

計畫編號：EPA-05-J106-02-A120

106 年飲用水新興污染物研究與水質管理

受託單位：國立成功大學
計畫執行期間：中華民國106年02月14日 至
中華民國106年12月31日

印製年月：中華民國 106 年 12 月

行政院環境保護署編印



計畫編號：EPA-05-J106-02-A120

106 年飲用水新興污染物研究與水質管理

期末報告

計畫主持人：黃良銘教授
協同主持人：林財富特聘教授、王根樹教授
陳婉如助理教授
研究助理：謝淑婷、陳緻紘、蔡沁芳、邱翌竹、
吳怡儒
計畫經費：新臺幣捌佰陸拾玖萬元整
執行單位：國立成功大學
計畫執行期間：中華民國106年02月14日 至
中華民國106年12月31日

印製年月：中華民國 106 年 12 月

行政院環境保護署編印

「106 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	一百零六年度	計畫編號	EPA-05-J106-02-A120	
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 106 年 2 月 14 日至 106 年 12 月 31 日			
辛、本期期間	民國 106 年 2 月 14 日至 106 年 12 月 31 日			
壬、本期經費	8690 千元			
	資本支出	經常支出		
	土地建築 <u> 0 </u> 千元	人事費 <u>2,098,528</u> 千元		
	儀器設備 <u> 0 </u> 千元	業務費 <u>4,699,405</u> 千元		
	其他 <u> 0 </u> 千元	材料費 <u> 0 </u> 千元		
		其他 <u>1,892,064</u> 千元		
癸、摘要關鍵字（中英文各三則） <u>監測計畫、水安全計畫、亞硝胺類化合物</u> <u>monitoring plan, water safty plan, nitrosamines</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	11	06-2757575 #65837 whang@mail.ncku.edu.tw
王根樹	協同主持人	國立臺灣大學 教授	11	02-33668098 gswang@ntu.edu.tw
林財富	協同主持人	國立成功大學 教授	11	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	11	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	11	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	11	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	11	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	11	07-8152248 #817 evonnelai0611@gmail.com
蔡沁芳	資料收集 與彙整	國立成功大學 研究助理	7	06-2757575 #65850 #37 moonaswind@gmail.com
陳緻紘	資料收集 與彙整	國立成功大學 博士生	6	06-2757575 #65850 #37 pickachuj@hotmail.com

計畫成果中英文摘要（簡要版）

一、中文計畫名稱：

106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 2017

三、計畫編號：

EPA-05-J106-02-A120

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：

2017/2/14

七、執行結束時間：

2017/12/31

八、報告完成日期：

2017/11/29

九、報告總頁數：

314

十、使用語言：

中文

十一、報告電子檔名稱

EPA-05-J106-02-A120 期末報告

十二、報告電子檔格式

PDF 檔

十三、中文摘要關鍵字

監測計畫，水安全計畫，亞硝胺類化合物

十四、英文摘要關鍵字

monitoring plan, water safety plan, nitrosamines

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相關資料蒐集，並彙整蒐集清單物質本土檢測數據，據以提出補充監測數據的優先順序。此外將硼、N-亞硝二甲胺、N-亞硝二乙胺、鄰苯二甲酸二丁酯、全氟辛酸、全氟辛酸磺酸等六項物質納入觀察清單。本計畫抽驗飲用水中25項未列管新興污染物，其中僅鄰苯二甲酸二（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。此外本計畫亦選定檢討更新飲用水列管項目中 9 項重金屬及 9 項揮發性有機物之毒理資料庫。針對我國飲用水管理制度，本計畫蒐集分析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，建議我國可選擇淨水場進行試辦水安全計畫，並建議針對我國過去環保機關及自來水事業檢測數據進行大數據分析，據以評析自來水事業有關供水水質監測項目及監測頻率機制。

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. This project also collected the monitoring histories of unregulated contaminants, and proposed a priority list of unregulated contaminants monitoring. Besides, boron, N-nitrosodimethylamine, N-nitrosodiethylamine, perfluorooctanoic acid, perfluorooctane sulfonic acid, and dibutyl phthalate were proposed to be included into Contaminant Candidate List. In addition, this project inspected 25 unregulated compounds of emerging concern in drinking water. Only di(2-ethylhexyl)phthalate have been tested with concentration higher than drinking water quality standard of other countries. After evaluating monitoring histories of di(2-ethylhexyl)phthalate, it was included into Regulation Determination List to assess if it is necessary to be regulated. This project also review and update toxicology database of 9 metals and 9 volatile organic compounds of drinking water quality regulation compounds. After collecting and review international drinking water management, this project suggested to put drinking water quality regulated and unregulated contaminants monitoring plan in Law. Besides, this project suggested to select a drinking water system to demonstrate the implement of water safety plan.

目次

目次	I
圖次	V
表次	V
報告大綱	VII
計畫成果摘要（詳細版）	XI
第一章 前言	1
1.1 計畫背景	1
1.2 計畫目標	8
1.3 計畫內容	8
第二章 飲用水列管項目篩選作業	11
2.1 篩選作業流程	11
2.2 更新初步蒐集清單	13
2.3 初步蒐集清單優先評估物質之篩選	18
2.3.1 環境水體農藥管制現況	20
2.3.2 臺灣農藥使用現況及歷史環境監測結果	20
2.3.3 優先評估物質淨水場及環境流布歷史調查結果	30
2.3.4 採樣淨水場之選取	32
2.4 初步蒐集清單優先評估物質採樣與分析方法	35
2.4.1 採樣方式	35
2.4.2 水中農藥分析方法	35
2.4.3 水中亞硝胺類化合物分析方法	37
2.5 採樣分析結果與討論	39
2.5.1 第一次採樣結果分析與討論	39
2.5.2 第二次採樣結果分析與討論	43
2.5.3 第三次採樣結果分析與討論	48
2.5.4 106 年採樣分析結果綜合討論	52
2.5.5 水中亞硝胺類化合物可能來源	54
2.5.6 水中亞硝胺類污染物去除方式	55
2.6 初步蒐集清單優先評估物質毒理資料庫建立	55
2.6.1 N-亞硝二甲胺(N-nitrosodimethylamine, NDMA)	57
2.6.2 N-亞硝二乙胺(N-nitrosodiethylamine, NDEA)	57
2.6.3 N-亞硝基吡咯烷(N-nitrosopyrrolidine, NPYR)	58
2.6.4 馬拉松(Malathion)	58
2.6.5 歐殺滅(Oxamyl)	59
2.6.6 愛殺松(Ethion)	59
2.7 蒐集清單物質之水質檢測資料彙整分析	61

2.8 觀察清單	70
2.8.1 106 年觀察清單物質篩選	70
2.8.2 觀察清單物質監測計畫規劃	78
2.9 候選清單	83
第三章 國內飲用水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	94
3.5 採樣方法、保存方法及送樣注意事項講習會	95
3.6 抽驗結果	96
第四章 飲用水管理法規制度	99
4.1 世界衛生組織(WHO)	99
4.2 美國	100
4.3 歐盟	104
4.4 澳洲	106
4.5 日本	106
4.6 飲用水水質監測計畫	108
4.6.1 歐盟	108
4.6.2 澳洲	110
4.6.3 美國	110
4.6.4 日本	111
4.6.5 我國	111
4.6.6 綜合建議	112
4.7 水安全計畫	113
第五章 其他工作項目	115
5.1 飲用水中全氟辛烷酸及全氟辛烷磺酸之管理	115
5.1.1 本土淨水場檢測結果	115
5.2 飲用水中鉛濃度的採樣方法檢討	116
5.3 飲用水中銅鋅之國際管制情況	118
5.4 飲用水加氟的相關風險與劑量	118
5.5 飲用水中亞硝酸鹽氮之風險	120
5.5.1 國際管制情形	120
5.6 飲用水中環境荷爾蒙及塑化劑之管理	122
第六章 結論與建議	127
6.1 結論	127
6.2 建議	129
第七章 參考文獻	131

附錄	133
附錄一 抽驗項目詳細採樣點位規劃	133
附錄二 講習會照片	142
附錄三 飲用水中全氟辛烷酸及全氟辛烷磺酸之管理專諮會簡報資料	144
附錄四 現行飲用水列管項目毒理資料庫更新	153
附錄 4.1 鉛	154
附錄 4.2 硒	159
附錄 4.3 砷	163
附錄 4.4 鉻	167
附錄 4.5 鎘	172
附錄 4.6 鋇	176
附錄 4.7 銻	180
附錄 4.8 鎳	185
附錄 4.9 汞	189
附錄 4.10 三氯乙烯	194
附錄 4.11 四氯化碳	200
附錄 4.12 1,1,1-三氯乙烷	205
附錄 4.13 1,2-二氯乙烷	211
附錄 4.14 氯乙烯	216
附錄 4.15 苯	221
附錄 4.16 1,4-二氯苯	226
附錄 4.17 1,1-二氯乙烯	231
附錄 4.18 二氯甲烷	236
附錄五 毒理資料庫	241
附錄 5.1 N-亞硝二甲胺 (N-Nitrosodimethylamine)	241
附錄 5.2 N-亞硝二乙胺 (N-Nitrosodiethylamine)	246
附錄 5.3 N-亞硝基吡咯烷 (N-nitrosopyrrolidine)	251
附錄 5.4 馬拉松 (Malathion)	256
附錄 5.5 歐殺滅(Oxamyl)	263
附錄 5.6 愛殺松 (Ethion)	269
附錄六 專家諮詢會議與期中審查	273
附錄 6.1 第一次專家諮詢會議記錄	273
附錄 6.2 第一次專家諮詢會議委員意見回覆	277
附錄 6.3 第二次專家諮詢會議記錄	283
附錄 6.4 第二次專家諮詢會議委員意見回覆	286
附錄 6.5 第三次專家諮詢會議記錄	290
附錄 6.6 第三次專家諮詢會議委員意見回覆	294
附錄 6.7 期中審查會議意見回覆	300

附錄 6.8 期末審查會議意見回覆.....	306
附錄七、樣品檢測分析之品保品管	312
附錄八、本計畫檢測數據資料列表	314

圖次

圖 2.1-1 行政院環境保護署飲用水列管項目篩選作業流程	12
圖 2.7-1 蒐集清單監測順序評估流程	66
圖 4.7-1 水安全計畫建置與實施流程圖	114

表次

表 1.1-1 過去計畫建議之蒐集清單項目	5
表 2.2-1 本計畫參考國外法規列表	14
表 2.2-2 106 年初步蒐集清單 454 項物質	16
表 2.3-1 臺灣飲用水水質標準管制之農藥及其限值	20
表 2.3-2 農藥進口量及使用量（公升/公斤）	23
表 2.3-3 本年度待評估污染物選定說明	28
表 2.3-4 優先評估物質之國際飲用水法規規範	29
表 2.3-5 優先評估物質 12 年內淨水場及環境流布調查之參考資料	30
表 2.3-6 優先評估物質在淨水場及環境水體流布之歷年監測結果	31
表 2.3-7 本年度計畫採樣淨水場名單	34
表 2.4-1 以 UPLC/MS/MS 分析物種之母離子、子離子及內標準品	36
表 2.4-2 農藥化合物檢測之質譜儀參數	37
表 2.4-3 氣相層析質譜儀之操作參數設定	38
表 2.5-1 第一次採樣當週各淨水場區域之累積雨量	39
表 2.5-2 第一次採樣淨水場水質參數（5 月）	40
表 2.5-3 第一次採樣檢測結果	41
表 2.5-4 第一次採樣全流程檢測結果	42
表 2.5-5 第二次採樣當週各淨水場區域之累積雨量	44
表 2.5-6 第二次採樣淨水場水質參數（8 月）	44
表 2.5-7 第二次採樣檢測結果	46
表 2.5-8 第二次採樣全流程檢測結果	47
表 2.5-9 第三次採樣當週各淨水場區域之累積雨量	48
表 2.5-10 第三次採樣淨水場水質參數（9 月）	49
表 2.5-11 第三次採樣檢測結果	50
表 2.5-12 第三次採樣全流程檢測結果	51
表 2.5-13 106 年度淨水場待測污染物檢測濃度	53
表 2.6-1 N-亞硝二甲胺毒性數據	57
表 2.6-2 N-亞硝二乙胺毒性數據	58
表 2.6-3 N-亞硝基吡咯烷毒性數據	58

表 2.7-1 106 年蒐集清單物質 (90 項)	61
表 2.7-2 蒐集清單項目之淨水場水質資料彙整	62
表 2.8-1 污染物出現普遍性及濃度量化分數表	71
表 2.8-2 蒐集清單物質篩選評分資料彙整	72
表 2.8-3 蒐集清單物質毒理資料彙整	75
表 2.8-4 模式分數與納入觀察清單與否	77
表 2.8-5 觀察清單物質基本資料	79
表 2.8-6 建議檢測淨水場	80
表 2.9-1 歷年納入觀察清單之物質	84
表 2.9-2 鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP)本土飲用水檢測結果	84
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 健康參考水準計算公式	87
表 3.1-3 健康參考水準(HRL)計算參數.....	87
表 3.1-4 本計畫抽驗未列管新興污染物於國際上管制情況	88
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	92
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	94
表 3.6-1 抽驗結果彙整	97
表 4.1-1 世界衛生組織安全水指引目錄內容	100
表 4.2-1 美國安全飲用水法(Safe Drinking Water Act, SDWA)大綱.....	102
表 4.3-1 歐盟「飲用水指令(Drinking Water Directive 98/83/EC)」大綱.....	105
表 4.4-1 澳洲飲用水指引大綱	106
表 4.6-1 歐盟飲用水水質監測計畫供水量與水質最低監測頻率	109
表 5.1-1 全氟碳化物本土淨水場檢測結果 (單位: ng/L)	116
表 5.3-1 飲用水中銅鋅之國際管制情況	118
表 5.5-1 國際上亞硝酸氮及硝酸鹽氮之管制標準/指引值	121
表 5.6-1 鄰苯二甲酸酯類本土飲用水檢測結果(單位: mg/L).....	123
表 5.6-2 鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP)本土飲用水檢測結果(單位: mg/L)	124
表 5.6-3 壬基酚 (NP)與雙酚 A 本土飲用水檢測結果(單位: mg/L).....	124
表 5.6-4 健康參考水準(HRL)計算參數.....	125

報告大綱

本計畫報告內容主要分成八章，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，並提出 106 年觀察清單物質。今年度 WHO 飲用水指引及加拿大飲用水水質標準有更新，然更新的項目均已包含於我國初步蒐集清單中，其他國家之飲用水水質標準均未更新。而美國新澤西州將規範飲用水中 2 種全氟碳化物—全氟辛酸(PFOA)與全氟壬酸(PFNA)，全氟碳化物 PFOA 及 PFOS 為我國社會高度關注之污染物，已納入本年度觀察清單，而 PFNA 尚未列入初步蒐集清單，考慮其性質及來源與 PFOA、PFOS 相似，因此本計畫將全氟壬酸(PFNA)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。此外本計畫自初步蒐集清單中篩選馬拉松、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 項物質進行本土淨水場調查及風險評估，調查評估後納入 106 年蒐集清單（共計 90 項物質），並建立毒理資料庫列於附錄五。此外，本計畫彙整蒐集清單中各物質對健康的影響(Health effect)以及存在情形(Occurrence)之資料，並根據篩選評估原則進行每項物質的風險評分，將硼、N-亞硝二甲胺(NDMA)、N-亞硝二乙胺(NDEA)、鄰苯二甲酸二丁酯、全氟辛酸(PFOA)、全氟辛酸磺酸(PFOS)等六項物質納入觀察清單，並規劃監測計畫。此外

考量鄰苯二甲酸二（乙基己基）酯於我國飲用水中發生的情況，將其納入候選清單中，進一步評估列入飲用水水質標準的必要性。

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：銻、鎘、鉍、甲醛、N-亞硝二甲胺(NDMA)、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、六氯苯、六氯環戊二烯、芬殺松、甲基多保淨、固殺草、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）、鄰苯二甲酸二（乙基己基）酯（DEHP）、微囊藻毒 LR 型等 25 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。

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：協助「飲用水中全氟辛烷酸及全氟辛烷磺酸之管理專家諮詢會」會議資料準備、飲用水中鉛濃度的採樣方法檢討、飲用水中銅鋅之國際管制情況彙整、飲用水加氯的相關風險與劑量資料蒐集彙整、飲用水中亞硝酸鹽氮之風險、協助「飲用水中環境荷爾蒙及塑化劑之管理專家諮詢會」會議資料準備等。

第六章則為本計畫執行之結論與建議。參考文獻則詳列於第七章。本計畫執行之三次專家會議之會議記錄、意見回覆及期中、期末審查意見回覆則列於附錄六。

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，包含重金屬（砷、鉛、硒、鉻、鎘、鋇、銻、鎳、汞）及揮發性有機物（三氯乙烯、四

氯化碳、1,1,1-三氯乙烷、1,2-二氯乙烷、氯乙烯、苯、對-二氯苯、1,1-二氯乙烯、二氯甲烷），詳列於附錄四。

計畫成果摘要（詳細版）

計畫名稱：106 年飲用水新興污染物研究與水質管理

計畫編號：EPA-05-J106-02-A120

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：2017/2/14~2017/12/31

計畫經費：8,690,000 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相關資料蒐集，並彙整蒐集清單物質本土檢測數據，據以提出補充監測數據的優先順序。此外將硼、N-亞硝二甲胺、N-亞硝二乙胺、鄰苯二甲酸二丁酯、全氟辛酸、全氟辛烷磺酸等六項物質納入觀察清單。本計畫抽驗飲用水中 25 項未列管新興污染物，其中僅鄰苯二甲酸二（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。此外本計畫亦選定檢討更新飲用水列管項目中 9 項重金屬及 9 項揮發性有機物之毒理資料庫。針對我國飲用水管理制度，本計畫蒐集分析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，建議我國可選擇淨水場進行試辦水安全計畫，並建議針對我國過去環保機關及自來水事業檢測數據進行大數據分析，據以評析自來水事業有關供水水質監測項目及監測頻率機制。

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. This project also collected the monitoring histories of unregulated contaminants, and proposed a priority list of unregulated contaminants monitoring. Besides, boron, N-nitrosodimethylamine, N-

nitrosodiethylamine, perfluorooctanoic acid, perfluorooctane sulfonic acid, and dibutyl phthalate were proposed to be included into Contaminant Candidate List. In addition, this project inspected 25 unregulated compounds of emerging concern in drinking water. Only di(2-ethylhexyl)phthalate have been tested with concentration higher than drinking water quality standard of other countries. After evaluating monitoring histories of di(2-ethylhexyl)phthalate, it was included into Regulation Determination List to assess if it is necessary to be regulated. This project also review and update toxicology database of 9 metals and 9 volatile organic compounds of drinking water quality regulation compounds. After collecting and review international drinking water management, this project suggested to put drinking water quality regulated and unregulated contaminants monitoring plan in Law. Besides, this project suggested to select a drinking water system to demonstrate the implement of water safety plan.

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 Emerging 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。

此外蒐集清單物質於我國淨水場之檢測數據及健康毒理資料，依「推動飲用水列管項目之篩選作業計畫」建立之評分原則，進行每項物質對健康的影響(Health effect)以及存在情形(Occurrence)的風險評分，據以提出 106 年觀察清單物質及其監測計畫，此外依據下列原則提出蒐集清單物質補充監測數據的優先順序。

- 一、已有超過 200 筆本土淨水場清水監測數據之物質，暫不需要補充監測數據。
- 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應優先補充監測數據，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，本土淨水場發生率高之物質應優先補充監測數據，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。

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 WHO 飲用水指引及加拿大飲用水水質標準有更新，然更新的項目均已包含於我國初步蒐集清單中，其他國家之飲用水水質標準均未更新。美國新澤西州將規範飲用水中 2 種全氟碳化物，全氟辛酸(PFOA)與全氟壬酸(PFNA)，全氟碳化物 PFOA 及 PFOS 為我國社會高度關注之污染物，已納入本年度觀察清單，故本計畫將全氟壬酸(PFNA)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 項優先評估物質，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，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，其中新山淨水

場與豐原淨水場為全流程採樣（原水、沈澱、過濾、清水），第一次採樣分析結果後，專家諮詢會建議進一步瞭解太湖淨水場之亞硝胺類化合物分布情形，故於第二次及第三次採樣，太湖淨水場增加處理流程中亞硝胺類化合物之樣本檢測（原水、生物硝化、浮除、慢濾、NF 及清水）。農藥檢項（馬拉松、歐殺滅、愛殺松）在此次篩選之北、中、南與外島之 6 座淨水場，原水、清水與流程水採樣分析皆未檢出（針測極限 0.5-2.5 $\mu\text{g/L}$ ），顯示此三項農藥未對飲用水水質造成影響，故在農藥殘留對人體健康之衝擊，應可優先考量其他暴露途徑（如食物等）。

本年度檢測水中亞硝胺類污染物三項（NDMA、NDEA、NPYR），檢測樣本含第 2 次與第 3 次採樣加測之太湖淨水場流程水共 56 個樣品，其中 5 個樣品檢出亞硝胺類污染物，檢出率為 8.9%，本年度檢出之亞硝胺類污染物 NDMA 或 NDEA 皆為微量濃度（數個 ng/L ），遠低於各國飲用水法規值或健康指引值，但基於終生飲用水安全衛生考量與釐清可能來源以便擬定處理策略，飲用水中亞硝胺類之可能來源主要為溶解性有機氮化合物（如二甲胺或三甲胺等）及氨氮。

本計畫抽驗之 25 個項目中，銻、鎘、鉍、芬殺松、甲基多保淨、N-亞硝二甲胺(NDMA)、甲醛、壬基酚、雙酚 A、鄰苯二甲酸二甲酯（DMP）、鄰苯二甲酸二乙酯（DEP）、鄰苯二甲酸二辛酯、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、氯苯、乙苯、苯乙烯、甲基第三丁基醚、六氯苯及六氯環戊二烯、微囊藻毒 LR 型等 22 個檢測項目於我國淨水場中大於國際管制標準(或 HRL)最小值的發生率均為 0。

本計畫抽驗 100 個淨水場清水中固殺草濃度，其中僅有一個抽驗樣品濃度略大於健康參考水準 0.0012 mg/L ，檢出值為 0.0018 mg/L ，其餘 99 個抽驗樣品均低於健康參考水準，建議後續持續監測我國飲用水中的固殺草，了解其分布及濃度。

針對鄰苯二甲酸二丁酯，本計畫共抽驗 400 個樣品，其中僅有兩個樣品檢出鄰苯二甲酸二丁酯濃度略高於中國飲用水水質目標值 0.003 mg/L ，檢出值分別為 0.0033 及 0.0046 mg/L ，然此檢出濃度低於日本飲用水水質目標值及健康參考水準。鄰苯二甲酸二丁酯已於本計畫第二次專家會議中決議納入觀察清單，建議後續增加檢測頻率，並據以評估是否納入候選清單考慮列管。

國際上已有許多先進國家針對鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯訂定飲用水水質標準或目標值（非法律強制管制值），其中以美國訂定之標準值 0.006

mg/L 最低，本計畫共抽驗 400 個樣品，其中僅有 1 個樣品檢出濃度略高於美國飲用水質標準 0.006 mg/L，檢出值為 0.0086 mg/L，然此檢出濃度低於澳洲、日本及南韓的飲用水水質目標值/指引值以及紐西蘭的飲用水質標準。鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯已於本計畫決議納入候選清單，評估納入飲用水水質標準之必要性。

本計畫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，其中各國為確認飲用水水質均有制定飲用水監測計畫，各國監測計畫的詳細內容雖有不同，但主要包含幾項概念：

- 一、依不同管制項目或類別，規範不同之監測頻率。
- 二、依供水量規範不同之監測頻率。
- 三、微生物檢測之頻率不宜降低。
- 四、藉由提供歷年檢測資料證明飲用水品質，可降低監測頻率，將用於監測較無影響的污染物的經費用來監測較為重要的污染物。

我國飲用水水質標準及自來水水質標準中規範之監測要求亦包含上述概念，建議後續可先針對我國過去環保機關及自來水事業檢測數據進行大數據分析，並據以評析自來水事業有關供水水質監測項目及監測頻率機制。

此外，為有效運用監測分析之經費，建議針對檢出值持續遠低於管制值之項目規劃降低監測頻率之機制，轉而監測其他較需被關注之項目。同時針對降低監測頻率之檢測項目應擬定檢討機制，執行做法包含：

- 一、一旦檢出值接近管制值及應恢復原本檢測頻率。
- 二、限制降低檢測頻率的時間(例如：3 年或 5 年)，期滿應恢復監測頻率，恢復監測頻率後之監測結果若仍顯示遠低於管制值，則可再次降低監測頻率。

未列管物質監測計畫最大之疑慮為監測費用高昂，宜考慮針對水廠特性及潛在風險研擬監測計畫，並依監測結果調整監測頻率及項目，以減低監測負擔並提升監測效能。建議參考美國做法，每 3 年或 5 年檢討並提出應監測之未列管物質項目，並提出可採用之檢測方法及檢測單位供自來水事業參考，以因應新興污染物的產生。

此外國際上許多國家均已開始辦理「安全水計畫」，日本近年來亦開始應用「安全水計畫」，並建立相關實施工具、文件；德國波昂是國際「安全水計畫」發源地，透過「安全水計畫」的執行及推動，改善水質、強化用戶對飲用水的信心；加拿大亞伯達省(Alberta)更是立法規定自來水事業必須執行「安全水計畫」，並建構完整「安全水計畫」執行流程、教育訓練、相關

教材等。自來水協會技術管理委員會 102 年曾委託台大駱尚廉教授研議水安全計畫，亦建議我國效法國外制度建立水安全計畫。本計畫於第三次專家會議中提出建議我國可考慮選擇淨水場進行安全水計畫試辦。

結 論

本計畫辦理飲用水列管物質篩選作業，新增全氟壬酸進入初步蒐集清單、新增馬拉松、歐殺滅、愛殺松、N-亞硝二甲胺、N-亞硝二乙胺、N-亞硝基吡咯烷進入蒐集清單、新增硼、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、新增鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯進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。此外更新蒐集清單並彙整蒐集清單物質於我國淨水場之檢測數據，提出補充監測數據的優先順序

今年度自初步蒐集清單中篩選出六項優先評估物質(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)於六座代表性淨水場進行監測及相關資料蒐集，三項農藥(馬拉松、歐殺滅、愛殺松)皆未檢出，顯示未對飲用水水質造成影響，N-亞硝二甲胺、N-亞硝二乙胺於少數淨水場中有檢出，然檢出濃度均極低，暫無顯著健康風險。

本計畫抽驗分析 25 項飲用水中未列管新興污染物，其中僅鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯曾檢出高於國際上部分國家管制標準之測值，本計畫彙整歷年檢測結果，經專家會議討論後將鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯納入候選清單，進一步評估是否應納入我國飲用水水質標準進行管制。

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，本計畫建議後續可先針對我國過去環保機關及自來水事業檢測數據進行大數據分析，並據以評析自來水事業有關供水水質監測項目及監測頻率機制。

建議事項

- 一、建議彙整我國過去環保機關及自來水事業檢測數據，並據以評析自來水事業有關供水水質監測項目及監測頻率機制。
- 二、多年檢測資料顯示國內飲用水原水或清水大多未檢測出新興污染物，為持續監測未列管新興污染物，推動水質監測與管理計畫，建議修訂更新

「我國飲用水水質未列管污染物監測作業計畫（草案）」，並可依本計畫建議之監測數據優先補充次序進行監測。

- 三、環保署歷年來執行相關計畫已產生極多的有價值數據與成果，建議未來可彙整成果，以資訊公開（揭露）與開放資料(opendata)供社會大眾與專家學者利用。
- 四、水安全計畫為各先進國家管理飲用水的趨勢，可俟環境資源部成立並整合自來水法、飲用水管理條例、水利法、水土保持法...等相關法規權責(單位)後，評估選擇淨水場進行試辦。
- 五、本計畫抽驗 25 個飲用水水質標準未列管物質中，固殺草、鄰苯二甲酸二丁酯、鄰苯二甲酸二（乙基己基）酯檢出濃度略高，雖現無顯著健康危害風險，建議後續增加檢測頻率，以全面了解我國飲用水中之風險。
- 六、未來農藥類物質的篩選，建議可以考量淨水場取水口上游之農藥使用種類和量，以了解對於淨水場處理之影響。各類清單中，有原污染物、污染物質衍生物、反應副產物，應加探討，並與化學局管制之毒性化學物質作聯接。
- 七、在蒐集清單監測程序評估流程中，以「健康危害性」及「淨水場發生率」高低，作為篩選分類參數，但由於參考數據來源很多，檢測之偵測極限皆不同，若以出現檢測結果為未檢出或出現數值，判斷「淨水場發生率」，會有誤判情形發生，建議未檢出之數據以小於偵測極限之濃度值表示，並據以評估。
- 八、針對未列管物質之抽驗及監測計畫可參考國際管制情況及健康風險設定定量極限，以確保數據可用性。
- 九、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 PFNA 最大檢出濃度亦小於美國新澤西州將針對 PFNA 定出全美國最嚴格之標準，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。

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主要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標(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 和壬基酚。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對鹵乙酸、揮發性有機物和 DEHP 儘速列入管制項目。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。

2012 年底至 2014 年執行「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，並據以執行，建立初步蒐集清單、蒐集清單及觀察清單。

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），第三年則以金屬物質（鈹、硼、鈷）、全氟碳化合物（全氟辛酸、全氟辛烷磺酸）及生物性指標（大腸桿菌、糞便性大腸菌群）作為評估項目並建立毒理資料庫。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。

過去計畫中研究評估之物質及目前列管情況列於表 1.1-1。

表 1.1-1 過去計畫建議之蒐集清單項目

計畫名稱	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：鎘、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 過去計畫建議之蒐集清單項目（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、鉍、碲、銻、銻、鉈、釷、鈮、鈹、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-甲基吡咯烷酮、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
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、乳酸乙酯、乙酸正丁酯、氫氧化四甲基銨、二甲基氧化硫、N-甲基-2-吡咯烷酮、丙二醇甲醚、1,1-二氯乙烷、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、苯乙烯、丁基酚、辛基酚、微囊藻毒-LR 型、甲醇、鄰苯二甲酸二丁酯、鄰苯二甲酸丁酯苯甲酯、全氟辛烷磺酸、甲基異丁酮、乙苯、雙酚 A、甲醛、陶斯松、大滅松、福瑞松、托福松、異丁苯丙酸(俗稱:布洛芬)、乙醯胺酚(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、羧苯甲酮、四環黴素、羧四環黴素、氯四環黴素、二苯甲酮、二乙基間甲苯胺、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、鎘、鈦、碲、鉈、銻、鉈、釷、鈮、鈹、鈦、鎘、鉍、碲、銻、鉈、釷、鈮、鈹、鈦等 71 項	無，但已納入飲用水列管項目篩選作業中

表 1.1-1 過去計畫建議之蒐集清單項目（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(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
飲用水水源及水質標準項目之調查及評估(1/3)（2014 年）	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	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）	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	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）	鉍、硼、鈷、全氟辛烷酸、全氟辛烷磺酸、大腸桿菌、糞便性大腸菌群	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，及環保署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。參考來源包括聯合國 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)與加拿大衛生部 Health Canada (HC)；參考內容包括分析方法、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。

(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、鎳及鉍等 3 項各 200 處次。
2. 消毒副產物：抽驗甲醛 200 處次、N-亞硝二甲胺(NDMA)100 處次。
3. 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、乙苯及甲基第三丁基醚等 6 項各 100 處次。
4. 半揮發性有機物：抽驗六氯苯及六氯環戊二烯等 2 項各 100 處次。
5. 農藥：抽驗芬殺松、甲基多保淨及固殺草等 3 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（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。

（二）辦理採樣方法、保存方法及送樣注意事項講習會。

三、更新現行飲用水水質標準管制項目之毒理資料

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。

參考來源包括聯合國 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)與加拿大衛生部 Health Canada (HC)；參考內容包括分析方法、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。

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）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推動現況。

（二）分析重點包括水源管理、設備管理、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）其他配合環保署施政需求之政策研究。

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。

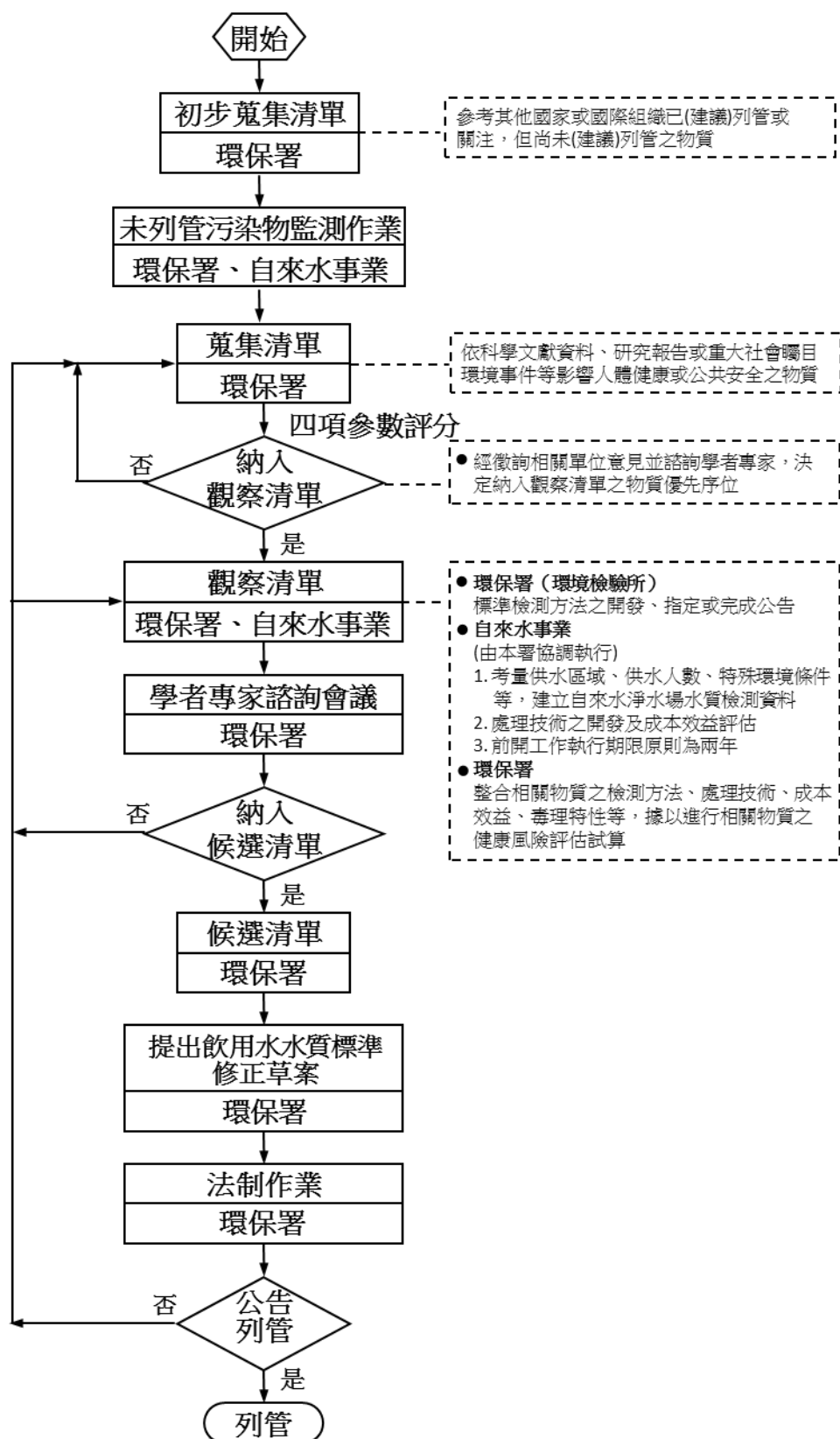
第二章 飲用水列管項目篩選作業

為促進飲用水列管物質篩選的系統化及標準化，並配合飲用水系統之物質檢測，環保署執行「推動飲用水列管項目之篩選作業計畫」建立一套評估系統，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。

2.1 篩選作業流程

「飲用水列管項目篩選作業」建立之篩選作業流程如圖 2.1-1，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、首先彙整國際組織與國際上較先進之國家已列管或關注（訂定指引值），但國內尚未列管之物質，以及科學文獻資料、研究報告或試驗指出存在飲用水中且可能影響人體健康或公共衛生安全之物質，納入「初步蒐集清單」。
- 二、針對初步蒐集清單之物質，過去於國內曾有相關專案計畫依本土情形、重大矚目環境事件等進行調查之項目則進一步納入「蒐集清單」。
- 三、「推動飲用水列管項目之篩選作業計畫」參考美國環保署的列管項目篩選原則，將未列管物質區分為化學性指標物質與生物性指標物質，制定不同的篩選評估原則，根據篩選評估原則進行每項物質的評分後，再依據篩選機制進行評估，並提供給參與學者專家諮詢會議的委員們進行篩選，評估是否納入「觀察清單」。
- 四、進入觀察清單之物質，再經過專家會議針對監測結果、處理技術及分析成本等層面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。



2.2 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）」所要求之資料來源更新初步蒐集清單項目，並增加列入南韓、新加坡和中國大陸等三個國際單位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 2.2-1。

表 2.2-1 本計畫參考國外法規列表

國家/組織	法規名稱
臺灣	飲用水水質標準 (2017 修正) http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawContent.aspx?PCODE=00040019
WHO ¹	Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2017) (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/)
美國	National Primary Drinking Water Regulations and National Secondary Drinking Water Regulation (2009) (https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulation-table)
加拿大	Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2017) (https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/water-quality/guidelines-canadian-drinking-water-quality-summary-table-health-canada-2012.html)
歐盟	Official Journal of the European Communities (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)
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)
中國大陸	生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007) (http://www.nmgjsw.gov.cn/upload/fe31f75b-df2e-42b3-9756-5820715601bf/201605/20160519095242480.pdf)

¹WHO: 世界衛生組織 World Health Organization

本年度 WHO 飲用水指引及加拿大飲用水水質標準有更新，然更新的項目均已包含於我國初步蒐集清單中，其他國家之飲用水水質標準均未更新。此外，美國新澤西州，於 11 月公布該州將規範飲用水中 2 種基本上在美國尚未受到管制卻很常見的污染物—全氟辛酸(PFOA)與全氟壬酸(PFNA)，全氟碳化物 PFOA 及 PFOS 為我國社會高度關注之污染物，已納入本年度觀察清單，而 PFNA 尚未列入初步蒐集清單，考慮其性質及來源與 PFOA、PFOS 相似，本計畫將全氟壬酸(PFNA)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。

更新後 106 年初步蒐集清單物質共計 454 項物質（詳列於表 2.2-2）概分為生物性參數、有機化合物及無機物質，其中有機化合物又分為藻毒、一般有機化合物、醫療保健藥品、消毒藥劑及消毒副產物、農藥（包含除草劑、殺蟲劑、殺菌劑），無機物質則包含一般無機物、重金屬及消毒藥劑及消毒副產物。

表 2.2-2 106 年初步蒐集清單 454 項物質

主要	次要	數目	
適飲性參數		8	腐蝕性、口感、溫度、電導度、總有機碳、需氧量、土臭素/二甲基萘烷醇、二甲基異茨醇
生物性參數	—	27	糞便性大腸桿菌群、大腸桿菌、隱孢子蟲、梨形鞭毛蟲、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
有機化合物	藻毒	9	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、微囊藻毒-LR 型、節球藻毒素、岩毒素(麻痹性貝毒)
	一般	143	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、氯苯、乙苯、苯乙烯、鄰苯二甲酸二丁酯、己二酸二辛酯/己二酸二(2-乙基己基)酯、雙酚 A、壬基酚、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、1,1,2-三氯乙烷、四乙基鉛、1,2-二溴-3-氯丙烷、乙二胺四乙酸、環氧氯丙烷、發泡劑、非離子性介面活性劑、戊二醛、六氯苯、六氯環戊二烯、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、1,2-二溴乙烷、正己烷、甲醇、異丙醇、正庚烷、丙酮、丁酮、丁苯、甲基異丁酮、乳酸乙酯、乙酸正丁酯、氫氧化四甲基胺、二甲基氧化硫、乙醇胺、N-甲基-2-吡咯烷酮、丙二醇甲醚、丙二醇甲醚醋酸、鄰苯二甲酸二甲酯、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯、丁基酚、辛基酚、鄰苯二甲酸二辛酯、全氟辛烷酸、全氟辛烷磺酸、壬基酚聚乙氧基醇、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、1,2,3-三氯丙烷、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、N-亞硝基吡咯烷、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、氧化乙烷/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、苯甲氧、甲草胺乙烷磺酸鈉鹽、1,1,2,2 四氯乙烷、丙烷、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、N-甲基吡咯烷酮、六氯環己烷、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、1,3-二氯苯、1,2,4-三氯苯、1,2-二苯基聯胺、4-硝基酚、2-硝基酚、全氟壬酸
	醫療保健藥品	32	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)、苯氧苯丙酸(俗稱:非諾洛芬)、胺基比林、非那雄胺、羥苯甲酮、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、水合氯醛、四環黴素、羥四環黴素、氯四環黴素、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、雙氯芬酸、克拉黴素、阿奇黴素
	消毒藥劑及消毒副產物	12	三氯甲烷/氯仿、三溴甲烷、二溴氯甲烷、溴二氯甲烷、甲醛、氯酚類(2-氯酚, 2,4-二氯酚, 2,4,6-三氯酚)、三氯硝甲烷(氯化苦)、鹵化乙腈類(二氯乙腈, 三氯乙腈, 溴氯乙腈, 二溴乙腈)、3-氯-4-二氯甲基-5-羥基-2(5 氫)-呋喃酮(MX)、二乙基-N-亞硝胺、N-亞硝基二丙胺、N-亞硝基二甲胺/二甲基亞硝胺/N-亞硝二甲胺(NDMA)

表 2.2-2 106 年初步蒐集清單 454 項物質（續）

主要	次要	數目	
有機化合物	農藥	28	殺蟲劑、大克蟎(殺蟎劑)、普伏松、芬滅松、氯氟類、六氟鹽、聚乙醛(殺軟體動物劑)、威百畝和代謝物(異硫氰酸甲酯)、乃卡巴精(抗菌劑，動物用藥)、達草滅、皮克落(落葉劑)、聚己縮胍(抗感染藥)、匹拉沙托、氟乙酸鈉,1080 (殺鼠劑)、達球靈(殺豬求蟲，動物用藥)、大克草(DCPA mono-acid degradate)、大克草(DCPA di-acid degradate)、脫葉磷(植物生長調節劑)、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	69	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、氟乃淨、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、殺木腈、嘉磷塞/草甘膦和衍生物 AMPA、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)(MCP)、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、啶磺草胺、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、固殺草、滅草、三氯二異丙基乙醯酸
	農藥-殺蟲劑	70	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、加保利、三硫磷(可殺蟎)、剋安勃、克芬松、可氯丹、賽扶寧、賽滅寧、第滅寧、有機錫類(可殺菌及殺蟲)、滴滴涕和代謝物((DDT, DDE 及 DDD)、二氯松、二福隆、地樂酚、二硫松(還可殺線蟲)、安特靈/異狄氏劑、益化利、愛殺松(可殺蟎)、撲滅松/殺螟松、繁福松(可殺線蟲)、芬殺松、芬化利(可殺蟎)、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)、馬拉松、甲氧氯、甲基巴拉松、美文松(可殺蟎)、毆滅松(可殺蟎)、歐殺滅、松樹效寧/百滅寧、協力精、比加普、亞特松、佈飛松、毆蟎多、賜派滅、硫丙磷(可殺蟎)、亞培松、樂本松、腐絕、硫滅松、百利普芬、三氯松、陶斯松、大滅松、福瑞松、托福松、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、丁基滅必蟲、益達胺、賽果培、賽速安、可尼丁、亞滅培、滅賜克
	農藥-殺菌劑	27	免賴得(殺黴菌劑)、蓋普丹、貝芬替、菱銹靈、四氯異苯腈(殺黴菌劑)、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、甲基多保淨、大福松、得克利、福美鋅、賓克隆、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	14	鉍、鎳、鈦、碲、鉍、硼、碘、矽、鈉、鈳、鈷、鉀、六價鉻、鎳
	消毒藥劑及消毒副產物	7	氯、氯酸鹽、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。

2.3 初步蒐集清單優先評估物質之篩選

「飲用水水源及水質標準項目之調查及評估」計畫建議針對初步蒐集清單之物質進行系統性之監測，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 6 項物質進行評估，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。

且對於國內因工商發展所使用有害性物質，如使用量逐漸增加、國內水質檢測背景資料中曾多次檢出多次較高濃度之物質、或過去國內曾發生污染事件而導致重大危害者，宜優先列入考慮。

北京清華大學環境學院於 2016 年 4 月發表歷時三年所進行包含 23 省 44 市鎮之飲用水調查（包含原水、清水及自來水），可檢出相當比例之亞硝胺類污染物，其中 N-亞硝基二甲胺(NDMA)之清水檢出率為 33%，自來水檢出率則為 41%(Er. Bei et al., 2016)。亞硝胺類化合物被國際癌症研究中心（IARC）列為 2A 類之致癌物，即動物致癌證據明確，但人類致癌證據不充分。美國環保署 2016 年公告新一批之飲用水中污染物候選清單（Contaminant Candidate List, CCL4），而亞硝胺類污染物如 N-nitrosodiethylamine (N-亞硝二乙胺，NDEA)、N-nitrosodimethylamine (N-亞硝二甲胺，NDMA)、N-nitroso-di-n-propylamine (丙基胺亞硝基鈉，NDPA)、N-nitrosodiphenylamine (N-亞硝二苯胺，NDPhA)、N-nitrosopyrrolidine (N-亞硝基吡咯烷，NPYR)亦列於 CCL4 候選清單中，目前加拿大、澳洲、世界衛生組織針對 NDMA 已有規範或建議值，美國環保署並未針對 NDMA 訂立飲用水標準，但加州與麻州則訂立標準限值。

依據我國農藥管理法，農藥係指用於防除農林作物或其產物之病蟲、鼠害、雜草者，或用於調節農林作物生長影響其生理作用，或用於調節昆蟲生長者，國外分為殺菌劑、殺蟲劑、除草劑、殺蟎劑、殺鼠劑、殺線蟲劑、植物生長調節劑等。大多數農藥由於其作用為殺蟲、殺菌或是除草等特性，對人體、動物、環境或水源或多或少會造成某種程

度上的危害或健康風險。且大部分環境衛生用藥之有效成分亦和農藥相同或類似，只是劑型、含量及用法不同，因此日常生活中亦可能接觸到農藥類化學物質。多數農藥在環境中可經由生物降解、水解或日光分解等途徑而減少，但由於農藥使用量大，未分解之農藥可能經由沖刷進入河川水體、殘留於土壤中、或滲透污染地下水，進而影響飲用水源水質與飲水安全。臺灣因地形變化多樣且屬於亞熱帶氣候，生物種類繁多，因而提高病蟲害防治困難度，為維持農作物生產的產量與品質，施用農藥為保護農作物的一種途徑，因此臺灣被歸類為高度使用農藥的國家之一。我國近 50 年來著重追求工商業發展，農作物生產量及農耕土地面積則呈現下降趨勢，但農藥銷售總量並無明顯下降而呈現水平成長，農地施用農藥量從 2001 年之 9.7 公斤/公頃，增加至 2013 年達 12.4 公斤/公頃（翁志弘，2016），成為世界農藥使用量最多國家之一。主要原因可能為：一、臺灣氣候溫暖多濕，使得農作物病蟲害種類繁多；二、農民對於農藥依賴性高；三、我國農作物有 69.5% 為園藝作物，且蔬果栽培技術精進，農作物生長期間縮短，提高重複種植次數，以致於農藥使用次數增加（Hoevenagel 等，1990；簡怡心，2014）。這些數字尚未估計進口的數量，且美國環保署 2016 年 11 月 17 日公告新一批之飲用水中污染物候選清單（Contaminant Candidate List, CCL4），其中包括 97 種化學物質及 12 種微生物污染，而 97 種化學物質的 CCL4 中，農藥或其相關代謝物質則有 34 種，顯示農藥與其相關代謝物仍為飲用水中污染物質之重要關切項目，因此考量農藥為本年度關切之篩選污染物種類之一。

根據初步蒐集清單之篩選考量原則：國內普遍使用或曾使用及對健康危害性；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；國內外（含 WHO）關切之污染物清單；公告之標準分析檢測方法。綜合以上四點考量，本年度篩選評估之 6 項飲用水水質未列管污染物，預定以農藥及亞硝胺類物質為主。

參考中國之飲用水調查結果及 CCL4 清單，亞硝胺類項目篩選飲用水檢出率較高之 NDMA、NDEA、NPYR 作為本年度優先評估項目。

2.3.1 環境水體農藥管制現況

依現行環境保護署「飲用水管理條例之飲用水水質標準」之規範（如表 2.3-1），我國目前飲用水中列管之農藥含 endosulfan（安殺番）、lindane（靈丹）等共 13 項，飲用水中農藥管制濃度最高者為 2,4-D (0.07 mg/L)，而最低者為有機氯 lindane(靈丹) (0.0002 mg/L)。其管制農藥項目主要以有機磷與氨基甲酸鹽類為主。相較於食品農藥殘留之調查，對於各環境水體與飲用水中農藥流佈的研究仍相當有限。

表 2.3-1 臺灣飲用水水質標準管制之農藥及其限值

農藥名稱	飲用水最大限值(mg/L)
Endosulfan（安殺番）	0.003
Lindane（靈丹）	0.0002
Butachlor（丁基拉草）	0.02
2,4-D（2,4-D）	0.07
Paraquat（巴拉刈）	0.01
Methomyl（納乃得）	0.01
Carbofuran（加保扶）	0.02
Isoprocarb（滅必蝨）	0.02
Methamidophos（達馬松）	0.02
Diazinon（大利松）	0.005
Parathion（巴拉松）	0.02
EPN（一品松）	0.005
Monocrotophos（亞素靈）	0.003

2.3.2 臺灣農藥使用現況及歷史環境監測結果

考量國內環境監測資料如環保署 100-101 年所進行之「水中超微量有機物檢測技術建立研究」於河川水體或水庫中曾檢出 acephate、fonofos、phorate、phosmate、trichlorfon、cartap、carbendazim、edifenfos、pencycuron、thiophanate-methyl、alachlor、butachlor、glufosinate、pendimethalin、chlorpyrifos、temephos，濃度約在數百 ng/L 之間。除水體監測資料外，農產品之蔬果殘留亦為本團隊篩選農藥使用之參考依據，依據農產運銷系統檢測之蔬果樣品農藥殘留結果，顯示 2009-2012 年以乙醯膽鹼酯酶生化法檢出之 554 件陽性樣本（鄭允，2015），配合衛生局進行化學分析法進行解析，在陽性檢出樣本中，

檢出之殺蟲劑以有機磷最多佔 47.5%，依序為合成除蟲菊精佔 19.4%，氨基甲酸鹽類佔 17.2%，新尼古丁佔 15.9%。抗膽鹼酯農藥中檢出頻度高低依序為：陶斯松（53.3%）、佈飛松（23.8%）、加保扶（19.5%）、納乃得（9.6%）、歐殺滅（5.6%）、歐殺松（5.4%）、達馬松（4.5%）、愛殺松（4.0%）、益滅松（2.2%）及加保利（1.8%）因而參酌蔬果農藥殘留結果配合農藥使用量資料篩選水中待評估農藥項目。

依據行政院農業委員會動植物防疫檢疫局 104 年農藥產銷量值之統計，國內農藥生產及內銷，除草劑成品生產 5,484 公噸，內銷 2,596 公噸為最多，其次為殺蟲劑生產成品 3,258 公噸，內銷 2,254 公噸，殺菌劑成品生產 1,639 公噸，內銷 1,253 公噸（行政院農業委員會動植物防疫檢疫局，104）。我國 2010-2016 年之農藥進口量與使用量如表 2.3-2。

針對未列管之農藥，行政院環保署則於 97 年調查澄清湖、坪頂、鳳山等淨水場（康世芳，2009），分析水中有機磷農藥，調查之農藥項目有 chlorpyrifos(陶斯松)、dimethoate(大滅松)、phorate(福瑞松)及 terbufos(托福松)；99-102 年亦有針對北中南淨水場調查原水與清水中之 acephate(歐殺松)、temephos(亞培松)、cartap(培丹)、phosmet(益滅松)、pendimethalin(施得圃)及 carbendazim (貝芬替)等農藥存在情形（王根樹，2013）。本團隊於 103-105 年持續對淨水場之 carbaryl(加保利)、cypermethrin(賽滅寧)、fenthion(芬殺松)、glufosinate (固殺草)、Pencycuron(賓克隆)、permethrin(百滅寧)、terbufos(托福松)、thiophanate-methyl(甲基多保淨)、dimethoate(大滅松)、glyphosate(嘉磷塞)等農藥項目進行調查。

故根據國內各農藥使用量（包含殺蟲劑、除草劑、殺菌劑、殺蟎劑等農藥），去除國內飲用水法規已有管制及以上已篩選評估進行水質調查之項目，並考量使用量及分析檢測方法，參考表 2.3-2，以 Mathathion（馬拉松，2016 年使用量為 54,752 公升/公斤）、Oxamyl（歐殺滅，2016 使用料資料闕如，2013 年使用量為 74,952 公升/公斤），Ethion（愛殺松，2016 年使用量為 162,712 公升/公斤）優先進行評估。

根據初步蒐集清單之篩選考量原則：國內普遍使用或曾使用及對健康危害性；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；國內外（含 WHO）

關切之污染物清單；公告之標準分析檢測方法。綜合以上四點考量，本年度篩選評估物質以農藥及亞硝胺類物質為主，通過學者專家諮詢會議的委員會們同意，選定馬拉松(Mathathion)、歐殺滅(Oxamyl)、愛殺松(Ethion)、N-亞硝二甲胺(N-nitrosodimethylamine, NDMA)、N-亞硝二乙胺(N-nitrosodiethylamine, NDEA)、N-亞硝基吡咯烷(N-nitrosopyrrolidine, NPYR)等 6 項物質進行評估。

本年度待評估污染物選定說明彙整於表 2.3-3，國際飲用水法規規範情況列於表 2.3-4。

表 2.3-2 農藥進口量及使用量（公升/公斤）

	2010 年農藥原體		2011 年農藥原體		2012 年農藥原體		2013 年農藥原體		2016 年農藥原體	
	進口量	使用量	進口量	使用量	進口量	使用量	進口量	使用量	進口量	使用量
殺蟲劑										
有機磷類										
acephate	123,360	135,039	191,000	147,775	296,900	264,754	17,500	41,769	101,000	81,691
azinthos-methyl	2100	401	1,050	1,374	1,050	1,591	0	573	-	-
chlorpyrifos	427,778	362,412	475,387	414,530	302,218	315,489	-	-	467,771	422,824
demeton-s-methyl	5,600	8,276	0	7,385	4,000	6,301	4,000	14,883	-	-
diazinon	11,440	8,651	11,000	13,734	14,300	12,308	24,640	13,077	21,200	13,646
dimethoate	91,547	95,801	63,800	111,797	67,440	86,752	61,500	29,789	84,860	86,421
fenthion	44,500	59,828	64,000	66,133	72,500	68,540	105,740	93,946	43,000	50,080
malathion	32,750	30,778	35,000	56,262	43,000	51,396	35,500	32,594	70,500	54,752
methidathion	5,940	9,581	-	-	-	-	-	-	-	-
phenthoate	58,525	44,603	45,400	56,517	53,250	37,388	58,250	50,152	92,050	49,083-
phorate	136,422	123,065	144,692	158,898	106,517	105,501	143,590	117,286	119,687	121,317
phosmet	21,300	27,208	24,300	23,324	13,500	21,262	24,301	17,065	23,727	25,811
phosalone	0	366	0	153	0	0	0	0	-	-
profenofos	13,860	19,480	10,360	9,528	6,850	7,076	-	-	32,700	29,522
temephos	1,000	0	2,600	2,000	500	1,100	3,000	3,000	0	1,500
terbufos	384,175	353,240	314,066	351,571	372,384	330,445	391,424	398,590	399,996	427,123
trichlorfon	-	-	10,540	10,484			1,000	2,380	0	0

表 2.3-2 農藥進口量及使用量（公升/公斤）（續）

	2010 年農藥原體		2011 年農藥原體		2012 年農藥原體		2013 年農藥原體		2016 年農藥原體	
	進口量	使用量	進口量	使用量	進口量	使用量	進口量	使用量	進口量	使用量
氨基甲酸鹽類										
benfuracarb	2,250	2,233	2,250	1,765	2,250	1,959	4,500	2710	3,150	4,287
carbaryl	197,549	195,930	149,275	207,795	263,244	202,893	158,000	161,498	257,525	249,965
carbofuran	97,560	126,472	118,300	104,027	343,810	345,322	127,240	120,911	127,883	99,051
carbosulfan	1,480	13,934	31,800	29,776	66,158	50,841	44,282	64,869	29,600	40,342
cartap	244,350	247,788	220,000	323,148	318,131	320,608	191,425	408	213,850	187,552
fenobucarb	52,120	50,081	103,000	156,418	89,200	86,948	34,600	37,482	800	1,000
isoprocarb	38,600	39,171	41,000	12,410	83,150	75,854	15,025	20,214	0	0
methomyl	273,500	292,687	370,600	378,022	447,021	401,968	897,750	971,630	452,006	426,473
oxamyl	49,552	49,824	53,200	41,392	70,352	70,352	77,552	74,952	-	-
propoxur	880	880	0	1,600	895	895	0	900	800	800
prothiofos	29,000	31,126	38,000	32,783	54,500	54,238	12,370	10,224	32,000	40,645
合成除蟲菊精類										
Bifenthrin	250	150	150	201	800	250	100	408	2,796	1,624
cyfluthrin	0	60	-	-	-	-	-	-	-	-
cyhalothrin	3,720	3,944	3,650	4,242	7,050	5,819	-	-	-	-
cypermethrin	37,650	38,848	29,775	24,167	27,350	26,083	26,826	24,920	17,350	17,458
Alpha-cypermethrin	4,240	6,290	3,050	3,645	1,930	2,553	3,130	2,851	2,760	2,613
deltamethrin	7,825	11,827	10,650	8,168	9,550	9,181	10,750	9,448	10,750	11,039
fenpropathrin	1,200	698	600	1,025	1,200	1,175	1,800	1,026	1,600	1,711

表 2.3-2 農藥進口量及使用量（公升/公斤）（續）

	2010 年農藥原體		2011 年農藥原體		2012 年農藥原體		2013 年農藥原體		2016 年農藥原體	
	進口量	使用量	進口量	使用量	進口量	使用量	進口量	使用量	進口量	使用量
合成除蟲菊精類（續）										
fenvalerate	32,050	29,084	20,200	23,881	30,700	30,339	24,000	25,623		
permethrin	34,900	34,902	25,700	26,287	19,200	24,801	30,200	27,851	24,250	28,491
tau-fluvalinate	0	0	0	0	0	0	-	-		
殺菌劑										
benomyl	5,400	5,400	0	4,900	3,110	2,830	560	3,350	6,930	7,110
captan	6,250	6,250	6,250	950	11,250	8,000	10,000	13,250	18,000	16,137
carbendazim	117,403	105,461	0	129,000	68,625	83,067	145,975	110,906	131,725	113,675
chlorothalonil	317,200	308,330	264,300	261,872	288,675	255,141	298,300	228,347	519,830	544,538
dithianon	1,000	6,725	5,000	7,099	4,213	7,849	3,500	5,095	11,700	6,434
edifenphos	10,000	3,753	0	4,816	10,000	6,495	15,000	8,000	44,000	59,401
hexaconazole	22,000	20,340	20,800	30,547	45,550	27,733	49,700	45,800	56,650	69,247
hymexazol	3,505	3,530	2,500	5,369	2,500	4,194	2,500	3,437	6,003	4,827
iprobenfos	462,000	47,313	26,000	32,082	27,000	33,859	28,400	33,067	17,000	31,561
isoprothiolane	14,000	15,907	13,000	20,363	27,000	23,183	26,000	22,171	35,000	34,545
kasugamycin	5,004	6,599	7,000	6,030	12,900	6,796	7,003	9,355	16,265	15,866
mancozeb	13,950	6,600	215,500	167,024	237,500	211,713	154,153	193,584	138,000	185,810
metalaxyl	6,400	9,341	5,600	8,839	19,500	13,836	11,200	15,119	440	330
oxycarboxin	4,000	4,280	3,650	3,970	10,500	8,530	4,500	3,855	0	100
pencycuron	20,900	36,188	47,650	41,479	76,925	47,953	32,100	47,719	38,250	43,141

表 2.3-2 農藥進口量及使用量（公升/公斤）（續）

	2010 年農藥原體		2011 年農藥原體		2012 年農藥原體		2013 年農藥原體		2016 年農藥原體	
	進口量	使用量	進口量	使用量	進口量	使用量	進口量	使用量	進口量	使用量
殺菌劑（續）										
phthalide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
polyoxin	3,000	3,007	3,000	3,642	4,000	3,838	3,000	3,050	4,500	4,400
probenazole	47,500	37,042	40,000	65,646	41,000	55,678	51,000	61,380	0	26,192
prochloraz	12,250	20,413	25,000	29,233	27,000	17,207	35,205	12,913	41,750	21,250
propineb	0	2,800	0	2,290	-	-	-	-	0	0
tecloftalam	16,800	17,542	0	0	8,000	1,441	0	6,958	5,200	587
thiabendazole	1,980	2,808	-	-	4,500	5,636	2,520	2,730	4,345	4,748
thiophanate-methyl	139,600	147,655	116,000	139,488	148,006	148,838	180,656	178,049	147,900	148,102
tricyclazole	4,230	6,460	4,000	10,920	7,540	8,521	14,065	13,192	37,395	40,778
除草劑										
ametryn	67,235	69,478	12,110	42,324	55,600	48,642	62,075	59,474	68,920	68,334
butachlor	258,080	207,988	0	246,306	169,400	388,804	432,640	432,378	817,488	497,245
dymron	3,000	3,000	4,000	4,000	4,000	4,000	2,000	2,000	-	-
fluazifop-butyl	11,000	9,678	0	10,920	10,000	8,184	12,000	15,193	10,400	15,217
glufosinate	8,500	15,000	0	21,500	5,000	7,700	-	-	256,000	205,220
glyphosate	1,402,425	1,349,571	148,000	2,100,271	1,997,582	2,350,918	3,328,006	1,014,863	2,614,726	2,765,477
imazapyr	5,538	5,538	5,538	5,538	1,846	1,846	12,922	9,230	9,230	7,384

表 2.3-2 農藥進口量及使用量（公升/公斤）（續）

	2010 年農藥原體		2011 年農藥原體		2012 年農藥原體		2013 年農藥原體		2016 年農藥原體	
	進口量	使用量	進口量	使用量	進口量	使用量	進口量	使用量	進口量	使用量
除草劑（續）										
mefenacet	5,670	10,598	0	13,810	15,750	19,849	13,402	15,017	25,185	20,340
oxyfluorfen	2,000	2,000	0	2,000	2,000	1,000	0	3,000	2,000	2,000
paraquat	384,000	341,984	0	1,046,338	3,358,030	2,605,598	2,134,450	2,942,080	977,833	1,022,575
pendimethalin	61,070	90,605	67,400	117,272	116,540	117,184	96,881	106,655	107,580	109,325
pretilachlor	10,200	9,217	0	11,377	13,510	8,985	8,400	7,585	18,520	19,961
thiobencarb	33,440	33,356	50,160	51,622	668,800	50,652	66,880	59,146	50,160	66,610
殺蟎劑										
bromopropylate	0	2,934	0	5,238	0	1,290	2,609	15,411	0	1,699
ethion	87,750	116,101	114,500	91,579	124,500	98,571	99,250	110,521	162,808	162,712
fenbutatin-oxide	25,500	16,331	12,000	18,197	27,216	15,112	12,299	3,922	18,025	19,167
殺線蟲劑										
fenamiphos	15,750	13,787	0	8,379	-	-	-	-	0	12,713

資料來源：臺灣植物保護工業同業工會年報

表 2.3-3 本年度待評估污染物選定說明

污染物名稱	規範之國家或組織	列管值或建議值(mg/L)	說明
馬拉松	加拿大	0.19	致癌物分類為 2A 國內使用量大之農藥
	澳洲	0.07	
	中國	0.25	
	歐盟	0.0001	
歐殺滅	美國	0.2	致癌物分類為 Group E 國內使用量大之農藥
	澳洲	0.007	
	歐盟	0.0001	
愛殺松	澳洲	0.004	致癌物分類為 Group E 國內使用量大之農藥
	歐盟	0.0001	
	美國加州	0.004（建議值）	
	佛州	0.0035（建議值）	
NDMA	加拿大	0.00004	致癌物分類為 2A 美國列為 CCL4 清單
	澳洲	0.0001	
	WHO	0.0001	
	日本	0.0001 (目標值)	
NDEA	美國佛州	0.004（建議值）	致癌物分類為 2A 美國列為 CCL4 清單
NPYR	美國亞利桑納州	0.00002（建議值）	致癌物分類為 2B 美國列為 CCL4 清單
	佛州	0.004（建議值）	

表 2.3-4 優先評估物質之國際飲用水法規規範

單位: mg/L	CAS No.	WHO	美國	歐盟	澳洲	紐西蘭	加拿大	日本	韓國	中國	新加坡
N-亞硝二甲胺 (NDMA) N-Nitrosodimethylamine	62-75-9	0.0001 ^a	CCL4	NA	0.0001 ^a	NA	0.00004	0.0001 ^a	NA	NA	NA
N-亞硝二乙胺 (NDEA) N-nitrosodiethylamine	55-18-5	NA ^b	CCL4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
N-亞硝基吡咯烷 (NPYR) N-nitrosopyrrolidine	930-55-2	NA	CCL4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
馬拉松/馬拉硫磷 Malathion / Maldison	121-75-5	NE ^b	NA	0.0001 ^c	0.07 ^a	NA	0.19	0.7 ^a	NA	0.25 ^a	NA
歐殺滅 Oxamyl /Vydate	23135-22-0	NE	0.2	0.0001 ^c	0.007 ^a	NA	NA	NA	NA	NA	NA
愛殺松 Ethion	563-12-2	NA	NA	0.0001 ^c	0.004 ^a	NA	NA	NA	NA	NA	NA

註: ^a 非常規指標、指引值

^b 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

^c 歐盟規範非有機氯農藥單一項農藥濃度則不得超過 0.0001mg/L。

2.3.3 優先評估物質淨水場及環境流布歷史調查結果

本計畫彙整 6 項優先評估物質（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）在 12 年內淨水場及環境流布調查結果，參考資料（參見表 2.3-5）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。

6 項優先評估物質中僅有 3 項農藥過去 12 年有淨水場及環境水體流布之監測結果，本計畫將檢測結果彙整於表 2.3-6。

表 2.3-5 優先評估物質 12 年內淨水場及環境流布調查之參考資料

行政院環境保護署 92-105 年度飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫
行政院環境保護署 102 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
行政院環境保護署 100-101 年度水中超微量有機物檢測技術建立研究 1/2
行政院環境保護署 101 年度水中超微量有機物檢測技術建立研究 2/2
行政院環境保護署 99-103 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
行政院環境保護署 103 年度 103-104 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫
行政院環境保護署 96-98 年度飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫
行政院環境保護署 94-96 年度飲用水水源及水質中產毒藻種及藻類毒素之研究
臺北翡翠水庫管理局 102 年度飲用水水質標準候選列管項目之調查與因應研擬

表 2.3-6 優先評估物質在淨水場及環境水體流布之歷年監測結果

項目		馬拉松	毆殺滅	愛殺松
偵測極限		0.0005 mg/L	0.0005 mg/L	0.0025 mg/L
原水	樣品數	25	13	20
	未檢出	25	13	20
	檢出值	-	-	-
清水	樣品數	6	6	1
	未檢出	6	6	1
	檢出值	-	-	-
環境水體	樣品數	58	46	38
	未檢出	58	46	38
	檢出值	-	-	-
	類別	溪流流域、生活污水廠、田間、水庫	溪流流域、生活污水廠、田間	溪流流域、生活污水廠、田間、水庫
資料來源		1-3	1-2	2-3

附註：清水資料包含配水資料

資料來源：

1. 行政院環境保護署環境檢驗所，水中超微量有機物檢測技術建立研究（1/2）。
2. 行政院環境保護署環境檢驗所，水中超微量有機物檢測技術建立研究（2/2）。
3. 臺北翡翠水庫管理局，飲用水水質標準候選列管項目之調查與因應研擬。

2.3.4 採樣淨水場之選取

為評估待測物質在飲用水供水系統中的流布情形，本計畫執行期間針對北、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，檢測 6 種污染物，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。

由於農業委員會農藥藥物毒物試驗所，曾於 92 年 5~11 月間在水稻、蔬菜、水果、雜糧、花卉等農業生產專業區，共採集 214 個地下水樣，檢測 81 種農藥及部分農藥代謝物，進行地下水中農藥殘留檢測，結果顯示皆未有農藥殘留（農藥藥物毒物試驗所，2003），且新農藥上市前，除審查藥效及毒性外，亦需審查環境安全性，若試驗顯示該農藥在環境中較難分解或在土壤中移動性而可能污染地下水之虞，農委會則不推薦農民使用。加上臺灣高溫潮濕之氣候條件有利於農藥在環境中分解，而減少農藥污染地下水之機會（資料來源：農業藥物毒物試驗所殘毒管制組）。因而本計畫篩選之採樣淨水場，以使用地面水源為優先。本年度優先評估污染物分別屬於農藥及亞硝胺類物質，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農業活動，鄰近科學園區或受到較多生活污水排放而影響水質，主要供應民生用水且水源鄰近農業活動區附近為考量因素。如基隆河上游可能有較多家庭污水排放，新店溪集水區則為茶葉種植區，大甲溪與八掌溪皆以稻米種植為主要農業，高屏溪沿岸亦有多種農業活動，兼顧淨水場分佈區域應包含北、中、南三區，原先計畫初步選取本計畫建議以臺北長興（或直潭）淨水場，基隆新山淨水場，臺北板新淨水場，新竹寶山淨水場，新竹第二淨水場，臺中豐原淨水場，臺南南化淨水場，高雄坪頂淨水場，高雄鳳山淨水場等國內淨水場作為執行淨水場原水與清水採樣檢測之候選對象，經第一次專家諮詢會討論，針對今年待評估污染物之採樣淨水場調整為：

- 一、新山淨水場（基隆，水源為基隆和及新山水庫）
- 二、直潭淨水場（臺北市，水源為新店溪）
- 三、新竹第二淨水場（新竹，水源為頭前溪）

四、豐原淨水場（臺中，水源為大甲溪）

五、鳳山淨水場（高雄，水源為高屏溪）

六、太湖淨水場（金門，水源為太湖、田埔水庫）

此 6 處採樣淨水場中，新山、直潭、新竹第二、豐原淨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，預訂於 2017 年 5 月、7 月、9 月間進行，分別採集各淨水場原水及清水樣品，且為評估處理流程對待測物之處理效能，選取新山淨水場與豐原淨水場（此兩處淨水場為傳統處理之淨水場）進行全流程採樣，分別採集原水、沈澱、過濾及清水樣品進行待測物分析，以瞭解傳統淨水流程對待測物之處理效能，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 2.3-7，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鍊溪，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。直潭淨水場水源為新店溪，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。

表 2.3-7 本年度計畫採樣淨水場名單

採樣淨水場	淨水場水源	供水區域	供水量 (CMD)	處理流程	預計監測頻率	說明
新山淨水場	基隆河-新山水庫	基隆市	158,000	傳統處理	本年度 3 次採樣	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	本年度 3 次採樣	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	本年度 3 次採樣	於科學園區附近
豐原淨水場	大甲溪	臺中市	1,000,000	傳統處理	本年度 3 次採樣	供應中部地區主要淨水場
鳳山淨水場	高屏溪	高雄市	200,000	高級處理	本年度 3 次採樣	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	本年度 3 次採樣	水源可能受畜牧及生活污水影響

2.4 初步蒐集清單優先評估物質採樣與分析方法

2.4.1 採樣方式

馬拉松等農藥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、去離子水分別震盪 15 分鐘後，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，加入 350 mg 之 EDTA-2Na，以避免農藥受金屬離子催化性水解，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農藥產生作用（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，並採冷藏方式於一天之內寄回實驗室，於 14 天內進行樣品之前處理。

亞硝胺類採樣使用的容器為 40 mL 之褐色玻璃瓶，瓶蓋附鐵氟龍內墊，先利用去離子水將瓶身及瓶蓋清洗三至五次後浸入稀硝酸溶液中，經過十二小時以上之浸泡，取出採樣瓶再利用去離子水反覆沖洗三至五次後，在室溫下晾乾備用。採集清水之樣品瓶內先添加 25 mg 之抗壞血酸，裝填水樣時避免有氣泡殘留，樣品採集後並置於 4°C 冰箱中保存。

2.4.2 水中農藥分析方法

本年度優先評估污染物中的 3 項農藥依據環檢所公告之「水中殘留農藥檢測方法-液相層析/串聯式質譜儀法（NIEA W603.50B）」進行分析。由於農藥在非農業使用的自然水體濃度甚低，故使用大體積水樣配合固相萃取，將待測物質由水中分離出並經過系列純化濃縮後使用 UPLC/MS/MS 分析，以圓盤式吸附劑進行萃取可降低水中懸浮物質阻塞情況，且水樣以較快速度流經吸附劑可增加樣品萃取效率。

分析步驟如下：取 500 mL 飲用水加入 200 ng 的同位素標定內標準品至水樣中，於 120 rpm 搖晃 30 分鐘後，經 0.45 μ m PVDF (polyvinylidene fluoride) 濾膜濾除水中微粒(先以甲醇清洗)，再以自動化系統進行固相萃取。使用 PolarPlus C18 圓盤型吸附劑過濾(50 mm, J.T. Baker)，萃取系統依序以二氯甲烷和甲醇流洗 PolarPlus C18 萃取圓盤，接續以試劑水流洗。而後，水樣以約 70-80 mL/min 的流速通過吸附劑，待全部通過後以氮氣吹乾圓盤型吸附劑 15 分鐘。最後，圓盤型吸附劑以 5 mL 甲醇和 5 mL 二氯甲烷各沖提一

次，並合併收集沖提液萃取。收集之沖提液於 ThermoSavant SpeedVac SPD1010 減壓濃縮離心機以 45°C、10 torr 真空下濃縮至 5 mL 後，取 1 mL 之濃縮液經 13 mm PTFE 材質濾膜過濾（0.22 μm ），上機分析。

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 XE 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。在質譜儀部分以正電荷電灑游離(electrospray ionization, ESI)離子源對樣品進行離子化，分別針對各項分析物質設定最佳化之質譜儀參數，偵測待測物之定量及定性子離子，並針對待測物配製內標以校正之，各待測物之母離子、子離子、相對應的內標準品見表 2.4-1。層析管柱使用 Phenomenex Kinetex PFP (50 $\times$ 2.1 mm, 2.6 μm)管柱，流速 0.8 mL/min，水性動相(mobile phase)為 5-mM ammonium acetate(pH 6.25)，有機動相為甲醇(methanol)，管柱溫度為 40°C；層析之起始動相為 7%有機相/93%水相，維持此比例停留 0.5 分鐘，接續之後於 4.5 分鐘內，將有機相由 7%提升至 90%，並維持 2 分鐘，管柱再平衡時間為 2 分鐘，注射體積為 4 μL 。分析檢測之質譜游離源參數如表 2.4-2。

表 2.4-1 以 UPLC/MS/MS 分析物種之母離子、子離子及內標準品

	MRM m/z (collision energy, V)	Internal standard
Mathathion	(+)330.9 > 126.9 (15), 98.9 (25)	$^2\text{D}_{10}$ - Malathion
Oxamyl	(+)242.0 > 72.1 (17), 120.9 (12)	$^{13}\text{C}_2$ - $^{15}\text{N}_1$ - Methomyl
Ethion	(+)384.5 > 198.3 (10), 142.2 (20)	$^{13}\text{C}_6$ - Permethrin

表 2.4-2 農藥化合物檢測之質譜儀參數

ESI + 參數	
Column	Kinetex PFP 50 × 2.1 mm, 2.6 μm
Mobile phase	MeOH/5 mM ammonium acetate
Flow rate (mL/min)	0.8
Column temp (°C)	40
MS/MS parameters	4
Capillary (kV)	2
Extractor (V)	4
Desolvation gas flow (L/hr)	900
Cone gas flow (L/hr)	150
Source temp (°C)	120
Desolvation temp (°C)	450

2.4.3 水中亞硝胺類化合物分析方法

本年度優先評估之亞硝胺類污染物依據「水中半揮發性有機化合物檢測方法-氣相層析質譜儀法（NIEA W801.53B）」進行分析。水樣分析前以 12 mL 棕色玻璃瓶，內裝 4.5 mL 水樣，分析時加入 1.54 g NaCl 及內標（NDMA-d6）準品，以完成前處理動作。

以 12 mL 棕色玻璃瓶，內裝 4.5 mL 水樣，並以 85°C 之恆溫加熱，提高胺類物質萃取效率，並使實驗過程中有更穩定的恆溫環境。分析時加入 1.54 g 氯化鈉，待 15 秒攪拌均勻後插入吸附纖維（吸附材質 75 μm Carboxen/ PDMS）進行頂空吸附，吸附平衡時間為 60 分鐘。經過 60 分鐘吸附後將吸附纖維插入氣相層析質譜儀樣品注入孔中進行脫附 5 分鐘。氣相層析質譜儀為美國 Agilent 7890-5975 搭配化學游離離子源(Chemical ionization source)，儀器操作條件如表 2.4-3。

表 2.4-3 氣相層析質譜儀之操作參數設定

操作條件	設定值
層析管柱	DB-624 (30m * 0.25mm * 1.4μm)
離子源溫度	270°C
傳輸線溫度	250°C
溶液延遲時間	5 分鐘
進樣模式	不分流
程序升溫條件	初始溫度設置為 45°C，保持 2 分鐘， 以 10°C·min ⁻¹ 速率升高到 90°C，保留 1 分鐘， 再以 15°C·min ⁻¹ 速率升高到 200°C，保持 12 分鐘， 最後以 20°C·min ⁻¹ 速率升高到 230°C，保持 1 分鐘

2.5 採樣分析結果與討論

2.5.1 第一次採樣結果分析與討論

本年度第一次採樣於 5 月 3 日至 10 日間進行北、中、南淨水場之採樣，採樣淨水場包括：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共 6 個淨水場，此 6 處淨水場皆以地表水為水源。

2017 年春季 3 月天氣變化快，因受數波鋒面及華南雲係影響，中部以北及東半部天氣變化迅速，有明顯降雨（氣候監測報告，2017 年 3 月）。4 月則受 4 波鋒面影響，影響期間各地較為濕涼，其餘時間則以偏暖穩定氣候為主。累積雨量方面，根據中央氣象局之氣候監測資料（氣候監測報告，2017 年 4 月），臺灣 25 個局屬氣象站，4 站為少雨類別，7 站為多雨類別，其餘 14 站為正常類別。

第一次採樣期間（5 月 3 日至 10 日），各地多為晴朗炎熱的天氣、午後偶有局部短暫陣雨，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 5/3-5/10 期間之累積雨量）如表 2.5-1 所示，除基隆當週累積雨量為 23.8 毫米，採樣淨水場各地之當週累積雨量皆小於 10 毫米。

第一次採樣淨水場水質參數如表 2.5-2。採樣期間無發生明顯降雨情形，各淨水場原水濁度顯示無異常偏高情形，原水有機碳濃度（TOC）亦較低，因本年度待評估污染物亞硝胺類化合物可能會受水中氨氮經加氯消毒所影響，量測原水與清水中之氨氮濃度為水質參數，各淨水場原水之氨氮濃度皆 < 1 mg/L（以 NH₃-N 表示），符合飲用水水源水質標準，且經淨水程序處理後，清水之氨氮濃度則 < 0.02 mg/L（氨氮偵測極限為 0.02 mg/L）。

表 2.5-1 第一次採樣當週各淨水場區域之累積雨量

	基隆	臺北	新竹	臺中	高雄	金門
5/3-5/10	23.8	7.4	8.0	0.0	0.0	5.0

單位：毫米（資料來源：中央氣象局）

表 2.5-2 第一次採樣淨水場水質參數（5 月）

淨水場	水源	濁度 (NTU)	pH	TDS (mg/L)	氨氮 (mg/L-NH ₃ -N)	TOC (mg/L)	餘氯 (mg/L)
新山	原水	8.66	7.51	81.0	0.11	1.32	-
	清水	0.85	6.99	194.3	<0.02	1.01	0.72
直潭	原水	6.00	7.15	34.0	<0.02	0.42	-
	清水	0.35	7.06	32.5	<0.02	0.37	0.50
新竹 第二	原水	7.51	8.03	120.0	<0.02	0.57	-
	清水	0.50	7.67	126.0	<0.02	0.49	0.75
豐原	原水	10.88	8.23	38.5	<0.02	0.55	-
	清水	0.31	7.55	93.0	<0.02	0.60	0.60
鳳山	原水	150.0	8.04	221.0	0.70	0.65	-
	清水	0.14	7.49	207.0	<0.02	0.62	0.65
太湖	原水	12.10	7.55	174.0	0.09	6.00	-
	清水	0.15	7.54	133.0	<0.02	0.71	0.75

註：餘氯為自由有效餘氯

第一次採樣分析結果如表 2.5-3，農藥方面馬拉松、歐殺滅及愛殺松之檢測結果，各淨水場原水與清水皆為未檢出（ND），顯示此 6 處淨水場水源區未偵測到此 3 種農藥之污染。亞硝胺類化合物則在豐原淨水場清水測得 NDEA（4.58 ng/L）及太湖淨水場之清水測得 NDMA 及 NDEA，濃度分別為 1.57 及 5.67 ng/L。但原水中並未測得亞硝胺類化合物，因此豐原與太湖清水中測得之亞硝胺類污染物應為消毒副產物之角色。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，各待評估污染物之全流程檢測結果如表 2.5-4。新山淨水場之 6 種待測污染物在原水、流程水與清水中皆未檢出，豐原淨水場則於清水中有微量 NDEA 存在，關於清水中亞硝胺類污染物之存在，對照各原水之氨氮濃度，未顯示出原水氨氮之高低和亞硝胺類污染物之關連性，因此仍待進一步收集資料，經團隊討論後第二次採樣亞硝胺類化合物調整於太湖淨水場進行全流程分析，以釐清亞硝胺類污染物出現之可能性。

表 2.5-3 第一次採樣檢測結果

淨水場	水樣	馬拉松	歐殺滅	愛殺松	NDMA	NDEA	NPYR
單位		µg/L	µg/L	µg/L	ng/L	ng/L	ng/L
偵測極限		0.5	0.5	2.5	1.0	1.0	2.0
新山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
直潭	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
新竹第二	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
豐原	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	4.58	ND
鳳山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
太湖	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	1.57	5.67	ND

表 2.5-4 第一次採樣全流程檢測結果

淨水場	水源	馬拉松	歐殺滅	愛殺松	NDMA	NDEA	NPYR
單位		µg/L	µg/L	µg/L	ng/L	ng/L	ng/L
偵測極限		0.5	0.5	2.5	1.00	1.00	2.00
新山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	沈澱	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	過濾	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
豐原	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	沈澱	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	過濾	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	4.58	ND

2.5.2 第二次採樣結果分析與討論

本年度第二次採樣於 7 月 28 日至 8 月 2 日間進行北、中、南淨水場之採樣，採樣淨水場包括：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共 6 個淨水場。

2017 年 7 月底因受到尼莎、海棠颱風及西南氣流影響，各地有雨，且南部雨勢明顯。第二次採樣期間（7/28-8/2），7 月 28、29 日受尼莎颱風之外圍環流及由宜蘭登陸，在苗栗附近出海所影響，各地有強風豪雨，其中屏東雨勢達超大豪雨以上。7 月 30、31 日則因海棠颱風由屏東登陸，在彰化附近出海，中南部有大範圍豪雨及局部大豪雨發生。8 月 1 日及 2 日則西南氣流逐減弱西南風，高屏地區南部有大雨發生，午後北部亦有雷陣雨，由中央氣象局取得採樣當週累積雨量資料（計算 7/28-8/2 期間之累積雨量）如表 2.5-5 所示，採樣時間各淨水場集水區降雨明顯，北部（如基隆、臺北、新竹）測站此段時間累積雨量皆為 50 毫米以上，中南部（臺中、高雄）測站此段時間累積雨量達 400 毫米以上，金門累積雨量亦有 61.6 毫米。颱風豪雨沖刷等因素亦可能對水質變化及待評估污染物造成衝擊與影響，目前此方面資料較少，考量可藉此收集豪雨沖刷之影響數據，因此採樣期程仍於 7/28~8/2 間進行。

第二次採樣淨水場水質參數如表 2.5-6，臺灣本島各淨水場之原水因受颱風外圍環流及降雨影響，濁度皆有上升情形，新山淨水場原水主要取自基隆河（95%），鳳山淨水場水源原取自高屏溪攔河堰，因受海棠颱風暴雨影響，採樣當天高屏溪原水濁度超過 6000 NTU，因此鳳山淨水場以鳳山水庫做為部分原水進行混合，故第二次採樣時，鳳山淨水場之原水來源為高屏溪及鳳山水庫（比例約高屏溪 50%，鳳山水庫 50%），經淨水處理後，各淨水場清水濁度皆能 <1 NTU。因新山與鳳山之水源（基隆河與高屏溪）沿岸多有民生及農業利用情形，可能易受到大雨沖刷影響，原水 TOC 濃度較第一次採樣時高，而各淨水場原水之氨氮濃度皆 <1 mg/L（以 $\text{NH}_3\text{-N}$ 表示），符合飲用水水源水質標準，且經淨水程序處理後，各淨水場清水之氨氮濃度則在 ND~0.04 mg/L（氨氮偵測極限為 0.02 mg/L）。

表 2.5-5 第二次採樣當週各淨水場區域之累積雨量

	基隆	臺北	新竹	臺中	高雄	金門
7/28-8/2	61.3	105.1	58.2	211.0	444.0	61.6

單位：毫米（資料來源：中央氣象局）

表 2.5-6 第二次採樣淨水場水質參數（8 月）

淨水場	水源	濁度 (NTU)	pH	TDS (mg/L)	氨氮 (mg/L-NH ₃ -N)	TOC (mg/L)	餘氯 (mg/L)
新山	原水	18.0	7.39	234.0	0.16	3.22	-
	清水	0.13	7.03	97.4	<0.02	1.23	0.88
直潭	原水	31.0	7.50	50.6	0.04	0.61	-
	清水	0.05	7.23	50.8	<0.02	0.40	0.64
新竹 第二	原水	34.30	7.21	165.1	0.05	0.71	-
	清水	0.16	7.53	184.0	0.03	0.98	0.62
豐原	原水	78.60	7.90	105.1	0.06	0.65	-
	清水	0.49	7.40	108.7	0.03	0.58	0.75
鳳山	原水	3300	8.39	393.0	0.09	2.42	-
	清水	0.09	7.49	373.0	0.04	1.20	0.64
太湖	原水	7.32	7.70	534.0	0.35	7.55	-
	清水	0.04	7.50	398.0	0.02	1.01	0.61

註：餘氯為自由有效餘氯

第二次採樣分析結果如表 2.5-7，農藥方面馬拉松、歐殺滅及愛殺松之檢測結果，各淨水場原水與清水皆為未檢出（ND），顯示此 6 處淨水場水源區未偵測到此 3 種農藥之污染。亞硝胺類化合物則在太湖淨水場之清水測得 NDMA 濃度為 1.19 ng/L，原水中則未測得 NDMA，推測太湖清水中測得之亞硝胺類污染物應為消毒副產物。各待評估污染物之全流程檢測結果如表 2.5-8，新山與豐原淨水場之 6 種待測污染物（馬拉松、歐殺滅、愛殺松、NDMA、NDEA 及 NPYR）在原水、流程水與清水中皆未檢出。根據第一次採樣結果，專家建議加測太湖淨水場全流程之亞硝胺類污染物，以瞭解亞硝胺類化合物在淨水流程中之分布情形。太湖淨水場之處理流程為：原水進入淨水場後，先經生物硝化，然後前加氯，再以浮除、慢濾、NF（奈米過濾）處理，經加氯消毒後為清水，

第二次採樣太湖淨水場之全流程亞硝胺類檢測結果，雖在清水中有檢出微量 NDMA（1.19 ng/L），但在各流程出水（生物硝化、浮除、慢濾、NF）中未偵測到 NDMA 與其他亞硝胺類污染物存在。

表 2.5-7 第二次採樣檢測結果

淨水場	水樣	馬拉松	歐殺滅	愛殺松	NDMA	NDEA	NPYR
單位		µg/L	µg/L	µg/L	ng/L	ng/L	ng/L
偵測極限		0.5	0.5	2.5	1.0	1.0	2.0
新山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
直潭	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
新竹第二	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
豐原	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
鳳山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
太湖	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	1.19	ND	ND

表 2.5-8 第二次採樣全流程檢測結果

淨水場	水源	馬拉松	歐殺滅	愛殺松	NDMA	NDEA	NPYR
單位		µg/L	µg/L	µg/L	ng/L	ng/L	ng/L
偵測極限		0.5	0.5	2.5	1.00	1.00	2.00
新山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	沈澱	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	過濾	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
豐原	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	沈澱	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	過濾	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
太湖	原水	-	-	-	ND	ND	ND
	生物硝化	-	-	-	ND	ND	ND
	浮除	-	-	-	ND	ND	ND
	慢濾	-	-	-	ND	ND	ND
	NF	-	-	-	ND	ND	ND
	清水	-	-	-	1.19	ND	ND

2.5.3 第三次採樣結果分析與討論

本年度第三次採樣於 9 月 25 日至 9 月 28 日間進行北、中、南淨水場之採樣，採樣淨水場同第一次與第二次，共 6 個淨水場。

2017 年 9 月太平洋副熱帶高壓勢力偏強，各地以白天晴朗炎熱，午後偶有局部雷陣雨的天氣為主（氣候監測報告，2017 年 9 月），雨量和雨日均顯著偏少。月累積雨量方面，根據中央氣象局之氣候監測資料，臺灣 25 個局屬氣象站，除宜蘭及蘭嶼屬於多雨類別，其餘 23 站均為少於氣候平均值，為偏少類別。在降雨日數方面，降雨日數亦均比氣候平均值少，顯示 9 月份臺灣各地為雨量偏少之情形。

第三次採樣期間（9 月 25 日至 28 日）由中央氣象局取得採樣當週累積雨量資料（計算 9/25-9/28 期間之累積雨量），各區域累積雨量如表 2.5-9 所示，因各地為晴朗高溫的天氣、降雨以山區的午後局部零星雷陣雨為主，採樣期間基隆測站有少量累積雨量 17.5 毫米，其餘各淨水場區域為無降雨情形。

第三次採樣淨水場水質參數如表 2.5-10。採樣期間各淨水場無發生明顯降雨情形，採樣當天新山淨水場原水來自基隆河（50%）、新山水庫（30%）及瑪鋉溪（20%），為混合原水。新竹第二淨水場因頭前溪水量已明顯偏少，故淨水場原水 25%來自頭前溪，75%來自寶山水庫，豐原淨水場與鳳山淨水場原水則無特別改變狀況，分別來自石岡壩與高屏溪。因第三次採樣期間各水源區甚少發生降雨，各淨水場原水濁度顯示無異常偏高情形，原水 TOC 濃度亦在各淨水場日常 TOC 範圍內，原水之氨氮濃度皆 $< 1 \text{ mg/L}$ （以 $\text{NH}_3\text{-N}$ 表示），符合飲用水水源水質標準，且經淨水程序處理後，清水之氨氮濃度則 $< 0.02 \sim 0.03 \text{ mg/L}$ 。

表 2.5-9 第三次採樣當週各淨水場區域之累積雨量

	基隆	臺北	新竹	臺中	高雄	金門
9/25-9/28	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

單位：毫米（資料來源：中央氣象局）

表 2.5-10 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)	氨氮 (mg/L-NH ₃ -N)	TOC (mg/L)	餘氯 (mg/L)
新山	原水	8.0	7.56	186.0	0.04	2.17	-
	清水	1.03	7.47	162.1	<0.02	1.39	0.72
直潭	原水	9.07	7.40	41.5	0.02	0.56	-
	清水	0.06	7.20	43.3	<0.02	0.54	0.59
新竹 第二	原水	23.10	7.30	263.1	0.03	1.58	-
	清水	0.17	6.95	226.0	0.02	1.14	0.82
豐原	原水	3.58	8.50	160.0	<0.02	1.26	-
	清水	0.33	7.94	165.2	<0.02	0.93	0.71
鳳山	原水	140	8.13	403.0	0.07	0.94	-
	清水	0.08	7.83	346.0	0.03	0.44	0.67
太湖	原水	8.73	7.81	303.0	0.03	8.18	-
	清水	0.04	7.69	265.0	0.02	0.97	0.65

註：餘氯為自由有效餘氯

第三次採樣分析結果如表 2.5-11，農藥方面馬拉松、歐殺滅及愛殺松之檢測結果，各淨水場原水與清水皆為未檢出（ND），顯示此 6 處淨水場水源區未偵測到此 3 種農藥之污染。亞硝胺類化合物則在新山淨水場之清水測得 NDMA 濃度為 1.85 ng/L，原水中則未測得 NDMA，其餘 5 處淨水場之原水與清水中皆未測得亞硝胺類污染物。各待評估污染物之全流程檢測結果如表 2.5-12，豐原淨水場之 6 種待測污染物在原水、流程水與清水中皆未檢出，新山淨水場雖在清水中有檢出微量 NDMA，但於處理流程中（沈澱及過濾）則未檢出 NDMA。此外分析太湖淨水場之全流程檢測結果，在原水與清水中未檢出亞硝胺類污染物，但慢濾出水檢出 NDMA（2.76 ng/L）及 NDEA（1.66 ng/L）兩種亞硝胺類污染物，後續流程如奈米過濾（NF）及清水則未檢出。第三次採樣結果顯示亞硝胺類化合物多在處理流程之後段出現（如新山之清水、太湖之慢濾），且亞硝胺化合物應和加氯作用相關（前加氯、後加氯），水中之亞硝胺前質經加氯後，過一段時間產生亞硝胺化合物，太湖淨水場慢濾池出水有檢出，但 NF 及清水則未檢出，因此 NF 程序應可去除微量 NDMA 與 NDEA。

表 2.5-11 第三次採樣檢測結果

淨水場	水樣	馬拉松	歐殺滅	愛殺松	NDMA	NDEA	NPYR
單位		µg/L	µg/L	µg/L	ng/L	ng/L	ng/L
偵測極限		0.5	0.5	2.5	1.0	1.0	2.0
新山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	1.85	ND	ND
直潭	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
新竹第二	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
豐原	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
鳳山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
太湖	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND

表 2.5-12 第三次採樣全流程檢測結果

淨水場	水源	馬拉松	歐殺滅	愛殺松	NDMA	NDEA	NPYR
單位		µg/L	µg/L	µg/L	ng/L	ng/L	ng/L
偵測極限		0.5	0.5	2.5	1.00	1.00	2.00
新山	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	沈澱	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	過濾	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	1.85	ND	ND
豐原	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	沈澱	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	過濾	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND
太湖	原水	-	-	-	ND	ND	ND
	生物硝化	-	-	-	ND	ND	ND
	浮除	-	-	-	ND	ND	ND
	慢濾	-	-	-	2.76	1.66	ND
	NF	-	-	-	ND	ND	ND
	清水	-	-	-	ND	ND	ND

2.5.4 106 年採樣分析結果綜合討論

本計畫執行 106 年度工作項目中 3 次淨水場待評估污染物採樣分析，採樣目標為基隆新山淨水場、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共 6 個淨水場，採樣時間於 5 月、7~8 月、9 月進行，採樣分析結果整理如表 2.5-13。各淨水場採集原水與清水進行分析水中 6 項待評估污染物（馬拉松、歐殺滅、愛殺松、NDMA、NDEA、NPYR 共 6 項），其中新山淨水場與豐原淨水場為全流程採樣（原水、沈澱、過濾、清水），因第一次採樣分析結果後，經專家諮詢會建議進一步瞭解太湖淨水場之亞硝胺類化合物分布情形，故於第二次及第三次採樣，太湖淨水場增加處理流程中亞硝胺類化合物之樣本檢測（原水、生物硝化、浮除、慢濾、NF 及清水），106 年度共計 56 個樣本（含太湖淨水場之流程水），檢測待評估污染物 312 個樣次。

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 0~61.8%之 TOC（若原水 TOC<1，因原水 TOC 濃度本來就很低，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 組成偏溶解性或不具附著在顆粒物質上，則混凝、過濾等傳統處理方式較不易達到 TOC 去除效果。鳳山與太湖淨水場則為高級處理流程，因此 TOC 去除率通常可達 50%以上。

農藥檢項（馬拉松、歐殺滅、愛殺松）在此次篩選之北、中、南與外島之 6 座淨水場，原水、清水與流程水採樣分析皆為 ND，顯示此三項農藥未對飲用水水質造成影響，故在農藥殘留對人體健康之衝擊，應可優先考量其他暴露途徑（如食物等）。

本年度檢測水中亞硝胺類污染物三項（NDMA、NDEA、NPYR），檢測樣本含第 2 次與第 3 次採樣加測之太湖淨水場流程水共 56 個樣品，其中 5 個樣品檢出亞硝胺類污染物，檢出率為 8.9%。飲用水中亞硝胺類之可能來源主要為溶解性有機氮化合物（如二甲胺或三甲胺等）及氨氮，以下說明淨水場中出現亞硝胺類污染物之可能原因。

表 2.5-13 106 年度淨水場待測污染物檢測濃度

		馬拉松			歐殺滅			愛殺松			NDMA			NDEA			NPYR		
偵測極限		0.5(μg/L)			0.5(μg/L)			2.5(μg/L)			1.0(ng/L)			1.0(ng/L)			2.0(ng/L)		
採樣月份		5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9
新山	原水	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	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
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.85	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
	清水	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	ND	ND
	清水	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
	沈澱	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
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4.58	ND	ND	ND	ND	ND
鳳山	原水	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
太湖	原水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	生物硝化	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ND	ND	—	ND	ND	—	ND	ND
	浮除	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ND	ND	—	ND	ND	—	ND	ND
	慢濾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ND	2.76	—	ND	1.66	—	ND	ND
	NF	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ND	ND	—	ND	ND	—	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.57	1.19	ND	5.67	ND	ND	ND	ND	ND

2.5.5 水中亞硝胺類化合物可能來源

NDMA 為使用硝酸鹽或亞硝酸鹽及胺類製程的工廠所產生之副產品，主要是二甲胺（dimethylamine）或三甲胺（trimethylamine）和氮氧化物、亞硝酸及亞硝酸鹽等接觸反應所產生，因此 NDMA 有可能出現在橡膠製造，皮革製革，農藥製造，食品加工，染料製造廠等產業，及污水處理廠的廢水，這些產業產生的含亞硝胺類污染物之廢污水，可能經污水處理廠未完全去除而排放進入河川水體影響水源。此外，在飲用水的處理過程中，也可能產生 NDMA，因 NDMA 的前質二甲胺，可能經由農業灌溉或廢污水排放進入環境水體或飲用水源，經淨水場消毒（加氯消毒或氯胺消毒）處理後產生 NDMA 等亞硝胺類消毒副產物，或是以高分子凝聚劑（如 polyDADMAC）作為水處理藥劑，高分子凝聚劑本身亦可能扮演 NDMA 前質的角色，和消毒劑之氯胺或次氯酸反應後生成 NDMA。若地面水源之氨氮濃度較高，經由加氯消毒可能產生一氯胺，一氯胺再和水中的二甲胺等有機氮反應，因此生成 NDMA。此外，NDMA、NDEA 等亞硝胺類化合物，淨水流程中以陰離子交換方式處理，若離子交換樹脂中若含有三甲基或二甲基乙醇四級胺的官能基，NDMA 亦可能為離子交換處理後之副產物。

而 106 年度三次採樣結果顯示各淨水場原水氨氮濃度皆 $<1\text{ mg/L}$ ，原水氨氮濃度低，則水中亞硝胺類之來源來自氨氮可能性低，因此水中亞硝胺類出現之可能原因為：原水中含有有機氮物質，經加氯消毒後產生之消毒副產物。新山淨水場水源來自基隆河，沿岸有較多人類活動或受生活污水影響而有含氮類有機污染物等存在，導致經淨水場加氯消毒後產生微量亞硝胺類污染物（第三次採樣清水，NDMA 濃度 1.85 ng/L ）。金門之太湖淨水場由於受限於水資源匱乏及水源來自於太湖、田埔等湖庫，湖庫原水中有藻類生長，藻類細胞和藻類代謝物富含有機氮化合物，因而加氯處理後，可能在後續流程（如慢濾、清水等）產生 NDMA 等微量亞硝胺類污染物，濃度分布為 $\text{ND}\sim 2.76\text{ ng/L}$ 。

目前世界衛生組織（WHO）將飲用水中 NDMA 健康基準值（health-based value）訂為 100 ng/L ，澳洲之飲用水指引值則為 100 ng/L ，指引值的考量基準建立在終生暴露的癌症風險為百萬分之一，加拿大飲用水法規則將 NDMA 限值訂為 40 ng/L 。本年度檢出之亞硝胺類污染物 NDMA 或 NDEA 皆為微量濃度（數個 ng/L ），遠低於各國飲用水法

規值或健康指引值，但基於終生飲用水安全衛生考量與釐清可能來源以便擬定處理策略，自來水公司於專家諮詢會時表示後續將持續對出現亞硝胺類化合物之淨水場進行監測。

2.5.6 水中亞硝胺類污染物去除方式

使用氣提法（曝氣）、活性碳吸附、逆滲透處理及生物降解等方式難以有效移除 NDMA 等亞硝胺類化合物（Siddiqui & Atasi, 2001, Mitch et al., 2003），根據廢水回收廠以複合式薄膜逆滲透處理，NDMA 移除率約 50%（Mitch et al., 2003），以臭氧方式處理則分解速度也很緩慢。依大阪市水道局檢測顯示，臭氧處理後 NDMA 濃度增加，但經粒狀活性碳吸附後可再降低。

對於水中之 NDMA 等亞硝胺類污染物，潛在的處理技術為 UV、UV/H₂O₂ 及樹脂吸附（如 Ambersorb 572 樹脂）。目前較普遍用來移除 NDMA 的方式為 UV，而 UV 處理 NDMA 可能產生光分解產物為二甲胺(dimethylamine, DMA)和亞硝酸鹽，使用 UV/H₂O₂ 處理水中 NDMA 則主要的分解產物為硝酸鹽，UV/H₂O₂ 處理亦會生成 DMA，但 DMA 產生量比直接照 UV 光解產生的量明顯降低。在國外已有實例裝設中壓紫外燈處理受工業排放 NDMA 污染的地下水，而要去除 90% 的 NDMA 需要紫外燈劑量為 1000 mJ/cm²，比一般用來微生物殺菌消毒的紫外光高 10 倍，因此使用紫外燈去除 NDMA 的另一考量則是能源消耗和電力費用。

2.6 初步蒐集清單優先評估物質毒理資料庫建立

本年度工作項目包含篩選飲用水中優先評估物質，並彙編毒理資料庫，經專家諮詢會充分討論後決定本年度之 6 項待評估污染物，分別為：馬拉松(Mathathion)、歐殺滅(Oxamyl)、愛殺松(Ethion)、N-亞硝二甲胺(N-nitrosodimethylamine, NDMA)、N-亞硝二乙胺(N-nitrosodiethylamine, NDEA)、N-亞硝基吡咯烷(N-nitrosopyrrolidine, NPYR) 6 項。毒理資料庫所蒐集資訊包含污染物基本資料（如化學結構式與分析方法）、環境背景資料（該化學物質在日常使用、環境中各介質之流佈傳輸及轉換）、健康評量及毒理相關資料（動物毒性實驗、與人體暴露研究或案例報告，若有流行病學資料則以流行病學資料

為主）、處理技術（蒐集文獻或實廠中可行之該污染物處理技術）、國外管制情形與行政優先考量（參考各國政府單位，如美國環保署、世界衛生組織、國際癌症研究組織、勞工安全衛生研究所之物質安全資料表等國內國外環保衛生組織之相關資料彙整），本團隊持續根據下列資料彙編及更新毒理資料：

- 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 Program on Chemical Safety (WHO-IPCS)
- 七、世界衛生組織 WHO 飲用水水質指引
- 八、ACToR (Aggregated Computational Toxicology Resource) from EPA
- 九、European Chemicals Agency (ECHA)
- 十、Haz-Map
- 十一、安全資料表（勞動部職業安全衛生署 GHS 網站）
- 十二、農藥安全資訊庫（行政院農業委員會動植物防疫檢驗局）
- 十三、國家網路藥典（國家網路醫藥）
- 十四、Micro Medex 資料庫

以下為本年度優先評估污染物其中三項之特性與毒理資料簡述。

2.6.1 N-亞硝二甲胺(N-nitrosodimethylamine, NDMA)

N-亞硝二甲胺在以往有生產和使用在火箭燃料、抗氧化劑、潤滑劑之添加物、共聚合物之軟化劑等方面，但目前多已停止使用。研究顯示當亞硝酸鹽及二甲胺添加至滅菌及無滅菌的土壤中，皆會形成 NDMA。自來水中低濃度的 NDMA 產生之可能原因為水中低濃度的亞硝酸鹽和氧化劑（氯）及二級胺反應所產生。在攝入含有菠菜、培根、蕃茄、麵包和啤酒的餐點後，在人體血液中可檢測到較多 NDMA，因人體中經由腸道細菌進行亞硝酸鹽和二甲胺反應而能形成 NDMA。IARC 將 NDMA 分類在 2A（No data are available in humans. Sufficient evidence of carcinogenicity in animals），USEPA 則為 B2，可能為人類之致癌物。

表 2.6-1 N-亞硝二甲胺毒性數據

實驗途徑	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)
小鼠：腹腔注射					19
大鼠：腹腔注射					26.5
大鼠：口服餵食					37
大鼠：口服餵食					27-41

2.6.2 N-亞硝二乙胺(N-nitrosodiethylamine, NDEA)

N-亞硝二乙胺（NDEA）在工業上做為汽油和潤滑劑的添加劑、抗氧化劑及穩定劑，在香菸煙霧中可檢測到 NDEA，因此一般民眾一般民眾則可能吸入香菸煙霧或食入起司、培根、魚、啤酒等食物或經由飲水暴露 NDEA。NDEA 可能由一些工業使用中釋放出來（如橡膠、染料和金屬工業）。IARC 將 NDEA 分類在 2A（No data are available in humans. Sufficient evidence of carcinogenicity in animals），USEPA 則為 B2，可能為人類之致癌物。

表 2.6-2 N-亞硝二乙胺毒性數據

實驗途徑	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)
大鼠：皮下注射					195
大鼠：腹腔注射					216
大鼠：靜脈注射					280
大鼠：口服餵食					280
小鼠：腹腔注射					132

2.6.3 N-亞硝基吡咯烷(N-nitrosopyrrolidine, NPYR)

亞硝基吡咯烷（NPYR）無直接做為市售產品或作為商品，本身是香菸的化學成分之一，故可能經由香菸煙霧，或是經由炸培根、廢水處理排放、橡膠輪胎或廢水污泥而釋放至環境中。一般民眾則可能經由香菸的煙霧或蒸氣中，或食用某些特定食物，如油炸培根、醃肉、及魚類暴露到 NPYR。IARC 將 NPYR 分類在 2B，USEPA 則為 B2，可能為人類之致癌物。

表 2.6-3 N-亞硝基吡咯烷毒性數據

實驗途徑	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)
大鼠：口服					900
小鼠：口服餵食					125
小鼠：皮下注射					125

2.6.4 馬拉松(Malathion)

馬拉松為一種人造殺蟲劑，馬拉松可用於撲滅稻穀或花圃間的害蟲、人身上虱子及寵物身上跳蚤，同時也用來撲殺大量戶外的蚊蟲果蠅，做為殺蟲劑或殺蟎劑。常使用在柑橘園以控制果蠅和蚊子，也被使用在感染頭蝨的局部治療或體蝨和塵蟎感染，馬拉松主要經噴灑農作物的方式進到環境中。因馬拉松對人類致癌的證據有限，但在實驗動物上則有足夠的證據顯示馬拉松的致癌性，IARC 將馬拉松分類為可能對人類致癌（Group 2A）。

表 2.6-4 馬拉松毒性數據

實驗途徑	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)
小鼠：口服					1025
大鼠：腹腔注射					750
雌大鼠：口服					1000
雄大鼠：口服					1375

2.6.5 歐殺滅(Oxamyl)

農藥歐殺滅在水溶液中會緩慢分解，屬於廣效性的氨基甲酸鹽類殺線蟲劑。做為農藥使用時，可能以殺蟲劑、殺蟎劑、殺線蟲劑的角色分布至環境中。一般人暴露歐殺滅主要來源則是飲食，依據行政院衛生署藥物食品檢驗局調查研究報告，市售蔬果殘留農藥監測（DOH95-FD-2020），於 2006 年進行 1605 件市售蔬果之農藥殘留檢驗，結果有 3 件蔬菜檢出歐殺滅。WHO 將歐殺滅毒性歸類為第 1B 級劇毒（highly hazardous）。USEPA 的癌症分類：Group E，非人類之致癌物（Evidence of Non-carcinogenicity for Humans）。

表 2.6-5 歐殺滅毒性數據

實驗途徑	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)
小鼠：口服					2.3
兔子：皮膚接觸					2960
雌大鼠：口服					2.5
雄大鼠：口服					3.1

2.6.6 愛殺松(Ethion)

愛殺松為一種有機磷農藥，於農業上作用為非系統性殺蟲劑和殺蟎劑，主要用於控制柑橘類樹上的昆蟲，也用在棉花、水蘋果、玉米、茄子、葡萄、洋蔥、梨、桃、堅果樹及一些蔬菜等作物，也可用於觀賞植物和草坪上。愛殺松對於人體的危害為會影響中樞神經系統，USEPA 的癌症分類：Group E，非人類之致癌物（Evidence of Non-carcinogenicity for Humans）。

表 2.6-5 歐殺滅毒性數據

實驗途徑	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)
兔子：皮膚接觸					915(工業級)
大鼠：口服					47(工業級)
大鼠：口服					208(純)

2.7 蒐集清單物質之水質檢測資料彙整分析

105 年蒐集清單總共包含 84 項物質，加上本計畫 6 項優先評估物質，106 年蒐集清單物質共 90 項（詳列於表 2.7-1），其中有 15 項物質已納入觀察清單（以粗體表示）。蒐集清單中的 90 項物質概分為生物性參數、一般有機化合物、醫療保健藥品、消毒藥劑及消毒副產物、農藥及重金屬。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 2.7-2。蒐集清單 90 項物質中，扣除四項生物性參數，有 20 項化學物質環保署、水利署及自來水事業尚未針對其於淨水場原水、清水進行監測。

表 2.7-1 106 年蒐集清單物質（90 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	—	30	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、1,2-二溴乙烷、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、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	6	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、鄰苯二甲酸二正辛酯
		慢毒性物質	3	鄰苯二甲酸二丁酯、鄰苯二甲酸丁苯甲酯、全氟辛烷磺酸
		疑似毒化物	3	乙苯、雙酚 A、甲基異丁酮
	消毒藥劑及消毒副產物	急毒性物質	4	甲醛、N-亞硝二甲胺、N-亞硝二乙胺、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	—	17	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、萘普生/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
無機化合物	重金屬	—	8	鎳、鎂、碲、鉍、鈦、鉍、硼、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。

2. 粗體字表該物質已納入觀察清單。

表 2.7-2 蒐集清單項目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	硼	Boron	18	0.00336~0.04336	18	0.00357~0.04445	NA	NA	105 年	2.4
2	N-亞硝二乙胺	N-nitrosodiethylamine, NDEA	6	ND	6	ND~0.00000567	NA	NA	106 年	未建議
3	鄰苯二甲酸二丁酯	Dibutyl phthalate (DBP)	68	ND~0.00415	601	ND~0.0244	120	ND~0.00271	100-105 年	未建議
4	N-亞硝二甲胺	N-nitrosodimethylamine, NDMA	6	ND	6	ND~0.00000157	NA	NA	106 年	0.0001
5	鄰苯二甲酸丁酯苯甲酯	Diisobutyl phthalate (BBP)	68	ND~0.000002	601	ND~0.00001	150	ND~0.00164	100-104 年	未建議
6	全氟辛烷酸	Perfluorooctanoic acid(PFOA)	90	ND~0.0000292	83	ND~0.00003	NA	NA	100,105-106 年	未建議
7	全氟辛烷磺酸	Perfluorooctane sulfonic acid(PFOS)	90	ND~0.0000369	78	ND~0.0000484	NA	NA	100,105-106 年	未建議
8	1,2,3-三氯丙烷	1,2,3-Trichloropropane	21	ND	21	ND	NA	NA	104 年	未建議
9	1,2-二溴-3-氯丙烷	1,2-Dibromo-3-chloropropane	21	ND	21	ND	NA	NA	104 年	0.001
10	托福松	Terbufos	335	ND	1397	ND~0.00135	NA	NA	97-102,104-105 年	未建議
11	賽滅寧	cypermethrin	31	ND	24	ND	NA	NA	99-101, 103 年	未建議
12	甲基多保淨	thiophanate-methyl	26	ND	19	ND	9	ND	101,103,105 年	未建議
13	鈹	Beryllium	25	ND~0.00092	24	ND~0.00004	NA	NA	99, 105 年	未建議
14	鈷	Cobalt	18	0.00001~0.01693	18	0.00001~0.0001	NA	NA	105 年	未建議
15	鄰苯二甲酸二辛酯	Diocetyl Phthalate (DOP)	50	ND	589	ND	150	ND~0.00177	102-105 年	未建議
16	N-亞硝基吡咯烷	N-nitrosopyrrolidine, NPYR	6	ND	6	ND	NA	NA	106 年	未建議
17	二乙基間甲苯胺	DEET	21	ND-0.0000275	21	ND-0.0000232	NA	NA	101 年	未建議
18	加保利	carbaryl	31	ND	24	ND	NA	NA	99-101,103 年	未建議
19	百滅寧	permethrin	43	ND	24	ND	NA	NA	99-103 年	未建議
20	嘉磷塞	Glyphosate	311	ND	498	ND	NA	NA	98-99,102,105 年	未建議
21	1,1,2-三氯乙烷	1,1,2-Trichloroethane	21	ND	21	ND	NA	NA	104 年	未建議
22	六氯苯	Hexachlorobenzene	21	ND	21	ND	12	ND	104-105 年	未建議
23	六氯環戊二烯	Hexachlorocyclopentadiene	21	ND	21	ND	12	ND	104-105 年	未建議
24	愛殺松	Ethion	6	ND	6	ND	NA	NA	106 年	未建議
25	馬拉松/馬拉硫磷	Malathion / Maldison	6	ND	6	ND	NA	NA	106 年	未建議
26	1,2-二氯丙烷	1,2-Dichloropropane	81	ND	95	ND	187	ND	97-105 年	0.04

表 2.7-2 蒐集清單項目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		
27	陶斯松	Chlorpyrifos	335	ND~0.00021	1422	ND	NA	NA	97-102,104-105 年	0.03
28	大滅松	Dimethoate	335	ND	1422	ND	NA	NA	97-102,104-105 年	0.006
29	福瑞松	Phorate	335	ND	1422	ND	NA	NA	97-102,104-105 年	未建議
30	乙醯氨基酚 (俗稱:普拿疼)	Acetaminophen	21	ND	21	ND	NA	NA	101 年	未建議
31	歐殺滅	Oxamyl / Vydate	6	ND	6	ND	NA	NA	106 年	未建議
32	芬殺松	fenthion	31	ND	24	ND	9	ND	99-101, 103,105 年	未建議
33	賓克隆	pencycuron	26	ND	19	ND	NA	NA	101,103 年	未建議
34	固殺草	glufosinate	26	ND	19	ND	9	ND	101,103,105 年	未建議
35	鈦	Titanium	30	ND~0.01129	17	0.00032~0.00226	NA	NA	99-100 年	未建議
36	辛基酚	Octylphenol	132	ND~0.00028	135	ND~0.000061	NA	NA	98-103	未建議
37	異丁苯丙酸 (俗稱:布洛芬)	Ibuprofen	21	ND-0.0000421	21	ND	NA	NA	101 年	未建議
38	凱妥布洛芬/苯酮苯丙酸	Ketoprofen	21	ND	21	ND	NA	NA	101 年	未建議
39	萘普芬/ 甲氧鈉丙酸 (俗稱: 拿百疼)	Naproxen	21	ND	21	ND	NA	NA	101 年	未建議
40	苯氧苯丙酸 (俗稱: 非諾洛芬)	Fenoprofen	21	ND	21	ND	NA	NA	101 年	未建議
41	胺基比林	Aminopyrine	21	ND	21	ND	NA	NA	101 年	未建議
42	非那雄胺	Finasteride	21	ND	21	ND	NA	NA	101 年	未建議
43	羥苯甲酮	Oxybenzone	21	ND-0.000516	21	ND	NA	NA	101 年	未建議
44	四環黴素	Tetracycline	21	ND	21	ND	NA	NA	101 年	未建議
45	羥四環黴素	Oxytetracycline	21	ND	21	ND	NA	NA	101 年	未建議
46	氯四環黴素	Chlorotetracycline	21	ND	21	ND	NA	NA	101 年	未建議
47	二苯甲酮	Benzophenone	21	ND	21	ND	NA	NA	101 年	未建議
48	對羥基苯甲酸甲酯	Methyl paraben	21	ND-0.0000158	21	ND-0.000004	NA	NA	101 年	未建議
49	對羥基苯甲酸乙酯	Ethyl paraben	21	ND-0.0000033	21	ND	NA	NA	101 年	未建議
50	對羥基苯甲酸丙酯	Propyl paraben	21	ND-0.0000222	21	ND-0.0000037	NA	NA	101 年	未建議
51	對羥基苯甲酸丁酯	Butyl paraben	21	ND	21	ND	NA	NA	101 年	未建議
52	微囊藻毒-LR 型	Microcystin-LR	559	ND~0.010241	363	ND~0.000129	50	ND	92-96, 101-105 年	0.001
53	壬基酚	Nonyl phenol (NP)	193	ND~0.000986	215	ND~0.000548	100	ND	96-104 年	未建議
54	鄰苯二甲酸二甲酯	Dimethyl Phthalate (DMP)	68	ND~0.0000057	723	ND~0.0000078	141	ND~0.00274	100-105 年	未建議

表 2.7-2 蒐集清單項目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		
55	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	Di(2-ethylhexyl)phthalate, (DEHP)	68	ND~0.00585	724	ND~0.0103	217	ND~0.0124	100-105 年	0.008
56	氯苯	Chlorobenzene	29	ND~0.00118	49	ND~0.00146	175	ND	97-104 年	未建議
57	苯乙烯	Styrene (Vinyl benzene)	61	ND~0.00417	223	ND~0.00286	187	ND	97-105 年	0.02
58	乙苯	Ethylbenzene	86	ND	108	ND	175	ND	99-104 年	0.3
59	1,1-二氯乙烷	1,1-Dichloroethane	49	ND	217	ND	187	ND~0.00016	97-105 年	未建議
60	甲醛	Formaldehyde	60	<0.00715~0.0523	75	ND~0.04851	11	0.00280~0.00968	97-104 年	未建議
61	鎂	Gallium	30	0.00002~0.00115	17	0.00061~0.00012	451	ND~0.00014	99-103 年	未建議
62	鍺	Germanium 71	30	ND~0.00012	17	ND~0.00004	NA	NA	99-100 年	未建議
63	碲	Tellurium 129	30	ND~0.00012	17	ND~0.00001	NA	NA	99-100 年	0.02
64	雙酚 A	Bisphenol A	202	ND~0.000224	220	ND~0.0263	108	ND	97-104 年	未建議
65	鉍	Thallium	30	ND~0.00059	17	ND~0.00041	471	ND~0.00049	99-104 年	未建議
66	1,2-二溴乙烷	1,2-Dibromoethane	21	ND	21	ND~0.0033	NA	NA	104 年	0.0004

資料來源：

1. 行政院環境保護署 92-104 年度飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫
2. 行政院環境保護署一〇二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. 行政院環境保護署一百年度水中超微量有機物檢測技術建立研究 1/2
4. 行政院環境保護署一〇一年度水中超微量有機物檢測技術建立研究 2/2
5. 行政院環境保護署 99-103 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
6. 行政院環境保護署一〇三年度 103-104 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫
7. 行政院環境保護署 96-98 年度飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫 1/3-3/3
8. 行政院環境保護署 94-96 年度飲用水水源及水質中產毒藻種及藻類毒素之研究(第一年-第三年)
9. 臺北翡翠水庫管理局一〇二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
10. 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)
11. 經濟部水利署 98-101 年度新興污染物監測、評估、處理及風險評估之研究(1/4)- (4/4)
12. 臺北自來水事業處 93 至 101 年非屬飲用水水質標準檢測結果
13. 飲用水水質標準未列管之農藥檢驗計畫-第一年-第二年
14. 飲用水水源及水質標準項目之調查及評估-第一年-第三年
15. 臺北自來水事業處自主檢測資料
16. 台灣自來水公司自主檢測資料

本土淨水場的監測數據為「飲用水列管項目篩選作業流程」（2.1 節）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，然而蒐集清單中扣除已納入觀察清單的 15 項物質，剩餘 71 項化學性物質僅有 9 項有超過 200 筆本土淨水場清水檢測資料，沒有足夠代表性的本土淨水場的監測數據成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，故本計畫依據蒐集清單物質的健康危害程度、於本土淨水場清水中出現的情況以及本土淨水場清水監測數據量提出後續監測的優先順序。蒐集清單監測順序評估流程如圖 2.7-1，根據現有蒐集清單物質評分資料(表 2.8-2)，本計畫建議依下列原則評估補充本土淨水場清水監測數據之優先順序：

- 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。

依上述原則，蒐集清單中扣除已納入觀察清單的 15 項物質，剩餘之 71 項化學性物質可分為 12 類：

- 一、健康危害性高、本土淨水場發生率高、且本土淨水場清水累積監測數據超過 200 筆之物質有 1 項：鄰苯二甲酸二丁酯。基於毒理資料顯示其健康危害性較高，且有超過 200 筆本土淨水場清水累積監測數據顯示本土淨水場發生率高，故納入觀察清單進一步評估。

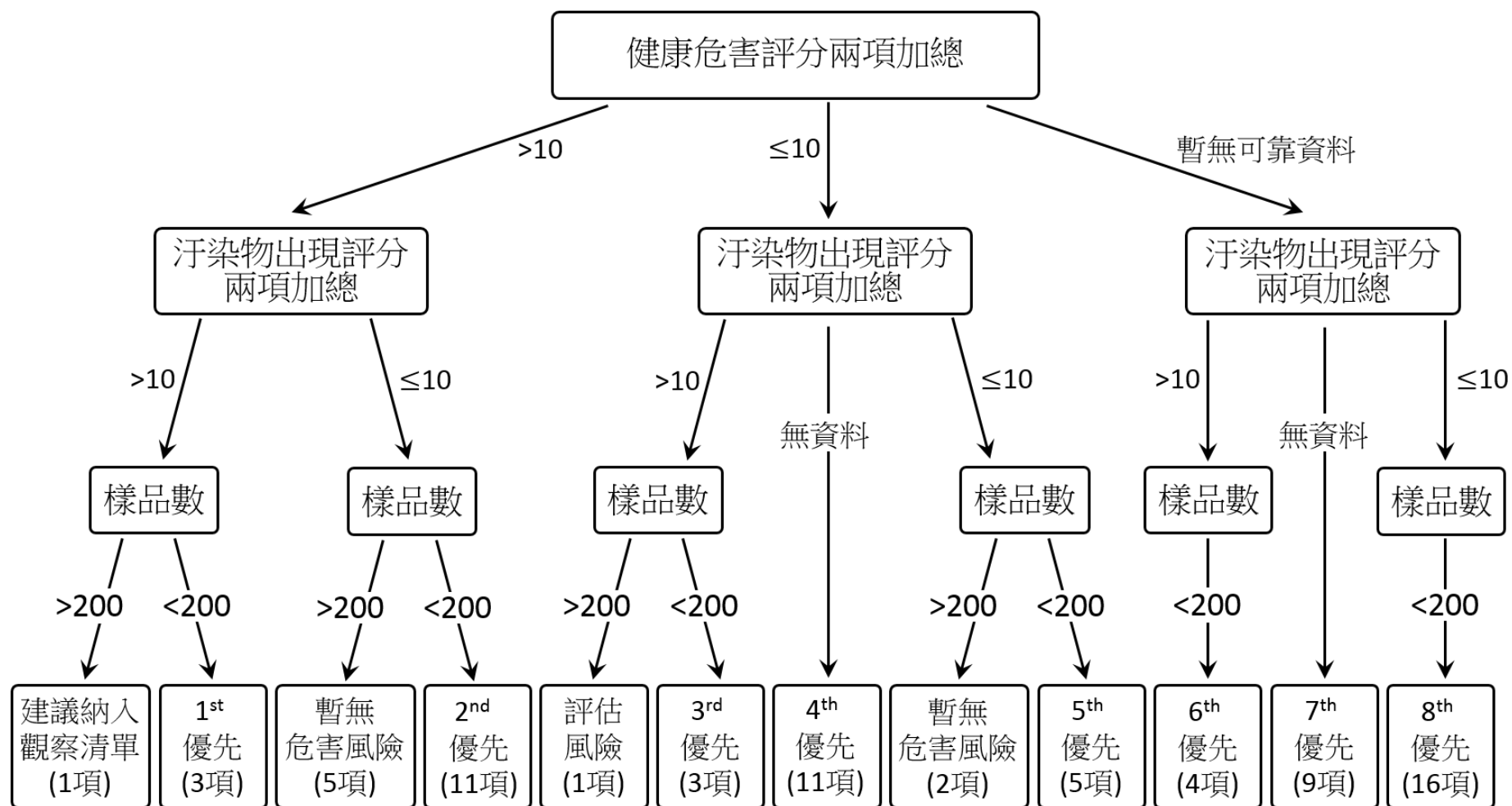


圖 2.7-1 蒐集清單監測順序評估流程

- 二、健康危害性高、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 3 項：硼、N-亞硝二乙胺、鉍。基於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一優先補充監測數據，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、健康危害性高、本土淨水場發生率低、且本土淨水場清水累積監測數據超過 200 筆之物質有 5 項：嘉磷塞、陶斯松、大滅松、福瑞松、1,2-二氯丙烷。雖然毒理資料顯示此類物質健康危害性較高，但有超過 200 筆本土淨水場清水累積監測數據顯示本土淨水場發生率低，已可初步認定此類物質於我國淨水場暫無危害風險，暫時沒有補充監測數據的必要性。
- 四、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 11 項：N-亞硝二甲胺、全氟辛烷磺酸、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二優先補充監測數據，確認此類物質於本土淨水場發生率低的可靠性。
- 五、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超過 200 筆之物質有 1 項：鄰苯二甲酸丁基苯甲酯。雖然毒理資料顯示此類物質健康危害性較低，但有超過 200 筆本土淨水場清水累積監測數據顯示本土淨水場發生率高。

本計畫利用目前的監測數據評估此物質於我國淨水場之危害風險，鄰苯二甲酸丁基苯甲酯於國際上目前僅有日本針對此物質訂有飲用水水質之目標值（非法律強制管制值）0.5 mg/L；若依美國環保署建議之健康參考水準(Health Reference Level, HRL)計算公式（表 3.1-2）計算鄰苯二甲酸丁基苯甲酯之飲用水健康參考水準，採用美國 IRIS 資料庫之鄰苯二甲酸丁基苯甲酯 RfD 0.2 mg/kg/day，假設成人體重 60 公斤、每人每日飲水量 2 公升，飲用水的貢獻比例為 1%，可得 0.06 mg/L。目前我國鄰苯二甲酸丁基苯甲酯於飲用水中檢出之最大值仍小於健康參考水準 30%。顯示該物質於我國飲用水中暫無顯著風險。

- 六、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 3 項：全氟辛烷酸、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。
- 七、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四優先補充監測數據。
- 八、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超過 200 筆之物質有 2 項：托福松、鄰苯二甲酸二辛酯。毒理資料顯示此類物質健康危害性較低，且有超過 200 筆本土淨水場清水累積監測數據顯示本土淨水場發生率低，已可初步認定此類物質於我國淨水場暫無危害風險，暫時沒有補充監測數據的必要性。
- 九、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五優先補充監測數據，確認此類物質於本土淨水場發生率低的可靠性。
- 十、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六優先補充監測數據，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。

十一、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/二甲基亞砷。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七優先補充監測數據，已了解其於本土淨水場高發生情況。

十二、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八優先補充監測數據，確認此類物質於本土淨水場發生率低的可靠性。

2.8 觀察清單

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、銻、鎘、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銻跟鎘以外的 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。

2.8.1 106 年觀察清單物質篩選

本計畫根據「推動飲用水列管項目之篩選作業計畫」建立之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，污染物出現普遍性及濃度依表 2.8-1 量化。

蒐集清單 90 項物質，扣除四項生物性參數及 15 項已納入觀察清單之物質，剩餘之 71 項物質之評分資料詳列於表 2.8-2，其中健康危害所採用之毒理參數及參考資料詳列於表 2.8-3，污染物於淨水場中監測的數據則參考表 2.7-2。

本計畫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，模式得分再依表 2.8-4 評估是否應納入觀察清單。模式評估結果建議硼、N-亞硝二甲胺、鄰苯二甲酸二丁酯應納入觀察清單，經第二次專家會議討論，專家們亦認同模式評估之結果。考量 N-亞硝二甲胺與 N-亞硝二甲胺同為消毒副產物，健康危害性高，且本土淨水場清水累積監測數據僅 40 筆，將 N-亞硝二甲胺一併納入觀察清單。此外全氟辛烷酸(PFOA)、全氟辛烷磺酸(PFOS)為目前社會大眾普遍關注可能影響健康之物質，雖然模式評分結果建議考慮不納入或不納入觀察清單，但因本土淨水場清水累積監測數據僅 18 筆，故建議納入觀察清單進一步評估。經第二次專家會議討論後，本年度計畫將硼、N-亞硝二甲胺(NDMA)、N-亞硝二甲胺(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。

表 2.8-1 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)

表 2.8-2 蒐集清單物質篩選評分資料彙整

編號	物質名稱 中文	物質名稱 英文	健康危害 潛勢	健康危害 嚴重性	健康危害 參考資料	污染物出現 普遍性	污染物出現 濃度*	統計 樣品數	模式模擬 結果	國際列管情形
1	硼	Boron	4	7	PCCL3	10	9	18	L	WHO、美國 CCL2、加拿大、歐盟、德國、法國、英國、紐西蘭、澳洲、日本、韓國、新加坡、中國非常規指標
2	N-亞硝二乙胺	N-nitrosodiethylamine, NDEA	9	8	CCL4	10	2	6	L	美國 CCL4
3	鄰苯二甲酸二丁酯	Dibutyl phthalate	4	9	IRIS	9	8	721	L	中國大陸參考、日本關注
4	N-亞硝二甲胺	N-nitrosodimethylamine, NDMA	8	8	CCL4	8	1	40	L?	WHO、澳洲、加拿大
5	鄰苯二甲酸丁基苯甲酯	Butyl benzyl phthalate	4	3	PCCL3	7	6	751	NL?	日本關注
6	全氟辛酸	Perfluorooctanoic acid (PFOA)	6	3	CCL4	10	2	18	NL?	美國 CCL4、日本關注
7	全氟辛烷磺酸	Perfluorooctane sulfonate (PFOS)	8	3	CCL4	1	ND	18	NL	美國 CCL4、日本關注
8	1,2,3-三氯丙烷	1,2,3-Trichloropropane	7	8	CCL4	1	ND	21	NL?	美國 CCL4
9	1,2-二溴-3-氯丙烷	1,2-Dibromo-3-chloropropane	6	7	ATSDR	1	ND	21	NL?	WHO、美國、紐西蘭、南韓、新加坡
10	托福松	Terbufos	7	3	CCL3	4	4	1397	NL?	美國 CCL3、加拿大、澳洲
11	賽滅寧	Cypermethrin	4	9	PCCL3	1	ND	24	NL?	澳洲
12	甲基多保淨	Thiophanate-methyl	5	8	CCL4	1	ND	28	NL?	美國 CCL4、澳洲
13	鈹	Beryllium	6	5	IRIS	10	2	24	NL?	美國、澳洲、中國非常規指標
14	鈷	Cobalt	5	4	CCL4	10	3	18	NL?	美國 CCL4
15	鄰苯二甲酸二辛酯	Di-n-octylphthalate	3	6	ATSDR	2	7	739	NL?	無
16	N-亞硝基吡咯烷	N-nitrosopyrrolidine, NPYR	7	8	CCL4	1	ND	6	NL?	美國 CCL4
17	二乙基間甲苯胺	N,N-Diethyl-meta-toluamide, DEET	3	7	ATSDR	10	2	21	NL?	無
18	加保利	Carbaryl	3	8	PCCL3	1	ND	24	NL	加拿大、澳洲、南韓
19	百滅寧	Permethrin	4	8	CCL4	1	ND	24	NL	美國 CCL4、澳洲、新加坡
20	嘉磷塞	Glyphosate	4	7	IRIS	1	ND	498	NL	美國、加拿大、澳洲、中國非常規指標
21	1,1,2-三氯乙烷	1,1,2-Trichloroethane	5	4	IRIS	1	ND	21	NL	美國

備註：

1. 污染物出現濃度評分註記 ND 表示所有檢測結果均為低於偵測極限，故無法給予評分。
2. 模式模擬結果：L：應納入，L?：考慮納入，NL?：考慮不納入，NL：不應納入

表 2.8-2 蒐集清單物質篩選評分資料彙整（續）

編號	物質名稱 中文	物質名稱 英文	健康危害 潛勢	健康危害 嚴重性	健康危害 參考資料	污染物出現 普遍性	污染物出現 濃度*	統計 樣品數	模式模擬 結果	國際列管情形
22	六氯苯	Hexachlorobenzene	6	6	IRIS	1	ND	33	NL	美國、中國大陸非常規指標
23	六氯環戊二烯	Hexachlorocyclopentadiene	5	3	IRIS	1	ND	33	NL	美國
24	愛殺松	Ethion	6	5	PCCL3	1	ND	7	NL	澳洲
25	馬拉松/馬拉硫磷	Malathion / Maldison	4	3	PCCL3	1	ND	12	NL	澳洲、加拿大、中國
26	1,2-二氯丙烷	1,2-Dichloropropane	4	8	USEPA 6 year review2	1	ND	282	NL	WHO、美國、紐西蘭、新加坡
27	陶斯松	Chlorpyrifos	6	5	ATSDR	1	ND	1422	NL	WHO、加拿大、紐西蘭、澳洲、新 加坡、中國大陸非常規指標
28	大滅松	Dimethoate	6	5	CCL3	1	ND	1422	NL	WHO、美國 CCL3、加拿大、紐西 蘭、新加坡、中國大陸非常規指標
29	福瑞松	Phorate	6	5	IREDD	1	ND	1422	NL	加拿大
30	乙醯胺酚	Acetaminophen	4	3	PCCL3	1	ND	21	NL	無
31	歐殺滅	Oxamyl / Vydate	3	3	IRIS	1	ND	12	NL	美國、澳洲
32	丙二醇甲醚醋酸酯	Propylene glycol monomethyl ether acetate	4	3	PCCL3	—	—	—	—	無
33	己二酸二辛酯	Di(2-ethylhexyl)adipate	3	7	IRIS	—	—	—	—	美國、南韓(監測非管制)、中國大陸 非常規指標
34	甲醇	Methanol	3	6	PCCL3	—	—	—	—	美國 CCL4
35	正己烷	Hexane	4	3	CCL3	—	—	—	—	美國 CCL4
36	正庚烷	Heptane	6	3	PCCL3	—	—	—	—	無
37	異丙醇	Isopropyl	3	7	PCCL3	—	—	—	—	無
38	丙酮	Acetone	3	6	PCCL3	—	—	—	—	無
39	乙酸正丁酯	n-Butyl Acetate	4	3	PCCL3	—	—	—	—	無
40	氫氧化四甲基胺	Tetramethylammonium Hydroxide (TMAH)	5	3	PCCL3	—	—	—	—	無
41	丙二醇甲醚	Propylene glycol 1-methyl ether	3	6	PCCL3	—	—	—	—	無
42	N-甲基-2-吡咯烷酮	N-Methylpyrrolidone	3	5	CCL4	—	—	—	—	美國 CCL4

備註：

1. 污染物出現濃度評分註記 ND 表示所有檢測結果均為低於偵測極限，故無法給予評分。
2. 模式模擬結果：L：應納入，L?：考慮納入，NL?：考慮不納入，NL：不應納入

表 2.8-2 蒐集清單物質篩選評分資料彙整（續）

編號	物質名稱 中文	物質名稱 英文	健康危害 潛勢	健康危害 嚴重性	健康危害 參考資料	污染物出現 普遍性	污染物出現 濃度	統計 樣品數	模式模擬 結果	國際列管 情形
43	芬殺松	Fenthion	—	—	—	1	ND	33	—	澳洲
44	賓克隆	Pencycuron	—	—	—	1	ND	19	—	無
45	固殺草	Glufosinate-ammonium	—	—	—	1	ND	28	—	無
46	鈦	Titanium	—	—	—	10	6	17	—	無
47	辛基酚	p-tert-Octylphenol	—	—	—	10	3	135	—	無
48	異丁苯丙酸/布洛芬	Ibuprofen	—	—	—	1	ND	21	—	無
49	凱妥布洛芬/苯酮苯丙酸	Ketoprofen	—	—	—	1	ND	21	—	無
50	萘普生/甲氧鈉丙酸	Naproxen / Misoprostol	—	—	—	1	ND	21	—	無
51	苯氧苯丙酸	Fenoprofen	—	—	—	1	ND	21	—	無
52	胺基比林	Aminopyrine	—	—	—	1	ND	21	—	無
53	非那雄胺	Finasteride	—	—	—	1	ND	21	—	無
54	羥苯甲酮	Oxybenzone	—	—	—	1	ND	21	—	無
55	四環黴素	Tetracycline	—	—	—	1	ND	21	—	無
56	羥四環黴素	Oxytetracycline	—	—	—	1	ND	21	—	無
57	氯四環黴素	Chlortetracycline	—	—	—	1	ND	21	—	無
58	二苯基甲酮	Benzophenone	—	—	—	1	ND	21	—	無
59	對羥基苯甲酸甲酯	Methyl paraben	—	—	—	10	1	21	—	無
60	對羥基苯甲酸乙酯	Ethyl paraben	—	—	—	1	ND	21	—	無
61	對羥基苯甲酸丙酯	Propylparaben	—	—	—	9	2	21	—	無
62	對羥基苯甲酸丁酯	Butylparaben	—	—	—	1	ND	21	—	無
63	甲基異丁酮	Methyl isobutyl ketone	—	—	—	—	—	—	—	無
64	丁酮	4-butylphenol	—	—	—	—	—	—	—	無
65	丁苯	Butylbenzene	—	—	—	—	—	—	—	無
66	乙醇胺	Ethanolamine	—	—	—	—	—	—	—	無
67	丁基酚	p-tert-Butylphenol	—	—	—	—	—	—	—	無
68	丙烷	Propane	—	—	—	—	—	—	—	無
69	壬基酚聚乙氧基醇	Nonylphenol polyethylene glycol ether (NPnEO)	—	—	—	—	—	—	—	無
70	乳酸乙酯	Ethyl lactate	—	—	—	—	—	—	—	無
71	二甲基氧化硫/二甲基亞砷	Dimethyl sulfoxide (DMSO)	—	—	—	—	—	—	—	無

備註：污染物出現濃度評分註記 ND 表示所有檢測結果均為低於偵測極限，故無法給予評分。

表 2.8-3 蒐集清單物質毒理資料彙整

編號	物質名稱 中文	物質名稱 英文	健康危害 潛勢	評分採用參數	健康危害 嚴重性	評分採用臨界效應 (Critical Effects)	健康危害 參考資料
1	硼	Boron	4	EPA IRIS RfD 0.2 mg/kg-d	7	Decreased fetal weight (developmental)	PCCL3
2	N-亞硝二乙胺	N-nitrosodiethylamine, NDEA	9	IRIS Lifetime Cancer Risk (10^{-4}) 0.00002 mg/L	8	Cancer	CCL4
3	鄰苯二甲酸二丁酯	Dibutyl phthalate	4	IRIS RfD 0.1 mg/kg-d	9	Increased mortality	IRIS
4	N-亞硝二甲胺	N-nitrosodimethylamine, NDMA	8	IRIS Lifetime Cancer Risk (10^{-4}) 0.00007 mg/L	8	Cancer	CCL4
5	鄰苯二甲酸丁基苯甲酯	Butyl benzyl phthalate	4	IRIS RfD 0.2 mg/kg-d	3	Significantly increased liver-to-body weight and liver-to-brain weight ratios (Hepatic)	IRIS
6	全氟辛酸酸	Perfluorooctanoic acid (PFOA)	6	Supplemental LOAEL 0.46 mg/kg-d	3	Increased maternal liver weight at term	CCL4
7	全氟辛酸磺酸	Perfluorooctane sulfonate (PFOS)	8	Supplemental NOEL 0.03 mg/kg-d	3	Decreased body weights, increased liver weights, lowered serum total cholesterol, lowered triiodothyronine (T3) concentration, and lowered estradiol levels	CCL4
8	1,2,3-三氯丙烷	1,2,3-Trichloropropane	7	RAIS HE OPP Slope Factor (Oral) 7 (mg/kg-d) ⁻¹ HEAST	8	Suspected carcinogenicity	CCL4
9	1,2-二溴-3-氯丙烷	1,2-Dibromo-3-chloropropane	6	ATSDR Int. MRL 0.002 mg/kg/day	7	spermatogenesis and sperm morphology	ATSDR
10	托福松	Terbufos	7	EPA OPP RfD 0.00005 mg/kg-d	3	Plasma ChE inhibition	CCL3
11	賽滅寧	Cypermethrin	4	EPA OPP RfD 0.06 mg/kg-d	9	Clinical signs of neurotoxicity & mortality; decreased body weight & body weight gain	PCCL3
12	甲基多保淨	Thiophanate-methyl	5	EPA OPP Slope Factor (Oral) 0.0116 (mg/kg-d) ⁻¹	8	Suspected carcinogenicity	CCL4
13	鈹	Beryllium	6	IRIS RfD 0.002 mg/kg-d	5	Small intestinal lesions (Gastrointestinal)	IRIS
14	鈷	Cobalt	5	ATSDR Minimal Risk Level 0.01 mg/kg-d 2004	4	Blood-increased hemoglobin, polycythemia; respiratory-effects on lung function	CCL4
15	鄰苯二甲酸二辛酯	Di-n-octyl phthalate	3	ATSDR Int. MRL 0.4 mg/kg/day	6	liver effects, hepatic effects, thyroid toxicity, necrosis and other fatty changes	ATSDR
16	N-甲基-2-吡咯烷酮	N-Methyl-2-pyrrolidone N-Methylpyrrolidone	3	Reference Dose (RfD)-like value 0.6 mg/kg-d (Primary Literature)	5	Decreased weight gain, neurobehavioral effects, sedative effects	CCL4
17	二乙基間甲苯胺	N,N-Diethyl-meta-toluamide, DEET	3	ATSDR Int. MRL 1 mg/kg/day	7	Decreased pup weight	ATSDR
18	加保利	Carbaryl	3	EPA Slope Factor 0.000875 (mg/kg-d) ⁻¹	8	Suspected carcinogenicity	PCCL3
19	百滅寧	Permethrin	4	EPA OPP Slope Factor (Oral) 0.0096 (mg/kg-d) ⁻¹	8	Suspected carcinogenicity	CCL4
20	嘉磷塞	Glyphosate	4	IRIS RfD 0.1 mg/kg-d	7	Increased incidence of renal tubular dilation in F3b offspring (Developmental, Urinary)	IRIS

表 2.8-3 蒐集清單物質毒理資料彙整（續）

編號	物質名稱 中文	物質名稱 英文	健康危害 潛勢	評分採用參數	健康危害 嚴重性	評分採用臨界效應 (Critical Effects)	健康危害 參考資料
21	1,1,2-三氯乙烷	1,1,2-Trichloroethane	5	IRIS RfD 0.004 mg/kg-d	4	Clinical serum chemistry (effects on erythrocytes and depressed humoral immune status) (Immune, Hematologic)	IRIS
22	六氯苯	Hexachlorobenzene	6	IRIS RfD 0.0008 mg/kg-d	6	Liver effects (Hepatic)	IRIS
23	六氯環戊二烯	Hexachlorocyclopentadiene	5	IRIS RfD 0.006 mg/kg-d	3	Chronic irritation (Gastrointestinal)	IRIS
24	愛殺松	Ethion	6	EPA OPP RfD 0.0005 mg/kg-d	5	Plasma, RBC & brain ChE inhibition	PCCL3
25	馬拉松/馬拉硫磷	Malathion / Maldison	4	EPA OPP RfD 0.07 mg/kg-d	3	RBC ChE inhibition	PCCL3
26	1,2-二氯丙烷	1,2-Dichloropropane	4	ATSDR Chr. MRL 0.09 mg/kg-d	8	probable human carcinogen	US EPA 6 year Review 2
27	陶斯松	Chlorpyrifos	6	ATSDR Chr. MRL 0.001 mg/kg/day	5	Red blood cell AChE activity cholinesterase inhibition, cholinergic symptoms	ATSDR
28	大滅松	Dimethoate	6	EPA OPP RfD 0.0022 mg/kg-d	5	Brain cholinesterase (ChE) inhibition	CCL3
29	福瑞松	Phorate	6	IREDD Chronic RfD 0.0005 mg/kg/day	5	Red blood cell and brain cholinesterase (ChE) inhibition	US EPA IREDD
30	乙醯胺酚	Acetaminophen	4	EMEA ADI 0.05 mg/kg-day	3	Cholestatic effects	PCCL3
31	歐殺滅	Oxamyl / Vydate	3	IRIS RfD 2.5 mg/kg/day	3	Decreased body weight gain and food consumption	IRIS
32	丙二醇甲醚醋酸酯	Propylene glycol monomethyl ether acetate	4	CTDJPN Highest Chronic NOEL 300 mg/kg-d	3	Decreased body weight gain	PCCL3
33	己二酸二辛酯	Di(2-ethylhexyl)adipate	3	IRIS RfD 0.6 mg/kg-d	7	Changes in body weight and liver weight increased liver weight of parents reduced ossification and slightly dilated ureters in fetuses reduced offspring weight gain, total litter weight, and litter size (Developmental, Hepatic, Urinary, Musculoskeletal, Other)	IRIS
34	甲醇	Methanol	3	IRIS RfD 2 mg/kg-d	6	Extra cervical ribs	CCL4
35	正己烷	Hexane	4	RAIS HE RfD 0.06 mg/kg-d 1989	3	Decreased body weight gain	CCL4
36	正庚烷	n-Heptane	6	RTECS Lowest Oral Chronic LOAEL 2.86 mg/kg-d	3	Liver - changes in liver weight	PCCL3
37	異丙醇	Isopropanol Isopropyl alcohol	3	BMDL 407 mg/kg-d	7	Decrease in male mating index. Decreased fetal body weight	PCCL3
38	丙酮	Acetone	3	EPA IRIS RfD 0.9 mg/kg-d	6	Nephrotoxicity	PCCL3
39	乙酸正丁酯	n-Butyl Acetate	4	HSDB Lowest Oral LD50 14000 mg/kg	3	gastric irritation	PCCL3
40	氫氧化四甲基胺	Tetramethylammonium Hydroxide (TMAH)	5	CTDJPN Highest Chronic NOEL 5 mg/kg-d	3	Decreased relative organ weight	PCCL3
41	丙二醇甲醚	Propylene glycol 1-methyl ether	3	RAISHE RfD 0.7 mg/kg-d	6	Histopathology	PCCL3
42	N-亞硝基吡咯烷	N-nitrosopyrrolidine, NPYR	7	IRIS Lifetime Cancer Risk (10 ⁻⁴) 0.002 mg/L	8	Cancer	CCL4

表 2.8-4 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)

2.8.2 觀察清單物質監測計畫規劃

規劃監測之物質包含硼、N-亞硝二甲胺(NDMA)、N-亞硝二乙胺(NDEA)、鄰苯二甲酸二丁酯(DBP)、全氟辛烷酸(PFOA)、全氟辛烷磺酸(PFOS)等 6 項目（觀察清單物質基本資料如表 2.8-5），其分類如下：

- （一）重金屬：硼
- （二）塑化劑：鄰苯二甲酸二丁酯(DBP)
- （三）持久性有機污染物：全氟辛烷酸(PFOA)、全氟辛烷磺酸(PFOS)
- （四）消毒副產物：N-亞硝二甲胺(NDMA)、N-亞硝二乙胺(NDEA)

針對臺灣自來水股份有限公司及臺北自來水事業處等兩自來水事業所轄淨水場，分別篩選出 29 座（實際供水量占總供水量 80%）及 3 座（實際供水量占總供水量 90%）淨水場，且所引用之原水包含河川水、水庫水、地下水等不同水源。（淨水場資料如表 2.8-6）

觀察清單物質檢驗作業期程原則為 1 年，每座淨水場 1 季檢測 1 次，共計 4 次。其中淨水場清水及淨水場供水系統之配水管網端水質各占 50%。

並請臺灣自來水股份有限公司及臺北自來水事業處就檢測結果評估是否需調整淨水處理程序，並進行淨水處理之成本效益評估，相關資料彙送環保署，以利後續評估。

表 2.8-5 觀察清單物質基本資料

硼 (Boron) CAS: 7440-42-8	毒理特性	1. 依照動物實驗的結果顯示關於生長發育和生殖毒性，對實驗的大鼠的效應則是胎兒體重較低，隨著劑量增加，顯示出的效應有：在兔子身上造成胎兒新血管畸形、在大鼠身上造成睪丸萎縮和發育不全、在小鼠身上胎兒體重降低等 2. 在大鼠和小鼠等實驗動物身上皆未顯示硼酸有致癌性的證據。
	各國列管情形 ¹	1. WHO(2017)飲用水水質指引值 2.4 mg/L。 2. 美國列於飲用水污染物觀察清單 2 (Contaminant Candidate List 2, CCL 2) 3. 加拿大(2017)飲用水標準 5 mg/L。 4. 歐盟(2015)飲用水標準 1 mg/L。 5. 紐西蘭(2008)飲用水水質標準 1.4 mg/L。 6. 澳洲(2016)飲用水水質準則值 4 mg/L。 7. 日本(2015)飲用水水質標準 1 mg/L。 8. 新加坡(2010)飲用水水質標準 2.4 mg/L。 9. 中國大陸(2007)生活飲用水衛生非常規指標 0.5 mg/L。 10. 南韓(2015)飲用水水質監測項目建議標準 1 mg/L。
	檢驗方法	水中微量元素檢測方法－感應耦合電漿質譜法 (NIEA W313.53B)
N-亞硝二甲胺 (N-Nitrosodimethylamine, NDMA) CAS: 62-75-9	毒理特性	1. 在人類資料中未有足夠證據，但有充分證據顯示對於動物有致癌性，因此國際癌症研究組織 (IARC)的癌症分類為 2A，美國環保署認為屬 B2 「可能為人類之致癌物」。
	各國列管情形 ¹	1. WHO(2017)飲用水水質指引值 0.0001 mg/L。 2. 美國列於飲用水污染物觀察清單 4 (Contaminant Candidate List 4, CCL 4) 3. 加拿大(2017)飲用水標準 0.00004 mg/L。 4. 澳洲(2016)飲用水水質準則值 0.0001 mg/L。 5. 日本(2016)列為飲用水水質應檢討項目並訂定目標值 0.0001 mg/L。
	檢驗方法	水中半揮發性有機化合物檢測方法－氣相層析質譜儀法 (NIEA W801.53B)

表 2.8-5 觀察清單物質基本資料（續）

N-亞硝二乙胺 (N-Nitrosodiethylamine, NDEA) CAS: 55-18-5	毒理特性	1. 在人類資料中未有足夠證據，但有充分證據顯示對於動物有致癌性，因此國際癌症研究組織(IARC)的癌症分類為 2A，美國環保署認為屬 B2「可能為人類之致癌物」。
	各國列管情形 ¹	1. 美國列於飲用水污染物觀察清單 4 (Contaminant Candidate List 4, CCL 4)
	檢驗方法	水中半揮發性有機化合物檢測方法－氣相層析質譜儀法 (NIEA W801.53B)
鄰苯二甲酸二丁酯 (Dibutyl phthalate, DBP) CAS: 84-74-2	毒理特性	1. 動物試驗顯示暴露於高濃度可能導致呼吸道刺激及輕微抑制中樞神經系統，症狀如頭痛、噁心、暈眩和嘔吐。 2. 在老鼠的研究中，暴露鄰苯二甲酸二丁酯的反應，在易感性個體中會誘導肝腫大，增加肝過氧化物酶之數量、胎體毒性、致畸胎和睪丸損傷。 3. 在實驗室動物之急毒性症狀包括過氧化物酶增加和肝腫大。 4. 長期研究中，在大鼠之效應包括減少體重增加率、增加相對肝重量、過氧化物酶增殖，伴隨增加過氧化物酶活性。
	各國列管情形 ¹	1. 日本(2016)列為飲用水水質應檢討項目並訂定目標值 0.01 mg/L。 2. 中國大陸 (2007) 生活飲用水衛生參考指標 0.003 mg/L。
	檢驗方法	水中半揮發性有機化合物檢測方法－氣相層析質譜儀法 (NIEA W801.53B)
全氟辛烷酸 (Perfluorooctanoic acid, PFOA) CAS: 335-67-1	毒理特性	1. 國際癌症研究組織(IARC)的癌症分類為2B「可能為人類之致癌物」。 2. 可能具有免疫、發育、肝腎毒性。 3. 影響出生體重(較低)。
	各國列管情形 ¹	1. 美國列於飲用水污染物觀察清單 4 (Contaminant Candidate List 4, CCL 4) 2. 日本(2016)列為飲用水水質應檢討項目
	檢驗方法	全氟烷酸類化合物檢測方法－固相萃取與高效液相層析/串聯式質譜儀法 (NIEA W542.50B)

表 2.8-5 觀察清單物質基本資料（續）

全氟辛烷磺酸 (Perfluorooctane sulfonate, PFOS) CAS: 1763-23-1	毒理特性	1. 在動物實驗觀察到的毒性包含生殖功能下降、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
	各國列管情形 ¹	1. 美國列於飲用水污染物觀察清單 4 (Contaminant Candidate List 4, CCL 4) 2. 日本(2016)列為飲用水水質應檢討項目
	檢驗方法	全氟烷酸類化合物檢測方法—固相萃取與高效液相層析/串聯式質譜儀法（NIEA W542.50B）

備註：

1. 各國列管情形

世界衛生組織(WHO) Guidelines for Drinking-water Quality, 4-1 edition

美國 National Primary Drinking Water Regulations

Contaminant Candidate List <https://www.epa.gov/ccl>

加拿大 2017 Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table

歐盟 DIRECTIVE 98/83/EC

紐西蘭 Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)

澳洲 2011 Australian Drinking Water Guidelines 6 (Version 3.2 Updated February 2016)

日本 <http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/kijunchi.html>

新加坡 ENVIRONMENTAL PUBLIC HEALTH (QUALITY OF PIPED DRINKING WATER) REGULATIONS 2008 (2010 update)

中國 生活飲用水標準

南韓 http://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?pagerOffset=0&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=title&searchValue=%EB%A8%B9%EB%8A%94%EB%AC%BC&menuId=10264&orgCd=&condition.deleteYn=N&seq=6602

表 2.8-6 建議檢測淨水場

	管理單位(廠/所)	供水單位(淨水場)	原水類別
臺灣自來水股份有限公司			
1	豐原給水廠	豐原一場	河川水
2		豐原二場	
3	鯉魚潭給水廠	鯉魚潭淨水場	水庫水
4	板新給水廠	板新淨水場一二期	河川水
		板新淨水場三期	
5	南化給水廠	南化淨水場	水庫水
6	平鎮給水廠	平鎮二期	水庫水
		平鎮一期	
7	坪頂給水廠	坪頂淨水場	河川水 地下水
8	大湳給水廠	大湳一期	水庫水
		大湳二期	
9	澄清湖給水廠	澄清湖淨水場	水庫水 地下水
10	烏山頭給水廠	烏山頭淨水場	水庫水
11	拷潭給水廠	拷潭淨水場	河川水 地下水
12	寶山給水廠	寶山一期	水庫水
		寶山二期	
		寶山三期	
13	東興給水廠	東興二期	水庫水
		東興一期	
14	鳳山給水廠	鳳山淨水場(民生)	河川水
15	新山給水廠	新山淨水場	水庫水
16	林內營運所	林內淨水場	河川水
17	新竹給水廠	第二淨水場	河川水
18	嘉義給水廠	公園淨水場	水庫水
19	臺南給水廠	潭頂淨水場	水庫水
20	平鎮給水廠	石門淨水場	水庫水
21	新竹給水廠	第一淨水場	河川水
22	嘉義給水廠	水上淨水場	水庫水
23	貢寮雙溪營運所	貢寮淨水場	河川水
24	牡丹給水廠	牡丹淨水場	水庫水
25	新山給水廠	暖暖淨水場	水庫水
26	龍潭給水廠	龍潭淨水場	水庫水
27	大岡山給水廠	嶺口淨水場	地下水
28	水里營運所	集集淨水場	河川水
29	屏東營運所	屏東淨水場	地下水
臺北自來水事業處			
1	臺北自來水事業處	直潭淨水場	翡翠水庫水流 經北勢溪取水
2		長興淨水場	
3		公館淨水場	

2.9 候選清單

環保署自 103 年公布 11 項觀察清單物質後，於 105 年及今年分別新增 4 項及 6 項物質進入觀察清單中，目前觀察清單物質共計 21 項(表 2.9-1)。本年度針對飲用水未列管之新興污染物進行抽驗，抽驗項目包含了 103 年 11 項觀察清單中的物質，及 105 年觀察清單中的雙酚 A 及鈹、105 年觀察清單中的鄰苯二甲酸二丁酯。其中鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯在 400 個抽驗樣品中，有 1 個樣品檢出濃度略高於目前國際上最低之管制標準美國飲用水質標準 0.006 mg/L，檢出值為 0.0086 mg/L，然此檢出濃度低於澳洲、日本及南韓的飲用水水質目標值/指引值以及紐西蘭的飲用水質標準。

目前國際上針對鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯訂定之飲用水水質標準或指引值多介於 0.006-0.01 mg/L，日本的飲用水目標值為 0.08 mg/L 較其他國家高，主要是因其假設鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯人體暴露量中飲用水的貢獻量佔 10%，其他國家則多假設為 1%。

本計畫進一步彙整我國歷年針對飲用水中鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯的檢測資料(表 2.9-2)。我國環保署及自來水事業自 97 年開始監測飲用水中鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯的濃度，97 年到 101 年的檢測樣品數不多，每年檢測樣品數不大於 30 個樣品，濃度均小於目前國際上最低之管制標準美國飲用水質標準 0.006 mg/L。自 102 年起增加檢測樣品數至 100 個樣品左右，104 年起更增加至每年 300 個樣品以上，檢出濃度大於美國管制值發生率介於 0.25%-1.8%，最大檢出濃度微 0.0124 mg/L，小於日本飲用水水質目標值，考量鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯於我國飲用水中發生的情況，本計畫於第二次專家會議建議將其納入候選清單中，進一步評估列入飲用水水質標準的必要性，經與會專家同意，決議將鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯納入候選清單。

表 2.9-1 歷年納入觀察清單之物質

103 年	11 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 2.9-2 鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP)本土飲用水檢測結果

年份	檢測 樣品數	檢出 最大值	大於美國管制值 發生率%	備註
97	5	(<0.0006) ^a	0	健康參考水準: 0.006 mg/L 美國飲用水標準: 0.006 mg/L WHO 飲用水指引值: 0.008 mg/L 中國飲用水目標值: 0.008 mg/L 新加坡飲用水標準: 0.008 mg/L 紐西蘭飲用水標準: 0.009 mg/L 澳洲飲用水指引值: 0.01 mg/L 日本飲用水目標值: 0.08 mg/L
98	5	(<0.0006) ^a	0	
99	5	(<0.0006) ^a	0	
100	17	(<0.005) ^a	0	
101	28	0.0059	0	
102	94	0.0072	1.1% (1 個樣品)	
103	114	0.0124	1.8% (2 個樣品)	
104	321	0.009	1.2% (4 個樣品)	
105	353	0.0103	1.1% (4 個樣品)	
106	400	0.0086	0.25% (1 個樣品)	

^a 檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示^b 單位: mg/L

第三章 國內飲用水未列管之新興污染物抽驗

3.1 抽驗項目

本計畫委託中環科技事業(股)公司抽驗國內 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：抽驗銻、鎘及鉍等 3 項各 200 處次。
- 二、消毒副產物：抽驗甲醛 200 處次、N-亞硝二甲胺(NDMA)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、乙苯及甲基第三丁基醚等 6 項各 100 處次。
- 四、半揮發性有機物：抽驗六氯苯及六氯環戊二烯等 2 項各 100 處次。
- 五、農藥：抽驗芬殺松、甲基多保淨及固殺草等 3 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 (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。

本計畫抽驗之 25 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 2 項物質屬初步蒐集清單項目，有 8 項物質屬蒐集清單項目，另 15 項物質則屬觀察清單物質。

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 3.1-4，本計畫抽驗之物質中甲基第三丁基醚、芬殺松、甲基多保淨、壬基酚、雙酚 A、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於國際上只有非強制性指引值或暫訂目標值，尚未有法定標準值。銻、鎘、1,1-二氯乙烷、固殺草、鄰苯二甲酸二甲酯、鄰苯二甲酸二辛酯在國際上未有國家提出管制值、指標值或指引值；為利於解析上述六項在國際上未有國家提出管制值、

指標值或指引值之物質檢測數據，本計畫蒐集此六項物質之毒理資料根據美國環保署建議之健康參考水準計算公式（表 3.1-2）計算健康參考水準濃度值。

銻採用 RTECS Lowest Oral Chronic LOAEL 0.318 mg/kg/day (CCL 3 Contaminant Information Sheet)，假設飲用水貢獻量與鎳、硒、鉍等金屬相似為 20% (WHO 飲用水指引)，可得 HRL 0.00064 mg/L。鎘採用狗的 LD50 18 mg/kg，假設飲用水貢獻量與鎳、硒、鉍等金屬相似為 20% (WHO 飲用水指引)，可得 HRL 0.001 mg/L。1,1-二氯乙烷採用 RAISHE RfD 0.2 mg/kg/day (CCL 3 Contaminant Information Sheet)，假設飲用水貢獻量與 1,1-二氯乙烯、1,2-二氯乙烯、1,2-二氯丙烷等揮發性有機物相似為 10% (WHO 飲用水指引)，可得 HRL 0.6 mg/L。固殺草採用美國 IRIS RfD 0.0004 mg/kg/day，假設飲用水貢獻量與毒死蜱、涕滅威、加保扶等農藥相似為 10% (WHO 飲用水指引)，可得 HRL 0.0012 mg/L。鄰苯二甲酸二甲酯採用美國 PPRTV(2007) RfD 0.1 mg/kg/day，假設飲用水貢獻量與鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯相似為 1% (WHO 飲用水指引)，可得 HRL 0.03 mg/L。鄰苯二甲酸二辛酯採用美國 ATSDR 資料庫之 MRL 0.4 mg/kg/day，假設飲用水貢獻量與鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯相似為 1% (WHO 飲用水指引)，可得 HRL 0.12 mg/L。

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
蒐集清單	106 年	1,2-二氯丙烷、六氯苯、六氯環戊二烯、芬殺松、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
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、鎘、銻
	105 年	雙酚 A、鉍
	106 年	N-亞硝二甲胺、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 健康參考水準計算公式

非致癌性物質公式	
$HRL(mg/L) = \frac{RfD(mg/kg/day) \times BW(60kg) \times RSC}{2L/day}$	
$HRL(mg/L) = \frac{NOAEL(mg/kg/day) \times BW(60kg) \times RSC}{2L/day \times UF(1,000)}$	
$HRL(mg/L) = \frac{LOAEL(mg/kg/day) \times BW(60kg) \times RSC}{2L/day \times UF(3,000)}$	
$HRL(mg/L) = \frac{LD_{50}(mg/kg/day) \times BW(60kg) \times RSC}{2L/day \times UF(100,000)}$	
致癌性物質公式	
$HRL(mg/L) = \frac{Risk(10^6) \times BW(60kg)}{Slope\ Factor \times 2L/day}$	
$HRL, mg/L = 10^{-4} \text{ Cancer Risk (mg/L)} \times 0.01$	

表 3.1-3 健康參考水準(HRL)計算參數

項目	毒理資料	貢獻量	HRL(mg/L)
鎘	LOAEL 0.318 mg/kg/day，安全係數 3000	0.2	0.00064
鎘	狗的 LD50 18 mg/kg	0.2	0.001
1,1-二氯乙烷	RAISHE RfD 0.2 mg/kg/day	0.1	0.6
固殺草	IRIS RfD 0.0004 mg/kg/day	0.1	0.0012
鄰苯二甲酸二甲酯	PPRTV(2007) RfD 0.1 mg/kg/day	0.01	0.03
鄰苯二甲酸二辛酯	美國 ATSDR 資料庫之 MRL 0.4 mg/kg/day	0.01	0.12

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 3.1-4 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 _b	美國	加拿大	歐盟	紐西蘭	澳洲 ^a	日本	南韓	新加坡	中國大陸	HRL
鍺	Germanium	7440-56-4	—	CCL3, 4	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00064
鎵	Gallium	7440-55-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.001
鉈	Thallium (Tl)	82870-81-3	—	0.002	—	—	—	—	—	—	—	0.0001 ^a	—
N-亞硝二甲胺	N-Nitrosodimethylamine (NDMA)	62-75-9	0.000 ₁	CCL3, 4	0.00004	—	—	0.0001	—	—	—	—	—
甲醛	Formaldehyde	50-00-0	NA	CCL3, 4	NA	—	—	0.5	0.08	0.5	—	0.9 ^c	—
1,1-二氯乙烷	1,1-Dichloroethane	75-34-3	NI	CCL1-4	—	—	—	NI	—	—	—	—	0.6
1,2-二氯丙烷	1,2-Dichloropropane (1,2-DCP)	107-06-2	0.04	0.005	—	—	0.05	—	—	—	0.04	—	—
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	0.08 ^a	0.008	0.008 ^a	—
氯苯	Chlorobenzene/ Monochlorobenzene	108-90-7	NA	0.1	0.08	—	0.01 ^{ae}	0.3 0.01 ^e	—	—	—	0.3 ^a	—
乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	0.3	0.7	0.14	—	0.3 0.08 ^{ae} 0.002 ^{af}	0.3 0.003 ^e	—	0.3	0.3	0.3 ^a	—
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	0.02 ^a	—
甲基第三丁基醚	Methyl tertiary-butyl ether (MTBE)	1634-04-4	NA ^e	CCL1-4	0.015 ^e	—	—	—	0.02 _a	—	—	—	—

^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 總量^e 適飲性考量^f 臭味考量^g 單位：mg/L

表 3.1-4 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 ^b	美國	加拿大	歐盟	紐西蘭	澳洲 ^b	日本	南韓	新加坡	中國大陸	HRL
六氯苯	Hexachlorobenzene	118-74-1	NA	0.001	—	—	—	—	—	—	—	0.001 ^a	—
六氯環戊二烯	Hexachloro-cyclopentadiene	77-47-4	—	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—
芬殺松	Fenthion	55-38-9	—	—	—	—	—	0.007	—	—	—	—	—
甲基多保淨	Thiophanate-methyl	23564-05-8	—	CCL3, 4	—	—	—	0.09	—	—	—	—	—
固殺草	Glufosinate-ammonium	77182-82-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0012
壬基酚	Nonyl phenol (NP)	25154-52-3	—	CCL4	—	—	—	—	0.3a	—	—	—	—
雙酚 A	Bisphenol A	80-05-7	—	—	—	—	—	—	0.1 ^a	—	—	0.01 ^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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.3 ^a	—
鄰苯二甲酸二丁酯	Dibutyl phthalate (DBP)	84-74-2	—	—	—	—	—	—	0.2 ^a	—	—	0.003 ^a	—
鄰苯二甲酸丁基苯甲酯	Butyl benzyl phthalate (BBP)	84-69-5	—	—	—	—	—	—	0.5 ^a	—	—	—	—
鄰苯二甲酸二辛酯	Dioctyl Phthalate (DOP)	117-81-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.12
微囊藻毒-LR 型	Microcystin-LR	101043-37-2	0.001	—	0.0015	—	0.001 ^b	0.0013 ^b	0.0008 ^a	0.001 ^a	0.001	0.001 ^a	—

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

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（鎘、鎳、鉍）	感應耦合電漿質譜法 (NIEA W313.53B)
甲醛	液相層析儀/紫外光偵測器法 (NIEA W782.50B)
N-亞硝二甲胺 (NDMA)	氣相層析質譜儀法 (NIEA W801.52B)
揮發性有機物*	吹氣捕捉/氣相層析質譜儀法 (NIEA W785.55B)
六氯苯及六氯環戊二烯	氣相層析質譜儀法 (NIEA W801.52B)
壬基酚 雙酚 A 鄰苯二甲酸二甲酯類*	氣相層析質譜儀法 (NIEA W801.52B)
芬殺松 甲基多保淨 固殺草	液相層析/串聯式質譜儀法 (NIEA W603.50B)
微囊藻毒 LR 型	相萃取與高效液相層析/串聯式質譜儀法(NIEA W539.50B)

*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、乙苯及甲基第三丁基醚等 6 項。
2. 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（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、鎳、鉍)	儀器名稱：感應耦合電漿質譜儀 廠牌/型號：Agilent / ICP-MS 7500ce
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 (NDMA)	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)
揮發性有機物*	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 六氯環戊二烯	儀器名稱：氣相層析儀 / 電子捕捉偵測器(ECD) +A/S 廠牌/型號：Agilent 6890N+Agilent 7683 Series
環境荷爾蒙*	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)
芬殺松 甲基多保淨 固殺草	儀器名稱：高效液相層析/串聯式質譜儀 廠牌/型號：LC1260, Agilent; TSQ Quantum Ultra, Thermo, USA
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：

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、乙苯及甲基第三丁基醚等 6 項。
2. 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(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

檢測項目	檢測方法代號	單位	方法偵測極限	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(≥%)
重金屬：							
鎘	NIEA W313.53B	mg/L	0.000013	0~20	80~120	80~120	95
鉍	NIEA W313.53B	mg/L	0.0000059	0~20	80~120	80~120	95
鎘	NIEA W313.53B	mg/L	0.0005 (QL*)	0~20	80~120	80~120	95
消毒副產品：							
甲醛	NIEA W782.50B	mg/L	0.00681	0~20	70~130	60~130	95
N-亞硝二甲胺(NDMA)	NIEA W801.52B	mg/L	0.004 (QL*)	0~20	30~130	20~140	95
揮發性有機物：							
1,1-二氯乙烷	NIEA W785.55B	mg/L	0.000087	0~25	75~125	65~135	95
1,2-二氯丙烷	NIEA W785.55B	mg/L	0.000062	0~25	75~125	65~135	95
苯乙烯	NIEA W785.55B	mg/L	0.00093	0~25	75~125	65~135	95
氯苯	NIEA W785.55B	mg/L	0.000095	0~25	75~125	65~135	95
乙苯	NIEA W785.55B	mg/L	0.000098	0~25	75~125	65~135	95
甲基第三丁基醚	NIEA W785.55B	mg/L	0.000085	0~25	75~125	65~135	95

*QL：表示為定量極限(Quantitation Limit)。

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	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 (≥%)
半揮發性有機物：							
六氯苯	NIEA W801.52B	mg/L	0.00040	0~40	30~130	20~140	95
六氯環戊二烯	NIEA W801.52B	mg/L	0.00044	0~40	30~130	20~140	95
環境荷爾蒙：							
壬基酚	NIEA W801.52B	mg/L	0.00088	0~40	30~130	20~140	95
雙酚 A	NIEA W801.52B	mg/L	0.00092	0~40	30~130	20~140	95
鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP)	NIEA W801.52B	mg/L	0.00075	0~40	30~130	20~140	95
鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP)	NIEA W801.52B	mg/L	0.00082	0~40	30~130	20~140	95
鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP)	NIEA W801.52B	mg/L	0.00089	0~40	30~130	20~140	95
鄰苯二甲酸丁基苯 甲酯 (BBP)	NIEA W801.52B	mg/L	0.00096	0~40	30~130	20~140	95
鄰苯二甲酸二辛酯 (DOP)	NIEA W801.52B	mg/L	0.00119	0~40	30~130	20~140	95
鄰苯二甲酸二(2-乙 基己基)酯 (DEHP)	NIEA W801.52B	mg/L	0.00125	0~40	30~130	20~140	95
農藥							
固殺草	NIEA W603.50B	μg/L	0.12	0~40	65~135	40~160	95
甲基多保淨	NIEA W603.50B	μg/L	0.0104	0~40	65~135	40~160	95
芬殺松	NIEA W603.50B	μg/L	1.39	0~40	20~160	20~160	95
生物代謝產物							
微囊藻毒 LR 型	NIEA W539.50B	μg/L	0.001	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，詳細採樣點位規劃列於附錄一。

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
鍺、鎵、鉍	200	200	0	鄰近光電業、科學園區或工業區優先
甲醛	200	200	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 六氯環戊二烯	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
芬殺松 甲基多保淨 固殺草	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 (NDMA)	100	100	0	(1)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：

- 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、乙苯及甲基第三丁基醚等 6 項
- 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（乙基己基）酯等 6 項。

3.5 採樣方法、保存方法及送樣注意事項講習會

本計畫於 3 月 24 日辦理「採樣方法、保存方法及送樣注意事項講習會」，當日議程如下：

時間	課程內容		講師
9:30~9:50	高鐵左營站報到(7-11 前集合)		— — —
10:00~10:30	報到		— — —
10:30~10:40	工作計畫暨縣市環保局應配合事項說明 (含數據上傳說明)		環保署
10:40~11:10	飲用水採樣程序及品保品管措施說明		賴映方
11:10~11:20	中場休息		— — —
11:20~11:30	全氟化合物採樣		環檢所
11:30~12:00	採樣表格填寫及現場量測設備校正說明		賴映方 鐘鴻裕
12:00~13:00	中午用餐休息		— — —
13:00~13:30	前往實作會場		— — —
13:30~15:30	(A)現場採樣程序及注意 事項說明	(B)採樣表格填寫及現 場量測設備校正實作	鐘鴻裕 王國芳
	淨水場實作演練		
15:30~16:00	討論		鐘鴻裕 林春伶
15:30~16:00	賦歸(提領餐盒)		— — —

講習會及實作過程照片如附錄二。

3.6 抽驗結果

本計畫抽驗之 25 個項目均依本年度規劃之抽驗計畫完成檢測，各項目之預定分析樣品數、完成分析樣品數、國際管制標準或健康參考水準(HRL)均列於表 3.6-1，其中鎘、鎵、鉈、芬殺松、甲基多保淨、N-亞硝二甲胺(NDMA)、甲醛、壬基酚、雙酚 A、鄰苯二甲酸二甲酯(DMP)、鄰苯二甲酸二乙酯(DEP)、鄰苯二甲酸二辛酯、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、氯苯、乙苯、苯乙烯、甲基第三丁基醚、六氯苯及六氯環戊二烯、微囊藻毒 LR 型等 22 個檢測項目於我國淨水場中大於國際管制標準(或 HRL)最小值的發生率均為 0。

本計畫抽驗 100 個淨水場清水中固殺草濃度，其中僅有一個抽驗樣品濃度略大於健康參考水準 0.0012 mg/L（計算參考表 3.1-3），檢出值為 0.0018 mg/L，其餘 99 個抽驗樣品均低於健康參考水準，建議後續持續監測我國飲用水中的固殺草，了解其分布及濃度。

國際上先進國家中目前僅有日本及中國針對鄰苯二甲酸二丁酯訂定飲用水水質目標值（非法律強制管制值），分別是 0.2 及 0.003 mg/L，本計畫同時採用美國 IRIS 資料庫之鄰苯二甲酸二丁酯 RfD 0.1 mg/kg/day，計算其健康參考水準，假設飲用水貢獻量與鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯相似為 1% (WHO 飲用水指引)，可得 HRL 0.03 mg/L。本計畫共抽驗 400 個樣品，其中僅有兩個樣品檢出鄰苯二甲酸二丁酯濃度略高於中國飲用水水質目標值 0.003 mg/L，檢出值分別為 0.0033 及 0.0046 mg/L，然此檢出濃度低於日本飲用水水質目標值及健康參考水準。鄰苯二甲酸二丁酯已於本計畫第二次專家會議中決議納入觀察清單，建議後續增加檢測頻率，並據以評估是否納入候選清單考慮列管。

國際上已有許多先進國家針對鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯訂定飲用水水質標準或目標值（非法律強制管制值），其中以美國訂定之標準值 0.006 mg/L 最低，本計畫共抽驗 400 個樣品，其中僅有 1 個樣品檢出濃度略高於美國飲用水水質標準 0.006 mg/L，檢出值為 0.0086 mg/L，然此檢出濃度低於澳洲、日本及南韓的飲用水水質目標值/指引值以及紐西蘭的飲用水水質標準。鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯已於本計畫第二次專家會議中決議納入候選清單評估納入飲用水水質標準之必要性。

表 3.6-1 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 HRL ^a	國際標準(或 HRL) ^a 最小值	大於國際管制標準(或 HRL)最小值	
					樣品數	發生率(%)
鎳	200	201	HRL: 0.00064	0.00064	0	0
鎘	200	201	HRL: 0.001	0.001	0	0
鉍	200	201	美國: 0.002 ; 中國: 0.0001 ^b	0.0001 ^b	0	0
芬殺松	100	100	澳洲: 0.007 ^b	0.007	0	0
甲基多保淨	100	100	澳洲: 0.09 ^b	0.09 ^b	0	0
固殺草	100	100	HRL: 0.0012	0.0012	1	1%
N-亞硝二甲胺	100	100	WHO、澳洲: 0.0001 ^b ; 加拿大: 0.00004	0.0004	0	0
甲醛	200	200	澳洲、南韓: 0.5 ^b ; 日本: 0.08 ; 中國: 0.9 ^c	0.08	0	0
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 ; 中國: 0.01 ^b	0.01 ^b	0	0
鄰苯二甲酸二甲酯	400	400	HRL: 0.55	0.55	0	0
鄰苯二甲酸二乙酯	400	400	中國: 0.3 ^b	0.3 ^b	0	0
鄰苯二甲酸二丁酯	400	400	日本: 0.2 ^b ; 中國: 0.003 ^b	0.003 ^b	2 ^e	0.5%
鄰苯二甲酸二辛酯	400	400	HRL: 0.12	0.12	0	0
鄰苯二甲酸丁基苯 甲酯	400	400	日本: 0.5 ^b	0.5 ^b	0	0

a. 單位: mg/L

c. 適飲性考量

e. 其中一筆測值小於定量極限

b. 指引值/目標值/非常規指標值 (非法定標準)

d. 臭味考量

表 3.6-1 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 HRL ^a	國際標準(或 HRL) ^a 最小值	大於國際管制標準(或 HRL)最小值	
					樣品數	發生率(%)
鄰苯二甲酸二 (乙基己基) 酯	400	400	WHO、新加坡、中國: 0.008 ; 美國: 0.006 ; 紐西蘭: 0.009 ; 日本、南韓: 0.08 ^b ; 澳洲: 0.01	0.006	1	0.25%
1,1-二氯乙烷	100	102	HRL: 0.6	0.6	0	0
1,2-二氯丙烷	100	102	WHO、新加坡: 0.04 ^b ; 美國: 0.005 ; 紐西蘭: 0.05	0.05	0	0
氯苯	100	102	美國: 0.1 ; 加拿大: 0.08 ; 紐西蘭: 0.01 ^{bc} ; 澳洲: 0.3、0.01 ^c ; 中國: 0.3 ^b	0.01 ^c	0	0
乙苯	100	102	WHO、新加坡、中國、南韓: 0.3 ; 美國: 0.7 ; 加拿大: 0.14 ; 紐西蘭: 0.3、0.08 ^{bc} 、 0.002 ^{bd} ; 澳洲: 0.3、0.003 ^c	0.002 ^{bd}	0	0
苯乙烯	100	102	WHO、新加坡、中國、南韓: 0.02 ; 美國: 0.1 ; 紐西蘭: 0.3、0.004 ^{bd} ; 澳洲: 0.03、0.004 ^c	0.004 ^{bcd}	0	0
甲基第三丁基醚	100	102	加拿大: 0.015 ^c ; 日本: 0.002 ^b	0.015 ^c	0	0
六氯苯	100	106	美國: 0.001 ; 中國: 0.001 ^b	0.001	0	0
六氯環戊二烯	100	106	美國: 0.05	0.05	0	0
微囊藻毒 LR 型	25	25	WHO、紐西蘭、南韓、新加坡、中國: 0.001 ; 加 拿大: 0.0015 ; 澳洲: 0.0013 ^f ; 日本: 0.0008 ^f	0.0008 ^f	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

e. 小於定量極限

f. 管制總微囊藻毒

第四章 飲用水管理法規制度

本計畫依評選須知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。

4.1 世界衛生組織(WHO)

世界衛生組織(WHO)之飲用水管理以「安全乾淨飲用水之管制最佳化(Optimizing regulatory frameworks for safe and clean drinking-water)」為主要參考資料，內容包含水質標準、管線系統、水源、設施、水安全計畫等。

在水質標準部分 WHO 提出透過管制的方式確保飲用水不會對民眾健康造成負面影響，內容提及下列層面：

- 一、制定管制標準時需明確的連結管制標準與保護民眾健康。
- 二、實施管制標準的目標在於促進對民眾健康風險的評估、優先次序的釐清以及風險管理。
- 三、管制標準的設計應使用多重屏障的方法考慮從水源到消費者端中間所有會影響飲用水安全的因素。
- 四、管制標準需立基於好的實踐。
- 五、採用不同的工具建立並確保能符合標準，包括教育、訓練、建立才能、鼓勵優良實踐措施、處罰與制裁。
- 六、創造全國性、區域性及地方性實際、可達成的標準。
- 七、清楚定義利益相關者在管制標準中扮演的角色及責任。

在水源管理部分，WHO 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。

此外，WHO 亦出版安全水指引，供各國制訂飲用水水質標準參考，其目錄內容列於表 4.1-1。

表 4.1-1 世界衛生組織安全水指引目錄內容

第一章	介紹
第二章	實施此指引之概念架構
第三章	健康依據之目標
第四章	水安全計畫
第五章	監督
第六章	特殊情況下本指引之應用
第七章	微生物性觀點
第八章	化學性觀點
第九章	輻射性觀點
第十章	適飲用觀點：未到、臭味及外觀
第十一章	微生物資料表
第十二章	化學物質資料表

4.2 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，安全飲用水法大綱如表 4.2-1，內容包含全國飲用水水質標準、污染物篩選及管制時程、標準的制定、風險評估及成本效益分析、標準放寬及例外情況、州政府的監督責任、消費者資訊及水質報告、公民訴訟、及飲用水供應意外緊急情況下之公權力。由於美國飲用水水源半數以上來自地下水，故法規針對地下水保護有較詳細的規範(SDWA §1421- §1429)，包含地下注入行為控制，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。針對小型供水系統，安全飲用水法中包含協助小型供水系統方案，在技術及經費上提供協助。在水源保護

部分則執行原水評估及保護系統方案。美國安全飲用水法中針對部分方案之推動，於推動初期直接透過法律編列經費，並執行州循環貸款基金以供各方案的執行使用。美國安全飲用水法中除一般性的規定外亦將針對特定飲用水安全相關議題納入，如雌激素物質篩選方案、藻毒風險評估及管理、飲用水中的鉛管制等。

美國飲用水水源主要為地下水，故安全飲用水法針對地下水保護有較詳細的規範(SDWA §1421- §1429)，包含控制地下流體注入以保護飲用水地下水源、建立示範許可方案供有指定單一來源含水層(designated sole-source aquifers)的州及地方政府發展地下水保護方案。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。

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場的意義
- 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畫策略

此外安全飲用水法保障社區供水系統或地方政府可向州政府提出水源請願（水源請願方案(SDWA §1454)），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。

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。

美國安全飲用水法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)，並要求環保署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，並根據 CCL 每五年提出 30 項以內自來水事業應監測之未列管物質，SDWA 中更編列 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)；每六年應重新檢視一次現行飲用水水質標準合理性；

針對列管及未列管污染物建立飲用水中濃度資料庫。法律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)。

表 4.2-1 美國安全飲用水法(Safe Drinking Water Act, SDWA)大綱

法規編號	各節標題
第 6A 章	公共健康服務
第 12 分章	公共飲用水系統的安全
Part A	定義
300f	定義
Part B	公共水系統
300g	涵蓋範圍
300g-1	全國飲用水規則(regulation)
300g-2	州主要施行責任
300g-3	飲用水規則施行
300g-4	容許偏差(Variances)
300g-5	豁免
300g-6	禁用含鉛水管及助焊劑(pipes, solder, and flux)
300g-7	污染物監測
300g-8	操作認證
300g-9	生產能力開發
Part C	飲用水地下水源保護
300h	州方案(program)規則
300h-1	州主要施行責任
300h-2	方案施行
300h-3	地下灌注暫行規則(Interim regulation)
300h-4	與石油、天然氣相關州所實施之非強制性示範
300h-5	州方案規則
300h-6	單一來源含水層示範方案
300h-7	建立井口保護區之州方案
300h-8	州地下水保護許可(grants)

表 4.2-1 美國安全飲用水法(Safe Drinking Water Act, SDWA)各節標題 (續)

Part D	緊急狀況下之權力
300i	緊急狀況下之權力
300i-1	干預公共水系統
300i-2	恐怖份子及其他企圖的行動(Acts)
300i-3	污染預防、偵測及應變
300i-4	供水瓦解預防、偵測及應變
Part E	一般規定
300j	確保水處理必需化學品充足供應之有效性
300j-1	研究、技術協助、資訊、人員訓練
300j-2	州方案
300j-3	州方案許可
300j-4	特殊方案許可及擔保貸款
300j-5	記錄與檢查
300j-6	全國飲用水諮詢委員會
300j-7	聯邦機構
300j-8	司法回顧
300j-9	公民訴訟
300j-10	一般規定
300j-11	印地安部落
300j-12	州循環貸款基金
300j-13	水源水質評估
300j-14	水源請願方案
300j-15	水保存(conservation)計畫(plan)
300j-16	協助移民(colonia)
300j-17	雌激素物質篩選方案
300j-18	飲用水研究
300j-19	藻毒風險評估及管理
300j-19a	協助小型及弱勢社區
300j-19b	減少飲用水中的鉛
Part F	管制安全飲用水之附加要求
300j-21	定義
300j-22	收回使用以鉛管連接桶槽之飲用水設備
300j-23	含鉛飲用水設備
300j-24	學校飲用水鉛污染
300j-25	(廢除)
300j-26	檢驗實驗室認證
300j-27	鉛曝露登記及諮詢委員會

4.3 歐盟

歐盟飲用水管理的主要法規為「飲用水指令(Drinking Water Directive 98/83/EC)」，其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。指引內容主要要求歐盟會員國須執行水質監測，並且飲用水水質需符合標準，以確保公眾健康。指引中明訂飲用水水質管制項目、標準值、監測頻率及採樣點等相關資訊，此外亦包含水質出現不合格情況時，應採取之措施。針對淨水處理或供水設備、材料應進行必要之監測，尤其是在初設階段，以確保其品質不會釋放有害健康之物質。該指引規定每五年應檢討修正飲用水水質標準項目及標準值、監測計畫、飲用水水質標準項目分析方法及相關要求等的內容，此外並要求歐盟會員國應定期繳交水質報告。

針對飲用水水質的監測，歐盟根據飲用水每日供水量大小規定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。可藉由提供水源水質檢測資料證明水源品質，減少監測項目或頻率。

歐盟官方網頁中關於飲用水管理的施行中除了提到飲用水指令的執行外，還特別提出小型供水系統(Small Water Supplies)的議題。

歐盟在水源管理上，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。

表 4.3-1 歐盟「飲用水指令(Drinking Water Directive 98/83/EC)」大綱

Article 1	立法精神：關於公眾使用的水的品質 立法目的：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。
Article 2	定義：名詞定義
Article 3	豁免： 1.此指令不適用之對象 2.歐盟會員國可不實施此指令的情況
Article 4	一般義務：要求歐盟會員國須執行水質監測，並且飲用水水質需符合標準，以確保公眾健康。
Article 5	水質標準
Article 6	合規(採樣)地點
Article 7	水質監測
Article 8	水質發生不合格時之補救行動及限制使用
Article 9	標準放寬：會員國自定水質標準時不得低於歐盟之水質標準要求，在特殊情況下可在特定時間內(三年內)放寬。
Article 10	處理單元、設備及材料之品質保證： 針對淨水處理單元或供水設備、材料應進行必要之監測，尤其是在初設階段，以確保其品質不會釋放有害健康之物質。
Article 11	附件檢討：至少每五年應檢討附件一至附件三的內容。
Article 12	(與其他法規關係)
Article 13	水質資訊與報告：事業單位應掌握飲用水水質，並讓使用者可取得水質資料
Article 14	合規時間表
Article 15	會員國可不採用之例外情況及作法
Article 16	廢止(舊法)
Article 17	應用至國家法規：會員國應用此指令至會員國內之法規
Article 18	施行
Article 19	適用對象：歐盟會員國
附件一	飲用水水質標準項目及標準值 PART A 生物性項目 PART B 化學性項目 PART C 指標項目
附件二	監測計畫 PART A 飲用水一般目的及監測計畫 PART B 項目及頻率 PART C 風險評估 PART D 採樣方法及採樣點
附件三	飲用水水質標準項目分析方法及相關要求 PART A 指定分析方法之微生物參數 PART B 指定表現特性之化學性及指標參數
附件四	應用至國家法規及實施之期限
附件五	法規修正對應表格

4.4 澳洲

澳洲之飲用水管理則以澳洲飲用水指引(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

澳洲飲用水指引大綱如表 4.4-1 所示。

表 4.4-1 澳洲飲用水指引大綱

第一章	前言
第一部分：飲用水水質管理	
第二章	飲用水水質管理架構-總覽
第三章	飲用水水質管理架構-12 個要素
第四章	飲用水水質管理架構-應用至小型供水系統
第二部分：飲用水水質項目說明	
第五章	飲用水微生物性水質
第六章	飲用水物理及化學性水質
第七章	飲用水放射性水質
第八章	淨水處理化學藥品
第三部分：水質監測	
第九章	水質監測總覽
第十章	飲用水中特殊監測
第四部分：資料表格	
1. 消毒	
2. 採樣	
3. 統計分析	
第五部分：水質項目資料表	
1. 微生物項目	
2. 物理化學特性	
3. 淨水處理化學藥品	

4.5 日本

日本飲用水主要法規為「水道法」，內容較大比例著重於供水系統工程的規劃、施工、執行等，飲用水水質相關規定僅占一小部分。法規內容主要包含區域供水發展計畫、供水工程、指定供水設備工程公司、指定測試機構、都市供水計畫、專用水道及簡易專用水道、監督、罰則等。

日本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。

日本飲用水水源保護則規範於「供水原水水質保護項目的實施促進法（水道原水水質保全事業の実施の促進に関する法律）」，日本飲用水水源保護主要有兩種政府機關來主導，分為都道府縣計畫（類似臺灣直轄市行政區域的劃分）跟河川管理者事業計畫。若某水源的水質不佳，則會將水源水質不佳的區域劃定為「特定區域」，由該區域上述的兩個單位提出計畫主導改善水質，並請該區的自來水事業提出水質改善計畫，自來水事業須負擔其所能負擔的全部或部分的費用，政府需參考該區河川管理者、市村、地方公共團體的意見，且經自來水事業同意後執行。若自來水事業發現水質不佳，自己執行改善又有困難，可以主動向政府提出申請，由政府來主導。

4.6 飲用水水質監測計畫

國際上許多國家都針對飲用水水質定有監測計畫，內容包含監測頻率及監測項目。各國的監測計畫的內容落有差異，分別說明於後。

4.6.1 歐盟

「飲用水指令(Drinking Water Directive 98/83/EC)」要求之飲用水水質監測計畫中監測項目主要以飲用水水質標準管制項目為主，各會員國可增加監測項目，監測計畫中將其飲用水水質標準分成 A 組參數及 B 組參數，監測頻率不同，此外各淨水場依其供水量有不同監測頻率規範，需依最低監測頻率要求進行監測。

A 組參數包含：

- 一、大腸桿菌、總大腸桿菌群、總菌落數、色度、濁度、味、臭味、pH、導電度等
- 二、採用加氯消毒時，氨氮及亞硝酸鹽氮可納入 A 組參數
- 三、鉛跟鐵若用座淨水處理藥品時，亦可納入 A 組參數
- 四、會員國可依各國情況增列歐盟「飲用水指令(Drinking Water Directive 98/83/EC)」未列管之項目，這些項目亦可納入 A 組參數

B 組參數則為「飲用水指令(Drinking Water Directive 98/83/EC)」中所規範之飲用水水質標準項目除 A 組參數以外之其餘參數。

歐盟飲用水指令中提供自來水事業透過風險評估證明飲用水品質，可減少監測項目或頻率：

- 一、大腸桿菌的監測頻率在任何情況下均不宜降低。
- 二、其他參數在三年的正規監測下，若所有測值均小於管制值的 60%以下，則該參數可降低監測頻率。
- 三、在三年的正規監測下，若所有測值均小於管制值的 30%以下，則該參數可自監測清單中移除。

表 4.6-1 歐盟飲用水水質監測計畫供水量與水質最低監測頻率

供水量 Q (m^3/d) ^{註 1,2}	A 組參數 每年監測樣品數 ^{註 3}	B 組參數 每年監測樣品數 ^{註 3}
$Q \leq 100$	>0 ^{註 4}	>0 ^{註 4}
$100 < Q \leq 1000$	4	1
$1000 < Q \leq 10000$	4 (剩餘每多 $1000 \text{ m}^3/\text{d}$ 需增加 3 個檢測樣品)	1 (剩餘每多 $4500 \text{ m}^3/\text{d}$ 需增加 1 個檢測樣品)
$10000 < Q \leq 100000$		3 (剩餘每多 $10000 \text{ m}^3/\text{d}$ 需增加 1 個檢測樣品)
$Q > 100000$		12 (剩餘每多 $25000 \text{ m}^3/\text{d}$ 需增加 1 個檢測樣品)

註 1. 同一供水區其水源需來自一個或多個水質狀態可視為一致的水源

註 2. 供水量以年平均值計算，可以供水人口代替，假設每每天用水量為 200 公升。

註 3. 監測頻率的計算方式如下：供水量若為 $4300 \text{ m}^3/\text{d}$ ，A 組參數每年需至少有 16 個監測樣品（第一個 $1000 \text{ m}^3/\text{d}$ 需至少監測 4 個樣品，剩餘 $3300 \text{ m}^3/\text{d}$ 需至少監測 12 個樣品）。

註 4. 供水量小於 $10 \text{ m}^3/\text{d}$ 或供水人口小於 50 人，可依飲用水指令 Article 3. 2(b) 豁免。僅供水量 $>10 \text{ m}^3/\text{d}$ 、 $\leq 100 \text{ m}^3/\text{d}$ 者需依此監測頻率要求進行水質監測。

4.6.2 澳洲

澳洲飲用水指引中之飲用水水質管理架構主要是希望透過預防的策略確保從集水區到用戶端飲用水的安全。這個方法的中心觀點乃是利用監測來確認預防性量測及污染屏障的有效性，並增進對系統效能的了解。因此透過收集監測數據增加對整個供水系統的了解，包括存在的危害性及風險、處理屏障的效能、配水系統的整合性等。

飲用水水質管理架構鼓勵一個考慮完善健全的監測策略應包括：

- 一、自水源/集水區到淨水處理流程、配水系統的操作監測，以確保處理流程及活動均最佳化的發揮功能，以達到安全的飲用水。
- 二、飲用水水質的證明，包含配水系統的飲用水水質監測，以確保清水送達用戶端的品質，和用戶滿意度監測，以評估用戶的意見。
- 三、調查研究及研究性監測（包含新水源啟用前的背景值監測），以鑑定危害特性，並增加對供水系統的了解。
- 四、合格性監測，針對新啟用操作流程及屏障，確保操作的有效性及控制。
- 五、事件及緊急應變監測，針對異常事件或緊急事件採取應變措施。

澳洲飲用水指引建議監測的優先順序應以健康危害做為考量。

為證明飲用水水質的監測計畫中，微生物性參數建議以大腸桿菌做為指標，澳洲飲用水指引建議之大腸桿菌監測頻率與供水量有關。非生物性項目（包括物理性參數、與淨水處理相關物質、消毒副產物、無機物、農藥及有機毒物、放射性物質等六大類）則根據不同類別建議監測頻率，與供水量沒有直接相關。

4.6.3 美國

美國安全飲用水法(Safe Drinking Water Act)要求自來水事業監測其水質並提報州政府，而州政府應檢視自來水事業提報之水質資料並應進行抽驗以確保飲用水水質符合標準，而環保署主要針對州政府提報之不合格水質資料進行監測。

對於飲用水水質標準未列管物質，美國安全飲用水法(Safe Drinking Water Act)要求環保署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監測，每五年需發表未列管污染物監測規則(Unregulated Contaminant Monitoring Rule [UCMR])，根據污染物候選清單(CCL)列出 30 項以內自來水事業應監測之未列管物質，SDWA 中更編列 1000 萬美金支持未列管物質的監測(SDWA §1445a)。

所有供水人口超過一萬人的供水系統均需進行監測，供水人數介於 25 人到一萬人之間的小型淨水系統也至少要有一次的採樣分析，美國環保署需負擔小型淨水場的監測費用。

4.6.4 日本

日本水道法第 20 條規定飲用水應進行定期和非常規的水質檢查，水道法施行規則第 15 條更進一步規範飲用水定期水質檢查的項目及頻率，水道法施行細則規定，針對飲用水水質標準管制項目應訂定監測計畫，若過去監測值均未超過飲用水水質標準管制值的 1/2，可省略該項目的監測。

4.6.5 我國

我國自來水水質標準針對管制項目的監測頻率要求如下：

一、濁度、色度、臭度及味等四項水質檢驗，應每週取樣一次以上。
二、自來水水質細菌之檢驗，應自送配水系統上採取代表性水樣，每月最少取樣數按供水人口計算如下：

- (一) 2,500 人以下者，1 件。
- (二) 2,500-10,000 人者，5 件。
- (三) 10,000 人至 25,000 萬人者，15 件。
- (四) 25,000 人至 50,000 萬人者，20 件。
- (五) 50,000 人至 100,000 萬人者，30 件。
- (六) 100,000 人至 250,000 萬人者，45 件。
- (七) 250,000 人至 500,000 萬人者，65 件。
- (七) 500,000 人至 1,000,000 萬人者，80 件。
- (七) 超過 1,000,000 萬人者，100 件。

檢驗過程中或檢驗後，發現大腸桿菌群或總菌落數，超過最大容許量時，應即在該取樣點連續採取水樣。

三、自來水水質化學性物質之檢驗，每季取樣一次；遇特殊情況，應增加取樣頻率。鉛、硒、砷、鉻、鎘、銀、汞、氰鹽、氟鹽、氨氮、亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮、總三鹵甲烷、農藥取樣數如連續三年檢測值未超過最大容許量或容許範圍者，自次年起取樣頻率得改為每年一次。

飲用水水質標準管制項目中有規範監測頻率者包含銻、鉬、戴奧辛等三項物質，規範之檢測頻率為每季檢測一次，如連續兩年檢測值未超過最大限值，自次年起檢測頻率得改為每年一次。此外環保署亦執行飲用水水質標準管制項目及未列管項目抽驗，以了解飲用水水質情況。

4.6.6 綜合建議

各國監測計畫的詳細內容雖有不同，但主要包含幾項概念：

- 一、依不同管制項目或類別，規範不同之監測頻率。
- 二、依供水量規範不同之監測頻率。
- 三、微生物檢測之頻率不宜降低。
- 四、藉由提供歷年檢測資料證明飲用水品質，可降低監測頻率，將用於監測較無影響的污染物的經費用來監測較為重要的污染物。

我國飲用水水質標準及自來水水質標準中規範之監測要求亦包含上述概念，此外依檢測目的不同於不同監測點位(如淨水場清水及管網)亦應分別訂定監測頻率，建議後續可先針對我國過去環保機關及自來水事業檢測數據進行大數據分析，並據以評析自來水事業有關供水水質監測項目及監測頻率機制。

此外，為有效運用監測分析之經費，建議針對檢出值持續遠低於管制值之項目規劃降低監測頻率之機制，轉而監測其他較需被關注之項目。同時針對降低監測頻率之檢測項目應擬定檢討機制，執行做法包含：

- 一、一旦檢出值接近管制值及應恢復原本檢測頻率。
- 二、限制降低檢測頻率的時間（例如：3 年或 5 年），期滿應恢復監測頻率，恢復監測頻率後之監測結果若仍顯示遠低於管制值，則可再次降低監測頻率。

未列管物質監測計畫最大之疑慮為監測費用高昂，宜考慮針對水廠特性及潛在風險研擬監測計畫，並依監測結果調整監測頻率及項目，以減低監測負擔並提升監測效能。建議參考美國做法，每 3 年或 5 年檢討並提出應監測之未列管物質項目，並提出可採用之檢測方法及檢測單位供自來水事業參考，以因應新興污染物的產生。

4.7 水安全計畫

WHO 飲用水指引委員會於 2000 年左右開始提出水安全計畫(Water Safety Plan)的概念，並於 2005 年出版「水安全計畫」，其精神為從集水區管理、飲用水處理、飲用水水質目標、到最終的配水管網管理，進行全盤綜合評估，由源頭探討供水水質不佳或需提升之原因，提出管控措施(Control measure)進行改善，而非僅是追求水質標準之符合，然透過整提評估改善更可有效提升自來水事業供水水質，水安全計畫建置與實施流程如圖 4.7-1。

國際上許多國家均已開始辦理「安全水計畫」，日本近年來亦開始應用「安全水計畫」，並建立相關實施工具、文件；德國波昂是國際「安全水計畫」發源地，透過「安全水計畫」的執行及推動，改善水質、強化用戶對飲用水的信心；加拿大亞伯達省(Alberta)更是立法規定自來水事業必須執行「安全水計畫」，並建構完整「安全水計畫」執行流程、教育訓練、相關教材等。自來水協會技術管理委員會 102 年曾委託台大駱尚廉教授研議水安全計畫，亦建議我國效法國外制度建立水安全計畫。

本計畫於第三次專家會議中提出建議我國可考慮選擇淨水場進行安全水計畫試辦，會中北水處亦分享其推動經驗：北水處自 103 年開始推動，其推動經驗與建議包含：

- 一、首長之重視對推動很重要。
- 二、從水源、淨水、管網到用戶端各領域人員均需投入，長官及參與人專業與觀念認知訓練很重要。
- 三、對非自來水事業管理之環保如水源及用戶設備，如何整合，值得思考。
- 四、危害分析及控制措施之擬定過程所有人員需敞開心胸，放下包袱，打破窠臼，才能有所成就。
- 五、若法制化推動，建議對推動執行內容之公開仍應部分有所保留。

康世芳教授於第三次專家會議中，亦提出目前國內無法規要求自來水事業建立水安全計畫，並公告據以實施水質管理。建議環保署可邀集水利署、自來水事業，依飲用水管理條例增訂「飲用水安全計畫實施辦法或要點」，要求自來水事業建置並公告水安全計畫。建議水安全計畫之法規研議可列入後續研究計畫工作項目。

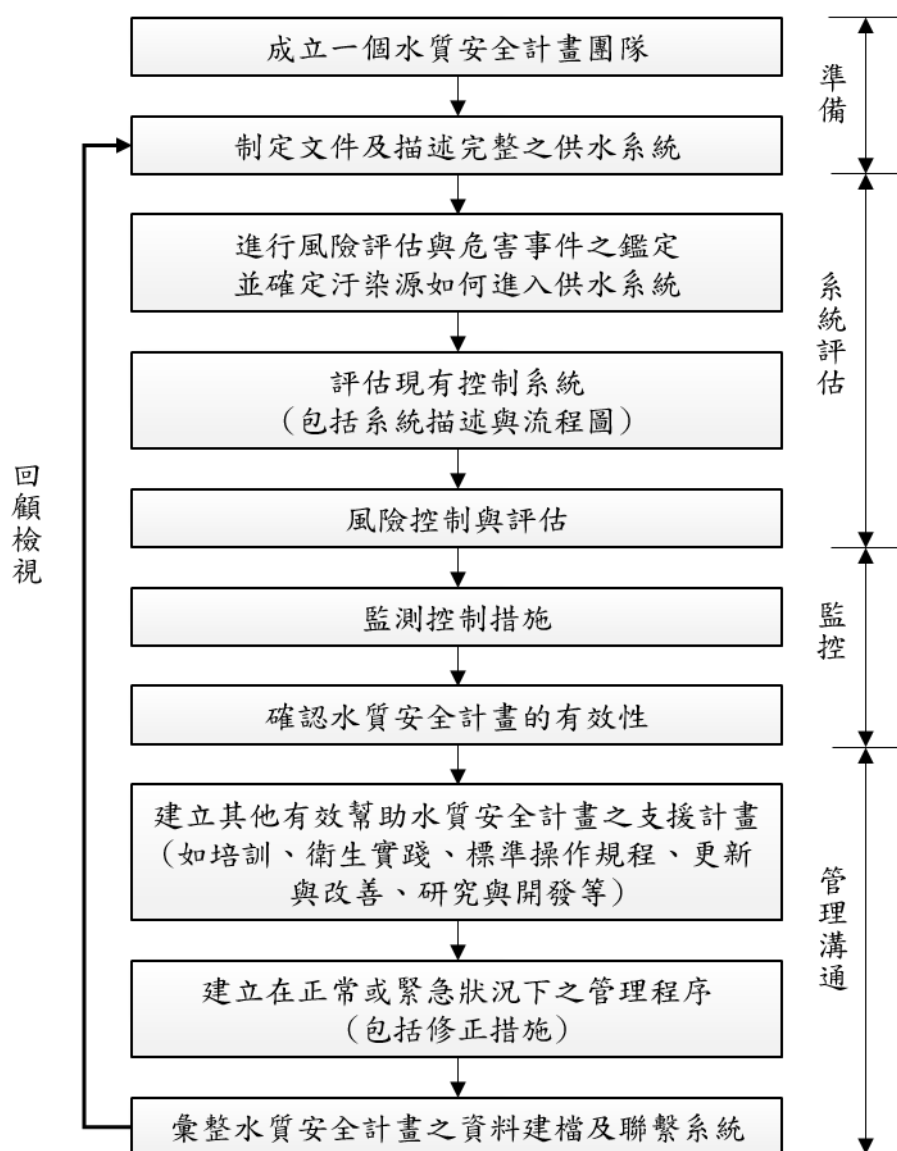


圖 4.7-1 水安全計畫建置與實施流程圖

(摘自何承嶧、駱尚廉,水安全計畫之實務－以德國為例，2016 自來水會刊第 35 卷第 3 期)

第五章 其他工作項目

5.1 飲用水中全氟辛烷酸及全氟辛烷磺酸之管理

105 年度「飲用水水源及水質標準項目之調查及評估(3/3)」計畫檢測全氟碳化合物 PFOA 及 PFOS 於六座淨水場的濃度分布，其中 PFOA 在 6 座淨水場中有 3 次檢出，故環保署環管處於 4 月 7 日召開「飲用水中全氟辛烷酸及全氟辛烷磺酸之管理專家諮詢會」，本計畫執行團隊協助準備會議相關資料（附錄三），該會議綜合專家學者建議，做成以下結論：

- 一、考量全氟碳化合物為近年國際上持續關注的新興污染物，後續將全氟辛烷酸及全氟辛烷磺酸列入飲用水未列管新興污染物觀察清單(CCL)優先關注。
- 二、環保署今(106)年已擴大調查全臺 30 處淨水場原水及清水中全氟碳化合物的濃度，後續透過持續監測，瞭解全氟碳化合物存在飲用水中頻率和強度是否有影響公共飲水安全之虞。
- 三、根據文獻資料顯示，全氟碳化合物透過飲水暴露途徑的貢獻量低可忽略，且一旦進入水體環境中，即不易透過水質處理程序去除，因此宜比照先進國家作法，協調廠商從原料減用或停用，加強源頭管制，以避免在環境中流布。
- 四、另考量全氟碳化合物在食品、衣物、商品等途徑暴露的危害風險，建議我國宜由權責單位建立本土完整的健康風險評估，加強源頭管制以確保國人健康無虞。
- 五、請自來水事業加強自主監測，以確保自來水飲用安全無虞。

5.1.1 本土淨水場檢測結果

「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，環保署環境檢驗所更分析我國飲用水中多項全氟碳化合物，考量美國新澤西州於 11 月公布該州將規範飲用水中全氟辛酸(PFOA)與全氟壬酸(PFNA)，故本計畫一併彙整 PFOA、PFOS、PFNA 及 PFOA 與 PFOS 合併濃度於我國淨水場歷年檢測結果於表 5.1-1。

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 5.1-1 全氟碳化物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				
100	12	8.92	—	—
105	18	29.2	18	30.9
106	60	12.8	65	24.4
PFOS				
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
PFNA				
106	30	1.18	30	1.22

5.2 飲用水中鉛濃度的採樣方法檢討

2015 年香港爆發飲用水鉛濃度超標事件 (<https://www.isd.gov.hk/drinkingwater/chi/press.html>)，引發我國對飲用水中鉛濃度之關注，飲用水中鉛的主要可能來源為含鉛水管（以下簡稱鉛管）、含鉛水錶、含鉛水龍頭等釋出，因此台灣自來水公司及臺北自來水事業處於鉛管事件後積極汰換鉛管。

2014 年美國密西根(Michigan)州 Flint 地區亦曾爆發飲用水中受鉛污染事件 (https://en.wikipedia.org/wiki/Flint_water_crisis)，當地在更換新的飲用水水源後，因新水源腐蝕性較高，進而造成鉛釋出於飲用水中，事後當地水公司公告採樣方法指引要求採樣前應先進行預排水(pre-flushing)，當地居民及相關團體認為水公司透過預排水試圖降低飲用水中鉛的檢測濃度，對政府及水公司提起訴訟 (<https://www.theguardian.com/us-news/2016/jan/27/michigan-water-testing-rules-pre-flushing-taps-flint-lead>)。美國環保署事後修正自 1991 年開始實施的「鉛銅規則(Lead and Copper Rule)」，於鉛銅規則修正白皮書(Lead and Copper Rule Revisions

White Paper) (US EPA, 2016)中澄清並加強鉛銅規則的採樣要求，包含採樣點選擇的條件及水龍頭出水樣品的採樣程序，鉛銅規則的目標採樣點為可能有高鉛暴露風險的住家，並要求以第一出流水採樣法(First draw sampling)進行鉛的採樣，不可進行預排水(pre-flashing)。

而我國環檢所公告現行「飲用水水質採樣方法－自來水系統」法規要求「自來水管線採樣點採樣前必須打開水龍頭排出管線內之自來水餘水及如鐵銹之污染物.....，繼續排水 20 秒以上.....。」

根據臺灣大學林逸彬教授提供之資料，自來水鉛的採樣方法根據不同目的可大約分成四種：

- 一、第一出流水採樣法(First draw sampling)：採集隔夜滯留至少六小時的第一個一公升水樣。美國即採用此方法。此方法之目的為採集濃度可能最高之水樣，但若鉛的來源在採樣點水量一公升之外，則可能無法達到此目的。
- 二、隨機日間採樣(Random daytime sampling)：於白天隨機選取地點時間採集一公升水樣，採樣前不預排水。英國及歐盟採用此方法。此方法之目的為盡可能模擬一般民眾白天用水狀況，但須大規模採樣結果才有代表性。
- 三、放流採樣(pre-flushing sampling)：採樣前放流一段時間再採集水樣。我國、香港、新加坡均採用此方法。此方法之目的為採集新鮮水樣，但並不符合實際用水狀況。
- 四、序列採樣(Sequential sampling)：採集隔夜未使用之自來水數個相同體積之水樣，此採樣方式須配合管線資料，目的為找出溶鉛源頭，以研究為主要目的。

我國採用放流採樣係為瞭解自來水事業供水之水質，並做為環保單位執行飲用水水質稽查管制時之採樣依據，涉及法令執行及法定責任之釐清，經第一次專家會議討論後，本計畫建議不宜刪除預排水步驟，以免造成後續複雜的責任釐清問題。然自來水事業為瞭解其供水用戶的用戶用水設備及經內線供水水質狀況，可依自來水事業供應用戶之水質管理需求，自行衡酌採樣方法。

此外近來國際上針對含鉛管線更換後對於水質的影響持續有新發現，部分研究指出若用戶端仍有鉛管存在，用戶外線換管初期可能因施工擾動使含鉛腐蝕產物脫落或電偶腐蝕等因素造成用戶端水質含鉛量上升。建議自來水事業應衡量用戶用水設備及用戶端水質狀況等評估所需之採樣程序，加強已汰換鉛管外線用戶之水質調查，以釐清是否有上述風險。建議可整理相關資訊製作成宣導單張，於

換管前主動將相關風險詳細告知用戶，並於汰換鉛管外線後，主動通知用戶已完成汰換作業，請用戶注意其內線用水設備的管理維護，以確保自來水飲用安全。

除了鉛管的更換外，亦需有更完善的自來水設備含鉛標準，訂定無鉛水龍頭及無鉛水錶的使用規範可進一步降低飲用水中鉛的風險。

5.3 飲用水中銅鋅之國際管制情況

本計畫配合環保署施政需要彙整飲用水中銅鋅之國際管制情況於表 5.3-1。我國飲用水中銅的管制標準與國際管制值或指引值相比，已屬最嚴格之標準。飲用水中鋅的部分，WHO 飲用水指引經評估後認為無制定指引值之必要，歐盟、新加坡均未針對飲用水中的鋅進行管制，而澳洲、紐西蘭、加拿大、韓國等則是依適飲性考量制訂管制值或指引值 1.5-5 mg/L。日本及中國對飲用水中的鋅則訂有較嚴格之管制標準。

表 5.3-1 飲用水中銅鋅之國際管制情況

單位： mg/L	臺灣	WHO	美國	歐盟	澳洲	紐西蘭	加拿大	日本	韓國	中國	新加坡
銅	1	2	TT ^b (1.3)	2	2 ^c , 1 ^d	2	1 ^d	1	1 ^d	1	2
鋅	5	NE ^a	5	NA ^a	3 ^d	1.5 ^d	5 ^d	1	3 ^d	1	NA ^a

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 健康考量

^d 適飲性考量

5.4 飲用水加氟的相關風險與劑量

美國於 1962 年起採取飲水加氟(Water fluoridation) 預防齲齒的措施(U.S. Department of Health and Human Services Federal Panel on Community Water Fluoridation, 2015)。飲水加氟時選擇含氟化合物的主要考量包括溶解性、安全性、可用性和低成本。通常透過添加以下三種化合物到飲用水中：氟化鈉，氟矽酸，或氟矽酸鈉(Reeves, 1986)。氟化鈉(NaF)是第一種使用的化合物。如果使用手動操作，一般傾向使用結晶形式，因為可減少灰塵。比其他化合物貴，但容易處理，通常由較小的公用事業公司使用。氟矽酸(H₂SiF₆)是美國最常用的水氟化添加劑。其為便宜的液體，是生產磷肥的副產品。濃度通常是 23-25%，因其含有高比例水分，運輸成本相對昂貴。氟矽酸鈉(Na₂SiF₆)是氟矽酸的鈉鹽。它是一種比氟矽酸更容易運輸的粉末或細晶體。也稱為氟矽酸鈉。

公共用水氟化的爭議起因於政治，道義，倫理，經濟和安全等方面的問題。反對的人認為水氟化可能導致嚴重的健康問題，不足以證明成本合理，並且劑量不能被精確控制。關於道德規範，飲水氟化反映個人權利與公眾利益的衝突。

在阿根廷，法國，加蓬，利比亞，墨西哥，塞內加爾，斯里蘭卡，坦桑尼亞，美國和津巴布韋等國家，約有 4% 的世界人口使用“天然”氟化水(即水源中已含有氟化物)。在一些地區，特別是非洲，中國和印度的部分地區，飲用水中天然氟化物已超過飲水加氟建議的濃度。

2014 年 8 月 26 日，以色列停止強制氟化，指出“只有約 1% 的水用於飲用，而 99% 的水用於其他用途（工業，農業，沖廁所等）。還有科學證據表明，大量的氟化物可能會對健康造成損害，當通過飲用水供應氟化物時，對實際消耗的氟化鈉的量無法控制，這可能導致過度消耗，氟化水的供應迫使那些不願意使用氟化水的人必須使用氟化水，所以在大多數國家，這種做法是不被接受的。不使用飲水加氟的國家多採用替代方式，如歐洲則是採用其他形式補充氟化物，如氟化鹽。

WHO 氟指引值為 1.5 mg/L，一般為防止齲齒而於飲用水中加氟的情況下，飲用水中氟的最終濃度為 0.5-1 mg/L (World Health Organization, 2017)。WHO 的報告指出飲用水中的氟高於 1.5 mg/L 時可能會造成氟斑牙，當氟的濃度超過 10 mg/L 時，接著可能會產生氟骨症。曾有一些文獻報導因過量添加氟(多發生在小型淨水場)而造成氟暴露的急性症狀，但對人體健康影響的疑慮主要還是來自長期接觸氟。藉由故障保安(fail-safe)設備和工作設計(working practices)可以避免過量添加氟事故發生(Fawell et al., 2006)。

過去美國疾病控制與預防中心(CDC)建議為防止齲齒而於飲用水中加氟的情況下，飲用水中應包含 0.7–1.2 mg/L 的氟，而濃度則依當地平均最高日溫而定，2015 年美國提出建議最佳飲水加氟的濃度為 0.7 mg/L (U.S. Department of Health and Human Services Federal Panel on Community Water Fluoridation, 2015)。

歐盟飲用水氟的標準為 1.5 mg/L，典型飲用水加氟的濃度則為 1mg/L。僅有少數歐盟國家於飲用水中加氟，歐盟國家普遍反對於飲用水中加氟。日本飲用水氟的標準為 0.8 mg/L，未實施於飲用水中加氟。

我國則未於飲用水加氟，乃是採用與歐洲相似的模式，由衛生福利部鼓勵民眾使用加氟食鹽補充氟化物，增進牙齒健康，預防齲齒。

5.5 飲用水中亞硝酸鹽氮之風險

針對媒體報導亞硝酸/亞硝酸水恐致癌，本計畫彙整文獻釐清飲用水中亞硝酸鹽氮之風險。

首先報導中將亞硝酸與亞硝酸混為一談，亞硝酸為 Nitrite，我國飲用水水質標準為 0.1 mg/L，亞硝酸(Nitrosamine)則為是一類通式為 $R_1N(-R_2)-N=O$ 的胺化合物，國際上針對飲用水中的亞硝酸類物質已進行管制之項目為 NDMA。環保署已於本計畫中評估我國飲用水中 NDMA 的濃度及健康危害風險。

針對亞硝酸鹽氮之健康風險及其致癌性，WHO 飲用水指引中指出，一般而言人體主要的亞硝酸根暴露來源為飲食中的蔬菜及肉類（亞硝酸根常被用做醃肉的防腐劑），醃肉中的亞硝酸根貢獻量可達 70%以上，然而對用奶瓶餵養的嬰兒而言，飲用水則是其最主要的暴露途徑。因此國際上各國建立飲用水中亞硝酸鹽濃度現值或指引值均根據對用奶瓶餵養的嬰兒造成之健康危害風險。WHO 及澳洲飲用水指引均指出儘管許多流行病學研究探討暴露於飲用水中的亞硝酸根與癌症發生兩者間的關係，但證據的比重尚不足以支持癌症與暴露與亞硝酸根本身有關聯性，因此國際癌症研究組織(International agency for Research on Cancer, IARC)將其歸類為可能為人類致癌物(Group 2A)。

5.5.1 國際管制情形

本計畫亦彙整國際上亞硝酸氮及硝酸鹽氮之管制標準/指引值詳列於表 5.5-1，因硝酸鹽於人體內有可能轉化成亞硝酸鹽，故許多國家除了個別管制硝酸鹽及亞硝酸鹽外，還會管制兩者濃度總和。

WHO 飲用水指引中指出除了在比較還原態的環境下，亞硝酸根的濃度一般都不太高，亞硝酸根本身並不穩定，很容易被微生物氧化而以硝酸根的形式存在。亞硝酸根的生成可藉由氨氮的氧化或硝酸根的還原。在配水系統中，含硝酸根的飲用水在溶氧較低的情況下可能被還原成亞硝酸根，或是含氨氮的飲用水在溶氧高的情況下，氨氮有機會被氧化成亞硝酸根或硝酸根。在使用氯胺消毒的情況下，配水系統中可能會出現高濃度的亞硝酸鹽。

為避免內源性(endogenous)或外源性(exogenous)亞硝酸鹽誘發用奶瓶餵養的嬰兒(最敏感的族群)及一般民眾產生變性血紅素血症(methaemoglobinaemia)，

WHO 建議飲用水中之亞硝酸鹽指引值為 3 mg/L 亞硝酸根。此指引值乃根據對用奶瓶餵養的嬰兒的健康影響建立，依據為：

- 一、飲用水中硝酸鹽根濃度低於 50 mg/L 時，顯示年紀小於六個月用奶瓶餵養的嬰兒沒有變性血紅素血症(methaemoglobinaemia)發生率。
- 二、將 50 mg/L 硝酸鹽根換算成相當莫耳濃度的亞硝酸鹽根
- 三、乘以 0.1 做為嬰兒體內硝酸根轉換成亞硝酸根的估計轉化率，一般嬰兒體內的亞硝酸根為內源性，由硝酸根轉化而成，專化率約為 5-10%。
- 四、乘以飲用水的來源分配因子 100%，因用奶瓶餵養的嬰兒主要暴露到亞硝酸根的來源為攝取用含硝酸根或亞硝酸根之飲用水泡製的配方奶。

表 5.5-1 國際上亞硝酸氮及硝酸鹽氮之管制標準/指引值

國名 (制定時間)	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N + NO ₂ ⁻ -N
我國 (2017)	0.1	10	—
WHO (2017)	~0.91 ^{*,a}	11.3 ^{*,a}	$\frac{\text{硝酸根濃度}}{50(\text{硝酸根指引值})} + \frac{\text{亞硝酸根濃度}}{3(\text{亞硝酸根指引值})} \leq 1$
美國 (2012)	1	10	—
加拿大 (2017)	1 ^{*,b}	10 [*]	—
歐盟 (2015)	0.15 ^a	11.3 ^a	$\frac{\text{硝酸根濃度}}{50} + \frac{\text{亞硝酸根濃度}}{3} \leq 1$
紐西蘭 (2008)	0.91 ^a	11.3 ^a	$\frac{\text{硝酸根濃度}}{50(\text{硝酸根標準})} + \frac{\text{亞硝酸根濃度}}{3(\text{亞硝酸根標準})} \leq 1$
澳洲 (2016)	0.91 ^{*,a}	11.3 ^{*,a} 22.6 ^{*,c}	$\frac{\text{硝酸根濃度}}{50(\text{硝酸根標準})} + \frac{\text{亞硝酸根濃度}}{3(\text{亞硝酸根標準})} \leq 1$
日本 (2011)	0.04	—	10
南韓 (2008)	—	10	—
新加坡 (2010)	0.91 ^a	11.3 ^a	$\frac{\text{硝酸根濃度}}{50(\text{硝酸根標準})} + \frac{\text{亞硝酸根濃度}}{3(\text{亞硝酸根標準})} \leq 1$
中國大陸 (2011)	0.3 ^{*,a}	10 20 ^d	—

註：*表指引值，單位：mg/L

^a 原標準或指引值單位為 mg/L 亞硝酸根(nitrite)或硝酸根(nitrate)，此表格之數值為經單位換算成 mg/L 亞硝酸鹽氮或硝酸鹽氮。1 mg/L 亞硝酸根約等於 0.304 mg/L 亞硝酸鹽氮。1 mg/L 硝酸根約等於 0.226 mg/L 硝酸鹽氮。

^b 加拿大標準以亞硝酸根方式表示的話為 3 mg/L NO₂⁻，以亞硝酸鹽氮表示的話為 1 mg/L NO₂⁻-N。加拿大飲用水水質標準為硝酸鹽氮 10 mg/L (NO₃⁻-N)，當硝酸鹽與亞硝酸鹽分別測定時，亞硝酸鹽氮濃度不得超過 1 mg/L (NO₂⁻-N)。

^c 為保護 3 個月以下的嬰兒健康，指引值定為 50 mg/L 硝酸根（約等於 11.3 mg /L 硝酸鹽氮），對於 3 個月以上的嬰兒或成人，100 mg/L 硝酸根（約等於 22.6 mg /L 硝酸鹽氮）仍屬安全。

^d 當地下水源受限時，或小型集中式供水和分散式供水部分水質指標及限值

因為此指引值為依據最敏感的族群（年紀小於六個月用奶瓶餵養的嬰兒）制定，所以不需要加上安全係數(uncertainty factor)。

$$50 \text{ mg/L} \div 62 \times 0.1 \times 46 = 3.7 \text{ mg/L (nitrite iron)} = 1.1 \text{ mg/L (nitrite-N)}$$

WHO 飲用水指引中指出亞硝酸根指引值乃根據短期健康影響建立的，然而對長期影響亦有保護作用。

美國亞硝酸鹽氮之標準為 1 mg/L，此標準之建立採用亞硝酸鹽氮參考劑量 (RfD) 0.16 mg/kg/day，假設嬰兒體重為 4 公斤，每日飲水量為 0.64 公升，飲用水的來源分配因子 100%（或 1），並採用不確定因子 10 進行計算。

$$0.16 \text{ mg/kg/day} \times 4 \text{ kg} \div 0.64 \text{ L/day} = 1 \text{ mg/L nitrite-N}$$

加拿大亞硝酸鹽氮之標準為 1 mg/L，乃根據六歲以下用奶瓶餵養的嬰兒罹患變性血紅素血症的健康風險建立。

澳洲指引值的建立乃參考 WHO 的指引值。實驗室的動物試驗結果顯示亞硝酸鹽並非直接致癌物，有些流行病學研究證據推測硝酸根與胃癌有關聯，但並未被明確的分析研究證實。

5.6 飲用水中環境荷爾蒙及塑化劑之管理

環境荷爾蒙及塑化劑對民眾造成之健康風險近年來一直為我國社會高度關注之議題，環保署環管處於今年 10 月 26 日召開「飲用水中環境荷爾蒙及塑化劑之管理專家諮詢會」，本計畫執行團隊協助準備會議相關資料，彙整我國飲用水中鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP)、鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP)、鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP)、鄰苯二甲酸丁苯甲酯(BBP)、鄰苯二甲酸二辛酯 (DNOP)、鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP)、雙酚 A、壬基酚 (NP)等八項環境荷爾蒙及塑化劑歷年於我國淨水場之檢測結果（表 5.6-1 至表 5.6-3）。本計畫亦參考美國飲用水健康參考水準計算公式(表 3.1-2)計算八項環境荷爾蒙及塑化劑之健康參考水準，採用之參數列於表 5.6-4。

我國淨水場歷年檢測結果顯示鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP)、鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP)、鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP)、鄰苯二甲酸丁苯甲酯(BBP)、鄰苯二甲酸二辛酯 (DNOP)、雙酚 A、壬基酚 (NP)等七項物質本土飲用水清水(含配水)檢測結果大於「健康參考水準」發生率均為 0。

鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP)國際上有許多國家已定有管制值或指引值，其中以美國的標準值 0.006 mg/L 最為嚴謹，我國近五年來飲用水中 DEHP 濃度超過此標準值的發生率介於 0.3-1.8%之間。本計畫已將鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯納入候選清單，進一步評估納入我國飲用水水質標準管制之必要性。

表 5.6-1 鄰苯二甲酸酯類本土飲用水檢測結果(單位: mg/L)

年份	檢測 樣品數	檢出 最大值	大於健康參考 水準發生率%	備註
鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP)				
100	12	0.000001	0	健康參考水準: 0.55 mg/L 國際上目前未有管制值
102	92	0.0027	0	
103	114	0.0023	0	
104	322	(<0.0028) ^a	0	
105	323	(<0.0011) ^a	0	
106	396	(<0.0008) ^a	0	
鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP)				
102	76	(<0.0009) ^a	0	健康參考水準: 0.24 mg/L 中國飲用水目標值: 0.3mg/L
103	22	(<0.0008) ^a	0	
104	22	(<0.0005) ^a	0	
105	22	0.0014	0	
106	396	(<0.0008) ^a	0	
鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP)				
100	12	(<0.0000004) ^a	0	健康參考水準為: 0.03 mg/L 日本飲用水目標值: 0.01 mg/L 中國飲用水目標值: 0.003 mg/L
102	92	0.0004	0	
103	43	0.0031	0	
104	251	0.0244	0	
105	323	0.0154	0	
106	396	0.0046	0	
鄰苯二甲酸丁苯甲酯(BBP)				
100	12	0.00001	0	健康參考水準為 0.06 mg/L 日本飲用水目標值: 0.5 mg/L
102	92	(<0.00283) ^a	0	
103	43	(<0.00076) ^a	0	
104	251	(<0.0006) ^a	0	
105	353	0.00164	0	
106	396	0.00164	0	
鄰苯二甲酸二辛酯 (DNOP)				
102	92	(<0.0006) ^a	0	健康參考水準: 0.12 mg/L 國際上目前未有管制值或指引 值
103	43	0.0018	0	
104	251	(<0.0015) ^a	0	
105	353	(<0.0034) ^a	0	
106	396	0.0015	0	

^a 檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

表 5.6-2 鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP)本土飲用水檢測結果(單位: mg/L)

年份	檢測 樣品數	檢出 最大值	大於美國管制值 發生率%	備註
97	5	(<0.0006) ^a	0	健康參考水準: 0.006 mg/L 美國飲用水標準: 0.006 mg/L 日本飲用水目標值: 0.08 mg/L 中國飲用水目標值: 0.008 mg/L 新加坡飲用水標準: 0.008 mg/L 紐西蘭飲用水標準: 0.009 mg/L 澳洲飲用水指引值: 0.01 mg/L WHO 飲用水指引值: 0.008 mg/L
98	5	(<0.0006) ^a	0	
99	5	(<0.0006) ^a	0	
100	17	(<0.005) ^a	0	
101	28	0.0059	0	
102	94	0.0072	1.1% (1 個樣品)	
103	114	0.0124	1.8% (2 個樣品)	
104	321	0.009	1.2% (4 個樣品)	
105	353	0.0103	1.1% (4 個樣品)	
106	396	0.0086	0.3% (1 個樣品)	

^a 檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

表 5.6-3 壬基酚 (NP)與雙酚 A 本土飲用水檢測結果(單位: mg/L)

年份	檢測 樣品數	檢出 最大值	大於健康參考 水準發生率%	備註
壬基酚 (NP)				
96	20	0.00028	0	健康參考水準: 0.045 mg/L 日本飲用水目標值: 0.3 mg/L
97	5	(<0.034) ^a	0	
98	61	0.00055	0	
99	38	0.00033	0	
100	25	0.00026	0	
101	33	0.00008	0	
102	68	0.00024	0	
103	93	0.00036	0	
104	109	(<0.00305) ^a	0	
105	345	(<0.0018) ^a	0	
106	396	(<0.00088) ^a	0	
雙酚 A (BPA)				
97	29	0.00007	0	健康參考水準為 0.015 mg/L 日本飲用水目標值: 0.1 mg/L 中國飲用水目標值: 0.01 mg/L
98	61	0.00008	0	
99	34	0.00005	0	
100	25	0.000007	0	
101	41	0.00001	0	
102	68	0.00002	0	
103	44	0.00018	0	
104	250	(<0.0015) ^a	0	
105	335	(<0.0011) ^a	0	
106	396	0.0011	0	

^a 檢測樣品均未檢出時，以括號小於偵測極限表示

表 5.6-4 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)	NOAEL 1834 mg/kg/day，安全係數 1000	0.55
鄰苯二甲酸二乙酯(DEP)	美國 IRIS 資料庫之 RfD 0.8 mg/kg/day	0.24
鄰苯二甲酸二丁酯(DBP)	美國 IRIS 資料庫之 RfD 0.1 mg/kg/day	0.03
鄰苯二甲酸丁苯甲酯(BBP)	美國 IRIS 資料庫之 RfD 0.2 mg/kg/day	0.06
鄰苯二甲酸二辛酯 (DNOP)	美國 ATSDR 資料庫之 MRL 0.4 mg/kg/day	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	0.006
壬基酚 (NP)	NOAEL 15 mg/kg/day，安全係數 1000	0.0045
雙酚 A (BPA)	美國 IRIS 資料庫之 RfD 0.05mg/kg/day	0.015

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

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

三、完成 18 項飲用水水質標準管制項目毒理資料庫更新，包含重金屬（砷、鉛、鎘、鉻、鋇、銀、銻、鎳、汞）及揮發性有機物（三氯乙烯、四氯化碳、1,1,1-三氯乙烷、1,2-二氯乙烷、氯乙烯、苯、對-二氯苯、1,1-二氯乙烯、二氯甲烷）等。

- 四、本計畫已完成蒐集分析世界衛生組織、歐盟、美國、澳洲及日本等國際組織及先進國家飲用水管理相關法規制度推動現況及我國制度比較分析，包括飲用水水質列管項目及未列管項目之相關監測計畫及水安全計畫等。
- 五、另完成飲用水全氟辛烷酸及全氟辛烷磺酸管理、飲用水中鉛濃度的採樣方法檢討、飲用水中銅鋅之國際管制情況、飲用水加氟的相關風險與劑量、飲用水中亞硝酸鹽氮之風險、飲用水環境賀爾蒙及塑化劑之管理等緊急施政處置及健康風險資料。

6.2 建議

- 一、本計畫彙整我國歷年及本計畫年度於飲用水新興污染物之流布調查結果(表 1.1-1、表 2.3-6、表 2.5-13、表 2.7-2、表 3.6-1、表 5.1-1、表 5.6-1、表 5.6-2、表 5.6-3 等)，累積很多國內背景資料，建議後續研究能納入大數據之資料庫建置及評析，彙整我國過去環保機關及自來水事業檢測數據，並據以評析自來水事業有關供水水質監測項目及監測頻率機制。
- 二、多年檢測資料顯示國內飲用水原水或清水大多未檢測出新興污染物，為持續監測未列管新興污染物，推動水質監測與管理計畫，建議修訂更新「我國飲用水水質未列管污染物監測作業計畫(草案)」，並可依本計畫 2.7 節建議之監測數據優先補充次序進行監測。
- 三、環保署歷年來執行相關計畫已產生極多的有價值數據與成果，建議未來可彙整成果，以資訊公開(揭露)與開放資料(opendata)供社會大眾與專家學者利用。
- 四、水安全計畫為各先進國家管理飲用水的趨勢，可俟環境資源部成立並整合自來水法、飲用水管理條例、水利法、水土保持法...等相關法規權責(單位)後，評估選擇淨水場進行試辦。
- 五、本計畫抽驗 25 個飲用水水質標準未列管物質中，固殺草、鄰苯二甲酸二丁酯、鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯檢出濃度略高，雖現無顯著健康危害風險，建議後續增加檢測頻率，以全面了解我國飲用水中之風險。
- 六、未來農藥類物質的篩選，建議可以考量淨水場取水口上游之農藥使用種類和量，以了解對於淨水場處理之影響。各類清單中，有原污染物、污染物質衍生物、反應副產物，應加探討，並與化學局管制之毒性化學物質作聯接。
- 七、在蒐集清單監測程序評估流程中，以「健康危害性」及「淨水場發生率」高低，作為篩選分類參數，但由於參考數據來源很多，檢測之偵測極限皆不同，若以出現檢測結果為未檢出或出現數值，判斷「淨水場發生率」，會有誤判情形發生，建議未檢出之數據以小於偵測極限之濃度值表示，並據以評估。
- 八、針對未列管物質之抽驗及監測計畫可參考國際管制情況及健康風險設定定量極限，以確保數據可用性。

九、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 PFNA 最大檢出濃度亦小於美國新澤西州將針對 PFNA 定出全美國最嚴格之標準，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。

第七章 參考文獻

- Fawell J., K. Bailey, J. Chilton and E. Dahi (2006) Fluoride in Drinking-Water, World Health Organisation
- Health Canada (2017). Guidelines for Canadian Drinking Water Quality—Summary Table. Water and Air Quality Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario.
- Mitch WA, Sharp JO, Trussell RR, Valentine RL, Alvarez-Cohen L, Sedlak DL (2003) NNitrosodimethylamine (NDMA) as a drinking water contaminant: A review. *Environmental Engineering Science*, 20(5):389-404
- NHMRC, NRMCC (2011) Australian Drinking Water Guidelines Paper 6 National Water Quality Management Strategy. National Health and Medical Research Council, National Resource Management Ministerial Council, Commonwealth of Australia, Canberra.
- Reeves, T. G. (1986). *Water fluoridation: a manual for engineers and technicians*. Atlanta, Ga.: U.S. Dept. of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, Dental Disease Prevention Activity, Center for Prevention Services.
- Siddiqui M, Atasi K (2001) NDMA occurrence and formation – A review. Proceedings American Water Works Association Annual Conference, Washington, DC
- U.S. Department of Health and Human Services Federal Panel on Community Water Fluoridation (2015) U.S. Public Health Service Recommendation for Fluoride Concentration in Drinking Water for the Prevention of Dental Caries. *Public Health Reports*. 130(4):318-331.
- U.S. EPA. (2009) National Primary Drinking Water Regulations.
- U.S. EPA. (2016) Lead and Copper Rule Revisions White Paper. https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-10/documents/508_lcr_revisions_white_paper_final_10.26.16.pdf
- WHO 飲用水官方網站 http://www.who.int/topics/drinking_water/en/
- World Health Organization. Optimizing regulatory frameworks for safe and clean drinking-water
- World Health Organization (2017). Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva.

何承嶧、駱尚廉 (2016) 水安全計畫之實務－以德國為例，自來水會刊第 35 卷第 3 期。

附錄

附錄一 抽驗項目詳細採樣點位規劃

水樣別	城市	淨水場	鎳、鎘	甲 醛	VOCs SVOCs	農 藥	環境賀 爾蒙	N-亞硝 二甲胺	微囊藻毒 LR 型
自來水	臺北市	雙溪	✓	✓		✓	✓	✓	
配水	臺北市	雙溪淨水場-士林區	✓	✓			✓		
自來水	臺北市	陽明淨水場-竹子湖加壓站	✓	✓			✓	✓	
自來水	臺北市	陽明淨水場-公館里菁山路 101 巷	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
配水	臺北市	長興淨水場-信義區					✓		
配水	臺北市	直潭淨水場-松山區					✓		
配水	臺北市	公館淨水場-萬華區					✓		
自來水	新北市	員山淨水場	✓	✓			✓		
自來水	新北市	北投子淨水場	✓	✓			✓	✓	
配水	新北市	北水-淡水區					✓		
自來水	新北市	興華淨水場	✓	✓			✓		
自來水	新北市	樹興淨水場	✓	✓			✓	✓	
自來水	新北市	中幅(104.105 超標追蹤)	✓	✓			✓		
自來水	新北市	二坪淨水場	✓	✓		✓	✓		
自來水	新北市	石碇(105 超標追蹤)	✓	✓			✓	✓	
自來水	新北市	萬里淨水場	✓	✓			✓		
配水	新北市	三芝淨水場-三芝區					✓		
配水	新北市	坪林-坪林區					✓		
配水	新北市	板新-樹林區					✓		
配水	新北市	板新-三峽區					✓		
配水	新北市	直潭-永和區					✓		
配水	新北市	直潭-中和區					✓		
自來水	桃園市	石門	✓	✓			✓	✓	✓
自來水	桃園市	龍潭	✓	✓		✓	✓	✓	✓
自來水	桃園市	大溪	✓	✓			✓		
自來水	桃園市	復興淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
配水	桃園市	大湳淨水場-桃園區					✓		
配水	桃園市	大湳淨水場-八德區				✓	✓		
配水	桃園市	平鎮淨水場-觀音區					✓		
配水	桃園市	平鎮淨水場-中壢區			✓		✓		
自來水	新竹市	新竹第一	✓	✓	✓		✓	✓	
自來水	新竹市	新竹第二	✓	✓	✓		✓	✓	
自來水	新竹市	湳雅	✓	✓		✓	✓		
自來水	新竹縣	關西(105 超標追蹤)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
配水	新竹縣	關西淨水場-關西鎮					✓		
自來水	新竹縣	梅花淨水場	✓	✓	✓		✓		
自來水	新竹縣	尖石淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
自來水	新竹縣	內灣淨水場	✓	✓			✓		
自來水	新竹縣	五峰淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
配水	新竹縣	五峰淨水場-竹東鎮			✓		✓		
配水	新竹縣	湳雅-新豐鄉					✓		

附錄一 抽驗項目詳細採樣點位規劃（續）

水樣別	城市	淨水場	鎘、鎘 鉍	甲 醛	VOCs SVOCs	農 藥	環境賀 爾蒙	N-亞硝 二甲胺	微囊藻毒 LR 型
配水	新竹縣	南雅-湖口鄉					✓		
配水	新竹縣	新埔-新埔鎮					✓		
自來水	苗栗縣	明德(104 超標追蹤)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
自來水	苗栗縣	草寮淨水場	✓	✓	✓		✓		
自來水	苗栗縣	水美淨水場	✓	✓	✓		✓		
自來水	苗栗縣	三義淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
自來水	苗栗縣	中興淨水場	✓	✓	✓		✓		
自來水	苗栗縣	苗栗第四淨水場	✓	✓			✓	✓	
自來水	苗栗縣	裕隆淨水場	✓	✓			✓		
配水	苗栗縣	苗栗第三淨水場-苗栗市					✓		
配水	苗栗縣	苗栗第三淨水場-公館鄉					✓		
配水	苗栗縣	大湖淨水場-大湖鄉				✓	✓		
配水	苗栗縣	南庄淨水場-南庄鄉				✓	✓		
配水	苗栗縣	卓蘭淨水場-卓蘭鎮					✓		
配水	苗栗縣	三義配水池、八股配水池					✓		
自來水	臺中市	豐原第一(104 超標追蹤)	✓	✓		✓	✓	✓	
自來水	臺中市	豐原第二(104 超標追蹤)	✓	✓		✓	✓	✓	
配水	臺中市	豐原給水廠-豐原區					✓		
配水	臺中市	豐原給水廠-西區					✓		
配水	臺中市	豐原給水廠-北屯區					✓		
配水	臺中市	豐原給水廠-太平區			✓		✓		
自來水	臺中市	東勢淨水場	✓	✓	✓	✓	✓		
自來水	臺中市	慶東淨水場	✓	✓			✓	✓	
配水	臺中市	慶東淨水場-東勢區			✓		✓		
自來水	臺中市	新社淨水場	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
自來水	臺中市	谷關淨水場	✓	✓			✓		
自來水	臺中市	梨山淨水場	✓	✓			✓		
自來水	臺中市	大甲第一淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
自來水	臺中市	清水淨水場	✓	✓			✓		
配水	臺中市	清水淨水場-清水區					✓		
自來水	臺中市	神岡淨水場	✓	✓		✓	✓		
自來水	臺中市	喀哩淨水場	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
自來水	臺中市	霧峰淨水場	✓	✓			✓		
自來水	臺中市	坑口淨水場	✓	✓	✓		✓		
配水	臺中市	坑口淨水場-霧峰區					✓		
配水	臺中市	新社淨水場-新社區					✓		
配水	臺中市	大安淨水場-大甲區					✓		
配水	臺中市	遠太淨水場-沙鹿區					✓		
配水	臺中市	鯉魚潭給水廠-后里區				✓	✓		
自來水	南投縣	草屯第一淨水場	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
自來水	南投縣	草屯第二淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
配水	南投縣	草屯第二淨水場-草屯鎮					✓	✓	
自來水	南投縣	草屯第三淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
自來水	南投縣	草屯第四淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	

附錄一 抽驗項目詳細採樣點位規劃（續）

水樣別	城市	淨水場	鎘.鎳 鉍	甲 醛	VOCs SVOCs	農 藥	環境賀 爾蒙	N-亞硝 二甲胺	微囊藻毒 LR 型
自來水	南投縣	瑞竹淨水場	✓	✓	✓	✓	✓		
自來水	南投縣	坪頂淨水場	✓	✓		✓	✓		
自來水	南投縣	信義淨水場	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
配水	南投縣	信義淨水場-信義鄉					✓		
自來水	南投縣	民和淨水場	✓	✓	✓	✓	✓		
自來水	南投縣	埔里第二淨水場	✓	✓		✓	✓	✓	
自來水	南投縣	埔里第三淨水場	✓	✓			✓		
自來水	南投縣	埔里第五淨水場	✓	✓			✓	✓	
自來水	南投縣	藍城淨水場	✓	✓		✓	✓		
自來水	南投縣	春陽淨水場	✓	✓			✓		
配水	南投縣	春陽淨水場-仁愛鄉					✓		
自來水	南投縣	公林淨水場	✓	✓			✓	✓	
配水	南投縣	公林淨水場-魚池鄉					✓		
自來水	南投縣	東光淨水場	✓	✓			✓		
自來水	南投縣	德化淨水場	✓	✓			✓	✓	✓
配水	南投縣	德化淨水場-魚池鄉					✓		
自來水	南投縣	嘉和第二淨水場	✓	✓			✓	✓	
配水	南投縣	營盤口淨水場-南投市					✓		
配水	南投縣	鹿谷淨水場-鹿谷鄉					✓		
配水	南投縣	水里淨水場-水里鄉					✓		
配水	南投縣	集集淨水場-竹山鎮				✓	✓		
配水	南投縣	集集淨水場-集集鎮					✓		
配水	南投縣	集集淨水場-名間鄉					✓		
配水	南投縣	埔里第一淨水場-埔里鎮				✓	✓		
配水	南投縣	大旗尾淨水場-國姓鄉					✓		
配水	南投縣	日月潭淨水場-魚池鄉				✓	✓		
配水	南投縣	粗坑淨水場-中寮鄉					✓		
自來水	彰化縣	鹿港淨水場	✓	✓			✓	✓	
自來水	彰化縣	溪湖第一	✓	✓	✓		✓		
自來水	彰化縣	芳苑淨水場	✓	✓	✓		✓		
自來水	彰化縣	彰化第三淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
配水	彰化縣	彰化第三淨水場-彰化市					✓		
自來水	彰化縣	花壇淨水場	✓	✓	✓	✓	✓		
自來水	彰化縣	員林第一淨水場	✓	✓		✓	✓	✓	
自來水	彰化縣	員林第二(104 超標追蹤)	✓	✓			✓	✓	
自來水	彰化縣	員林第三淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
配水	彰化縣	員林第三淨水場					✓		
自來水	彰化縣	社頭淨水場	✓	✓			✓		
自來水	彰化縣	永靖淨水場	✓	✓			✓	✓	
自來水	彰化縣	下壩淨水場	✓	✓	✓		✓		
自來水	彰化縣	打鐵厝淨水場	✓	✓		✓	✓		
自來水	彰化縣	溪湖第二淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
自來水	彰化縣	埤頭淨水場	✓	✓			✓		
自來水	彰化縣	芳苑淨水場	✓	✓			✓		

附錄一 抽驗項目詳細採樣點位規劃（續）

水樣別	城市	淨水場	鎘.鎳 鉍	甲醛	VOCs SVOCs	農 藥	環境賀 爾蒙	N-亞硝 二甲胺	微囊藻毒 LR 型
自來水	彰化縣	竹塘淨水場	✓	✓			✓		
自來水	彰化縣	和美淨水場	✓	✓			✓		
自來水	彰化縣	大村第二淨水場	✓	✓		✓	✓	✓	
自來水	彰化縣	清水岩淨水場	✓	✓	✓		✓		
自來水	彰化縣	大村淨水場	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
配水	彰化縣	福興淨水場-福興鄉					✓		
配水	彰化縣	福興淨水場-埔鹽鄉					✓		
配水	彰化縣	田中淨水場-田中鎮					✓		
配水	彰化縣	埔心淨水場-埔心鄉					✓		
配水	彰化縣	北斗淨水場-田尾鄉					✓		
自來水	雲林縣	古坑營運所(古坑淨水場)	✓	✓			✓		
自來水	雲林縣	埤仔頭淨水場	✓	✓			✓		
自來水	雲林縣	林內淨水場	✓	✓		✓	✓	✓	✓
自來水	雲林縣	阿丹淨水場	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
自來水	雲林縣	斗南營運所(斗南淨水場)	✓	✓		✓	✓	✓	✓
自來水	雲林縣	大埤給水站	✓	✓			✓		
配水	雲林縣	大埤給水站-斗南					✓		
自來水	雲林縣	虎尾營運所	✓	✓	✓		✓		✓
自來水	雲林縣	西螺營運所(西螺淨水場)	✓	✓		✓	✓	✓	
自來水	雲林縣	馬光淨水場	✓	✓		✓	✓		
配水	雲林縣	馬光淨水場-土庫					✓		
自來水	雲林縣	褒忠淨水場	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
自來水	雲林縣	麥寮(第一)淨水場	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
自來水	雲林縣	北港營運所(北港第二淨水場)	✓	✓		✓	✓		
自來水	雲林縣	水林淨水場	✓	✓	✓	✓	✓		
自來水	雲林縣	拔仔腳(第二)淨水場				✓	✓	✓	
自來水	雲林縣	莿桐給水站			✓	✓	✓	✓	
配水	雲林縣	莿桐給水站-莿桐			✓		✓		
配水	雲林縣	石榴淨水場-斗六	✓	✓	✓		✓		
配水	雲林縣	崁腳淨水場-古坑					✓		
配水	雲林縣	平和淨水場-虎尾					✓		
配水	雲林縣	番社淨水場-崙背					✓		
配水	雲林縣	三條崙給水站-臺西					✓		
配水	雲林縣	元長淨水場-元長					✓		
自來水	嘉義市	公園	✓	✓		✓	✓	✓	✓
自來水	嘉義市	蘭潭	✓	✓		✓	✓	✓	✓
自來水	嘉義縣	水上淨水場	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
配水	嘉義縣	水上淨水場-六腳鄉				✓	✓		
配水	嘉義縣	水上淨水場-義竹鄉					✓		
配水	嘉義縣	水上淨水場-東石鄉					✓	✓	
自來水	嘉義縣	石碇淨水場	✓	✓	✓	✓	✓		
自來水	嘉義縣	大埔淨水場	✓	✓			✓	✓	
自來水	嘉義縣	吳鳳淨水場	✓	✓		✓	✓		
自來水	嘉義縣	阿里山淨水場	✓	✓		✓	✓		

附錄一 抽驗項目詳細採樣點位規劃（續）

水樣別	城市	淨水場	鎘、鎳	甲醛	VOCs SVOCs	農藥	環境 賀爾蒙	N-亞硝 二甲胺	微囊藻毒 LR 型
自來水	嘉義縣	石桌淨水場	✓	✓		✓	✓		
自來水	嘉義縣	樂野淨水場	✓	✓			✓		
自來水	嘉義縣	水上-民雄加壓站	✓	✓	✓		✓		
自來水	嘉義縣	水上-朴子加壓站	✓	✓	✓		✓		
自來水	嘉義縣	水上-六腳加壓站	✓		✓		✓		
自來水	嘉義縣	水上-東石加壓站	✓	✓	✓		✓	✓	
自來水	嘉義縣	水上-義竹加壓站	✓		✓		✓		
配水	嘉義縣	觸口淨水場-番路鄉					✓		
配水	嘉義縣	新港淨水場-新港鄉					✓		
自來水	臺南市	潭頂	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
配水	臺南市	潭頂淨水場-安平區					✓		
自來水	臺南市	烏山頭	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
自來水	臺南市	南化	✓	✓			✓	✓	✓
配水	臺南市	南化淨水場-歸仁區					✓		
自來水	臺南市	楠玉	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
自來水	臺南市	鏡面	✓	✓		✓	✓	✓	✓
自來水	高雄市	手巾寮淨水場	✓	✓	✓		✓		
自來水	高雄市	甲仙淨水場	✓	✓	✓		✓		
自來水	高雄市	美濃淨水場	✓	✓		✓	✓	✓	
自來水	高雄市	新威淨水場	✓	✓			✓		
自來水	高雄市	寶來淨水場	✓	✓			✓		
自來水	高雄市	翁公園淨水場	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
配水	高雄市	翁公園淨水場-大寮區				✓	✓		
自來水	高雄市	茂林淨水場	✓	✓	✓		✓		
自來水	高雄市	路竹(104 超標追蹤)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
自來水	高雄市	鳳山淨水場	✓	✓		✓	✓	✓	✓
配水	高雄市	鳳山淨水場-前鎮區	✓				✓		
配水	高雄市	鳳山淨水場-旗津區					✓		
配水	高雄市	鳳山淨水場-小港區	✓		✓		✓		
配水	高雄市	大崗山給水廠北嶺加壓站-岡山區			✓		✓		
配水	高雄市	大崗山給水廠嶺口淨水場-燕巢區		✓			✓		
配水	高雄市	澄清湖淨水場-三民區					✓		
配水	高雄市	澄清湖淨水場-苓雅區			✓		✓		
配水	高雄市	坪頂淨水場-左營區					✓		
配水	高雄市	坪頂淨水場-楠梓區	✓	✓	✓		✓		
自來水	屏東縣	屏東農場淨水場	✓	✓		✓	✓		
自來水	屏東縣	餉潭淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
自來水	屏東縣	力里淨水場	✓	✓	✓		✓		
自來水	屏東縣	南和淨水場	✓	✓			✓		
自來水	屏東縣	來義淨水場	✓	✓			✓	✓	
自來水	屏東縣	潮新淨水場	✓	✓	✓		✓		
自來水	屏東縣	四春淨水場	✓	✓			✓		
自來水	屏東縣	佳平淨水場	✓	✓			✓		
自來水	屏東縣	土文淨水場	✓	✓	✓		✓		

附錄一 抽驗項目詳細採樣點位規劃（續）

水樣別	城市	淨水場	鎘、鎳 鉍	甲 醛	VOCs SVOCs	農 藥	環境 賀爾蒙	N-亞硝 二甲胺	微囊藻毒 LR 型
自來水	屏東縣	枋寮淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
自來水	屏東縣	牡丹淨水場	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
配水	屏東縣	牡丹淨水場-車城鄉					✓		
配水	屏東縣	牡丹淨水場-滿州鄉					✓		
配水	屏東縣	牡丹淨水場-恆春鎮					✓		
配水	屏東縣	牡丹淨水場-新園鄉					✓		
配水	屏東縣	牡丹淨水場-南州鄉					✓		
配水	屏東縣	牡丹淨水場-枋寮鄉					✓		
自來水	屏東縣	桑園淨水場	✓	✓			✓		
自來水	屏東縣	高士淨水場	✓	✓	✓		✓		
自來水	屏東縣	新豐淨水場	✓	✓			✓		
自來水	屏東縣	廣興淨水場	✓	✓			✓	✓	
自來水	屏東縣	屏東淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
配水	屏東縣	屏東淨水場-屏東市					✓		
配水	屏東縣	屏東淨水場-長治鄉				✓	✓		
自來水	屏東縣	禮納里淨水場	✓	✓		✓	✓	✓	
配水	屏東縣	禮納里淨水場-霧台					✓		
配水	屏東縣	高樹淨水場-高樹					✓		
配水	屏東縣	三和淨水場-內埔鄉					✓		
配水	屏東縣	北葉淨水場-瑪家鄉					✓		
配水	屏東縣	大慶淨水場-萬丹鄉				✓	✓		
自來水	基隆市	暖暖	✓	✓			✓	✓	✓
自來水	基隆市	安樂	✓	✓			✓		
自來水	基隆市	新山	✓	✓			✓		
自來水	基隆市	六堵	✓	✓	✓		✓	✓	
配水	基隆市	六堵淨水場-七堵區					✓		
自來水	宜蘭縣	天送埤淨水場	✓	✓	✓		✓		
自來水	宜蘭縣	柑仔坑淨水場	✓	✓	✓	✓	✓		
配水	宜蘭縣	柑仔坑淨水場三星鄉					✓		
自來水	宜蘭縣	丸山淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
自來水	宜蘭縣	圳頭淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
配水	宜蘭縣	圳頭淨水場-員山鄉					✓		
自來水	宜蘭縣	枕山淨水場	✓	✓			✓		
自來水	宜蘭縣	金洋淨水場	✓	✓			✓		
自來水	宜蘭縣	澳花淨水場	✓	✓			✓		
自來水	宜蘭縣	東澳淨水場	✓	✓			✓		
自來水	宜蘭縣	碧候淨水場	✓	✓			✓		
自來水	宜蘭縣	英士淨水場	✓	✓			✓		
自來水	宜蘭縣	南山淨水場	✓	✓			✓		
自來水	宜蘭縣	四季淨水場	✓	✓			✓	✓	
自來水	宜蘭縣	松羅淨水場	✓	✓			✓	✓	
配水	宜蘭縣	松羅淨水場-大同鄉					✓		
配水	宜蘭縣	寒溪淨水場-冬山鄉					✓		
配水	宜蘭縣	蘇澳淨水場-蘇澳鎮					✓		

附錄一 抽驗項目詳細採樣點位規劃（續）

水樣別	城市	淨水場	鎘、鎘鉍	甲醛	VOCs SVOCs	農藥	環境 賀爾蒙	N-亞硝 二甲胺	微囊藻毒 LR 型
配水	宜蘭縣	廣興淨水場-五結鄉					✓		
配水	宜蘭縣	龍潭淨水場-礁溪鄉					✓		
配水	宜蘭縣	深溝淨水場-壯圍鄉					✓		
自來水	花蓮縣	光復	✓	✓	✓		✓	✓	
配水	花蓮縣	光復淨水場-光復鄉					✓		
自來水	花蓮縣	富源	✓	✓	✓		✓		
自來水	花蓮縣	玉里	✓	✓			✓	✓	
配水	花蓮縣	玉里配水玉里鎮					✓		
自來水	花蓮縣	明里					✓		
配水	花蓮縣	明里配水富里鄉					✓		
自來水	花蓮縣	三笠山	✓	✓	✓	✓	✓		
自來水	花蓮縣	水璉	✓	✓			✓		
自來水	花蓮縣	新社	✓	✓			✓	✓	
配水	花蓮縣	新社-豐濱鄉					✓		
自來水	花蓮縣	港口	✓	✓			✓		✓
自來水	花蓮縣	娑婆礁(105 臨標追蹤)	✓	✓		✓	✓	✓	
配水	花蓮縣	娑婆礁+國慶+花蓮市					✓		
配水	花蓮縣	娑婆礁+國慶+吉安鄉					✓		
配水	花蓮縣	娑婆礁+國慶+新城					✓		
自來水	花蓮縣	富世	✓	✓			✓		
配水	花蓮縣	富世-秀林鄉					✓		
配水	花蓮縣	富世-新城鄉					✓		
自來水	花蓮縣	和平工業區	✓	✓	✓	✓	✓		
自來水	花蓮縣	壽豐	✓	✓			✓	✓	
配水	花蓮縣	南華+壽豐+吉安					✓		
配水	花蓮縣	南華+壽豐					✓		
自來水	花蓮縣	池南	✓	✓			✓		
自來水	花蓮縣	鳳林	✓	✓			✓	✓	
配水	花蓮縣	鳳林					✓		
自來水	花蓮縣	支亞干	✓	✓			✓		
自來水	花蓮縣	松蒲	✓	✓			✓		
自來水	花蓮縣	紅葉	✓	✓		✓	✓		
配水	花蓮縣	紅葉-瑞穗鄉					✓		
自來水	花蓮縣	舞鶴	✓	✓			✓		
自來水	臺東縣	知本三號井淨水場	✓	✓	✓		✓	✓	
配水	臺東縣	知本 3 號井淨水場					✓		
自來水	臺東縣	大王淨水場	✓	✓			✓		
自來水	臺東縣	班鳩淨水場	✓	✓			✓		
自來水	臺東縣	瑞豐淨水場	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
配水	臺東縣	瑞豐淨水場-鹿野鄉					✓		
自來水	臺東縣	瑞源淨水場	✓	✓			✓		
自來水	臺東縣	土板淨水場	✓	✓			✓		
自來水	臺東縣	大溪淨水場	✓	✓			✓	✓	
自來水	臺東縣	壠坵淨水場	✓	✓	✓		✓		

附錄一 抽驗項目詳細採樣點位規劃（續）

水樣別	城市	淨水場	鎘、鎳	甲醛	VOCs SVOCs	農藥	環境 賀爾蒙	N-亞硝 二甲胺	微囊藻毒 LR 型
自來水	臺東縣	海端淨水場	✓	✓			✓		
自來水	臺東縣	武陵淨水場	✓	✓			✓		
自來水	臺東縣	陸安淨水場	✓	✓			✓		
自來水	臺東縣	加羅板淨水場	✓	✓			✓		
自來水	臺東縣	和平淨水場	✓	✓		✓	✓	✓	
配水	臺東縣	和平淨水場-大武鄉					✓		
自來水	臺東縣	森永淨水場	✓	✓			✓		
自來水	臺東縣	安朔淨水場	✓	✓	✓	✓	✓		
自來水	臺東縣	綠島(104 超標追蹤)	✓	✓		✓	✓	✓	
配水	臺東縣	綠島淨水場-綠島鄉					✓		
配水	臺東縣	綠島淨水場-綠島鄉					✓		
自來水	臺東縣	新化淨水場	✓	✓			✓		
自來水	臺東縣	東清淨水場	✓	✓			✓		
自來水	臺東縣	紅頭淨水場	✓	✓			✓		
自來水	臺東縣	朗島淨水場	✓	✓			✓		
配水	臺東縣	利嘉淨水場					✓	✓	
配水	臺東縣	正興淨水場				✓	✓	✓	
配水	臺東縣	成功淨水場-東河鄉					✓		
配水	臺東縣	成功淨水場-成功鎮					✓		
配水	臺東縣	成功淨水場					✓		
配水	臺東縣	金崙淨水場-太麻里鄉					✓		
配水	臺東縣	池上淨水場-池上鄉			✓	✓	✓		
自來水	澎湖縣	成功	✓	✓			✓	✓	✓
配水	澎湖縣	成功淨水場-湖西鄉					✓		
自來水	澎湖縣	馬公海淡場		✓		✓	✓	✓	
自來水	澎湖縣	林投			✓		✓		
自來水	澎湖縣	白沙					✓		
配水	澎湖縣	白沙淨水場-白沙鄉					✓		
自來水	澎湖縣	西嶼					✓		
自來水	澎湖縣	七美					✓	✓	
配水	澎湖縣	七美淨水場-七美鄉					✓		
自來水	澎湖縣	望安				✓	✓		
配水	澎湖縣	望安淨水場-望安鄉					✓		
自來水	澎湖縣	吉貝					✓		
自來水	金門縣	太湖	✓	✓			✓	✓	✓
自來水	金門縣	榮湖					✓		✓
自來水	金門縣	紅山					✓		✓
配水	金門縣	金城供水站	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
配水	金門縣	昔果山供水站			✓		✓	✓	
自來水	連江縣	東湧		✓			✓	✓	
自來水	連江縣	東莒		✓	✓		✓		
自來水	連江縣	坂里					✓		✓
自來水	連江縣	勝利					✓	✓	
自來水	連江縣	儲水沃				✓	✓		

附錄一 抽驗項目詳細採樣點位規劃（續）

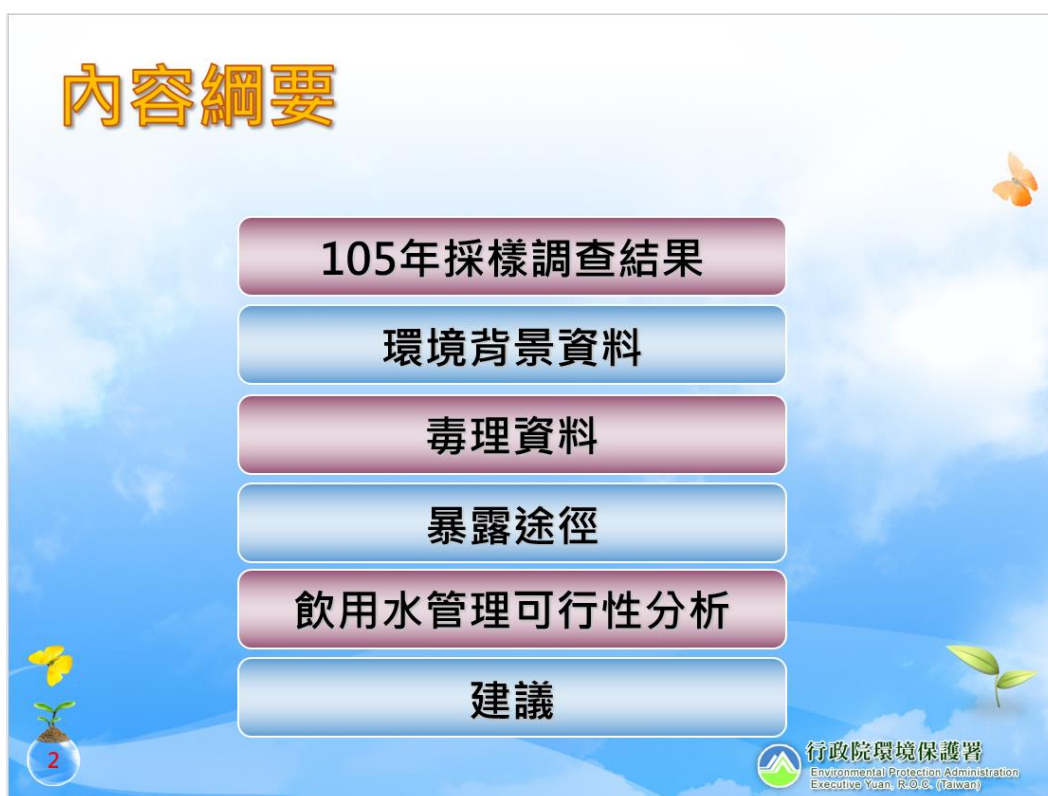
			VOCs SVOCs	農 藥	環境 賀爾蒙
簡易	臺北市	平等里簡易自來水 95 巷			✓
簡易	桃園市	羅浮台地簡易自來水			✓
簡易	桃園市	石門簡易自來水	✓		✓
簡易	桃園市	長庚大學簡易自來水	✓	✓	✓
簡易	新竹縣	田寮簡易自來水		✓	✓
簡易	新竹縣	大肚簡易自來水		✓	✓
簡易	新竹縣	新興簡易自來水		✓	✓
簡易	新竹縣	石光簡易自來水	✓	✓	✓
簡易	新竹縣	秀巒村 7 鄰泰崗部落簡易自來水		✓	✓
簡易	苗栗縣	頭屋鄉頭屋簡易自來水場		✓	✓
簡易	苗栗縣	公館鄉大坑村簡易自來水			✓
簡易	苗栗縣	三義鄉廣聲新城簡易自來水場		✓	✓
簡易	臺中市	大東里簡易自來水	✓	✓	✓
簡易	臺中市	五福里簡易自來水			✓
簡易	臺中市	桐林里簡易自來水		✓	✓
簡易	臺中市	王田簡易自來水	✓	✓	✓
簡易	南投縣	翠華村華崗簡易			✓
簡易	南投縣	法治村武界部落簡易			✓
簡易	南投縣	望美村倉農簡易	✓	✓	✓
簡易	南投縣	互助村中原部落簡易			✓
簡易	南投縣	新生村新生社區簡易		✓	✓
簡易	雲林縣	古坑鄉草嶺社區合作社簡易自來水		✓	✓
簡易	雲林縣	樟湖村簡易自來水			✓
簡易	高雄市	長庚醫療財團法人高雄長庚紀念醫院			✓
簡易	高雄市	中油公司煉製事業部高雄煉油廠	✓		✓
簡易	高雄市	輔英科技大學		✓	✓
簡易	屏東縣	行政院農業委員會屏東農業生物技術園區淨水場	✓	✓	✓
簡易	宜蘭縣	林美村簡易自來水			✓
簡易	宜蘭縣	龍潭村簡易自來水		✓	✓
簡易	花蓮縣	高寮簡易自來水			✓
簡易	花蓮縣	春日里簡易自來水		✓	✓
簡易	花蓮縣	大興村簡易自來水	✓		✓
簡易	臺東縣	台東縣台坂村拉里巴部落簡易		✓	✓
簡易	臺東縣	膽曼社區簡易	✓		✓
簡易	臺東縣	斑鳩 24~25 鄰簡易		✓	✓
簡易	臺東縣	宜灣簡易		✓	✓
簡易	澎湖縣	馬公市山水里簡易自來水			✓
簡易	澎湖縣	馬公市烏坎里簡易自來水			✓

附錄二 講習會照片





附錄三 飲用水中全氟辛烷酸及全氟辛烷磺酸之管理專諮會簡報資料



背景緣起

-105年採樣調查結果-

- 6處淨水場水樣原水與清水之全氟辛烷磺酸 (PFOS) 皆為ND (偵測極限: 6.8 ng/L)
- 全氟辛烷酸(PFOA)原水濃度分布為ND-29.20 ng/L (檢出率55.56%) , 清水PFOA濃度分布為ND-30.90 ng/L (檢出率44.44%) (偵測極限: 1.91 ng/L)
- 新山、新竹第一、豐原與南化淨水場之PFOA檢出率較高; 有檢出PFOA水樣中, 新山與新竹第一淨水場濃度則較高, 因全氟碳化合物在各種民生消費產品 (如各種披薩盒及防油紙袋) 及生產高效能氟聚合物 (如鐵氟龍) 製程皆可能含有PFOA, 推測可能影響新山與新竹第一淨水場檢出較高之PFOA濃度



環境背景資料

- 全氟辛烷酸(PFOA)為氟化聚合物製程必要添加物
- 少部份用於工業上的抗靜電添加物或電子產業
- 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
- 由於碳-氟鍵能極高加上高氧化態, 使得不論是生物或非生物性的途徑都**難以降解**全氟烷基酸
- 污水處理廠的處理效率亦低



環境背景資料

- 全氟辛烷磺酸 (PFOS) 為由聯合國主導的管制持久性有機污染物斯德哥爾摩公約附錄B管制項目(附錄A管制項目為禁止使用，附錄B物質為限制使用)，也**疑似為環境荷爾蒙**
- PFOS為含氟化物表面活性劑的前驅物，與其前驅物**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，廣泛的使用而釋放至環境各媒介中

由於碳-氟鍵能極高加上高氧化態，使得不論是生物或非生物性的途徑都難以降解全氟烷基酸，連污水處理廠也不例外



行政院環境保護署
Environmental Protection Administration
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

毒理資料

- PFOA
 - 可由口食入被充分吸收，卻無法被代謝而不易被排出體外
 - 在人體血液濃度之半衰期估計在4-8年
 - 可能具有免疫、發育、肝腎毒性、甚至導致實驗動物產生癌症
 - 人體可能致癌物
 - 可以觀察到副作用之最低劑量(LOAEL): 0.46 mg/kg-day
- PFOS
 - 可由口食入被充分吸收，卻無法被代謝而不易被排出體外
 - 半衰期約為5.4年
 - 在動物實驗觀察到生殖功能下降、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
 - 無觀察到副作用之劑量(NOAE): 0.03 mg/kg-day



行政院環境保護署
Environmental Protection Administration
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

暴露途徑

• PFOA

- 職業上可能在工作場所經由呼吸和皮膚接觸使得工作人員暴露到PFOA，如瑞士滑雪蠟的技術人員
- 一般民眾可能經由食物、飲用水及皮膚接觸含有PFOA的民生消費品而暴露到PFOA

• PFOS

- 一般民眾可能經由食用受PFOS污染的魚類或飲水
- 皮膚接觸含有PFOS的消費品
- 研究顯示在一般民眾及野生動物的血液中皆可測得微量的PFOS存在，顯示PFOS在各種環境中普遍的微量存在



行政院環境保護署
Environmental Protection Administration
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

暴露途徑

- 根據**美國環保署**進行之研究與暴露情境模式推估，對於一般民眾，尤其是敏感族群，**飲食是最主要貢獻PFOA與PFOS暴露量的途徑**，飲用水和灰塵則是附加的暴露途徑，**加拿大和歐洲**的研究亦支持此結論
- **加拿大**：進行的總膳食研究，著重於收集與分析各種食物項目，顯示**食物**佔總全氟碳化合物暴露量之**60%**，溶劑處理過的地毯佔29%，灰塵佔7%、處理過的服飾佔3%，飲用水佔0.07%。相較之下，飲用水對PFASs的貢獻量則可忽略 ([Tittlemier et al., 2007](#))



行政院環境保護署
Environmental Protection Administration
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

暴露途徑

- Gebbink等人(2015)估計間接或直接接觸到PFOA與PFOS之主要暴露途徑間的相對貢獻量，並以來自於北美、歐洲、韓國及日本收集到的資料進行暴露分組，依照暴露量分為低（5%分位）、中（中位數）、高（95%分位）三個暴露情境
- 各暴露途徑對一般成人PFOA之相對貢獻量為：
 - 低暴露組：食物（~50%）> 空氣（~25%）> 灰塵（~15%）> 水（~10%）
 - 中暴露組：食物（~45%）> 灰塵（~35%）> 水（~10%）≈ 空氣（~10%）
 - 高暴露組：灰塵（~65%）> 食物（~20%）> 水（~10%）> 空氣（~5%）
- 各暴露途徑對一般成人PFOS之相對貢獻量為：
 - 低暴露組：食物（~88%）> 空氣（~7%）> 水（~3%）> 灰塵（~2%）
 - 中暴露組：食物（~65%）> 灰塵（~14%）≈ 空氣（~14%）> 水（~7%）
 - 高暴露組：食物（~43%）> 灰塵（~27%）> 空氣（~20%）> 水（~10%）
- 因此除飲用水外，如食物等其他途徑PFOA及PFOS的暴露量更應加以重視



行政院環境保護署
Environmental Protection Administration
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

飲用水管理可行性分析

-處理可行性-

- 活性碳處理以及定期更換吸附劑，或許可以有效的移除在水質處理廠中的PFOA等全氟碳化物(Takagi et al., 2008)
- PFOA的移除率在夏天約為-36%-56%；冬天則是約為-31%-58%。整體而言，大阪地區的水質處理廠，其移除全氟碳化物的比率幾乎皆小於50%
- PFOA的前驅物（fluorotelomer alcohols, FTOHs）在水質處理過程中降解可能形成PFOA，因此經水質處理過程的水，其所含的全氟碳化物未必小於原水
- 在污水處理廠中，經過生物膜、活性污泥等過程後，原水中的PFOA和出水的PFOA濃度並沒有太大差別，顯示傳統污水處理廠的處理過程，並無法有效的去除水中的PFOA(Schultz et al., 2006)



行政院環境保護署
Environmental Protection Administration
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

飲用水管理可行性分析

-處理可行性-

- 在污水處理廠處理過程中，無法以生物膜處理，以及活性污泥的方式將PFOS去除。且微生物降解前驅物可能是造成出水的PFOS增加的原因(Schultz *et al.*, 2006)
- 經過三級處理的再生水，發現全氟烷基酸的總濃度可達90–470 ng/dL，可見即使通過高級處理過程仍未能保證能夠移除這些全氟化合物(Plumlee等人)
- 日本大阪的一篇研究也指出，在大阪地區的水質處理廠，其移除全氟碳化物的效率幾乎皆小於50% (Takagi S *et al.*, 2008)



飲用水管理可行性分析

-檢測成本-

- 環檢所已有公告可適用PFOA及PFOS檢測方法：固相萃取與高效益相層析/串聯式質譜儀法
- 惟檢驗成本較高（環檢所檢驗成本約新臺幣12,000~15,000元）



飲用水管理可行性分析

-國際管制情況-

- 美國尚未列管，僅於105年公告健康建議值（health advisories），PFOA與PFOS兩者合併計算為70 ng/L
- 日本列為需進一步研究是否有必要於飲用水水質標準列管之污染物，但尚未訂定目標值
- 世界衛生組織、歐盟、澳洲、紐西蘭、加拿大、韓國、中國及新加坡等則無管制值或指引值
- PFOA及PFOS目前在國際上就飲用水管制標準部分尚無定論，因此尚未有飲用水管制值或指引值



飲用水管理可行性分析

- 美國環保署是否列管污染物之評估要項
 - 污染物可能對人體健康有不利的影響
 - 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
 - 管制此污染物可提供實質可行的機會降低公眾飲用水健康風險
 - 是否有其他主要**暴露來源**：若有其他更主要的暴露來源，則管制飲用水中的污染物濃度並無法實際降低公眾的健康風險
 - **處理技術**之開發可行性及**成本**分析：若無經濟且有效之飲用水處理技術，則管制飲用水中的污染物濃度並無法實際降低公眾的健康風險
- 針對PFOA、PFOS，美國仍在收集公共供水系統，中PFOA及PFOS的濃度資料，評估其存在的頻率和強度是否有影響公共健康的疑慮



飲用水管理可行性分析

-小結-

- 該兩物質廣泛應用的結果，環境中隨處可見存在微量濃度
- PFOA及PFOS之**前驅物質**（如FTOH）在水處理過程中可能形成PFOA及PFOS，若納入飲用水水質標準管制，則須同時考量各種前驅物質的管理
- 目前自來水淨水處理單元**無法有效去除**PFOA及PFOS
- 尚無法確定其存在飲用水中的頻率和強度是否有影響公共健康的疑慮

• 檢測成本高

- 基於上述原因，PFOA及PFOS目前在國際上並未有國家或國際組織針對飲用水中之PFOA及PFOS制訂管制標準或指引值



15



行政院環境保護署
Environmental Protection Administration
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

建議

- 飲用水：持續監測PFOA及PFOS在臺灣淨水場中的濃度，以了解其存在的**頻率和強度**是否有影響公共健康的疑慮
- 食物為人體全氟碳化合物暴露量的主要來源，相較之下，飲用水的貢獻量則可忽略。考量PFOA及PFOS對人體健康之影響，**食物及灰塵等暴露途徑造成之PFOA及PFOS暴露量更應加以重視**
 - PFOA有時亦使用於包裝食物的防油紙塗層，為食物中PFOA的來源之一，美國食品藥品監督管理局(FDA)2016年已修正食物添加法規，禁止使用含全氟烷基乙基(perfluoroalkyl ethyl)水性/油性驅蟲劑於接觸液體或油脂類食物的紙或紙板



16



行政院環境保護署
Environmental Protection Administration
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

建議

- 源頭管制

- 美國

- 2010/2015 PFOA Stewardship Program

- 美國環保署與8間主要PFOA生產廠商協調，在2010年能減產95% PFOA，至2015年完全停產。

- 參與廠商包含：Arkema、Asahi、BASF Corporation (successor to Ciba)、Clariant、Daikin、3M/Dyneon、DuPont、Solvay Solexis

- 8間參與廠商均於2015年前達成目標

- 美國環保署與3M協調，3M於2002年底停產PFOS

- 澳洲、英國、加拿大、紐西蘭及歐盟許多國家（瑞士、瑞典、波蘭、挪威、芬蘭等）目前均已停產PFOS (OECD, 2005)



行政院環境保護署
Environmental Protection Administration
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

附錄四 現行飲用水列管項目毒理資料庫更新

本計畫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現行飲用水水質標準管制項目之毒理資料庫內容 18 項。選訂優先更新重金屬（砷、鉛、硒、鉻、鎘、鋇、銻、鎳、汞）及揮發性有機物（三氯乙烯、四氯化碳、1,1,1-三氯乙烷、1,2-二氯乙烷、氯乙烯、苯、對-二氯苯、1,1-二氯乙烯、二氯甲烷）之毒理資料庫。

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 Program on Chemical Safety (WHO-IPCS)
- 七、世界衛生組織 WHO 飲用水水質指引
- 八、ACToR (Aggregated Computational Toxicology Resource) from EPA
- 九、European Chemicals Agency (ECHA)
- 十、Haz-Map
- 十一、安全資料表（勞動部職業安全衛生署 GHS 網站）
- 十二、農藥安全資訊庫（行政院農業委員會動植物防疫檢驗局）
- 十三、國家網路藥典（國家網路醫藥）
- 十四、Micro Medex 資料庫

毒理資料內容則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。

附錄 4.1 鉛

1. 水質項目名稱：鉛 (Lead, CAS ID #：7439-92-1)

2. 化學式/結構式：Pb

3. 使用單位：mg/L

4. 分析方法：

	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽¹⁴⁾ (分類索引編號)
分析方法	(1) 火焰式原子吸收光譜(3111 C) (2) 電熱式原子吸收光譜(3113 B) (3) 感應耦合電漿原子發射光譜法 (3120 B) (4) 感應耦合電漿質譜儀(3125 B) (5) Dithizone 比色法 (3500-Pb.B) (6) 陽極剝除法(ASV)(3130 B)	(1) 火焰式原子吸收光譜法 (NIEA W306.52A) (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 (NIEA W311.51B) (4) 感應耦合電漿質譜儀 (NIEA W313.52B)

5. 環境背景資料

鉛是藍白色、銀色或灰色金屬，當新鮮切割狀態時，則呈現高度金屬光澤，但暴露於空氣中則會變色。鉛很少以元素態存在，在自然界大多數以化合物型態存在，如 PbS、PbSO₄、PbCO₃、Pb₃O₄ 等。工業界使用鉛極為廣泛，如電、軍需、輸水管材、抗震劑、鉛蓄電池、玻璃、顏料及輻射防護器材等⁽²⁾如鉛蓄電池中即使用大量的鉛，電纜的覆蓋材料亦含有鉛。近來，許多國家針對汽車中的有機鉛化合物如抗震劑與潤滑劑、食品製造與加工廠的鉛使用量也逐漸加以管制，因此空氣與食品當中的鉛含量也逐年減少，然而飲用水中的鉛即成為主要的暴露途徑。飲用水中的鉛主要來源為管線與零件組成，而影響鉛從管線中溶出的因素包括 pH、溫度、水的硬度以及水靜止於管線中的時間等⁽⁴⁾。

空氣中：在大氣中的有機鉛化合物（如四甲基鉛和四乙基鉛）會受光化學反應而分解成元素鉛，再和空氣中的二氧化硫和二氧化碳反應，氧化成 PbSO₄、PbCO₃ 等，而空氣中排放鉛的主要來源為活塞引擎的飛機使用之含鉛航空汽油。

土壤中：鉛在土壤中會轉化成 PbSO₄、Pb₃(PO₄)₂、PbS、PbO、等。

美國對境內水源水質調查發現，包含地面水及地下水，含鉛濃度範圍大多分佈在 N.D.~0.04 mg/L 之間。USEPA 統計多數社區供水系統發現，低於 1%之系統出水含鉛量超過 0.005 mg/L⁽³⁾。由於含鉛管材在過去被廣泛地使用於輸水管線中，因此許多地區用水龍頭出水之含鉛濃度明顯較淨水場處理後之清水為高，停留管線之時間長短也是水質中鉛濃度高低之重要因素。

臺灣則民國 68 年以後的建築物已無使用鉛管鉛管，臺北自來水事業處並於民國 98-102 年間完成長度 20 公尺以上的鉛管汰換工程，並預計於 107 年完成轄區鉛管全面汰換。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）⁽¹⁵⁾統計國內背景資料，原水方面不論地表水或地下水，多數水源中可測得鉛的存在，較其他重金屬為之廣泛，但大多數

之水源污染濃度尚在可容許範圍（一般低於 0.05 mg/L）。清水方面則全數樣本皆合於水質標準規範（0.05 mg/L），且測值為 N.D.者佔 60%以上。以上統計對象為淨水場甫處理完之清水，若針對自來水用戶水質抽驗結果則發現^(16,17)，80～82 年間共約 1200 個樣本中鉛合格率亦在 99.9% 以上，101 年至 104 年 10 月抽驗 2318 件水樣，則未發現配水系統含鉛量超過飲用水水質標準。國內研究計畫「飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫」（環保署委託，2007）⁽²⁵⁾指出 88 年度之前新竹縣自來水中含鉛濃度較其他縣市高，但是 98 年度檢測結果發現已無地域性差異。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⁽²⁴⁾。自來水公司 96-105 年各淨水場鉛之檢測結果分布為 ND-0.0162 mg/L。

人體可能的暴露途徑：

1979 年以前，住家中含鉛油漆的劣化是孩童主要的鉛暴露來源，資料顯示 ≥30% 的孩童血中鉛濃度上升為暴露油漆以外的鉛，可能是工作人員經由工作場所受污染的衣物、皮膚、鞋子等將含鉛的灰塵轉移至家庭環境中。廢棄電器用品回收則是近來暴露鉛的主要來源，鉛經由攝入及吸入灰塵或煙煙對人體是有毒的。在較軟的水及酸性水中常發生鉛自水管焊接的接頭中溶解出，可能對一般群眾造成飲用水中長期慢性的鉛暴露，當母親體內的金屬濃度較高時，母乳亦為嬰兒鉛暴露的重要來源。職業上暴露鉛則主要是冶煉和精鍊、焊接、鉛蓄電池製造、印刷等相關工作人員，

6. 健康評量及毒理資料

鉛對人體健康影響極大，已證實之生理作用包括阻礙血紅素、吡咯紫質之生成以及影響鈣在人體之正常代謝。由於易累積於血液及骨骼中不易排出，因此對人體主要是累積性之傷害，急性傷害較少發生。鉛會影響兒童發育中的神經系統，且在兒童中並無確定的血中鉛濃度，兒童時期之血中鉛濃度上升會和過動、注意力、行為問題及認知障礙有關，而且幼童處於鉛污染的環境中時，因容易將污染物品或手放入口中而有較高的暴露風險。檢測血液中之鉛含量為判斷中毒程度之主要方式，當成人血液中鉛濃度在 40～60 µg/dL 時開始出現胃腸道不適及神經系統異常等症狀，超過 120 µg/dL 時會造成無法復原之急性腦損傷⁽¹⁸⁾。鉛對六歲以下兒童及嬰孩之傷害較成人嚴重，血液中鉛濃度在 15～30 µg/dL 時即可能開始出現明顯症狀。兒童及嬰孩對鉛之吸收效率較強（約為成人之四倍），存在體內之生物半衰期也較久。另外由於鉛會經由胎盤垂直傳送，孕婦對於鉛之安全風險較正常人為之敏感⁽⁴⁾。其他鉛中毒之主要症狀，包括便秘、肌肉麻痺、貧血、疲倦、精神呆滯等。此外長期攝入鉛劑量超過 0.6 mg/day 者，會有明顯壽命減少現象。在致癌性之研究上，以白鼠為實驗對象，飲食及皮下暴露數種可溶性鉛鹽，10 隻大鼠與 1 隻小鼠顯示腎臟腫瘤發生率增加（在統計上達顯著），動物研究的結果顯示鉛的暴露在多種鼠類品系之體內不同的部位可能引發腫瘤，短期研究則顯示鉛影響基因表現⁽³¹⁾。但對人類目前為止仍無具體證據顯示會導致癌症，故 USEPA 基於足夠的動物證據而將其列為 B2 類⁽³⁾（可能為人類的致癌物）。

在 1985 年時 USEPA 以對兒童開始造成明顯症狀之血液含鉛濃度 15 µg/dL 來計算，得到飲用水標準 MCL 值為 0.02 mg/L。在 1988 年以後開始針對鉛及銅修訂管制規則（Lead and copper rule, LCR），對鉛之規範改以 ALs (Action Levels, 0.015 mg/L) 來替代既已訂定之 MCL 值^(3,19)。WHO 則根據鉛對嬰孩之累積毒性研究結論，長期攝入而無不良影響劑量為 3.5 µg/kg/day，以體重 5 kg 及每日飲用

0.75 L 之水來計算，得到基準值為 0.01 mg/L，認為足以保障任何年齡層之人體健康⁽⁴⁾。因此，我國與英國皆於西元 2013 年將飲用水中鉛之標準加嚴為 0.01 mg/L。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (ppm)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1	5.71e-05	2000				口服/慢性 (1)

(1) ACToR

7.處理技術/成本分析

傳統處理之膠凝-混凝單元對去除水中之鉛具良好之效果，pH 值在 6~9 之間，不論使用鐵鹽或鋁鹽膠凝，均可達到 90%之去除率，使用石灰軟化之處理效率亦接近⁽⁵⁾。USEPA 之 SDWA 中推薦對鉛之最佳處理技術(BAT)包括：腐蝕控制技術、原水處理技術、鉛管之更換原則及民眾教育等。其規範之意義在於認定飲水中之鉛含量過高，主因多來自管線腐蝕而非水源受到污染，故先以控制腐蝕為首要措施；若控制腐蝕效果不盡理想，則考慮全面或局部更換含鉛管材以杜絕污染來源；若監測結果認定鉛污染並非來自管線腐蝕而是原水受到污染，再採用特別之原水處理方法，如離子交換、逆滲透、石灰軟化、膠凝-過濾等⁽¹⁹⁾。另外在配水系統中測得含鉛量過高時，即須公佈水質狀況以警告民眾，並指導消費者使用自來水時之注意事項及若干防範措施，以避免攝入過量之鉛。

依前述環境背景資料之討論，水質統計顯示雖然測得含鉛樣本數較其他重金屬為之廣泛，但大多數符合現行標準規範(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

各國均將鉛列為毒性物質，標準值如下表^(4,6,7,8,9,10,11,12,13,19,20,21,22,23,26,27,28,29,30)

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.01	0.015*	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

註：*以行動標準 (ALs) 代替訂定 MCL 值。

美國對鉛之管制異於他國，現行之法規中已不再對鉛及銅訂定 MCL 值，在 LCR (Lead and copper Rule)中規定以「行動標準」(Action Levels, ALs)來進行評估⁽¹⁹⁾。其定義為若在監測週期內對用戶所採集之水樣中有 10%以上之樣品測得超過上限值 (0.015 mg/L)，則代表已經污染過量，需採取必要之措施，直至污染改善為止。在 LCR 中針對鉛之控制訂定明確之相關措施，如腐蝕控制技術、原水處理技術、鉛管之更換原則及民眾教育等。WHO 訂定較嚴謹之 0.01 mg/L 為基準值，其訂定精神和 USEPA 類以，認為飲水中主要鉛污染來自管村腐蝕，而全面更換非含鉛之管村需要相當之時間及成本，因此建議該基準值並非要求所有水樣需立即合格，而是當飲用水超過基準時需立即提出限時改善之計畫⁽⁴⁾。

9.行政考量

鉛為我國飲用水水質管制項目之一，現有公共供水設施均依規定定期檢測。

10.管制優先次序

我國於 102 年起將鉛之管制值加嚴至 0.01 mg/L。

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(2009).
- [3] John De Zuane, Handbook of Drinking Water Quality Standard and Controls, Van Nostrand Reinhold Publishers Inc(1990).
- [4] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011).
- [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] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories.
- [7] F. W. Pontius, An Update of the Federal Drinking Water Regs, Jour.AWWA, 87:1:40(1995).
- [8] National Primary Drinking Water Regulations (2009).
- [9] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012).
- [10] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005).
- [11] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011).
- [12] European Union (Drinking Water) Regulations 2014.
- [13] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008).
- [14] 行政院環境保護署檢驗所，「水質檢驗方法」(2010)。
- [15] 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)。
- [16] 臺灣省自來水公司，「臺灣地區 80~81 年度水質檢驗統計」(1993)。
- [17] 臺灣省自來水公司，「臺灣地區 82~83 年度水質檢驗統計」(1995)。
- [18] 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)。
- [19] 黃志彬譯，「美國飲用水法」，行政院環境保護署委託(1994)。
- [20] 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)。
- [21] 行政院環境保護署，「飲用水管理相關法規彙編」(2009)。
- [22] USEPA, 2009 edition of the drinking water standards and health advisions. (2009)
- [23] Ordinance amending the drinking water ordinance (2001)
- [24] 行政院環境保護署，飲用水全球資訊網，水質統計。
- [25] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫」(2009)。
- [26] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [27] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013).
- [28] ECOREA Environmental review 2011, Korea.
- [29] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008).
- [30] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007).

- [31] U.S. Environmental Protection Agency's Integrated Risk Information System (IRIS) on Lead and compounds (inorganic) (7439-92-1) Available from: as of November 4, 2009: <http://www.epa.gov/ncea/iris/subst/0277.htm>

附錄 4.2 硒

1.水質項目名稱：硒 (Selenium CAS ID #：7782-49-2)

2.化學式/結構式：Se

3.使用單位：mg/L

4.分析方法：

硒	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽¹³⁾ (分類索引編號)
分析方法	(1) 硒化氫生成原子吸收光譜 (3114 B,3114 C) (2) 比色法(3500-Se. C) (3) 揮發性硒測定法 (3500-Se. D) (4) 非揮發性硒測定法 (3500-Se. E) (5) 電熱式原子吸收光譜法 (3113 B) (6) 感應耦合電漿原子發射光 譜法 (3120 B) (7) 感應耦合電漿質譜儀 (3125 B)	(1) 氫化硒原子吸收光譜法(NIEA W340.51A) (2) 自動化聯絡流動式氰化物原子 吸收光譜法 (NIEA W341.50B) (3) 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 (NIEA W311.51B) (5) 感應耦合電漿質譜儀 (NIEA W313.52B)

5.環境背景資料

多數硒化合物具可溶性，水中含硒多來自土壤或岩石之礦物溶出，燃燒煤炭、銅提煉廠處理礦物時也可能釋出硒。硒在水體中濃度分佈極具地域性，連帶影響該地區農作物中含硒量。近年硒已廣泛地使用於工業界，如化工、橡膠、電子儀器、製藥、染整、玻璃製造等方面。硒化合物在生活中也經常被使用，如殺蟲劑、洗髮精中作為抗頭皮屑的成分、家禽家畜的飼料添加等⁽¹²⁾。水體中硒含量過高原因除了地理環境，其餘多源於工業廢水排放造成⁽²⁾。

空氣中：釋放至空氣中的氫化硒而被氧化成元素態的硒和水，而燃燒化石燃料產生的二氧化硒排放至空氣中時，則會被燃燒過程中之二氧化硫還原成元素態的硒⁽²⁸⁾。

水中：在水環境中硒形成含氧陰離子⁽²⁹⁾，水的酸鹼值和氧化還原電位決定硒在水中存在的型態，當水的 pH 值低或還原條件時有利於元素態硒之存在，當 pH<7 及中等還原條件下，亞硒酸被還原成元素硒⁽²⁹⁾，在實驗室沈積物管柱研究中，池塘底泥表面還原條件促使可溶性六價硒轉換成可溶性四價硒再轉換成不可溶的零價元素硒，導致底泥中不可溶的元素硒淨累積⁽³⁰⁾。

研究指出，大多數地區水體中含硒量低於 0.01 mg/L，USEPA 對其境內飲用水水質調查發現，使用地下水源者，其濃度範圍在 1~65 µg/L 之間，平均值為 2.7 µg/L；而使用表面水為水源者，其濃度範圍在 1~10 µg/L 之間，平均值為 4.6 µg/L⁽³⁾。

我國現行飲用水標準中雖已對硒進行管制，由於以往經驗顯示環境中極少存在，故近年來供水單位方面並無針對硒進行例行性監測，因而欠缺較完整而長期

之水質背景資料。環保署委託計畫「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」(1996)⁽¹⁴⁾對國內相關研究統計結果^(15,16,17,18)，約 400 個樣本數中，測值均低於現行標準值(0.05 mg/L)，若以 0.01 mg/L 為限值（多數國家之標準值），不合格率為 3~4%，但多半集中於特定區域內，所得資料侷限於高雄縣之自來水及臺北縣、宜蘭縣之包裝水。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 171 及 382，結果顯示全數合格⁽²¹⁾。自來水公司 96-105 年各淨水場硒之檢測結果分布為 ND-0.00268 mg/L，皆符合法規標準。

人體可能暴露途徑

硒可能由吸入的方式進入人體，或經由接觸眼睛、皮膚而影響人體健康。

6.健康評量及毒理資料

大多數之硒化合物為水溶性且很容易被腸胃道所吸收，其主要分佈的器官為腎臟、肝臟及脾臟⁽¹²⁾。硒係屬人體必要微量元素之一，與體內部分酵素及蛋白質合成有關⁽⁴⁾，缺乏時可能導致心肌慢性失調，一般建議成人每天攝取的量為 1 g/Kg 體重，其毒性大小則隨生物種類不同而差異極大。在高濃度時同時具急性及慢性毒害，急性中毒時類似砷中毒之症狀，慢性毒害之動物實驗結果發現會造成壽命減少、肌肉發育不全、活動障礙及肝臟病變等現象。在職業上急性暴露吸入含硒之灰塵（其中可能含有二氧化硒），會刺激鼻子和咽喉的黏膜，而產生咳嗽、流鼻血、嗅覺遲鈍的症狀，而暴露狀況嚴重的工人，而有呼吸困難、支氣管痙攣、支氣管炎和化學性肺炎之症狀⁽³¹⁾。另外在中國大陸及委內瑞拉之部分地區曾發現若干臨床症狀，如腸胃不適、皮膚變色及牙齒損壞等，乃因長期飲用含硒量過高之飲水而導致（每日攝取量超過 0.8 mg）⁽⁴⁾。攝入過多硒可能導致其他偶發症狀包括腸胃道不適、皮膚炎、頭昏眼花、疲倦感、呼出氣體有大蒜味等等，腸胃道和神經系統是最主要出現症狀的器官。NAS 估計每個成人之安全攝入量為 0.05~0.2 mg/day(1977~1983)。研究指出部分類風濕性關節炎的病患每天攝取 0.25 mg 的硒時，其肝臟蛋白質的合成會受到影響⁽⁴⁾。此外，根據動物實驗結果發現，並無足夠證據支持硒之致癌性，而在人體方面亦欠缺相關資料可供判斷，故 USEPA 在癌症分級上將其列為 D 級⁽²²⁾（未分類為人類之致癌物）。

USEPA 以動物實驗之研究結果估計，每人每 kg 體重對硒之 NOAEL 值(No-Observed-Adverse-Effect Levels)為 0.015 mg/kg/day⁽²²⁾。另 WHO 所引用之研究報告中認為，硒對人體之 NOAEL 值為 4 µg/kg/day，每日由飲水中攝入之硒應不超過每日最大允許量(200 µg)之 10%，以每人每日 2 公升飲水計算，飲用水中之濃度應不超過 0.01 mg/L，此研究數值被歐洲國家做為訂定標準之依據⁽⁴⁾。由於硒對人體係屬必要之微量元素，故學界對該項目之限值目前仍有若干爭議。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1		0.15				人類/口服(1)
2	5.00e-03					口服/慢性(2)

(1) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=wignall&casrn=7782-49-2

(2) ACToR

7.處理技術/成本分析

傳統處理程序對四價硒具一定去除能力，使用鐵鹽做混凝劑去除率約為 50%(適用之 pH 值範圍為 6~7)，但對六價硒則效果不佳（去除率小於 10%），若使用鋁鹽效果明顯較鐵鹽為差。石灰軟化法效果接近鐵鹽膠凝⁽⁵⁾。USEPA 之 SDWA 中推薦對硒之最佳處理技術(BAT)包括：逆滲透、電透析、活性鋁吸附、石灰軟化（不適用於供水量小之系統）及膠凝-過濾（僅適用於四價硒），其中前三者已證實對傳統處理無法有效去除之六價硒，依然具十分理想之去除能力，但相對處理成本高。後兩者適用於較大型公共給水之用，但去除效率較差，尤其對六價硒效果相當有限⁽³⁾。另外，WHO(2008)也指出離子交換、活性鋁吸附與過濾等高級處理可有效去除水中 80%以上的硒⁽⁴⁾。

8.國內外管制情形

各國均將硒納入水質管制項目之中，標準值詳如下表。其中我國標準為 0.01 mg/L (4,6,7,8,9,10,11,12,19,20,23,24,25,26,27)。

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.01	0.05	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01

9.行政考量

我國環檢所已公告硒之分析方法（氫化硒生成及電熱式 AAS 法），對於大多數國家訂定之標準值 0.01 mg/L，經考量濃度適用範圍及偵測極限，仍可適用於該限值。

10.管制優先次序

考慮硒廣泛存在於環境水體之現象及其潛在健康效應，建議維持現行國內標準值（0.01 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] 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] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011).
- [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] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories.
- [7] F. W. Pontius, An Update of the Federal Drinking Water Regs, Jour. AWWA, 87:1:40(1995).
- [8] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012).

- [9] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005).
- [10] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011).
- [11] European Union (Drinking Water) Regulations 2014.
- [12] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013).
- [13] 行政院環境保護署檢驗所，「水質檢驗方法」(2010)。
- [14] 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)。
- [15] 中鼎工程、中環科技公司，「高雄市飲用水改善計畫及地理資訊系統規劃」，高雄市政府環境保護局委託計畫(1995)。
- [16] 工研院、中環科技公司，「臺灣地區飲用水檢測及人員訓練計畫」，行政院環境保護署委託計畫，EPA-81-J102-09-08(1992)。
- [17] 工研院化工所，「高雄地區路邊販賣水水質調查研究報告」，行政院環境保護署委託計畫，EPA-80-J205-09-67(1991)。
- [18] 衛宇科技、亞太環境科技、九連環境開發公司，「臺灣地區飲用水檢測計畫」，行政院環境保護局委託計畫，EPA-82-J102-09-11(1993)。
- [19] 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)。
- [20] 行政院環境保護署，「環境保護法令彙編」(2009)。
- [21] 行政院環境保護署，飲用水全球資訊網，水質統計。
- [22] USEPA, Integrated Risk Information System, Selenium and compounds (1993).
- [23] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [24] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [25] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [26] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [27] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [28] ATSDR; Toxicological Profile for Selenium. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Public Health Service (2003)
- [29] Bodek I et al; pp. 7.12-1 to 7.12-12 in Environmental Inorganic Chemistry, Properties, Processes, and Estimation Methods. New York, NY: Pergamon Press Inc (1988)
- [30] Tokunaga TK et al; Environ Sci Technol 31: 1419-25 (1997)
- [31] U.S. Dept Health & Human Services/Agency for Toxic Substances & Disease Registry; Toxicological Profile for Selenium p.32 (September 2003) Available from, as of March 16, 2011: <http://www.atsdr.cdc.gov/substances/indexAZ.asp#S>

附錄 4.3 砷

1. 水質項目名稱：砷 (Arsenic CAS ID #：7440-38-2)

2. 化學式/結構式：As

3. 使用單位：mg/L

4. 分析方法：

砷	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽¹³⁾ (分類索引編號)
分析方法	(1) 砷化氫生成原子吸收光譜 (3114 B, 3114 C) (2) 電熱式原子吸收光譜 (3113B) (3) 二乙基二硫代氨基甲酸銀比色法(3500-As.B) (4) 感應耦合電漿原子發射光譜法 (3120 B) (5) 感應耦合電漿質譜儀(3125 B)	(1) 自動化連續流動式氫化物原子吸收光譜 (NIEA W434.53B) (2) 批次式氫化物原子吸收光譜 (NIEA W435.52B) (3) 石墨爐式原子吸收光譜法 (NIEA W303.51A) (4) 二乙基二硫代氨基甲酸銀比色法(NIEA W310.51A) (5) 感應耦合電漿質譜法(NIEA W313.52B)

5. 環境背景資料

砷在地表中分佈廣泛，通常以各種型式之化合物存在於金屬礦藏中（如銅、鐵、鋅、鉛、錳等）。除了自然存在者外，人類已將砷廣泛地使用於精鍊金屬、煙火、製陶、玻璃、染料、農藥及製藥等工業之中。人體主要的曝露來源為食物及飲水，而特定區域中空氣微粒含砷量過高也是攝入途徑之一，而工業廢水及含砷農藥污染則是因人為造成污染的主要來源⁽²⁾。一般而言，自然水體中的砷濃度約為 1-2 g/L，若自然水體接觸含砷礦石時，則含有較高濃度的砷。

正常狀況下地下水含量通常高於地表水，乃因岩石及土壤溶出作用所致，而其濃度隨地區不同差異極大。USEPA 針對境內供水系統進行調查發現，系統屬地表水源者，曾測得水質中含砷超過 0.005 mg/L 者僅佔 1.7%，若系統屬地下水水源者則比例高達 16.7%⁽³⁾。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）⁽¹⁴⁾統計近年國內淨水場水質背景顯示，地表水部分，原水及清水之測值未測得含砷。而地下水源部分，其中曾測得含砷者，約佔全省主要水源數之 30%，但測值超過 0.05 mg/L 者則極為少數。國內研究計畫「飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫」（環保署委託，2007）⁽¹⁹⁾指出雲林縣元長第二淨水場(0.00781 mg/L)及雲林縣林邊淨水場(0.00735 mg/L)測得砷濃度測值偏高。而近十年的檢測結果發現飲用水中含砷濃度具有地域性差異，90 年度苗栗縣、南投市、臺南市、花蓮縣及 91、92 年度的彰化縣、雲林縣、嘉義縣、澎湖縣等的砷測值較其他縣市略高。然而，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 524 及 737，結果顯示全數合格⁽¹⁷⁾。自來水公司 96-105 年各淨水場水中砷之檢測結果分布為 ND-0.0068 mg/L，皆符合法規標準。

人體可能的暴露途徑：

由於在金屬礦藏中可能含有砷的成分，陶瓷藝術家可能經由接觸到黏土、釉料、燒窯等而暴露到多種有害材料（如砷、鉛、銻、鉍、鉻、鈷、鎳、銅、鈮

等)等物質,諸如砷、鉛、銻、鉍、鉻、鈷、鎳、銅、鈇、錳、汞等這些重金屬成分,在油漆中常作為顏色的原料,因此可能透過手或指甲的接觸,以及因杯子、食物、香菸等接觸而經口途徑進入人體⁽²⁶⁾。在一些天然水體中可能含有微量元素砷存在,若使用這些天然水體作為飲用水源,人體可能經由飲用水方式攝取砷⁽²⁷⁾。實際砷極少以元素態存在,在天然水體中通常以可溶性無機砷鹽型態(在天然環境中正 5 價氧化態較正 3 價氧化態更為穩定)

6. 健康評量及毒理資料

砷進入人體之主要途徑為食物及飲水,估計兩者之攝入量約略相等。有關砷是否屬人體必要之微量元素,目前仍有爭議而尚無定論⁽³⁾,若干研究指出砷和人體生長發育相關,但無確切證據。砷之毒性隨其氧化型態而不同,砷化氫的毒性較三價砷強,其次為五價砷,另外有機砷的毒性又比無機砷毒性還要低,排出人體速率較慢,危害性較烈。無機砷在體內代謝關鍵為甲基化(Methylation),甲基化砷可以快速的經由尿排出體外。然而物種及個體之間存在著甲基轉移酵素(Methyltransferase)的多樣性,因此對於砷的代謝速度皆不同⁽¹²⁾。砷中毒同時具急性及慢性傷害,當攝入量達 100 mg 時將造成急性中毒,主要症狀為中樞神經系統、消化器官、呼吸道及皮膚等部位之損傷,超過 135 mg 時已證實將會致死;國外另有若干慢性中毒致死之案例,慢性砷中毒可能引發包括皮膚色素增多症(hyperpigmentation)及色素脫失症(hypopigmentation)、周圍神經病變(peripheral neuropathy)、周圍血管疾病等。皮膚損傷是常見慢性砷中毒的臨床症狀,一般在長期暴露約五年之後即有明顯症狀。另有研究則顯示幼童在攝入大約 7 年砷污染的飲用水後導致了心血管疾病⁽⁴⁾。在致癌性方面,已有足夠之證據及案例顯示經由吸入暴露到砷,罹患肺癌的死亡率增加,以及人類飲用含高濃度無機砷之飲水,會導致人體內多種器官之致癌率增加(如肝臟、腎臟、肺臟及膀胱),且皮膚癌的發生率亦增加,因此將砷歸類為人類的致癌物。雖然動物實驗並未得到完全相同之結果,但基於潛在之健康威脅,IARC(International Agency for Research on Cancer)及 USEPA 均將其訂為致癌物質(IARC 分類為 Group 1;USEPA 分類上屬 A1 類)⁽³⁾。另外,在致突變性之研究則尚無具體結論。

美國對砷重新進行風險評估後,基於砷會引起皮膚癌之潛在危害,USEPA 經初步評估後認為砷濃度為 0.002 mg/L 時導致癌症發生風險為萬分之一⁽¹⁸⁾,因此將 MCL 值由現行之 0.05 mg/L 降低至 0.01 mg/L。WHO 則以致癌風險性為 10^{-5} 來計算,得到限值為 0.17 $\mu\text{g/L}$ 。由於已低於定量極限且過於嚴謹,遂改以致癌風險性為 6×10^{-4} 來計算,將標準值訂為 0.01 mg/L⁽⁴⁾。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					763 145 13.390 46.200	大鼠/口服(1) 小鼠/口服 大鼠/腹腔注射 小鼠/腹腔注射
2		8.00e-04				(2)
3	3.00e-04					人類/口服/慢性(3)

(1) Lewis, R.J. Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 9th ed. Volumes 1-3. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1996., p. 271

(2) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=wignall&casrn=7440-38-2

(3) ACToR

7.處理技術/成本分析

傳統處理之膠凝-混凝單元，不論使用鋁鹽或鐵鹽做混凝劑，對三價砷有良好之去除能力，對五價砷則效果較差。而石灰軟化在高 pH 值時（大於 10.5），對砷之去除效率可達 70~90%（含三價及五價砷）。活性鋁吸附對砷具十分理想之去除效率，但處理成本較高，適用於供水量較小之系統或局部濃度偏高之地區⁽³⁾。USEPA 在 SDWA 中並未對砷推薦最佳處理技術(BAT)。

8.國內外管制情形

各先進國家將砷列為毒性物質，並均納入管制，標準值詳如下表(4,5,6,7,8,9,10,11,12,15,16,20,21,22,23,24,25)。

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

9.行政考量

砷為我國飲用水水質管制項目之一，現有公共供水設施均依規定定期檢測。

10.管制優先次序

考慮砷對人體健康之潛在危害，對砷之管制應予維持，建議維持現行標準值不變(0.01 mg/L)。

11.參考文獻

- [1] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, and WEA, Washington, 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] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories.
- [6] National Primary Drinking Water Regulations (2009).

- [7] Code of Federal Regulations, Safe Drinking Water Act, USEPA 40 CFR 100 TO 149(2010).
- [8] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012).
- [9] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005).
- [10] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011).
- [11] European Union (Drinking Water) Regulations 2014.
- [12] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013).
- [13] 行政院環境保護署檢驗所，「水質檢驗方法」(2010)。
- [14] 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)。
- [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，「環境保護法令彙編」(2009)。
- [17] 行政院環境保護署，飲用水全球資訊網，水質統計。
- [18] USEPA, Integrated Risk Information System, Arsenic, inorganic (1998).
- [19] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫」(2009)。
- [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] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [23] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [24] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [25] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [26] Hart C; J Environ Health 49 (5): 282 (1987)
- [27] USEPA; Ambient Water Quality Criteria Doc: Arsenic p.A-1 (1980) EPA 440/5-80-021

附錄 4.4 鉻

1.水質項目名稱：鉻 (Chromium CAS ID #：7440-47-3)

2.化學式/結構式：Cr

3.使用單位：mg/L

4.分析方法：

鉻	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽¹⁴⁾ (分類索引編號)
分析方法	(1) 火焰式原子吸收光譜 (3111C) (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) (4) 感應耦合電漿質譜儀 (3125 B) (5) 比色法(3500-Cr.B) (6) 離子層析法(3500-Cr.C)	(1) 火焰式原子吸收光譜法 (NIEA W306.52A) (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 (NIEA W311.51B) (4) 感應耦合電漿質譜法 (NIEA W313.52B) (5) ADPC 螯合 MIBK 萃取原子吸收光法 (六價鉻)(NIEA W321.51A) (6) 比色法 (六價鉻)(NIEA W320.50A)

5.環境背景資料

鉻元素為一種帶有鋼灰色光澤之金屬，常用於製造鉻鋼或鉻鎳鋼合金（不銹鋼）或耐火磚材料。鉻在地殼中廣泛分布，環境中存在三價與六價鉻，鉻化合物在三價型態下是最穩定的，地球表面之土壤及岩石中含有氧化鉻，在自然發生的風化作用、氧化反應或是微生物作用後，會釋出三價鉻鹽，三價鉻為人體需要的微量元素，三價鉻鹽經常使用於製造皮革、油漆塗料、殺真菌劑、陶器與玻璃等化學工業。六價鉻是第二穩定的型態，但六價鉻鮮少出現在自然環境中，多因是人造而產生，水體偵測到的六價鉻多半是來自工業廢水，自然界正常水體中主要以鉻酸根離子型態存在，惟濃度值通常偏低（小於 0.002 mg/L），近年來六價鉻已廣泛地使用於合金、金屬加工、電鍍化學工業之中，並常作為氧化劑⁽¹³⁾。目前僅以總鉻為探討的原因是由於在分析上難以將兩種型式的鉻分開⁽⁴⁾。

鉻化合物主要透過天然氣、石油和燃煤等人為的固定污染源排放至空氣中，空氣中的鉻化合物並不會被光分解，釋放到空氣中的鉻化合物最終會附著在粒狀物上經由濕沈降或乾沈降而掉落地面，而鉻化合物也不會自潮濕的土壤和水體表面揮發至空氣中。

鉻在土壤中的移動性則取決於不同的鉻化合物本身特性，在大多數的土壤型態中，多以三價鉻型態存在，且溶解性和反應性皆很低，導致在環境中的移動性也很低。在氧化條件下，土壤中的鉻(VI)以鉻酸或 HCrO_4^- 離子存在，相對而言較具有可溶性和移動性。隨著 pH 值增加，六價鉻的吸附會降低。

水中的鉻化合物多沈積在底泥中⁽³⁰⁾，三價鉻和六價鉻被懸浮固體和底泥吸附則因氧化還原狀態改變而相當複雜⁽³¹⁾，在氧化性高之條件下主要存在六價鉻，在還原條件下則以三價鉻型態存在。在天然地下水的 pH 通常為 6~8，鉻酸鹽(CrO_4^{2-})

是六價鉻中的主要存在的物種，而 $\text{Cr}(\text{OH})_2^{2+}$ 則為三價鉻中主要存在的物種⁽³²⁾。高濃度的鉻對微生物具有毒性，但通常不會在魚體中累積。

根據研究，大多數地區水體中含鉻量不高，USEPA 對其境內河川進行調查發現，水質中濃度範圍界於 0.001~0.1 mg/L 之間，平均值為 0.01 mg/L；飲用水水質統計結果，大多數水樣測值小於 0.002 mg/L^(3,4)。但在美國超過 30 個城市因受到環境污染而飲用水中鉻有增加之趨勢。澳洲自來水供應系統中總鉻濃度大部分也小於 0.005 mg/L⁽¹³⁾。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）⁽¹⁵⁾統計近年國內背景資料發現，不論地表水或地下水源，曾測得含鉻之水樣不超過 5%，且濃度均十分有限，大多數樣本低於 0.01 mg/L；清水之統計結果可以發現測值均小於 0.01 mg/L，若以現行標準 0.05 mg/L 來衡量，水樣合格率均為 100%。而對國內自來水水質檢驗統計結果⁽¹⁶⁾，80 及 81 年共抽驗 29 個水樣，全數合於現行標準。民國九十五年針對臺北市直潭淨水場與高雄市澄清湖淨水場進行原水與清水之總鉻採樣分析⁽²⁰⁾，結果顯示測值大多為 ND，僅於 6 月 20 日在直潭清水中測得含鉻濃度為 0.0006 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 1159 及 1371，結果顯示全數合格⁽²¹⁾。自來水公司 96-105 年各淨水場水中鉻之檢測結果分布為 ND-0.0236 mg/L，皆符合法規標準。

人體可能的暴露途徑

使用鉻化合物的工作人員可能吸入含有鉻之灰塵或皮膚直接接觸，一般民眾則可能經由抽煙、使用某些油漆或個人照護用品或家庭用品，或是經由食物或飲水暴露到鉻，最常見的鉻型態為金屬鉻（零價）、三價鉻及六價鉻，工作上暴露鉻化合物的工作人員則通常三價鉻及六價鉻皆會接觸⁽³³⁾。

6. 健康評量及毒理資料

鉻之毒性隨其氧化型態差異極大，三價鉻毒性極低且屬人體必要之微量元素，和醣類及脂質代謝有關；而六價鉻毒性強，且較易受人體吸收及穿透細胞膜，在人體中轉換成三價鉻並與蛋白質或遺傳物質結合，攝入超過 10 mg/kg 之劑量可能造成中毒，急性傷害如肝、腎及呼吸器官等組織，會產生出血現象，另有皮膚發炎、潰爛等症狀，動物實驗結果另會造成循環系統及神經組織之損傷^(3,4)。在致癌性之研究上，根據長期觀察結果，無任何明顯證據支持三價鉻會導致癌症，在實驗動物中金屬鉻、鉻酸鉍及三價鉻化合物沒有足夠的證據顯示會導致癌症，金屬鉻及三價鉻也無足夠證據顯示會對人類導致癌症，故 IARC 將金屬鉻及三價鉻分類為 Group 3，而六價鉻化合物則已有明確證據顯示對人類有致癌性，若干研究指出六價鉻會導致肺癌，也觀察到暴露六價鉻和鼻癌、鼻竇癌間之正相關性，因此 IARC 將其列入致癌物質之一⁽⁴⁾，（Group 1）但由於係透過吸入途徑造成，對於食入途徑之毒性則證據仍顯薄弱，因此 USEPA 為區分六價鉻的兩種不同暴露途徑，將吸入性暴露歸於 A 類，而將食入性歸於 D 類⁽²²⁾。另外六價鉻經測試後發現具有致基因突變性，但其活性會受到胃液作用而減弱⁽¹³⁾，而三價鉻並未發現具致突變性⁽⁴⁾。

USEPA 以六價鉻對白鼠之實驗結果，得到 NOAEL 值為 2.41 mg/kg/day，並以此來計算對人體之安全限值，認為訂定總鉻管制在 0.1 mg/L 以下應能保障民眾安全⁽⁴⁾。WHO 則鑑於三價及六價鉻毒性之明顯差異，認為應訂定不同之標準加以管制較為適當，且以六價格之潛在安全危害來衡量現行標準 0.05 mg/L，曾引發是否足以保障人體健康之爭議。由於尚無更進一步之研究成果發表可做為訂

定新限值之根據，因此暫維持現行值不變（僅管制總鉻，列為暫時標準），未來待分析方法能互相配合且出現明確之醫學根據時，可能僅對六價鉻加以管制⁽⁴⁾。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					135-175 46-113 >2000	小鼠/口服/Cr(VI)(1) 大鼠/口服(III) 大鼠/口服(VI)
2	3.00e-03					口服/慢性(2)

(1) Casalegno C et al; Supporting Publications 2015:EN-478 (2015); Available from, as of October 29, 2015: www.efsa.europa.eu/publications

(2) ACToR

7.處理技術/成本分析

傳統處理之膠凝-混凝單元在較高 pH 值條件時(約 7~10)，不論使用鋁鹽或鐵鹽，對鉻之去除效率皆可達 90%以上(含三價及六價鉻)；使用石灰軟化對三價鉻之去除率較佳，在高 pH 值時可達 70~90%。USEPA 之 SDWA 中推薦對鉻之最佳處理技術(BAT)包括：逆滲透、離子交換、石灰軟化（適用於三價鉻）及膠凝-過濾，其中前二者效果佳，但處理成本高。後兩者適用於較大型公共給水之用。然而，消毒作用如加氯、二氧化氯及臭氧，可能將三價鉻氧化為較高毒性的六價鉻⁽¹³⁾。

對於鉻項目，本研究建議維持現行標準，依前述環境背景資料之討論，水質統計結果顯示測得樣本數極低，且均符合現行標準(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

進國家將鉻列為毒性物質，標準值如下表^(4,6,7,8,9,10,11,12,13,17,18,19,23,24,25,26,27,28,29)。

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.05	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05*

註：* 日本規範針對六價鉻。

9.行政考量

鉻為我國飲用水水質管制項目之一，現有公共供水設施均依規定定期檢測。

10.管制優先次序

建議維持現行標準值不變(0.05 mg/L，與大多數先進國家相同)，列為飲用水水質管制項目。

11. 參考文獻

- [1] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, and WEA, Washington, D.C., 20th ed.(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] 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] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories.
- [7] F. W. Pontius, An Update of the Federal Drinking Water Regs, Jour. AWWA, 87:1:40(1995).
- [8] National Primary Drinking Water Regulations (2009).
- [9] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012).
- [10] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005).
- [11] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011).
- [12] European Union (Drinking Water) Regulations 2014.
- [13] National Health and Medical Research Council, National water quality management strategy. Australian drinking water guideline 6. (2004).
- [14] 行政院環境保護署檢驗所，「水質檢驗方法」(2010)。
- [15] 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)。
- [16] 臺灣省自來水公司，「臺灣地區 80~81 年度水質檢驗統計」(1993)。
- [17] 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)。
- [18] 行政院環境保護署，「飲用水管理相關法規彙編」(2009)。
- [19] USEPA, 2009 edition of the drinking water standards and health advisions. (2009)
- [20] 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污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)。
- [21] 行政院環境保護署，飲用水全球資訊網，水質統計。
- [22] USEPA, Integrated Risk Information System, Chromium (1998).
- [23] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [24] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [25] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [26] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [27] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [28] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [29] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [30] Cary EE; pp. 49-64 in Topics in Environmental Health 5. Langard S, ed. New York, NY: Elsevier Biomed Press (1982)
- [31] Bodek I et al, eds; Environmental Inorganic Chemistry. New York, NY: Pergamon Press, p. 7.6-1 to 7.6-12 (1988)
- [32] Calder LM; Adv Env Sci Technol 20: 215-229 (1988)

- [33] Stern RM; pp. 5-47 in Biological and Environmental Aspects of Chromium. Langard S, ed New York, NY: Elsevier Biomed Press (1982)

附錄 4.5 鎘

1. 水質項目名稱：鎘 (Cadmium CAS ID #：7440-43-9)

2. 化學式/結構式：Cd

3. 使用單位：mg/L

4. 分析方法：

鎘	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽¹⁵⁾ (分類索引編號)
分析方法	(1) 電熱式原子吸收光譜 (3113B) (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)	(1) 石墨爐式原子吸收光譜法 (NIEA W303.51A) (2) 感應耦合電漿原子發射光譜法 (NIEA W311.51B) (3) 感應耦合電漿質譜法 (NIEA W313.52B)

5. 環境背景資料

鎘為一種在地殼中分布廣泛但存在稀疏的金屬，地殼中濃度約 0.1~0.5 ppm，主要是鋅礦的硫化礦物、含鋅之鉛礦及銅-鉛-鋅複合礦物⁽³³⁾。硫鎘礦 (CdS)、閃鋅礦 (ZnS)、碳酸鋅礦物亦含有 CdCO₃，這些礦物中含有少量的金屬鎘。自然界正常水體中極少含鎘，海水中的鎘濃度則約為 0.11 µg/L⁽³⁴⁾。近年來鎘已廣泛地使用於工業界，如鋼鐵、塑膠、電池及若干合金之中，鎘-銅、鉛-鎘、鎘-銀、鎘-鈹、鎘-鎳、鎘-鉛-銀、鎘-鉛-銀-鎳、鎘-鉛-鈹-錫等合金用於塗布在電話、電纜、電車線，在自動灑水系統、焊接、蒸汽鍋爐、火災警報器、高壓/高溫承軸、啟動開關、漏電斷路器、低溫焊料及首飾各方面亦會用到這些金屬或合金。過去鎘在鋼鐵業用來抗腐蝕，但近來已較少使用。人體主要的曝露來源為香煙及食物，飲水中可能之污染則來自為工業廢水或使用含鎘材質或鍍鋅材質不純物之管線因腐蝕而釋出至水中⁽²⁾。

根據調查，大多數地區在自然無污染的原水中含鎘量低於 0.001 mg/L⁽¹¹⁾，通常地下水中濃度較高。USEPA 對其境內飲用水水質調查發現大多數水樣測值小於 0.002 mg/L⁽³⁾。澳洲自來水供應系統中總鎘濃度大部分也小於 0.002 mg/L⁽¹¹⁾。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)⁽¹⁶⁾對近年國內背景資料統計顯示，不論地表水源或地下水源，鎘檢測值絕大多數低於 0.005 mg/L，且多數樣本低於 0.001 mg/L；清水水樣之測值均偏低，若以 0.005 mg/L 為建議標準，合格率則會達到 100%。另外國內自來水水質檢驗結果⁽¹⁷⁾，82 年抽驗的 61 個水樣中，全數合於現行標準。民國九十五年針對臺北市直潭淨水場與高雄市澄清湖淨水場進行原水與清水之總鎘採樣分析⁽²⁴⁾，結果顯示測值大多為 ND，僅於 6 月 20 日在直潭清水中測得含鎘濃度為 0.0006 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⁽²³⁾。自來水公司 96-105 年各淨水場水中鎘之檢測結果分布為 ND-0.00024 mg/L，皆符合法規標準。

6.健康評量及毒理資料

鎘可經由呼吸、食入等方式進入人體，對於鼻子和咽喉有刺激性，至於其腸胃道吸收程度會受到含鎘化合物的特性所影響，暴露到鎘對人體健康可能產生的症狀為：頭痛、噁心、呼吸急促、胸痛、虛弱、發燒、腎臟損傷、肝損傷、慢性支氣管炎、肺氣腫及肺水腫（可能導致死亡）。健康成人大約可吸收 3-7% 食入的鎘⁽¹¹⁾。一般而言經飲水攝入體內者所佔比例有限，主要來源為經由香煙及食物，人類每日正常攝入量約為 10~35 μg ⁽³⁾。鎘在人體最主要的影響器官為腎臟，已被證實具有急迫而永久性之傷害，其造成急性傷害之臨界攝入量約為 50~300 mg/kg 。此外在人體具累積性，生物半衰期長達 10~35 年之久，慢性毒害甚難評估⁽⁴⁾，長期暴露導致最常見的臨床症狀為病理性蛋白尿(proteinuria)，其 NOAEL 為 0.005 mg/kg/day ⁽²⁵⁾。其它鎘中毒引發的疾病包括軟骨症，以及發生在日本年長婦人的痛痛病(Itai-Itai disease)⁽¹¹⁾。另有研究指出鎘與高血壓相關，但缺少確切證據⁽¹⁸⁾。在致癌性之研究上，已被證實鎘化合物對動物具致癌性，NIOSH 建議將鎘之灰塵及煙煙視為人類的潛在致癌物；IARC 整體評估離子鎘對於多種型態的真核細胞（包括人類細胞）會造成基因毒性之作用，因此將鎘及鎘化合物列為致癌物（Group 1）。經由吸入和肌肉注射的動物實驗顯示鎘對大鼠和小鼠有致癌性，但根據職業上的流行病學研究資料，對人類則證據有限，故 USEPA 將其歸入 B1 類（可能為人類的致癌物）。國外流行病學研究指出長期吸入鎘與肺癌之間有明顯相關性，然而經食入途徑則無顯著相關，此外，除了在極高鎘濃度下，並無發現其具有慢性致突變性⁽¹¹⁾。

USEPA 以鎘對腎臟造成傷害之臨界攝入量來計算安全限值，得到 LOAEL 值為 0.352 mg/day ，並根據此計算出飲水之標準為 0.005 mg/L ⁽³⁾。WHO 則以鎘在腎臟之累積性，評估長期曝露而無不良影響之劑量為 1 $\mu\text{g/Kg/day}$ ，以每日攝入量 10% 來自飲水、60 公斤成人體重以及每日 2 公升飲水等條件來計算，建議飲水中鎘標準訂為更嚴謹之 0.003 mg/L ⁽⁴⁾。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					225 890	大鼠/口服(1) 小鼠/口服
2		0.01				人類/口服(2)
3	5.00e-04					口服(3)

(1) Lewis, R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 655

(2) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=wignall&casrn=7440-43-9

(3) ACToR

7.處理技術/成本分析

傳統處理之膠凝-混凝單元以氯化鐵作為混凝劑且在 pH 值為 8 以上之條件時，對鎘之去除效率約為 90%，其隨著 pH 降低而減少去除效率，若使用石灰軟化則可達到更理想之去除率，在 pH8.5-pH11.3 之間時去除率可達 98%⁽¹¹⁾。USEPA 公告之 SDWA 中推薦對鎘之最佳處理技術(BAT)包括：逆滲透、離子交換、石灰軟化及膠凝-過濾，其中前二者效果佳，但處理成本高。後兩者僅適用於較大型公共給水之用，不適用於供水量小之系統⁽⁵⁾。

8.國內外管制情形

各先進國家均將鎘列為毒性物質並加以管制，標準值詳如下表(4,6,7,8,9,10,11,19,20,21,26,27,28,29,30,31,32)。

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.005	0.005	0.003	0.005	0.003	0.005	0.002	0.005	0.01

9.行政考量

綜合以上健康風險、水質背景及可行性等因素考量，建議維持標準值為 0.005 mg/L 或依照 WHO 建議飲水中鎘標準訂為更嚴謹之 0.003 mg/L。

國水質中含鎘量極低，經考量環檢所公告鎘之分析方法中，感應耦合電漿質譜法的偵測極限最低，較適用於檢測飲用水及水源水質，且鎘標準值若修訂為 0.003 mg/L 後也可適用⁽¹⁵⁾。

10.管制優先次序

考慮鎘之潛在健康效應，建議以現行國內標準值（0.005 mg/L）維持列管，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至 0.003 mg/L 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] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories.
- [6] National Primary Drinking Water Regulations (2009).
- [7] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012).
- [8] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005).
- [9] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011).
- [10] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [11] National Health and Medical Research Council, National water quality management strategy. Australian drinking water guideline 6. (2004).
- [12] F. W. Pontius, An Update of the Federal Drinking Water Regs, Jour. AWWA, 87:1:40(1995).
- [13] Code of Federal Regulations, Safe Drinking Water Act, USEPA 40 CFR 100 to 149(2010).
- [14] New Mexico Environment Department, Department, Drinking Water Regulations(1995).
- [15] 行政院環境保護署檢驗所，「水質檢驗方法」(2010)。
- [16] 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)。

- [17] 臺灣省自來水公司，「臺灣地區 82~83 年度水質檢驗統計」(1995)。
- [18] 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)。
- [19] 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）。
- [20] 行政院環境保護署，「飲用水管理相關法規彙編」(2009)。
- [21] Ordinance amending the drinking water ordinance (2001).
- [22] USEPA, 2009 edition of the drinking water standards and health advisions. (2009)
- [23] 行政院環境保護署，飲用水全球資訊網，水質統計。
- [24] 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污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)。
- [25] USEPA, Integrated Risk Information System, Cadmium (1994).
- [26] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [27] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011).
- [28] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008).
- [29] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013).
- [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] ATSDR; Toxicological Profile for Cadmium. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Public Health Service (2008). Available from, as of Sept 27, 2011: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/index.asp>
- [34] Patnaik P, ed; Handbook of Inorganic Chemicals. New York, NY: McGraw-Hill p. 141 (2003)

附錄 4.6 鋇

1. 水質項目名稱：鋇 (Barium CAS ID #：7440-39-3)

2. 化學式/結構式：Ba

3. 使用單位：mg/L

4. 分析方法：

鋇	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽¹¹⁾ (分類索引編號)
分析方法	(1) 電熱式原子吸收光譜 (3113B) (2) 感應耦合電漿質譜儀 (3125 B)	(1) 石墨爐式原子吸收光譜法 (NIEA W303.51A) (2) 感應耦合電漿質譜法 (NIEA W313.52B)

5. 環境背景資料

鋇是一種淡黃色至白色的軟金屬，在自然界以複合態存在，廣泛分佈在地殼中，鋇於自然環境中不以自由態存在，而是以化合物型態存在多種岩石，包括石灰岩、砂岩及土壤等，主要型式為重晶石（硫酸鋇）、白雲母（碳酸鋇），火成岩中亦存在少量的鋇，如長石和雲母。另外在含有石油、天然氣、煤、油頁岩等地層之中，通常鋇含量也較高。由於多數鋇化合物均為低溶解性，如碳酸鋇、氟化鋇、磷酸鋇、硫酸鋇等，所以在自然水體中濃度並不高，其他如氯化鋇與硝酸鋇則有較高的溶解度，其含量隨區域不同而差異極大。USEPA 發現在加州、阿肯色州、伊利諾州及密蘇里州等地區之部分水體，鋇含量超過其他地區水質濃度達 1000 倍以上⁽²⁾。此外，現代工業使用鋇十分廣泛，如合金、陶瓷、橡膠、玻璃、染料、油漆、紡織、造紙、製藥與化妝品業等，均可能產生含高量鋇之廢污。其他如採礦、煉油及燃燒石化燃料，亦為可能之污染源⁽³⁾。

空氣中：大氣中的鋇以粒狀物型態存在，顆粒狀的鋇可經由乾沉降或濕沉降方式去除。

土壤中：可溶性的鋇化合物，如硝酸鋇、氰化鋇、高錳酸鋇及氯化鋇等在環境中具備移動性⁽²⁷⁾。砂土中的鋇化合物具有較高移動性及溶解性，且隨著砂土的 pH 值及有機質含量降低而鋇溶解性增加⁽²⁸⁾。而含硫酸鹽及碳酸鈣含量高的土壤，鋇之移動性則降低⁽²⁹⁾。

水中：水中的鋇可被懸浮固體或底泥吸附，鋇在一般環境水體的 pH 值下不易水解，鋇化合物的溶解度則隨著 pH 值降低而上升，若水中的硫酸鹽或碳酸鹽濃度高，則鋇會和其反應成不溶的硫酸鋇和碳酸鋇。

環境中的濃度

地下水：

USEPA 對美國境內水質背景統計發現，地下水中較常含鋇，約 1~2% 水樣數超過 1 mg/L，地面水中多數未超 0.5 mg/L，且大部分測值低於 0.1 mg/L⁽³⁾。在丹佛 (Denver) 的多處地下水有測得鋇 18-594 µg/L⁽³⁰⁾，義大利在 92 個城市的地下水中測得鋇濃度中位數為 160 µg/L⁽³¹⁾。

飲用水：美國飲用水中鋇平均濃度為 28.6 µg/L，在伊利諾州、肯塔基州、賓州、新墨西哥州的飲用水中含有的鋇濃度可能高於 10 倍飲用水標準，這些飲用水的水源常常都來自於井水⁽³²⁾。伊利諾州環保局確認在北伊利諾州的 16 個城市的飲

用水源中檢出 1.1-10.0 mg/L 的鉍，這些受到影響的水源來自於深層的岩石及井水⁽³³⁾。

民國九十五年針對高雄市澄清湖淨水場進行清水中之鉍採樣分析，結果顯示於七月測得最高含鉍濃度為 0.0166 mg/L，於一月測得最低含鉍濃度為 0.0054 mg/L，皆符合現行飲用水質標準(2 mg/L)⁽¹⁶⁾。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 151 及 360，結果顯示全數合格⁽¹⁷⁾。自來水公司 96-105 年各淨水場水中鉍之檢測結果分布為 ND-0.133 mg/L，皆符合法規標準。鉍在植物中不會累積至足以對動物造成毒性的量，豆類、苜蓿和大豆則容易累積較大量的鉍（可達 1260 mg/Kg）。

人體可能的暴露途徑

少部分的民眾可能飲用到含鉍的地下水，而自飲用水或食物中受到鉍的暴露⁽³⁴⁾。職業上暴露則是相關工作人員在工作場所經由吸入或皮膚接觸含鉍的化合物。

6.健康評量及毒理資料

鉍之暴露可經由空氣、水和食物，主要以食入方式進入人體，來自飲水所佔比例通常有限。鉍若由鼻子吸入後，可經由肺部或直接由鼻腔黏膜吸收而至血液中，再經由尿液或糞便排出，注入人體的鉍在 24 小時內約有 20%由糞便，5%則由尿液排出體外，而血漿中則幾乎無鉍。腸胃道吸收鉍的程度除了受到不同鉍化合物的溶解性所影響外，年齡也許是另一個重要的因子，動物實驗結果發現幼鼠吸收鉍的能力比年老大鼠好。鉍在人體內的作用具有化學性和生理特性，鉍和鈣性質相近，因此會和鈣競爭並取代鈣而積聚在骨骼中，鉍在動物體內主要分佈在骨頭及牙齒。另有研究發現鉍可穿越人體的胎盤組織。攝入大量的鉍對動物之急性影響為：分泌唾液、噁心、腹瀉、心跳加速、低鉀血症、抽搐、骨骼肌鬆弛性麻痺、呼吸肌麻痺和心室顫動，這些狀況可能導致死亡。對人體之急性傷害部位主要在肌肉神經、消化系統及心臟等組織，包括強烈血管收縮、消化道強烈蠕動，抽搐及癱瘓等⁽¹⁰⁾。研究指出最大口服致死劑量為 550~600 mg，但曾有案例於服食劑量達 7 g 之多仍未致命⁽³⁾。中國曾發現長期暴露受鉍污染的食鹽時，導致周期性的麻痺癱瘓症狀，稱為 Pa-ping disease⁽¹⁰⁾。鉍對於人體慢性影響之研究發現，供應含鉍濃度為 10 mg/L 之飲水，在短期內對人體並無發生如高血壓之癥候。但是以白鼠為實驗對象，長期攝入低鉍含量飲水後，會導致相當比例之白鼠血壓上升⁽⁴⁾。流行病學結果顯示攝入含有鉍的飲用水與心血管疾病有顯著相關。另有研究則發現暴露八週含有濃度為 10 mg/L 鉍的飲用水後，並無明顯之健康影響^(10,18)。在致癌性方面，支持鉍會導致腫瘤之證據十分薄弱，故 IARC 認定鉍並非致癌物質，USEPA 將其列為 D 類^(3,18)。

WHO 則引用至今在流行上，對於受鉍污染飲用水之研究中結果最敏感者，飲水含鉍而不致引發人體產生高血壓或心血管疾病之平均濃度為 7.3 mg/L，並以此做為 NOAEL 值來計算基準，得到結果為 0.7 mg/L⁽⁴⁾。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					>1980	大鼠/口服(1)
2		0.21				人類/口服(2)
3	0.2 1.40e-02					口服(3) 皮膚

(1) American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Documentation of the TLV's and BEI's with Other World Wide Occupational Exposure Values. CD-ROM Cincinnati, OH 45240-4148 2010

(2) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=heast&casrn=7440-39-3

(3) ACToR

7.處理技術/成本分析

傳統處理程序對鉍之處理效果不佳，使用鋁鹽膠凝其去除率約為 30%。使用石灰軟化可產生較佳之效果，pH 值範圍控制在 10~11 之間時，去除率可達 90%⁽⁵⁾。USEPA 公告之 SDWA 中，推薦對水中鉍之最佳處理技術(BAT)包括：逆滲透、離子交換及石灰軟化。其中前兩者去除率相當理想，可達 95%以上，惟成本昂貴⁽³⁾。

8.國內外管制情形

鉍已為公認為毒性物質，多數國家予以管制。惟其在水體中含量偏低，一般情況下應不致產生危害，故部分國家未予以管制（我國、日本及 EC）。各國訂定之標準值詳如下表^(4,6,7,8,9,10,12,14,15,19,20,21,22,23,24,25,26)。

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.01	0.006	0.02	0.005	0.005	0.005	0.003	0.006	-

9.行政考量

鉍對人體具毒害性已被確定，目前已納入管制，以先進國家水質標準中最寬鬆者做為管制值（美國之標準 2 mg/L）。目前環檢所已公告鉍之分析方法(石墨爐式原子吸收光譜法與感應耦合電漿質譜法)，其方法偵測極限皆小於 0.001 mg/L，除適用於目前的建議值外，未來一旦修訂還可適用於更低標準，如澳洲的 0.7 mg/L。

10.管制

考慮鉍於環境水體存在及其潛在健康效應，建議維持現行國內標準值（2.0 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至 1.0 mg/L 或更低之必要性。

11.參考文獻

[1] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, and WEA, Washington, 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 Volume 1(2008).
- [5] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [6] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [7] F. W. Pontius, An Update of the Federal Drinking Water Regs. Jour.AWWA, 87:1:40(1995).
- [8] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011).
- [9] European Union (Drinking Water) Regulations 2014.
- [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] 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)。
- [13] 行政院環境保護署, 「飲用水管理相關法規彙編」(2009)。
- [14] Ordinance amending the drinking water ordinance (2001).
- [15] USEPA, 2009 edition of the drinking water standards and health advisories. (2009)
- [16] 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污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)。
- [17] 行政院環境保護署, 飲用水全球資訊網, 水質統計。
- [18] USEPA, Integrated Risk Information System, Barium and compounds (2005).
- [19] 行政院環境保護署, 「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [20] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011).
- [21] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [22] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [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] Dibello PM et al; Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. (2003). New York, NY: John Wiley & Sons; Barium Compounds. Online Posting Date: July 18, 2003
- [28] Gerritse RG et al; in Heavy Metal Environ, Int Conf. FO115-21 GS. 180-84 (1981)
- [29] ATSDR; Toxicological Profile for Barium and Barium Compounds. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Public Health Service (2007)
- [30] Bruce BW, McMahon PB; J Hydrol 186: 129-51 (1996)
- [31] Lanciotti E et al; Bull Environ Contam Toxicol 43: 833-37 (1989)
- [32] National Research Council. Drinking Water & Health, Volume 4. Washington, DC: National Academy Press, 1981., p. 170
- [33] Calabrese EJ; J Env Health 39 (5): 366 (1977) as cited in USEPA; Drinking Water Criteria Document for Barium (Draft) p.II-10 (1985) TR-540-60F
- [34] National Research Council. Drinking Water & Health Volume 1. Washington, DC: National Academy Press, 1977., p. 231

附錄 4.7 銻

1. 水質項目名稱：銻 (Antimony CAS ID #：7440-36-0)

2. 化學式/結構式：Sb

3. 使用單位：mg/L

4. 分析方法：

銻	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽¹¹⁾ (分類索引編號)
分析方法	(1) 電熱式原子吸收光譜 (3113B) (2) 感應耦合電漿質譜儀 (3125 B)	(1) 石墨爐式原子吸收光譜法 (NIEA W303.51A) (2) 感應耦合電漿質譜法 (NIEA W313.52B)

5. 環境背景資料

銻本身存在地殼中，可能藉由火山爆發、海水噴濺、森林火災和生物來源等方式，飄送至風沙環境中⁽³¹⁾，銻在自然界含量偏低，多以硫化物型式存在。由於銻化合物多數為低解溶性，故一般環境水體中濃度極微，地下水與地表水含銻濃度範圍大約是 0.0001 mg/L 到 0.0002 mg/L。根據報告飲用水中銻之濃度通常低於 0.005 mg/L⁽²⁾。另外，銻在食物中也極少被發現。釋放至環境中的銻大多數是人為產生的來源，例如有色金屬的開採和冶煉、銻合金和化合物的生產，使用等。在工業上，元素銻和銅、鉛、錫可製成堅硬的合金，另外銻錫合金也逐漸取代鉛使用在焊料上，雖然目前並無發現水體受管材內含銻所導致的污染情形，但未來可能有濃度上升的趨勢⁽⁴⁾。工業廢污應為水體中出現銻污染之主因，包括合金製造、半導體工業、電池、彈藥軍火、橡膠、紡織、染料、陶器、玻璃等方面，均為可能之污染來源⁽³⁾，此外燃煤產生及廢棄物和污泥焚化亦為銻污染的人為來源。

民國九十五年針對高雄市澄清湖淨水場進行清水含銻之採樣分析⁽¹⁴⁾，結果顯示於七月測得最高濃度為 0.0037 mg/L，於一月測得最低測值為 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 150 及 359，結果顯示全數合格⁽¹⁵⁾。

空氣中：大氣中的銻通常與非常小的顆粒有關，這些微粒將由降雨而去除。在沒有雨的情形下，含銻微粒則經由大氣中的重力沈降和乾沈降作用緩慢自空氣中移除⁽³²⁾。

土壤中：若銻排放至陸地上，其移動性取決於土壤的性質，如土壤的 pH 值、沈積在土壤中的銻型態。銻顯示可在土壤及底泥中被強力吸附，吸附力的大小和土壤中鐵、錳、鋁的含量有關，銻會和氫氧化物共沈澱。而吸附和土壤的有機碳含量相關性不大。

水中：排放至水中的銻通常會與鐵、錳、鋁的氫氧化物沈積在底泥中，若水中為有氧環境，則銻多以五價型態存在，若水中呈現厭氧環境，則主要是三價銻型態。水體中無簡單型態的銻陽離子，而是以氫氧基化合物的型態存在。底泥中之厭氧微生物則可進行甲基化作用，而能以較容易溶解或氧化的型態，進而減少水中的銻⁽³³⁾。銻在水中生物及魚類體內亦無產生明顯的生物濃縮作用⁽³⁴⁾。

環境中的濃度

地表水：德國萊茵河的銻平均為 $0.1 \mu\text{g/L}$ ⁽³⁵⁾。美國地質調查局水資源部於 1960-1988 年間進行地表水中溶解銻的調查，1077 個水樣中有 70 個高於偵測極限 (5 ppb)⁽³⁶⁾。1977 年在挪威湖泊量測的銻平均濃度為 $0.032 \mu\text{g/L}$ (40 個水樣)，懷疑斯堪地那維亞湖泊遭污染而進行的三項調查測得濃度為 $0.13\text{-}0.35 \mu\text{g/L}$ ⁽³⁷⁾，在河流中調查的溶解性銻之濃度為聖勞倫斯河(位於紐約州 Massena) 0.197 ppb ，育空河 0.332 ppb ，歐洲的河流為 $0.004\text{-}0.539 \text{ ppb}$ ⁽³⁸⁾。在日本 3 條都市河川量測溶解性和懸浮性銻的濃度分別為 $196\text{-}366 \text{ ng/L}$ 及 $32\text{-}75 \text{ ng/L}$ ⁽³⁹⁾。

飲用水：在華盛頓大學採集的水樣，用以確認銻是否自錫/銻焊料中釋出至自來水中，只有一個水樣測得 2 ppb 的銻，大於偵測極限 (0.6 ppb)⁽⁴⁰⁾。臺灣自來水公司 96-105 年各淨水場水中銻之檢測結果分布為 $\text{ND}\text{-}0.00069 \text{ mg/L}$ ，皆符合法規標準。

人體可能的暴露途徑

鉛-銻合金大量使用在蓄電池、印刷機、鉛焊、鉛電極及金屬製造方面，在這些製造業場所工作的人員，可能會暴露銻金屬的粉塵與煙煙⁽⁴¹⁾。加熱銻金屬或合金時因金屬被氧化，而使產生的煙霧可能含有三氧化二銻，相關工作人員因此受到暴露。一般民眾則經由吸入周遭含銻的空氣、食物攝食或皮膚接觸含銻的商品而暴露到少量的銻。

6.健康評量及毒理資料

目前有越來越多對銻的毒性研究，然而大多動物實驗是利用腹腔注射的暴露方式。銻對人體毒性已被證實，曝露於高濃度時中毒症狀類似砷中毒，如中樞神經損傷、胃腸道受損等⁽⁴⁾。由銻引起的慢性影響則是心電圖的變化，尤其是 T 波異常，暴露吸入性之銻則是和肺炎、氣管炎、支氣管炎、喉炎相關之症狀⁽⁴²⁾，如銻礦工人可能過量暴露含銻粉塵而導致塵肺症⁽⁴³⁾。環境中因含銻材料釋出的大多為五價含氧銻陰離子(oxo-anion)，其毒性是所有銻化合物中最弱的，而另有研究指出三價銻化合物具有致基因毒性，在動物實驗吸入性暴露結果顯示三氧化二銻具有致癌性，所以目前 WHO 將此化合物分類於 2B。大多數吸收的銻藉由尿液和糞便迅速排泄掉，五價銻化合物的尿液排放量優於三價銻，而三價銻的腸胃道排放量則優於五價銻。少量吸收而留在體內的銻則半衰期時間長，尤其是在肺部⁽⁴⁴⁾。然而吸入性暴露的健康效應僅發生於肺臟，並無影響其他器官，對於口服暴露的致癌效應並無明顯證據。將在冶煉工廠工作而暴露銻的女性與類似群體但不會接觸到銻的女性進行比較，暴露組有較高的自發性流產發生率 ($12.5\text{:}4.1\%$)，早產發生率 ($3.4\text{:}1.2\%$)，婦科問題 ($77.5\text{:}56\%$)，婦科問題包含了月經週期不規律、發育疾病及生殖問題，這些女性暴露於未定量的三氧化二銻、金屬銻和五硫化二銻等，而暴露組女性生出的孩童一年後體重則明顯低於未暴露組女性的孩童⁽⁴⁵⁾。因此，在致癌性方面，因缺少對人體之研究，且動物實驗上僅得到不成熟之證據，故 USEPA 將其列為 D 類⁽²⁾。

其他研究顯示，致死劑量約在 10 mg 。以白鼠為對象之研究發現，以每日 0.43 mg/kg 之劑量餵食，有明顯壽命減少及血中血糖和膽固醇降低之現象⁽⁴⁾。澳洲依上述研究結果之 LOAEL 值 (0.43 mg/kg)、不確定因子 500、及 10% 來自飲水等條件來計算基準值，得到 0.003 mg/L ⁽¹⁰⁾。另有動物實驗利用含銻飲用水餵食 90 天，得到 NOAEL 為 6 mg/kg/day ，WHO 則是依照此動物實驗結果算得每日最高吸收

劑量(TDI)為 0.006 mg/kg，以 10% TDI、60 公斤體重、每天攝取兩公升的飲用水計算出標準值為 0.02 mg/L⁽⁴⁾。

人類的銻化合物致死劑量，經由攝食為 100-200 mg(46)，銻的平均每日攝取量 (ADI)，空氣吸入為 0.04 µg (假設空氣中為 2 ng/m³)，經由食物則為 4.6 µg(47)，經由飲水則缺乏相關資料。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					10.0 mg Sb/100 g 15.0 mg Sb/100 g	大鼠/腹腔注射(1) 天竺鼠/腹腔注射
2			0.35			口服/慢性(2)
3	4.00e-04 8.00e-06					口服(3) 皮膚

(1) Budavari, S. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 1996., p. 117

(2) PPRTV

(3) ACToR

7.處理技術/成本分析

傳統處理程序及石灰軟化對去除水質中銻具相當效果，但有關去除效率之數據資料仍極為缺乏。USEPA 公告之 SDWA 中推薦對銻之最佳處理技術(BAT)包括：膠凝-過濾及逆滲透。其中膠凝-過濾因方法變異性大，不適用於供水量較小之系統。逆滲透成本昂貴，但去除效率相當理想⁽²⁾。

由於水質背景資料之缺乏，無法斷定國內水源及清水中含銻之分佈狀況。我國已將銻列為水質管制項目，其標準為 0.01 mg/L，其在處理成本上所造成之可能負擔，宜由供水單位檢討轄下可能含銻量較高之水源，評估以現行的處理設備能否使出水水質符合標準值。

8.國內外管制情形

銻已為公認屬毒性物質，多數國家均予管制。各國訂定之標準值詳如下表(4,5,6,7,8,9,10,12,13,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30)。

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.01	0.006	0.02	0.005	0.005	0.005	0.003	0.006	-

9.行政考量

目前環檢所已公告銻之分析方法⁽¹¹⁾(石墨爐式原子吸收光譜法與感應耦合電漿質譜法)，與國外(美、EC)及標準方法之主要方法相同，其方法偵測極限分別為 0.003 mg/L 與 0.004 mg/L，皆適用於該標準值。

10.管制優先次序

目前採用歐洲國家之標準值 0.01 mg/L 做為限值，可待未來蒐集更多毒理資訊及環境流佈資料後，配合淨水處理程序之檢討再考慮修改限值之必要性。

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] Code of Federal Regulations, Safe Drinking Water Act, USEPA 40 CFR 100 to 149(2010).
- [6] Federal Register, National Primary Drinking Water Regulations: Inorganic Chemicals; Final Rule, USEPA 40 cfr Parts 141 and 142(2010).
- [7] F. W. Pontius, An Update of the Federal Drinking water Regs, Jour. AWWA, 87:1:40(1995).
- [8] England and Wales Satutory 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」(2009)。
- [12] 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)。
- [13] USEPA, 2009 edition of the drinking water standards and health advisions. (2009)
- [14] 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污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)。
- [15] 行政院環境保護署，飲用水全球資訊網，水質統計。
- [16] Ordinance amending the drinking water ordinance (2001).
- [17] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [18] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [19] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [20] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [21] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [22] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [23] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [24] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [25] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [26] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [27] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [28] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [29] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)

- [30] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [31] Nriagu JO; Nature 338:47-9 (1989)
- [32] Schroeder WH et al; J Air Pollut Control Assoc 37: 1267-85 (1987)
- [33] Austin LS, Millward GE; Atmos Environ 22: 1395-1403 (1988)
- [34] Callahan MA et al; Water-related environmental fate of 129 priority pollutants
Vol 1 USEPA-440/4-79-029a pp.5-1 to 5-8 (1979)
- [35] STROHAL P ET AL; ESTUARINE COASTAL MAR SCI 3 (2): 119-24 (1975)
- [36] Eckel WP, Jacob TA; Ambient levels of 24 dissolved metals in US surface and
ground water. Amer Chem Soc Div Environ Chem 196th MTG 29: 371-2 (1988)
- [37] Steinnes E; Environ Toxicol Chem 9: 825-31 (1990)
- [38] Andreae MO, Froelich PN Jr; Tellus 36B: 101-17 (1984)
- [39] Tanizaki Y et al; Wat Res 26: 55-63 (1992)
- [40] Herrera et al; Seattle distribution system corrosion control study: Vol III.
Potential for drinking water contamination from tin/antimony solder. USEPA
600/22-82-013 (NTIS PB82-231242) (1982)
Browning, E. Toxicity of Industrial Metals. 2nd ed. New York: Appleton-
Century-Crofts, 1969., p. 24
- [41] Rom, W.N. (ed.). Environmental and Occupational Medicine. 2nd ed. Boston,
MA: Little, Brown and Company, 1992., p. 480
- [42] Seiler, H.G., H. Sigel and A. Sigel (eds.). Handbook on the Toxicity of Inorganic
Compounds. New York, NY: Marcel Dekker, Inc. 1988., p. 71
- [43] Rom, W.N. (ed.). Environmental and Occupational Medicine. 2nd ed. Boston,
MA: Little, Brown and Company, 1992., p. 480
- [44] C.-G. Elinder and L. Friberg. "Antimony" p. 26 in Handbook on the Toxicology
of Metals, 2nd edition. ed by L. Friberg et al. Elsevier Science Publishers (1986)
- [45] Belyaeva AP; Gig Truda Prof Zabole 11:32 (1964) as cited in Health Effects
Assessment for Antimony and Compounds p.13-14 (1987) EPA 600/8-88/018
- [46] Chang, L.W. (ed.). Toxicology of Metals. Boca Raton, FL: Lewis Publishers,
1996, p. 457
- [47] Iyengar GV et al; Sci Tot Environ 61: 235-52 (1987) (2) Kowalczyk GS et al;
Environ Sci Technol 16: 79-90 (1982)
- [48] Budavari, S. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and
Biologicals. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 1996., p. 117

附錄 4.8 鎳

1.水質項目名稱：鎳 (Nickel CAS ID #：7440-02-0)

2.化學式/結構式：Ni

3.使用單位：mg/L

4.分析方法：

鎳	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽¹²⁾ (分類索引編號)
分析方法	(1) 火焰式原子吸收光譜 (3111 B, 3111C) (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) (4) 感應耦合電漿質譜儀(3125 B)	(1) 火焰式原子吸收光譜法 (NIEA W306.54A) (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(NIEA W311.53C) (4) 感應耦合電漿質譜法 (NIEA W313.53B)

5.環境背景資料

鎳在地表中廣泛存在，多數鎳化合物均屬可溶性，在水中呈現綠色，然而由於含量有限，所以在一般水體中含量並不高。除了自然存在環境中，大多數鎳用於生產具有高耐腐蝕和耐溫性的不銹鋼和其他鎳合金，鎳經常用在工業中或煉油廠以作為催化劑，此外來自於電鍍、精鍊、合金製造、陶瓷、電池等工業所排放之廢棄、廢污及採礦廢水等，均為主要人為排放污染來源⁽²⁾。生活中使用的不鏽鋼、錢幣與珠寶等等也含有鎳合金⁽¹⁸⁾，或是在食品加工的過程中，可能因含鎳合金的不銹鋼食品加工設備而受到鎳污染⁽³³⁾。NAS 對全美主要水源進行水質統計後，認為水體中絕大多數鎳污染均是來自人為造成。飲水中之鎳濃度通常低於 0.01 mg/L，部分由於含鎳管線腐蝕或長期接觸鍍鎳水龍頭之因素，使出水水質含量超過 0.5 mg/L，但此情況相當少見^(3,11)。

USEPA 統計美國境內表面水源發現，僅 16.2%樣本測值含鎳，而測得含鎳樣本之平均濃度約為 0.019 µg/L。另對用戶清水水質背景統計結果則發現，平均濃度為 0.034 mg/L，範圍分佈從 0.001~0.49 mg/L 之間，顯示可能因為管線腐蝕造成部分水質中鎳含量過高，甚至超過原水中之濃度⁽⁴⁾。民國九十五年針對高雄市澄清湖淨水場進行清水中含鎳之採樣分析⁽¹⁵⁾，結果顯示測值大多為 ND，僅於 1 月 3 日測得清水中含鎳濃度為 0.0016 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 560 及 765，結果顯示全數合格⁽¹⁶⁾。臺灣自來水公司 96-105 年各淨水場水中鎳之檢測結果分布為 ND-0.0207 mg/L，皆符合法規標準。

人體可能的暴露途徑

在相關場所（如焊接、電鍍、研磨、鎳精鍊、鋼鐵廠等）的工作人員，可能吸入在空氣中的含鎳灰塵和煙霧，皮膚暴露到鎳則多種工作皆有可能，可能在電鍍、電鑄、鎳鎘電池製造等工作中或其他處理含鎳的材質中直接接觸。

6.健康評量及毒理資料

鎳可被人類和動物經由吸入、攝入及經皮吸收，經由呼吸道吸收及伴隨腸胃道的二次吸收（不溶性及可溶性鎳）是職業暴露進入人體的主要途徑，經皮吸收雖然量少可忽略，但卻是引發接觸性過敏反應重要的途徑。鎳為人體必要之微量元素，每人每日攝取 $50 \mu\text{g/kg/day}$ 即已足夠，據估計正常飲食攝取量（約 $165 \sim 500 \mu\text{g/day}$ ）已超過所需許多，而來自飲水者在每日攝取量中通常僅佔 $2\% \sim 6\%$ 左右⁽⁴⁾。腸胃道系統對鎳的吸收取決於個人的飲食組成，但由於人體消化道對鎳之吸收能力偏低，攝入體內者約 90% 以上會被排出人體，且不易累積在組織中，吸收之後的鎳主要分布在腎臟、肺及肝臟，此外發現鎳可以穿透人類的胚胎組織⁽¹¹⁾。一動物實驗以灌食的暴露方式餵食成鼠，結果發現其生殖系統受損，而其後代的生長與發育也受到影響，且增加出生前後的死亡率⁽⁴⁾。根據動物實驗結果，攝入超過 250 mg 方會產生中毒癥候。由於鎳對於人體影響之研究並不充分，一般認為除了皮膚疾病外，尚會造成體重減輕、肝臟與腎臟機能之損害⁽¹³⁾。經由吸入途徑長期暴露鎳的工人會引發黏膜損傷及發炎反應，有時會伴隨輕微的纖維化，在鎳金屬相關加工業的工作人員慢性暴露效應則有鼻炎、鼻竇炎、鼻中隔穿孔和氣喘等。另外，在長期暴露鎳合金的工人體內分析到較高濃度的 β -microglobulin 蛋白⁽¹¹⁾。WHO 認為鎳會造成皮膚炎等過敏性病症，但主要經由皮膚接觸而非食入⁽³⁾。一般環境中可能接觸含鎳或鎳合金的物品（例如珠寶、硬幣或夾子等）可能會引發高敏感的人發生皮膚過敏反應。另外，在高濃度下對動物之致癌性已被證實，經由腸胃道途徑暴露鎳經試驗有致癌性，可產生局部的腫瘤，經由呼吸暴露含鎳粉塵則可能引發呼吸道腫瘤，因此 IARC 將鎳化合物其歸類為人體致癌物（Group 1），鎳金屬則為可能對人類致癌（2B）⁽³⁾，在不同國家的流行病學資料中顯示，在硫化鎳研磨精鍊成鎳金屬的工作人員，因暴露含鎳粉塵而導致肺部和鼻部腫瘤，故 USEPA 則列為 A 類⁽³⁴⁾。

由於對人體毒性研究資料不足，USEPA 在 1985 年尚認為無必要將鎳納入水質管制之中，目前仍未進行規範⁽¹⁴⁾，但以 0.1 mg/L 為指引值。1988 年以白鼠實驗結果顯示無明顯體重變化之 NOAEL 值為 5 mg/kg/day ⁽⁴⁾，澳洲依上述研究結果之 NOAEL 值計算基準值，得到 0.02 mg/L ⁽¹¹⁾。WHO 則是依照動物實驗結果算得每日最高吸收劑量(TDI)為 0.012 mg/kg ，以 $20\% \text{ TDI}$ 、 60 公斤體重 、每天攝取兩公升的飲用水計算出標準值為 0.07 mg/L ⁽⁴⁾，認為已足以保護人體健康而不致出現不良影響⁽³⁾。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (ppm)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1		5.00				大鼠/口服(1)
2			100			大鼠/口服(2)
3	0.02 5.40e-03					口服/慢性(3) 皮膚/慢性

(1) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=wignall&casrn=7440-02-0

(2) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=heast&casrn=7440-02-0

(3) ACToR

7.處理技術/成本分析

國外研究報告指出，鎳容易與氧化鎂及氧化鐵一同沉澱⁽¹¹⁾，且傳統處理程序及石灰軟化對處理水中鎳污染具一定效果，但有關去除效率之數據資料從缺。USEPA 公告之 SDWA 中推薦對鎳之最佳處理技術(BAT)包括：石灰軟化、逆滲透及離子交換⁽⁵⁾。其中石灰軟化因方法變異性大，不適用於供水量較小之系統。後兩者成本昂貴，但去除效率相當理想。

由於水質背景資料之缺乏，無法有效評估國內水源及清水中含鎳之分佈狀況。增列鎳為水質管制項目後，在成本上所造成之可能負擔，建議由供水單位檢討轄下可能含鎳量較高之水源，評估以現行的處理設備能否使出水水質符合標準值。

8.國內外管制情形

鎳已公認屬毒性物質，但由於在水體中含量甚低，遠低於發生毒性之劑量，故部分國家未予管制（美國、南韓及加拿大）。各國之標準值詳如下表(3,6,7,8,9,10,11,14,17,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32)。

美國部分州有訂立鎳之飲用水標準值，如加州、康乃迪克州、德拉瓦州、佛羅里達州、威斯康辛州，皆為：0.1 mg/L

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.1	-	0.07	0.02	0.02	0.02	0.02	-	0.02 目標值

9.行政考量

目前環檢所已公告鎳之分析方法⁽¹²⁾，與國外（美、EC）及標準方法之主要方法相同，其方法偵測極限最高為 0.02 mg/L，因此皆適用於此標準值。

10.管制優先次序

我國目前以 0.1 mg/L 做為鎳之限值，於 107 年 7 月 1 日起加嚴至 0.07 mg/L，於 109 年 7 月 1 日進一步下修標準至 0.02。

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] Office of Drinking Water Center for Environment Research Information USEPA, Technologies for Upgrading Existing or Designing New Drinking Water Treatment Facilities, USEPA 625/4-89/023(1990).
- [6] Code of Federal Regulations, Safe Drinking Water Act, USEPA 40 CFR 100 to 149(2010).
- [7] Federal Register, National Primary Drinking Water Regulations: Inorganic Chemicals; Final Rule, USEPA 40 CFR Parts 141 and 142(2010).

- [8] F. W. Pontius, an Update of the Federal Drinking Water Regs, Jour. AWWA, 87:1:40(1995).
- [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] 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)。
- [14] USEPA, 2009 edition of the drinking water standards and health advisions. (2009)
- [15] 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污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)。
- [16] 行政院環境保護署, 飲用水全球資訊網, 水質統計。
- [17] Ordinance amending the drinking water ordinance (2001).
- [18] Agency for toxic substances & disease registry (ATSDR), toxic substances portal, Nickel.
- [19] 行政院環境保護署, 「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [20] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [21] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [22] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [23] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [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)
- [28] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [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] USEPA; Ambient Water Quality Criteria Document : Nickel p.C-7 (1980) EPA 400/5-80-060
- [34] U.S. Environmental Protection Agency's Integrated Risk Information System (IRIS) on Nickel refinery dust (NO CAS RN) from the National Library of Medicine's TOXNET System, March 1, 1995

附錄 4.9 汞

1. 水質項目名稱：汞 (Mercury CAS ID #：7439-97-6)

2. 化學式/結構式：Hg

3. 使用單位：mg/L

4. 分析方法：

汞	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽¹²⁾ (分類索引編號)
分析方法	(1) 冷蒸氣原子吸收光譜(3112B) (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)	(1) 冷蒸氣原子吸收光譜(NIEA W330.52A) (2) 氧化／吹氣捕捉／冷蒸氣原子螢光光譜法 (NIEA W331.50B) (3) 感應耦合電漿原子發射光譜法 (NIEA W311.53C) (4) 感應耦合電漿質譜法 (NIEA W313.53B)

5. 環境背景資料

汞在自然係屬稀有元素之一，多半以硫化物方式存在。水中含汞主要分成兩類，一為無機汞，其二為有機汞，前者的溶解性低，故一般正常水體中含量極低⁽²⁾，後者的溶解性較高，也較具有危害。近來十分受到關注的為甲基汞，而水中無機汞可以被轉換成甲基汞，主要原因可能是細菌作用⁽¹²⁾。汞的主要天然來源為自地殼溢散或經由火山活動中噴發出，其他主要的人為來源則是近代隨著採礦、金屬精煉等工業興起、石化燃料大量使用，乃至於含汞之電池、電氣設備、實驗儀器、牙齒治療材料、殺真菌劑、防腐劑等之日益廣泛，造成汞污染漸受重視。人為排放各種型態之含汞化合物進入水體，其中如氯化汞、氯化亞汞、雷酸汞及若干型態之有機汞等溶解度較高，也是導致水中汞濃度上昇之因素⁽³⁾。

根據 USEPA 統計結果，大多數河川水質中含汞量低於 0.002 mg/L，僅少數湖泊或水池(小於 4%)含汞量超過 0.01 mg/L，地下水則更低⁽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)⁽¹⁴⁾。統計國內原水背景資料發現，近 119 個樣本中約 91%測值為 N.D.，而最大值僅 0.0009 mg/L。由於原水進流濃度甚低，故由清水中檢出含汞之樣本數及測值均相當少(約 99%之樣本小於 0.001 mg/L)，以現行標準(0.002 mg/L)來衡量，全數均合格。另針對自來水用戶水質抽驗結果發現⁽¹⁵⁾，82 年共 61 個樣本，同樣均合乎現行標準。民國九十五年針對臺北市直潭淨水場與高雄市澄清湖淨水場進行原水與清水含汞之採樣分析⁽²⁰⁾，結果顯示測值大多為 ND，僅於 7 月 4 日在直潭原水和清水中各測得含汞濃度為 0.0001 mg/L 與 0.0003 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 373 及 583，結果顯示全數合格⁽²¹⁾。自來水公司 96-105 年各淨水場水中汞之檢測結果分布為 ND-0.00028 mg/L，皆符合法規標準。

汞由於具有揮發性和生物轉化的特性，使得其具有特殊的環境毒性，例如工廠因不適當的處理導致含汞廢棄物進入大氣和水中，微生物將元素汞轉為甲基汞和二甲基汞又進入大氣。在含高濃度汞(10 ppm)的土壤周圍，空氣中濃度可達 20-

200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而一般無污染的地區空氣中濃度為 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，美國的地下水汞濃度則低於 1 ppb⁽³⁸⁾。

環境中的濃度：天然來源的汞有 86.2% 從丹砂 ($\alpha\text{-HgS}$) 中提煉回收⁽³⁹⁾，地殼中的汞則可能經由火山爆發或溫泉而釋放至環境中⁽⁴⁰⁾。人為的來源有自含汞的銅、鐵、鋅等金屬沈澱物或其他中性或微酸汞鹽中析出汞⁽⁴¹⁾。美國 12 個燃煤發電廠地面最大的濃度為 0.035-6.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁽⁴²⁾。一般而言，工業及家用產品如溫度計、電池、電器開關等會是明顯的汞金屬來源，而這些最終通常成為都市地區的固體廢棄物⁽⁴³⁾，每年有 2 萬噸的汞經人類活動釋放至環境中，主要是石化燃料的焚燒和工業製程⁽⁴⁴⁾。

人體可能的暴露途徑

一般民眾可能經由牙齒治療的材料而暴露汞，職業上的暴露則是在相關使用到汞或含汞化合物的工作人員，可能在密閉空間吸入含汞蒸汽⁽⁴⁵⁾。在 1991 年之前，汞基苯化合物使用在 25%~30% 的室內或室外乳膠漆中作為殺菌劑，之後則停止使用含汞的乳膠漆，但刷油漆的人以及住戶可能因此暴露到汞⁽⁴⁶⁾，即使現今含汞殺菌劑的乳膠漆已停用，但家中是用這種老式乳膠漆的人，可能有一段長時間暴露在汞的環境中。

6. 健康評量及毒理資料

汞在室溫下為沈重的銀色液體，具有非常高的蒸汽壓，汞蒸汽易溶在血液、血漿和紅血球中，汞對人體健康傷害極大，長期積存於體內不易排出，致死劑量約為 75~300mg/day⁽¹⁶⁾。無機汞傷害之主要器官為腎臟，在動物實驗結果發現暴露無機汞會導致腎臟重量增加、腎小管壞死、蛋白尿(proteinuria)、低白蛋白血症(hypoalbuminaemia)以及少數發生中樞神經系統受損，且有研究發現母鼠排卵受到影響，而人類在長期暴露無機汞後則發現有顫抖、精神錯亂、牙齦發炎、出血性胃炎、出血性腸炎及腎臟受損等臨床症狀。另有研究指出氯化汞會增加良性腫瘤的發生率，並且具有微弱的致基因毒性。由於無機汞不易由胃腸道吸收，故相較而言有機汞對人體害較大。而研究顯示有機汞可進入腦、脊椎、神經系統以及胚胎組織，主要危害中樞神經系統^(4,12)。一般水體是以無機汞型式較常出現，有機汞主要來自人為排放，或是無機汞經特定微生物作用後，轉變為甲基汞型態而累積於水生動物體內及水底污泥中。正常狀況時每人每日經由各種途徑攝入量約為 2~20 μg ⁽²⁾。此外在致癌性之研究上，目前為止仍無證據顯示汞會導致癌症，故 IARC 將金屬汞列為非致癌物質，USEPA 將其列為 D 類。有關甲基汞可能導致胚胎畸型之危害風險，目前正持續研究中尚無定論⁽²⁾，動物實驗則有充足的證據顯示甲基汞對動物有致癌性，經由整體評估則將甲基汞化合物列為 Group 2B (possibly carcinogenic to humans) (47)。

USEPA 認為水體中以無機汞型態存在居多，因此引用醫學研究中無機汞對動物實驗結果，NOAEL 值為 50 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 來評估標準值，訂為 0.002 mg/L ⁽⁴⁾。WHO 則引用毒性最強之甲基汞對成人健康之影響，估計長期曝露而無不良影響之劑量為 3.3 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{week}$ ，以每日攝入量 10% 來自飲水、成人 70 Kg 體重、每日 2 公升飲水等條件計算，建議飲水中含汞標準訂較嚴謹之 0.001 mg/L ⁽²⁾。而另以無機汞評估其健康影響後，則將飲用水中無機汞標準訂為 0.006 mg/L ⁽⁴⁾。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/m ³)	LOAEL (mg/m ³)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1		9.00e-03	9.00e-03			人類/吸入(1)
2	3.00e-04 2.10e-05					口服(2) 皮膚
3						

(1) <https://epa-heast.ornl.gov/heast.php>

(2) ACToR

7.處理技術/成本分析

傳統處理之膠凝-混凝單元，使用鋁鹽做混凝劑且在較高 pH 值的條件下（約 7~9.5），對汞之去除效率可達 70% 左右，而使用鐵鹽則不需控制 pH 值即可達到類似去除率。石灰軟化法約有 50~80% 之去除率。上述傳統方法僅對無機汞有效。USEPA 之 SDWA 中推薦對汞之最佳處理技術(BAT)包括：石灰軟化、膠凝-過濾、逆滲透及粒狀活性碳等，其中前二者僅適用於較大型公共給水之用，另外膠凝-過濾及逆滲透處理單元僅適用於入流濃度小於 10 µg/L⁽⁵⁾。以上四種方法以粒狀活性碳效較佳（去除效率約 90%），且同時適用有機汞之去除⁽⁴⁾。

8.國內外管制情形

各先進國家均將汞列為毒性物質並加以管制，標準值詳如下表 (2,6,7,8,9,10,11,12,17,18,19,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37)。

註：* 為無機汞之標準值。美國已無機汞作為標準值，而 WHO 則將無機汞與有機汞標準分別訂定。

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.002	0.002*	0.001/ 0.006*	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0005

9.行政考量

現行環檢所公告水中汞之檢驗方法⁽¹³⁾（冷蒸氣原子吸收光譜），其理想偵測範圍為 0.001~0.005 mg/L，而偵驗極限可達 0.0002 mg/L（和美國、EC 相同，詳見環保署委託計畫「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」第五章⁽¹⁴⁾）。參考各國之現行標準，大多國家訂為 0.001 mg/L 或更低之限值。由前述水質背景統計可知，國內水源及清水中測得含汞之機率相當有限，且測值均屬微量（多低於 0.001 mg/L），故若標準值由現行之 0.002 mg/L 修訂為 0.001 mg/L，應不致在成本上造成負擔。基於汞之危害性強，自 109 年 7 月 1 日起對汞之管制將採較嚴謹之 0.001 mg/L 為管制值。

10.管制優先次序

現階段仍維持現行標準(0.002mg/L)，自 109 年 7 月 1 日起將現行國內標準值加嚴至 0.001 mg/L。

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] 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] 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] Code of Federal Regulations, Safe 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] 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] 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).
- [12] National Health and Medical Research Council, National water quality management strategy. Australian drinking water guideline 6. (2004).
- [13] 行政院環境保護署檢驗所，「水質檢驗方法」(2010)。
- [14] 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)。
- [15] 臺灣省自來水公司，「臺灣地區 82~83 年度水質檢驗統計」(1995)。
- [16] 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)。
- [17] 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)。
- [18] 行政院環境保護署，「飲用水管理法規令彙編」(1998)。
- [19] USEPA, 2009 edition of the drinking water standards and health advisions. (2009)
- [20] 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污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)。
- [21] 行政院環境保護署，飲用水全球資訊網，水質統計。
- [22] USEPA, Integrated Risk Information System, Chromium (1998).
- [23] Ordinance amending the drinking water ordinance (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] Doull, J., C.D. Klaassen, and M. D. Amdur (eds.). Casarett and Doull's Toxicology. 2nd ed. New York: Macmillan Publishing Co., 1980., p. 422
- [39] Clayton, G. D. and F. E. Clayton (eds.). Patty's Industrial Hygiene and Toxicology: Volume 2A, 2B, 2C: Toxicology. 3rd ed. New York: John Wiley Sons, 1981-1982., p. 1769
- [40] Miller DR, Buchanan JM; Atmos Trans of Mercury: Exposure Commitment and Uncertainty Calculations. MARC Report #14 p.1 (1979)
- [41] Budavari, S. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 1996., p. 1005
- [42] Vaugh WP, Fuller SR; Illinois Institute for Environmental Quality Rep ILEQ 71-3 (1971) as cited in Nat'l Research Council Canada; Effects of Mercury in the Canadian Environment p.66 (1979) NRCC No. 16739
- [43] British Dept of Environment; Pollution Paper No. 10 p.75 (1977) as cited in Nat'l Research Council Canada; Effects of Mercury in the Canadian Environment p.77 (1979) NRCC No. 16739
- [44] 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. 387
- [45] Hayes, Wayland J., Jr. Pesticides Studied in Man. Baltimore/London: Williams and Wilkins, 1982., p. 12
- [46] ATSDR; Toxicological Profile for Mercury p. 312. Research Triangle Institute 205-93-0606 (1998)
- [47] 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. V58 324 (1993)

附錄 4.10 三氯乙烯

1. 水質項目名稱：三氯乙烯（Trichloroethene，TCE）

Trichloroethylene

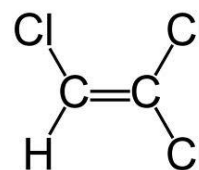
Ethylene Trichloride（CAS：79-01-6）

2. 化學式/：CHClCCl₂（分子量 131.39）

結構式：

3. 使用單位：μg/L

4. 分析方法：



三氯乙烯	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
分析方法	(1) 6040B (2) 6200B,C	(1) 吹氣捕捉-填充管柱氣相層析法 (NIEA W780.51C) (2) 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) (3) 吹氣捕捉／氣相層析質譜儀法 (NIEA W785.55B)

5. 環境背景資料：

三氯乙烯（TCE）為一種無色透明的液體，通常為合成化學物，自然生成之可能性極微，有某些海洋藻類會生成微量的三氯乙烯。三氯乙烯主要作為乾洗劑或金屬之除油劑⁽³⁾，水體中之 TCE 可能來自自來水廠加氯處理過程中所形成⁽⁴⁾，或製造、使用三氯乙烯時揮發至環境中，以及經工業廢水排放至地表水。地下水之三氯乙烯來源主要為掩埋場或廢棄工廠等污染場址之不當傾倒或排放⁽³⁾。且三氯乙烯溶於水而能長時間存在於地下水中。美國環保署於 2016 年 12 月提出禁止在商業上使用 TCE 作為氣狀脫脂劑及乾洗業的清洗劑，但此決議仍未成為法規，歐盟則在 2016 年 4 月禁止使用 TCE。

美國環保署曾調查 10 個城市的供水系統，發現有五個供水系統之 TCE 污染濃度介於 0.1~0.5 μg/L 之間⁽⁵⁾。

76~78 年間，在臺灣南部近海的地下水及海水中，以及基隆河六堵水廠原水中，均測其結果為 ND，但在臺灣北部三芝海水中含三氯乙烯濃度為 1.12 μg/L；飲用水方面則有基隆河六堵水廠飲用水之資料，其含三氯乙烯的濃度為 0.05~5.20 μg/L，平均值為 1.52 μg/L⁽⁶⁾。79~80 年間在六堵及暖暖水廠對原水的分析調查中，三氯乙烯出現的濃度分別為 ND~5.6 μg/L（平均值為 1.26 μg/L）及 ND~2.81 μg/L（平均值為 0.37 μg/L）。83~84 年自來水檢驗中心在臺灣飲用水分析調查在 276 個水樣中皆為 ND⁽⁷⁾。91 年環保署委託計畫針對 25 縣市飲用水供水管線之清水進行分析，125 處採樣點中三氯乙烯濃度介於 ND~0.3 μg/L⁽⁸⁾。

94 年環保署委託工研院進行非法棄置場址地下水調查，30 處高地下水污染潛勢之場址中，地下水三氯乙烯濃度皆為 ND⁽⁹⁾。94 年針對臺灣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 5 處採樣點氯乙烯含量低於偵測極限(0.97 μg/L)，其餘 6 處濃度範圍介於 0.98~231 μg/L⁽¹⁰⁾。

空氣中：工業金屬的脫脂作業可能是三氯乙烯釋放至大氣中的主要來源，或是各項黏合劑或塗料的使用，空氣中的三氯乙烯在 25℃ 環境下的蒸汽壓為 69 mmHg，因此以蒸汽的方式存在，氣態的三氯乙烯會和空氣中光催化反應產生的自由基，或臭氧產生的硝酸根自由基反應而被分解，但三氯乙烯本身不吸收 >290 nm 的波長⁽²⁸⁾，故不容易直接被陽光所分解。三氯乙烯可經由下雨或下雪等濕沉降的方式自空氣中去除⁽²⁹⁾。

土壤中：土壤中的三氯乙烯具有高度移動性，且容易從潮濕或乾燥的土壤表面揮發。三氯乙烯不易被生物降解，能經由添加額外營養物至土壤中，在好氧環境下以共代謝的方式降解三氯乙烯⁽³⁰⁾，在厭氧環境下，如淹水的土壤或底泥，則是經由還原性去氯反應緩慢的生物降解，根據研究，厭氧生物降解的半衰期為 0.144 – 3.3 年⁽³¹⁾。

水中：水中的三氯乙烯不易吸附在懸浮固體及底泥上，但可經由水體表面揮發，根據評估，自模擬河流及湖泊之揮發半衰期分別為 3.5 小時及 4.6 天。在水溫攝氏 23-40 °C 的環境中，23%-41% 的三氯乙烯會自水體中溢散⁽³²⁾。三氯乙烯的 BCF 為 4-39（藍雀魚、鯉魚、彩虹鱒），顯示對於水中生物為低至中等的生物濃縮性，在 25℃ 下的水解半衰期為 10^5 - 10^6 年⁽³³⁾，表示在不容易經由水解而降解。

表一、三氯乙烯物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	69 mmHg (25 °C)	(34)
亨利常數	9.02×10^{-3} atm-m ³ /mole	
Koc	101	(35)
BCF	4-39	(36)

人體可能的暴露途徑：

一般人可能經由呼吸、飲用水、食物及皮膚接觸含三氯乙烯的產品而暴露，職業上暴露則為有使用三氯乙烯為溶劑的工廠的工作人員和乾洗店員工、手術室工作人員、牙醫等⁽³⁷⁾則可能吸入含三氯乙烯的空氣及皮膚直接接觸。在天然來源方面，多種海洋巨型藻類和至少一種海洋微型藻類會產生微量的三氯乙烯⁽³⁸⁾。

環境水體中的濃度

地下水：三氯乙烯是美國地下水檢測有機化合物中曾出現的污染物，來自 8 州的 28 的井水樣本有檢出，最大報告濃度為 35000 ppb⁽³⁹⁾，檢驗 13 個美國城市的 38.5% 有檢出，平均濃度為 29.72，濃度範圍則為 0.2-125 ppb⁽⁴⁰⁾。美國 USGS 的國家水質評估計畫中收集 210 個都市水井及泉水的樣本，10% 含三氯乙烯⁽⁴¹⁾。日本神奈川縣於 1995-1998 收集的 27 個地下水位置中 10 個含有三氯乙烯，濃度為 <0.1 – 220 µg/L⁽⁴²⁾，丹麥國家地下水監測計畫 1993-2001 年間進行調查 3318 個樣品中 3.6% 水樣檢出三氯乙烯，最高濃度為 3.7 µg/L⁽⁴³⁾。

飲用水：USEPA 持續監測飲用水公共給水的水源，4.5-18% 可測得三氯乙烯（1998-2005 之監測資料），濃度 <30 ppb⁽³⁸⁾。2005 年調查 46937 個公共供水樣本（水源為地下水），4.9% 檢出三氯乙烯，平均濃度為 3.3 ppb，12702 個以地面水為水源的公共供水系統則 15% 有檢出三氯乙烯，平均濃度為 5.40 ppb（ATSDR, 2014）。

自來水公司 96-105 年各淨水場水中三氯乙烯之檢測結果分布為 ND-0.00067 mg/L，皆符合法規標準。

地面水：三氯乙烯是厄亥俄河（Ohio River）第三個容易被檢出的污染物，4972 個水樣中 2427 個樣本有檢出，86% 的檢出濃度為 0.1-1.0 ppb⁽⁴⁴⁾。1992/1993 年在德國易北河 2 處檢出三氯乙烯，漢堡上游 Zollenspieker 地區濃度為 20-132 ng/L，漢堡下游的 Seemannshoft 濃度則為 13-117 ng/L，來自歐洲幾個國家（比利時、法國、德國、西班牙、荷蘭、義大利）處理過的地面水濃度則為未檢出至 7.4 µg/L⁽⁴⁵⁾。

6. 健康評量及毒理資料：

三氯乙烯被認為是一種中樞神經系統之鎮靜劑。其暴露方式有吸入和攝食等，除非飲用水中之濃度大於 10 µg/L，否則經空氣吸入的暴露量遠大於食物或水中攝食的暴露量。在以動物為實驗對象之研究中發現，吸入大量三氯乙烯會導致中樞神經系統衰弱，以及抑制心臟功能。長期暴露下會導致人體肝臟受損和小白鼠的肝細胞病變，對小白鼠具致癌性⁽⁵⁾。在許多細菌實驗中，三氯乙烯被報導具有致突變性，如在 E.Coli K12 與 B6C3-F1 Mouse Liver 中，均呈正反應，在酵母菌中也有同樣的結果。經由職業上及受污染飲用水中的長期暴露顯示三氯乙烯和許多癌症及非癌症的效應有關，短時間暴露含三氯乙烯濃度較高之空氣，能引起多種暫時性的神經系統效應，如頭暈、頭痛、嗜睡、噁心、混亂、視力模糊及虛弱，視力障礙、動作技能改變，暴露很高劑量（10,000 ppm）嚴重時甚至可引發死亡。長時間的暴露則和持續性神經系統效應有關，如神經損傷、聽力損失、彩色視覺降低、學習障礙、動作技能改變、情緒和睡眠行為改變，也會引起腎臟和肝臟毒性、免疫系統受損、生殖毒性（如月經週期改變、精子數量減少、性激素變化等）。發育中的胎兒可能是三氯乙烯的目標，在職業或飲用水暴露三氯乙烯的相關報告中，顯示有以下效應：胎兒死亡（例如流產）、低出生體重、出生缺陷（特別是心臟缺陷）以及神經和免疫系統的發展受到改變；在實驗動物的孕期暴露三氯乙烯亦可觀察到胎兒有類似的效應。

職業上暴露三氯乙烯有證據顯示和腎臟的癌症及一些肝臟和免疫系統的癌症有關，因此國際癌症研究組織（International Agency for Research on Cancer, IARC）將三氯乙烯歸類為確認是人類的致癌物，Group 1⁽⁴⁶⁾。根據報告人類的口服致死劑量估計為 3-5 mL/kg，成人失去知覺的最低濃度為 16 mg/L（3000 ppm），相當於口服 40-150 mL⁽³⁷⁾。每日可承受攝入量（Tolerable Daily Intake, TDI）為 1.46 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 50%、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 20 µg/L。美國環保署則將三氯乙烯列為極可能人類致癌物（Group B2）⁽⁵⁾，依據參考劑量（Reference Dose, RfD）為 7 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 5 µg/L。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					2443	雌小鼠/口服(1)
					2402	雌小鼠/口服
2					7161	大鼠/口服(2)
3					1282	大鼠/腹腔注射(3)
					5650	大鼠/口服
4					5680	狗/口服(4)
					2800	狗/腹腔注射
5			4.80e-02			小鼠/口服
			0.37			小鼠/口服(5)
6	5.00e-04					口服(6)

(1) Tucker AN et al; Toxicol Appl Pharmacol 62 (3): 351-7 (1982)(2)American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Documentation of the TLVs and BEIs with Other World Wide Occupational Exposure Values. 7th Ed. CD-ROM Cincinnati, OH 45240-1634 2013., p. 1

(2) Lewis, R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 3527

(4) WHO; Environmental Health Criteria 50; Trichloroethylene p.55 (1985)

(5) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=wignall&casrn=79-01-6

(6) IRIS

7.處理技術／成本分析：

三氯乙烯為揮發性有機物，其最佳處理技術主要包括粒狀活性碳(Granular Activated Carbon, GAC)吸附法⁽¹¹⁾、煮沸法(Boiling)與填充塔曝氣法(Packed Tower Aeration)。在曝氣法中需注意後續造成空氣污染及控制之問題。利用煮沸法則必須盡量位於通風良好之處，以減少對揮發後之三氯乙烯暴露的情形。另外，Pirbazari 等人⁽¹³⁾以微過濾(Microfiltration, MF)和粉狀活性碳(Powdered activated carbon, PAC)的組合來處理有機化合物污染水。發現 PAC 在去除如腐植質的溶解性有機物時，可減輕膜垢效應及濃度極化的問題。同時亦顯示 TCE 和溶解性有機物的去除率分別可達到 99.8%和 60%。

8.國內外管制情形^(14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27)：

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.005	0.005	0.02	0.01	0.01	0.01	-	0.005	0.03

9.行政考量：

目前國內水質標準分類中將三氯乙烯列入「影響健康物質」，管制值為 0.005 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三氯乙烯，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：

三氯乙烯為具有危害人體健康之毒害物質，且為國內環保署原訂之管制項目，因此建議持續列為優先管制項目。

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] Guidelines for Drinking-Water Quality, World Health Organization, (2006).
- [4] Mckenna, M.J. et al. The Fate of Vinylidene Chloride Following Inhalation Exposure and Oral Administration in the rat. Proceedings of the society of Toxicology, 206(1977).
- [5] American Water Works Association, Frederic W. Pontius, Water Quality and Treatment, Fourth Edition, (1990).
- [6] 蔣本基，自來水廠中微量有機物之生成機制及控制技術研究(I)，國科會，1988。
- [7] 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）。
- [8] 行政院環保署，飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，行政院環保署（2002）。
- [9] 行政院環保署，非法棄置場址地下水污染潛勢調查計畫，（2005）。
- [10] 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）。
- [11] Environmental Protection Agency, 40 CFR Ch.I (7-1-95-Edition)。
- [12] Love, O.T., Jr., and R.G. Eillers, Treatment of Drinking Water Containing Trichloroethylene and Related Industrial solvents. JAWWA. August. (1982)。
- [13] Pirbazart et al.: Mf PAC for Treating Waters contaminated with Natural and synthetic Organice, Journal, AWWA, 1992 Vol.84pp.95～103。
- [14] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」（2014 修正）
- [15] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [16] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [17] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [18] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [19] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [20] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [21] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [22] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [23] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [24] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [25] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [26] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [27] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [28] Barrett AM, Nunn JF; British Journal of Anaesthesia 44: 306-312 (1972)
- [29] Ligocki MP et al; Atmos Environ 19: 1609-17 (1985)
- [30] El-Farham YH et al; Wat Res Research 34: 437-45 (1998)

- [31] Wilson JT et al; in Symp Nat Atten Chlorin Org Ground Water, USEPA/540/R-96/509 (1996)
- [32] Tancrede M et al; Atmos Environ 26A: 1103-11 (1992) (2) Biziuk M et al; Intern J Environ Anal Chem 50: 109-15 (1993)
- [33] Jeffers PM, Wolfe NL; Environ Toxicol Chem 17: 1066-1070 (1996)
- [34] Boublik T et al; The Vapour Pressures of Pure Substances, Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science Publ p. 87 (1984)
- [35] Rathbun RE; Transport, Behavior, and Fate of Volatile Organic Compounds in Streams. USGS Professional Paper 1589, PB98-163397 (1998)
- [36] Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 5-9, 15-1 to 15-29 (1990)
- [37] Gosselin, R.E., R.P. Smith, H.C. Hodge. Clinical Toxicology of Commercial Products. 5th ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1984., p. II-165
- [38] ATSDR; Toxicological Profile for Trichloroethylene. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Public Health Service (2014). Available from, as of Dec 12, 2016: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/index.asp>.
- [39] Dyksen JE, Hess AF III; J Amer Water Work Assoc 74: 394-403 (1982)
- [40] Council on Environmental Quality Contamination of Groundwater by Toxic Organic Chemicals pp. 26-34 (1980)
- [41] Squillace PT et al; Div Environ Chem Preprints Extend Abst 37: 372-3 (1997)
- [42] Abe A; Sci Total Environ 227: 41-7 (1999)
- [43] Juhler RK, Felding G; Water Air Soil Pollut 149: 145-61 (2003)
- [44] Ohio River Valley Water Sanit Comm 190-81 Assessment of Water Quality Conditions (1982)
- [45] Palacios M et al; Water Res 34: 1002-16 (2000)
- [46] 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. V106 31-2 (2014)

附錄 4.11 四氯化碳

1. 水質項目名稱：四氯化碳（Carbon Tetrachloride）

別名：四氯甲烷（TETRACHLOROMETHANE）

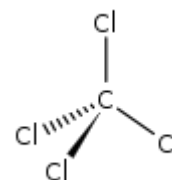
過氯甲烷（PERCHLOROMETHANE）

BENZINOFORM、CARBON TEL、NECATORINA
(CAS：56-23-5)2. 化學式：CCl₄（分子量 153.82）

結構式：

3. 單位：μg/L

4. 分析方法：



四氯化碳	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
分析方法	(1) 6200B,C	(1) 吹氣捕捉-填充管柱氣相層析法 (NIEA W780.50T) (2) 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) (3) 吹氣捕捉／氣相層析質譜儀法 (NIEA W785.54B)

5. 環境背景資料：

四氯化碳並非天然形成，而是人工化學合成物，主要來源為製造氟氯碳化物等冷媒及發泡劑，其暴露在環境中最主要的途徑是製造或使用四氯化碳時，釋放於空氣之中，而且四氯化碳常被當作溶劑使用，由於它具有高揮發性，所以易大量散逸於大氣之中⁽³⁾。1987 年蒙特婁議定書（Montreal Protocol）訂定管制時程以限制四氯化碳之製造與使用，避免其對臭氧層的破壞。主要來源為工業排放至空氣及廢水，地表水中的四氯化碳容易因蒸發進入大氣中，但於厭氧地下水中則可能存在數月至數年之久。目前已知四氯化碳主要之暴露來源為吸入，一般人暴露四氯化碳主要是經由空氣，遠高於經食物或飲用水的攝取，暴露原因多是因工作場所發生意外洩漏而吸入四氯化碳。

空氣中：空氣中的四氯化碳由於蒸汽壓的關係，在大氣中以蒸汽方式存在，氣態的四氯化碳會和光化學反應產物之氫氧自由基反應而降解，此反應半衰期估計為 366 年，四氯化碳直接光解在對流層中並不重要，但在平流層中，因較高的輻射能量（195-254 nm）將導致四氯化碳分解及臭氧會被消耗（臭氧層破壞），而且四氯化碳在平流層中可穩定停留 30-50 年⁽²⁶⁾。

土壤中：四氯化碳在土壤中的 K_{oc} 為 71⁽²⁷⁾，因此具有高度移動性，且亨利常數為 2.76×10⁻² atm·m³/mole⁽²⁸⁾，從潮濕土壤表面揮發為重要的亦散途徑，也會從乾燥的土壤表面揮發。在土壤中 7 天內可好氧降解>87%⁽²⁹⁾，在滲濾液樣品中發現的四氯化碳，在 10 天和 50 天內分別分解 100%和 90%⁽³⁰⁾。

水中：四氯化碳在水中不易經由懸浮固體和底泥吸附而移除，但容易從水體表面揮發⁽³¹⁾，由模式河流和模式湖泊估算，揮發半衰期為 1.3 小時和 5 天。四氯化碳的 BCF 為 3.2-7.4⁽³²⁾，顯示對水中生物的生物濃縮性低，而在 25℃ 的水體環境中，水解半衰期為 7000 年。

表一、四氯化碳物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	$1.15 \times 10^2 \text{ mmHg}$ (25 °C)	(33)
亨利常數	$2.76 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{m}^3/\text{mole}$	(28)
Koc	71	(27)
BCF	3.2-7.4	(32)

人體可能的暴露途徑：

職業上暴露到四氯化碳可能在有生產或使用四氯化碳的工作場所吸入，一般民眾可能吸入周圍空氣，或攝入受污染的食物或飲水，以及皮膚接觸含有四氯化碳的產品。四氯化碳在地下水中亦曾被檢出。

環境水體中的濃度：

根據美國環保署的報告中，四氯化碳在表面水及地下水中的污染相當少，地下水中四氯化碳的濃度不到 1% 大於 $0.5 \mu\text{g/L}$ ，不到 0.2% 大於 $5 \mu\text{g/L}$ ⁽³⁾。飲用水供水中有 10% 的濃度低於 $2 \sim 3 \mu\text{g/L}$ ⁽⁴⁾。

飲用水：1984 年 6 月，美國威斯康辛州報告檢測 1147 個社區用井及 617 個私人井水，無檢出四氯化碳⁽³⁴⁾，來自於 Love Canal 中的 9 個家庭的飲用水則測得 0-190 ppt⁽³⁵⁾，紐約和紐澤西的井水中測得 135-400 ppb⁽³⁶⁾，美國 80 個城市檢測出濃度範圍為 0-4 ppb⁽³⁷⁾。

76~78 年對臺灣環境水體中揮發性有機物分析，其結果顯示基隆六堵水廠原水、臺灣北部三芝海水和南部近海的海水及地下水中四氯化碳的濃度均為 ND；而基隆河六堵水廠飲用水因經氯化處理，其濃度為 $0.1 \sim 5.18 \mu\text{g/L}$ ，平均值則為 $3.51 \mu\text{g/L}$ ⁽⁵⁾。79~80 年間，其濃度為 ND~ $4.3 \mu\text{g/L}$ ，平均值為 $1.07 \mu\text{g/L}$ 。83~84 年間自來水檢驗中心，針對臺灣飲用水之抽樣分析中，在 276 個水樣中，僅出現一次 $0.9 \mu\text{g/L}$ 濃度之四氯化碳，其餘皆為 ND，在水源方面亦皆為 ND。84 至 86 年間，環保署委託執行之自來水研究計畫，針對七個代表性淨水場的例行採樣分析中（樣本數為 126 個），檢測結果皆為 ND⁽⁶⁾。自來水公司 96-105 年各淨水場水中四氯化碳之檢測結果分布皆為 ND。

91 年環保署委託計畫針對 25 縣市飲用水供水管線之清水進行分析，125 處採樣點中四氯化碳濃度皆為 ND⁽⁷⁾。94 年環保署委託工研院進行非法棄置場址地下水調查，30 處高地下水污染潛勢之場址中，地下水四氯化碳濃度皆為 ND⁽⁸⁾。

6. 健康評量及毒理資料：

四氯化碳的可能曝露途徑有皮膚接觸、吸入和食入，在健康上有非常廣泛之影響，包括致癌性並危害到肝臟與腎臟的功能⁽⁹⁾等。動物和人類的腸胃道和呼吸道對於四氯化碳的吸收率佳，皮膚可吸收液態四氯化碳，但皮膚對於氣態的四氯化碳則吸收慢。四氯化碳進入人體後可分布全身，在肝臟、腦、腎臟、肌肉、脂肪和血液中的濃度較高。四氯化碳本身先經由呼出的氣體排出體外，少量由糞便和尿液排出。由注射、口服及吸入之四氯化碳急性與亞急性中毒事件中發現會對

皮膚、呼吸、血液與腎臟、眼球、胰臟等造成不良之影響。一般而言，四氯化碳之毒性對肝臟併發症之頻率較高。在對小鼠、大鼠及田鼠的實驗中，發現經由口服、接觸和吸入的曝露，會導致肝臟及其它形式的腫瘤發生⁽⁴⁾。在致突變性之實驗上，四氯化碳則大都呈現負反應。四氯化碳之轉化首先由細胞色素 P-450 酵素催化，導致反應性三氯甲基自由基的形成，肝臟和腎臟是四氯化碳毒性的標靶器官，現有數據顯示四氯化碳不具致畸胎性，為非遺傳毒性化合物。在人體中，暴露四氯化碳的急性症狀與攝入途徑無關，主要出現在腸胃道和神經症狀，如噁心、嘔吐、頭痛、眩暈、呼吸困難和死亡，暴露 24 小時後可能顯示肝臟損傷，中毒後通常在 2~3 週內明顯腎臟損傷⁽³⁹⁾。

國際癌症研究組織（International Agency for Research on Cancer, IARC）將四氯化碳分類為極可能人類致癌物（Group 2B）⁽⁴⁾，每日可承受攝入量（tolerable Daily Intake, TDI）為 1.4 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 4 µg/L。另一方面，美國環保署也將四氯化碳列為極可能人類致癌物（Group B2）⁽¹⁰⁾，依據參考劑量（Reference Dose, RfD）為 0.7 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（Maximun Contaminated Level, MCL）為 5 µg/L。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					2920 12800 6380 3680	大鼠/口服(1) 小鼠/口服 兔子/口服 倉鼠/口服
2		12.0	12.0 25.0 625			小鼠/口服(2) 大鼠/口服 小鼠/口服
3	4.00e-03 4.55e-04					口服(3) 皮膚

(1) Clayton, G.D., F.E. Clayton (eds.) Patty's Industrial Hygiene and Toxicology. Volumes 2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F: Toxicology. 4th ed. New York, NY: John Wiley & Sons Inc., 1993-1994., p. 4072.

(2) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=echa&casrn=56-23-5

(3) ACToR

7.處理技術：

四氯化碳為揮發性有機物，其最佳處理技術包括粒狀活性碳（Granular activated Carbon, GAC）吸附法⁽¹⁰⁾、煮沸法（Boiling）與填充塔曝氣法（Packed Tower Aeration）⁽¹¹⁾，目前國內缺乏相關之成本分析資料。Combs⁽¹¹⁾與 Love and Eilers 指出 5 分鐘有效地煮沸可去四氯化碳達 99% 以上。在曝氣法中需注意後續造成空氣污染及控制之問題。煮沸法則必須盡量位於通風良好之處，以減少對揮發後之四氯化碳暴露的情形。

8.國內外管制情形^(12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25)：

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.005	0.005	0.004	-	-	0.03	0.003	0.002	0.002

9.行政考量：

目前國內水質標準分類中將四氯化碳列入「影響健康物質」，管制值為 0.005 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：

四氯化碳為有危害人體健康之毒害物質，且為國內環保署原訂之管制項目，建議持續列為優先管制項目。

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] U.S. EPA. U.S. Environmental Protection Agency. Carbon Tetrachloride Occurrence in Drinking Water, food, and Air. Office of Drinking Water.(1983).
- [4] Guidelines fo Drinking-Water Quality, World Health Organization, 3rd Edition, (2006).
- [5] 蔣本基等，自來水廠中微量毒性有機物之生成機制及控制技術研究（I）國科會，（1988）。
- [6] 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）。
- [7] 行政院環保署，飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，行政院環保署（2002）。
- [8] 行政院環保署，非法棄置場址地下水污染潛勢調查計畫，（2006）。
- [9] Recknagel. R.O. & Litteria. M. Biochemical Changes in Carbon Tetrachloride Fatty Liver：Concentration of Carbon Tetrachloride on Liver and Blood. American Journal of Pathology. 36:521(1960)。
- [10] American Water Works Association, Frederic W. Pontius, Water Quality and Treatment, Fourth Edition, (1960).
- [11] Combs, W. S. 1980. Removal of Chlorinated Solvents from Water by boiling State of Rhode Island and Providence Plantations Dept. of Health, Providence, RI.(MIMEO)(1980).
- [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)
- [14] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [15] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [16] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [17] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [18] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)

- [19] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [20] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [21] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [22] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [23] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [24] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [25] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [26] Galbally IE; Science 193: 573-6 (1976)
- [27] Sabljic A; J Agric Food Chem 32: 243-6 (1984)
- [28] Leighton DT Jr, Calo JM; J Chem Eng 26: 382-5 (1981)
- [29] Tabak HH; J Water Pollut Control Fed 53: 1503-18 (1981)
- [30] Kromann A et al; Waste Manage Res 16: 54-62 (1998)
- [31] Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 4-9, 15-1 to 15-29 (1990)
- [32] 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 (1992)
- [33] Boublik T et al; The Vapor Pressures of Pure Substances. NY, NY: Elsevier Sci Pub pp. 27-28 (1984)
- [34] Krill RM, Sonzogni WC; J Am Water Works Assoc 78: 70-5 (1986)
- [35] Barkley J et al; Biomed Mass Spectrom 7: 139-47 (1980)
- [36] Burmaster DE; Environ 24: 6-13, 33-6 (1982)
- [37] Symons JM et al; J Amer Water Works Assoc 67: 634-47 (1975)
- [38] Environmental Health Criteria 208: Carbon Tetrachloride pp. 1-5 (1999) by the International Programme on Chemical Safety (IPCS) under the joint sponsorship of the United Nations Environment Programme, the International Labour Organisation and the World Health Organization

附錄 4.12 1,1,1-三氯乙烷

1.水質項目名稱：1,1,1-三氯乙烷（1,1,1-Trichloroethane, 1,1,1-TCA）

別名：三氯乙烷（TRICHLOROETHANE）

甲基氯仿（METHYLCHLOROFORM）

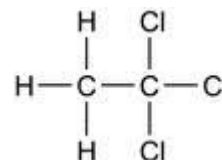
CHLOROTHENE、AEROTHENE

（CAS：71-55-6）

2.化學式： $C_2H_3Cl_3$

3.使用單位：mg/L

4.分析方法：



1,1,1-三氯乙烷	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ （分類索引編號）	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ （分類索引編號）
分析方法	(1) 6040B (2) 6200B,C	(1)吹氣捕捉-填充管柱氣相層析法 (NIEA W780.50T) (2)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） (3)吹氣捕捉／氣相層析質譜儀法 (NIEA W785.54B)

5.環境背景資料：

1,1,1-三氯乙烷（1,1,1-TCA）為化學合成物，一般自然中並不存在。1,1,1-三氯乙烷廣泛地被用於電器設備作為黏著劑、塗料及紡織染料的清潔溶劑、以及作為冷卻劑及潤滑劑。因此 1,1,1-三氯乙烷之主要來源為大量溶劑在使用中揮發而進入大氣中⁽³⁾，在空氣中皆可發現微量的三氯乙烷。部份進入地表水及地下水中的 1,1,1-三氯乙烷濃度多半低於 20 µg/L，少數實例的濃度高於 150 µg/L，顯示暴露多半經由其他來源。

空氣中：空氣中的 1,1,1-三氯乙烷因蒸汽壓為 124 mmHg（25 °C）⁽³⁰⁾，故多以氣態的方式存在，氣態的 1,1,1-三氯乙烷會被空氣中光化學反應產生的氫氧自由基反應所分解，半衰期為 4.6 年。1,1,1-三氯乙烷的 UV 吸收光譜為 160-255 nm⁽³¹⁾，因此不會吸收波長>290 nm 的光線，故在對流層中不會直接受到陽光照射而光解，在大氣中存在的壽命長，則逐漸擴散到臭氧層上方的平流層，受到 UVC 的照射而緩慢直接光解，而減少平流層中的臭氧量⁽³²⁾。

土壤中：土壤中的 1,1,1-三氯乙烷其 K_{oc} 為 66-151⁽³³⁾，因此具有高度移動性，從潮濕的土壤表面揮發為重要的途徑，也能由乾燥的土壤表面揮發，在土壤中能緩慢的被生物降解，有實驗數據顯示在厭氧條件下可能發生生物降解⁽³²⁾。

水中：水中的 1,1,1-三氯乙烷不容易被懸浮固體及底泥吸附，而容易從水體表面揮發而去除⁽³⁴⁾，揮發半衰期自模式河流和湖泊估計分別為 3.4 小時和 4.6 天。在厭氧或有氧條件下能發生緩慢的生物降解，降解時間可能要數週才會發生，且馴化為重要的影響因素。在鯉魚和藍鰐太陽魚的 BCF 為 0.7-8.9⁽³⁵⁾，顯示對水中生物的生物濃縮性低。

表一、1,1,1-三氯乙烷物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	124 mmHg (25 °C)	(30)
亨利常數	0.0163 atm·m ³ /mole	(36)
K _{oc}	66-151	(33)
BCF	0.7-8.9	(35)

人體可能的暴露途徑：

職業上暴露可能在有生產或使用 1,1,1-三氯乙烷的工作場所吸入，一般民眾可能吸入周圍空氣，或攝入受污染的食物或飲水，以及皮膚接觸含有 1,1,1-三氯乙烷的產品。

境水體中的濃度：地下水：

1,1,1-三氯乙烷在地下水受污染程度尤為嚴重，從井中抽取的飲用水約 3% 含有 1,1,1-三氯乙烷，其濃度高於 0.5 µg/L⁽³⁾。美國 13 個城市的地下水，曾在 23% 水樣中測到 1,1,1-三氯乙烷，濃度最高為 13 ppb⁽³⁷⁾。丹麥在 1993-2001 的國家地下水監測計畫中，篩檢 1068 個地下水樣，有 19 個測出 1,1,1-三氯乙烷，中位數和最大濃度為 0.06 和 0.39 µg/L⁽³⁸⁾。

飲用水：

美國調查 133 個城市處理後的地表水源清水，測得 1,1,1-三氯乙烷最大濃度 3.3 ppb，中位數 0.4 ppb；22% 的樣本來自於 12 個城市的地下水源清水，則 1,1,1-三氯乙烷濃度中位數為 2.1 ppb，最大濃度為 3.0 ppb⁽³⁷⁾。美國在 1993-1998 年收集 16116 個社區的飲用水樣，有 1097 個樣本檢出 1,1,1-三氯乙烷，濃度範圍為 0.1-191 µg/L⁽³⁹⁾。

75 年 10 月～76 年 3 月對臺灣主要淨水場水源中微量有機物之分析結果，顯示其 1,1,1-三氯乙烷濃度為 ND～1.3 µg/L；而 76 年 11 月～78 年 3 月的檢驗結果，基隆六堵水廠原水含 1,1,1-三氯乙烷為 2.3～4.6 µg/L，平均值 3.99 µg/L；而臺灣北部三芝海水測得其值為 0.58 µg/L，至於南部近海的海水及地下水濃度則為 ND；飲用水則有基隆河六堵水廠，其 1,1,1-三氯乙烷的範圍，為 12.52～45.11 µg/L 平均值為 34.52 µg/L⁽⁴⁾。79～80 年間在六堵及暖暖水廠針對原水調查分析中，1,1,1-三氯乙烷的濃度分別為 ND～1.27 µg/L（平均值為 0.59 µg/L）及 ND～0.81 µg/L（平均值為 0.3 µg/L）。83～84 年自來水檢驗中心對臺灣飲用水分析中 1,1,1-三氯乙烷在 276 個水樣中，濃度為 ND～2.5 µg/L，其中 250 個 ND。84 至 86 年間，環保署委託執行之自來水研究計畫例行採樣中，針對七個淨水場（126 個樣品中），1,1,1-三氯乙烷分析結果均為 ND⁽⁵⁾。自來水公司 96-105 年各淨水場水中 1,1,1-三氯乙烷之檢測結果分布為 ND-0.00022 mg/L，皆符合法規標準。

91 年環保署委託計畫針對 25 縣市飲用水供水管線之清水進行分析，125 處採樣點中 1,1,1-三氯乙烷濃度皆為 ND⁽⁶⁾。94 年環保署委託工研院進行非法棄置場址地下水調查，30 處高地下水污染潛勢之場址中，地下水 1,1,1-三氯乙烷濃度皆為 ND⁽⁷⁾。

6.健康評量及毒理資料：

1,1,1-三氯乙烷可快速被肺部及腸道吸收，經由人類及動物的代謝產率十分有限，分別僅 6% 及 3%。⁽⁸⁾ 1,1,1-三氯乙烷吸入時為急性中毒，在健康上的影響有肺部充血與水腫現象⁽⁹⁾，肝臟之脂肪質有空泡狀態（脂肪肝）⁽⁶⁾。短時間吸入非常高濃度的 1,1,1-三氯乙烷可能會引起嚴重的心律失常和死亡。早期症狀包括輕度眼睛和鼻子不適，以及平衡和協調障礙。較嚴重的暴露引起疲勞增加和頭痛，以及嚴重中毒時發生中樞神經抑制。在密閉空間的職業暴露以及溶劑濫用的情況下，發生過幾起死亡事件。在動物實驗中，Bruckner et al.⁽¹⁰⁾以 1,1,1-三氯乙烷每星期餵食大白鼠五次，持續 12 個星期餵食結果 2.5 與 5.0 g/kg 之大白鼠有體重減輕與中樞神經受抑制現象。Simmon et al.⁽¹¹⁾以 1,1,1-三氯乙烷在 *S. Typhimurium* 品種測試中，有導致突變的現象。

國際癌症研究組織（International Agency for Research on Cancer, IARC）將 1,1,1-三氯乙烷歸類為第三級（Group 3），無適當致癌證據之化合物，世界衛生組織（World Health Organization, WHO）曾於 1993 年考慮飲水貢獻量為 10%、成人體重 60 kg、每人每日飲水 2 公升等因素，計算出準則值(Guideline Value, GV) 為 2000 µg/L，但相關證據主要來自呼吸暴露而非飲水暴露，而後考量飲用水中濃度遠低於引發毒性效應之濃度，故目前（2006 年版本）改為不需訂定準則值⁽⁸⁾。另一方面，美國環保署也將 1,1,1-三氯乙烷列為無適當致癌證據的化合物（Group D）⁽¹²⁾，依據參考劑量（Reference dose, RfD）為 35 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（Maximun Contaminated Level, MCL）為 0.2 mg/L。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (ppm)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					24,000 ppm/1 hr 13,500 ppm/1 hr	大鼠/吸入(1) 小鼠/吸入
2					3100 9600 3593 3636 750	狗/腹腔注射(2) 大鼠/口服 大鼠/腹腔注射 小鼠/腹腔注射 狗/口服
3					10300- 12300 4700	大鼠/口服(3) 小鼠/腹腔注射
		1430				小鼠/口服(4)
4	2.0					口服/慢性(5)

- (1) Verschueren, K. Handbook of Environmental Data of Organic Chemicals. 2nd ed. New York, NY: Van Nostrand Reinhold Co., 1983., p. 1131
- (2) Lewis, R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 2411
- (3) Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives; WHO Food Additive Series 16: Toxicological Evaluation of Ceratain Food Additives: 1,1,1-Trichloroethane (1981). Available from, as of December 18, 2007: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v16je26.htm>
- (4) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=echa&casrn=71-55-6
- (5) ACToR

7.處理技術／成本分析：

1,1,1-三氯乙烷為揮發性有機物，可行最佳處理技術主要包括粒狀活性碳（Granular Activated Carbon, GAC）吸附法⁽¹³⁾、煮沸法(Boiling)與填充塔曝氣法（Packed Tower Aeration），目前國內缺乏相關成本分析資料。Kavanaugh & Trussell⁽¹⁴⁾指出 1,1,1-三氯乙烷亨利常數為 400 atm，易於曝氣去除，在擴散式曝氣管柱模型廠試驗中空氣／水為 4:1，1,1,1-三氯乙烷去除率達 90%（入流濃度為 237 µg/L）。Love & Eilers⁽¹⁵⁾指出填充塔曝氣模型試驗，對 1,1,1-三氯乙烷也有 74～94%去除率；而 5 分鐘有效地煮沸處理 1,1,1-三氯乙烷，去除率也有 96%。在曝氣法中需注意後續造成空氣污染及控制之問題。利用煮沸法則必須盡量位於通風良好之處，以減少對揮發後之 1,1,1-T 三氯乙烷暴露的情形。

8.國內外管制情形^(16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29)

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.2	0.2	-	-	-	0.01	-	-	1

9.行政考量：

目前國內水質標準分類中將 1,1,1-三氯乙烷列入「影響健康物質」，管制值為 0.2 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 1,1,1-三氯乙烷，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：

1,1,1-三氯乙烷具有危害人體健康之毒害物質，且為國內環保署原訂之管制項目，建議持續列為優先管制項目。

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] U.S. EPA Health Advisories for 25 Organics (U.S.)Environmental Protection agency Washington, DC.(1988).
- [4] 蔣本基，自來水廠中微量有機物之生成機制及控制技術研究(I)，國科會，(1988)。
- [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] 行政院環保署，飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，行政院環保署（2002）。
- [7] 行政院環保署，非法棄置場址地下水污染潛勢調查計畫，（2006）。
- [8] Guidelines for Drinking-Water Quality, World Health Organization, (2006).
- [9] Caplan, Y.J., R.C. Backer and J.Q. Whitaker. 1,1,1-Trichloroethane, Report of a Fatal Intoxication, Clin. Toxicol.(1976)
- [10] Bruckner, J.V., S. Muralidhara, W.F. Mackenzie, G.M. Kyle and R. Luthra., Acute and Subacute Oral Toxicity Studies of 1,1,1-trichloroethane(TRI)in Rats., The Toxicologist.(1985).

- [11] Mmon, V.F., A. Kauhanen and R.G. Tardiff. Mutagenic Activity of Chemicals Identified in Drinking Water. In: Scott, Bridges and Sobels, eds. Progress in Genetic toxicology. Developments in Toxicology and Environmental Science Vol. 2, Elsevier, North Holland, Amsterdam.(1977)pp. 249-258.
- [12] American Water works Association, Frederic W. Pontius, Water Quality and Treatment, fourth Edition,(1990)。
- [13] Environmental Protection agency, 40 CFR Ch.I(7-1-95 Edition).
- [14] Kavanaugh, M.C., and R.R. Trussell. Design of Aeration Towers to strip volatile Contaminants from Drinking Water, Journal AWWA. December.(1980).
- [15] Love, O.T., and R.G. Eilers. Treatment of drinking Water Containing Trichloroethylene and Related Industrial solvents. Journal AWWA. August.(1982).
- [16] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [17] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [18] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [19] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [20] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [21] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [22] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [23] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [24] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [25] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [26] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [27] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [28] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [29] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [30] Daubert TE, Danner RP; Physical and Thermodynamic Properties of Pure Chemicals Data Compilation. Supplement 5. Washington, DC: Taylor and Francis (1995)
- [31] Hubrich C, Stuhl F; J Photochem 12: 93-107 (1980)
- [32] ATSDR; Toxicological Profile for 1,1,1-Trichloroethane. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Public Health Service (2006). Available from, as of Dec 17, 2014: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/index.asp>)
- [33] Borisover MD Graber ER; Chemosphere 34: 1761-1766 (1997)
- [34] Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 15-1 to 15-29 (1990)
- [35] NITE; Chemical Risk Information Platform (CHRIP). Biodegradation and Bioconcentration. Tokyo, Japan: Natl Inst Tech Eval. Available from, as of Dec 18, 2014: <http://www.safe.nite.go.jp/english/db.html>
- [36] Warneck P; Chemosphere 69: 347-361 (2007)
- [37] Coniglio WA et al; EPA Briefing. Criteria and Standards Div. Sci Technol Branch. Exp Assess Proj p. 16 (1980)
- [38] Juhler RK, Felding G; Water Air Soil Pollut 149: 145-61 (2003)
- [39] Grady SJ, Casey GD; Occurrence and Distribution of Methyl tert-Butyl Ether and Other Volatile Organic Compounds in Drinking Water in the Northeast and Mid-Atlantic Regions of the United States, 1993-98. WRIR 00-4228. US Dept Interior,

US Geological Survey (2001). Available from, as of Dec 19, 2014: http://sd.water.usgs.gov/nawqa/vocns/dw_12state.html

附錄 4.13 1,2-二氯乙烷

1.水質項目名稱：1,2-二氯乙烷（1,2-Dichloroethane）

別名：氯化乙烷（ETHYLENE CHLORIDE）

DUTCH OIL，DUTCH LIQUID

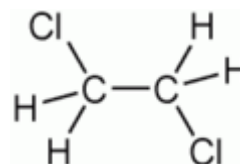
（CAS：107-06-2）

2.化學式：C₂H₄Cl₂（分子量 98.96）

結構式

3.使用單位：mg/L

4.分析方法：



1,2-二氯乙烷	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ （分類索引編號）	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ （分類索引編號）
分析方法	(1) 6200B,C	(1)吹氣捕捉-填充管柱氣相層析法 (NIEA W780.50T) (2)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) (3)吹氣捕捉／氣相層析質譜儀法 (NIEA W785.54B)

5.環境背景資料：

1,2-二氯乙烷非天然形成，為一種人工化學物品，主要來源為製造氯乙烯單體之中間產物或用在氯化物的製造，在肥皂、鉛清除劑、溶劑和以前作為燻蒸劑⁽²⁸⁾都可能有 1,2-二氯乙烷的釋放，1,2-二氯乙烷可經由製造或使用工廠之廢水排放至水體環境⁽³⁾，可長時間存在地下水中。美國有 28 個城市，曾發現二氯乙烷含量超過 6 µg/L⁽⁴⁾。

空氣中：空氣中的 1,2-二氯乙烷，由於其蒸汽壓為 78.9 mmHg⁽²⁹⁾，將以蒸汽的方式存在，氣態的 1,2-二氯乙烷會和光化學反應產生的氫氧自由基反應而分解，半衰期估計為 63 天。由監測資料顯示夜晚和清晨的 1,2-二氯乙烷濃度最高⁽³⁰⁾，因此顯示 1,2-二氯乙烷可受光氧化反應。

土壤中：1,2-二氯乙烷的 K_{oc} 為 33⁽³¹⁾，因此在土壤中具有高度移動性，可從潮濕的土壤表面揮發，由其蒸汽壓 78.9 mmHg⁽²⁹⁾顯示亦可能從乾燥的土壤表面揮發。在好氧環境中以污水廠活性污泥植菌進行 5-10 天 BOD 試驗為 0-7%，顯示 1,2-二氯乙烷不容易生物降解⁽³²⁾。

水中：水中的 1,2-二氯乙烷不容易經由吸附在懸浮固體顆粒或底泥而去除，經由水體表面揮發應是主要自水中移除的方式。從模式的河流及湖泊估計揮發半衰期為 4 小時及 4 天。且 BCF 為 2⁽³³⁾顯示水中生物濃縮性低，且因結構上在天然環境條件中缺乏水解的官能基⁽³⁴⁾，在水中也不易透過水解方式而去除。

表一、1,2-二氯乙烷物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	78.9 mmHg (25 °C)	(29)
亨利常數	1.18×10^{-3} atm-m ³ /mole	(35)
Koc	33	(31)
BCF	2	(33)

人體可能的暴露途徑：

職業上暴露可能在有生產或使用 1,2-二氯乙烷的工作場所吸入，如醫院、鼓風爐廠、鋼鐵廠及航空運輸業⁽³⁶⁾。一般民眾可能吸入環境外空氣，或少量攝入受污染的飲水，而來自食物的暴露是非常微量可以忽略，以及皮膚接觸含有 1,2-二氯乙烷的消費品，如汽車產品、潤滑油和潤滑劑等⁽³⁷⁾。且水中加氯消毒不會讓飲用水中產生 1,2-二氯乙烷⁽³⁴⁾。

環境水體中的濃度：

地下水：自美國 13 個城市的地下水原水樣本中，7.7%樣本測得 1,2-二氯乙烷，濃度為 0.2 ppb⁽³⁸⁾。在美國州立地下水調查，7%水樣有檢測到 1,2-二氯乙烷，其中有 2 個州的最大濃度為 400 ppb。

飲用水：美國調查 133 個城市，以地表水為水源的清水 4.5%檢出 1,2-二氯乙烷⁽³⁸⁾，濃度為 0.8-4.8 ppb，而自 25 個城市中以地下水為水源的清水，則有 4.0%檢出，濃度平均為 0.2 ppb。

76~78 年臺灣環境水體中揮發性有機物之分析，結果顯示南部近海的海水及地下水所測得值為 ND；基隆河六堵水廠原水的濃度為 5.4~20.3 µg/L，平均值為 15.70 µg/L；而臺灣北部三芝海水則為 1.06 µg/L；飲用水方面有基隆河六堵水廠之資料，其含 1,2-二氯乙烷的濃度為 15.72~17.20 µg/L，平均值為 16.46 µg/L⁽⁵⁾。

79~80 年間在六堵及暖暖兩個水廠對原水調查中，出現之 1,2-二氯乙烷濃度分別為 ND~98.7 µg/L（平均值為 25.4 µg/L）及 ND~42.7 µg/L（平均值為 4.31 µg/L）。83~84 年間自來水檢驗中心針對臺灣之飲用水 276 個水樣之分析中，1,2-二氯乙烷濃度為 ND~1.3 µg/L，其中有 270 個 ND。環保署委託執行之自來水研究計畫，自 84 年開始針對七個代表性淨水場例行採樣中（樣本數為 126 個），尚未發現 1,2-二氯乙烷的存在⁽⁴⁾。

91 年環保署委託計畫針對 25 縣市飲用水供水管線之清水進行分析，125 處採樣點中 1,2-二氯乙烷濃度皆為 ND⁽⁶⁾。94 年環保署委託工研院進行非法棄置場址地下水調查，30 處高地下水污染潛勢之場址中，地下水 1,2-二氯乙烷濃度僅一處為 1.1 µg/L，其餘樣本皆為 ND⁽⁷⁾。自來水公司 96-105 年各淨水場水中 1,2-二氯乙烷之檢測結果分布為 ND-0.00025 mg/L，皆符合法規標準。

6. 健康評量及毒理資料：

1,2-二氯乙烷之暴露途徑經由吸入、攝食及皮膚接觸後會迅速且廣泛分布至全身，在短期、亞慢性研究中，數種動物的研究結果顯示肝臟及腎臟是 1,2-二氯乙烷的標的器官，連續暴露會導致中樞神經系統的損害並會傷害到肝臟、腎臟與

心臟血管系統⁽⁸⁾，在空氣中若每 m^3 含 4 mg 之 1,2-二氯乙烷，則會有明顯的毒性症狀產生⁽⁹⁾。二氯乙烷會抑制中樞神經系統，產生的症狀包括噁心，嘔吐，頭痛，頭暈，失去平衡、昏迷和呼吸停止。在暴露嚴重的案例中，中樞神經症狀會在數小時後首先產生，隨後是靜止期，第 2 天可能發展少尿的情形，接下來幾天可能變成肝腎功能衰竭。暴露嚴重可能造成廣泛的器官損壞（特別是腎臟、肝臟、腎上腺）以及消化道出血⁽³⁹⁾。在致癌性的研究報告中，指出雄性大白鼠在服用後有明顯的鱗片細胞癌產生，並且在幾種不同型式之測試上也證實有突變性之存在⁽¹⁰⁾。

1,2-二氯乙烷對於實驗動物有足夠證據顯示其致癌性，但在人類資料中則證據不足，因此國際癌症研究組織（International agency for Research on Cancer, IARC）將 1,2-二氯乙烷分類為極可能人類致癌物（Group 2B）⁽³⁾，USEPA 則將 1,2-二氯乙烷歸類為 B2（probable human carcinogen）。世界衛生組織（World Health Organization, WHO）依據終生暴露致癌風險為 10^{-5} ，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 $30 \mu\text{g/L}$ 。另一方面，美國環保署也將 1,2-二氯乙烷列為極可能人類致癌物（Group B2）⁽⁸⁾，依據致癌風險為 10^{-4} 、成人體重 70 kg 及每人每日飲水量 2 公升等因素，計算出飲用水中標準值為 $40 \mu\text{g/L}$ ，以及最大容許值（Maximum contaminated Level, MCL）為 0.005 mg/L 。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					870-950 860-970 3400-4600	小鼠/口服(1) 兔子/口服 兔子/經皮吸收
2					670-890	大鼠/口服(2)
3					370 700	小鼠/腹腔注射(3) 大鼠/皮下注射
4					807 5700	大鼠/腹腔(4) 狗/口服
5					413 489	雌小鼠/口服(5) 雄小鼠/口服
6		37.5	240			大鼠/口服/亞慢性(6)
7	0.02 0.02					口服(7) 皮膚

- (1) Larson, L.L., Kenaga, E.E., Morgan, R.W. Commercial and Experimental Organic Insecticides. 1985 Revision. College Park, MD: Entomological Society of America, 1985., p. 26
- (2) Tomlin, C.D.S. (ed.). The Pesticide Manual - World Compendium. 10th ed. Surrey, UK: The British Crop Protection Council, 1994., p. 417
- (3) Hayes, W.J., Jr., E.R. Laws, Jr., (eds.). Handbook of Pesticide Toxicology. Volume 2. Classes of Pesticides. New York, NY: Academic Press, Inc., 1991., p. 685
- (4) Lewis, R.J. Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 9th ed. Volumes 1-3. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1996., p. 1547
- (5) DHHS/ATSDR; Toxicological Profile for 1,2-Dichloroethane p. 34 TP-93/06 (1994)
- (6) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=echa&casrn=107-06-2
- (7) ACToR

7.處理技術／成本分析：

1,2-二氯乙烷為揮發性有機物，最佳處理技術主要包括粒狀活性碳（Granular Activated Carbon, GAC）吸附法⁽⁸⁾、煮沸法（Boiling）與填充塔曝氣法（Packed Tower Aeration），目前國內缺乏相關成本分析資料。Kavanaugh & Trussell⁽¹¹⁾指出 1,2-二氯乙烷的亨利常數為 61 atm，易於曝氣去除。ESE⁽¹²⁾，以填充塔曝氣研究指出，空氣／水比值在 5~45 間，1,2-二氯乙烷去除率可達 85%~98.5%。Love⁽¹³⁾指出煮沸法可應用在短期或緊急上，5~10 分鐘，有效地煮沸可去除 1,2-二氯乙烷達 88~98%。在曝氣法中需注意後續造成空氣污染及控制之問題。利用煮沸法則必須盡量位於通風良好之處，以減少對揮發後之 1,2-二氯乙烷暴露的情形。

8.國內外管制情形^(14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27)：

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.005	0.005	0.03	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005	0.004

9.行政考量：

目前國內水質標準分類中將 1,2-二氯乙烷列入「影響健康物質」，管制值為 0.005 mg/L；考量近年水質檢測結果顯示國內水源或清水中極少測得含 1,2-二氯乙烷，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：

1,2-二氯乙烷為具有危害人體健康之毒害物質，且為國內環保署訂定之管制項目，建議持續列為優先管制項目。

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] Guidelines for Drinking-Water Quality, World Health Organization, (2006).
- [4] 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分析，行政院環保署（1996）。
- [5] 蔣本基等，自來水廠中毒性有機物之生成機制及控制技術之研究(I)，國科會（1988）。
- [6] 行政院環保署，飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，行政院環保署（2002）。
- [7] 行政院環保署，非法棄置場址地下水污染潛勢調查計畫，（2006）。
- [8] American Water Works Association, Frederic W. Pontius, Water Quality and Treatment, fourth Edition(1990)。
- [9] Zoeteman, B.C.J. Sensory assessment and chemical Composition of drinking-Water. Leidschendan. Netherlands, Institute of Water supply. 1978。
- [10] Brem, H. et al. The Mutagenicity and DNA-modifying Effect of Haloalkanes. Cancer Research. 34:2576(1974)。
- [11] Kavanaugh, M.C., and R.R. Trussell. Design of aeration Towers to Strip volatile contaminants from Drinking Water. JAWWA.

- [12] ESE. Environmental Science and engineering, Draft Technologies and costs for the removal of Volatile Organic Chemicals from Potable Water Supplies.(1985).Prepared for U.S. EPA, Science and Technology Branch, CSD, ODW, Washington, D.C.
- [13] Love, O.T., Jr. Treatment of volatile Organic compounds in Drinking Water. NTIS, U.S. Department of Commerce.(1983)
- [14] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [15] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [16] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [17] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [18] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [19] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [20] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [21] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [22] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [23] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [24] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [25] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [26] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [27] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [28] Lewis RJ Sr, ed; Hawley's Condensed Chemical Dictionary. 13th ed. NY, NY: John Wiley and Sons, Inc p. 468 (1997)
- [29] Daubert TE, Danner RP; Physical and Thermodynamic Properties of Pure Chemicals Data Compilation. Washington, DC: Taylor and Francis (1989)
- [30] Singh HB et al; Environ Sci Technol 16: 872-80 (1982)
- [31] Chiou CT et al; Science 206: 831-2 (1979)
- [32] Stover E L, Kincannon DF; J Water Pollut Control Fed 55: 97-109 (1983)
- [33] Meylan WM et al; Environ Toxicol Chem 18: 664-72 (1999)
- [34] Drury JS, Hammons AS; Investigations of Selected Environmental Pollutants 1,2-Dichloroethane. Washington, DC: USEPA-560/2-78-006. pp. 20-72 (1979)
- [35] Leighton DT Jr, Calo JM; J Chem Eng 26: 382-5 (1981)
- [36] 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. V20 434 (1979)
- [37] NIOSH; National Occupational Exposure Survey (NOES) (1983)) (2) Sack TM et al; Atmos Environ 26A: 1063-70 (1992) (3) USEPA; An Exposure and Risk Assessment for Dichloroethanes. Draft Final Report. pp. 5-24 to 5-26 (1980)
- [38] Coniglio WA et al; Occurrence of Volatile Organics in Drinking Water. EPA Exposure Assessment Project Draft p. 47 (1980)
- [39] Ellenhorn Dyksen JE, Hess AF III; J Amer Water Works Assoc 1982: 394-403 (1982), M.J. and D.G. Barceloux. Medical Toxicology - Diagnosis and Treatment of Human Poisoning. New York, NY: Elsevier Science Publishing Co., Inc. 1988., p. 976

附錄 4.14 氯乙烯

1. 水質名稱：氯乙烯（Vinyl Chloride）

別名：氯乙烯單體（VINYL CHLORIDE MONOMER, VCM）

氯乙烯（CHLOROETHYLENE）

氯乙烯（CHLOROETHENE）

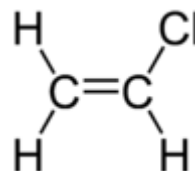
（CAS：75-01-4）

2. 化學式：CH₂CHCl（分子量 62.498）

結構式：

3. 使用單位：mg/L

4. 分析方法：



氯乙烯	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
分析方法	(1) 6200B,C	(1) 吹氣捕捉-填充管柱氣相層析法 (NIEA W780.50T) (2) 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) (3) 吹氣捕捉／氣相層析質譜儀法 (NIEA W785.54B)

5. 環境背景資料：

氯乙烯為人工化學合成物，不存在於自然界中，工業上作為製造聚氯乙烯(PVC)之單體，以及橡膠、橡皮、紙張與玻璃工業製品之原料⁽³⁾，除此之外氯乙烯與聚氯乙烯也用在電器絕緣製品、管樂器、家庭設備、醫學器材及食品包裝紙等方面，氯乙烯同時也是高氯化物，如四氯乙烯或三氯乙烯的厭氧生物降解產物⁽²⁸⁾。由於氯乙烯揮發性高，除了污染區以外，一般地表水中不易測得氯乙烯的存在。另一方面，非塑化聚氯乙烯（Unplasticized PVC）作為供水管線的比例逐漸增加，其組成份氯乙烯單體可能自管線中析出，成為飲用水中氯乙烯之來源。地下水中氯乙烯則為含氯溶劑如三氯乙烯及四氯乙烯之代謝產物⁽⁴⁾。

空氣中：空氣中的氯乙烯主要以氣態方式存在，氣態的氯乙烯會和空氣中光化學反應生成的氫氧自由基及臭氧反應而分解，此反應半衰期為 2.3~46 天。氯乙烯不會吸收 220 nm 以上的波長⁽²⁹⁾，因此不會直接照陽光而光解。

土壤中：氯乙烯在土壤中的 K_{oc} 為 57⁽³⁰⁾，具高度移動性，容易從潮濕的土壤表面揮發，若土壤深度為 1 公分，揮發半衰期估計為 0.2 天，若深度為 10 公分，半衰期則為 0.5 天⁽³¹⁾。且根據氯乙烯的蒸汽壓⁽³²⁾，亦可從乾燥的土壤表面揮發而散失。在日本 MITI 試驗以活性污泥進行氯乙烯的 BOD，28 天內可達理論 BOD 的 16%及 3%⁽³³⁾，顯示可能經由生物降解而去除。

水中：氯乙烯在水中不易吸附在懸浮固體及底泥，根據報告在好氧和厭氧的水中生物降解半衰期分別為 28 天及 110 天⁽³⁴⁾。可從水體表面揮發而去除⁽³⁵⁾，以模式的河流及湖泊估計揮發半衰期則為 2 小時和 3 天。氯乙烯在草魚的 BCF<10⁽³⁶⁾，顯示在水中的生物濃縮性低。在 pH=7 的水中，氯乙烯水解半衰期為 9.91 年（25℃）及 10.7 年（10℃），顯示在水中難以因水解而去除⁽³⁷⁾。

表一、氯乙烯物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	2980 mmHg (25 °C)	(32)
亨利常數	2.78×10^{-2} atm·m ³ /mole	(38)
Koc	57	(30)
BCF	<10	(36)

人體可能的暴露途徑：

職業上暴露可能於有生產或使用氯乙烯的工作場所，經由吸入或皮膚接觸氯乙烯，一般民眾則可能在這些工廠附近活動，吸入周遭空氣，或攝取受到氯乙烯污染的食物或飲用水。

環境水體中的濃度

地下水：美國在國家水質評估計畫，自各州收集地下水樣檢測，在 566 個樣本中檢出 4 個含有氯乙烯，濃度為 0.26-0.91 µg/L⁽³⁹⁾，在 13 個以地下水供應的城市則有 2 個檢出氯乙烯，濃度為 2.2-9.4 ppb⁽⁴⁰⁾。而在紐約普拉茨堡 (Plattsburgh) 空軍基地的地下水氯乙烯濃度為 4-1520 µg/L⁽⁴¹⁾，臺灣在 1999 年於 30 個工業場址收集的 214 個地下水樣，氯乙烯檢出率為 11%⁽⁴²⁾。

飲用水：

在美國 10 個供水系統的水樣中，有 2 處被檢出氯乙烯的污染，其污染濃度分別為 5.6 及 2.7 µg/L⁽³⁾。氯乙烯在地下水和表面水中均有污染，但以地下水的污染尤為嚴重⁽⁵⁾。美國檢測 133 個城市以地表水為水源的清水樣品，其中 31 個檢出氯乙烯，濃度為 0.1-9.8 ppb⁽⁴³⁾。以 PVC 管新安裝的飲用水則有 1.4 ppb，已安裝 9 年的水管系統則氯乙烯為 0.03-0.06 ppb⁽⁴⁴⁾，在各種品牌的瓶裝水測得氯乙烯含量 0.6 ppb 或更低⁽⁴⁵⁾。

在 76 至 78 年間對基隆河六堵水廠做氯乙烯的檢驗，結果顯示原水濃度為 6.2~15.4 µg/L，其平均值為 11.7 µg/L。臺灣北部三芝海水的濃度為 3.28 µg/L，南部近海的海水及地下水均沒有氯乙烯的發現；在六堵水廠做檢驗，結果顯示其濃度為 3.25~11.81 µg/L，平均值為 7.09 µg/L⁽⁶⁾。

83~84 年間自來水檢驗中心，對臺灣飲用水調查分析中，在 276 個水樣中氯乙烯皆為 ND⁽⁷⁾。91 年環保署委託計畫針對 25 縣市飲用水供水管線之清水進行分析，125 處採樣點中氯乙烯濃度皆為 ND⁽⁸⁾。94 年環保署委託工研院進行非法棄置場址地下水調查，30 處高地下水污染潛勢之場址中，地下水氯乙烯濃度一處為 1.2µg/L，其餘皆為 ND⁽⁹⁾。自來水公司 96-105 年各淨水場水中氯乙烯之檢測結果分布為 ND-0.00056 mg/L，皆符合法規標準。

針對臺灣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 8 處採樣點氯乙烯含量低於偵測極限(0.97 µg/L)，其餘 3 處濃度範圍介於 4.25 ~ 651 µg/L⁽¹⁰⁾。

6. 健康評量及毒理資料：

氯乙烯的暴露途徑有吸入、食入和接觸，在急性暴露下對健康的影響，包括會引起中樞神經之衰弱⁽³⁾，肺部充血與水腫，皮膚病變，及肝臟、腎臟之充血現象⁽¹¹⁾。動物實驗顯示，在大白鼠、小白鼠、小獵犬與兔子身上發現有腫瘤⁽¹²⁾。工業暴露研究提供足夠證據顯示吸入高濃度氯乙烯將導致人類肝癌的發生，包括肝臟血管肉瘤及肝細胞瘤，無強烈證據顯示氯乙烯與其他癌症相關⁽⁴⁾。致突變性上，職業暴露可能導致染色體異常、微核及姊妹染色分體互換，經過不同的實驗測試，結果證明氯乙烯之代謝產物具基因毒性，直接與 DNA 作用為致突變因子⁽⁴⁾。在致畸胎實驗中，則尚未有足夠的證據明會導致畸胎⁽³⁾。

在人類的流行病學研究上，有明確證據顯示職業性暴露經由吸入氯乙烯和血管肉瘤的發展有相關，動物實驗則顯示口服及吸入暴露對於大鼠、小鼠和倉鼠皆呈現一致性的癌症證據，因此國際癌症研究組織(International Agency for Research on Cancer, IARC)將氯乙烯分類為人類致癌物(Group 1)⁽⁴⁾，世界衛生組織(World Health Organization, WHO)依據終生暴露致癌風險為 10^{-5} ，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 $0.3 \mu\text{g/L}$ 。另一方面，美國環保署也將氯乙烯列為人類致癌物(Group A)⁽³⁾，依據致癌風險為 10^{-5} 、成人體重 70kg 及每人每日飲水量 2 公升等因素，計算出飲用水中標準值為 $10 \mu\text{g/L}$ ，以及最大容許值(Maximum contaminated level, MCL)為 $2 \mu\text{g/L}$ 。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	LC50 (mg/L/2hr)	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					500	大鼠/口服(1)
2				295 294 390 595		兔子/吸入(2) 小鼠/吸入 大鼠/吸入 天竺鼠/吸入
3		30.0	1.7			大鼠/口服(3)
4	3.00e-03 3.00e-03					口服(4) 皮膚

(1) Lewis, R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 3675

(2) European Chemicals Bureau; IUCLID Dataset, Chloroethylene (75-01-4) p. 57 (2000 CD-ROM edition). Available from, as of August 7, 2013: http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/IUCLID/data_sheets/75014.pdf

(3) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=echa&casrn=75-01-4

(4) ACToR

7. 處理技術／成本分析：

氯乙烯為揮發性有機物，其可行處理技術主要有曝氣、石灰軟化／過濾與活性碳吸附等。惟根據研究顯示，以粒狀活性碳(Ganular Activated Carbon, GAC)吸附去除氯乙烯之效果不佳⁽¹³⁾。

8.國內外管制情形^(14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27)：

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.002	0.002	0.0003	0.0005	0.0005	0.0005	0.0003	0.002	-

9.行政考量：

氯乙烯為毒性極高之揮發性有機物，目前國內水質標準分類中將氯乙烯列入「影響健康物質」，管制值為 0.002 mg/L；自 107 年 7 月 1 日起管制值加嚴為 0.0003 mg/L。

10.管制優先次序：

氯乙烯為具有危害人體健康之毒害物質，且為國內環保署原訂之管制項目，應持續列為優先管制項目。

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] U.S. EPA U.S. Environmental Protection Agency. Water Related Environmental Fate of 129 Priority Pollutants. Office of Water Planning and Standards.(1979)
- [6] 蔣本基等，自來水廠中微量毒性有機物之生成機制及控制技術研究(I)，國科會（1988）。
- [7] 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）。
- [8] 行政院環保署，飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，行政院環保署（2002）。
- [9] 行政院環保署，非法棄置場址地下水污染潛勢調查計畫，（2005）。
- [10] 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）。
- [11] Patty. F.A. ed. Industrial Hygiene and toxicology. Vol. II, New York. Interscience, 1963.
- [12] Lyon. Some Monomers. Plastics and Synthetic Elastomers and Acrolein. International Agency for Research on Cancer, (1979)(IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Vol. 19)
- [13] Wood, P.R., and J. DeMarco. Effectiveness of Various Adsorbents in Removing Organic Compounds from water. 1:Removing Purgeable Halogenated Organics. In: Activated Carbon Adsorption of Organics from the Aqueous Phase Vol. 2. Ann Arbor Science. pP. 85-114.(1980)
- [14] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」（2014 修正）
- [15] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [16] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [17] National Primary Drinking Water Regulations (2009)

- [18] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [19] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [20] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [21] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [22] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [23] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [24] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [25] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [26] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [27] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [28] Hunkeler D et al; Environ Sci Technol 33: 2733-38 (1999)
- [29] ATSDR; Toxicological Profile for Vinyl Chloride. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Public Health Service (2006). Available from, as of Oct 08, 2013: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/index.asp>
- [30] Chu W, Chan K-H; Sci Total Environ 248: 1-10 (2000)
- [31] Jury WA et al; J Environ Qual 13: 573-79 (1984)
- [32] Daubert TE, Danner RP; Physical and Thermodynamic Properties of Pure Chemicals Data Compilation Washington, DC: Taylor and Francis (1989)
- [33] NITE; Chemical Risk Information Platform (CHRIP). Biodegradation and Bioconcentration. Tokyo, Japan: Natl Inst Tech Eval. Available from, as of Aug 5, 2013: <http://www.safe.nite.go.jp/english/db.html>
- [34] Capel PD, Larson SJ; Chemosphere 30: 1097-1106 (1995)
- [35] Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 15-1 to 15-29 (1990)
- [36] Freitag D et al; Chemosphere 14: 1589-1616 (1985)
- [37] Rathbun RE; US Geol Surv Prof Pap 1589: 1-151 (1998)
- [38] Gossett JM; Environ Sci Technol 21: 202-206 (1987)
- [39] Grady SJ; IN: National Water-quality Assessment Program. National Synthesis on Volatile Organic Compounds. US Geological Survey, 1-85 (2003)
- [40] Council Environmental Quality; Contamination on Groundwater by Toxic Organic Chemicals. Washington, DC p. 84 (1981)
- [41] Weidemeier TH et al; USEPA/540/R-96/509. Symp Nat Atten Chlorin Org Groundwater, Washington, DC: USEPA, Off. Res. Dev., PP. 74-82 (1996)
- [42] Kuo MCT et al; Bull Environ Contam Toxicol 65: 654-9 (2000)
- [43] Coniglio WA et al; The Occurrence of Volatile Organics in Drinking Water. USEPA Exposure Assessment Project (1980)
- [44] USEPA; Ambient Water Quality Criteria for Vinyl Chloride. USEPA-440/5-80-078 (1980)
- [45] Fayad NM et al; J Environ Sci Health A32: 1065-83 (1997)

附錄 4.15 苯

1.水質項目名稱：苯（BENZENE）

別名：純苯（BENZOL 90）

煤揮發油（COAL NAPHTHA）

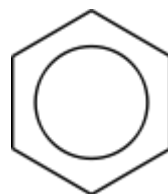
苯（BENZIN）

氫化酚（PHENYLHYDRIDE）

（CAS：71-43-2）

2.化學式：C₆H₆（分子量 78.12）

結構式：



3.使用單位：μg/L

4.分析方法：

苯	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ （分類索引編號）	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ （分類索引編號）
分析方法	(1) 6200B,C	(1)吹氣捕捉-填充管柱氣相層析法（NIEA W780.50T） (2)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） (3)吹氣捕捉／氣相層析質譜儀法（NIEA W785.54B）

5.環境背景資料：

由於苯本身具揮發性，極易從水體中蒸發逸散，因此水中的濃度通常相當低（通常小於 5 μg/L）⁽³⁾。苯的天然來源可能自火山爆發或森林火災⁽²⁶⁾，也存在於原油、汽油和香菸煙霧中。人工的苯主要自原油中所含芳香烴經異構化及脫氫反應後分離而得，苯是最大的芳香族石化產品。主要用途有作為環己烷（尼龍）、苯乙烯單體、烷基苯之製造、化學合成起始劑、化學品溶劑、添加於汽油中提高辛烷值，在製造塑膠、尼龍、合成纖維、橡膠、染料、油漆、洗滌劑、藥物、殺蟲劑等皆有使用。從事製造、使用苯之勞工與鄰近居民、加油站工作人員是最大可能之暴露族群⁽⁴⁾。

由於苯的揮發性大，當苯釋放至環境中，會快速蒸散或溶解至地下水層。苯可以被某些土中的微生物所分解，在某些條件下，也可以在地下水層被分解。當苯被釋放至地表水時，多半會在幾個小時以內蒸散。另外，苯不太容易累積於水生生物體內⁽⁵⁾。

空氣中：苯在大氣中主要以蒸汽的方式存在，空氣中的苯會被大氣中光化學反應產生的氫氧自由基所降解，在空氣中的反應半衰期估計為 13 天，而且若污染的大氣中有氮氧化物和二氧化硫存在，反應半衰期可縮短至 4-6 小時⁽²⁷⁾，且苯的水溶性高，也可藉由降雨自大氣中移除⁽²⁸⁾。

土壤中：苯的 K_{oc} 為 85⁽²⁹⁾，表示在土壤中具有高度移動性，可以從潮濕的土壤表面揮發，根據其蒸汽壓為 94.8 mmHg，應也可從乾燥的土壤表面揮發。生物降解亦是苯自土壤中移除的重要途徑⁽³⁰⁾。

水中：水中的苯不易吸附在底泥和懸浮固體上，從水體表面揮發⁽³¹⁾是從水中去除苯的重要途徑，揮發半衰期自河流和湖泊模式估算，分別為 1 小時和 3.5 天。苯

在水中的 BCF 為 1.1-20⁽³²⁾，顯示對水中生物濃縮性低，以日本 MITI 測試⁽³³⁾，2 週內可達到理論 BOD 值的 40%，顯示生物降解亦為苯自水中去除的重要途徑。

表一、苯物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	94.8 mmHg (25 °C)	(34)
亨利常數	$5.56 \times 10^{-3} \text{ atm} \cdot \text{m}^3/\text{mole}$	(35)
Koc	85	(29)
BCF	1.1-20	(32)

人體可能的暴露途徑：

由於苯的使用性廣，一般民眾可能經常接觸到微量的苯。可能經由吸入受苯污染的空氣，吸入暴露的主要來源為香菸煙霧⁽²⁶⁾和加油站，特別是在交通繁忙的地區或加油站周圍，或使用含苯的油漆、膠水或洗滌劑等。經由食物、飲料或飲水的苯暴露量則比空氣少。食物樣本中很少測到苯，即使真的有也是非常低的濃度。而燃煤、石化燃料、汽車廢氣等將苯排放至一般環境中。

環境水體中的濃度

地下水：根據美國聯邦飲用水調查，地下水系統中有約 1.3%估計含有大於 0.5 µg/L 的苯，而在調查的地下水中濃度最高為 80µg/L⁽³⁶⁾。在澳洲西部 Perth 附近的天鵝海岸平原遭受油污污染，在地面下深度大於 4.5 公尺處測到苯濃度 15000 µg/L⁽³⁷⁾。地表水和地下水供水系統皆有可能出現苯，但發生在地下水供水系統的濃度會較地表水高。

飲用水：有不少案例為井水被低濃度的苯污染，研究報告顯示在部分地表水或井水的苯濃度為 5 ng/L⁽³⁸⁾，在 1999-2000 年美國及波多黎各在 954 個來自地下水、河流、水庫隨機的飲用水抽樣中，苯檢出率低於 1%⁽³⁹⁾，2006 年美國地質調查局公布 1985-2001 年間抽取美國國內井水樣本，在 1207 口井中有 37 口井檢出苯，檢出率 3.1%，濃度分布為 0.006-5µg/L⁽⁴⁰⁾。

美國環保署⁽⁶⁾統計美國水體環境發現，地下水及公共給水系統中近 1.3%的地下水含苯濃度高於 0.5 µg/L，最高值達 80 g/L；近 3%的表面水系統濃度高於 0.5 µg/L，但不超過 5 µg/L。在美國 113 個城市中，有 7 個區域發現飲用水中含有苯，其平均濃度為 0.2 µg/L。

76~78 年臺灣環境水體中揮發性有機物之分析，顯示南部近海的海水及地下水、北部三芝海水以及基隆河六堵水廠原水苯的含量為 ND(Non detectable)；而基隆河六堵水廠飲用中所含苯濃度為 ND~0.9 µg/L，平均值是 0.64 µg/L⁽⁷⁾。

83~84 年間自來水檢驗中心針對臺灣飲用水的抽樣中，在 276 個水樣中，僅出現過一次 0.8 g/L 濃度之苯，其餘皆為 ND。另外，在環保署委託執行之自來水研究計畫中⁽⁴⁾，84 至 86 年度針對七個代表性淨水場之例行採樣分析（樣本數為 126 個），苯的偵測結果亦為 ND。91 年環保署委託計畫針對 25 縣市飲用水供水管線之清水進行分析，125 處採樣點中苯之濃度皆為 ND⁽⁸⁾。自來水公司 96-105 年各淨水場水中苯之檢測結果分布為 ND-0.00009 mg/L，皆符合法規標準。

94 年針對臺灣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 9 個採樣點苯含量低於偵測極限(0.62 µg/L)，其餘 2 處濃度範圍介於 3~ 21.1 µg/L⁽⁵⁾。94 年環保署委託工研院進行非法棄置場址地下水調查，30 處高地下水污染潛勢之場址中，苯濃度介於 ND~1.92 µg/L 之間⁽⁹⁾。

6.健康評量及毒理資料：

苯之主要曝露途徑有吸入、攝食及接觸，曝露於高濃度下主要會引起中樞神經系統的傷害⁽³⁾，低濃度的苯則會影響造血系統，徵狀包括貧血、血小板減少、白血球減少或白血病⁽¹⁰⁾等。長時間暴露苯主要的作用在血液，苯會對動物和人類的骨髓造成傷害，使紅血球減少導致貧血，也會影響免疫系統，增加被感染的機會，因此長期暴露苯可能導致白血病。在動物實驗中以玉米油的方式灌食使小鼠和大鼠攝入苯，經生物學鑑定，顯示苯為致癌物，會引發好幾種型式的腫瘤，雖然尚未有證據說明苯會導致遺傳突變，但在研究中發現苯可能會致使某些物種的染色體異常。

苯的職業暴露和白血病有關，由於具有明確的人體及動物實驗證據顯示苯為致癌物，因此國際癌症研究組織(International agency for Research on Cancer, IARC)將其歸類為人類致癌物的第一級 (Group 1)⁽³⁾，世界衛生組織(World Health Organization, WHO)依據終生暴露致癌風險為 10^{-5} ，並考慮飲水貢獻量為 10%、成人體重 60 公升、每人每日飲水 2 公升等因素，計算出準則值(Guideline Value, GV)為 10 µg/L。另一方面，美國環保署也將苯列為人類致癌物 Group A⁽¹⁰⁾，依據致癌風險 10^{-5} 、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，計算出其存在於飲用水中的濃度應低於 10 µg/L 以及最大容許值(Maximum contaminated Level, MCL)為 5 µg/L。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	LC50 (mg/L)	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					3306 4700 340	大鼠/口服(1) 小鼠/口服 小鼠/腹腔注射
2					88-2200 >8260 >8260	小鼠/皮下注射(2) 兔子/皮膚 天竺鼠/皮膚
3			50.0 25.0			小鼠(3) 大鼠
4	4.00e-03 3.88e-03					口服(4) 皮膚

(1) Lewis, R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 360

(2) IUCLID Data Set for Benzene (71-43-2); Available from, as of March 21, 2014: http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/IUCLID/data_sheets/71432.pdf

(3) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=echa&casrn=71-43-2

(4) ACToR

7.處理技術／成本分析：

苯為揮發性有機物，最佳處理技術包括粒狀活性碳吸附（Granular Activated Carbon, GAC）⁽⁷⁾、填充塔曝氣法（Packed Tower Aeration）與煮沸法（Boiling），目前國內缺乏相關成本分析資料。活性碳吸附的實驗結果顯示，以 Filtrasorb 300 Carbon 管柱，其吸附苯的能力最大可至 40 mg benzene/g carbon。而曝氣法為一種自水中去除苯等揮發性有機物之有效、簡易與經濟的去除技術，由於苯之亨利常數甚大，苯極易以曝氣去除⁽¹¹⁾。Love et al.(1983)研究指出 10 分鐘煮沸可有效地去除 99%的含量。在曝氣法中需注意後續造成空氣污染及控制之問題。煮沸法則必須盡量位於通風良好之處，以減少對揮發後之苯暴露的情形。

8.國內外管制情形(12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25)：

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.005	0.005	0.01	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	0.01

9.行政考量：

目前國內水質標準分類中將苯列入「影響健康物質」，管制值為 0.005 mg/L；雖然水質檢測結果顯示國內水源或清水中極少測得含苯，樣本均能符合現行標準，但考慮苯之致癌性，未來應蒐集更多毒理資訊及環境流佈資料再檢討修改限值之必要性。

10.管制優先次序：

苯為具有危害人體健康之毒害物質，且為國內環保署原訂之管制項目，建議應繼續列為優先管制項目。

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] Guidelines for drinking-Water Quality, world Health Organization(2006)
- [4] 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）。
- [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] Laskin, a & goldstein. B.D., ed. Benzene toxicity :
A Critical Evaluation. Washington DC American Petroleum Institute. (1977), pp.147
- [7] 蔣本基等，自來水廠中毒性有機物之生成機制及控制技術研究(I)，國科會（1988）。
- [8] 行政院環保署，飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，行政院環保署（2002）。
- [9] 行政院環保署，非法棄置場址地下水污染潛勢調查計畫，（2005）。

- [10] American water works Association, Frederic W. Pontius, Water Quality and Treatment, fourth edition (1990).
- [11] Kavanaugh, M.C. & R.P. Trussel. Design of aeration Towers to Strip Volatile Contaminants from Drinking Water. JAWWA. Dec.(1980)
- [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)
- [14] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [15] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [16] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [17] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [18] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [19] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [20] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
- [21] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [22] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [23] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [24] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [25] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [26] IARC; Monograph, Some Industrial Chem and Dyestuffs 29: 99-106 (1982)
- [27] Korte F, Klein W; Ecotox Environ Safety 6: 311-27 (1982)
- [28] May WE et al; J Chem Ref Data 28: 197-200 (1983)
- [29] Hodson J, Williams NA; Chemosphere 17: 67-77 (1988)
- [30] Haider K et al; Arch Microbiol 96: 183-200 (1974)
- [31] Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 4-9, 15-1 to 15-29 (1990)
- [32] Neff JM, Sauer TC; Environ Sci Res 53: 163-75 (1996)
- [33] NITE; Chemical Risk Information Platform (CHRIP). Biodegradation and Bioconcentration. Tokyo, Japan: Natl Inst Tech Eval. Available from, as of Feb 18, 2014: <http://www.safe.nite.go.jp/english/db.html>
- [34] Daubert TE, Danner RP; Physical and Thermodynamic Properties of Pure Chemicals: Data Compilation. Design Inst Phys Prop Data, Amer Inst Chem Eng New York, NY: Hemisphere Pub Corp 5 Vol (1989)
- [35] Mackay D et al; Environ Sci Tech 13: 333-36 (1979)
- [36] USEPA; Health Advisories for 25 Organics: Benzene p. 19 (1987)
- [37] Johnston CD et al; J Contam Hydrol 33: 377-404 (1998)
- [38] Wallace L; Environ Health Perspect 104: 1129-1136 (1996)
- [39] Grady SJ; A National Survey of methyl tert-butyl ether and other volatile organic compounds in drinking-water sources. US Dept Int, U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 02-4079 (2003)
- [40] Rowe BL et al; Environ Health Perspect 115(11): 1539-1546 (2007)

附錄 4.16 1,4-二氯苯

1.水質項目名稱：1,4 二氯苯（1,4-Dichlorobenzene）

別名：對-二氯苯（p-Dichlorobenzene）

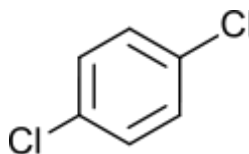
（CAS：106-46-7）

2.化學式：C₆H₄Cl₂

結構式：

3.使用單位：μg/L

4.分析方法：



1,4-二氯苯	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
分析方法	(1)6040B (2)6200B,C (3)6410B	(1)吹氣捕捉-填充管柱氣相層析法 (NIEA W780.50T) (2)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) (3)吹氣捕捉／氣相層析質譜儀法 (NIEA W785.54B)

5.環境背景資料：

1,4 二氯苯無自然生成，通常用以製造染料、除臭劑、醫藥用品或殺蟲劑之中間物，其中以 1,2-二氯苯與 1,4-二氯苯為最廣泛利用的兩種二氯苯，又因具有很低的蒸氣壓，故容易大量擴散至環境之中⁽³⁾。

在作為熏蒸式殺蟲劑和除臭劑使用時，即可能透過空氣釋放至環境中。在廢水、原水、表面水與飲用水中均可偵測出二氯苯濃度，其中以 1,4-二氯苯存在於飲用水中的濃度最高。當二氯苯釋放於環境中會適度經由土壤吸收，並不易滲漏至地下水中。在好氧土壤中，二氯苯會緩慢進行生物降解，揮發亦為重要的去除機制。在水中，二氯苯主要藉由沉澱物之吸附作用與有機物之生物累積作用去除。此外，二氯苯自表面水蒸發較水解、氧化與直接光解機制更為重要。二氯苯在好氧水中亦會進行生物降解作用⁽⁴⁾。

空氣中：空氣中的 1,4 二氯苯以蒸汽方式存在，且會與空氣中光化學產生的氫氧自由基反應，估計半衰期約 50 天，且 1,4 二氯苯不會吸收紫外光，因此無法直接光解⁽²⁵⁾。

土壤中：土壤中的 1,4 二氯苯具有中度移動性，可從乾燥的土壤表面揮發而逸散，且基於其亨利常數為 $2.73 \times 10^{-3} \text{ atm} \cdot \text{m}^3/\text{mole}$ ⁽²⁶⁾，也可從潮濕的土壤揮發。在土壤和水中可緩慢的生物降解，根據報告半衰期約一年或更長⁽²⁷⁾。

水中：水中的 1,4 二氯苯可經由底泥和懸浮固體吸附，或是從水體表面揮發而逸散⁽²⁵⁾。BCF 為 33-720^(28,29,30)，顯示對水中生物的生物濃縮性為中至高，而不易被水中生物代謝。因缺乏水解的官能基，在環境中也不易水解而分解。

表一、1,4-二氯苯物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	1.7 mmHg (25 °C)	(31)
亨利常數	$2.73 \times 10^{-3} \text{ atm} \cdot \text{m}^3/\text{mole}$ (20 °C)	(26)
Koc	273 及 390	(32)
BCF	33-720	(28,29,30)

人體可能的暴露途徑：

在生產或使用 1,4-二氯苯之工作場所，職業上可能在工作場所經由吸入和皮膚接觸 1,4-二氯苯，一般民眾可能通過吸入環境空氣，攝入食物和飲用水而暴露於 1,4-二氯苯。

環境水體中的濃度

地下水：1977-1979 年間紐澤西州 685 個地下水有 19 個檢出 1,4 二氯苯，且最高濃度為 995 ppb⁽³³⁾。德州地下水則有檢出 0-33 ppb⁽³⁴⁾。

飲用水：1980 年在安大略湖附近 3 個城市收集的飲用水樣品，檢出 1,4 二氯苯平均濃度為 0.013 ppb⁽³⁵⁾，在美國 945 個清水中有 9 個檢出 1,4 二氯苯，平均濃度 0.60-0.74 ppb⁽³⁶⁾，印第安那州 Evansville 城在使用二氧化氯處理的飲用水樣本檢測到 1,4 二氯苯⁽³⁷⁾，加州 11659 個飲用水樣本有 11% 檢出 1,4 二氯苯，平均濃度 1.15 µg/L⁽³⁸⁾。中國江蘇三個飲用水站則檢出 0.018-0.030 µg/L 的 1,4 二氯苯⁽³⁹⁾。

在美國飲用水源常發現 1,4 二氯苯其濃度為 1~10 µ/L，在飲用水中測得濃度為 0.001~1 µg/L⁽⁵⁾，在供水源之地下水中，有 1.1% 及供水源之表面水中之 0.1%，不曾有高於 5 µg/L 的濃度出現。

民國 76 至 78 年間對臺灣⁽⁶⁾數種揮發性有機物的檢驗結果，在臺灣北部三芝海水、南部近海的地下水及海水和基隆河六堵水廠原水中的 1,4 二氯苯濃度均為 ND，而六堵水廠其飲用水由於處理程序中加氯，在水中行氯化作用，故其飲用水中含有 1,4 二氯苯，濃度範圍為 ND~100 µg/L，平均值為 0.17 µg/L。

民國 79~80 年間，在六堵及暖暖水廠原水調查中，出現濃度分別為 ND~16.52 µg/L，平均值為 4.3 µg/L 及 ND~4.92 µg/L，平均值為 0.69 µg/L。環保署委託執行之自來水研究計畫，84 至 86 年針對七個代表性淨水場的例行採樣分析中（樣本數為 126 個），檢測結果皆為 ND⁽⁷⁾。

民國 96~98 年間，於基隆新山、臺北長興淨水場、臺北板新、新竹東興淨水場、臺中豐原淨水場、高雄澄清湖、高雄坪頂、高雄鳳山、及花蓮南華淨水場（水源為地下水，僅加氯消毒）等九座淨水場，共進行 70 場次採樣，27 個水樣中 1,4 二氯苯皆為未檢出。⁽⁸⁾ 自來水公司 96-105 年各淨水場水中 1,4 二氯苯之檢測結果分布為 ND-0.00017 mg/L，皆符合法規標準。

6.健康評量及毒理資料：

1,4 二氯苯之暴露途徑有吸入、攝食及接觸等，屬於低急毒性，在動物實驗的證據上顯示，長時間的暴露會增加小鼠腎臟腫瘤以及大鼠肝細胞腺瘤的發生。

二氯苯在肝臟主要經由氧化代謝成個別之二氯酚與其尿肝酸化物與硫結合物。但是 1,4 二氯苯並不具有基因突變性(non-genotoxic)⁽¹⁰⁾。

暴露二氯苯對人體影響之個案多屬於意外暴露或誤用所導致。研究報告指出，對人體之急性影響可參照短期暴露影響，包含急性溶血性貧血、呼吸到刺激、腎絲球腎炎與皮膚過敏。延長 1,4-二氯苯暴露時間會導致腎絲球腎炎、貧血與網狀內皮組織系統的混亂、中樞神經系統影響愈肝臟受損。由其他報告顯示，當工作暴露在 1,4-二氯苯環境中，可能會與其他化學藥物結合，造成血液的病變包括貧血、脾腫大、消化道與中樞神經系統的影響⁽⁹⁾。

國際癌症研究組織(International Agency for Research on Cancer, IARC)評估認為 1,4 二氯苯在實驗動物有足夠的證據顯示其致癌性，但對人類則證據不足，因此將 1,4 二氯苯分類為極可能人類致癌物(Group 2B)⁽¹⁰⁾，每日可承受攝入量(Tolerable Daily Intake, TDI)為 107 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 300 µg/L。另一方面，美國環保署也將 1,4 二氯苯列為可能人類致癌物(Group C)⁽³⁾，依據參考劑量(Reference Dose, RfD)為 100 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 0.075 mg/L。惟上述管制值均超過 1,4 二氯苯的臭味閾值(odor threshold) 0.3~30 µg/L⁽¹⁰⁾。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (ppm)	LOAEL (ppm)	LC50 (mg/L)	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					>6000 >6000	雄大鼠/皮膚(1) 雌大鼠/皮膚
2					500 2562 2950 2000 2830	大鼠/口服(2) 大鼠/腹腔注射 小鼠/口服 小鼠/腹腔注射
3		120	270			兔子/口服 大鼠/小鼠/吸入(3)
4	0.07					口服(4)

(1) Gaines TB, Linder RE; Fund Appl Toxicol 7 (2): 305 (1986)

(2) Lewis, R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 1175

(3) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=toxrefdb&casrn=106-46-7

(4) ACToR

7.處理技術/成本分析：

1,4 二氯苯為揮發性有機物，其最佳處理技術主要包括粒狀活性碳(Granular Activated Carbon, GAC)吸附法⁽³⁾及填充式曝氣塔曝氣(Packed Tower Aeration)。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^(11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24)：

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.075	0.075	0.3	-	-	-	0.04	0.005	0.005

9.行政考量：

目前國內水質標準分類中將 1,4 二氯苯列入「影響健康物質」，管制值為 0.075 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：

1,4 二氯苯為具有危害人體健康之毒害物質，且為國內環保署原訂之管制項目，建議持續列為優先管制項目。

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] Howard PH. Handbook of environmental fate and exposure data for organic chemicals. Vol. 1. Large production and priority pollutants. Chelsea, MI, Lewis Publishers, (1990)。
- [5] U.S. EPA. Water Related Environmental Fate of 129 Priority Pollutants. Office of Water Planning and Standards，(1979)。
- [6] 蔣本基等，自來水廠中微量毒性有機物之生成機制及控制技術之研究 (I),NSC78-0421-E-002-15Z 國科會，(1988)
- [7] 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)
- [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] Varshavskaya, S.P. Comparative toxicological characteristics of chlorobenzene and dichlorobenzene (ortho-and para-isomers) in relation to the sanitary protection of water bodies. Gig. Sanit., 23: 17. (1968)。
- [10] Guidelines for Drinking-Water Quality, World-Health Organization，(2006)
- [11] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」(2014 修正)
- [12] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [13] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [14] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [15] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [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)
- [20] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [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] 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)
- [26] Staudinger J, Roberts PV; Crit Rev Environ Sci Technol 26: 205-97 (1996)
- [27] Masunga S et al; Wat Sci Technol 33: 173-80 (1996) (7) Arvin E et al; Org Micropollut Aquat Environ Proc Eur Supp 6th 174-178 (1991)
- [28] Chaisukant Y et al; Water Res 31: 61-68 (1997)
- [29] Oliver BG, Niimi AJ; Environ Sci Technol 17: 287-91 (1983)
- [30] Barrows ME et al; pp. 379-92 in Dyn Exposure Hazard Assess Toxic Chem Ann Arbor,MI: Ann Arbor Sci (1980)
- [31] Daubert TE, Danner RP; Physical and Thermodynamic Properties of Pure Chemicals Data Compilation Washington,DC: Taylor and Francis (1989)
- [32] Chiou CT et al; Environ Sci Technol 17: 227-31 (1983)
- [33] Page GW; Environ Sci Technol 15: 1475-79 (1981)
- [34] Bedient PB et al; Groundwater 22: 318-29 (1984)
- [35] Oliver BG, Nicol KD; Environ Sci Technol 16: 532-36 (1982)
- [36] Westrick JJ et al; J Amer Water Works Assoc 76: 52-70 (1984) Canter LW, Sabatini DA; Intern J Environ Studies 46: 35-57 (1994)
- [37] Canter LW, Sabatini DA; Intern J Environ Studies 46: 35-57 (1994)
- [38] Storm DL; in Water Contamination And Health Wang RGM ed. NY,NY: Marcel Dekker Inc (1994)
- [39] Huang Z et al; Bull Environ Contam Toxicol 71: 1026-1033 (2003)

附錄 4.17 1,1-二氯乙烯

1.水質項目名稱：1,1-二氯乙烯（1,1-Dichloroethene）

別名：氯化乙烯（vinylidene chloride）

二氯乙烯（1,1-Dichloroethylene）

1,1-DCE

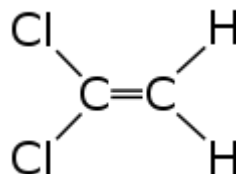
（CAS：75-35-4）

2.化學式： $C_2H_2Cl_2$ （分子量 96.94）

結構式：

3.使用單位： $\mu g/L$

4.分析方法：



1,1-二氯乙烯	APHA「標準方法」 (1) (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
分析方法	6200B,C	(1)吹氣捕捉-填充管柱氣相層析法 (NIEA W780.50T) (2)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) (3)吹氣捕捉／氣相層析質譜儀法 (NIEA W785.54B)

5.環境背景資料：

1,1-二氯乙烯不是天然存在，主要作為生產聚氯乙烯（PVC）聚合物的單體及合成其他有機物（如氟氯碳化合物、乳膠、樹脂等）之中間產物。聚氯乙烯被使用在各種民生及市售商品，水體中氯乙烯之污染通常伴隨著含氯碳氫化合物的存在。地下水源之飲用水中平均濃度介於 $0.28 \sim 1.2 \mu g/L$ ，公共供水系統濃度分佈為 $<0.2 \sim 0.5 \mu g/L$ ⁽³⁾。

在美國的原水及處理後飲用水中均有氯乙烯的測得。而表面水中，1,1-二氯乙烯未出現高於 $0.1 \mu g/L$ 的報告⁽⁴⁾，但在一些受氯化物溶劑污染井中，曾報告有 $40 \mu g/L$ 的濃度。

空氣中：空氣中的 1,1-二氯乙烯以蒸汽的方式存在，氣態的 1,1-二氯乙烯會和光化學產生的氫氧自由基、臭氧和硝基自由基反應，這些反應在空氣中半衰期分別為 1.5、7.9、27 天^(25,26,27)。

土壤中：在土壤中的 1,1-二氯乙烯具有高度移動性，從潮濕的土壤表面揮發為其逸散的重要途徑，且依照其蒸汽壓，也可以從乾燥的土壤表面揮發⁽²⁸⁾。

水中：水中的 1,1-二氯乙烯不易經由吸附在底泥和懸浮固體而移除，由亨利常數可知容易經由水體表面揮發而散失⁽²⁹⁾。BCF <13 ⁽³⁰⁾顯示對水中生物的生物濃縮性低，在 pH4.5 和 8.5 的環境中觀察到水解半衰期為 6-9 個月，在此二種環境中水解率無顯著差異⁽³¹⁾。

表一、1,1-二氯乙烯物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	600 mmHg (25 °C)	(28)
亨利常數	$2.61 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{m}^3/\text{mole}$	(32)
Koc	64、65	(33)
BCF	2.5-<13	(30)

人體可能的暴露途徑：

在生產或使用 1,1-二氯乙烯之工作場所，職業上可能在工作場所經由吸入和皮膚接觸 1,1-二氯乙烯，一般民眾可能通過吸入環境空氣，攝入食物（用含有殘留氯乙烯單體塑膠包裝之食物）和飲用水以及皮膚接觸這種化合物之商品而暴露於 1,1-二氯乙烯。

環境水體中的濃度

地下水：美國 13 個城市以地下水為原水的調查，15.4% 檢出 1,1-二氯乙烯，平均濃度 0.5 ppb⁽³⁴⁾。日本調查 1982 年調查 15 個城市，在 1083 口淺井中測出 10 個，277 個深井中測出 3 個含有 1,1-二氯乙烯⁽³⁵⁾。

飲用水：美國 103 個城市在地表水清水中有 1.9% 檢出 1,1-二氯乙烯，平均濃度 0.36 ppb，分布範圍 0.2-0.51 ppb⁽³⁴⁾。在美國 13 個城市的樣品中，在以地下水為原水的清水中 7.7% 有檢出，平均濃度 0.2 ppb⁽³⁶⁾，根據美國的地下水供水調查（945 個水源為地下水），24 個有檢出，最高濃度為 6.3 ppb⁽³⁷⁾。在 2 個紐澤西的飲用水供應檢出 1,1-二氯乙烯，平均濃度 0.1-0.2 ppb，最大濃度為 0.9-2.5 ppb⁽³⁸⁾。

75 年 10 月～76 年 3 月臺灣主要淨水場⁽⁵⁾，如六堵水廠原水的 1,1-二氯乙烯濃度為 6.0~7.6 µg/L、暖暖水庫 7 µg/L、豐原石崗壩水庫 3.2~8.6 µg/L、八卦山水廠 4.6~11.0 µg/L、新營水廠 10.3~17.8 µg/L、臺北清潭堰 ND~1.1 µg/L；76~78 年間檢驗基隆六堵水廠原水，得 1,1-二氯乙烯濃度為 4.2~13.2 µg/L，平均值為 11.64 µg/L，而臺灣北部三芝海水及南部近海的海水和地下水中均無此物質的發現；飲用水方面，基隆河六堵水廠的報告指其濃度為 6.74~21.73 µg/L，平均值為 15.77 µg/L。

在環保署委託執行之自來水研究計畫中，曾針對國內七個代表性水廠進行採樣分析（樣品數為 126 個），結果顯示並未測得含有 1,1-二氯乙烯⁽⁶⁾。91 年環保署委託計畫針對 25 縣市飲用水供水管線之清水進行分析，125 處採樣點中 1,1-二氯乙烯之濃度皆低於偵測極限（0.23 µg/L）⁽⁷⁾。94 年針對臺灣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 個採樣點 1,1-二氯乙烯含量低於偵測極限（0.76 µg/L），其餘 5 處濃度範圍介於 13~24 µg/L⁽⁸⁾。94 年環保署委託工研院進行非法棄置場址地下水調查，30 處高地下水污染潛勢之場址中，1,1-二氯乙烯濃度皆為 ND⁽⁹⁾。自來水公司 96-105 年各淨水場水中 1,1 二氯乙烯之檢測結果分布為 ND-0.00183 mg/L，皆符合法規標準。加氯與豐原淨水場膠凝水樣中偵

測出二氯甲烷，其濃度分別為 1.2 與 6.81 $\mu\text{g/L}$ ⁽⁶⁾。臺灣自來水公司 96-105 年各淨水場水中二氯甲烷之檢測結果分布為 ND-0.0008 mg/L，皆符合法規標準。

6.健康評量及毒理資料：

1,1-二氯乙烯之暴露途徑有吸入和食入。呼吸濃度高之 1,1-二氯乙烯會導致中樞神經系統很快開始退化⁽³⁾，繼續曝露則會失去知覺。根據動物實驗發現，對 1,1-二氯乙烯毒性最為敏感的為肝臟的損害，其範圍從脂肪滲漏到壞死。90 天連續曝露在 1,1-二氯乙烯(189 mg/m³)下，肝臟及腎臟會明顯損害，然而此類危害濃度遠高於 1,1-二氯乙烯在飲用水中的濃度範圍，故暫無設定飲用水中標準值之必要。在慢性影響方面，長期曝露可能使大白鼠產生肝脂肪變化及肝細胞肥大⁽⁴⁾。

1,1-二氯乙烯在國際癌症研究組織(International agency for Research on Cancer, IARC)的致癌性分類上為第三級(Group 3)⁽³⁾，世界衛生組織(World Health Organization, WHO)依據每日可承受攝入量(Tolerable Daily Intake, TDI) 9 $\mu\text{g/kg}$ ，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，推算出準則值(Guideline Value, GV)，考量飲用水中的含量遠低於引起健康效應之濃度，故未設定 1,1-二氯乙烯之準則值。美國環保署則將其列為可能人類致癌物(Group C)⁽⁴⁾，依據參考劑量(Reference Dose, RfD)為 50 $\mu\text{g/kg-day}$ 、飲水貢獻量 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 7 $\mu\text{g/L}$ 。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	LC50 (ppm/4hr)	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					1500	大鼠/口服(1)
					200	小鼠/口服
2					200	大鼠/口服(2)
					194	小鼠/口服
				6350		大鼠/吸入
3					1800	大鼠/口服(3)
				200(4.1hr)		大鼠/吸入
				1000(2.4hr)		大鼠/吸入
4		40	100			小鼠/大鼠/口服(4)
5	0.05					口服(5)

- (1) 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. V39 209 (1986)
- (2) Lewis, R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 3678
- (3) WHO; Concise International Chemical Assessment Document 51; 1,1-Dichloroethene (Vinylidene Chloride) (2003). Available from, as of September 2, 2008: <http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad51.htm>
- (4) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=echa&casrn=75-35-4
- (5) ACToR

7.處理技術/成本分析：

水中 1,1-二氯乙烯為揮發性有機物，其處理技術包括粒狀活性碳(Granular Activated Carbon,GAC) 吸附法及填充塔曝氣法(Packed Tower Aeration)⁽¹⁰⁾。

1,1-二氯乙烯之亨利常數為 498 atm。以 18 呎的填充塔曝氣設備(內含 1 吋鞍狀塑膠填充物)，處理 12-14°C 之地下水其空氣/水比為 5 至 80，則去除效率為 90.6%至 99.99%。另外以逆流式玻璃管柱(直徑 15 吋，長 4 呎)，10 分鐘接觸時間，空氣/水比為 4，以擴散式曝氣法，可將 1,1-DCE 濃度由 122 µg/L 降為 4 µg/L(去除效率 97%)⁽⁵⁾。曝氣法為一有效、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^(11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24)：

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.007	0.007	-	-	-	-	0.03	0.014	0.02

9.行政考量：

目前國內水質標準分類中將 1,1-二氯乙烯列入「影響健康物質」，管制值為 0.007 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：

1,1-二氯乙烯為具有危害人體健康之毒害物質，且為國內環保署原訂之管制項目，建議持續列為優先管制項目。

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] Guidelines for Drinking-Water Quality, World Health Organization, (2006)。
- [4] American Water Works Association, Frederic W. Pontius, Water Quality and Treatment, Fourth Edition, (1990).
- [5] 蔣本基、張怡怡，飲用水水質標準研究，行政院環保署，(1990)。
- [6] 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)。
- [7] 行政院環保署，飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，行政院環保署(2002)。
- [8] 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)。
- [9] 行政院環保署，非法棄置場址地下水污染潛勢調查計畫，(2005)。
- [10] Environmental Protection Agency, 40 CFR Ch.I (7-1-95 Edition)。
- [11] 行政院環境保護署，「飲用水水質標準」(2014 修正)

- [12] Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition (2011)
- [13] 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories
- [14] National Primary Drinking Water Regulations (2009)
- [15] Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table (2012)
- [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)
- [20] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
- [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] Kwok ESC, Atkinson R; Estimation of hydroxyl radical reaction rate constants for gas-phase organic compounds using a structure-reactivity relationship: an update. Riverside, CA: Univ CA, Statewide Air Pollut Res Ctr. CMA Contract No. ARC-8.0-OR (1994)
- [26] Pompe M, Veber M; Atmos Environ 35: 3781-8 (2001)
- [27] Gramatica P et al; Atmospheric Environment 37:3115-24 (2003)
- [28] Boublik T et al; The Vapour Pressures of Pure Substances. 2nd Rev Ed, Amsterdam: Elsevier p. 96 (1984)
- [29] Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 4-9, 15-1 to 15-29 (1990)
- [30] 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. 2-23 (1992)
- [31] Cline PV, Delfino JJ; Am Chem Soc Div Environ Chem Preprint New Orleans LA 27: 577-9 (1987)
- [32] Gossett JM; Environ Sci Tech 21: 202-6 (1987)
- [33] Sabljic A et al; Chemosphere 31: 4489-514 (1995)
- [34] Coniglio WA et al; The Occurrence of Volatile Organics in Drinking Water Exposure Assessment Project. Criteria and Standards Division, Science and Technology Branch (1980)
- [35] Tase N; Environ Geol Water 20: 15-20 (1992)
- [36] Council on Environmental Quality Contamination of Groundwater by Toxic Organic Chemicals (1981)
- [37] Westrick JJ et al; J Am Water Works Assoc 76: 52-9 (1984)
- [38] Wallace LA et al; Environ Res 43: 290-307 (1987)

附錄 4.18 二氯甲烷

1. 水質項目名稱：二氯甲烷 (Dichloromethane, DCM)

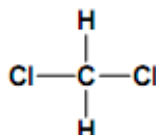
別名：二氯化甲基 (METHYLENE DICHLORIDE)

甲烷二氯化物 (METHANE DICHLOROIDE)

(CAS:75-09-2)

2. 化學式： CH_2Cl_2 (分子量 84.93)

結構式：

3. 使用單位： $\mu\text{g/L}$

4. 分析方法：

二氯甲烷	APHA「標準方法」 ⁽¹⁾ (分類索引編號)	我國環保署環檢所公告 ⁽²⁾ (分類索引編號)
分析方法	6200B,C	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)

5. 環境背景資料：

二氯甲烷的天然來源可經由海洋、生質能燃燒、火山爆發等途徑釋放至環境中。二氯甲烷 (簡稱 DCM) 可製成去油漆劑、溶劑、殺蟲劑和清潔劑等，主要用途為有機溶劑⁽³⁾。主要暴露群為職業工人，包括從事二氯甲烷製造、去油漆劑或樹脂生產、及用二氯甲烷作溶劑清潔劑等。一般民眾則可能因使用含二氯甲烷產品而接觸到二氯甲烷⁽⁴⁾。

大部分散佈於水和土壤中的二氯甲烷會藉由蒸散作用被蒸發，於空氣中可存在約 500 天的時間，但於水中可迅速地進行生物降解。土壤中的二氯甲烷僅接受少量生物降解並具有高度移動性，將可由表土滲出而進入地下水中。⁽⁵⁾

空氣中：空氣中的二氯甲烷蒸汽壓為 435mmHg⁽²⁶⁾，在大氣中以蒸汽方式存在，且會與空氣中光化學產生的氫氧自由基反應而分解，估計半衰期約 160 天⁽²⁷⁾，且二氯甲烷不會吸收 290nm 以上的光線⁽²⁸⁾，因此無法直接光解。在雨水中可測得二氯甲烷，顯示其可經由濕沉降的方式自大氣中移除⁽²⁹⁾。

土壤中：土壤中的二氯甲烷 Koc 為 8-48^(30,31,32)，具有高度移動性，根據亨利常數，可從潮濕的土壤表面揮發而逸散，也可由乾燥的土壤表面揮發。在土壤中生物降解的半衰期為 1.3-107.5 天，因此顯示微生物經馴化後可利用二氯甲烷為 C 源⁽³³⁾。

水中：水中的二氯甲烷不會經由底泥和懸浮固體吸附，主要是從水體表面揮發而逸散。在水中雖然可能發生生物降解，但和揮發比相對緩慢。在鯉魚 BCF 為 2-40⁽³⁴⁾，顯示對水中生物的生物濃縮性為低至中等。在天然環境中水解速度慢，水解半衰期為 1.5 年或更久⁽³⁵⁾。

表一、二氯甲烷物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	435 mmHg (25 °C)	(31)
亨利常數	$3.25 \times 10^{-3} \text{ atm} \cdot \text{m}^3/\text{mole}$ (20 °C)	(26)
Koc	8-48	(30,31,32)
BCF	2.0-40	(34)

人體可能的暴露途徑：

在生產或使用二氯甲烷之工作場所，職業上可能在工作場所經由吸入和皮膚接觸-二氯甲烷，一般民眾可能通過吸入環境空氣，攝入食物和飲用水或使用含有二氯甲烷之商品（如去漆劑）經由呼吸和皮膚接觸而暴露。

環境水體中的濃度

地下水：1991 年在日本收集的地下水樣品中測得二氯甲烷濃度 <0.10 ppb⁽³⁶⁾。在佛羅里達州超級基金場址 Biscayne 的地下水層測得最大濃度為 $20\text{ }\mu\text{g/L}$ ，井區濃度則為 $6.4\text{ }\mu\text{g/L}$ ⁽³⁷⁾。

飲用水：加拿大的淨水處理設施曾測得 50%有二氯甲烷，夏季平均 30 ppb 最大濃度 50 ppb，冬季檢出率則 30%，濃度平均 3 ppb 最大濃度 50 ppb⁽³⁸⁾，加拿大的瓶裝水 182 個樣本中 4 個檢出二氯甲烷，濃度為 $22\text{--}97\text{ }\mu\text{g/kg}$ ，平均濃度為 $59\text{ }\mu\text{g/kg}$ ⁽³⁹⁾。

二氯甲烷並可在加氯消毒程序中產生。美國 EPA 調查十個水廠之水質，結果顯示有九個廠的水中二氯甲烷濃度超過 $1.6\text{ }\mu\text{g/L}$ ⁽³⁾。

在環保署民國 85 年委託研究調查中，對國內七個代表性淨水場採樣分析中（共 126 個樣品）也曾二次偵測到有二氯甲烷的存在，濃度達 $3.2\text{ }\mu\text{g/L}$ ⁽⁴⁾。民國 96 年針對臺灣六座供水量大之淨水場進行採樣分析，由採樣結果顯示，僅長興淨水場前加氯與豐原淨水場膠凝水樣中偵測出二氯甲烷，其濃度分別為 1.2 與 $6.81\text{ }\mu\text{g/L}$ 。⁽⁶⁾

6.健康評量及毒理資料：

因二氯甲烷極易揮發，故主要暴露途徑是吸入，尤其是室內通風不良時，職業工人易吸入大量二氯甲烷 M，次要暴露途徑為食入。一旦暴露後，二氯甲烷極易被吸收形成一氧化碳血紅素(carboxy-hemoglobin)，影響血紅素運送氧氣之功能，因而造成各種心臟與血管的病變。

二氯甲烷之急性暴露毒性較低，檢驗報告指出，大鼠和小鼠之 LD50 值為 2000 mg/kg ，急性暴露所受到的主要影響為中央神經系統之壓迫(Kimura, 1971；Aviado, 1977)。^(7,8)

致癌性研究以 B6C3F1 大鼠進行實驗，於飲用水中加入二氯甲烷進行餵食試驗達 104 週，接受高劑量之公鼠有聯合肝臟細胞腺瘤和癌細胞的少量增加，於母鼠則無；此實驗結果證明二氯甲烷的確具有致癌性(Serota, 1986)。同樣以 B6C3F1 大鼠進行吸入實驗，發現公鼠及母鼠的肺癌發生機率皆比控制組高，尤其在高劑量更是明顯，此研究為二氯甲烷的致癌性提供了有力的證據⁽⁹⁾。

二氯甲烷的急性毒性低，動物實驗顯示對經呼吸暴露會有致癌性⁽¹⁰⁾，而經由飲水途徑進入動物體內則也可能會致癌。國際癌症組織將二氯甲烷歸為 Group 2B（可能人類致癌物）⁽¹⁰⁾，但必須超過一定劑量，即非基因毒性致癌物，因此有 TDI 值（ $=6\text{ }\mu\text{g/kg}$ ）。考慮成人體重 60 kg、飲用水貢獻量 10%及每人每日飲水 2 公升等因素，世界衛生組織（World Health Organization, WHO）設定準則值為 $20\text{ }\mu\text{g/L}$ 。美國環保署（USEPA）也將二氯甲烷定為 Group B2(3)，即可能人類致癌物。依據 70 年增加 10^{-5} 風險去評估計算，考慮成人體重 70 kg、飲用水貢獻量 20%及每人每日飲水 2 公升等因素，估計飲水中二氯甲烷濃度應為 $60\text{ }\mu\text{g/L}$ 。USEPA 考慮 10^{-6} 風險，因此最大污染容許量 MCL 定為 $5\text{ }\mu\text{g/L}$ 。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	LC50 (ppm/7hr)	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					1600	大鼠/口服(1)
2					431 6460	小鼠/腹腔注射(2) 小鼠/皮下注射
3				14400		小鼠/吸入 大鼠/口服(3)
4			50.0 250			大鼠/口服(4) 小鼠/口服
5		6.00 185				大鼠/口服(5) 小鼠/口服
6	0.06 5.70e-02					口服(6) 皮膚

(1) Verschueren, K. Handbook of Environmental Data of Organic Chemicals. 2nd ed. New York, NY: Van Nostrand Reinhold Co., 1983., p. 849

(2) Lewis, R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 2435

(3) WHO; Environmental Health Criteria 32: Methylene Chloride p.28 (1984)

(4) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=cosmos_study&casrn=75-09-2

(5) https://actorws.epa.gov/actorws/toxval/v01/toxval_source?source=echa&casrn=75-09-2

(6) ACToR

7.處理技術/成本分析：

二氯甲烷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）⁽¹¹⁾，目前國內並無相關成本分析資料。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)：

項 目	國 名								
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大	日本
標準值 (單位：mg/L)	0.02	0.005	0.02	-	-	-	0.004	0.05	0.02

9.行政考量：

目前環保署已針對二氯甲烷之國內飲用水水質公告列管標準為 0.02 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] 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）。
- [5] Office of Health and Environmental Assessment, (1985).
- [6] 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）。
- [7] Aviado DM, Zakhari S, Watanabe T. Methylene chloride. In: Golberg L, ed. Nonfluorinated propellants and solvents for aerosols. Cleveland, OH, CRC Press, 19-45(1977).
- [8] Kimura ET, Ebert DM, Dodge PW. Acute toxicity and limits of solvent residue for sixteen organic solvents. Toxicology and applied pharmacology, 19:699-704(1971).
- [9] National Toxicology Program. NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies of dichloromethane in F344/N rats and B6C3F1 mice (inhalation studies). Research Triangle Park, NC, (NTP-TR-306) (1986).
- [10] Guidelines for drinking-Water Quality, World Health Organization, 3rd Edition, (2006)。
- [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-res_recom/index-eng.php)
- [17] European Union (Drinking Water) Regulations 2014
- [18] Drinking water 2011 Private water supplies in England (2011)
- [19] The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 (WATER, ENGLAND AND WALES)
- [20] Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)
<http://www.mfe.govt.nz/publications/water/nz-drinking-water-standards-00.html>
- [21] Australian Drinking Water Guidelines 6 (updated December 2013)
<https://www.nhmrc.gov.au/guidelines/publications/eh52>
- [22] Wakayama, H. Revision of Drinking water quality standards and QA/QC for drinking water quality Analysis in Japan (2005)
- [23] ECOREA Environmental review 2011, Korea
- [24] Environmental Public Health (Quality of Piped Drinking Water) Regulations (2008)
- [25] 生活飲用水衛生標準 Standards for drinking water quality (2007)
- [26] Boublik T et al; The vapor pressures of pure substances. Vol. 17. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Sci. Publ p. 42 (1984)

- [27] Atkinson R et al; Atmos Chem Phys 8: 4141-4496 (2008). Available from, as of June 19, 2014: http://www.atmos-chem-phys.net/special_issue8.html
- [28] Hubrich C, Stuhl F; J Photochem 12: 93-107 (1980)
- [29] Yamasaki T, et al; Wat Sci Tech 25: 33-39 (1992)
- [30] Schuurmann G et al; Environ Sci Technol 40: 7005-7011 (2006)
- [31] Borisover MD, Graber ER; Chemosphere 34: 1761- 1776 (1997)
- [32] European Chemicals Bureau; IUCLID Dataset, Dichloromethane (CAS 75-09-2), Feb 19, 2000. Available from, as of June 18, 2014: <http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/IUCLID/datasheet/75092.pdf>
- [33] OECD; SIDS Initial Assessment Profile, Dichloromethane (CAS 75-09-2), CoCAM 1, 10-12 October 2011. Available from, as of June 18, 2014: <http://webnet.oecd.org/hpv/UI/handler.axd?id=B8EA971C-0C2C-4976-8706-A9A68033DAA0>
- [34] 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 (1992)
- [35] European Chemicals Bureau; IUCLID Dataset, Dichloromethane (CAS 75-09-2), Feb 19, 2000. Available from, as of June 18, 2014: <http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/IUCLID/datasheet/75092.pdf>
- [36] Yamasaki T et al; Wat Sci Tech 25: 33-39 (1992)
- [37] Canter LW, Sabatini DA; Intern J Environ Stud 46: 35-57 (1994)
- [38] Otson R et al; J Assoc Offic Analyt Chem 65: 1370-4 (1982)
- [39] Page RD et al; J AOAC Inter 76: 26-31 (1993)

附錄五 毒理資料庫

附錄 5.1 N-亞硝二甲胺 (N-Nitrosodimethylamine)

水質項目名稱：N-亞硝二甲胺 (N-Nitrosodimethylamine) (CAS：62-75-9)

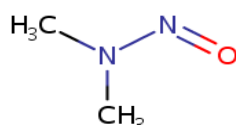
別名：N-Nitrosodimethylamine

Dimethylnitrosamine

N-亞硝基二甲基胺

二甲基亞硝胺

1. 化學式/結構式：



使用單位：ng/L

2. 分析方法：

化學物名	APHA「標準方法」	我國環保署環檢所公告
分析方法	-	W801.53B

3. 環境背景資料

亞硝二甲胺 (NDMA) 在以往有生產和使用在火箭燃料、抗氧化劑、潤滑劑之添加物、共聚合物之軟化劑等方面 (O'Neil MJ, ed; 2006)，因此可能在生產和使用的過程中而釋放至環境中，但目前多已停止使用。而研究顯示當亞硝酸鹽及二甲胺添加至滅菌及無滅菌的土壤中，皆會形成 NDMA (Pancholy SK; 1976)。另一項研究則顯示亞硝酸鹽及二甲胺經由土壤持續滲透而在污水中生成 NDMA。另有研究指出當二甲胺加入施肥或受污染的區域時，也可能生成 NDMA (Greene S et al; 1981)，而在廢水處理廠的消毒過程中亦會產生消毒副產物 NDMA (Siddiqui M, Atasi KZ; 2004)。

空氣中：NDMA 之蒸氣壓為 9.8×10^{-8} mmHg (Klein RG; 1982)，可預期以蒸汽的型態存在於周圍環境之大氣中，氣態之 NDMA 會和大氣中光化學產生的氫氧自由基反應，此反應之半衰期為 6.3 天。NDMA 會吸收 UV290 nm 以上的紫外光 (Polo J, Chow YL; 1976; Plumlee MH, Reinhard M; 2007)，因此被陽光照射可直接光分解，根據觀察 NDMA 在水溶液中直接光解的半衰期，以暴露南加州夏天中午的豔陽下，陽光能量約為 765 W/m^2 ，半衰期為 16 分鐘。

土壤中：因 NDMA 之 Koc 值為 68-118 (Yang WC et al; 2005)，顯示 NDMA 在土壤中預期有高移動性，而在其他的研究中觀察到 NDMA 在被土壤的吸附性低且容易淋洗出 (Gunnison D et al; 2000; Greene S et al; 1981)。因亨利常數為 $1.08 \times 10^{-6} \text{ atm-m}^3/\text{mole}$ (20°C)，自潮濕土壤表面揮發應為重要的途徑。在實驗室模擬條件下，在潮濕溫暖的土壤 (22 度 C，含水量 12%) 中 70% 以上的 NDMA 可於 10 小時內揮發 (Klein RG; 1982)。在實驗室模擬之好氧土壤條件中，NDMA 半衰期為三週，主要的去除方式為揮發和生物降解 (Oliver JE et al; 1979)。

水中環境：NDMA 在水中由於其 Koc 值為 68-118，因此不容易被水中的懸浮固體及底泥吸附，根據 NDMA 的亨利常數，則可自水體表面揮發，依照亨利定律常數及模式推估，NDMA 自河川及湖泊揮發的半衰期分別為 29 天及 215 天（Lyman WJ et al; 1990）。NDMA 之 BCF 為 3，log Kow 則為-0.57，顯示在水中生物的生物濃縮率低。水解不是 NDMA 去除的重要途徑，因在黑暗中 30 度 C 的條件下培養含有 NDMA 之湖水 3.5 月，濃度並無改變（Tate RL, Alexander M; 1975），且在培養的 3.5 月期間也無觀察到 NDMA 之生物降解（Callahan MA et al; 1979）。從活性污泥廠中提取菌種，以酵母抽取物為營養培養液進行靜態及連續性 NDMA 降解試驗，在 7 天內降解 47-72%（Fochtman EG, Eisenberg W; 1979）。在自然環境中，如地表水、污泥、土壤等各種不同環境，NDMA 的生物降解呈現很大變動（Fournier D et al; 2009）。量測到 NDMA 在蒸餾水中通過 Pyrex 過濾接受螢光照射，經光分解的半衰期為 79 小時（Polo J, Chow YL; 1976）。水中之 NDMA 暴露在南加州夏天中午的豔陽下，陽光能量約為 765 W/m²，直接光解之半衰期為 16 分鐘（Plumlee MH, Reinhard M; 2007），因此 NDMA 在水域環境中迅速消失的主要導因於蒸發和光解。

表一、NDMA物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	20°C 下，2.7 mmHg	Klein RG; 1982
Koc	68-118	Yang WC et al; 2005
BCF	3	Lyman WJ et al; 1990
Kow	-0.57	Hansch C et al; 1995

人體可能的暴露途徑：

在使用胺做為原料和材料的工廠周遭，NDMA 被認為是一種空氣污染物，可能藉由吸入的方式進到人體內。在這些工作場所每日暴露量經計算為 39 µg，鄰近的住宅區則為 10 µg，兩英里外區域約為 0.3 µg（Fine DH et al; 1977）。一般民眾可能經由吸入周遭的空氣或香菸及攝取受污染的食物或飲水而暴露 NDMA。空氣、飲食和抽煙在人體直接暴露 NDMA 上，大致上扮演著相當的角色，每日的貢獻量約為幾微克，而人體經由飲用水直接攝取的量則可能遠低於 1 µg/day（USEPA; 1980）。在攝入含有菠菜、培根、蕃茄、麵包和啤酒的餐點後，在人體血液中可檢測到較多 NDMA（IARC; 1978）人體中經由腸道細菌進行亞硝酸鹽和二甲胺反應而能形成 N-nitrosodimethylamine（Haddad, L.M. and Winchester, J.F.; 1983），因此 NDMA 的天然來源為經由腸道內硝酸鹽還原菌作用，亞硝酸鹽和二甲胺反應而生成（O'Neil MJ, ed; 2006）。一研究團隊發現自來水中低濃度的 NDMA（3~6 ng/L）產生之可能原因為水中低濃度的亞硝酸鹽和氧化劑（氯）及二級胺反應所產生（Kimoto WI et al; 1981）。另有研究者認為天然水體中要廣泛生成亞硝胺不容易，因水中亞硝酸鹽的濃度相當低，二級胺類的化合物也少（Oliver JE; 1981）。不過 NDMA 已被確認為煙草中含有的化學成分（Rodgman A, Perfetti TA; 2009）。

環境水體中的濃度

飲用水：美國費城的自來水中可測得NDMA濃度為3-6 ng/L (Kimoto WI et al; 1981)，暴露在去離子樹脂則為0.03 - 0.34 ppb (Fiddler W et al; 1977)，實驗室中的蒸餾水、去離子水則0.06 ppb (Gough TA et al; 1977)。中國調查飲用水中NDMA，原水為0 - 13.9 ng/L及清水為0 - 20.5 ng/L (Wang W et al; 2011)，加拿大配水系統中則測得濃度為0 - 108.2 ng/L (Zhao Y et al; 2006)，從安大略省於1994至1996年間調查100個區域取得313個經淨水處理後之樣本，有40個區域測得至少一個樣本含有NDMA (平均濃度為0.0027 µg/L) (WHO; 2012)。

地表水：美國維吉尼亞州之Quantico區域收集Potomac River水樣，測得NDMA濃度<6 µg/L (Hall LW Jr; 1987)。在加拿大及美國的河水及湖泊水樣中2006年收集的7的地表水水樣中有6個可測到NDMA，濃度為0 - 53 ng/L，經由消毒處理後NDMA濃度上升為0 - 118 ng/L (Zhao YY et al; 2008)。

海水：在鄰近巴爾的摩的1,1- dimethylhydrazine化學工廠，因排放NDMA至空氣而使海水中測得濃度為0.08 - 0.25 µg/L (IARC; 1978)，而在巴爾的摩Curtis Bay 及 Stonehouse Cove之NDMA濃度則為35 - 940 ng/L，紐澤西州的Newark Bay濃度為0.22 ng/mL (Fine DH et al; 1977)。

4. 健康評量及毒理資料

NDMA 之平均每日攝取量 (ADI)，透過飲水為 6~12 ng (水中濃度假設為 3~6 ng/L (Kimoto WI et al; 1981)，經由空氣則 2 ng (美國以 40 萬人暴露於空氣中濃度為 0.1 ng/m³ 估計 (Anderson JE; 1983)，經由食物攝取則為<0.16~134 µg (食物濃度以<0.1~84 µg/kg 估計) (IARC; 1978)。

IARC 的癌症分類為 2A：No data are available in humans. Sufficient evidence of carcinogenicity in animals (IARC. 1987)，USEPA 則為 B2，可能為人類之致癌物 (U.S. EPA; 1994)。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					19 26.5 37 45	小鼠/腹腔注射(1) 大鼠/腹腔注射 大鼠/口服 大鼠/皮下
2					27-41 78 ppm/4hr	大鼠/口服(2) 大鼠/吸入
3	8.00e-06					口服(3)
4.			2.50e-02			口服/慢性(4)

- (1) Lewis, R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 2709
- (2) American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc. Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. 6th ed. Volumes I, II, III. Cincinnati, OH: ACGIH, 1991., p. 1128
- (3) ACToR.epa.gov
- (4) PPPRTV for N-nitrosodimethylamine

5. 處理技術/成本分析

NDMA 可以被光分解，或是以活性碳處理

6. 國內外管制情形

加州建議值為：0.01 µg/L，佛州：7.5 µg/L，麻薩諸塞州：0.01µg/L

項 目	國 名							
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大
標準值 (單位：mg/L)	—	—	0.0001	—	—	—	0.0001	0.00004

7. 行政考量

無。

8. 管制優先次序

無。

9. 參考文獻

- Anderson JE; Human Exposure to Atmospheric Concentrations of Selected Chemicals Vol 1 Off Air Qual Planning and Standards USEPA 230 p (1983)
- Callahan MA et al; Water-Rel Environ Fate Priority Pollut Vol 1 (1979)
- Fiddler W et al; Food Cosmet Toxicol 15: 441-4 (1977)
- Fine DH et al; Environ Sci Technol 11: 581-4 (1977)
- Fine DH et al; Spec Conf Toxic Subst Air Environ (Proc) Meet Date 1976 p 168-81 (1977)
- Fine DH et al; Human Exposure to N-nitroso Compounds in the Environment, Origins of Human Cancer (1977a) as cited in USEPA; Ambient Water Quality Criteria Doc: Nitrosamines p.C-12 (1980) EPA-440/5-80-064
- Fochtman EG, Eisenberg W; Treatability of Carcinogenic and Other Hazardous Organic Compounds USEPA-600/2-79-097 (1979)
- Fournier D et al; Appl Environ Microbiol 75: 5088-5093 (2009)
- Gough TA et al; Food Cosmet Toxicol 15: 437-40 (1977)
- Greene S et al; J Environ Qual 10: 416-21 (1981)
- Gunnison D et al; J Hazrd Mater 73: 179-197 (2000)
- 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. 5 (1995)
- Haddad, L.M. and Winchester, J.F. Clinical Management of Poisoning and Drug Overdosage. Philadelphia, PA: W.B. Saunders Co., 1983., p. 227
- Hall LW Jr; Aquat Toxicol 10: 73-99 (1987)
- IARC; IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 17: 125-76 (1978)

- Kimoto WI et al; Water Res 15: 1099-1106 (1981)
- Klein RG; Toxicology 23: 135-47 (1982)
- Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington,DC: Amer Chem Soc pp. 15-1 to 15-29 (1990)
- Mills AL, Alexander M; J Environ Qual 5: 437-40 (1976)
- Oliver JE et al; J Agric Food Chem 27: 887-91 (1979)
- Oliver JE; Agric Symp Ser 174: 349-62 (1981)
- O'Neil MJ, ed; The Merck Index. 14th ed., Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., p. 1147 (2006)
- Pancholy SK; Soil Biol Biochem 10: 27-32 (1978)
- Plumlee MH, Reinhard M; Environ Sci Technol 41: 6170-6176 (2007)
- Polo J, Chow YL; J Natl Cancer Inst 56: 997-1001 (1976)
- Rodgman A, Perfetti TA; The Chemical Components of Tobacco and Tobacco Smoke. Boca Raton, FL: CRC Press (Taylor & Francis Group), p. 715 (2009)
- Siddiqui M, Atasi KZ; Water Environ Res 76: 316-326 (2004)
- Tate RL, Alexander M; J Natl Cancer Inst 54: 327-30 (1975)
- USEPA; Ambient Water Quality Criteria Doc: Nitrosamines p.C-14 (1980) EPA 440/5-80-064
- Wang W et al; Water Res 45: 4930-4938 (2011)
- WHO; N-Nitrosodimethylamine in drinking-water. World Health Organization 2006. Available from, as of Dec 19, 2012: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/ndma2ndadd.pdf
- Yang WC et al; J Environ Qual 34: 336-341 (2005)
- Zhao Y et al; Environ Sci Technol 40: 7636-7641 (2006)

附錄 5.2 N-亞硝二乙胺 (N-Nitrosodiethylamine)

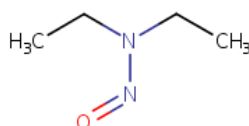
水質項目名稱：N-亞硝二乙胺 (N-Nitrosodiethylamine) (CAS：55-18-5)

別名：N-Nitrosodiethylamine

N-亞硝基二乙基胺

二乙基亞硝胺

1. 化學式/結構式：



使用單位：ng/L

2. 分析方法：

化學物名	APHA「標準方法」	我國環保署環檢所公告
分析方法	-	W801.53B

3. 環境背景資料

亞硝二乙胺 (NDEA) 本身尚無作為最終商品，而亞硝胺類多是經由胺類的反應生成，尤其是二級胺和亞硝化劑反應而生成。NDEA 可能由一些工業使用中釋放出來（如橡膠、染料和金屬工業），在工業上做為汽油和潤滑劑的添加劑、抗氧化劑及穩定劑（O'Neil MJ, ed; 2006）。對於一般的民生用品，在香菸煙霧中可檢測到 NDEA，在用硝酸鹽處理的起司、肉類及魚類製品中亦有 NDEA 之存在（Verschueren K; 2001）。在天然環境中可能因硝酸鹽還原菌的作用而產生 NDEA（O'Neil, M.J. ed; 2006），在煙草中亦能發現 NDEA 之存在（McCormick A; 1973）。

空氣中：NDEA 之蒸氣壓為 0.86 mmHg (20 °C) (Klein RG; 1982)，因此在空氣中可預期以蒸汽的型態存在，在英國都會區中收集的氣膠樣本中，曾檢出 NDEA 之存在（Ozel MZ et al; 2011）。氣態之 NDEA 會和大氣中光化學產生的氫氧自由基反應，根據速率常數為 1.77×10^{-11} atm m³/mol sec (25°C)，此反應之半衰期為 22 小時。粒狀物型態的 NDEA 則經由濕沈降或乾沈降自空氣中移除。NDEA 會吸收 UV290 nm 以上的紫外光（最大吸收波長為 330 nm）（Polo J, Chow YL; 2007），因此被陽光照射可直接光分解。以暴露南加州夏天中午的豔陽下，根據觀察 NDEA 在水溶液中直接光解的半衰期為 15 分鐘（Plumlee MH, Reinhard M; 2007）。

土壤中：因 NDEA 之 Koc 值為 83 和 14 (US EPA; 2011)，顯示 NDEA 在土壤中有高度移動性。研究指出 NDEA 若在土壤表面能迅速揮發（數小時內可揮發 30~80%），當滲入土壤層時則會緩慢揮發（2 天後揮發量為 11%）。NDEA 在土壤表面可被光分解，在好氧土壤中也可被緩慢的生物降解。因亨利常數為 3.63×10^{-6} atm-m³/mole (25°C)，可以自潮濕土壤表面揮發（Mirvish SS et al; 1976; Oliver JE; 1979）。根據研究顯示在初始數小時間，可以自土壤表面揮發 30%-80%

之 NDEA (Oliver JE; 1979)。NDEA 因可吸收 290 nm 以上的紫外線（最高吸收波長為 330 nm），因此可直接被陽光分解。

水中環境：水中的 NDEA 不容易被水中的懸浮固體及底泥吸附，根據 NDEA 的亨利常數 (3.63×10^{-6} atm m³/mol)，則可自水體表面揮發，依照模式推估，NDEA 自河川及湖泊揮發的半衰期分別為 10 天及 78 天 (Lyman WJ et al; 1990)。NDEA 之 BCF 為 3，顯示在水中生物的生物濃縮率低。光分解是 NDEA 去除的重要途徑，水中之 NDEA 暴露在南加州夏天中午的豔陽下，直接光分解之半衰期為 15 分鐘 (Plumlee MH, Reinhard M; 2007)，當暴露在 33~35℃ 的陽光下 7 小時，NDEA 光分解率為 88.7% (Zhang Z et al; 1983)。

表一、NDEA 物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	20℃ 下，0.86 mmHg	Klein RG; 1982
Koc	83 和 14	US EPA; 2011
BCF	3	Lyman WJ et al; 1990
Kow	0.48	Hansch C et al; 1995

人體可能的暴露途徑：

職業上暴露到 NDEA 為在使用 NDEA 之相關工作場所的人員經由呼吸或皮膚接觸進入體內，在橡膠、染料及鑄造業的工作人員可能吸入空氣中的 NDEA。一般民眾則可能吸入香菸煙霧或食入起司、培根、魚、啤酒等食物或經由飲水暴露 NDEA。各工作場所空氣中之 NDEA 濃度例如染料廠 0.04 µg/m³，橡膠廠 0.77 µg/m³，及鑄造廠 0.26 µg/m³ (Rounbehler DP, Fajen JM; 1983)。而從數種煙草萃取物的香菸中可測得 NDEA，且在氮含量高的土壤生長之煙草明顯的比含量低土壤煙草有更高 NDEA。有研究報導在市售的美國香菸、法國香菸、低硝酸鹽實驗香菸、高硝酸鹽實驗香菸及小雪茄之煙霧中的香菸主流煙霧中有 NDEA 存在 (Preussmann R; 1984)，而且在市售美國香菸及小雪茄的側流煙霧亦可測得 NDEA。

食物中濃度：分析起司、肉類、魚類 24 個樣品之 NDEA 濃度，5 個樣本中含有 1.5 µg/kg，1 個樣本含有微量 NDEA (0.5-1.0 µg/kg) (Alliston TG et al; 1972)。在義大利市場進行的初步調查中，罐頭午餐肉和醃肉的 NDEA 濃度分別為 <0.3-62.80 及 <0.3-11.01 ppb (Gavinelli M et al; 1988)，分析各種魚類和海鮮的 63 個樣本中，皆無檢出揮發性亞硝胺（包含 NDEA）（偵測極限為 0.1 ppb）(Sen NP et al; 1985)。加拿大檢測市售的 38 項食用油、10 種奶油、14 種人造奶油則皆無檢出 NDEA (Sen NP, Seaman S; 1981)。儲存在橡膠網的煙燻火腿在火腿外層可測得 6.9 ppb 的 NDEA，火腿中心 NDEA 濃度則為 0.8 ppb (Sen NP et al; 1987)。在油炸鹽漬黃魚中測得 NDEA 10 ng/kg，蒸鹽漬黃魚則是 100 ng/kg (Huang DP et al; 1981)，啤酒中則測得 NDEA 濃度 3 ppb (Speigelhalder B et al; 1979)。

1984 年 1 月 1 日美國消費品安全委員會建立了嬰兒乳膠奶嘴的總揮發亞硝胺類共 60 ppb 的動作水平 (action level)，這些產品中 NDEA 的濃度範圍約 1.5-3.7 ppb (Gray JI, Stachiw MA; 1987)，而在動作水平數值執行時所進行的基礎調查，15 個美國

製造商中有6個廠商的嬰兒奶嘴有NDEA，且此6間廠商的嬰兒奶嘴NDEA最高濃度可測得7.16 ppb (Billedeau SM et al; 1986)。在1984年動作水平宣布後，10間廠商生產或進口的嬰兒奶嘴則無測得NDEA了。當橡膠奶嘴以一般家庭使用的方式滅菌，奶嘴上的NDEA會轉移到牛奶、水及配方奶粉中 (Gray JI, Stachiw MA; 1987)。

環境水體中的濃度飲用水：

美國費城的自來水中可測得NDEA濃度為0.1-0.7 ng/L (Kimoto WI et al; 1981)。中國調查飲用水中NDEA，原水為0 – 16.3 ng/L及清水為0 – 14.0 ng/L (Wang W et al; 2011)。

地表水：德國檢驗萊因河12處河水，未檢出亞硝胺類存在 (Hartmetz G, Slemrova J; 1980)，自主流和Neckar河的單一水樣皆無檢出亞硝胺類，含有132 ng/L之NDEA排放入河流中，距離50公尺處測得的NDEA濃度則<20 ng/L。

污水處理廠濃度：美國分析位於東南部三間污水處理廠之厭氧消化混合槽之液體，NDEA檢出濃度分別為7.6, <0.1 及 2.2 µg/L，初沈池的上清液及活性污泥濃度則NDEA為<1 µg/L (Padhye L et al; 2009)。

4. 健康評量及毒理資料

NDEA 對雌性 Sprague-Dawley 大鼠和敘利亞倉鼠之鼻部和肺部組織有急性效應。給予大鼠及倉鼠單次腹腔注射 0、10、20、40、80 mg/kg 的 NDEA，觀察對到老鼠嗅覺區域中鮑曼氏腺細胞的醣蛋白合成有抑制作用 (Jensen RK, Sleight SD; 1987)。慢性暴露實驗則每日給予兔子飲用水中含 3.4 mg/kg 的 NDEA，有誘導肝細胞癌，另一實驗則實驗動物一週中有 6 天持續餵食 NDEA 飲用水中，13 隻動物死於轉移性肝癌，1 隻則為肺腺癌 (IARC; 1978)。經由飲食方式涉入受亞硝胺污染的飲用水或水產食物，可能導致一生的致癌風險增加，以致癌風險 1×10^{-5} , 1×10^{-6} , and 1×10^{-7} 分別估計，相對應的暴露量為 8.0 ng/L，0.8 ng/L，及 0.08 ng/L。若只消費水產食物而不計算飲用水的量，則為暴露量則為 12,400 ng/L，1,240 ng/L 及 124 ng/L (USEPA; 1986)。因此 NDEA 在人類資料中未有足夠證據，但有充分證據顯示對於動物有致癌性，因此 IARC 的癌症分類為 2A: No data are available in humans. Sufficient evidence of carcinogenicity in animals，USEPA 則為 B2，可能為人類之致癌物 (USEPA; 1994)。

RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1				195	大鼠/皮下(1)
				216	大鼠/腹腔注射
				280	大鼠/靜脈注射
				280	大鼠/口服
				132	小鼠/腹腔
				250	天竺鼠/口服
2.	0.0				口服(2)

(1) Lewis, R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 2708

(2) ACToR.epa.gov

5. 處理技術/成本分析

NDEA 可以被光分解，或是以活性碳處理

6. 國內外管制情形

項 目	國 名							
	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大
標準值 (單位：mg/L)	—	—	—	—	—	—	—	—

佛州建議值為：4 µg/L

7. 行政考量

無。

8. 管制優先次序

無。

9. 參考文獻

Alliston TG et al; Analyst 97: 915-20 (1972)

Billedeau SM et al; J Assoc Off Anal Chem 69: 31-4 (1986)

Gavinelli M et al; Bull Environ Contam Toxicol 40: 41-6 (1988)

Gray JI, Stachiw MA; J Assoc Off Anal Chem 70: 64-8 (1987)

Hansch C et al; Exploring QSAR. Hydrophobic, Electronic, and Steric Constants. Washington,DC: Amer Chem Soc p. 10 (1995)

Hartmetz G, Slemrova J; Bull Environ Contam Toxicol 25: 106-12 (1980)

Huang DP et al; Food Cosmet Toxicol 19: 167-72 (1981)

- IARC; IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 17: 125-76 (1978)
- 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. V17 92 (1978)
- Jensen RK, Sleight SD; Fundam Appl Toxicol 8 (2): 217-29 (1987)
- Klein RG; Toxicol 23: 135-47 (1982)
- Mirvish SS et al; J Natl Cancer Inst 56: 1125-9 (1976)
- Occurrence Biol Eff Relevance Hum Cancer): 3-15 (1984)
- Oliver JE; J Environ Qual 8: 596-601 (1979)
- O'Neil MJ, ed; The Merck Index. 14th ed., Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., p. 1147 (2006)
- Ozel MZ et al; Environ Sci Technol 45: 1497-1505 (2011)
- Padhye L et al; Environ Sci Technol 43: 3087-3093 (2009)
- Plumlee MH, Reinhard M; Environ Sci Technol 41: 6170-6176 (2007)
- Preussmann R; IARC Sci Publ 57(N-Nitroso Compounds and Precursors: IARC Sci. Publ. No. 57: 3-15 (1984)
- Rounbehler DP, Fajen JM; N-Nitroso Compounds in the Environment. p 221 NTIS PB 84-145770 (1983)
- Sen NP, Seaman S; J Agric Food Chem 29: 787-9 (1981)
- Sen NP et al; J Agric Food Chem 33: 264-8 (1985)
- Sen NP et al; J Agric Food Chem 35: 346-50 (1987)
- Speigelhalter B et al; Food Cosmet Toxicol 17: 29-32 (1979)
- USEPA; Quality Criteria for Water 1986: Nitrosamines (May 1, 1986) EPA 440/5-86-001
- Verschueren K; Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. Volumes 1-2. 4th ed. John Wiley & Sons. New York, NY. p. 858 (2001)
- Zhang Z et al; Zhonghua Zhongliu Zazhi 5: 270-3 (1983)

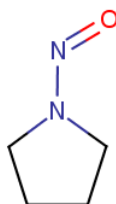
附錄 5.3 N-亞硝基吡咯烷 (N-nitrosopyrrolidine)

水質項目名稱：N-亞硝基吡咯烷 (N-nitrosopyrrolidine) (CAS：930-55-2)

別名：N-nitrosopyrrolidine

1. 化學式/結構式：

使用單位：ng/L



2. 分析方法：

化學物名	APHA「標準方法」	我國環保署環檢所公告
分析方法	-	W801.53B

3. 環境背景資料

亞硝基吡咯烷 (NPYR) 無直接做為市售產品或作為商品 (IARC; 1978)，本身是香菸的化學成分之一，故可能經由香菸煙霧，或是經由炸培根、廢水處理排放、橡膠輪胎 (Rounbehler DP, Fajen JM; 1983) 或廢水污泥而釋放至環境中。

空氣中：大部分香菸中的 NPYR 是經由煙草熱解的過程中所形成 (Trickler AR, Preussmann R; 1992)，空氣中的 NPYR 因其蒸氣壓為 0.06 mmHg (20 °C) (Klein RG; 1982)，表示通常以蒸汽的型態存在，氣態之 NPYR 會和大氣中光化學產生的氫氧自由基反應而受到光解，此反應之半衰期為 25 小時。NPYR 對於波長 290 nm 以上的紫外光有強烈吸收，最大吸收波長為 335 nm (IARC; 1978)，因此在空氣中被陽光照射可直接光分解。

土壤中：因 NPYR 之 Koc 值為 6 和 92，在土壤中有高度移動性，根據 37°C 下之亨利常數為 4.89×10^{-8} atm·m³/mole (Mirvish SS et al; 1976)，經由潮濕土壤表面揮發並非其重要的途徑，若在陽光照射下土壤表面的 NPYR 則可直接光解。且因蒸氣壓為 0.06 mmHg (Klein RG; 1982) 的關係，也不易經由乾燥土壤表面揮發。NPYR 會強烈吸收波長 290 nm 以上的紫外光 (NIST; 2012)，因此若在可照射到陽光的土壤表面則可直接照光分解而去除。

水中環境：水中的 NPYR 不易被懸浮固體及底泥所吸附，根據 NPYR 的亨利常數 (4.89×10^{-8} atm·m³/mole) 估算也不易由水體表面揮發 (Lyman WJ et al; 1990)。NPYR 在室溫下穩定，在一般自然環境條件或偏鹼性的黑暗中，可存在 14 天以上 (IARC; 1978)。NPYR 在魚類之 BCF 為 3 (Franke C et al; 1994)，log Kow 為 -0.19 (Hansch C et al; 1995) 顯示在水中生物的生物濃縮率低，生物降解性則未知。光分解是 NPYR 去除的重要途徑，水中 NPYR 暴露在南加州夏天中午的豔陽下，直接照光分解之半衰期為 14 分鐘 (Plumlee MH, Reinhard M; 2007)。

表一、NPYR物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	20°C 下，0.06 mmHg	Klein RG; 1982
Koc	6、92	US EPA; 2011
BCF	3	Lyman WJ et al; 1990
log Kow	-0.19	Hansch C et al; 1995

人體可能的暴露途徑：

職業上暴露到NPYR為相關工作場所的人員，如橡膠製造業（Rounbehler DP, Fajen JM; 1983）經由呼吸或皮膚接觸進入體內，在橡膠、輪胎相關場所工作的人可能吸入空氣中的亞硝胺類化合物（Spiegelhalder B, Preussmann R; 1983）。一般民眾則可能經由香菸的煙霧或蒸氣中，或食用某些特定食物，如油炸培根、醃肉、及魚類（Massey RC et al; 1991; IARC; 1978）暴露到NPYR。

平均每日攝取量（ADI）：德國男性自食物中攝得的量為0.1-0.15 µg（Preussmann R; 1984）。

食物中濃度：使用硝酸鹽醃製的加工肉品，可能會形成亞硝酸胺(Nitrosamine)。在油煎、油炸的高溫會產生亞硝酸吡咯烷(NOPyr, N-nitrosopyrrolidine)，並含有低量的亞硝基二甲基胺(NDMA, N-nitrosodimethylamine)。口中的細菌會將食物中的硝酸鹽轉化為亞硝酸鹽；在胃中，亞硝酸鹽可與亞硝基化合物（胺、醃胺）反應，形成N-亞硝基化合物(N-nitroso components)。這種化合物是致癌物質，可誘導DNA發揮潛在致突變性。美國培根中NPYR的濃度呈現逐年下降，一項調查顯示，1971-1974年濃度為67 µg/kg，1975-1976年則為17 µg/kg（IARC; 1978）。

分析11種起司的樣本（9種義大利，2種荷蘭）的揮發性亞硝胺類化合物，皆無檢出NPYR（Dellisanti A et al; 1996）。15個煙燻炸培根樣本可測得<2.0-19.0 µg/kg的NPYR，10個無煙燻的炸培根則是<2.0-9.0 µg/kg的NPYR（Massey RC et al; 1991）。分析25個起司、肉類和魚類的樣本，8個樣本濃度<0.5 µg/kg，其餘樣本濃度為1.0- 11.0 µg/kg（Alliston TG et al）。在義大利市場的初步調查結果，果凍豬肉罐頭為2.35 ppb，午餐肉產品為<0.3 - 5.88 ppb，醃肉則無測到NPYR（Gavinelli M et al; 1988）。分析63種各式魚類及海鮮食品中之揮發性亞硝胺類，只有煙燻鱈魚和煙燻鯡魚這2種檢測出NPYR為1.9 ppb（Sen NP et al; 1985）。在肉製品方面，75個炸豬肉培根的樣品，NPYR濃度範圍為0.7-25 µg/kg（Gloria MBA et al; 1997）。而乾燥的混合辛香料含有亞硝酸鈉，發現含有40 µg/kg之NPYR（IARC; 1978）。

NPYR已經確認為煙草的化學物之一（Rodgman A, Perfetti TA; 2009），在香菸的煙霧濃縮物樣本中測得NPYR濃度為7-113 ng/香菸，在5種香菸中則發現有NPYR為5.1-34 ng/香菸（IARC; 1978）。在德國10種有濾嘴和無濾嘴的香菸中，NPYR濃度分別為3.9 - 15.2 及 6.9- 41.2 ng/香菸（Trickler AR, Preussmann R; 1992）。一份研究顯示在香菸主流煙霧中NPYR的濃度（µg/香菸），市售美國香菸為5-33，法國香菸為11-25，低硝酸鹽實驗香菸為3-6，高硝酸鹽實驗香菸為32-52，小雪茄則是5（Preussmann R; IARC 1984）。各種燃燒煙霧的NPYR濃度(ng/g)如下：黑胡椒：750；醬油：64；烤魷魚：2040；維也納豬：37；雞肉：54；牛

肉：72；香菸（主流煙霧）：270，香菸（側流煙霧）：996，其他非食物的燃燒煙霧NPYR則如下（ng/g）：驅蚊劑：17；頭髮：940（Kataoka H et al; 1997）。

環境水體中的濃度

飲用水：加拿大在4個配水系統中檢測到NPYR濃度為18-70.5 ng/L（偵測極限為2.1 ng/L）（Zhao Y et al; 2006）。

排放水濃度：美國在19個化學工廠中有2個檢出0.09-0.02 µg/L之NPYR（IARC; 1978）。聖地牙哥及西雅圖的都市污水之處理廠之污泥檢出NPYR濃度為4.2和1.3 ppb（Mumma RO et al; 1984）。分析西南部的三個廢水處理廠，厭氧消化槽混合液的NPYR < 25 ng/L（Padhye L et al; 2009），初沈池上清液及活性污泥槽的廢棄污泥中則分別為<50 - 59 ng/L。

4. 健康評量及毒理資料

經由飲食方式涉入受亞硝胺污染的飲用水或水產食物，可能導致一生的致癌風險增加，以致癌風險 1×10^{-5} , 1×10^{-6} , and 1×10^{-7} 分別估計，相對應的暴露量為8.0 ng/L，0.8 ng/L，及 0.08 ng/L。若只消費水產食物而不計算飲用水的量，則為暴露量則為 12,400 ng/L，1,240 ng/L 及 124 ng/L（USEPA; 1986）。NPYR 有證據顯示對於實驗動物有致癌作用，但在人類流行病學資料中未有足夠證據，但因此 IARC 的癌症分類為 2B（IARC; 1987）。因在動物口服實驗中，觀察到 2 種鼠類發生腫瘤，故 USEPA 將 NPYR 分類為 B2，可能的人類致癌物 probable human carcinogen（U.S. EPA; 2000）。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					125	小鼠/皮下注射(1)
					125	小鼠/口服
					1023	倉鼠/口服
2					900	大鼠/口服(2)
3	0.0					(3)

(1) Lewis, R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 2725

(2) O'Neil, M.J. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 2006., p. 1148

(3) PPRTV

5. 處理技術/成本分析

NDEA 可以被光分解，或是以活性碳處理

6. 國內外管制情形

項 目	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大
標準值 (單位：mg/L)	—	—	—	—	—	—	—	—

美國其他州建議值，亞利桑納州：0.02 µg/L，佛羅里達州：4 µg/L

7. 行政考量

無。

8. 管制優先次序

無。

9. 參考文獻

- Agency for Research on Cancer, 1972-PRESENT. (Multivolume work). Available at: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php> p. S7 68 (1987)
- Chemicals to Humans 17: 287-301 (1978)
- Franke C et al; Chemosphere 29: 1501-14 (1994)
- Gavinelli M et al; Bull Environ Contam Toxicol 40: 41-6 (1988)
- Gloria MBA; Bull Environ Contam Toxicol 47: 120-5 (1991)
- Gloria MBA et al; J Agric Food Chem 45: 1816-1818 (1997)
- IARC; N-Nitrosopiperidine 17: 287-90 (1978)
- IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Spiegelhalder B, Preussmann R; Carcinogenesis (London) 4: 1147-52 (1983)
- IARC; IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Kataoka H et al; Bull Environ Contam Toxicol 59: 570-6 (1997)。
- Klein RG; Toxicology 23: 135-47 (1982)
- Lewis RJ, Sr, ed; Hawley's Condensed Chemical Dictionary. 15 th ed., New York, NY: John Wiley & Sons, p. 900 (2007)
- Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 15-1 to 15-29 (1990)
- Mallik MA B, Tesfai K; Bull Environ Contam Toxicol 27: 115-21 (1981)
- Massey RC et al; Food Add Contam 8: 585-98 (1991)
- Mirvish SS et al; J Natl Cancer Inst 56: 1125-9 (1976)
- Mumma RO et al; Arch Env Cont Tox 13: 75-83 (1984)
- NIST; NIST Chemistry WebBook. Pyrrolidine, 1-nitroso- (930-55-2). NIST Standard Reference Database No. 69, June 2005 Release. Washington, DC: US Sec Commerce. Available from, as of June 6, 2012: <http://webbook.nist.gov>
- Padhye L et al; Environ Sci Technol 43: 3087-3093 (2009)
- Plumlee MH, Reinhard M; Environ Sci Technol 41: 6170-6176 (2007)
- Preussmann R; IARC Sci Publ 57(N-Nitroso Compounds and Precursors: Occurrence Biol Eff Relevance Hum Cancer): 3-15 (1984)
- Rodgman A, Perfetti TA; The Chemical Components of Tobacco and Tobacco Smoke. Boca Raton, FL: CRC Press (Taylor & Francis Group), p. 720 (2009)
- Rounbehler DP, Fajen JM; N-Nitroso Compounds in the Factory Environment. NTIS PB84-145770 (1983)
- Sen NP et al; J Agric Food Chem 33: 264-8 (1985)
- Trickler AR, Preussmann R; Clin Investig 70: 283-9 (1992)

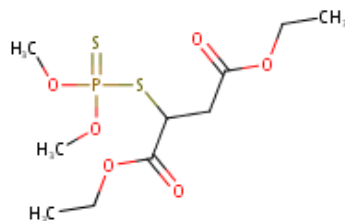
U.S. Environment Protection Agency's Integrated Risk Information System (IRIS).
Summary on N-Nitrosopyrrolidine (930-55-2). Available from, as of March 15,
2000: <http://www.epa.gov/iris/>
Zhao Y et al; Environ Sci Technol 40: 7636-7641 (2006)

附錄 5.4 馬拉松 (Malathion)

水質項目名稱：馬拉松(Malathion) (CAS：121-75-5)

別名：馬拉硫磷、好吉利

1. 化學式/結構式：



2. 使用單位：μg/L

3. 分析方法：

化學物名	APHA「標準方法」	我國環保署環檢所公告
分析 方法		NIEA W656.52B

4. 環境背景資料

馬拉松為一種人造殺蟲劑，純的馬拉松呈現無色液態狀，而工業級原油，也就是含 90%以上馬拉松及雜質的溶劑，則為棕黃色聞起來有大蒜味的液體，馬拉松可用於撲滅稻穀或花圃間的害蟲、人身上虱子及寵物身上跳蚤，同時也用來撲殺大量戶外的蚊蟲果蠅，做為殺蟲劑或殺蟎劑。常使用在柑橘園以控制果蠅和蚊子，也被使用在感染頭蝨的局部治療，該藥物也被使用在體蝨和塵蟎感染，馬拉松主要經噴灑農作物的方式進到環境中。

空氣中：空氣中的馬拉松會被分解，也會附著在顆粒上而沈降至地面，也會被光分解，且不會自土壤或水體表面逸散至空氣中。在 30℃ 環境中蒸汽壓為 3.97×10^{-5} mmHg (MacBean C, ed; 2008-2010)，顯示將同時以氣態和粒狀物方式存在周圍的大氣中。氣態的馬拉松會和大氣中光化學反應產生的自由基反應而分解，半衰期約為 5 小時，馬拉松發色團會吸收大氣中 >290 nm 以上的波長，表示可能經由陽光直接分解，粒狀的馬拉松則經由濕沈降或乾沈降而去除。

土壤中：馬拉松在土壤中的 Koc 為 927-17,620 (Ciglasch H et al; 2008)，因此移動速度相當低，因亨利常數為 4.89×10^{-9} atm·m³/mole (Fendinger NJ et al; 1990)，也不易從潮濕或乾燥的土壤表面揮發。在 5 種不同土壤中測得的馬拉松分解半衰期為 1.33-4.14 天 (Sun M et al; 2011)，在各種無滅菌的壤土中，10 天內可被分解 81%-94%，顯示會被生物分解 (Bennett SR et al; 1984)。

水中：水體中的馬拉松可由懸浮固體和底泥吸附，而不易從水體表面揮發，且馬拉松經由和水中的水、光線及微生物作用而分解，不會累積在魚體中 (Schlenk D; 2005)。在 pH>7.0 時，水解是馬拉松在水中降解的重要途徑，同時馬拉松在水體表面也可能發生光分解，在不同型態水中，馬拉松分解半衰期為 1.03-3.93 天 (Sun M et al; 2011)，pH<7 時則水解速度較生物降解慢 (Janeczko AK et al; 2014)。

表一、馬拉松物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	3.97×10^{-5} mmHg	MacBean C, ed; 2008-2010
亨利常數	4.89×10^{-9} atm-m ³ /mole	Fendinger NJ et al; 1990
Koc	927-17,620	Ciglasch H et al; 2008

人體可能的暴露途徑：

生產或使用馬拉松的工作人員可能吸入含馬拉松的煙霧或皮膚直接接觸而有職業上的暴露，一般民眾則主要是經由飲食，可能在施用殺蟲劑時受到暴露，或消費含有馬拉松殘留的蔬菜或水果。

環境水體中的濃度

地下水：在1997-1998年間收集西班牙加泰隆尼亞地區13個水文地質單位的139個地下水樣本，5%樣本測得馬拉松（Garrido T et al; 2000）。在1997-2013年間的義大利47個研究報告中，地下水皆未檢出馬拉松（Meffe R, de Bustamante I; 2014）。

飲用水：馬里蘭州在1995-1996年間隨機取樣的80個住宅飲用水未測得馬拉松（MacIntosh DL et al; 1999），義大利的Arno河為供應佛羅倫斯的飲用水源，在1993和1995年時分別有6個及8個測到馬拉松，最高濃度為0.17 µg/L（Griffini O et al; 1997），在埃及開羅的過濾飲用水樣本中58%測得馬拉松，2004年12月的中位數濃度為0.006 µg/L（Mansour SA; 2008）。

地表水：美國國家地表水監測計畫，在1976年~1980年有0.3%樣本測得馬拉松，最高濃度為0.18 ppb（Carey AE, Kutz FW; 1985）。美國在8個都會的河流收集214個水樣中，14%可檢出馬拉松，最高濃度為0.41 µg/L（Hoffman RS et al; 2000），2000-2001年自Kisco河（為紐約市供水系統之一部分）檢測的水樣中23%測得馬拉松，最高濃度為0.13 µg/L（Phillips PJ, Bode RW; 2004）。日本1996年4月至8月在Shinana河收集的4個樣本中有2個測得馬拉松，濃度23-28 ng/L（Tanabe A et al; 2001），中國2003-2004年進行全面的地表水調查，收集了217個水庫水406個湖泊水樣，43.5%水樣可測得馬拉松，濃度分布則<0.8-1290 ng/L（Gao J et al; 2009）。

殘留農藥安全容許量

國際普通名稱	普通名稱	作物類別	容許量(ppm)
Malathion	馬拉松	小麥（含黑小麥）	1.5
Malathion	馬拉松	小葉菜類	2.0
Malathion	馬拉松	包葉菜類	2.0
Malathion	馬拉松	玉米	2.0
Malathion	馬拉松	瓜菜類	1.0
Malathion	馬拉松	甘蔗類	0.5
Malathion	馬拉松	米類	0.1
Malathion	馬拉松	豆菜類	2.0
Malathion	馬拉松	其他大漿果類（番荔枝除外）	1.0

Malathion	馬拉松	其他果菜類（金針除外）	1.0
Malathion	馬拉松	玫瑰	1.0
Malathion	馬拉松	金針	0.5
Malathion	馬拉松	柿	0.5
Malathion	馬拉松	柑桔類	2.0
Malathion	馬拉松	洋甘菊	0.5
Malathion	馬拉松	其他（茶類）	0.05
Malathion	馬拉松	高粱	2.0
Malathion	馬拉松	乾豆類	0.5
Malathion	馬拉松	番荔枝	0.5
Malathion	馬拉松	絞股藍	0.5
Malathion	馬拉松	蕈菜類	2.0
Malathion	馬拉松	櫻桃	0.5
Malathion	馬拉松	其他（蔬果類）	0.01
Malathion	馬拉松	百合花	1.0
Malathion	馬拉松	其他大漿果類（番荔枝、黃金果及 榴槤蜜除外）	1.0
Malathion	馬拉松	黃金果	0.5
Malathion	馬拉松	鼠尾草	0.5
Malathion	馬拉松	榴槤蜜	0.5
Malathion	馬拉松	蓮藕	0.5
Malathion	馬拉松	其他（穀類）	0.02
Malathion	馬拉松	牛蒡	0.5
Malathion	馬拉松	紅蔥頭	0.5
Malathion	馬拉松	蕎頭	0.5
Malathion	馬拉松	洋蔥	1.0
Malathion	馬拉松	香辛植物（果實）	1.0
Malathion	馬拉松	香辛植物（根莖）	0.5
Malathion	馬拉松	香辛植物（種子）	2.0
Malathion	馬拉松	草莓	1.0
Malathion	馬拉松	葡萄	5.0
Malathion	馬拉松	辣椒（乾）	1.0
Malathion	馬拉松	蕪菁	0.2
Malathion	馬拉松	蘆筍	1.0
Malathion	馬拉松	蘋果	0.5
Malathion	馬拉松	洋香瓜	0.02
Malathion	馬拉松	香瓜	0.02

資料來源：衛生福利部食品藥物管理署，農藥殘留容許量標準

5. 健康評量及毒理資料

急性中毒的症狀可能包含毒蕈鹼，菸鹼及中樞神經系統效應。大量暴露在水中、空氣中或食物中的馬拉松後，症狀可能會迅速出現或延遲 12 小時，初步的

症狀可能由於過多的毒蕈鹼作用，導致呼吸困難、嘔吐、抽搐、腹瀉、眼睛水腫、視力模糊、唾液分泌、出汗、頭痛、暈眩、意識喪失。中度和重度中毒可能發生菸鹼性影響，包括肌肉緊張，肌肉無力，心動過速，呼吸肌無力或癱瘓。CNS 效應可能包括焦慮，煩躁和頭痛。呼吸衰竭可能是毒蕈鹼，菸鹼和 CNS 作用的組合引起的，馬拉松中毒嚴重時甚至導致死亡。對於哺乳動物的致死劑量為~1 g/kg (Brunton, L. et al; 2011)。暴露馬拉松會使甲狀腺功能減退，馬拉松和甲狀腺及前列腺癌症風險增加相關，但是非霍奇金淋巴瘤 (non-Hodgkin lymphoma) 的風險降低，國際癌症研究機構已確認馬拉松可能為人體的致癌物，美國 EPA 的 IRIS 計畫及國家毒物中心計畫的第 13 號報告則並未對馬拉松的潛在致癌性進行評估。

因馬拉松對人類致癌的證據有限，已觀察到馬拉松和非霍奇金淋巴瘤及前列腺癌的正相關，在實驗動物上則有足夠的證據顯示馬拉松的致癌性，IARC 將馬拉松分類為可能對人類致癌 (Group 2A) (IARC. 2015)。USEPA 的癌症分類：沒有足夠的證據顯示為人類潛在致癌物 (USEPA; 2006)。

馬拉松 ADI (每天可接受攝取量) 為 0.02 mg/kg (Office of Health and Environmental Assessment; 2012)。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg /day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					1025 369/工業級65% 1156/工業級90% 5843/未稀釋99%	小鼠/口服 (1) 大鼠/口服 大鼠/口服 大鼠/口服
2					750 420-474 570	大鼠/腹腔注射 (2) 小鼠/腹腔注射 天竺鼠/口服
3					1000 1375	雌大鼠/口服(3) 雄大鼠/口服
4					290 250 50 190 2330	大鼠/口服(4) 大鼠/腹腔注射 大鼠/靜脈注射 小鼠/口服 小鼠/皮膚
5	0.024 0.5	2.40				口服/慢性(5) 口服/急性

- (1) Bingham, E.; Cohrssen, B.; Powell, C.H.; Patty's Toxicology Volumes 1-9 5th ed. John Wiley & Sons. New York, N.Y. (2001)., p. V7 865
- (2) National Research Council. Drinking Water & Health Volume 1. Washington, DC: National Academy Press, 1977., p. 623
- (3) O'Neil, M.J. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry, 2013., p. 1059
- (4) Lewis, R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 2271
- (5) ACToR

6. 處理技術/成本分析

7. 國內外管制情形

項 目	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大
標準值 (單位：mg/L)	—	—	—	0.0001	—	—	0.07	0.19

美國聯邦飲用水指引：500 µg/L

加州飲用水指引值：160 µg/L，FLORIDA 指引值：140 µg/L，ARIZONA 指引值：140 µg/L，MAINE：指引值：140 µg/L。

8. 行政考量

無。

9. 管制優先次序

無。

10. 參考文獻

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc. Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. 6th ed. Volumes I, II, III. Cincinnati, OH: ACGIH, 1991., p. 562

Alexandria VA, Dept. Interior, US Geological Survey (1984)

Bennett SR et al; Environmental hazards of chemical agent stimulants. CRDC-TR-84055, Aberdeen Proving Ground, MD (1984)

Brunton, L. Chabner, B, Knollman, B. Goodman and Gillman's The Pharmaceutical Basis of Therapeutics, Twelfth Edition, McGraw Hill Medical, New York, NY. 2011, p. 243

Carey AE, Kutz FW; Environ Monit Assess 5: 155-63 (1985)

Ciglasch H et al; J Agric Food Chem 56: 9555-62 (2008)

Dierberg FE, Pfeuffer RJ; J Agric Food Chem 31 (4): 704-9 (1983)

- FAO/WHO; Pesticide Residues in Food - 1989. Evaluations Part 1 - Residues p.351
Plant & Prod Protect Paper 100 (1989)
- Fendinger NJ et al; Environ Toxic Chem 9: 731-735 (1990)
- Frank R et al; J Environ Qual 11: 497 (1982)
- Gao J et al; Bull Environ Contam Toxicol 82: 223-9 (2009)
- Garrido T et al; Int J Environ Anal Chem 78: 51-65 (2000)
- Gartrell MJ et al; J Assoc Off Anal Chem 69: 146 (1986)
- Griffini O et al; Bull Environ Contam Toxicol 59: 202-209 (1997)
- 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. 65
(1995)
- Hoffman RS et al; Environ Toxicol Chem 19: 2249-58 (2000)
- 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. V112 107 (2015)
- Janeczko AK et al; Water Res 57: 127-39 (2014)
- Johnson RD et al; J Assoc Off Anal Chem 67 (1): 145-54 (1984)
- King PH, McCarthy PL; Soil Sci Soc Am Proc 106: 248 (1968)
- Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington,
DC: Amer Chem Soc pp. 4-9, 15-1 to 15-29 (1990)
- MacBean C, ed; e-Pesticide Manual. 15th ed., ver. 5.1, Alton, UK; British Crop
Protection Council. Malathion (121-75-5) (2008-2010)
- MacIntosh DL et al; Hum Ecol Risk Assess 5:575-88 (1999)
- Mansour SA; Rev Environ Contam Toxicol 196: 1-51 (2008)
- Meffe R, de Bustamante I; Sci Total Environ 481: 280-95 (2014)
- Miles CF, Pfeuffer RJ; Arch Environ Contam Toxicol 32: 337-45 (1997)
- Miles JRW et al; Bull Environ Contam Toxicol 22: 312 (1979)

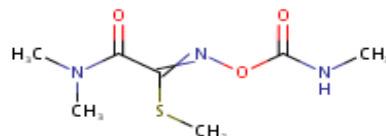
- Office of Health and Environmental Assessment: Health and Environmental Effects Profile for Malathion. Available from, as of August 24, 2012: <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=39349>
- Phillips PJ, Bode RW; Pest Manag Sci 60: 531-43 (2004)
- Schlenk D; Biochem Mol Biol Fishes 6: 171-90 (2005)
- Shiu WY et al; Rev Environ Contam Toxicol 116: 15-187 (1990)
- Sun M et al; J Agric Food Chem 60: 372-9 (2011)
- Tanabe A et al; J Agric Food Chem 49: 3847-52 (2001)
- Tomlin CL, ed; The Pesticide Manual World Compendium. 11th ed., Surrey, England: British Crop Protection Council p. 480 (1997)
- USEPA Office of Pesticide Programs, Health Effects Division, Science Information Management Branch: "Chemicals Evaluated for Carcinogenic Potential" (April 2006)
- USGS; pp. 88-9 in National Water Supply Summary 1984, Water Supply Paper No. 2275 (1984)

附錄 5.5 歐殺滅(Oxamyl)

水質項目名稱：歐殺滅(Oxamyl) (CAS：23135-22-0)

別名：萬強

1. 化學式/結構式：



2. 使用單位：μg/L

3. 分析方法：

化學物名	APHA「標準方法」	我國環保署環檢所公告
分析 方法		NIEA W656.52B

4. 環境背景資料

農藥歐殺滅為無色結晶體，水溶液中會緩慢分解，屬於廣效性的氨基甲酸鹽類殺線蟲劑。做為農藥使用時，可能以殺蟲劑、殺蟎劑、殺線蟲劑的角色分布至環境中，在不同酸鹼值下半衰期分別為>31 天（pH5），8 天（pH7）及 3 小時（pH9）。

空氣中：空氣中的歐殺滅在 20-25℃ 環境中蒸汽壓為 0.00023 mmHg，顯示將以氣態方式存在。氣態的歐殺滅會和大氣中光化學反應產生的自由基反應，半衰期約為 1.4 天（Meylan WM; 1993）。歐殺滅不會吸收波長 290 nm 的光線，並且在大氣中也不會受到陽光中光化學反應而分解。

土壤中：歐殺滅的 Koc 為 6~10（Bilkert JN, Rao PSC; 1985）顯示在土壤中具有高度移動性，因亨利常數為 2.37×10^{-10} atm·m³/mole，較不易從潮濕的土壤表面揮發。歐殺滅蒸汽壓為 0.00023 mmHg（Wauchope RD et al; 1991），水溶性則為 2.8×10^{-5} mg/L（Tomlin CDS, ed; 1997），因此也不容易從乾燥土壤表面揮發，在有氧條件的土壤中半衰期為 11 天（Harvey J Jr, Han JCY; 1978），在細沙的半衰期則為 415 天（Smelt JH et al; 1983），在厭氧的淤泥土壤中半衰期則是 6 天。在土壤中無明顯經由光分解反應產生（USEPA; 2003）。

水中：水中的歐殺滅 Koc 為 6~10，因此不易被懸浮固體和底泥所吸附，且依照其亨利定律常數，自水體表面揮發的量亦不顯著（Lyman WJ et al; 1990）。歐殺滅亨利常數為 2.37×10^{-10} atm·m³/mole，蒸汽壓則為 0.00023 mmHg（Wauchope RD et al; 1991），水中溶解度為 2.8×10^{-5} mg/L（Tomlin CDS, ed; 1997），歐殺滅 BCF 為 3.1，顯示對水中生物的生物濃縮性低，在 pH 4.1 的環境中穩定存在至少 11 天，在中性環境中（pH 6.9）則於 24-28 小時後水解 3-9%（Harvey J Jr, Han JCY; 1978），在鹼性環境下如 pH 9 則水解速度快，在 6 小時後水解 30%，暴露在紫外光下會加速水解。在水中將歐殺滅和光化學反應產生的氫氧自由基反應，在 22℃ 環境下實驗，得到反應速率常數為 2.0×10^9 l/mol·s（Haag WR, Yao CCD;

1992)，半衰期為 134 天，估算自由基濃度為 3.0×10^{-17} 莫耳 (Neely WB, Blau GE; 1985)，顯示在酸性表面水體中，光分解效果是顯著的 (USEPA; 2003)。

表一、歐殺滅物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	0.00023 mmHg	Wauchope RD; 1991
亨利常數	2.37×10^{-10} atm-m ³ /mole	Wauchope RD et al; 1991
Koc	6-10	Bilkert JN; 1985
BCF	3.1	Hansch C et al; 1995

人體可能的暴露途徑：

職業上暴露可能為從事農藥生產或包裝的工作者在工作場所經由呼吸和皮膚接觸歐殺滅，一般人暴露歐殺滅主要來源則是飲食。依據行政院衛生署藥物食品檢驗局調查研究報告 (DOH95-FD-2020)，於2006年進行1605件市售蔬果之農藥殘留檢驗，結果有3件蔬菜檢出歐殺滅0.07、0.10及0.2 ppm (平均0.12 ppm)。歐殺滅之ADI為每公斤體重0.009 mg，以體重60公斤成人計，每日可接受攝取量上限為0.54 mg。歐殺滅之平均殘留量為0.12 ppm，為每g檢體中，其歐殺滅攝入量佔ADI值0.02%，不致於對民眾健康產生影響。

環境水體中的濃度

地表水：1994年在英格蘭和威爾斯的河口及沿海水域，2%的水樣有檢出歐殺滅，濃度為 $>0.1 \mu\text{g/L}$ (Stangroom SJ et al; 1998)。

地下水：在紐約長島、羅德島的地下水中曾測得歐殺滅，濃度範圍5-65 ppb (Cohen SZ et al; ACS Symp Ser 259: 297-325 (1984))，在Massachusetts州的3個地下水井中測得歐殺滅，最大濃度為 $1.0 \mu\text{g/L}$ (Hallberg GR; 1989)，加州在26個鄉鎮檢測1003個水井(1994, 7月~1995, 7月)無檢出歐殺滅(California EPA; 1995)。根據美國環保署農藥計畫地下水農藥資料庫顯示，1971-1991的監測研究，檢測23305個水井中有904個地下水中檢出歐殺滅，濃度範圍0.01-395.00 $\mu\text{g/L}$ (USEPA; 1992)，這些有檢出的水樣中，5個在羅德島，897個在紐約，1個在麻州。

食物中的濃度：美國1985-1991的市售嬰兒/孩童食品調查，在2464個蘋果樣本中有1個測得歐殺滅，濃度0.06 ppm，571個梨子樣本中則3個有歐殺滅，最大濃度為0.38 ppm (Yess NJ et al; 1993)。加拿大在1992年1月~1994年3月的進口農產品檢測中，在黃瓜、葡萄、甜椒、草莓等項目中有8次測得歐殺滅 (Neidert E, Saschenbrecker PW; 1996)，美國在1993-1994年的進口蘋果檢疫中7次測得歐殺滅殘留，最高濃度為0.26 ppm (Roy RR et al; 1997)。

可接受的每日攝取量 (ADI)，口服參考劑量為0.025 mg/kg/day (UF: 100, MF: 1) (US EPA; 2003)。

殘留農藥安全容許量

國際普通名稱	普通名稱	作物類別	容許量(ppm)
Oxamyl	歐殺滅	其他小葉菜類 (芹菜除外)	0.5
Oxamyl	歐殺滅	包葉菜類	0.5

Oxamyl	歐殺滅	瓜果類	0.2
Oxamyl	歐殺滅	瓜菜類	2.0
Oxamyl	歐殺滅	米	0.02
Oxamyl	歐殺滅	豆菜類	0.1
<u>Oxamyl</u>	<u>歐殺滅</u>	芹菜	1.0
Oxamyl	歐殺滅	其他柑桔類（柳橙除外）	0.5
<u>Oxamyl</u>	<u>歐殺滅</u>	柳橙	1.0
Oxamyl	歐殺滅	根菜類	0.2
Oxamyl	歐殺滅	茶類	0.05*
Oxamyl	歐殺滅	乾豆類	0.1
Oxamyl	歐殺滅	番茄	0.05
Oxamyl	歐殺滅	其他果菜類（番茄除外）	2.0
Oxamyl	歐殺滅	其他	0.01*

資料來源：衛生福利部食品藥物管理署，農藥殘留容許量標準

5. 健康評量及毒理資料

氨基甲酸鹽農藥可能會導致輕微或中等的過敏（WHO; 1986）。動物實驗顯示歐殺滅經攝食後於尿液及糞便分別排出 72.7% 及 3.0%，96 小時則分別排出 88.7% 及 7.7%。一般而言，組織殘留量低。歐殺滅進入人體後與小鼠類似，主要由尿及糞便排出。氨基甲酸鹽中毒的臨床表現是因為乙醯膽鹼（Ach）在神經末梢累積所導致，症狀可分為三組：（1）蕁毒鹼症狀：支氣管分泌物增加，大量流汗及分泌唾液及淚液、支氣管收縮、腹部痙攣（嘔吐及腹瀉）、心跳加快。（2）菸鹼性反應：細部的肌纖維抽搐（嚴重時也包括橫隔膜和呼吸肌）、心跳加快。（3）中樞神經系統症狀：頭痛、暈眩、焦慮、精神混亂、昏迷、呼吸中樞受抑制。症狀持續的時間通常比有機磷中毒持續的時間短，輕微中毒可能僅包含蕁毒鹼症狀及菸鹼性症狀，嚴重的案例則顯示包含了中樞神經系統症狀，臨床表徵上則明顯的呼吸衰竭（WHO; 1986）。

一群 19-39 歲男性自願者給予含有歐殺滅 0.005、0.015、0.03、0.06、0.09 及 0.15 mg/kg bw 之膠囊。投予 0.15 mg/kg bw 者，血漿（0.5-2 小時內）及紅血球（0.5-1 小時內，抑制率 > 20%）中膽鹼酯酶活性被抑制。投予 0.09 mg/kg bw 者，其血漿及紅血球之抑制率 < 12%，因抑制率 < 20%，與對照組相近似，因此被認為沒有不良影響。JMPR 將歐殺滅 ADI 設定 0 - 0.009 mg/kg bw，WHO 將其毒性歸類為第 1B 級劇毒（highly hazardous）。USEPA 的癌症分類：Group E，非為人類之致癌物（Evidence of Non-carcinogenicity for Humans）。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					5.4 2960	大鼠/口服(1) 兔子/皮膚接觸
2					2.3	小鼠/口服(2)
3					3.1 2.5 5027	雄大鼠/口服(3) 雌大鼠/口服 雄兔/經皮

4			7 >1200	天竺鼠(4) 大鼠/皮膚 大鼠/亞慢性(5)
5	2.40	14.9		
6	1.00e-03			口服

- (1) Hayes, Wayland J., Jr. Pesticides Studied in Man. Baltimore/London: Williams and Wilkins, 1982., p. 457
- (2) Lewis, R.J. Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 9th ed. Volumes 1-3. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1996., p. 1339
- (3) Tomlin CDS, ed. oxamyl (23135-22-0). In: The e-Pesticide Manual, Version 2.2 (2002). Surrey UK, British Crop Protection Council
- (4) Kennedy G; Fundam Appl Toxicol 6 (3): 423-9 (1986)
- (5) ToxRefDB
- (6) ACToR

6. 處理技術/成本分析

7. 國內外管制情形

項 目	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大
標準值 (單位：mg/L)	—	0.2	—	0.0001	—	—	0.07	—

美國聯邦飲用水建議值：200 µg/L，加州飲用水標準值：50 µg/L，ARIZONA 建議值：180 µg/L，MAINE 建議值：175 µg/L。

8. 行政考量

無。

9. 管制優先次序

無。

10. 參考文獻

Bilkert JN, Rao PSC; J Environ Sci Health B 20: 1-26 (1985)

Cohen SZ et al; ACS Symp Ser 259: 297-325 (1984)

- California EPA; Sampling for pesticide residues in California well water. 1995 update of the well inventory data base. Sacramento, CA: CA Environ Prot Agency, Dept Pest Reg. 10th Annual Report, Dec EH95-06. pp. 139 (1995)
- Haag WR, Yao CCD; Environ Sci Technol 26: 1005-13 (1992)
- Hallberg GR; Agr Ecosyst Environ 26: 299-367 (1989)
- 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. 35 (1995)
- Harvey J Jr, Han JCY; J Agric Food Chem 26: 536-41 (1978)
- Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 4-9, 15-1 to 15-29 (1990)
- Meylan WM, Howard PH; Chemosphere 26: 2293-99 (1993)
- Neely WB, Blau GE; Environmental Exposure from Chemicals. Volume 1. Boca Raton, FL: CRC Press p. 207 (1985)
- Neidert E, Saschenbrecker PW; J AOAC Int 79: 549-66 (1996)
- Roy RR et al; J AOAC Int 80: 883-94 (1997)
- Smelt JH et al; Pestic Sci 14: 173-81 (1983)
- Stangroom SJ et al; Environ Technol 19: 643-66 (1998)
- Tomlin CDS, ed; The Pesticide Manual World Compendium. 11th ed., Surrey, England: British Crop Protection Council p. 909 (1997)
- USEPA; Interim Reregistration Eligibility Decision (IRED) Oxamyl. USEPA738-R-00-015. Available from the Database Query at <http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/status.htm> as of May 19, 2003
- USEPA; Interim Reregistration Eligibility Decision (IRED) Oxamyl. USEPA738-R-00-015 Available from the Database Query at <http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/status.htm> as of May 19, 2003
- USEPA; Pesticides in Groundwater Database. USEPA Off Pest Programs. Prevent Pest Tox Sub. (H7507C) USEPA-734-12-92-001 September, p. NS-144 (1992)
- Yess NJ et al; J AOAC Int 76: 492-507 (1993)

U.S. Environmental Protection Agency's Integrated Risk Information System (IRIS) on Oxamyl (23135-22-0). Available from: <http://www.epa.gov/iris/index.html> on the Substance File List as of June 24, 2003

WHO; Environ Health Criteria 64: Carbamate pesticides (1986). Available from, as of July 3, 2003: <http://www.inchem.org/pages/ehc.html>

Wauchope RD et al; Rev Environ Contam Toxicol 123: 1-36 (1991)

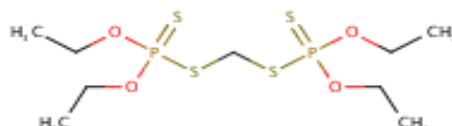
WHO; Environ Health Criteria 64: Carbamate pesticides (1986). Available from, as of July 22, 2003: <http://www.inchem.org/pages/ehc.html>

附錄 5.6 愛殺松 (Ethion)

水質項目名稱：愛殺松(Ethion) (CAS：563-1-22)

別名：安克蟎、新紅兵、克蟎剎、和殺蟎、順濃心、特殺松、剋蟎精、百事發、臺殺松、羅殺松、愛蟎殺、愛美松、克蟎靈、愛利強、好殺蟎、介殺霸、愛滅蟎、益滅蟎、愛殺蟎、死蟎蟬、優克蟎、新介煞霸、羅翰松

1. 化學式/結構式：



2. 使用單位：μg/L

3. 分析方法：

化學物名	APHA「標準方法」	我國環保署環檢所公告
分析方法		NIEA W656.52B

4. 環境背景資料

愛殺松為一種有機磷農藥，純的愛殺松為澄清至黃色液體，帶有硫磺味，微溶於水，易溶於石油、煤油等有機溶媒，在空氣中會慢慢氧化，並被酸及鹼水解。愛殺松於農業上作用為非系統性殺蟲劑和殺蟎劑（Tomlin CL, ed; 1997），主要用於控制柑橘類樹上的昆蟲，也用在棉花、水蘋果、玉米、茄子、葡萄、洋蔥、梨、桃、堅果樹及一些蔬菜等作物，也可用於觀賞植物和草坪上。

愛殺松在製造和使用時會進入空氣、水及土壤中，在空氣中則維持的時間很短，在水中則降解相當緩慢，可與土壤顆粒強力鍵結，但在地下水中不能隨著土壤移動，土壤中的愛殺松在 1~12 個月發生降解。

空氣中：空氣中的愛殺松在 25°C 環境中蒸汽壓為 1.5×10^{-6} mmHg（Tomlin CL, ed; The Pesticide），顯示將同時以氣態和粒狀物方式存在周圍的大氣中。氣態的愛殺松會和大氣中光化學反應產生的自由基反應而分解，半衰期約為 40 分鐘，顯示愛殺松容易經光降解，空氣中粒狀的愛殺松則經由濕沉降或乾沉降而去除。

土壤中：在 4 種不同土壤中測得的愛殺松平均 K_{oc} 為 15,435（King PH, McCarthy PL; 1968），顯示在土壤中不容易移動，因亨利常數為 3.8×10^{-7} atm·m³/mole，蒸汽壓則為 1.50×10^{-6} mmHg（Tomlin CL, ed; The Pesticide），則不易從潮濕或乾燥的土壤表面揮發。愛殺松在經滅菌的壤土和有機土壤內之半衰期約 24 週，在未滅菌的土壤中半衰期則為 7-8 週（Miles JRW et al; 1979）。

水中：愛殺松 K_{oc} 為 15,435，顯示水體中的愛殺松可由懸浮固體和底泥吸附。且依照愛殺松的和蒸汽壓，從水體表面揮發不是此化合物主要的去除方式（Lyman WJ et al; 1990）。愛殺松在水中溶解度為 2.0 mg/L（Shiu WY et al; 1990），BCF 為 1600（Hansch C et al; 1995），顯示對水中生物的生物濃縮性相當高。在

運河和沼澤中的生物降解半衰期為 12-16 週。以佛羅里達渠道水經滅菌和未滅菌水觀察到半衰期為 24-26 天 (Dierberg FE, Pfeuffer RJ; 1983)，因此在環境水體表面極可能因生物降解而去除。在 30°C，pH4-10 的蒸餾水中的水解半衰期為 20.8 週~1 天，在 25°C，pH4.5-8 的蒸餾水中的水解半衰期為 99-8.4 週，觀察到愛殺松在南佛羅里達的柑橘園灌溉渠道中有快速的水解，半衰期為 26 天 (Dierberg FE, Pfeuffer RJ; 1983)。

表一、愛殺松物化特性

物化特性		文獻
蒸氣壓	1.5×10^{-6} mmHg	Tomlin CL, ed; 1997
亨利常數	3.8×10^{-7} atm-m ³ /mole	
Koc	15,435	King PH, McCarthy PL; 1968
BCF	1600	Hansch C et al; 1995

人體可能的暴露途徑：

曾有報告顯示農業工作者在採摘桃子和葡萄時受到愛殺松的暴露 (ACGIH, 1991)。職業上暴露可能噴灑殺蟲劑時在附近活動而吸入愛殺松，及工作人員在混合及應用農藥產品時經皮膚接觸，或是生產農藥的工作場所受到暴露。一般人暴露愛殺松主要來源則是飲食，或是接觸含有愛殺松的物品而經由皮膚暴露微量愛殺松。

環境水體中的濃度

地表水：美國地質調查局的農藥監測網路資訊，在1975年~1980年間在174個點收集2823個水樣中有0.1%測得愛殺松 (USGS; 1984)。1975-1976在安大略省11個農業行水區進行調查，0.4%水樣可測得愛殺松，檢出的最大濃度為0.04 ppb (Frank R et al; 1982)。在南佛羅里達曾9次檢出地表水中含愛殺松，最高濃度為0.83 µg/L (Miles CF, Pfeuffer RJ; 1997)。

食物中的濃度：1976-1977的市售嬰兒/孩童食品調查，在132個幼兒食品樣本中有2個發現含有愛殺松0.001 ppm，檢出樣本是在水果和果汁中 (Johnson RD et al; 1984)。

根據1978-1982年美國總膳食研究的監測，食物可接受的每日攝取量 (ADI)，估計為0.001-0.005 µg/kg/day (Gartrell MJ et al; 1986)，世界衛生組織的ADI則是0.006 mg/kg (FAO/WHO; 1989)。

殘留農藥安全容許量

國際普通名稱	普通名稱	作物類別	容許量(ppm)
Ethion	愛殺松	小漿果類	0.5
Ethion	愛殺松	果菜類	0.5
Ethion	愛殺松	柑橘類	3

資料來源：衛生福利部食品藥物管理署，農藥殘留容許量標準

5. 健康評量及毒理資料

愛殺松對於人體的危害為會影響中樞神經系統，高劑量暴露時引起噁心、出汗、膀胱失禁、視力模糊、肌肉顫抖和呼吸費力。嚴重的中毒症狀則可能導致昏厥、呼吸困難和死亡。

USEPA 的癌症分類：Group E，非人類之致癌物 Evidence of Non-carcinogenicity for Humans (USEPA; 2006)。

	RfD (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)	LOAEL (mg/kg/day)	MRDD	LD50 (mg/kg)	實驗方式
1					47/工業級 208/純	大鼠/口服 (1) 大鼠/口服
2					208/工業級 24.4/工業級 915/工業級	大鼠/口服 (2) 雌大鼠/口服 兔子/經皮
3		1.23e-02	4.03e-01			狗/慢性/口服(3)
4	5.00e-04					口服(4)

- (1) Tomlin, C.D.S. (ed.). The Pesticide Manual - World Compendium. 10th ed. Surrey, UK: The British Crop Protection Council, 1994., p. 408
- (2) Worthing, C.R., S.B. Walker (eds.). The Pesticide Manual - A World Compendium. 7th ed. Lavenham, Suffolk, Great Britain: The Lavenham Press Limited, 1983., p. 244
- (3) ToxRefDB
- (4) ACToR

6. 處理技術/成本分析

7. 國內外管制情形

項 目	我國	美國	WHO	EC	德國	英國	澳洲	加拿大
標準值 (單位：mg/L)	—	—	—	0.0001	—	—	0.004	—

加州飲用水指引值：4 µg/L，FLORIDA 指引值：3.5 µg/L。

8. 行政考量

無。

9. 管制優先次序

無。

10. 參考文獻

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc. Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. 6th ed. Volumes I, II, III. Cincinnati, OH: ACGIH, 1991., p. 562
- Dierberg FE, Pfeuffer RJ; J Agric Food Chem 31 (4): 704-9 (1983)
- FAO/WHO; Pesticide Residues in Food - 1989. Evaluations Part 1 - Residues p.351 Plant & Prod Protect Paper 100 (1989)
- Frank R et al; J Environ Qual 11: 497 (1982)
- Gartrell MJ et al; J Assoc Off Anal Chem 69: 146 (1986)
- 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. 65 (1995)
- Johnson RD et al; J Assoc Off Anal Chem 67 (1): 145-54 (1984)
- King PH, McCarthy PL; Soil Sci Soc Am Proc 106: 248 (1968)
- Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 4-9, 15-1 to 15-29 (1990)
- Miles CF, Pfeuffer RJ; Arch Environ Contam Toxicol 32: 337-45 (1997)
- Miles JRW et al; Bull Environ Contam Toxicol 22: 312 (1979)
- Shiu WY et al; Rev Environ Contam Toxicol 116: 15-187 (1990)
- Tomlin CL, ed; The Pesticide Manual World Compendium. 11th ed., Surrey, England: British Crop Protection Council p. 480 (1997)
- USEPA Office of Pesticide Programs, Health Effects Division, Science Information Management Branch: "Chemicals Evaluated for Carcinogenic Potential" (April 2006)
- USGS; National Water Summary 1984, Water Supply Paper No.2275, Alexandria VA, Dept. Interior, US Geological Survey (1984)

附錄六 專家諮詢會議與期中審查

附錄 6.1 第一次專家諮詢會議記錄

一、會議時間：106 年 4 月 14 日（星期五）下午 1 時 30 至 3 時 30

二、會議地點：臺大公共衛生學院 6 樓（601 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：蔡沁芳

四、出席人員：

黃志彬 委員（國立交通大學環境工程研究所教授）
 阮國棟 委員（行政院環保署檢驗所前所長）
 李奇旺 委員（淡江大學水資源及環境工程學系教授）
 毛義方 委員（中山醫學大學職業安全衛生學系教授）
 林逸彬 委員（國立臺灣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）
 歐陽嶠暉 委員（國立中央大學環境工程研究所教授）
 劉玉玫 科長（行政院環境保護署環管處）
 高俊璿 薦任技士（行政院環境保護署環管處）
 陳曼莉 副處長（臺北自來水事業處）
 洪世政 處長（台灣自來水公司）
 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）

五、討論議題：

- （一）國內飲用水水質標準之檢討方法論及方向
- （二）優先評估物質篩選、採樣淨水場篩選
- （三）飲用水中鉛濃度的採樣對檢測結果的影響

六、學者專家意見：

（一）童心欣委員

1. 自來水中 NDMA 及其他 Nitrosamine 濃度已有不同研究報導（共同主持人團隊先前研究成果），建議整理從前研究結果併入此成果分析。
2. 採樣點選擇宜考慮原水來源及混凝劑種類、NDMA 可由消毒或 polymer 等不同來源。消毒來源中若原水有機濃度高或氨氮高才會導致 NDMA 生成。
3. 農藥種類所列是否與現今使用量相當？（可比較農藥使用銷售記錄）。

（二）黃志彬委員

1. 亞硝胺類物質大致有 9 種，其中最常出現為 NDMA，為何選此三種（即 NDMA、NDEA、NPYR）為優先評估污染物，可多說明。
2. 亞硝胺類物質之形成主要是來自工業廢水或家庭污水加氯消毒而形成，在自來水處理若使用氯胺消毒，亦有可能形成此亞硝胺類化合物。
3. 自來水含鉛的來源主要有三，鉛管、含鉛水龍頭及含鉛水表，而且後兩者有其普遍性且會有長時間浸泡在水中，致鉛極易溶出。因此，採樣目的是為了法規要求及責任認定，或者是研究是否上述有鉛溶出的可能，則會有不同的採樣方式及設計。

（三）歐陽嶠暉委員

1. 各別監測淨水場其水源集水區之利用特性、其土地利用之用途，有其使用或用途種類，是否是最適當的淨水場，宜有說明。
2. 7 個淨水場其水源有川流、水庫，是累積性或是直接濃度性因水源而異，能否具代表性。藉以保護用戶安全。
3. 選用的 6 項目，在歐盟、紐西蘭、韓國及新加坡皆 NA，臺灣之水源特性與這些國家之水源特性有何差異，宜加說明。

(四) 毛義方委員

1. 106 年優先評估污染物農藥使用量可參考臺灣農藥販賣工會之年報參考之。
2. 預排水 20 秒建議可分開採樣處理，依採樣檢測目的做安排。
3. 優先管制項目 NDMA，NDEA 是否列入今年之項目建議再檢討其必要性。

(五) 李奇旺委員

1. N-DBPs 監測淨水場之篩選有無考慮水源受生活污水等污染風險較高之場址。
2. 初步蒐集清單中農藥類是否有依分析方法類似的項目，先行分類。

(六) 阮國棟委員

1. 採樣 6 座水場，似可排除基隆新山。
2. 同意另外抽換一個外島的樣品（南化換金門）。
3. 同意所列 6 項檢測物質（嘉磷塞用量很大，去年已列入調查）。
4. 建議將林逸彬教授提供的「衝突的採樣法規」送請環檢所參考，以此特殊現象造成水管中的不均勻水樣鉛的含量，並採樣方法上決定是否修正，環管處則宜考量水樣超標是否一律受罰的法令問題。

(七) 林逸彬委員

1. 需思考鉛採樣的目的與精神（當作裁罰標準 vs. 了解真實的公共飲水安全；水表前 vs. 住戶水龍頭）。
2. 美國、加拿大、英國、歐盟雖採樣方法有所差異，但均採滯留水樣。放流採樣在美國甚至已被視為犯罪行為，臺灣現行之放流採樣須加以檢討。
3. 美國及加拿大的研究已證實部分汰換反而造成水中鉛含量提高，建議目前的換管計畫需進行換管前的調查及換管後的水質監測（滯留採樣），以了解真實風險。
4. 需有更完善的自來水設備含鉛標準，目前規定「無鉛水龍頭」含鉛量需 $<0.25\%$ ，其他設備（閥、接頭...）尚未規範。

(八) 洪世政處長

1. 有關本計畫提出之 6 項優先評估物質-亞硝胺類化合物參考美國 CCL4 清單及文獻中檢出率較高之污染物選出，農藥則篩選屬國內用量大之農藥，因此本公司對於此 6 項優先評估物質無意見。另本次計畫選之 6 座採樣淨水場皆屬供水量較大之淨水場，應能符合計畫需求。
2. 本公司對於計畫所擬定之參考資料建議如下：
 - (1) 建議參考歐美先進國家取消「飲用水水源水質標準」，僅以「飲用水水源水質指引」供淨水處理參考，以因應國內水源不足的問題。
 - (2) 建議在蒐集世界衛生組織（WHO）的水安全計畫時是否能一併提供淨水處理等資料以供參考。

- (3) 有關「飲用水質標準」罰責部分，建議比照美國修改為一級標準、二級標準的方式，取消全面單一次抽驗不合格就罰款。
 - (4) 飲用水管理相關法規之修訂建議比照歐美、日本等先進國家於法條中詳述訂定項目之風險評估、可能污染來源、淨水處理等，強化對民眾之宣導。
 - (5) 但除了參考世界衛生組織、歐盟等國際組織或先進國家之飲用水管理相關法規外，因為臺灣水資源匱乏，在水源及水質管理方面亦須將臺灣地形山高坡陡、降雨分布不均、全球氣候變遷等因素納入考量，以期符合臺灣現況。
3. 依據日本參考資料之採樣方法(厚生勞動大臣登錄水質檢查機關公告)，採集一般水樣有預排水步驟，以確保採取新鮮水樣，且備註中配水管線為「鉛管」之採樣亦有預排水之步驟。考量目前臺灣現況，配水採樣如刪除預排水步驟，檢驗結果將受用戶端水龍頭品質不一(用戶水龍頭可能含鉛)及偏遠地區採樣點自來水於管線中滯留時間無法控制等因素影響，因此採集之水樣可能不具代表性，故建議如為檢測本公司所供應之自來水鉛含量，應依飲用水水質採樣方法-自來水系統(NIEA W101.55A)採集樣品，做預先排水之步驟，以確保採集之水樣不受用戶管材之影響且避免管線內鐵鏽污染物等不確定因素影響實驗結果。如為檢測管材對自來水之影響，於採樣前仍須排水一段時間後，再關閉水龍頭滯留一段時間，再進行取樣，建議明訂採樣步驟、排水時間及流量、於管線內滯留時間等，以確保取樣具代表性。
4. 坪頂場可以不要，改用離島金門。

(九) 陳曼莉副處長

1. 我國飲用水水質標準與歐美國家之立法精神及管理方式有顯著不同，以 USEPA 之 LCR 為例，雖要求對用戶龍頭水質進行監測，且要求採取 1st draw 水樣，但開宗明義即表達，超過 action level 並非 violation 主要精神在於：採取行動。但國內環保單位水質檢測之目的，除了解供水水質狀況外，同時也要確認水質責任。採取 1st draw 水樣確可了解用戶用水之實際水質狀況，但可能造成後續複雜之責任釐清問題。對於飲用水中鉛濃度分析之採樣方法刪除預排水步驟乙節，應與水質標準及飲用水管理等相關法規同時考量，現階段實有執行上之困難。
2. 北水處自 2012 年起，已分別對原水、淨水場清水及供水管網水樣進行 NDMA 之監測，以了解背景值(檢測結果皆為 ND)。現行環保署 NIEA W801.52B 檢測方法，環檢所建議之 MDL 高於各國管制標準，若考量將 NDMA 納入候選清單，應一併考量檢驗方法。

七、環保署環管處意見：

- (一) 本年度篩選之優先評估物質原則同意，至於調查之淨水場，考量亞硝胺類之特性，請執行單位評估改列一處外島淨水場。
- (二) 有關「飲用水水質採樣方法—自來水系統」，係為瞭解自來水事業供水之水質，並做為環保單位執行飲用水水質稽查管制時之採樣依據，涉及法令執行及法定責任之釐清，若修訂排除採樣前排水可能造成後續複雜的責任釐清問題。自來水事業為瞭解其供水用戶的用戶用水設備及經內線供水水質狀況，可依自來水事業供應用戶之水質管理需求，自行衡酌採樣方法。

- (三) 考量近來國際上針對含鉛管線更換後對於水質的影響持續有新發現，部分研究指出若用戶端仍有鉛管存在，用戶外線換管初期可能因施工擾動使含鉛腐蝕產物脫落或電偶腐蝕等因素造成用戶端水質含鉛量上升。請自來水事業衡量用戶用水設備及用戶端水質狀況等評估所需之採樣程序，自主加強已汰換鉛管外線用戶之水質調查，以釐清是否有上述風險，並於換管前主動將相關風險詳細告知用戶，以確保自來水飲用安全。建議可整理相關資訊製作成宣導單張，於換管前由專人（或請里長協助）逐一向用戶詳細說明，並請自來水事業於汰換鉛管外線後，主動通知用戶已完成汰換作業，並請用戶注意其內線用水設備的管理維護。

八、會議結論：

- (一) 本年度篩選之 6 項優先評估物質原則同意，調查之 6 座淨水場可改列一處外島淨水場。
- (二) 研析國際飲用水管理法規制度推動現況以提出精進我國政策之建議，原則依執行團隊之規劃辦理。
- (三) 「飲用水水質採樣方法－自來水系統」涉及環保單位執行法令及法定責任之釐清，訂定之目的係做為環保單位執行飲用水水質稽查管制時之採樣依據，不宜刪除預排水步驟，以免造成後續複雜的責任釐清問題。
- (四) 為瞭解自來水用戶端水質狀況，因涉及自來水法相關規定，建議自來水事業衡酌用戶用水設備、用水習慣及用戶端水質狀況等評估所需之採樣程序，自主加強汰換鉛管外線、用戶之汰換作業前後水質調查，並加強宣導用戶相關風險，以確保自來水飲用安全。

附錄 6.2 第一次專家諮詢會議委員意見回覆

審查建議	回覆
(一) 童心欣 委員	
1. 自來水中 NDMA 及其他 Nitrosamine 濃度已有不同研究報導(共同主持人團隊先前研究成果)建議整理從前研究結果併入此成果分析。	感謝委員建議，計畫執行團隊將依委員建議辦理。
2. 採樣點選擇宜考慮原水來源及混凝劑種類、NDMA 可由消毒或 polymer 等不同來源。消毒來源中若原水有機濃度高或氨氮高才會導致 NDMA 生成。	感謝委員指導，考量原水可能有較高生活污水或其他污染來源，且經由專家會議討論與諮詢，採樣淨水場將調整為鳳山淨水場與金門淨水場。
3. 農藥種類所列是否與現今使用量相當？(可比較農藥使用銷售記錄)。	農藥篩選種類參考農藥進口量與使用量（資料來源為植物保護工業同業公會）及農藥殘留研究，並去除飲用水中已有管制標準及以往研究曾進行調查的農藥項目。
(二) 黃志彬 委員	
1. 亞硝胺類物質大致有 9 種，其中最常出現為 NDMA，為何選此三種(即 NDMA、NDEA、NPYR)為優先評估污染物，可多說明。	亞硝胺類之優先評估考量參考北京清華大學之研究文獻，選取文獻中自來水及清水中及其生成潛能檢出率較高的三種化合物，即 NDMA、NDEA、NPYR 三種。
2. 亞硝胺類物質之形成主要是來自工業廢水或家庭污水加氯消毒而形成，在自來水處理若使用氯胺消毒，亦有可能形成此亞硝胺類化合物。	感謝委員指導。
3. 自來水含鉛的來源主要有三，鉛管、含鉛水龍頭及含鉛水表，而且後兩者有其普遍性且會有長時間浸泡在水中，致鉛極易溶出。因此，採樣目的是為了法規要求及責任認定，或者是研究是否上述有鉛溶出的可能，則會有不同的採樣方式及設計。	感謝委員指導。
(三) 歐陽嶠暉 委員	
1. 各別監測淨水場其水源集水區之利用特性，及土地利用之用途，有其使用或用途種類，是否是最適當的淨水場，宜有說明。	感謝委員指導，將於報告之淨水場篩選內容章節中說明選取淨水場集水區之土地利用特性及對水質之可能影響。
2. 7 個淨水場其水源有川流、水庫，是累積性或是直接濃度性，因水源而	感謝委員指導，淨水場之選擇以供水量及供水人口較大，以及可能受到之污染（農業活動或生活用水污染等）為

異，能否具代表性。藉以保護用戶安全。	原則，兩者兼具考量，以期能選出代表性淨水場。
3. 選用的 6 項目，在歐盟、紐西蘭、韓國及新加坡皆 NA，臺灣之水源特性與這些國家之水源特性有何差異，宜加說明。	感謝委員建議，將於報告中補充臺灣水源特性與其他國家之差異。
(四) 毛義方 委員	
1. 106 年優先評估污染物農藥使用量可參考臺灣農藥販賣工會之年報參考之。	感謝委員指導，農藥使用量主要參考資料為植物保護工業同業公會之農藥進口量與使用量統計年報。
2. 預排水 20 秒建議可分開採樣處理，依採樣檢測目的做安排。	感謝委員建議。
3. 優先管制項目 NDMA，NDEA 是否列入今年之項目建議再檢討其必要性。	感謝委員建議，亞硝胺類之優先評估考量參考北京清華大學之研究文獻，選取文獻中自來水及清水中及其生成潛能檢出率較高的三種化合物，即 NDMA、NDEA、NPYR 三種。
(五) 李奇旺 委員	
1. N-DPBs 監測淨水場之篩選有無考慮水源受生活污水等污染風險較高之場址。	篩選之淨水場一方面考量主要供應人口，一方面考量可能的污染，基隆新山、高屏溪即為受生活污水污染風險較大之水源，請經專家會議討論，東港溪今後為鳳山淨水場之支援水源，則將鳳山淨水場納入篩選淨水場。
2. 初步蒐集清單中農藥類是否有依分析方法類似的項目，先行分類。	感謝委員指導，初步蒐集清單近 200 種農藥項目繁多且分析方法不一，將考量委員之建議另以分析方法歸納，以便之後之篩選作業。
(六) 阮國棟 委員	
1. 樣 6 座水場，似可排除基隆新山。同意另外抽換一個外島的樣品(南化換金門)。	考量新山淨水場基隆地區最主要供水之淨水場，且皆為民生用水供應，仍予以保留，感謝委員指導，將南化淨水更換為金門之淨水場。
2. 同意所列 6 項檢測物質。(嘉磷塞用量很大，去年已列入調查)。	感謝委員認同。
3. 建議將林逸彬教授提供的“衝突的採樣法規”送請環檢所參考，以此特殊現象造成水管中的不均勻水樣鉛的含量，並採樣方法上決定是否修正，環管處則宜考量水樣超標是否一律受罰的法令問題。	感謝委員建議。計畫執行團隊將提供環保署環管處作為施政參考。
(七) 林逸彬 委員	

1. 需思考鉛採樣的目的與精神 (當作裁罰標準 vs. 了解真實的公共飲水安全; 水表前 vs. 住戶水龍頭)	感謝委員建議。
2. 美國、加拿大、英國、歐盟雖採樣方法有所差異, 但均採滯留水樣。放流採樣在美國甚至已被視為犯罪行為, 臺灣現行之放流採樣須加以檢討。	感謝委員建議。
3. 美國及加拿大的研究已證實部分汰換反而造成水中鉛含量提高。建議目前的換管計畫需進行換管前的調查及換管後的水質監測 (滯留採樣), 以了解真實風險。	感謝委員建議。
4. 需有更完善的自來水設備含鉛標準。目前規定“無鉛水龍頭”含鉛量需<0.25%, 其他設備(閥、接頭...)尚未規範。	感謝委員建議。
(八) 洪世政 處長	
1. 有關本計畫提出之 6 項優先評估物質-亞硝胺類化合物參考美國 CCL4 清單及文獻中檢出率較高之污染物選出, 農藥則篩選屬國內用量大之農藥, 因此本公司對於此 6 項優先評估物質無意見。另本次計畫選之六座採樣淨水場皆屬供水量較大之淨水場, 應能符合計畫需求。	感謝委員認同。
2. 本公司對於計畫所擬定之參考資料建議如下: (1) 建議參考歐美先進國家取消「飲用水水源水質標準」, 僅以「飲用水水源水質指引」供淨水處理參考, 以因應國內水源不足的問題。 (2) 建議在蒐集世界衛生組織 (WHO) 的水安全計畫時是否能一併提供淨水處理等資料以供參考。 (3) 有關「飲用水質標準」罰責部分, 建議比照美國修改為一級標準、二級標準的方式, 取消全面單一次抽驗不合格就罰款。 (4) 飲用水管理相關法規之修訂建議比照歐美、日本等先進國家於法條中詳述訂定項目之風險評	感謝委員建議。有關委員建議參考歐美先進國家取消「飲用水水源水質標準」, 僅以「飲用水水源水質指引」供淨水處理參考, 此議題已於前期計畫進行討論, 後續將提供相關資料於本計畫期末報告中。

估、可能污染來源、淨水處理等，強化對民眾之宣導。 (5) (五) 但除了參考世界衛生組織、歐盟等國際組織或先進國家之飲用水管理相關法規外，因為臺灣水資源匱乏，在水源及水質管理方面亦須將臺灣地形山高坡陡、降雨分布不均、全球氣候變遷等因素納入考量，以期符合臺灣現況。	
3. 依據日本參考資料之採樣方法(厚生勞動大臣登錄水質檢查機關公告)，採集一般水樣有預排水步驟，以確保採取新鮮水樣，且備註中配水管線為「鉛管」之採樣亦有預排水之步驟。考量目前臺灣現況，配水採樣如刪除預排水步驟，檢驗結果將受用戶端水龍頭品質不一(用戶水龍頭可能含鉛)及偏遠地區採樣點自來水於管線中滯留時間無法控制等因素影響，因此採集之水樣可能不具代表性，故建議如為檢測本公司所供應之自來水鉛含量，應依飲用水水質採樣方法-自來水系統 (NIEA W101.55A)採集樣品，做預先排水之步驟，以確保採集之水樣不受用戶管材之影響且避免管線內鐵鏽污染物等不確定因素影響實驗結果。如為檢測管材對自來水之影響，於採樣前仍須排水一段時間後，再關閉水龍頭滯留一段時間，再進行取樣，建議明訂採樣步驟、排水時間及流量、於管線內滯留時間等，以確保取樣具代表性。	感謝委員建議。
4. 坪頂場可以不要，改用離島金門。	感謝委員建議，計畫執行團隊選定於基隆新山、臺北直潭、新竹第二、臺中豐原、高雄鳳山及金門太湖等六個淨水場進行調查。
(九) 臺北自來水事業處 陳曼莉 副處長	
1. 我國飲用水水質標準與歐美國家之立法精神及管理方式有顯著不同，以 USEPA 之 LCR 為例，雖要求對用戶龍頭水質進行監測，且要求採取 1st draw 水樣，但開宗明義即表	感謝委員建議。

達，超過 action level 並非 violation 主要精神在於-採取行動。但國內環保單位水質檢測之目的，除了解供水水質狀況外，同時也要確認水質責任。採取 1st draw 水樣確可了解用戶用水之實際水質狀況，但可能造成後續複雜之責任釐清問題。對於飲用水中鉛濃度分析之採樣方法刪除預排水步驟乙節，應與水質標準及飲用水管理等相關法規同時考量，現階段實有執行上之困難。	
2. 北水處自 2012 年起，已分別對原水、淨水場清水及供水管網水樣進行 NDMA 之監測，以了解背景值(檢測結果皆為 ND)。現行環保署 NIEA W801.52B 檢測方法，環檢所建議之 MDL 高於各國管制標準，若考量將 NDMA 納入候選清單，應一併考量檢驗方法。	感謝委員建議。計畫執行團隊將提供環保署作為參考。
(十一) 環保署環管處 委員	
1. 本年度篩選之優先評估物質原則同意，至於調查之淨水場，考量亞硝酸類之特性，請執行單位評估改列一處外島淨水場。	感謝委員建議，計畫執行團隊將依委員建議辦理，選定於基隆新山、臺北直潭、新竹第二、臺中豐原、高雄鳳山及金門太湖等六個淨水場進行調查。
2. 有關「飲用水水質採樣方法－自來水系統」，係為瞭解自來水事業供水之水質，並做為環保單位執行飲用水水質稽查管制時之採樣依據，涉及法令執行及法定責任之釐清，若修訂排除採樣前排水可能造成後續複雜的責任釐清問題。自來水事業為瞭解其供水用戶的用戶用水設備及經內線供水水質狀況，可依自來水事業供應用戶之水質管理需求，自行衡酌採樣方法。	感謝委員建議。
3. 考量近來國際上針對含鉛管線更換後對於水質的影響持續有新發現，部分研究指出若用戶端仍有鉛管存在，用戶外線換管初期可能因施工擾動使含鉛腐蝕產物脫落或電偶腐蝕等因素造成用戶端水質含鉛量上升。請自來水事業衡量用戶用水設備及用戶端水質狀況等評估所需之採樣程序，自主加強已汰換鉛管外	感謝委員建議。

線用戶之水質調查，以釐清是否有上述風險，並於換管前主動將相關風險詳細告知用戶，以確保自來水飲用安全。建議可整理相關資訊製作成宣導單張，於換管前由專人（或請里長協助）逐一向用戶詳細說明，並請自來水事業於汰換鉛管外線後，主動通知用戶已完成汰換作業，並請用戶注意其內線用水設備的管理維護。	
--	--

附錄 6.3 第二次專家諮詢會議記錄

一、會議時間：106 年 7 月 14 日（星期五）下午 3 時 00 至 5 時 00

二、會議地點：臺大公共衛生學院 7 樓（701R 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：

李奇旺 委員（淡江大學水資源及環境工程學系教授）
 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）
 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）
 劉玉玫 科長（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）
 洪世政 處長（台灣自來水公司）
 薛志宏 科長（台灣自來水公司）
 李貞慧 小姐（台灣自來水公司水質處）
 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）
 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）

五、討論議題：

- （一）優先評估物質第一次採樣分析結果討論
- （二）第一階段抽驗結果討論
- （三）蒐集清單物質納入觀察清單
- （四）蒐集清單物質補充監測資料之優先順序建議

六、學者專家意見：

（一）童心欣委員

1. NDEA 在豐原清水出現不太合理，若有前加氯系統，沉澱應有部分出現。
2. NDEA 若需納入觀察清單是否 NDMA 也同時列入？
3. 健康危害評分方式以是否有文獻而定，與出現頻率比重相同是否需要調整？
4. DEHP 數據是否都是「配水」系統？配水系統的檢出與水處理全流程可能沒有關係。

（二）歐陽嶠暉委員

1. 第一次採樣鳳山及太湖兩廠原水、沉澱水及過濾水皆未檢驗出，反而清水檢驗出，宜有進一步追蹤和說明。
2. 經檢測有出現的污染物，宜進一步調查其源頭、輸入、用途和數量，以掌握污染途徑，以為檢討之依據。
3. 檢出的污染物若為淨水過程之衍生物，則應從學理分析淨化過程如何避免，並提出改變處理方式或消毒方式。

（三）毛義方委員

1. 水質蒐集清單項目中有多個項目有同一健康影響如 DBP、DEHP、DOP、OP、NP、BPA、pareben 類，此類環境賀爾蒙雌性作用導致一些疾病，可給予結合「健康危害潛勢」與「嚴重性」之考慮探討。

(四) 李奇旺委員

1. 參數評分項目中，有關檢測出的頻率，是否應考慮時間序？
2. 無清水監測資料之原因可否與有無列入觀察清單有關？
3. 太湖 NDMA 與 NDEA 的檢出，除了跟氨氮濃度有關外，可有其他之原因？鳳山原水中 NH₃-N 比太湖高，並未檢出 NDMA，是否跟高 TOC 有關係？

(五) 林柏雄委員

1. 應加入 NDMA 於觀察清單，並建議目前淨水之程序若以氯胺為消毒程序是否應優先予以採樣分析 NDMA 及 NDEA 之濃度，以釐清清水之濃度(目前樣本數過少)。
2. 同意將 PFOA 及 PFOS 納入觀察清單(樣本數過少)
3. 蒐集清單監測順序建議表中難分解物質之名單建議 phthalate 不宜歸類為此項目，是否為毒管法之分類？
4. DEHP 應納入檢測項目，因目前該塑化劑為臺灣最常用之種類(約 8 種)，及其用量目前仍相當大且為臺灣子宮內膜及乳癌之風險因子，建議納入。

(六) 洪世政處長

1. 有關本計畫第一次採樣淨水場水質參數(P9)新山、新竹第二、豐原、鳳山淨水場之 TDS 數據與本公司最近採檢之數據差異頗大。

	新山		新竹第二		豐原		鳳山	
	原水	清水	原水	清水	原水	清水	原水	清水
成大	81.0	194.3	120.0	126.0	38.5	93.0	221.0	207.0
台水	138 (3/9)	153 (3/9)	246 (4/13)	228 (4/13)	161 (5/10)	-	422 (4/12)	391 (4/12)

2. 氟辛酸及全氟辛酸磺酸據研究已顯示大多來自飲食，飲用水對全氟辛酸及全氟辛酸磺酸之貢獻量微乎其微。環保署 105 年委託成大黃良銘教授執行臺灣六大淨水場(新山、直潭、新竹第一、豐原、南化、坪頂)原水及清水做全氟辛酸(PFOS)及全氟辛酸磺酸(PFOS)背景調查，兩項合計均遠低於美國之健康公告數值，全氟辛酸磺酸(PFOS)和全氟辛酸(PFOA)目前為社會大眾關注物質，納入觀察清單本公司無意見。建議未來全氟辛酸(PFOA)及全氟辛酸磺酸(PFOS)不納入飲用水水質標準。
3. 蒐集清單監測優先順序擬定是否合宜？本公司無意見。
4. 階段性抽驗結果(檢出項目)：部分檢出濃度低於偵測極限，建議再確認。

(七) 薛志宏 科長

1. (P5)2016 年北京清華大學發表 23 省 44 鎮飲用水調查，清水 NDMA 檢出率 33%，自來水檢出率 41%較清水為高，原因為何？是否管網存在其他產生因素，如澳洲研究之橡膠墊圈溶出問題。
2. (P9)第 1 次採樣淨水場水質參數直潭原水及清水 TDS 測得 32.5 及 34 北水處測得約 50~60 mg/L，請確認之。
3. (P10)豐原清水測得 NDEA 4.58 ng/L，而原水、沉澱水及過濾水均為 ND，建議探討原因，照理講，原水氨氮及 TOC 都很低、採傳統淨水處理，未用氯胺消毒，除非清水池中有橡膠材質組件直接溶出，否則不太可能產生。太湖產生 NDMA 及 NDEA，是否與臭氧化水中溶解性有機氮(DON)有關，建請以批次試驗模擬淨水程序追蹤來源。

4. (P21)抽驗結果中 NDMA 僅 0.004 mg/L，即 4 µg/L，不夠低，若與目前有的標準相較，建議降至 ng/L level，較有意義。
5. (P22)抽驗結果檢出項目表中，檢出濃度範圍最低質低於偵測極限者如 DEHP、DBP、BBP 及銻、鎘等，並不合理，低於偵測極限數據建議以 ND 表示。

七、環保署環管處意見：

有關第一次採樣豐原淨水場原水、沉澱水及過濾水皆未檢驗出 NDEA，但清水有檢出，另太湖淨水場原水未檢驗出 NDEA、NDMA，但清水有檢出，宜探討原因及說明，另請台水公司亦就淨水處理程序探討可能原因，及如何因應改善。

八、會議結論：

- (一) 後續應釐清豐原及太湖淨水場檢出 NDMA 及 NDEA 之來源及產生機制，並提出淨水處理或消毒因應方式。
- (二) 原則同意將硼、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(PFOA)、全氟辛烷磺酸(PFOS)納入觀察清單。
- (三) 原則同意計畫執行團隊提出之蒐集清單監測順序。
- (四) 原則同意將鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯納入候選清單，進一步評估納入飲用水水質標準之必要性。

附錄 6.4 第二次專家諮詢會議委員意見回覆

審查建議	回覆
(一) 童心欣 委員	
1. NDEA 在豐原清水出現不太合理，若有前加氯系統，沉澱應有部分出現。	感謝委員指導，豐原淨水場有使用前加氯，流程水並未出現 NDMA，後加氯後之清水則有微量亞硝胺化合物出現，是否因加氯劑量差異出現此現象，或當次採樣之原水性質，將進行後續第二次、第三次採樣分析收集更多數據。
2. NDEA 若需納入觀察清單是否 NDMA 也同時列入？	感謝委員指導，本計畫依委員建議將 NDMA 一併納入觀察清單。
3. 健康危害評分方式以是否有文獻而定，與出現頻率比重相同是否需要調整？	感謝委員指導。本計畫所採用之評分方式乃參考美國環保署污染物篩選流程所建立之評分，此評分僅供參考評估是否納入觀察清單，另本計畫一併提供用以評分之毒理及水質資料，供專家們綜合評估。
4. DEHP 數據是否都是「配水」系統？配水系統的檢出與水處理全流程可能沒有關係。	感謝委員指導。DEHP 於現階段完成的 252 個樣品中有 150 個樣品未檢出、有 96 個樣品有檢出但低於定量極限 0.004 mg/L，有 6 個樣品高於定量極限 0.004 mg/L，包含 4 個清水樣品及 2 個配水樣品。本計畫於報告中亦加強說明 DEHP 於配水系統的檢出與水處理全流程可能沒有關係。
(二) 歐陽嶠暉 委員	
1. 第一次採樣鳳山及太湖兩廠原水、沉澱水及過濾水皆未檢驗出，反而清水檢驗出，宜有進一步追蹤和說明。	感謝委員提示，第一次採樣鳳山淨水場原水清水皆未檢出，但太湖淨水場則原水未檢出，清水檢出微量亞硝胺化合物，第二次採樣將進行太湖全流程採樣分析亞硝胺化合物，以進一步追蹤及瞭解其分布情形。
2. 經檢測有出現的污染物，宜進一步調查其源頭、輸入、用途和數量，以掌握污染途徑，以為檢討之依據。	感謝委員指導，本計畫將依委員建議彙整相關資料。
3. 檢出的污染物若為淨水過程之衍生物，則應從學理分析淨化過程如何避免，並提出改變處理方式或消毒方式。	感謝委員指導，檢出的污染物若為淨水過程之衍生物如消毒副產物，可從原水及淨水處理過程討論降低其產生之可能性與後續去除之方式。
(三) 毛義方 委員	

1. 水質蒐集清單項目中有多個項目有同一健康影響如 DBP、DEHP、DOP、OP、NP、BPA、pareben 類，此類環境賀爾蒙雌性作用導致一些疾病，可給予結合「健康危害潛勢」與「嚴重性」之考慮探討。	感謝委員指導，本計畫將依委員建議評估環境賀爾蒙結合「健康危害潛勢」與「嚴重性」。
(四) 李奇旺 委員	
1. 參數評分項目中，有關檢測出的頻率，是否應考慮時間序？	感謝委員指導，本計畫將依委員建議分析檢測數據的時間序。
2. 無清水監測資料之原因可否與有無列入觀察清單有關？	觀察清單的物質乃依據污染物的健康危害程度及清水監測數據顯示於國內淨水場出現的頻率及濃度較高而納入，故無清水監測資料並非因未列入觀察清單。無清水監測資料主要原因推測一為監測經費有限，故無法廣泛針對各個未列管項目進行監測，二為無清水監測資料之項目於飲用水中出現的可能性較低，較不被注意，因此為針對那些項目進行監測。
3. 太湖 NDMA 與 NDEA 的檢出，除了跟氨氮濃度有關外，可有其他之原因？鳳山原水中 NH ₃ -N 比太湖高，並未檢出 NDMA，是否跟高 TOC 有關係？	太湖原水 TOC 明顯高出鳳山，太湖原水氨氮濃度並未比鳳山原水高，但太湖清水則可檢出亞硝胺類化合物，因 NDMA 前質為水中有機氮之成分（如二級胺、三級胺等），故原水之組成可能為其影響因素之一。
(五) 林柏雄 委員	
1. 應加入 NDMA 於觀察清單，並建議目前淨水之程序若以氯胺為消毒程序是否應優先予以採樣分析 NDMA 及 NDEA 之濃度，以釐清清水之濃度(目前樣本數過少)。	感謝委員指導，本計畫已依委員建議將 NDMA 納入觀察清單，後續並將依委員建議進行 NDMA 的監測。
2. 同意將 PFOA 及 PFOS 納入觀察清單(樣本數過少)	感謝委員同意。
3. 蒐集清單監測順序建議表中難分解物質之名單建議 phthalate 不宜歸類為此項目，是否為毒管法之分類？	感謝委員指導，本計畫將再釐清各物質之分類。
4. DEHP 應納入檢測項目，因目前該塑化劑為臺灣最常用之種類(約 8 種)，及其用量目前仍相當大且為臺灣子宮內膜及乳癌之風險因子，建議納入。	感謝委員指導，本計畫已建議將 DEHP 納入候選清單，綜合評估是否應列為飲用水水質標準管制項目。
(六) 洪世政 委員	

1. 有關本計畫第一次採樣淨水場水質參數(P9)新山、新竹第二、豐原、鳳山淨水場之 TDS 數據與本公司最近採檢之數據差異頗大。	感謝委員指導，各淨水場 TDS 等水質參數會進行再確認與勘誤。
2. 氟辛烷酸及全氟辛烷磺酸據研究已顯示大多來自飲食，飲用水對全氟辛烷酸及全氟辛烷磺酸之貢獻量微乎其微。環保署 105 年委託成大黃良銘教授執行臺灣六大淨水場(新山、直潭、新竹第一、豐原、南化、坪頂)原水及清水做全氟辛酸(PFOS)及全氟辛烷磺酸(PFOS)背景調查，兩項合計均遠低於美國之健康公告數值，全氟辛烷磺酸(PFOS)和全氟辛酸(PFOA)目前為社會大眾關注物質，納入觀察清單本公司無意見。建議未來全氟辛酸(PFOA)及全氟辛烷磺酸(PFOS)不納入飲用水水質標準。	感謝委員指導，本計畫已依委員建議將 PFOA、PFOS 納入觀察清單，後續將擴大國內淨水場清水 PFOA、PFOS 的監測，並依據監測結果評估是否考慮列管。
3. 蒐集清單監測優先順序擬定是否合宜？本公司無意見。	感謝委員認同。
4. 階段性抽驗結果(檢出項目)：部分檢出濃度低於偵測極限，建議再確認。	感謝委員指導，本計畫已將低於偵測極限之數據改以 ND 表示。
(七) 薛志宏 委員	
1. (P5)2016 年北京清華大學發表 23 省 44 鎮飲用水調查，清水 NDMA 檢出率 33%，自來水檢出率 41%較清水為高，原因為何？是否管網存在其他產生因素，如澳洲研究之橡膠墊圈溶出問題。	關於自來水檢出率高於清水檢出率是否受到配水管網材質影響，需要進一步收集 NDMA 可能生成原因相關資料，本團隊會參考更多文獻及研究資料於檢測結果中討論。
2. (P9)第 1 次採樣淨水場水質參數直潭原水及清水 TDS 測得 32.5 及 34 北水處測得約 50~60 mg/L，請確認之。	感謝委員指導，各淨水場 TDS 等水質參數會進行再確認與勘誤。
3. (P10)豐原清水測得 NDEA 4.58 ng/L，而原水、沉澱水及過濾水均為 ND，建議探討原因，照理講，原水氨氮及 TOC 都很低、採傳統淨水處理，未用氯胺消毒，除非清水池中有橡膠材質組件直接溶出，否則不太可能產生。太湖產生 NDMA 及 NDEA，是否與臭氧化水中溶解性有機氮(DON)有關，建請以批次試驗模擬淨水程序追蹤來源。	感謝委員指導，礙於預算與實驗時程因素，無法進行批次試驗模擬淨水程序追蹤。太湖無使用臭氧處理，但有先經生物硝化處理進行氨氮硝化功能，第二次採樣將調整為進行太湖淨水場全流程採樣，瞭解可能影響亞硝胺類化合物出現之因素。

4. (P21)抽驗結果中 NDMA 僅 0.004 mg/L，即 4 µg/L，不夠低，若與目前有的標準相較，建議降至 ng/L level，較有意義。	感謝委員指導，本計畫將評估降低偵測極限的可行性。
5. (P22)抽驗結果檢出項目表中，檢出濃度範圍最低質低於偵測極限者如 DEHP、DBP、BBP 及銻、鎘等，並不合理，低於偵測極限數據建議以 ND 表示。	感謝委員指導，本計畫已將低於偵測極限之數據改以 ND 表示。
(八) 環保署環管處 委員	
1. 有關第一次採樣豐原淨水場原水、沉澱水及過濾水皆未檢出 NDEA，但清水有檢出，另太湖淨水場原水未檢出 NDEA、NDMA，但清水有檢出，宜探討原因及說明，另請台水公司亦就淨水處理程序探討可能原因，及如何因應改善。	豐原淨水場有使用前加氯，流程水並未出現 NDMA，清水則有微量亞硝胺化合物出現，是否因加氯劑量差異出現此現象，或當次採樣之原水性質影響，待後續第二次採樣分析收集更多數據。本團隊會並進一步整理 NDMA 可能生成原因相關文獻資料，於檢測結果中討論，瞭解可能影響亞硝胺類化合物出現之因素。

附錄 6.5 第三次專家諮詢會議記錄

一、會議時間：106 年 11 月 17 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 7 樓（701R 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：

李奇旺 委員（淡江大學水資源及環境工程學系教授）
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）
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）
邱國書 簡任技正（行政院環境保護署環管處）
劉玉玫 科長（行政院環境保護署環管處）
黃明輝 專員（行政院環境保護署環管處）
廖儀如 科員（行政院環境保護署環管處）
洪世政 處長（台灣自來水公司）
陳曼莉 副處長（臺北自來水事業處）
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）
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）優先評估物質採樣分析結果討論
- （二）飲用水水質標準未列管物質抽驗結果討論
- （三）國際飲用水管理制度與我國管理制度比較與建議

六、學者專家意見：

（一）童心欣委員

1. NDMA、NDEA 亞硝胺類化合物在臺灣及金門的水源中過去研究結果顯示由有機氮(DON)及 NH_4Cl 來源各占一半，故同時檢測 NH_4^+ 濃度些偏低，可能較大來源為 DON，因此 DON 也應加入檢測，另外，亞硝胺類化合物在消毒後產生，由上述可能為有機氮(污染，污水或水中藻類等)可能不是經常性發生，如因檢出頻率少而移除檢測會有不可預期的風險。
2. 新興污染物的檢測計畫可參照美國每 3 或 5 年重新制定監測計畫更有彈性的條件因新興污染物的種類濃度。
3. 因檢測技術發展日新月異，追蹤不同新興污染物雖有其必需性，但在供水安全上分析方法標準化後再追蹤分析可能永遠無法趕上新興污染物的變化，因此建議若以供水安全民眾健康為主，應另發展一套健全的「急毒性」「慢毒性」專門針對飲用水監測系統。

（二）歐陽嶠暉委員

1. NDMA、NDEA 原水沒有，淨水卻檢出，除持續監測外應追蹤其原因，並加改善。
2. 飲用水水質監測項目宜就美、歐盟、澳洲、WHO 及日本，為分別列舉說明，可進一步將其監測頻率、供水量、檢測值、以及退場監測和恢復機制等相關項目列表比較，再據以建議出具體建議數據。
3. 對於所檢出的數項宜初步檢討其可能背景，包括用途、輸入量、用在何種農作物，並建議如何做預防性策略。
4. 宜避免在暴雨後取樣，應依水質調整取樣時機！

(三) 毛義方委員

1. 亞硝胺類化合物 NDMA、NDEA 既然遠低於國際上標準，持續監測即可。
2. 我國立法建立飲用水水質監測計畫，可依過去大數據所獲得之資料，依其重要性及可能超過標準之情形，訂定監測頻率，即依項目及水量。
3. 臺灣的水安全計畫可一部分包括末端使用戶的水質監測計畫，因實際使用的人在末端，非水源。
4. 標準未管制項目似依需要作機動抽驗。

(四) 李奇旺委員

1. P9 新竹第二的 TOC 值處理後比處理前高請確認，TDS 有些則較低。
2. P10 有相同的問題。
3. P14 NDMA、NDEA 於慢濾產生的原因，Pre-chlorination。
4. P19 針對此議題畫出 flow-chart：
 - 抽驗的方法：sites、sample
 - 建議的準則
5. P25 再回測的機制(re-visit)
6. P36.由 NDMA、NDEA 的產生機制找出高風險的淨水場進行監測。
7. P37.一三、re-visit 的機制

四、同意

(五) 林柏雄委員

1. 若在經費許可情況下，建議部分未檢出及檢出之樣本進行平行監測方式予以檢證，並提供各項目之 QA/QC。
2. 建議初步採美國飲用水水質監測計畫之方式，除生物性項目外，依供水人口或供水量，進行未列管污染物之監測，爾後再依歐盟監測計畫，每隔一段時間(例如每三年)檢測監測頻率及項目是否移除之標準，以符合公共衛生安全飲用水之目標。
3. 另建議增加一項恢復監測頻率之條件，以及重新納入監測清單之情形標準。
4. 亦建議比較目前臺灣原水及清水水質及淨水程序與歐盟、美國、日本作一比較，作為管理策略及立法參考。

(六) 康世芳委員（書面意見）

1. 依淨水場採樣結果，同意研究團隊建議持續監測評估亞硝胺類化合物 (NDMA、NDEA)、固殺草、鄰苯二甲酸二丁酯、鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯。

2. 環保署民國 97 年委託研究「飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫(2/3)」，第六章飲用水水質監測管理法規修訂之檢討，比較臺灣、日本、美國飲用水水質監測管理法。
- (1) 我國飲用水水質監測管理主要規定於經濟部主管之自來水法及其施行細則，環保署主管之飲用水管理條例及其施行細則對自來水事業清水（或淨水程序）水質管理之檢測項目與頻率皆無權責。水質檢測項目、頻率（含調整）僅於自來水水質標準予原則性之訂定，由自來水事業自行調整。相對地，日本、美國則明確定於相關法規，且要求自來水事業須公告水質管理計畫書(水安全計畫)。
- (2) 美國與日本於飲用水水質管理之監測頻率研討方式、自來水事業公告水質管理計畫書，可作為我國修訂水質監測管理之參考。
3. 自來水協會技術管理委員會曾委託台大駱尚廉教授研議水安全計畫，亦建議國外制度建立水安全計畫。
4. 目前國內無法規要求自來水事業建立水安全計畫，並公告據以實施水質管理。環保署可邀集水利署、自來水事業，依飲用水管理條例增訂「飲用水安全計畫實施辦法或要點」，要求自來水事業建置並公告水安全計畫。建議水安全計畫之法規研議可列入後續研究計畫工作項目。

(七) 洪世政處長

1. 有關本計畫 NDMA、NDEA 在部分淨水場(新山、豐原)有檢出，本公司會持續監測各淨水場。
2. 25 項未列管物質之固殺草、鄰苯二甲酸二丁脂、鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)脂，本公司有幾處淨水場被檢測出有測值，本公司會持續監測各淨水場。惟鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯經本公司復測其測值均甚低，建請應再複測，再評估是否納入飲用水水質標準。
3. 針對美國、歐盟、澳洲、WHO、日本訂有飲用水水質之監測項目及頻率，我國亦訂有自來水法及自來水水質標準，對自來水事業之種種均有所規範，而自來水水質標準亦對自來水水質及配水系統之檢驗項目及頻率有訂定，應建議未來兩法應整合。
4. 目前國內水中新興污染物議題頗受重視，但公告知檢測方法較少，建議可參考各大專院校團隊或專業實驗室之檢測方法加以評估公告，方便民眾利用。
5. WSP 部分贊成可以先試行。

(八) 陳曼莉副處長

1. 第 3 次採樣直潭原水 pH=9、原水清水 TDS=70.7 mg/L 及 80.63 mg/L，TOC=0.96 mg/L，與本處當月檢驗水質明顯有異(pH=7.2~7.4、TDS=65 及 TOC=0.3~0.4，建議查明是否採樣或檢驗問題。
2. 新山淨水場及豐原淨水場清水均曾檢出微量 NDMA(該二淨水場應無使用氯胺消毒)，顯示淨水處理程序中仍存在產生 NDMA 的風險，建議仍應追蹤其可能來源，以為所淨水場借鏡。
3. 有關訂定「飲用水水質監測計畫」各檢測項目頻率部分，我國目前飲用水管理條例並無檢驗頻率之訂定，若要訂定，微生物部分可參考美國 SDWA 及 WHO Guideline of drinking water quality 之管網採樣數要求訂定，其他各項目建議參考歐盟及日本之規定，若過去(幾年應明訂)檢測

結果為檢測不出或遠低於水質標準限值，則降低檢測頻率(依我國國情每年至少 1 次)，以為自來水業者依循。

4. 「水安全計畫」係由源頭探討供水水質不佳或需提升之原因，提出管控措施(Control measure)進行改善，而非僅是追求水質標準之符合，對提升自來水事業供水水質的確有幫助，惟要做出成果不容易，北水處自 103 年開始推動，有幾項經驗建議提供參考：
 - (1)首長之重視對推動很重要。
 - (2)從水源、淨水、管網到用戶端各領域人員均需投入，長官及參與人專業與觀念認知訓練很重要。
 - (3)對非自來水事業管理之環保如水源及用戶設備，如何整合，值得思考。
 - (4)危害分析及控制措施之擬定過程所有人員需敞開心胸，放下包袱，打破窠臼，才能有所成就。
 - (5)若法制化推動，建議對推動執行內容之公開仍應部分有所保留。
5. 為加強對未列管物質的監測，建議參考美國作法，由 EPA 編列經費、自來水事業配給辦理。

(九) 王根樹 教授

1. 未列管物質監測計畫最大之疑慮為監測費用高昂，宜考慮針對水廠特性及潛在風險研擬監測計畫，並依監測結果調整監測頻率及項目，以減低監測負擔並提升監測效能。
2. 可考慮針對小型淨水場(系統)進行 WSP 試辦，依過去環保署及水協計畫成果及科技部金門用水提升計畫之結果，或可考慮由金門自來水廠試辦 WSP。

七、環保署環管處意見：

- (一) 本計畫自來水水質有檢驗出之未列管項目者，請針對問題原因探討說明及如何避免，包括台水公司後續追蹤複驗結果。
- (二) 簡報中有關國際收集之水質監測計畫主要與本國自來水水質標準有關，包括規範自來水事業自主監測自來水水質之頻率等相關規定，且自來水事業均已依規定辦理，請收集自來水事業報行資料納入報告。

八、會議結論：

- (一) 後續應釐清檢出 NDMA 及 NDEA 之來源及產生機制，由 NDMA 及 NDEA 的產生機制找出高風險的淨水場進行持續監測，並評估風險。
- (二) 有關國際組織及先進國家之水質監測計畫，我國已針對飲用水水質標準列管及未列管物質執行相關抽驗作業，可先針對我國過去環保機關及自來水事業檢測數據進行大數據分析，並據以評析自來水事業有關供水水質監測項目及監測頻率機制。

附錄 6.6 第三次專家諮詢會議委員意見回覆

審查建議	回覆
(一) 童心欣 委員	
1. NDMA、NDEA 亞硝胺類化合物在臺灣及金門的水源中過去研究結果顯示由有機氮(DON)及 NH_4Cl 來源各占一半，故同時檢測 NH_4^+ 濃度些偏低，可能較大來源為 DON，因此 DON 也應加入檢測，另外，亞硝胺類化合物在消毒後產生，由上述可能為有機氮(污染，污水或水中藻類等)可能不是經常性發生，如因檢出頻率少而移除檢測會有不可預期的風險。	感謝委員指導，因本年度三次採樣顯示各淨水場原水之氨氮濃度皆偏低，故可能如委員所示水中有機氮為 NDMA 來源，因此建議之後若淨水場要持續進行 NDMA 監測，應考量亦同時檢測水中有機氮(DON)含量，若自來水或淨水流程中有 NDMA 出現，較能釐清來源。
2. 新興污染物的檢測計畫可參照美國每 3 或 5 年重新制定監測計畫更有彈性的條件因應新興污染物的種類濃度。	感謝委員建議，已將委員建議納入 4.6.6 節。
3. 因檢測技術發展日新月異，追蹤不同新興污染物雖有其必需性，但在供水安全上分析方法標準化後再追蹤分析可能永遠無法趕上新興污染物的變化，因此建議若以供水安全民眾健康為主，應另發展一套健全的「急毒性」「慢毒性」專門針對飲用水監測系統。	感謝委員建議，目前國際上尚無以急毒性或慢毒性作為飲用水水質監測指標之作法，本計畫將提供此概念予環保署做後續研究、施政參考。
(二) 歐陽嶠暉 委員	
1. NDMA、NDEA 原水沒有，淨水卻檢出，除持續監測外應追蹤其原因，並加改善。	因淨水測得之 NDMA 與 NDEA 濃度皆很微量(濃度為個位數的 ng/L)，而且各淨水場原水氨氮濃度亦偏低，推測 NDMA 原因可能為來自生活污水或藻類生長之有機氮污染物，相關說明已於 2.5.5 節中進行探討。
2. 飲用水水質監測項目宜就美、歐盟、澳洲、WHO 及日本，為分別列舉說明，可進一步將其監測頻率、供水量、檢測值、以及退場監測和恢復機制等相關項目列表比較，再據以建議出具體建議數據。	謝謝委員意見，本計畫彙整各國監測計畫的共有概念於 4.6.6 節。
3. 對於所檢出的數項宜初步檢討其可能背景，包括用途、輸入量、用在何種農作物，並建議如何做預防性策略。	謝謝委員意見。
4. 宜避免在暴雨後取樣，應依水質調整取樣時機！	感謝委員指導，氣候變遷豪大雨等情境對飲用水中待測污染物之變化與衝擊亦為本計畫考量收集之數據，故第

	二次採樣時適逢颱風與大雨，經研究團隊討論後照預訂行程進行採樣，以收集暴雨沖刷對污染物濃度之影響數據。
(三) 毛義方 委員	
1. 亞硝胺類化合物 NDMA、NDEA 既然遠低於國際上標準，持續監測即可。	感謝委員建議，本計畫將提供環保署做施政參考。
2. 我國立法建立飲用水水質監測計畫，可依過去大數據所獲得之資料，依其重要性及可能超過標準之情形，訂定監測頻率，即依項目及水量。	感謝委員建議，本計畫已將委員建議納入 4.6.6 節。
3. 臺灣的水安全計畫可一部分包括末端使用戶的水質監測計畫，因實際使用的人在末端，非水源。	感謝委員建議，本計畫將提供環保署做施政參考。
4. 標準未管制項目似依需要作機動抽驗。	感謝委員建議，本計畫已將委員建議納入 4.6.6 節。
(四) 李奇旺 委員	
1. P9 新竹第二的 TOC 值處理後比處理前高請確認，TDS 有些則較低。	新竹淨水場第二次採樣分析之 TOC 濃度低，數值顯示 TOC 值皆<1，處理後清水數值比原水略高，應為檢測分析上之誤差。TDS 則有些部分淨水場之清水較低，檢視 TDS 較低之淨水場(鳳山、太湖)為高級處理流程之淨水場，應為高級處理流程去除部分之 TDS，使清水 TDS 比原水低。
2. 無清水監測資料之原因可否與有無列入觀察清單有關？	飲用水未列管物質需有一定之清水監測資料顯示其於我國淨水場有較高的發生率才會納入觀察清單，因此污染物無清水監測資料並非因未納入觀察清單。
3. 太湖 NDMA 與 NDEA 的檢出，除了跟氨氮濃度有關外，可有其他之原因？鳳山原水中 NH ₃ -N 比太湖高，並未檢出 NDMA，是否跟高 TOC 有關係？	文獻顯示 NDMA 可能來源為氨氮及水中有機氮污染物，但因 106 年 3 次採樣各淨水場原水氨氮濃度皆<1 mg/L，顯示原水氨氮濃度應不是 NDMA 產生來源，而太湖淨水場原水如太湖及田埔水庫，易有藻類生長，藻類本身及藻類代謝物為水中有機氮來源之一，因此太湖 NDMA 之檢出可能原因為原水中藻類及其代謝物經加氯消毒後產生之消毒副產物。
(五) 林柏雄 委員	

1. 若在經費許可情況下，建議部分未檢出及檢出之樣本進行平行監測方式予以檢證，並提供各項目之 QA/QC。	感謝委員建議，本計畫將提供環保署做施政參考。
2. 建議初步採美國飲用水水質監測計畫之方式，除生物性項目外，依供水人口或供水量，進行未列管污染物之監測，爾後再依歐盟監測計畫，每隔一段時間(例如每三年)檢測監測頻率及項目是否移除之標準，以符合公共衛生安全飲用水之目標。	感謝委員建議，本計畫將提供環保署做施政參考。
3. 亦建議比較目前臺灣原水及清水水質及淨水程序與歐盟、美國、日本作一比較，作為管理策略及立法參考。	感謝委員建議，本計畫將提供環保署做施政參考。
4. P25 再回測的機制(re-visit)	感謝委員建議，已將委員建議納入 4.6.6 節。
5. P36.由 NDMA、NDEA 的產生機制找出高風險的淨水場進行監測。	文獻顯示 NDMA、NDEA 可能來源為氨氮及水中有機氮污染物，因臺灣各淨水場皆無使用氯胺消毒，根據 106 年度 3 次採樣結果與可能原因探討顯示原水易發生藻類生長與上游民生污水排放疑慮之淨水場為潛在檢出 NDMA 濃度之淨水場。
6. P37.一三、re-visit 的機制 四、同意	感謝委員建議，已將委員建議納入 4.6.6 節。
(六) 康世芳 委員	
1. 依淨水場採樣結果，同意研究團隊建議持續監測評估亞硝胺類化合物(NDMA、NDEA)、固殺草、鄰苯二甲酸二丁酯、鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯。	感謝委員建議，本計畫將提供環保署做施政參考。
2. 環保署民國 97 年委託研究「飲用水水源及水質標準中列管污染物篩選與監測計畫(2/3)」，第六章飲用水水質監測管理法規修訂之檢討，比較臺灣、日本、美國飲用水水質監測管理法。 (1) 我國飲用水水質監測管理主要規定於經濟部主管之自來水法及其施行細則，環保署主管之飲用水管理條例及其施行細則對自來水事業清水(或淨水程序)水質管理之檢測項目與頻率皆無權責。水質檢測項目、頻率(含調整)僅於自來水水質標準予原則性之訂定，由自來水事業自行調整。相對地，日本、	感謝委員建議，本計畫將提供環保署做施政參考。

美國則明確定於相關法規，且要求自來水事業須公告水質管理計畫書(水安全計畫)。 (2) 美國與日本於飲用水水質管理之監測頻率研討方式、自來水事業公告水質管理計畫書，可作為我國修訂水質監測管理之參考。	
3. 自來水協會技術管理委員會曾委託台大駱尚廉教授研議水安全計畫，亦建議國外制度建立水安全計畫。	感謝委員建議，本計畫將提供環保署做施政參考。
4. 目前國內無法規要求自來水事業建立水安全計畫，並公告據以實施水質管理。環保署可邀集水利署、自來水事業，依飲用水管理條例增訂「飲用水安全計畫實施辦法或要點」，要求自來水事業建置並公告水安全計畫。建議水安全計畫之法規研議可列入後續研究計畫工作項目。	感謝委員建議，本計畫將提供環保署做施政參考。
(七) 洪世政 處長	
1. 有關本計畫 NDMA、NDEA 在部分淨水場(新山、豐原)有檢出，本公司會持續監測各淨水場。	感謝委員意見。
2. 25 項未列管物質之固殺草、鄰苯二甲酸二丁脂、鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)脂，本公司有幾處淨水場被檢測出有測值，本公司會持續監測各淨水場。惟鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯經本公司復測其測值均甚低，建請應再複測，再評估是否納入飲用水水質標準。	感謝委員意見，本計畫將提供環保署做施政參考。
3. 針對美國、歐盟、澳洲、WHO、日本訂有飲用水水質之監測項目及頻率，我國亦訂有自來水法及自來水水質標準，對自來水事業之種種均有所規範，而自來水水質標準亦對自來水水質及配水系統之檢驗項目及頻率有訂定，應建議未來兩法應整合。	感謝委員意見，本計畫將提供環保署做施政參考。
4. 目前國內水中新興污染物議題頗受重視，但公告知檢測方法較少，建議可參考各大專院校團隊或專業實驗室之檢測方法加以評估公告，方便民眾利用。	感謝委員建議，已將委員建議納入 4.6.6 節。
5. WSP 部分贊成可以先試行。	感謝委員建議，本計畫將提供環保署做施政參考。
(八) 陳曼莉 副處長	

1. 第 3 次採樣直潭原水 pH=9、原水清水 TDS=70.7 mg/L 及 80.63 mg/L，TOC=0.96 mg/L，與本處當月檢驗水質明顯有異 (pH=7.2~7.4、TDS=65 及 TOC=0.3~0.4，建議查明是否採樣或檢驗問題。	感謝委員指導，關於直潭原水 pH 值及 TDS 數值部分，本團隊已經重新檢視數據及重測，部分數值更新於第三次採樣之結果。
2. 新山淨水場及豐原淨水場清水均曾檢出微量 NDMA(該二淨水場應無使用氯胺消毒)，顯示淨水處理程序中仍存在產生 NDMA 的風險，建議仍應追蹤其可能來源，以為所淨水場借鏡。	文獻顯示 NDMA、NDEA 可能來源為氨氮及水中有機氮污染物，因臺灣各淨水場皆無使用氯胺消毒，新山淨水場之採樣結果顯示上游民生污水排放可能為有機氮來源，經加氯消毒後產生 NDMA。
3. 有關訂定「飲用水水質監測計畫」各檢測項目頻率部分，我國目前飲用水管理條例並無檢驗頻率之訂定，若要訂定，微生物部分可參考美國 SDWA 及 WHO Guideline of drinking water quality 之管網採樣數要求訂定，其他各項目建議參考歐盟及日本之規定，若過去(幾年應明訂)檢測結果為檢測不出或遠低於水質標準限值，則降低檢測頻率(依我國國情每年至少 1 次)，以為自來水業者依循。	感謝委員建議，已將委員建議納入 4.6.6 節。
4. 「水安全計畫」係由源頭探討供水水質不佳或需提升之原因，提出管控措施(Control measure)進行改善，而非僅是追求水質標準之符合，對提升自來水事業供水水質的確有幫助，惟要做出成果不容易，北水處自 103 年開始推動，有幾項經驗建議提供參考： (1)首長之重視對推動很重要。 (2)從水源、淨水、管網到用戶端各領域人員均需投入，長官及參與人專業與觀念認知訓練很重要。 (3)對非自來水事業管理之環保如水源及用戶設備，如何整合，值得思考。 (4)危害分析及控制措施之擬定過程所有人員需敞開心胸，放下包袱，打破窠臼，才能有所成就。 (5)若法制化推動，建議對推動執行內容之公開仍應部分有所保留。	感謝委員意見，已將委員建議納入 4.7 節。
5. 為加強對未列管物質的監測，建議參考美國作法，由 EPA 編列經費、自來水事業配給辦理。	感謝委員建議，本計畫將提供環保署做施政參考。

(九) 王根樹 教授	
1. 未列管物質監測計畫最大之疑慮為監測費用高昂，宜考慮針對水廠特性及潛在風險研擬監測計畫，並依監測結果調整監測頻率及項目，以減低監測負擔並提升監測效能。	感謝委員建議，已將委員建議納入 4.6.6 節。
2. 可考慮針對小型淨水場(系統)進行 WSP 試辦，依過去環保署及水協計畫成果及科技部金門用水提升計畫之結果，或可考慮由金門自來水廠試辦 WSP。	感謝委員意見，已將委員建議納入 4.7 節。
(十) 環保署環管處	
1. 本計畫自來水水質有檢驗出之未列管項目者，請針對問題原因探討說明及如何避免，包括台水公司後續追蹤複驗結果。	感謝委員建議，已依委員建議將資料納入 3.6 節。
2. 簡報中有關國際收集之水質監測計畫主要與本國自來水水質標準有關，包括規範自來水事業自主監測自來水水質之頻率等相關規定，且自來水事業均已依規定辦理，請收集自來水事業報行資料納入報告。	感謝委員建議，已依委員建議將資料納入 4.6.5 節。

附錄 6.7 期中審查會議意見回覆

審查建議	回覆
(一) 康世芳 委員	
1. 表 2.5-2 太湖原水 TOC 6 mg/L 超過飲用水水源水質標準 TOC 4 mg/L。	感謝委員提醒，太湖淨水場已針對 TOC 項目向環保署提出飲用水水源水質或淨水處理改善計畫。
2. 飲用水水質項目 NDMA，日本 NDMA 列為要檢討項目，目標值與 WHO 相同 0.0001 mg/L (100 ng/L)。	感謝委員更新資訊，已更新表 2.3-3 及表 2.3-4。
3. NDMA 為消毒副產物，依大阪市水道局檢測顯示臭氧處理後 NDMA 濃度增加，但經粒狀活性碳吸附後可再降低。	感謝委員提供資訊。
4. 第四章飲用水管理法規制擬檢討重點議題宜明確。	感謝委員建議，本計畫蒐集分析 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後，提出整合自來水法及飲用水水質標準所規範之監測計畫要求，立法規範飲用水水質列管項目及未列管項目之監測計畫，包含監測項目及頻率等，以及建議我國可選擇淨水場進行試辦水安全計畫等。
5. 79 頁 Small Water Supplies 類似我國簡易自來水。	感謝委員提供資訊。
(二) 陳家揚 委員 (書面意見)	
1. 2.3.4 採樣規劃之內容已大致於 2.3.3 節陳述，無需重述，建議加以整併。	感謝委員建議，已依委員建議整併於期末報告 2.3.4 節。
2. 摘要較缺乏定量性的說明，尤其是第三章採樣已分析之數量，較多檢出之待測物項目、檢出率等，建議可於摘要中補充。	感謝委員建議。
3. 第一章對於過去數年相關計畫之來龍去脈和大致成果有相當完整之綜論。是否可補充說明今年計畫延續了以往哪些結論，欲回答哪些過往仍欠缺的資訊等。	感謝委員建議，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限制值制定之依據。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。已於 1.2 節補充說明。
4. 第一次專家諮詢會議，為避免家戶自身管線對於檢測結果之影響，仍維持採樣時進行預排水步驟，但和家戶實際暴露情形不同。後續有無可能有少部分採樣亦能收集預排水之水樣，提供未來採樣步驟之參考，以及能較貼近民眾之實際情形。	感謝委員建議，針對飲用水中鉛的檢測，依目的可區分為(1)環保署抽驗淨水場處理效能及(2)用戶使用之飲用水水質評估，第一部分涉及法律責任，故建議維持原採樣方法(及包含預排水步驟)，針對第二部分，會議結論中有建議自來水事業應衡量用戶用水設備及用戶端水質狀況等評估所需之採樣程序。
5. p33 小建議，UPLC 應為“ultra-performance”...(有一橫)；Quattro Premier “XE” 為較 Quattro Premier 之後續機型 (中文漏了“XE”)	感謝委員建議，已依建議修正。
6. 建議數值和單位間皆加入一格空格，例如 p35 12 mL (“L” 請大寫，代表公升)，或是 1.54 g (而非 12 mL 和 1.54 g)，不僅符合一般文獻撰寫慣例，也較易閱讀。另外 microliter 建議使用“L”，而非“uL” (例如 p72 表 3.6-1)。	感謝委員建議，已依建議修正。
7. 附錄中有對於 NDMA, NDEA 和 NPYR 較詳盡的說明，建議只需於 2.6 節引述；該節中只需針對飲用水角度陳述即可。	感謝委員建議，已依建議修正。
8. 第四章對於 WHO、美國、日本等整理其法規制度。因本計畫之計畫目標四「指出提出精進建議」，可否於期末報告加入執行團隊對於我國現行法規制度面之討論，以符合計畫目標？	感謝委員建議，本計畫蒐集分析 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後，提出整合自來水法及飲用水水質標準所規範之監測計畫要求，立法規範飲用水水質列管項目及未列管項目之監測計畫，包含監測項目及頻率等，以及建議我國可選擇淨水場進行試辦水安全計畫等。
9. p73 表 3.6-2，DEHP 和 DNOP 有諸多高於方法偵測極限，但低於定量極限者。請問 LOQ 是否受限於分析背景？	感謝委員意見，將提供環保署後續計畫執行參考，建議針對未列管物質之抽驗及監測計畫可參考國際管制情況

QC 樣本中若有檢出，請問對於定量之影響為何？	及健康風險設定定量極限，以確保數據可用性。
(三) 陳冠中 委員	
1. 請補充說明計畫執行進度百分比。	感謝委員建議。
2. 本年度篩選評估之 6 項物質經過專家諮詢會議後已順利進行，有關未來農藥類物質的篩選，建議可以考量淨水場取水口上游之農藥使用種類和量，以了解對於淨水場處理之影響。	感謝委員建議，本計畫已納入建議部分供環保署參考。
3. 表 2.3-3 各國對於今年度計畫評估之污染物在列管值或建議值差異頗大，建議了解其各自考量之重點，供作計畫建議參考。	感謝委員建議。
4. 含氮或具氨基之化學農藥是否會對於淨水場之清水水質造成影響？建議可提初步看法。	感謝委員意見。含氮或具氨基之化學農藥於原以有機氮形式存在，菁分解後可能產生氨氮，影響清水水質，其產生之氨氮亦有可能在消毒過程中產生亞硝胺類消毒副產物，然若水中農藥濃度極低則造成之影響亦可忽略。
5. p21 第一段之單位與表 2.3-2 不一致，請作確認。	感謝委員建議，已依建議修正。
6. 表 3.6-2(p73)銻之方法偵測極限未建立，建議加以說明原因。	感謝委員意見，因計未未強制要求委託分析單位建立偵測極限，故委託分析單位未特別針對銻建立偵測極限。
(四) 張尊國 委員	
1. NDMA 與 NDEA 有在豐原與太湖水場檢出，但解釋與檢測出的水質相關參數不一致，譬如豐原水場氨氮在清水與清水皆<0.02 mg/L 偵測極限，應進一步確認。	感謝委員意見，106 年度三次採樣結果顯示各淨水場原水氨氮濃度皆<1 mg/L，原水氨氮濃度低，則水中亞硝胺類之來源來自氨氮可能性低，本計畫推測水中亞硝胺類出現之可能原因為原水中所含之有機氮物質，經加氯消毒後產生之消毒副產物。關於水中亞硝胺類化合物可能來源於 2.5.5 節有較詳細討論。
2. 由蒐集清單進入觀察清單的四項原則，污染物出現等本土資料，來源可不限於曾經有水樣的累積數，可考量其他來源如食品、土壤、作物...檢出物普遍性及出現濃度。	感謝委員意見，因研究經費有限，無法大規模針對未列管污染物進行監測及風險評估，本計畫盼透過本土資料自蒐集清單篩選於我國淨水場具較高風險之污染物進入觀察清單優先評估。
3. 對各類清單中，有原污染物、污染物質衍生物、反應副產物，應加探討，並與化學局管制之毒物作聯接。	感謝委員意見，本計畫將納入建議中提供環保署做施政參考。

4. 有關鉛採樣分析之規則，龍頭排出管線內餘水...繼續排水 20 秒，為要釐清法定責任，是有疑問的作法，也失去管控風險之初衷。	感謝委員建議，針對飲用水中鉛的檢測，依目的可區分為(1)環保署抽驗淨水場處理效能及(2)用戶使用之飲用水水質評估，第一部分涉及法定責任，故建議維持原採樣方法(及包含預排水步驟)，針對第二部分，會議結論中有建議自來水事業應衡量用戶用水設備及用戶端水質狀況等評估所需之採樣程序。
(五) 林郁真 委員	
1. 成果豐碩。	謝謝委員肯定。
2. Method detection limit (MDL) is very likely to affect the occurrence frequency of the target compounds. Please justify and explain the level of MDL used and are they sufficient?	感謝委員建議，本計畫評估抽驗結果時以高於健康參考水準的發生率取代檢出率，以評估風險，並建議環保署未來擴大應用至飲用水水質標準未列管物質篩選作業流程。
(六) 臺灣自來水股份有限公司	
1. 建議報告中納入較詳細的採樣點資料，以供本公司追蹤改善參考。	感謝委員建議。
2. 報告 p37 表 2.5-2 中 TDS 的數據，豐原場清水 NDEA 數據及 p72 的 DEHP 數據，與一般及公司長期監測均有異，請於第二次採樣分析時，加強注意其可能產生的誤差。	感謝委員建議。
3. 簡報中 DEHP >0.005 mg/L 的地點，與 p72 有異，請加以確認。	感謝委員建議，已依建議修正。
4. 附錄五、樣品檢測分的品保品管資料較少，建議補充之。	感謝委員建議，已依建議補充於附錄六。
5. 豐原場 NDEA 最後一季檢測建議能增做有機氮，以了解原因。	感謝委員建議。
6. 未來與先進國家法規蒐集部分，建議 WSP (安全飲用水計畫)能多加著墨。	感謝委員建議，本計畫彙整水安全計畫於 4.7 節。
(七) 臺北自來水事業處	
1. 本年度評估污染物亞硝胺類化合物之來源為淨水消毒衍生或管線輸送釋出，與存在水源中之污染物不同，建議於蒐集毒理資料時，能特別針對可能導致產生該等化合物之因素，包括原水中之可能前驅 (如溶解性有機氮)、淨水程序 (如氯胺消毒)及管線材質等，蒐集相關研究文獻，略作敘述，以為環保署訂定相關法規或自來水事業防範參考。	感謝委員建議，本計畫彙整水中亞硝胺類化合物可能來源及水中亞硝胺類污染物去除方式於 2.5.5 節及 2.5.6 節。

2. 在蒐集清單監測程序評估流程圖 2.7-1(p48)中，以「健康危害性」及「淨水場發生率」高低，作為篩選分類參數，但由於參考數據來源很多，檢測之偵測極限皆不同，若以出現檢測結果為 ND 或出現數值，判斷「淨水場發生率」，會有誤判情形發生，建請考量其影響。	感謝委員建議，本計畫將提供環保署參考。
3. 有關 p58 106 年將硼等 6 項目納入觀察清單，須本處配合進行背景檢測項目及頻率，建請環保署於 106 年底即進行通告，以便進行委外檢測計畫預算調整因應。	感謝委員建議，環保署於今年 11 月發函通告 106 年觀察清單物質檢測作業。
(八) 環保署環境衛生及毒物管理處	
1. 期中報告請依本計畫契約書附件 3 之格式修正內容。	感謝委員建議，已依建議修正。
2. 表 1.1-1 請增加 2012-2014 年之推動飲用水列管項目之篩選作業計畫。	感謝委員建議，已依建議修正。
3. 根據本計畫截至本(106)年 7 月 19 日止檢測結果，鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯項目有 3 處自來水測值大於 0.005 mg/L，分別是 4 月 19 日採樣新竹縣關西淨水場供水系統 2 處測值 0.00566 mg/L、0.00558 mg/L，以及 6 月 15 日採樣花蓮縣新社淨水場供水系統測值 0.00861 mg/L，本署已於 8 月 11 日函請台水公司全面瞭解及分析可能原因，並於本(106)年 9 月 15 日前提供水質檢測及評析資料送本署，俾利本計畫第三次專家諮詢會議時予以討論。	感謝委員意見。
4. 有關鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯項目，目前美國管制標準為 0.006 mg/L、世界衛生組織建議值為 0.008 mg/L、紐西蘭管制標準為 0.009 mg/L、澳洲管制標準為 0.01 mg/L、南韓管制標準為 0.08 mg/L 及日本管制標準為 0.1 mg/L，各國管制標準差異甚大，請評析說明世界衛生組織建議值及各國管制標準訂定之考量依據，以及我國未來如訂定管制標準時，較宜參採之依據說明。	感謝委員意見，目前國際上針對鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯訂定之飲用水水質標準或指引值多介於 0.006-0.01 mg/L，日本的飲用水目標值為 0.08 mg/L 較其他國家高，主要是因其假設鄰苯二甲酸二(乙基己基)酯人體暴露量中飲用水的貢獻量佔 10%，其他國家則多假設為 1%。已於 2.9 節補充說明。
5. 有關第一次採樣豐原淨水場原水、沉澱水及過濾水皆未檢驗出 NDEA，但清水有檢出，另太湖淨水場原水未檢驗出 NDEA、NDMA，但清水有檢出，	感謝委員建議，本計畫彙整水中亞硝胺類化合物可能來源及水中亞硝胺類污染物去除方式於 2.5.5 節及 2.5.6 節。

本計畫第 2 次專諮會時，與會專家學者已於會中及書面意見建議宜探討原因及說明，本署代表亦請與會台水公司就淨水處理程序探討可能原因及如何因應改善，請台水公司惠予提供相關評析因應及水質檢測資料，俾利本計畫第 3 次專家諮詢會議時予以討論。	
6. P59 請台水公司檢測 30 處淨水場中 1,2-二溴乙烷及碲，表 2.8-5 建議檢測淨水場只列出 29 處淨水場，請確認是否有遺漏。	感謝委員建議，已依建議修正。
7. P72 誤繕為花蓮縣水璉淨水場六月的清水樣品(0.00861 mg/L)，請修正為花蓮縣新社淨水場。	感謝委員建議，已依建議修正。
8. 第四章飲用水管理法規制度中蒐集分析世界衛生組織(WHO)、美國、歐盟、澳洲及日本之飲用水管理相關法規制度推動現況，但未提出精進建議，請補充於期末報告中，以符合本計畫目標。	感謝委員建議，本計畫蒐集分析 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後，提出整合自來水法及飲用水水質標準所規範之監測計畫要求，立法規範飲用水水質列管項目及未列管項目之監測計畫，包含監測項目及頻率等，以及建議我國可選擇淨水場進行試辦水安全計畫等。

附錄 6.8 期末審查會議意見回覆

審查建議	回覆
(一) 康世芳 委員	
1. 本計畫包含四大工作項目，建議結論以四大工作項目為標題，列出各項工作之結論，以清楚各項工作之重要結論。	感謝委員建議，已依委員建議修正 6.1 節結論。
2. 表 1.1-1，表 2.7-2 及表 3.6-1 彙整我國 2003 年至 2016 年於飲用水新興污染物之流布調查，累積很多國內背景資料，此大數據之資料庫建置及評析，建議後續研究能納入。	感謝委員建議，已將委員建議納入報告 6.2 節之建議中。
3. 多年檢測資料顯示國內飲用水原水或清水大多未檢測出新興污染物，為持續監測未列管新興污染物，推動水質監測與管理計畫，可參考 4.6.6 節所述，建請環保署增訂相關法規。	感謝委員建議，已將委員建議納入報告 6.2 節之建議中。
(二) 陳家揚 委員	
1. 濃度單位若為 microgram/liter，請用”μ”g/L 不是”u”g/L。	感謝委員建議，已依委員建議修正。
2. 不論是本年度優先評估物質，或是第五章現行列管項目，毒理資料建議可參考美國環保署 Chemistry Dashboard 資料庫，尤其是缺乏 RfD 資料者，可加以補充。例如 Matathion 之 RfD 為 0.024mg/kg/day(chronic) 和 0.5 mg/kg/day (acute); NOAEL 之 RfD 為 2.4mg/kg/day，WHO LD50 為 2,100mg/kg; Oxamyl 之 RfD 為 0.001 mg/kg/day，WHO LD50 為 6.0mg/kg；Ethion RfD 為 5 *10 ⁻⁴ mg/kg/day，WHO LD50 為 208 mg/kg；四氯化碳之 RfD 為 0.004mg/kg，TDI 7.1 *10 ⁻⁴ mg/kg/day，RfCi 0.1 mg/m ³ 等。	感謝委員指導，已依委員建議於毒理資料庫章節附錄四之 4.1-4.18 各項物質之毒理資料內容中補充如 RfD、NOAEL、LOAEL 等各項毒理資料。
3. 第 67 頁，BBP 計算飲用水中 HRL 是否有考量由飲用水的貢獻比例？以內文看來，若 RfD 0.2 mg/kg/day 去推出飲用水 HRL 0.06 mg/L，並未考慮 BBP 可能由食物攝入；飲用水並非單一暴露來源。	感謝委員意見，本計畫假設 BBP 飲用水的貢獻比例為 1%，計算出飲用水中 BBP 的 HRL 為 0.06 mg/L，已於報告內文 2.7 節補充說明。
4. 對於抽驗未列管新興污染物的結果呈現(第 95 頁表 3.6-1)，僅著重是否有大於國際管制標準或 HRL，殊為可惜。若能提供整體數據的 Profile，例如，percentile 濃度範圍，ND 的樣本數，測出值的 GM 和樣本數等，可能較為理想。	感謝委員建議。
5. 第五章有多個表格格式排版不正確，請修正。	感謝委員建議，原地五章之毒理資料庫移至附錄四，並已依委員建議修正。

6. 本計畫已執行，用詞請避免未來式，尤其是第七章，例如”將”召開，”未來”計畫執行等。第219 頁請直接標上專家會議開會日期。	感謝委員建議，已依委員建議修正。
(三) 黃志彬 委員	
1. 亞硝胺類污染物在某些水廠會出現，但大部分出現在清水(如豐原、太湖)，或者在後段程序(如太湖的慢濾)。所以可能和前加氯有關。經過一段時間後，方出現此類污染物。比較特殊是太湖有 NF 單元，而從全流程分析，此 NF 可一定程度去除有機物，因此太湖在慢濾程序出現之 NDMA 及 NDEA 也有能會被 NF 所去除，此部分建議於報告中作說明。	感謝委員建議，關於太湖淨水場 NF 作用與可能去除部分 NDMA、NDEA，於報告 2.5.3 節補充說明。
2. Page55. 2.516 對水中亞硝胺類污染物去除方式，有提到活性碳吸附及 RO 膜難以有效處理，建議以文獻來支持此論點，尤其 RO 膜無法去除亞硝胺類物質，很難令人置信。	感謝委員指導，對水中亞硝胺類去除方式與敘述，資料來源為 WHO 之報告（N-Nitrosodimethylamine in drinking-water），其中關於活性碳與 RO 膜去除效果之論述，已於 2.5.6 節補充所引用文獻。
3. 第四章建議依招標規定，將 WHO 及各先進國家分別對法規、水源管理、設備管理、水質管理、罰則及政府部門之分工，分別分項比較，同時最後對這些項目作一討論及總結。	感謝委員指導，於期中審查時，康世芳委員建議計畫執行團隊飲用水管理法規制擬檢討重點議題宜明確。故計劃團隊依委員建議，於報告簡介各國管理架構後，選定監測計畫及水安全計畫進行分析討論並提出建議。
4. 第五章現行飲用水列管項目毒理資料庫更新內容的格式，請整理。尤其部分表格不適合出現，建議修正。另外，環境背景資料大部分為 10 年前的數據，是否有較新背景數據，請確認。	感謝委員指導，附錄四之現行飲用水列管項目毒理資料庫更新之格式以及內容之表格已進行彙整與修正，並補充近年來自來水公司水質年報之列管項目檢測數據。
5. 第七章專家諮詢會議，標題並不適合，建議全部移入附錄，或將標題及內容作一調整。	感謝委員建議，已依委員建議全部移入附錄六。
(四) 張尊國 委員	
1. 本計畫內容豐富，各項工作執行皆達預期目標，成果具體，工作團隊之努力值得肯定。	感謝委員肯定。
2. 本計畫執行多年，架構清晰，由蒐集清單，觀察清單，候選清單篩選邏輯合理，亦合乎本土適切性。	感謝委員肯定。
3. 執行多年已產生極多的有價值數據與成果，宜在下年度彙整成果，以資訊公開(揭露)與	感謝委員建議，已將委員建議納入報告 6.2 節之建議中。

opendata 供社會大眾與專家學者利用，正視與解決紛爭議題。	
4. 如已將某些項目逐步列入候選清單後，是否有國家標準採樣分析方法之配套準備。	感謝委員建議，誠如委員提出之意見，依飲用水列管污染物篩選作業流程，進入候選清單之物質在評估是否納管時，是否有國家標準採樣分析方法為評估項目之一。現階段候選清單物質僅鄰苯二甲酸二（乙基己基）酯，目前環檢所已有公告方法（氣相層析質譜儀法 NIEA W801.52B）可供採用。
(五) 林伯雄 委員	
1. 本期末報告之撰寫格式與內容，以及計畫執行進度大致符合合約的要求。	感謝委員肯定。
2. DBP 於本年度檢測點位仍有少數樣本超過法定標準值(發生率 0.5%)，建議除 DEHP 外 DBP 亦納入候選清單，固殺草亦然。	感謝委員建議，DEHP 納入候選清單乃考量其近五年均有極少數樣品超過美國管制值，故應進一步評估是否納管。而 DBP 及固殺草僅於今年抽驗中有 1-2% 的樣品超過國際上之目標值或健康參考水準，故本計畫建議持續監測累積數據以供評估。
3. 若依據環保署及自來水廠累積之數據進行分析，檢討各項新興污染物之檢測項目及頻率之標準提出較為明確之建議，並評估各方案之利弊。	感謝委員建議，已將委員建議納入報告 6.2 節之建議中。
4. PFOA 與 PFOS，以本年度樣本檢出率建議加入第 206 頁表 6.1 中，另外雖低於美國健康建議值，但仍不宜放棄此一項目，危害風險是否顯著，需有更長時間之追蹤，累積足夠數據才能判定是否能提供檢出之淨水場，地理位置與非點源及季節性關聯性。	感謝委員建議，已將委員建議納入報告 6.2 節之建議中。
5. 報告中，僅呈現亞硝胺類 NDMA 之檢測結果，但未納入 NDEA，NPYR 數據。	感謝委員意見，本年度 NDEA 即 NPYR 檢測數據彙整於表 2.5-13。
6. 第六章結果能否與第三章之檢測結果予以合併，方便閱覽並將格式統一。	感謝委員意見，本報告將包含檢測數據之表格，及各表格中包含之檢測項目與檢測年份詳列於附錄八供委員參考。
7. 附錄第 255 頁表格中請加註英文字母簡寫之意義為何，請加註。	感謝委員意見，已修正附錄一表格。
(六) 台灣自來水股份有限公司	

1. 報告 P94 提及本計畫共計抽驗樣品鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 400 個樣品，其中僅一個樣品檢出值為 0.0086mg/L，略高於美國飲用水質標準(0.006mg/L)，而此樣品經本公司複測其測值為 ND，建議日後若有類似情形時，可針對數值偏高部分加以複測或酌增檢驗頻率，以利數據確認及原因分析。	感謝委員建議。
2. P54 2.5.5 水中亞硝胺類化合物可能來源，提及本公司新山淨水場水源來自基隆河，可能有含氮類有機污染物存在，導致經淨水場加氯消毒後致清水產生微量亞硝胺類，惟該場經查有前加氯，若是上述原因造成，其處理過程沉澱水及過濾水卻無檢出，建議應再追蹤檢測。	感謝委員建議。本計畫擬訂之觀察清單物質監測計畫(2.8.2 節)監測項目已包含 NDMA 及 NDEA，新山淨水場亦納入監測。
3. 環檢所近期將修改飲用水採樣方法，因這次的報告也有諸多涉略，建議能將相關的部份，提供參考，以為周全。	感謝委員建議，將依委員建議辦理。
(七) 臺北自來水事業處	
1. 本報告內容非常完整詳盡，對自來水事業瞭解新興污物及相關水質管理事項，相當有幫助，感謝研究團隊的辛勞。	感謝委員肯定。
2. 本報告第 2 章 p.40~41 水中亞硝胺類化合物採環保署 NIEA W801.53B「水中半揮發性有機化合物檢測方法-氣相層析質譜法」，NDMA 方法偵測極限可達 1 ng/L，P.44~P45 評估檢驗結果，檢測結果遠低於各國飲用水法規值或健康指引值；而第 3 章國內飲用水未列管新興污染物抽驗 P.88 及 P.90 則使用 NIEA W801.52B（方法已廢除）定量極限則僅達 4μg/L，P.95 表 3.6-1 彙整抽驗結果中，NDMA 檢測結果大於國際管制標準(或 HRL)最小值 0.4μg/L 之「樣品數」及「發生率」均為 0，就會出現不合理現象。建議就報告中兩部份呈現不同方法偵測極限及其檢驗結果判斷不合理處，加以補充說明。	感謝委員建議，已修正報告內容。
3. 本報告第 2 章 3 次採樣檢驗結果，豐原清檢測出微量 NDEA、太湖清檢測出微量 NDMA、新山清檢測出微量 NDMA、太湖慢濾檢測出微量 NDMA 及 NDEA，報告第 54 頁提出可能原水中人為或藻類代謝，產生之溶解性有機氮污染，經加氯消毒產生，若有可能，建請蒐集文獻釐清可能為何種人為污染造成（水質指標為何？），產生機制為何？淨水廠該如何防範及於加氯消毒操作因應。	NDMA 等亞硝胺類污染物可能來源為使用硝酸鹽或亞硝酸鹽之工業製程產生的副產物，當水中有二甲胺或三甲胺存在，和氮氧化物或硝酸鹽/亞硝酸鹽反應而產生，因此如橡膠、皮革、農藥、食品加工、染料製造及污水處理廠等，若排放水中含有二甲胺或三甲胺，即為 NDMA 之前質，淨水場以次氯酸鈉或氯胺消毒時，則生成 NDMA 消毒副產

	物。WHO 報告中提到淨水場可經由以下方式減少 NDMA 的生成： • 避免使用氯胺消毒 • 使用折點加氯方式 • 在加氯之前移除 ammonia
4. 第 3 章抽驗結果詳細數據建請列於附錄，以為參考。	感謝委員建議。
5. 採樣頻率之訂定除供水人口數外，建議依監測地點(如淨水場清水及管網)分別訂定頻率，而非僅訂定每年監測樣品數。	感謝委員建議。已將委員建議納入 4.6.6 節。
6. 鉛採樣方法。	感謝委員意見。
(八) 環保署環境衛生及毒物管理處	
1. 請依契約書規定及報告書格式補充計畫成果中英文摘要(簡要版)及計畫成果摘要(詳細版)內容。	感謝委員意見。已依委員建議補充計畫成果中英文摘要(簡要版)及計畫成果摘要(詳細版)內容。
2. 查美國網站資料 PFOA 及 PFOS 單位為 ppt，而本報告內容單位係為 ng/L，是否以密度為 1g/cm ³ 換算，請確認。	感謝委員意見，本報告濃度均以密度為 1g/cm ³ 進行換算。
3. 第 62 頁表 2.7-2 請增加 106 年本署環檢所有關 PFOA 及 PFOS 之檢測資料。	感謝委員意見。已依委員建議增加 106 年環保署署環檢所有關 PFOA 及 PFOS 之檢測資料於表 2.7-2。
4. 第 78 頁 2.8.2 之 105 年觀察清單物質監測計畫規劃內容，請更正為本署 106 年 11 月 14 日函文之 107 年度飲用水觀察清單物質檢測作業(監測計畫)相關內容，107 年觀察清單之自來水事業檢測項目包括：硼、N-亞硝二甲胺(NDMA)、N-亞硝二乙胺(NDEA)、鄰苯二甲酸二丁酯(DBP)、全氟辛烷酸(PFOA)、全氟辛烷磺酸(PFOS)等 6 項目。	感謝委員意見。已依委員建議修正。
5. 有關今年彙編 6 項飲用水水質標準未列管項目及更新現行 18 項飲用水水質標準管制項目之毒理資料，請協助配合上述資料成果，彙編更新飲用水水質標準管制項目及未列管之毒理資料電子檔，提供本署參用。	感謝委員意見。將依委員建議辦理。
6. 第 209 頁 6.4 飲用水加氯的相關風險及劑量部分，請增加目前我國衛福部食鹽加氯防齲政策相關資料，而非飲用水加氯作法。	感謝委員意見。已依委員建議補充說明。
7. 第 251 頁結論五之後段請增加「另完成新增馬拉松、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 項化學物質毒理資料」。	感謝委員意見。已依委員建議補充說明。

8. 有關國際收集之水質監測計畫主要與本國自來水水質標準有關，自來水水質標準已規範自來水事業自主監測自來水水質之頻率等規定，飲用水水質標準亦有部分規範。故第 252 頁建議一，請更改為建議後續可先針對我國過去環保機關及自來水事業檢測數據進行大數據分析，並據以評析自來水事業有關供水水質監測項目及監測頻率機制。	感謝委員意見。已依委員建議修正 6.2 節建議。
9. 第 252 頁建議二，請更改為建議修訂更新「我國飲用水水質未列管污染物監測作業計畫（草案）」，並可依本計畫 2.7 節建議之監測數據優先補充次序進行監測。	感謝委員意見。已依委員建議修正 6.2 節建議。
10. 水安全計畫因涉及自來水法、飲用水管理條例、水利法、水土保持法、森林法、水污染防治法...等，故第 252 頁建議三，請更改為水安全計畫為各先進國家管理飲用水的趨勢，可俟環境資源部成立並整合自來水法、飲用水管理條例、水利法、水土保持法...等相關法規權責(單位)後，評估選擇淨水場進行試辦。	感謝委員意見。已依委員建議修正 6.2 節建議。

附錄七、樣品檢測分析之品保品管

附表 5.1 樣品重複分析

	待測物 ($\mu\text{g/L}$)	新山清水				直潭原水			
		1	2	mean	RPD(%)	1	2	mean	RPD(%)
5 月	馬拉松	ND	ND	-	-	ND	ND	-	-
	歐殺滅	ND	ND	-	-	ND	ND	-	-
	愛殺松	ND	ND	-	-	ND	ND	-	-
7~8 月	馬拉松	ND	ND	-	-	ND	ND	-	-
	歐殺滅	ND	ND	-	-	ND	ND	-	-
	愛殺松	ND	ND	-	-	ND	ND	-	-
9 月	馬拉松	ND	ND	-	-	ND	ND	-	-
	歐殺滅	ND	ND	-	-	ND	ND	-	-
	愛殺松	ND	ND	-	-	ND	ND	-	-
	(ng/L)	新山清水				直潭原水			
		1	2	mean	RPD(%)	1	2	mean	RPD(%)
5 月	NDMA	ND	ND	-	-	ND	ND	-	-
	NDEA	ND	ND	-	-	ND	ND	-	-
	NPYR	ND	ND	-	-	ND	ND	-	-
		太湖慢濾				太湖清水			
		1	2	mean	RPD(%)	1	2	mean	RPD(%)
7~8 月	NDMA	ND	ND	-	-	1.19	1.0	1.09	17.4
	NDEA	ND	ND	-	-	ND	ND	-	-
	NPYR	ND	ND	-	-	ND	ND	-	-
		太湖慢濾				太湖清水			
		1	2	mean	RPD(%)	1	2	mean	RPD(%)
9 月	NDMA	2.76	3.47	3.11	22.9	ND	ND	ND	-
	NDEA	ND	ND	-	-	ND	ND	ND	-
	NPYR	ND	ND	-	-	ND	ND	ND	-

附表 5.2 樣品添加分析

	待測物	未添加濃度	添加後濃度	回收率 (%)
添加 500 ng/L		豐原清水		
5 月	馬拉松	ND	369	86.8
	歐殺滅	ND	372	93.0
		鳳山原水		
7~8 月	馬拉松	ND	351	87.8
	歐殺滅	ND	352	88.0
		新山原水		
9 月	馬拉松	ND	444	111
	歐殺滅	ND	360	90.2
添加 20 ng/L		直潭原水		
5 月	NDMA	ND	20.15	100.8
	NDEA	ND	20.50	102.5
	NPYR	ND	18.83	94.2
		新山原水		
7~8 月	NDMA	ND	21.64	108.2
	NDEA	ND	24.82	124.1
	NPYR	ND	23.09	115.5
		新山清水		
9 月	NDMA	ND	20.70	103.5
	NDEA	ND	19.91	99.6
	NPYR	ND	19.67	98.3

附錄八、本計畫檢測數據資料列表

本年度檢測或彙整之本土水質數據列於下表。

表格	水質項目
表 2.3-6	92-105 年：馬拉松、歐殺滅、愛殺松
表 2.5-13	106 年：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
表 2.7-2	92-106 年：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、1,2-二溴乙烷、全氟辛烷酸、辛基酚、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、壬基酚、鄰苯二甲酸二甲酯、氯苯、1,2-二氯丙烷、鄰苯二甲酸二正辛酯、鄰苯二甲酸二丁酯、鄰苯二甲酸丁苯甲酯、全氟辛烷磺酸、乙苯、雙酚 A、甲醛、N-亞硝二甲胺、N-亞硝二乙胺、N-亞硝基吡咯烷、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、異丁苯丙酸、乙醯氨基酚、凱妥布洛芬/苯酮苯丙酸、萘普生/甲氧鈉丙酸、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、鎘、銻、鉍、鈦、鉍、硼、鈷
表 2.9-2	97-106 年：鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯
表 3.6-1	106 年：銻、鎘、鉍、甲醛、N-亞硝二甲胺、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、六氯苯、六氯環戊二烯、芬殺松、甲基多保淨、固殺草、壬基酚、雙酚 A、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(乙基己基)酯(DEHP)、微囊藻毒 LR 型
表 5.1-1	100-106 年：全氟辛烷酸、全氟辛烷磺酸、全氟壬酸
表 5.6-1	100-106 年：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
表 5.6-2	97-106 年：鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯
表 5.6-3	96-106 年：壬基酚、雙酚 A