

台灣地區地下水之保護與利用

報告人：陳秋楊

- 民國三十五年生
- 美國范德堡大學環境工程博士
- 現任中興大學環境工程學系教授

評論人：黃敦友

- 經濟部中央地質調查所所長

評論人：郭烈銘

- 工業技術研究院能資所研究員

台灣區地下水之保護與利用

◎陳秋楊

一、前言

地下水乃指蓄積於地面下含水層中的水量，可利用井、隧道、或排水渠收集而加以利用，或經由滲流或噴泉而自然流至地面者均屬之。以地球水量分布而言，地下水約占○·六二七%，地表水約占九九·三七二%，其餘為大氣水及存在生物體內之水。地球上可資開發利用的地下水總體積約為四·二百萬立方公里，此量較之貯存於湖泊、河溪中的淡水總體積為○·一二六百萬立方公里高出甚多，可知未來地表水源日漸匱乏的情況下，地下水的開發與利用在國家經濟與社會發展中實占有極重要的地位。

地下水量極為豐富分布又廣，在開發利用上較地表水更具彈性，地下水量且不似地表水量受豐枯季節的劇烈影響而變動，況地下水的水溫平均、水質穩定，若能妥加保護而使其不致遭受外來污染，地下水實為最佳的水資源。然而，地下含水層的經營與利用，因受各區地質條件及水文

化學特性的影響而關係錯綜複雜。加以，井羣間的水位干擾、水井的動力費用、大量抽取後所造成的問題（例如沿海地區的海水入侵與土壤鹽化，以及局部地區的地層下陷結果等），故區域性地下水的大量開發與利用必須謹慎為之。同時，近年來某些地下含水層遭受人為的污染，水質逐漸惡化，使得其利用價值因而減低。更重要的，人們對地下含水層的水文特性及其地質條件仍未能完全掌握，使得地下水的開發與利用頗顯零亂而有破壞地下水資源之虞。

台灣地區的丘陵及山坡地形占總面積的百分之六十，因而地勢陡峻、河川湍急流短，再加上降雨之時空分布不均，使得地表水的利用率受到限制。又因某些河段遭受污染致水質不適利用，在需求不斷增加而水源日漸短缺的情況下，地下水在台灣地區水資源利用的功能必將日受重視。

本文基於台灣地區地下水之保護與利用課題，首先介紹台灣地區地下水資源的特性、分布、利用概況，次而介紹地下水開發與利用所造成的環境問題及地下水所遭受的污染問題，再其次詳加介紹行政院環境保護署所研擬「地下水污染整治規劃」的主要內容，最後就策略與措施層面檢討台灣地區未來地下水之保護及利用問題，希能拋磚引玉，邀請研討會參與諸位共同研討提出建言，配合國家建設六年計畫加強地下水保育及有效利用措施的執行，以確保地下水資源的永續利用，並能增進經濟及產業活動的持續發展。

二、台灣地區地下水資源概況

(一) 地下水資源分區

台灣地區地下水主要蘊藏於海岸台地、河階台地、與沖積平原等地區，經濟部水資會於民國五十八年依地形、地下水水文及地質等特性，將台灣本島地下水資源之分布規劃為九區，分別為台北盆地、桃園中壢台地、新竹苗栗臨海地區、台中地區、濁水溪沖積扇、嘉南平原、屏東平原、蘭陽平原、及花蓮台東縱谷等，參見圖一，涵蓋面積達一萬餘平方公里，約占本島面積之二八·七%。依民國七十七年十二月統計，九大地下水資源分區全年補注量平均為四十億立方公尺，各分區地下水年補注量如表一所示，其地下水資源特性分別說明如下。

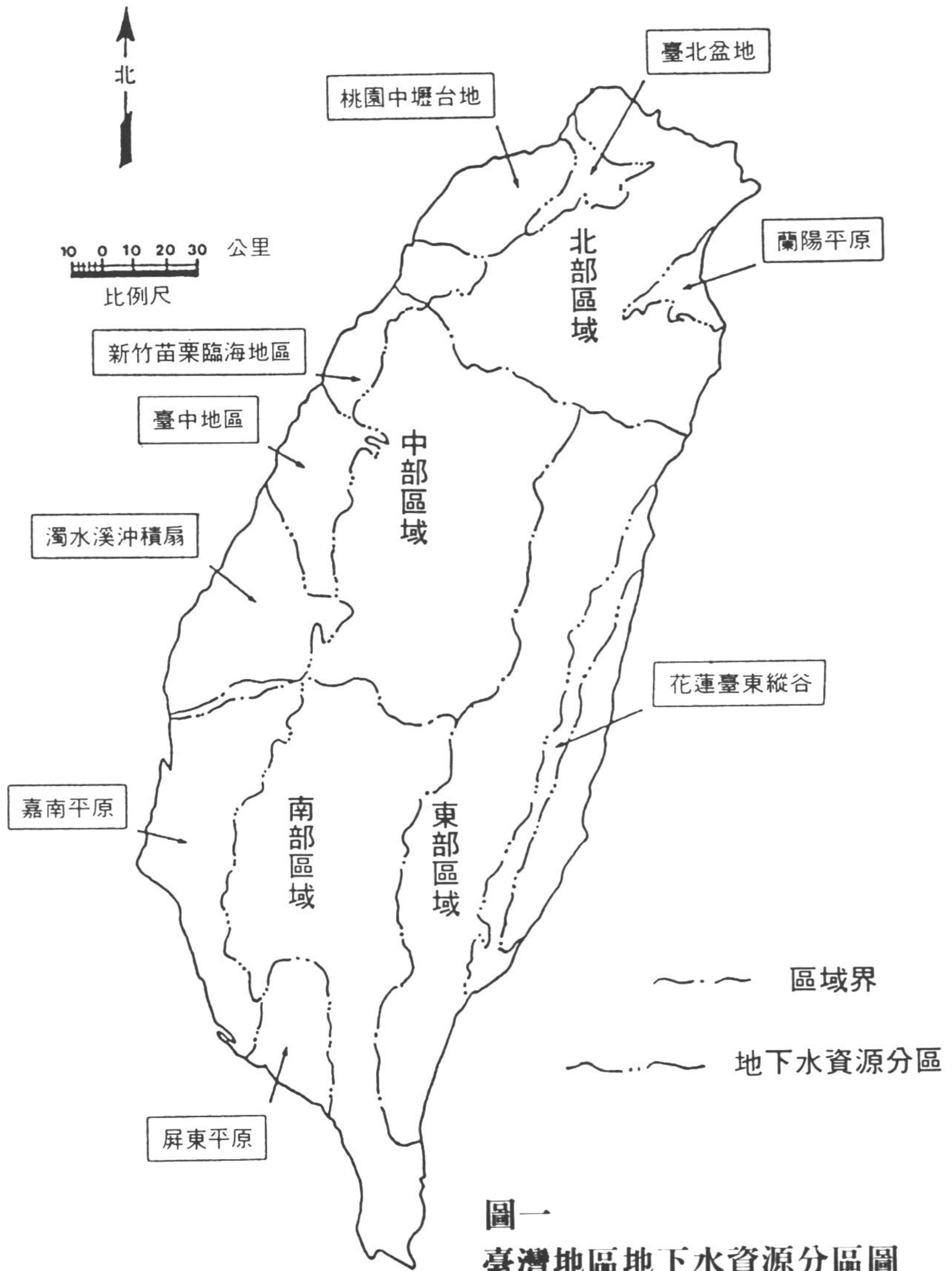
1. 台北盆地

本分區東南兩面為丘陵地所圍繞，北鄰大屯火山，西為觀音山及林口桃園二台地，盆地中為淡水河流域各水系所匯集，沖積層中含有透水性之砂礫含水層，故為優良的地下水區。

2. 桃園中壢台地

本台地東部與中央山脈西側外圍山脈相接，其餘則與濱海之沖積層相接，本分區內因缺少較大河流貫通，地表又為透水性差的紅色壤土，滲透與補注均不易，故地下水蘊藏量較為貧乏。

3. 新竹苗栗臨海地區



表一 台灣地區地下水資源分區概況

分 區	範 圍	面積 (平方公里)	年補注量 (百萬立方公尺)
台北盆地	淡水河流域	380	150
桃園中壢台地	淡水河流域以西至鳳山溪以北	1090	117
新竹苗栗臨海地區	鳳山溪以南至大安溪以北	900	180
台中地區	大安溪以南至烏溪以北	1180	379
濁水溪沖積扇	烏溪以南至北港溪以北	1800	1140
嘉南平原	北港溪以南至高屏溪右岸丘陵	2520	553
屏東平原	高屏溪右岸丘陵至林邊溪	1130	1111
蘭陽平原	得子口溪至南澳溪	400	120
花蓮台東縱谷	花蓮與台東縱谷	930	250
合 計		10330	4000

本分區北起中壢台地與海岸線間的狹長地帶，南經新竹、苗栗，而止於大安溪北岸，區內地下水補注情形並不一致，北部補注量較少，南部補注量較佳，而位於河流兩岸地帶的補注量亦豐。

4. 台中地區

本分區起於大安溪南岸，止於烏溪南岸，東接丘陵，西鄰海峽，包括台中盆地、后里台地、大甲扇狀平原、清水海岸平原等，地下水蘊藏量以台中盆地及大甲扇狀平原為優，清水平原的含水層較薄，地下水不豐。

5. 濁水溪沖積扇

本分區北起烏溪南岸分水嶺，南止於北港溪略南，東以山為界，西接海峽，區內有濁水溪、西螺溪、虎尾溪、及北港溪等散佈其間，形成一寬廣的扇形沖積地，地下水蘊藏量極為豐富。

6. 嘉南平原

本分區北起北港溪南岸，經嘉義、台南及高雄三縣而止於高屏溪右岸，東鄰中央山脈西側，西界台灣海峽，平原內沖積層多細密物質，故地下水蘊藏不豐，僅沿高屏溪右岸部分地區之含水層有較佳地下水蘊藏量。

7. 屏東平原

本分區位於高屏溪左岸，高屏溪及其支流貫通本平原南行人海，因平原內有廣厚的礫石及砂土含水層，透水性好，受河床滲漏及山區雨水滲入，故地下水蘊藏量極為豐富。

8. 蘭陽平原

本分區北起頭城，南止於蘇澳，西沿山麓線，東濱海岸，蘭陽溪由西而東貫通本平原，沖積平原的質地較粗，透水性良好，故含水層的地下水蘊藏豐富，惟沿海一帶含水層的透水性能較差。

9. 花蓮台東縱谷

本分區位於花蓮與台東之間，東西分別以海岸山脈與中央山脈為界，區內沖積層所含砂礫的孔隙率大，透水性良好，又有廣大坡面的地下水補注水源，故地下水蘊藏量相當豐富。

(二) 地下水水質評析

地下水水質常因不同區域的地質構造、補注水源、抽汲使用、人為活動、海水入侵等而發生變化，不僅隨季節氣候而變，且與深度亦有密切關係。台灣省環保處（及其前身）自民國六十九年起，於各縣市設站逐年定期採樣檢驗，至民國七十八年底的監測井數為一一八口，歷年分析水樣總數達三〇五一個，將主要水質項目依各地下水資源分區統計如表二，由此約可瞭解台灣地區地下水水質概況。

1. pH

地下水 pH 值有九四·五% 樣品介於六·〇～八·五，有四·八% 樣品的 pH 值低於六·〇，pH 值高於八·五的樣品僅〇·七%。在地下水資源各分區中，以濁水溪沖積扇、屏東平原、及花蓮台東縱谷地下水的 pH 值最佳，完全介於六·〇～八·五間，而以桃園中壢台地最劣，其地下水 pH 值有三一·一% 樣品偏酸性（pH 值低於六·〇），至於台北盆地地下水樣品則有五·六% 偏

表二 台灣地區地下水水質概況

項目	範圍	單位	台北盆地		桃園中壢台地		新竹苗栗臨海地區		台中地區	
			樣品數	%	樣品數	%	樣品數	%	樣品數	%
溫度	<20	C	14	5.9	6	3.1	26	8.7	53	12.5
	20-25		182	77.1	174	90.2	186	62.2	254	60.1
	25-30		40	17.0	13	6.7	85	28.4	111	26.2
	>30		0	0.0	0	0.0	2	0.7	5	1.2
電導度	<500	μ mho/ cm25 c	152	61.5	157	80.9	184	60.5	391	93.1
	500-1000		33	13.4	36	18.6	96	31.6	29	6.9
	>1000		62	25.1	1	0.5	24	7.9	0	0.0
PH值	<6.0	-	5	2.0	61	31.1	11	3.6	38	9.0
	6.0-8.5		230	92.4	135	68.9	295	96.4	384	91.0
	>8.5		14	5.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0
氯鹽	<10	mg/L	52	21.0	25	12.9	30	9.9	159	37.9
	10-50		104	42.0	134	69.1	217	71.9	231	55.0
	50-300		35	14.0	35	18.0	48	15.9	29	6.9
	>300		57	23.0	0	0.0	7	2.3	1	0.2
總硬度	<50	mg/L	45	18.4	38	20.7	14	4.8	43	11.1
	50-200		116	47.3	131	71.2	186	64.4	290	74.9
	200-400		59	24.1	14	7.6	79	27.3	54	14.0
	>400		25	10.2	1	0.5	10	3.5	0	0.0
錳	<0.3	mg/L	134	53.8	90	47.4	263	89.8	367	93.6
	0.3-1.0		90	36.2	64	33.7	28	9.5	23	5.9
	1.0-5.0		25	10.0	35	18.4	2	0.7	2	0.5
	>5.0		0	0.0	1	0.5	0	0.0	0	0.0
砷	<0.01	mg/L	0	0.0	0	0.0	29	44.6	129	97.9
	0.01-0.05		1	1.9	0	0.0	0	0.0	2	1.4
	0.05-0.50		32	59.3	42	85.7	35	53.9	0	0.0
	>0.50		21	38.9	7	14.3	1	1.5	1	0.7
鎘	<0.01	mg/L	164	98.8	144	99.3	215	100	297	100
	>0.01		2	1.2	1	0.7	0	0.0	0	0.0
鉻	<0.05	mg/L	166	100	145	100	215	100	297	100
	0.05-0.20		0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	0.3
銅	<0.02	mg/L	80	49.1	62	45.3	70	34.1	76	26.6
	0.02-0.10		9	5.4	4	2.8	48	22.3	56	18.9
	0.10-0.50		1	0.6	0	0.0	6	2.8	4	1.3
	>0.50		0	0.0	0	0.0	1	0.5	0	0.0
鋅	<0.01	mg/L	80	49.1	62	45.3	70	34.1	76	26.6
	0.01-0.10		69	42.3	57	41.6	102	49.8	188	65.7
	0.10-1.00		14	8.6	18	13.1	33	16.1	20	7.0
	>1.00		0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	0.7
鐵	<0.3	mg/L	73	33.3	32	18.6	171	60.0	289	72.4
	0.3-1.0		40	18.3	23	13.4	42	14.7	61	15.3
	1.0-5.0		85	38.8	50	29.1	52	18.2	33	8.3
	>5.0		21	9.6	67	39.0	20	7.0	16	4.0

表二續

獨水溪沖積扇		嘉南平原		屏東平原		蘭陽平原		花蓮台東縱谷		合計	
樣品數	%	樣品數	%	樣品數	%	樣品數	%	樣品數	%	樣品數	%
18	4.1	0	0.0	0	0.0	31	12.6	29	9.0	177	5.9
174	39.7	68	10.9	39	17.6	145	59.4	163	50.6	1386	46.1
240	54.8	541	86.4	175	78.6	61	24.8	120	37.3	1386	46.1
6	1.4	17	2.7	8	3.6	8	3.2	10	3.1	56	1.9
312	71.6	135	21.6	110	49.6	129	51.0	225	68.0	1795	59.2
84	19.2	269	43.0	98	44.1	48	19.0	105	31.7	798	26.3
40	9.2	222	35.4	14	6.3	76	30.0	1	0.3	440	14.5
0	0.0	11	1.8	0	0.0	22	8.5	0	0.0	148	4.8
439	100	610	97.4	222	100	236	91.1	332	100	2883	94.5
0	0.0	5	0.8	0	0.0	1	0.4	0	0.0	20	0.7
343	79.0	154	24.6	154	70.0	75	29.3	220	66.9	1212	40.0
45	10.4	231	36.9	35	15.9	98	38.3	71	21.6	1166	38.5
30	6.9	153	24.4	24	10.9	38	14.8	38	11.5	430	14.2
16	3.7	88	14.1	7	3.2	45	17.6	0	0.0	221	7.3
0	0.0	26	4.2	1	0.5	25	10.0	3	0.9	195	6.6
212	52.7	281	45.0	117	52.7	161	64.7	154	47.2	1648	56.3
162	40.3	186	29.8	95	42.8	32	12.9	166	50.92	847	28.9
28	7.0	132	21.1	9	4.1	31	12.5	3	0.9	239	8.2
341	86.8	504	80.7	183	83.6	207	81.8	329	99.1	2418	82.1
25	6.4	107	17.1	36	16.4	41	16.2	3	0.9	417	14.1
26	6.6	14	2.2	0	0.0	4	1.6	0	0.0	108	3.7
1	0.2	0	0.0	0	0.0	1	0.4	0	0.0	3	0.1
140	90.3	260	43.2	152	73.4	68	32.4	20	100	798	53.4
9	5.8	121	20.1	18	8.7	35	16.6	0	0.0	186	12.4
6	3.9	168	27.9	34	16.4	51	24.3	0	0.0	368	24.6
0	0.0	53	8.8	3	1.5	56	26.7	0	0.0	142	9.6
302	99.3	546	98.4	205	100	178	99.4	30	100	2081	99.3
2	0.7	9	1.6	0	0.0	1	0.6	0	0.0	15	0.7
302	99.3	555	100	205	100	179	100	30	100	2093	99.9
2	0.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	0.1
201	66.1	544	98.0	205	100	173	96.6	30	100	1846	88.1
99	32.6	11	2.0	0	0.0	6	3.4	0	0.0	233	11.1
4	1.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	15	0.7
0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	0.1
102	34.0	374	67.7	169	82.4	126	70.8	10	33.3	1069	52.0
186	62.0	155	28.1	36	17.6	48	27.0	16	53.3	857	41.7
12	4.0	22	4.0	0	0.0	4	2.2	4	13.4	127	6.2
0	0.0	1	0.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	0.1
134	33.7	116	19.0	115	52.3	124	49.8	329	99.1	1383	47.9
129	32.4	132	21.3	52	23.6	98	39.4	2	0.6	577	20.0
115	28.9	294	48.1	51	23.2	27	10.8	1	0.3	708	24.6
20	5.0	71	11.6	2	0.9	0	0.0	0	0.0	217	7.5

鹼性 (pH 值高於八·五)。

2. 電導度

全部地下水樣品中電導度大於 $1000 \mu\text{mho/cm}$ 者占一四·五%，有五九·二%樣品的電導度小於 $500 \mu\text{mho/cm}$ ，其餘二六·三%樣品則介於 $500 \sim 1000 \mu\text{mho/cm}$ 間。於地下水資源各分區中，電導度大於 $1000 \mu\text{mho/cm}$ 者在台北盆地占二五·一%、嘉南平原占三五·四%、蘭陽平原占三〇·〇%，其他如新竹苗栗臨海地區為七·九%、濁水溪沖積扇為九·二%、屏東平原為六·三%。

3. 砷

台灣地區地下水中含砷量小於 0.01 mg/L 者有五三·四%，介於 $0.01 \sim 0.05 \text{ mg/L}$ 者占三七·〇%，而有九·六%樣品的含砷量大於 0.05 mg/L 。各地下水資源分區中，含砷量較低者為台中地區 (九九·三%低於 0.05 mg/L)、濁水溪沖積扇 (九六·一%低於 0.05 mg/L)、及花蓮台東縱谷 (一〇〇%低於 0.01 mg/L)，含砷量較高者為台北盆地 (三八·九%大於 0.05 mg/L ，九八·二%大於 0.05 mg/L)、桃園中壢台地 (一〇〇%大於 0.05 mg/L)、新竹苗栗臨海地區 (五五·四%大於 0.05 mg/L)、及蘭陽平原 (五一·〇%大於 0.05 mg/L)。

4. 鐵

台灣地區地下水中含鐵量低於 0.2 mg/L 者占四七·九%，介於 $0.2 \sim 1.0 \text{ mg/L}$ 間者占二〇·〇%，介於 $1.0 \sim 5.0 \text{ mg/L}$ 間者占二四·六%，高於 5.0 mg/L 者占七·五%。在各地

下水資源分區中，含鐵量最低的地下水為花蓮台東縱谷，有九九·一%樣品的含鐵量均低於 0.3mg/L ，含鐵量最高者為桃園中壢台地的地下水，有六八·一%樣品大於 1.0mg/L ，而大於 0.3mg/L 的樣品占八一·四%，其次為嘉南平原的地下水，有八一·〇%樣品的含鐵量大於 0.3mg/L ，其中含鐵量大於 1.0mg/L 者則占五九·七%。

5. 重金屬

台灣地區地下水中的重金屬含量，淺層地下水或已有不少地區遭受污染之虞，然深層地下水水質頗良好。地下水含鎘量，有九九·三%樣品均小於 0.01mg/L ，較嚴重者為嘉南平原，五五五個樣品中有九個水樣大於 0.01mg/L ，濁水溪沖積扇二〇四個樣品有二個、台北盆地一六六個樣品亦有二個、桃園中壢台地（一四五個樣品）與蘭陽平原（一七九個樣品）各有1個樣品的含鎘量大於 0.01mg/L 。地下水含鉻量大於 0.05mg/L 的檢出率為〇·一%，僅台中地區二九七個樣品有一個、濁水溪沖積扇三〇四個樣品有二個樣品的含鉻量介於 $0.05\sim 0.110\text{mg/L}$ 間，其他所有樣品的含鉻量均低於 0.05mg/L 。地下水中含銅量甚低，有九九·二%樣品的含銅量小於 0.10mg/L ，僅〇·一%樣品高於 0.50mg/L ，其他〇·七%樣品則介於 $0.10\sim 0.50\text{mg/L}$ 間。台灣地區地下水中含鋅量低於 0.10mg/L 者占九三·七%，有六·二%樣品含鋅量介於 $0.10\sim 1.00\text{mg/L}$ 間，僅台中地區二八六個樣品中有二個（占〇·七%）、嘉南平原五五二個樣品中有一個（占〇·二%）樣品含鋅量高於 1.00mg/L 。

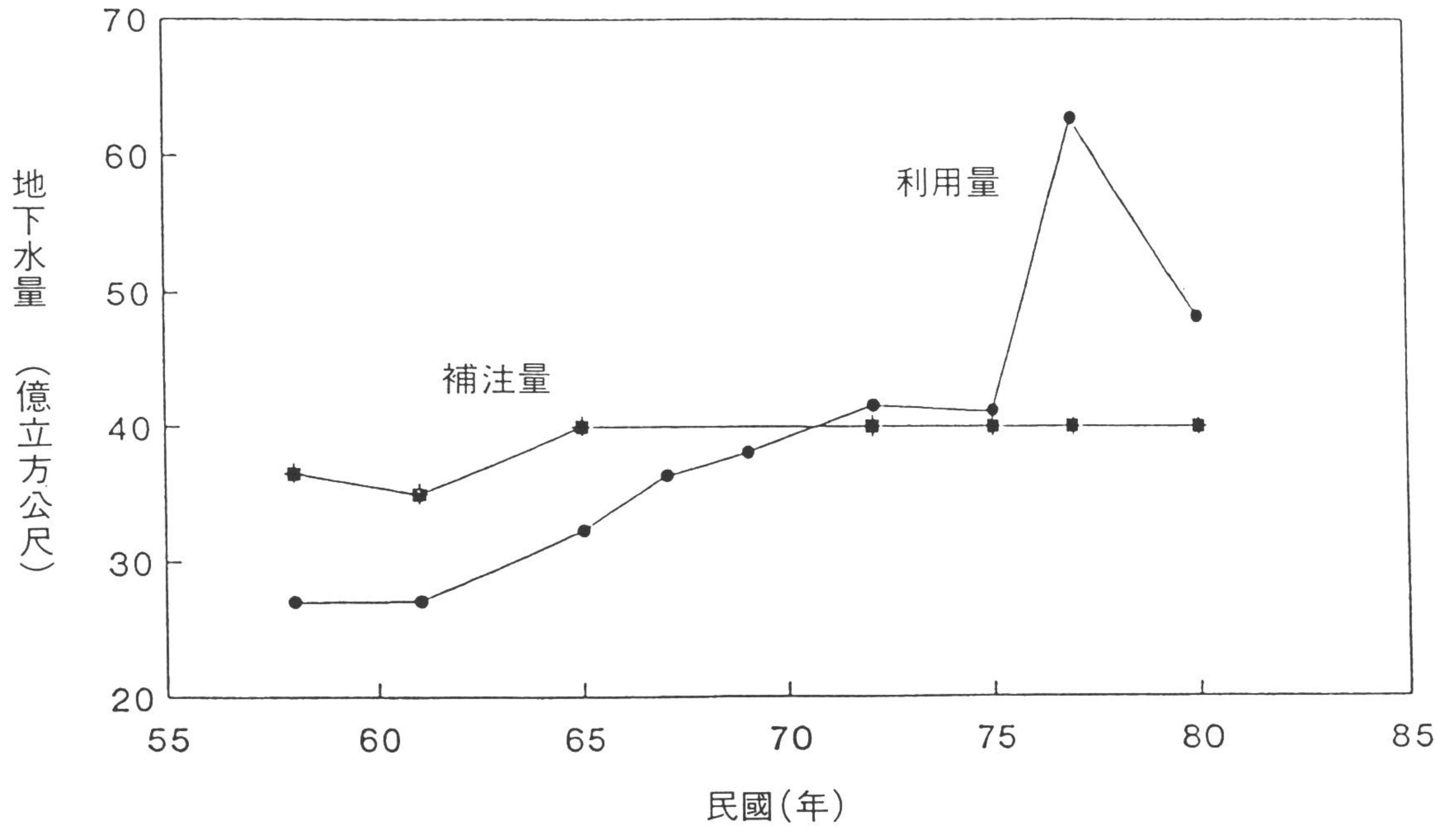
台灣省環保局（環保處前身）為評估淺層地下水遭受污染的可能性及程度，曾於民國七十一年十月至七十三年九月進行二四〇口淺井取樣分析工作，供為擬訂地下水污染防治措施的參考。

近年，台灣省環保處自七十八年度起委託學術單位進行地區性地下水水質調查，包括彰化地區四十二口井、雲林地區四十一口井、宜蘭地區二十四口井、及台中地區四十三口井。由於地區特性、水井深度、地下水利用情形等不同，使得各井水質變化頗大，部分地區水質不良可能由於地質條件所致，部分地區地下水則顯已遭受污染，對某些含污染質濃度偏高的地下水區，宜繼續探討其水質及追蹤可能的污染源，俾能採取有效的防治措施以維護良好地下水水質。

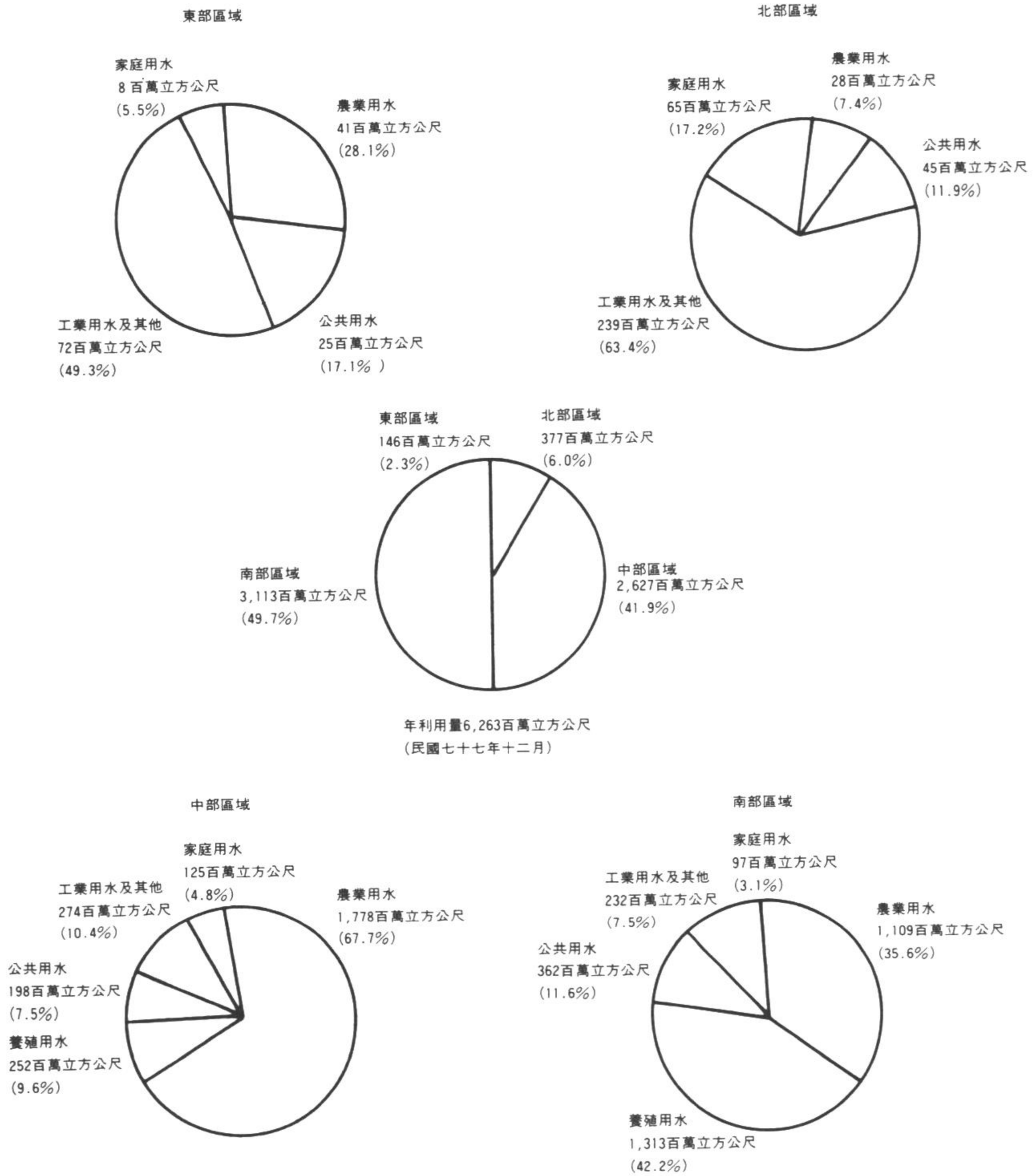
(三) 地下水之開發與利用

台灣地區由於人口不斷增加、工業發達以及養殖面積擴增，各標的用水量逐年增加，民國八十年台灣地區各標的用水總量約為一九二億立方公尺，包括生活用水二十四億立方公尺、工業用水十八億立方公尺、農業用水一五〇億立方公尺，此等水源來自引用河水量一〇八億立方公尺、水庫調節水量三十六億立方公尺及地下水抽取量四十八億立方公尺，換言之，地下水抽取量占台灣地區年總用水量的四分之一，歷年經濟部水資會統計地下水利用量與補注量的關係如圖二所示，可知台灣地區自民國七十二年，地下水利用量已超出地下水天然補注量，尤其民國七十七年時更是高出一·五倍。

台灣地區地下水井口徑超過二吋、抽水動力大於一馬力的井數於民國七十二年十二月統計有四八、二四五口，至民國七十七年十二月統計則增至一二〇、四八九口，主要乃因中部區域與南部區域農業用水井數暴增所致，各區域不同標的用水的地下水抽取量民國七十七年十二月統計繪如圖三。若考慮各地下水資源分區地下水利用量的情況，則如表三所示，若依用水標的而言，農



圖二 臺灣地區歷年地下水利用量與補注量估計



圖三 臺灣地區水資源分區各標的地下水利用量統計

表三 台灣地區地下水資源分區各標的地下水利用量概況

地下水分區	農業用水		養殖用水		公共給水		工業用水及其他		家庭用水		合計	
	年抽水量 (百萬立 方公尺)	百分率 (%)	年抽水量 (百萬立 方公尺)	百分率 (%)	年抽水量 (百萬立 方公尺)	百分率 (%)	年抽水量 (百萬立 方公尺)	百分率 (%)	年抽水量 (百萬立 方公尺)	百分率 (%)	年抽水量 (百萬立 方公尺)	年補注量 (百萬立 方公尺)
台北盆地	—	—	—	—	5	6.0	64	77.1	14	16.9	83	150
桃園中壢台地	3	2.7	—	—	3	2.7	92	82.1	14	12.5	112	117
新竹苗栗臨海地區	60	29.4	—	—	30	14.7	76	37.3	38	18.6	204	180
台中地區	109	30.5	—	—	81	22.7	115	32.2	52	14.6	357	379
濁水溪沖積扇	1,623	75.1	252	11.7	107	4.9	123	5.7	56	2.6	2,161	1,140
嘉南平原	392	33.1	388	32.7	179	15.1	198	16.7	29	2.4	1,186	553
屏東平原	717	37.2	925	48.0	183	9.5	34	1.8	68	3.5	1,927	1,111
蘭陽平原	11	12.7	—	—	17	19.5	43	49.4	16	18.4	87	120
花蓮台東縱谷	41	28.1	—	—	25	17.1	72	49.3	8	5.5	146	250
合計	2,956	47.2	1,565	25.0	630	10.1	817	13.0	295	4.7	6,263	4,000

業用水量占四七·二%（井數占八一·〇%）、養殖用水量占二五·〇%（井數占一〇·六%）、公共給水量占一〇·一%（井數占一·一%）、工業用水及其他用水量占二三·〇%（井數占七·三%）、家庭用水量占四·七%。由表中同時可以看出，新竹苗栗臨海地區的地下水年抽水量略高於補注量，而彰化以南至屏東地區（包括濁水溪沖積扇、嘉南平原、屏東平原）的抽水量更較補注量超出甚多，平均約近兩倍或高於高倍，此乃造成該等地區的地下水位遽然下降之主因。

三、地下水有關之環境問題

（一）地下水利用之環境問題

地下水雖為水資源蘊藏之一部分，但因地下水乃是構成地盤的一部分，要開發利用則需付出相當代價，這和地表水資源的利用不盡相同。目前台灣地區由於一方面對地下水安全出水量不盡瞭解，而各標的抽取地下水利用又缺乏嚴密管理，以致發生局部地區地下水嚴重超抽，呈現地下水水位劇烈下降，經常導致其他災害發生。另一方面，民衆對地下水保育的觀念薄弱，不論工業廢水及家庭污水大都未能妥善處理而隨地排放，經由地表水的污染而進入地下含水層。更有甚者，不肖業者蓄意將廢污水經由暗渠或深井而注入地下含水層，造成嚴重的水質污染，破壞地下水資源的永續利用。

台灣地區發生地下水超抽的主要原因為：

1. 養殖漁業及工業用水大量增加，且產業分布不當，造成部分地區需水量急增，地面水源又無法及時適量供應，而形成任意鑿井取水利用。

2. 地下水量穩定、水質良好、水溫變化小，且取得容易、使用方便，更重要的是直接成本較低，故造成大量開發使用地下水。

3. 地下水分布面積廣大，業者又多不依法申請或不依申請量使用，加以管理體制不健全，以致無法有效執行管制工作。

一旦發生地下水超抽，可能引起下列問題：

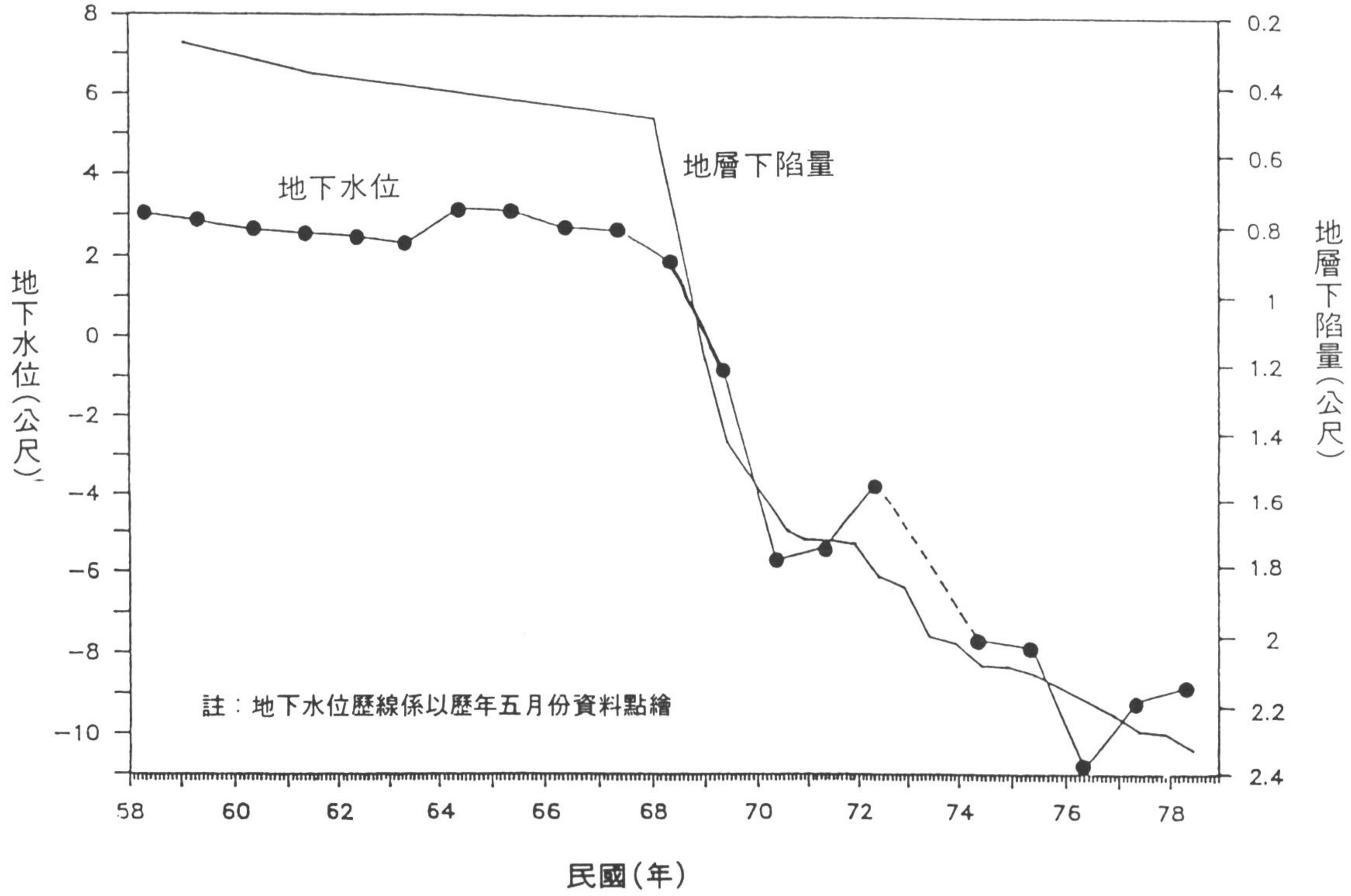
1. 由於地下水超抽，水位下降造成地層下陷（以屏東縣林邊地區為例，參見圖四，如不加以正視並積極採取防治措施，台灣平地本島部分將漸漸陷入海平面下，以致喪失國土資源。

2. 在濱海地區，因地層下陷導致海水倒灌或入滲，造成農地流失、土壤鹽化，或受海水倒灌而無法耕作，最後形成荒地，例如屏東縣新園地區已有土壤鹽化受害實況之調查結果。

3. 當地下水水位降至海平面上，沿海地區易遭受海水入侵，使地下水品質惡化，屏東縣新園地區亦有養殖用水水質鹽化實例。又因養殖魚塭所含高鹽份廢水就地排放，均使地下水易遭受污染而無法再予利用。

4. 地層下陷的結果，破壞建築物、灌溉排水系統、道路交通系統、及河海堤增建支出等，都需由政府投入為數可觀的公共投資，增加社會大眾的負擔，例如民國七十五年至八十年間，全省沿海地層下陷地區投資於堤防加高與排水路改善經費累計約三十六億元。

5. 由於防洪排水設施逐漸喪失功能，更增大該地區日後水患災害的損失，例如民國七十五年



圖四 屏東縣林邊地區地層下陷與地下水位變化關係

韋恩等颱風豪雨成災，造成全省沿海地層下陷地區各項損失達二〇三億元。由於破壞居住及生態環境，使得該等地區生活品質日益低落。

因此，由於地下水超抽所導致的地層下陷及地下水污染等之復舊工作，所需花費人力、物力、財力均為數龐大，且其禍害是長久性的，故必須積極推行防止地下水超抽的治本措施，方能減緩此災禍之擴大。台灣地區民國七十九年統計嚴重地層下陷情況如表四所示，其主要原因為魚塭面積擴大、養殖用水增加而大量抽取地下水，使沿海地區地下水水位顯著下降所致。然台北盆地的地層下陷量目前已趨緩和，其在民國四十六年至民國六十九年間因工商業大量抽用地下水，現已控制地下水抽取量，故地層下陷未再繼續惡化。

又據最新資料顯示，屏東沿海地區地下水水位下降趨勢目前亦已漸為緩和，然而養殖漁業似有移轉陣地的事實，例如宜蘭沿海地區地層下陷範圍逐步擴大，同時彰化王功以北及濁水溪口臨近海岸地帶，地下水水位顯示日益嚴重下降，而使地層下陷範圍因之擴大，針對此一警訊，有關單位亟應早日籌謀對策，以免發生重大災害而影響生活環境。

(二) 地下水遭受污染之問題

1. 地下水污染來源

造成地下水水質污染的主要來源可分為下列六大類：

- (1) 供排放或處置廢污的設施而成為地下水污染源，例如廢液深井處理、污土地地處理等，有害廢污經滲入地下含水層而造成水質污染。

表四 台灣地區地層下陷量實測結果

地區	最大下陷量 (公尺)	實測地點	下陷範圍	下陷面積 (平方公里)
台北盆地	二·二四	台北市八德路光華商場	台北市、台北縣	二四〇
屏東沿海	二·五〇	佳冬鄉焰塢	東港、林邊、佳冬、枋寮	一〇五
嘉義沿海	〇·七一	東石鄉過溝庄	東山、布袋、義竹	二五〇
雲林沿海	一·八〇	口湖鄉金湖村	麥寮、台西、四湖、口湖、水林	一七六
彰化沿海	〇·七七	鹿港鎮顏厝海堤	大城、二林 伸港、線西、鹿港、福興、芳苑、	一八九
宜蘭沿海	〇·五〇	宜蘭市凱旋路	礁溪、壯圍、宜蘭、五結、頭城	二一〇

(2) 地下貯存設施因破損漏出而污染地下水，例如廢棄物掩埋場之滲出水、地下儲槽或化糞池破裂洩漏所致。

(3) 污染物於輸送過程所造成而污染地下水，例如輸油管破裂、污水管滲漏、或化學品運輸車輛意外事故而漏出人滲至地下含水層等。

(4) 因其他活動的副作用所造成，例如農地施肥、使用殺蟲劑與除草劑等，隨灌溉排水或於農地內直接滲入地下含水層而污染地下水。

(5) 因地下開採礦產或石油而造成地下水污染，例如探勘油氣井、開鑿地熱井等而污染地下含水層。

(6) 因人類不當活動而造成者，例如地下水超抽致海水入侵、受污染地表水（例如養豬廢水）與地下水之交換、地面污水池自然滲濾等。

2. 地下水污染之防止

污染源管制是防止地下水資源遭受污染最基本亦是最有效的方法，所謂「預防勝於治療」的意義即在此。為達成污染源管制的目標，例如針對化學品意外洩漏之緊急處理、舊有不完善掩埋場之清理、掩埋場滲出水之收集處理、地下儲槽與輸送管線之檢漏與處理、農地排水與暴雨逕流之處理、以及地表與地下貯存設施之管理等，均是亟須積極發展研討的課題，當然完善的法則與有效的執行，是獲致防止地下水污染成效的主要憑據。

(三) 地下水資源之保護

地下水資源的保護包括質與量兩方面，質的保護乃為防止地下水遭受污染及已污染地下水的復育，而量的保護乃是如何開源節流，以維護地下水資源的永續利用。

1. 質的保護

為防止地下水遭受污染，一方面要防止地面污染物污染地下含水層，一方面要防止地層中的污染羣進入地下含水層，對地下存在之污染羣可改變其流動方向、圍堵、移除、抽出、固定等以防止污染羣擴散，或利用生物復育等方式，使得污染物不致進入抽水井或含水層中。

2. 量的保護

地下水的天然補注量因季節及時間而有變化，如果地下水抽取量長時間大於有效補注量，將使地下水位劇烈下降，而致地下水資源枯竭或水質亦將劣化而不適於利用，因此必須管制地下水的抽取量。他如轉移抽水地點、分散井羣、改善養殖用水的使用地下水量、改變農地耕作方式等，均可抑制地下水的超抽利用。而地下水天然補注水量較貧乏地區，可考慮採行地下水人工補注方式及增加地面的人滲量，以使地下水位逐漸回升並維持地下水位，確保地下水資源的蘊藏量。

四、地下水污染整治之規劃

行政院環保署為配合國家建設六年計畫，研擬規劃地下水污染整治，以解決台灣地區有關地下水污染問題，本文分別就計畫目標、執行策略及措施、經費需求與執行等加以討論。

(一) 計畫目標

本地下水污染整治規劃各時程的防治目標如下：

1. 近程目標

於民國八十三年止的目標內容為：

- (1) 完成地下水污染源現況調查並研訂管制措施。
- (2) 完成地下水水質現況調查，建立水質基準線資料庫。

2. 中程目標

於民國八十七年止的目標內容為：

- (1) 完成地下水水位、水質、地層下陷監測系統改善規劃。
- (2) 完成重要地區地下水水位、水質、地層下陷監測系統之設立，並完成嚴重污染地區污染整治之示範計畫。

3. 長程目標

於民國九十年止的目標內容為：

- (1) 有效改善台灣地區地下水污染，聯合運用地下水及地表水資源之最佳化管理。
- (2) 有效管制地下水超抽，確保國土資源。

(二) 執行策略及措施

為達到地下水污染整治的預期效益，確保飲用地下水的安全性，並維持地下水資源的永續利用，有關執行策略及措施如下：

1. 執行策略

- (1) 掌握污染現況，分級實施管理，並配合法規之增訂及事先預防原則之確立，以保護未遭受污染的地下水資源。

- (2) 健全組織人力，發展地下水水質保護技術，並加強基礎及應用科學研究，以改善已遭受污染之地下水資源。

2. 措施

- (1) 積極辦理現況污染源調查，掌握污染現況，分級管理。
- (2) 確立預防監測原則，加速檢討規劃及建立預警監測系統。
- (3) 健全法規體系，加強地下水污染之管理與管制。
- (4) 辦理地層下陷及地下水污染之改善及防治工作，並加強教育宣導，建立民衆共識。
- (5) 健全組織、人力及人才培育，發展環保科技。

- (6) 加強基礎及應用科學研究，建立相關理論基礎，以為防治、改善之依據。
- (7) 積極推動國際合作，引進先進國家科技、制度及管理方法。
- (8) 優先辦理重要地區示範性地下水污染整治個案。

(三) 經費需求與執行

地下水污染整治規劃擬於國家建設六年計畫中（自民國八十年度起至八十五年度止），總經費需求概估為三十億八千九百萬元，主要工作擺在八十二年度至八十五年度，四年間所需經費共占九九%。

由於國家建設六年計畫工作項目繁多，經費龐大，在八十一年度實際核定有執行預算的地下水資源保育相關計畫僅「台灣地區地下水觀測網八十一年度實施計畫」一項，此為「建立台灣地區地下水觀測站網綱要計畫」第一期實施計畫的第一年，該工作並不屬前述環保署所研擬的地下水污染整治規劃內容，故核定由經濟部統籌編列預算六千萬元，其中二千一百六十二萬元由中央地質調查所辦理水文地質調查研究建檔，另三千八百三十八萬元由台灣省水利局辦理地下水觀測站網建立及運作，此項核定經費僅占原第一期綱要計畫（台灣省政府所提供）第一年估算額的三三·六%而已。

另據資料顯示，台灣地區地下水觀測網八十二年度實施計畫已核定預算為一億五千萬，仍然包括前述兩項工作，目前正在執行中，然據最近資料顯示，此項可運用經費將僅以一億二千萬元提供中央地質調查所與台灣省水利局執行，約占核定預算八〇%。至於環保署在八十一及八十

二年度用於地下水污染整治規劃所列工作的實際經費，因無法獲得數據而未能在此提出報告。

五、地下水保護與利用之未來課題

地下水不但是天然環境中水文循環的重要一環，更由於它已被廣泛地利用於農業、工業及公共給水，而成爲人們生存及生活所憑藉的重要環境條件。一方面必須保護地下水資源，使水質水量達到環境的平衡，讓後世子孫能繼續享用，另一方面要維持地下水的品質，使人們免於受到地下水污染的危害。因此，有關地下水資源保育的首要工作，乃在防止污染及妥爲利用。

台灣地區近年來由於地下水不當使用，地下水超抽結果導致地下水位下降，增加抽水所需動力費用，局部地區嚴重的地層下陷，造成海水入侵、土壤鹽化、污染地下水水質。再由於不當的環境活動，例如掩埋場、化糞池、污廢水排放設施等污染源，使得部分地區地下水水質逐漸劣化，因而無法提供爲正常用途。

地下水資源的保育工作乃是當前經濟發展過程的重大課題，必須共同努力的目標爲保護未遭受污染的地下水，改善已遭受污染的地下水，合理開發使用地下水資源，並增進地下水補注量，以求地下水資源的永續利用。基於此，分別就地下水保護與利用的策略及措施說明如下。

(一) 地下水保護與利用之策略

有關地下水資源保育及有效利用策略，大致可分爲行政及技術兩個層面，其中尤以行政層面

的功能首應加以強化，而後輔以完善的技術層面，兩者相輔相成。

1. 行政層面

對於行政層面的考量，主要著重於正確保育觀念之建立、獨立行政功能之強化、專業人才之培訓與晉升、合理經費預算之籌措、資料庫及資訊網之建立、加強立法及執法之功能、加強各階層之協調溝通及宣導等。

2. 技術層面

對於技術層面的考量，主要著重於各種標準及規範之擬訂、水土資源之整體規劃與管理、區域性地下水監測系統之整體規劃、地下水污染整治之實施、特殊重大污染源之管理、推行研究發展提升技術水準等。

(二) 地下水保護與利用之措施

基於地下水超抽使用引起水位下降、水質變化及地層下陷等問題，台灣地區地下水資源保育及有效利用現階段重點工作，於民國七十八年十一月召開的全國水利會議中曾有極為詳盡深入的研討，並獲得共識而提出具體可行的地下水利用與管制建議。本文參酌相關文獻，就台灣地區地下水保護措施及工作內容加以整理如下。

1. 研訂、修訂為保護地下水資源有效利用之相關法規

現行主要有關地下水管理的法規有民國七十二年十二月修正公布的「水利法」，該法明訂使用地下水必須申請水權，為防止某一地區地下水超抽所引起的海水入侵或地盤沉陷，得劃定地下

水管制區，限制或禁止地下水之開發。另一為民國七十六年十二月修正發布的「台灣地區地下水管制辦法」，該法為加強管制台灣地區地下水之利用，以防止地層下陷、水質惡化及海水入侵，已劃定管制區包括台北市、高雄市、三省轄市（基隆市、台中市、台南市）及十二縣之八十八鄉鎮市，於管制區內嚴格限制開鑿新井，主管機關並得視管制區內用水情形而劃定禁止開發區。

為配合現行母法應修訂其他各項相關法規，以利地下水開發利用之污染防治工作之推動，同時進行地下水污染防治法規單獨研擬，劃訂各地地下水資源區水體分類，以有效執行地下水污染防治工作，並建立水井與監測井設置技術規範、地下水取樣分析及水質監測規範等，以達地下水資源保育目標。

2. 設立地下水監測系統長期觀測台灣地區地下水水位及水質資料

籌設專責單位將各縣市的水井資料，加以統合建立水井資料庫，並加強查核水井之使用情況。增設地下水監測井，由專責單位負責長期的水位、水質、地層下陷、及污染源監測工作，分區檢討、規劃現有地下水水位、水質、地層下陷監測系統之改善，並建立資訊管理系统。

為了落實前述工作，應速成立台灣地區地下水資料中心，蒐集整理台灣地區地下水調查資料，配合整體經濟發展情況，實施台灣地區水井普查。此外，設立區域性地下水監測系統，同時監測水位及水質，並加強沿海地區地層下陷檢測工作。

3. 規劃地下水保護區及污染管制區以防止地下水水質日漸惡化

由於目前申請水權辦法過於鬆弛，對於地下水水文與地質、以及抽水井位置及抽水量等尚無完整資料，然就現有零散資料中仍可發現部分地區地下水水位劇降，所引起的地層下陷及水質污

染問題，故亟須早日建立完善基本資料，進行地下水區水體分區之劃定工作，以保護現況水質，並就分區的優先性、現況水質、涵容能力、目前及未來可能運用標的、土地利用現況、水文地質特性、背景水質、污染整治技術等詳加考慮，劃分污染管制區，以防止地下水水質繼續惡化。

在實施程序上，可先選定示範地區試辦，補充調查該優先示範區地下水水文地質資料，設立地下水水位及水質監測系統，規劃未來地下水資源的合理利用標的，追蹤及偵測地下水污染源，長期地全面性進行各項工作。基於所獲各項資料，探討各種影響因子對地下水區水體分類之交互影響，初步釐訂地下水區劃分原則及地下水體分類標準，舉行公聽會廣求民意支持，即可完成並公告所劃定的地下水保護區及污染管制區，分別由各主管主辦單位執行管理工作。

4. 嚴格執行各項污染源管制以減輕地下水遭受污染之威脅

目前以台灣地區地下水管制辦法對污染管制並無具體妥善對策，因此為減輕進而保護地下水資源不受破壞，或整治已遭受污染的地下水資源，應早日制定單獨的地下水污染防治法，建立完整的行政體制及組織架構，權責分明，才能落實地下水污染的防治，確保地下水的清潔。

各地下水污染防治主管機關應於轄區內適當地點設置監測井，定期調查地下水水質、抽水量及補注量，以為研判地下水污染狀況及預防地層下陷的依據。若發現地下水遭受污染，應主動調查污染來源、污染範圍、污染程度及判定污染責任，俾能立即採取必要的管制措施。同時，對現有地下水污染源，則必須定期追蹤調查其污染物的排放或貯存等情形，如認定其行為有不當者，得令限制改善。於保護區或管制區內，禁止任何利用水井、滲坑、裂隙與溶洞等，將一般或事業廢水注入地下含水層中，至於各種不同地下水污染源，應針對其個別特性，分別訂定管理辦法，

以爲執行管制取締的依據。

5. 加強實施地下水各項標的利用之管理工作

台灣地區地下水資源主要利用於地表水不易取得、水質不良、或水量不足之處，包括農業用水、養殖用水、公共給水、工業用水、家庭用水等。依台灣省水利局於民國七十四年至八十年間針對彰化縣、雲林縣、嘉義縣市、台南縣市、及高雄縣市等地區進行水井普查，結果顯示水井總數爲一七〇、四〇九口，其中登記有水權的合法水井僅一八、七六六口，約占一一%而已。換言之，大部分地下水井及其抽水利用，絕大多數是在違規的狀況下進行，時間一久，非法被認爲是合法，根本談不上控制管理，這也是目前台灣地區地下水資源開發利用的最大難處，既然現有大水量井難以掌握處理，如何管制地下水的超抽，如何防止地下水遭受污染，當然要束手無策了。

因此，在節流的前提下，主管機關應針對各標的用戶的水井、抽水量、分布狀況、及其天然補注量及水質等，辦理全面性的調查工作，如此才能規劃各標的用水取用地下水的控制與管理工作而加以實施。同時，爲發揮區域性水資源的有效利用，尤其對養殖用水與工業用水應以區域發展爲前提而適當加以規劃，避免不當及過量使用地下水，且能兼顧並滿足各標的需求，以謀各區域產業的均衡發展。

6. 改進地下水人工補注量以增加地下含水層之蘊藏量

由於各流域上游地區水土保持工作的缺失造成水源涵養不良，河川中下游又有許多攔阻蓄水設施，如此影響中下游地區地下水的天然補注量。此外，土地使用對地形地質的改變，都市地區不斷增加人工不透水鋪面而減低地表水入滲量，以及工業廢水或都市污水常匯集至下游河段或處

理後排入下游河段，使得河流中段補注地下水的功能大為喪失。基於此，為考慮地下水資源的開發，人工補注地下水為一可行方式，分為直接人工補注及間接人工補注兩種方法：

(1)直接人工補注 此法乃以地表水灌注地面下使其成為地下水者，例如地面人工補注法乃將地表水漫流或蓄於地表上或深度不大之坑或池中，使其入滲達到地下水面而成為地下水，因此，此種人工補注方式較適用於地表自由含水層或受壓含水層的天然補注地區。另一方面為人工補注井法，較適用於含水層不露出地表的地區，尤其地表與含水層間有不透水層存在時。

(2)間接人工補注 此法乃在河流或湖泊之旁鑿井抽水，使地下水位降低而誘導河流或湖泊中的水流入地下含水層成為地下水，增加地下水蘊藏量。

7. 加強基礎及應用科技研究以發展地下水保育與復育技術

為推動台灣地區地下水資源相關的基礎及應用性研究，以提供執行保育、管理及管制工作之依據，重要研究課題整理如下：

(1)地下水傳輸問題之研究 包括地下水基本水理、區域地下水之觀測與流動現象之模擬、地表水與地下水聯合營運之最佳分配、地下水年代鑑定、地下水之水源調查及利用、地下水現場實驗技術、垃圾掩埋場對地下水之影響等。

(2)地下污染物傳輸問題之研究 包括地下水中污染物傳輸數學模式之建立與驗證、污染物滲入地層之理論模式與數值模擬、污染源對地下水水質影響之預測方法、地下水污染之量測與監測及預測、污染源滲透防治方法、海水入侵模式之建立與驗證、生物圈對地下水循環

之影響、耗鐵菌對抽水機危害及水井維護等。

(3) 抽水引致之地層下陷問題之研究 包括考慮抽水影響之三維壓密理論、抽水引致之地層下陷之模式及數值模擬、地下水位變化與地層下陷之定量關係、台灣沿海地區地層下陷特性與預測方法、地層因土壤潛變所引致之長期沉陷問題、海埔新生地之承载力評估與沉陷量預測、地層下陷與地下結構物之互利問題、深淺水井補注對抑止地層下陷之研究、地層下陷與區域開發規劃問題等。

(4) 地下水污染處理技術之研究 包括地下含水層遭受低溶解度揮發性有機污染物污染之現場生物處理、地下含水層對無機性多相污染物之吸附與脫附、利用固定生物膜系統處理受氯酚污染之地下水與土壤、地下水污染物被生物誘變之基礎研究、危害性有機污染物之好氧分解機制研究、危害性有機污染物之厭氧分解機制研究等。

(5) 水文地質調查方法之研究 包括建立台灣地區水文地質資訊系統、水文地質地層岩性判釋及描述方法、地球物理井測方法在水文地質調查應用、同位素定年方法在水文地質調查應用、地下水監測井結構改進之研究、砂及礫石層之粒徑分布及孔隙率與滲透性關係、固結岩層之不連續面分布及孔隙率與滲透性關係等。

8. 加強教育宣導以建立地下水資源保育之全民共識

地下水是重要的水資源，具有取用方便、水質良好、早期仍可供水、直接成本低廉等特點，故廣被利用。然而在毫無節制的濫抽濫用情況下，衍生出地層下陷、地下水源枯竭等後果。地下水超抽在沿海地區尤其嚴重，乃因該等地區產業發展及土地利用價值的限制，造成民衆無計畫地

及無約束地任意抽用地下水，此一現象與目前養豬廢水對水源區的污染問題乃是同一心理因素，若欲以取締方式來管制地下水，顯然不是一個絕對有效的方法，必須加強教育宣導，以建立地下水資源保育的全民共識。當然，任何不良的社會現象常與經濟因素有關，此外，放任政策（任其自由發展）及圍堵政策常錯失解決問題的較好時機。若再就現行既有法規觀之，例如依法農地不能隨意變更爲魚塭、依法違規水井可以取締、依法在地下水管制區內不能增設水井、依法魚塭不能申請專用電力等等，好似法律要件都具備了。但因決策單位及執行單位錯失時機於先，當事實演變至嚴重程度，現行法規又未能徹底執行，加以社會上對權利義務及法治觀念常無法明辨遵行，乃造成今日的所謂公權力不彰，爲求解決問題，教育與宣導乃是不可或缺的有效措施。

六、結語

台灣地區由於水資源不當使用，形成大量地下水抽取，在沿海地區已發生地盤下陷及海水入侵或水質惡化等問題。於某些不當的地表污染源或地下污染源存在地區，亦有地下水水質遭受污染的情形。地下水一旦污染，可能造成永遠不能利用，破壞國家水土資源。主管機關爲防止地下水資源枯竭及遭受污染，並改善地層下陷情況，歷年來已採行各項措施，例如成立「台灣省地下水管制督導小組」及「台灣省防治超抽地下水專案研究小組」，經濟部則多次修訂「台灣地區地下水管制辦法」，農委會於民國七十九年十一月曾召開各級主管商討養殖漁業之輔導、限制發展及養殖用水之加強節用與管制等事宜，環保署於民國七十九年十月擬訂「國家建設六年計畫——

地下水污染整治規劃」，其目標乃為保護地下水水質的安全使用，以維持地下水資源的永續利用。

政府各部門或已依計畫採取部分措施，或因經費人力限制而仍無法依計畫付之實施，使得地下水資源保育及有效利用的成效仍不盡理想，其中尤以地下水超抽尚無法完全管制為目前最迫切的課題。首先必須明瞭，地下水超抽乃是因放任政策所引起，因此對局部地下水超抽嚴重地區（例如雲林縣、嘉義縣、宜蘭縣、彰化縣等地區），主管機關若無重大決心及強力措施，地下水超抽的情況仍將繼續惡化。為有效管制地下水超抽，經濟性措施也必須加以考慮採行，例如如何降低養殖業的外銷比率，促使養殖面積不再擴大，若能設法帶動沿海地區發展、增加農漁業以外的就業機會、提高居民生活水準，均將有助於地下水超抽的防止。此外，即使在現有法規之下，若高層主事者能予大力支持及要求所屬，避免人情關說及各層政治人物的干擾，則執行改善的結果立刻可以顯現出來。

就基本措施而言，加強基本資料調查及蒐集，其工作包括成立台灣地區地下水資料中心，實施台灣地區水井普查、設立地下水水位、水質、地層下陷監測系統。就地下水管制而言，增闢地下水替代水源，劃定管制地區，落實現有法規的執行，推動地下水節約利用，使地下水權合理分配。就地下水利用而言，加強開發地表水源，建立地表水與地下水聯合運用體系，增加地下水補注量，於經濟發展與土地利用決策過程確實考量水資源的限制。就地下水保育而言，經由各類媒體推廣地下水保育宣導工作，灌注地下水超抽所導致的危害將轉成社會成本而增加全民負擔的觀念，各重大建設加強實施對地下水的環境影響評估，水源區及山坡地開發使用亦應加強評估及管

理，以達地下水保育的目標。最後，就地下水管理而言，修訂有關地下水的法令規章與組織體制，增加有關單位職權、人力與經費，健全地下水資源管理政策，以求確保地下水資源的永續利用。

七、誌謝

本文內容承蒙有關單位提供許多基本資料及參考相關文獻整理而成，尤其經濟部水資會吳總工程師建民、經建會都住處陳技正弘山、台灣省水利局企劃組田課長巧玲等協助良多，特此敬致謝意。本文於整理過程中，有研究助理沈元中、陳幸德、林淑卿等參與工作，在此一併表示感謝，文內部分圖表直接引用參考資料者雖已註明出處，但未及徵求原作者或出版者同意，在此特予聲明並敬表謝忱。

參考資料

1. 曹以松，地下水，中國土木水利工程學會，台北，民國七十八年。
2. 陳秋楊、曹敏中，數值模式應用於地下水資源管理之研究，第六屆水利工程研討會論文集，交通大學土木工程學系，新竹，民國八十一年。
3. 經濟部水資源統一規劃委員會，台灣地區地下水資源，○○—地水—○五，民國七十八年。
4. 吳建民、張秉權，台灣地區之地下水資源，水文地質研討會論文專集，經濟部中央地質調查所，台

北，民國七十八年。

5. 徐年盛、吳先琪等，台灣地區地下水區水體分類與水質標準訂定可行性之研究，台灣大學土木工程學研究所水利工程組研究報告第八〇〇四號，民國八十年。

6. 歐陽嶠暉、曾迪華，水質保護問題與策略，中央大學環境工程學研究所，民國八十年。

7. 台灣省環境保護局，台灣地區淺層地下水污染現況調查，民國七十四年。

8. 謝永旭、樊國恕，台灣省地下水污染防治之研究——彰化地區地下水污染之調查研究，中興大學環境工程學系，民國七十八年。

9. 謝永旭，台灣省地下水污染防治之研究——雲林地區地下水污染之調查研究，中興大學環境工程學系，民國七十九年。

10. 江漢全，宜蘭地區地下水污染之調查研究，宜蘭農工專校，民國八十年。

11. 盧至人、謝永旭，台灣省地下水污染防治之研究——台中地區地下水污染之調查研究，中興大學環境工程學系，民國八十一年。

12. 林克明，水資源供需，愛護水資源研討會資料集，中興大學環境工程學系，台中，民國八十一年。

13. 經濟部水資源統一規劃委員會，中華民國水資源發展與地下水之利用，行政院第十一次科技顧問會議，台北，民國七十八年。

14. 曹以松、譚義績，台灣海岸地區地下水問題之探討，海岸地區水資源開發與利用科技研討會，台灣大學水工試驗所，台北，民國八十年。

15. 簡俊彥，台灣地區地下水超抽及管理控制問題，海岸地區水資源開發與利用科技研討會，台灣大學

水工試驗所，台北，民國八十年。

16. 經濟部，台灣沿海地區地層下陷簡報，民國七十九年。

17. 廖秋榮等，新園地區自來水施設損害鑑定評估(二)土壤鹽化評估，屏東農業專科學校，民國七十九年。

18. 孫寧等，新園地區自來水施設損害鑑定評估(三)養殖及養殖水質評估，屏東農業專科學校，民國七十九年。

19. 陳弘山，沿海地區地盤下陷問題簡報資料，經濟建設委員會都市及住宅發展處，民國七十九年。

20. 曹以松，台灣地區之地層下陷及海水入侵，水文地質研討會論文集，經濟部中央地質調查所，台北，民國七十八年。

21. 台灣省水利局，改善台灣地區地下水基本資料收集系統之規劃研究第一期：屏東平原，民國七十八年。

22. 台灣省水利局，改善台灣地區地下水基本資料收集系統規劃研究第二期：台中地區、濁水溪沖積扇、嘉南平原，民國七十九年。

23. 台灣省水利局，改善台灣地區地下水基本資料收集系統規劃研究第三、四期：台北盆地、桃園中壢台地、新苗地區、宜蘭平原、恆春平原，民國八十年。

24. 羅光楣，地下水源污染之探查及偵測系統之設立，地下水保護及污染防治研習會講義，中興大學環境工程學系，台中，民國七十四年。

25. 陳秋楊，地下水污染處理措施，地下水保護及污染防治研習會講義，中興大學環境工程學系，台

中，民國七十四年。

26. 環境保護署，國家建設六年計畫——地下水污染整治規劃，民國七十九年。

27. 台灣省政府，台灣地區地下水觀測網第一期綱要計畫，民國七十九年。

28. 吳先琪等，地下水污染防治策略及實例之調查研究，台灣大學環境工程學研究所，民國七十八年。

29. 環境保護署，各國地下水保護策略及法規研究，亞新工程顧問公司，民國七十九年。

30. 經濟部，七十八年全國水利會議總報告，台北，民國七十九年。

31. 曹以松，土木水利工程重點研究規劃（第三主題）——地下水傳輸、污染與地層下陷問題之研究，

國家科學委員會工程技術發展處，民國八十年。