

我國自來水水質管理策略與未來研究發展趨勢

葉俊宏^{*} 阮國棟^{**}

摘 要

本文嘗試將飲用水管理條例修正草案中所採取的水質管理策略及未來研究發展趨勢作一初步的整理。

水質管理策略包括(1)增訂飲用水水源之水質標準(2)修訂飲用水水質標準(3)加強水質檢驗的管理(4)加強水質處理藥劑的管理(5)加強飲水機水質的管理(6)逐漸增加飲用水水質標準管制的項目。

未來五年飲用水方面的研究發展重點為(1)飲用水中微量毒性有機物鑑定分析及處理技術之研究(2)飲用水水質標準管制項目及管制標準之合理性分析(3)飲用水風險溝通準則之建立(4)人工儲水庫與砂丘補注等水資源開發計畫可行性之研究(5)成立自來水專責研究單位可行性的研究。

一、前 言

隨著國內工業的快速發展與生活水準的提升，對於飲用水的品質要求日益提高，然由於家庭污水、工業廢水及畜牧廢水未妥善處理，造成水源的日益惡化，也使得飲用水的管理問題日趨複雜。

近年來先進國家對飲用水水質要求日漸嚴格，以美國為例，其安全飲用水法案（Safe Drinking Water Act, 簡稱SDWA）規定至1989年飲用水水質必須符合83項水質項目，且往後每三年還須增加25個項目。為了進一步提升我國飲用水水質，台灣省及台北市相繼在民國79年公布新的自來水水質標準，而高雄市亦於民國81年公

* 行政院環境保護署環境衛生及毒物管理處科長

** 行政院環境保護署環境衛生及毒物管理處處長

布新的飲用水水質標準。雖然水質標準提升了，但水質是否隨著提升仍有待評估，此外水源污染短期內是否能改善、淨水技術及處理設備能否相對提升、相關法令修正時程能否配合及自來水公司營運情況能否改善等等，均攸關水質改善進度。因此，對於自來水水質管理策略及未來研究發展的趨勢實有必要作一研究。本文嘗試對水質管理策略及未來研發趨勢作一初步探討，希各界先進不吝指正，提供具體修正建議，以期健全我國自來水水質管理策略，共為改善自來水品質而努力。

二、問題剖析

造成部分地區自來水水質日漸惡化的原因很多，茲摘述如下：

(一) 政策面的問題

1. 管理法令雙軌制⁽¹⁾：

內政部主管自來水法，有關自來水事業之專營權、工程設備、營業、監督、輔導及水質改善，均依自來水法之規定辦理；行政院環保署主管飲用水管理條例，僅對自來水事業單位供應之飲用水負監督水質之責，兩者權責不易劃分，宜參考國外採單軌制，統合由一個機關主管。

2. 自來水事業單位體系不一：

(1) 台灣省目前為台灣省自來水股份有限公司，屬公司型態為省營單位。

(2) 台北市為台北自來水事業處，屬台北市政府一級單位，為政府機關。

(3) 高雄市則委由台灣省自來水公司負責供水。

3. 水價調整受制於議會，未能充分反映成本，且省、市水價差距大，造成管理上的不便。

4. 以債養債，財務不佳：

台灣省自來水公司截至民國八十一年負債達二五三億元，每年應還貸款本息高達四十六億元，佔八十年度主要營業收入八十七點八億元的一半以上，財務負擔沈重⁽²⁾。

5. 水庫水源開發，台灣省自來水公司必須依比例分攤經費，財務更形惡化。
6. 民意高漲，動輒要求回饋：

自來水公司地區性水源開發取水，縱無污染之事實，但居民常以地面水之抽水影響下游農田灌溉或抽取地下水源造成淺井之鹽化或地盤下陷為由，要求鉅額回饋。

7. 水資源管理機構眾多，協調不易，難以落實水源保護：

水資源管理機構包括內政部、經濟部、農委會、環保署及台灣省政府，另外水庫集水區治理機關尚包括台電公司、台灣省自來水公司、台北自來水事業處、台灣省水利局、台北水源特定區管理委員會及各水庫管理區。因此，管理體系亟待整合，以落實水源保護。

(二) 水源污染問題⁽³⁾：以高雄地區的水源污染為例

1. 高雄、屏東二縣畜牧業發達，廢水管制困難，境內之高屏、東港二溪為大高雄地區之主要自來水水源，然受畜牧廢水（約佔六〇%以上）嚴重污染，雖在農政單位積極輔導之下，畜牧廢水問題已有所改善，惟水質仍無法符合公共給水水源之標準。
2. 供應高雄地區主要自來水水源—澄清湖及鳳山水庫，因遭受污染，產生嚴重優養化現象，藻類大量繁殖，增加淨水場原水處理用氣量，影響飲用水安全。
3. 高雄地區污水下水道系統工程建設落後，尤以高屏及東港兩河流域沿岸城市尚未建立污水下水道系統，家庭污水造成之污染亟待解決。

(三) 自來水水質待改善問題⁽³⁾：

1. 管線老舊問題：

高雄地區所使用之自來水水管大部分已超過四十年，管線老舊，致使管中積垢而有紅水現象產生。

2. 臭味與色度問題：

由於原水遭受污染，藻類大量繁殖，增加淨水場原水處理用氣量，而經自來水公司處理後之自來水，仍有少量藻類存在，用戶亦屢次反應自來水不清澈且有臭味產生。

3. 硬水問題：

高雄地區之自來水於煮沸後，常會在器壁上留下白色碳酸鈣、碳酸鎂沈澱物，造成口感不佳，但不影響人體健康，是否需要軟化處理仍待評估。

4. 用戶設備污染問題：

自來水用戶之蓄水池、水塔等自來水輸儲設備，因管理不善疏於清理，或因蓄水池設置位置不當及用戶水管老舊且使用不良管材等諸多問題，亦為污染自來水水質之因素。

(四) 管理制度之問題：

1. 台灣省自來水公司各區管理處水質檢驗室及淨水場之檢驗能力有待提升，品保品管制度未健全⁽⁴⁾。

2. 淨水場數目太多，管理不易，人事費用偏高：

台灣省自來水公司之淨水場高達三四七個，其中出水量每日十萬立方公尺以上者僅十一個，而五千立方公尺以下的小場高達二二八個（約佔六五·七%），由於淨水場太多，台灣省自來水公司員工人數高達六九三九人，八十年度人事費高達四十六點九億元，佔總支出百分之四十，八十年度主要營業收入（水費收入）為八十七點八億元，幾乎一半是用來支付人事費用⁽⁵⁾。

3. 淨水處理投資偏低，僅能勉強維持供水，自來水改善經費仰賴國庫補助，有違受益者付費的原則。

三、水質管理策略

自來水水質管理策略應落實於法規之中，才具有強制性。因此，從最近飲用水管理條例的條正條文中可歸納出未來自來水水質管理的幾項策略：

(一) 增訂飲用水水源之水質標準：

依飲用水管理條例修正草案一讀條文第七條規定：「地面水體及地下水體符合飲用水水源之水質標準者，始得作為飲用水之水源；但經中央主管機關核准者，不在此限」。因此，未來自來水淨水場之水源如不符合飲用水水源之水質標準將不得再作為水源，除非提出增設高級處理設備之計畫書，並經中央主管機關核准始可繼續使用，以加速提升國內淨水處理設備，確保飲用水之安全。

(二) 修訂飲用水水質標準：

飲用水水質標準關係國民健康至鉅，宜全國一致，故修正為由中央主管機關定之，以避免目前飲用水水質標準由省市訂定，因標準不一造成管理上的困擾。

(三) 加強水質檢驗的管理：

依飲用水管理條例修正草案一讀條文第十三條第二項規定：「飲用水水質狀況之檢驗測定，由經中央主管機關認可之檢驗測定機構辦理」。因此，未來自來水事業應先取得檢驗室的認可方可執行自來水水質檢驗，以確保檢驗數據的品質，並真實反映自來水水質狀況。

為落實法令的規定，行政院環保署已自今（八十二）年七

月開始輔導自來水事業的檢驗室，以協助其早日取得檢驗室之認可。

(四) 加強水質處理藥劑的管理：

依飲用水管理條例修正草案一讀條文第十四條規定：「飲用水水質處理所使用之藥劑，以經中央主管機關指定公告者為限」。未來環保署將公告可使用之水質處理藥劑名稱及最大不純物含量標準，並限制淨水程序用藥劑之製造原料，不得為製造其他工業產品所產生之廢液或固體廢棄物。

未來未公告之處理藥劑如欲作為飲用水處理藥劑，應將藥劑名稱、化學式、成分、性能、製法之要旨、不純物含量、分析方法及有關資料或證件，連同樣品向中央主管機關提出申請，非經核准公告不得作為飲用水處理藥劑。

(五) 加強飲水機水質的管理：

依飲用水管理條例修正草案一讀條文第九條至第十一條的規定，凡指定公告之公私場所，設有供公眾飲用之飲用水設備者，使用前需經登記，並維護清潔作成紀錄，併同水質狀況紀錄定期申報，以確保飲用水水質安全。修訂中的飲用水水質標準，考慮訂定飲水機之水質標準，並依接用水源的不同分成二類，一為接用自來水，其水質管制的項目較少，大概只有微生物項。另一為接用非自來水水源，其水質管制項目較多，大致與自來水水質管制項目相同。

(六) 逐漸增加飲用水水質標準管制的項目：

前已述及目前美國環保署所公布的國家飲用水法規中至一九八九年必須符合八十三項飲用水水質項目，其中有機物類計二十二項（較一九八六年標準增加十七項），揮發性有機物類計十四項（較一九八六年標準增加七項），並且自一九八八年

六月起每三年公布修正法規內容所需的污染物。

美國管制近百項的水質項目是否適用於我國，實應從多方面探討，包含污染物質之環境背景資料、人體健康的影響性、社會影響性、工程技術可行性、水質鑑定分析技術可行性及經濟性，並調查消費者付費意願等綜合分析，其詳細流程如圖 1 所示⁽⁶⁾。

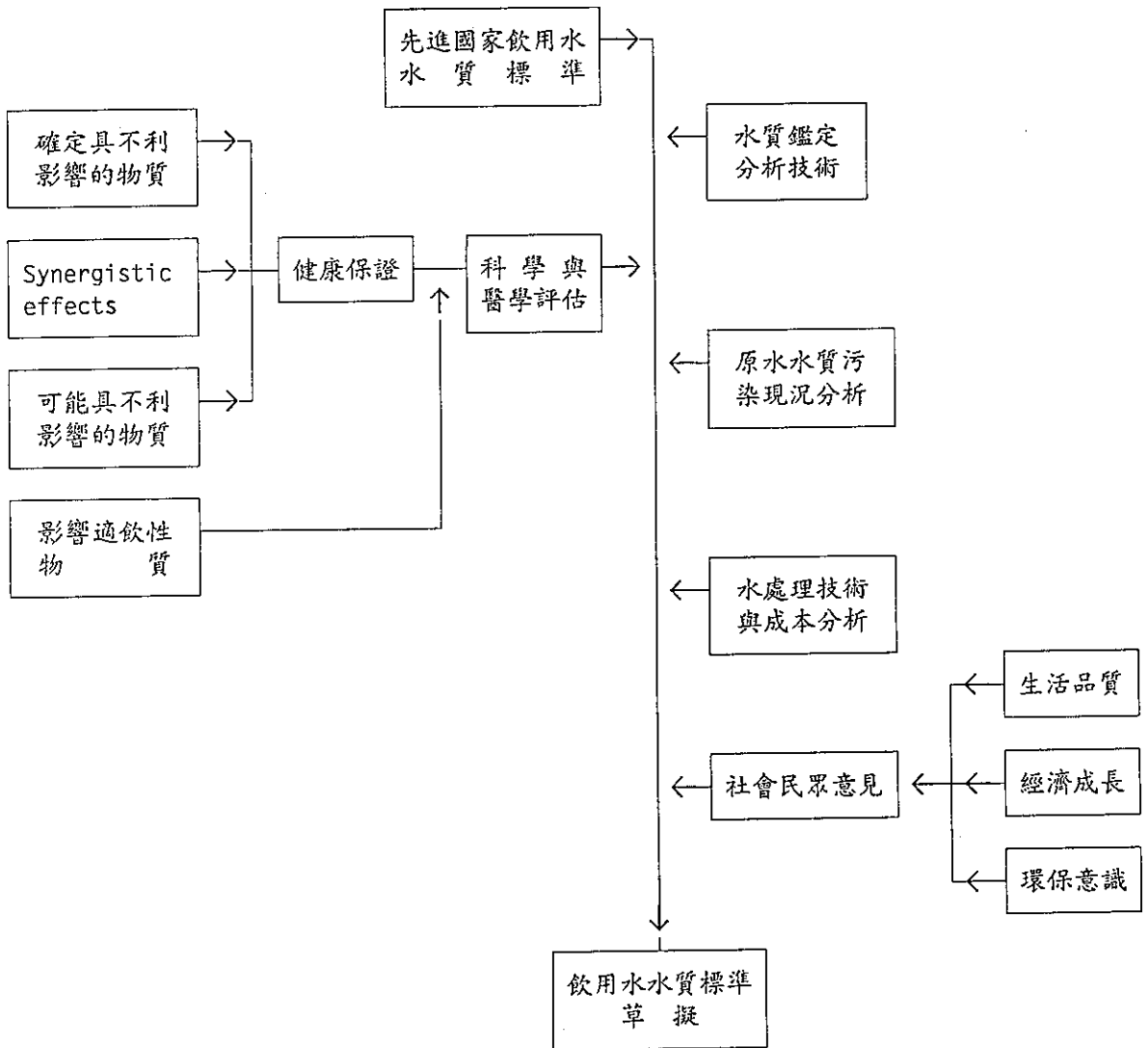


圖 1 飲用水水質標準訂定之系統流程⁽⁶⁾

由於消毒副產物及微量毒性合成有機物的陸續發現，未來飲用水水質標準管制的水質項目逐漸增加已是世界各國的趨勢。因此，國內宜未雨綢繆，加速提升水質處理設備及分析檢驗技術以爲因應。

四、未來研究發展趨勢

國內支持飲用水相關研究計畫的機關包含國科會、內政部營建署、環保署及自來水事業單位。以環保署爲例，近五年飲用水管理的研究發展經費如表 1 所示，以八十一年度的 40,150 千元最多，而以八十三年度的 9,384 千元最少，且近二年受政府財政困難影響，預算大幅縮減，未來環保署在飲用水管理方面的研究發展經費額度恐與八十三年度相近，不可能大幅增加。

表 1 行政院環保署近五年飲用水管理研究發展經費一覽表 單位：千元

年 度	項 目	施 政 計 畫	科 技 計 畫	小 計
79		10,325	8,672	18,997
80		10,700	9,000	19,700
81		35,150	5,000	40,150
82		15,500	6,000	21,500
83		5,000	4,384	9,384

在經費有限而又要達到施政目標的雙重壓力下，必須對於研發經費作一妥善的規劃。因此，純學術方面的研究恐不易獲得支持，而必須與施政目標相結合，亦即研究成果能立即運用到施政作爲上的爲優先。未來五年飲用水方面的研發計畫將以配合法規修正爲主，尤其是飲用水水質標準的修正。因此，對於飲用水中微量毒性有機物鑑定分析及處理技術之研究與飲用水水質標準管制項目及管制標準之合理性分析將是未來研發的重點。據此，環保署未來五年飲用水科技發展計畫之規劃如表 2 所示，而施政委託計畫之規劃如表 3 所示。

表 2 行政院環保署未來五年飲用水科技發展計畫之規劃

計畫名稱：飲用水中微量毒性有機物鑑定分析及處理技術之研究

單位：千元

工 作 項 目	84年度	85年度	86年度	87年度	88年度	小 計
①飲用水中微量毒性合成有機物之鑑定分析	1,400	1,600	1,800	2,040	2,440	9,280
②飲用水中微量毒性消毒副產物之鑑定分析	1,400	1,600	1,800	2,040	2,440	9,280
③臭氧法對水中毒性有機物去除效能之評估	2,400	2,700	3,000	3,240	3,640	14,980
④高級氧化法對水中毒性有機物去除效能之評估	2,000	2,200	2,400	2,640	3,040	12,280
⑤自來水水源中殘留農藥調查及處理技術之評估	1,500	1,600	1,800	2,040	2,440	9,380
年 度 經 費 小 計	8,700	9,700	10,800	12,000	14,000	55,200
總經費預估：55,200						

表 3 行政院環保署未來五年飲用水施政委託計畫之規劃

計畫名稱：飲用水水質標準管制項目及管制標準之合理性分析

單位：千元

工 作 項 目	84年度	85年度	86年度	87年度	88年度	小 計
①飲用水中揮發性有機化合物管制項目及管制標準合理性分析	2,500	3,000	3,000	3,000		11,500
②飲用水中有機物(不含農藥)管制項目及管制標準合理性分析	2,500	2,800	3,000	3,000		11,300
③飲用水中農藥管制項目及管制標準合理性分析	2,500	2,800	3,000	3,000		11,300
④飲用水中無機物管制項目及管制標準合理性分析	2,000	2,500				4,500
⑤飲用水中微生物和濁度管制項目及管制標準合理性分析	1,500	1,700				3,200
⑥飲用水風險溝通準則之建立	1,500	1,700	1,800	1,800		6,800
年 度 經 費 小 計	12,500	14,500	10,800	10,800		48,600
總經費預估：48,600						

此外，加強飲用水的風險溝通亦為未來的研發重點。風險溝通 (risk communication) 便是將知覺上之風險度 (perceived risks) 與實際上的風險度 (actual risks) 以數量化的資訊有目標的傳遞於有關的個人、團體與部門之間。在知覺的風險上由於個人與個人之間因風險度的性質以及經驗的差異，對風險度的感受有很大的不同，故決定實際的風險，並向有關團體說明該風險性之真實性，將會遭遇許多的問題，透過一個多元化挑戰性的風險溝通技巧，將更有助於科學性的評估數據在管理上的實際運用與管理決策上的考量。未來將先以高雄地區為案例逐步建立飲用水風險溝通的準則。

水源開發亦是改善自來水水質的重要一環，目前水源開發係屬經濟部權責。

過去國內水源開發大都是在河川上游興建水庫或攔河堰為主，較少考慮到其他水源開發方式。荷蘭為確保其水源供應穩定及改進原水水質所使用的兩種方法—人工儲水庫及砂丘補注，或許可提供國內水資源開發主管機關參考，並研究其在國內採行之可行性，此亦可作為未來國內的研發重點。茲針對人工儲水庫及砂丘補注的作法概述如下：

一、人工儲水庫⁽⁷⁾：

一九六〇年代以後，荷蘭鹿特丹地區原以地下水為水源，因過度抽取，引起海水入侵，飲水之含鹽量過高，雖然有去除含鹽及其他改進水質之研究，但因經費過高及無法增加供水量以應將來之需要而作罷，經過廣泛之分析及研究，最後決定在距鹿特丹約四〇公里由繆思河口沖積而成之新生地興建儲水庫，以降低土地補償費，並直接由繆思河取水，如遇乾季繆思河水質惡化及突發之水質污染事件時，停止取水，亦可維持供水正常。

在河口新生地興建人工儲水庫可避免破壞河川原有生態及

避免因河川含砂量降低而危及橋墩安全及使海岸線內移，並可緩和海水入侵。因此，在台灣南部地區水資源嚴重不足、海水入侵及地層下陷之際，似可進行人工儲水庫可行性之研究，以建立全方位的水質源開發的計畫。

二、砂丘補注⁽⁷⁾：

阿姆斯特丹及荷蘭北部省份之供水水源有地下水源、湖水水源及砂丘水源，其中砂丘水源佔75%以上，且僅有砂丘水可靠地面逕流的補注，增加出水量。

砂丘補注係將處理過的原水補注於砂丘上，除可蓄水於砂丘，並可藉砂丘慢濾的自淨作用而改善水質，尤其在重金屬的淨化上更具效果。砂丘補注乃於砂丘區上設置水塘，利用重力作用滲入，集水管埋於砂丘床下七公尺深的位置，集流於渠道後再抽出，砂丘水之停留時間約二至三個月。

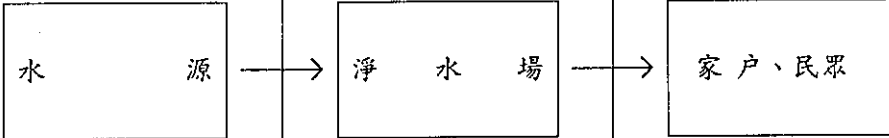
此外，設立自來水的專責研究單位亦是當務之急，尤其水質惡化及民眾對自來水品質要求日益提高的今日，實應從改善淨水處理程序及管材材質等各方面進一步研究其對水質的影響，此有賴專責研究單位的設置，才能穩定持續的進行。因此，未來如何推動成立專責研究單位，尤其在經費的來源、人才的培訓及組織架構等各方面宜深入探討研究，使未來成立的研究單位能確實發揮其應有的功能。

五、結 論

綜上所述自來水水質管理策略與未來研發趨勢彙整如表 4 所示。

總而言之，飲用水水質的改善除必須要有一套完整的水質管理策略外，也需要不斷的研究開發。此外，還必須結合產、官、學、研各界的共同努力，才能逐步提升飲用水水質。

表 4 自來水水質管理策略與未來研發趨勢

水質管理策略	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水污染管制依水污染防治法、自來水法規定。 2. 研訂飲用水水源之水質標準。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研訂飲用水水質處理藥劑管理規範，並公告可使用之藥劑。 2. 飲用水水質狀況之檢驗測定，由經中央主管機關認可之檢驗測定機構辦理。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 修訂飲用水水質標準。 2. 加強飲水機水質的管理。
自來水流程	 <pre> graph LR A[水源] --> B[淨水場] B --> C[家戶、民眾] </pre>		
未來研發趨勢	<ol style="list-style-type: none"> 1. 自來水水源中殘留農藥調查及處理技術之評估。 2. 人工儲水庫可行性研究。 3. 砂丘補注可行性研究。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 消毒副產物之鑑定分析。 2. 微量毒性合成有機物（含農藥）之鑑定分析。 3. 臭氧法、高級氧化法對水中毒性有機物去除效能之評估。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 飲用水水質標準管制項目與管制標準合理性分析。 2. 飲用水風險溝通準則之建立。

六、參考文獻

- (1) 陳重男、陳志彬，先進國家飲用水管理制度研究—美、日，行政院環境保護署 EPA-80-J101-09-45 研究報告，八十年七月。
- (2) 台灣省自來水公司自來水水質所面臨各項困難及建議對策，台灣省自來水股份有限公司，八十一年六月二日。
- (3) 大高雄地區自來水及水源污染改善先期計畫，行政院環境保護署，八十一年七月。
- (4) 張祖琰，台灣地區自來水檢驗室及淨水場水質檢驗能力現場查核專案研究報告，行政院環境保護署 EPA-81-J102-09-16，八十一年七月。
- (5) 台灣省自來水事業重要營運指標統計分析第一期（八十會計年度），台灣省自來水股份有限公司編印，八十年十月。
- (6) 蔣本基，飲用水水質標準研究專案研究報告，行政院環境保護署 EPA-77-005-20-120，七十九年二月。
- (7) 吳陽龍，重污染威脅下的荷蘭自來水水源，自來水會刊雜誌第 23 期，七十六年八月。