

# 各國自來水研發機構之介紹及我國之展望

## Introduction to the Major Research Institutes for Public Water Supply in the World and Our Perspective

葉 宣 顯\* 陳 耀 楠\*\*

### 摘 要

本文首先介紹英、法、德、荷、美及南非等國與自來水有關之研發機構，包括其組織架構、人員、經費來源、業務範疇及其研究計畫自題目選定、執行及成果推廣等一聯串之過程。同時亦指出目前各國在自來水方面之研究重點。其次，吾人對於國內如何結合產、官、學之力量，以建立自來水專責研究機構，從事自來水工程技術、水質、管理等方面之長期性研究，器材、藥品等規格之研訂及檢驗，亦提出一些芻議。包括該機構之經費來源，經費應用之監督及審查，研究計畫題目之選擇、執行及成果推廣等，希望能藉此以提昇國內自來水之研究發展。

### 一、前 言

依據統計，民國八十一年底，台灣地區自來水普及率已達到85%以上，在污水下水道普及率不及4%之情形下，自來水事業在防止水媒疾病之流行，維持公共衛生，及促進產業之發達上有很大的貢獻。但隨著人口之增加，經濟之發達，水源污染問題所導致原水水質惡化，已超過目前淨水廠傳統處理程序所能負荷之程度。然而隨著生活水準之提高，民眾對日常生活用水之質與量之要求，亦愈來愈高，故國內自來水事業急待進一步提昇其水準。

從文獻上觀之，目前國內自來水事業所面臨之原水污染，或水質鹽化等問題，西歐法、德、荷等國在三、四十年前即已遭遇過，但他們的問題已經由研究發展、工程技術及管理制度等之改進而獲得解決[1]。事實上，諸先進國家對自來水事業之研究、發展均極為重視，大多設有專責機構，給予充足之人力及經費。

本文首先介紹英、法、德、荷、美及南非等國與自來水有關之研發機構，重點在於其組織架構、人員、經費來源、業務範疇，及其研究計畫自題目選定、執行、及成果推廣等一聯串之過程，同時亦指出各國在飲用水方面之研究重點。其次，吾人對於國內如何結合產、官、學之力量，以建立自來水專責研究機構，從事自來水工程技術、水質、管理、財務等方面之長期性研究，器材、藥品等規格之研訂及檢驗，亦提出一些芻議。

\*國立成功大學環境工程研究所教授

\*\*台灣中興紙業股份有限公司總經理

## 二、各國與自來水有關之研發機構

### 2.1 荷蘭

KIWA(The Netherlands Waterworks' Testing and Research Institute)是非營利為目的的公司，受荷蘭自來水協會(The Netherlands Waterworks Association, VEWIN)所支助，為荷蘭研究自來水及其應用的主要機構[2]。其內部結構主要包括三大部門：檢定(Certification and Inspection)、研究與顧問業務(Research and Consultancy)、總品質管理顧問業(Total Quality Management Consultancy)。1992年員工總數為368人，年收入為荷幣48,233,000。

KIWA內三大部門下，各部門所負責之工作分述如下：[3]

#### (1) 檢定(Certification and Inspection)

KIWA的檢定部門位於Rijswijk，約有180位員工，其主要的工作內容在於各類器材的檢驗及檢驗合格後品質證書(Quality Certificate)的發放。KIWA所發品質證書包括甚廣之領域，如設計(designs)、產品(products)、複合產品與營建材料(composite products and building components)、程序方法(processing methods)及品質系統(quality system)等。範圍從單一產品的標準化至ISO-9000品管系統的檢定等均包括。KIWA的檢定部門所發放的品質合格證書有許多種，主要是飲用水、結構及環境市場方面的合格證書，但也包括其他相關的產業，如土木工程、農業、化學及石化工業等等。

#### (2) 技術研究與顧問業務(Research and Consultancy)

KIWA的技術研究及顧問業務部門位於Nieuwegin，約有170名員工，提供自來水廠及其他委託單位有關飲用水及環境方面的研究與建議。其下又分為水及土壤(Water and soil)，水處理及配水(Treatment and Distributions)及化學與生物(Chemistry and Biology)三部門，其中化學及生物實驗室已取得荷蘭實驗室認證委員會(STERLAB, Laboratory Accreditation Board of the Netherlands)之認可。

KIWA本部門之長處在於結合不同領域之專家，範圍從分析化學、生物、程序技術(Process Technology)、生態、水文到毒理及資訊工程，以計劃導向之方式，對從水源、取水、處理、配水及品質管理之飲用水及相關環境問題作全盤及持續性之研究。

KIWA本部門之研究經費，有超過一半以上是來自所謂「VEWIN research」，以1992年為例約1仟2佰萬荷幣，是由VEWIN所提供，其來源乃是自來水公司每生產1 m<sup>3</sup>之水，由VEWIN徵收0.01元荷幣聚集而成，此部份經費用於支持各水公司可能共同面對之問題。研究主題之擬定係由KIWA徵詢各水廠及各主管R&D委員會主席之意見後，先擬出「研究發展策略」草案，先與先前徵詢過之人員討論後，再送請VEWIN之研究顧問委員會、理事會及會員大會之批准。以1993~1997年五年計畫之主題，就水源、水處理、輸、配水及水質，分別如表1所示。KIWA技術研究與顧問業務的另一半經費來自政府機關及個別水廠之顧問費。KIWA由這些研究所得之結果及Know-how，則藉演講、出版及研習會等方式提供給自來水業者參考與採行。

(3)總品質管理顧問業務(Total Quality Management Consultancy)

KIWA的總品質管理顧問業務部門亦位於Rijswijk，主要是以國際ISO-9000-Standards為基準，提供有關品質及環境管理系統方面之建議及指引給予公司或其他組織。目前所提供的顧問服務主要是在KIWA傳統的市場部門，但其他相關部門在此方面之需求亦有增加之趨勢。

表1 KIWA 1993~1997年之計畫主題

水源	集水、技術及環境影響 深井滲透、技術及環境影響 表面水及地下水之水質 地下水水質的地理水力化學(geohydrochemical)狀況。(預測模式)
水處理	地下水中碳酸鹽、硫酸鹽、金屬及硬度之去除 高級氧化程序(臭氧—過氧化氫) 薄膜技術 吸附程序 軟化 消毒 農藥/危害性有機物之去除 處理程序(污泥)之環境影響 整合的處理流程
輸配水	配水管網的狀況及管材的選擇 水質的物理—化學狀況 水質的生物狀況
水質	發展“Priority list”內化合物之分析方法 發展短時間內可得到結果之微生物分析法 實驗之品質保證(QA)

2.2 英國

Water Research Center (WRC) 原為國營，後隨1989年英國自來水事業的民營化，而改為民營。WRC在研究、顧問事務及給水、污染控制和環境管理等方面計畫的執行，已有70年以上的經驗。

WRC是一個獨立的員工控制的公司，提供其客戶總品質服務。其在英國本土上有三大實驗中心，包括在Medmenham主要從事環境及飲用水水質方面之研究，Swindon從事工程及程序(Engineering and Processes)方面之研究，Slough則設有Evaluation and Testing Centre，從事有關給水設備、管材、零件、用水器具、水錶等之檢驗及試驗工作。另在歐洲、遠東及北美亦設有分支機構，全球共擁有約700名員工。

WRC的研究範圍相當廣泛，包括給水與污水方面之相關業務、環境管理、材料測試與品質保證等等。其詳細範疇見表2。以自來水方面之研究為例，包括有飲用水水質，如消毒副產物(Disinfection By-products)生成之控制及水中其他微量有機物之去除，WRC曾接受英國環境部

及世界衛生組織(WHO)之委託，從事有關飲用水水質修訂之研究。另外亦從事有關臭氧及活性碳用於飲用水處理之研究，淨水場污泥之處理研究。在水管材料及其他用水設備之研究上，則著重在與水接觸之器材不致於有毒性重金屬或其他毒性物質溶入水中，亦不致使水有不好之臭及味，同時亦不在其表面滋長微生物。

Wrc之客戶除前述之WHO及英國環境部外，亦包括其他英國政府機關，如National River Authority，自來水事業單位及其他工業，當然亦包括國外之公、私機構。

其經費來源可分為研究及顧問業務兩大部份，以1991/92年為例，其總營業額約三仟三百萬英磅<sup>[4]</sup>，其中1/3來自顧問業務，而2/3來自研究。研究工作的1/3來自National River Authority及其他政府機關，其餘部份來自自來水公司所委託之計畫。

表2 英國WRC之研究範疇

<ul style="list-style-type: none"> <li>· 環境品質與監測</li> <li>· 飲用水—處理與水質</li> <li>· 污水</li> <li>· 污泥處理</li> <li>· 資訊工程</li> <li>· 儀器、控制與自動化</li> <li>· 污泥處理與處置               <ul style="list-style-type: none"> <li>— 土地排水</li> <li>— 保育與漁業</li> <li>— 遊憩與公共衛生</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 集水區管理</li> <li>· 供水與配水</li> <li>· 污水處理</li> <li>· 環境標準，立法與執行</li> <li>· 測試與品質保證</li> <li>· 配件與材料規格</li> </ul>
--	--

## 2.3 法國

法國之自來水供應，係由市鄉鎮(Commue)負責，有些市鄉鎮聯合組成合作組織者，即由該組織負責管理自來水事業，但市鄉鎮或其合作組織亦可將其委託給民營之專業公司經營，目前較重要之民營公司有五家，其供水人口約佔總人口之75%<sup>[5]</sup>，其中以Compagnie Generale des Eaux之歷史最久，規模最大，其次為Lyonnaise des Eaux。

### 2.3.1 Compagnie Generale des Eaux (CGE)

CGE創立於1853年，現其供水業務已遍及全世界，目前每日供水人口有3,000萬人，其中包括法國國內之2,200萬，遍及7,500個市鄉鎮，每年供水量18億立方公尺。目前CGE採多角經營，整個集團由1000家以上之公司所組成，營業項目包羅萬象，不但供應自來水方面的服務，亦提供下水道事業、廢棄物處理及能源供應等公共服務，1989年CGE之總營業額為985億法郎，其中24.1%係來自自來水供應及污水處理。

CGE旗下於巴黎郊區之Maisons-Laffitte設有一研究中心，成立於1983年，於1990年曾加以擴建，目前約有80名研究人員，每年研究經費約1億7仟萬法郎。研究中心一樓係挑高之空間，主要供各種處理程序之模廠試驗用，二樓則係CGE集團之中央實驗室，分為有機、無機、污水及生物分析四大部門，為法國環境部認可之分析實驗室。該中心之主要研究任務，係從模型試驗逐步推展到工業化規模，以配合CGE集團之業務。<sup>[6]</sup>

該中心目前之研究重點有：

- 分離技術，包括特殊沉降、微過濾(Microfiltration)及逆滲透(Reverse Osmosis)。
- 生物處理技術，包括懸浮生長式及固定膜式生物處理法用於給水或污水之硝化(Nitrification)及脫硝(Denitrification)。
- 氧化技術，主要結合臭氧及其他處理程序，如浮除、膠凝、沉澱及活性炭吸附，以提高藻類、色度、臭及味之去除，及提高活性炭床之生物作用。同時亦結合臭氧及其他氧化劑或催化劑，進行高級氧化程序之研究，以期提高水中微量污染物(Micropollutants)之去除。

該中心除與法國之其他研究單位有合作外，亦與世界其他國家進行合作計畫，如美國之環保署(EPA)及美國自來水協會研究基金(AWWARF)等。

### 2.3.2 Lyonnaise des Eaux

係法國第二大之民營自來水事業單位，1992年在法國國內之供水人口約一仟三佰萬人，該集團目前除了原本之給水、污水、能源等對市政之服務部門外，亦推廣至土木、建築等營建工程，1992年總營收之904億法郎中，有24.7%係來自來水供應及污水處理<sup>[7]</sup>。

該集團在巴黎郊區之Le Pecq設有一「國際水及環境研究中心」(Centre of International Research for Water and Environment, 簡稱CIRSEE)主要從事飲用水及廢水處理技術之研發工作。目前有超過300名之研究人員，包括科學家、工程師及技術人員，其專長包括生物、化學、程序工程、水力、自動化及電腦，1992年之經費為1億5仟萬法郎。

該中心之設備除了可從事給水、污水一般處理程序及薄膜程序之模型試驗外，亦有自稱為全法國最好之水質分析實驗設備。自水樣進來、編號、存儲、前處理、萃取、濃縮及有機、無機分析及數據整理、報告印出，均有一套完整之管制程序，另外亦有微生物檢驗部門，事實上CIRSEE即為Lyonnaise des Eaux集團之技術支援中心，以確保該集團對公眾所做給水污水工程服務之品質。

該中心之工作範圍大約如下<sup>[8]</sup>：

- 基礎研究
  - 檢驗、定量及描述水中所含無機物、有機物及生物之特性。
  - 研究開發分析方法以偵測微量污染物質。
- 設計、研發及應用
  - 發展新程序及相對應的產品以減少不同型式的污染。
  - 以自動化、遙控及電腦科技，來強化處理單元之可靠性及生產力，以使水之管理達到最佳化。
  - 特殊處理設備之發展。
- 顧問及現場支援
  - 提供操作上的援助，尤其是緊急時，如意外事件或天然災害。
  - 提供操作者技術上的援助，如：現有設備之改善。
  - 特殊工業用水(如電子工業)之協助。

#### · 創新、知識推廣及人員訓練

- 發展及提供水處理及環保工業可利用之新科技資訊。
- 將 R & D 之結果，公佈給科技及事業團體。(每年超過250篇之論文及報告)。
- 做為立法機關及工業界之科技顧問。
- 訓練本集團之分析及操作人員。

在飲用水科技研究方面，由於Lyonnaise des Eaux係第一個將薄膜用於水處理之公司，故CIRSEE目前仍為世界上應用薄膜於水處理研究重鎮之一，其中包括薄膜與其他物理、化學及生物處理程序間之結合。其他研究重點，尚包括臭氧—過氧化氫以去除農藥，生物脫硝法，氧化—吸附程序之結合；發展生物處理程序，以降低消毒副產物與臭味問題及配水管網之維護與復舊。

另外CIRSEE除與法國其他研究機構有合作關係外，亦與世界上許多國家，如美、日、德、英等之大學及研究機關保持合作，同時CIRSEE亦接納來自世界各地之科學家作短期訪問研究[9]。

## 2.4 德國

德國瓦斯及水科技協會(DVGW, German Technical and Scientific Association on Gas and Water)成立於1859年，係一政治中立及財務獨立之非營利的事業協會，其成員包括瓦斯及水工業界專家之個人會員3,800人，一千二百個瓦斯及自來水事業單位，180個政府及研究單位，940個管材生產及埋管工程公司，該協會之目的主要在促進瓦斯及水工業科技之發展，特別著重安全、環保及衛生。

為了達到上述之目標，DVGW訂定有關管線及供應系統之設計、建造及操作規範，公共瓦斯及自來水供應系統所用之材料、設備及零件等之標準，用於瓦斯及水工業產品之試驗、檢定及品保系統，從業人員及公司之檢定，支持及管理有關瓦斯及水工業之研究發展計劃，人員之訓練、新資訊之傳播及技術顧問服務等。

為了推展其研究、發展工作，DVGW在University of Karlsruhe內之Engler-Bunte-Institute 設有研究中心(DVGW Research Center)<sup>[10]</sup>，同時設有水技術中心(DVGW-Technological Center Water)，並在Dresden設有一水處理化學分支機構，Engler-Bunte-Institute內可分為五大部門，計有(1)瓦斯、油及煤之化學及技術(2)石油化學(3)燃燒技術(4)水化學(5)環境量測技術，以下就水化學領域之相關研究作介紹<sup>[11]</sup>：

#### — 水質及飲用水供給

包含有水中有機物質的偵測與定性方法之建立，測量並模擬表面水中無法藉生物或活性碳去除之微量污染物及有機物之分佈，表面水中含硫磷及氮化合物之偵測，水相腐植物質的來源探討。

#### — 飲用水處理及廢水化學

包含有活性碳濾床去除水中溶解性有機物質及厭氧脫硝之應用，氧化程序及消毒方法之探討，利用薄膜技術(逆滲透及超過濾)分離水中溶解性及膠體狀之污染物；生物吸附廢水處理法，垃圾滲出水之處理。

## —地下水處理

包含有地下水中有機污染物去除方法研究，個案研究—水源內硝酸鹽的狀態與土壤內的自然脫硝現象，含水層中垂直濃度剖面的測量。

## —水分佈

配水管網中腐蝕過程之特性及其量測，原水及配水管網內細菌之生長(減低消毒劑量)，水中天然及合成物質的傳輸與反應(包含化學、水力、生物)，基礎給水及水處理工程之研究。

此外，DVGW研究中心亦對自來水公司提供有關水質、飲用水處理、配水、材料試驗等各方面之顧問諮詢服務，並開設各種相關之專業訓練班。

為提供所需研究經費，DVGW自1991年起設立研究基金，水公司每生產1 m<sup>3</sup>水提撥0.001馬克，專供研究發展用，現每年約四百五十萬馬克之譜。此外，亦有許多有關公共給水之重要研究工作，係由具規模之水公司與大學合作，亦有許多是由水公司獨自進行者。另外，德國聯邦政府，如Ministry on Research and Technology，亦對給水有關科技之研究提供經費之支援。[12]

## 2.5 美國

在美國有關飲用水之研究主要由二個單位來執行，一是美國聯邦政府之環保署(U.S. EPA)，另一是美國自來水協會研究基金(American Water Works Association Research Foundation, 簡稱AWWARF)。環保署之研究主要是針對飲用水管理立法上之需求，諸如污染物對人體健康之影響，水質分析方法等。AWWARF則是公共給水業者合資支持的一聯合研究計畫，主要目的在協助業者如何符合法規之要求，並以經濟有效之方法，提供良好之給水服務給社會大眾，以目前之情況而言，兩者均以如何推動並符合「安全飲水法案及其修正案(Safe Drinking Water Act & Amendments)」為主要努力方向。

### 2.5.1 美國環保署飲用水研究計畫[13]

環保署有關飲用水研究計畫可以自己執行，亦可以委外辦理。該署內與飲用水研究有關之單位，主要有四個，分別是在北卡Research Triangle Park之Health Effects Research Laboratory，其餘三個均位於俄亥俄州辛辛那提市<sup>[14]</sup>，分別是：Environmental Criteria and Assessment Office, Environmental Monitoring Systems Laboratory及Risk Reduction Engineering Laboratory。

在Risk Reduction Engineering Laboratory下，設有一Drinking Water Research Division，該Division之主要任務在結合化學、工程、微生物及成本分析等方面之知識，以確保能以有效率、可靠及經濟之方式，提供安全、衛生之飲用水給社會大眾。該Division下又分設四個Branch，分別為無機與顆粒物控制(Inorganics & Particulates Control)，微生物處理(Microbiological Treatment)，有機物控制(Organics Control)及系統與現場評估(Systems & Field Evaluation)。其中有機物控制Branch下，設有Chemical Studies Section及Treatment Evaluation Section。系統與現場評估Branch下，則設有Engineering & Cost Section及Treatment Operation Section。[15]

該Division在水處理技術及整個供水系統操作之最佳化上，除與市、鄉、鎮密切合作外，亦與大學、專業團體及私人機構合作。並與同署Office of Water下之Office of Ground Water and Drinking Water密切聯繫，以確保與Safe Drinking Water Act有關之管理規則之擬定及執行，能照預定之進度進行。另外該Division亦對環保署之其他部門，其他聯邦政府機構，州及地方政府提供技術上之協助。

美國環保署與飲用水有關之研究工作，大概涵蓋下面幾個方向：健康影響(Health Effects)，微生物(Microbiology)，風險評估(Risk Assessment)，處理技術(Treatment Technology)及化學分析方法(Chemical Analytical methods)。茲分述如下：[13]

#### (1)健康影響

飲用水水質與大眾健康有關之部份，可分成三大類，(i)原水的化學性及微生物性水質(ii)消毒程序的安全性(iii)化學添加劑及配水系統內之污染。原水中值得注意之化學性污染物有砷、農藥及有機溶劑等，微生物水質方面則有致病菌如Cryptosporidium, Giardia及濾過性病毒等。至於對消毒程序安全性之疑慮，主要是因為氯或其他替代消毒劑，可產生許多副產品，其中有些已知可引起癌症或有其他毒性。另外像鋁鹽凝劑所引起殘餘鋁或配水管所引起鉛或其他重金屬之問題，均關係到公眾健康。

為了支援環保署在水質管理上立法之需求，有關健康影響方面之研究重點在於：(i)毒理學：包括毒害性之鑑定，單獨或混合化學品之致癌性或非致癌性之劑量—反應(dose-response)評估，(ii)藥理動力學(pharmacokinetics)：對飲用水所含污染物在生物體內新陳代謝途徑及其他相關之研究，以改進定量之危險評估，(iii)替代消毒副產物及其他原水所含重要污染物之流行病學研究，以確定對健康之危害。

#### (2)微生物學

因對於Giardia, Cryptosporidium及某些濾過性病毒之致病劑量不清楚或完全沒有數據，故此部份之研究，首在建立此些微生物之dose-response數據，同時探討各種消毒劑對原生動物及濾過性病毒之效果，及過濾和其他淨水程序對原生動物之去除效果。另一研究重點則在配水管網內生物膜生長對水質惡化之影響。

#### (3)風險評估(Risk Assessment)

因為基本數據之缺乏，目前對飲用水中所含化學品或微生物之風險評估，包含許多之假設及不確定性，故化學品方面之研究重點，在於改進由實驗室動物之毒理數據推估到對人體之毒性，及由短期間之曝露，推估到長期間者，對飲水中所含多種混合污染物之風險評估亦需加以改進，致病性微生物之風險評估模式亦需加以改進。另外更重要的是化學品與微生物性危害風險評估之比較，以使環保署在降低消毒副產品之危害的同時，亦能兼顧對致病菌之防治。

#### (4)處理技術

為了制訂及執行飲用水水質之相關法規，環保署需要瞭解淨水處理單元及程序對各種污染物之去除功能，包括人工合成有機物(SOC, 包括農藥)、無機物及微生物。減少消毒副產物如三鹵甲烷，鹵化醋酸及臭氧消毒副產物，但同時維持一定生物性水質之處理方法。控制腐蝕之方法。研究之方法包括實驗室，模廠及實廠之試驗，同時亦注意成本效益之評估，以使結果能落實於實務上。

## (5) 化學分析方法

分析方法之標準化，為管制工作之前提，故首先要建立各種標準分析方法。又因目前自動化儀器分析方法已逐漸取代人工，品質保證／品質控制(QA/QC)制度之建立愈形重要，環保署除了要推行實驗室間之比較，以確立分析方法外，亦要訂定QA/QC準則，及提供reference materials。

另外環保署亦要發展較不嚴謹，但快速之分析方法以供水源選擇、配水系統內水質分析及淨水程序功能評估等現場分析時採用。

至於美國環保署用於飲用水研究之經費，在1983~92年間，每年總經費約在1仟4百萬到1仟9百萬美元之間變動。

### 2.5.2 美國自來水協會研究基金(AWWARF)<sup>[16,17]</sup>

美國自來水協會研究基金(American Water Works Association Research Foundation, AWWARF)係一非營利性，由工業界支持之組織，其主要之任務在結合工業界集體之力量，以支援與飲用水有關之研究，AWWARF雖然創立於1966年，但真正有年度預算，並活躍起來是在1981年以後。

AWWARF之成立，在於美國公共給水業者有鑑於為提昇公共給水水準所需進行之研究千頭萬緒，從符合政府之法規(如Safe Drinking Water Act)，符合消費者之期望，新處理技術之開發，以致於成本之控制等，非單一事業單位所能獨立負擔，尤其是小公司更力有未逮。更有甚者，前述之研究課題，有許多是各事業單位均會共同面對者。再參考歐洲國家均有由水公司共同集資支持之研究中心，如荷蘭之KIWA，英國之Water Research Center及德國之Engler-Bunte Institute。於是在1981年起加強AWWARF之組織，使居於推動美國公共給水業界中心研究(Central Research)之樞紐地位。

#### 一 基金來源及管理

為達到集資共同研究之宗旨，AWWARF之研究經費主要採由水公司志願認購(Voluntary subscriptions)之制度，由水公司依其配水量(出水量減去漏水量)每年繳交一定之經費給AWWARF(以今年1994)為例，配水量每一百萬加侖，年繳1.40美元，最高年繳325,000美元，最低400美元]，1992年該項總收入為五百八十萬美金。1993年九月之總認購水公司數為688家，除美、加外，包括英、法及澳洲之水公司。1992年起，AWWARF開始准許顧問公司參與認購(Consultant subscription)，年繳金額依其與水有關之營業額而定(以1994年為例，自975至6500美元不等)。參與認購者，日後可得到AWWARF所出版之研究成果報告及參與技術轉移研討會。另外AWWARF之部份經費來自美國環保署以合作研究計畫名義之補助。1992年基金總收入為808萬美金。

AWWARF由基金管理委員會(Board of Trustees)管理，委員會之成員來自各自來水事業單位，並分別代表Association of Metropolitan Water Agencies, National Association of Water Companies及American Water Works Association。委員會下設有一執行主任(Executive Director)負責處理日常事務，並為委員會之委員。AWWARF目前共有23名全時間之工作人員，其專長包含工程、生物、管理及科技寫作等。

## — 研究計劃之推動

研究計畫之選擇，首先AWWARF徵求與公共給水有關之各界，特別是基金之認購者，提出研究需求(Research Need)之建議。各方之建議案首先經由研究顧問委員會(Research Advisory Council)彙整，委員會之成員為公共給水界之技術專家及學者，包括水公司、顧問公司技術部門之資深主管，大學教授等。委員會經討論後，以研究需求之急迫性，預期研究成果應用之廣度等考量，列出一排有優先順序之研究計畫建議案給基金管理委員會做最後之定奪。如前所述，基金管理委員會之成員主要來自公共給水事業單位實際負責經營之主管人員，對自來水事業所實際面臨之問題及預期研究成果之實用性，均有深刻之瞭解，而能對那些研究主題應優先給予經費之支持作出正確之決定，如此使AWWARF之經費作最妥善之應用。

每一個經基金管理委員會通過之研究計畫，即賦給它一計畫顧問委員會(Project Advisory Committee, 簡稱PAC)，通常是由與該計畫同一領域之三位義務性專家所組成。PAC幫忙進一步定義計畫之範圍，擬定「徵求研究計畫書」(Requests for Proposals)，評審應徵之研究計畫，選定簽約之對象，同時督導計畫之進行，直到完成為止。目前AWWARF約有三百位義務性之專家，包括工程師及科學家，許多來自公共給水事業單位，他們對於AWWARF相關研究計畫執行之落實有很大的貢獻。

AWWARF之人員並不自己執行研究工作，與AWWARF簽約執行研究計畫者，包括水公司、顧問公司、研究機構、實驗室或大學，或者是上述機構之聯合體。參與基金認購之水公司或顧問公司，AWWARF在選擇簽約對象時，會給予特殊之考慮。另外，對大部份之計畫，AWWARF要求接受委託執行計畫者分擔25%之經費，該部份可以實物或設備充抵，其目的在於提高執行者之興趣與參與感，使計畫能做得更好。

至於AWWARF所支持計畫涵蓋之範圍，包括水源、水處理技術，偵測及分析，蓄水及輸配水，健康影響，給水事業計畫及管理，以及其他任何與公共給水有關者。主要目的當然在協助業者，以經濟有效之方法符合政府之法規。以1992年之研究計畫為例，以有關消毒、消毒副產品及細菌性品質者最多，其次為有關腐蝕所引起水中含鉛及銅之問題。有時AWWARF之研究結果亦可能影響法規之訂定或修訂。根據統計，1983-1993之間AWWARF總計支持了255個研究計畫，總經費達5仟4佰萬美元。

另外AWWARF亦與國際上其他知名之水研究機或水公司進行合作，如與荷蘭之KIWA合作出版了有關活性碳運用、水中有機物分析及污泥處理之報告，與法國Lyonnaise des Eaux-Dumez出版了有關臭及味鑑定及處理之手冊，與法國Compagnie Generale des Eaux出版了有關臭氧在水處理上運用之手冊，最近更與日本自來水協會合作出版了一本有關儀表與電腦在給水事業上整合運用之報告(Instrumentation & Computer Integration of Water Utility Operations)。

## — 成果之推廣

AWWARF對所完成之研究成果之推廣工作亦極為重視，除了以新聞(Newslatters)之方式，報導有關基金會之業務，研究工作進展及徵求研究計畫書外，計畫之成果均以研究報告之方式出版，至1992年止，共出版了110種，這些報告均分發給基金認購者，其他有興趣者亦可向AWWA出版社購買，以1992年為例，總計發行了約17,000冊，錄影帶亦係傳播研究成果之另一種方式。另外AWWARF亦舉辦技術轉移研討會，由計畫主持人報告他們的研究工作、成果，及可能之運用。基金認購者可免費派人參加。

## 2.6 南非<sup>[18]</sup>

南非是一個水資源相當缺乏之國家，其平均年降雨量483mm，遠低於世界平均值之860mm，且降雨之地域分佈非常不平均，地下水資源亦非常匱乏，僅15%之用水來自地下，時常發生長期且嚴重之旱災。再加上快速的人口成長及工、農業之持續發展，均加深了河川污染之問題，在此背景之下，及60年代之大旱災，南非總統於1966年任命一「水問題研究委員會」(Commission of Enquiry into Water Matters)，在1970年該委員會向國會所提出之報告中，特別強調研究在南非水管理之最佳化上應扮演更重要之角色，同時建議有關水之研究必需予以加強，並做更好的協調。依照該建議，「水研究法案」(Water Research Act)於1971年公佈實施，亦為水研究委員會(Water Research Commission, 簡稱WRC)之成立提供了法源，該委員會於1971年9月1日開始運作。

「水研究法案」賦予WRC之任務有：建立水研究需求及優先順序，促進及協調水研究事宜，依優先順序提供研究經費，促進研究成果之推廣及運用。

水研究委員會共有九名委員，除Director General of Water Affairs及WRC之Executive Director為當然委員外，其他七名委員由水事務部部長(Minister of Water Affairs)依委員個人之專長及與WRC業務之經驗來任命，任期三年，並由部長任命其中一人為主席。

「水研究法案」亦規定由所有用水之行爲中，課徵一定之費用，成立「水研究基金」(Water Research Fund)。家庭、工業、商業用水依用水量計算，灌溉用水則依面積計算。1992會計年度，前者為每立方公尺用水課1.43分南非幣，後者則為每公頃155分南非幣。

WRC所研究之領域甚廣，包括有：

- 地表水文學
- 工業用水及廢水
- 地下水
- 污水之海洋放流
- 水象學(Hydrometeorology)
- 飲用水之處理及輸配
- 降雨模擬
- 開發中社區之給水及衛生
- 乾冷卻(Dry Cooling)
- 灌溉
- 薄膜技術
- 水污染
- 水生環境保育
- 都市污水
- 都市水資源保育

WRC並不自己執行研究工作，主要是透過合約，提供經費給相關之團體或機構，如大學、CSIR(Council for Scientific and Industrial Research)之各部門、其他研究機構、政府機關、地方政府、水理事會(Water Boards)、顧問公司及工業界等，來執行研究計畫，WRC主要是透過一群研究經理(Research Managers)來執行其任務，每一位研究經理負責某一或多個與WRC任務有關之研究領域，由其負責確立研究需求及優先順序、協調、洽談研究計畫合約、計畫管理及技術轉移。

在協調工作上，WRC邀集研究者、執行者及使用者成立「研究協調委員會」(Research Coordinating Committees)，每一研究領域各有其協調委員會，委員會之功能在依需求及優先順序，確定關鍵研究計畫，評估進度，同時建議下一步之研究及技術轉移。另外，WRC對所支援

之每個計畫（或某一群計畫），亦由專家或相關團體組成指導委員會(Steering Committees)，亦有協調之功能。

WRC每年會依一定之時程，公佈各領域「研究協調委員會」所建議之關鍵研究計畫，接受各方提出研究計畫申請書，然後依(1)所提計畫對國家及人民之可能貢獻(2)研究成果之可利用性(3)計畫之需求性(4)科學上之優點及創新性(5)計畫執行成功率等原則加以評選。

WRC爲了強調研究成果之可利用性，所以在計畫之孕育階段即強調必須有明確之需求，同時亦希望使用單位能在研究計畫之規劃及執行過程中都能儘量參與。研究成果之轉移則透過期刊、研究報告、手冊、電腦軟體、研討會及訓練班等方式進行。

另外，WRC亦成立兩個研究支援服務中心，一爲南非水資訊中心(The South African Water Information Centre, SAWIC)及水研究電腦中心(The Computing Centre for Water Research, 簡稱CCWR)。前者提供有關水之資訊服務，設有一資料庫(WATERLIT)，後者則爲全國性與水研究相關數據、資訊交流中心，並提供適當軟體供研究及現場應用之所需。

在WRC之經費方面，以1992年爲例，其總收入約3,800萬南非幣（折合新台幣二億八仟萬），其中用於支持研究計畫及相關研究支援中心者計約2,000萬南非幣（約合新台幣一億五仟萬）。[19]

### 三、國內之現況及展望

根據前面中所述，當今世界主要先進國家都設有與飲用水有關之專責研究機構，雖然各國之組織型態略有不同，如荷、德係由自來水協會支援，由各事業單位於每單位出水量中附加一定比例之研究費用，美國之AWWARF由自來水事業單位依出水量大小每年認捐一定之金額，法國之兩大研究中心則完全由個別之民營公司支持，英國之WRC爲完全之民營公司，但均有相當充足之經費支援，每年達數億新台幣。

反觀我國在自來水方面之研究，則不論在人力或經費上均顯得單薄，以台灣省自來水公司爲例，以往雖設有水質研究中心，下設檢驗與研究兩組，但研究組僅有三至四名人員，公司大部份之研究計畫均委外辦理。民國81年列有研究發展經費700萬元，及員工訓練費2,088萬，與該年度水費收入（約125億4千萬元）比較，前者約佔水費收入之千分之0.6，兩者合計亦僅佔千分之2.2<sup>[20]</sup>。最近該公司甫將水質研究中心，改組爲水質處，下分設三組，似有加強研發工作之意。台北自來水事業處則根本無專責研究單位，民國81年列有研究發展及員工訓練費4,346,533元，僅佔全年水費收入（約31億8仟萬元）的千分之1.4<sup>[21]</sup>。中華民國自來水協會於民國81、82及83年之預算中，分別編有223萬，345萬及395萬之學術研究經費，但其中包含出版手冊、舉辦研討會等之費用<sup>[22]</sup>，故實際用於研究之經費更低。國科會有關飲用水科技方面之研究計畫，歸於環工學門，但每年僅約3、4個左右，且偏向基礎性研究。

我國飲用水方面研究經費另一重要來源爲環保署，八十一年度時，該方面經費曾達四仟萬元以上，對推展國內飲用水科技、管理等方面之研究不無貢獻。但近兩年來，因受政府緊縮預算之影響，逐年減少，至83年度已低於一仟萬元<sup>[23]</sup>。且該署研究計畫大多委外辦理。對一研究題目，如受託者未能有較長之時間從事研究，則深入之程度常受限制。以歐美先進國家之飲用水管理相關法案，如英國Water Act 1989<sup>[24]</sup>（厚達419頁），Water Industry Act 1991<sup>[25]</sup>

(厚達237頁)及美國之Safe Drinking Water Act<sup>[26]</sup>，都規定得鉅細靡遺，相信必有專人從事較長時間之研究，方得以竟其功。

又水處理技術之科技研究計畫，如未有事業單位人員之配合參與，則研究成果之技術轉移及實用化，都會受到影響。另者國內「飲用水管理條例修正草案」通過在即，有關飲用水設備及水處理藥劑之公告及管制，亦需籌謀管理之機構及人力。再者國內每逢亢旱缺水，節約用水之問題，必再被提出，但國內目前並無專責機構從事省水型用水器具規格之訂定及檢驗，使節約用水淪為口號而已。

基於以上所論，吾人認為國內目前確有成立自來水專責研究機構之必要，希望它是一個產、官、學共同合作支持之研發單位，但亦是一個獨立自主、立場中立，具有公信力之檢驗、認證單位。事實上，國內其他產業已有成功之先例，以電力為例，國內設有「台灣大電力研究試驗中心」，成立於民國68年，為一非營利事業之財團法人機構。當時係由包括台電、大同等14家公民營電機工業機構共同捐助基金而成立。該中心最高指導階層為董事會，其成員包括一名經濟部代表，17名捐助機構代表及三名台電公司推薦之專家。其下設總經理一人，秉承董事會制訂之方針及決議推行業務。現有員工一百五十餘人。其主要業務為接受工業界、政府機關及企業機構之委託，從事電力相關技術之研究與電機產品之試驗，以及電氣量測儀表之檢定、檢驗，如接受經濟部中央標準局委託，辦理電度表檢定工作；接受商品檢驗局委託，代施冷氣機性能檢驗。亦接受環保署之委託，從事毒性化學物質管理之研究<sup>[27]</sup>。

擬議中之自來水專責研究機構可能負擔之任務如下：

- (1) 從事與自來水工程相關技術，如取水、輸配水、淨水等之研發。
- (2) 水質分析方法之研發。
- (3) 與自來水有關器材、藥品等規格之研訂及檢驗。
- (4) 用水設備，包括家庭用淨水器，規格之研訂及檢驗。
- (5) 與自來水工程開發有關環境、生態保育問題之研究。
- (6) 對自來水長期發展、立法、管理及財務、水價等相關問題作深入之研究。
- (7) 自來水操作、化驗人員之訓練。

故此研究機構將是自來水事業單位之聯合研發中心，避免對相同之問題，重覆進行研究，同時其研究之成果，亦希望能運用到不同之淨水廠，它可作為學術單位基礎研究與實際應用間之橋樑。它是自來水相關器材、藥品及用水設備之檢驗中心，也可幫助相關業者從事提昇品質或研發新產品之工作；它同時更是政府飲用水主管機關之智慧庫，可接受委託就管理策略、立法、水價等政策問題作長時間且較深入之研究。它同時亦是用水消費大眾之守護神，以保障飲用水之安全性。

為了確保此一機構之中立性及用人之彈性，並能以較高之待遇，吸引高級人才投入工作，吾人建議該機構之組織應屬財團法人之型態，同時為確保其財源，其主要經費可仿照先進國家，於水費中附加一定之比例，成立基金。以荷蘭之約千分之五為例，以民國81年台灣省自來水公司及台北自來水事業處水費總收入157億元之千分之五計，約可得七仟八百萬元。以台省每一用戶每月平均水費約200元計，相當於每戶每月增加一元之負擔，如能因此提高公共給水之品質，應可得到消費者之認同。更有甚者，此一附加費用，係用於提昇自來水事業本身之技術水準，亦有可能因技術之改進，降低生產成本，而嘉惠消費者。但水費中附加研發費用，需於自

來水法修訂時，加以明文規定。此一研究機構之可能其他經費來源尚有：政府委託辦理飲用水相關藥品、器材檢驗、認證之委辦費，接受委託辦理用水設備、家庭用淨水器等檢驗之費用，政府或其他公、私機構委託專案研究或顧問之經費，或其他公、私機構、企業體或熱心人士對基金之捐助。

此專責研究機構經費應用之監督及審查，應由自來水事業單位、政府主管機關、器材或藥品生產同業公會、全國性消費者保護團體、主要基金捐助機構等單位推派代表與相關學者、專家等組成理監事會來主其事。有關水費附加研發經費部份，研究題目之選擇，首先徵求自來水事業單位及社會各界就飲用水相關問題提出研究需求(Research needs)建議，經由自來水技術專家(包括在職者及已退休之前輩)及學者組成之諮議委員會加以審查，選擇研究主題，並排列先後順序後，送請理、監事會通過，再據以執行。諮議委員會亦負責對執行結果加以檢討，並對研究機構之發展方向提出建言。此研究機構亦應設技術推廣部門，負責將研究成果推展運用於實務界。該機構亦可附設資訊中心，專責收集與自來水有關之文獻、資料。

#### 四、結 語

自來水事業所牽涉之知識層面，自水文、生態、地質、流力、程序技術、工程，以至於物理、化學、生物、毒理學及資訊工程、管理學等，可謂既廣且深，而自來水之供給對國民之健康，生活水準之高低，以至於產業之發展均有深切之影響，故各先進國家均以高科技待之，以充足之經費及人力從事相關之研究發展工作。相形之下，國內在此方面之投資甚為缺乏。希望在各界之集思廣益及共同努力下，能儘速加強國內在自來水科技上之研究發展，以進一步提昇公共給水之水準，確保國民之健康及經濟之持續發展。

#### 五、誌 謝

本文係行政院環境保護署委託專案研究計畫(計畫編號 EPA-83-J1-02-09-10)成果之一部份，作者對環保署之經費補助及國內外自來水相關單位及研究機構所提供之協助，敬致謝忱。

#### 六、參考文獻

- [1] 葉宣顯、陳耀楠等，飲用水水質管理政策分析及策略規劃，環保署專題研究計畫報告，民國八十三年六月。
- [2] Van de Meent, W. and Kobus, E.J.M. "Research Organization and Programme of the Dutch Drinking Water Industry," paper presented at the Third Portuguese Water Congress, Lisbon, Portugal, Oct. 1992.
- [3] Report Nineteen Ninety Two, KIWA.
- [4] WRc, Reports & Accounts, 1991-1992.

- [ 5 ] Haarmeyer, D. "Privatizing Infrastructure, Options for Municipal Systems, JAWWA, 86:3:42 (1994).
- [ 6 ] Centre de Recherche de Maisons-Laffitte, Compagnie Generale des Eaux.
- [ 7 ] Annual Report 1992, Lyonnaise des Eaux-Dumez.
- [ 8 ] Centre of International Research for Water and Environment (CIRSEE), Lyonnaise des Eaux-Dumez.
- [ 9 ] Mallevalle. J. "La Recherche: Un Atout Indispensable Pour Une Industrie de L'eau en Pleine Mutation," paper presented at III Journees de L'industrie de L'eau, Lisbonne-29, 30 Octobre 1992.
- [10] Dus Institut in Jahre 1991, Engler-Bunte-Institut der Universitat Karlsruhe (TH).
- [11] Faculty Guide, Faculty of Chemical Engineering, University of Karlsruhe (TH), 1991.
- [12] Dr. Ing. W. Merkel, Secretary General of DVGW, Germany, 提供資料。
- [13] Clark, R. M. et al., "U.S. Drinking Water Research Activities," U.S. EPA, Cincinnati, OH.
- [14] USEPA, "Leadership in Environmental Research, EPA's Andrew W. Breidenbach Environmental Research Center," EPA/600/9-90/013, Cincinnati, OH., March 1990.
- [15] Bayless, T, "U.S. EPA Risk Reduction Engineering Laboratory, Mission Statement," Cincinnati, OH., Jan. 1993.
- [16] AWWARF, "AWWA Research Foundation Annual Review '92," Denver, CO.
- [17] AWWARF, "Research Subscription Program," Denver, CO.
- [18] "Water Research Commission," brochure provided by Water Research Commission, Pretoria, South Africa, 1993.
- [19] Water Research Commission, 1992 Annual Report Water Research Commission, Pretoria, South Africa, 1993.
- [20] 台灣省自來水股份有限公司提供資料。
- [21] 台北自來水事業處, 台北自來水事業統計年報, 民國82年版。
- [22] 中華民國自來水協會提供資料。
- [23] 行政院環境保護署, 環境衛生及毒物管理處提供資料。
- [24] The Water Act 1989, ISBN 0 10 541 589 9, publisher HMSO, 6 July 1989.
- [25] Water Industry Act 1991, ISBN 0 10 545691 8, HMSO, London.
- [26] 美國飲用水法(Safe Drinking Water Act)中譯本, 行政院環保署環境衛生及毒物管理處, 民國83年3月。
- [27] 許炳楠, "財團法人台灣大電力研究試驗中心簡介", 工程, 第66卷, 第5期, pp.52-59, 民國82年。