



高屏溪流域和屏東平原的水資源[◎]

Water Resources of Kaoping His Basin and Pingtung Plain

楊萬全*

Yang Wan-Chuan

Abstract

This study review the water resources of Kaoping Hsi Basin and Pingtung Plain ,author get the following result beside to expound water balance, landsubsidence, seawater intrusion, ground water recharge etc.

- 1.The maximum amount of water resources of Kaoping Hsi Basin is about 7.9 billion m³ a year, and its 60% come from Laonung His. Pingtung Plain collect three main river discharge of Kaoping Hsi, TungKang His and Linpien His, the total maximum amount of water resources is about 9.5 billion m³ a year, and its 75% concentrate in June to September.
- 2.The monthly average discharge shows TungKang Hsi is belong to gaining stream, and Linpien Hsi is belong stream.
- 3.Three main river have serious seawater pollution near the estuary owing to tidal river and drainage saltwater of fish breeding ponds. TungKang His and lower part of Kaoping Hsi also have serious pollution by the polluted water of livestock rising and domestic use.
- 4.For resonable water resources management of Kaoping Area, it is need to serious consider those① To construct large reservoir to storage the water of plentipul discharge period, ② Without withdraw the groundwater at rainfall season and construct check dams to increase water recharge and ③ To collect groundwater taxes for promoting the effective groundwater use.

Keyword: Kaoping Hsi Basin, Pingtung Plan, water blance, water water resources managemtn, water pollution

[◎]本文曾於1997年6月7日在「第一屆臺灣地理學術研討會暨陳國章教授榮退學術研討會」發表與討論。

*現任台灣師大地理學系教授 (Professor. Department of geography , NTNU)

一、前言

台灣的三大河川（指流域面積和主流長）是北部的淡水河、中部的濁水溪和南部的高屏溪。淡水河流域受梅雨、颱風雨及冬半年東北季風等的影響，有全年分配較為均勻而充足的水資源；但因人口太密集、產業又發達，部分水資源已受家庭污水、產業廢水等所污染，而有水資源短缺情形。高屏溪流域和屏東平原亦受颱風雨、梅雨及短暫的西南季風等的影響，帶來豐沛水量，也因農牧漁業發達，部分水資源污染嚴重，地面水資源開發太少等，冬春時有嚴重缺水情形。因高屏溪流域和屏東平原要提供高屏地區各種用水的水源，其水量、水質、水平衡、水資源合理經營等深受各界重視，本文以此為重點做進一步探討。

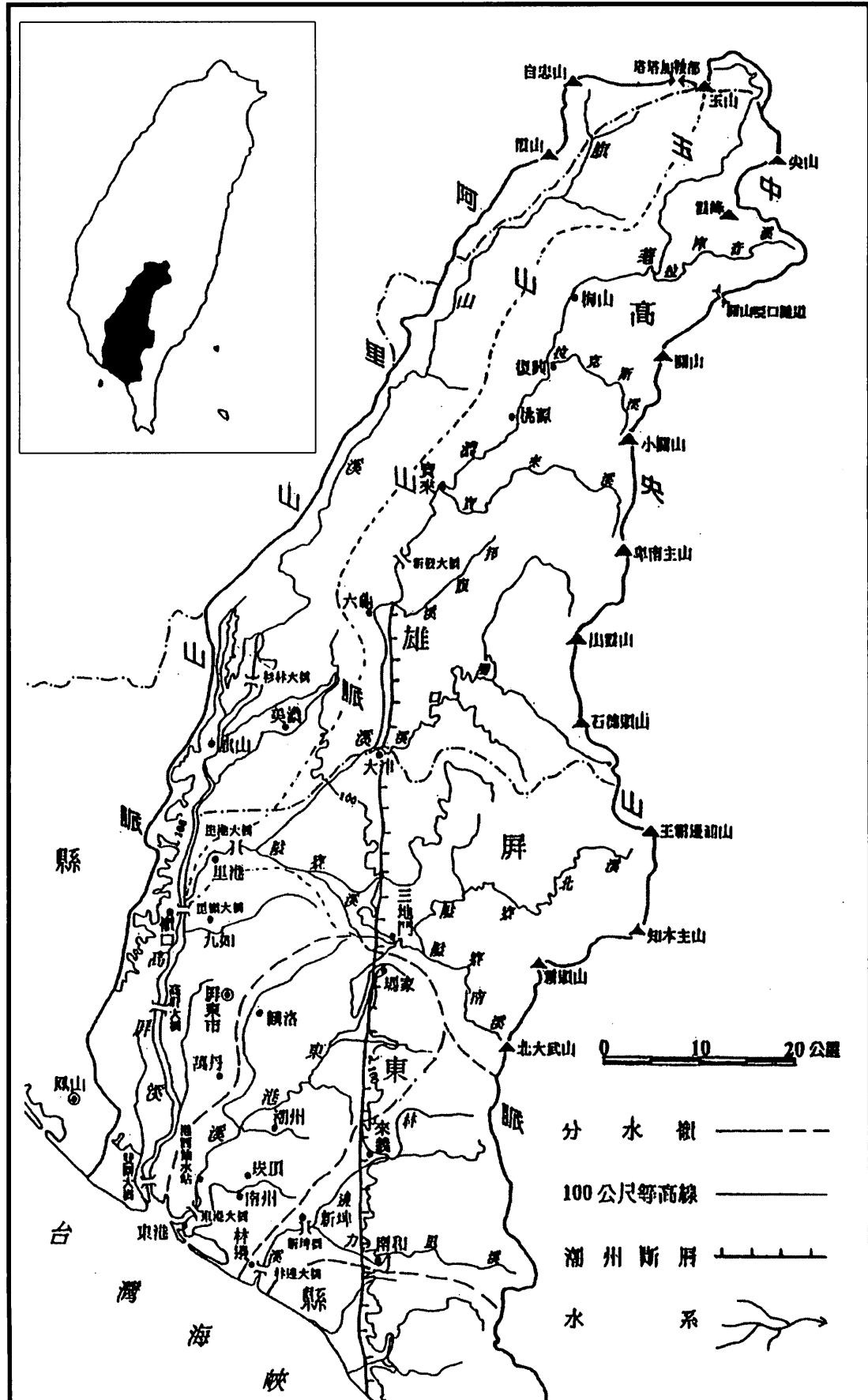
二、高屏溪流域的水資源

（一）流域概觀

高屏溪流域北起玉山國家公園，南迄台灣海峽，大致呈南北向的狹長形，流域長約 145 公里，流域面積約 3290 平方公里（另有 3287K m², 3257K m², 3157K m²），主流長 168 公里（另有 171Km），以荖濃溪為主流。

高屏溪流域的北端在南投縣南部、西起阿里山、自忠山（東水山）、石山、塔塔加鞍部、玉山主峰，轉往北經北玉山後轉向東，經八通關大山（3335m）至秀姑巒山（3805m，中央山脈主峰之一）。流域內自西向東有阿里山山脈、玉山山脈和中央山脈（南段）三大山系以及旗山溪和荖濃溪二大水系。旗山溪水系位於阿里山山脈東坡和玉山山脈西坡之間；荖濃溪水系介於玉山山脈東坡和中央山脈南段西坡之間，二水系均為縱谷，向南流至屏東平原北部，於里港之西，里嶺大橋之北匯流後稱為高屏溪，再南流注入台灣海峽。

地質上，地層層序自西而東，由新而舊，西部的阿里山山脈以中新世中期、晚期到上新世的砂岩、頁岩、泥岩為主，玉山山脈以中新世至上新世的砂岩、頁岩為主；東部的中央山脈南段則自始新世畢祿山層（板岩、千枚岩）向南到中新世的蘆山層、蘇樂層（硬頁岩、板岩、千枚岩）。就地層抵抗水的營力而言，自西向東逐漸增強。



圖一 屏東平原三主要河流集水區圖

全流域高度平均為 1070 公尺，其中 100 公尺以下占 21.1%，100~1000 公尺之間占 31.6%，1000 公尺以上占 47.3%，坡度平均為 20 度 19 分，其中 10 度以下占 23.5%，10~30 度之間占 38.9%，30 度以上占 37.8%（石、林等，1994）。

全流域的水文要素為：年平均降水量 3106 公釐，年平均蒸發散量約 700 公釐，年平均逕流水深 2406 公釐，即 $79.15 \times 10^8 \text{m}^3/\text{yr}$ ，其中 6~9 月占 72%，可形成年平均流量 251 秒立方公尺（石、林等，1994），其比流量約為 7.63CMS/100k m³。

表 1：高屏溪里嶺大橋（2878.29k m²）的流量資料

單位：CMS

	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	年平均	流量比 CMS/ 100Km ²
月平均	30.85	70.80	56.09	157.85	93.61	337.75	590.00	446.76	633.25	164.67	47.57	30.81	221.92	7.71
月最大	40.64	123.84	9.03	302.02	161.45	505.84	607.73	487.55	1027.83	198.74	55.72	33.31	267.89	9.31
月最小	21.06	17.76	13.15	13.68	25.77	169.67	572.27	405.97	238.67	130.60	39.42	28.32	176.14	6.12

資料來源：經濟部水資會，台灣水文年報，189 頁，1994。

（二）荖濃溪水系—最大支流

荖濃溪的源流區在玉山主峰（3952m）以東，北玉山（3910m）、八通關大山（3335m）、秀姑巒山（3805m）一線以南的南投縣境內。主流發源於玉山主峰東北坡，初向東流，於八通關大山之南匯合源自秀姑巒山西南坡的支流，和源自大窟山（3770m）西坡的支流後，自高雄縣北端流入，略呈西南南流向，東納拉庫音族，於梅山附近流出玉山國家公園，經樟山（接近南橫公路）梅蘭、於復興附近再東納拉克斯溪，再向西南南流經勤和、桃源、舊社、於寶來再東納寶來溪後轉向南流，經新開，舊潭有邦腹溪自東來匯流；再經六龜、新興（新威），於大津再東納濁口溪後向西南流，於里港附近再納來自東南方的隘寮溪，經里港大橋，於里嶺大橋之北側與旗山溪匯流之後為高屏溪河段。

荖濃溪水系東側的分水嶺是秀姑巒山以南的中央山脈南段嶺脊，也是高屏和花東縣界，自北而南有尖山（3068m）、雲峰（3562m）、三叉山（3494m）、紅葉山（3600m）、關山埡口（隧道）、大關山（3220m）、關山（3666m）、小關山（3249m）、卑南主山（3293m）（以上山頭均在 3000m 以上），見晴山（2718m）、出雲山（2772m）、內本鹿山（2460m）、石穗頭山（2555m），到屏東縣東界的拜燉山（2297m）、王霸邊浦山（2407m）、大浦山（2377m）、巴尤泡、知本主山（2229m）、松山（2051m）、霧頭山（2735m）、茶埔岩山（2359m），北大武山（3090m）。

荖濃溪水系西側的分水嶺是玉山山脈的嶺脊，北起北玉山（3910m），玉山主峰、南玉山（3381m）、南面山（2826m）、五溪山（2056m）、新望嶺（2480m）、番子寮山（1207m）、廓亭山（1044m）、大貢占山（823m）、黍頂山（457m）、月眉山（295m）上，於南端的大龜山（133m）等高度快速下降（聯動，1990）。南橫公路（廓亭山附近）以南的玉山山脈南段，高度已在 1000 公尺以下，其地形作用已不能使西南季風帶來的水汽大部分下降於迎風坡的玉山山脈南段西側，唯其抬升氣流而成雲致雨作用，使荖濃溪支流的濁口溪、寶來溪等水系有較多的降水量。

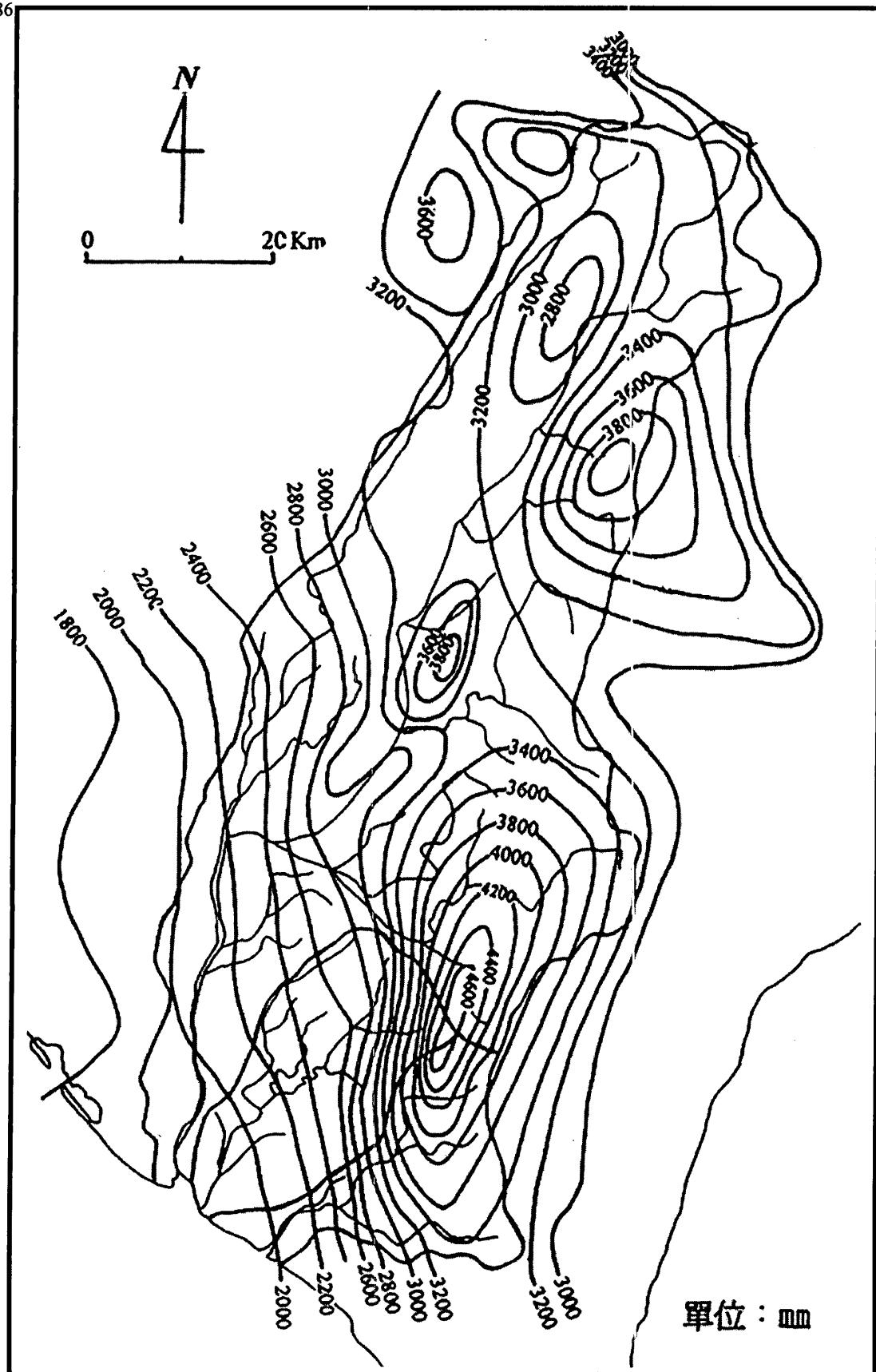
表 2：荖濃溪水系的水文特性

	主流長 Km	集水面積 Km ²	降水量 mm/yr	蒸發散量 mm/yr	年逕流量			比流量 CCMS/100Km ²	逕流係數 %
					水深	10 ⁸ m ³	M ³ /sec		
拉庫音溪	33	105	3278	484	2794	2.93	9.30	8.86	85
拉克斯溪	17	62	3556	602	2954	1.83	5.81	9.37	83
寶來溪	28	133	3194	698	2496	3.32	10.53	7.92	78
濁口溪	55	529	3279	717	2562	13.55	42.98	8.12	78
隘寮溪	69	829	3545	778	2767	22.94	72.74	8.77	78
荖濃溪全流域	130	2038	3103	750	2353	47.95	152.05	7.46	76

資料來源：林雪美等人，台灣地區重要河川水力蘊藏量研究報告，1992～94。

荖濃溪是高屏溪的最大支流，所以是高屏溪流域的主幹流，荖濃溪水系內，荖濃溪主流長約 130 公里，流域（集水）面積約 2038 平方公里，年平均降水量為 3103 公釐，年平均蒸發量約 750 公釐，所以年平均逕流量（即最大水資源量）以水深表示時為每年 2353 公釐，以水量表示約為每年 48 億噸，以流量表示約為 152 秒立方公尺。比流量可達每百平方公里 7.46 秒立方公尺 (CMS/100K m³)，大致與淡水河流域中的新店溪相同。

荖濃溪水系西側為玉山山脈的東坡，屬西南氣流的背風坡而少雨，年平均降水量多在 3000 公釐以下；水系東側為中央山脈南段的西坡，屬西南氣流的迎風坡而多雨，年平均降水量多在 3000 公釐以上，嶺脊附近可達 3500 公釐以上，北大武山附近更高達 4500 公釐以上，所以荖濃溪的主要支流多在東側，自北而南有拉庫音溪，拉克斯溪、寶來溪、濁口溪、隘寮溪等。支流中隘寮溪流域面積最大，主流最長，也提供荖濃溪將近一半的流量。（參看圖二. 等雨量線圖）



圖二 屏東平原三主要河川集水區年平均等雨量線圖(1949 年-1986 年)

經濟部水資會出版的台灣水文年報（每年一大本）中，荖濃溪上的流量資料有梅山、新發大橋、六龜三流量站資料如表 3。

表 3：荖濃溪梅山、新發大橋和六龜測站流量資料 單位：CMS

測站別	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	年平均	流量比 CMS/ 100Km ²
梅山 (391.70Km ²)	7.79	11.03	15.99	22.86	34.74	69.15	42.12	60.53	50.77	23.55	13.64	8.97	30.14	7.69
新發大橋 (812.03Km ²)	19.73	52.68	52.93	128.65	51.39	40.09	100.68	108.50	203.90	35.37	18.58	13.50	70.57	8.69
六龜 (853.00Km ²)	3.24	21.25	40.51	145.81	58.59	52.80	139.65	103.96	226.17	50.90	20.50	13.43	53.94	6.32

資料來源：經濟部水資會，台灣水文年報，1994。

通常河川流量自上游往下游，因流域（集水）面積漸增，流量隨之加大，台灣水文年報上的流量資料顯示新發大橋站的流量大於六龜測站，係因其間有電廠，水利會，水廠的大量引水所致，其引水量應大於 16CMS。

(三) 旗山溪水系—第二大支流

旗山溪舊名楠梓仙溪，發源於玉山主峰的西南坡，標高約 2700 公尺處。旗山溪水系位在玉山主峰 (3952m)、前山 (3236m)、塔塔加鞍部、鹿林山、石山 (2711m)、東水山 (2609m) 等一線 (南投縣與嘉義縣界) 以南。主流初沿嘉義縣和高雄縣界向西南南流，後沿高雄縣西側經民生、民權、民族 (三民)、紅花子、五里埔、甲仙、杉林，於廣福、半廓子附近東納美濃溪，並於里港附近與東來的荖濃溪匯流。

旗山溪主流東側為玉山山脈的西坡，分水嶺的主要山頭自北而南有玉山主峰、南玉山 (3381m)，南面山 (2826m)、五溪山 (2056m)、新望嶺 (2480m)、飭山 (2276m)，番子寮山 (1207m)、廊亭山 (1044m)、大貢占山 (823m)、忝頂山 (457m) 等，以美濃溪為主要支流。旗山溪主流西側為阿里山山脈的東坡，分水嶺上的主要山頂自北而南有東水山 (2609m)、北霞山 (2470m)、霞山 (2399m)、雞子山 (2396m)、yHyH 山 (2390m)、玉打山 (1270m)、河表湖山 (1184m)、西阿里關山 (972m)、圓山 (851m)、鹿鳴山 (783m)、牛湖山 (798m)、大竹崙 (589m)、龍山 (384m)、高尾山 (264m) 等，(聯勤，1990) 大致上台南縣和高雄縣界的阿里山山脈南段 (雙連堀、西阿里關山等以南) 山頭低於標高 1000 公尺，又稱為大烏山 (北)、內烏山 (南)。其高度已無法阻擋西南氣流所帶來的部分水汽下降於迎風坡。旗山溪除嘉義縣和高雄縣界的源流區以外，支流大部分來自東側的玉山山脈西坡。此現象應與西南氣流、迎風坡、地形雨等有密切關係。

旗山溪水系的水文特徵為主流長約 118 公里，集水面積約為 842 平方公里，約為荖濃溪流域面積的五分之二，大部分在高雄縣境內，流域年平均降水量為 2376 公釐，年平均蒸發量為 811 公釐，因此旗山溪的年平均逕流量為水深 1565 公釐、水量約 13 億噸 (m^3/yr)，流量為 41.78 秒立方公尺，約為荖濃溪流量的七分之二，比流量 $4.96 \text{ CMS}/100\text{ Km}^2$ ，比淡水河流域的支流大漢溪流域略佳 (僅 $3.51 \text{ CMS}/100\text{ Km}^2$)。

美濃溪為旗山溪最大支流，其特徵為主流長約 28 公里，流域面積約 117 平方公里，流域年平均降水量為 2612 公釐，年平均蒸發數量為 794 公釐，所以美濃溪年平均逕流量為水深 1818 公釐、水量約 $2.13 \times 10^8 \text{m}^3/\text{yr}$ ，流量為 6.74 秒立方公尺，比流量為 5.76CMS/100Km，比旗山溪全流域為高（石、林等，1994）。

表 4：旗山溪杉林大橋 (519.49Km^2) 的流量資料

	一	二	三	四	五	六	七	八	九	—	十一	十二	年平均	流量比 CMS/ 100Km ²
月平均	3.22	4.68	5.50	29.56	21.60	80.26	75.54	116.77	104.54	24.15	7.98	4.75	39.96	7.69
月最大	4.85	17.52	17.88	73.66	44.94	171.72	136.15	201.48	213.63	31.71	9.44	5.82	57.11	10.99
月最小	1.68	1.47	1.19	1.86	8.20	36.17	11.36	57.76	30.09	19.95	6.74	3.62	28.12	5.41

資料來源：經濟部水資會，台灣水文年報，台北，1994。

表 4 顯示六～九月的月平均流量均在 75CMS 以上，此時正是梅雨（六月）西南氣流（七月、八月）和颱風的季節。200CMS 以上的月最大流量（八、九月）應與颱風過境有密切關係。而十一～三月的五個月平均流量少於 10CMS 的乾季，各種用水不足的情形值得重視。

（四）高屏溪河段

高屏溪河段大致自屏東縣里港和高雄縣嶺口間的里嶺大橋起，沿屏東平原西側向南流至河口的台灣海峽止長度約僅 38 公里，為高屏溪流域的下游，匯集屏東平原北部地面上、下的水源。河床標高在里嶺大橋約為 30 公尺，至河口為零公尺，坡降約為 0.79（千分之零點七九）。

三、屏東平原的水資源

高屏溪流域與屏東平原有密切關係，因而有「屏東平原是由高屏溪本支流沖積而成」的誤解。實際上，屏東平原有台灣南部三條主要河川—高屏溪、東濱溪和林邊溪分居北、中、南，其中林邊溪水系和高屏溪支流荖濃溪水系，是屏東平原沖積地層的主要搬運功臣。

（一）屏東平原的小地形

屏東平原東起於中央山脈南段西坡的潮州斷層，北自大津（荖濃溪與濁口溪匯流處）大龜山（玉山山脈南端）、美濃、旗山，西止於高屏溪和旗山溪，南迄台灣海峽，面積約 1100 平方公里。潮州斷層崖下多沖積扇，較大的沖積扇自北而南有荖濃溪扇、隘寮溪扇、林邊溪扇、力里溪扇等，由於各種沖積扇均向西南或西開展，有推擠高屏溪主流不斷西移的情形。（參看圖三. 沖積扇分布圖）

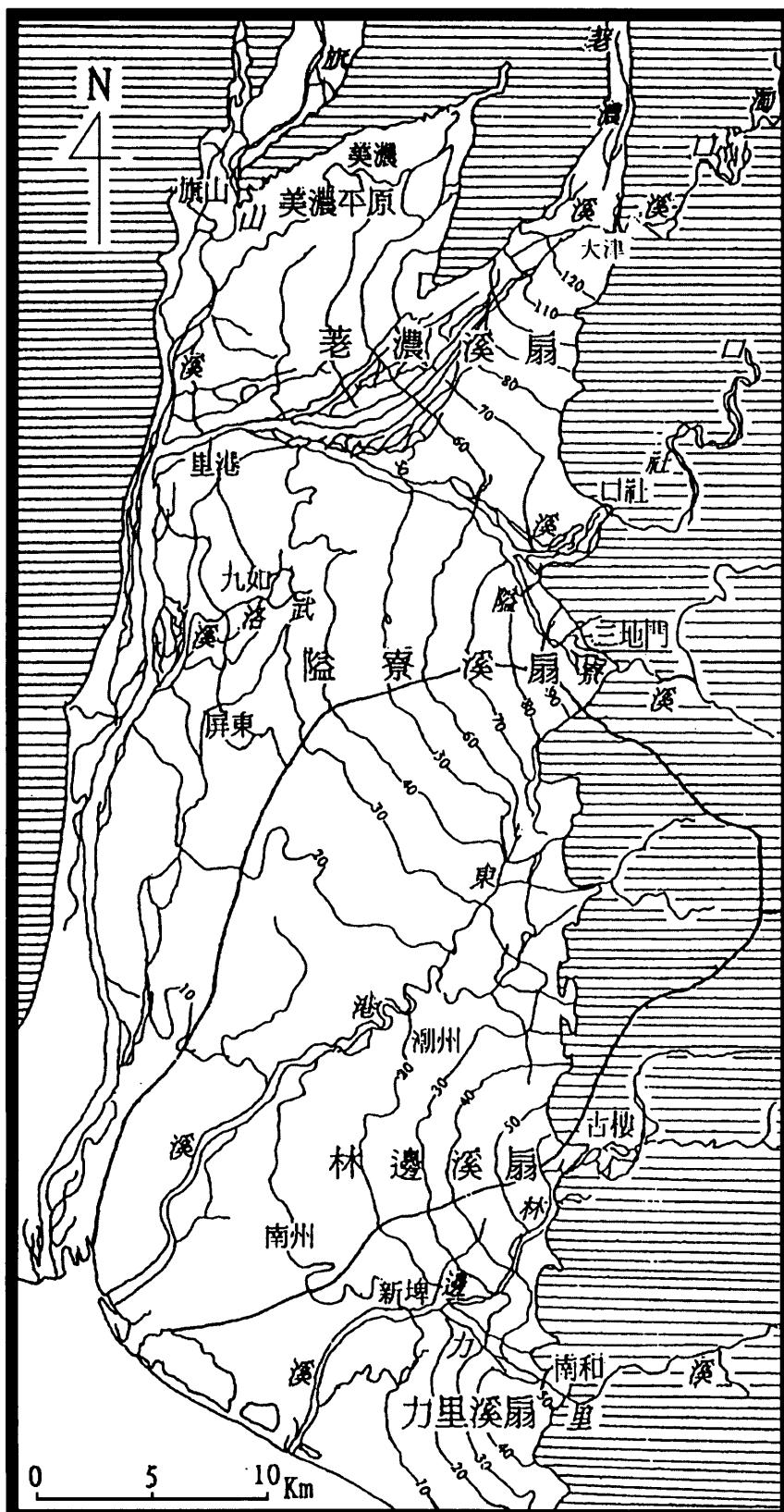
荖濃溪扇：荖濃溪與濁口溪於大津附近匯流後，以大津附近為扇頂，在潮州斷層以西，隘寮溪以北，美濃平原之南形成荖濃溪沖積扇，扇頂標高約 130 公尺，扇端到達里港、九如，其標高僅 30 餘公尺，扇面向西南開展，延伸約 22 公里，坡降為 4.55%。

隘寮溪扇：隘寮溪流出中央山脈，亦在潮州斷層之西形成隘寮溪沖積扇，扇頂在三地門橋附近、標高約 110 公尺，扇面向西開屏，長度約 21 公里，扇端到達高屏溪東岸，地面標高約 20 公尺，扇面坡降約 4.09%。隘寮溪發源於屏東縣霧台鄉台灣南部的多雨(4500mm 以上)中心，源流眾多，泥砂量大，形成屏東平原上最大的沖積扇，隘寮溪在沖積扇上的分流，只有屏東市北部的番子寮溪流往高屏溪，其餘各分流向南匯集於東港溪，所以隘寮溪是東港溪的源流。日治時期昭和十三年（1938）完成隘寮溪南岸堤防，導引隘寮溪向西北流，更有鹽埔堤防，里港堤防，切斷隘寮溪南側分流，使主流沿堤防北側流注荖濃溪。所以今日的隘寮溪是荖濃溪的支流，而東港溪則改以萬里溪為源流。隘寮溪雖然屬於高屏溪流域，但隘寮溪沖積扇南半在地形分水嶺（地表面最高點的連線）上，卻屬於東港溪流域，如麟洛、萬丹以南的地下水流出地面，部分成為東港溪西北側支流的源流。

美濃平原：指玉山山脈南端以西，荖濃溪扇之北，美濃、旗山以南，美濃溪流貫其上的小平原，地勢大致為東北部的地面標高約 60 餘公尺，向西南遞減到旗山溪附近約為 30 餘公尺，坡降約為 2.50%。

林邊溪扇：潮州斷層以西，東港溪以南，林邊溪主流以北為林邊溪沖積扇，以古樓（來義）附近為扇頂，地面標高約 100 公尺，扇面向西開展，經潮州、新埤等縱貫公路到崁頂、南州之西的東港溪東岸，地面標高已在 10 公尺以下，扇面長約 16 公里，坡降約 5.63%。林邊溪扇在地形分水嶺為界時，約有三分之二的面積屬於東港溪流域，包括萬隆農場、南州以北，其地下水流出區亦成東港溪東南側支流的源頭。

力里溪扇：力里溪（林邊溪支流）—林邊溪以南，潮州斷層以西為力里溪沖積扇，屬於林邊溪流域，以南和附近為扇頂，地面標高約 80 公尺，扇面向西南西開展，扇端西北側為林邊溪主流，西南側為台灣海峽，扇面延長約 11 公里，坡降約為 7.27%。沿海地區如塭子、頂寮、番子寮等地，原為潟湖，所以地勢低窪，地面標高幾近於零公尺。1980 年代為台灣地盤下陷最嚴重地區，總下陷量超過 2 公尺（張智欽，1986）。



圖三. 屏東平原主要沖積扇分布圖

(二) 得水河川的東港溪和失水河川的林邊溪

潮州和新埤兩側站在水文上有別，潮州站代表東港溪的得水河川(gaining stream)或滲出流(effluent seepage)，全年有隘寮溪扇和林邊溪扇的地下水水流注東港溪。新埤站代表林邊溪的失水河川(losing stream)或滲入流(influent seepage)，全年林邊溪及支流力里溪的河水滲漏(入滲)到林邊溪扇和力里溪扇，成為地下水。所以潮州站流域面積小(175.30Km^2)，年平均流量也少(16.99CMS)，但冬半年(11月至翌年4月)乾季的流量卻比流域面積大(309.86Km^2)，年平均流量也大(23.92CMS)的新埤站維持較高的流量。得水河川的東港，流量的穩定少變化，由此可見一斑(楊萬全，1993)，其河水使用率亦較高，亦為港西抽水站每日抽水70萬噸(8.10CMS)以上，供應高雄地區用水的主因。

表 5：東港溪潮州站和林邊溪新埤站的流量資料 單位：CMS

		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	年平均	流量比 CMS/ 100Km^2
潮州 站 (175.30Km^2)	月平均	4.30	3.64	3.10	2.88	6.70	31.79	35.36	46.54	37.87	17.68	8.23	5.46	16.99	9.69
	月最大	6.69	5.44	4.91	6.07	22.14	97.47	105.58	102.13	131.22	45.15	13.44	7.76	31.64	18.05
	月最小	2.55	1.98	1.88	1.41	1.30	0.79	1.75	4.96	9.78	5.68	4.09	3.25	3.80	2.17
新埤 站 (309.86Km^2)	月平均	1.03	0.59	0.38	0.30	7.20	49.48	59.10	75.42	64.95	21.05	4.35	1.89	23.92	7.72
	月最大	2.14	1.59	1.09	1.51	60.99	176.25	153.66	208.98	172.23	93.92	22.01	4.27	45.46	14.67
	月最小	0.20	0.12	0.03	0.01	0.01	0.00	4.81	4.65	6.27	2.72	1.42	0.79	5.56	1.79

資料來源：經濟部水資會，台灣水文年報，台北，1994。

(三) 調節性水資源及其估算問題

高屏地區(包括高雄縣市和屏東縣)人口已超過350萬人，約占台灣地區人口的17%(1993年底)。由於工商業發展，生活用水殷切希望有穩定而良質的水資源供應。目前境內雖然有燕巢的阿公店水庫($6.46 \times 10^6\text{m}^3$)、鳥松鄉的澄清湖水庫($2.30 \times 10^6\text{m}^3$)、林園鄉的鳳山水庫($8.50 \times 10^6\text{m}^3$)、恒春鎮的龍鑾潭水庫($3.42 \times 10^6\text{m}^3$)和牡丹水庫($25.70 \times 10^6\text{m}^3$)等小水庫，其用水需求能勉強支持係因屏東平原有豐富的地下水可供應之故，但依靠大量地下水資源開發供應絕非長久之計。美濃水庫(較佳)或瑪家水庫(負面影響大)未興建之前，屏東平原的地下水對高屏地區的各種用水之供應，仍扮演重要角色，所以對屏東平原的地下水概況有略知一二之必要。

台灣省建設廳地下水工程處(已於1976年6月撤銷)於1960年5月~1961年4月做屏東平原地下水源勘查並完成報告(1961)，此報告迄今仍為屏東平原地下水最完整的調查報告，其內容重點如下(省建設廳地下水工程處，1961)：

屏東平原面積：1210平方公里(平均寬約22Km，長約55Km)

平原年平均雨量：2200公釐(包括高屏溪、東港溪、林邊溪三水系時為3,310公釐)

未固結地層厚度>150公尺

水井出水量^{註1}

1. 平原東側(扇頂)：約 700GPM 或約 160CMH(m^3/hr)，0.00442CMS
(潮州斷層附近)(原文為 2.65CMS)
2. 平原中部：1,100~1,300GPM 或約 250~300CMH
0.0694~0.0820CMS (原文為 4.02~4.16CMS)
3. 平原西側的高屏溪沿岸：800GPM 或約 180CMH，0.0505CMS
(原文為 3.03CMS)

地下水位：
 1. 扇頂在地面下約 10~30 公尺
 2. 扇央在地面下，0.3~2.5 公尺
 3. 扇端會自噴

導水係數(T 值)：0.05~17.98 m^2/min (筆者註：不應超過 10 m^2/min)

儲水係數(S 值)： $2.1 \times 10^{-1} \sim 6.50 \times 10^{-8}$

地下水質：含鐵濃度大於 2ppm

安全出水量： $6.77 \times 10^8 m^3/\text{年}$ (以年入滲量的 75% 計算)

地下水開發量： $355 \times 10^8 m^3/\text{年}$

地下水可開發量： $3.22 \times 10^8 m^3/\text{年}$

本報告中待檢討的是「安全出水量」的計算方式為：

$P - ET - RO = RO$ (1)

$RO \times 0.75 = \text{安全出水量(safe yield)}$ (2)

安全出水量計算為水平衡問題，當時水平衡不發達，而有錯誤，但目前水利界抱此觀念者仍大有人在。

因為每一次降雨的水平衡：

$$P = I + ET + G \rightarrow RO_d \quad (\text{地面吸收不了而流出 } RO_d)$$

雨後至下次降雨之前的水平衡：

則因： $I \Rightarrow 0$ (全部蒸發)

$$G \Rightarrow 0 \quad (\text{蒸發、滲透} \rightarrow \text{蒸散，地面下流出} , RO_g)$$

所以： $P = ET + RO \rightarrow RO$

全年多次降雨累加

$$P = ET + RO, RO = RO_d + RO_g$$

換言之： $\text{Inflow} - \text{Outflow} = \Delta S / \Delta t$

年平均的長期水平衡時 $\Delta S / \Delta t \rightarrow 0$

所以 $\text{Inflow}(P) = \text{Outflow}(ET + RO)$

式中：

P ：降水量 (mm)

I ：截留量 (mm)

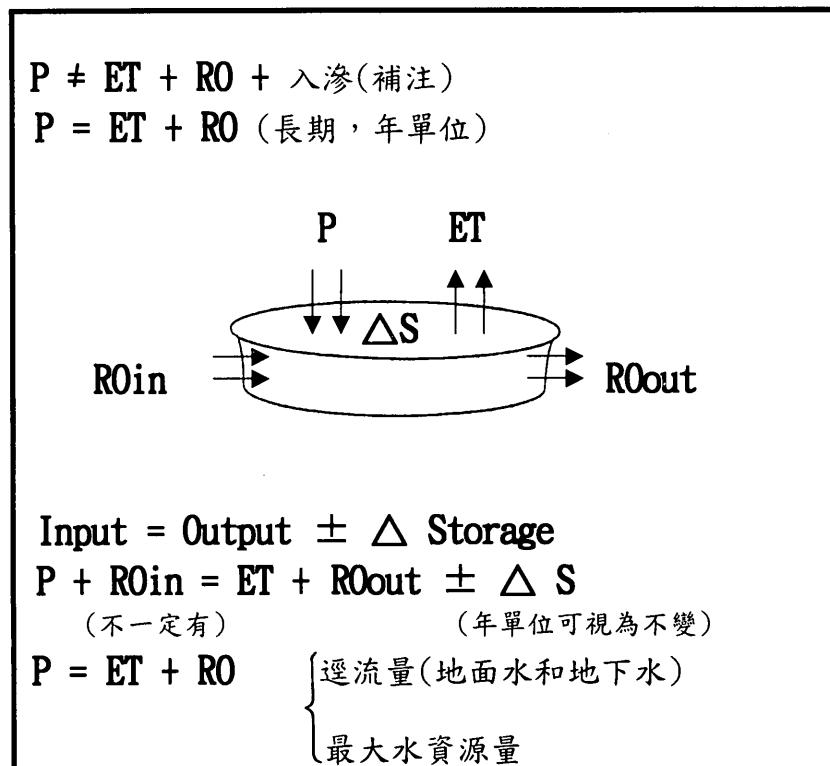
^{註1} 原文的 CMS 單位應為換算錯誤，故以 GPM(gallon per minute) 為準，換算成 CMH 和 CMS

ET：蒸發數量 (mm)

G：到達地面水量 (mm)

RO：總逕流量 (mm)，包括地面上和地面下的流出量，即 $\langle D_0 \rangle$

概言之，每一次降雨當時，計算用的水平衡要素是降水量 (P) 等於截留量 (I, 未到達地面水量)，蒸發量 (E) 和到達地面的水量 (G)；到達地面的雨水部分因蒸發散而消失於大氣中；部分被地面吸收入滲 (infiltration) 地面下；地面吸收不了的水 (過剩水量) 成為地面逕流 (R_{od}) 流出。而在雨後到下一次降雨之前，截留量百分之百蒸發掉，地面吸收入滲的水份則有蒸發散、中間流 (through flow) 和下滲 (percolation)，最後變成地面下逕流 (R_{og}) 流注河湖，併入總逕流量 (RO)，少部分直流入海，所以到達地面的水份也自地面百分之百的消失。因此每一次降雨至下一次降雨之前的水份移動合併計算時，水平衡式成為 P=ET+RO，全年多次降雨做累加的水平衡計算時，其水平衡式非常簡單，只有 P=ET+RO，絕對不是「屏東平原地下水源勘查報告」中的水平衡式 P=ET+RO+地下水補注量。(參看圖四. 水平衡概念圖)



圖四 水平衡概念圖

地下水補注量指的是到達地面的雨水被地面吸收入滲成為土壤水、地下水的部份，以及在地面上的河川、渠道、湖泊、池塘、灌溉水、放流水等，經地面吸收入滲的水量，通常也將其視為天然補注水量，因為並沒有以人工方式促使其入滲地面下，這些天然補注水量的最後歸宿，均以地面下逕流 (subsurface run off, R_{og}) 流出，成為不下雨時的河川基流 (base flow)，也使湖泊不會乾枯。而那些地面吸收不了的過剩水量，以漫地流 (over land flow)、紋溝 (rills) 雨溝 (gullies) 水流到河溪逕流 (surface run off, R_{od}) 為雨後河川流量快速增加的直接逕流 (quick flow or direct run off)。通常也把河道和地面水量

滲透條件較好的地區視為地下水天然補注區，多為礫石或粗砂地層，其分布地區多在各沖積扇的扇頂和扇央以及流出山地、丘陵地進入平原的河道、渠道及其兩側的地帶。並非普遍的山麓地區都是地下水天然補注區，尤其是眾多逆斷層分布的台灣島，經常是山麓的斷層線成為地下水流截流牆，例如高屏地區東側秀姑巒山（3805m）以南的中央山脈南段西坡，地面河水向西流，匯集於高屏溪、東港溪、林邊溪，並注入屏東平原，但是地面下的水流（地下水）並沒有如同水利局官員所認為的，流經山麓的潮州斷層進入屏東平原，而是中央山脈南段西側到土壠灣和潮州逆斷層間坡面的地表水、地下水，經由林邊溪、東港溪，和高屏溪支流荖濃溪諸水系匯集之後，於流出土壠灣和潮州斷層時，在各河道中；以及荖濃溪扇、隘寮溪扇、林邊溪扇、力里溪扇等的扇頂、扇央，地面上各種水的滲透補注成為屏東平原的地下水源。屏東平原的地下水流出區（discharge area）則在高屏溪河段、東港溪和台灣海峽，以及各種水井的龐大抽水量。

在地下水流出區的河段抽取河水利用，如在港西（東港溪）、林園、昭明、會結、翁公園、九曲堂，竹仔寮等地設抽水站抽水利用是正確的用水措施，但有學者和官員主張在地下水流出區的高屏溪河段，興建九座低堰，藉以提高河水位，使其成為地下水補注區，那是天方夜譚，因為地下水流出區，儘管河道透水性極佳，河水是滲透不下去的，所以是浪費公款的措施。

經濟部水資會（1996年12月12日改為水資源局），於1988年做屏東平原的地下水調查，配合抽水試驗（地層係數調查），地下水流動量計算，抽水量普查，以及河川流量觀測等。結論為每年的地下水天然補注量約為11億立方公尺（噸），地下水抽水量約為21億立方公尺（1988），年超抽地下水量約10億噸（經濟部水資會，1994）。

此處必須說明的是（一）地下水天然補注量如何認定？（二）其與永續性出水量（安全出水量）的關係如何等。地下水天然補注量應當指一地區的雨水、湖水、河水、灌溉水、放流水等，在該地區地面天然條件下滲透（入滲，infiltration），滲漏（leakage）、滲流（Seepage）等成為地下水的量，主要來自線狀的河道、渠道，和點狀的湖泊、池塘等水體的滲漏或滲流，也來自面狀而普遍的雨水，大範圍灌溉水等：其水量的計算和認定，就要掌握各種來源的地下水，分項做區域水平衡計算，其架構式如下：

$$\text{流入量 (Inflow)} - \text{流出量 (Outflow)} = \text{貯量變化 (Change in Storage, } \Delta S)$$

流入量可能為雨水、灌溉水、河湖水、放流水、地下水逕流等；流出量為蒸發數量，河水引用及流出，地下水抽用及流出；貯量變化要計算地面上和地面下的所有水量變化。這些量的計算說來容易，但台灣地區都沒有長期的完整資料，幾乎不能算。勉強可以算的只有台北盆地地下水域（Taipei Groundwater Basin）因台北地區1960年代起的嚴重地盤下陷，經濟部列管地下水位變化，水準點檢測、地下水抽水量等資料，配合筆者對地下水研究的愛好，做了水文地質資料的分析整理及補充調查，另有水資會、中興顧問工程公司等的大漢溪、新店溪流量觀測資料，藉以估算出較為可靠的數據為：

地下水蘊藏量：約 85 億 m^3 (由飽和含水層體積 $282 \times 10^8 m^3 \times 30\%$ 含水率計算)

地下水補注量：受壓水約 1.23 億 m^3/yr ，自由水和反覆利用率約 0.8 億 m^3/yr 。

永續性出水量：採用 Hill method (簡單回歸方程式) 為 1.94 億 m^3/yr ，

(相關係數 $r=0.96$)

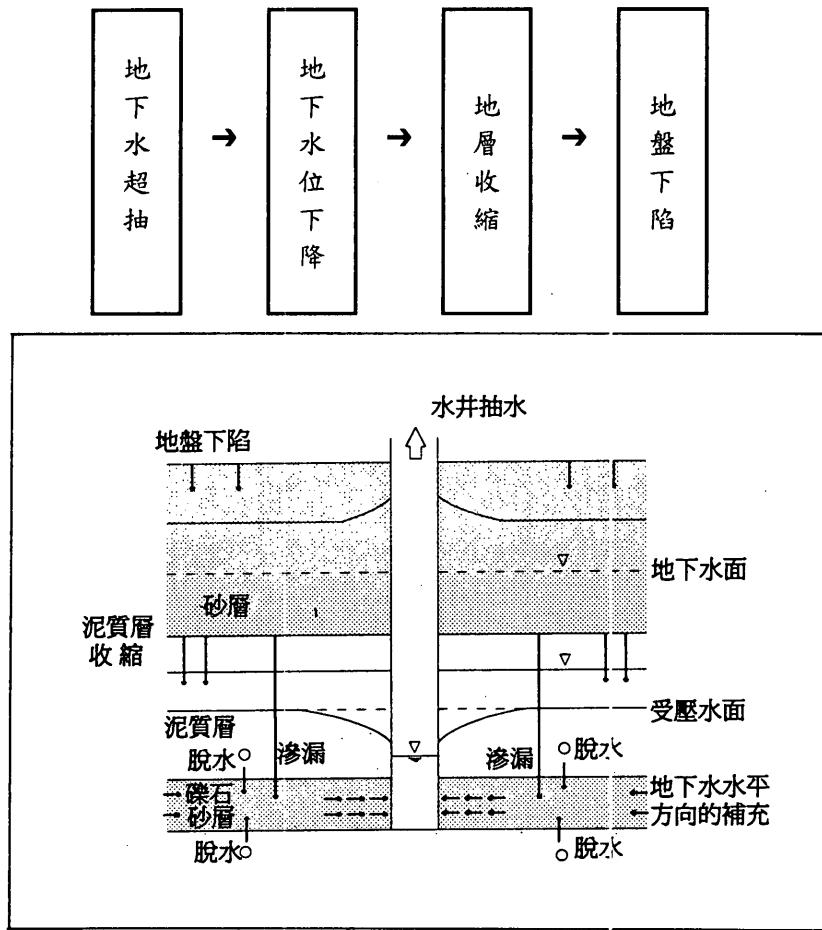
可資印証的是台北盆地地下水域的總地下水抽取量少於每年 2 億噸 (約為平均抽水量 $2mm/day$) 時，不會有地下水位下降，而且地盤下陷大為緩和的情形。世界各地地盤下陷嚴重地區的地下水開發量也多大於地下水域平均 $2mm/day$ (楊萬全, 1983)。台灣地區除了台北盆地地下水域以外，均無沾得上邊的任何資料可以計算。長期以來，不受重視，導致資料缺乏由此可見。筆者認為屏東平原地下水補注量的估算至少要高屏溪及其支流荖濃溪水系，東港溪水系林邊溪及其支流力里溪水系等主要河川的水平衡資料，詳細的灌溉水資料、地下水的地層係數、流網圖、地下水位和抽水量年變化等資料，才會有合理的計算值。

(四) 地盤下陷和海水入侵問題

屏東平原另一重要現象是地盤下陷和海水入侵的問題。屏東平原的沿海地區曾經地盤下陷相當嚴重，下陷量也超過 2 公尺，該地區原本是地勢低窪的潟湖區，林邊溪以西尚有大鵬灣；林邊溪以東在 1960 年代以前多已填平種稻，以後養殖業興起，其利潤高，地主想盡辦法變更地目為魚塭，魚塭養殖的順利與否，養殖技術與良質水源的供應同等重要，如良質水源依賴水質、水溫穩定的地下水，所以一魚塭一水井或是—魚溫二水井的情形非常普遍，沿海地區原本地層軟弱 (無礫石，多砂土層)，在魚塭高密度大量抽取地下水的情況下，造成嚴重地層壓密收縮下陷的情形，引起各界重視，在媒體、雜誌上也多報導，如「因地盤下陷嚴重而有房屋一半下陷在地面下的情形」之說，縣長、官員、百姓同聲譴責。屏東沿海地盤下陷嚴重是事實。但房屋一半下陷在地面上是地盤下陷以外的原因，確實情形是因排水不良 (原本地勢低窪) 淹水不退，大官來，不能到現場巡視就設法填高路面 $1\sim1.5$ 公尺使座車順利通行。結果看到的是一樓有一半在路面上。台北盆地地盤下陷曾比屏東沿海嚴重，但台北不曾出現類似景觀。地盤下陷的機制應為：含水層中的地下水被大量抽出之後，地下水位下降，顯示含水層中水所承受的壓力減少，此為含水層中應力的改變，使其上下地層中保持較高壓力的水份脫水 (squeeze) 流入含水層中，補充被抽出的水份，均衡上下地層間的水壓差，當其上下地層脫水流出時，該地層的厚度減少，呈現出地面普遍下降，不可能只有房屋的地基下降。(參看圖五. 地盤下陷機制概念圖)

海水入侵與地盤下陷經常相提並論，台灣各界對海水入侵也有不同的解釋，有人認為強風大浪引起海水進入陸地或越過砂丘海堤進入陸地，以及因地下水位下降，由水壓差引起的海水滲透進入地層的情形均視為海水入侵。但水利界的人認為，海水經由地面上流入，無論其越過砂丘或海堤均為海水倒灌；經由養殖業者抽取海水或含高鹽分地下水進入魚塭，於魚塭中或放流時滲透到地面上，使土壤鹽化、地下水鹽化為海水污染；因地下水位下降的水壓差引起海水直接滲透進入沿海地區的地層中，換言之，係經由地面下流入陸地者為海水入侵。因國人不分，出現問題一籠框。而屏東沿海地區在海堤邊，井深僅 10 餘公尺，10 餘口水井集中的抽取地下水，以降低地下水位，可使海水滲透進入地層中，所以抽出來的地下水電導度在 $25,000$ 到 $35,000\mu S/cm$ 的是為海水入侵，台灣島其他地區只有海水倒灌、海水污染，沒有真正的海水入侵，台北盆地的五股、蘆洲、社子島和北港溪、牛桃灣溪一帶有地下

殘留鹽分，於地下水開發時稀釋溶出的情形，都不是海水入侵，只是海水污染。



圖五 地盤下陷機制概念圖

四、水污染問題

台灣北部的淡水河流域，因人口、工廠等密度大，必須引進大量生活、工業等用水，而利用過的水排放成為家庭污水、工業廢水，使淡水河流域污染嚴重。屏東平原上的主要河川，人口密度不高，工廠少，但畜牧業發達，其排放之污水應為其主要污染源。因水質資料中檢驗項目有限，能說明水污染情形者不多。表 6 屏東平原三主要河川的水質資料中，電導度和氯鹽與海水污染有關；氯氮和生化需氧量與家庭污水、畜牧污水的污染有關。通常電導度大於 $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，氯鹽超過 350mg/l 時，可能與海水污染有關；氯氮超過 1mg/l ，生化需氧量超過 5mg/l ，則與畜牧污水、家庭污水的污染有關。屏東平原三主要河川的污染概況如下：

表 6：屏東平原三主要河川水質資料 (1992)

溪別	取樣地點	電導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		氯鹽 (mg/ℓ)		氨氮 (mg/ℓ)		生化需氧量 (mg/ℓ)	
		高值/月份	低值/月份	高值/月份	低值/月份	高值/月份	低值/月份	高值/月份	低值/月份
高屏溪	嶺口	500-600	350-400	16-30	4-8	>1	0.1-0.2	5-13	1.5-3.0
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		11.12.1.2	3.5.6.9	11.2.3	5.9.10	1.2.4.11	6.8.9	1.2.4.6.11	3.5.7.10
	高屏大橋	500-600	350-400	18-67	6-8	>1	0.1-0.2	5-10	1.5-3.0
		-----11.12.1.2	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	雙園大橋	3.5.8.9	12.1.2	5.7.8.9	1.2.4	7.8.9.10	1.4.12	5.6.7.8.9.10	5.7.9.10
		6,000-11,000	350-500	1,000-3,7000	4-13	>1	0.1-0.2	5-10	1.5-3.0
東港溪	潮州大橋	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		11.12.1.2	5.7.9	11.12.1.2.4	7.8.9	1.2.4.12	7.10	1.2	5.7.9.10
		400-440	<250	20-31	6-10	>1	<1	>5	<250
	東港大橋	1.3.4.5.10.11	7	2.3.4.5	7.10	1.2.3.4.5.61. 11.12	7.8.9.10	6	7
		3,000-5,400	<250	1,000-1,6000	<500	>1(4-6)	<1	5-10	<3
		2.3.4.10.11.12	7	1.2.3.4.11.12	5.6.7	1.2.3.4.5.6 8.9.10.11.12	7	4.5.6.12	7.10
林邊溪	新埤橋	>500	<400	15-45	5-10	<0.5	<0.1	<1.5	<1.0
		-----	-----	2.3.4.5.6	9.10.11.12.1	-----	-----	-----	-----
	林邊大橋	5,000-20,000	<500	2,000-6,5000	<500	>1	<0.1	3-4.5	<1.0
		2.3.4.5.6.12	9	3.4.5.8.12	9.10	4	-----	4.5.6	7

資料來源：經濟水資會，河川水質檢驗成果表整理製成，台灣水文年報，PP. 330~333，1994。

高屏溪：分別在嶺口（里嶺大橋）、高屏大橋和雙園大橋三地點取水樣分析，嶺口位居荖濃溪與旗山溪匯流點附近，距河口約 38 公里；高屏大橋在九曲堂附近，距河口約 23 公里；雙園大橋距河口不足 3 (2.6) 公里。其污染情形為： 嶺口和高屏大橋的電導度和氯鹽濃度均低，無污染跡象，但雙園大橋在乾季時電導度超過 $10,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以上(1 月份)， $6000 \sim 10,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 之間的月份有 2、11、12 月；而氯鹽在 $1,000 \sim 3,700 \text{mg}/\ell$ 之間的有 1、2、4、11、12 月；其受感潮影響，海水污染情形嚴重。氨氮濃度大於 $1\text{mg}/\ell$ 亦出現於乾季的 1、2、4、11、12 月；生化需氧量大於 $5\text{mg}/\text{l}$ 亦出現於乾季的 1、2、4、11、12 月；而高屏溪河段三取樣地點均顯示家庭污水、畜牧污水的污染；夏半年的 5、6、7、8、9、10 月的氨氮濃度少於 $0.5\text{mg}/\ell$ ，生化需氧量少於 $3\text{mg}/\ell$ ，應為流量較大，河水稀釋的結果。

東港溪：水質分析取樣地點分別在較上游的潮州大橋和下游距河口約 3 公里的東港大橋兩地，潮州大橋附近的河水電導度和氯鹽濃度均屬正常未受海水影響；而氨氮濃度則 7~10 月以外均有污染，生化需氧量則 6 月份有明顯污染。東港大橋附近的河水大體上冬半年的電導度超過 $3000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，氯鹽濃度也大於 $1,000 \text{mg}/\ell$ ，所以有明顯的海水污染（應為潮汐感潮河段的關係）。但由氨氮濃度超過 $1\text{mg}/\ell$ 的月份在 8 個月以上，遠比高屏溪嚴重，生化需氧量亦顯示比高屏溪有更多的污染月份。

林邊溪：林邊溪和力里溪匯流點附近的新埤橋，和距河口約 1.5 公里的林邊大橋兩地取水樣分析。結果顯示新埤橋附近的水質與海水無關，電導度均小於 $500 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，氯鹽也低 $50 \text{mg}/\text{l}$ 支；亦不受家庭污水、畜牧污水所污染，氨氮低於 $0.5\text{mg}/\ell$ ，生化需氧量水於 $1.5\text{mg}/\ell$ 。

林邊大橋附近的水質明顯受海水所影響，河水電導度有半年超過 $5,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，氯鹽也有半年大於 $2,000\text{mg/l}$ ；而4月份的氯氮濃度以及4、5、6月的生化需氧量略高，並未受家庭污水或畜牧污水的污染。

以上屏東平原上的三主要河川的感潮河段並不清楚，各感潮河段在乾季時受漲潮時高鹽分水的流入情形明顯，應屬正常；唯高屏溪流域的高屏溪河段（里嶺大橋下游），和東港溪河水受畜牧污水、家庭污水所污染情形值得重視。報章雜誌常說淡水河流域的水污染有三分之二來自家庭污水，所以淡水河段有嚴重污染，屏東平原上的高屏溪和東港溪的水污染也有三分之二來自畜牧污水；而高屏溪流域在高屏溪河段；東港溪流域則自潮州以下已受污染。1993年淡水河系未受污染的長度尚有67%；但高屏溪水系未受污染的河段只有38.6%，而東港溪水系更少只有20.5%（經建會，1994）。

五、水資源經營

人口不斷增加和生活品質的改善，以及產業日益發達對水資源的需求也不斷增加，更因台灣南部地區降雨的季節性分配非常不平均，在用水者全年定量穩定供水的要求下，水資源根本不是取之不盡用之不竭的資源，供水者或支配水權者掌握一地區的總水量、其季節性分配情形及在能掌握的權限內經營方式等就顯得非常重要。

（一）平原上的水資源：

高屏溪水系給屏東平原北部帶來豐沛的水土資源，其中水資源係藉由荖濃溪水系和旗山水系匯集之；而土地資源則大部分藉由荖濃溪水系上主流荖濃溪，支流濁口溪和隘寮溪等，將中央山脈南段西坡的砂石土搬運下來，並堆積在平原上的結果；平原的南半部則係東港溪和林邊溪二主要河川帶來充沛水、土資源的結果，所以屏東平原的水資源受高屏溪水系，東港溪水系和林邊溪水系的影響，其最大水資源量($\text{RO}=\text{P}-\text{ET}$)可分別歸納如下：

表7：屏東平原三主要河川的最大水資源量

河流別		平均逕流量 (CMS)	年平均逕流總量 (10^8m^3)	流量分配
高屏溪 (251CMS= $79.2 \times 10^8 \text{m}^3/\text{yr}$)	旗山溪	41.8	13.2	6-9月 74.5%
	荖濃溪	152.1	48.0	5-10月 84.6%
	大津主流	±36.0	±11.0	
	濁口溪	43.0	13.6	
	隘寮溪	72.7	22.9	
	東港溪	23.7	7.5	6-9月 64.6%，5-10月 77.8%
林邊溪		27.8	8.8	6-9月 87.1%，5-10月 97.0%

概言之，高屏溪流域帶給屏東平原的年平均最大水資源為 79 億噸 (10^8m^3)，占平原總水資源量約 83%；東港溪和林邊溪分別為 7.5 億噸 (7.8%) 和 8.8 億噸 (9.2%)。唯高屏溪流量相當集中於 6~9 四個月，約占 74.5%，夏半年 (5~10 月) 則占 84.6%；林邊溪流量更集中，6~9 月僅占 87.1%，夏半年 (5~10 月) 占 97%。東港溪的流量較不集中，6~9 月僅占 64.6%，夏半年 (5~10 月) 占 77.8%，相當於全台灣地區的平均值，其原因係分別受到隘寮溪水在隘寮溪扇滲透（地下水天然補注區）和林邊溪水在林邊溪扇滲透多以東港溪為流出區的關係；換言之，東港溪水部分來自全年均勻流出的隘寮溪扇和林邊溪扇的地下水，促使東港溪水有較高的利用率。因平原上的河川流量相當集中，將 6~9 月份的河川流量充分貯存備用的設施，或將其設法灌入地面下增加地下水資源，供冬半年水資源不足時，抽取利用等的水資源經營方式就非常重要，否則最大水資源量在不考慮污染的情形下通常也只能利用其 15% 以內，即約每年 14 億噸以內。

通常人口分布於丘陵地的較少，利用各河川源流的乾淨水源，以山泉水或設立簡易自來水則可滿足用水需求，而平原上人口密集，產業發達，用水需求殷切，溪水多的雨季用水不會有問題，冬半年的乾季常不見河川水流，而有用水不足的情形，此時能應急解決用水問題的是平原內的地下水資源。

屏東平原的地下水資源主要來自荖濃溪沖積扇、隘寮溪沖積扇，以及林邊溪扇和力里溪扇，其滲透量未曾有任何機關單位做深入的調查研究，但以不超過 2mm/day 為準，概估永續性出水量，約為每年 8.8 億噸，雖然沒有水資會計算的每年 11 億噸，卻多於地下水工程處的 6.77 億，等於每日約 240 萬噸，至少可供應 600 萬人的生活用水，至於能否達成用水目的，就看供水單位如何去規劃利用。

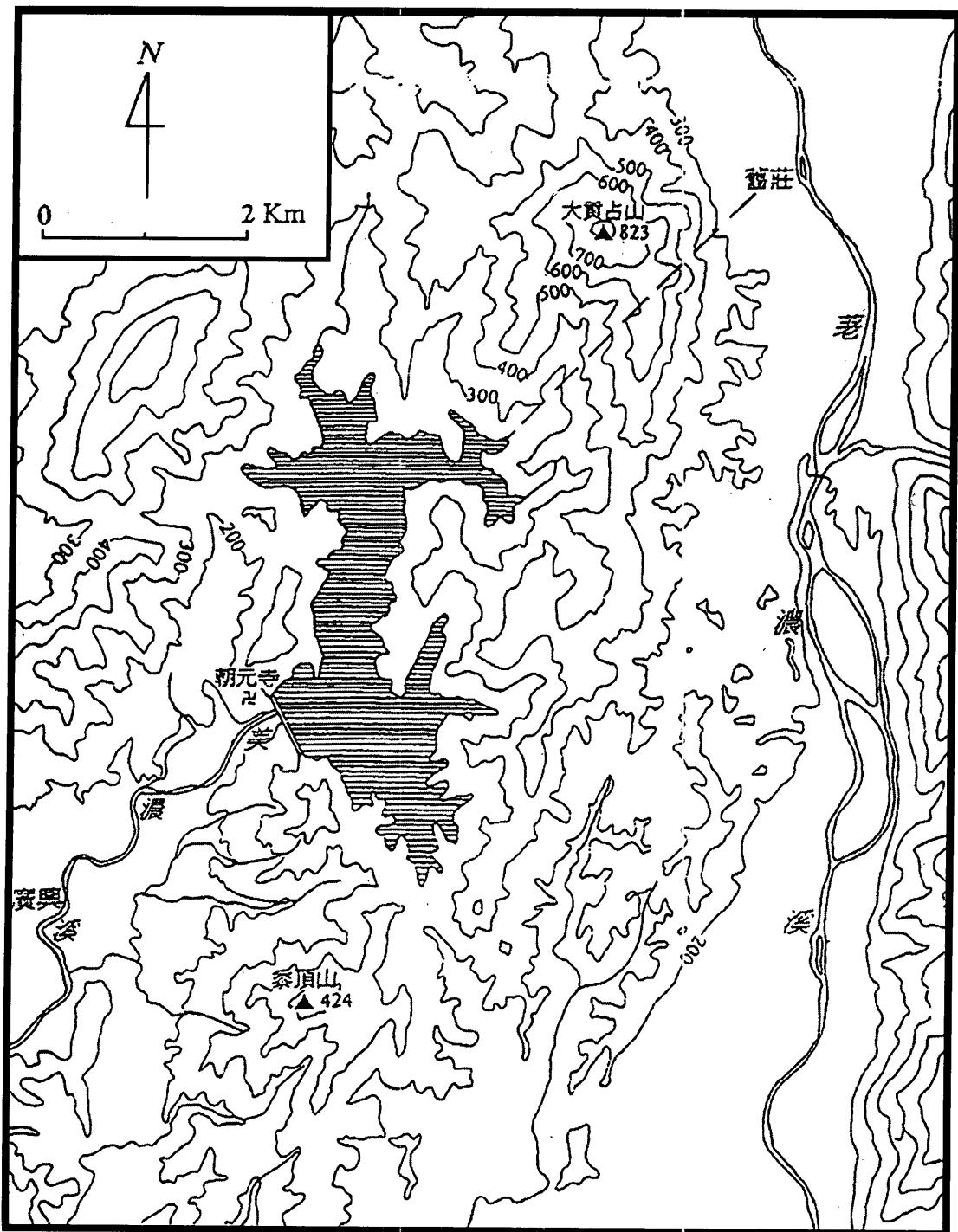
屏東平原的地下水除大量抽取之外以高屏溪河段和東港溪下游為主要流出區，因河床坡度大、感潮河段不長，海岸線短，而且整個屏東平原的大部分未固結地層為礫石、粗砂，透水性良好，厚度大於 150 公尺，可視為良好地下水庫，唯高屏溪和東港溪水均受畜牧污水所污染，沿海及三主要河川下游河道兩旁魚塭也引進海水養殖，其高鹽分水的大量滲透，使土壤鹽化、地下水鹽化及沿海淺層 (10 餘公尺) 海水入侵等環境災害，因養殖業發達而日益嚴重，值得各界重視。就地下水資源的量而言，屏東平原的地下水量在台灣地區僅次於濁水溪沖積平原 (約每年 14~15 億噸)，居第二位，是不可忽視的資源，長期乾旱時，沒有大型水庫的屏東平原上作物成長能少受影響，係此豐沛地下水資源的結果，但因地下水流動速度太慢，補充不易，不宜長期大量開發。

(二) 水資源的供應範圍及開發規劃情形

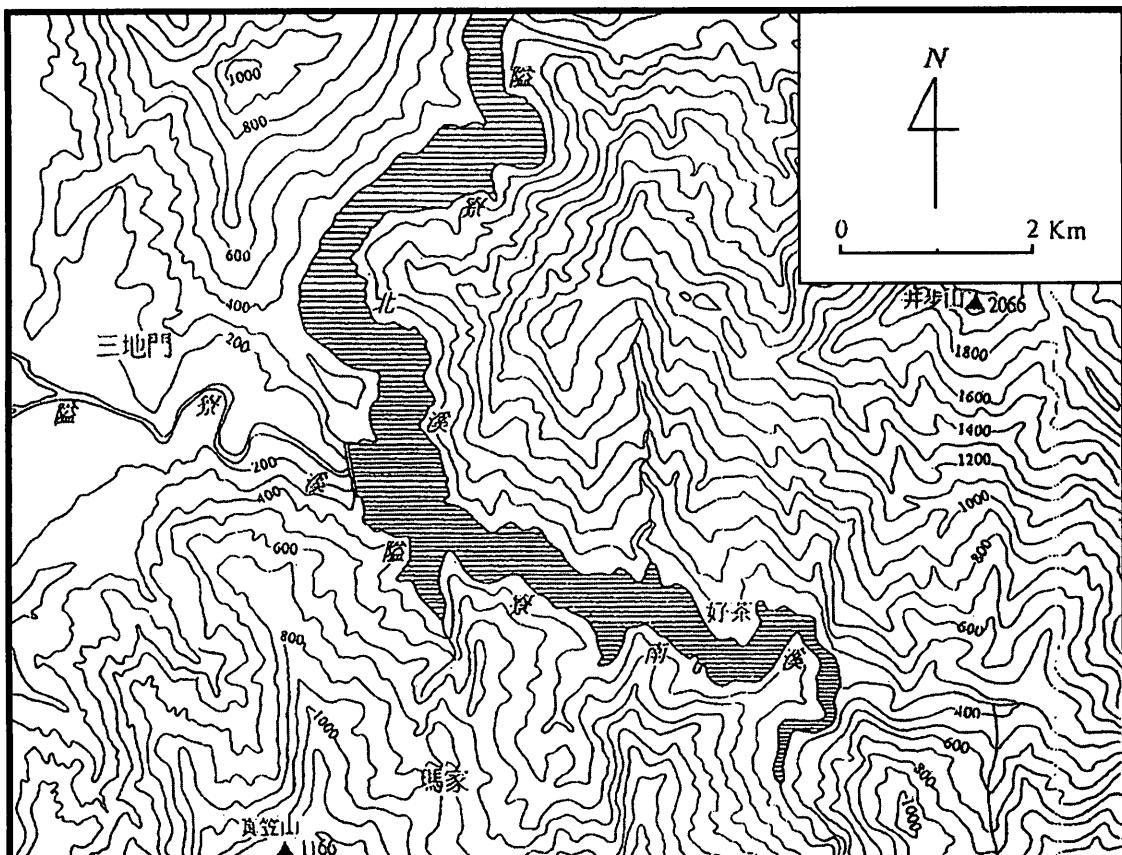
台灣南部區域包括嘉義縣市、台南縣市、高雄縣市、和屏東縣、澎湖縣等。嘉義縣市和台南縣市有曾文水庫、烏山頭水庫、南化水庫等大水庫，也有蘭潭、仁義潭、德元埤、白河、鹽水埤、虎頭埤、鏡面水庫、尖山埤、鹿寮埤等小水庫貯水，做地水面調節利用，大致上已可供應各種用水。但緊鄰的高雄縣市和屏東縣，目前只有阿公店、鳳山、澄清湖、龍鑾潭等小水庫、其貯水，調節用水量等極為有限，所以缺水嚴重是必然。目前各種用水能勉強供應

係屏東平原的地下水所賜，所以高雄縣市和屏東縣的地下水資源規劃重點必須是充分利用三主要河川，尤其是高屏溪水系的地水面，和屏東平原的地下水。

高屏溪水系的地水面減少其無效放流（未曾使用就流注海洋），增加利用率的最佳辦法是興建大型水庫，目前的規劃有美濃水庫和瑪家水庫，均為開發荖濃溪水系的水資源，荖濃



圖六 高雄美濃水庫位置圖



圖七 屏東瑪家水庫位置圖

溪的最大水資源量約 152 秒立方公尺，即平均每年約 48 億噸，其中的一半來自支流的隘寮溪，約四分之一來自支流的濁口溪，約四分之一來自大津上游的荖濃溪主流。美濃水庫以離槽方式自舊壯（六龜—復興之間）以擋河堰抬高河水位，引水穿越玉山山脈的大貢占山之南流入美濃溪，此時荖濃溪扇的地下水天然補注水源要多依賴支流濁口溪之河水來負擔，其影響於地下水補注區的補注量應該相當有限，卻可充分供應高屏地區的各種用水，所以是南部地區最迫切，且係最佳的水資源開發計畫，因顧及美濃客家文化的保存、對生態環境的影響等，受到地方人士的反對；近年來美濃人也感於乾淨自來水的水源與大水庫的興建有密切關係，購買飲用水的無奈等，反對興建水庫的人逐漸減少。瑪家水庫是開發隘寮溪的水資源，可增加地面水的貯存與調節利用，但屏東平原的地下水源約有一半來自隘寮溪水的長年滲透補注，而瑪家水庫的興建，將使隘寮溪水的滲透補注量大減，直接影響到屏東平原的地下水量，在工程上是多此一舉的大浪費；在水資源開發上也是多此一舉的規劃，其負面影響太大，也遭到當地原住民（好來）的反對，其餘的地面水開發不容易找到較佳的壩址。

增加屏東平原的地下水量，即以屏東平原做為地下水庫亦為水資源開發規劃的另一重點。屏東平原多沖積扇地層透水性佳；天然流出區的高屏溪河段和東港溪下游，因其為不下雨時的河道中看得見的細水長流，可充分利用。另一天然流出區的海岸線附近，因其距離短，使屏東平原成為理想的地下水庫。增加地下水庫的地下水補注量，就是增加既有水資源的可利用量、利用率。在水資源保育的立場，要增加地下水補注量最簡單可行的辦法是；分

別在荖濃溪扇、隘寮溪扇、林邊溪扇和力里溪扇的天然補注河段，興建一連串低矮攔河堰，不僅便利各種用水利用，亦可做地下水人工補注，大量增加地下水源，即增加可以反覆利用的循環水量。目前長期採礦式地下水開發（mining yield）非長久之計，宜儘快改善。

（三）合理的水資源經營

一地區的最大水資源量（ R_0 ），從長期氣象氣候資料分析總在一定的範圍，即長期年平均降水量（ $P, \text{mm}/\text{yr}$ ）減去長期年平均蒸發數量（ $ET, \text{mm}/\text{yr}$ ），即 $R_0=P-ET$ ，對此最大水資源量如何減少其成為地面逕流時的無效放流，減少其在地面上和地面上流動時受污染而不能用，或設法貯存於地面上（地下水庫）做為隨時備用的水資源等在現代水資源經營上都是必須認真考慮的問題。

1. 雨季用地面水，乾季用地下水和水庫貯存水的聯合營運方式

前已提及高屏地區的降水量太集中於6~9月，5月和10月可視為緩衝期，冬半年（11~4）為土壤有效水份近於零，河川流量少或無的地水面水資源不足時期。高屏地區的降水總量多（大於 $3000\text{mm}/\text{yr}$ ）而乾濕季明顯，並且降水量分配情形是濕季約為乾季的9倍。水資源經營上的重點是如何充分利用此濕季的充沛水量，採用各種可能的方式增加其利用率，減少其無效放流（未經利用就流注海洋）。

濕季直接自河道引水，不抽用地下水或水庫貯存的調節用水。此時有水濁的問題，但有工程設施簡單，費用少而可充分供應各種用水的優點，將地下水和水庫貯存水（庫存水）留在乾季使用，屬調節性的補充或備用水源。庫存水於乾季時使用是理所當然；地下水要到乾季時才抽用與現行地下水使用習慣不同，也可能造成不便，但有多重好處；因地下水流緩慢，地下水資源開發引起的環境災害主因在於地下水位快速長期下降，若能每年定期於濕季停抽地下水，讓緩慢流動的地下水能恢復水位，減少地層應力改變，也能緩和環境災害，此外停抽地下水期間可做抽水設施的定期維修，也可準備量測靜水位，進行評估地下水變化趨勢等。

2. 減少地面水資源的無效放流

在河道中看到的水流可概分為兩大類；一是平時不下雨的河道中乾淨細水長流，另一是颱風豪雨時暴漲的濁河水或泛濫的濁水。平時河道中較乾淨的細水長流，絕大部分是自地面入滲後，成為土壤水、地下水，經漫長歲月的旅行，才又出現在河道中，因其較乾淨且水量少（約為河川平均流量的10~15%），但其用途多，利用率高，已符合水資源利用原則。而颱風豪雨的泛濫濁水，給人們帶來洪患的威脅，或因其淹水造成生活上、交通上的不方便，都想快速將其排出大海以減少災害，此颱風豪雨時的濁河水，其用途少，利用率低，大部分未曾利用就放流，如同從眼前晃過不能享用的佳餚，要利用這類水資源，將其貯存於水庫供需要用水時調節用；或將其設法滲透進入地面上成為地下水。要將其貯存，就要興建大型水庫如美濃水庫；要將其設法滲透進入地面上，增加地下水源，就要在地下水天然補注區的河段，興建一連串低堰，實施河床地下水人工補注等。台灣地區此方面的先期性研究尚太少。通常河道的滲透水量與滲透面積、浸水時間等成正比，所以增加浸水面積，延長浸水時間，

均為增加河水滲透量的辦法，則減少無效放流水量。

3. 提高地下水資源使用效率

視地下水為珍貴水資源，就不能在河川流量大時，免費大量抽取地下水使用後放流，此為浪費性水資源開發。換言之，若百姓已意識到地下水資源珍貴時，就要有地下水價高，(至少為地面水自來水價的2倍以上)，地下水量受控制，及其相關的正面影響因素徹底實施；目前地下水價無或便宜，只要付出鑿井工程費和抽水設備費，就可長期大量免費抽取地下水資源，此荒唐措施是促使珍貴地下水資源浪費的主因，絕非德政，更非便民，而是耗用子孫的資源，所以下列政策配合地下水資源開發利用是絕對必要的。

(1) 抽水時期，抽水量的管制

鑿井之後，地面水豐富的夏半年，尤其是6~9月間避免抽取地下水利用，此時要有高地下水價配合，當用水者實際使用地下水太貴時，才會認真考慮使用地面水，來減少地下水使用量，目前的政策是反其道而行。當高地下水價實施，又能掌握確實的地下水量時，才能期望有合理的地下水資源開發利用。

(2) 讓民眾了解目前市售地下水價高得驚人

目前市售礦泉水多為地下水或為河川源流區的山泉水，以1500CC(cm³)保持瓶裝一瓶20元(23-25元)計算，等於1度(m³)水賣到13,000元，約為自來水價的1500倍。目前售水站20元／桶(20公升)，等於1度1000元。高屏地區百姓300多萬人，買此高價地下水卻甘之如飴，令人不解，應該是水利官員的失職或是政府長期忽視水利或是百姓不能配合的結果。

(3) 水資源國有化，水權支配區域中心化(如北、中、南、東區)及明確罰則配合

水電為世界上文明社會所不能缺少，全國要由統一事權的單位(機關)管理下分北、中、南、東四區來統籌開發、利用、排放等業務，配合明確罰則減少違規用水，才會有合理的水資源經營。

六、結論

高屏溪流域和屏東平原的水文水資源，從水系、水量、水質、水平衡、水資源經營等做分析探討，除對水平衡、地盤下陷、海水入侵、地下水補注量等做詮釋之外，得下列結果：

(一) 玉山國家公園以南，阿里山山脈嶺線以東，中央山脈南段(秀姑巒山以南)嶺線以西，分屬高屏溪，東港溪、林邊溪三主要河川水系；在地形上呈現高屏溪流域和屏東平原兩單元。

(二) 高屏溪流域的最大水資源量約為每年79億噸(251CMS)其中約五分之三(152CMS)

自荖濃溪水系，約六分之一（42CMS）來自旗山溪水系，均自屏東平原北部流入。

- (三) 屏東平原匯集三主要河川水系的最大水資源量約為每年 95 億噸，其中約四分之三集中於 6~9 月，約十分之九集中於夏半年（5~10 月）。在月平均流量變化上，東港溪的得水河川，和林邊的失水河川現象非常明顯，高屏地區各種用水的水源依賴此三主要河川河水和屏東平原地下水供應。
- (四) 三主要河川的河口附近因感潮和魚塭養殖的關係，海水污染嚴重，尤其是流量少的冬半年（11~4 月），而東港溪和高屏溪河段更有畜牧污水、家庭污水等的嚴重污染。
- (五) 水資源的合理經營，宜著重「減少無效放流」的興建水庫貯水，雨季不抽取屏東平原地下水，並在地下水天然補注河段興建一連串低堰以增加河水滲漏量等；更要有適當的地下水價、水利法規等的配合，藉以「提高地下水使用效率」。

參考文獻：

1. 石再添、林雪美等（1994），台灣地區七十六條重要河川理論水力蘊藏量及地表逕流係數研究總報告，台電公司、水資會、台灣師大。
2. 林朝榮（1957），台灣地形，367 頁，台灣省文獻會。
3. 省建設廳地下水工程處（1961），屏東平原地下水源勘查報告。省建設廳。
4. 張智欽（1986），屏東縣佳冬枋寮地區地層下陷之研究，師大地理研究報告，12 期，221 ~259 頁，師大地理研究所。
5. 楊萬全（1983），地下水開發對環境的衝擊，地理研究報告，9 期，73-118 頁，台灣師大地理系。
6. 楊萬全（1993），台灣的地下水，水文學 291-325 頁，地理研究叢書第二號第二版。台灣師大。
7. 經建會（1994），（台灣）主要河川污染情形，都市及區域發展統計彙編，134 頁，經建會都市及住宅發展處，台北。
8. 水資會（1994），經濟部水資會八十二年工作報告，水資會，台北。
9. 聯勤測量署（1990），經建版五萬分之一地形圖，內政部。