

# 工業與農業用水之水量及水質問題剖析

報告人：陳秋楊

● 民國三十五年生

● 美國范德堡大學環境與水資源工程博士

● 現任國立中興大學環境工程學系教授

評論人：沈世宏

● 民國三十八年生

● 國立台灣大學化學工程博士

● 現任行政院環境保護署水質保護處處長

評論人：陸雲

● 民國三十九年生

● 美國德州農工大學農業經濟學哲學博士

● 現任國立台灣大學農業經濟系教授

# 工業與農業用水之水量及水質問題 剖析

◎陳秋楊

## 一、前言

民國八十二年四月間，台灣南部地區工業用水水源之水質鹽化，造成中油公司輕油裂解工廠相繼減產或停爐；以及九月間北部基隆地區生活用水水源不足供應而造成廣大民衆之不便，且由現在至翌年上半年枯水期間可能全面性存在嚴重缺水之夢魘，真是談「水」色變，此一情況，絕對不是依賴幾個政府單位或領導人物下鄉訪問或是設壇祈雨應付一下兩三句話就可解決問題的。我們禁不住要問，當前的「水資源政策在哪裡？」「未來又將如何？」，豈能不予以正視。

近年來，環保問題層出不窮，民間環保意識提高，迫使政府接受環保工作之急切性。難道，水資源問題也是要在嚴重程度以後，才能喚起政府各有關部門之覺醒。每年坐視問題一再發生，此一「頭痛醫頭」「病急亂投醫」之事實與心態，好似與整個現代科技文明社會之生活水平脫節了好大一段距離。

水是生命之泉源，台灣地區水資源環境條件並不優越，單位人口降雨量僅為世界平均值之六

分之一而已，尤其降雨一年四季並不平均，其中約有七八%集中於夏秋兩季之颱風暴雨，加以集水區河道地勢陡峻，涵蘊水源能力薄弱，故河道流量隨雨量而迅速變化，洪峰歷時短而流量特高，乾季流量低而歷時長，可供利用之可靠水源相當有限。因此，部分地區每遇降雨量偏低，即發生嚴重缺水問題。

此外，台灣地區年降雨量之空間分布，以北部區域較均勻，西部地區愈往南則分布愈不均，每年枯旱期之雨量佔全年雨量之比率，由新竹地區之三〇%遞減至高屏地區之一〇%，據統計以高屏地區乾旱發生頻率居全島之冠，其枯旱持續日數亦較長。惟台灣地區之乾旱程度及地區之分布，隨年度不同而有顯著差異，乾旱之發生及其嚴重程度主要與當地之降雨型態有密切之關係，以致素有「雨港」之稱之基隆地區今年因長期未降雨而發生嚴重缺水。

台灣地區年平均降雨總量約為九〇一億立方公尺，經蒸發及入滲後產生六四一億立方公尺之地表逕流，其中僅一〇八億立方公尺經河川引取利用，三六億立方公尺經水庫攔洪調節利用，其餘四九七億立方公尺（占地表逕流七七·五四%）則直接流入海洋。民國八十年水資源利用概況，各標的年用水量已達一九二億立方公尺，其中農業用水占七八%約為一五〇億立方公尺（包括灌溉用水一二四·八八億立方公尺、養殖用水二四·〇〇億立方公尺、及畜牧用水約一·一二億立方公尺），生活用水占二二·五%約為二四億立方公尺，最少為工業用水占九·五%約為一八億立方公尺。

近年來，台灣地區經濟快速發展，人口大幅度增加，使得生活用水及工業用水均有逐年大幅成長之趨勢，但因往年農田灌溉用水占台灣地區水資源利用之絕大部分，大部分水權均由農田灌

溉所擁有，如今經濟及社會結構之改變，造成為供應都市與工業用水擴增之水源取得漸感困難。一方面用水標準提高，一方面用水量無法滿足需求，加以地面及地下水源亦漸遭受各類污染，在此「內憂外患」之情況下，水資源已漸成為台灣地區永續發展之重大限制因素。

本文將針對台灣地區工業用水與農業用水（尤其灌溉用水）之利用現況提出檢討，瞭解未來水量之需求，就工業用水與農業用水標的所需之水質要求比較分析，說明用品質對工業發展與農作產品可能造成之不利影響，以喚起全民共識及有關單位採取更為積極之行動，避免水資源問題阻礙國家整體經濟之正常發展，以提高全民生活品質，增進安全與舒適而成為社會福利大國。

## 二、工業用水之水量需求

台灣經濟社會持續發展，產業部門不斷擴張，工業用水量逐年增加。近來國內經濟突飛猛進，國民所得大幅提升，其中工業（製造業）之貢獻占十分重要之因素。然而，有關工業用水之資訊相當缺乏，可見其不受重視之程度，究其原因，可能與工業用水量僅約占台灣地區總用水量不及十分之一有關。就世界上主要國家而言，工業用水占總用水量之比率，德國約為七五%，捷克為八〇%，美國與法國各為四八%，前蘇聯為四〇%，日本為二〇%，因此，就台灣地區工業化之程度與發展而言，水資源已漸成為限制因素之一。

台灣地區有關工業用水量之推估，係根據經濟部水資會於民國七十二年邀集各相關單位共同研商「工業用水量估計方法之檢討」所訂定各製造業中分類業別之單位面積日需水量，利用下式

求得：

$$\text{年需水量} \parallel (\text{單位面積日需水量}) \times (\text{工業面積}) \times (\text{年工作天數})$$

各製造業中分類業別之單位面積日需水量值如表一所示，工業面積乃依工業局每年對工業面積之增減而調整，年工作天數則以三〇〇天為平均計算依據。依此方式，則自民國七十年至八十年之工業用水量推估得如表二，可知民國八十年約為一八·四八億立方公尺，而另據經濟部水利司資料，推估民國九十年與一〇〇年工業用水量分別為二二·九七及二五·三五億立方公尺，即分別增加二四·二%及三七·二%。

若以行業別需水量而言，在北部區域以紡織業需水量最多，占本區域工業用水量之二七·〇四%（民國八十年資料）；在中部區域以造紙及紙製品業需水量最大，占本區域工業用水量之三九·二五%；在南部區域以造紙業與化學材料製造業需水量最多，前者占本區域工業用水量之二四·五二%，後者占一五·八〇%；在東部區域以非金屬礦物製品製造業需水量最大，其次為造紙業與飲料業，占本區域工業用水量之比率分別為三八·五三%、二一·二一%、及二〇·八九%。就整個台灣地區工業用水量統計，造紙及紙製品業需水量占二六·三五%，紡織業需水量占一三·六一%，化學材料製造業需水量占一〇·二七%，食品製造業需水量占八·五六%，非金屬礦物製品製造業需水量占七·五五%等五個行業之需水量為最大。

若以區域別視之，民國八十年至一〇〇年間北部區域工業用水需求量呈遞減趨勢，由年用水量五·〇〇億立方公尺減為四·七二億立方公尺，東部、中部、及南部則呈增加趨勢，中部區域由五·六八億立方公尺增至九·三四億立方公尺，南部區域由六·七〇億立方公尺增至九·七四億立方

表一 製造業中分類業別單位面積日需水量值

業 別	日需水量 (立方公尺/公頃)
食 品	280
飲 料	370
紡 織	315
成 衣	160
皮 革	280
木 材	40
造 紙	1,030
化學材料	340
化學製品	240
石油煉製	170
橡 膠	480
塑 膠	230
非 金 屬	110
基本金屬	130
金 屬	130
機 械	55
電 子	180
運 輸	50
精密器械	210
雜 項	310

資料來源：經濟部水資會「工業用水量估計方法之檢討」，民國七十二年十一月。

表二 台灣地區歷年工業用水量估計

年 別	年用水量 ( 億立方公尺 )
70	14.67
71	14.95
72	15.14
73	15.61
74	15.64
75	16.22
76	16.69
77	17.02
78	17.33
79	17.60
80	18.48
90	22.97
100	25.35

資料來源：林克明「六年國建與水資源供需」，民國八十二年五月。

公尺，而東部區域則由一·一一億立方公尺增至一·五六億立方公尺。因此，如何針對水資源利用之區域特性，加強水源利用調配，規劃開發水源供應需求，才不致影響工業擴張之正常發展。

### 三、工業用水之水質需求

一般工廠需水量之主要用途可分為鍋爐、冷卻、製造、洗滌與生活用水等五種，其比例依工廠類別及水利用程度與方式而有所差異。由工業技術研究院「產業用水現況調查」資料顯示，食品業各用途比率為：鍋爐用水一四%、冷卻用水二七%、製造用水二二%、洗滌用水一八%、生活用水九%；紡織業為：鍋爐用水八%、冷卻用水二二%、製造用水二九%、洗滌用水一四%、生活用水二八%；造紙業為：鍋爐用水五%、冷卻用水五%、製造用水七九%、洗滌用水一〇%、生活用水一%；化學材料製造業為：鍋爐用水一二%、冷卻用水七二%、製造用水一三%、洗滌用水二%、生活用水一%。不同用途所需之水質要求各有不同，就製造用水而言，各行業別所需水質亦大為不同。

#### 1. 鍋爐用水

鍋爐及冷卻用水幾為所有製造業所需要，鍋爐用水主要水質需求，乃避免水中含有不純物而引起鍋爐之損害，其中問題最大者為由硬度所引起之鍋垢，此外水中溶氧及他種腐蝕性物質造成鍋爐材質之腐蝕；水中若含鹽度及矽濃度太高，將導致沉積發生使鍋爐熱傳效應減低。因此，為降低能量消耗、防止鍋爐破裂或爆炸，鍋爐用水在廠內均需經過適當之處理，才能防止損害發



生。

## 2. 冷卻用水

在各製造業別中，冷卻用水使用於渦輪、變壓器、煉爐、延壓機、蒸餾裝置、凝縮、空壓機等之冷卻，以及各化學化工製造之冷卻等。冷卻用水之水質需求隨工廠所在地之氣溫、水溫、水源之不同而有差異，主要條件包括水中不含有引起污垢、沉積之物質，不會造成金屬物件之腐蝕，以及不可有生物或微生物存在而造成管路或熱交換器等設備之阻塞。

## 3. 製造用水

於工廠內將水用在製造過程中，可能與原料或半製品相接觸，或產生化學反應，或直接、間接成爲產品者，因此，不同業別所需製造用水水質要求各有不同。例如造紙業之製造用水，對水中之濁度、色度、硬度、鐵、錳等項目要求較高；而如釀造業、食品罐頭及汽水飲料等，應爲所有工業用水中水質要求最高者。

## 4. 洗滌用水

其主要用途包括清洗工作用具、生產設備、及沖洗廠房地面等，一般都未訂定洗滌用水之特殊水質標準，乃因所需求之水質依清洗用途而異，實用上皆依製造用水之水質標準。

## 5. 生活用水

乃指工廠內員工生活所需用水，一般皆以自來水或飲用水水質標準爲基本要求。

目前台灣地區有關工業用水分級及水質標準，僅見於地面水體分類及水質標準中，分爲一級工業用水（指可供製造用水之水源）與二級工業用水（指可供冷卻用水之水源），其水質要求

除重金屬及其他有害物質均有規定外，一般項目則包括pH值、溶氧量、大腸桿菌群、生化需氧量、懸浮固體、導電度等。由此顯示，上述一級工業用水之水質標準並無法普遍應用於所有製造用水，各製造業仍需依個別需求加以適當之淨水處理，才可符合不同業別之特殊水質需求。至於上述二級工業用水之水質標準若供為冷卻用水，似可略加降低水質標準，使其與冷卻用水之實際需求更為接近。

#### 四、工業用水問題剖析

工業用水年用水量僅僅占台灣地區年總用水量之九·五%，近年來每遇乾旱時期，台灣地區缺水嚴重，在各標的用水優先順序上，必須全力支援生活用水之需求，其次為農田灌溉用水，因此在此在整體水資源調配問題上，工業用水被重視之程度遠低於前兩項標的用水。而在土地利用規劃上，為了平衡區域發展之原則，在劃定工業區面積或開發大型特定工業區時，並未能事前將水源需求及區域水文特性一併列入通盤考量，以致土地利用開發計畫已經核定，水源問題仍未能妥善解決。

工業用水對於水源供應之穩定性要求較高，水源供應不足將影響工業之穩定發展，根據工研院民國八十年調查分析顯示，造紙、化學材料、食品、紡織、非金屬礦業、及電子業等，北區業者在最近五年內有四四·〇七%之廠商曾遇用水不足現象，中區為三四·五七%，南區則為四六一·五%。因停水或用水不足而造成損失之廠商百分比，北區業者為二〇·三四%，中區為一三·五

八%，南區爲一九·七八%，可知目前各區域內相關製造業者仍感受到不同程度之缺水影響及損失。雖然中部區域目前比較無缺水之問題，但是隨著雲林離島式基礎工業區、麥寮地區六輕建廠、彰濱工業科學園區等之相繼開發，需水量大幅突增，未來依然會面臨工業用水不足供應之威脅。

以目前大型國營事業調查分析爲例，缺水對各種工業可能造成之影響與衝擊程度如下：

### 1. 中國鋼鐵公司

缺水五%，部分產品減產，損失五%。

缺水一〇%，部分產品減產，損失二三%。

缺水二〇%，部分產品減產，損失四〇%。

缺水三〇%以上，下游軋鋼設備全面停產，損失嚴重。

### 2. 中油高雄總廠

缺水一〇%，部分產品減產，損失一〇%。

缺水二〇%，部分產品減產，損失二〇%。

缺水三〇%，部分產品減產，損失三〇%以上。

缺水三〇%以上，大幅停爐，損失嚴重。

### 3. 中油林園廠

缺水一〇%，提高冷卻水塔濃縮倍數，可維持正常生產。

缺水二〇%，減量操作，減產三〇%。

缺水三〇%，部分停爐，減量操作，將減產五〇%左右。

缺水三〇%以上，大幅停爐，損失嚴重。

#### 4. 中油大林廠

缺水一〇%，提高冷卻水塔濃縮倍數，可維持正常生產。

缺水二〇%，部分停爐減量操作，減產三〇%。

缺水三〇%，部分停爐減量操作，減產四〇%。

缺水三〇%以上，大幅停爐，損失嚴重。

根據經濟部水資會調查資料，民國七十年至七十六年間台灣地區工業用水水源以自來水供應者由一〇·七八%增至一三·六七%，換言之，工廠必須自行設法解決水源問題者仍占用水量之八六·三一%，其來源包括自河川引用及抽取地下水供應為主。近年來，地面水源逐漸遭受污染，且河川枯水期流量甚不穩定，或因工廠位於自來水源供應管線之末端如沿海地區，使得許多工廠不得不自行鑿井抽取地下水利用，據初步估計其抽水量占該等地區需用水量之八五%以上。

由於地面水質不良徒增工廠用水成本，一方面導致工廠大量抽取地下水，依據工業用水取自地下水年利用量資料統計，北部區域抽用二·三九億立方公尺，中部區域抽用二·七四億立方公尺，南部區域抽用二·三二億立方公尺，東部區域抽用〇·七二億立方公尺。再由工研院調查資料顯示，食品業用水中五八%取自地下水，紡織業用水中六九%取自地下水，造紙業用水中四九%取自地下水，由此可見，台灣地區製造業抽取大量地下水利用之問題已日益嚴重。

當水源引入工廠後，必須符合各標的用途之水質要求，才能分別供應製造用水、鍋爐用水、

表三 地面水供為工業用水一般項目之水質標準建議限值

水 質 項 目	工業用水一級	工業用水二級
pH 值	6.5~8.5	6.5~8.5
溶氧量 (mg/L)	>5.0	>3.0
生化需氧量 (mg/L)	<5.0	<8.0
懸浮固體 (mg/L)	<40	<100
導電度 ( $\mu\text{mho}/\text{cm}$ )	<750	<1,500

註：工業用水一級指原水經沉澱處理就可供鍋爐或冷卻用水之用。

工業用水二級指原水經混凝沉澱等處理後供鍋爐或冷卻用水之用。

冷卻用水、以及洗滌用水與生活用水之需求。由於水源匱乏而部分水源水質又不良之情況下，各製造業應積極採取可行之節省用水措施，循環使用及回收利用以發揮最大效率，而用水量減少亦有助於廢水處理成本之降低。一般用水量較高之行業，因多已有原水處理設備，故不論取自地面水源或地下水，大都能加以處理至所需水質，只是原水處理成本日漸提高而已。但對用水量較低而水質需求更高之行業，如電子電器業，均感到水源水質與水量問題較為嚴重，因而限制該產業之擴張與發展。

至於工業用水水質標準，依歐陽嶠暉等研究結果，建議未來地面水供為工業用水中鍋爐用水與冷卻用水之水質標準分為兩級，如表三所示，而製造用水、洗滌用水、及生活用水之水質標準則依自來水水質標準，若因製程上之特殊需要，各業別自行將原水加以處理至符合製程上之水質需求為原則。

以新竹科學園區內四家高科技廠商為例，分別為電腦製造廠、製藥廠、半導體製造廠、及自動化

設備製造廠，其用水水源皆取自新竹寶山水庫所供應之自來水，爲了製程用水之需求，前三家工廠均設有「再處理設施」，至於自動化設備製造廠之用水僅限於洗滌及生活上盥洗之用，故直接使用自來水。由台大環工所於幼華教授調查資料顯示，自來水中導電度平均值約爲 $430\ \mu\text{mho}/\text{cm}$ ，必須利用離子交換處理，所得處理水導電度平均值在 $0.8\sim 1.2\ \mu\text{mho}/\text{cm}$ 之間。此外，半導體製造廠與製藥廠並另設薄膜處理，以去除水中殘留膠體物質與有機物質，其工業用水處理操作成本約爲 $150\sim 300\ \text{元}/\text{m}^3$ 。

由以上分析，有關台灣地區工業用水利用現況，在水量方面，各產業應積極研究採行製程省水技術，包括改善製程減少耗水量、製程中水之循環與回收利用等，政府有關單位則積極推行經濟誘因與立法鼓勵，以誘導產業界落實節約用水措施。其次，爲了穩定水源之供應，工業區或個別工廠必須檢討改進輸水蓄水系統，在符合經濟原則下提高供水可靠度，他如地下水合理出水量之利用、雨水收集利用系統及海水淡化等替代水源之開發，均爲可加以評估考慮執行之重要手段。在水質方面，由於各產業所需製程用水之水質要求有所不同，而鍋爐用水與冷卻用水之水質需求在各產業間差異較少，爲產品安全及衛生之考慮，尤必須針對製程用水之水源水質加以確實掌握監測，並予以適當有效之處理過程，以維持製程所需之基本水質，才能保障消費者之權益。因此，用水效率及省水技術評估、回收水再利用之技術及其對產品品質之影響，乃是當前有關工業用水研發工作之重點所在。

## 五、農業用水之水量需求

農業用水之用途包括灌溉（水稻與旱作）、養殖、畜牧等用水，其中以灌溉用水量為各用水標的之冠。民國八十年統計台灣地區年用水總量為一九二億立方公尺，其中七八%（即一五〇億立方公尺）為農業用水，包括灌溉用水量一二四·八八億立方公尺、養殖用水量二四·〇〇億立方公尺、畜牧用水量一·一二億立方公尺。近年來水源開發成本昂貴，農業標的負擔能力薄弱，因此此在政策上已決定，在民國九十年以前不予增加水量，所需灌溉、養殖、畜牧等水量宜維持在民國七十二年農業用水量標準一五〇億立方公尺範圍內自行調配，至於民國一〇〇年時農業用水量，在客觀環境與條件未有改變前，仍將不予成長。

就世界上主要國家而言，農業用水占總用水量之比率，德國約為九%，捷克為五%，美國為四〇%，法國為二六%，前蘇聯為五〇%，日本為七〇%，台灣地區較以上諸國在農業用水量之比率高出甚多，大部分水權均由農田灌溉標的所取得。近年雖因經濟以及農業經營結構改變，農田灌溉面積已大幅減少，然養殖漁業面積卻大幅度地增加，使灌溉用水量與養殖用水量互有消長，而農業用水占總用水量之比率，在生活用水量與工業用水量逐年成長情況下，將漸趨降低，估計民國九十年占七三·二〇%，民國一〇〇年則占七〇·三六%。

民國八十年統計，台灣地區耕地面積八七七、八一九公頃，灌溉地面積僅四〇一、七二三公頃，占四五·七六%。民國五十一年時台灣地區耕地面積為八七一、八五八公頃，此時灌溉地面

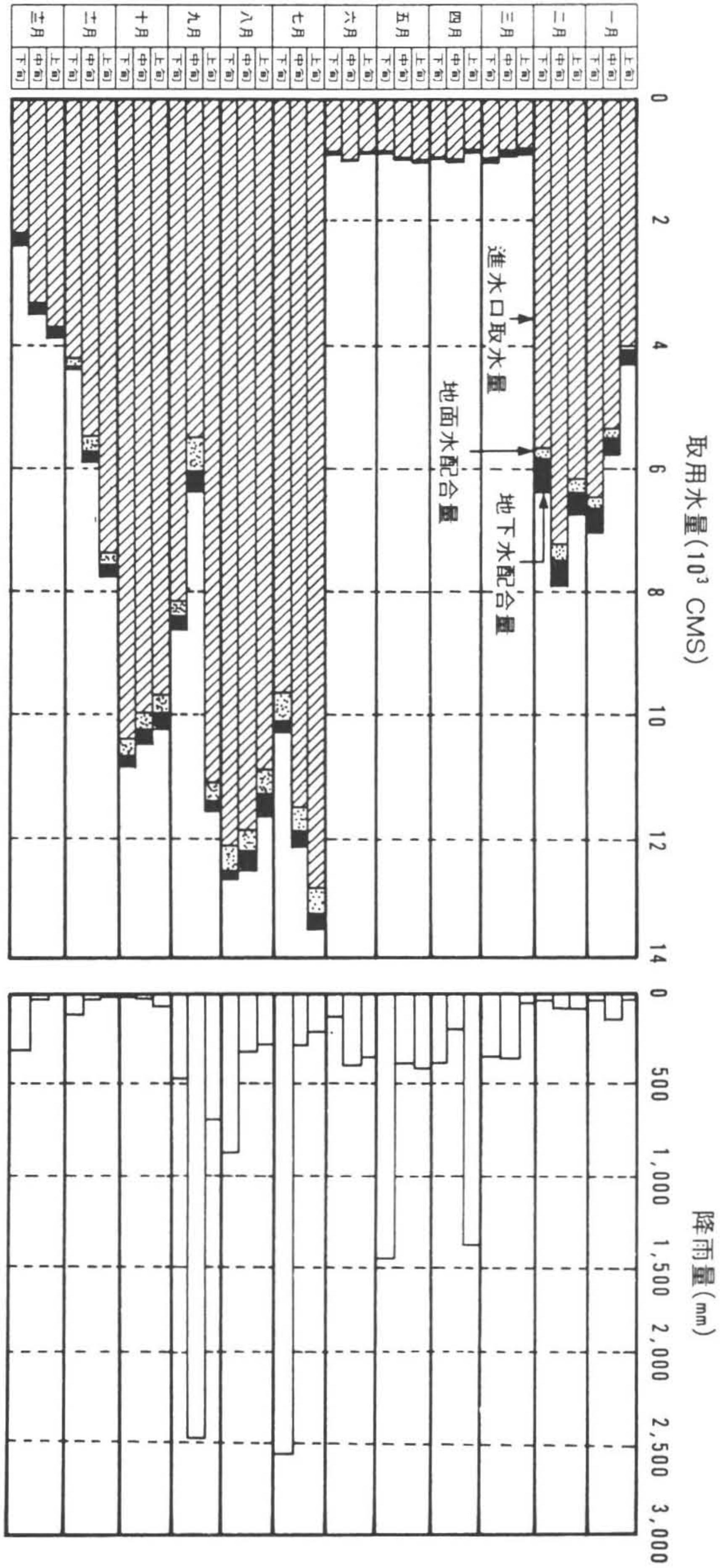
積高達六七六、三八四公頃為歷史性最高峰，占七七·五八%。在目前灌溉地面積中，北部區域約占一六%，中部區域約占四十%，南部區域約占三六%，東部區域約占八%，灌溉用水管理主要分由一七個農田水利會掌管，轄區內灌溉地面積約占台灣地區灌溉地面積之八三%，其他灌溉地屬於私設埤圳及台糖農場占一七%。水稻為台灣地區最主要作物，以民國七十八年資料，農田水利會轄區內農田稻米產量為台灣地區稻米產量之九八·七三%。

以農業用水之用途而言，灌溉用水量占八三·二五%，其餘養殖用水量與畜牧用水量各占一六·〇〇%及〇·七五%，而灌溉用水又可分為水田灌溉用水、什作灌溉用水、及蔗田灌溉用水三部分，以農田水利會轄區觀測統計民國七十八年灌溉取用水量為一一七·一一億立方公尺，其中進水口取水量占九〇·二〇%，地面水配合量占四·七七%，地下水配合量占五·〇三%，其各旬實際取用水量統計如圖一所示。然由台灣地區地下水資源利用概況調查結果，灌溉用水年地下水抽取量約為二九·五六億立方公尺，但農田水利會統計取用地下水量為五·八九億立方公尺，同一時期顯示相差懸殊之數據，後者可能偏低估計，其原因乃在正確估計之困難所致。

## 六、農業用水之水質需求

農業上之灌溉水，若其含鹽濃度達到某種程度，由於土壤具有累積作用，導致農作物遭受鹽害，而土地鹽化後面臨廢耕荒蕪，喪失生產力。灌溉用水水質對施灌區之影響，因土壤、作物、氣候、灌溉方法等不同，其差異很大。水質鹽度之表示方法有總鹽分、陰陽離子、及微量物質等





圖一 台灣地區農田水利會灌溉取用水量統計

，總鹽分乃以導電度（EC值）表示，陰陽離子常包括鈣、鎂、鈉、鉀、碳酸鹽、硫酸鹽、氯鹽等，微量物質則有硼、矽、氟、硫、磷、鐵等元素。此外，顯示灌溉用水品質之量測，有鈉吸著率（SAR）為考慮水中所含鈉、鈣、鎂等離子濃度之影響，有殘餘碳酸鈉值（RSC）則考慮水中所含鈉、鎂離子及碳酸鹽、氫碳酸鹽濃度之影響。

不同土壤特性及其組成，影響其與水中所含物質之化學反應，不同作物及其在不同生長階段，對水中所含有害物質之忍受程度亦有不同，各灌區氣候環境直接影響作物生長及施灌方式，因此灌溉方法對灌溉水中所含有害物質造成作物品質與產量之影響亦相當嚴重。

台灣地區目前有關農業用水之水質標準主要有地面水體分類及水質標準、台灣省灌溉用水水質標準，前者規定灌溉用水水質除符合重金屬、氰化物、酚類等濃度規定外，一般項目則包括pH值、溶氧量、懸浮固體、及導電度等，其主要考慮乃配合一般其他水體用途，諸如游泳、公共給水、水產用水、工業用水等，故所涵蓋之項目較台灣省灌溉用水水質標準略有不同，濃度標準兩者各自有所差異，尤其後者水質標準中有鈉吸著率、殘餘碳酸鈉、氯鹽、硫酸鹽、總氮量、硼等項目，此直接與作物生長、土壤特性、及營養分有關，參見表四。

至於養殖用水品質對養殖魚類之影響，主要與魚種及其生活史、水中污染物質組成及濃度、環境條件如水溫與溶氧等有關，台灣地區有關養殖用水水質標準僅見於地面水體分類及水質標準中，分爲一級水產用水乃指可供鱒魚、香魚、及鱸魚培養用水之水源，及二級水產用水乃指可供鱒魚、草魚、及貝類培養用水之水源，其水質項目及水質標準除規定有重金屬、氰化物、酚類、陰離子界面活性劑、氨氮、硫化氫、及其他有害物質外，一般項目水質標準如表五所示。

表四 台灣地區灌溉用水水質標準

項目及單位	水體分類及水質標準	台灣省水質標準
pH值	6.0-9.0	6.0-9.0
溶氧量 (mg/L)	2.0	-
懸浮固體 (mg/L)	100	100
氰化物 (mg/L)	0.01	-
酚類 (mg/L)	0.001	-
鎘 (mg/L)	0.01	0.01
鉛 (mg/L)	0.1	0.1
鉻 (mg/L)	0.05	0.1
砷 (mg/L)	0.05	1.0
汞 (mg/L)	0.002	0.005
硒 (mg/L)	0.05	0.02
銅 (mg/L)	0.03	0.2
鋅 (mg/L)	0.5	2.0
錳 (mg/L)	0.05	2.0
銀 (mg/L)	0.05	-
導電度 ( $\mu\text{mho/cm}$ )	750	750
氯化物 (mg/L)	-	175
硫酸鹽 (mg/L)	-	200
總氮量 (mg/L)	-	1.0
清潔劑(ABS)(mg/L)	-	5.0
油脂 (mg/L)	-	5.0
鋁 (mg/L)	-	5.0
鉍 (mg/L)	-	0.5
硼 (mg/L)	-	0.75
鈷 (mg/L)	-	0.05
鋰 (mg/L)	-	2.5
鉬 (mg/L)	-	0.01
鎳 (mg/L)	-	0.5
鈳 (mg/L)	-	10.0
鈉吸著率	-	6.0
殘餘碳酸鈉 (meq/L)	-	2.5
水溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )	-	35

註：\* 指六價鉻。

表五 台灣地區養殖用水水質標準

項 目 及 單 位	一級水產用水	二級水產用水
pH 值	6.0-9.0	6.0-9.0
溶氧量 (mg/L)	5.5	4.5
大腸桿菌群 (個/100mL)	5,000	10,000
生化需氧量 (mg/L)	2.0	4.0
懸浮固體 (mg/L)	25	40

註：一級水產用水指可供鱒魚、香魚及鱸魚培養用水之水源。  
二級水產用水指可供鯪魚、草魚及貝類培養用水之水源。

## 七、農業用水問題剖析

台灣地區現有十七個農田水利會，除了七星與瑠公兩個水利會位在台北市行政區內，其餘十五個水利會則分布在台灣省轄區內，灌溉用水年用水量約為一二五億立方公尺，占台灣地區各標的年用水總量的六五%，其中約有近三十億立方公尺用水量取自地下水，其餘大多取自地面水（占七六%）。

台灣地區之降雨時間及空間之分布不均，絕大部分之水量流入海中未加利用，約占地表逕流之七七%，以致水資源極不穩定，常常發生乾旱缺水，故各用水標的之需求無法依各計畫用水量分配，農業用水尤其灌溉用水更因地區、時間等特性，實際灌溉所需用水量亦經常不足。例如台灣地區每年二至四月期間發生乾旱之頻率極高，此時正是第一期水稻最需要用水時期，以致必須

實施輪灌方式或採取部分轉作及休耕措施才能度過缺水難關。

實施稻田轉作或休耕，以減少乾旱時期之灌溉用水量，並將其計畫用水量移轉至其他優先標的之利用。然而以往實施轉作地點並不是全部在農田水利會灌溉轄區內，多係零星分散不集中且大多原屬缺水而灌溉困難地區或自行抽取地下水地區，故能提供節餘用水量相當有限。因此，水田轉作與灌溉用水之調整移轉，在政策上不能完全混為一談。換言之，灌溉用水之一部分水權之移轉，確有困難，然在發生嚴重乾旱缺水時期，要求農業方面犧牲一部分之用水量而移出供為生活用水之應急，尚屬合理，但應獲合理之損失賠償。

在有限水資源情況下，農業經營者必須尋求多元化管理原則，節約用水以增加可用水源，例如現代化之農場經營及作物栽培制度、灌溉明渠改建為管路系統、農地建造池塘收集雨水及調節原有灌溉系統等。另一不可忽視之事實乃是養殖面積逐年擴增，養殖用水量需求龐大，其單位面積需水量約為水稻耕地需水量之七倍以上，因此多年來稻田轉作之節省水量，可能早已不敷養殖用水量之增加。是故，如何合理規劃養殖區位，考量各區域水資源環境與土地利用條件，研訂養殖漁業發展策略，適度之禁止及有限之發展乃是必須採取之管理手段。最近研究曾指出，為因應台灣地區未來國際化之糧食生產策略，必須依據水土資源永續利用之觀點，以降低高價值之枯水期水資源以及降低生產成本為方向加以轉變，例如第一期作期間發展旱雜作為原則，而第二期作則以生產水稻為原則。

就水量而言，台灣地區水資源之自然條件不良，其反應之成本甚高，而且不同季節之水資源成本也相差甚大，各地區也因降雨時空分布均勻性之不同而有不同成本，故今後水資源之合理利

用非考慮其使用成本不可。例如在旱季之水資源至為珍貴，其所能提供之使用者必須付出代價。以替代成本觀念而言，目前枯旱季節之水資源原水成本至少恐非 $10\text{元}/\text{m}^3$ 不可，若以此成本之原水用於一期水稻灌溉，所需水量以 $20,000\text{m}^3/\text{ha}$ 估計，單以水資源成本而言每公頃灌溉地即為二十萬元。再以經營一期作水稻平均產量為 $6,000\text{kg}/\text{ha}$ ，其收益包括目前之計畫收購、輔導收購、市場出售等價格合併考量，總毛收益約為十萬元而已，僅及水資源使用成本之一半。

以上述實例可知，水資源之最佳利用型態必須於平時考慮水資源之最經濟及最有價值之利用，其基本原則乃必須先行檢討各時期除農業以外之需用水量，在各區域有效水資源之限制條件下，剩餘之可用水資源全供為農業標的規劃使用。而農業用水包括灌溉用水、養殖用水、畜牧用水等，應以經濟觀點及有效經營使用為原則，基於水土資源永續利用及企業管理之觀點，配合台灣地區降雨特性，合理規劃台灣地區農業經營策略並加以現代多元化之轉變，乃是有關單位當前最迫切之課題。

近年台灣地區地面水水質遭受污染相當嚴重，使得灌溉用水水質亦逐漸惡化，按照灌溉用水水質遭受污染的程度，而將桃園、彰化、雲林、嘉南、高雄等五個水利會歸為嚴重污染地區，將石門、新竹、苗栗、台中、屏東等五個水利會歸為中度污染地區，將北基與宜蘭兩水利會歸為輕度污染地區，而其餘之南投、花蓮、台東三個水利會屬未受污染地區。灌溉用水水質遭受污染，其可能造成之為害情形有作物減產、急性枯萎、農地廢耕、土地劣化、毒性累積、施肥困難、圳路淤塞、雜草滋生而排水困難、耕作環境不利而生產成本增高、環境衛生惡化等。台灣地區農田灌溉用水易遭受水質污染之原因大致有：

- (1) 灌溉埤圳大都為明渠。
- (2) 甚多地區灌溉與排水系統無法分開（即混合併用）。
- (3) 工業廢水及畜牧場污水量急劇增多。
- (4) 市鎮社區無完善之污水下水道系統。
- (5) 農業本身施肥及農藥施用量增加。
- (6) 灌區內工廠之設立未能事先妥為規劃。

據台灣省水利局於民國八十一年度統計指出，全省十五個農田水利會轄區內影響灌溉水質的排洩戶有三、七四六戶，排放廢水量高達 $1,014,000\text{m}^3/\text{d}$ ，其中不合格排洩戶數占五八·七%。在全部三、〇九二個水質採樣監視點中，有將近二〇%監視點之水質不符灌溉用水水質標準。八十一年度各農田水利會灌區內，包括兩期稻作的灌溉面積約六〇〇、一〇二公頃，其中遭受水污染影響面積為一期作約二六、六〇三公頃，二期作約二六、六〇九公頃，合計水污染影響面積約占九%，總計減產稻穀達七、五三三、八三五公斤。此等灌溉用水遭受水質污染，其來源以工業廢水占第一位（達八〇%以上），其次為畜牧廢水（以養豬廢水影響最大），都市污水居第三位。

由台灣中南部地區灌溉用水水質調查結果獲知，台中區葫蘆墩圳東汴幹線四張犁支線因受家庭污水及養豬廢水污染之影響，水中氨氮濃度超出灌溉用水水質標準，長期施用易導致水田稻作造成徒長、倒伏、不孕穗等現象；日南圳銅安支線水質則因受工廠廢水污染，使得導電度偏高，長期引用灌溉將導致土壤透水性不良，且含鎳濃度高於灌溉用水水質標準。彰化區東西二圳因受

沿岸工廠廢水排放之污染，水中鎳、銅、鉻等含量已高出灌溉用水水質標準，灌溉區域內作物累積重金屬之潛勢實在令人憂慮，而且氨氮濃度常超出灌溉用水總氮標準。南投區后溪底排水幹線，因屬灌排併用渠道，遭受污染乃是無法避免之事實，水中氨氮濃度偏高，主要來自家庭污水及養豬廢水之污染有關。

嘉義區埤子頭圳、大溪厝圳、埤麻腳圳、及泉利別線之水質，以總氮濃度均偏高，顯示已遭受家庭污水及部分地區遭受養豬廢水之污染。泉利別線水質之導電度曾高於灌溉用水水質標準，遭受污染相當嚴重。台南區許縣圳、麻豆大排、番仔田埤等渠道水質均已遭受不同程度之污染，總氮濃度偏高，導電度、殘餘碳酸鈉、鈉吸著率等均高出灌溉用水水質標準，已不適再予長期引用。高雄區二仁圳與磘口圳取自二仁溪河川水，水質受上游影響污染嚴重，磘口圳水中含鉻濃度曾高於水質標準，且鈉吸著率亦高出水質標準；蓮池潭水質總氮濃度偏高。屏東區崇蘭新圳、社皮圳、田洋圳、大陂圳等水質之總氮濃度偏高，社皮圳與田洋圳之導電度亦多高出灌溉用水水質標準，其遭受各類污染已非常顯著，極待加以改善以確保農業用水安全。

台灣地區為防止灌溉用水遭受水質污染可能採取之措施如下：

- (1) 依水利法確立灌溉水路專責管理的觀念，以發揮水資源有效利用。
- (2) 灌溉用水已遭受污染之上游水源地區，環保主管機關應加強管制污染源。
- (3) 農田水利會應依法慎重處理放流口之申請及妥善管理廢污水搭排灌溉排水路。
- (4) 對已達放流水標準之污染源，若有仍影響各合法標的用水（如灌溉用水）水質需要者，

環保主管機關應研訂較嚴之管制標準。



(5)於都市社區宜早日興建污水下水道系統，以達灌排分離而改善水質現況。

(6)農田水利會宜加強灌溉水質管理及污染源監視之能力，以維護灌溉用水品質。

至於水源水質標準方面，歐陽嶠暉等研究結果，建議地面水供為農業用水及水產用水之一般項目水質標準限值如表六所示，有關其它有害物質項目，因不論在農田灌溉後可能累積於土壤或作物中而影響產品品質，以及養殖用水發生重金屬在魚貝類體內累積現象，均時有所聞，結果不僅喪失生產價值，更可能危及消費大眾之安全與健康，故水中特殊有害物質項目宜採取更嚴格之水質標準。

## 八、結語

水資源是國家命脈之所繫，人民日常生活之所必需。近年來，台灣地區水資源問題一年比一年嚴重，其癥結在於以往對水資源之開發利用與管理缺乏足夠之關心，就以國家建設六年計畫中有關水利建設部分之經費號稱有四千多億元，占總投資額之五·四%，然而其內容仍僅偏重一般性、經常性之基本治理維護建設工作，而在前瞻性之水資源規劃、開發、利用、管理行政措施及實施計畫上，則顯未受到應有之重視，更無法顧及水資源有效利用與永續發展之課題。

在人口不斷成長、工業持續發展過程，台灣地區各標的需用水量逐年增加，然而水資源環境亦遭受經濟與社會結構轉型之衝擊，水源集水區土地利用管理不善，污水下水道系統建設緩不濟急，事業廢水排放標準仍相當寬鬆，使得有限之地面水體水質日漸惡化，水量匱乏，水質不良，

表六 地面水供為農業用水一般項目之水質標準建議限值

項目及單位	水產用水一級	水產用水二級 農業用水一級	農業用水二級
pH 值	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5
溶氧量 (mg/L)	>6.0	>5.0	>3.0
生化需氧量 (mg/L)	<3.0	<5.0	<8.0
懸浮固體 (mg/L)	<25	<40	<100
氨氮 (mg/L)	<0.5	<1.5	<3.0
導電度 ( $\mu\text{mho/cm}$ )	<750	<750	<1,500
大腸桿菌群 (個/100mL)	<5,000	<10,000	-

- 註：1.水產用水一級指適於鮪魚、石鱚、虹鱒、香魚及繁殖場等用水。
- 2.水產用水二級指適用於鯉魚、鯰魚、草鱧、虱目魚、烏魚、龍鬚菜等之用水。
- 3.農業用水一級指原水直接灌溉，不影響耕種。
- 4.農業用水二級指利用為灌溉時，必須挖深排水溝加強滲濾或避免利用於質地粘重之土地灌溉。

乃是今日台灣地區水資源利用所面臨之困境。新水源開發不僅成本大幅增高，而土地取得問題更為棘手，如何節約用水應是當前最迫切之課題。工業用水節省消耗，對減少污染排放更為有益，生活用水節省利用則有賴全民倡導推行，農業灌溉用水採用節約之灌溉方式已實施多年，目前急需在硬體方面加強建設以發揮效果。至於養殖用水方面，如何在適當區位發展養殖業，既可發揮農村人口之勞動力，又可增加土地資源之生產力，同時防止地下水超抽導致地層下陷之威脅，則是農業單位與土地利用管理單位責無旁貸必須共同努力之方向。

水資源是有限的，必須善加有效地永續利用，由於需水量不斷成長，而自然環境條件本不是非常優良之台灣地區，更需要投注以更周詳之規劃管理，開源乃是一長期持續之施政工作，各標的用水節省使用且提高效率以及轉移水源而提供利用，則是極待加以研究可行性及如何執行之首要措施。不同標的用水在用水型態、需水時程方面均不盡相同，在水源供需調配上難免產生衝突。將水源由經濟效率低之用水標的移往經濟效率高之用水標的，而後由分配得到較多水量之用水標的，自其用水收益中提出部分以補償分配較少水量之用水標的，如此或可在乾旱缺水時使有限水資源得到最佳之運用，以紓解問題之嚴重性，發揮水資源之最大經濟效益。針對前述錯綜複雜之問題，如果能設立一個具有協調統籌台灣地區水資源開發利用管理之整合單位，不失為公共行政策略上之一大進步，此一構想有待大家共同繼續努力促其早日實現。

## 參考資料

1. 林克明，台灣水資源供需，農業用水管理研討會論文集，頁二二九～二三八，民國八十一年十二月。
2. 林克明，六年國建與水資源供需，大自然的恩賜——水，經濟部水利司，頁五～二八，民國八十二年五月。
3. 經濟部水資會，工業用水量估計方法之檢討，民國七十二年十一月。
4. 工業技術研究院，產業用水現況調查，民國八十一年六月。
5. 工業技術研究院，產業用水綜合利用技術規劃，民國八十一年八月。
6. 行政院科技顧問組，水資源之保育與利用，行政院第十四次科技顧問會議資料，民國八十二年九月。
7. 經濟部水資會，台灣地區水資源規劃與利用，民國七十八年八月。
8. 陳秋楊，地下水資源保護與利用，大自然的恩賜——水，經濟部水利司，頁八一～一〇五，民國八十二年五月。
9. 歐陽嶠暉等，河川分類水質標準及河川污染指標之檢討，民國七十九年六月。
10. 溫清光、陳秋楊、於幼華、歐陽嶠暉，水體水質檢驗及評析，時報文教基金會，民國八十二年三月。
11. 黃金山，台灣農業經營的轉變及用水的調整，農業用水管理研討會論文集，頁七七～八九，民

- 國八十一年十二月。
12. 蔡天財、劉以銓，農田水利會灌溉管理問題與對策研究，農業用水管理研討會論文集，頁三〇五～三一九，民國八十一年十二月。
13. 台灣省農田水利會聯合會，台灣區農田水利會七十九年度資料輯，民國八十年十月。
14. 施嘉昌，農業用水規劃新構想，農業用水管理研討會論文集，頁七～十，民國八十一年十二月。
15. 台灣省水利局、台灣省農田水利會聯合會，灌溉水質調查及管理制度化及推動研究計畫八十一年度成果報告，民國八十一年七月。
16. 胡治洪，灌溉水質污染現狀及監視處理，農業用水管理研討會論文集，頁三七九～三九三，民國八十一年十二月。
17. 陳秋楊、溫清光等，灌溉用水水質調查及評析，第七屆環境分析化學研討會論文集，頁十二～二七，民國八十二年八月。
18. 工業技術研究院，造紙、化材工業用水現況調查報告，民國八十二年六月。