



計畫編號：EPA-107-U1J1-02-A081

行政院環境保護署

107 年飲用水新興污染物研究與水質管理

期末報告

受 託 單 位：國立成功大學環境工程學系
計畫執行期間：中華民國107年03月07日 至
中華民國107年12月31日

印製年月：中華民國 107 年 12 月

行政院環境保護署編印



計畫編號：EPA-107-U1J1-02-A081

行政院環境保護署

107 年飲用水新興污染物研究與水質管理

期末報告

受 託 單 位：國立成功大學環境工程學系
計畫執行期間：中華民國107年03月07日 至
 中華民國107年12月31日
計 畫 主 持 人：黃良銘特聘教授
協 同 主 持 人：林財富特聘教授、王根樹教授
 陳婉如副教授
研 究 助 理：謝淑婷、吳怡儒、邱翌竹
計 畫 經 費：新臺幣壹仟零貳拾萬元整

印製年月：中華民國 107 年 12 月

行政院環境保護署編印

「107 年飲用水新興污染物研究與水質管理」

報告基本資料表

甲、委辦單位	行政院環境保護署			
乙、執行單位	國立成功大學			
丙、年度	一百零七年度	計畫編號	EPA-107-U1J1-02-A081	
丁、研究性質	☐ 基礎研究 ☒ 應用研究 ☐ 技術發展			
戊、研究領域	飲用水			
己、計畫屬性	☐ 科技類科 ☒ 非科技類			
庚、全程期間	民國 107 年 3 月 07 日至 107 年 12 月 31 日			
辛、本期期間	民國 107 年 3 月 07 日至 107 年 12 月 31 日			
壬、本期經費	10200 千元			
	資本支出	經常支出		
	土地建築 <u>0</u> 千元	人事費 <u>2540.464</u> 千元		
	儀器設備 <u>0</u> 千元	業務費 <u>5970.836</u> 千元		
	其他 <u>0</u> 千元	材料費 <u>0</u> 千元		
		其他 <u>1688.7</u> 千元		
癸、摘要關鍵字（中英文各三則） <u>觀察清單、微型塑膠、藥物和個人保健用品</u> <u>Contaminant Candidate List (CCL), microplastics, pharmaceuticals and personal care products (PPCPs)</u>				
參與計畫人力資源：（如僅代表簽約而未參與實際研究計畫者則免填以下資料）				
參與計畫人員姓名	工作要項或撰稿章節	現職與簡要學經歷	參與時間（人月）	聯絡電話及 e-mail 帳號
黃良銘	計畫主持人	國立成功大學教授	1.5	06-2757575 #65837 whang@mail.ncku.edu.tw
王根樹	協同主持人	國立臺灣大學教授	1.5	02-33668098 gswang@ntu.edu.tw
林財富	協同主持人	國立成功大學教授	1.5	06-2757575 #65836 tflin@mail.ncku.edu.tw
陳婉如	協同主持人	國立成功大學助理教授	1.5	06-2757575 #65841 wruchen@mail.ncku.edu.tw
謝淑婷	採樣分析與報告撰寫	國立臺灣大學博士後研究員	5	02-23940612 cwmint@gmail.com
吳怡儒	資料整合與期末報告撰寫	國立成功大學博士後研究員	5	06-2757575 #65847 ccdjessica@gmail.com
邱翌竹	資料收集與彙整	國立成功大學研究助理	10	06-2757575 #65850 #37 xyleijk@gmail.com
賴映方	委託檢測	中環科技公司專案組主任	7	07-8152248 #817 evonnelai0611@gmail.com

計畫成果中英文摘要（簡要版）

一、中文計畫名稱：

107年飲用水新興污染物研究與水質管理

二、英文計畫名稱：

Investigation of Compounds of Emerging Concern in Drinking Water and Management of Water Quality 2018

三、計畫編號：

EPA-107-U1J1-02-A081

四、執行單位：

國立成功大學

五、計畫主持人：

黃良銘教授，王根樹教授，林財富教授，陳婉如教授

六、執行開始時間：

2018/03/07

七、執行結束時間：

2018/12/31

八、報告完成日期：

2018/11/29

九、報告總頁數：

367

十、使用語言：

中文

十一、報告電子檔名稱

EPA-107-U1J1-02-A081 期末報告

十二、報告電子檔格式

PDF 檔

十三、中文摘要關鍵字

觀察清單、微型塑膠、藥物和個人保健用品

十四、英文摘要關鍵字

Contaminant Candidate List (CCL), microplastics, pharmaceuticals and personal care products (PPCPs)

十五、中文摘要

本計畫辦理飲用水列管物質篩選作業，自初步蒐集清單中篩選出6項優先評估物質，於6座代表性淨水場進行監測及資料蒐集，結果顯示6項優先評估物質現階段於我國淨水場無顯著風險。本計畫也彙整蒐集清單及觀察清單物質本土檢測數據，據以提出蒐集清單物質補充監測數據之優先順序，及觀察清單物質後續監測建議。依本計畫抽驗飲用水中36項未列管新興污染物結果，有12項污染物現階段於我國淨水場無顯著風險，建議可降低檢測頻率

或改測其他物質。另外 24 項污染物，為持續累積本土檢測資料以評估其在我國飲用水中的風險程度，建議可持續監測。此外，本計畫亦協助完成飲用水列管項目(7 項重金屬、6 項農藥及 5 項有機物)之毒理資料庫檢討更新。針本計畫蒐研國際飲用水管理相關法規制度推動現況，建議我國未來飲用水管理，可朝建立水質年報及飲用水水質資料庫並評估進行水安全計畫試行推動等方向。本計畫配合施政需要，協助蒐研飲用水中微型塑膠相關資料，建議因目前國際上對於微型塑膠未有一致且公信力高之檢測及風險評估方法，針對該議題可持續追蹤後續研究發展趨勢。另外，本計畫也協助環保署評估高分子混凝劑的使用時機，基於健康風險考量，未來若要修正使用時機應有對應之配套措施。

十六、英文摘要

This project implement contaminants screening process of drinking water quality regulation. Six unregulated contaminants were selected from Universe Contaminant Candidate List. Their concentration were monitored in six representative drinking water treatment plants, and their health risk in drinking water system in Taiwan were evaluated. Monitoring results showed that these six compounds didn't result in significant health risk in drinking water system in Taiwan. This project also collected the monitoring histories of unregulated contaminants in Preliminary Contaminant Candidate List and Contaminant Candidate List, and proposed a priority list of unregulated contaminants monitoring. In addition, this project inspected 36 unregulated compounds of emerging concern in drinking water. Results showed that 12 compounds didn't result in significant health risk in drinking water system in Taiwan, so it is suggested to reduce monitoring frequency of these compounds or to test other compounds. For rest of 24 compounds, continuous monitoring is suggested to have more comprehensive local concentration data in Taiwan for risk evaluation. Besides, this project also review and update toxicology database of 18 drinking water quality regulation compounds (7 heavy metal, 6 pesticide, and 5 organic compounds). After collecting and review international drinking water management, this project suggested to establish annual drinking water quality reports and the database of drinking water quality measurements, and to promote Water safety Plan on a trial basis. To cooperate with administrative needs, this project collected information of the management of micro-plastics in drinking water. Since there is no standard methods for risk evaluation and analysis of micro-plastics, follow-up of development of methods among nations is suggested. Besides, this project evaluated the occasions of use of high molecular polymers. Considering the health risk from high molecular polymers, coordinate actions are highly suggested to use high molecular polymers.

目次

目次	I
圖次	VI
表次	VII
報告大綱	IX
計畫成果摘要（詳細版）	XI
第一章 前言	1
1.1 計畫背景	1
1.1.1 飲用水列管項目之篩選作業	6
1.2 計畫目標	10
1.3 計畫內容	10
第二章 飲用水列管項目之篩選作業	13
2.1 篩選作業執行	13
2.1.1 更新初步蒐集清單	13
2.2 初步蒐集清單優先評估物質之篩選	19
2.2.1 藥物和個人保健用品使用所衍生之新興污染物	19
2.2.2 藥物使用及其環境水體流佈情形	20
2.2.3 個人保健用品	22
2.2.4 歷史水質資料	29
2.3 初步蒐集清單優先評估物質採樣與分析方法	30
2.3.1 採樣淨水場之選取	30
2.3.2 採樣設備及採樣方式	31
2.3.3 前處理方法	32
2.3.4 儀器分析條件	32
2.4 初步蒐集清單優先評估物質採樣分析結果與討論	35
2.4.1 第一次採樣結果分析與討論	35
2.4.2 第二次採樣結果分析與討論	38
2.4.3 第三次採樣結果分析與討論	41
2.4.4 107 年待評估污染物結果分析與討論	44
2.4.5 品保品管	47
2.4.6 新興污染物處理效率	48
2.5 初步蒐集清單優先評估物質毒理資料庫建置與更新	51
2.5.1 吡啶美辛	52
2.5.2 雙氯芬酸	52
2.5.3 磺胺甲噁唑	52
2.5.4 磺胺噻唑	53
2.5.5 克拉黴素	53
2.5.6 氟滅菌	54

2.6	蒐集清單物質之水質檢測資料彙整分析.....	55
2.7	觀察清單物質本土淨水場監測數據分析.....	63
2.7.1	氯苯.....	66
2.7.2	苯乙烯.....	67
2.7.3	乙苯.....	68
2.7.4	1,1-二氯乙烷.....	69
2.7.5	壬基酚.....	70
2.7.6	雙酚 A.....	71
2.7.7	微囊藻毒-LR 型.....	72
2.7.8	甲醛.....	73
2.7.9	鄰苯二甲酸二甲酯.....	74
2.7.10	鉍.....	75
2.7.11	鄰苯二甲酸二丁酯.....	76
2.7.12	1,2-二溴乙烷.....	77
2.7.13	碲.....	78
2.7.14	硼.....	78
2.7.15	N-亞硝二甲胺.....	79
2.7.16	N-亞硝二乙胺.....	80
2.7.17	全氟辛烷酸.....	80
2.7.18	全氟辛烷磺酸.....	81
2.7.19	銻.....	81
2.7.20	鎂.....	82
2.8	觀察清單物質監測建議.....	83
第三章	未列管之新興污染物抽驗.....	85
3.1	抽驗項目.....	85
3.2	檢測方法及儀器設備.....	90
3.3	分析品管要求及數據品保目標.....	92
3.4	採樣規劃.....	95
3.5	抽驗結果.....	96
第四章	飲用水管理法規制度.....	103
4.1	國際飲用水管理法規制度概況.....	103
4.1.1	世界衛生組織.....	103
4.1.2	歐盟.....	105
4.1.3	美國.....	106
4.1.4	澳洲.....	109
4.1.5	日本.....	111
4.2	我國飲用水管理精進建議.....	112
4.2.1	水安全計畫.....	112

4.2.2 飲用水水質年報.....	114
4.2.3 飲用水相關公眾資訊.....	115
4.2.4 飲用水水質資料庫建置.....	119
4.3 微型塑膠(microplastics).....	122
4.3.1 飲用水中之微型塑膠.....	122
4.3.2 分析方法.....	123
4.3.3 管理方式.....	124
第五章 其他工作項目.....	127
5.1 列管項目毒理資料庫更新.....	127
5.2 全氟碳化物本土檢測數據解析.....	128
5.3 銅鋅健康風險摘要及國際管制情形.....	129
5.3.1 銅的健康風險摘要.....	129
5.3.2 鋅的健康風險摘要.....	131
5.3.3 銅鋅國際管制情形.....	132
5.4 飲用水相關環境檢測標準方法草案修正與原方法之比較與建議.....	132
5.5 高分子凝聚劑使用時機.....	134
5.6 預期進度與查核重點.....	136
第六章 結論與建議.....	139
參考文獻.....	141
附錄	145
附錄一、屬性參數評分原則.....	145
附錄 1.1 健康危害潛勢(Potency)分數.....	145
附錄 1.2 健康危害嚴重性.....	149
附錄 1-3 污染物出現普遍性及濃度	151
附錄 1-4 綜合評估	151
附錄二、期中及期末審查會議記錄與意見回覆.....	152
附錄 2.1 期中審查會議記錄.....	152
附錄 2.2 期中審查會議意見回覆.....	155
附錄 2.3 期末審查會議記錄.....	159
附錄 2.4 期末審查會議意見回覆.....	162
附錄三、專家諮詢會議會議記錄與意見回覆.....	166
附錄 3.1 第一次專家諮詢會議會議記錄.....	166
附錄 3.2 第一次專家諮詢會議意見回覆.....	170
附錄 3.3 第二次專家諮詢會議會議記錄.....	175
附錄 3.4 第二次專家諮詢會議意見回覆.....	178
附錄 3.5 第三次專家諮詢會議會議記錄.....	183
附錄 3.6 第三次專家諮詢會議意見回覆.....	186
附錄 3.7 第四次專家諮詢會議會議記錄.....	190

附錄 3.8 第四次專家諮詢會議意見回覆.....	194
附錄 3.9 「高分子凝聚劑使用時機」專家諮詢會議會議記錄.....	198
附錄 3.10 「高分子凝聚劑使用時機」專家諮詢會議意見回覆.....	201
附錄四、優先評估物質毒理資料庫.....	204
附錄 4.1 雙氯芬酸.....	204
附錄 4.2 吡啶美辛.....	210
附錄 4.3 磺胺甲噁唑.....	214
附錄 4.4 磺胺噻唑.....	218
附錄 4.5 克拉黴素.....	222
附錄 4.6 氟滅菌.....	225
附錄五、現行飲用水列管項目毒理資料庫更新.....	229
附錄 5.1 銀.....	229
附錄 5.2 鐵.....	234
附錄 5.3 錳.....	239
附錄 5.4 銅.....	244
附錄 5.5 鋅.....	250
附錄 5.6 銮.....	255
附錄 5.7 鉬.....	264
附錄 5.8 滅必蝨.....	272
附錄 5.9 達馬松.....	276
附錄 5.10 大利松.....	281
附錄 5.11 巴拉松.....	286
附錄 5.12 一品松.....	291
附錄 5.13 亞素靈.....	296
附錄 5.14 戴奧辛.....	301
附錄 5.15 甲苯.....	310
附錄 5.16 二甲苯.....	315
附錄 5.17 順-1,2-二氯乙烯.....	321
附錄 5.18 四氯乙烯.....	325
附錄六、污染物物質資料表.....	329
附錄 6.1 壬基酚污染物基本資料表 (Fact sheet).....	329
附錄 6.2 甲醛污染物基本資料表 (Fact sheet).....	330
附錄 6.3 苯乙烯污染物基本資料表 (Fact sheet).....	331
附錄 6.4 氯苯污染物基本資料表 (Fact sheet).....	332
附錄 6.5 微囊藻毒-LR 型 污染物基本資料表 (Fact sheet)	333
附錄 6.6 PFOA 污染物基本資料表 (Fact sheet).....	335
附錄 6.7 PFOS 污染物基本資料表 (Fact sheet)	337
附錄 6.8 PFHxS 污染物基本資料表 (Fact sheet)	339

附錄七、中英對照表.....	340
----------------	-----

圖次

圖 1.1-1 「飲用水列管項目之篩選作業」流程圖	8
圖 2.1-1 子集概念圖	15
圖 2.1-2 篩選排除概念圖	15
圖 4.1-1 世界衛生組織「飲用水品質指引」架構	103
圖 4.1-2 澳洲飲用水水質管理架構圖	110
圖 4.2-1 水安全計畫建置與實施流程圖	113
圖 4.2-1 資料庫示意圖--各階層管制項目清單.....	119
圖 4.2-2 資料庫示意圖--各階層管制項目列表.....	120
圖 4.2-3 資料庫示意圖--污染物物質基本資料表.....	120
圖 4.2-4 資料庫示意圖--污染物物質基本資料表查詢.....	120
圖 4.2-5 資料庫示意圖--污染物本土水質檢測統計查詢.....	121
圖 4.2-6 資料庫示意圖--污染物本土水質檢測統計.....	121

表次

表 1.1-1 2003 年至 2013 年環保署計畫研究評估之物質及列管情形	4
表 2.1-1 107 年初步蒐集清單 367 項物質	16
表 2.1-2 本計畫參考國內外法規列表	18
表 2.2-1 美國飲用水中普遍檢出之 PPCPs	27
表 2.2-2 PPCPs 在中國飲用水中之發生率	27
表 2.2-3 107 年預訂篩檢之環境荷爾蒙及個人用藥/保健藥品	29
表 2.2-4 優先評估物質在環境水體流布之歷年監測結果 (ng/L)	29
表 2.3-1 本年度採樣淨水場基本資料	32
表 2.3-2 以 UPLC/MS/MS 分析參數	33
表 2.3-3 UPLC 參數	34
表 2.4-1 第一次採樣期間之地區累積雨量	36
表 2.4-2 第一次採樣淨水場水質參數 (4 月)	36
表 2.4-3 第一次採樣檢測結果	37
表 2.4-4 第二次採樣期間之地區累積雨量	38
表 2.4-5 第二次採樣淨水場水質參數 (7 月)	39
表 2.4-6 第二次採樣檢測結果	40
表 2.4-7 第三次採樣期間之地區累積雨量	41
表 2.4-8 第三次採樣淨水場水質參數 (9 月)	42
表 2.4-9 第三次採樣檢測結果	43
表 2.4-10 107 年度淨水場待測污染物檢測濃度	46
表 2.4-11 各待測物之 LOD 與 LOQ (ng/L)	47
表 2.4-12 樣品重複分析	47
表 2.4-13 樣品添加分析	48
表 2.5-1 吡啶美辛毒性數據	52
表 2.5-2 雙氯芬酸毒性數據	52
表 2.5-3 磺胺甲噁唑毒性數據	53
表 2.5-4 磺胺噻唑毒性數據	53
表 2.5-5 克拉黴素毒性數據	54
表 2.5-6 氟滅菌毒性數據	54
表 2.6-1 107 年蒐集清單物質 (75 項)	55
表 2.6-2 蒐集清單項目 102-106 年之淨水場水質資料彙整	59
表 2.7-1 歷年納入觀察清單之物質	63
表 2.7-2 觀察清單物質於國際上管制情形	64
表 2.7-3 近十年 (97-106 年) 飲用水中氯苯檢測結果	66
表 2.7-4 近十年 (97-106 年) 飲用水中苯乙烯檢測結果	67
表 2.7-5 近十年 (97-106 年) 飲用水中乙苯檢測結果	68
表 2.7-6 近十年 (97-106 年) 飲用水中 1,1-二氯乙烷檢測結果	69

表 2.7-7 近十年（97-106 年）飲用水中壬基酚檢測結果.....	70
表 2.7-8 近十年（97-106 年）飲用水中雙酚 A 檢測結果.....	71
表 2.7-9 近十年（97-106 年）飲用水中微囊藻毒-LR 型檢測結果	72
表 2.7-10 近十年（97-106 年）飲用水中甲醛檢測結果.....	73
表 2.7-11 近十年（97-106 年）飲用水中鄰苯二甲酸二甲酯檢測結果.....	74
表 2.7-12 近十年（97-106 年）飲用水中鉍檢測結果.....	75
表 2.7-13 近十年（97-106 年）飲用水中鄰苯二甲酸二丁酯檢測結果.....	76
表 2.7-14 近十年（97-106 年）飲用水中 1,2-二溴乙烷檢測結果.....	77
表 2.7-15 近十年（97-106 年）飲用水中碲檢測結果.....	78
表 2.7-16 近十年（97-106 年）飲用水中硼檢測結果.....	78
表 2.7-17 近十年（97-106 年）飲用水中 N-亞硝二甲胺檢測結果.....	79
表 2.7-18 近十年（97-106 年）飲用水中 N-亞硝二乙胺檢測結果.....	80
表 2.7-19 近十年（97-106 年）飲用水中全氟辛烷酸檢測結果.....	80
表 2.7-20 近十年（97-106 年）飲用水中全氟辛烷磺酸檢測結果.....	81
表 2.7-21 近十年（97-106 年）飲用水中鍍檢測結果.....	81
表 2.7-22 近十年（97-106 年）飲用水中鎂檢測結果.....	82
表 3.1-1 本計畫抽驗之物質於飲用水列管項目篩選作業之評估位階	86
表 3.1-2 健康參考水準(HRL)計算參數.....	86
表 3.1-3 本計畫抽驗未列管新興污染物於國際上管制情況	87
表 3.2-1 各檢測項目之檢測方法一覽表	90
表 3.2-2 各檢測項目分析之主要儀器設備一覽表	91
表 3.3-1 本計畫分析數據品保目標	93
表 3.4-1 飲用水水質或水源水質中未列管之新興污染物抽驗規劃	95
表 3.5-1 抽驗結果彙整	98
表 3.5-2 建議降低監測頻率或改測其他物質之項目	101
表 3.5-3 建議持續監測之項目	101
表 4.2-1 砷污染物基本資料表 (Fact sheet) (範例).....	117
表 5.2-1 PFOA、PFOS 歷年本土淨水場檢測結果（單位: ng/L）	128
表 5.2-2 其他全氟碳化物本土淨水場檢測結果（單位: ng/L）	129
表 5.3-1 銅與鋅的國際管制情形	132
表 5.4-1 比較之檢測方法列表及比較概略說明	133
表 5.4-2 NIEA W653.51A 與 NIEA W654.50A 分析方法比較.....	134
表 5.6-1 預期進度與查核重點	137

報告大綱

本計畫報告內容主要分成六章，第一章前言介紹計畫背景、目標、計畫內容及工作執行架構。本計畫工作內容主要分成四大項：

- 一、辦理飲用水列管物質篩選作業，更新各階段關注清單，提出後續管理作法。
- 二、抽驗分析飲用水中未列管新興污染物，建立水質現況資料，做為篩選作業之重要依據。
- 三、檢討更新飲用水列管項目之毒理資料。
- 四、蒐集分析國際組織及先進國家飲用水管理相關法規制度推動現況，提出精進建議。

第二章說明本年度飲用水列管項目篩選作業執行進度，包括更新初步蒐集清單，蒐集清單，針對蒐集清單物質提出補充本土監測資料優先順序，並彙整觀察清單物質歷年淨水場檢測結果，並提出後續監測建議。本年度將「飲用水列管項目之篩選作業」各階層清單建構方式從「子集」的概念調整為「篩選排除」的概念，即初步蒐集清單項目經評估納入蒐集清單後，即從初步清單中排除，故一個污染物只會出現在初步蒐集清單、蒐集清單、觀察清單、候選清單的其中一個清單中。

此外本計畫自初步蒐集清單中篩選 6 項個人保健用品及環境用藥作為本年度優先評估物質，包括吡叻美辛、磺胺甲噁唑、磺胺嘧啶、氟甲喹、克拉黴素、雙氯芬酸，進行本土淨水場調查及風險評估，調查評估後納入 107 年蒐集清單，並建立毒理資料庫列於附錄四。

第三章主要說明本計畫抽驗國內 400 處飲用水水質或水源水質中未列管之新興污染物之辦理方法，包含辦理採樣方法、保存方法及送樣注意事項講習會，並詳列檢測方法、品保品管以及抽驗結果與討論。抽驗之未列管新興污染物包括：鎘、鎘、鉍、硼、鉍、甲醛、N-亞硝二甲胺(NDMA)、N-亞硝二乙胺(NDEA)、N-亞硝基吡咯烷、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、苯乙烯、氯苯、乙苯、甲基第三丁基醚、1,2,3-三氯丙烷、1,2-二溴-3-氯丙烷、六氯苯、甲基多保淨、固殺草、陶斯松、鋅錳乃浦、托福松、愛殺松、加保利、賽滅寧、壬基酚、雙酚 A、鄰苯二甲酸二甲酯(DMP)、鄰苯二甲酸二乙酯(DEP)、鄰苯二甲酸二丁酯(DBP)、鄰苯二甲

酸丁基苯甲酯(BBP)、鄰苯二甲酸二辛酯(DOP)及鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)、微囊藻毒 LR 型、嘉磷塞等 36 種污染物。

第四章主要蒐集研析世界衛生組織、歐盟、美國、澳洲及日本等國際組織或先進國家之飲用水管理相關法規制度推動現況，首先分別簡述各國的管理方式及現況，並提出精進的建議，包含國際上針對飲用水中的微型塑膠管理方式及分析方法，並邀請專家針對於我國飲用水管制定位進行討論，並提出管理建議。

第五章列舉本計畫配合環保署施政需求，協助蒐集因緊急狀況之飲用水中污染物之健康風險資料。包含：飲用水全氟碳化物本土檢測數據解析、銅鋅健康風險摘要及國際管制情形資料彙整、飲用水相關環境檢測標準方法草案修正與原方法之比較與建議等資料彙整與分析。並彙整高分子凝聚劑相關健康風險資料，召開專家會議討論修正高分子凝聚劑使用時機是否合宜，並將結論提供環保署做為施政參考。

第六章則為本計畫執行之結論與建議，接著是參考文獻。期中審查意見回覆列於附錄二。

本計畫共執行五次專家諮詢會議，會議記錄及意見回覆列於附錄三。

本計畫更新現行飲用水水質標準管制項目之毒理資料庫內容 18 項，包含金屬 7 項（銀、鐵、錳、銅、鋅、鈮、鉬）、農藥 6 項（滅必蝨、達馬松、大利松、巴拉松、伊品松、亞素靈）及有機物 5 項（戴奧辛、甲苯、二甲苯、順-1,2-二氯乙烯、四氯乙烯），詳列於附錄五。

計畫成果摘要（詳細版）

計畫名稱：107 年飲用水新興污染物研究與水質管理

計畫編號：EPA-107-U1J1-02-A081

計畫執行單位：國立成功大學

計畫主持人（包含協同主持人）：黃良銘教授，林財富教授，王根樹教授，陳婉如教授

計畫期程：2017/3/7~2017/12/31

計畫經費：10,200,000 元

摘要

本計畫辦理飲用水列管物質篩選作業，自初步蒐集清單中篩選出 6 項優先評估物質，於 6 座代表性淨水場進行監測及資料蒐集，結果顯示 6 項優先評估物質現階段於我國淨水場無顯著風險。本計畫也彙整蒐集清單及觀察清單物質本土檢測數據，據以提出蒐集清單物質補充監測數據之優先順序，及觀察清單物質後續監測建議。依本計畫抽驗飲用水中 36 項未列管新興污染物結果，有 12 項污染物現階段於我國淨水場無顯著風險，建議可降低監測頻率或改測其他物質。另外 24 項污染物，為持續累積本土檢測資料以評估其在我國飲用水中的風險程度，建議可持續監測。此外，本計畫亦協助完成飲用水列管項目（7 項重金屬、6 項農藥及 5 項有機物）之毒理資料庫檢討更新。針本計畫蒐研國際飲用水管理相關法規制度推動現況，建議我國未來飲用水管理，可朝建立水質年報及飲用水水質資料庫並評估進行水安全計畫試行推動等方向。本計畫配合施政需要，協助蒐研飲用水中微型塑膠相關資料，建議因目前國際上對於微型塑膠未有一致且公信力高之檢測及風險評估方法，針對該議題可持續追蹤後續研究發展趨勢。另外，本計畫也協助環保署評估高分子混凝劑的使用時機，基於健康風險考量，未來若要修正使用時機應有對應之配套措施。

This project implement contaminants screening process of drinking water quality regulation. Six unregulated contaminants were selected from Universe Contaminant Candidate List. Their concentration were monitored in six representative drinking water treatment plants, and their health risk in drinking water system in Taiwan were evaluated. Monitoring results showed that these six compounds didn't result in significant health risk in

drinking water system in Taiwan. This project also collected the monitoring histories of unregulated contaminants in Preliminary Contaminant Candidate List and Contaminant Candidate List, and proposed a priority list of unregulated contaminants monitoring. In addition, this project inspected 36 unregulated compounds of emerging concern in drinking water. Results showed that 12 compounds didn't result in significant health risk in drinking water system in Taiwan, so it is suggested to reduce monitoring frequency of these compounds or to test other compounds. For rest of 24 compounds, continuous monitoring is suggested to have more comprehensive local concentration data in Taiwan for risk evaluation. Besides, this project also review and update toxicology database of 18 drinking water quality regulation compounds (7 heavy metal, 6 pesticide, and 5 organic compounds). After collecting and review international drinking water management, this project suggested to establish annual drinking water quality reports and the database of drinking water quality measurements, and to promote Water safety Plan on a trial basis. To cooperate with administrative needs, this project collected information of the management of micro-plastics in drinking water. Since there is no standard methods for risk evaluation and analysis of micro-plastics, follow-up of development of methods among nations is suggested. Besides, this project evaluated the occasions of use of high molecular polymers. Considering the health risk from high molecular polymers, coordinate actions are highly suggested to use high molecular polymers.

前 言

飲用水的安全為民眾健康保護中重要的一環，而飲用水品質之確保，向來為我國政府施政之重點工作之一。臺灣地區人口眾多，降雨量雖不少，但因山高水急，水資源蓄積不易，部分地區枯水季時，尚有缺水之虞，加上臺灣地小人稠，水源區與經濟活動區域不易區隔，水源集水區或保護區管理不易，致使飲用水水源有遭受污染的風險。環保署為維護國人飲用水安全，針對飲用水水源及飲用水水質分別訂定「飲用水水源水質標準」與「飲用水水質標準」。

然而隨著科技發展，產生許多新興污染物（Compounds of Emergening Concern，例如目前尚未管制之疑似環境荷爾蒙物質、部份農藥、揮發性有機物與微生物等），為保障國人飲用水安全，環保署持續執行各項新興污染物採樣監測及背景資料調查分析，並逐年檢討修訂飲用水及飲用水水源管制標準。

本計畫主要目的為執行飲用水列管項目篩選作業，針對較具潛在風險之污染物於淨水場中進行監測分析、抽驗、建立毒理資料庫，探討其於國內之健康風險，此外更新飲用水列管項目之毒理資料，並蒐集分析國際組織及先進國家飲用水管理相關法規制度推動現況，提出精進建議。

執行方法

本計畫工作項目可分成四大項：

- 一、辦理飲用水列管物質篩選作業，更新各階段關注清單，提出後續管理作法。
- 二、抽驗分析飲用水中未列管新興污染物，建立水質現況資料，做為篩選作業之重要依據。
- 三、檢討更新飲用水列管項目之毒理資料。
- 四、蒐集分析國際組織及先進國家飲用水管理相關法規制度推動現況，提出精進建議。

針對第一項主要工作項目，本計畫依據環保署於 102 年執行「推動飲用水列管項目之篩選作業計畫」，建立之作業流程與評估系統，收集先進國家及國際組織飲用水水質標準管制項目或訂定指引值之項目，以更新初步蒐集清單。自初步蒐集清單中篩選 6 項物質優先進行評估，篩選考量原則主要為四大項：

- 一、國內普遍使用或曾使用及對健康危害性。
- 二、國外相關標準值已有規範或建議值，即各國已列管，我國尚未列管之污染物。
- 三、國內外（含 WHO）關切之污染物清單。
- 四、公告之標準分析檢測方法。

針對北、中、南地區 6 個代表性淨水場進行 3 次水質檢測，分別採集各淨水場原水及清水樣品，淨水場選取之考量為：

- 一、供水量及供水人口較大者

二、水源可能受到污染。

針對第二項主要工作項目，本計畫依抽驗污染物特性選定抽驗之淨水場，抽驗結果以檢出濃度大於國際上已有之管制值、指標值或指引值之最小值發生率評估該污染物於我國淨水場的潛在風險，在國際上未有國家提出管制值、指標值或指引值之物質，本計畫蒐集其毒理資料，再根據美國環保署建議之健康參考水準計算公式計算健康參考水準濃度值，抽驗結果以檢出濃度大於健康參考水準濃度值發生率評估該污染物於我國淨水場的潛在風險。

飲用水列管項目之毒理資料更新則參考環保署指定之國際毒理資料庫資料，據以更新。

第四項主要工作項目則蒐集研析世界衛生組織、歐盟、美國、澳洲及日本等國際組織或先進國家之飲用水管理相關法規制度推動現況，就水源管理、設備管理、水質管理、罰則、政府部門之分工等層面比較分析我國與前述各國管理法規制度，並提出精進建議。

結 果

本年度先進國家及國際組織僅澳洲飲用水指引進行更新，將全氟己烷磺酸鹽 PFHxS 納入指引中，全氟碳化物 PFOA 及 PFOS 為我國社會高度關注之污染物，已納入觀察清單，故本計畫將全氟己烷磺酸鹽(PFHxS)納入我國初步蒐集清單中，逐步規劃評估該物質於我國飲用水之健康風險程度。

本計畫自初步蒐集清單篩選 6 項個人保健用品及環境用藥作為本年度優先評估物質，包括吡啶美辛、磺胺甲噁唑、磺胺噻唑、氟甲喹、克拉黴素、雙氯芬酸，此外本計畫加測乙醯胺酚與歷史水質比較，於基隆新山淨水場、臺北直潭淨水場、新竹第二淨水場、豐原淨水場（第二淨水場）、高雄鳳山淨水場及金門太湖淨水場等 6 個淨水場進行 3 次水質檢測，其中前兩次採樣於新山淨水場與豐原淨水場進行全流程採樣（原水、沈澱、過濾、清水），第三次採樣應專家建議於新山淨水場與新竹第二淨水場進行全流程採樣。三次採樣吡啶美辛、磺胺噻唑、氟甲喹、克拉黴素、雙氯芬酸均未檢出。磺胺甲噁唑在新竹第二、鳳山、新山、太湖淨水場的原水曾有微量檢出，檢出濃度介於 4.76~60.6 ng/L，流程水及清水則均未檢出，明尼蘇達州針對磺胺甲噁唑訂定之飲用水指引值為 100 µg/L (10^5 ng/L)；乙醯胺酚在新竹第二、

新山、的原水曾有微量檢出，檢出濃度介於 9.2~99.9 ng/L，流程水及清水則均未檢出，明尼蘇達州針對乙醯胺酚訂定之飲用水指引值 200 µg/L (2×10^5 ng/L)，結果顯示此七項物質在我國飲用水均無顯著風險。然而在原水中檢出微量磺胺甲噁唑及乙醯胺酚，建議可進一步調查其發生原因。

本計畫共抽驗氯苯、乙苯、苯乙烯、六氯苯、陶斯松、鋅錳乃浦、托福松、加保利、壬基酚、雙酚 A、賽滅寧、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、甲基第三丁基醚、1,2,3-三氯丙烷、1,2-二溴-3-氯丙烷、N-亞硝二甲胺(NDMA)、N-亞硝二乙胺(NDEA)、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯、鄰苯二甲酸二甲酯、微囊藻毒 LR 型、鉍、鉍、N-亞硝基吡咯烷、鄰苯二甲酸二乙酯、鄰苯二甲酸二辛酯、甲基多保淨、固殺草、愛殺松、嘉磷塞、鎂、鄰苯二甲酸二丁酯、甲醛、鎘、鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯及硼等 36 項未列管新興污染物 36 個檢測項目，依本計畫抽驗結果，有 12 項污染物現階段於我國淨水場無顯著風險，建議可降低監測頻率或改測其他物質。另外 24 項污染物，為持續累積本土檢測資料以評估其在我國飲用水中的風險程度，建議可持續監測。

經蒐集分析 WHO、美國、歐盟、澳洲、日本等國際組織或先進國家之飲用水管理相關法規制度推動現況飲用水管理相關法規制度推動現況，本計畫建議我國可參考先進國家建立消費者信心報告（水質年報），此外初步建立我國飲用水水質資料庫，彙整我國歷年淨水場水質資料供後續分析。

結 論

本計畫辦理飲用水列管物質篩選作業，新增全氟己烷磺酸鹽(PFHxS)進入初步蒐集清單，新增吡啶美辛、磺胺甲噁唑、磺胺噻唑、氟甲喹、克拉黴素、雙氯芬酸進入蒐集清單，並彙整觀察清單中 20 項物質歷年檢測資料，建議氯苯、苯乙烯、乙苯、1,1-二氯乙烷等項目已累積許多檢測資料且都未檢出，顯示於我國無顯著風險，建議可減少監測頻率。全氟辛烷磺酸、全氟辛烷酸、鎘、鉍、硼、N-亞硝二甲胺、N-亞硝二乙胺、鉍、甲醛等項目歷史監測數據有限，建議規劃監測計畫以了解這些項目於我國飲用水之風險情況。

今年度自初步蒐集清單中篩選出六項優先評估物質（吡啶美辛、磺胺甲噁唑、磺胺噻唑、氟甲喹、克拉黴素、雙氯芬酸）於六座代表性淨水場進行監測及相關資料蒐集，吡啶美辛、磺胺噻唑、氟甲喹、

克拉黴素、雙氯芬酸等五項個人保健藥品及環境用藥皆未檢出，顯示未對飲用水水質造成影響，然而在原水中檢出微量磺胺甲噁唑及乙醯胺酚，建議應進一步了解其原因，在清水中均未檢出，顯示我國飲用水暫無顯著健康風險。

本計畫抽驗分析 36 項飲用水中未列管新興污染物，其中有 12 項污染物現階段於我國淨水場無顯著風險，建議可降低監測頻率或改測其他物質。另外 24 項污染物，為持續累積本土檢測資料以評估其在我國飲用水中的風險程度，建議可持續監測。

建議事項

- 一、未列管新興污染物硼及鄰苯二甲酸二（乙基己基）抽驗檢出數量較多之項目為硼及 DEHP，然可以發現此兩物質出現主要集中在連江、金門及澎湖，台灣本島之檢出濃度濁度相對差距較低很多，建議爾後抽驗計畫可將採樣點集中在外島地區。
- 二、因應新興污染物種類眾多，且濃度通常甚低，不同傳統淨水程序已無法有效應對新興污染物議題，故建議自來水事業應積極推動「水安全計畫」，從水源端至用戶端所有環節進行廣泛之風險評估與風險管理，以有效降低飲用水中新興污染物之可能風險。建議環保署可邀集各主管機關，協助自來水事業共同進行「水安全計畫」試行工作之推動。
- 三、目前國內兩大自然自來水事業單位均已揭露水質年報，然水質年報內容架構，揭露方式與程度不一，建議環保署依飲用水管理條例邀請可邀集自來水事業單位，參酌國際先進國家水質年報揭露之資訊，研議統一之的水質年報、格式內容及揭露方式。
- 四、目前國際上針對飲用水中微型塑膠之檢測及風險評估未有一致且公信力高之方法，建議持續追蹤國際間微型塑膠健康影響研究發展，並俟檢測技術較純熟後再討論是否列為初步蒐集清單。
- 五、關於自來水事業為處理白濁水問題，建議環保署參考國外作法，開放原水濁度大於 250NTU 之使用限制。惟具有白濁水現象或低濁度聚氯化鋁混凝效果不彰之水場應非普遍性現象，建議先釐清是否為操作或設備老舊問題，優先考慮含鋁混凝劑使用技術克服。
- 六、雖然國外已普遍使用高分子凝聚劑作為水處理藥劑，但國內原水水質條件與國外有許多差異性，故應先釐清確認下列事項，據以評估高分子凝聚劑使用條件：

- （一）國內淨水場大部分均有前加氯，且前加氯地點與高分子凝聚劑加藥點相當接近，因此，氯是否與高分子凝聚劑反應使聚合體形成單體，應先確認。
- （二）使用高分子凝聚劑時，過濾反洗水不得迴流。然正常情況下，只有具有水污染防治措施（下稱水措）的排放口可排放廢水，而淨水場大部分未具有排放許可，會造成高分子凝聚劑加藥後，反洗水被迫回收的問題。
- （三）我國洗滌池污泥排泥頻率不高，含高分子凝聚劑之沉澱淤泥，是否在一段時間之後，會分解成單體釋出，宜有科學數據佐證之。
- （四）應瞭解消毒副產物對應產生的量，一併納入風險評估，此外要考慮瓶杯試驗的加氯量多為過量，與現場情況不同，可能無法反應實際消毒副產物生成情況。
- （五）毒理資料評估亦應考量嬰兒。

七、建議環保署後續自來水事業提出參考國外作法，開放原水濁度大於 250NTU 之使用限制時，可要求自來水事業先行完備高分子凝聚劑使用之配套措施，包含：

- （一）人員訓練計畫及落實。
- （二）過濾反洗水不得迴流，使用高分子凝聚劑之淨水場應提出水措。
- （三）限制白濁情況發生時才可使用。
- （四）高分子凝聚劑釋出單體及消毒副產物水質監測計畫。
- （五）污泥處理計畫及提高清理頻率。

第一章 前言

1.1 計畫背景

為提升飲用水安全，美國、日本、澳洲與紐西蘭等世界先進國家均針對飲用水之管理制定相關法令或指導方針，而多數國家制定飲用水管理相關法規或標準時，經常參酌世界衛生組織(World Health Organization, WHO)所出版之飲用水參考指引(Guidelines for Drinking-water Quality)，再依據各國本身的地理條件、民眾認知、經濟、文化、民意等差異，採用風險—效益分析方法(risk-benefit approach)，訂定及持續檢討修訂該國家之飲用水水質標準的管制項目與最大限值，故各國飲用水水質標準之管制項目和標準值並未全部相同。

我國環保署為維護國人飲用水安全針對飲用水水源及飲用水水質分別訂定「飲用水水源水質標準」與「飲用水水質標準」。然而為因應近年來國內生活水準普遍提升，民眾對水質、水量及服務品質等需求增加之外，並考量科技日新月異，新興污染物(Compounds of Emerging Concern)可能有影響飲用水安全之虞，飲用水水源與飲用水水質標準實有必要持續檢討與修訂。以美國為例，美國環保署(US EPA)依安全飲用水法案(Safe drinking water act, SDWA)分別於 1998 年、2005 年、2009 年、2016 年建立 4 個污染物候選清單 (Contaminant Candidate List, CCL)，命名為 CCL1、CCL2、CCL3 和 CCL4，作為優先檢討是否要列入管制的污染物，並且規劃未列管污染物監測計畫(Unregulated Contaminant Monitoring Program, UCM)，以每五年一個循環，每個循環監測不超過 30 項未列管污染物項目，監測項目以污染物候選清單項目優先。

我國環境保護署近年持續參酌國際飲用水安全管理相關法令之修訂趨勢，檢討及研訂飲用水管理相關管制標準與執行各項新興污染物背景資料調查分析，並據以逐年檢討修訂飲用水管制標準。過去飲用水管制工作，多著重於傳統之管制項目評析及其允許存在之濃度多寡。近年來，在環境品質提升之觀念上有重大改變，從傳統消極的管制手段到事先積極的進行全面性的評估，進而提出一套標準執执行程序來降低民眾遭受健康危害的風險。

為持續檢討國內飲用水水質標準，提供臺灣民眾飲用水的安全性，環保署自 2003 年起委託相關領域的專家學者組成研究團隊來針對飲用水中可能會引起人

體健康潛在風險的污染物進行相關資料蒐集和健康風險評估，並進行飲用水中欲列管項目的評估與現行標準之檢討修訂。首先於 2003 年執行「飲用水水質標準中生物性及適飲性標準管制項目及標準之評估」計畫，針對飲用水中生物性污染物和適飲性管制項目進行評估，研究結果顯示在生物性指標方面，建議大腸桿菌群的管制值修正為「不得檢出」，並建議增訂糞便性大腸桿菌群亦為「不得檢出」。而在適飲性指標中修訂硬度和總溶解固體為 250 mg/L (as CaCO₃)與 450 mg/L。並建議新增五種水質處理藥劑，包含石灰（軟化）、蘇打（軟化）、亞氯酸鈉（消毒）、矽酸鈉（混凝）和氯化鈣（控制腐蝕和調整酸鹼值）。

2004 年執行「飲用水水質標準中影響健康管制項目（戴奧辛、農藥、含鹵乙酸）之評估」，進一步針對戴奧辛、農藥和含鹵乙酸進行納入管制項目的可行性評估，研究結果提出戴奧辛的管值限制值為 12 pg-TEQ/L，並於 2009 年公告施行。在農藥方面，提出培丹(Cartap)、陶斯松(Chlorpyrifos)、大滅松(Dimethoate)、嘉磷塞(Glyphosate)、五氯酚(Pentachlorophenol)、福瑞松(Phorate)、托福松(Terbufos)的建議管制標準值和管制期程，並針對臺灣已有標準，且持續有使用農藥項目重新評估計算其標準值及提出合理之修改期程。在鹵乙酸部份則建議管制 HAA5 的總量為 0.06 mg/L，並於 2014 年公告施行，為提供自來水事業緩衝調整時間 2014 年 7 月至 2015 年 6 月鹵乙酸限值為 0.08 mg/L，自 2015 年 7 月起鹵乙酸限值則為 0.06 mg/L。

2007 年至 2009 年執行之「飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫」，針對飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫進行三年的研究。三年間建立了三階段的新增未列管污染物觀察清單(CCL)，分別為 30 項的 CCL1、20 項的 CCL2 和 19 項的 CCL3，並針對臺灣幾座淨水場進行目標污染物在原水和清水中的檢測分析。此研究更進一步建立了化學物質風險評估與微生物風險評估之流程與步驟，且根據採樣分析結果瞭解到目前國內淨水場的傳統處理程序無法有效地去除消毒副產物和持久性難分解有機物如雙酚 A 和王基酚。亦完成了 CCL1 中 30 項污染物的處理程序的成本試算，並提出以臭氧氧化、活性碳吸附之成本較經濟可行。最後並提出「飲用水水質未列管污染物監測作業要點」與「飲用水水質重複採樣檢測準則」之建議。

2010 年至 2013 年「飲用水水源與水質中新興污染物對人體健康風險評估之研究計畫」針對飲用水水源及水質標準中新興污染物進行四年的人體健康風險評

估。前兩年主要是針對高科技產業所帶來的新興污染物分別提出 37 項和 38 項納入初步觀察清單中並進行評估，第三、四年則是增納 36 項近年來常用的清潔用品、藥物及醫療保健用品及消毒副產物。此計畫並參考美國環保署的候選清單篩選流程，研擬適用於我國民情之篩選流程草案，並建立 92 項目標物質的毒理資料庫。根據四年研究結果建議環保署列管鹵乙酸、揮發性有機物和 DEHP。針對 14 項水中高出現頻率的藥物如乙醯胺酚 (Acetaminophen)、布洛芬 (Ibuprofen)、N,N-二乙基間甲苯胺 (DEET)、羥苯甲酮 (Oxybenzone)、對羥基苯甲酸甲酯 (Methylparaben)、對羥基苯甲酸乙酯 (Ethylparaben)、對羥基苯甲酸丙酯 (Propylparaben)、二氯乙腈、溴氯乙腈、三氯乙腈、二溴乙腈、二氯丙酮、三氯丙酮及水合氯醛建議進行必要的監測以評估其在飲用水中出現的潛在健康危害。上述計畫（2003 年至 2013 年）研究評估之物質及目前列管情況列於表 1.1-1。

表 1.1-1 2003 年至 2013 年環保署計畫研究評估之物質及列管情形

計畫名稱	建議之蒐集清單項目	現已列管項目
飲用水水質標準中生物性及適飲性標準管制項目及標準之評估（2003 年）	鹵乙酸、糞便性大腸桿菌群、梨形鞭毛蟲、隱孢子蟲、腸球菌、致病性病原菌	鹵乙酸
飲用水水質標準中影響健康管制項目（戴奧辛、農藥、含鹵乙酸）之評估（2004 年）	戴奧辛、含鹵乙酸、培丹、陶斯松、大滅松、嘉磷塞、五氯酚、福瑞松、托福松	戴奧辛、含鹵乙酸
飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫(1/3)（2007 年）	CCL1：大腸桿菌、糞便性大腸桿菌群、隱孢子蟲、梨形鞭毛蟲、戴奧辛、鹵乙酸、甲醛、亞氯酸根、陶斯松、大滅松、福瑞松、托福松、二氯甲烷、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、順 1,2-二氯乙烯、反 1,2-二氯乙烯、四氯乙烯、一氯苯、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯、甲苯、乙苯、二甲苯、苯乙烯、鋁、壬基酚、鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯、微囊藻毒-LR 型、雙酚 A	戴奧辛、鹵乙酸、亞氯酸根、二氯甲烷、順 1,2-二氯乙烯、反 1,2-二氯乙烯、四氯乙烯、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯、甲苯、二甲苯、鋁
飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫(3/3)（2009 年）	CCL2：二溴乙腈、二氯乙腈、三氯乙腈、嘉磷塞、五氯酚、1,1,2-三氯乙烷、1,2,4-三氯苯、甲基第三丁基醚、動情激素、雌素酮、雌素醇、乙炔動情激素、鄰苯二甲酸二丁酯、三丁基錫、六氯三磷氮環、多溴聯苯醚、全氟辛烷硫磺酸、全氟辛酸、2-甲基冰片、反-1,10-二甲基-反-9-萘烷醇 CCL3：鎂、鎳、鉍、鈮、銻、釷、碲、鈷、鈦、鎢、錫、釩、乙酸正丁酯、異丙醇、丙酮、氫氟酸、氫氧化四甲基銨、二甲基亞、乙醇銨	無，但已納入飲用水列管項目篩選作業中

表 1.1-1 2003 年至 2013 年環保署計畫研究評估之物質及列管情形（續）

計畫名稱	蒐集清單項目	現已列管項目
飲用水水源與水質中新興污染物對人體健康風險評估之研究計畫(1/4)(2/4)（2010-2011 年）	鎘、鉛、碲、銻、銻、鉍、釷、鈮、鈦、丙烷、正己烷、正庚烷、甲醇、異丙醇、丙酮、丁酮、丁苯、甲基異丁苯、乳酸乙酯、乙酸正丁酯、氫氧化四甲基銨、丙二醇甲醚醋酸酯、丙二醇甲醚、二甲基氧化硫、乙醇胺、N-甲基咯烷酮、鄰苯二甲酸丁酯苯甲酯、全氟辛烷磺酸、全氟辛烷酸、鄰苯二甲酸二辛酯、鄰苯二甲酸二甲酯、鄰苯二甲酸二丁酯、己二酸二辛酯、鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯、丁基酚、辛基酚、壬基酚、壬基酚二乙氧基醇	無，但已納入飲用水列管項目篩選作業中
飲用水水源與水質中新興污染物對人體健康風險評估之研究計畫(3/4)（2012 年）	布洛芬、乙醯胺酚、凱妥布洛芬、非諾布洛芬、氨基比林、萘普生、四環黴素、羧四環黴素、氯四環黴素、非那雄胺、二苯甲酮、羧苯甲酮、DEET、對羧基苯甲酸甲酯、對羧基苯甲酸乙酯、對羧基苯甲酸丙酯、對羧基苯甲酸丁酯、三氯沙、草脫淨	無，但已納入飲用水列管項目篩選作業中
飲用水水源與水質中新興污染物對人體健康風險評估之研究計畫(4/4)（2013 年）	歐殺松、亞培松、培丹、益滅松、施得圃、三氯沙、二氧六圓、貝芬替、二氯乙腈、三氯乙腈、溴氯乙腈、二溴乙腈、二氯丙酮、三氯丙酮、水合氯醛、吐納麝香、佳樂麝香、二甲苯麝香、酮麝香、1,2-二氯丙烷、壬基酚聚乙氧基醇、鄰苯二甲酸二甲酯、鄰苯二甲酸二辛酯、氯苯、壬基酚、	無，但已納入飲用水列管項目篩選作業中

1.1.1 飲用水列管項目之篩選作業

2012 年底至 2014 年環保署執行「推動飲用水列管項目之篩選作業計畫」，依據「行政院環境保護署飲用水列管項目篩選作業原則（草案）」、參考美國環保署建立飲用水列管項目篩選流程和評分機制，擬定飲用水列管項目篩選作業機制與流程，建立系統化及標準化的本土評估系統，並配合飲用水系統之物質檢測，作為環保署新增飲用水管制項目之決策依據，以確保民眾飲用水安全。

飲用水水質標準管制項目篩選作業流程如圖 1.1-1 所示，在飲用水列管物質公告之前需先經四個階段性的資料庫建置與評分機制：

- 一、首先彙整國際上較先進之國家與國際組織飲用水管制項目、建議監測項目、設有指引值，以及科學文獻資料、研究報告或試驗顯示於飲用水中有潛在風險但國內尚未列管之物質，納入「初步蒐集清單」。
- 二、「初步蒐集清單」中的物質於臺灣過去有相關專案計畫曾進行調查、研究、評估者，進一步納入「蒐集清單」，未入選進入「蒐集清單」之物質則保留於「初步蒐集清單」中。
- 三、「蒐集清單」中的物質則區分為化學性指標物質與生物性指標物質，針對該物質對健康的影響(Health effect)以及存在情形(Occurrence)制定不同的篩選評估原則（見附錄一），根據篩選評估原則進行每項物質的風險評分，並提供給參與學者專家諮詢會議的委員們進行最終篩選，評估將風險高的物質納入「觀察清單」，未入選進入「觀察清單」之物質則保留於「蒐集清單」中。
- 四、「觀察清單」之物質確認後，需進行至少 1 年淨水場清水的檢測調查，評估這些物質在台灣飲用水中存在的風險、是否有合適的檢測方法及經濟可行的淨水處理程序，並考慮下列三項條件以評估是否進入「候選清單」預備進行列管：
 1. 污染物可能對人體健康有不利的影響。
 2. 污染物已知會或有實質可能性會存在於公共供水系統，且其存在的頻率和強度有影響公共健康的疑慮。
 3. 污染物可提供具有意義的機會降低飲用水之公眾的健康風險。

經學者專家諮詢會議的委員們討論是否應考慮列管，若應考慮列管之物質則納入「候選清單」，經專家會議綜合評估技術、成本、風險、行政、社會衝擊面及公聽審議後，由環保署制定管制值並予以公告。

2014 年至 2016 年「飲用水水源及水質標準項目之調查及評估」持續推動執行飲用水列管項目之篩選作業，更新初步蒐集清單、蒐集清單及觀察清單物質，並彙整 103 年觀察清單物質監測結果，檢測數據顯示氯苯、苯乙烯、乙苯、1,1-二氯乙烷、鄰苯二甲酸二（2-乙基己基）酯、鄰苯二甲酸二甲酯、微囊藻毒 LR 型、壬基酚等物質於臺灣之飲用水中發生的頻率和強度現階段沒有影響公共健康的疑慮，暫無納入候選清單考慮管制的必要性。此外第一年針對 8 項可能影響飲用水安全之農藥項目進行評估與監測（包含：加保利、賽滅寧、芬殺松、固殺草、賓克隆、百滅寧、托福松、甲基多保淨），第二年自初步蒐集清單中篩選揮發性有機物質進行評估（包含：1,2-二溴乙烷、1,1,2-三氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、1,2-二溴-3-氯丙烷、六氯苯、六氯環戊二烯），第三年則評估金屬物質（鈹、硼、鈷）、全氟碳化合物（全氟辛烷酸、全氟辛烷磺酸）及生物性指標（大腸桿菌、糞便性大腸菌群）並建立毒理資料庫。該計畫亦檢討臺灣現行飲用水水源水質標準、現行飲用水水質標準管制項目中之影響健康物質之管理方式及管制限值以及飲用水水質標準第四條等，以及水源保護區農藥使用之管理與規範。

2017 年環保署推動「106 年飲用水新興污染物研究與水質管理」計畫持續執行飲用水列管項目之篩選作業，更新初步蒐集清單、蒐集清單及觀察清單物質，將硼、N-亞硝二甲胺、N-亞硝二乙胺、鄰苯二甲酸二丁酯、全氟辛烷酸、全氟辛烷磺酸等六項物質納入觀察清單。另抽驗飲用水中 25 項未列管新興污染物，其中僅鄰苯二甲酸二（2-乙基己基）酯曾檢出高於國際上部分國家管制標準之測值，彙整歷年檢測結果後，將其納入候選清單，進一步評估是否應納入我國飲用水水質標準進行管制。自 2013 年起建立之蒐集清單物質項目與後續新增之項目及目前列管情況列於表 1.1-2。

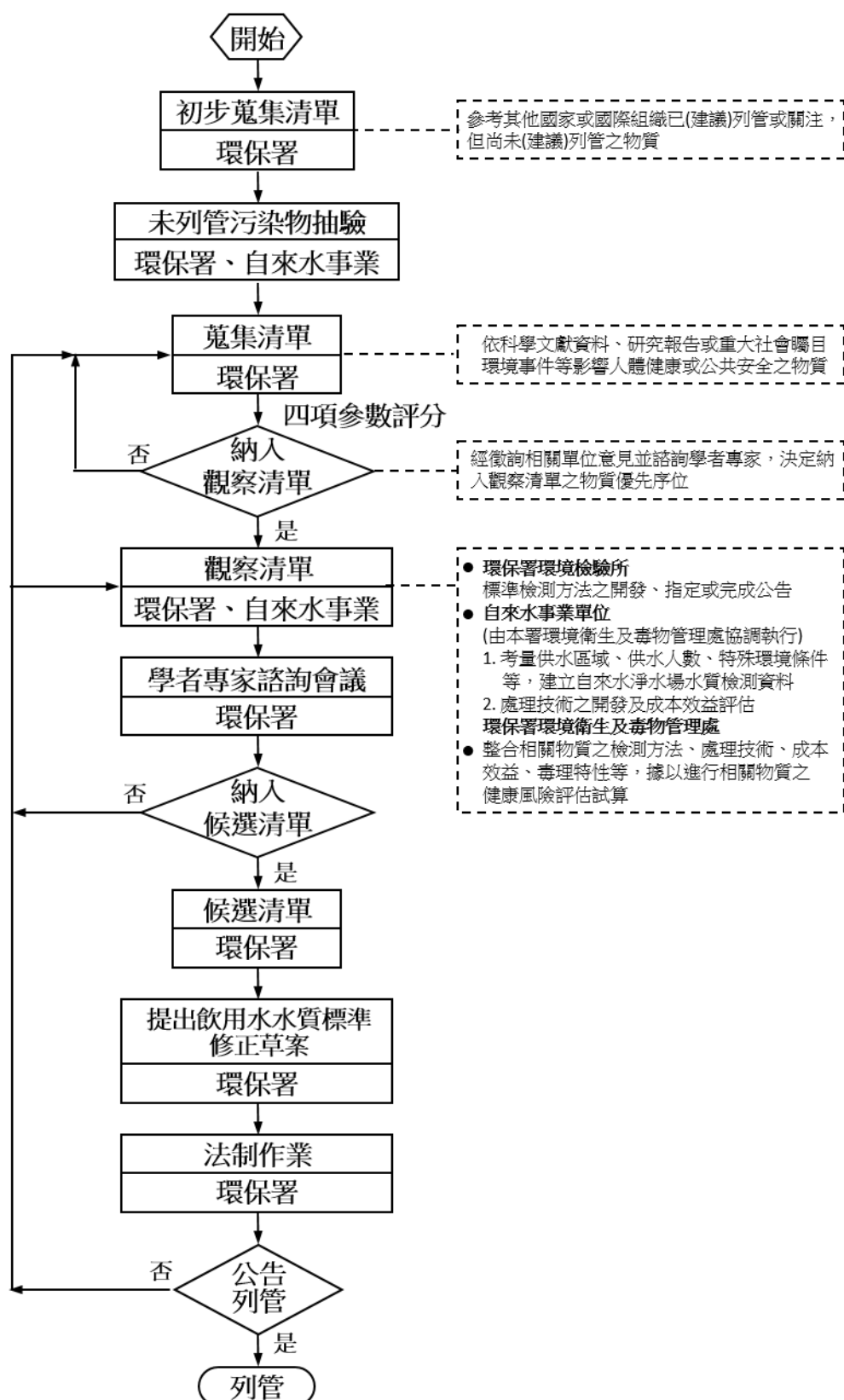


圖 1.1-1 「飲用水列管項目之篩選作業」流程圖

表 1.1-2 2014 年至 2017 年蒐集清單之項目

計畫名稱	蒐集清單項目	現已列管項目
推動飲用水列管項目之篩選作業計畫（2012-2014）	糞便性大腸桿菌群、大腸桿菌、隱孢子蟲、梨形鞭毛蟲、鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯、微囊藻毒-LR 型、苯乙烯、1,1-二氯乙烷、乳酸乙酯、乙酸正丁酯、氫氧化四甲基胺、二甲基氧化硫、N-甲基-2-吡咯烷酮、丙二醇甲醚、丙二醇甲醚醋酸酯、己二酸二辛酯(or 己二酸雙-2-乙基己酯)、全氟辛烷酸、丙烷、正己烷、正庚烷、異丙醇、丙酮、丁酮、丁苯、乙醇胺、丁基酚、辛基酚、甲醇、壬基酚、鄰苯二甲酸二甲酯、氯苯、1,2-二氯丙烷、壬基酚聚乙氧基醇、鄰苯二甲酸二辛酯、鄰苯二甲酸二丁酯、鄰苯二甲酸丁酯苯甲酯、全氟辛烷磺酸、乙苯、雙酚 A、甲基異丁酮、甲醛、陶斯松、大滅松、福瑞松、托福松、異丁苯丙酸(俗稱:布洛芬)、乙醯氨基酚(俗稱:普拿疼)、凱妥布洛芬/苯酮苯丙酸、萘普芬/甲氧鈉丙酸 (俗稱: 拿百疼)、苯氧苯丙酸(俗稱: 非諾洛芬)、胺基比林、非那雄胺、羥苯甲酮、四環黴素、羥四環黴素、氯四環黴素、二苯甲酮、二乙基間甲苯胺、對羥基苯甲酸甲酯、對羥基苯甲酸乙酯、對羥基苯甲酸丙酯、對羥基苯甲酸丁酯、銻、鎂、碲、鉍、鈦等 67 項	無，但已納入飲用水列管項目篩選作業中
飲用水水源及水質標準項目之調查及評估(1/3)（2014 年）	新增加保利、賽滅寧、芬殺松、固殺草、賓克隆、百滅寧、甲基多保淨等 7 項	無，但已納入飲用水列管項目篩選作業中
飲用水水源及水質標準項目之調查及評估(2/3)（2015 年）	新增 1,2-二溴乙烷、1,1,2-三氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、1,2-二溴-3-氯丙烷、六氯苯、六氯環戊二烯等 6 項	無，但已納入飲用水列管項目篩選作業中
飲用水水源及水質標準項目之調查及評估(3/3)（2016 年）	新增鉍、硼、鈷、嘉磷塞等 4 項	無，但已納入飲用水列管項目篩選作業中
106 年飲用水新興污染物研究與水質管理（2017 年）	新增馬拉松、歐殺滅、愛殺松、N-亞硝二甲胺、N-亞硝二乙胺、N-亞硝基吡咯烷等 6 項	無，但已納入飲用水列管項目篩選作業中

1.2 計畫目標

本計畫延續過去環保署執行之計畫所建立之飲用水列管項目篩選作業流程，調查分析未列管之污染物於淨水場原水及清水背景資料，評估新興污染物於我國淨水場之風險，並針對過去計畫中提出較具風險之物質執行飲用水抽驗，供環保署飲用水水質列管項目決策及管制限值制定之依據。此外，並針對現行飲用水水質標準列管項目更新毒理資料。再飲用水管理方面，過往計畫主要針對特定主題了解國際上的作法並提出建議，今年度則是較全面的分析國際組織及先進國家飲用水管理相關法規制度推動現況，進而針對我國飲用水管理制度提出精進建議。

本計畫目標如下：

- 一、辦理飲用水列管物質篩選作業，更新各階段關注清單，提出後續管理作法。
- 二、抽驗分析飲用水中未列管新興污染物，建立水質現況資料，做為篩選作業之重要依據。
- 三、檢討更新飲用水列管項目之毒理資料。
- 四、蒐集分析國際組織及先進國家飲用水管理相關法規制度推動現況，提出精進建議。

1.3 計畫內容

- 一、辦理飲用水列管項目篩選作業，更新初蒐清單、蒐集清單及觀察清單
 - (一) 廣泛蒐集國際組織及先進國家飲用水標準中已列管或優先關注之污染物項目，更新飲用水列管項目初蒐清單。
 - (二) 從初蒐清單中選取項目，抽驗調查其在本土原水、清水中之濃度，彙編其毒理資料，評估危害風險及淨水場處理效能。
 1. 抽驗調查至少 6 項飲用水水質標準未列管項目在我國北、中、南或離島代表淨水場飲用水與水源中之濃度現況（至少 6 處淨水場，每一處

包含原水及清水各 1 個水樣，另其中 2 處淨水場加做流程中 2 個水樣，頻率皆至少 3 次）。

2. 彙整 12 年內自來水事業及水利署等針對淨水場原水、清水之檢測結果，及機關之河川水體環境流布調查結果。

3. 彙編上述物質之毒理資料，並具體評估危害風險及淨水場處理效能。

（三）彙整分析蒐集清單物質之水質檢測資料，包括 5 年內水利署及自來水事業針對淨水場原水、清水等之檢測結果及其他環境流布調查結果，並建議優先補充本土調查資料之項目。

（四）篩選更新觀察清單，研訂觀察清單監測計畫，至少包括執行單位、監測之供水系統點位、監測頻率、期程、檢驗方法等，並蒐集觀察清單物質之國內運作量資料，整合國內外檢驗方法、處理技術、毒理特性等資料，以利後續進行健康風險評估。

二、抽驗國內 400 處飲用水水質或水源水質中未列管之新興污染物

（一）抽驗之未列管新興污染物包括：

1. 重金屬：抽驗鎘、鎳、鉍及鉍等 5 項各 200 處次。

2. 消毒副產物：抽驗甲醛、N-亞硝二甲胺(NDMA)、N-亞硝二乙胺(NDEA)及 N-亞硝基吡咯烷等 4 項各 100 處次。

3. 揮發性有機物：揮發性有機物：抽驗 1,1-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、苯乙烯、氯苯、乙苯、甲基第三丁基醚、1,2,3-三氯丙烷及 1,2-二溴-3-氯丙烷等 8 項各 100 處次。

4. 半揮發性有機物：抽驗六氯苯 100 處次。

5. 農藥：抽驗甲基多保淨、固殺草、陶斯松、鋅錳乃浦、托福松、愛殺松、加保利及賽滅寧等 8 項各 100 處次。

6. 環境荷爾蒙：抽驗壬基酚、雙酚 A、鄰苯二甲酸二甲酯（DMP）、鄰苯二甲酸二乙酯（DEP）、鄰苯二甲酸二丁酯（DBP）、鄰苯二甲酸

丁基苯甲酯（BBP）、鄰苯二甲酸二辛酯（DOP）及鄰苯二甲酸二（2-乙基己基）酯（DEHP）等 8 項各 400 處次。

7. 生物代謝產物：抽驗微囊藻毒 LR 型 25 處次。

8. 其他依機關指定項目進行水質檢測計 30 處次。

三、更新現行飲用水水質標準管制項目之毒理資料

（一）配合目前已更新之分析方法、國內外環境背景調查資料、毒理特性研究資料及處理技術等修訂更新毒理資料庫內容，至少更新 18 項。

（二）配合上述資料，彙編更新飲用水水質標準管制項目毒理資料。

四、蒐集研析國際飲用水管理法規制度推動現況，提出精進我國政策之建議

（一）持續蒐集分析世界衛生組織、歐盟、美國、澳洲及日本等國際組織或先進國家之飲用水管理相關法規制度、政策計畫推動現況。

（二）分析重點包括水源管理、設備管理、淨水處理、水質管理、罰則、政府部門之分工等。

（三）比較分析我國與前述各國管理法規制度並提出精進建議

（四）其他配合機關施政需求及國內外重大飲用水議題(如微型塑膠纖維...等)之政策研究。

五、針對上述議題，召開至少 3 次專家諮詢會議，每場至少 5 位學者專家參與諮詢。

六、配合機關施政需求，協助蒐集因緊急狀況之飲用水中污染物之健康風險資料。

第二章 飲用水列管項目之篩選作業

2.1 篩選作業執行

本計畫持續推動「飲用水列管項目之篩選作業」（圖 1.1-1），包含更新初步蒐集清單、蒐集清單項目，更新蒐集清單項目近年本土水質監測數據及毒理資料，並依據篩選評估原則進行每項物質的風險評分，提供給專家評估是否應納入觀察清單。

2.1.1 更新初步蒐集清單

依據「行政院環境保護署飲用水列管項目篩選作業原則（草案）」，初步清單物質應至少參考下列國際組織及先進國家飲用水標準中已列管或優先關注之污染物項目：

- 一、美國飲用水水質標準 (National Primary Drinking Water Regulations; National Secondary Drinking Water Regulations) 所列物質。
- 二、美國飲用水中污染物候選清單(Contaminant Candidate List, CCL)所列物質。
- 三、日本飲用水水質標準(Drinking Water Quality Standards)所列物質。
- 四、澳洲飲用水指引(Australian Drinking Water Guidelines)所列物質。
- 五、德國飲用水條例(Drinking Water Ordinance)所列物質。
- 六、加拿大飲用水水質指引(Guidelines for Canadian Drinking Water Quality)所列物質。
- 七、英國供水（水質）條例(The Water Supply(Water Quality) Regulations)所列物質。
- 八、紐西蘭飲用水水質標準(Drinking-Water Standards for New Zealand)所列物質。
- 九、世界衛生組織飲用水水質指引(Guidelines for Drinking Water Quality)所列物質。
- 十、歐盟水資源綱要指令(Water Framework Directive)優先物質清單(List of Priority Substances)所列物質。

十一、其他已開發國家飲用水水質標準所管制之化學物質尚未納入我國飲用水水質標準管制項目者。

十二、依科學文獻資料、各國政府研究報告或重大社會矚目環境事件，有明確事實足以認定影響人體健康或公共安全之物質。

本計畫持續依上述所要求之資料來源更新初步蒐集清單項目（表 2.1-1），並增加列入南韓和新加坡的飲用水水質管制及監測項目。本計畫參考之國際標準及指引值資料來源詳列於表 2.1-2。

今年度僅澳洲更新飲用水水質指引，其中新增的項目中僅全氟己烷磺酸鹽 (perfluorohexane sulfonate, PFHxS) 未列在我國初步蒐集清單/蒐集清單/觀察清單/候選清單中，故本計畫將全氟己烷磺酸鹽 (PFHxS) 納入初步蒐集清單中。1,2,3-三氯苯因其毒理資料尚不完全，日本將其列入需持續觀察項目，本計畫亦將其納入初步蒐集清單。此外納入德國管制之綠膿桿菌（又稱銅綠假單胞菌）(Pseudomonas aeruginosa)。

過去我國「飲用水列管項目之篩選作業」以「子集」的概念建構初步蒐集清單/蒐集清單/觀察清單/候選清單（如圖 2.1-1），即初步蒐集清單項目中亦包含蒐集清單項目、觀察清單項目、候選清單項目，而蒐集清單項目則包含觀察清單項目及候選清單項目，以此類推。然考量在此概念下，同一污染物可能出現在不同清單中造成混淆，故本計畫改以「篩選排除」的概念建構各階層清單（如圖 2.1-2），即初步蒐集清單項目經評估納入蒐集清單後，即從初步清單中排除，故一個污染物只會出現在初步蒐集清單、蒐集清單、觀察清單、候選清單的其中一個清單中。

經調整後 106 年的初步蒐集清單項目原有 454 項，排除已納入蒐集清單、觀察清單、候選清單的物質，並新增 3 項物質，107 年初步蒐集清單有 367 項物質，詳列於表 2.1-1。

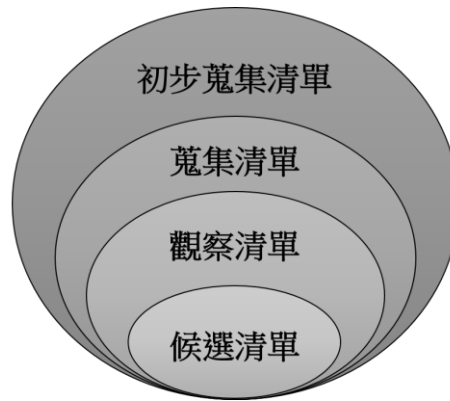


圖 2.1-1 子集概念圖

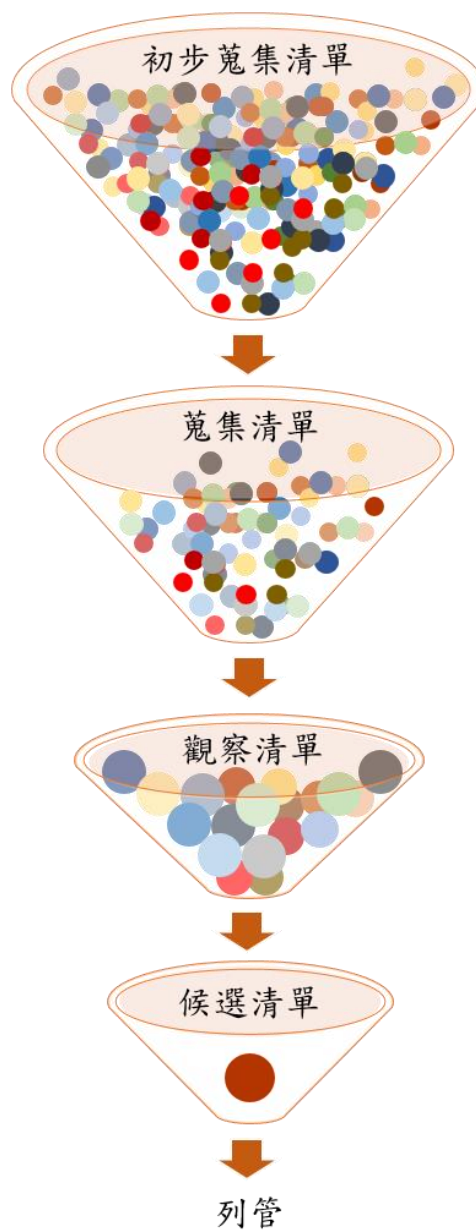


圖 2.1-2 篩選排除概念圖

表 2.1-1 107 年初步蒐集清單 367 項物質

主要	次要	數目	項目
適飲性參數		7	電導度、腐蝕性、土臭素/二甲基萘烷醇、二甲基異茨醇、口感、溫度、總有機碳、
生物性參數	—	24	軍團菌屬、腸道病毒、腸病毒、腸球菌、產氣莢膜梭菌、亞硫酸鹽還原菌、致病性原生動物、福氏耐格里原蟲、宋內氏志賀菌、腸道沙門氏菌、退伍軍人桿菌、棘阿米巴屬、腺病毒、產氣單胞桿菌屬、杯狀病毒科、克沙奇病毒、藍綠藻、埃可病毒、幽門螺桿菌、微孢子蟲、胞內鳥型分枝桿菌、空腸曲狀桿菌、A 型肝炎病毒、綠膿桿菌
有機化合物	藻毒	8	藍綠藻毒、魚腥藻毒素、魚腥藻毒素-異構物、魚腥藻毒素同系物 a、柱孢藻毒素、總微囊藻毒、節球藻毒素、岩毒素(麻痺性貝毒)
	一般	100	1,3-二氯苯、1,2,4-三氯苯、1,2,3-三氯苯、丙烯醯胺、丙烯腈、丙烯酸、丙烯醛、苯甲醚、丁基黃原酸、三氯乙醛、三聚氰酸、1,3-二氯丙烷、1,3-二氯丙烯、鄰苯二甲酸二乙酯、1,4-環氧己烷、氯化乙基汞、多環芳香烴、苯並[a]芘、多氯聯苯、二氯異氰尿酸鈉、2,4,5-三氯苯氧基醋酸、三氯苯、四乙基鉛、乙二胺四乙酸、發泡劑、非離子性介面活性劑、戊二醛、六氯丁二烯、甲基第三丁基醚/甲基叔丁基醚、六氯苯甲酸/環烷酸、2-萘酚、氨三乙酸、硝基苯、五氯酚、五氯丙烷、石油碳氫化合物、2,3,4,6-四氯酚、硝化甘油、異丙甲草胺苯胺羧酸、苯胺、1,3-二硝基苯、異丙甲草胺乙磺酸、甲草胺苯胺羧酸、1,3-丁二烯、氨基甲酸乙酯、鄰-甲苯胺、乙草胺苯胺羧酸、一氯二氟甲烷、一氯一溴甲烷、三乙胺、2,4-二硝基苯酚、乙醛、1,1,1,2 四氯乙烷、4,4'-二氨基二苯甲烷、異丙苯化過氧化氫、乙硫尿/亞乙基硫脲、聯胺/水合聯胺、乙醯胺、乙草胺乙烷磺酸鈉鹽、丙苯、全氟王酸、N-亞硝基二苯胺、2,2-二氯丙烷、萘、1,2-二苯基聯氨、溴化甲烷、烯丙醇、氧化乙烯/環氧乙烷、1,1-二氯丙烯、對-異丙基甲苯、2-甲氧基乙醇、氯甲烷、乙二醇、喹啉、溴苯、正丁醇、丁基羥基甲氧苯、異佛爾酮、苯甲氯、甲草胺乙烷磺酸鈉鹽、1,1,2,2 四氯乙烷、三苯基氫氧化錫、二異氰酸甲苯、環氧丙烷、偏三甲苯、2,4-二硝基甲苯、2,6-二硝基甲苯、2-甲酚、環三亞甲基三硝胺、仲丁基苯、1,2-丁二烯、三乙烯四胺、N,N 二甲基苯胺、有機氰化物、甲基汞、1,2-二苯基聯胺、4-硝基酚、2-硝基酚、環氧氯丙烷、二烷基錫
	醫療保健藥品	13	水合氯醛、紅黴素、二氯苯氧氯酚(俗稱:三氯沙)、17 α -雌二醇、17 α -乙炔基雌二醇、 β -雌二醇、雌三醇、雌素酮、烯雌酮、去氫馬烯雌酮、炔諾酮、炔雌醇、阿奇黴素
	消毒藥劑及消毒副產物	15	2-氯酚、2,4-二氯酚、2,4,6-三氯酚、三氯硝甲烷(氯化苦)、二氯乙腈、溴氯乙腈、三氯乙腈、二溴乙腈、3-氯-4-二氯甲基-5-羥基-2(5 氫)-呋喃酮(MX)、N-亞硝基二丙胺、一氯乙酸、三氯甲烷/氯仿、三溴甲烷、溴二氯甲烷、二溴氯甲烷

表 2.1-1 107 年初步蒐集清單 367 項物質（續）

主要	次要	數目	項目
有機化合物	農藥	28	殺蟲劑、大克蟎、普伏松、芬滅松、氯氟類、六氟鹽、聚乙醛、威百畝和代謝物(異硫氰酸甲酯)、乃卡巴精、達草滅、皮克落、聚已縮脬、匹拉沙托、氟乙酸鈉,1080、達球靈、大克草(DCPA mono-acid degradate)、大克草(DCPA di-acid degradate)、脫葉磷、噻節因、三氯比、乙基亞特松、滅克磷、甲胺磷、百治磷、亞砒磷、特丁磷砒、滴滴涕的代謝物(DDE)、三嗪類
	農藥-除草劑	67	拉草、草殺淨、殺草強、亞速爛、草脫淨+含氯代謝物、草脫淨代謝物、本達隆、克草、溴苯腈、乙基克繁草、綠麥隆、枯草隆、氯磺隆、畢克草、氰乃淨、茅草枯、麥草畏、二氯苯腈(殺蟲及除草劑)、2,4-DB(2,4-二氯苯氧丁酸)、2,4-DP、禾草靈、野燕枯/野麥枯、大芬滅、敵草快/殺草快、達有龍/敵草隆、草多索、茵草敵/丙草丹、2,4,5-涕丙酸/2,4,5-三氯酚氧乙酸、麥草氟甲酯、復祿芬、伏草隆、克林草、殺木磷、菲殺淨、依滅草、異丙隆、2-甲基-4-氯苯氧基乙酸(MCPA)、2-(4-氯-2 甲基酚氧基)(MCPPE)、莫多草、滅必淨、甲黃隆、稻得壯、滅落脫、滅殺草、歐拉靈、樂滅草、克草敵、施得圃、氟嘧磺隆、雷蒙得、除草靈、普拔根、戊炔草胺、啞磺草胺、草滅淨、特草定、草淨津/特丁津、特丁淨、殺丹、三福林/氟樂靈、滅草猛、理有龍、烯草酮、乙草胺、地散磷、滅草、三氯二異丙基乙醯酸
	農藥-殺蟲劑	59	毆殺松、得滅克、阿特靈及地特靈、三亞蟎、谷速松、百列滅寧、乙基溴磷松、三硫磷、剋安勃、克芬松、可氯丹、賽扶寧、第滅寧、有機錫類、滴滴涕和代謝物((DDT, DDE 及 DDD)、二氯松、二福隆、地樂酚、二硫松、安特靈/異狄氏劑、益化利、撲滅松/殺螟松、繁福松、芬化利、芬普尼、福木松、飛佈達和其環氧化物、毒殺芬、六氯環己烷(含林丹, 六六六)、甲氧氯、甲基巴拉松、美文松、毆滅松、協力精、比加普、亞特松、佈飛松、毆蟎多、賜派滅、硫丙磷、亞培松、樂本松、腐絕、硫滅松、百利普芬、三氯松、3-羥基-克百威(丁硫克百威, 丙硫克百威的主要代謝物)、撲滅通、培丹、得芬諾、硫敵克、安丹、丁基滅必蝨、益達胺、賽果培、賽速安、可尼丁、亞滅培、滅賜克
	農藥-殺菌劑	25	免賴得、蓋普丹、貝芬替、菱銹靈、四氯異苯腈、賽普洛、依得利、芬瑞莫、依普同、鋅錳乃浦、滅達樂、撲滅寧、普克利、白粉松、五氯硝基苯、硫菌靈、得恩地、三泰芬、三丁基氧化錫(TBTO)(屬有機錫)、免克寧、大福松、得克利、福美鋅、福爾培、四氯丹
無機化合物	一般	8	石棉(million fibers per liter, MFL)、溴酸、溴化物、碘化物、過錳酸鉀、硫化物、硫化氫、氯化氫
	重金屬	7	碘、矽、鈉、鈇、鈣、鎂、六價鉻
	消毒藥劑及消毒副產物	6	氯酸/氯酸鹽、高氯酸/高氯酸鹽、二氧化氯、氯胺(一氯胺, 二氯胺, 三氯胺)、氯酮類、臭氧

備註：少數國家將放射性物質納入飲用水管理，我國之管理分工，放射性物質係由原能會依權責訂定相關法規管理，非屬飲用水水質標準列管項目。

表 2.1-2 本計畫參考國內外法規列表

國家/組織	法規名稱及更新狀況
臺灣	飲用水水質標準 (最新版為 2017) http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawContent.aspx?PCODE=00040019
WHO ¹	Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition incorporating the first addendum (2017)
美國	National Primary Drinking Water Regulations and National Secondary Drinking Water Regulation (最新版為 2009) (https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulation-table) Contaminant Candidate List, CCL https://www.epa.gov/ccl (2016 公告之 CCL4 為最新之 CCL)
加拿大	Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (最新版為 2017) (https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/water-quality/guidelines-canadian-drinking-water-quality-summary-table.html)
歐盟	Official Journal of the European Communities (最新版為 2015) (http://ec.europa.eu/environment/water/water-drink/legislation_en.html)
德國	Regulation on the quality of water intended for human use (Drinking Water Regulations) (2017) (https://www.gesetze-im-internet.de/trinkwv_2001/BJNR095910001.html) Drinking Water Ordinance (https://www.bundesgesundheitsministerium.de/health/drinking-water-ordinance.html)
法國	Décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles (2017) (https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000215649)
紐西蘭	Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008) (http://www.health.govt.nz/publication/drinking-water-standards-new-zealand-2005-revised-2008)
澳洲	Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated 2016) (https://www.nhmrc.gov.au/guidelines/publications/eh52)
日本	水道水質基準について 平成 27 年 (2015) (http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/kijunchi.html)
南韓	먹는물 수질 기준 Water quality Standard (http://www.easylaw.go.kr/CSP/CnpClsMain.laf?popMenu=ov&csmSeq=536&ccfNo=2&cciNo=1&cnpClsNo=1)
新加坡	Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2010) (http://statutes.agc.gov.sg/aol/search/display/view.w3p?page=0;query=DocId%3A%22c6503669-7d36-4a1a-836a-459a3ad88cdc%22%20Status%3Ainforce%20Depth%3A0;rec=0)

¹WHO: 世界衛生組織 World Health Organization

2.2 初步蒐集清單優先評估物質之篩選

為利本土水質資料之建立及後續篩選作業之進行，針對初步蒐集清單之物質逐步進行系統性監測，以利本土水質資料之建立及後續篩選作業之進行。本計畫自初步蒐集清單中篩選六項新興污染物質進行評估，篩選考量原則主要為四大項：

一、國內普遍使用或曾使用及對健康危害性。

二、國內外（含 WHO）關切之污染物清單。

三、國外相關標準值已有規範或建議值，亦即各國已列管，但我國尚未列管之污染物。

四、公告之標準分析檢測方法。

依據以上原則進行評估，提供參與學者專家諮詢會議的委員會們進行最終篩選，決定本計畫之 6 項飲用水水質未列管污染物評估項目。且依評選須知，本計畫執行期間應針對北、中、南地區或離島選擇至少 6 個代表性淨水場進行採樣分析，每一處淨水場包含原水及清水各 1 個水樣，其中 2 處淨水場加做流程水樣 2 個，頻率至少 3 次，根據採樣分析結果評估飲用水水源與水質中有機物、農藥、環境荷爾蒙、日常生活用品、金屬與消毒副產物等之新興污染物之流佈、於我國飲用水系統中之危害風險及淨水場處理效能，再據以提出改善建議。

2.2.1 藥物和個人保健用品使用所衍生之新興污染物

藥物和個人保健用品(pharmaceuticals and personal care products, PPCPs)包括廣泛的化學品和化合物，包括有獸醫用藥、人類藥物、荷爾蒙、消費品如防曬霜，乳液，清潔產品，驅蟲劑，香水和化妝品。這些人體健康用藥和個人保健用品在製造和人類的廣泛使用過程中，透過地表水、地下水、廢水之水循環流布至我們的水環境甚至於飲用水供應系統。

然而，只要人類持續使用 PPCPs，這些污染物很可能已經存在於水中，特別是因為許多藥物沒有完全被人體吸收，而排泄到廢水和地表水。在下列情況，PPCPs 也可以釋放至供水系統中：

- 一、使用個人衛生用品和家用清潔劑之沖洗
- 二、未使用的藥物被傾倒在廁所（馬桶）或倒入水槽
- 三、畜牧業之動物排泄荷爾蒙和抗生素，因而流入湖泊或溪流

四、製造或商業運作不當處理 PPCPs

2.2.2 藥物使用及其環境水體流佈情形

醫藥於環境中之殘留始於 1977 年 Hignite 與 Azarnoff 的報導，但是真正獲得學界重視而開始系統性的研究則遲至 1990 年代才開始 (Zuccato et al., 2006)。近年來，這些藥物存在環境水體的報導日漸增多，除了歐洲為主之外，北美與其他國家亦展開相關研究 (Castiglioni et al., 2006; Zuccato et al., 2006)。這些藥物殘留最令人擔心的，莫過於抗生素所可能引致的細菌抗藥性 (de Alda et al., 2003)，例如超級細菌的產生，或是如 MRSA (methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*) 這類可以抵抗多數抗生素的細菌。抗生素除了用於治療人類傳染病之外，亦被大量用於禽畜及養殖業的疾病治療、預防，甚至做為生長促進劑等 (Pomati et al., 2006)。有許多抗生素並未被完全代謝，有些經 phase II 代謝產生的接合物 (conjugate)，於環境中或廢水處理過程可被微生物分解回原來具有生物活性的本體，對微生物生態產生影響 (Heberer, 2002)。

目前全球每年抗生素用量可達 10 萬至 20 萬噸，非常驚人 (Lindberg et al., 2004)。美國非營利組織 The Center for Disease Dynamics, Economics, and Policy (CDDEP) 之統計資料顯示 2000-2010 年間，全球抗生素使用率增加 30%，且用於動物的抗生素亦顯著增加，CDDEP 估計 2013 年全球用於食用的動物抗生素約 131,109 公噸 (Van Boeckel et al., 2017)。其中貝他內醯胺類 (β -lactam, 包含盤尼西林 (penicillins) 與頭芽胞菌素 (cephalosporins)) 用量大，不只使用在人類上，用途亦包含畜牧畜產業 (Alder et al., 2001; Miao et al., 2004)。因 β -lactam 環狀結構並不穩定，極易水解，其於環境中的半衰期僅為數小時至數天 (Hirsch et al., 1999; Alder et al., 2001; Cahill et al., 2004; Miao et al., 2004; Kummerer et al., 2005)，於環境水體中濃度極低 (數個 ng/L)，甚至低於偵測極限 (Hirsch et al., 1999; Castiglioni et al., 2006; Zuccato et al., 2006)。氟化奎林酮類 (fluoroquinolone, FQ) 為人工合成的抗生素，不論是革蘭氏 (Gram) 陽性或陰性菌皆有效果，在人類用抗生素中占重要地位，亦有少部分用於畜產 (Alder et al., 2001)。以瑞士為例，FQ 的用量約為抗生素總用量的 15%，其中以 ciprofloxacin 和 norfloxacin 為主，其他種類之 FQ 僅佔極少數 (Golet et al., 2001; Gobel et al., 2004)。巨環內酯 (macrolides) 由鏈黴菌屬 (*Streptomyces*) 產生，主要對付革蘭氏陽性菌，抑制其蛋白質合成 (Alder et al., 2001; Miao et al., 2004)。Macrolides 通常用於會對 β -

lactam 產生過敏的病人，亦有用於治療家畜(Alder et al., 2001; Miao et al., 2004)。磺胺類(sulfonamides)抗生素一類具有對氨基苯磺醯胺結構的總稱，對於革蘭氏陽性菌和革蘭氏陰性菌皆有良好的抑菌性，可干擾細菌葉酸(folic acid)之合成，達到抑菌(bacteriostatic)的效果；目前大多與 trimethoprim 合併使用以減少抗藥性並增強效果(Alder et al., 2001; Gobel et al., 2004)，除了做為抗生素外，也有不具抑菌性，但可做為利尿劑、降血糖藥物、非類固醇抗發炎用藥、及抗眼壓藥物等。人類用磺胺類以 sulfamethoxazole 為主，畜產則大多使用 sulfamethazine (Alder et al., 2001)。四環素(tetracyclines)自 1984 年發展以來已有八種，現今主要用於畜產及漁業(Miao et al., 2004)。

人類及畜牧業所使用的抗生素可能經由廢水處理廠(wastewater treatment plant, WWTP)、農業逕流排放或直接由家戶進入環境水體；過期藥品若不當處置，亦會進入環境。廢水污泥或動物排泄物若用做肥料，其中所含的抗生素可能污染當地的地下水、河川等。用於魚類養殖的抗生素大多可能未經魚體吸收而隨著排放水進入廢水處理廠或直接進入河川。因此，抗生素用量、穩定性、生物體代謝率、廢水是否經過處理以及處理流程去除抗生素的效果等為影響環境負荷的主要因素。

一般而言，二級廢水處理可去除 70~90%的 β -lactams (Kummerer, 2001)；FQ 的去除率約為 70~80% (Alder et al., 2001; Kummerer, 2001)；四環素類的去除效果約為 60% (Lindberg et al., 2005)。因 FQ 的去除大多僅為吸附而非真正降解，所以活性污泥中發現的抗生素以 FQ 為主(Kummerer, 2001; Lindberg et al., 2005)。另一方面，macrolides 的去除率並不佳 (Castiglioni et al., 2006)；sulfamethoxazole 與 trimethoprim 亦能抵擋廢水處理流程而大多進入水體 (Lindberg et al., 2005)。排放廢水中常被偵測到的抗生素為 ciprofloxacin, norfloxacin, ofloxacin (此三者屬 FQ)，紅黴素的水解產物(erythromycin-H₂O, 已無生物活性)，clarithromycin, roxithromycin (此三者屬 macrolides)，以及 sulfamethoxazole 與 trimethoprim 等，濃度大多介於數十至數百 ng/L (Gobel et al., 2004; Miao et al., 2004; Lindberg et al., 2005; Nakata et al., 2005; Castiglioni et al., 2006)；至於四環素與盤尼西林則通常低於偵測極限 (50 及 20 ng/L) (Hirsch et al., 1999)。醫院廢水中抗生素含量的調查較少，不過似乎遠高於一般污水處理廠的排放水，偵測到的抗生素濃度從數百 ng/L 至高達上百 μ g/L (Lindberg et al., 2004)。此外，Westerhoff 等 (2005)針對

trimethoprim 和 sulfamethoxazole 於淨水流程進行去除效率的調查，雖然混凝的去除效果並不好，但是加氯或臭氧處理等步驟則能幾乎完全移除兩者。

表面水體因有來自於畜產及養殖業使用之抗生素，其物種及濃度有別於處理廠放流水。例如極少出現於處理廠放流水的 sulfamethazine 則常見於表面水 (Alder et al., 2001)；lincomycin 於河水和放流水之濃度近似 (Zuccato et al., 2006)。Trimethoprim 和 sulfamethoxazole 為表面水體最常出現者 (Cahill et al., 2004)。大致上河水中抗生素濃度低於廢水放流水，中位數為數個至數十 ng/L (Cahill et al., 2004; Debska et al., 2004; Zuccato et al., 2006)。

有報導顯示抗生素在歐洲及北美地區水體中的濃度介於 ng/L 至低 $\mu\text{g/L}$ ，雖然對人類而言，構成健康危害的可能性不大，但是因水中微生物長期持續地接觸抗生素，不能完全排除對微生物潛在的影響 (Prat et al., 2004)。例如 Kumpel 等學者 (2001)即呼籲應當重視表面水體中抗生素慢性暴露對細菌的毒性，而非急毒性。現有對此議題的研究仍不多，而且論點並不一致。Pomati 等人 (2006)以混有 13 種藥物（其中含有四種抗生素）、濃度僅為 ng/L 測試對人類胚胎細胞的影響，發現該細胞的型態及生理皆受到影響，且細胞複製亦被抑制。有些研究亦認為現有醫院或廢水處理廠放流水對於細菌生長產生選擇性的壓力（selection pressure），對於廢水處理廠中生物處理也有所影響 (Al-Ahmad et al., 1999; Kummerer and Henninger, 2003)。Hartmann 與其同僚 (1998)的研究顯示，醫院廢水短期暴露即可能對細菌產生致突變性，其中以 FQ 類的抗生素效應最大（尤其是 ciprofloxacin）；美國有些河川已發現對於磺胺類與 trimethoprim 具抗藥性的細菌，而長期持續地暴露抗生素可能使這些細菌在生態上佔了上風而繼續保有其抗藥性 (Lindberg et al., 2005)。另一方面，亦有學者認為現有水體中抗生素濃度威脅不大。Nakata 等人 (2005)的調查顯示，ofloxacin 現有表面水中濃度比對環境中細菌產生效應的 50%濃度（EC50）低了 1–2 order of magnitude，不過該研究則指出使用污泥當作肥料的農地應進一步觀察其對土壤微生物的影響；Miao 等人 (2004)測量加拿大八個污水處理廠，因放流水中各抗生素單一濃度皆低於 1 $\mu\text{g/L}$ ，認為應不至於影響水中生物的生存生長。

2.2.3 個人保健用品

「個人保健用品」（personal care products, PCPs）為日常生活中民眾基於健康照顧、提神、美容或殺菌等原因而使用之個人或居家產品 (Daughton and Ternes,

1999)。這些產品可分為兩大類：一類為「個人保健藥品」，主要是舒緩疾病症狀之用，主要來源為醫師處方藥以及直接在藥房或大型連鎖生活日用品超市購買成藥或指示藥。另一大類產品則是「個人保健日用品」，此類產品屬於民生用品，用以提神、美容或殺菌，像是提神飲品、防曬乳、防蟲劑等，易於生活中取得並廣泛使用的商品。

個人保健品主要是人為製造出來的化學物品，直接被消費者使用，並且主要施用於人體上。PCPs 中所含的活性成份（active ingredients）具有刺激人體神經系統以及殺蟲、殺菌等能力，是發展這類產品中最重要的賣點。但是於使用後，所殘留的 PCPs 會經由不同管道釋放至環境介質中，其中又以進入水循環為主要途徑。例如服用個人保健用藥之後，部份原始成份或是轉化過後產物會隨著尿液排出，進入污水系統；有些產品也可能因為過期棄置而被丟入垃圾場處理，經過滲流水等進入環境。目前文獻上有關環境中的研究結果指出，表面水體常可偵測到 PCPs 藥物的存在，濃度幾乎可達到 $\mu\text{g/L}$ 的層級之間 (Ashton et al., 2004; Glassmeyer et al., 2005; Vieno et al., 2005; Gros et al., 2006)；法國的飲用水分析結果顯示，水中可發現幾種常見的個人保健藥品的存在，包括 acetaminophen、diclofenac、ibuprofen、ketoprofen 等，以 acetaminophen 測得濃度最高，為 210 ng/L (Togola and Budzinski, 2008)。國際性毒理學評估研究-多中心細胞毒性試驗評估 (Multicenter Evaluation of In Vitro Cytotoxicity Tests, MEIC) 藉由體內與體外試驗來評估一系列化學物質對人體毒性，雖然可以觀察到結果很有限，但是在所選出的 50 種化學物質中，至少有 18 種是藥物，足已可見 PCPs 所被廣為使用的程度。

許多藥物成功用於修飾人類的行為，然而它們對於非目標生物可能會產生未知影響。急毒性是探討 PCPs 對非目標生物可能的生態毒性方式之一，但是急毒性容易被發現，因此慢性毒性即成為主要的考量 (Daughton and Ternes, 1999)。PCPs 所誘發出的影響在自然界中很難被發現，因此對於任何一種非目標生物而言，目前完全缺乏探討 PCPs 對其生命週期影響的研究。PCPs 可能以原始型態、代謝物或其他降解等形式存在，成為環境中生物體長期暴露的因子。原先毒性較低或無毒性的鍵結物也可能經由酵素或水解轉化回具有生物活性的物質。降解之產物甚至可能比原物質具有更高的生物活性，對生物體影響更大。儘管部分 PCPs 化合物半衰期並不長，但因其在水環境中持續存在，造成水生生物的長期暴露，

因此對生物體的影響非短時間可以評估 (Daughton and Ternes, 1999)。Kurelec (1993)提出基因毒性疾病症狀 (genotoxic disease syndrome, GDS) 的概念，將水生環境的非顯著性變化加以具體化；GDS 被認為是由廣泛且逐漸的累積毒性暴露劑量，並非是由單一毒性暴露所造成。這些累積的影響在酵素系統、蛋白質表現、代謝與細胞毒性修復中發生，可能會導致健康損傷、組織或器官逐漸退化或萎縮、生長減少、加速老化、免疫系統損傷、生殖系統損傷、較高疾病發生率與適應力或生存能力受損。

Diclofenac、ibuprofen、acetylsalicylic acid 及 ketoprofen 是最早在污水及河水中被檢測出來的鎮痛解熱劑成分 (Stumpf et al., 1996)。英國 River Taff 及 River Ely 兩條河川的兩個採樣點連續採樣檢出 diclofenac、ibuprofen、naproxen 的比率皆高於 90%，濃度為 12-59 ng/L 之間 (Kasprzyk-Hordern et al., 2009)。Diclofenac 與 acetaminophen 在法國 Herault 水域濃度介於 1.36-72.3 ng/L (Togola and Budzinski, 2008)。由污水處理的移除效果顯示，大多數的化合物在放流水中存在的平均濃度低於進流水。Meclofenamic acid 在國外的水體分析結果中，不論是表面水或污水，水中存在濃度幾乎都偏低至小於偵測極限 (Thomas and Foster, 2005; Zhang et al., 2008)；在中國南部 Shijing River 中檢出的最高濃度為 24.6 ng/L (Zhao et al., 2009)。Stan 和 Heberer (1997)的研究顯示污水處理設備對阿斯匹靈水溶性代謝物－水楊酸有較好的移除效率。另外，研究也顯示水中存在濃度偏高的 ibuprofen 可經由污水處理流程中的生物降解作用移除，移除效果達 99%以上 (Onesios et al., 2009)。

三氯沙 (triclosan) 具有抗菌的效能，被廣泛使用在牙膏、洗手乳等日用品以及塑膠產品當中。由於 triclosan 對微生物分解具有抵抗性，因此容易在飲用水中發現。Okumura 與 Nishikawa 等人 (1996)發現水中三氯沙濃度介於 0.05-0.15 µg/L 之間。英國 River Taff 及 River Ely 兩條河川檢出濃度為 5-13 ng/L 之間 (Kasprzyk-Hordern et al., 2009)。Onesios (2009)的研究發現，好氧活性污泥法對於 triclosan 移除效率達 95%-98%。美國及法國的研究亦顯示廢水處理後的移除率可達 80%以上 (Oppenheimer et al., 2007; Miege et al., 2008)。

防曬劑的成份 oxybenzone 於美國廢水處理廠進流水中檢驗中位數為 1870 ng/L (Oppenheimer et al., 2007)；於英國 River Taff 及 River Ely 流域旁的污水處理廠進流水資料顯示，oxybenzone 平均濃度分別為 638 ng/L 及 1195 ng/L；放流水

中平均濃度則為 231 ng/L 及 22 ng/L，而河川水體的檢出平均濃度則為 9-10 ng/L。Kasprzyk-Hordern 等人 (2009)研究顯示汙水處理場對於 oxybenzone 有相當不錯的移除效率 75-95%。防曬劑具有相當高的脂溶性，在魚類之生物濃縮因子約為 5,200。Nagtegaal 等 (1997)研究發現在德國湖水中有防曬乳存在，於鳥類體內六種防曬乳成份含量可達 2.0 mg/kg-lipid，在蟑螂身上則有 0.50 mg/kg-lipid。

N,N-Diethyl-meta-toluidine (DEET) 是重要的驅蟲劑成分，在日本 Tone river 中主流檢測出平均濃度為 18 ng/L，支流為 16 ng/L，河川附近汙水處理場放流水平均濃度為 69 ng/L (Nakada et al., 2007)。活性碳處理之移除率約為 52% (Westerhoff et al., 2005)。

根據 1993-1996 年台灣國民營養調查顯示，幾乎所有年齡層民眾每星期飲茶頻率皆在四次以上 (Pan et al., 1999; Tzeng et al., 1999)。茶與咖啡皆為國人普遍食用之提神飲料，而咖啡因是其中主要的興奮劑類化學物質。咖啡因經代謝後排泄至汙水系統進入環境，在美國湖水中之濃度約為 10-47 ng/L (Snyder et al., 2001)；法國 Herault 水域表面水濃度為 13.0-107 ng/L，廢水處理廠放流水濃度為 255-2212 ng/L (Togola and Budzinski, 2008)；日本 Tone river 中主流平均濃度為 264 ng/L (Nakada et al., 2007)，咖啡因經活性碳及生物降解處理後，移除率可達 78-94% (Westerhoff et al., 2005; Onesios et al., 2009)。

Paraben 是最廣為使用在化妝品添加之防腐劑，英國 River Taff 流域的河川水體可檢測到 methyl paraben 的存在，平均檢出濃度大約在 17-46 ng/L (Kasprzyk-Hordern et al., 2009)。西班牙西北方的加里西亞附近的河川水體也有類似的檢出結果，檢出濃度約為 7.5-37 ng/L (Blanco et al., 2009)。Methyl paraben 以及 butyl paraben 在汙水處理場中的移除效率接近 100% (Kasprzyk-Hordern et al., 2009)。

由於人體用藥及個人保健用品的使用頻率如此之高，化合物種類繁多，這些產品經由不同途徑進入環境介質，充斥在各種自然與生活環境當中，其所產生之影響不容忽視，因此應盡快建立這些成份的環境流佈基礎資料，以利相關政策的執行與推動。

美國政府和世界衛生組織對 PPCPs 在水供應系統之流布情形近年來亦開始進行研究及調查，美國聯合通訊社 (Associated Press) 在 2008 年為期 5 個月調查，分析聯邦飲用水資料庫審視數百份科學報告，並且不止針對 50 個大城市飲用水供應系統，美國 50 州的小型社區供水系統亦有進行調查，以瞭解美國飲用

水系統中常見的 PPCPs，調查的 PPCPs 對象種類包含抗生素、抗痙攣藥物、情緒穩定劑等，最普遍被檢出的 10 項污染物及檢出濃度中位數如表 2.2-1。

中國於 2009-2010 年間調查南部河流（Dongjiang River）的飲用水水源、淨水處理廠及配水系統之 PPCPs，檢出的項目、濃度及發生率如表 2.2-2，由中國之飲用水水源（Dongjiang River）、淨水處理廠清水及配水管網中顯示，傳統處理廠及高級處理廠經處理後之清水皆可能有 PPCPs 發生，且高級處理廠的 PPCPs 發生率較傳統處理廠低，少數幾種 PPCPs 則有出現在配水管網中，當然測得的濃度都相當低，遠小於 1 ng/L。

我國環保署 2012 年於「飲用水水源與水質中新興污染物對人體健康風險評估之研究計畫」中針對部分淨水場原水與清水中之 ibuprofen、acetaminophen、ketoprofen、naproxen、fenoprofen、aminopyrine、tetracycline、oxytetracycline、chlorotetracycline、finasteride、oxybenzone、benzophenone、DEET、methyl paraben、ethyl paraben、propyl paraben、butyl paraben 分布情形進行初步瞭解。調查基隆河河水、底泥及魚體組織（唐氏，2014）中之 PPCPs 含量，則所有河水樣本中均測得 acetaminophen、ibuprofen、ketoprofen、naproxen、oxybenzone、benzophenone、DEET 與咖啡因，其中以 DEET 及咖啡因濃度最高。

人體健康用藥和個人保健用品（PPCPs）在環境水體中可能為普遍存在，這些環境水體可能被作為飲用水源，因此 PPCPs 於飲用水中之分布現況與潛在健康風險值得進一步關注。因此根據初步蒐集清單之篩選原則（國內普遍使用或曾使用及對健康危害性、國內外關切之污染物、國外相關標準值已有規範或建議值、已公告之標準分析檢測方法），參考文獻中美國及中國等於飲用水中檢出之 PPCPs 項目，參酌衛生福利部之公立醫療院所藥品使用量（104 年、105 年公立醫療院所藥品使用量）及行政院農業委員會之動物用藥資訊，初步規劃 107 年下列人體健康用藥和個人保健用品（PPCPs）為飲用水中篩檢項目：

表 2.2-1 美國飲用水中普遍檢出之 PPCPs

名稱	樣本數目	用途	濃度中位數(ppt)
Carbamazepine	235	鎮痛藥、情緒穩定藥	10.3
Cotinine	221	Nicotine 代謝物	3.4
DEET	221	驅蟲劑	15.2
Galaxolide	134	化妝品、芳香劑之合成香味使用	61.5
Gemfibrozil	264	膽固醇用藥	5.9
Nicotine	221	香菸產品	15.6
sulfamethoxazole	219	抗生素	34.9
Paraxanthine	219	咖啡因代謝物	20.7
Acetaminophen	219	鎮痛藥	8.1
Caffeine	235	咖啡、茶、蘇打	104

表 2.2-2 PPCPs 在中國飲用水中之發生率

	清水				配水管網			
	傳統處理廠		高級處理廠		管線		自來水	
PPCPs	濃度 (ng/L)	發生 率	濃度 (ng/L)	發生 率	濃度 (ng/L)	發生 率	濃度 (ng/L)	發生 率
Antipyrine	19.46	1/7	2.55	1/7	-	-	-	-
Atenolol	0.82	1/7	-	-	0.12	2/4	0.18	
Carbamazepine	1.13	2/7	0.59	1/7	-	-	-	-
Carbazochrome	0.98	5/7	0.36	2/7	0.68	3/4	0.89	
Caffeine	0.98	1/7	0.96	1/7	-	-	-	-
Clarithromycin	0.78	2/7	0.57	1/7	-	-	-	-
DEET	1.05	1/7	0.31	1/7	-	-	-	-
Disopyramide	1.18	2/7	0.80	1/7	-	-	-	-
Indomethacin	-	-	0.53	1/7	-	-	-	-
Sulfamethoxazole	3.27	3/7	1.48	2/7	0.14	3/4	0.50	1/4
Sulpiride	0.31	4/7	-	-	0.11	1/4	0.17	3/4
Trimethoprim	2.84	1/7	-	-	-	-	-	-

(資料來源：Tiejun Qiao et al., 2011)

- 一、鎮痛解熱劑：carbamazapine、antipyrine、indomethacin、ibuprofen、acetaminophen、ketoprofen、naproxen、fenoprofen、aminopyrine、diclofenac
- 二、抗生素：sulfamethoxazole、clarithromycin、tetracycline、oxytetracycline、chlorotetracycline、amoxicillin
- 三、清潔用品/防曬劑/驅蟲劑：DEET、Oxybenzone、Benzophenone
- 四、美容與保健用品：methyl paraben
- 五、日常用品：咖啡因
- 六、動物用藥品：sulfathiazole、flumequine

其中 ibuprofen、acetaminophen、ketoprofen、naproxen、fenoprofen、aminopyrine、tetracycline、oxytetracycline、chlorotetracycline、DEET、oxybenzone、benzophenone、methyl paraben 等項目為 2012 年於「飲用水水源與水質中新興污染物對人體健康風險評估之研究計畫」中已進行台灣 6 處淨水場原水與清水之濃度調查。Carbamazapine 及 antipyrine 在美國及中國飲用水系統中雖皆有檢出，我國公立醫療院所則鮮少使用，對於國內外關切之污染物篩選原則，根據 2018 年歐洲地球科學聯合大會 Bregoli 發表以各國常見的鎮痛解熱藥物 diclofenac 作為替代指標藥物以模式評估淡水生態系統中其他藥物之存在與可能的流布，發現超過 10,000 公里的水域含有之藥物濃度超過歐盟觀察名單限制的濃度（100 ng/L），因此本團隊規劃以 diclofenac 作為國內外關切之污染物。經由 2018 年 3 月 30 第一次專家會議討論，本年度預訂篩檢之待測污染物及國際管制情形如表 2.2-3，包含個人用藥及保健藥品 4 項，如 Indomethacin（吲哚美辛）、diclofenac（雙氯芬酸）、sulfamethoxazole（磺胺甲噁唑）及 clarithromycin（克拉黴素）與動物用藥品 2 項，如 sulfathiazole（磺胺噻唑）及 flumequine（氟甲喹）共 6 項。另考量 acetaminophen（乙醯胺酚）為國內使用量大之鎮痛解熱劑，環保署於 2012 年時進行評估與調查，本年度並檢測 acetaminophen 作為持續追蹤與水質資料比較。

表 2.2-3 107 年預訂篩檢之環境荷爾蒙及個人用藥/保健藥品

物質	類別	CASRN	國際管制情況
吲哚美辛 (indomethacin)	鎮痛/解熱劑	53-86-1	未有管制或指引值
雙氯芬酸 (diclofenac)	鎮痛/解熱劑	15307-86-5	歐盟第一批環境水體中新興污染物 Watch List
磺胺甲噁唑 (sulfamethoxazole)	抗生素	723-46-6	明尼蘇達州建立飲用水指引值 100 µg/L
克拉黴素 (clarithromycin)	抗生素	81103-11-9	歐盟第一批環境水體中新興污染物 Watch List
磺胺噻唑 (sulfathiazole)	動物用藥	72-14-0	未有管制或指引值
氟甲喹 (flumequine)	動物用藥	42835-25-6	未有管制或指引值

2.2.4 歷史水質資料

本計畫初步彙整 6 項優先評估物質（吲哚美辛、磺胺甲噁唑、磺胺噻唑、氟甲喹、克拉黴素、雙氯芬酸）在 12 年內淨水場及環境流布調查結果，參考資料主要包含自來水事業及水利署等針對淨水場原水、清水之檢測結果及環保署之河川水體及地下水井環境流布調查結果。

過去 12 年 6 項優先評估物質均無淨水場原水或清水的相關監測結果，此外 6 項中僅有 5 項有環境水體流布之監測結果，本計畫將檢測結果彙整於表 2.2-4。

表 2.2-4 優先評估物質在環境水體流布之歷年監測結果 (ng/L)

項目	磺胺甲噁唑	磺胺噻唑	氟甲喹	克拉黴素	雙氯芬酸
偵測極限	0.1	0.5	0.5	0.5	1.2
樣品數	49	46	24	46	15
檢出樣品數	45	33	19	15	0
檢出值	0.3-650	0.8-1520	1.3-198	0.5-34.5	ND
類別	溪流流域、圳	溪流流域	溪流流域	溪流流域	溪流流域
資料來源	1-3	2-3	3	2-3	4

資料來源：

1. 104 年度微萃取技術開發 (3/4)－水中內分泌干擾物、抗生素及化妝品化合物檢測方法建立
2. 水中醫藥類及其代謝之殘留化學物質之檢測技術建立研究 (3/4)
3. 水中醫藥類及其代謝之殘留化學物質之檢測技術建立研究 (4/4)
4. 生活污水中個人保健品殘留化學物質之檢測技術建立研究 (2/4)

2.3 初步蒐集清單優先評估物質採樣與分析方法

2.3.1 採樣淨水場之選取

本計畫執行期間應針對北、中、南地區選擇 6 個代表性淨水廠，依計畫執行年度分別進行 6 種新興污染物採樣分析，以評估飲用水水源與水質中環境荷爾蒙人體健康用藥和個人保健用品、消費者使用日常生活用品所產生之污染物流佈及飲用水處理流程對各類新興污染物之處理效能。為評估待測污染物質在飲用水供水系統中的流布情形，淨水場選取之考量為：

- 一、供水量及供水人口較大者
- 二、水源可能受到污染。

本年度優先評估污染物屬於環境荷爾蒙人體健康用藥和個人保健用品、消費者使用日常生活用品所產生之污染物，因此本年度篩選之採樣淨水場，以地面水為水源之淨水場，以水源可能因上游有受到較多生活污水排放影響水質或農業畜牧活動，主要供應民生用水為考量因素。如基隆河上游可能有較多家庭污水排放，高屏溪沿岸亦有多種農業畜牧活動，兼顧淨水場分佈區域應包含北、中、南三區，本計畫初步規劃以台北直潭淨水場，基隆新山給水場，台北板新淨水場，桃園大湳淨水場，新竹第一淨水場，台中豐原給水場，嘉義公園淨水場，高雄坪頂淨水場，金門太湖淨水場等 9 處淨水場篩選 6 處作為本年度之採樣淨水場，經第一次專家會議討論，以下列國內淨水場作為未來執行淨水場原水與清水採樣檢測之對象：

- 一、基隆新山給水場
- 二、台北直潭淨水場
- 三、新竹第二淨水場
- 四、台中豐原給水廠
- 五、高雄鳳山給水廠
- 六、金門太湖淨水場

此 6 處採樣淨水場中，新山、直潭、新竹第二、豐原給水場為傳統處理之淨水場，鳳山及太湖淨水場則經高級處理。規劃此 6 處淨水場進行 3 次水質檢測，分別採集各淨水場原水及清水樣品，其中 2 處淨水場加做流程水樣 2 個，以評估

飲用水水源與水質中對於優先評估污染物之流佈及飲用水處理流程對各類優先評估污染物之處理效能，再據以提出改善建議。

各淨水場之水源、供水區域、處理流程如表 2.3-1，淨水場水源特性簡述如下：新山淨水場源有二，一為自八堵抽水站抽取基隆河河水，一為自中幅抽水站抽取瑪鋈溪，兩水源除供應淨水場外，並蓄存於新山水庫，以備枯水期使用，水源流經平溪等休閒遊憩區且供應基隆地區民生用水。直潭淨水場水源為新店溪、南勢溪，上游水源保護及茶園等農業作物耕種，近年來則易受颱風暴雨影響造成濁度激增。新竹第二淨水場由頭前溪隆恩堰設攔河堰取水，上游多為山林地帶，頭前溪源流短促，且流經新竹工業園區。豐原淨水場水源引自石岡壩，主要水源為大甲溪，流經武陵農場、梨山地及、德基水庫等集水區，上游係高經濟水果蔬菜種植，可能有農業及肥料等影響水質，流域內的谷關地區則為觀光遊憩區則可能承受家庭污水等排放。鳳山淨水場民生用水原水取自高屏溪攔河堰，經由結晶軟化及生物活性碳濾床等高級處理後作為民生用水，高屏溪流域面積廣闊，沿岸有農業、畜牧、工業、民生活動等而可能污染飲用水水源。金門太湖淨水場之水源主要來自於太湖、田埔、金湖等湖庫，由於水資源匱乏與湖庫上游易有畜牧及民生污水流入而發生優養化，採用超過濾薄膜系統（UF）及超微米過濾薄膜系統（NF）等高級處理單元。

計畫執行期間，透過與環保署協商及專家學者諮詢結果，依計畫期程選取 6 處淨水場進行 3 次採樣分析工作，於 4 月、6-7 月及 8-9 月採樣，檢測淨水場之原水、清水，其中 2 處淨水場包含全流程（原水、沈澱、過濾、清水）以瞭解淨水場待測污染物之分布情形。

2.3.2 採樣設備及採樣方式

使用褐色玻璃瓶做為樣品瓶，採樣瓶並附螺旋瓶蓋，先以 1M 硫酸浸泡 1 天以上，再以自來水、去離子水沖洗後，再分別以丙酮及甲醇清洗後並風乾備用。以褐色玻璃瓶採集 1 公升水樣後，若水樣中含有餘氯（流程水及清水水樣），則加入硫代硫酸鈉以防止餘氯與待測物產生作用（每 1L 水樣加入 70 mg 硫代硫酸鈉）。採樣後之水樣瓶置於 4°C 冰存，並採冷藏方式於 1 天之內寄回實驗室，於 14 天內進行樣品之前處理。

2.3.3 前處理方法

本年度之 6 種優先評估污染物，依據環檢所公告之“水中抗生素及鎮痛解熱劑類化合物檢測方法-固相萃取與高效液相層析/串聯式質譜儀法（NIEA W543.50B）”及水中新興污染物檢測方法-固相萃取與高效液相層析/串聯式質譜儀法（NIEA W545.50B）”進行前處理與檢測分析。

水樣 500 mL 添加 100 ng 同位素標定內標準品後，於 130 rpm 搖晃 30 分鐘。接著以甲醇洗過之 PVDF 濾膜(0.45 μ m)過濾水樣，然後使用 HLB 吸附劑進行固相萃取。吸附劑依序使用甲醇和水流洗，之後水樣以約 70-80 mL/min 的流速通過吸附劑。水樣全部通過後，以氮氣吹拂吸附劑 10 分鐘。最後以 5 mL 甲醇沖提吸附劑兩次，並收集沖提液。收集之沖提液於減壓濃縮機以 45°C、10 torr 真空下濃縮至 1 mL，取 1 mL 濃縮液以 13 mm PTFE 材質濾膜(0.22 μ m)過濾，上機分析。

2.3.4 儀器分析條件

分析使用極致液相層析儀(ultra performance liquid chromatography, ACQUITY UPLC system, Waters, Milford, MA, U.S.A.)配合 Quattro Premier 三段式四極棒串聯式質譜儀(Quattro Premier XE, Waters, MA, U.S.A.)進行分析，每個化合物以最強偵測母離子及兩個子離子進行定量及定性。Sulfathiazole、Sulfamethoxazole、Acetaminophen、Clarithromycin、Flumequine 使用正電電灑游離法。Diclofenac 和 Indomethacin 使用負電電灑游離法，各待測物之質譜儀參數見表 2.3-2。

表 2.3-1 本年度採樣淨水場基本資料

採樣淨水場	淨水場水源	供水區域	供水量(CMD)	處理流程	說明
新山給水場	基隆河 新山水庫	基隆市	158,000	傳統處理	純為民生用 淨水場
直潭淨水場	新店溪 南勢溪	臺北市 新北市	1,600,000	傳統處理	下雨原水濁度 升高
新竹第二 淨水場	頭前溪	新竹市區	160,000	傳統處理	於科學園區附近
豐原給水場	大甲溪	臺中市	1,000,000	傳統處理	供應中部地區 主要淨水場
鳳山給水場	高屏溪	高雄市	200,000	高級處理	水源濁度較高
太湖淨水場	太湖、 田埔水庫	金門	65,000	高級處理	水源可能受畜牧 及生活污水影響

層析管柱皆為 Ascentis Express C18 (50 × 2.1 mm, 2.7 μm)管柱。正電電灑游離法搭配的層析移動相為甲醇與 0.04%甲酸水溶液，起始層析梯度為 5%甲醇，維持 0.5 分鐘後，在 5 分鐘時升到 90%甲醇並維持 5 分鐘，在 5.8 分鐘時回到起始梯度，維持到 7.5

分鐘，管柱溫度為 25°C，流速 0.5 mL/min，進樣體積 4 μL。負電電灑游離法搭配的層析移動相為甲醇與 10 mM *N*-methylmorpholine，層析梯度開始為 10%甲醇維持 0.5 分鐘，在 5.5 分鐘時升至 90%甲醇，維持 0.5 分鐘後在 6.2 分鐘時回到起始梯度，平衡到 7.5 分鐘，管柱溫度為 30°C，流速 0.5 mL/min，進樣體積 4 μL。分析檢測之層析參數如表 2.3-3。

表 2.3-2 以 UPLC/MS/MS 分析參數

Compounds	Cone voltage (V)	Ion transition (collision voltage, V)
Sulfathiazole	25	(+)256 > 155.9 (15)
		(+)256 > 91.7 (25)
Sulfamethoxazole	25	(+)254.1 > 155.8 (15)
		(+)254.1 > 91.8 (30)
Acetaminophen	27	(+)151.8 > 109.8 (15)
		(+)151.8 > 92.7 (22)
Acetaminophen-D ₄	25	(+)155 > 114 (14)
Clarithromycin	30	(+)748.7 > 157.9 (30)
		(+)748.7 > 590.3 (20)
Flumequine	30	(+)262.0 > 244.1 (20)
		(+)262.0 > 201.9 (30)
Diclofenac	20	(-)293.9 > 249.9 (12)
	25	(-)295.9 > 251.9 (12)
Diclofenac-D ₄	15	(-)300.1 > 256.2 (10)
Indomethacin	20	(-)356.0 > 312.0 (10)
		(-)358.0 > 314.1 (10)

表 2.3-3 UPLC 參數

	ESI+	
Column	Ascentis Express C18 column (50 × 2.1 mm, 2.7 μm)	
Oven temperature (°C)	25	
Flow rate (mL/min)	0.5	
Injection volume (μL)	4	
Mobile phase	A: 0.04% Formic acid(aq) B: MeOH	
Gradient (min)	A (%)	B (%)
Initial	95	5
0.5	95	5
5	10	90
5.5	10	90
5.8	95	5
7.5	95	5

2.4 初步蒐集清單優先評估物質採樣分析結果與討論

2.4.1 第一次採樣結果分析與討論

本年度第一次採樣於 4 月 19 日至 24 日間進行北、中、南淨水場之採樣，採樣淨水場包括：基隆新山給水場、臺北直潭淨水場、新竹第二淨水場、豐原給水場（第二淨水場）、高雄鳳山給水場及金門太湖淨水場共 6 個淨水場，此 6 處淨水場皆以地表水為水源。

由於春季天氣系統移動較快，鋒面及冷氣團影響時間較短，2018 年台灣各地 3 月多為晴朗、白天較為暖和的天氣（氣候監測報告，2018 年 3 月）。4 月多為晴朗、白天較為炎熱的天氣，僅在 4 波鋒面及 1 波大陸冷氣團影響期間，各地較涼且有雨。4 月 18 日至 23 日期間，各地白天氣溫偏高，午後東部及各地山區有局部短暫雨或雷陣雨。根據中央氣象局之氣候監測資料（氣候監測報告，2018 年 4 月），臺灣 25 個氣象局屬氣象站，20 站溫度高於氣候平均值，月累積雨量方面，僅東南部（如成功、台東、大武、蘭嶼）為多雨或正常類別，其餘 21 站皆為少雨類別，且平地測站月累積雨量大多未達氣候平均值的 4 成。

第一次採樣期間（4 月 19 日至 24 日），各地多為晴朗炎熱的天氣，觀察第一次採樣前之氣候變化，降雨情形對各淨水場集水區並無明顯影響。由中央氣象局取得採樣當週累積雨量資料（計算 4/19-4/24 期間之累積雨量）如表 2.4-1 所示，除基隆當週累積雨量為 39.0 毫米，採樣淨水場各地之當週累積雨量皆未超過 12 毫米，因此第一次採樣期間可視為枯水期水質型態。

第一次採樣淨水場水質參數如表 2.4 2，採樣期間無發生明顯降雨情形。新山給水場原水取自於基隆河（約 80%）、瑪鍊溪（約 10%）及新山水庫（約 10%）混合原水；新竹第二淨水場原水則全源自於頭前溪，豐原淨水場原水源自於石岡壩；鳳山淨水場因自攔河堰取水口而濁度較高（550.0 NTU）。太湖淨水場原水由太湖及金湖組成，且因第一次採樣期間金門地區已久未下雨而水源缺乏，有藻類生長較多的情況，故 TOC 濃度較高。

第一次採樣分析結果如表 2.4-3，6 項待評估污染物：clarithromycin（克拉黴素）、diclofenac（雙氯芬酸）、flumequine（氟甲喹）、indomethacin（吲哚美辛）、sulfamethoxazole（磺胺甲噁唑）及 sulfathiazole（磺胺噻唑）中，僅鳳山原水可檢出磺胺甲噁唑 sulfamethoxazole（60.60 ng/L）。其餘淨水場之原水與清水中各污

染物皆未檢出（ND）。新竹第二淨水場原水則檢出 acetaminophen（乙醯胺酚）9.20 ng/L，其他 5 處淨水場原水與清水中皆未檢出。為瞭解傳統淨水處理程序對本年度之待評估污染物之處理效率，選取新山與豐原淨水場進行全流程採樣，各項待測污染物在新山與豐原淨水場之原水、流程水（沈澱、過濾）與清水中皆未檢出。

Sulfamethoxazole（磺胺甲噁唑，又稱新諾明）是一種廣效行抗生素，對大多數革蘭氏陽性菌和革蘭氏陰性菌都有抑制作用，在人類治療與動物用藥中皆可能使用，第一次採樣於鳳山原水檢出 sulfamethoxazole 之存在，仍待進一步觀察與收集資料。

表 2.4-1 第一次採樣期間之地區累積雨量

地區	基隆	臺北	新竹	臺中	高雄	金門
4/19-4/24	39.0	10.5	12.0	0.0	0.0	10.5

單位：毫米（資料來源：中央氣象局）

表 2.4-2 第一次採樣淨水場水質參數（4 月）

淨水場	水源	濁度(NTU)	pH	TDS(mg/L)	TOC(mg/L)	餘氯(mg/L)
新山	原水	5.0	7.31	138.1	1.44	-
	清水	0.16	7.25	277.3	1.40	0.65
直潭	原水	5.70	7.70	54.6	0.32	-
	清水	0.02	7.46	59.0	0.24	0.46
新竹第二	原水	40.0	8.19	241.9	1.10	-
	清水	0.20	7.86	197.1	0.96	0.60
豐原	原水	5.68	8.31	158.1	0.58	-
	清水	0.27	8.05	160.5	0.61	0.66
鳳山	原水	550.0	7.91	379.0	0.82	-
	清水	0.21	7.45	352.0	0.53	0.67
太湖	原水	21.7	7.78	488.5	11.90	-
	清水	0.05	7.08	352.9	1.52	0.58

註：餘氯為自由有效餘氯

表 2.4-3 第一次採樣檢測結果

淨水場	水樣	Clarithromycin 克拉黴素	Diclofenac 雙氯芬酸	Flumequine 氟甲喹	Indomethacin 吲哚美辛	Sulfathiazole 磺胺噻唑	Sulfamethoxazole 磺胺甲噁唑	Acetaminophen 乙醯胺酚
偵測極限	單位: ng/L	2.17	9.35	6.64	44.6	0.21	2.09	1.03
新山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	沉澱	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	過濾	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
直潭	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
新竹第二	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	9.20
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
豐原	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	沉澱	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	過濾	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
鳳山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	60.60	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
太湖	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

2.4.2 第二次採樣結果分析與討論

本年度第二次採樣於 7 月 2 日至 7 月 7 日間進行北、中、南淨水場之採樣，採樣淨水場包括：基隆新山給水場、臺北直潭淨水場、新竹第二淨水場、豐原給水場（第二淨水場）、高雄鳳山給水場及金門太湖淨水場共 6 個淨水場。

天氣及雨量方面，107 年 6 月依降雨比來看，呈現北少南多，月累積雨量方面，25 個氣象局氣象站僅梧棲站及新竹以北的新竹、臺北、淡水、竹子湖、鞍部及彭佳嶼等 7 站為少雨類別，其餘 18 站為多雨或正常類別（氣候監測報告，2018 年 6 月）。新竹以北測站之月累積雨量大多未達氣候平均值之 5 成，而高雄測站之月累積雨量則達往年 2 倍。7 月初由於受西南風影響，中南部連日大雨，北部及東半部天氣相對穩定，氣溫偏高。其中 7 月 2 日彰化以南出現大範圍豪雨，3 日屏東有局部豪雨（氣候監測報告，2018 年 7 月），由中央氣象局取得採樣當週累積雨量資料（計算 7/2-7/7 採樣期間之累積雨量）如表 2.4-4 所示，基隆、臺北、新竹、金門為正常或少雨類別，臺中及高雄則為多雨類別，因此第二此採樣期間中部及南部可視為豐水期水質型態。

表 2.4-4 第二次採樣期間之地區累積雨量

地區	基隆	臺北	新竹	臺中	高雄	金門
7/2-7/7	24.0	7.8	7.7	197.5	284.5	2.5

單位：毫米（資料來源：中央氣象局）

第二次採樣淨水場水質參數如表 2.4 5，採樣期間中南部降雨明顯。新山給水場原水皆來自於基隆河；新竹第二淨水場原水則全源自於頭前溪，豐原淨水場原水源自於石岡壩；金門太湖淨水場則取用太湖湖庫約 30%、金湖約 10%、田埔水庫約 60%混合水源；鳳山淨水場因中南部降雨而高屏溪攔河堰取水口濁度高（1300 NTU），故混合了約 10%的鳳山水庫為原水。太湖淨水場因採樣期間金門地區累積雨量偏低而水源缺乏，故 TOC 濃度較高。

第二次採樣分析結果如表 2.4-6，6 項待評估污染物：clarithromycin（克拉黴素）、diclofenac（雙氯芬酸）、flumequine（氟甲喹）、indomethacin（吲哚美辛）、sulfamethoxazole（磺胺甲噁唑）及 sulfathiazole（磺胺噻唑）中，在各淨水場原水

與清水中皆未檢出。新山給水場原水則檢出 acetaminophen(乙醯胺酚)40.20 ng/L，但經處理後之流程水（沈澱、過濾）與清水中則未檢出。

表 2.4-5 第二次採樣淨水場水質參數（7 月）

淨水場	水源	濁度(NTU)	pH	TDS(mg/L)	TOC(mg/L)	餘氯(mg/L)
新山	原水	4.59	7.61	123.1	1.36	-
	清水	0.22	7.43	134.3	1.28	0.71
直潭	原水	18.20	7.58	72.2	0.64	-
	清水	0.04	7.21	74.0	0.63	0.61
新竹第二	原水	21.97	7.08	178.3	0.80	-
	清水	0.29	8.32	186.1	0.97	0.73
豐原	原水	93.20	7.82	106.1	0.80	-
	清水	1.99	7.15	112.4	0.66	0.90
鳳山	原水	1300	8.04	244.0	1.10	-
	清水	0.10	7.47	220.1	0.47	0.68
太湖	原水	8.80	8.60	439.2	9.65	-
	清水	0.10	7.57	351.4	1.40	0.60

註：餘氯為自由有效餘氯

表 2.4-6 第二次採樣檢測結果

淨水場	水樣	Clarithromycin 克拉黴素	Diclofenac 雙氯芬酸	Flumequine 氟甲喹	Indomethacin 吲哚美辛	Sulfathiazole 磺胺噻唑	Sulfamethoxazole 磺胺甲噁唑	Acetaminophen 乙醯胺酚
偵測極限	單位: ng/L	2.17	9.35	6.64	44.6	0.21	2.09	1.03
新山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	40.20
	沉澱	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	過濾	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
直潭	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
新竹第二	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
豐原	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	沉澱	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	過濾	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
鳳山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
太湖	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

2.4.3 第三次採樣結果分析與討論

本年度第三次採樣於 9 月 10 日至 9 月 14 日間進行北、中、南淨水場之採樣，採樣淨水場包括：基隆新山給水場、臺北直潭淨水場、新竹第二淨水場、豐原給水場（第二淨水場）、高雄鳳山給水場及金門太湖淨水場共 6 個淨水場，且經專家諮詢會建議，第三次採樣調整為新山給水場、新竹第二淨水場為全流程採樣之淨水場。

天氣及雨量方面，107 年 8 月中下旬因臺灣受西南峰、熱帶性低氣壓或颱風外圍環流影響，天氣不穩定，各地有陣雨，並有大雨或短時強降雨發生，中南部降雨時間長，雨量極端偏多，嘉義至高雄有局部大豪雨發生，且因降雨時間較長而氣溫偏涼（氣候監測報告，2018 年 8 月）。9 月 1 日至 7 日各地大多為多雲到晴、高溫炎熱，午後有局部雷陣雨的天氣，中南部雨勢較大，並有局部大雨或短時強降雨發生。8 日至 10 日接連受到入秋第一道鋒面及熱帶性低氣壓（之後增強為百里嘉颱風）外圍環流影響，北部及東半部雨勢明顯，並有大雨或豪雨發生，中南部亦有局部陣雨。11 日至 14 日白天氣溫較高，各地多為多雲到晴並有局部午後雷陣雨的天氣（氣候監測報告，2018 年 9 月）。依月累積雨量及降雨比來看，8 月基隆為偏少雨類別，南部的台南、高雄、恆春則降雨比超過氣候平均值的 3 倍，為多雨類別。9 月上旬因颱風外圍環流影響，基隆、竹子湖等北部測站為多雨類別，由中央氣象局取得採樣當週累積雨量資料（計算 9/10-9/14 採樣期間之累積雨量）如表 2.4-7 所示，因此第三此採樣期間北部、中部及南部應維持為豐水期型態。

表 2.4-7 第三次採樣期間之地區累積雨量

地區	基隆	臺北	新竹	臺中	高雄	金門
9/10-9/14	127.6	10.6	1.0	0.0	12.5	0.5

單位：毫米（資料來源：中央氣象局）

第三次採樣淨水場水質參數如表 2.4-8，第三次採樣時新山給水場原水來自於基隆河，少部分來自於瑪鍊溪，新竹第二淨水場原水則全源自於頭前溪；山淨水場因自高屏溪之原水濁度不穩定，易影響處理效率，故混合了約 30%的鳳山水庫為原水；金門太湖淨水場則取用太湖湖庫約 50%、金湖約 10%、另來自福建晉江約 40%，三者作為混合原水。本島之各淨水場水質如：濁度、pH、總溶解固體

(TDS)、總有機碳(TOC)等參數，符合豐水期觀察水質，而太湖淨水場可能因晉江原水之故，TOC濃度和以往相比明顯降低。

第三次採樣分析結果如表 2.4-9，待評估污染物中 clarithromycin(克拉黴素)、diclofenac(雙氯芬酸)、flumequine(氟甲喹)、indomethacin(吲哚美辛)及 sulfathiazole(磺胺噻唑)中，在各淨水場原水與清水中皆未檢出。新山給水場、新竹第二淨水場、鳳山給水場、太湖淨水場四處淨水場原水檢出微量之 sulfamethoxazole(磺胺甲噁唑)，清水則皆無檢出。新山給水場原水檢出 acetaminophen(乙醯胺酚) 99.90 ng/L，但經處理後之流程水(沈澱、過濾)與清水中則未檢出。

表 2.4-8 第三次採樣淨水場水質參數(9月)

淨水場	水源	濁度(NTU)	pH	TDS(mg/L)	TOC(mg/L)	餘氯(mg/L)
新山	原水	25.60	7.26	82.1	0.74	-
	清水	0.48	6.84	81.0	0.67	0.80
直潭	原水	38.20	7.32	51.2	0.21	-
	清水	0.03	7.02	55.1	0.17	0.61
新竹第二	原水	20.10	7.98	169.2	0.53	-
	清水	0.31	7.89	177.5	0.51	0.67
豐原	原水	6.42	7.92	141.3	0.50	-
	清水	0.49	7.78	147.4	0.42	0.71
鳳山	原水	700.0	7.92	315.0	0.43	-
	清水	0.12	7.59	272.1	0.51	0.60
太湖	原水	5.50	8.04	272.2	4.87	-
	清水	0.04	7.56	258.3	0.65	0.61

註：餘氯為自由有效餘氯

表 2.4-9 第三次採樣檢測結果

淨水場	水樣	Clarithromycin 克拉黴素	Diclofenac 雙氯芬酸	Flumequine 氟甲喹	Indomethacin 吲哚美辛	Sulfathiazole 磺胺噻唑	Sulfamethoxazole 磺胺甲噁唑	Acetaminophen 乙醯胺酚
偵測極限	單位: ng/L	2.17	9.35	6.64	44.6	0.21	2.09	1.03
新山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	6.02	99.90
	沉澱	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	過濾	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
直潭	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
新竹第二	原水	ND	ND	ND	ND	ND	5.82	ND
	沉澱	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	過濾	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
豐原	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
鳳山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	8.06	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
太湖	原水	ND	ND	ND	ND	ND	4.76	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

2.4.4 107 年待評估污染物結果分析與討論

本計畫執行 107 年度工作項目中 3 次淨水場待評估污染物採樣分析，目標為北、中、南 6 處淨水場之採樣，採樣淨水場包括：基隆新山給水場、臺北直潭淨水場、新竹第二淨水場、豐原給水場（第二淨水場）、高雄鳳山給水場及金門太湖淨水場共 6 個淨水場。待評估污染物為：clarithromycin（克拉黴素）、diclofenac（雙氯芬酸）、flumequine（氟甲喹）、indomethacin（吲哚美辛）、sulfamethoxazole（磺胺甲噁唑）及 sulfathiazole（磺胺噻唑）6 項，考量 acetaminophen（乙醯胺酚）為國內使用量大之鎮痛解熱劑，環保署於 2012 年時進行評估與調查，本年度並檢測 acetaminophen 作為持續追蹤與水質資料比較。107 年度之檢測分析結果如表 3.4-10，107 年度三次採樣於 4、7、9 月進行，第一次及第二次採樣以新山給水場及豐原淨水場為全流程採樣（含原水、沈澱、過濾、清水），經專家諮詢會討論建議，第三次採樣以新山給水場及新竹第二淨水場為全流程採樣，107 年度包含淨水場流程水共 48 個樣本，檢測待評估污染物共 336 樣次。

整體而言，傳統淨水處理流程依照各淨水場處理情形可去除 0~25.0%之 TOC（因新山、直潭、新竹、豐原等淨水場原水 TOC 濃度本來就低，則 TOC 去除效果不明顯），因傳統處理之混凝與過濾方式偏向去除水中顆粒狀物質，若水中 TOC 組成偏溶解性或不易附著在顆粒物質上，則混凝、過濾等傳統處理方式較不易達到 TOC 去除效果。太湖淨水場則為高級處理流程，因此 TOC 去除率通常可達 80%以上。

5 項待評估污染物如 clarithromycin（克拉黴素）、diclofenac（雙氯芬酸）、flumequine（氟甲喹）、indomethacin（吲哚美辛）及 sulfathiazole（磺胺噻唑）在 107 年度北、中、南及外島（金門）篩選之 6 處淨水場原水、清水及流程水皆未檢出（ND）。磺胺甲噁唑（sulfamethoxazole）則在鳳山原水、新山原水、新竹原水、太湖原水曾檢出，檢出率 10.4%，檢出濃度範圍 4.76~60.60 ng/L，但經加藥、沈澱、過濾、消毒等淨水處理，流程水與清水則皆為未檢出。乙醯胺酚（acetaminophen）則在新山原水與新竹第二淨水場原水曾檢出，檢出率 6.25%，檢出濃度 9.20~99.90 ng/L，經加藥、沈澱、過濾、消毒等淨水處理，流程水與清水則亦皆為未檢出。

水中出現磺胺甲噁唑（sulfamethoxazole）或乙醯胺酚（acetaminophen）之可能原因，乙醯胺酚為廣泛使用之鎮痛解熱劑，常與多種感冒藥合併使用，在一般

醫療照護機構亦多有使用；磺胺甲噁唑是一種廣效行抗生素，在人類治療與動物用藥中皆可能使用，在畜牧業亦有使用。原水中檢出微量磺胺甲噁唑或乙醯胺酚濃度皆為相當微量等級（ng/L），可探究水源上游是否有醫療照護或畜牧等相關產業（如小型安養中心、牧場或養殖場等）。文獻顯示消毒劑如氯和臭氧可和磺胺甲噁唑及乙醯胺酚反應，本年度採樣之 6 座淨水場中部分淨水場在原水中可檢出此磺胺甲噁唑或乙醯胺酚，在流程水及清水中則未檢出，而這幾座淨水場處理流程皆有前加氯，且原水檢出濃度極低，可能原水中含微量濃度的該污染物經前加氯處理而去除，但胺甲噁唑及乙醯胺酚經加氯作用也可能和氯反應而生成其他的化合物。

表 2.4-10 107 年度淨水場待測污染物檢測濃度

偵測極限 (ng/L)	克拉黴素			雙氯芬酸			氟甲喹			吡啶美辛			磺胺噻唑			磺胺甲噁唑			乙醯胺酚		
	2.17			9.35			6.64			44.6			0.21			2.09			1.03		
採樣月份	4	7	9	4	7	9	4	7	9	4	7	9	4	7	9	4	7	9	4	7	9
新 山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6.02	ND	40.20	99.90
	沈澱	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	過濾	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.85	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
直 潭	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
新 竹	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5.82	9.20	ND	ND
	沈澱	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	ND
	過濾	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
豐 原	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	沈澱	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	-
	過濾	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	-
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
鳳 山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	60.60	ND	8.06	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
太 湖	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4.76	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

2.4.5 品保品管

各待測物質之偵測極限(LOD)及定量極限(LOQ)列於表 2.4-11，重複分析結果列於表 2.4-12，添加分析結果列於表 2.4-13。

表 2.4-11 各待測物之 LOD 與 LOQ (ng/L)

待測物	LOD	LOQ	待測物	LOD	LOQ
Sulfathiazole	0.06	0.21	Flumequine	1.99	6.64
Sulfamethoxazole	0.63	2.09	Diclofenac	2.80	9.35
Acetaminophen	0.31	1.03	Indomethacin	13.4	44.6
Clarithromycin	0.65	2.17			

表 2.4-12 樣品重複分析

濃度 (ng/L)	新山原水								
	第一次採樣			第二次採樣			第三次採樣		
	1	2	RPD(%)	1	2	RPD(%)	1	2	RPD(%)
Sulfathiazole	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-
Sulfamethoxazole	ND	ND	-	ND	ND	-	6.02	5.26	13
Acetaminophen	ND	ND	-	40.2	38.0	5.6	99.9	44.4	77
Clarithromycin	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-
Flumequine	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-
Diclofenac	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-
Indomethacin	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-

	直潭原水								
	第一次採樣			第二次採樣			第三次採樣		
	1	2	RPD(%)	1	2	RPD(%)	1	2	RPD(%)
Sulfathiazole	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-
Sulfamethoxazole	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-
Acetaminophen	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-
Clarithromycin	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-
Flumequine	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-
Diclofenac	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-
Indomethacin	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	-

表 2.4-13 樣品添加分析

添加濃度 200 ng/mL	新竹原水								
	第一次採樣			第二次採樣			第三次採樣		
	未添加	添加後	回收率(%)	未添加	添加後	回收率(%)	未添加	添加後	回收率(%)
Sulfathiazole	ND	313	157	ND	327	164	ND	171	171
Sulfamethoxazole	ND	277	139	ND	231	116	ND	149	149
Acetaminophen	ND	144	72	ND	151	76	ND	83.5	84
Clarithromycin	ND	201	101	ND	185	93	ND	128	128
Flumequine	ND	120	60	ND	200	100	ND	86.2	86
Diclofenac	ND	103	52	ND	252	126	ND	101	101
Indomethacin	ND	96.2	48	ND	206	103	ND	—*	—*

添加濃度 200 ng/mL	豐原原水								
	第一次採樣			第二次採樣			第三次採樣		
	未添加	添加後	回收率(%)	未添加	添加後	回收率(%)	未添加	添加後	回收率(%)
Sulfathiazole	ND	314	157	ND	334	167	ND	185	185
Sulfamethoxazole	ND	281	141	ND	240	120	ND	154	154
Acetaminophen	ND	163	82	ND	176	88	ND	80.3	80
Clarithromycin	ND	192	96	ND	176	88	ND	129	129
Flumequine	ND	206	103	ND	151	76	ND	77.3	77
Diclofenac	ND	200	100	ND	232	116	ND	112	112
Indomethacin	ND	117	59	ND	160	80	ND	—*	—*

2.4.6 新興污染物處理效率

傳統淨水處理程序對於廢水和飲用水中之微污染物處理效果不佳，致使這些新興污染物可能經因生物累積作用經由食物鏈而存在水生生物及大型動物體內。本計畫之全流程採樣中，淨水場原水、流程水與清水皆無檢出本年度待測污染物，無法比較台灣傳統淨水場淨水流程對於待測污染物之處理效率。美國環保署彙整新興污染物處理的相關數據與報告，涵蓋實場系統、模廠系統與實驗室模擬系統，並收集系統中每個單元的數據，此報告可作為現有水及污水處理單元對不同 PPCP 新興污染物等處理效能之參考資訊（US EPA, 2010），依據 USEPA 2010 年之調查報告，本節說明幾種在實場系統中常用之處理技術，以下由文獻資料討論淨水處理方式對於新興污染物之處理效率。

加氯消毒（氧化作用）

水處理常使用氯氣或濃縮次氯酸鈉為消毒劑，加氯消毒在水及廢水處理中主要用來使病原微生物不活化，在廢水處理系統使用氯來消毒經生物處理之廢水，或在排入河川前也會施以加氯處理，在飲用水處理流程加氯消毒飲用水避免微生物在配水管網內再生。氯除使微生物去活性外，氯也可因氧化作用轉換水中有機物，加氯消毒之分解效率因污染物之化學特性及率的劑量而異，具有芳香族環狀或甲氧基（methoxy group）官能基的污染物容易和水中自由氯反應。以淨水處理為例，加氯氧化之處理效率介於 11%（加樂麝香）至 69%（磺胺甲噁唑）之間（US EPA, 2010）。另需注意的是，加氯氧化作用雖可處理部分新興污染物，但也可能使其轉化成其他潛在有害的消毒副產物，如乙醯胺酚加氯後生成 1,4-benzoquinone 及 N-acetyl-p-benzoquinoneimine(NAPQI)具有毒性的副產物。

混凝及膠凝及過濾

混凝與膠凝對於疏水性較高的污染物有較好之處理效果，多數 PPCPs 以混凝、膠凝及過濾方式去除效果並不佳，如 diclofenac（雙氯芬酸）及 sulfamethoxazole（磺胺甲噁唑）移除率皆 < 20%（AwwaRF, 2007）。

粒狀活性炭吸附

自來水原水中之污染物可經吸附作用而移除，活性炭具有多孔性及較大比表面積之特性，為淨水處理系統中常用之處理單元。水處理中使用之活性炭有粒狀（GAC）及粉狀（PAC）等形式，通常用來移除低濃度的疏水性有機污染物，對於處理水中內分泌干擾物質、人體健康用藥和個人保健用品（EDCs/PPCPs）等新興污染物。以實場處理為例，以粒狀活性炭處理 diclofenac（雙氯芬酸）及 sulfamethoxazole（磺胺甲噁唑）移除率達 69%及 84%，acetaminophen（乙醯胺酚）則達 99%（AwwaRF, 2007）。

紫外光消毒

紫外光消毒在水及廢水處理中亦被用來使病原微生物不活化，而紫外光也可用來氧化及轉換水中之新興污染物分子。紫外光降解水中有機物有兩種機制，一為紫外光直接光分解打斷有機污染物分子結構的鍵結，二為紫外光和水分子產生中間產物：氫氧自由基（OH•），氫氧自由基可快速和有機污染物反應。實場紫

外光處理效率，如 diclofenac（雙氯芬酸）及 sulfamethoxazole（磺胺甲噁唑）具有芳香族官能基結構易吸收紫外光而被氧化，乙醯胺酚、雙氯芬酸及磺胺甲噁唑移除效果 > 80%（AwwaRF, 2007）。

臭氧消毒

臭氧為強氧化劑與消毒劑，由於臭氧氧化力強，可直接和水中有機污染物反應，也可產生氫氧自由基轉化有機污染物。16 種新興污染物經含臭氧消毒單元之實場處理後，放流水的平均去除範圍自 38%（iopromide，碘普羅胺）至 100%（diclofenac，雙氯芬酸），但以飲用水淨水處理而言，由於飲用水原水中新興污染物發生濃度低，臭氧處理自來水中之新興污染物仍缺乏實場數據（US EPA, 2010）。

逆滲透

逆滲透藉由薄膜分離水中污染物，利用半透膜的材質與水分子滲透的特性，一般水分子由濃度低（雜質少）往濃度高（雜質較多）的一端滲透，若在濃度高的一端加壓則形成逆滲透，即水分子由濃度高往濃度低的一端移動，留下濃縮的廢水，濃縮廢水則藉進一步加工或處理後排放。以 RO 處理水中 EDCs/PPCPs 污染物，由批次研究、模廠及實場資料，雙氯芬酸、磺胺甲噁唑、乙醯胺酚等多種 PPCPs 之去除率多可達 80% 以上（AwwaRF, 2007）。

2.5 初步蒐集清單優先評估物質毒理資料庫建置與更新

針對此 6 項優先評估物質（Indomethacin、diclofenac、sulfamethoxazole、clarithromycin、sulfathiazole 及 flumequine），本計畫根據下列資料彙編其毒理資料：

- 聯合國 International Agency for Research on Cancer (IARC)
- 美國環保署 Integrated Risk Information System (IRIS)
- 澳洲 The National Health and Medical Research Council (NHMRC)
- 加拿大衛生部 Health Canada (HC)
- TOXNET（包含 ChemIDplus, Hazardous Substances Data Bank (HSDB), Toxicology Literature Online (TOXLINE), Chemical Carcinogenesis Research Information System (CCRIS), Developmental and Reproductive Toxicology Database (DART), Genetic Toxicology Data Bank (GENE-TOX), Integrated Risk Information System (IRIS), International Toxicity Estimates for Risk (ITER), Drugs and Lactation Database (LactMed), Toxics Release Inventory (TRI)等資料庫）
- International Agency for Research on Cancer (WHO-IARC)
- International Program on Chemical Safety (WHO-IPCS)
- 世界衛生組織 WHO 飲用水水質指引
- ACToR (Aggregated Computational Toxicology Resource) from EPA
- European Chemicals Agency (ECHA)
- Haz-Map
- 安全資料表（勞動部職業安全衛生署 GHS 網站）
- 國家網路藥典（國家網路醫藥）

毒理資料內容包含該物質之分析方法、環境背景資料、毒理研究摘錄與有害性鑑定、劑量效益評估、暴露評估、風險特徵描述及處理技術等資訊。此外並彙整 12 年內自來水事業及水利署等針對淨水場原水、清水之檢測結果，及環保署之河川水體環境流布調查結果。

以下為本年度優先評估污染物其中三項：吲哚美辛（Indomethacin）、雙氯芬酸（diclofenac）及磺胺甲噁唑（sulfamethoxazole）之特性與毒理資料簡述，詳細毒理資料見附錄四。

2.5.1 吲哚美辛

吲哚美辛（Indomethacin）是一種非類固醇消炎止痛藥，可消炎止痛、治療發熱和緩解身體僵硬，吲哚美辛作為一種抗炎藥物而由人工合成生產出來，一般人暴露吲哚美辛則可能因攝入受污染的飲水，但主要是因直接使用該醫療藥物。吲哚美辛為非類固醇消炎止痛藥，使用劑量不適當會增加腸胃道嚴重不良反應的風險，年紀大的患者遭遇嚴重腸胃道反應的風險更大。

表 2.5-1 吲哚美辛毒性數據

實驗途徑	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)
大鼠：口服餵食					12
小鼠：口服餵食					50

2.5.2 雙氯芬酸

雙氯芬酸（diclofenac）是一種衍生於苯乙酸類的非類固醇消炎止痛藥（NSAID），功效為消炎、鎮痛、解熱，主要用於治療骨關節炎、類風濕性關節炎、多發性肌炎、痛風以及偏頭痛、牙痛、結石等需要急性止痛的情況。美國食品藥物管理局（FDA）將雙氯芬酸歸類為懷孕類別 C 級，即動物生殖研究對胚胎有不良影響，但缺乏孕婦對照研究確認藥物是否安全。

表 2.5-2 雙氯芬酸毒性數據

實驗途徑	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)
猴子：口服餵食					3200
狗：口服餵食					500
大鼠：口服餵食					55-240

2.5.3 磺胺甲噁唑

磺胺甲噁唑（sulfamethoxazole）又稱新諾明（Sinomine），是一種廣效型抗生素，對大多數革蘭氏陽性菌和革蘭氏陰性菌都有抑制作用，由於人類或動物使用如 sulfamethoxazole 等磺胺類藥物，而使其可能釋放至環境中。功效上能殺滅

多種細菌，常見副作用有噁心嘔吐、頭暈、頭痛、利尿等。整體評估為：
sulfamethoxazole 不被分類為人類致癌物（Group 3）（IARC; 2001）。

表 2.5-3 磺胺甲噁唑毒性數據

實驗途徑	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)
小鼠：口服餵食					2650
小鼠：腹腔注射					2300
大鼠：口服餵食					6370
大鼠：腹腔注射					2690
小鼠：口服餵食					3666

2.5.4 磺胺噻唑

磺胺噻唑（Sulfathiazole）為全身性磺胺藥，即口服後可被腸胃道吸收，隨血液循環至身體各組織，而產生全身性制菌作用，磺胺藥物本身並無殺菌能力，但能抑制細菌生長繁殖。副作用有皮膚炎、噁心嘔吐、頭暈、頭痛等。磺胺藥物在人類及獸醫用藥皆有使用，磺胺劑藥物亦為酪農合法使用治療牛隻乳房炎的常用藥劑。

表 2.5-4 磺胺噻唑毒性數據

實驗途徑	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)
小鼠：口服餵食					4500

2.5.5 克拉黴素

拉黴素（Clarithromycin）又名甲紅黴素，為紅黴素的衍生物，是一種用來治療多種細菌感染的抗生素，可用於預防或治療許多細菌引起的感染，大多是口服藥物形式。一般人暴露克拉黴素則可能因攝入受污染的飲水，或皮膚接觸該化合物，但主要是因直接使用抗生素等醫療藥物。克拉黴素對胎兒的影響並無完整資料，但根據動物實驗顯示克拉黴素會成長中的胎兒可能會造成生長減緩或其他不良作用，因此懷孕婦女應該避免服用。

表 2.5-5 克拉黴素毒性數據

實驗途徑	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)
大鼠：口服餵食					1270
小鼠：口服餵食					1230
大鼠：腹腔注射					669
小鼠：腹腔注射					850
小鼠：靜脈注射					173

2.5.6 氟滅菌

氟滅菌（Flumequine）又稱氟甲喹，為動物用藥抗生素的一種，具有抑制格蘭氏陰性菌的作用，常用於防止家畜動物或養殖魚類因飼養密度過高所造成之感染症狀。動物實驗顯示氟滅菌具有肝毒性，一般人暴露氟滅菌可能因直接使用該藥物，或食物中的動物用藥殘留（如飼養的家禽家畜及魚類），若由飲食進入人體內，最後可經由糞便排出體外，因此由飲食造成之風險極低。

表 2.5-6 氟滅菌毒性數據

實驗途徑	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)
雌大鼠：口服餵食					2480
兔子：口服餵食					>2000
雌小鼠：靜脈注射					97
犬：靜脈注射					>120

2.6 蒐集清單物質之水質檢測資料彙整分析

過去我國「飲用水列管項目之篩選作業」以「子集」的概念建構初步蒐集清單/蒐集清單/觀察清單/候選清單（如圖 2.1-1），即初步蒐集清單項目中亦包含蒐集清單項目、觀察清單項目、候選清單項目，而蒐集清單項目則包含觀察清單項目及候選清單項目，以此類推。然考量在此概念下，同一污染物可能出現在不同清單中造成混淆，故本計畫改以「篩選排除」的概念建構各階層清單（如圖 2.1-2），即初步蒐集清單項目經評估納入蒐集清單後，即從初步清單中排除，故一個污染物只會出現在初步蒐集清單、蒐集清單、觀察清單、候選清單的其中一個清單中。經調整後 106 年的蒐集清單項目原有 90 項，排除已納入觀察清單、候選清單的物質，並新增 6 項本年度評估調查之藥物和個人保健用品，107 年蒐集清單有 75 項物質，詳列於表 2.6-1。

表 2.6-1 107 年蒐集清單物質（75 項）

主要分類	次要分類	毒性化學物質分類	數目	項目
生物性參數	—	—	4	糞便性大腸桿菌群、大腸桿菌、隱孢子蟲、梨形鞭毛蟲
有機化合物	一般有機物	—	24	乳酸乙酯、乙酸正丁酯、氫氧化四甲基胺、二甲基氧化硫、N-甲基-2-吡咯烷酮、丙二醇甲醚、丙二醇甲醚醋酸酯、己二酸二辛酯(or 己二酸雙-2-乙基己酯)、丙烷、正己烷、正庚烷、異丙醇、丙酮、丁酮、丁苯、乙醇胺、丁基酚、辛基酚、甲醇、1,1,2-三氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、1,2-二溴-3-氯丙烷、六氯苯、六氯環戊二烯
		難分解物質	3	1,2-二氯丙烷、壬基酚聚乙氧基醇、鄰苯二甲酸二辛酯
		慢毒性物質	1	鄰苯二甲酸丁苯甲酯
		疑似毒化物	1	甲基異丁酮
	消毒藥劑及消毒副產物	急毒性物質	1	N-亞硝基吡咯烷
	農藥	—	15	陶斯松、大滅松、福瑞松、托福松、加保利、賽滅寧、芬殺松、百滅寧、賓克隆、甲基多保淨、固殺草、嘉磷塞、馬拉松、歐殺滅、愛殺松
	醫療保健藥品	—	23	異丁苯丙酸(俗稱:布洛芬)、乙醯氨基酚(俗稱:普拿疼)、凱妥布洛芬/苯酮布丙酸、萘普生/甲氧鈉丙酸 (俗稱: 拿百疼)、苯氧布丙酸(俗稱: 非諾洛芬)、胺基比林、非那雄胺、羥苯甲酮、四環黴素、羥四環黴素、氯四環黴素、二苯甲酮、二乙基間甲苯胺、對羥基苯甲酸甲酯、對羥基苯甲酸乙酯、對羥基苯甲酸丙酯、對羥基苯甲酸丁酯、吡啶美辛、磺胺甲噁唑、磺胺噻唑、氟甲喹、克拉黴素、雙氯芬酸
無機化合物	重金屬	—	3	鈦、鉍、鈷

備註：1. 少數國家將放射性物質納入飲用水管理，我國之管理分工，放射性物質係由原能會依權責訂定相關法規管理，非屬飲用水水質標準列管項目。

本計畫更新蒐集清單物質及其於 5 年內環保署、水利署及自來水事業針對淨水場原水、清水等之檢測結果於表 2.6 2。其中有 39 項物質近五年內未有新的監測數據，此外亦逐步建立物質基本資料表(fact sheet)供民眾了解污染物之特性及飲用水中可能之風險，目前完成 PFOA、PFOS、PFHxS 等 3 項物質之物質基本資料表（見附錄六）。

本土淨水場的監測數據為「飲用水列管項目篩選作業流程」中評估蒐集清單物質是否應納進觀察清單主要評分參數「污染物出現普遍性」和「污染物出現濃度」評分的量化依據評分（屬性參數評分原則參見附錄一），沒有足夠代表性的本土淨水場的監測數據為現階段飲用水列管項目篩選作業的瓶頸。

考量監測經費有限，故本計畫依據環保署「106 年飲用水新興污染物研究與水質管理」提出蒐集清單監測順序評估原則：

一、已有超過 200 筆本土淨水場清水監測數據之物質，即可針對現有資料初步評估其於我國飲用水中之風險性。

二、本土淨水場清水監測數據小於 200 筆之物質應補充本土淨水場清水監測數據。

三、健康危害評分兩項參數加總超過 10 分之物質視為健康危害性高之物質，健康危害性高之物質應優先補充監測數據已了解其於我國淨水場發生的情況，危害性低之物質次之，暫無可靠資料評估健康危害性之物質則最後補充監測數據。

四、污染物出現評分兩項參數加總超過 10 分之物質視為於本土淨水場發生率高之物質，若已有本土淨水場清水監測數據顯示該物質於本土淨水場發生率高之物質應優先補充監測數據確認先前檢出是否為偶發事件，過去完全沒有清水監測數據者次之，過去監測數據顯示於本土淨水場發生率低之物質最後補充監測數據。

以本年度彙整之「蒐集清單」物質本土淨水場檢測數據（表 2.6 2）更新後續監測的優先順序如下：

一、健康危害性高、本土淨水場發生率低、且本土淨水場清水累積監測數據不到 200 筆之物質有 9 項：1,2,3-三氯丙烷、1,2-二溴-3-氯丙烷、賽滅寧、甲基多保淨、N-亞硝基吡咯烷、加保利、百滅寧、六氯苯、愛殺松。毒理資料顯示此類物質健康危害性較高，本土淨水場清水監測數據顯示本土淨水場發生率低，

但因本土淨水場清水累積監測數據不到 200 筆，建議此類物質應列為第一優先補充監測數據，確認此類物質於本土淨水場發生率低的可靠性。

二、健康危害性低、本土淨水場發生率高、且本土淨水場清水累積監測數據不到 200 筆之物質有 2 項：鈷、二乙基間甲苯胺。毒理資料顯示此類物質健康危害性較低，本土淨水場清水監測數據顯示本土淨水場發生率高，但因本土淨水場清水累積監測數據不到 200 筆，建議此類物質應列為第三優先補充監測數據，確認本土淨水場高發生率的可靠性，亦或先前檢出屬偶發事件。

三、健康危害性低、但目前無本土淨水場清水監測數據之物質有 11 項：丙二醇甲醚醋酸酯、己二酸二辛酯、甲醇、正己烷、正庚烷、異丙醇、丙酮、乙酸正丁酯、氫氧化四甲基胺、丙二醇甲醚、N-甲基-2-吡咯烷酮。雖然毒理資料顯示此類物質健康危害性較低，然沒有本土淨水場清水監測數據，無法得知此類物質於我國淨水場中存在的情況，建議此類物質應列為第三優先補充監測數據。

四、健康危害性低、本土淨水場發生率低、且本土淨水場清水累積監測數據不到 200 筆之物質有 5 項：1,1,2-三氯乙烷、六氯環戊二烯、馬拉松/馬拉硫磷、乙醯胺酚、歐殺滅。毒理資料顯示此類物質健康危害性較低，本土淨水場清水監測數據顯示本土淨水場發生率低，但因本土淨水場清水累積監測數據不到 200 筆，建議此類物質應列為第四優先補充監測數據，確認此類物質於本土淨水場發生率低的可靠性。

五、暫無可靠資料評估健康危害性、本土淨水場發生率高、且本土淨水場清水累積監測數據不到 200 筆之物質有 4 項：鈦、辛基酚、對羥基苯甲酸甲酯、對羥基苯甲酸丙酯。暫無可靠資料評估此類物質之健康危害性，然本土淨水場清水監測數據顯示本土淨水場發生率高，但因本土淨水場清水累積監測數據不到 200 筆，建議此類物質應列為第五優先補充監測數據，確認本土淨水場高發生率的可靠性，亦或先前檢出屬偶發事件，一旦確認此類物質於本土淨水場發生率高，應進一步了解其健康危害性。

六、暫無可靠資料評估健康危害性、目前無本土淨水場清水監測數據之物質有 9 項：甲基異丁酮、丁酮、丁苯、乙醇胺、丁基酚、丙烷、壬基酚聚乙氧基醇、乳酸乙酯、二甲基氧化硫/二甲基亞磺。暫無可靠資料評估此類物質之健康危害性，且缺少本土淨水場清水監測數據，建議此類物質應列為第六優先補充監測數據，已了解其於本土淨水場高發生情況。

七、暫無可靠資料評估健康危害性、本土淨水場發生率低、且本土淨水場清水累積監測數據不到 200 筆之物質有 16 項：芬殺松、賓克隆、固殺草、異丁苯丙酸、凱妥布洛芬、萘普生、苯氧苯丙酸、胺基比林、非那雄胺、羥苯甲酮、四環黴素、羥四環黴素、氯四環黴素、二苯基甲酮、對羥基苯甲酸乙酯、對羥基苯甲酸丁酯。建議此類物質應列為第七優先補充監測數據，確認此類物質於本土淨水場發生率低的可靠性。

表 2.6-2 蒐集清單項目 102-106 年之淨水場水質資料彙整

編號	項目		水場水質數據						採樣年份	WHO 指引值 (mg/L)
	中文	英文	原水(mg/L)		清水(mg/L)		配水(mg/L)			
			樣本數	數值	樣本數	數值	樣本數	數值		
1	鄰苯二甲酸丁酯苯甲酯	Diisobutyl phthalate (BBP)	50	ND	989	ND~0.00164	150	ND~0.00164	102-106 年	未建議
2	1,2,3-三氯丙烷	1,2,3-Trichloropropane	21	ND	21	ND	-	-	104 年	未建議
3	1,2-二溴-3-氯丙烷	1,2-Dibromo-3-chloropropane	21	ND	21	ND	-	-	104 年	0.001
4	托福松	Terbufos	20	ND~<0.0024	879	N~<0.0024	-	-	102-105 年	未建議
5	賽滅寧	cypermethrin	22	ND	18	ND	18	ND	102-103 年	未建議
6	甲基多保淨	thiophanate-methyl	18	ND	118	ND~0.056	9	<0.056	103-106 年	未建議
7	鈹	Beryllium	18	ND~0.92	18	ND	-	-	105 年	未建議
8	鈷	Cobalt	18	0.01~16.93	18	0.01~0.1	-	-	105 年	未建議
9	鄰苯二甲酸二辛酯	Diocetyl Phthalate (DOP)	50	N~<0.005	989	ND~0.00146	151	ND~0.00177	102-106 年	未建議
10	N-亞硝基吡咯烷	N-nitrosopyrrolidine, NPYR	18	ND	18	ND	-	-	106 年	未建議
11	二乙基間甲苯胺	DEET	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
12	加保利	carbaryl	22	ND~0.00455	18	ND	18	ND	102-103 年	未建議
13	百滅寧	permethrin	30	ND	18	ND	-	-	102-103 年	未建議
14	嘉磷塞	Glyphosate	30	ND	18	ND	-	-	102-105 年	未建議
15	1,1,2-三氯乙烷	1,1,2-Trichloroethane	21	ND	21	ND	-	-	104 年	未建議
16	六氯苯	Hexachlorobenzene	21	ND	127	ND	12	ND~<0.0004	104-106 年	未建議
17	六氯環戊二烯	Hexachlorocyclopentadiene	21	ND	127	ND	12	ND~<0.00044	102-106 年	未建議
18	愛殺松	Ethion	30	ND	18	ND	-	-	102-106 年	未建議
19	馬拉松/馬拉硫磷	Malathion / Maldison	30	ND	18	ND	-	-	102-106 年	未建議
20	1,2-二氯丙烷	1,2-Dichloropropane	-	-	104	ND	143	ND~<0.00012	102-106 年	0.04

表 2.6-2 蒐集清單項目 102-106 年之淨水場水質資料彙整（續）

編號	項目		水場水質數據						採樣年份	WHO 指引值
	中文	英文	原水(mg/L)		清水(mg/L)		配水(mg/L)			
			樣本數	數值	樣本數	數值	樣本數	數值		
21	陶斯松	Chlorpyrifos	20	ND~<0.0024	879	ND~<0.0024	-	-	102-105 年	0.03
22	大滅松	Dimethoate	20	ND~<0.0024	879	ND~<0.0024			102-106 年	0.006
23	福瑞松	Phorate	20	ND~<0.0024	879	ND~<0.0024	-	-	102-106 年	未建議
24	乙醯氨基酚 (俗稱:普拿疼)	Acetaminophen	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
25	歐殺滅	Oxamyl / Vydate	18	ND	18	ND	-	-	106 年	未建議
26	芬殺松	fenthion	18	ND	118	ND	9	<16.62	103-106 年	未建議
27	賓克隆	pencycuron	18	ND	18	ND	-	-	103 年	未建議
28	固殺草	glufosinate	18	ND	118	ND~1.79	9	<0.12	103-106 年	未建議
29	鈦	Titanium	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
30	辛基酚	Octylphenol	42	N~0.00006	46	ND~0.00002	-	-	102-106 年	未建議
31	異丁苯丙酸 (俗稱:布洛芬)	Ibuprofen	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
32	凱妥布洛芬/苯酮苯丙酸	Ketoprofen	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
33	萘普芬/ 甲氧鈉丙酸	Naproxen	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
34	苯氧苯丙酸 (俗稱: 非諾洛芬)	Fenoprofen	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
35	胺基比林	Aminopyrine	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
36	非那雄胺	Finasteride	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
37	羥苯甲酮	Oxybenzone	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
38	四環黴素	Tetracycline	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
39	羥四環黴素	Oxytetracycline	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
40	氯四環黴素	Chlorotetracycline	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議

表 2.6-2 蒐集清單項目 102-106 年之淨水場水質資料彙整（續）

編號	項目		水場水質數據						採樣年份	WHO 指引值
	中文	英文	原水(mg/L)		清水(mg/L)		配水(mg/L)			
			樣本數	數值	樣本數	數值	樣本數	數值		
41	吲哚美辛	indomethacin	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
42	雙氯芬酸	diclofenac	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
43	磺胺甲噁唑	sulfamethoxazole	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
44	克拉黴素	clarithromycin	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
45	磺胺噻唑	sulfathiazole	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
46	氟甲喹	flumequine	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
47	糞便性大腸桿菌群	Fecal coliform	126	<1-44000	27	<1	408	<1-7	102-105 年	不可檢出
48	大腸桿菌	Escherichia coli (E. coli)	50	<1~12000	48	<1	408	<1~4	102-105 年	不可檢出
49	隱孢子蟲	Cryptosporidium	20	0-16	28	0	-	-	104-105 年	未建議
50	梨形鞭毛蟲	Giardia	20	0-280	28	0	-	-	104-105 年	未建議
51	正己烷	hexane	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
52	正庚烷	Heptane	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
53	甲醇	Methanol	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
54	異丙醇	Isopropyl	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
55	丙酮	Acetone	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
56	丁酮	4-butylphenol	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
57	壬基酚聚乙氧基醇	Nonylphenol ethoxylate alcohol	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
58	氫氧化四甲基胺	Tetramethyl Ammonium Hydroxide	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
59	丙二醇甲醚	Propylene glycol 1-methyl ether	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
60	丙二醇甲醚醋酸酯	Propylene glycol monomethyl ether acetate	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議

表 2.6-2 蒐集清單項目 102-106 年之淨水場水質資料彙整（續）

編號	項目		水場水質數據						採樣 年份	WHO 指引值
	中文	英文	原水(mg/L)		清水(mg/L)		配水(mg/L)			
			樣本數	數值	樣本數	數值	樣本數	數值		
61	丙烷	Propane	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
62	二苯甲酮	Benzophenone	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
63	對羥基苯甲酸甲酯	Methyl paraben	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
64	對羥基苯甲酸乙酯	Ethyl paraben	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
65	對羥基苯甲酸丙酯	Propyl paraben	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
66	對羥基苯甲酸丁酯	Butyl paraben	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
67	甲基異丁酮	Methyl isobutyl ketone	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
68	二甲基氧化硫	Dimethyl sulfoxide	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
69	乙醇胺	Ethanolamine	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
70	N-甲基-2-吡咯烷酮	N-Methylpyrrolidone	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
71	乳酸乙酯	Ethyl lactate	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
72	乙酸正丁酯	n-Butyl Acetate	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
73	己二酸二辛酯	Di(2-ethylhexyl)adipate	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
74	丁基酚	p-tert-Butylphenol	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議
75	丁苯	Butylbenzene	-	-	-	-	-	-	無資料	未建議

資料來源：1. 行政院環境保護署 102-105 年度飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫

2. 行政院環境保護署一○二年度土壤底泥中農藥、多環芳香烴、酚類、塑化劑、有機錫調查計畫 1/2

3. 行政院環境保護署 102-103 年度飲用水水源與水質中新興污染物對人體健康風險評估之研究計畫 1/4-4/4

4. 行政院環境保護署一○三年度 103-104 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫

5. 臺北翡翠水庫管理局一○二年度飲用水水質標準候選列管項目之調查與因應研擬-總結報告

6. 經濟部水利署 102-103 年度公共給水系統新興污染物監控與處理技術提升研究(1/2) (2/2)

7. 飲用水水質標準未列管之農藥檢驗計畫-第一年-第二年

8. 飲用水水源及水質標準項目之調查及評估-第一年-第三年

9. 行政院環境保護署 106 年飲用水新興汙染物研究與水質管理計畫

10. 臺北自來水事業處自主檢測資料

11. 台灣自來水公司自主檢測資料

12. 中環抽驗結果彙整

13. 環檢所檢測統計

2.7 觀察清單物質本土淨水場監測數據分析

環保署自 103 年起執行「飲用水列管項目之篩選作業」，103 年自蒐集清單中篩選出微囊藻毒 LR、氯苯、甲醛、壬基酚、苯乙烯、乙苯、1,1-二氯乙烷、鎘、鎳、鄰苯二甲酸二甲酯、鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯等 11 項物質，納入觀察清單，並於 103 年 7 月起至 104 年 6 月止由自來水事業針對除鎘跟鎳以外的 9 項物質於淨水處理或配水系統進行一年監測，監測結果僅微囊藻毒 LR 及甲醛有檢出，但皆低於健康風險評估試算之健康參考水準及國際管制值或指引值之最低值，顯示暫未觀察到影響飲用水安全之疑慮。105 年自蒐集清單中篩選出 1,2-二溴乙烷、雙酚 A、鉍及碲等 4 項物質，納入觀察清單。106 年篩選出硼、N-亞硝二甲胺(NDMA)、N-亞硝二乙胺(NDEA)、鄰苯二甲酸二丁酯、全氟辛烷酸(PFOA)、全氟辛烷磺酸(PFOS)等六項物質納入觀察清單，並將鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯自觀察清單中納入候選清單。

目前觀察清單中共有 20 項物質(表 2.7-1)，本計畫彙整觀察清單物質本土水質數據，以評估是否應納入候選清單評估是否列管，並針對後續管理提出建議。觀察清單物質本土淨水場監測數據乃彙整自不同之計畫，故歷年分析可能會有偵測極限不同的現象。

表 2.7-1 歷年納入觀察清單之物質

103 年	11-1 項	微囊藻毒 LR、氯苯、甲醛、壬基酚、苯乙烯、乙苯、1,1-二氯乙烷、鎘、鎳、鄰苯二甲酸二甲酯 (鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯)
105 年	4 項	1,2-二溴乙烷、雙酚 A、鉍、碲
106 年	6 項	硼、N-亞硝二甲胺、N-亞硝二乙胺、鄰苯二甲酸二丁酯、全氟辛烷酸、全氟辛烷磺酸

表 2.7-2 觀察清單物質於國際上管制情形

項目（單位：mg/L）	WHO [#]	美國	歐盟	澳洲 [#]	加拿大	日本	紐西蘭	新加坡	南韓	HRL
氯苯 Chlorobenzene	—	0.1	—	0.3 0.01*	0.08 0.03*	—	0.01	—	—	—
苯乙烯 Styrene (Phenylethene)	0.02	0.1	—	0.03 0.004*	—	0.02 [#]	0.004	0.02	—	—
乙苯 Ethylbenzene	0.3	0.7	—	0.3 0.003*	0.14 0.0016*	—	0.3	0.3	0.3	—
1,1-二氯乙烷 1,1-Dichloroethane	—	0.00614 [#] (CCL4-HRL)	—	—	—	—	—	—	—	—
雙酚 A Bisphenol A	—	—	—	—	—	0.1 [#]	—	—	—	—
微囊藻毒 LR 型 Microcystin- LR	0.001	0.000021 [#] (CCL4-HRL)	—	0.0013	0.0015	0.0008 [#]	0.001 [@]	0.001	0.001 [#]	—
壬基酚 Nonylphenol	—	0.105 [#] (CCL4-HRL)	—	—	—	0.3 [#]	—	—	—	—
甲醛 Formaldehyde (Methanal)	NA	1.4 [#] (CCL4-HRL)	—	0.5	—	0.08	—	—	0.5	—
鄰苯二甲酸二甲酯 Dimethyl phthalate	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.55
鉈 Thallium	—	0.002	—	—	—	—	—	—	—	—
鄰苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	—	—	—	—	—	0.01 [#]	—	—	—	0.03

[#]指引值或非法律強制性建議值

*適飲性考量

@總微囊藻毒

表 2.7-2 觀察清單物質於國際上管制情形（續）

項目（單位：mg/L）	WHO [#]	美國	歐盟	澳洲 [#]	加拿大	日本	紐西蘭	新加坡	南韓	HRL
1,2-二溴乙烷 1,2-Dibromoethane (Ethylene dibromide)	0.0004	0.00005	—	—	—	—	0.0004	0.0004	—	—
碲 Tellurium	—	0.175 [#] (CCL4-HRL)	—	—	—	—	—	—	—	—
硼 Boron	2.4	—	1	4	5	1	1.4	2.4	1	—
N-亞硝二甲胺 N-nitrosodimethylamine	0.0001	0.00000069 [#] (CCL4-HRL)	—	0.0001	0.00004	0.0001 [#]	—	—	—	—
N-亞硝二乙胺 N-nitrosodiethylamine	—	0.0000002 [#] (CCL4-HRL)	—	—	—	—	—	—	—	—
PFOA Perfluorooctanoic acid	—	0.0011 [#] (CCL4-HRL)	—	—	—	—	—	—	—	—
PFOS Perfluorooctane sulfonate	—	0.0002 [#] (CCL4-HRL)	—	—	—	—	—	—	—	—
鍺 Germanium	—	0.000744 [#] (CCL4-HRL)	—	—	—	—	—	—	—	—
鎵 Gallium	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

[#]指引值或非法律強制性建議值

*適飲性考量

2.7.1 氯苯

國際上管制飲用水中氯苯的國家包含美國、紐西蘭、加拿大，而澳洲、中國則是制定無法律強制性的指引值，管制濃度（或指引值）介於 0.01-0.3 mg/L 不等，其中紐西蘭的管制值與澳洲的指引值 0.01 mg/L 最為嚴格。

本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）氯苯檢測結果，並計算大於 0.01 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-3）。自 102 年起，連續 5 年每年至少有超過 400 筆檢測數據，且檢測結果都遠小於 0.01 mg/L，顯示氯苯於我國淨水場無顯著風險，建議可減少監測頻率，並自觀察清單中移除。

表 2.7-3 近十年（97-106 年）飲用水中氯苯檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.01 mg/L 樣品數 (比例)
97	29	0.00146	0 (0%)
98	5	(<0.00025)	0 (0%)
99	5	(<0.00025)	0 (0%)
100	205	(<0.00009)	0 (0%)
101	382	(<0.00009)	0 (0%)
102	438	(<0.00015)	0 (0%)
103	400	(<0.00012)	0 (0%)
104	432	(<0.00022)	0 (0%)
105	435	(<0.00022)	0 (0%)
106	567	(<0.00044)	0 (0%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.2 苯乙烯

國際上管制飲用水中苯乙烯的國家包含美國、紐西蘭、新加坡，而 WHO、澳洲、日本、中國則是制定無法律強制性的指引值，管制濃度（或指引值）介於 0.004-0.1 mg/L 不等，其中紐西蘭的管制值與澳洲的指引值 0.004 mg/L 最為嚴格。

本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）苯乙烯檢測結果，並計算大於 0.004 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-4）。自 102 年起，連續 5 年每年至少有超過 400 筆檢測數據，且檢測結果都遠小於 0.004 mg/L，顯示苯乙烯於我國淨水場無顯著風險，建議可減少監測頻率，並自觀察清單中移除。

表 2.7-4 近十年（97-106 年）飲用水中苯乙烯檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.004 mg/L 樣品數 (比例)
97	26	0.00286	0 (0%)
98	31	(<0.00047)	0 (0%)
99	5	(<0.00047)	0 (0%)
100	205	(<0.001)	0 (0%)
101	386	(<0.0005)	0 (0%)
102	438	(<0.00035)	0 (0%)
103	400	0.00057	0 (0%)
104	432	(<0.00023)	0 (0%)
105	335	(<0.00023)	0 (0%)
106	567	(<0.00039)	0 (0%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.3 乙苯

國際上管制飲用水中乙苯的國家包含美國、紐西蘭、加拿大、新加坡、南韓，而 WHO、澳洲、中國則是制定無法律強制性的指引值，管制濃度（或指引值）介於 0.0016-0.7 mg/L 不等，其中加拿大針對適飲性建立之管制值 0.0016 mg/L 最為嚴格。

本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）乙苯檢測結果，並計算大於 0.0016 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-5）。自 102 年起，連續 5 年每年至少有超過 400 筆檢測數據，且檢測結果都遠小於 0.0016 mg/L，顯乙苯於我國淨水場無顯著風險，建議可減少監測頻率，並自觀察清單中移除。

表 2.7-5 近十年（97-106 年）飲用水中乙苯檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.0016 mg/L 樣品數 (比例)
97	5	—	0 (0%)
98	35	(<0.001)	0 (0%)
99	58	(<0.001)	0 (0%)
100	183	(<0.00023)	0 (0%)
101	364	(<0.00048)	0 (0%)
102	438	(<0.00023)	0 (0%)
103	467	0.00028	0 (0%)
104	499	(<0.0002)	0 (0%)
105	435	0.00051	0 (0%)
106	567	(<0.00042)	0 (0%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.4 1,1-二氯乙烷

目前國際上並未有國家管制飲用水中 1,1-二氯乙烷，或制定飲用水中的指引值，美國將 1,1-二氯乙烷納入汙染物候選清單 4 (CCL4)，並計算其健康參考水準 (HRL) 0.00614 mg/L。本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）1,1-二氯乙烷檢測結果，並計算大於 0.00614 mg/L 的樣品數及發生率(表 2.7-6)。自 102 年起，連續 5 年每年至少有超過 400 筆檢測數據，且檢測結果都遠小於 0.00614 mg/L，顯示 1,1-二氯乙烷於我國淨水場無顯著風險，建議可減少監測頻率，並自觀察清單中移除。

表 2.7-6 近十年（97-106 年）飲用水中 1,1-二氯乙烷檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.00614 mg/L 樣品數 (比例)
97	29	(<0.00027)	0 (0%)
98	5	(<0.00029)	0 (0%)
99	25	(<0.001)	0 (0%)
100	205	(<0.00011)	0 (0%)
101	386	(<0.00011)	0 (0%)
102	438	0.00016	0 (0%)
103	467	(<0.00011)	0 (0%)
104	499	(<0.00026)	0 (0%)
105	435	(<0.00026)	0 (0%)
106	567	(<0.00047)	0 (0%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.5 壬基酚

目前國際上僅有日本制定飲用水中壬基酚的指引值 0.3 mg/L，美國則是將壬基酚納入汙染物候選清單 4 (CCL4)，並計算其健康參考水準(HRL) 0.105 mg/L。本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）壬基酚檢測結果，並計算大於 0.105 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-7）。自 102 年起，連續 5 年每年至少有超過 200 筆檢測數據，且檢測結果都遠小於 0.105 mg/L，顯示壬基酚於我國淨水場無顯著風險，建議可減少監測頻率，並自觀察清單中移除。

表 2.7-7 近十年（97-106 年）飲用水中壬基酚檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.105 mg/L 樣品數 (比例)
97	5	-	0 (0%)
98	61	0.000548	0 (0%)
99	38	0.000332	0 (0%)
100	25	0.000258	0 (0%)
101	32	0.0000812	0 (0%)
102	204	0.00024	0 (0%)
103	339	0.00324	0 (0%)
104	272	(<0.00305)	0 (0%)
105	435	(<0.02)	0 (0%)
106	839	(<0.00305)	0 (0%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.6 雙酚 A

目前國際上僅有日本及中國制定飲用水中雙酚 A 的指引值 0.1 及 0.01 mg/L，本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）雙酚 A 檢測結果，並計算大於 0.01 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-8）。自 102 年起，連續 5 年每年至少有超過 200 筆檢測數據，106 年 839 筆資料中僅 1 筆資料測值偏高(0.001mg/L)，但仍低於國際指引 0.01mg/L。102-105 年度另累計 1,030 筆資料，皆低於 0.01mg/L，顯示雙酚 A 於我國淨水場無顯著風險，建議可減少監測頻率。

表 2.7-8 近十年（97-106 年）飲用水中雙酚 A 檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.01 mg/L 樣品數 (比例)
97	29	0.0000713	0 (0%)
98	61	0.000075	0 (0%)
99	39	0.00005	0 (0%)
100	25	0.0000032	0 (0%)
101	41	0.0000099	0 (0%)
102	203	0.00002	0 (0%)
103	328	0.00216	0 (0%)
104	267	(<0.00068)	0 (0%)
105	335	(<0.00054)	0 (0%)
106	839	0.001	0 (0%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.7 微囊藻毒-LR 型

國際上管制飲用水中微囊藻毒-LR 型的國家包含加拿大、新加坡，而 WHO、澳洲、日本、南韓、中國則是制定無法律強制性的指引值，紐西蘭則是管制飲用水中的總微囊藻毒，管制濃度（或指引值）介於 0.0008-0.0015 mg/L 不等，其中日本的指引值 0.0008 mg/L 最為嚴格。

本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）微囊藻毒-LR 型檢測結果，並計算大於 0.0008 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-9）。歷年來檢測結果均小於 0.0008 mg/L，顯示微囊藻毒-LR 型於我國淨水場暫無顯著風險。考量國內本島優養化水庫葉綠素 a 濃度不高，而外島（尤其金門）的湖水藻類濃度較高，建議減少本島淨水場的監測頻率、增加外島監測頻率，持續累積本土檢測資料。

表 2.7-9 近十年（97-106 年）飲用水中微囊藻毒-LR 型檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.0008 mg/L 樣品數 (比例)
97	5	ND	0 (0%)
98	34	0.000129	0 (0%)
99	35	(<0.00001)	0 (0%)
100	25	0.0000088	0 (0%)
101	27	(<0.00015)	0 (0%)
102	30	(<0.0001)	0 (0%)
103	12	0.00005	0 (0%)
104	121	(<0.0001)	0 (0%)
105	42	(<0.00001)	0 (0%)
106	49	0.0002	0 (0%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.8 甲醛

國際上管制飲用水中甲醛的國家包含日本、南韓、中國，而澳洲則是制定無法律強制性的指引值，美國將甲醛納入汙染物候選清單 4 (CCL4)並計算其健康參考水準(HRL)，管制濃度（或指引值/健康參考水準）介於 0.08-1.4 mg/L 不等，其中日本的管制值 0.08 mg/L 最為嚴格。

本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）甲醛檢測結果，並計算大於 0.08 mg/L 的樣品數及發生率(表 2.7-10)。歷年來檢測結果均小於 0.08 mg/L，顯示甲醛於我國淨水場無顯著風險，然而因 105 年以前檢測樣品數並不多，建議持續監測，累積本土檢測資料，以有效評估甲醛於我國淨水場中之健康風險。

表 2.7-10 近十年（97-106 年）飲用水中甲醛檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.08 mg/L 樣品數 (比例)
97	29	0.04851	0 (0%)
98	31	0.0444	0 (0%)
99	5	0.02580	0 (0%)
100	5	0.0065	0 (0%)
101	5	(<0.00273)	0 (0%)
102	—	—	—
103	17	0.00968	0 (0%)
104	20	0.00658	0 (0%)
105	27	(<0.0159)	0 (0%)
106	205	(<0.00838)	0 (0%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.9 鄰苯二甲酸二甲酯

國際上尚未有國家或國際組織管制飲用水中鄰苯二甲酸二甲酯，或制訂指引值。本計畫參考美國消費品安全委員會針對鄰苯二甲酸二甲酯的毒性回顧 (Toxicity review of dimethyl phthalate (DMP), 2010)，採用 Lehman (1955) 利用小鼠進行動物實驗取得之讀理資料 NOAEL 1834 mg/kg/day；1000 的安全係數(美國健康參考水準計算公式)，依據衛生福利部國民健康署執行之「1993 - 1996 台灣國民營養健康狀況變遷調查結果」計畫調查 18 歲以上成人(男女各約 1500 人)平均體重約為 60 公斤，故本計畫健康參考水準之計算採用 60 公斤做為國人平均體重，並假設自飲用水中攝取量佔人體總攝取量的比例為 0.01，計算得到健康參考水準(HRL)為 0.55 mg/L。

本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）鄰苯二甲酸二甲酯檢測結果，並計算大於 0.55 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-11）。自 102 年起，連續 5 年每年至少有超過 200 筆檢測數據，且檢測結果都遠小於 0.55 mg/L，顯示鄰苯二甲酸二甲酯於我國淨水場無顯著風險，建議可減少監測頻率。

表 2.7-11 近十年（97-106 年）飲用水中鄰苯二甲酸二甲酯檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.55 mg/L 樣品數 (比例)
100	12	0.0000078	0 (0%)
101	—	—	—
102	228	0.00274	0 (0%)
103	339	0.00232	0 (0%)
104	271	(<0.00278)	0 (0%)
105	353	(<0.005)	0 (0%)
106	839	0.0118	0 (0%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.10 鉍

目前國際上僅有美國管制飲用水中的鉍應低於 0.002 mg/L，而中國則是制定無法律強制性的指引值 0.0001 mg/L。

本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）鉍檢測結果，並參考美國飲用水水質標準，計算大於 0.002 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-12）。105 年以前檢測值均低於 0.002 mg/L，然而檢測樣品數並不多，106 年檢測超過 200 筆數據，有兩筆測值大於 0.002 mg/L，發生率為 0.9%，建議持續監測，累積本土檢測資料，了解鉍於我國淨水場的健康風險。

表 2.7-12 近十年（97-106 年）飲用水中鉍檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.002 mg/L 樣品數 (比例)
100	380	0.00049	0 (0%)
101	23	0.00003	0 (0%)
102	22	0.00001	0 (0%)
103	22	0.00003	0 (0%)
104	22	0.00003	0 (0%)
105	22	0.00005	0 (0%)
106	221	0.002	2 (0.9%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.11 鄰苯二甲酸二丁酯

國際上尚未有國家或國際組織管制飲用水中鄰苯二甲酸二丁酯，日本及中國則是制訂指引值 0.01 及 0.003 mg/L。

本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）鄰苯二甲酸二丁酯檢測結果，並計算大於日本指引值 0.01 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-13）。自 102 年起，連續 5 年每年至少有超過 200 筆檢測數據，自 104 年起有少數樣品測得濃度大於 0.55 mg/L，然每年發生率均低於 1%。以 102-106 年累計之 2,096 筆資料來看，計 9 筆資料(0.429%) 超過國際指引值 0.01mg/L，發生率不高，建議維持於觀察清單中持續監測，以了解鄰苯二甲酸二丁酯於我國淨水場的健康風險變化。

表 2.7-13 近十年（97-106 年）飲用水中鄰苯二甲酸二丁酯檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.01 mg/L 樣品數 (比例)
100	12	(<0.0000004)	0 (0%)
102	228	0.00174	0 (0%)
103	327	0.00305	0 (0%)
104	283	0.02440	2 (0.7%)
105	365	0.0154	1 (0.3%)
106	839	0.0127	6 (0.7%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.12 1,2-二溴乙烷

國際上管制飲用水中 1,2-二溴乙烷的國家包含美國、紐西蘭、新加坡，而 WHO 則是制定無法律強制性的指引值，管制濃度（或指引值/健康參考水準）介於 0.00005-0.0004 mg/L 不等，其中美國的管制值 0.00005 mg/L 最為嚴格。

本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）1,2-二溴乙烷檢測結果，並計算大於 0.00005 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-14），自 102 年起，連續 5 年每年至少有超過 200 筆檢測數據，然而過去檢測極限均高於國際最低管制值 0.00005 mg/L，建議檢視檢測方法降低偵測極限並持續監測，以有效了解 1,2-二溴乙烷於我國淨水場的健康風險。

表 2.7-14 近十年（97-106 年）飲用水中 1,2-二溴乙烷檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.00005 mg/L 樣品數 (比例)
100	178	(<0.00024)	0 (0%)
101	359	(<0.00024)	0 (0%)
102	350	(<0.00024)	0 (0%)
103	370	(<0.00024)	0 (0%)
104	482	0.0033	2 (0.4%)
105	375	(<0.0003)	0 (0%)
106	463	(<0.00043)	0 (0%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.13 碇

目前國際上並未有國家管制飲用水中的碇，或制定飲用水中的指引值，美國將碇納入汙染物候選清單 4 (CCL4)，並計算其健康參考水準(HRL) 0.175 mg/L。

本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）碇檢測結果，並計算大於 0.175 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-15）。近十年，僅有 100 年及 106 年各有約 20 筆的檢測結果，檢測結果都遠小於 0.175 mg/L，然而檢測樣品數並不多，建議應規劃監測計畫，累積本土水質資料，以有效評估碇於我國淨水場中之健康風險。

表 2.7-15 近十年（97-106 年）飲用水中碇檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.175 mg/L 樣品數 (比例)
100	17	0.00001	0 (0%)
106	20	(<0.0004)	0 (0 %)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.14 硼

國際上管制飲用水中硼的國家包含歐盟、加拿大、紐西蘭、新加坡、南韓，而 WHO、澳洲、中國則是制定無法律強制性的指引值，管制濃度（或指引值）介於 0.5-5 mg/L 不等，其中歐盟、日本、南韓的管制值 1 mg/L 最為嚴格。

本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）硼檢測結果，並計算大於 1 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-16）。近十年，僅有 105 年有 18 筆的檢測結果，檢測結果都遠小於 1 mg/L，然而檢測樣品數並不多，建議應規劃監測計畫，累積本土水質資料，以有效評估硼於我國淨水場中之健康風險。

表 2.7-16 近十年（97-106 年）飲用水中硼檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>1 mg/L 樣品數 (比例)
105	18	0.04445	0 (0%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.15 N-亞硝二甲胺

國際上管制飲用水中 N-亞硝二甲胺的國家僅有加拿大，而 WHO、澳洲、日本則是制定無法律強制性的指引值，管制濃度（或指引值）介於 0.0001-0.00004 mg/L 不等，其中加拿大的管制值 0.00004 mg/L 最為嚴格。美國則是將 N-亞硝二甲胺納入汙染物候選清單 4 (CCL4)，並計算其健康參考水準(HRL) 0.00000069 mg/L。

本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）N-亞硝二甲胺檢測結果，並計算大於 0.00004 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-17）。近十年內自 104 年起才有 N-亞硝二甲胺之檢測數據，且 104 年及 105 年之偵測極限高於 0.00004 mg/L，106 年之偵測極限則低於 0.00004 mg/L，且有 100 多筆數據，檢測結果都遠小於 0.00004 mg/L，顯示 N-亞硝二甲胺於我國淨水場暫無顯著風險，然而檢測樣品數並不多，建議應規劃監測計畫，累積本土水質資料，以有效評估硼於我國淨水場中之健康風險。

表 2.7-17 近十年（97-106 年）飲用水中 N-亞硝二甲胺檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.00004 mg/L 樣品數 (比例)
104	16	(<0.0005)	0 (0%)
105	10	(<0.005)	0 (0%)
106	132	0.00000157	0 (0%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.16 N-亞硝二乙胺

目前國際上並未有國家管制飲用水中的 N-亞硝二乙胺，或制定飲用水中的指引值，僅有美國將 N-亞硝二乙胺納入汙染物候選清單 4 (CCL4)，並計算其健康參考水準(HRL) 0.0000002 mg/L。本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）N-亞硝二乙胺檢測結果，並計算大於 0.0000002 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-18）。近十年，僅有 106 年有 18 筆的檢測結果，其中有一筆檢測結果大於 0.0000002 mg/L，然而檢測樣品數並不多，建議應規劃監測計畫，累積本土水質資料，以有效評估 N-亞硝二乙胺於我國淨水場中之健康風險。

表 2.7-18 近十年（97-106 年）飲用水中 N-亞硝二乙胺檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.0000002 mg/L 樣品數 (比例)
106	18	0.00000567	1 (5.6%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.17 全氟辛烷酸

目前國際上並未有國家管制飲用水中的全氟辛烷酸，或制定飲用水中的指引值，僅有美國將全氟辛烷酸納入汙染物候選清單 4 (CCL4)，並計算其健康參考水準(HRL) 0.0011 mg/L。

本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）全氟辛烷酸檢測結果，並計算大於 0.0011 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-19）。近十年，自 105 年起針對飲用水中全氟辛烷酸進行檢測，105 年及 106 年各有 18 筆及 65 筆檢測結果，檢測結果都遠小於 0.0011 mg/L，然而檢測樣品數並不多，建議應規劃監測計畫，累積本土水質資料，以有效評估全氟辛烷酸於我國淨水場中之健康風險。

表 2.7-19 近十年（97-106 年）飲用水中全氟辛烷酸檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.0011 mg/L 樣品數 (比例)
105	18	0.0000309	0 (0%)
106	65	0.0000244	0 (0%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.18 全氟辛烷磺酸

目前國際上並未有國家管制飲用水中的全氟辛烷磺酸，或制定飲用水中的指引值，僅有美國將全氟辛烷磺酸納入汙染物候選清單 4 (CCL4)，並計算其健康參考水準(HRL) 0.0002 mg/L。

本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）全氟辛烷磺酸檢測結果，並計算大於 0.0002 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-20）。近十年，自 105 年起針對飲用水中全氟辛烷磺酸進行檢測，105 年及 106 年各有 18 筆及 60 筆檢測結果，檢測結果都遠小於 0.0002 mg/L，然而檢測樣品數並不多，建議應規劃監測計畫，累積本土水質資料，以有效評估全氟辛烷磺酸於我國淨水場中之健康風險。

表 2.7-20 近十年（97-106 年）飲用水中全氟辛烷磺酸檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.0002 mg/L 樣品數 (比例)
105	18	(<0.000007)	0 (0%)
106	60	0.0000484	0 (0%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.19 銻

目前國際上並未有國家管制飲用水中的銻，或制定飲用水中的指引值，僅有美國將銻納入汙染物候選清單 4 (CCL4)，並計算其健康參考水準(HRL) 0.000744 mg/L。

本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）銻檢測結果，並計算大於 0.000744 mg/L 的樣品數及發生率（表 2.7-21）。近十年，僅有 100 年及 106 年有針對飲用水中銻進行檢測，100 年及 106 年各有 17 筆及 201 筆檢測結果，檢測結果都小於 0.000744 mg/L，然而檢測樣品數並不多，建議應規劃監測計畫，累積本土水質資料，以有效評估銻於我國淨水場中之健康風險。

表 2.7-21 近十年（97-106 年）飲用水中銻檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值	>0.000744 mg/L 樣品數 (比例)
100	17	0.00004	0 (0%)
106	201	0.00074	0 (0%)

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.7.20 鎘

目前國際上並未有國家管制飲用水中的鎘，或制定飲用水中的指引值。本計畫彙整近十年（97-106 年）飲用水中（清水及配水）鎘檢測結果（表 2.7-22）。自 100 年起，均有檢測數據，檢測結果最大值為 0.0001 mg/L，然目前沒有國際管制值或指引值，亦無可靠毒理資料可供計算健康參考水準，以評估健康風險，建議持續監測。

表 2.7-22 近十年（97-106 年）飲用水中鎘檢測結果

年份	檢測樣品數	檢出最大值
100	380	0.00061
101	22	0.0001
102	22	0.0001
103	22	0.00012
104	22	0.00004
105	22	0.0001
106	201	0.00014

註：單位: mg/L，檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

2.8 觀察清單物質監測建議

根據 2.7 節觀察清單物質本土淨水場監測數據分析結果，本計畫建議：

一、氯苯、苯乙烯、乙苯、1,1-二氯乙烷、壬基酚、雙酚 A、鄰苯二甲酸二甲酯等七項物質，監測資料充足且結果顯示其於我國淨水場中暫無顯著風險者，建議可減少監測頻率。

二、鄰苯二甲酸二丁酯，考量近年有少數樣品超過國際最低管制值，建議維持於觀察清單中持續監測，以了解鄰苯二甲酸二丁酯於我國淨水場的健康風險變化。

三、全氟辛烷磺酸、全氟辛烷酸、鎘、砷、硼、N-亞硝二甲胺、N-亞硝二乙胺、鉍、甲醛、鎘等十項物質，本土歷史監測數據有限，建議規劃監測計畫累積本土水質資料，以有效評估這些物質於我國淨水場中之健康風險。

四、1,2-二溴乙烷自 102 年起，連續 5 年每年至少有超過 200 筆檢測數據，然而過去檢測極限均高於國際最低管制值 0.00005 mg/L，建議檢視檢測方法降低偵測極限並持續監測，以有效了解 1,2-二溴乙烷於我國淨水場的健康風險。

五、微囊藻毒-LR 型之監測結果顯示於我國淨水場暫無顯著風險。考量國內本島優養化水庫葉綠素 a 濃度不高，而外島（尤其金門）的湖水藻類濃度較高，建議減少本島淨水場的監測頻率、增加外島監測頻率，持續累積本土檢測資料。

第三章 未列管之新興污染物抽驗

3.1 抽驗項目

本計畫依評選須知抽驗國內 400 處飲用水水質或水源水質中未列管之新興污染物，並辦理採樣方法、保存方法及送樣注意事項講習會。

抽驗之未列管新興污染物包括：

- 一、重金屬：抽驗鎘、鎘、鉍、硼及鉍等 5 項各 200 處次。
- 二、消毒副產物：抽驗甲醛、N-亞硝二甲胺(NDMA)、N-亞硝二乙胺(NDEA)及 N-亞硝基吡咯烷等 4 項各 100 處次。
- 三、揮發性有機物：抽驗 1,1-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、苯乙烯、氯苯、乙苯、甲基第三丁基醚、1,2,3-三氯丙烷及 1,2-二溴-3-氯丙烷等 8 項各 100 處次。
- 四、半揮發性有機物：抽驗六氯苯 100 處次。
- 五、農藥：抽驗甲基多保淨、固殺草、陶斯松、鋅錳乃浦、托福松、愛殺松、加保利及賽滅寧等 8 項各 100 處次。
- 六、環境荷爾蒙：抽驗壬基酚、雙酚 A、鄰苯二甲酸二甲酯（DMP）、鄰苯二甲酸二乙酯（DEP）、鄰苯二甲酸二丁酯（DBP）、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯（BBP）、鄰苯二甲酸二辛酯（DOP）及鄰苯二甲酸二（2-乙基己基）酯（DEHP）等 8 項各 400 處次。
- 七、生物代謝產物：抽驗微囊藻毒 LR 型 25 處次。
- 八、環保署指定項目：嘉磷塞 30 處次。

其中重金屬、甲醛、揮發性有機物、半揮發性有機物、環境荷爾蒙、陶斯松、愛殺松、加保利等項目委託中環科技事業(股)公司分析。

本計畫抽驗之 35 項物質於飲用水列管項目篩選作業之評估位階列於表 3.1-1，有 3 項物質屬初步蒐集清單項目，有 15 項物質屬蒐集清單項目，16 項物質則屬觀察清單物質，另有 1 項屬候選清單物質。

本計畫抽驗之飲用水水質或水源水質中未列管新興污染物於國際上管制情況列於表 3.1-3。國際上未有管制或指引值的項目，本計畫蒐集該物質之毒理資

料，並根據美國環保署建議之健康參考水準計算公式計算健康參考水準濃度值（見表 3.1-2）。

表 3.1-1 本計畫抽驗之物質於飲用水列管項目篩選作業之評估位階

初步蒐集清單	104 年	甲基第三丁基醚、鄰苯二甲酸二乙酯、鋅錳乃浦
蒐集清單	106 年	1,2-二氯丙烷、六氯苯、甲基多保淨、固殺草、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯、鄰苯二甲酸二辛酯、鉍、N-亞硝基吡咯烷、1,2,3-三氯丙烷、1,2-二溴-3-氯丙烷、陶斯松、托福松、愛殺松、加保利、賽滅寧
觀察清單	103 年	微囊藻毒 LR 型、壬基酚、鄰苯二甲酸二甲酯、氯苯、苯乙烯、乙苯、1,1-二氯乙烷、甲醛、鎂、鎳
	105 年	雙酚 A、鉍、硼
	106 年	N-亞硝二甲胺、N-亞硝二乙胺(NDEA)、鄰苯二甲酸二丁酯
候選清單	106 年	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯

表 3.1-2 健康參考水準(HRL)計算參數

項目	毒理資料	HRL (mg/L)
鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP)	美國 PPRTV RfD 0.1 mg/kg/day (2007)	0.03
鄰苯二甲酸二乙酯(DEP)	美國 IRIS 資料庫之 RfD 0.8 mg/kg/day (1978)	0.24
鄰苯二甲酸二丁酯(DBP)	美國 IRIS 資料庫之 RfD 0.1 mg/kg/day (1953)	0.03
鄰苯二甲酸丁基苯甲酯(BBP)	美國 IRIS 資料庫之 RfD 0.2 mg/kg/day (1985)	0.06
鄰苯二甲酸二辛酯 (DNOP)	美國 ATSDR 資料庫之 MRL 0.4 mg/kg/day (1995)	0.12
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP)	美國 IRIS 資料庫之 RfD 0.02 mg/kg/day (1953)	0.006
壬基酚 (NP)	NOAEL 15 mg/kg/day (2004)，安全係數 1000	0.0045
雙酚 A (BPA)	美國 IRIS 資料庫之 RfD 0.05mg/kg/day (1982)	0.015

$$\text{健康參考水準 (mg/L)} = \frac{RfD(\text{mg/kg/day}) \times BW(60\text{kg}) \times RSC}{2\text{L/day}} \text{ 或 } \frac{NOAEL(\text{mg/kg/day}) \times BW(60\text{kg}) \times RSC}{2\text{L/day} \times UF(1000)}$$

其中：BW：成人體重

RSC：飲用水相對貢獻比例，假設貢獻比例為 1%

UF：不確定因子(安全係數)

每人每日飲水量假設為 2 公升

PPRTV: USEPA's Provisional Peer Reviewed Toxicity Values

表 3.1-3 本計畫抽驗未列管新興污染物於國際上管制情況

中文	英文	CAS No.	WHO	美國	加拿大	歐盟	紐西蘭	澳洲 ^a	日本	南韓	新加坡
銻	Germanium (Ge)	7440-56-4	—	0.000744 (CCL4-HRL)	—	—	—	—	—	—	—
鎵	Gallium (Ga)	7440-55-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
鉈	Thallium (Tl)	82870-81-3	—	0.002	—	—	—	—	—	—	—
硼	Boron (B)	7440-42-8	2.4	—	5	1	1.4	4	1	1	2.4
鈹	Beryllium (Be)	7440-41-7	NA ^b	0.004	—	—	—	0.06	—	—	—
甲醛	Formaldehyde	50-00-0	NA ^b	1.4 (CCL4-HRL)	NA ^b	—	—	0.5	0.08	0.5	—
N-亞硝二甲胺	N-Nitrosodimethylamine (NDMA)	62-75-9	0.0001	0.00000069 (CCL4-HRL)	0.0000 4	—	—	0.0001	0.0001 ^a	—	—
N-亞硝二乙胺	N-nitrosodiethylamine (NDEA)	55-18-5	—	0.0000002 (CCL4-HRL)	—	—	—	—	—	—	—
N-亞硝基吡咯烷	N-nitrosopyrrolidine (NPYR)	930-55-2	—	0.00002 (CCL4-HRL)	—	—	—	—	—	—	—
1,1-二氯乙烷	1,1-Dichloroethane	75-34-3	NI ^b	0.00614 (CCL4-HRL)	—	—	—	NI ^b	—	—	—
1,2-二氯丙烷	1,2-Dichloropropane (1,2-DCP)	107-06-2	0.04	0.005	—	—	0.05	—	—	—	0.04
苯乙烯	Styrene (Vinyl benzene)	100-42-5	0.02	0.1	—	—	0.03 0.004 ^{af}	0.03 0.004 ^e	0.02 ^a	—	0.02

a 指引值/目標值/非常規指標值（非法定標準）

b NA:經評估無須制定指引值；NI:數據資料不足以制定指引值。

c 使用臭氧時

d 單位：mg/L

e 適飲性考量

f 臭味考量

表 3.1-3 本計畫抽驗未列管新興污染物於國際上管制情況（續）

中文	英文	CAS No.	WHO	美國	加拿大	歐盟	紐西蘭	澳洲 ^a	日本	南韓	新加坡
氯苯	Chlorobenzene/ Monochlorobenzene	108-90-7	NA ^b	0.1	0.08 0.03 ^e	—	0.01 ^{ae}	0.3 0.01 ^e	—	—	—
乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	0.3	0.7	0.14 0.0016 ^e	—	0.3 0.08 ^{ae} 0.002 ^{ad}	0.3 0.003 ^e	—	0.3	0.3
甲基第三丁基醚	Methyl tertiary-butyl ether (MTBE)	1634-04-4	NA ^b	0.0194 (CCL4-HRL)	0.015 ^e	—	—	—	0.02 ^a	—	—
1,2,3-三氯丙烷	1,2,3-Trichloropropane	96-18-4	—	0.000005 (CCL4-HRL)	—	—	—	—	—	—	—
1,2-二溴-3-氯丙烷	1,2-Dibromo-3- chloropropane	96-12-8	0.001	0.0002	—	—	0.001	—	—	0.003	0.001
六氯苯	Hexachlorobenzene	118-74-1	NA ^b	0.001	—	—	—	—	—	—	—
甲基多保淨	Thiophanate-methyl	23564-05-8	—	0.00302 (CCL4-HRL)	—	—	—	0.09	0.3 ^a	—	—
固殺草	Glufosinate -ammonium	77182-82-2	—	—	—	—	—	—	0.02 ^a	—	—
陶斯松	Chlorpyrifos/ Chlorpyriphos	2921-88-2	0.03	—	0.09	—	0.04	0.01	0.003 ^a	—	0.03
鋅錳乃浦	Mancozeb	8018-01-7	—	—	—	—	—	0.009	—	—	—
托福松	Terbufos	13071-79-9	—	CCL1、2、3	0.001	—	—	0.0009	—	—	—
愛殺松	Ethion	563-12-2	—	—	—	—	—	0.004	—	—	—
加保利	Carbaryl	63-25-2	NA ^b	—	0.09	—	—	0.03	0.05 ^a	0.07	—
賽滅寧	Cypermethrin	52315-07-8	NA ^b	—	—	—	—	0.2	—	—	—

a 指引值/目標值/非常規指標值（非法定標準）

b NA:經評估無須制定指引值；NI:數據資料不足以制定指引值。

c 單位：mg/L

d 臭味考量

e 適飲性考量

表 3.1-3 本計畫抽驗未列管新興污染物於國際上管制情況（續）

中文	英文	CAS No.	WHO	美國	加拿大	歐盟	紐西蘭	澳洲 ^a	日本	南韓	新加坡	HRL
壬基酚	Nonylphenol (NP)	25154-52-3 104-40-5 84852-15-3 91672-41-2 139-84-4	—	0.105 (CCL4-HRL)	—	—	—	—	0.3 ^a	—	—	—
雙酚 A	Bisphenol A	80-05-7	—	—	—	—	—	—	0.1 ^a	—	—	—
鄰苯二甲酸二甲酯	Dimethyl Phthalate (DMP)	131-11-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03
鄰苯二甲酸二乙酯	Diethyl Phthalate (DEP)	84-66-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.24
鄰苯二甲酸二丁酯	Dibutyl phthalate (DBP)	84-74-2	—	—	—	—	—	—	0.01 ^a	—	—	0.03
鄰苯二甲酸丁基苯甲酯	Butyl benzyl phthalate (BBP)	84-69-5	—	—	—	—	—	—	0.5 ^a	—	—	0.06
鄰苯二甲酸二辛酯	Dioctyl Phthalate (DOP)	117-81-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.12
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	Di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP)	117-81-7	0.008	0.006	—	—	0.009	0.01	0.08 ^a	—	0.008	—
微囊藻毒-LR 型	Microcystin-LR	101043-37-2	0.001	0.000021 (CCL4-HRL)	0.0015	—	0.001 ^b	0.0013 ^b	0.0008 ^a	—	0.001	—

^a 指引值/目標值/非常規指標值（非法定標準）

^b 管制總微囊藻毒

^c 單位：mg/L

^d 管制藻毒素，包含微囊藻毒-LR 型

3.2 檢測方法及儀器設備

本計畫之各項檢測方法主要係依據環保署公告之最新檢測方法(NIEA)為主，有關本計畫檢測項目之各檢測方法說明詳見表 3.2-1，各檢測項目所使用之主要分析儀器設備名稱、廠牌與型號彙整說明於表 3.2-2。

表 3.2-1 各檢測項目之檢測方法一覽表

檢 測 項 目	檢 測 方 法 與 方 法 代 號
重金屬 (鎳、鎘、鉍、鉍)	感應耦合電漿質譜法 (NIEA W313.53B) (備註：樣品優先執行濁度測試，如遇該樣品濁度大於 1 NTU 時，即依據標準方法進行消化前處理，小於 1 NTU 則直接上機測定。)
重金屬 (硼)	感應耦合電漿原子發射光譜法 (NIEA W311.53C) (備註：樣品優先執行濁度測試，如遇該樣品濁度大於 1 NTU 時，即依據標準方法進行消化前處理，小於 1 NTU 則直接上機測定。)
甲醛	液相層析儀/紫外光偵測器法 (NIEA W782.50B)
N-亞硝二甲胺、N-亞硝二甲胺、N-亞硝基吡咯烷	參考美國環保署 method 521
1,1-二氯乙烷、苯乙烯、 1,2-二氯丙烷、氯苯、 乙苯、甲基第三丁基醚、 1,2-二溴-3-氯丙烷、 1,2,3-三氯丙烷	吹氣捕捉/氣相層析質譜儀法 (NIEA W785.56B)
六氯苯	氣相層析質譜儀法 (NIEA W801.53B)
壬基酚 雙酚 A 鄰苯二甲酸二甲酯類*	氣相層析質譜儀法 (NIEA W801.53B)
甲基多保淨、固殺草、托 福松、賽滅寧	水中殘留農藥檢測方法—液相層析／串聯式質譜儀 法 (NIEA W603.50B)
陶斯松、愛殺松	氣相層析儀/火焰光度偵測器法 (NIEA W610.52B)
加保利	液相層析儀/螢光偵測器法 (NIEA W635.52B)
鋅錳乃浦	參考食品中殘留農藥檢驗方法-殺菌劑二硫代氨基 甲酸鹽劑之檢驗_(92227 署授食字第 0929203624 號)
微囊藻毒 LR 型	固相萃取與高效液相層析/串聯式質譜儀法 (NIEA W539.50B)

*鄰苯二甲酸二甲酯類包括鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP)、鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP)、鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP)、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯 (BBP)、鄰苯二甲酸二辛酯 (DOP) 及鄰苯二甲酸二 (2-乙基己基) 酯 (DEHP) 等 6 項。

表 3.2-2 各檢測項目分析之主要儀器設備一覽表

檢測項目	儀器設備名稱 與 廠牌型號
重金屬 (鎘、鎘、鉍、鉍)	儀器名稱：感應耦合電漿質譜儀 廠牌/型號：Agilent / ICP-MS 7500ce Agilent / ICP-MS 7900
重金屬(硼)	儀器名稱：感應耦合電漿原子發射光譜儀 廠牌/型號：JY / ULTIMA 2000、Agilent / ICP- OES 5100
甲醛	儀器名稱：高效液相層析儀+紫外光偵測器 廠牌/型號：Agilent 1200
N-亞硝二甲胺 N-亞硝二乙胺 N-亞硝基吡咯烷	儀器名稱：氣相層析質譜儀 廠牌型號：GC, 7890, Agilent, USA ; MS, 5975, Agilent, USA
1,1-二氯乙烷、1,2-二 氯丙烷、苯乙烯、氯 苯、乙苯、甲基第三 丁基醚、1,2-二溴-3- 氯丙烷、1,2,3-三氯丙 烷	儀器名稱：氣相層析質譜儀+氣相層析儀+吹氣捕捉器+ A/S 廠牌/型號：Agilent 5975C+Agilent 7890A+OI4560,OI4660 +OI4552
六氯苯	儀器名稱：氣相層析質譜儀+A/S 廠牌/型號：SHIMADZU GCMS-QP2010+SHIMADZU AOC 20(i+s)
壬基酚 雙酚 A 鄰苯二甲酸二甲酯類*	儀器名稱：氣相層析質譜儀+A/S 廠牌/型號：SHIMADZU GCMS-QP2010+SHIMADZU AOC 20(i+s)
甲基多保淨、固殺 草、托福松、賽滅寧	儀器名稱：液相層析／串聯式質譜儀 廠牌/型號：Thermo Scientific Dionex UltiMate 3000 Standard Systems／Thermo scientific TSQ quantum ULTRA
陶斯松、愛殺松	儀器名稱：氣相層析儀／火焰光度偵測器(FPD)+A/S 廠牌/型號：Agilent 7890A+Agilent 7683 Series
加保利	儀器名稱：高效能液相層析儀+螢光偵測器+後反應裝置 廠牌/型號：HP 1100/ Agilent1260+Agilent 1200 FLD+PCX 5200
鋅錳乃浦	儀器名稱：高效能液相層析儀 HPLC-DAD 廠牌/型號：Dionex UHPLC 3000, Thermo Fisher
微囊藻毒 LR 型	儀器名稱：高效液相層析/串聯式質譜儀 廠牌/型號：LC1200, Agilent; TSQ Quantum Ultra, Thermo, USA

*備註：環境荷爾蒙包括壬基酚、雙酚 A、鄰苯二甲酸二甲酯（DMP）、鄰苯二甲酸二乙酯（DEP）、鄰苯二甲酸二丁酯（DBP）、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯（BBP）、鄰苯二甲酸二辛酯（DOP）及鄰苯二甲酸二（2-乙基己基）酯（DEHP）等 8 項。

3.3 分析品管要求及數據品保目標

本計畫各檢測項目之品管分析包括，檢量線製備、檢量線查核、空白樣品分析、重複樣品分析、查核樣品分析、添加樣品分析等。有關各項分析數據之品保目標說明如表 3.3-1 所示。

表 3.3-1 本計畫分析數據品保目標（續）

檢測項目	檢測方法代號	單位	方法偵測極限	檢量線範圍	重複樣品分析差異百分比(%)	查核樣品分析回收率(%)	添加樣品分析回收率(%)	完整性(≥%)
環境荷爾蒙：								
壬基酚	NIEA 801.53B	mg/L	0.00120	4~80(/1000)	0~30	50~130	50~140	95
雙酚 A		mg/L	0.00149	4~80(/1000)	0~30	50~130	50~140	95
鄰苯二甲酸二甲酯		mg/L	0.00085	4~80(/1000)	0~30	50~130	50~140	95
鄰苯二甲酸二乙酯		mg/L	0.00141	4~80(/1000)	0~30	50~130	50~140	95
鄰苯二甲酸二丁酯		mg/L	0.00089	4~80(/1000)	0~30	50~130	50~140	95
鄰苯二甲酸丁基苯甲酯		mg/L	0.00095	4~80(/1000)	0~30	50~130	50~140	95
鄰苯二甲酸二辛酯		mg/L	0.00144	4~80(/1000)	0~30	50~130	50~140	95
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯		mg/L	0.00069	4~80(/1000)	0~30	50~130	50~140	95
農藥								
甲基多保淨	NIEA 603.50B	mg/L	0.004	0.01-0.5	0~40	75~125	60~130	95
固殺草		mg/L	0.001	0.005-0.5	0~40	75~125	60~130	95
托福松		mg/L	0.0004	0.001-0.2	0~40	65~135	40~160	95
賽滅寧		mg/L	0.05	0.05-1	0~40	65~135	40~160	95
鋅錳乃浦	N/A	mg/L	0.1	0.2-5	0~50	65~135	40~160	95
陶斯松	NIEA 610.52B	mg/L	0.00013	0.1~2(/100)	0~25	70~120	60~130	95
愛殺松	NIEA 610.52B	mg/L	0.001(QL)	0.1~2(/100)	0~25	70~120	60~130	95
加保利	NIEA 635.52B	mg/L	0.001(QL)	0.001~0.010	0~30	70~130	60~140	95
生物代謝產物								
微囊藻毒 LR 型	NIEA 539.50B	μg/L	0.002	2~100	0-30	70-130	60-130	95

3.4 採樣規劃

各物質之抽驗規劃（抽驗淨水場數、抽驗頻率、總檢測處次等）如表 3.4-1。

表 3.4-1 飲用水水質或水源水質中未列管之新興污染物抽驗規劃

檢 測 項 目	總 處次	自來水 供水系統	簡易自來水 系統	選點原則
銻、鎘、鉍、硼、鉍	200	200	0	鄰近光電業、科學園區或工業區優先
甲醛	100	100	0	(1)歷年未曾抽驗過者優 (2)各縣市比較之歷年總三 鹵甲烷偏高者 (3)大型淨水場
揮發性有機物 ¹ 六氯苯	100	90	10	(1)鄰近工業及水源為地下 水者優先 (2)歷年未曾抽驗過者
甲基多保淨、固殺 草、陶斯松、鋅錳乃 浦、托福松、愛殺 松、加保利及賽滅寧	100	79	21	(1)鄰近農業區及水源為地 面水者優先 (2)與以前年度不重複
壬基酚、雙酚 A 鄰苯二甲酸二甲酯類 ²	400	362	38	全選
N-亞硝二甲胺、 N-亞硝二乙胺、 N-亞硝基吡咯烷	100	100	0	大型淨水場為主
微囊藻毒 LR 型	25	25	0	(1)各行政轄區內以水庫為 水源為主，與以前年度不 重複次之 (2)大型淨水場優先

*備註: 1. 揮發性有機物包括 1,1-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、苯乙烯、氯苯、乙苯、甲基第三丁基醚、1,2,3-三氯丙烷及 1,2-二溴-3-氯丙烷等 8 項
2. 鄰苯二甲酸二甲酯類包括鄰苯二甲酸二甲酯、鄰苯二甲酸二乙酯、鄰苯二甲酸二丁酯、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯、鄰苯二甲酸二辛酯及鄰苯二甲酸二（2-乙基己基）酯等 6 項。

3.5 抽驗結果

本計畫抽驗之 35 個項目均已完成抽驗檢測，其中氯苯、乙苯、苯乙烯、六氯苯、陶斯松、鋅錳乃浦、托福松、加保利、壬基酚、雙酚 A、賽滅寧、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、甲基第三丁基醚、1,2,3-三氯丙烷、1,2-二溴-3-氯丙烷、N-亞硝二甲胺(NDMA)、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯、鄰苯二甲酸二甲酯、微囊藻毒 LR 型等 20 個檢測項目均未檢出，顯示這 20 個項目於國內淨水場清水中暫無顯著危害風險。。

鉈、鉍、N-亞硝基吡咯烷、鄰苯二甲酸二辛酯、鄰苯二甲酸二乙酯、甲基多保淨、愛殺松、固殺草、嘉磷塞、甲醛、鄰苯二甲酸二丁酯等 11 個項目雖有檢出，但均低於國際管制值或建議指引值，顯示這 11 個項目於國內淨水場清水中暫無顯著危害風險。

鎘於 200 個樣品中均未檢出或低於定量極限 0.5 µg/L，然目前沒有國際管制值或指引值，亦無可靠毒理資料可供計算健康參考水準，以評估健康風險。

鎘於 200 個樣品中僅 1 個樣品(1.09 µg/L)略高於美國建立之健康參考水準(HRL)定量極限 0.744 µg/L。N-亞硝二乙胺(NDEA)抽驗的 100 個樣品均未檢出或低於定量極限 0.5µg/L。

目前國際上已有數個國家管制飲用水中的鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯濃度或提出指引值，包含美國、WHO、新加坡、紐西蘭、澳洲、南韓、日本等，管制標準或指引值介於 0.006~0.1 mg/L，本年度抽驗 400 個鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯樣品，其中 99 %的樣品低於美國管制標準(0.006 mg/L)、WHO 指引值及新加坡管制標準(0.008 mg/L)。本計畫已將鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯納入候選清單評估是否應納入我國飲用水水質標準進行管制。

目前國際上已有數個國家管制飲用水中的硼濃度或提出指引值，包含 WHO、新加坡、加拿大、歐盟、紐西蘭、澳洲、南韓、日本、中國等，管制標準或指引值介於 0.5~5 mg/L，本年度抽驗 200 個硼樣品，其中 97 %的樣品低於最低國際管制標準 1 mg/L（歐盟、日本、南韓），本計畫已將硼納入納入觀察清單，持續監測以了解硼在國內飲用水中之風險。

本計畫彙整本年度抽驗結果與歷年檢測結果後提出後續監測建議，若一物質近三年內每年有超過 250 筆檢測數據，且測值均小於國際管制值最小值者建議降

低監測頻率或改測其他物質，讓檢測經費可發揮最有效的效益。此外，鎘因未有國際管制標準可比較，亦建議降低監測頻率或改測其他物質（表 3.5-2）。

近三年內本土檢測數據少於每年 250 筆之物質，或測值曾大於國際管制值最小值者建議持續監測，而 1,2,3-三氯丙烷及 1,2-二溴-3-氯丙烷歷年檢測的偵測極限略高於國際管制值最小值或指引值，則建議精進檢測方法後持續監測（表 3.5-3）。

表 3.5-1 抽驗結果彙整

項目	預定 分析數	完成 分析數	國際管制標準或指引值 ^a	國際標準(或指 引值) ^a 最小值	大於國際管制標準(或指引值)最小值	
					樣品數	發生率(%)
氯苯	100	100	美國: 0.1、加拿大: 0.03 ^c 、紐西蘭: 0.01 ^{b, c} 、澳洲: 0.01 ^{b, c}	0.01 ^b	0	0
乙苯	100	100	WHO: 0.3 ^b 、美國: 0.7、加拿大: 0.0016 ^c 、紐西蘭: 0.002 ^{b, d} 、澳洲: 0.003 ^{b, c} 、南韓: 0.3、新加坡: 0.3	0.0016	0	0
苯乙烯	100	100	WHO: 0.02 ^b 、美國: 0.1、紐西蘭: 0.004 ^{b, d} 、澳洲: 0.004 ^{b, c} 、日本: 0.02 ^b 、新加坡: 0.02	0.004 ^b	0	0
六氯苯	100	100	美國: 0.01	0.01	0	0
陶斯松	100	100	WHO: 0.03 ^b 、加拿大: 0.09、紐西蘭: 0.04、澳洲: 0.01 ^b 、日本: 0.003 ^b 、新 加坡: 0.03	0.003 ^b	0	0
鋅錳乃浦	100	100	澳洲: 0.009 ^b	0.009 ^b	0	0
托福松	100	100	加拿大: 0.001、澳洲: 0.0009 ^b	0.0009 ^b	0	0
鉈	200	200	美國: 0.002	0.002	0	0
鉍	200	200	美國: 0.004、澳洲: 0.06 ^b	0.004	0	0
賽滅寧	100	100	澳洲: 0.2 ^b	0.2 ^b	0	0
1,1-二氯乙烷	100	100	無	無	—	—
甲基第三丁基醚	100	100	加拿大: 0.015 ^c 、日本: 0.02 ^b 、	0.015 ^c	0	0

a. 單位: mg/L

b. 指引值/目標值/非常規指標值（非法定標準）

c. 適飲性考量

d. 臭味考量

表 3.5-1 抽驗結果彙整（續）

項目	預定 分析數	完成 分析數	國際管制標準或指引值 ^a	國際標準(或指 引值) ^a 最小值	大於國際管制標準(或指引值)最小值	
					樣品數	發生率(%)
1,2-二氯丙烷	100	100	WHO: 0.04 ^b 、美國: 0.005、紐西 蘭: 0.05、新加坡: 0.04	0.005	0	0
加保利	100	100	加拿大: 0.09、澳洲: 0.03 ^b 、日本: 0.05 ^b 、南韓: 0.07	0.03 ^b	0	0
1,2,3-三氯丙烷	100	100	無	無	—	—
1,2-二溴-3-氯丙烷	100	100	WHO: 0.001 ^b 、美國: 0.0002、紐西 蘭: 0.001、南韓: 0.003、新加坡: 0.001	0.0002	0	0
N-亞硝二甲胺	100	102	WHO: 0.0001 ^b 、加拿大: 0.00001、 澳洲: 0.0001、日本: 0.0001 ^b	0.00001	0	0
鄰苯二甲酸甲基苯甲酯	400	400	日本: 0.5 ^b	0.5	0	0
鄰苯二甲酸二甲酯	400	400	無	無	—	—
壬基酚	400	400	日本: 0.3 ^b	0.3 ^b	0	0
雙酚 A	400	400	日本: 0.1 ^b	0.1 ^b	0	0
微囊藻毒 LR 型	25	29	WHO: 0.001 ^b 、加拿大: 0.0015、紐 西蘭: 0.001 ^e 、澳洲: 0.0013 ^{b, e} 、日 本: 0.0008 ^b 、新加坡: 0.001	0.0008 ^b	0	0
N-亞硝基吡咯烷	100	102	無	無	—	—
鄰苯二甲酸二辛酯	400	400	無	無	—	—

a. 單位: mg/L

b. 指引值/目標值/非常規指標值（非法定標準）

c. 適飲性考量

d. 臭味考量

e. 管制總微囊藻毒

表 3.5-1 抽驗結果彙整 (續)

項目	預定 分析數	完成 分析數	國際管制標準或指引值 ^a	國際標準(或指 引值) ^a 最小值	大於國際管制標準(或指引值)最小值	
					樣品數	發生率(%)
鄰苯二甲酸二乙酯	400	400	無	無	—	—
甲基多保淨	100	100	澳洲: 0.09 ^b 、日本: 0.3 ^b	0.09 ^b	0	0
愛殺松	100	100	澳洲: 0.004 ^b	0.004 ^b	0	0
固殺草	100	100	日本: 0.02 ^b	0.02 ^b	0	0
嘉磷塞	30	40	美國: 0.7、加拿大: 0.28、澳洲: 1 ^b	0.28	0	0
鎂	200	200	無	無	—	—
鎳	200	200	無	無	—	—
鄰苯二甲酸二丁酯	400	400	日本: 0.01 ^b	0.01 ^b	0	0
N-亞硝二乙胺	100	102	無	無		
甲醛	100	100	澳洲: 0.5 ^b 、日本: 0.08 ^b 、南韓: 0.5	0.08 ^b	0	0
硼	200	200	WHO: 2.4 ^b 、加拿大: 5、歐盟: 4、紐西蘭: 1.4、澳洲: 4 ^b 、日 本: 1、南韓: 1、新加坡: 2.4	1	6	3%
鄰苯二甲酸二(2- 乙基己基)酯	400	400	WHO: 0.008 ^b 、美國: 0.006、紐 西蘭: 0.009、澳洲: 0.01 ^b 、日本: 0.08 ^b 、新加坡: 0.008	0.006	4	1%

a. 單位: mg/L

b. 指引值/目標值/非常規指標值 (非法定標準)

c. 適飲性考量

d. 臭味考量

表 3.5-2 建議降低監測頻率或改測其他物質之項目

項目	檢測情況
氯苯、乙苯、苯乙烯、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷	近六年檢測數均>300 筆/年，且測值均小於國際管制值最小值
陶斯松	連續三年>400 筆，且測值均小於國際管制值最小值
壬基酚、雙酚 A	連續五年>250 筆，且測值均小於國際管制值最小值
鄰苯二甲酸二甲酯	連續四年>300 筆，且測值均小於健康參考水準
鄰苯二甲酸丁基苯甲酯、鄰苯二甲酸二辛酯	連續四年>250 筆，且測值均小於健康參考水準
鎂	未有國際管制標準可比較

註：各項目之英文名稱及 CAS 編號參見表 3.1-3。

表 3.5-3 建議持續監測之項目

項目	檢測情況
六氯苯	連續兩年>100 筆，且測值均小於國際管制值最小值
固殺草	連續兩年>100 筆，且測值均小於國際管制值最小值
鄰苯二甲酸二乙酯	連續兩年>400 筆，且測值均小於健康參考水準
甲基第三丁基醚	連續兩年>100 筆，且測值均小於國際管制值最小值
甲基多保淨	連續兩年>100 筆，且測值均小於國際管制值最小值
鉈	連續兩年>200 筆，且測值均小於國際管制值最小值
鉍	僅今年有較多檢測數據(200 筆)
N-亞硝二甲胺	僅今年有較多檢測數據(100 筆)
N-亞硝二乙胺	僅今年有較多檢測數據(100 筆)
N-亞硝基吡咯烷	僅今年有較多檢測數據(100 筆)
愛殺松、鋅錳乃浦、加保利、賽滅寧	僅今年有較多檢測數據(100 筆)
嘉磷塞	近年檢測數據少
微囊藻毒-LR 型	近十年均有檢測，每年檢測數 23-121 筆不等
托福松	近年曾有部份測值大於國際管制值最小值
鄰苯二甲酸二丁酯	近年曾有部份測值大於國際指引值最小值
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	近年曾有部份測值大於國際管制值最小值
鎘、硼、甲醛	部份測值大於國際管制值最小值
1,2,3-三氯丙烷	目前僅美國制定健康參考水準(0.005 µg/L)，國內監測資料多，但是偵測極限(0.33-0.46 µg/L)高於 0.005 µg/L
1,2-二溴-3-氯丙烷	國內監測資料多，但是偵測極限(0.22-0.47 µg/L)略高於美國管制標準(0.2 µg/L)

註：各項目之英文名稱及 CAS 編號參見表 3.1-3。

第四章 飲用水管理法規制度

本計畫依評選須知蒐集分析世界衛生組織、歐盟、美國、澳洲及日本等國際組織或先進國家之飲用水管理相關法規制度、政策計畫推動現況，分析重點包括水源管理、設備管理、淨水處理、水質管理、罰則、政府部門之分工等，並比較分析我國與前述各國管理法規制度並提出精進建議

4.1 國際飲用水管理法規制度概況

4.1.1 世界衛生組織

世界衛生組織針對飲用水管理出版「飲用水品質指引(Guidelines for Drinking-water Quality)」，整份指引的架構如圖 4.1-1，首先定訂出以健康風險為考量的目標值，透過水安全計畫的實施，包含系統評估、監測、管理、交流等步驟，以達到公共衛生環境和安全的目標，作為對安全飲用水框架的支撐，「飲用水品質指引」提供了一系列輔助資訊，包括微生物方面、化學物質方面、放射性物質和適飲性方面等。此外此指引亦囊括特殊情況下的應用，包括氣候變遷（缺水集強降雨）、突發事件、雨水收集、脫鹽系統（如海水淡化）、旅行者、飛機及機場、船舶等。

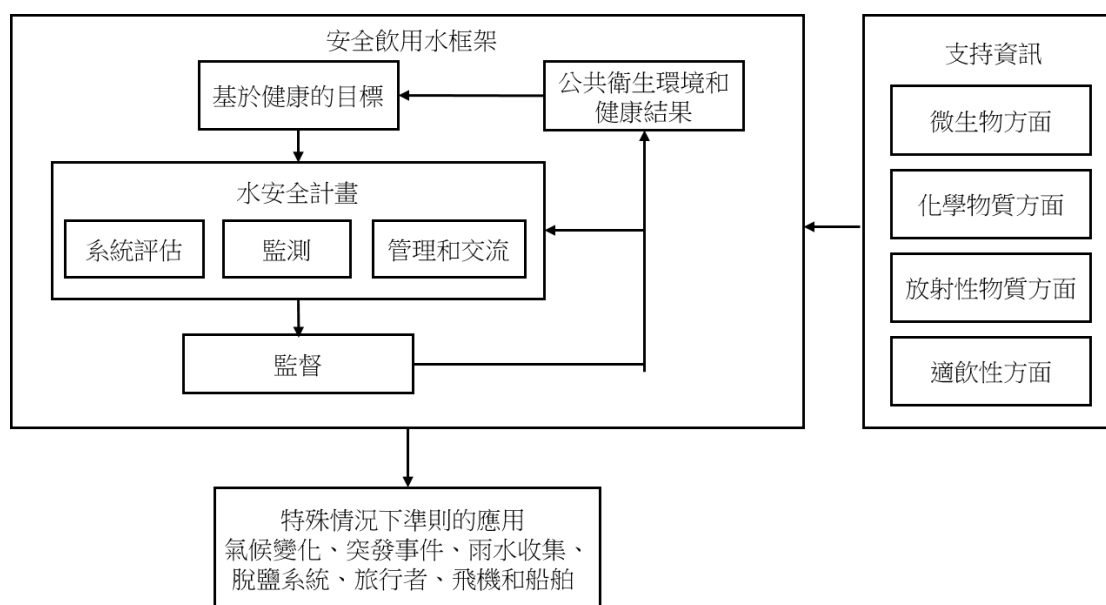


圖 4.1-1 世界衛生組織「飲用水品質指引」架構

以下就水源管理、設備管理、淨水處理、水質管理、罰則、政府部門之分工等方面分析世界衛生組織之飲用水管理相關法規制度。

水源管理

世界衛生組織建議透過管制來保護水源，管制方向包含：

- 一、直接管制會影響水源及水源附近土地利用的活動。
- 二、利用經濟有利及不利因素：如徵收放流費用、獎勵使用對環境教友善的肥料或農藥等。
- 三、立基於證據：水質跟水量的監測與評估是保護水源的基礎。
- 四、制度支持：政府各機關及民間機構之間權責劃分。
- 五、有效的管制：確實而有效的執行管制。
- 六、其他政策及方案支持：科學技術資訊及水源現況的持續更新、在地化（與當地居民的協調）、利益相關者投入。
- 七、穩定及合適的研究程度：包含經費及人力資源均須納入考量。

世界衛生組織提出的水安全計畫的實施，乃是從水源開始評估整個系統可能出現的風險。

設備管理

世界衛生組織「飲用水品質指引」並未針對飲用水設備（飲水台／飲水機）提出管理建議。

淨水處理

世界衛生組織出版之「飲用水品質指引」將飲用水建議管制項目分成微生物、化學物質、輻射性物質、適飲性項目（如味道、氣味、外觀等）等四類，指引中針對每個項目除提出指引值，亦提供建議之分析方法及其偵測極限、可行的淨水處理方法及預期可達成之處理效果。以「鎘」為例，採用混凝或沉澱軟化等處理程序可有效處理飲用水中的鎘至 0.002 mg/L 以下。

水質管理

世界衛生組織出版之「飲用水品質指引」(Guidelines for Drinking-water Quality) 針對飲用水建議管制項目（化學物質及有害微生物）詳列其基本資料表(fact sheets)，並從健康風險角度針對較高風險之項目列出指引值(guideline value)，而風險較低或因資料不足而尚未建立指引值之項目於指引中亦提出未建立指引值之原因供參考。

針對飲用水水質管理，世界衛生組織提出水安全計畫(water safty plan, WSP)，從集水區水源到用戶端所有供水環節都採用綜合風險評估和風險管理，而非只單純關注水質。

罰則

因世界衛生組織所提出之飲用水水質指引屬於建議指引，並非強制性法條，且世界衛生組織本身為國際組織，因此針對飲用水管制項目超過指引值並未制定處分罰責，而是提出提高檢測頻率、改善飲用水處理設施等建議，目標為改善水質。

政府部門分工

世界衛生組織為聯合國體系內負責衛生事務之國際組織，世界衛生組織共有 194 個會員國，每年世界衛生組織的成員國會派代表團參加「世界衛生大會」，是世界衛生組織的最高決策機構。

4.1.2 歐盟

歐盟主要飲用水相關法令為「飲用水指令 (Drinking Water Directive, DIRECTIVE 98/83/EC)」，指令中闡明立法目的，主要標的為公眾使用的水的品質，藉由確保公眾使用之水是有益健康且乾淨的，以避免水中的污染物對人體造成負面影響，進而保護人體健康。

以下就水源管理、設備管理、淨水處理、水質管理、罰則、政府部門之分工等方面分析歐盟之飲用水管理相關法規制度。

水源管理

歐盟「飲用水指令」中並未特別提及飲用水水源保護的細節。早期依水源水質分成三類，訂定三類水源之水質標準，並分別建議操作程序，但後來廢除了。

設備管理

歐盟「飲用水指令」中並未針對飲用水設備（飲水台／飲水機）有相關規定。

淨水處理

未管制飲用水水質處理所使用之藥劑。

水質管理

定有飲用水水質標準供會員國做為立法參考，項目及管制值不得少於歐盟飲用水水質標準，並依每日供水量大小不同規範不同飲用水水質檢測頻率，飲用水

水質標準項目分成兩類，監測頻率略有不同。藉由提供水源水質檢測資料證明可減少監測項目或頻率。針對飲用水水質標準管制項目要求確保分析方法及檢驗實驗室的品質。

歐盟 2017 年提出的「飲用水指令」修正草案將世界衛生組織提出的水安全計畫(water safty plan, WSP)納入「飲用水指令」中。

罰則

歐盟的飲用水指導方針中提供 48 項飲用水管制值，歐盟的飲用水管制值主要提供給會員國做為水標準之依據，會員國可增加管制項目或將管制值加嚴，但禁止其會員國減少管制項目或放寬管制值。歐盟針對飲用水水質的管制僅提出指導方針供會員國參考，針對飲用水水質超標的情況，歐盟僅要求各會員國必須確實了解、探討每一個超標事件的起因，並且盡快提出改善計畫予以改正，並未針對超標定出處分方式。

政府部門分工

歐盟是歐洲地區區域性經濟合作的國際組織，「飲用水指令」中並未規範各會員國執行「飲用水指令」之分工方式。

4.1.3 美國

美國之飲用水管理以安全飲用水法(Safe Drinking Water Act)為主要法規，以下就水源管理、設備管理、淨水處理、水質管理、罰則、政府部門之分工等方面分析美國之飲用水管理相關法規制度。

水源管理

美國飲用水水源半數以上來自地下水，故美國「安全飲用水法(Safe Drinking Water Act, SDWA)」針對地下水保護有較詳細的規範(SDWA §1421- §1429)。法規要求任何地下注入行為均須經過政府核可，且不可影響到地下水源。

美國「安全飲用水法(SDWA)」中訂有有水源請願方案(SDWA §1454)，社區供水系統或地方政府可向州政府提出水源請願，要求政府協助(1)減少飲用水中污染物(2)經費或技術支援(3)發展長期水源保護策略。SDWA 中更編列每年 500 萬美金(~2003 年止)給州政府支持請願方案。

「安全飲用水法(SDWA)」針對飲用水水源並未訂定飲用水水源水質標準，而是透過水源水質評估了解特定水源主要污染物並據以提出應變措施。水源水質評估方案須包括：

- 一、劃定原水評估區域。
- 二、盤點已知及可能的污染物來源。
- 三、測定淨水場受原水評估區域內污染源或污染活動影響的程度。
- 四、公告大眾鑑定出之污染源可能造成的威脅及其對淨水廠的意義。
- 五、執行管理措施以預防、減少或消除飲用水風險。
- 六、發展飲用水受污染或供水中斷的意外事件應變計劃策略。

設備管理

美國自來水可直飲，故美國並未針對飲用水設備（飲水台／飲水機）提出規範。

淨水處理

美國環保署針對飲用水水質標準物質建置物質資料表(Fact sheet)，資料表中提供已證實可有效去除飲用水中該物質之淨水處理程序，以及可達到之濃度，供民眾及自來水事業參考。以「鎘」為例，混凝/過濾、離子交換、石灰軟化、逆滲透等處理程序可有效去除飲用水中的鎘至 0.005 mg/L 以下。

水質管理

美國飲用水水質標準分為主要(Primary)標準及次要(Secondary)標準，次要標準之項目主要為影響適飲性或引起外觀效應之污染物，因這些項目沒有影響健康的疑慮，故非強制管制項目，自來水單位可自行決定是否採行。針對現行飲用水水質標準每六年應重新檢視一次標準的合理性。

「安全飲用水法(SDWA)」批准美國環保署授權小型淨水場在已經使用最佳處理技術(BAT)下，在不影響公共健康下，若因原水水質不佳而可與飲用水水質標準有容許偏差(variance)。

針對未列管物質的評估，「安全飲用水法(SDWA)」要求環保署每五年要提出飲用水中可能有影響公眾健康疑慮之污染物候選清單(CCL)，並執行未列管但於飲用水中可能有影響公眾健康疑慮之污染物進行監測，根據 CCL 每五年提出 30 項以內自來水事業應監測之未列管物質。「安全飲用水法(SDWA)」更編列 1000 萬美金支持未列管物質的監測(SDWA §1445a)。每五年環保署應針對 CCL 中至

少五項污染物提出列管與否之決定(不論是否決定列管)。此外，「安全飲用水法(SDWA)」要求美國環保署針對列管及未列管污染物建立飲用水中濃度資料庫。

罰則

美國飲用水水質的管制主要根據安全飲用水法(Safe Drinking Water Act, SDWA) 美國安全飲用水法主要分為六個部份(Part)，在 Part A 就先定義了主要(primary)飲用水標準與次要(secondary)飲用水標準，其中主要標準管制項目主要為對人體健康有不良影響之物質，而次要標準管制項目則為會影響飲用水的味道或外觀之物質。

我國環保署於 2007 年執行之「飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫(1/3)」中亦曾彙整美國飲用水超過國家主要飲用水條例中規範之標準時，政府會採用的管制方式及罰則，包含收到主管機關的違規通知、緊急行政命令，或被提出告訴、被視為犯罪行為、以及罰款。根據美國安全飲用水法規定當飲用水主要標準管制項目水質超過標準時，自來水事業單位需於 24 小時內告知用水民眾(SDWA Sec. 1414. (c)(2)(C))，該超標之水質在短期暴露下對健康可能造成的風險影響。並將超標的情況列入年報(annual report)的用戶信心報告(consumer confidence report, CCR)中。此外當淨水場的供水人口超過 10,000 人時，每件違規每天可罰 1000 元美金以上(SDWA/Sec1413 (a)(6))，每次超標每天最高可罰 25000 元美金(SDWA/Sec1414 (b)(2))，其他小型水廠則由州政府定出合理罰款金額。

我國環保署於 2009 年執行之「飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫(3/3)」中亦提及美國自來水事業單位發現供水水質無法符合規定時，需採取檢討改善水質、重新採樣檢測，報告州政府及週知民眾等措施。當自來水事業單位未依規定監測水質、水質無法符合飲用水水質標準、未適時通知民眾、未向主管機關報告違反事項，則其違規事項才會予以罰金或法院告訴或構成犯罪。而非被環保單位逕行罰金處分。

環保署於 2013 年執行之「推動飲用水列管項目之篩選作業計畫」提到當飲用水水質超過法規標準時，環保局會採取勸導的行動，告知水公司水質超標，並輔導水公司改善水質，如果水質超標之情況遲遲無法改善，美國環保署會予以罰款，最後才會勒令水公司停止供水。然而，因為水公司一旦停止供水，將大幅影響民眾用水權益，環保局基本上只會採取第一個步驟，也就是輔導水公司改善水

質，不太可能對水公司罰款。而次要標準管制項目因其非主要標準（強制管制）之項目，因此即使超標（無論在任何情況下超標），美國環保署並不會對水公司採取任何行動。

政府部門分工

美國飲用水及水源保護屬於美國環保署水辦公室(Office of Water)轄下地下水及飲用水辦公室之業務。

4.1.4 澳洲

澳洲之飲用水管理以「澳洲飲用水指引(Australian Drinking Water Guidelines)」為基礎，指引內容包含五大部分：

- 一、飲用水水質管理（包含小型供水系統的應用）
- 二、飲用水水質項目說明
- 三、水質監測
- 四、飲用水消毒、採樣及統計分析相關資訊表格
- 五、水質項目資料表

以下就水源管理、設備管理、淨水處理、水質管理、罰則、政府部門之分工等方面分析澳洲之飲用水管理相關法規制度。

水源管理

在飲用水指引中並未特別提及水源保護的細節，對飲用水水源並未提及飲用水水源水質指引值。

設備管理

澳洲自來水可直飲，故澳洲並無飲用水設備（飲水台／飲水機）。

淨水處理

澳洲「飲用水指引」針對飲用水水質項目提供資料表，資料表中提供已證實可有效去除飲用水中該物質之淨水處理程序，以及可達到之濃度，供民眾及自來水事業參考。以「鎘」為例，飲用水中的鎘可採用石灰軟化（在 pH 8.5-11.3 的範圍間去除濃度可達 98%）及利用氯化鐵混凝（在 pH 8 以上去除濃度可達 90%，但 pH 的時去除效率較差）有效去除。

水質管理

澳洲「飲用水指引」中提出飲用水水質管理架構（如圖 4.1-2），整體概念與精神與世界衛生組織提出之水安全計畫相似，透過系統評估、文件化及報告、回顧及持續改善提升飲用水安全。指引中針對飲用水水質項目提供資料表，資料表中從健康風險角度列出指引值(guideline value)，並提供毒理資料參數及指引值建立公式供參考。

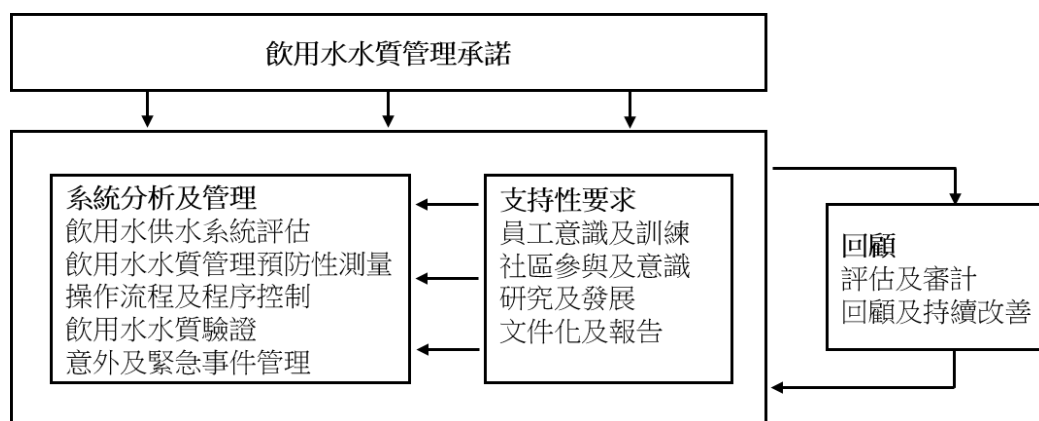


圖 4.1-2 澳洲飲用水水質管理架構圖

罰則

澳洲飲用水指引(Australian Drinking Water Guidelines)中包含兩大類指引值(guideline value)，一類是健康相關(health-related)指引值，為針對可能造成健康風險之特定飲用水品質項目，根據現有知識所制定終生飲用也不會造成顯著健康風險的濃度值，另一類為適飲性(aesthetic)指引值，為針對影響適飲性之特定飲用水品質項目，消費者所能接受的濃度值，如外觀、味道、氣味等。這兩類指引值需要各自考慮但互相配合評估。當測定值超過健康相關指引值，則需立即啟動相關應變措施，以減低消費者的風險，必要時得通報衛生主管機關並告知消費者飲用水的問題即採取的措施。若是影響適飲性水質項目超過指引值，則可只需要採取告知相關消費者水質不良等相關行動即可。

環保署於 2013 年執行之「推動飲用水列管項目之篩選作業計畫」提到當飲用水水質超過飲用水指引值時，南澳環保機關主管單位會採取勸導的行動，告知水公司水質超標，與淨水場協商共同定出改善目標及期限，自來水廠需提出改善方案，同時環保署也會視情況進行委託分析，若是持續未改善則會對淨水場處以罰款或要求關廠，罰款金額亦由環保署與自來水廠協商合理罰款。在實際執行上，淨水場大多都會配合改善，而不會進到罰款的階段。

政府部門分工

澳洲各州政府對各州的供水和衛生進行管理，在澳大利亞各地都有不同的安排，包括水務委員會，環境保護機構和管理機構。它們在自然資源和水部門以及貿易部門等不同部門下運作。例如，昆士蘭州水資源政策由昆士蘭州水務委員會負責，該委員會隸屬於自然資源，礦業和能源部以及貿易部長

4.1.5 日本

以下就水源管理、設備管理、淨水處理、水質管理、罰則、政府部門之分工等方面分析日本之飲用水管理相關法規制度。

水源管理

日本「水道法」中提到當自來水事業或自來水供給事業者認為需要保全水源之水質時，可以請求相關行政機關首長及相關地方公共團體團長對水源水質污染防治相關事項陳述意見，或者請求採取適當的措施。

日本水源保護主要規範於「水道原水水質保全事業の実施の促進に関する法律」及其「施行令」與「施行規則」中，「水道原水水質保全事業の実施の促進に関する法律」中列舉原水水質保障企業，將可能污染原水的企業納入，並依需要可提出原水水質保護計畫，劃定保護區域，提出原水現有問題及未來欲採取之保護措施及成本估計等。

針對飲用水水源並未訂定飲用水水源水質標準，而是要求提供水源水質檢測結果供評估，並要求根據水源的水質跟水量採取適當的淨水程序以符合飲用水水質標準，「水道原水水質保全事業の実施の促進に関する法律」中要求每年應針對水源進行一次的水質檢測。

設備管理

日本自來水可直飲，故日本並無飲用水設備（飲水台／飲水機）。

淨水處理

日本「水道施設の技術的基準を定める省令」中針對取水設施、蓄水設施、水輸送設施、淨水設施、供水設施、配電設施均有規範。其中第五條規範淨水設施應具備之要求，包含在使用地表水或地下水作為原水的情況下，根據供水設施的規模，原水水質及其變化程度，可採用消毒處理、慢濾、快濾、膜過濾、粉狀活性炭處理、粒狀活性炭處理、臭氧處理、生物處理和其他淨水方法以獲得所需的水質。此外針對消毒、慢濾、快濾、膜過濾、粉狀活性炭處理、粒狀活性炭處理、臭氧處理、生物處理、紫外線處理均訂有更詳細的要求。

水質管理

根據日本「水道法」第 4 條的規定，自來水必須符合「水質基準に関する省令」規定的水質標準。最近一次更新為 2015 年，目前包含 51 項「飲用水水質標準項目（水質基準項目）」；26 項有可能在自來水中檢測到，注意水質管理的「管理目標設定項目」，其中一項為農藥類，包含 118 項農藥；47 項由於未確定毒性風險、清水中的存在量未知等因素，因此不能被分類為水質標準項目或水質管理目標設定項目的「需要考慮項目」。

罰則

日本自來水事業單位供水水質超過強制「飲用水水質標準項目（水質基準項目）」之標準值時，自來水事業單位必須採取檢討原因、改善水質等措施，若能改善水質並符合水質標準，則不會受處分。相對地，若自來水事業單位檢討結果仍然無法符合水質標準，且持續一段時間，則應立即停止供水並通知相關者使用之危險性等行動（日本水道法第 23 條第 1 項）。未依規定採取上述行動則視為違反水道法第 23 條第 1 項，可依水道法第 52 條罰則之規範處罰三百萬日圓以下或三年以下有期徒刑，而非直接針對水質超標進行處分（康世芳等，2009）。

政府部門分工

日本飲用水水源、飲用水(健康局)、瓶裝水均由厚生勞動省管理。

4.2 我國飲用水管理精進建議

4.2.1 水安全計畫

2004 年世界衛生組織(WHO)公布的第三版飲用水水質準則、國際水協會(IWA)公布的波昂安全飲用水憲章，同時將「水安全計畫 (water safety plan, WSP)」納入其中，引起全球各供水管理系統與機構的重視。

「水安全計畫」並非單純一個或數個計畫，而是一個持續評估並最佳化供水系統的概念流程。以文本形式備案的計畫，透過文件化鑑定飲用水從水源用戶端水龍頭整個過程中可能出現的風險，透過劃分風險級別、擬定可行控制措施、採取措施，以減少風險所產生的損失，過程中需針對水質或控制措施進行監控，以評估成效；並建立相關支援計畫，如培訓、標準操作流程建立等，最後彙整資料建檔，水安全計畫建置與實施流程如圖 4.2-1。

因應新興污染物種類眾多，且濃度通常甚低，不同淨水場水源特性及淨水處理程序不同，可能面臨之新興物染物種類亦不同，傳統全面性管制相同之污染物已無法有效應對新興污染物議題，故建議應積極推動「水安全計畫」，以降低飲用水中新興污染物的風險。

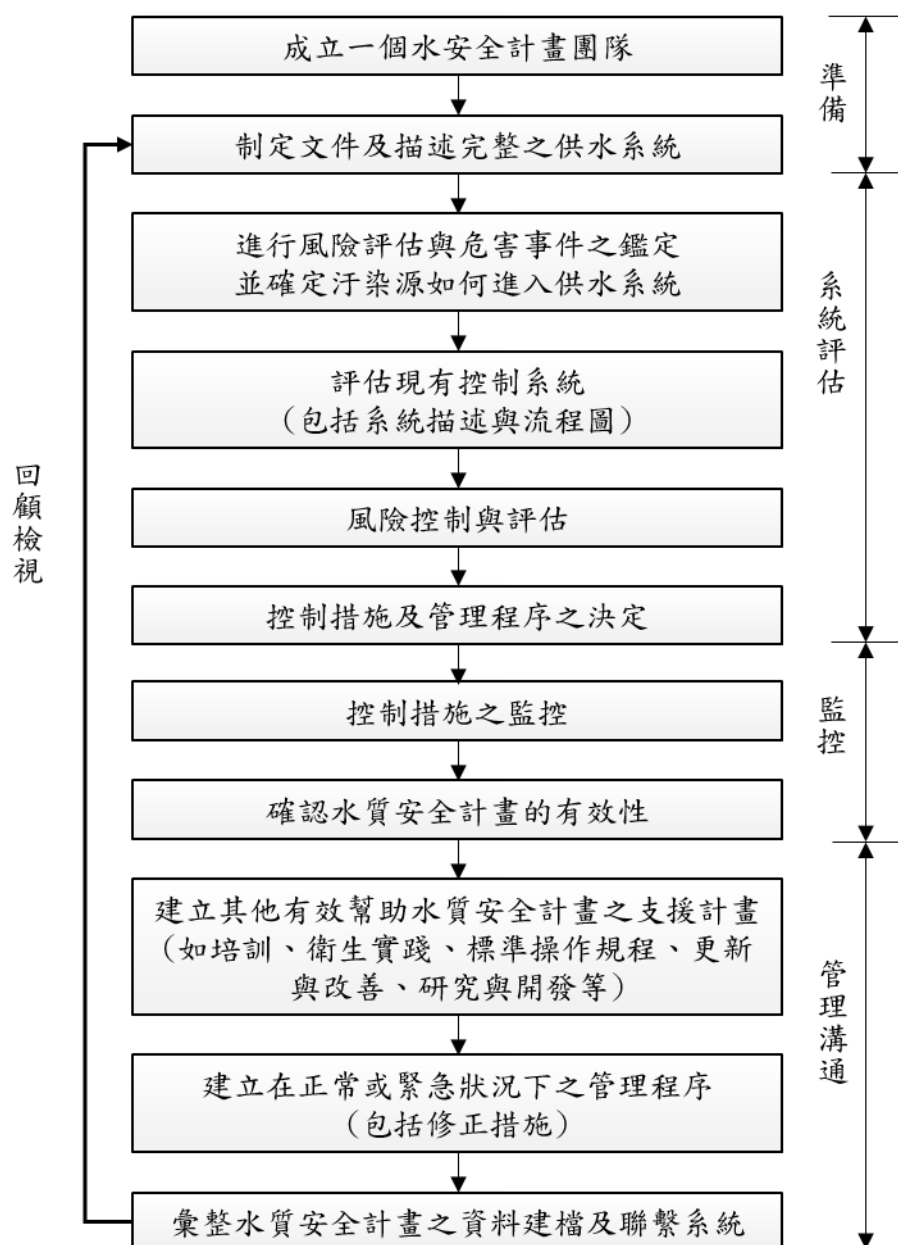


圖 4.2-1 水安全計畫建置與實施流程圖

中華民國自來水協會於 101 年度即委託國立臺灣大學駱尚廉教授團隊執行「國內自來水水質安全計畫之推動規劃」專題研究案計畫，該計畫內容包含：

一、波昂安全飲用水憲章中飲用水安全計畫及 WHO 水安全計畫的介紹

二、實施 WSP 之國內外案例與經驗。

三、成功推動 WSPs 的關鍵因素與瓶頸。

四、適合於國內推動之 WSP 實施準則與時程

世界衛生組織針對「水安全計畫」提供許多操作手冊供各國參採，目前國際上已有許國家實施「水安全計畫」，包含澳洲水質安全計畫、英國(英格蘭及威爾士)水質安全計畫、加拿大 Alberta 省水安全計畫、葡萄牙飲用水之放射性風險評估、韓國水質管理與屋頂雨水安全供水計畫、香港水質安全計畫，我國臺北自來水事業處亦已參考「水安全計畫」的精神，推動「臺北市水質精進推動計畫」多年。歐盟 2017 年提出的「飲用水指令」修正草案將世界衛生組織提出的水安全計畫(water safety plan, WSP)納入「飲用水指令」中。

「水安全計畫」執行主軸宜從源頭到水龍頭，全線掌控，非單純之僅針對水場出場水水質，同時，供水穩定亦可納入水安全計畫內。為利我國自來水事業推動「水安全計畫」，建議透過立法賦予法源依據，並且可協助水事業單位選定 1-2 個廠所進行試辦，由廠所為執行單位，區處為督導單位。

4.2.2 飲用水水質年報

美國、澳洲、歐盟等均於法律或指引中要求提供消費者水質年報以提升消費者對飲用水的信心。

美國

美國 Safe Drinking Water Act (SDWA)中要求自來水事業每年應透過郵件或直接送達的方式提供消費者「消費者信心報告 Consumer Confidence Reports (CCR)」，即飲用水水質年報，供水人口超過 10 萬人的淨水場則應於網路上公告「消費者信心報告」。

「消費者信心報告」中應包含下列內容：

一、自來水系統資訊：包含自來水事業單位聯絡人之姓名及聯絡方式，公眾參與的資訊。

二、飲用水水源，湖泊、河川、水庫、地下水等等。

三、名詞定義。

四、飲用水水質標準列管之污染物測得（但未超標）列表：若有測得飲用水水質標準列管之污染物應將其管制標準、測得之濃度、可能之來源與風險、自來水事業應變方式等列表呈現。

五、關於隱孢子蟲(cryptosporidium)、氡(Radon)及其他有測得之污染物的監測資訊。

六、飲用水水質標準列管之污染物之合格率，包含任何超標及地下水規則之特別公告事項。

七、變動及豁免（如果有的話）。

八、要求之教育資訊：飲用水中可能的污染物說明，提供弱勢族群關於隱孢子蟲的教育資訊，在有亞硝酸鹽、砷、鉛污染疑慮的地區，應提供相關教育資訊。

澳洲

澳洲飲用水指引建議自來水事業每年應提供消費者、主管單位、及相關利益者水質年報，內容應包含：

- 一、總結過去超標事件，並說明水質變化趨勢及問題。
- 二、彙整系統異常狀況及應變措施。
- 三、說明是否依法進行監測及合格率。

歐盟

歐盟要求會員國平均供水量大於 1000CMD 或供水人口超過 5000 人的淨水場，每三年要提出一份水質報告，內容應包含：

- 一、飲用水管制項目監測結果，是否符合監測頻率、合格率等資訊。
- 二、超標事件及應變措施。
- 三、超標事件造成的健康風險。

我國精進建議

目前國內兩大自然水事業單位均已揭露水質年報，然水質年報內容架構，揭露方式與程度不一，建議環保署依飲用水管理條例邀請自來水事業單位，研議統一的水質年報、格式內容及揭露方式。

4.2.3 飲用水相關公眾資訊

世界衛生組織、美國、澳洲、日本均就其管制之飲用水水質項目建立物質基本資料表，提供民眾了解飲用水中的污染物特性及風險。

本計畫參考美國環保署飲用水中污染物基本資料表(fact sheet)格式，針對我國飲用水水質管制項目建立各管制項目之污染物基本資料表(fact sheet)。主要內容包含：

- 一、○○○是什麼？—該物質類別介紹，如塑化劑、農藥、有機溶劑、重金屬...等等。
- 二、○○○的用途是什麼？
- 三、○○○對人體的健康影響是什麼？
- 四、環保署對○○○的管制做法是什麼？

針對列管物質，提供現行管制標準
及標準修正歷史

臺灣飲用水中有多少○○○？

過去一年檢測筆數及基本統計(平均值、最大值、合格率...)

連結到飲用水水質資料庫

表 4.2-1 砷污染物基本資料表 (Fact sheet) (範例)

砷是什麼？

- 砷是元素週期表中的半金屬元素。它無嗅無味。透過地球上的天然礦藏或農業和工業進入飲用水。

砷的用途是什麼？

- 砷可用作木材防腐劑，也可用於塗料、染料、金屬、藥物、肥皂和半導體。農業應用、採礦和冶煉也會導致砷進入環境。

砷對人體的健康影響是什麼？

- 飲用含砷量超過 0.01mg/L 多年的水的部分人群可能會受到皮膚損傷或血液循環系統問題，並且可能增加罹癌風險。

環保署對於飲用水中的砷如何管制？

- 環保署自民國 92 年起管制飲用水中的砷，砷的管制濃度為 0.01 mg/L。與國際上的管制值或指引值一致，包含世界衛生組織、美國、歐盟、澳洲、紐西蘭、加拿大、日本、韓國、中國、新加坡等。

臺灣飲用水中砷的濃度有多少？

- 106 年環保署抽驗 XX 處飲用水(包含清水及配水)，合格率 XX %。

砷是怎麼進到我的飲用水中的？

- 地下水源(如井水)中的砷含量通常會高於地表水(如湖泊、溪流與河水)。
- 飲用水中砷的主要來源是天然礦床的侵蝕以及果園、玻璃和電子產品廢棄物的滲出。

我如何才能分辨飲用水中是否含有砷？

- 飲用水中的砷沒有氣味或味道，只能通過化學測試加以檢測。
- 公共飲用水系統會進行定期的監測。
- 大部分私人開鑿的水井不會定期接受水質或污染物的檢測，所以水井的所有者有義務對水質進行砷含量的檢測。任何水井都可能含有砷或其他污染物。私人水井應定期接受水質檢測。

砷可以如何從飲用水中被移除？

- 吸附、離子交換、混凝/過濾，氧化/過濾，以及使用活性氧化鋁或逆滲透於使用端或進流端進行處理已被證明可有效將砷去除到 0.01 mg/L 以下。

我可以怎麼得到更多關於我的飲用水中的砷的相關資訊？

- 世界衛生組織
<http://www.who.int/zh/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- 國家環境毒物中心-砷
http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq_detail_mobile.php?id=24

4.2.4 飲用水水質資料庫建置

環保署針對列管物質及新興污染物進行淨水場抽驗已執行多年，累積許多水質資料，歐盟飲用水指令修正草案中提出未來要增加資訊透明度，而建立飲用水水質資料庫有助增加資訊透明度、消費者信心，亦有助主管機關查詢追蹤。美國「安全飲用水法(SDWA)」亦要求美國環保署針對列管及未列管污染物建立飲用水中濃度資料庫。

本計畫初步建置飲用水水質資料庫，資料庫包含「飲用水列管項目之篩選作業」各階層清單項目及飲用水水質標準列管項目列表（圖 4.2-1），點選清單可檢視其中包含的項目（圖 4.2-2），點選污染物名稱則可檢視該污染物物質基本資料表（圖 4.2-3），亦可自首頁輸入污染物名稱或 CAS 編號查詢（圖 4.2-4）。

除了污染物物質基本資料表，首頁還可查詢污染物本土水質檢測統計（圖 4.2-5），污染物本土水質檢測統計頁面可變更單位、污染物或年度選項以檢視統計結果（圖 4.2-6）。





圖 4.2-2 資料庫示意圖--各階層管制項目列表



圖 4.2-3 資料庫示意圖--污染物物質基本資料表



圖 4.2-4 資料庫示意圖--污染物物質基本資料表查詢

飲用水列管項目篩選作業 首頁 關於 登入

污染物質基本資料表

污染物:

CAS編號:

搜尋

飲用水列管項目篩選作業 各階層清單

初步蒐集清單 (390項)

蒐集清單 (69項)

觀察清單 (20項)

候選清單 (1項)

列管 (66項)

污染本土水質檢測統計

污染物:

CAS編號:

搜尋

輸入污染物或CAS編號以統計檢測結果

© 2018 - 飲用水列管項目 應用程式

圖 4.2-5 資料庫示意圖--污染本土水質檢測統計查詢

飲用水列管項目篩選作業

首頁

關於

單位

mg/L

污染物

雙酚A

年度

97,98,99,100,101,102,103,104,105

View Rep

1 of 1

100%

Find | Next

污染本土水質檢測統計表 (單位: mg/L)

污染項目	年度	檢測數	原水				配水				
			中位數	90分位數	99分位數	最大值	檢測數	中位數	90分位數	99分位數	
雙酚A	97	28	0.0000138	0.0000577	0.0000826	0.0000826					
	98	62	0.00000448	0.0000163	0.000091	0.000091					
	99	35	0.0000085	0.000052	0.00015	0.00015					
	100	20	0.0000071	0.00003065	0.00009	0.00009					
	101	15	0.0000034	0.000064	0.000201	0.000201	20	<0.00068	<0.00068	<0.00068	<0.00068
	102	21	0.000014	0.000133	0.000224	0.000224	44	<0.00068	<0.00068	<0.00068	<0.00068
	103	21	0.000005	0.00004	0.00018	0.00018	22	<0.00044	<0.00044	<0.00044	<0.00044
	104	4	<0.00036	<0.00036	<0.00036	<0.00036	22	ND	ND	<0.00068	<0.00068
105	4	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	22	<0.00054	<0.00054	<0.00054	<0.00054	

變更單位、污染物
或年度選項
以檢視統計結果

圖 4.2-6 資料庫示意圖--污染本土水質檢測統計

4.3 微型塑膠(microplastics)

近年全球的塑膠使用量大增，其衍伸的健康影響風險除了添加物塑化劑之外，塑膠圾垃不當處置使得環境中有許多塑膠廢棄物，這些塑膠廢棄物經風化及生物作用後裂解/分解成為小的塑膠碎片，形成所謂的「微型塑膠」，並被沖刷至海洋累積。

目前國際上（包括美國環保署、聯合國糧農組織、愛爾蘭、歐盟等）對於「微型塑膠」的定義多採用美國的國家海洋及大氣協會(NOAA)的定義：最大長度小於 5 毫米(mm) 的都可稱為微型塑膠。微型塑膠主要來源除了上述提到的由大型塑膠破碎而成之外，另外一個主要來源為在生產時其尺寸即小於 5 毫米之塑膠產品，如添加於個人護理產品(如洗面乳、牙膏等)中去角質的塑膠微珠(Microbeads)，在發現微型塑膠可能對生物環境及人體健康造成負面影響後，美國即於 2015 年通過 Microbead-Free Waters Act of 2015，於 2017 年七月起禁止生產包含塑膠微珠的產品，2018 年起禁止銷售。

4.3.1 飲用水中之微型塑膠

非營利組織 Orb Media 於 2017 年發表其檢驗全世界十多個國家 159 件自來水(tap water)樣本中微型塑膠之結果(Kosuth et al., 2017)，該調查報告顯示 83% 的樣品中有檢出微型塑膠，其檢出之微型塑膠 99.7%為纖維狀(fibers)，長度介於 0.1-5 mm，樣品中微型塑膠含量為 0-57 particles/L，平均 4.34 particles/L，其微型塑膠的偵測極限約為 100 μm ，該調查分析過程中採用 30 個去離子水樣品做為空白試驗，其中有 17% (5 個樣品)檢出 1 particles/L。

Orb Media 於 2018 年委託紐約州立大學弗雷多尼爾學院進一步針對瓶裝水中的微型塑膠含量進行研究(Mason et al., 2018)，該研究採用之分析方法偵測極限為 6.5 μm ，為與先前針對自來水(tap water)樣本中的微型塑膠進行比較，該研究將瓶裝水中的微型塑膠區分為大於 100 μm 及 6.5-100 μm 之微型塑膠，結果顯示瓶裝水中大於 100 μm 的微型塑膠在瓶裝水中的含量(10.4 particles/L)約是自來水中的兩倍(4.34 particles/L)，然而瓶裝水中之微型塑膠超過 90%介於 6.5-100 μm （平均為 315 particles/L）。瓶裝水中測得之纖維狀微型塑膠佔 13%，片段狀(fragments)佔 65%，推測瓶裝水中的微型塑膠主要可能來自裝瓶過程來源，此外

瓶裝水中微型塑膠主要成分為聚丙烯(polypropylene)與瓶裝水瓶蓋的組成相同，因此推測有大部分的微型塑膠可能來自瓶蓋。

我國環保署亦完成國內 11 處淨水場原水及清水中微型塑膠濃度的調查，結果顯示原水區域檢出 0 - 3 particles/L，平均 1.6 particles/L，淨水區域檢出 0 - 2 particles/L，平均 1 particles/L，較 Orb Media 調查之濃度低。推測可能因我國飲用水水源主要在河川上游，而汙水排放主要在河川下游，使得水源不易被污染，此結果亦顯示我國飲用水水源保護的成果。

4.3.2 分析方法

Orb Media 於 2017 年針對自來水(tap water)樣本中微型塑膠濃度調查採用的分析方法為先將樣品以孔徑為 2.5 μm 之濾紙過濾，再以 2 mL 孟加拉玫瑰紅(Rose Bengal)染劑進行染色，孟加拉玫瑰紅(Rose Bengal)染劑可與天然有機物質結合蛋不與塑膠結合，染色後以解剖顯微鏡(dissection microscope)觀察，不被染劑染色的顆粒會進行攪拌耐受力(durability)測試，通過測試而不會破裂的顆粒即視為塑膠。

Orb Media 於 2018 年針對瓶裝水中的微型塑膠含量進行研究所採用的分析方法則為於瓶裝水中添加尼羅紅(Nile Red)染劑，反應至少 30 分鐘後以孔徑為 1.5 μm 之濾紙過濾，大於 100 μm 的顆粒(可以肉眼觀察並用鑷子操作)均會照相、記數，並記錄型態，包括片段(fragment)、纖維(fiber)、圓球狀(pellet)、片狀(film)、泡沫狀(foam)等，而最大的 3-5 個顆粒會進一步以傅里葉轉換紅外光譜(FTIR)分析其聚合物類別，在去除大於 100 μm 的顆粒後，包含螢光顆粒的濾紙會以橘色濾鏡相機在四個個別的象限拍照(放大 8 倍)，再以軟體進行記數，其採用之相機一個相素相當於 6.5 μm ，故該分析方法的偵測極限為 6.5 μm 。

採用尼羅紅染劑進行塑膠染色的缺點為該染劑亦可染上脂肪酸(Fatty acid)，即可染上含脂質之生物體，如產油藻類、特定種類細胞等，因此採用此方法時在進行環境樣品染色前必須先進行此類生物去除，另一缺點為部份塑膠材質對此染劑有抗性，需先進行染色條件測試。

而我國環檢所採用熱針碰觸法判斷水中微型顆粒是否為塑膠。首先原水以孔徑為 1 μm 之鐵氟龍材質濾紙過濾，清水則以孔徑為 0.45 μm 之鐵氟龍材質濾紙

過濾，過濾後之濾紙在立體顯微鏡(Stereomicroscope)下以高溫之針尖碰觸樣品，若為塑膠則可產生融化或是捲曲現象，以此方法計數。

現階段國際上並未有一致認可的飲用水中微型塑膠分析方法，在採用不同的分析方法進行分析之結果在比較上容易產生偏差，各國政府及學者均認同應建立標準方法。

然而飲用水中微型塑膠之標準分析方法的建立須涵蓋多方面的考量，包括：

一、採樣方法：需要先決定應關注的微型塑膠粒徑的大小，進而決定過濾樣品之濾紙孔徑，應過濾多少樣品體積得到的數據才有代表性，此外還要考量樣品均質化。

二、定性方法：目前主要有採用染色法及熱針碰觸法來判斷水中顆粒是否為塑膠。

三、定量方法：採用人工計數或是顯微照相後搭配影像分析技術。

四、偵測極限

五、微型塑膠上可能吸附的物質：包括化學物質及微生物等分析。

4.3.3 管理方式

目前國際上未有一致且公信力高之標準檢測方法，雖然微型塑膠有影響人體健康的可能，然而目前未有國際公認可靠的評估方法可以評估多少攝取量或暴露量會對人體健康造成負面影響，人體的各種暴露途徑的貢獻量也未知，實際風險情況現階段均未有確切資料。目前已有關於微型塑膠之相關資料風險資料多為藉由水生生態系進入食物鏈中，人體微型塑膠主要暴露來源推測以食物(如魚類)攝取為主，且微型塑膠可能吸附毒性物質，其塑化劑添加物亦有可能影響內分泌系統，飲用水中微型塑膠之比例相較之下很低。

微型塑膠可能造成的風險包含：

一、微型顆粒進入食物鏈中的風險，不同大小顆粒在生物體內的毒性風險可能不同。

二、塑膠本身的毒性及溶解於水中之塑化劑。

三、可能是不同環境污染物吸附的熱區，其上所吸附的化學物質與微生物亦有可能產生危害風險。

美國環保署於 2017 年召開微型塑膠專家工作坊，針對評估微型塑膠對人體健康及生態之風險所需之資料的釐清並設定優先順序，會議報告提到飲用水中微型塑膠相關資訊不足且可靠性低，因此主要優先要進行的應為建立飲用水中微型塑膠萃取方法、建立評估飲用水中微型塑膠對人體健康影響之方法並進行評估研究等。

環保署亦於 2018 年 4 月 25 日召開「飲用水中微型塑膠之管理專家諮詢會」，本計畫配合彙整資料並於會議中進行簡報。此外本計畫於第三次專家會議中邀請專家學者針對微型塑膠於我國飲用水管制定位進行討論，多數學者認為飲用水微型塑膠應持續追蹤國際間微型塑膠健康影響研究發展，並俟檢測技術較純熟後再討論是否列為初步蒐集清單。

第五章 其他工作項目

5.1 列管項目毒理資料庫更新

本計畫針對 18 項已列管項目的毒理資料庫進行更新，更新之 18 項為：金屬 7 項（銀、鐵、錳、銅、鋅、銻、鉬）、農藥 6 項（滅必蝨、達馬松、大利松、巴拉松、伊品松、亞素靈）及有機物 5 項（戴奧辛、甲苯、二甲苯、順-1,2-二氯乙烯、四氯乙烯），總共 18 項。更新資毒理資料庫內容詳見附錄五。

本計畫根據下列資料彙編其毒理資料：

- 一、聯合國 International Agency for Research on Cancer (IARC)
- 二、美國環保署 Integrated Risk Information System (IRIS)
- 三、澳洲 The National Health and Medical Research Council (NHMRC)
- 四、加拿大衛生部 Health Canada (HC)
- 五、TOXNET（包含 ChemIDplus, Hazardous Substances Data Bank (HSDB), Toxicology Literature Online (TOXLINE), Chemical Carcinogenesis Research Information System (CCRIS), Developmental and Reproductive Toxicology Database (DART), Genetic Toxicology Data Bank (GENE-TOX), Integrated Risk Information System (IRIS), International Toxicity Estimates for Risk (ITER), Drugs and Lactation Database (LactMed), Toxics Release Inventory (TRI)等資料庫）
- 六、International Agency for Research on Cancer (WHO-IARC)
- 七、International Program on Chemical Safety (WHO-IPCS)
- 八、世界衛生組織 WHO 飲用水水質指引
- 九、ACToR (Aggregated Computational Toxicology Resource) from EPA
- 十、European Chemicals Agency (ECHA)
- 十一、Haz-Map
- 十二、安全資料表（勞動部職業安全衛生署 GHS 網站）
- 十三、國家網路藥典（國家網路醫藥）

毒理資料內容包含該物質之分析方法、環境背景資料、毒理研究摘錄與有害性鑑定、劑量效益評估、暴露評估、風險特徵描述及處理技術等資訊。

5.2 全氟碳化物本土檢測數據解析

106 年「飲用水中全氟辛烷酸及全氟辛烷磺酸之管理」專家諮詢會後，自來水事業即針對我國淨水場中 PFOA 及 PFOS 進行監測，環保署環境檢驗所亦分析我國飲用水中多項全氟碳化物，本計畫協助環保署彙整檢測結果列於表 5.2-1、表 5.2-2。

美國環保署針對 PFOA 及 PFOS 提出飲用水中健康建議濃度值，建議兩者合併濃度應低於 70 ng/L。我國淨水場歷年檢測結果顯示 PFOA 及 PFOS 合併濃度最大檢出值小於 70 ng/L，而美國新澤西州將針對 PFNA 定出全美國最嚴格之標準 13 ng/L，本年度我國淨水場中 PFNA 最大檢出濃度亦小於 13 ng/L，惟我國本土檢測樣品數仍相當有限，建議持續監測以了解 PFOA、PFOS、PFNA 等全氟碳化物於我國淨水場的濃度及可能風險。

表 5.2-1 PFOA、PFOS 歷年本土淨水場檢測結果（單位: ng/L）

年份	原水 檢測樣品數	原水 檢出最大值	清水 檢測樣品數	清水 檢出最大值
PFOA (全氟辛酸, Perfluorooctanoic acid, CAS Number: 335-67-1)				
100	12	8.92	—	—
105	18	29.2	18	30.9
106	60	12.8	65	24.4
PFOS (全氟辛磺酸, Perfluorooctanesulfonic acid, CAS Number: 1763-23-1)				
100	12	11.8	—	—
105	18	<22.6 (定量極限)	18	<22.6 (定量極限)
106	60	36.9	60	48.4
PFOA+PFOS				
100	12	18.47	—	—
105	18	29.2	18	30.9
106	60	36.9	60	48.4

表 5.2-2 其他全氟碳化物本土淨水場檢測結果（單位: ng/L）

項目	原水檢測 樣品數	原水 檢出最大值	清水檢測 樣品數	清水 檢出最大值	定量 極限
PFNA	30	1.18	30	1.22	1.43
PFBA	30	<14.3	30	<14.3	14.3
PFPeA	30	<35.7	30	<35.7	35.7
PFHxA	30	12.7	30	14.4	3.57
PFHpA	30	6.88	30	7.87	1.43
PFDA	30	<0.71	30	<0.71	0.71
PFUnA	30	<1.43	30	<1.43	1.43
PFDoA	30	<0.71	30	<0.71	0.71
PFTTrA	30	<1.43	30	<1.43	1.43
PFTeA	30	<1.43	30	<1.43	1.43
PFBS	30	8.39	30	9.49	1.43
PFHxS	30	63.4	30	77.9	1.43
PFHpS	30	2.06	30	2.16	1.43
PFDeS	30	<1.43	30	<1.43	1.43
6:2FTS	30	0.683	30	1.09	0.71
8:2FTS	30	<0.36	30	2.27	0.36
PFOSA	30	0.387	30	<0.36	0.36
6:2FTA	30	<35.7	30	<35.7	35.7
8:2FTA	30	<143	30	<143	143
10:2FTA	30	<14.3	30	<14.3	1.43
N-MEFOSA	30	<3.57	30	<3.57	3.57
N-ETFOA	30	<14.3	30	<14.3	1.43
N-MEFOSE	30	<3.57	30	<3.57	3.57
N-ETFOSE	30	<3.57	30	<3.57	3.57

5.3 銅鋅健康風險摘要及國際管制情形

5.3.1 銅的健康風險摘要

銅對人體屬必要微量元素，為許多酵素作用時所不可或缺，每日理想攝取量約為 2-3 mg。經腸胃道吸收的銅約 25-60%，通常儲存在肝臟、腦及肌肉組織，高劑量時甚至會存在腎臟中，體內的銅主要經膽汁消化分解。銅對人體並不具累積性危害，在高劑量時方被視為毒性物質，急性中毒時主要會刺激消化道而造成噁心、嘔吐、腹部疼痛等症狀，但產生影響之劑量則因人而異，自 10~100 mg 不等。慢性毒害目前仍不明確，若干研究指出影響肝臟新陳代謝，甚至可能造成肝硬化，同時認為對嬰孩影響更明顯，乃因肝功能尚未完全，使代謝銅之速率較慢，但在相關證據上尚嫌薄弱。有研究指出具有遺傳疾病威爾森氏症(Wilson's disease)或先天對銅代謝失調為銅中毒的敏感性族群。另對致癌性方面，仍無任何證據顯

示銅會導致腫瘤發生。在適飲性影響上，水質中銅之味覺閾值約在 1~2 mg/L 之間，超過 5 mg/L 之飲水將令人無法接受，由於人類味覺極易感知之緣故，所以經由飲水造成之急性銅中毒極少發生。除此之外，銅含量過高可能加速鋼鐵材質之配水管材的腐蝕，而濃度超過 1 mg/L 之水質，亦可能造成器具及洗衣時之斑點出現。

美國原來僅將銅列於次要水質標準中，但由於用戶出水中銅含量過高，代表可能管線受到腐蝕，故美國環保署在安全飲用水法之鉛銅規則(Lead and copper rule, LCR)中對銅之標準另行規定，如同管制鉛之方式以「行動標準」(Action Levels, ALs)來取代管制值，其定義為若在監測週期內對用戶所採集之水樣中有 10%以上之樣品測得高於上限值(1.3 mg/L)，則代表污染已經過量需採取必要之措施，直至污染改善為止。在 LCR 中已針對銅之控制訂定明確之相關措施，如腐蝕控制技術及原水處理技術(其中所列管線之更換原則及民眾教育僅適用於鉛污染防治，不適用於銅污染)，行動標準 1.3 mg/L 乃根據研究結果所得之 LOAEL 值 (5.3 mg/day)來估算。

WHO 則根據以狗為對象之研究結果，認為長期攝入而無不良影響之劑量為 0.5 mg/kg，以成人體重 60 kg 及 10%攝入量來自飲水來估算，得到基準值為 2 mg/L，此值為暫定之基準。若考慮適飲性影響來訂定之限值可能更低（約 1~2 mg/L 左右），由於差異不大，不另行推薦基準值。

澳洲標準的建立主要參考 WHO 指引值，計算方式如下：

$$2 \text{ mg/L} = \frac{0.5 \text{ mg/kg body weight/day} \times 70\text{kg} \times 0.1}{2\text{L/day}}$$

0.5 mg/kg body weight/day 是 WHO 暫定每人每天最大容許攝取量

70 kg 為成人平均體重

0.1 為每天攝取量來自飲用水之貢獻比例

2 L/day 為成人每日平均飲水量

我國銅之飲用水水質標準與國際間飲用水水質標準相比已屬最嚴格之標準，參考之國際標準建立乃基於健康風險，故應無修正之必要。

5.3.2 鋅的健康風險摘要

鋅對人體屬必要微量元素，為許多酵素不可或缺之成分，缺乏鋅會導致生長遲緩、厭食症、嗜睡及夜盲症等。鋅主要攝取來源以食物為主，每日理想攝取量約 12 mg，依性別及年齡而定，人體對鋅之吸收能力受到許多因素影響而不易評估，約 20-30%，暴露高濃度鋅時大多儲存於肝臟、腎臟、骨頭、肌肉及視網膜等器官或組織。鋅通常被視為低毒性或無毒性之物質，在極高劑量時才可能導致中毒，主要症狀為暈眩、嘔吐、腹瀉及腹部筋攣。長期暴露則可能導致鋅代謝失調、貧血及胃部腐蝕等臨床症狀。據若干研究建議每日之攝入量以不超過 1 mg/kg 為宜，但並無確切之證據來證明其危害性，以往曾有長期飲用超過 20 mg/L 之飲水而無任何不良症狀之醫學報告發表。在適飲性影響上，水質中鋅含量超過 3 mg/L 以上可能產生苦澀味，味覺閾值則因人而異，某些民眾可能飲用高達 20 mg/L 之水而未感覺異味。另外濃度長期超過 5 mg/L 時，會導致煮沸容器壁上產生乳白色滑膩之薄膜。目前尚無研究指出長期暴露鋅會提高癌症發生機率，然而在細胞研究則發現鋅會導致哺乳類細胞的染色體發生變異。

因此，由於和健康相關性低，USEPA 將鋅列於次要水質項目，根據多數消費者感受程度，訂定 5mg/L 為標準值，但基於可能之潛在健康威脅，正研議將其納入主要水質管制項目，研議之標準值為 2 mg/L(尚未定案公告實施)。基於對人體之低毒性。WHO 則是經評估後認為飲用水中發現的鋅濃度無健康疑慮，無制定指引值之必要。

目前國際上針對飲用水中的鋅多數認為無須管制或是基於適飲性建立管制值或指引值，管制值/指引值自 1-5 mg/L 不等。我國管制標準與美國及加拿大相同，故應暫無修正之必要。

5.3.3 銅鋅國際管制情形

銅與鋅的國際管制情形彙整列於表 5.3-1。

表 5.3-1 銅與鋅的國際管制情形

單位: mg/L	銅(Copper)	鋅(Zinc)
台灣	1	5
WHO	2	NEa
美國	TTb (1.3)	5c
歐盟	2	NAa
澳洲	2d, 1e	3e
紐西蘭	2d, 1e	1.5e
加拿大	1e	5e
日本	1	1
韓國	1e	3e
中國	1	1
新加坡	2	NAa

註:

a NE:為 WHO 飲用水指引經評估後認為無制定指引值之必要；NA:無管制值或指引值

b 當 10%飲用水樣品濃度超過 1.3mg/L 時，須採取應變措施。

c 次要標準/非強制性標準

d 健康考量

e 適飲性考量

5.4 飲用水相關環境檢測標準方法草案修正與原方法之比較與建議

環檢所提出數個與飲用水檢測相關之檢測方法草案或廢止案並辦理公聽會暨研商會議，包含：

- 一、水中陰離子檢測方法－離子層析法（草案）
- 二、水中溶氧檢測方法－碘定量法（草案）
- 三、水中化學需氧量檢測方法－重鉻酸鉀迴流法（草案）
- 四、含高濃度鹵離子水中化學需氧量檢測方法－重鉻酸鉀迴流法（草案）
- 五、水中化學需氧量檢測方法－密閉式重鉻酸鉀迴流法（草案）
- 六、水中可氯丹檢測方法－氣相層析儀／電子捕捉偵測器法（草案）
- 七、水中毒殺芬檢測方法－氣相層析儀／電子捕捉偵測器法（廢止案）

其中第一到第六項均為針對原公告方法進行部分修正，本計畫協助署裡比較修正方法草案與原公告方法，基本上差異都不大，各檢測方法的修正方法草案與原公告方法差異說明列於表 5.4-1。

此外水中化學需氧量檢測方法－重鉻酸鉀迴流法(NIEA W515.55A(草案))中提及若水樣 COD 值低於 70 mg/L 操作時須特別小心，因玻璃器皿或空氣中微量的有機質都會導致誤差。然飲用水水源的化學需氧量一般都落在此範圍中(<70 mg/L，飲用水水源水質標準針對化學需氧量的標準為 25mg/L)，以此方法分析易有誤差，建議於備註增加若飲用水水源樣品化學需氧量濃度於 70 mg/L 以下時，依「水中化學需氧量檢測方法－密閉式重鉻酸鉀迴流法(NIEA W517.53B(草案))」進行檢測。

針對「水中毒殺芬檢測方法－氣相層析儀／電子捕捉偵測器法(NIEA W654.50A)」檢測方法，因本方法之檢測技術與現行之「水中毒殺芬檢測方法－氣相層析儀／電子捕捉偵測器法(NIEA W653.51A)」相同，且前述 NIEA W653.51A 之方法偵測極限優於 NIEA W654.50A，故環檢所於 107 年 5 月 9 日預告廢止 NIEA W654.50A 草案。本計畫比較 NIEA W654.50A 與 NIEA W653.51A 分析方法，並將兩者之差異列於表 5.4-2。

表 5.4-1 比較之檢測方法列表及比較概略說明

項目	新方法	原方法	差異說明
水中陰離子檢測方法－離子層析法	NIEA W415.54B (草案)	NIEA W415.53B	新方法適用範圍增加飲用水
水中溶氧檢測方法－碘定量法	NIEA W422.53B (草案)	NIEA W422.52B	僅就敘述字詞略做修正
水中化學需氧量檢測方法－重鉻酸鉀迴流法	NIEA W515.55A (草案)	NIEA W515.54A	新方法適用範圍增加飲用水水源
含高濃度鹵離子水中化學需氧量檢測方法－重鉻酸鉀迴流法	NIEA W516.56A (草案)	NIEA W516.55A	新方法適用範圍增加飲用水水源
水中化學需氧量檢測方法－密閉式重鉻酸鉀迴流法	NIEA W517.53B (草案)	NIEA W517.52B	新方法增加適用水樣類別(含飲用水水源)及其他註釋
水中可氯丹檢測方法－氣相層析儀／電子捕捉偵測器法	NIEA W660.51B (草案)	NIEA W660.50B	僅部分細節敘述上修正方法草案保留較大空間，而原公告方法敘述較詳細

表 5.4-2 NIEA W653.51A 與 NIEA W654.50A 分析方法比較

方法	NIEA W653.51A	NIEA W654.50A
萃取	經二氯甲烷萃取後，萃取液脫水濃縮，再以正己烷置換濃縮液中殘存之二氯甲烷，然後經過矽酸鎂淨化管除去雜質，收集洗液後，濃縮並定容。	經正己烷萃取
方法偵測 極限	填充式層析管 0.24 ng/mL 毛細層析管 0.39 ng/mL	填充式層析管 0.57 ng/mL 毛細層析管 1.23 ng/mL
填充式管柱 儀器設定	層析管溫度保持時間 25 min 載送氣體(N ₂)流率35 mL/min	層析管溫度保持時間 35 min 載送氣體(N ₂)流率26 mL/min 輔助氣體(N ₂)流率36 mL/min
採樣體積	5 L	1 L
分析體積	1 L	30 mL

5.5 高分子凝聚劑使用時機

環保署公告之「飲用水水質處理藥劑一覽表」針對聚丙烯醯胺、聚氯化己二烯二甲基胺、氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物等三種高分子凝聚劑規範適用範圍及使用時機為「當飲用水水源之原水濁度大於 250 NTU 時，始得使用」。

然而實務操作上，在原水發生低濁難處理現象且未符合高濁度條件時，淨水場使用聚氯化鋁(PACl)或硫酸鋁混凝處理後所形成之膠羽顆粒質地輕小，沉澱水濁度不易去除，增加後續過濾池之負擔，造成淨水場處理問題並增加後續處理成本，此外藥劑添加過量時容易使清水溶解鋁含量過高，進而影響供水品質。自來水事業提案擬請環保署同意修正藥劑使用限制，即原水濁度小於 250 NTU 時得使用已公告之高分子凝聚劑為合法添加之飲用水水質處理藥劑。本計畫協助環保署評估修正高分子凝聚劑使用時機是否合宜。

就高分子凝聚劑健康風險而言，用於飲用水處理的陽離子或陰離子聚電解質大多為低毒性，然而文獻也有提到陽離子聚電解質毒性較高。聚電解質單體的毒性比聚合物來得強，因此針對單體濃度的限制也更加嚴格，高分子凝聚劑品質管制中會規範單體最大容許量，例如美國國家衛生基金會(ANSI/NSF 60)基於健康考量，則建議藥劑中丙烯醯胺(PAM)單體的最大容許量是 0.05%，最大使用量 1mg/L。

聚丙烯醯胺溶液中可能在製造過程中混入不純物質(未反應的丙烯醯胺單體以及其他反應生成的副產物)，而丙烯醯胺單體有神經毒性，為可能的人類致癌物(USEPA)，經由長期暴露丙烯醯胺則可能發生神經系統損害、麻痺及導致癌症。WHO、紐西蘭、新加坡、日本針對飲用水中的丙烯醯胺管制標準為 0.0005 mg/L，美國為 0.05% dosed at 1 mg/L ($\equiv$ 0.0005 mg/L)，澳洲為 0.0002 mg/L，歐盟為 0.0001 mg/L。

氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物(Epi-DMA) 由二甲基氮與環氧氯丙烷反應後合成，Epi-DMA 本身不會對人體造成毒性，但未反應單體或反應不純物質可能具有毒性。環氧氯丙烷(Epichlorohydrin)單體即具有急毒性、致突變性、致癌性。WHO、日本、新加坡針對飲用水中的環氧氯丙烷管制標準為 0.0004 mg/L，歐盟為 0.0001 mg/L，紐西蘭、澳洲為 0.0005 mg/L，美國為 0.01 percent dosed at 20 mg/L ($\equiv$ 0.002 mg/L)。

本計畫彙整相關資料，召開專家會議討論修正高分子凝聚劑使用時機是否合宜，經專家討論後做出下列結論：

具有白濁水現象或低濁度 PACl 混凝效果不彰之水場應非普遍現象，建議先釐清去除效果不彰是否為操作及老舊設備的問題，優先考慮含鋁混凝劑使用技術克服，而非修正高分子凝聚劑使用時機。

雖然國外已普遍使用高分子 polymer 做為水處理用藥，然而國內水廠與國外有許多差異性，應先全面考量後再考慮修正使用時機。考量項目應包括：

- 一、國內水廠大部分均有前加氯，且前加氯地點與 polymer 加藥點相當接近，因此氯是否與 polymer 反應使聚合體形成單體，應先確認。
- 二、使用 polymer 時，過濾反洗水不得迴流，之前高濁原水情況，加入 polymer 之後，廢水是可以直接排放，然正常情況下，只有具有水措的排放口可排放廢水，而水廠大部分未具有排放許可，會造成 polymer 加藥後，反洗水被迫回收的問題。
- 三、我國洗滌池污泥排泥頻率不高，含 polymer 之沉澱淤泥，是否在一段時間之後，會分解成單體釋出，宜有科學數據佐證之。
- 四、毒理資料亦應考量嬰兒

五、應了解消毒副產物對應產生的量，一併納入風險評估，此外要考慮瓶杯試驗的加氯量多為過量，與現場情況不同，可能無法反應實際消毒副產物生成情況。

本次討論的三種高分子聚合物有一定程度影響健康的疑慮，若要修正使用時機建議為有條件使用，如僅有具有白濁水現象或低濁度 PACl 混凝效果不彰之水廠使用，且修正使用時機前應確認上述提及之疑慮。若要修正使用時機應有詳盡之配套措施，包含：(1) 人員訓練計畫及落實、(2) 過濾反洗水不得迴流，使用之水廠應提出水措、(3) 限制白濁情況使用、(4) 單體及消毒副產物水質監測、(5) 污泥處理計畫及頻率等。

5.6 預期進度與查核重點

本計畫預期進度與查核重點如表 5.6-1，本計畫均已如期完成。

表 5.6-1 預期進度與查核重點

主要工作項目預定進度及執行期間												
工作內容項目	月份	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1、篩選初步清單物質優先評估之項目、建立本土原水及清水資料，完成健康風險評估並彙編其毒理資料庫												
2、初步蒐集清單優先評估物質之採樣												
3、推動飲用水列管項目篩選作業												
4、召開專家諮詢會												
5、國內飲用水水質或水源水質中未列管之新興污染物抽驗												
6、比較分析我國與世界衛生組織、歐盟、美國、澳洲及日本管理法規制度，並提出精進建議												
7、行政配合事項												
8、第一次工作進度報告及期中、期末報告撰寫												
預定進度累積百分比(%)		30			45			60		85		100
查核點	預定完成時間	查核點內容說明										
第一次工作進度報告	107年四月份	(1) 篩選初步清單物質優先評估之項目、彙整蒐集清單物質近五年內淨水場檢測及其他環境流布調查結果 (2) 完成第一次專家諮詢會及會議資料整理										
期中報告	107年七月份	(1) 研析世界衛生組織、歐盟、美國、澳洲及日本管理法規制度 (2) 完成第二次專家諮詢會及會議資料整理 (3) 完成第一次水質採樣及檢測 (4) 更新初步蒐集清單、蒐集清單、觀察清單內容										
期末報告	107年十一月份	(1) 完成第三次專家諮詢會及會議資料整理 (2) 完成第二及第三次水質採樣及檢測 (3) 完成國內飲用水水質或水源水質中未列管之新興污染物抽驗 (4) 比較我國與世界衛生組織、歐盟、美國、澳洲及日本管理法規制度，並提出精進建議										

第六章 結論與建議

- 一、本計畫辦理飲用水列管物質篩選作業，自初步蒐集清單中篩選出六項優先評估物質（呋喃美辛、磺胺甲噁唑、磺胺噻唑、氟甲喹、克拉黴素、雙氯芬酸）於六座代表性淨水場進行監測及相關資料蒐集，調查結果顯示此六項物質於我國淨水場濃度均極低（或未檢出），顯示於我國淨水場暫無顯著健康風險。
- 二、抽驗分析 36 項共 6,355 處次飲用水中未列管新興污染物，其中有 12 項污染物現階段於我國淨水場無顯著風險，建議可降低監測頻率或改測其他物質。另外 24 項污染物，為持續累積本土檢測資料以評估其在我國飲用水中的風險程度，建議可持續監測。其中，未列管新興污染物硼及鄰苯二甲酸二（乙基己基）抽驗檢出主要集中在連江、金門及澎湖，台灣本島之檢出濃度相對較低，建議爾後抽驗計畫可將採樣點集中在外島地區。
- 三、本次抽驗而微囊藻毒 LR 型(Microcystin-LR)之檢測範圍未涵蓋簡易自來水系統，建議未來可考慮納入抽驗。抽驗時若有檢出較高測值之採樣點未來也可考慮進行複採及複測。
- 四、因應新興污染物種類眾多，且濃度通常甚低，傳統淨水程序已無法有效應對新興污染物議題，故建議自來水事業應積極推動「水安全計畫」，從水源端至用戶端所有環節進行廣泛之風險評估與風險管理，以有效降低飲用水中新興污染物之可能風險。建議環保署可邀集各主管機關，協助自來水事業共同進行「水安全計畫」試行工作之推動。
- 五、目前國內兩大自然水事業單位均已揭露水質年報，然水質年報內容架構，揭露方式與程度不一，建議環保署可邀集自來水事業，參酌國際先進國家水質年報揭露之資訊，研議統一之格式內容及揭露方式。
- 六、目前國際上針對飲用水中微型塑膠之檢測及風險評估未有一致且公信力高之方法，建議持續追蹤國際間微型塑膠健康影響研究發展，並俟檢測技術較純熟後再討論是否列為初步蒐集清單。
- 七、關於自來水事業為處理白濁水問題，建議環保署參考國外作法，開放原水濁度大於 250NTU 之使用限制。惟具有白濁水現象或低濁度聚氯化鋁混凝效果不彰之水場應非普遍性現象，建議先釐清是否為操作或設備老舊問題，優先考慮含鋁混凝劑使用技術克服。

八、雖然國外已普遍使用高分子凝聚劑作為水處理藥劑，但國內原水水質條件與國外有許多差異性，故應先釐清確認下列事項，據以評估高分子凝聚劑使用條件：

- (一) 國內淨水場大部分均有前加氯，且前加氯地點與高分子凝聚劑加藥點相當接近，因此，氯是否與高分子凝聚劑反應使聚合體形成單體，應先確認。
- (二) 使用高分子凝聚劑時，過濾反洗水不得迴流。然正常情況下，只有具有水污染防治措施（下稱水措）的排放口可排放廢水，而淨水場大部分未具有排放許可，會造成高分子凝聚劑加藥後，反洗水被迫回收的問題。
- (三) 我國洗滌池污泥排泥頻率不高，含高分子凝聚劑之沉澱淤泥，是否在一段時間之後，會分解成單體釋出，宜有科學數據佐證之。
- (四) 應瞭解消毒副產物對應產生的量，一併納入風險評估，此外要考慮瓶杯試驗的加氯量多為過量，與現場情況不同，可能無法反應實際消毒副產物生成情況。
- (五) 毒理資料評估亦應考量嬰兒。

九、建議環保署後續自來水事業提出參考國外作法，開放原水濁度大於 250NTU 之使用限制時，可要求自來水事業先行完備高分子凝聚劑使用之配套措施，包含：

- (一) 人員訓練計畫及落實。
- (二) 過濾反洗水不得迴流，使用高分子凝聚劑之淨水場應提出水措。
- (三) 限制白濁情況發生時才可使用。
- (四) 高分子凝聚劑釋出單體及消毒副產物水質監測計畫。
- (五) 污泥處理計畫及提高清理頻率。

參考文獻

- Al-Ahmad, A., Daschner, F. D., and Kummerer, K. (1999). Biodegradability of cefotiam, ciprofloxacin, meropenem, penicillin G, and sulfamethoxazole and inhibition of waste water bacteria. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 37, 158-163.
- Alder, A. C., McArdell, C. S., Golet, E. M., Ibric, S., Molnar, E., Nipales, N. S., and Giger, W. (2001). Occurrence and Fate of Fluoroquinolone, Macrolide, and Sulfonamide Antibiotics during Wastewater Treatment and in Ambient Waters in Switzerland. In *Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment* (C. G. Daughton, and T. L. Jones-Lepp, Eds.), pp. 56-69. American Chemical Society, Washington, DC.
- Ashton, D., Hilton, M., and Thomas, K. V. (2004). Investigating the environmental transport of human pharmaceuticals to streams in the United Kingdom. *Sci. Total Environ.* 333, 167-184.
- AwwaRF. (2007). Removal of EDCs and Pharmaceuticals in Drinking and Reuse Treatment Processes.
- Blanco, E., Casais, M. D., Mejuto, M. D., and Cela, R. (2009). Combination of off-line solid-phase extraction and on-column sample stacking for sensitive determination of parabens and p-hydroxybenzoic acid in waters by non-aqueous capillary electrophoresis. *Anal. Chim. Acta* 647, 104-111.
- Cahill, J. D., Furlong, E. T., Burkhardt, M. R., Kolpin, D., and Anderson, L. G. (2004). Determination of pharmaceutical compounds in surface- and ground-water samples by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *J. Chromatogr. A* 1041, 171-180.
- Castiglioni, S., Bagnati, R., Fanelli, R., Pomati, F., Calamari, D., and Zuccato, E. (2006). Removal of pharmaceuticals in sewage treatment plants in Italy. *Environ. Sci. Technol.* 40, 357-363.
- Debska, J., Kot-Wasik, A., and Namiesnik, J. (2004). Fate and analysis of pharmaceutical residues in the aquatic environment. *Crit. Rev. Anal. Chem.* 34, 51-67.
- Daughton, C. G., and Ternes, T. A. (1999). Pharmaceuticals and personal care products in the environment: Agents of subtle change? *Environ. Health Perspect.* 107, 907-938.
- Glassmeyer, S. T., Furlong, E. T., Kolpin, D. W., Cahill, J. D., Zaugg, S. D., Werner, S. L., Meyer, M. T., and Kryak, D. D. (2005). Transport of chemical and microbial compounds from known wastewater discharges: Potential for use as indicators of human fecal contamination. *Environ. Sci. Technol.* 39, 5157-5169.
- Gobel, A., McArdell, C. S., Suter, M. J. F., and Giger, W. (2004). Trace determination of macrolide and sulfonamide antimicrobials, a human sulfonamide metabolite, and trimethoprim in wastewater using liquid chromatography coupled to electrospray tandem mass spectrometry. *Anal. Chem.* 76, 4756-4764.
- Golet, E. M., Alder, A. C., Hartmann, A., Ternes, T. A., and Giger, W. (2001). Trace determination of fluoroquinolone antibacterial agents in solid-phase extraction urban wastewater by and liquid chromatography with fluorescence detection. *Anal. Chem.* 73, 3632-3638.
- de Alda, M. J. L., Diaz-Cruz, S., Petrovic, M., and Barcelo, D. (2003). Liquid chromatography-(tandem) mass spectrometry of selected emerging pollutants (steroid sex hormones, drugs and alkylphenolic surfactants) in the aquatic environment. *J. Chromatogr. A* 1000, 503-526.

- Heberer, T. (2002). Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data. *Toxicol. Lett.* 131, 5 - 17.
- Hirsch, R., Ternes, T., Haberer, K., and Kratz, K.-L. (1999). Occurrence of antibiotics in the aquatic environment. *Sci. Total Environ.* 225, 109-118.
- Kasprzyk-Hordern, B., Dinsdale, R. M., and Guwy, A. J. (2009). The removal of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during wastewater treatment and its impact on the quality of receiving waters. *Water Res.* 43, 363-380.
- Kummerer, K., Ericson, J. F., Hannah, R., Johnson, A., Sedlak, D. L., and Weston, J. J. (2005). Environmental Fate and Transport of Human Pharmaceuticals. In *Human Pharmaceuticals: Assessing the Impacts on Aquatic Ecosystems* (R. T. Williams, Ed.), pp. 111-145. SETAC Press, Snowbird, Utah, USA.
- Kurelec, B. (1993). The Genotoxic Disease Syndrome. *Mar. Environ. Res.* 35, 341-348.
- Lindberg, R., Jarnheimer, P. A., Olsen, B., Johansson, M., and Tysklind, M. (2004). Determination of antibiotic substances in hospital sewage water using solid phase extraction and liquid chromatography/mass spectrometry and group analogue internal standards. *Chemosphere* 57, 1479-1488.
- Lindberg, R. H., Wennberg, P., Johansson, M. I., Tysklind, M., and Andersson, B. A. V. (2005). Screening of human antibiotic substances and determination of weekly mass flows in five sewage treatment plants in Sweden. *Environ. Sci. Technol.* 39, 3421-3429.
- Miao, X. S., Bishay, F., Chen, M., and Metcalfe, C. D. (2004). Occurrence of antimicrobials in the final effluents of wastewater treatment plants in Canada. *Environ. Sci. Technol.* 38, 3533-3541.
- Miege, C., Choubert, J. M., Ribeiro, L., Eusebe, M., and Coquery, M. (2008). Removal efficiency of pharmaceuticals and personal care products with varying wastewater treatment processes and operating conditions - conception of a database and first results. *Water Sci. Technol.* 57, 49-56.
- Nakata, H., Kannan, K., Jones, P. D., and Giesy, J. P. (2005). Determination of fluoroquinolone antibiotics in wastewater effluents by liquid chromatography-mass spectrometry and fluorescence detection. *Chemosphere* 58, 759-766.
- Nagtegaal M, Ternes TA, Baumann W, and R., N. (1997). Nachweis von UV-Filtersubstanzen in Wasser und Fischen aus dem Meerfelder Maar in der Eifel. (Detection of UV-sunscreen agents in water and fish of the Meerfelder Maar the Eifel Germany.) *UWSF-Z fuer Umweltchem Oekotox* 9, 79-86.
- Okumura, T., and Nishikawa, Y. (1996). Gas chromatography mass spectrometry determination of triclosans in water, sediment and fish samples via methylation with diazomethane. *Anal. Chim. Acta* 325, 175-184.
- Onesios, K. M., Yu, J. T., and Bouwer, E. J. (2009). Biodegradation and removal of pharmaceuticals and personal care products in treatment systems: a review. *Biodegradation* 20, 441-466.
- Oppenheimer, J., Stephenson, R., Burbano, A., and Liu, L. (2007). Characterizing the passage of personal care products through wastewater treatment processes. *Water Environ. Res.* 79, 2564-2577.
- Pan, W., Kao, M., Tzeng, M., Yen, L., Hung, Y., Li, L., Hsiao, S., Yeh, W., and Huang, P. (1999). Nutrition and Health Survey in Taiwan (NAHSIT) 1993-1996: design, contents, and operations. *臺灣營養學會雜誌* 24, 1-10.
- Pomati, F., Castiglioni, S., Zuccato, E., Fanelli, R., Vigetti, D., Rossetti, C., and Calamari, D. (2006). Effects of a complex mixture of therapeutic drugs at

- environmental levels on human embryonic cells. *Environ. Sci. Technol.* 40, 2442-2447.
- Prat, M. D., Benito, J., Compano, R., Hernandez-Arteseros, J. A., and Granados, M. (2004). Determination of quinolones in water samples by solid-phase extraction and liquid chromatography with fluorimetric detection. *J. Chromatogr. A* 1041, 27-33.
- Qiao T., Yu, Z., Zhang X., and Au D.W.T. (2011). Occurrence and fate of pharmaceuticals and personal care products in drinking water in southern China. *J. Environ. Monit.* 13, 3097-3103.
- Snyder, S. A., Kelly, K. L., Grange, A. H., W., S. G., Snyder, E. M., and Giesy, J. P. (2001). Pharmaceuticals and personal care products in the waters of Lake Mead, Nevada. In *Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment* (C. G. Daughton, and T. L. Jones-Lepp, Eds.). American Chemical Society, Washington.
- Stumpf, M., Ternes, T., Haberer, K., Seel, P., and Baumann, W. (1996). Nachweis von Arzneimittelnrückständen in Kläranlagen und Fließgewässern [Determination of drugs in sewage treatment plants and river water]. *Vom Wasser* 86, 291-303.
- Tiejun Q., Zhengrong Y., Xihui Z., and Doris W.T. Au. (2011). Occurrence and fate of pharmaceuticals and personal care products in drinking water in southern China. *J. Environ. Monit.*, 13, 3097.
- Togola, A., and Budzinski, H. (2008). Multi-residue analysis of pharmaceutical compounds in aqueous samples. *J. Chromatogr. A* 1177, 150-158.
- USEPA. (2010). Treating Contaminants of Emerging Concern- A Review Database.
- Van Boeckel T.P., Emma E.G., Dora C., Marius G., Timothy P.R., and Bryan T., (2017) Reducing Microbial use in food animals. *Science*. 357, 1350-1352.
- Vieno, N. M., Tuhkanen, T., and Kronberg, L. (2005). Seasonal variation in the occurrence of pharmaceuticals in effluents from a sewage treatment plant and in the recipient water. *Environ. Sci. Technol.* 39, 8220-8226.
- Westerhoff, P., Yoon, Y., Snyder, S., and Wert, E. (2005). Fate of endocrine-disruptor, pharmaceutical, and personal care product chemicals during simulated drinking water treatment processes. *Environ. Sci. Technol.* 39, 6649-6663.
- World Health Organization. (2017) Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva:
- Zuccato, E., Castiglioni, S., Fanelli, R., Reitano, G., Bagnati, R., Chiabrando, C., Pomati, F., Rossetti, C., and Calamari, D. (2006). Pharmaceuticals in the environment in Italy: Causes, occurrence, effects and control. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 13, 15-21.
- 唐子杰 (2015), 以液相層析串聯式質譜儀檢測河水、底泥、魚體肌肉與肝臟之硝化/氧合多環芳香烴與個人保健品, 台灣大學環境衛生研究所碩士論文。
- 行政院環境保護署 (2007) 飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫(第一年), EPA-96-U1J1-02-101, 淡江大學水資源及環境工程學系, 計畫主持人康世芳、協同主持人張怡怡、蔣本基、張簡國平、李家偉。
- 行政院環境保護署 (2009) 飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫(第三年), EPA-98-U1J1-02-101, 淡江大學水資源及環境工程學系, 計畫主持人康世芳、協同主持人張怡怡、蔣本基、張簡國平、李家偉。
- 行政院環境保護署 (2017) 106 年飲用水新興污染物研究與水質管理, EPA-05-J106-02-A120, 國立成功大學, 計畫主持人黃良銘、協同主持人林財富、王根樹、陳婉如。

附錄

附錄一、屬性參數評分原則

「推動飲用水列管項目之篩選作業計畫」建立化學性物質篩選評估原則的四項屬性參數評分原則，針對蒐集清單中未進入觀察清單的物質進行評分。屬性參數是用來表現化學污染物之間的性質和特徵差異，包括對健康的影響(Health effect)以及存在情形(Occurrence)，將各種表達化學污染物屬性的資料加以量化比較。在對健康的影響方面，採用健康危害潛勢(Potency)以及健康危害嚴重性(Severity)兩項參數，至於存在情形則是針對污染物出現普遍性(Prevalence)和污染物出現濃度(Magnitude)來做評判，以下分別介紹蒐集清單到觀察清單四項評估參數的評分標準。

附錄 1.1 健康危害潛勢(Potency)分數

污染物的健康危害潛勢參數是將各種科學毒理資料依照以下步驟進行量化，經標準化後便能找出對健康影響最鉅的潛勢，量化後可獲得 1 到 10 的分數。

一、參考以下資料庫，填寫健康危害潛勢和健康危害嚴重性的評分表格，範例如附表 1-1 所示。

(一) 非癌症數據

EPA OPP RfD <http://www.epa.gov/pesticides/>

EPA IRIS (ITER) RfD <http://www.epa.gov/IRIS/>

EPA HA RfD <http://water.epa.gov/drink/standards/hascience.cfm>

ATSDR (ITER), MRL <http://www.atsdr.cdc.gov/>

<http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/mrllist.asp#155tag>

JMPR (Joint Meeting on Pesticide Residues), maximum ADI

<http://www.inchem.org/pages/jmpr.html>

ITER, TDI <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?iter>

http://iter.ctc.com/publicURL/pub_search_list.cfm

CTDJPN Highest Chronic NOEL (Comparative Toxicogenomics Database)

<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?CTD>

HSDB Lowest Oral LD50

<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>

CTDJPN Lowest Oral LD50

<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?CTD>

(二) 癌症數據

EPA Lifetime Cancer Risk, 10⁻⁴

RAISHE Slope Factor (Cancer Slope Factor)

OEHHA Slope Factor (oral) <http://oehha.ca.gov/>

EPA Carcinogen classification

IARC Carcinogen Classification <http://www.iarc.fr/>

(三) 其他

NTP <http://ntp.niehs.nih.gov/>

澳洲的農藥資訊系統

http://www.apvma.gov.au/products/review/a_z_reviews.php

二、依照以下優先權順序，找出階層最高的非致癌性的健康風險評估資料，並參照附附表 1-2 的評分對照表予以評分。

(一) 參考劑量(RfD)→無觀察危害反應劑量(NOAEI)→最低觀察危害反應劑量(LOAEI)→最小中毒量(TD_{L0}- RTECS)

(二) 資料選擇上，實驗值優先於推估值；參考劑量部分的資料來源優先順序為：

1. 美國環保署(US EPA)的 RfD
2. 毒性物質及疾病登記署(ATSDR)的最低危害值(MRL，慢性優先於亞急性，優先於急性)

3. 風險評估信息系統資料庫(RAISHE)的 RfD
4. 加州的公共健康目標(Cal PHG)
5. 世界衛生組織(WHO)/歐盟(EU)/加拿大的每日容許攝取量(TDI)
6. 美國醫學研究院(IOM)的上限攝取量(UL)
7. 對於農藥來說，美國農藥主管部門(OPP)的 RfD 優先於國家環境毒物研究中心(IRIS)所規範之 RfD 值。

三、輸入量化後的分數，確認非致癌性的健康風險評估資料的參數單位為毫克/公斤/天(mg/kg/day)

四、如果可行的話可以採用致癌風險評估，評估的值採用飲用水中致癌風險濃度(mg/L)的 0.0001 倍，如果評估潛勢的參數是致癌斜率因子(slope factor)則依照以下公式進行轉換：

$$10^{-4} \text{Risk concentration} = \frac{0.00001 \times \frac{35\text{kg}}{\text{day} \times \text{L}}}{\text{Slope factor} \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg} \times \text{day}} \right)^{-1}}$$

五、若健康危害潛勢分數採用 NOAEL 而沒有 LOAEL 的數據時，量化的健康危害潛勢分數必須減一。

六、選擇非致癌性風險最高分者或是選擇致癌風險作為健康危害潛勢分數。

附表 1-1 污染物健康危害屬性資料表

污染物 Contaminant:		屬性評分 Attribute Scores				三種模式分類預測 3-model Categorical Prediction	HRL Ratio(s)
Substance Key:		健康危害 潛勢 Potency	健康危害嚴 重性 Severity	污染物出現普遍性 Prevalence	污染物出現 濃度 Magnitude		
Contaminant ID (CASRN):							
健康影響數據 HEALTH EFFECTS DATA							
項目	數值 Value	單位 Units	日期 Date	臨界效應 Critical Effect	備註 Note		
非癌症數據 Non-cancer data							
EPA OPP RfD							
EPA IRIS (ITER) RfD							
EPA HA RfD							
RAISHE RfD							
ATSDR (ITER), MRL							
JMPR, maximum ADI							
CEDIADI, ADI							
ITER, TDI							
Supplemental RfD-like value							
CTDJPN Highest Chronic NOEL							
Supplemental NOEL							
RTECS Lowest Oral Chronic LOAEL							
Supplemental LOAEL							
HSDB Lowest Oral LD50							
CTDJPN Lowest Oral LD50							
RTECS Lowest Oral LD50							
癌症數據 Cancer Data							
EPA Lifetime Cancer Risk, 10 ⁻⁴							
RAISHE Slope Factor							
OEHHHA Slope Factor (oral)							
EPA Carcinogen classification							
IARC Carcinogen Classification							
其他支持數據 Other Supporting Data							
Is contaminant on list of carcinogens?							
Is the contaminant on a list of reproductive toxins?							
EPAHA-DWEL							
Health Reference Level (HRL)							
Health Reference Level (HRL) cancer							

(翻譯修正自 Final Contaminant Candidate List 3 Chemicals: Classification of the PCCL to CCL, US EPA 2009)

附表 1-2 健康危害潛勢分數的換算表格

Score	RfD mg/kg-day	LOAEL/NOAEL mg/kg-day	10 ⁻⁴ Cancer Risk
10	0 - 0.000000316	0 - 0.000316	0 - 0.00000316
9	0.000000317 - 0.00000316	0.000317 - 0.00316	0.00000317 - 0.0000316
8	0.00000317 - 0.0000316	0.00317 - 0.0316	0.0000317 - 0.000316
7	0.0000317 - 0.000316	0.0317 - 0.316	0.000317 - 0.00316
6	0.000317 - 0.00316	0.317 - 3.16	0.00317 - 0.0316
5	0.00317 - 0.0316	3.17 - 31.6	0.0317 - 0.316
4	0.0317 - 0.316	31.7 - 316	0.317 - 3.16
3	0.317 - 3.16	317 - 3,160	3.17 - 31.6
2	3.17 - 31.6	3,170 - 31,600	31.7 - 316
1	31.7 - >31.7	31,700 - >31,700	317 - >317

(翻譯修正自 Final Contaminant Candidate List 3 Chemicals: Classification of the PCCL to CCL, US EPA 2009)

附錄 1.2 健康危害嚴重性

健康危害嚴重性是基於前項健康危害潛勢的數據資料(RfD 以及 LOAEL 等)來做評斷，根據對健康造成的主要影響給予 1 到 9 的量化分數，做健康危害嚴重性評估的前提是必需先完成健康危害潛勢的評估，再根據健康危害潛勢評估所使用的參考資料，找出該污染物對健康所造成的主要影響，並填寫在健康危害嚴重性評分的表格中（如附表 1-2 所示）。參照附表 1-4 對健康影響所描述的影響進行量化評分，如果該污染物有多種影響，則分別對應到健康危害嚴重性分數後，選擇分數最高者作為代表。

附表 1-3 健康危害嚴重性分數的填寫表格

Key	Study used to score Potency	Critical Effect(s) for Severity	Severity Score

(採自 Final Contaminant Candidate List 3 Chemicals: Classification of the PCCL to CCL, US EPA 2009)

附表 1-4 健康危害嚴重性量化評分表

健康危害嚴重性分數	分數定義	緊急影響概要	健康危害嚴重性分數	分數定義	緊急影響概要
1	沒有影響	沒監測影響	6	顯著、不可逆、非致命性條件失調	影響多樣器官
2	表面的影響	牙齒的氟中毒			肝臟的影響
3	相互影響	生長及體重影響			影響腎臟
		腸胃失調			影響感官及神經系統
		過敏			增殖
		生物化學轉變			影響心臟
		影響血液			其他影響
		影響膽鹼酯	7	影響發育或繁殖導致主要機能障礙	影響生殖器官
		荷爾蒙轉變			母體遺傳毒性
		細胞空泡化			影響繁殖力
		附加影響			抑制生長
					降低後代發育能力
4	細胞/生理轉變導致失調（風險因素或先驅影響）	影響血液	8	腫瘤或失調可能導致死亡	影響生長
		影響免疫力			癌症
		影響肝臟			
		影響膽鹼酯			
		其他方面的影響	9	死亡	增加死亡率
5	顯著功能轉變導致最小毒物量含義的可逆性及永久性改變	增加膽鹼能的影響			
		影響血液			
		結構上的影響			
		影響腎臟			
		影響肝臟			
		影響多樣器官			
		影響神經			
		影響視覺			
		其他影響			

(翻譯修正自 Final Contaminant Candidate List 3 Chemicals: Classification of the PCCL to CCL, US EPA 2009)

附錄 1.3 污染物出現普遍性及濃度

污染物的存在情形則是針對污染物出現普遍性(Prevalence)和污染物出現濃度(Magnitude)來做評判，污染物出現普遍性及濃度依附表 1-5 量化。

附表 1-5 污染物出現普遍性及濃度量化分數表

污染物出現普遍性		污染物出現濃度	
分數	公共用水系統清水 檢出率 (%)	分數	清水檢出樣品偵測值 中位數(μg/L)
1	≤0.10	1	<0.003
2	0.11-0.16	2	0.003-0.01
3	0.17-0.25	3	0.01-0.03
4	0.26-0.44	4	0.03-0.1
5	0.45-0.61	5	0.1-0.3
6	0.62-1.00	6	>0.3-1
7	1.01-1.30	7	>1-3
8	1.31-2.50	8	>3-10
9	2.51-10.00	9	>10-30
10	>10.00	10	>30

(翻譯修正自 Final Contaminant Candidate List 3 Chemicals: Classification of the PCCL to CCL, US EPA 2009)

附錄 1.4 綜合評估

依據蒐集清單物質篩選評分資料，套用美國環保署於 Final Contaminant Candidate List 3 Chemicals: Classification of the PCCL to CCL 中提出之簡單線性模式(Simple Linear Model)： $Y[i] = -1.671 + 0.241 \times \text{健康危害潛勢分數} + 0.217 \times \text{健康危害嚴重性分數} + 0.116 \times \text{污染物出現普遍性分數} + 0.170 \times \text{污染物出現濃度分數}$ ，針對蒐集清單中的物質給予是否納入觀察清單之分數，模式得分再依附表 1-6 評估是否應納入觀察清單。

附表 1-6 模式分數與納入觀察清單與否

模式得分	納入觀察清單與否
>3.5	應納入(L)
>2.5~3.5	考慮納入(L?)
>1.5~2.5	考慮不納入(NL?)
≤1.5	不納入(NL)

附錄二、期中及期末審查會議記錄與意見回覆

附錄 2.1 期中審查會議記錄

- 一、 時間：107 年 9 月 4 日（星期二）上午 10 時 0 分
- 二、 地點：本署（台北市中華路一段 83 號）4 樓第 4 會議室
- 三、 主席：黃副處長偉鳴
記錄：薛加湧
- 四、 出(列)席單位及人員：如會議簽名單
- 五、 主席致詞：（略）
- 六、 審查單位報告：（略）
- 七、 綜合討論（依發言順序）：
 - （一）駱委員尚廉
 1. 研究工作內容均為飲用水相當重要的彙整、篩選、抽驗及毒理資料更新作業，提供國內飲用水安全與健康非常重要的資訊。
 2. 由於新興污染物種類、項目眾多，是否有可能以其化學特性與生成原因，將之歸類彙整(或利用系統分析方法)，找出各類具指標性之污染物，以簡化監測程序，而非減少監測頻率。
 - （二）黃委員志彬
 1. 各國甲醛管制值落在 0.5~0.9mg/L 之間，僅有日本為 0.08mg/L 低一個數量級，非常特殊，建議查明訂定如此低的限值之原因。
 2. 表 2.3-9 飲用水中微囊藻毒-LR 行檢測結果中，僅針對大於 0.08mg/L 之樣品數比例作統計，為何是 0.08mg/L 這個數值並不清楚？請明述之。
 3. 表 3.1-4 優先評估物質在淨水場及環境水體流布之歷年監測結果中記載未檢出樣品數，建議採用檢出樣品數，以配合該行下之檢出值之表述。
 4. 新竹第二水廠檢出之乙醯胺酚，由於該水廠原水來源有二，分別為頭前溪及寶山水庫，建議回溯該天採樣時之原水來源，以利判斷。同樣的，鳳山水廠之原水亦有兩來源，一個是鳳山水庫，另一個是高屏溪，亦宜查明。
 5. 未列管之新興污染物抽驗，大部分項目並未檢出，針對少數有檢出之項目，尤其是高於或接近國際管制值，建議列出大致地點，並在下年度持續採樣檢測。
 - （三）康委員世芳(書面意見)
 1. 本計畫於採樣分析經費費用高，檢測數據相當重要，期末報告宜敘明 4.5 節採樣結果，並反映至計畫內容一:更新蒐集清單、觀察清單、候選清單。
 2. 3.1.2 節 PPCPs（醫療藥劑及個人醫護用品）於環境水體流佈情形(42-50 頁)收集國內外資料，及表 3.1-1 與 3.1-2 彙整美國與中國 PPCPs，建議表彙整國內水體 PPCPs 資料。

3. 計畫工作項目四:比較分析我國與各國飲用水管理相關法規制度並提出精進建議，期中報告內容陳述較少。由於飲用水管理相關法規制度面向相當廣，建議妥為篩選議題並於期末補述。
4. 期中報告宜補述第六章，敘明期中完成之工作成果與後續工作。建議本報告摘要中主要執行內容，宜有部分量化之成果。

(四) 臺北自來水事業處

1. P.40 微囊藻毒-LR 之監測，建議除考量國內本島之外島等地域性因素外，亦請考量季節性(通常夏秋季較易產生藻類滋生)、檢測方法及檢測結果的意義；水樣過濾後測得僅為溶解性細胞外毒，進行破藻前處理才可測得總藻毒(包括細胞內毒)。
2. P.41~48 敘述一些 PPCPs 於環境中之流布，而本計畫開始針對一些藥物(pharmaceuticals)進行原水及清水採樣評估，由於藥物種類繁多，較不易瞭解，建請本報告能蒐集相關文獻，對於飲用水中常見可能存在藥物之分類(如抗生素、鎮痛解熱劑等)及各類常見藥物作一敘述，以瞭解本報告所調查 6 種藥物所屬類別及未來研究可能進展方向。
3. P.51 表 3.1-4 優先評估物質在環境水體流布之歷年監測結果，單位為 $\mu\text{g/L}$ ？一般藥物檢測結果約達 ng/L ，是否又誤請確認。
4. P.80 表 4.5-2 初步抽驗有檢出之項目及其濃度範圍，檢出濃度一欄數據表示並不清楚，括弧及未括弧各代表？表下備註中 a、b 又代表？
5. 未列管新興污染物抽驗結果中檢出超過國際管制標準或 HRL(健康參考水準)者，建議提供自來水事業單位，以追蹤瞭解可能來源，及謀求改善之道。

(五) 台灣自來水公司

1. 鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯將列為候選清單，而目前公告方法僅水中半揮發性有機化合物檢測方法-氣相層析質譜儀法(NIEA W801)，該方法檢測過程複雜易產生干擾致效果不彰，且目前科技日新月異已有更精密儀器，建請能再研發公告更適合之檢測方法。
2. 原觀察清單中：
 - (1) 氯苯、苯乙烯、乙苯、1,1-二氯乙苯、壬基酚：建議可減少監測頻率，並自觀察清單中移除。
 - (2) 雙酚 A、鄰苯二甲酸二甲酯：建議可減少監測頻率。
 - (3) 微囊藻毒-LR 型：建議可減少本島監測頻率。
 - (4) 甲醛、鉍、鄰苯二甲酸二丁酯、1,2 二溴乙烷、鎂：持續監控。
 - (5) 碲、硼、N-亞硝二甲胺、N-乙硝二乙胺、全氟辛酸、全氟辛烷、磺酸、鎢：規劃檢測計畫。

上述監測計畫本公司原有配合部分將持續配合辦理，因檢測數據將與是否列為候選清單息息相關，尤其塑化劑部分更易受干擾，建請於檢測數據異常時，能有複採測機制。

(六) 本署環管處

1. 報告 2.3 節觀察清單物質本土淨水場監測數據分析部分，針對同一物種檢測結果，歷年偵測極限均不相同，建議於報告中備註說明原因為何，以利閱讀。另外，表 3.1-4 優先評估物質在淨水場及環境水體流布歷年監測結果，如磺胺甲噁唑、雙氯芬酸等項目偵測極限，與 3.4-3 第一次採樣檢測結果之偵測極限亦有差異，建議於報告中敘明原因為何，俾利比對分析。
2. 有關飲用水中污染物基本資料表(fact sheet)，在污染物對人體健康影響部分，宜考量污染物暴露途徑、暴露時間(短期、長期)等因素，建議 fact sheet 相關格式及內容，可先與本署確認後再行撰寫。
3. 請本計畫協助蒐集國際 Water Safety Plan (安全用水計畫)，並彙整分析其內容、意涵及執行步驟等，供本署參考。
4. 對於飲用水新興污染物，建議提供對應處理技術、效率及成本分析或其他因應方式(如源頭管理)，供本署參考。
5. 請於報告中補充本計畫預期進度與查核重點(甘特圖)，並說明各工作項目執行是否符合預期進度。
6. 請確認報告 19 頁 表 2.2-2 硼水質檢測數據是否正確。
7. 報告 60 頁 表 3.4-6 第一次採樣樣品添加分析，回收率為 59%~157%，建議於報告中補充說明回收率範圍原因為何。
8. 報告 79 頁有關硼檢測及管制敘述文字：「...將持續監測以了解“鄰苯二甲酸二丁酯”在國內飲用水之風險。」應為文字誤植，請修正。
9. 建議於報告中綜合整理從觀察清單項目到是否納入候選清單中，專家諮詢會議委員所提建議及篩選結果。建議於報告中補充說明第 3 場專諮會預計辦理的時間及主題，並於會議召開前先與本署承辦科確認。
10. 依照契約規定，本計畫需協助蒐集研析國際飲用水管理法規制度推動現況，提出精進我國政策之建議(分析重點包括水源管理、設備管理、淨水處理、水質管理、罰則、政府部門之分工等)，相關內容散落於各章節，建議於期末報告中針對本工作項目以專章部分進行說明，並提出具體政策建議。

八、 審查結論

- (一) 本計畫期中報告經審核符合計畫契約進度，原則通過，針對本次會議審查意見之參採及處理情形，請以列表方式於期末報告中回應說明。
- (二) 請計畫執行單位依契約書第 5 條規定，檢具第 2 期款領據送本署，俾憑辦理後續請款事宜。

九、 散會：上午 11 時 20 分

附錄 2.2 期中審查會議意見回覆

審查建議	回覆
(一) 駱尚廉 委員	
1. 研究工作內容均為飲用水相當重要的彙整、篩選、抽驗及毒理資料更新作業，提供國內飲用水安全與健康非常重要的資訊。	謝謝委員意見。
2. 由於新興污染物種類、項目眾多，是否有可能以其化學特性與生成原因，將之歸類彙整(或利用系統分析方法)，找出各類具指標性之污染物，以簡化監測程序，而非減少監測頻率。	謝謝委員意見。目前國際上尚未提出可代表新興污染物的指標性污染物，未來可朝此方向進行研究探討。
(二) 黃志彬 委員	
1. 各國甲醛管制值落在 0.5~0.9mg/L 之間，僅有日本為 0.08mg/L 低一個數量級，非常特殊，建議查明訂定如此低的限值之原因。	謝謝委員意見。日本與澳洲採用的讀李資料一致，均採用 15 mg/kg body weight/day 的 NOAEL，然日本考慮到通過蒸發吸入暴露途徑的致癌性，應用額外的不確定因子：10，故日本管制值較澳洲低了一個數量級。
2. 表 2.3-9 飲用水中微囊藻毒-LR 行檢測結果中，僅針對大於 0.08mg/L 之樣品數比例作統計，為何是 0.08mg/L 這個數值並不清楚？請明述之。	謝謝委員意見。0.08mg/L 為誤值，應為 0.0008 mg/L，已修正。國際上飲用水中微囊藻毒-LR 型的管制濃度（或指引值）介於 0.0008-0.0015 mg/L 不等，其中日本的指引值 0.0008 mg/L 最為嚴格，故與 0.0008 mg/L 進行比較。
3. 表 3.1-4 優先評估物質在淨水場及環境水體流布之歷年監測結果中記載未檢出樣品數，建議採用檢出樣品數，以配合該行下之檢出值之表述。	謝謝委員意見。以依委員建議修正(現為表 2.2-4)。
4. 新竹第二水廠檢出之乙醯胺酚，由於該水廠原水來源有二，分別為頭前溪及寶山水庫，建議回溯該天採樣時之原水來源，以利判斷。同樣的，鳳山水廠之原水亦有兩來源，一個是鳳山水庫，另一個是高屏溪，亦宜查明。	謝謝委員建議。第一次採樣期間，新竹第二水廠原水全部來自於頭前溪，鳳山水廠之原水則源自於高屏溪攔河堰。本年度三次採樣時各淨水場原水水源來源與調整，已於期末報告各淨水場水質參數章節中補充說明。
5. 未列管之新興污染物抽驗，大部分項目並未檢出，針對少數有檢出之項目，尤其是高於或接近國際管制值，建議列出大致地點，並在下年度持續採樣檢測。	謝謝委員建議。本計畫將較高測值之採樣點及採樣時間提供環保署做為後續施政參考。
(三) 康世芳 委員	

1. 本計畫於採樣分析經費費用高，檢測數據相當重要，期末報告宜敘明 4.5 節採樣結果，並反映至計畫內容一:更新蒐集清單、觀察清單、候選清單。	謝謝委員意見。抽驗結果及後續建議詳列於 3.5 節。
2. 3.1.2 節 PPCPs (醫療藥劑及個人醫護用品) 於環境水體流佈情形(42-50 頁)收集國內外資料，及表 3.1-1 與 3.1-2 彙整美國與中國 PPCPs，建議表彙整國內水體 PPCPs 資料。	感謝委員建議。國內水體之 PPCPs 檢測資料在各個 PPCP 之毒理資料庫陳述
3. 計畫工作項目四:比較分析我國與各國飲用水管理相關法規制度並提出精進建議，期中報告內容陳述較少。由於飲用水管理相關法規制度面向相當廣，建議妥為篩選議題並於期末補述。	謝謝委員意見。已依委員建議於第四章補充內容。
4. 期中報告宜補述第六章，敘明期中完成之工作成果與後續工作。建議本報告摘要中主要執行內容，宜有部分量化之成果。	謝謝委員意見。
(四) 臺北自來水事業處	
1. P.40 微囊藻毒-LR 之監測，建議除考量國內本島之外島等地域性因素外，亦請考量季節性(通常夏秋季較易產生藻類滋生)、檢測方法及檢測結果的意義；水樣過濾後測得僅為溶解性細胞外毒，進行破藻前處理才可測得總藻毒(包括細胞內毒)。	謝謝委員意見。
2. P.41~48 敘述一些 PPCPs 於環境中之流布，而本計畫開始針對一些藥物 (pharmaceuticals) 進行原水及清水採樣評估，由於藥物種類繁多，較不易瞭解，建請本報告能蒐集相關文獻，對於飲用水中常見可能存在藥物之分類(如抗生素、鎮痛解熱劑等)及各類常見藥物作一敘述，以瞭解本報告所調查 6 種藥物所屬類別及未來研究可能進展方向。	感謝委員建議，因 PPCPs 種類繁多，對於飲用水中常見之 PPCPs，環保署於 101 年相關計畫進行調查（飲用水中水源與水質中新興污染物對人體健康風險評估之研究計畫 3/4），本計畫繼續收集相關資料進行評估，且於毒理資料庫中補充 PPCPs 之環境背景資料及對人類健康影響之敘述，並持續更新資料。
3. P.51 表 3.1-4 優先評估物質在環境水體流布之歷年監測結果，單位為 $\mu\text{g/L}$ ？一般藥物檢測結果約達 ng/L ，是否有誤請確認。	謝謝委員意見。單位為誤植，已更正。
4. P.80 表 4.5-2 初步抽驗有檢出之項目及其濃度範圍，檢出濃度一欄數據表示並不清楚，括弧及未括弧各代表？表下備註中 a、b 又代表？	謝謝委員建議。期末報告已調整呈現方式（表 3.5-1）。

5. 未列管新興污染物抽驗結果中檢出超過國際管制標準或 HRL(健康參考水準)者，建議提供自來水事業單位，以追蹤瞭解可能來源，及謀求改善之道。	謝謝委員建議。
(五) 台灣自來水公司	
1. 鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯將列為候選清單，而目前公告方法僅水中半揮發性有機化合物檢測方法-氣相層析質譜儀法(NIEA W801)，該方法檢測過程複雜易產生干擾致效果不彰，且目前科技日新月異已有更精密儀器，建請能再研發公告更適合之檢測方法。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為後續施政參考。
2. 原觀察清單中： (1) 氯苯、苯乙烯、乙苯、1,1-二氯乙苯、壬基酚：建議可減少監測頻率，並自觀察清單中移除。 (2) 雙酚 A、鄰苯二甲酸二甲酯：建議可減少監測頻率。 (3) 微囊藻毒-LR 型：建議可減少本島監測頻率。 (4) 甲醛、鉍、鄰苯二甲酸二丁酯、1,2 二溴乙烷、鎂：持續監控。 (5) 碲、硼、N-亞硝二甲胺、N-乙硝二乙胺、全氟辛酸、全氟辛烷、磺酸、鎳：規劃檢測計畫。 上述監測計畫本公司原有配合部分將持續配合辦理，因檢測數據將與是否列為候選清單息息相關，尤其塑化劑部分更易受干擾，建請於檢測數據異常時，能有複採測機制。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為後續施政參考。
(六) 本署環管處	
1. 報告 2.3 節觀察清單物質本土淨水場監測數據分析部分，針對同一物種檢測結果，歷年偵測極限均不相同，建議於報告中備註說明原因為何，以利閱讀。另外，表 3.1-4 優先評估物質在淨水場及環境水體流布歷年監測結果，如磺胺甲噁唑、雙氯芬酸等項目偵測極限，與 3.4-3 第一次採樣檢測結果之偵測極限亦有差異，建議於報告中敘明原因為何，俾利比對分析。	謝謝委員意見。觀察清單物質本土淨水場監測數據乃彙整自不同之計畫，每個計畫的偵測極限不同(已於 2.7 節說明)。另表 3.1-4 (現表 2.2-4) 為過去之檢測結果，表 3.4-3 (現表 2.4-3) 為今年度本計畫之檢測分析結果，不同計畫偵測極限不同。且因本計畫彙整之資料或分析的物質均為未列管物質，並無管制標準可供做偵測極限參考值。
2. 有關飲用水中污染物基本資料表(fact sheet)，在污染物對人體健康影響部分，宜考量污染物暴露途徑、暴露時間(短	謝謝委員意見。

期、長期)等因素，建議 fact sheet 相關格式及內容，可先與本署確認後再行撰寫。	
3. 請本計畫協助蒐集國際 Water Safety Plan (安全用水計畫)，並彙整分析其內容、意涵及執行步驟等，供本署參考。	謝謝委員意見。已依委員建議補充於 4.2-1 節。
4. 對於飲用水新興污染物，建議提供對應處理技術、效率及成本分析或其他因應方式(如源頭管理)，供本署參考。	謝謝委員意見。已依委員建議補充於 2.4-6 節。
5. 請於報告中補充本計畫預期進度與查核重點(甘特圖)，並說明各工作項目執行是否符合預期進度。	謝謝委員意見。已依委員建議補充於 5.6 節。
6. 請確認報告 19 頁 表 2.2-2 硼水質檢測數據是否正確。	謝謝委員意見。已依委員建議修正(表 2.7-16)。
7. 報告 60 頁 表 3.4-6 第一次採樣樣品添加分析，回收率為 59%~157%，建議於報告中補充說明回收率範圍原因為何。	感謝委員指導。待測污染物之檢測方式以同位素定量法進行定量，因每個待測污染物不一定有其相對應之同位素，且因水中基質效應影響，固回收率偏差較一對一（每個污染物對應其同位素）大，已於報告中補充回收率相關說明。
8. 報告 79 頁有關硼檢測及管制敘述文字：「...將持續監測以了解“鄰苯二甲酸二丁酯”在國內飲用水之風險。」應為文字誤植，請修正。	謝謝委員意見。已依委員建議修正。
9. 建議於報告中綜合整理從觀察清單項目到是否納入候選清單中，專家諮詢會議委員所提建議及篩選結果。建議於報告中補充說明第 3 場專諮會預計辦理的時間及主題，並於會議召開前先與本署承辦科確認。	謝謝委員意見。本計畫彙整觀察清單物質歷年本土淨水場檢測數據，並提出後續監測建議於 2.8 節，現階段尚無觀察清單物質應納入候選清單。
10. 依照契約規定，本計畫需協助蒐集研析國際飲用水管理法規制度推動現況，提出精進我國政策之建議(分析重點包括水源管理、設備管理、淨水處理、水質管理、罰則、政府部門之分工等)，相關內容散落於各章節，建議於期末報告中針對本工作項目以專章部分進行說明，並提出具體政策建議。	謝謝委員意見。已依委員建議於第四章專章說明。

附錄 2.3 期末審查會議記錄

- 一、時間：107 年 12 月 11 日（星期二）下午 3 時 0 分
- 二、地點：本署（台北市中華路一段 83 號）4 樓第 7 會議室
- 三、主席：邱簡任技正國書 記錄：薛加湧
- 四、出(列)席單位及人員：如會議簽名單
- 五、主席致詞：（略）
- 六、審查單位報告：（略）
- 七、綜合討論（依發言順序）：

（一）駱委員尚廉

- 1. 報告列出或討論之化學物質甚多，建議在附錄列一中英文名稱對照表。
- 2. 本報告彙整的資料，甚具參考價值，但仍應考量國內水源水質特性及淨水程序與操作管理情況，才合適參考引用之。
- 3. 有關高分子凝聚劑之使用時機一節，今年自來水研討會有不少文章可供參考引用，並加以評析。
- 4. *Pseudomonas aeruginosa* 一般稱為「綠膿桿菌」，又稱「銅綠假單胞菌」因此前者應為正名。

（二）黃委員志彬

- 1. 各水廠每年 3 次採樣，其原水都會因季節性水資源狀況而來自不同之來源，例如新竹第二淨水場平常含有頭前溪供應之原水，但當缺水期間，含有寶山水庫供應原水，此三次原水檢測宜明確標示原水來源，以了解但評估污染物是來自表面河流或是水庫。
- 2. 第六章結論與建議，分成結論與建議兩小節，而結論內容也有建議事項，而建議事項中也有結論，故建議結論與建議不須分節論述。而部分並非結論及建議之項目，如原先結論一(一)、(三)、(五)、(六)、(七)，為工作完成之項目，並非結論及建議，宜刪除之。
- 3. 建議先進行全流程模場測試，確認 polymer 作為水處理用藥之可行性，可能工程過於浩大，蓋因國外不會因為要使用新的淨水藥劑而進行模場測試。而是可以提出 polymer 使用計畫經主管機關審核之後即可實施，此計畫須包括之要項由本計畫擬定

之。

4. 水安全計畫不宜由淨水場為單位執行之，因為水公司淨水場不是行政單位，水公司最基層組成為廠所，建議改由廠所為水安全計畫執行單位，區處為督導單位。

(三) 康委員世芳

1. 101 頁表 3.5-2 後續建議有 3 種方案，建議重新彙整為 2 個表，以利判讀，改測其他物質、持續監測。
2. 請註明世界衛生組織(WHO)「飲用水品質指引」第幾版及出版年份。
3. 有關高分子混凝劑之討論，「開放」、「放寬」之用語請斟酌修訂。
4. 建議明年度計畫完成「水安全計畫」之法制作業與推動期程及水質年報規範。
5. 結論一(三)，六項初步蒐集清單於我國淨水場濃度極低且暫無顯著健康風險，本計畫將此六項物質納入蒐集清單。請確認納入或移除。

(四) 林委員伯雄

1. 107 年飲用水新興污染物研究與水質管理計畫期末報告，計畫執行進度大致符合合約之要求。
2. 第 96 頁次表 3.4-1 微囊藻毒 LR 型(Microcystin-LR)之檢測未涵蓋簡易自來水系統，是否能考慮納入。
3. 第 101 頁表 3.5-2 後續建議中 1,2,3 三氯丙烷及 1,2-二溴-3-氯丙烷之方法偵測極限(MDL)皆偏高之原因是否與美國之檢測方法不同，請中環公司於報告中提出說明，並於未來建立何種檢測方法(NIEA.W785.56B)。
4. 同上，第 101 頁次，是否可於報告中將化學品中英文名稱列表方便對照瀏覽。
5. 同上，建議提出一致性之建議改測其他物質之統一標準，或持續監控之標準。
6. 表 3.1-2 第 87 頁次健康參考水準(HRL)加註計算參數 USEPA 之引用年份。
7. 壬基酚(Alkylphenol)、雙酚 A(Bisphenol-A)之雌激素干擾效應明

顯且運作用量大，建議考減少頻率，但對大型供水淨水場仍應持續監測。

8. 附錄七較高測值之採樣點是否有進行複採及複測，若有亦宜於報告中納入(339 頁次)。

(五) 本署環管處

1. 中英文摘要(簡要版)建議可再加強說明計畫執行成果。
2. 報告 19 頁~59 頁右上角章節標題似有誤植，請再重新確認修正。
3. 報告 52 頁有關詳細毒理資料詳見“附錄三”，應修正為附錄四。
4. 有關優先評估物質毒理資料庫及現行飲用水列管毒理資料庫更新資料格式前後不一致(如附錄 5.1 銀與附錄 5.7 鉍)；請參照 103 年推動飲用水列管項目之篩選作業計畫之毒理資料庫格式及架構，於各項國際管制標準與內文中標註資料引用來源或連結，俾利相關資料尋找確認，並提供完整電子檔。
5. 報告第六章結論與建議撰寫建議可對應本計畫目標，具體呈現計畫主要成果與未來執行方向。

八、 審查結論

- (三) 本計畫期末報告經審核符合計畫契約進度，原則通過，針對本次會議審查意見之參採及處理情形，請以列表方式於期末報告修正稿中回應說明，並依契約規定，於接獲審查意見後提送期末報告修正稿送本署確認。
- (四) 前揭修正稿確認通過後，始得依契約書第 5 條規定，檢具第 3 期款領據送本署辦理請款事宜。

九、 散會：下午 4 時 15 分

附錄 2.4 期末審查會議意見回覆

審查建議	回覆
(一) 駱委員 委員	
1. 報告列出或討論之化學物質甚多，建議在附錄列一中英文名稱對照表。	謝謝委員意見。已增列中英文名稱對照表於附錄七。
2. 本報告彙整的資料，甚具參考價值，但仍應考量國內水源水質特性及淨水程序與操作管理情況，才合適參考引用之。	謝謝委員意見。
3. 有關高分子凝聚劑之使用時機一節，今年自來水研討會有不少文章可供參考引用，並加以評析。	謝謝委員意見。
4. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> 一般稱為「綠膿桿菌」，又稱「銅綠假單胞菌」因此前者應為正名。	謝謝委員意見。已依委員建議修正 2.1.1 節。
(二) 黃志彬 委員	
1. 各水廠每年 3 次採樣，其原水都會因季節性水資源狀況而來自不同之來源，例如新竹第二淨水場平常含有頭前溪供應之原水，但當缺水期間，含有寶山水庫供應原水，此三次原水檢測宜明確標示原水來源，以了解但評估污染物是來自表面河流或是水庫。	謝謝委員意見。已於 2.4.1-2.4.3 節補充說明原水來源。
2. 第六章結論與建議，分成結論與建議兩小節，而結論內容也有建議事項，而建議事項中也有結論，故建議結論與建議不須分節論述。而部分並非結論及建議之項目，如原先結論一(一)、(三)、(五)、(六)、(七)，為工作完成之項目，並非結論及建議，宜刪除之。	謝謝委員意見。已委員建議修正第六章結論與建議。
3. 建議先進行全流程模場測試，確認 polymer 作為水處理用藥之可行性，可能工程過於浩大，蓋因國外不會因為要使用新的淨水藥劑而進行模場測試。而是可以提出 polymer 使用計畫經主管機關審核之後即可實施，此計畫須包括之要項由本計畫擬定之。	謝謝委員意見。已委員建議修正 5.5 節及結論與建議相關敘述。
4. 水安全計畫不宜由淨水場為單位執行之，因為水公司淨水場不是行政單位，水公司最基層組成為廠所，建議改由廠所為水安全計畫執行單位，區	謝謝委員意見。已委員建議修正 4.2.1 節。

處為督導單位。	
(三) 康世芳 委員	
1. 101 頁表 3.5-2 後續建議有 3 種方案，建議重新彙整為 2 個表，以利判讀，改測其他物質、持續監測。	謝謝委員意見。已依委員建議調整表 3.5-2 為兩個表（表 3.5-2 及表 3.5-3）。
2. 請註明世界衛生組職(WHO)「飲用水品質指引」第幾版及出版年份。	謝謝委員意見。本計畫參考之世界衛生組職(WHO)「飲用水品質指引」為 2017 出版的第四版（第一次修正）。已於表 1.2-2 及參考文獻註記。
3. 有關高分子混凝劑之討論，「開放」、「放寬」之用語請斟酌修訂。	謝謝委員意見。已依委員建議將「開放」、「放寬」等用語更改為「修正使用時機」。
4. 建議明年度計畫完成「水安全計畫」之法制作業與推動期程及水質年報規範。	謝謝委員意見。本計畫將建議提供環保署明年度推動水安全計畫試行工作，作為後續相關制度建立之參考做為後續施政參考
5. 結論一(三)，六項初步蒐集清單於我國淨水場濃度極低且暫無顯著健康風險，本計畫將此六項物質納入蒐集清單。請確認納入或移除。	謝謝委員意見。本計畫將建議環保署於明年度針對監測結果無顯著風險之物質，建立篩除評估機制。
(四) 林伯雄 委員	
1. 107 年飲用水新興污染物研究與水質管理計畫期末報告，計畫執行進度大致符合合約之要求。	謝謝委員肯定。
2. 第 96 頁次表 3.4-1 微囊藻毒 LR 型 (Microcystin-LR) 之檢測未涵蓋簡易自來水系統，是否能考慮納入。	謝謝委員意見。本計畫已納入建議，提供環保署做為後續施政參考。
3. 第 101 頁表 3.5-2 後續建議中 1,2,3 三氯丙烷及 1,2-二溴-3-氯丙烷之方法偵測極限(MDL)皆偏高之原因是否與美國之檢測方法不同，請中環公司於報告中提出說明，並於未來建立何種檢測方法(NIEAW785.56B)。	謝謝委員意見。針對 1,2-二溴-3-氯丙烷國際管制標準最低值為美國的 0.2 µg/L，美國分析方法 METHOD 524.3 與本計畫採用之分析方法 (NIEA W785.56B)大致上相同，均採用吹氣捕捉／氣相層析質譜儀分析，故應可透過調整實驗及儀器參數改善偵測極限。1,2,3 三氯丙烷目前國際上未有國家管制，僅美國提出健康參考水準(0.005 µg/L)，健康參考水準值僅考慮健康風險未考慮分析及處理可行性，若要達到此偵測極限可參考加州提出的分析方法液相萃取法(liquid-liquid extraction)

	／氣相層析質譜儀法，偵測極限可達 0.0008 µg/L。(California Department of Public Health (CDPH). 2002a. "Determination of 1,2,3-Trichloropropane in Drinking Water by Continuous Liquid-Liquid Extraction and Gas Chromatography/Mass Spectrometry.")
4. 同上，第 101 頁次，是否可於報告中將化學品中英文名稱列表方便對照瀏覽。	謝謝委員意見。本計畫已於表 3.5-2 及表 3.5-3 加註英文名稱及 CAS 編號請參照表 3.1-3。
5. 同上，建議提出一致性之建議改測其他物質之統一標準，或持續監控之標準。	謝謝委員意見。已於 3.5 節加註說明建議改測其他物質或持續監控之標準。
6. 表 3.1-2 第 87 頁次健康參考水準(HRL)加註計算參數 USEPA 之引用年份。	謝謝委員意見。已依委員建議於表 3.1-1 加註健康參考水準(HRL)計算參數之引用年份。
7. 壬基酚 (Alkylphenol)、雙酚 A(Bisphenol-A)之雌激素干擾效應明顯且運作用量大，建議考減少頻率，但對大型供水淨水場仍應持續監測。	謝謝委員意見。修正壬基酚及雙酚 A 之建議如表 3.5-2。
8. 較高測值之採樣點是否有進行複採及複測，若有亦宜於報告中納入。	謝謝委員意見。本計畫抽驗較高測值之採樣點未進行複採及複測，已納入建議供未來計畫執行參考。
(五) 環管處	
1. 中英文摘要(簡要版)建議可再加強說明計畫執行成果。	謝謝委員意見。已委員建議於英文摘要(簡要版) 加強說明計畫執行成果。
2. 報告 19 頁~59 頁右上角章節標題似有誤植，請再重新確認修正。	謝謝委員意見。已依委員建議修正。
3. 報告 52 頁有關詳細毒理資料詳見“附錄三”，應修正為附錄四。	謝謝委員意見。已依委員建議修正。
4. 有關優先評估物質毒理資料庫及現行飲用水列管毒理資料庫更新資料格式前後不一致(如附錄 5.1 銀與附錄 5.7 鉬)；請參照 103 年推動飲用水列管項目之篩選作業計畫之毒理資料庫格式及架構，於各項國際管制標準與內文中標註資料引用來源或連結，俾利相關資料尋找確認，並提供完整電子檔。	謝謝委員意見。已依委員建議修正。
5. 報告第六章結論與建議撰寫建議可對應本計畫目標，具體呈現計畫主要成	謝謝委員意見。已委員建議修正第六章結論與建議。

果與未來執行方向。	
-----------	--

附錄三、專家諮詢會議會議記錄與意見回覆

附錄 3.1 第一次專家諮詢會議會議記錄

一、會議時間：107 年 03 月 30 日（星期五）上午 10 時 00 至 12 時 00

二、會議地點：臺大公共衛生學院 6 樓（601R 室）

三、會議主席：黃良銘 教授（國立成功大學環境工程學系教授）

記錄：邱翌竹

四、出席人員：

康世芳	委員（淡江大學水資源及環境工程學系教授）
黃志彬	委員（國立交通大學環境工程研究所教授）
童心欣	委員（國立臺灣大學環境工程研究所教授）
林柏雄	委員（國立中興大學環境工程學系教授）
毛義方	委員（中山醫學大學職業安全衛生學系教授）
歐陽嶠暉	委員（國立中央大學環境工程研究所教授）
溫清光	委員（國立成功大學環境工程學系教授）
郭孟芸	科長（行政院環境保護署環管處）
廖儀如	薦任科員（行政院環境保護署環管處）
吳美慧	工程師（台灣自來水公司）
賴映方	主任（中環科技事業股份有限公司）
陳曼莉	副處長（台北自來水事業處）
王根樹	共同主持人（國立臺灣大學公共衛生學系教授）
吳怡儒	博士後研究員（國立成功大學環境工程學系）
謝淑婷	博士後研究員（國立臺灣大學公共衛生學系）
邱翌竹	助理（國立成功大學環境工程學系）

五、討論議題：

- （一）優先評估物質篩選、採樣淨水廠篩選
- （二）國際飲用水管理制度
- （三）蒐集清單物質優先補充本土調查資料之項目

六、學者專家意見：

（一）康世芳委員

1. 六座代表性淨水場之採樣，建議以本島六條流域各選一處，新店溪與高屏溪流域管理相異，可比較水質差異。金門離島水庫水質優養化程度高(CTSI 值高達 60 以上)，其水資源與水文條件甚異於本島，可不考慮；高屏溪擇一處高級處理場即可。
2. 飲用水水源或淨水場清水中之塑膠微粒，為近年國內外重視之新議題，適合做為今年度飲用水管理法規制度議題之一，收集國內外飲用水水源或飲用水水質中塑膠微粒資料，及其相關管理政策趨勢，可供我國飲用水管理塑膠微粒之參考依據。
3. 飲用水水質年報乃指環保署飲用水水質年報，而非自來水事業單位飲用水水質年報。建議從飲用水管理條例水質管理事項，從環保署掌握全國飲用水水質觀點，建構水質年報之內容，換言之，環保署想要掌握什麼資料與轉換為什麼資訊，再據以決定申報內容與方式。此外，先彙整環保署飲用水管理業務水質管理之內容現況。
4. 瓶裝水管理分工現況涉及衛福部與環保署，環保署管水源，衛福部管產品

(飲料)，建議維持分工現況加強水質中塑膠微粒資料之檢測收集即可，先不必投入太多時間於各國管理分工，乃因各國法令不同。

(二) 黃志彬委員

1. 6 項優先評估物質已做建議，看起來篩選是參考中國調查 PPCPs 在飲用水中之發生率數據。然而其中以 Indomethacin 為評估對象還不如選擇 Sulpiride，因為後者之發生率明顯較高。
2. 所提出八座淨水場作為篩選之對象，其中在新竹第一水場之採樣，宜注意當天原水是否為百分之百的頭前溪水，若不是，可以改在滿雅淨水場採樣。外島水庫原水是值得推薦的採樣對象，建議盡量執行，有必要可以多考慮連江縣。
3. 微型塑膠主要為纖維狀，其他為片段狀，不易被混凝沉澱去除，但大部分會在過濾池被去除。換句話說，這些被去除的微型塑膠，會經由反洗水回到前端，反覆的在淨水場中累積，對飲用水安全的危害增大，宜注意之。

(三) 童欣欣委員

1. 微型塑膠的風險評估目前多針對於顆粒數量及大小，但尚未有統一作法，顆粒進入食物鏈中主要風險仍不明。尤其是不同大小顆粒在生物體內的毒性風險可能不同，建議先以風險分類，檢測時才能獲得適合之顆粒大小資料。
2. 微型塑膠風險可能不僅是塑料或溶解於水中之 Phthalate，也可能是不同環境污染物吸附的熱區，因此風險來源可能回到微量污染物的分析，建議檢視目前分析方法是否包含或排除吸附之微量污染物。
3. 污染物基本資料表甚為重要，可提供較正確及即時之資料。
4. Caffeine 為自然物質也非常容易生物降解，發生率較不易辨識其來源或風險。

(四) 毛義方委員

1. 本土飲用水微型塑膠風險評估方向為
 - (1) 瞭解飲用水的塑膠可能污染來源
 - (2) 進行水中塑膠之化學成分分析
 - (3) 主要塑膠成分之健康影響或毒理彙集
 - (4) 參考國外先進國家對微粒塑膠之參考測定方法
 - (5) 原水、清水、末端出水之檢測，尤以清水優先
2. 107 年優先檢測之個人用藥之品項，宜說明選擇原則，再訂檢測項目，故建議採用過去的篩檢方法如毒性、用量、累積毒性。增加 Amoxicillin 之檢測(國內抗生素使用量最多)。
3. 塑膠微粒檢測與其成分檢測之結果對人體健康的危害風險評估

(五) 林柏雄委員

1. 飲用水 PPCPs 各國背景值，建議未來可以納入歐盟及日本之數據與台灣之檢測值可以比較參考。
2. 本年度預計之項目建議 NSAID 類別納入 Acetaminophen 及 Ibuprofen，上述為台灣常用之鎮痛解熱藥品。
3. 對於日常用品項目 caffeine，由於以美國 2008 年之數據顯示~100 ng/L，以美國之安全上限飲用水或飲料之限值為 200 mg/L 以下，相差 10^6 order，未來並不建議再納入 PPCPs 之項目檢測。
4. 飲用水 PPCPs 中抗生素檢測項目挑選原則為何？

5. 微型塑膠之檢測方法多為人工判定，目前自動判定流程仍未建立，另外若屬 $<1\text{ }\mu\text{m}$ 以下之奈米級微粒，目前亦無方法可以判定，並不建議著墨過多($1\text{ }\mu\text{m}$ - 5 mm)，目前證據多為水生生態系進入食物鏈，人體以食物(如魚類)攝取為主。微粒可能吸附毒性物質，飲用水之比例很低，另外塑化劑添加物亦有可能影響內分泌系統。
6. 淨水廠之選址(6 廠址)之選定應屬適當，無意見。
7. 動物用抗生素名單 **Salinomycin**、**Bambermycin** 是否台灣為大宗亦請一併考量，上述為美國合法添加於飼料之藥品(內臟會用在台灣為常態)。

(六) 歐陽嶠暉委員

1. 過去已經共篩檢 13 項目，對於其檢測技術及標準之建立、移轉目的單位接辦、以及目前是否已列入追蹤之狀況，宜加說明。
2. 本年度預訂之 6 項，宜針對其產源，進入水的路徑、人體之影響，各國限值/建議值，以及各國列管狀況，優先篩檢原因等，宜加分析說明。
3. 各種新興物質，一但介入水體恐無法處理，而宜朝來源管理，加以考量。
4. 六處場地之選擇考量，鳳山為工業用水，金門太湖將由大陸提供水源，皆較複雜，宜列入取舍考量。

(七) 溫清光委員

1. 六項優先評估物質及六座淨水廠之選擇
 - (1) 所選的六項物質篩選的原則為何？危害性較大或出現的頻率？根據 ppt.7. Carbazochrome、Sulfamethoxazole、Sulpiride 等在中國出現的頻率很高，反而沒有被列入。
 - (2) 六項物質有沒有雄性或雌性激素？若沒有，沒有被入選的原因？
 - (3) 六項淨水廠的篩選，建議與前期選的相同，如此可建立同一水廠較完整的 PPCPs 資料。
 - (4) 金門太湖廠可暫緩，因將從大陸接水在榮湖旁處理。
2. 微型塑膠的風險評估
本項評估非常好，除了自來水外，對瓶裝水和杯水的塑膠微粒的調查和如何減少含量也非常重要，因為很多人飲用瓶裝水。

(八) 吳美慧工程師

1. 本計畫提出之六座淨水廠建議修正為：新山、板新、新竹第二、豐原、坪頂、鳳山（以東港溪作為水源）。
2. 建議六項優先評估物質能以國內較常用的藥用物質為優先。
3. 瓶裝水之微型塑膠含量遠高於飲用水，為安民心建議能將微型塑膠的觀念建立於一般瓶裝水造成而非飲用水

(九) 陳曼莉副處長

1. 107 年預定檢測項目，建議將常用之動物用抗生素納入，例如 Flumequine 及 Sulfathiazole 等高毒素及養殖用藥。
2. 建議擇取 1-2 座淨水廠上游水源亦進行採樣調查(尤其是人為活動較頻繁，存在社區或安養院...者)，以瞭解可能來源。
3. 初步選定之 PPCPs 建議與國內常用藥品清單(例如透過健保局.....系統)進行比對，並將“常用”程度列入評估參數之一。
4. 藥物之偵測極限很低，檢測結果可能都在 ng/L 之譜，建議參考國內外研究之結果預先準備數據解讀之方式及說明資料。
5. 在微型塑膠方面，建議先進行人體健康風險評估，對快濾等淨水處理過程

之前檢討及檢測方法之建立等方面，建議能將知識與自來水從業員分享。現階段宜建立對民眾之說明稿。

6. fact sheet 之建立，確實很有意義，有助於正確知識上之傳達及政府與民眾之溝通。

7. 法規制度相關議題，相當合適，尤其是瓶裝水管理分工方面。

八、會議結論：

(一) 選定吲哚美辛(indomethacin)、雙氯芬酸(diclofenac)、磺胺甲噁唑(sulfamethoxazole)、克拉黴素(clarithromycin)、磺胺噻唑(sulfathiazole)及氟甲喹(flumequine) 等六項優先評估物質，及六座代表性淨水場，包含基隆新山淨水場、臺北直潭淨水場、新竹第二淨水場、台中豐原淨水場、高雄鳳山淨水場、金門太湖淨水場等。

附錄 3.2 第一次專家諮詢會議意見回覆

審查建議	回覆
(一) 康世芳 委員	
1. 六座代表性淨水場之採樣，建議以本島六條流域各選一處，新店溪與高屏溪流域管理相異，可比較水質差異。金門離島水庫水質優養化程度高(CTSI 值高達 60 以上)，其水資源與水文條件甚異於本島，可不考慮；高屏溪擇一處高級處理場即可。	謝謝委員意見。本計畫參考各位委員之建議選定六座代表性淨水場，包含基隆新山、臺北直潭、新竹第二、台中豐原、高雄鳳山、金門太湖。
2. 飲用水水源或淨水場清水中之塑膠微粒，為近年國內外重視之新議題，適合做為今年度飲用水管理法規制度議題之一，收集國內外飲用水水源或飲用水水質中塑膠微粒資料，及其相關管理政策趨勢，可供我國飲用水管理塑膠微粒之參考依據。	謝謝委員肯定。本計畫彙整飲用水中微型塑膠相關資訊於報告書 2.5 節。
3. 飲用水水質年報乃指環保署飲用水水質年報，而非自來水事業單位飲用水水質年報。建議從飲用水管理條例水質管理事項，從環保署掌握全國飲用水水質觀點，建構水質年報之內容，換言之，環保署想要掌握什麼資料與轉換為什麼資訊，再據以決定申報內容與方式。此外，先彙整環保署飲用水管理業務水質管理之內容現況。	謝謝委員建議，計畫執行團隊將參考委員意見辦理。
4. 瓶裝水管理分工現況涉及衛福部與環保署，環保署管水源，衛福部管產品(飲料)，建議維持分工現況加強水質中塑膠微粒資料之檢測收集即可，先不必投入太多時間於各國管理分工，乃因各國法令不同。	謝謝委員建議，計畫執行團隊將提供予環保署參考。
(二) 黃志彬 委員	
1. 6 項優先評估物質已做建議，看起來篩選是參考中國調查 PPCPs 在飲用水中之發生率數據。然而其中以 Indomethacin 為評估對象還不如選擇 Sulpiride，因為後者之發生率明顯較高。	謝謝委員意見。本計畫參考各位委員之建議選定六項優先評估物質，包含吲哚美辛(indomethacin)、雙氯芬酸(diclofenac)、磺胺甲噁唑(sulfamethoxazole)、克拉黴素(clarithromycin)與動物用藥品 2 項，如磺胺噻唑(sulfathiazole)及氟甲喹(flumequine)。

2. 所提出八座淨水場作為篩選之對象，其中在新竹第一水場之採樣，宜注意當天原水是否為百分之百的頭前溪水，若不是，可以改在滴雅淨水場採樣。外島水庫原水是值得推薦的採樣對象，建議盡量執行，有必要可以多考慮連江縣。	謝謝委員意見。本計畫參考各位委員之建議選定六座代表性淨水場，包含基隆新山、臺北直潭、新竹第二、台中豐原、高雄鳳山、金門太湖。
3. 微型塑膠主要為纖維狀，其他為片段狀，不易被混凝沉澱去除，但大部分會在過濾池被去除。換句話說，這些被去除的微型塑膠，會經由反洗水回到前端，反覆的在淨水場中累積，對飲用水安全的危害增大，宜注意之。	謝謝委員建議，計畫執行團隊將提供予自來水事業參考。
(三) 童心欣 委員	
1. 微型塑膠的風險評估目前多針對於顆粒數量及大小，但尚未有統一作法，顆粒進入食物鏈中主要風險仍不明。尤其是不同大小顆粒在生物體內的毒性風險可能不同，建議先以風險分類，檢測時才能獲得適合之顆粒大小資料。	謝謝委員建議。
2. 微型塑膠風險可能不僅是塑料或溶解於水中之 Phthalate ，也可能是不同環境污染物吸附的熱區，因此風險來源可能回到微量污染物的分析，建議檢視目前分析方法是否包含或排除吸附之微量污染物。	謝謝委員意見。現階段分析方法主要針對微型塑膠數量、其尺寸大小、塑膠類別等。
3. 污染物基本資料表甚為重要，可提供較正確及即時之資料。	謝謝委員肯定。
4. Caffeine 為自然物質也非常容易生物降解，發生率較不易辨識其來源或風險。	謝謝委員意見。本計畫參考各位委員之建議選定六項優先評估物質，包含吲哚美辛(indomethacin)、雙氯芬酸(diclofenac)、磺胺甲噁唑(sulfamethoxazole)、克拉黴素(clarithromycin)與動物用藥品2項，如磺胺噻唑(sulfathiazole)及氟甲喹(flumequine)。
(四) 毛義方 委員	
1. 本土飲用水微型塑膠風險評估方向為 (1) 瞭解飲用水的塑膠可能污染來源 (2) 進行水中塑膠之化學成分分析	謝謝委員意見。

(3) 主要塑膠成分之健康影響或毒理彙集 (4) 參考國外先進國家對微粒塑膠之參考測定方法 (5) 原水、清水、末端出水之檢測，尤以清水優先	
2. 107 年優先檢測之個人用藥之品項，宜說明選擇原則，再訂檢測項目，故建議採用過去的篩檢方法如毒性、用量、累積毒性。增加 Amoxicillin 之檢測(國內抗生素使用量最多)。	謝謝委員意見。本計畫參考各位委員之建議選定六項優先評估物質，包含吲哚美辛(indomethacin)、雙氯芬酸(diclofenac)、磺胺甲噁唑(sulfamethoxazole)、克拉黴素(clarithromycin)與動物用藥品 2 項，如磺胺噻唑(sulfathiazole)及氟甲喹(flumequine)。評估原則於 2.1.2 節說明。
3. 塑膠微粒檢測與其成分檢測之結果對人體健康的危害風險評估	謝謝委員意見。
(五) 林柏雄 委員	
1. 飲用水 PPCPs 各國背景值，建議未來可以納入歐盟及日本之數據與台灣之檢測值可以比較參考。	謝謝委員建議。計畫執行團隊將依委員建議蒐集資料。
2. 本年度預計之項目建議 NSAID 類別納入 Acetaminophen 及 Ibuprofen，上述為台灣常用之鎮痛解熱藥品。	謝謝委員建議。此二項物質環保署已於 2011 年針對我國淨水場進行調查評估。
3. 對於日常用品項目 caffeine，由於以美國 2008 年之數據顯示~100 ng/L，以美國之安全上限飲用水或飲料之限值為 200 mg/L 以下，相差 10⁶ order，未來並不建議再納入 PPCPs 之項目檢測。	謝謝委員意見。本計畫參考各位委員之建議選定六項優先評估物質，包含吲哚美辛(indomethacin)、雙氯芬酸(diclofenac)、磺胺甲噁唑(sulfamethoxazole)、克拉黴素(clarithromycin)與動物用藥品 2 項，如磺胺噻唑(sulfathiazole)及氟甲喹(flumequine)。
4. 飲用水 PPCPs 中抗生素檢測項目挑選原則為何？	謝謝委員意見。評估原則於 2.1.2 節說明。
5. 微型塑膠之檢測方法多為人工判定，目前自動判定流程仍未建立，另外若屬<1 um 以下之奈米級微粒，目前亦無方法可以判定，並不建議著墨過多(1 um-5 mm)，目前證據多為水生生態系進入食物鏈，人體以食物(如魚類)攝取為主。微粒可能吸附毒性物質，飲用水之比例很低，另外塑化劑添加物亦有可能影響內分泌系統。	謝謝委員意見。

6. 淨水廠之選址(6 廠址)之選定應屬適當，無意見。	謝謝委員肯定。
7. 動物用抗生素名單 Salinomycin、Bambermycin 是否台灣為大宗亦請一併考量，上述為美國合法添加於飼料之藥品(內臟會用在台灣為常態)。	謝謝委員意見。本計畫參考各位委員之建議選定六項優先評估物質，包含吲哚美辛(indomethacin)、雙氯芬酸(diclofenac)、磺胺甲噁唑(sulfamethoxazole)、克拉黴素(clarithromycin)與動物用藥品 2 項，如磺胺噻唑(sulfathiazole)及氟甲喹(flumequine)。
(六) 歐陽嶠暉 委員	
1. 過去已經共篩檢 13 項目，對於其檢測技術及標準之建立、移轉目的單位接辦、以及目前是否已列入追蹤之狀況，宜加說明。	謝謝委員意見。該 13 項篩檢計畫執行目標為調查台灣本土現況，後續並未建立標準，此外因檢測能量有限，並未持續有計畫支持追蹤監測。
2. 本年度預訂之 6 項，宜針對其產源，進入水的路徑、人體之影響，各國限值/建議值，以及各國列管狀況，優先篩檢原因等，宜加分析說明。	謝謝委員建議。計畫執行團隊後續將依委員建議彙整資料說明。
3. 各種新興物質，一但介入水體恐無法處理，而宜朝來源管理，加以考量。	謝謝委員建議。計畫執行團隊將提供予環保署參考。
4. 六處場地之選擇考量，鳳山為工業用水，金門太湖將由大陸提供水源，皆較複雜，宜列入取舍考量。	謝謝委員意見。本計畫參考各位委員之建議選定六座代表性淨水場，包含基隆新山、臺北直潭、新竹第二、台中豐原、高雄鳳山、金門太湖。其中鳳山淨水場，包含民生用水及工業用水，本計畫會針對民生用水部分採樣。
(七) 溫清光 處長	
1. 六項優先評估物質及六座淨水廠之選擇 (1) 所選的六項物質篩選的原則為何？危害性較大或出現的頻率？根據 ppt.7.Carbazchrome、Sulfamethoxazole、Sulpiride 等在中國出現的頻率很高，反而沒有被列入。 (2) 六項物質有沒有雄性或雌性激素？若沒有，沒有被入選的原因？ (3) 六項淨水廠的篩選，建議與前期選的相同，如此可建立同一水廠較完整的 PPCPs 資料。 (4) 金門太湖廠可暫緩，因將從大陸接水在榮湖旁處理。	謝謝委員意見。本計畫參考各位委員之建議選定六項優先評估物質，包含吲哚美辛(indomethacin)、雙氯芬酸(diclofenac)、磺胺甲噁唑(sulfamethoxazole)、克拉黴素(clarithromycin)與動物用藥品 2 項，如磺胺噻唑(sulfathiazole)及氟甲喹(flumequine)。六座代表性淨水場，則包含基隆新山、臺北直潭、新竹第二、台中豐原、高雄鳳山、金門太湖。

2. 微型塑膠的風險評估項評估非常好，除了自來水外，對瓶裝水和杯水的塑膠微粒的調查和如何減少含量也非常重要，因為很多人飲用瓶裝水。	謝謝委員建議。計畫執行團隊將提供予環保署及衛服部參考。
(八) 陳曼莉 副處長	
1. 107 年預定檢測項目，建議將常用之動物用抗生素納入，例如 Flumequine 及 Sulfathiazole 等高毒素及養殖用藥。	謝謝委員建議。本計畫參考各位委員之建議選定六項優先評估物質，包含吲哚美辛(indomethacin)、雙氯芬酸(diclofenac)、磺胺甲噁唑(sulfamethoxazole)、克拉黴素(clarithromycin)與動物用藥品 2 項，如磺胺噻唑(sulfathiazole)及氟甲喹(flumequine)。
2. 建議擇取 1-2 座淨水廠上游水源亦進行採樣調查(尤其是人為活動較頻繁，存在社區或安養院...者)，以瞭解可能來源。	謝謝委員建議，計畫執行團隊將評估經費後評估可行性。
3. 初步選定之 PPCPs 建議與國內常用藥品清單(例如透過健保局.....系統)進行比對，並將“常用”程度列入評估參數之一。	謝謝委員建議。
(九) 吳美慧 工程師	
1. 本計畫提出之六座淨水廠建議修正為：新山、板新、新竹第二、豐原、坪頂、鳳山（以東港溪作為水源）。	謝謝委員意見。本計畫參考各位委員之建議選定六座代表性淨水場，包含基隆新山、臺北直潭、新竹第二、台中豐原、高雄鳳山、金門太湖。
2. 建議六項優先評估物質能以國內較常用的藥用物質為優先。	謝謝委員建議。本計畫參考各位委員之建議選定六項優先評估物質，包含吲哚美辛(indomethacin)、雙氯芬酸(diclofenac)、磺胺甲噁唑(sulfamethoxazole)、克拉黴素(clarithromycin)與動物用藥品 2 項，如磺胺噻唑(sulfathiazole)及氟甲喹(flumequine)。
3. 瓶裝水之微型塑膠含量遠高於飲用水，為安民心建議能將微型塑膠的觀念建立於一般瓶裝水造成而非飲用水	謝謝委員意見。

附錄 3.3 第二次專家諮詢會議會議記錄

一、會議時間：107 年 7 月 23 日（星期一）上午 10 時 00 至 12 時 00

二、會議地點：臺大公共衛生學院 6 樓（601R 室）

三、會議主席：黃良銘 教授（國立成功大學環境工程學系教授）

記錄：邱翌竹

四、出席人員：

康世芳 委員（淡江大學水資源及環境工程學系教授）

李奇旺 委員（淡江大學水資源及環境工程學系教授）

黃志彬 委員（國立交通大學環境工程研究所教授）

林柏雄 委員（國立中興大學環境工程學系教授）

溫清光 委員（國立成功大學環境工程學系教授）

吳美慧 工程師（台灣自來水公司）

薛志宏 科長（臺北自來水公司）

吳怡儒 博士後研究員（國立成功大學環境工程學系）

謝淑婷 博士後研究員（國立臺灣大學公共衛生學系）

邱翌竹 助理（國立成功大學環境工程學系）

五、討論議題：

（一）六項優先評估物質第一次採樣分析結果討論

（二）觀察清單物質是否納入候選清單

（三）飲用水中污染物基本資料表(fact sheet)應包含資訊與內容

六、學者專家意見：

（一）康世芳委員

1. 雙酚 A 於 106 年有 839 筆資料，僅 1 筆資料測值偏高 0.001mg/L，低於國際指引 0.01mg/L。102-105 年度另累計 1,030 筆資料，皆低於 0.01mg/L，建議可改列減少監測頻率。
2. 微囊藻毒-LR 型於 101-106 年度已累積 380 筆資料，皆無超過國際指引值，且國內本島(離島除外)優養化水庫葉綠素 a 濃度不高，建議改列減少監測頻率。
3. 鄰苯二甲酸二丁酯 102-106 年累計 2,096 筆資料，計 9 筆資料(0.429%)超過國際指引值 0.01mg/L，建議維持於觀察清單。
4. 減少監測頻率、排出觀察清單及列入候選清單之依據，宜訂判斷方式。
5. 各項飲用水水質標準項目之摘要資料可以美國 EPA 之 fact sheets 格式內容建置，並公開於環保署網站。日本厚生勞動省水道水質標準項目摘要資料亦大部分仿美國 EPA。

（二）溫清光委員

1. 因為所研究之污染物為微量污染物，建議濃度單位用 $\mu\text{g/L}$ 或 ng/L 。
2. 鄰苯二甲酸二丁酯因檢測值大於日本指引的 0.01 mg/L 的頻率較高，外島尤其金門的湖水因藻類濃度較高，微囊藻毒可能會比較高，這兩種污染物的建議不減少檢測頻率外，其他可減少，以節省檢測的資源，或將這些資源用在飲用水源的生活污水和畜物廢水的檢測。
3. 所列的 7 種 PPCPs 的主要來源都屬於人的用藥或動物用藥，所以來源應是生活污水和畜物廢水，台灣的水源大部分在河川的中上游，受生活污水和畜物廢水污染的機會比較少。

(三) 黃志彬委員

1. 美國 EPA 在統計水環境中微量有機污染物之數據，常以中數(media)、及最大值(maximum)來描述檢測值之範圍，建議在本研究中之檢測最小值及最大值可以加列中數。
2. 加氯消毒可去除 sulfamethoxazole (磺胺甲噁唑) 98%，建議改以「加氯可有效轉換(transformation)磺胺甲噁唑，轉換率可達 98%。」
3. 建議可收集本土尿液所含 PPCP 之相關數據，可作為採納監測或成為觀察清單之參考。

(四) 李奇旺委員

1. 篩選作業流程的標準可否更量化。
2. 新竹第二及豐原的原水水源，偵測到 PPCPs 的原因，水源的特性？污染來源？
3. 觀察清單到候選清單的評估原則？檢測樣品數及採樣的原則：隨時間的關係
4. 各種污染物分析的方法是否皆獨立不同？
5. 監測計畫的制定原則。
6. Fact-Sheet：飲用水中的抽驗結果，可否加入 Link 到原始可查的 Database。

(五) 林柏雄委員

1. 部分觀察清單飲用水檢測結果，歷年檢測為未檢出或小於國際管制最低限值，例如：王基酚，建議除減少監測頻率外，是否亦可檢討採樣位點。
2. 除 DBP 外其他常見之 phthalates(共七項)，是否已有監測數據？是否符合國際規範？
3. 建議 PPCPs 之台灣使用之現況包含藥品項目及使用量之現況，以便於未來規劃監測項目，例如消炎鎮痛藥物 Acetaminophen 與 Ibuprofen 為例，上述二者之使用量為何？
4. 同上，篩選原則與流程建議納入下次會議中予以討論。
5. Fact-Sheet 之內容呈現，大致完整。
6. 氯苯、苯乙烯、乙苯、1,1-二氯乙烷建議減少監測頻率，雙酚 A 建議予以保留，另外增加 microcystin 銨，以及 phthalates 之監測(例如 DEHP)

(六) 吳美慧 工程師

1. 107 年篩檢之環境賀爾蒙及個人用藥/保健藥品
吡啶美辛、雙氯芬酸、磺胺甲噁唑、克拉黴素、磺胺噻唑、氟甲喹、乙醯胺酚
採樣淨水場為：新山、新竹第二、豐原、鳳山、直潭、金門太湖
採樣時機：4、7、9 月。
此次採樣時間 4 月份逢枯水期，7 月份逢雨季，數據應能呈現較大的變化，而第一次採樣結果僅鳳山原水磺胺甲噁唑測值 60.60 ng/L、新竹第二原水乙醯胺酚測值 9.20 ng/L，而清水測值全為 ND，呈現淨水處理程序應可去除上述 6 項物質。
2. 氯苯、苯乙烯、乙苯、1,1-二氯乙烷、王基酚：監測資料充足且顯示無顯著風險，建議可減少監測頻率。
3. 鄰苯二甲酸二甲酯、雙酚 A、微囊藻毒 LR：等項維持持續監測，本公司無意見。
4. 全氟辛烷磺酸、全氟辛烷酸、鎘、碲、硼、N-亞硝二甲胺、N-亞硝二乙胺、

鉈、甲醛：規劃監測計畫，本公司配合辦理。

5. 鄰苯二甲酸二丁酯近三年均有檢測值高於國際最低管制值(日本指引值： 0.01 mg/L)，於淨水處理程序如何去除建請各位專家學者提供最佳處理方式。
6. 1,2-二溴乙烷 MDL 高於國際最低管制值，目前本公司之檢測方法係以 SCAN 方式，日後獎乙 SIM 方式測試以降低 MDL。
7. 全流程採測可否增加新竹第二及鳳山場？

(七) 薛志宏 科長

1. 本次有 2 處原水檢出 Sulfamethoxazole(磺胺甲噁唑)及 Acetaminophen(乙醯胺酚)，前者人體用抗生素，為美國飲水中最常出現的 11 種化合物之 1，後者為一般常用鎮痛解熱劑普拿疼成份，於原水檢出可見有人為活動社區污水排放；另此次於 4/19~4/29 採樣，為降雨量少的枯水期，檢出者有被濃縮效果，未檢出者，則顯示水質純淨未具該項污染。
2. 新竹第二及鳳山原水檢出乙醯胺酚及磺胺甲噁唑，經傳統及高級淨水程序處理後清水為 ND 為合理現象，按 AWWARF 2007 年的研究，傳統淨水程序中混凝與化合物之親疏水性有關，疏水性越強，越易處理；親水性越強，越不易處理，該 2 藥物的 $\log K_{ow}$ 很小，分別為 0.89 及 0.46，親水性很強，混凝去除率很低(<20%)。但因具備苯環連胺基(NH_2)或酚($-\text{OH}$)，加氯氧化容易去除，去除率可達 96~97%，且鳳山之臭氧處理程序亦易將磺胺甲噁唑氧化去除，去除率同樣可達 95~97%。此次清水檢測不出之結果應為加氯氧化或臭氧氧化之結果。
3. Fact Sheet 或從民眾想要瞭解的角度，建議增加(1)從台灣的自來水中每個人每日可攝取到多少 OOO 的量，國際標準為何？是否安全？(2)環保署或自來水事業單位，如何對自來水中 OOO 這項物質的含量把關？另微生物部分，建議增加(1)指標為何？(2)指標能反應什麼意義？

七、會議結論：

- (一) 氯苯、苯乙烯、乙苯、1,1-二氯乙烷等項目可減少監測頻率。
- (二) 針對觀察清單物質監測頻率的調整及是否納入候選清單，應建立一套評估標準。
- (五) 飲用水中污染物基本資料表之內容呈現，大致完整。

附錄 3.4 第二次專家諮詢會議意見回覆

審查建議	回覆
(一) 康世芳 委員	
1. 雙酚 A 於 106 年有 839 筆資料，僅 1 筆資料測值偏高 0.001mg/L，低於國際指引 0.01mg/L。102-105 年度另累計 1,030 筆資料，皆低於 0.01mg/L，建議可改列減少監測頻率。	感謝委員建議，已經委員建議納入 2.8 節。
2. 微囊藻毒-LR 型於 101-106 年度已累積 380 筆資料，皆無超過國際指引值，且國內本島(離島除外)優養化水庫葉綠素 a 濃度不高，建議改列減少監測頻率。	感謝委員建議，已經委員建議納入 2.8 節。
3. 鄰苯二甲酸二丁酯 102-106 年累計 2,096 筆資料，計 9 筆資料(0.429%)超過國際指引值 0.01mg/L，建議維持於觀察清單。	感謝委員建議，已經委員建議納入 2.8 節。
4. 減少監測頻率、排出觀察清單及列入候選清單之依據，宜訂判斷方式。	感謝委員建議，將依委員辦理，並於專家會議中提出討論。
5. 各項飲用水水質標準項目之摘要資料可以美國 EPA 之 fact sheets 格式內容建置，並公開於環保署網站。日本厚生勞動省水道水質標準項目摘要資料亦大部分仿美國 EPA。	感謝委員建議。
(二) 溫清光 委員	
1. 因為所研究之污染物為微量污染物，建議濃度單位用 $\mu\text{g/L}$ 或 ng/L 。	感謝委員建議。已依委員建議調整單位。
2. 鄰苯二甲酸二丁酯因檢測值大於日本指引的 0.01 mg/L 的頻率較高，外島尤其金門的湖水因藻類濃度較高，微囊藻毒可能會比較高，這兩種污染物的建議不減少檢測頻率外，其他可減少，以節省檢測的資源，或將這些資源用在飲用水源的生活污水和畜物廢水的檢測。	感謝委員建議，已經委員建議納入 2.8 節。
3. 所列的 7 種 PPCPs 的主要來源都屬於人的用藥或動物用藥，所以來源應是生活污水和畜物廢水，台灣的水源大部分在河川的中上游，受生	感謝委員意見。

活污水和畜物廢水污染的機會比較少。	
(三) 黃志彬 委員	
1. 美國 EPA 在統計水環境中微量有機汙染物之數據，常以中數(media)、及最大值(maximum)來描述檢測值之範圍，建議在本研究中之檢測最小值及最大值可以加列中數。	感謝委員建議。後續將依委員建議彙整水質資料。
2. 加氯消毒可去除 sulfamethoxazole (磺胺甲噁唑)98%，建議改以「加氯可有效轉換(transformation)磺胺甲噁唑，轉換率可達 98%。」。	感謝委員指導。如委員所示，加氯消毒以氧化方式轉換原污染物，不一定是完全去除，而可能產生其他物質或消毒副產物，關於此點已修改投影片敘述及報告中待測污染物處理章節加以說明。
3. 建議可收集本土尿液所含 PPCP 之相關數據，可作為採納監測或成為觀察清單之參考。	感謝委員提議，本團隊嘗試蒐集本土發表之文獻資料，比較是否有 PPCP 人體相關數據，或可作為本土背景瞭解及監測清單之參考。
(四) 李奇旺 委員	
1. 篩選作業流程的標準可否更量化。	感謝委員建議，將依委員辦理，並於專家會議中提出討論。
2. 新竹第二及豐原的原水水源，偵測到 PPCPs 的原因，水源的特性？汙染來源？	第一次採樣於新竹淨水場及鳳山淨水場之原水有檢出待測污染物（新竹原水檢出乙醯胺酚，鳳山原水檢出磺胺甲噁唑），新竹原水源自於頭前溪及寶山水庫，鳳山原水取自高屏溪，頭前溪上游有小型工業及垃圾掩埋場，高屏溪則有畜牧酪農業，可能為其汙染來源。
3. 觀察清單到候選清單的評估原則？檢測樣品數及採樣的原則：隨時間的關係。	觀察清單物質納入候選清單，主要依據本土水質資料，當檢出濃度有影響健康之疑慮時建議納入候選清單，同時評估是否有經濟可行的分析方法及淨水處理程序。
4. 各種汙染物分析的方法是否皆獨立不同？	觀察清單物質歷年水質，各汙染物分析方法依執行計畫而有所不同。
5. 監測計畫的制定原則。	監測計畫建議於一年內針對至少 25 座具代表性淨水場進行四季採樣分析。
6. Fact-Sheet：飲用水中的抽驗結果，可否加入 Link 到原始可查的 Database。	感謝委員建議，將依委員辦理。

(五) 林伯雄 委員	
1. 部分觀察清單飲用水檢測結果，歷年檢測為未檢出或小於國際管制最低限值，例如：壬基酚，建議除減少監測頻率外，是否亦可檢討採樣位點。	感謝委員建議，後續將分析採樣點位之分佈。
2. 除 DBP 外其他常見之 phthalates(共七項)，是否已有監測數據？是否符合國際規範？	感謝委員意見，其他常見之 phthalates 歷年亦有監測，檢測值均低於國際管制最低值。
3. 建議 PPCPs 之台灣使用之現況包含藥品項目及使用量之現況，以便於未來規劃監測項目，例如消炎鎮痛藥物 Acetaminophen 與 Ibuprofen 為例，上述二者之使用量為何？	藥品項目及使用量資料來自於衛生福利部公立醫療院所藥品使用量一覽表，根據 105 年度公立醫療院所藥品使用量統計可知，acetaminophen 為 13,061.73 公斤，ibuprofen 為 8.38 公斤，參酌衛生福利部之公立醫療院所藥品使用量（104 年、105 年公立醫療院所藥品使用量）及行政院農業委員會之動物用藥資訊等列出 22 項 PPCPs 污染物表列於章節 2.2。
4. 同上，篩選原則與流程建議納入下次會議中予以討論。	感謝委員建議，將依委員辦理。
5. Fact-Sheet 之內容呈現，大致完整。	感謝委員肯定。
6. 氯苯、苯乙烯、乙苯、1,1-二氯乙烷建議減少監測頻率，雙酚 A 建議予以保留，另外增加 microcystin 鉍，以及 phthalates 之監測（例如 DEHP）。	感謝委員建議。
(六) 台灣自來水股份有限公司	
1. 107 年篩檢之環境賀爾蒙及個人用藥/保健藥品。吡啶美辛、雙氯芬酸、磺胺甲噁唑、克拉黴素、磺胺噻唑、氟甲喹、乙醯胺酚。採樣淨水場為：新山、新竹第二、豐原、鳳山、直潭、金門太湖。採樣時機：4、7、9 月。此次採樣時間 4 月份逢枯水期，7 月份逢雨季，數據應能呈現較大的變化，而第一次採樣結果僅鳳山原水磺胺甲噁唑測值 60.60 ng/L、新竹第二原水乙醯胺酚測值 9.20 ng/L，而清水測值全為 ND，呈現淨水處理程序應可去除上述 6 項物質。	感謝委員意見。

2. 氯苯、苯乙烯、乙苯、1,1-二氯乙烷、壬基酚：監測資料充足且顯示無顯著風險，建議可減少監測頻率。	感謝委員建議，已經委員建議納入 2.8 節。
3. 鄰苯二甲酸二甲酯、雙酚 A、微囊藻毒 LR：等項維持持續監測，本公司無意見。	感謝委員意見。
4. 全氟辛烷磺酸、全氟辛烷酸、鎘、碲、硼、N-亞硝二甲胺、N-亞硝二乙胺、鉍、甲醛：規劃監測計畫，本公司配合辦理。	感謝委員意見。
5. 鄰苯二甲酸二丁酯近三年均有檢測值高於國際最低管制值(日本指引值：0.01 mg/L)，於淨水處理程序如何去除建請各位專家學者提供最佳處理方式。	感謝委員意見，後續將彙整可行淨水處理方法。
6. 1,2-二溴乙烷 MDL 高於國際最低管制值，目前本公司之檢測方法係以 SCAN 方式，日後獎乙 SIM 方式測試以降低 MDL。	感謝委員意見。
7. 全流程採測可否增加新竹第二及鳳山場？	感謝委員意見，本計畫將視第二次採樣分析結果評估是否調整全流程採樣之淨水場。
(七) 臺北自來水事業處	
1. 本次有 2 處原水檢出 Sulfamethoxazole(磺胺甲噁唑)及 Acetaminophen(乙醯胺酚)，前者人體用抗生素，為美國飲水中最常出現的 11 種化合物之 1，後者為一般常用鎮痛解熱劑普拿疼成份，於原水檢出可見有人為活動社區污水排放；另此次於 4/19~4/29 採樣，為降雨量少的枯水期，檢出者有被濃縮效果，未檢出者，則顯示水質純淨未具該項污染。	感謝委員意見。
2. 新竹第二及鳳山原水檢出乙醯胺酚及磺胺甲噁唑，經傳統及高級淨水程序處理後清水為 ND 為合理現象，按 AWWARF 2007 年的研究，傳統淨水程序中混凝與化合物之親疏水性有關，疏水性越強，越易處理；親水性越強，越不易處理，該 2 藥物的 logKow 很小，分別為 0.89 及 0.46，親水性很強，混凝去除率很低(<20%)。但因具備苯環連	感謝委員意見。

胺基(NH₂)或酚(-OH) ，加氯氧化容易去除，去除率可達 96~97%，且鳳山之臭氧處理程序亦易將磺胺甲噁唑氧化去除，去除率同樣可達 95~97%。此次清水檢測不出之結果應為加氯氧化或臭氧氧化之結果。	
3. Fact Sheet 或從民眾想要瞭解的角度，建議增加(1)從台灣的自來水中每個人每日可攝取到多少 000 的量，國際標準為何？是否安全？(2)環保署或自來水事業單位，如何對自來水中 000 這項物質的含量把關？另微生物部分，建議增加(1)指標為何？ (2)指標能反應什麼意義？	感謝委員意見。

附錄 3.5 第三次專家諮詢會議會議記錄

一、會議時間：107 年 10 月 2 日 (星期二) 下午 3 時 00 至 5 時 00

二、會議地點：台大公共衛生學院 7 樓 (701 室)

三、會議主席：黃良銘 教授 (國立成功大學環境工程學系教授)

紀錄：邱翌竹

四、出席委員：

康世芳 委員 (淡江大學水資源及環境工程學系教授)

林伯雄 委員 (國立中興大學環境工程研究所)

毛義方 委員 (中山醫學大學職業安全衛生學系教授)

童心欣 委員 (國立臺灣大學環境工程研究所)

歐陽嶠暉 委員 (國立中央大學環境工程研究所)

列席人員：

郭孟芸 科長 (行政院環境保護署環管處)

薛加湧 科員 (行政院環境保護署環管處)

陳曼莉 副處長 (台北自來水事業處)

洪世政 處長 (台灣自來水公司)

楊喜男 組長 (行政院環境保護署環檢所)

黃良銘 主持人 (國立成功大學環境工程學系教授)

陳婉如 共同主持人 (國立成功大學環境工程學系助理教授)

王根樹 共同主持人 (國立臺灣大學公共衛生學系教授)

謝淑婷 博士後研究員 (國立臺灣大學公共衛生學系)

吳怡儒 博士後研究員 (國立成功大學環境工程學系)

張曉玲 資訊工程師

五、討論議題：

1. 「消費者信心報告(水質年報)」
2. 「飲用水水質資料庫」
3. 「微型塑膠檢測結果與後續管理作法」

六、專家學者意見：

(一) 童心欣 委員

1. 水質年報可依事業處及水公司之年報格式及公告項目，建議於網站公告(定期)，綜合數據分析及各項目之標準及檢驗意義。
2. 飲用水資料庫之收集結果來源應有固定標準增加可信度。另外建議增加水廠、水處理資訊及分析方法欄位，可於未來需要時增加。
3. 微型塑膠檢測資料因至今尚未有毒理資訊，因此影響仍不明，但未來仍有機會發現微型塑膠對人體不同的影響，建議仍進行較低頻率之檢測及不同檢測方式開發，做為背景資料。另建議不單以原水清水檢測，應另針對使用端、配水系統等，累積「真實」曝露量資料。

(二) 康世芳 委員

1. 目前國內兩大自來水事業單位已揭露水質年報，水質年報內容架構，揭露方式與程度不一，建議環保署依飲用水管理條例邀請自來水事業單位，研議統一的水質年報、格式內容及揭露方式。
2. 飲用水中微型塑膠對人體健康風險影響科學性資料不足且不明確，WHO、美國 EPA、歐盟及日本等對此議題之發展與新資訊，宜收集彙整。我國已有飲用水中調查資料，建議後續收集彙整 WHO、先進國家

之資訊。

(三) 歐陽嶠暉 委員

1. 汙染物本土水質檢驗統計表數據表示，因各年檢測次數差距很大，其分析表示，可增最大最小較易。
2. 微型塑膠檢測，宜國際有一個較具公信力的檢測方法，再建立國內外比較，以避免因引用之不同造成無謂的恐慌。
3. 水質年報的呈現，宜朝依飲用水條例為基礎，並修正自來水操作維護手冊水質管理章節加以修正，以為國家之維護管理基準。

(四) 毛義方 委員

1. 關於水質年報，全台灣為範圍做的水質年報製作應有其必要性，但每年給自來水使用者似尚無必要性，但建議各自來水公司應每季寄送每季的扼要水質報告給民眾，揭露的資訊可逐年增加。
2. 台灣微型塑膠汙染應進行末端使用戶之汙染濃度以便與國際其他國家進行比較。
3. 微型塑膠在飲用水管制定位為因應未來發展，可直接進入蒐集清單。

(五) 林伯雄 委員

1. 對於討論事項第三點微型塑膠檢測有鑑於目前對於奈米等級之微粒分析方法，屬於金屬微粒之檢測可以 single particle -ICP-MS，進行分析，但奈米塑膠之標準仍未有一致，且毒理測試，包含腸胃道吸收效率(吸收率偏低<5%)長期慢毒性之數據及標地器官之資料有限，人體流行病學資料亦不足，不建議現階段進行大規模之例行分析。
2. 討論事項二，有關水質資料庫之數據來源是否需有納入標準，例如是否為 TAF 確認之檢驗室，因 QA/QC 標準一致，資料庫可信度高，此外不同年度之數據是否亦應依不同分析方法加以區分或加註警示。

(六) 王根樹 教授

1. 考量民眾知的需求，有關水質年報上網應有其必要性，惟現有水質資訊公開之方式各單位皆有所不同，建議可將公開上網之「格式」先予以統一，再進一步評析是否逐步增加公開上網之資訊內容。
2. 有關微型塑膠之議題，考量相關資訊仍極缺乏，建議持續蒐集相關資料並進行國內飲用水中微型塑膠之檢測，待資料更為完整後再評估是否列管。在此之前，考量其為重大議題，可考慮暫列入蒐集清單。
3. 水質資料庫之建置，宜先確認可取得資料人員之資格及可取得之內容，以利資料格式之安排及在網頁上呈現之方式。或可考慮不同網路身分可取得不同「深度」之數據，由一般民眾至研究人員、主管機關等不同授權人員。

(七) 洪世政 處長

1. 有關建立水質年報，是否應將超標事件及應變措施納入？自來水事業依據自來水法、飲用水管理條例、水污染防治法...等，一有超標事件即限期改善，若無改善則連續開罰，因此均建有應變措施，唯，國情及輿情不同，若公開相關資訊，恐造成諸多後遺症，建議仍由相關網站公告水質資料。另，諸多水質事件皆源由水源遭受污染，與其末端的防堵改善，不如源頭的防污，建議藉由 WSP 引用多重屏障，立法由相關單位層層把關，可使相關部門瞭解自己在供應安全用水上的責任，更可提升用水民眾在水質安全的信心。

2. 微型塑膠於我國飲用水管制定位？行政院環境保護署日前公布之「自來水中微型塑膠纖維檢測技術建立及國內自來水供水水質現況調查計畫專案結果報告」，係環保署環檢所為建立「自來水中微型塑膠纖維檢測技術」背景資料於 106 年 12 月及 107 年 3 月採樣檢測本公司淨水場水樣之檢測結果，該計畫目的以累積國內背景資料為主。該計畫結果報告中提及國內目前並無自來水中微型塑膠纖維相關研究及報導，且檢測技術尚在開發中，建議持續追蹤國際間微型塑膠健康影響研究發展並俟檢測技術較純熟後再討論是否列為初步蒐集清單。

(八) 陳曼莉 副處長

一、水質年報部分

1. 自來水事業公布水質年報主要用意為水質資訊透明化及增進民眾信心。
2. 美國顧客信心報告，要求提出法規超標項目、應變措施及可能風險，我國國情恐有困難，因飲用水管理條例中只要有違反飲用水水質標準事件，即應進行裁罰，故自來水事業即便出現極少數自行檢測測出不合格項目，亦會自動進行重新檢驗確認，若確實出現不合格者，在不驚動主管機關狀況下，立即主動謀求改善，此時已具備主動改善精神，若公告此類情事恐造成更大困擾(包括新聞媒體及民意代表等)。
3. 水質年報呈現方式，建議以全年檢測結果(包括原水、清水及管網水等)完整呈現，讓民眾了解水質狀況全貌，增進民眾信心，不必如 CCR 規定者特別強調「檢出者」及「超標者」；另呈現型態以電子檔(PDF 檔)置於官網供民眾查閱方式呈現。
4. 若有線上即時水質監測系統，建議可於網站上提供查詢住家附近即時水質功能(濁度、餘氯及 pH 質)，以徵公信。
5. 可於網站上公布供水水質現況與各國水質標準比較，增進用水民眾信心。
6. 可針對民眾特別關心項目(如隱孢子蟲、鉛、環境賀爾蒙等)檢驗結果，特別提出說明。

二、微型塑膠部分

1. 微型塑膠目前有國際上未訂有管制標準、對人體健康影響不明及未有明確可信之標準檢驗方法等問題，建議目前定位為背景資料蒐集狀態，是否列入「清單」應再審慎評估。

七、會議結論：

- (一) 後續可依飲用水管理條例邀請自來水事業單位，研議統一的水質年報、格式內容及揭露方式。
- (二) 水質資料庫之建置，應確認可取得資料人員之資格及可取得之內容，以利資料格式之安排及在網頁上呈現之方式，另外可增加水廠、水處理資訊及分析方法欄位，可於未來需要時增加。
- (三) 針對飲用水微型塑膠應持續追蹤國際間微型塑膠健康影響研究發展並俟檢測技術較純熟後再討論是否列為初步蒐集清單。

附錄 3.6 第三次專家諮詢會議意見回覆

審查建議	回覆
(一) 童心欣 委員	
1. 水質年報可依事業處及水公司之年報格式及公告項目，建議於網站公告(定期)，綜合數據分析及各項目之標準及檢驗意義。	謝謝委員建議。
2. 飲用水資料庫之收集結果來源應有固定標準增加可信度。另外建議增加水廠、水處理資訊及分析方法欄位，可於未來需要時增加。	謝謝委員建議。本計畫將依委員建議辦理。
3. 微型塑膠檢測資料因至今尚未有毒理資訊，因此影響仍不明，但未來仍有機會發現微型塑膠對人體不同的影響，建議仍進行較低頻率之檢測及不同檢測方式開發，做為背景資料。另建議不單以原水清水檢測，應另針對使用端、配水系統等，累積「真實」曝露量資料。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
(二) 康世芳 委員	
1. 目前國內兩大自然自來水事業單位已揭露水質年報，水質年報內容架構，揭露方式與程度不一，建議環保署依飲用水管理條例邀請自來水事業單位，研議統一的水質年報、格式內容及揭露方式。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
2. 飲用水中微型塑膠對人體健康風險影響科學性資料不足且不明確，WHO、美國 EPA、歐盟及日本等對此議題之發展與新資訊，宜收集彙整。我國已有飲用水中調查資料，建議後續收集彙整 WHO、先進國家之資訊。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
(三) 歐陽嶠暉 委員	
1. 汙染物本土水質檢驗統計表數據表示，因各年檢測次數差距很大，其分析表示，可增最大最小較易。	謝謝委員建議。本計畫將依委員建議辦理。
2. 微型塑膠檢測，宜國際有一個較具公信力的檢測方法，再建立國內外比較，以避免因引用之不同造成無謂的恐慌。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
3. 水質年報的呈現，宜朝依飲用水條例為基礎，並修正自來水操作維護手冊水質管理章節加以修正，以為國家之維護管理基準。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
(四) 毛義方 委員	
1. 關於水質年報，全台灣為範圍做的水質年報製作應有其必要性，但每年給自來水使用者似尚無必要性，但建議各自來水公司應每季	謝謝委員建議。本計畫提出之水質年報即為每年提供扼要水質報告予民眾。

寄送每季的扼要水質報告給民眾，揭露的資訊可逐年增加。	
2. 台灣微型塑膠污染應進行末端使用戶之污染濃度以便與國際其他國家進行比較。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
3. 微型塑膠在飲用水管制定位為因應未來發展，可直接進入蒐集清單。	謝謝委員建議。
(五) 林柏雄 委員	
1. 對於討論事項第三點微型塑膠檢測有鑑於目前對於奈米等級之微粒分析方法，屬於金屬微粒之檢測可以 single particle -ICP-MS，進行分析，但奈米塑膠之標準仍未有一致，且毒理測試，包含腸胃道吸收效率(吸收率偏低<5%)長期慢毒性之數據及標地器官之資料有限，人體流行病學資料亦不足，不建議現階段進行大規模之例行分析。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
2. 討論事項二，有關水質資料庫之數據來源是否需有納入標準，例如是否為 TAF 確認之檢驗室，因 QA/QC 標準一致，資料庫可信度高，此外不同年度之數據是否亦應依不同分析方法加以區分或加註警示。	謝謝委員意見。因水質資料庫彙整之污染物為未列管污染物，多數未有公告檢測方法，本計畫會將檢測數據來源、檢測方法納入資料庫欄位供參考。
(六) 王根樹 教授	
1. 考量民眾知的需求，有關水質年報上網應有其必要性，惟現有水質資訊公開之方式各單位皆有所不同，建議可將公開上網之「格式」先予以統一，再進一步評析是否逐步增加公開上網之資訊內容。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
2. 有關微型塑膠之議題，考量相關資訊仍極缺乏，建議持續蒐集相關資料並進行國內飲用水中微型塑膠之檢測，待資料更為完整後再評估是否列管。在此之前，考量其為重大議題，可考慮暫列入蒐集清單。	謝謝委員建議。
3. 水質資料庫之建置，宜先確認可取得資料人員之資格及可取得之內容，以利資料格式之安排及在網頁上呈現之方式。或可考慮不同網路身分可取得不同「深度」之數據，由一般民眾至研究人員、主管機關等不同授權人員。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
(七) 洪世政 處長	
1. 有關建立水質年報，是否應將超標事件及應變措施納入？自來水事業依據自來水法、飲用水管理條例、水污染防治法...等，一有超標事件即限期改善，若無改善則連續開罰，因此均建有應變措施，唯，國情及輿情不同，	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。

若公開相關資訊，恐造成諸多後遺症，建議仍由相關網站公告水質資料。另，諸多水質事件皆源由水源遭受污染，與其末端的防堵改善，不如源頭的防污，建議藉由 WSP 引用多重屏障，立法由相關單位層層把關，可使相關部門瞭解自己在供應安全用水上的責任，更可提升用水民眾在水質安全的信心。	
2. 微型塑膠於我國飲用水管制定位？行政院環境保護署日前公布之「自來水中微型塑膠纖維檢測技術建立及國內自來水供水水質現況調查計畫專案結果報告」，係環保署環檢所為建立「自來水中微型塑膠纖維檢測技術」背景資料於 106 年 12 月及 107 年 3 月採樣檢測本公司淨水場水樣之檢測結果，該計畫目的以累積國內背景資料為主。該計畫結果報告中提及國內目前並無自來水中微型塑膠纖維相關研究及報導，且檢測技術尚在開發中，建議持續追蹤國際間微型塑膠健康影響研究發展並俟檢測技術較純熟後再討論是否列為初步蒐集清單。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
(八) 陳曼莉 副處長	
1. 自來水事業公布水質年報之主要用意為水質資訊透明化及增進民眾信心。	謝謝委員意見。
2. 美國顧客信心報告，要求提出法規超標項目、應變措施及可能風險，我國國情恐有困難，因飲用水管理條例中只要有違反飲用水水質標準事件，即應進行裁罰，故自來水事業即便出現極少數自行檢測測出不合格項目，亦會自動進行重新檢驗確認，若確實出現不合格者，在不驚動主管機關狀況下，立即主動謀求改善，此時已具備主動改善精神，若公告此類情事恐造成更大困擾(包括新聞媒體及民意代表等)。	謝謝委員意見。
3. 水質年報呈現方式，建議以全年檢測結果(包括原水、清水及管網水等)完整呈現，讓民眾了解水質狀況全貌，增進民眾信心，不必如 CCR 規定者特別強調「檢出者」及「超標者」；另呈現型態以電子檔(PDF 檔)置於官網供民眾查閱方式呈現。	謝謝委員意見。
4. 若有線上即時水質監測系統，建議可於網站上提供查詢住家附近即時水質功能(濁度、餘氯及 pH 質)，以徵公信。	謝謝委員意見。
5. 可於網站上公布供水水質現況與各國水質標準比較，增進用水民眾信心。	謝謝委員意見。

6. 可針對民眾特別關心項目(如隱孢子蟲、鉛、環境賀爾蒙等)檢驗結果，特別提出說明。	謝謝委員意見。
7. 微型塑膠目前有國際上未訂有管制標準、對人體健康影響不明及未有明確可信之標準檢驗方法等問題，建議目前定位為背景資料蒐集狀態，是否列入「清單」應再審慎評估。	謝謝委員意見。

附錄 3.7 第四次專家諮詢會議會議記錄

一、會議時間：107 年 11 月 2 日 (星期五) 上午 10 時 00 至 12 時 00

二、會議地點：台大公共衛生學院 7 樓 (701 室)

三、會議主席：黃良銘 教授 (國立成功大學環境工程學系教授)

紀錄：邱翌竹

四、出席委員：

黃志彬 委員 (國立交通大學環境工程學系教授)

康世芳 委員 (淡江大學水資源及環境工程學系教授)

林伯雄 委員 (國立中興大學環境工程研究所教授)

毛義方 委員 (中山醫學大學職業安全衛生學系教授)

童心欣 委員 (國立臺灣大學環境工程研究所教授)

葉宣顯 委員 (國立成功大學環境工程學系教授)

列席人員：

郭孟芸 科長 (行政院環境保護署環管處)

薛加湧 科員 (行政院環境保護署環管處)

陳曼莉 副處長 (台北自來水事業處)

洪世政 處長 (台灣自來水公司)

黃良銘 主持人 (國立成功大學環境工程學系教授)

謝淑婷 博士後研究員 (國立臺灣大學公共衛生學系)

吳怡儒 博士後研究員 (國立成功大學環境工程學系)

五、討論議題：

1. 優先評估物質採樣分析結果討論
2. 未列管物質抽驗結果討論
3. 水安全計畫 (Water Safety Plan)之試辦

六、專家學者意見：

(一) 童心欣 委員

1. 以抽驗方式所得之未列管清單，部分物質檢出率較低或多為未檢出項目，建議減少監檢頻率。
2. 塑化劑類之監測物質建議了解樣品來源，並持續監測。
3. 建議蒐集各國對於管制物質或監測物質之濃度計算標準，例如季平均或加權平均，以暴露風險角度看待水質標準。
4. 水安全計畫支持選定水廠試辦。

(二) 康世芳 委員

1. 今年度優先評估物質 7 項之採樣結果，部分淨水廠檢出項目之濃度甚低於國外，(美國明尼蘇達州)指引值，整體數據顯示國內飲用水清水無顯著風險，同意此調查結果。
2. 後續不再列入抽測(檢測)項目是否考量自蒐集清單或觀察清單移除。
3. WHO 之 WSP 架構流程乃完整系統，且供各國參採，各國自來水事業單位推動 WSP 之作法及其年度工作報告，擇較接近我國自來水事業現況，參考建置並推動 WSP。
4. 各國水資源管理行政組織之不同，我國推動 WSP 宜先界定原淨供範圍，擬定可先推動之 WSP。
5. 我國推動 WSP 之架構及方法，建議可由成大研究團隊與北水處，台水公司共同研商。

(三) 黃志彬 委員

1. 乙醯胺酚存在於部分水廠原水，是合理的，因為乙醯胺酚是常用的止痛成分，人類使用之後，會 100%從尿液排出，但由於水場採用前加氯，故在接續程序已看不到乙醯胺酚的存在，可能形成副產物而測不出，建議可引用整理出加氯副產物為何。
2. 未列管新興污染物抽驗檢出數量較多之項目為硼及 DEHP，然可以發現此兩物質出現主要集中在連江、金門及澎湖，台灣本島之檢出濃度相對低很多，建議爾後可將採樣點集中在外島。
3. 水安全計畫執行主軸宜從源頭到水龍頭，全線掌控，非單純之僅針對水廠出廠水水質。同時，供水穩定亦可納入水安全計畫內，項目之一。

(四) 毛義方 委員

1. 基隆新山水場三次採樣有二次乙醯胺酚有出現，40 ng/L 及 100 ng/L，可能顯示原水有受到尿或糞便之污染，可以請水廠查一下可能的污染源在哪裡。
2. 至於第三次採樣，有四家水廠磺胺甲噁唑有檢出，採樣期間雨勢明顯，畜牧動物污染，可能為主要原因。亦可查一下污染源在哪裡。
3. 水安全計畫將來是否納入使用者末端的水品質監測，因台灣自來水均為間接供水。

(五) 林伯雄 委員

1. 依據全民健保藥品耗用量之分析，非類固醇抗發炎藥劑中，門診申報金額前十項中除 Acetaminophen，是否有測定其它之非類固醇抗發炎用藥，Ibuprofen, mefenamic acid 等。
2. N-亞硝二乙胺之定量極限為 5 ng/L 但美國之 CCL4-HRL 為 0.2 ng/L，是否為分析方法不同，相同的鎘之定量極限 0.5 µg/L，但美國之 CCL4-HRL 為 0.744 µg/L 相當接近。
3. 優先評估物質清單建議，將前十名常用 NSAID 藥物納入，另外對於抗生素亦然，常用之健保局統計前十名亦選擇一至二廢水場原水及清水篩選及分析，動物用藥亦然，牛豬等家禽家畜動物用藥前十名清單。(參考中國化學製藥公司目錄)
4. 檢測項目若屬於環保署未公告，目前法令未列管等項目，建議中環公司應提出完整之方法 QA/QC 之資料。

(六) 葉宣顯 教授

1. 因為新興污染物種類眾多，且濃度通常甚低，再者管末採樣之水量及頻率均甚低，且分別結果出來後水可能已經用完了，故建議應積極推動「水安全計畫」，以落實對消費者之保障。
2. 「水安全計畫」之基本精神在於從集水區別到用於龍頭整體之安全評估。故水安全計畫之試辦除大系統外，亦可考慮選擇簡易自來水系統試辦。
3. 為配合「水安全計畫」對淨水廠處理效能之評估，建議微生物水質檢驗項目可增加 E.coli, Clostridium, Perfringens(含孢子)(用於追蹤原蟲之去除效率)及 Coliphages(用於追蹤 virus 之去除效率)。

(七) 洪世政 處長

1. 107 年篩檢之環境賀爾 107 年篩檢之環境賀爾蒙及個人用藥/保健藥品 吡叻美辛、雙氯芬酸、磺胺甲噁唑，克拉黴素、磺胺噻唑、氟甲喹、乙醯胺酚

採樣淨水場為：新山、新竹第二、豐原、鳳山、直潭、金門太湖
採樣時機：4、7、9 月

- (1) 第一次採樣結果鳳山原水磺胺甲噁唑測值 60.60 ng/L、新竹第二原水乙醯胺酚測值 9.20 ng/L，而其它原、清水測值為 ND；
- (2) 第二次採樣結果新山原水乙醯胺酚測值 40.2 ng/L，其它原、清水皆為 ND；
- (3) 第三次採樣結果新山原水磺胺甲噁唑測值 6.02 ng/L、新竹第二原水磺胺甲噁唑測值 5.82 ng/L、鳳山原水磺胺甲噁唑測值 8.06 ng/L、新山原水乙醯胺酚測值 99.9 ng/L，其它原、清水測值全為 ND；而新山及新竹第二除原水外，其它流程單元皆呈現 ND。

三次採樣時間包含旱、撈季節，雖部分淨水廠數值較高，然淨水廠處理程序皆可去除上述 7 巷物質，在我國淨水廠無顯著風險，建議可減低檢測頻率。

2. (投影片 22 張)抽驗結果：NDEA 單位為 ng/L，定量極限為 5，而美國 CCL4-HRL:0.2，兩者數據差異甚大，是否有誤植?僅有極少數樣品.....顯示這 9 個項目是否有誤植?
3. 有關 WSP 之試辦，可從水源頭至水龍頭的全程水質安全管控，值得水事業遵循推行，並祈透過立法賦以法源依據。

(八) 陳曼莉 副處長

1. 優先評估物質採樣結果

- (1) 第 2 次及第 3 次 PPCPs 檢測，有多處原水檢出 Sulfamethoxazole(磺胺甲噁唑)及 Acetaminophen(乙醯胺酚)，前者人體用抗生素，為美國飲用水中最常出現的 11 種化合物之 1，普遍存在美英等國地面水及污水廠尾水；後者為我國常用一般常用鎮痛解熱劑普拿疼成分，二者魚原水檢出，可見水源集水區有社區污水或生活廢水排放，建議自來水公司或水源管理單位能再進一步進行追溯性檢測，以了解來源並進行相關水源保護措施。
- (2) 依 WWARF 2007 年的研究文獻顯示，檢出 2 藥物的 logK_{ow} 很小，分別為 0.89 及 0.46，顯示親水性很強，混凝去除率很低(<20%)，但因具備苯環連胺基(NH₂)或酚(-OH)，加氯氧化容易轉化去除，去除氯可達 96~97%，故新山、新竹第二、鳳山及太湖等清水均為 ND，全流程檢驗顯示沉澱水及過濾水亦為 ND，顯示有加氯氧化作用，建議詳細敘述各淨水場處理程序，以增進去除之瞭解。

2. 未列管物質抽驗結果

DEHP 有 1%超過美國飲用水水質標準 6 µg/L，為 6 種塑化劑檢出率最高者，建議釐清是淨水場清水或管網水樣，以瞭解污染來源。

另礫有 3% >1 mg/L，是地質影響嗎？

3. 水安全計畫部分

- (1) 投影片第 27 頁水安全計畫 flow diagram 中，建議於系統風險評估後，增加“控制措施(control measures)(及管理程序)之決定”，然後才進入“控制措施之監控”。
- (2) 水安全計畫包括整個 water cycle，從水源、淨水廠、管網至用戶端，故選定以淨水廠為試辦範圍，建請在考量是否恰當。
- (3) 試辦實踐亦台水及北水均能參與，但可能要考量試辦區處(若決定)會有不同面對之水質安全問題。
- (4) 組成團隊除自來水事業單位外，請考量是否要加入水源管理單位代表及外部專家學者顧問或主管機關代表。
- (5) 試辦第 1 年準備工作中建議舉辦人員訓練及共識營，尤其高階主管，以增進參與人員瞭解實施內容與精神，否則亦徒勞無功。

附錄 3.8 第四次專家諮詢會議意見回覆

審查建議	回覆
(一) 童心欣 委員	
1. 以抽驗方式所得之未列管清單，部分物質檢出率較低或多為未檢出項目，建議減少監檢頻率。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
2. 塑化劑類之監測物質建議了解樣品來源，並持續監測。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
3. 建議蒐集各國對於管制物質或監測物質之濃度計算標準，例如季平均或加權平均，以暴露風險角度看待水質標準。	謝謝委員建議。
4. 水安全計畫支持選定水廠試辦。	謝謝委員意見。
(二) 康世芳 委員	
1. 今年度優先評估物質 7 項之採樣結果，部分淨水廠檢出項目之濃度甚低於國外，(美國明尼蘇達州)指引值，整體數據顯示國內飲用水清水無顯著風險，同意此調查結果。	謝謝委員肯定。
2. 後續不再列入抽測(檢測)項目是否考量自蒐集清單或觀察清單移除。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
3. WHO 之 WSP 架構流程乃完整系統，且供各國參採，各國自來水事業單位推動 WSP 之作法及其年度工作報告，擇較接近我國自來水事業現況，參考建置並推動 WSP。	謝謝委員意見。
4. 各國水資源管理行政組織之不同，我國推動 WSP 宜先界定原淨供範圍，擬定可先推動之 WSP。	謝謝委員意見。
5. 我國推動 WSP 之架構及方法，建議可由成大研究團隊與北水處，台水公司共同研商。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
(三) 黃志彬 委員	
1. 乙醯胺酚存在於部分水廠原水，是合理的，因為乙醯胺酚是常用的止痛成分，人類使用之後，會 100%從尿液排出，但由於水場採用前加氯，故在接續程序已看不到乙醯胺酚的存在，可能形成副產物而測不出，建議可引用整理出加氯副產物為何。	謝謝委員建議。
2. 未列管新興污染物抽驗檢出數量較多之項目為硼及 DEHP，然可以發現此兩物質出現主要集中在連江、金門及澎湖，台灣本島之檢出濃度相對低很多，建議爾後可將採樣點集中在外島。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。

3. 水安全計畫執行主軸宜從源頭到水龍頭，全線掌控，非單純之僅針對水廠出廠水水質。同時，供水穩定亦可納入水安全計畫內，項目之一。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
(四) 毛義方 委員	
1. 基隆新山水場三次採樣有二次乙醯胺酚有出現，40 ng/L 及 100 ng/L，可能顯示原水有受到尿或糞便之污染，可以請水廠查一下可能的污染源在哪裡。	謝謝委員建議。
2. 至於第三次採樣，有四家水廠磺胺甲噁唑有檢出，採樣期間雨勢明顯，畜牧動物污染，可能為主要原因。亦可查一下污染源在哪裡。	謝謝委員建議。
3. 水安全計畫將來是否納入使用者末端的水品質監測，因台灣自來水均為間接供水。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
(五) 林柏雄 委員	
1. 依據全民健保藥品耗用量之分析，非類固醇抗發炎藥劑中，門診申報金額前十項中除 Acetaminophen，是否有測定其它之非類固醇抗發炎用藥，Ibuprofen, mefenamic acid 等。	謝謝委員意見。我國環保署 2012 年於「飲用水水源與水質中新興污染物對人體健康風險評估之研究計畫」中已針對部分淨水場原水與清水中之 ibuprofen 進行檢測，故本計畫並未挑選此藥物進行調查。
2. N-亞硝二乙胺之定量極限為 5 ng/L 但美國之 CCL4-HRL 為 0.2 ng/L，是否為分析方法不同，相同的銻之定量極限 0.5 µg/L，但美國之 CCL4-HRL 為 0.744 µg/L 相當接近。	謝謝委員意見。美國 CCL4-HRL 之定訂僅考慮健康風險，並未考慮分析檢測技術。
3. 優先評估物質清單建議，將前十名常用 NSAID 藥物納入，另外對於抗生素亦然，常用之健保局統計前十名亦選擇一至二廢水場原水及清水篩選及分析，動物用藥亦然，牛豬等家禽家畜動物用藥前十名清單。(參考中國化學製藥公司目錄)	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
4. 檢測項目若屬於環保署未公告，目前法令未列管等項目，建議中環公司應提出完整之方法 QA/QC 之資料。	謝謝委員建議。抽驗項目之檢測方法及品保品管請見 3.2 及 3.3 節。
(六) 葉宜顯 教授	
1. 因為新興污染物種類眾多，且濃度通常甚低，再者管末採樣之水量及頻率均甚低，且分別結果出來後水可能已經用完了，故建議應積極推動「水安全計畫」，以落實對消費者之保障。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
2. 「水安全計畫」之基本精神在於從集水區別到用於龍頭整體之安全評估。故水安全計畫之試辦除大系統外，亦可考慮選擇簡易自來水系統試辦。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。

3. 為配合「水安全計畫」對淨水廠處理效能之評估，建議微生物水質檢驗項目可增加 <i>E.coli</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Perfringens</i> (含孢子)(用於追蹤原蟲之去除效率)及 <i>Coliphages</i> (用於追蹤 virus 之去除效率)。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
(七) 洪世政 處長	
1. 107 年篩檢之環境賀爾蒙及個人用藥/保健藥品叫噪美辛、雙氯芬酸、磺胺甲噁唑，克拉黴素、磺胺噻唑、氟甲喹、乙醯胺酚採樣淨水場為：新山、新竹第二、豐原、鳳山、直潭、金門太湖採樣時機：4、7、9 月 (1) 第一次採樣結果鳳山原水磺胺甲噁唑測值 60.60 ng/L、新竹第二原水乙醯胺酚測值 9.20 ng/L，而其它原、清水測值為 ND； (2) 第二次採樣結果新山原水乙醯胺酚測值 40.2 ng/L，其它原、清水皆為 ND； (3) 第三次採樣結果新山原水磺胺甲噁唑測值 6.02 ng/L、新竹第二原水磺胺甲噁唑測值 5.82 ng/L、鳳山原水磺胺甲噁唑測值 8.06 ng/L、新山原水乙醯胺酚測值 99.9 ng/L，其它原、清水測值全為 ND；而新山及新竹第二除原水外，其它流程單元皆呈現 ND。三次採樣時間包含旱、撈季節，雖部分淨水廠數值較高，然淨水廠處理程序皆可去除上述 7 巷物質，在我國淨水廠無顯著風險，建議可減低檢測頻率。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
2. (投影片 22 張)抽驗結果：NDEA 單位為 ng/L，定量極限為 5，而美國 CCL4-HRL:0.2，兩者數據差異甚大，是否有誤植？僅有極少數樣品……顯示這 9 個項目是否有誤植？	謝謝委員意見。NDEA 部份並非誤植，美國 CCL4-HRL 之定訂僅考慮健康風險，並未考慮分析檢測技術。故其值較分析技術可達之偵測極限低。
3. 有關 WSP 之試辦，可從水源頭至水龍頭的全程水質安全管控，值得水事業遵循推行，並祈透過立法賦以法源依據。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
(八) 陳曼莉 副處長	
1. 優先評估物質採樣結果 (1) 第 2 次及第 3 次 PPCPs 檢測，有多處原水檢出 Sulfamethoxazole(磺胺甲噁唑)及 Acetaminophen(乙醯胺酚)，前者人體用抗生素，為美國飲用水中最常出現的 11 種化合物之 1，普遍存在美英等國地面水及污水廠尾水；後者為我國常用一般常用鎮痛解	謝謝委員建議。

熱劑普拿疼成分，二者魚原水檢出，可見水源集水區有社區污水或生活廢水排放，建議自來水公司或水源管理單位能再進一步進行追溯性檢測，以了解來源並進行相關水源保護措施。 (2) 依 WWARF 2007 年的研究文獻顯示，檢出 2 藥物的 log_{KOW} 很小，分別為 0.89 及 0.46，顯示親水性很強，混凝去除率很低 (<20%)，但因具備苯環連胺基(NH₂)或酚(-OH)，加氯氧化容易轉化去除，去除氯可達 96~97%，故新山、新竹第二、鳳山及太湖等清水均為 ND，全流程檢驗顯示沉澱水及過濾水亦為 ND，顯示有加氯氧化作用，建議詳細敘述各淨水場處理程序，以增進去除之瞭解。	
2. 未列管物質抽驗結果，DEHP 有 1%超過美國飲用水水質標準 6 µg/L，為 6 種塑化劑檢出率最高者，建議釐清是淨水場清水或管網水樣，以瞭解污染來源。另硼有 3%>1 mg/L，是地質影響嗎？	謝謝委員建議。硼有 3%>1 mg/L，主要發生淨水場均為外島淨水場，可能與海水有關。
3. 水安全計畫部分 (1) 投影片第 27 頁水安全計畫 flow diagram 中，建議於系統風險評估後，增加“控制措施 (control measures)(及管理程序)之決定”，然後才進入“控制措施之監控”。 (2) 水安全計畫包括整個 water cycle，從水源、淨水廠、管網至用戶端，故選定以淨水廠為試辦範圍，建請在考量是否恰當。 (3) 試辦實踐亦台水及北水均能參與，但可能要考量試辦區處(若決定)會有不同面對之水質安全問題。 (4) 組成團隊除自來水事業單位外，請考量是否要加入水源管理單位代表及外部專家學者顧問或主管機關代表。 (5) 試辦第 1 年準備工作中建議舉辦人員訓練及共識營，尤其高階主管，以增進參與人員瞭解實施內容與精神，否則亦徒勞無功。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。

附錄 3.9 「高分子凝聚劑使用時機」專家諮詢會議會議記錄

一、會議時間：107 年 11 月 2 日 (星期五) 下午 13 時 00 至 15 時 00

二、會議地點：台大公共衛生學院 7 樓 (701 室)

三、會議主席：黃良銘 教授 (國立成功大學環境工程學系教授)

紀錄：邱翌竹

四、出席委員：

黃志彬 委員 (國立交通大學環境工程學系教授)

康世芳 委員 (淡江大學水資源及環境工程學系教授)

林伯雄 委員 (國立中興大學環境工程研究所教授)

毛義方 委員 (中山醫學大學職業安全衛生學系教授)

童心欣 委員 (國立臺灣大學環境工程研究所教授)

歐陽嶠暉 委員 (國立中央大學環境工程研究所教授)

葉宣顯 委員 (國立成功大學環境工程學系教授)

列席人員：

郭孟芸 科長 (行政院環境保護署環管處)

薛加湧 科員 (行政院環境保護署環管處)

葉惠芬 薦任技士 (行政院環境保護署環管處)

黃良銘 主持人 (國立成功大學環境工程學系教授)

王根樹 共同主持人 (國立臺灣大學公共衛生學系教授)

謝淑婷 博士後研究員 (國立臺灣大學公共衛生學系)

吳怡儒 博士後研究員 (國立成功大學環境工程學系)

五、專家學者意見：

(一) 童心欣 委員

1. 若要開放使用，建議嚴格規範使用之濁度，例如 < 10 NTU or 5 NTU，避免高度使用，另須嚴加規範。
2. 建議檢視需求水廠之設備及操作，現行 PACl 效果不彰之原因可能與操作及老舊設備相關性較高。
3. 評估高分子凝聚劑之消毒副產物時需有真實數據，較可反應我國之水質狀況。

(二) 康世芳 委員

1. 我國現行高分子凝聚使用時機為原水濁度大於 250 NTU 使得使用，乃依飲用水管理條例第 13 條訂定，迄今已 20 年。
2. 近 20 年，高分子凝聚相關科學資料(如毒理、分析技術、使用劑量限制及殘留監測)等更臻完整，歐美日等先進國家於淨水處理規範高分子凝聚劑使用，以因應氣候變遷極端水文條件，及確保飲用水之水量穩定及水質安全。
3. 參考歐美日飲用水高分子凝聚劑之使用規範及現況，建議我國可刪除原水濁度大於 250 NTU 之限制，以因應原水水質惡化。
4. 對自來水事業單位擬定高分子凝聚劑使用規範，或要點，以規定使用劑量，殘留監測及檢測資料核備等。

(三) 黃志彬 委員

1. 高分子 polymer 做為水處理用藥，在國外已相當普遍，然而國內水廠使

用需注意其差異性，包括：

- (1) 國內水廠大部分均有前加氯，而前加氯地點往往與未來 polymer 加藥相當接近，因此氯是否與 polymer 反應，使聚合體形成單體，有待進一步研究。
- (2) 使用 polymer 時，過濾反洗水不得迴流，之前高濁原水情況，加入 polymer 之後，廢水是可以直接排放，然正常情況下，只有具有水措的排放口可排放廢水，而水廠大部分未具有排放許可，會造成 polymer 加藥後，反洗水被迫回收的問題。
- (3) 我國洗滌池污泥排泥頻率不高，有時甚至一年一次，是否含 polymer 之沉澱淤泥，在一段時間之後，會分解成單體釋出，宜有科學數據佐證之。

(四) 毛義方 委員

1. 三種高分子凝聚劑依所提供的毒理資料，均具有潛在的或可能的致癌性，由於致癌物往往沒有起始致癌性作用，故在水中加此類物質之法規更動，宜謹慎思考。
2. 過去環保署公告「原水濁度大於 250 NTU 時，使得使用」之科學依據，請加以探討。

(五) 林伯雄 委員

1. 聚丙烯醯胺之產品之單體比例以及其它不純物之認證除美國 NSF，國內是否有類似機構可供產品認證。
2. 目前法令是否有規範原水濁度 250 NTU，若有建議在放寬使用此三種之添加對後續使用消毒劑產出 NDMA/甲醛之比例數據，對於風險管理較有依據。
3. 目前之淨水場之 PACl 之淨化流程濁度去除不易是否為普遍現象或僅侷限於少數淨水場之現象，應先請自來水公司提出數據，予以進一步評估是否為操作系統問題。
4. 未來如果確認為非操作系統問題亦應評定使用之限制、條件。
5. 三項高分子凝聚劑中，polyDADMAC 單體，毒性較低，但亦應收集 NDMA/甲醛產出與消毒劑反應產出之百分比之數據。

(六) 葉宣顯 教授

1. 歐美各國許多有關給水工程或水處理工程之教科書，或手冊等，大多會提到高分子凝集劑之使用及加藥方式之設計，可見其在各先進國家之使用相當普遍。大部分之資料亦多有提到各國在分子凝集劑使用上之限制，包括藥劑本身單體濃度，加量及清水中單體濃度之規範，但未見針對原水濁度設限者。
2. 針對清水水質管控甲醛、NDMA、THM 及殘餘單體濃度為保護用水大眾適當方式，清水中單體濃度之分析法，如丙烯醯胺(acrylamide)及環氧氯丙烷(Epichlorohydrin)，WHO 在 Guidelines for Drinking-water Quality(4thed)已列有檢驗方法，至於添加高分子凝集劑前後水中 DOC 之變化可作為一指標。
3. 建議自來水事業單位針對欲使用高分子凝集劑之低濁度原水(包含白濁水)進行模廠試驗，就藥劑之選用方法，最佳劑量及攪拌方式之決定，加藥點及清水殘餘單體濃度，污泥性質及高分子凝集劑之釋放等做進一步之研討。

(七) 歐陽嶠暉 教授

1. 本報告收集了很多國外資料，整體可供進一步之參考。
2. 本報告主要為收集紐、澳、美國、日本及加拿大，都為環境較優質的國家，其原水水質之特性及國內水源的差別，其淨水程序及管理背景是否宜加考量。
3. 原水淨化效果受原水水質影響頗大，是否應有進一步現場原水水質之試驗評估，藉評估結果再討論是否放寬，甚至可能還要加嚴，以達考量本土化及在地化，也可提出較具完整評估之結論。
4. 建議就國內不同河川水源做實際檢驗、實驗，再據以提出檢討之依據。
5. 透過試驗評估，依自來水廠操作管理特性，進而訂出操作規矩以供遵循。
6. 毒理評估以每人體重 75 公斤考量，但台灣一般平均體重，以及幼嬰兒的考量也宜納入評估。

八、 會議結論：

- (一) 具有白濁水現象或低濁度 PACl 混凝效果不彰之水場應非普遍現象，建議先釐清去除效果不彰是否為操作及老舊設備的問題，優先考慮含鋁混凝劑使用技術克服，而非放寬高分子凝聚劑使用時機。
- (二) 雖然國外已普遍使用高分子 polymer 做為水處理用藥，然而國內水廠與國外有許多差異性，應先進行模廠測試確認後再考慮放寬使用。
 - i. 國內水廠大部分均有前加氯，且前加氯地點與 polymer 加藥點相當接近，因此氯是否與 polymer 反應使聚合體形成單體，應先確認。
 - ii. 使用 polymer 時，過濾反洗水不得迴流，之前高濁原水情況，加入 polymer 之後，廢水是可以直接排放，然正常情況下，只有具有水措的排放口可排放廢水，而水廠大部分未具有排放許可，會造成 polymer 加藥後，反洗水被迫回收的問題。
 - iii. 我國洗滌池污泥排泥頻率不高，含 polymer 之沉澱淤泥，是否在一段時間之後，會分解成單體釋出，宜有科學數據佐證之。
 - iv. 毒理資料亦應考量嬰兒
 - v. 應了解消毒副產物對應產生的量，一併納入風險評估，此外要考慮瓶杯試驗的加氯量多為過量，與現場情況不同，可能無法反應實際消毒副產物生成情況，建議進行模廠測試。
- (三) 本次討論的三種高分子聚合物有一定程度影響健康的疑慮，若要開放建議為有條件開放，如僅開放有具有白濁水現象或低濁度 PACl 混凝效果不彰之水廠使用。且開放前應確認前項提及之疑慮。
- (四) 若要開放使用應有詳盡之配套措施，包含：
 - i. 人員訓練計畫及落實
 - ii. 過濾反洗水不得迴流，使用之水廠應提出水措
 - iii. 限制白濁情況使用
 - iv. 單體及消毒副產物水質監測
 - v. 污泥處理計畫及頻率

附錄 3.10 「高分子凝聚劑使用時機」專家諮詢會議意見回覆

審查建議	回覆
(一) 童心欣 委員	
1. 若要開放使用，建議嚴格規範使用之濁度，例如< 10 NTU or 5 NTU，避免高度使用，另須嚴加規範。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
2. 建議檢視需求水廠之設備及操作，現行 PACl 效果不彰之原因可能與操作及老舊設備相關性較高。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
3. 評估高分子凝聚劑之消毒副產物時需有真實數據，較可反應我國之水質狀況。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
(二) 康世芳 委員	
1. 我國現行高分子凝聚使用時機為原水濁度大於 250 NTU 使得使用，乃依飲用水管理條例第 13 條訂定，迄今已 20 年。	謝謝委員意見。
2. 近 20 年，高分子凝聚相關科學資料(如毒理、分析技術、使用劑量限制及殘留監測)等更臻完整，歐美日等先進國家於淨水處理規範高分子凝聚劑使用，以因應氣候變遷極端水文條件，及確保飲用水之水量穩定及水質安全。	謝謝委員意見。
3. 參考歐美日飲用水高分子凝聚劑之使用規範及現況，建議我國可刪除原水濁度大於 250 NTU 之限制，以因應原水水質惡化。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
4. 對自來水事業單位擬定高分子凝聚劑使用規範，或要點，以規定使用劑量，殘留監測及檢測資料核備等。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
(三) 黃志彬 委員	
1. 高分子 polymer 做為水處理用藥，在國外已相當普遍，然而國內水廠使用需注意其差異性，包括： (1) 國內水廠大部分均有前加氯，而前加氯地點往往與未來 polymer 加藥相當接近，因此氯是否與 polymer 反應，使聚合體形成單體，有待進一步研究。 (2) 使用 polymer 時，過濾反洗水不得迴流，之前高濁原水情況，加入	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。

polymer 之後，廢水是可以直接排放，然正常情況下，只有具有水措的排放口可排放廢水，而水廠大部分未具有排放許可，會造成 polymer 加藥後，反洗水被迫回收的問題。 (3) 我國洗滌池污泥排泥頻率不高，有時甚至一年一次，是否含 polymer 之沉澱淤泥，在一段時間之後，會分解成單體釋出，宜有科學數據佐證之。	
(四) 毛義方 委員	
1. 三種高分子凝聚劑依所提供的毒理資料，均具有潛在的或可能的致癌性，由於致癌物往往沒有起始致癌性作用，故在水中加此類物質之法規更動，宜謹慎思考。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
2. 過去環保署公告「原水濁度大於 250 NTU 時，使得使用」之科學依據，請加以探討。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
(五) 林柏雄 委員	
1. 聚丙乙烯醯胺之產品之單體比例以及其它不純物之認證除美國 NSF，國內是否有類似機構可供產品認證。	謝謝委員意見。目前國內並無類似認證單位。
2. 目前法令是否有規範原水濁度 250 NTU，若有建議在放寬使用此三種之添加對後續使用消毒劑產出 NDMA/ 甲醛之比例數據，對於風險管理較有依據。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
3. 目前之淨水場之 PACl 之淨化流程濁度去除不易是否為普遍現象或僅侷限於少數淨水場之現象，應先請自來水公司提出數據，予以進一步評估是否為操作系統問題。	謝謝委員建議。
4. 未來如果確認為非操作系統問題亦應評定使用之限制、條件。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
5. 三項高分子凝聚劑中，polyDADMAC 單體，毒性較低，但亦應收集 NDMA/ 甲醛產出與消毒劑反應產出之百分比之數據。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
(六) 葉宣顯 教授	
1. 歐美各國許多有關給水工程或水處理工程之教科書，或手冊等，大多會提到高分子凝集劑之使用及加藥方式之設計，可見其在各先進國家之使	謝謝委員意見。

用相當普遍。大部分之資料亦多有提到各國在分子凝集劑使用上之限制，包括藥劑本身單體濃度，加量及清水中單體濃度之規範，但未見針對原水濁度設限者。	
2. 針對清水水質管控甲醛、NDMA、THM 及殘餘單體濃度為保護用水大眾適當方式，清水中單體濃度之分析法，如丙烯醯胺(acrylamide)及環氧氯丙烷 (Epichlorohydrin)，WHO 在 Guidelines for Drinking-water Quality(4thed)已列有檢驗方法，至於添加高分子凝集劑前後水中 DOC 之變化可作為一指標。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
3. 建議自來水事業單位針對欲使用高分子凝集劑之低濁度原水(包含白濁水)進行模廠試驗，就藥劑之選用方法，最佳劑量及攪拌方式之決定，加藥點及清水殘餘單體濃度，污泥性質及高分子凝集劑之釋放等做進一步之研討。	謝謝委員意見。
(七) 歐陽嶠暉 教授	
1. 本報告收集了很多國外資料，整體可供進一步之參考。	謝謝委員意見。
2. 本報告主要為收集紐、澳、美國、日本及加拿大，都為環境較優質的國家，其原水水質之特性及國內水源的差別，其淨水程序及管理背景是否宜加考量。	謝謝委員意見。
3. 原水淨化效果受原水水質影響頗大，是否應有進一步現場原水水質之試驗評估，藉評估結果再討論是否放寬，甚至可能還要加嚴，以達考量本土化及在地化，也可提出較具完整評估之結論。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
4. 建議就國內不同河川水源做實際檢驗、實驗，再據以提出檢討之依據。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
5. 透過試驗評估，依自來水廠操作管理特性，進而訂出操作規矩以供遵循。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。
6. 毒理評估以每人體重 75 公斤考量，但台灣一般平均體重，以及幼嬰兒的考量也宜納入評估。	謝謝委員建議。本計畫將提供環保署做為施政參考。

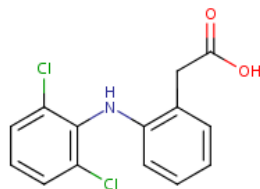
附錄四、優先評估物質毒理資料庫

附錄 4.1 雙氯芬酸

1. 水質項目名稱：雙氯芬酸(Diclofenac)

別名：待克菲那 (CAS：15307-86-5)

2. 化學式/結構式：



3. 使用單位：μg/L

4. 分析方法：

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
	(1) NIEA W545.50B

5. 環境背景資料

雙氯芬酸 (diclofenac) 是一種衍生於苯乙酸類的非類固醇消炎止痛藥 (NSAID)，主要作用為阻止體內前列腺素的產生，功效為消炎、鎮痛、解熱，主要用於治療骨關節炎、類風濕性關節炎、多發性肌炎、痛風以及偏頭痛、牙痛、結石等需要急性止痛的情況。

空氣

在空氣中的雙氯芬酸於 25°C 環境中蒸汽壓為 6.1×10^{-8} mmHg (Lyman WJ; 1985)，顯示將以氣狀和粒狀同時存在於空氣中，氣態的雙氯芬酸和光化學反應產生的自由基反應而分解，反應半衰期估計為 0.8 小時，根據其結構方法計算反應速率常數為 1.6×10^{-10} cm³/mole-sec (Meylan WM; 1993)，而粒狀的雙氯芬酸則經由濕沈降或乾沈降的方式自空氣中去除。

土壤中

雙氯芬酸的 K_{oc} 為 245 (Barron L et al; 2009)，顯示在土壤中為中等移動性，其 pK_a 為 4.15 (Sangster J; 1994)，顯示在環境中多為解離狀態存在，且陰離子不容易被富含有機碳和黏土的土壤吸附 (Doucette WJ; 2000)，也不易從潮濕土壤揮發，雙氯芬酸也不容易從乾燥土壤表面揮發。

水中

水中的吡嗪雙氯芬酸可被懸浮固體和底泥所吸附，在 pH5~9 的環境水體中以離子狀態存在，因此不易從水中或潮濕的土壤表面揮發，使用淡水培養顯示雙氯芬酸並無生物降解性（Buser HR et al; 1998），其 BCF 為 3（Franke C et al; 1994）顯示對水生生物的生物濃縮性低，由於雙氯芬酸在一般的水體環境中缺乏水解官能基，故水解亦不是其自水中去除的方式。淡水中主要的移除方式為直接光分解，半衰期為 8 天（Tixier C et al; 2003）。

表一、雙氯芬酸物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	6.1×10^{-8} mmHg	Lyman WJ; 1985
Koc	245	Barron L et al; 2009
BCF	3	Franke C et al; 1994

人體可能的暴露途徑

雙氯芬酸為一種抗炎藥物（O'Neil MJ, 2006）而由人工合成生產出來，職業上暴露可能為從事藥物生產或製造的工作者在工作場所經由皮膚接觸雙氯芬酸，一般人暴露雙氯芬酸則可能因攝入受污染的飲水，或皮膚接觸該化合物，但主要是因直接使用該醫療藥物。

環境水體中的濃度

飲用水

法國在 2007-2008 年期間在 8 個淨水場的進水測得雙氯芬酸，濃度為 ND-35 ng/L，出流水濃度範圍為 ND-1.0 ng/L（Vulliet E et al; 2011）。

地表水

德國採樣的 43 條河流中有 22 條測出雙氯芬酸，濃度中位數為 0.15 ng/L（Ternes TA; 1998）。全球地表水的雙氯芬酸平均濃度（ng/L）如下列所示：奧地利：190；芬蘭：220；法國：300；德國：500；荷蘭：30；瑞士：80；英國：未報導；加拿大：120；美國：30；巴西：未報導；日本：5；韓國：45（Zhang Y et al; 2008）。西班牙 2007 年在馬德里附近污水處理廠下游的河水中則測得雙氯芬酸濃度範圍為 313 - 3363 ng/L，濃度中位數為 2040 ng/L（Valcarcel Y et al; Chemosphere 82: 1062-1071 (2011)）。

地下水

德國一間工廠在進行人工地下水補注期間，測得水中雙氯芬酸濃度逐漸降低，在補注池中先測得 135 ng/L，後來測到的濃度逐漸降低為 15、45、5、15、10、<5、<5、ND（未檢出）、ND，雙氯芬酸的檢出率為 93%，評估濃度降低原因為衰減（Heberer T, 2004）。

放流水

加拿大 1998-1999 年在 14 個城市的 18 間污水處理廠進行中性和酸性藥物的採樣檢測，雙氯芬酸進流水的濃度中位數為 1.3 ug/L，放流水則未檢出（偵測極限為 0.25 ug/L）（Metcalf CD et al; 2003）。瑞士在 1999 年檢測 Greifensee 湖區的三個廢水廠放流水，最高濃度為 0.99 ug/L（Tixier C et al; 003）。在法國、希臘和瑞士的廢水處理廠放流水於 2001 年間則測得濃度範圍 0.25-5.45 ug/L 的雙氯芬酸（Ferrari B et al; 2003）。廢水處理廠的雙氯芬酸去除效率為 0-80%，但主要去除範圍為 20-40%。全球各國廢水處理廠放流水雙氯芬酸的濃度平均如下（單位為 ng/L）：奧地利：1750；丹麥：950；芬蘭：1000；法國：750；德國：3250；希臘：750；義大利：700；西班牙：600；瑞典：800；瑞士：100；英國：未報導；加拿大：1400；美國：200；巴西：未報導；日本：50，韓國：400（Zhang Y et al; 2008）。中國在 2009-2010 年測得北京的 2 個廢水處理廠，進流水和放流水濃度分別為 112-438、35.3 - 463 ng/L（Sui Q et al; 2011）。

6. 健康評量及毒理資料

少數病人攝入 3.75-4 g 的雙氯芬酸後並未觀察到任何中毒症狀，但一青年則攝入 2.37 g 後發生嘔吐和嗜睡的情形（American Society of Health-System Pharmacists 2011;）。雙氯芬酸過量的急性不良效應主要源自於藥物使用，有報告 17 歲男性在攝入 5g 的雙氯芬酸發生意識喪失、顱內壓力升高之症狀，該病例在 2 天後死亡（American Society of Health-System Pharmacists 2011）。

用藥危險

雙氯芬酸不建議用於血液惡病質（blood dyscrasias）或有該病史的患者（Thomson.Micromedex. 2004）。少數患者接受口服雙氯芬酸的治療後，會發生噁心、腹瀉、便秘、肚子痛或痙攣、胃脹氣、嘔吐、消化不良等症狀。接受非類固醇消炎藥（NSAIDs）治療的患者（尤其是年長患者），有發生嚴重不良腸胃道反應之報告，因此在 65 歲以上的老年患者應謹慎使用包含雙氯芬酸在內的非類固醇消炎藥物。雙氯芬酸主要經由腎臟排出，有腎功能損害的患者受到的毒性風險更大，且因老年人腎功能降低的可能性亦較大，因此建議年長者或腎功能低下之

患者需謹慎觀察使用雙氯芬酸之情況（American Society of Health-System Pharmacists 2011）。在一項研究中顯示長期每天使用 150 mg 的雙氯芬酸，母乳中產生 100 ng/g 的雙氯芬酸，體重 4-5 公斤的嬰兒每天喝 1 公升的母乳則會攝取到 0.03 mg/kg/day 的雙氯芬酸（Thomson.Micromedex. 2004,）。

動物研究

進行 2 年以小鼠餵食雙氯芬酸之致癌性研究，結果顯示雙氯芬酸無致癌潛力（Thomson.Micromedex. 2004）。美國食品藥物管理局（FDA）將雙氯芬酸歸類為懷孕類別 C 級，即動物生殖研究對胚胎有不良影響，但缺乏孕婦對照研究確認藥物是否安全。目前無資料顯示雙氯芬酸會造成胎兒生長缺陷，但懷孕婦女最好不要服用此藥物。

RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg MRDD /day)	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1			3200	猴子/口服(1)
			500	狗/口服
			55-240	大鼠/口服

(1) American Society of Health-System Pharmacists 2011; Drug Information 2011. Bethesda, MD. 2011, p. 2112

7. 處理技術/成本分析

活性碳吸附、紫外光、臭氧、逆滲透

8. 國內外管制情形

國際上未有管制。

9. 行政考量

無。

10. 管制優先次序

無。

11. 參考文獻

- [1] American Society of Health-System Pharmacists 2011; Drug Information 2011. Bethesda, MD. 2011, p. 2111
- [2] American Society of Health-System Pharmacists 2011; Drug Information 2011. Bethesda, MD. 2011, p. 2112
- [3] Barron L et al; Analyst 134: 663-670 (2009)
- [4] Buser HR et al; Environ Sci Technol 32: 3449-56 (1998)
- [5] Doucette WJ; pp. 141-188 in Handbook of Property Estimation Methods for Chemicals. Boethling RS, Mackay D, eds. Boca Raton, FL: Lewis Publ (2000)
- [6] Ferrari B et al; Ecotoxicol Environ Saf 55: 359-370 (2003)
- [7] Franke C et al; Chemosphere 29: 1501-14 (1994)
- [8] Heberer T, Adam M; Environ Chem 1: 22-25 (2004)
- [9] Lyman WJ; p. 31 in Environmental Exposure From Chemicals Vol I, Neely WB, Blau GE, eds, Boca Raton, FL: CRC Press (1985)
- [10] Meylan WM, Howard PH; Chemosphere 26: 2293-99 (1993)
- [11] Metcalfe CD et al; Environ Toxicol Chem 22: 2872-80 (2003)
- [12] O'Neil MJ, ed; The Merck Index. 14th ed. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc. p. 552 (2006)
- [13] Sangster J; LOGKOW Databank. Sangster Res. Lab., Montreal Quebec, Canada (1994)
- [14] Sui Q et al; Environ Sci Technol 45: 3341-3348 (2011)
- [15] Ternes TA; Wat Res 32: 3245-60 (1998)
- [16] Thomson.Micromedex. Drug Information for the Health Care Professional. 24th ed. Volume 1. Plus Updates. Content Reviewed by the United States Pharmacopeial Convention, Inc. Greenwood Village, CO. 2004., p. 378
- [17] Thomson.Micromedex. Drug Information for the Health Care Professional. 24th ed. Volume 1. Plus Updates. Content Reviewed by the United States Pharmacopeial Convention, Inc. Greenwood Village, CO. 2004., p. 381
- [18] Thomson.Micromedex. Drug Information for the Health Care Professional. 24th ed. Volume 1. Plus Updates. Content Reviewed by the United States Pharmacopeial Convention, Inc. Greenwood Village, CO. 2004., p. 390
- [19] Tixier C et al; Environ Sci Technol 37: 1061-68 (2003)

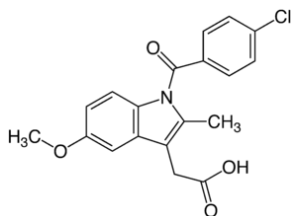
[20] Valcarcel Yet al; Chemosphere 82: 1062-1071 (2011)

[21] Vulliet E et al; Environ Chem Lett 9: 103-114 (2011)

[22] Zhang Y et al; Chemosphere 73: 1151-1161 (2008)

附錄 4.2 吲哚美辛

1. 水質項目名稱：吲哚美辛(Indomethacin)
別名：Indocin、Indocid、Indochron、消炎痛 (CAS：53-86-1)
2. 化學式/結構式：



3. 使用單位：μg/L
4. 分析方法：

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
	(1) NIEA W545.50B

5. 環境背景資料

吲哚美辛 (Indomethacin) 是一種淡黃色至黃棕色的結晶粉末，為非類固醇消炎止痛藥，可消炎止痛、治療發熱和緩解身體僵硬。吲哚美辛 1963 年由默克藥廠 (Merck & Co., Inc.) 研發推出，1965 年經美國食品藥品監督管理局允許銷入美國市場。

空氣中

在空氣中的吲哚美辛於 25℃ 環境中蒸汽壓為 9.9×10^{-11} mmHg，顯示將以粒狀狀態存在，而經由濕沉降或乾沉降的方式自空氣中去除。吲哚美辛顯示水態的光分解半衰 16 及 21 小時 (Yamamoto H et al; 2009)，因此吲哚美辛也可能被日光直接光分解。

土壤中

吲哚美辛的 Koc 為 1300 (Yamamoto H et al; 2009) 顯示在土壤中移動性低，其 pKa 為 4.5 (O'Neil M, ed; 2013)，顯示在環境中多為陰離子態存在，且陰離子不容易被富含有機碳和黏土的土壤吸附 (Doucette WJ; 2000)，陰離子也不易從潮濕的土壤表面揮發。吲哚美辛蒸汽壓為 9.9×10^{-11} mmHg (US EPA; 2012)，因此也不容易從乾燥土壤表面揮發。

水中

水中的吲哚美辛 Koc 可被懸浮固體和底泥所吸附，在 pH5~9 的環境水體中以陰離子狀態存在，因此不易從水中或潮濕的土壤表面揮發，經由試驗顯示水中生物降解半衰期 430 及 410 小時 (Yamamoto H et al; 2009)，因此生物降解為其去除的重要途徑。

表一、吲哚美辛物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	9.9×10^{-11} mmHg	US EPA; 2016
Koc	1300	Yamamoto H et al; 2009

人體可能的暴露途徑

吲哚美辛作為一種抗炎藥物而由人工合成生產出來，職業上暴露可能為從事藥物生產或製造的工作者在工作場所經由呼吸和皮膚接觸吲哚美辛，一般人暴露吲哚美辛則可能因攝入受污染的飲水，但主要是因直接使用該醫療藥物(NIOSH; 2016)。

環境水體中的濃度

飲用水

西班牙在 2012 年採樣 11 個礦泉水樣本中有 10 個樣本測得吲哚美辛，平均濃度為 7 ng/L，而在瓦倫西亞 Turia 流域採集的 8 個水樣中，6 個測得吲哚美辛平均濃度 4 ng/L (Carmona E et al; 2014)。

地表水

德國 1996 年在污水處理廠下游的美因河 (River Main) 測得 0.02~0.03 ug/L (Ternes TA; 1998)。2012 年於西班牙瓦倫西亞 Turia River 的 22 個水樣檢出 14 個含吲哚美辛，平均濃度 3 ng/L (Carmona E et al; 2014)，2007-2008 年在西班牙北部 Galicia 採集的地表水則未檢測到 (Rodil R et al; 2012)。德國 1998 年在易北河流域的 24 個區域皆無檢出，2000 年 8 月則在此 24 個區域皆有檢出微量的吲哚美辛，濃度範圍為<5~60 ng/L (Wiegel S et al; 2004)。

放流水

西班牙 2 年內研究來自三間傳統廢水處理廠 72 個樣本，吲哚美辛在進流水、出流水、污泥的檢出率為 65%、58%及 0，該化合物整體而言，自放流水中去除歸因於化學及物理轉化、生物降解及污泥吸附 (Jelic A et al; 2011)。中國在 20 個城市的 45 個廢水處理廠污泥中檢出吲哚美辛為 10.4-80 ug/kg (檢出率 8.3%) (Chen Y et al; 2013)。

6. 健康評量及毒理資料

吲哚美辛為非類固醇消炎止痛藥，使用劑量不適當會增加腸胃道嚴重不良反應的風險，如出血、潰瘍、胃穿孔或腸穿孔，年紀大的患者遭遇嚴重腸胃道反應的風險更大。非類固醇消炎止痛藥 (NSAIDs) 也可能在使用 NSAIDs 的患者中引發嚴重心血管栓塞、心肌梗塞、中風之風險，嚴重的反應包括：黃膽、暴發性肝炎、肝壞死、肝功能衰竭，亦曾有報導接受吲哚美辛的患者出現皮膚反應 (如：皮膚炎)。在該藥物使用過量的急性症狀可成產生：嗜睡、精神錯亂、噁心、嘔吐、感覺異常、定位方向障礙、癲癇等。懷孕的母親若接受吲哚美辛投藥，胎兒亦會暴露吲哚美辛而可能引發多種副作用。

用藥危險

非類固醇消炎止痛藥 (NSAIDs) 可能導致嚴重心血管栓塞的風險，此風險隨著藥物使用時間而增加，對於有心血管疾病的患者或有心血管疾病危險因子的人可能風險更高 (NIH; 2015)，NSAIDs 亦會增加嚴重腸胃道不良效應之風險 (包括：出血、潰瘍、胃或腸穿孔)，老年患者發生嚴重腸胃道症狀的風險則更大。有消化道出血或消化性潰瘍病史的患者，應謹慎使用吲哚美辛並密切觀察。低於 1% 的患者曾發生使用吲哚美辛引發的皮膚方面不良反應，包含搔癢、蕁麻疹、疹子、紅斑、結節性紅斑、脫皮性皮膚炎、掉髮、毒性表皮溶解症等 (American Society of Health-System Pharmacists 2015)

動物研究

大鼠口服吲哚美辛急性症狀引起小腸損傷、使腸內菌從腔內轉移到黏膜增加。亞慢性暴露 6~12 週後，大鼠顯示小球性貧血、低白蛋白血症、小腸潰瘍、盲腸潰瘍及盲腸中不明顯的黏膜病變。吲哚美辛使用劑量每日 0.5 mg/Kg，對於大鼠和小鼠之生育力皆無影響，在孕期最後三天給予 4 mg/kg/day 的劑量，則觀察到母鼠體重增加的幅度減少及部分母鼠和胎兒死亡的情形。以 0.5、1、2、4 mg/kg/day 的劑量觀察大鼠及小鼠的致畸胎情形，和對照組相比未觀察到胎兒畸形增加。

RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1				12	大鼠/口服(1)
				50	小鼠/口服
2					

(1) NIH; DailyMed. Current Medication Information for Indomethacin Capsule (Updated: August 12, 2015). Available from, as of March 28, 2016: <https://dailymed.nlm.nih.gov/dailymed/drugInfo.cfm?setid=6422d983-a063-41ae-aa96-7ae2284cb123>

7. 處理技術/成本分析

8. 國內外管制情形
國際上未有管制。

9. 行政考量
無。

10. 管制優先次序
無。

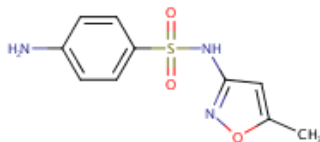
11. 參考文獻

- [1] American Society of Health-System Pharmacists 2015; Drug Information 2015. Bethesda, MD. 2015, p. 2083
- [2] Carmona E et al; Sci Total Environ 484: 53-63 (2014)
- [3] Chen Y et al; Chemosphere 93(9): 1765-72 (2013)
- [4] Doucette WJ; pp. 141-188 in Handbook of Property Estimation Methods for Chemicals. Boethling RS, Mackay D, eds. Boca Raton, FL: Lewis Publ (2000)
- [5] Jelic A et al; Water Res 45(3): 1165-76 (2011)
- [6] NIH; DailyMed. Current Medication Information for Indomethacin Capsule (Updated: August 12, 2015). Available from, as of March 28, 2016: <https://dailymed.nlm.nih.gov/dailymed/drugInfo.cfm?setid=6422d983-a063-41ae-aa96-7ae2284cb123>

- [7] NIOSH; NOES. National Occupational Exposure Survey conducted from 1981-1983. Estimated numbers of employees potentially exposed to specific agents by 2-digit standard industrial classification (SIC). Available from, as of Feb 5, 2016: <http://www.cdc.gov/noes/>
- [8] O'Neil M, ed; The Merck Index. 15th ed. Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry. p. 922 (2013)
- [9] Rodil R et al; Chemosphere 86(10): 1040-49 (2012)
- [10] Royal Society of Chemistry. p. 922 (2013)
- [11] Ternes TA; Water Res 32: 3245-60 (1998)
- [12] US EPA; Estimation Program Interface (EPI) Suite. Ver. 4.1. Nov, 2012. Available from, as of Feb 5, 2016: <http://www2.epa.gov/tsca-screening-tools>
- [13] Wiegel S et al; Chemosphere 57: 107-26 (2004)
- [14] Yamamoto H et al; Water Res 43: 351-62 (2009) (3) O'Neil M, ed; The Merck Index. 15th ed. Cambridge, UK: The
- [15] Yamamoto H et al; Water Res 43: 351-62 (2009)

附錄 4.3 磺胺甲噁唑

1. 水質項目名稱：磺胺甲噁唑(Sulfamethoxazole)
別名：新諾明、磺胺甲異噁唑、SMZ (CAS：723-46-6)
2. 化學式/結構式：



3. 使用單位：μg/L
4. 分析方法：

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
	(1) NIEA W545.50B

5. 環境背景資料

磺胺甲噁唑 (sulfamethoxazole) 又稱新諾明 (Sinomine)，是一種廣效型抗生素，對大多數革蘭氏陽性菌和革蘭氏陰性菌都有抑制作用，主要用於敏感菌引起的尿道感染、呼吸系統感染、腸胃道感染、膽道感染、及局部軟組織或創面感染。由於人類或動物使用如 sulfamethoxazole 等磺胺類藥物，而使其可能釋放至環境中。

空氣

在空氣中的 sulfamethoxazole 於 25℃ 環境中蒸汽壓為 6.9×10^{-8} mmHg (Lyman WJ; 1985)，顯示將以氣狀和粒狀同時存在於空氣中，氣態的 sulfamethoxazole 可和光化學反應產生的自由基反應而分解，反應半衰期估計為 2 小時，sulfamethoxazole 則可經由濕沈降或乾沈降的方式自空氣中去除，直接光分解的半衰期據報導為 0.2-5 天，以位於北方春夏秋冬四季在 20 度 C 環境下直接光解半衰期為 (天)，0.2、0.2、0.4、0.5，30 度 C 下半衰期為 0.3、0.3、0.4、0.6 (天)，40 度 C 下為 0.5、0.2、0.6、1.5 (天)，50 度 C 下半衰期為 0.5、0.3、1.5、5 (天) (Andreozzi R et al; 2003)。

土壤中

sulfamethoxazole 的 Koc 為 72 (Hansch C et al; 1995)，顯示在土壤中有高度移動性，具有兩性性質磺胺類藥物表現出弱酸的性質，其 pKa1 及 pKa2 分別為 1.6 及 5.7，(Boreen AL et al; 2004)，顯示在環境中部分陰離子狀態存在，且陰離子不容易被富含有機碳和黏土的土壤吸附 (Doucette WJ; 2000)，根據估計的亨利常數 6.4×10^{-13} atm·m³/mole 也不易從潮濕土壤揮發，一般而言磺胺類的抗菌劑不易被生物降解而會存在於土壤中 (Bialk HM et al; 2005)。

水中

水中的 sulfamethoxazole 不易被懸浮固體和底泥所吸附，也不易從水體表面揮發 (Lyman WJ et al; 1990)，BCF 為 3 (Franke C et al; 1994) 顯示對水生生物的生物濃縮性低，且根據實驗室中結果顯示不易水解，也不易被生物降解，由戶外池塘實驗顯示可被光分解 (Lam MW et al; 2004)。

表一、sulfamethoxazole物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	6.9×10^{-8} mmHg	Lyman WJ; 1985
BCF	3	Franke C et al; 1994

人體可能的暴露途徑

美國國家職業安全與健康研究所(NIOSH)之統計估計(NOES 於 1981-1983 調查)美國約有 17029 的工作人員(其中 11965 人為女性)潛在暴露磺胺甲噁唑(sulfamethoxazole)，此外約 4250 名工作人員潛在暴露在粉末狀的該藥物(NIOSH; ; 2008)。職業上接觸可能在製造或有使用 sulfamethoxazole 藥物的工作場所經由吸入及皮膚接觸而暴露，而一般民眾則可能經由攝入受到污染的食物或飲水，但主要則為使用含 sulfamethoxazole 的藥物。

環境水體中的濃度

飲用水

美國在高度城市化供應人口稠密區的淨水場(每天處理 62 百萬加侖，供應 85 萬人的飲用水)之清水無檢出 sulfamethoxazole 之報告，而在連續 4 週收集河流和原水中的樣本則有 sulfamethoxazole 0.05 ug/L 的報告(Stackelberg PE et al; 2004)。

地表水

美國在 1999-2000 年河流採集的 139 個樣品中有 104 個測得 sulfamethoxazole，最高濃度 1.9 ug/L，中位數 0.15 ug/L (Kolpin W et al; 2002)，2001 年在愛荷華州城鎮的河流上游及下游高流量和正常流量時未檢出，但在低流量時則有測得最大濃度 0.07 ug/L 的 sulfamethoxazole (Kolpin DW et al; 2004)。

放流水

全球各國廢水處理廠放流水 sulfamethoxazole 的濃度平均如下(單位為 ug/L)：法國：0.07-0.09，希臘：0.09，義大利：ND-0.03，瑞典：0.02，瑞士和德國：0.4-2.0 (Anddreozi R et al; 2003)。加拿大 2002 年在 5 個都市的 8 個廢水處理廠放流水測得中位數濃度 0.243 ug/L，最高濃度 0.871 ug/L (Miao XS et al; 2004)。德國 1996-1998 年垃圾處理廠出流水得 sulfamethoxazole 中位數濃度 0.40 ug/L，最大濃度 2.0 ug/L (Ternes T; 2001)。基於人類使用藥物進行治療的消耗量(美國 1988 年 IMS Health 之前 200 名處方藥)估計未處理的都市廢水 sulfamethoxazole 濃度為 3800 ng/L (含代謝物)及 3200 ng/L (Huang CH et al; 2001)。

6. 健康評量及毒理資料

功效上能殺滅多種細菌，可對抗化膿性扁桃腺炎、咽喉炎、肺炎、支氣管炎、痢疾、泌尿系統感染等，其他許多感染性疾病均可使用。常見副作用有噁心嘔吐、頭暈、頭痛、利尿等，sulfamethoxazole 藥物易引起結晶尿，因此在使用本藥物時需大量飲水，或搭配碳酸氫鈉片同時服用，防止發生腎損害。磺胺類藥物單獨使用時，可能會引起皮膚上的不良反應(Hardman, JG; 1064)。許多使用磺胺類藥物產生的不良反應歸因於過敏反應，隨著磺胺藥物的劑量增加，過敏反應發生率也上升。患者接受磺胺類藥物治療後，有各種皮膚反應曾被報告，包括皮疹、搔癢、蕁麻疹、結節性紅斑、毒性表皮溶解症、剝落性皮膚炎等(Bethesda, Maryland; 2008)。

120 位孕婦以 sulfamethoxazole 治療細菌感染，無新生兒的缺陷發生率增加

之情形，未顯示對胎兒有不良影響（IARC; 2001）。但由於磺胺類藥物會分布於牛奶中，應考慮母親若使用磺胺類藥物，哺乳嬰兒時嬰兒會攝入磺胺類藥物，可能引發嚴重不良反應的可能性，且對於 2 個月以下的嬰兒有發生黃膽之風險，故餵母乳的婦女禁止使用磺胺類藥物（Bethesda, Maryland; 2008）。

沒有足夠的證據顯示 sulfamethoxazole 對人類有致癌性，有限的證據顯示動物致癌性，因此整體評估為：sulfamethoxazole 不被分類為人類致癌物（Group 3）（IARC; 2001）。因動物實驗顯示對胎兒可能有影響，但缺乏人類研究的資料及證據，因此 FDA 對 sulfamethoxazole 的懷孕風險分類為：C（風險不能被排除）（Thomson/Micromedex; 2007）。

RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1				2650	小鼠/口服(1)
				2300	小鼠/腹腔注射
				6370	大鼠/口服
				2690	大鼠/腹腔注射
2				3662	小鼠/口服(2)

(1) Lewis, R.J. Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 9th ed. Volumes 1-3. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1996., p. 3035

(2) Budavari, S. (ed.). The Merck Index - Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. Rahway, NJ: Merck and Co., Inc., 1989., p. 1407

7. 處理技術/成本分析

活性碳吸附、紫外光、逆滲透

8. 國內外管制情形

國際上未有管制。

9. 行政考量

無。

10. 管制優先次序

無。

11. 參考文獻

- [1] American Society of Health System Pharmacists. AHFS Drug Information 2008. Bethesda, Maryland 2008, p. 423
- [2] American Society of Health System Pharmacists. AHFS Drug Information 2008. Bethesda, Maryland 2008, p. 424
- [3] Andreozzi R et al; Chemosphere 50: 1319-30 (2003)
- [4] Bialk HM et al; Environ Sci Technol 39: 4463-73 (2005)
- [5] Boreen AL et al; Environ Sci Technol 38: 3933-40 (2004)
- [6] Doucette WJ; pp. 141-188 in Handbook of Property Estimation Methods for

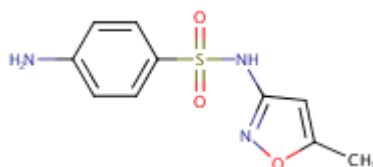
- Chemicals. Boethling RS, Mackay D, eds. Boca Raton, FL: Lewis Publ (2000)
- [7] Hansch C et al; Exploring QSAR. Hydrophobic, Electronic, and Steric Constants. ACS Prof Ref Book. Heller SR, consult. ed., Washington, DC: Amer Chem Soc p. 71 (1995)
- [8] Hardman, J.G., L.E. Limbird, P.B. Molinoff, R.W. Ruddon, A.G. Goodman (eds.). Goodman and Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics. 9th ed. New York, NY: McGraw-Hill, 1996., p. 1064
- [9] Huang CH et al; pp. 4532-43 in Conf Proc - Water Environ Fed Annual Conf and Exposition, 74th Atlanta, GA, Oct 13-17, 2001 (2001)
- [10] IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-PRESENT. (Multivolume work). Available at: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php> p. 79 372 (2001)
- [11] IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-PRESENT. (Multivolume work). Available at: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php> p. V79 369.
- [12] Kolpin W et al; Environ Sci Technol 36: 1202-11 (2002)
- [13] Kolpin DW et al; Sci Total Environ 348: 119-130 (2004)
- [14] Lam MW et al; Environ Toxicol Chem 23: 1431-40 (2004)
- [15] Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 4-9, 15-1 to 15-29 (1990)
- [16] Miao XS et al; Environ Sci Technol 38: 3533-41 (2004)
- [17] NIOSH; NOES. National Occupational Exposure Survey conducted from 1981-1983. Estimated numbers of employees potentially exposed to specific agents by 2-digit standard industrial classification (SIC). Available at <http://www.cdc.gov/noes/> as of Apr 28, 2008
- [18] Ternes T; Waser Boden 53: 9-14 (2001)
- [19] Thomson/Micromedex. Drug Information for the Health Care Professional. Volume 1, Greenwood Village, CO. 2007., p. 2661

附錄 4.4 磺胺噻唑

1. 水質項目名稱：磺胺噻唑(Sulfathiazole)

別名：磺胺噻唑、2-Sulfanilamidothiazole、N-2-Thiazolylsulfanilamide(CAS：72-14-0)

2. 化學式/結構式：



3. 使用單位：μg/L

4. 分析方法：

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
	(2) NIEA W545.50B

5. 環境背景資料

磺胺類藥物是首先被用來治療全身性細菌性感染的化學治療藥物。如今用途已大部分被抗生素所取代，但對某些疾病仍具有不可忽略的價值。磺胺噻唑(Sulfathiazole)為全身性磺胺藥，即口服後可被腸胃道吸收，隨血液循環至身體各組織，而產生全身性制菌作用。磺胺藥物本身並無殺菌能力，但能抑制細菌生長繁殖，作用機制為磺胺藥物的結構近似對安息香酸(PABA)，當細菌要利用對安息香酸時磺胺藥可與之競爭，使得細菌不能合成真正具活性的葉酸，因而導致DNA及RNA合成作用受到抑制。

磺胺藥物在人類及獸醫用藥皆有使用，磺胺劑藥物亦為酪農合法使用治療牛隻乳房炎的常用藥劑，因此可能因藥物之使用導致由各途徑釋放至環境中。

空氣

磺胺噻唑在空氣中的於 25°C 環境中蒸汽壓為 4.2×10^{-8} mmHg (Lyman WJ; 1985)，顯示將以蒸汽及粒狀物型態存在於空氣中，蒸汽態的磺胺噻唑可和大氣中光化學產物的氫氧自由基反應而分解，此在空氣中的反應半衰期估計為 7 小時 (Meylan WM, Howard PH; 1993)。而粒狀的磺胺噻唑則可經由濕沈降或乾沈降的方式自空氣中去除。且磺胺噻唑具有發色團，可吸收空氣中 > 290 nm 的波長 (Lyman WJ et al; 1990) 而直接被陽光光解。

土壤中

在土壤中的磺胺噻唑，其 Koc 為 200 (Tolls J; 2001) 及 97 (Thiele-Bruhn S; 2003)，顯示在土壤中為中等至高度移動性，其 pKa 為 2.2 及 7.2 (McFarland JW et al; 1997)，顯示在環境中多為陰離子狀態存在，因陰離子不容易被土壤中的有機碳和黏土所吸附 (Doucette WJ; 2000)，而根據其亨利常數為 5.8×10^{-14} atm m³/mole 則不容易從潮濕或乾燥土壤表面揮發。

水中

水中的磺胺噻唑不容易被懸浮固體和底泥所吸附，根據其亨利常數顯示磺胺

噻唑為非揮發性(Lyman WJ et al; 1990)因其 pKa 值為 7.2(Boreen AL et al; 2004)顯示在 pH5~9 的環境水體中多以陰離子狀態存在，而不易從水體表面揮發。而磺胺噻唑的陰離子狀態在一般天然水體環境中容易光解(Boreen AL et al; 2004)，估計直接光解是自水中移除的重要方式。磺胺噻唑的 BCF 為 3(Franke C et al; 1994)顯示對水生生物的生物濃縮性為低。

表一、磺胺噻唑物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	4.2×10^{-8} mmHg	Lyman WJ; 1985
Koc	200、97	Tolls J; 2001; Thiele-Bruhn S; 2003
BCF	56	Franke C et al; 1994

人體可能的暴露途徑

磺胺噻唑做為人類(O'Neil MJ, ed; 2006)和獸醫用抗發炎藥物(Aiello SE et al, eds; 1998)，由人工生產出來做為藥物使用，職業上暴露可能為從事藥物生產或製造的工作者在工作場所經由皮膚接觸，一般人暴露磺胺噻唑則可能因皮膚接觸該化合物，但主要是因醫療需求使用磺胺噻唑藥物。

環境水體中的濃度

地表水

1999-2000 年美國自 139 個河川中未檢出磺胺噻唑(偵測極限為 0.05 µg/L)(Kolpin W et al; 2002)，2001 年的 11 月-12 月期間美國收集自人口稠密及高度城市化的溪流流域，12 個河川和原水樣本中無檢出(Stackelberg PE et al; (2004)。

放流水

美國限制型養豬業者每日餵養操作沖洗水平均濃度 971 µg/L，假設有 2500 頭豬，豬隻平均重量為 180 磅，每隻動物的每天給藥量為 496 mg(Huang CH et al; 2001)。加拿大 2002 年在 5 個城市的 8 間污水處理廠之最終放流水未檢出磺胺噻唑，偵測極限為 0.004 µg/L(Miao X-S et al; 2004)。

食品調查

1994-1998 年在斯洛文尼亞(Slovenia)的市場上抽驗 2362 樣農產品及魚類樣本的磺胺噻唑殘留量(Sinigoj-Gacnik K, Dognac DZ; 2000)，在 99.37%的樣本中無檢出磺胺類藥物，家禽類皆無檢出，而在檢出陽性的樣本中有一半為豬肉組織，磺胺噻唑則在一未指定樣本中測得每克濕重樣本含 10-50 ng。

牛奶中濃度

由於磺胺類藥物會分布至牛奶中，且哺乳期的嬰兒可能發生潛在嚴重藥物不良反應，因此若哺乳期婦女需使用磺胺類藥物，應慎重考量，且 2 個月以下嬰兒有發生黃膽的風險，哺乳 2 個月以下嬰兒的婦女不應使用磺胺類藥物(American Society of Health System Pharmacists. AHFS Drug Information 2008)。

6. 健康評量及毒理資料

磺胺藥物功效上能殺滅多種細菌，副作用有皮膚炎、噁心嘔吐、頭暈、頭痛等，磺胺類藥物單獨使用時，可能會引起皮膚上的不良反應(Hardman, JG; 1064)。

許多使用磺胺類藥物產生的不良反應歸因於過敏反應，隨著磺胺藥物的劑量增加，過敏反應發生率也上升。患者接受磺胺類藥物治療後，有各種皮膚反應曾被報告，包括皮疹、搔癢、蕁麻疹、結節性紅斑、剝落性皮膚炎等（Bethesda, Maryland; 2008），也可能發生光過敏症，因而提醒患者不要長時間暴露在紫外線及陽光下。若在磺胺藥物治療期間發生過敏反應，應立即停藥，且磺胺藥物可分佈至乳汁中，可能導致嬰兒出現高膽紅素血症，因此哺乳期的婦女不建議使用磺胺藥物（USP. Convention. USPDI, 2000）。

可對抗化膿性扁桃腺炎、咽喉炎、肺炎、支氣管炎、痢疾、泌尿系統感染等，其他許多感染性疾病均可使用。常藥物易引起結晶尿，因此在使用本藥物時需大量飲水，或搭配碳酸氫鈉片同時服用，防止發生腎損害。

RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1				4500	小鼠/口服(1)
2					

(1)Lewis, R.J. Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 9th ed. Volumes 1-3. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1996., p. 3154

7. 處理技術/成本分析

8. 國內外管制情形 國際上未有管制。

9. 行政考量 無。

10. 管制優先次序 無。

11. 參考文獻

- [1] Aiello SE et al, eds; The Merck Veterinary Manual. 8th ed. Whitehouse Station, NY: Merck & Co., p. 1765 (1998)
- [2] American Society of Health System Pharmacists. AHFS Drug Information 2008. Bethesda, Maryland 2008, p. 424
- [3] Boreen AL et al; Environ Sci Technol 38: 3933-40 (2004)
- [4] Franke C et al; Chemosphere 29: 1501-14 (1994)
- [5] Huang CH et al; pp. 4532-43 in Conf Proc - Water Environ Fed Annual Conf and Exposition, 74th Atlanta, GA, Oct 13-17, 2001 (2001)
- [6] Kolpin W et al; Environ Sci Technol 36: 1202-11 (2002)
- [7] Lewis, R.J. Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 9th ed. Volumes 1-3. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1996., p. 3154
- [8] Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 15-1 to 15-29 (1990)

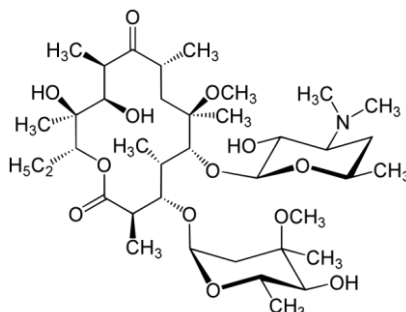
- [9] Meylan WM, Howard PH; Chemosphere 26: 2293-99 (1993)
- [10] Miao XS et al; Environ Sci Technol 38: 3533-41 (2004)
- [11] O'Neil MJ, ed; The Merck Index. 14th ed. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc. p. 1524 (2006)
- [12] Sinigoj-Gacnik K, Dognac DZ; Bull Environ Contam Toxicol 64: 235-41 (2000)
- [13] Stackelberg PE et al; Sci Total Environ 329: 99-113 (2004)
- [14] Thiele-Bruhn S; J Plant Nutr Soil Sci 166: 145-67 (2003)
- [15] Tolls J; Environ Sci Technol 35: 3397-406 (2001)
- [16] USP. Convention. USPDI - Drug Information for the Health Care Professional. 20th ed. Volume I. Micromedex, Inc. Englewood, CO., 2000. Content Reviewed and Approved by the U.S. Pharmacopeial Convention, Inc., p. 2857

附錄 4.5 克拉黴素

1. 水質項目名稱：克拉黴素(Clarithromycin)

別名：甲紅黴素、Biaxin、Klacid、克拉仙 (CAS：81103-11-9)

2. 化學式/結構式：



3. 使用單位：μg/L

4. 分析方法：

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
	(1) NIEA W545.50B

5. 環境背景資料

克拉黴素 (Clarithromycin) 又名甲紅黴素，為紅黴素的衍生物，是一種用來治療多種細菌感染的抗生素，它的構造及作用類似俗稱的紅黴素，可用於預防或治療許多細菌引起的感染，如鏈球菌性喉炎、支氣管炎、肺炎、鼻竇炎、皮膚感染、幽門螺旋桿菌感染等，大多是口服藥物形式。克拉黴素為 1980 年代發明，是基礎衛生系統需要的重要藥物之一，亦可作為一般用藥。克拉黴素主要的藥理作用是能抑制細菌蛋白質的產生，使細菌不能正常生長與繁殖，因而導致細菌死亡，對於流感的濾過性病毒、黴菌或真菌所造成的感染則無效。

空氣

在空氣中的於 25°C 環境中蒸汽壓為 2.3×10^{-25} mmHg (Lyman WJ; 1985)，顯示將以粒狀物型態存在於空氣中，而粒狀的克拉黴素則經由濕沉降或乾沉降的方式自空氣中去除。

土壤

克拉黴素若釋放至土壤中，其 Koc 為 150 (McFarland JW et al; 1997)，顯示在土壤中為中等移動性，其 pKa 為 8.99 (McFarland JW et al; 1997)，顯示在環境中多為陽離子狀態存在，且陽離子容易被富含有機碳和黏土的土壤吸附 (Doucette WJ; 2000)，因容易被土壤吸附而不易從潮濕土壤揮發。

水中

水中的克拉黴素可被懸浮固體和底泥所吸附，因其 pKa 值顯示在 pH5~9 的環境水體，克拉黴素多以陽離子狀態存在，因此不易從水體表面揮發，克拉黴素的 BCF 為 56 (Franke C et al; 1994) 顯示對水生生物的生物濃縮性為中等，克拉黴素在一般的水體環境中 (pH5~9) 具有可水解的官能基，故經由去除是在水中降解的方式。

表一、克拉黴素物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	2.3×10^{-25} mmHg	Lyman WJ; 1985
Koc	150	McFarland JW et al; 1997
BCF	56	Franke C et al; 1994

人體可能的暴露途徑

克拉黴素由人工合成生產出來做為抗生素使用（O'Neil MJ, ed; 2006），職業上暴露可能為從事藥物生產或製造的工作者在工作場所經由皮膚接觸，一般人暴露克拉黴素則可能因攝入受污染的飲水，或皮膚接觸該化合物，但主要是因直接使用抗生素等醫療藥物。

環境水體中的濃度

地表水

1996-2005 年荷蘭地表水檢出克拉黴素濃度為約 10-30 ng/L（Walraven N, Laane RWPM; 2008）。德國於 1998 年 8 月檢測易北河濃度則為<30~30 ng/L，Saale 及 Mulde 支流的交會口分別測得 40 及<30 ng/L（Wiegel S et al; 2004）。義大利 Lambro 河報告為 8.3 ng/L，在 Po 河的 7 處採樣點則測得最大及中位數濃度為 20.3 及 1.6 ng/L（Zuccato E et al; 2006）。

放流水

加拿大 2002 年在 5 個城市的 8 間污水處理廠之最終放流水測得克拉黴素濃度中位數為 0.87 ug/L（Miao X-S et al; 2004）。瑞士蘇黎世的傳統污水處理廠測得進流原水克拉黴素濃度中位數 380 ng/L，三級處理放流水則為 240 ng/L（Gobel A et al; 2005）。義大利的 9 個污水處理廠放流水濃度中位數為 18.1 ng/L（Zuccato E et al; 2006）。荷蘭在 2002 年檢測污水處理廠放流水，克拉黴素濃度範圍為 120 - 550 ng/L（Walraven N, Laane RWPM; 2008）。

6. 健康評量及毒理資料

臨床研究中，成人最常見的不良反應為胃腸不適，如噁心、嘔吐、頭痛、腹瀉、味覺改變，罕見的情形會出現嚴重過敏反應，嚴重的副作用為皮膚有青紫色淤傷、皮膚起紅疹、皮膚發癢、呼吸困難、持續性的腹瀉，通常這些副作用發生的機率較低。克拉黴素此藥物可能會影響肝功能異常，如肝轉氨酶升高，黃膽/無黃膽的肝細胞性/膽汁淤積性肝炎，這些異常可能很嚴重但通常是可逆轉的。另外若於懷孕期間使用，可能存在用藥風險。並且克拉黴素由紅黴素製成，如果對紅黴素過敏的話，對此藥物也可能產生過敏。

美國食品藥物管理局（FDA）將克拉黴素歸類為懷孕類別 C 級，即動物生殖研究對胚胎有不良影響，但缺乏孕婦對照研究確認藥物是否安全。澳洲藥管局（TGA）將克拉黴素歸類為懷孕類別 B3 級，有限數量孕婦使用藥物觀察數據顯示，該藥物不曾引起胎兒畸形，也不會直接間接造成胎兒不良影響，動物研究顯示會增加胎兒損傷，但此結果對人類胎兒是否造成影響是不確定的。克拉黴素對胎兒的影響並無完整資料，但根據動物實驗顯示克拉黴素會成長中的胎兒可能會造成生長減緩或其他不良作用，因此懷孕婦女應該避免服用。

RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1				1270	大鼠/口服(1)
				1230	小鼠口服
2				669	大鼠/腹腔注射(1)
				850	小鼠/腹腔注射
				173	小鼠/靜脈注射

(1)Lewis, R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 2441

7. 處理技術/成本分析

8. 國內外管制情形
國際上未有管制。

9. 行政考量
無。

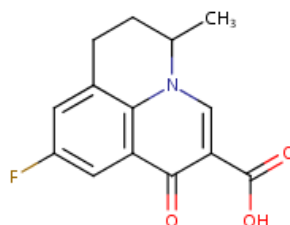
10. 管制優先次序
無。

11. 參考文獻

- [17] Doucette WJ; pp. 141-188 in Handbook of Property Estimation Methods for Chemicals. Boethling RS, Mackay D, eds. Boca Raton, FL: Lewis Publ (2000)
- [18] Franke C et al; Chemosphere 29: 1501-14 (1994) (5) Alexy R et al; Chemosphere 57: 505-12 (2004)
- [19] Gobel A et al; Environ Sci Technol 39: 3981-3989 (2005)
- [20] Walraven N, Laane RWPM; Rev Environ Contam Toxicol 199: 1-18 (2008)
- [21] Lewis, R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 2441
- [22] Lyman WJ; p. 31 in Environmental Exposure From Chemicals Vol I, Neely WB, Blau GE, eds, Boca Raton, FL: CRC Press (1985)
- [23] McFarland JW et al; J Med Chem 40: 1340-6 (1997)
- [24] Miao X-S et al; Environ Sci Technol 38: 3533-3541 (2004)
- [25] O'Neil MJ, ed; The Merck Index. 14th ed., Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., p. 392 (2006)
- [26] Walraven N, Laane RWPM; Rev Environ Contam Toxicol 199: 1-18 (2008)
- [27] Wiegel S et al; Chemosphere 57: 107-126 (2004)
- [28] Zuccato E et al; Environ Sci Pollut Res Int 13: 15-21 (2006)
- [29] Zuccato E et al; Environ Sci Pollut Res Int 13: 15-21 (2006)

附錄 4.6 氟滅菌

1. 水質項目名稱：氟滅菌(Flumequine)
- 別名：氟甲喹 (CAS：42835-25-6)
2. 化學式/結構式：



3. 使用單位：μg/L
4. 分析方法：

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
	(1) NIEA W545.50B

5. 環境背景資料

氟滅菌 (Flumequine) 又稱氟甲喹，為動物用藥 (Actor P et al; 2000)，是喹諾酮類 (Quinolones) 抗生素的一種，具有抑制格蘭氏陰性菌的作用，常用於防止家畜動物或養殖魚類因飼養密度過高所造成之感染症狀，尤其對於呼吸道及消化系統之細菌感染，諾喹酮抗生素可達到預防及治療之效果，可用於治療牛、羊、豬、兔子、馬等動物的腸胃感染，也可用於治療人類泌尿道感染。近十年來由於諾喹酮類抗生素用於大型畜產動物或養殖魚飼養明顯增加，用於治療大腸桿菌、沙門氏菌、巴斯德桿菌症等。

空氣

根據辦揮發有機物之氣態/粒狀分配模式 (Bidleman TF; 1988) 氟滅菌在空氣中的於 25°C 環境中蒸汽壓為 2.5×10^{-7} mmHg (Lyman WJ; 1985)，顯示將同時以蒸汽及粒狀物型態存在於空氣中，蒸汽態的氟滅菌可和大氣中光化學產物的氫氧自由基反應而分解，此在空氣中的反應半衰期估計為 12 小時及 6.6 天。而粒狀的氟滅菌則可經由濕沉降或乾沉降的方式自空氣中去除。且氟滅菌具有發色團，可吸收空氣中 > 290 nm 的波長 (Lyman WJ et al; 1990) 而可能直接被陽光光解。

土壤

氟滅菌的 Koc 為 2750-24500 (Tolls J; 2001)，顯示在土壤中為輕微移動性，其 pKa 為 6.5 (Holten Lutzhoft HC et al; 2000)，顯示在環境中多為陰離子狀態存在，因陰離子不容易被土壤中的有機碳和黏土所吸附 (Doucette WJ; 2000)，而根據其亨利常數為 2.7×10^{-13} atm m³/mole 估計，陰離子狀態之氟滅菌不容易從潮濕或乾燥土壤表面揮發。從養蝦和鰻魚養殖場的池塘水及底泥中未觀察到氟滅菌經生物降解之情形 (Lai H, Lin J; 2009)，同樣介質中，當引入光源時，則分解半衰期 2.3-14.5 天，顯示氟滅菌可能經由土壤表面經光分解。

水中

氟滅菌的 Koc 為 2750-24500，因此容易被水中懸浮固體和底泥所吸附，因

其 pKa 值為 6.5 (Holten Lutzhoft HC et al; 2000) 顯示在 pH5~9 的環境水體中多以陰離子狀態存在，而不易從水中揮發而去除。因化學結構上缺乏水解的官能基，估計也不會環境水體中水解 (Lyman WJ et al; 1990)。氟滅菌 BCF 為 3 (Takacs-Novak K; 1995) 顯示對水生生物的生物濃縮性為低。從養蝦和鰻魚養殖場的池塘水及底泥中未觀察到氟滅菌經生物降解之情形 (Lai H, Lin J; 2009)，同樣介質中，當引入光源時，則分解半衰期 2.3-14.5 天，顯示氟滅菌可能經由光分解。

表一、氟滅菌物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	2.5×10^{-7} mmHg	Lyman WJ; 1985
Koc	2750-24500	Tolls J; 2001)
BCF	3	Takacs-Novak K; 1995

人體可能的暴露途徑

氟滅菌主要做為動物用藥，職業上暴露可能為從事藥物生產製造或使用的作者在工作場所經由吸入或皮膚接觸。一般人暴露氟滅菌可能因直接使用該藥物，或食物中的動物用藥殘留（如飼養的家禽家畜及魚類），若由飲食進入人體內，最後可經由糞便排出體外。

環境水體中的濃度

地表水

2009-2010 年美國自密西根湖 5 個地點取樣結果未測得氟滅菌 (Blair BD et al; 2013)，2004 年在阿肯色州中北部及西北部的 18 條溪流樣本中亦未檢出（偵測極限為 $0.05 \mu\text{g/L}$ ）(Haggard BE et al; 2006)。1996-2005 年自北海荷蘭沿岸收集的 634 個樣本中，氟滅菌檢出濃度 $1-20 \text{ ng/L}$ (2008)。法國 2006 年在塞納河河口的水樣中檢出氟滅菌 (Tamtam F et al; 2008) 結果如下表：

位置	樣本數	檢出率	平均濃度(ng/L)	最大值(ng/L)
Poses	12	75	11	27
LaBouille	10	80	19	29
Caudebec	11	100	12	32
Tancarville	5	20	11	13
Honfleur	6	67	13	29

放流水

2008-2009 收集自西班牙瓦倫西亞三個污水處理廠的 14 個進流水及 14 個放流水皆無檢出氟滅菌 (Gracia-Lor E et al; 2012)。2010 年自歐洲 90 個污水處理廠收集的水樣有 3% 檢出氟滅菌，檢出濃度為 $20-25.7 \text{ ng/L}$ (Loos R et al; 2013)。1996-2005 年自北海荷蘭沿岸收集的 13 個污水處理廠及 10 個工業廢水處理廠收集的放流水樣本中分別測得 $0.2-30 \text{ ng/L}$ 及 $30-101 \mu\text{g/L}$ 的氟滅菌 (Walraven N, Laane RWPM; 2008)。

食物調查

購自於西班牙市面上的 16 個嬰兒及幼兒奶粉中未檢出氟滅菌 (Herrera-Herrera AV et al; 2011)。挪威一農場使用氟滅菌藥物治療後的隔天，在附近捕獲的野生魚肌肉組織中測得 $0.06-1.12 \text{ mg/kg}$ (Boxall ABA et al; 2004)。藥物治療結束後 48 天，在魚肝、背脂、魚皮及骨頭分別測得 8、8、36、571 ng/g 的氟滅菌，

70 天後則測得 16、27、36、465 ng/g 的氟滅菌，在肌肉組織中則皆未測得(Yndestad M; 1993)。

6. 健康評量及毒理資料

由動物實驗顯示氟滅菌具有肝毒性，以小鼠餵食 400 mg/kg 的氟滅菌 18 個月會有肝腫瘤產生，包括肥大、脂肪空泡形成、病灶壞疽等現象，顯示其具有肝毒性。

慢性毒性試驗

以 0、50、100 及 200 mg/kg 每日餵食犬隻，經 1 年觀察發現隨著劑量的提高，會有痙攣現象，但若每日 50mg/kg 的劑量，則無任何影響。基因毒性試驗經由 *Salmonella typhimurium* 回復突變(reverse mutation)試驗、哺乳動物細胞試驗包括老鼠淋巴細胞 *Hprt* 基因座(locus)基因突變及中國倉鼠細胞 (Chinese hamster ovary) 基因突變、大鼠骨髓細胞染色體異常分析，結果顯示氟滅菌不具有基因毒性。實驗動物在懷孕前及懷孕期間暴露高劑量的氟滅菌則觀察到生育力下降、妊娠時間延長及胎兒死亡增加，存活的幼體則觀察到低初生體重 (National Library of Medicine Hazardous Substances Data Bank. 2015)。

喹諾酮類抗生素對人體可能引發之副作用包括腸胃道及頭暈、失眠、頭痛等。無證據顯示氟滅菌對人類潛在的毒性效應。臨床上有尿道感染的患者接受氟滅菌治療出現了慢性腎功能衰竭的症狀，但在停止使用藥物 2 天後則完全恢復正常。一般人暴露氟滅菌可能因直接使用該藥物，或食物中的動物用藥殘留 (如飼養的家禽家畜及魚類)，食物中的藥物殘留對人體不至產生立即性危害，若不慎由飲食進入人體內，最後可經由糞便排出體外，因此由飲食造成之風險極低。

RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1				2480	雌小鼠/口服 (1)
				1630	雌小鼠/口服,禁食
				>2000	兔子/口服
2				1340	雌大鼠/口服,禁食(1)
				2210	雄大鼠/口服,禁食
3				97	雌小鼠/靜脈注射(1)
				>120	犬/靜脈注射

(1)WHO/FAO; Joint Meeting on Food Additives; Toxicological Evaluation of Certain Veterinary Drug Residues in Food, WHO Food Additive Series 33: Flumequine (1994). Available from, as of October 13, 2015: <http://www.inchem.org/pages/jecfa.html>

7. 處理技術/成本分析

8. 國內外管制情形

國際上未有管制。

我國對於氟滅菌目前為規範家禽家畜肉及內臟之容許殘留量。

9. 行政考量

無。

10. 管制優先次序

無。

11. 參考文獻

- [1] Actor P et al; Chemotherapeutics. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 7th ed. (1999-2015). New York, NY: John Wiley & Sons. Online Posting Date: 15 Jun 2000
- [2] Bidleman TF; Environ Sci Technol 22: 361-367 (1988)
- [3] Blair BD et al; Chemosphere 93: 2116-23 (2013)
- [4] Boxall ABA et al; Rev Environ Contam Toxicol 180: 1-91 (2004)
- [5] Doucette WJ; pp. 141-188 in Handbook of Property Estimation Methods for Chemicals. Boethling RS, Mackay D, eds. Boca Raton, FL: Lewis Publ (2000)
- [6] National Library of Medicine Hazardous Substances Data Bank. Available from, as of Nov 10, 2015: <http://toxnet.nlm.nih.gov/newtoxnet/hsdb.htm>
- [7] Gracia-Lor E et al; Chemosphere 87: 453-62 (2012)
- [8] Haggard BE et al; J Environ Qual 35: 1078-87 (2006)
- [9] Herrera-Herrera AV et al; J Chromatogr A 1218: 7608-14 (2011)
- [10] Lai H, Lin J; Chemosphere 75: 462-8 (2009)
- [11] Loos R et al; Water Res 47: 6475-87 (2013)
- [12] Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 15-1 to 15-29 (1990)
- [13] Takacs-Novak K; Int J Pharm 113: 47-55 (1995)
- [14] Tamtam F et al; Sci Total Environ 393: 84-95 (2008)
- [15] Tolls J; Environ Sci Technol 35: 3397-406 (2001)
- [16] Walraven N, Laane RWPM; Rev Environ Contam Toxicol 199: 1-18 (2008)
- [17] WHO/FAO; Joint Meeting on Food Additives; Toxicological Evaluation of Certain Veterinary Drug Residues in Food, WHO Food Additive Series 33: Flumequine (1994). Available from, as of October 13, 2015: <http://www.inchem.org/pages/jecfa.html>

附錄五、現行飲用水列管項目毒理資料庫更新

附錄 5.1 銀

1. 水質項目名稱：銀（Silver CAS ID #：7440-22-4）
2. 化學式/結構式：Ag
3. 使用單位：mg/L
4. 分析方法：

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
(2) 火焰式原子吸收光譜 (3111B, 3111C)	(1) 火焰式原子吸收光譜法 (NIEA W306.52A)
(3) 電熱式原子吸收光譜 (3113B)	(2) 石墨爐式原子吸收光譜法 (NIEA W303.51A)
(4) 感應耦合電漿原子發射光譜法 (3120 B)	(3) 感應耦合電漿原子發射光譜法 (NIEA W311.51B)
(5) 感應耦合電漿質譜儀(3125 B)	(4) 感應耦合電漿質譜法 (NIEA W313.52B)

5. 環境背景資料

銀屬貴重金屬之一，地殼中含量不多，且多數銀鹽為低溶解性，如硫化銀與氧化銀，故在正常水體中濃度極微⁽²⁾。銀常用於裝飾品、餐具或錢幣，且在工業界用途廣泛，包括鏡子、照像、電池、化工、電鍍、電子儀器、合金製造等方面，另外部分國家之淨水設施曾使用銀做為消毒劑。基於成本考量，多數工業均設有處理設備以回收製程中排放之銀，故水體受到工業廢水中銀污染較少發生。一般而言，在正常水體如地表水、地下水與飲用水等可測得大約 0.005 mg/L 含銀，但在使用銀作為消毒劑的飲用水中可測得較高濃度的銀，約 0.05 mg/L⁽⁴⁾。

人體可能的暴露途徑

牙科填充物若使用無包覆的銀汞合金，則可能釋放至口腔中進入人體⁽³⁸⁾。職業上涉及鑽孔、錘擊、鍛造、雕刻、焊接、熔煉等作業且使用銀金屬的工作人員則可能經由皮膚穿透或吸入細小的金屬微粒⁽³⁹⁾。

環境水體中的濃度

USEPA 統計境內水質發現，多數原水中銀含量在 0.1~10µg/L，而清水所測得之濃度更低，對全美 100 個大城市進行調查，飲水中銀含量介於 0~7 µg/L 之間，平均值為 0.23 µg/L⁽²⁾。國內研究計畫「飲用水中無機物、微生物及濁度管制項目及管制標準合理性分析」（環保署委託，1996）⁽¹²⁾統計國內水質也出現類似之結果，近五年（80 年 1 月~84 年 6 月）來共 86 個樣本測值均為 N.D.。而針對自來水用戶水質抽驗結果發現^(13,14)，收集 81 及 82 年間共約 1100 個樣本，全數

均合於現行標準。民國九十五年針對台北市直潭淨水場與高雄市澄清湖淨水場進行原水與清水中含銀之採樣分析，結果顯示測值皆為 ND⁽¹⁹⁾。根據行政院環保署 97 年與 98 年全國飲用水水質抽驗，水樣數分別為 408 及 673，結果顯示全數合格⁽²⁰⁾。臺北自來水事業處 106 年 10 月至 107 年 9 月各淨水場檢測清水中之銀移動年平均值皆為 ND。

6. 健康評量及毒理資料：

銀之危害性尚未確定，研究指出每日攝入銀量超過 0.2 mg 仍無明顯影響，由於銀不易由胃腸道吸收且容易排出（吸收量約為 0~10%），因此目前多視為低毒性之物質⁽¹⁵⁾，而吸收的銀主要累積在肝臟與皮膚⁽¹⁰⁾。曾有攝入相當高劑量而致死之案例，而長期攝入低劑量之銀如工業暴露則發現，可能造成銀沉澱症 (Argyria)，明顯症狀為會造成皮膚或頭髮變為青灰色，但對人體其他機能並無危害，一般認為連續一段時間攝入 0.4 mg/day，方會有症狀出現^(2,21)。在動物實驗同樣顯示暴露含高濃度(600 mg/L)銀的飲用水後，實驗動物的甲狀腺、腎上腺、眼睛、肝臟及腎臟變色⁽¹⁰⁾。除 Argyria 病症外，尚無發現銀與其他疾病具相關性。此外，目前為止無研究結果指出銀具致癌或致突變性，因此 USEPA 將其列入致癌性之分級為 D（未分類為人類之致癌物）⁽⁴⁰⁾。

基於危害性低，USEPA 僅將銀列為次要水質管制項目，原標準 0.05 mg/L 乃以長期攝入銀而造成之 Argyria 病症之累積總量來估算，1995 年以最新之臨床研究結果暫定標準為 0.1 mg/L^(2,3)。WHO 根據動物實驗結果及若干實際案例，認為一生總攝入量超過 10 g 時，方會造成 Argyria 病症產生，以平均壽命 70 年計算，飲用水標準訂為 0.1 mg/L，但由於銀與健康相關性不明顯，故未予推薦基準值⁽²⁾。

RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1				>5000 >2000	雄大鼠/口服 ⁽¹⁾ 雄大鼠/皮膚

(1)USEPA; Reregistration Eligibility Decision Document - Silver. Washington, DC: USEPA, Off Pest Prog. USEPA 738-R-94-021, p.12 Sept 1992. Available from, as of Feb 24, 2002: <http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/status.htm>

7. 處理技術/成本分析

傳統處理程序對銀具良好之去除率，使用鋁鹽膠凝去除率約為 90%(適用之 pH 值範圍為 6~8)，使用鐵鹽效率較差，約為 70%(適用之 pH 值範圍為 7~9)。石灰軟化法效果接近鐵鹽膠凝⁽⁵⁾。由於 USEPA 之 SDWA 中未將其列為主要水質管制項目，所以並無推薦最佳處理技術(BAT)。由於銀係貴重金屬之一，一般工業界均有處理設備以為回收，而以逆滲透及離子交換為主要方法⁽²⁾。

關於銀項目，本研究建議維持現行標準，依前述環境背景資料之討論，水質

統計結果顯示國內水源或清水中極少測得含銀，樣本均能符合現行標準(0.05 mg/L)，因此目前尚不需探討處理成本分析。

8. 國內外管制情形

各國對銀是否屬毒性物質看法不同，日本、加拿大及 WHO 未列入管制，美國於 1991 年刪除對水中含銀的標準值，並將其列入次要水質管制項目之中⁽²³⁾，歐盟、德國、英國也於修訂後刪除對水中含銀的標準值。目前僅我國與澳洲規範水中含銀標準值，詳如下表^(3,6,7,8,9,10,16,17,18,22,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37)。

銀	國名（制定時間）						
單位 mg/L	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2012)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)
標準值	0.05	-	0.1*	-	-	-	-
單位 mg/L	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)	
標準值	0.1	-	-	-	-	-	

註：* 次要水質管制標準。

9. 行政考量：

目前國內水質標準分類中將銀列入「可能影響健康之物質」，管制值為 0.05 mg/L；考量水質檢測結果顯示國內水源或清水中極少測得含銀，樣本均能符合現行標準，因此目前尚無檢討此項標準之急迫性。

10. 管制優先次序：

建議維持現行標準為 0.05 mg/L，待未來蒐集更多毒理資訊及環境流佈資料後再檢討修改限值之必要性。

11. 參考文獻

- [1] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, and WEA, Washngn, D.C., 20th ed.(1999).
- [2] John De Zuane, Handbook of Drinking Water Quality Standard and Controls, Van Nostrand Reinhold Publishers Inc(1990).
- [3] Federal Register, National Primary Drinking Water Regulations:Inorganic Chemicals; final rule, USEPA 40 CFR Parts 141 and 142(2010).
- [4] World Health Organization, Guidelines for Drinking Water Quality Volumn 1(2008).
- [5] Office of Drinking Water Center for Enviromnent Research Information, Technologies for Upgrading Existing or Designing New Drinking Water Treatment Facilities, USEPA 625/4-89/023(1990).
- [6] Code of Federal Regulations, Sage Drinking Water Act, USEPA 40 CFR 100 to

- 149(2010).
- [7] F. W. Pontius, an Update of the Federal Drinking Water Regs, Jour.AWWA, 87:1:40(1995).
- [8] England and Wales Statutory Instruments, the Water Supply(Water Quality Regulation 2010, No.994(2010)).
- [9] Official Journal of the European Communities, Council Directive of 3 November 1998 on the Quality of Water Intended for Human Consumption, 98/83/EC (1998).
- [10] National Health and Medical Research Council, National water quality management strategy. Australian drinking water guideline 6. (2004).
- [11] 行政院環境保護署檢驗所,「水質檢驗方法」(2010)。
- [12] 張怡怡,「飲用水中無機物、微生物及濁度管制項目及管制標準合理性分析」,行政院環保署委託計畫, EPA-85-J102-09-05(1996)。
- [13] 台灣省自來水公司,「台灣地區 80~81 年度水質檢驗統計」(1993)。
- [14] 台灣省自來水公司,「台灣地區 82~83 年度水質檢驗統計」(1995)。
- [15] 蔣本基、張怡怡等,「飲用水水質標準研究」,行政院環保署委託計畫, EPA-77-005-20-120(1990)。
- [16] 行政院環境保護署,「德國聯邦法律官報 1990 年第一部分飲用水法令修正版公告暨飲用水及食品業用水法令(譯稿)」(1994)。
- [17] 行政院環境保護署,「環境保護法令彙編」(2009)。
- [18] USEPA, 2009 edition of the drinking water standards and health advisions. (2009)
- [19] 康世芳、張怡怡、蔣本基、張簡國平、李家偉,「飲用水水源及水質標準中列管汙染物篩選與監測計畫」,行政院環境保護署委託計畫, EPA-98-U1J1-02-101 (2009)。
- [20] 行政院環境保護署,飲用水全球資訊網,水質統計。
- [21] USEPA, Integrated Risk Information System, Silver (1989).
- [22] Ordinance amending the drinking water ordinance (2001).
- [23] USEPA, Contaminants regulated under the safe drinking water act (2001).
- [24] 行政院環境保護署,「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [25] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [26] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [27] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [28] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [29] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [30] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [31] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [32] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [33] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)

- [34] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [35] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [36] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [37] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [38] Leirskar J; Scand J Dent Res 82: 74 (1974) as cited in USEPA; Ambient Water Quality Criteria Doc: Silver p.C-21 (1980) EPA 440/5-80-071
- [39] International Labour Office. Encyclopedia of Occupational Health and Safety. Vols. I&II. Geneva, Switzerland: International Labour Office, 1983., p. 2047
- [40] USEPA Office of Pesticide Programs, Health Effects Division, Science Information Management Branch: "Chemicals Evaluated for Carcinogenic Potential" (April 2006)

附錄 5.2 鐵

1. 水質項目名稱：鐵 (Iron CAS ID #：7439-89-6)
2. 化學式/結構式：Fe
3. 使用單位：mg/L
4. 分析方法：

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽¹¹⁾ (分類索引編號)
(1) 火焰式原子吸收光譜 (3111B,3111C)	(1) 火焰式原子吸收光譜法 (NIEA W305.53A 及 W306.52A)
(2) 電熱式原子吸收光譜 (3113B)	(2) 石墨爐式原子吸收光譜法 (NIEA W303.51A)
(3) 感應耦合電漿原子發射光譜 法 (3120 B)	(3) 感應耦合電漿原子發射光譜法 (NIEA W311.51B)
(4) 二氫雜菲比色法(3500-Fe.B)	(4) 感應耦合電漿質譜法 (NIEA W313.52B)

5. 環境背景資料

鐵係組成地殼主要元素，在自然界以多種型式化合物存在，含水的二價鐵氧化物($\text{FeO}(\text{OH})$)通常是紅棕色，也是土壤的主要成分。由於鐵本身具有高反應性，在自然界很少發現鐵以元素狀態存在，通常多為化合物狀態。鐵用途極為廣泛，於採礦、精煉工業中可能排放高濃度之含鐵廢水。鐵是生命形式的基本要素，以動物、植物為食物來源，鐵為其中的天然成分，以鐵氧化物、無機鹽，有機鹽或有機複合物之方式存在，例如血紅素⁽³⁶⁾。

空氣中

離子態的鐵化合物在空氣中以粒狀方式存在，可能經由乾沈降或濕沈降自空氣中移除。

土壤中

含水的二價鐵氧化物($\text{FeO}(\text{OH})$)是土壤的主要成分，二價鐵不穩定，當暴露於空氣中時，通常以三價鐵或其他氧化態存在⁽³⁷⁾。土壤中分離出的腐植酸和黃酸則易強力留住三價鐵離子，鐵的吸附取決於土壤中的有機質及 pH 值，這兩者任一因素通常會增加吸附量⁽³⁸⁾。

水中

在溶液中鐵三價離子易水解或形成複合物，pH<1 時， $(\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6)^{3+}$ 是主要物種，pH 在 1~2 之間時則形成氫氧化或氧化鐵的化合物，當 pH>2 時，則會形成紅棕色膠體水合氧化鐵，即所謂的鐵鏽。

一般表面水體中含鐵量通常不高，平均值約在 0.05~0.2 mg/L 之間，大多數均屬在高濁度時，以不溶性之泥砂或顆粒等型態存在⁽²⁾。在若干深井水或地下水中，由於屬缺氧狀態且溶解超量之二氧化碳，可使周圍岩層中之碳酸鐵溶離出來，使水質中含過量之溶解性鐵，國外調查地下水含鐵濃度結果曾發現測得測值為

100 mg/L⁽¹⁰⁾。地下水中的鐵在經過曝氣或其他氧化處理後，能夠形成不溶性之氫氧化物再予以沉澱去除。除此之外，現行淨水處理所使用之鐵鹽（膠凝劑）以及配水管線（含鐵材質）因腐蝕造成之溶離，也是造成飲水中含鐵過量之主要因素。研究指出水中含鐵濃度低於 0.3 mg/L 時，並不影響適飲性，且若飲用含鐵濃度 1-3 mg/L 的地下水對適飲性而言是可接受的，但在超過 3 mg/L 後便無法飲用^(3,10)。水中含鐵量高時，水的顏色會呈現鐵鏽色且有鏽蝕氣味，並容易滋生蝕鐵菌(Iron bacteria)，將水中鐵集中，使水管阻塞、供水系統鏽蝕等等。

人體可能的暴露途徑

職業上在生產或使用到鐵的工作場所（例如拆除工作或回收廢金屬業者），相關工作人員可能經由吸入和皮膚接觸而暴露。一般人可能透過攝入含鐵或鐵化合物之食物及飲用水或皮膚接觸而暴露。

環境水體中的濃度

地下水中鐵的濃度為<0.5~100 mg/L，在沒有氧氣和有機物的環境中濃度較高⁽³⁹⁾。智利 1997 年從聖地牙哥家戶中收集飲用水中鐵的平均濃度為 257 µg/L⁽⁴⁰⁾，挪威 1982~1983 含括四季 384 個淨水場樣本中，鐵濃度中位數為 47 µg/L，濃度分布範圍為<4~4370 µg/L⁽⁴¹⁾。USEPA 統計境內水質發現，淨水處理後之清水中含鐵濃度平均為 0.02~0.069 mg/L⁽²⁾。據國內研究計畫「飲用水中無機物、微生物及濁度管制項目及管制標準合理性分析」（環保署委託，1996）⁽¹²⁾統計國內水質背景發現，淨水場處理後之清水中僅 1.5%樣本數不合於現行標準(0.3 mg/L)之規範。而對自來水用戶抽驗結果則發現(80 年~82 年約 8000 個樣本)^(13,14)，合格率均在 99%以上，顯示國內飲用水中鐵含量仍在合理範之內。以上統計並未針對使用地下水源者，由於在深井或深層地下水中鐵含量可能較高，尚待進一步收集資料。民國九十五年針對台北市直潭淨水場與高雄市澄清湖淨水場進行原水與清水中含鐵之採樣分析，結果顯示清水中的測值全數合格，但在原水測值結果發現地域性差異，北部直潭淨水場原水中含鐵濃度部分超過 0.3 mg/L，南部澄清湖淨水場則有較高比例樣品超過 0.3 mg/L，最高測得 1.39 mg/L⁽¹⁹⁾。另外，根據行政院環保署 97 年與 98 年全國飲用水水質抽驗，水樣數分別為 2556 及 2390，結果顯示不合格件數分別為 0 與 2，合格率为 100%及 99.97%⁽²⁰⁾。臺北自來水事業處 106 年 10 月至 107 年 9 月各淨水場檢測清水中之鐵移動年平均值為 ND-0.014 mg/L。

6. 健康評量及毒理資料：

鐵對人體係屬必要元素，每個成人每日之必需攝取量約為 1~2 mg(孕婦例外)，但視個人生活型態、年紀、吸收能力及性別等影響而不同。攝入過量鐵（例如口服過量鐵劑）的急性暴露先影響腸胃道黏膜系統及血液中鐵代謝⁽⁴²⁾，當鐵嚴重過量時，血中鐵濃度大量增加而損壞血管，且影響血小板的凝血作用。鐵每日攝入總量則為 10~50 mg 之間，據估計來自飲水者僅佔每日吸收總量之 1%~

15%⁽³⁾。證據顯示，飲水中鐵尚不致產生任何健康上之不良影響，因此在各國水質標準中，鐵仍被視為低毒或無毒性之項目。其他方面之影響為洗衣造成斑點及味覺、嗅覺等適飲性之困擾⁽³⁾。另外當水中含有硫酸鹽及溶解性鐵時，經由水中之蝕鐵菌作用，常會造成嚴重之氣味問題，甚至出現多量黑褐色硫酸亞鐵或氧化亞鐵顆粒，此一現象常發生於配水系統之終端管線（Dead-end Lines），將導致消費者之嚴重抱怨⁽²⁾。

由於與健康相關性低，USEPA 將鐵列於次要水質項目，並根據多數消費者感受程度，評估味覺閾值為 0.1~1.0 mg/L 不等，並訂定 0.3 mg/L 為標準值，認為此限值應能避免配水管線中鐵細菌之過量繁殖⁽²⁾。WHO 認為影響健康而訂定之限值（約 2 mg/L），遠超過引起適飲性困擾之限值，故訂定 0.3 mg/L 為推薦之基準值（與健康無關）⁽³⁾。

7. 處理技術/成本分析

傳統處理程序無法去除水中溶解性鐵，由於 USEPA 之 SDWA 中未將其列為主要水質管制項目，因此並無推薦相應之最佳處理技術(BAT)。正常表面水中溶解性鐵含量不高，多屬不溶性且存在於顆粒或泥沙之中，極易以沉澱－過濾方式去除。相較而言，在地下水中易含高濃度溶解性鐵，一般淨水處理多以曝氣或化學氧化後，再配合傳統處理之沉澱－過濾單元加以去除⁽²⁾。雖然逆滲透及離子交換對去除水中鐵之效果良好，但限於成本及處理規模，極少用於大型供水系統之中。此外，因管線腐蝕而產生之氣味困擾及水中出現不溶性顆粒等適飲性方面之問題，可藉由降低水中溶氧與殘餘氯劑量、調整 pH 值以及添加硫酸銅（殺滅微生物）來加以控制⁽¹⁵⁾。

對於鐵項目，本研究建議維持現行標準，依前述環境背景資料之討論，國內水質統計結果顯示樣本大多符合現行標準規範(0.3 mg/L)，因此目前尚不需探討處理成本分析。

8. 國內外管制情形

多數國家將鐵列為影響適飲性物質，美國將鐵納入次要水質管制項目，澳洲則僅限於美學考量。各國標準值詳如下表(3,4,5,6,7,8,9,10,16,17,18,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35)。

鐵	國名（制定時間）						
單位 mg/L	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2012)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)
標準值	0.3	0.3	0.3*	0.3	0.2	0.2	0.2
單位 mg/L	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)	
標準值	0.3	0.3	0.3	-	0.2	0.2	

註：* 次要水質管制標準。

9. 行政考量：

目前國內水質標準分類中將鐵列為「影響適飲性物質」，管制值為 0.3 mg/L；考量水質檢測結果顯示國內清水樣本多能符合現行標準，因此目前尚無檢討此項標準之急迫性。

10. 管制優先次序：

建議維持現行標準(0.3 mg/L)，，待未來蒐集更多環境流佈資料後再檢討修改限值之必要性。

11. 參考文獻

- [1] Standard methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, and WEA, Washngn, D.C., 20th ed.(1999)
- [2] John De Zuane, Handbook of drinking Water Quality Standard and Controls, Van Nostrand reinhold Publishers Inc(1990).
- [3] World Health Organization, guidelines for Drinking Water Quality Volumn 1(2008).
- [4] Code of Federal Regulations, Safe Drinking water Act, USEPA 40 CFR 100 to 149(2010).
- [5] F. W. Pontius, An Update of the Federal Drinking Water Regs, Jour.AWWA, 87:1:40(1995).
- [6] FTP committee on drinking water, guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2008).
- [7] JWWA, Japan's Water Works Yearbook(2010).
- [8] England and Wales Statutory Instruments, the Water Supply(Water Quality Regulation 2010, No.994(2010)).
- [9] Official Journal of the European Communities, Council Directive of 3 November 1998 on the Quality of Water Intended for Human Consumption, 98/83/EC (1998).
- [10] National Health and Medical Research Council, National water quality management strategy. Australian drinking water guideline 6. (2004).
- [11] 行政院環境保護署檢驗所，「水質檢驗方法」(2010)。
- [12] 張怡怡，「飲用水中無機物、微生物及濁度管制項目及管制標準合理性分析」，行政院環保署委託計畫，EPA-85-J102-09-05(1996)。
- [13] 台灣省自來水公司，「台灣地區 80～81 年度水質檢驗統計」(1993)。
- [14] 台灣省自來水公司，「台灣地區 82～83 年度水質檢驗統計」(1995)。
- [15] 蔣本基、張怡怡等，「飲用水水質標準研究」，行政院環保署委託計畫，EPA-77-005-20-120(1990)。
- [16] 行政院環境保護署，「德國聯邦法律官報 1990 年第一部分飲用水法令修正版公告暨飲用水及食品業用水法令（譯稿）」(1994)。

- [17] 行政院環境保護署環檢所，「環境保護法令彙編」(2009)。
- [18] USEPA, 2009 edition of the drinking water standards and health advisions. (2009)
- [19] 康世芳、張怡怡、蔣本基、張簡國平、李家偉，「飲用水水源及水質標準中列管汙染物篩選與監測計畫」，行政院環境保護署委託計畫，EPA-98-U1J1-02-101 (2009)。
- [20] 行政院環境保護署，飲用水全球資訊網，水質統計。
- [21] Ordinance amending the drinking water ordinance (2001).
- [22] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [23] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [24] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [25] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [26] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [27] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [28] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [29] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [30] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [31] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [32] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [33] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [34] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [35] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [36] WHO Food Additive Series 18, Iron. Available at: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v18je18.htm> as of October 13, 2004.
- [37] Stolzenberg AM; in Kirk-Othmer Encycl Chem Tech. 4th ed. NY, NY: John Wiley and Sons, 14: 873-902 (1995)
- [38] Gerritse RG et al; in Heavy Metal Environ Int Conf, pp. 180-4 (1982)
- [39] Huebers HA; pp.945-958 in Metals and Their Compounds in the Environment. Merian E, ed. Weinheim, Germany: VCH (1991)
- [40] Lagos GE et al; Sci Total Environ 239: 49-70 (1999)
- [41] Flaten TP; Sci Total Environ 102: 35-73 (1991)
- [42] McEvoy, G.K. (ed.). American Hospital Formulary Service- Drug Information 2004. Bethesda, MD: American Society of Health-System Pharmacists, Inc. 2004 (Plus Supplements), p. 1373

附錄 5.3 錳

1. 水質項目名稱：錳 (Manganese CAS ID #：7439-96-5)
2. 化學式/結構式：Mn
3. 使用單位：mg/L
4. 分析方法：

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽¹¹⁾ (分類索引編號)
(1) 火焰式原子吸收光譜 (3111B, 3111C)	(1) 火焰式原子吸收光譜法 (NIEA W305.53A 及 W306.52A)
(2) 電熱式原子吸收光譜 (3113B)	
(3) 感應耦合電漿原子發射光譜法 (3120 B)	(2) 石墨爐式原子吸收光譜法 (NIEA W303.51A)
(4) 感應耦合電漿質譜儀 (3125 B)	(3) 感應耦合電漿原子發射光譜法 (NIEA W311.51B)
(5) 過硫酸鹽法(3500-Mn.B)	(4) 感應耦合電漿質譜法 (NIEA W313.52B)

5. 環境背景資料

錳在環境中存在三種氧化態，包括二價、四價與七價錳。大部分二價錳和七價錳化合物溶解度較高，四價錳化合物溶解度較低⁽¹⁰⁾。錳也是地殼中主要的成分之一，錳化合物在地殼中以許多礦物質的方式存在，通常和鐵礦同時存在，但含量較少，多以矽酸鹽、氧化物及碳酸鹽等型式出現。錳化合物經由岩石和土壤風化而進入大氣或水環境中，近代工業中則主要用於合金製造，或作為防腐劑（高錳酸鉀）、肥料（硫酸錳）、農藥（高錳酸鉀）等用途。一般含氧量較高之水體中極少含有溶解性錳，來自工業排放造成之錳污染並不常發生，一般在冶煉工業或礦區附近之水體中測得濃度較高⁽²⁾。

空氣中

錳化合物在空氣中為粒狀物存在，可經由乾沉降或濕沉降而去除。

土壤中

在環境中錳二價氧化態是穩定的狀態，可溶性錳二價化合物不會與土壤有機質形成強複合物，但可能與土壤中的礦物成分進行陽離子交換。

水中

錳二價化合物可能流動進入地下水及地表水中⁽³⁵⁾，且不會從水體表面揮發。錳不會在人類或其他動物中生物濃縮，且錳對大多數植物和動物為必須營養素之一。

人體可能的暴露途徑

職業上暴露錳可能經由生產或使用錳的相關工作場所經由吸入或皮膚接觸，

一般人可能經由日常活動暴露錳，例如從食物中或飲用水攝入。

環境水體中的濃度

每月監測湖泊和河流中的溶解性錳，為期一年的研究顯示錳濃度呈現季節性變化，和河水相比，4月時湖泊的錳濃度增加近2倍，在夏季月份時則減少至幾乎為0，實驗室研究顯示此季節變化是由於春天由於風力混合作用，使水中來自底泥的含錳懸浮物錳的再溶出，以及夏季時死亡浮游生物產生之含錳懸浮物質經再吸附而水中錳濃度減少⁽³⁶⁾。

USEPA 統計美國境內水源水質發現，錳之濃度範圍在 0.001~0.60 mg/L 之間⁽³⁾。美國統計 100 個大城市中清水中錳的平均濃度為 0.005 mg/L⁽³⁷⁾。當飲用水中含錳濃度超過 0.1 mg/L 時會影響適飲性。據國內研究計畫「飲用水中無機物、微生物及濁度管制項目及管制標準合理性分析」（環保署委託，1996）⁽¹²⁾統計國內水質背景顯示，對於淨水場處理後之清水，僅 2.6%以下樣本數不合於現行標準 (0.05 mg/L) 之規範。而對自來水用戶抽驗結果則發現^(13,14)，在 80 年~82 年間約 2500 個樣本，合格率在 99%以上，顯示國內飲用水中錳含量在合理範圍之內。民國九十五年針對台北市直潭淨水場與高雄市澄清湖淨水場進行原水與清水中含錳之採樣分析⁽¹⁸⁾，結果顯示清水測值全部小於標準值。根據行政院環保署 97 年與 98 年全國飲用水水質抽驗，水樣數分別為 2286 及 2152，不合格數分別為 1 和 3，合格率达 99.96%及 99.86%⁽¹⁹⁾。臺北自來水事業處 106 年 10 月至 107 年 9 月各淨水場檢測清水中之錳移動年平均值為 ND-0.011 mg/L。

6. 健康評量及毒理資料

錳對人體係屬必要微量元素之一，每人每日之必需攝取量目前尚未確定，WHO 概估約在 30~50 µg/kg，而經統計每日自食物及飲水攝入體內之總量約在 2~9 mg 之間，故極少出現因缺乏錳而產生之病症⁽⁴⁾。由於在胃液環境下錳溶解性低，因此大約只有 3-8%會在腸胃道吸收，在體內則主要分布在肝臟並且隨糞便排出，於人體的半衰期相對短，約為 13 至 37 天。長期吸入含高濃度錳之煙塵會導致慢性中毒，主要影響的是神經系統，症狀類似帕金森症(Parkinson's disease)⁽³⁾。在一流行病學研究結果顯示暴露高濃度含錳之飲用水可能會導致神經系統受損，但其他研究則並未得到此結果⁽⁴⁾。另外在致癌性研究上，目前仍無任何證據顯示錳會導致腫瘤發生。在各國之水質標準中，錳仍被視為低毒或無毒性之物質。和鐵類似，在配水管線中錳含量過高時，會在管壁產生斑點或管垢，而脫落後在水中造成不溶性之黑褐色顆粒影響美觀，且在洗衣時造成斑點污染，更會致使若干微生物過量繁殖而導致味覺、嗅覺等適飲性之困擾⁽⁴⁾。

由於和健康相關性低，USEPA 將錳列於次要水質項目，並根據多數消費者感受程度而訂定 0.05 mg/L 為標準值，但基於可能的潛在健康威脅，正研議將錳納入主要水質管制項目之中，研議中之標準值為 0.2 mg/L(尚未定案公告實施)⁽⁵⁾。

由於缺乏對人體毒害之研究，WHO 根據實驗室之動物實驗結果，修訂基準值為 0.4mg/L。

7. 處理技術/成本分析

由於錳通常出現在含高量鐵之水源中，且其濃度又遠低於鐵，而兩者去除方法類似，故在去除鐵時可同時將錳去除。USEPA 之 SDWA 中並未推薦最佳處理技術(BAT)。正常表面水中溶解性錳含量偏低，多數均為不溶性且存在於顆粒或泥沙之中，極易以沉澱－過濾方式去除。相較而言地下水中，溶解性錳濃度較高，一般淨水處理多以曝氣或化學氧化後，形成溶解性低的化合物，再配合傳統處理中沉澱－過濾單元加以去除⁽³⁾。雖然逆滲透及離子交換法對去除水中錳之效果良好，但限於成本及處理規模，極少用於大型供水系統中。石灰軟化法則在高 pH 值的環境下去除效率較好⁽¹⁰⁾。

對於錳項目，本研究建議維持現行標準，依前述環境背景資料之討論，水質統計結果顯示全數樣本均大多數符合現行標準規範(0.05 mg/L)，合格率相當理想（達 99%），因此目前尚不需探討處理成本分析。

8. 國內外管制情形

大多數國家將錳列為影響適飲性之物質，各國標準值詳如下表 (4,5,6,7,8,9,10,15,16,17,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34)。

項目	國名（制定時間）						
錳	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2012)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)
標準值 (單位：mg/L)	0.05	0.4	0.05*	0.05	0.05	0.05	0.05
錳	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	中國大陸 (2011)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)
標準值 (單位：mg/L)	0.5	0.05	0.05	0.4	0.1	0.05	0.4

註：* 次要水質管制標準。

9. 行政考量

目前國內水質標準分類中將錳列為「影響適飲性物質」，管制值為 0.05 mg/L；考量水質檢測結果顯示國內清水樣本多能符合現行標準，因此目前尚無檢討此項標準之急迫性。

10. 管制優先次序：

建議維持現行標準(0.05 mg/L)，待未來蒐集更多環境流佈資料後再檢討修改限值之必要性。

11. 參考文獻

- [1] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, and WEA, Washngn, D.C., 20th ed.(1999)
- [2] Office of Water, Drinking water Regulations and Health Advisories USEPA(1995).
- [3] John de Zuane, Handbook of Drinking water Quality Standard and Controls, Van Nostrand reinhold Publishers Inc(1990).
- [4] World Health Organization, Guidelines for drinking Water Quality Volumn 1(2008).
- [5] F. W. Pontius, an Update of the Federal drinking Water Regs Jour. AWWA, 87:1:40(1995).
- [6] Code of Federal Regulations, Safe Drinking Water act, USEPA 40 CFR 100 to 149(2010).
- [7] FTP committee on drinking water, guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2008).
- [8] JWWA, Japan's Water works Yearbook(2010).
- [9] Official Journal of the European Communities, Council Directive of 3 November 1998 on the Quality of Water Intended for Human Consumption, 98/83/EC (1998).
- [10] National Health and Medical Research Council, National water quality management strategy. Australian drinking water guideline 6. (2004).
- [11] 行政院環境保護署檢驗所,「水質檢驗方法」(2010)。
- [12] 張怡怡,「飲用水中無機物、微生物及濁度管制項目及管制標準合理性分析」,行政院環保署委託計畫, EPA-85-J102-09-05(1996)。
- [13] 台灣省自來水公司,「台灣地區 80~81 年度水質檢驗統計」(1993)。
- [14] 台灣省自來水公司,「台灣地區 82~83 年度水質檢驗統計」(1995)。
- [15] 行政院環境保護署,「德國聯邦法律官報 1990 年第一部分飲用水法令(譯稿)」(1994)。
- [16] 行政院環境保護署環檢所,「環境保護法令彙編」(1995)。
- [17] USEPA, 2009 edition of the drinking water standards and health advisions. (2009)
- [18] 康世芳、張怡怡、蔣本基、張簡國平、李家偉,「飲用水水源及水質標準中列管汙染物篩選與監測計畫」,行政院環境保護署委託計畫, EPA-98-U1J1-02-101 (2009)。
- [19] 行政院環境保護署,飲用水全球資訊網,水質統計。
- [20] Ordinance amending the drinking water ordinance (2001).
- [21] 行政院環境保護署,「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [22] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [23] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [24] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [25] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [26] European Union (Drinking Water) Regulations 2014

- [27] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [28] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [29] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [30] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [31] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [32] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [33] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [34] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [35] Bodek I et al, eds; pp. 7.9-1 to 7.9-9 in Environmental Inorganic Chemistry. NY, NY: Pergamon Press (1988)
- [36] Matsunaga K et al; Jpn J Limnol 48 (4): 243-48 (1987)
- [37] USEPA; Envirofacts. National Contaminant Occurrence Database (NCOD) on Dissolved and Total Manganese. Available from Database Query page at <http://www.epa.gov/safewater/data/ncod.html> as of Aug 21, 2000.

附錄 5.4 銅

1. 水質項目名稱：銅 (Copper CAS ID #：7440-50-8)
2. 化學式/結構式：Cu
3. 使用單位：mg/L
4. 分析方法

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
(1) 火焰式原子吸收光譜 (3111B, 3111C)	火焰式原子吸收光譜法
(2) 電熱式原子吸收光譜 (3113B)	(NIEA W306.52A)
(3) 感應耦合電漿原子發射光譜法 (3120 B)	電熱式原子吸收光譜法
(4) 感應耦合電漿質譜儀 (3125 B)	(NIEA W303.51A)
(5) Neocuproine 比色法 (3500-Cu.B)	(7) 感應耦合電漿原子發射光
(6) Bathocuproine 比色法(3500-Cu.C)	譜法 (NIEA W311.51B)
	(8) 感應耦合電漿質譜法
	(NIEA W313.52B)

5. 環境背景資料：

銅在自然界礦物中廣泛存在，以零價的元素態和+1、+2 氧化態皆有，諸如氧化物、硫化物、氯化物及碳酸鹽等化合物，而以元素型態存在者並不多見。銅存在於多種礦物中，如斑銅礦、黃銅礦、輝銅礦、橄欖岩、氯銅礦等。銅廣泛應用於各種日常器具，由於其低電阻之特性，近代多用於電線、電纜及各種電氣設備。硫酸銅常使用於控制地表水中的藻類生長⁽⁴⁾。在一般正常水體中含量偏低，多半在 0.02 mg/L 以下⁽²⁾。高濃度之銅污染絕大多數來自工業廢水，如採礦、冶煉、電鍍、燃煤、殺蟲或殺菌劑、照像、印刷及皮革等製造業。另外在飲水經過配水系統後，由於管材之腐蝕作用，可能使用戶水龍頭出水含銅量偏高，因此若使用經常流動的自來水，其水中含銅量並不高，然而在配水系統的含銅量通常比淨水場送出的清出高，但含量上升的幅度會受到水中 pH 值及硬度而改變，當 pH 偏低或是在高硬度且高 pH 值的環境下時，水中含銅量會有明顯增加^(3,4)，曾有調查於水中測得超過 5 mg/L 的含銅量，水中含銅超過 1 mg/L 時，會呈現藍綠色⁽¹⁰⁾。

空氣中

銅化合物可能經由使用殺藻劑（如硫酸銅）、染料、電鍍、飼料添加劑、殺菌劑等過程中而釋放至環境中，大多數銅化合物因熔點高而蒸汽壓低，在大氣中以粒狀物存在，可透過濕沉降或乾沉降而去除。

土壤中

一般來說可溶性的銅化合物易被含水的鐵錳氧化物、黏土礦物、有機物質所吸附而在土壤中不易移動，也不易從潮濕土壤表面揮發⁽³⁵⁾。不可溶性的銅化合物在土壤中則是固體鹽類存在，也不易揮發和移動。

水中

在好氧水體，銅以+2 價型態存在，在厭氧水體則以+1 價或零價氧化態存在⁽³⁶⁾。在大多數天然水體的 pH 值 ($5 < \text{pH} < 9$)，及缺乏螯合基狀態中，銅化合物以水解和沈澱反應較明顯⁽³⁷⁾，可溶性銅則會吸附在水中懸浮固體上。

人體可能的暴露途徑

某些住家的打水系統及管線可能會使用到含銅的材質，飲用和含銅材料有接觸的碳酸水和柑橘類果汁可能會引起腸胃道不適，水龍頭中含銅材質也可能是飲用水中銅的暴露來源之一⁽³⁸⁾。

環境水體中的濃度

飲用水：飲用水中含銅濃度的變化極大，USEPA 在 1975 年調查 604 個樣本中有 55% 含有銅，平均值約 $60 \mu\text{g/L}$ ⁽³⁹⁾，飲用水中含銅測得濃度受到硬度、pH、水管材質、水龍頭類型等因素影響⁽⁴⁰⁾。

地表水：在美國河流中，濃度報告範圍 $0.83\text{-}105 \mu\text{g/L}$ （中位數為 5.3）⁽⁴⁰⁾。
地下水：美國在 6621 個地下水樣中有 2734 個樣本檢出可溶性銅，中位數及平均濃度分別為 3.8、 $683 \mu\text{g/L}$ ⁽⁴¹⁾。

USEPA 統計美國境內用戶出水水質，若以地面水為水源，樣本含銅濃度超過 1 mg/L 者佔 3%；以地下水為水源，樣本含銅濃度超過 0.46 mg/L 者僅佔 2%。另外 USEPA 統計發現全美供水系統中銅含量超過 Als 值(1.3 mg/L)者僅 66 個⁽²⁾。據國內研究計畫「飲用水中無機物、微生物及濁度管制項目及管制標準合理性分析」（環保署委託，1996）⁽¹³⁾統計國內水質背景發現，淨水場處理後之清水測值全數合於現行標準(1 mg/L)之規範，且全部樣本濃度低於 0.05 mg/L ，顯示國內水質中含銅量極微。由於缺乏對自來水用戶抽驗結果統計，因此對於本土性因管線腐蝕而造成之銅污染狀況無從得知。另外，民國九十五年針對台北市直潭淨水場與高雄市澄清湖淨水場進行原水與清水中含銅之採樣分析⁽¹⁹⁾，結果顯示測值大多為 ND，最高測值為在直潭淨水場原水中測得的 0.0031 mg/L 。根據行政院環保署 97 年與 98 年全國飲用水水質抽驗，水樣數分別為 1160 及 1371，結果顯示全數合格⁽²⁰⁾。臺北自來水事業處 106 年 10 月至 107 年 9 月各淨水場檢測清水中之銅移動年平均值為 ND。

6. 健康評量及毒理資料

銅對人體屬必要微量元素，為許多酵素作用時所不可或缺，每日理想攝取量約為 $2\text{-}3 \text{ mg}$ ^(11,14)。銅主要經由腸胃道吸收，經腸胃道吸收的銅約 25-60%，其餘的則由糞便排出。銅通常儲存在肝臟、腦及肌肉組織，高劑量時甚至會存在腎臟中，體內的銅主要經膽汁消化分解⁽¹¹⁾。銅對人體並不具累積性危害，在高劑量時方被視為毒性物質，急性中毒時主要會刺激消化道而造成噁心、嘔吐、腹部疼痛等症狀，但產生影響之劑量則因人而異，自 $10\text{-}100 \text{ mg}$ 不等⁽²⁾。慢性毒害目前仍

不明確，若干研究指出影響肝臟新陳代謝，甚至可能造成肝硬化，同時認為對嬰孩影響更明顯，乃因肝功能尚未完全，使代謝銅之速率較慢，但在相關證據上尚嫌薄弱⁽⁴⁾。有研究指出具有遺傳疾病威爾森氏症(Wilson's disease)或先天對銅代謝失調為銅中毒的敏感性族群⁽¹¹⁾。另對致癌性方面，仍無任何證據顯示銅會導致腫瘤發生。在適飲性影響上，水質中銅之味覺閾值約在 1~2 mg/L 之間，超過 5 mg/L 之飲水將令人無法接受，由於人類味覺極易感知之緣故，所以經由飲水造成之急性銅中毒極少發生⁽²⁾。除此之外，銅含量過高可能加速鋼鐵材質之配水管材的腐蝕，而濃度超過 1mg/L 之水質，亦可能造成器具及洗衣時之斑點出現⁽⁴⁾。

USEPA 根據研究結果所得之 LOAEL 值(5.3 mg/day)來估算行動標準(ALs)，因而訂為 1.3 mg/L⁽²⁾。WHO 則根據以狗為對象之研究結果，認為長期攝入而無不良影響之劑量為 0.5 mg/kg，以成人體重 60 kg 及 10%攝入量來自飲水來估算，得到基準值為 2 mg/L，此值為暫定之基準。若考慮適飲性影響來訂定之限值可能更低（約 1~2 mg/L 左右），由於差異不大，不另行推薦基準值⁽⁴⁾。

7. 處理技術/成本分析：

一般傳統處理對銅具良好之去除能力，使用鋁鹽做混凝劑去除率約為 90%（適用之 pH 值範圍為 6~9）。石灰軟化之效果更可達到 95%左右，且為符合經濟效益之方法⁽⁵⁾。USEPA 公告之 SDWA 中推薦對銅之最佳處理技術(BAT)包括：腐蝕控制及原水處理。原水之處理方式除上述膠凝-過濾及石灰軟化外，其他如逆滲透、離子交換等，去除能力可達到 95~99%，但處理成本高，不適於大型公共給水之用⁽²⁾。

對於銅項目，本研究建議維持現行標準，依前述環境背景資料之討論，水質統計結果顯示全數樣本測值遠低於現行標準(1 mg/L)，因此目前尚不需探討處理成本分析。

8. 國內外管制情形

多數國家將銅列為影響適飲性之物質，各國標準值詳如下表(4,6,7,8,9,10,11,15,16,18,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34)。

美國原來僅將銅列於次要水質標準中，但由於用戶出水中同含量過高，代表可能管線受到腐蝕，故 USEPA 在 SDWA 之 Lead and copper rule (LCR) 中對銅之標準另行規定，如同管制鉛之方式以「行動標準」(Action Levels, ALs)來取代 MCL 值⁽¹⁷⁾。其定義為若在監測週期內對用戶所採集之水樣中有 10%以上之樣品測得高於上限值(1.3 mg/L)，則代表污染已經過量需採取必要之措施，直至污染改善為止。在 LCR 中已針對銅之控制訂定明確之相關措施，如腐蝕控制技術及原水處理技術（其中所列管線之更換原則及民眾教育僅適用於鉛污染防治，不適用於銅污染）。WHO 基於健康因素訂定基準值為 2 mg/L（暫時性），雖然影響適飲性之限值可能更低，但由於差異不大故不另行訂定基準⁽⁴⁾。

項目	國名（制定時間）						
銅	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2012)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)
標準值 (單位：mg/L)	1	2	1.3*	1	2	2	2
銅	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	中國大陸 (2011)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)
標準值 (單位：mg/L)	2**	1	1	2	1	2	2

註：*次要水質管制標準。

**依照美學為主之規範為 1 mg/L。

9. 行政考量

目前國內水質標準分類中將銅列為「影響適飲性物質」，管制值為 1.0 mg/L；考量水質檢測結果顯示國內清水樣本多能符合現行標準，因此目前尚無檢討此項標準之急迫性。

10. 管制優先次序

建議維持現行標準(1.0 mg/L)，待未來蒐集更多環境流佈資料後再檢討修改限值之必要性。

11. 參考文獻

- [1] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, and WEA, Washingn, D.C., 20th ed.(1999)
- [2] John De Zuane, Handbook of Drinking Water Quality standard and Controls, Van Nostrand Reinhold Publishers Inc(1990).
- [3] Office of water , Drinking Water Regulations and Health Advisories, USEPA(1995).
- [4] World Health Organization, guidelines for Drinking Water Quality volumn 1(2008).
- [5] Office of Drinking Water center for Environment Research Information, Technologies for Upgrading Existing or Designing New Drinking Water Treatment Facilities, USEPA 625/4-89-023(1990).
- [6] F. W. Pontius, an Update of the Federal Drinking Water Regs, Jour. AWWA, 87:1:40(1995).
- [7] FTP committee on drinking water, guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2008).
- [8] JWWA, Japan's Water works Yearbook(2010).
- [9] England and Wales Statutory Instruments, the Water Supply(Water Quality Regulation 2010, No.994(2010)).

- [10] Official Journal of the European Communities, Council Directive of 3 November 1998 on the Quality of Water Intended for Human Consumption, 98/83/EC (1998).
- [11] National Health and Medical Research Council, National water quality management strategy. Australian drinking water guideline 6. (2004).
- [12] 行政院環境保護署檢驗所,「水質檢驗方法」(2010)。
- [13] 張怡怡,「飲用水中無機物、微生物及濁度管制項目及管制標準合理性分析」,行政院環保署委託計畫,EPA-85-J102-09-05(1996)。
- [14] 蔣本基、張怡怡等,「飲用水水質標準研究」,行政院環保署委託計畫,EPA-77-005-20-120(1990)。
- [15] 行政院環境保護署,「德國聯邦法律官報 1990 年第一部分飲用水法令修正版公告暨飲用水及食品業用水法令(譯稿)」(1994)。
- [16] 行政院環境保護署環檢所,「環境保護法令彙編」(2009)。
- [17] 黃志彬譯,「美國飲用水法」,行政院環境保護署委託(1994)。
- [18] USEPA, 2009 edition of the drinking water standards and health advisories. (2009)
- [19] 康世芳、張怡怡、蔣本基、張簡國平、李家偉,「飲用水水源及水質標準中列管汙染物篩選與監測計畫」,行政院環境保護署委託計畫,EPA-98-U1J1-02-101 (2009)。
- [20] 行政院環境保護署,飲用水全球資訊網,水質統計。
- [21] Ordinance amending the drinking water ordinance (2001).
- [22] 行政院環境保護署,「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [23] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [24] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [25] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [26] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [27] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [28] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [29] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [30] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [31] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [32] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [33] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [34] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [35] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [36] Bodek I et al, eds; pp. 7.7-1 in Environmental Inorganic Chemistry. NY, NY: Pergamon Press (1988)

- [37] Sharma VK, Millero FJ; Environ Sci Tech 22: 768-771 (1988)
- [38] Sylva RN; Water Res 10: 789-792 (1976) (6) Paulson AJ et al; Wat Res 18: 633-41 (1984)
- [39] International Labour Office. Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. 4th edition, Volumes 1-4 1998. Geneva, Switzerland: International Labour Office, 1998., p. 63.14.
- [40] National Research Council. Drinking Water and Health. Volume 3. Washington, DC: National Academy Press, 1980., p. 313.
- [41] Friberg, L., Nordberg, G.F., Kessler, E. and Vouk, V.B. (eds). Handbook of the Toxicology of Metals. 2nd ed. Vols I, II.: Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 1986., p. V2 236.
- [42] USEPA; Envirofacts. National Contaminant Occurrence Database (NCOD) on Dissolved and Suspended Copper. Available from Database Query page at <http://www.epa.gov/safewater/data/ncod.html> as of August 8, 2000.

附錄 5.5 鋅

1. 水質項目名稱：鋅 (Zinc CAS ID #：7440-66-6)
2. 化學式/結構式：Zn
3. 使用單位：mg/L
4. 分析方法：

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽¹²⁾ (分類索引編號)
(1) 火焰式原子吸收光譜 (3111B, 3111C) (2) 感應耦合電漿原子發射光譜法 (3120 B) (3) 感應耦合電漿質譜儀(3125 B) (4) 陽極剝除法(ASV) (3130 B) (5) Zincon 比色法(3500-Zn.B)	(1) 火焰式原子吸收光譜法 (NIEA W306.50A)

5. 環境背景資料：

鋅在自然界礦物中廣泛存在，但不會以元素態存在，通常都是以氧化態存在，諸如氧化物、硫酸鹽及碳酸鹽等型態，但均屬低溶解性，因此一般正常水體中含量偏低，約在 0.01~0.05 mg/L 以下⁽²⁾，但礦區附近之水中含量可能高達 50 mg/L 以上⁽³⁾。鋅在工業界用途廣泛，如合金、製藥、紡織、電池、電器設備、樂器、塑膠、橡膠、顏料等製造業。另外在飲水經過配水系統後，由於管材可能含鋅，在腐蝕作用後可能使用戶水龍頭出水含鋅量較高。

人體可能的暴露途徑

鋅粉塵及煙霧容易從呼吸道吸入，金屬鋅腸胃道吸收較少，而鋅化物則易從腸胃道吸收。

環境水體中的濃度

USEPA 統計美國境內表面水水質發現，鋅之濃度範圍大多數在 0.002~1.18 mg/L 之間，平均值為 0.064 mg/L，而部分用戶出水則因管線腐蝕而導致含量較高⁽⁴⁾。據國內研究計畫「飲用水中無機物、微生物及濁度管制項目及管制標準合理性分析」(環保署委託，1996)⁽¹³⁾對國內水質統計顯示，淨水場處理後之清水樣本全數合於現行標準(5 mg/L)之規範，且近 98%之樣本數測值低於 0.05 mg/L，顯示國內原水水質中含鋅量極微。民國九十五年針對台北市直潭淨水場與高雄市澄清湖淨水場進行原水與清水中含鋅之採樣分析⁽¹⁷⁾，結果顯示測值全數合格並低於 0.05 mg/L，且澄清湖淨水場中含鋅大多為 ND。根據行政院環保署 97 年與 98 年全國飲用水水質抽驗，水樣數分別為 1160 及 1371，結果顯示全數合格⁽¹⁸⁾。臺北自來水事業處 106 年 10 月至 107 年 9 月各淨水場檢測清水中之鋅移動年平均值為 0.001-0.005 mg/L。

6. 健康評量及毒理資料

鋅對人體屬必要微量元素，為核酸代謝和蛋白質合成中許多酵素不可或缺之成分，缺乏鋅會導致生長遲緩、厭食症、嗜睡及夜盲症等。鋅主要攝取來源以食物為主，每日理想攝取量約 12 mg，依性別及年齡而定，人體對鋅之吸收能力受到許多因素影響而不易評估，約 20-30%。暴露高濃度鋅時大多儲存於肝臟、腎臟、骨頭、肌肉及視網膜等器官或組織，鋅主要由糞便排出，少量從尿液或汗液排出。鋅通常被視為低毒性或無毒性之物質，在極高劑量時才可能導致中毒，主要症狀為暈眩、嘔吐、腹瀉及腹部筋攣。長期暴露則可能導致銅代謝失調、貧血及胃部腐蝕等臨床症狀^(11,13)。據若干研究建議每日之攝入量以不超過 1 mg/kg 為宜，但並無確切之證據來證明其危害性，以往曾有長期飲用超過 20 mg/L 之飲水而無任何不良症狀之醫學報告發表⁽⁴⁾，鋅對消化系統損害多因鍍鋅容器盛裝酸性飲料導致鋅溶出，症狀多為急性腸胃炎，如噁心、嘔吐、腹痛等。腐蝕性的鋅鹽如氯化鋅則可導致口腔及上腹部灼熱感及疼痛，嚴重者可發生胃腸穿孔導致腹膜炎。在適飲性影響上，水質中鋅含量超過 3 mg/L 以上可能產生苦澀味，味覺閾值則因人而異，某些民眾可能飲用高達 20 mg/L 之水而未感覺異味⁽²⁾。另外濃度長期超過 5 mg/L 時，會導致煮沸容器壁上產生乳白色滑膩之薄膜⁽²⁾。目前尚無研究指出長期暴露鋅會提高癌症發生機率，然而在細胞研究則發現鋅會導致哺乳類細胞的染色體發生變異⁽¹¹⁾。

USEPA 將鋅在癌症分類上為 Group D（不能歸類為人類致癌物）⁽³⁵⁾，因此，由於和健康相關性低，USEPA 將鋅列於次要水質項目，根據多數消費者感受程度，訂定 5mg/L 為標準值，但基於可能之潛在健康威脅，正研議將其納入主要水質管制項目，研議之標準值為 2 mg/L(尚未定案公告實施)⁽⁵⁾。基於對人體之低毒性，WHO 不予推薦與健康相關之基準值，而根據適飲性之影響研究，推薦 3.0 mg/L 為適飲性方面之基準值⁽²⁾。

RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1				630	大鼠/口服(1)

(1)Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 6th ed.Vol 1: Federal Republic of Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. 2003 to Present, p. V. 26 640 (2003)

7. 處理技術/成本分析

由於一般水源中含鋅量極微，且非屬毒性物質，因此淨水程序中通常未特別針對鋅來設計處理單元。根據研究⁽⁶⁾，傳統處理程序中之混凝－膠凝單元對鋅具良好之去除能力，使用鐵鹽或鋁鹽做混凝劑，去除率可達到 90%(適用之 pH 值範圍為 6~9)。石灰軟化之效果則介於 60~90%之間(適用之 pH 值範圍為 9.5~10)。USEPA 公告之 SDWA 中，並未推薦對鋅之最佳處理術(BAT)。其他如逆滲透、離子交換等已證實具理想之去除能力，但處理成本高，不適用於大型公共給水之用。

另外若因管線腐蝕而導致鋅濃度過高，則以控制腐蝕之方法進行改善。

對於鋅項目，建議維持現行標準，依前述環境背景資料之討論，水質統計結果顯示全數樣本均符合現行標準(5.0 mg/L)，且測值多低於 0.05 mg/L，因此目前尚不需探討處理成本分析。

8. 國內外管制情形

大多數國家將鋅列為影響適飲性之物質，各國標準值詳如下表(2,5,7,8,9,10,11,14,15,16,19,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34)。其中 USEPA 原來將鋅於次要水質管制項目，基於可能之潛在威脅，正考慮將鋅納入主要水質管制項目(研議中之標準值為 2.0 mg/L)⁽⁵⁾。

項目	國名(制定時間)						
鋅	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2012)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)
標準值 (單位: mg/L)	5	4**	5*	5	-	-	-
鋅	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	中國大陸 (2011)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)
標準值 (單位: mg/L)	3**	1	3	-	1	-	1.5

註：* 次要水質管制標準。 ** 適飲性水質參考值(美學考量)。

9. 行政考量

目前國內水質標準分類中將鋅列為「影響適飲性物質」，管制值為 5.0 mg/L；考量水質檢測結果顯示國內清水樣本多能符合現行標準，因此目前尚無檢討此項標準之急迫性。

10. 管制優先次序

建議維持現行標準(5.0 mg/L)，待未來蒐集更多環境流佈資料後再檢討修改限值之必要性。

11. 參考文獻

- [1] Standard methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, and WEA, Washingn, D.C., 20th ed.(1999)
- [2] World Health Organization, Guidelines for Drinking Water quality volumn 1 (2008).
- [3] Office of Water , Drinking Water Regulations and health advisories, USEPA(1995).
- [4] John De Zuane, Handbook of Drinking Water Quality standard and Controls, Van Nostrand Reinhold Publishers Inc.(1990)

- [5] F. W. Pontius, An Update of the federal drinking Water Regs, Jour.AWWA, 87:1:40(1995).
- [6] Office of drinking water Center for Environment Research Information. Technologies for Upgrading Existing or Designing New Drinking Water Treatment Facilities, USEPA 625/4-89/023(1990).
- [7] Code of federal Regulations, safe drinking water act, USEPA 40 CFR 100 to 149(2010).
- [8] FTP committee on drinking water, guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2008).
- [9] JWWA. Japan's Water Works Yearbook(2010).
- [10] England and Wales Statutory Instruments, the Water Supply(Water Quality Regulation 2010, No.994(2010)).
- [11] National Health and Medical Research Council, National water quality management strategy. Australian drinking water guideline 6. (2004).
- [12] 行政院環境保護署檢驗所,「水質檢驗方法」(1996)。
- [13] 張怡怡,「飲用水中無機物、微生物及濁度管制項目及管制標準合理性分析」,行政院環保署委託計畫, EPA-85-J102-09-05(1996)。
- [14] 行政院環境保護署,「德國聯邦法律官報 1990 年第一部分飲用水法令修正版公告暨飲用水及食品業用水法令(譯稿)」(1994)。
- [15] 行政院環境保護署環檢所,「環境保護法令彙編」(1995)。
- [16] USEPA, 2009 edition of the drinking water standards and health advisons. (2009)
- [17] 康世芳、張怡怡、蔣本基、張簡國平、李家偉,「飲用水水源及水質標準中列管汙染物篩選與監測計畫」,行政院環境保護署委託計畫, EPA-98-U1J1-02-101 (2009)。
- [18] 行政院環境保護署,飲用水全球資訊網,水質統計。
- [19] Ordinance amending the drinking water ordinance (2001).
- [20] 行政院環境保護署,「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [21] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [22] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [23] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [24] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [25] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [26] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [27] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [28] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [29] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [30] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for

drinking water quality Analysis in Japan (2005)

[31] ECOREA Environmental review 2011, Korea

[32] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)

[33] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)

[34] USEPA Office of Pesticide Programs, Health Effects Division, Science Information Management Branch: "Chemicals Evaluated for Carcinogenic Potential" (April 2006)

附錄 5.6 銦

1. 水質項目名稱：銦 (Indium CAS ID #：7440-74-6)
2. 化學式/結構式：In
3. 使用單位：mg/L
4. 分析方法

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
	(1) 火焰式原子吸收光譜法(NIEA W306.52A) (2) 感應耦合電漿原子發射光譜法(NIEA W311.53) (3) 感應耦合電漿質譜法 (NIEA W313.53) (4) 水中金屬及微量元素檢測方法—感應耦合電漿質譜法(NIEAW313.51B)

5. 環境背景資料：

銦(Indium, In)，原子序 49，原子量 114.82，週期表 IIIA 族光澤銀白金屬元素，銦較鉛軟；溶於酸；不溶於鹼，價數 1,3，三價化合物是最多和最穩定的。95% 的天然銦以同位素銦 115 存在。銦之用途在低熔點合金、核子反應器控制棒、抗磨飛機軸承之鍍銀鋼之電鍍、放射線偵檢器、電子與半導體元件、鹼性乾電池等。1985 年氧化銦錫 (Indium Tin Oxide, ITO)和磷化銦半導體的研發和在電子通訊等工業上的應用，使銦的產需快速增長，ITO 在薄膜狀時，為透明無色。在粉或塊狀態時，它呈黃色。ITO 主要用於製作液晶顯示器、平板顯示器、電漿顯示器、觸摸式顯示器、電子紙等應用、有機發光二極體、以及太陽能電池、和抗靜電鍍膜還有 EMI 屏蔽的透明電傳導鍍膜。

大氣中

銦在大氣中以粒狀物存在，可陰濕沈降或乾沈降的方式自空氣中移除。

土壤中

銦在土壤中流動性低，且會被植物和蔬菜吸收。

水中

水中的銦容易被懸浮固體及底泥所吸附，且銦的氧化物和氫氧化物不易水解，也不易因揮發而自水體表面去除。

人體可能的暴露途徑

職業上相關的工作人員，可能在工作場所皮膚暴露到銦及其化合物。

環境水體中的濃度

根據 2010 年飲用水水源與水質中新興污染物對人體健康風險評估之研究計畫(2/4)的資料結果顯示，6 個淨水場原水和清水中銦的濃度範圍分別為 ND~0.00465 毫克/公升(n=18)和 ND~0.00087 毫克/公升(n=17)。

6. 健康評量及毒理資料

銮與其化合物之吸收、代謝與排泄：

吸收：除三氯化銮和硫酸銮吸收稍多外，大部分銮鹽在胃腸道吸收 很少，三氧化二銮大鼠及狗經口吸收僅 0.2%~0.4%。大鼠氣管內吸入或注入可溶性銮鹽，約 50%在二週內由肺吸收，其餘存留在肺間隔、氣管和支氣管的淋巴結內長達二個月(何鳳生等, 1999)。

代謝：經各種途徑吸收入血的銮可與血漿蛋白(轉鐵蛋白、 α -球蛋白和白蛋白)結合，迅速轉運到軟組織及骨骼。膠體狀的銮則不與血漿蛋白結合，但可被白細胞吞噬後送到肝和脾的網狀內皮系統。進入體內的銮主要蓄積在骨骼；皮下注射銮時可大部分蓄積在皮膚和肌肉內；腹腔注射銮時可大部分蓄積在腸系膜和肝臟，然後轉移到脾、腎和骨骼(何鳳生等, 1999)。

排泄：進入體內的銮主要經尿及糞從體內排出，其經尿排泄過程可分兩個時期(經各種途徑進入體內)開始為快排泄期，大約為 20 天，然後則為長時間的緩慢排泄期，可達數月或數年(何鳳生等, 1999)。

銮及其化合物的毒性

急性毒性：

銮的化合物不同，其表現出的急性毒性也不同，如膠體狀銮和銮化銮的急性毒性較離子態銮高 40 倍。銮的暴露途徑不同，其表現出的急性毒性也不同，而靜脈注射毒性為皮下毒性的 4 倍〔何鳳生等, 1999〕。Oda (1997)把雄性 Fischer 大鼠 344 隻分成 4 組，分別按 0，1.2，6.0，62 mg/kg 的劑量氣管注入磷化銮(InP)粉塵，暴露後第 1 天和第 8 天觀察大鼠的表現。結果表明從劑量反應關係上可見第 1 天大鼠體內支氣管肺泡液(BALF)中的過氧化物歧化酶(SOD)和乳酸脫氫酶(LDH)活性都隨著暴露劑量的增加而升高，而在支氣管肺泡液中的炎性細胞數和總蛋白量(TP)並無增高。預示嗜中性細胞和肺泡巨噬細胞對磷化銮有反應，顯示暴露後第 1 天已經處在炎症的早期。當暴露後的第 8 天只有 62 mg/kg 劑量組支氣管肺泡液中的嗜中性細胞、淋巴細胞、總蛋白、乳酸脫氫酶、總磷脂和總膽固醇量增高，同時在病理檢查中可觀察到在肺泡腔內有脫落的肺泡上皮細胞和無定型滲出物產生。此研究結果表明當大鼠氣管注入高劑量(62 mg/kg)磷化銮 8 天時可出現急性肺炎和上皮細胞損傷，而在低劑量(低於 6 mg/kg)時未見肺炎的改變。研究顯示銮鹽對動物的肝臟、腎臟和心肌都有毒性作用(何鳳生等, 1999; Smith et al., 1978)。急性銮鹽中毒動物的肝臟出現明顯充血、出血及壞死；腎可出現表面出血及腎小管變性和壞死；心肌可出現肌纖維變性、橫紋肌輕度退行性變。為了驗證由含有銮的各種合金所製造的假牙是否對牙齦組織存在毒性作用，Lijima (1989)把純銮粉及其他 7 種純金屬分別直接注入大鼠的牙齦組織(第一上磨牙根部空腔)內，然後觀察其組織病理改變，結果表明純銮粉對大鼠具有弱的細胞毒性。為了研究銮和汞銮合金的細胞毒性，Nakajima 等 (1997)採用純汞和分別

含有 5%、20%、50%銦的液體汞銦合金在細胞培養基中分別連續培養 0-8 h、8-48 h、48-72 h 後，再把其培養基提取液與小鼠成纖維細胞接觸 24 h 後通過測定琥珀酸脫氫酶活性檢驗其細胞毒性。對照組採用聚四氟乙烯。其實驗結果使用 ANOVA 和 T 檢驗($\alpha=0.05$)進行統計學分析比較，結果表明：0-8 h 期間和 8-48 h 期間含銦 20%的合金組細胞毒性比其他組低， $P < 0.05$ ，具有統計學意義，而與對照組比較無顯著性差異。其他合金組與對照組比較有輕微的活性降低。對於培養 48-72 h 期間所有的合金組基本上與對照組無差別。

慢性毒性：

研究顯示當經口給予大鼠硫酸銦 25-30 mg/day，一直到 27 天也未發生任何毒性作用，只有到 72 天時大鼠的體重才略有降低，出現不活潑和毛髮粗糙，未見任何病理改變(何鳳生等，1999)。Tanaka 等(1996)以氣管內注入方式每週給予雄性敘利亞金倉鼠 7.5 mg 砷化銦(InAs)和磷化銦(InP)，一共暴露 15 週，而對照組給予磷酸緩衝液。在倉鼠的整個存活期內，砷化銦組比對照組的倉鼠體重增長明顯遲緩，差異具有統計學意義。而磷化銦組與對照組相比，倉鼠體重增長無明顯差異。病理檢查砷化銦組和磷化銦組的倉鼠肺部可見蛋白質沉積、肺泡和支氣管細胞增生、肺炎肺氣腫和肺組織硬化等改變，其發生率都明顯高於對照組，這項研究結果說明砷化銦和磷化銦可導致倉鼠的肺組織嚴重損傷。慢性銦鹽中毒可對腎臟有毒性作用，出現腎小管壞死。銦鹽對肝、脾、腎上腺及心臟都有慢性危害，出現慢性炎症性改變。Aoki 等(1990)對氯化銦的蛋白合成毒性進行研究，結果表明當暴露氯化銦濃度只有在 300 $\mu\text{mol/L}$ 以下時，大鼠腎臟近曲小管細胞蛋白合成才不會有改變。曲波等(2008)以 60 隻健康 Wistar 大鼠，隨機分成 4 個暴露組，硫酸銦暴露劑量分別為 26.1、52.3、104.6、261.4 mg/kg 和 1 個對照組。硫酸銦灌胃暴露，1 次/d，實驗期 3 個月。結果 261.4 mg/kg 暴露組大鼠體重增長緩慢，血紅細胞、血小板計數降低，肝、腎明顯腫大，肝細胞變性，腎小管細胞變性、溶解。4 個暴露組大鼠血清尿素氮均明顯增高。結論長期較低劑量硫酸銦暴露可對實驗動物的生長發育、腎臟、肝臟及血液系統產生明顯損害。腎臟可能是硫酸銦毒性作用標的器官之一。大鼠經口硫酸銦暴露，無明顯有害效應劑量(NOEL)低於 26.1mg/kg。利用大鼠進行 28 天口服銦(pure Indium)的毒性實驗研究(Asakura et al., 2008)，顯示當劑量為 0、40、200、1,000 mg/kg-day 時，毒性效應於公鼠與母鼠無明顯差異，所有的大鼠均無在暴露期過後均無死亡，體重與效應症狀亦未呈現差異，犧牲後檢驗亦無發現差異，無明顯有害效應劑量(NOEL)為 1000 mg/kg-day，LD50 > 2000 mg/Kg。

生殖與發育毒性：

目前對於銦及其化合物在生殖毒性方面的研究報導相對較多，部分動物實驗研究指出銦及其化合物具有畸胎毒性，如銦對天竺鼠、大鼠與兔子(Ferm and Carpenter, 1970; Nakajima et al., 1998; Ungváry et al., 2000)，但對小鼠卻尚未發現畸胎毒性(Chapin et al., 1995; Nakajima et al., 2000)。於大鼠實驗中，於懷孕期第 9,10, 11 天母鼠經靜脈注射三氯化銦(indium trichloride) 劑量為 0.4 mg/kg，造成

胎兒於外表、骨骼與內臟的異常 (Nakajima et al., 1998; Nakajima et al., 2000)，懷孕期第 10 天暴露三氯化銦，當劑量達 0.2mg/kg 以上即發現胎兒骨骼異常 (Nakajima et al., 2007)。Gilani 等(1990)把銦鹽的溶解液注射到小雞雞胚(孵化第 2 天，0.1 ml/egg)的氣囊中，而對照組給予生理鹽水(0.1 ml/egg)。實驗結果顯示，銦具有胚胎毒性，可導致胚胎體大小異常、短肢畸形、頸部彎曲、雞胚出血、內臟外翻和眼小畸形。銦對於小雞雞胚的 LD₅₀ 為 38 mg/egg，其胚胎毒性大於鋁、錳和鐵，而小於鎘、砷、鈷和銅。Rao (1988) 就含有放射性銦的藥物，如檸檬酸銦(¹¹¹In)，對小鼠睪丸生物學影響進行研究。研究結果顯示這些含有銦的標記藥物可大量減少精子數量。在體內銦的放射毒性要比其他毒性大很多。Nakajima 等 (1999) 根據銦的毒代動力學研究銦對大鼠胚胎的毒性作用，將懷孕 9.5 天的大鼠暴露於氯化銦(InCl₃)，其暴露濃度根據胚胎發育時間長短限制在 25~50 μmol/L 的濃度範圍內。實驗結果表明暴露濃度比暴露時間更重要。銦的生殖毒性是直接影響到胚胎或卵黃囊，而且研究者認為經口給予銦進行暴露時，生殖毒性較弱是由於銦到達胚胎的濃度降低所致。Chapin 等 (1995) 經口給予瑞士小鼠氯化銦(InCl₃)250 mg/kg，結果表明雄性小鼠的生殖系統和肝臟沒有改變，通過檢測 N-己醯氨基葡萄糖苷濃度的降低可說明小鼠腎受到影響。雖然雌性小鼠懷孕能力不受影響，但是雌性小鼠胚胎發育卻受到負面影響，在母體體重增加的情況下，小鼠子宮內的胚胎死亡率增加，也就是說胚胎畸形率不增加，而胚胎死亡率增加，此結果並不影響母體體重的增加。在體外毒性實驗也說明低劑量銦的生殖毒性直接導致胚胎死亡率增加，在胚胎體內也可檢測出低含量的銦，並且其含量要比母體肝臟中的高。銦之生殖與發育毒性整理如表 1。

表 1. 銻之生殖與發育毒性研究

Subjects	Dose	Outcomes	References
Rats	0.4 mg/kg indium trichloride 懷孕期第 10 天暴露 (GD10)	Caudal hypoplasia from day 11. Increased apoptosis was observed in their tailbud on day 11.(胎兒尾部發育異常，屬畸胎毒性)	Nakajima et al., 2008. Reprod. Toxicol.
Rats	0.2mg/kg indium trichloride，懷孕期第 10 天暴露	胎兒骨骼異常，屬畸胎毒性	Nakajima et al., 2007. Reprod. Toxicol.
Rats	7.7 mg/kg (InAs) (雄性成鼠暴露)	精子數下降、睪丸組織異常	Omura et al., 1995. J. Occup. Health
Hamster	7.7 mg/kg (InAs) (雄性成鼠暴露)	無產生睪丸毒性	Omura et al., 1996. Toxicol. Lett.
Hamster	7.7 mg/kg (InAs) (雄性成鼠暴露)	體重減輕	Tanaha et al., 2000. Fukuoka Acta Med.
Hamster	4.0 mg/kg of InAs or 3.0 mg/kg of InP, both containing 2.4 mg/kg as indium, was administered intratracheally twice a week for 8 weeks (雄性成鼠暴露)	生殖器官重量減輕、精子數下降、睪丸組織異常	Omura et al., 2000. J. Occup. Health
Rats	給予妊娠大鼠432.80 mg/kg、135.25 mg/kg、43.28 mg/kg 硫酸銻經口灌胃暴露	暴露組孕鼠孕末增重明顯降低,吸收胎數均顯著高於對照組,存活胎仔僅見個別有卷尾、波狀肋、少肋等	曲波等，中國工業醫學雜誌，2007年第04期

7. 處理技術/成本分析

文獻中水中銻之去除技術如電化學混凝法(Chou & Huang, 2009)，共沉澱法(Minamisawa et al., 2003)，奈米濾膜法(Wu et al., 2004)，固相萃取法(Tuzen & Soylak, 2006)，超臨界流二氧化碳萃取法(Chou & Yang, 2008) 及樹脂萃取(extraction resin)法(Liu et al., 2006)等。

8. 國內外管制情形

我國飲用水水質標準為 0.07 mg/L。國際上（包含、WHO、美國、加拿大、歐盟、德國、法國、英國、紐西蘭、澳洲、日本、南韓、新加坡）飲用水水質中均未訂定管制標準。

9. 行政考量

(1) 依美國環保署建立飲用水水質標準之管制目標值(MCLG)公式計算方式：

$MCLG = (NOAEL) \div (UF)$ 。UF 為不確定係數設定為 10000 ($10 \times 10 \times 10 \times 10$)，主要考量相同物種間的差異、不同物種間的差異、暴露期間長短的差異以及研究數據的差異。假設成人體重七十公斤，每天飲水量為二公升，每天經由飲用水途徑暴露的總量比例為 20%，則飲用水中鎳的管制目標值為 0.7 毫克/公升。

(2) 截至目前為止研究數量不多，故於專家諮詢會議，建議將安全係數提高十倍，將管制標準訂定為 0.07 毫克/公升，規定淨水場取水口上游周邊五公里範圍內有半導體製造業、光電材料及元件製造業等污染源者，應每季檢驗一次，如連續兩年檢測值未超過最大限值，自次年起檢驗頻率得改為每年檢驗一次。

(3) 此為現階段施行的暫行標準，以避免高科技產業如：半導體製造業、光電材料及元件製造業等排放水對飲用水水質安全影響與顧及民眾對水質安全的需求。未來三年內再評估檢討，若國外有進一步研究資料及規範標準值再予修正。

(4) 在 103 年「推動飲用水列管項目之篩選作業原則」第三次專家會議進行評估檢討，經專家委員討論後，決議維持原定的法規標準。

(5) 日本在鎳這個項目主要是討論人體暴露在含鎳的粉塵中，其健康影響的標準值計算。

10. 管制優先次序

12. 參考文獻

- [1] 何鳳生，王世俊，任引津，中華職業醫學，人民衛生出版社，1999
- [2] 曲波、李雪飛、王帆、李慶輝，硫酸鎳急性毒性和致突變作用研究，毒理學雜誌, 2007(4): 273-275
- [3] 曲波、李雪飛、王帆、李慶輝，硫酸鎳亞慢性毒性的實驗研究，工業衛生與職業病，2008 年第 34 卷第 01 期
- [4] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [5] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [6] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [7] Aoki Y, Lipsky MM, Fowler B A. Alteration in protein synthesis in primary cultures of rat kidney proximal tubule epithelial cells by exposure to gallium, indium, and arsenite, Toxicol Appl Pharmacol, 1990, 106: 462-468.

- [8] Asakura et al., Oral Toxicity of Indium in Rats: Single and 28-Day Repeated Administration Studies, *Journal of Occupational Health*, Vol. 50 (2008) , No. 6, 471-479
- [9] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [10] Bandyopadhyay A, Tsuji K, Cox K, Harfe BD, Rosen V, Tabin CJ (2006) Genetic analysis of the roles of bmp2, bmp4, bmp7 in limb patterning and skeletogenesis. *PLoS Genet* 2: 2116–2130.
- [11] Bustamante J, Dock L, Vahter M, Fowler B, Orrenius S (1997) The semiconductor elements arsenic and indium induce apoptosis in rat thymocytes. *Toxicology* 118: 129–136.
- [12] Castronovo FP, Wagner HN (1971) Factors affecting the toxicity of the element indium. *Br J Exp Pathol* 52: 543–559.
- [13] Chapin RE, Harris MW, Hunter ES III, Davis BJ, Collins BJ, Lockhart AC (1995) The reproductive and developmental toxicity of indium in the Swiss mouse. *Fundam Appl Toxicol* 27: 140–148.
- [14] Chou WL, Huang YH. Electrochemical removal of indium ions from aqueous solution using iron electrodes. *J Hazard Mater*. 2009 Dec 15;172(1):46-53.
- [15] Chou W.L., Yang K.C., Effect of various chelating agents on supercritical carbon dioxide extraction of indium (III) ions from acidic aqueous solution, *J. Hazard. Mater*. 154 (2008) 498–505.
- [16] DeSesso JM (1997) Comparative embryology. In: Hood RD (ed). *Hand Book of Developmental Toxicology*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 111–174.
- [17] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [18] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [19] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [20] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [21] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [22] Ferm VH, Carpenter SJ (1970) Teratogenic and embryopathic effects of indium, gallium, and germanium. *Toxicol Appl Pharmacol* 16: 166–170.
- [23] Gilani SH, Alibhai Y. Teratogenicity of metals to chick embryos, *J Toxicol Environ Health*, 1990, 30: 23-31.
- [24] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [25] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [26] Guo X, Ohno Y, Kawanishi T, Sunouchi M, Takanaka A (1992) Indium inhibits gap junctional communication between rat hepatocytes in primary culture. *Toxicol Lett* 60: 99–106.
- [27] Lewis DR (1986) Dopant materials used in the microelectronics industry. *Occup*

Med 1: 35–47.

- [28] Lijima S, Histopathological study of the effect of pure metal to the periodontal tissues, Nippon Shishubyo Gakkai Kaishi, 1989, 31(4):997-1020
- [29] Liu J.S., Chen H., Chen X.Y., Guo Z.L., Hu Y.C., Liu C.P., Sun Y.Z., Extraction and separation of In(III), Ga(III) and Zn(II) from sulfate solution using extraction resin, Hydrometallurgy 82 (2006) 137–143.
- [30] McCord CP, Meek SJ, Harold GC, Heussner CE (1942) The physiologic properties of indium and its compounds. J Ind Hyg 24: 243–254.
- [31] Minamisawa H., Murashima K., Minamisawa M., Arai N., Okutani T., Determination of indium by graphite furnace atomic absorption spectrometry after coprecipitation with chitosan, Anal. Sci. 19 (2003) 401–404.
- [32] Nakajima M, Mitsunaga K, Nakazawa K, Usami M (2008) In vivo/in vitro study in rat embryos on indium-caused tail malformations. Reprod Toxicol 25: 426–432.
- [33] Nakajima M, Sasaki M, Kobayashi Y, Ohno Y, Usami M (1999) Developmental toxicity of indium in cultured rat embryos. Teratogenesis Carcinog Mutagen 19: 205–209.
- [34] Nakajima M, Takahashi H, Nakazawa K, Usami M (2007) Fetal cartilage malformation by intravenous administration of indium trichloride to pregnant rats. Reprod Toxicol 24: 409–413.
- [35] Nakajima M, Takahashi H, Sasaki M et al. (1998) Developmental toxicity of indium chloride by intravenous or oral administration in rats. Teratogenesis Carcinog Mutagen 18: 231–238.
- [36] Nakajima M, Takahashi H, Sasaki M, Kobayashi Y, Ohno Y, Usami M (2000) Comparative developmental toxicity study of indium in rats and mice. Teratog Carcinog Mutagen 20: 219–227.
- [37] Nakajima H, Wataha JC, Rockwell LC, Okabe T. In vitro cytotoxicity of amalgams made with binary Hg-In liquid alloys. Dent Mater 1997;13:168-173.
- [38] Nakase T, Nomura S, Yoshikawa H et al. (1994) Transient and localized expression of bone morphogenetic protein 4 messenger RNA during fracture healing. J Bone Miner Res 9: 651–659.
- [39] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [40] Oda K., Toxicity of a low level of indium phosphide in rats after intratracheal instillation, Ind Health, 1997, 35:61-68.
- [41] Qi BQ, Beasley SW, Arsic D (2004) Abnormalities of the vertebral column and ribs associated with anorectal malformations. Pediatr Surg Int 20: 529–533.
- [42] Rao DV, Sastry KSR, Grimmond HE, et al. Cytotoxicity of some indium radiopharmaceuticals in mouse testes. J Nucl Med 1988;29:375-384.
- [43] Tanaka A, Hisanaga A, Hirata M, et al. Chronic toxicity of indium arsenide and

- indium phosphide to the lung of hamsters. Fukuoka Acta Med 1996; 87: 108–15.
- [44] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [45] Tuzen M., Soylak M., A solid phase extraction procedure for indium prior to its graphite furnace atomic absorption spectrometric determination, J. Hazard. Mater. 129 (2006) 179–185.
- [46] Ungváry G, Szakmáry É, Tátrai E, Hudák A, Náray M, Morvai V (2000) Embryotoxic and teratogenic effects of indium chloride in rats and rabbits. J Toxicol Environ Health A 59: 27–42.
- [47] Ungváry G, Tátrai E, Szakmáry E, Náray M (2001) The effect of prenatal indium chloride exposure on chondrogenic ossification. J Toxicol Environ Health A 62: 387–396.
- [48] Venugopal B, Luckey TD (1978) Toxicity of group III metal. In: Venugopal B, Luckey TD (eds). Metal Toxicity in Mammals, Vol. 2. Plenum Press, New York, pp. 116–121.
- [49] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [50] Wu M., Sun D.D., Tay J.H., Effect of operating variables on rejection of indium using nanofiltration membranes, J. Membr. Sci. 240 (2004) 105–111.
- [51] Yonemoto J, Kawagoe A (1992) Limb bud cell culture for in vitro teratogen screening: Validation study for metals and related compounds. Environ Sci 1: 127–135.

附錄 5.7 鉬

1. 水質項目名稱：鉬 (Indium CAS ID #：7439-98-7)
2. 化學式/結構式：Mo
3. 使用單位：mg/L
4. 分析方法

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
	(1) 火焰式原子吸收光譜法(NIEA W306.52A) (2) 感應耦合電漿原子發射光譜法 (NIEA W311.53) (3) 感應耦合電漿質譜法 (NIEA W313.53) (4) 水中金屬及微量元素檢測方法—感應耦合電漿質譜法(NIEAW313.51B)

5. 環境背景資料：

鉬(molybdenum, Mo) 是動物以及人體的必需微量元素，天然界礦物主要是輝鉬礦 (MoS₂)，鉬主要用於鋼鐵工業，其常用於煉鋼鑄鐵，生產特種鋼、電接觸器、火花插座、X 射線管、燈絲、螢光屏、收錄機，還可用於生產鎢絲、玻璃—金屬焊接、非鐵合金等。鉬也是植物生長發育所需的必需微量元素之一。

人體可能的暴露途徑

職業上相關的工作人員，可能在工作場所暴露到鉬及其化合物，例如鉬冶煉工廠的工作人員，可能因吸入含鉬粉塵而暴露。

環境水體中的濃度

在水及其他環境中的含量濃度 根據美國的調查，在 15 個主要河流流域的水樣中，有 32.7%的地表水可檢出鉬，均值為 60 µg/L，範圍為 2-1 500 µg/L (NAS, 1977; Kopp and Kriner, 1967)；在地下水中鉬的品質濃度範圍從低於檢出限至 270 µg/L (Kehoe et al., 1944)；在公共供水中濃度範圍從低於偵測極限至 68 µg/L，平均值為 1.4 µg/L (Durfor and Becker, 1964)；在全美 380 個出廠水中，29.9%的樣品檢出鉬，均值為 85.9 µg/L，範圍為 3-1 024 µg/L (Kopp and Kriner, 1967)。鉬在飲水中的品質濃度通常不超過 10 µg/L，但是，在鉬礦區公共供水中鉬的品質濃度可高達 200 µg/L，還曾有 580µg/L 的報導(Chappell, 1973)。在豆類、穀類、動物臟器中含有較豐富的鉬，但在水果，蔬菜和動物肌肉中含量較少 (Chappell et al., 1979; Tsongas et al., 1980)。

人體暴露濃度由於飲水中鉬含量一般不超過 10µg/L，故對一般人群而言，從飲水中的攝入量通常不超過 20 µg/d。但是，在鉬礦區的人群攝入量可能增加。根據美國的報導，成年男性鉬的攝入量估計為 240 µg/d，婦女為 100 µg/d (Tsongas et al., 1980; Pennington et al., 1989; Greathouse and Osborne, 1980)。

國內淨水場水質檢測調查：根據 2009 和 2010 年飲用水水源與水質中新興污染物對人體健康風險評估之研究計畫(1/4 和 2/4)的資料結果顯示，6 個淨水場清水中鉬的濃度範圍分別為 0.00045~0.01756 毫克/公升(n=17)。

6. 健康評量及毒理資料

急性和亞急(慢)性毒性在動物試驗中，鉬以複雜的方式與銅和硫酸鹽產生作用，以缺銅飼料餵養的動物對鉬更敏感(Gray and Daniel, 1964; Suttle, 1974)。給大鼠餵以含鉬酸飼料，鉬劑量按體重計為 7.5mg/(kg-d)和 30mg/(kg-d)，能明顯抑制生長和增加肝臟中銅和鉬的含量，加入硫酸鹽可降低這些作用(Miller et al., 1956)，在兩個劑量組還可看到腿脛關節增大，以及股骨和脛骨骨骺增厚，基於體重降低和骨骼改變，最低觀察到有害作用的濃度(LOAEL)的鉬劑量按體重計為 7.5mg/(kg-d)。為了評估鉬的生物毒性，用鉬酸鉍對小鼠進行中毒試驗，通過腹腔注射劑量分為 600、720、863、1036、1244 mg/kg 的 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ，48 h 統計死亡率並計算 LD_{50} ；32 隻小鼠分為 4 組，分別在飲水加入含 0、80、100、120 mg/L 的 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ，每隔 3 天稱重，7 天後進行血液學和病理學分析，結果腹腔注射的 LD_{50} 為 $813.264 \text{ mg/kg} \pm 0.0426 \text{ mg/kg}$ ；飲水中毒試驗 5 天時各劑量組均表現嚴重中毒症狀，中毒小鼠屍體消瘦，小腸壁出血並有紅白相間花斑，腎臟體積腫大，肝臟腫大發生脂肪變性；血液稀薄，血細胞壓積降低，紅細胞數和血紅蛋白量減少，精子畸形率顯著增加，表明鉬酸鉍對小鼠屬於中等毒性，可造成貧血、組織臟器病變及精子畸形等（劉鳳軍 et al., 2009）。小牛飲用含鉬酸氨的飲水 21 天，水中鉬的濃度為 0、1 mg/L、10 mg/L 和 50 mg/L(相當於按體重每日平均劑量為 <0.01 mg/kg、0.07 mg/kg、0.7 mg/kg 和 3.7mg/kg) (Kincaid, 1980)。未見對生長的影響，但在最高劑量組，非血漿銅藍蛋白明顯增加，銅從血漿向肝臟的攝入量低於內源性丟失，最低毒性作用的濃度為 10-50mg/L，NOAEL 按體重計為 0.07mg/(kg-d)。人體及動物暴露鉬後之吸收程度彙整如表 1 所示。

表 1 人體及動物暴露鉬後之吸收程度

Species	Form	Route	Absorption (%)	Notes	Source
Rat	^{99}Mo (molybdate)	Oral	97	Measured over 6 h	Kosarek and Winston
Rat	MoS_2	Oral-diet	0		Fairhall et al.
Guinea pig	MoO_3	Oral	88	Measured over 16 h	Fairhall et al.
pig	$(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$	Oral	75		Miller et al.
Human	Unknown,	Oral-diet	28, 52	Two subjects	Tipton et al.

Human	Unknown 12	Oral-diet	77	Children	Alexander et al.
Human	Unknown	Oral-diet	28-62		Robinson et al.

生殖毒性，胚胎毒性和致畸性

小鼠飲用含鉬酸鹽的去離子水達 6 個月，鉬濃度為 10mg/L(按體重計約為 1.5mg/(kg-d))，引起胎鼠和母鼠死亡以及不育(Schroeder and Mitchener, 1971)。給大鼠餵食含鉬飼料，劑量為 0、1、2、8、14 mg/(kg-d)，以及含銅劑量 5mg/(kg-d)和 20mg/(kg-d)。在兩個最高劑量組每窩動物數減少；最高劑量組的仔鼠斷奶時體重增加較少，NOAEL 為 2mg/(kg-d)。妊娠母牛喂飼含鉬酸鹽的飼料，鉬劑量為 50mg/d，生出 4 只小牛，其中三隻表現共濟失調(Mills and Fell, 1960)。組織病理學檢查發現，大腦皮質細胞結構變性以及皮質和脊髓脫髓鞘。

致癌性

致癌性研究發現，鉬對 N-亞硝胺引起大鼠食道、前胃和乳腺癌具有抑制作用。腹腔注射氧化鉬(五價)的小鼠肺腺瘤發生率明顯增加，但與從飲水中攝入鉬無直接關係(Stoner et al., 1976)。

對人體健康的影響

鉬是動物以及人體的必需微量元素，美國建議的安全和適宜的攝入量如下：嬰兒為 0.015-0.04 mg/d；1-10 歲為 0.025-0.15 mg/d；10 歲以上為 0.075-0.25 mg/d (NAS, 1989)。根據美國的一項調查，有二組人群，低鉬組包括 42 人，飲水中鉬的濃度為 1-50µg/L；高鉬組包括 13 名大學生，飲水中鉬濃度為 ≥200µg/L。在低鉬組，血漿鉬濃度在正常範圍，未見對健康的有害作用。高鉬組人群尿鉬和血漿銅藍蛋白濃度增加，血漿尿酸濃度降低，但在二組中均未見對人體的有害作用，鉬在飲水中的無有害作用濃度為 200 µg/L (Chappell et al., 1979)。

對前蘇聯高鉬區三個居民點 400 人的調查表明，高濃度鉬的攝入(10-15mg/d)引起痛風樣病，發病率為 18-31%(Koval'skij, 1961)。

7. 處理技術/成本分析

國內目前已公告標準檢驗方法(NIEAW313.51B 水中金屬及微量元素檢測方法—感應耦合電漿質譜法)可適用。

8. 國內外管制情形

項目	國名（制定時間）								
鉛	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2012)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)
標準值 (mg/L)	0.07	-	-	-	-	-	-	-	0.07
鉛	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	中國大陸 (2011)				
標準值 (mg/L)	0.05	0.07	-	0.07	0.07				

在文獻中，尚缺乏經口攝入鉛的致癌性研究資料。經飲水攝入鉛的二年研究顯示，NOAEL 為 0.2mg/L (Chappell et al., 1979)，其他不同動物實驗研究所推估經食入鉛之 LOAEL 及 NOAEL 彙整如表 2。一般而言，不確定性係數為 10(種內差異)，但考慮到鉛是人體必需元素，因此選用 3 作為不確定性係數，可計算鉛在飲水中的標準為 0.07mg/L。目前 WHO 的飲用水鉛之標準為 0.07 mg/L(WHO, 1996)，澳洲為 0.05 mg/L，紐西蘭為 0.07 mg/L。中國大陸衛生部 2001 年發佈的《生活飲用水水質衛生規範》規定，鉛之生活飲用水中的標準為 0.07 mg/L。

表 2 不同動物實驗研究所推估經食入鉛之 LOAEL 及 NOAEL

Species ^a	Effects	LOAEL (mg kg ⁻¹ day ⁻¹)	NOAEL (mg kg ⁻¹ day ⁻¹)	Duration of exposure	Source
Rat ^a (f)	Prolonged oestrus cycle, decreased gestation weight, effect on embryogenesis	1.6	0.9	9 weeks	Fungwe et al.
Rat (m)	Growth depression	2		13 weeks	Jeter and Davies
Rat (m, f)	Bone deformities	7.5		6 weeks	Miller et al.
Rat (f)	Growth depression	8	2	13 weeks	Jeter and Davies
Rat	Infertility	8	2	13 weeks	Jeter and

(m)					Davies
Rat	Anaemia	50		5 weeks	Ostrom et al.
Rat (m, f)	Diarrhoea	50		5 (m) or 8 (f) weeks	Cox et al
Rat (m)	Renal failure	80	40	8 weeks	Bompart et al.
Rabbit	Reduced growth +histological changes in kidney and liver	5	0.5	6 months	Asmangulyan
Rabbit	Reduced growth, skeletal Arrington and abnormalities, anaemia abnormalities, anaemia	23		4 months	Arrington and Davis
Rabbit	Skeletal abnormalities, anaemia	25b		5 weeks	McCarter et al.
Rabbit	Thyroidal injury	66 7		1 month	Widjajakusuma et al.
Guinea pig	Reduced growth	75		8 weeks	Arthur et al.
Mouse (m, f)	Failure to breed, deaths of offspring and litters	1.5		Three generations	Schroeder and Mitchener

^am: males; f: females.

經飲水攝入鉬的二年長期研究顯示：無明顯有害效應劑量(NOEL)為 0.2 mg/L。一般而言，不確定性係數為 10，但考慮到鉬是人體必需元素，因此世界衛生組織在飲用水水質準則中選用 3，作為不確定性係數（UF），計算鉬在飲水中鉬的指引值為 0.07 毫克/公升。

本項目採用世界衛生組織指引值，並規定其採樣範圍為淨水場取水口上游周邊五公里範圍內有半導體製造業、光電材料及元件製造業等污染源者，應每季檢驗一次，如連續兩年檢測值未超過最大限值，自次年起檢驗頻率得改為每年檢驗一次。

在 103 年「推動飲用水列管項目之篩選作業原則」第三次專家會議進行評估檢討，經專家委員討論後，決議維持原定的法規標準。

美國環保署將鉬之終生健康建議值（Health Advisories）設為 0.04 mg/L。

9. 參考文獻

- [1] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」（2014 修正）
- [2] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [3] 劉鳳軍、賀加雙、楊自軍、徐朋朋、馬德剛、樂強，小鼠鉬中毒的毒性試驗，動物醫學進展，2009 年 第 02 期
- [4] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [5] Alexander, F. V., Clayton, B. V. and Delves, H. T., Mineral and trace-metal balances in children receiving normal and synthetic diets. Q. J. Med. 43, 89–111 (1974).
- [6] Arrington, L. R. and Davis, G. K., Molybdenum toxicity in the rabbit. J. Nutr. 51, 295–304 (1953).
- [7] Arthur, D., Interrelationships of molybdenum and copper in the diet of the guinea pig. J. Nutr. 87, 69–76 (1965).
- [8] Asmangulyan, T. A., The maximum permissible concentration of molybdenum in the water of surface water basins. Gig. Sanit. 30, 6–11 (1965).
- [9] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [10] Bompart, G., Pecher, C., Prevot, D. and Girolami, J. P., Mild renal failure induced by subchronic exposure to molybdenum: urinary kallikrein excretion as a marker of distal tubular effect. Toxicol. Lett. 52, 293–300 (1990).
- [11] Chappell WR. Transport and biological effects of molybdenum in the environment. Progress report. Boulder, CO, University of Colorado and Colorado State University, 1973.
- [12] Chappell WR et al. Human health effects of molybdenum in drinking water. Cincinnati, OH, US Environmental Protection Agency, 1979 (EPA-600A-79-006).
- [13] Cox, D. H., Davis, G. K., Shirley, R. L. and Jack, F. H., Influence of excess dietary molybdenum on rat and calf liver and heart enzymes. J. Nutr. 70, 63–68 (1960).
- [14] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [15] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [16] Durfor CN, Becker E. Public water supplies of the 100 largest cities in the United States. Washington, DC, US Geological Survey Water Survey, 1964 (Water Supply Paper No. 1812).
- [17] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [18] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [19] European Union (Drinking Water) Regulations 2014

- [20] Fairhall, L. T., Dunn, R. C., Sharpless, N. E. and Pritchard, E. A., The Toxicity of Molybdenum, Public Health Bull. No. 293. US Government Printing Office, New York (1945).
- [21] Fungwe, T. V., Buddingh, F., Demick, D. S., Lox, C. D., Yang, M. T. and Yang, S. P., The role of dietary molybdenum on estrous activity, fertility, reproduction and molybdenum and copper enzyme activities of female rats. *Nutr. Res.* 10, 515–524 (1990).
- [22] Gray LF, Daniel LJ. Effect of the copper status of the rat on the copper–molybdenum–sulfate interaction. *Journal of nutrition*, 1964, 84:31-37.
- [23] Greathouse DG, Osborne RH. Preliminary report on nationwide study of drinking water and cardiovascular diseases. *Journal of environmental pathology and toxicology*, 1980, 4(2-3):65-76.
- [24] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [25] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [26] Jensen, R., Maag, D. D. and Flint, J. C., Enzootic ataxia from copper deficiency in sheep in Colorado. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 133, 336–340 (1958).
- [27] Jeter, M. A. and Davis, G. K., The effect of dietary molybdenum upon growth, hemoglobin, reproduction, and lactation of rats. *J. Nutr.* 54, 215–220 (1954).
- [28] Kehoe RA, Chalak J, Largent EJ. The concentration of certain trace metals in drinking waters. *Journal of the American Water Works Association*, 1944, 36:637-644.
- [29] Kincaid RL. Toxicity of ammonium molybdate added to drinking water of calves. *Journal of dairy science*, 1980, 63:608-610.
- [30] Kopp JF, Kroner RC. Trace metals in waters of the United States. A five-year summary of trace metals in rivers and lakes of the United States (Oct. 1, 1962-Sept. 30, 1967). Cincinnati, OH, US Department of the Interior, Federal Water Pollution Control Administration, 1967.
- [31] Kosarek, L. J. and Winston, P. W., Absorption of molybdenum- 99 (Mo-99) as molybdate with various doses in the rat. *Fed. Proc.* 36, 1106 (1977)
- [32] Koval'skij VV, Jarovaja GA, Šmavonjan DM. [Changes of purine metabolism in man and animals under conditions of molybdenum biogeochemical provinces.] *Žurnal obšcej biologij*, 1961, 22:179-191 (in Russian).
- [33] McCarter, A., Riddell, P. E. and Robinson, G. A., Molybdenosis induced in laboratory rabbits. *Can. J. Biochem. Physiol.* 40, 1415–1425 (1962).
- [34] Miller RF, Price NO, Engel RW. Added dietary inorganic sulfate and its effects upon rats fed molybdenum. *Journal of nutrition*, 1956, 60:539-547.
- [35] Miller, J. K., Moss, B. R., Bell, M. C. and Sneed, N. N., Comparison of 99Mo metabolism in young cattle and swine. *J. Anim. Sci.* 34, 846–850 (1972).

- [36] Mills CF, Fell BF. Demyelination in lambs born of ewes maintained on high intakes of sulphate and molybdate. *Nature*, 1960, 185:20-22.
- [37] National Academy of Sciences. Recommended dietary allowances, 10th ed. Washington, DC, National Academy Press, 1989:243-246, 284.
- [38] National Academy of Sciences. Drinking water and health. Washington, DC, 1977:279-285.
- [39] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [40] Ostrom, C. A., Van Reen, R. and Miller, C. W., Changes in the connective tissue of rats fed toxic diets containing molybdenum salts. *J. Dent. Res.* 40, 520–528 (1961).
- [41] Pennington JAT, Young BE, Wilson D. Nutritional elements in U.S. diets: results from the total diet study, 1982 to 1986. *Journal of the American Dietetic Association*, 1989, 89:659-664.
- [42] Robinson, M. F., McKenzie, J. M., Thomson, C. D. and Van Rij, A. L., Metabolic balance of zinc, copper, cadmium, iron, molybdenum and selenium in young New Zealand women. *Br. J. Nutr.* 30, 195–205 (1973)
- [43] Schroeder HA, Mitchener M. Toxic effects of trace elements on the reproduction of mice and rats. *Archives of environmental health*, 1971, 23:102-106.
- [44] Stoner GD et al. Tests for carcinogenicity of metallic compounds by the pulmonary tumor response in strain A mice. *Cancer research*, 1976, 36:1744-1747.
- [45] Suttle NF. The nutritional significance of the Cu:Mo interrelationship to ruminants and non-ruminants. In: Hemphill DD, ed. *Trace substances in environmental health*, Vol. VII. Columbia, MO, University of Missouri, 1974:245-249.
- [46] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [47] Tsongas TA et al. Molybdenum in the diet: an estimate of average daily intake in the United States. *American journal of clinical nutrition*, 1980, 33:1103-1107
- [48] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [49] Widjajakusuma, M. C. R., Basrur, P. K. and Robinson, G. A., Thyroid function in molybdenotic rabbits. *J. Endocrinol.* 57, 419–424 (1973).
- [50] WHO, Molybdenum in Drinking-water, 1996, WHO/SDE/WSH/03.04/11

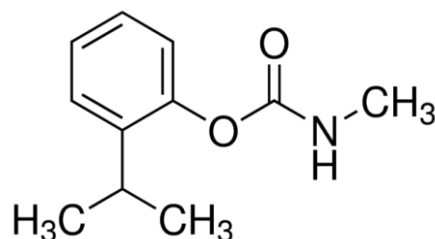
附錄 5.8 滅必蝨

12. 水質項目名稱：滅必蝨(Isoprocarb 或 MIPC)

命名：2-isopropylphenyl methylcarbamate 或 o-cumenyl methylcarbamate(CAS NO. : 2631-40-5)

13. 化學式/結構式： $C_{11}H_{15}NO_2$ (分子量：193.25)

結構式：



14. 使用單位： $\mu\text{g/L}$

15. 分析方法：

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
(1) 6610.B	(1) 氣相層析儀/電子捕捉偵測器法(NIEA W631.50A) (2) 液相層析儀/螢光偵測器法(NIEA W635.50T)

決定水樣採樣點後，經由標準採樣程序，將採樣所得水樣樣品加入微量硫代硫酸鈉並保存於 4℃。經過萃取與濃縮（使用 K.D.濃縮裝置或減壓濃縮裝置濃縮收集液體）後，取 3 μL 樣品打入氣相層析儀，利用磷-火焰光度偵測器或電子捕捉偵測器以分析水樣中所含滅必蝨的量。

16. 環境背景資料：

滅必蝨為一種殺蟲劑，源自於化工廠的合成與生產，並於生產的過程中被排放於自然環境；另一途徑為農民將噴灑於農作物上，多用於水稻、可可、甘蔗或蔬菜上，使用後經由農作物從根及葉的吸收進入植物體內或殘留於土壤表層。滅必蝨形狀為白色結晶固體，熔點 88-93℃，能溶解在丙酮與甲醇中，但是在水中溶解度低，30℃下溶解度為 85 mg/L，蒸汽壓在 20℃下為 3.8×10^{-5} 。滅必蝨作為昆蟲殺蟲劑或突變劑，滅必蝨遇熱即分解，產生有毒氣體 NO_x。

使用情形

據統計滅必蝨在台灣的銷售量 1991 年為 112 公噸、1992 年為 89 公噸、1993 年為 98 公噸、1994 年為 11 公噸，2002 年 22 公噸。2003 年 6 月 3 日已禁止販售含滅必蝨成分的加滅蝨，2006 年 1 月 1 日禁止銷售含滅必蝨成分的服滅蝨，2008 年 12 月 31 日禁止製造與銷售普含滅必蝨成分的滅蝨 40%乳劑。

環境水體中的濃度

台灣自來水公司於 97 年至 99 年 7 月 31 日調查台灣地區淨水廠出水(不包含台北市、澎湖以外的離島地區)平均水質，其中檢測滅必蝨於南投縣埔里第三淨水場檢測出 0.0017 mg/L，並未超過現行標準 0.02 mg/L；臺灣自來水公司於 96 年至 105 年檢測各淨水場清水水質，滅必蝨為未檢出；台北市自來水事業處於 98 年至 99 年 10 月檢測淨水場原水及 106 年 10 月至 107 年 9 月檢測淨水場清水滅必蝨濃度，均未有檢測出。

17. 健康評量及毒理資料：

滅必蝨目前尚未發現有致癌性，但是為一神經毒劑，會抑制乙醯膽鹼作用，並且會對眼睛與皮膚有刺激性。過度暴露時，吸入先影響呼吸道，造成流鼻水、胸部不舒服和呼吸困難，由於支氣管分泌增加和支氣管收縮導致氣喘。在幾分鐘內或延遲至 12 小時後，會出現噁心、嘔吐、腹瀉、暈眩、視覺模糊等症狀，其他中樞神經和肌肉神經的影響包括運動失調、說話困難、肺水腫、昏迷和心跳停滯或呼吸衰竭而死亡。眼睛接觸時可能會造成眼睛刺激、產生暫時性視力受損、或眼睛發炎、潰瘍。

滅必蝨為接觸性殺蟲劑，對於哺乳類動物的毒害較低，主要用於防治水稻黑尾浮塵子、水稻褐飛蝨，水稻防治蟲害有效劑量為 0.5-1.0 kg/ha。蜜蜂易受到滅必蝨的毒殺，rat 口服 LD₅₀ 劑量 450 mg/kg，rat 皮膚接觸 LD₅₀ 劑量 >500 mg/kg。Mouse 口服 LD₅₀ 劑量 94 mg/kg，mouse 皮膚接觸 LD₅₀ 劑量 1620 mg/kg。兔子皮膚接觸 LD₅₀ 劑量 10250 mg/kg。對魚類在 96 小時的暴露下 LC₅₀ 為 3200 µg/L。對水中無脊椎動物 48 小時 EC₅₀ 為 0.024 mg/L。ADI 為每天 0.004 mg/kg body weight。

7. 處理技術/成本分析：

目前缺乏針對飲用水中滅必蝨處理技術之資料。但考慮其結構特性，如原水中出現滅必蝨時應可使用活性碳吸附或氧化處理（如臭氧）等技術加以控制。惟此種處理方式是否有效尚待驗證。

8. 國內外管制情形：

目前 WHO、美國、加拿大、日本、英國等國家及組織尚未將滅必蝨此項農藥列為管制項目。我國飲用水水質標準則為 0.02 mg/L。

項目	國名（制定時間）						
滅必蝨	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2012)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)
標準值 (單位：mg/L)	0.02	-	-	-	-	-	-
滅必蝨	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	中國大陸 (2011)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)
標準值 (單位：mg/L)	-	-	-	-	-	-	-

9. 行政考量：

依據現行水質檢測結果，我國飲用水水質檢驗曾在部分樣品中檢出滅必蝨，暫無修改水質標準之需要。

10. 管制優先次序：

滅必蝨為舊有水質標準之管制項目，建議列入第一優先，繼續加以列管。

11. 參考文獻：

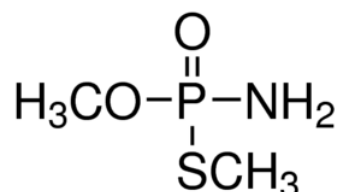
- [1] 行政院環保署環境檢驗所標準水質檢驗方法
Available: <http://www.niea.gov.tw/analysis/method/ListMethod.asp?methodtype=WATER>
- [2] 蔣本基、張怡怡、林怡利、梁仲暉、傅耀宗、張嘉蘭、顏虹玉，「飲用水水質標準中影響健康管制項目（戴奧辛、農藥、含鹵乙酸）之評估」，行政院環境保護署報告，民國 93 年
- [3] 行政院環保署飲用水水質標準 Available: <http://ivvy5.epa.gov.tw/epalaw/docfile/090040.pdf>
- [4] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」（2014 修正）
- [5] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [6] PPDB Available: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/Reports/1184.htm>
- [7] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)(http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/)
- [8] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories(<http://water.epa.gov/drink/standards/hascience.cfm#dw-standards>)
- [9] National Primary Drinking Water Regulations (2009)(<http://water.epa.gov/drink/contaminants/#three>)
- [10] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)(http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide-res_recom/index-eng.php)

- [11] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [12] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [13] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [14] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)<http://www.mfe.govt.nz/publications/water/nz-drinking-water-standards-00.html>
- [15] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)<https://www.nhmrc.gov.au/guidelines/publications/eh52>
- [16] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [17] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [18] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)

附錄 5.9 達馬松

1. 水質項目名稱：達馬松(Methamidophos)

命名：o,s-dimethyl phosphoramidothioate、甲胺磷（CAS NO：10265-92-6）

2. 化學式/結構式：C₂H₈NO₂PS(分子量：141.14)結構式：⁽³⁰⁾⁽³²⁾

3. 使用單位：μg/L

4. 分析方法：⁽²⁸⁾

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
無	(1) 氣相層析儀/磷－火焰光度偵測器法 NIEA W610.52B

決定水樣採樣點後，經由標準採樣程序，將採樣所得水樣樣品加入微量硫代硫酸鈉並保存於 4℃。經過萃取與濃縮（使用 K.D.濃縮裝置或減壓濃縮裝置濃縮收集液體）後取 3 μL 樣品打入氣相層析儀，利用磷-火焰光度檢知器以分析水樣中所含達馬松的量。⁽³⁾

5. 環境背景資料：

達馬松為一種有機磷化合物，通常作為農藥使用，功效為殺蟲劑或殺蟎劑⁽¹⁶⁾。在化工廠的合成與生產過程中可能被排放於自然環境；另一途徑為農民將噴灑於農作物上，可被植物的根及葉吸收；且殘留的殺蟲劑經由雨水沖刷而污染水質或土壤，由於該化合物性質穩定，部份國家將其列為限制使用物質。^{(27)(23)~(26)}

達馬松在室溫下性質穩定，但是在溫度 37℃；pH9 下，半衰期為 120 小時。在室溫 40℃、pH2 下，半衰期 140 小時。

空氣中

空氣中的達馬松，因蒸汽壓為 3.5×10^{-5} mmHg⁽¹⁶⁾，表示在大氣中以氣態和粒態同時存在，氣態的達馬松會和光化學產物產生的氫氧自由基反應而被分解，此反應半衰期估計為 12 小時。粒態的達馬松則能經由乾沈降或濕沈降方式自大氣中移除。

土壤中

達馬松的 K_{oc} 為 5⁽¹⁷⁾，因此土壤中具有高度移動性，蒸汽壓低，也不易從潮濕或乾燥的土壤表面揮發，在好氧和厭氧條件下的平均半衰期為 4 和 7.5 天⁽¹⁸⁾。

水中

水中的達馬松不易被懸浮固體和底泥所吸附，也不易從水體表面揮發而去除

(19)，其 BCF 為 3.1，因此對水中生物的潛在生物濃縮性低。

人體可能的暴露途徑

在農藥相關工作場所的人可能因職業上而經由呼吸及皮膚接觸而暴露到達馬松，一般民眾則經由攝取含農藥的食物而暴露。

環境水體中的濃度

達馬松使用情形：

據統計達馬松在台灣의產量 1991 年為 732286L、1992 年為 733675L、1993 年為 1208463L、1994 年為 1179768L。其中 1994 年總銷售金額 104193383 元。^{(28)(23)~(26)}2002 年銷售量為 749 公噸，銷售金額為 68 百萬元；2008 年銷售量為 718 公噸，銷售金額為 96 百萬元。

地下水

美國緬因州的 38 個地下水井中有 9 個測得達馬松，濃度範圍為 0.09-10.5 ppb⁽²⁰⁾。

地表水

委內瑞拉在 1990 年於安地斯高地水道發現達馬松的濃度為 $<0.1\sim0.9\text{ }\mu\text{g/L}$ ，這些水道為農場區的引水，用來耕作馬鈴薯、包心菜、胡蘿蔔等作物⁽²¹⁾。民國九十二年度環保署執行之「飲用水水質標準中影響健康管制項目」計畫中，調查達馬松於德基、鯉魚潭與曾文水庫農藥檢測，於德基、鯉魚潭兩水庫檢測出低於 0.005 mg/L 的達馬松，而曾文水庫未有檢測出達馬松之殘留。

台灣自來水公司於 97 年至 99 年 7 月 31 日調查台灣地區淨水廠出水(不包含台北市、澎湖以外的離島地區)平均水質，其中檢測達馬松項目均未有檢測出；臺灣自來水公司於 96 年至 105 年檢測各淨水場清水水質，達馬松為未檢出；台北市自來水事業處於 98 年至 99 年 10 月檢測淨水廠原水達馬松濃度，及 106 年 10 月至 107 年 9 月檢測淨水場清水達馬松濃度，均未有檢測出。

6. 健康評量及毒理資料：

形狀為結晶態，熔點為 44.5℃。溶於酒精，且在 20℃ 下水中溶解度為 90 g/L，在 90℃ 下蒸汽壓為 $3\times10^{-4}\text{ mmHg}$ 。達馬松作為昆蟲殺蟲劑，是極毒物質，若吞食將導致死亡。達馬松為有機磷殺蟲劑，急性中毒的症狀包括蕁毒鹼、菸鹼和中樞神經系統，症狀可能表現得迅速，也可能在暴露農藥後延遲幾個小時症狀才表現得明顯。主要影響為膽鹼酯酶酵素的抑制劑，會間接抑制乙醯膽鹼導致生化功能的中止。

在大鼠中標定放射線，達馬松會快速被吸收，並且均勻分布於全身組織與器官。一半以上的達馬松會藉由尿液和呼氣排出體外。殘餘的達馬松在動物體內會轉換成體內自生性化合物並以此型態排出體外。達馬松的代謝主要以去胺化及

去甲基化的方式進行。

對公鼠急性口服毒性 LD50 為 15.6 mg/Kg，而對母鼠急性口服毒性 LD50 為 13 mg/Kg；而公兔經由皮膚暴露 LD50 為 122 mg/Kg，母兔為 69 mg/Kg。對人體致死劑量為 5-50 mg/kg，例如以 70 kg 的人體其致死劑量大約 7 滴至 1 湯匙。中毒症狀如盜汗、視覺模糊、噁心、嘔吐、胸部及腹部抽痙、腹瀉、有時肺部水腫。因為達馬松可溶於酒精，當噴灑達馬松等農藥之前或之後不可飲酒，以免增加中毒機會。

致癌性方面，達馬松已被實驗證明具有基因毒性，可能會導致染色體突變，但在大鼠與小鼠實驗中卻無顯著致癌能力，因此 USEPA 將達馬松分類為對人類不具致癌性（Not Likely to be Carcinogenic to Humans）。U.S. EPA 建議 ADI 值為每日 0.00005 mg/kg（不確定因子為 1000）；WHO 建議 ADI 值為每日 0.004 mg/kg。

無明顯效應劑量(NOEL)的研究實驗，在一年餵食試驗當中，狗為每日 0.006 mg/kg b.w.；在兩年餵食試驗當中，大鼠為每日 0.1 mg/kg b.w.；在兩年餵食試驗當中，小鼠為每日 0.7-0.8 mg/kg b.w.。達馬松可用於毒殺玫瑰蚜蟲、棉蚜蟲、蔬菜小菜蛾、菊花蚜蟲、稻褐飛蟲、水稻黑尾浮塵子、檬果浮塵子、落花生薊馬。
(30)(32)(33)

7. 處理技術/成本分析：

Li Wang et al (2010)以 *Hyphomicrobium* species MAP-1 降解達馬松，其研究顯示在環境溫度為 30℃、中性條件下，在 84 小時內可完全礦化 3000 mg/L 的達馬松。C arlosa . M artinez - H ui tle et al (2008) 嘗試比較 Pb/PbO₂, Ti/SnO₂ 與 Si/BDD (boron doped diamond)三種電極的電化學方法降解達馬松，研究結果顯示以 Si/BDD 為電極降解達馬松的效果最好。

8. 國內外管制情形：

項目	國名（制定時間）								
達馬松	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2012)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)
標準值 (mg/L)	0.02	-	-	-	0.0001	-	-	-	-
達馬松	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	中國大陸 (2011)				
標準值 (mg/L)	-	-	-	-	-				

9. 行政考量：

依據現行水質檢測結果，我國飲用水水質檢驗均未檢出達馬松，但在地表水體曾檢出微量濃度，暫無修改水質標準之需要。

10. 管制優先次序：

達馬松為舊有水質標準之管制項目，建議列入第一優先，繼續加以列管。

11. 參考資料：

- [1] 行政院環保署環境檢驗所標準水質檢驗方法
Available: <http://www.niea.gov.tw/analysis/method/ListMethod.asp?methodtype=WATER>
- [2] 臺灣農藥銷售資料 Available: www.ag168.com/news/newslst300.htm
- [3] 蔣本基、張怡怡、林怡利、梁仲暉、傅耀宗、張嘉蘭、顏虹玉，「飲用水水質標準中影響健康管制項目（戴奧辛、農藥、含鹵乙酸）之評估」，行政院環境保護署報告，民國 93 年
- [4] 行政院環保署飲用水水質標準 Available: <http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/docfile/090040.pdf>
- [5] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」（2014 修正）
- [6] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [7] 政院農業委員會動植物防疫檢疫局農藥毒理資料
<http://pesticide.baphiq.gov.tw/web/file/poison/Methamidophos-c.pdf>
- [8] Wang, L., Y. Wen, et al. "Degradation of methamidophos by Hyphomicrobium species MAP-1 and the biochemical degradation pathway." Biodegradation **21**(4): 513-523.
- [9] Martinez-Huitle, C. A., A. De Battisti, et al. (2008). "Removal of the pesticide methamidophos from aqueous solutions by electrooxidation using Pb/PbO₂, Ti/SnO₂, and Si/BDD electrodes." Environmental Science & Technology **42**(18): 6929-6935.
- [10] U.S. EPA (2009). ACUTE EXPOSURE GUIDELINE LEVELS (AEGLS) for METHAMIDOPHOS. Available: http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/methamidophos_proposed_sep_2009.v1.pdf
- [11] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011) (http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/)
- [12] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories (<http://water.epa.gov/drink/standards/hascience.cfm#dw-standards>)
- [13] National Primary Drinking Water Regulations (2009) (<http://water.epa.gov/drink/contaminants/#three>)
- [14] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table

- (2012)(http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide
[15] -res_recom/index-eng.php)
- [16] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [17] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [18] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [19] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)<http://www.mfe.govt.nz/publications/water/nz-drinking-water-standards-00.html>
- [20] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)<https://www.nhmrc.gov.au/guidelines/publications/eh52>
- [21] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [22] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [23] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [24] Tomlin CDS, ed; The Pesticide Manual. 11th ed. Farnham, Surrey, UK: British Crop Protection Council p. 808 (1997)
- [25] Wauchope RD et al; Rev Environ Contam Toxicol 123: 1-36 (1991)
- [26] USDA; ARS Pesticide Properties Database on Methamidophos (10265-92-6). Available from, as of July 2, 2003: <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=14199>
- [27] Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 4-9, 15-1 to 15-29 (1990)
- [28] Williams WM et al; Pesticides in Groundwater Data Base: 1988 Interim Report. NTIS-PB89-164230 AS (1988)
- [29] Brunetto R et al; Sci Total Environ 114: 195-204 (1992)

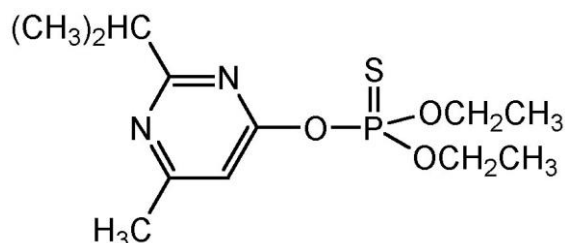
附錄 5.10 大利松

1. 水質項目名稱：大利松(Diazinon)

命名：0,0-dithyl-0-(2-isopropyl-6-pyrimidyl)phos-phorothioate (CAS NO：333-41-5)

2. 化學式/結構式：C₁₂H₂₁N₂O₃PS(分子量：304.36)

結構式：⁽³⁰⁾⁽³²⁾



3. 使用單位：μg/L

4. 分析方法：⁽²⁸⁾

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
無	(1) 氣相層析儀/火焰光度偵測器法(NIEA W610.52B) (2) 固相萃取/氣相層析儀/火焰光度偵測器或氮、磷偵測器法(NIEA W656.51B)

決定水樣採樣點後，經由標準採樣程序，將採樣所得水樣樣品加入微量硫代硫酸鈉並保存於 4℃。經過萃取與濃縮（使用 K.D.濃縮裝置或減壓濃縮裝置濃縮收集液體）後取 3 μL 樣品打入氣相層析儀，利用磷-火焰光度偵測器分析水樣中所含大利松的量。⁽³⁾⁽²⁸⁾

5. 環境背景資料：

大利松為一種有機磷農藥，前身為家庭和園藝產品中的活性成分，用於控制土壤中的害蟲、裝飾性植物、水果與蔬菜等農作物亦有使用，也用於控制像是蟑螂、蒼蠅等害蟲。大利松是人工合成的化學物質，並非天然存在於環境中。純的大利松為無色且幾乎無味的油，在農業和殺蟲劑中含有 85~90%的大利松呈現淡褐色到深褐色。大利松分布至環境中的途徑主要為農民將大利松噴灑於農作物如水稻、果樹、葡萄園、甘蔗、煙草上。

空氣中

大利松若被釋放至空氣中，蒸氣壓為 9.0×10^{-5} mmHg⁽¹⁷⁾，顯示大利松同時以氣狀及粒狀中存在，氣態的大利松會和光化學產物產生的氫氧自由基反應而被分解⁽¹⁸⁾，此反應半衰期估計為 1.8 小時。粒態的大利松則能經由乾沉降或濕沉降方式自大氣中移除。大利松能吸收環境中的紫外線而可被陽光直接光分解。

土壤中

大利松的 Koc 為 191-1842⁽¹⁹⁾，在土壤中具有中等至低移動性，不容易從潮濕土壤表面揮發。據報告滅菌土壤中的半衰期為 6、6.5、12.5 週，無滅菌土壤半衰期則為 <1、2、5 週⁽²⁰⁾，在 7.5 和 20℃ 的環境中，無滅菌土壤之消散量為 65-95%，滅菌土壤則消散 20-25%⁽²¹⁾，顯示生物降解為大利松自土壤中去的重要方式。大利松在土壤中的去除方式是生物降解和非生物的水解共同作用，水解速率取決於土壤的 pH 值。

水中

水中的大利松可被懸浮固體和底泥所吸附，而不易從水體表面揮發而去除。在 25°C 的水解半衰期為 12 天 (pH5)、139 天 (pH7)、77 天 (pH9)⁽¹⁹⁾，當水源的 pH 值低於 6 時，大利松容易水解，其水解產物為 2-isoprpyl-4-methyl-6-hydroxypyrimidine 和 diethyl thio-phosphoric acid 或 diethyl。光分解也是大利松自水中降解的重要方式。大利松的 BCF 為 3-200^(22,23,24)，對水中生物的生物濃縮性為低至中等。

人體可能的暴露途徑

在農藥相關工作場所的人可能因職業上而經由呼吸及皮膚接觸而暴露到大利松，一般民眾則可能因居家或庭院使用大利松為殺蟲劑，經由吸入、攝取被大利松污染的食物或飲水而暴露（美國於 2004 年已停止販售含大利松的居家及庭院花園用品）。

環境水體中的濃度

據統計大利松乳劑及顆粒劑，其中乳劑在台灣產量 1991 年為 10790 L、1992 年為 10940 L、1993 年為 17175 L、1994 年為 3717 L，而顆粒劑在台灣產量 1991 年為 153071 kg、1992 年為 172222 kg、1993 年為 247653 kg、1994 年為 54546 kg。其中 1994 年總銷售金額 6672750 元。2000 年 12 月美國環保署禁止大利松於住家裡外的使用以杜絕任何對小孩或老人的可能風險。2004 年 12 月 31 日起於美國境內也禁止任何大利松的零售販賣。

地下水

美國在 4467 個地下水站點中有 90 個測得溶解的大利松，平均濃度 0.071 ug/L⁽²⁵⁾。1992-1996 年間美國在 1400 處收集的 2459 個地下水樣，大利松檢出率為 1.30%，最高濃度為 1.6 ug/L⁽²⁶⁾。

地表水

1976-1980 年美國的國家地表水監測計畫大利松的檢出率為 1.2%，檢出濃度為 2.4 ppb⁽²⁷⁾，美國 1999-2000 年於 30 州的 85 個溪流水樣大利松檢出率 25.9%，濃度中位數為 0.07 ug/L⁽²⁸⁾。

飲用水

加州在 54 個供飲用的水井中無檢出大利松⁽²⁹⁾，日本自來水曾檢出大利松 0.9-4.7 ppt⁽³⁰⁾。美國在 2006-2007 年間取自 19 個淨水場的樣本無檢出大利松⁽³¹⁾。

九十二年度環保署執行之「飲用水水質標準中影響健康管制項目」計畫中，調查大利松於德基、鯉魚潭與曾文水庫農藥檢測，德基、鯉魚潭曾文水庫未有檢測出大利松之殘留。台灣自來水公司於 97 年至 99 年 7 月 31 日調查台灣地區淨水廠出水(不包含台北市、澎湖以外的離島地區)平均水質，其中檢測大利松項目均未有檢測出；臺灣自來水公司於 96 年至 105 年檢測各淨水場清水水質，大利松為未檢出；台北市自來水事業處於 98 年至 99 年 10 月檢測淨水廠原水大利松濃度，及 106 年 10 月至 107 年 9 月檢測淨水場清水大利松濃度，均未有檢測出。

6. 健康評量及毒理資料：

大利松呈無色液態，沸點為 83-84°C，在 20°C 下溶解度為 400 mg/L，蒸汽壓為 1.4×10^{-4} mmHg。大利松為有機磷昆蟲殺蟲劑，可毒殺蔬菜小菜蛾、香蕉粉介殼蟲、褐飛蟲、水稻黑尾浮塵子、水稻二化螟蟲，是極毒物質，若吸入或吞食或

由皮膚接觸將導致死亡。中毒症狀如盜汗、視覺模糊、噁心、嘔吐、胸部及腹部抽痙、腹瀉。對於雌性大鼠口服 LD₅₀ 為 1160 mg/kg，雄性大鼠口服 LD₅₀ 為 1340 mg/kg，雌性大鼠皮膚接觸 LD₅₀ 為 445 mg/kg 雌性大鼠皮膚接觸 LD₅₀ 為 900 mg/kg。在大鼠和小鼠中，沒有致癌的證據，USEPA 則將大利松分類為對人類不具致癌性（Not Likely to be Carcinogenic to Humans）⁽³²⁾。

7. 處理技術/成本分析：

文獻中對於大利松處理技術之探討甚少，最近(85 年)工技學院顧教授以臭氧處理水溶液中的大力松，結果顯示臭氧可於 30 分鐘內完全氧化大利松，該氧化反應不受 pH 值影響並與臭氧劑量有關。

Lemic et al (2006)使用有機沸石吸附大利松，利用不同濃度大利松進行吸附試驗，結果發現當吸附材質與水中大利松濃度比率要大於 25 才能有效吸附；Basfar et al (2007)利用鈷 60 λ 射線游離輻射方法降解大利松，研究結果顯示在 0.7 小時的照射下，原始濃度 0.329、1.643 與 3.286 mmoldm⁻³ 分別被降解的百分比為 100、97 與 91；Real et al (2007)使用不同的高級氧化方法處理大利松，研究結果顯示 Fenton 降解大利松的效率比臭氧與 UV 光好，並且 UV 光與 Fenton 結合使用可以加快與增加大利松降解的效率。

8. 國內外管制情形：

項目	國名（制定時間）								
大利松	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2012)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)
標準值 (單位： mg/L)	0.005	-	-	0.02	0.0001	-	-	-	-
大利松	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	中國大陸 (2011)				
標準值 (單位： mg/L)	0.004	0.005	0.02	-	-				

9. 行政考量：

依據現行水質檢測結果，我國飲用水水質檢驗均未檢出大利松，暫無修改現行水質標準之需要。

10. 管制優先次序：

大利松為舊有水質標準之管制項目，建議列入第一優，持續加以列管。

12. 參考資料：

- [1] 行政院環保署環境檢驗所標準水質檢驗方法
Available:<http://www.niea.gov.tw/analysis/method/ListMethod.asp?methodtype=WATER>
- [2] 蔣本基、張怡怡、林怡利、梁仲暉、傅耀宗、張嘉蘭、顏虹玉，「飲用水水質

標準中影響健康管制項目（戴奧辛、農藥、含鹵乙酸）之評估」，行政院環境保護署報告，民國 93 年

- [3] 行政院環保署飲用水水質標準 Available: <http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/docfile/090040.pdf>
- [4] 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局農藥毒理資料庫 <http://pesticide.baphiq.gov.tw/web/file/poison/Methamidophos-c.pdf>
- [5] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」
- [6] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [7] Lemic, J., D. Kovacevic, et al. (2006). "Removal of atrazine, lindane and diazinone from water by organo-zeolites." *water research* **40**(5): 1079-1085.
- [8] Basfar, A. A., K. A. Mohamed, et al. "Degradation of diazinon contaminated waters by ionizing radiation." *Radiation Physics and Chemistry* **76**(8-9): 1474-1479.
- [9] Real, F. J., F. J. Benitez, et al. (2007). Removal of diazinon by various advanced oxidation processes, John Wiley & Sons, Ltd. **82**: 566-574.
- [10] U.S. EPA (2006). Interim Reregistration Eligibility Decision Diazinon
- [11] Available: http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDs/diazinon_ired.pdf
- [12] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [13] (http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/)
- [14] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories(<http://water.epa.gov/drink/standards/hascience.cfm#dw-standards>)
- [15] National Primary Drinking Water Regulations (2009)(<http://water.epa.gov/drink/contaminants/#three>)
- [16] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)([http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide-res_recom/index-eng.php)
- [17] [-res_recom/index-eng.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide-res_recom/index-eng.php))
- [18] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [19] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [20] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [21] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)<http://www.mfe.govt.nz/publications/water/nz-drinking-water-standards-00.html>
- [22] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)<https://www.nhmrc.gov.au/guidelines/publications/eh52>
- [23] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [24] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [25] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [26] MacBean C, ed; e-Pesticide Manual. 15th ed., ver. 5.1, Alton, UK; British Crop Protection Council. Diazinon (CAS 333-41-5) (2008-2010)
- [27] Gore RC et al; J Assoc Off Anal Chem 54: 1040-82 (1971)
- [28] USDA; ARS Pesticide Properties Database (last updated May 1999) on Diazinon (333-41-5). Available from, as of Sept 13, 2011: <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=14199>
- [29] Miles JRW et al; Bull Environ Contam Toxicol 22: 312-8 (1979)
- [30] Sarmah AK et al; J Environ Sci Health Part B 44: 325-336 (2009)
- [31] Kanazawa J; Bull Environ Contam Toxicol 20: 613-7 (1978)
- [32] Verschueren K; Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. 2nd ed

- New York, NY: Van Nostrand Reinhold pp. 456-9 (1996)
- [33] Zarogian GE et al; Environ Toxicol Chem 4: 3-12 (1985)
- [34] USEPA; Envirofacts. National Contaminant Occurrence Database (NCOD) on Diazinon. Available from Database Query page at http://www.epa.gov:9966/ncod/rpt_options_pws_pkg.national_state_selection as of Sept 13, 2000
- [35] Kolpin DW et al; Ground Water 38: 858-63 (2000)
- [36] Carey AE, Kutz FW; Environ Monit Assess 5: 155-63 (1985)
- [37] Kolpin DW et al; Environ Sci Technol 36: 1202-11 (2002)
- [38] Maddy KT et al; A Study of Well Water in Selected California Communities for Residues of 1,3-Dichloropropene, Chlorallyl Alcohol and 49 OrganoPhosphate or Chlorinated Hydrocarbon Pesticides. CA Dept Food Agric HS-1002 (1982)
- [39] Adachi K et al; Hyogo-Ken Eisei Kenkyusho Kenkyu Hokoku 19: 1-6 (1984)
- [40] Benotti MJ et al; Environ Sci Technol 43: 597-603 (2009)
- [41] USEPA Office of Pesticide Programs, Health Effects Division, Science Information Management Branch: "Chemicals Evaluated for Carcinogenic Potential" (April 2006)

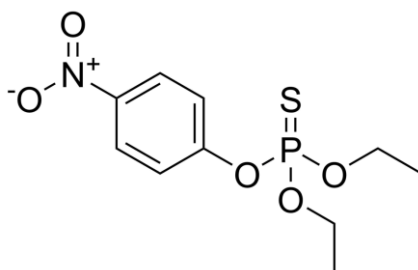
附錄 5.11 巴拉松

1. 水質項目名稱：巴拉松(Parathion)

命名：0,0-dithyl-0-4-nitrophenyl phosphorothioate (CAS NO：56-38-2)

2. 化學式/結構式：C₁₀H₁₄NO₅PS(分子量：291.27)

結構式：(30)(32)



3. 使用單位：μg/L

4. 分析方法：⁽²⁸⁾

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
(1) 6630B	(1) 氣相層析儀/火焰光度偵測器法 (NIEA W610.52B) (2) 固相萃取/氣相層析儀/火焰光度偵測器或氮、磷偵測器法(NIEA W656.51B)

決定水樣採樣點後，經由標準採樣程序，將採樣所得水樣樣品加入微量硫代硫酸鈉並保存於 4℃。經過萃取與濃縮（使用 K.D.濃縮裝置或減壓濃縮裝置濃縮收集液體）後取 3 μL 樣品打入氣相層析儀，利用磷-火焰光度偵測器以分析水樣中所含巴拉松的量。⁽²⁸⁾

5. 環境背景資料：

巴拉松做為殺蟲劑和殺蟎劑使用，並非環境中之自然產物⁽¹⁴⁾，起源於化工廠的合成與生產，並於生產的過程中被排放於自然環境；另一途徑為農民將巴拉松噴灑於農作物上。殘留的殺蟲劑經由雨水冲刷而污染水質或土壤。純的巴拉松為白色晶體，不純的巴拉松則是種褐色的液體，聞起來像臭雞蛋味。巴拉松呈乳狀劑可治水稻一點螟蟲、棉鈴蟲、大豆害蟲、鳳梨粉介殼蟲與凋萎病。

空氣中

巴拉松若被釋放至空氣中，蒸氣壓為 6.68×10^{-6} mmHg⁽¹⁵⁾，將以蒸氣態和顆粒態同時存在，氣態的巴拉松會和光化學產物產生的氫氧自由基反應而被分解，此反應半衰期估計為 4.2 小時⁽¹⁶⁾，粒態的巴拉松則能經由乾沈降或濕沈降方式自大氣中移除。巴拉松能吸收環境中波長低於 320nm 的光線⁽¹⁷⁾，顯示潛在可被陽光直接光分解。

土壤中

巴拉松的 Koc 為 314-15,860⁽¹⁸⁾，在土壤中之移動性為中度至不移動，不容易從潮濕土壤表面揮發。

水中

巴拉松若進入水體，底泥的 Koc 為 3086-38000⁽¹⁹⁾，因此會被懸浮固體和底泥所吸附。巴拉松不容易經由水體表面揮發而消散⁽²⁰⁾，而天然水中的巴拉松在數週內可經馴化而生物分解。BCF 為 63-462⁽²¹⁾顯示巴拉松對水中生物的生物濃縮性為中至高。根據報告，在 20℃ 水中之水解半衰期為 3 週(pH9)⁽²²⁾~43 週(pH5)

⁽²³⁾。在 Okefenokee Swamp 水中經光解 2 小時，巴拉松減少 20%⁽²⁴⁾，巴拉松在天然水體中數週內可經馴化而生物降解⁽²⁵⁾。

人體可能的暴露途徑

巴拉松主要經由噴灑於農作物進入環境，從事農業相關工作或化學噴灑的人可能因職業上經由呼吸及皮膚接觸而暴露到巴拉松，農業工作者暴露巴拉松主要為在田野間調製或噴灑農藥時，且和在噴灑農藥時經由呼吸暴露相比，由皮膚暴露到農藥的比例較高，皮膚也可能接觸到已噴灑的農作物葉子、枝幹等部位而暴露，因此皮膚暴露是最主要的暴露途徑⁽²⁶⁾，呼吸則是第二重要的暴露途徑，尤其當傳統農藥稀釋噴灑機器容易產生氣霧狀農藥時，則容易被吸入肺部。居住在使用巴拉松農場附近的居民或進入噴灑不久後的田地，也可能因此而暴露，一般民眾則經由攝取含農藥的食物而暴露。

環境水體中濃度

地下水

在佛羅里達的井水中(125-185 英尺深)測得源自農業污染的巴拉松 1 ppb⁽²⁷⁾，加州地下水層則曾檢出濃度 4-6 ug/l 之巴拉松⁽²⁸⁾。

地表水

美國地質調查局 (USGS) 於 1970-1971 年對西部河流之 20 個點進行巴拉松調查，亞利桑納州的 Gila River 測得 40 ppt，加州的 Sacramento 河測得 40 及 160 pp⁽²⁹⁾，1984 年在小邁阿密河的都市污水排放口上下游樣本中皆未測得⁽³⁰⁾。德國的地表水調查中，從 28 個地點採集的 119 個水樣中有 4 個測得巴拉松，濃度為 5-65 ppt，自 20 個地點採集的懸浮固體則有 3 個樣本測得 0.15-0.4 ppt⁽³¹⁾。1993 年從希臘 Pinios 河採集的水樣中測得巴拉松 0.15 ug/l⁽³²⁾。

飲用水

美國 1975-1982 年自 10-13 個城市收集的嬰幼兒總膳食樣本中之飲用水皆無測得巴拉松⁽³³⁾，1965-1986 年間之成人總膳食研究未在飲料中（包含飲用水）測得巴拉松⁽³⁴⁾⁽³³⁾到污染的飲用水井測得濃度為 4.6 ppb⁽³⁵⁾。

使用情形

據統計巴拉松乳劑在台灣產量 1991 年為 372663 L、1992 年為 305673 L、1994 年為 1179768 L。其中 1994 年總銷售金額 104193383 元。^{(27)(23)~(26)}由於巴拉松的劇毒性，民國 84 年 3 月 24 日起禁止巴拉松 47%乳劑製造，甲基巴拉松 50%乳劑也於 97 年 12 月 31 日起禁止製造與銷售。

九十二年度環保署執行之「飲用水水質標準中影響健康管制項目」計畫中，調查巴拉松於德基、鯉魚潭與曾文水庫農藥檢測，德基、鯉魚潭曾文水庫未有檢測出巴拉松之殘留。

台灣自來水公司於 97 年至 99 年 7 月 31 日調查台灣地區淨水廠出水(不包含台北市、澎湖以外的離島地區)平均水質，其中檢測巴拉松項目均未有檢測出；臺灣自來水公司於 96 年至 105 年檢測各淨水場清水水質，巴拉松為未檢出；台北市自來水事業處於 98 年至 99 年 10 月檢測淨水廠原水巴拉松濃度，及 106 年 10 月至 107 年 9 月檢測淨水場清水巴拉松濃度，均未有檢測出。

6. 健康評量及毒理資料：

呈淡黃色液體，劇毒，熔點為 6°C，沸點為 157-162°C，在 20°C 下蒸汽壓為

3.78×10^{-5} mmHg。25℃ 水溶解度為 24 mg/L，但該化合物易溶於醇、脂類、醚類、酮類、芳香族類，氣味像蒜味。當遇熱會分解產生含有氮氧化物、磷、硫等毒副產物。但是在空氣中會逐漸的分解，可溶於鹼性溶液中。

巴拉松作為昆蟲殺蟲劑，是極毒物質，若吞食將導致死亡；此外，巴拉松很容易經由皮膚吸收進入人體，有報告指出曾有病例是穿著汙染巴拉松的衣服有機會再經由皮膚吸收至受害器官而死亡。甲基巴拉松會干擾神經和大腦的正常功能，短期內在空氣中或水中暴露到非常高濃度的巴拉松可能會導致死亡，失去意識、頭暈、神智不清、頭痛、呼吸困難、胸悶、痙攣、顫抖、視力模糊等。對人體的致死劑量為 5-50 mg/kg，例如以 70 kg 的人體其致死劑量大約 7 滴至一湯匙。中毒症狀如頭痛、噁心、嘔吐、胸部及肌肉抽痙、腹瀉、流口水、呼吸困難，且因中樞神經失調而致死。雄性大鼠口服 LD₅₀ 為 13 mg/kg，皮膚接觸 LD₅₀ 為 21 mg/kg；雌性大鼠皮膚接觸 LD₅₀ 為 3.6 mg/kg，皮膚接觸 LD₅₀ 為 6.8 mg/kg。基於 NOAEL 為 0.4 mg/kg body weight 而計算出 ADI 為 0.004 mg/kg body weight/day。

巴拉松的致癌性分類在人體上沒有足夠資料，在動物證據上則有限，因此 IARC，將巴拉松對人類的致癌風險分類為 Group 3⁽³⁶⁾，即對人類不具致癌性。美國環保署則分類為 Group C，可能的人類致癌物（Possible Human Carcinogen）⁽³⁷⁾。生殖危害方面，暴露於甲基巴拉松的人類及懷孕期間攝入巴拉松的動物，子代皆無發生出生缺陷。

7. 處理技術/成本分析：

Ormad et al (2007)比較不同前氧化處理農藥方式比較從水中移除效率，其中以加氯處理的效果最好，可以達到 100%的移除率；使用臭氧處理也可以達到 80%的移除率，結合活性碳也可以達到 95%的移除率。

8. 國內外管制情形：

項目	國名（制定時間）								
巴拉松	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2012)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)
標準值 (單位： mg/L)	0.02	-	-	0.05	-	-	-	-	-
巴拉松	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	中國大陸 (2011)				
標準值 (單位： mg/L)	0.02	-	0.06	-	0.003				

9. 行政考量：

依據現行水質檢測結果，我國飲用水水質檢驗均未檢出巴拉松，暫無修改水質標準之需要。

10. 管制優先次序：

由於近年來已禁止使用，且水體中未檢出巴拉松，其列管之必要性降低。待

收集更多數據後可考慮解除管制。

11. 參考文獻：

- [1] 行政院環保署環境檢驗所標準水質檢驗方法
Available:<http://www.niea.gov.tw/analysis/method/ListMethod.asp?methodtype=WATER>
- [2] 李國欽。農藥的毒性與安全使用。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局質物圖鑑系列 8。P431 – 447
- [3] 蔣本基、張怡怡、林怡利、梁仲暉、傅耀宗、張嘉蘭、顏虹玉，「飲用水水質標準中影響健康管制項目（戴奧辛、農藥、含鹵乙酸）之評估」，行政院環境保護署報告，民國 93 年
- [4] 台北自來水事業處 (2010) 各國水質比較表
Available:<http://www.twd.gov.tw/ct.asp?xItem=986169&ctNode=23282&mp=114001>
- [5] 行政院環保署飲用水水質標準 Available:
<http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/docfile/090040.pdf>
- [6] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」
- [7] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [8] Ormad, M. P., N. Miguel, et al. (2008). "Pesticides removal in the process of drinking water production." *Chemosphere* 71(1): 97-106.
- [9] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)(http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/)
- [10] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories(<http://water.epa.gov/drink/standards/hascience.cfm#dw-standards>)
- [11] National Primary Drinking Water Regulations (2009)(<http://water.epa.gov/drink/contaminants/#three>)
- [12] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)([http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide-res_recom/index-eng.php)
- [13] [-res_recom/index-eng.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide-res_recom/index-eng.php))
- [14] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [15] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [16] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [17] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)<http://www.mfe.govt.nz/publications/water/nz-drinking-water-standards-00.html>
- [18] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)<https://www.nhmrc.gov.au/guidelines/publications/eh52>
- [19] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [20] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [21] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [22] IARC; Miscellaneous Pest 30: 153-81 (1983)
- [23] Tomlin CDS ed; The Pesticide Manual, A World Compendium. 11th ed. The British Crop Protection Council p. 926 (1997)
- [24] Meylan WM, Howard PH; *Chemosphere* 26: 2293-99 (1993)
- [25] Gal E et al; *Water Res* 26: 911-15 (1992)
- [26] Mingelgrin U, Gerstl Z; *J Environ Qual* 12: 1-11 (1983)

- [27] House WA et al; Brighton Crop Prot Conf, Pests Dis 1992 (2) pp 865-70 (1992)
- [28] Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington,DC: Amer Chem Soc pp. 4-9, 5-4, 5-10, 15-1 to 15-29 (1990)
- [29] USEPA; CIS Aquire Data Base (1998)
- [30] Faust SD, Gomaa HM; Environ Lett 3: 171-201 (1972)
- [31] Chapman RA, Cole CM; J Environ Sci Health B17: 487 (1982)
- [32] Zepp RG, Baughman GL; in Aquatic Pollut (Repr), Hutzinger O, Van Lelyveld IH, Zoeteman BCJ, eds, Pergamon Press (1978)
- [33] Sharom MS et al; Water Res 14: 1089-93 (1980)
- [34] Wolfe HR; pp. 137-63 in Air Pollut Pestic and Agric Processes, Lee RI Jr ed. CRC Press (1976)
- [35] Faust SD, Suffet IH; Res Rev 15: 44 (1966)
- [36] Jury WA et al; Rev Environ Contam Toxicol 99: 119-64 (1987)
- [37] Schulze JA et al; Pestic Monit J 7: 73-84 (1973)
- [38] Lewis MA; Ohio J Sci 86: 2-8 (1986)
- [39] Herzel F; Pestic Monit J 6: 179-87 (1972)
- [40] Miliadis GE; Bull Environ Contam Toxicol 54: 837-40 (1995)
- [41] Gartrell MJ et al; J Assoc Off Anal Chem 68: 1163-83 (1986)
- [42] Duggan RE et al; Pesticide Res Levels in Foods in the United States From July 1, 1969 to June 30, 1976; Food Drug Admin Div Chem Technol p 240 (1983)
- [43] Burmaster DE; Environ 24: 6-13, 33-36 (1982)
- [44] IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-PRESENT. (Multivolume work). Available at: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php> p. S7 69 (1987)
- [45] USEPA Office of Pesticide Programs, Health Effects Division, Science Information Management Branch: "Chemicals Evaluated for Carcinogenic Potential" (April 2006)

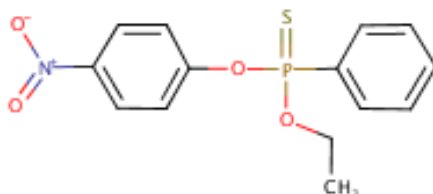
附錄 5.12 一品松

1. 水質項目名稱：一品松（EPN）

命名：Ethyl p-nitrophenyl phenylphosphorothioate（CAS NO：2104-64-5）

2. 化學式/結構式：C₁₄H₁₄NO₄PS（分子量：323.30）

結構式：



3. 使用單位：μg/L

4. 分析方法：

APHA「標準方法」 （分類索引編號）	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ （分類索引編號）
無	(1) 氣相層析儀/火焰光度偵測器法 (NIEA W610.52B) (2) 固相萃取/氣相層析儀/火焰光度偵測器或氮、磷偵測器法(NIEA W656.51B)

決定水樣採樣點後，經由標準採樣程序，將採樣所得水樣樣品加入微量硫代硫酸鈉並保存於 4℃。經過萃取與濃縮（使用 K.D.濃縮裝置或減壓濃縮裝置濃縮收集液體）後，取 3 μL 樣品打入氣相層析儀，以分析水樣中所含一品松的量。

5. 環境背景資料：

一品松（EPN）為有機磷殺蟲劑，起源於化工廠的合成與生產，1949 年由美國杜邦公司出品，純品為黃白色結晶固體。一品松主要用於防治玉米螟、大豆浮塵子、夜蛾以及毒蛾幼力、甘蔗紫螟蟲、棉浮塵子、蚜蟲、棉鈴害蟲、棉鈴黑化病、水稻一點螟蟲、水稻二化螟蟲、鐵甲蟲、台灣液稻蟲、稻縱捲葉蟲。不溶於水，以乳劑方式用於農業作為殺蟲劑。一品松對蟎類具有殺卵力，所以使用在果樹上可達到殺蟲、殺蟎的雙重效果。在哺乳動物中的代謝，藉由去硫磺作用以移除對-硝基酚，或還原硝酸基和氨基。在土壤中其半衰期為 15~30 天，幾乎不溶解於水中。

一品松可能於生產的過程中被排放於自然環境；另一途徑為農民將一品松噴灑於農作物上，有效對抗廣範圍的鱗翅類幼蟲，特別是蛾的幼蟲(*Heliothis app.*和 *Pectinophora gossypiella*)、在棉花上的 *Alabama argillacea*、在稻米上的 *Chilo app.* 和其他吃蔬果葉子的幼蟲，且殘留的殺蟲劑經雨水中沖刷而污染水質或土壤。

空氣中

空氣中的一品松蒸氣壓為 9.5×10^{-7} mmHg⁽¹³⁾，將以蒸氣態和顆粒態同時存在，氣態的一品松會和光化學產物產生的氫氧自由基反應而被分解，此反應半衰期估計為 5.1 小時⁽¹⁴⁾，一品松能輕微吸收環境中 UV 光⁽¹⁵⁾，顯示潛在可被陽光直接光分解。粒態的一品松則能經由乾沈降或濕沈降方式自大氣中移除。

土壤中

一品松的 K_{oc} 為 1327⁽¹⁶⁾，在土壤中為低移動性，不容易從潮濕或乾燥土壤表面揮發而去除。在田野條件下，一品松半衰期為 2 星期-1 個月⁽¹⁷⁾，在實驗室研

究中的高地土壤條件下，生物降解半衰期為 30-90 天⁽¹⁸⁾，浸潤土壤中則 3-15 天。水中：進入水體的一品松會被懸浮固體和底泥吸附，不容易從水體表面揮發而去除⁽¹⁹⁾。一品松在魚類的BCF為358⁽²⁰⁾-7700⁽²¹⁾，表示對水中生物的生物濃縮性很高。

人體可能的暴露途徑

一品松主要經由噴灑於農作物進入環境，從事農藥製造相關工作或農業噴灑的人可能因職業上經由呼吸及皮膚接觸而暴露到一品松，農業工作者暴露一品松主要為在田野間調製或噴灑農藥時，經由呼吸和皮膚暴露，少量的食入暴露途徑則是接觸農藥後未洗手而進食或抽煙等⁽²²⁾。一般民眾則經由攝取含農藥的食物而暴露。

使用情形

據統計一品松在台灣的销售量 1992 年為 44049 kg、1993 年為 683919 kg、1994 年為 545648 kg。1994 年銷售金額為 101746830 元，若由年度銷售金額來做排序，則一品松為殺蟲劑中排第五位之農藥。由於其劇毒性，民國 86 年 2 月 28 日起禁止製造加工並於民國 87 年 8 月 1 日禁止銷售。

環境中流佈情形

環境水體中的濃度

地下水

加州量測地下水樣無測出 EPN⁽²³⁾。

地表水

在堪薩斯州 Haskell 鄉鎮蒐集灌溉逕流分析除草劑和殺蟲劑殘留，1974 年 5-7 月收集的水樣 EPN 檢出濃度為 0，8 月則為 1 ppb，11-12 月為微量 (<0.5 ppb)⁽²⁴⁾。

飲用水

加拿大渥太華的自來水中無檢出 EPN（偵測極限為 1 ng/L）⁽²⁵⁾。

國內外水體背景濃度

由 82 年度自來水中殘餘農藥檢驗報告中指出在 101 個清水水樣中，僅有一個水樣含有一品松的成份。

九十二年度環保署執行之「飲用水水質標準中影響健康管制項目」計畫中，調查一品松於德基、鯉魚潭與曾文水庫農藥檢測，未有檢測出一品松之殘留。

台灣自來水公司於 97 年至 99 年 7 月 31 日調查台灣地區淨水廠出水(不包含台北市、澎湖以外的離島地區)平均水質，其中一品松項目於桃園縣平鎮淨水廠、苗栗縣東興淨水廠、台中縣豐原淨水廠與彰化縣第三淨水廠之出水檢測出，但濃度皆小於 0.0001 mg/L，符合現行標準 0.005 mg/L；臺灣自來水公司於 96 年至 105 年檢測各淨水場清水水質，一品松為未檢出；台北市自來水事業處於 98 年至 99 年 10 月檢測淨水廠原水一品松濃度，及 106 年 10 月至 107 年 9 月檢測淨水場清水，均未有檢測出。

6. 健康評量及毒理資料：

一品松以淡黃色粉末狀存在，具有芳香族化合物氣味。熔點為 36°C，不溶於水，蒸汽壓在 100°C 下為 3×10^{-4} torr。一品松作為昆蟲殺蟲劑，是極毒性神經物質。吸入或攝入高濃度一品松可能有致死的風險，且通過皮膚能被快速吸收⁽²⁶⁾。一品松為有機磷殺蟲劑，急性中毒的症狀包括蕁毒、菸鹼和中樞神經系統，症

狀可能表現得迅速，也可能在暴露農藥後延遲幾個小時症狀才表現得明顯⁽²⁷⁾。主要影響為膽鹼酯酶酵素的抑制劑，一品松與體內乙醯膽鹼酵素形成磷酸酯，乙醯膽鹼酯物質阻礙生物體內乙醯膽鹼酵素之催化作用，以致體內乙醯膽鹼無法分解為乙酸和膽鹼，造成肌肉發生連續性收縮而致中毒，若吞食過量者將導致肌肉麻痺及呼吸衰竭而死亡。且該化合物經由呼吸或皮膚接觸進入動物體內引起中毒；人類口服致死劑量為 0.3 g/70 kg，亦可經由呼吸系統進入生物體導致中毒致死。

一品松中毒症狀為噁心、嘔吐、腹部抽痙、腹瀉、頭痛、肌肉抽痙、頭暈、呼吸肌麻痺導致呼吸困難致死。可毒殺鱗翅類幼蟲和其他作物之幼蟲，對於小蟲及幼蟲之除劑量為 0.5-1.0 g/ha。rat 口服 LD₅₀ 劑量為 7 mg/kg，rat 皮膚接觸 LD₅₀ 劑量 25 mg/kg，狗口服 LD₅₀ 劑量為 20 mg/kg，狗皮膚接觸 LD₅₀ 劑量 45 mg/kg，貓皮膚接觸 LD₅₀ 劑量 45 mg/kg，兔子皮膚接觸 LD₅₀ 劑量 45 mg/kg，mouse 口服 LD₅₀ 劑量為 12.2 mg/kg，(12)mouse 皮膚接觸 LD₅₀ 劑量 348 mg/kg。ADI 為 0.001 mg/kg body weight/day。致癌性分類上，美國將一品松訂為 A4⁽²⁸⁾，即不是人類致癌物。

7. 處理技術/成本分析：

關於飲用水中一品松處理技術資料尚待建立，目前相關文獻資料極為缺乏。

8. 國內外管制情形：

項目	國名（制定時間）								
一品松	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2012)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)
標準值 (單位： mg/L)	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-
一品松	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	中國大陸 (2011)				
標準值 (單位： mg/L)	-	0.006	-	-	-				

9. 行政考量：

依據現行水質檢測結果，我國飲用水水質檢驗均未檢出一品松，暫無修改水質標準之必要，可待收集更多檢測資料後再討論。

10. 管制優先次序：

由於近年來已禁止使用，且飲用水水質檢驗均未檢出一品松，因此可待收集更多檢測資料後再討論一品松列管之必要性，並檢討是否解除管制。

11. 參考文獻：

- [1] 行政院環保署環境檢驗所標準水質檢驗方法
Available:<http://www.niea.gov.tw/analysis/method/ListMethod.asp?methodtype=WATER>

- [2] 李國欽。農藥的毒性與安全使用。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局質物圖鑑系列 8。P431 – 447
- [3] 行政院衛生署消費者資訊網 - 一品松
Available:<http://consumer.doh.gov.tw/fdacif/upload/fdaciw/query/file/%E4%B8%80%E5%93%81%E6%9D%BE.doc>
- [4] 蔣本基、張怡怡、林怡利、梁仲暉、傅耀宗、張嘉蘭、顏虹玉，「飲用水水質標準中影響健康管制項目（戴奧辛、農藥、含鹵乙酸）之評估」，行政院環境保護署報告，民國 93 年。
- [5] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」（2014 修正）
- [6] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [7] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)(http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/)
- [8] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories(<http://water.epa.gov/drink/standards/hascience.cfm#dw-standards>)
- [9] National Primary Drinking Water Regulations (2009)(<http://water.epa.gov/drink/contaminants/#three>)
- [10] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)([http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide-res_recom/index-eng.php)
- [11] -res_recom/index-eng.php)
- [12] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [13] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [14] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [15] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)<http://www.mfe.govt.nz/publications/water/nz-drinking-water-standards-00.html>
- [16] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)<https://www.nhmrc.gov.au/guidelines/publications/eh52>
- [17] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [18] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [19] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [20] Augustijn-Beckers PWM; Rev Environ Contam Toxicol 137: 1-82 (1994)
- [21] Meylan WM et al; Environ Sci Technol 26: 1560-67 (1992)
- [22] Gore RC et al; J AOAC 54: 1040-82 (1971)
- [23] Kanazawa J; Environ Toxicol Chem 8: 477-84 (1989)
- [24] Chrzanowski RL, Leitch RE; J Agric Food Chem 30: 155-61 (1982)
- [25] Wakabayashi T et al; Nippon Noyaku Gakkaishi 8: 155-65 (1983)
- [26] Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 4-9, 15-1 to 15-29 (1990)
- [27] Chemicals Inspection and Testing Institute; Biodegradation and Bioaccumulation Data of Existing Chemicals Based on the CSCL Japan, Japan Chemical Industry Ecology - Toxicology and Information Center, ISBN 4-89074-101-1 p.3-134 (1992)
- [28] Francis BM et al; Environ H Pers 36: 187-95 (1980)
- [29] Atallah YH et al; Arch Environ Contam Toxicol 11: 219-225 (1982)
- [30] Maddy KT et al; Bull Environ Contam Toxicol 29: 354-9 (1982)
- [31] Kadoum AM, Mock DE; J Agric Food Chem 29: 45-50 (1978)
- [32] Lebel GL et al; J Assoc Off Anal Chem 62: 241-9 (1979)

- [33] Farm Chemicals Handbook 2002. Meister Publishing Co., 2002., p. C-173
- [34] WHO; Environ Health Criteria 63: Organophosphorus pesticides (1986).
Available from, as of July 3,2003: <http://www.inchem.org/pages/ehc.html>
- [35] American Conference of Governmental Industrial Hygienists TLVs and BEIs.
Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and
Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH, 2008, p. 28

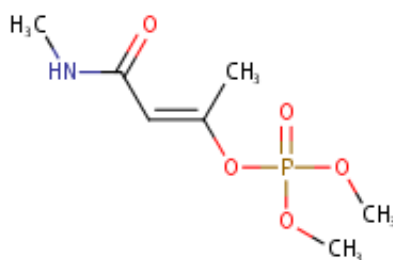
附錄 5.13 亞素靈

1. 水質項目名稱：亞素靈(monocrotophos)

命名：3-(dimethoxyphosphinyloxy)-N-methyliso-crotonamide、Azodrin (CAS NO：6923-22-4)

2. 化學式/結構式：C₇H₁₄NO₅P(分子量：223.19)

結構式：



3. 使用單位：μg/L

4. 分析方法：⁽²⁸⁾

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
(1) EPA method 1657	(1) 氣相層析儀/火焰光度偵測器法(NIEA W610.52B) (2) 固相萃取/氣相層析儀/火焰光度偵測器或氮、磷偵測器 (NIEA W656.51B)

決定水樣採樣點後，經由標準採樣程序，將採樣所得水樣樣品加入微量硫代硫酸鈉並保存於 4℃。經過萃取與濃縮（使用 K.D.濃縮裝置或減壓濃縮裝置濃縮收集液體）後取 3 μL 樣品打入氣相層析儀，利用磷-火焰光度偵測器或氮、磷偵測器（NPD）分析水樣中所含亞素靈的量。

5. 環境背景資料：

亞素靈為水溶性有機磷農藥，於 1965 年由英國 Shell 公司及瑞士 Ciba 公司研發上市。起源於化工廠的合成與生產，並於生產的過程中被排放於自然環境；另一途徑為農民將亞素靈噴灑於農作物上，且殘留的殺蟲劑經由雨水冲刷而污染水質或土壤。

空氣中

亞素靈的蒸汽壓在 20℃ 為 2.6×10^{-6} mmHg⁽¹⁷⁾，將以蒸氣態和顆粒態同時存在，氣態的亞素靈會和光化學產物產生的氫氧自由基和臭氧反應，此反應半衰期估計為 2.1-24 小時⁽¹⁸⁾，粒態的亞素靈則經由乾沈降或濕沈降方式自大氣中移除。

土壤中

亞素靈的 K_{oc} 為 19⁽¹⁹⁾，在土壤中有相當高移動性，且不容易從潮濕或乾燥的土壤表面揮發而去除。在土壤中可快速被生物降解，半衰期為 1-5 天⁽¹⁷⁾。

水中

進入水體的亞素靈 K_{oc} 為 19，因此不易被懸浮固體和底泥吸附，不容易從水體表面揮發而去除。亞素靈在魚類的 BCF 為 0.41⁽²⁰⁾-7700⁽²¹⁾，表示對水中生物的生物濃縮性低，在河水中培養八週後，亞素靈的量仍為 100%⁽²²⁾。

人體可能的暴露途徑

從事農藥製造相關工作或農業噴灑的人可能因職業上經由呼吸及皮膚接觸而暴露到亞素靈，農業工作者暴露亞素靈可能為在調製或噴灑農藥時，經由呼吸和皮膚接觸噴灑過亞素靈的葉子而暴露，一般民眾則可能攝取含農藥的食物而導致非職業上的暴露。

使用情形

據統計亞素靈在台灣的销售量 1991 年為 167853 L、1992 年為 205005 L、1993 年為 173827 L、1994 年為 195062 L。臺灣在民國 89 年 1 月 1 日已禁止亞素靈 55% 溶液製造與加工，民國 89 年 9 月 1 日更禁止銷售。大部分國家都已禁止使用，但東南亞國家如印度、印尼與斯里蘭卡等等國家仍然大量使用亞素靈。

環境中流佈情形

殘留於土壤、水體、植物葉上的亞素靈易被日光或紫外光照射而產生光解作用；但是這些光解產物若一段時間未經光線照射時可能回復為亞素靈化合物，至於回復的百分率則依日光照射與紫外光照射而有差異。在 pH 1-7，38°C 下，其半衰期為 22-23 天。

九十二年度環保署執行之「飲用水水質標準中影響健康管制項目」計畫中，調查亞素靈於德基、鯉魚潭與曾文水庫農藥檢測，未有檢測出亞素靈之殘留。

台灣自來水公司於 97 年至 99 年 7 月 31 日調查台灣地區淨水廠出水(不包含台北市、澎湖以外的離島地區)平均水質，其中檢測亞素靈項目均未有檢測出；臺灣自來水公司於 96 年至 105 年檢測各淨水場清水水質，亞素靈為未檢出；台北市自來水事業處於 98 年至 99 年 10 月檢測淨水廠原水亞素靈濃度，及 106 年 10 月至 107 年 9 月檢測淨水場清水，均未有檢測出。

6. 健康評量及毒理資料：

亞素靈形狀純物質為無色結晶態，具有酯質的氣味。熔點為 54-55°C。沸點在 760 mmHg 下沸點為 125°C，微溶於水，溶於丙酮、乙醇，微溶於二甲苯(Xylene)，不溶於柴油和煤油。蒸汽壓在 20°C 下為 7×10^{-6} torr。亞素靈易燃，必需存於 70 °F 以下，可用於防治柑桔害蟲(有殼介蟲、無殼介殼蟲、蚜蟲、粉蟲、木蟲、紅蜘蛛)、水稻黑尾浮塵子、褐飛蟲、稻縱捲葉蟲及煙草、蕃茄等作物病蟲害。亞素靈作為殺蟲劑或突變劑，為作用極快速的殺蟲劑，可廣泛的用於去除小蟲、具有吸盤的昆蟲、食葉性甲蟲、螟蛉及其他喜噬作物昆蟲的幼蟲。

亞素靈為有機磷殺蟲劑，具有很高的口服急毒性及皮膚毒性，且由於其在任何暴露途徑下都有劇毒性，急性中毒的症狀包括蕁毒反應、菸鹼效應和中樞神經系統效應。有機磷中毒的臨床表現發作通常在暴露 12 小時內發生⁽²³⁾。亞素靈之中毒症狀如經由吸入途徑引發胸腔不適、呼吸困難；若經由口服至消化系統，盜汗、視覺失常、嘔吐、胸部及腹部疼痛、腹瀉、有時肺水腫、頭痛、肌肉失去協調、精神錯亂、失去方向感、昏睡、呼吸中樞破壞導致死亡。

有機磷農藥對於膽鹼酯酶活性有抑制作用，很多研究也發現達到 20 mg 的吸收量會抑制血漿中的乙醯膽鹼，甚至是人類服用 120 mg 的亞素靈會導致死亡，WHO 的亞素靈 ADI 為 0.00005 mg/kg body weight/day⁽²⁴⁾。

亞素靈對於鳥類及蜜蜂的毒性極高。rat 口服 LD₅₀ 劑量 14 mg/kg，rat 皮膚接觸 LD₅₀ 劑量 112 mg/kg。鴨口服 LD₅₀ 劑量 3.36 mg/kg，鴨皮膚接觸 LD₅₀ 劑量 30 mg/kg。鯰魚 LC₅₀ 劑量 4.93 mg/96hr。兔子皮膚接觸 LD₅₀ 劑量 45 mg/kg。mouse

口服 LD₅₀ 劑量 15 mg/kg，鹿口服 LD₅₀ 劑量 25-50 mg/kg，羊口服 LD₅₀ 劑量 20-50 mg/kg。鳥類之 LD₅₀ 劑量 0.9-6.7 mg/kg，蜜蜂之 LD₅₀ 劑量則為 33-84 µg/隻。致癌性方面，亞素靈歸類為 A4（不歸類為人類致癌物）⁽²⁵⁾。

7. 處理技術/成本分析：

對亞素靈進行處理技術研究者不多，工技學院顧教授曾經研究以臭氧來處理水中之亞素靈，結果顯示，亞素靈消失速率隨 pH 與臭氧劑量增加而變大。

Bhalerao et al (2009)從土壤中找到 *Aspergillus oryzae* 這類菌種可以降解亞素靈，在 50 小時生物處理下可以降解 70%的亞素靈；Madhavan et al (2010)使用超音波光解(sonophotocatalytic) 搭配二氧化鈦與三價鐵降解亞素靈，其實驗結果顯示在 30 分鐘反應下可以完全降解亞素靈。

8. 國內外管制情形

項目	國名（制定時間）								
亞素靈	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2012)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)
標準值 (單位： mg/L)	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-
亞素靈	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	中國大陸 (2011)				
標準值 (單位： mg/L)	0.002	-	-	-	-				

9. 行政考量：

依據現行水質檢測結果，我國飲用水水質檢驗均未檢出亞素靈，但因其毒性極高，暫無修改水質標準之必要，可待收集更多檢測資料後再討論。。

10.管制優先次序：

目前有 46 個國家已禁止亞素靈的進口，並且包括台灣、美國與歐盟等大部分國家已禁用亞素靈，我國飲用水水質檢驗均未檢出；但因其毒性極高，建議仍維持列管並定期進行檢測；如長時間累積數據均未檢出，或可檢討移除此管制項目。

11.參考文獻：

- [1] 行政院環保署環境檢驗所標準水質檢驗方法
Available:<http://www.niea.gov.tw/analysis/method/ListMethod.asp?methodtype=WATER>
- [2] 李國欽。農藥的毒性與安全使用。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局藥物圖鑑系列 8。P431 – 447
- [3] 蔣本基、張怡怡、林怡利、梁仲暉、傅耀宗、張嘉蘭、顏虹玉，「飲用水水質標準中影響健康管制項目（戴奧辛、農藥、含鹵乙酸）之評估」，行政院環境

- 保護署報告，民國 93 年
- [4] 台北自來水事業處 (2010) 各國水質比較表
Available:<http://www.twd.gov.tw/ct.asp?xItem=986169&ctNode=23282&mp=114001>
 - [5] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」 (2014 修正)
 - [6] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
 - [7] U.S. EPA (2000). ORGANO-PHOSPHORUS PESTICIDES IN WASTEWATER, SOIL, SLUDGE, SEDIMENT, AND TISSUE BY GC/FPD.
Available:<http://www.epa.gov/waterscience/methods/method/biological/1657a-bio.pdf>
 - [8] Bhalerao, T. S. and P. R. Puranik (2009). "Microbial degradation of monocrotophos by *Aspergillus oryzae*." *International Biodeterioration & Biodegradation* **63**(4): 503-508.
 - [9] Madhavan, J., P. S. Sathish Kumar, et al. "Sonophotocatalytic degradation of monocrotophos using TiO₂ and Fe³⁺." *Journal of Hazardous Materials* **177**(1-3): 944-949.
 - [10] WHO (2009). Health implications from monocrotophos use: a review of the evidence in India. Available:
http://www.searo.who.int/LinkFiles/Publications_and_Documents_SEA-EH-559_.pdf
 - [11] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)(http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/)
 - [12] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories(<http://water.epa.gov/drink/standards/hascience.cfm#dw-standards>)
 - [13] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
 - [14] (<http://water.epa.gov/drink/contaminants/#three>)
 - [15] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)(http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-smmt/pubs/water-eau/2012-sum_guide-res_recom/index-eng.php)
 - [16] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
 - [17] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
 - [18] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
 - [19] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)<http://www.mfe.govt.nz/publications/water/nz-drinking-water-standards-00.html>
 - [20] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)<https://www.nhmrc.gov.au/guidelines/publications/eh52>
 - [21] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
 - [22] ECOREA Environmental review 2011, Korea
 - [23] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
 - [24] Tomlin C; The Pesticide Manual. A World Compendium. Incorporating the Agrochemicals Handbook. 10th ed. Bath, UK: The Bath Press(1994)
 - [25] Meylan WM, Howard PH; *Chemosphere* 26: 2293-99 (1993)
 - [26] Kanazawa J; *Environ Toxicol Chem* 8: 477-84 (1989)
 - [27] Lyman WJ et al; *Handbook of Chemical Property Estimation Methods*. Washington DC: Amer Chem Soc pp. 4-9, 5-4, 5-10, 15-1 to 15-29 (1990)
 - [28] Francis BM et al; *Environ H Pers* 36: 187-95 (1980)

- [29] Eichelberger JW, Lichtenberg JJ; Environ Sci Technol 5: 541-4 (1971)
- [30] Amdur, M.O., J. Doull, C.D. Klaasen (eds). Casarett and Doull's Toxicology. 4th ed. New York, NY: Pergamon Press, 1991., p. 936
- [31] FAO/WHO; Pesticide Residues in Food - 1991. Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Expert Group on Pesticide Residues. Geneva, September 16-22, 1991. Evaluations Part 1 - Residues. p.638 FAO Plant & Prod Protect Paper 113/1 (1992)
- [32] American Conference of Governmental Industrial Hygienists TLVs and BEIs. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH, 2008, p. 42

附錄 5.14 戴奧辛

1. 水質項目名稱：戴奧辛(Dioxins)

命名：(2,3,7,8- TCDD 之 CAS NO：1746-01-6)

2. 化學式/結構式：

戴奧辛 (Dioxin) 一般係指多氯雙苯戴奧辛類化合物 (polychlorinated dibenzodioxins, PCDDs) 及多氯雙苯呋喃類化合物 (polychlorinated dibenzofurans, PCDFs) 之總稱。其中以 2,3,7,8- TCDD 毒性最強，其結構式如下所示：

3. 使用單位：pg-TEQ/L

TEQ(毒性當量)：Toxicity Equivalency Quantity of 2,3,7,8-tetrachlorinated dibenzop-dioxin (為相對於 2,3,7,8-TCDD 毒性之當量)

4. 檢驗分析方法：

方法編號	使用儀器	偵測極限
NIEA W415.52B	同位素標幟稀釋氣相層析/高解析質譜法	0.046 pg-TEQ/L

5. 環境背景資料：

飲用水主要來源與主要用途

在美國，戴奧辛並非屬於商業上的製造與使用。主要是由一些含氯的有機物質所產生的污染物，包括消毒藥劑如氯苯酚、除草劑例如 2,4-D、2,4,5-三氯苯氧丙酸(2,4,5-TP)。此外，戴奧辛亦可能經由特定含氯有機物經燃燒後產生(USEPA, 2003)。環境中戴奧辛的釋放來源主要包括以下五項：(a)燃燒來源：大部分的燃燒系統在燃燒時均會排放戴奧辛，包括焚化(如都市固體廢棄物、廢水污泥、醫藥廢棄物與有毒廢棄物)，燃料燃燒(如煤、木頭與石油等產品)，其他高溫來源(如水泥烘乾)與無法控制的燃燒源(如森林火災、建築物火災與開放燃燒)(Pitea et al., 1989; Mettila et al., 1992; Bernyi, 1993)；(b)金屬熔出、提煉與加工來源：初級金屬與次級金屬的製作程序會產生戴奧辛，如鐵礦燒結、鍊鋼與廢盡屬回收等(Metal Producing, 1991; Aittola et al., 1992; Harnly et al., 1995)；(c)化學藥品製造：加氯漂白木頭紙漿、氯酚(PCP)、PCB、酚基除草劑(2,3,4-T)與氯化脂肪族等製程均會形成戴奧辛等副產物(Kowk et al., 1995; Behrooz and Altwicker, 1996; Blumenstock et al., 1998)；(d)生物與光化學程序：近來研究指出，戴奧辛可能在某些特殊環境條件下產生，如進行堆肥程序時，因微生物與氯化酚類污染物反應產生，或是氯化酚類污染物進行光化學分解反應時產生(Mill et al., 1987; Malloy et al., 1993; Schatowitz et al., 1993; Krauss et al., 1994)；(e)儲存容器來源：上述污染來源之儲存容器亦可能會釋放戴奧辛至環境中，亦可能經由循環使用造成二次污染(Versar et al., 1988; Malisch, 1994)。

戴奧辛由含氯物質高溫生成，因此具抗熱穩定性、抗酸鹼、抗氧化性等因素，使得戴奧辛十分穩定，在自然環境中難以被分解，因而導致環境蓄積並經由食物鏈，形成生物轉化、生物累積、生物濃縮效應。且戴奧辛具有高脂溶性，一旦進

入動物體內多儲存於動物脂肪難以分解，需很長的時間才能排出體外，而人體代謝戴奧辛的速度也慢，預期半衰期為 7-11 年。

戴奧辛釋放至環境中主要是經由都市垃圾與化學廢棄物之焚化、以含鉛汽油為動力來源之汽機車排放、含氯環境下之木頭燃燒、意外之火災(包括含 PCBs 與氯化苯之變壓器)與含氯化學廢棄物不當之掩埋。經殺蟲劑污染釋放於環境中之戴奧辛純度較低 (USEPA, 2003)。

空氣中

TCDD 的蒸汽壓為 1.5×10^{-9} mmHg，空氣中的戴奧辛僅存於顆粒態中，粒狀的戴奧辛則藉由濕沉降或乾沉降自空氣中移除。

水中

水中的 TCDD 會被懸浮固體及底泥吸附，根據 TCDD 的亨利常數判斷，自水體表面揮發也是一個途徑，依據河流和湖泊的模式推估，揮發半衰期為 21 天（河流）和 161 天（湖泊），然而在水體表面揮發的量會因被水中懸浮固體和底泥所吸附而減少。魚對 TCDD 的 BCF 為 $1585-5.1 \times 10^6$ ，顯示對水中生物的生物濃縮性相當高，且 TCDD 在一般環境水體中不易水解。

土壤中

土壤中的戴奧辛其 K_{oc} 為 2.45×10^{-7} mmHg，顯示將不會在土壤中移動，可從潮濕的土壤表面揮發，但土壤對戴奧辛的吸附力會導致減少揮發效果。在研究的試驗場地上，TCDD 在施用後可立即被光分解 99.9%，因此光分解是最可能的降解方式。TCDD 不會從乾燥的土壤表面揮發。

人體可能的暴露途徑

呼吸進入

燃燒行為、焚化爐氣體排放、機動車輛排煙。皮膚接觸：噴灑使用含戴奧辛的農藥、除草劑、接觸到土壤中含戴奧辛的殘渣。食入：農作物吸收含戴奧辛的除草劑、殺蟲劑，再食入動物或人類體內。或是食品受戴奧辛污染，經由食物鏈進到人體，水產海產亦會將水中戴奧辛經生物濃縮及食物鏈進到人體。一般民眾主要經由食物途徑攝入 TCDD，來自動物源的食物（如牛奶、乳製品、肉類、魚和蛋等）估計佔一般人 TCDD 暴露量的 95%，吸入環境空氣及皮膚接觸含 TCDD 的消費品則為次要暴露途徑（NIOSH; 1981-1983）。

水環境背景資料與飲用水暴露量

戴奧辛為毒性最強與在環境中穩定的三環芳香族物質，因其低溶解性，水中大部分的戴奧辛會吸附在沉澱物與懸浮微粒上。相同情況，當戴奧辛釋放至地面時亦會吸附在土壤上，不會滲漏至地下水。此外，戴奧辛在水環境中濃度易經由藻類加速累積至魚類上 (USEPA, 2003)。

Meyer (1989)針對紐約州飲用水水源地(Lockport)與淨水場處理後清水進行戴奧辛採樣。採樣結果顯示，原水中 TCDDs 濃度為 1.7 pg/L，2,3,7,8-TCDD 的

濃度低於偵測極限(0.7 pg/L)；清水中 TCDDs 濃度為低於偵測極限。Rappe (1989) 針對瑞士飲用水水源地(Eman River)進行戴奧辛採樣分析。採樣結果顯示，原水中 TCDDs 濃度為 0.05~0.084 pg/L，平均濃度為 0.067pg/L；原水中 2,3,7,8-TCDD 濃度低於偵測極限(0.03 pg/L)。Jobb (1990)針對加拿大飲用水水源地(Ontario)進行戴奧辛採樣分析。採樣結果顯示，原水中 TCDDs 濃度為 ND ~ 40 pg/L，平均濃度為 2.70 pg/L。

台灣地區現況調查

針對台灣地區自然水體(包括原水進水口與淨水場)進行戴奧辛濃度與毒性當量濃度調查分析。由採樣結果顯示，原水中戴奧辛濃度為 0.872 ~ 4.2 pg/L，毒性當量濃度為 0.00647~0.0164 pg TEQ/L；淨水場中戴奧辛濃度為 0.05~0.159 pg/L，毒性當量濃度為 0.00141~0.0659 pg TEQ/L (張簡國平，2004)。

環保署環境檢驗所於九十五年選定四座供水量大於 45 萬 CMD 之淨水場(大湳、板新、長興與澄清湖)進行飲用水水源與水質中戴奧辛調查。調查結果顯示，原水中戴奧辛毒性當量濃度為 0.008 ~ 0.079 pg TEQ/L；清水中戴奧辛毒性當量濃度為 0.002 ~ 0.017 pg TEQ/L。

臺北自來水事業處於九十五年針對長興淨水場之原水與清水進行戴奧辛採樣分析。採樣結果顯示，原水與清水中戴奧辛濃度分別為 0.008 pg TEQ/L 與 0.002 pg TEQ/L (臺北自來水事業處)。

6. 健康評量與毒理資料：

實驗室動物與人體代謝及動力學研究

戴奧辛(PCDD/Fs)進入人體後可引起成人體醣類與脂質代謝改變，導致糖尿病及心臟血管疾病發生率增加 (李俊賢，2002)。

暴露研究

戴奧辛(PCDD/Fs)毒性強，因此其半致死劑量(LD50)僅 0.6 µg/kg(雄性天竺鼠) (Leeuwen et al., 2000)。當人體短期大量暴露於 TCDD 時，會造成氯痤瘡(Cloracne)與肝功能異常等現象 (USEPA, 1994)。當人體長期大量暴露於 TCDD 時，可能會引起肝毒性，並進一步導致癌症，流產、生產缺陷等生殖危害，並傷害神經、內分泌、免疫系統等 (USEPA, 1994)。

動物毒性與致癌性研究

當母體於懷孕期間或當幼兒食入受戴奧辛污染的母乳可能會影響甲狀腺機能，亦有可能引起神經行為缺損 (陳建民，1996)。大鼠懷孕期間暴露不同劑量(0、12、17 或 22 µg/kg)之 2,3,7,8 -TCDD 10 天進行母體與胚胎發育之毒性測試，實驗結果顯示經暴露後母體會增加肝臟重量的比重，胚胎會增加顎裂與腎盂積水的發生率(Weber et al., 1985)。小鼠(CD)懷孕期間暴露不同劑量(0、0.5 或 2 µg/kg)之

2,3,7,8-TCDD 6 ~ 15 天進行母體與胚胎發育之毒性測試，實驗結果顯示經暴露後母體無明顯影響，而胚胎會增加腎臟異常的發生率(Courtney and Moore, 1971)。小鼠(Sprague-Dawley)懷孕期間暴露不同劑量(0.03、0.125、0.5、2 或 2 $\mu\text{g/kg}$)之 2,3,7,8-TCDD 6 ~ 15 天進行母體與胚胎發育之毒性測試，實驗結果顯示經暴露後造成母體重量減輕，會增加胚胎的死亡率及水腫與腸胃出血的發生率(Sparschu et al., 1971)。兔子懷孕期間暴露不同劑量(0、0.1、0.25、0.5 或 1 $\mu\text{g/kg}$)之 2,3,7,8-TCDD 6 ~ 15 天進行母體與胚胎發育之毒性測試，實驗結果顯示經暴露後造成母體重量減輕，會增加胚胎的死亡率及吸收效率(Giavini et al., 1971)。猴子懷孕期間暴露不同劑量(0、0.2、1 或 5 $\mu\text{g/kg}$)之 2,3,7,8-TCDD 20 ~ 40 天進行母體與胚胎發育之毒性測試，實驗結果顯示經暴露後增加母體死亡率，亦會增加胚胎的死亡率(McNulty, 1985)。

根據大鼠的生長毒性與再生毒性研究(Faqi et al., 1995)，其最低影響濃度(LOAEL)為 38 ng/kg 。根據大鼠的生殖毒性研究(Murray et al., 1979)，其無明顯影響劑量(NOAE)為 18 ng/kg 。由動物實驗結果可知，當小鼠長期暴露於 TCDD 時，會導致肝細胞癌、雌性小鼠的淋巴瘤、與皮下纖維肉瘤現象；當大鼠長期暴露於 TCDD 時，會導致大鼠的甲狀腺濾泡瘤與雄性大鼠肺癌等現象。在人體流行病學的致癌研究顯示，暴露於 TCDD 會增加癌症死亡率，並具有劑量反應關係。研究亦發現 TCDD 與肺癌、軟組織肉瘤、非何杰氏淋巴瘤及消化道癌症具相關性(Leeuwen et al., 2000)。

人體影響

戴奧辛流行病學研究方法為人體因職業或意外事件暴露於特定量之 PCDD/Fs 所可能產生病變(如皮膚氯痤瘡、畸型性-自然流產率或畸胎率之提昇、肝病變、軟組織癌等)之發生機率及此類病變之自然發生率，並藉由研究結果了解戴奧辛對人體劑量-反應之關係。但由於牽涉到實際暴露劑量多寡、實際暴露時間、實驗之設計、暴露及受調查族群之選定及其個人背景之了解與是否同時暴露於其他有毒物質等許多的因素影響，所以有關戴奧辛之流行病學的研究常被人質疑 (Leeuwen et al., 2000)。

Fingerhut (1991)根據暴露在 2,3,7,8-TCDD 作業環境中從事化學藥品製造的工人，其死亡與相對風險，進行戴奧辛人體影響的研究。由調查結果得知，以結締組織與軟組織癌症而言，暴露小於一年的死亡人數為 0 人，相對風險為 0.02；暴露大於一年的死亡人數為 3 人，相對風險為 9.22。以肺癌而言，暴露小於一年的死亡人數為 17 人，相對風險為 1.0；暴露大於一年的死亡人數為 40 人，相對風險為 1.4。以胃癌而言，暴露小於一年的死亡人數為 3 人，相對風險為 1.8；暴露大於一年的死亡人數為 4 人，相對風險為 1.4。

Manz (1991)根據暴露在 TCDD 作業環境中從事化學藥品製造的工人，其死亡與相對風險，進行戴奧辛人體影響的研究。由調查結果得知，在低暴露劑量(60 ng/kg)下，持續暴露小於二十年的死亡人數為 10 人；持續暴露大於二十年的死亡

人數為 49 人。在高暴露劑量(137 ng/kg)下，持續暴露小於二十年的死亡人數為 8 人；持續暴露大於二十年的死亡人數為 26 人。

人體健康評量

根據美國環保署 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories 報告，彙整之戴奧辛(2,3,7,8-TCDD)健康評量如下表所示：

健康報告						癌症描述
10 公斤幼童						
一天 (mg/L)	十天 (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWEL (mg/L)	生命時間 (mg/L)	10 ⁻⁴ 致癌 風險濃度	
1×10 ⁻⁶	1×10 ⁻⁷	1×10 ⁻⁹	4×10 ⁻⁸	—	2×10 ⁻⁸	B2

2,3,7,8-TCDD 是戴奧辛中毒性最強的，基於在流行病學及癌症發生機制上有充分的證據(DHHS,2011)，故 IARC 將其歸類為「已知人類致癌物」(Group 1) (IARC, 1997)，但其他的戴奧辛毒性小於 TCDD，IARC 則歸類為第三類，即不可歸類為人類致癌物。

7. 處理技術與成本效益：

兩種去除水中戴奧辛的方法為「蒸發」與「太陽光降解」，一般而言，戴奧辛的強毒性使其無法經由微生物的降解 (USEPA, 2006)。日本鋼鐵業之研究，將水中加入 300 大氣壓後加溫到 400 度達到超臨界狀態，發現可以去除 99.9%的戴奧辛(Focus of Cosmos website)。

以環檢所對自來水系統之初步檢測結果，當採樣體積約為 500 公升時，其上機濃度 2,3,7,8-TCDD 為 0.151 pg/μL (split factor：0.5，final volume：20 μL)，相當於樣品濃度 0.012 pg/L；當水質中懸浮固體量增加時，其採樣體積可逐量減少。一件戴奧辛樣品採樣需四個工作天，分析時間 14 個工作天；若以每人每天 2000～2500 元計算，共計 18×2000～2500=36000～45000 元。另外近期發展生物快速分析法，可降低分析成本 (蔣本基，2006)。

8. 國內外管制情形：

項目	國名（制定時間）								
戴奧辛	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2012)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)
標準值 (單位： pg-TEQ/L)	3	-	30	-	-	-	-	-	-

戴奧辛	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	中國大陸 (2011)
標準值 (單位： pg-TEQ/L)	-	1	-	-	30

目前修訂第三十六次目「戴奧辛」管制標準，加嚴管制標準為三皮克-世界衛生組織-總毒性當量／公升，自一百零三年七月一日施行。

9. 參考文獻：

- [1] 李俊賢、詹長權、王榮德，「從戴奧辛毒性談台灣醫療事業廢棄物焚化處理」，中華衛誌，2002。
- [2] 陳建民、李孫榮，「戴奧辛、環境與人類」工業污染防治，Vol. 57，1996。
- [3] 蔣本基、張怡怡、王根樹，「飲用水水質資訊蒐集與法規整合之前置作業計畫」，計畫編號：EPA-95-J105-02-104，民國 95 年。
- [4] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [5] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [6] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories(<http://water.epa.gov/drink/standards/hascience.cfm#dw-standards>)
- [7] Aittola, J.; Paasivirta, J.; Vattulainen, A. (1992) Measurements of organochloro compounds at a metal reclamation plant. Organohalogen Compounds 9:9-12.
- [8] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)<https://www.nhmrc.gov.au/guidelines/publications/eh52>
- [9] Behrooz G.S.; Altwicker, E.R. (1996) Rapid formation of polychlorinated dioxins/furans during the heterogeneous combustion of 1,2-dichlorobenzene and 2,4-dichlorophenol. Chemosphere 32 (1):133-144.
- [10] Berenyi, E.B. (1993) A decade of municipal waste combustion in the United States: prospects and problems. In: Municipal waste combustion, proceedings of an international specialty conference of the Air and Waste Management Association. Williamsburg, Va; March 1993. pp. 51-66.
- [11] Blumenstock, M.; Zimmermann, R.; Schraumm, L-W; Kaune, A.; Henkelmann, B.; Kettrup, A. (1998) Presence of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD), dibenzofurans (PCDFs), biphenyls (PCB), chlorinated benzenes (PCBz) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) under various combustion conditions in a post combustion chamber. Organohalogen Compounds 36:59-63.
- [12] Courtney, KD; Moore, JA. (1971) Teratology studies with 2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid and 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo -p-dioxin. Toxicol Appl Pharmacol 20:396-403.

- [13] DHHS/National Toxicology Program; Report on Carcinogens, Twelfth Edition: 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (1746-01-6) (2011). Available from, as of July 25, 2014: <http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/twelfth/profiles/tetrachlorodibenzodioxin.pdf>
- [14] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [15] Drinking Water Inspectorate (2005). Drinking Water 2005 (UK).
- [16] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)<http://www.mfe.govt.nz/publications/water/nz-drinking-water-standards-00.html>
- [17] ECOREA Environmental review 2011, Korea.
- [18] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008).
- [19] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [20] Faqi, AS; Dalsenter, PR; Merker, HJ; et al. (1998) Reproductive toxicity and tissue concentrations of low doses of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin in male offspring rats exposed throughout pregnancy and lactation. *Toxicol Appl Pharmacol* 150(2):383-392.
- [21] Fingerhut, MA; Halperin, WE; Marlow, DA. (1991) Cancer mortality in workers exposed to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin. *N Engl J Med* 324:212-218.
- [22] Giavini, EM; Prati, M; Vismara, C. (1982) Effects of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin administered to pregnant rats during the preimplantation period. *Environ Res* 29:185-189.
- [23] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)(http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/)
- [24] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)([http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide-res_recom/index-eng.php)
- [25] [-res_recom/index-eng.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide-res_recom/index-eng.php))
- [26] Harnly, M.; Stephens, R.; McLaughlin, C.; Marcotte, J.; Petreas, M.; Goldman, L. (1995) Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran contamination at metal recovery facilities, open burn sites, and a railroad car incineration facility. *Environ. Sci. Technol.* 29(3):677-684.
- [27] Health Canada (2006). Guidelines for Canadian Drinking Water Quality.
- [28] IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-PRESENT. (Multivolume work). Available at: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php> p. V69 342 (1997)
- [29] Jobb, B.; Uza, M.; Hunsinger, R.; Roberts, K.; Tosine, H.; Clement, R.; Bobbie,

- B.; LeBel, G.; Williams, D.; Lau, B. (1990) A survey of drinking water supplies in the province of Ontario for dioxins and furans. *Chemosphere*. 20(10-12):1553-1558.
- [30] Krauss, T.; Krauss, P.; Hagenmaier, H. (1994) Formation of PCDD/PCDF during composting? *Chemosphere* 28(1):155-158.
- [31] Kwok, E.S.C.; Atkinson, R.; Arey, J. (1995) Rate constants for the gas-phase reactions of the OH radical with dichlorobiphenyls, 1-chlorodibenzo-p-dioxin, 1,2-dimethoxybenzene, and diphenyl ether: estimation of OH radical reaction rate constants for PCBs, PCDDs, and PCDFs. *Environ. Sci. Technol.* 29(6):1591-1598.
- [32] Leeuwen, F. X. R., Feeley, M., Schrenk, D., Larsen, J. C., Farland, W., Younes, M. (2000). Dioxins: WHO's Tolerable Daily Intake (TDI) Revisited. *Chemosphere*, Vol. 40, 1095-1101.
- [33] Malisch, R. (1994) Determination of PCDD/PCDF in PCB products and milk samples; correlation between PCB- and PCDD/PCDF-contamination of milk samples. *Organohalogen Compounds* 20:209-214.
- [34] Malloy, T.A.; Goldfarb, T.D.; Surico, M.T.J. (1993) PCDDs, PCDFs, PCBs, chlorophenols (CPs) and chlorobenzenes (CBzs) in samples from various types of composting facilities in the United States. *Chemosphere* 27(1-3):325-334.
- [35] Manz, A; Berger, J; Dwyer, JH; et al. (1991) Cancer mortality among workers in chemical plant contaminated with dioxin. *Lancet* 338:959-964.
- [36] Mattila, H.; Virtanen, T.; Vartiainen, T.; Ruuskanen, J. (1992) Emissions from combustion of waste plastic material in fixed bed boiler. *Organohalogen Compounds* 9:147-150.
- [37] McNulty, WP. (1985) Toxicity and fetotoxicity of TCDD, TCDF and PCB isomers in rhesus macaques (*Macaca mulatta*). *Environ Health Perspect* 60:77-88.
- [38] Metal Producing (1991) Sinter plant roundup. 33 *Metal Producing*. May 1991. p. 24.
- [39] Meyer, C.; O'Keefe, D.; Hilker, D.; Rafferty, L.; Wilson, L.; Connor, S.; Aldous, K.; Markussen, K.; Slade, K. (1989) A survey of twenty community water systems in New York State for PCDDs and PCDFs. *Chemosphere*. 19(1-6):21-26.
- [40] Mill, T.; Rossi, M.; McMillen, D.; Coville, M.; Leung, D.; Spang, J. (1987) Photolysis of tetrachlorodioxin and PCBs under atmospheric conditions. Internal report prepared by SRI International for U.S. Environmental Protection Agency, Office of Health and Environmental Assessment, Washington, D.C.
- [41] Ministry of Health (2005). Drinking-water Standards for New Zealand 2005.
- [42] Murray, FJ; Smith, FA; Nitschke, KD. (1979) Three-generation reproduction study of rats given 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) in the diet. *Toxicol Appl Pharmacol* 50:241-252.
- [43] National Health and Medical Research Council (NHMRC) and Natural Resource

- Management Ministerial Council (NRMMC) (2004) The 2004 Australian Drinking Water Guidelines (ADWG).
- [44] NIOSH; NOES. National Occupational Exposure Survey conducted from 1981-1983. Estimated numbers of employees potentially exposed to specific agents by 2-digit standard industrial classification (SIC). Available from, as of July 7, 2014: <http://www.cdc.gov/noes/>
- [45] Pitea, D.; Lasagni, M.; Bonati, L.; Moro, G.; Todeschini, R.; Chiesa, G. (1989). The combustion of municipal solid wastes and PCDD and PCDF emissions. Part 2. PCDD and PCDF in stack gases. *Chemosphere* 18(7-8):1465-1474.
- [46] Rappe, C.; Kjeller, L.O.; Andersson, R. (1989) Analysis of PCDDs and PCDFs in sludge and water samples. *Chemosphere*. 19(1-6):13-20.
- [47] Schatowitz, B.; Brandt, G.; Gafner, F.; Schlumpf, E.; Bihler, R.; Hasler, P.; Nussbaumer, T. (1993) Dioxin emissions from wood combustion. *Organohalogen Compounds* 11:307-310.
- [48] Sparschu, GL; Dunn, FL; Rowe, VK. (1971) Study of the teratogenicity of 2,3,7,8-tetrachloro-dibenzo-*p*-dioxin in the rat. *Food Cosmet Toxicol* 9:405-412.
- [49] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [50] USEPA (1994). Health Assessment Document for 2,3,7,8- tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin (TCDD) and Related Compounds. EPA/600/Bp-92/001c.
- [51] USEPA (2003). Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-*p*-Dioxin (TCDD) and Related Compounds National Academy Sciences (NAS) Review Draft.
- [52] USEPA (2006). Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories.
- [53] USEPA (2006). National Primary Drinking Water Standard.
- [54] Versar, Inc. (1988) PCB exposure assessment of scrap/salvage facilities. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Toxic Substances. EPA Contract No. 68-02-4254. Task No. 136.
- [55] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [56] Weber, H; Birnbaum, LS. (1985) 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin (TCDD) and 2,3,7,8-tetrachlorodibenzofuran (TCDF) in pregnant C57BL/6 mice: distribution to the embryo and excretion. *Arch Toxicol* 57:159-162.
- [57] WHO (2006). Guidelines for Drinking Water Quality.

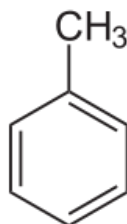
附錄 5.15 甲苯

1. 水質項目名稱：甲苯 (Toluene) 別名：TOLUOL

甲基苯(METHYLBENZENE)、METHYLBENZOL、甲烷(PHENYLMETHANE)
(CAS NO：108-8-3)

2. 化學式： $C_6H_5CH_3$

結構式：



3. 使用單位：mg/L

4. 分析方法：

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
(1)6200B,C	(1) 吹氣捕捉毛細管柱氣相層析法／串聯式光離子化偵測器及電解導電感應偵測器檢測法 (NIEA W784.52C) (2) 吹氣捕捉／氣相層析質譜儀法 (NIEA W785.55B)

5. 環境背景資料：

甲苯是一種無色透明的液體，天然存在於火山、森林火災和原油的煙霧中⁽²⁶⁾，也存在於一些松樹、植物和香料中⁽²⁷⁾，亦是香菸煙霧的成分之一。人工合成的甲苯乃取自原油中之芳香烴，利用輕油裂解經異構化及脫氫反應分離後而得。主要用以製造苯、酚或其他化學溶劑，亦可作為聚合物及橡膠的原料⁽³⁾。大部分之甲苯(以 苯-甲苯-二甲苯 混合物之形式存在)作為汽油之混合物(汽油燃燒為其主要來源)，且其為製造苯乙烯時之常見副產物⁽⁴⁾。甲苯可做為汽油添加劑，也用於製造其他化學品、尼龍和塑膠，做為油漆和噴漆的溶劑、有可作為油墨、染料、及香水的稀釋劑，存在於許多家用品中。

空氣中

甲苯在空氣中的蒸汽壓為 28.4 mmHg⁽²⁸⁾，因此以氣態方式存在，氣態的甲苯會和光化學反應產生之氫氧自由基、硝酸根自由基及臭氧反應而分解，與氫氧自由基反應的半衰期約 2 天。甲苯不會吸收>290 nm 以上波長的光線，因此不會被陽光直接分解。

土壤中

甲苯在土壤中的 Koc 值為 37-178⁽²⁹⁾⁽³⁰⁾，因此在土壤中具有中等至高移動性，

也可從乾燥或潮濕的土壤表面揮發。以先暴露過甲苯的土壤在實驗室進行微觀測試驗，甲苯可被生物降解⁽³¹⁾（。

水中

在湖泊沈積物中甲苯的 K_{oc} 為 166⁽³²⁾（，不易吸附在懸浮固體和底泥，但可經由水體表面揮發⁽³³⁾。甲苯在水中魚類的 BCF 為 13⁽³⁴⁾和 90⁽³⁵⁾，顯示潛在的生物濃縮率為低至中等，而在好氧水中半衰期 4 天，厭氧水中半衰期 56 天⁽³⁶⁾，顯示生物降解為甲苯在水中重要的去除途徑。

人體可能的暴露途徑

在生產或使用甲苯的工作場所，工作人員經由吸入和皮膚接觸而暴露到甲苯，一般人則經由呼吸汽油蒸汽、汽車尾氣、指甲油、芳香劑等，或攝入遭污染的食物或飲水，處理汽油或接觸有使用甲苯為溶劑的民生消費品而暴露。

環境水體中的濃度

世界衛生組織(World Health Organization, WHO)指出⁽⁴⁾，一般表面水、地下水及飲用水中，都曾發現有甲苯的存在。美國方面的資料也顯示，有部分以地下水及表面水為水源的供水系統中，發現有甲苯的存在，在全美國受污染場地的地下水中，甲苯出現頻率排名第五⁽⁵⁾。經由美國數條河流之水樣，分析其水中甲苯含量，結果顯示其濃度介於 1-5 $\mu\text{g/L}$ ⁽⁶⁾。

針對臺灣地區九處污染場址鄰近民井地下水、鄰近之五處自來水以及十處簡易自來水水源進行揮發性有機物流布資料調查。調查結果顯示，11 個採樣點中 7 處採樣點甲苯含量低於偵測極限(0.96 $\mu\text{g/L}$)，濃度範圍介於 N.D.~20.2 $\mu\text{g/L}$ ，平均濃度為 6.2 $\mu\text{g/L}$ ⁽⁷⁾。

民國 91 年針對基隆市協和電廠地下水監測井進行揮發性有機物的監測。調查結果顯示，採樣點中甲苯濃度均為 ND⁽⁸⁾。民國 91 年高雄縣大寮鄉紅蝦山監測濃度為 2.2~11.7 $\mu\text{g/L}$ ；民國 92 年屏東舊鐵橋南址監測濃度為 3.0~155 $\mu\text{g/L}$ ；民國 92 年台南縣將軍鄉仁和村監測濃度為 1.7 $\mu\text{g/L}$ ⁽⁹⁾。

民國 96 年針對台灣地區六座供水量大的淨水場進行甲苯採樣分析。由採樣結果顯示，原水中甲苯濃度為 ND~0.62 $\mu\text{g/L}$ ；沉澱出水中甲苯濃度為 0.29~1.6 $\mu\text{g/L}$ ；快濾出水中甲苯濃度為 ND~0.32 $\mu\text{g/L}$ ；清水中甲苯濃度為 0.11~0.31 $\mu\text{g/L}$ ⁽¹⁰⁾。臺北自來水事業處 106 年 10 月至 107 年 9 月北水各淨水場清水中甲苯檢測的移動年平均值為 ND~2.79 $\mu\text{g/L}$ （資料來源：臺北自來水事業處水質科）。

6. 健康評量及毒理資料：

於數個試管內系統（細菌、酵母菌、哺乳動物的細胞）試驗中顯示甲苯並無基因毒性。於昆蟲、大鼠、小鼠之活體實驗結果產生有衝突的結果。目前並無證據證明甲苯可引發致突變性及致畸胎性。對人體影響方面，甲苯主要之暴露途徑為吸入，處於嚴重暴露於甲苯的情況下，主要會導致中樞神經系統的損害及黏膜

組織之發炎，症狀如嗜睡，精神錯亂，虛弱，記憶力減退，像醉酒般行為，噁心和食慾不振。另外，也可能經由食入和接觸導致中毒。甲苯進入人體後，會對人體中樞神經系統、脾臟、肝臟及腎臟造成急、慢性的傷害⁽³⁾。

沒有足夠的證件顯示甲苯對人類有致癌性，但有證據顯示對實驗動物則缺乏致癌性，因此甲苯在國際癌症研究組織(International agency for Research on Cancer, IARC)的致癌性分類上為不能歸類為人類致癌物 Group 3⁽³⁷⁾，每日可承受攝入量(Tolerable Daily Intake, TDI)為 233 $\mu\text{g/kg}$ ，WHO 依此 TDI 值，並考慮飲水貢獻量為 10%、成人體重 60 公斤、每人每日飲水 2 公升等因素，計算出準則值(Guideline Value, GV)為 700 $\mu\text{g/L}$ 。另一方面，美國環保署也將甲苯列為無適當致癌證據的化合物(Group D)(3)，依據參考劑量(Reference Dose, RfD)為 80 $\mu\text{g/kg-day}$ 、飲水貢獻量為 20%、成人體重 70kg 及每人每日飲水量 2 公升等因素，計算出最大容許值(Maximum Contaminated Level, MCL)為 1000 $\mu\text{g/L}$ 。惟上述管制值均超過甲苯的臭味閾值(odor threshold)24~170 $\mu\text{g/L}$ 。

7. 處理技術/成本分析：

甲苯的最佳處理技術為粒狀活性碳(Granular Activated Carbon, GAC)吸附法及填充塔曝氣法(Packed Tower Aeration)⁽⁴¹⁾，目前國內缺乏相關成本分析資料。在曝氣法中需注意後續造成空氣污染及控制之問題。

8. 國內外管制情形^(12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26)：

項目	國名（制定時間）								
甲苯	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2014)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)
標準值 (mg/L)	1	0.7	1.0	0.06	-	-	-	-	0.8
甲苯	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	中國大陸 (2011)				
標準值 (mg/L)	0.8	0.4 非法規 標準	0.7	0.7	0.7 非常規 標準				

9. 行政考量：

目前環保署已針對甲苯之國內飲用水水質公告列管標準為 1 mg/L，自 103 年 7 月 1 日施行。

10.管制優先次序：

甲苯具有毒性。目前多數國家、組織（美、WHO、日、加、澳洲）等國家已列為管制項目或監測項目。因此應列入優先管制項目。

11.參考文獻：

- [1] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, and WEA, Washington, D.C., 20th ed.(1998)。
- [2] 環境檢測方法，<http://www.niea.gov.tw/>，行政院環保署環境檢驗所。
- [3] American water works association, Frederic W. Pontius, Water Quality and Treatment, Fourth Edition, (1990)。
- [4] Guidelines for Drinking-Water Quality, world Health Organization (2006)。
- [5] National Research Council (1994), Alternatives for Ground Water Clean-up, national Academic Press, Washington, D.C., U.S.A。
- [6] IARC Some organic solvents, resin monomers and related compounds, pigments and occupational exposures in paint manufacture and painting. Lyon, International Agency for Research on Cancer, pp. 79–123 (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 47). (1990)。
- [7] 柯淳涵、王根樹、范致豪，「地下水中揮發性有機物調查與評析」，行政院環保署，(2005)。
- [8] 張魯鈞，「九十一年度基隆市地下水質監測井採樣分析評估計畫」，基隆市環保局，(2003)。
- [9] 行政院環保署，「非法棄置場址土壤及地下水污染查證與應變計畫」，(2005)。
- [10] 康世芳、張怡怡，「飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫」，行政院環保署，(2007)。
- [11] Environmental Protection Agency, 40 CFR Ch.I (7-1-95 Edition)。
- [12] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [13] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)(http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/)
- [14] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories(<http://water.epa.gov/drink/standards/hascience.cfm#dw-standards>)
- [15] National Primary Drinking Water Regulations (2009)(<http://water.epa.gov/drink/contaminants/#three>)
- [16] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)([http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide-res_recom/index-eng.php)
- [17] -res_recom/index-eng.php)
- [18] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [19] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [20] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND

WALES)

- [21] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)<http://www.mfe.govt.nz/publications/water/nz-drinking-water-standards-00.html>
- [22] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)<https://www.nhmrc.gov.au/guidelines/publications/eh52>
- [23] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [24] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [25] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [26] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [27] Graedel TE; Chemical Compounds in the Atmosphere, New York, NY: Academic Press p. 108 (1978)
- [28] USDA; Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases. Codeine. Washington, DC: US Dept Agric, Agric Res Service. Available from, as of Mar 4, 2016: <https://phytochem.nal.usda.gov/phytochem/search>
- [29] Daubert TE, Danner RP; Physical and Thermodynamic Properties of Pure Chemicals Data Compilation Washington, DC: Taylor and Francis (1989)
- [30] Wilson JT et al; J Environ Qual 10: 501-6 (1981)
- [31] Nathwani JS, Phillips CR; Chemosphere 6: 157-62 (1977)
- [32] Allen-King RM et al; Environ Toxicol Chem 13: 693-705 (1994)
- [33] Kan AT et al; Environ Sci Technol 32: 892-902 (1998)
- [34] Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 15-1 to 15-29 (1990)
- [35] Ogata M, Miyake Y; Water Res 12: 1041-4 (1978)
- [36] Freitag D et al; Chemosphere 14: 1589-1616 (1985)
- [37] Capel PD, Larson SL; Chemosphere 30: 1097-1107 (1995)
- [38] IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-PRESENT. (Multivolume work). Available at: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php> p. V71 855 (1999)

附錄 5.16 二甲苯

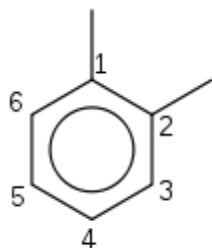
1. 水質項目名稱：二甲苯 (Xylene)(O,M,P)

別名：XYLOL、1,2：1,3：1,4-二甲基苯(1,2：1,3：1,4-METHYLBENZENE)

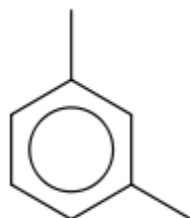
鄰-, 間-, 對-二甲苯 (O-,M-,P-dimethylbenzene)

2. 化學式： $C_6H_4(CH_3)_2$

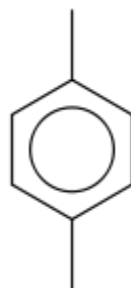
結構式：



鄰-二甲苯



間-二甲苯



對-二甲苯

3. 使用單位：mg/L

4. 分析方法：

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
(1) 6040B (2) 6200B,C	(1) 吹氣捕捉毛細管柱氣相層析法／串聯式光離子化偵測器及電解導電感應偵測器檢測法 (NIEA W784.52C) (2) 吹氣捕捉／氣相層析質譜儀法 (NIEA W785.55B)

5. 環境背景資料：

天然的二甲苯存在石油、煤焦油及天然氣中，在一些植物中也有存在，玉米、苜蓿及穀物飼料儲放中排出二甲苯，木頭燃燒時亦會排出。二甲苯是重要工業用溶劑，用於印刷、塑膠、皮革等工業，也被做由清潔劑、油漆稀釋劑，製藥、合成維他命、殺蟲劑及其他化學品的原料，且為汽油中重要成份之一⁽³⁾。

空氣中

二甲苯可能因石油精煉、汽油和柴油引擎、燃料運輸和儲存過程中的洩漏或蒸發損失而釋放到空氣中。亦可經燃燒的木材、森林火災和機動車輛排放到空氣中。

空氣中

若釋放到空氣中，蒸氣壓為 6.65-8.80 mm Hg⁽²⁷⁾顯示二甲苯在大氣中以氣相存在，且和光化學產生的氫氧自由基反應而降解，這種反應半衰期估計為 16-28 小時⁽²⁸⁾。在雨水與雪中曾檢出二甲苯⁽²⁹⁾⁽³⁰⁾，因此也可經由濕沉降自空氣中移除。二甲苯不吸收>290 nm 之光波⁽³¹⁾，因此不會直接被陽光分解。

土壤中

二甲苯在土壤中 K_{oc} 為 129-331⁽³²⁾⁽³³⁾，因此具有高度至中等移動性，可從潮濕或乾燥的土壤表面揮發，在好氧和厭氧的土壤和地下水中可被生物降解⁽³⁴⁾。

水中

水中的二甲苯不易被懸浮固體及底泥所吸附，而是多經由水體表面揮發而去除⁽³⁵⁾。 BCF 為 14-25.9⁽³⁶⁾⁽³⁷⁾顯示對水中生物的生物濃縮性低，因二甲苯缺乏水解官能基，在水中也不容易因水解作用而去除。

人體可能的暴露途徑

從事的工作涉及二甲苯之使用的相關工作人員可能會吸入霧氣或直接接觸皮膚。一般人群可能通過呼吸空氣，皮膚接觸含有二甲苯的消費品（汽油，油漆，亮光漆、油漆稀釋劑等），飲用受污染的水和食用某些食物而暴露二甲苯，吸煙也可能引起暴露。

環境水體中的濃度

在美國，3%以地下水為原水之飲水系統和 6%以表面水為原水之飲水系統檢測出二甲苯的濃度大於 $0.5\mu\text{g/L}$ （USEPA,1988）；其中檢測出的最大濃度為 $5.2\mu\text{g/L}$ 。此外，在美國受污染場址的地下水中，二甲苯出現頻率排名第 24⁽⁴⁾。

針對臺灣地區九處污染場址鄰近民井地下水、鄰近之五處自來水以及十處簡易自來水水源進行揮發性有機物流布資料調查。調查結果顯示，11 個採樣點中鄰—二甲苯、間—二甲苯、對—二甲苯含量低於偵測極限(鄰—二甲苯 $0.54\mu\text{g/L}$ ，間、對—二甲苯 $1.18\mu\text{g/L}$)⁽⁵⁾。

民國 91 年針對基隆市協和電廠地下水監測井進行揮發性有機物的監測。調查結果顯示，採樣點中鄰—二甲苯、間—二甲苯、對—二甲苯濃度均為 ND⁽⁶⁾。

行政院環保署非法棄置場址土壤及地下水污染查證與應變計畫中針對鄰—二甲苯監測結果如下，民國 90 年台南縣將軍鄉仁和村監測濃度為 $1.8\sim 161.11\mu\text{g/L}$ ；民國 90 年台南縣柳營鄉監測濃度為 $2.6\sim 4.6\mu\text{g/L}$ ；民國 90 年、91 年高雄大寮鄉紅蝦山監測濃度分別為 $1.7\sim 2.4\mu\text{g/L}$ 與 $0.2\sim 0.9\mu\text{g/L}$ 。針對間、對—二甲苯濃度合監測結果如下，民國 90 年台南縣將軍鄉仁和村監測濃度為 $9.0\sim 445.1\mu\text{g/L}$ ；民國 90 年台南縣柳營鄉監測濃度為 $2.4\sim 4.1\mu\text{g/L}$ ；民國 90 年高雄大寮鄉紅蝦山監測濃度為 $2.8\sim 4.1\mu\text{g/L}$ ；民國 91 年高雄大寮鄉紅蝦山監測濃度為 $0.4\sim 0.6\mu\text{g/L}$ ⁽⁷⁾。

民國 96 年環保署針對台灣地區六座供水量大的淨水場進行鄰—二甲苯、間—二甲苯、對—二甲苯採樣分析。由採樣結果顯示，僅於長興淨水場檢測出沉澱出水與快濾出水中鄰—二甲苯濃度分別為 $0.12\mu\text{g/L}$ 與 $0.08\mu\text{g/L}$ ，其於採樣點二甲苯濃度均為 ND⁽⁸⁾。臺北自來水事業處 106 年 10 月至 107 年 9 月北水各淨水場清水中二甲苯檢測的移動年平均值皆為 ND（資料來源：臺北自來水事業處水質科）。

6. 健康評量及毒理資料：

二甲苯主要的暴露途徑為吸入，會迅速的被人體吸收。吸入時的症狀有：昏眩、咳嗽、噁心及昏迷。而其主要的毒性影響為傷害神經中樞系統及肝臟⁽³⁾。二甲苯可以透過(cross)胎盤。它被發現可儲存於實驗動物以及人體的脂肪組織中。吸入的量中有一小部份(小於 5%)會原封不動的再被呼(氣)出體外；而殘留在體內的二甲苯幾乎完全轉化為甲醇苯甲酸，其中甲醇苯甲酸通常以甲醇馬尿酸的形式於尿液中被排除。二甲苯通常於人類的皮下脂肪中以半衰期為 25 到 128 小時的型式排出體外⁽⁹⁾。無任何可參考的口服二甲苯的資料。在急性吸入研究中得知，當二甲苯濃度於或高於 480 mg/m³ 時眼睛和喉嚨產生發炎疼痛。在短期暴露(每天六小時，每週五次)後，當濃度於或高於 390mg/ m³ 時，反應時間、手部協調、身體平衡以及腦動電流圖等會受到影響。(無明顯危害影響劑量(NOAE)並未訂出)在更長時間暴露下的控制實驗研究中並無可參考之資料⁽¹⁰⁾。

二甲苯在國際癌症研究組織(International agency for Research on Cancer, IARC)的致癌性分類上屬不被分類為人類致癌物的 Group 3⁽¹¹⁾，美國環保署則分類為 Group D(不被分類為人類致癌物)。每日可承受攝入量(tolerable Daily Intake, TDI)為 179 µg/kg，世界衛生組織(World Health Organization, WHO)依此 TDI 值，並考慮飲水貢獻量為 10%、成人體重 60 公斤、每人每日飲水 2 公升等因素，計算出準則值(Guideline Value, GV)為 500 µg/L。另一方面，美國環保署也將二甲苯列為無適當致癌證據的化合物(Group D)⁽³⁾，依據參考劑量(Reference dose, RfD)200 µg/kg-day、飲水貢獻量為 20%、成人體重 70 kg 及每人每日飲水量 2 公升等因素，計算出最大容許值(Maximum Contaminated Level, MCL)為 10 mg/L。惟上述管制值均超過二甲苯的臭味閾值(odor threshold)20~1800 µg/L。

7. 處理技術/成本分析：

二甲苯的最佳處理技術為粒狀活性碳(Granular Activated Carbon, GAC)吸附法及填充塔曝氣法(Packed Tower Aeration)⁽¹²⁾，目前國內缺少相關成本分析資料。曝氣法為一簡單且經濟之方法，但其直接將污染釋入空氣中，因此在考慮使用此法時，必須詳細評估其對整體環境之影響，以及可能導致的其他危害。

8. 國內外管制情形^(13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26)：

項目	國名（制定時間）						
二甲苯	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2014)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)
標準值 (單位：mg/L)	10	0.5	10	0.09	-	-	-
二甲苯	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	中國大陸 (2011)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)
標準值 (單位：mg/L)	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5	-	0.6

9. 行政考量：

目前環保署已針對二甲苯之國內飲用水水質公告列管標準為 10 mg/L，自 103 年 7 月 1 日施行，其管制項目濃度係以檢測鄰-二甲苯(1,2-Xylene)、間-二甲苯(1,3-Xylene)、對-二甲苯(1,4-Xylene)等共 3 項同分異構物所得濃度之總和計算之。

10. 參考文獻

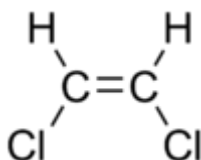
- [1] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, and WEA, Washington, D.C., 20th ed.(1998)。
- [2] 環境檢測方法，<http://www.niea.gov.tw/>，行政院環保署環境檢驗所。
- [3] American Water Works Association, Frederic w. Pontius, Water Quality and Treatment, fourth Edition,(1990)。
- [4] National Research Council (1994), Alternatives for Ground Water Clean-up, National academic Press, Washington, D.C., U.S.A。
- [5] 柯淳涵、王根樹、范致豪，「地下水中揮發性有機物調查與評析」，行政院環保署，(2005)。
- [6] 張魯鈞，「九十一年度基隆市地下水質監測井採樣分析評估計畫」，基隆市環保局，(2003)。
- [7] 行政院環保署，「非法棄置場址土壤及地下水污染查證與應變計畫」，(2005)。
- [8] 康世芳、張怡怡，「飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫」，(2007)。
- [9] Janssen P, Van der Heijden CA, Knaap AGAC. [Short summary and evaluation of toxicological data on xylene.] Bilthoven, Netherlands, National Institute of Public Health and Environmental Protection, (in Dutch) (1989).
- [10] Marks TA, Ledoux TA, Moore JA. Teratogenicity of a commercial xylene mixture in the mouse. Journal of toxicology and environmental health, 9:97'105 (1982).
- [11] Guidelines for Drinking-Water Quality, World Health Organization, (2006).
- [12] Environmental Protection Agency, 40 CFR Ch.I (7-1-95 Edition)。

- [13] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」 (2014 修正)
- [14] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)(http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/)
- [15] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories(<http://water.epa.gov/drink/standards/hascience.cfm#dw-standards>)
- [16] National Primary Drinking Water Regulations (2009)(<http://water.epa.gov/drink/contaminants/#three>)
- [17] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)(http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide-res_recom/index-eng.php)
- [18] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [19] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [20] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [21] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)(<http://www.mfe.govt.nz/publications/water/nz-drinking-water-standards-00.html>)
- [22] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)(<https://www.nhmrc.gov.au/guidelines/publications/eh52>)
- [23] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [24] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [25] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [26] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [27] Bidleman TF; Environ Sci Technol 22: 361-367 (1988)
- [28] Atkinson R, Arey J; Chem Rev 103: 4605-4638 (2003)
- [29] Ligocki MP et al; Atmos Environ 19: 1609-17 (1985)
- [30] Fries E et al; Sci Total Environ 391: 269-277 (2008)
- [31] Thomas O, Burgess C; UV-visible Spectrophotometry of Water and Wastewater, 1st ed., Oxford, UK: Elsevier Sciences, p. 67 (2007)
- [32] Chu W, Chan KH; Sci Total Environ 248: 1-10 (2001)
- [33] Seip HM et al; Sci Total Environ 50: 87-101 (1986)
- [34] ATSDR; Toxicological Profile for Xylenes. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Public Health Service (2007). Available from, as of June 21, 2016: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/index.asp>
- [35] Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 7-4, 7-5, 15-1 to 15-29 (1990)

- [36] Ogata M, Fujisawa K, Ogino Y, Mano E; Bull Environ Contam Toxicol 33: 561-7 (1984)
- [37] ECHA; Search for Chemicals. Xylene (CAS 1330-20-7) Registered Substances Dossier. European Chemical Agency. Available from, as of July 1, 2016: <http://echa.europa.eu/>

附錄 5.17 順-1,2-二氯乙烯

1. 水質項目名稱：順-1,2-二氯乙烯 (cis-1,2-Dichloroethylene) (CAS：156-59-2)
別名：cis-1,2-DCE、cis-1,2-Dichloroethene
2. 化學式：C₂H₂Cl₂
結構式：



3. 使用單位：mg/L
4. 分析方法：

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
(1) 6200B,C	(1) 吹氣捕捉毛細管柱氣相層析法／串聯式光離子化偵測器及電解導電感應偵測器檢測法 (NIEA W784.51C) (2) 吹氣捕捉／氣相層析質譜儀法 (NIEA W785.54B)

5. 環境背景資料：

1,2-二氯乙烯是高度易燃的無色液體，並有強烈的刺鼻氣味，有兩種立體異構物，即順式(cis)與反式(trans)兩種化合物，但一般會用這兩種異構物的混合物。在工業上，1,2-二氯乙烯兩種異構物都是大量產生氯乙烯時的副產品，主要用途為合成含氯溶劑與物質之中間產物，亦可作為有機物質之萃取溶劑⁽³⁾。兩種化合物主要在水中的來源，皆是由現地(in-situ)中其他不飽合氯碳氫化合物轉換而來。

空氣中

1,2-二氯乙烯蒸汽壓為 200 mmHg⁽²⁴⁾，在空氣中以蒸汽方式存在，氣態的 1,2-二氯乙烯與光化學生成之氫氧自由基反應為空氣中 1,2-二氯乙烯的主要去除機制，其中順 1,2-二氯乙烯的半衰期約為 8.3 天。順 1,2-二氯乙烯不吸收>290 nm 之光波⁽²⁵⁾，因此不會直接被陽光分解。

土壤中

土壤中的順-1,2-二氯乙烯之 K_{oc} 為 49⁽²⁶⁾，表示在土壤中具有高移動性。可從潮濕和乾燥的土壤表面揮發，不容易經生物降解而去除。且 1,2-二氯乙烯可透過土壤或溶於土壤中的水而移動，因此可能污染地下水。

水中

地表水與地表土壤中大部分之 1,2-二氯乙烯屬於為揮發性物質，可經由水體表面揮發而去除，而不易經由懸浮固體或底泥吸附。1,2-二氯乙烯可能由次表土中滲露至地下水，而地下水中之 1,2-二氯乙烯可能經由厭氧生物降解去除，其半衰期約為 13~18 週⁽⁴⁾。估計 1,2-二氯乙烯之 BCF 為 8，顯示對水中生物的生物濃縮性低，因缺乏自然環境狀態下的水解官能基⁽²⁷⁾，也不易經由水解去除。

世界衛生組織(World Organization, WHO)指出⁽⁵⁾，順式的 1,2-二氯乙烯存在較多，也有文獻指出在地下水中 1,1,1-三氯乙烯生物降解成 1,2-二氯乙烯時，以順式形式存在的產物會較多。1,2-二氯乙烯會因持續降解成更劇毒的氯乙烯，因此

觀測到 1,2-二氯乙烯的存在，可作為氯乙烯存在與否的指標之一。

人體可能的暴露途徑

在生產或使用 1,2-二氯乙烯的工作場所，工作人員經由吸入和皮膚接觸而暴露到 1,2-二氯乙烯，一般人則可能因為有害廢棄物處理場址和垃圾掩埋場滲漏、或攝入受污染之飲用水而暴露。

環境水體中的濃度

美國工業廢水、地表水、地下水與飲用水供水系統中均可偵測出 1,2-二氯乙烯。由具體調查結果顯示，446 個以地下水為水源隨機選取之供水系統中，有 16 處偵測出 1,2-二氯乙烯，最高濃度為 2 $\mu\text{g/L}$ ；479 個以地下水為水源之特定供水系統中，有 38 處偵測出 1,2-二氯乙烯，最高濃度為 120 $\mu\text{g/L}$ ⁽⁴⁾。

針對臺灣地區九處污染場址鄰近民井地下水、鄰近之五處自來水以及十處簡易自來水水源進行揮發性有機物流佈資料之調查，調查結果顯示 11 個採樣點中 8 處採樣點之順 1,2-二氯乙烯含量低於偵測極限(0.53 $\mu\text{g/L}$)，濃度範圍介於 N.D.~82.4 $\mu\text{g/L}$ ，平均濃度為 28.4 $\mu\text{g/L}$ ⁽⁶⁾，但樣本濃度變異極大。

行政院環保署非法棄置場址土壤及地下水污染查證與應變計畫中(2005)，順-1,2-二氯乙烯之調查結果顯示：民國 92 年屏東舊鐵橋南址監測濃度為 0.27~0.36 $\mu\text{g/L}$ ；民國 92 年桃園縣蘆竹海湖村監測濃度為 3.3 ~ 3.97 $\mu\text{g/L}$ ⁽⁷⁾。

民國 98 年環保署對台灣地區六座供水量大的淨水場進行順 1,2-二氯乙烯採樣分析，由採樣結果顯示，原水、沉澱水、過濾水與清水中順 1,2-二氯乙烯濃度均為 N.D.⁽⁸⁾。自來水公司 106 年各淨水場清水之順-1,2-二氯乙烯濃度為 ND-0.00048 mg/L，臺北自來水事業處 106 年 10 月至 107 年 9 月北水各淨水場清水中順-1,2-二氯乙烯檢測的移動年平均值皆為 ND（資料來源：臺北自來水事業處水質科）。

6. 健康評量及毒理資料：

目前並無 1,2-二氯乙烯對人以健康影響之相關資料，但由類似化合物，1,1-二氯乙烯推估，該化合物進入人體後主要應由肝、腎及肺臟等吸收，並可以很快地排泄出來⁽⁵⁾。動物實驗結果顯示，二種異構物皆會造成血清中鹼磷酸鹽酵素增加，並使胸腺及肺的重量減少。當動物短時間或長時間吸入到高劑量的反式 1,2-二氯乙烯時，會破壞它們的肝臟和肺臟，且較長時間的暴露會有較嚴重的影響。吸入非常高劑量的反式 1,2-二氯乙烯亦會破壞動物的心臟。攝取到極高劑量的順式或反式 1,2-二氯乙烯甚至會死亡。此外，目前並未發現有致癌性、致突變性及致畸胎性等之可能性。由於順-1,2-二氯乙烯資料不足，世界衛生組織(World Health Organization, WHO)以反-1,2-二氯乙烯的 TDI 資料(17 $\mu\text{g/kg}$)推估飲水準則值，考慮成人體重 60 kg，飲用水貢獻量 10%，每人每日飲水 2 公升，WHO 建議準則值(GV)為 50 $\mu\text{g/L}$ 。美國環保署也將順-1,2-二氯乙烯定為無適當致癌證據的化合物(Group D)⁽³⁾，以 1,1-二氯乙烯的參考劑量(RFD=10 $\mu\text{g/kg}$)為基準，考慮成人體重 70 kg，飲用水貢獻量 20%，每人每日飲水 2 公升等因素進行計算，公告最大污染物容許值為 0.07 mg/L。

7. 處理技術/成本分析：

順-1,2-二氯乙烯的最佳處理技術為粒狀活性碳(Granular Activated Carbon, GAC)吸附法及填充塔曝氣法(Packed Tower Aeration)⁽⁹⁾，目前國內缺少相關成本

分析資料。在曝氣法中需注意後續造成空氣污染及控制之問題。

8. 國內外管制情形^(10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23)：

項目	國名（制定時間）								
順－1,2-二氯乙烯	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2012)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)
標準值 (mg/L)	0.07	0.05*	0.07	-	-	-	-	-	0.06
順－1,2-二氯乙烯	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	中國大陸 (2011)				
標準值 (mg/L)	0.06	0.04	-	0.05	0.05				

*順 1,2-二氯乙烯與反 1,2-二氯乙烯濃度總和

9. 行政考量：

目前環保署已針對順－1,2-二氯乙烯之國內飲用水水質公告列管標準為 0.07 mg/L，自 103 年 7 月 1 日施行。

10. 參考文獻：

- [1] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, and WEA, Washington, D.C., 20th ed.(1998)
- [2] 環境檢測方法，<http://www.niea.gov.tw/>，行政院環保署環境檢驗所。
- [3] American water works Association, Frederic w. Pontius, Water Quality and Treatment, fourth Edition, (1990).
- [4] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for 1,2-dichloroethene. Atlanta, GA, US Department of Health and Human Services, (1990)。
- [5] Guidelines for drinking-Water Quality, world Health Organization, (2006).
- [6] 柯淳涵、王根樹、范致豪，「地下水中揮發性有機物調查與評析」，行政院環保署，(2005)。
- [7] 行政院環保署，「非法棄置場址土壤及地下水污染查證與應變計畫」，(2005)。
- [8] 康世芳、蔣本基、張怡怡、王根樹，「飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫（1/3）」，行政院環保署，(2007)
- [9] Environmental protection Agency, 40 CFR Ch.I (7-1-95 Edition).
- [10] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [11] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)(http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/)
- [12] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories(<http://water.epa.gov/drink/standards/hascience.cfm#dw-standards>)
- [13] National Primary Drinking Water Regulations (2009)(<http://water.epa.gov/drink/contaminants/#three>)
- [14] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)([http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide-res_recom/index-eng.php)
- [15] -res_recom/index-eng.php)
- [16] European Union (Drinking Water) Regulations 2014

- [17] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [18] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [19] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)<http://www.mfe.govt.nz/publications/water/nz-drinking-water-standards-00.html>
- [20] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)<https://www.nhmrc.gov.au/guidelines/publications/eh52>
- [21] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [22] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [23] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [24] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [25] Riddick JA et al; Techniques of Chemistry. Organic Solvents. 4th ed. New York, NY: John Wiley and Sons, p. 1325 (1985)
- [26] Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 8-12 (1990)
- [27] Chu W, Chan K-H; Sci Total Environ 248: 1-10 (2000)
- [28] Callahan MA et al; Water related fate of 129 priority pollutants. Vol II. Washington DC: USEPA, Of Plan Stds, Off Water Waste Manag USEPA 440/4-79-029b (1979)

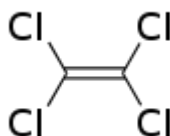
附錄 5.18 四氯乙烯

1. 水質項目名稱：四氯乙烯(Tetrachloroethylene) (CAS No：127-18-4)

別名：全氯乙烯、Perchloroethylene (PCE)、Tetrachloroethene (TCE)

2. 化學式： $\text{CCl}_2 \cdot \text{CCl}_2$

結構式：



3. 使用單位： $\mu\text{g/L}$

4. 分析方法：

APHA「標準方法」 (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
(1) 6040B (2) 6200B,C	(1) 吹氣捕捉毛細管柱氣相層析法／串聯式光離子化偵測器及電解導電感應偵測器檢測法 (NIEA W784.51C) (2) 吹氣捕捉／氣相層析質譜儀法 (NIEA W785.54B)

5. 環境背景資料：

四氯乙烯(PCE)是一人造化學合成之產物，而非一種自然生成之化合物。四氯乙烯在用途上可用作溶劑、傳熱介質與製造氟碳化物之中間產物⁽³⁾及變壓器絕緣液。此外，四氯乙烯亦廣泛的用於乾洗業清洗衣物使用。因此自然界四氯乙烯之量，絕大部份乃因在製造或使用過程中直接蒸發或洩漏所造成。由於使用廣泛，再加上淨水處理時的加氯消毒也會形成少量的四氯乙烯，地面水、地下水及飲用水中常發現四氯乙烯的存在。

四氯乙烯在室溫下為非易燃性液體，環境中所釋放出的四氯乙烯多以氣態方式存在於大氣層中，氣態的四氯乙烯和光化學作用後產生羥基反應而分解，半衰期至 96-251 天。

四氯乙烯 Koc 範圍為 200-237⁽³²⁾⁽³³⁾⁽³⁴⁾，在土壤中為中等移動性，可能在地下水中測得。可自潮濕或乾燥的土壤表面揮發而去除，四氯乙烯在水域中可能不產生揮發擴散作用，於土壤中的揮發情形也較水域中稍緩，當土壤吸附係數為 72-534 時，其可呈現流動的狀態；厭氧土壤中含量將較低，在動物或食物鏈中亦不會產生生物累積作用⁽⁴⁾，在土壤中的生物降解速度緩慢。

在水中，四氯乙烯不容易經由懸浮固體或底泥所吸附而去除，不會迅速進行水解或光解，可經由水體表面揮發，或是由微生物進行生物分解為二氯乙烯、氯乙烯和乙烯。四氯乙烯的魚類 BCF 為 26-115⁽³⁵⁾⁽³⁶⁾⁽³⁷⁾，顯示在水中生物的生物濃縮性為低至高。

人體可能的暴露途徑

在生產或使用四氯乙烯的工作場所，工作人員經由吸入和皮膚接觸而暴露到四氯乙烯，一般人則可能經由吸入周遭空氣或攝入受污染之飲用水而暴露，例如從乾洗店將衣服帶回時，衣服上會釋放微量的四氯乙烯至空氣中。

環境水體中濃度

美國環保署曾調查 10 個公共給水系統⁽³⁾，其中有 8 個偵測到 PCE，濃度分佈在 0.07~0.46 $\mu\text{g/L}$ ；另外，從井水的飲用水中發現 3% 水樣，所含 PCE 的濃度高於 0.5 $\mu\text{g/L}$ ；更有 0.7% 的濃度高於 5 $\mu\text{g/L}$ 。在美國受污染地下水中，四氯乙烯出現頻率排名第三⁽⁶⁾。

針對臺灣地區九處污染場址鄰近民井地下水、鄰近之五處自來水以及十處簡易自來水水源進行揮發性有機物流布資料調查。調查結果顯示，11 個採樣點中 6 處採樣點四氯乙烯含量低於偵測極限(0.62 $\mu\text{g/L}$)，濃度範圍介於 N.D.~ 21 $\mu\text{g/L}$ ，平均濃度為 6.85 $\mu\text{g/L}$ ⁽⁷⁾，濃度範圍變化極大。

行政院環保署非法棄置場址土壤及地下水污染查證與應變計畫中⁽⁸⁾，四氯乙烯之調查結果顯示：民國 92 年全部採樣點之濃度值均低於偵測極限(0.2 $\mu\text{g/L}$)。

針對台灣地區全省採樣，採樣地區包括：新竹縣竹東鎮、苗栗縣三義鄉、台中市西區、彰化縣鹿港鎮、雲林縣北港鎮、南投縣仁愛鄉、台南縣北門鄉、台南縣學甲鎮、台南縣下營鄉、台南市西區、嘉義縣布袋鎮、嘉義市、高雄市北區、高雄縣三民鄉、高雄縣茂林鄉、花蓮縣富里鄉等地。經隨機採取(80 個用戶自來水樣)結果顯示，所有水樣均未檢出四氯乙烯(偵測極限為 0.16 $\mu\text{g/L}$)⁽⁹⁾。

民國 96 年針對台灣地區六座供水量大的淨水場進行四氯乙烯採樣分析。由採樣結果顯示，原水、沉澱水、過濾水與清水中四氯乙烯濃度均為 ND⁽¹⁰⁾。自來水公司 96-105 年各淨水場清水之四氯乙烯濃度為 ND mg/L ，臺北自來水事業處 106 年 10 月至 107 年 9 月北水各淨水場清水中四氯乙烯檢測的移動年平均值皆為 ND (資料來源：臺北自來水事業處水質科)。

6. 健康評量及毒理資料：

四氯乙烯對健康之急性影響，主要是其會使中樞神經衰退⁽¹¹⁾，低劑量的 PCE 則會傷害肝臟和腎臟⁽¹²⁾。Kylin et al. 1963 年將小白鼠在四氯乙烯單獨劑量 1340 mg 暴露下四個小時，發現其肝臟之脂肪組織有退化之趨勢，若連續八個星期，每星期六天，暴露在相當濃度四氯乙烯之中，則會使肝臟機能更加嚴重損害⁽¹³⁾。高濃度的四氯乙烯(特別是在密閉、通風不良的區域)會造成暈眩、頭痛、嗜睡、意識混亂、噁心、說話及行走困難、失去意識和死亡。

在致癌性質上，曾以四氯乙烯對 $\text{B}_6\text{C}_3\text{F}_1$ 小白鼠餵食實驗，結果發現此物質會導致肝臟腫瘤之發生，可是同樣的在大白鼠白上卻無法獲得證實⁽¹⁴⁾。

部分案件報告和小規模流行病學研究、臨床研究職業性暴露研究中建議，四氯乙烯的暴露量須限定在 1890-2600 mg/m^3 的濃度⁽¹⁵⁾。然而，工人經常連續暴露在幾種溶劑的環境之下，由檢驗洗衣店和乾洗工人身體中可獲得充分證據說明暴露情形，但是對於國際癌症研究組織(International Agency for Research on Cancer, IARC)而言則尚無充分數據可供評估。雖然在數組死亡率研究的報告中皆發現四氯乙烯與癌症發生的關聯性，而癌症的發生對於暴露於四氯乙烯下的工作者亦有高度風險，但對其他化學製品和大小毒性物質樣本的伴隨暴露，使它難以得出對人體危害程度的確定結論⁽¹⁶⁾。

四氯乙烯在人類中致癌證據有限，在實驗動物中則有足夠的證據，IARC 將 PCE 列為可能人類致癌物(Group 2A)⁽¹²⁾，且屬於非基因毒性(non-genotoxic)之致癌物，故有 TDI 值。世界衛生組織(World Health Organization, WHO)以 TDI 值等於 14 $\mu\text{g/kg}$ ，配合成人體重 60 kg 、飲水貢獻量 10% 及每人每日飲水 2 公升等因素，計算出飲用水之準則值為 40 $\mu\text{g/L}$ 。另一方面，美國環保署(USEPA)

將PCE歸類為可能人體致癌物(Group B2)⁽³⁾，依據風險評估計算(RFD=10 μ g/kg)，考慮成人體重 70 kg，飲水貢獻量 22%，每人每日飲水 2 公升，長期飲用含 7 μ g/L PCE 的水，70 年後，每十萬人中會有一人致癌，因此，EPA 將管制值訂為 5 μ g/L。

7. 處理技術/成本分析：

四氯乙烯的最佳處理技術為粒狀活性碳（Granular Activated Carbon, GAC）吸附法及填充塔曝氣法（Packed Tower Aeration）⁽¹⁷⁾，在曝氣法中需注意後續造成空氣污染及控制之問題。

8. 國內外管制情形^(18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31)：

項目	國名（制定時間）								
四氯乙烯	我國 (2013)	WHO (2011)	美國 (2012)	加拿大 (2015)	歐盟 (2009)	德國 (2011)	法國 (2007)	英國 (2009)	紐西蘭 (2008)
標準值 (mg/L)	0.005	0.04	0.005	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05
四氯乙烯	澳洲 (2011)	日本 (2011)	南韓 (2008)	新加坡 (2008)	中國大陸 (2011)				
標準值 (mg/L)	0.05	0.01	0.01	0.04	0.04				

9. 行政考量：

目前環保署已針對四氯乙烯之國內飲用水水質公告列管標準為 0.005 mg/L，自 103 年 7 月 1 日施行。

10. 參考文獻：

- [1] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, and WEA, Washington, D.C., 20th ed.(1998)
- [2] 環境檢測方法，<http://www.niea.gov.tw/>，行政院環保署環境檢驗所。
- [3] American Water Works Association, Frederic w. Pontius, Water Quality and Treatment, fourth Edition, (1990).
- [4] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for tetrachloroethylene. Atlanta, GA, US Department of Health and Human Services (1993).
- [5] 樓基中等，飲用水中有機物（含揮發性有機物）管制項目及管制標準之合理性分析，行政院環保署（1996）。
- [6] National Research Council(1994), Alternatives for Ground Water Clean-up, National Academic Press, Washington, D.C., U.S.A。
- [7] 柯淳涵、王根樹、范致豪，地下水中揮發性有機物調查與評析，行政院環保署，（2005）。
- [8] 行政院環保署，非法棄置場址土壤及地下水污染查證與應變計畫，（2005）。
- [9] 張哲誠，台灣地區飲用水中致癌性化合物曝露之評估及其與癌症死亡率相關性之探討，（2000）。
- [10] 康世芳、張怡怡，飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫，（2007）。

- [11] Dmitrieva, N.V. Maximum Permissible Concentrations of Tetrachloroethylene in Factory Air.(1966)
- [12] Guidelines for Drinking-Water Quality, World Health Organization, (2006).
- [13] Kylin, B. et al., Hepatotoxicity of Inhaled Trichloroethylene, Tetrachloroethylene (1963).
- [14] Fishbein. L. Industrial Mutagens and Potential Mutagens I. Mutation Research, 32:267(1976).
- [15] McMullen JK. Perchloroethylene intoxication. British medical journal, 2:1563-1564, (1976).
- [16] Coler HR, Rossmiller HR. Tetrachloroethylene exposure in a small industry. Archives of industrial hygiene and occupational medicine, 8:227-233, (1953).
- [17] Environmental Protection Agency, 40 CFR Ch.I(7-1-95 Edition).
- [18] 行政院環境保護署,「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [19] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)(http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/)
- [20] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories(<http://water.epa.gov/drink/standards/hascience.cfm#dw-standards>)
- [21] National Primary Drinking Water Regulations (2009)(<http://water.epa.gov/drink/contaminants/#three>)
- [22] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)([http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guide-res_recom/index-eng.php)
- [23] -res_recom/index-eng.php)
- [24] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [25] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [26] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [27] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)<http://www.mfe.govt.nz/publications/water/nz-drinking-water-standards-00.html>
- [28] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)<https://www.nhmrc.gov.au/guidelines/publications/eh52>
- [29] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [30] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [31] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [32] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [33] Choiu CT et al; Science 206: 831-2 (1979)
- [34] Wilson JT et al; Environ Qual 10: 501-506 (1981)
- [35] Friesel P et al; Fresenius Z Anal Chem 319: 160-64(1984)
- [36] Neely WB et al; Environ Sci Technol 8: 1113-15 (1974)
- [37] Barrows ME et al; Dyn Exposure Hazzard Assess Toxic Chem Ann Arbor, MI: Ann Arbor Sci p. 379-92 (1980)
- [38] Rathbun RE; Crit Rev Environ Sci 30: 129-295 (2000)

附錄六、污染物質資料表

附錄 6.1 壬基酚污染基本資料表 (Fact sheet)

壬基酚是什麼？

- 壬基酚 (CAS: 25154-52-3) 英文名 Nonylphenol(NP)，壬基酚是一種重要的精細化工原料和中間體，外觀在常溫下為無色或淡黃色液體，壬基酚聚乙氧基醇的降解產物之一。

壬基酚的用途是什麼？

- 主要用於生產表面活性劑、也用於抗氧劑、紡織印染助劑、潤滑油添加劑、農藥乳化劑、樹脂改性劑、樹脂及橡膠穩定劑等領域。。

壬基酚對人體的健康影響是什麼？

- NP 具有雌激素活性。
- NP 可改變細胞激素分泌，細胞激素的不平衡可能導致胚胎著床失敗及流產等生殖效應。
- NP 亦可能誘發人類乳癌 MCF-7 細胞增殖。

壬基酚是怎麼進到我的飲用水中的？

- 壬基酚 (nonylphenol, NP) 為壬基酚聚乙氧基醇的降解產物之一，烷基酚聚乙氧基醇使用後殘留及毒性更高的降解產物常隨污水被大量排放至污水處理系統或直接進入地表環境水體。

國際上怎麼管理飲用水中壬基酚？

- 歐盟訂定標準為 0.33 mg/L。
- WHO、美國、加拿大、歐盟、德國、法國、英國、紐西蘭、澳洲、日本、韓國、新加坡、中國未針對飲用水中的壬基酚進行管制。

環保署怎麼管理飲用水中壬基酚？

- 環保署現階段針對我國飲用水中壬基酚的濃度進行監測，並蒐集相關健康風險資料，以評估後續的管理方式。

壬基酚可以如何從飲用水中被移除？

- 傳統污水處理流程以活性污泥法為主，結合一級與二級處理，透過沉降、吸附作用與耗氧生物降解。

我可以怎麼得到更多關於我的飲用水中的壬基酚的相關資訊？

- 國家環境毒物研究中心：
http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq_detail.php?id=196

附錄 6.2 甲醛污染物基本資料表 (Fact sheet)

甲醛是什麼？

- 甲醛 (CAS: 50-00-0) 英文名 formaldehyde，化學式 HCHO ，又稱蟻醛，天然存在的有機化合物。有特殊刺激氣味的無色氣體。

甲醛的用途是什麼？

- 其主要的工業用途為塑膠、樹脂、尿素甲醛、酚、三聚氰氨、聚縮醛樹脂的生產。第二大用途為一些有機物質的工業合成原料。此外，甲醛亦使用在化妝品、殺真菌劑、紡織原料與防腐材料 (IPCS, 2002)。

甲醛對人體的健康影響是什麼？

- 甲醛在生物體內會因代謝生物合成之蛋白質而產生。經食入的甲醛會立即被消化道所吸收，快速氧化為甲酸，隨後代謝為二氧化碳與水 (Jeffcoat, 1983)。在生物體內甲醛主要透過肌肉傳遞，不易出現在肝臟、腸道或其他動物組織內 (Bhatt et al., 1988)。
- 高劑量甲醛暴露造成刺激與過敏接觸皮膚炎之效應，遠大於飲用水中甲醛之影響 (Cosmetic, Toiletry and Fragrance Association, 1984)。因此，甲醛經由吸入途徑進入人體可被視為致癌物質。
- 根據一些流行病學的研究顯示，甲醛的影響無法直接歸因於長時間的職業暴露，但是暴露的工廠工人們會增加罹患鼻咽癌、皮膚癌、前列腺癌與結腸癌的發生機率。因此，根據可利用之人體證據顯示甲醛無高致癌潛勢。

甲醛是怎麼進到我的飲用水中的？

- 飲用水中甲醛生成濃度主要是臭氧與加氯氧化天然有機物所產生，其他產生途徑包括意外的污染滲漏 (如因聚縮醛塑膠的溶出進入飲用水) 與大氣沉降所產生 (Glaze et al., 1989)。

國際上怎麼管理飲用水中甲醛？

- 澳洲訂定標準為 0.3 mg/L、日本 0.08 mg/L、韓國 0.5 mg/L、中國 0.3 mg/L。
- WHO、美國、加拿大、歐盟、德國、法國、英國、紐西蘭、新加坡未針對飲用水中的甲醛進行管制。

環保署怎麼管理飲用水中甲醛？

- 環保署現階段針對我國飲用水中甲醛的濃度進行監測，並蒐集相關健康風險資料，以評估後續的管理方式。

甲醛可以如何從飲用水中被移除？

- 水中甲醛可藉由改變氧化程序或活性碳 (GAC) 吸附將甲醛濃度降低至 0.03 mg/L (WHO, 2005)。

我可以怎麼得到更多關於我的飲用水中的甲醛的相關資訊？

- 國家環境毒物研究中心：
http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq_detail.php?id=63

附錄 6.3 苯乙烯污染物基本資料表 (Fact sheet)

苯乙烯是什麼？

- 苯乙烯 (CAS: 100-42-5) 英文名 Styrene、Vinyl benzene，是用苯取代乙烯的一個氫原子形成的有機化合物。

苯乙烯的用途是什麼？

- 苯乙烯主要用途為製造塑膠以及合成樹脂的原料。

苯乙烯對人體的健康影響是什麼？

- 短期暴露在苯乙烯的控制研究中顯示在空氣中苯乙烯濃度高於 210 mg/m³ 的情況下會導致眼睛、鼻子以及呼吸道之黏膜疼痛發炎，藉由無精打采、睏倦、不協調、簡單動作反應時間的增加等症狀得知中樞神經系統的衰退並且對於視力喚醒反應(visual evoked response)以及 EEG 振幅的改變(van Apeldoorn, 1982)。

苯乙烯是怎麼進到我的飲用水中的？

-

國際上怎麼管理飲用水中苯乙烯？

- WHO 訂定標準為 0.02 mg/L、美國 0.1 mg/L、紐西蘭 0.03 mg/L、澳洲 0.03 mg/L、日本 0.02 mg/L、韓國 0.002 mg/L、新加坡 0.02 mg/L、中國 0.02 mg/L。
- 加拿大、歐盟、德國、法國、英國未針對飲用水中的苯乙烯進行管制。

環保署怎麼管理飲用水中苯乙烯？

- 環保署現階段針對我國飲用水中苯乙烯的濃度進行監測，並蒐集相關健康風險資料，以評估後續的管理方式。

苯乙烯可以如何從飲用水中被移除？

- 活性碳(GAC)吸附法可將苯乙烯濃度處理至 0.02 mg/L (柯淳涵,2005)。

我可以怎麼得到更多關於我的飲用水中的苯乙烯的相關資訊？

- 國家環境毒物研究中心：
http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq_detail.php?id=149

附錄 6.4 氯苯污染物基本資料表 (Fact sheet)

氯苯是什麼？

- 氯苯 (CAS: 108-90-7) 英文名 Monochlorobenzene，是苯的一個氫被氯原子取代後形成的化合物，分子式為 C_6H_5Cl ，室溫下為無色易燃的液體。

氯苯的用途是什麼？

- 主要使用於染料、殺蟲劑、去汙劑與其他有機化學藥品的使用。亦用於膠黏劑、藥品、橡膠、油漆與乾洗劑等溶劑之使用，並在紡織製程中作為纖維膨脹劑。此外，氯苯亦為合成綠化有機物質之中間產物 (WHO, 2006)。

氯苯對人體的健康影響是什麼？

- 根據 Lindsay-Smith(1972)研究指出，氯苯容易經由口服或呼吸途徑進入體內，並在脂肪組織迅速累積濃度。在人體的主要代謝物為 4-氯兒茶酚。生物體內主要藉由尿液將氯苯排出，少部份留在體內 (Ogata and Shimada, 1983)。
- 根據口服與呼吸途徑進行動物急毒性測試，測試結果顯示氯苯的急毒性很低。主要造成危害的器官包括肝臟與腎臟 (WHO, 2006)。
- 當人類於超過管制標準之氯苯濃度(0.1 mg/L)進行短期暴露時，會造成麻醉影響、受損之肝臟與腎臟功能 (USEPA, 2006)。進行長期暴露時則會造成肝臟、腎臟與中央神經系統的傷害(Rozenbaum, 1947)。

氯苯是怎麼進到我的飲用水中的？

- 氯苯釋放於環境中的主要途徑為殺蟲劑溶劑之使用。在環境中因氯苯的揮發性強，所以釋放至水中的濃度很低。

國際上怎麼管理飲用水中氯苯？

- 美國訂定標準值為 0.1 mg/L、加拿大 0.085 mg/L、紐西蘭 0.01 mg/L、澳洲 0.3 mg/L、中國 0.3 mg/L。
- WHO、歐盟、德國、法國、英國、日本、韓國、新加坡未針對飲用水中的氯苯進行管制。

環保署怎麼管理飲用水中氯苯？

- 環保署現階段針對我國飲用水中氯苯的濃度進行監測，並蒐集相關健康風險資料，以評估後續的管理方式。

氯苯可以如何從飲用水中被移除？

- 氯苯之最佳處理技術為粒狀活性碳(Granular Activated Carbon, GAC)及填充式曝氣塔方式(Packed Tower Aeration) (柯淳涵,2005)。曝氣與活性碳吸附可有效除水中的氯苯 (NHMRC and NRMMC, 2004)。

我可以怎麼得到更多關於我的飲用水中的氯苯的相關資訊？

- 國家環境毒物研究中心：
http://nehrc.nhri.org.tw/foodsafety/toxfaq_detail.php?id=45

附錄 6.5 微囊藻毒-LR 型 污染物基本資料表 (Fact sheet)

微囊藻毒-LR 型是什麼？

- 微囊藻毒-LR 型 (CAS: 101043-37-2) 英文名 Microcystin-LR，水質優養化造成藻華現象產生，水中藍綠菌藻在生長過程中釋放對於人體有害的藻毒，其中以微囊藻毒 LR 型為最常見的微囊藻毒種類。

微囊藻毒-LR 型的用途是什麼？

- 無。

微囊藻毒-LR 型對人體的健康影響是什麼？

- 人類最主要暴露藻毒危害途徑即為飲用含藻毒的飲用水，而遊憩接觸水體或是食用藻類相關食品等益有可能接觸到藻毒(Eriksson et al., 1990)。近年來之研究則已將藍綠細菌毒素的研究領域提昇至食物鏈(如淡水蚌類與魚)(Falconer et al., 1992; Negri and Jones, 1995)。
- 微囊藻毒 LR 型為一種非常強烈的急性毒，也是造成肝腫瘤前驅物質，在急性暴露後，會使肝細胞與組織受損，嚴重時，導致心臟衰竭甚至是死亡 (Falconer et al., 1992)。
- 加拿大紀錄 10 位小孩於覆蓋藍綠細菌(cyanobacteria)之湖泊游泳後發現腹瀉的現象，且在一位小孩的糞便中檢測出會產生微囊藻毒-LR 型之 Anabaena 細胞(Dillenberg and Dehnell, 1960)。在英國，新兵於藻華之水庫進行軍事演練有新兵發生腹部疼痛、噁心、嘔吐、腹瀉、喉嚨疼痛、乾咳與頭痛的現象。其中兩個住院治療的個案竟轉變為不正常的肺炎。而微囊藻毒-LR 型被視為是藻華發生時，造成一系列影響之關鍵物質(Pearson et al., 1990)。

微囊藻毒-LR 型是怎麼進到我的飲用水中的？

- 水源優養化時藍綠菌藻在生長過程中釋放微囊藻毒 LR 型。

國際上怎麼管理飲用水中微囊藻毒-LR 型？

- WHO 訂定標準值為 0.001 mg/L、加拿大 0.0015 mg/L、法國總微囊藻毒標準值 0.001 mg/L、紐西蘭 0.001 mg/L、日本 0.008 mg/L、新加坡 0.001 mg/L、中國 0.001 mg/L。
- 美國、歐盟、德國、英國、韓國未針對飲用水中的微囊藻毒-LR 型進行管制。

環保署怎麼管理飲用水中微囊藻毒-LR 型？

- 環保署現階段針對我國飲用水中微囊藻毒-LR 型的濃度進行監測，並蒐集相關健康風險資料，以評估後續的管理方式。
- 環保署 106 年選擇國內具代表性之淨水廠進行 20 次清水調查，檢測結果於所有樣品中有 2 個檢出值分別為 0.00005 及 0.000006 mg/L。(中環)

微囊藻毒-LR 型可以如何從飲用水中被移除？

- 藻毒之最佳控制與處理技術包括集水區與水庫管理、適當之監控程序及正確之處理技術。

- 根據科學研究指出，傳統表面水處理程序使用混凝(明礬或硫酸鐵為混凝劑)、沉澱和過濾程序，可有效去除水中的藍綠細菌。此外，添加化學藥劑或改變環境條件造成藍綠細菌的生長受到抑制，同時亦避免將藻毒釋放至環境中。
- 另外有研究報告指出臭氧結合過氧化氫去除微囊藻毒-LR 行效率佳 Rositano et al. (1998)

我可以怎麼得到更多關於我的飲用水中的微囊藻毒-LR 型的相關資訊?

附錄 6.6 PFOA 污染物基本資料表 (Fact sheet)

PFOA 是什麼？

- PFOA (CAS: 335-67-1)全名為全氟辛烷酸(Perfluorooctanoic acid)，為一種全氟碳化合物。

PFOA 的用途是什麼？

- PFOA 是 polytetrafluoroethylene (PTFE) (商品名為鐵氟龍(Teflon))的製程中必要的添加物，在日常生活中其應用超過 200 種以上的工業用途和消費品，包括各種家具和家飾的防水劑和除污劑、盛裝食品之紙製品塗層、滅火泡沫、亮光劑等。

PFOA 對人體的健康影響是什麼？

- 全氟烷化合物傾向維持不變的結構殘留在人體裡很長一段時間，全氟辛烷酸(PFOA)和全氟辛烷磺酸(PFOS)更會潛藏在體內許多年。
- 暴露在高劑量全氟辛烷酸(PFOA)下的實驗動物，其眼睛和鼻腔都會產生極度的不適感；若直接食用含全氟烷化合物的食物或膠囊，更會導致肝臟病變和生長速度減緩的現象；另外如果動物的皮膚接觸到大量的全氟辛烷酸(PFOA)也會造成不適及肝臟病變，由此顯示，全氟辛烷酸(PFOA)能經皮膚進入人體。
- 一些流行病學資料顯示，不論在職業暴露 PFOA 的工作者，甚至 PFOA 製造廠周邊居民，年輕男性的前列腺癌和女性之子宮癌，以及一些罕見癌症的發生率較一般人高
- 美國一項針對民眾(包含孩童)飲用含全氟辛烷酸(PFOA)的飲用水的研究，發現短時間內全氟辛烷酸(PFOA)對健康的負面影響似乎沒有直接關係，然而此研究並未進一步對它導致癌症的機率和是否會造成孩童發育遲緩多做探討，只知道這群研究對象血液中的全氟辛烷酸(PFOA)濃度比全美一般人含有的值高出許多。

PFOA 是怎麼進到我的飲用水中的？

- 在使用和處理含 PFOA 的產品垃圾的過程中會釋放到空氣、土壤和水中。

國際上怎麼管理飲用水中 PFOA？

- 美國環保署於 2016 年 5 月基於保護民眾（包括最敏感族群）之立場，以來自於飲用水中之終生暴露量，僅訂定健康公告值（health advisories），PFOA 與 PFOS 兩者合併計算為 70 ng/L，此公告值並無法律強制管制力。
- 世界衛生組織、歐盟、澳洲、紐西蘭、加拿大、韓國、中國、新加坡均未針對飲用水中的 PFOA 進行管制。
- 日本將 PFOA 列為飲用水中需進一步研究是否應列管之污染物。

環保署怎麼管理飲用水中 PFOA？

- 環保署現階段針對我國飲用水中 PFOA 的濃度進行監測，並蒐集相關健康風險資料，以評估後續的管理方式。

- 環保署 106 年選擇國內具代表性之淨水廠進行 30 場次之原水及清水調查，檢測結果所有淨水廠全氟辛烷酸(PFOA)及全氟辛烷磺酸(PFOS)兩者測值加總皆未超過美國 EPA 健康建議值 70 ng/L。

PFOA 可以如何從飲用水中被移除？

- 根據科學研究指出，粒狀活性碳處理、定期更換吸附劑、奈米過濾或逆滲透的方式，或許可以有效的移除在水質處理廠中的 PFOA 等全氟碳化物。

我可以怎麼得到更多關於我的飲用水中的 PFOA 的相關資訊？

- 國家衛生研究院 國家環境毒物研究中心
http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq_detail.php?id=74

附錄 6.7 PFOS 污染物基本資料表 (Fact sheet)

PFOS 是什麼？

- PFOS (CAS: 1763-23-1) 全名 Perfluorooctane sulfonate，中文為全氟辛烷磺酸，為持久性有機污染物，亦疑似為環境荷爾蒙。

PFOS 的用途是什麼？

- PFOS 及其前驅物和相關產物，應用於超過 200 種以上的工業用途和消費品，包括各種家具和家飾的防水劑和除污劑、盛裝食品之紙製品、滅火泡沫、塗料、亮光劑、乳化劑和黏著劑等

PFOS 對人體的健康影響是什麼？

- 全氟烷化合物傾向維持不變的結構殘留在人體裡很長一段時間，全氟辛酸(PFOA)和全氟辛烷磺酸(PFOS)更會潛藏在體內許多年。
- 有關人體健康方面，在美國一研究中指出，PFOS 與出生體重呈負相關。
- 其它在動物實驗觀察到的毒性，例如生殖功能下降、肝臟傷害、甲狀腺功能不平衡、過敏或免疫細胞的不正常表現、甚至長期生長的影響，在人類流行病學的資料都相當有限。

PFOS 是怎麼進到我的飲用水中的？

- 全氟辛烷磺酸做為含氟化物表面活性劑的前驅物，經由各種商品廣泛的使用而釋放至環境各媒介中。
- 在使用和處理含 PFOS 產品垃圾的過程中會釋放到空氣、土壤和水中。

國際上怎麼管理飲用水中 PFOS？

- 美國環保署於 2016 年 5 月基於保護民眾（包括最敏感族群）之立場，以來自於飲用水中之終生暴露量，僅訂定健康公告值（health advisories），PFOA 與 PFOS 兩者合併計算為 70 ng/L，此公告值並無法律強制管制力。
- 世界衛生組織、歐盟、澳洲、紐西蘭、加拿大、韓國、中國、新加坡均未針對飲用水中的 PFOS 進行管制。
- 日本將 PFOS 列為飲用水中需進一步研究是否應列管之污染物。

環保署怎麼管理飲用水中 PFOS？

- 環保署現階段針對我國飲用水中 PFOS 的濃度進行監測，並蒐集相關健康風險資料，以評估後續的管理方式。
- 環保署 106 年選擇國內具代表性之淨水廠進行 30 場次之原水及清水調查，檢測結果所有淨水廠全氟辛酸(PFOA)及全氟辛烷磺酸(PFOS)兩者測值加總皆未超過美國 EPA 健康建議值 70 ng/L。

PFOS 可以如何從飲用水中被移除？

- 根據科學研究指出，粒狀活性碳處理、定期更換吸附劑、奈米過濾或逆滲透的方式，或許可以有效的移除在水質處理廠中的 PFOS 等全氟碳化物。

我可以怎麼得到更多關於我的飲用水中的 PFOS 的相關資訊？

- 國家衛生研究院國家環境毒物研究中心
http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq_detail.php?id=74

附錄 6.8 PFHxS 污染物基本資料表 (Fact sheet)

PFHxS 是什麼？

- PFHxS (CAS: 355-46-4) 全名為全氟己烷磺酸鹽及其鹽類(Perfluorohexane-1-sulphonic acid and its salts)，是一種全氟及多氟烷基物質類阻燃劑。

PFHxS 的用途是什麼？

- PFHxS 被用作表面活性劑，包括含氟聚合物和不同材料（紙張、地毯、紡織品等）的防護和防水塗層，在紙張、包裝、地毯，皮革和服裝等紡織品、室內裝潢、家用產品（如炊具，地板拋光劑和防水噴霧劑）、消防泡沫、金屬電鍍、電子設備及組件、農藥（作為活性成分和添加劑）等產品中皆可能使用。亦為 PFOS 生產過程中的不純物，因此只要使用到 PFOS 時就可能有此 PFHxS 物質存在，且可能做為 PFOS 的替代物。

PFHxS 對人體的健康影響是什麼？

- PFHxS 具有高持久性及高生物累積性。
- 美國明尼蘇達州衛生部針對 PFHxS 建立健康影響評估報告，報告中提及 PFHxS 毒理試驗資料極少，目前僅有一份較完整的動物毒理研究，結果顯示暴露於 PFHxS 會造成體重及膽固醇減少、凝血酶原時間增加。

PFHxS 是怎麼進到我的飲用水中？

- 在使用和處理含 PFHxS 產品垃圾的過程中會釋放到空氣、土壤和水中。

國際上怎麼管理飲用水中的 PFHxS？

- 世界衛生組織、美國、歐盟、澳洲、紐西蘭、加拿大、韓國、中國、新加坡、日本均未針對飲用水中的 PFHxS 進行任何管制措施。

環保署怎麼管理飲用水中的 PFHxS？

- 環保署現階段針對我國飲用水中的 PFHxS 濃度進行檢測，並蒐集相關健康風險資料，以評估後續的管理方式。

我可以怎麼得到更多關於我的飲用水中的 PFHxS 的相關資訊？

- 國際化學品政策宣導網
<https://www.chemexp.org.tw/content/news/NewsDetail.aspx?id=3381>
- https://www.sgs.com.tw/zh-tw/news/2017/03/n_20170314_1

附錄七、中英對照表

英文名	中文名	英文名	中文名
1,1,1,2-Tetrachloroethane	1,1,1,2 四氯乙烷	2,4-DB (2,4-dichlorophenoxybutyric acid)	2,4-DB (2,4-二氯苯氧丁酸)
1,1,1-Trichloroethane	1,1,1-三氯乙烷	2,4-Dichlorophenol	2,4-二氯酚
1,1,1,2-tetrachloroethane	1,1,1,2 四氯乙烷	2,4-Dichlorophenoxy acetic acid	2,4-二氯苯氧乙酸 (2,4-D)
1,1,2-Trichloroethane	1,1,2-三氯乙烷	2,4-dinitrophenol	2,4-二硝基苯酚
1,1-Dichloroethane	1,1-二氯乙烷	2,4-dinitrotoluene	2,4-二硝基甲苯
1,1-Dichloroethylene (vinylidene chloride, 1,1-Dichloroethene)	1,1-二氯乙烯	2,4-toluenediamine	2,4-甲苯二胺
1,1-dichloropropene	1,1-二氯丙烯	2,6-dinitrotoluene	2,6-二硝基甲苯
1,2,3-Trichlorobenzene	1,2,3-三氯苯	2,6-toluenediamine	2,6-甲苯二胺
1,2,3-Trichloropropane	1,2,3-三氯丙烷	2-Chlorophenol	2-氯酚
1,2,4-Trichlorobenzene	1,2,4-三氯苯	2-Methoxyethanol	2-甲氧基乙醇
1,2,4-trimethylbenzene	偏三甲苯	2-Methylisoborneol (2-MIB)	二甲基異茨醇
1,2-Butadiene	1,2-丁二烯	2-methyl-Phenol (o-cresol)	2-甲酚
1,2-Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	1,2-二溴-3-氯丙烷	2-Naphthol	2-萘酚/ β -萘酚
1,2-Dibromoethane (Ethylene dibromide) (EDB)	1,2-二溴乙烷	2-Nitrophenol	2-硝基酚
1,2-Dichlorobenzene	1,2-二氯苯	2-propen-1-ol; allyl alcohol	烯丙醇
1,2-Dichloroethane	1,2-二氯乙烷	3-chloro-4-dichloromethyl-5-hydroxy-2-(5H)-furanone	3-氯-4-二氯甲基-5-羥基-2(5 氫)-呋喃酮 (MX)
1,2-Dichloroethene	1,2-二氯乙烯	3-Hydroxycarbofuran	3-羥基-克百威
1,2-Dichloropropane (1,2-DCP)	1,2-二氯丙烷	4,4'-Methylenedianiline	4,4'-二氨基二苯甲烷
1,2-diphenylhydrazine	1,2-二苯基聯氨	4-Butylphenol	丁基酚
1,2-Diphenylhydrazine	1,2-二苯基聯胺	4-Nitrophenol	4-硝基酚
1,3-Butadiene	1,3-丁二烯	Acanthamoeba	棘阿米巴屬
1,3-Dichlorobenzene	1,3-二氯苯	Acephate	毆殺松(殺蟲劑)
1,3-Dichloropropane	1,3-二氯丙烷	Acetaldehyde	乙醛
1,3-Dichloropropene	1,3-二氯丙烯	Acetamide	乙醯胺
1,3-Dinitrobenzene	1,3-二硝基苯	Acetaminophen	乙醯胺酚(俗稱:普拿疼)
1,4-Dichlorobenzene	1,4-二氯苯	Acetamiprid	亞滅培
1,4-Dioxane	1,4-環氧己烷	Acetochlor	乙草胺
17-alpha-estradiol	17 α -雌二醇	Acetochlor ethanesulfonic acid (ESA)	乙草胺乙烷磺酸鈉鹽
1-Butanol	正丁醇	Acetochlor oxanilic acid (OA)	乙草胺苯胺羧酸
2,2-dichloropropane	2,2-二氯丙烷	acetone	丙酮
2,3,4,6-Tetrachlorophenol	2,3,4,6-四氯酚	Acrolein	丙烯醛
2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid (2,4,5-T)	2,4,5-三氯苯氧基醋酸	Acrylamide	丙烯醯胺
2,4,6-Trichlorophenol	2,4,6-三氯酚	Acrylic acid	丙烯酸

中英對照表

英文名	中文名	英文名	中文名
Acrylonitrile	丙烯腈	Bromate	溴酸根
Adenovirus	腺病毒	Bromic acid	溴酸
Aeromonas hydrophila	產氣單胞桿菌屬	Bromide	溴離子
Alachlor	拉草(除草劑)	Brominated acetic acids	溴乙酸
Alachlor ethanesulfonic acid (ESA)	甲草胺乙烷磺酸鈉鹽	Bromobenzene	溴苯
Alachlor oxanilic acid (OA)	甲草胺苯胺羧酸	Bromochloroacetic acid	溴氯乙酸
Aldicarb	得滅克(殺蟲劑)	bromochloroacetonitrile	溴氯乙腈
Aldrin and Dieldrin	阿特靈/艾氏劑 及地特靈/狄氏劑	Bromodichloroacetic acid	溴二氯乙酸
alpha-hexachlorocyclohexane	六氯環己烷/ α 六氯環己烷(含林丹)蟲必死/六六六	Bromodichloromethane (BDCM)	溴二氯甲烷/二氯一溴甲烷
Aluminium	鋁	Bromoform	三溴甲烷
Ametryn	草殺淨(除草劑)	Bromophos ethyl	乙基溴磷松
Aminopyrine	胺基比林	Bromoxynil	溴苯腈 (除草劑)
Amitraz	三亞蟎(殺蟲劑)	Butachlor	丁基拉草
Amitrole	殺草強(除草劑)	Butanone	丁酮
Ammonia	氨	Butyl benzyl phthalate / Diisobutyl phthalate (BBP)	鄰苯二甲酸丁基苯甲酯
ammonium	氨	Butyl paraben	對羥基苯甲酸丁酯
anatoxin-a	魚腥藻毒素	Butyl xanthate	丁基黃原酸
anatoxin-a(s)	魚腥藻毒素[異構物]	Butylated hydroxyanisole	丁基羥基甲氧苯
Aniline	苯胺	Butylbenzene	丁苯
Anisole	苯甲醚	Cadmium	鎘
Antimony	銻	Calcium	鈣
Arsenic	砷	Caliciviruses(Caliciviridae)	杯狀病毒科
Asbestos	石棉	Campylobacter jejuni	空腸曲狀桿菌
Asulam	亞速爛(除草劑)	Captan	蓋普丹
Atrazine	草脫淨(除草劑)+ 含氯代謝物/莠去津	Carbaryl	加保利(殺蟲劑)
Azinphos-methyl	谷速松(殺蟲劑)	Carbendazim	貝芬替
Azithromycin / Zithromax	阿奇霉素	Carbofuran	克百威
Barium	鋇	Carbon tetrachloride	四氯化碳
Benomyl	免賴得	Carbophenothion	三硫磷
Bensulide	地散磷	Carboxin	萎鏽靈
Bentazone	本達隆/滅草松	Carfentrazone ethyl	乙基克繁草
Benzene	苯	Cartap	培丹
Benzo[a]pyrene	苯並[a]芘	Chloral	三氯乙醛
Benzophenone	二苯甲酮	Chloral hydrate	水合氯醛(麻醉劑)
Benzyl chloride	苯甲氯	Chloramines	氯胺 (一氯胺、二氯胺、三氯胺)
Beryllium [Be]	鈹	Chlorantraniliprole	剋安勃
Bioresmethrin	百列滅寧	Chlorate	氯酸鹽
Bismuth	鉍	Chlordane	可氯丹/氯丹
Bisphenol A	雙酚 A	Chlorfenvinphos	克芬松
Boron [B]	硼	Chloric acid	氯酸
Bromacil	克草(除草劑)	Chloride	氯鹽

中英對照表

英文名	中文名	英文名	中文名
Chlorine	氯	DCPA di-acid degradate	大克草
Chlorine dioxide	二氧化氯	DCPA mono-acid degradate	大克草
Chlorite	次氯酸鹽	DDE	滴滴涕的代謝物
Chloroacetones	氯酮類	DDT and metabolites ; dichlorodiphenyltrichloroethane ; DDT + isomers	滴滴涕和代謝物
Chloroform	三氯甲烷/氯仿	DEET	二乙基間甲苯胺
Chloromethane (Methyl chloride)	氯甲烷	Deltamethrin	第滅寧/溴氰菊酯
Chloropicrin	三氯硝甲烷; 氯化苦	Di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP)	鄰苯二甲酸二 (2-乙基己基)酯
Chlorothalonil	四氯異苯腈/百菌清	Di(2-ethylhexyl)adipate (DEHA) Bis(2-ethylhexyl) adipate	己二酸二辛酯 (己二酸二(2-乙基己基)酯)
Chlorotoluron	綠麥隆	Dialkyltins	二烷基錫
Chloroxuron	枯草隆	Diazinon	大利松
Chlorpyrifos/ Chlorpyrifos	陶斯松/毒死蜱	Dibromoacetic acid	二溴乙酸
Chlorsulfuron	氯磺隆	Dibromoacetonitrile	二溴乙腈
Chlortetracycline	氯四環黴素	Dibromochloroacetic acid	二溴氯乙酸
Chromium	鉻	Dibromochloromethane (DBCM)	二溴氯甲烷/一氯二溴甲烷
clarithromycin	克拉霉素	Dibutyl phthalate (DBP)	鄰苯二甲酸二丁酯
Clethodim	烯草酮	Dicamba	麥草畏
Clopyralid	畢克草	Dichlobenil	二氯苯腈
Clostridium perfringens	產氣莢膜梭(狀芽孢桿)菌	Dichloroacetic acid	二氯乙酸
Clothianidin	可尼丁	Dichloroacetonitrile	二氯乙腈
Cobalt	鈷	Dichloromethane	二氯甲烷
Colour	色度	Dichlorprop	2,4-DP
Conductivity	電導度	Dichlorvos	二氯松/敵敵畏
Copper	銅	Diclofenac	雙氯芬酸
Corrosivity	腐蝕性	Diclofop-methyl	禾草靈
Coxsackieviruses	克沙奇病毒	Dicofol	大克蟊
Cryptosporidium	隱孢子蟲	Dicrotophos	百治磷
Cumene hydroperoxide	異丙苯化過氧化氫	Diethyl Phthalate	鄰苯二甲酸二乙酯
Cyanazine	氰乃淨(除草劑)	Difenzoquat	野燕枯,野麥枯
Cyanide	氰鹽	Diflubenzuron	二福隆
Cyanobacteria	藍綠藻	Difolatan or Captafol	四氯丹
Cyanobacterial toxins— Microcystin-LR	微囊藻毒-LR 型	Dimethipin	噻節因
Cyanogen chloride	氯化氰	Dimethoate	大滅松/乐果
Cyanotoxins	藍綠藻毒	Dimethyl Phthalate (DMP)	鄰苯二甲酸二甲酯
Cyanuric acid	三聚氰酸	Dimethyl sulfoxide (DMSO)	二甲基氧化硫 二甲基亞砷
Cyfluthrin,Beta- cyfluthrin	賽扶寧	Di-n-octyl phthalate (DOP)	鄰苯二甲酸二辛酯
cylindrospermopsin	柱孢藻毒素	Dinoseb	地樂酚
Cypermethrin	賽滅寧	Dioxin	戴奧辛
Cyprodinil	賽普洛	Diphenamid	大芬滅
Dalapon	茅草枯(除草劑)	Diquat	敵草快/殺草快

中英對照表

英文名	中文名	英文名	中文名
Disulfoton	二硫松	Fenitrothion	撲滅松/殺螟松
Diuron	達有龍, 敵草隆	Fenobucarb	丁基滅必蟲
Echoviruses	埃可病毒	Fenoprofen	苯氧苯丙酸 (俗稱: 非諾布洛芬)
Edetic Acid (EDTA-Ethylene Diamine Tetraacetic Acid)	乙二胺四乙酸 (EDTA)	Fenoprop; 2,4,5-TP; Silvexa	2,4,5-涕丙酸; 2,4,5-三氯酚氧乙酸
Endosulfan	安殺番	Fensulfothion	繁福松
Endothall	草多索	Fenthion	芬殺松
Endrin	安特靈/異狄氏劑	Fenvalerate	芬化利
Enterococcus	腸球菌	Finasteride	非那雄胺
Enterovirus	腸病毒	Fipronil	芬普尼
Epichlorohydrin	環氧氯丙烷	Flamprop methyl	麥草氟甲酯
EPN	一品松	Fluometuron	伏草隆
EPTC (s-ethyl dipropylthiocarbamate)	茵草敵/丙草丹	Fluoride	氟鹽
equilenin	去氫馬烯雌酮	Flupropanate	克林草
equilin	烯雌酮	Foaming Agents	發泡劑
Erythromycin	紅黴素	Folpet	福爾培
Escherichia coli (O157)	大腸桿菌/大腸埃希氏菌	Fonofos	大福松
Esfenvalerate	益化利	Formaldehyde	甲醛
Estradiol (17-beta-estradiol) (E2)	β-雌二醇	Formothion	福木松
estriol	雌三醇	Fosamine	殺木磷
estrone	雌素酮	Gallium	鎂
Ethanolamine	乙醇胺	general bacteria	總細菌
Ethinyl Estradiol (17-alpha ethinyl estradiol) (EE2)	17α-乙炔基雌二醇	Geosmin (trans-1, 10-dimethyl-trans-9-decalol)	土臭素/二甲基萘烷醇
Ethion	愛殺松	Germanium	鍺
Ethoprop	滅克磷	Giardia lamblia	梨形鞭毛蟲/賈第鞭毛蟲
Ethoprophos	普伏松	Glufosinate	固殺草
Ethyl Lactate	乳酸乙酯	Glutaraldehyde	戊二醛
Ethyl paraben	對羥基苯甲酸乙酯	Glyphosate and AMPA	嘉磷塞/草甘膦
Ethylbenzene	乙苯	Haloacetic acids – Total (HAAs)	鹵乙酸類
Ethylene glycol	乙二醇	Halon 1011 (bromochloromethane)	一氯一溴甲烷
Ethylene oxide	氧化乙烯(環氧乙烷)	Haloxypop (Haloxypop-methyl, Haloxypop-P-methyl)	氯氟類(甲基合氯氟)
Ethylene thiourea	乙硫尿(亞乙基硫脲)	Hardness	總硬度
Ethylmercuric chloride	氯化乙基汞	HCFC-22	一氯二氟甲烷
Etridiazole	依得利	Helicobacter pylori	幽門螺桿菌
Fecal coliform	糞便性大腸桿菌群	Hepatitis A virus	A 型肝炎病毒
Fenamiphos	芬滅松	Heptachlor and Heptachlor epoxide	飛佈達和其環氧化物/七氯/七氯化茛
Fenarimol	芬瑞莫	Hexachlorobenzene	六氯苯

中英對照表

英文名	中文名	英文名	中文名
Hexachlorobutadiene (HCBd)	六氯丁二烯	Mecoprop (2(2-methyl-chlorophenoxy) propionic acid)	MCP
Hexachlorocyclopentadiene	六氯環戊二烯	Mercury	汞
Hexaflurate	六氟鹽	Mestranol	炔雌醇
hexane	正己烷	Metalaxyl	滅達樂
Hexazinone	菲殺淨(除草劑)	Metaldehyde	聚乙醛
homocysteinol-a	魚腥藻毒素同系物 a	Metham & byproduct (methylisothiocyanate, MTIC)	威百畝和代謝物 (異硫氰酸甲酯)
Hydrazine	聯胺/水合聯胺	Methamidophos	甲胺磷
Hydrogen sulfide	硫化氫	Methanol	甲醇
Hydroxyatrazine	草脫淨代謝物	Methiocarb	滅蟲威
Ibuprofen	異丁苯丙酸 (俗稱:布洛芬)	Methomyl	納乃得
Imazapyr	依滅草	Methoxychlor	甲氧氯
Imidacloprid	益達胺	Methyl bromide (Bromomethane)	溴化甲烷
Indium	銦	Methyl isobutyl ketone	甲基異丁酮
Indomethacin	吲哚美辛	Methyl paraben	對羥基苯甲酸甲酯
Inorganic tin	無機錫類	Methyl tertiary-butyl ether (MTBE) [#]	甲基第三丁基醚
Iodide	碘化物	Methylmercury	甲基汞
Iodine	碘	Metolachlor	莫多草
Iprodione	依普同	Metolachlor ethanesulfonic acid (ESA)	異丙甲草胺乙磺酸
Iron	鐵	Metolachlor oxanilic acid (OA)	異丙甲草胺苯胺羧酸
Isophorone	異佛爾酮	Metribuzin	滅必淨
Isopropyl carb	滅必蟲	Metsulfuron methyl	甲黃隆
Isopropanol /Isopropyl alcohol	異丙醇	Mevinphos	美文松
Isoproturon	異丙隆	microcystins	總微囊藻毒
Ketoprofen	凱妥布洛芬/苯酮 苯丙酸	Microsporidia (Enterocytozoon & Septata)	微孢子蟲
Lead	鉛	Molinate	稻得壯
Legionella	軍團菌屬	Molybdenum	鉬
Legionella pneumophila	退伍軍人桿菌	Monochloroacetic acid	一氯乙酸
Lindane	靈丹	Monochlorobenzene	一氯苯
Linuron	理有龍	Monocrotophos	亞素靈
Magnesium	鎂	Mycobacterium avium/ Mycobacterium avium intracellulare (MAC)	胞內鳥型分枝桿菌
Malathion	馬拉松(殺蟲劑)/ 馬拉硫磷	N,N-dimethylaniline	N,N 二甲基苯胺
Mancozeb	鋅錳乃浦	Naegleria fowleri	福氏耐格里原蟲
Manganese*	錳	Naphthalene	萘
MBAS	陰離子界面活性劑	Naphthenic acid	六氯苯甲酸，環烷酸
4-(2-methyl-4-chlorophenoxy) acetic acid; 4-Chloro-2-methylphenoxyacetic acid	MCPA	Napropamide	滅落脫

中英對照表

英文名	中文名	英文名	中文名
Naproxen	萘普生/甲氧鈉丙酸 (俗稱: 拿百疼)	Oxybenzone	羥苯甲酮
N-Butyl Acetate	乙酸正丁酯	Oxydemeton-methyl	亞砒磷
n-Heptane	正庚烷	Oxygen Demand; oxidizability	需氧量/耗氧量 (COD Mn 法)
Nicarbazin	乃卡巴精	Oxyfluorfen	復祿芬
Nickel	鎳	Oxytetracycline	羥四環黴素
Nitralin	滅殺草	Ozone	臭氧
Nitrate	硝酸鹽	Paraquat	巴拉刈
Nitrile in organic compound	有機氰化物	Parathion	巴拉松
Nitrilotriacetic acid (NTA)	氨三乙酸	Parathion-methyl	甲基巴拉松/甲基 對硫磷
Nitrite	亞硝酸鹽	Pebulate	克草敵
Nitrobenzene	硝基苯	Pencycuron	賓克隆
Nitroglycerin	硝化甘油	Pendimethalin	施得圃 (除草劑)
N-Methyl-2-pyrrolidone/ 1-Methyl-2-pyrrolidone	N-甲基吡咯烷酮/ 1-甲基吡咯烷酮	Pentachlorophenol (PCP)	五氯酚
N-nitrosodiethylamine (NDEA)	二乙基-N-亞硝胺 N-亞硝二乙胺	Pentachloropropane	五氯丙烷
N-Nitrosodimethylamine (NDMA)	N-亞硝二甲胺	Perchlorate	高氯酸鹽
N-nitroso-di-n-propylamine (NDPA)	N-亞硝基二丙胺	Perchloric acid	高氯酸
N-Nitrosodiphenylamine	N-亞硝基二苯胺	perfluorononan-1-oic acid	全氟壬酸
N-nitrosopyrrolidine (NPYR)	N-亞硝基吡咯烷	Perfluorooctane sulfonic acid (PFOS)	全氟辛烷磺酸
nodularin	節球藻毒素	Perfluorooctanoic acid (PFOA)	全氟辛烷酸
Non-ionic surfactant	非離子性介面活性劑	Permethrin	百滅寧、松樹效寧
Nonyl phenol (NP)	壬基酚	Pesticides	殺蟲劑
Nonylphenol polyethylene glycol ether (NPnEO)	壬基酚聚乙氧基醇	Petroleum product	石油碳氫化合物/ 石油類(總量)
Norethindrone (19- Norethisterone)	炔諾酮	pH	酸鹼值
Norflurazon	達草滅	Phenols	酚類
n-Propylbenzene	丙苯	Phorate	福瑞松
Octylphenol	辛基酚	Picloram	皮克落(落葉劑)
Odour	臭度	Piperonyl butoxide	協力精
Omethoate	毆滅松	Pirimicarb	比加普
organotins	有機錫類	Pirimiphos ethyl	乙基亞特松
Oryzalin	歐拉靈(除草劑)	Pirimiphos-methyl	亞特松(殺蟲劑)
o-Toluidine	鄰-甲苯胺	p-Isopropyltoluene (p- cymene)	對-異丙基甲苯
Oxadiazon	樂滅草(除草劑)	Polihexanide	聚己縮胍
Oxamyl (Vydate)	歐殺滅 (殺蟲劑)	Polychlorinated biphenyls (PCBs)	多氯聯苯
oxidisability	抗氧化性	Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) polynuclear aromatic hydrocarbons	多環芳香烴
Oxirane, methyl-	環氧丙烷	Potassium permanganate	過錳酸鉀

中英對照表

英文名	中文名	英文名	中文名
Primisulfuron methyl	氟嘧磺隆(除草劑)	Sulprofos	硫丙磷
Procyimdone	撲滅寧(殺菌劑)	Taste	口感
Profenofos	佈飛松	Tebuconazole	得克利
Prometon	撲滅通	Tebufenozide	得芬諾
Propachlor	雷蒙得	Tellurium	碲
Propane	丙烷	Temephos	亞培松
Propanil	除草靈 (除草劑)	Temperature	溫度
Propargite	毆蟪多	teraethyl lead	四乙基鉛
Propazine	普拔根(除草劑)	Terbutryn	特丁淨
Propiconazole	普克利	Tetrachloroethylene	四氯乙烯
Propoxur	安丹	Tetrachlorvinphos	樂本松
Propyl paraben	對羥基苯甲酸丙酯	Tetracycline	四環黴素
Propylene glycol 1-methyl ether	丙二醇甲醚	Tetramethyl ammonium hydroxide (TMAH)	氫氧化四甲基胺
Propylene glycol monomethyl ether acetate	丙二醇甲醚醋酸酯	Thallium [Tl]	鉍
Propyzamide	戊炔草胺	Thiabendazole	腐絕(殺蟲劑)
Pseudomonas aeruginosa	綠膿桿菌(銅綠假單胞菌)	Thiacloprid	賽果培
Pyrasulfotole	匹拉沙托	Thiamethoxam	賽速安
Pyrazophos	白粉松	Thiobencarb	殺丹
Pyriproxyfen/ pyriproxifen	百利普芬	Thiodicarb	硫敵克
Pyroxsulam	啞磺草胺	Thiometon	硫滅松
Quinoline	喹啉	Thiophanate	硫菌靈
Quintozene	五氯硝苯(農藥)	Thiophanate-methyl	甲基多保淨
RDX (Hexahydro-1,3,5 - trinitro-1,3,5-triazine)	環三亞甲基三硝胺	Thiram	得恩地
Residual chlorine	餘氯	Titanium	鈦
Salmonella enterica	腸道沙門氏菌	Toltrazuril	達球靈
Saxitoxins	岩毒素	Toluene	甲苯
sec-Butylbenzene	仲丁基苯	Toluene diisocyanate	二異氰酸甲苯
Selenium	硒	Total dissolved solids (TDS)	總溶解固體量
Shigella sonnei	宋內氏志賀菌	Total organic carbon (TOC)	總有機碳
Silicon	矽	total pathogenic protozoa	致病性原生動物
Silver	銀	Toxaphene	毒殺芬(殺蟲劑)
Simazine	草滅淨 (除草劑)	Triadimefon	三泰芬
Smell	氣味	Tri-allate	滅草
Sodium (Na)	鈉	Triazines & degradation products of triazines	三嗪類
Sodium dichloroisocyanurate	二氯異氰尿酸鈉	tribromoacetic acid	三溴乙酸
Sodium Fluoroacetate	氟乙酸鈉, 1080	Tribufos	脫葉磷
Spirotetramat	賜派滅	Tributyltin oxide	三丁基氧化錫 (TBTO)
Styrene (Vinyl benzene)	苯乙烯	Trichlorfon	三氯松
Sulfamethoxazole	磺胺甲噁唑	trichloroacetonitrile	三氯乙腈
Sulfite-reducing bacteria	亞硫酸鹽還原菌	Trichlorobenzenes (Total) ⁺	三氯苯
Sulphate	硫酸鹽	Trichloroethylene (Trichloroethene)	三氯乙烯
Sulphide	硫化物	Triclopyr	三氯比(除草劑)

中英對照表

英文名	中文名	英文名	中文名
Triclosan	二氯苯氧氯酚/三氯沙	Vanadium	釩
Triethylamine	三乙胺	Vernolate	滅草猛
triethylenetetramine	三乙烯四胺	Vinclozolin	免克寧
Trifluralin	三福林, 氟樂靈	Vinyl acetate	乙酸乙烯酯
Trihalomethanes (THM)	三鹵甲烷	Vinyl chloride	氯乙烯
Triphenyltin hydroxide (TPTH)	三苯基氫氧化錫	Viruses (enteric)	腸道病毒
Turbidity	濁度	Xylenes	二甲苯
Uranium	鈾	Zinc	鋅
Urethane	氨基甲酸乙酯	Ziram	福美鋅