



地下水資源整體營運規劃與綜合評估(1/2)

Assessment and Management of Regional Groundwater Resources (1/2)



主辦機關：經濟部水利署

執行單位：國立交通大學

承辦單位：國立交通大學防災工程研究中心

中華民國九十一年十二月

計畫主要工作人員

計畫主持人：張良正

協同主持人：劉振宇

研究人員：楊朝仲

張誠信

葉明生

陳宇文

何智超

李志鵬

陳昭延

朱宏杰

蔡瑞彬

吳明穎

摘要

目前由於「台灣地區地下水觀測網整體計畫」的執行，對於濁水溪沖積扇、屏東平原、嘉南平原與蘭陽平原，已有較完整之地下水觀測資料，部份地區亦曾有地下水管理相關之研究，惟其大多注重於地下水系統的瞭解及數值方法之應用，並未進一步結合系統分析的方法，將整個地表與地下視為完整的系統進行整體的分析。爰此，本計畫擬整合系統分析與數值模擬方法，針對所選定地下水區之地下水資源可利用量、投資成本及地下水管理策略等，結合地表水系統進行整體營運規劃與綜合評估。

本計畫將分兩年進行，第一年主要工作為地下水資源現況整體檢討、發展單目標地表地下最佳潛能模式及案例分析、初步規劃發展多目標地表地下最佳潛能模式及初擬地下水最佳利用分區。第二年主要工作為發展多目標地表地下最佳潛能模式及多目標最佳營運規劃及案例應用分析；最後本計畫的成果將可提供決策者如地下水分區管理策略、整體可開發潛能與投資成本之競爭關係及階段性開發合理規模等資訊，以提供地層下陷防治及地下水資源整體經營之參考，發揮地下水觀測站網最大加值效益。

Abstract

Efforts to renovate the regional groundwater monitoring network have yielded large amount of hydro-geological data for the Cho-Shui River fan, Ping-Tung Plain, Chia-Nan Plain and Iee-Lang Plain in Taiwan. Groundwater management-related research has progressed along with duration of the project. Whereas most studies have focused on more thoroughly understanding the groundwater system and developing a numerical model for the target aquifers, the surface and subsurface water have rarely been considered as a unified system. Moreover, to our knowledge, the system analysis method has never been systematically applied to analyze the groundwater management problem. Therefore, this project will integrate the system analysis method with numerical simulation to evaluate groundwater resources, assess development costs and recommend management policies under the conjunctive use of a surface water system.

The project will require two years to reach completion. The first year will assess the groundwater resources, develop a single-objective optimization model for conjunctive use of surface and sub-surface water, and conduct a pilot study of optimal zoning for groundwater development. The second year of the project will develop a multi-objective planning model for the conjunctive use of surface and sub-surface water and, then, apply that model to the target area. Results of this project will provide the decision maker with available groundwater resources for the target areas, an optimal strategy for the regional groundwater management and a tradeoff between the investment cost and the potential system yield under the framework of conjunctive management of surface and sub-surface water.

地下水資源整體營運規劃與綜合評估

計畫總說明

目錄

目錄.....	I
表目錄.....	III
圖目錄.....	IV
I、摘要.....	摘-1
II、結論與建議.....	結-1
第一章 前言.....	1-1
1.1 計畫緣起及目的.....	1-1
1.2 工作內容.....	1-1
第二章 預期成果.....	2-1
第三章 工作方法及步驟.....	3-1
3.1 地下水資源調查.....	3-1
3.1.1 地下水補注量及開發量推估.....	3-1
3.1.2 地下水潛能推估.....	3-30
3.1.3 地下水開發未來需求量推估.....	3-31
3.2 地下水質現況與未來趨勢分析.....	3-35
3.2.1 地下水背景水質分析.....	3-35
3.2.2 地下水水質變化趨勢探討.....	3-35
3.3 單目標地表地下最佳潛能模式發展.....	3-38
3.3.1 地表地下水資源概念模式建立.....	3-39
3.3.2 地表地下水聯合模擬模式建立.....	3-41
3.3.3 地表地下最佳潛能模式發展及簡例應用.....	3-49

3.3.4 地表地下水整體最佳潛能及其對應之抽水/補注分區與抽水型態計算	3-51
第四章 各研究區域調配系統設計之考量	4-1
第五章 初步規劃發展多目標地表地下最佳潛能模式及初擬地下水最佳利用分區	5-1
附錄一、期中報告審查意見及辦理情形	附 1-1
附錄二、期末報告審查意見及辦理情形	附 2-1
附錄三、相關會議紀錄.....	附 3-1

表目錄

表 1 濁水溪沖積扇地表地下聯合供水潛能分析成果表	摘-5
表 2 南部區域地表地下聯合供水潛能分析成果表	摘-5
表 3.1.1-1 土地利用簡化表	3-11
表 3.1.1-2 水稻田入滲率係數值	3-13
表 3.1.1-3 陳尚及李德茲於各灌區滲透測驗處數一覽表	3-14
表 3.1.1-4 全省之質地與水分當量及水分當量與水田垂直入滲率	3-15
表 3.1.1-5 利用土壤組成成分估計土壤水利特性曲線經驗公式	3-16
表 3.1.1-6 水田各種土壤質地之平均飽和入滲率	3-18
表 3.1.1-7 SAWAN 模式推估之不同土壤質地入滲通量	3-19
表 3.1.1-8 各單位估計飽和入滲率之成果	3-21
表 3.1.1-9 降雨入滲補注係數值範圍	3-23
表 3.2.2-1 各項水質引用的標準	3-36

圖目錄

圖 3.1-1 地下水資源調查方法架構圖	3-3
圖 3.1.1-1 地下水補注量推估流程圖	3-9
圖 3.1.1-2 參數優選模式推估補注量及抽水量工作流程圖	3-26
圖 3.1.3-1 南部區域至民國 110 年之水資源供需情勢詳圖	3-34
圖 3.3-1 單目標地表地下最佳潛能模式演算流程圖	3-38
圖 3.3.2-1 台南高雄地區地表地下水資源系統聯合營運流網圖	3-42
圖 3.3.2-2 台南高雄地區地表地下水資源系統聯合營運簡化流網圖	3-43
圖 3.3.3-1 地表地下最佳潛能模式演算架構	3-50
圖 3.3.4-1 地表地下水整體最佳潛能及其對應之抽水補注分區流程圖	3-53
圖 5-1 多目標地表地下最佳潛能模式演算流程圖	5-2
圖 5-2 多目標地表地下最佳潛能模式演算架構	5-3

I 摘要

一、前言

本計畫係因應「台灣地區地下水觀測網整體計畫」已完成濁水溪沖積扇、屏東平原及進行之嘉南平原與蘭陽平原，雖已有完整之地下水觀測資料及部分地區之地表地下聯合營運研究，惟其內容亦仍以數值模式建立，並再輔以各種案例之模擬為主，雖可提供相當資訊，惟並未進一步結合投資成本系統分析的方法。爰此，本計畫擬整合系統分析與數值模擬方法，針對所選定地下水區之地下水資源可利用量、投資成本及地下水管理策略，進行整體營運規劃與綜合評估。

全程計畫共分兩年完成，第一年主要工作項目有地下水資源現況整體檢討、地下水質現況與未來趨勢分析、發展單目標地表地下最佳潛能模式及案例分析、初步規劃發展多目標地表地下最佳潛能模式及初擬地下水最佳利用分區。

二、地下水資源現況整體檢討

濁水溪沖積扇：

本計畫將使用地下水模式，並以參數優選法推估濁水溪河床補注、山區側流補注量、邊界補注量及抽水量。由於 1999 年地表水文狀況接近於平水年，所以該年地下水超抽僅 0.5 億噸，其中抽水量為 23.1 億噸，邊界補注量為 9.7 億噸，地表補注量為 8.8 億噸，山區側流量為 4.8 億噸，濁水溪河床入滲量-0.7 億噸。利用建立之地下水模式，以希爾法(Hill method)推估安全出水量並評估地下水潛能。以 1999 年為例，該年度之安全出水量為 22.7 億噸，顯示地下水略為超抽，由各月之安全出水量顯示，豐水季之安全出水量大於地下水抽水量，地下水還可以提供其他水資源調配利用；相反地，枯水季

之地下水抽水量大於安全出水量，則必須仰賴其他水資源調配，以減少地下水抽用，才能使地下水資源達到永續利用之目的。

嘉南平原：

由於嘉南平原地層構造複雜，目前仍未有較可信賴的水文地質分析成果，且由多數地區之地下水位顯示地下水已呈現超抽的現象，所以嘉南平原暫不使用地下水模式進行模擬。本計畫選定嘉南平原北段為研究區域，應用水收支平衡法推估該地區之地下水使用量，並以大陸水利電力部所建議之參數值推估得 2000 年補注量，再進一步估算得嘉南平原北段全年總抽水量為 7.87 億噸。

屏東平原：

本地區亦使用地下水模式配合，參數優選法推估屏東平原之地表入滲量、東邊側流補注量、抽水量、邊界補注量及河川與地下水之交換量。由於 1999 年地表水文狀況接近平水年，所以該年地下水超抽僅 0.45 億噸，其中抽水量為 17.73 億噸，邊界補注量為 7.85 億噸，地表補注量為 4.74 億噸，山區側流量為 5.14 億噸，高屏溪河床入滲量 0.45 億噸，代表地下水補注河川。利用建立之地下水模式，以希爾法(Hill method)，推估之每月之安全出水量，以評估地下水潛能，以 1999 年為例，該年度安全出水量為 16.22 億噸，而年抽水量為 17.73 億噸，顯示屏東平原地下水為超抽，由各月之安全出水量顯示，地下水抽水量大於安全出水量。就屏東平原而言，每個月地下水的抽水量大都呈現超抽現象，因此必須仰賴其他水資源調配，以減少地下水抽用，才能使地下水資源達到永續利用之目的。

蘭陽平原：

本區域亦使用地下水模式配合參數優選法推估蘭陽平原之地表入滲量、山區側流補注量、抽水量、邊界補注量及河川與地下水之交換量。模式模擬 2001 年，模式界限由東北向西南之雪山山脈為界，南以中央山脈為界，東面為太平洋。模式模擬的結果，蘭陽平原其中總抽水量為 2.08 億噸，邊界補注量為 0.016 億噸，地表補注量為 1.91 億噸，山區側流量為 0.11 億噸，蘭溪溪河床入滲量 0.12 億噸，代表地下水補注河川。再以希爾法(Hill method)推估安全水出水量，安全水出水量為 2.23 億噸，年安全水出水量大於總水量(2.08 億噸)，顯示出地下水源充沛。

三、地下水質現況與未來趨勢分析

經本計畫分析結果顯示，濁水溪沖積扇共有 85 口井(46%)符合灌溉用水水質標準及共有 127 口井(69%)符合飲用水水源水質標準。除扇頂區因高濃度硝態氮污染及沿海地區部份電導度及氨態氮濃度較高，其餘地區都適合作為灌溉使用。另外沿海地區因氨態氮及砷污染顯著，也不適合作為飲用水水源使用。

嘉南平原北段共有 23 口井(25%)、南段共有 2 口井(6%)符合灌溉用水水質標準，北段共有 9 口井(10%)、南段共有 9 口井(29%)符合飲用水水源水質標準。由於受到地下水超抽和嚴重的氨氮污染的影響，導致各測站之水質大都不適合作為灌溉用水或飲用水水源使用，因此該地區不適合開發彌補水資源不足時之抗旱井。

蘭陽平原共有 19 口井(58%)符合灌溉用水水質標準及共有 19 口井(58%)符合飲用水水源水質標準。沿海地區因受海水入侵造成高氯鹽和高導電度，且受砷污染顯著，所以該附近測井不適合作為灌溉用水或飲用水水源使用。

屏東平原共有 67 口井(50%)符合灌溉用水水質標準及共有 123 口井(92%)符合飲用水水源水質標準。除沿海地區因受海水入侵造成高氯鹽、導電度外，其餘地區都適合作為灌溉使用。該地區大部分測井皆適宜作為飲用水水源使用。

四、單目標地表地下最佳潛能模式發展

本計畫在各研究區域調配系統之規劃與分析章節中發現僅濁水溪沖積扇與屏東平原適合採用地表地下聯合營運，故本計畫即針對這兩個區域進行地表地下最佳潛能模式發展及簡例應用與地表地下水整體最佳潛能及其對應之抽水/補注分區與抽水型態計算。

在地表地下最佳潛能模式發展及簡例應用中，本計畫基於水源運用以地表水為主，地下水為輔之原則發展地表地下最佳潛能模式，並將其應用於計畫中濁水溪沖積扇與南部區域，分析成果如表 1 及表 2 所示，其結果顯示濁水溪沖積扇地下水超抽水量為 12748 萬噸，屏東平原地下水超抽水量為 17122 萬噸，但濁水溪沖積扇每年地表水約補注地下水區 6000~11000 萬噸的水量，而屏東平原亦補注 12000 萬噸左右的水量，這表示既使採用地表地下聯合營運的策略，此兩區之地下水仍有超抽的情形。

在地表地下水整體最佳潛能及其對應之抽水/補注分區與抽水型態計算中，為改善地下水因超抽而引發的地層下陷問題，部分地下水區已列為管制區禁止抽水使用，如此一來管制區內之水源必定短缺，為此本計畫需尋找替代水源來供給管制區內之減抽水量。若以民國 110 年之公共用水需水量為基準，對於濁水溪沖積扇而言以地表水系統及管制區外之地下水做整體調配供水仍未能滿足其減抽水量，需由新增之地下水井抽水供給；而屏東平原以地表水系統及管制區外之地下水做整體調配供水即可滿足其減抽水量，並有多餘之水量可供新增

之地下水井進行補注。

表 1 濁水溪沖積扇地表地下聯合供水潛能分析成果表

單位：萬立方公尺/年

可能方案		以民國 91 年各地區之公共用水需求量为分配比例权重			以民國 110 年各地區之公共用水需求量为分配比例权重		
		公共用水潛能量	補注量	聯合營運後地下水超抽水量	公共用水潛能量	補注量	聯合營運後地下水超抽水量
地表地下聯合營運	1. 從湖山水庫與林內淨水場補注	16812	10664	1084	16812	1084	1084
	2. 從湖山水庫補注	15984	6290	6458	15984	6290	6458
	3. 從林內淨水場補注	23148	8192	4556	23148	8192	4556
	4. 地表系統不對地下水補注	26964	0	12748	26964	0	12748
	5. 僅考慮地表系統	25632	-	-	25632	-	-

表 2 南部區域地表地下聯合供水潛能分析成果表

單位：萬立方公尺/年

可能方案		以民國 91 年各地區之公共用水需求量为分配比例权重			以民國 110 年各地區之公共用水需求量为分配比例权重		
		公共用水潛能量	補注量	聯合營運後地下水超抽水量	公共用水潛能量	補注量	聯合營運後地下水超抽水量
地表地下聯合營運	1. 從高屏溪堰與高美堰補注	149148	12245	4877	155268	12297	4825
	2. 從高屏溪堰補注	149148	12245	4877	155268	12297	4825
	3. 從高美堰補注	149364	11759	5863	155412	11825	5297
	4. 地表系統不對地下水補注	149508	0	17122	155520	0	17122
	5. 僅考慮地表系統	143460	143460	-	-	149904	-

II 結論與建議

- (一)由地下水資源現況整體檢討中可發現濁水溪沖積扇與屏東平原地下水的抽水量已呈現超抽現象，因此必須仰賴其他水資源調配，以減少地下水抽用。蘭陽平原地下水的潛能足夠應付未來用水需求，因此地表水系統對蘭陽平原，較沒有很迫切的需求。
- (二)在地下水質現況分析中，除了嘉南平原全區外，其他各區水質皆尚可，其中以屏東地區的地下水水質最佳，約有 92% 的地下水井可作為飲用水水源使用。
- (三)未來趨勢分析結果顯示，沿海地區常有較高氯鹽和高導電度，且受到氮和砷污染，因此沿海附近的測站大都不符合標準，另外水質也有越深層水質越佳的趨勢。
- (四)本計畫中濁水溪沖積扇地表地下聯合營運之公共用水潛能量低於僅考慮地表系統之公共用水潛能量，乃是因該區之地下水有嚴重超抽的情形，故地表系統需對地下水區做大量的補注，導致公共用水潛能量降低。
- (五)屏東平原因有高屏溪豐沛的地表水源補注地下水區，故地表地下聯合營運之公共用水潛能量略高於僅考慮地表系統之公共用水潛能量
- (六)若以民國 110 年之公共用水需求考量，對於濁水溪沖積扇與屏東平原地下水管制區之減抽水量而言，屏東平原以地表水系統及管制區外之地下水做整體調配供水即可滿足，並有多餘之水量可供管制區外新增水井補注；而濁水溪沖積扇以地表水系統及管制區

外之地下水做整體調配供水尚未能滿足管制區之減抽水量，仍需由管制區外新增水井抽水供給方可滿足，由此可知，濁水溪沖積扇之地下水超抽情形較屏東平原更為嚴重。

(七)在地表地下最佳潛能模式中，地表水由何處補注地下水區，對於系統之供水潛能有相當大的影響，若能從河川下游攔河堰進行補注，一可充分利用河川溢流量來補注地下水區，再者可降低補注時對於上游水庫蓄水功能的影響，如此一來可使地表地下聯合營運發揮最大供水效益，並可使地下水超抽情形獲得改善。

第一章 前言

1.1 計畫緣起及目的

目前由水利署推動的「台灣地區地下水觀測網整體計畫」已完成濁水溪沖積扇、屏東平原並正進行嘉南平原與蘭陽平原等地區之地下水觀測站網，隨著計畫的進行，各執行區域已有完整之地下水觀測資料，部分地區甚亦有地表地下聯合營運研究，惟其內容仍以數值模式建立，並再輔以各種案例之模擬為主，雖可提供相當資訊，惟並未進一步結合系統分析的方法將地表地下視為一個完整的系統進行模擬與優選的綜合評估。

爰此，本計畫擬整合系統分析與數值模擬方法，針對所選定地下水區之地下水資源可利用量、投資成本及地下水管理策略，進行整體營運規劃與綜合評估，例如：配合水資源政策綱領、地下水管制辦法及其他上位政策之推動執行措施，綜合考量地表與地下水系統，結合系統分析方法（如：基因演算法或其他方法）、地下水數值模式及地表水操作模擬等，計算在地表地下水整體考量下之最大地下水可利用量，及所對應之抽水/補注區分佈與抽水型態，求得最佳投資規模下之地下水最佳利用量，以提供管理者決策考量地下水最佳利用及管理措施。

本計畫成果期可提供地下水資源整體經營及地層下陷防治之參考，發揮地下水觀測站網最大加值效益。

1.2 工作內容

一、研究區域：濁水溪沖積扇、屏東平原、嘉南平原與蘭陽平原

二、分年工作項目及內容

第一年：地下水資源現況整體檢討、發展單目標地表地

下最佳潛能模式及案例分析、初步規劃發展多目標地表地下最佳潛能模式及初擬地下水最佳利用分區

- 1、配合水資源政策綱領、地下水管制辦法及其他上位政策之推動執行措施，綜合檢討地表與地下水供應系統
- 2、山丘區、平原區地下水資源可利用量之估算；地下水資源現況利用量、未來利用量之估算；地下水資源背景水質現況與水質變化趨勢之探討
- 3、配合水資源政策綱領、地下水管制辦法及其他上位政策之推動執行措施，針對各研究區域發展單目標地表地下最佳潛能模式及案例分析

(1)地表地下水最佳潛能模式發展及簡例應用

(2)地表地下水資源概念模式建立

(3)地表地下水聯合模擬模式建立

(4)地表地下水整體最佳潛能及其對應之抽水/補注分區與抽水型態計算

配合上述政策推動執行措施，初步規劃發展多目標地表地下最佳潛能模式及初擬地下水最佳利用分區

第二年：發展多目標地表地下最佳潛能模式及多目標最佳營運規劃及案例應用分析

- 1、配合上述政策推動執行措施，發展多目標地表地下最佳潛能模式
- 2、地下水最佳利用分區確立、與該分區之安全出水量及安全水位研究
- 3、階段性多目標營運規劃模式發展
- 4、投資規模與系統潛能之競爭分析，投資成本現值與投資效益

間之分析

- 5、案例分析地下水最佳利用分區於安全出水量及安全水位之情況下，求得最佳投資規模之地下水最佳利用量
- 6、地下水資源綜合評估與成果整合

三、工作期限：自簽約日起至民國 92 年 12 月 31 日止。

本報告為依合約所提送之計畫執行第一年期中報告。

第二章 預期成果

第一年預期成果:

- 一、依各地下水區水文地質及地下水水文特性推估地下水潛能，以為各地下水區管理及開發之基礎。
- 二、提供區域性地表水與地下水資源最佳聯合營運與管理基礎，以達水資源永續利用。

第二年預期成果:

- 一、地下水資源綜合評價，以利研訂地下水資源保育利用原則。
- 二、地下水資源綜合評估、成果整合與最佳營運規劃及投資。
- 三、配合水資源政策綱領及地下水管制辦法及其他上位政策之推動執行措施，得到最佳投資規模下之地下水最佳利用量，提供管理者決策考量地下水最佳利用及管理措施。

第三章 工作方法及步驟

本章僅先就第一年計畫之工作方法及步驟作一說明：

3.1 地下水資源分析

本計畫之地下水資源分析之方法，依各地下水區資料的詳細程度將以水收支平衡法或模式模擬結合參數優選的方法進行，後者之架構如圖 3.1-1 所示，其主要運用參數優選模式配合地下水模擬模式之人工率定推估各分區補注量及抽水量，再進一步以建立之地下水模擬模式配合 Hill method 之方法推估安全出水量。詳細之方法步驟將於以下各小節中說明。

3.1.1 地下水補注量及開發量推估

對於地下水補注量的估計其應用的方法非常多。前人在各地下水區歷年來對補注量估算的研究，大致可將估算方法歸類為兩種：一為直接估計法，二為間接估計法。

直接估計法主要包括示蹤劑估計(如劉聰桂根據核爆氙水與碳十四定年分析、丁澈士利用氯離子濃度法)及飽和體積變動估計；間接估計法主要是以水文系統之水平衡觀念來估算地下水資源，主要包括水收支平衡法、地表入滲推估配合地下水模式推估等。上述各種方法各有其優點、缺點並沒有任一方法有其絕對的優勢。對於地下水補注量的估算需視研究區域現地水文地質及地下水位觀測及抽水量調查資料之多寡，研擬適當的估算方法。

一、水收支平衡法

地下水循環在一區域範圍內，其流進量、流出量與蘊藏量可由以下水文平衡式表示之。

$$I - O = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

I :系統之入流量

O :系統之出流量

ΔS :系統儲蓄量變化

Δt :時間間距

其中系統之入流量在地下水系統中即為地下水補注量，上式經整理修改可成：

$$R = U \pm \Delta S (+D)$$

式中

R :地下水年補注量

U :地下水年利用量

ΔS :地下水蘊藏年變化量

D :地下水流出量(視水層特性而異)

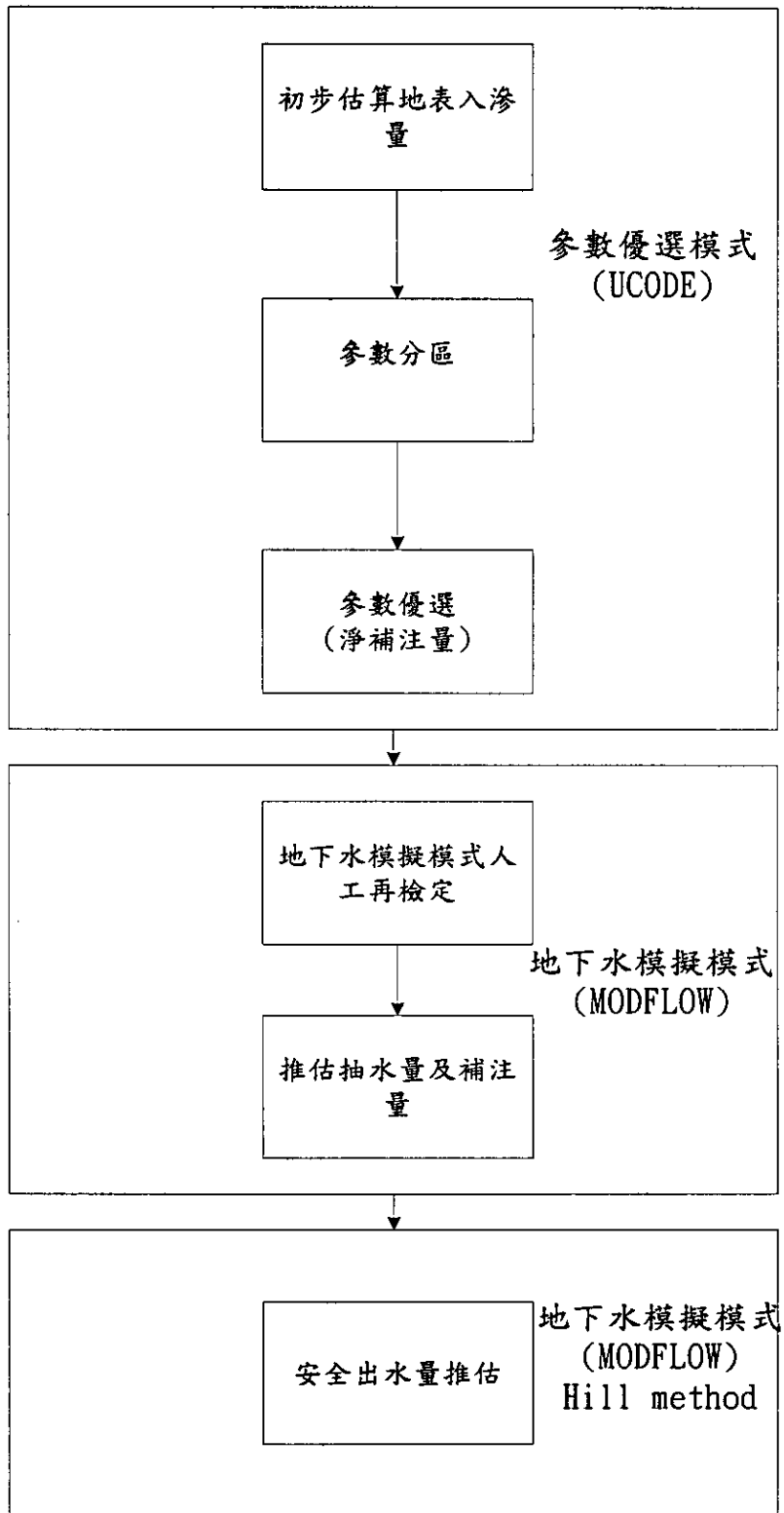


圖 3.1-1 地下水資源調查方法架構圖

水收支平衡法即為前水資會用來估算台灣地區各區地下水補注量的依據，式中 U 、 ΔS 及 D 值所採用的推估方法分述如下：

1、地下水年利用量(U)

(1)各地下水區地下水抽水量的不確定性

雖然地下水年利用量在水平衡公式中是個已知數，但實際上抽水量卻往往是估計值，且不同研究團隊的推估值都不一樣，部份地下水區即使經過水井普查，各年的調查數據也差異很大。例如早期水利局於民國 57 年進行屏東地區 6,133 口水井之調查，推估得該年總抽水量為 6.53 億立方公尺；民國 71 年水資會再度調查屏東地區抽水井共 11,685 口，推估當年總抽水量約 10.15 億立方公尺；到民國 77 年水資會委託當時的屏東農專普查了屏東地區 17,255 口井，求得該年抽水量卻達 20.59 億立方公尺。由此可知，要精確反映各地下水區之抽水量不是容易的工作。

(2)水資會對於地下水抽水量的推估方式

水資會在早期(民國 60 年代)對台灣地區九大地下水分區抽水量估算，主要是由調查各地下水區抽水井數及其抽水馬達的功率，再由其電錶使用電量記錄換算求得。後來因國內各標的用水量大增，各地下水區地下水井數增加快速，有關管理單位乃委託學校機關對部份地下水區進行地下水井普查的工作。台灣地區之地下水使用，雖有水權登記資料，但因各地下水區之允許出水量並未有系統之整合，以致在地下水開發及管理上缺乏可靠科學依據，更無法有效之管制，政府相關單位為改善此情況，農委會特籌措經費委託嘉義農專沈向白教授於民國 76 年至 80 年間逐年辦理完成彰化、雲林、嘉義、台南及高雄等縣市之水井普查，同一時期屏東科技大學(前屏東農專)於民國 77 年(水資會委託)亦調查完成屏東地區水井普查工

作。

另根據前水資會統計資料顯示，台灣地區地下水年抽水量自民國 85 年之 27 億立方公尺增加到民國 72 年之 41.52 億立方公尺，民國 70 年代晚期又因養殖漁業興盛，地下水被大量的抽用，故依水資會之統計民國 78 年之地下水年抽水量為 62.63 億立方公尺，民國 80 年更增加到 71.39 億立方公尺，而年補注量之估計水資會在民國 65 年所估計年補注量為 40 億立方公尺。而水資源局於民國 89 年委託能邦公司進行台灣地區地下水補注量估算，估算結果得豐水年地下水滲補注量為 57.5 億立方公尺，平水年為 50.8 億立方公尺，枯水年 44.7 億立方公尺。

台灣地區以往水資源之調查均由水資會綜合規劃，依據其彙整各相關單位之地下水調查報告於民國 81 年所發表之統計資料顯示，因當時養殖漁業興盛，各地開發地下水量遽增，抽水量已超過 70 億立方公尺，遠超過 40 億立方公尺之年補注量甚多。當時水資會所引用地下水調查之資料內容包括：「屏東地區地下水井普查」，(水資會。屏東農專蔡光榮，民國 77 年)，「濁水溪沖積扇地區地下水資源調查」，(水利處、嘉義農專沈向白，民國 80 年)，「嘉南平原地區地下水資源調查研究」，(水利處、嘉義農專沈向白，民國 80 年)等調查資料，而其他地區未曾調查更新之地下水開發量仍沿用民國 60~70 年代所調查之成果，並加入民國 79 年各地區利用養殖業面積所估算出養殖業之抽用地下水量之資料彙整而成。由當時所統計出各標的地下水使用量之分佈情況：

1、濁水溪沖積扇：抽水量為 21.02 億立方公尺，以農業(13.42 億立方公尺)為最多。

2、屏東平原：抽水量為 21.81 億立方公尺，以養殖業(11.43 億立方

公尺)為最多。

3、嘉南平原:抽水量為 16.16 億立方公尺,以農業(8.02 億立方公尺)為最多。

4、蘭陽平原:抽水量為 1.83 億立方公尺,以養殖業(0.96 億立方公尺)為最多。

另水資源局於民國 87~88 年間完成了台灣地區各區域水資源綜合發展計畫之成果報告,報告中利用相關單位近年(民國 80 年至 85 年)所發表之數據加以彙整分析推估出各區域之地下水使用量。由其所推估出台灣地區地下水年平均使用量約 52.75 億立方公尺與水資會民國 81 年所統計之 71.39 億立方公尺比較顯示,台灣地區地下水之使用量在政府相關單位推動地層下陷防治措施之努力及管制下,已明顯減少許多。

(3)評估採用抽水量

本計畫擬綜合水資會原推估值、前水資源局最近幾年的地下水使用量統計資料、其他單位最新的調查研究成果後,輸入各地下水區較合理的抽水量值,作為水收支平衡法評估之用。

2、地下水蘊藏變化量(ΔS)

各地下水區地下水蘊藏量的變化分析,依水資會的推估方式,配合目前各地下水區最新的地下水位觀測紀錄與水文地質參數由下式求之:

$$\Delta S = \Delta h \cdot A \cdot S$$

Δh :年平均水位差(L)

A:區域面積(L)

S:含水層儲水係數

地下水蘊藏變化量(ΔS)計算之作法是利用各觀測井之水文地質

資料配合內插軟體得出各格網之年水位變化 Δh 及其儲水係數 S 。並配合各格網之面積 A 帶入上式中，即可算出地下水蘊藏變化量(ΔS)。

3、地下水年流出量(D)

各地下水區地下水流出量將以達西定律估算

$$D=T \times I \times L$$

式中：

D:地下水流出量(L^3/T)

T:地下水導水係數(L^2/T)

I:水力坡降

L:流通長度(L)：水流通過垂直斷面之水平寬度

地下水自然流動下，最終可能流入海洋或出滲河川，參考各地下水區水文地質資料、地下水等水位線、地下水流向，以達西定律分別算出各地下水區之流出量 D 。

4、估算結果及評估

以前水資會估算台灣地區各地下水區地下水補注量採用之水收支平衡法公式，並利用各地下水區最新的觀測井地下水位、導水係數及儲水係數等資料，重新演算各區之地下水天然補注量。

以水收支平衡法估算補注量過程中，抽水量為最重要的待定變數之一，而各地下水區抽水量資料不易同期間調查，且近年來台灣地區抽水量之時變性相當大，在資料更新方面及一致性上受到相當程度影響。本計畫將經由資料收集，配合不同期間調查之抽水量資料反向推求整理出合理之補注量。

二、地表入滲補注量推估

首先就地表入滲補注量推估之概念進行說明，本計畫將地表入滲量區分為二類，一為因降雨形成之地表入滲量，另一種為因地表土地利用而有水體存在所造成之入滲，並將地表空間之土地利用、土壤質地、地表水體及降雨量之綜合效應評估該區地表入滲量。本計畫之地表(不含河川)入滲量推估方法，主要參考民國 89 年前水資源局委託能邦公司執行之「台灣地區地下水補注量估算」報告，推估方法如圖 3.1.1-1 所示。

因土地利用圖檔將土地利用屬性細分成 95 種，由於分類極細，本計畫將依據其地下水補注來源機制，將其分類簡化，如表 3.1.1-1。而分類過程依據下列處理原則，細述如下：

首先，將養殖魚塭、湖泊、水庫及其它蓄水等長時間蓄水區塊，歸納為靜止水體。由於靜止水體長期長期浸水的情形下，入滲率接近土壤的飽和入滲率，可視為一個常數，所以入滲補注量的估計可用下式表示：

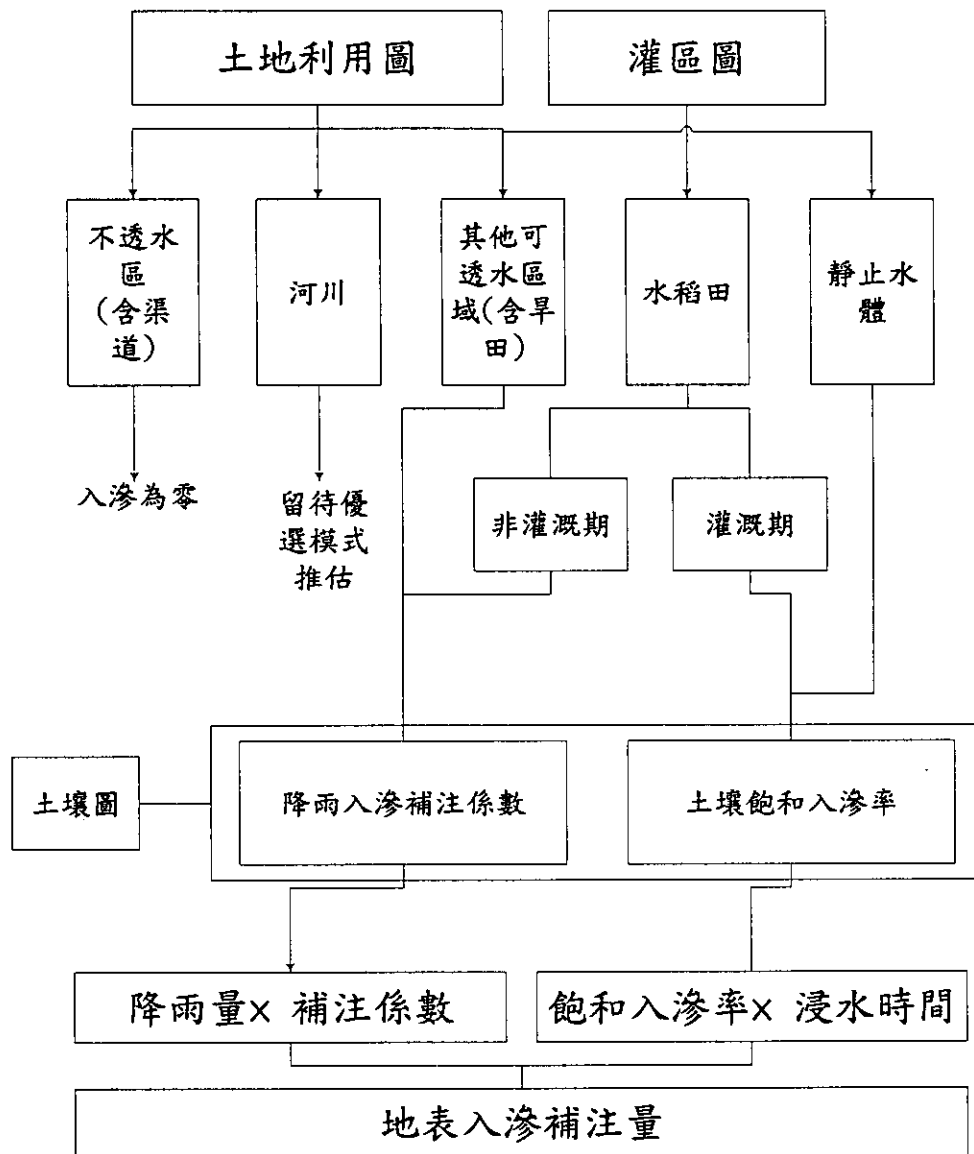


圖 3.1.1-1 地下水補注量推估流程圖

$$Q=A \times T \times \varphi \dots\dots\dots (2.2-1)$$

A：面積 (L²)

T：浸水時間 (T)

φ ：土壤飽和入滲率 (L/T)。

其次，旱作、廢耕地、林業、草生地、裸露地、灌木荒地、公園綠地等等歸為一類，其補注機制與降雨有關，其可透水面積入滲補注量可用下式表示。

$$Q=P \times A \times \alpha \dots\dots\dots (2.2-2)$$

P：平均降雨量 (L)

A：區域面積 (L²)

α ：降雨入滲補注係數 (無因次)

水田部分在田地灌溉期間，其水田長期浸水可採用式 2.2-1 進行補注量之推估，而在非灌溉之乾枯時期，則以式 2.2-2 之降雨入滲公式進行計算。

此外，河川部分之各類資料極為缺乏，其入滲機制複雜，除受土壤質地影響外，其與地下水之間的水量交換大小也受當地地下水位、河川長度、河川寬度及水位高程等影響，依水位高程及地下水位高度間之差異，一般可將河川（或河段）區分為湧出或入滲河川（或河段），難以單就土壤質地進行補注量之推估。因此，本計畫將以 MODFLOW 模式配合 UCODE 參數優選模式進行河川交換量推估。

表 3.1.1-1 土地利用簡化表

編號	土地利用原始屬性	簡化分類
一	養殖魚塭、水庫、湖泊及其他蓄水	靜止水體
二	旱作、廢耕地、林業、草生地、裸露地、灌木荒地、公園綠地	旱作及其他可透水區域
三	交通用地（公路、鐵路）、建築用地（住宅區、學校、機關團體、環保設施）、工業用地（工業相關設施、倉儲）等人工建築物以及運河。	不透水區域
四	稻作	水田
五	河川	河川

圖 3.1.1-1 中，所需資料的收集及整理可分成下列四類：

(一)、相關地理圖層收集

因應本計畫建立推估地表入滲所需之地理圖層，包括土地利用圖、地表土壤分佈及農田灌區之資料及圖層等，並以 ESRI ArcView8.1 地理資訊系統為工作平台，此系統不但可進行地表空間之圖層套疊分析，並可配合降雨量及入滲係數推估地表入滲量，亦可做為各地下水區地表入滲量推估結果的展示說明平台。本計畫將收集的空間圖層包括土壤圖、土地利用圖及灌區圖等圖層資料，配合地理資訊系統之分析工具進行分析。

(二)、土地利用形態彙整簡化

由於土地利用之種類繁多，於使用上述之降雨入滲補注量及地表水體之二種補注量推估公式時，需將土地利用簡化為三大類：不透水區域、透水區域且無地表水體、及透水區域且有地表水體。而其中較

為特殊的是水田，配合灌區圖層資料，將於灌溉期之水田歸為透水區域且有地表水體；而非灌溉期時以透水區域且無地表水體來處理。

(三)、雨量資料收集

收集各地下水區雨量站之降雨資料，以供推估降雨入滲之用。

(四)、降雨入滲補注係數與土壤飽和入滲率資料收集

經由收集相關研究降雨入滲補注係數與土壤飽和入滲率調查資料，配合其土壤分類與降雨量，可由上述之入滲量公式推估求得補注量。在推估入滲公式計算中，可以看出主要水文地質和水文參數是土壤飽和入滲率 ϕ 及降雨入滲係數 α ，這兩個參數是計算地下水各項補注量來源的重要依據，因此本計畫對這兩參數的分析及確定是一項重要的基礎工作。以下逐一說明本計畫估算補注量相關參數的輸入值。

1. 飽和入滲率 ϕ

在飽和狀態下之土壤入滲率有多種求法，如 Darcy 之由水頭、土層、斷面積、滲透時間等因素，求出入滲係數公式；Schlichter 以粒子直徑與孔度；Kozeny 經由孔隙量（可流動水分者）、孔隙形狀，流路扭曲與比表面積關係；Fair 與 Hatch 經孔隙量及比表面積；以及 Zunker 之經由比表面積、粒子形狀、排列及未被水分充填之空隙量（在田間容量時）而誘導之方法，如上所述，方法種類繁多。

但是土壤在飽和狀態下之入滲現象，即便使用上述的方法推求入滲量，眾多複雜因子錯綜影響的結果，在應用上會有許多困難及限制。本計畫區域廣大，加上土壤、氣候及其他環境條件因素下，因此土壤飽和入滲率 ϕ 宜採用現地調查、採樣、試驗之累積資料為基礎，以實用為目標，來估算台灣地區各地下水區水田及靜止水體之地下水入滲補注量。以下將國內、外使用的經驗公式或是國內現地調查研究

成果，整理分述如下：

(1)大陸水利電力部水文局

前水資會屏東平原地下水數值模式之應用分析參考大陸水利電力部水文局估計水稻田入滲率和土壤質地的關係如表 3.1.1-2 所示，此表土壤質地的調查範圍從粉砂土至黏土。

表 3.1.1-2 水稻田入滲率係數值

土壤性質	粘土	粘壤土	砂壤土	粉細砂
δ (mm/day)	1.0	1.7	2.5	3.0

資料來源:大陸水利電力部水文局,中國水資源評價,1987

(2)水利局陳尚及李德滋的經驗公式

台灣地區對於水田入滲量之研究較為完整者應追溯到民國 46 年到 53 年間，由水利局陳尚及李德滋（1964）於台灣地區 828 處所做的田間試驗（表 3.1.1-3）。該試驗於 1960 年以前採用同心圓式雙筒法，自 1961 年起則採用定水頭馬利奧法（Mariott）來施測。陳與李（1964）在各灌區實測之 828 處資料中，捨去受地下水影響或特殊變化部分，即選擇較具代表性的資料，計 433 處。各處再依土壤種類及母質將全省分成 6 種土壤，其建議若對於某一地區之土類及母質資料難以取得可將西部沖積土歸為第（I）類，東部沖積土合併為第（II）類及紅棕壤土為第（III）類。

針對上述 I.II.III 類及參考美國農業部標準，推導出：（1）質地與水分當量，（2）水分當量與水田垂直入滲率之經驗公式如表 2.2-4 所示。由表 3.1.1-4 可知，僅需知道該區域之砂、黏土、粉砂粒百分比便可利用質地與水分當量之經驗式估算土壤水分當量，復利用水分當量與水田垂直入滲率之經驗公式求出所需要之水田垂直入滲量。

表 3.1.1-3 陳尚及李德茲於各灌區滲透測驗處數一覽表

灌 區	測驗處數	測驗年份	測驗方法
大甲溪灌區	63	1957	同心圓式兩重圓筒法
卑南灌區	45	1958	同心圓式兩重圓筒法
濁水溪北岸灌區	97	1959~1960	定水頭馬利奧管法
白河水庫灌區	52	1961	定水頭馬利奧管法
後龍水庫灌區	36	1961	定水頭馬利奧管法
花蓮地區	46	1962	定水頭馬利奧管法
臺東地區	38	1962	定水頭馬利奧管法
寶山水庫灌區	80	1963	定水頭馬利奧管法
龍池水庫灌區	42	1963	定水頭馬利奧管法
高大圳灌區	54	1963	定水頭馬利奧管法
新城圳灌區	31	1963	定水頭馬利奧管法
豐田圳灌區	40	1963	定水頭馬利奧管法
鹽埔圳灌區	117	1963	定水頭馬利奧管法
志學、林田、光復地區	48	1964	定水頭馬利奧管法
大埔水庫灌區	39	1964	定水頭馬利奧管法
合 計	828		

表 3.1.1-4 全省之質地與水分當量及水分當量與水田垂直入滲率之經驗公式

土壤分類	質地與水分當量	水分當量與水田垂直入滲關係
西部沖積土	$Me=0.025Sa+0.216Si+0.603C$	$\text{Log } i = 1.9394-0.0478Me$
東部沖積土	$Me=0.019Sa+0.224Si+0.801C$	$\text{Log } i = 2.0752-0.0409Me$
紅棕壤土	$Me=0.021Sa+0.151Si+0.592C$	$\text{Log } i = 1.5087-0.0411Me$

表中 Sa、C、Si 表砂、粘、粉砂粒之百分比(%)；Me 表水分當量；i 表水田垂直入滲率

(3) 國外經驗公式及簡錦樹 (1992) 現地入滲試驗

李天浩 (1997) 等參考其他國外許多利用土壤組成成份百分比，估計飽和水力傳導係數的經驗公式，如 Saxton (1986) 等 (見表 3.1.1-5)。利用這些公式和簡錦樹 (1992) 「濁水溪沖積扇地表地質材料粒徑分析及現地入滲試驗研究」中，許多入滲量測試點的土樣分析與飽和水力傳導係數點量測值的野外「實驗 K 值」資料比較，將土壤組成百分比代入各種經驗公式，估計飽和水力傳導係數，和簡錦樹的試驗結果比較。簡錦樹的現場入滲試驗結果與 Saxton 公式估計的結果最為接近，同時遠高於其他公式的估計結果。

表 3.1.1-5 Saxton et. al.(1986)利用土壤組成成份估計土壤水力

特性曲線的經驗公式

Applied tension

range (kPa)

Equation

1500 to 10

$$\phi = A \theta^B$$

$$A = \exp[a + b(\%C) + c(\%C)^2 + d(\%S)^2 (\%C)] \times 100$$

$$B = e + f(\%C)^2 + g(\%S)^2 + g(\%S)^2 (\%C)$$

10 to ϕ_e

$$\phi = 10.0 - (\theta - \theta_{10})(10.0 - \phi_e) / (\theta_s - \theta_{10})$$

$$\theta_{10} = \exp[(2.302 - \ln A) / B]$$

$$\phi_e = 100.0 [m + n(\theta_s)]$$

$$\theta_s = h + j(\%S) + k \log_{10}(\%C)$$

ϕ_e to 0

$$\theta = \theta_s$$

1500 to 0

$$K = 2.778 \times 10^{-6} \exp \left\{ p + q(\%S) + \left[r + t(\%S) + \frac{u(\%C) + v(\%C)^2}{(1/\theta)} \right] \right\}$$

Coefficients

$$a = -4.396$$

$$g = -3.484 \times 10^{-5}$$

$$p = 12.012$$

$$b = -0.0715$$

$$h = 0.332$$

$$q = -7.55 \times 10^{-2}$$

$$c = -4.88 \times 10^{-4}$$

$$j = -7.251 \times 10^{-4}$$

$$r = -3.8950$$

$$d = -4.285 \times 10^{-5}$$

$$k = 0.1276$$

$$t = 3.671 \times 10^{-2}$$

$$e = -3.140$$

$$m = -0.108$$

$$u = -0.1103$$

$$f = -2.22 \times 10^{-3}$$

$$n = 0.341$$

$$v = 8.7546 \times 10^{-4}$$

Definition

ϕ = water potential (kPa)

ϕ_e = water potential at air entry (kPa)

θ = water content (m^3/m^3)

θ_s = water content at saturation (m^3/m^3)

θ_{10} = water content at 10kPa (m^3/m^3)

K = water conductivity (m/s)

(%S) = percent sand

(%C) = percent clay

(4) 水利局經驗公式

劉振宇 (1997) 等研究水田對地下水補注量之推估，使用水利局設計規範公式推估水田入滲率，此經驗公式如下所示：

$$P = \frac{240}{CI} \dots\dots\dots (2.2-3)$$

式中：P ：表入滲率 (mm/day)

 C ：表粘粒百分比 (%)

 I ：表係數，視粘土% 大小而定

農業工程研究中心依據各農田水利會提供轄區內輪區之面積、粘粒百分比及土壤質地等資料，依水利局設計規範公式估算水田各種土壤質地之平均飽和入滲率，如表 3.1.1-6 所示。此外，為便於大區域入滲量之推估，依據 SAWAH 模式模擬水稻田入滲時，由模式推估在牛踏層厚 10 公分，水力傳導係數為 0.03 cm/day 時，不同土壤質地所對應之進入牛踏層之入滲通量列於表 3.1.1-7。

(5) 張良正 (1999) 屏東平原現地入滲實驗

張良正 (1999) 在屏東平原共完成 96 點現地雙環入滲試驗，經由現地入滲試驗的結果，可得到這 96 點的土壤飽和入滲率，再以美國農業部 (USDA) 的土壤分類標準共可分成砂、壤土質砂及砂質壤土等三大類，飽和入滲率大致在 1~10cm/hr 間。最後再以上述三種土壤質地分類之試驗所得飽和入滲率加以計算，得到各土壤質地之代表平均飽和入滲率值。

表 3.1.1-6 水田各種土壤質地之平均飽和入滲率

土壤質地	黏土粒百分比 (%)	係數(I)	入滲率 (mm/day)
砂質礫土	1.6	1.0	150
礫質礫土	5.0	1.1	43.7
砂土(S)	8.0	1.2	25.0
壤質砂土(LS)	11.6	1.3	15.9
砂質壤土(SL)	14.9	1.4	11.5
壤土(L)	8.2	1.5	8.8
粘質壤土(CL)	21.9	0.6	6.85
壤質黏土(LC)	27.0	1.7	5.24
黏土(C)	33.0	1.8	4.04
中黏土	40.0	1.9	3.16
重黏土(HC)	49.0	2.0	2.45
資料來源：水利局			

表 3.1.1-7 SAWAH 模式推估之不同土壤質地入滲通量

輪灌區內土壤種類 編號	輪灌區內土壤種類編	進入牛踏層之 平均通量
1	粘土	3.2 mm/day
2	壤土	3.5 mm/day
3	砂壤土	3.7 mm/day
4	砂土	4.1 mm/day
5	砂礫土	4.4 mm/day
6	玢質壤土	3.6 mm/day

資料來源：台灣省水利局，水稻田生態環境保護規劃及示範(水稻田對地下水補注功能評估分級)，民國八十六年八月。

(6)綜合評估

本計畫所使用的土壤質地資料，係前台灣省農試所（現農委會農試所）所負責數位化之「全省平地土壤土地資料」，內容分成 11 種型態，屬性包含排水性、坡度分級、以及 0 到 150 公分共四層之土壤質地。上述以經驗公式或是現地試驗所得到各種土壤質地的平均飽和入滲率，用農試所的 11 種土壤質地為基礎，整理成表 2.2-8。由表 2.2-8 可知，簡錦樹（1992）濁水溪沖積扇現地入滲試驗及張良正（1999）屏東平原現地入滲試驗，和由 Saxton 公式估計的結果較接近；而陳尚與李德滋公式及水利局的設計規範公式所估算的結果較接近，大陸水利電力部的結果最小。雖然陳尚與李德滋公式與水利局公式估計的結果比一般土壤力學或水文學參考資料中同樣土壤的入滲率要低，但因陳與李的公式是在田間實際量測的結果，因此陳與李公式估計土壤飽和入滲率結果較低的原因，可能與田間存在的牛踏層有

關。

本計畫採用之各種土壤質地的平均飽和入滲率(表 3.1.1-8)，係參考民國 89 年前水資源局委託能邦公司執行之「台灣地區地下水補注量估算」所用之飽和入滲率，共有兩組，一是參考陳尚與李德滋所估計之水稻田飽和入滲率為主，而不足的部份再依水利局的標準加入；另一是大陸水利電力部水文局所試驗之參數，不足部分以內插方式補充。

表 3.1.1-8 各單位估計飽和入滲率之成果

土壤質地	估計飽和入滲率 (mm/day)						「台灣地區地下水補注量估算」計畫採用值	
	Saxton	陳尚 & 李德滋	水利局	張良正	大陸水力電力部	一	二	
COS 粗砂土, S 砂土	—	—	43.7	2018.4	—	43.7	3.00	
fS 細砂土, LCOS 壤質粗砂土, LS 壤質砂土	—	—	15.9	475.2	3.0	15.9	3.00	
LfS 壤質細砂, COSL 粗砂質壤土, SL 砂質壤土, fSL 細砂質壤土	676.8	18.24	11.5	309.6	2.5	18.24	2.50	
VfS 極細砂土, Lvfs 壤質極細砂土, vfsL 極細砂質壤土	789.6	26.4	—	—	—	26.4	2.30	
Si 粉土, SiL 粉質壤土	734.4	8.02	—	—	—	8.02	2.15	
L 壤土	314.4	10.32	8.8	—	—	10.32	2.00	
SCL 砂質粘壤土	67.2	7.68	—	—	—	7.68	1.85	
CL 粘質壤土, SicL 粉質粘壤土	85.92	3.12	6.85	—	1.7	3.12	1.70	
sic 粉質粘土	66.96	1.28	—	—	—	1.28	1.35	
C 粘土	44.64	0.89	4.04	—	1.0	0.89	1.00	
gTv 石礫	—	—	150	2400	—	150	3.00	

註：土壤質地依照農試所之土壤質地屬性資料對照表。
資料來源：經濟部水資源局，「台灣地區地下水補注量估算」，民國 89 年。

2. 降雨入滲係數 α

降雨入滲係數 α 為降雨入滲補注量與相對應降雨量之比值。本計畫採用大陸水利電力部水文局所分析的成果，如表 3.1.1-9 所示，前水資會民國 84 年屏東平原地下水數值模式之應用分析報告也引用此數據作估算參考。表 3.1.1-9 為大陸水利電力部水文局根據實測資料條件，採用不同方法計算降雨入滲係數 α 值。在側向入流較小、地下水埋深淺的平原區，根據地下水位升幅計算 α 值（當地下水位受側向入流、河道滲漏或地下水開發影響時，已設法消除了這些因素對計算地下水位升幅的影響）；在地下水開採量大、地下水埋藏深或已形成地下水洩降區的平原，採用年水量平衡法分析 α 值；在部分高原台地和山間盆地平原區，地形坡度大，溝谷切割深，地下水以泉水及河川基流型式流出，根據泉水流量或切割的河川基流量推求 α 值；在較乾旱地區，由於地下水埋藏較深，非飽和層土壤含水量較少，一年只有幾次較大降雨對地下水形成補給，因此分析了對地下水有補給的降雨所對應的有效降雨入滲係數。

由上可知，大陸水利電力部水文局引用多年的實測資料，利用不同的方法，經過統計分析後，降雨入滲補注係數 α 值將取決於土壤性質與年平均降雨量而定，降雨入滲補注係數資料之範圍如表 2.2-9 所示。當年降雨量大於 1,200 公厘時，降雨入滲補注係數反而較小，此乃因降雨量大的地區，地表皆較濕潤，地下水位距地表較近，則地下水含水層之調蓄能力相對較小，平均年降雨入滲補注係數因而較小。故若年降雨量大於表 3.1.1-9 之最大值 1,800 公厘時，取該列最小值係數計算之。

表 3.1.1-9 降雨入滲補注係數值範圍

土壤性質 平均 年降雨量(mm)	粘土	粘壤土	砂壤土	粉細砂	砂卵礫石
50	0.00~0.02	0.01~0.05	0.02~0.07	0.05~0.11	0.08~0.12
100	0.01~0.03	0.02~0.06	0.04~0.09	0.07~0.13	0.10~0.15
200	0.03~0.05	0.04~0.10	0.07~0.13	0.10~0.17	0.15~0.21
400	0.05~0.11	0.08~0.15	0.12~0.20	0.15~0.23	0.22~0.30
600	0.08~0.14	0.11~0.20	0.15~0.24	0.20~0.29	0.26~0.36
800	0.09~0.15	0.13~0.23	0.17~0.26	0.22~0.31	0.28~0.38
1000	0.08~0.15	0.14~0.23	0.18~0.26	0.22~0.31	0.28~0.38
1200	0.07~0.14	0.13~0.21	0.17~0.25	0.21~0.29	0.27~0.37
1500	0.06~0.12	0.11~0.18	0.15~0.22	0.21	0.27
1800	0.05~0.10	0.09~0.15	0.13~0.19	0.21	0.27

資料來源：大陸水利電力部水文局，“中國水資源評價”，1987

三、地下水模擬結合參數優選推估補注量及抽水量

地下水數值模擬自 1950 年代末期一維模式之推出以後，即不斷推陳出新，再加上電腦硬體功能之成長與數值方法之改進，於 1970 年代中期即發展出包括可以同時模擬非飽和層與飽和層水力變化之三維地下水水流數值模擬程式。根據朱文生等(1990)受行政院環保署委託之調查，目前全世界已有數百個地下水水流模擬程式可供各種應用。

以區域地下水資源的觀點而言任何地表入滲的水量，均至少要能到達區域的淺層含水層，才是對地下水系統有效的補注量。從另一觀點而言，大部份地表補注皆需經過非拘限含水層，因此本研究將針對各研究地下水區地下水流建立數值模式，以配合上述各地下水區地表入滲量估算結果及 UCODE 參數優選模式推估地下水補注量及抽水量。本研究地下水流模式之程式乃是採用美國地質調查局(U.S.G.S)發展的 MODFLOW 程式。MODFLOW 模式為目前國內最常被各單位應用的地下水模式，MODFLOW 為一個可以同時模擬多層含水層之地下水水流狀況、河川入滲、降雨入滲及抽水等作用的數值模擬程式。以下就地下水模擬結合參數優選推估補注量及抽水量之工作流程進行說明(圖 3.1.1-2):

(1)地表入滲補注量推估結果

即配合利用上述二、地表入滲補注量推估之結果，進行地下水補注量之推估。

(2)各格網入滲量於空間及時間之分配

計算格網入滲量之空間分配權重，由於第(1)項推估之入滲量雖然有其空間及時間分佈，惟其空間分佈係各土地利用為一處理單元。本

研究即再以第(1)項之地表入滲補注量估算結果，配合地下水模擬模式之格網劃分，計算各格網於空間及時間入滲量分配。

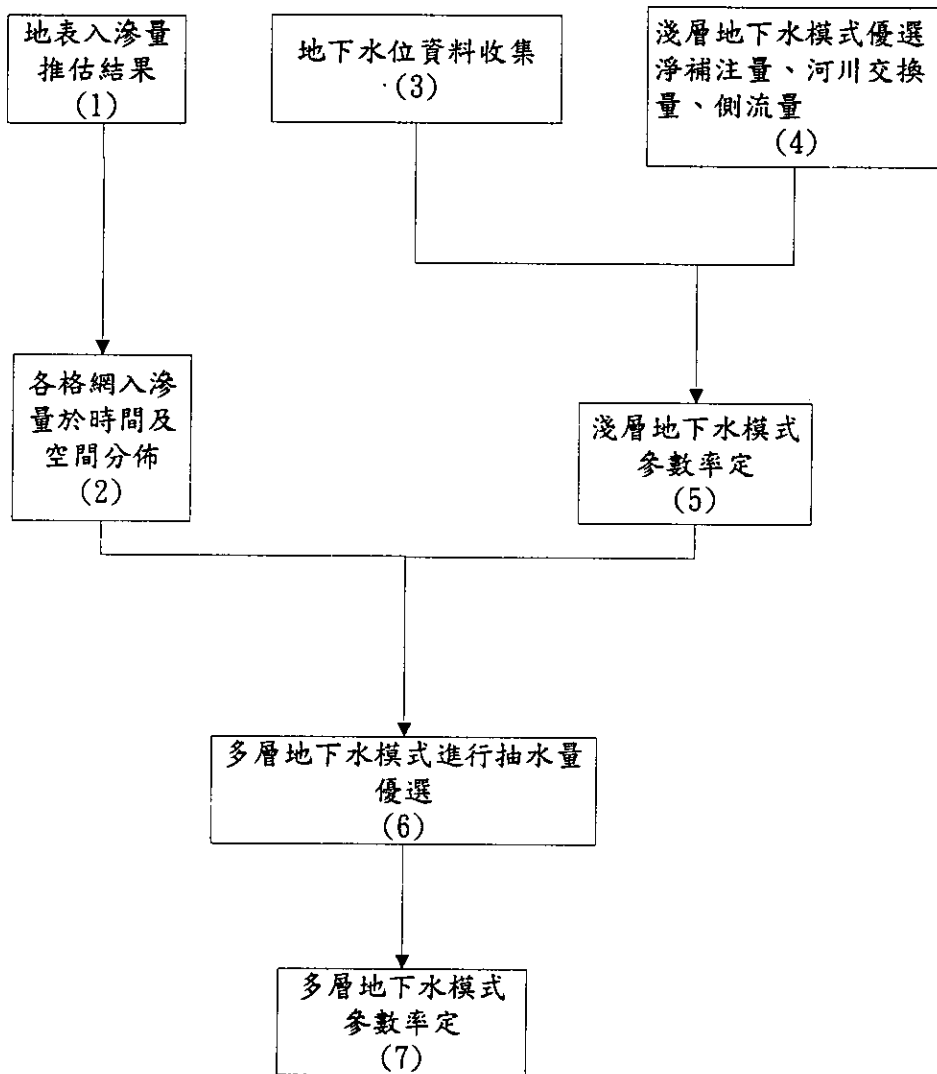


圖 3.1.1-2 參數優選模式推估補注量及抽水量工作流程

(3) 地下水位資料收集

本將研究收集各研究地下水區觀測站網之建置後之最新水位資料，此項水位資料可供第(4)項 UCODE 參數優選之觀測水位。

(4) 以淺層地下水模式配合 UCODE 進行淨補注量、河川交換量、側流量優選

本計畫採用美國地質調查所(U.S.G.S)所發展的 UCODE 程式，配合淺層自由含水層數值模式，進行地下水參數優選淨補注量、側流量及河川與地下水交換量。

於進行 UCODE 參數優選時，因參數維度之考量，本研究於參數優選模式中選定抽水量與入滲補注的綜合效應即為地表淨補注量為優選對象進行參數分區，並配合研究地下水區周圍邊界可能有側流量之虛擬補注井進行參數優選，另外因河川與地下水交換量不易估算，將以各水區主要河川區分河段，進行河川與地下水之交換量優選。

首先配合研究區域之水文地質架構，建立淺層地下水流數值模式。另外，本研究雖應用 UCODE 來推估水流模式中的參數，但是若將每個格網之抽水量都視為一個獨立參數，則其維度將太大而無法直接對其優選，因此本研究是利用分區補注量(Recharge)的形式替代抽水井來降低其維度(Dimension)。實際的地下水問題中，實測資料的數量非常有限，要利用有限的資料求出具有非常大自由度之參數分佈情形是不可能的。以下將針對模式未知參數之分佈的簡化方法加以說明。

利用有限差分法求解問題時，基本上已經把模擬區域與參數皆離散化而成為有限維度，離散化後的維度通常依舊非常大，無法利用有限觀測資料來推求參數，因此必須配合參數化(Parameterization)的技巧先合理地降低參數維度後，才能進一步利用觀測值推求參數

值。

在過去既有地下水流模擬與人工檢定的過程中，發現較不確定性大且對模擬結果影響較顯著的參數是抽水量，因此針對 UCODE 的特性在參數優選模式中先選定抽水量與入滲補注的綜合效應即地表淨補注量當作優選對象，其表示如下：

$$q = I - Q$$

其中 q : 地表淨補注率(m/s)

I : 地表入滲補注率(m/s)

Q : 自由含水層抽水率(m/s)

以下就針對所使用到參數化方法加以說明：

地表淨補注量參數化所使用的是分區(Zonation)法，而本計畫所指之水區乃是地下水抽水區，水區的劃分主要是依地表河流集水區特性與地下水位零位線為依據標準，而深層(地下含水層)也依上述方式作一致性的劃分。本計畫將配合水區地表特性來進行地表淨補注量之分區。並假設每區淨補注率型態類似而視為均勻補注或抽水，所以在每個抽水區的格網均給予相同的淨補注率。

另外，由於水區之周圍邊界可能大量的地下水量自平原周圍山區之邊界岩盤入滲至平原內，規劃將於邊界部份以補注井模擬其側流量之補注效應。最後，因地表河川與地下水之交換量不易估算，規劃只考慮水區主要河川，並將河段區分為上、中、下游三段，以降低優選參數之維度。

(5) 淺層地下水模式參數率定

由(4)之工作中，可得出淨補注量、河川交換量及側流量、輸入淺層地下水模式中，進一步配合模式人工率定。在參數率定時，原則上水文地質參數如 K 值、 S 值先不給予調整，而是以格網方式人工率

定所優選出之淨補注量、河川交換量及側流量。最後，再配合(2)之推估結果，得出地表補注量、河川交換量、側流量及淺層抽水量。

(6)以多層地下水模式配合 UCODE 進行抽水量優選

將(5)經人工率定之淺層地下水模式擴充至多層地下水模式，其中地表補注量、河川交換量、側流量不再變動，進行各層分區抽水量之優選。其進行方式有二：一為先將抽水量參數分區以降低優選參數維度，原則上各含水層之抽水量參數分區一致，在固定其它參數之條件下，進行分層分區抽水量優選；另一方式為各含水層之抽水量參數分區乃一致，但各層之抽水量在人為固定比例之條件下，進行抽水量優選。

(7)多層地下水模式參數率定

將經(6)優選後之抽水量，輸入多層地下水模式，再配合模式人工率定方式，得出各層抽水量及側流量。

3.1.2 地下水潛能推估

各研究區域經上述 MODFLOW 數值模式建立後，除了推估各研究地下水區之地表補注量及邊界側流量(含山丘之側流量)及抽水量，並同時能對研究地下水區之地下水流能有更精確之掌握。而所建立之 MODFLOW 地下水流模式可進一步提供作為推估安全出水量之用。

地下水安全出水量之多寡直接牽涉到地下水抽水方案之規劃，惟何謂「安全出水量」，則因管制目標差異性而有不同定義。沈向白教授(1989)曾提出所謂地下水安全出水量(Safe Yield)之定義，大概可從兩個觀點加以探討：其一從理論上定義安全出水量，也就是從水文收支平衡的理論上所推求的年補注量。其二是從水權上定義安全出水量，也就是從法律及經濟的立場定出安全出水量。前者可稱為水文的安全出水量(Hydrological Safe Yield)，後者可稱為經濟的安全出水量(Economic Safe Yield)。

水文的安全出水量以不超過年補注量為限，其型式也有兩種：倘若抽用量與儲存量相平衡，則地下水位無變化，此時補給量即為安全出水量，此法通常適用於累積了足以進行地表水平衡計算資料的地下水流域；或者是當開始抽水時之水位與使用一年後之水位相同（即洩降為零）時，此一年之用水量應等於安全出水量。以經濟為必要條件所定義的安全出水量是以效益觀點來考慮，其考慮因素除了要考慮地下水使用費，在台灣地區亦應將地層下陷所衍生的問題及社會成本納入考慮。本計畫即就水文的安全出水量之推估進一步說明。

一、補注量即為安全出水量

配合水收支平衡法或所建立之 MODFLOW 地下水流模式之水平衡之果，推估安全出水量。

二、Hill method 推估安全出水量

Hill method 推估安全出水量之精神，即於抽用地下水後，地下水水位能回復至抽水前之水位(即洩降為零)，此抽水量即為安全出水量。而本計畫以上節所建立之 MODFLOW 地下水流模式，配合所收集之長時間水文資料輸入模式中，反覆等比例增減各分區之抽水量，直至模式所有計算格網之平均洩降量為零，其抽水量即為安全出水量。

3.1.3 地下水開發未來需求量推估

由於地下水開發未來需求量推估，需要配合整體之水資源調配。以台灣之水資源情況而言，就總量而言，水資源開發利用應以地表水為主，地下水為輔為原則。本研究於推估地下水開發未來需求量，將配合水利單位對未來各標的用水量需求之推估，並參照目前既有之供水系統及規劃中之水資源開發計畫，以推估地下水開發未來需求量。其推估之方式如下：

未來各標的用水量之需求 = 既有地表水之供水量 + 規劃之水資源開發計畫 + 地下水之需求量

經由上述之推估程序後，即可求得地下水之需求量。惟於實際之地表地下水聯合調配時，地下水之實際供水量乃需受上節所推估之允許抽水量之限制。

以包含嘉南平原及屏東平原之南部區域為例，包括嘉義縣、嘉義市、台南縣、台南市、高雄縣、高雄市及屏東縣等七縣市，區域內重

要之河川有朴子溪、八掌溪、急水溪、曾文溪、鹽水溪、二仁溪、岡山溪、高屏溪、東港溪、林邊溪、率芒溪、枋山溪、楓港溪、四重溪及保力溪。其水資源之開發以用水為主，水力利用為輔，現有蓄水設施包括十七座水庫，眾多以局部性灌溉用水為主之池埤及以引水為主之攔河堰。南部區域之天然地下水補注量平均每年約有 23.70 億噸，超量抽取地下水已使得嘉義、台南、高雄及屏東沿海地區出現地層下陷的現象。

未來之用水需求，根據「台灣地區水資源開發綱領計畫」南部區域至民國 110 年之水資源供需情勢詳圖 3.1.3-1 所示，其中工業用水分別以低成長、中成長及高成長考慮，並搭配趨勢中成長及節約用水下之生活用水需水量。

根據前述草案此區於民國 85 年時之供水僅略有餘裕，在南化水庫二期旗山溪越域引水工程及高屏溪攔河堰相繼完工後，可提昇水源供應能力，惟為使區域間支援供水能力增強，提昇地面水源運用效率，應優先完成高屏溪攔河堰至南化水庫聯通管路工程，如此可將嘉義、台南及高雄連成一完整的供水體系，而整體供水能力可由每日 263 萬噸大幅提昇為 357 噸，阿公店水庫更新工程完工後可再將整體供水能力提昇至每日 367 萬噸，此一供水情勢在工業發展達到高成長之情境下亦只能於平水年時勉強維持至民國 95 年，故長遠之計仍在於以工程手段適度開發新水源。

依綱領計畫中所述若工業發展用水仍能循高成長曲線成長，則民國 95 年時即須以曾文-南化聯合運用每日增供 20 萬噸，其後至民國 97 年再由吉洋人工湖分三期每日增供至 30 萬噸，但亦僅能勉力滿足需水而已，至民國 100 年時每日已不足 15 餘萬噸，即使由海水淡化每日增供 10 萬噸仍有不足，須待民國 102 年完成曾文越域引水計畫

後增供每日 64 萬噸始大幅紓緩用水壓力，至民國 103 年移用 30 萬噸之農業用水並完成士文水庫每日增供 27 萬噸，此後至民國 110 年均可滿足平水年之需求。然而，為達到此一供給情勢，須逐步完成曾文-南化聯合運用、吉洋人工湖、海水淡化廠、曾文越域引水計畫及士文水庫等五個主要工程，其中曾文越域引水計畫及士文水庫仍有待進一步協調溝通。

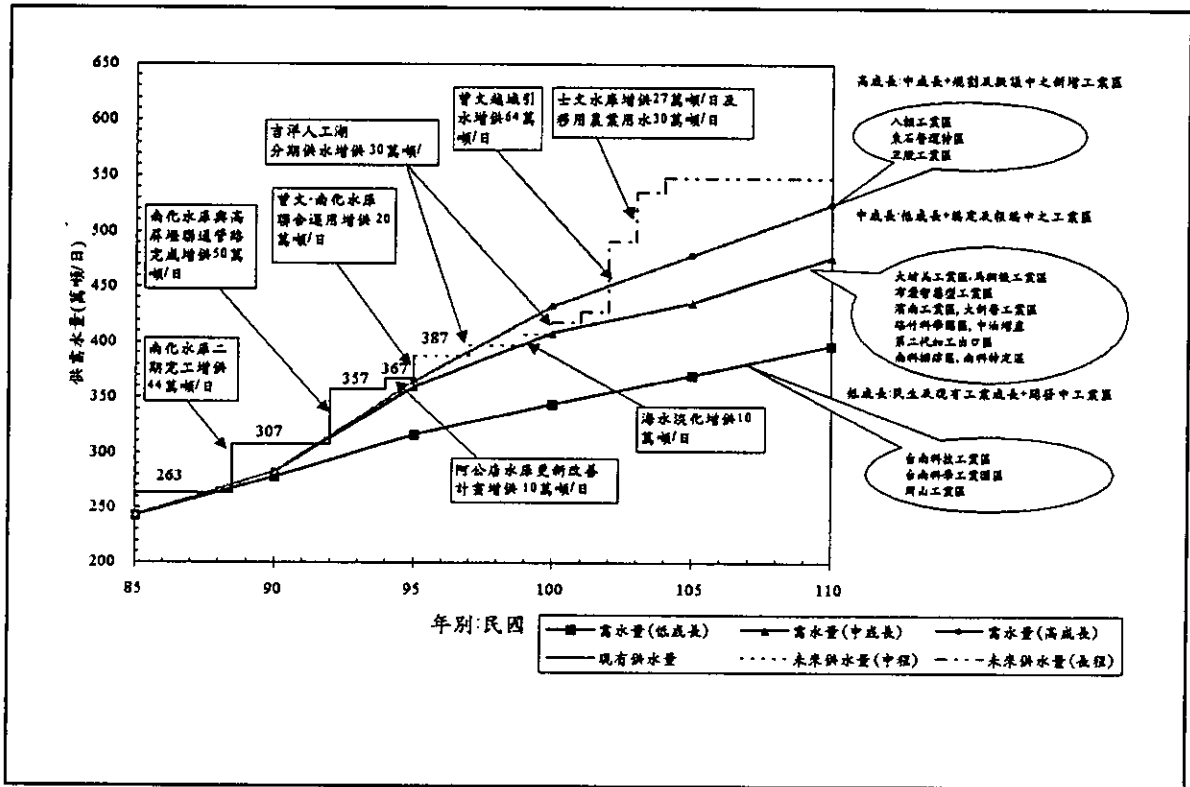


圖 3.1.3-1 南部區域至民國 110 年之水資源供需情勢詳圖

(資料來源：台灣地區水資源開發綱領計畫)

3.2 地下水質現況與未來趨勢分析

目前台灣地區之地下水質資料來源之主要有二類:台灣地區地下水觀測網整體計畫及環保署之區域性水質監測井之水質資料。就水質與水量一體的觀點而言，應以各水質標準評估含水層地下水適合之供水標的，以達到本計畫之地下水資源最佳營運。本工作團隊將以台灣地區地下水觀測網整體計畫為主，輔以環保署之區域性水質監測井之水質資料(淺層)，研判目前計畫區域之各主要含水層之水質配合水質指標評估及各項用途標準，以作為地下水源運用參考。

3.2.1 地下水背景水質分析

本計畫涵蓋範圍為濁水溪沖積扇、屏東平原、嘉南平原及蘭陽平原，將採用台灣地區灌溉用水水質標準(台灣省政府 67.7.5 六七府建水字第 59931 號)及飲用水水源水質標準(行政院環境保護署 86.9.24 (86)環署毒字第 56075 號)來分析各區域站井是否符合各項水質標準及分析地下水水質是否遭到污染。根據各地下水監測井之水質檢測項目結果進行研判與分析，區分適合灌溉及飲用水水源水質之地區，以作為開發地下水抗旱井之參考。

3.2.2 地下水水質變化趨勢探討

參考站網之地下水質分析結果，針對各區域內的站井做水質的分層分析，選定以水溫(T)、導電度(EC)、酸鹼值(pH)、氯鹽(Cl⁻)、總溶解固體量(TDS)及化學需氧量(COD)等六項水質來做探討分析水質空間分佈情形及時間之變化趨勢，選擇前五項水質是根據前經濟部水資源局之「台灣地區地下水觀測網水質調查分析及指標井選定」88 年研究成果報告中所分析的水質項目，又因為考量人類活動對地下水污

染影響，於是增加化學需氧量之分析。表 3.2.2-1 為各項水質引用的標準。

表 3.2.2-1 各項水質引用的標準

水質項目	採用的水質標準	水質標準
水溫 T(°C)	台灣省灌溉用水水質標準	35
	台灣地區飲用水水源水質標	未規定
導電度 EC (μ mhos/cm)	台灣省灌溉用水水質標準	750
	台灣地區飲用水水源水質標	未規定
酸鹼值 pH(mg/L)	台灣省灌溉用水水質標準	6.0~9.0
	台灣地區飲用水水源水質標	未規定
氯鹽 Cl ⁻ (mg/L)	台灣省灌溉用水水質標準	175
	台灣地區飲用水水源水質標	250
總溶解固體量 TDS(mg/L)	台灣省灌溉用水水質標準	未規定
	台灣地區飲用水水源水質標	500
化學需氧量 COD(mg/L)	台灣省灌溉用水水質標準	未規定
	台灣地區飲用水水源水質標	25

上述各項水質指標之污染特性如下：

(1)水溫 (T)

水溫於衛生並無影響，惟其與水處理的速率和效率及水中的微生物生長狀況有密切的關係。

(2)導電度(EC)

導電度乃表示水的導電性質，其大小和溶解的離子濃度有密切關係，故可間接得知水中總溶解固體物的量，此外，由沿海地區地下水的測

值，亦可觀察海水入侵的程度。

(3)酸鹼值(pH)

酸鹼值為水中氫離子濃度之指標，酸鹼值的形成為水中含有構成酸性或鹼性的物質，偏低的酸鹼值會增加水管的腐蝕，相對的過高的酸鹼值亦有可能增加水管的積垢，另酸鹼度會影響水處理的效率，如軟化、混凝、加氯消毒等，亦可由其值判定水庫中的藻類繁殖程度。

(4) 氯鹽(Cl^-)

氯鹽於正常濃度時對人體並無影響，但若其濃度太高時則對心臟病、腎臟病患者造成影響，如果濃度高會加速鐵管、鍋爐和其他給水設備的腐蝕，並對農作物的生長產生妨礙。另氯離子為人體細胞維持正常滲透功能所需，故一般生活污水中亦有氯鹽的存在，可做為一污染指標。

(5)總溶解固體量(TDS)

通常 TDS 代表無機物質，但是當有機溶劑的濃度達到 ppm 程度以上時，也對 TDS 有貢獻。對於評估可飲用程度，TDS 很重要，視覺美觀上的值為 500 mg/L。在污染監測計畫中，TDS 值可以顯示有無被稀釋的污水排放，如果水中總溶解固體量若含量過高，容易引起下痢及其他胃腸不適症狀，環境工程的應用則對於須軟化處理得水，可決定其軟化的步驟方式。

(6)化學需氧量(COD)

為以重鉻酸鉀為氧化劑氧化分解水中之有機物，再以所消耗之相當氧量表示水中之有機物量的一種方法。因氧化力強，故除有機物外亞硝酸鹽、二價鐵、硫化物等亦可被氧化，因此氧化劑之消耗量，不能完全代表有機物量。

3.3 單目標地表地下最佳潛能模式發展

為配合「現階段水資源政策綱領」中提及水資源計畫必須能兼顧水土與環境生態維持以及區域水資源的供需，並必須在水資源供給潛能限制與區域（地區）整體發展需求之間取得平衡，故宜在評估區域的水資源供給為有限、寶貴資源之前提下，擘劃水資源供需發展方向。有鑑於此，本團隊將研究區域內的地表水系統與地下水系統進行整體的調配以使有限水資源發揮最大的效益，亦即整合地表水源調配模式與地下水流模擬模式成為地表地下水聯合營運模式，此一聯合營運模式不僅考量維持環境生態的河川保留基準流量與涵養地下水資源的人工補注量，且更進一步結合遺傳演算法來發展單目標地表地下最佳潛能模式。上述演算流程圖如圖 3.3-1 所示。

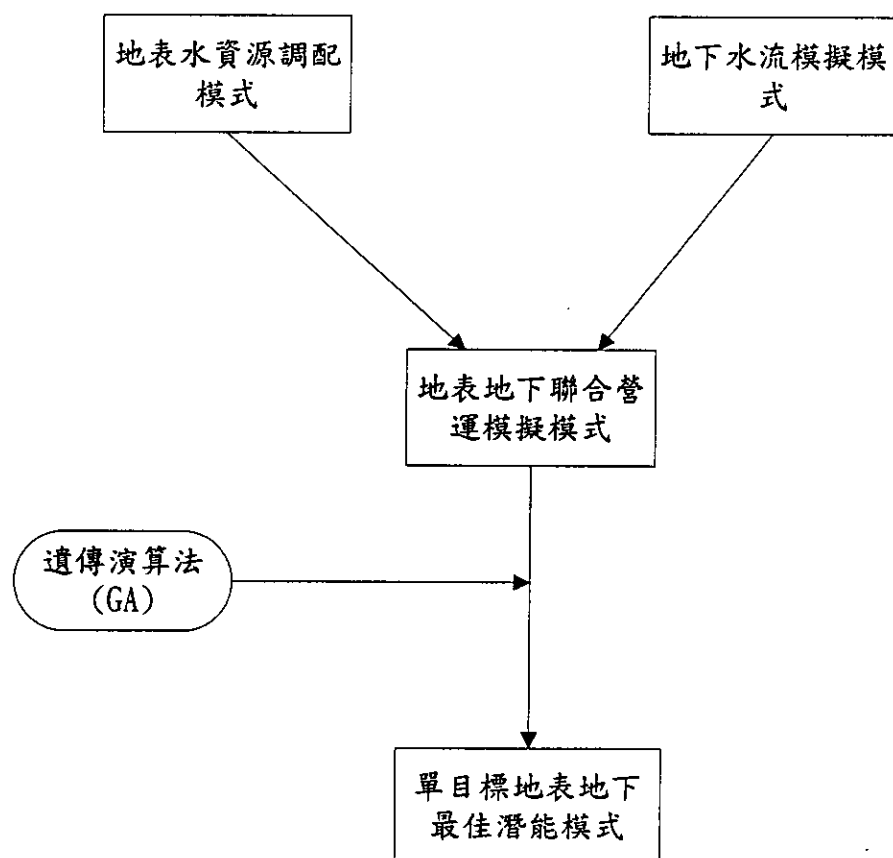


圖 3.3-1 單目標地表地下最佳潛能模式演算流程圖

3.3.1 地表地下水資源概念模式建立

地表地下水資源概念模式建立的首要工作為系統模擬流網圖之建置，本團隊將以一案例來示意此階段的工作，案例之水資源系統架構圖如圖 3.3.1-1 所示。即以甲仙攔河堰、高屏溪攔河堰、南化水庫、曾文水庫及烏山頭水庫構成一聯合營運之地表水資源營運系統，適當地調配大台南及大高雄地區之公共用水需求。並於圖 3.3.1-1 (台南、高雄地區地表水資源系統流網圖)中加入虛擬地下水區節點，透過抽水和人工補注的設計與整個地表水資源系統重新組合成一地表地下水資源聯合營運系統。

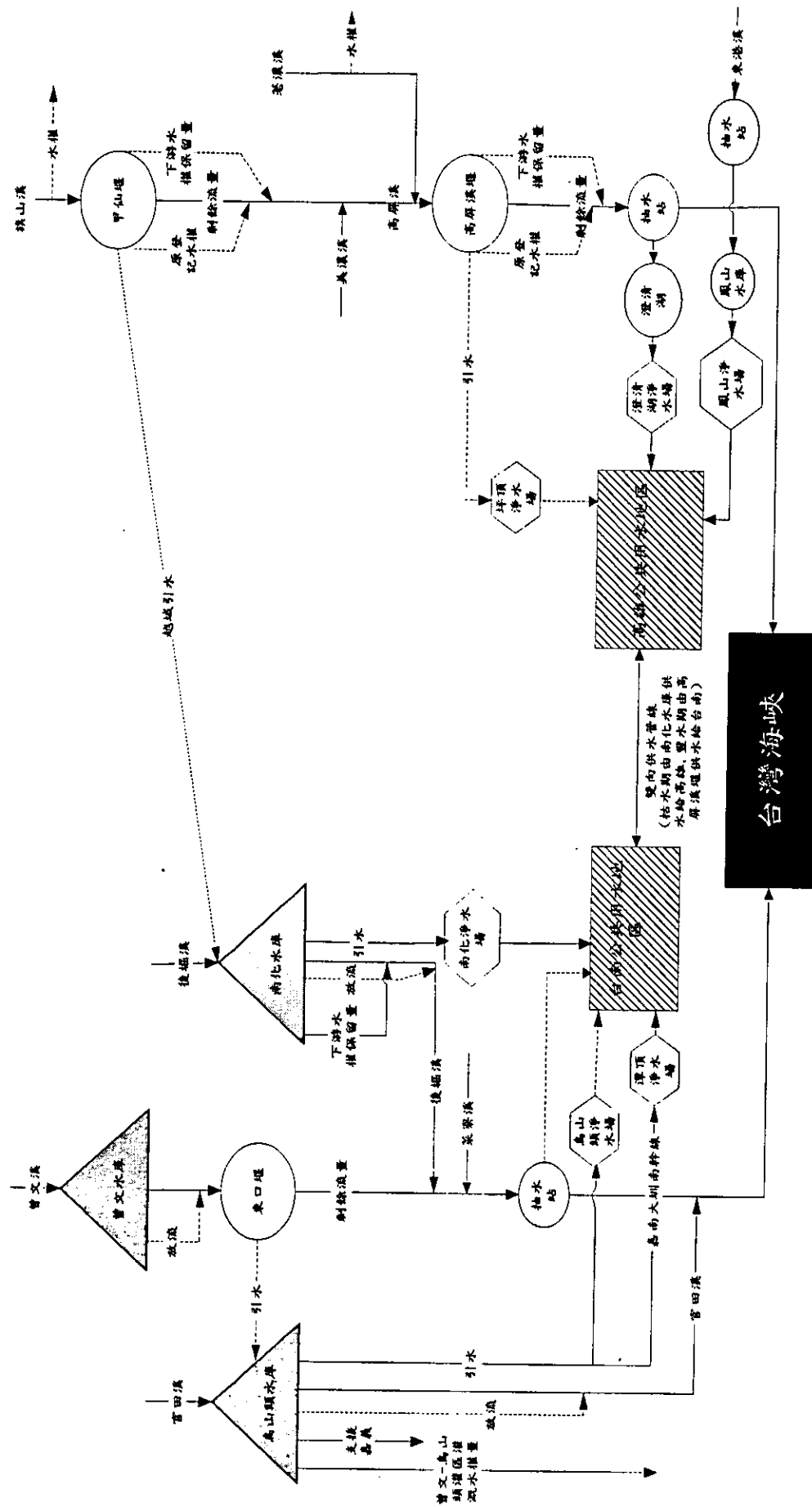


圖 3.3.1-1 台南、高雄地區地表水資源系統架構圖

3.3.2 地表地下水聯合模擬模式建立

當完成台南、高雄地區地表水資源系統架構圖後，即可根據此架構建立程式模擬所需使用的流網圖(圖 3.3.2-1)，圖中各節點均給與一不重覆的整數代號以利於方程式表達及程式撰寫，地下水區之補注量由高屏溪堰所提供，而地下水區的抽水量則可供應高雄地區。此外，配合「水資源政策綱領」在追求永續經營之終極理念下，水資源開發亦須著眼於如何與自然相調和，同時亦具維護既有生態環境之義務，因生態系統甚為脆弱，一旦被破壞便難以於短時期內再復原貌，甚至就此終結，須審慎對待之。與水資源供應最密切相關之自然環境不外乎河川，河川於單位時間之流量稱為河川內流量，為構成河川之主體，與河川生物與非生物環境息息相關；而維護河川生態系統穩定活動所需之流量，稱為河川保留基準流量或稱河川生態基準流量，故模擬時於各水庫之放流與各攔河堰之剩餘水量皆需考量河川保留基準流量的維持。另一方面，由於攔河堰無蓄水功能，所以在操作上應先進行供水，以防過多水資源溢流至大海，故可以依質量守衡(Mass Balance) 進行引水量及剩餘流量計算。因此甲仙堰與高屏堰的引水量及剩餘流量在程式進行演算前即為已知值，故圖 3.3.2-1 可再進一步簡化為圖 3.3.2-2 的形式。圖 3.3.2-2 即可為本案例最後求解之網流圖。

前述之網流概念模式基本上已定義了整體調配的架構及精神，惟在進一步發展量化的模擬模式之前，尚需將系統營運效益的衡量方式、系統操作原則及各種限制條件及考量等，以量化的函數或方程式等描述之，以下將進一步說明此項工作的內涵。

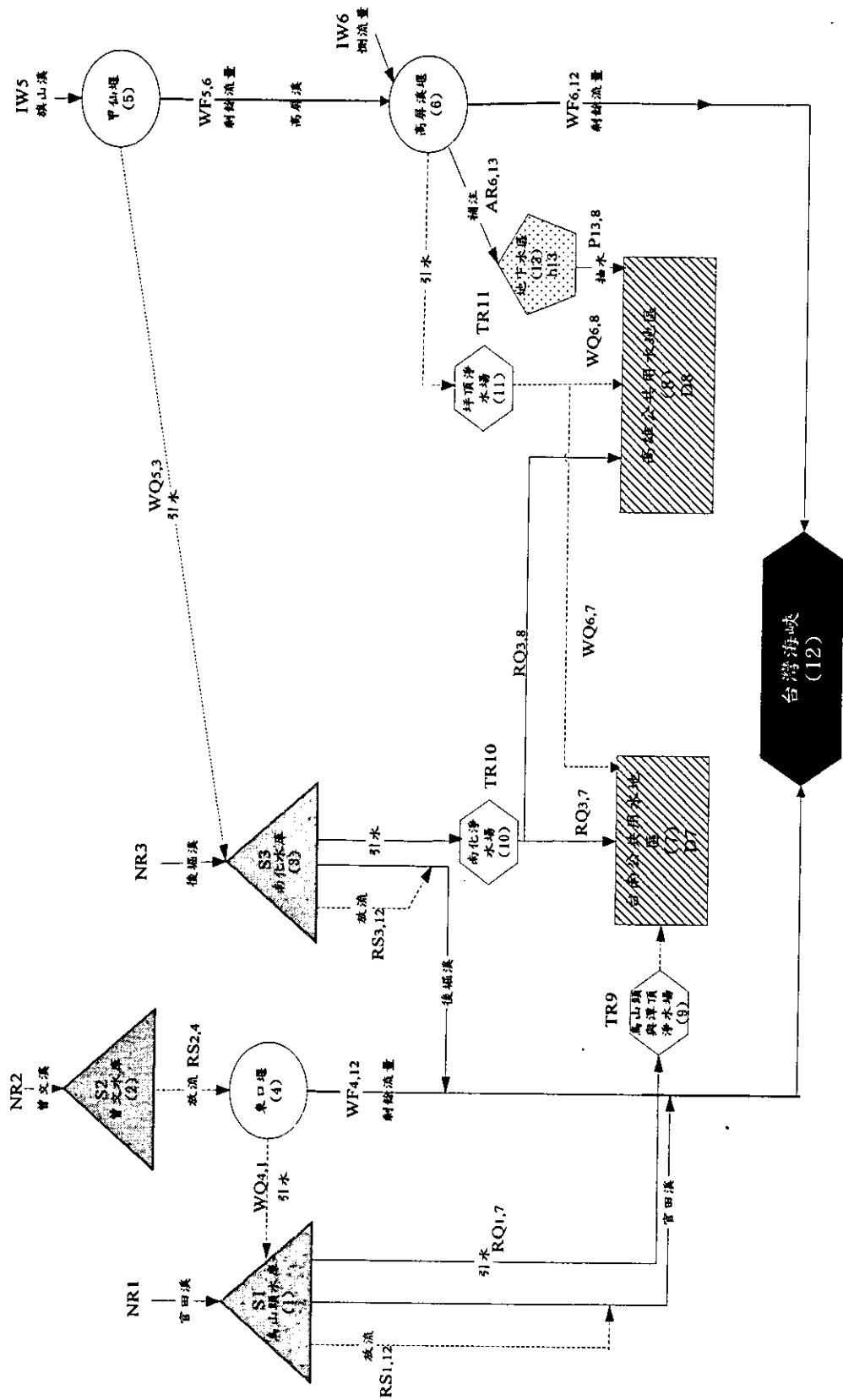


圖 3.3.2-1 台南、高雄地區地表地下水資源系統聯合營運運流網圖

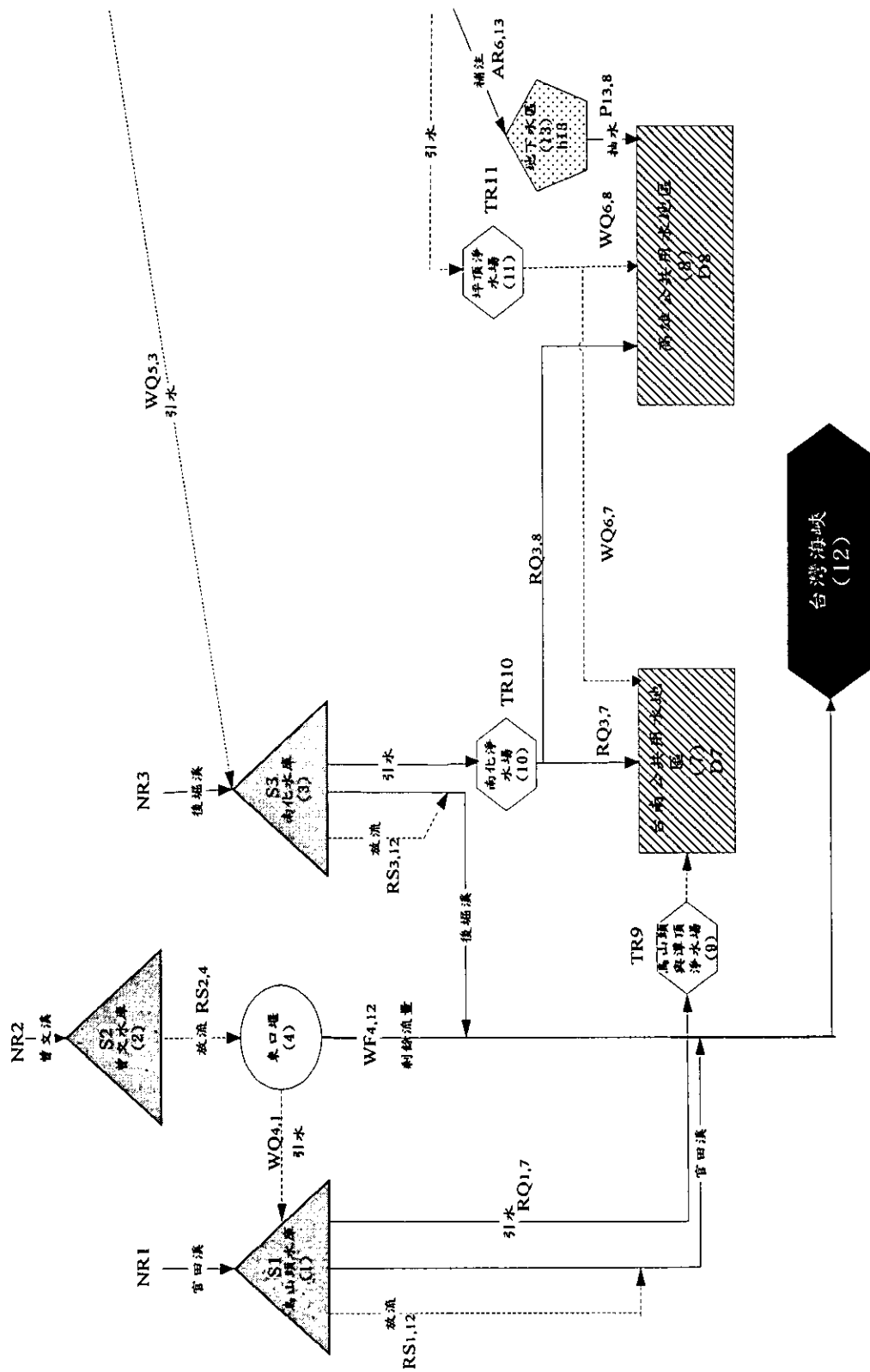


圖 3.3.2-2 台南、高雄地區地表地下水資源系統聯合營運簡化流網圖

一、變數定義

上節案例之相關變數定義如下：

狀態變數

$S_{1,t}$ ：第 t 時刻烏山頭水庫的期初蓄水量

$S_{1,t+1}$ ：第 t 時刻烏山頭水庫的期末蓄水量

$S_{2,t}$ ：第 t 時刻曾文水庫的期初蓄水量

$S_{2,t+1}$ ：第 t 時刻曾文水庫的期末蓄水量

$S_{3,t}$ ：第 t 時刻南化水庫的期初蓄水量

$S_{3,t+1}$ ：第 t 時刻南化水庫的期末蓄水量

$\hat{h}_{13,t}$ ：第 t 時刻節點代號 13 之所有地下水位變數

$\hat{h}_{13,t+1}$ ：第 $t+1$ 時刻節點代號 13 之所有地下水位變數

$h_{1,13,t+1}$ ：第 $t+1$ 時刻節點代號 13 之地下水區，其第 1 個觀測井的地下水水位

$h_{2,13,t+1}$ ：第 $t+1$ 時刻節點代號 13 之地下水區，其第 2 個觀測井的地下水水位

$h_{3,13,t+1}$ ：第 $t+1$ 時刻節點代號 13 之地下水區，其第 3 個觀測井的地下水水位

決策變數

$RS_{1,12,t}$ ：第 t 時刻由烏山頭水庫流出至臺灣海峽的水庫放流量

$RS_{2,4,t}$ ：第 t 時刻由曾文水庫流出至東口堰的水庫放流量

$RS_{3,12,t}$ ：第 t 時刻由南化水庫流出至臺灣海峽的水庫放流量

$RQ_{1,7,t}$ ：第 t 時刻由烏山頭水庫流出至台南公共用水

地區的水庫引水量

$RQ_{3,7,t}$ ：第 t 時刻由南化水庫流出至台南公共用水地區的水庫引水量

$RQ_{3,8,t}$ ：第 t 時刻由南化水庫流出至高雄公共用水地區的水庫引水量

$WQ_{4,1,t}$ ：第 t 時刻由東口堰流出至烏山頭水庫的越域引水量

$AR_{13,t}$ ：第 t 時刻節點代號 13 之地下水區的補注量

$P_{13,t}$ ：第 t 時刻節點代號 13 之地下水區的抽水量

$D_{7,t}$ ：第 t 時刻台南公共用水地區的潛能量(或需水量)

$D_{8,t}$ ：第 t 時刻高雄公共用水地區的潛能量(或需水量)

其餘變數

$WF_{4,12,t}$ ：第 t 時刻由東口堰流出至臺灣海峽的剩餘流量

$\hat{T}(\)$ ：地下水水位轉換函數

已知量：

$NR_{1,t}$ ：第 t 時刻烏山頭水庫的河川入流量

$NR_{2,t}$ ：第 t 時刻曾文水庫的河川入流量

$NR_{3,t}$ ：第 t 時刻南化水庫的河川入流量

$KR_{1,t}$ ：第 t 時刻烏山頭水庫的保留流量

$KR_{2,t}$ ：第 t 時刻曾文水庫的保留流量

$KR_{3,t}$ ：第 t 時刻南化水庫的保留流量

$KW_{4,t}$ ：第 t 時刻東口堰的保留流量

$WQ_{5,3,t}$ ：第 t 時刻由甲仙堰流出至南化水庫的越域引水量

$WQ_{6,7,t}$ ：第 t 時刻由高屏溪堰流出至台南公共用水地區

的引水量

$WQ_{6,8,t}$ ：第 t 時刻由高屏溪堰流出至高雄公共用水地區的引水量

TR_9 ：烏山頭與潭頂淨水場的容量

TR_{10} ：南化淨水場的容量

n ：操作期距

二、目標函數(缺水指數)

「台灣地區水資源開發綱領計畫」中提及水資源供水規劃準則一般使用缺水指數，缺水指數之定義如下：

$$SI = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{\text{年缺水量}}{\text{年計畫供水量}} \right)^2$$

SI：缺水指數(Shortage Index)

n ：模擬總年數

缺水指數簡單描述年缺水量與年計畫供水量間之關係，以缺水率(年缺水量/年計畫供水量)之平方表現年缺水之程度，並以全期各年缺水率平方之平均為代表，將不同年間之缺水狀況予以平均化，並對特殊之枯旱狀況給予較高之權重。一般常以缺水指數(SI)1.0 之供水標準為計畫供水量(出水量)訂定之準則。有鑑於此，上節案例之目標函數可以缺水指數的方式表示如下：

$$Z = \underset{RQ,RS,WQ,P,AR,D}{\text{Min}} \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left\{ \left[\frac{RQ_{1,7,t} + RQ_{3,7,t} + WQ_{6,7,t} - D_{7,t}}{D_{7,t}} \right]^2 + \left[\frac{RQ_{3,8,t} + WQ_{6,8,t} + P_{13,8,t} - D_{8,t}}{D_{8,t}} \right]^2 \right\}$$

前式等號右邊括號中第一項代表台南地區之缺水指數而第二項則代表高雄地區之缺水指數。

三、轉換函數與限制式定義

- 地下水水位轉換函數(由 MODFLOW 代表):

$$\hat{h}_{13,t+1} = \hat{T}(\hat{h}_{13,t}, P_{13,t}, AR_{13,t})$$

- 地下水水位限制式(防止地區性超抽):

$$h_{1,13}^{\min} \leq h_{1,13,t+1} \leq h_{1,13}^{\max}$$

$$h_{2,13}^{\min} \leq h_{2,13,t+1} \leq h_{2,13}^{\max}$$

$$h_{3,13}^{\min} \leq h_{3,13,t+1} \leq h_{3,13}^{\max}$$

- 抽水及補注能力限制式:

$$0 \leq P_{13,t} \leq YP_{13}$$

$$0 \leq AR_{13,t} \leq YP_{13}$$

- 地下水抽灌總量管限制式(防止地下水總量超抽):

$$\sum_t AR_{13,t} \geq \sum_t P_{13,t}$$

- 水庫質量平衡方程式:

$$S_{1,t+1} = S_{1,t} + NR_{1,t} + WQ_{4,1,t} - RS_{1,12,t} - RQ_{1,7,t}$$

$$S_{2,t+1} = S_{2,t} + NR_{2,t} - RS_{2,4,t}$$

$$S_{3,t+1} = S_{3,t} + NR_{3,t} + WQ_{5,3,t} - RS_{3,12,t} - RQ_{3,7,t} - RQ_{3,8,t}$$

- 水庫蓄水量限制式:

$$S_1^{\min} \leq S_{1,t+1} \leq Y_1$$

$$S_2^{\min} \leq S_{2,t+1} \leq Y_2$$

$$S_3^{\min} \leq S_{3,t+1} \leq Y_3$$

- 水庫引水容量限制式:

$$0 \leq RQ_{1,7,t} \leq TR_9$$

$$0 \leq RQ_{3,7,t} + RQ_{3,8,t} \leq TR_{10}$$

$$0 \leq RQ_{3,8,t} \leq RQ_{3,8,t}^{\max}$$

- 水庫放流量限制式:

$$KR_{1,t} \leq RS_{1,12,t} \leq RS_{1,12,t}^{\max}$$

$$KR_{2,t} \leq RS_{2,4,t} \leq RS_{2,4,t}^{\max}$$

$$KR_{3,t} \leq RS_{3,12,t} \leq RS_{3,12,t}^{\max}$$

- 非蓄水節點平衡方程式：

$$WF_{4,12,t} = RS_{2,4,t} - WQ_{4,1,t}$$

- 非蓄水節點剩餘流量限制式：

$$WF_{4,12,t} \geq KW_{4,t}$$

- 非蓄水節點引水量限制式：

$$0 \leq WQ_{4,1,t} \leq WQ_{4,1,t}^{\max}$$

3.3.3 地表地下最佳潛能模式發展及簡例應用

「台灣地區水資源開發綱領計畫」中提及台灣地區歷年用水量介於 179 億噸之至 194 億噸間，其中每年地下水利用量約為 55 億噸至 70 億噸間，惟為減緩地層下陷，需將地下水利用量逐年降低至天然補注量每年 40 億噸，而相對仍須增加地面水之利用量，讓地下水成為枯水期或特殊枯旱年之緊急備用水源。故地表水資源系統應先行供水，不足額再由地下水區供給。基於上述原則，本計畫以地表水為主地下水為輔供給各標的用水需求，並考量地下水永續經營之理念，故在地表水滿足需求後將適量地補注地下水區以涵養地下水源，依循上述之概念，整體地表地下公共用水潛能推求之水源調配原則即為農業用水標的優先供應，公共用水標的次之，最後才為地下水區之補注。

在地下水區之操作方面，本計畫為反映地下水實際狀況，先計算安全出水量（ $P1$ ）並考量現況抽水量（ Q ）以判斷各時刻地下水是處於可抽水利用狀態亦或需進行地表補注之狀態。

$P1-Q>0$ ：地下水現況抽水量低於安全出水量，尚有 $(P1-Q)$ 之地下水量可供地表水進行聯合調配。

$P1-Q<0$ ：表示地下水抽水量已超量抽用，在不影響各標的用水需求的前提下，地表水需對地下水區進行補注，且以 $(Q-P1)$ 為補注上限。

整個地表地下最佳潛能模式之演算架構如圖 3.3.3-1 所示。

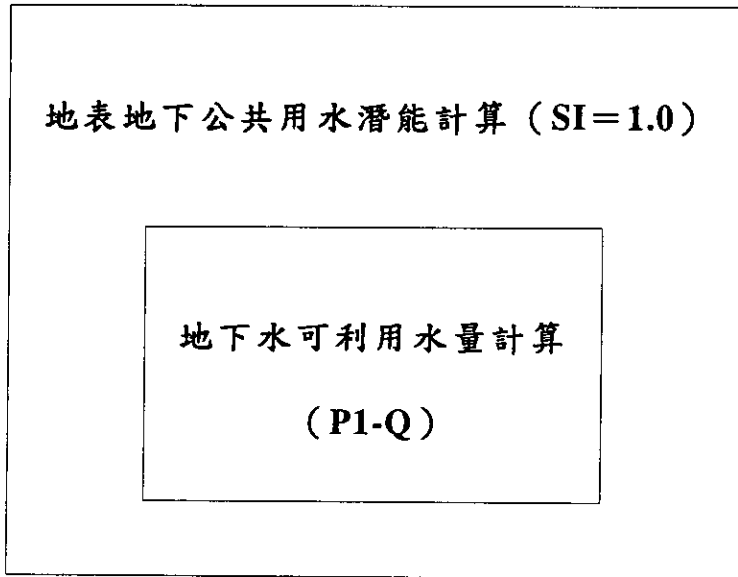


圖 3.3.3-1 地表地下最佳潛能模式演算架構

如圖 3.3.3-1，地表地下最佳潛能模式可分為 2 層處理程序，下層利用地下水流模式計算區域內地下水之現況抽水量，再以 Hill method 求出之安全出水量為基準計算出地下水可利用水量 (P1-Q)，若 $P1-Q > 0$ 表示地下水現況抽水量低於安全出水量，尚有 P1-Q 之地下水量可供地表水進行聯合調配，而當 $P1-Q < 0$ 則表示地下水抽水量已超量抽用，在不影響各標的用水需求的前提下，地表水需對地下水區進行補注，且以 $Q-P1$ 為補注上限；上層則根據地下水可利用水量配合地表水模擬模式進行缺水指數的演算及推求地表地下公共用水潛能量。

3.3.4 地表地下水整體最佳潛能及其對應之抽水/補注分區 與抽水型態計算

目前濁水溪沖積扇及屏東平原沿海一帶由於地下水使用不當及管理紊亂引發地層下陷多年，至今仍未終止，為防止地層下陷的情形日益嚴重，部分地區已列為地下水管制區，若管制區中之抽水井均予與封井不再抽水使用，如此一來管制區內之水源必定短缺，為此需尋找替代水源來供給管制區內封井後之減抽水量。

管制區中封井後之減抽水量可分為兩部分，1.農業用水減抽水量，2.公共用水減抽水量，對於農業用水減抽水量本計畫擬以地表水灌溉系統供給，亦即在地表系統中將農業用水減抽水量加入於各灌區之農業計畫用水量，因地表系統已定義農業需水量必須優先滿足，故地表水源對於各灌區之農業用水減抽水量會優先供水；而對於公共用水減抽水量，本計畫擬以考慮限抽區後之地表地下聯合營運公共用水供水潛能(D_{sys})來供給，供應不足時，則以遺傳演算法優選管制區外新增之地下水井抽水供應。供應有餘時，遺傳演算法所優選出管制區外新增之地下水井將進行補注。

上述概念之演算流程如圖 3.3.4-1，其演算步驟說明如下所示：

1. 決定地下水安全出水量及現況抽水量。

P_1 ：地下水安全出水量

Q ：地下水現況抽水量

2. 決定封井後之農業及公共用水減抽量。

A_{add} ：封井後之農業用水減抽量。

D_{add} ：封井後之公共用水減抽量。

3. 根據 1、2 計算考慮限抽區後之地下水可利用水量。

考慮限抽區後之地下水可利用水量 = $P_1 - [Q - (A_{add} + D_{add})]$

4. 根據封井後之農業用水減抽量，修正系統中之農業用水水權量。

$$A' \text{ (修正後之農業用水水權量)} = A + A_{\text{add}}$$

A = 原農業用水水權量

5. 根據考慮限抽區後之地下水可利用水量及修正後之農業用水水權量，透過地表水模擬模式計算公共用水缺水量。

6. 計算出考慮限抽區後 $SI=1.0$ 之地表地下公共用水潛能量 (D_{sys})。

7. 計算地下水可抽補水量 (R)。

$$R = D_{\text{sys}} - D_{110} - D_{\text{add}}$$

D_{110} ：民國 110 年公共用水需水量

$R > 0$ ：在公共用水減抽水量滿足後，可供地下水區補注之水量

$R < 0$ ：公共用水減抽水量尚未滿足，地下水需抽水供給之水量

8. 根據地下水可抽補水量設計鄰近淨水場之地下水井以供抽水或補注之用。

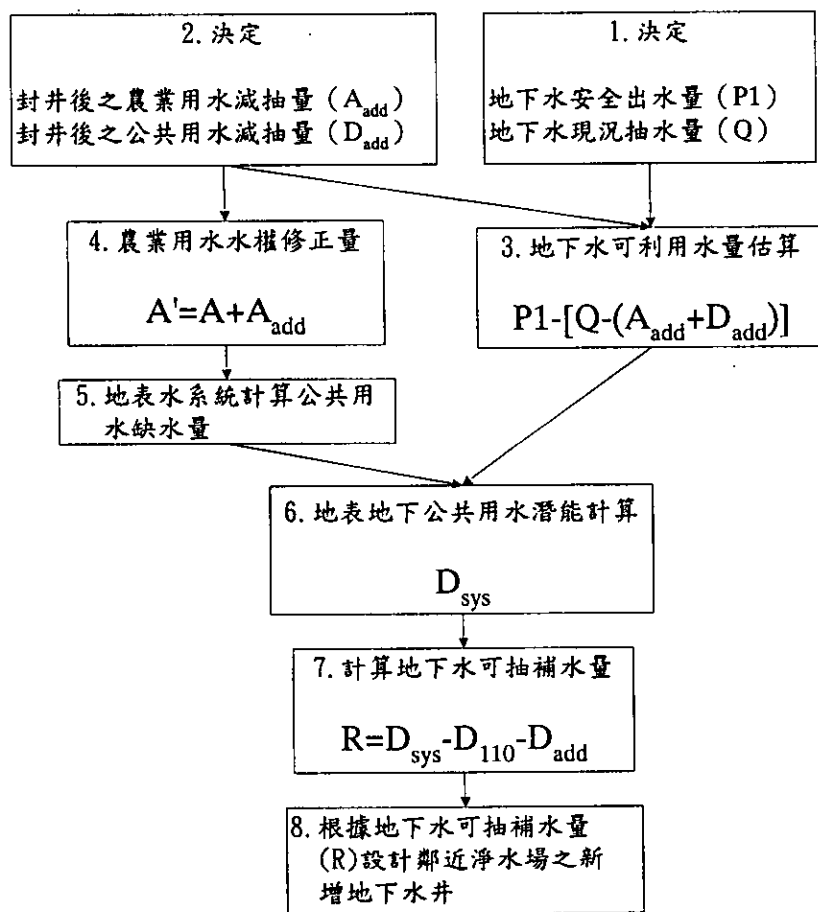


圖 3.3.4-1 地表地下水整體最佳潛能及其對應之抽水/補注分區
與抽水型態計算流程圖

第四章 各研究區域調配系統設計之考量

「台灣地區水資源開發綱領計畫」中提及台灣雲林地區目前由地下水及地區性水源供應每日 20.6 萬噸，但雲林離島基礎工業區開發後將使得本地區之用水需求大幅成長，在集集共同引水計畫完成後尚需後續之湖山水庫工程提供水源，故濁水溪沖積扇地表系統中除考慮現有彰化、雲林、南投地區的水庫與攔河堰外，亦納入規劃中之湖山水庫；地下水系統方面則涵蓋整個濁水溪沖積扇。

嘉義地區之生活及工業用水主要由仁義潭水庫及蘭潭水庫供應，另部分由烏山頭水庫支援；台南地區則由烏山頭水庫、曾文水庫及南化水庫供應。此外，高雄地區亦有攔河堰越域引水至曾文水庫和南化水庫；高雄地區則由高屏溪攔河堰供應，另枯水期可由台南高雄間的共同管線來支援；屏東縣市自來水則多由地下水供應。由此可發現烏山頭水庫、越域引水及共同管線將嘉義、台南、高雄的地表系統串節了起來，因此嘉南平原與屏東平原的地表系統應設計一個包含這些區域的整體南區地表網路系統。另外，在地下水系統方面，由於嘉南平原目前全區已列為限制抽水區，故本計畫的整體南區地表網路系統僅能與屏東平原進行地表地下聯合營運。

宜蘭地區自來水水源以地下水及地區性水源為主，故調配系統將以地下水系統模擬為主。

第五章 初步規劃發展多目標地表地下最佳潛能模式 及初擬地下水最佳利用分區

由於濁水溪沖積扇、屏東平原、嘉南平原與蘭陽平原，雖已有完整之地下水觀測資料及部分地區之地表地下聯合營運研究，惟其內容亦仍以數值模式建立，並再輔以各種案例之模擬為主，雖可提供相當資訊，惟並未進一步結合系統分析的方法對投資成本與系統效益做進一步整體分析。因此，如何在同時考量投資成本與操作效益的基礎上建構一合適的整體水資源營運之多目標規劃模式便成為相當重要的課題。

有鑑於此，本計畫將研究區域內的地表水系統與地下水系統於水資源調配操作上進行整體的規劃以使有限水資源發揮最大的效益。故需初擬地下水最佳利用分區，地下水分區以其抽水、補注的效益與潛能和地形作為分類標準，如此即可將全域規劃為幾個地下水子區，子區決定後，接著整合地表地下水聯合營運模式與多目標遺傳演算法來發展多目標地表地下最佳潛能模式，以求得各子區所設計之補注井與抽水井的投資成本與營運效益(整體潛能)間之完整競爭關係，並從中決定出全域之限抽區、補注最佳區、抽水最佳區、補注次佳區、抽水次佳區的範圍。上述演算流程圖如圖 5-1 所示。

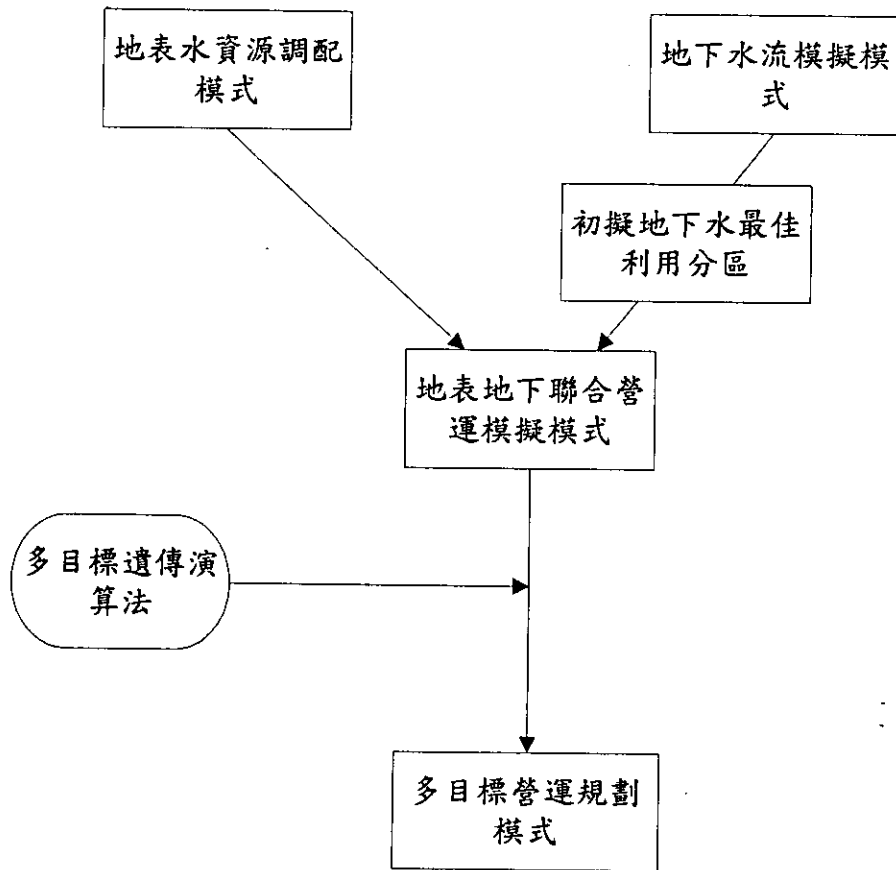


圖 5-1 多目標地表地下最佳潛能模式演算流程圖

多目標地表地下最佳潛能模式所探討的目標為地下水分區的投資成本及整體潛能，如圖 5-2 其可分為上下兩層處理程序，上層以多目標遺傳演算法進行多目標非劣勢解的求得與決定那一個地下水子區進入系統營運，下層則以地表地下營運模擬模式來推求整體系統的缺水指數。故上層首先決定那一個地下水子區進入系統營運，而下層即在此設定之系統中計算整體潛能並將整體潛能傳回上層以計算非劣勢解，如此上下層不斷來回演算直至演算收斂為止。

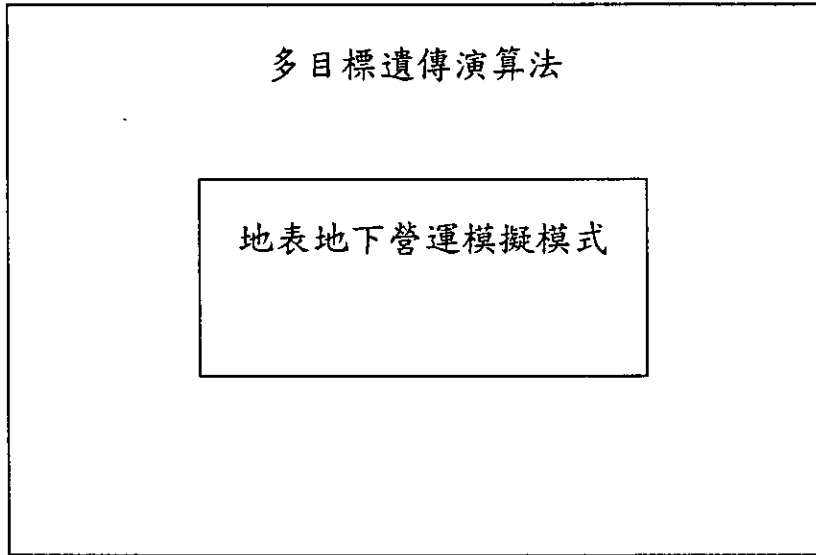


圖 5-2 多目標地表地下最佳潛能模式演算架構

附錄一、期中報告審查意見及辦理情形

單位	審查意見	辦理情形
<p>(一) 台大土木工程系 郭振泰教授</p>	<p>(1) 缺水指數是否應改為以旬為單位來計算。</p>	<p>(1) 若缺水指數不以年計算較難與以往水利署相關計畫作結果比較，故本計畫仍會將旬與月的缺水指標計算出來當作參考，但是分析時還是以年為主。</p>
	<p>(2) 前幾年各顧問公司規劃的北、中、南、東分區水資源分析，本研究是否有利利用加以檢討？</p>	<p>(2) 如本計畫所參考的「台灣地區水資源開發綱領計畫」，即為各顧問公司所規劃的北、中、南、東分區水資源分析，未來計畫的完成結果將與其相關部分比較之。</p>
	<p>(3) 多目標模式之投資成本（現值）不易掌握，需詳細加以收集資料。</p>	<p>(3) 將考量匯率之變動，並採用所預估之匯率換算成現值的方式來進行。</p>
	<p>(4) 線性規劃模式是否過於簡化，是否用流網模式或 GA 方法？模式結果需用模擬來查證。</p>	<p>(4) 本計畫所考慮的水源調配方式，於下游至多只包含淨水場，並無配水管線的設計，故較不需使用到網流法來進行演算。</p>
	<p>(5) 建議加入初步結論與建議及工作展望。</p>	<p>(5) 初步結論與建議已加入於期末報告中。</p>

(二) 台大土木系 黃良雄教授	(1) 報告宜列出研究員。	(1) 遵照辦理。
	(2) 工作內容有一項關於「綜合檢討地表與地下水供應系統」要如何作？請與主要單位溝通處理之。	(2) 已與主辦單位對此內容進行過檢討。
	(3) 計畫主題內容請力求與計畫總說明內容符合，不宜流於常見的模式模擬、參數推估、系統分析研究，以免與預定工作內容脫節。	(3) 遵照辦理。
	(4) 圖 3.1.1~2(總說明 P3-26)之(3)、(4)、(5)部分連結爭議似乎很大，請再研議。	(4) 利用分區補注量的形式替代抽水井來降低維度的做法為一新的嘗試，因為現階段並無一個更好的方法來處理之，且這樣的做法也受到主辦單位的認可。
	(5) 細節部分： (a) 水平衡之 ΔS 估量不宜包含拘限含水層。 (b) 總說明的預期成果太簡略。 (c) 地下水開發未來需求量推估預留彈性推估機制較佳。	(5) (a) 由於部分研究區域現況的抽水井已有深入至拘限含水層中，故於水平衡之 ΔS 估量時應考量拘限含水層的存在。 (b) 已補充。 (c) 遵照辦理。
(三) 雲科大 溫志超教授	(1) 報告內容豐碩。	(1) 謝謝指教。

	<p>(2) 本案工作內容要求「地表地下最佳潛能模式」所以工作非常龐大，報告內容中也都儘量考量到工作內容要求。但是，有關地下水管制區對本案工作內容可能的影響，並未納入報告中說明，請於期末報告中能加入考量。</p>	<p>(2) 本計畫於期末報告中已加入地下水管制區的模擬考量。</p>
	<p>(3) 本案將發展的地下水資源潛能分析模式，其中考量到的資料非常龐大，部分資料可以很容易的以儀器量測（如雨量、地下水水位等）但是，部分資料可能就無法很明確的判定（例如入滲量）。這些無法明確判定的資料，如何確認或如何了解其不確定性，在報告中並未說明。所以很難了解本案最後結果的不確定性。</p>	<p>(3) 本計畫以參數的變化方式與範圍來初步呈現系統的不確定性，若要進行更確切更細部的不確定性分析則超出了本計畫的工作範疇。</p>
	<p>(4) 報告中定義模式中有關「安全出水量」為「所有網格的平均洩降量為零，其抽水量即為安全出水量」。此種定義是否恰當，建議能再考量。</p>	<p>(4) 由於 Hill Method 為一較為通用的標準方法，故容易使應用單位接受，若採用自行研究的方法則會有相當地爭議性。</p>
	<p>(5) 地下水年流出量（第 3-7 頁）中定義為「地下水導水係數乘上水力坡降乘流通長度」，其中流通長度代表何意義，建議期末報告時再補充。</p>	<p>(5) 水流通過垂直斷面之水平寬度。</p>

	<p>(6) 第 1-24 頁及 1-25 頁有關 1997 年推估濁水溪雲林地區養殖「年抽水量介於 7.1 至 8.9 億立方公尺」，此一資料的可信度為何，建議能再補充。</p>	<p>(6) 已於報告內進行修正。</p>
--	--	-----------------------

<p>(四) 陳理事長:</p>	<p>(1) 主題 (三) 屏東平原 1-19 頁；下段提到：鑿井業者並不具備充分的水文地質知識，因此濾水管仍可能連通第一層與第二層含水層，由地表的污染源一直往下污染到含水層三，則將造成整個地下水區域的地下水都無法使用，若要保護地下水資源，未來一定要管制地下水井的建置。建議：建議政府應制訂適當的法令，讓不具備合法鑿井商資格者，無法承攬鑿井開發地下水、溫泉井等工程，否則只管制合法鑿井商，而讓不合法鑿井工作者為所欲為，況且不合法鑿井工作者比合法鑿井商又數倍之多，為保護地下水資源而管制地下水井的建置是件好事，但若因法令缺失而讓執行敞開一個巨洞，不只無法達到預期效果，對整體地下水資源的品質和安全亦將造成莫大損失。因此我們建議在管制地下水井的建置之前，應先設法把所有從事鑿井開發地下水、溫泉井等工程工作者，全部納入管理機制內，才是保護地下水資源品質和安全的初始。</p>	<p>(1) 謝謝指教，但此建議並非在本計畫工作範疇內。</p>
------------------	--	----------------------------------

	<p>(2) 計畫總說明 3-28 頁提到... ..規劃只考慮水區主要河川，並將河段區分為上、中、下游三段... ..。依據本會所屬會員現地工作經驗所蒐集相關地下水地質，茲提供下述報告讓大家酌參。將主要河川河段區分為上、中、下游三段來探討地下水的入滲補注，河川之下游之湧泉或溢流以建立優選參數。在西部河川如高屏溪、濁水溪、大甲溪等應為良好設計。但有部份河川可能並不適用，茲例舉如下以俾供酌參：</p>	<p>(2) 謝謝指教。</p>
--	---	------------------

(a) 台東縣卑南溪於台東大橋北之『岩灣』，河床東邊為利吉混同層，西邊為卑南山礫岩，卑南山礫岩於岩灣附近共開鑿數孔 300 公尺深之試井（孔與孔間距 100 餘公尺左右），由鑽獲岩心得知卑南山礫岩在本區域是有某程度壓密但並不固結，本段河床現代沖積礫石層，經明挖知其厚度約為 6~10 公尺左右，很奇怪的是河川地表水在本區段對西邊卑南山礫岩層並無地下水補注入滲。岩灣附近數十年間在不同位置開鑿許多口深淺不一之水井，但從未鑿獲地下水。相較於岩灣技能訓練所南約 150 公尺以南，地底下之地下水奇大無比。

(a) 謝謝指教。

	<p>(b) 花蓮縣秀姑巒溪玉里鎮時，無論是丘陵或縱谷間之平原，其地下水皆無比豐富。但秀姑巒溪至瑞穗鄉之瑞穗大橋以東大部分皆為裸露之岩盤，所以是否仍適用上述區分方法，倒是值得加以探討。</p>	<p>(b) 謝謝指教。</p>
	<p>(c) 宜蘭縣之蘭陽溪，已知之地下水地質分層位於員山鄉七賢附近之蘭陽溪南、北岸相差懸殊。</p>	<p>(c) 謝謝指教。</p>
<p>(五)曾鈞敏科長</p>	<p>(1) 本計畫為配合本署政策推動之實際需要，故除考量水資源開發綱領計畫外，亦應配合地下水管制區，以符實況。</p>	<p>(1) 本計畫於期末報告中已加入地下水管制區的模擬考量。</p>
	<p>(2) 本計畫選定之六項水質部分，係以一般性而言。建議取本署以建立之 30 項水質分析結果配合飲用水管理條例水質之原水標準再篩選項目。</p>	<p>(2) 此項建議已於期末報告中考量。</p>
	<p>(3) 邊界部分多考量零流量邊界，惟配合本計畫目標，地表補注之重要性已遠小於露頭之補注，故邊界僅以虛擬補注井放入模擬是否適宜？又濁水溪沖積扇之 15 口虛擬補注井恰為地下水區界線及模擬邊界，此與改為定水頭邊界有何差別？</p>	<p>(3) 若以定水頭方式則邊界交換量的資訊不易獲得，以虛擬補注井的設計方式在模擬上則較有彈性且可回頭檢視水頭是否為固定。</p>

<p>(六)劉豐壽副 總工程師</p>	<p>(1) 本報告中子題一對「濁水溪沖積扇」之地下水資源進行整體營運規劃及綜合評估，而本署另委託雲林科大亦對「濁水溪沖積扇水源調查 (I)」、「雲林縣四鄉鎮水井調查」、「監控濁水溪沿岸集河道行水區地形地貌現況及改變調查」等進行相關調查研究工作，前述本署各委辦計畫之成果應相互支援，如雲林科大之成果即可為本計畫各項模擬的基本資料，如此一來，工作不至於重複，成果亦能相互為用。</p>	<p>(1) 將視工作需求做適度地參考。</p>
	<p>(2) 本計畫目前已充分考量本署「地層下陷防治執行方案」、「台灣地區地下水觀測網整體計畫」、「水資源政策綱領」等上位計畫，並對於各種水利設施包括：興建中之湖山水庫、報核中之瑞豐水庫均加入地表、地下水聯合運轉之模擬，當能獲得豐碩之成果。本次是期中報告，希望在期末報告審查時能有具體之結論。</p>	<p>(2) 遵照辦理。</p>
	<p>(3) 有關「濁水溪沖積扇」之調查、研究、分析、模擬，每年均有多項研究在進行，為能有利本署施政之決策支援，務請完全掌握既有成果，並在既有基礎之上，進行更進一步之工作。</p>	<p>(3) 遵照辦理。</p>

	<p>(4) 台灣南部區域水資源之豐枯比例為 9 比 1，為能充分運用各種水資源，以滿足各標的用水之需，本署業在「台灣地區南部區域水資源綜合計畫」中訂定水源水量運用順序，但這只是一個原則性的決策，至於如何在某一時間、某一地點進行水資源之調配，仍須有更定量之資料來支援，本研究應朝此一方向來達成目標。</p>	<p>(4) 遵照辦理。</p>
	<p>(5) 以上意見，請參考。</p>	<p>(5) 遵照辦理。</p>
<p>(七)主辦科意見</p>	<p>(1) 截至八月底止，本計畫進度及工作項目內容符合計畫契約書規定，另對於承辦單位交通大學所付出之努力及成果甚表感激。</p>	<p>(1) 謝謝指教。</p>
	<p>(2) 報告中有關引用「現階段水資源政策綱領」及「台灣地區水資源開發綱領計畫」內容部分，請承辦單位再確認。</p>	<p>(2) 遵照辦理。</p>
	<p>(3) 有關內容中地表地下水資源概念模式建立，水資源架構在興建中或規劃中水資源設施請參照「台灣地區水資源開發綱領計畫」。</p>	<p>(3) 遵照辦理。</p>
	<p>(4) 報告內容錯字部分，會議完後提供給承辦單位參考。</p>	<p>(4) 謝謝指教。</p>

附錄二、期末報告審查意見及辦理情形

單位	審查意見	辦理情形
<p>(一) 台灣大學 土木工程學系 李教授 天浩</p>	<p>(1) 本計畫目標可分為長期平衡之達成與支援短期應急聯合營運，目前成果偏向長期平衡方向，水利署可考量明年工作項目中增加短期應急歷史事件的案例分析。</p>	<p>(1) 謝謝指教，將參考此建議再與水利署協商下年度工作細節。</p>
	<p>(2) 抽水量為分佈式、時序性的資料，作為未知數會有太大的自由度，若能比對農業作物類別和用水需求或可降低不確定性。</p>	<p>(2) 謝謝委員指教，由於抽水量之自由度太大，本計畫乃採用分區方式來處理並利用UCODE 優選模式來初步決定各分層分區之抽水量。</p>
	<p>(3) 劉聰桂教授研究的氫和 C14 調查結果可提供本計劃作為另一項目標函數。</p>	<p>(3) 此項建議將於後續工作中加入探討。</p>
	<p>(4) 短期應變部分措施（如休耕）可能改變農民用水平慣（如從灌溉系統轉為抽用地下水），若能就個案分析或可瞭解此種互動支援以供未來決策。</p>	<p>(4) 謝謝指教，將參考此建議再與水利署協商下年度工作細節。</p>

<p>(二) 雲林科技 大學 溫教 授志超</p>	<p>(1) 期末報告成果豐碩。</p>	<p>(1) 謝謝指教。</p>
	<p>(2)本年度的工作內容中包括：(一) 地表地下水最佳潛能模式發展及簡例應用 (二) 地表地下水資源概念模式建立 (三) 地表地下水聯合模式建立 (四) 地表地下水最佳潛能及其對應抽水/補注分區與抽水型態計算。期末報告內容尚能符合工作項目，但工作項目亦包括地下水資源背景、水質現況與水質變化趨勢之探討、並用此探討成果估算山丘區、平原區地下水資源可利用量。似乎，此一部份報告中僅探討地下水水質現況及變化趨勢，並未用探討結果評估地下水資源可利用量。請補充。</p>	<p>(2)水質的好壞結果視為限抽區範圍與新增候選井的參考資料之工作項目將於第二年增列。此外，關於山丘區之地下水資源，本計畫即以山區之側流量(即虛擬補注井)來模擬。上述說明已在文中作修正。</p>
	<p>(3) 第 3—28 頁中出現了「水區」的名詞，此一名詞究竟是指集水區或地表水分區，或地下水抽水區，請說明。</p>	<p>(3)此指地下水抽水區，本計畫水區的劃分主要是依地表河流集水區特性與地下水位零位線為依據標準，而深層(地下含水層)也依上述方式作一致性的劃分。</p>

	<p>(4) 第 3—35 頁中說明地下水水質及未來趨勢，但趨勢探討似乎未有任何文字談到趨勢與地下水資源可用水量之間相關分析方法或說明。此外，文章中提到水質飲用標準，但似乎遺漏了地下水水質管理辦法的水質標準，應該將此部份納入。</p>	<p>(4)近期最新的水質標準相關規定與資料將於第二年計畫執行時加入考量。</p>
	<p>(5) 針對圖 3.3.1-1~圖 3.3.1-3 中的符號，建議能於第 3.3.1 節中加入符號說明，不要於 3.3.2 節才說明。</p>	<p>(5)遵照辦理。</p>
	<p>(6) 此有些文字可能要修正：(一) 第 3-27 頁倒數第十一及第十行「...但是若將中每個網格.....」，『將中每』似乎不合語法。(二) 子題一第 2-7 頁表 2.1-4 表格有錯請修正。(三) 圖 3.1.3-1 (第 3-34 頁) 資料來源：「...，經濟部水資源局網站」，應該改成經濟部水利署。</p>	<p>(6)已作修正。</p>
	<p>(7) 子題一第 2-12 頁「農田水利會灌溉輪區圖」資料來源可能有必要釐清。因為東勢、褒忠此區，即崙背南邊，有一個面積頗大的台糖農場，但是在圖 2.1-4 中看不到此區域。建議再確定。</p>	<p>(7)遵照辦理。</p>
	<p>(8) 子題一，第 1-22 頁最後三行的文字是指月入滲補注量或年入滲補注量請說明。</p>	<p>(8)為年入滲補注量，並已於此頁作修改。</p>

	<p>(9) 本案期末報告內容無「結論與建議」，或「現階段成果結論」及「下年度工作建議」請補充。</p>	<p>(9) 本報告中於第結-1~2頁已有結論與建議之章節，且內容亦包含了「現階段成果結論」及「下年度工作建議」之概念</p>
<p>(三) 成功大學 水工試驗所 宋研究員長 虹</p>	<p>(1) 本計劃蒐集整理分析資料豐富詳實值得肯定。</p>	<p>(1) 謝謝指教。</p>
	<p>(2) 本案為地下水資源整體營運規劃與綜合評估，涉及地面水資源聯合調配及各取蓄水設施營運規則，更攸關跨區域用水管理，在綜合評估前，現階段營運方式其中心邏輯為何？在調配效率上有何缺點或優點？建議先予評估以為擬定規劃方案及相關評估基礎。</p>	<p>(2) 本計畫以地表水為主地下水為輔的原則供給各標的用水需求，並考量地下水永續經營之理念，故在地表水滿足需求後將適量地補注地下水區以涵養地下水源，依循上述之概念，整體地表地下水公共用水潛能推求之水源調配運用原則即為農業用水標的優先供應，公共用水標的次之，最後才為地下水區之補注。</p>

	<p>(3) 地下水資源之運用基本上係以量入為出之原則為運用目標，其安全出水量之推估與用水期程變化間應建立何種關聯性（如時間稽延或季節變動）建議補充說明。</p>	<p>(3)本計畫之安全出水量係依各月地下水水位為參考依據，因此已包含了季節變動之因素。</p>
	<p>(4) 地下水資源管理其目標為何？如何與地下水資源保育相結合（如地層下陷防治、地下水管制）如何研擬長時間尺度之操作建議值得思考。</p>	<p>(4)就長時間的地表地下聯合營運而言，當地表水不足時便抽用地下水，當地表水有餘時便補注地下水。求安全出水量是為了得到地下水的可用水量，若有地下水超抽情形發生，便可瞭解需再補充多少水才能消除超抽的現象，其目的是使地下水維持永續利用的經營。</p>

	<p>(5) 簡報資料第三十頁地表地下水整體最佳潛能及其對應之抽水/補注分區與抽水型態計算之演算流程之思考邏輯與實際管理操作思維是否相符，請補充說明，以作為未來應用參考。</p>	<p>(5)對於現抽區替代水源的尋求方案，將封井之農業用水減抽水量納入農業水權中計算乃是考量實際管理時此部分封井水量仍為農業用水且須優先以地表水供應之屬性。而封井之公共用水減抽水量其屬性為公共用水，所以實際操作時須待農業用水需求滿足後才接著考慮。至於整體水源運用的大原則即以現有地表地下系統優先供給，不足時再採行增設新井的策略。上述說明已加入至 3-51 頁</p>
	<p>(6) 報告第 1-23 頁表 1.2.2-1 表欄抽水量應為補注量。另建議增補各研究分析年之水文條件（如降雨量）將使本表更具參考性。</p>	<p>(6) 已修改為補注量。另外，本研究在推估天然補注量時已有考量到降雨量。</p>

<p>(四) 鑿井工程 同業公會 陳理事長 慶茂</p>	<p>(1) 台灣地區，每年一到旱季，經常鬧水荒，尤以大都市為最。水庫儲存量，不足供應大都會區的民生用水。政府機關不得限制用水，或分區輪流供水，民眾備受缺水的苦惱。雖然政府有關部門一再宣導，呼籲民眾節約用水，仍然很難免去缺水的恐慌。尤以今年（九十一年）雨季，颱風過後本可帶來豐沛的雨量。豈料雨量卻不如預期的目標，明年的水荒，可能會提前來臨。為此建議政府有關部門，重視此一問題的嚴重性。為了未雨綢繆，卻有需要特定地點開鑿「抗用備用水井」之措施。台灣目前有很多地方是地下水管制區，禁止開鑿深水井。但為了民生用水之需，引水濟急，仍須開鑿「抗旱備用水井」。平常不用，一遇緊急解旱的需求時啟用，或可紓解燃眉之急。本會會員眾多，均具鑿井的專業知識與技術。經常在合法的情況下，開鑿水井，解決社會各項用水之需。眼看多年來水荒之苦，願將累積經驗提供做參考，配合政策，解決旱象之道，為社會民生牟福祉。</p>	<p>(1) 謝謝指教。</p>
<p>(五) 本署水文 技術組</p>	<p>(1) 報告中有關引用「現階段水資源政策綱領」及「台灣地區水資源開發綱領計畫」內容誤植部分，請承辦單位修正。</p>	<p>(1) 遵照辦理。</p>

附錄三、相關會議紀錄

時間:2002.8.30 09:30am

地點:水利署台北辦公室 10F 會議室

參加人員:張科長、曾科長、蕭健雄、張良正老師、張誠信、葉明生

地下水整體營運計畫工作內容討論:

一、會議結論:

1、水利署之要求工作:

因位於地下水位下陷錐(或地下水管制區)區域之抽水井(主要考量自來水公司抽水井及農田水利會抽水井)，應已不再適用為供水水源。因此當停止上述抽水井之抽水時，需找出合適替代水源(可為地表水或地下水)，且要考量成本效益，如替代水源離自來水淨水場或主要圳路之距離，來取代被封掉井之供水量。

詳細作法及考量可如下:

- (1)尋找替代水源可以區域方式來優選。
- (2)自來水公司之抽水井應較容易處理，農田水利會之抽水井因有供應灌區之考量，可能較不易處理。
- (3)既有農田水利會抽水井之替代水源，需考量移至上游後應有主要圳路連結至原供應灌區。
- (4)規劃以 1 公里 x1 公里之格網來組合替代水源之可能設井位置。

2、「地表地下水整體最佳潛能及其對應之抽水/補注分區與抽水型態計算」之工作項目之內容如下:

- (1) 配合上述水利署之「替代水源」尋找之工作要求，亦即「地表地下水整體最佳潛能及其對應之抽水/補注分區與抽水型態計

算」工作項目中之地表地下整體最佳潛能及其對應之抽水分區與抽水型態之優選。

- (2) 由於部份原有合法水權之抽水井已受管制，需另行提供替代水源，所需提供水量先由地表水系統提供，如有不足再由地下水抽水補充，如地表水系統提供該水源後仍有餘，所餘水量則補注至地下水系統。
- (3) 系統之目標為若補注至地下水系統，同樣的水量下，其水位抬昇最明顯，若向地下水系統抽水，則其洩降程度最小，並以此為目標優選最佳佈井位置與抽水/補注量。

地下水資源整體營運規劃與綜合評估

子題一、濁水溪沖積扇

目錄

目錄	I
表目錄	III
圖目錄	IV
第一章 濁水溪沖積扇背景說明.....	1-1
1.1 地表水	1-1
1.1.1 地理環境	1-1
1.1.2 氣象	1-4
1.1.3 基本資料調查蒐集	1-4
1.2 地下水.....	1-13
1.2.1 水文地質架構	1-13
1.2.2 補注量推估	1-18
1.2.3 地下水開發	1-24
1.2.4 地下水水質	1-27
第二章 地下水資源調查	2-1
2.1 基本資料及數化圖層收集	2-1
2.2 地下水補注量推估	2-14
第三章 地下水數值模式建立	3-1
3.1 模式邊界條件與網格劃分	3-1
3.2 數值模式之輸入資料	3-5

3.3 推估抽水量、淨入滲量及側流量	3-9
3.4 地下水潛能評估	3-19
第四章 地下水質分析	4-1
4.1 地下水背景水質分析	4-1
4.2 地下水水質變化趨勢探討	4-17
第五章 單目標地表地下最佳潛能模式發展	5-1
5.1 地表地下水資源概念模式建立	5-1
5.1.1 水資源系統架構	5-1
5.1.2 水資源運用原則	5-3
5.2 地表地下水聯合模擬模式建立	5-5
5.2.1 模擬網流系統及變數定義	5-5
5.2.2 模擬模式模擬原則及模式演算流程	5-7
5.2.3 線性規劃模式	5-10
5.3 地表地下最佳潛能模式發展及簡例應用	5-14
5.3.1 模擬原則及模式驗算流程	5-14
5.3.2 水源供水潛能分析	5-18
5.4 地表地下水整體最佳潛能及其對應之抽水/補注分區與抽水型態計算	5-20
第六章 參考文獻	6-1

表目錄

表 1.1.3-6 集集共同引水計劃用水量分配表	1-12
表 1.2.2-1 濁水溪沖積扇補注量相關研究比較表	1-23
表 1.2.3-1 濁水溪沖積扇抽水量相關研究比較表	1-26
表 2.1-1 土地利用簡化分類	2-4
表 2.1-2 農試所土壤質地屬性分類	2-5
表 2.1-3 耕地輪作別屬性表	2-6
表 2.1-4 雨量站之年雨量	2-7
表 2.1-5 民國 88 年雨量站之月雨量	2-8
表 2.2-1 民國 88 年濁水溪沖積扇逐月地表入滲補注量	2-15
表 3.2-1 各分區校正觀測井之月水位	3-6
表 3.4-1 民國 88 年逐月之安全出水量推估	3-20
表 4.1-1 地下水監測井之灌溉用水水質標準檢測項目	4-3
表 4.1-2 地下水監測井之飲用水水源水質標準檢測項目	4-7
表 5.3.2-1 濁水溪沖積扇地表地下聯合供水潛能分析成果表	5-19
表 5.4-1 地下水管制區減抽水量一覽表	5-22
表 5.4-2 民國 110 年系統剩餘之可利用水量扣除公共用水減抽水 量	5-24

圖目錄

圖 1.1.1-1 濁水溪沖積扇地質地表河川及水文地質剖面位置圖	1-3
圖 1.2.1-1 濁水溪沖積扇各含水層及阻水層之邊界	1-14
圖 1.2.1-2 水文地質剖面圖	1-17
圖 2.1-1 濁水溪沖積扇土地利用圖	2-9
圖 2.1-2 濁水溪沖積扇之土壤質地圖	2-10
圖 2.1-3 土壤質地最細的代表層	2-11
圖 2.1-4 濁水溪沖積扇之農田水利會灌區輪區圖	2-12
圖 2.1-5 濁水溪沖積扇之雨量站位置	2-13
圖 2.2-1 濁水溪沖積扇逐月地表入滲補注量	2-16
圖 2.2-2 陳尚及李德茲飽和入滲率推估地表入滲補注量之空間分布	2-17
圖 2.2-3 大陸水電部飽和入滲率推估地表入滲補注量之空間分布	2-18
圖 3.1-1 濁水溪沖積扇地下水邊界之概念圖	3-2
圖 3.1-2 模式之格網劃分	3-4
圖 3.2-1 水力傳導係數之空間分布	3-7
圖 3.2-2 起始水位(民國 87 年 12 月)等值圖	3-8
圖 3.3-1 參數優選分區	3-13
圖 3.3-2 模式參數收集及優選流程	3-14
圖 3.3-3 模擬及觀測地下水水位歷線	3-15
圖 3.3-4 含水層一地下水水位等水位線	3-16
圖 3.3-5 各月之入滲補注量、邊界補注量、側流補注量及抽水量	3-17
圖 3.3-6 地下水模式模擬之水平衡狀況	3-18

圖 4.1-1	濁水溪沖積扇含水層一灌溉用水水質標準之空間分布 ...	4-11
圖 4.1-2	濁水溪沖積扇含水層二灌溉用水水質標準之空間分布 ...	4-12
圖 4.1-3	濁水溪沖積扇含水層三灌溉用水水質標準之空間分布 ...	4-13
圖 4.1-4	濁水溪沖積扇含水層一飲用水水源水質標準之空間分布	4-14
圖 4.1-5	濁水溪沖積扇含水層二飲用水水源水質標準之空間分布	4-15
圖 4.1-6	濁水溪沖積扇含水層三飲用水水源水質標準之空間分布	4-16
圖 4.2-1	濁水溪沖積扇含水層一之水溫分佈圖	4-21
圖 4.2-2	濁水溪沖積扇含水層二之水溫分佈圖	4-22
圖 4.2-3	濁水溪沖積扇含水層三之水溫分佈圖	4-23
圖 4.2-4	濁水溪沖積扇含水層一之導電度分佈圖	4-24
圖 4.2-5	濁水溪沖積扇含水層二之導電度分佈圖	4-25
圖 4.2-6	濁水溪沖積扇含水層三之導電度分佈圖	4-26
圖 4.2-7	濁水溪沖積扇含水層一之酸鹼值分佈圖	4-27
圖 4.2-8	濁水溪沖積扇含水層二之酸鹼值分佈圖	4-28
圖 4.2-9	濁水溪沖積扇含水層三之酸鹼值分佈圖	4-29
圖 4.2-10	濁水溪沖積扇含水層一之氯鹽分佈圖	4-30
圖 4.2-11	濁水溪沖積扇含水層二之氯鹽分佈圖	4-31
圖 4.2-12	濁水溪沖積扇含水層三之氯鹽分佈圖	4-32
圖 4.2-13	濁水溪沖積扇含水層一之總溶解固體量分佈圖	4-33
圖 4.2-14	濁水溪沖積扇含水層二之總溶解固體量分佈圖	4-34
圖 4.1-15	濁水溪沖積扇含水層三之總溶解固體量分佈圖	4-35
圖 4.2-16	濁水溪沖積扇含水層一之化學需氧量分佈圖	4-36
圖 4.2-17	濁水溪沖積扇含水層二之化學需氧量分佈圖	4-37
圖 4.2-18	濁水溪沖積扇含水層三之化學需氧量分佈圖	4-38

圖 5.1.1-1 濁水溪沖積扇水資源調配系統圖	5-2
圖 5.2.1-1 濁水溪沖積扇水資源網流系統圖	5-6
圖 5.2.2-1 濁水溪沖積扇地表地下水聯合模擬模式演算流程	5-9
圖 5.3.1-1 濁水溪沖積扇潛能模式演算流程圖	5-17
圖 5.4.-1 濁水溪沖積扇地下水管制區位置分布圖	5-21
圖 5.4.-2 模式演算流程圖	5-23
圖 5.4.-3 優選之最佳候選井位	5-25

第一章 濁水溪沖積扇背景介紹

1.1 地表水

1.1.1 地理環境

一、區域範圍

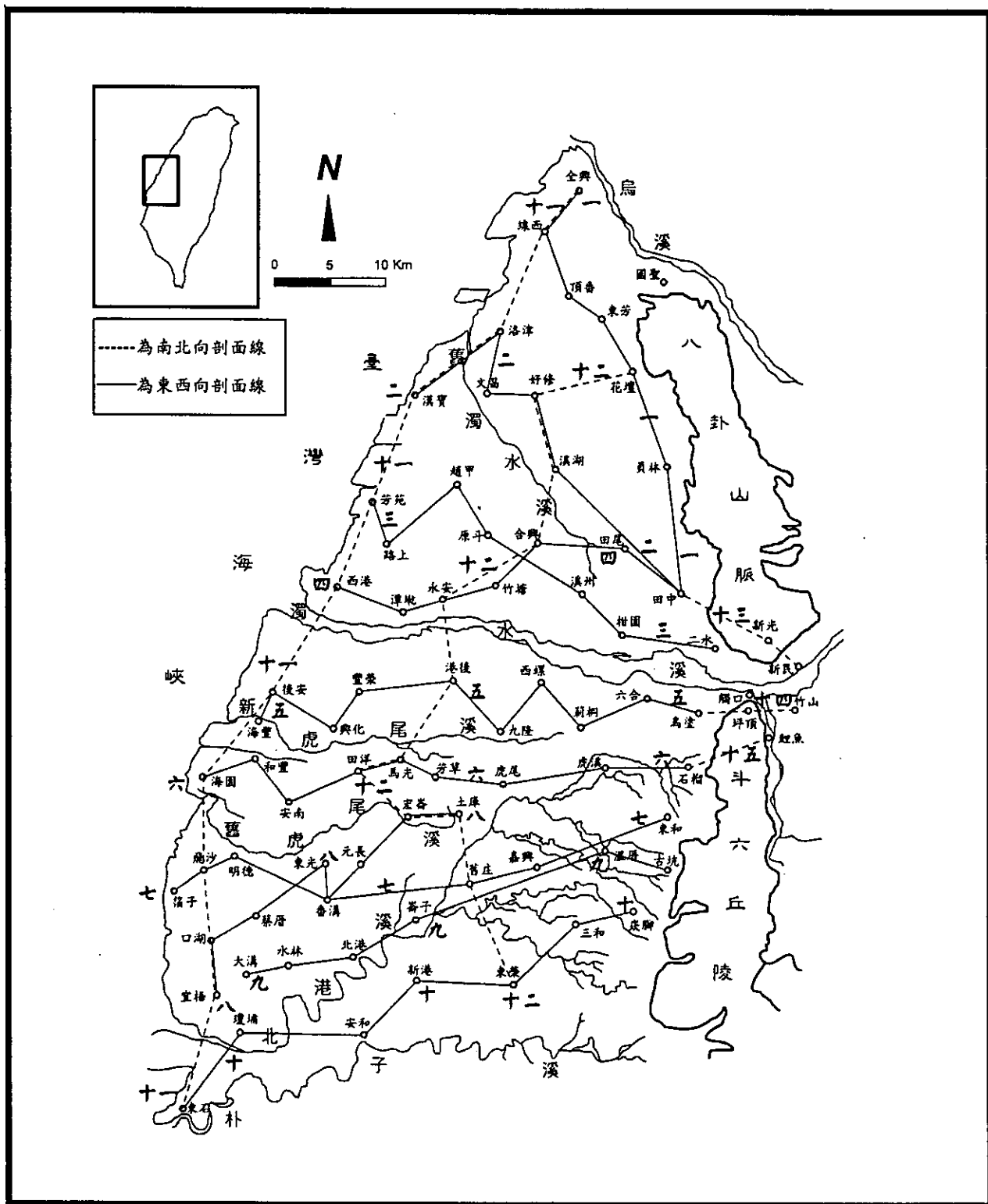
濁水溪沖積扇位於台灣西海岸中部，以濁水溪流域為主，其傳統之範圍東起八卦山台地及斗六丘陵為界，西至台灣海峽，北起烏溪，南至北港溪，面積約 1800 平方公里，本研究之範圍略大於傳統範圍，南部邊界延伸至朴子溪，如圖 1.1.1-1。

二、地形

濁水溪流域地形大致自東向西漸次由高山山脈、丘陵、台地、以至於區域內之沖積扇平原。主要地層均呈南北狹長而略向西之弧形帶狀分佈。根據現有地層資料顯示，中下游丘陵及平地區域在地表為現代沖積層，次為台地礫石層，下為頭嵛山礫石層三者之總厚度在數百公尺以上；以上各岩層均由未固結之粘土、細石、砂、礫等所組成；砂及礫層孔隙發達，含水性能甚佳，構成主要含水層次。更深則為上新世或更老之地層，主要由較緻密之砂頁岩所組成，透水及含水性不佳。上游山脈大部份屬第三紀亞變質岩系板岩極發達，含有許多複雜之褶曲與斷層，故山崩眾多，且風化侵蝕甚顯著，以致溪流終年混濁，板岩、變質砂岩、石英之碎屑等在上游侵蝕並經搬運而在平原地區堆積，形成本沖積扇。

三、地表水體、河川

本區之河流，除濁水溪與北港溪為主要河川外，較重要而獨立入海之細流尚有 12 條，共計 14 條。其中發源於中央山脈者，僅濁水溪



資料來源：中央地調所，民國 89 年 3 月。

圖 1.1.1-1 濁水溪沖積扇地質地表河川及水文地質剖面位置圖

1.1.2 氣象

一、氣溫

本區位處亞熱帶，月平均溫以 1 月最低，其後逐月漸昇，至 7 月份最高，8 月起後氣溫漸降。

二、降雨

本區月別雨量分佈不均，雨季約自 4 月中旬開始至 9 月中旬結束，雨季期間降雨量約佔全年總雨量之八成，且本區雨量有自上游山區向西部平原及海岸遞減之趨勢。

三、蒸發量

本區蒸發量因地形、季節之不同而有顯著差異，一般而言，濱海區較大，平原區次之，山區最小。蒸發量之分佈大致上從 1 月至 5 月逐月遞增，6 月間因相對濕度高，降雨日數多而略降，7 月份再升高，而於 8 月起又逐月下降。

1.1.3 基本資料調查蒐集

一、計畫區域中現有及未來可能開發之水庫、堰壩

本計畫區域中主要地表水源取自濁水溪及清水溪，濁水溪上游現有台電發電系統之日月潭及霧社水庫、武界壩，下游則有集集攔河堰，未來水利署更進一步規劃於清水溪興建湖山水庫、瑞峰水庫及其相關引水設施桶頭堰與全仔堰，本區域中現有及未來可能開發之水庫、堰壩基本資料分別列於表 1.1.3-1 與表 1.1.3-2。

二、流量資料蒐集與推估

濁水河流域至今曾設立 64 站，其經辦單位分屬台灣電力公司及

經濟部水利署，本計畫自經濟部水利署網站取得現有及已廢流量站之流量資料，主要流量站之站況如表 1.1.3-3 所示。

水資源系統分析中，連續性的流量資料為分析所必需，若在堰壩址已經設有流量站，可直接引用其觀測資料。若在各堰壩址尚未設置流量站，則須由鄰近流量站之觀測資料，以間接方法推估各堰壩址流量。本計畫區域中各堰壩址的流量推估參考「草嶺堰塞湖長期水資源規劃-草嶺堰塞湖水資源運用分析專題報告」之濁水溪流域基本流量推估計算式（表 1.1.3-4）。

三、農業用水

農業用水包括灌溉用水、禽畜用水及養殖用水，其中以灌溉用水為農業用水之最大宗，而禽畜用水及養殖用水大多以自行取用地下水為主，因此本計畫於水源運用分析時僅考量灌溉用水。

濁水溪本流於集集堰以下之水權量已配合集集堰之興建而改登記於集集堰（表 1.1.3-5），集集共同引水計畫用水量分配如表 1.1.3-6 所示（其中雲林地區農業用水含斗六大圳進水口計畫用水量），本計畫於水源運用分析時對於彰化灌區及雲林灌區之農業灌溉用水量即以表 1.1.3-6 為依據，但以水權量為上限。

四、淨水場

自來水公司配合集集共同引水計畫擬於集集堰下游興建林內淨水場，該淨水場近程由集集計畫南岸聯絡渠道引水以供給雲林、南投、彰化地區之公共用水，遠程則配合湖山水庫完工營運後進一步擴建。

表 1.1.3-1 濁水溪沖積扇現有及未來可能開發水庫一覽表

水庫名稱	現有或 規劃中	標的	供給區域	水源	集水面積 (km ²)	總容量 (萬 m ³)	有效容量 (萬 m ³)	備註
霧社水庫	現有	發電	萬大電廠	霧社溪	219	14,500	8,712	
日月潭水庫	現有	發電	大觀一、 二，明湖、 明潭電廠	水里溪支 流五城溪	518.5	17,162	15,057	1. 越域引取濁水溪 水源。 2. 離槽水庫。
湖山水庫	已核定	公共給水	雲林 南投 離島工業 區	梅林溪	6.58	5,347	5,218	1. 由桶頭堰引水。 2. 預計 97 年完工。
瑞峰水庫	已完 成環 評作 業	公共給水 灌溉	雲林 斗六大圳 灌區	生毛樹溪	41.58	14,550	14,192	1. 由全仔堰引水。 2. 施工期約 11 年。 3. 未來與集集堰聯 合營運可支援嘉 義、南投公共用 水。

表 1.1.3-2 濁水溪沖積扇現有及未來可能開發堰壩一覽表

堰壩名稱	現有或 規劃中	引水標的	水源	集水面 積(km ²)	取水設施或越域引水 管線容量(cms)	備註
武界壩	現有	引水到日月潭蓄水發電	萬大溪	501.5	武界壩-日月潭水庫： 41.13	武界壩入流量小於 41.13cms 時，水全部引入 日月潭。
集集堰	現有	供給彰化、南投、雲林農業、公共及離島工業區用水	濁水溪	219	北岸進水口：77 南岸進水口：108	1. 枯水期可蓄水利用，豐 水期不蓄水。 2. 集集堰之總蓄水容積為 1,448 萬 m ³ ，有效蓄水 容積為 1,005 萬 m ³ 。
全仔堰	規劃中	引清水溪豐水期水至 瑞峰水庫蓄存	清水溪	130.4	全仔堰-瑞峰水庫引水 隧道：20	
桶頭堰	已核定	引清水溪豐水期水至 湖山水庫蓄存	清水溪	259.2	桶頭堰-湖山水庫越域 引水：20	

表 1.1.3-3 濁水溪流域主要流量站站況表

站名	水系	集水區面積 (km ²)	站號	記錄年份	位置	備註	
櫻社	霧社溪	188.00	H031	1957-1982	東經：1211000 北緯：240200	已廢站	
武界				1991-1994			
苗埔	濁水溪	2,088.36	H018	1957-2000	東經：1210300 北緯：235500	現況站	
集集				1953-1979			東經：1205140 北緯：234718
				1941-1944			
玉峰橋				1947-1994			東經：1204515 北緯：234910
草嶺	1994-2000	東經：1205023 北緯：234804	現況站				
水里	水里溪	160.07	H052	1979-1987	東經：1204100 北緯：233440	已廢站	
				1974-1983			
桶頭(2)	清水溪	55.46	H044	1988-2000	東經：1205200 北緯：235000	現況站	
				1941-1944, 1947-1952			
		259.2	H024	1955-2000	東經：1203900 北緯：233842	現況站	

表 1.1.3-4 濁水溪流域基本控制站流量推估表 (1/2)

支流名稱	控制站名稱	河川流量計算 (流量資料補遺採面積比或迴歸分析法)		備註
		流量計算年限	流量計算式	
霧社溪	霧社水庫集水區	48.01~67.12	$Q_{\text{霧社溪}} = 0.437 * Q_{\text{武界站}}$	$Q_{\text{霧社溪}} =$ 霧社溪流量 $Q_{\text{武界站}} =$ 武界站流量(H007)
		68.01~89.12	$Q_{\text{霧社溪}} = Q_{\text{霧社水庫入流量}}$	$Q_{\text{霧社水庫入流量}} =$ 霧社水庫營運紀錄之入流量 $Q_{\text{萬大溪}} =$ 濁水溪霧社水庫至武界壩間之側流量 $Q_{\text{霧社水庫出流量}} =$ 霧社水庫營運紀錄之出流量
萬大溪	霧社水庫至武界壩間之集水區	48.01~55.12	$Q_{\text{萬大溪}} = Q_{\text{武界站}} - Q_{\text{霧社溪}}$	$Q_{\text{苗埔站}} =$ 苗埔站流量(H018) $Q_{\text{集集站}} =$ 集集站流量(H021) $Q_{\text{水里站}} =$ 水里站流量(H044)
		56.01~89.12	$Q_{\text{萬大溪}} = Q_{\text{武界站}} - Q_{\text{霧社水庫出流量}}$	$Q_{\text{玉峰橋站}} =$ 玉峰橋站流量(H063)
陳有蘭溪	武界壩下游直至水里溪匯流區	48.01~53.12	$Q_{\text{陳有蘭溪}} = Q_{\text{苗埔站}} - [\text{武界壩溢流量}]$	$Q_{\text{清水溪(1)}} =$ 清水溪桶頭堰址流量 $Q_{\text{桶頭(2)站}} =$ 桶頭(2)站流量(H024)
		54.01~82.12	$Q_{\text{陳有蘭溪}} = Q_{\text{集集站}} - [\text{武界壩溢流量}] - \text{日月潭發電水量} - Q_{\text{水里站}}$	$Q_{\text{社興橋}} =$ 社興橋站流量
清水溪(1)	桶頭堰集水區	83.01~88.12	$Q_{\text{陳有蘭溪}} = Q_{\text{玉峰橋站}} - [\text{武界壩溢流量}]$	$Q_{\text{清水溪(2)}} =$ 清水溪草嶺堰塞湖流量
		48.01~88.09	$Q_{\text{清水溪(1)}} = Q_{\text{桶頭(2)站}}$	$Q_{\text{草嶺站}} =$ 草嶺站流量(H052)
清水溪(2)	草嶺堰塞湖集水區	88.10~88.12	$Q_{\text{清水溪(1)}} = Q_{\text{桶頭(2)站}} + Q_{\text{社興橋站}} * 1.301$	$Q_{\text{清水溪(3)}} = Q_{\text{全仔堰}} =$ 清水溪全仔堰址流量
		89.01~89.12	$Q_{\text{清水溪(1)}} = Q_{\text{桶頭(2)站}}$	$Q_{\text{清水溪(4)}} = Q_{\text{瑞峰壩站}} =$ 瑞峰壩址流量
清水溪(2)	草嶺堰塞湖集水區	48.01~67.12	$Q_{\text{清水溪(2)}} = 0.54439 * Q_{\text{清水溪(1)}} \quad R^2 = 0.94 \quad (5 \sim 10 \text{ 月})$	$Q_{\text{清水溪(5)}} =$ 清水溪全仔堰、瑞峰壩址至桶頭堰址之側流量
		68.01~76.06	$Q_{\text{清水溪(2)}} = 0.55711 * Q_{\text{清水溪(1)}} \quad R^2 = 0.97 \quad (11 \sim 4 \text{ 月})$	$Q_{\text{清水溪(6)}} =$ 清水溪支流加走寮溪流量(桶頭堰下游集水區)
清水溪(2)	草嶺堰塞湖集水區	76.07~89.12	$Q_{\text{清水溪(2)}} = 0.54439 * Q_{\text{清水溪(1)}} \quad R^2 = 0.94 \quad (5 \sim 10 \text{ 月})$ $Q_{\text{清水溪(2)}} = 0.55711 * Q_{\text{清水溪(1)}} \quad R^2 = 0.97 \quad (11 \sim 4 \text{ 月})$	

表 1.1.3-4 濁水溪流域基本控制站流量推估表 (2/2)

支流名稱	控制站名稱	河川流量計算 (流量資料補遺採面積比或迴歸分析法)		
		流量計算年限	流量計算式	備註
清水溪(3)	全仔堰集水區	48.01~89.12	$Q_{\text{清水溪}(3)} = Q_{\text{全仔堰}} = Q_{\text{清水溪}(2)} * 0.81$	
清水溪(4)	瑞峰集水區	48.01~89.12	$Q_{\text{清水溪}(4)} = Q_{\text{瑞峰壩址}} = Q_{\text{清水溪}(2)} * 0.2523$	
清水溪(5)	全仔堰、瑞峰壩址至桶頭(2)站間之側流量	48.01~89.12	$Q_{\text{清水溪}(5)} = Q_{\text{清水溪}(1)} - Q_{\text{清水溪}(3)} - Q_{\text{清水溪}(4)}$	
清水溪(6)	桶頭堰至斗六 大圳進水口間 之集水區 (含 加走寮溪)	48.01~89.12	$Q_{\text{清水溪}(6)} = Q_{\text{清水溪}(1)} * 0.3826$	

資料來源：草嶺堰塞湖長期水資源規劃-草嶺堰塞湖水資源運用分析專題報告，民國 91 年 6 月。

表 1.1.3-5 集集攔河堰登記水權一覽表

用水標的	各月份水權量 (cms)												備註
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
家用及公共用水	2.315	1.157	1.157	1.157	1.157	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	2.315	1. 水權狀態為 121798 目的事業用水單位為台灣省自來水公司，其水源水量由集集共同引水管理中心統籌調配。 2. 引用水量超過 10 萬噸時，其超過量之引用應以不影響農業用水水權人之權益為原則。 3. 水權狀態為 121797 目的事業用水單位分別為彰化農田水利會、雲林農田水利會及八卦山旱灌區管理單位，其水源水量由集集共同引水管理中心統籌調配。 4. 彰化農田水利會係以原登記之第 110686 (同源圳)、110687 (八堡圳)、110688 (菊子埤圳)、110689 (永基二圳)、110690 (永基三圳)、110691 (深耕二圳)、110692 (深耕三圳)、110693 (深耕三圳補給線) 號水權狀態辦理登記。 5. 上項水權於集集共同引水計畫正式營運後，即依法辦理廢止。
農業用水	32.993	31.397	41.581	43.161	50.763	59.471	65.359	66.988	64.837	43.659	38.107	37.226	1. 水權狀態為 121799 目的事業用水單位為雲林農田水利會，其水源水量由集集共同引水管理中心統籌調配。 2. 以雲林農田水利會原登記之第 107199 (濁水圳)、111118 (隆恩富中圳)、112266 (濁幹線)、112265 (引西圳)、116506 (牛埔厝補給線)、111119 (斗六圳) 引用濁水溪水源部分) 號水權狀態辦理登記。 3. 上項水權於集集共同引水計畫正式營運後，即依法辦理廢止。 4. 水權狀態為 121800 目的事業用水單位為經濟部工業局，其水源水量由集集共同引水管理中心統籌調配。 5. 水權引用時應以不影響農業用水水權人之權益為原則。
農業用水	21.396	18.535	20.134	20.785	34.751	78.532	79.682	79.442	82.138	65.090	32.368	29.521	
工業用水	9.953	0.000	0.000	0.000	0.000	9.953	9.953	9.953	9.953	9.953	9.953	9.953	

資料來源：草嶺堰塞湖長期水資源規劃-草嶺堰塞湖水資源運用分析專題報告，民國 91 年 6 月。

表 1.1.3-6 集集共同引水計畫用水量分配表

用水標的	取水來源	說明	引用水量 (每秒立方公尺)												備註		
			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月			
公共給水	南岸聯絡 渠道		1.157	1.157	0.877	0.946	1.041	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	
公共給水	地下水		1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	
計			2.314	2.314	2.314	2.034	2.103	2.198	2.314	2.314	2.314	2.314	2.314	2.314	2.314	2.314	
工業用水	南岸聯絡 渠道	雲濱工業 用水	9.953					9.953	9.953	9.953	9.953	9.953	9.953	9.953	9.953	9.953	每年 2 月下旬 至 6 月上旬為 枯水期
計			9.953	(9.953)	(9.953)	(9.953)	(9.953)		9.953	9.953	9.953	9.953	9.953	9.953	9.953	9.953	
農業用水 (彰化地區)	北岸聯絡 渠道		31.493	31.369	41.553	43.133	50.735	58.113	63.868	65.497							按原申請水權
農業用水 (雲林地區)	南岸聯絡 渠道		22.631	20.094	23.914	25.365	39.369	92.225	95.675	95.435							按原申請水權
計			54.124	51.463 (41.510)	65.467 (55.514)	68.498 (58.545)	90.104 (80.151)	150.338	159.543	160.932	160.040	111.422	72.226	67.755			
新增農業 用水	北岸聯絡 渠道	八卦山旱 灌	1.463					1.330	1.463	1.463							
計			1.463					1.330	1.463	1.463							
其他用水	南北岸聯 絡渠道	河川生態 超量灌溉	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	由管理局視水 量情況登記
計			0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	
總計			68.454	54.377	68.101	71.201	92.902	165.503	182.727	186.747	184.678	136.156	86.976	82.085			

註：()內數字為枯水期由農業用水調支工業用水後之分配值，調之幅度約佔各月農業用水之 19.33% 至 11.05%。
資料來源：草嶺堰壅塞湖長期水資源規劃-草嶺堰壅塞湖水資源運用分析專題報告，民國 91 年 6 月。

1.2 地下水

1.2.1 水文地質架構

經濟部中央地質調查所於民國 88 年完成之「台灣地區地下水觀測網第一期計畫濁水溪沖積扇水文地質調查研究報告」中，以濁水溪沖積扇 72 站之地層柱狀圖，完成平原地區水文地質剖面一至十二（深度至 300 公尺左右），再加上丘陵及河谷區之 8 站地層柱狀圖所繪製之水文地質剖面十三至十五（深度約達 250 公尺左右），劃分出濁水溪沖積扇概念分層，包括含水層一、阻水層一、含水層二、阻水層二、含水層三、阻水層三、含水層四及阻水層四，如圖 1.2.1-1 所示。各含水層及阻水層之岩性變化與分布分述如下：

1、含水層一 (F1)

含水層一位在濁水溪沖積扇地區水文地質系統之最表層，分佈範圍涵蓋全區，從地表起至最深約 103 公尺，厚度從 19~103 公尺不等，平均厚度 42 公尺。本層於沖積扇頂附近以礫石層和粗砂層為主，厚度較大，至扇央及扇尾其岩性漸次相變為細砂層和泥層，含水層一的表面及內部常有延展良好之厚泥層分佈，造成地下水層局部受壓(Confined)或分段之現象。

2、阻水層一(T1)

阻水層一位於含水層一之下，廣泛分布於沖積扇央及扇尾，其西側延展入海，而東側則在離彰雲大橋十數公里處尖滅，最大厚度 39 公尺，平均厚度約 14 公尺。本層主要為泥層，亦即由黏土、泥或粉砂層組成，局部夾細砂層及少數粗砂層。中央地調所將阻水層一之底部界面向扇

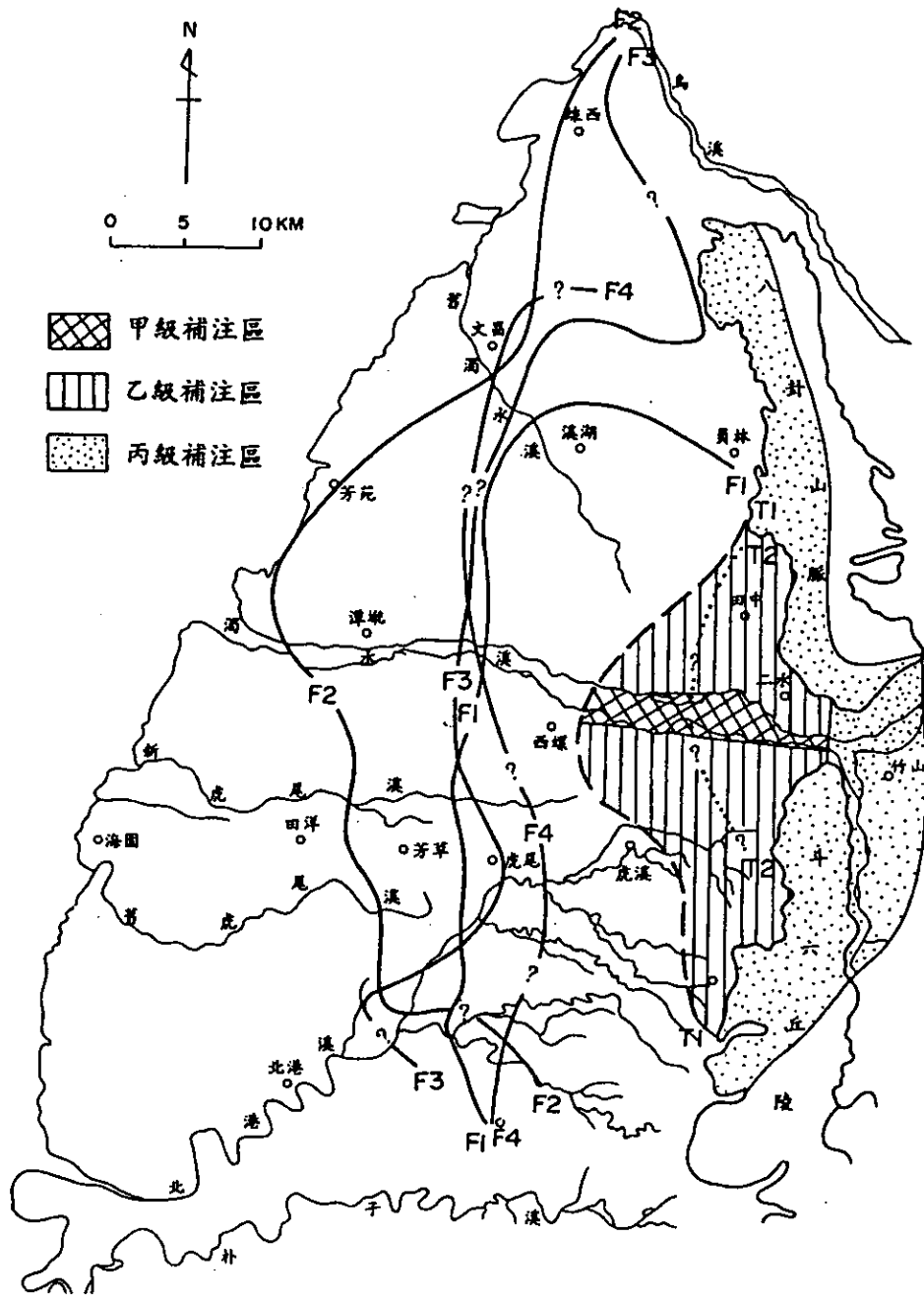


圖 1.2.1-1 濁水溪沖積扇各含水層及阻水層之邊界
(經濟部中央地質調查所, 1999)

頂外插展延，形成分佈於全區之概念界面 B1，其深度在 35~129 公尺不等，平均深度約 56 公尺。

3、含水層二 (F2)

概念界面 B1 以下為含水層二，其分布範圍涵蓋全區，深度介於地表下 35~217 公尺之間，厚度從 76~145 公尺不等，平均厚度約 95 公尺，為各含水層中厚度最大者。本層在沖積扇頂附近以礫石和粗砂層為主，與含水層一之間並無明顯之阻水層分隔。在剖面八之南，本層所含之細砂層及泥層漸增，至剖面十則以細砂為主，夾有甚厚之泥層，與含水層一之間為阻水層一明顯分隔。在扇央及扇尾本層材料的粒徑變細，惟仍有粗砂或礫石層存在，顯示廣泛分布的含水層二在本區蓄水及供水上之重要性。部分地區的含水層二中間夾有二至三層延展範圍大之泥層，此等泥層對含水層有局部分割的作用，然而考慮其分布範圍和厚度相對小於四個主要阻水層，故僅將其歸為含水層二內之泥層凸鏡體，不各別命名。

4、阻水層二 (T2)

阻水層二位於含水層二之下，廣泛分布於沖積扇央及扇尾，其西側延伸入海。阻水層二最大厚度 46 公尺，平均厚度約 23 公尺，主要為泥層夾細砂層，局部夾有粗砂層。為配合數值模擬之需要，在剖面圖上將阻水層二之底部界面向扇頂外插延伸，形成分佈全區之概念界面 B2，其深度介於 140~223 公尺之間，平均深度約 174 公尺。

5、含水層三 (F3)

受鑽探深度的限制，只在水文地質剖面一、二、六、八及十的局部地點適合繪製含水層三及更深之各個層次。概念界面 B2 以下為含水層三，其分布範圍亦涵蓋全區，規模略小於含水層二，深度在 140~275 公

尺之間，厚度介於 42~122 公尺之間，變異頗大，此肇因於濁水溪以北地區的含水層三遠比以南者發達所致，全區平均厚約 86 公尺。含水層三在剖面六以北的區域，於沖積扇頂是以厚層礫石和粗砂為主，往扇央及扇尾則漸次相變為粗砂、細砂和泥層之互層；而在剖面六的南側，顆粒相對的較細，僅扇頂有礫石和粗砂層分布，在扇央及扇尾則變為以細砂層為主；剖面六以南，本層與含水層二有良好之分隔。

6、阻水層三 (T3)

阻水層三位於含水層三之下，在濁水溪以北的區域厚度較小，分布範圍亦較小，於剖面一之分布區有較佳之延展，其南側之第二條剖面，阻水層三僅侷限於海岸地區，呈短小凸鏡體；此層在濁水溪以南的地區較發達，從剖面六至剖面十均有完整之分布，對含水層形成有效的分隔作用。阻水層三最大厚度約 28 公尺，平均厚約 11 公尺，由泥層夾細砂層所組成。而阻水層三之底部界面向扇頂外插延伸，形成分布全區之概念界面 B3，其深度界於 238~293 公尺不等，平均深 271 公尺，此平均深度也是含水層一、二、三與阻水層一、二、三等六層總厚度之平均值。

7、含水層四 (F4)

概念界面 B3 以下為含水層四，由於其平均深度大於 271 公尺，全區只有 14 口井超過此一深度，其中 9 口貫穿本層，5 口則未達本層底部，以此少量資料難以對全區的含水層四及阻水層四做明確之描述。基本上在扇頂附近仍以礫石層及粗砂層為主，往扇央及扇尾則相變至以細砂為主。其分布深度約介於 238~313 公尺間，厚度介於 6~51 公尺間，平均厚約 24 公尺，是各含水層中厚度最小者。

8、阻水層四 (T4)

伏於含水層四下之厚泥層即為阻水層四，由於底部深度超過各井之

鑽探深度，故無法確實了解其整體厚度和岩性變化。大致上本層由厚泥層夾細砂及少量粗砂層所組成，最大厚度在 52 公尺以上，頂部深度介於 255~313 公尺之間，底部性質及深度則不明，上述各分層之垂直示意圖見圖 1.2.1-2 所示。

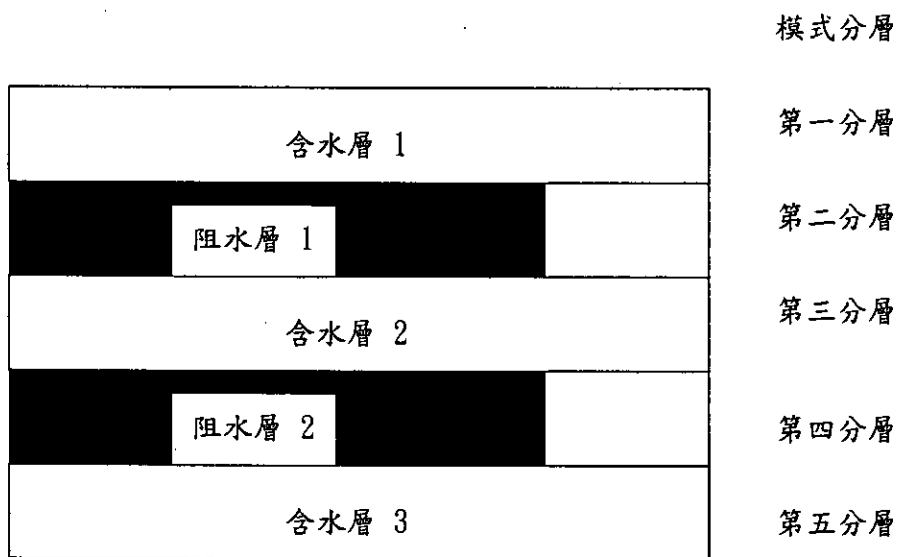


圖 1.2.1-2 水文地質剖面圖

1.2.2 補注量推估

濁水溪沖積扇主要以河床、扇頂及丘陵地區是主要之地下水補注區。扇頂濁水溪河段河水之入滲可終年持續進行，於高河水位期，河水更可大量注入沖積扇中，應是單位面積入滲量最高之地下水補注區，於圖 1.2.1-1 稱之為甲級補注區。阻水層一(F1)尖滅界線以東之扇頂區，因礫石層透水性佳，孔隙發達，地下水位面較深，且無阻水層之阻隔，地面水入滲後可直接或間接進入各含水層中；惟地表局部有薄層表土被覆，且只於降雨及灌溉期間才有入滲水源，故其補注效率較河床略差，稱之為乙級補注區。丘陵及河谷區以透水性較差之頭嵙山層及台地堆積層為主體，地表局部為紅土或土壤所被覆，雨水及灌溉入滲率最差；至於河谷區之河床因地下水位與河床相當接近，河水難以大量滲入地層之中，此外丘陵及台地之水位遠高於河床高程，地下水可往河床滲流形成河水之一部分；因此丘陵及河谷區之單位面積入滲量最低，稱之為丙級補注區。由於扇央與扇尾淺層非拘限含水層之水質與水量均不如區域拘限含水層可靠與穩定，故扇央與扇尾區大量開發拘限水，成為主要的水源，且因大量超抽，導致地盤下陷等嚴重問題。因此，對作為拘限含水層補注區的扇頂(非拘限含水層)區的補注量及補注途徑的瞭解，以及如何增加補注量，是一個重要課題。

早期曾利用達西公式 $Q=PIA$ (P 為滲透係數，I 為水力坡降，A 為水流經過之斷面積) 及水平衡法，計算濁水溪沖積扇之補注量。如地下水勘測隊 (1957) 在「大濁水沖積扇平原地下水勘察報告」中，會計算出本區深層地下水天然補注量約為每年 $9.18 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。而地下水工程處 (1963) 在「大濁水沖積扇地區地下水源複勘報告」中，亦曾計算出地面下 60 至 80 公尺和 110 至 130 公尺二含水層 (註：依該文之敘述，其

實應該為 60 至 80 公尺之拘限含水層) 的最低年補注量為 2.96×10^8 m^3 。另外，地下水工程處(1973)在「濁水溪南岸雲林地區地下水源調查報告」計算出該區地下水的年補注量約為 4.54×10^8 m^3 。

據地下水工程處(1963)之觀測及計算，濁水溪沖積扇在民國 48 年以後灌溉抽水量才急遽增加，估算民國 50 至 51 年間之平均年抽水量共約為 2.20×10^8 m^3 。且由 48 年至 50 年間之水位變化情形觀之，除本地區西南角之地下水住略有降落外，主要拘限含水層於每年秋末又完全回復。

人為抽水可能使得對濁水溪沖積扇之補注量估算稍為複雜。依據地下水工程處(1963 年)之調查：「民國 50-51 年間之拘限含水層年抽水量約為 2.20×10^8 m^3 。由民國 48 年至 50 年當時之水位變化情形觀之，本區西南角（即北港溪下游河口一帶）水位略有水降，其餘地區經計算地下水儲存量僅有約 0.016×10^8 m^3 之減少，但主要含水層於每年秋末又完全回復，換言之，當時並無顯著超抽現象。

據沈向白(1991)在濁水溪沖積扇地區地下水資源調查報告中指出：「民國七十二年，濁水溪沖積扇地下水之年補注量為彰化縣部份 6.86×10^8 m^3 ，雲林縣部份為 4.54×10^8 m^3 ，合計 11.40×10^8 m^3 ，地下水抽水量合計 9.97×10^8 m^3 （彰化 5.74 ，雲林 4.23×10^8 m^3 ）。安全可開發量合計 1.073×10^8 m^3/yr 但民國八十年利用量已達 21.027×10^8 m^3/yr （彰化 12.85 ，雲林 8.17×10^8 m^3/yr ）。在這些報告中，可惜並未能將扇頂厚非拘限含水層，扇央與扇尾淺(非拘限)含水層 (>25 m 深) 及深層 (>25 m，拘限) 含水層之水井抽水量分別統計。

地下水補注量無法在大面積直接量測，過去許多國內外的地下水補注量研究，針對區域特性乃發展出許多不同的估計方法，可以說沒有一

種方法在任何情形下均以適用。國內地下水補注的估計方法可歸納為四類：水收支平衡法、示蹤劑估計法、一維非飽和水流模式與飽和地下水模式逆向估計。

濁水溪沖積扇過去許多研究均採用水收支平衡法估計地下水補注量。諸如地下水勘測隊(1957)的「大濁水沖積扇平原地下水勘查報告」；地下水工程處(1963)的「大濁水沖積扇地區地下水源複勘報告」；地下水工程處(1973)「濁水溪南岸雲林地區地下水源調查報告」；李源泉(1970)的「濁幹線臨海地域之水收支研究」等，均利用水收支平衡法計算區域補注量；中興工程顧問公司(1998)也以水平衡法推估濁水溪沖積扇自然補注量為 5.25 億噸/年；陳進發(1998)以水平衡分析彰化地區未飽和層地下水補注量約 4.43 億噸。

劉聰桂(1996)根據核爆氙水與碳十四定年，由觀測井取地下水水樣，分析水中氙濃度，利用 1960 年代初期核子試爆使水中之氙含量遠大於自然背景值的事實，尋找地下水中氙含量的不連續面，而以不連續面之後的地下水體積，估計過去數十年地下水補注總量約 9 億噸/年。

非飽和層一維長期水文模式係以未飽和層與地面窪蓄為控制體積，在各項水文現象的驅動影響之下，水於控制體積邊界進出及在控制體積內流動的情形，計算垂直方向一維土壤水份隨時間的變化以及地下水的補注量，林國峰等(1997)對於濁水溪沖積扇地下水補注量的估計，提出一個完整的分析架構與研究方法。其中對於平原地區地面垂向補注量的估計，建議採用長期水文模式，根據大氣蒸發需求、土地利用與植物生長狀況、土壤成份、灌溉情形、窪蓄量以及自由含水層地下水水位等，以數值模擬的方式，決定地下水補注量。非飽和層一維長期水文模式根

據地面水文氣象及灌溉情形作為邊界條件，計算土壤水份隨時間的變化以及地下水的補注量，劉振宇等(1998)採用非飽和層一維長期水文模式，根據地面水文氣象及灌溉情形作為邊界條件，估計濁水溪沖積扇扇央及扇尾地下水的補注量，1995年約9.3億噸/年，1996年約8.9億噸/年，並根據李天浩(1997)所推估扇頂垂向補注量的結果，推估整個濁水溪在1995及1996年垂向補注量約為10.4億噸與11.9億噸。

葉文工(1998)以MODFLOW模擬濁水溪沖積扇補注量約為8.97億噸/年；中興工程顧問公司(1997)也以MODFLOW模擬自然補注量為8.2億噸/年；姜儷平、歐陽湘(1996)以MODFLOW地下水程式建立雲林地區三維地下水系統數值模式，模擬自然補注量為4.66億噸/年；林再興等(1998)以MODFLOW模擬反推彰化地區1995及1996年補注量約為8.07億噸；土木科技(1997)也以MODFLOW模擬雲林地區降雨補注、灌溉補注和河川補注量為5.32億噸/年；中興大學(1999)也以MODFLOW模擬濁水溪沖積扇自然補注量為8.2億噸/年，張誠信(1996)以3DFEWA模式模擬雲林地區之地下水流，結果顯示地下水年補注量約為4.88億噸。以上各數據為本區地下水補注量推估之成果。

依能邦科技顧問公司(2000)「台灣地區地下水補注量估計」報告中入滲補注量估算公式估計濁水溪沖積扇豐、平、枯之地下水垂向入滲補注量。濁水溪沖積扇豐、平、枯期地下水垂向入滲補注量推估，若飽和入滲率以陳尚、李德茲現場試驗之建議值估算，豐、平、枯期地下水垂向年入滲補注量分別為14.29億、13.81億、12.55億噸，其中以水稻田垂向入滲補注量最大，分別為10.69億、10.78億、10.56億噸，各佔75%、78%、84%，其次為旱田降雨之垂向入滲補注量，分別為2.18億、1.74億、0.91億噸，各佔15%、13%、7%。

若飽和入滲率以中國水利電力部之建議值估算，豐、平、枯期之垂向年入滲補注量分別為 6.45 億、5.97 億、4.71 億噸，其中仍以水稻田垂向入滲補注量最大，分別為 2.90 億、2.99 億、2.78 億噸，各佔 45%、50%、59%，其次為旱田降雨之垂向入滲補注量，分別為 2.18 億、1.74 億、0.91 億噸，各佔 34%、29%、19%。

濁水溪沖積扇平水年（民國六十一年）以陳尚、李德茲建議的飽和入滲率值估算之分月分區（鄉鎮）垂向地下水入滲補注量，其中以八月入滲補注量 2.358 億噸最大，七月 2.345 億噸次之，十二月 0.059 億噸最低。分區入滲補注量部分以彰化縣二林鎮 0.707 億噸最大，雲林縣斗六市 0.682 億噸次之，其次為彰化縣溪州鄉 0.592 億噸。

濁水溪沖積扇平水年（民國六十一年）以中國水利電力部建議的飽和入滲率值估算之分月分區（鄉鎮）垂向地下水入滲補注量，其中以八月入滲補注量 0.966 億噸最大，七月 0.953 億噸次之，十二月 0.055 億噸最低。分區入滲補注量部分以雲林縣古坑鄉 0.269 億噸最大，雲林縣斗六市 0.228 億噸次之，其次為彰化縣員林鎮 0.225 億噸，上述重要文獻數據整理至表 1.2.2-1。

表 1.2.2-1 濁水溪沖積扇補注量相關研究比較表

方法	估算人	範圍	補注量
MODFLOW數值模擬法	葉文工 (1999)	濁水溪沖積扇	8.97億噸/年
MODFLOW數值模擬法	林再興 (1998)	彰化地區	8.07億噸/年
MODFLOW數值模擬法	姜儷安 (1996)	雲林地區	4.66億噸/年
碳十四定年與氚示法	劉聰桂 (1996)	濁水溪沖積扇	9億噸/年
3DFEWA數值模式	李清水 (1995)	濁水溪沖積扇	16.45億噸/年
現地調查	嘉義農專 (1991)	濁水溪沖積扇	11.40億噸/年
MODFLOW數值模擬法	土木科技 (1997)	雲林	5.32億噸/年
MODFLOW數值模擬法	中興工程 (2000)	雲林	5.25噸/年
非飽和層一維長期水文 模式	劉振宇等 (1998)	濁水溪沖積扇	10.06億噸/年 (1996) 10.48億 噸/年 (1997)
水平衡法	陳進發 (1997)	彰化	4.43億噸/年
3DFEWA數值模式	張誠信 (1996)	雲林	4.88億噸/年
水平衡法	能邦科技顧問公 司 (2000)	濁水溪沖積扇	14.29-12.55億噸 /年及 6.45-4.71 億噸/年
平均		濁水溪沖積扇	10.24億噸/年

資料來源：前經濟部前水資源局，彙編「台灣地區地下水—濁水溪沖積扇篇」

民國八十八年五月

1.2.3 地下水開發

一、抽水量推估

地下水抽水量受地面上人類之用水型態直接影響，易隨季節性水源豐枯與地區用水型態不同而不同，係一受人為及時空環境影響極巨之變數，且由於過去本區地下水之基本資料較為缺乏及管理人力不足，以致難以掌握實際抽水量，造成地下水資源使用不當，因此，對地下水抽水量予以合理推估實為水資源營運規劃當務之急。國內常用地下水抽水量的估計方法有：現場調查、水收支平衡法與地下水數值模式逆向推估。不同估計方法各有其適用狀況，以下將按國內學者常用研究方法予以分類，以前人的研究之結果，探討各種地下水抽水量估計方法的特性。

地下水工程處(1973)發現濁水溪南岸雲林地區，年抽水量 4.37 億立方公尺；嘉義農專(1991)調查彰化縣水井有 46,889 口，可分為灌溉、養殖、工業用水，總抽水量為 12.85 億立方公尺，1989 年度，調查雲林地區水井有 73,815 口，總抽水量為 9.86 億立方公尺，其中合法井 9351 口，非法井 111,339 口，合法井與非法井數量之比為 1:12；嘉義農專(1991)調查彰化縣及雲林縣 1985 至 1990 年各鄉鎮之水井口數、年抽水量，估計抽水量為 21.02 億立方公尺，水資會(1992)並引用上述資料公佈該地區地下水抽水量。若以單位面積來看彰化地區之單位面積抽水深度約 1.48 公尺，雲林地區為 0.9 公尺，一般認為此調查結果與地下水位觀測所得之差距頗大。調查產生之誤差可能來自於(1)水權登記之水量未能反應真實用水量(2)違法水井可信度差(3)管理缺失造成用水不經濟。

抽水量調查因缺乏詳細正確的抽水井資料，而無法估算正確的抽水量，因此姜儷安、歐陽湘(1996)依據雲林水利會 1988 至 1990 年之統

計資料求得雲林地區年平均農業地下水抽水量約為 2.27 億噸，並推估 1995 年雲林地區年平均農業地下水抽水量約為 5.19 億噸；農工中心(1998)根據現地調查電度用量概算雲林地區引西圳灌區抽水量為 0.3 億噸/年。

以往的地下水勘測隊(1957)的「大濁水沖積扇平原地下水勘查報告」；地下水工程處(1963)的「大濁水沖積扇地區地下水源複勘報告」；李源泉(1970)的「濁幹線臨海地域之水收支研究」；地下水工程處(1973)「濁水溪南岸雲林地區地下水源調查報告」等皆曾對濁水河流域之地下水抽水量進行研究，水利處(1997a)之報告提及以水資會 84 年公布之地下水資源各標的用水概況，估算雲林地區地下水與水平衡初步分析抽水量為 7.57 億噸/年，水利處(1997a)以水平衡法推估濁水溪沖積扇 1995 年全區地下水抽水量約在 14.1 至 8.6 億噸之間，以扇尾抽水量最大，扇頂最小；中興工程顧問公司(1998)依據 1991 至 1996 年之資料以水平衡法推估濁水溪沖積扇地下水年平均抽水量約為 7.44 億噸；農工中心(1998)以水平衡法估算雲林地區引西圳灌區抽水量為 0.3 億噸/年。

李清水(1994) 2DFEWA 模擬濁水溪沖積扇之地下水流，推估其年抽水量約為 10.47 億噸；張誠信(1996)以 3DFEWA 模式模擬雲林地區之地下水流，結果顯示地下水年抽水量約為 6.6 億噸；逢甲大學(1997)針對二維地下水水流方程式以有限元素數值模擬法模擬濁水溪沖積扇養殖業抽水量約 7.1~9.8 億噸，自來水抽水量約 1.6 億噸；葉文工(1998)以 MODFLOW 模擬濁水溪沖積扇抽水量約為 10 億噸/年；林再興等(1998)以 MODFLOW 模擬反推彰化地區 1991 至 1996 年抽水量約為 11.12 億噸；中興工程顧問公司(1998)依據 1991 至 1996 年之資料以 MODFLOW 模擬

濁水溪沖積扇地下水年平均抽水量約為 8.9 億噸，上述重要文獻數據整理至表 1.2.3-1。

表 1.2.3-1 濁水溪沖積扇抽水量相關研究比較表

方法	估算人	範圍	抽水量
MODFLOW 數值模擬法	葉文工 (1998)	濁水溪沖積扇	10.0噸/年
3DFEWA 數值模式	張誠信 (1996)	雲林	6.6噸/年
MODFLOW 數值模擬法	林再興 (1998)	彰化	11.12億噸/年
MODFLOW 數值模擬法	中興工程(1998)	濁水溪沖積扇	8.9億噸/年
2DFEWA 數值模式	李清水(1994)	濁水溪沖積扇	16.44億噸/年
現地調查	水資會(1992)	濁水溪沖積扇	21.02億噸/年
水平衡法	中興工程(1998)	濁水溪沖積扇	7.44億噸/年
水平衡法	水利處(1997a)	雲林	7.57噸/年
水平衡法	水利處(1997a)	濁水溪沖積扇	14.1或8.6億噸 /年
平均		濁水溪沖積扇	13.26億噸/年

資料來源：前經濟部前水資源局，彙編「台灣地區地下水—濁水溪沖積扇篇」

民國八十八年五月

二、目前抽水量使用情況

依前中區前水資源局資料，本區年地下水利用量為 26 億立方公尺，而年補注量為 16 億立方公尺，呈現超抽之狀況。

1.2.4 地下水水質

目前台灣地區之地下水質資料來源之主要有二類：台灣地區地下水觀測網整體計畫及環保署之區域性水質監測井之水質資料。就水質與水量一體的觀點而言，應以各水質標準評估含水層地下水適合之供水標的，以達到本計畫之地下水資源最佳營運。過去民國 82 至 86 年間，濁水溪沖積扇之觀測站網建置期間，利用抽水洗井，曾進行地下水水質檢測，至民國 88 年起，台糖公司連續三年進行四次地下水水質檢測，本研究將以台灣地區地下水觀測網整體計畫為主，研判目前計畫區域之各主要含水層之水質配合水質指標評估及各項用途標準，以作為地下水源運用參考。

第二章 地下水資源調查

2.1 基本資料及數化圖層收集

本計畫所使用之數化資料包括土地利用資料、土壤質地、農田水利會灌區輪區等，各資料分述如下：

一、土地利用資料

該資料是由前台灣省地政處（現內政部地政司中部辦公室）在民國八十一年七月一日起至八十四年六月三十日止，分三年度就台灣地區已完成登記之土地實施調查，調查面積約計一百八十二萬公頃，調查表資料電腦建檔筆數約計一千一百萬筆。調查內容包括土地利用現況之地域性分布，以了解各種土地利用狀況之分布情形及所佔面積等。而調查結果再委託前台灣省政府糧食局辦理現況圖數化建檔及繪製成果圖工，共計完成四千六百五十九幅，原圖的精度為五千分之一。此土地利用圖檔將土地利用屬性細分成95種，由於分類極細，本計畫將主要地下水補注來源機制，將分類簡化成7項（如表2.1-1及圖2.1-1），大致分為入滲及底部滲漏部分，前者與降雨量有關，後者與土壤之飽和入滲率有關。

二、土壤質地

本計畫所使用之土壤質地圖係由台灣省農試所負責數化之「全省平地屬性資料」，其資料精度為五千分之一，經由農工中心轉換為Arc/Info之資料格式，全省依縣市區分共有15幅（台北縣、桃園縣、新竹縣、苗栗縣、台中縣、南投縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、台南縣、高雄縣、屏東縣、宜蘭縣、花蓮縣及台東縣）資料。農試所土壤質地調查資料是從地表至地表下150公分深度範圍內分四層（0~30cm、30~60cm、60~90cm、90~150cm）建立，各層調查土壤質地屬性內容，由粗至細共

分成11種，如表2.1-2所示。由於每個區域其地表下四層的土壤質地粗細並不一樣，其形成的入滲潛勢也不一致，本研究採用一維垂向飽和入滲率模式，將依據顆粒的大小篩選出土壤質地四層中質地最細者，也就是入滲率最差的一層，作為此區域入滲潛勢的主要代表層。圖2.1-2為濁水溪沖積扇四層原始土壤質地屬性，經由模式處理後，即篩選出質地最細的代表層，成果如圖2.1-3。

三、農田水利會灌區輪區圖

台灣地區因水資源之需求日益增加，在水資源有限之條件下，政府於民國四十三年起大力推行輪流灌溉制度，強調整地依序、插秧依序、灌溉依序，精確計算時程，將本省農業水資源發揮最大效益。因此台灣各地稻作由北至南均有不同的輪作方式，調查灌溉計畫相關之基本資料，如輪區面積、使用之水源、各旬用水量、種植之作物別等，建檔作業係由農工中心負責，其耕地農作別屬性表如表2.2-3所示。本研究地區資料係由彰化、雲林農田水利會以輪區為調查單位建檔，使用灌區輪區資料主要原因是較精確來瞭解各地下水區內水田的灌溉期距，雲林之輪作方式有兩期作、單期前作、單期後作、二年一作、三年一作及三年二作等類型，非常複雜；但彰化之輪作方式大致為兩期作（如圖2.1-4）。本計畫將灌區輪區圖和模式格網進行套疊，計算各格網內產生不同的輪作方式之比例，選取比例高者為該格點之輪作型態為代表。而灌溉期距天數之訂定係依據各農田水利會所提供之水田作業時間而定，由於在台灣本島一般水田大都為兩期作水田，而一期作水田，一至二月為整田時期，耕作之時程約在三月上旬至六月下旬，作業時間約120天，二期作水田耕作之時程約在七月上旬至九月下旬，因為此時日照充足，水稻生長期較短，故水田作業時間約90天。其他較複雜的水田輪

作類型，如三年一作、三年二作及二年一作，因為通常是在後期耕作，因此本計畫皆以灌溉期距為90天，但三年一作之用水量為二期作水田的1/3，三年二作之用水量為二期作水田的2/3，二年一作之用水量為二期作水田的1/2。

四、雨量

本計畫是利用濁水溪沖積扇水利署所設置之11座雨量站歷年觀測數據，決定最接近平水年之水文狀況，以該年作為補注量之推估與地下水位之模擬，雨量站所在位置如圖2.1-5所示，但濁水溪沖積扇地下水觀測站網是在民國86年才全部完成，考慮地下水水井資料之完整性，所以評估民國87至89年雨量站年雨量觀測數據與各站歷年長期平均雨量最為接近者，篩選為平水年之水文狀況，如表2.2-4所示，分析發現民國88年最接近長期平均雨量，民國88年月雨量如表2.2-5所示，將各雨量站月雨量資料利用Surfer軟體空間內插至模式模擬之格網內。

表2.1-1 土地利用簡化分類

補注機制	土地利用	原始屬性簡化分類
降雨入滲	旱作、廢耕地、林業、草生地、裸露地、灌木荒地、公園綠地	旱地及其他可透水面積
灌溉入滲	稻作	水田
漁塭滲漏	養殖魚塭	魚塭
靜止水體	滲漏水庫、湖泊及其他蓄水	靜止水體
河川入滲	河川	河川
灌渠滲漏	河川	灌渠
無法入滲補注	交通用地（公路、鐵路）、建築用地（住宅區、學校、機關團體、環保設施）、工業用地（工業相關設施、倉儲）等	不透水區域

表2.1-2 農試所土壤質地屬性分類

代 碼	土壤質地
1	CoS 粗砂土，S 砂土
2	fS 細砂土，LCoS 壤質粗砂土，LS 壤質砂土
3	LfS 壤質細砂土，CoSL 粗砂質壤土，SL 砂質壤土，fSL 細砂質壤土
4	VfS 極細砂土，LVfS 壤質極細砂土，VfSL 極細砂質壤土
5	Si 粉土，SiI 粉質壤土
6	L 壤土
7	SCL 砂質粘壤土
8	CL 粘質壤土，SiCL 粉質粘壤土
9	SiC 粉質粘土
10	C 粘土
11	grv 石礫

表 2.1-3 耕地輪作別屬性表

代	號	備	註
	1	二期作田	
	2	單期前作田	
	3	單期後作田	
	4	三年一作田	
	5	三年二作田	
	6	二年一作田	
	7	其他輪作田	
	8	旱作田	
	9	其他	
	A	蔗田	
	B	三期一期增灌田	
	C	雙期 1, 2 期增灌田	
	D	單期, 一期增灌田	

表2.1-4 雨量站之年雨量(mm)

年 站名	89	88	87	長期平均 年雨量
頭汴	1234	857	1651	1189
鹿港(2)	1103	722	1671	1006
萬興(2)	1200	969	1610	1176
集集	2039	2449	2801	2405
草嶺(2)	1785	1967	2213	2538
西螺(2)	985	1282	1846	1338
後安寮	903	1272	1364	1051
褒忠(2)	950	1099	1563	1117
林內(1)	1552	1625	2365	2000
大埔	2349	2203	3009	2465
北港(2)	970	1282	1997	1370
平均雨量	1422.8	1477.2	2007.3	1605.0

資料來源：水利署網站

表2.1-5 民國88年雨量站之月雨量(mm)

月份 站名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年雨量	長期平均 年雨量
頭汴	17	0	50	37	177	65	277	200	11	3	1	19	857	1189
鹿港(2)	1	1	17	33	134	27	321	168	7	1	0	12	722	1006
萬興(2)	15	0	45	41	222	52	301	246	20	4	1	22	969	1176
集集	17	0	57	44	244	291	488	882	297	68	3	58	2449	2405
草嶺(2)	24	0	43	50	306	230	438	626	115	61	13	61	1967	2538
西螺(2)	5	0	32	36	200	78	366	475	38	29	2	22	1282	1338
後安寮	1	1	33	44	259	46	500	328	32	5	0	23	1272	1051
褒忠(2)	0	0	15	35	152	43	441	351	33	9	1	19	1099	1117
林內(1)	5	0	37	36	239	113	387	659	96	14	2	37	1625	2000
大埔	10	0	55	53	233	171	520	875	187	43	7	49	2203	2465
北港(2)	4	0	22	45	153	72	486	404	64	10	2	20	1282	1370

資料來源：水利署網站

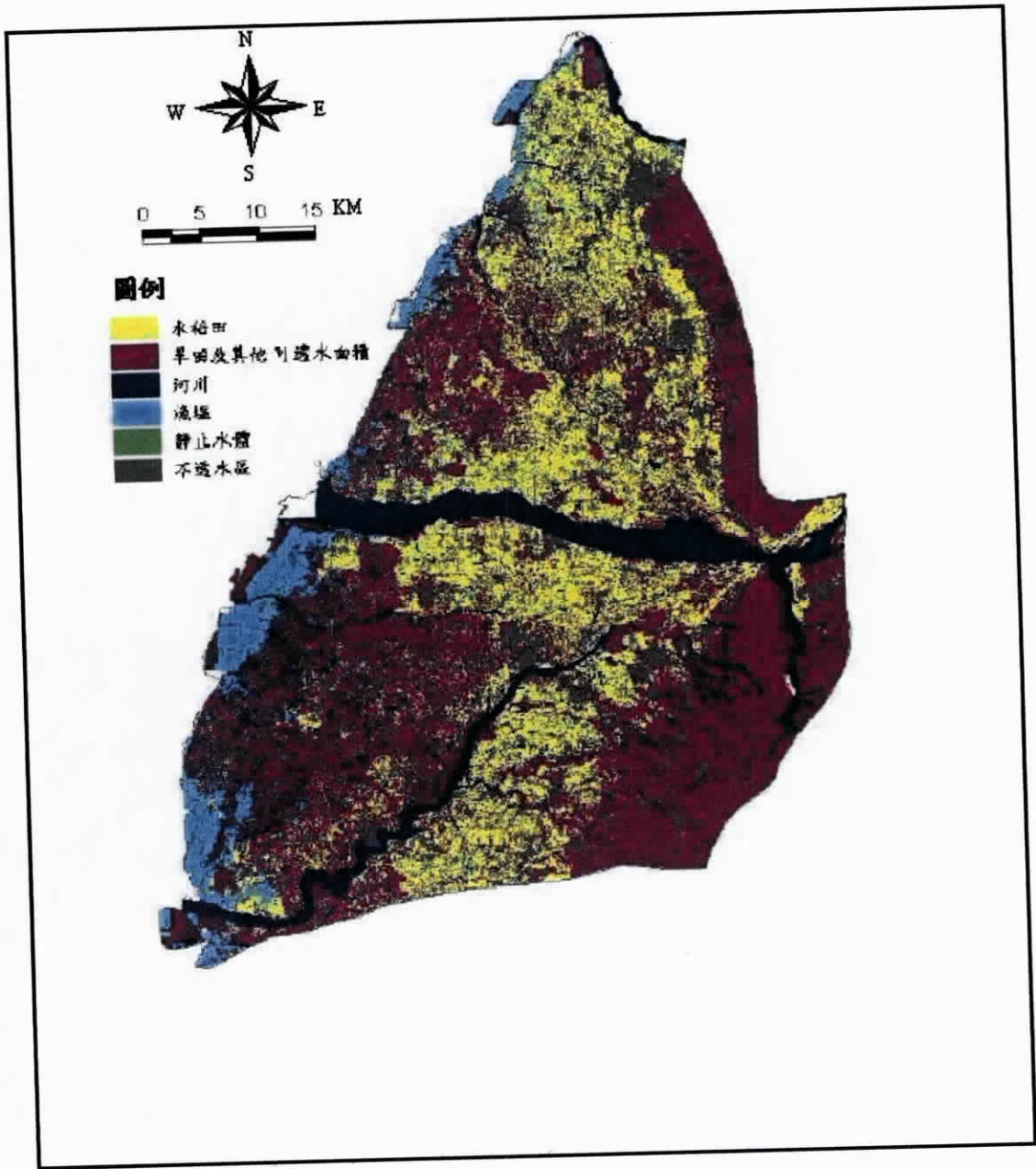


圖 2.1-1 濁水溪沖積扇土地利用圖

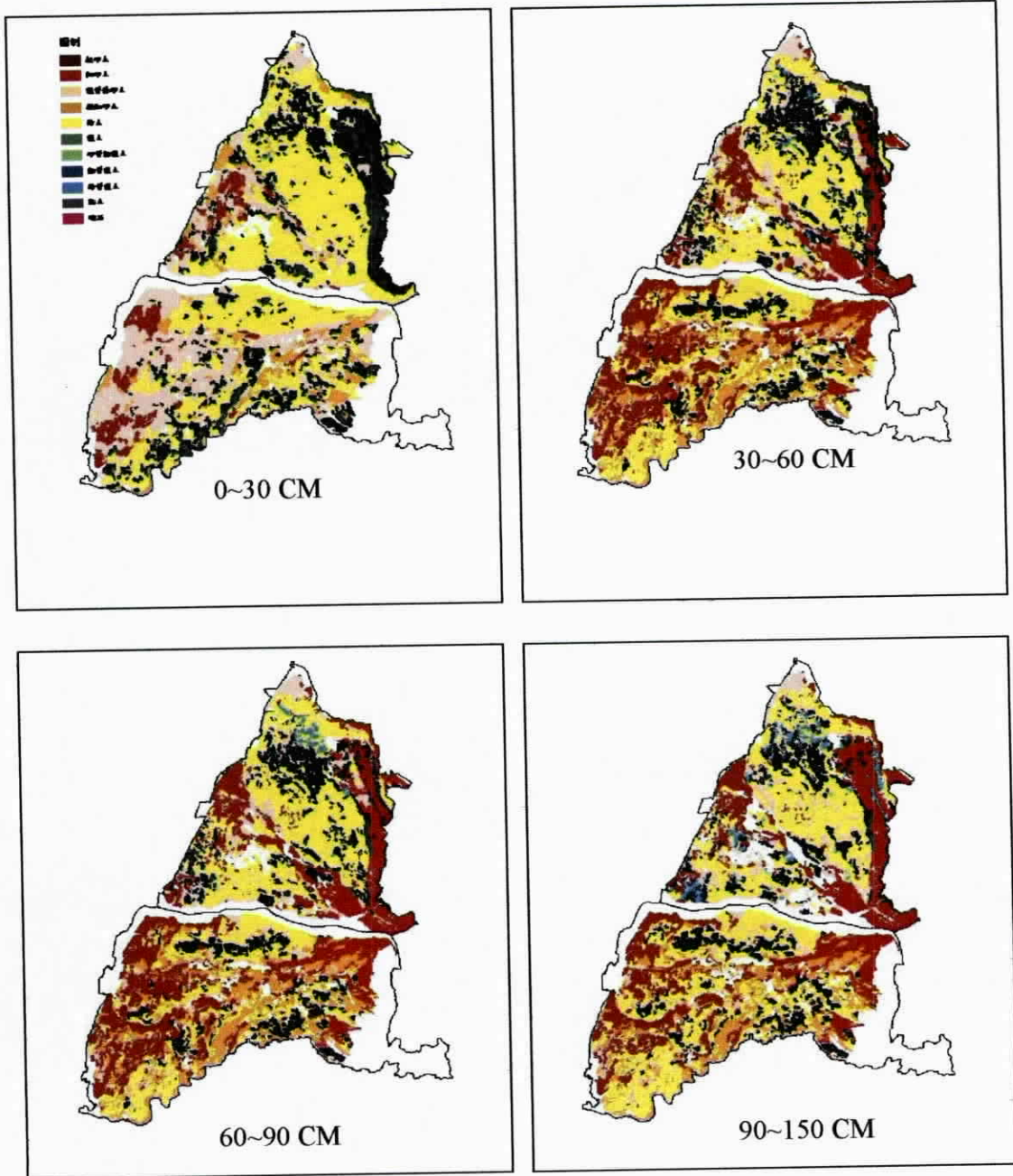


圖 2.1-2 濁水溪沖積扇之土壤質地圖

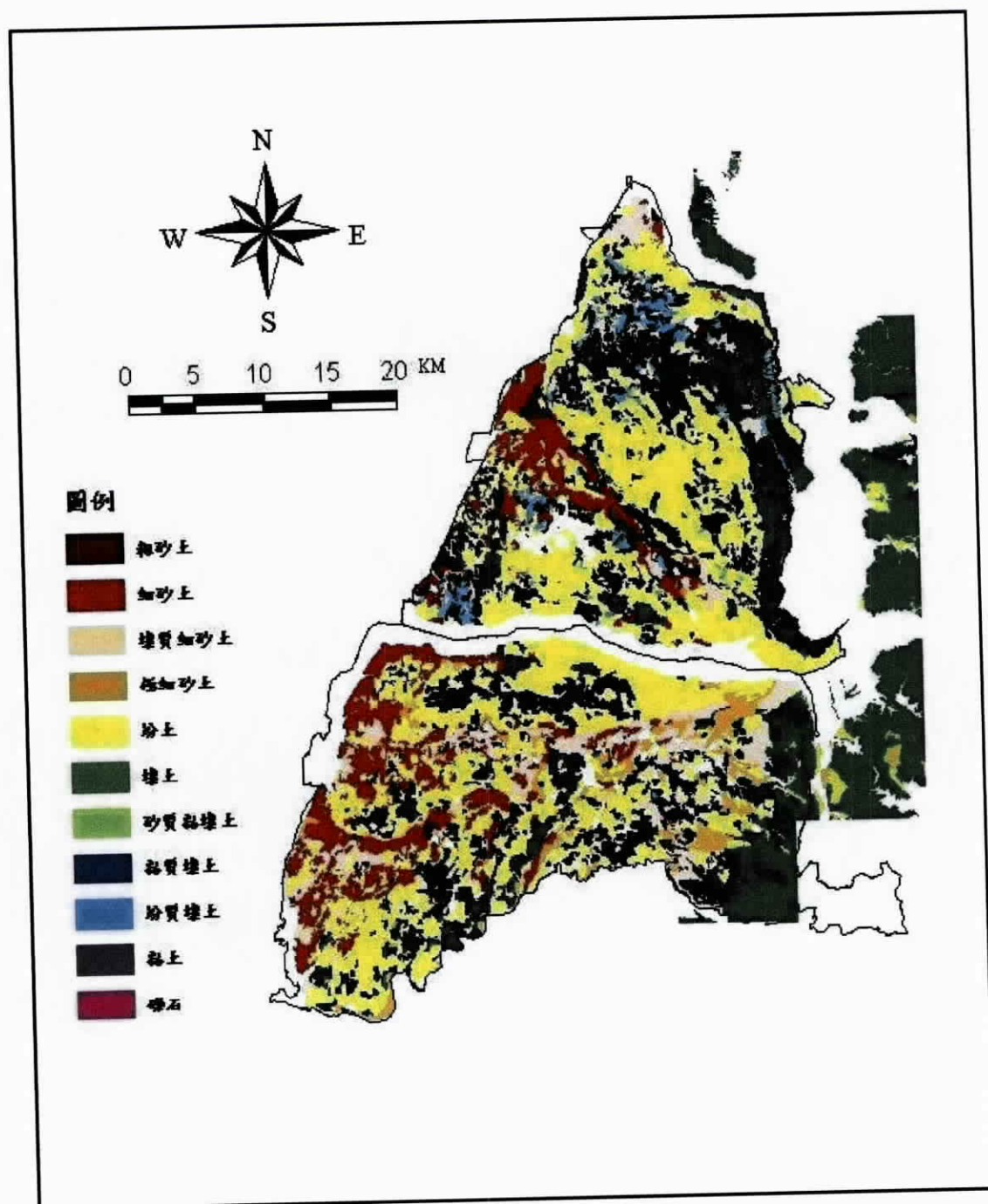


圖 2.1-3 土壤質地最細的代表層

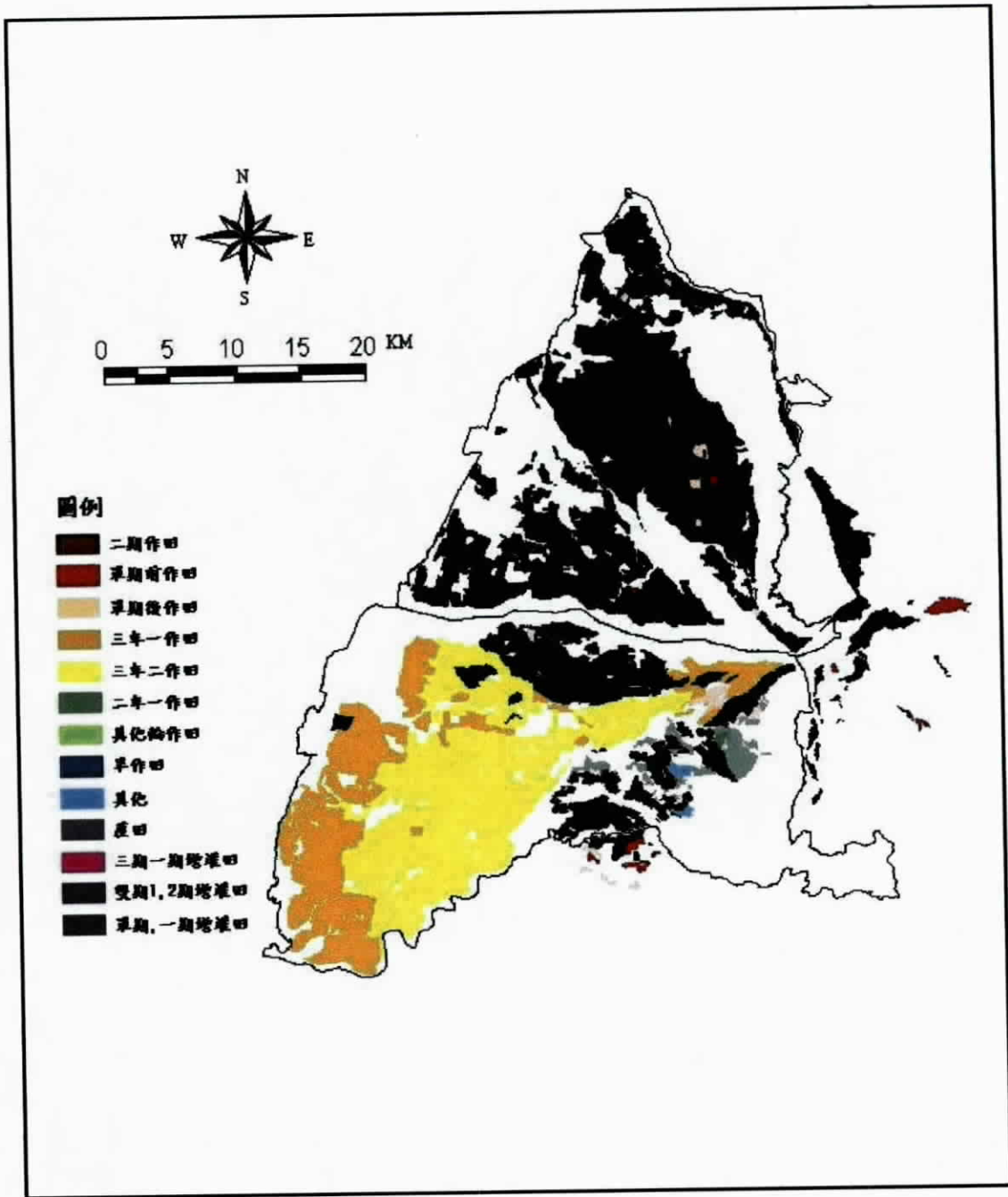


圖 2.1-4 濁水溪沖積扇之農田水利會灌區輪區圖

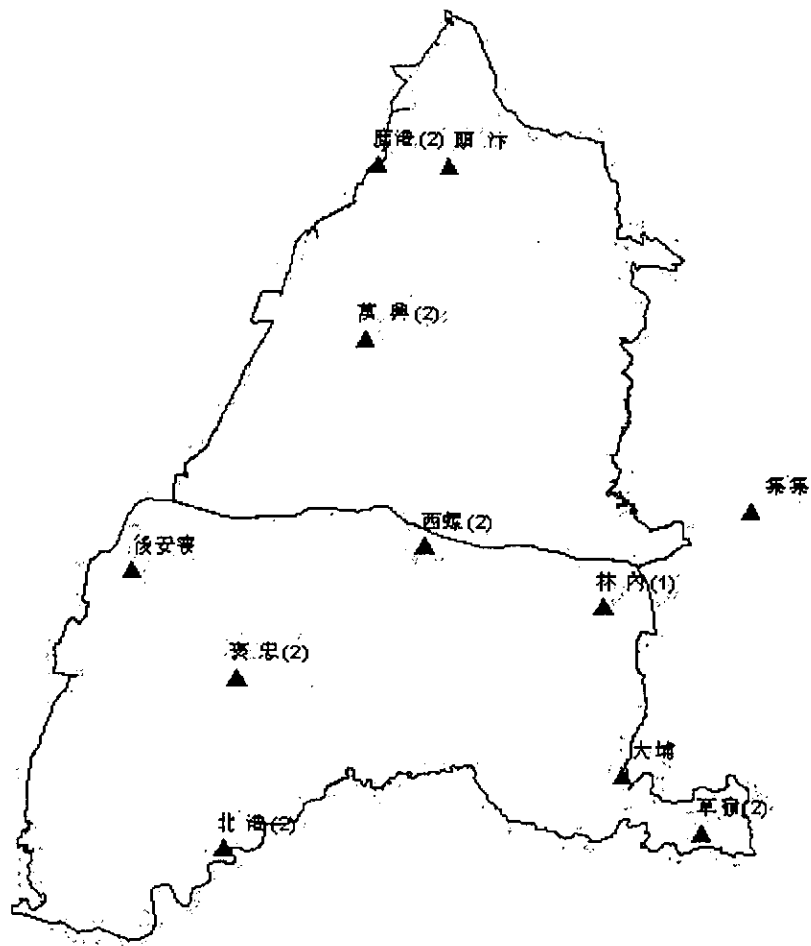


圖2.1-5 濁水溪沖積扇之雨量站位置

2.2 地下水補注量推估

由土地利用分區圖計算濁水溪沖積扇土地利用狀況，發現以農業用地面積最大，所佔總面積76%，其中旱田面積佔35%、水田面積佔25%，依據上述之地表補注量推估方式，由每一格之土壤質地分別計算兩組平均飽和入滲率，民國88年濁水溪沖積扇逐月地表入滲補注計算結果如表2.2-1及圖2.2-1所示，陳尚、李德茲飽和入滲率所推估之年補注量為22.2億噸，大陸水電部飽和入滲率所推估之年補注量為8.8億噸，兩者相差2.5倍，其中水田入滲補注量最大，對兩組分別飽和入滲率推估值為14.2億噸及3.44億噸。相較於能邦科技顧問公司（2000）推估之補注量，其陳尚、李德茲和入滲率所推估之年補注量為12.55至14.29億噸，大陸水電部飽和入滲率所推估之年補注量為4.71至6.45億噸，本研究補注量推估值較高，其原因可能為推估年份不同、增加整田時期用水及雨量站不同，尤其是本研究增加估計接近山區之地表補注，再與其他學者專家之研究結果（表1.2.2-1）比較，陳尚及李德茲所提出飽和入滲率推估補注量均較其他方式為高。選取高（七月）及低（十一月）地表入滲補注量觀察其空間分布，如圖2.2-2及2.2-3，雨季地表入滲補注量其空間分布較為平均，但乾季地表入滲補注量其空間分布集中於濁水溪沿岸。

表2.2-1 民國88年濁水溪沖積扇逐月地表入滲補注量(單位: m³)

入滲率	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
陳尚及李德茲飽和入滲率	1.45E+08	1.3E+08	2.09E+08	2.03E+08	2.3E+08	2.08E+08	2.37E+08	2.41E+08
大陸水電部飽和入滲率	3.58E+07	5.35E+07	6.35E+07	5.89E+07	9.89E+07	6.74E+07	1.46E+08	1.53E+08

入滲率	9月	10月	11月	12月	年補注量
陳尚及李德茲飽和入滲率	1.85E+08	1.46E+08	1.39E+08	1.48E+08	2.22E+09
大陸水電部飽和入滲率	5.91E+07	6.81E+07	3.31E+07	4.14E+07	8.8E+08

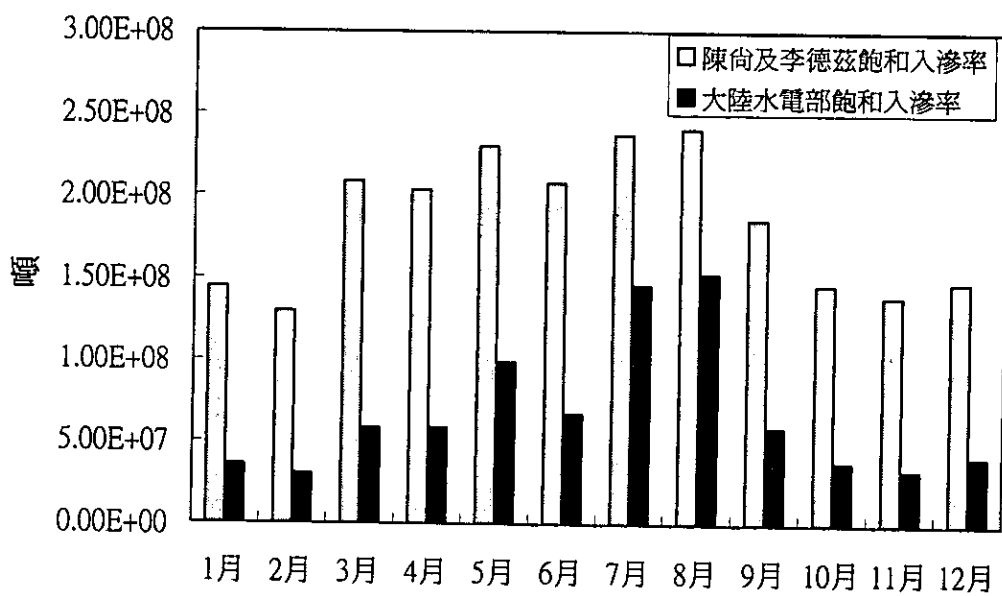
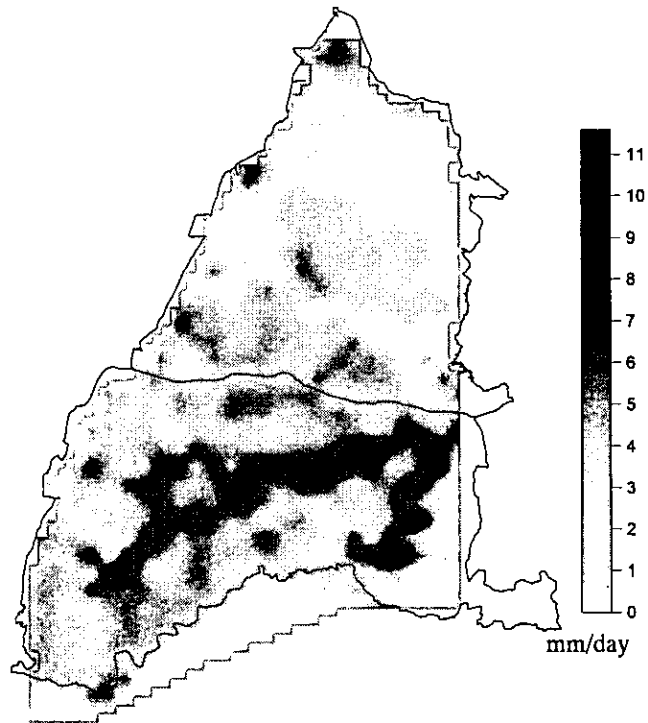
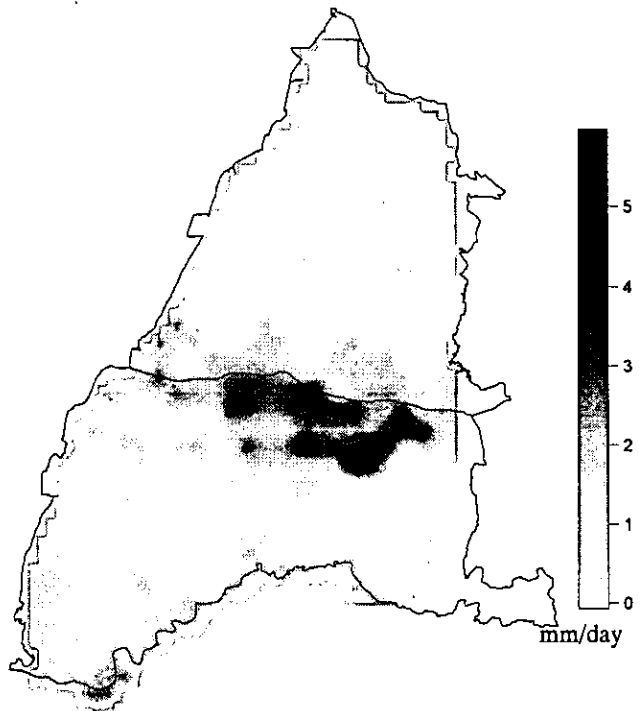


圖 2.2-1 濁水溪沖積扇逐月地表入滲補注量

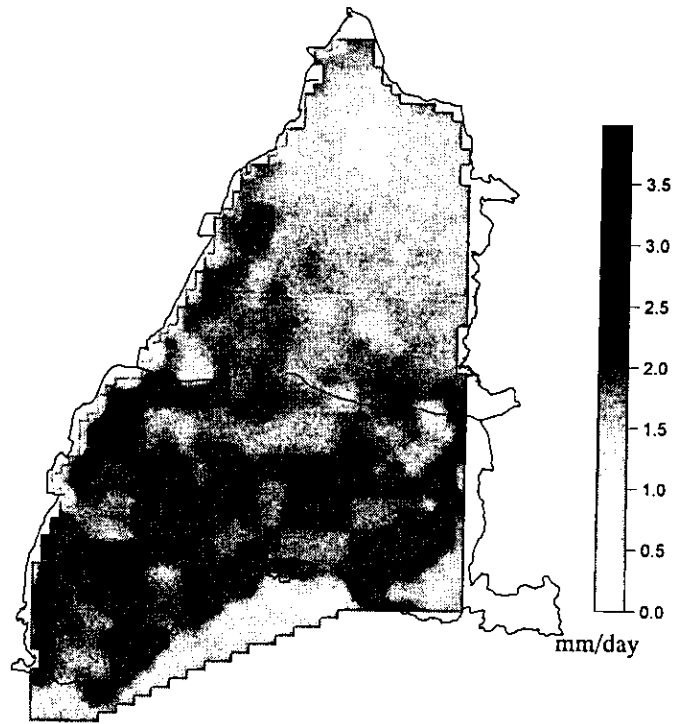


(A) 民國 88 年 7 月

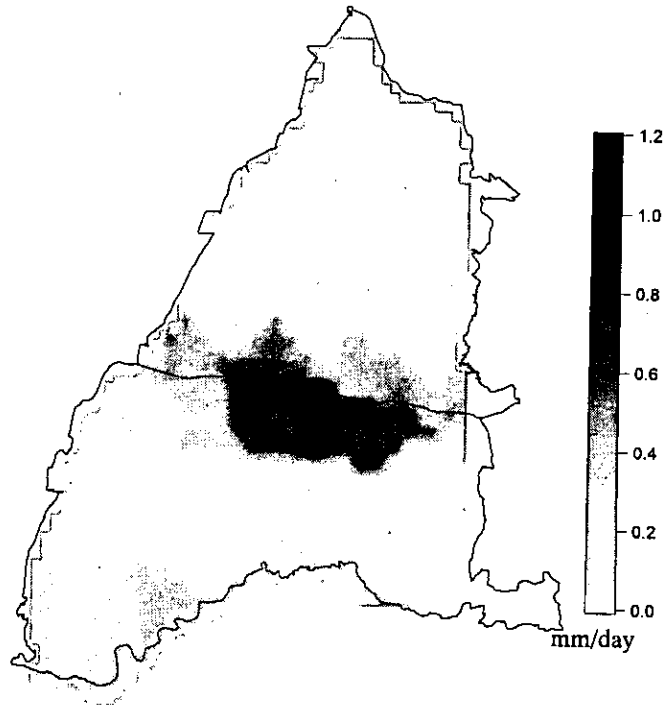


(B) 民國 88 年 11 月

圖 2.2-2 陳尚及李德茲飽和入滲率推估地表入滲補注量之空間分布



(A) 民國 88 年 7 月



(B) 民國 88 年 11 月

圖 2.2-3 大陸水電部飽和入滲率推估地表入滲補注量之空間分布

第三章 地下水數值模式建立

3.1 模式邊界條件與格網劃分

一、模式邊界條件

根據中央地質調查所(1999)對於濁水溪沖積扇地下水邊界分析研判，提出概念性之邊界，如圖 3.1-1:

(1)AB 段:位於車籠埔斷層上，斷層以東除河床表層厚約 10 公尺之河道沉積礫石層有地下水伏流以外，均為透水及含水不佳之砂頁岩，屬於零流邊界(No flow boundary);惟位於此邊界上之濁水溪和清水溪河床伏流量相當可觀，為側向補注入地下水區之點源(Point source)。

(2)BC 段:本邊界位於濁水溪沖積扇之南側邊緣上，含水層沉積物粒徑及厚度均顯著變小，然而並未尖滅，因此無實體之阻隔為界，然而從地下水流網分布型態，顯示 BC 段與地下水流線大致平行，於本身即可認定為一條流線，故亦屬於零流邊界。海岸附近之洩降錐，其在邊界南北之形狀及大小若相當，則不影響零流邊界之假設。

(3)CD 段:此段為含水層尖滅封閉於阻水層之位置，屬於零流邊界。

(4)DEF 段:本段與 BC 段相似，含水層可向北延伸而與台中盆地地下水系統相接，缺乏實體之阻隔，惟與地下水流方向大致平行，故認定為零流邊界。EF 段位於和美沖積扇頂上，河水可由河床入滲補注地下水。

(5)FG 段:本段邊界大致與地下水等水位線平行，其本身或即為等水位線，隨時間之不同其水位有昇降變化。

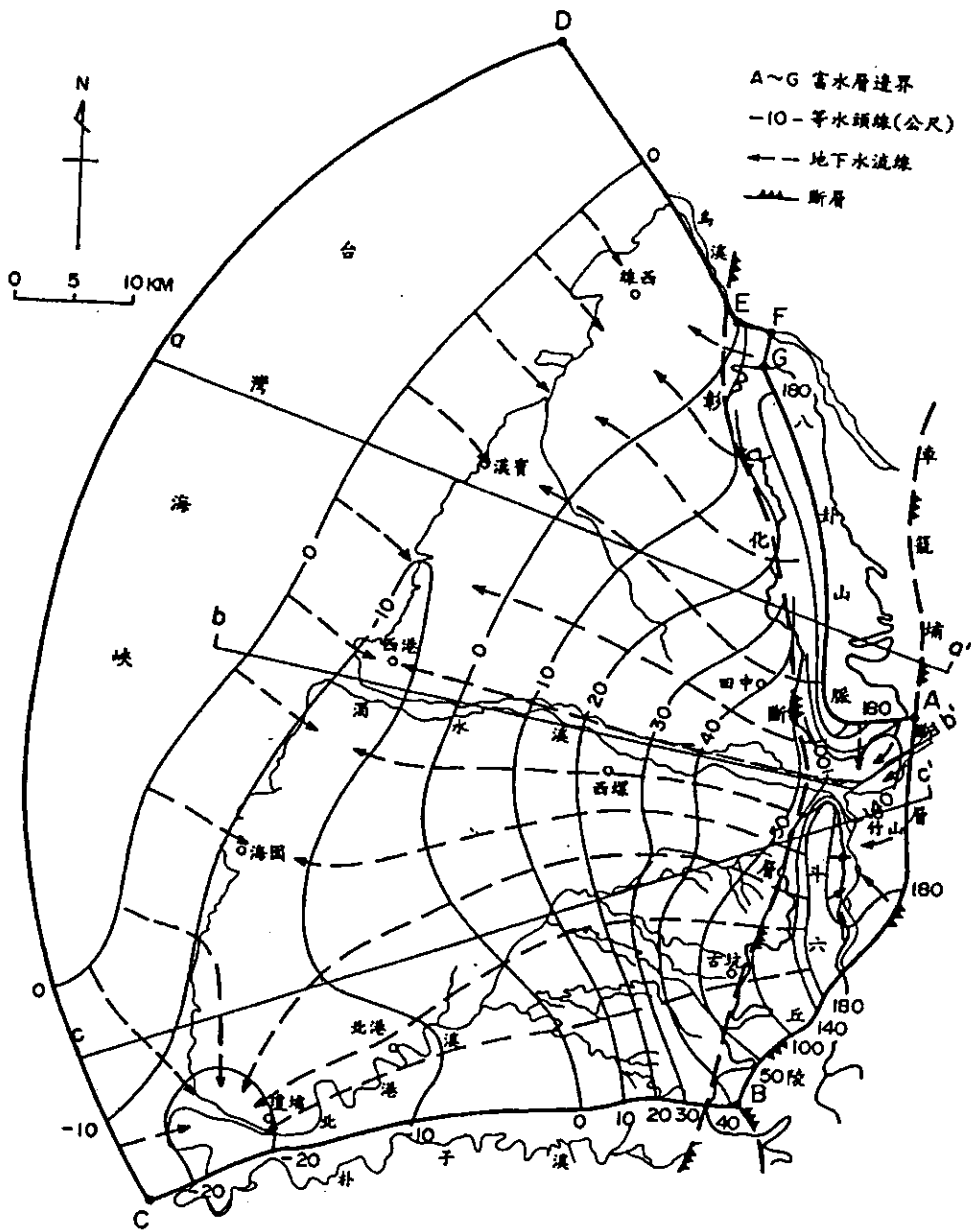


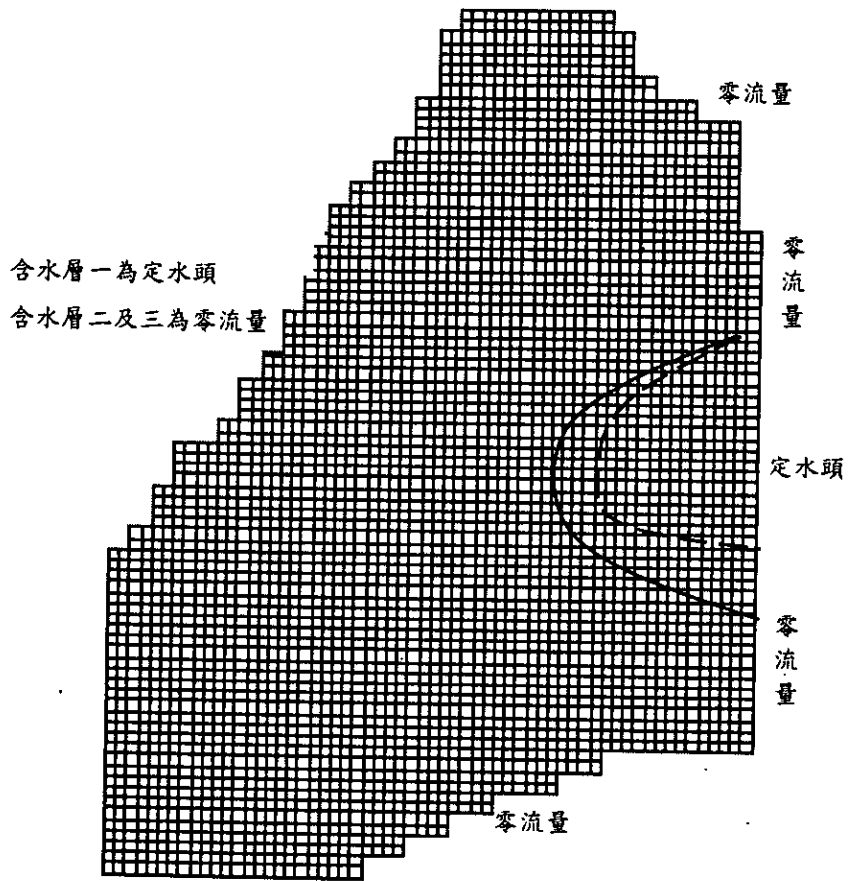
圖 3.1-1 濁水溪沖積扇地下水邊界之概念圖

(6)GA 段:本段位於頭嵛山層之中，為八卦山台地之地下水分水線 (Groundwater divide)。

因此在模式中，東部之八卦山有八卦山背斜及斗六丘陵有內林背斜及斷層經過，以此為東邊邊界，且設為零流量之邊界條件。西邊含水層一以海岸線延伸兩公里設為定水頭邊界，其餘含水層延伸 10 公里後尖滅，設為零流量之邊界條件。北部邊界為烏溪，南部邊界為北港溪，各層皆為零流量之邊界。

二、格網劃分

模式格網是以 1 公里*1 公里格網建構，所以每一層格網是 80 欄 60 列(如圖 3.1-2)，共五層格網。



—— 阻水層一邊界

- - - 阻水層二邊界

圖 3.1-2 模式之格網劃分

3.2 數值模式之輸入資料

模式之輸入資料包括水力傳導係數、垂向水力傳導係數、儲水係數、起始地下水水位、補注量及抽水量等。除地表補注量之推估已詳述於 2.2 節外，其餘各輸入資料敘述如下：

(1) 水力傳導係數

觀測站網建置時，對於各觀測井皆進行單井及複井抽水試驗，分析所得到各含水層之水力傳導係數相當多，因此以克利金法(kriging)空間內插得到水力傳導係數分布，如圖 3.2-1，垂向水力傳導係數則假設為水平方向之 1/10。

(2) 儲水係數

由於儲水係數必須進行複井抽水試驗才能求得，但觀測站網建置只有 1/4~1/5 的觀測井進行複井抽水試驗，所以將參考試驗之儲水係數觀測值與過去農工中心之研究，空間內插至各分區，地下水模擬時，並進行儲水係數參數調整與校正。

(3) 起始地下水水位

將以民國 87 年 12 月之月平均水位當作模式起始地下水水位(圖 3.2-2)。

(4) 抽水量

由於現地抽水量資料不足，本研究將在各分區中尋找一口觀測井，以 UCODE 模式反向推求各區每月之抽水量，UCODE 模式能使整體模擬水位與觀測水位誤差最小，各區校正之觀測井與月水位如表 3.2-1 所示。

表 3.2-1 各分區校正觀測井之月水位

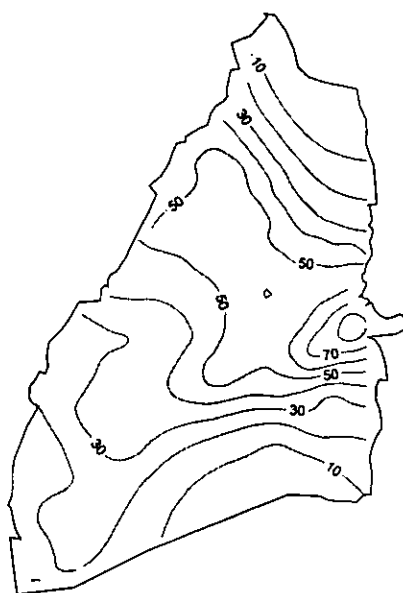
井名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
練西(1)	2.24	2.32	3.23	3.16	3.15	3.2	3.18	3.32	3.18	3.17	2.92	2.65
文昌(1)	4.26	4.03	3.72	4.06	4.54	4.82	5.07	5.29	4.54	4.33	4.34	4.26
花壇(1)	13.13	13.05	13.22	13.27	13.36	13.4	13.53	13.62	13.38	13.3	13.21	13.07
香田(1)	8.83	8.37	8.08	8.19	8.4	8.72	8.92	9.76	9.58	9.41	9.36	9.17
合興(1)	17.13	16.7	16.3	16.14	16.19	16.43	16.61	17.43	17.2	16.83	16.67	16.73
田尾(1)	25.74	25.5	25.36	25.09	25.16	25.53	26.32	27.02	26.36	26.07	25.9	25.86
豐榮(1)	3.94	3.43	2.31	1.9	2.72	2.9	4.13	6.88	5.77	4.95	4.36	4.11
九隆(1)	19.85	19.55	19.55	19.04	19.46	19.49	20.2	21.14	20.32	20.4	20.04	19.87
六合(1)	38.79	38.04	36.99	36.4	36	37.04	37.97	39.62	41.27	46.07	40.57	39.2
明德(1)	-1.59	-1.87	-2.78	-3.91	-4.23	-4.02	-3.42	-1.56	-1.38	-2.52	-3.04	-2.98
宜梧(1)	-14.14	-19.14	-28.42	-30.64	-29.54	-29.07	-24.71	-19.92	-21.25	-22.69	-22.46	-21.35
舊庄(1)	13.53	11.74	12.48	12.05	12.96	13.43	14.24	14.38	13.97	14.11	13.96	14.01
東和(1)	63.25	60.91	58.95	56.62	56.55	56.15	56.65	61.44	65.7	65.46	64.52	63.75
練西(3)	-2.76	-2.98	-3.76	-3.82	-3.66	-3.75	-4.03	-3.48	-2.99	-2.39	-2.47	-2.58
文昌(3)	-3.14	-3.52	-5.47	-5.48	-4.74	-4.35	-4.31	-3.13	-3.56	-3.26	-3.65	-3.54
花壇(2)	11.25	11.12	10.79	10.4	10.45	10.66	10.73	11.09	11.49	11.88	11.7	11.62
趙甲(2)	-1.18	-1.82	-2.78	-3.24	-2.49	-1.82	-1.4	0.09	-0.61	-1.47	-2.05	-1.91
溪湖(1)	9.6	9	7.9	8.17	8.99	9.12	9.3	10.36	10.28	10.19	9.98	9.48
員林(2)	14.36	14.07	12.75	12.2	12.28	12.46	12.65	13.76	15.43	16.51	16.09	15.8
豐榮(2)	-3.18	-4.34	-6.01	-6.47	-5.62	-5.31	-4.34	-2.73	-3.58	-4.39	-5.19	-5.47
九隆(2)	17.86	16.61	15.82	15.41	15.84	16.19	16.78	18.05	18.5	18.8	18.43	18.41
六合(2)	31.74	37.63	36.76	36.28	36.5	37.46	37.85	38.01	38.05	43.48	43.18	39.11
明德(2)	-8.21	-9.09	-11.34	-13.78	-13.76	-13.36	-12.13	-8.84	-9.44	-11.77	-12.07	-11.52
宜梧(2)	-17.95	-20.27	-28.88	-31.98	-30.86	-30.62	-27.56	-22.94	-23.8	-24.39	-23.41	-22.56
舊庄(3)	3.34	-3.71	-5.06	-6.45	-4.94	-3.08	-0.5	1.27	0.77	1.83	0.62	2.88
東和(2)	61.58	58.77	56.63	55.65	53.65	53.46	54.79	61.14	59.99	67.56	66.91	65.81
練西(4)	-2.38	-2.58	-3.09	-3.3	-3.32	-3.27	-3.42	-3.05	-2.38	-1.79	-2.27	-2.33
文昌(4)	-4.13	-4.57	-5.45	-5.83	-5.56	-5.19	-5.24	-4.52	-3.92	-3.1	-3.91	-4.12
東芳(2)	-1.22	-1.56	-3.42	-3.18	-2.82	-2.72	-2.76	-2.11	-1.72	-1.03	-1.01	-1.07
趙甲(3)	-1.24	-1.5	-2.07	-2.48	-2.45	-2.05	-1.97	-1.11	-0.51	0.2	-0.7	-0.95
合興(2)	8.61	8.33	7.64	7.14	7.15	7.36	7.42	8.19	9.57	10.95	10.15	9.69
員林(4)	10.26	9.72	8.8	8.12	7.86	7.76	7.86	8.5	9.81	11.49	10.8	10.27
興化(3)	-2.82	-3.32	-4.49	-5.48	-5.75	-5.42	-5	-3.19	-2.95	-2.76	-3.75	-3.96
九隆(3)	14.12	12.97	11.91	11.48	11.36	11.77	12.44	13.46	14.89	15.9	15	14.53
六合(2)	31.74	37.63	36.76	36.28	36.5	37.46	37.85	38.01	38.05	43.48	43.18	39.11
明德(4)	-9.02	-9.43	-10.9	-12.97	-13.66	-13.24	-12.63	-10.11	-9.74	-11.03	-11.94	-11.96
宜梧(3)	-15.5	-19.53	-27.09	-29.96	-28.92	-29.02	-26.02	-21.63	-22.55	-22.71	-22.18	-21.61
舊庄(4)	2.48	-5.18	-6.1	-7.53	-6.08	-3.98	-1.54	-0.06	-0.53	0.74	-0.6	2.23
東和(3)	29.52	26.77	25.23	24.58	24.39	25.43	26.66	28.45	30.25	31.18	30.18	29.8

水位單位：公尺

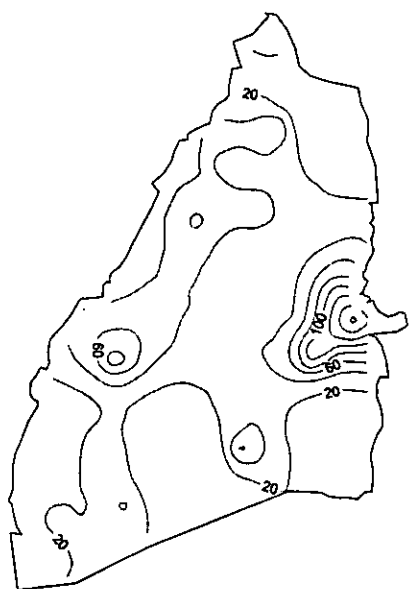
資料來源：水利署網站



(A) 含水層一

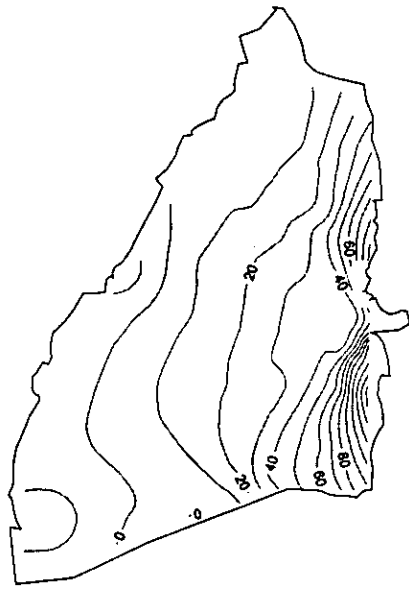


(B) 含水層二

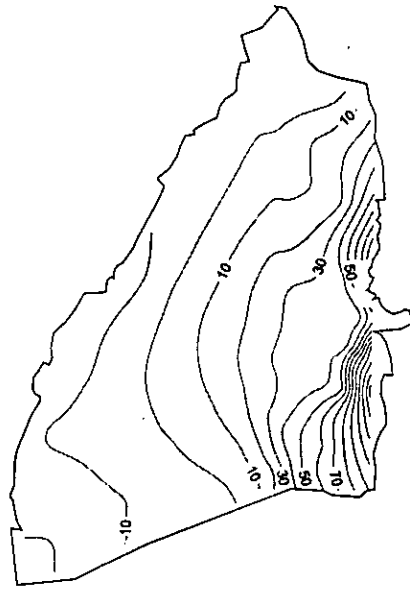


(C) 含水層三

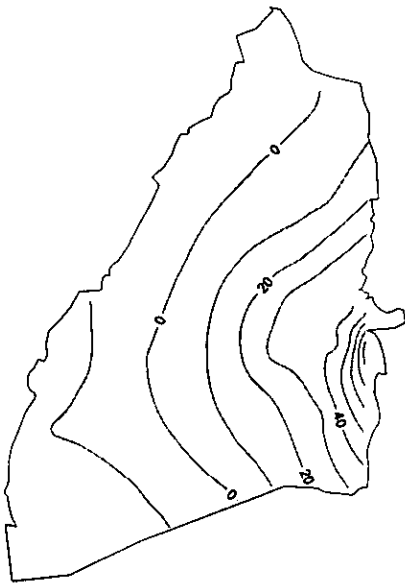
圖 3.2-1 水力傳導係數之空間分布(單位: m/day)



(A) 含水層一



(B) 含水層二



(C) 含水層三

圖 3.2-2 起始水位(民國 87 年 12 月)等值圖 (水位單位：公尺)

3.3 推估淨入滲量及側流量

本節將使用前節建立之 MODFLOW 模式，以 UCODE 模式優選推估地下水區補注量(地表 ν 、河川交換量、側流量)及抽水量步驟如下:

1、由 GIS 圖層及入滲公式推估地表入滲量

此工作項目之作法已於由前述之工作流程中說明。

2、以淺層地下水模式配合 UCODE 進行淨補注量、河川交換量、側流量優選

首先配合研究區域之水文地質架構，建立淺層地下水流數值模式。另外，本研究雖應用 UCODE 來推估水流模式中的參數，但是若將中每個格網之抽水量都視為一個獨立參數，則其維度將太大而無法直接對其優選，因此本研究是利用分區補注量(Recharge)的形式替代抽水井來降低其維度(Dimension)。實際的地下水問題中，實測資料的數量非常有限，要利用有限的資料求出具有非常大自由度之參數分佈情形是不可能的。以下將針對模式未知參數之分佈的簡化方法加以說明。

利用有限差分法求解問題時，基本上已經把模擬區域與參數皆離散化而成為有限維度，離散化後的維度通常依舊非常大，無法利用有限觀測資料來推求參數，因此必須配合參數化(Parameterization)的技巧先合理地降低參數維度後，才能進一步利用觀測值推求參數值。

在過去既有地下水流模擬與人工檢定的過程中，發現較不確定性大且對模擬結果影響較顯著的參數是抽水量，因此針對 UCODE 的特性在參數優選模式中先選定抽水量與入滲補注的綜合效應即地表淨補注量當作優選對象，其表示如下:

$$q = I - Q$$

其中 q : 地表淨補注率(m/s)

I:地表入滲補注率(m/s)

Q:自由含水層抽水率(m/s)

以下就針對所使用到參數化方法加以說明:

地表淨補注量參數化所使用的是分區(Zonation)法,本計畫將配合水區地表特性來進行地表淨補注量之分區。如屏東平原之分區原則為配合濁水溪、烏溪、朴子溪及北港溪流域範圍,再依照扇頂、扇央、扇尾區,參考以第一含水層觀測水頭零位線以西的範圍,區分為十一個區域,並假設每區淨補注率型態類似而視為均勻補注或抽水,所以在每個抽水區的格網均給予相同的淨補注率。

另外,由於水區之周圍邊界可能大量的地下水量自平原周圍山區之邊界岩盤入滲至平原內,規劃將於邊界部份以補注井模擬其側流量之補注效應。如濁水溪沖積扇將分別在八卦山山脈及斗六丘陵共虛擬兩排補注井。最後,因地表河川與地下水之交換量不易估算,規劃只考慮水區主要河川,依照扇頂、扇央、扇尾區將河段區分為上、中、下游三段,以降低優選參數之維度。如濁水溪沖積扇,淨補注量、河川交換量、側流量優選參數如圖 3.3-2 所示。

3、淺層地下水模式參數率定

由 2、之工作中,可得出淨補注量、河川交換量及側流量、輸入淺層地下水模式中,進一步配合模式人工率定。在參數率定時,原則上水文地質參數如 K 值、S 值先不給予調整,而是以格網方式人工率定所優選出之淨補注量、河川交換量及側流量。最後,再配合 1、之推估結果,得出地表補注量、河川交換量、第一層側流量及淺層抽水量。

4、以多層地下水模式配合 UCODE 進行抽水量優選

將 3、經人工率定之淺層地下水模式擴充至多層地下水模式，其中地表補注量、河川交換量、第一層側流量不再變動，進行各層分區抽水量及側流量之優選(可同時各層各區抽水量優選或各層抽水量以固定比例分區優選)。

5、多層地下水模式參數率定

將 4、經優選後之抽水量，輸入多層地下水模式，再配合模式人工率定方式，得出各層抽水量及側流量。

地下水模式模擬結果如圖 3.3-3 至 3.3-6 所示，其中圖 3.3-3 為模擬及觀測地下水水位歷線比較，圖 3.3-4 為含水層一之模擬及觀測地下水水位等位線比較，由地下水水位比較之結果顯示，模擬及觀測地下水水位誤差極小，所以該模式可以充分模擬民國 88 年現地地下水流況，並計算各含水層每月每口井之平均誤差絕對值，含水層一之每口井平均誤差為 0.45 公尺，含水層二及三每口井平均分別為 0.55 及 0.64 公尺，發現淺層含水層模擬水位誤差較深層含水層為小，深層含水層可能為誤差累積所致。配合第二章所推估民國 88 年地表補注量，分離淺層淨補注量，計算濁水溪河床補注、山區側流量、邊界補注量及分區抽水量，由計算結果顯示濁水溪河床補注在枯水季為地下水補注河川，但豐水季為河川補注地下水，邊界補注量及山區側流量對季節變化較不顯著，抽水量則在枯水季較大(三月抽水量最大)，豐水季節抽水量較小，如圖 3.3-5 所示。圖 3.3-6 為地下水模式模擬之水平衡狀況，整體上民國 88 年由於地表水文接近於平水年，所以超抽之地下水量不大，僅 0.5 億噸。其中抽水量為 23.1 億噸，含水層二之抽水量最大，設為定水頭邊界之邊界補

注量為 9.7 億噸，地表補注量為 8.8 億噸，山區側流量(虛擬補注井)為 4.8 億噸，濁水溪河床入滲量-0.7 億噸，負值代表地下水補注河川。

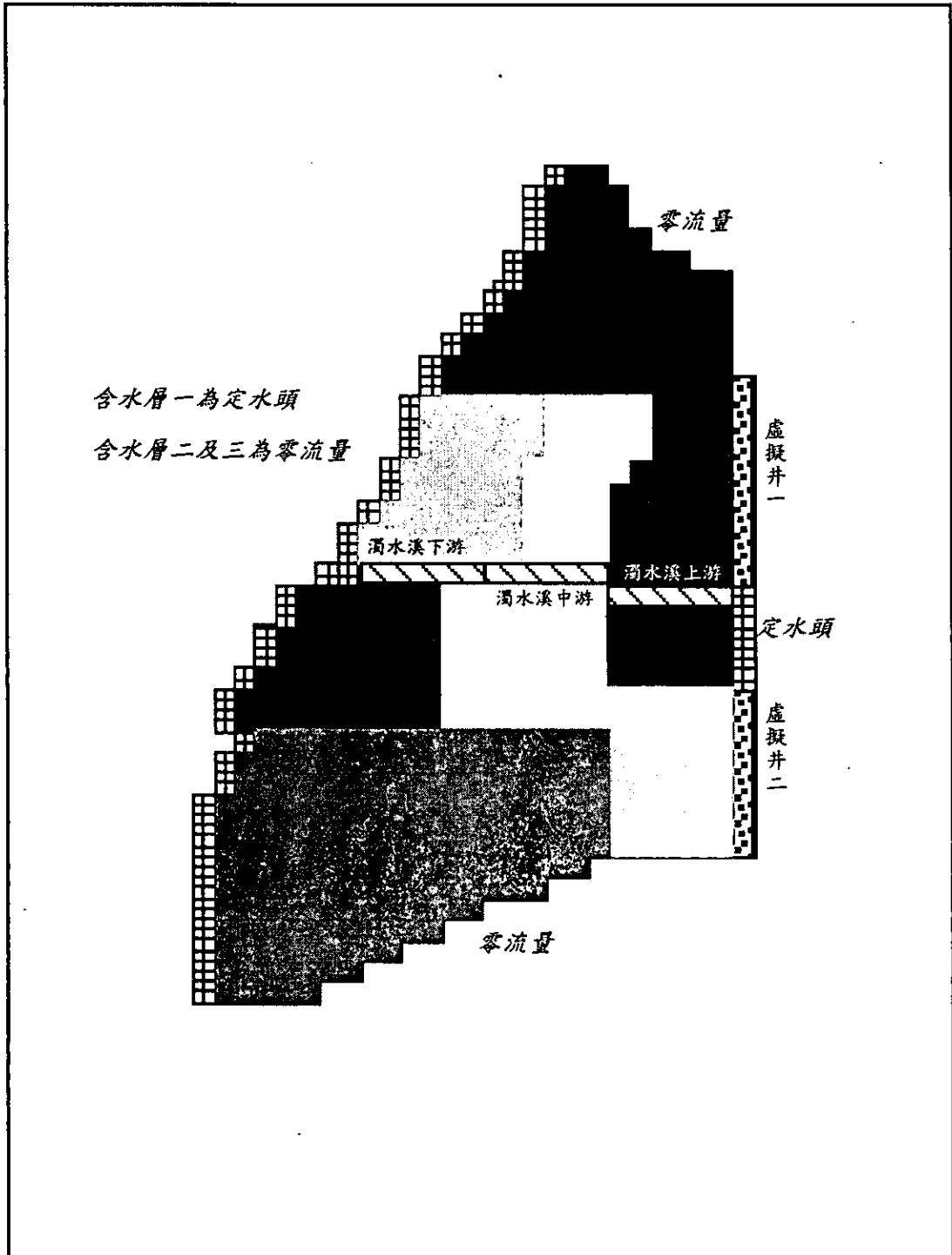


圖 3.3-1 參數優選分區

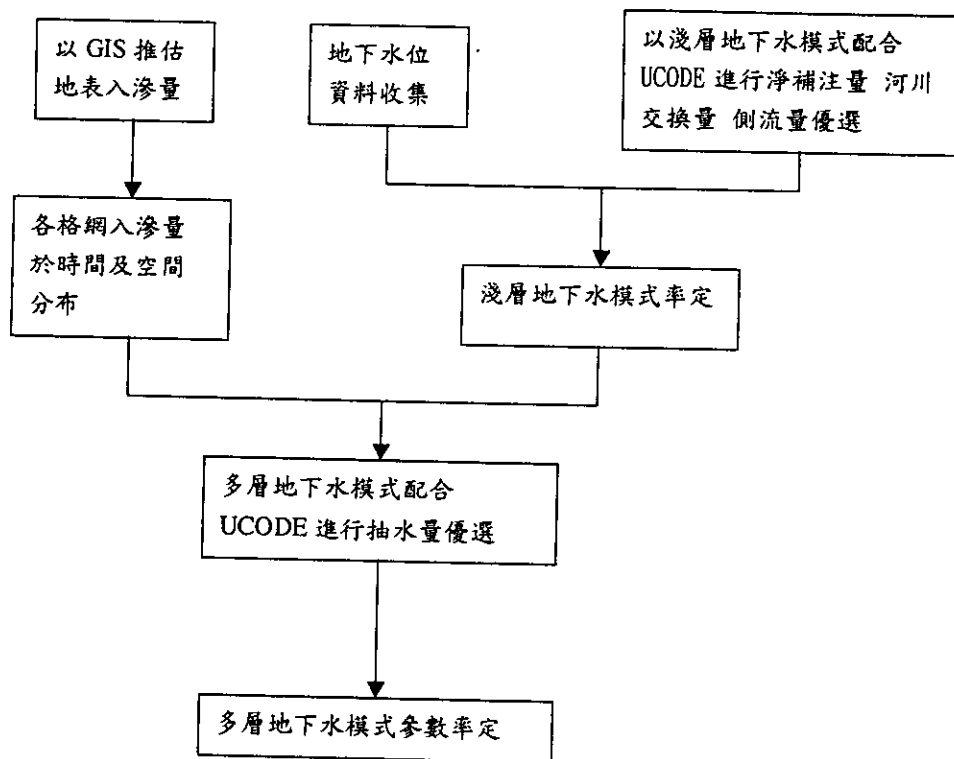


圖 3.3-2 模式參數收集及優選流程

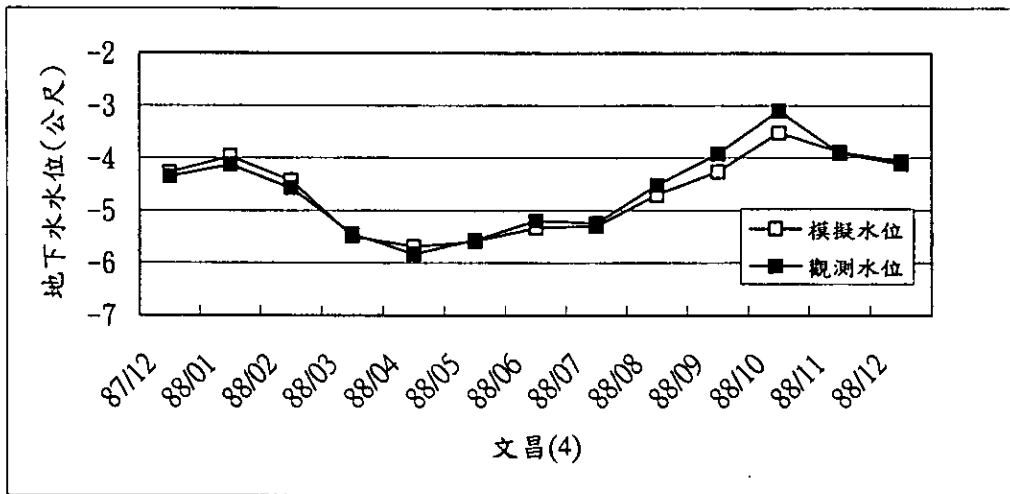
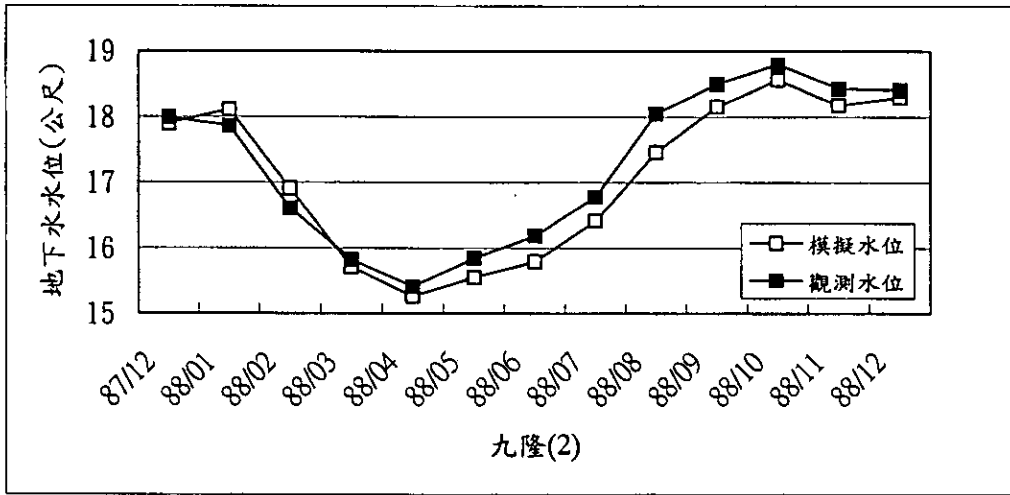
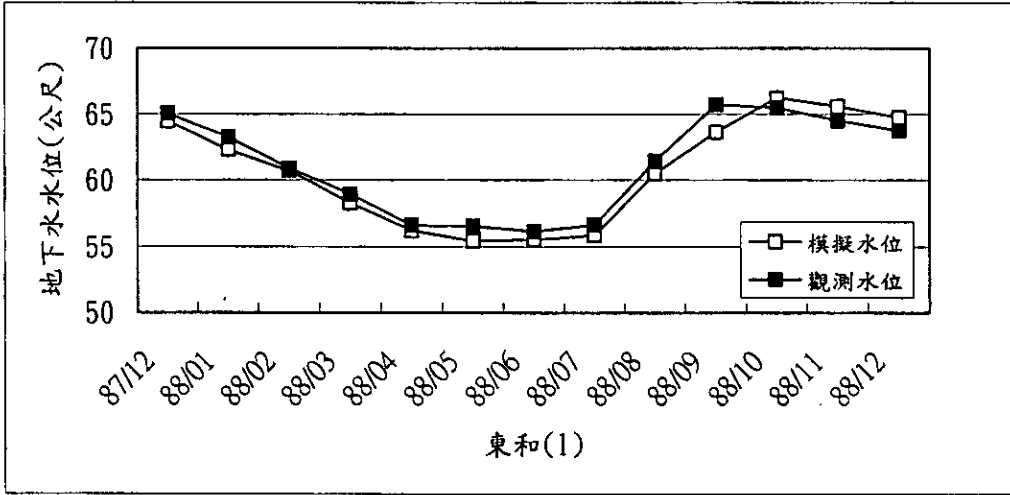
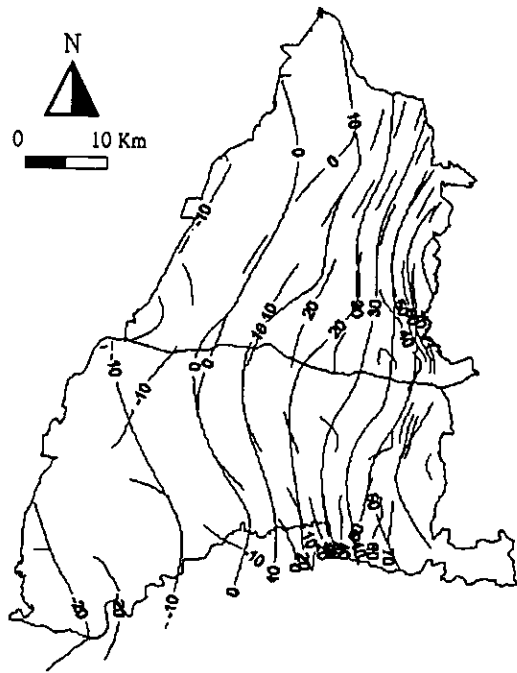
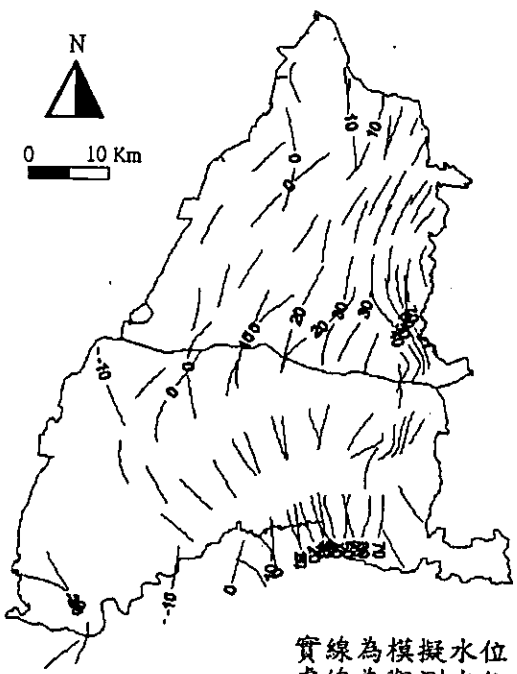


圖 3.3-3 模擬及觀測地下水水位歷線

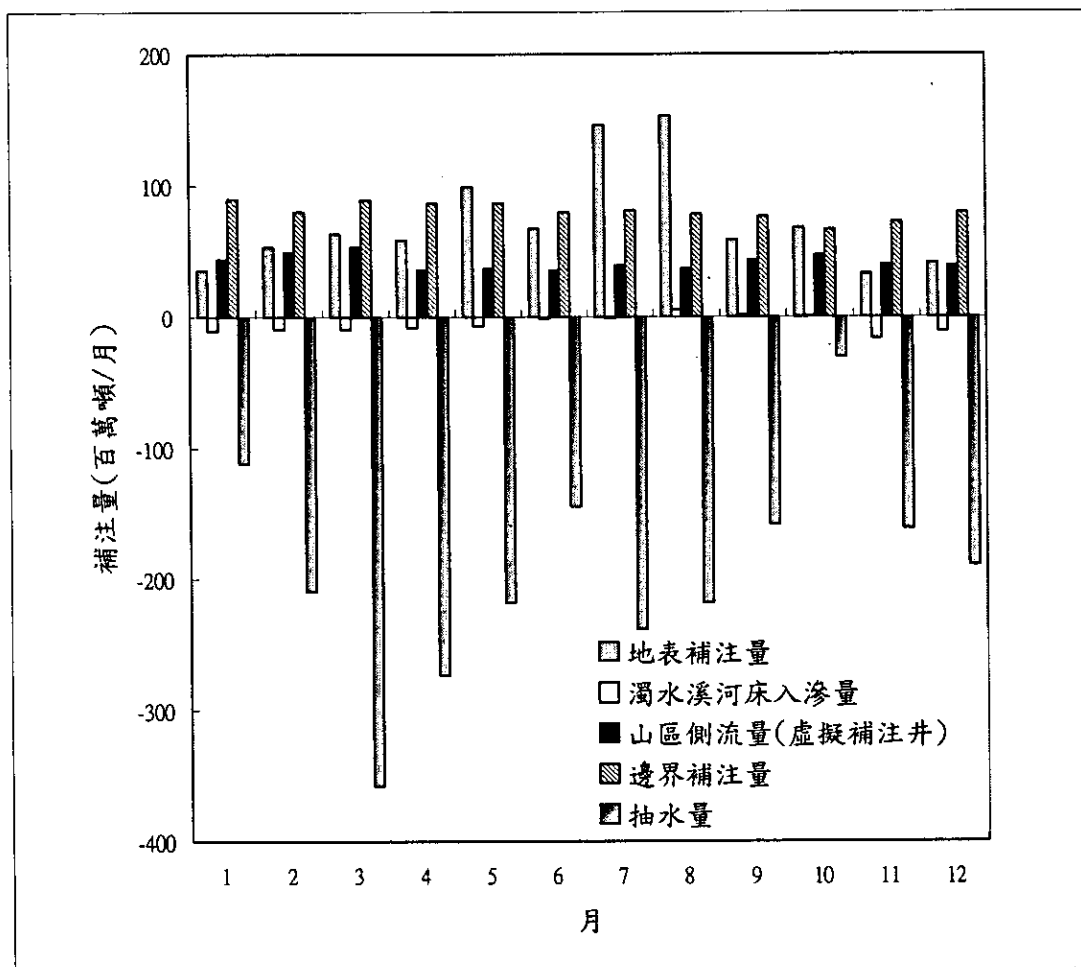


(A)



(B)

圖 3.3-4 含水層二地下水水位等水位線。(A) 民國 88 年 3 月(B) 民國 88 年 3 月



註：「正值」為補注地下水層；「負值」為抽離地下水層

圖 3.3-5 各月之入滲補注量、邊界補注量、側流補注量及抽水量

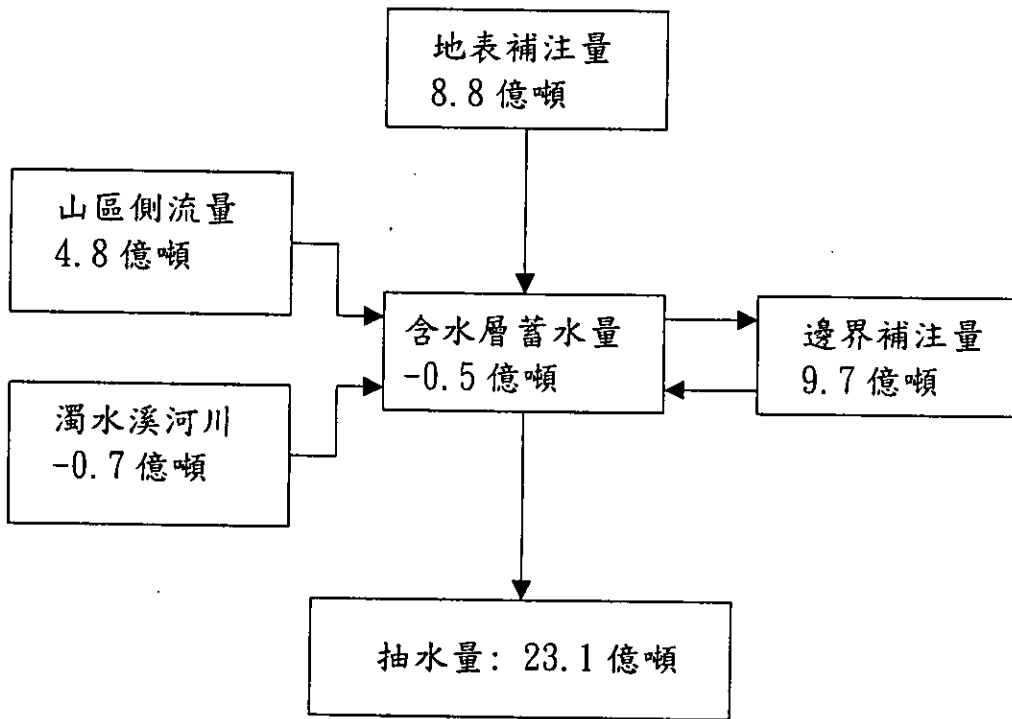


圖 3.3-6 地下水模式模擬之水平衡狀況

3.4 地下水潛能評估

本節將利用上節所完成之地下水模式模擬分析各月安全出水量，安全出水量之推估方式為希爾法(Hill method)，其定義為開始水位與使用一年後之水位無變化時，即為安全出水量。應用於本計畫中，將利用所建立之地下水模式，以模式所推估之每月抽水量空間分布型態為基礎，增加或減少一固定比例，步驟如下：

1. 逐月調整抽水量，估計每月之安全出水量，
2. 整年調整抽水量，估計年安全出水量，
3. 調整第 1 項所得之每月之安全出水量，使其年總量符合第 2 項之年安全出水量，最後會得到每個月之安全出水量，以評估地下水潛能，如圖 3.4-1 所示。

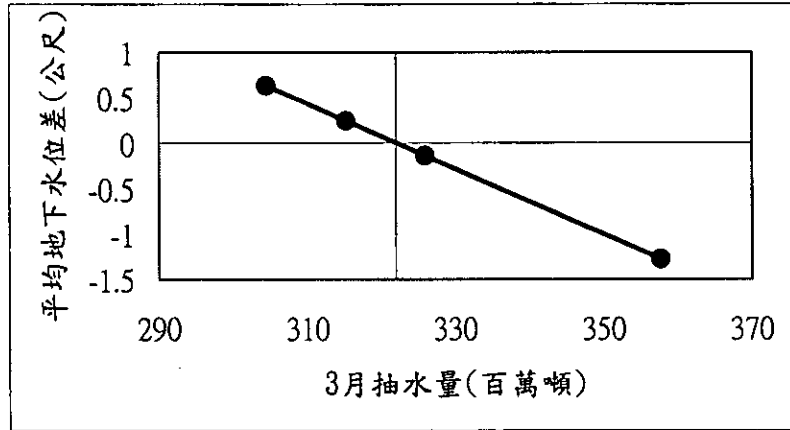
各月之安全出水量推估如表 3.4-1 所示，整體而言，民國 88 年安全出水量為 22.7 億噸，而年抽水量為 23.1 億噸，顯示地下水略為超抽，但是由於該年接近平水年，所以兩者差距不大。由各月之安全出水量顯示，5 月至 9 月為豐水季，安全出水量大於地下水抽水量，兩者相減後，剩餘地下水還可以提供其他水資源調配利用；相反地，1 月至 4 月及 10 月至 12 月為枯水季，地下水抽水量大於安全出水量，則必須仰賴其他水資源調配，以減少地下水抽用，才能使地下水資源達到永續利用之目的。

另外，在地下水開發未來需求量推估方面，如表 3.4-2 所示，民國 110 年濁水溪地區，所計算出來的地下水需求為 24.19 億噸。

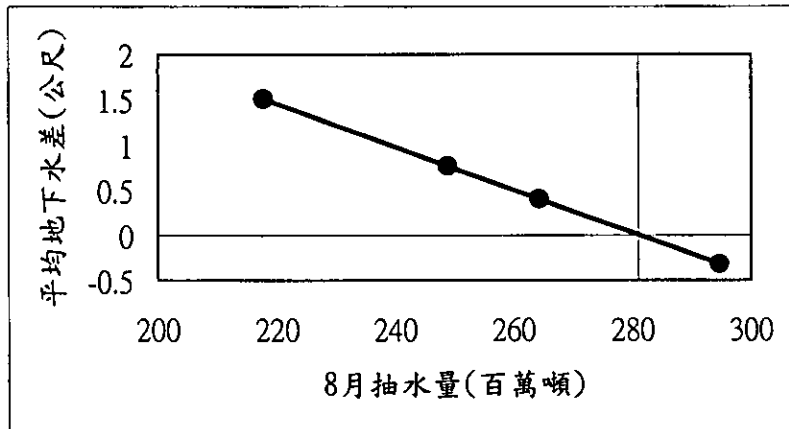
表 3.4-1 民國 88 年逐月之安全出水量推估

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月
安全出水量(百萬噸)	109.2	177.9	322.4	258.3	222.7	151.8	251.2
模擬抽水量(百萬噸)	111.3	209.2	357.8	273.2	218.1	144.2	238.8

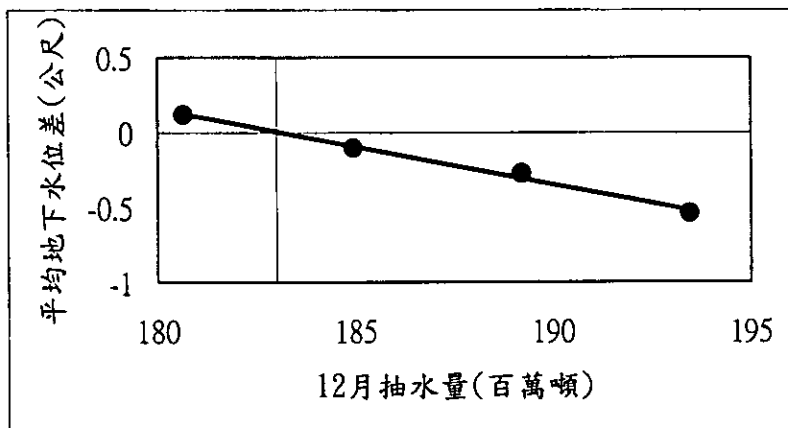
月份	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	總合
安全出水量(百萬噸)	280.7	161.5	5.6	149.0	182.8	2273.1
模擬抽水量(百萬噸)	218.0	157.9	30.6	161.4	189.3	2309.7



(A)



(B)



(C)

圖 3.4-1 希爾法推估月安全出水量

表 3.4-2 民國 110 年之地下水開發未來需求量推估(單位:億噸)

民國110年公共用水需求量(D)	民國110年既有地表水之供水量 +規劃之水資源開發計畫(S)	現況抽水量(Q)	民國110年地下水需供給 (D+Q-S)
8.64	7.54	23.09	24.19

$(D-S)$ = 民國 110 年公共用水的缺額量[地下水需額外支援的水量]

S = 既有地表水之公共用水 + 民國 110 年規劃中對於公共用水的開發量

第四章 地下水質分析

4.1 地下水背景水質分析

本計畫將採用台灣地區灌溉用水水質標準（台灣省政府 67.7.5 六七府建水字第 59931 號）及飲用水水源水質標準（行政院環境保護署 86.9.24 (86) 環署毒字第 56075 號）來分析各區域站井是否符合各項水質標準及分析地下水水質是否遭到污染。

由於在甘旱時，地面水水資源嚴重缺乏，一般可開發地下水抗旱井，以彌補水資源不足，但地下水之利用受限於水質是否符合標準，所以本計畫將分析地下水監測井之水質檢測項目是否符合灌溉用水水質標準及飲用水水源水質，進行研判與分析，以區分適合灌溉及成為飲用水水源水質之地區。其中灌溉用水水質標準共有溫度、酸鹼值、導電度、氯鹽、硫酸鹽、砷、鎘、鉻、鋅、汞、錳、銅、鉛、總氮等 14 項監測井之水質檢測項目，如表 4.1-1，飲用水水源水質共有大腸桿菌群密度、氨氮、化學需氧量、總有機碳、砷、鉛、鎘、鉻、汞等 9 項監測井之水質檢測項目，如表 4.1-2。分析結果顯示共有 85 口井(46%)符合灌溉用水水質標準及共有 127 口井(69%)符合飲用水水源水質標準。

地下水監測井水質對於灌溉用水水質標準之空間分布如圖 4.1-1 至 4.1-3，其中淺層含水層一水井不符合該水質標準比例較高，深層含水層二及含水層三則符合該水質標準比例較高，除扇頂區因高濃度硝態氮污染及沿海地區高氯鹽、導電度及氨態氮污染外，其餘地區都適合作為灌溉使用。地下水監測井水質對於飲用水水源水質之空間分布如圖 4.1-4 至 4.1-24，其中淺層含水層一水井不符合該水質標準比例較高，且多集中於海邊之監測井，扇頂區符合該水質標準比例較高，此外，越深層之含水層符合該水質標準比例亦較高，除沿海地區

表 4.1-1 地下水監測井之灌溉用水水質標準檢測項目

(「0」為符合水質標準；「X」為不符合水質標準)

井名	分層	溫度	酸鹼值	導電度	氯鹽	硫酸鹽	砷	鎘	鉻	鋅	汞	錳	銅	鉛	總氮	總評比
東石一	2	0	0	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
東石二	3	0	0	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
東石三	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
東石四	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
安和一	1	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
安和二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
安和三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
安和四	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
瓊埔一	2	0	0	X	X	0	0	X	0	0	0	0	0	0	X	不符合
瓊埔二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
宜梧一	2	0	0	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
宜梧二	3	0	0	X	X	0	0	X	0	0	0	0	0	0	X	不符合
宜梧三	4	0	0	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
宜梧四	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
東榮一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
東榮二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東榮三	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東榮四	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
大溝一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
大溝二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
水林一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
水林二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
金湖一	1	0	0	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
金湖二	2	0	0	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
北港一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
北港二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
三和一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
三和二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
崙子一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
崙子二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
蔡厝一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
蔡厝二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
崙腳一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
崙腳二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
嘉興一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
嘉興三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
舊庄一	1	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
舊庄二	2	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
舊庄三	2	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	X	不符合
舊庄四	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
舊庄五	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
箔子一	1	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
箔子二	2	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合

箔子三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
古坑一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
溫厝一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
溫厝二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
元長一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
元長二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東光一	1	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
東光二	2	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
東光三	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東光四	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東光五	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
明德一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
明德二	2	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
明德三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
明德四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東和一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東和二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
東和三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
虎尾一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
虎尾二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
芳草二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
宏崙一	1	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
宏崙二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
安南一	2	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
安南二	3	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
海園一	1	0	0	0	X	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
海園二	2	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
海園三	3	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
海園四	4	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
鯉魚一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
鯉魚二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
石榴一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
石榴二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
虎溪一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
虎溪二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
虎溪三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
虎溪四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
坪頂一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
觸口一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
觸口二	2	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
烏塗一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
六合一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
六合二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
荊桐一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
荊桐二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
九隆一	1	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
九隆二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
九隆三	3	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
田洋一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合

田洋二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
田洋三	4	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
興化一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
興化二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
興化三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
和豐一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
和豐二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
海豐一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
海豐二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
西螺一	1	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
西螺二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
港後一	2	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
港後二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
港後三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
港後四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
豐榮一	1	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
豐榮二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
豐榮三	3	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
後安一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
後安二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
社寮一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
竹山一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
竹山二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
新民一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
新民二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
新光一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
新光二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
二水一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	X	不符合
柑園一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
柑園二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
溪州一	1	0	0	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
溪州二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
溪州三	2	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
田中一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
田中二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
竹塘一	1	0	0	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
竹塘二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
潭墘一	1	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
潭墘二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
西港一	2	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
西港二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
西港四	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
田尾一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
田尾二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
合興一	1	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
合興二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
合興三	4	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
香田一	1	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
香田二	3	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合

芳苑一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
芳苑二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
芳苑三	3	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
員林一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
員林二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
員林三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
員林四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
溪湖一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
溪湖二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
溪湖三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
趙甲一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
趙甲二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
趙甲三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
好修一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
好修二	2	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
好修三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
好修四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
文昌一	1	0	0	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
文昌二	2	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
文昌三	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
文昌四	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
漢寶一	2	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
漢寶二	2	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
漢寶三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
漢寶四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
花壇一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
花壇二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
花壇三	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
花壇四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東芳一	2	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
東芳二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
洛津一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
洛津二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
洛津三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
國聖一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
國聖二	2	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
國聖三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
線西一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
線西三	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
線西四	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	不符合
全興一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
全興二	2	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
全興三	3	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
全興四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合

表 4.1-2 地下水監測井之飲用水水源水質標準檢測項目

(「0」為符合水質標準；「X」為不符合水質標準)

井名	分層	大腸桿菌 群密度	氨氮	化學需 氧量	總有 機碳	砷	鉛	鎘	鉻	汞	總評比
東石一	2	0	X	0	X	X	0	0	0	0	不符合
東石二	3	0	0	0	0	X	0	0	0	0	不符合
東石三	4	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
東石四	5	0	0	0	X	X	0	0	0	0	不符合
安和一	1	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
安和二	2	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
安和三	3	0	X	0	X	0	0	0	0	0	不符合
安和四	5	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
瓊埔一	2	0	X	X	0	X	0	X	0	0	不符合
瓊埔二	3	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
宜梧一	2	0	X	0	X	X	0	0	0	0	不符合
宜梧二	3	0	X	X	0	0	0	X	0	0	不符合
宜梧三	4	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
宜梧四	5	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
東榮一	2	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
東榮二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東榮三	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東榮四	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
大溝一	2	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
大溝二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
水林一	2	0	X	0	X	X	0	0	0	0	不符合
水林二	3	0	0	0	0	X	0	0	0	0	不符合
金湖一	1	0	X	X	X	X	0	0	X	0	不符合
金湖二	2	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
北港一	2	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
北港二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
三和一	1	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
三和二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
崙子一	2	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
崙子二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
蔡厝一	2	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
蔡厝二	3	0	0	0	0	X	0	0	0	0	不符合
炭腳一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
炭腳二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
嘉興一	2	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
嘉興三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
舊庄一	1	0	X	0	X	X	0	0	0	0	不符合
舊庄二	2	0	X	0	X	X	0	0	0	0	不符合
舊庄三	2	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
舊庄四	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
舊庄五	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合

箔子一	1	0	0	0	X	X	0	0	0	0	不符合
箔子二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
箔子三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
古坑一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
溫厝一	1	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
溫厝二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
元長一	2	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
元長二	2	0	0	0	0	X	0	0	0	0	不符合
東光一	1	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
東光二	2	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
東光三	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東光四	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東光五	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
明德一	1	0	X	0	X	X	0	0	0	0	不符合
明德二	2	0	0	0	0	X	0	0	0	0	不符合
明德三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
明德四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東和一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東和二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東和三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
虎尾一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
虎尾二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
芳草二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
宏崙一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
宏崙二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
安南一	2	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
安南二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
海園一	1	0	X	X	0	X	0	X	0	0	不符合
海園二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
海園三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
海園四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
鯉魚一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
鯉魚二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
石榴一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
石榴二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
虎溪一	1	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
虎溪二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
虎溪三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
虎溪四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
坪頂一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
觸口一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
觸口二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
烏塗一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
六合一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
六合二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
荊桐一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
荊桐二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
九隆一	1	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
九隆二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合

九隆三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
田洋一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
田洋二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
田洋三	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
興化一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
興化二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
興化三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
和豐一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
和豐二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
海豐一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
海豐二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
西螺一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
西螺二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
港後一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
港後二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
港後三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
港後四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
豐榮一	1	0	X	0	0	X	0	0	0	0	0	不符合
豐榮二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
豐榮三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
後安一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
後安二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
社寮一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
竹山一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
竹山二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
新民一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
新民二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
新光一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
新光二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
二水一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
柑園一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
柑園二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
溪州一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
溪州二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
溪州三	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
田中一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
田中二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
竹塘一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
竹塘二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
潭墘一	1	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
潭墘二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
西港一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
西港二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
西港四	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
田尾一	1	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
田尾二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
合興一	1	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	不符合
合興二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
合興三	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合

香田一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
香田二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
芳苑一	2	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
芳苑二	2	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
芳苑三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
員林一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
員林二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
員林三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
員林四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
溪湖一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
溪湖二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
溪湖三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
趙甲一	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
趙甲二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
趙甲三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
好修一	2	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
好修二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
好修三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
好修四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
文昌一	1	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
文昌二	2	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
文昌三	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
文昌四	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
漢寶一	2	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
漢寶二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
漢寶三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
漢寶四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
花壇一	1	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
花壇二	2	0	X	X	X	X	0	0	0	0	不符合
花壇三	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
花壇四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
東芳一	2	0	0	0	0	X	0	0	0	0	不符合
東芳二	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
洛津一	1	0	X	0	0	X	0	0	0	0	不符合
洛津二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
洛津三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
國聖一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
國聖二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
國聖三	3	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
線西一	1	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
線西三	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
線西四	3	0	X	0	0	0	0	0	0	0	不符合
全興一	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
全興二	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
全興三	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合
全興四	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	符合

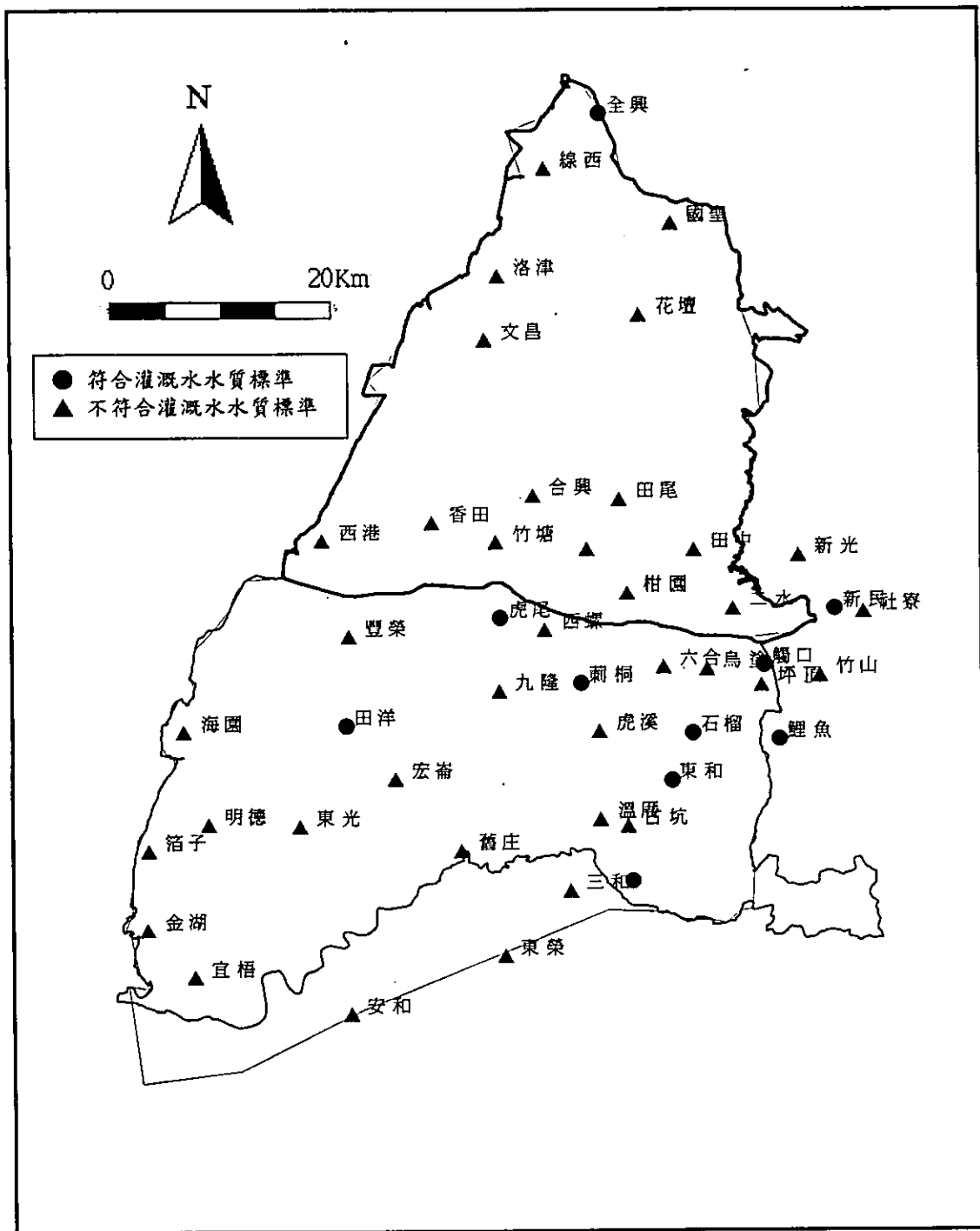


圖 4.1-1 濁水溪沖積扇含水層一符合灌溉用水水質標準之空間分布

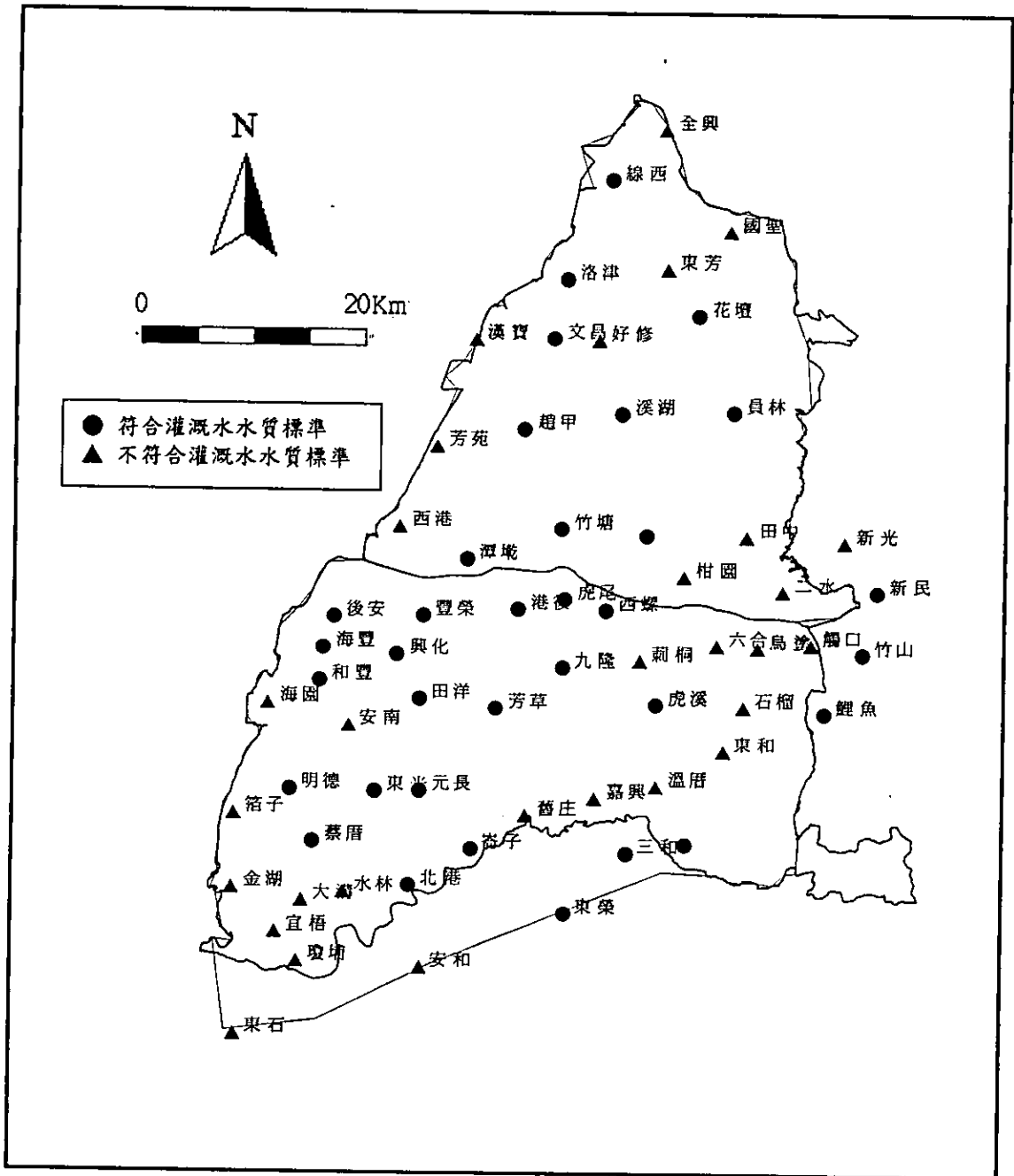


圖 4.1-2 濁水溪沖積扇含水層二符合灌溉用水水質標準之空間分布

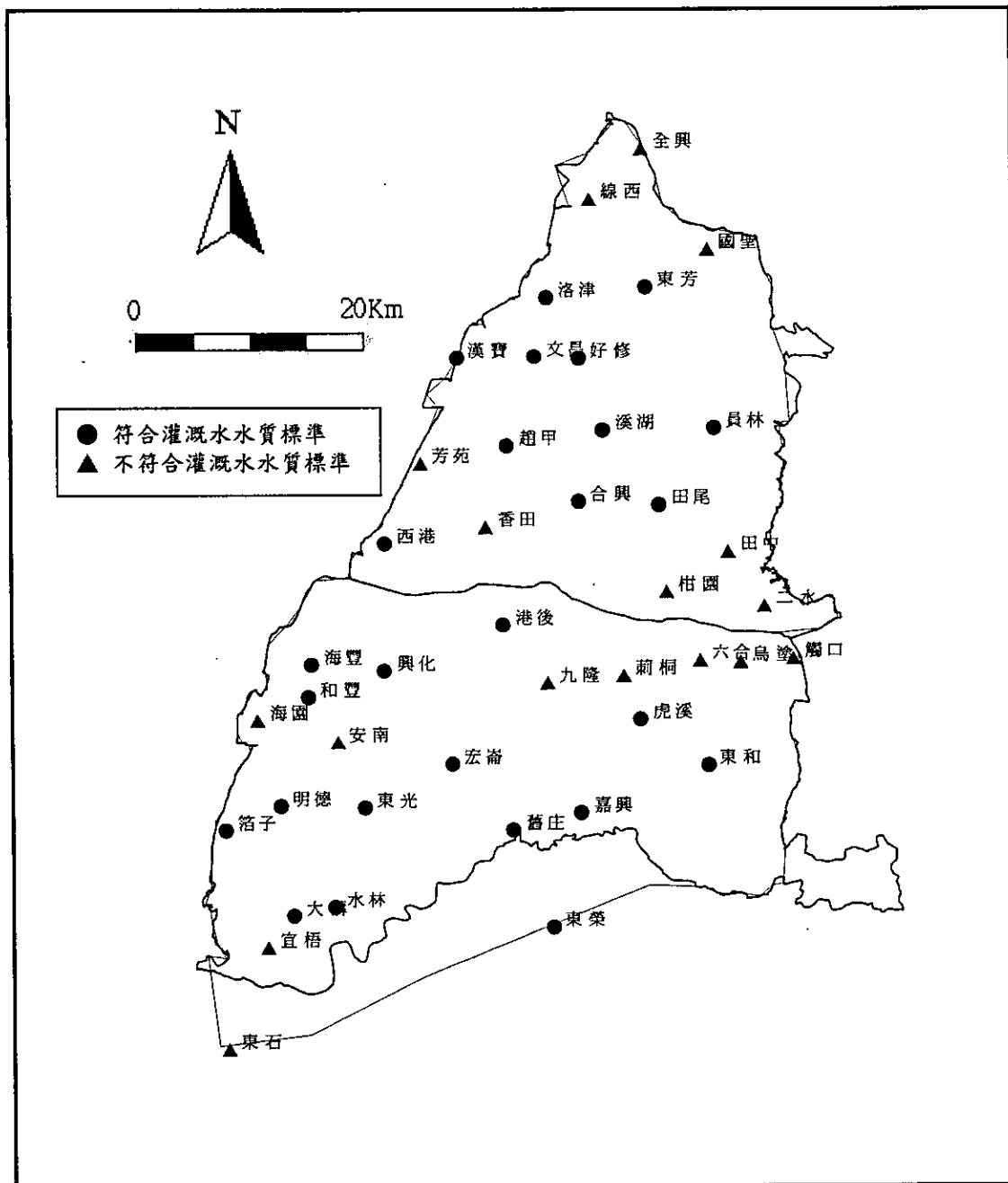


圖 4.1-3 濁水溪沖積扇含水層三符合灌溉用水水質標準
之空間分布

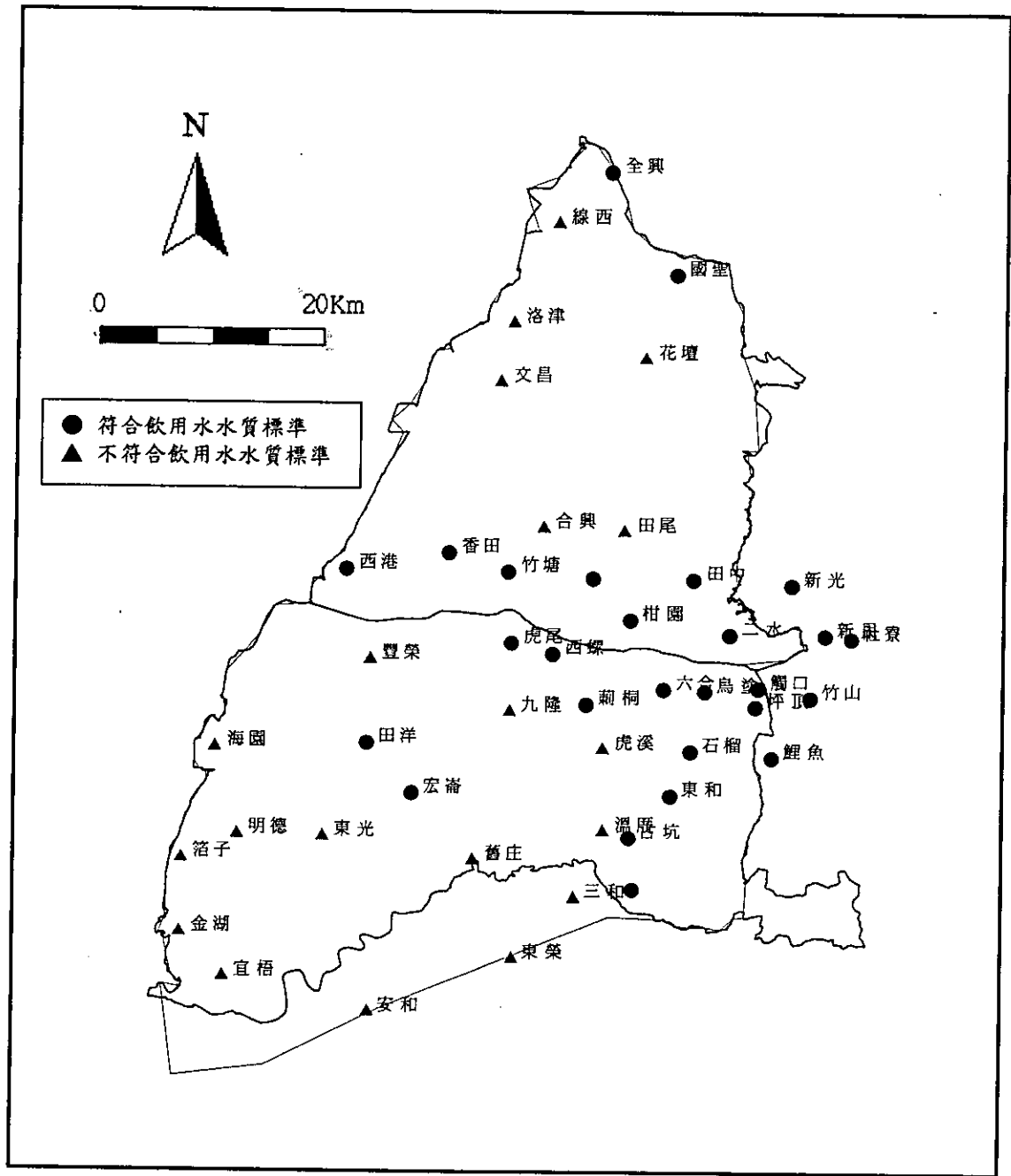


圖 4.1-4 濁水溪沖積扇含水層一符合飲用水水源水質標準之空間分布

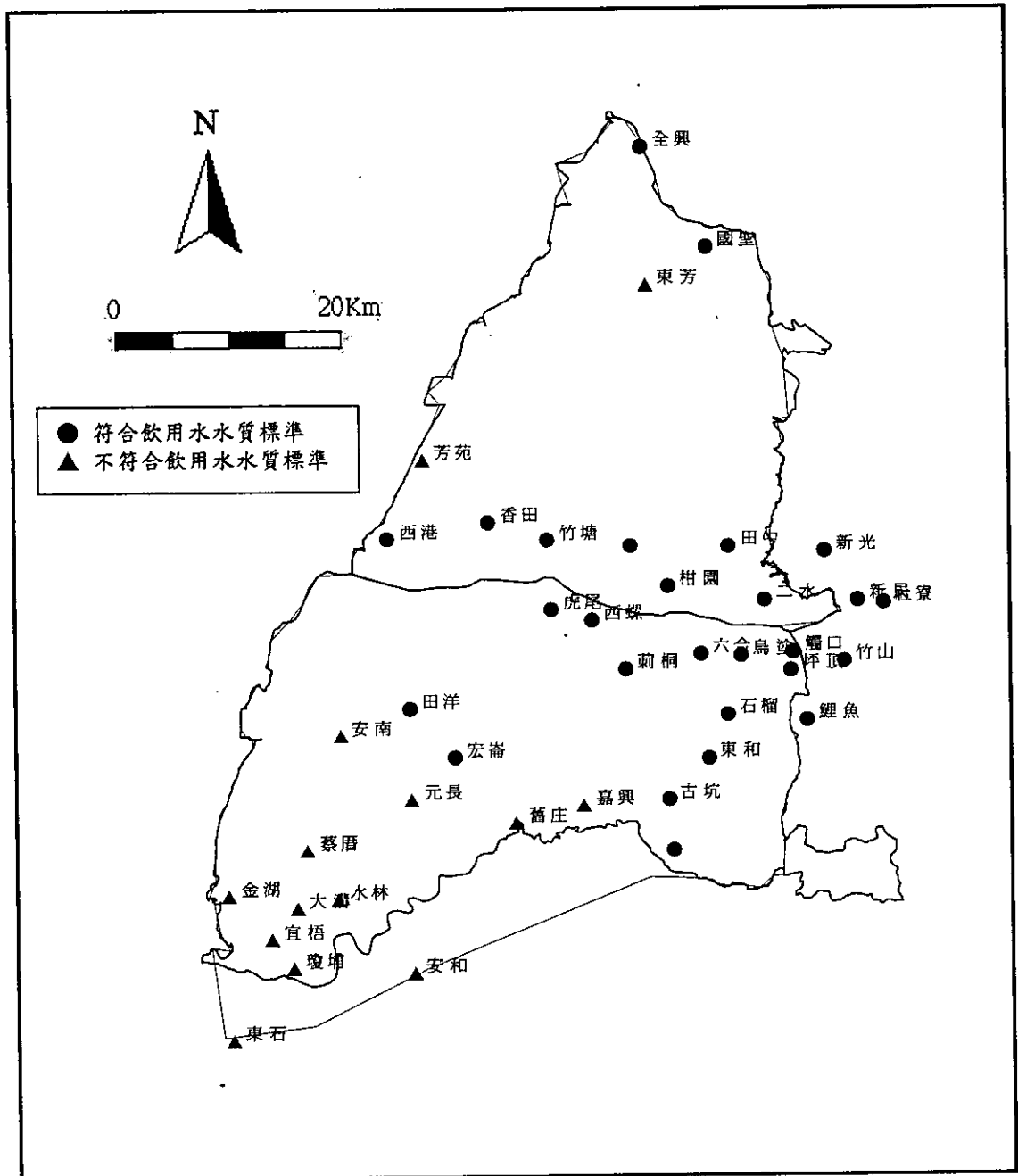


圖 4.1-5 濁水溪沖積扇含水層二符合飲用水水源水質標準之空間分布

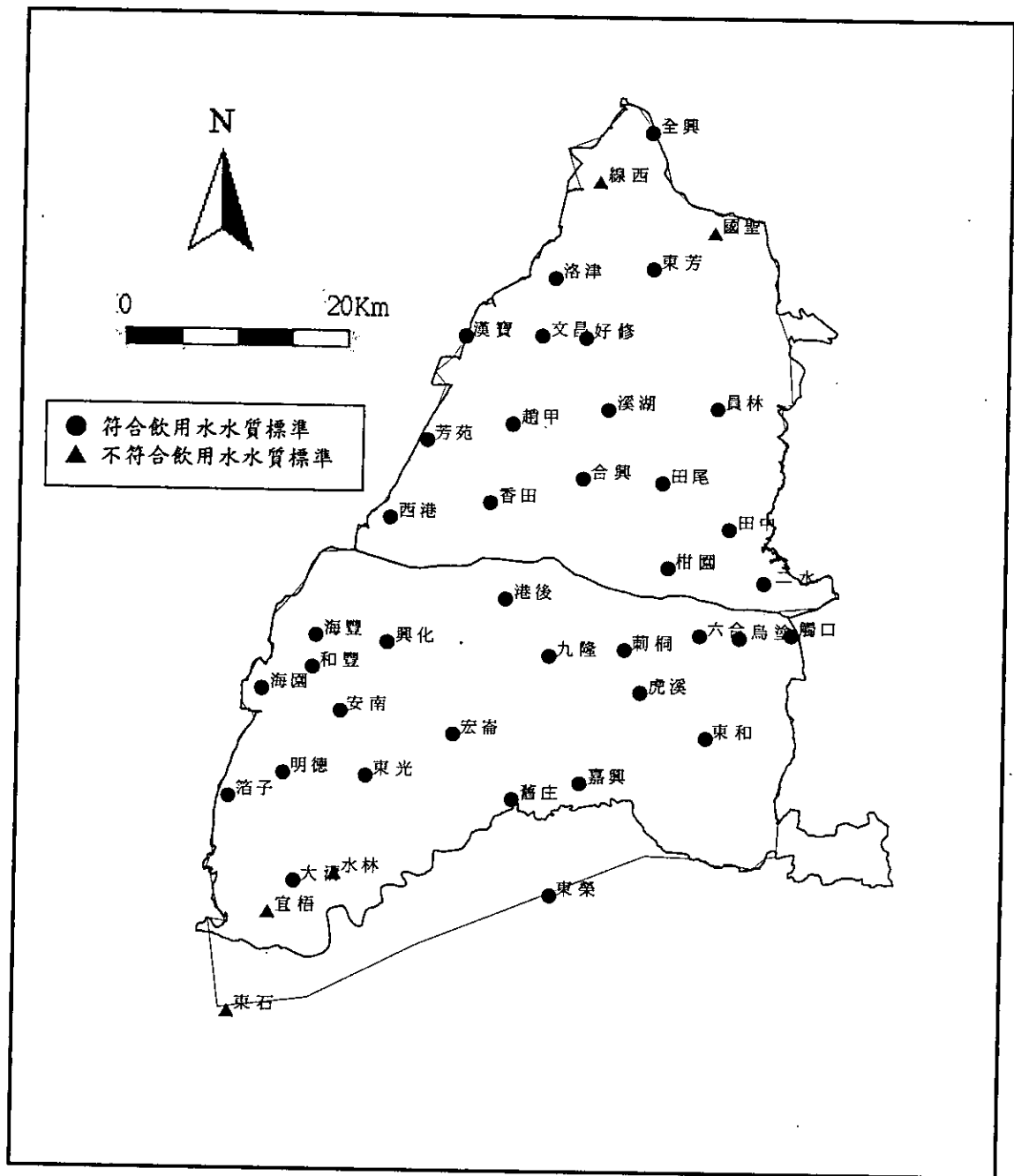


圖 4.1-6 濁水溪沖積扇含水層三符合飲用水水源水質標準之空間分布

4.2 地下水水質變化趨勢探討

本計畫針對研究區域內的站井水質進行分層分析，選定以水溫(T)、導電度(EC)、酸鹼值(pH)、氯鹽(Cl^-)、總溶解固體量(TDS)及化學需氧量(COD)等六項水質，探討分析地下水背景水質與各水質標準比較及空間分佈趨勢。台糖公司在民國 88 年針對濁水溪沖積扇全部觀測井進行 31 項水質檢測(台糖公司，1999、2000、2001)，之後民國 89 年至 90 年三次水質檢測，僅對於現場量測水質部分(水溫、導電度、酸鹼值、溶氧、氧化還原電位等)進行全部觀測井檢測，其他項目則進行主成分分析篩選部分觀測井，因此各項水質分析可能有不同之採樣時間，且採樣之井數也不同，所以本計畫各項分析水質則採用最新之觀測值進行探討。六項地下水水質探討如下：

(1) 水溫 (T)

由民國 90 年觀測井水質採樣報告(台糖公司，2001)，含水層一之水溫分佈介於 23.7~29.2°C，含水層二之水溫分佈介於 23.4~28.8°C，含水層三之水溫分佈介於 24.4~31°C，各層地下水水溫皆符合灌溉用水水質標準(35°C)，且水溫接近室溫利於水中的微生物生長。圖 4.2-1~4.2-3 為濁水溪沖積扇各含水層之水溫空間分佈，由分佈圖中顯示，西部沿海地區之地下水水溫較東部扇頂區高，且深層含水層之地下水水溫受地熱影響較淺層高，含水層三之海豐、和豐、海園、東石觀測井水溫超過 30°C，但都未超過灌溉用水水質標準。

(2) 導電度(EC)

由民國 90 年觀測井水質採樣報告(台糖公司，2001)中，含水層一之導電度分佈介於 217~6730 $\mu\text{mhos/cm}$ ，含水層二之導電度分佈介於 165~2950 $\mu\text{mhos/cm}$ ，含水層三之導電度分佈介於 296~1983 μ

μhos/cm，含水層一觀測井導電度不符合灌溉用水水質標準（750 μhos/cm）之比例為 62.2%，含水層二及三觀測井導電度不符合此水質標準之比例分別為 18.5%及 4.5%，淺層地下水導電度污染明顯高於深層。圖 4.2-4~4.2-6 為濁水溪沖積扇各含水層之導電度空間分佈，由分佈圖中顯示，雲林縣西部沿海地區導電度較東部扇頂區高，且淺層地下水之導電度高於深層，含水層一之海園觀測井導電度達 6730 μhos/cm，為全區域最高污染值，含水層二的宜梧瓊埔觀測井及含水層三之箔子觀測井，都有相當高的導電度。此外，含水層一大部分導電度都超過灌溉用水水質標準，但含水層二及三只有台西、口湖及四湖鄉之導電度超過灌溉用水水質標準。整體而言，導電度雖然有不少區域未符合灌溉用水水質標準，但導電度並不高，仍然有做其他用水水源之潛力。

(3) 酸鹼值(pH)

由民國 90 年觀測井水質採樣報告(台糖公司，2001)中，含水層一之酸鹼值分佈介於 6.17~8.04，含水層二之酸鹼值分佈介於 6.34~8.24，含水層三之導電度分佈介於 6.48~8.13，各層地下水酸鹼值皆符合灌溉用水水質標準（6.0 < pH < 9.0），且接近於中性。圖 4.2-7~4.2-9 為濁水溪沖積扇各含水層之酸鹼值空間分佈，由分佈圖中顯示，研究區域中大部分地區地下水酸鹼值均呈現弱鹼性，只有斗六丘陵一帶之含水層一、二及含水層三之宏崙與嘉興觀測井地下水呈現弱酸性。

(4) 氯鹽(Cl⁻)

由民國 89 年觀測井水質採樣報告(台糖公司，2000)中，含水層一之氯鹽分佈介於 14.5~2132 mg/L，含水層二之氯鹽分佈介於

14.5~1587 mg/L，含水層三之氯鹽分佈介於 6.03~1590 mg/L，含水層一觀測井氯鹽不符合飲用水水質標準（250 mg/L）之比例為 10.7%，含水層二及三觀測井氯鹽不符合此水質標準之比例分別為 9%及 0%；分析 88 及 89 年觀測井地下水水質之氯鹽濃度(台糖公司，1999)，含水層一、二及三觀測井氯鹽不符合飲用水水質標準之比例分別為 4.5%、4.6%及 2.3%。圖 4.2-10~4.2-12 為濁水溪沖積扇各含水層之氯鹽空間分佈，由分佈圖中顯示，雲林沿海地區氯鹽濃度明顯高於其他地區，且淺層地下水之氯鹽高於深層，尤其是以含水層一之海園、宜梧及含水層二之瓊埔觀測井氯鹽都超過 1500mg/L。

(5)總溶解固體量(TDS)

由民國 89 年觀測井水質採樣報告中，含水層一之總溶解固體量分佈介於 356~4600 mg/L，含水層二之總溶解固體量分佈介於 498~3158 mg/L，含水層三之總溶解固體量分佈介於 310~568 mg/L，含水層一觀測井總溶解固體量不符合飲用水水質標準（500 mg/L）之比例為 96.4%，含水層二及三觀測井總溶解固體量不符合此水質標準之比例分別為 90.9%及 75%；分析 88 及 89 年觀測井地下水水質之之總溶解固體量(台糖公司，1999)，含水層一、二及三觀測井總溶解固體量不符合飲用水水質標準之比例分別為 59.1%、14%及 11.6%。圖 4.2-13~4.2-15 為濁水溪沖積扇各含水層之總溶解固體量空間分佈，由分佈圖中顯示，沿海地區總溶解固體量明顯高於東部地區，其中又以雲林沿海地區較為嚴重，且淺層地下水之總溶解固體量高於深層，含水層一之海園觀測井總溶解固體量達 4600mg/L，為全區域最高觀測值，此外，含水層一之宜梧及含水層二之瓊埔觀測井亦檢測出超過 2000mg/L 之總溶

解固體量。

(6)化學需氧量(COD)

由民國 88 年觀測井水質採樣報告中，含水層一之化學需氧量分佈介於偵測範圍以下至 38.8 mg/L，含水層二之化學需氧量分佈介於偵測範圍以下至 31.1，含水層三之化學需氧量分佈介於偵測範圍以下~18.9，含水層一、二及三觀測井化學需氧量不符合飲用水水質標準（25mg/L）之比例分別為 2.3%、1.6%及 0%。圖 4.2-16~4.2-18 為濁水溪沖積扇各含水層之化學需氧量空間分佈，由分佈圖中顯示，雲林沿海地區化學需氧量明顯高於其他地區，且淺層地下水之化學需氧量高於深層，但只有含水層一之海園觀測井及含水層二之宜梧觀測井檢測出化學需氧量超過飲用水水質標準。

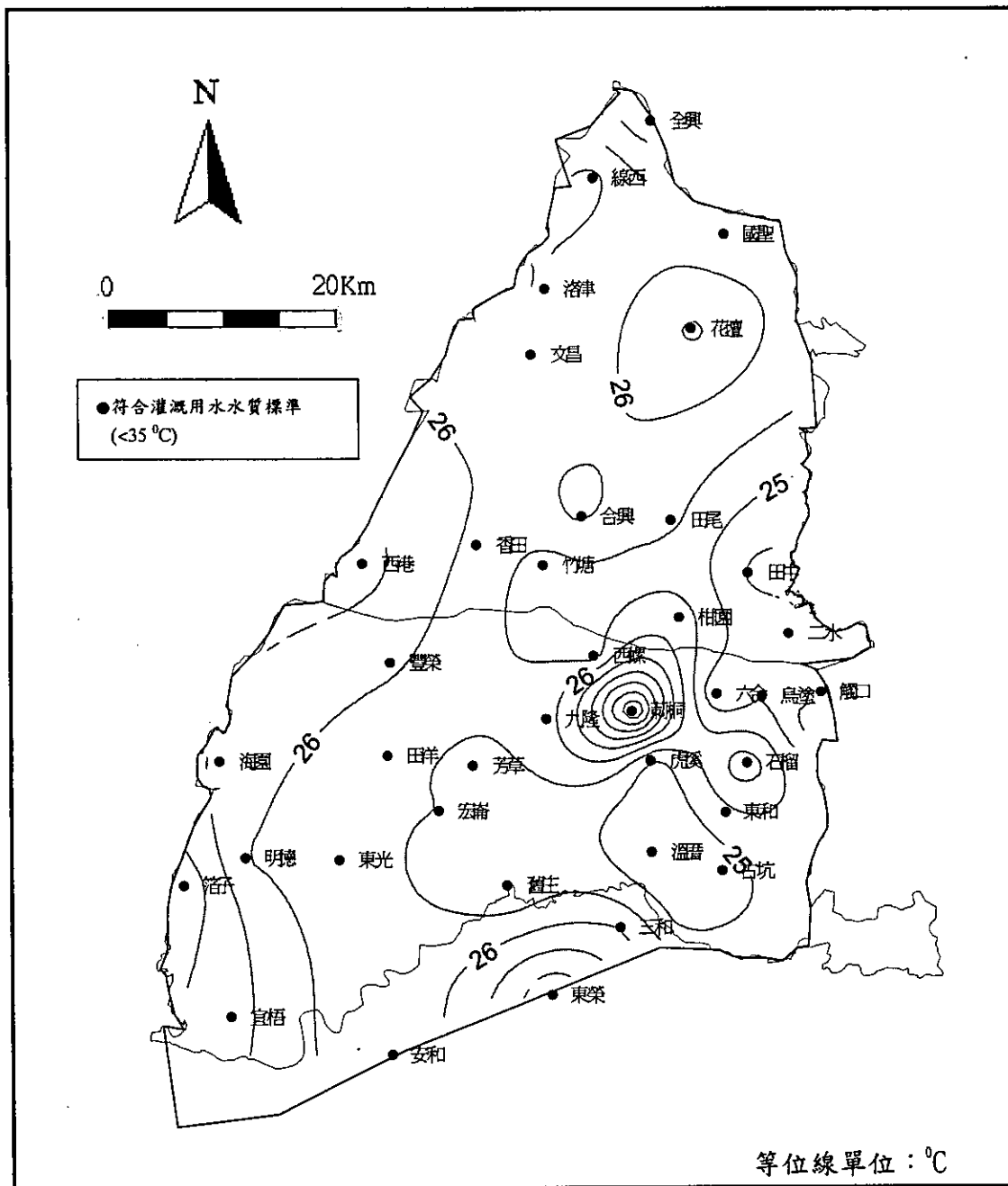


圖 4.2-1 濁水溪沖積扇含水層一之水溫分佈圖 (民國 90 年)

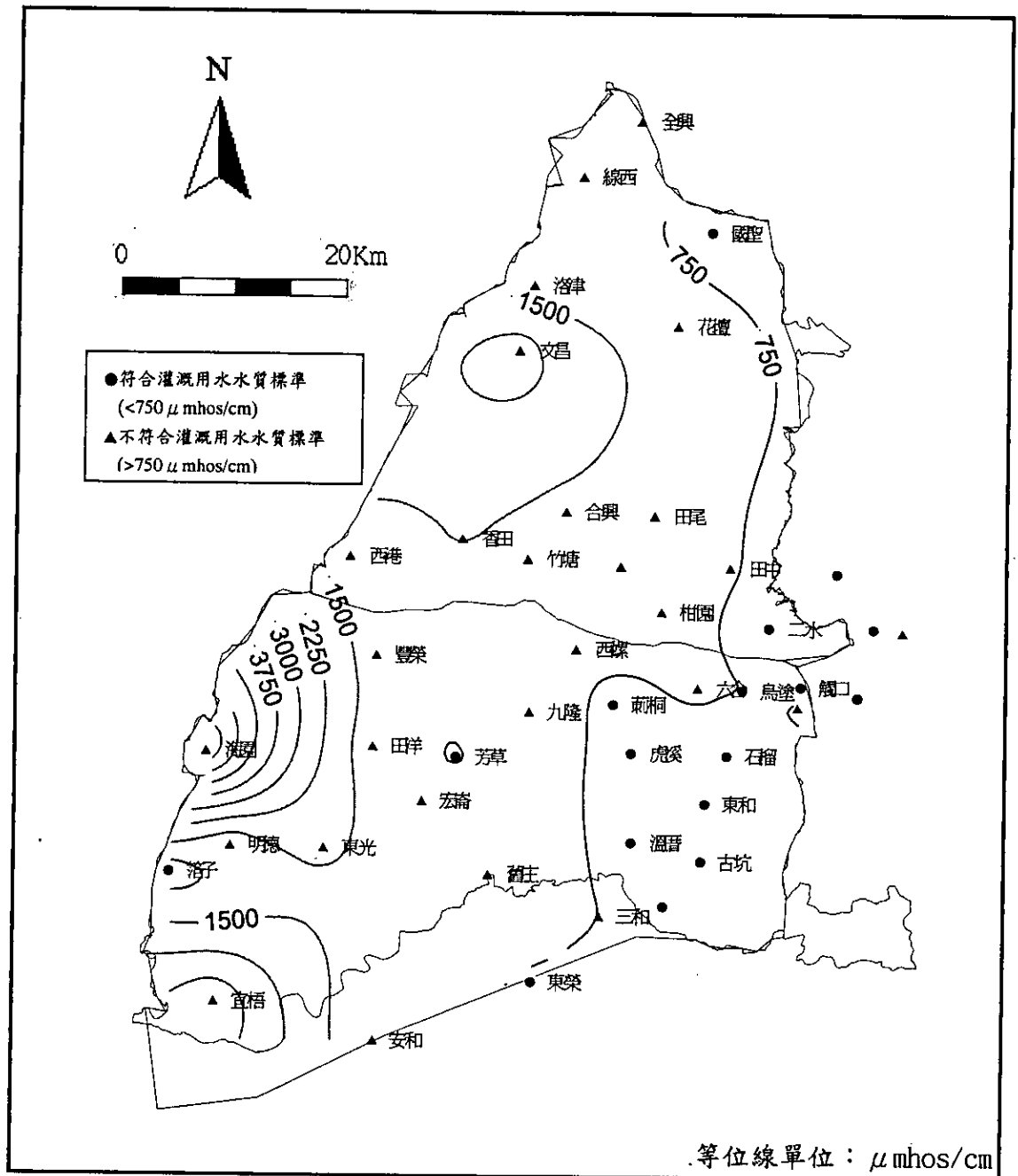


圖 4.2-4 濁水溪沖積扇含水層一之導電度分佈圖 (民國 90 年)

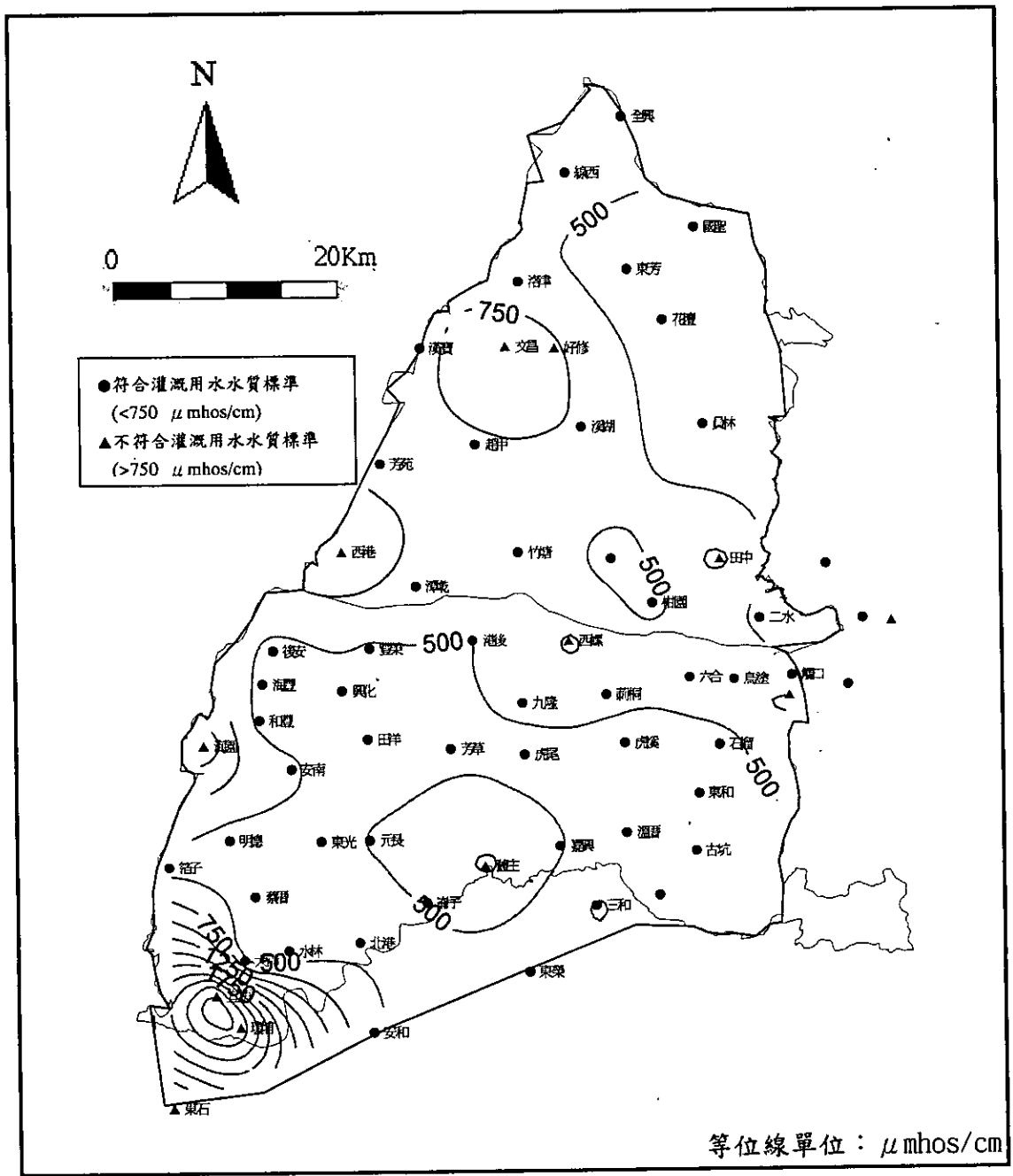


圖 4.2-5 濁水溪沖積扇含水層二之導電度分佈圖 (民國 90 年)

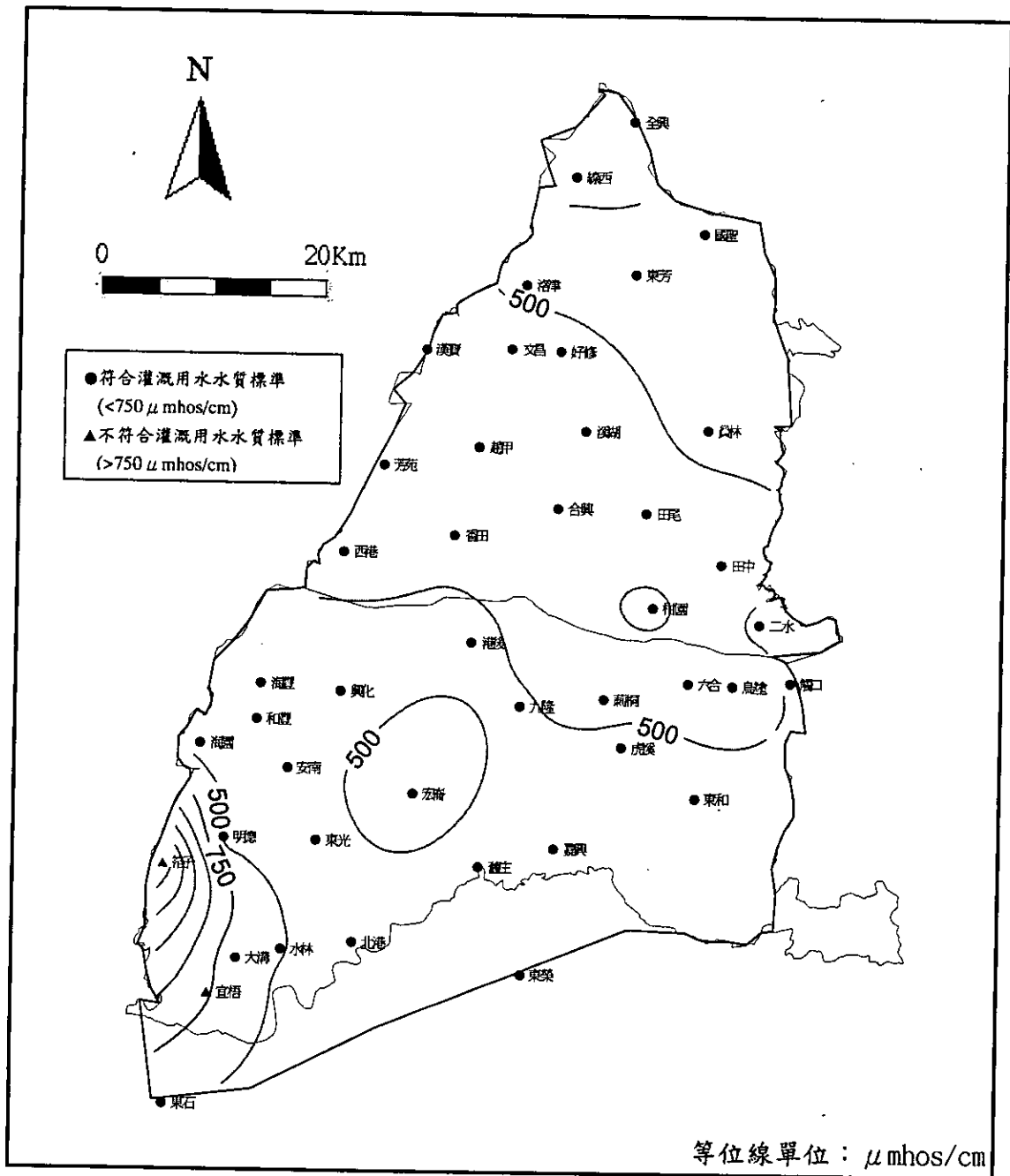


圖 4.2-6 濁水溪沖積扇含水層三之導電度分佈圖 (民國 90 年)

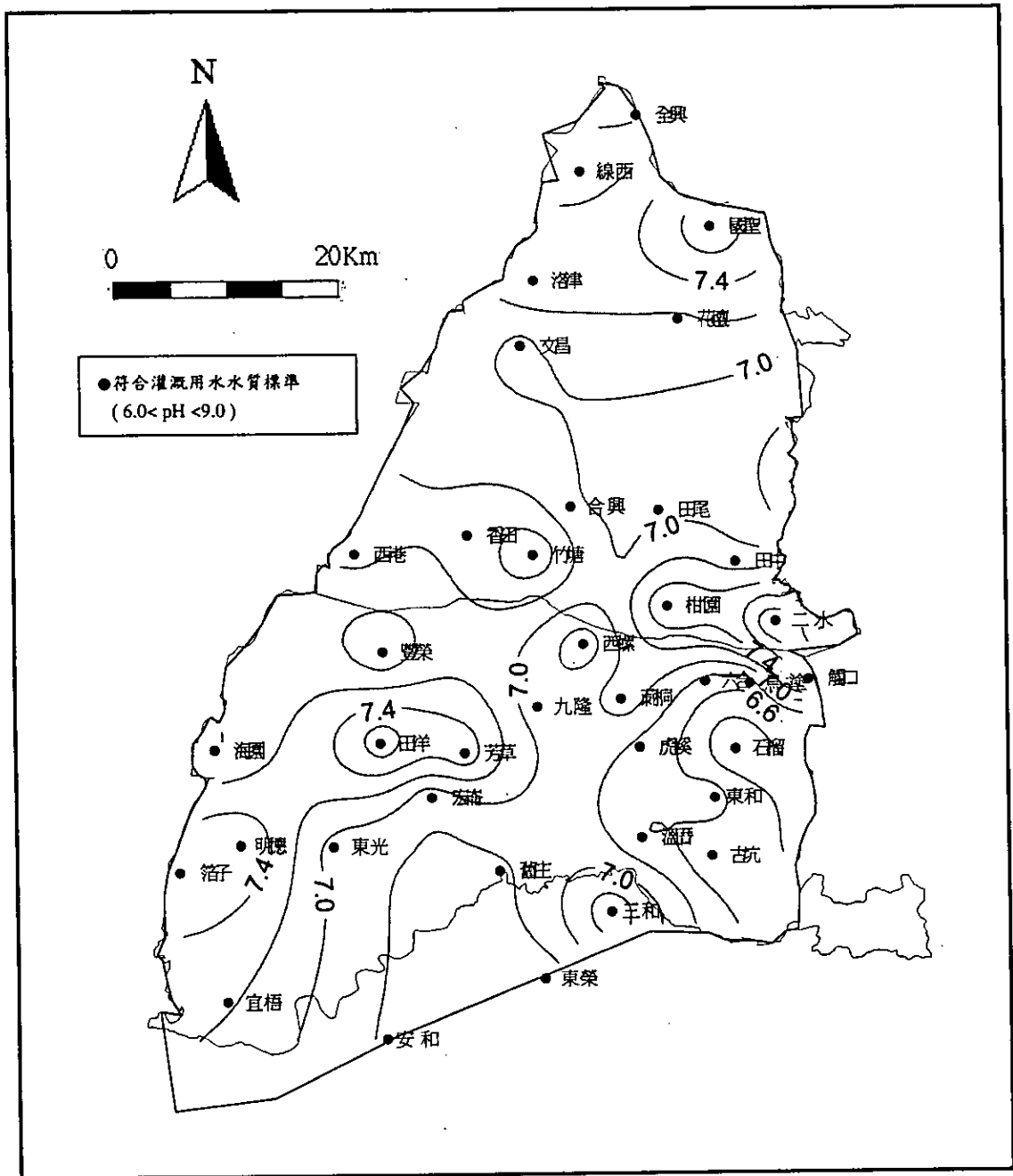


圖 4.2-7 濁水溪沖積扇含水層一之酸鹼值分佈圖 (民國 90 年)

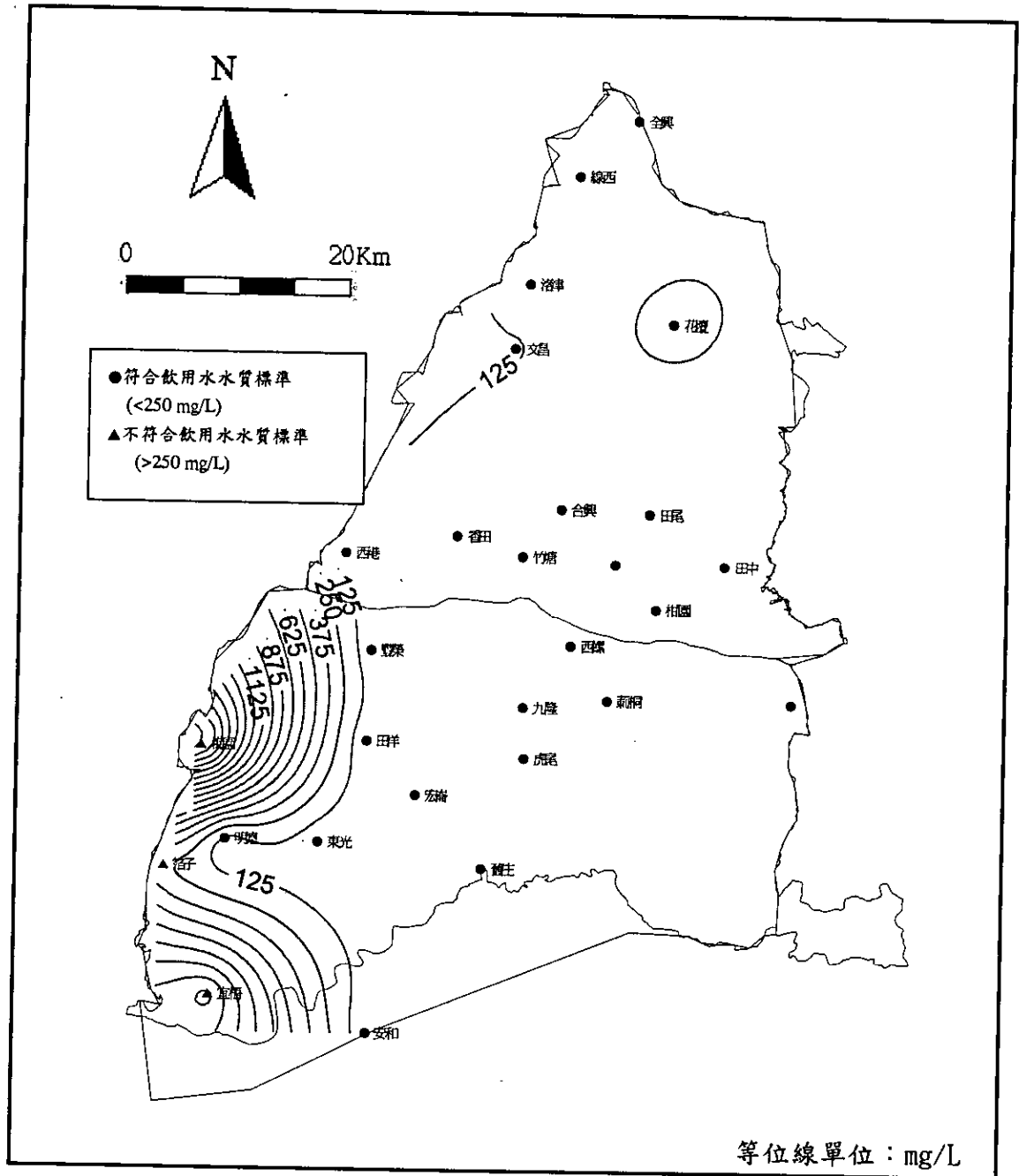


圖 4.2-10 濁水溪沖積扇含水層一之氯鹽分佈圖 (民國 89 年)

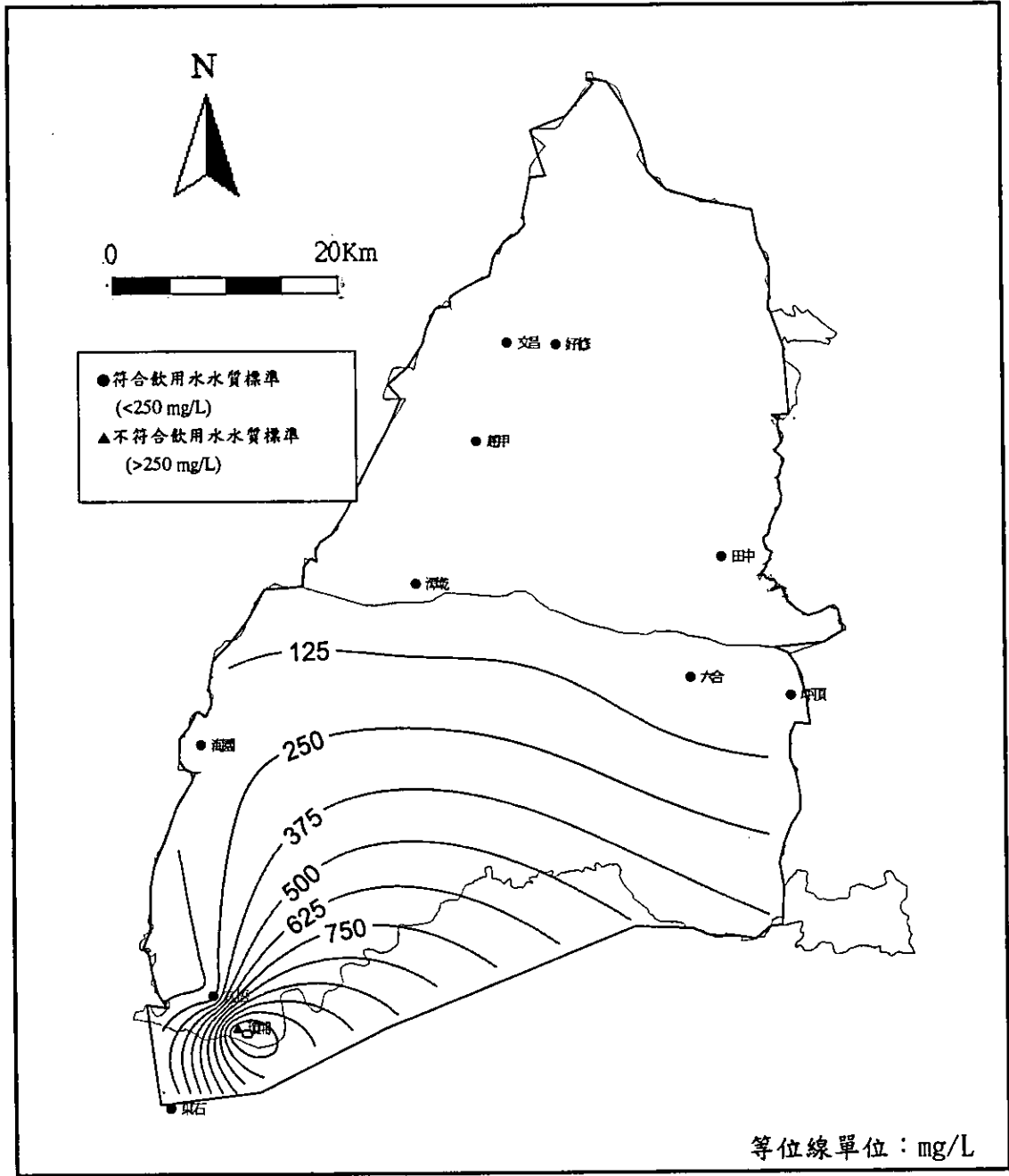


圖 4.2-11 濁水溪沖積扇含水層二之氯鹽分佈圖 (民國 89 年)

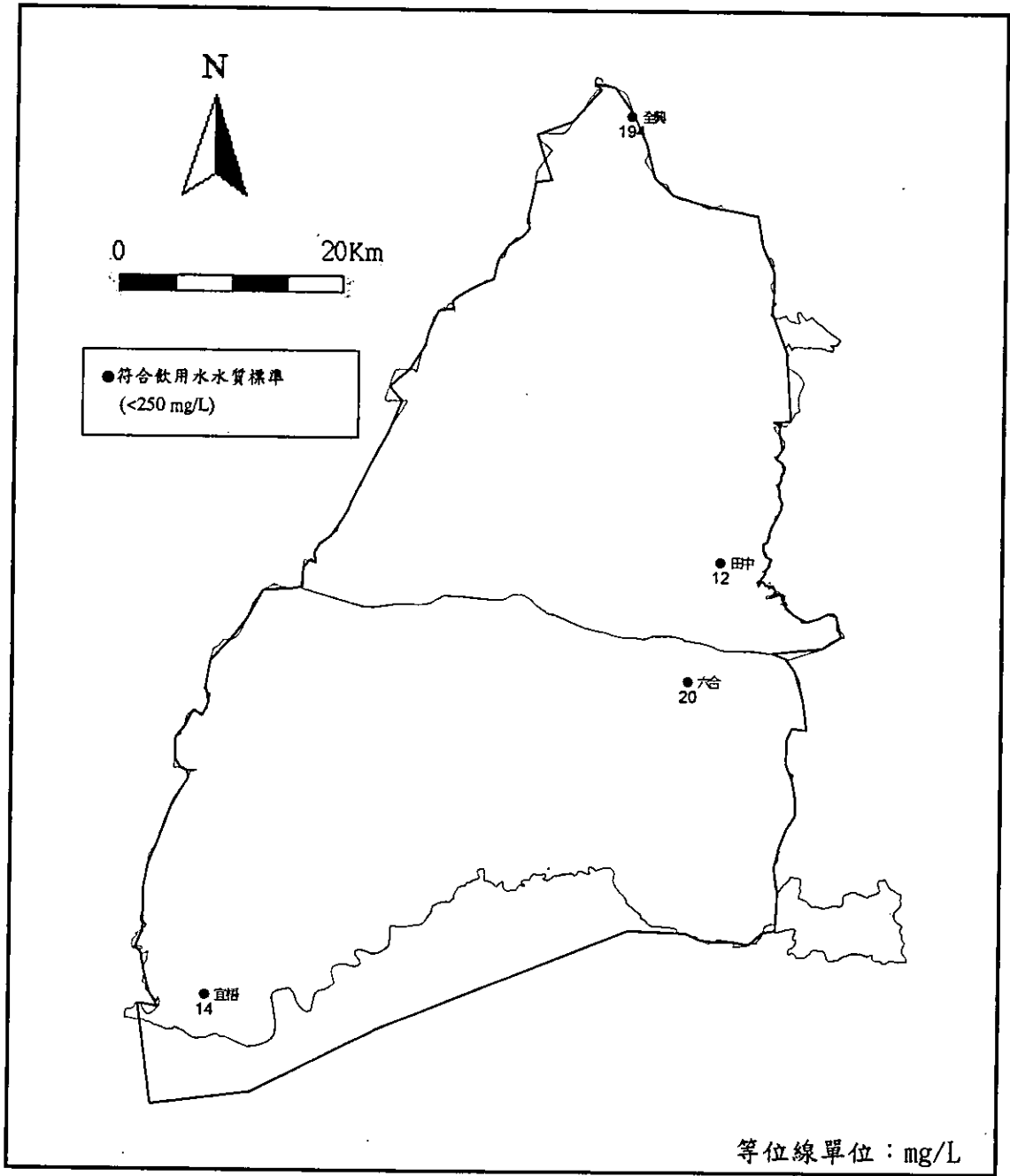


圖 4.2-12 濁水溪沖積扇含水層三之氣鹽分佈圖 (民國 89 年)

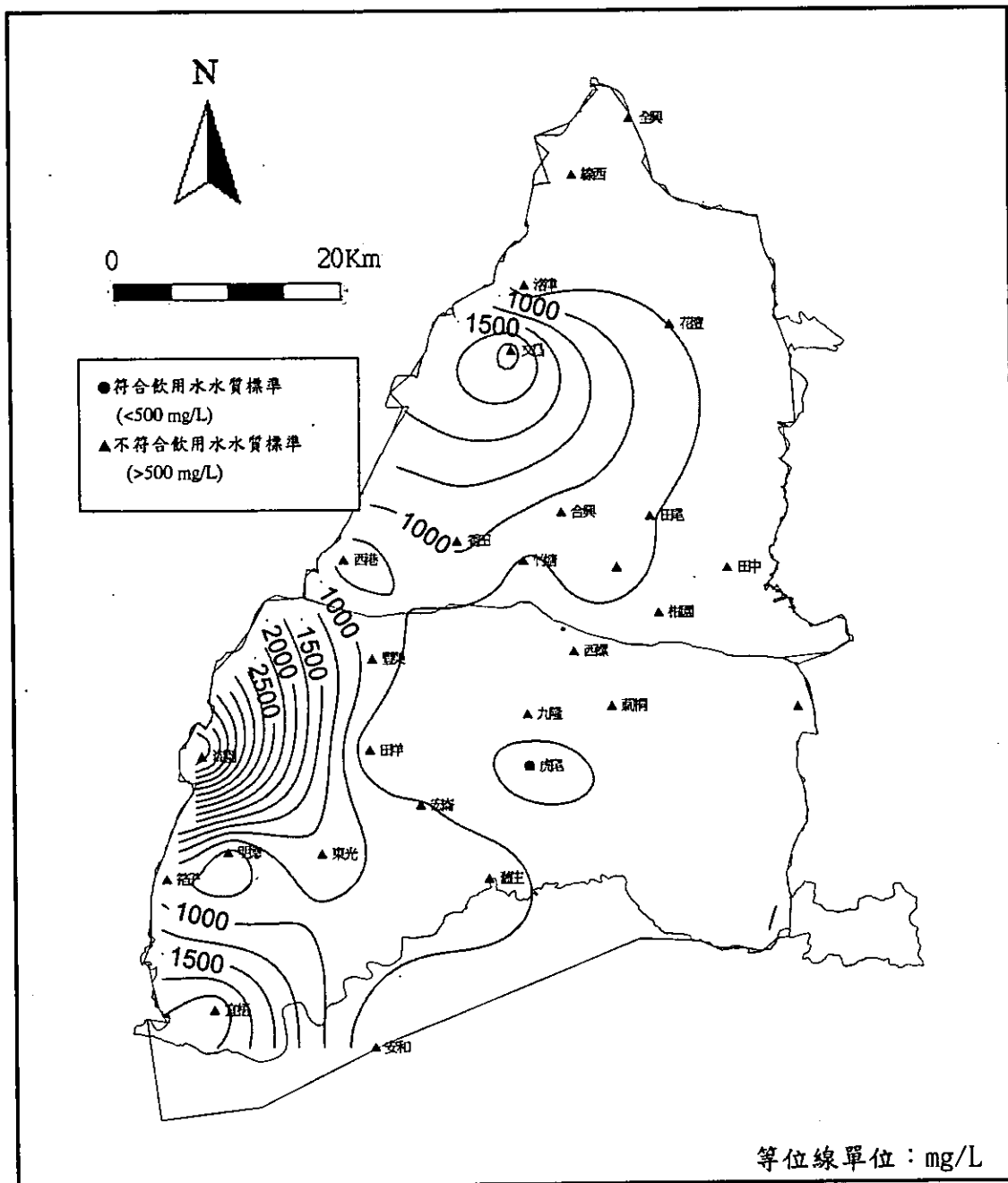


圖 4.2-13 濁水溪沖積扇含水層一之總溶解固體量分佈圖 (民國 89 年)

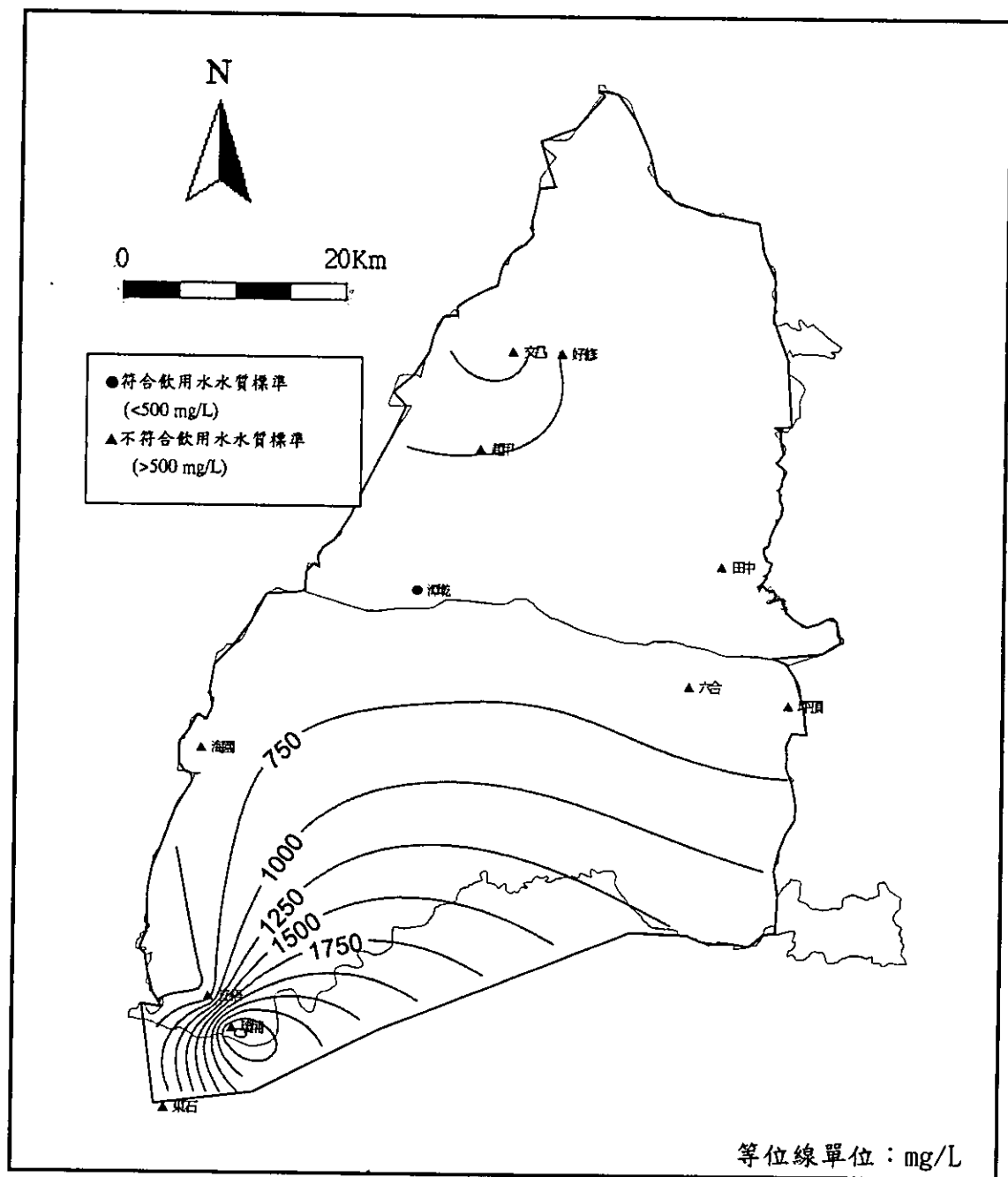


圖 4.2-14 濁水溪沖積扇含水層二之總溶解固體量分佈圖 (民國 89 年)

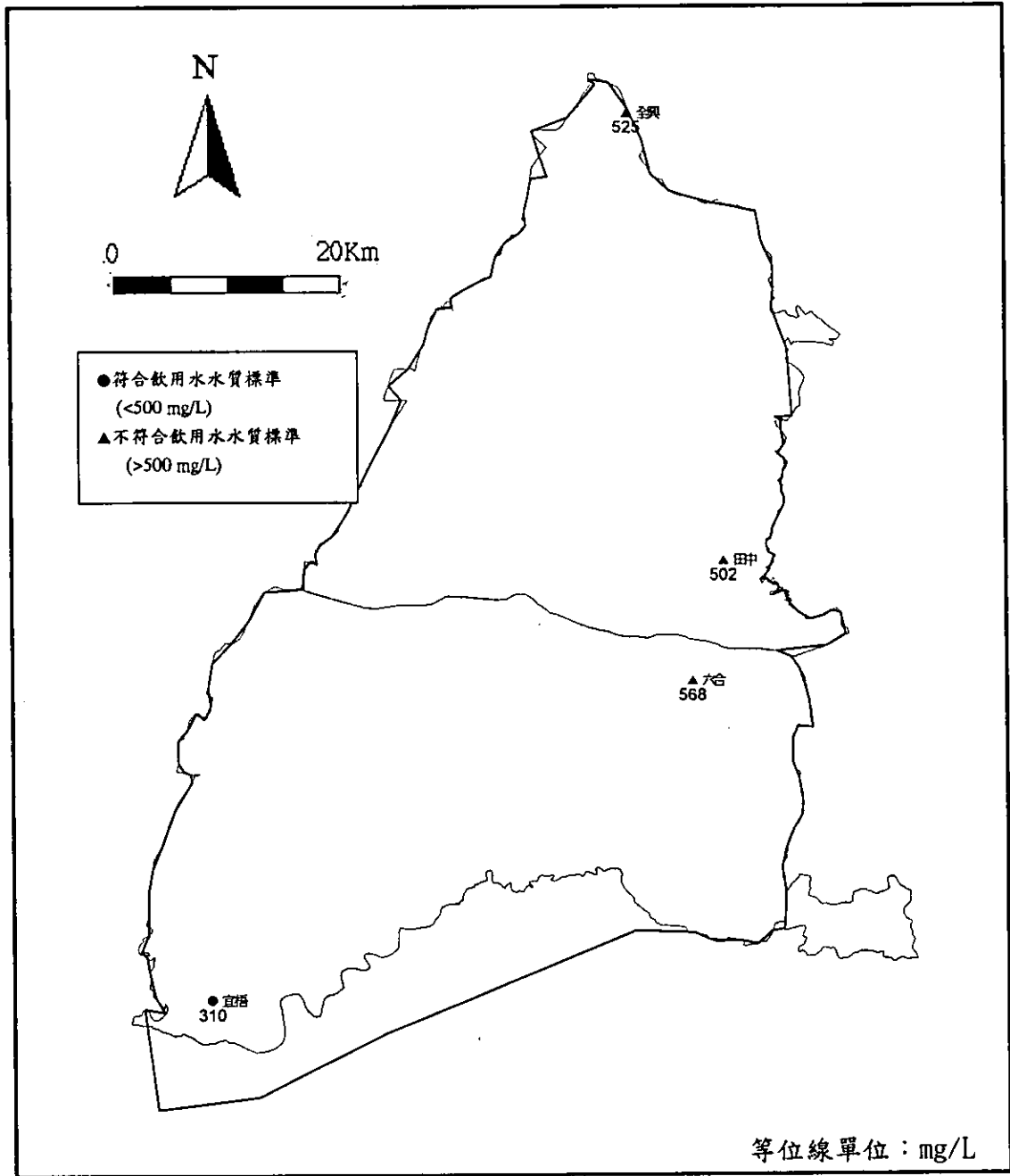


圖 4.1-15 濁水溪沖積扇含水層三之總溶解固體量分佈圖 (民國 89 年)

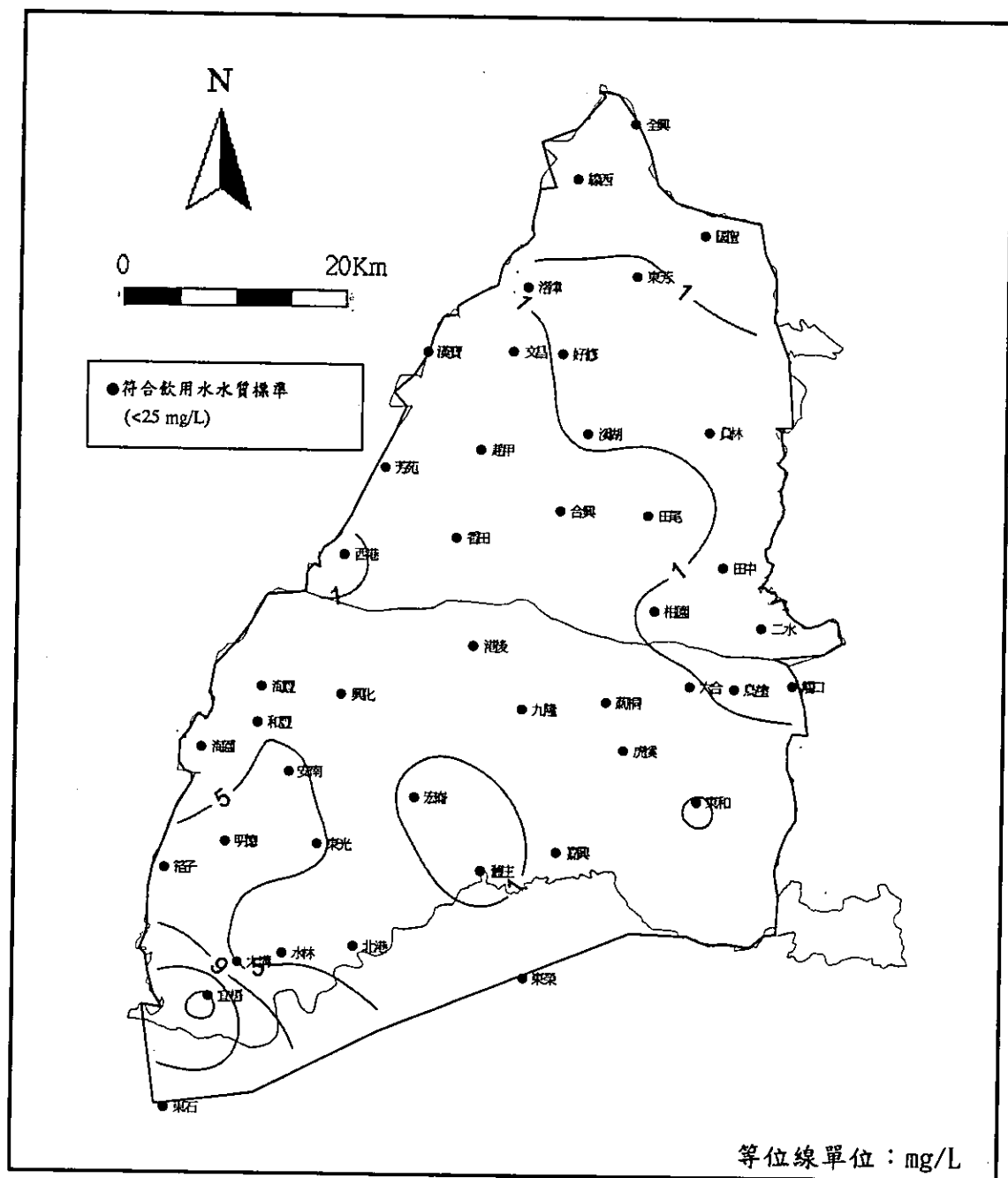


圖 4.2-18 濁水溪沖積扇含水層三之化學需氧量分佈圖 (民國 88 年)

第五章 單目標地表地下最佳潛能模式發展

5.1 地表地下水資源概念模式建立

5.1.1 水資源系統架構

本計畫區域地表水水源之供給主要依賴濁水溪及其支流清水溪，然而濁水河流域由於雨量時空分配不均，造成豐枯流量落差巨大，導致枯水期時水源不足之量必須抽用地下水，目前濁水溪沖積扇之水井數目已超過數萬口，由於地下水使用不當及管理紊亂引發地層下陷多年，至今仍未終止。水利署規劃未來在清水溪興建湖山水庫以引取清水溪豐水期餘水蓄存，使濁水河流域之地表水資源能發揮更大效益，同時亦可降低地下水使用量。

本計畫區域之水資源系統中除考量現有水工結構物之外，並將湖山水庫及其相關之引水設施納入考量，水資源調配系統如圖 5.1.1-1 所示。

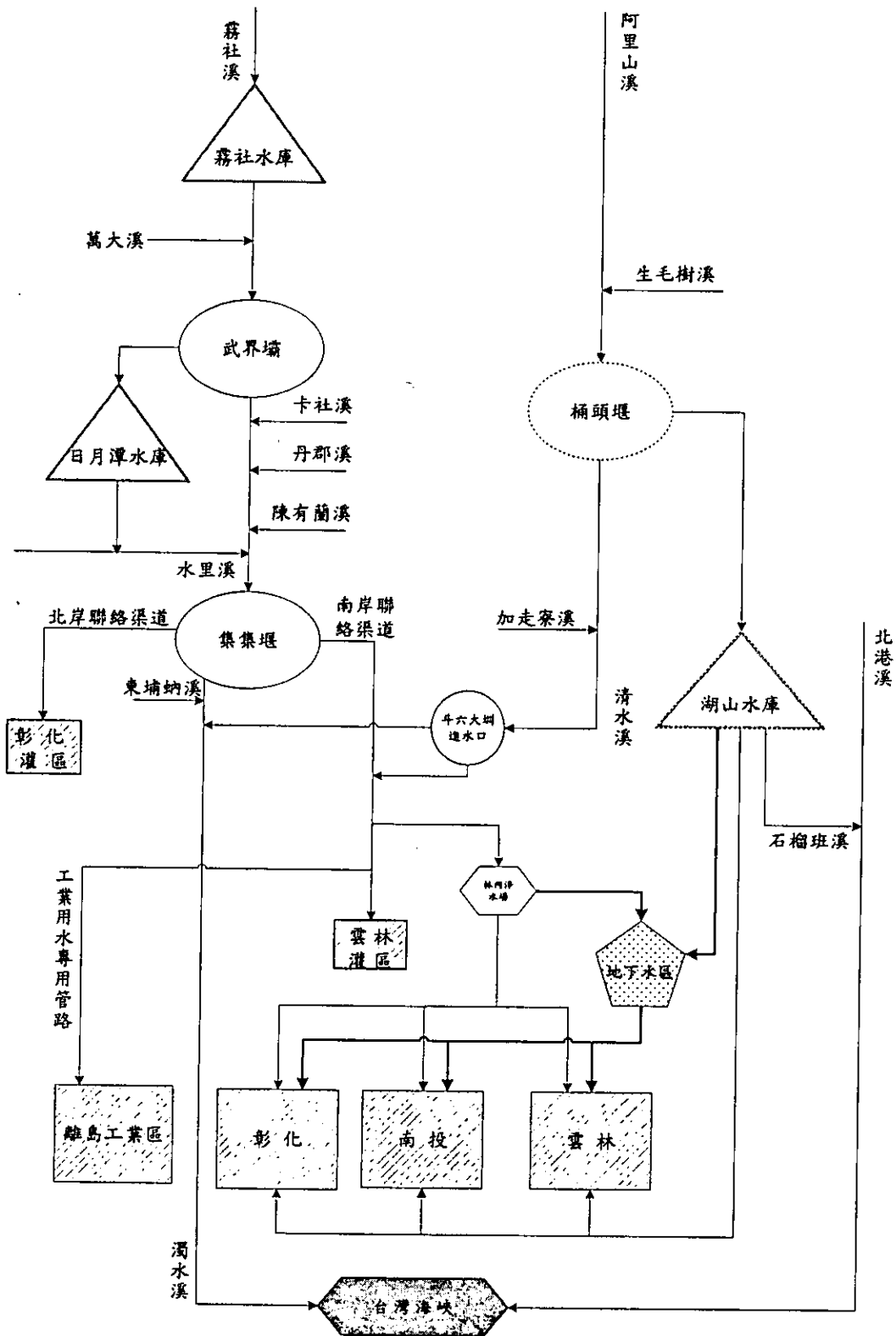


圖 5.1.1-1 濁水溪沖積扇水資源調配系統圖

5.1.2 水源運用原則

1、水庫操作方式

(1) 霧社水庫

1. 當水庫水位高於運轉規線時，在霧社水庫發生滿庫前，水庫之總放水量，應以不超過萬大電廠一、二號機所需之最大發電水量，但不致使武界壩發生溢流為原則。
2. 當水庫水位低於運轉規線時，霧社水庫之總放水量以當日（霧社溪）河川天然流量為原則；萬大電廠一、二號機則以集中於系統尖峰時段運轉。

根據「萬大發電廠霧社水庫操作原則」，平時水庫水位以保持 1004.6 公尺以下為原則，洪水時水庫水位以保持 1003 公尺以下為原則，超過此限盡量滿載發電將水位降至上述原則以下。

(2) 日月潭水庫

1. 當水庫水位高於運轉規線時，日月潭水庫之放水量，在不影響尖峰時段電力供應及河川下游標的用水量之情形下，酌量節制放水。
2. 當水庫水位低於運轉規線時，水庫以濁水溪在武界壩處之河川天然流量放水。

台電公司「濁水溪上游支流引水利用計畫可行性研究報告」所提及，每年第 1 旬至第 9 旬及第 28 旬至第 36 旬，優先滿足大觀及及鉅工兩電廠每日 24 小時，維持 5 萬千瓦霧社水庫作 AGC 運轉；每年第 10 旬至第 27 旬，優先滿足大觀及及鉅工兩電廠每日 6 小時尖峰滿載運轉，並維持 18 小時 5 萬千瓦出力之 AGC 運轉。將達成上述發電標的之用水量平均至全日，分別為 14.06cms 及 21.33cms。

(3) 湖山水庫

湖山水庫於可行性規劃階段雖已訂定規線，但有其配合條件，為避免干擾本計畫執行整體水資源之利用分析，暫不予操作。

2、集集攔河堰操作方式

根據集集堰運用要點（草案）中規定，攔河堰操作水位於枯水期（每年 10 月 1 日至次年 5 月 31 日止）可蓄水利用，豐水期（6 月 1 日至 9 月 30 日）則需開啟溢洪閘門不蓄水。

3、水源水量運用順序

- (1) 清水溪川流水
- (2) 集集堰川流水
- (3) 集集堰蓄水
- (4) 湖山水庫蓄水

4、集集共同引水計畫各標的之水權順序

- (1) 生態基流量：0.6CMS。
- (2) 自來水公司優先引取清水溪水源 10 萬 CMD。
- (3) 農業用水：包括台灣省彰化農田水利會灌區、台灣省雲林農田水利會灌區、八卦山旱灌用水。
- (4) 工業用水：雲林離島式基礎工業區（民國 108 年，每日 86 萬立方公尺）。
- (5) 扣除 10 萬 CMD 優先取水後之公共給水。

5.2 地表地下水聯合模擬模式建立

本計畫所應用之水源調配模式是以線性規劃為計算核心模擬分析水資源調配情況，當地表地下水資源概念模式建構完成後，即可根據水資源調配系統圖、水源運用原則及各種限制條件進一步建構實際模擬之網流系統、目標函數及相關限制式。

5.2.1 模擬網流系統及變數定義

根據圖 5.1.1-1，可進一步建構濁水溪沖積扇水資源網流系統，如圖 5.2.1-1 所示。

圖 5.2.1-1 中各變數之定義如下：

$I_{cs1}(t)$ ：霧社水庫入流量。

$I_{c1}(t)$ ：萬大溪流量。

$I_{c2}(t)$ ：(卡社溪+丹郡溪+陳有蘭溪) 流量。

$I_{c3}(t)$ ：桶頭堰址流量。

$I_{c4}(t)$ ：加走寮溪流量。

$d_{ci}(t)$ ($i=1\sim4$)：各堰壩、取水口引水量。

$R_{ci}(t)$ ($i=1\sim9$)：各河段之川流量。

$u_{ci}(t)$ ($i=1\sim10$)：公共用水供水量。

D_{ci} ($i=1\sim4$)：公共用水需水量。

$D_{gw}(t)$ ：地下水為恢復至安全出水量之水位所需補注之水量。

$D_{1.16cms}$ ：自來水公司優先引取清水溪水源 10 萬 CMD。

$A_{ci}(t)$ ($i=1\sim2$)：各灌區農業計畫用水量。

$a_{ci}(t)$ ($i=1\sim2$)：各灌區農業實際用水量。

$AR_{ci}(t)$ ($i=1\sim2$)：地下水補注量。

$P_{ci}(t)$ ($i=1\sim3$)：地下水抽水量。

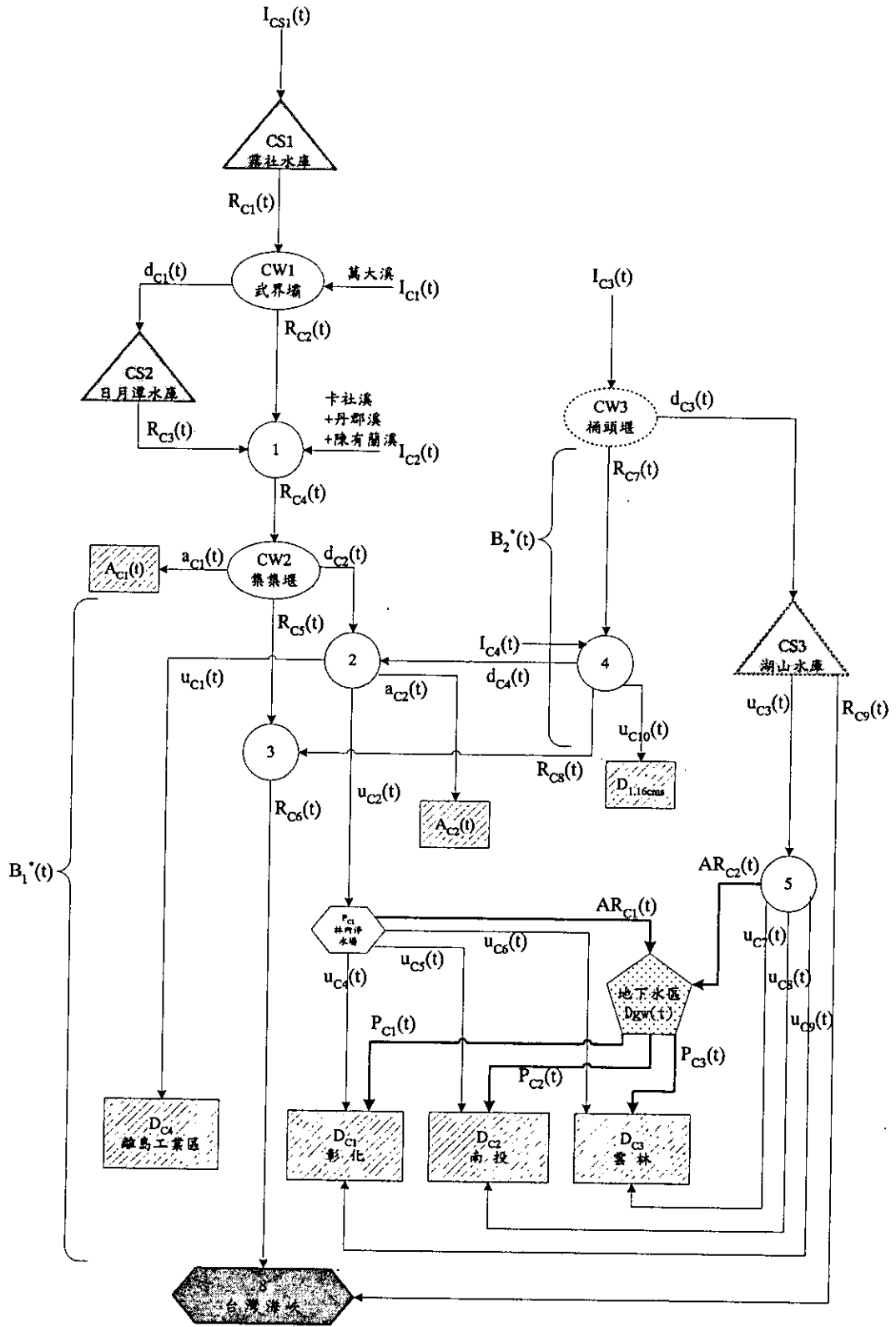


圖 5.2.1-1 濁水溪沖積扇水資源網流系統圖

5.2.2 模擬模式模擬原則及模式演算流程

1、模擬原則

- (1) 模擬時間為民國 48 年至 89 年，共 42 年，採旬操作。
- (2) 所有已知量包括公共用水需水量、生態基流量、入流量及農業計畫需水量等皆需先行求得。
- (3) 各標的滿足之優先順序根據集集共同引水計畫各標的之水權順位依序為：1.自來水公司優先引取清水溪水源每日 10 萬立方公尺，2.彰化、雲林灌區農業計畫用水量，3.離島工業區工業用水需水量，4.扣除自來水公司優先引取清水溪水源每日 10 萬立方公尺後之公共用水需水量。
- (4) 霧社水庫與日月潭水庫依據其發電用運轉規線操作放水。
- (5) 集集攔河堰在枯水期（每年 10 月 1 日至次年 5 月 31 日止）時可蓄水利用。
- (6) 線性規劃模式主要計算之變量為各農業用水供水量、公共用水供水量、河川川流量。

2、演算流程

本計畫整合模擬及線性規劃模式進行水資源調配之演算，模式演算步驟如下：

- (1) 輸入程式模擬所需相關資料，例如各流量資料、各水庫之基本資料、各需求節點之計畫需水量...等。
- (2) 計算 t 時刻水庫之蓄水體積(放水前)。
- (3) 以線性規劃模式計算 t 時刻各標的之配水量即農業用水供水、公共用水供水量、各河川川流量及水庫 $t+1$ 時刻之蓄水體積(放水後)。

- (4) 判斷是否已完成模擬時間，若是則進行到第 5 步驟，如果還未完成模擬時間則回到第 2 步驟，重複上述步驟 2-3 之計算，直到完成模擬時間。
- (5) 判斷各時刻公共用水需水量是否已滿足，若是則進行到第 6 步驟，若公共用水尚有缺水，則由地下水抽水供給。
- (6) 輸出相關結果。

模式演算流程如圖 5.2.2-1 所示。

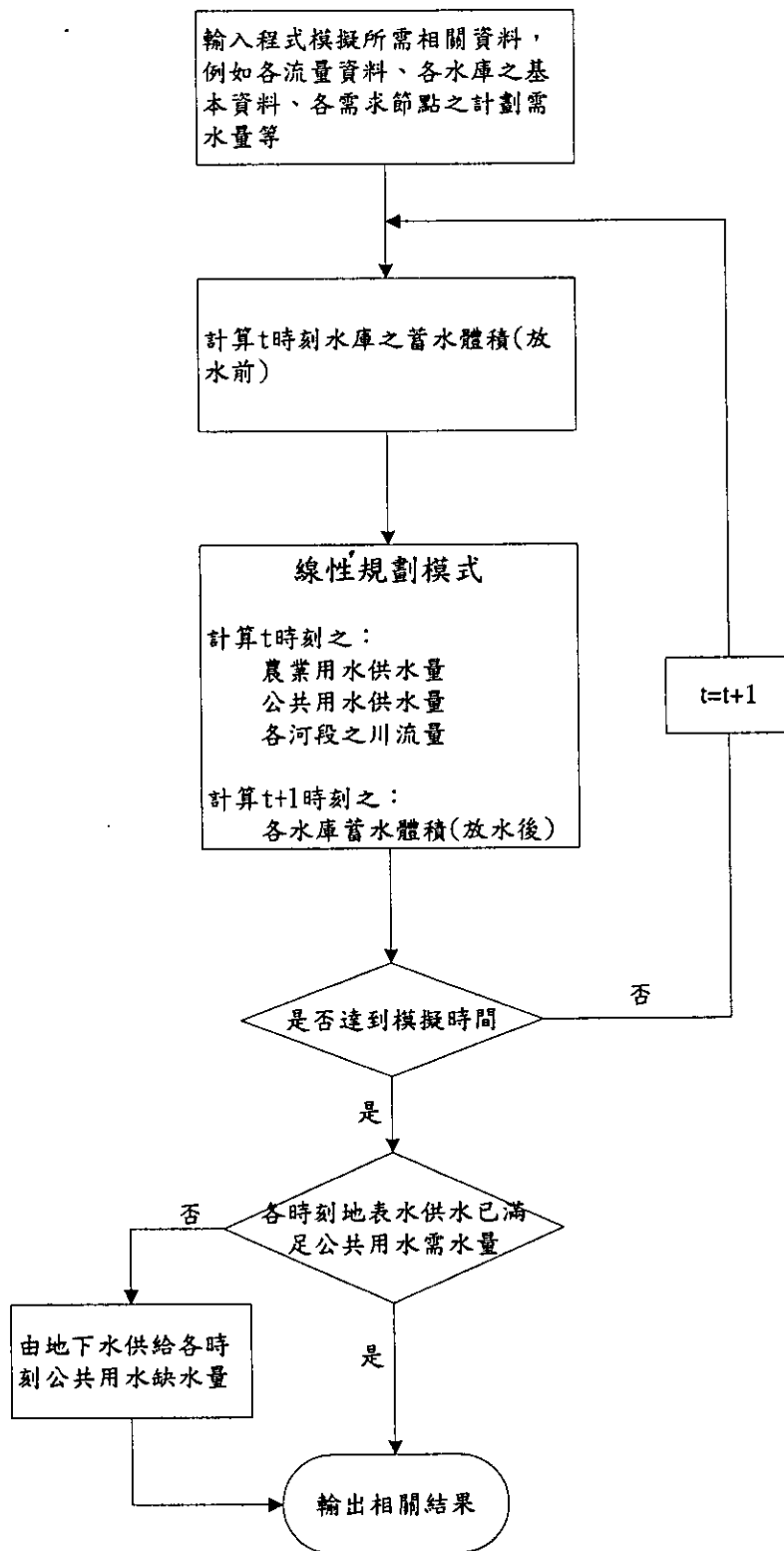


圖 5.2.2-1 濁水溪沖積扇地表地下水聯合模擬模式演算流程圖

5.2.3 線性規劃模式

由前述及圖 5.2.1-1 可知線性規劃為模擬模式分配水量計算的演算核心，以下將進一步針對濁水溪沖積扇水源調配的線性規劃模式說明。

1、已知值

$S_{csi}(t)$ ($i=1\sim3$): 各水庫 t 時刻之蓄水體積。

$S_{cw1}(t)$: 集集堰 t 時刻之蓄水體積。

$I_{cs1}(t)$: 霧社水庫入流量。

$I_{c1}(t)$: 萬大溪流量。

$I_{c2}(t)$: (卡社溪+丹郡溪+陳有蘭溪) 流量。

$I_{c3}(t)$: 桶頭堰址流量。

$I_{c4}(t)$: 加走寮溪流量。

D_{ci} ($i=1\sim4$): 公共用水需水量。

$D_{gw}(t)$: 地下水為恢復至安全出水量之水位所需補注之水量。

$D_{1.16cms}$: 自來水公司優先引取清水溪水源 10 萬 CMD。

$A_{ci}(t)$ ($i=1\sim2$): 各灌區農業計畫需水量。

d_{c1max} : 武界隧道容量限制，41.13CMS。

d_{c2max} : 集集堰南岸進水口最大取水量，108CMS。

d_{c3max} : 集集堰北岸進水口最大取水量，77CMS。

d_{c4max} : 桶頭堰最大引水量，20CMS。

d_{c5max} : 斗六大圳進水口最大引水量，20CMS。

C_{CP1} : 林內淨水場最大處理容量，20 萬 CMD。

B_1 : 集集堰發生機率 95% 之河川流量，0.6CMS。

$B_2(t)$: 桶頭堰址下游保留水量。

$B_1^*(t)$: 修正後集集堰下游保留水量 = $\text{Min}\{(I_{cs1}(t)+I_{c1}(t)+I_{c2}(t)), B_1\}$

$B_2^*(t)$ ：修正後桶頭堰址下游保留水量= $\text{Min}\{I_{C3}(t), B_2(t)\}$

2、變數

$d_{ci}(t)$ ($i=1\sim 4$)：各堰壩、取水口引水量。

$R_{ci}(t)$ ($i=1\sim 9$)：各河段之川流量。

$u_{ci}(t)$ ($i=1\sim 10$)：公共用水供水量。

$a_{ci}(t)$ ($i=1\sim 2$)：各灌區農業實際用水量。

$AR_{Ci}(t)$ ($i=1\sim 2$)：地下水補注量。

$P_{ci}(t)$ ($i=1\sim 3$)：地下水抽水量。

3、目標函數

本計畫區域之目標函數如下：

$$\text{Min}\{w_1[D_{1.16\text{cms}}-u_{c10}(t)]+w_2[X_{C1}+X_{C2}]+w_3X_{C3}+w_4[X_{C4}+X_{C5}+X_{C6}] \\ +w_5X_{C7}+w_6[R_{c6}(t)+R_{c12}(t)]+w_7u_{c3}(t)\}$$

X_{C1} ：彰化灌區缺水水量= $A_{c1}(t)-a_{c1}(t)$

X_{C2} ：雲林灌區缺水水量= $A_{c2}(t)-a_{c2}(t)$

X_{C3} ：離島工業區缺水水量= $D_{c4}-u_{c1}(t)$

X_{C4} ：彰化地區公共用水缺水水量= $D_{c1}-u_{c4}(t)-u_{c9}(t)$

X_{C5} ：南投地區公共用水缺水水量= $D_{c2}-u_{c5}(t)-u_{c8}(t)$

X_{C6} ：雲林地區扣除 $D_{1.16\text{cms}}$ 後之公共用水缺水水量= $D'_{c3}-u_{c6}(t)-u_{c7}(t)$

D'_{c3} ：雲林地區扣除 $D_{1.16\text{cms}}$ 後之公共用水需水量

X_{C7} ：地下水區超抽水量= $D_{\text{gw}}(t)-AR_{c1}(t)-AR_{c2}(t)$

w_i ($i=1\sim 7$)：各項次之權重，其大小順序如下

$$w_1 > w_2 > w_3 > w_4 > w_5 > w_6 > w_7$$

權重的大小即代表各標的之滿足優先順序。

目標函數各項次之設計為各標的實際供水與其對應需求之差

值，而對目標函數最小化之目的是為使整體水資源調配能更合理更有效率，加入 $w_5 X_{C7}$ 是為了當地下水處於超量抽水時，地表水在滿足各項標的需水量後能對地下水作補注，以減輕地下水超抽情形；加入 $w_6 [R_{c6}(t)+R_{c12}(t)]$ 是為使溢流量最小；而加入 $w_7 u_{c3}(t)$ 則是為了符合濁水溪流域之水源水量運用順序，優先使用清水溪川流水，再來依序使用集集堰川流水、集集堰蓄水，最後才使用湖山水庫蓄水。

4、限制式

(1) 各節點之質量平衡方程式

$$\text{節點 CS1 : } S_{cs1}(t+1) = S_{cs1}(t) + I_{cs1}(t) - R_{c1}(t)$$

$$\text{節點 CW1 : } I_{c1}(t) + R_{c1}(t) = d_{c1}(t) + R_{c2}(t)$$

$$\text{節點 CS2 : } S_{cs2}(t+1) = S_{cs2}(t) + d_{c1}(t) - R_{c3}(t)$$

$$\text{節點 1 : } I_{c2}(t) + R_{c2}(t) + R_{c3}(t) = R_{c4}(t)$$

$$\text{節點 CW2 : } S_{cw2}(t+1) = S_{cw2}(t) + R_{c4}(t) - a_{c1}(t) - d_{c2}(t) - R_{c5}(t)$$

$$\text{節點 2 : } d_{c2}(t) + d_{c4}(t) = u_{c1}(t) + u_{c2}(t) + a_{c2}(t)$$

$$\text{節點 3 : } R_{c5}(t) + R_{c8}(t) = R_{c6}(t)$$

$$\text{節點 CW3 : } I_{c3}(t) = d_{c3}(t) + R_{c7}(t)$$

$$\text{節點 4 : } I_{c4}(t) + R_{c7}(t) = R_{c8}(t) + d_{c4}(t) + u_{c10}(t)$$

$$\text{節點 CS3 : } S_{cs3}(t+1) = S_{cs3}(t) + d_{c3}(t) - R_{c9}(t) - u_{c3}(t)$$

$$\text{節點 5 : } u_{c3}(t) = u_{c7}(t) + u_{c8}(t) + u_{c9}(t) + AR_2(t)$$

$$\text{節點 CP1 : } u_{c2}(t) = u_{c4}(t) + u_{c5}(t) + u_{c6}(t) + AR_1(t)$$

(2) 其他限制條件

$$57880000 \leq S_{cs1}(t+1) \leq 145000000$$

$$21050000 \leq S_{cs2}(t+1) \leq 171600000$$

$$1290000 \leq S_{cs3}(t+1) \leq 53470000$$

$$4430000 \leq S_{cw2}(t+1) \leq 14480000$$

$$d_{c1}(t) \leq d_{c1max}$$

$$d_{c2}(t) \leq d_{c2max}$$

$$a_{c1}(t) \leq d_{c3max}$$

$$d_{c3}(t) \leq d_{c4max}$$

$$d_{c4}(t) \leq d_{c5max}$$

$$u_{c2}(t) \leq C_{CP1}$$

$$R_{ci}(t) \geq 0 \quad (i=1\sim 9)$$

$$R_{c5}(t) \geq B_1^*(t)$$

$$R_{c7}(t) \geq B_2^*(t)$$

$$AR_{ci}(t) \geq 0 \quad (i=1\sim 2)$$

5.3 地表地下最佳潛能模式發展及簡例應用

5.3.1 模擬原則及模式演算流程

水源運用一般而言皆在滿足各標的用水需求，然而水文條件有不確定性，流量有豐枯之分，長期而言各標的用水均可能發生缺水，因此需有評估標準以做為分析水資源系統供水能力評估的基準。本計畫仍沿用以往常用之以公共用水年缺水指數為 1.0 的情況下分析公共用水之供水潛能，缺水指數定義如下：

$$SI = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{S_i}{D_i} \right)^2$$

SI：缺水指數

S：缺水量

D：需水量

N：分析時數

由 5.2 節的圖 5.2-2 模式演算流程可知，水源運用原則是先使用地表水供水，若未能滿足公共用水需求再由地下水抽水供應，而地下水的使用則必須視 3.3 節所求之現況抽水量及 3.4 節所定義之安全出水量而予與抽水或補注。

當現況抽水量大於安全出水量則表示該時刻之地下水使用情形屬於超量抽用，此時地下水不能再抽水使用並且需要地表水系統對其補注，在不影響地表水系統供給各需求標的的前提下，多餘之地表水源盡量補注到地下水區以減輕地下水超量抽用的情形。而當現況抽水量小於安全出水量則表示該時刻之地下水使用量仍在安全出水量之內，地下水尚有安全出水量與現況抽水量的差值可供使用，若此刻地表水系統無法滿足公共用水需求，則可抽用地下水供給。

本計畫在不加重地下水超量抽用情形，並以安全出水量為基準由

地表系統適量補注地下水區的原則下，分析濁水溪沖積扇地表地下供水潛能，演算步驟如下：

1. 為配合地表水系統以旬操作模擬，必須先將 3.3 節所求之現況抽水量及 3.4 節所定義之安全出水量處理成旬資料。

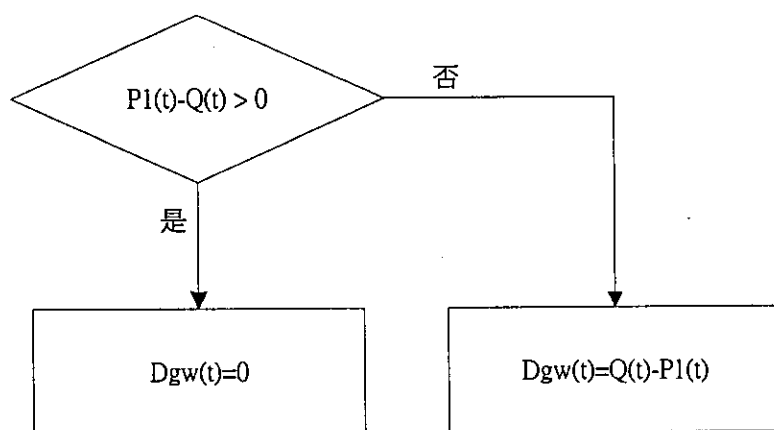
$Q(t)$ ：現況抽水量， $t=1\sim 1512$ (旬)

$P1(t)$ ：安全出水量， $t=1\sim 1512$ (旬)

$P1(t)-Q(t)>0$ ：該旬地下水抽水量低於安全抽水量，尚有 $P1(t)-Q(t)$ 之地下水量可供利用。

$P1(t)-Q(t)<0$ ：該旬地下水抽水量已超量抽用，地表水系統需對地下水區補注。

2. 決定各旬地下水所需補注之標的量 ($D_{gw}(t)$)：



註：

(1) $D_{gw}(t)$ 在線性規劃中代表一地下水補注需求量，當各需求標的滿足後，多餘之地表水源才會對此進行補注。

(2) 當 $P1(t)-Q(t)>0$ 時， $D_{gw}(t)=0$ ，表示該時刻地表水系統不對地下水做補注，而 $P1(t)-Q(t)$ 之地下水量仍可提供系統需求。

(3) 當 $P1(t)-Q(t)<0$ 時， $D_{gw}(t)=Q(t) - P1(t)$ ，表示該時刻地表水系統需對地下水做補注，且 $Q(t) - P1(t)$ 為補注之標的量亦即為補注之上限。

3. 假設一系統之公共用水旬潛能量 D_{sys} 。

4. 將 D_{sys} 依比例分配至各公共用水需求節點。

$$D_{C1} = W_{C1} * D_{sys}$$

$$D_{C2} = W_{C2} * D_{sys}$$

$$D_{C3} = W_{C3} * D_{sys}$$

註： W_{C1} 、 W_{C2} 、 W_{C3} 是以所選定目標年之各地區需求量按比例而定。

5. 依據 5.2 節地表地下水聯合模擬模式演算流程(1)~(4)，計算各旬公共用水供水量。

6. 計算各旬公共用水總缺水量 ($SH_{sys}(t)$)。

7. 視地下水供水情形而定，修正各旬公共用水總缺水量 ($SH'_{sys}(t)$)。

8. 計算公共用水年缺水指標 (SI)。

9. 判斷 SI 是否等於 1.0，若是則進行步驟 10，若否則回到 3，重複 3~8 直到 $SI=1.0$ 為止。

10. 求得系統之旬潛能量 D_{sys} 。

濁水溪沖積扇潛能模式演算流程如圖 5.3.1-1 所示。

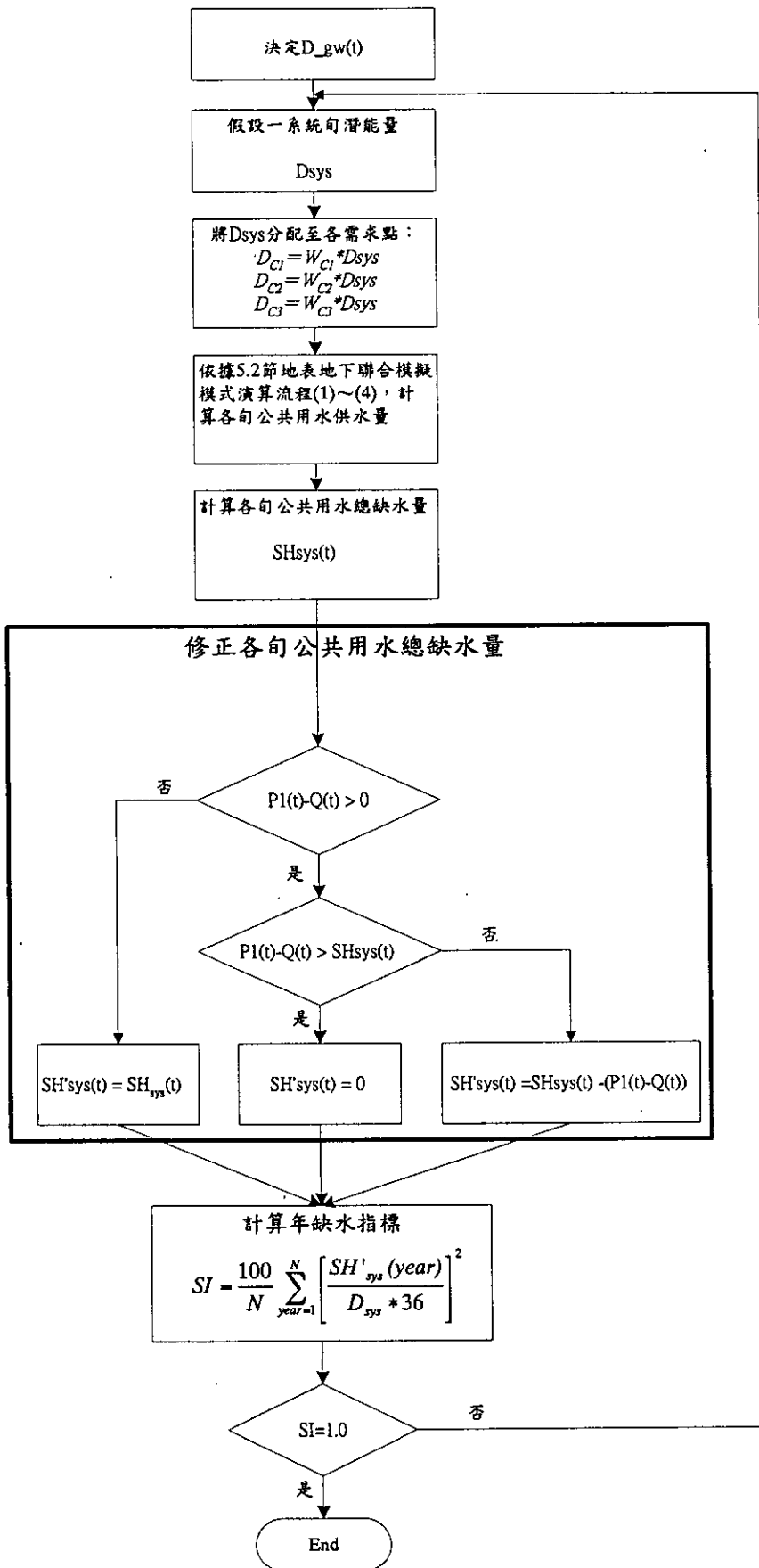


圖 5.3.1-1 濁水溪沖積扇潛能模式演算流程圖

5.3.2 水源供水潛能分析

本計畫為考量地表水由不同節點對地下水區補注所造成之差異，故在濁水溪沖積扇地表地下聯合供水潛能分析中設計 4 種可能方案進行探討，並與方案 5（僅考慮地表系統）之供水潛能量比較，另外亦考量因目標年不同而使各地區需求量之分配比例權重改變對模式之影響，在此以民國 91 年與民國 110 年兩種情形進行比較。模擬結果可參考表 5.3.2-1。

由表 5.3.2-1 可發現以民國 91 年及民國 110 年各地區之公共用水需求量為分配比例權重進行各方案之供水潛能分析其結果均相同，這是因為南投、彰化、雲林之分配比例權重民國 91 年分別為 0.15、0.58、0.27，民國 110 年分別為 0.14、0.58、0.28，兩者相差甚小，故不易對模式造成影響。但地表水由不同的水工結構物對地下水區補注則對系統之潛能量與補注量有相當程度的影響，對於補注量而言，方案 1 之補注量最大，這是因為可用於補注之水源涵蓋濁水溪本流及清水溪，且當公共用水滿足後，湖山水庫之蓄水量亦可補注地下水區，而方案 2 可用來補注之水源僅限於桶頭堰址上游水源，既使濁水溪本流有多餘的地表水源亦無法用來補注地下水區，故而補注量最小；對於潛能量而言，方案 1 與方案 2 均可使用湖山水庫蓄水進行補注，如此會使水庫蓄豐濟枯之功能大大降低，而方案 3 亦會影響集集堰枯水期蓄水功能（根據集集堰運用要點草案中規定，攔河堰操作水位於枯水期(每年 10 月 1 日至次年 5 月 31 日止)可蓄水利用)，且沖積扇內地下水超抽情形嚴重，所需補注之地下水量極大，故 3 個方案之供水潛能量均低於方案 5（僅考慮地表系統）之供水潛能量，至於方案 4 則是地表水源不對地下水區進行補注，雖然供水潛能量為 5 個方案中最大，但卻會使地下水超量抽用情形日益加重。

表 5.3.2-1 濁水溪沖積扇地表地下聯合供水潛能分析成果表

單位：萬立方公尺/年

可能方案	以民國 91 年各地區之公共用水 需求量为分配比例權重				以民國 110 年各地區之公共用水 需求量为分配比例權重				
	公共用水潛能 量	補注量	聯合營運後 地下水超抽水 量	公共用水潛能 量	補注量	聯合營運後 地下水超抽水 量	公共用水潛能 量	補注量	聯合營運後 地下水超抽水 量
1.從湖山水庫與林內淨 水場補注	16812	10664	1084	16812	1084	1084	16812	1084	1084
2.從湖山水庫補注	15984	6290	6458	15984	6290	6458	15984	6290	6458
3.從林內淨水場補注	23148	8192	4556	23148	8192	4556	23148	8192	4556
4.地表系統不對地下水 補注	26964	0	12748	26964	0	12748	26964	0	12748
5.僅考慮地表系統	25632	-	-	25632	-	-	25632	-	-

地表地下聯合營運

5.4 地表地下水整體最佳潛能及其對應之抽水/補注分區與抽水型態計算

目前濁水溪沖積扇之水井數目已超過數萬口，由於地下水使用不當及管理紊亂引發地層下陷多年，至今仍未終止，為防止地層下陷的情形日益嚴重，部分地區已列為地下水管制區（參考圖 5.4-1），管制區中之抽水井均予與封井不再抽水使用，如此一來管制區內之水源必定短缺，為此需尋找替代水源來供給管制區內封井後之減抽水量。

管制區中封井後之減抽水量可分為 3 部分（參考表 5.4-1），1.彰化灌區農業用水減抽水量，2.雲林灌區農業用水減抽水量，3.公共用水減抽水量，對於彰化、雲林灌區農業用水減抽水量本模式是以地表水灌溉系統供給，亦即在線性規劃模式中將 2 灌區之減抽水量分別加入彰化、雲林灌區之農業計畫用水量，因線性規劃模式之目標函數已定義農業需水量必須優先滿足，故地表水源會對 2 灌區之農業用水減抽水量優先供水；而對於公共用水減抽水量則以地表水先供應，不足時再由管制區外新增之地下水井抽水供應，若有餘額亦可以管制區外新增之地下水井補注地下水區，模式演算步驟如下：

1. 計算管制區內彰化、雲林灌區農業用水減抽水量及公共用水減抽水量。

$A_{add1}(t)$ ：彰化灌區農業用水減抽水量， $t=1\sim 1512$ (旬)

$A_{add2}(t)$ ：雲林灌區農業用水減抽水量， $t=1\sim 1512$ (旬)

$D_{add}(t)$ ：旬公共用水減抽水量， $t=1\sim 1512$ (旬)

$D_{add}(i)$ ：月公共用水減抽水量， $i=1\sim 12$ (月)

2. 修正現況抽水量。

$$Q'(t) = Q(t) - [A_{add1}(t) + A_{add2}(t) + D_{add}(t)]$$



圖 5.4-1 濁水溪沖積扇地下水管制區位置分佈圖

3. 以 5.3 節濁水溪沖積扇潛能模式求得年缺水指標等於 1.0 之公共用水潛能量 (D_{sys})。

模式中需修改處：

- (1) 令 $D_{gw}(t)=0$ ，潛能模式中地表水系統不對地下水區補注。
 - (2) 將 $A_{add1}(t)$ 、 $A_{add2}(t)$ 分別加入彰化、雲林灌區農業計畫需水量。
 - (3) 現況抽水量 ($Q(t)$) 以修正後現況抽水量 $Q'(t)$ 取代。
4. 將公共用水潛能量與所選定目標年之公共用水需水量 (D_{year}) 相減，求出在滿足公共用水需水量後系統剩餘之可利用水量 (D_{revise})。
5. 以系統剩餘之可利用水量供給公共用水減抽水量，若能滿足則多餘之水量可補注地下水，若不能滿足則需由管制區外新增之地下水井抽水供應。
6. 以 GA 優選管制區外可設井位進行抽水或補注。

表 5.4-1 地下水管制區減抽水量一覽表

單位：萬立方公尺

月	農業用水減抽水量		公共用水減抽水量
	彰化灌區	雲林灌區	
1	400	2272	249
2	373	2063	225
3	400	2283	249
4	400	2257	241
5	400	2385	249
6	400	2309	241
7	400	2762	249
8	400	2762	249
9	400	2680	241
10	413	2762	249
11	413	2494	241
12	413	2569	249

演算流程如圖 5.4-2 所示。

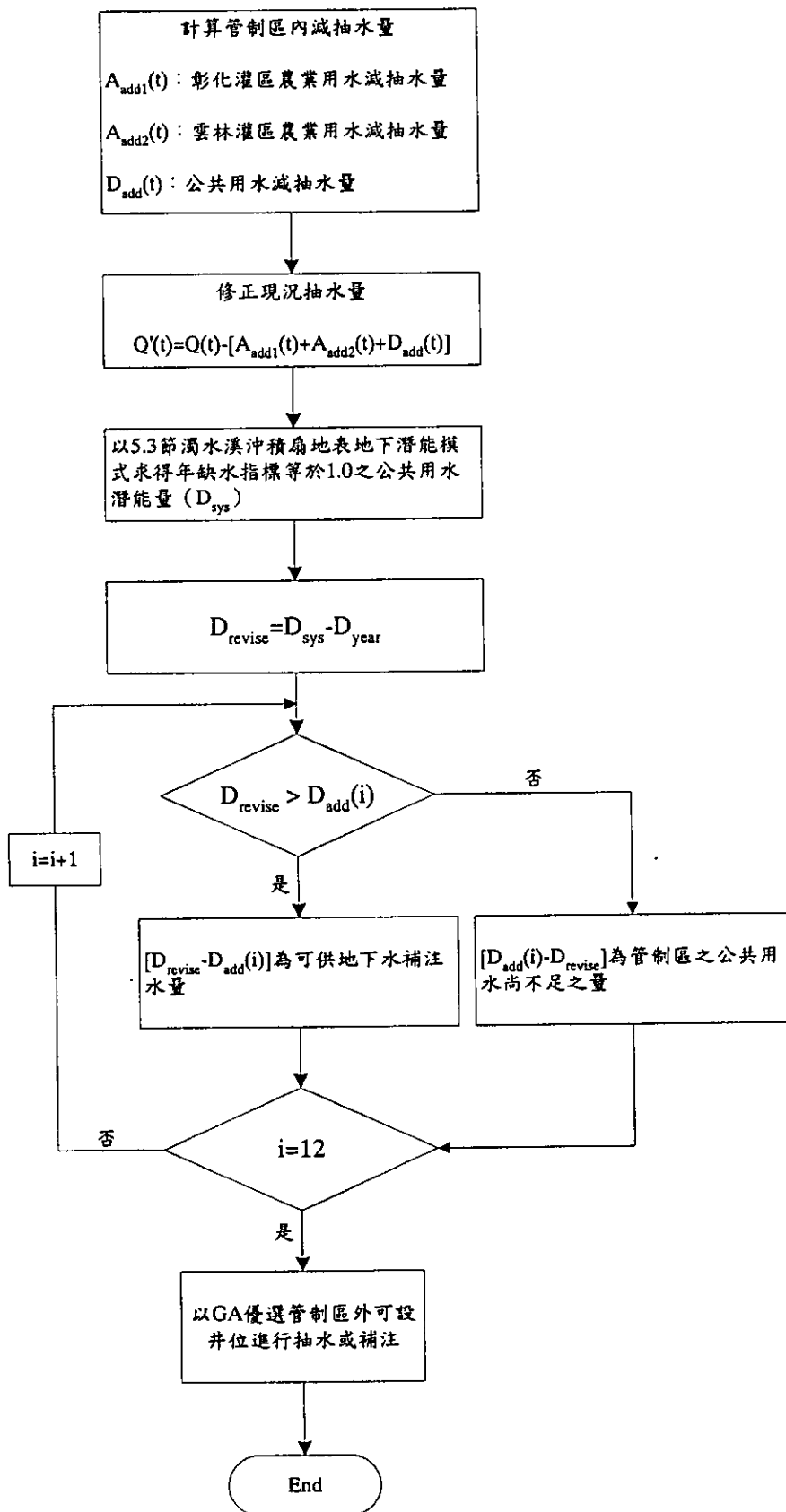


圖 5.4-2 模式演算流程圖

濁水溪沖積扇民國 110 年地下水可抽補水量如表 5.4-2 所示，由表分析得知，地下水每個月均需抽水來供應地表水不足之量，依據此水量變化進行 GA 優選可設井位之抽水。抽水井井位之設置需考慮設置在管制區外，且必須設置在淨水廠附近以減低管線建構成本。優選結果之最佳候選井位如圖 5.4-3 所示，共有候選井 336 口。

表 5.4-2 民國 110 年地下水可抽補水量一覽表

單位：萬立方公尺

月	地下水可抽補水量
1	-1470.79
2	-1033.06
3	-1470.79
4	-1324.88
5	-1470.79
6	-1324.88
7	-1470.79
8	-1470.79
9	-1324.88
10	-1470.79
11	-1324.88
12	-1470.79

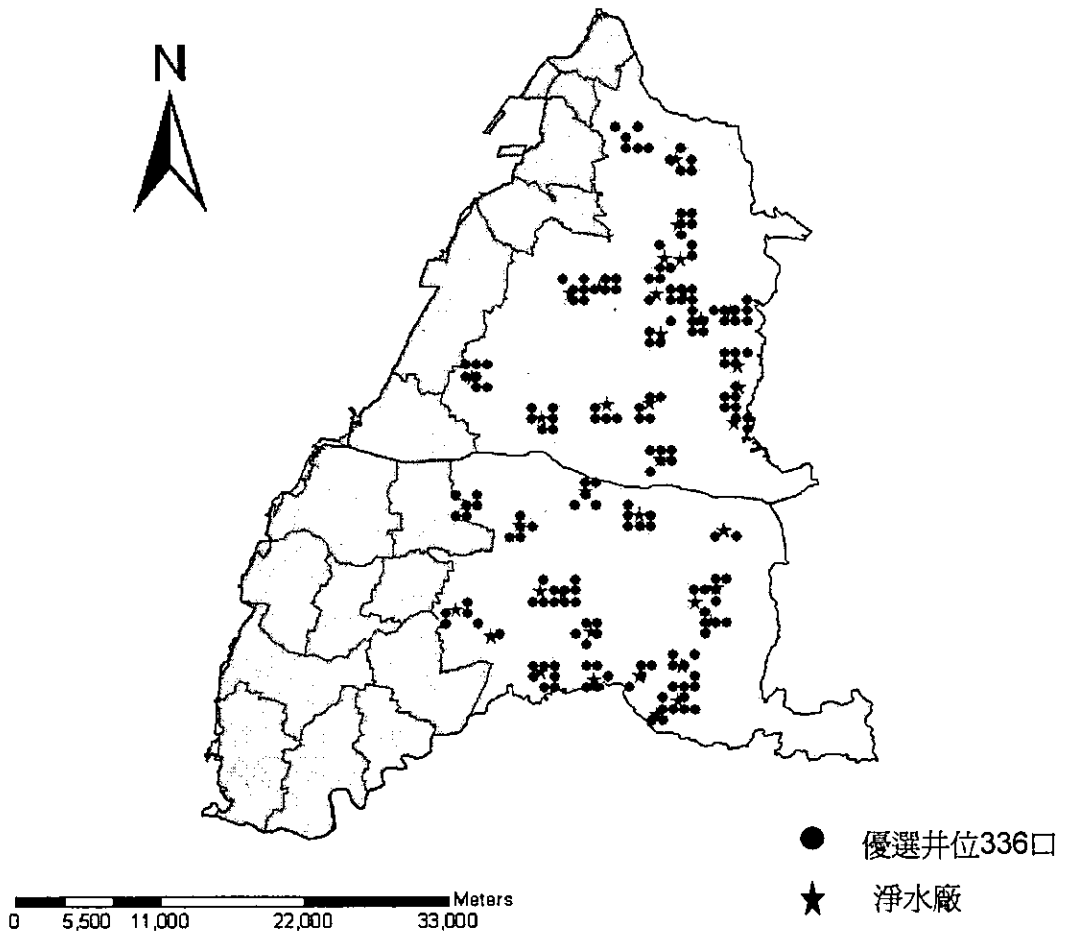


圖 5.4-3 優選之最佳候選井位

第六章 參考文獻

1. 土木科技研究發展文教基金會，「地層下陷防治推動綜合計畫子計畫九—雲嘉地區安全出水量之估算」，前經濟部水資源局，1997。
2. 大陸水利電力部水文局，「中國水資源評價」，1986。
3. 中央地質調查所，「台灣地區地下水觀測網第一期計畫-濁水溪沖積扇水文地質調查研究總報告」，前經濟部水資源局，1999。
5. 中國農業工程學會，「台灣地區地下水濁水溪沖積扇」，前經濟部水資源局，1999。
6. 中國農業工程學會，彙編「台灣地區地下水-濁水溪沖積扇篇」，經濟部水資局，1999。
7. 中興工程顧問公司，「濁水溪沖積扇地表地下水聯合運用」，台灣省水利處，1997。
8. 中興工程顧問公司，「濁水溪沖積扇地下水人工補注計畫規劃報告」，台灣省政府水利處，1997。
9. 中興工程，「濁水溪沖積扇地表地下水聯合運用第二階段—濁水溪沖積扇地下水人工補注計畫規劃報告」，經濟部水利處，1998。
10. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」，前經濟部水資源局，1999。
11. 台糖公司新營總廠地下水開發保育中心，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」觀測井建置及相關試驗，前經濟部水資源局，1999。
12. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十六年度子計劃報告」地下水觀測站井管理維護手冊，前經濟部水資源局，1997。
13. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十六

- 年度子計劃報告」觀測井建置及相關試驗，前經濟部水資源局，1997。
14. 台糖公司新營總廠，「台灣地區地下水觀測網水質調查分析及指標井選定研究成果報告」，前經濟部水資源局，1999。
 15. 台糖公司新營總廠，「台灣地區地下水觀測網水質監測調查分析(2/5)」，前經濟部水資源局，2000。
 16. 台糖公司新營總廠，「台灣地區地下水觀測網水質監測調查分析(3/5)」，前經濟部水資源局，2001。
 17. 沈向白，「濁水溪沖積扇地區地下水資源調查(含彰化縣、雲林縣)」，台灣省水利局，1991。
 19. 林再興、陳時祖、李振誥，「地層下陷防治推動綜合計畫子計畫四—彰化地層下陷區地下水入滲補注及安全出水量之評估」，前經濟部水資源局，1998。
 21. 姜儷安、歐陽湘，「雲林地區地下水與水平衡初步分析」，濁水溪沖積扇地下水及水文地質研討會論文集，1996。
 22. 能邦科技顧問公司，「台灣地下水補注量估算」，前經濟部水資源局，2000。
 24. 張誠信，「雲林地區地下水流三維數值模擬」，台灣大學農業工程研究所碩士論文，1996。
 25. 張良正，「屏東地區地下水補注量推估(一)」，前經濟部水資源局，1998。
 26. 張良正，「台灣地區地下水觀測網水質調查分析及指標井選定研究成果報告(3/3) —子題四：屏東平原補注量推估及調查」，前經濟部水資源局，1999。
 27. 陳尚、李德滋，「以土壤水份當量推算水稻田灌溉需水量之研究」，

農工學報第 10 卷第 4 期，p15~40，1964。

28. 國立交通大學防災中心，「區域性地下水文特性分析-濁水溪沖積扇」，前經濟部水資源局，2000。
29. 國立台灣大學土木研究所，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十六年度子計劃報告-濁水溪沖積扇扇頂平原地區地表垂向補注量估計」，台灣省水利處，1997。
30. 國立交通大學，經濟部水利司，「區域性地下水觀測站網檢討(II)—八十五年度年度報告」，前經濟部水資源局，1996。
31. 國立交通大學，「區域性地下水觀測站網檢討(III)—八十六年度期末報告」，前經濟部水資源局，1997。
32. 葉文工，「台灣沿海地區地下水超抽改善方案研擬與評估(II)」，前經濟部水資源局，1998。
33. 經濟部水資源統一規劃委員會，「台灣地區地下水資源」，1992
34. 農業工程研究中心，「濁水溪沖積扇地下水補注區之劃定及保育原則之研究」，前經濟部水資源局，2000。
35. 劉聰桂，「台灣地區地下水觀測網第一期計劃八十五年度子計畫報告地下水定年分析研究」，前經濟部水資源局，1996。
36. 劉聰桂，「台灣地區地下水觀測網第一期計劃八十五年度子計畫報告地下水定年分析研究」，前經濟部水資源局，1996。
38. 簡錦樹，「濁水溪沖積扇地表地質材料粒徑分析及現地入滲試驗研究」，經濟部中央地質調查所，1991。
39. 前經濟部水資源局，「台灣地區中部區域水資源綜合發展計畫」，民國 88 年 6 月。
40. 經濟部水利處，「濁水溪沖積扇地表地下水聯合運用第三階段-濁水溪沖積扇地表地下水聯合營運規劃報告」，民國 90 年 3 月。

41.經濟部水利署水利規劃試驗所，「草嶺堰塞湖長期水資源規劃-草嶺堰塞湖水資源運用分析專題報告」，民國91年6月。

地下水資源整體營運規劃與綜合評估

子題二、嘉南平原

目錄

目錄.....	I
表目錄.....	V
圖目錄.....	VI
第一章 嘉南平原背景介紹.....	1-1
1.1 地表水.....	1-1
1.1.1 地理環境.....	1-1
1.1.2 氣象.....	1-3
1.1.3 基本資料調查蒐集.....	1-4
1.2 地下水.....	1-18
1.2.1 水文地質架構.....	1-18
1.2.2 補注量推估.....	1-25
1.2.3 地下水開發.....	1-27
1.2.4 地下水水質.....	1-27
第二章 地下水資源調查.....	2-1
2.1 基本資料及數化圖層收集.....	2-1
2.2 地下水補注量推估.....	2-8
2.3 水收支平衡法.....	2-28
第三章 地下水質分析.....	3-1
3.1 地下水背景水質分析.....	3-1
3.2 地下水水質變化趨勢探討.....	3-1
第四章 單目標地表地下最佳潛能模式發展.....	4-1
4.1 地表地下水資源概念模式建立.....	4-36

表目錄

表 1.1.3-1 嘉南平原現有及未來可能開發水庫一覽表(1/2).....	1-6
表 1.1.3-1 嘉南平原現有及未來可能開發水庫一覽表(2/2).....	1-8
表 1.1.3-2 嘉南平原現有及未來可能開發堰壩一覽表.....	1-9
表 1.1.3-3 嘉南平原主要流量站站況表.....	1-11
表 1.1.3-4 計劃區域中各堰壩只流量推估公式一覽表.....	1-13
表 1.1.3-5 曾文-烏山頭水庫各標的年基準分配水量表.....	1-14
表 1.1.3-6 嘉南平原現有主要淨水場一覽表.....	1-16
表 1.2.3-1 嘉南平原地下水資源各標的用水概況.....	1-27
表 2.1-1 農試所土壤質地屬性分類表.....	2-2
表 2.1-2 耕地輪作別屬性表.....	2-4
表 2.2-1 土地利用簡化表.....	2-11
表 2.2-2 水稻田入滲率係數值.....	2-12
表 2.2-3 陳尚及李德茲於各灌區滲透測驗處數一覽表.....	2-14
表 2.2-4 全省之質地與水分當量及水分當量與水田垂直入滲率之經驗公式.....	2-15
表 2.2-6 水田各種土壤質地之平均飽和入滲率.....	2-17
表 2.2-7 SAWAH 模式推估之不同土壤質地入滲通量.....	2-18
表 2.2-8 表 2.2-8 各單位估計飽和入滲率之成果.....	2-22
表 2.2-9 表 2.2-9 降雨入滲補注係數值範圍.....	2-24
表 2.2-10 表 2.2-10 民國八十九年嘉南平原各類土地利用之垂向補注 量.....	2-26
表 2.2-11 民國八十九年嘉南平原各月之垂向補注量.....	2-27
表 2.3-1 89 年嘉南平原北段地下水變化量表.....	2-33
表 3.1.1-1 嘉南平原北段各觀測井之含水量分層對照表.....	3-2

表 3.1.1-2 嘉南平原北段各觀測井之水文地質特性	3-4
表 3.1.1-3 嘉南平原南段各觀測井之含水量分層對照表	3-7
表 3.1.1-1 嘉南平原南段各觀測井水文地質特性	3-8
表 4.1-1 計劃區域內各攔河堰之引水規則	4-4

圖目錄

圖 1.1.1-1 南部區域水庫、攔河堰位置分佈圖	1-2
圖 1.2.1-1 東西向地值剖面圖	1-19
圖 1.2.1-2 嘉南地區地下水觀測井分層圖	1-20
圖 1.2.1-3 嘉南平原(北段)水文地值剖面一	1-24
圖 2.1-1 嘉南地區輪區耕作輪作別分佈圖	2-5
圖 2.1-2 各層土壤質地分佈圖	2-6
圖 2.1-3 土壤質地最細代表層分佈圖	2-7
圖 2.1-4 灌區耕作輪作別圖	2-8
圖 2.2-1 地下水補注量推估流程圖	2-9
圖 3.1-1 嘉南平原北段含水層一符合灌溉用水水質標準之空間分佈	3-15
圖 3.1-2 嘉南平原北段含水層二符合灌溉用水水質標準之空間分佈	3-16
圖 3.1-3 嘉南平原北段含水層三符合灌溉用水水質標準之空間分佈	3-17
圖 3.1-4 嘉南平原北段含水層四符合灌溉用水水質標準之空間分佈	3-18
圖 3.1-5 嘉南平原南段含水層一符合灌溉用水水質標準之空間分佈	3-19
圖 3.1-6 嘉南平原南段含水層二符合灌溉用水水質標準之空間分佈	3-20
圖 3.1-7 嘉南平原南段含水層三符合灌溉用水水質標準之空間分佈	3-21
圖 3.1-8 嘉南平原南段含水層四符合灌溉用水水質標準之空間分佈	3-22

圖 3.1-9 嘉南平原北段含水層一符合飲用水水源水質標準之空間分佈	3-23
圖 3.1-10 嘉南平原北段含水層二符合飲用水水源水質標準之空間分佈	3-24
圖 3.1-11 嘉南平原北段含水層三符合飲用水水源水質標準之空間分佈	3-25
圖 3.1-12 嘉南平原北段含水層四符合飲用水水源水質標準之空間分佈	3-26
圖 3.1-13 嘉南平原南段含水層一符合飲用水水源水質標準之空間分佈	3-27
圖 3.1-14 嘉南平原南段含水層二符合飲用水水源水質標準之空間分佈	3-28
圖 3.1-15 嘉南平原南段含水層三符合飲用水水源水質標準之空間分佈	3-29
圖 3.1-16 嘉南平原南段含水層四符合飲用水水源水質標準之空間分佈	3-30
圖 3.2-1 嘉南平原北段含水層一之水溫等值分析圖	3-34
圖 3.2-2 嘉南平原北段含水層二之水溫等值分析圖	3-35
圖 3.2-3 嘉南平原北段含水層三之水溫等值分析圖	3-36
圖 3.2-4 嘉南平原北段含水層四之水溫等值分析圖	3-37
圖 3.2-5 嘉南平原南段含水層一之水溫等值分析圖	3-38
圖 3.2-6 嘉南平原南段含水層二之水溫等值分析圖	3-39
圖 3.2-7 嘉南平原南段含水層三之水溫等值分析圖	3-40
圖 3.2-8 嘉南平原南段含水層四之水溫等值分析圖	3-41
圖 3.2-9 嘉南平原北段含水層一之導電度等值分析圖	3-42
圖 3.2-10 嘉南平原北段含水層二之導電度等值分析圖	3-43

圖 3.2-11 嘉南平原北段含水層三之導電度等值分析圖	3-44
圖 3.2-12 嘉南平原北段含水層四之導電度等值分析圖	3-45
圖 3.2-13 嘉南平原南段含水層一之導電度等值分析圖	3-46
圖 3.2-14 嘉南平原南段含水層二之導電度等值分析圖	3-47
圖 3.2-15 嘉南平原南段含水層三之導電度等值分析圖	3-48
圖 3.2-16 嘉南平原南段含水層四之導電度等值分析圖	3-49
圖 3.2-17 嘉南平原北段含水層一之酸鹼值等值分析圖	3-50
圖 3.2-18 嘉南平原北段含水層二之酸鹼值等值分析圖	3-51
圖 3.2-19 嘉南平原北段含水層三之酸鹼值等值分析圖	3-52
圖 3.2-20 嘉南平原北段含水層四之酸鹼值等值分析圖	3-53
圖 3.2-21 嘉南平原南段含水層一之酸鹼值等值分析圖	3-54
圖 3.2-22 嘉南平原南段含水層二之酸鹼值等值分析圖	3-55
圖 3.2-23 嘉南平原南段含水層三之酸鹼值等值分析圖	3-56
圖 3.2-24 嘉南平原南段含水層四之酸鹼值等值分析圖	3-57
圖 3.2-25 嘉南平原北段含水層一之氯鹽等值分析圖	3-58
圖 3.2-26 嘉南平原北段含水層二之氯鹽等值分析圖	3-59
圖 3.2-27 嘉南平原北段含水層三之氯鹽等值分析圖	3-60
圖 3.2-28 嘉南平原北段含水層四之氯鹽等值分析圖	3-61
圖 3.2-29 嘉南平原南段含水層一之氯鹽等值分析圖	3-62
圖 3.2-30 嘉南平原南段含水層二之氯鹽等值分析圖	3-63
圖 3.2-31 嘉南平原南段含水層三之氯鹽等值分析圖	3-64
圖 3.2-32 嘉南平原南段含水層四之氯鹽等值分析圖	3-65
圖 3.2-33 嘉南平原北段含水層一之總溶解固體量等值分析圖	3-66
圖 3.2-34 嘉南平原北段含水層二之總溶解固體量等值分析圖	3-67
圖 3.2-35 嘉南平原北段含水層三之總溶解固體量等值分析圖	3-68

圖 3.2-36 嘉南平原北段含水層四之總溶解固體量等值分析圖	3-69
圖 3.2-37 嘉南平原南段含水層一之總溶解固體量等值分析圖	3-70
圖 3.2-38 嘉南平原南段含水層二之總溶解固體量等值分析圖	3-71
圖 3.2-39 嘉南平原南段含水層三之總溶解固體量等值分析圖	3-72
圖 3.2-40 嘉南平原南段含水層四之總溶解固體量等值分析圖	3-73
圖 3.2-41 嘉南平原南段含水層一之化學需氧量等值分析圖	3-74
圖 3.2-42 嘉南平原南段含水層二之化學需氧量等值分析圖	3-75
圖 3.2-43 嘉南平原南段含水層三之化學需氧量等值分析圖	3-76
圖 3.2-44 嘉南平原南段含水層四之化學需氧量等值分析圖	3-77
圖 4.1-1 南部區域水資源調配系統圖	4-2

第一章 嘉南平原背景介紹

1.1 地表水

1.1.1 地理環境

一、區域範圍

嘉南平原地下水區與濁水溪沖積扇地下水區的分界，根據地下水工程處（1960）指出，北港溪至朴子溪之間為濁水溪沖積扇與嘉南海岸沖積平原物質交互沉積而成，因此濁水溪沖積扇及嘉南平原之分界在此兩溪之間。嘉南平原區域範圍北自朴子溪，南到鳳山丘陵，西臨台灣海峽，東邊為中央山脈南段的海岸平原。

主要水系自北而南包括朴子溪、八掌溪、急水溪、曾文溪、鹽水溪、二仁溪、岡山溪等。

二、地形

自北港溪至二仁溪一帶的海岸平原，除嘉義東部依傍麓山帶，有更新世紅土台地之外，廣大的海岸平原為現代沖積層所覆蓋，海岸為典型之瀉湖與沙洲。據海岸地形之研究，曾文溪以北海岸為加積型海岸，而曾文溪以南海岸為侵蝕型海岸。海岸線西進的速率各地不同，近 70 年來曾文溪流域向西推進最多，達 3-5 公里，而鹽水溪則幾乎無進展。

三、地表水體、河川

嘉南平原主要河川自北而南包括朴子溪、八掌溪、急水溪、曾文溪、鹽水溪、二仁溪、岡山溪等，各河川分佈位置見圖 1.1.1-1。

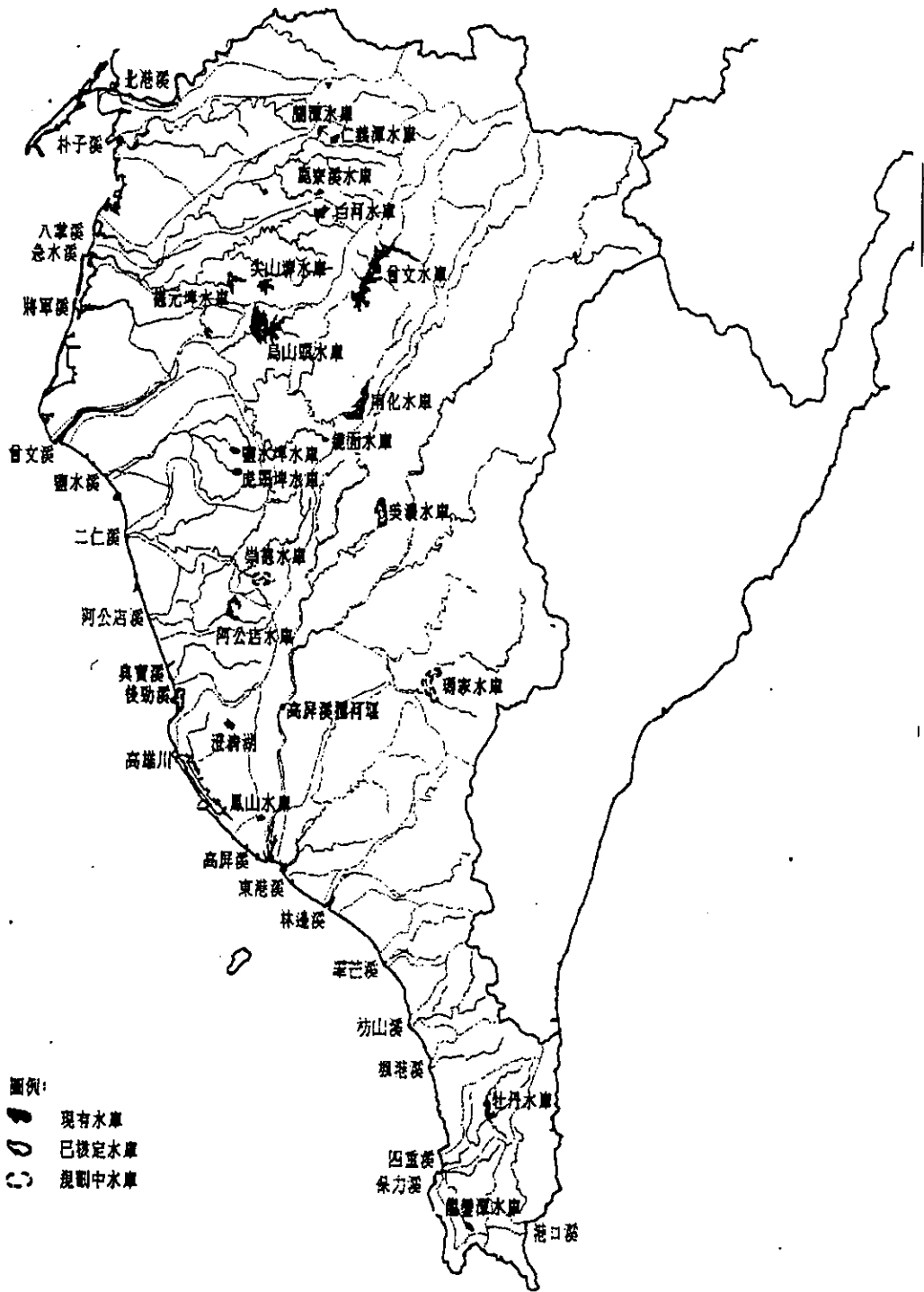


圖 1.1.1-1 南部區域水庫、攔河堰位置分佈圖

(資料來源：前經濟部水資源局，台灣地區南部區域水資源綜合發展計畫，民國

88年5月。)

1.1.2 氣象

一、氣溫

本區年平均氣溫約在 20°C 至 25°C 間，各地 1 月份之平均氣溫，概在 17~18。C 之間；4 月以後，平均溫即高出 20°C，如此者可延續 8 個月。最熱的是 6~9 月；但因經常多雨，最熱的 7 月份，平均溫為 28°C 左右。

二、降雨

本區屬亞熱帶氣候，雨量豐而不均，有極顯著之雨季與乾季，平均年雨量在 1,500 公厘左右，東部接近丘陵處雨水較多，可達 2,000 公厘；愈至沿海而愈少，不足 1,500 公厘。全年的雨水，85-90% 降於下半年。各月之中，雨量以 7 月為最多，11 月為最少，每年 5 月至 10 月為豐水期，乾季為冬季。逐年之間，變異甚巨；各地之年平均變率約為 25%。冬期之乾旱，可連續甚久，常 2、3 個月完全無雨。

三、蒸發量

本區因緯度較低，氣溫高，陽光強烈，蒸發量極大，年蒸發量約在 1,000 至 2,000 公厘之間，月平均蒸發量 116.67mm，冬季各地月蒸發量大於降雨量。

1.1.3 基本資料調查蒐集

一、計畫區域中現有及未來可能開發之水庫、堰壩

本區域中現有及未來可能開發之水庫、堰壩分佈位置見圖 1.1.1-1，基本資料分別列於表 1.1.3-1 與表 1.1.3-2。

二、流量資料蒐集與推估

本計畫自經濟部水利署網站取得現有及已廢流量站之流量資料，計畫區域內主要流量站之站況如表 1.1.3-3 所示。

水資源系統分析中，連續性資料為分析所必需，若在堰壩址已經設有流量站，則可直接引用其觀測資料。若在各堰壩址尚未設置流量站，須由鄰近流量站之觀測資料，以間接方法推估各堰壩址流量。本計畫參考「美濃水庫規劃檢討-一、基本資料補充調查與檢討（一）高屏溪水源運用檢討工作」之各流域基本流量推估計算式如表 1.1.3-4 所示。

三、農業用水

農業用水主要包括灌溉用水、禽畜用水及養殖用水，在考量未來水資源規劃時，將以能受掌控的地面水及地下水為主，而禽畜用水及養殖用水大多以自行取用地下水為主，因此本計畫對於農業用水僅考量灌溉用水。

目前嘉南平原最大的灌溉系統為嘉南農田水利會所轄之曾文-烏山頭灌區，此區灌溉用水取自烏山頭水庫，由嘉南大圳南、北幹線及烏山頭別線供水，灌溉面積近 7 萬公頃，涵蓋嘉南平原之大部分區域，嘉南農田水利會登記於曾文-烏山頭水庫之農業灌溉用水量可參考表 1.1.3-5。

四、淨水場

本計畫區域之主要淨水場基本資料列於表 1.1.3-6。

表 1.1.3-1 嘉南平原現有及未來可能開發水庫一覽表 (1/2)

水庫名稱	現有或 規劃中	標的	供給區域	水源	集水面積 (km ²)	總容量 (萬 m ³)	有效容量 (萬 m ³)	最低水位 (公尺)	備註
仁義潭水庫	現有	給水、灌溉	嘉義	八掌溪	3.66	2,911	2,598	89.00	1. 離槽水庫
蘭潭水庫	現有	給水	嘉義	八掌溪	30.00	980	892	57.30	1. 離槽水庫
鹿寮溪水庫	現有	給水	嘉義	鹿寮溪	7.50	378	118	58.40	
曾文水庫	現有	防洪、發電 給水、灌溉	台南	曾文溪	481	60,725	56,897	171	
烏山頭水庫	現有	給水、灌溉	嘉義 台南	曾文溪支 流大埔溪	60	15,416	8,145	27.27	1. 離槽水庫 2. 民國 63 年與曾 文水庫串聯操作
南化水庫	現有	給水	台南 高雄	後崛溪	104	13,800	13,455	131.00	

白河水庫	現有	防洪、給水 灌溉	台南	白水溪	26.55	2,509	1,250	92.00	
德元埤	現有	灌溉	台南	溫厝廓溪	32.11	385	2.37	9.20	
尖山埤	現有	給水、灌溉	台南	龜重溪	1.03	811	306	18.18	
鏡面水庫	現有	給水、灌溉	台南	鏡面溪	2.73	115	94	134.00	
鹽水埤	現有	灌溉	台南	茄苳溪	5.75	76	24	22.50	

表 1.1.3-1 嘉南平原現有及未來可能開發水庫一覽表 (2/2)

水庫名稱	現有或 規劃中	標的	供給區域	水源	集水面積 (km ²)	總容量 (萬 m ³)	有效容量 (萬 m ³)	最低水位 (公尺)	備註
虎頭埤	現有	灌溉	台南	鹽水溪	7.15	136	61	31.00	
阿公店水庫	正進行更新改善工程，預計 94 年完工	防洪 給水 灌溉	高雄	阿公店溪	31.90	4,500	659	26.00	1. 更新後有效容量為 1916 萬 m ³
鳳山水庫	現有	給水	高雄	東港溪	2.75	920	787	30.00	1. 離槽水庫
澄清湖	現有	給水 觀光	高雄	高屏溪	2.88	530	342	15.70	
崇德水庫	初步規劃中	給水	高雄	二仁溪	9.50	3,355	3,290		
美濃水庫	預計 99 年完工	給水 發電	高雄、屏東	美濃溪	23.00	32,770	32,380	115.00	1. 離槽水庫

表 1.1.1.3-2 嘉南平原現有及未來可能開發堰壩一覽表

堰壩名稱	現有或 規劃中	引水標的	水源	集水面積 (km ²)	取水設施或越域引水 管線容量(cms)	備註
東口堰	現有	引曾文水庫發電尾 水至烏山頭水庫	曾文水庫發電 尾水		烏山嶺引水隧道：56	
玉峰堰	現有	公共給水（山上淨 水場）	南化水庫及東 口堰之溢流量 與未控制流量	378.32	最大計劃引水：15 萬 CMD	1. 豐水期引水，枯水 期不引
甲仙堰	現有	引旗山溪豐水期多 餘水量至南化水庫	旗山溪	407.89	引水路最大容量：30	1. 豐水期引水，枯水 期不引
高屏溪堰	現有	公共給水（坪頂淨 水場）	高屏溪	3,007.00	最大計劃引水量：200 萬 CMD	1. 豐水期(5-12 月)引 水，枯水期不引
荖濃溪堰	規劃中	引荖濃溪水至曾文 水庫	荖濃溪	542.00	引水路最大容量：50	1. 豐水期引水，枯水 期不引

六龜堰 (舊庄堰)	規劃中	引老濃溪豐水期 多餘水量至美濃水 庫	老濃溪	899.00	引水路最大容量：80	1. 豐水期引水，枯水 期不引。
高美堰	規劃中	引老濃溪溪水至吉 洋人工湖	老濃溪	1,352.00	引水路最大容量：30	1. 不分豐枯皆引水。
月眉堰	規劃中	引旗山溪水至阿公 店、崇德水庫	旗山溪	539.52	月眉-阿公店：20.1	

表 1.1.3-3 嘉南平原主要流量站之站況表

站名	水系	集水區面積 (km ²)	站號	記錄年份	備註
照興(3)	曾文溪	496.00	410H002	44-61	
玉田		160.53	410H005	30-33, 36-37, 39-47, 48-89	現況站
左鎮		121.31	410H013	60-89	現況站
麻善大橋		1,115.90	410H016	71-89	現況站 銜接西港
西港		1,157.46	410H010	41, 42-48, 49-70	
關廟		鹽水溪	38.05	430H004	29-33, 36, 40-41, 45-68
新市	146.46		430H006	62-89	現況站
岡山頭	二仁溪	139.30	450H001	44-70	
崇德橋		139.62	450H010	71-89	現況站 銜接岡山頭
阿連(2)		175.10	450H009	60-70, 79-89	現況站
桃源	高屏溪	544.47	510H034	49-58	
梅山		391.70	510H038	66-82	
大津(2)		360.20	510H035	29-31, 36, 56-71	
民族		303.63	510H037	64-74, 82-85	
民權		281.83	510H040	75-81	
小林(1)		345.20	510H018	43-59	
月眉		539.52	510H022	40-46, 47-75	
美濃		23.06	510H032	47-62	
九曲堂(2)		3,075.66	510H026	29-31, 37-39, 40-79	
三地門		408.51	510H036	49-89	現況站
六龜(2)		853.00	510H039	71-89	現況站
新發大橋 (荖濃站)		812.03	510H031	45, 47-89	現況站
大津橋		375.08	510H041	71-89	現況站

杉林大橋		519.49	510H042	76-89	現況站 銜接月眉
里嶺大橋		2,894.79	510H043	80-89	現況站 銜接九曲堂(2)
阿其巴橋		403.90	510H044	83-89	現況站 銜接梅山
楠峰橋		354.28	510H046	86-89	現況站
觸口	八掌溪	83.15		29-33, 36, 55-89	現況站
軍輝橋		122.25		59-89	現況站
義竹		441.02		32, 36-37, 39-89	現況站
常盤橋		101.09		59-89	現況站

表 1.1.3-4 嘉南平原基本流量推估表

堰壩名稱	期間	流量推估式
美濃水庫	48.01-62.12	$Q_{(美濃)} = Q_{(美濃站)}$
	63.01-88.12	豐(5-10月) : $Q_{(美濃)} = 0.0025Q_{(美濃站)}^{1.4038}$
		枯(11-4月) : $Q_{(美濃)} = 0.0003Q_{(美濃站)}^{1.7213}$
舊庄堰	48.01-88.12	豐(5-10月) : $Q_{(舊庄)} = 1.152Q_{(美濃站)}$
		枯(11-4月) : $Q_{(舊庄)} = 1.080Q_{(美濃站)}$
荖濃溪堰	48.01-49.02	豐(5-10月) : $Q_{(荖濃)} = 0.587Q_{(荖濃站)}^{0.995}$
		枯(11-4月) : $Q_{(荖濃)} = -2.609 + 0.836Q_{(荖濃站)}$
	49.03-58.03	$Q_{(荖濃)} = Q_{(桃源站)}$
	58.04-88.12	豐(5-10月) : $Q_{(荖濃)} = 0.587Q_{(荖濃站)}^{0.995}$
枯(11-4月) : $Q_{(荖濃)} = -2.609 + 0.836Q_{(荖濃站)}$		
高美堰	48.01-88.12	豐(5-10月) : $Q_{(高美)} = 1.6148Q_{(荖濃站)}$
		枯(11-4月) : $Q_{(高美)} = 1.8955Q_{(荖濃站)}$
甲仙堰	48.01-59.02	$Q_{(甲仙)} = 1.1816Q_{(小林站)}$
	59.03-63.12	豐(6-10月) : $Q_{(甲仙)} = 1.2879Q_{(月眉站)}^{0.940}$
		枯(11-5月) : $Q_{(甲仙)} = 1.2655Q_{(月眉站)}^{0.895}$
	64.01-74.12	$Q_{(甲仙)} = 1.3434Q_{(民族站)}$
	75.01-81.12	$Q_{(甲仙)} = 1.4473Q_{(民族站)}$
	82.01-85.12	$Q_{(甲仙)} = 1.3434Q_{(民族站)}$
	86.01-88.12	$Q_{(甲仙)} = 1.1513Q_{(楠梓橋站)}$
月眉進水口	48.01-63.12	$Q_{(月眉進水口)} = Q_{(月眉站)}$
	64.01-74.12	豐(6-9月) : $Q_{(月眉進水口)} = 1.843Q_{(民族站)} + 1.799$
		枯(10-5月) : $Q_{(月眉進水口)} = 1.612Q_{(民族站)} - 2.483$
	75.01-75.12	豐(6-9月) : $Q_{(月眉進水口)} = 1.985Q_{(民族站)} + 1.799$
		枯(10-5月) : $Q_{(月眉進水口)} = 1.737Q_{(民族站)} - 2.483$
76.01-88.12	$Q_{(月眉進水口)} = 1.0386Q_{(杉林大橋站)}$	
高屏溪堰	48.01-79.12	$Q_{(高屏溪堰)} = Q_{(九曲堂站)}$
	80.01-88.12	$Q_{(高屏溪堰)} = 1.0625Q_{(置嶺大橋站)}$

南化水庫	48.01-83.06	$Q_{(南化)}=0.6479Q_{(玉田站)}$
	83.07-88.12	營運月報表~進流量
曾文水庫	48.01-63.06	$Q_{(曾文)}=0.980Q_{(照興站)}$
	63.07-88.12	營運月報表~進流量
烏山頭水庫	48.01-88.12	$Q_{(烏山頭)}=0.09668Q_{(曾文日流量)}$

表 1.1.3-5 曾文-烏山頭水庫各標的年基準分配水量表

單位：萬立方公尺

月	旬	灌溉用水量	工業用水量	公共給水量	合計
一	1	-	85.8	354.83	440.63
	2	171	85.8	354.83	611.63
	3	2,560	94.3	390.43	3,044.73
二	4	3,597	85.8	392.85	4,075.65
	5	3,845	85.8	392.85	4,323.65
	6	4,046	68.6	314.30	4,428.90
三	7	3,038	85.8	322.58	3,446.38
	8	2,721	85.8	322.58	3,129.38
	9	2,723	94.3	354.84	3,172.14
四	10	4,137	83.0	333.33	4,553.33
	11	3,990	83.0	333.33	4,406.33
	12	2,457	83.0	333.34	2,873.34
五	13	2,457	78.4	322.58	2,857.98
	14	2,457	78.4	322.58	2,857.98
	15	1,228	86.2	354.75	1,668.95
六	16	2,036	64.3	333.33	2,443.63
	17	2,747	64.3	333.33	3,144.63
	18	3,538	64.3	333.34	3,935.64
七	19	2,923	64.8	290.32	3,278.12
	20	3,434	64.8	290.32	3,789.12
	21	4,220	71.2	319.36	4,610.56
	22	2,574	65.3	258.06	2,897.36

八	22	2,574	65.3	258.06	2,897.36
	23	2,574	65.3	258.06	2,897.36
	24	2,831	71.8	283.88	3,186.68
九	25	3,521	65.2	266.66	3,852.86
	26	2,883	65.2	266.66	3,214.86
	27	2,243	65.3	266.68	2,574.98
十	28	3,311	65.3	354.83	3,731.13
	29	2,825	65.3	354.83	3,245.13
	30	1,813	71.8	390.34	2,275.14
十一	31	1,344	64.0	366.66	1,774.66
	32	672	64.0	366.66	1,102.66
	33	1,271	64.0	366.68	1,701.68
十二	34	2,542	80.6	354.83	2,977.43
	35	1,271	80.6	354.83	1,706.43
	36	-	88.6	390.34	478.94
合計		90,000	2,700	12,000	104,700

資料來源：曾文水庫及南化水庫聯合運用可行性規劃，民國 89 年 12 月。

表 1.1.3-6 嘉南平原現有主要淨水場一覽表

單位：萬立方公尺/日

系統	淨水場	水源	設計出水能力	目前出水量	備註
嘉義地區	公園	仁義潭水庫	20	13	
	蘭潭	蘭潭水庫	5	4	
	水上	曾文、蘭潭水庫	10	5.8	1. 由嘉南大圳北幹線引水
台南地區	南化	南化水庫	80	65	
	烏山頭	烏山頭水庫	24	28	1. 取烏山頭水庫原水
	潭頂	烏山頭水庫	18	8.8	1. 由嘉南大圳南幹支線引水
	曾文備用	曾文溪地面水	15	0	1. 此處溪水已遭污染
	山上	曾文溪地面水	4.5	1.5	
	白河、楠玉	白河、曾文水庫 曾文溪地面水	2	1	
高雄地區	鳳山	東港溪地面水 高屏溪伏流水	70	42	
	澄清湖	高屏溪地面水 高屏溪伏流水	42	42	
	拷潭	高屏溪地面水 高屏溪伏流水 大寮深井	25	25	
	坪頂	高屏伏流水 大樹深井	11	12.5	1. 現可處理高屏溪堰引水(已擴建至 110)
	翁公園	大寮深井	4	3	

	大崗山	手巾寮深井	17	8.5	
	岡山	阿公店水庫	0.75	0	

資料來源：台灣南部地區自來水供水調配修正計畫，民國 89 年 8 月。

1.2 地下水

1.2.1 水文地質架構

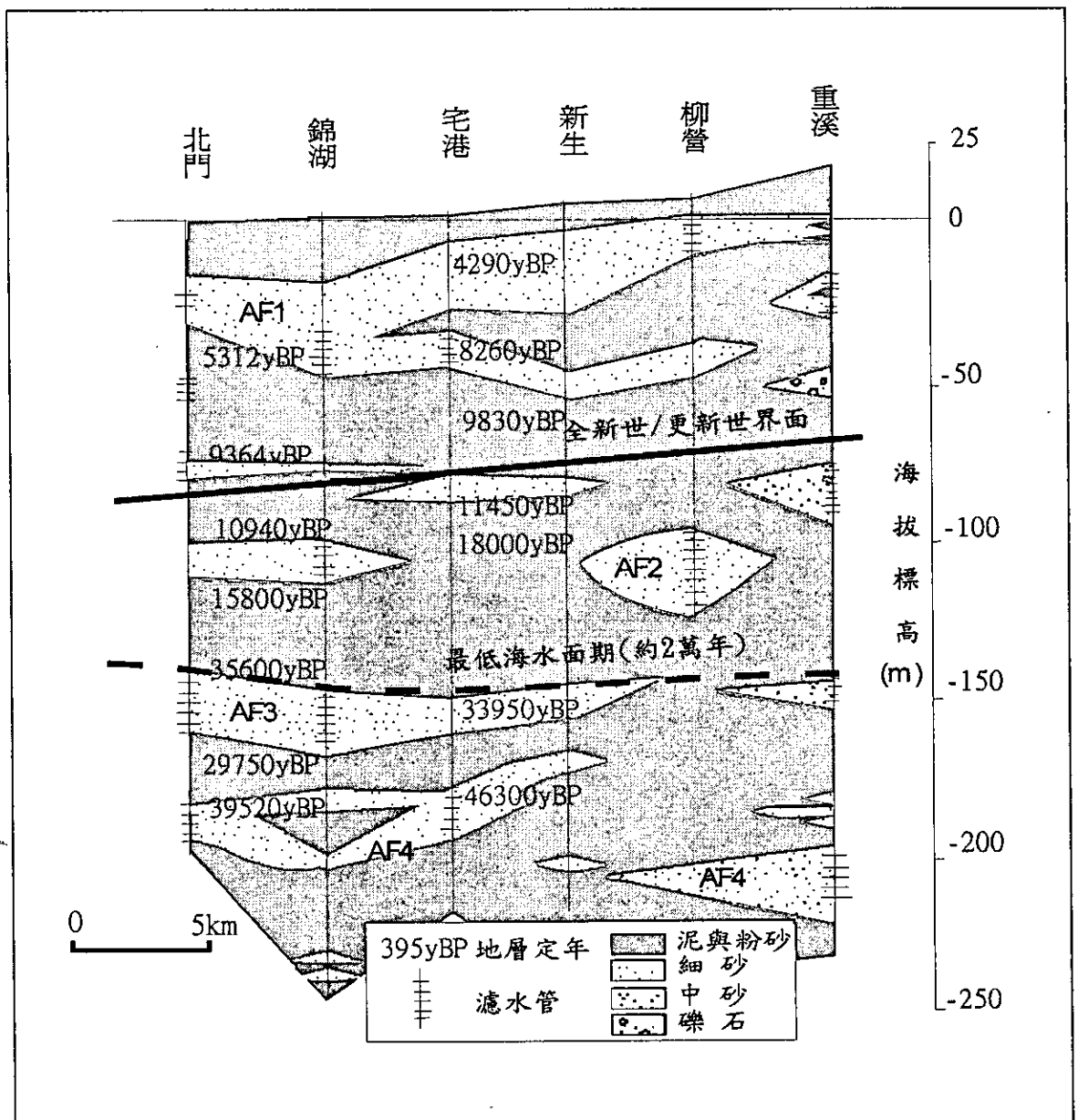
嘉南平原區是台灣數個沖積平原中，地下水資源較貧乏的區域。其東西向地質剖面概況如圖 1.2.1-1，該剖面由東向西，顯示深度約 250 公尺內的地質概況。嘉南地區的地層極複雜，多為砂泥互層，分層明顯但沿續性不佳，層厚變化大，並沒有主要的阻水層(特別厚的泥層)與含水層(砂層)，地下水上下流通不佳。本區含水層之分佈並不連續，黏土層與礫石-砂層並無濁水溪沖積扇明顯之交替現象。

嘉南地區地下水觀測網觀測井的深度，一般界於 200-290m 之間，但最深可達 289m，在此觀測深度內的水文地層，可分為五層(圖 1.2.1-2)：第一層深度約 0-60m 深，第二層約從 60-140m 深，第三層約從 140-200m 深，第四層約從 200-250m 深，第五層約從 250-300m 深。以上分法大致以地面為準，但各層之確實邊界，在不同位置仍有不同。本文僅就現有的資料將嘉南平原北段之含水層依深度分為 5 層以方便討論。

自北港溪至二仁溪一帶的海岸平原，除嘉義東部依傍麓山帶，有更新世紅土台地之外，廣大的海岸平原為現代沖積層所覆蓋，海岸為典型之瀉湖與沙洲。據海岸地形之研究，曾文溪以北海岸為加積型海岸，而曾文溪以南海岸為侵蝕型海岸。海岸線西進的速率各地不同，近 70 年來曾文溪流域向西推進最多，達 3-5 公里，而鹽水溪則幾乎無進展。

地表沈積物依照航照上的研判，又可區分出台南層、瀉湖、鹽沼、三角洲、海嘴到海灘、台地堆積、沙洲、沖積扇等沈積相的分布，在地質圖上都劃為沖積層，是全新世台南期海進以來的堆積，台南期海進約始自一萬年前，而持續到約六千五百年前結束。嘉南平原台南層

的厚度各地不一，南部約 50 公尺，北部約 200 公尺。從台南台地的 16-36 公尺，向西到安平增加為 175 公尺，向北到布袋為 60-80 公尺。台南層由泥、粉砂、砂所組成，含有孔蟲與軟體動物化石，顯示瀉湖、三角洲、河口、海灘、淺海，以及風成之沈積環境組合。台南層以下為六雙層，岩性主要以深灰色泥岩為主，間夾粗砂一粉砂，其中常出



現漂木、軟體動物化石以及底棲有孔蟲，但浮游有孔蟲則十分稀少。

圖 1.2.1-1 東西向地質剖面圖

(資料來源：台糖新營廠地下水開發保育中心，台灣地區地下水觀測網水質監測調查分析 (3/5))

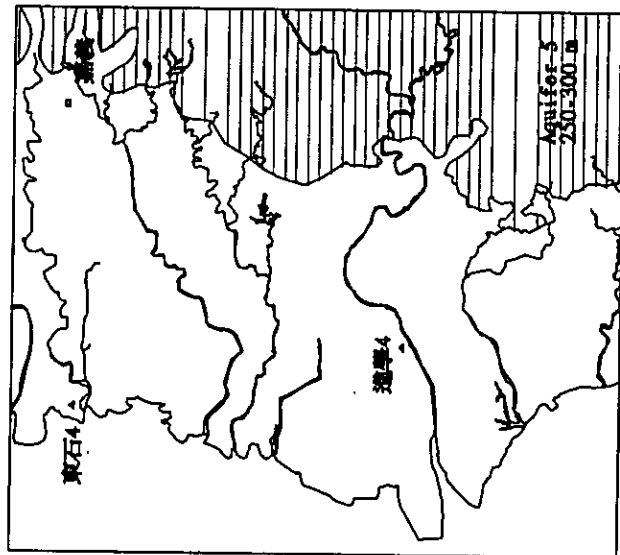
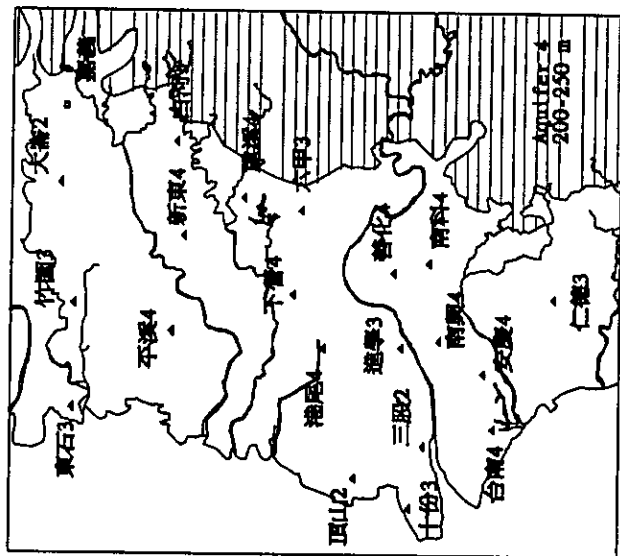
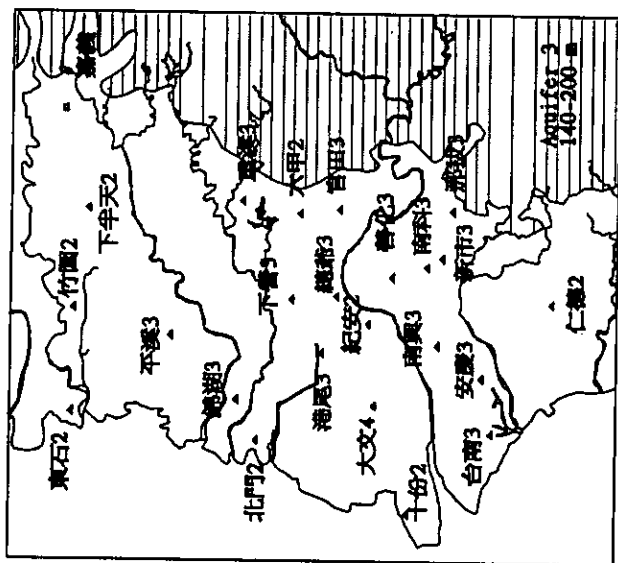
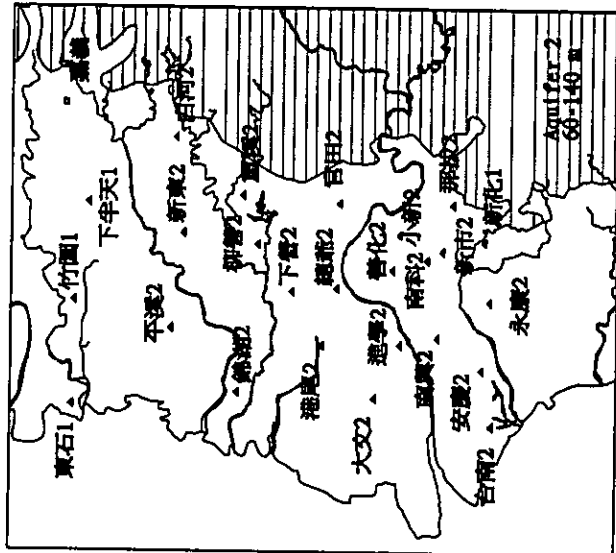
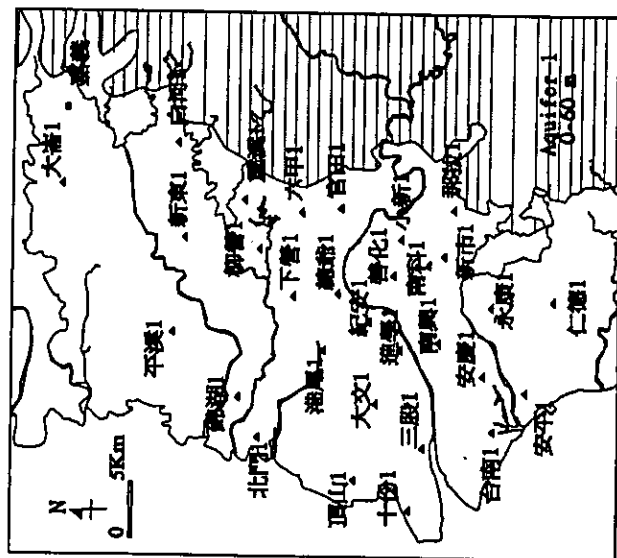


圖 1.2.1-2 嘉南地區地下水觀測

井分層圖

(資料來源：台糖新營廠地下水開發保育中心，台灣地區地下水觀測網水質監測調查分析 (3/5))

本區地下水的流向，淺層地下水因有地面補注，基本上符合地形分布，由東向西流向臺灣海峽。深層地下水因泥層封隔，儲水條件不良，如朴子、新營、善化導水係數（T 值）約為 0.3 m²/min，近年來又大量抽取，導致地下水位零公尺線逐漸擴大並形成三個顯著之沉降錐，在朴子溪及八掌溪之間的沿海一帶水位降至海平面下 25 公尺，八掌溪以南之新營、下營附近亦是。（台糖公司，2001）

本研究將參考前人之資料，及地下水觀測網建置之資料，試圖瞭解本區之地質分佈、地下水量水質等基本特性。因調查尚在進行中，許多資料並未完全，本文先就初步資料進行分析。

一、地下水區域地質及邊界

嘉南平原北區北起朴子溪南至鹽水溪，主要水系自北而南包括朴子溪、八掌溪、急水溪、曾文溪、鹽水溪等。沖積層在東緣最薄，逐漸向西增厚；地層層次及厚度並不規則，尤以八掌溪以北最為顯著（前水利局，1990）。研究區域沉積物之年代（300 公尺以內）約從晚更新世至全新世。東側為西南部麓山帶，屬於中新統-上新統-更新統沈積物，岩性以砂岩及泥岩為主；其中與平原區相接之麓山帶地層（六雙層）走向約略南北向；而地層傾角在官田以北較陡（可達 72 度），官田以南較緩（15 度左右）。其中永安站北側已有紅土台地出露，且碳 14 定年指出在地面下 45 公尺處年代已老於 4 萬年，可能指出本站位於更新世地層上。

目前平原區已受褶皺造山帶前緣西移之影響，在部分地區已有抬升或下降之情形。嘉南平原區北部（八掌溪以北）的沈積速度較慢，南部（曾文溪流域）的沈積速度較快，可能和正斷層的活動有關。顯示本區平原有兩大斷層系統：一為位於八掌溪之南北岸，二為位於將軍溪之南岸，此兩大斷層系統皆為正斷層系統。

徐（1965）的研究顯示北港溪以北的濁水溪沖積扇之顆粒較粗，

以南之嘉南海岸平原砂之粒徑則逐漸變小，同時沖積扇之板岩質砂粒之含量遞減，而淺黃色之石英質細砂則漸增。張等（1996）研究顯示西元 1250 年時，距現今海岸線 20 公里之新營、麻豆、鐵線橋附近尚屬“倒風內海”範圍，後由於曾文溪數次在鹽水溪及將軍溪之間遷徙而逐漸填平。海岸線西進速率因地而易，近 80 年則以曾文溪流域向西推移最多，達 3.5 公里；八掌溪則向西延伸近 1.98 公里，而曾文溪以南之鹽水溪則沒有變動（石，1979）。整體而言，嘉義、台南之間海岸線於 200 年間平均向西推移 6 公里。雖然砂、礫層的厚度側向有顯著變化，但因本區地層平緩，故在沒有更多詳細之年代資料之前，目前仍依深度概略將各水井濾管所在之含水層做對比。

地下分層嘉南平原南段之地表沉積物屬現代沖積層(全新世)，包括河流的氾濫平原及現代台地沉積物，另外還包括一些海岸砂丘、現代湖相和沼澤相的沉積物。在鹽水溪以南的地區受到新期構造之影響，在部分區域產生抬升或下降之情形，比較明顯的地形包括中州台地及一些低窪地。另外，區域內還包括大崗山、小崗山、半屏山、壽山、與鳳山等，皆屬於隆起之珊瑚礁地形，珊瑚礁不整合長於泥岩之上，為早期地盤抬升之證據。

二、地下分層

由於來源岩石強度較低，加上沉積環境多位於陸海交界環境，範圍內各流域之集水區小河流坡度緩，河流能量小，故沉積顆粒皆細且岩性變化快速，沈積顆粒以細砂及泥為主。除了白河站（地質鑽探井）有少量的礫石層出現外，水層多屬於細砂層及少數的中砂層中。圖 1.2.1-3 為台糖公司在「台灣地區地下水觀測網整體計畫-88 度子計畫」中所繪製的剖面的平面分佈及垂直分佈圖，圖中顯示各含水層局部延續性尚佳但整體延續性不佳，含水層數目不一且厚度也不一致，因此各含水層之間的對比，尚須配合更多的資料以進一步分析。

目前資料顯示最主要的阻水層大約分布於 50-100m 深度，此泥層較厚且沿伸較廣，定年顯示約在 1 萬 5 千年～8 千年前，可能因全新世海進而沉積之海相地層（及細粒河流相地層）。位於此層上方及下方的含水層水位相差很大，顯示此層隔絕性尚佳。惟此阻水層較明確之分佈範圍，尚待中央地調所等相關單位做進一步的地質資料分析。目前仍不適合描繪此阻水層之確實分布，有待地調所地質資料有結果後，再檢討此阻水層之分佈，會比較可靠。

以目前地質資料判斷，嘉南平原地區含水層以細砂為主，層次極為複雜，約 3-8 層、且各層厚度都不厚。本研究將依台糖公司在『台灣地區地下水觀測站網整體計畫-八十八年度地質水文分析及抽水試驗』報告中分層方式，將地表下 0-300 公尺地層分為五層含水層，其中第一含水層為 0-60m，第二含水層為 60-140m，第三含水層為 140-200m，第四含水層為 200-250m，第五含水層為 250-300m。

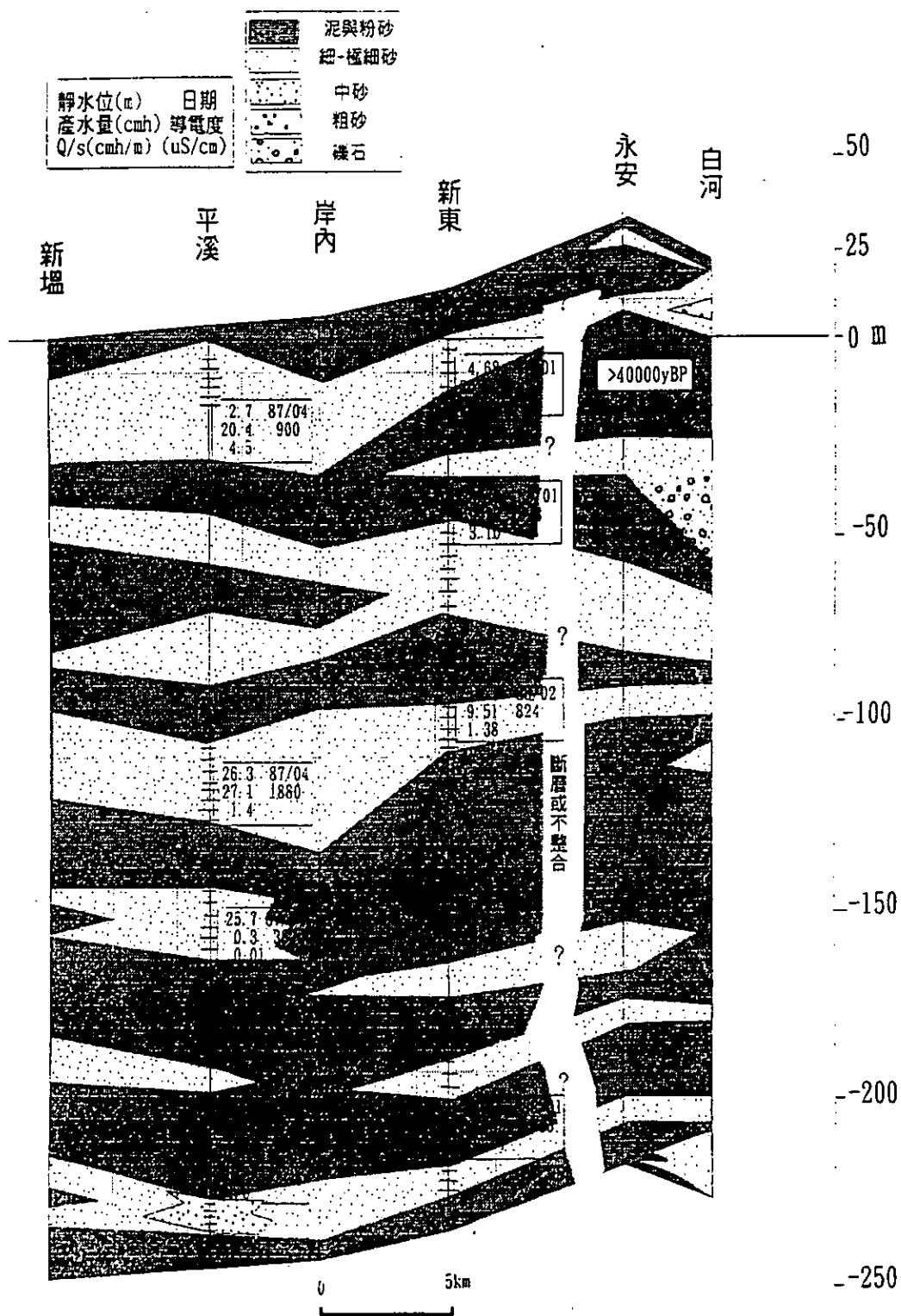


圖 1.2.1-3 嘉南平原(北段)水文地質剖面一

(資料來源：台灣地區地下水觀測網整體計畫-88年度地質水文分析及抽水試驗)

年度嘉南平原地區建站部分，由於來源區岩石強度較低，加上沉積環境多位於陸海交界環境，沉積顆粒皆細且岩性變化快速，一般以細砂與泥為主。除了五林站、南港站及南科站有少量的礫石層或粗砂出現外，水層多位於細砂層及少數的中砂層之中。共劃分三條水文地質剖面線。剖面一約略平行曾文溪之東西向剖面，各含水層之局部延續性尚佳，但含水層數目不一且厚度也不一致；剖面二緊臨海邊，上部含水層分布尚佳，但下部含水層一則因含泥量增加，使得水層數目減少，再加上構造上的阻擋，含水層的延續性不佳。剖面三切過台南背斜及中州背斜。本區域基本上只有第一含水層可供比較。

因為本地下水源區區內並沒有明顯的含水層與阻水層的分別，只能根據台糖地下水開發保育中心所做的「地質水文分析及抽水試驗」報告，與嘉南平原北段之分層相同，將地層分為五個含水層，而從第二含水層以下，因為有些突起的基盤，使得第二含水層以下之水層並不連續，因此在本研究的各種因子分析上，皆以第一含水層為主，其他含水層只就所收集之資料加以說明。

嘉南平原南段各觀測井水文分析之結果顯示，大部份含水層之導水係數皆不高，約在 0.0002 到 $0.4149\text{m}^2/\text{mim}$ 之間，其中大於 $0.19\text{m}^2/\text{mim}$ 佔約 20%；單位洩降出水量亦低，約在 0.021 到 9.16 (cmh/m)之間，其中大於 $1\text{cmh}/\text{m}$ 佔約 54%。各觀測井導水係數及單位洩降出水量較佳者多位於較上部之含水層中。

1.2.2 補注量推估

嘉南地區淺層地下水補注每年約有 $0.9\sim 1.8$ 億立方公尺約佔地下水總補助量的 27%~50%左右，因此本區水田對地下水補注來源重要性不容忽略。根據 89 年 11 月前經濟部水資源局委託能邦科技顧問股份有限公司所做的「台灣地區地下水補注量估算」期末報告，此計畫

將地下水補注量的估算分為垂向與側向兩部分，在垂向入滲補注量估算方面是利用一維垂向的水平衡法，來進行各地下水區之入滲補注量估算；有側向補注的地下水區則用達西公式來計算，在此將其所得結果概述如下：

一、地表入滲補注

嘉南平原豐、平、枯年各類土地利用之地下水垂向入滲補注量(除河川入滲補注量外)，若飽和入滲率以水利局陳尚、李德茲現場試驗之建議值估算，豐、平、枯年之垂向年入滲補注量分別約 9.99 億、8.53 億、7.19 億噸，其中隨著豐、平、枯年雨量的變化，分別以旱田與水稻田之垂向入滲補注量最大，旱田之垂向入滲補注量各為 2.45 億、1.54 億、0.54 億噸，佔 25%、18%、8%，水稻田之垂向入滲補注量各為 4.85 億、4.42 億、4.28 億噸，佔 48%、52%、60%。若飽和入滲率以中國水利電力部之建議值估算，不計河川入滲補注量，豐、平、枯年之垂向年入滲補注量分別為 7.03 億、5.57 億、4.23 億噸，其中以水稻田、旱田之垂向入滲補注量最大，水稻田分別為 2.01 億、1.68 億、1.53 億噸，各佔 29%、30%、36%，旱田之垂向入滲補注量次之，分別為 2.54 億、1.54 億、0.54 億噸，各佔 35%、28%、13%。嘉南平原平水年(民國八十五年)以前水利局陳尚、李德茲現場試驗建議之飽和入滲率值估算之分月分區(鄉鎮)垂向地下水入滲補注量，其中以七月入滲補注量 1.723 億噸最大，八月 1.608 億噸次之，十二月 0.198 億噸最低。分區入滲補注量部分以台南縣七股鎮 0.433 億噸最大，後壁鄉 0.427 億噸次之，其次為嘉義太保鄉 0.41 億噸。嘉南平原平水年(民國八十五年)以中國水利電力部建議的飽和入滲率值估算之分月分區(鄉鎮)垂向地下水入滲補注量(未納入河川入滲補注量)，其中以七月入滲補注量 1.039 億噸最大，八月 0.924 億噸次之，十二月 0.18 億噸最低。分區入滲補注量部分以台南縣七股鎮 0.341 億噸最

大，台南市安南區 0.252 億噸次之，其次為嘉義太保鄉 0.246 億噸。

1.2.3 地下水開發

台灣地區以往水資源之調查均由水資會綜合規劃，依據其彙整各相關單位之地下水調查報告於民國 81 年所發表的統計資料顯示，嘉南平原每年抽用的地下水約 562 百萬立方公尺，詳細情形如表 1.2.3-1

表 1.2.3-1 嘉南平原地下水資源各標的用水概況

標的	抽水量(嘉義) (百萬立方公尺/年)	井數 (口)	抽水量 (台南)	井數	抽水量 (高雄)	井數
農業	329	21,808	172	9,840	301	9,160
養殖	184	2,070	27	1460	109	2,231
生活用水	22	75	9	591	116	387
工業及其他	27	152	143	2493	177	2758
合計	562	24,105	351	14384	703	14,536

1.2.4 地下水水質

在“嘉南平原區域性地下水觀測站井佈置檢討”的計畫中僅針對嘉南平原北段區域內的站井作水質的分層分析，並以電導度(EC)、氯鹽(CL)及總溶解固體量(TDS)等三項水質項目，來探討嘉南平原北段水質空間分佈的情形。電導度(EC)乃表示水的導電性質，其大小和溶解的離子濃度有密切關係，故可間接得知水中總溶解固體物的量，此外，由沿海地區地下水的測值，亦可觀察海水入侵的程度。氯鹽(CL)於正常濃度時對人體並無影響，但若其濃度太高時則對心臟病、腎臟病患者造成影響，如果濃度高會加速鐵管、鍋爐和其他給水設備的腐蝕，並對農作物的生長產生妨礙。另氯離子為人體細胞維持正常滲透功能所需，故一般生活污水中亦有氯鹽的存在，可做為一污染指標。通常 TDS 代表無機物質，但是當有機溶劑的濃度達到 ppm 程度以上

時，也對 TDS 有貢獻。對於評估可飲用程度，TDS 很重要，視覺美觀上的值為 500 mg/L。在污染監測計畫中，TDS 值可以顯示有無被稀釋的污水排放，如果水中總溶解固體量若含量過高，容易引起下痢及其他胃腸不適症狀，環境工程的應用則對於須軟化處理得水，可決定其軟化的步驟方式。

分析結果顯示，嘉南平原北段(鹽水溪以北)地下水之電導度、氯鹽及總溶解固體量等值均偏高。在第二含水層以下，地下水位則大多遠低於海平面，顯示此區地下水在質與量上均相當不理想。

第二章 地下水資源調查

2.1 基本資料及數化圖層收集

一、土地利用

本計畫所使用的土地利用資料是由前台灣省地政處（現內政部地政司中部辦公室）在民國 81 年 7 月 1 日起至 84 年 6 月 30 日止，分三年度就台灣地區已完成登記之土地實施調查，調查面積約計一百八十二萬公頃，調查表資料電腦建檔筆數約計一千一百萬筆。調查內容包括土地利用現況之地域性分布，以了解各種土地利用狀況之分布情形及所佔面積等。而調查結果再委託前台灣省政府糧食局辦理現況圖數化建檔及繪製成果圖工作，共計完成四千六百五十九幅，圖幅精度為五千分之一。本圖層資料將土地利用屬性共細分成 95 種，由於分類極細，本計畫依據主要地下水補注來源機制，將其分類簡化，圖 2.1-1 為嘉南平原之簡化後土地利用圖。

二、土壤質地

本計畫所使用之土壤質地圖係由台灣省農試所負責數化之「全省平地屬性資料」，其資料精度為五千分之一，經由農工中心轉換為 Arc/Info 之資料格式，全省依縣市區分共有 15 幅（台北縣、桃園縣、新竹縣、苗栗縣、台中縣、南投縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、台南縣、高雄縣、屏東縣、宜蘭縣、花蓮縣及台東縣）資料。內容共有 11 種型態，屬性包含排水性、坡度分級、以及 0 到 150 公分共四層之土壤質地。

農試所土壤質地調查資料是從地表至地表下 150 公分深度範圍內分四層（0~30cm、30~60cm、60~90cm、90~150cm）建立，各層調查

土壤質地屬性內容，由粗至細共分成 11 種，其土壤屬性分類表如表 2.1-1 所示。嘉南平原涵蓋範圍所需圖幅橫跨嘉義縣、台南縣、高雄縣三圖幅，其土壤質地分佈如圖 2.1-2 與圖 2.1-3 所示

表 2.1-1 農試所土壤質地屬性分類表

代 碼	土 壤 質 地
1	CoS 粗砂土，S 砂土
2	fS 細砂土，LCoS 壤質粗砂土，LS 壤質砂土
3	LfS 壤質細砂土，CoSL 粗砂質壤土，SL 砂質壤土，fSL 細砂質壤土
4	VfS 極細砂土，LVfS 壤質極細砂土，VfSL 極細砂質壤土
5	Si 坩土，Sil 坩質壤土
6	L 壤土
7	SCL 砂質粘壤土
8	CL 粘質壤土，SiCL 坩質粘壤土
9	SiC 坩質粘土
10	C 粘土
11	grv 石礫

三、全省農田水利會灌區輪區圖

台灣地區因水資源之需求日益增加，在水資源有限之條件下，政府於民國四十三年起大力推行輪流灌溉制度，強調整地依序、插秧依序、灌溉依序，精確計算時程，將本省農業水資源發揮最大效益。因此台灣各地稻作由北至南均有不同的輪作方式，以嘉南平原為例（如

圖 2.1-4 所示) ，嘉南平原包括嘉南與高雄農田水利會，嘉義縣與台南縣之耕地輪作方式均為兩期稻作、三年兩作、單期後作等三種方式，高雄縣則有兩期稻作、單期前作、單期後作三種方式。

本項資料係由全省各農田水利會以輪區為調查單位，調查灌溉計畫相關之基本資料，如輪區面積、使用之水源、各旬用水量、種植之作物別等，建檔作業係由農工中心負責，蒐集全省北基、石門、桃園、新竹、苗栗、台中、南投、彰化、雲林、嘉南、高雄、屏東、宜蘭、花蓮及台東等 15 個水利會及相關單位與水稻田有關之資料或圖檔，這些資料有些已建立電腦檔案，有些則需重新調查後再建檔，因此農工中心邀請專家、學者及水利會相關人員，制定各項資料之種類、項目、精度及填寫表格之格式，重新整理後完成。其耕地農作別屬性表如圖 4.2-2 所示。

表 2.1-2 耕地輪作別屬性表

代 號	備 註
1	二期作田
2	單期前作田
3	單期後作田
4	三年一作田
5	三年二作田
6	二年一作田
7	其他輪作田
8	旱作田
9	其他
A	蔗田
B	三期一期增灌田
C	雙期 1,2 期增灌田
D	單期,一期增灌田

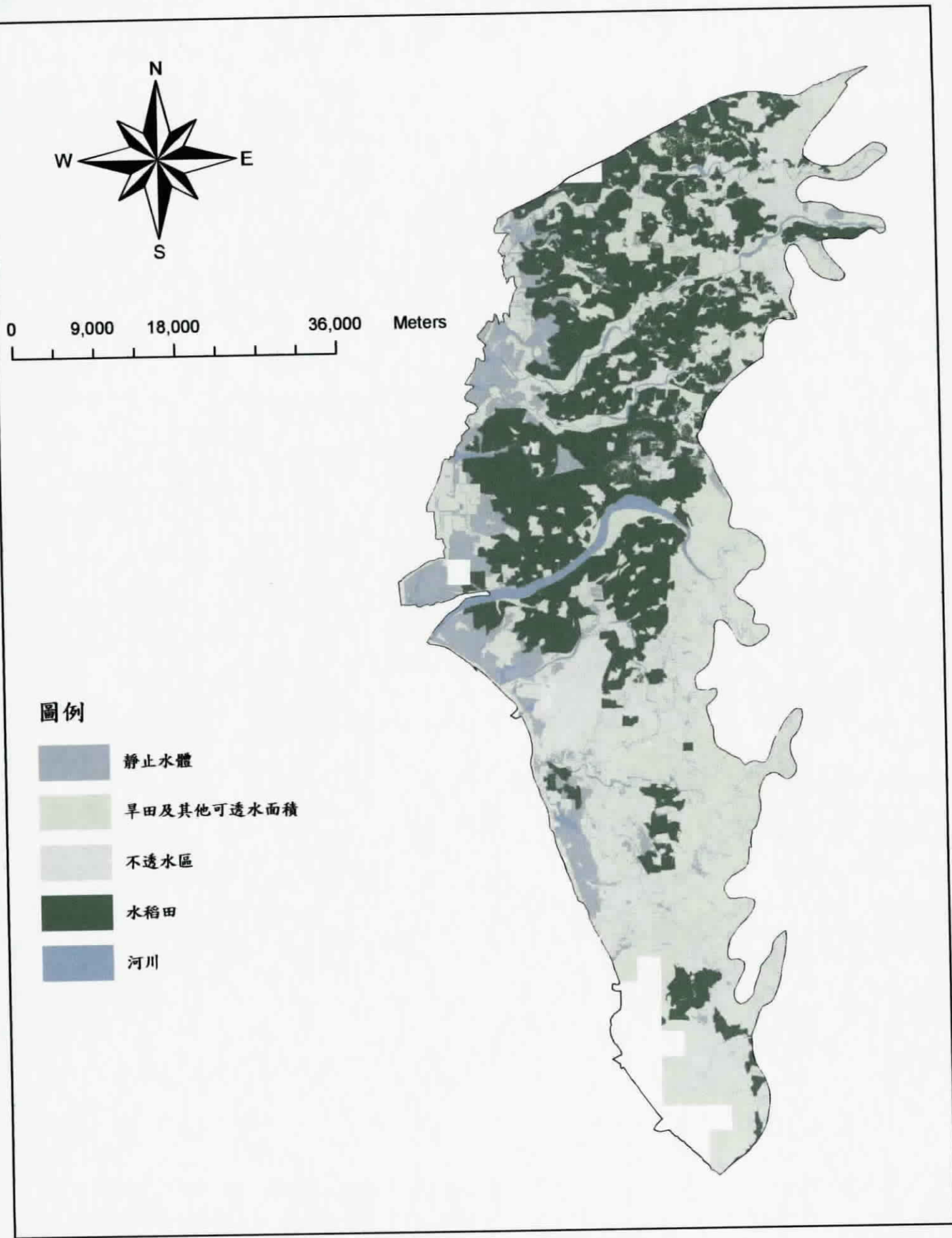


圖2.1-1 嘉南平原簡化後土地利用分佈圖

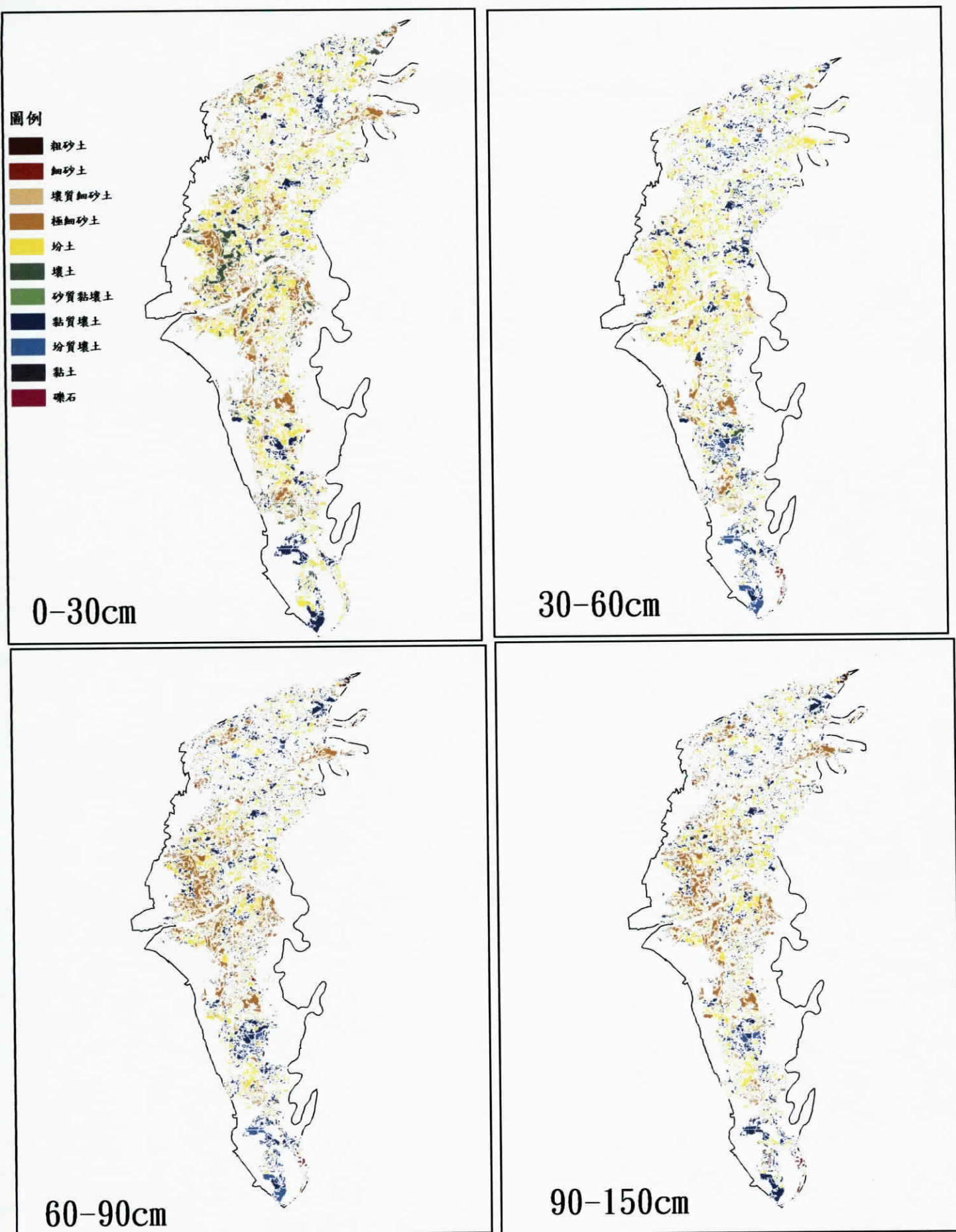


圖2.1-2 嘉南平原各層土壤質地分佈圖

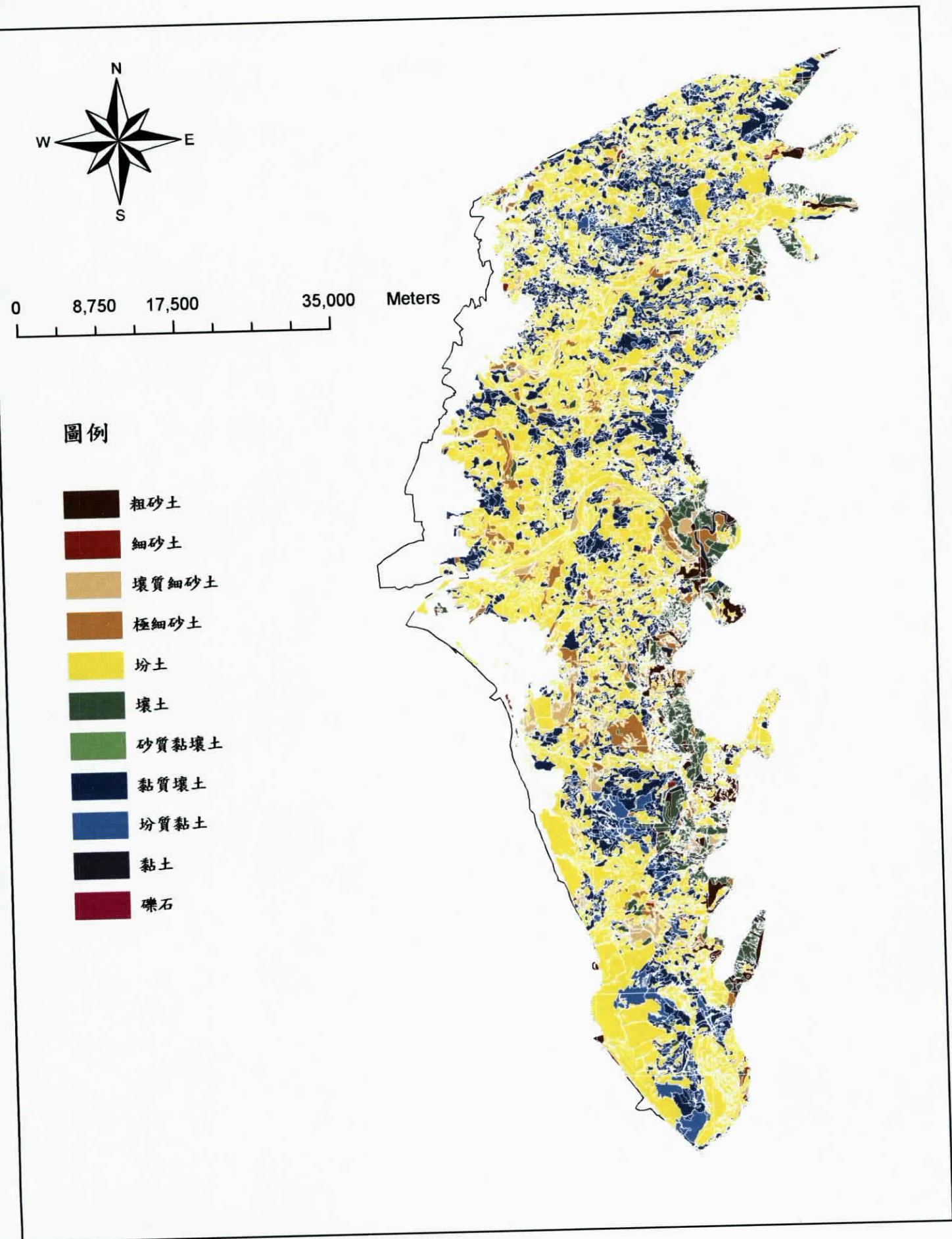


圖2.1-3 嘉南平原土壤質地最細代表層分佈圖

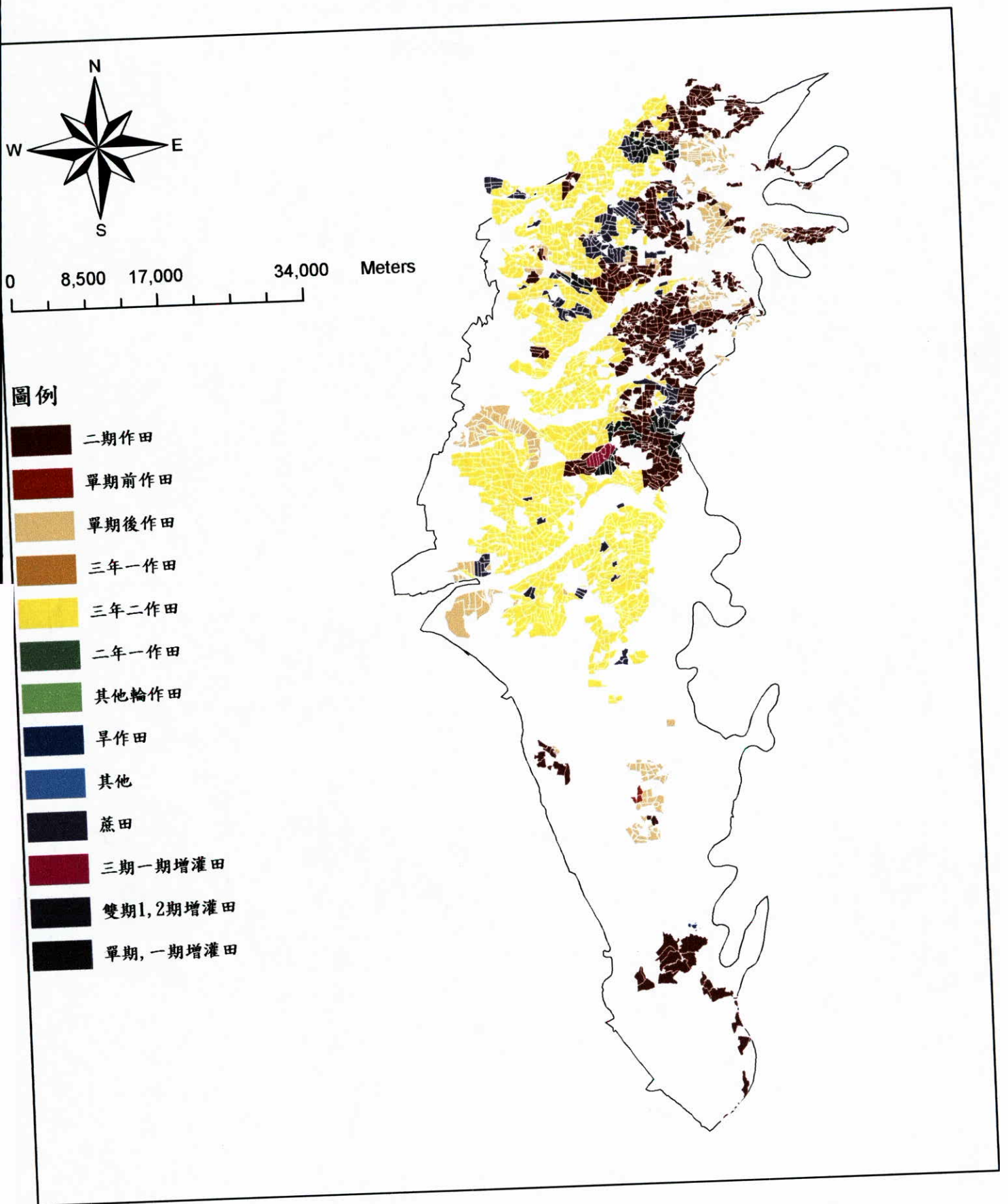


圖2.1-4嘉南平原輪區耕作輪作別分佈圖

2.2 地下水補注量推估

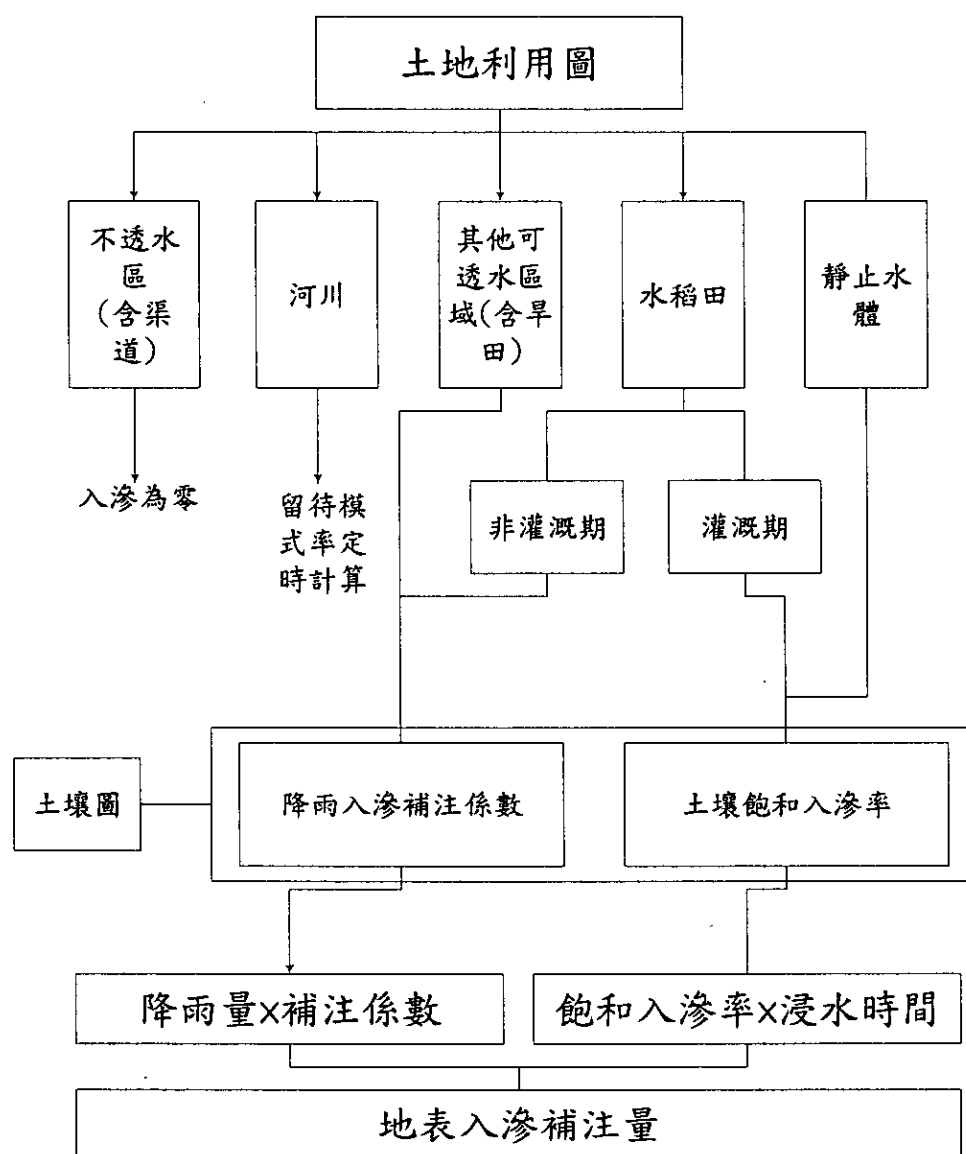


圖 2.2-1 地下水補注量推估流程圖

一、推估方法

此土地利用圖檔將土地利用屬性細分成 95 種，由於分類極細，本計畫將依據其地下水補注來源機制，將其分類簡化，如表 2.2-1。而分類過程依據下列處理原則，細述如下：

首先，將養殖魚塭、湖泊、水庫及其它蓄水等長時間蓄水區塊，

歸納為靜止水體。由於靜止水體長期長期浸水的情形下，入滲率接近土壤的飽和入滲率，可視為一個常數，所以入滲補注量的估計可用下式表示：

$$Q = A \times T \times \varphi \dots\dots\dots (2.2-1)$$

A：面積 (L²)

T：浸水時間 (T)

φ ：土壤飽和入滲率 (L/T)。

其次，旱作、廢耕地、林業、草生地、裸露地、灌木荒地、公園綠地等等歸為一類，其補注機制與降雨有關，其可透水面積入滲補注量可用下式表示。

$$Q = P \times A \times \alpha \dots\dots\dots (2.2-2)$$

P：平均降雨量 (L)

A：區域面積 (L²)

α ：降雨入滲補注係數 (無因次)

水田部分在田地灌溉期間，其水田長期浸水可採用式 2.2-1 進行補注量之推估，而在非灌溉之乾枯時期，則以式 2.2-2 之降雨入滲公式進行計算。

此外，河川部分之各類資料極為缺乏，其入滲機制複雜，除受土壤質地影響外，其與地下水之間的水量交換大小也受當地地下水位、河川長度、河川寬度及水位高程等影響，依水位高程及地下水位高度間之差異，一般可將河川 (或河段) 區分為湧出或入滲河川 (或

河段)，難以單就土壤質地進行補注量之推估。因此，本計畫以 MODFLOW 模式進行河川部分補注量推估，此項將於後續章節進一步介紹。

表 2.2-1 土地利用簡化表

編號	土地利用原始屬性	簡化分類
一	養殖魚塭、水庫、湖泊及其他蓄水	靜止水體
二	旱作、廢耕地、林業、草地、裸露地、灌木荒地、公園綠地	旱作及其他可透水區域
三	交通用地（公路、鐵路）、建築用地（住宅區、學校、機關團體、環保設施）、工業用地（工業相關設施、倉儲）等人工建築物以及運河。	不透水區域
四	稻作	水田
五	河川	河川

二、參數說明

在公式 2.2-1、2.2-2 地下水垂向補注來源分項計算中，可以看出主要水文地質和水文參數是土壤飽和入滲率 ϕ 及降雨入滲係數 α ，這兩個參數是計算地下水各項補注量來源的重要依據，因此本計畫對這兩個參數的分析及確定是一項重要的基礎工作。以下逐一說明本計畫估算補注量相關參數的輸入值。

1. 飽和入滲率 ϕ

在飽和狀態下之土壤入滲率有多種求法，如 Darcy 之由水頭、土層、斷面積、滲透時間等因素，求出入滲係數公式；Slichter 以粒子直徑與孔度；Kozeny 經由孔隙量（可流動水分者）、孔隙形狀，流路扭曲與比表面積關係；Fair 與 Hatch 經孔隙量及比表面積；以及 Zunker 之經由比表面積、粒子形狀、排列及未被水分充填之空隙量（在田間容量時）而誘導之方法，如上所述，方法種類繁多。

但是土壤在飽和狀態下之入滲現象，即便使用上述的方法推求入滲量，眾多複雜因子錯綜影響的結果，在應用上會有許多困難及限制。本計畫區域廣大，加上土壤、氣候及其他環境條件因素下，因此土壤飽和入滲率 ϕ 宜採用現地調查、採樣、試驗之累積資料為基礎，以實用為目標，來估算台灣地區各地下水區水田及靜止水體之地下水入滲補注量。以下將國內、外使用的經驗公式或是國內現地調查研究成果，整理分述如下：

(1) 大陸水利電力部水文局^[57]

前水資會屏東平原地下水數值模式之應用分析參考大陸水利電力部水文局估計水稻田入滲率和土壤質地的關係如表 2.2-2 所示，此表土壤質地的調查範圍從粉砂土至黏土。

表 2.2-2 水稻田入滲率係數值				
土壤性質	粘土	粘壤土	砂壤土	粉細砂
ϕ (mm/day)	1.0	1.7	2.5	3.0
資料來源:大陸水利電力部水文局,中國水資源評價,1987				

(2) 水利局陳尚及李德滋的經驗公式^[58]

台灣地區對於水田入滲量之研究較為完整者應追溯到民國 46 年到 53 年間，由水利局陳尚及李德滋（1964）於台灣地區 828 處所做的田間試驗（表 2.2-3）。該試驗於 1960 年以前採用同心圓式雙筒法，自 1961 年起則採用定水頭馬利奧法（Mariott）來施測。陳與李（1964）在各灌區實測之 828 處資料中，捨去受地下水影響或特殊變化部分，即選擇較具代表性的資料，計 433 處。各處再依土壤種類及母質將全省分成 6 種土壤，其建議若對於某一地區之土類及母質資料難以取得可將西部沖積土歸為第（I）類，東部沖積土合併為第（II）類及紅棕壤土為第（III）類。

針對上述 I.II.III 類及參考美國農業部標準，推導出：（1）質地與水分當量，（2）水分當量與水田垂直入滲率之經驗公式如表 2.2-4 所示。由表 2.2-4 可知，僅需知道該區域之砂、黏土、粉砂粒百分比便可利用質地與水分當量之經驗式估算土壤水分當量，復利用水分當量與水田垂直入滲率之經驗公式求出所需要之水田垂直入滲量。

表 2.2-3 陳尚及李德茲於各灌區滲透測驗處數一覽表

灌 區	測驗 處數	測驗 年份	測驗方法
大甲溪灌區	63	1957	同心圓式兩重圓筒法
卑南灌區	45	1958	同心圓式兩重圓筒法
濁水溪北岸灌區	97	1959~1960	定水頭馬利奧管法
白河水庫灌區	52	1961	定水頭馬利奧管法
後龍水庫灌區	36	1961	定水頭馬利奧管法
花蓮地區	46	1962	定水頭馬利奧管法
臺東地區	38	1962	定水頭馬利奧管法
寶山水庫灌區	80	1963	定水頭馬利奧管法
龍池水庫灌區	42	1963	定水頭馬利奧管法
高大圳灌區	54	1963	定水頭馬利奧管法
新城圳灌區	31	1963	定水頭馬利奧管法
豐田圳灌區	40	1963	定水頭馬利奧管法
鹽埔圳灌區	117	1963	定水頭馬利奧管法
志學、林田、光復地區	48	1964	定水頭馬利奧管法
大埔水庫灌區	39	1964	定水頭馬利奧管法
合 計	828		

表 2.2-4 全省之質地與水分當量及水分當量與水田垂直入滲率
之經驗公式

土壤分類	質地與水分當量	水分當量與水田垂直入滲關係
西部沖積土	$Me=0.025Sa+0.216Si+0.603C$	$\text{Log } i = 1.9394-0.0478Me$
東部沖積土	$Me=0.019Sa+0.224Si+0.801C$	$\text{Log } i = 2.0752-0.0409Me$
紅棕壤土	$Me=0.021Sa+0.151Si+0.592C$	$\text{Log } i = 1.5087-0.0411Me$

表中 Sa、C、Si 表砂、粘、粉砂粒之百分比(%)；Me 表水分當量；i 表水田垂直入滲率

(3) 國外經驗公式及簡錦樹 (1992) 現地入滲試驗

李天浩 (1997) ^[23] 等參考其他國外許多利用土壤組成成份百分比，估計飽和水力傳導係數的經驗公式，如 Saxton (1986) 等 (見表 2.2-5)。利用這些公式和簡錦樹 (1992) ^[59] 「濁水溪沖積扇地表地質材料粒徑分析及現地入滲試驗研究」中，許多入滲量測試點的土樣分析與飽和水力傳導係數點量測值的野外「實驗 K 值」資料比較，將土壤組成百分比代入各種經驗公式，估計飽和水力傳導係數，和簡錦樹的試驗結果比較。簡錦樹的現場入滲試驗結果與 Saxton 公式估計的結果最為接近，同時遠高於其他公式的估計結果。

(4) 水利局經驗公式

劉振宇 (1997) ^[60] 等研究水田對地下水補注量之推估，使用前水利局設計規範公式推估水田入滲率，此經驗公式如下所示：

$$P = \frac{240}{CI} \dots\dots\dots (2.2-3)$$

式中：P ：表入滲率 (mm/day)

 C ：表粘粒百分比 (%)

 I ：表係數，視粘土% 大小而定

農業工程研究中心依據各農田水利會提供轄區內輪區之面積、粘粒百分比及土壤質地等資料，依前水利局設計規範公式估算水田各種土壤質地之平均飽和入滲率，如表 2.2-6 所示。此外，為便於大區域入滲量之推估，依據 SAWAH 模式模擬水稻田入滲時，由模式推估在牛踏層厚 10 公分，水力傳導係數為 0.03 cm/day 時，不同土壤質地所對應之進入牛踏層之入滲通量列於表 2.2-7。

表 2.2-6 水田各種土壤質地之平均飽和入滲率

土壤質地	黏土粒百分比 (%)	係數(I)	入滲率 (mm/day)
砂質礫土	1.6	1.0	150
礫質礫土	5.0	1.1	43.7
砂土(S)	8.0	1.2	25.0
壤質砂土(LS)	11.6	1.3	15.9
砂質壤土(SL)	14.9	1.4	11.5
壤土(L)	8.2	1.5	8.8
粘質壤土(CL)	21.9	0.6	6.85
壤質黏土(LC)	27.0	1.7	5.24
黏土(C)	33.0	1.8	4.04
中黏土	40.0	1.9	3.16
重黏土(HC)	49.0	2.0	2.45

資料來源：前水利局

輪灌區內土壤種類 編號	輪灌區內土壤種類編	進入牛踏層之 平均通量
1	粘土	3.2 mm/day
2	壤土	3.5 mm/day
3	砂壤土	3.7 mm/day
4	砂土	4.1 mm/day
5	砂礫土	4.4 mm/day
6	粉質壤土	3.6 mm/day

資料來源：前台灣省水利局，水稻田生態環境保護規劃及示範(水稻田對地下水補注功能評估分級)，民國八十六年八月。

(5) 張良正 (1999) 屏東平原現地入滲實驗

張良正 (1999) 在屏東平原共完成 96 點現地雙環入滲試驗，經由現地入滲試驗的結果，可得到這 96 點的土壤飽和入滲率，再以美國農業部 (USDA) 的土壤分類標準共可分成砂、壤土質砂及砂質壤土等三大類，飽和入滲率大致在 1~10cm/hr 間。最後再以上述三種土壤質地分類之試驗所得飽和入滲率加以計算，得到各土壤質地之代表平均飽和入滲率值。

(6) 綜合評估

本計畫所使用的土壤質地資料，係前台灣省農試所 (現農委會農試所) 所負責數位化之「全省平地土壤土地資料」，內容分成 11 種型態，屬性包含排水性、坡度分級、以及 0 到 150 公分共四層之土壤

質地。上述以經驗公式或是現地試驗所得到各種土壤質地的平均飽和入滲率，用農試所的 11 種土壤質地為基礎，整理成表 2.2-8。由表 2.2-8 可知，簡錦樹（1992）濁水溪沖積扇現地入滲試驗及張良正（1999）屏東平原現地入滲試驗，和由 Saxton 公式估計的結果較接近；而陳尚與李德滋公式及前水利局的設計規範公式所估算的結果較接近，大陸水利電力部的結果最小。雖然陳尚與李德滋公式與水利局公式估計的結果比一般土壤力學或水文學參考資料中同樣土壤的入滲率要低，但因陳與李的公式是在田間實際量測的結果，因此陳與李公式估計土壤飽和入滲率結果較低的原因，可能與田間存在的牛踏層有關。

本計畫採用之各種土壤質地的平均飽和入滲率共有兩組，一是參考陳尚與李德滋所估計之水稻田飽和入滲率為主，而不足的部份再依前水利局的標準加入；另一是大陸水利電力部水文局所試驗之參數，不足部分以內插方式補充。

表 2.2-5 Saxton et. al.(1986)利用土壤組成成份估計土壤水力特性曲線的經驗公式

Applied tension

range (kPa)

Equation

1500 to 10

$$\phi = A \theta^B$$

$$A = \exp[a + b(\%C) + c(\%C)^2 + d(\%S)^2 (\%C)] \times 100$$

$$B = e + f(\%C)^2 + g(\%S)^2 + g(\%S)^2 (\%C)$$

10 to ϕ_e

$$\phi = 10.0 - (\theta - \theta_{10})(10.0 - \phi_e) / (\theta_s - \theta_{10})$$

$$\theta_{10} = \exp[(2.302 - \ln A) / B]$$

$$\phi_e = 100.0 [m + n(\theta_s)]$$

$$\theta_s = h + j(\%S) + k \log_{10}(\%C)$$

ϕ_e to 0

$$\theta = \theta_s$$

1500 to 0

$$K = 2.778 \times 10^{-6} \exp \left\{ p + q(\%S) + \left[\frac{r + t(\%S) + u(\%C) + v(\%C)^2}{u(\%C) + v(\%C)^2} \right] (1/\theta) \right\}$$

Coefficients

$$a = -4.396$$

$$g = -3.484 \times 10^{-5}$$

$$p = 12.012$$

$$b = -0.0715$$

$$h = 0.332$$

$$q = -7.55 \times 10^{-2}$$

$$c = -4.88 \times 10^{-4}$$

$$j = -7.251 \times 10^{-4}$$

$$r = -3.8950$$

$$d = -4.285 \times 10^{-5}$$

$$k = 0.1276$$

$$t = 3.671 \times 10^{-2}$$

$$e = -3.140$$

$$m = -0.108$$

$$u = -0.1103$$

$$f = -2.22 \times 10^{-3}$$

$$n = 0.341$$

$$v = 8.7546 \times 10^{-4}$$

Definition

ϕ = water potential (kPa)

ϕ_e = water potential at air entry (kPa)

θ = water content (m^3/m^3)

θ_s = water content at saturation (m^3/m^3)

θ_{10} = water content at 10kPa (m^3/m^3)

K = water conductivity (m/s)

(%S) = percent sand

(%C) = percent clay

表 2.2-8 各單位估計飽和入滲率之成果

土 壤 質 地	估計飽和入滲率 (mm/day)							本計畫擬採用值	
	Saxton	陳尚 & 李德滋	水利局	張良正	大陸 水力電力 部	一	二		
COS 粗砂土, S 砂土	-	-	43.7	2018.4	-	43.7	-	3.00	
fS 細砂土, LCOS 壤質粗砂土, LS 壤質砂土	-	-	15.9	475.2	3.0	15.9	-	3.00	
LfS 壤質細砂, COSL 粗砂質壤土, SL 砂質壤土, fSL 細砂質壤土	676.8	18.24	11.5	309.6	2.5	18.24	-	2.50	
VfS 極細砂土, Lvfs 壤質極細砂土, vfsL 極細砂質壤土	789.6	26.4	-	-	-	26.4	-	2.30	
Si 粉土, SiL 粉質壤土	734.4	8.02	-	-	-	8.02	-	2.15	
L 壤土	314.4	10.32	8.8	-	-	10.32	-	2.00	
SCL 砂質粘壤土	67.2	7.68	-	-	-	7.68	-	1.85	
CL 粘質壤土, SicL 粉質粘壤土	85.92	3.12	6.85	-	1.7	3.12	-	1.70	
sic 粉質粘土	66.96	1.28	-	-	-	1.28	-	1.35	
C 粘土	44.64	0.89	4.04	-	1.0	0.89	-	1.00	
gfv 石礫	-	-	150	2400	-	150	-	3.00	

註：土壤質地依照農試所之土壤質地屬性資料對照表。

2. 降雨入滲係數 α

降雨入滲係數 α 為降雨入滲補注量與相對應降雨量之比值。本計畫採用大陸水利電力部水文局所分析的成果，如表 2.2-9 所示，前水資會民國八十四年屏東平原地下水數值模式之應用分析報告也引用此數據作估算參考。表 2.2-9 為大陸水利電力部水文局根據實測資料條件，採用不同方法計算降雨入滲係數 α 值。在側向入流較小、地下水埋深淺的平原區，根據地下水位升幅計算 α 值（當地下水位受側向入流、河道滲漏或地下水開發影響時，已設法消除了這些因素對計算地下水位升幅的影響）；在地下水開採量大、地下水埋藏深或已形成地下水洩降區的平原，採用年水量平衡法分析 α 值；在部分高原台地和山間盆地平原區，地形坡度大，溝谷切割深，地下水以泉水及河川基流型式流出，根據泉水流量或切割的河川基流量推求 α 值；在較乾旱地區，由於地下水埋藏較深，非飽和層土壤含水量較少，一年只有幾次較大降雨對地下水形成補給，因此分析了對地下水有補給的降雨所對應的有效降雨入滲係數。

由上可知，大陸水利電力部水文局引用多年的實測資料，利用不同的方法，經過統計分析後，降雨入滲補注係數 α 值將取決於土壤性質與年平均降雨量而定，降雨入滲補注係數資料之範圍如表 2.2-9 所示。當年降雨量大於 1,200 公厘時，降雨入滲補注係數反而較小，此乃因降雨量大的地區，地表皆較濕潤，地下水位距地表較近，則地下水含水層之調蓄能力相對較小，平均年降雨入滲補注係數因而較小。故若年降雨量大於表 2.2-9 之最大值 1,800 公厘時，取該列最小值係數計算之。

表 2.2-9 降雨入滲補注係數值範圍

土壤性質	粘土	粘壤土	砂壤土	粉細砂	砂卵礫石
平均 年降雨量(mm)					
50	0.00~0.02	0.01~0.05	0.02~0.07	0.05~0.11	0.08~0.12
100	0.01~0.03	0.02~0.06	0.04~0.09	0.07~0.13	0.10~0.15
200	0.03~0.05	0.04~0.10	0.07~0.13	0.10~0.17	0.15~0.21
400	0.05~0.11	0.08~0.15	0.12~0.20	0.15~0.23	0.22~0.30
600	0.08~0.14	0.11~0.20	0.15~0.24	0.20~0.29	0.26~0.36
800	0.09~0.15	0.13~0.23	0.17~0.26	0.22~0.31	0.28~0.38
1000	0.08~0.15	0.14~0.23	0.18~0.26	0.22~0.31	0.28~0.38
1200	0.07~0.14	0.13~0.21	0.17~0.25	0.21~0.29	0.27~0.37
1500	0.06~0.12	0.11~0.18	0.15~0.22	0.21	0.27
1800	0.05~0.10	0.09~0.15	0.13~0.19	0.21	0.27

資料來源：大陸水利電力部水文局，“中國水資源評價”，1987

三、地下水補注量

以前述的推估方法，利用民國八十八年之屏東平原降雨量資料，以及由土地利用與土壤質地資料得到之各區塊面積與飽和入滲率及降雨入滲係數，依據飽和入滲公式與降雨入滲補注公式估計出民國八十八年嘉南平原扣除河川入滲之地下水垂向入滲補注量。

嘉南平原各土地利用之地下水垂向入滲補注量如 2.2-10 所示，由表中可知，若以飽和入滲率以陳尚、李德茲現場試驗之建議值估算，該年扣除河川入滲之垂向年入滲補注量為 23.70 億噸，其中以水稻田之垂向入滲補注量最大，為 22.00 億噸，共佔 92.84%，靜止水體之垂向入滲補注量次之，為 0.84 億噸，共佔 3.5%。

若飽和入滲率以大陸水利電力部之建議值估算，該年扣除河川入滲之垂向年入滲補注量為 8.03 億噸，其中仍以水稻田之垂向入滲補注量最大，分別為 6.91 億噸，各佔 86%，旱田之垂向入滲補注量次之，為 0.47 億噸，共佔 5.9%。

八十八年嘉南平原以陳尚、李德茲建議的飽和入滲率值估算之分月扣除河川入滲之垂向地下水入滲補注量列於表 2.2-11，其中以七月入滲補注量 6.49 億噸最大，八月 6.35 億噸次之，十一月 0.07 億噸最低。

表 2.2-10 民國八十九年嘉南平原各類土地利用之垂向補注量

嘉南平原	項目	面積	比例	補注量 (百萬噸)			
				飽和入滲率為陳尚、李德茲建議值	飽和入滲率為大陸水利電力部建議值	飽和入滲率為大陸水利電力部建議值	
靜止水體		235369002	7.62%	117.37	5.89%	94.47	12.23%
旱田		675579870	21.87%	172.15	8.64%	134.33	17.39%
水田		1029281410	33.32%	812.00	40.74%	286.92	37.15%
其他類		1148885280	37.19%	891.79	44.74%	256.56	33.22%
總補注量		3089115562	100.00%	1993.31	100.00%	772.28	100.00%

表 2.2-11 民國八十九年嘉南平原各月之垂向補注量

月份	補注量(百萬噸)			
	飽和入滲率為陳尚、李德茲建議 值		飽和入滲率為大陸水利電力部 建議值	
1	123.13	6.18%	37.92	4.91%
2	120.10	6.03%	38.23	4.95%
3	123.37	6.19%	39.09	5.06%
4	105.22	5.28%	50.06	6.48%
5	86.22	4.33%	33.53	4.34%
6	131.85	6.61%	79.22	10.26%
7	376.22	18.87%	148.62	19.24%
8	368.18	18.47%	149.91	19.41%
9	280.53	14.07%	94.57	12.25%
10	110.01	5.52%	48.80	6.32%
11	76.10	3.82%	23.47	3.04%
12	92.38	4.63%	28.85	3.74%
合計	1993.31	100.00%	772.28	100.00%

2.3 水收支平衡法

地下水循環在一區域範圍內，其流進量、流出量與蘊藏量可由以下水文平衡式表示之。

$$I - O = \frac{\Delta S}{\Delta t} \dots\dots\dots(2.3-1)$$

I:系統之入流量

O:系統之出流量

ΔS :系統儲蓄量變化

Δt :時間間距

其中系統之入流量在地下水系統中即為地下水補注量，上式經整理修改可成：

$$R = U \pm \Delta S (+D) \dots\dots\dots(2.3-2)$$

式中：

R:地下水年補注量

U:地下水年利用量

ΔS :地下水蘊藏年變化量

D:地下水流出量(視水層特性而異)

水收支平衡法即為前水資會用來估算台灣地區各區地下水補注量的依據，式中 U、 ΔS 及 D 值所採用的推估方法分述如下：

1、地下水年利用量(U)

(1)各地下水區地下水抽水量的不確定性

雖然地下水年利用量在水平衡公式中是個已知數，但實際上抽水量卻往往是估計值，且不同研究團隊的推估值都不一樣，部份地下水區即使經過水井普查，各年的調查數據也差異很大。例如早期水利局於民國 57 年進行屏東地區 6,133 口水井之調查，推估得該年總抽

水量為 6.53 億立方公尺;民國 71 年水資會再度調查屏東地區抽水井共 11,685 口，推估當年總抽水量約 10.15 億立方公尺;到民國 77 年水資會委託當時的屏東農專普查了屏東地區 17,255 口井，求得該年抽水量卻達 20.59 億立方公尺。由此可知，要精確反映各地下水區之抽水量不是容易的工作。

(2)前水資會對於地下水抽水量的推估方式

前水資會在早期(民國 60 年代)對台灣地區九大地下水分區抽水量估算，主要是由調查各地下水區抽水井數及其抽水馬達的功率，再由其電錶使用電量記錄換算求得。後來因國內各標的用水量大增，各地下水區地下水井數增加快速，有關管理單位乃委託學校機關對部份地下水區進行地下水井普查的工作。台灣地區之地下水使用，雖有水權登記資料，但因各地下水區之允許出水量並未有系統之整合，以致在地下水開發及管理上缺乏可靠科學依據，更無法有效之管制，政府相關單位為改善此情況，農委會特籌措經費委託嘉義農專沈向白教授於民國 76 年至 80 年間逐年辦理完成彰化、雲林、嘉義、台南及高雄等縣市之水井普查，同一時期屏東科技大學(前屏東農專)於民國 77 年(前水資會委託)亦調查完成屏東地區水井普查工作。

另根據前水資會統計資料顯示，台灣地區地下水年抽水量自民國 85 年之 27 億立方公尺增加到民國 72 年之 41.52 億立方公尺，民國 70 年代晚期又因養殖漁業興盛，地下水被大量的抽用，故依水資會之統計民國 78 年之地下水年抽水量為 62.63 億立方公尺，民國 80 年更增加到 71.39 億立方公尺，而年補注量之估計前水資會在民國 65 年所估計年補注量為 40 億立方公尺。而前水資源局於民國 89 年委託能邦公司進行台灣地區地下水補注量估算，估算結果得豐水年地下水

滲補注量為 57.5 億立方公尺，平水年為 50.8 億立方公尺，枯水年 44.7 億立方公尺。

台灣地區以往水資源之調查均由水資會綜合規劃，依據其彙整各相關單位之地下水調查報告於民國 81 年所發表之統計資料顯示，因當時養殖漁業興盛，各地開發地下水量遽增，抽水量已超過 70 億立方公尺，遠超過 40 億立方公尺之年補注量甚多。當時前水資會所引用地下水調查之資料內容包括：「屏東地區地下水井普查」，(水資會。屏東農專蔡光榮，民國 77 年)，「濁水溪沖積扇地區地下水資源調查」，(水利處、嘉義農專沈向白，民國 80 年)，「嘉南平原地區地下水資源調查研究」，(水利處、嘉義農專沈向白，民國 80 年)等調查資料，而其他地區未曾調查更新之地下水開發量仍沿用民國 60~70 年代所調查之成果，並加入民國 79 年各地區利用養殖業面積所估算出養殖業之抽用地下水量之資料彙整而成。由當時所統計出各標的地下水使用量之分佈情況：

- 1、濁水溪沖積扇：抽水量為 21.02 億立方公尺，以農業(13.42 億立方公尺)為最多。
- 2、屏東平原：抽水量為 21.81 億立方公尺，以養殖業(11.43 億立方公尺)為最多。
- 3、嘉南平原：抽水量為 16.16 億立方公尺，以農業(8.02 億立方公尺)為最多。
- 4、蘭陽平原：抽水量為 1.83 億立方公尺，以養殖業(0.96 億立方公尺)為最多。

另前水資源局於民國 87~88 年間完成了台灣地區各區域水資源綜合發展計畫之成果報告，報告中利用相關單位近年(民國 80 年至

85 年)所發表之數據加以彙整分析推估出各區域之地下水使用量。由其所推估出台灣地區地下水年平均使用量約 52.75 億立方公尺與前水資會民國 81 年所統計之 71.39 億立方公尺比較顯示，台灣地區地下水之使用量在政府相關單位推動地層下陷防治措施之努力及管制下，已明顯減少許多。

(3) 計畫評估抽水量

綜合前述各項理由，吾人可知抽水量之推估值各研究團隊均有不同之推估方法，亦有不同之推估值，具有極高之不確定性，依此不確定性極高之推估值進行補注量之推估，易造成補注量推估值亦具有極高之不確定性。本計畫依據地表土壤、土地利用與灌溉輪作方式等資料計算地表入滲補注量，在依據補注量推估抽水量。由水平衡收支公式（式 2.3-2）可再次修改可得下式：

$$U = R - (\pm\Delta S(+D)) \dots\dots\dots(2.3-3)$$

本計畫將以前述章節所得之地表入滲補注量、地下水蘊藏變化量與地下水流出量視為水平衡收支公式之已知值代入式 2.3-3 中，即可獲得地下水區之地下水抽水量。

2、地下水蘊藏變化量(ΔS)

各地下水區地下水蘊藏量的變化分析，依水資會的推估方式，配合目前各地下水區最新的地下水位觀測紀錄與水文地質參數由下式求之：

$$\Delta S = \Delta h \cdot A \cdot S$$

Δh : 年平均水位差(L)

A:區域面積(L)

S:含水層儲水係數

地下水蘊藏變化量(ΔS)計算之作法是利用各觀測井之水文地質資料配合內插軟體得出各格網之年水位變化 Δh 及其儲水係數 S 。並配合各格網之面積 A 帶入上式中，即可算出地下水蘊藏變化量(ΔS)。

3、地下水年流出量(D)

各地下水區地下水流出量將以達西定律估算

$$D=T \times I \times L$$

式中:

D:地下水流出量(L^3/T)

T:地下水導水係數(L^2/T)

I:水力坡降

L:流通長度(L)

地下水自然流動下，最終可能流入海洋或出滲河川，參考各地下水區水文地質資料、地下水等水位線、地下水流向，以達西定律分別算出各地下水區之流出量 D 。

4、估算結果及評估

本計畫初步選定嘉南平原北段應用水收支平衡法推估該地區之地下水使用量，本計畫採用前述章節之大陸水利電力部建議值所推估89年補注量，估算結果嘉南平原北段全年總抽水量為7.87億噸，其結果如表2.3.1所示。

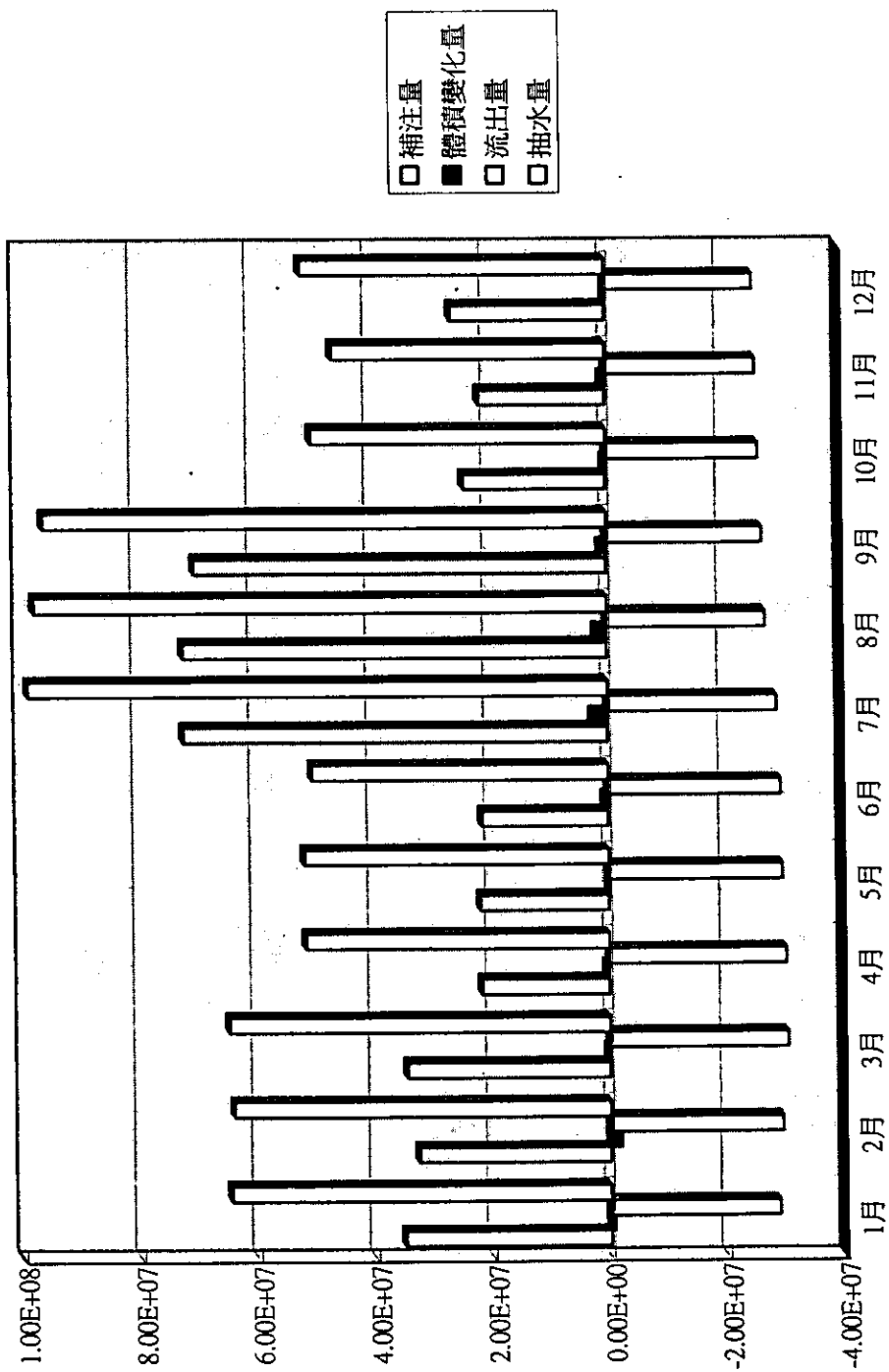


圖 2.3.1 89年嘉南平原北段各類地下水變化量分佈圖

第三章 地下水質分析

3.1 地下水背景水質分析

本計畫將採用台灣地區灌溉用水水質標準（台灣省政府 67.7.5 六七府建水字第 59931 號）及飲用水水源水質標準（行政院環境保護署 86.9.24 (86) 環署毒字第 56075 號）來分析各區域站井是否符合各項水質標準及分析地下水水質是否遭到污染。由於嘉南平原北段層次複雜，分層不易；南段深層受基盤阻隔，因此將嘉南平原以鹽水溪為界，分南北兩區域探討。

由於在甘旱時，地面水水資源嚴重缺乏，一般可開發地下水抗旱井，以彌補水資源不足，但地下水之利用受限於水質是否符合標準，所以將分析地下水監測井之水質檢測項目是否符合灌溉用水水質標準及飲用水水源水質，進行研判與分析，以區分適合灌溉及成為飲用水水源水質之地區。其中北段灌溉用水水質標準共有水溫、酸鹼值、導電度等 10 項(南段 11 項)監測井之水質檢測項目，如表 3.1-1 和表 3.1-2，北段飲用水水源水質共有總有機碳、氨氮等 7 項(南段 8 項)監測井之水質檢測項目，如表 3.1-3 和表 3.1-4 所示。分析結果顯示北段共有 23 口井(25%)、南段共有 2 口井(6%)符合灌溉用水水質標準，北段共有 9 口井(10%)、南段共有 9 口井(29%)符合飲用水水源水質標準。

北段地下水監測井水質對於灌溉用水水質標準之空間分布如圖 3.1-1 至 3.1-4，南段如圖 3.1-5 至 3.1-8，其中嘉南平原各段的導電度普遍皆不符合標準，造成只有在遠離沿海的少數幾口井才適合作為灌溉用水水源使用。北段地下水監測井水質對於飲用水水源水質之空間分布如

圖 3.1-9 至 3.1-12，南段如圖 3.1-13 至 3.1-16，其中北段受到嚴重的氨氮污染，僅鹽水溪上游少數幾各測站適合作為飲用水水源使用，而南段適合作為飲用水水源使用的測站大部分集中在鹽水溪和二仁溪流域附近。

表 3.1-1 嘉南平原北段地下水監測井之灌溉用水水質標準檢測項目(○

代表符合，X 代表不符合)

站名	酸鹼度	溫度	導電度	砷	錳	鉻	銅	鎳	汞	鉛	總評比
台南一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
安慶一	○	○	X	○	X	○	○	○	○	○	不符合
新市一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
那拔一	○	-----	-----	○	X	○	○	○	○	○	不符合
南科一	○	-----	-----	○	○	○	○	○	○	○	符合
南興一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
小新一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
善化一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
進學一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
三股一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
十份一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
頂山一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
大文一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
紀安一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
港尾一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
總爺一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
官田一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
六甲一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
下營一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
柳營一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
重溪一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
北門一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
錦湖一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合

新東一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
平溪一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
白河一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
大崙一	○	○	X	○	----	○	○	○	○	○	○	不符合
白河二	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
平溪二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
新東二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
錦湖二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
新東三	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
下半天一	○	----	----	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
重溪二	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
柳營二	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
總爺二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
官田二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
下營二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
港尾二	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
大文二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
小新二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
善化二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
進學二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
那拔二	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
安慶二	----	----	----	○	X	○	○	○	○	○	○	不符合
台南二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
新化一	○	----	----	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
新化二	○	----	----	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
南科二	○	----	----	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
新市二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合

南興二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
竹園一	○	-----	-----	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
竹園二	○	-----	-----	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
南興三	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
新市三	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
台南三	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
那拔三	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
安慶三	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
善化三	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
南科三	○	-----	-----	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
大文三	○	○	X	○	○	○	○	X	○	○	○	不符合
六甲二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
下營三	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
重溪三	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
錦湖三	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
北門二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
紀安二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
港尾三	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
總爺三	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
官田三	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
下半年二	○	-----	-----	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
平溪三	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
十份二	○	○	X	X	○	○	○	X	○	○	○	不符合
十份三	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
南科四	○	-----	-----	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
安慶四	-----	-----	-----	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
台南四	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合

南興四	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
善化四	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
進學三	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
三股二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
頂山二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
大文四	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
港尾四	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
六甲三	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
下營四	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
重溪四	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
新東四	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
平溪四	○	-----	-----	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
白河三	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
大崙二	○	○	○	○	-----	○	○	○	○	○	○	符合
竹園三	○	-----	-----	○	-----	○	○	○	○	○	○	符合

表 3.1-2 嘉南平原南段地下水監測井之灌溉用水水質標準檢測項目(○

代表符合，X 代表不符合)

站名	酸鹼度	水溫	電導度	氯鹽	硫酸鹽	砷	錳	鉻	銅	鎘	汞	總評比
五甲(1)	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
大社(1)	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
岡山(1)	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
興達(1)	○	○	X	X	X	○	○	○	○	X	○	不符合
永華(1)	○	○	X	X	○	○	○	○	○	X	○	不符合
阿蓮(1)	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
仁和(1)	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	X	不符合
依仁(1)	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
省躬(1)	○	○	X	X	X	○	○	○	○	○	○	不符合
仁德(1)	○	○	X	X	○	○	○	○	X	○	○	不符合
鹽埕(1)	○	○	X	X	X	○	○	○	X	○	○	不符合
楠梓(1)	○	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
彌陀(1)	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
五林(1)	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
港和(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
成功(1)	○	○	X	X	X	○	X	○	○	X	○	不符合
一甲(1)	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
竹滬(1)	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
港和(2)	○	○	X	X	X	○	○	○	X	○	○	不符合
竹滬(2)	○	○	X	X	X	○	○	○	○	X	○	不符合
鹽埕(2)	○	○	X	X	X	○	○	○	X	○	○	不符合
五甲(2)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
五林(2)	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合

成功(2)	○	○	X	X	X	○	X	○	○	○	○	○	不符合
阿蓮(2)	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
興達(2)	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
仁德(3)	○	○	X	X	X	○	○	○	X	○	○	○	不符合
省躬(2)	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
鹽埕(3)	○	○	X	X	X	○	○	○	X	○	○	○	不符合
五林(3)	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
竹滬(3)	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合

表 3.1-3 嘉南平原北段地下水監測井之飲用水水源水質標準檢測項目

(○代表符合，X 代表不符合)

井名	總有機碳	氮氮	砷	鉻	鎘	汞	鉛	總評比
台南一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
安慶一	○	X	○	○	○	○	○	不符合
那拔一	○	○	○	○	○	○	○	符合
新市一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
南科一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
南興一	○	X	○	○	○	○	○	不符合
小新一	○	○	○	○	○	○	○	符合
善化一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
進學一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
三股一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
十份一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
頂山一	○	X	○	○	○	○	○	不符合
大文一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
紀安一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
港尾一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
總爺一	○	○	○	○	○	○	○	符合
官田一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
六甲一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
下營一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
柳營一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
重溪一	X	X	X	○	○	○	○	不符合
北門一	○	X	○	○	○	○	○	不符合
錦湖一	X	X	○	○	○	○	○	不符合

新東一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
平溪一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
白河一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
大崙一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
白河二	○	○	○	○	○	○	○	符合
下半天一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
竹園一	○	X	X	○	○	○	○	不符合
平溪二	○	X	X	○	○	○	○	不符合
新東二	○	X	X	○	○	○	○	不符合
錦湖二	X	X	X	○	○	○	○	不符合
新東三	○	X	X	○	○	○	○	不符合
重溪二	○	X	X	○	○	○	○	不符合
柳營二	○	X	X	○	○	○	○	不符合
下營二	X	X	X	○	○	○	○	不符合
官田二	○	X	○	○	○	○	○	不符合
總爺二	X	X	○	○	○	○	○	不符合
港尾二	X	X	X	○	○	○	○	不符合
大文二	X	X	X	○	○	○	○	不符合
進學二	○	X	○	○	○	○	○	不符合
善化二	X	X	X	○	○	○	○	不符合
小新二	X	X	X	○	○	○	○	不符合
南興二	○	X	X	○	○	○	○	不符合
南科二	X	X	X	○	○	○	○	不符合
那拔二	○	○	○	○	○	○	○	符合
安慶二	○	X	X	○	○	○	○	不符合
台南二	X	X	X	○	○	○	○	不符合
新化一	○	X	○	○	○	○	○	不符合

新化二	○	X	○	○	○	○	○	不符合
新市二	X	X	X	○	○	○	○	不符合
新市三	○	○	○	○	○	○	○	符合
台南三	X	X	X	○	○	○	○	不符合
那拔三	○	○	○	○	○	○	○	符合
安慶三	X	X	X	○	○	○	○	不符合
南科三	○	X	X	○	○	○	○	不符合
南興三	X	X	X	○	○	○	○	不符合
善化三	○	○	○	○	○	○	○	符合
十份二	X	X	X	○	X	○	○	不符合
大文三	X	X	X	○	X	○	○	不符合
紀安二	X	X	X	○	○	○	○	不符合
總爺三	○	X	○	○	○	○	○	不符合
港尾三	X	○	X	○	○	○	○	不符合
官田三	○	X	○	○	○	○	○	不符合
六甲二	○	X	X	○	○	○	○	不符合
下營三	X	X	X	○	○	○	○	不符合
重溪三	○	X	X	○	○	○	○	不符合
北門二	X	X	X	○	○	○	○	不符合
錦湖三	X	X	X	○	○	○	○	不符合
平溪三	X	X	X	○	○	○	○	不符合
下半天二	○	X	X	○	○	○	○	不符合
竹圍二	○	○	X	○	○	○	○	不符合
竹圍三	○	X	X	○	○	○	○	不符合
平溪四	○	X	X	○	○	○	○	不符合
白河三	○	○	○	○	○	○	○	符合
大崙二	○	X	X	○	○	○	○	不符合

重溪四	○	X	X	○	○	○	○	不符合
新東四	○	X	○	○	○	○	○	不符合
下營四	X	X	X	○	○	○	○	不符合
六甲三	○	X	X	○	○	○	○	不符合
港尾四	X	X	X	○	○	○	○	不符合
大文四	X	X	X	○	○	○	○	不符合
十份三	X	○	X	○	○	○	○	不符合
善化四	○	○	X	○	○	○	○	不符合
進學三	X	X	X	○	○	○	○	不符合
三股二	X	X	X	○	○	○	○	不符合
南興四	○	X	X	○	○	○	○	不符合
南科四	○	X	X	○	○	○	○	不符合
安慶四	X	X	X	○	○	○	○	不符合
台南四	X	X	X	○	○	○	○	不符合
頂山二	X	X	X	○	○	○	○	不符合

表 3.1-4 嘉南平原南段地下水監測井之飲用水水源水質標準檢測項目

(○代表符合，X 代表不符合)

站名	化學需氧量	總有機碳	大腸菌密度	氨氮	砷	鉻	鎘	汞	總評比
五甲(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
仁和(1)	○	○	○	○	X	○	○	X	不符合
依仁(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
仁德(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
省躬(1)	○	○	○	X	○	○	○	○	不符合
鹽埕(1)	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
楠梓(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
彌陀(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
五林(1)	○	○	○	○	X	○	○	○	不符合
成功(1)	○	○	○	X	X	○	X	○	不符合
港和(1)	○	○	○	○	X	○	○	○	不符合
一甲(1)	○	○	○	○	X	○	○	○	不符合
大社(1)	○	○	○	○	X	○	○	○	不符合
永華(1)	○	○	○	X	○	○	X	○	不符合
阿蓮(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
岡山(1)	X	X	○	○	X	○	○	○	不符合
興達(1)	○	○	○	○	○	○	X	○	不符合
竹滬(1)	○	○	○	○	X	○	○	○	不符合
竹滬(2)	X	○	○	X	○	○	X	○	不符合
港和(2)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
鹽埕(2)	X	○	○	X	X	○	○	○	不符合
五林(2)	○	○	○	○	X	○	○	○	不符合
成功(2)	○	○	○	○	X	○	○	○	不符合

五甲(2)	○	○	○	○	X	○	○	○	不符合
興達(2)	○	○	○	○	X	○	○	○	不符合
阿蓮(2)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
仁德(3)	○	○	○	X	○	○	○	○	不符合
省躬(2)	○	○	○	○	X	○	○	○	不符合
鹽埕(3)	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
五林(3)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
竹滬(3)	○	○	○	X	○	○	○	○	不符合

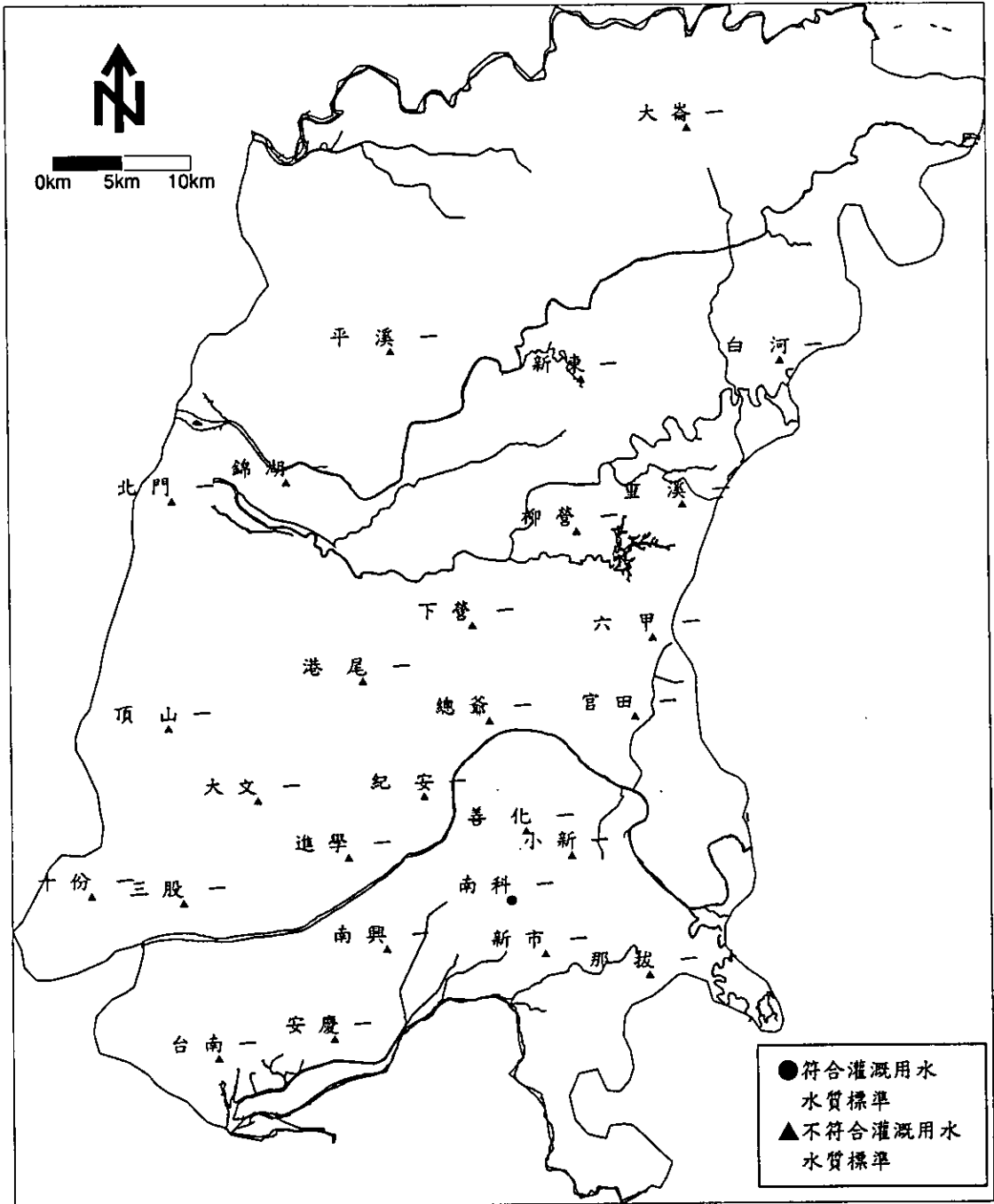


圖 3.1-1 嘉南平原北段含水層—符合灌溉用水水質標準之空間分佈

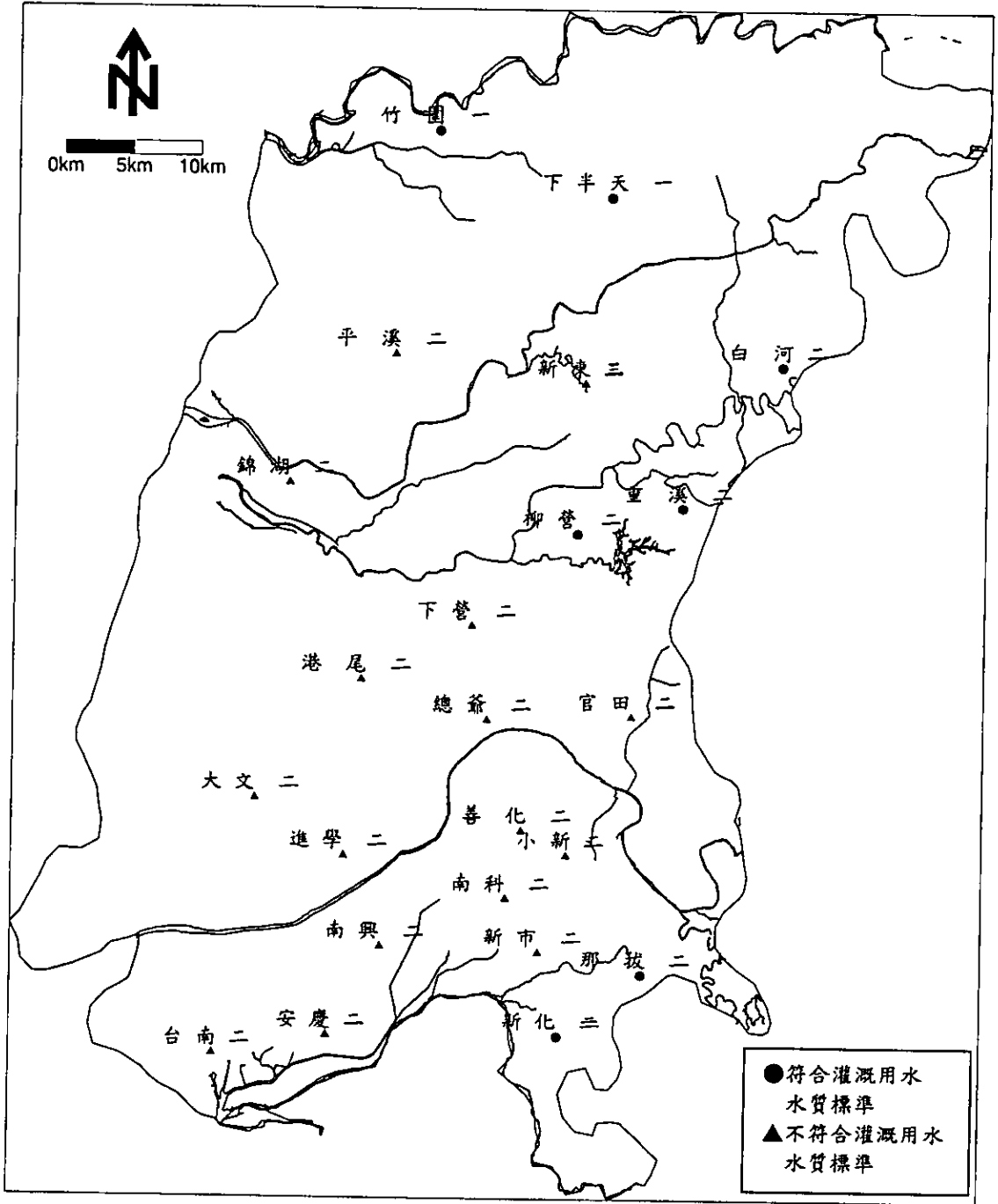


圖 3.1-2 嘉南平原北段含水層二符合灌溉用水水質標準之空間分佈

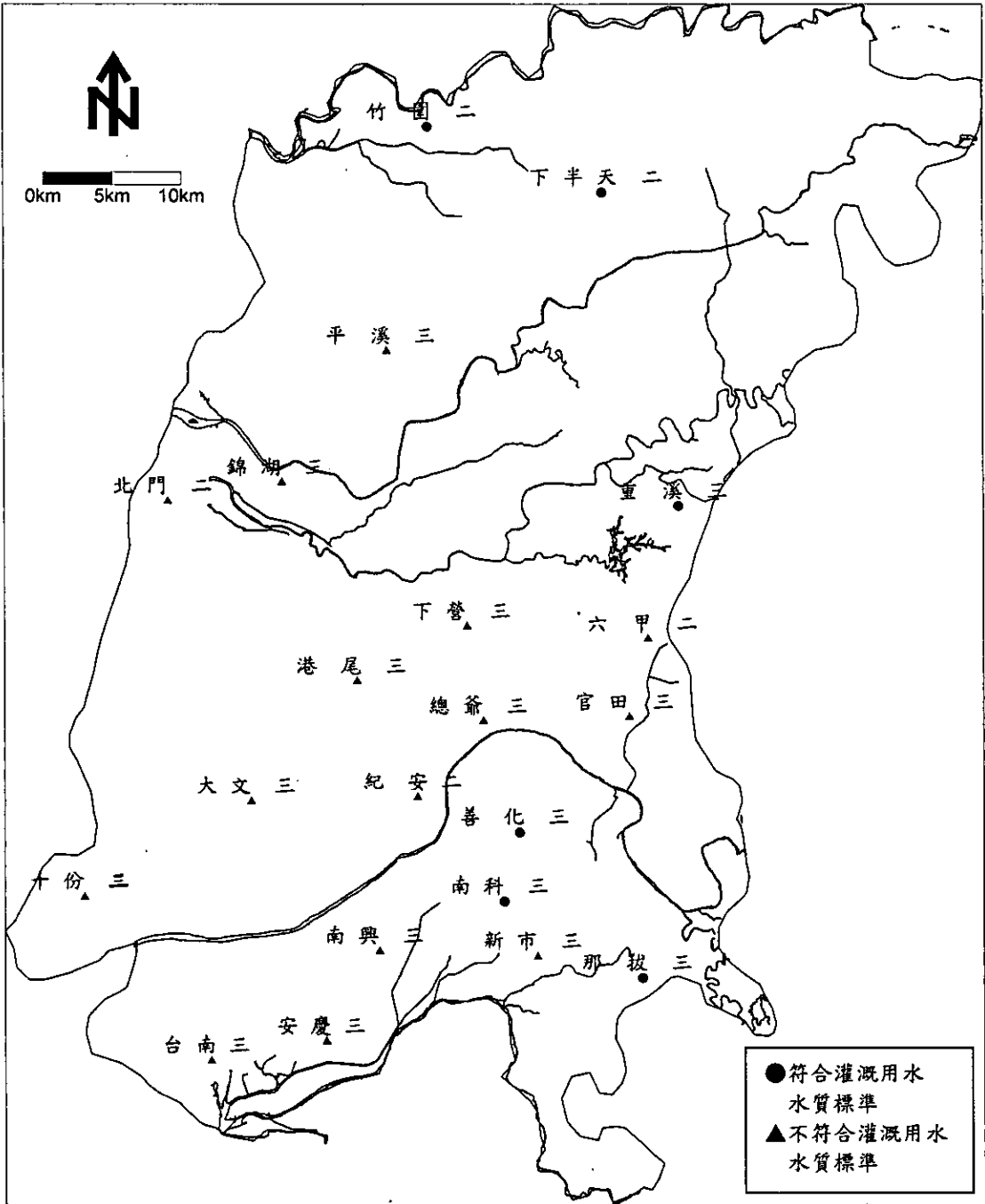


圖 3.1-3 嘉南平原北段含水層三符合灌溉用水水質標準之空間分佈

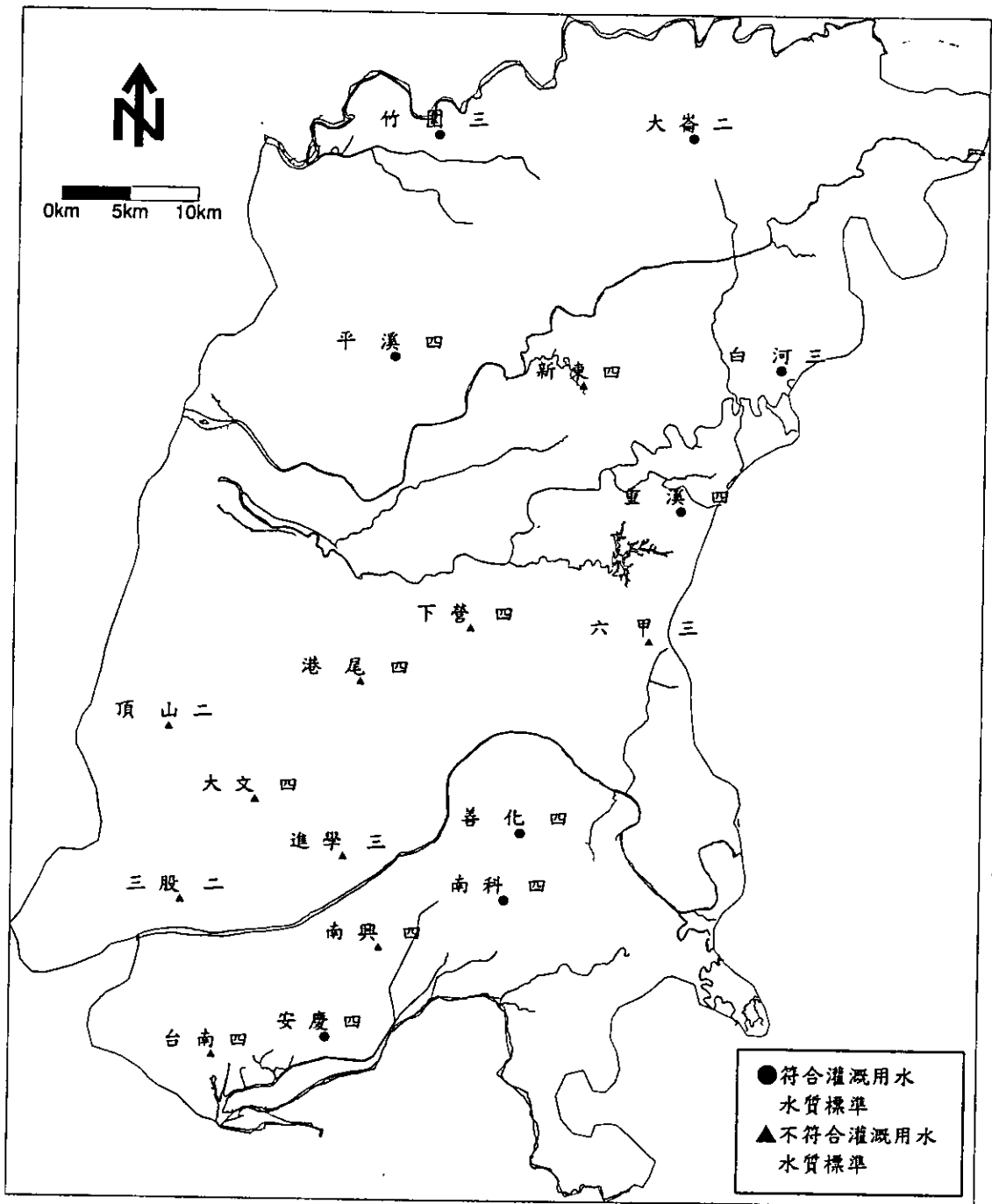


圖 3.1-4 嘉南平原北段含水層四符合灌溉用水水質標準之空間分佈

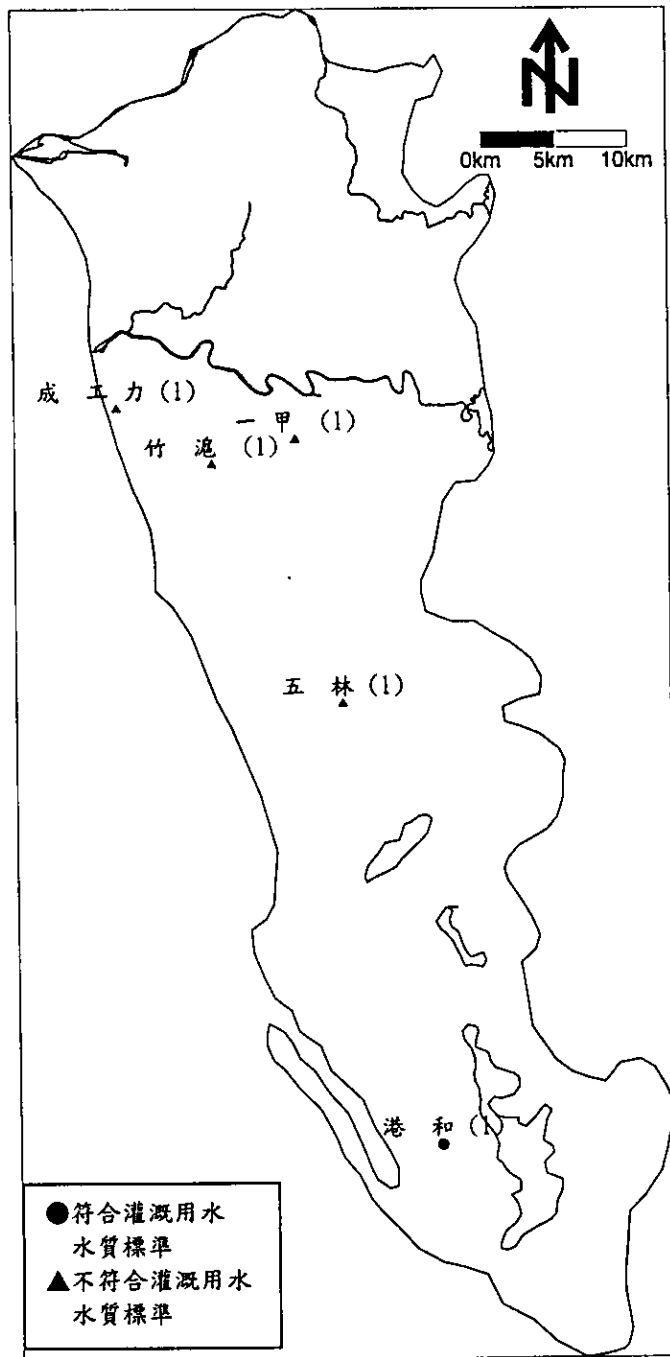


圖 3.1-5 嘉南平原南段含水層一符合灌溉用水水質標準之空間分佈

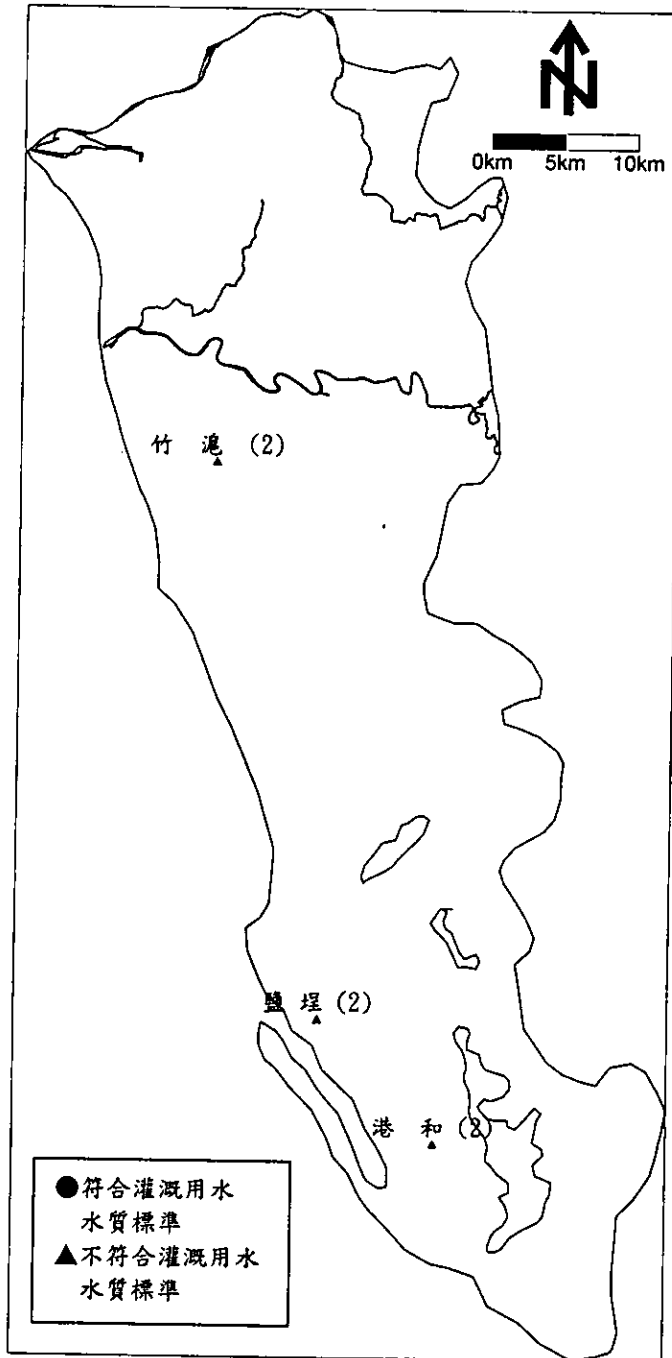


圖 3.1-6 嘉南平原南段含水層二符合灌溉用水水質標準之空間分佈

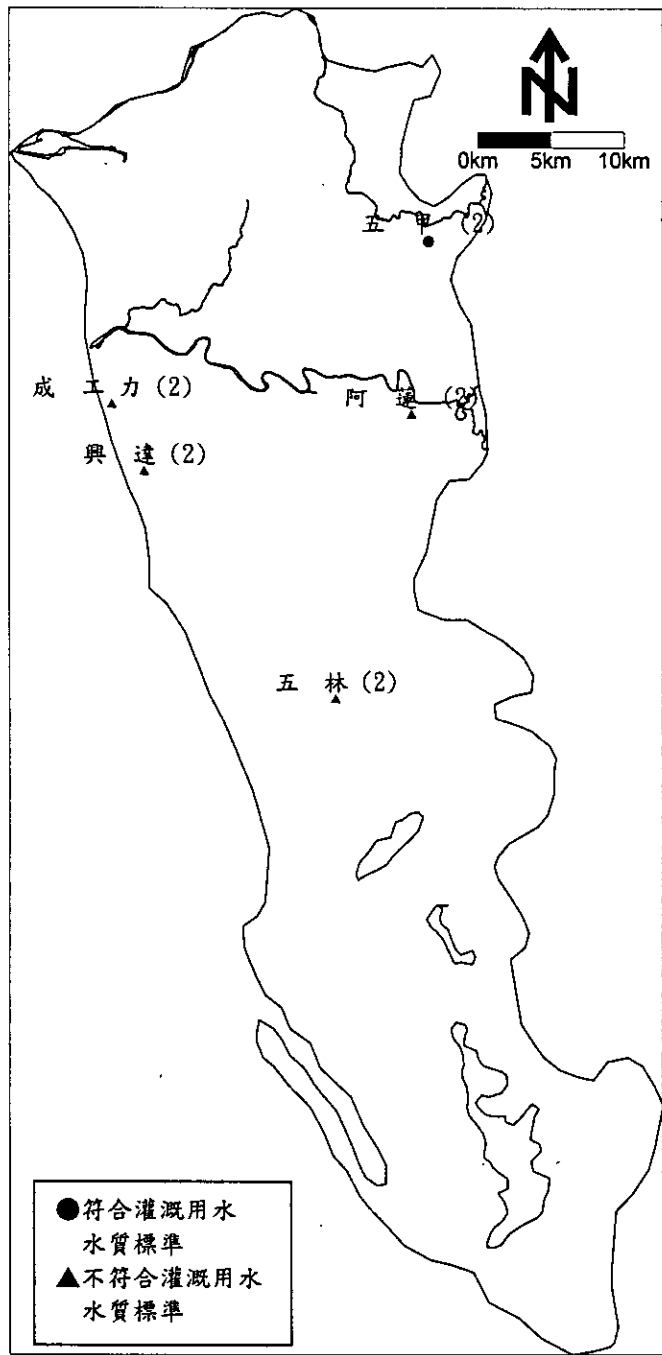


圖 3.1-7 嘉南平原南段含水層三符合灌溉用水水質標準之空間分佈

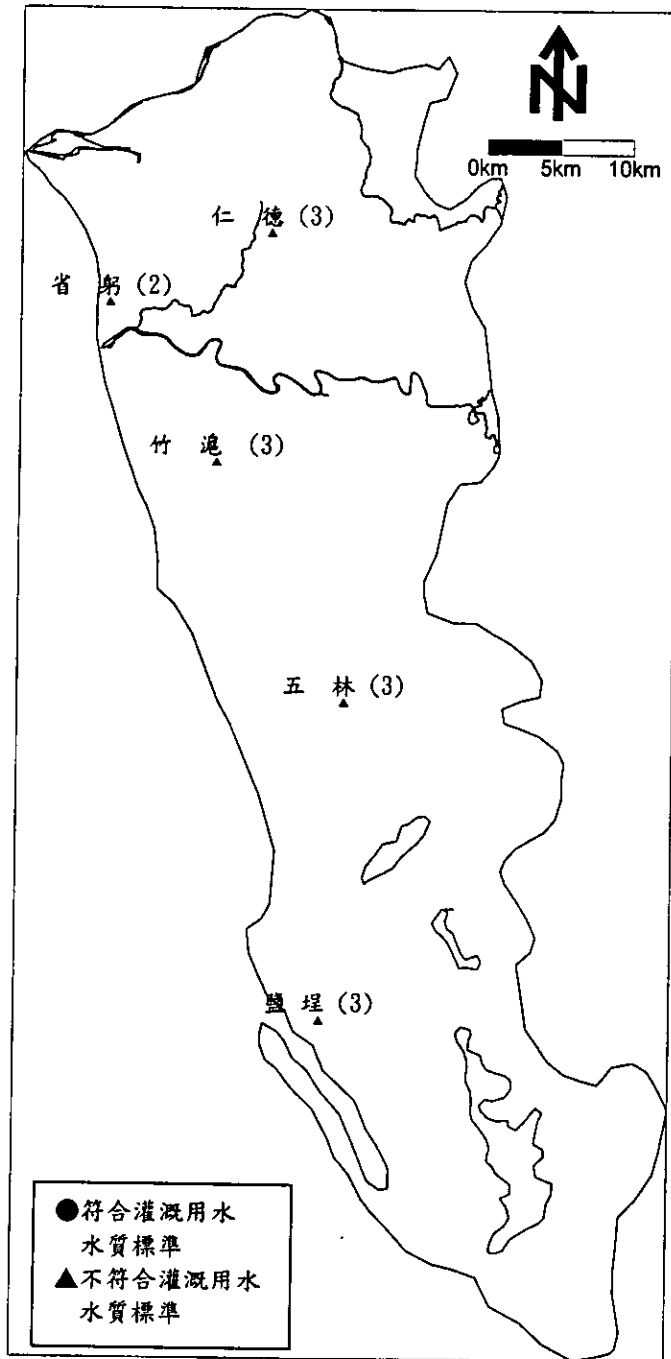


圖 3.1-8 嘉南平原南段含水層四符合灌溉用水水質標準之空間分佈

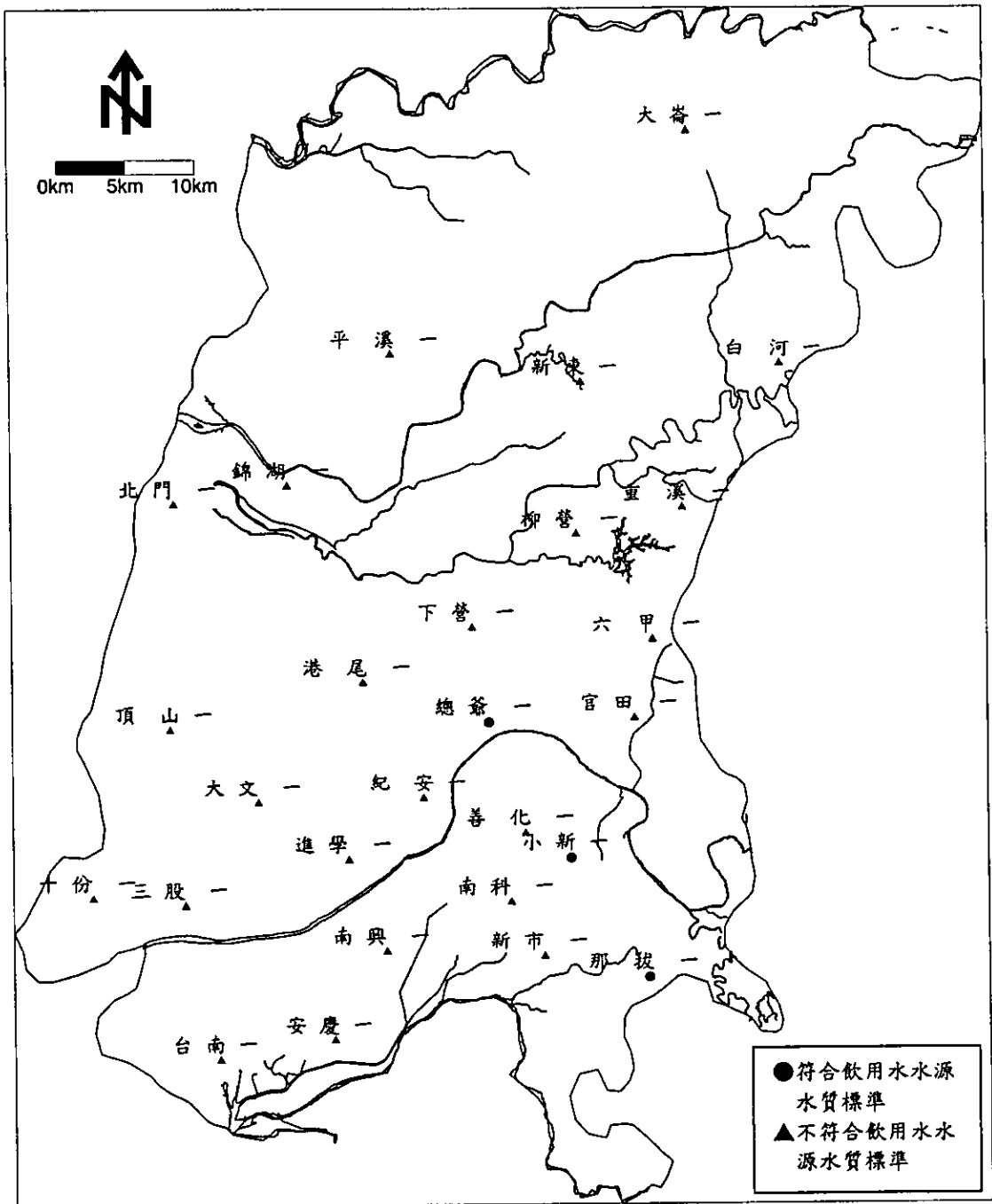


圖 3.1-9 嘉南平原北段含水層一符合飲用水水源水質標準之空間分佈

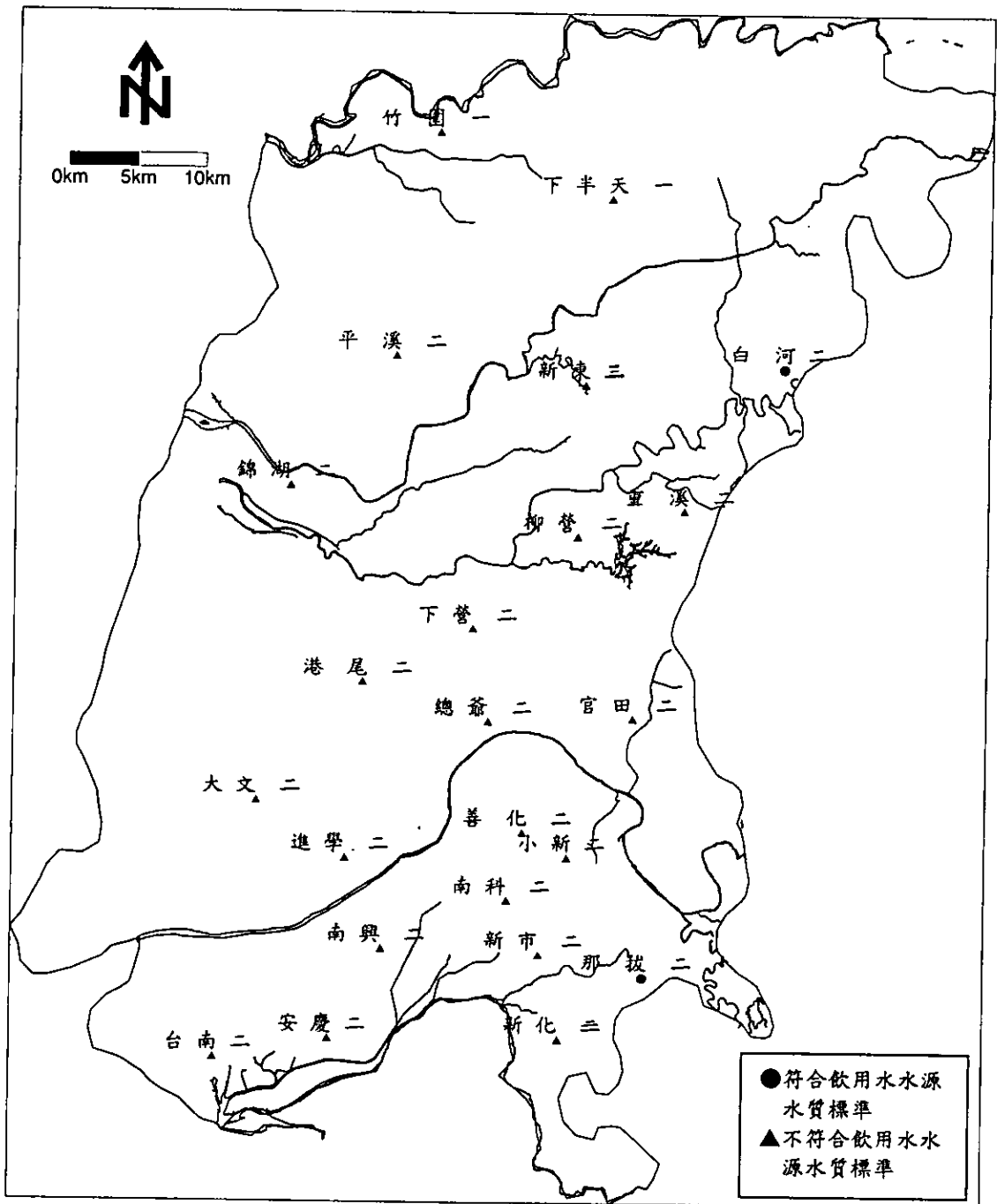


圖 3.1-10 嘉南平原北段含水層二符合飲用水水源水質標準之空間分佈

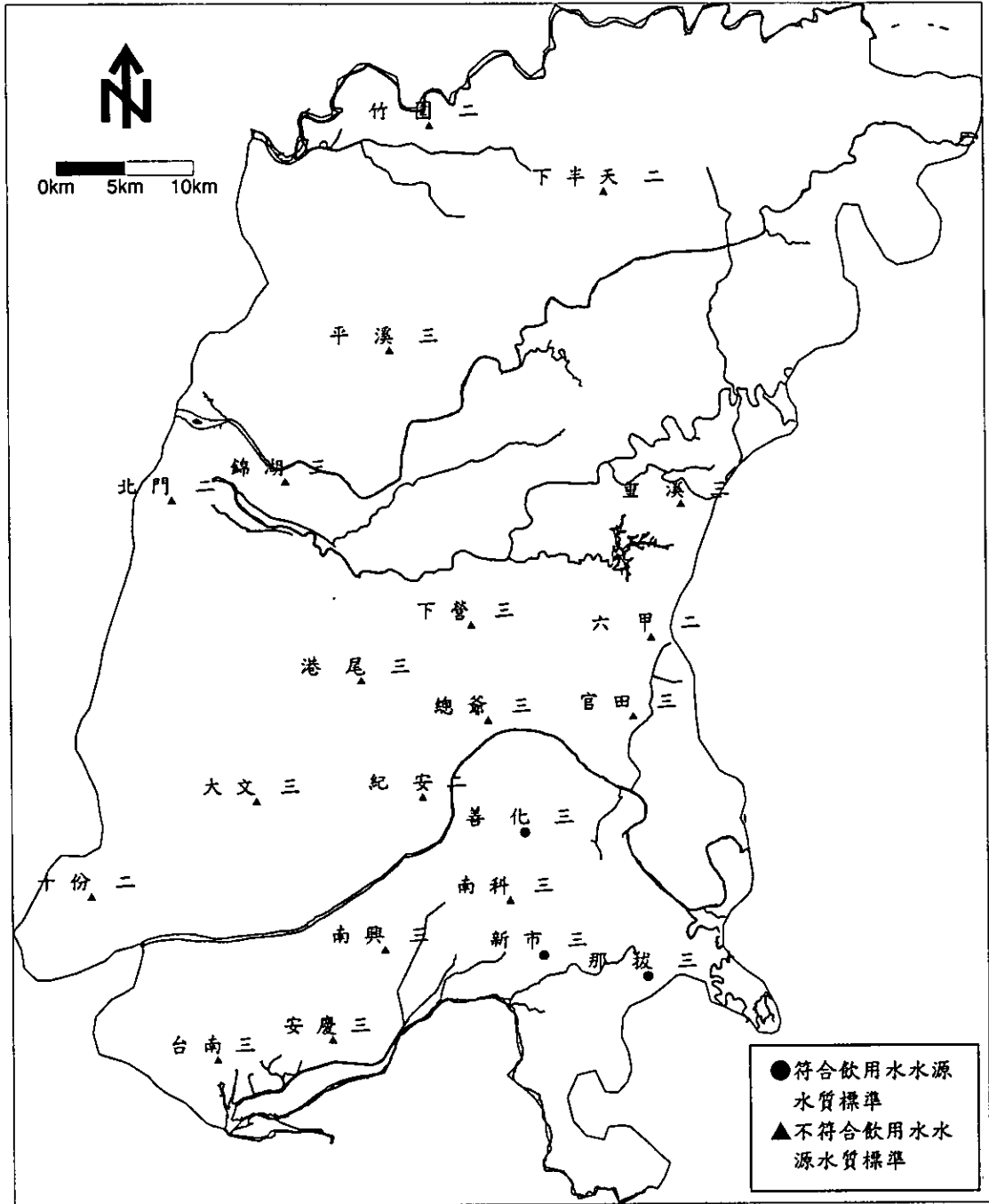


圖 3.1-11 嘉南平原北段含水層三符合飲用水水源水質標準之空間分佈

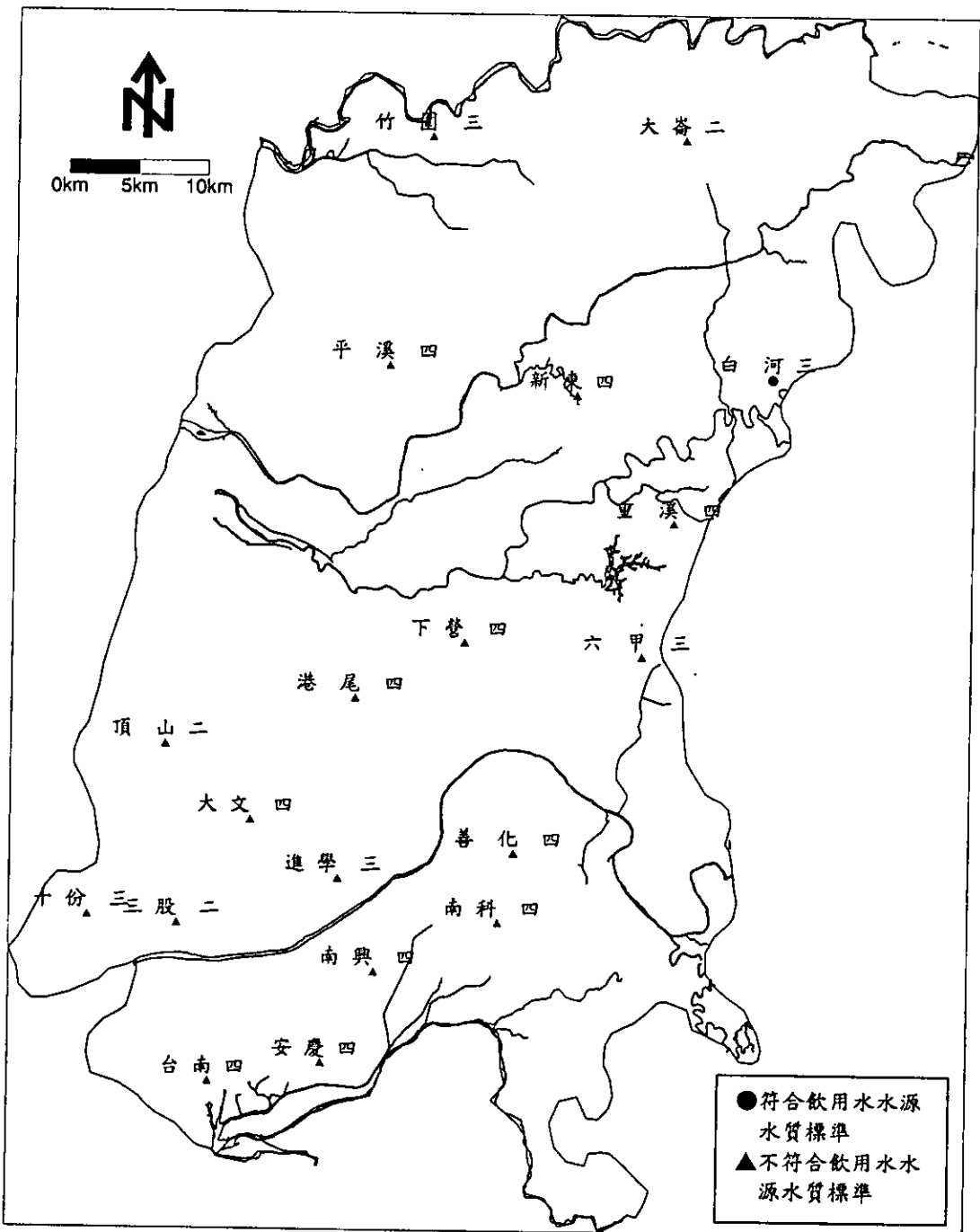


圖 3.1-12 嘉南平原北段含水層四符合飲用水水源水質標準之空間分佈

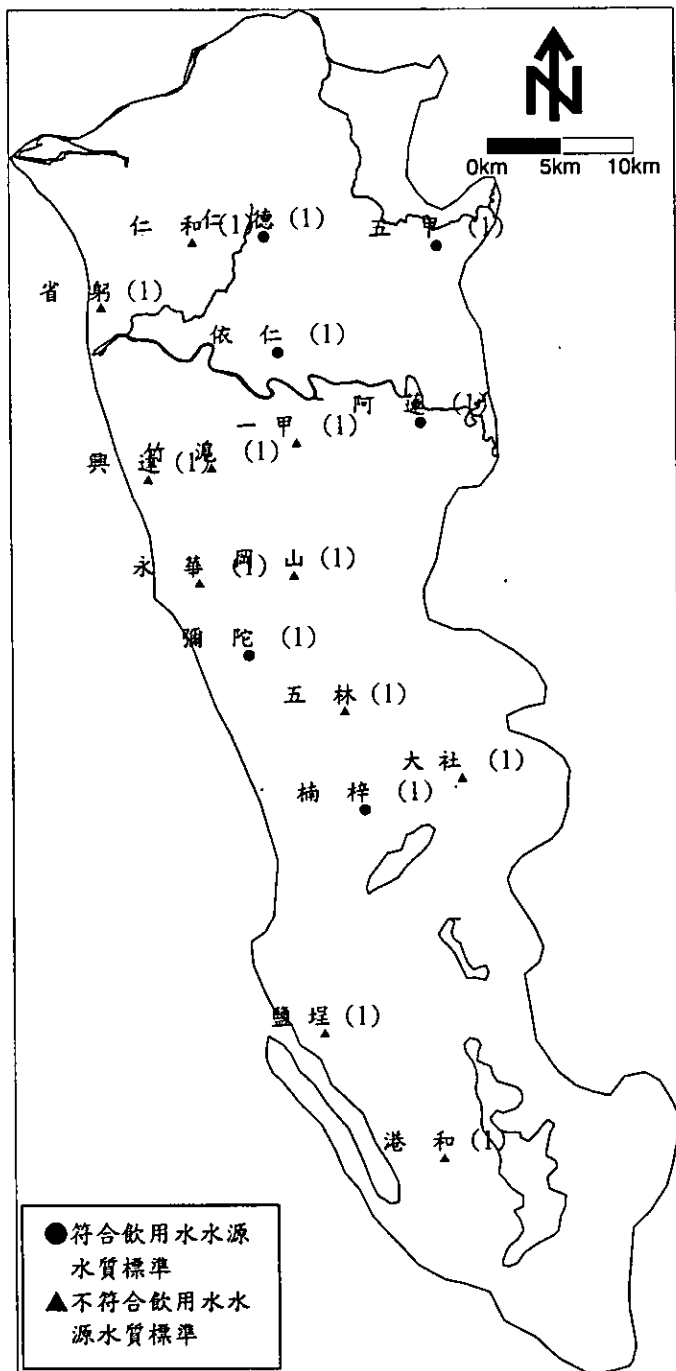


圖 3.1-13 嘉南平原南段含水層一符合飲用水水源水質標準之空間分佈

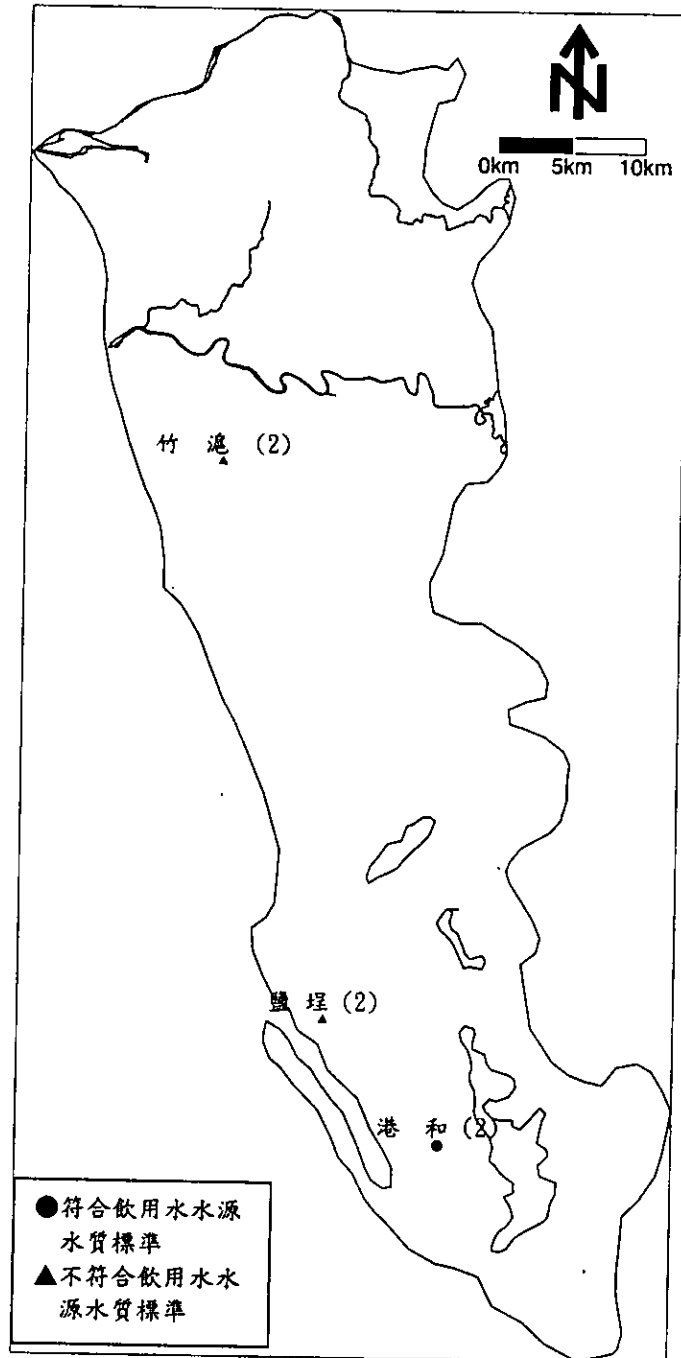


圖 3.1-14 嘉南平原南段含水層二符合飲用水水源水質標準之空間分佈

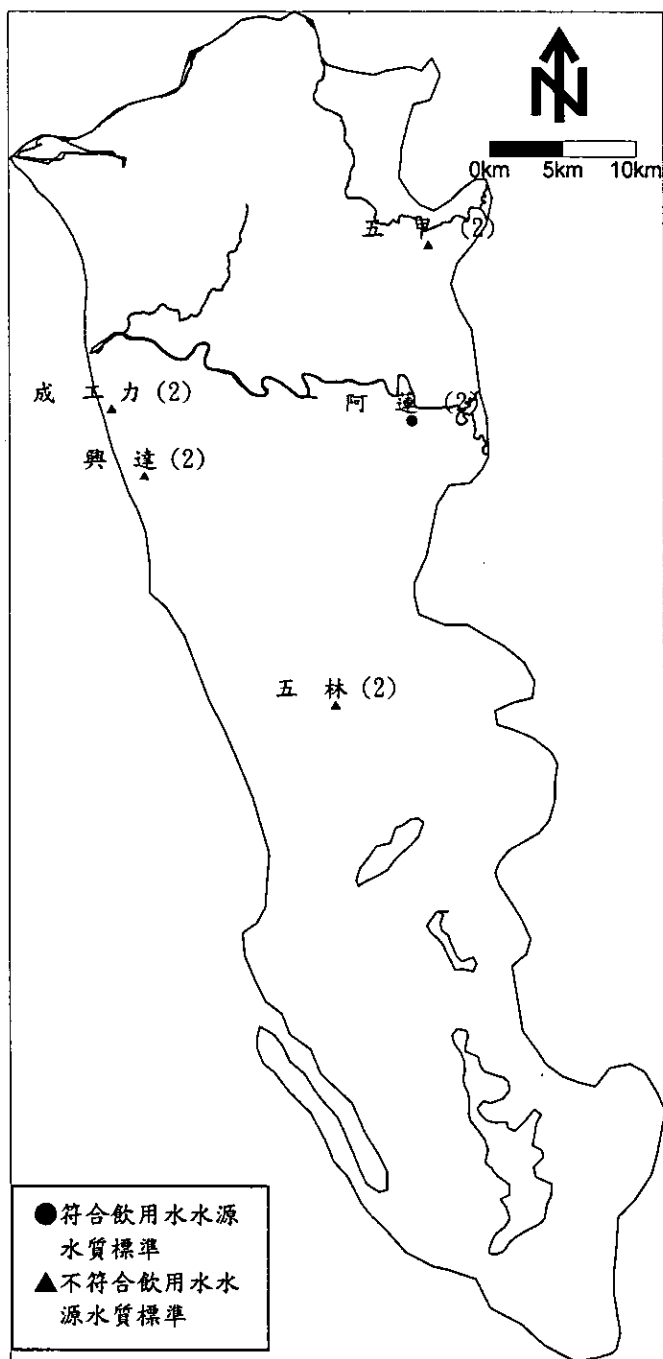


圖 3.1-15 嘉南平原南段含水層三符合飲用水水源水質標準之空間分佈

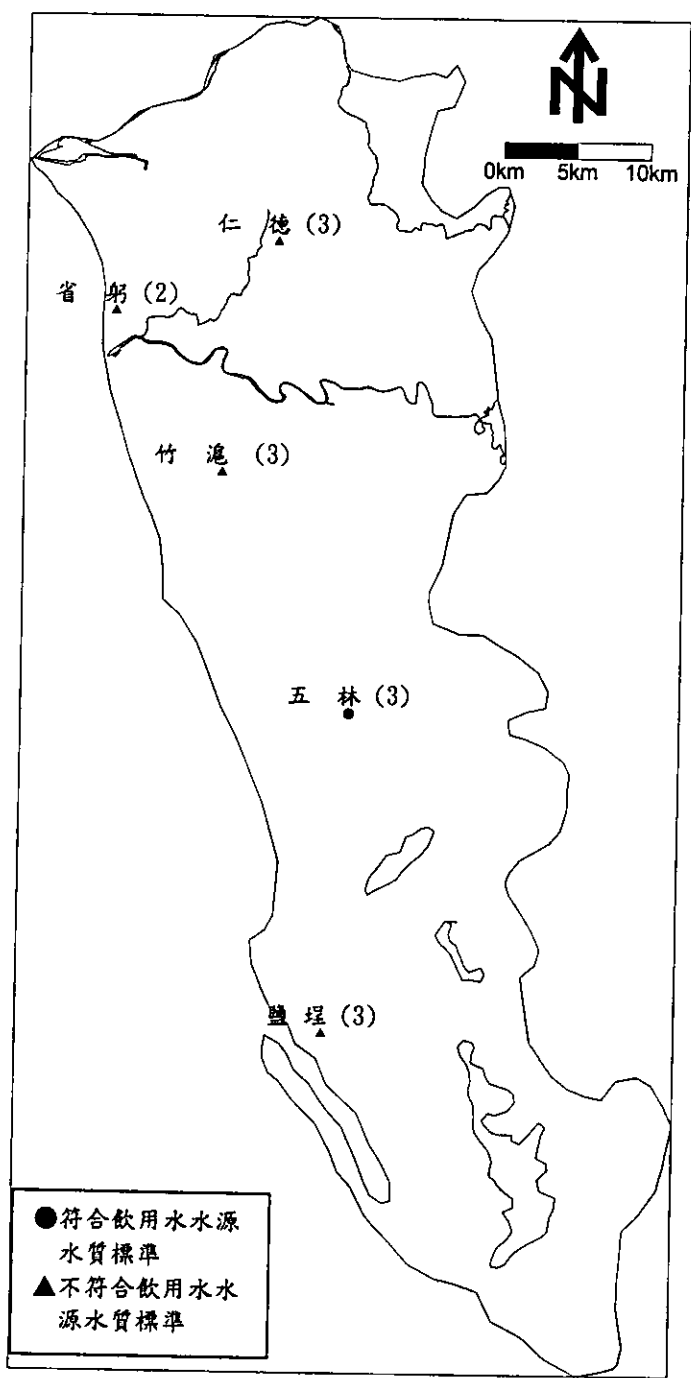


圖 3.1-16 嘉南平原南段含水層四符合飲用水水源水質標準之空間分佈

3.2 地下水質變化趨勢探討

本節針對嘉南平原區域內的站井作水質分層分析，選定以水溫(T)、導電度(EC)、酸鹼值(pH)、氯鹽(Cl^-)、總溶解固體量(TDS)及化學需氧量(COD)等六項水質，來探討嘉南地區水質空間分佈情形之變化趨勢。

經本計畫分析得知，在水溫方面，南段和北段皆符合灌溉用水水質標準；導電度方面，南段和北段除了內陸少數幾個觀測井，沿海地區皆超過灌溉用水水質標準；酸鹼值方面，南段和北段皆符合灌溉用水水質標準；氯鹽含量方面，南段和北段在沿海地區也都超出灌溉用水和飲用水水質標準；總溶解固體量方面，北段除了內陸少數幾個觀測井之外，其他皆高於灌溉用水水質標準，南段的各觀測井則大都符合灌溉用水標準；化學需氧量方面，除了鹽埕站外，南段各觀測井皆符合飲用水水質標準。以下就六項水質分別進行更進一步分析，其中嘉南平原北段缺乏化學需氧量資料。

(1) 水溫 (T)

圖 3.2-1~圖 3.2-4 為嘉南平原北段各含水層之水溫等值分析圖；圖 3.2-5~圖 3.2-8 為嘉南平原南段各含水層之水溫等值分析圖。由等值圖發現，北段同一層含水層水溫空間變化不大，越深的含水層其水溫有逐漸上升的情況發生；而南段含水層在同一含水層的水溫變化較北段大，尤其在含水層二時，水溫隨橫向空間變化更為顯著，在省躬二的水溫高達 30.2 度，但鹽埕二的水溫卻僅有 24.5 度。

(2) 導電度(EC)

圖 3.2-9~圖 3.2-12 為嘉南平原北段各含水層之導電度等值分析圖；圖 3.2-13~圖 3.2-16 為嘉南平原南段各含水層之導電度等值分析圖。對

北段而言，各含水層之導電度值皆有由內陸向沿岸遞增或向鹽水溪遞增的趨勢，含水層一之沿海地區甚至超過 $50000 \mu\text{ mhos/cm}$ ；而南段地區也有向沿岸遞增的趨勢，在二仁溪附近的導電度值也都普遍很高，含水層一之沿海地區甚至超過 $65000 \mu\text{ mhos/cm}$ ，比北段沿海地區高出許多。

(3) 酸鹼值(pH)

圖 3.2-17~圖 3.2-20 為嘉南平原北段各含水層之酸鹼值等值分析圖；圖 3.2-21~圖 3.2-24 為嘉南平原南段各含水層之酸鹼值等值分析圖。對北段而言，各含水層水質皆呈弱酸性，酸鹼值不管在縱向或橫向空間的變化皆不大；而南段地區的變化情形和北段相似。

(4) 氯鹽(Cl^-)

圖 3.2-25~圖 3.2-28 為嘉南平原北段各含水層之氯鹽等值分析圖；圖 3.2-29~圖 3.2-32 為嘉南平原南段各含水層之氯鹽等值分析圖。對北段地區而言，氯鹽含量有向沿海地區遞增的趨勢，含水層一在沿海地區甚至高達 20000mg/L ；南段地區氯鹽含量也是向沿海地區遞增，含水層一在二仁溪出海口附近甚至超過 30000mg/L ，比北段鹽化的程度更為嚴重。

(5) 總溶解固體量(TDS)

圖 3.2-33~圖 3.2-36 為嘉南平原北段各含水層之總溶解固體量等值分析圖；圖 3.2-37~圖 3.2-40 為嘉南平原南段各含水層之總溶解固體量等值分析圖。對北段而言，各含水層之溶解固體量皆由內陸向沿岸遞增或向鹽水溪遞增，含水層一之沿海地區甚至超過 35000 mg/L ，而含水層一和含水層二間縱向空間的變化較大，之後縱向空間變化就較不明顯，全區大部分不符合飲用水標準 (500mg/L)；而南段含水層之總溶解固體

量則比北段小很多，全區皆符合飲用水標準（500mg/L）。

(6)化學需氧量(COD)

圖 3.2-41~圖 3.2-44 為嘉南平原南段各含水層之化學需氧量等值分析圖。由圖中發現鹽埕各含水層的化學需氧量皆超過飲用水標準（25mg/L）。其餘觀測井則大都符合其標準。

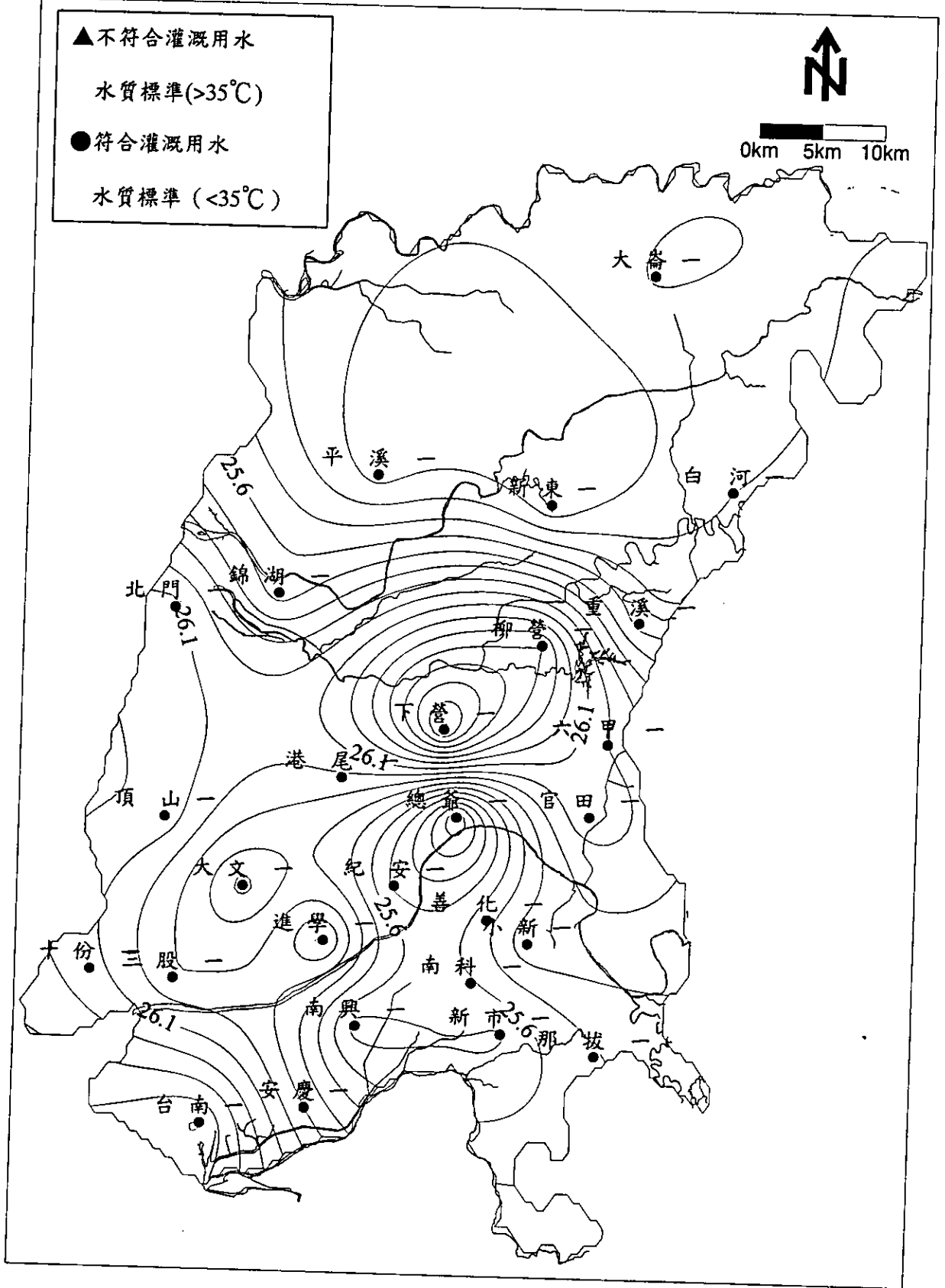


圖 3.2-1 嘉南平原北段含水層一之水溫等值分析圖 (°C)

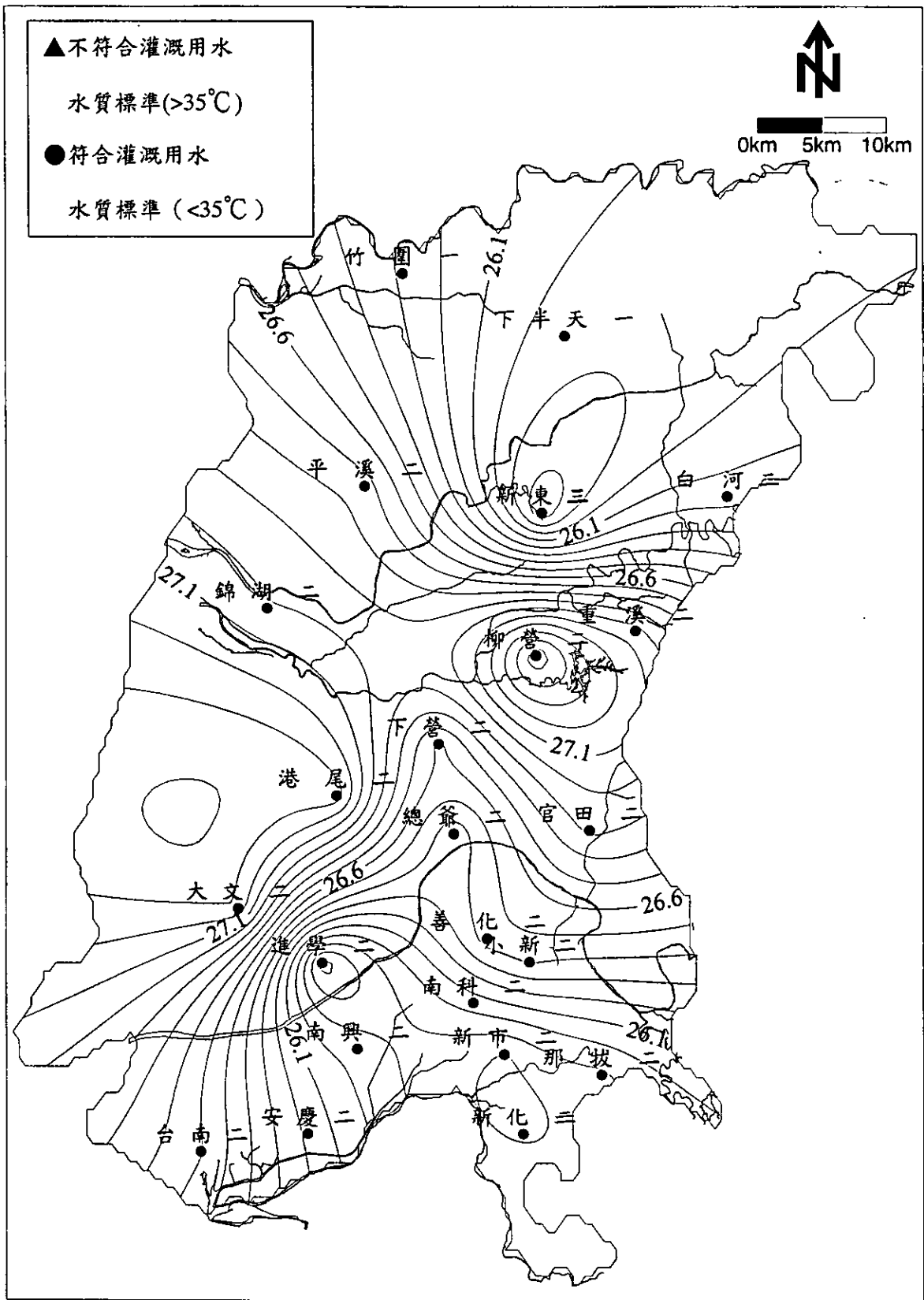


圖 3.2-2 嘉南平原北段含水層二之水溫等值分析圖 (°C)

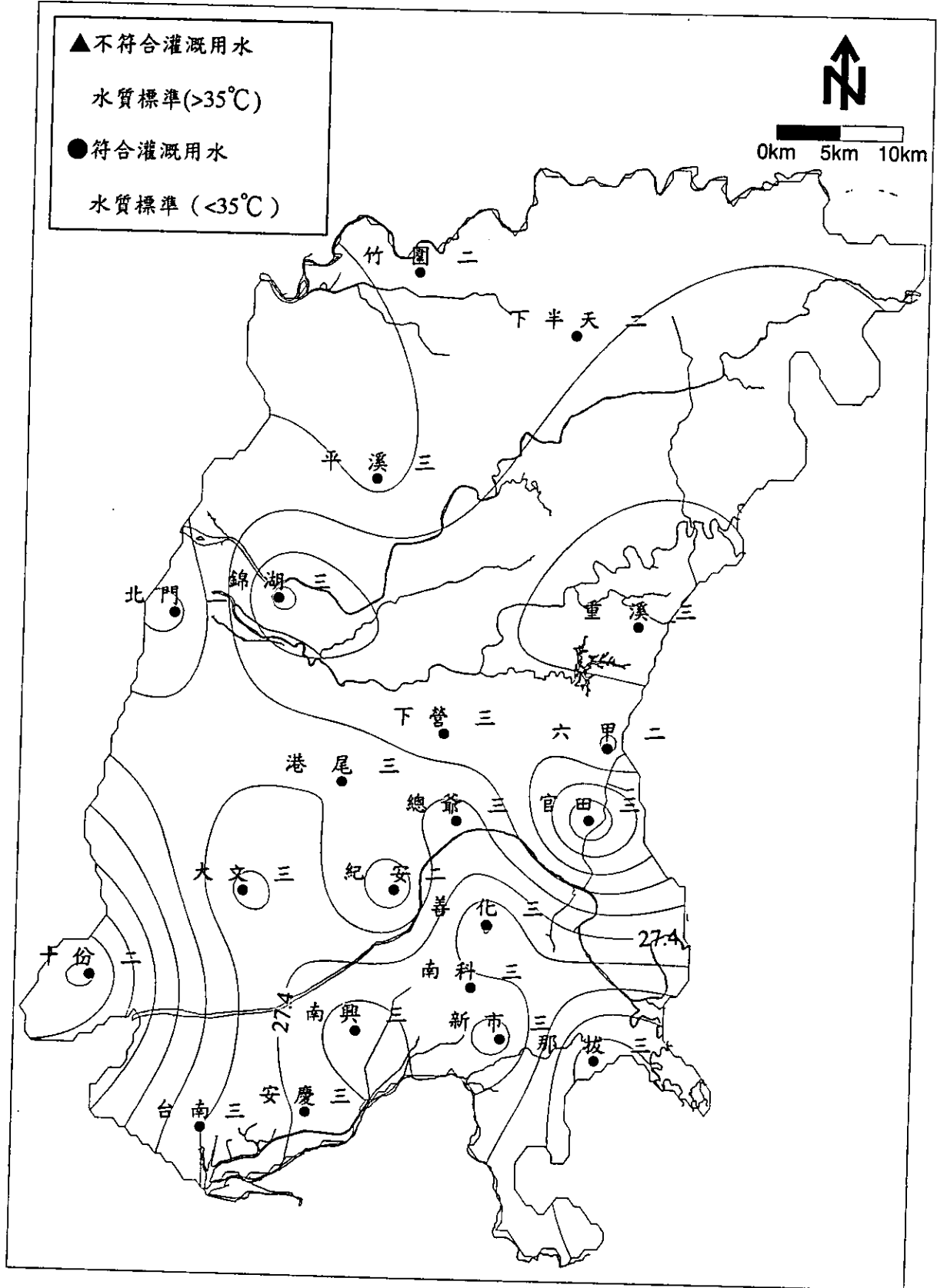


圖 3.2-3 嘉南平原北段含水層三之水溫等值分析圖 (°C)

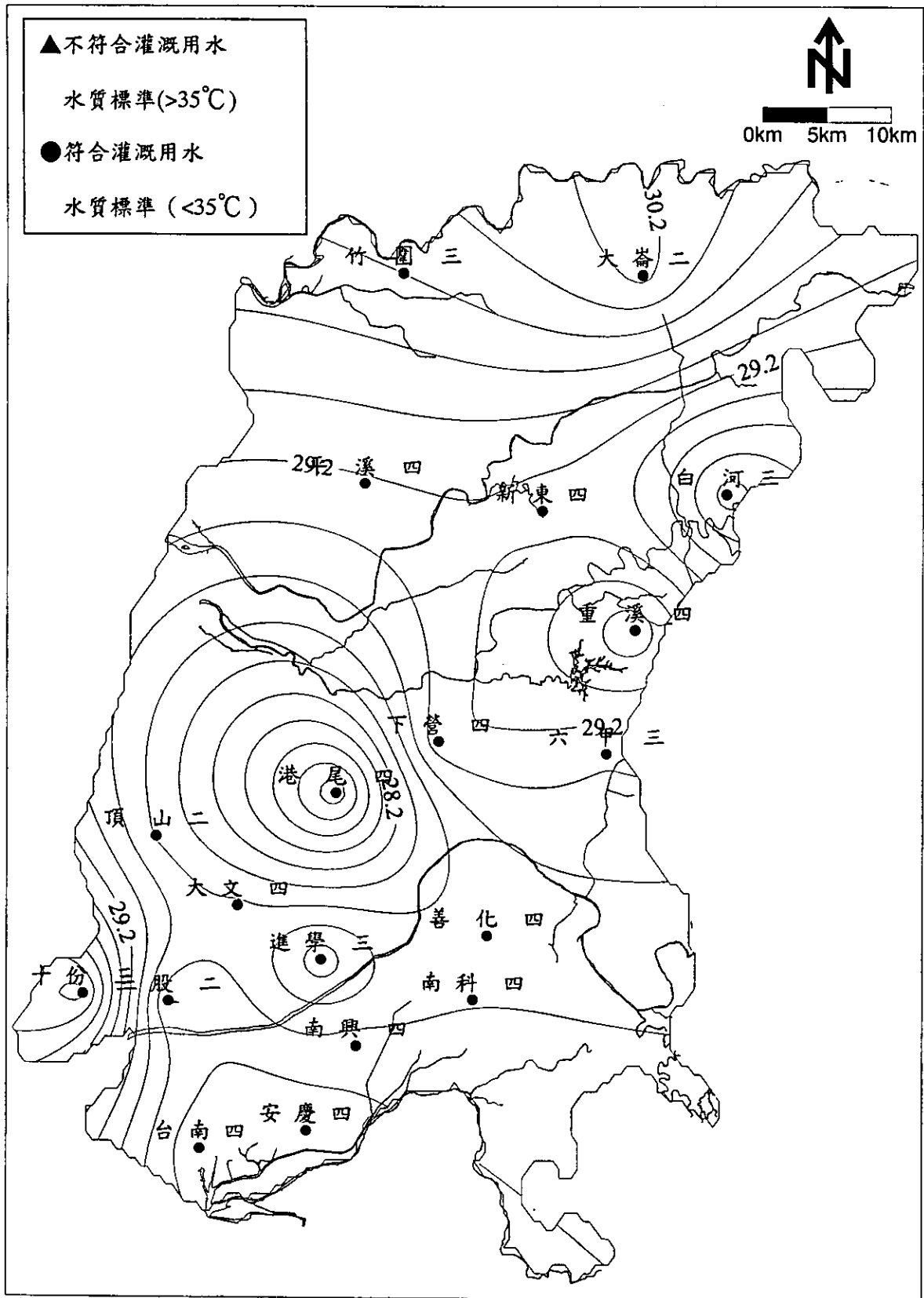


圖 3.2-4 嘉南平原北段含水層四之水溫等值分析圖 (°C)

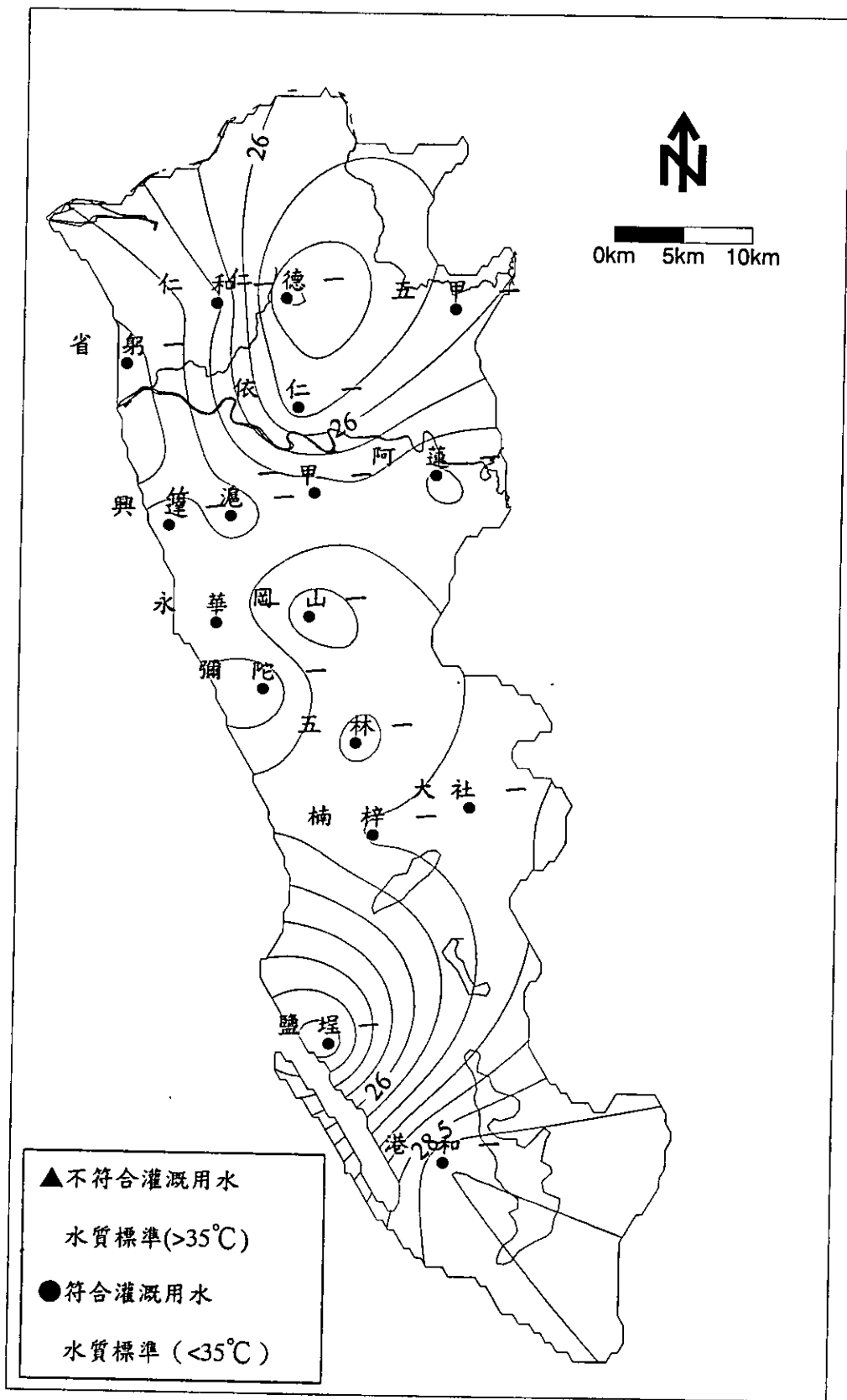


圖 3.2-5 嘉南平原南段含水層一之水溫等值分析圖 (°C)

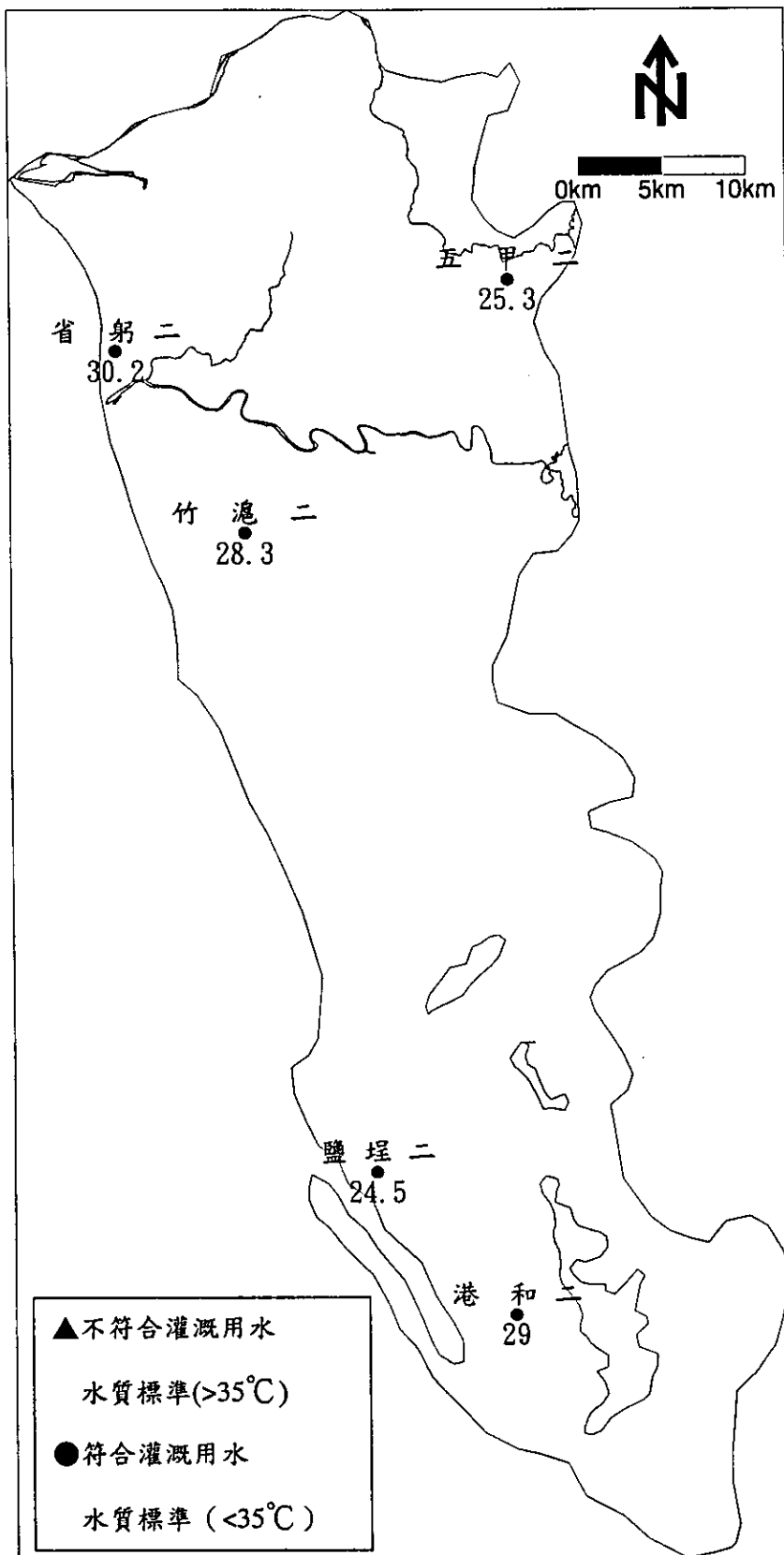


圖 3.2-6 嘉南平原南段含水層二之水溫等值分析圖 (°C)

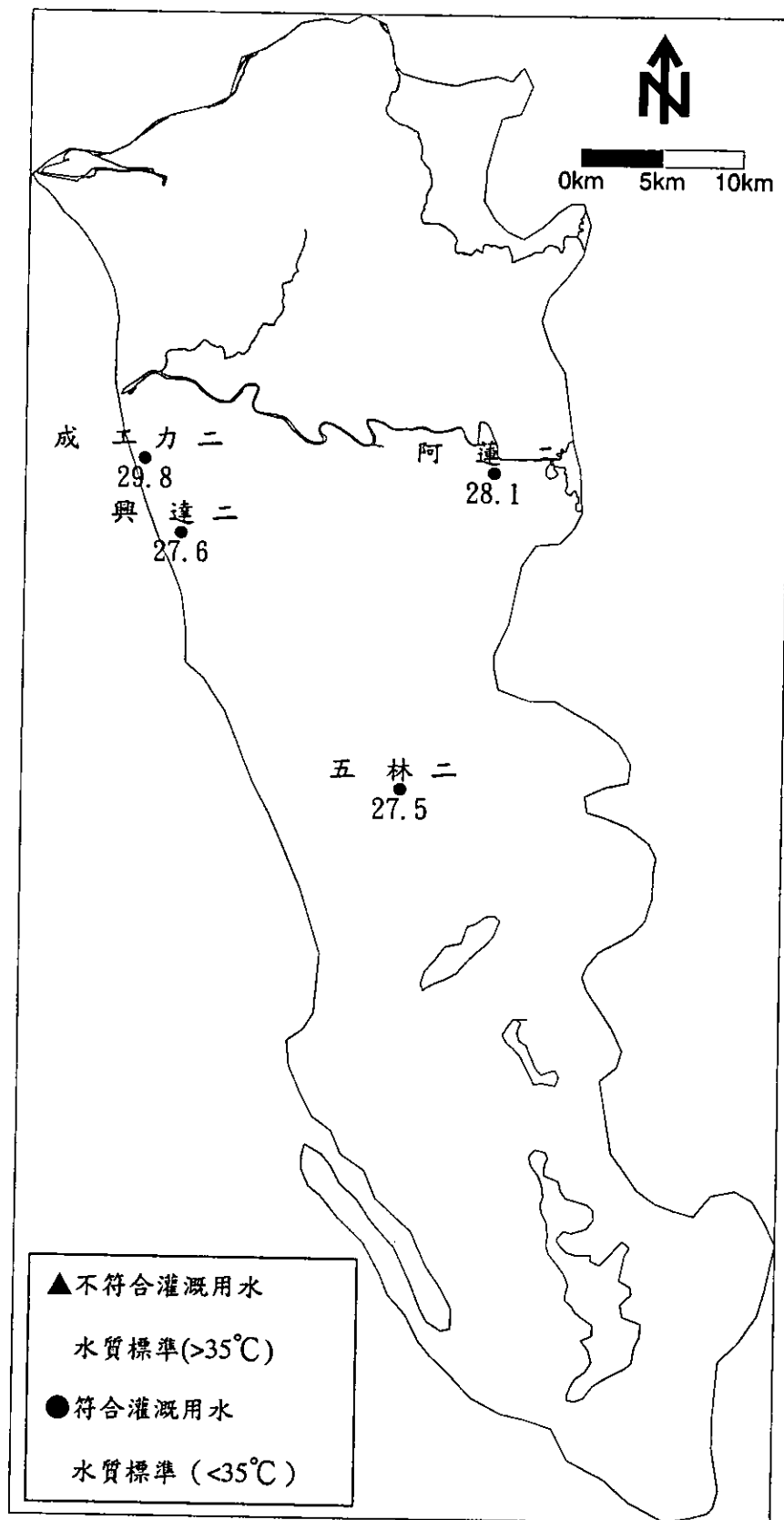


圖 3.2-7 嘉南平原南段含水層三之水溫等值分析圖 (°C)

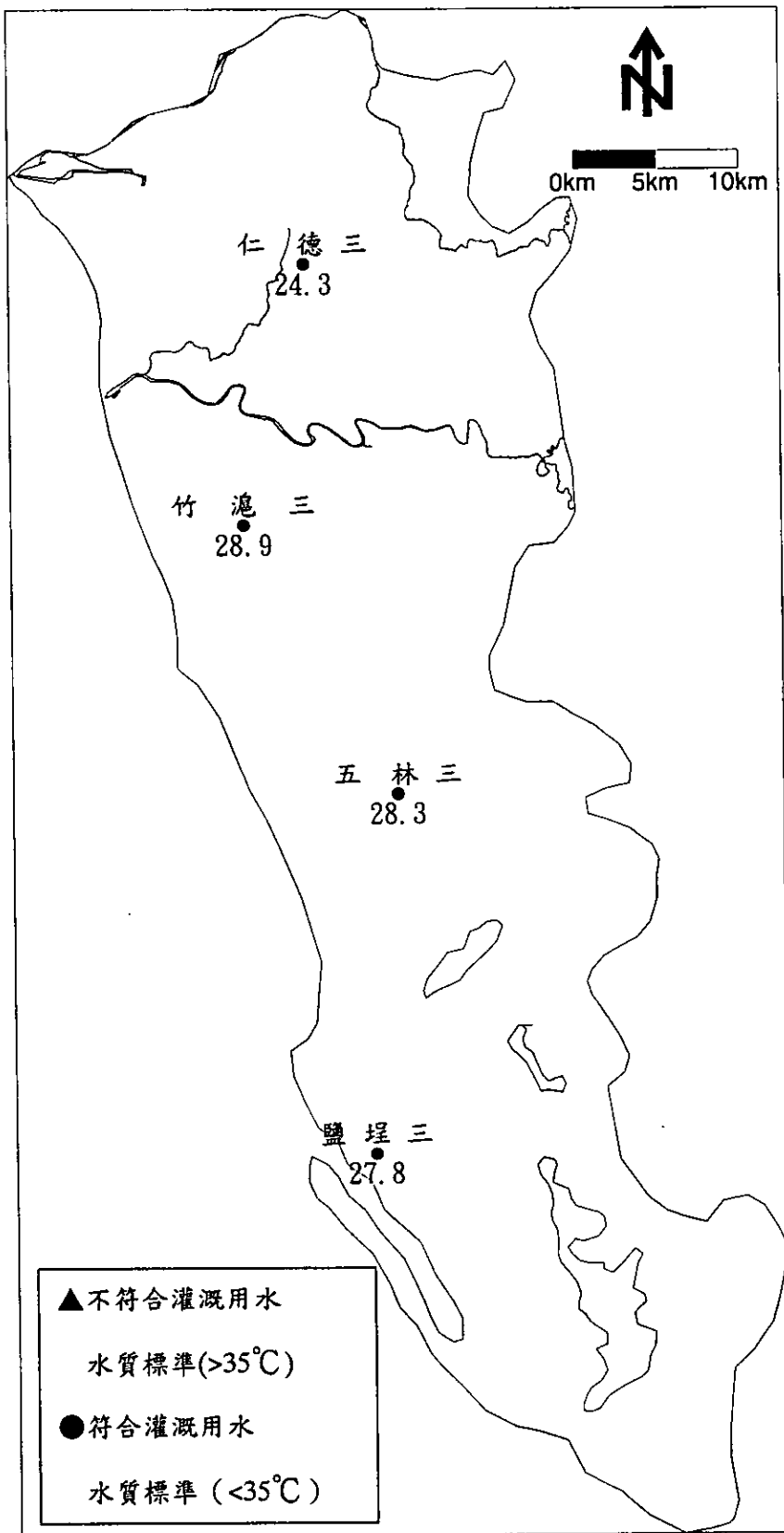


圖 3.2-8 嘉南平原南段含水層四之水溫等值分析圖 (°C)

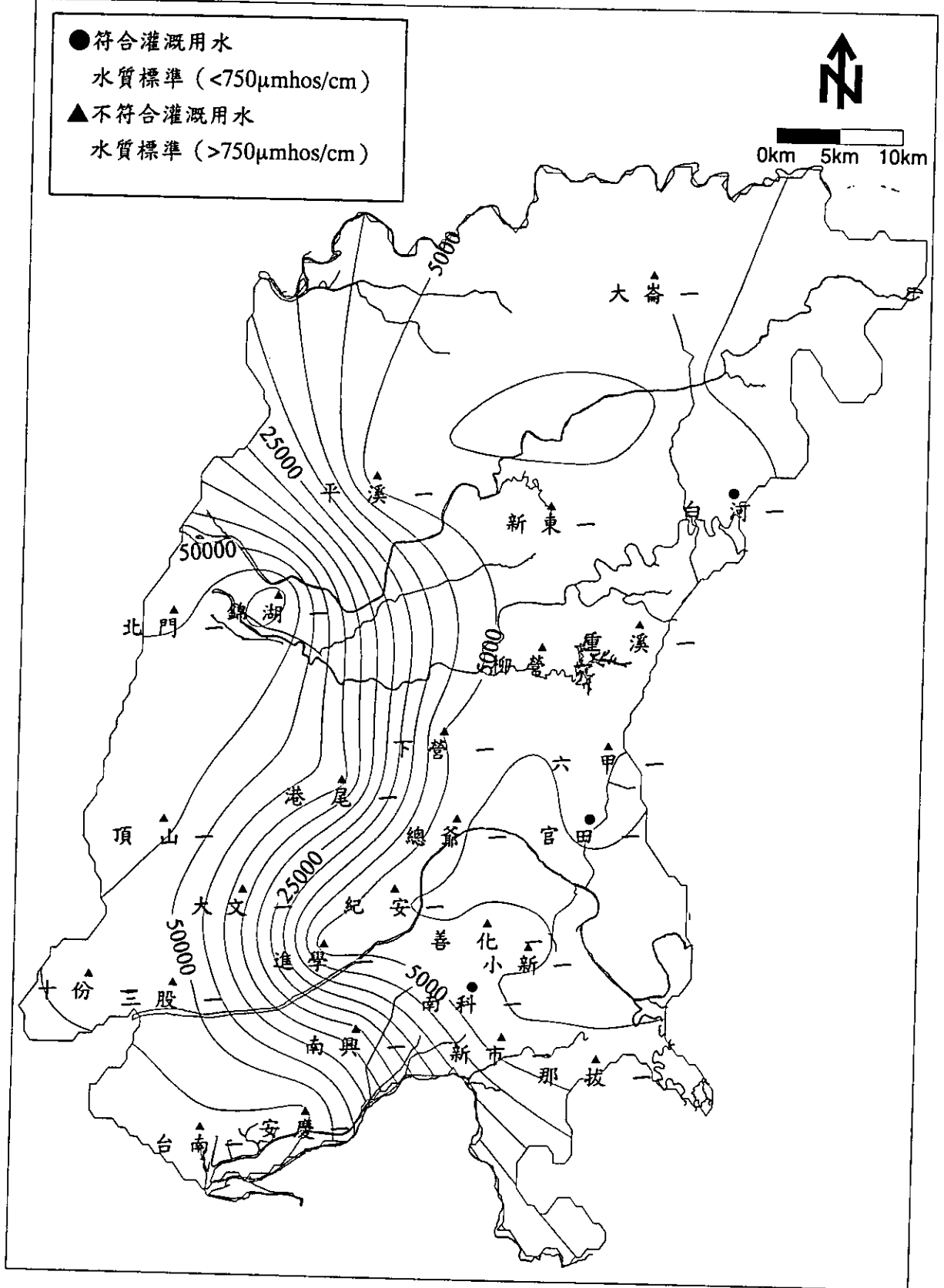


圖 3.2-9 嘉南平原北段含水層一之導電度等值分析圖(μ mhos/cm)

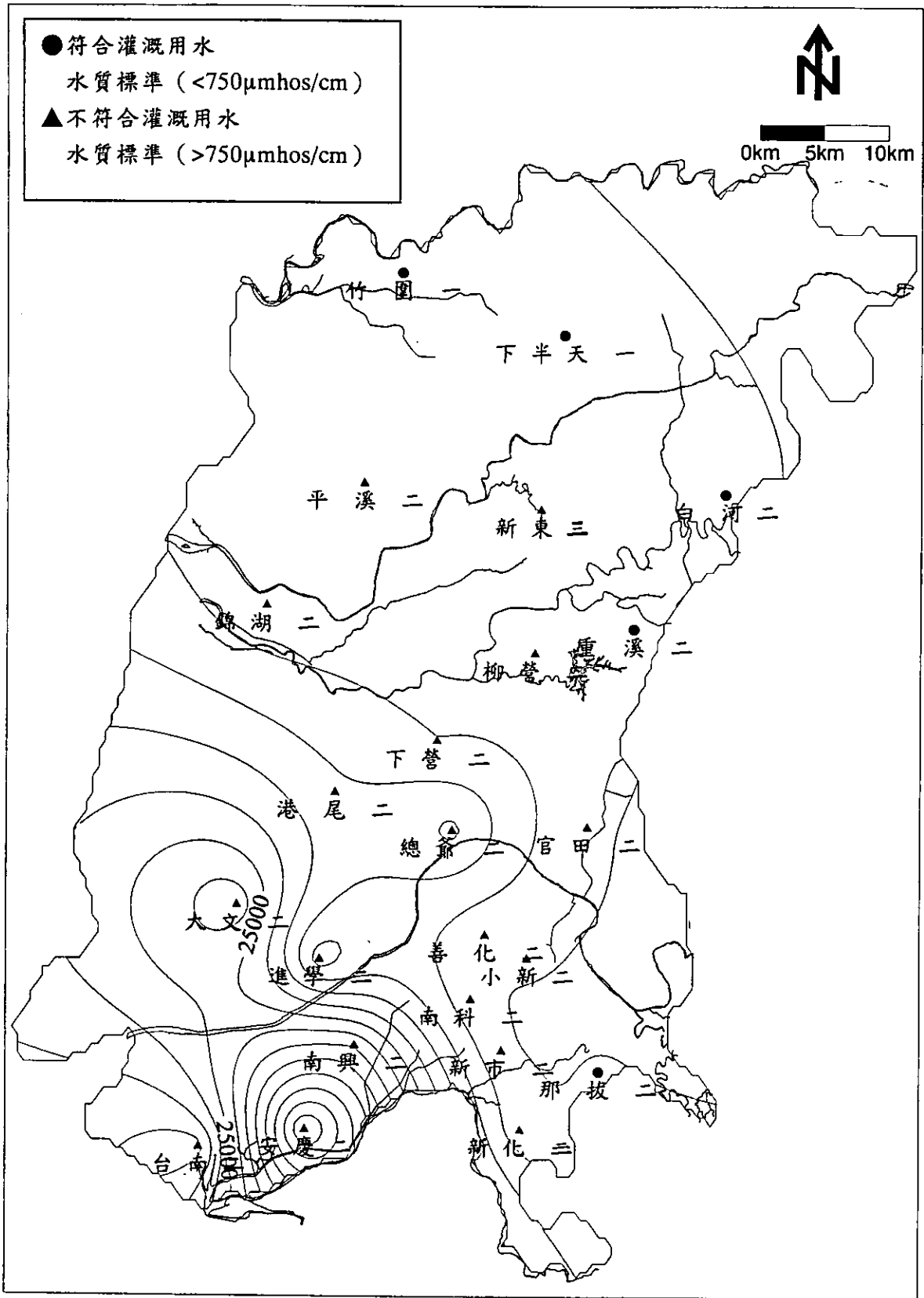


圖 3.2-10 嘉南平原北段含水層二之導電度等值分析圖($\mu\text{mhos/cm}$)

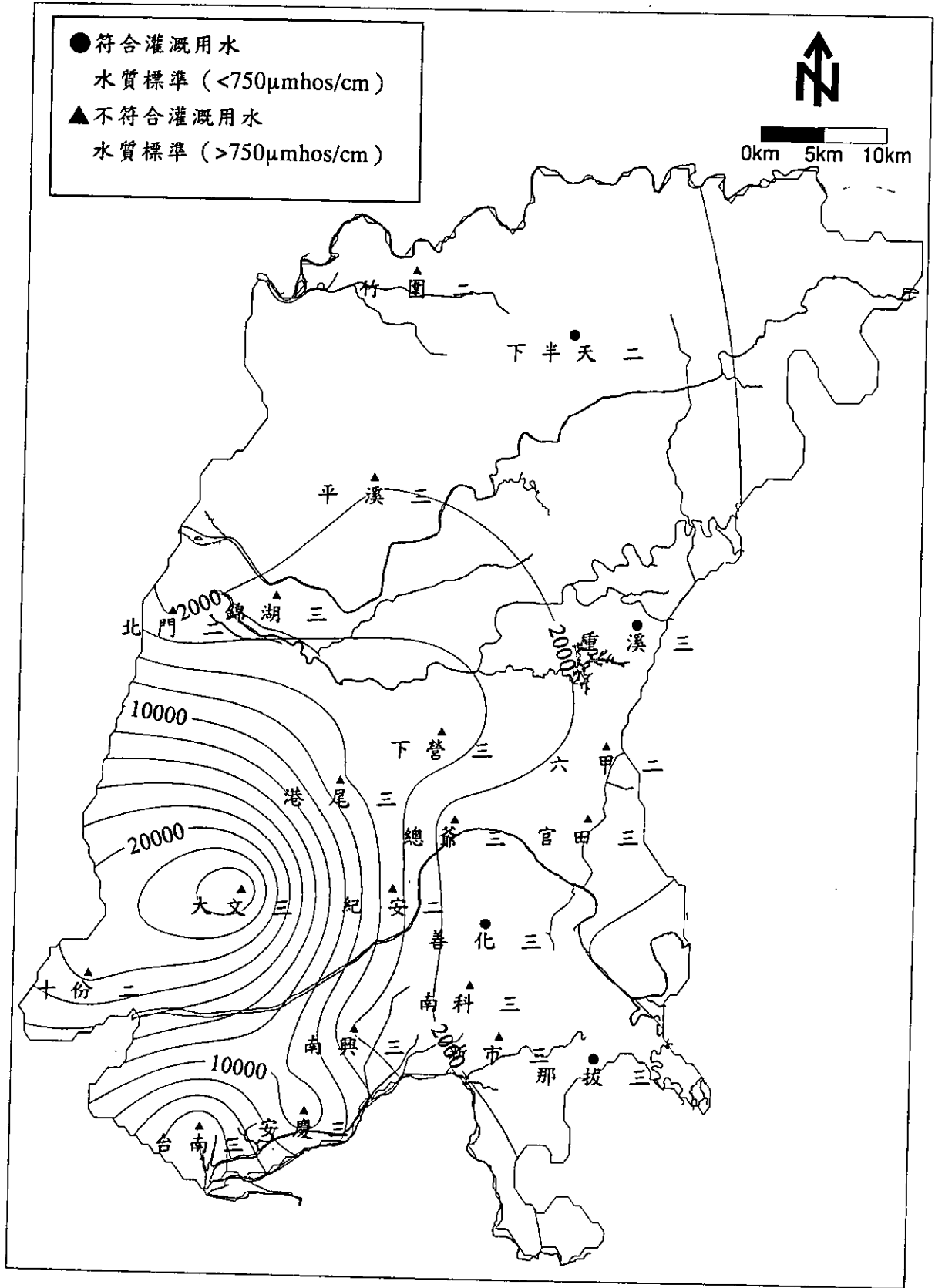


圖 3.2-11 嘉南平原北段含水層三之導電度等值分析圖($\mu\text{mhos/cm}$)

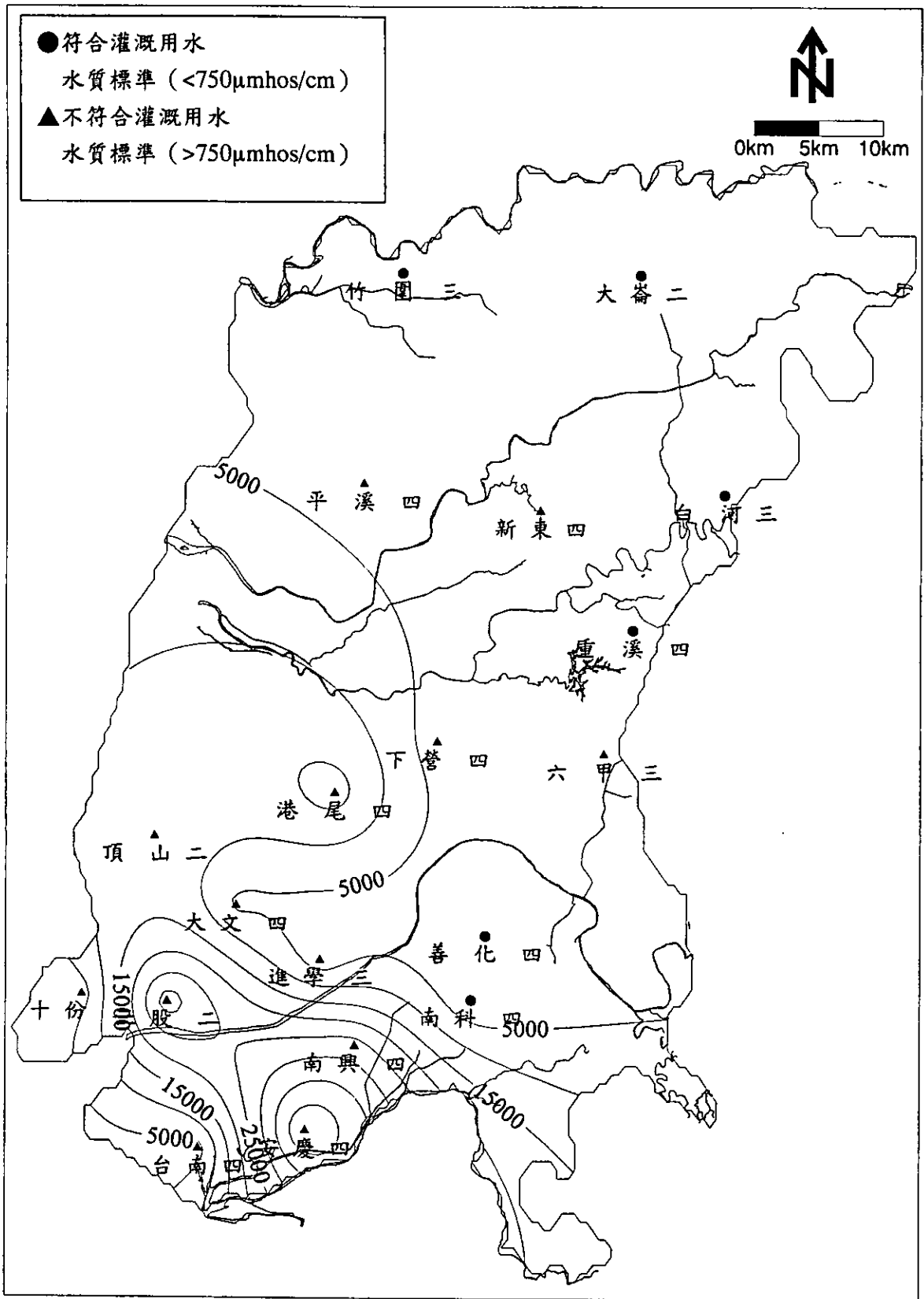


圖 3.2-12 嘉南平原北段含水層四之導電度等值分析圖($\mu\text{mhos/cm}$)

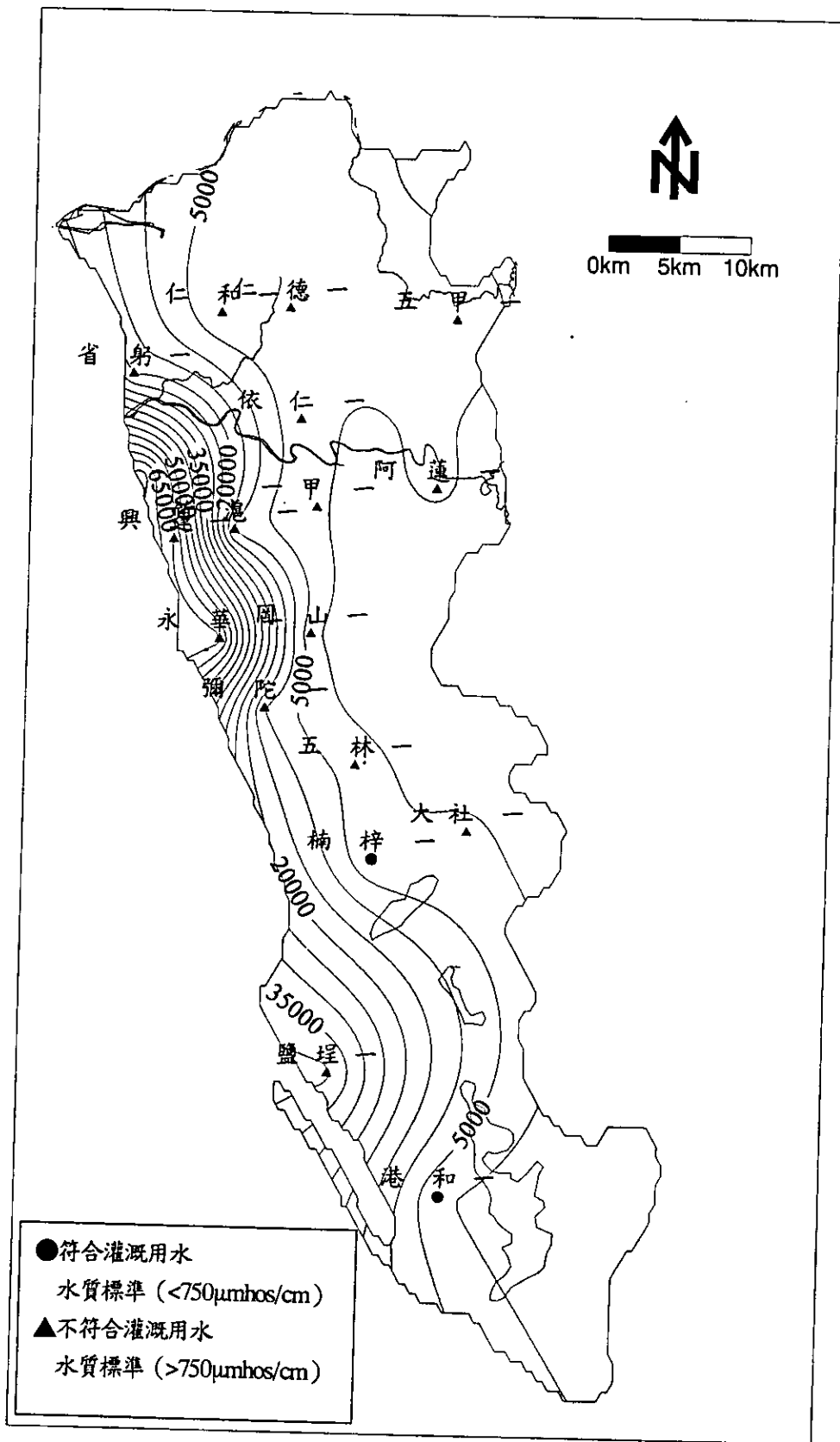


圖 3.2-13 嘉南平原南段含水層一之導電度等值分析圖($\mu\text{mhos/cm}$)

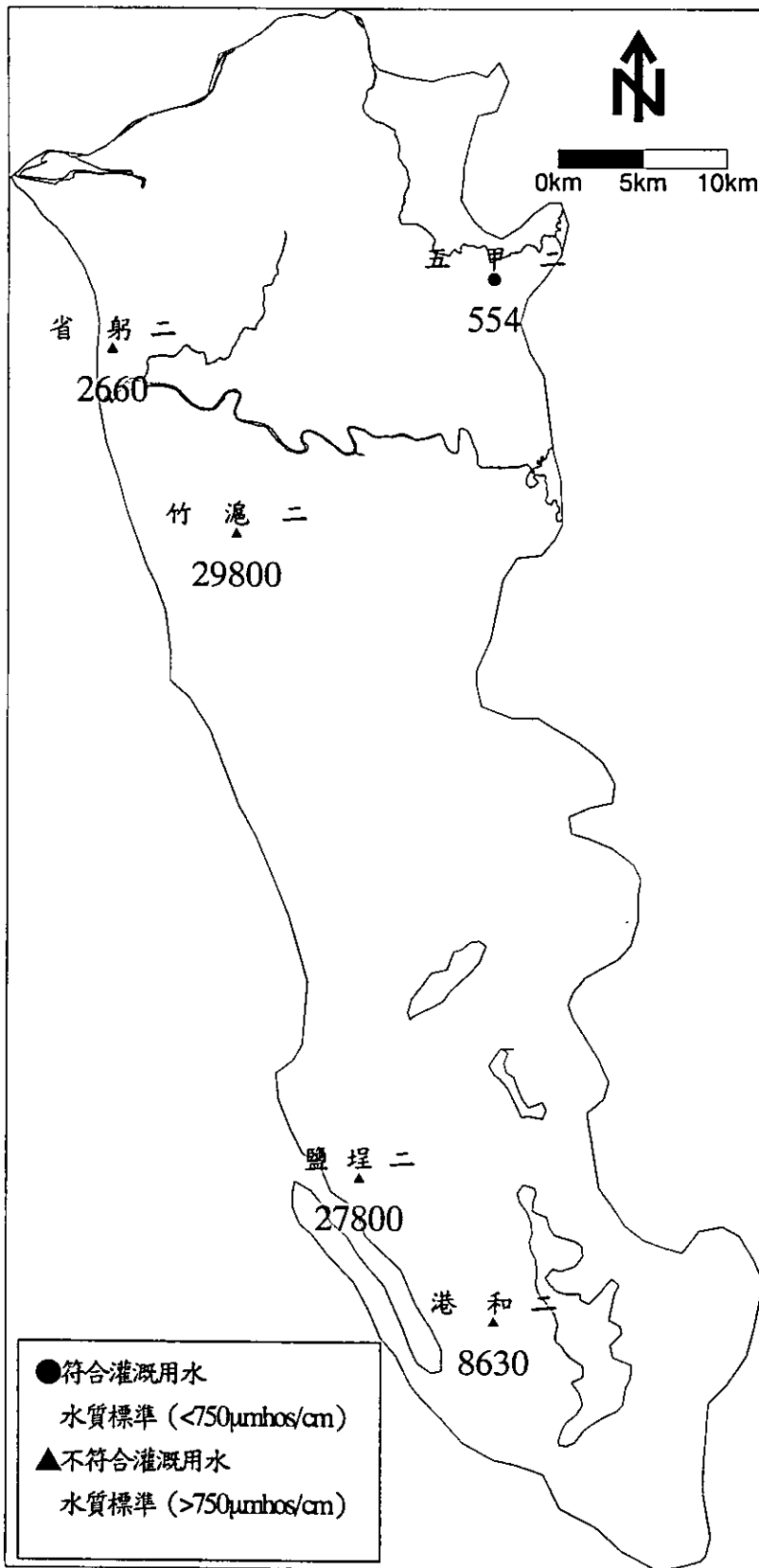


圖 3.2-14 嘉南平原南段含水層二之導電度等值分析圖($\mu\text{mhos/cm}$)

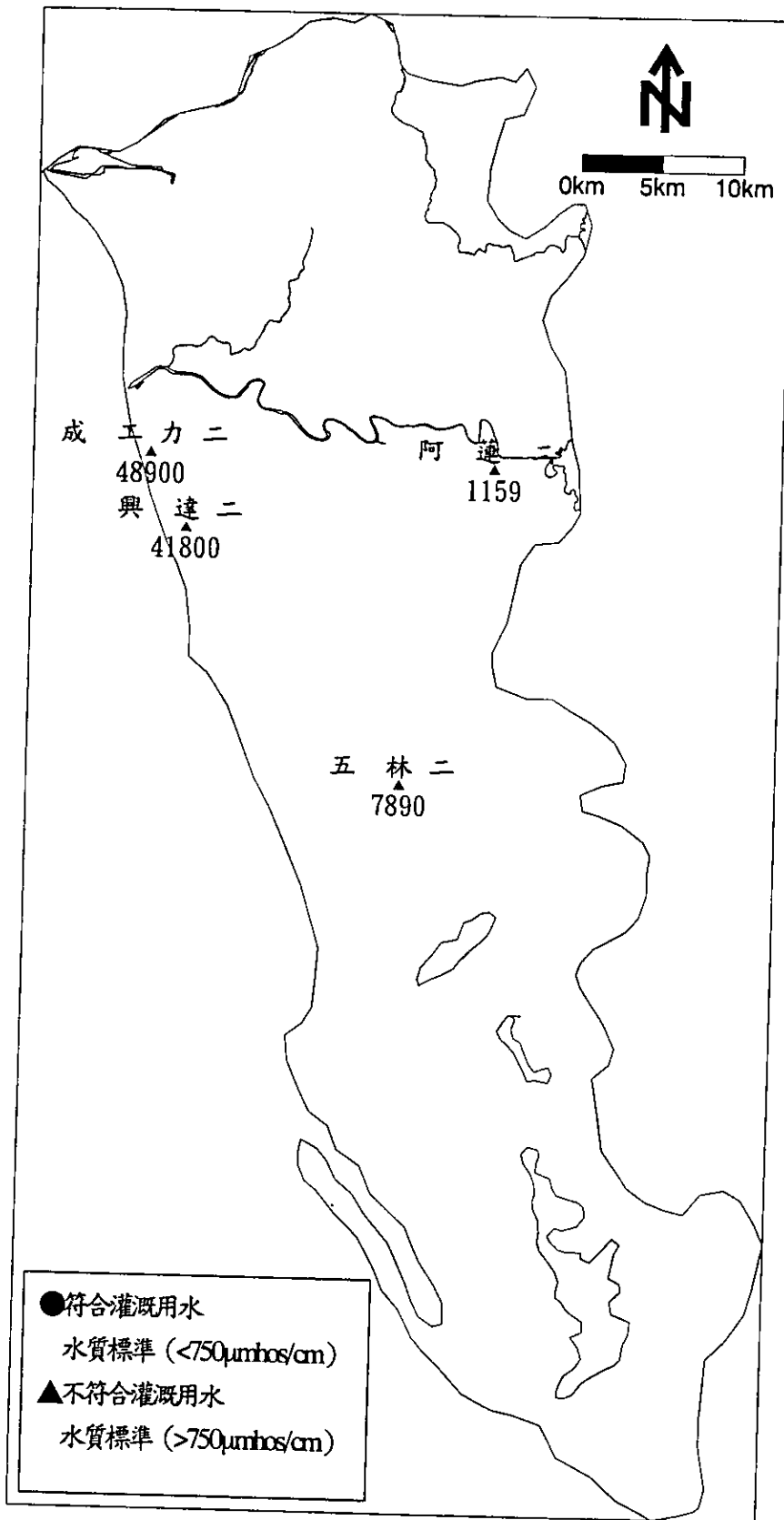


圖 3.2-15 嘉南平原南段含水層三之導電度等值分析圖($\mu\text{mhos/cm}$)

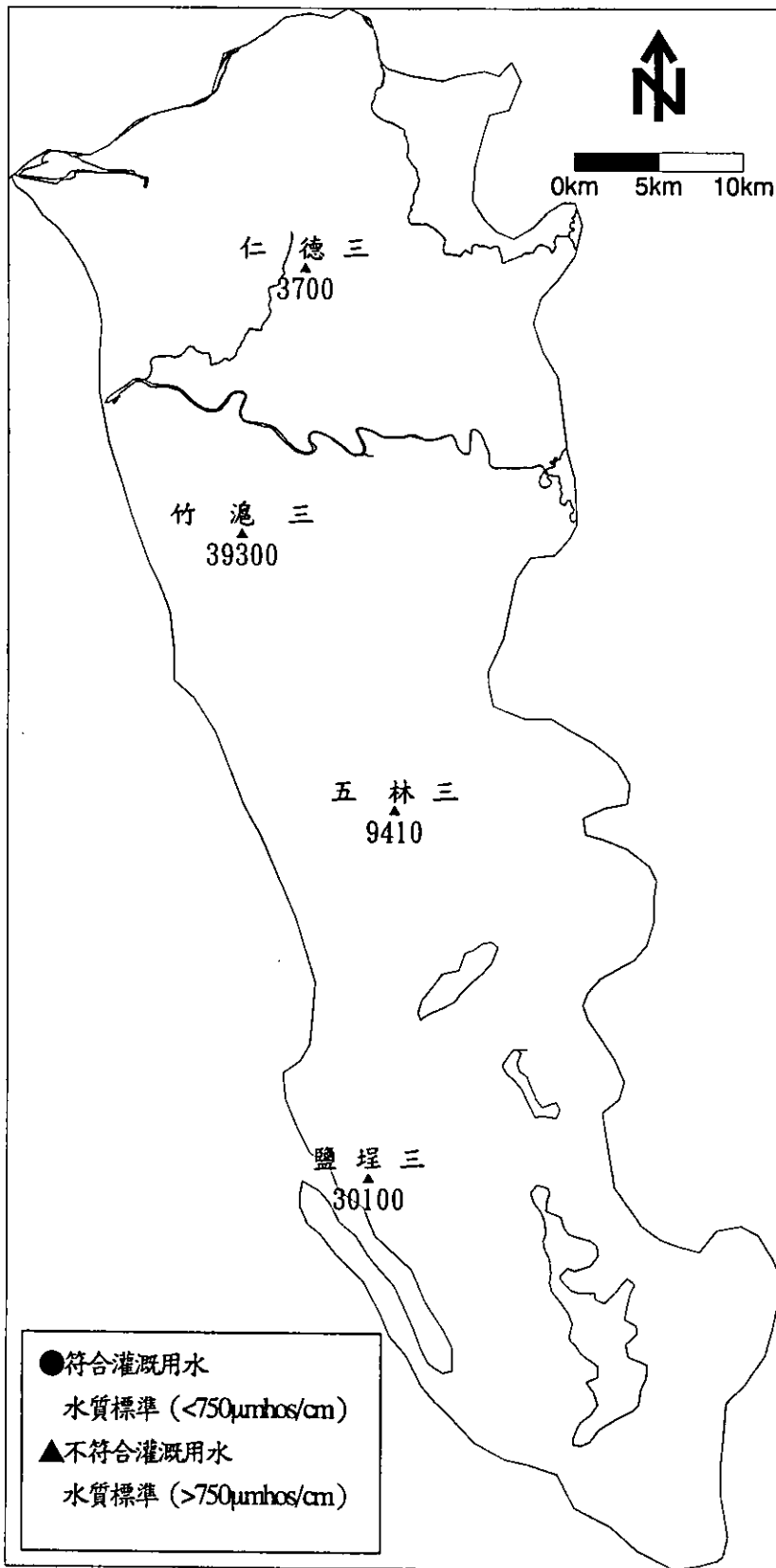


圖 3.2-16 嘉南平原南段含水層四之導電度等值分析圖($\mu\text{mhos/cm}$)

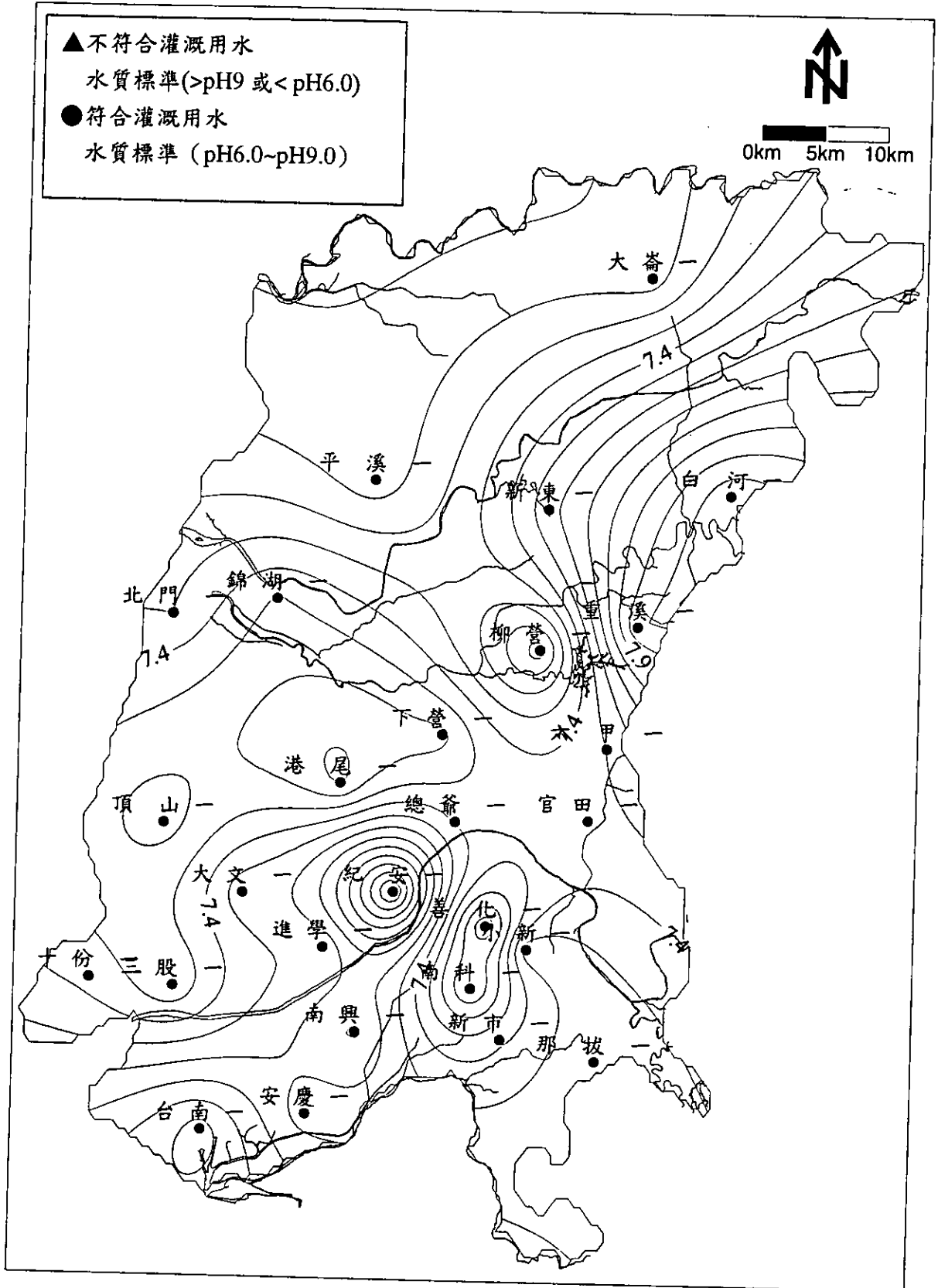


圖 3.2-17 嘉南平原北段含水層一之酸鹼值等值分析圖 (mg/L)

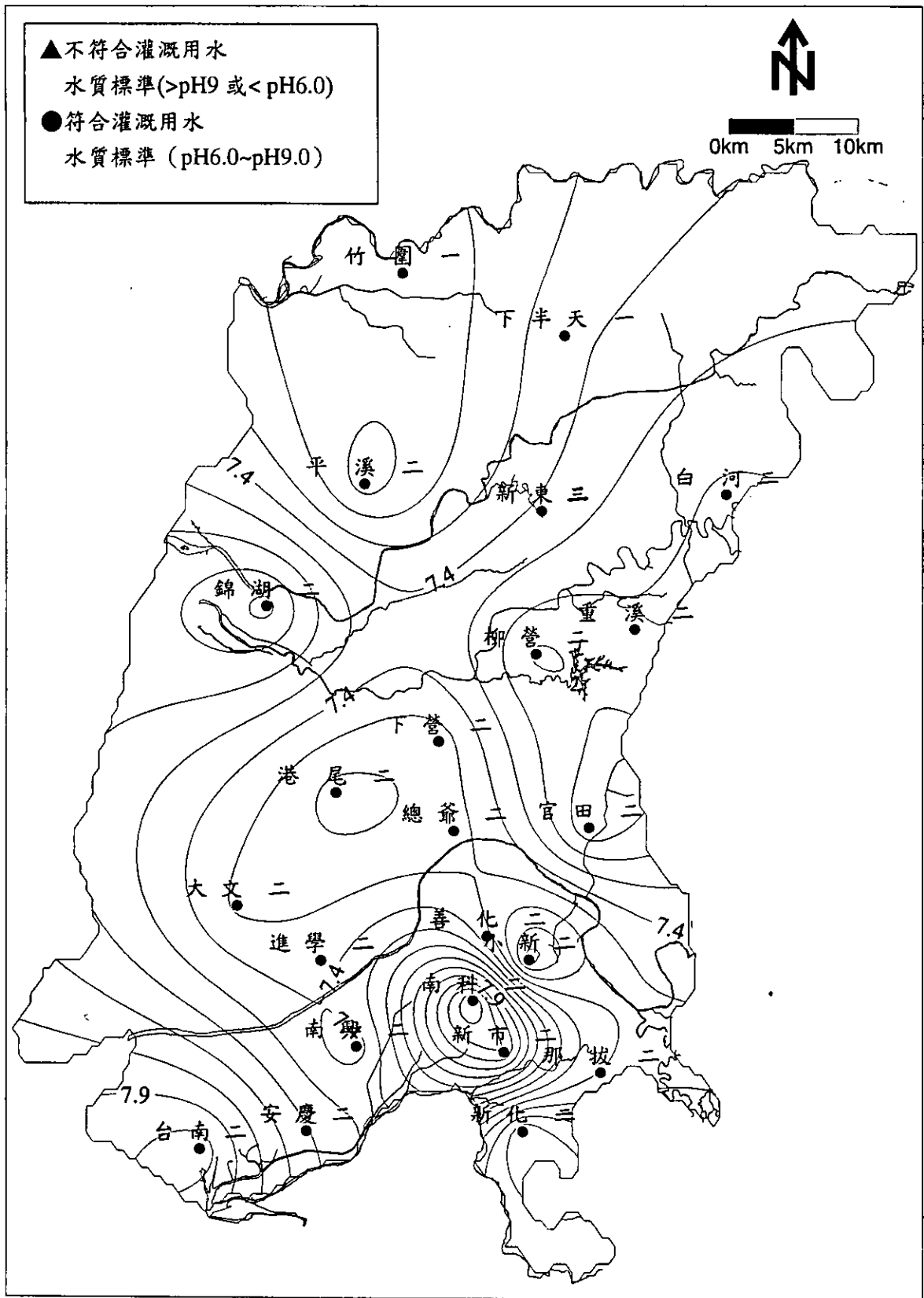


圖 3.2-18 嘉南平原北段含水層二之酸鹼值等值分析圖 (mg/L)

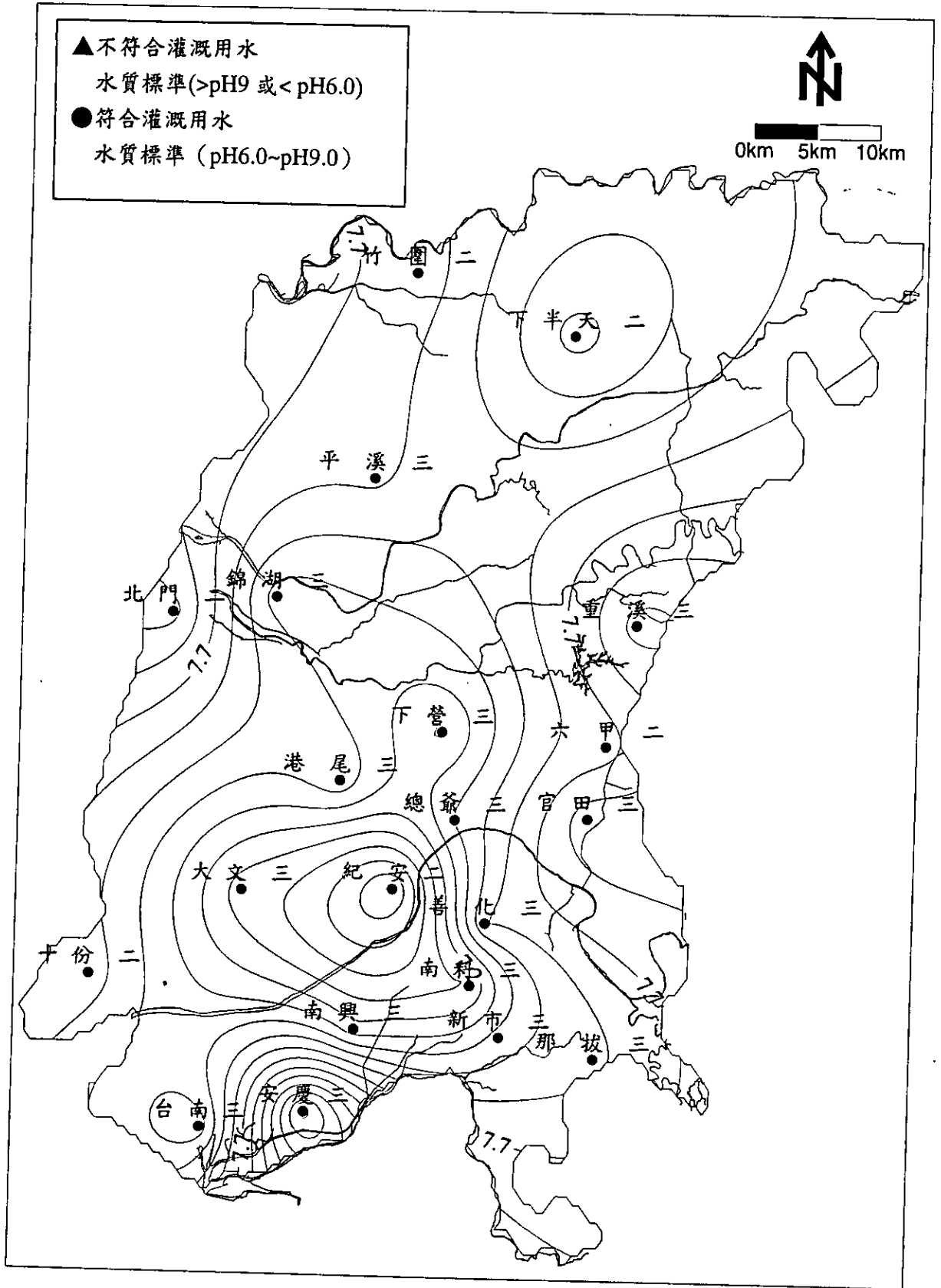


圖 3.2-19 嘉南平原北段含水層三之酸鹼值等值分析圖 (mg/L)

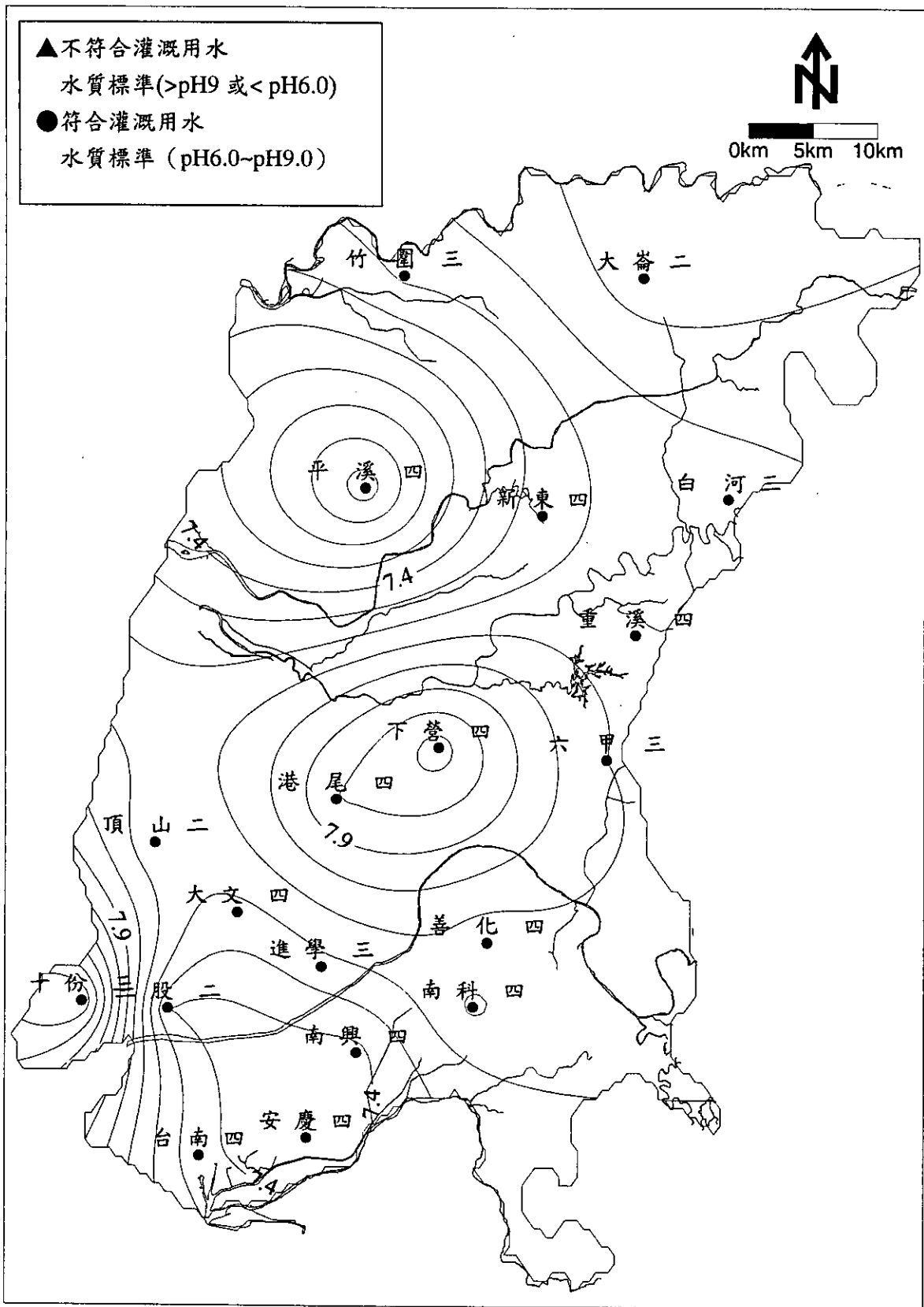


圖 3.2-20 嘉南平原北段含水層四之酸鹼值等值分析圖 (mg/L)

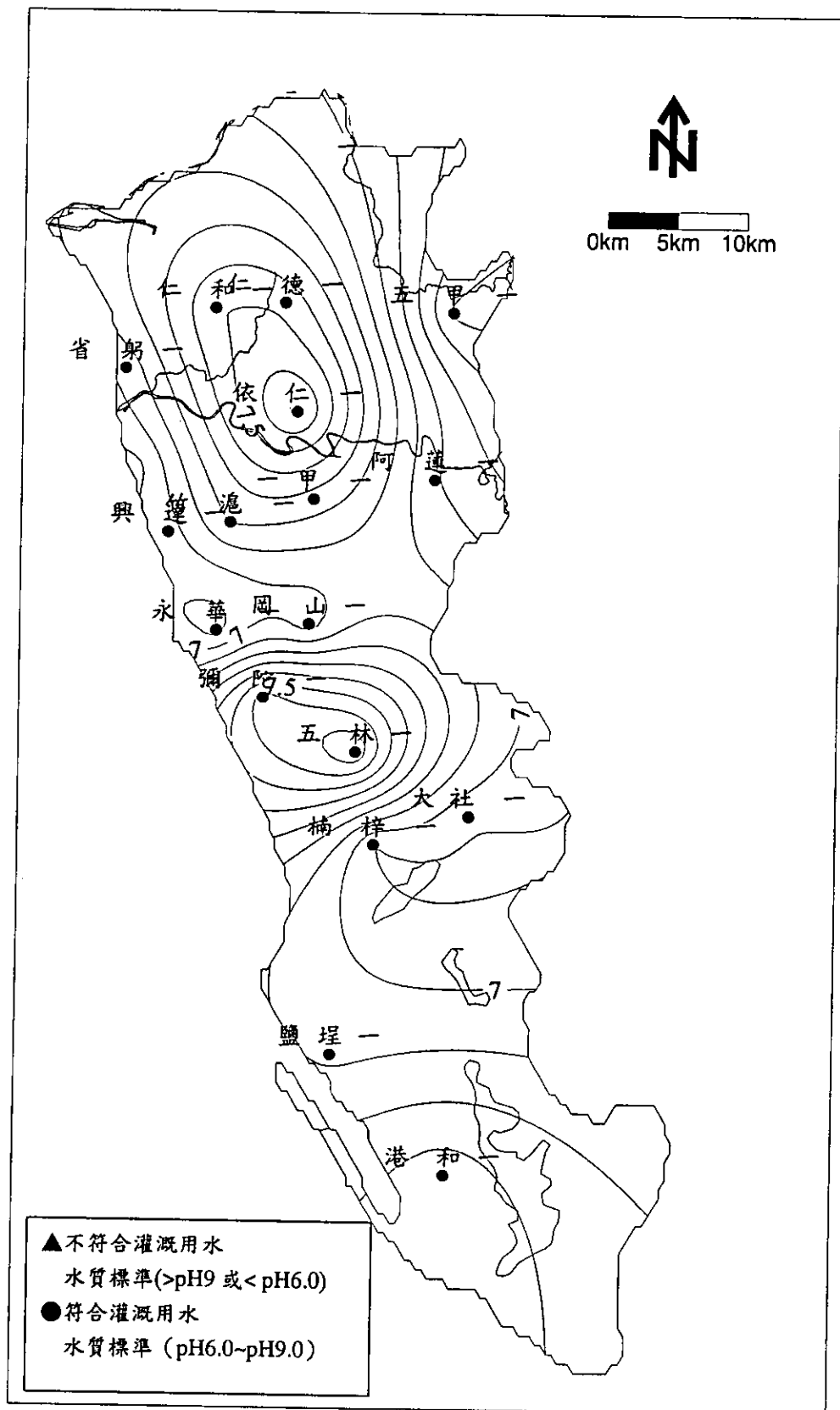


圖 3.2-21 嘉南平原南段含水層一之酸鹼值等值分析圖 (mg/L)

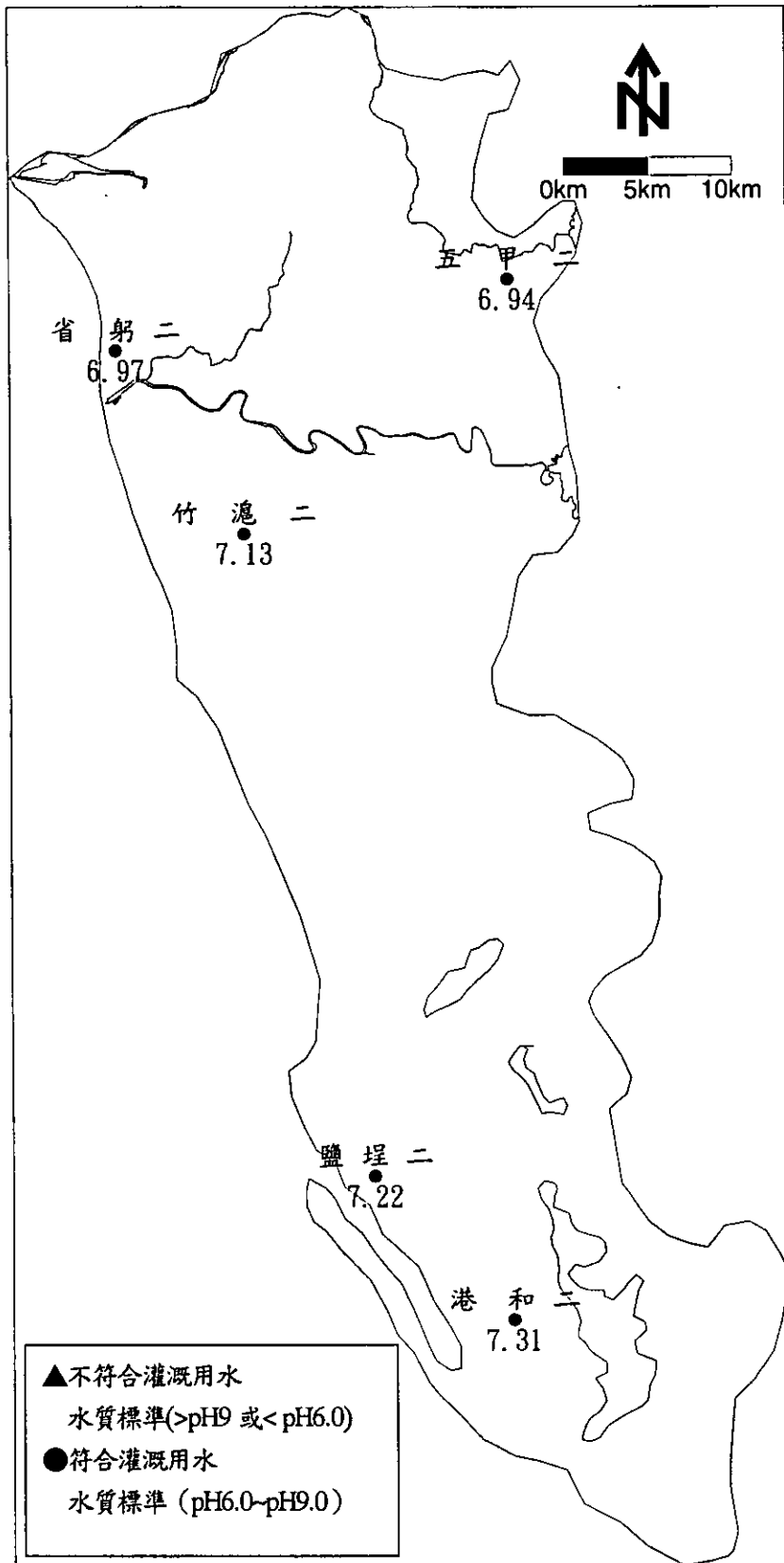


圖 3.2-22 嘉南平原南段含水層二之酸鹼值等值分析圖 (mg/L)

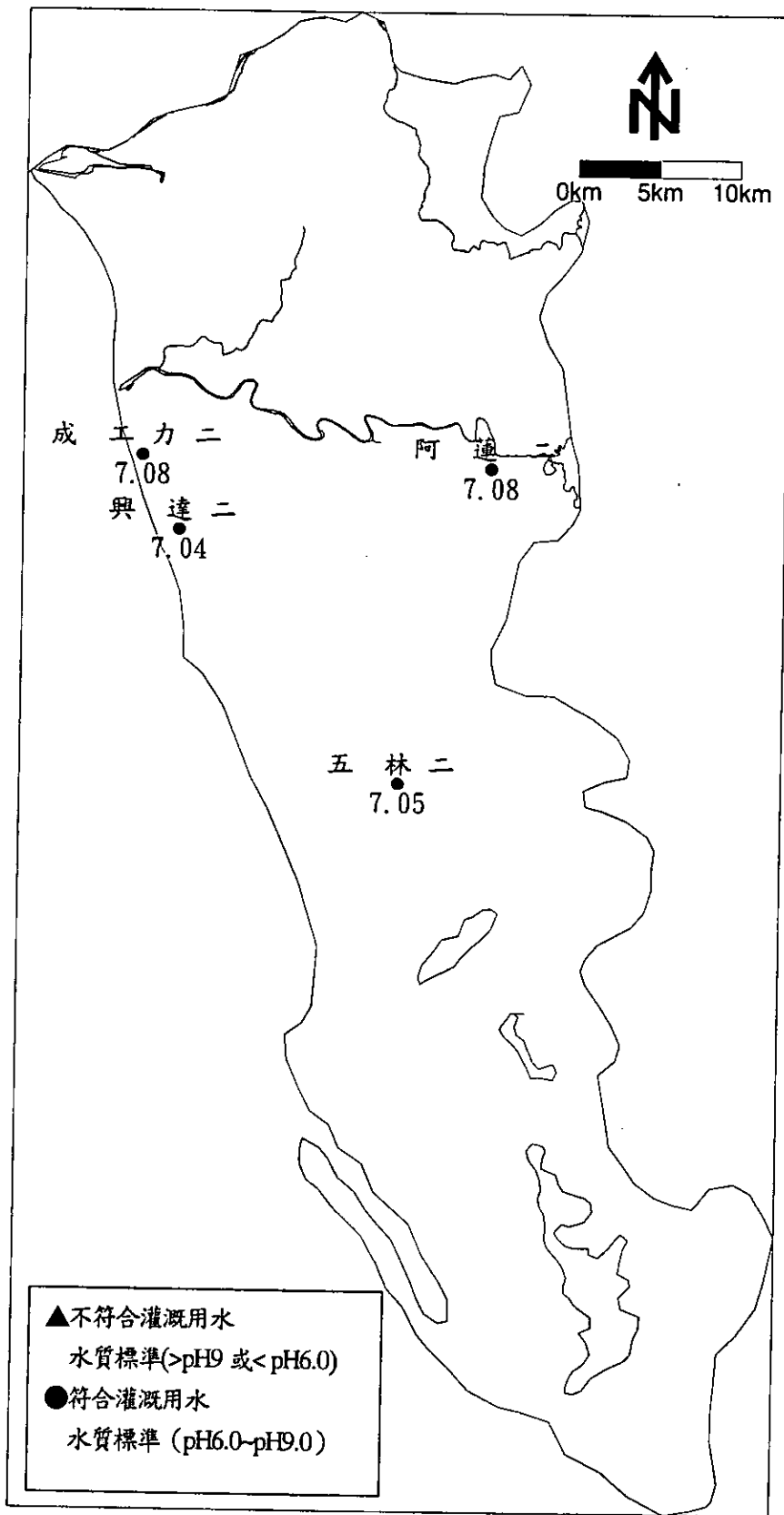


圖 3.2-23 嘉南平原南段含水層三之酸鹼值等值分析圖 (mg/L)

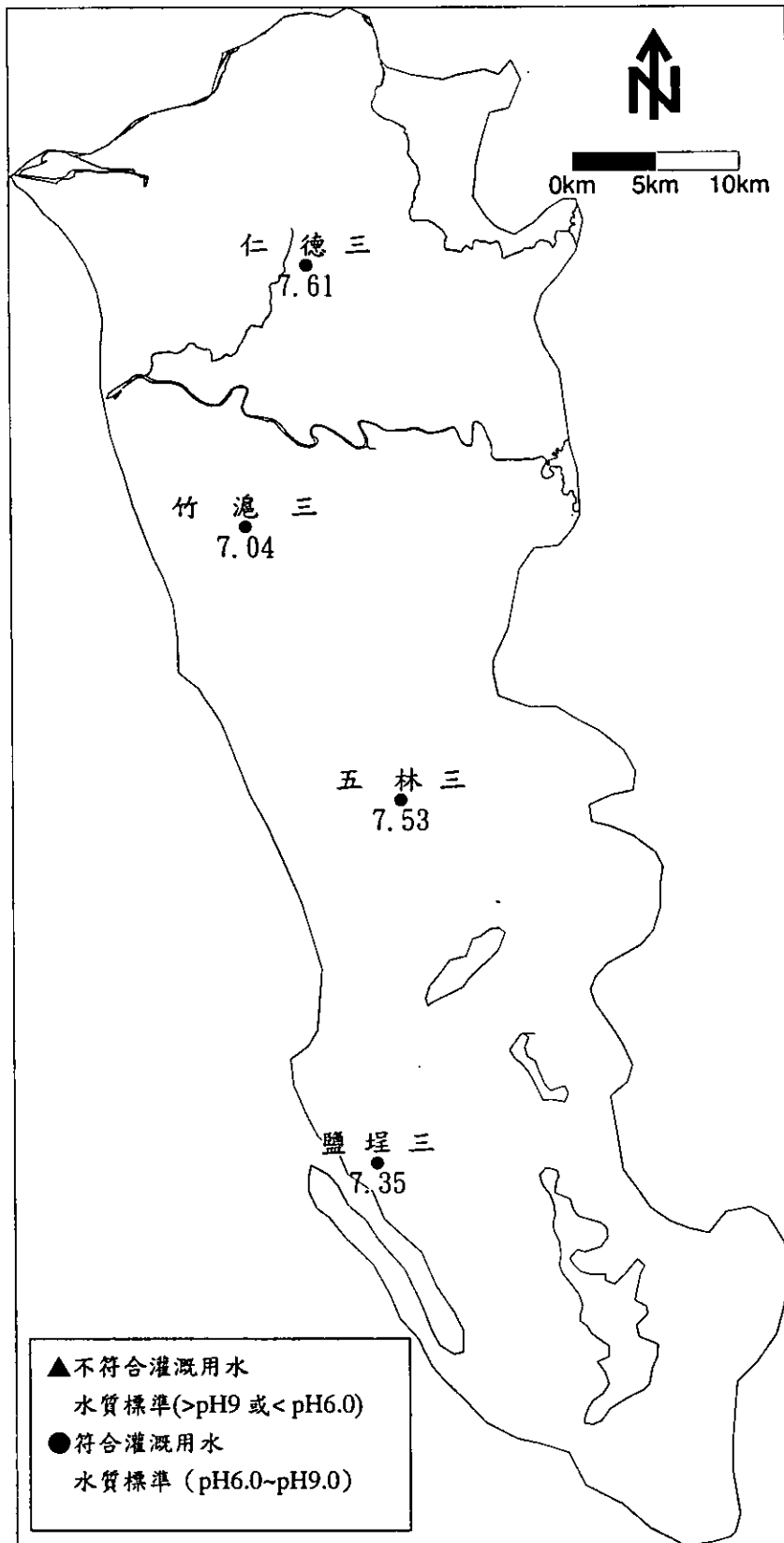


圖 3.2-24 嘉南平原南段含水層四之酸鹼值等值分析圖 (mg/L)

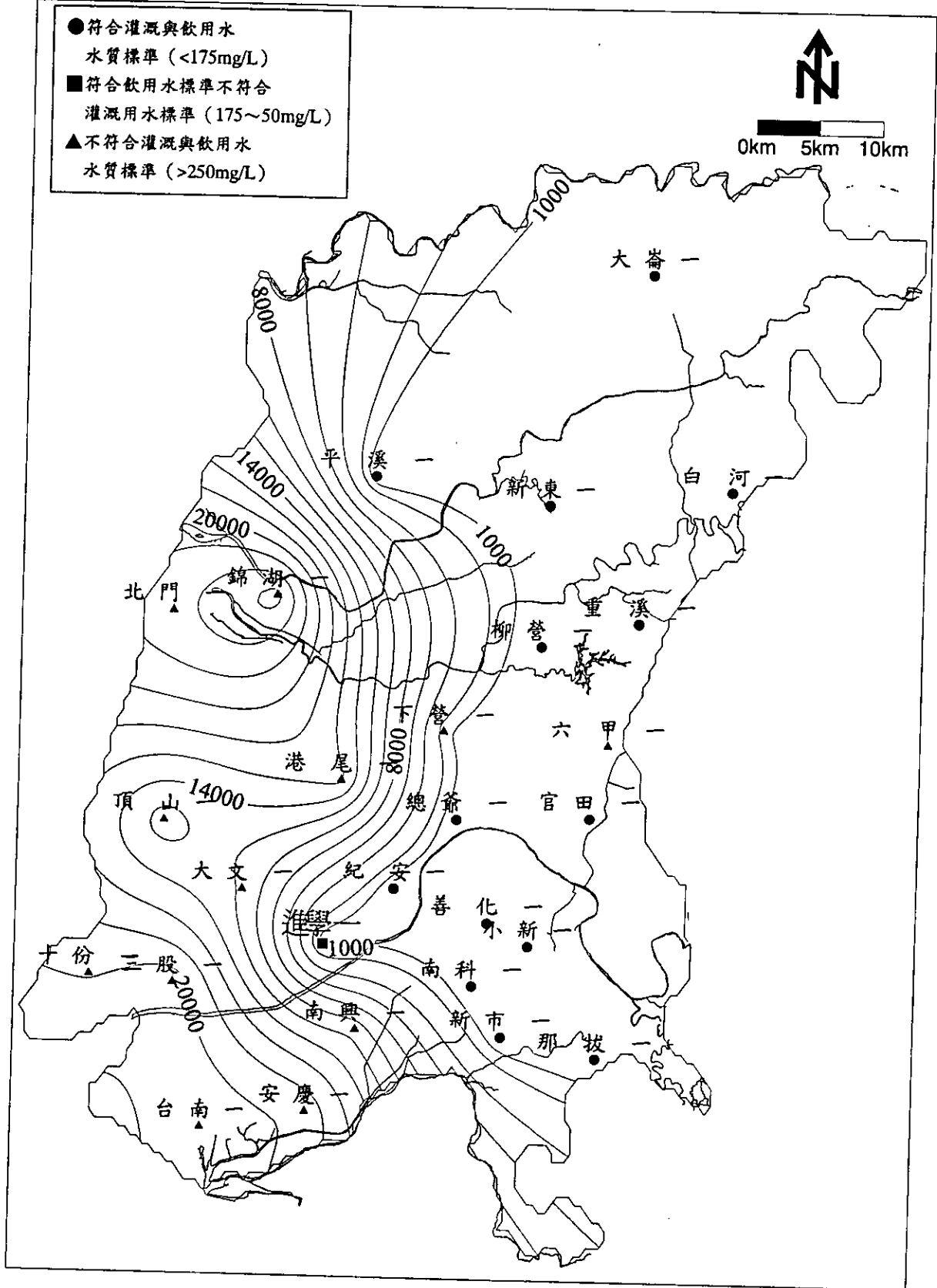


圖 3.2-25 嘉南平原北段含水層一之氣鹽等值分析圖(mg/L)

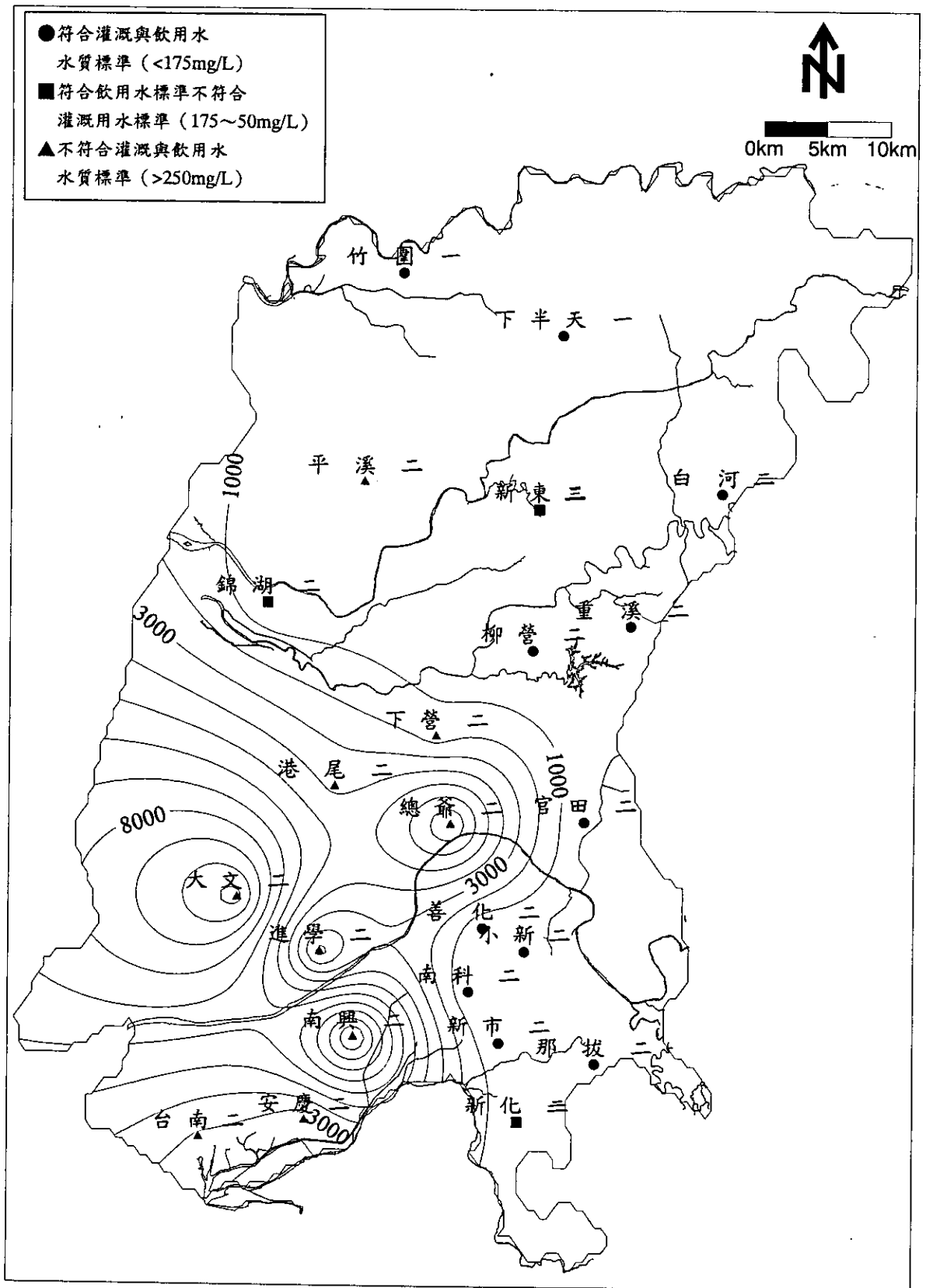


圖 3.2-26 嘉南平原北段含水層二之氯鹽等值分析圖(mg/L)

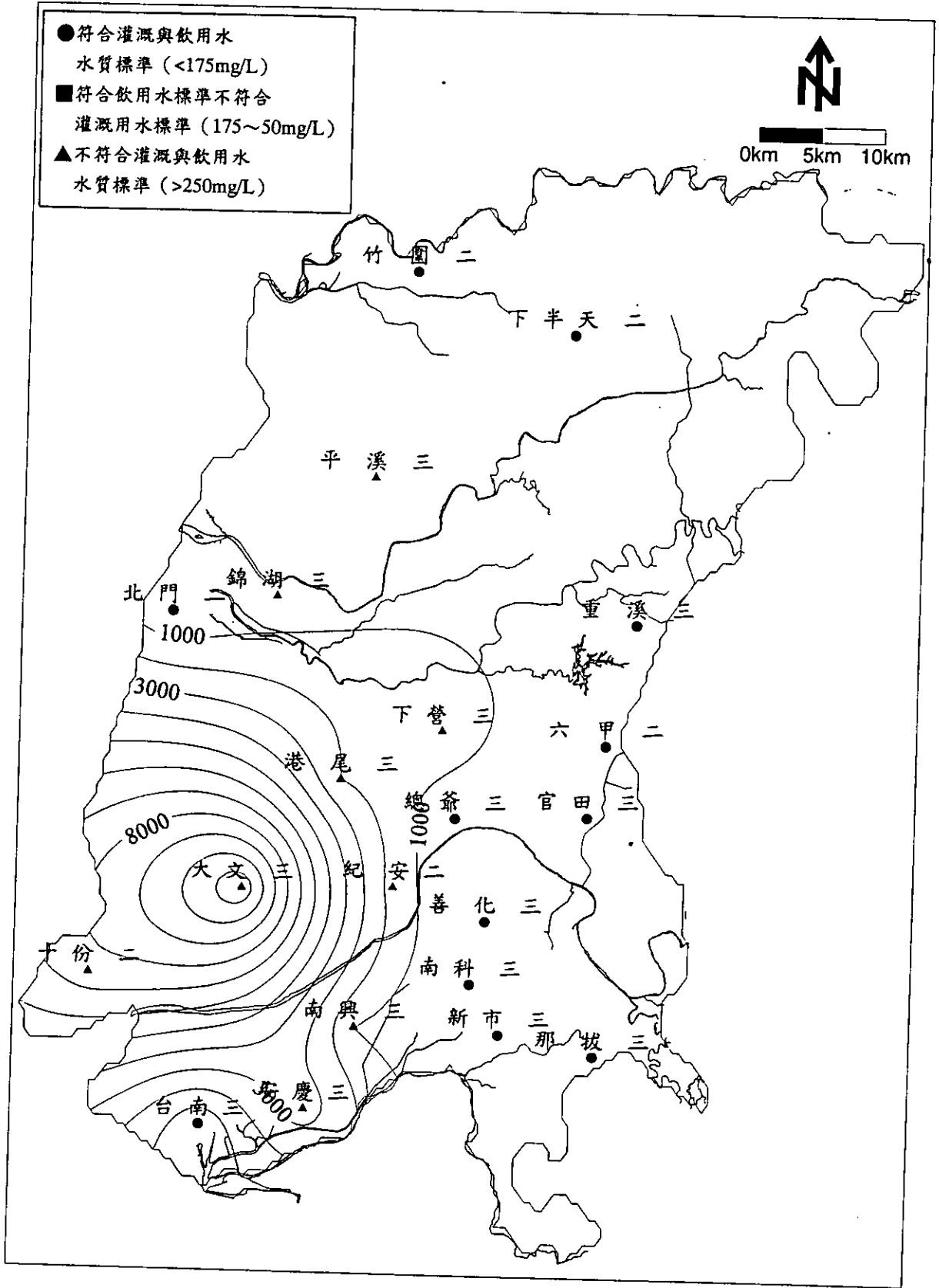


圖 3.2-27 嘉南平原北段含水層三之氣鹽等值分析圖(mg/L)

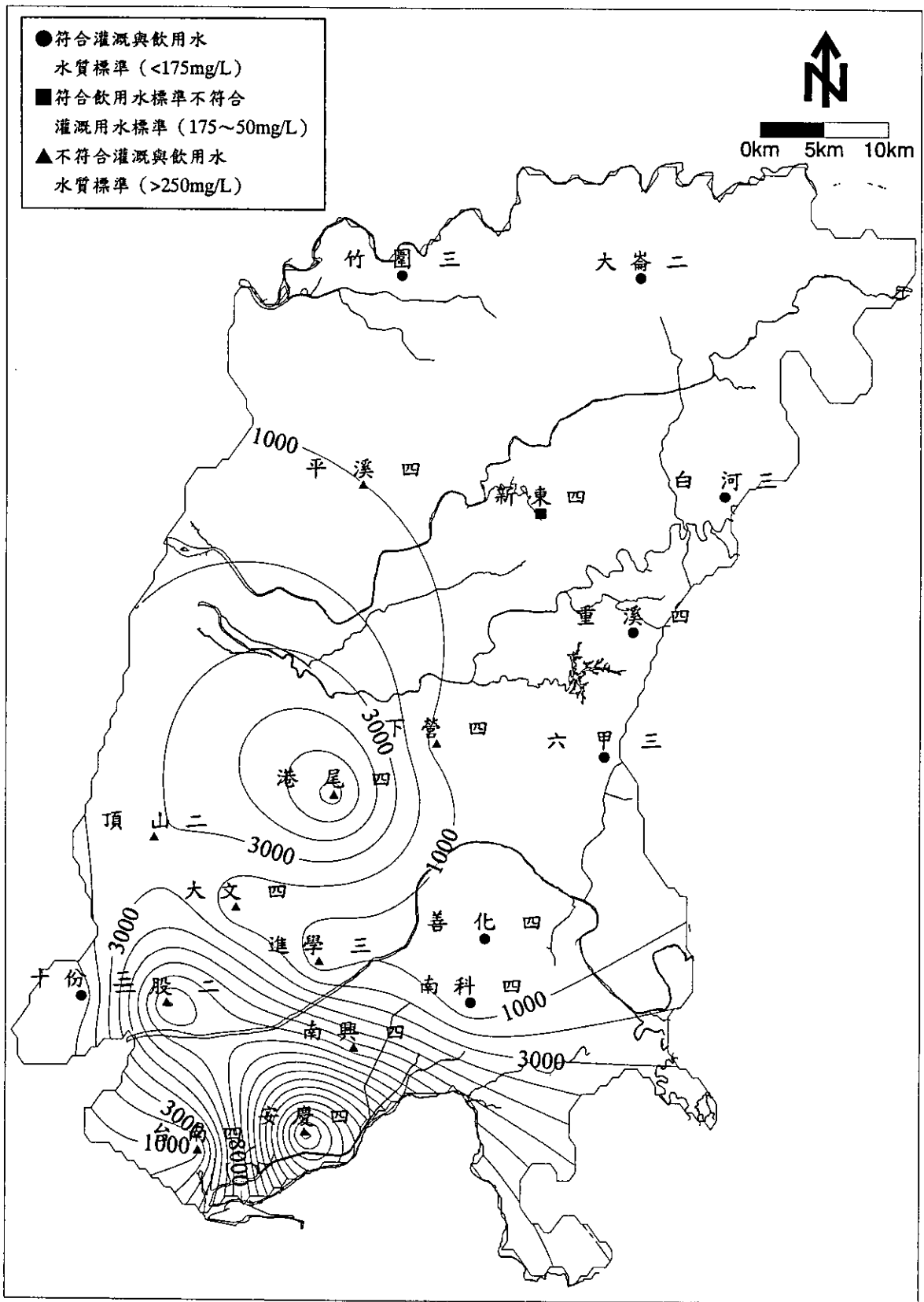


圖 3.2-28 嘉南平原北段含水層四之氯鹽等值分析圖(mg/L)

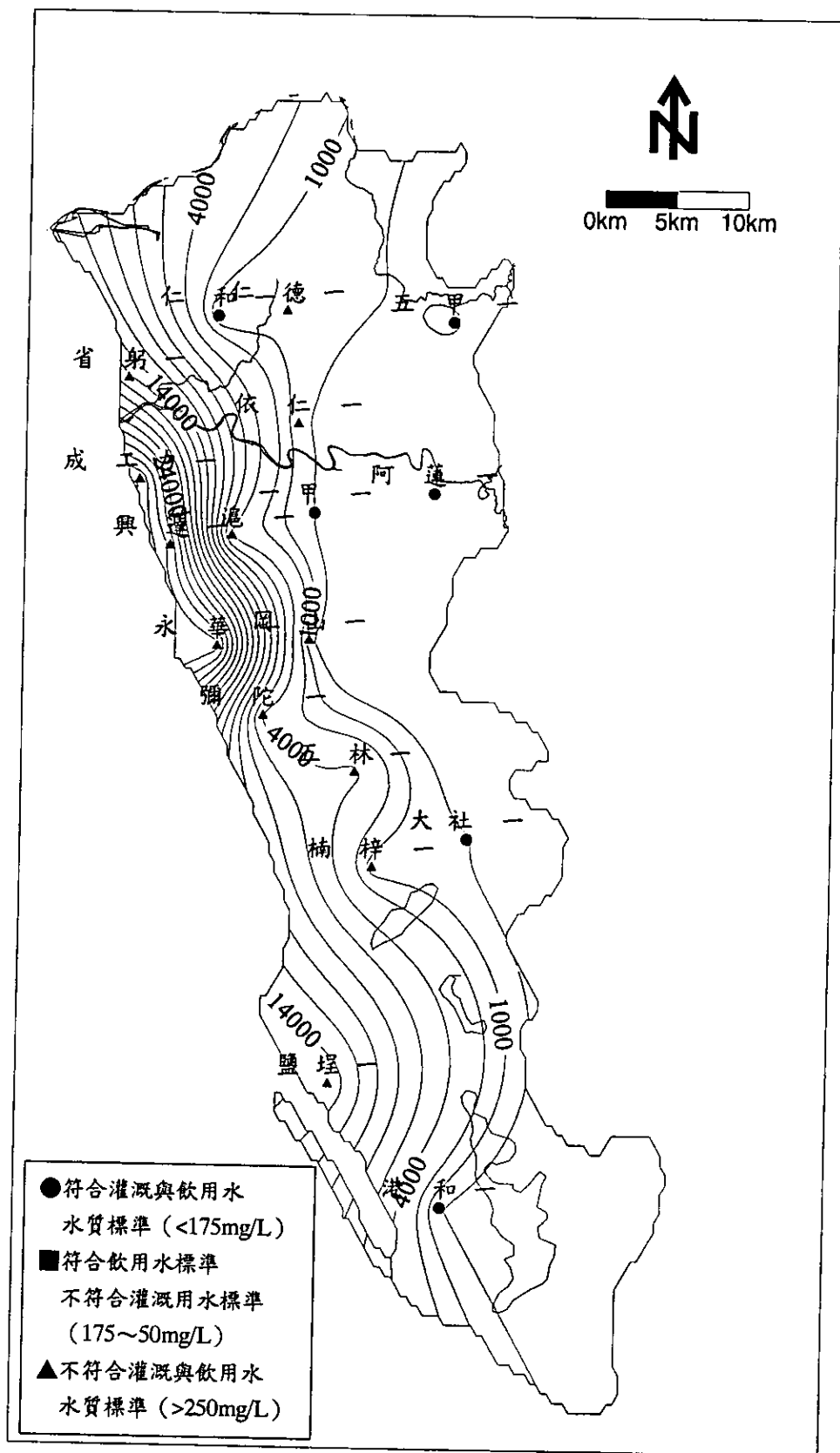


圖 3.2-29 嘉南平原南段含水層一之氣鹽等值分析圖(mg/L)

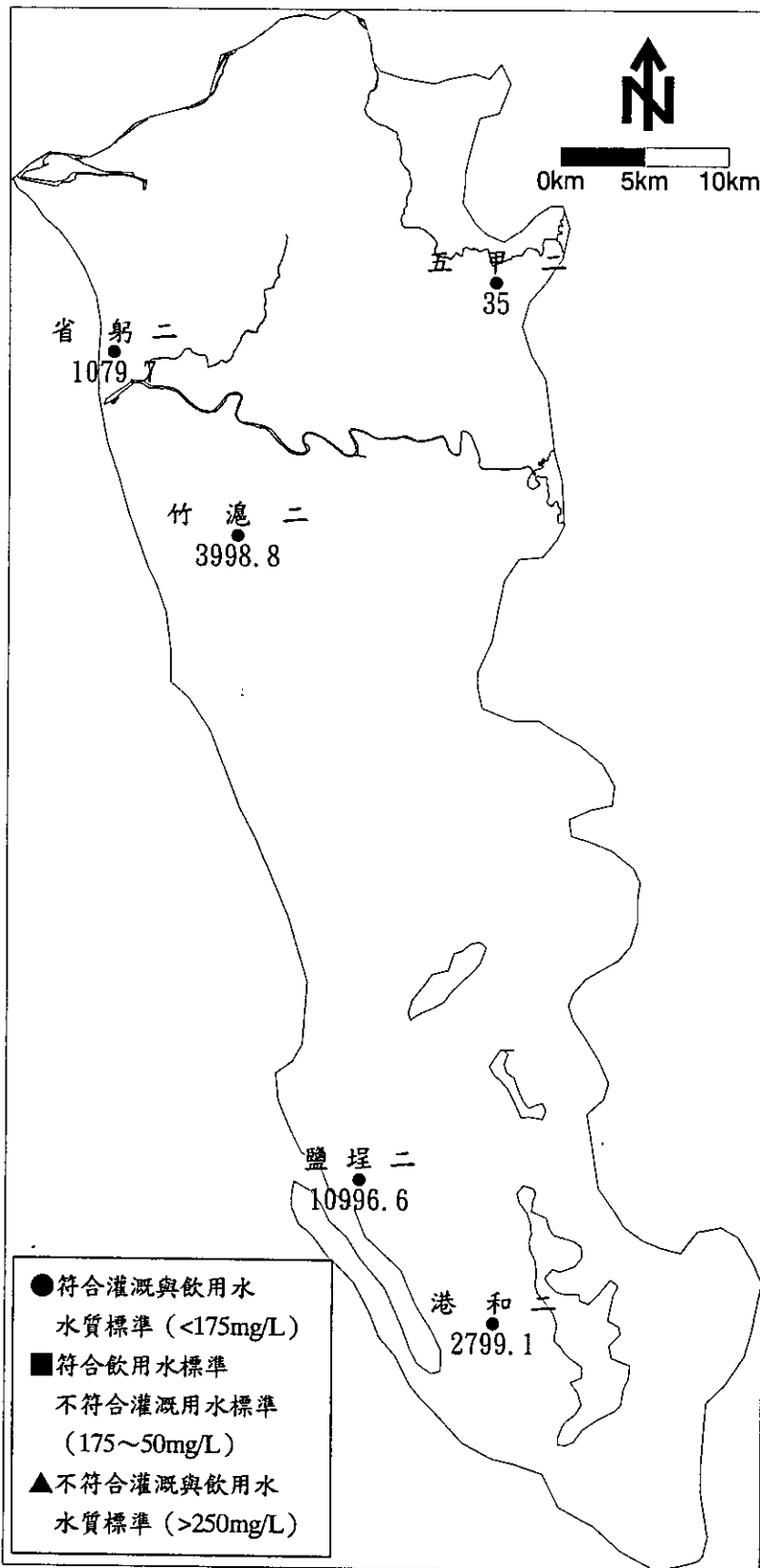


圖 3.2-30 嘉南平原南段含水層二之氣鹽等值分析圖(mg/L)

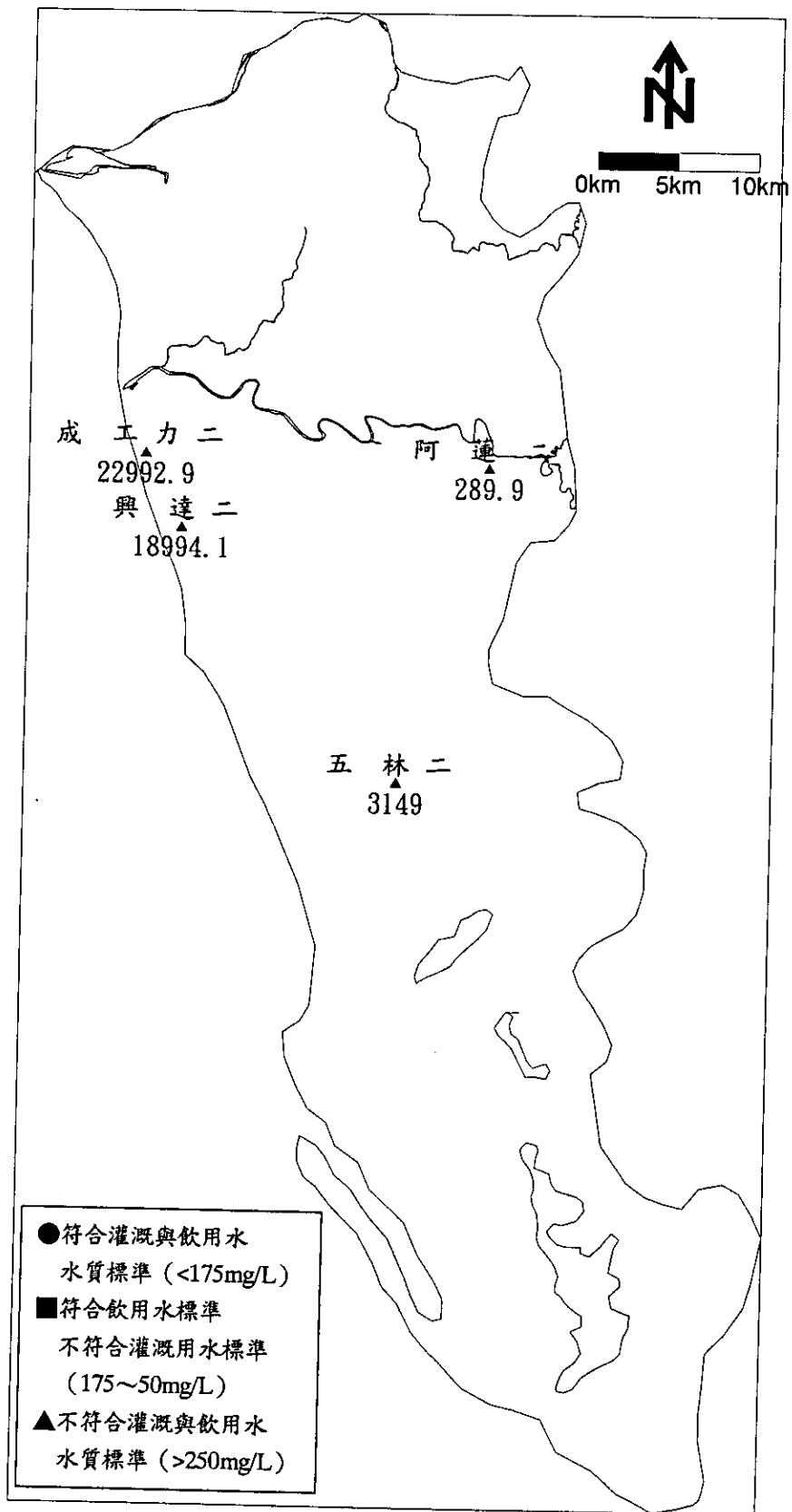


圖 3.2-31 嘉南平原南段含水層三之氣鹽等值分析圖(mg/L)

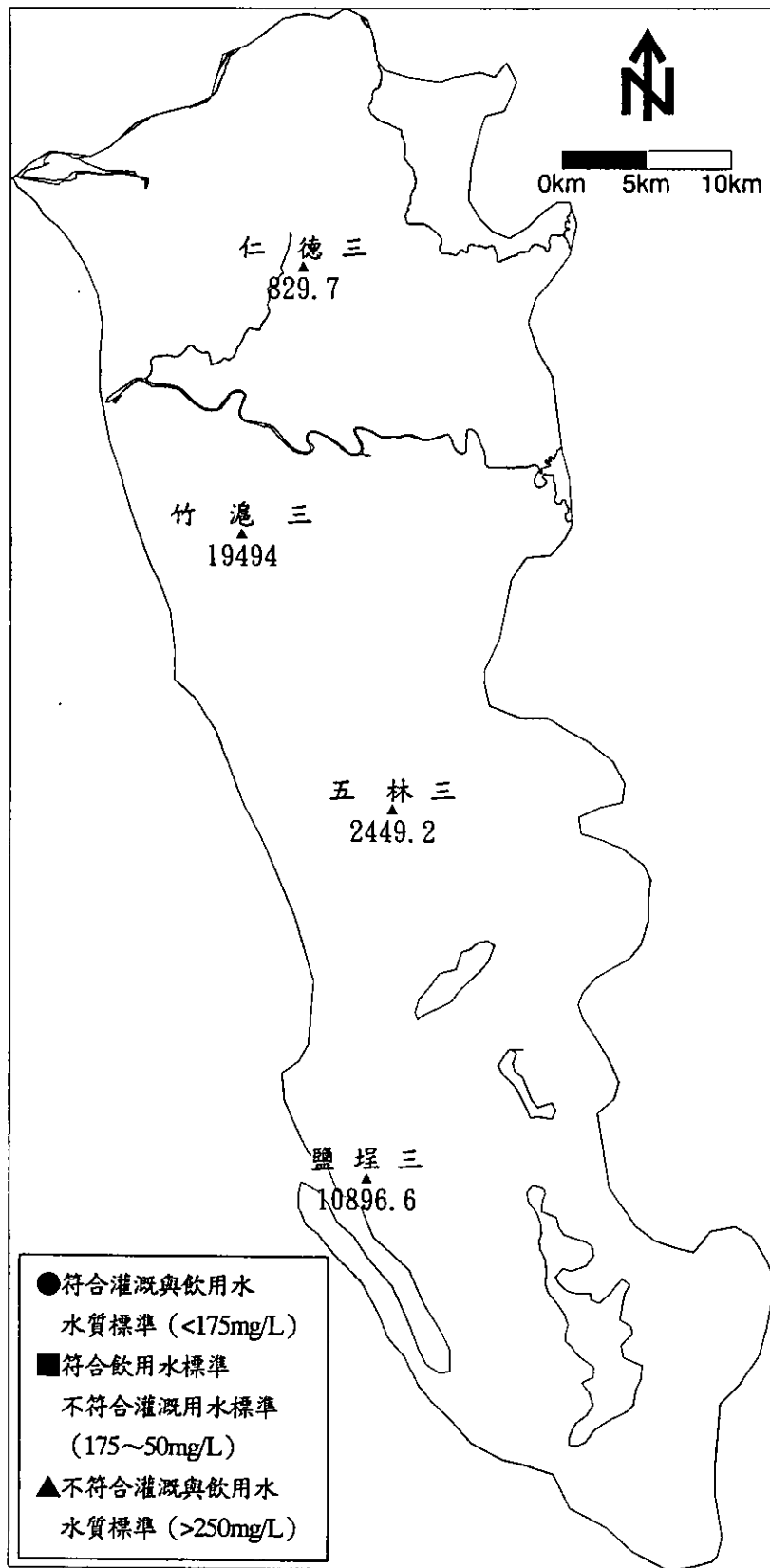


圖 3.2-32 嘉南平原南段含水層四之氯鹽等值分析圖(mg/L)

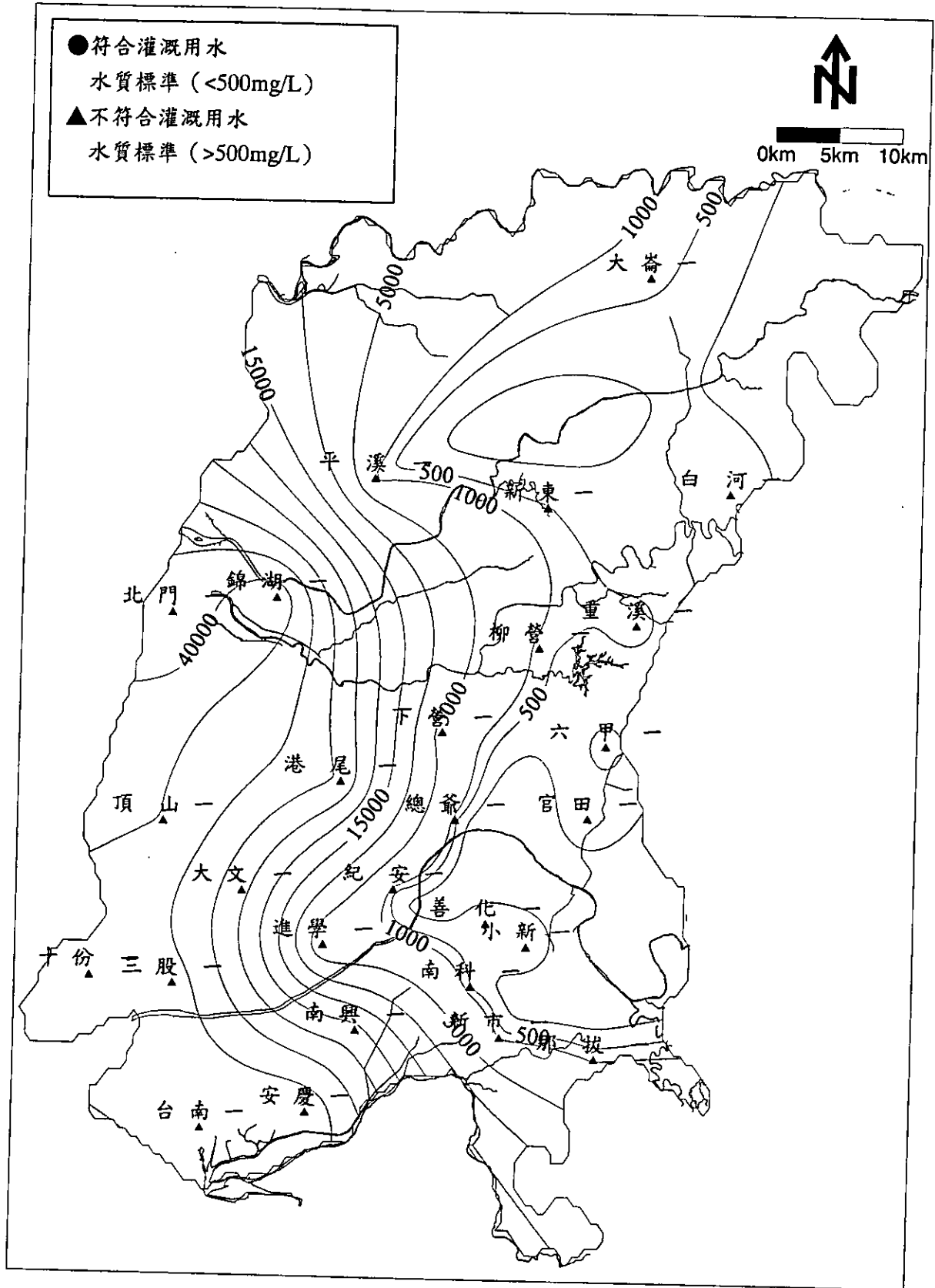


圖 3.2-33 嘉南平原北段含水層一之總溶解固體量等值分析圖(mg/L)

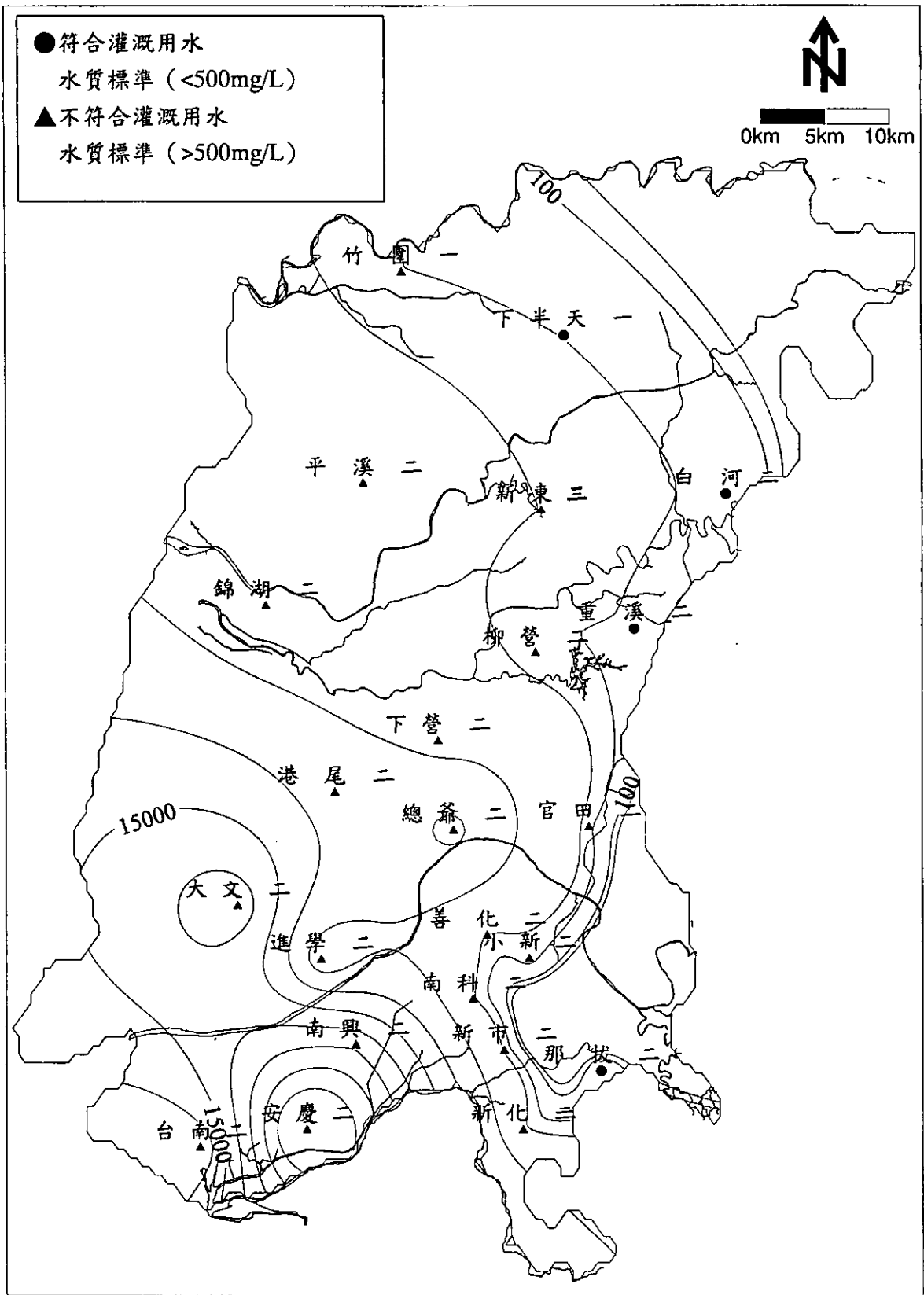


圖 3.2-34 嘉南平原北段含水層二之總溶解固體量等值分析圖(mg/L)

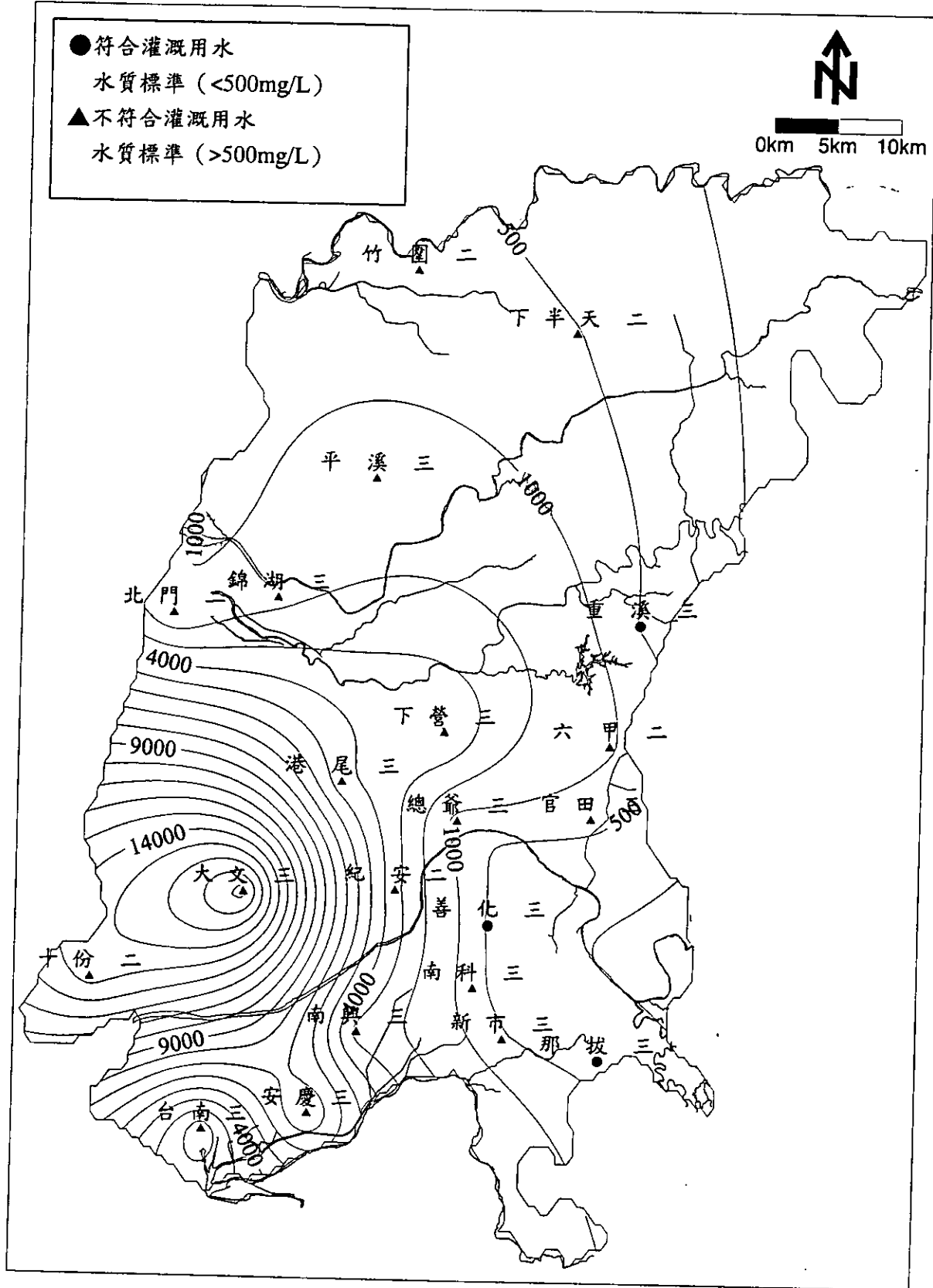


圖 3.2-35 嘉南平原北段含水層三之總溶解固體量等值分析圖(mg/L)

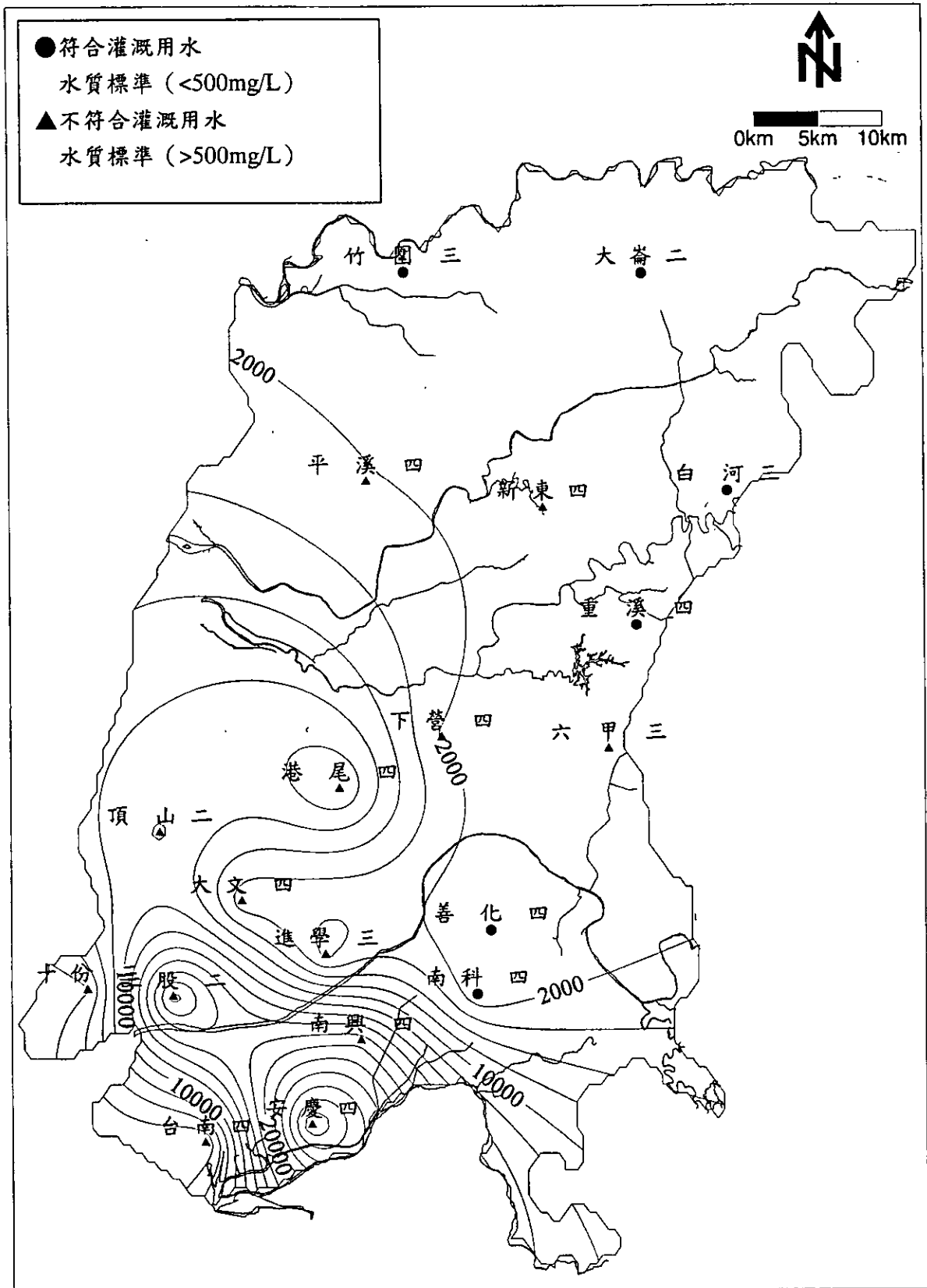


圖 3.2-36 嘉南平原北段含水層四之總溶解固體量等值分析圖(mg/L)

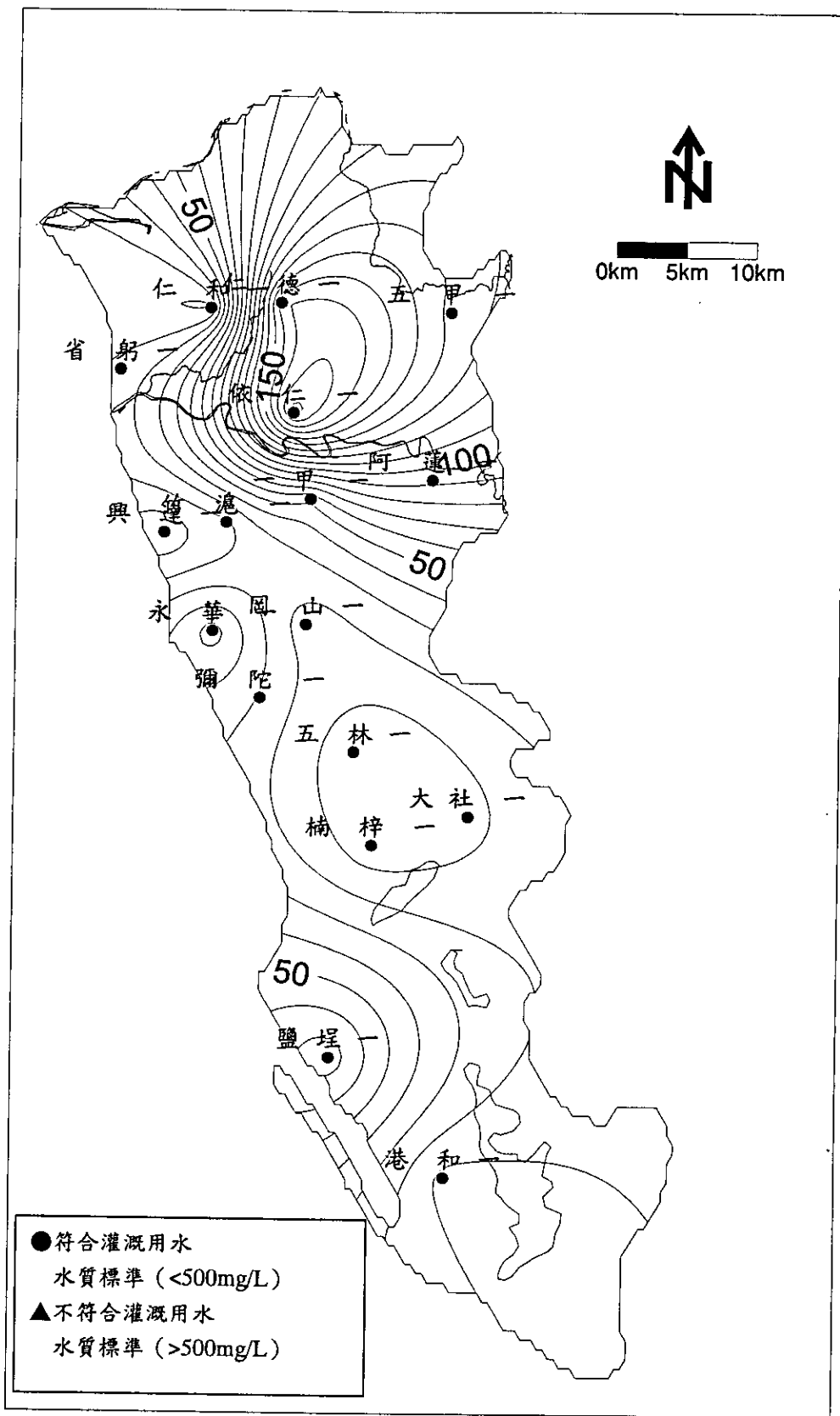


圖 3.2-37 嘉南平原南段含水層一之總溶解固體量等值分析圖(mg/L)

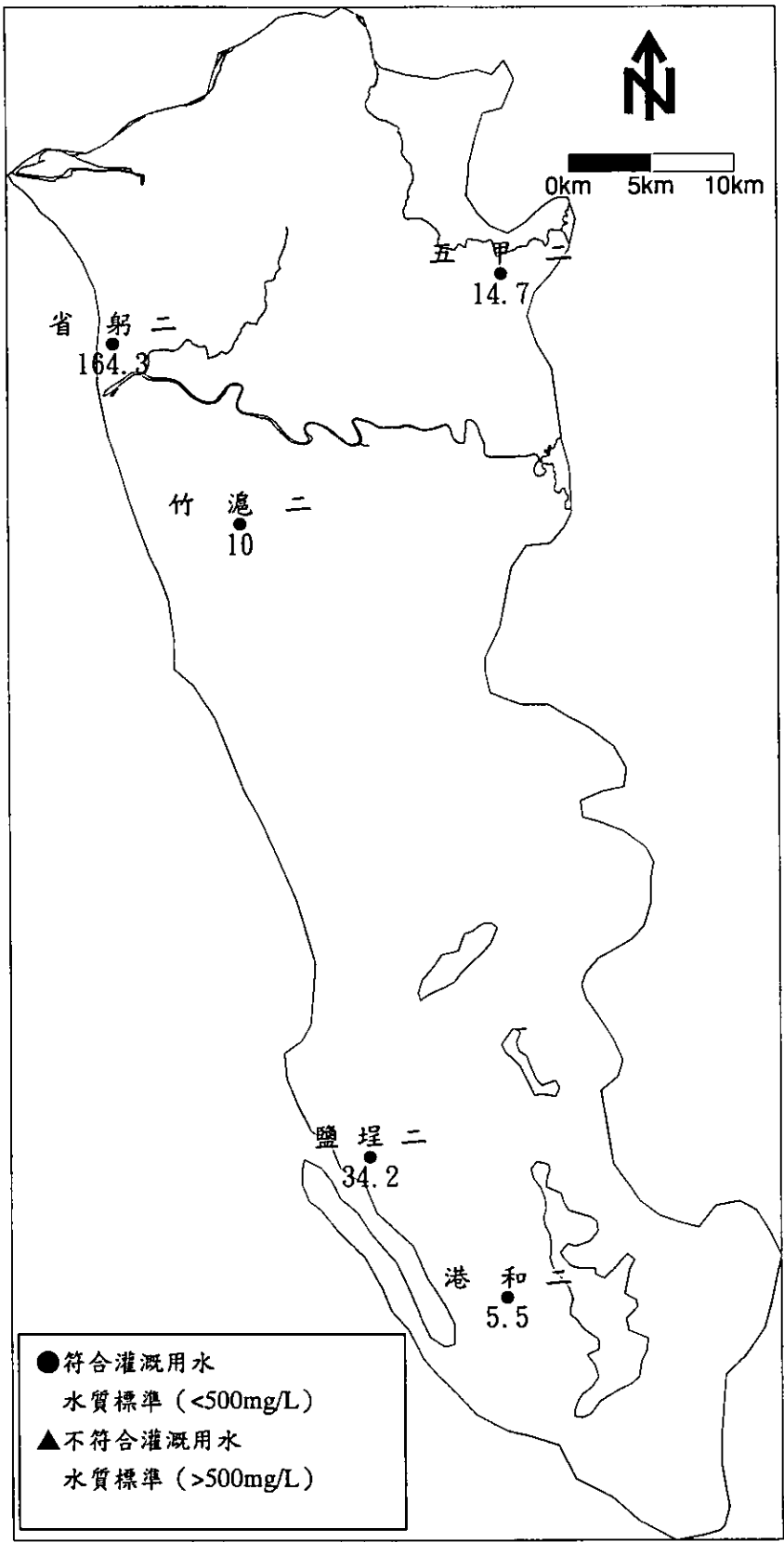


圖 3.2-38 嘉南平原南段含水層二之總溶解固體量等值分析圖(mg/L)

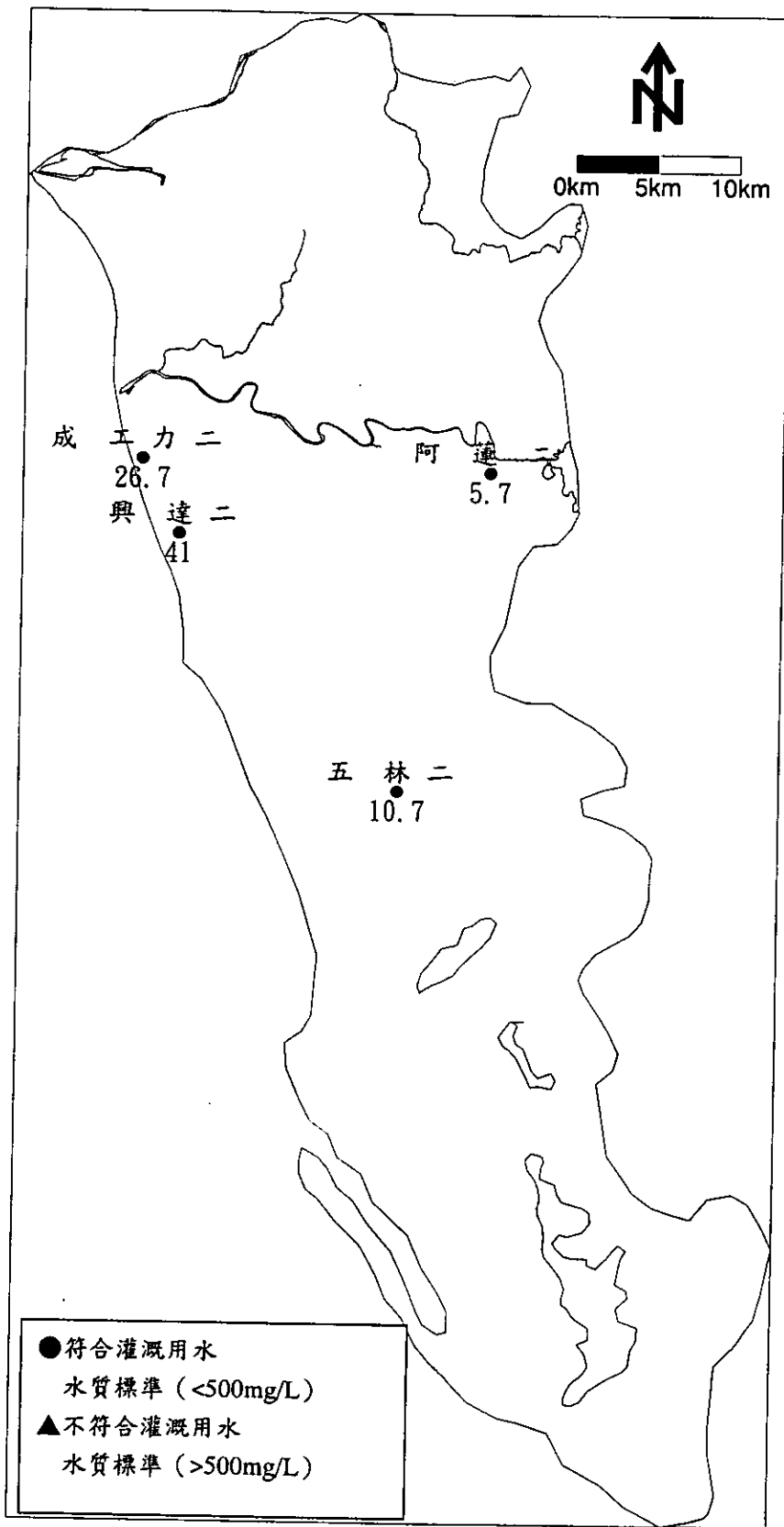


圖 3.2-39 嘉南平原南段含水層三之總溶解固體量等值分析圖(mg/L)

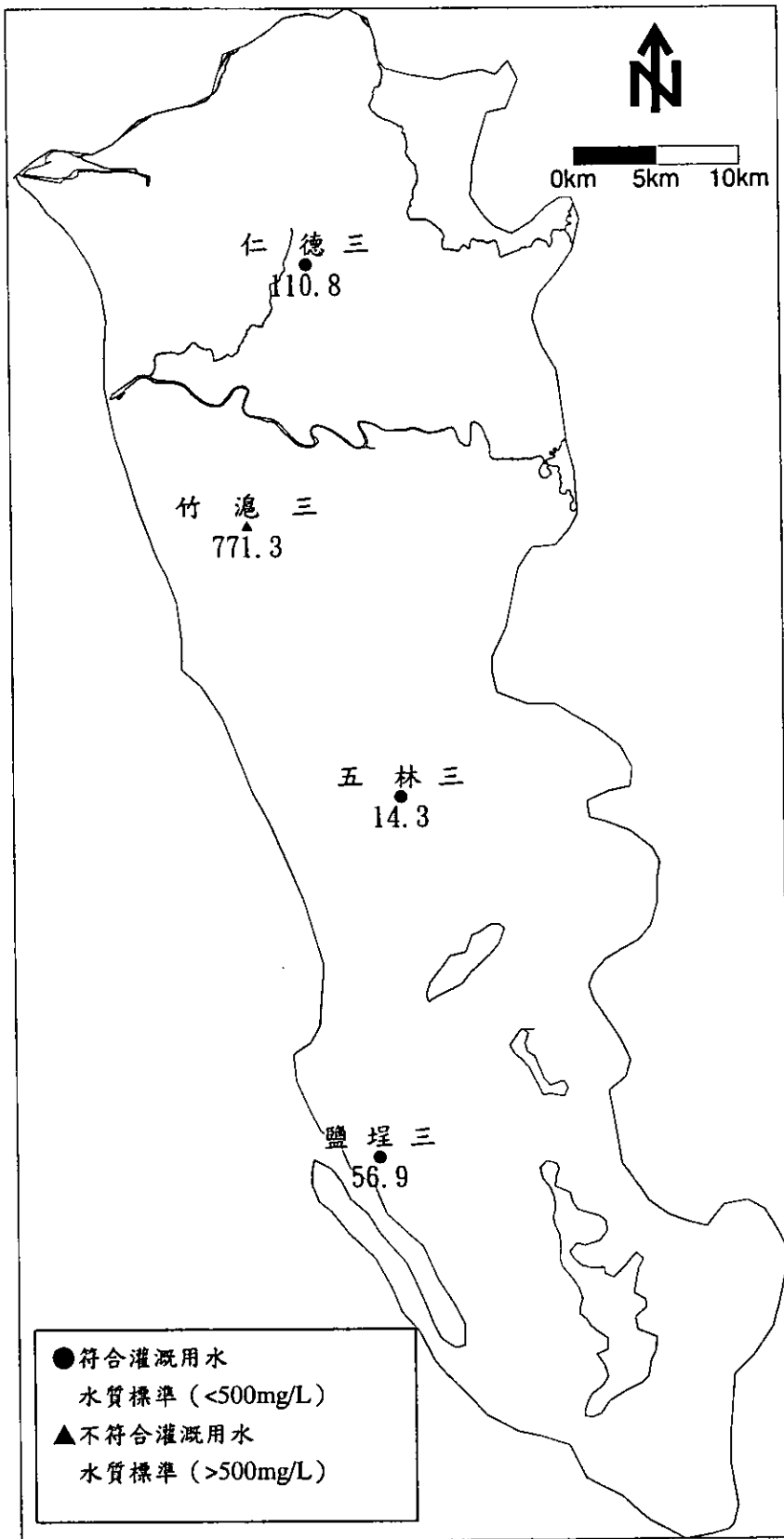


圖 3.2-40 嘉南平原南段含水層四之總溶解固體量等值分析圖(mg/L)

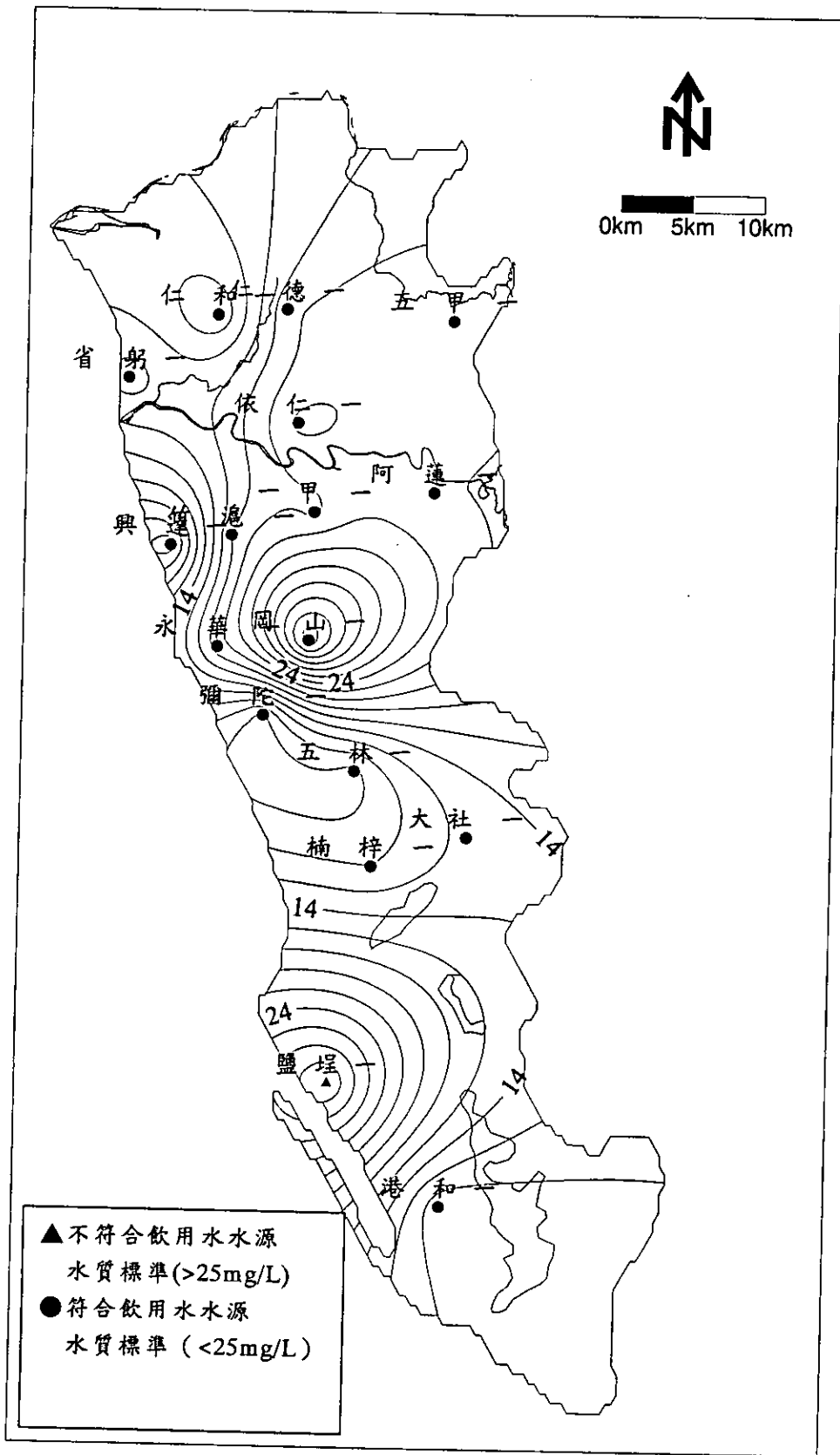


圖 3.2-41 嘉南平原南段含水層一之化學需氧量 (mg/L)

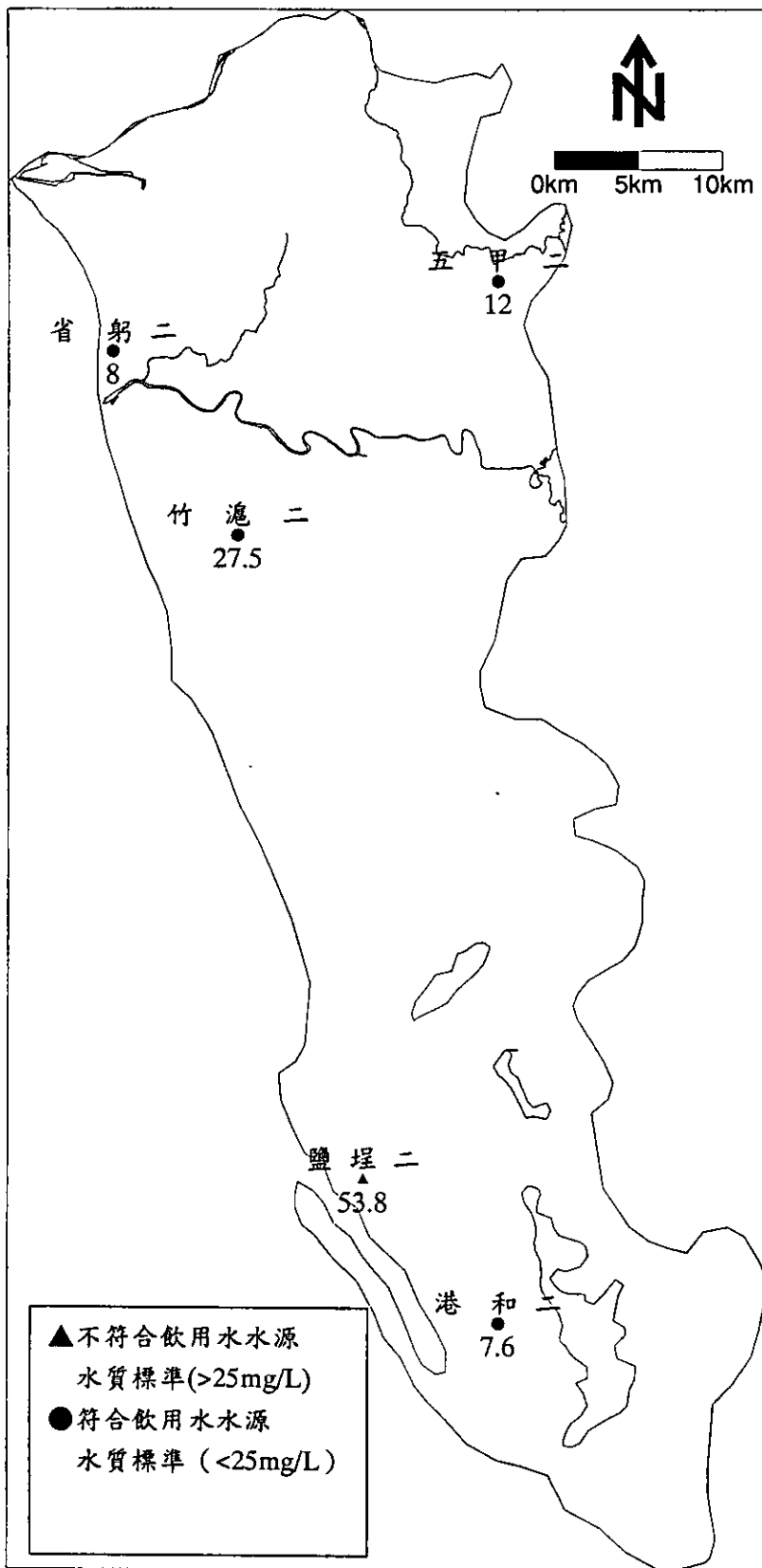


圖 3.2-42 嘉南平原南段含水層二之化學需氧量 (mg/L)

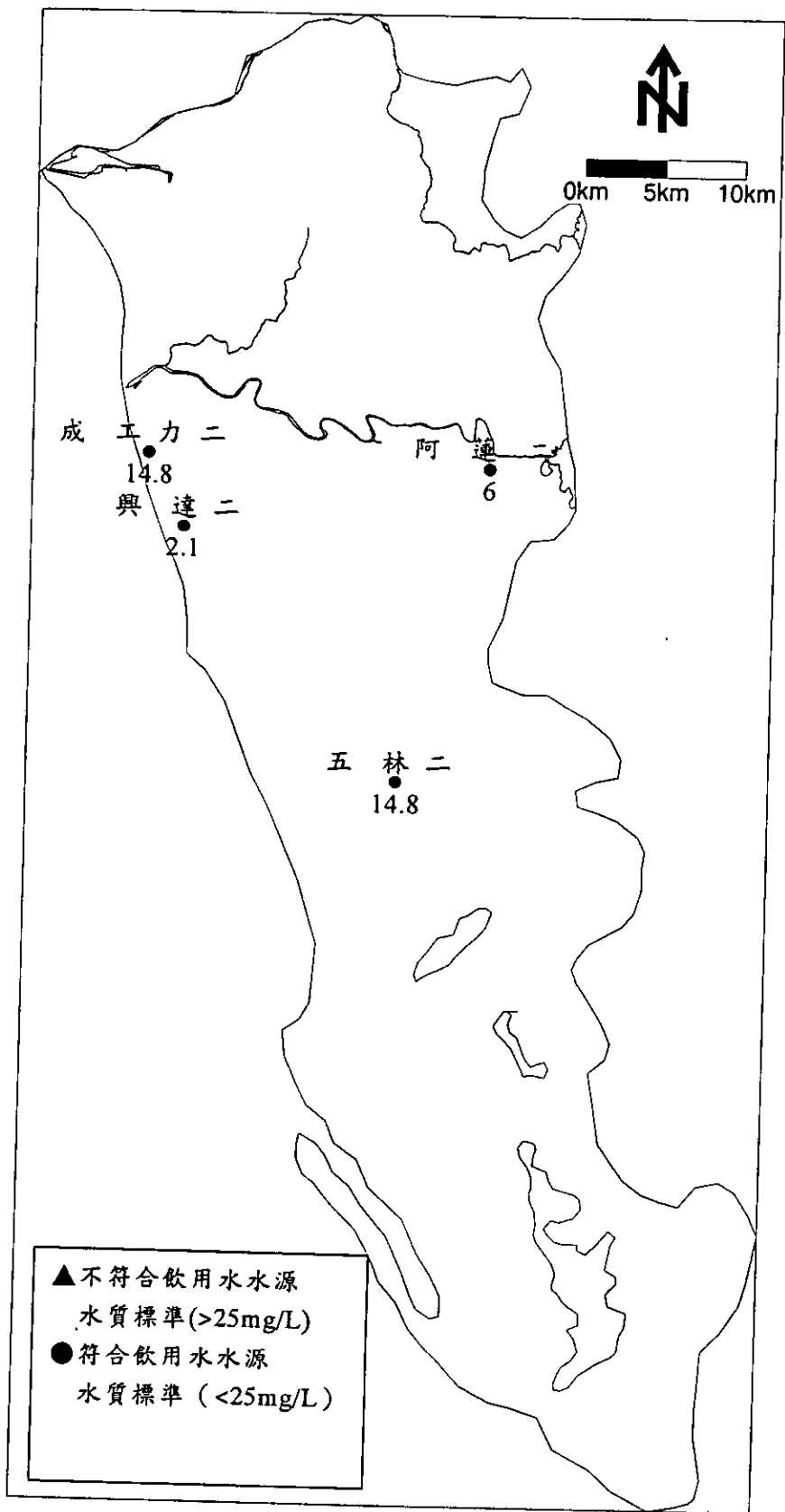


圖 3.2-43 嘉南平原南段含水層三之化學需氧量 (mg/L)

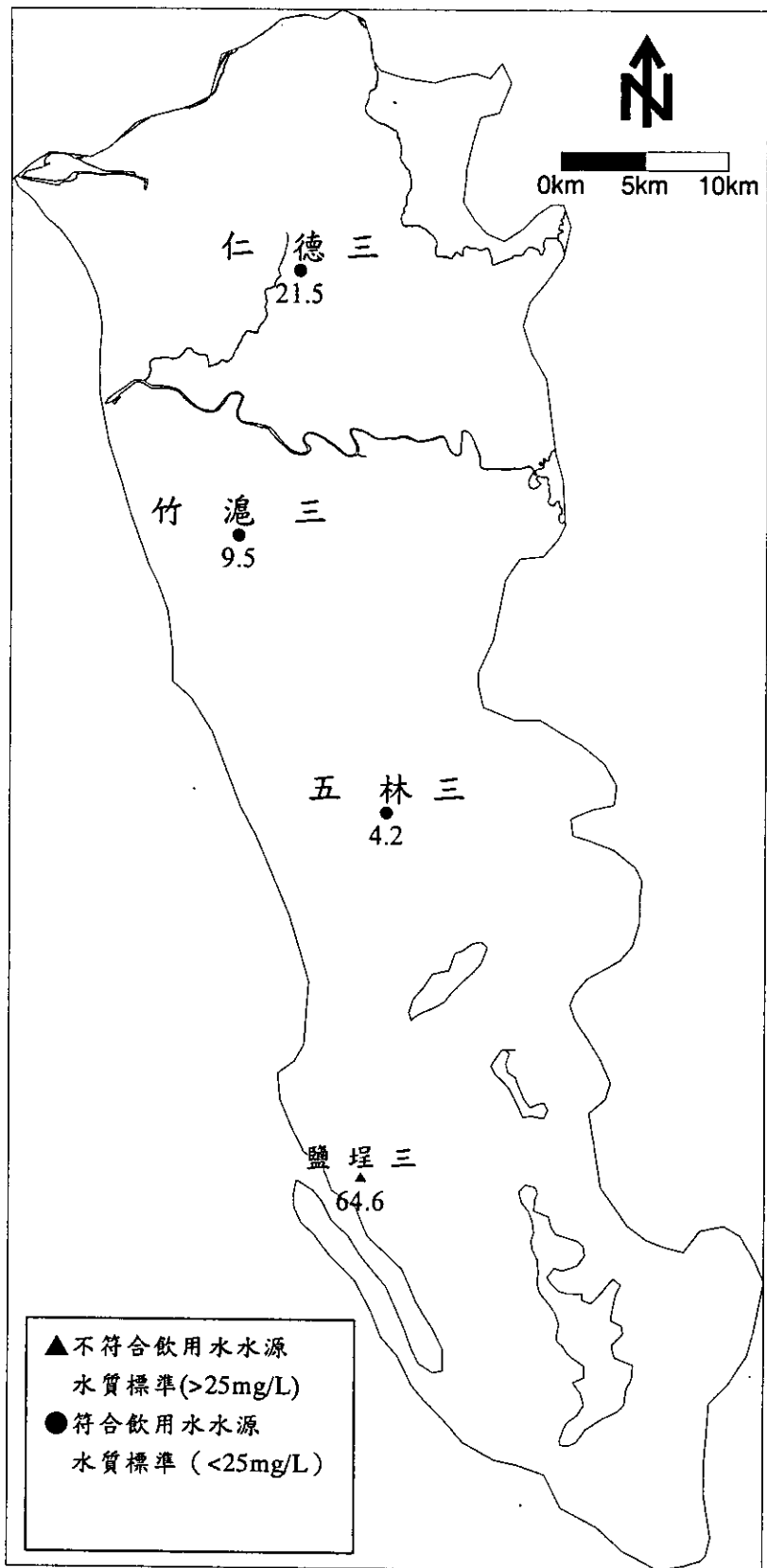


圖 3.2-44 南平原南段含水層四化學需氧量 (mg/L)

第四章 單目標地表地下最佳潛能模式發展

4.1 地表地下水資源概念模式建立

由於嘉南平原南段與屏東平原之地表水來源主要皆由高屏溪及其上游支流旗山溪、荖濃溪等取水，且地下水源僅屏東平原地下水區可供抽水使用，為使兩平原之地表地下水資源能有一整體性之規劃調配，本計畫於水資源系統架構中將嘉南平原及屏東平原合併為南部區域，統一調配兩平原之地表地下水資源，南部區域之水資源調配系統如圖 5.1-1 所示。

有關南部區域地表地下水模擬模式的建立與應用將於子題三、屏東平原中一併闡述。

第五章 參考文獻

1. 經濟部中央地調所，「臺灣地區地下水觀測網第二計劃--嘉南平原及蘭陽平原水文地質調查(88下半年度及89年度)工作報告」，民國九十年十月。
2. 前經濟部水資源局，「台灣地區水資源開發綱領計畫政策評估說明書」，民國九十年。
3. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度下半年及八十九年度子計劃報告（宜蘭平原、桃園台地、嘉南平原）」，民國八十九年十二月。
4. 能邦科技顧問公司，「台灣地下水補注量估算」，經濟部水資源局，民國八十九年十一月。
5. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告(宜蘭平原、桃園台地、嘉南平原)」，經濟部水資源局，民國八十八年十月。
6. 經濟部水資源局，「台灣地區南部區域水資源綜合發展計畫」，民國88年6月。
7. 台糖公司新營總廠，「台灣地區地下水觀測網水質調查分析及指標井選定研究成果報告」，經濟部水資源局，民國八十八年六月。
8. 國立台灣大學地質學研究所，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」嘉南平原地下水定年分析及垂向水質變化研究，經濟部水資源局，民國八十八年六月。

9. 前臺灣省水利局，「改善臺灣地區地下水文基本資料收集系統規劃研究(三)(四)－改善農業結構提高農民所得方案農委會主管計畫」，農委會，民國八十年十二月。
10. 前臺灣省水利局，「改善臺灣地區地下水文基本資料收集系統規劃研究報告第二期」，民國七十九年六月。

地下水資源整體營運規劃與綜合評估

子題三、屏東平原

目錄

目錄.....	I
表目錄.....	III
圖目錄.....	IV
第一章 屏東平原背景介紹.....	1-1
1.1 地表水.....	1-1
1.1.1 地理環境.....	1-1
1.1.2 氣象.....	1-3
1.1.3 基本資料調查蒐集.....	1-3
1.2 地下水.....	1-8
1.2.1 水文地質架構.....	1-8
1.2.2 補注量推估.....	1-13
1.2.3 地下水開發.....	1-14
1.2.4 地下水水質.....	1-19
第二章 地下水資源調查.....	2-1
2.1 基本資料及數化圖層收集.....	2-1
2.2 地下水補注量推估.....	2-9
第三章 地下水數值模式建立.....	3-1
3.1 模式邊界條件與網格劃分.....	3-1
3.2 數值模式之輸入資料.....	3-4
3.3 推估淨入滲量及側流量.....	3-28
3.4 地下水潛能評估.....	3-38

第四章 地下水質分析	4-1
4.1 地下水背景水質分析	4-2
4.2 地下水水質變化趨勢探討	4-5
第五章 單目標地表地下最佳潛能模式發展	5-1
5.1 地表地下水資源概念模式建立	5-1
5.2 地表地下水聯合模擬模式建立	5-3
5.3 地表地下最佳潛能模式發展及簡例應用	5-3
5.4 地表地下水整體最佳潛能及其對應之抽水/補注分區與抽水型 態計算	5-3
第六章 參考文獻	6-1

表目錄

表 1.1.3-1 屏東地區現有及未來可能開發水庫一覽表	1-5
表 1.1.3-2 屏東地區現有主要淨水場一覽表	1-6
表 1.2.1-1 屏東平原含水層特性分區分佈	1-20
表 1.2.1-2 屏東平原民國 85 年及 88 年地下水水位比較	1-21
表 1.2.1-3 屏東平原民國 88 年地下水水位變動率	1-22
表 1.2.2-1 屏東平原補注量推估之結果彙整	1-23
表 1.2.2-2 屏東平原豐枯平年各類土地利用之垂向補注比較	1-24
表 1.2.2-3 屏東平原河川之地下水入滲補注量調查結果	1-25
表 1.2.2-4 屏東平原豐平枯年側向補注量	1-26
表 1.2.2-5 屏東平原豐平枯年分層補注量估算結果	1-27
表 1.2.3-1 屏東平原地下水資源各標的用水概況	1-18
表 2.1-1 農試所土壤質地屬性分類表	2-2
表 2.1-2 耕地輪作別屬性表	2-4
表 2.2-1 土地利用簡化表	2.11
表 2.2-2 水稻田入滲率係數值	2-12
表 2.2-3 陳尚及李德茲於各灌區滲透測驗處數一覽表	2-14
表 2.2-4 全省之質地與水分當量及水分當量與水田垂直入滲率之經驗公式	2-15
表 2.2-5 Saxton et.al.(1986)利用土壤組成成分估計土壤水利特性曲線的經驗公式	2-20
表 2.2-6 水田各種土壤質地之平均飽和入滲率	2-17
表 2.2-7 SAWAH 模式推估之不同土壤質地入滲通量	2-18
表 2.2-8 各單位估計飽和入滲率之結果	2-22
表 2.2-9 降雨入甚補注係數值範圍	2-24

表 2.2-10 民國八十八年屏東平原各類土地利用之垂向補注量	2-26
表 2.2-11 民國八十八年嘉南平原各月扣除河川入滲之垂向補注量	2-27
表 3.2-1 儲水係數值	3-5
表 3.4-1 1990 年逐月之安全出水量推估	3-39
表 3.4-2 民國 110 年之地下水開發未來需求推估量	3-40
表 4.1-1 屏東平原地下水監測井之灌溉用水水質標準檢測項目	4-2
表 4.1-2 屏東平原地下水監測井之飲用水水源水質標準檢測項目 ...	4-5
表 5.1.2-1 計畫區域內各攔河堰之引水規則	5-4
表 5.3.2-1 南部區域地表地下聯合供水潛能分析成果表	5-23
表 5.4-1 地下水管制區減抽水量一覽表	5-26
表 5.4-2 民國 110 年系統剩餘之可利用水量扣除公共用水減抽水量表	5-28

圖目錄

圖 1.1.1-1 屏東平原區域範圍圖	1-2
圖 1.2.1-1 屏東平原水文地質剖面圖	1-28
圖 1.2.1-2 屏東平原沖積扇分區圖	1-29
圖 1.2.1-3 屏東平原枯水期 (4 月) 含水層一地下水位等值圖	1-30
圖 1.2.1-4 屏東平原枯水期 (4 月) 含水層二地下水位等壓力水頭線	1-31
圖 1.2.1-5 屏東平原枯水期 (4 月) 含水層三之一地下水位等壓力水 頭線.....	1-32
圖 1.2.1-6 屏東平原枯水期 (4 月) 含水層三之二地下水位等壓力水 頭線.....	1-33
圖 1.2.1-7 屏東平原豐水期 (8 月) 含水層一地下水位等值圖	1-34
圖 1.2.1-8 屏東平原豐水期 (8 月) 含水層二地下水位等壓力水頭 線.....	1-35
圖 1.2.1-9 屏東平原豐水期 (8 月) 含水層三之一地下水位等壓力 水頭線.....	1-36
圖 1.2.1-10 屏東平原豐水期 (8 月) 含水層三之二地下水位等壓力 水頭線.....	1-37
圖 1.2.4-1 屏東平原含水層一導電度位等值圖 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1-38
圖 1.2.4-2 屏東平原含水層二導電度位等值圖 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1-39
圖 1.2.4-3 屏東平原含水層三之一導電度位等值圖 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1-40
圖 1.2.1-4 屏東平原枯水期 (4 月) 含水層二地下水位等值圖	1-31
圖 2.1-2 各層土壤質地分佈圖	2-6
圖 2.1-3 土壤質地最細的代表層分佈圖	2-7
圖 2.1-4 灌區輪區圖	2-8

圖 2.2-1 地下水補注量推估流程圖	2-9
圖 3.1-1 屏東平原數值模擬邊界網格圖	3-2
圖 3.1-2 屏東平原地區數值模擬分層概念圖	3-3
圖 3.2-1 含水層 2K 值之等值線圖	3-7
圖 3.2-2 水文地質剖面平面分佈圖	3-8
圖 3.2-3 屏東平原水文地質剖面一	3-9
圖 3.2-4 屏東平原水文地質剖面二	3-10
圖 3.2-5 屏東平原水文地質剖面三	3-11
圖 3.2-6 模式第一分層 (含水層一) 厚度等值圖	3-12
圖 3.2-7 模式第三分層 (含水層二) 厚度等值圖	3-13
圖 3.2-8 模式第五分層 (含水層三) 厚度等值圖	3-14
圖 3.2-9 模式第七分層 (含水層三之二) 厚度等值圖	3-15
圖 3.2-10 模式第二分層 (阻水層一) 厚度等值圖	3-16
圖 3.2-11 模式第四分層 (阻水層二) 厚度等值圖	3-17
圖 3.2-12 模式第六分層 (阻水層三) 厚度等值圖	3-18
圖 3.2-13 屏東平原阻水層一分佈圖	3-19
圖 3.2-14 屏東平原阻水層二分佈圖	3-20
圖 3.2-15 屏東平原阻水層三分佈圖	3-21
圖 3.2-16 長期雨量比較圖	3-22
圖 3.2-17 屏東平原雨量站分佈圖	3-23
圖 3.2-18 屏東平原含水層一初始水頭的等值線圖	3-24
圖 3.2-19 屏東平原含水層二初始水頭的等值線圖	3-25
圖 3.2-20 屏東平原含水層三之一初始水頭的等值線圖	3-26
圖 3.2-21 屏東平原含水層三之二初始水頭的等值線圖	3-27
圖 3.3-1 模式參數收集及優選流程	3-32

圖 3.3-2 屏東平原淨補注量分區、河川河段分區及東邊側流補助井位置圖	3-33
圖 3.3-3 模擬及觀測地下水水位歷線	3-34
圖 3.3-4 含水層一地下水水等水位線	3-35
圖 3.3-5 各月之入滲補注量、側流量及抽水量	3-36
圖 3.3-6 各月之入滲補注量、側流量及抽水量	3-37
圖 3.4-1 希爾法推估月安全出水量	3-41
圖 4.1-1 屏東平原含水層一符合灌溉用水水質標準之空間分佈	4-9
圖 4.1-2 屏東平原含水層二符合灌溉用水水質標準之空間分佈	4-10
圖 4.1-3 屏東平原含水層三符合灌溉用水水質標準之空間分佈	4-11
圖 4.1-4 屏東平原含水層一飲用水水源水質標準之空間分佈	4-12
圖 4.1-5 屏東平原含水層二飲用水水源水質標準之空間分佈	4-13
圖 4.1-6 蘭陽平原含水層三灌溉用水水質標準之空間分佈	4-14
圖 4.2.1 屏東平原含水層一之水溫分析圖 (度)	4-17
圖 4.2.2 屏東平原含水層二之水溫分析圖 (度)	4-18
圖 4.2.3 屏東平原含水層三之一之水溫分析圖 (度)	4-19
圖 4.2.4 屏東平原含水層三之二之水溫分析圖 (度)	4-20
圖 4.2.5 屏東平原含水層一之導電度等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)	4-21
圖 4.2.6 屏東平原含水層二之導電度等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)	4-22
圖 4.2.7 屏東平原含水層三之一之導電度等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)	4-23
圖 4.2.8 屏東平原含水層三之二之導電度等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)	4-24
圖 4.2.9 屏東平原含水層一酸鹼度等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)	4-25
圖 4.2.10 屏東平原含水層二酸鹼度等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)	4-26
圖 4.2.11 屏東平原含水層三之一酸鹼度等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)	4-27
圖 4.2.12 屏東平原含水層三之二酸鹼度等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)	4-28
圖 4.2.13 屏東平原含水層一氯鹽等值分析圖 (mg/L)	4-29

圖 4.2-14 屏東平原含水層二氯鹽等值分析圖 (mg/L)	4-30
圖 4.2-15 屏東平原含水層三之一氯鹽等值分析圖 (mg/L)	4-31
圖 4.2-16 屏東平原含水層三之二氯鹽等值分析圖 (mg/L)	4-32
圖 4.2-17 屏東平原含水層一之總溶解固體等值分析圖 (mg/L) ...	4-33
圖 4.2-18 屏東平原含水層二之總溶解固體等值分析圖 (mg/L) ..	4-34
圖 4.2-19 屏東平原含水層三之一總溶解固體等值分析圖 (mg/L)	4-35
圖 4.2-20 屏東平原含水層三之二總溶解固體等值分析圖 (mg/L)	4-36
圖 4.2-21 屏東平原含水層一之化學需氧量等值分析圖 (mg/L) ...	4-37
圖 4.2-22 屏東平原含水層二之化學需氧量等值分析圖 (mg/L) ...	4-38
圖 4.2-23 屏東平原含水層三之一化學需氧量等值分析圖 (mg/L)	4-39
圖 4.2-24 屏東平原含水層三之二化學需氧量等值分析圖 (mg/L)	4-40
圖 5.1.1-1 南部區域水資源調配系統圖	5-2
圖 5.2.1-1 化簡後之南部區域水資源網流系統圖	5-7
圖 5.2.1-2 南部區域水資源網流系統圖	5-8
圖 5.2.2-1 南部區域地表地下水聯合模擬模式演算流程圖	5-11
圖 5.3.1-1 南部區域潛能模式演算流程圖	5-20
圖 5.4-1 屏東平原地下水管制區位置分佈圖	5-25
圖 5.4-2 模式演算流程圖	5-27
圖 5.4-3 屏東平原最佳候選井位圖	5-29

第一章 屏東平原背景介紹

1.1 地表水

1.1.1 地理環境

一、區域範圍

屏東平原位於台灣之西南端，地形標高一百公尺以下，北依低山、東界中央山脈及阿里山山脈、南臨台灣海峽、西則跨高屏溪至其右岸之丘陵，面積約 1,210 平方公里。如以行政區域劃分範圍約北自高雄縣美濃、旗山以及屏東縣里港、九如之平地起；南至屏東縣東港、林邊、枋寮沿岸；西邊自丘陵起至東部之平地鄉與山地鄉交界，屏東平原區域範圍可見圖 1.1.1-1。

二、地形

屏東平原為一縱長矩形平原，全區地勢東高西低，海拔高度約由 100 公尺降至海平面，地表高程坡降平緩，平均約 0.015%。高屏溪由北往南貫穿平原，最後由屏東新園鄉五房村與高雄縣林園鄉汕尾村流入台灣海峽，平原東側沿潮州斷層則發育了一系列東西向之沖積扇系統，包括隘寮溪、東港溪及林邊溪沖積扇。

三、地表水體、河川

屏東平原內主要有高屏溪、東港溪及林邊溪三條河川貫穿本區，注入台灣海峽，各河川之位置分佈可見圖 1.1.1-1。

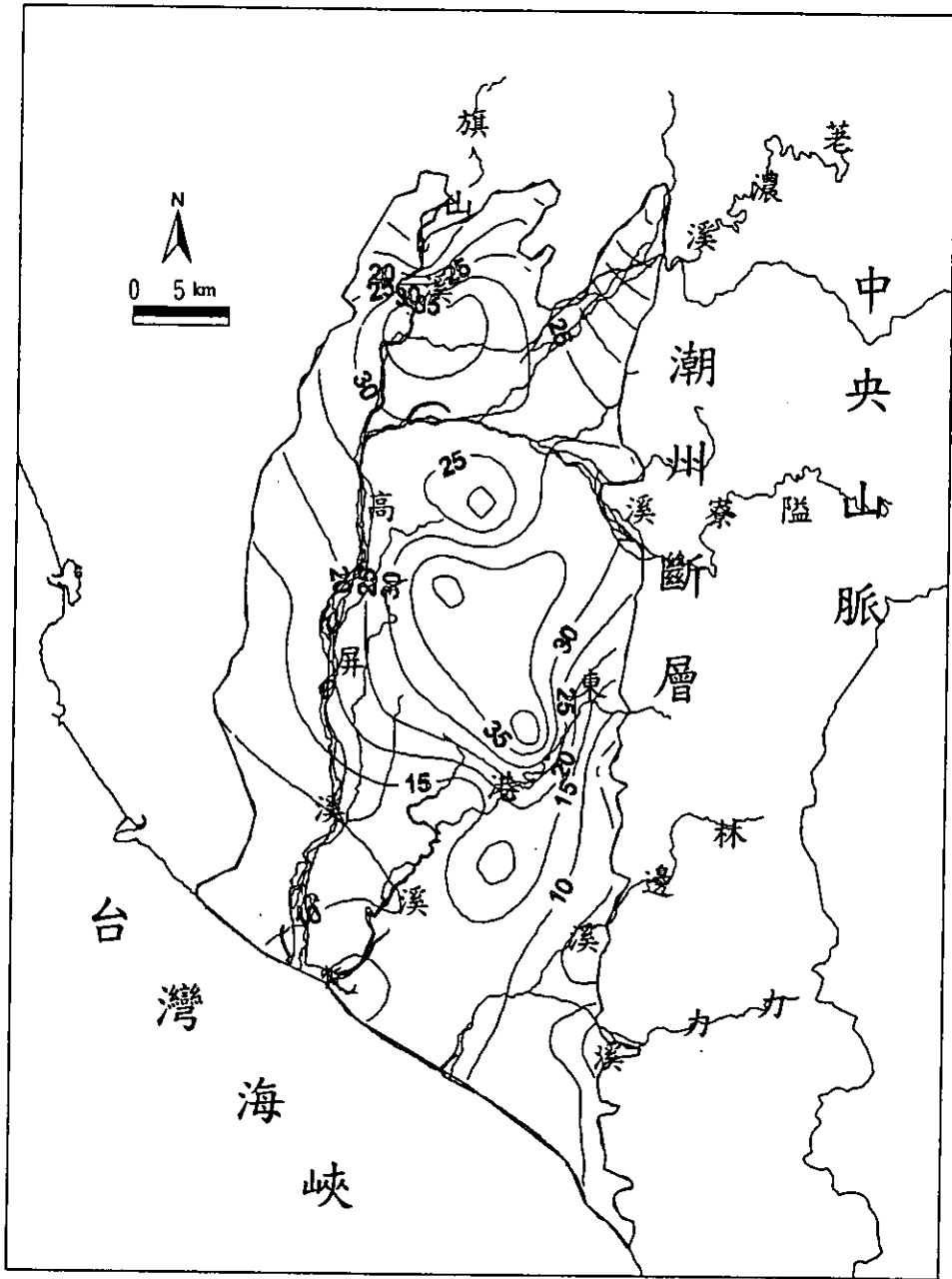


圖1.1.1-1 屏東平原區域範圍圖

1.1.2 氣象

一、氣溫

屏東平原位於北迴歸線以南，屬於熱帶性氣候。中央氣象局在本區域並未設主要氣候站，只有鄰近之高雄與恆春兩氣候站之氣象資料可供參考，由中央氣象局高雄與恆春兩氣候站歷年平均的觀測資料顯示屏東平原各月平均氣溫之差異不大，以 1 月份最低，其後逐月漸昇，至 7 月最高，8 月起氣溫漸降，年平均溫度為攝氏 24.6 度，四季如春。本區域氣候則主要受季風影響，冬季各月東北季風盛行，而夏秋如無颱風，不僅酷熱難當且易乾旱成災。相對濕度變化小，月平均相對濕度介於 74%~85% 之間，以 8 月份相對濕度最高。

二、降雨

屏東平原雨量豐而不均，有極顯著之雨季與乾季，每年 5 月至 10 月為豐水期，降雨量佔全年 90% 以上。雨量因地形不同亦有多寡之別，如靠近山區之隘寮、來義與美濃等雨量站之年平均降雨量約較沿海與平地之雨量站多 700~1,000 公厘。依氣象局觀測資料可知高屏溪流域年平均雨量約 2,363 公厘、東港溪流域約 2,185 公厘、林邊溪流域約 2,244 公厘。

三、蒸發量

本區因緯度較低，氣溫高、日照強，故蒸發量極大，冬季各地月蒸發量均大於降雨量，夏季則反之，蒸發量變化則為由北向南遞增。依據氣象局高雄站與恆春站的觀測資料，可概略估算屏東平原年平均蒸發量約為 1,950 公厘，各月蒸發變化量在 137~197 公厘之間，其中以 1 月份最低，5 月份最高。

1.1.3 基本資料調查蒐集

一、計畫區域中現有及未來可能開發之水庫

屏東地區現有牡丹水庫及龍巒潭水庫，惟此二座水庫之供水區域以恆春平原為主，並無直接供給屏東平原，至於未來可能開發的水庫則有美濃水庫及瑪家水庫，本區域中現有及未來可能開發水庫之基本資料可參考表 1.1.3-1。

二、流量資料蒐集與推估

屏東平原之地表水源主要取自高屏溪及其各大小支流，高屏溪水系相關的流量站站況與推估計算式可參考子題二之 1.1.3 小節。

三、農業用水

農業用水包括灌溉用水、禽畜用水及養殖用水，其中以灌溉用水為農業用水之最大宗，而禽畜用水及養殖用水大多以自行取用地下水為主，因此本計畫於水源運用分析時僅考量灌溉用水。

四、淨水場

本計畫區域之主要淨水場基本資料請參考表 1.1.3-2。

表 1.1.3-1 屏東地區現有及未來可能開發水庫一覽表

水庫名稱	現有或 規劃中	標的	供給區域	水源	集水面積 (km ²)	總容量 (萬 m ³)	有效容量 (萬 m ³)	最低水位 (公尺)	備註
牡丹水庫	現有	給水 灌溉	屏東(恆春)	四重溪 牡丹溪	69.2	3,140	3,056		
龍鑾潭水庫	現有	灌溉	屏東(恆春)	保力溪	4.37	379	351	13.00	
美濃水庫	預計 99 年 完工	給水 發電	高雄、屏東	美濃溪	23.00	32,770	32,380	115.00	離槽水庫 因民情阻力而致使開發 進度延宕，至今未能動工
瑪家水庫	環評審查 中，施工 期程 10.5 年	給水 發電	屏東	隘寮溪	404.00	38,600	35,400	191.00	屬大型在槽水庫，不利水 庫防淤，且需大量遷移原 住民部落，可行性甚低

表 1.1.3-2 屏東地區現有主要淨水場一覽表

單位：萬立方公尺/日

系 統	淨 水 場	水 源	設計出水能力	目前出水量
屏東地區	屏東	地下水	5	5
	東港	東港溪地面水	4.5	4
	牡丹	牡丹水庫	8	8

資料來源：美濃水庫規劃檢討-一、基本資料補充調查與檢討（一）高屏溪水源運用檢討工作，民國 89 年 11 月。

1.2 地下水

1.2.1 水文地質架構

屏東平原地質為一構造陷落之谷地，東側沿平原有一主要斷層，據前人研究為地下水主要補給帶，斷層之西向下陷落，形成谷地。區域內地層大致由西向東逐漸變老，其變質程度亦由西向東漸次趨深，其東、西、北三面山麓丘陵地區岩層屬第三紀上新世至漸新世之固結岩層，黑色板岩為主，偶夾石英岩，結構細緻，透水性及含水性均低。而平原內地下水主要含水層之地質均為未固結岩層，屬第四紀沖積岩層，依其性質可分為：平原北端之嶺口礫岩層；平原東面山麓邊緣地帶之古期沖積扇堆積層以及分布最廣、為平原內地下水主要含水層之現代沖積層。

一、地下水區範圍及邊界

依據地調所調查研究成果，本區為一南北延展之長條行平原，北側和東側以中洲、美濃、泰山、大響及枋山沿線平原和山區交換處為邊界。西側中洲、溪埔、永芳、及林園附近，則以旗山至鳳山丘陵之稜線為邊界；此一邊界主要通過嶺口礫岩層，若假設稜線即為礫岩層之地下水分水線，則分水線兩側之降雨入滲形成地下水後，將各自向東西分流，因此西側邊界亦屬於零流邊界。南側邊界以海岸線為準，如此面積約 1,330 平方公里。

二、地下分層

隨著屏東平原新觀測站網的陸續建立，使得本區域的水文地質概況有更多的資料可供研判、分析。經濟部中央地質調查所依其各觀測

站的位置劃分為九個剖面（詳細內容可參考台灣地區地下水觀測網第一期計畫 84 及 85 年度「屏東平原水文地質調查研究報告」及「區域性地下水觀測站網檢討(III)－屏東平原觀測站網佈井及觀測頻率檢討」），並依據其岩性作地層的對比，了解其地下水含水層分佈的情形，以進行地下分層分析。概念分層之原則為將屏東平原地層分為七層，其中第二、四、六層為阻水層（黏土層），第一、三、五、七層則為含水層一、含水層二、含水層三之一、含水層三之二等，如圖 1.2.1-1 所示。各含水層厚度及分佈之概況如下：

1、含水層一

含水層一為屏東平原含水層系統之表層，分布範圍涵蓋全區，厚度從 23.5 至 83.5 公尺不等，平均厚度約 49.9 公尺，為一自由含水層。地下水位以潮州斷層下各沖積扇頂區最深，深度約達 45 公尺左右，往西南則水位漸接近地表，較近者約於地表下數公尺處。本層同時也是雨水、河水等補注地下必經之處。

2、含水層二

含水層二位於含水層一和阻水層一之下，分布範圍涵蓋全區，其深度在地表下 43 至 152 公尺間，厚度從 9 至 79.5 公尺不等，平均厚度約 51.5 公尺。本層之岩性以礫石層最為發達，出水能力良好，與含水層一構成屏東平原地下水開發之主要層次，淺井開發含水層一，大部分深井之深度達含水層二為止。

3、含水層三之一

含水層三之一位於含水層二和阻水層二之下，分布範圍涵蓋全區，其深度在地表下 95 至 210 公尺間，厚度從 49.5 至 89 公尺不等，平均厚度約 70.8 公尺。本層之岩性以礫石層最為發達，因

深度較深，地下水開發不如含水層一、二普遍。

4、含水層三之二

含水層三之二位於含水層系統之最底層，分布範圍涵蓋全區，其頂部深度在地表下 174 至 214 公尺間。本層之岩性以礫石層為主，觀測網計畫之鑽探深度未貫穿本層，其底部位置尚未能確定，因深度較大，地下水開發情形較少。

三、含水層分區特性

屏東平原含水層極為發達，厚度大且展延遍佈全區，近地的頂層礫石非拘限含水層愈往西愈薄，阻水層厚度遠小於含水層，僅在沿海地區有較連續的分佈，夾於含水層中。因此含水層僅於沿海附近有顯著的分隔，於中、上游則合而為一。就屏東平原區域拘限含水層而言，大約是以頂部礫石層 50 公尺等厚度線為區域拘限含水層的東界，其拘限含水層與非拘限含水層界線以東可稱為聯合沖積扇扇頂，以西為扇央及扇尾的區域拘限含水層。至於扇央與扇尾的分界，大致視地表的沉積物為砂或黏土來劃分，若主要為砂，則劃歸為扇央區，若為黏土則劃歸為扇尾區。上述所稱沖積扇分區，是以地下水補注的觀點進行歸納，即著重於淺層，並非以年代相近的沖積扇沉積物來作分層分區（見圖 1.2.1-2），各含水層的特性如下：

1、含水層一

含水層一其流通係數（Transmissivity）以扇頂區荖濃河流域高樹站一帶的地區較大，並向西向南遞減，約為 $2\sim 7\text{m}^2/\text{min}$ 。在扇頂區林邊河流域一帶亦有較大值，呈向西遞減趨勢，其中以力力溪沖積扇枋寮站 $15.107\text{m}^2/\text{min}$ 最大。除枋寮站外，該層的流通係數約為 $0.01\sim 7\text{m}^2/\text{min}$ ，並以昭明站 $0.0028\text{m}^2/\text{min}$ 最小。透水係

數 (Hydraulic Conductivity) 的分佈與流通係數類似。扇頂區透水係數較高，除了荖濃河流域高樹一帶，以及林邊河流域枋寮站、萬隆站一帶為全區透水係數較高的分佈區域外，於扇央區隘寮溪與高屏溪間的海豐站及東港溪的大湖一帶有較大值，約為 $6 \times 10^{-4} \sim 2.8 \times 10^{-3} \text{ m/sec}$ 。另扇尾高屏溪的潮寮 ($1.6 \times 10^{-3} \text{ m/sec}$) 一帶也有較大值。全區以高屏溪上游旗山溪左岸及東港河流域中下游至沿海一帶為較低位，約為 $2 \times 10^{-4} \sim 4 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$ ，並以昭明站 $3.9 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$ 最小。

2、含水層二

含水層二流通係數的分佈以扇頂及扇央區關福 ($7.7 \text{ m}^2/\text{min}$)、吉洋 ($8.1 \text{ m}^2/\text{min}$) 最大，扇尾區則較小，均低於 $0.7 \text{ m}^2/\text{min}$ 。透水係數的分佈仍以關福 ($5.3 \times 10^{-3} \text{ m/sec}$) 及吉洋 ($4.5 \times 10^{-3} \text{ m/sec}$) 較大，扇央區潮洲、新庄及西勢值則不大，約為 $7.7 \times 10^{-5} \sim 2.2 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$ 。由透水係數的分佈顯示扇央區變化較劇烈。扇頂區雖為礫石地，新威、高樹、鹽埔、赤山及餉潭卻為全區最小，約為 $8.3 \times 10^{-8} \sim 6.9 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$ 。三個分區中，大致仍以扇頂區較大，扇尾區則普遍較小。

3、含水層三之一

含水層三之一流通係數以扇頂區隘寮溪沖積扇及扇央區內埔、崁頂及萬丹一帶較大，此區域又以西勢 ($1.6 \text{ m}^2/\text{min}$) 及建興 ($1.8 \text{ m}^2/\text{min}$) 最大，並以此區域為中心向外遞減至沿海及高屏溪一帶。由目前該層的鑽井資料顯示，扇央區的流通係數值較大，荖濃溪以及林邊溪扇頂區的流通係數並不高，且扇尾區偏低。透水係數以扇尾區新庄站 $1.04 \times 10^{-3} \text{ m/sec}$ 最大，以此為中心向西遞減至高屏溪右岸永芳僅 $7.4 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$ 及林園僅 $8.4 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$ ，向南遞

減至沿海崎峰僅 $5.1 \times 10^{-4} \text{m/sec}$ 。扇頂區透水係數不大，其中以建興 $8.5 \times 10^{-4} \text{m/sec}$ 最大、德興僅 $9.67 \times 10^{-7} \text{m/sec}$ 最小。

4、含水層三之二

含水層三之二之流通係數於高屏溪及東港溪下游間的新園 ($1.65 \text{m}^2/\text{min}$)、東港 ($0.99 \text{m}^2/\text{min}$) 及彭厝 ($1.43 \text{m}^2/\text{min}$)、新南 ($1.23 \text{m}^2/\text{min}$) 有較大值，並以荖濃溪右岸新威站約 $2.7 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{min}$ 最小。透水係數以彭厝 ($1.99 \times 10^{-3} \text{m/sec}$)、新南 ($1.1 \times 10^{-3} \text{m/sec}$) 及林邊溪沖積扇扇頂區較大，向南遞減至沿海崎峰站 ($1.28 \times 10^{-4} \text{m/sec}$)，向西遞減至高屏溪右岸昭明站僅 $6.95 \times 10^{-6} \text{m/sec}$ ，荖濃溪右岸新威站亦僅 $1.67 \times 10^{-8} \text{m/sec}$ 。

整體而言（如表 1.2.1-1），透水係數或是流通係數之平均值均為扇頂區大於扇央區、扇央區大於扇尾區，而各含水層則以含水層一最佳。各層的透水係數除了少數在 10^{-5}m/sec 以外，其餘皆在 $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{m/sec}$ 間，皆屬優良含水層。含水層一、二的流通係數及透水係數以扇頂區較大，扇尾區較小，含水層三之一扇頂區則低於扇央區，特別是透水係數。以單位洩降出水量顯示含水層一、二在扇尾區的值偏低；含水層三之一在平原中部的扇央及部分扇頂地區較佳。

四、地下水位

1、長期地下水位變化

目前水利處在屏東平原內共有 35 口舊觀測井，其中自民國 65 年延續至今者有 14 口，自民國 60 年延續至今者有 8 口。上述舊觀測井的觀測水層，除了仙公廟與德協站屬含水層二、東港與大潭站屬含水層三之一外，其餘 10 口井均可列屬於含水層一。以民國 60 到 87 年的

舊井觀測資料分析，含水層一的豐水期約在七到九月，最大水位發生於此期間佔 82.40%，含水層二及含水層三之一的豐水期均約在八到十月，最大水位發生於此期間分別佔 71.51%及 58.33%。含水層一及二枯水期約在三到五月，最小水位發生於此期間的比例，含水層一為 66.09%，含水層二為 79.59%，含水層三之一枯水期約在四到五月、發生比例佔 50%。

由各舊觀測井水位資料顯示，從民國 60 年至 87 年間扇頂區水位變化率較大，扇央區與扇尾區次之，並以隘寮站變動率達 27.63 公尺最大，扇央及扇尾區均在 14 公尺內。以枯水期（4 月）水位的變化趨勢而言，扇頂區大致分為兩個時期，隘寮站於民國 61~66 年為水位持續下降時期，自民國 61 年至 66 年由 63.55 公尺降至 60.62 公尺，民國 66 年以後為上升時期，水位自民國 66 年至 87 年由 60.62 公尺升至 66.11 公尺。高樹站民國 80 年以前的水位較民國 80 年以後高，且民國 69~72 年自 46.98 公尺上升至 53.67 公尺，及 76~79 年間自 47.4 公尺上升至 49.2 公尺，均呈逐漸上升趨勢。德協站於 71~85 年間呈下降趨勢，水位自 31.25 公尺降至 29.49 公尺，71 年以前並無明顯上升或下降趨勢。扇央區方可大致分為兩個時期，如前進站 70 年以前為水位變化較平緩時期，此期間水位無明顯上升或下降趨勢，70~83 年為下降時期。扇尾區水位變化趨勢可分為四個時期，60~70 年為水位較平緩時期，70~77 年為下降時期，77~83 年部分站持續下降（如社皮）、部分站上升（如東港、仙公廟及大潭），83 年以後則為上升時期。由上述長期水位變化得知，扇頂區於 61~66 年間水位呈下降趨勢，66 年以後逐漸上升；德協站雖劃歸在扇頂區，然而與扇央區的水位具有類似的變化趨勢，因其位於扇央與扇頂的交界處。扇央區水位於 70 年以前並無明顯的上升或下降，自 70 年以後呈持續下降趨勢。扇尾區則呈類似扇央區的現象，

整個扇尾區於 70~77 年呈現下降趨勢，77~87 年間除了沿海地區的大潭、東港及仙公廟外，水位仍持續下降，即含水層一水位持續下降。仙公廟、大潭及東港站於此期間則水位上升，顯示該區含水層二或含水層三之一超抽地下水的現象已較緩和，其原因可能是因地下水有鹹化現象不符使用標準，致使減量（停止）抽水，或是抽水型態（抽水量、時間、地點）改變。

2、新觀測站網地下水位變化

屏東平原目前（民國 84 年至民國 87 年）已建置完成 51 站 127 口觀測井，各觀測井於民國 84 年 11 月起陸續開始紀錄各分層之地下水位，在此依據水利處所提供各觀測井分層、分月之觀測資料，就地下水位在時間、空間上的特性及降雨對地下水水位之影響等關係敘述如下：

(1) 地下水位在時間上之特性

A、年變化率

表 1.2.1-2 為屏東平原內地下水位觀測站中觀測紀錄年限較長之觀測井，以民國 88 年與民國 85 年各分層枯水期（4 月）之觀測水位紀錄加以比較具年變化率之情形。由表中可知地下水位變動較大的測站有高樹、美濃兩站，變幅高達 3~4 公尺，而沿海一帶之地下水位仍持續下降，惟與民國 86 年及民國 85 年間資料比較，地下水水位變化有減緩之趨勢，整體而言，全區枯水期之年下降率約為 0.11 至 3.87 公尺之間。

B、月變化率

屏東平原地下水位之變化情形，在枯水期時，因地表水源缺乏，大都抽用地下水使用，這可由地下水水位月變動之情況看出是否受抽水的影響而使地下水水位產生變動。表 1.2.1-3 為利用民

國 88 年各觀測井 4 月份各分層觀測水位中最高水位與最低水位之差值所整理出之統計表，由表中可知在崎峰(三)、美濃(一、二)、高樹(一、二)、大響(一)及德興(二、三)月水位變動率皆高達 2 公尺以上，尤以沿海之德興(二)變動更高達 4.67 公尺，可見抽水對地下水水位之變動影響。

(2) 地下水位在空間上之特性

圖 1.2.1-3 至圖 1.2.1-10 為民國 87 年屏東平原 4 月與 8 月各分層之地下水等位線圖。由圖中顯示屏東平原扇頂區各層水位相近，扇央深層水位高於淺層，扇尾區則不一定。另由豐、枯水期地下水流向來看，除了平原南端林邊溪與力力溪沖積扇一帶因受山區降雨造成側向補注之影響在豐、枯水期之地下水水位流向略有不同，在豐水期地下水位西南流向東港溪與林邊溪一帶，在枯水期則向南流向沿海，其他地區地下水水位之流向大致相同，大都為東北流向西南。

1.2.2 補注量推估

屏東平原為本省地下水資源豐富的區域，無論灌溉、養殖、生活及工業等各種的用水均有利用地下水之情形，促使政府相關單位投入相當多之人力與經費，並累積了許多相關研究，尤其在民國 84 年台灣地區地下水觀測站網計畫在屏東地區有系統地鑽井、取樣、分析之後，獲得大量的水文地質及分層觀測井水位等寶貴資料，促使政府投入更多的經費進行相關之研究，希望能將本區域之補注機制更明確地表示出來。歷年來對屏東平原地下水補注量之推估見表 1.2.2-1。

根據 89 年 11 月前經濟部水資源局委託能邦科技顧問股份有限公司所做的「台灣地區地下水補注量估算」期末報告，此計畫將地下水

補注量的估算分為垂向與側向兩部分，在垂向入滲補注量估算方面是利用一維垂向的水平衡法，來進行各地下水區之入滲補注量估算；有側向補注的地下水區則用達西公式來計算，在此將其所得結果概述如下：

一、地表入滲補注

屏東平原豐、平、枯年各類土地利用之地下水垂向入滲補注量(除河川入滲補注量外)，若飽和入滲率以水利局陳尚、李德茲現場試驗之建議值估算，豐、平、枯年之垂向年入滲補注量分別約 6.2 億、4.4 億、3.4 億噸，其中隨著豐、平、枯年雨量的變化，分別以旱田與水稻田之垂向入滲補注量最大，旱田之垂向入滲補注量各為 3.25 億、1.82 億、1.03 億噸，佔 42%、31%、21%，水稻田之垂向入滲補注量各為 1.75 億、1.69 億、1.66 億噸，佔 23%、29%、34%。若飽和入滲率以中國水利電力部之建議值估算，不計河川入滲補注量，豐、平、枯年之垂向年入滲補注量分別為 5.0 億、3.1 億、2.2 億噸，其中以旱田之垂向入滲補注量最大，分別為 3.25 億、1.82 億、1.03 億噸，各佔 50%、40%、29%，水稻田之垂向入滲補注量次之，分別為 0.56 億、0.49 億、0.46 億噸，各佔 9%、11%、13%。屏東平原平水年(民國 68 年)以水利局陳尚、李德茲現場試驗建議之飽和入滲率值估算之分月分區(鄉鎮)垂向地下水入滲補注量，其中以八月入滲補注量 1.294 億噸最大，七月 0.57 億噸次之，十二月 0.042 億噸最低。分區入滲補注量部分以高雄縣美濃鎮 0.444 億噸最大，屏東縣萬丹鄉 0.364 億噸次之，其次為高雄縣大寮鄉 0.317 億噸。屏東平原平水年(民國 68 年)以中國水利電力部建議的飽和入滲率值估算之分月分區(鄉鎮)垂向地下水入滲補注量(未納入河川入滲補注量)，其中以八月入滲補注量 1.115 億噸最大，六月 0.408

億噸次之，十二月 0.039 億噸最低。分區入滲補注量部分以高雄縣美濃鎮 0.204 億噸最大，屏東縣高樹鄉 0.182 億噸次之，其次為高雄縣旗山鎮 0.175 億噸，詳細資料見表 1.2.2-2。

二、河川補注

屏東平原河川之地下水年入滲補注量根據前水資會再民國 82 年 6 月所作的調查結果（見表 1.2.2-3），包括荖濃溪、隘寮溪、旗山溪、高屏溪本流之年滲漏水量約 8.10 億噸，年湧出水量約 6.66 億噸，因此實際成為地下水量約 1.44 億噸。

三、側向補注

屏東平原之地下水側向補注是依達西定律估算之，因此必須先估算出地下水流通係數、水力坡降、以及流通長度。估計屏東平原豐、平、枯年的地下水側向補注量分別為 1.97 億、1.95 億、0.98 億噸，詳細資料見表 1.2.2-4。

屏東平原之分層補注依據扇頂與扇央邊界上之地下水觀測井之分層結果，將扇頂之入滲補注量(包括河川入滲補注量、側向補注量、以及參考水利局陳尚、李德茲現場試驗之飽和入滲率所算出的垂向入滲補注量)依據各層之深度比例估計出豐水年含水層一為 1.83 億噸，含水層二為 1.89 億噸，含水層三之一為 2.60 億噸，含水層三之二為 0.92 億噸，合計為 7.24 億噸。平水年含水層一為 1.65 億噸，含水層二為 1.70 億噸，含水層三之一為 2.34 億噸，含水層三之二為 0.83 億噸，合計為 6.51 億噸。枯水年含水層一為 1.33 億噸，含水層二為 1.37 億噸，含水層三之一為 1.88 億噸，含水層三之二為 0.67 億噸，合計為 5.24 億噸，詳細資料見表 1.2.2-5。

1.2.3 地下水開發

依據前水利處與前水資會的資料顯示，民國 72 年時屏東平原全區各標的地下水年抽取量約 1336 億百萬立方公尺，其中沿海之林邊、佳冬、新埤與枋寮等四鄉鎮地下水年使用量約為 321 百萬立方公尺，而養殖用水即達 176 百萬位方公尺。到民國 81 年全區抽水量已高達 2181 百萬立方公尺（詳細情形如表 1.2.3-1），而這九年當中沿海四鄉地下水抽水量已增加了 845 百萬立方公尺，較民國 72 年約增加了 1.5 倍。隨著沿海養殖之急速擴展，本區域抽水量在民國 60 年代超快速增加，由於沿海地區地下水的超抽，導致局部地區嚴重海水入侵與地層下陷問題。根據地下水工程處調查報告，民國 49 年屏東平原尚屬於地下水開發初期，地下水抽取規模較小，沿海地區地下水位尚無海拔零公尺以下之情形發生。但近來沿海地區地下水位普遍降至平均海水位面以下，零公尺水位線距海岸 1.8 至 4.8 公里，負 5 公尺水位線則距海岸 0.9 至 2.4 公里，可見沿海地區地下水位洩降相當明顯，其中以林邊溪口洩降超過 8 公尺，變化幅度最大。

表 1.2.3-1 屏東平原地下水資源各標的用水概況

標的	抽水量 (百萬立方公尺/年)	井數 (口)
農業	858	9,802
養殖	1,143	7,427
生活用水	129	203
工業及其他	51	809
合計	2,181	18,241

資料來源：前經濟部水資源局，台灣地區地下水補

注量估算，民國 89 年 12 月。

1.2.4 地下水水質

在民國 88 年 6 月前經濟部水資源局「台灣地區地下水觀測網水質調查分析及指標井選定研究成果報告」中可知，屏東平原的污染潛勢較濁水溪沖積扇高出許多。因此其可能的污染狀況更加值得重視。就地下水鹽化的狀況而言，確實發現地下水的導電度（見圖 1.2.4-1~1.2.4-3）從高屏溪下游幾口監測井的極高值，逐漸往愈上游愈低。此外，第一層的導電度高於第二層。可能代表鹹水是從舊河道下往上溯。因為屏東平原的河道多屬卵石，因此透水性極高。假若內陸地區抽水導致地下水為降低至海平面以下，海水有往內流的趨勢，將快速的造成沿高屏溪區域地下水的鹽化。這個趨勢可以從沿著高屏溪鄰近的監測井水樣導電度值都偏高推知一二。東港、港東、林園、崎峰等氨氮濃度高，可能與沿海的養殖業有關。高樹、鹽埔、泰山一帶氨氮濃度稍高，且第一層含水層中氨氮濃度較第二層中高，顯示氨氮由上層往下層移動。是否整個區域的地下水都逐漸遭氨氮污染，值得注意。另外，大嚮站的地下水遭氨氮污染，且氨氮由上層往下層移動應該可以確定。

地下水由於流速慢，因此污染的傳輸也較為緩慢。尤其是在沒有人為抽水的影響下，污染物質在垂直方向的傳輸較水平方向更為緩慢。然而，屏東平原的水質資料顯示，第一層與第二層含水層同時遭到污染。最可能的原因為地下水抽水的影響。一般民眾的抽水井濾管（開孔段）長度非常長，基本上佔了大部分井的深度。因此，這些井形成了含水層之間的通路。尤其是孔徑大的抽水井，濾料多，管徑大，因此在抽水時水的流通很快，同時也會造成很大的洩降。即使濾管主要開在較深處，希望取到較深處的水，但是由於鑿井業者並不具備充

分的水文地質知識，因此濾管仍可能連通第一層與第二層含水層。即便主要的水來源是第二層含水層，但上層的水仍然因抽水時之影響往下層流動。反覆的抽水與停抽，含水層之間的水反覆流通，將大幅度的加速污染物的傳輸。如此，一旦地表污染源造成土壤及最上層含水層的污染，將很快的也使得深處的第二層、第三層含水層遭受污染。其結果為，整個地下水區域的地下水都無法利用。因此，若要保護地下水資源，未來一定要管制地下水井的設置。

表 1.2.1-1 屏東平原含水層特性分區分佈

含水層	水力特性		扇頂	扇央	扇尾
一	K(10^{-3} m/sec)	範圍	0.028~4.196	0.016~2.834	0.0039~1.601
		平均	1.055	0.573	0.492
	T(m^2/min)	範圍	0.0199~15.107	0.0144~3.569	0.0028~2.354
		平均	3.33	0.667	0.681
二	K(10^{-3} m/sec)	範圍	0.000083~5.342	0.087~4.506	0.079~0.538
		平均	0.678	0.581	0.284
	T(m^2/min)	範圍	0.0001~7.693	0.068~8.110	0.114~0.491
		平均	1.224	1.243	0.292
三之一	K(10^{-3} m/sec)	範圍	0.00097~0.853	0.110~0.877	0.030~1.043
		平均	0.168	0.377	0.324
	T(m^2/min)	範圍	0.0007~1.844	0.171~1.755	0.032~1.377
		平均	0.443	0.842	0.447
三之二	K(10^{-3} m/sec)	範圍	0.000017~1.988	0.209~1.302	0.00695~0.704
		平均	0.708	0.502	0.284
	T(m^2/min)	範圍	0.000027~1.432	0.235~1.155	0.005~1.648
		平均	0.67	0.551	0.503

資料來源：前經濟部水資源局，台灣地區地下水補注量估算，民國 89 年 12 月。

表 1.2.1-2 屏東平原民國 85 年及 88 年地下水水位比較
(4 月)

單位：公尺

測站編號	站名	第一層	第二層	第三之一層	第三之二層	各站平均
120401	溪埔	2.31	3.08			2.70
120402	九曲	0.61		3.16		1.89
120202	林園	-0.18		0.11	0.12	0.02
130902	里港		0.18	0.48		0.33
132801	瑪家	1.81	1.74	1.97		1.84
131301	建興		0.99	0.94		0.97
130101	清溪	0.56	0.62	2.61		1.26
131401	西勢	-0.87	-0.05	-0.19		-0.37
131201	萬巒		1.35	1.39		1.37
131502	萬隆	2.22		2.26		2.24
131501	新埤	-0.17		2.13	2.13	1.36
130501	新庄	0.14	0.23	0.13		0.17
131701	新園	0.19			-0.62	-0.22
130301	大潭		0.36	-0.57		-0.11
131901	崎峰	-0.89	-0.46	-0.19	0.24	-0.33
121901	中洲		-0.94	-0.75		-0.85
120302	永芳	0.38		0.71	-0.27	0.27
122002	美濃	-2.76	-2.86			-2.81
120301	潮寮	0.38		0.20	0.34	0.31
131101	高樹	-3.89	-3.85			-3.87
131102	泰山	-1.91		-2.02		-1.97
131001	鹽埔	-1.34		-1.46		-1.40
130801	九如		-0.15	-0.23		-0.19
130102	海豐	-0.24	-	-		-0.24
131303	老埤	-0.79	-			-0.79
131302	內埔		-0.35	-		-0.35
130502	萬丹	0.51	0.47	1.68		0.89
130201	潮州	-1.80		-		-1.80
131801	崁頂	-0.39		-	-	-0.39
130302	東港	-0.14	-0.74	-0.10	-0.32	-0.33
131503	大崗一	2.75	2.72			2.74
131602	枋寮	4.43		4.27		4.35
131603	大庄	1.00		4.99		3.00
132501	枋山	0.09				0.09

資料來源：前經濟部水利處，屏東平原地表地下聯合運用初步規劃，民國 89 年 7 月

表 1.2.1-3 屏東平原民國 88 年地下水水位變動率
(4 月) (續)

單位：公尺

測站編號	站名	第一層	第二層	第三之一層	第三之二層	各站平均
130502	萬丹	0.18	0.20	0.14		0.17
130201	潮州	1.38		1.53		1.46
131801	茨頂	1.65		1.61	1.52	1.59
130302	東港	0.49	0.29	0.52	0.25	0.39
131503	大崗一	2.18	2.18			2.18
131602	枋寮	1.95		1.95		1.95
131603	大庄	1.77		2.04		1.91
132501	枋山	0.10				0.10
121902	旗山	0.15	1.46			0.81
122101	新威	0.15	0.02			0.09
120403	大樹	0.85	0.15	0.17	0.10	0.32
122003	吉洋	0.75	0.94			0.85
641101	鳳鳴	0.15				0.15
120303	昭明	0.13	0.14	0.11	0.08	0.12
120101	中正	0.60	1.43			1.02
131103	新南	1.13	1.11			1.12
131104	關福	0.89	1.45			1.17
130601	繁荖	0.84	0.83			0.84
131002	彭厝	0.69	0.66			0.68
130103	前進	0.11				0.11
131202	赤山	1.21	1.82			1.52
131402	大湖	0.14			0.97	0.56
131802	港東	0.56	0.35	0.38	0.33	0.41
131504	餉潭	2.17	1.05			1.61
131604	德興	0.14	4.67	2.84		2.55

資料來源：前經濟部水利處，屏東平原地表地下聯合運用初步規劃，民國 89 年 7 月

表 1.2.2-1 屏東平原補注量推估之結果彙整

單位： $10^8 m^3$

模擬單位	模擬代表年	垂向補注	邊界側向補注	總入流量	使用之程式
水資會版(民國84)	民國77年	3.30	8.00	11.30	USGS-MODFLOW
土木科技基金會(民國87年)	最近十年	9.50	1.49	10.99	USGS-MODFLOW
張良正版(民國88年)	民國86/87年	10.00	4.17	14.17	USGS-MODFLOW
能邦公司版(民國89年)	連續十年	8.39	5.30	13.69	USGS-MODFLOW
丁澈士版(民國86年)	民國77年	8.81		9.79	USGS-MODFLOW

資料來源：前經濟部水資源局，台灣地區地下水補注量估算，民國89年12月。

表 1.2.2-2 屏東平原豐枯平年各類土地利用之垂向補注比較

屏東平原		豐枯平		豐水年 ^a		平水年 ^a		枯水年 ^a		豐水年 ^b		平水年 ^b		枯水年 ^b	
土地利用	面積 (公頃)	比例	年份(西元)	1972	1979	1980	1972	1979	1980	1972	1979	1980	1972	1979	1980
			年雨量(mm)	3,466	1,939	860	3,466	1,939	860	3,466	1,939	860			
水稻田	9,844	7%	補注量(百萬噸)												
旱作	66,657	50%	175.42	23%	168.87	29%	166.20	34%	55.70	9%	49.16	11%	46.49	13%	
廢耕地	984	1%	324.64	42%	182.07	31%	102.77	21%	324.64	50%	182.07	40%	102.77	29%	
漁塹	7,814	6%	4.44	1%	2.71	0%	1.36	0%	4.44	1%	2.71	1%	1.36	0%	
其他靜止水體	166	0%	36.51	5%	36.51	6%	36.51	8%	36.51	6%	36.51	8%	36.51	10%	
其他可透水區	13,468	10%	13.16	2%	13.16	2%	13.16	3%	8.96	1%	8.96	2%	8.96	2%	
河川	10,379	8%	68.81	9%	35.38	6%	20.26	4%	68.81	11%	35.38	8%	20.26	6%	
渠道與不透水區	23,974	18%	144.00	19%	144.00	25%	144.00	30%	144.00	22%	144.00	31%	144.00	40%	
合計	133,287	100%	767.0	100%	582.7	100%	484.3	100%	843.1	100%	458.8	100%	360.3	100%	

註：1."a"飽和入滲率採陳尚、李德茲之建議值，"b"飽和入滲率採大陸水利電力部之建議值。
資料來源：前經濟部水資源局，台灣地區地下水補注量估算，民國 89 年 12 月。

表 1.2.2-3 屏東平原河川之地下水入滲補注量調查結果

單位：億噸/年

河流與支流名稱	民國 (年)	滲漏水量	湧出水量	實際成為 地下水量	滲漏水量
荖濃溪上游 ^{*1}	58~59	1.71	0.00	1.71	1.56
	78	1.40	0.00	1.40	
荖濃溪下游	50~55	2.35	0.80	1.55	1.98 ²
	77	1.43	0.37	1.06	
隘寮溪	50~55	1.17	0.40	0.77	1.1 ³
	77	0.71	0.18	0.53	
旗山溪	50~55	2.08	2.24	-0.16	2.08
	77	2.04	2.08	-0.04	
高屏溪本流	50~55	1.26	3.22	-1.96	1.61
	77	1.96	4.02	-2.06	
年平均	—	8.10	6.66	1.44	8.31

資料來源：水資會，「屏東平原地下水數學模式之研究」，民國 82 年 6 月。

註：1.表示水資會實測值。

2.美濃水庫可行性規劃報告，經濟部水資會。

3.隘寮溪攔河堰建立前後對地下水影響之數學模擬研究。

表 1.2.2-4 屏東平原豐平枯年側向補注量

豐水年								
八十三年四月	T(m ² /min)		I1	I2	I3	I(平均)	L(m)	Q(m ³ /month)
荖濃溪	6.9759	高樹	0.002105	0.002649		0.002377	6,805	4,874,903
隘寮溪	1.7653	瑪家	0.002736	0.004278		0.003507	6,831	1,826,946
林邊溪	6.0212	萬隆	0.001136	0.000807	0.001385	0.001109	9,234	2,664,669
力力溪	4.2182	大壩	0.001171	0.001372	0.001182	0.001242	12,352	2,794,966
合計	-	-	-	-	-	-	35,222	12,161,483
八十三年八月	T(m ² /min)		I1	I2	I3	I(平均)	L(m)	Q(m ³ /month)
荖濃溪	6.9759	高樹	0.002509	0.002361		0.002435	8,253	6,056,977
隘寮溪	1.7653	瑪家	0.002888	0.004640		0.003764	7,122	2,044,468
林邊溪	6.0212	萬隆	0.003484	0.001692	-	0.002588	11,187	7,531,398
力力溪	4.2182	大壩	0.003828	0.003040		0.003434	8,123	5,082,544
合計	-	-	-	-	-	-	34,685	20,715,387
月平均 = 16,438,435噸			全年 = 197,261,219噸					

平水年								
八十年四月	T(m ² /min)		I1	I2	I3	I(平均)	L(m)	Q(m ³ /month)
荖濃溪	6.9759	高樹	0.0026882	0.0025543		0.0026212	6,154	4,861,226
隘寮溪	1.7653	瑪家	0.0029963	0.0042872		0.0036418	6,958	1,932,399
林邊溪	6.0212	萬隆	0.0020715	0.0017969	-	0.0019342	11,288	5,679,190
力力溪	4.2182	大壩	0.0036697	0.0028169		0.0032433	6,430	3,800,238
合計	-	-	-	-	-	-	30,830	16,273,053
八十年八月	T(m ² /min)		I1	I2	I3	I(平均)	L(m)	Q(m ³ /month)
荖濃溪	6.9759	高樹	0.0027778	0.0025189		0.0026483	6,188	4,938,638
隘寮溪	1.7653	瑪家	0.0028965	0.0042061		0.0035513	7,031	1,904,161
林邊溪	6.0212	萬隆	0.0019871	0.0018182	-	0.0019026	11,451	5,667,157
力力溪	4.2182	大壩	0.0035651	0.0028349		0.0032	6,393	3,727,871
合計	-	-	-	-	-	-	31,063	16,237,827
月平均 = 16,255,440噸			全年 = 195,065,279噸					

枯水年								
八十二年四月	T(m ² /min)		I1	I2	I3	I(平均)	L(m)	Q(m ³ /month)
荖濃溪	6.9759	高樹	0.0007979	0.0007401		0.000769	11,420	2,646,495
隘寮溪	1.7653	瑪家	0.0020481	0.0031496	0.0039526	0.0030501	6,774	1,575,658
林邊溪	6.0212	萬隆	0.0011723	0.0008955		0.0010339	8,097	2,177,545
力力溪	4.2182	大壩	0.0014959	0.0012323		0.0013641	5,271	1,310,224
合計	-	-	-	-	-	-	31,562	7,709,921
八十二年八月	T(m ² /min)		I1	I2	I3	I(平均)	L(m)	Q(m ³ /month)
荖濃溪	6.9759	高樹	0.0009761	0.0010923	0.0013495	0.0011393	10,822	3,715,620
隘寮溪	1.7653	瑪家	0.0017969	0.003581	0.0041885	0.0031888	6,485	1,577,036
林邊溪	6.0212	萬隆	0.0015043	0.0006914	0.0011601	0.0011186	6,213	1,807,802
力力溪	4.2182	大壩	0.0021448	0.0015279		0.0018363	4,451	1,489,425
合計	-	-	-	-	-	-	27,971	8,589,883
月平均 = 8,149,902噸			全年 = 97,798,830噸					

資料來源：前經濟部水資源局，台灣地區地下水補注量估算，民國 89 年 12 月。

表 1.2.2-5 屏東平原豐平枯年分層補注量估算結果

鄉鎮別	鄉鎮內屬於扇頂之面積比例	豐水年		平水年		枯水年	
		鄉鎮總垂向補注量	鄉鎮在扇頂的補注量	鄉鎮總垂向補注量	鄉鎮在扇頂的補注量	鄉鎮總垂向補注量	鄉鎮在扇頂的補注量
美濃	32%	56,189,600	18,239,330	44,389,490	14,408,975	41,142,940	13,355,134
潮州	6%	18,973,860	1,215,895	14,618,550	936,795	11,442,680	733,277
長治	69%	27,259,770	18,736,018	14,420,450	9,911,375	8,834,899	6,072,349
麟洛	5%	6,843,277	372,391	5,069,871	275,888	3,300,338	179,595
九如	9%	16,391,270	1,525,903	10,458,380	973,596	7,763,908	722,761
里港	69%	22,279,470	15,277,481	13,254,690	9,089,008	10,174,300	6,976,722
鹽埔	98%	30,362,020	29,797,519	16,654,010	16,344,373	12,877,450	12,638,028
高樹	100%	45,966,890	45,966,890	27,282,460	27,282,460	22,179,410	22,179,410
萬巒	34%	26,959,660	9,059,662	18,077,040	6,074,701	10,743,380	3,610,260
內埔	51%	27,985,700	14,141,129	17,124,140	8,652,800	10,007,440	5,056,743
新埤	64%	23,961,110	15,371,334	15,038,000	9,647,054	8,818,306	5,657,047
枋寮	83%	19,060,790	15,876,839	13,730,780	11,437,164	9,982,892	8,315,331
小計	-	322,233,417	185,580,391	210,117,861	115,034,189	157,267,943	85,486,657
河川	-	-	341,000,000	-	341,000,000	-	341,000,000
側向	-	-	197,261,219	-	195,065,279	-	97,798,830
合計	-	-	723,841,610	-	651,099,468	-	524,295,487

含水層	平均厚度(公尺)	佔垂直比例	豐水年分層補注量	平水年分層補注量	枯水年分層補注量
一	50	25%	183,209,213	164,797,684	132,702,738
二	51	26%	188,936,796	169,949,676	136,851,361
三之一	71	36%	259,833,988	233,722,087	188,203,863
三之二	25	13%	91,861,613	82,630,021	66,537,525
合計	197	100%	723,841,610	651,099,468	524,295,487

資料來源：前經濟部水資源局，台灣地區地下水補注量估算，民國 89 年 12 月。

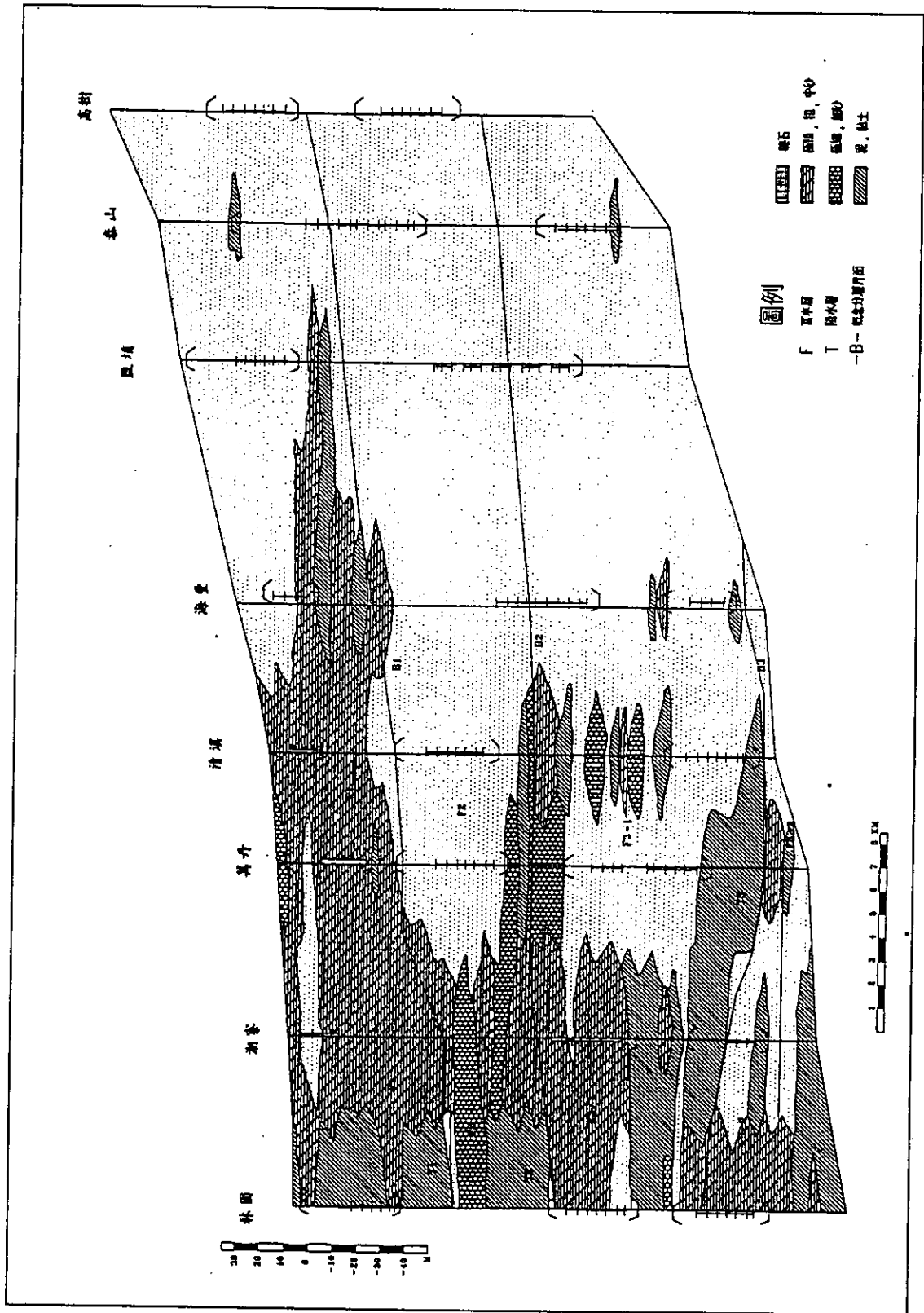


圖 1.2.1-1 屏東平原水文地質剖面圖

資料來源：前經濟部水資源局，區域性地下水觀測站網檢討(III)，民國 86 年 6 月。

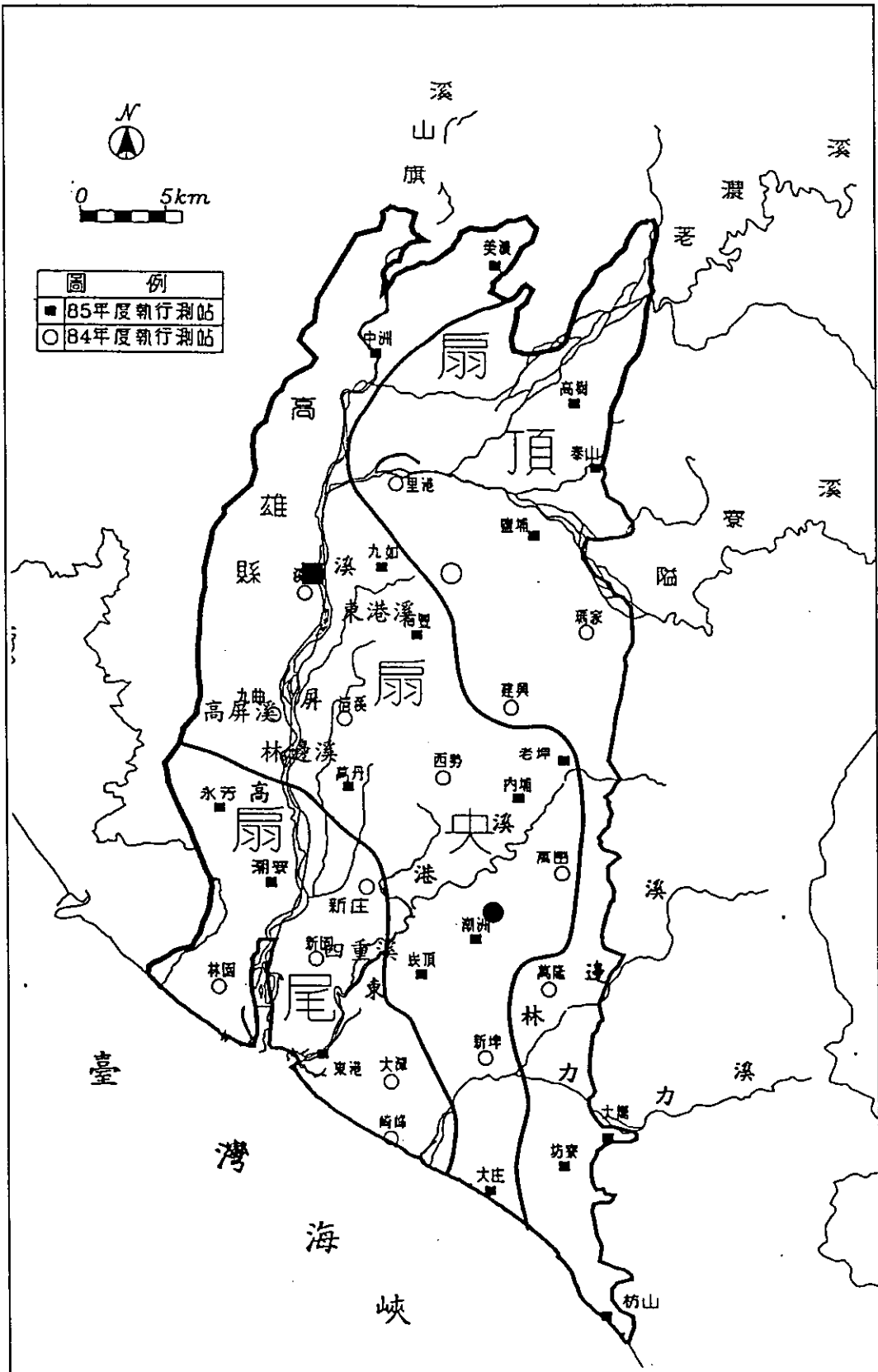


圖 1.2.1-2 屏東平原沖積扇分區圖

資料來源：國立屏東大學，推動屏東縣地層下陷防治工作計畫，民國 88 年 3 月

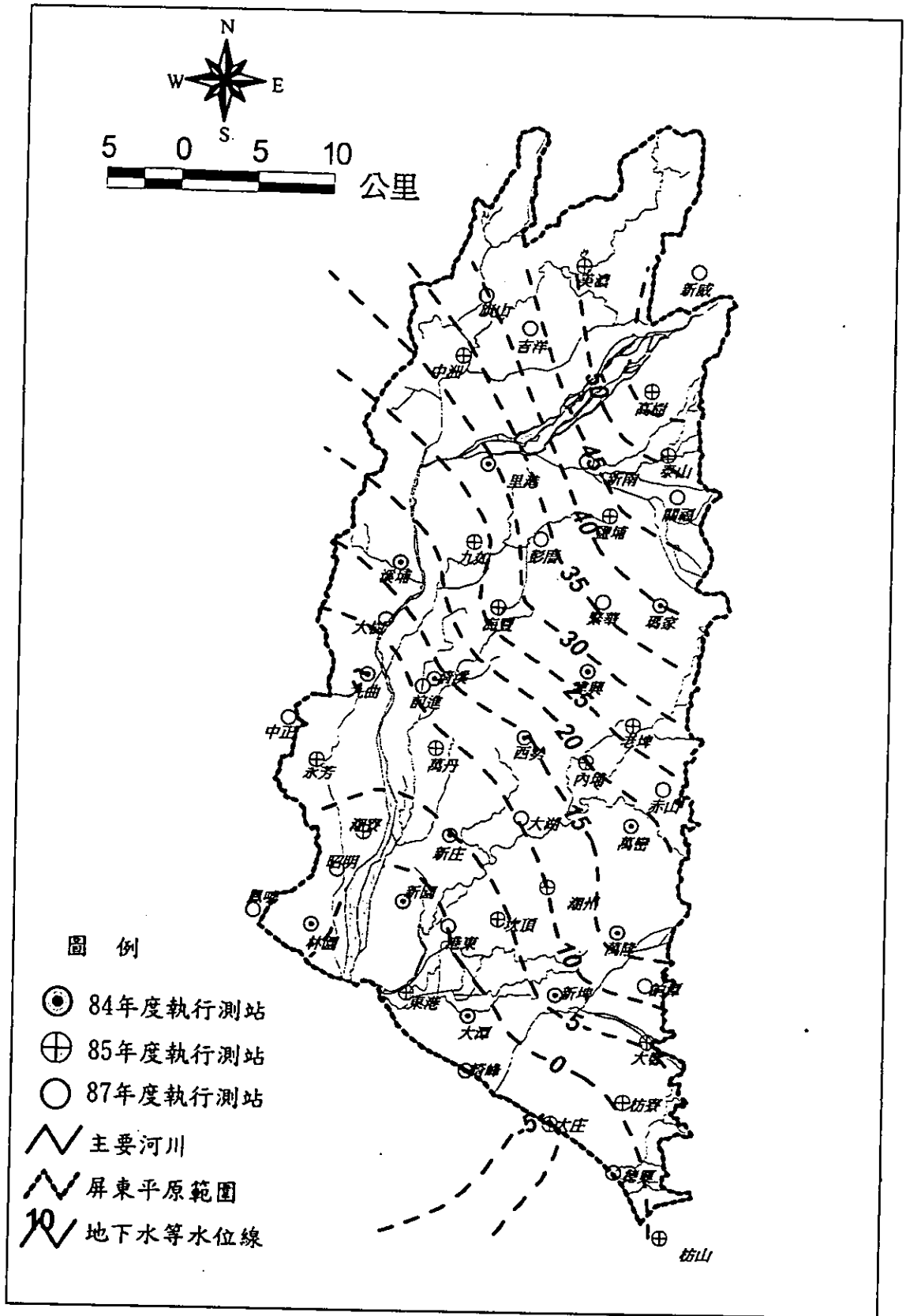


圖 1.2.1-3 屏東平原枯水期（4月）含水層一地下水位等值圖
 資料來源：前經濟部水利處，屏東平原地表地下聯合運用初步規劃，民國 89 年 7 月

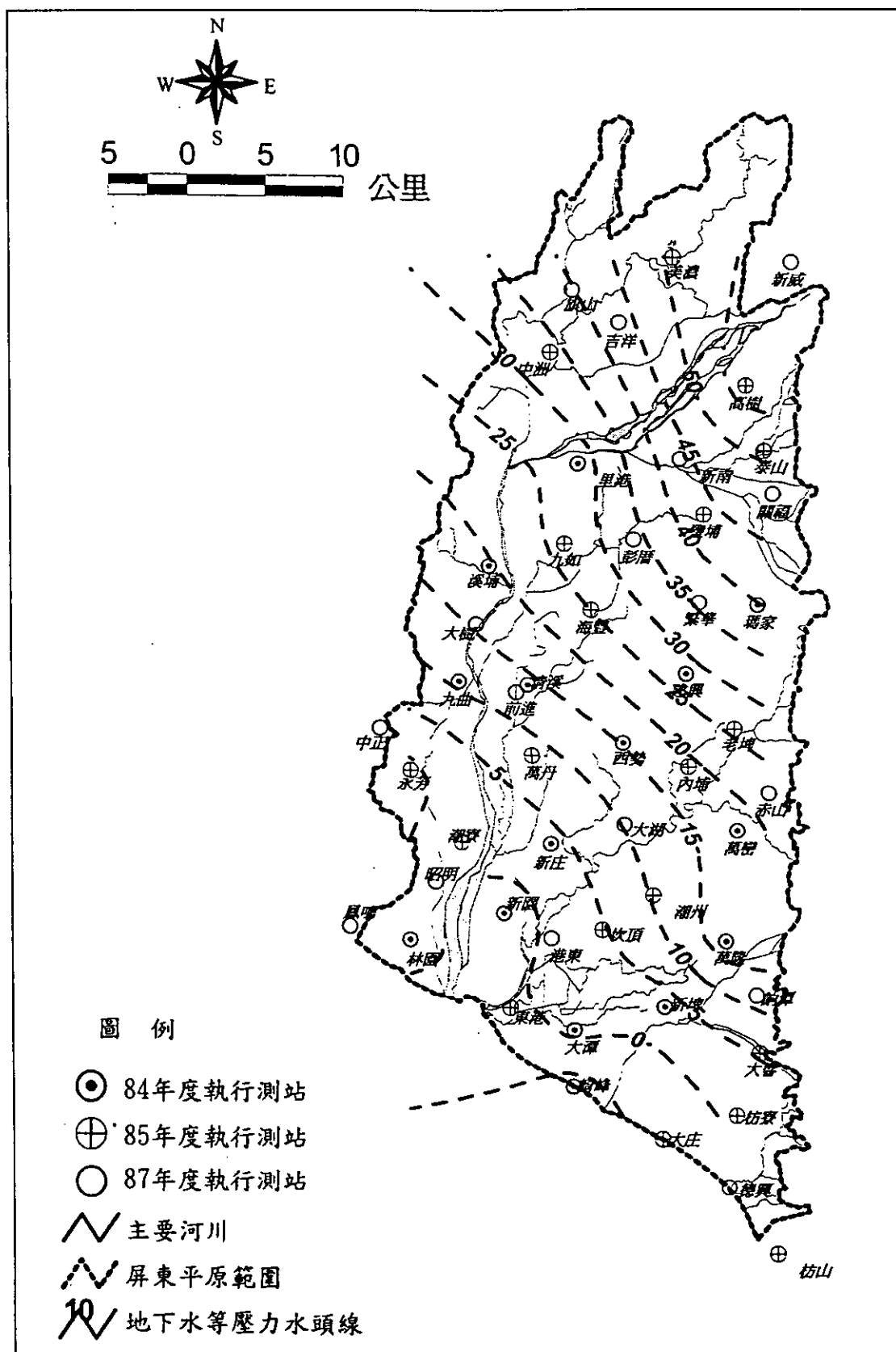


圖 1.2.1-4 屏東平原枯水期（4 月）含水層二地下水位等壓力水頭線
 資料來源：前經濟部水利處，屏東平原地表地下聯合運用初步規劃，民國 89 年 7 月

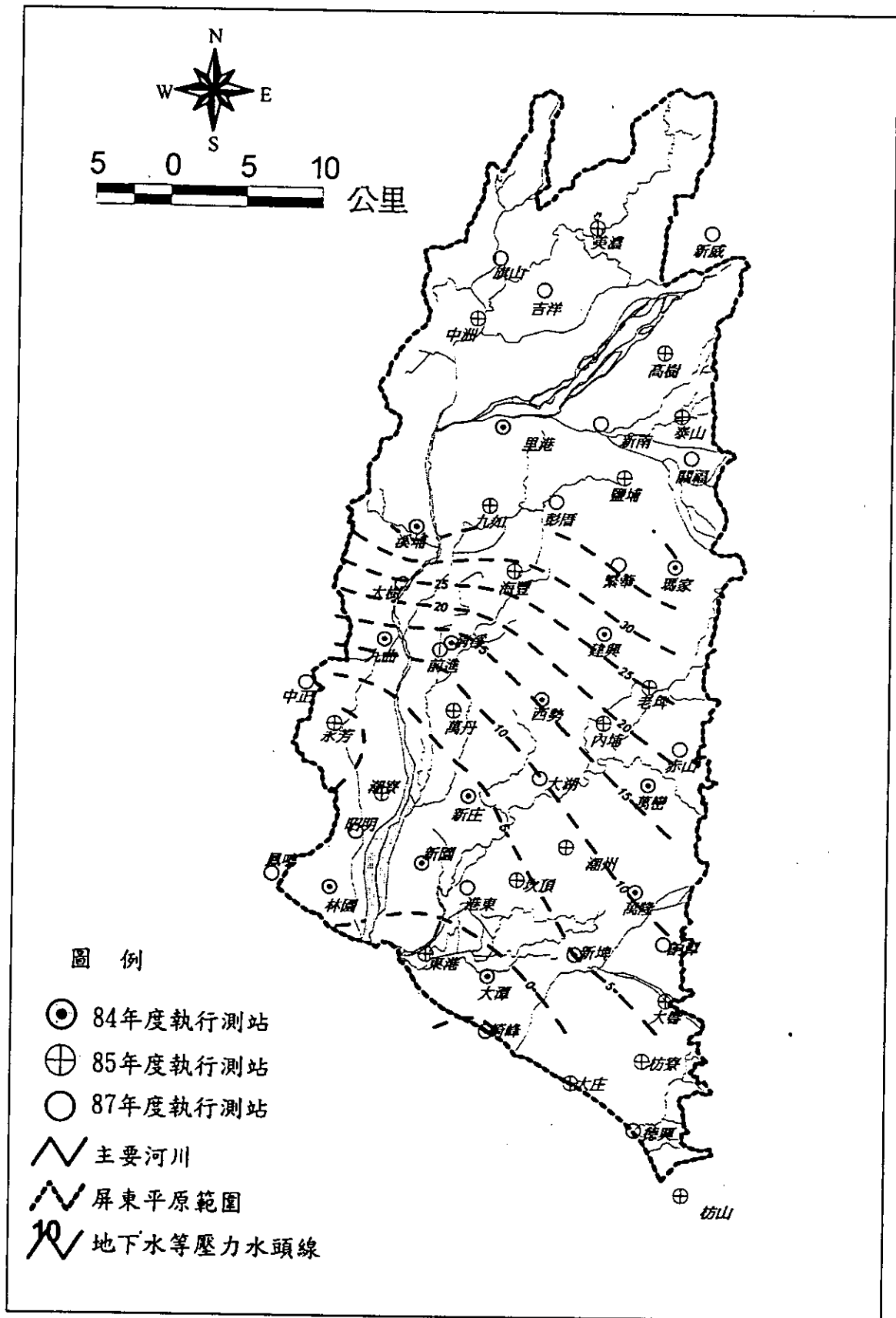


圖 1.2.1-5 屏東平原枯水期（4 月）含水層三之一地下水等壓力水頭線
 資料來源：前經濟部水利處，屏東平原地表地下聯合運用初步規劃，民國 89 年 7 月

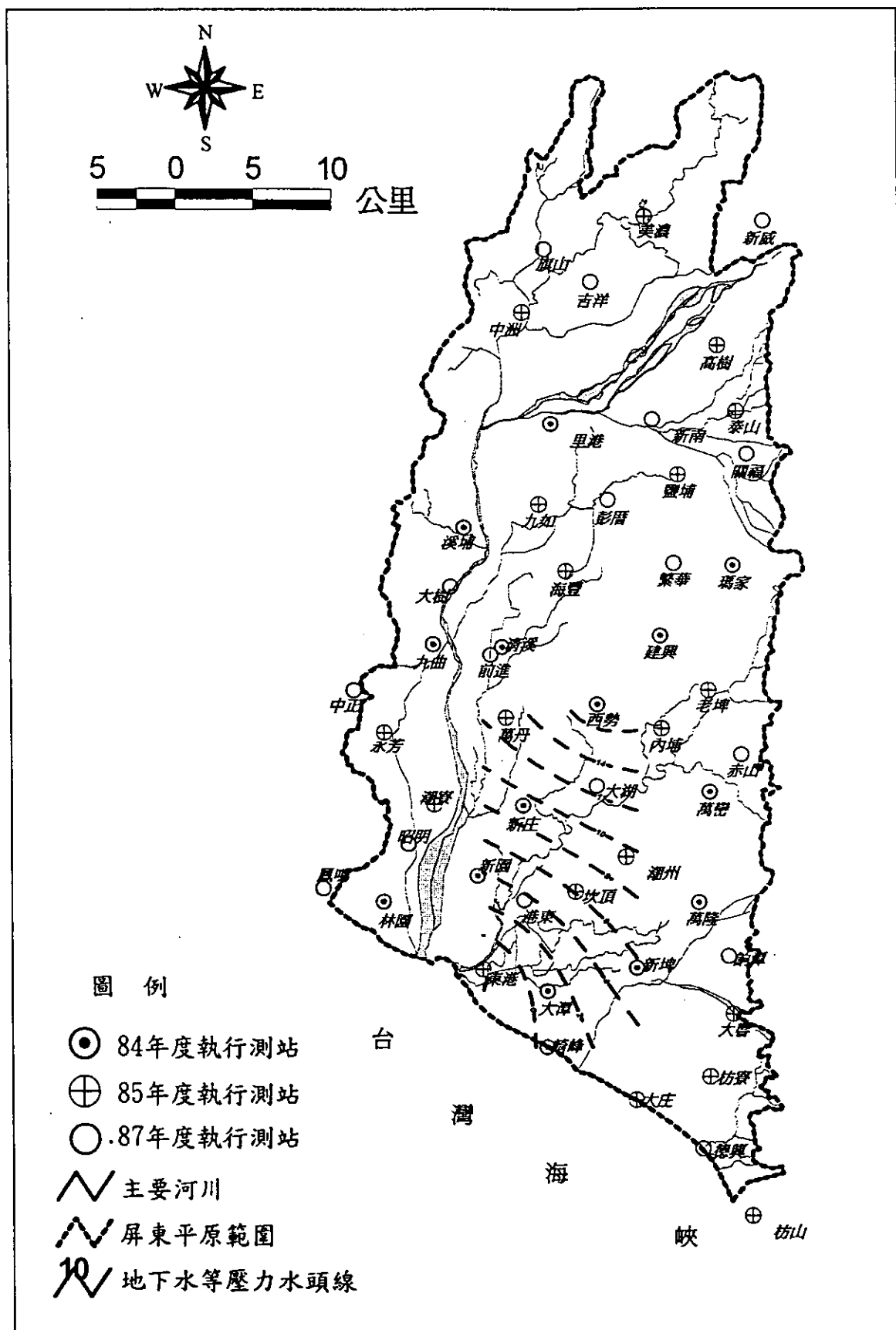


圖 1.2.1-6 屏東平原枯水期（4月）含水層三之二地下水等壓力水頭線

資料來源：前經濟部水利處，屏東平原地表地下聯合運用初步規劃，民國 89 年 7 月

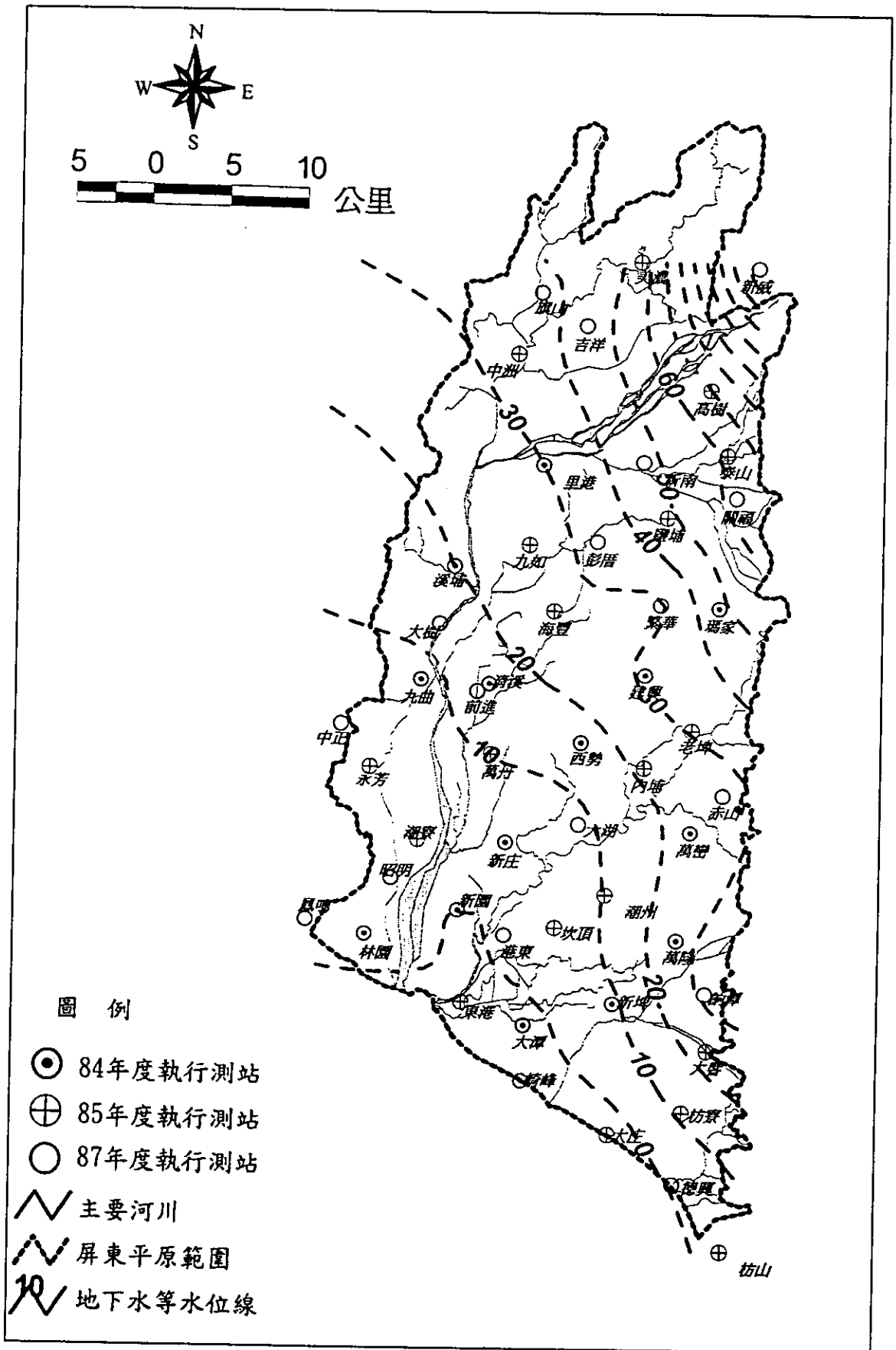


圖 1.2.1-7 屏東平原豐水期 (8月) 含水層一地下水位等值圖

資料來源：前經濟部水利處，屏東平原地表地下聯合運用初步規劃，民國 89 年 7 月

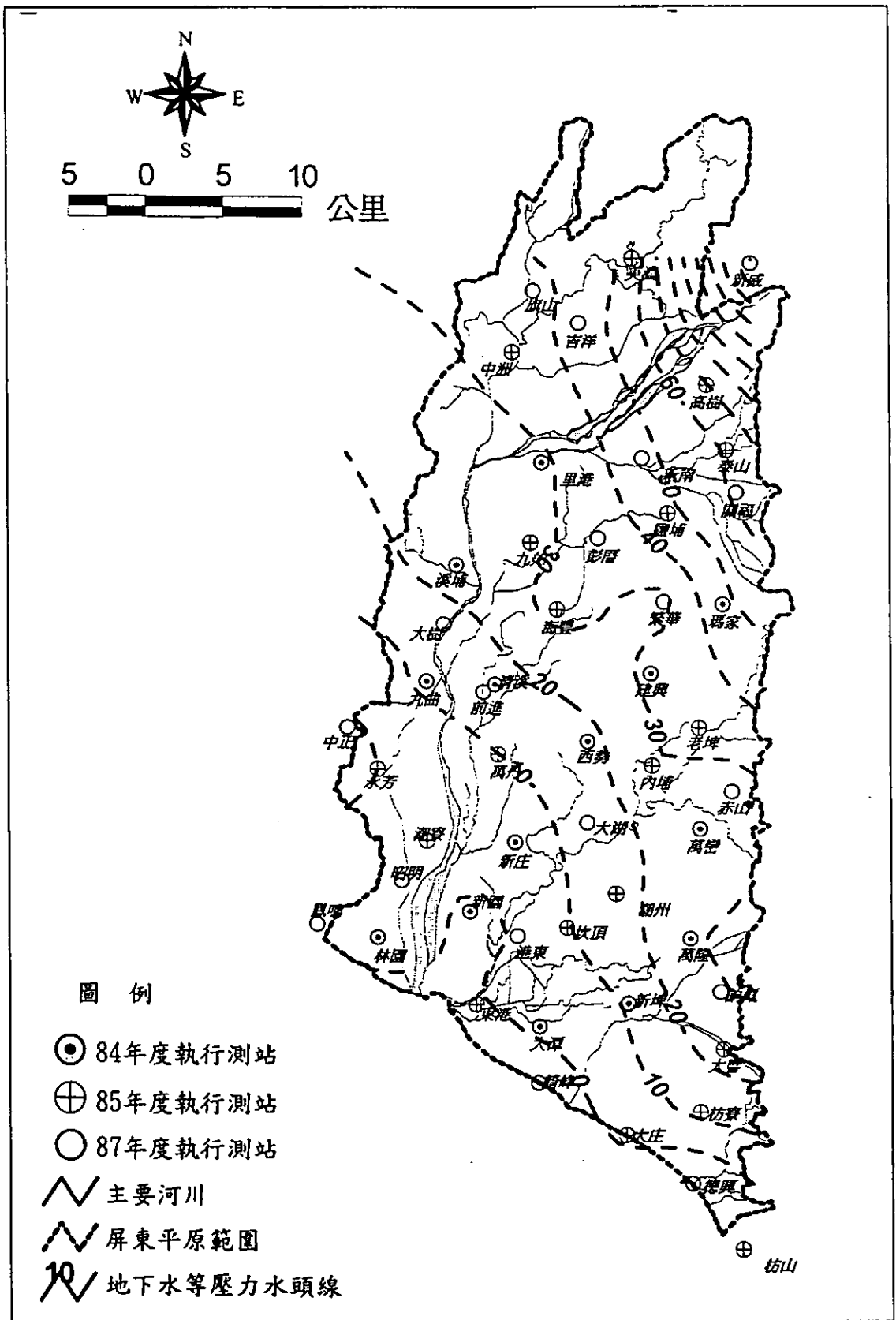


圖 1.2.1-8 屏東平原豐水期（8月）含水層二地下水等壓力水頭線

資料來源：前經濟部水利處，屏東平原地表地下聯合運用初步規劃，民國 89 年 7 月

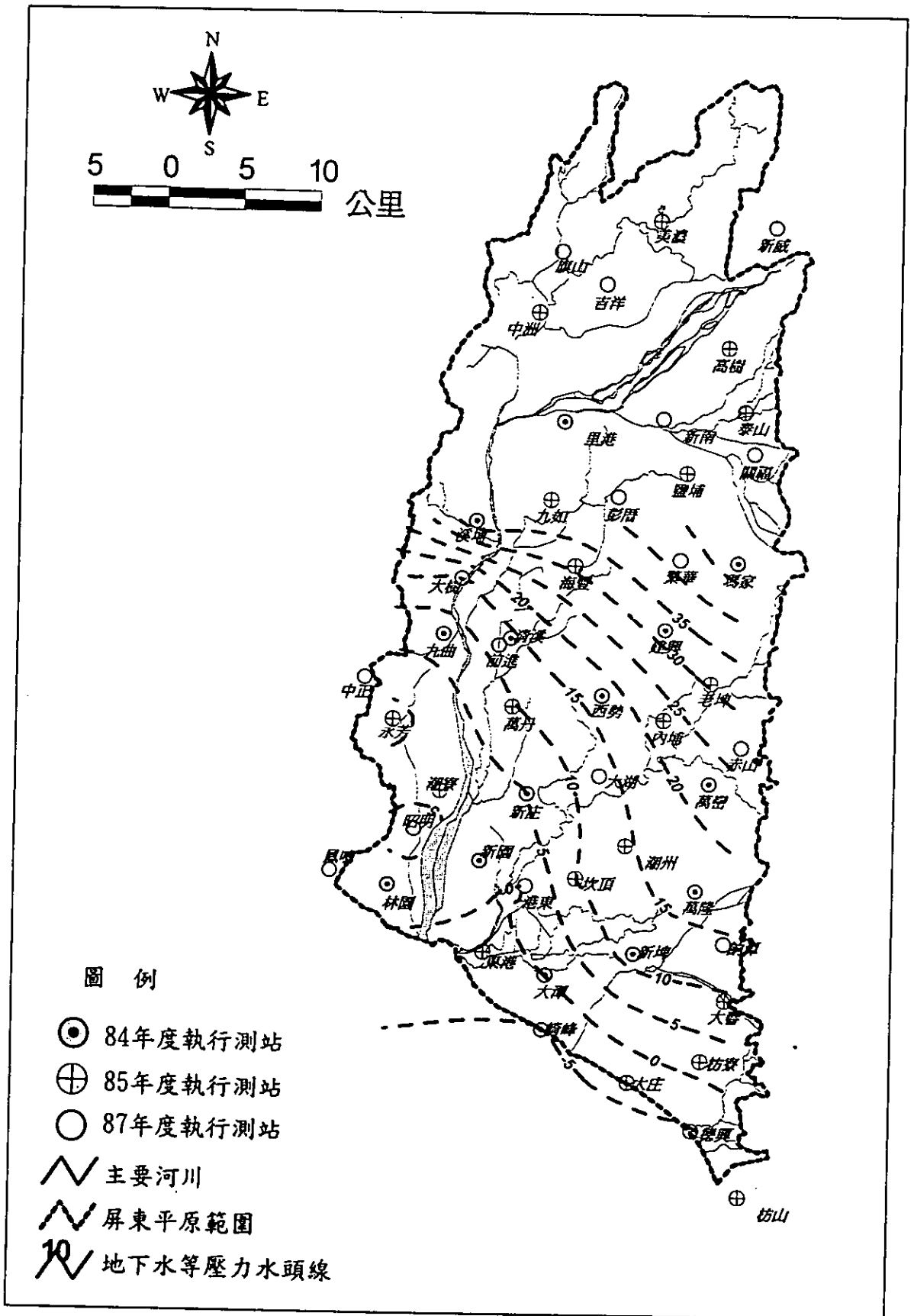


圖 1.2.1-9 屏東平原豐水期（8月）含水層三之一地下水等壓力水頭線

資料來源：前經濟部水利處，屏東平原地表地下聯合運用初步規劃，民國 89 年 7 月

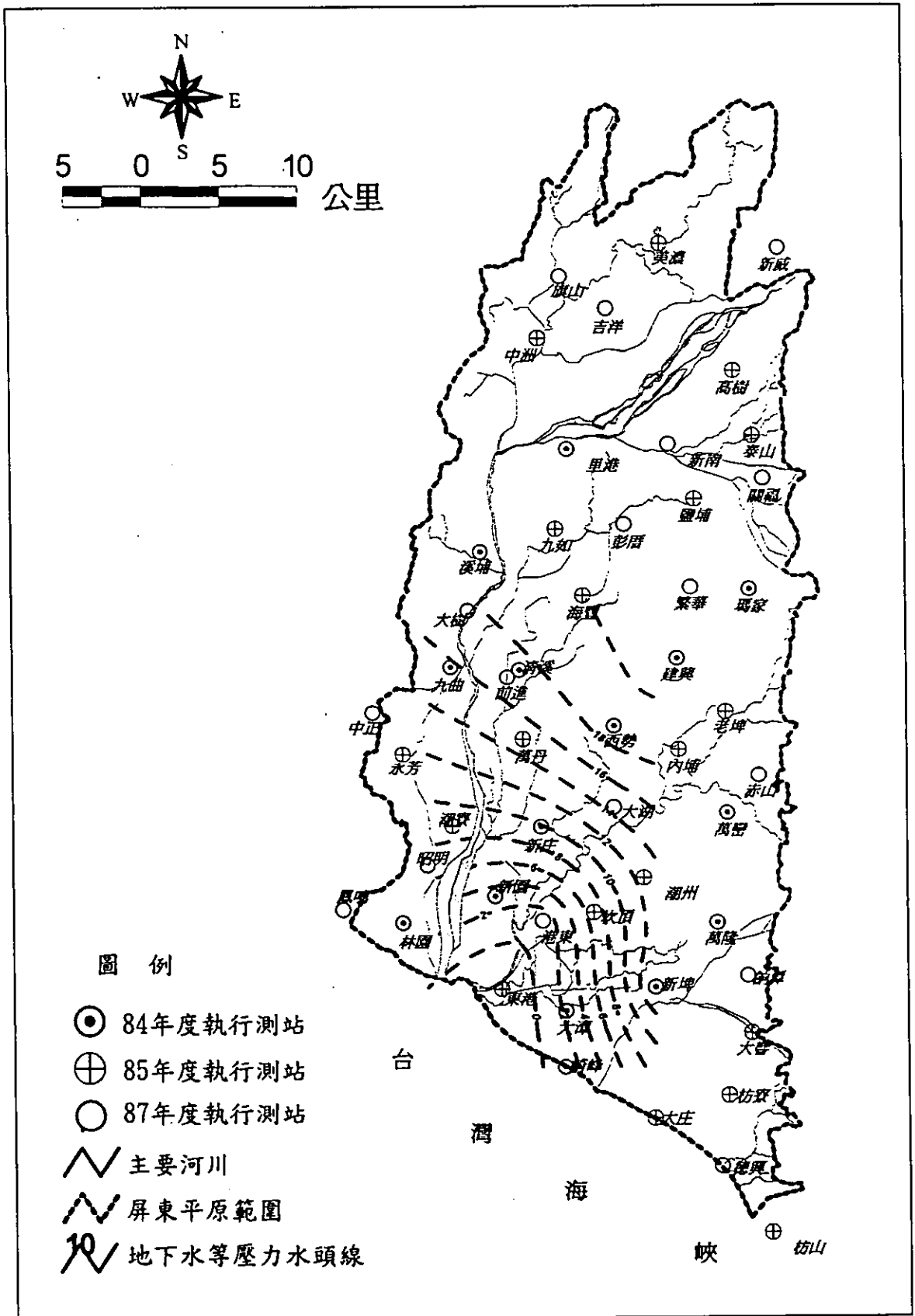


圖 1.2.1-10 屏東平原豐水期（8月）含水層三之二地下水等壓力水頭線

資料來源：前經濟部水利處，屏東平原地表地下聯合運用初步規劃，民國 89 年 7 月

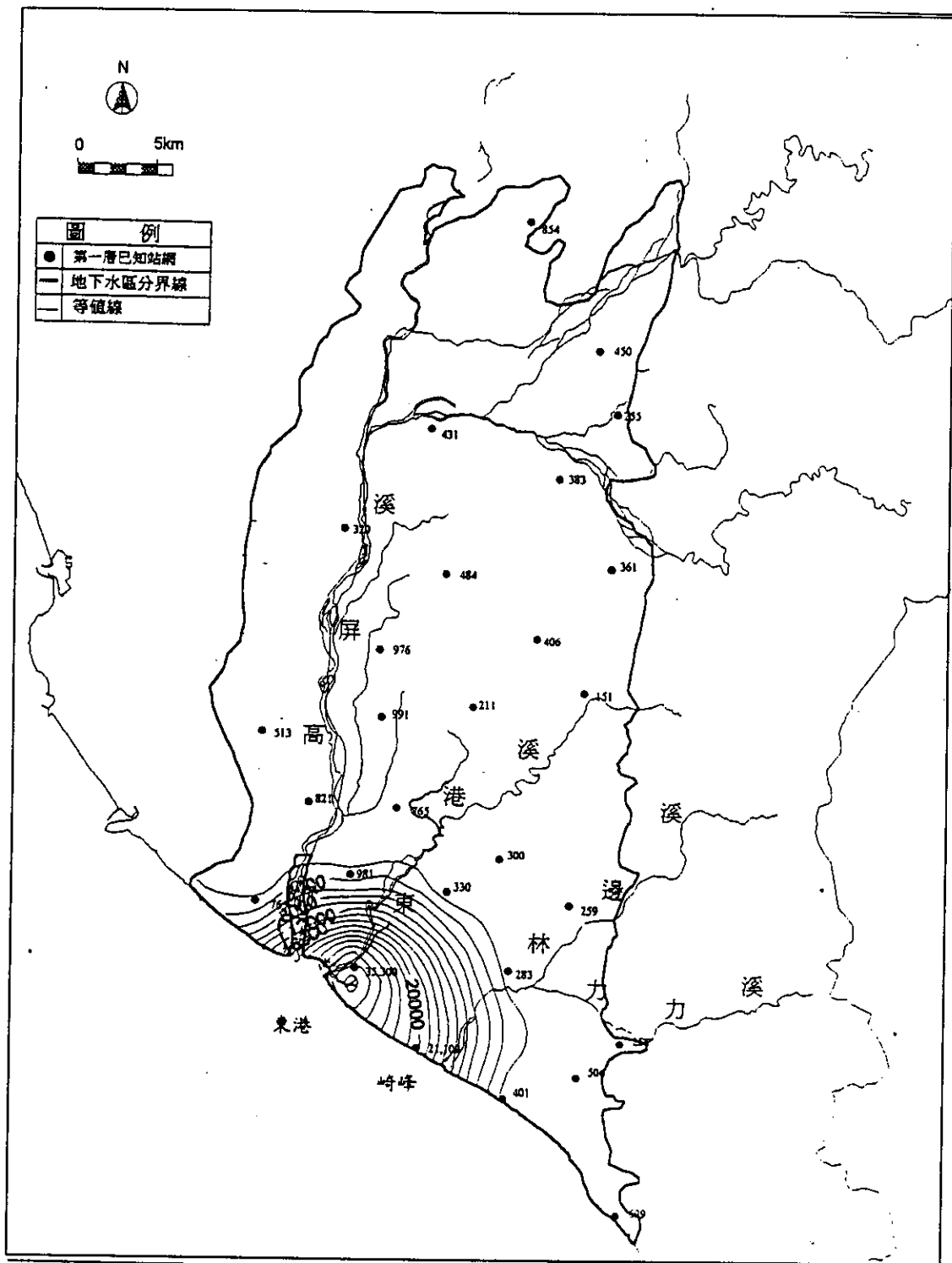


圖 1.2.4-1 屏東平原含水層一電導度等值圖 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

資料來源：前經濟部水資源局，區域性地下水觀測站網檢討 (III)，民國 86 年 6 月。

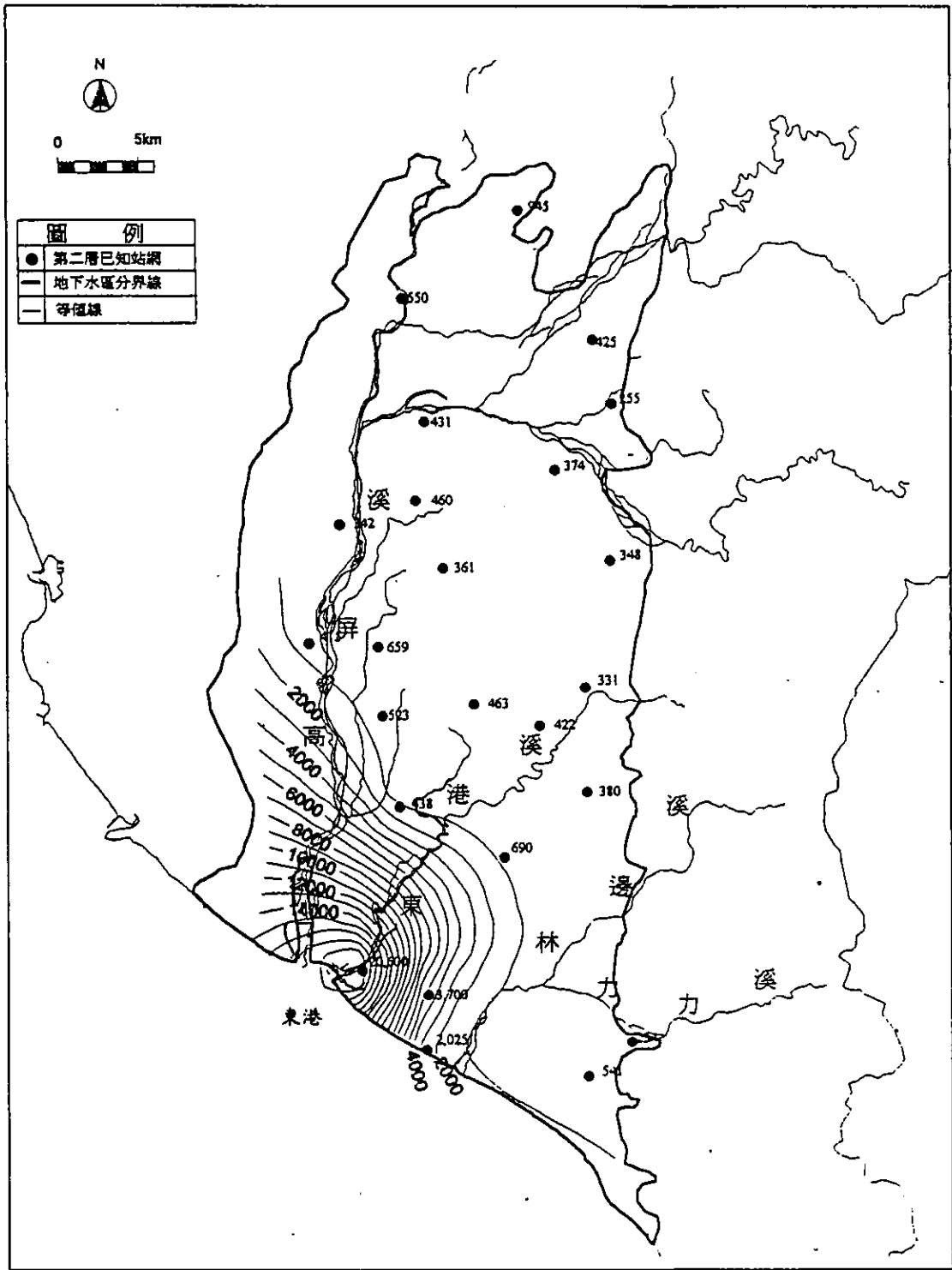


圖 1.2.4-2 屏東平原含水層二電導度等值圖 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

資料來源：前經濟部水資源局，區域性地下水觀測站網檢討 (III)，民國 86 年 6 月。

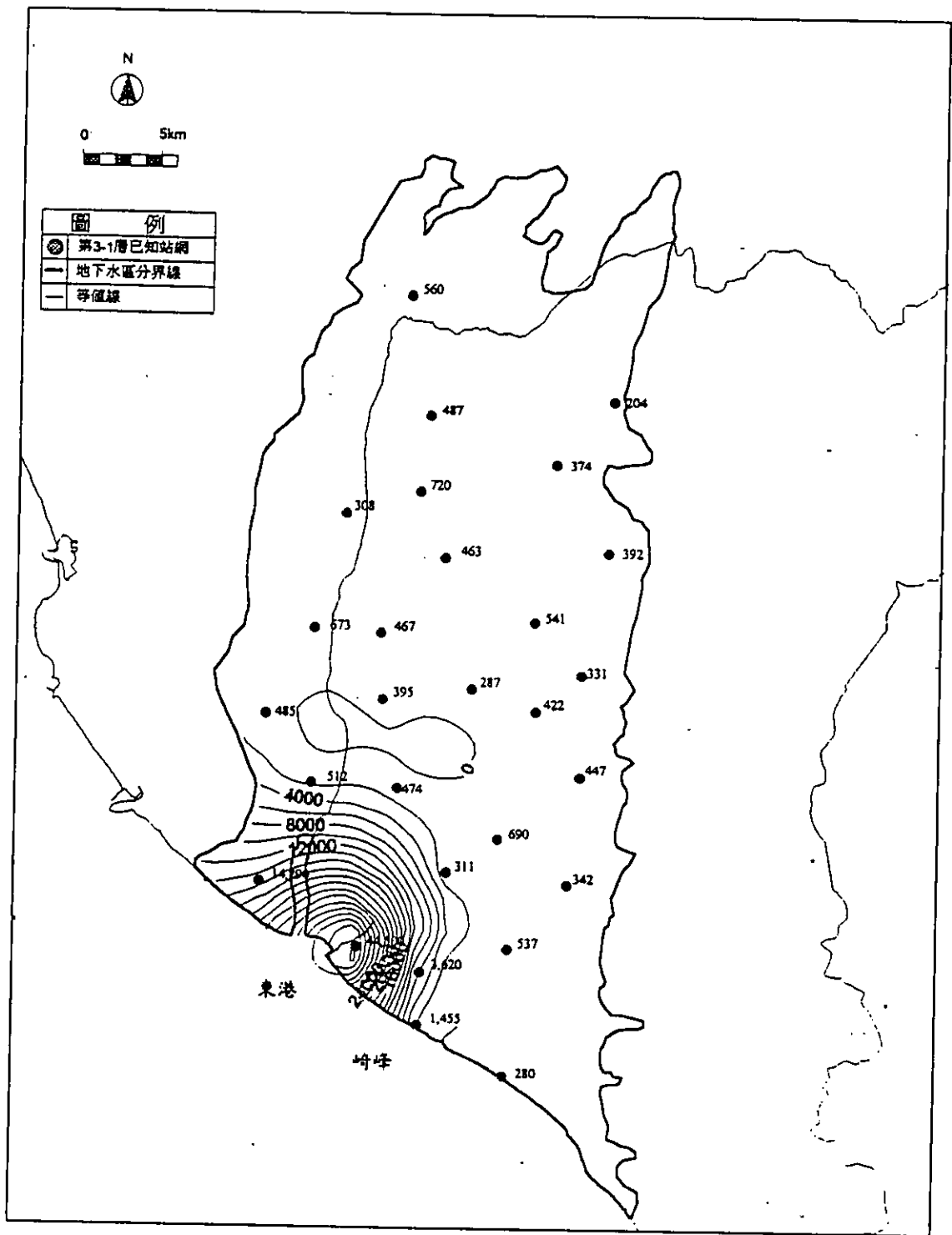


圖 1.2.4-3 屏東平原含水層三之一電導度等值 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

資料來源：前經濟部水資源局，區域性地下水觀測站網檢討 (III)，民國 86 年 6 月。

第二章 地下水資源調查

2.1 基本資料及數化圖層收集

一、土地利用

本計畫所使用的土地利用資料是由前台灣省地政處（現內政部地政司中部辦公室）在民國 81 年 7 月 1 日起至 84 年 6 月 30 日止，分三年度就台灣地區已完成登記之土地實施調查，調查面積約計一百八十二萬公頃，調查表資料電腦建檔筆數約計一千一百萬筆。調查內容包括土地利用現況之地域性分布，以了解各種土地利用狀況之分布情形及所佔面積等。而調查結果再委託前台灣省政府糧食局辦理現況圖數化建檔及繪製成果圖工作，共計完成四千六百五十九幅，圖幅精度為五千分之一。本圖層資料將土地利用屬性共細分成 95 種，由於分類極細，本計畫依據主要地下水補注來源機制，將其分類簡化，圖 2.1-1 為屏東平原之簡化後土地利用圖。

二、土壤質地

本計畫所使用之土壤質地圖係由台灣省農試所負責數化之「全省平地屬性資料」，其資料精度為五千分之一，經由農工中心轉換為 Arc/Info 之資料格式，全省依縣市區分共有 15 幅（台北縣、桃園縣、新竹縣、苗栗縣、台中縣、南投縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、台南縣、高雄縣、屏東縣、宜蘭縣、花蓮縣及台東縣）資料。內容共有 11 種型態，屬性包含排水性、坡度分級、以及 0 到 150 公分共四層之土壤質地。

農試所土壤質地調查資料是從地表至地表下 150 公分深度範圍內分四層（0~30cm、30~60cm、60~90cm、90~150cm）建立，各層調查

土壤質地屬性內容，由粗至細共分成 11 種，其土壤屬性分類表如表 2.1-1 所示。屏東平原涵蓋範圍所需圖幅橫跨高雄縣與屏東縣兩圖幅，其土壤質地分佈如圖 2.1-2 與圖 2.1-3 所示

表 2.1-1 農試所土壤質地屬性分類表

代 碼	土 壤 質 地
1	CoS 粗砂土，S 砂土
2	fS 細砂土，LCoS 壤質粗砂土，LS 壤質砂土
3	LfS 壤質細砂土，CoSL 粗砂質壤土，SL 砂質壤土，fSL 細砂質壤土
4	VfS 極細砂土，LVfS 壤質極細砂土，VfSL 極細砂質壤土
5	Si 坩土，Sil 坩質壤土
6	L 壤土
7	SCL 砂質粘壤土
8	CL 粘質壤土，SiCL 坩質粘壤土
9	SiC 坩質粘土
10	C 粘土
11	grv 石礫

三、全省農田水利會灌區輪區圖

台灣地區因水資源之需求日益增加，在水資源有限之條件下，政府於民國四十三年起大力推行輪流灌溉制度，強調整地依序、插秧依序、灌溉依序，精確計算時程，將本省農業水資源發揮最大效益。因此台灣各地稻作由北至南均有不同的輪作方式，以屏東平原為例（如

圖 2.1-4 所示)，屏東平原包括屏東與高雄農田水利會，其耕地輪作方式多為兩期稻作，與較少比例的旱田。

本項資料係由全省各農田水利會以輪區為調查單位，調查灌溉計畫相關之基本資料，如輪區面積、使用之水源、各旬用水量、種植之作物別等，建檔作業係由農工中心負責，蒐集全省北基、石門、桃園、新竹、苗栗、台中、南投、彰化、雲林、嘉南、高雄、屏東、宜蘭、花蓮及台東等 15 個水利會及相關單位與水稻田有關之資料或圖檔，這些資料有些已建立電腦檔案，有些則需重新調查後再建檔，因此農工中心邀請專家、學者及水利會相關人員，制定各項資料之種類、項目、精度及填寫表格之格式，重新整理後完成。其耕地農作別屬性表如圖 4.2-2 所示。

表 2.1-2 耕地輪作別屬性表

代 號	備 註
1	二期作田
2	單期前作田
3	單期後作田
4	三年一作田
5	三年二作田
6	二年一作田
7	其他輪作田
8	旱作田
9	其他
A	蔗田
B	三期一期增灌田
C	雙期 1,2 期增灌田
D	單期,一期增灌田

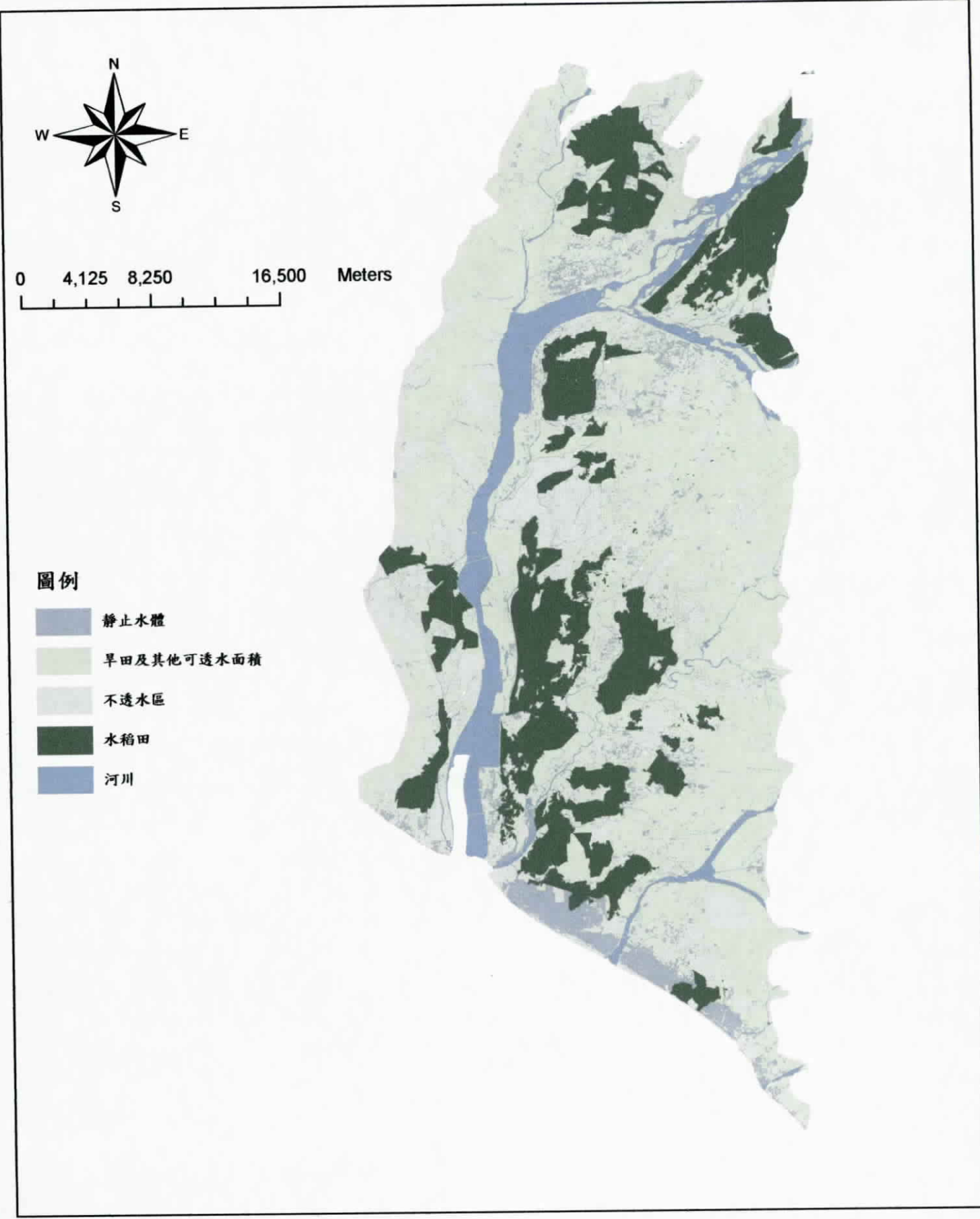


圖2.1-1 屏東平原簡化後土地利用分佈圖

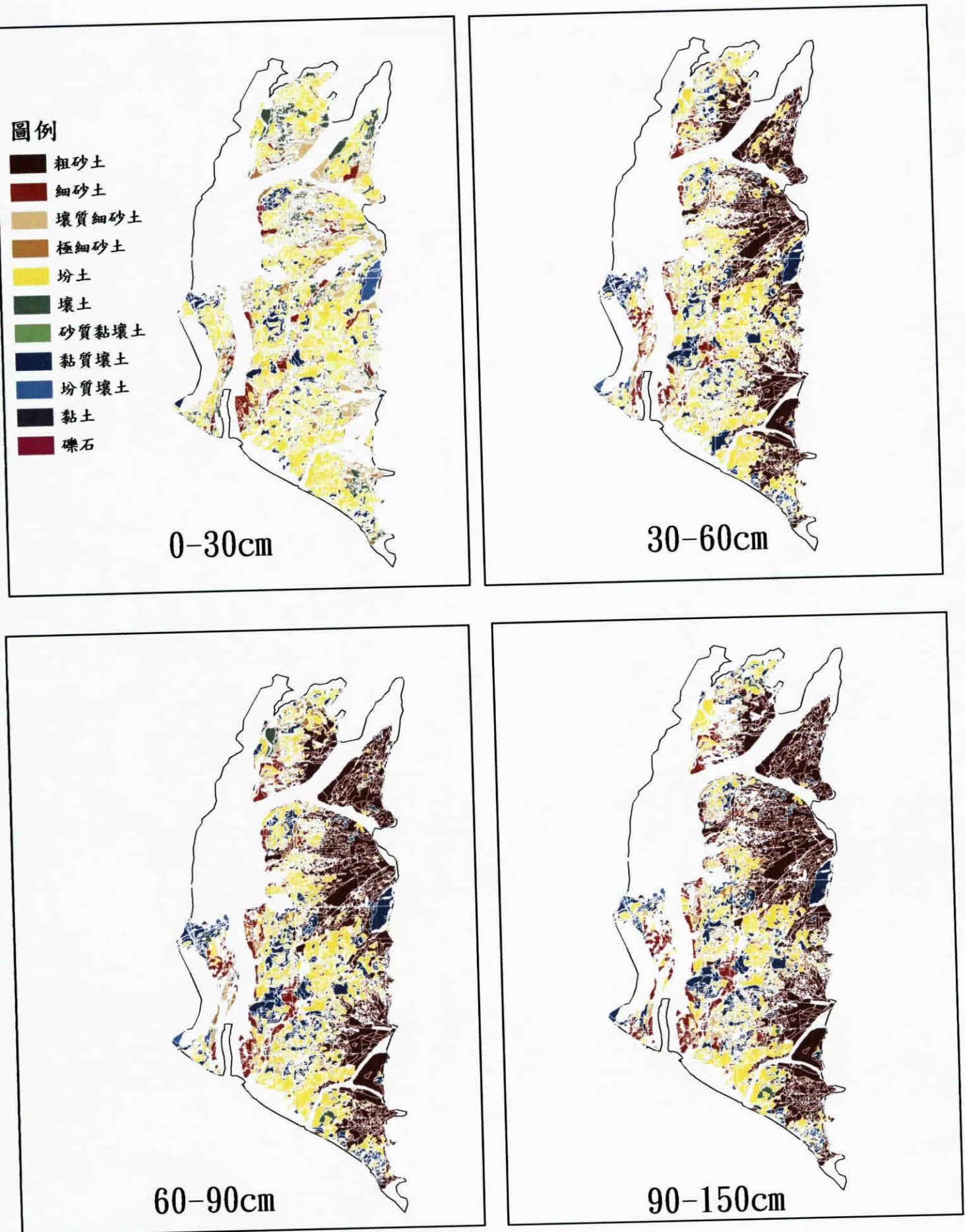
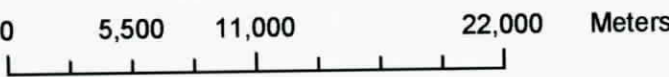


圖2.1-2 屏東平原各層土壤質地分佈圖



圖例

-  粗砂土
-  細砂土
-  壤質細砂土
-  極細砂土
-  粉土
-  壤土
-  砂質黏壤土
-  黏質壤土
-  粉質黏土
-  黏土
-  礫石

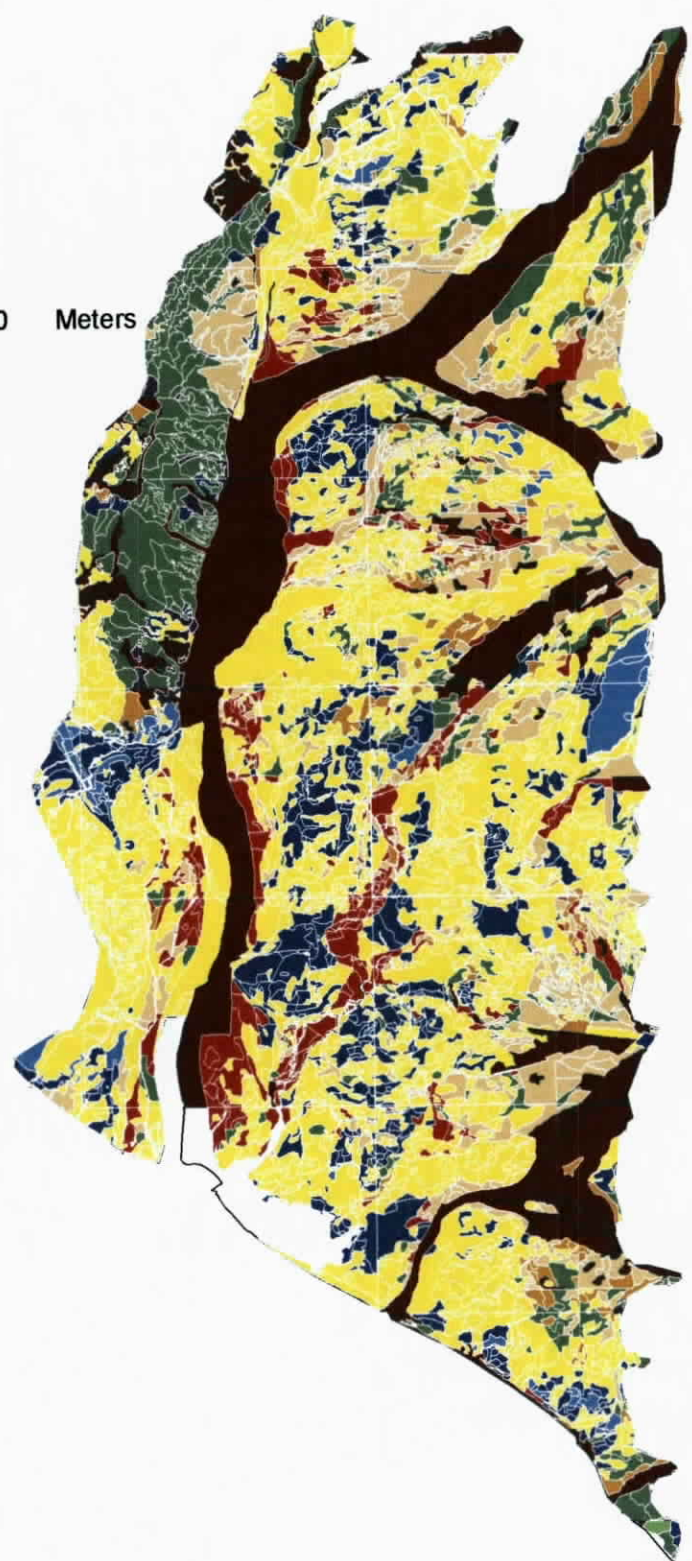


圖2.1-3 屏東平原土壤質地最細代表層分佈圖

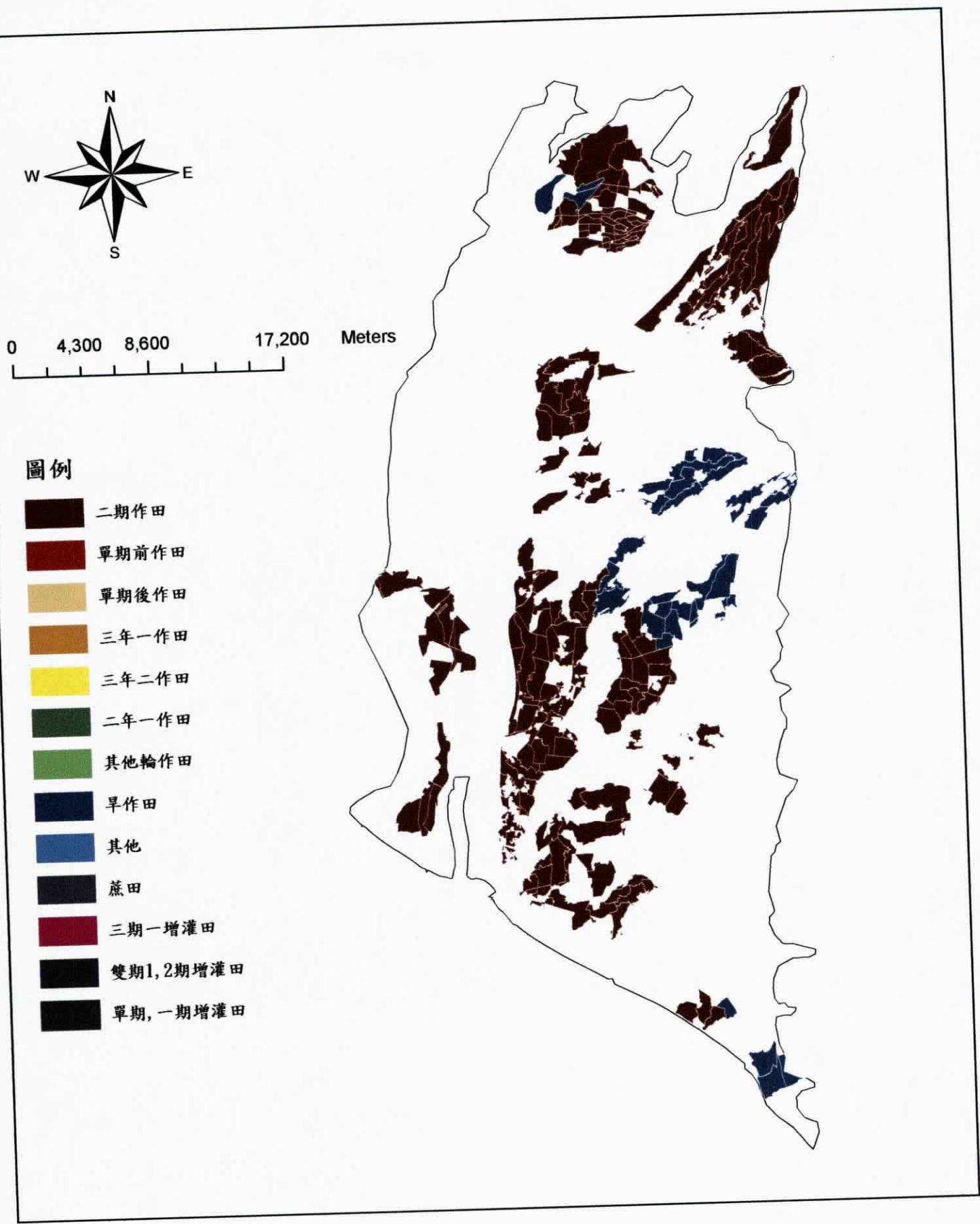


圖2.1-4 屏東平原灌區耕作輪作別分佈圖

2.2 地下水補注量推估

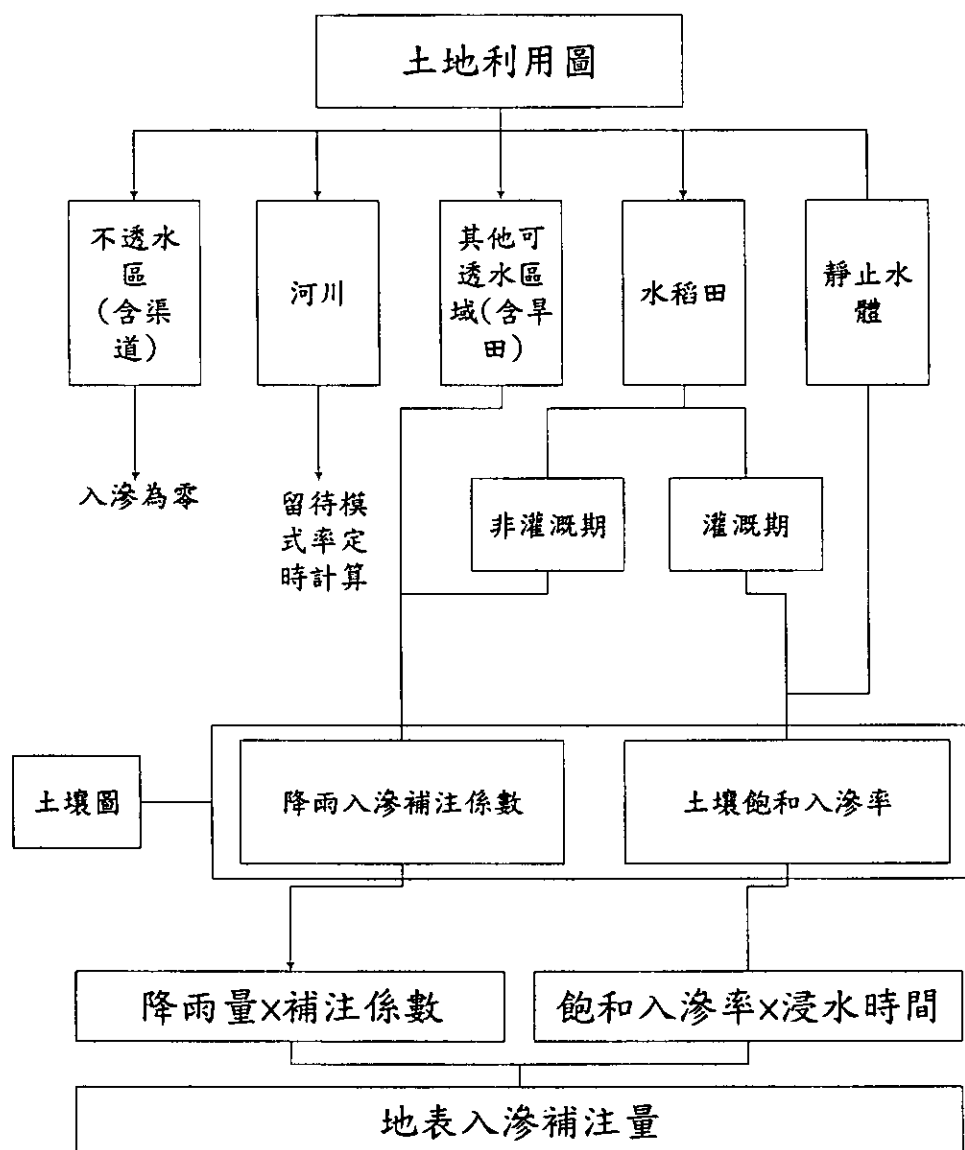


圖 2.2-1 地下水補注量推估流程圖

一、推估方法

此土地利用圖檔將土地利用屬性細分成 95 種，由於分類極細，本計畫將依據其地下水補注來源機制，將其分類簡化，如表 2.2-1。而分類過程依據下列處理原則，細述如下：

首先，將養殖魚塢、湖泊、水庫及其它蓄水等長時間蓄水區塊，歸納為靜止水體。由於靜止水體長期長期浸水的情形下，入滲率接近

土壤的飽和入滲率，可視為一個常數，所以入滲補注量的估計可用下式表示：

$$Q=A \times T \times \varphi \dots\dots\dots (2.2-1)$$

A：面積 (L^2)

T：浸水時間 (T)

φ ：土壤飽和入滲率 (L/T)。

其次，旱作、廢耕地、林業、草生地、裸露地、灌木荒地、公園綠地等等歸為一類，其補注機制與降雨有關，其可透水面積入滲補注量可用下式表示。

$$Q=P \times A \times \alpha \dots\dots\dots (2.2-2)$$

P：平均降雨量 (L)

A：區域面積 (L^2)

α ：降雨入滲補注係數 (無因次)

水田部分在田地灌溉期間，其水田長期浸水可採用式 2.2-1 進行補注量之推估，而在非灌溉之乾枯時期，則以式 2.2-2 之降雨入滲公式進行計算。

此外，河川部分之各類資料極為缺乏，其入滲機制複雜，除受土壤質地影響外，其與地下水之間的水量交換大小也受當地地下水位、河川長度、河川寬度及水位高程等影響，依水位高程及地下水位高度間之差異，一般可將河川（或河段）區分為湧出或入滲河川（或河段），難以單就土壤質地進行補注量之推估。因此，本計畫以 MODFLOW 模式進行河川部分補注量推估，此項將於後續章節進一

步介紹。

表 2.2-1 土地利用簡化表

編號	土地利用原始屬性	簡化分類
一	養殖魚塭、水庫、湖泊及其他蓄水	靜止水體
二	旱作、廢耕地、林業、草生地、裸露地、灌木荒地、公園綠地	旱作及其他可透水區域
三	交通用地（公路、鐵路）、建築用地（住宅區、學校、機關團體、環保設施）、工業用地（工業相關設施、倉儲）等人工建築物以及運河。	不透水區域
四	稻作	水田
五	河川	河川

二、參數說明

在公式 2.2-1、2.2-2 地下水垂向補注來源分項計算中，可以看出主要水文地質和水文參數是土壤飽和入滲率 ϕ 及降雨入滲係數 α ，這兩個參數是計算地下水各項補注量來源的重要依據，因此本計畫對這兩參數的分析及確定是一項重要的基礎工作。以下逐一說明本計畫估算補注量相關參數的輸入值。

1. 飽和入滲率 ϕ

在飽和狀態下之土壤入滲率有多種求法，如 Darcy 之由水頭、土層、斷面積、滲透時間等因素，求出入滲係數公式；Schlichter 以粒子

直徑與孔度；Kozeny 經由孔隙量（可流動水分者）、孔隙形狀，流路扭曲與比表面積關係；Fair 與 Hatch 經孔隙量及比表面積；以及 Zunker 之經由比表面積、粒子形狀、排列及未被水分充填之空隙量（在田間容量時）而誘導之方法，如上所述，方法種類繁多。

但是土壤在飽和狀態下之入滲現象，即便使用上述的方法推求入滲量，眾多複雜因子錯綜影響的結果，在應用上會有許多困難及限制。本計畫區域廣大，加上土壤、氣候及其他環境條件因素下，因此土壤飽和入滲率 ϕ 宜採用現地調查、採樣、試驗之累積資料為基礎，以實用為目標，來估算台灣地區各地下水區水田及靜止水體之地下水入滲補注量。以下將國內、外使用的經驗公式或是國內現地調查研究成果，整理分述如下：

(1) 大陸水利電力部水文局^[57]

前水資會屏東平原地下水數值模式之應用分析參考大陸水利電力部水文局估計水稻田入滲率和土壤質地的關係如表 2.2-2 所示，此表土壤質地的調查範圍從粉砂土至黏土。

土壤性質	粘土	粘壤土	砂壤土	粉細砂
ϕ (mm/day)	1.0	1.7	2.5	3.0
資料來源:大陸水利電力部水文局,中國水資源評價,1987				

(2) 水利局陳尚及李德滋的經驗公式^[58]

台灣地區對於水田入滲量之研究較為完整者應追溯到民國 46 年

到 53 年間，由水利局陳尚及李德滋（1964）於台灣地區 828 處所做的田間試驗（表 2.2-3）。該試驗於 1960 年以前採用同心圓式雙筒法，自 1961 年起則採用定水頭馬利奧法（Mariott）來施測。陳與李（1964）在各灌區實測之 828 處資料中，捨去受地下水影響或特殊變化部分，即選擇較具代表性的資料，計 433 處。各處再依土壤種類及母質將全省分成 6 種土壤，其建議若對於某一地區之土類及母質資料難以取得可將西部沖積土歸為第（I）類，東部沖積土合併為第（II）類及紅棕壤土為第（III）類。

針對上述 I.II.III 類及參考美國農業部標準，推導出：（1）質地與水分當量，（2）水分當量與水田垂直入滲率之經驗公式如表 2.2-4 所示。由表 2.2-4 可知，僅需知道該區域之砂、黏土、粉砂粒百分比便可利用質地與水分當量之經驗式估算土壤水分當量，復利用水分當量與水田垂直入滲率之經驗公式求出所需要之水田垂直入滲量。

表 2.2-3 陳尚及李德茲於各灌區滲透測驗處數一覽表

灌 區	測驗 處數	測驗 年份	測驗方法
大甲溪灌區	63	1957	同心圓式兩重圓筒法
卑南灌區	45	1958	同心圓式兩重圓筒法
濁水溪北岸灌區	97	1959~1960	定水頭馬利奧管法
白河水庫灌區	52	1961	定水頭馬利奧管法
後龍水庫灌區	36	1961	定水頭馬利奧管法
花蓮地區	46	1962	定水頭馬利奧管法
臺東地區	38	1962	定水頭馬利奧管法
寶山水庫灌區	80	1963	定水頭馬利奧管法
龍池水庫灌區	42	1963	定水頭馬利奧管法
高大圳灌區	54	1963	定水頭馬利奧管法
新城圳灌區	31	1963	定水頭馬利奧管法
豐田圳灌區	40	1963	定水頭馬利奧管法
鹽埔圳灌區	117	1963	定水頭馬利奧管法
志學、林田、光復地區	48	1964	定水頭馬利奧管法
大埔水庫灌區	39	1964	定水頭馬利奧管法
合 計	828		

表 2.2-4 全省之質地與水分當量及水分當量與水田垂直入滲率 之經驗公式		
土壤分類	質地與水分當量	水分當量與水田垂直入滲關係
西部沖積土	$Me=0.025Sa+0.216Si+0.603C$	$\text{Log } i = 1.9394-0.0478Me$
東部沖積土	$Me=0.019Sa+0.224Si+0.801C$	$\text{Log } i = 2.0752-0.0409Me$
紅棕壤土	$Me=0.021Sa+0.151Si+0.592C$	$\text{Log } i = 1.5087-0.0411Me$

表中 Sa、C、Si 表砂、粘、粉砂粒之百分比(%)；Me 表水分當量；i 表水田垂直入滲率

(3) 國外經驗公式及簡錦樹 (1992) 現地入滲試驗

李天浩 (1997) ^[23] 等參考其他國外許多利用土壤組成成份百分比，估計飽和水力傳導係數的經驗公式，如 Saxton (1986) 等 (見表 2.2-5)。利用這些公式和簡錦樹 (1992) ^[59] 「濁水溪沖積扇地表地質材料粒徑分析及現地入滲試驗研究」中，許多入滲量測試點的土樣分析與飽和水力傳導係數點量測值的野外「實驗 K 值」資料比較，將土壤組成百分比代入各種經驗公式，估計飽和水力傳導係數，和簡錦樹的試驗結果比較。簡錦樹的現場入滲試驗結果與 Saxton 公式估計的結果最為接近，同時遠高於其他公式的估計結果。

(4) 水利局經驗公式

劉振宇 (1997) ^[60] 等研究水田對地下水補注量之推估，使用水利局設計規範公式推估水田入滲率，此經驗公式如下所示：

$$P = \frac{240}{CI} \dots\dots\dots (2.2-3)$$

式中： P ：表入滲率 (mm/day)

 C ：表粘粒百分比 (%)

 I ：表係數，視粘土% 大小而定

農業工程研究中心依據各農田水利會提供轄區內輪區之面積、粘粒百分比及土壤質地等資料，依水利局設計規範公式估算水田各種土壤質地之平均飽和入滲率，如表 2.2-6 所示。此外，為便於大區域入滲量之推估，依據 SAWAH 模式模擬水稻田入滲時，由模式推估在牛踏層厚 10 公分，水力傳導係數為 0.03 cm/day 時，不同土壤質地所對應之進入牛踏層之入滲通量列於表 2.2-7。

表 2.2-6 水田各種土壤質地之平均飽和入滲率

土壤質地	黏土粒百分比 (%)	係數(I)	入滲率 (mm/day)
砂質礫土	1.6	1.0	150
礫質礫土	5.0	1.1	43.7
砂土(S)	8.0	1.2	25.0
壤質砂土(LS)	11.6	1.3	15.9
砂質壤土(SL)	14.9	1.4	11.5
壤土(L)	8.2	1.5	8.8
粘質壤土(CL)	21.9	0.6	6.85
壤質黏土(LC)	27.0	1.7	5.24
黏土(C)	33.0	1.8	4.04
中黏土	40.0	1.9	3.16
重黏土(HC)	49.0	2.0	2.45
資料來源：前水利局			

表 2.2-7 SAWAH 模式推估之不同土壤質地入滲通量

輪灌區內土壤種類 編號	輪灌區內土壤種類編	進入牛踏層之 平均通量
1	粘土	3.2 mm/day
2	壤土	3.5 mm/day
3	砂壤土	3.7 mm/day
4	砂土	4.1 mm/day
5	砂礫土	4.4 mm/day
6	粉質壤土	3.6 mm/day

資料來源：前台灣省水利局，水稻田生態環境保護規劃及示範(水稻田對地下水補注功能評估分級)，民國八十六年八月。

(5) 張良正 (1999) 屏東平原現地入滲實驗

張良正 (1999) 在屏東平原共完成 96 點現地雙環入滲試驗，經由現地入滲試驗的結果，可得到這 96 點的土壤飽和入滲率，再以美國農業部 (USDA) 的土壤分類標準共可分成砂、壤土質砂及砂質壤土等三大類，飽和入滲率大致在 1~10cm/hr 間。最後再以上述三種土壤質地分類之試驗所得飽和入滲率加以計算，得到各土壤質地之代表平均飽和入滲率值。

(6) 綜合評估

本計畫所使用的土壤質地資料，係前台灣省農試所 (現農委會農試所) 所負責數位化之「全省平地土壤土地資料」，內容分成 11 種型態，屬性包含排水性、坡度分級、以及 0 到 150 公分共四層之土壤

質地。上述以經驗公式或是現地試驗所得到各種土壤質地的平均飽和入滲率，用農試所的 11 種土壤質地為基礎，整理成表 2.2-8。由表 2.2-8 可知，簡錦樹（1992）濁水溪沖積扇現地入滲試驗及張良正（1999）屏東平原現地入滲試驗，和由 Saxton 公式估計的結果較接近；而陳尚與李德滋公式及水利局的設計規範公式所估算的結果較接近，大陸水利電力部的結果最小。雖然陳尚與李德滋公式與水利局公式估計的結果比一般土壤力學或水文學參考資料中同樣土壤的入滲率要低，但因陳與李的公式是在田間實際量測的結果，因此陳與李公式估計土壤飽和入滲率結果較低的原因，可能與田間存在的牛踏層有關。

本計畫採用之各種土壤質地的平均飽和入滲率共有兩組，一是參考陳尚與李德滋所估計之水稻田飽和入滲率為主，而不足的部份再依水利局的標準加入；另一是大陸水利電力部水文局所試驗之參數，不足部分以內插方式補充。

表 2.2-5 Saxton et. al.(1986)利用土壤組成成份估計土壤水力特性曲線的經驗公式

Applied tension range (kPa)	Equation	
1500 to 10	$\psi = A \theta^B$ $A = \exp[a + b(\%C) + c(\%C)^2 + d(\%S)^2 (\%C)] \times 100$ $B = e + f(\%C)^2 + g(\%S)^2 + h(\%S)^2 (\%C)$	
10 to ψ_e	$\psi = 10.0 - (\theta - \theta_{10})(10.0 - \psi_e) / (\theta_s - \theta_{10})$ $\theta_{10} = \exp[(2.302 - \ln A) / B]$ $\psi_e = 100.0 [m + n(\theta_s)]$ $\theta_s = h + j(\%S) + k \log_{10}(\%C)$	
ψ_e to 0	$\theta = \theta_s$	

1500 to 0	$K = 2.778 \times 10^{-6} \exp \left\{ p + q(\%S) + \left[\frac{r + t(\%S) + u(\%C) + v(\%C)^2}{(1/\theta)} \right] \right\}$	

Coefficients		
a = -4.396	g = -3.484 × 10 ⁻⁵	p = 12.012
b = -0.0715	h = 0.332	q = -7.55 × 10 ⁻²
c = -4.88 × 10 ⁻⁴	j = -7.251 × 10 ⁻⁴	r = -3.8950
d = -4.285 × 10 ⁻⁵	k = 0.1276	t = 3.671 × 10 ⁻²
e = -3.140	m = -0.108	u = -0.1103
f = -2.22 × 10 ⁻³	n = 0.341	v = 8.7546 × 10 ⁻⁴
Definition		
ψ = water potential (kPa)		
ψ_e = water potential at air entry (kPa)		
θ = water content (m ³ /m ³)		
θ_s = water content at saturation (m ³ /m ³)		

θ_{10} = water content at 10kPa (m^3/m^3)

K = water conductivity (m/s)

(%S) = percent sand

(%C) = percent clay

表 2.2-8 各單位估計飽和入滲率之成果

土壤質地	估計飽和入滲率 (mm/day)							本計畫擬採用值	
	Saxton	陳尚 & 李德滋	水利局	張良正	大陸水力電部	一	二		
COS 粗砂土, S 砂土	—	—	43.7	2018.4	—	43.7	—	3.00	
fS 細砂土, LCOS 壤質粗砂土, LS 壤質砂土	—	—	15.9	475.2	3.0	15.9	—	3.00	
LfS 壤質細砂, COSL 粗砂質壤土, SL 砂質壤土, fSL 細砂質壤土	676.8	18.24	11.5	309.6	2.5	18.24	—	2.50	
VfS 極細砂土, Lvfs 壤質極細砂土, vfSL 極細砂質壤土	789.6	26.4	—	—	—	26.4	—	2.30	
Si 粉土, SiL 粉質壤土	734.4	8.02	—	—	—	8.02	—	2.15	
L 壤土	314.4	10.32	8.8	—	—	10.32	—	2.00	
SCL 砂質粘壤土	67.2	7.68	—	—	—	7.68	—	1.85	
CL 粘質壤土, SicL 粉質粘壤土	85.92	3.12	6.85	—	1.7	3.12	—	1.70	
sic 粉質粘土	66.96	1.28	—	—	—	1.28	—	1.35	
C 粘土	44.64	0.89	4.04	—	1.0	0.89	—	1.00	
grv 石礫	—	—	150	2400	—	150	—	3.00	

註：土壤質地依照農試所之土壤質地屬性資料對照表。

2. 降雨入滲係數 α

降雨入滲係數 α 為降雨入滲補注量與相對應降雨量之比值。本計畫採用大陸水利電力部水文局所分析的成果，如表 2.2-9 所示，前水資會民國八十四年屏東平原地下水數值模式之應用分析報告也引用此數據作估算參考。表 2.2-9 為大陸水利電力部水文局根據實測資料條件，採用不同方法計算降雨入滲係數 α 值。在側向入流較小、地下水埋深淺的平原區，根據地下水位升幅計算 α 值（當地下水位受側向入流、河道滲漏或地下水開發影響時，已設法消除了這些因素對計算地下水位升幅的影響）；在地下水開採量大、地下水埋藏深或已形成地下水洩降區的平原，採用年水量平衡法分析 α 值；在部分高原台地和山間盆地平原區，地形坡度大，溝谷切割深，地下水以泉水及河川基流型式流出，根據泉水流量或切割的河川基流量推求 α 值；在較乾旱地區，由於地下水埋藏較深，非飽和層土壤含水量較少，一年只有幾次較大降雨對地下水形成補給，因此分析了對地下水有補給的降雨所對應的有效降雨入滲係數。

由上可知，大陸水利電力部水文局引用多年的實測資料，利用不同的方法，經過統計分析後，降雨入滲補注係數 α 值將取決於土壤性質與年平均降雨量而定，降雨入滲補注係數資料之範圍如表 2.2-9 所示。當年降雨量大於 1,200 公厘時，降雨入滲補注係數反而較小，此乃因降雨量大的地區，地表皆較濕潤，地下水位距地表較近，則地下水含水層之調蓄能力相對較小，平均年降雨入滲補注係數因而較小。故若年降雨量大於表 2.2-9 之最大值 1,800 公厘時，取該列最小值係數計算之。

表 2.2-9

表 2.2-9 降雨入滲補注係數值範圍

土壤性質	粘土	粘壤土	砂壤土	粉細砂	砂卵礫石
平均 年降雨量(mm)					
50	0.00~0.02	0.01~0.05	0.02~0.07	0.05~0.11	0.08~0.12
100	0.01~0.03	0.02~0.06	0.04~0.09	0.07~0.13	0.10~0.15
200	0.03~0.05	0.04~0.10	0.07~0.13	0.10~0.17	0.15~0.21
400	0.05~0.11	0.08~0.15	0.12~0.20	0.15~0.23	0.22~0.30
600	0.08~0.14	0.11~0.20	0.15~0.24	0.20~0.29	0.26~0.36
800	0.09~0.15	0.13~0.23	0.17~0.26	0.22~0.31	0.28~0.38
1000	0.08~0.15	0.14~0.23	0.18~0.26	0.22~0.31	0.28~0.38
1200	0.07~0.14	0.13~0.21	0.17~0.25	0.21~0.29	0.27~0.37
1500	0.06~0.12	0.11~0.18	0.15~0.22	0.21	0.27
1800	0.05~0.10	0.09~0.15	0.13~0.19	0.21	0.27

資料來源：大陸水利電力部水文局，“中國水資源評價”，1987

三、地下水補注量

以前述的推估方法，利用民國八十八年之屏東平原降雨量資料，以及由土地利用與土壤質地資料得到之各區塊面積與飽和入滲率及降雨入滲係數，依據飽和入滲公式與降雨入滲補注公式估計出民國八十八年屏東平原扣除河川入滲之地下水垂向入滲補注量。

屏東平原各土地利用之地下水垂向入滲補注量如 2.2-10 所示，由表中可知，若以飽和入滲率以陳尚、李德茲現場試驗之建議值估算，該年扣除河川入滲之垂向年入滲補注量為 10.51 億噸，其中以水稻田之垂向入滲補注量最大，為 5.68 億噸，共佔 54%，靜止水體之垂向入滲補注量次之，為 2.27 億噸，共佔 22%。

若飽和入滲率以大陸水利電力部之建議值估算，該年扣除河川入滲之垂向年入滲補注量為 4.74 億噸，其中仍以旱田之垂向入滲補注量最大，分別為 1.95 億噸，各佔 41%，水田之垂向入滲補注量次之，為 1.70 億噸，共佔 36%。

八十八年屏東平原以陳尚、李德茲建議的飽和入滲率值估算之每月扣除河川入滲之垂向地下水入滲補注量列於表 2.2-11，其中以七月入滲補注量 1.80 億噸最大，八月 1.76 億噸次之，十一月 0.18 億噸最低。

表 2.2-10 民國八十八年屏東平原各類土地利用之垂向補注量

屏東平原		面積	比例	補注量 (百萬噸)			
項目	土地利用			飽和入滲率為陳尚、李德茲建議值	飽和入滲率為大陸水利電力部建議值	飽和入滲率為大陸水利電力部建議值	
靜止水體		58942269	4.68%	227.03	21.58%	47.89	10.08%
旱田		493314821	39.15%	195.40	18.58%	195.40	41.14%
水田		307414661	24.40%	568.23	54.02%	170.50	35.90%
其他類		400250145	31.77%	61.18	5.82%	61.18	12.88%
總補注量		1259921896	100.00%	1051.84	100.00%	474.97	100.00%

表 2.2-11 民國八十八年嘉南平原各月扣除河川入滲之垂向補注量

月份	補注量(百萬噸)			
	飽和入滲率為陳尚、李德茲建議 值		飽和入滲率為大陸水利電力部 建議值	
1	93.67	8.91%	23.42	4.93%
2	84.55	8.04%	21.09	4.44%
3	93.60	8.90%	23.35	4.92%
4	67.33	6.40%	18.41	3.88%
5	50.70	4.82%	35.48	7.47%
6	71.73	6.82%	57.01	12.00%
7	179.88	17.10%	109.63	23.08%
8	176.00	16.73%	105.74	22.26%
9	111.59	10.61%	43.60	9.18%
10	59.54	5.66%	22.27	4.69%
11	18.93	1.80%	4.20	0.89%
12	44.33	4.21%	10.77	2.27%
合計	1051.84	100.00%	474.97	100.00%

第三章 地下水數值模式建立

3.1 模式邊界條件與網格劃分

由於屏東平原位於台灣之西南端，包括屏東縣及高雄縣部分鄉鎮，標高 100 公尺以下之面積約為 1210 平方公里，本研究參考中央地質調查所之屏東平原水文地質圖與省水利處所定義之屏東平原地下水分區範圍，並考量現有之地質鑽探資料以決定數值模式的分析範圍，就平面上而言，本模式研究區域大抵以地調所之屏東平原水文地質圖上之底岩分布區域為界，以忠實描述平原之地下水分區特性。模式北以旗山溪及荖濃溪上游一帶之低山為界；西界為高屏溪右岸之丘陵；東接中央山脈南端之西斜面，走向大致上與潮州斷層一致，以上所描述之區域邊界假設其地質特性沒有水流流動，定為無流量 (no flux) 的邊界 (Neumann Boundary Condition)；南界為海洋，面臨台灣海峽，模式邊界則選定在等高線-10 公尺之處，以構成一定水頭邊界如圖 3.1-1 所示，為模式網格及定義之邊界條件平面圖。

在進行地下水流數值模擬時，本研究是將模式分為七層，如圖 3.1-2 所示，第一層為自由含水層即非拘限含水層而第二層以下視為拘限含水層。格網的劃分上，南北方向將模擬區域分為 35 列，東西方向分為 16 行。考量資料密度及計算精度的情況下，採用 2km×2km 等間距的格網，其網格劃分如圖 3.1-1 所示。

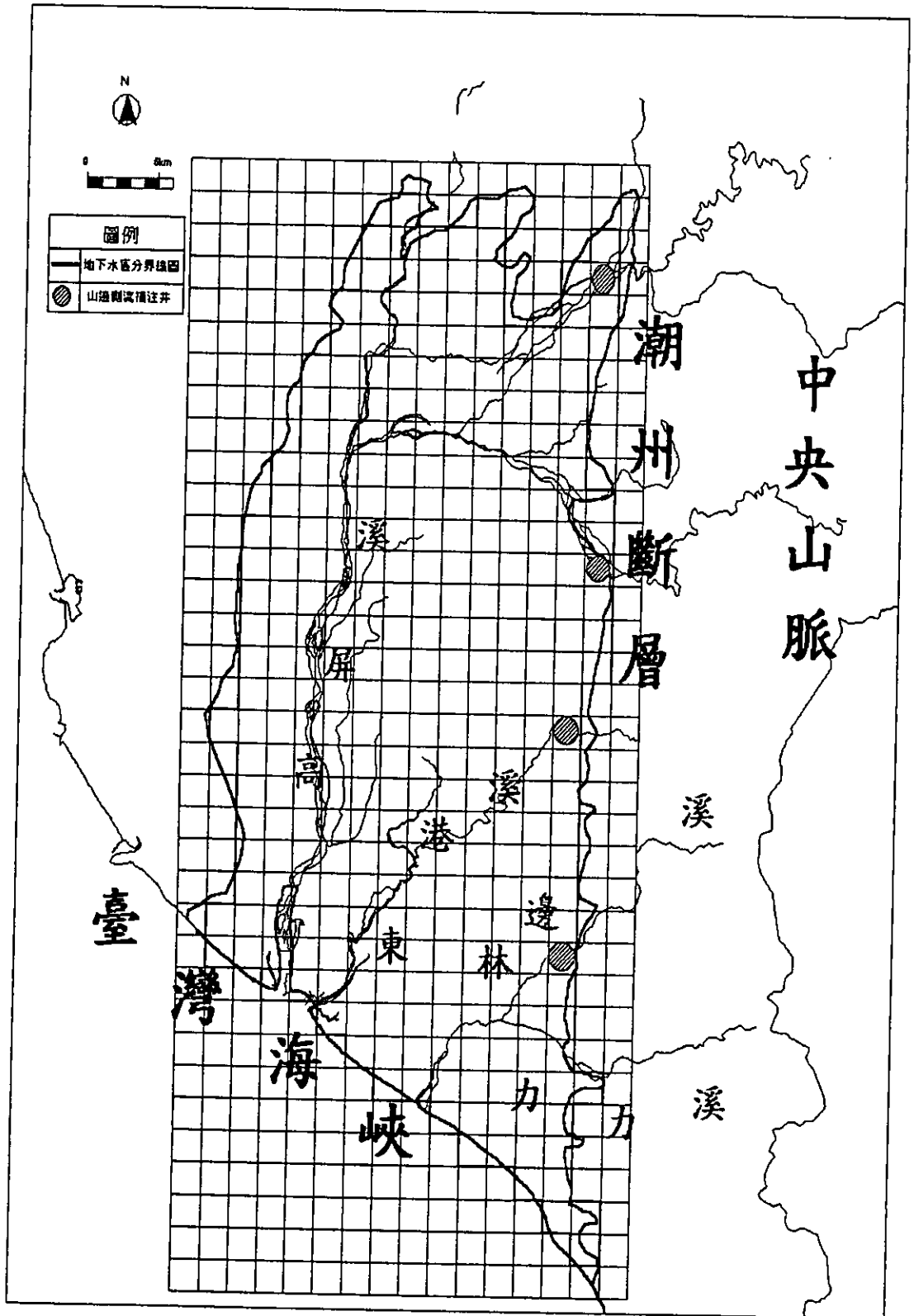


圖 3.1-1 屏東平原地區數值模擬邊界網格圖

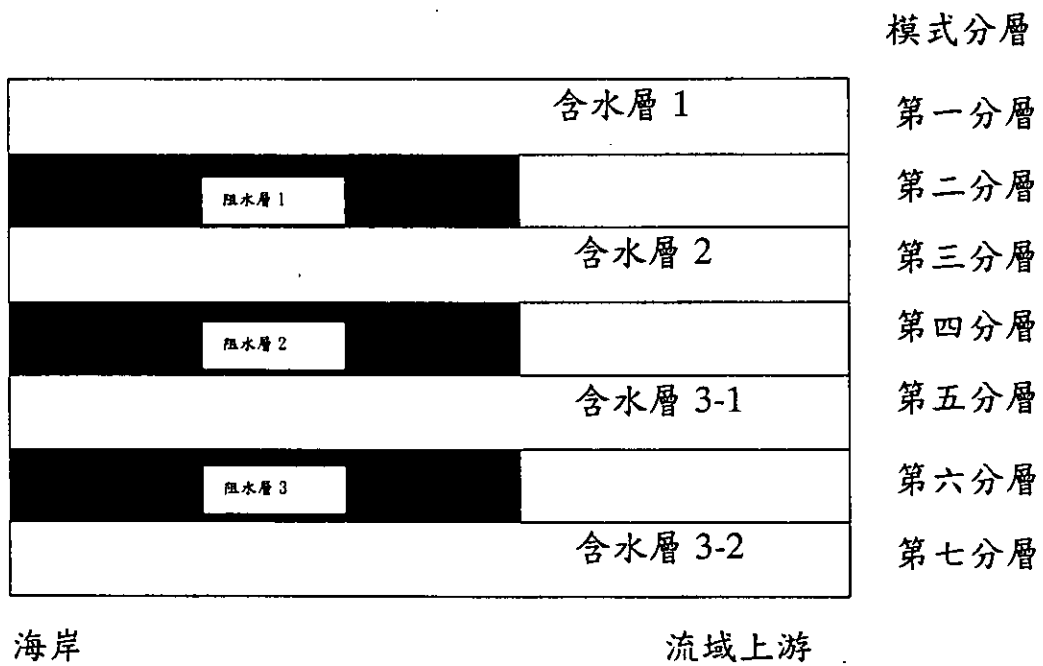


圖 3.1-2 屏東平原地區數值模擬分層概念圖

3.2 數值模式之輸入資料

MODFLOW 模式所需輸入之基本資料除了上述模式概念地下分層架構、邊界範圍和格網劃分之外，大致包括了地下水力學參數、模式初始水頭、河川補注方式、選定模擬時間、還有地下水開採、降雨及灌溉入滲及東邊側流量補注等項目，詳述如下：

1. 地下水力學參數之輸入

本研究進行非穩態模擬，因此所需輸入之地下水力學參數包括了透水係數(Hydraulic Conductivity, K 值)、垂向滲漏係數 (Vertical Leakance, Vcont 值) 及儲水係數(Storage Coefficient)等。其資料處理步驟如下：

(1) 透水係數(Hydraulic Conductivity, K 值)

透水係數之資料參考台糖公司新營總廠鑿井工程隊 84 年度之地下水觀測井開鑿及相關試驗報告與新營總廠地下水開發保育中心八十五年度之地下水觀測站井建置及相關試驗報告與台灣地區地下水觀測網第一期計劃屏東平原水文地質調查研究總報告，將台糖報告中定量試水及少部份抽水試驗所得之導水係數(Transmissivity, T 值)除以各含水層厚度，而得透水係數(K 值)。將上述所得 K 值依其所在濾水管深度，參照地層對比所得的地下分層厚度資訊來判定所屬層位，而得到分層的 K 值。利用每一分層 K 值做內插得格網點 K 值，以供輸入模式，如圖 3.2-1 為含水層二 K 值的等值線圖。

(2) 垂向滲透係數 (Vertical leakance, Vcont 值)

本模式還需輸入垂向滲漏係數 (Vertical Leakance, Vcont 值)，以便計算層與層間之水量交換。各層厚度分佈資料已蒐集整理，至於垂向透水係數 K_z (Vertical Hydraulic Conductivity)，其處理方式為含水層之 K_z 即以 K 之 1/10 估算至於阻水層 (或無 k 值) 則參照岩性先估

算出 K 值，再取 1/10 作為 K_z 值。

(3) 儲水係數(Storage Coefficient)

在模式處理時，由於經由台糖鑿井隊之新站網抽水試驗所得之比儲水量(Specific Storage)與比出水量(Specific Yield)資料並不足夠，為了補足 S 值資料的不足，除了參考台糖鑿井隊之新站網抽水試驗 S 值資料外，再配合個 54 地質鑽測站之岩性資料與 13 張剖面圖得知每站各層之岩性，再依其岩性給予一估算值，如表 3.2-1 所示，如此每層共有 33 個 S 值，利用內插得整層格網點之 S 值，在模式中由於第一層為非受壓水層，故 S 值給予有效孔隙率(Effective Porosity)，其第二層以下為受壓含水層均給予比儲水量(Specific Storage)。雖然上游部分，為礫石所組成之自由含水層，但因受限於 MODFLOW 程式之限制，仍要分層處理，故於上游部分之第二層的 S 值給予比儲水量(Specific Storage)。

表 3.2-1 儲水係數值

自由水層之儲水係數	砂土	0.07~0.15
	礫石	0.1~0.2
受壓水層之單位 儲水係數值(1/m)	黏土	2×10^{-3}
	砂土	3×10^{-4}
	礫石	2×10^{-5}

(4) 模式中各剖面分層與阻水層分佈

根據經濟部中央地質調查所，「台灣地區地下水觀測網第一期計畫屏東平原水文地質調查研究總報告」依其各觀測站的位置劃分為 13 個剖面，依真實分佈的情形，並進一步作模式地下分層之用，屏東平原中 13 個水文地質剖面的平面分佈圖如圖 3.2-2 所示，而圖 3.2-3

及圖 3.2-4 為東西向的地質剖面圖；圖 3.2-5 為南北向的地質剖面圖。圖 3.2-3 為靠近海岸線一帶，而圖 3.2-4 則位於屏東平原內陸。模式概念分層之原則：將屏東平原地層分為七層，第二、四、六層為阻水層(黏土層)，第一、三、五、七層，圖 3.2-6 至圖 3.2-12 則為輸入模式中各分層厚度等值圖；圖 3.2-13 至圖 3.2-15 為屏東平原地下分層中阻水層分佈圖。

2. 模擬時間及期距選定

本計劃將有新站網之地下水位紀錄之年份(1996~2000年)中，選擇降雨分佈與長期平均最相似之年份進行模擬。首先本研究收集水利署近 30 年雨量站資料，推估屏東平原長期雨量平均，再比對 1996 年到 2000 年近五年雨量資料，來評估選定模式為模擬時間，如圖 3.2-16 所示為長期資料與近五年資料比較結果，經分析比較，以 1999 年之降雨分布與長期平均最為相似，故本計劃選定 1999 年即民國 88 年作為屏東平原模式之模擬時間，並以月份作為模擬期距。圖 3.2-17 為屏東平原雨量站分佈圖。

由於 MODFLOW 程式乃利用有限差分法解水流控制分方程式，需要輸入初始水頭以供模式計算。本研究自水利署蒐集到屏東平原新設觀測站網民國 84 年至 91 年之各月水位記錄，並依其所在濾水管深度進行判定而得所觀測層次之各地下分層井位(如圖 3.2-18 至圖 3.2-21。所示)。配合上述之模式模擬時間選定以民國 87 年 12 月的觀測水位作為輸入模式中各分層的初始水頭(如圖 3.2-18 至圖 3.2-21 所示)。

3. 入滲量、抽水量、東邊側流量及河川交換量輸入

本研究將以 UCODE 模式進行淨補注量、東邊側流量補注量及河川交換量之優選，以作為非穩態模式輸入之資料。

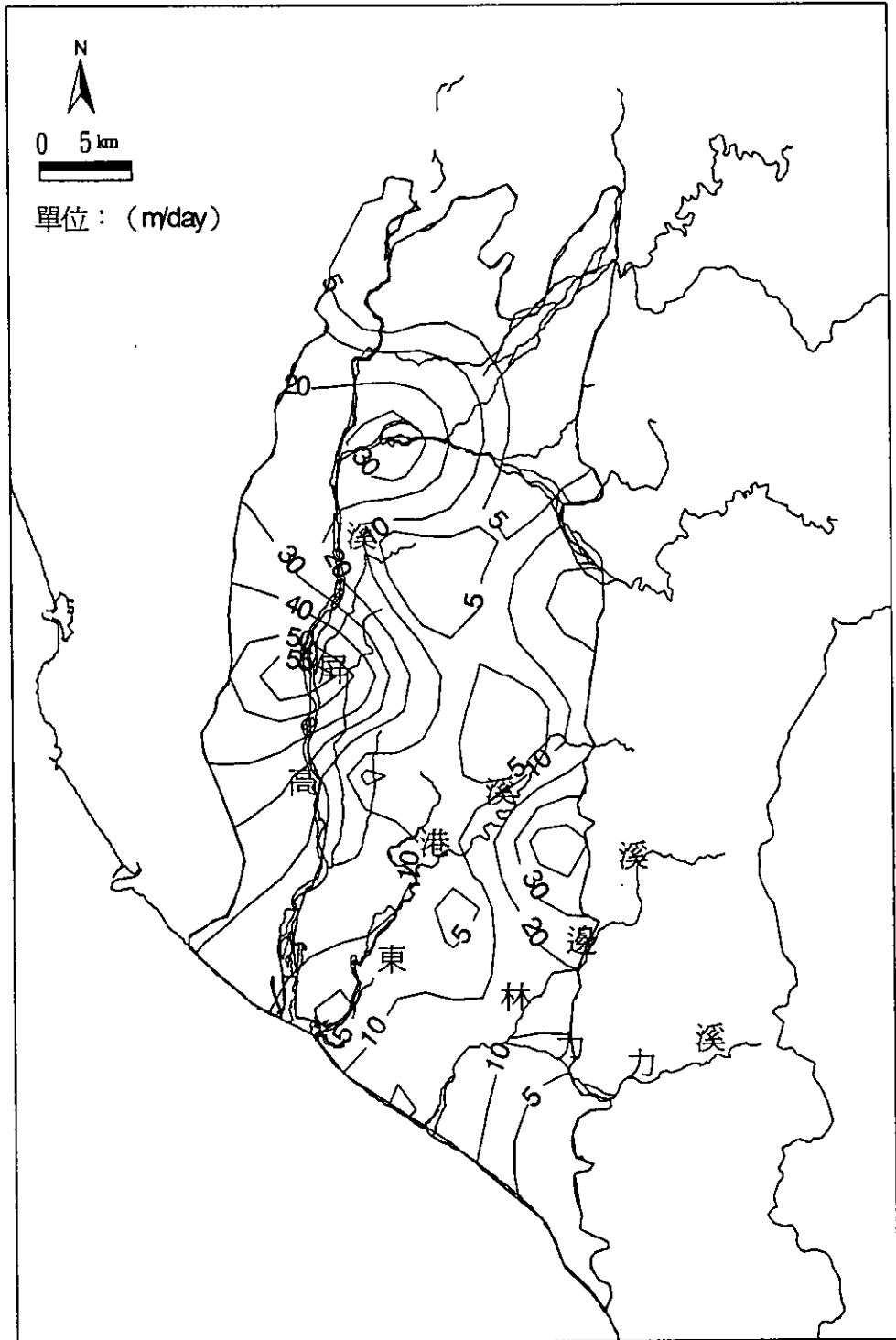


圖3.2-1 含水層二K值之等值線圖

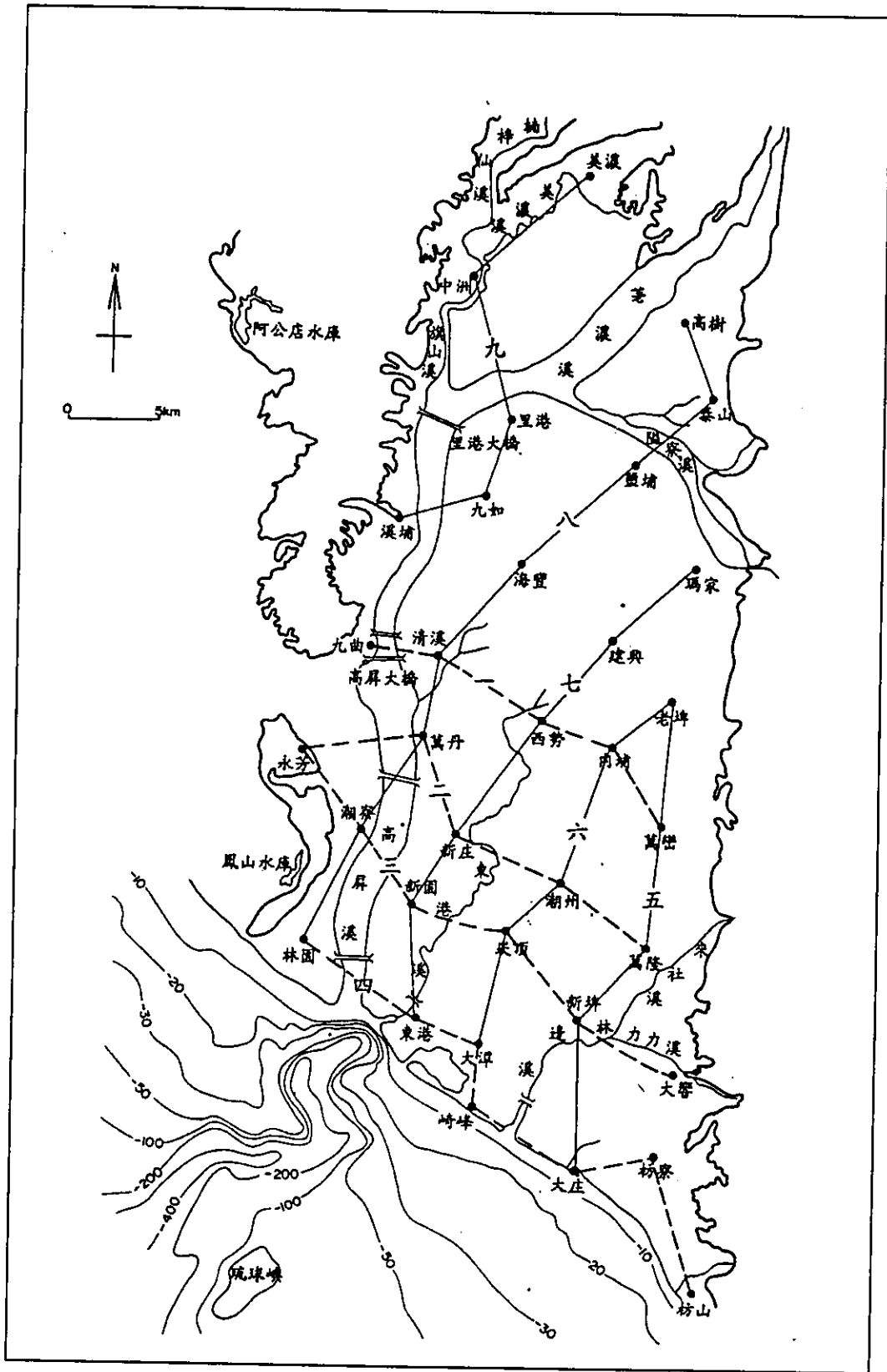


圖 3.2-2 水文地質剖面平面分布圖

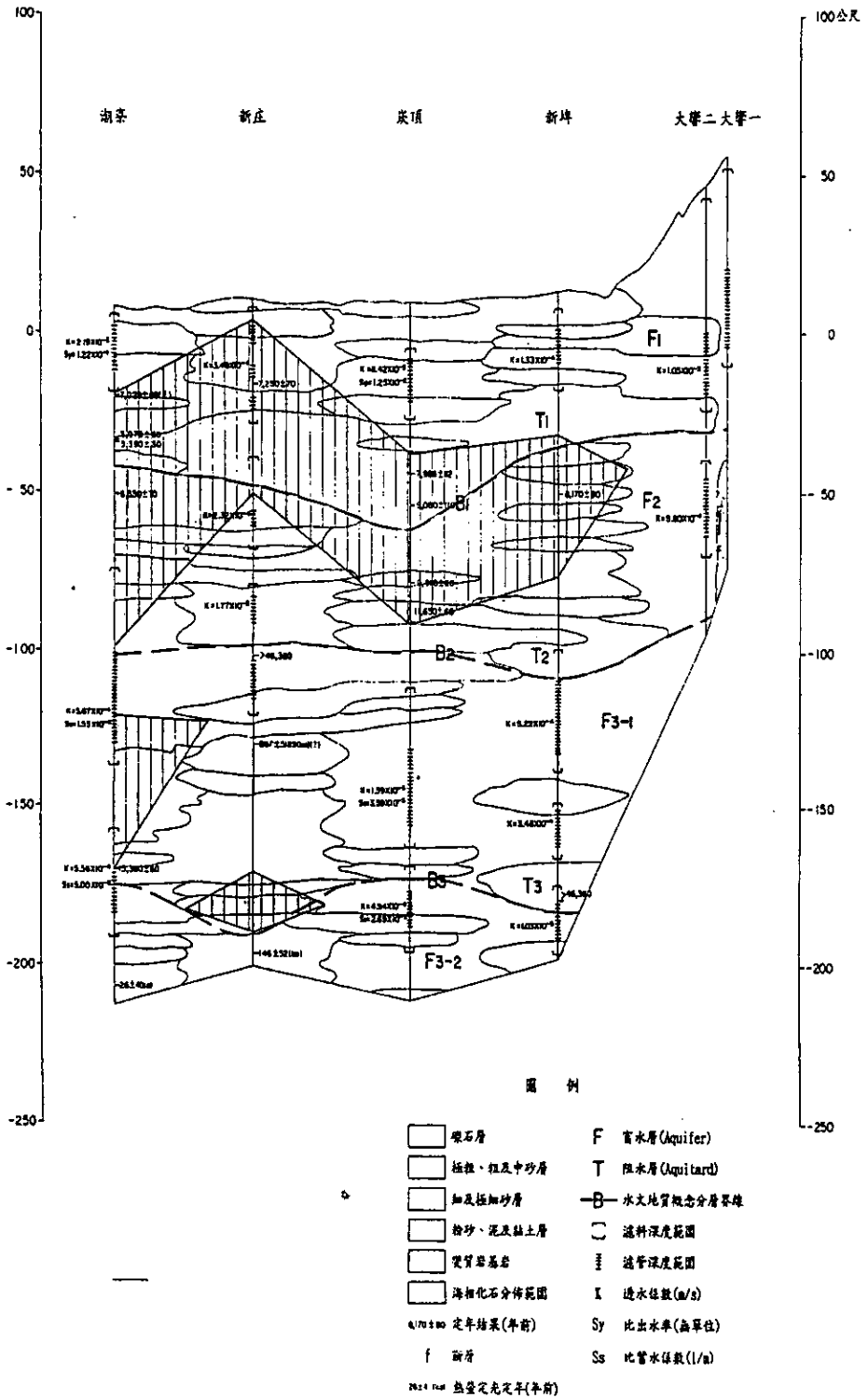


圖 3.2-3 屏東平原水文地質剖面一

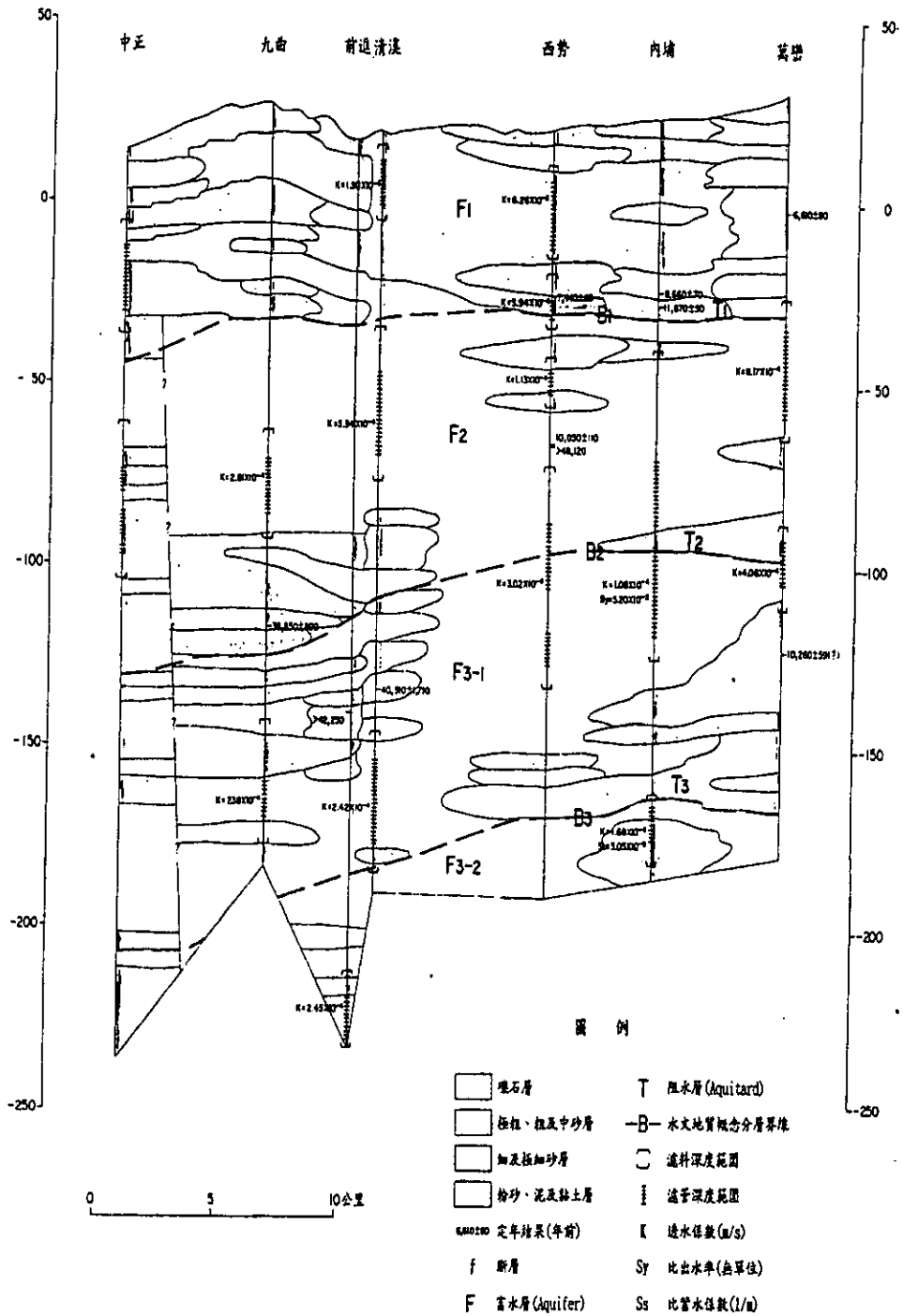


圖 3.2-4 屏東平原水文地質剖面二

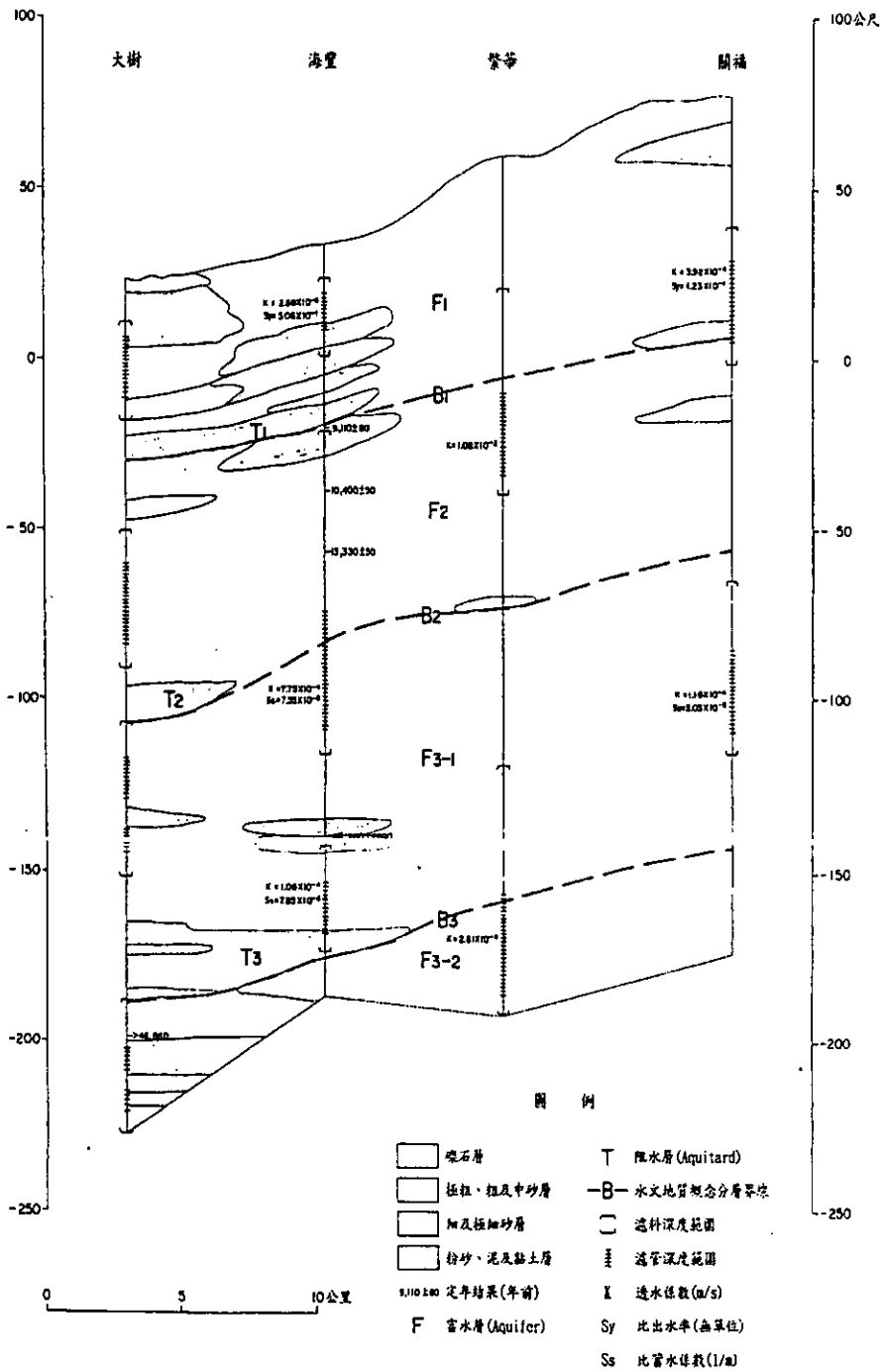


圖 3.2-5 屏東平原水文地質剖面三

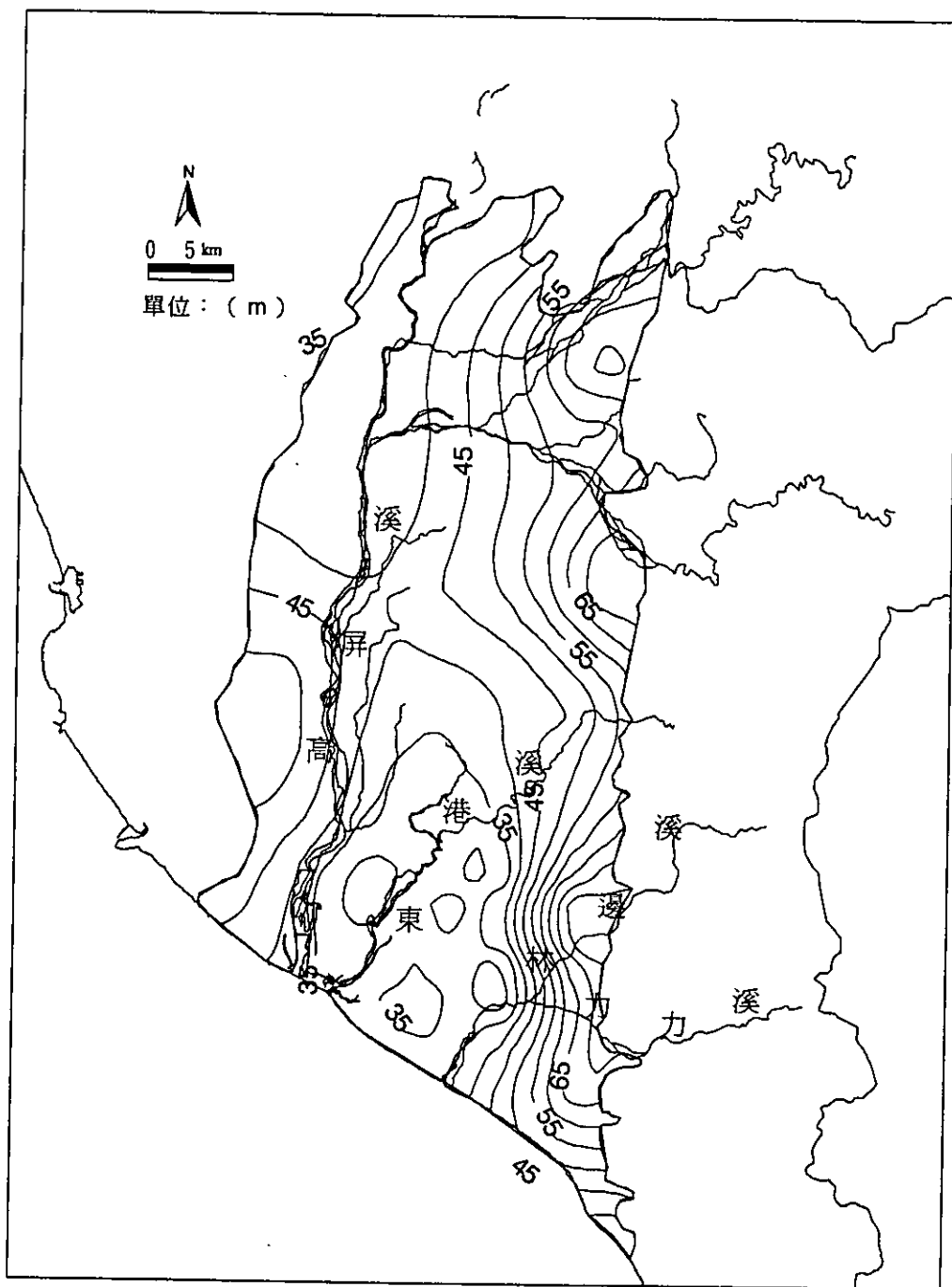


圖3.2-6 模式第一分層(含水層一)厚度等值圖

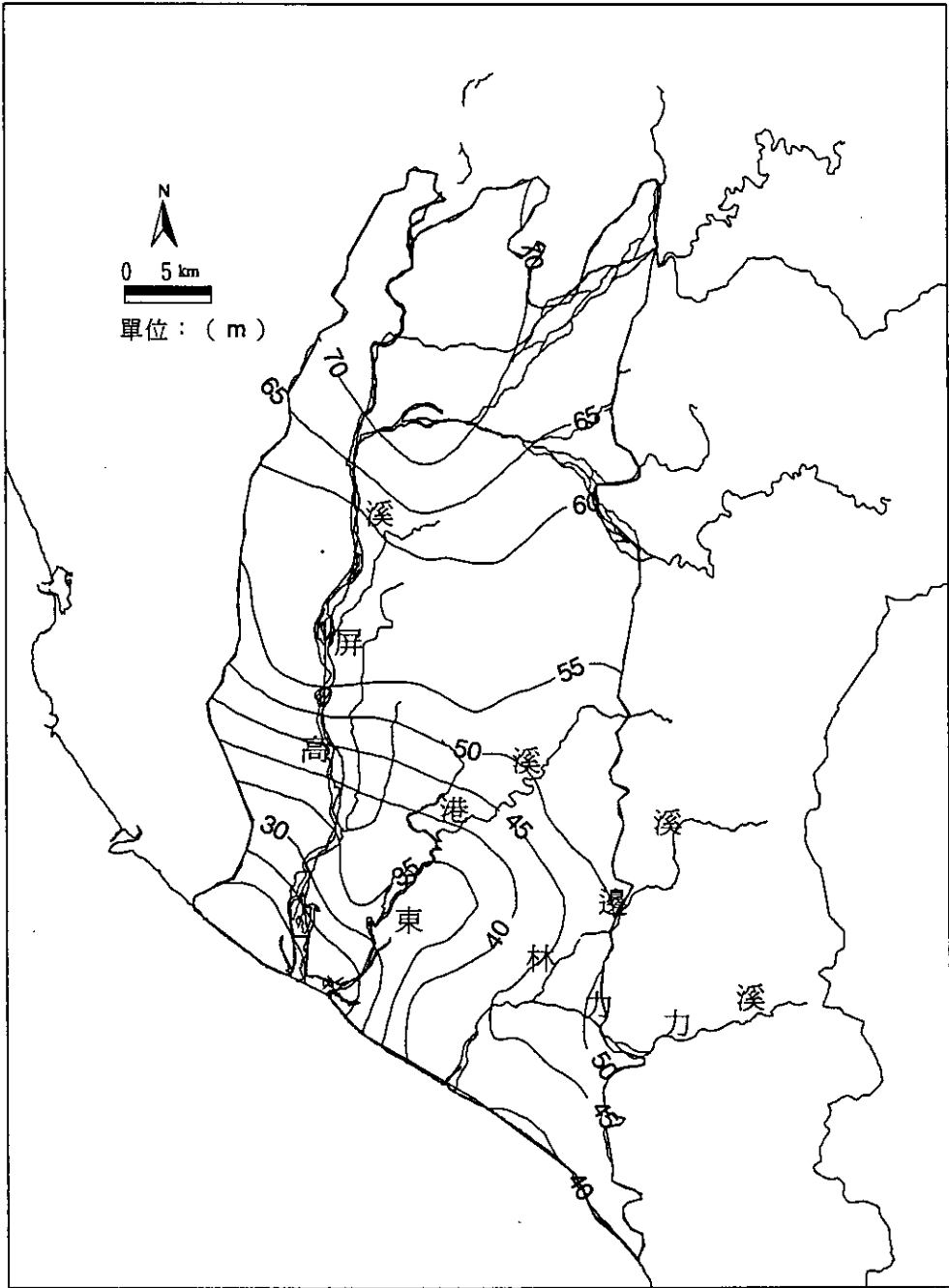


圖3.2-7 模式第三分層(含水層二)厚度等值圖

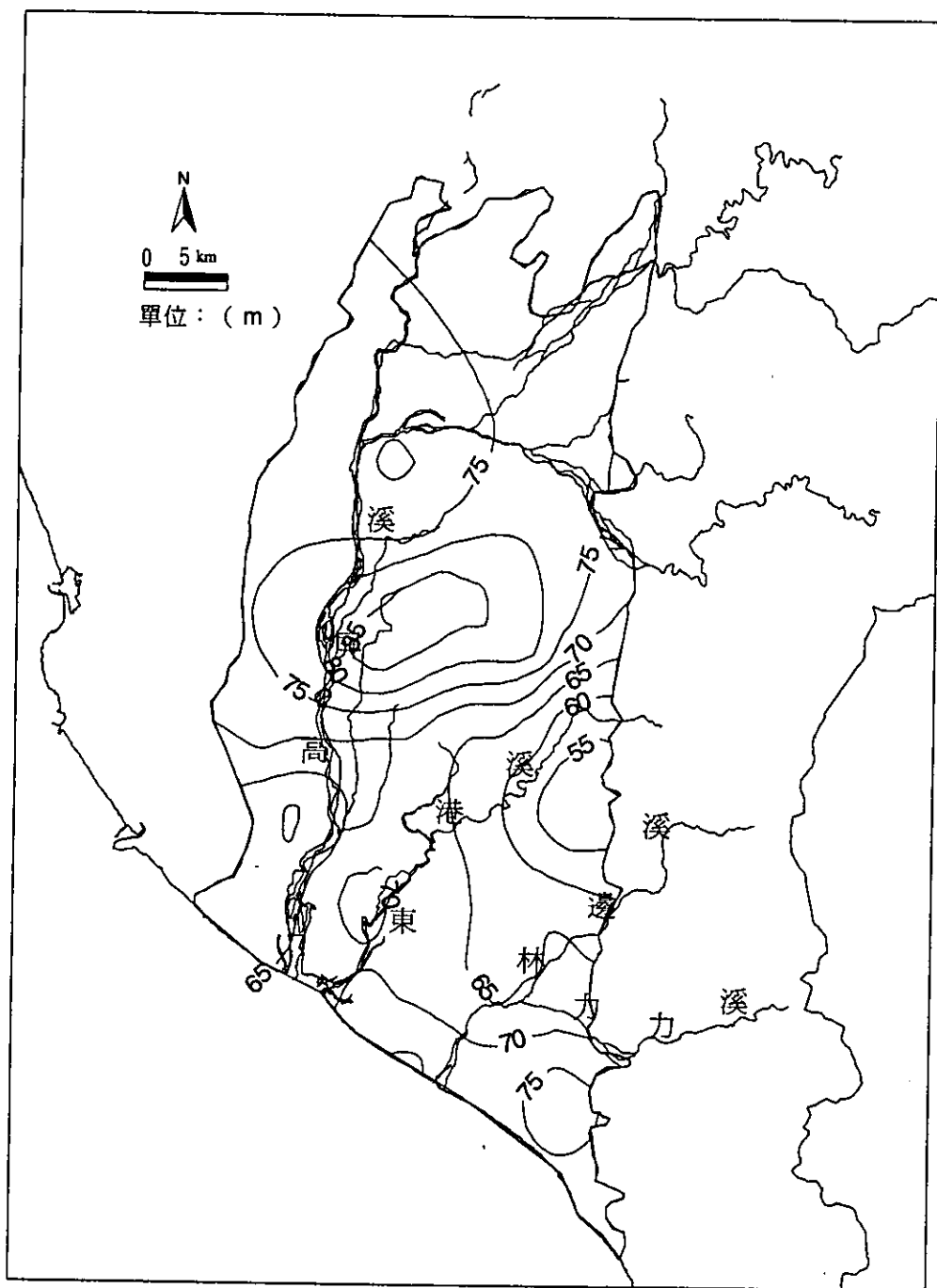


圖3.2-8 模式第五分層(含水層三之一)厚度等值圖

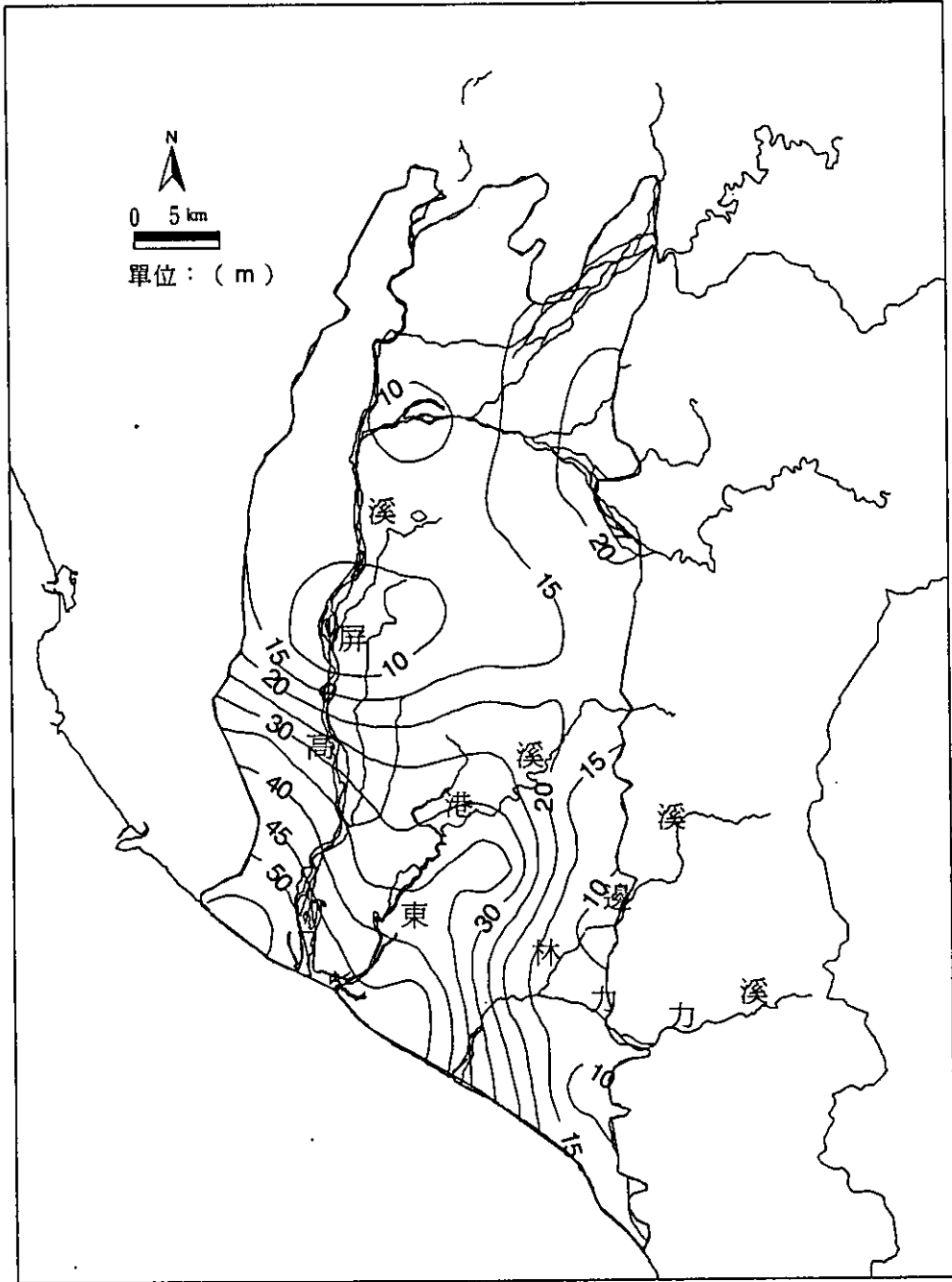


圖3.2-9 模式第七分層(含水層三之二)厚度等值圖

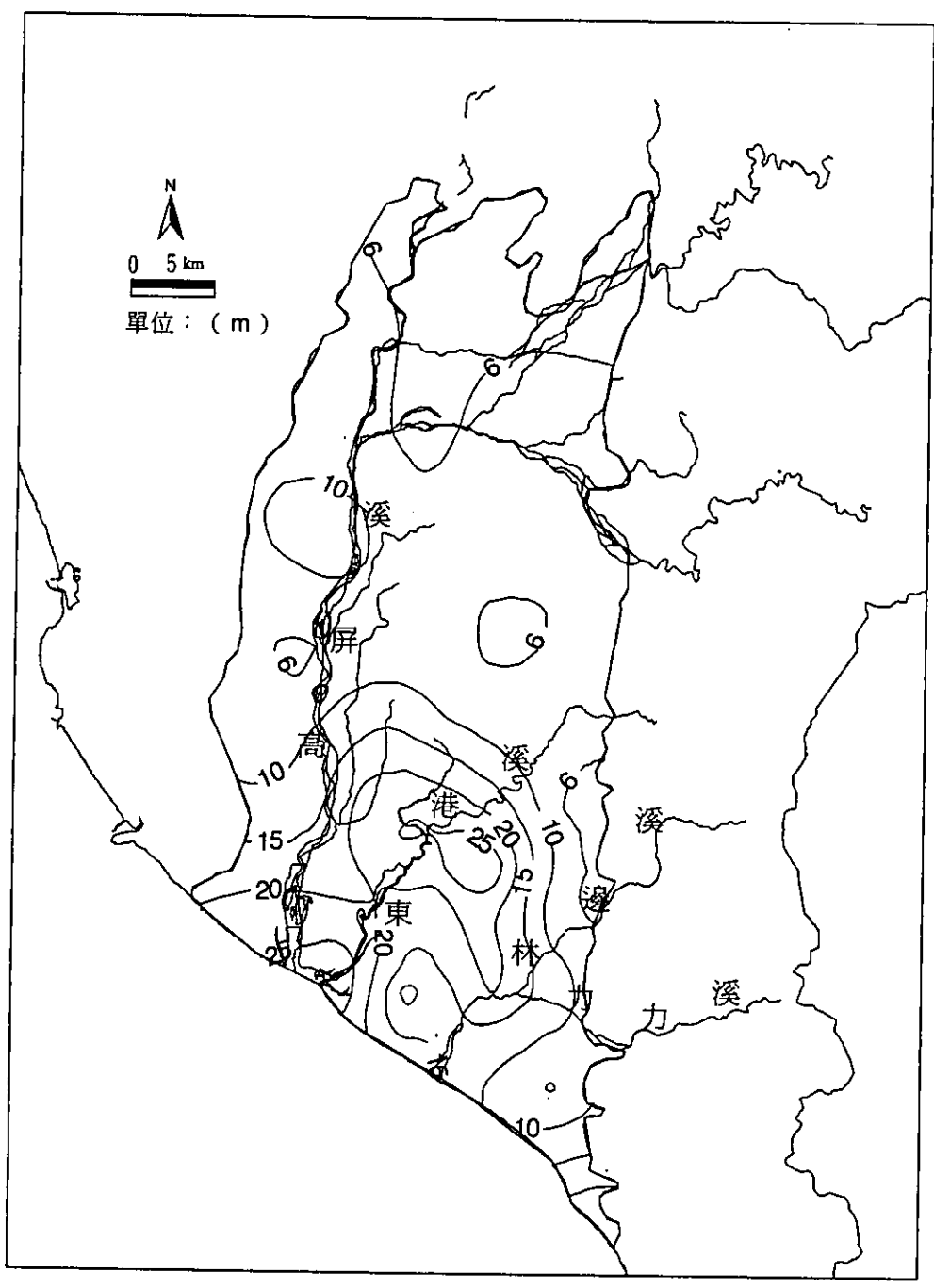


圖3.2-10 模式第二分層(阻水層一)等值圖

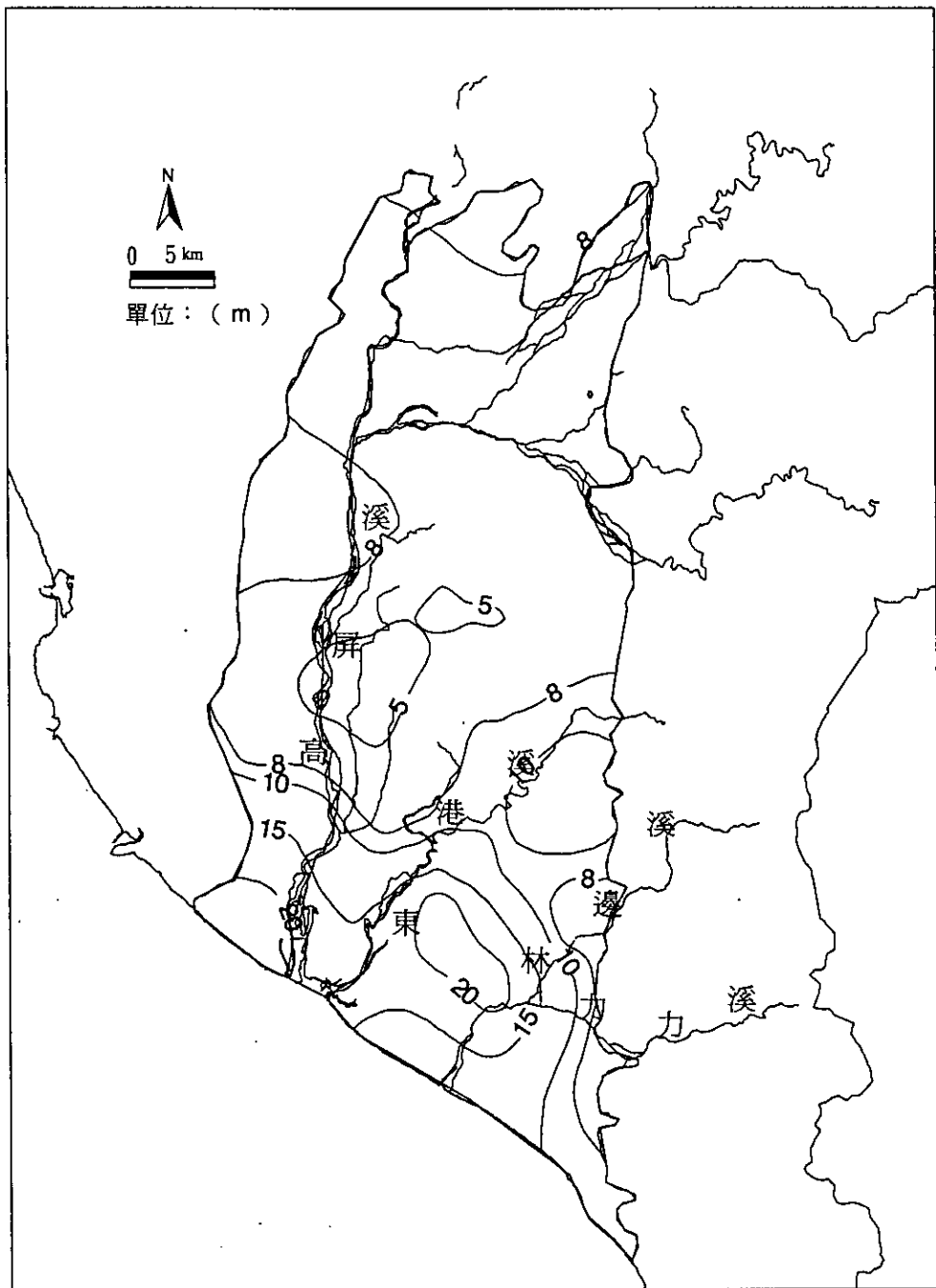


圖3.2-11 模式第四分層(阻水層二)厚度等值圖

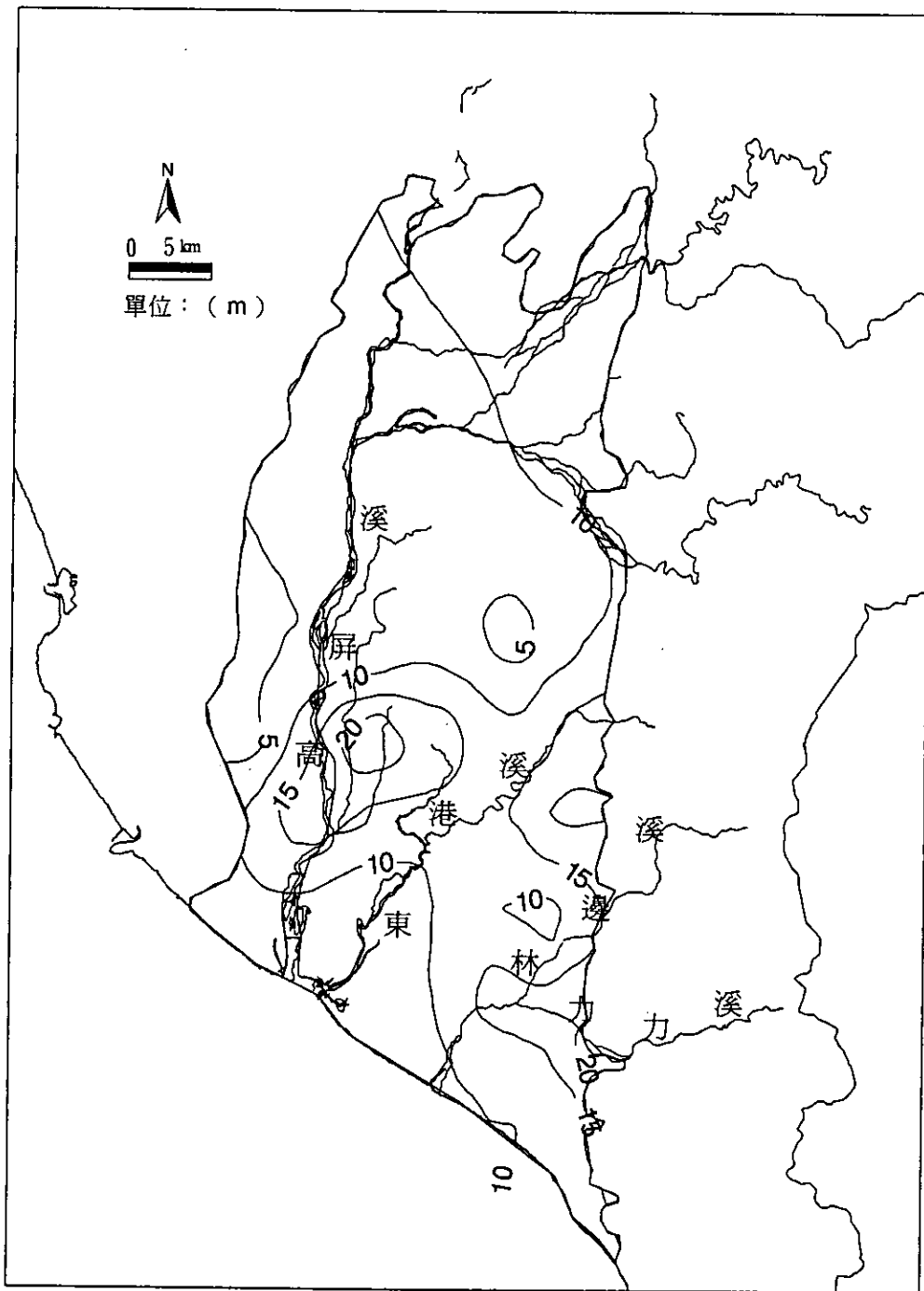


圖3.2-12 模式第六分層(阻水層三)厚度等值圖

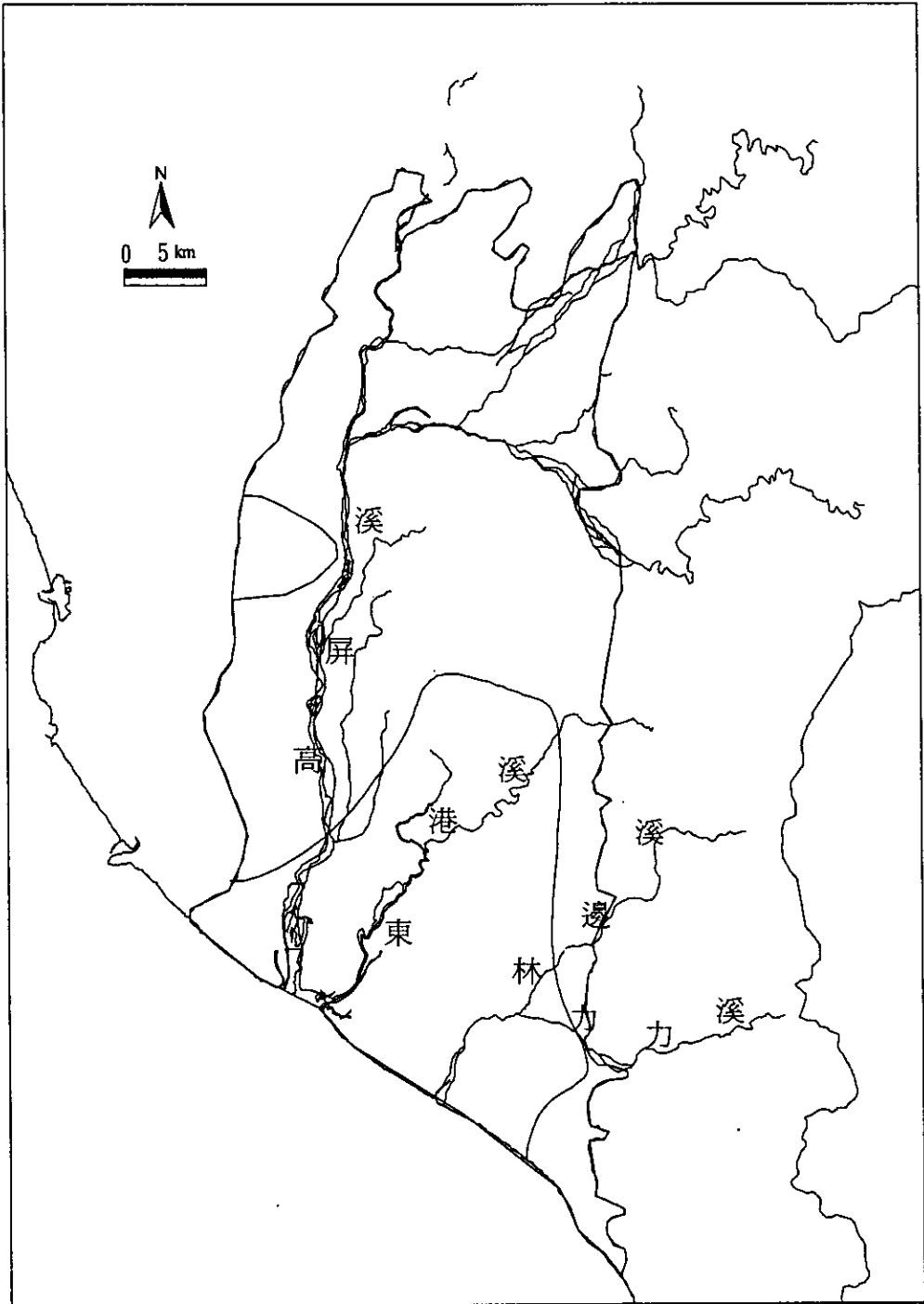


圖3.2-13 屏東平原阻水層一分佈圖

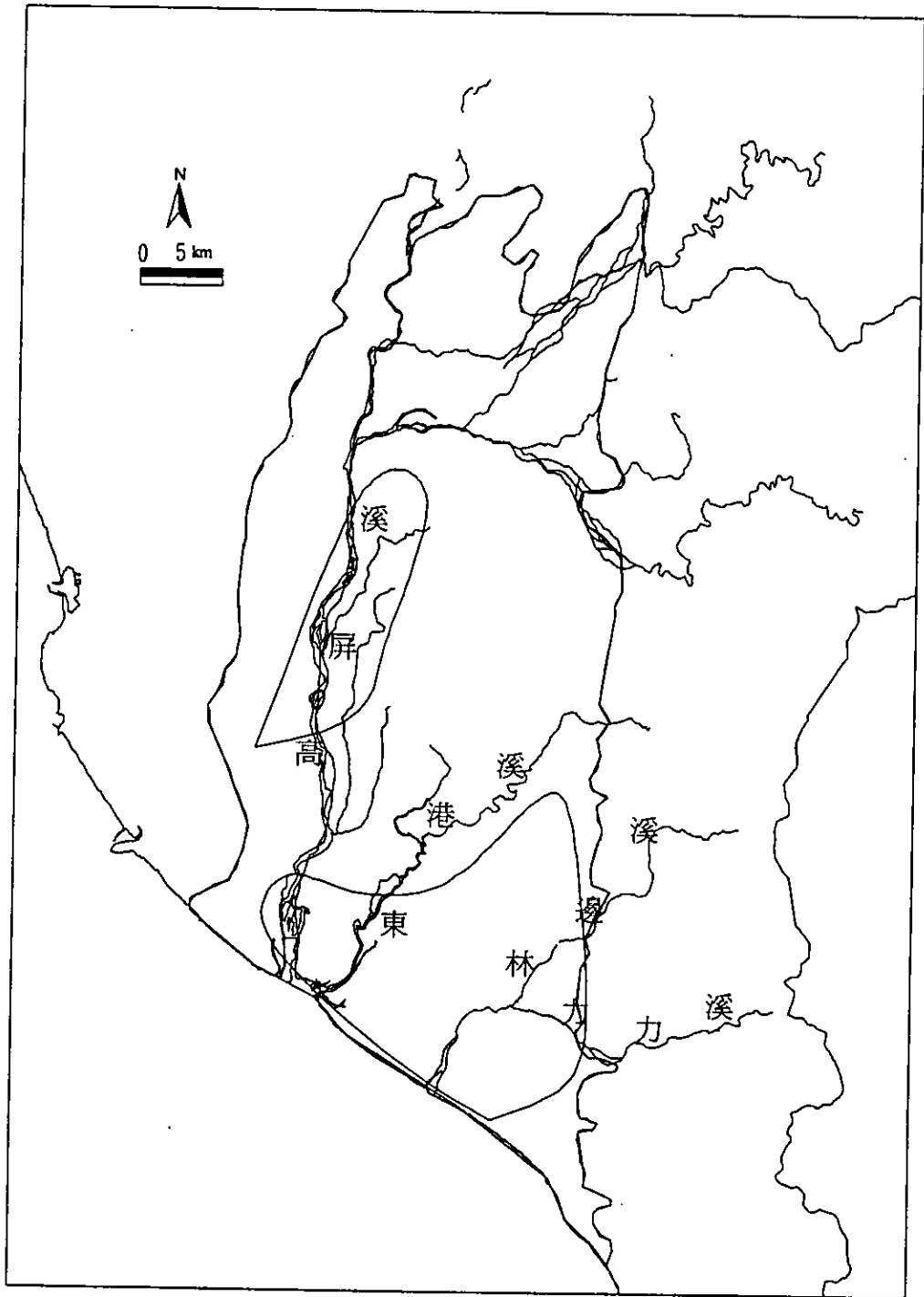


圖3.2-14 屏東平原阻水層二分佈圖

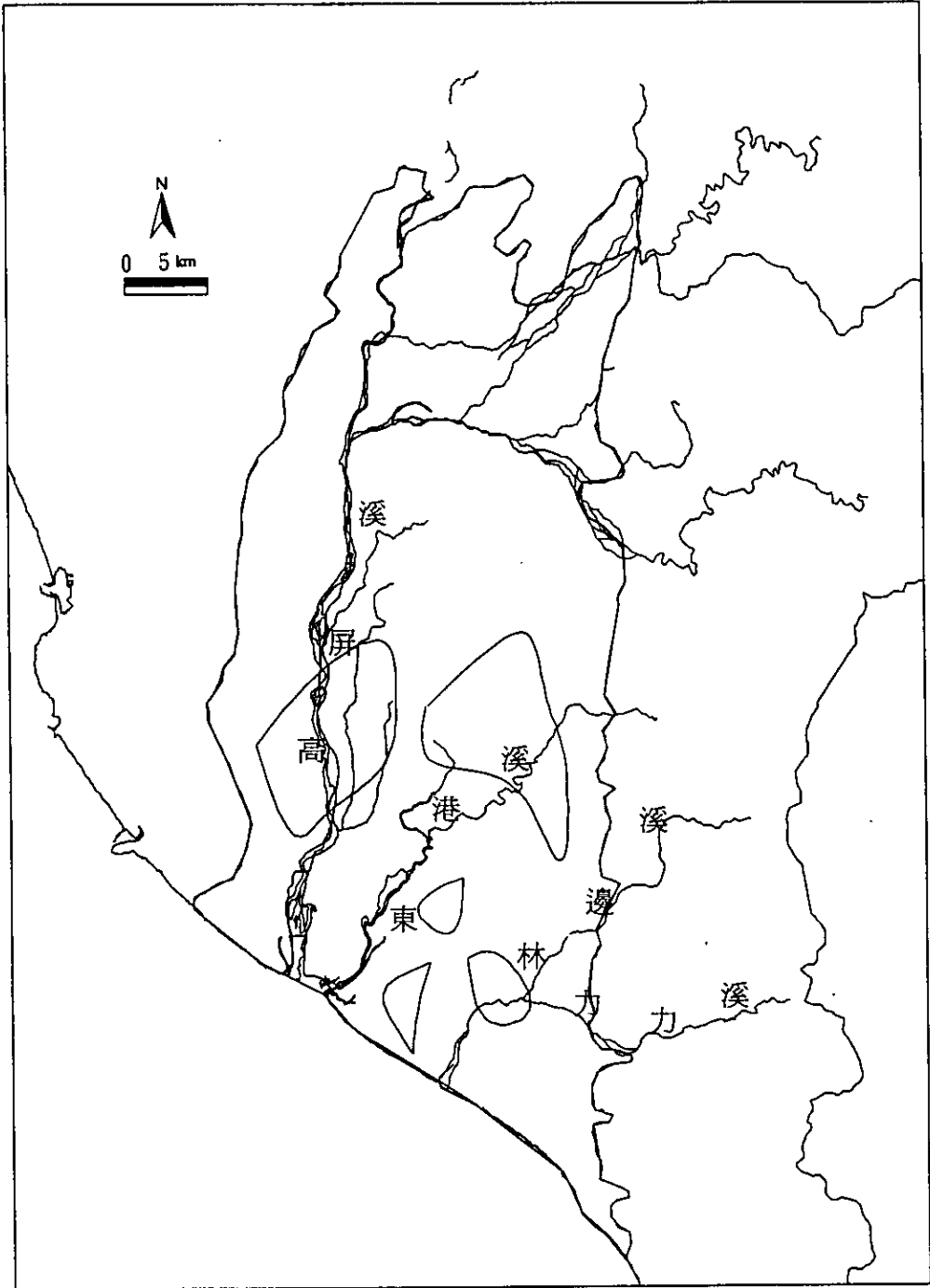


圖3. 2-15 屏東平原阻水層三分佈圖

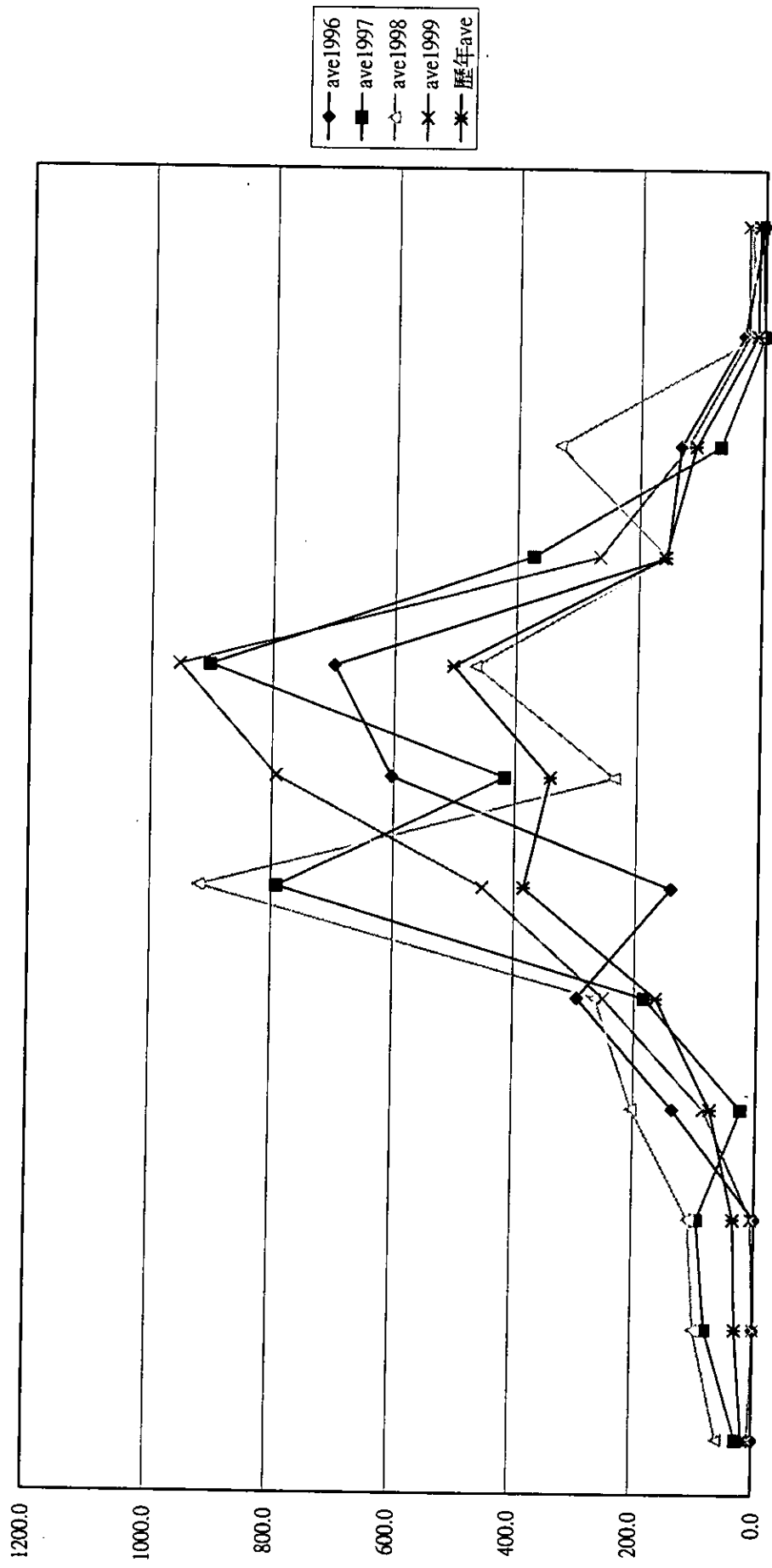


圖 3.2-16 長期降雨與近五年降雨資料比較結果

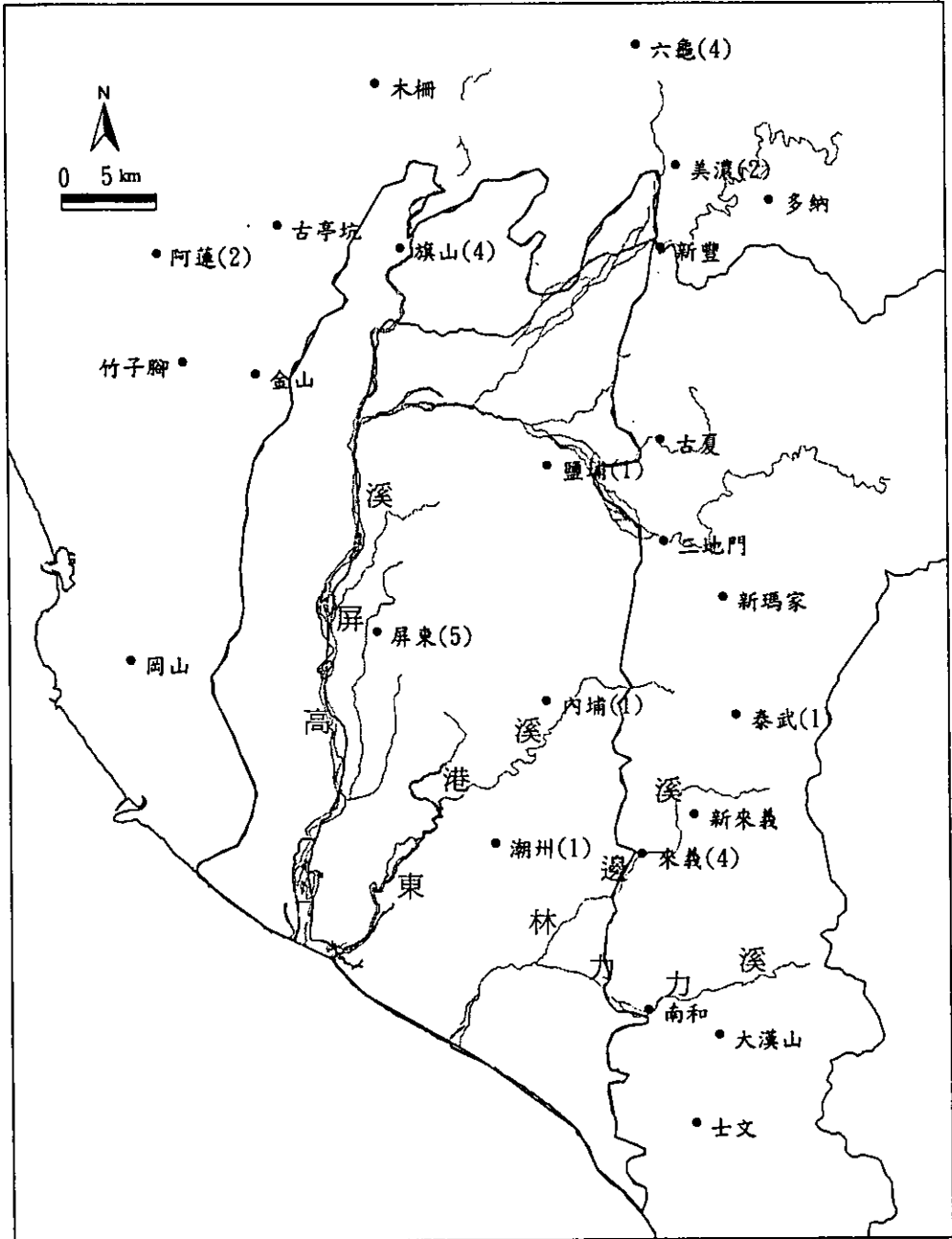


圖3.2-17 屏東平原雨量站分布圖

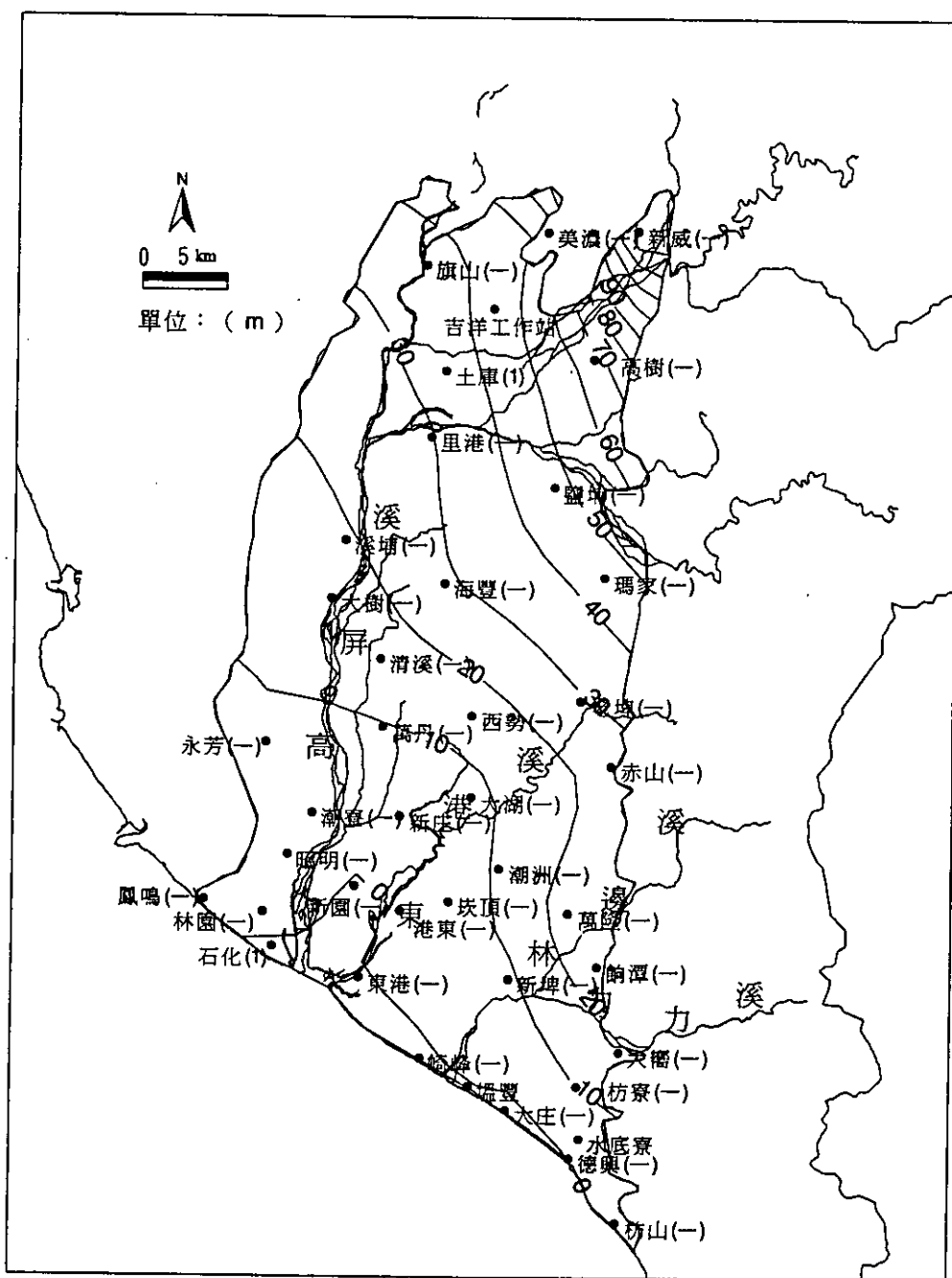


圖3.2-18 屏東平原含水層—初始水頭的等值線圖

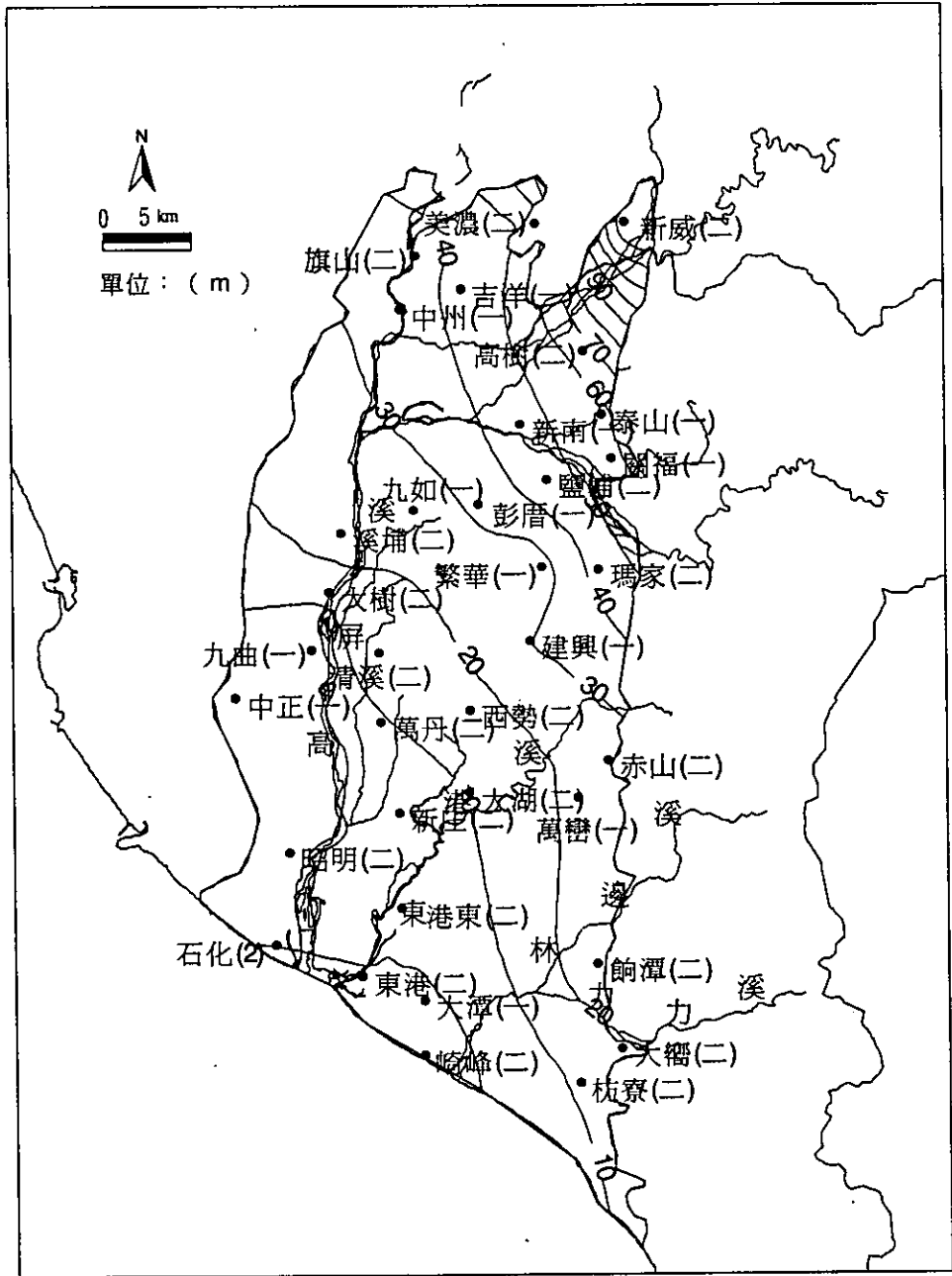


圖3.2-19 屏東平原含水層二初始水頭的等值線圖

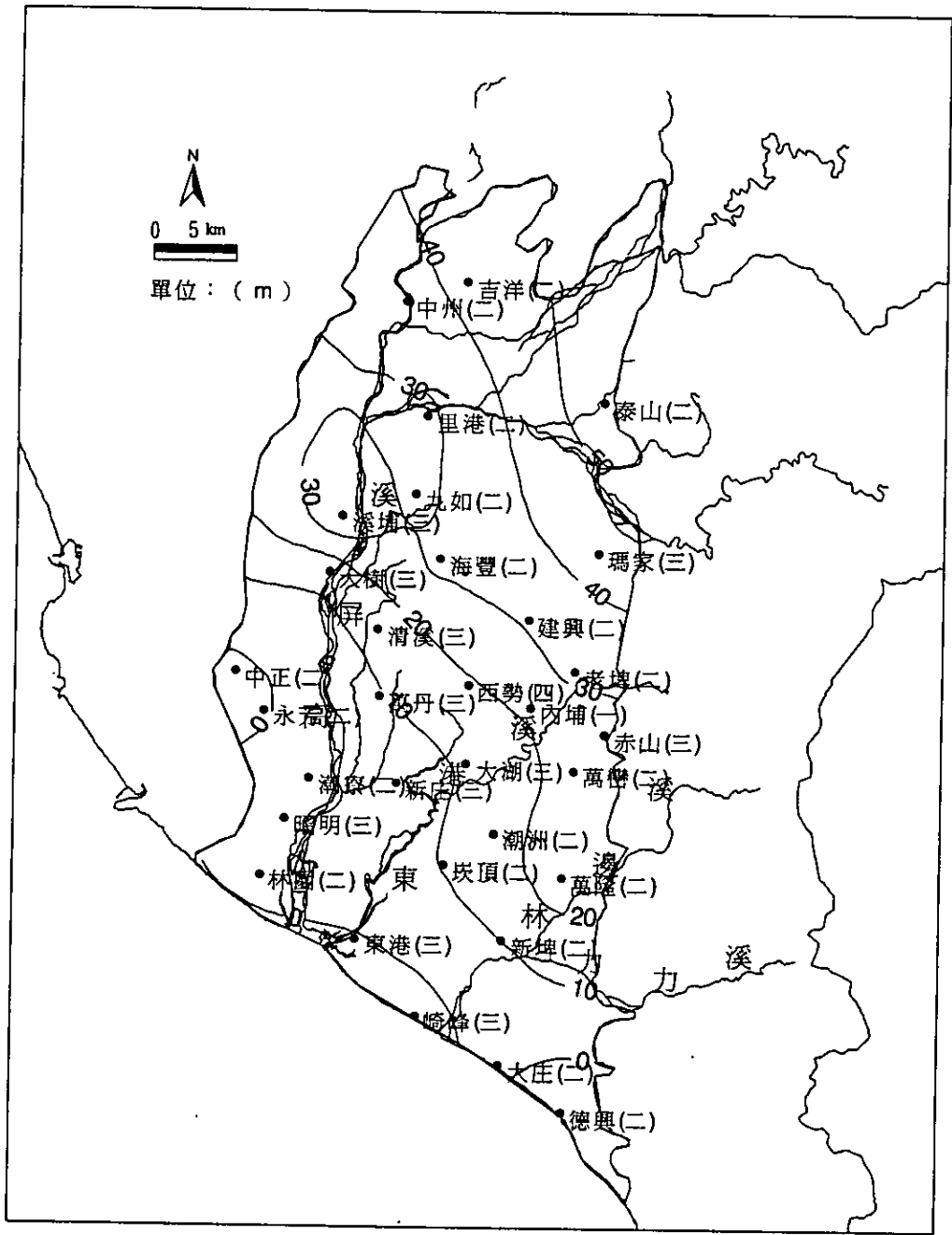


圖3.2-20 屏東平原含水層三之一初始水頭的等值線圖

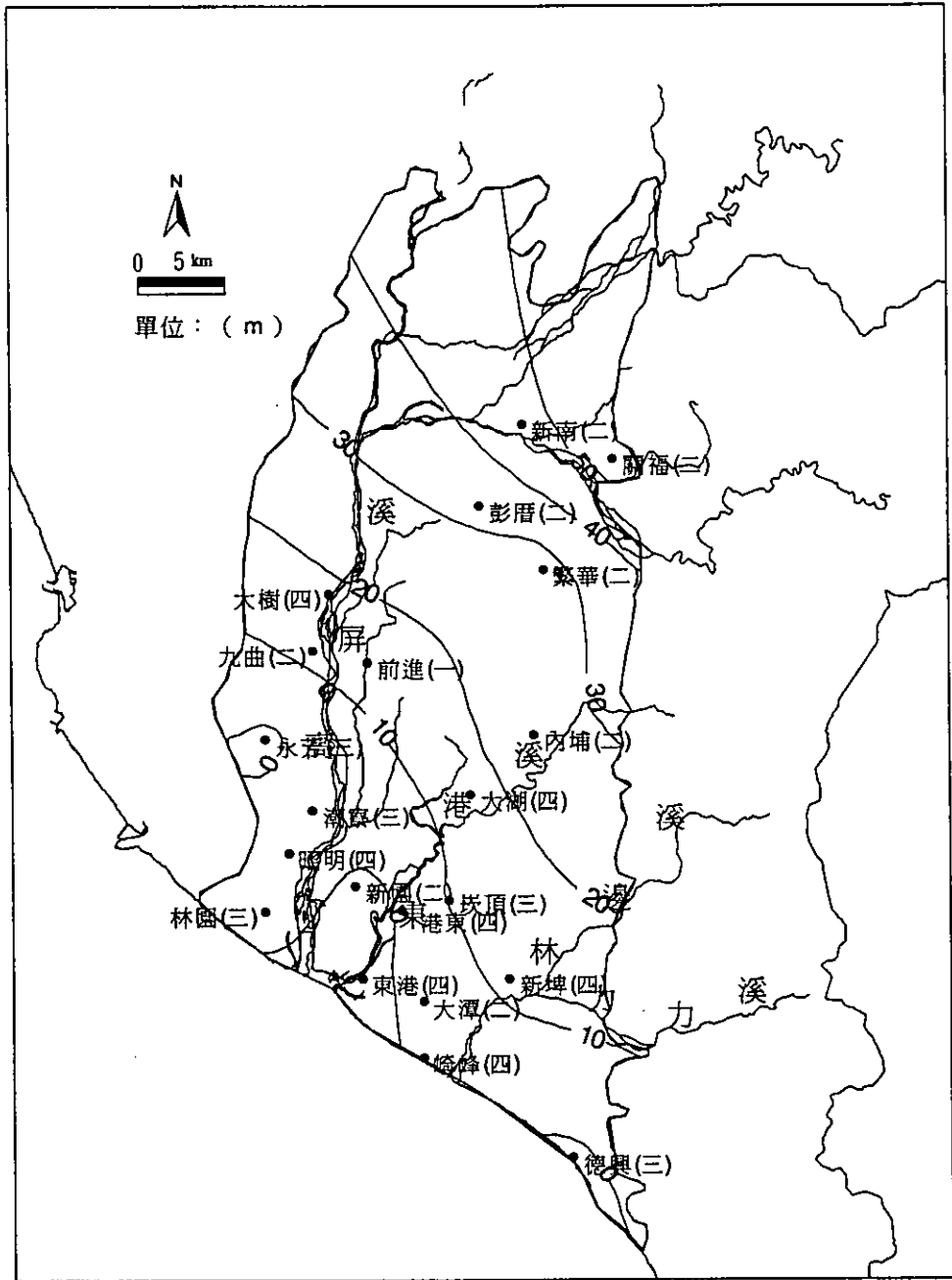


圖3.2-21 屏東平原含水層三之二初始水頭的等值線圖

3.3 推估淨入滲量及側流量

本研究建立 UCODE 迴歸模式，推估屏東平原之地表入滲量、東邊側流補注量及河川與地下水之交換量，做為 MODFLOW 非穩態模式輸入資料，並再進行人工率定。

根據模式參數收集及優選工作流程如圖 3.3-1，在此將詳細說明如何結合 GIS 圖層及入滲公式之地表入滲量推估結果、地下水數值模式及 UCODE 參數優選模式，來推估地下水區補注量(地表、河川交換量、側流量)及抽水量。此方法與其它即有相關研究計畫最大之不同處，即期望藉由觀測井網之水文地質參數及地下水位記錄配合 GIS 圖層來推估補注量與抽水量。推估地下水區補注量(地表、河川交換量、側流量)及抽水量步驟如下：

1、由 GIS 圖層及入滲公式推估地表入滲量

此工作項目之作法已於由前述之工作流程中說明。

2、以淺層地下水模式配合 UCODE 進行淨補注量、河川交換量、側流量優選

首先配合研究區域之水文地質架構，建立淺層地下水流數值模式。另外，本研究雖應用 UCODE 來推估水流模式中的參數，但是若將中每個格網之抽水量都視為一個獨立參數，則其維度將太大而無法直接對其優選，因此本研究是利用分區補注量(Recharge)的形式替代抽水井來降低其維度(Dimension)。實際的地下水問題中，實測資料的數量非常有限，要利用有限的資料求出具有非常大自由度之參數分佈情形是不可能的。以下將針對模式未知參數之分佈的簡化方法加以說明。

利用有限差分法求解問題時，基本上已經把模擬區域與參數皆離散化而成為有限維度，離散化後的維度通常依舊非常大，無法利用

有限觀測資料來推求參數，因此必須配合參數化(Parameterization)的技巧先合理地降低參數維度後，才能進一步利用觀測值推求參數值。

在過去既有地下水流模擬與人工檢定的過程中，發現不確定性較大且對模擬結果影響較顯著的參數是抽水量，因此針對 UCODE 的特性在參數優選模式中先選定抽水量與入滲補注的綜合效應即地表淨補注量當作優選對象，其表示如下：

$$q = I - Q$$

其中 q : 地表淨補注率(m/s)

I : 地表入滲補注率(m/s)

Q : 自由含水層抽水率(m/s)

以下就針對所使用到參數化方法加以說明：

地表淨補注量參數化所使用的是分區(Zonation)法，本計畫將配合水區地表特性來進行地表淨補注量之分區。屏東平原之分區原則為配合高屏溪、隘寮溪及荖濃溪、旗山溪及美濃溪、東港溪、林邊溪等流域範圍，再參考以第一含水層觀測水頭零位線以西的範圍，區分為六個區域如圖 3.3-2 所示，並假設每區淨補注率型態類似而視為均勻補注或抽水，所以在每個抽水區的格網均給予相同的淨補注率。

另外，由於水區之周圍邊界可能大量的地下水量自平原周圍山區之邊界岩盤入滲至平原內，規劃將於邊界部份以補注井模擬其側流量之補注效應。屏東平原將分別在高屏溪、東港溪及林邊溪上游出山口處共虛擬四個補注井如圖 3.3-2 所示。最後，因地表河川與地下水之交換量不易估算，規劃只考慮水區主要河川，並將河段區分為上、中、下游三段，以降低優選參數之維度如圖 3.3-2 所示。

3、淺層地下水模式參數率定

由 2、之工作中，可得出淨補注量、河川交換量及側流量、輸入淺層地下水模式中，進一步配合模式人工率定。在參數率定時，原則

上水文地質參數如 K 值、S 值先不給予調整，而是以格網方式人工率定所優選出之淨補注量、河川交換量及側流量。最後，再配合 1、之推估結果，得出地表補注量、河川交換量、第一層側流量及淺層抽水量。

4、以多層地下水模式配合 UCODE 進行抽水量優選

將 3、經人工率定之淺層地下水模式擴充至多層地下水模式，其中地表補注量、河川交換量、第一層側流量不再變動，進行各層分區抽水量及側流量之優選(可同時各層各區抽水量優選或各層抽水量以固定比例分區優選)。

5、多層地下水模式參數率定

將 4、經優選後之抽水量，輸入多層地下水模式，再配合模式人工率定方式，得出各層抽水量及側流量。

地下水模式模擬結果如圖 3.3-3 至 3.3-6 所示，其中圖 3.3-3 為模擬及觀測地下水水位歷線比較，圖 3.3-4 為含水層一之模擬及觀測地下水水位等位線比較，由地下水水位比較之結果顯示，模擬及觀測地下水水位誤差極小，所以該模式可以充分模擬 1999 年現地地下水流況，並計算各含水層每月每口井之平均誤差絕對值，含水層一之每口井平均誤差為 0.101 公尺，含水層二及三每口井平均分別為 0.40 及 0.85 公尺，發現淺層含水層模擬水位誤差較深層含水層為小，深層含水層可能為誤差累積所致。配合第二章所推估 1999 年地表補注量，分離淺層淨補注量，計算高屏溪河床補注、山區側流量、邊界補注量及分區抽水量，由計算結果顯示高屏溪河床補注在河川上游與下游這兩個河段為河川補注地下水，而中間河段為地下水補注河川。邊界補注量及山區側流量受季節影響較大以豐水季節補注量較大，抽水量則在枯水季較大，三月抽水量最大，豐水季節抽水量較小。其中抽水量

為 17.73 億噸，主要以含水層二之抽水量最大；邊界補注量為 7.85 億噸，地表補注量為 4.74 億噸，山區側流量為 5.14 億噸，高屏溪河床入滲量 0.45 億噸，代表地下水補注河川。

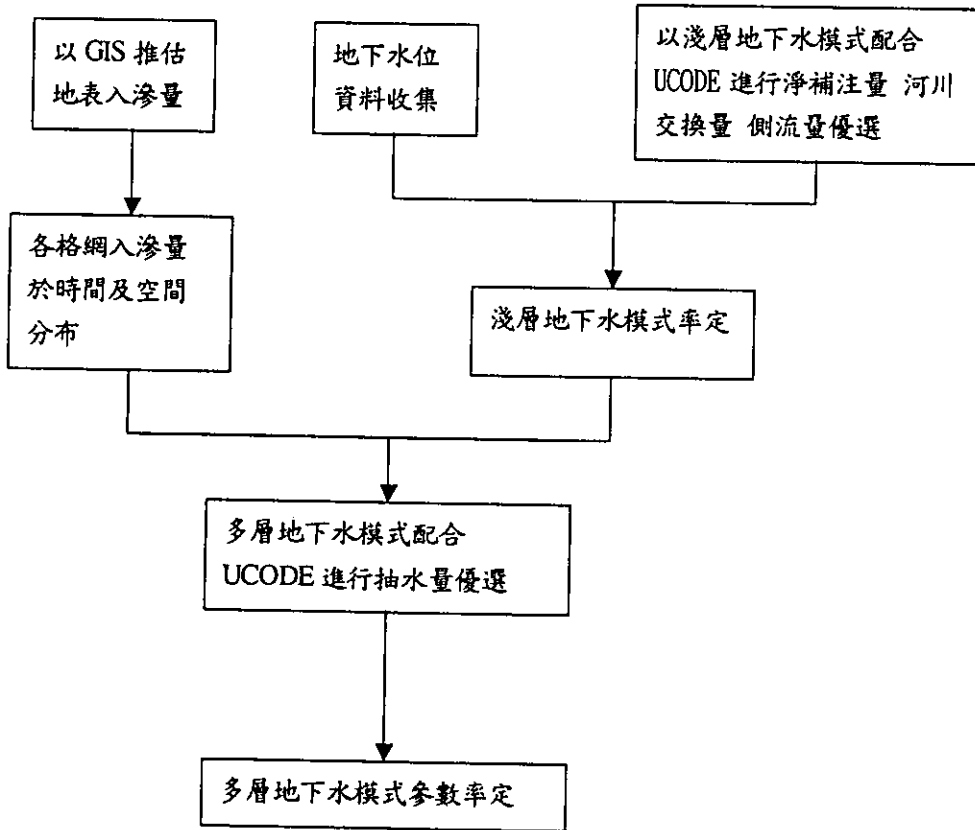


圖 3.3-1 模式參數收集及優選流程

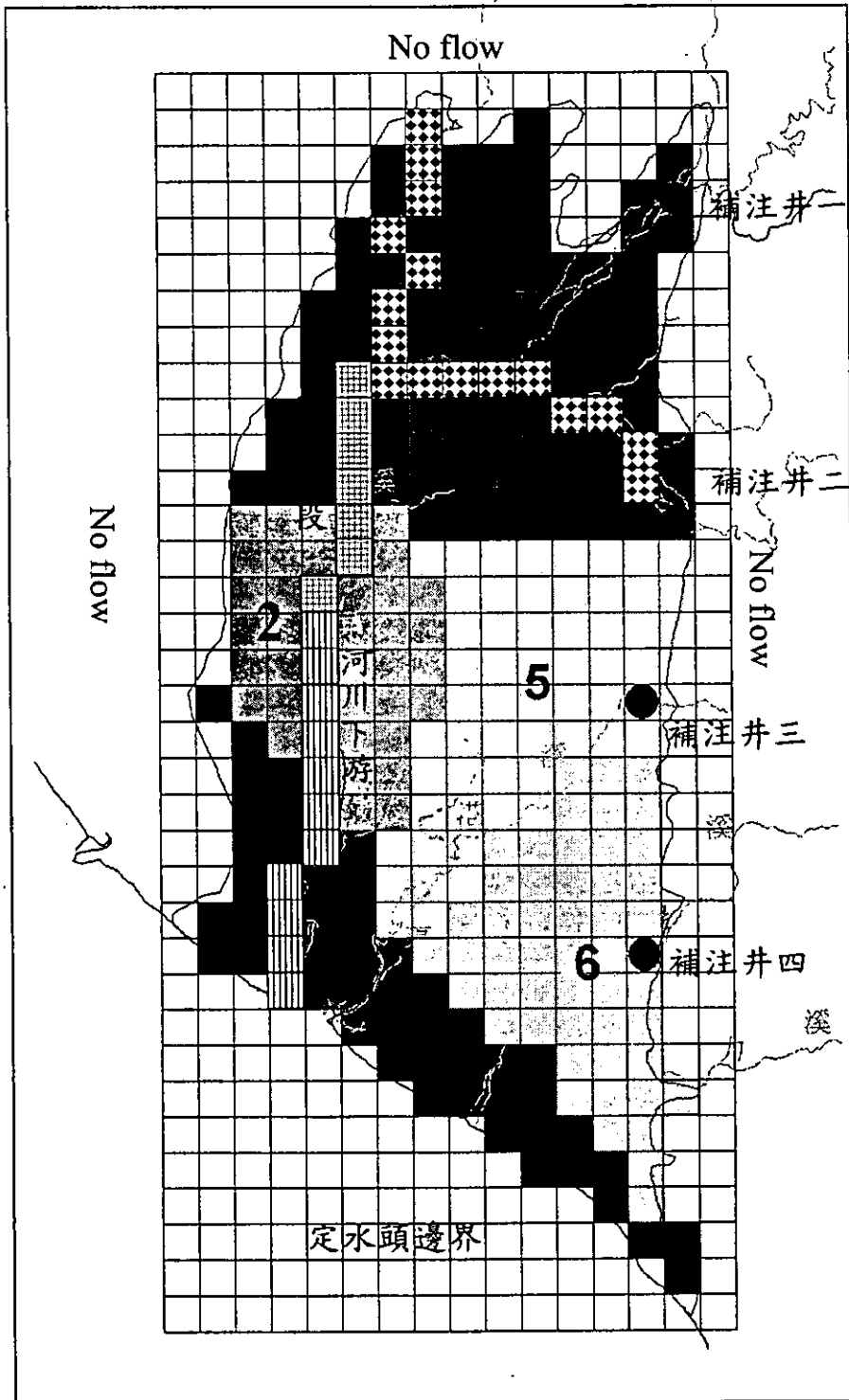


圖 3.3-2 屏東平原淨補注量分區、河川河段分區及東邊側流補注井
位置圖

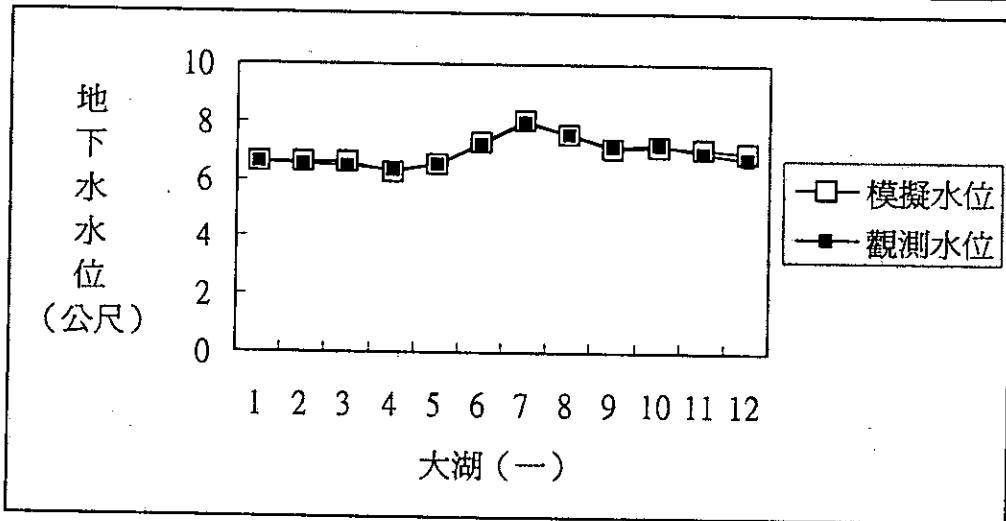
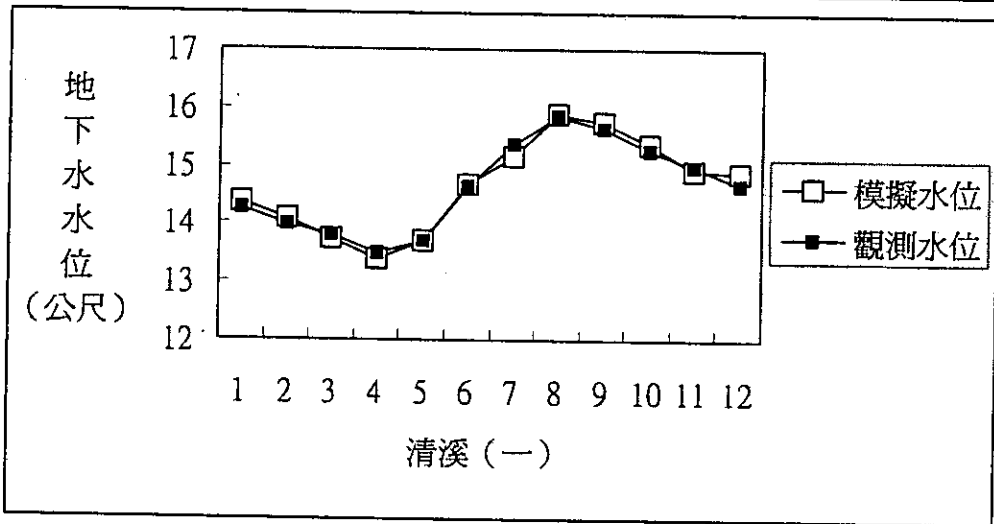
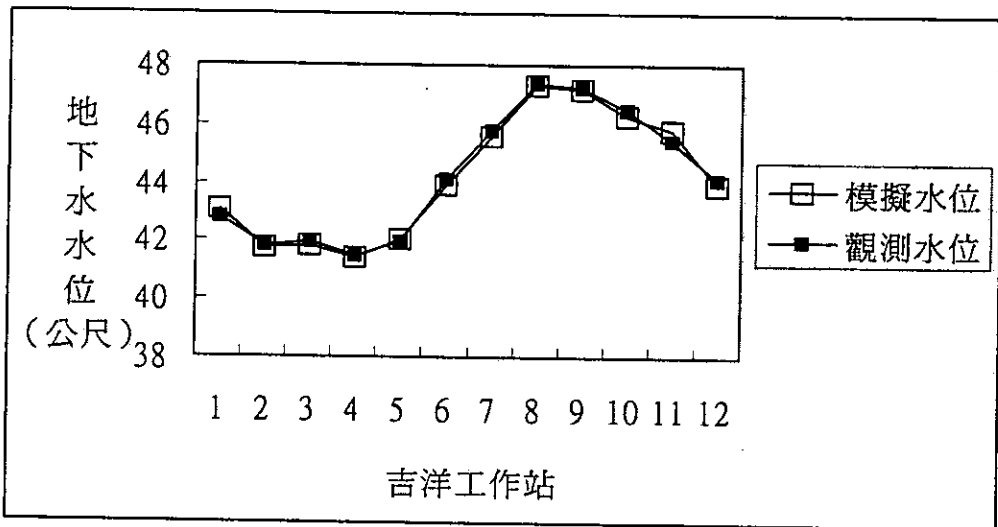
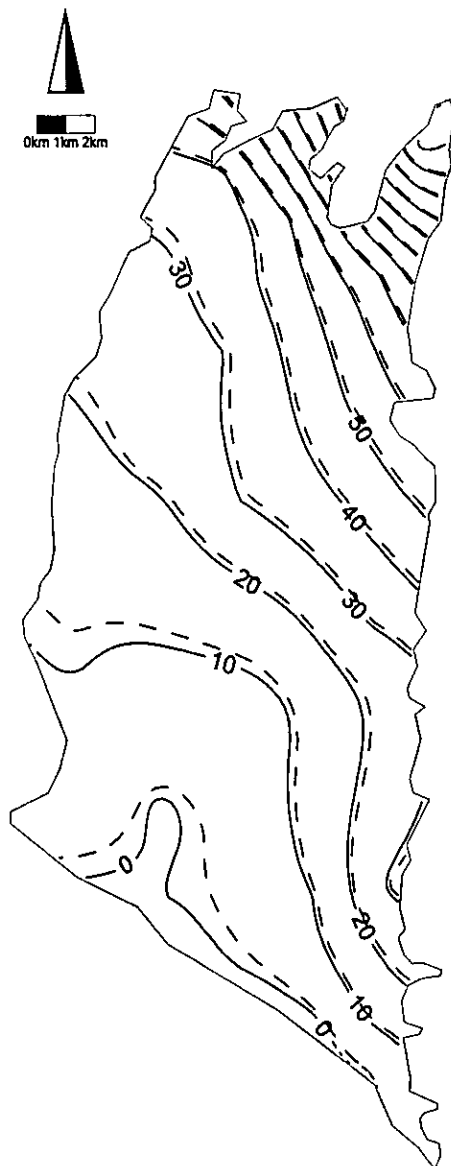
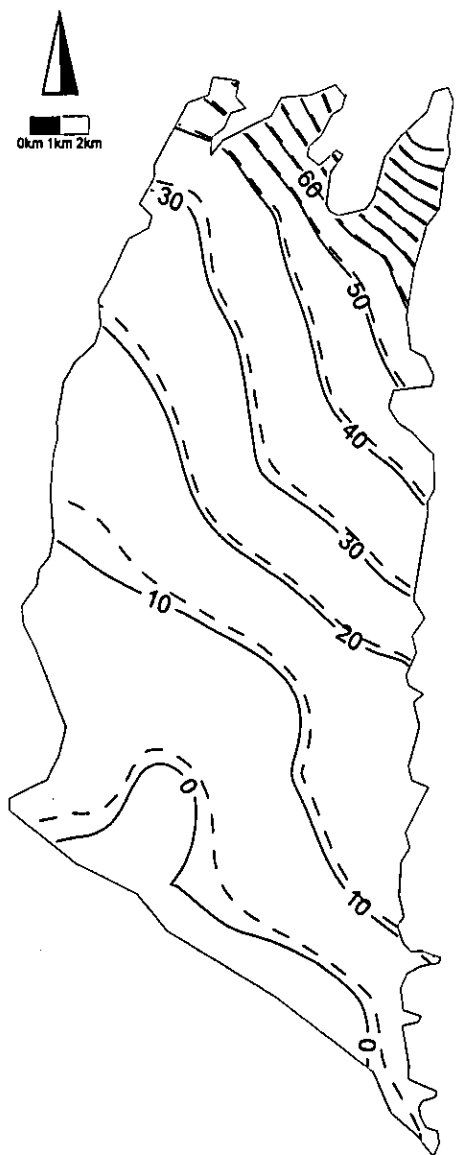


圖 3.3-3 模擬及觀測地下水水位歷線



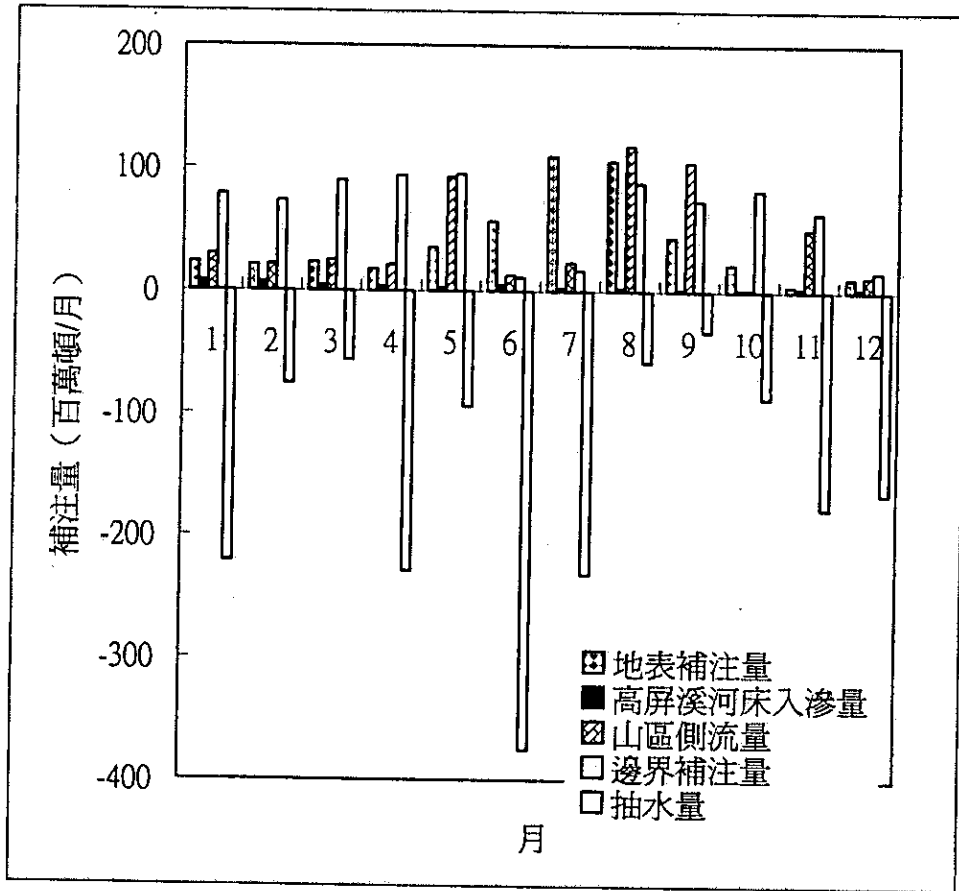
實線為模擬水位

虛線為觀測水位

(A)1999年3月

(B)1999年8月

圖 3.3-4 含水層一地下水水位等水位線



註：「正值」為補注地下水層；「負值」為抽離地下水層

圖 3.3-5 各月之入滲補注量、側流量及抽水量

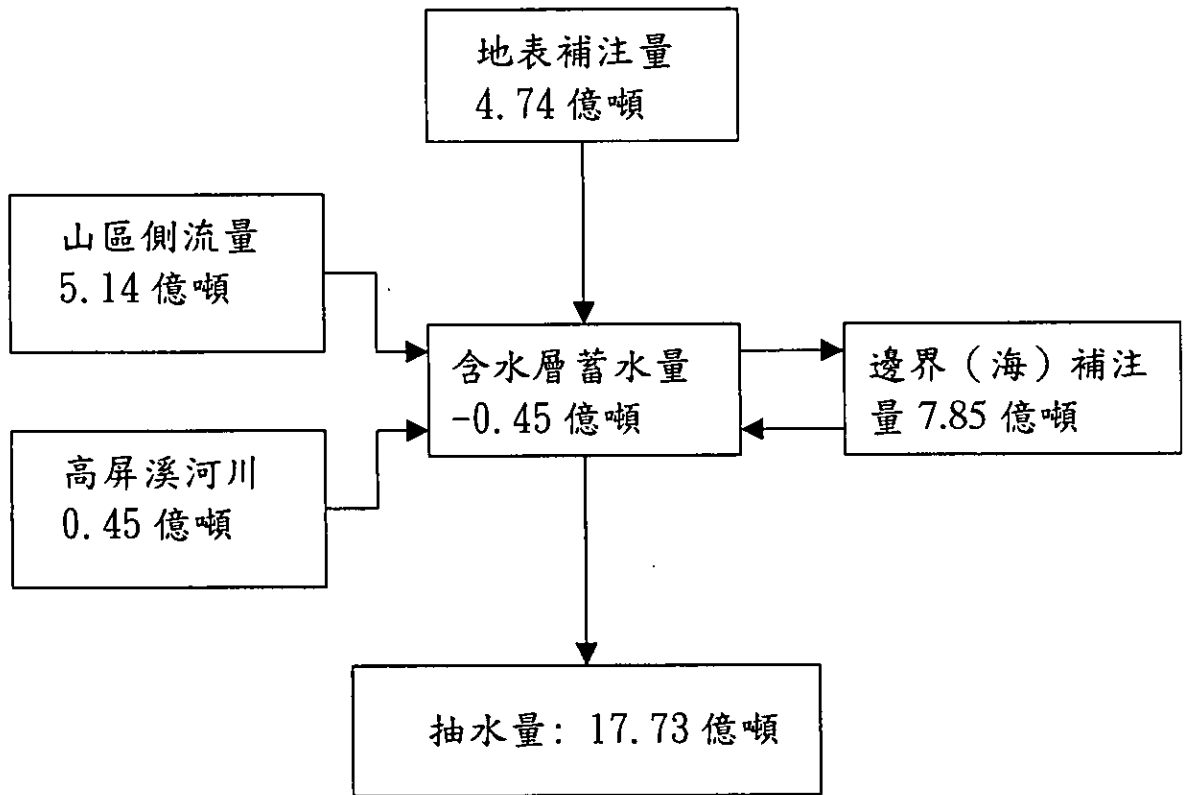


圖 3.3-6 各月之入滲補注量、側流量及抽水量

3.4 地下水潛能評估

本節將利用上節所完成之地下水模式模擬分析各月安全出水量，安全出水量之推估方式為希爾法(Hill method)，其定義為開始水位與使用一年後之水位無變化時，即為安全出水量。應用於本計畫中，將利用所建立之地下水模式，以模式所推估之每月抽水量空間分布型態為基礎，增加或減少一固定比例，步驟如下：

1. 逐月調整抽水量，估計每月之安全出水量。
2. 整年調整抽水量，估計年安全出水量。
3. 調整1項所得之月安全出水量使其年總量符合2項之年安全出水量。

最後會得到每月之安全出水量，如圖 3.4-1 所示。應用於本計畫中，將利用所建立之地下水模式，以模式所推估之每月抽水量空間分布型態為基礎，增加或減少一固定比例，調整某一月之抽水量，估計每月之安全出水量，以評估地下水潛能。

各月之安全出水量推估如表 3.4-1 所示，整體而言，1999 年安全出水量為 16.34 億噸，而年抽水量為 17.73 億噸，顯示屏東平原地下水為超抽，但是由於該年接近平水年，所以兩者差距小。由各月之安全出水量顯示，地下水抽水量大於安全出水量，則必須仰賴其他水資源調配，以減少地下水抽用，才能使地下水資源達到永續利用之目的。

另外，在地下水開發未來需求量推估方面，如表 3.4-2 所示，民國 110 年屏東地區，所計算出來的地下水需求為 16.86 億噸。

表 3.4-1 1999 年逐月之安全出水量推估

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月
安全出水量(百萬噸)	183.1	73.2	66.8	215.7	112.6	316.6	192.3
模擬抽水量(百萬噸)	221.1	75.6	56.2	228.6	94.2	375.1	231.6
月份	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	總和	
安全出水量(百萬噸)	23.1	28.9	90.6	171.8	159.8	1634.4	
模擬抽水量(百萬噸)	27.8	32.8	87.4	177.5	165.5	1773.5	

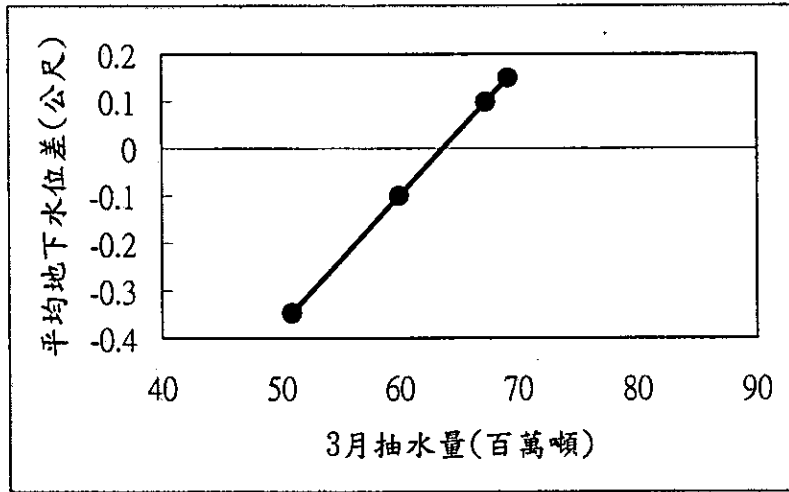
表 3.4-2 民國 110 年之地下水開發未來需求量推估(單位:億噸)

民國110年公共用水 需求量(D)	民國110年既有地表水之供 水量+規劃之水資源開發 計畫(S)	現況抽水量(Q)	民國110年地下 水需供給 (D+Q-S)
19.126	20.002	17.73	16.863

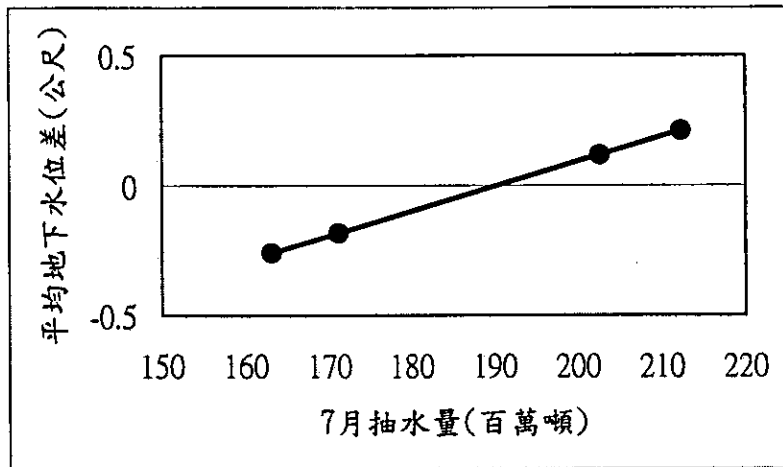
$(D-S)$ = 民國 110 年公共用水的缺額量[地下水需額外支援的水量]

S = 既有地表水之公共用水 + 民國 110 年規劃中對於公共用水的
開發量

(A)三月安全出水量



(B)七月安全出水量



(C)十二月安全出水量

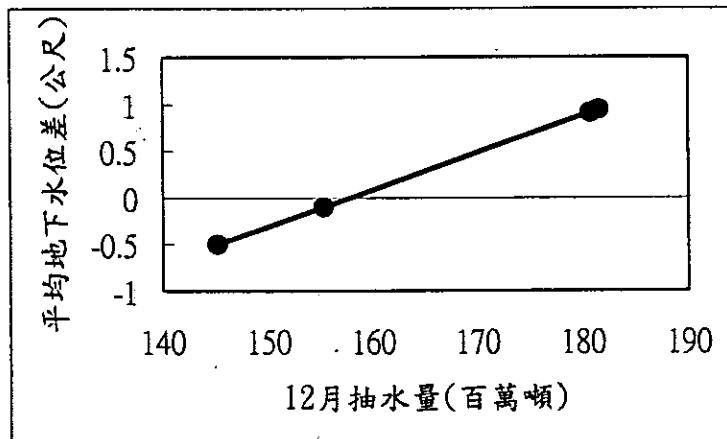


圖 3.4-1 希爾法推估月安全出水量

第四章 地下水質分析

4.1 地下水背景水質分析

本計畫將採用台灣地區灌溉用水水質標準(台灣省政府 67.7.5 六七府建水字第 59931 號)及飲用水水源水質標準(行政院環境保護署 86.9.24 (86) 環署毒字第 56075 號)來分析各區域站井是否符合各項水質標準及分析地下水水質是否遭到污染。

由於在甘旱時，地面水水資源嚴重缺乏，一般可開發地下水抗旱井，以彌補水資源不足，但地下水之利用受限於水質是否符合標準，所以將分析地下水監測井之水質檢測項目是否符合灌溉用水水質標準及飲用水水源水質，進行研判與分析，以區分適合灌溉及成為飲用水水源水質之地區。其中灌溉用水水質標準共有溫度、酸鹼值、導電度等 11 項監測井之水質檢測項目，如表 4.1-1，飲用水水源水質共有砷、鉻、鉛等 5 項監測井之水質檢測項目，如表 4.1-2。分析結果顯示共有 67 口井(50%)符合灌溉用水水質標準及共有 123 口井(92%)符合飲用水水源水質標準。

地下水監測井水質對於灌溉用水水質標準之空間分布如圖 4.1-1 至 4.1-3，其中淺層含水層一水井不符合該水質標準比例較高，深層含水層二及含水層三符合該水質標準比例較高，除沿海地區因受海水入侵造成高氯鹽、導電度外，其餘地區都適合作為灌溉使用。地下水監測井水質對於飲用水水源水質之空間分布如圖 4.1-4 至 4.1-6，其中淺層含水層一水井不符合該水質標準比例較高，其他各層的水井皆符合水質標準，都適合作為飲用水水源使用。

表 4.1-1 屏東平原地下水監測井之灌溉用水水質標準檢測項目(○代表符合，X代表不符合)

站名	溫度	導電度	pH	氯(mg/L)	As	Cr	Cu	Mn	Pb	Hg	Cd	總評鑑
枋山	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
水底寮	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
大庄一	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
德興一	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
枋寮一	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
塭豐	X	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
崎峰一	○	X	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
大響一	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
東港一	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
石化一	○	X	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
港東一	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
新園一	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
林園一	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
昭明一	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
鳳鳴一	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
潮寮一	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
永芳一	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
新庄一	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
炭頂一	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	不符合
潮洲一	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
新埤一	○	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
萬隆一	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
赤山一	○	○	X	○	○	○	X	○	○	○	X	不符合
大湖一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
餉潭一	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	不符合
萬丹一	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
清溪一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
大樹一	○	○	○	○	○	○	X	○	○	○	○	不符合
溪埔一	○	○	○	○	○	○	X	○	○	○	○	不符合
西勢一	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
老埤一	○	○	X	○	○	○	X	○	○	○	○	不符合
瑪家一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
海豐一	○	○	X	○	○	X	○	○	○	○	○	不符合
鹽埔一	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
里港一	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
高樹一	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合

林園三	○	X	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
昭明四	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
潮寮三	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
永芳三	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
崁頂三	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
新埤四	○	○	○	○	○	X	○	○	○	○	○	○	不符合
大湖四	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
前進四	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
九曲二	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
大樹四	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
內埔二	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
繁華二	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
彭厝二	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
關福二	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
新南二	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
港東四	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合

4.1-2 屏東平原地下水監測井之飲用水水源水質標準檢測項目(○代表符合，X代表不符合)

站名	As	Cr	Pb	Hg	Cd	總評鑑
枋山	○	○	○	○	○	符合
水底寮	○	○	○	○	○	符合
大庄一	○	○	○	○	○	符合
德興一	○	○	○	○	○	符合
枋寮一	○	○	○	○	○	符合
塭豐	○	○	○	○	○	符合
崎峰一	○	○	○	○	○	符合
大響一	○	○	○	○	○	符合
東港一	○	○	○	○	○	符合
石化一	○	○	○	○	○	符合
港東一	○	○	○	○	X	不符合
新園一	○	○	○	○	○	符合
林園一	○	○	○	○	○	符合
昭明一	○	○	○	○	○	符合
鳳鳴一	○	○	○	○	○	符合
潮寮一	○	○	○	○	○	符合
永芳一	○	○	○	○	○	符合
新庄一	X	○	○	○	○	不符合

炭頂一	X	○	○	○	X	不符合
潮洲一	○	○	○	○	○	符合
新埤一	○	○	○	○	○	符合
萬隆一	X	○	○	○	○	不符合
赤山一	○	○	○	○	X	不符合
大湖一	○	○	○	○	○	符合
餉潭一	○	○	X	○	X	不符合
萬丹一	○	○	○	○	○	符合
清溪一	○	○	○	○	○	符合
大樹一	○	○	○	○	X	不符合
溪埔一	○	○	○	○	○	符合
西勢一	○	○	○	○	○	符合
老埤一	○	○	○	○	○	符合
瑪家一	○	○	○	○	○	符合
海豐一	○	X	○	○	○	不符合
鹽埔一	○	○	○	○	○	符合
里港一	○	○	○	○	○	符合
高樹一	○	○	○	○	○	符合
土庫	○	○	○	○	○	符合
吉洋(舊)	○	○	○	○	○	符合
美濃一	○	○	○	○	○	符合
旗山一	○	○	○	○	○	符合
新威一	X	○	○	○	○	不符合
枋寮二	○	○	○	○	○	符合
崎峰二	○	○	○	○	○	符合
大響二	○	○	○	○	○	符合
大潭一	○	○	○	○	○	符合
東港二	○	○	○	○	○	符合
石化二	○	○	○	○	○	符合
港東二	○	○	○	○	○	符合
昭明二	○	○	○	○	○	符合
中正一	○	○	○	○	○	符合
新庄二	○	○	○	○	○	符合
萬巒一	○	○	○	○	○	符合
赤山二	○	○	○	○	○	符合
大湖二	○	○	○	○	○	符合
餉潭二	○	○	○	○	○	符合
萬丹二	○	○	○	○	○	符合
清溪二	○	○	○	○	○	符合
九曲一	○	○	○	○	○	符合
大樹二	○	○	○	○	○	符合
溪埔二	○	○	○	○	○	符合

西勢二	○	○	○	○	○	符合
西勢三	○	○	○	○	○	符合
建興一	○	○	○	○	○	符合
繁華一	○	○	○	○	○	符合
瑪家二	○	○	○	○	○	符合
九如一	○	○	○	○	○	符合
彭厝一	○	○	○	○	○	符合
鹽埔二	○	○	○	○	○	符合
關福一	○	○	○	○	○	符合
新南一	○	○	○	○	○	符合
高樹二	○	X	○	○	○	不符合
泰山一	○	○	○	○	○	符合
吉洋一	○	○	○	○	○	符合
中州一	○	○	○	○	○	符合
美濃二	○	○	○	○	○	符合
旗山二	○	○	○	○	○	符合
新威二	○	○	○	○	○	符合
德興二	○	○	○	○	○	符合
大庄二	○	○	○	○	○	符合
崎峰三	○	○	○	○	○	符合
佳冬四	○	○	○	○	○	符合
東港三	○	○	○	○	○	符合
林園二	○	○	○	○	○	符合
昭明三	○	○	○	○	○	符合
潮寮二	○	○	○	○	○	符合
永芳二	○	○	○	○	○	符合
中正二	○	○	○	○	○	符合
新庄三	○	○	○	○	○	符合
崁頂二	○	○	○	○	○	符合
潮洲二	○	○	○	○	○	符合
新埤二	○	○	○	○	○	符合
新埤三	○	○	○	○	○	符合
萬隆二	○	○	○	○	○	符合
萬巒二	○	○	○	○	○	符合
赤山三	○	○	○	○	○	符合
大湖三	○	○	○	○	○	符合
萬丹三	○	○	○	○	○	符合
清溪三	○	○	○	○	○	符合
大樹三	○	○	○	○	○	符合
溪埔三	○	○	○	○	○	符合
內埔一	○	○	○	○	○	符合
西勢四	○	○	○	○	○	符合

老埤二	○	○	○	○	○	符合
建興二	○	○	○	○	○	符合
瑪家三	○	○	○	○	○	符合
海豐二	○	○	○	○	○	符合
海豐三	○	○	○	○	○	符合
九如二	○	○	○	○	○	符合
里港二	○	○	○	○	○	符合
泰山二	○	○	○	○	○	符合
吉洋二	○	○	○	○	○	符合
中州二	○	○	○	○	○	符合
德興三	○	○	○	○	○	符合
崎峰四	○	○	○	○	○	符合
大潭二	○	○	○	○	○	符合
東港四	○	○	○	○	○	符合
港東三	○	○	○	○	○	符合
新園二	○	○	○	○	○	符合
林園三	○	○	○	○	○	符合
昭明四	○	○	○	○	○	符合
潮寮三	○	○	○	○	○	符合
永芳三	○	○	○	○	○	符合
崁頂三	○	○	○	○	○	符合
新埤四	○	X	○	○	○	不符合
大湖四	○	○	○	○	○	符合
前進四	○	○	○	○	○	符合
九曲二	○	○	○	○	○	符合
大樹四	○	○	○	○	○	符合
內埔二	○	○	○	○	○	符合
繁華二	○	○	○	○	○	符合
彭厝二	○	○	○	○	○	符合
關福二	○	○	○	○	○	符合
新南二	○	○	○	○	○	符合
港東四	○	○	○	○	○	符合

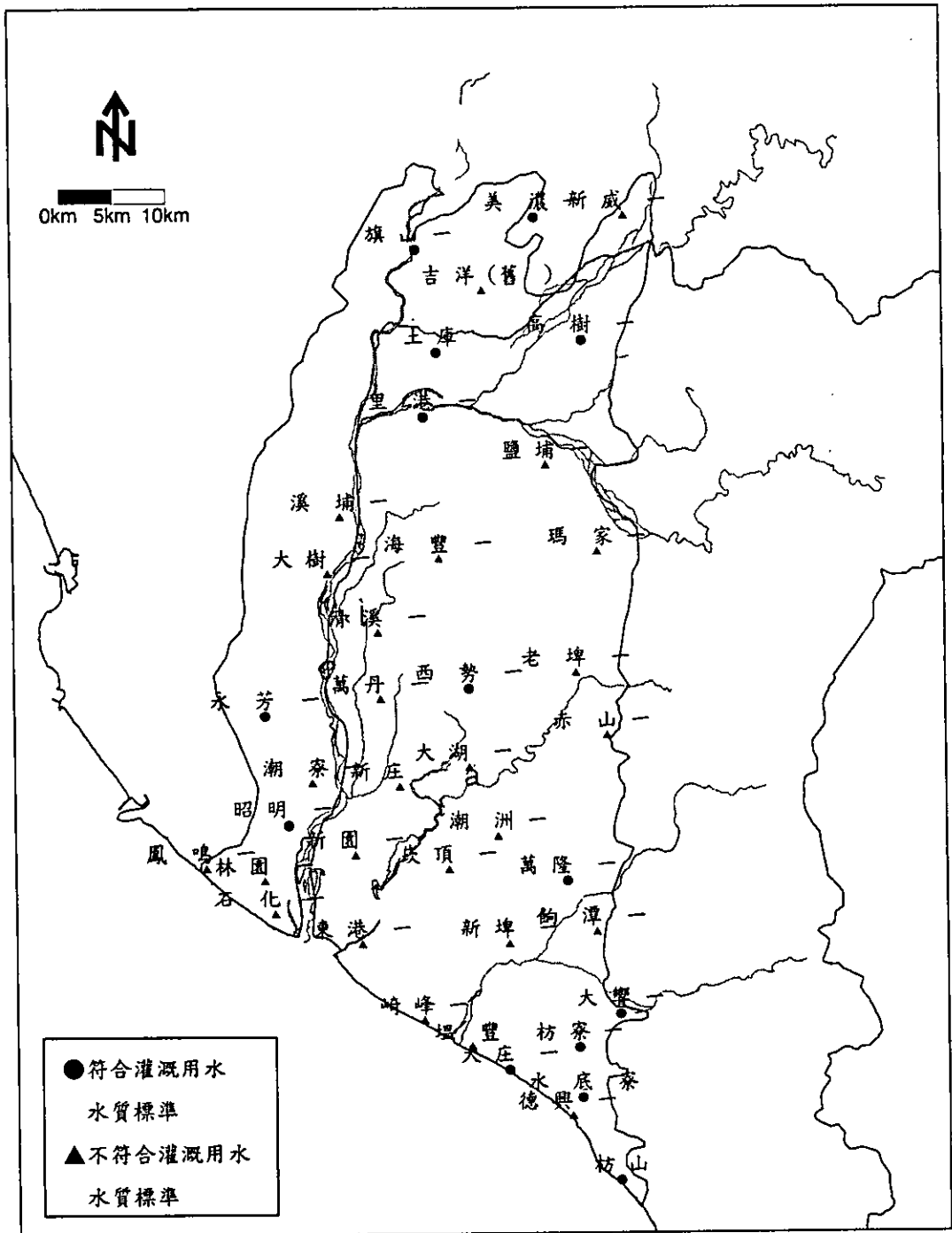


圖 4.1-1 屏東平原含水層一符合灌溉用水水質標準之空間分佈

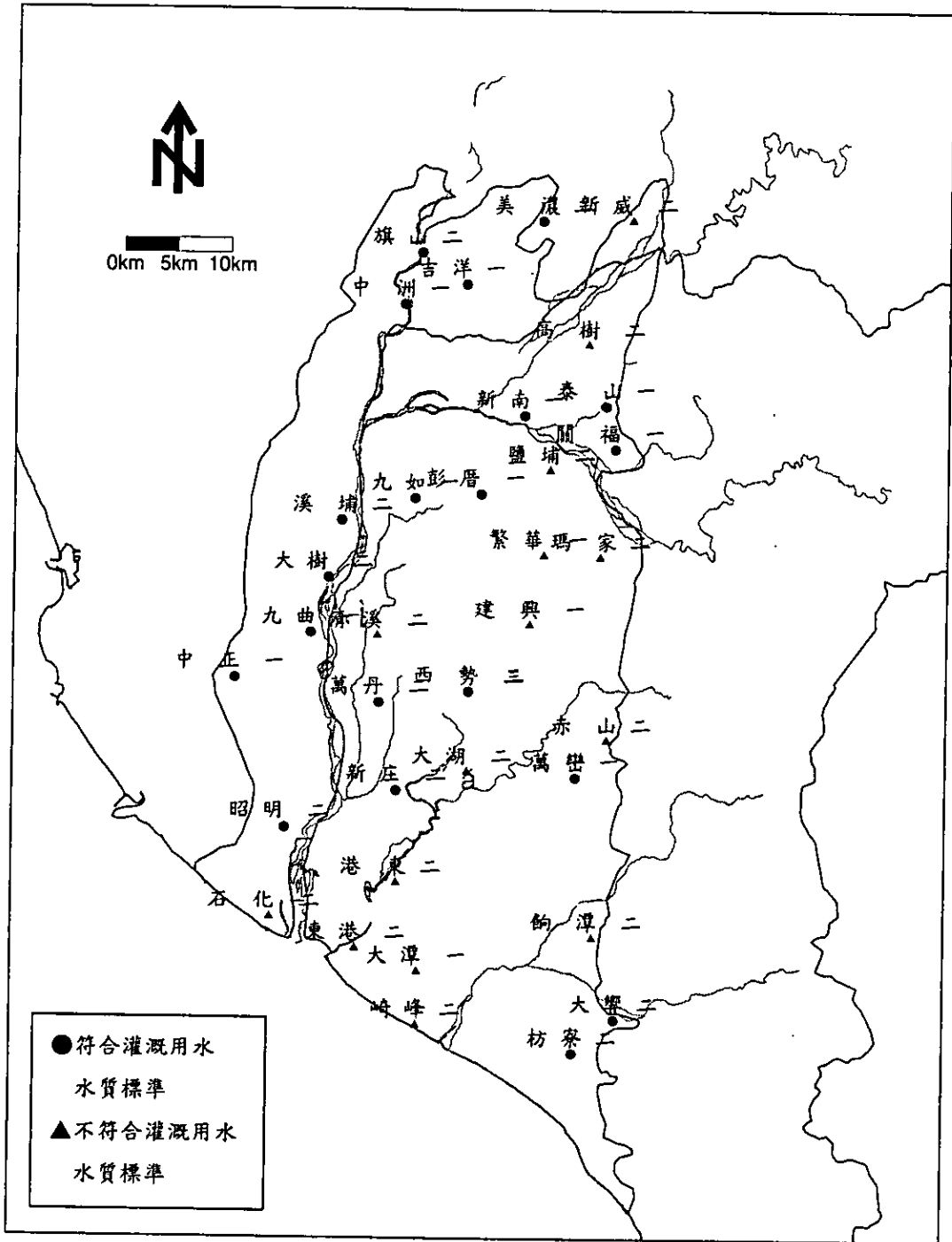


圖 4.1-2 屏東平原含水層二符合灌溉用水水質標準之空間分佈

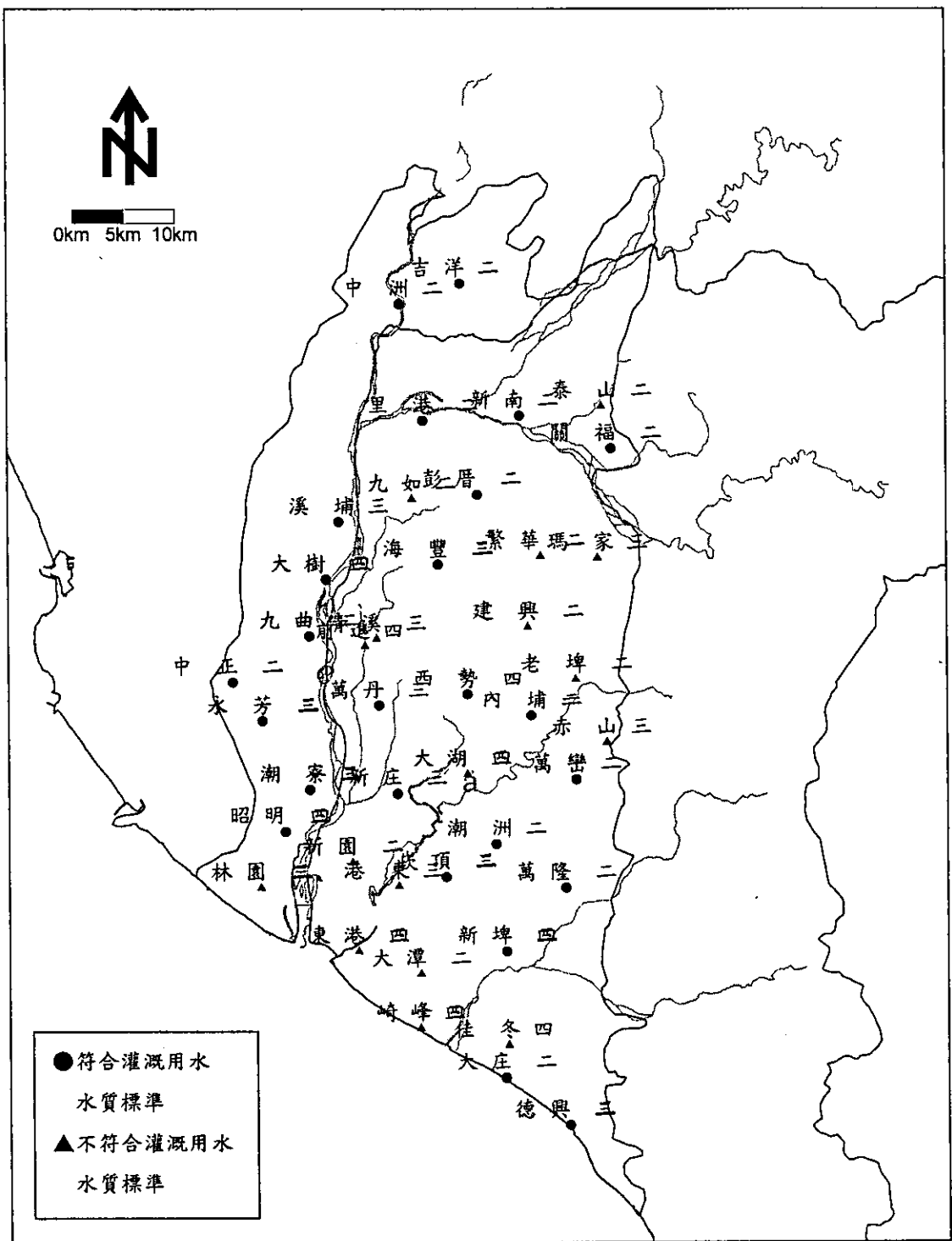


圖 4.1-3 屏東平原含水層三符合灌溉用水水質標準之空間分佈

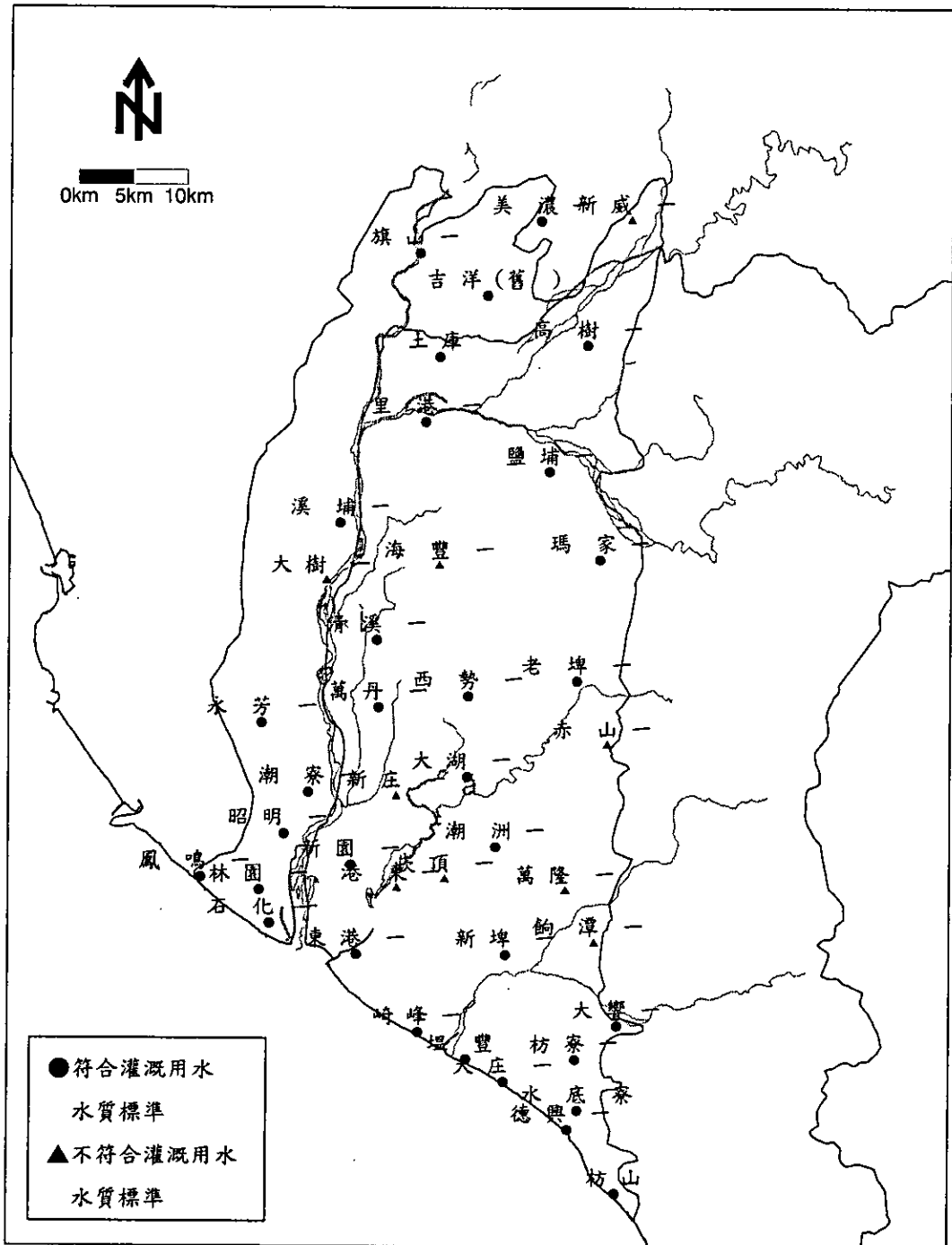


圖 4.1-4 屏東平原含水層一符合飲用水水源水質標準之空間分佈

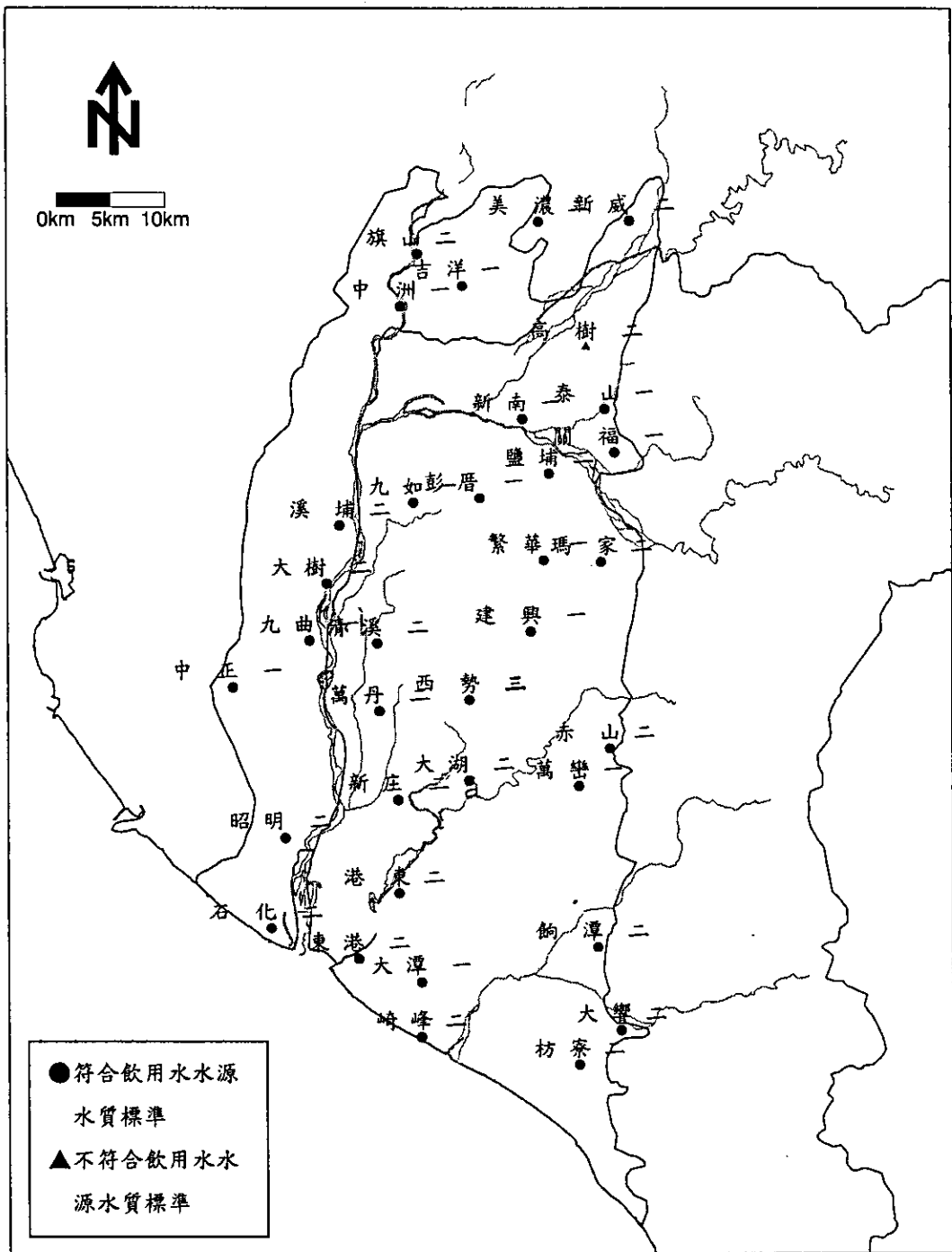


圖 4.1-5 屏東平原含水層二符合飲用水水源水質標準之空間分佈

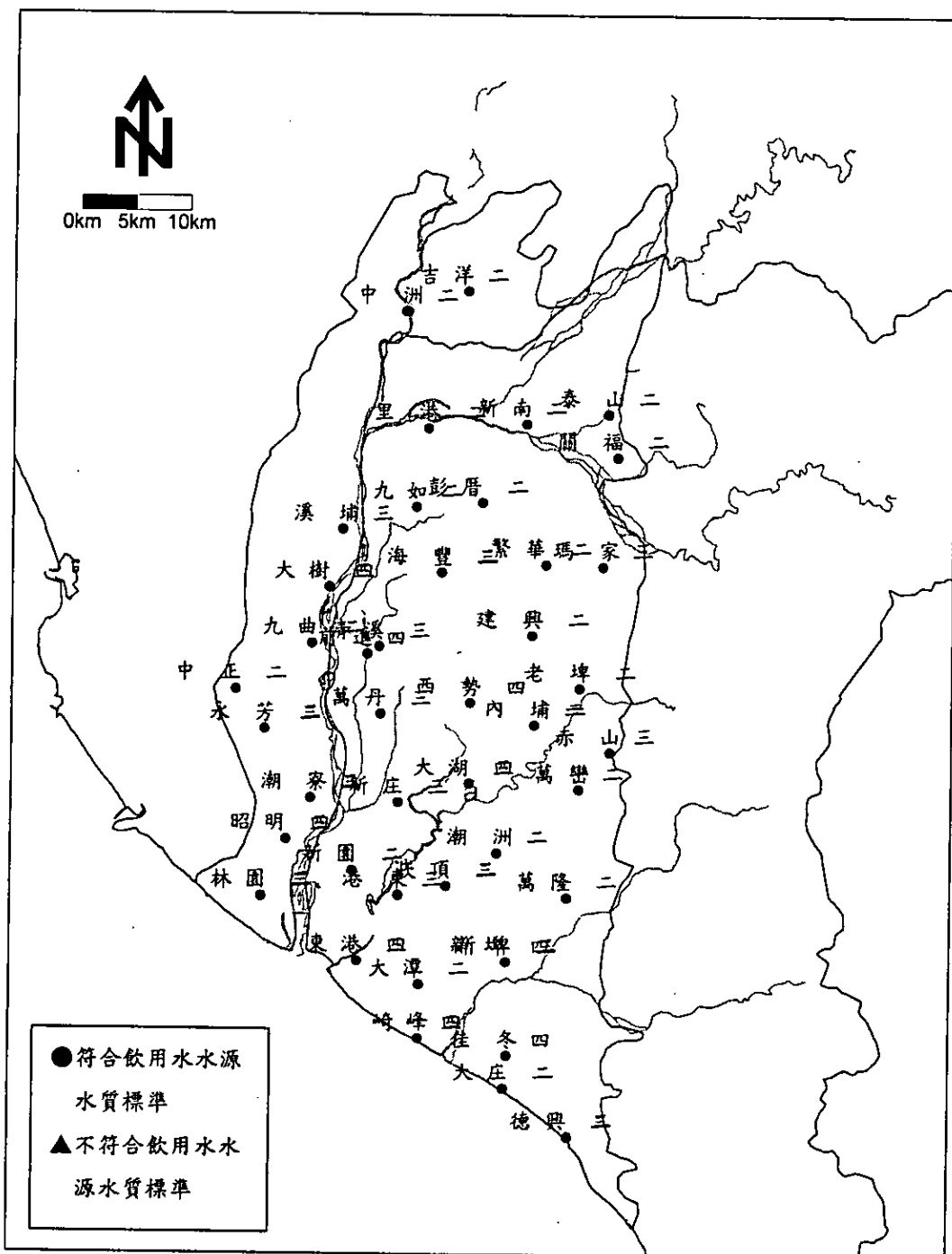


圖 4.1-6 屏東平原含水層三符合飲用水水源水質標準之空間分佈

4.2 地下水水質變化趨勢探討

本節針對屏東平原區域內的站井做水質的分層分析，選定以水溫(T)、電導度(EC)、酸鹼值(pH)、氯鹽(Cl⁻)、總溶解固體量(TDS)及化學需氧量(COD)等六項水質項目(如表 4.2-1)，來探討分析屏東平原水質空間分佈情形。

經本計畫分析得知，在水溫和酸鹼值方面大都符合灌溉用水水質標準；電導度和氯鹽方面在沿海地區值都偏高；總溶解固體量方面，除沿海地帶外大都符合灌溉用水水質標準；生化需氧量方面大都符合灌溉用水水質標準。以下就六項水質進行更進一步分析：

(1)水溫 (T)

圖 4.2-1 至 4.2-4 為各分層水溫等值圖。圖 4.2-1 為含水層一之溫度分佈圖，就趨勢來看由餉潭一與塭豐一往南與往北遞減；含水層二趨勢與含水層一類似；圖 4.2-3 圖為含水層三之一之溫度分佈圖，就趨勢來看由新碑二往北遞減；圖 4.2-4 為含水層三之二之溫度分佈圖，就趨勢來看由林園三、東港四往東北遞減。

(2)導電度(EC)

圖 4.2-5 至 4.2-8 為各分層導電度等值圖。就趨勢來看，含水層一至含水層三之一之導電度分佈大都由高屏溪出海口為最高逐漸向北遞減；圖 4.2-8 為含水層三之二之導電度分佈圖，以港東四為最大，就趨勢而言以港東四為中心向四周遞減。

(3)酸鹼值(pH)

圖 4.2-9 至 4.2-12 為各分層酸鹼值等值圖，圖 4.2-9 為含水層一之酸鹼值分佈圖，就趨勢來看由永芳一為最低點向四周遞增；圖 4.2-10 為含水層二之酸鹼值分佈圖，趨勢來看由西南方高屏溪出海口

向東北向遞增；圖 4.2-11 圖為含水層三之一之酸鹼值分佈圖，就趨勢來看由南向北向遞增；含水層三之二之趨勢與含水層二類似。

(4) 氯鹽(Cl^-)

圖 4.2-13 至 4.2-16 為各分層氯鹽等值圖。圖 4.2-13 為含水層一之氯鹽分佈圖，有集中在塭豐與石化一之間沿海一帶的趨勢；含水層二與含水層三之一，趨勢與含水層二相同；圖 4.2-16 為含水層三之二之氯鹽分佈圖，就趨勢來看，由新庄四向四周遞減。

(5) 總溶解固體量(TDS)

圖 4.2-17 至 4.2-20 為各分層總溶解固體量等值圖。圖 4.2-17 為含水層一之總溶解固體量分佈圖，有集中在石化一、崁頂一與塭豐一之間的趨勢；圖 4.2-18 為含水層二之總溶解固體量分佈圖，就趨勢來看由東港二向東北遞減；圖 4.2-19 圖為含水層三之一之總溶解固體量分佈圖，趨勢與含水層二相同；圖 4.2-20 為含水層三之二之總溶解固體量分佈圖，就趨勢來看集中在出海口。

(6) 化學需氧量(COD)

圖 4.2-21 至 4.2-24 為各分層化學需氧量等值圖。圖 4.2-21 為含水層一之總溶解固體量分佈圖，以趨勢來看由東港一向北遞減；含水層二與含水層三之一趨勢與含水層一相同；圖 4.2-24 為含水層三之二之總溶解固體量分佈圖，趨勢來看由西南方為最高逐漸向東北遞減。

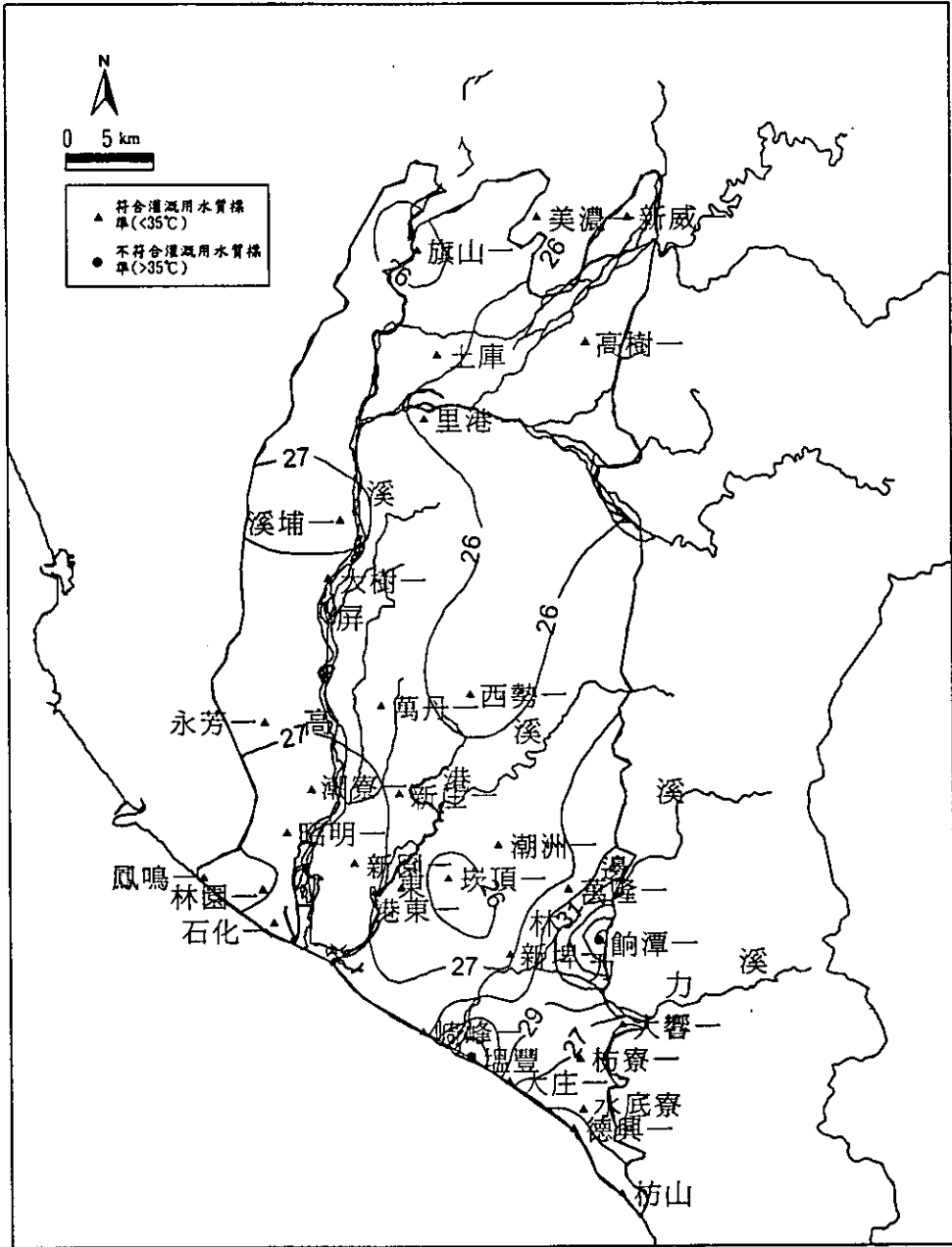


圖4.2.1 屏東平原含水層一之水溫分析圖(°C)

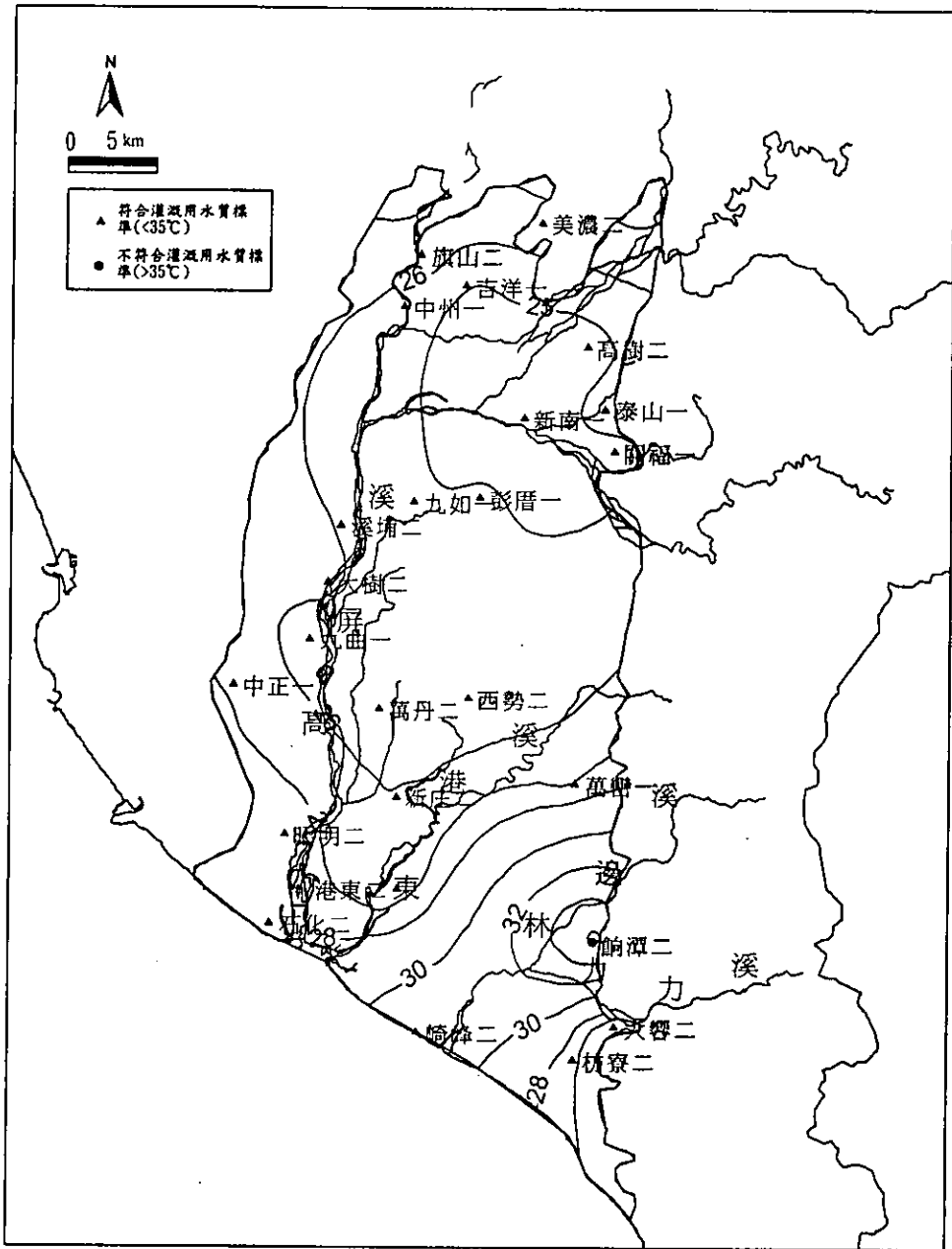


圖4.2.2 屏東平原含水層二之水溫分析圖 ($^{\circ}\text{C}$)

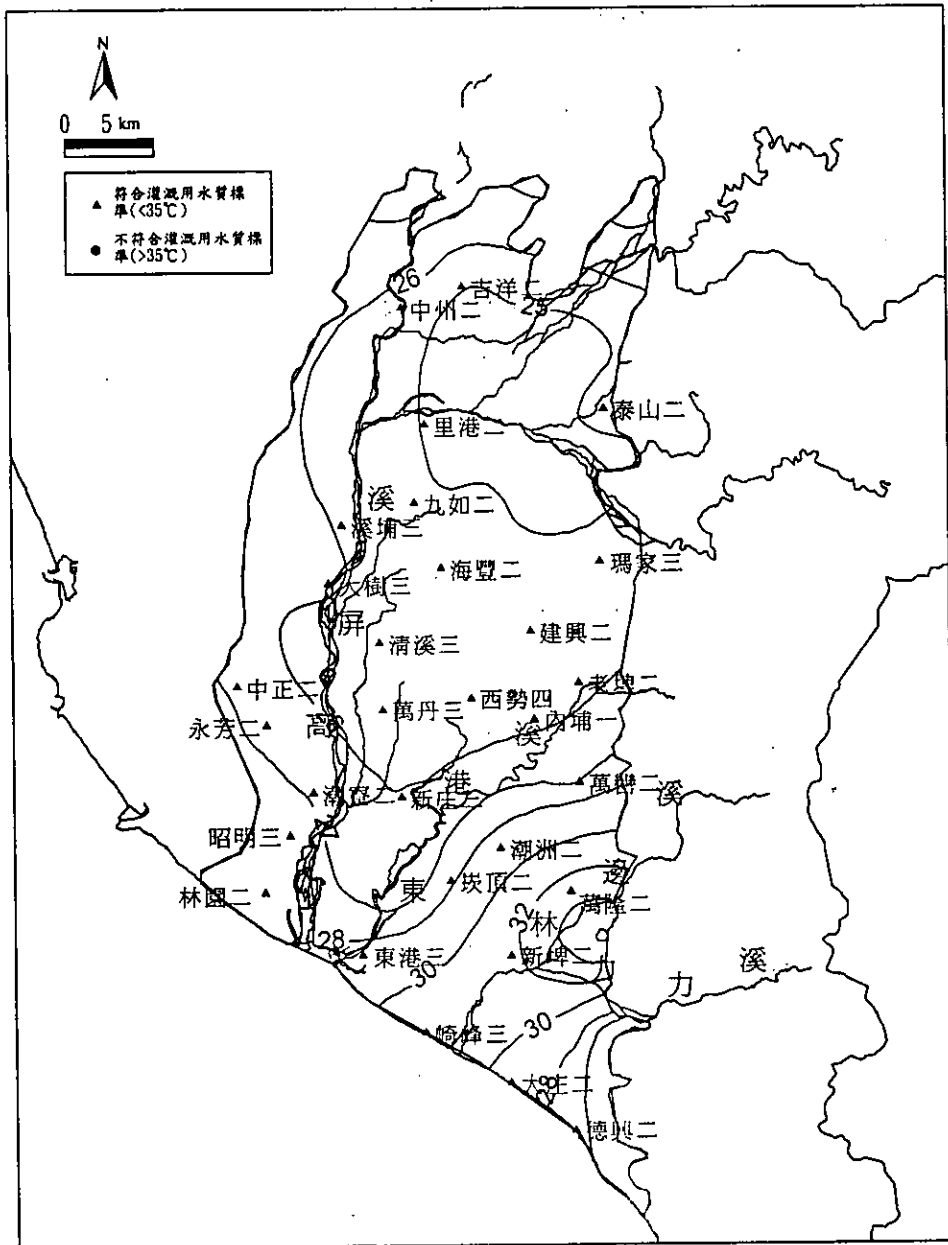


圖4.2-3 屏東平原含水層三之一之水溫分析圖 ($^{\circ}\text{C}$)

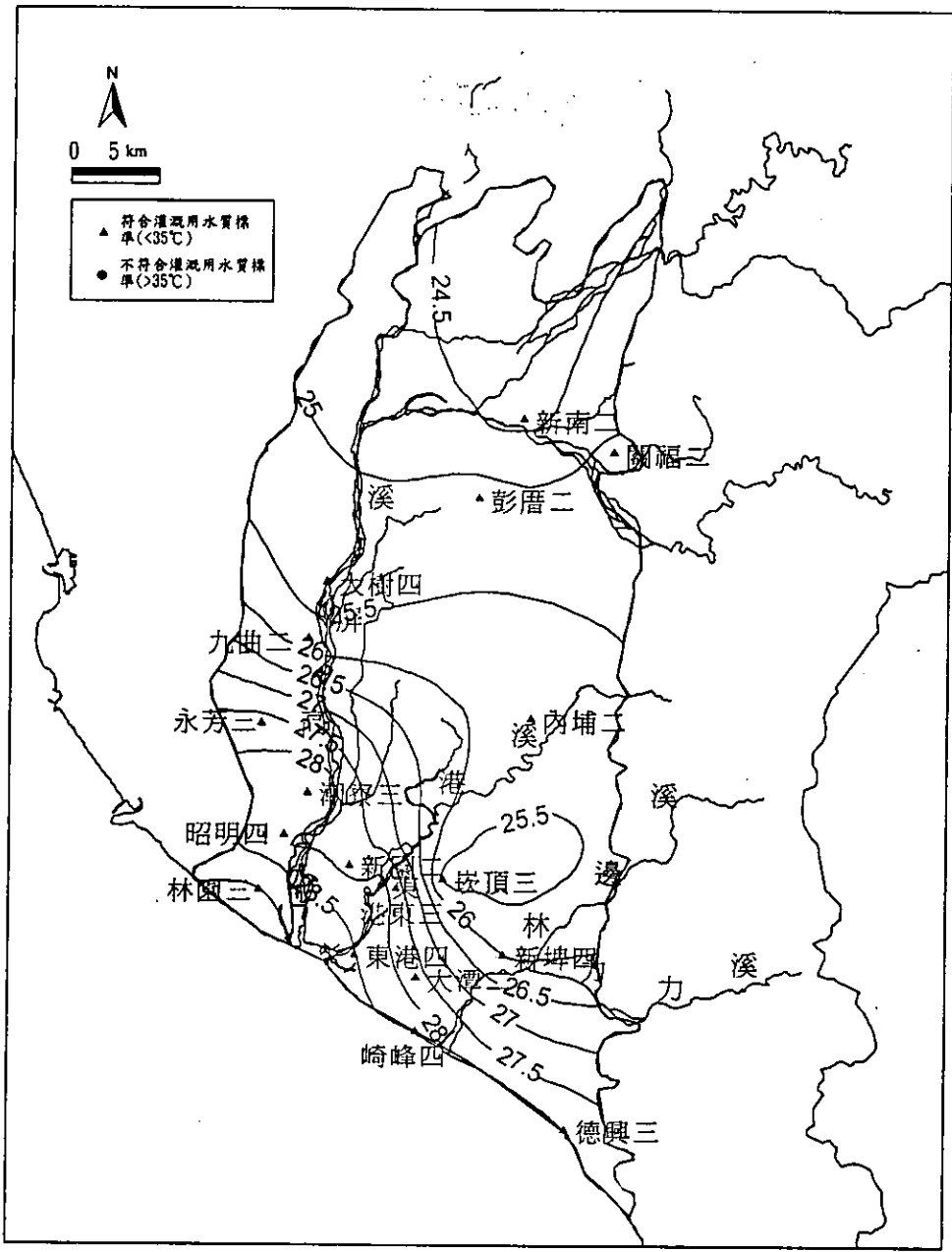


圖4.2-4 屏東平原含水層三之二之水溫分析圖(°C)

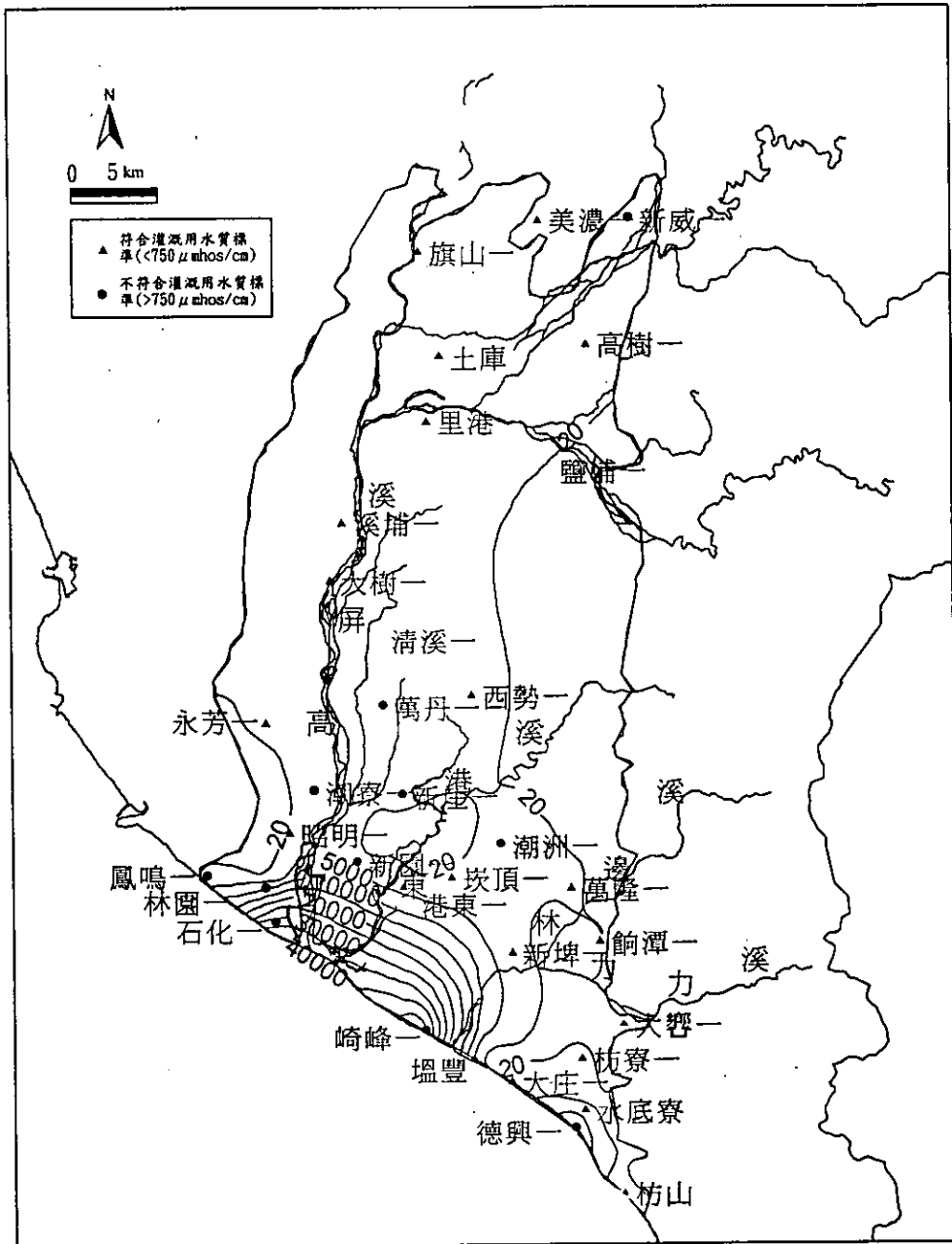


圖4.2-5 屏東平原含水層一之電導度等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)

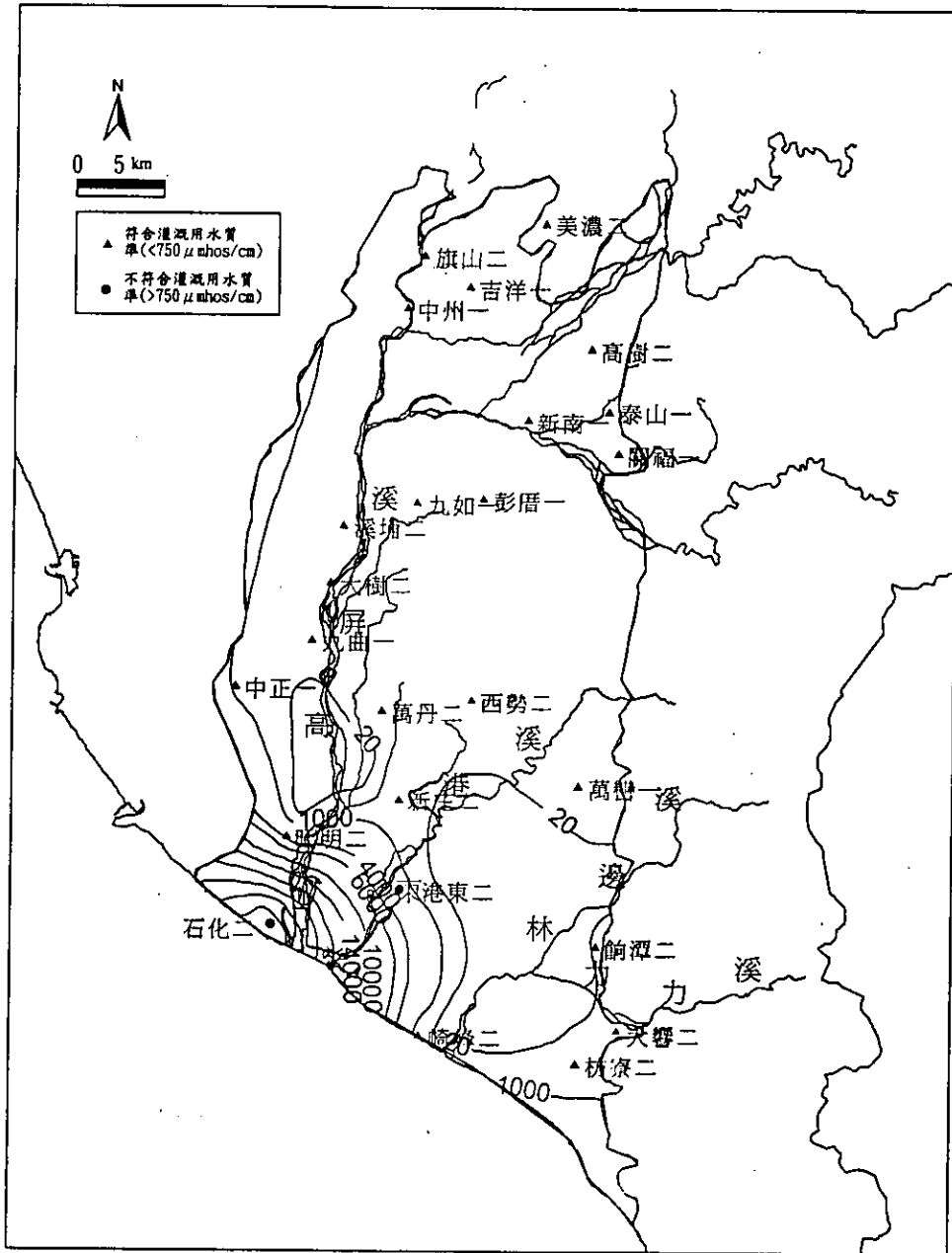


圖4.2.6 屏東平原含水層二之電導度等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)

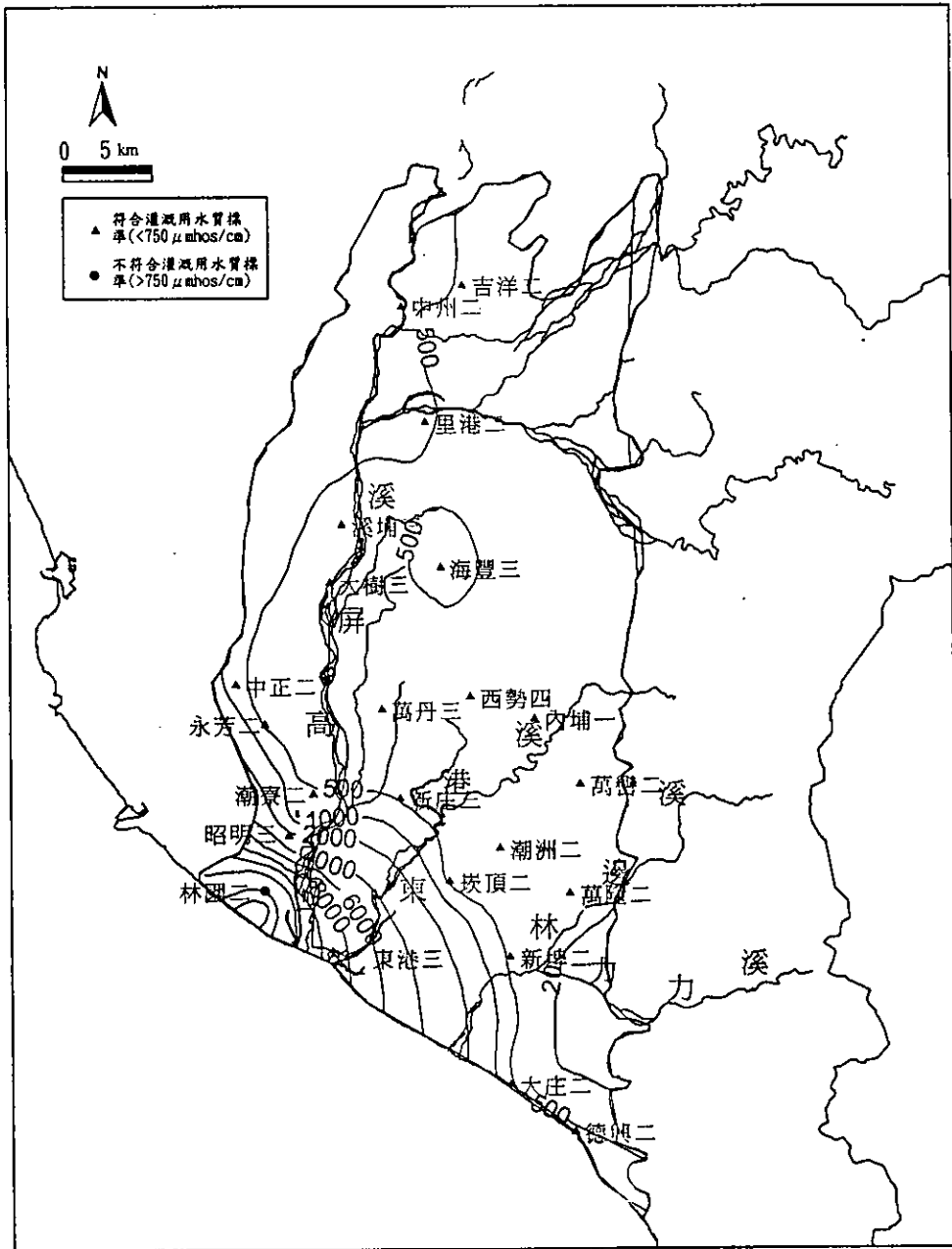


圖4.2-7 屏東平原含水層三之一之電導度等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)

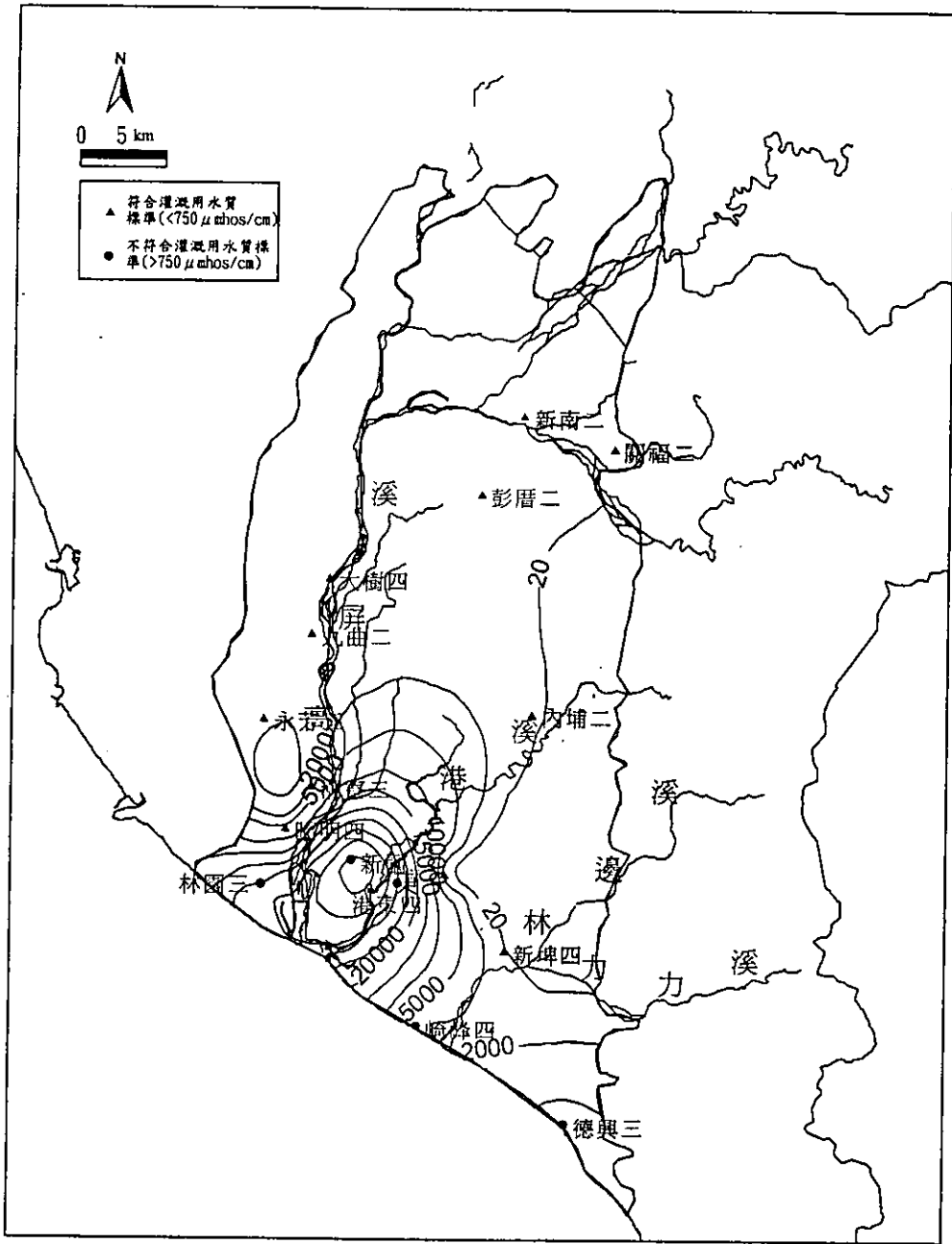


圖4.2-8 屏東平原含水層三之二之電導度等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)

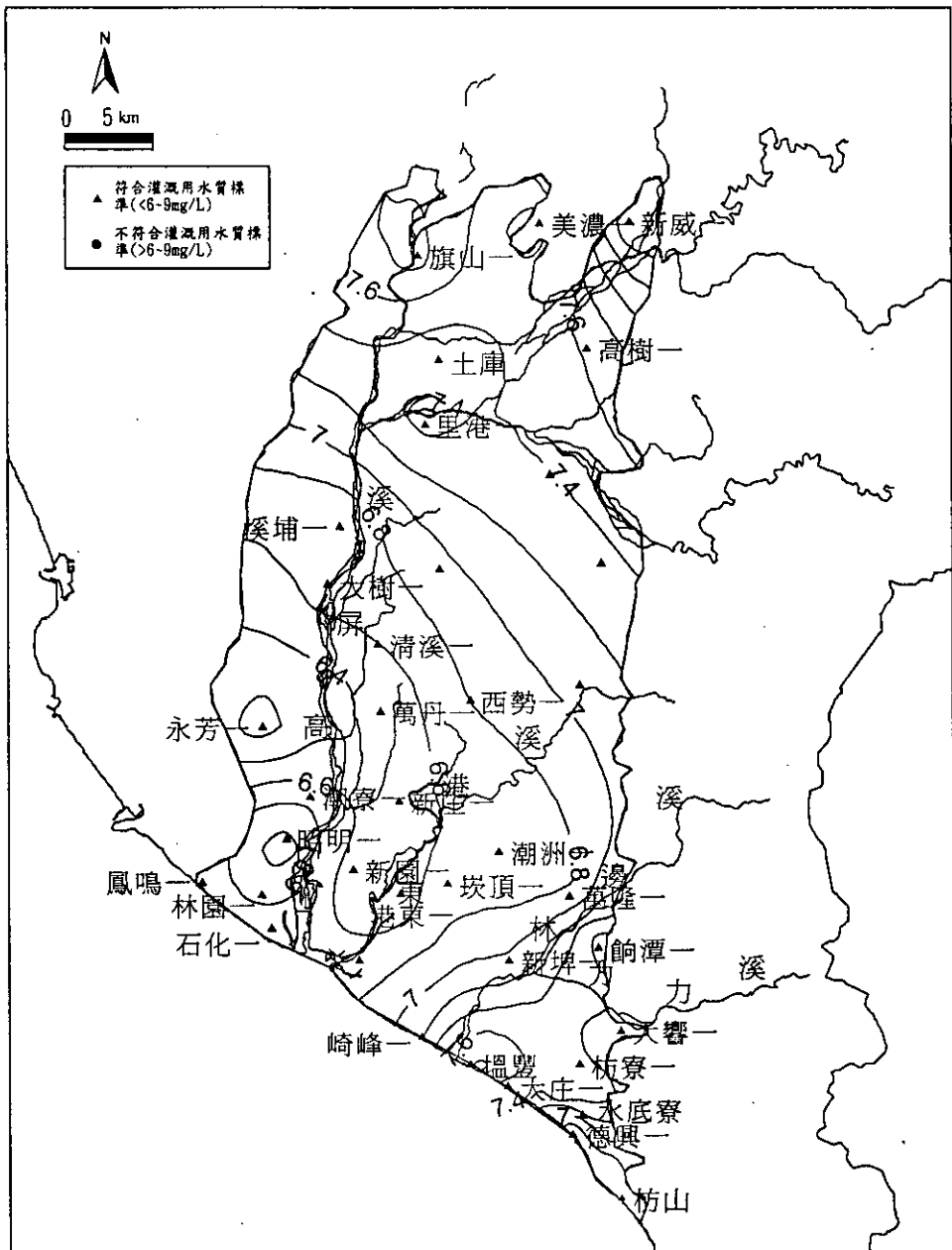


圖4.2.9 屏東平原含水層一酸鹼值等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)

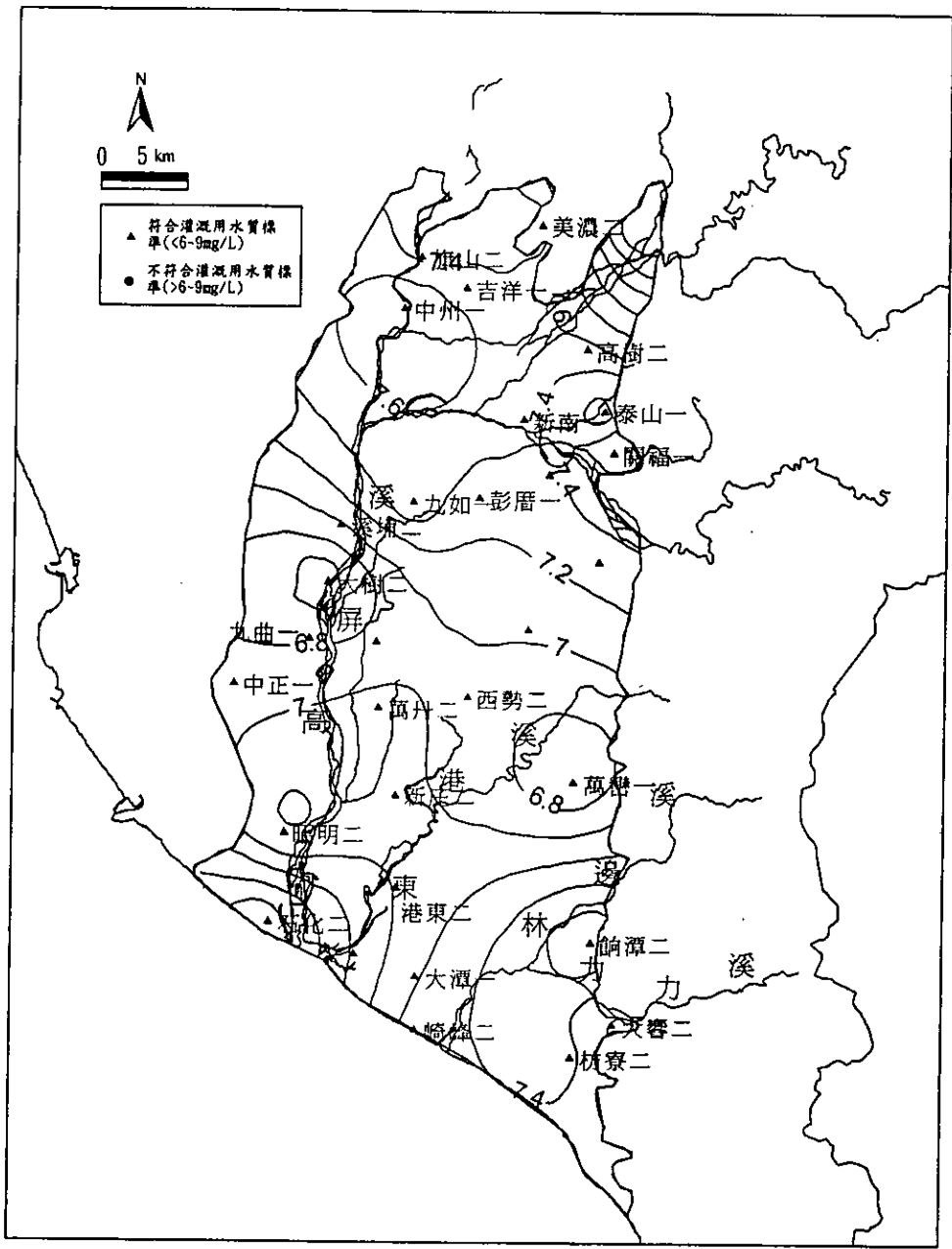


圖4.2.10 屏東平原含水層二之酸鹼值等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)

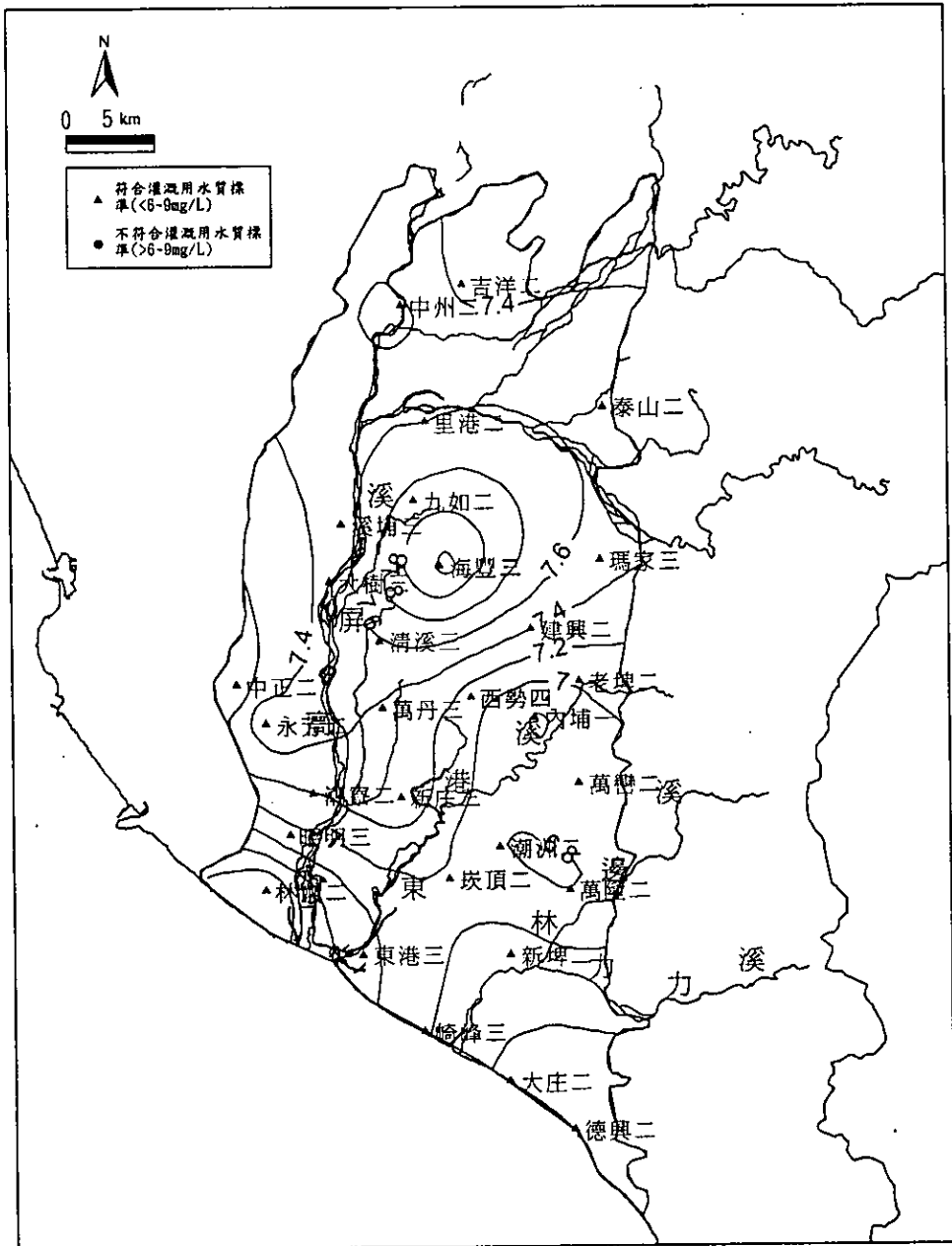


圖4.2-11 屏東平原含水層三之一酸鹼值等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)

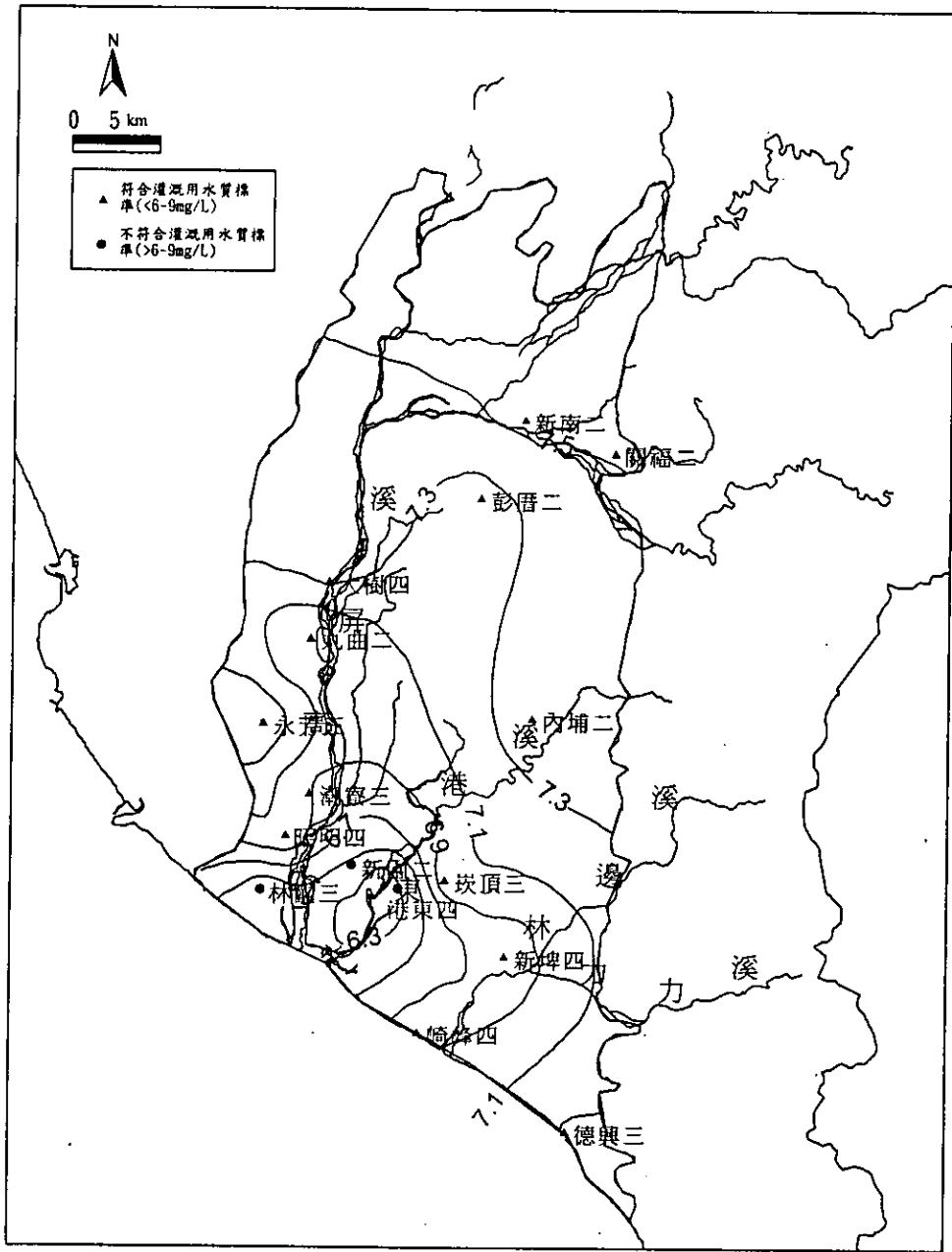


圖4.2-12 屏東平原含水層三之二之酸鹼值等值分析圖 ($\mu\text{mhos/cm}$)

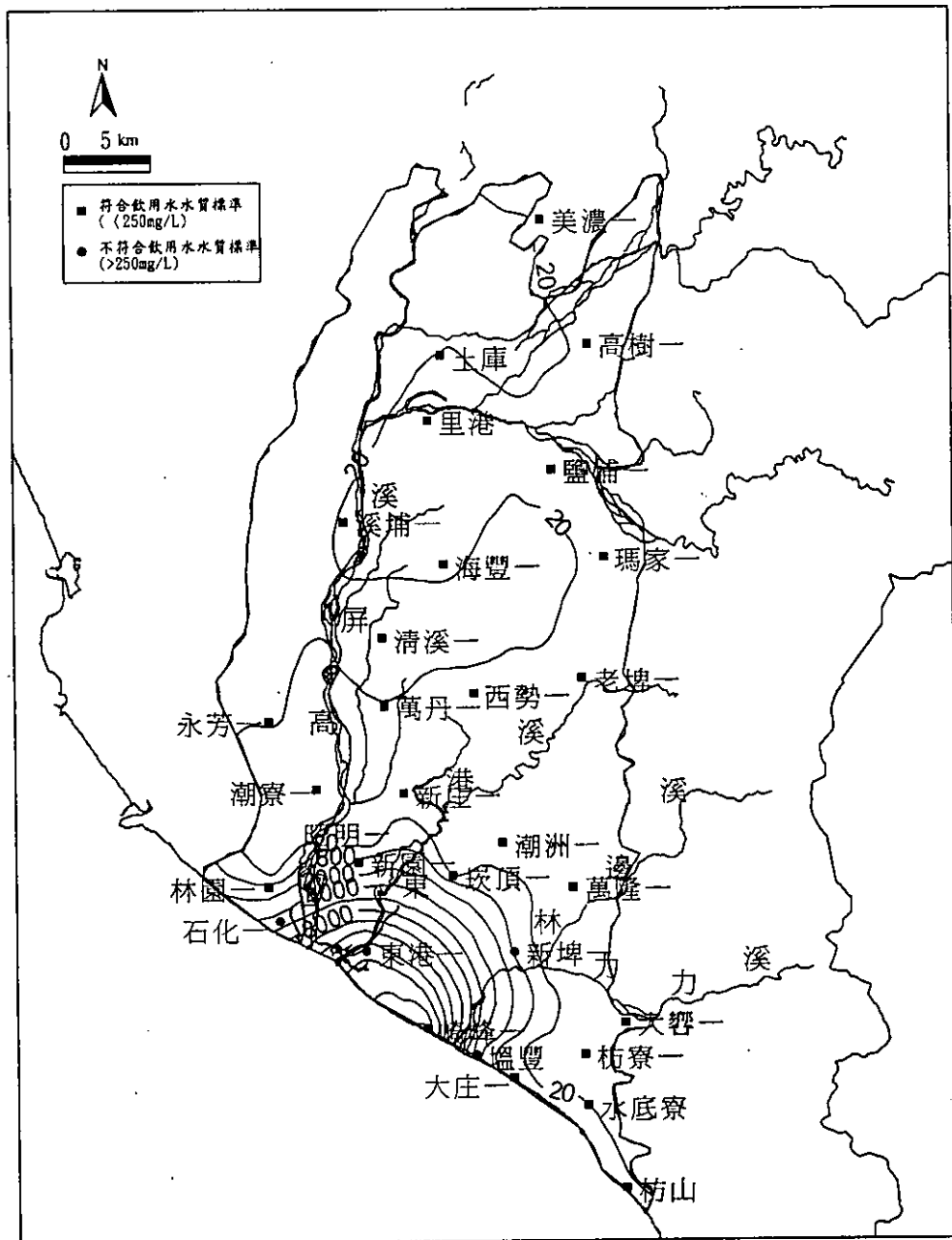


圖4.2-13 屏東平原含水層一之氯鹽等值分析圖 (mg/L)

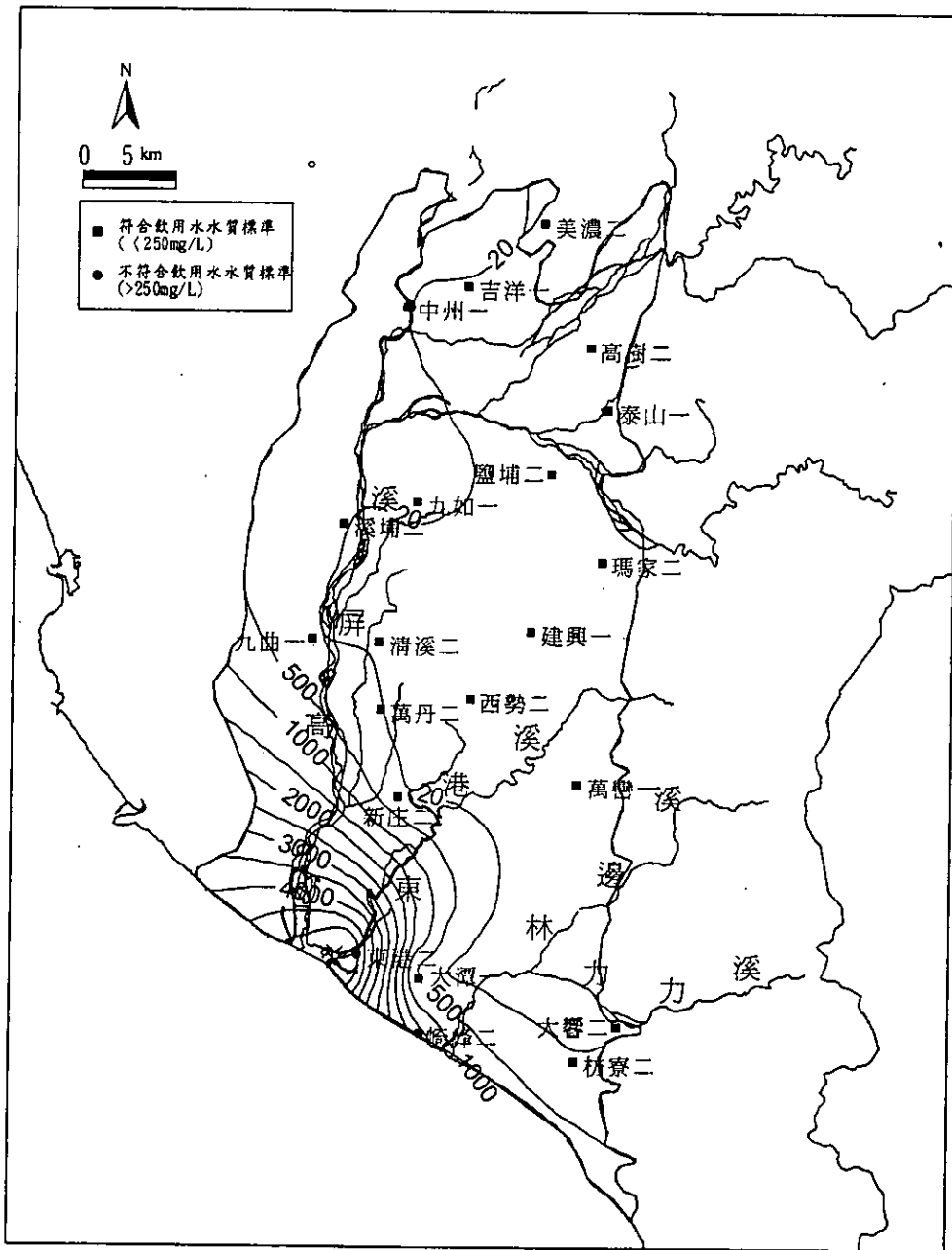


圖4.2.14 屏東平原含水層二之氣鹽等值分析圖 (mg/L)

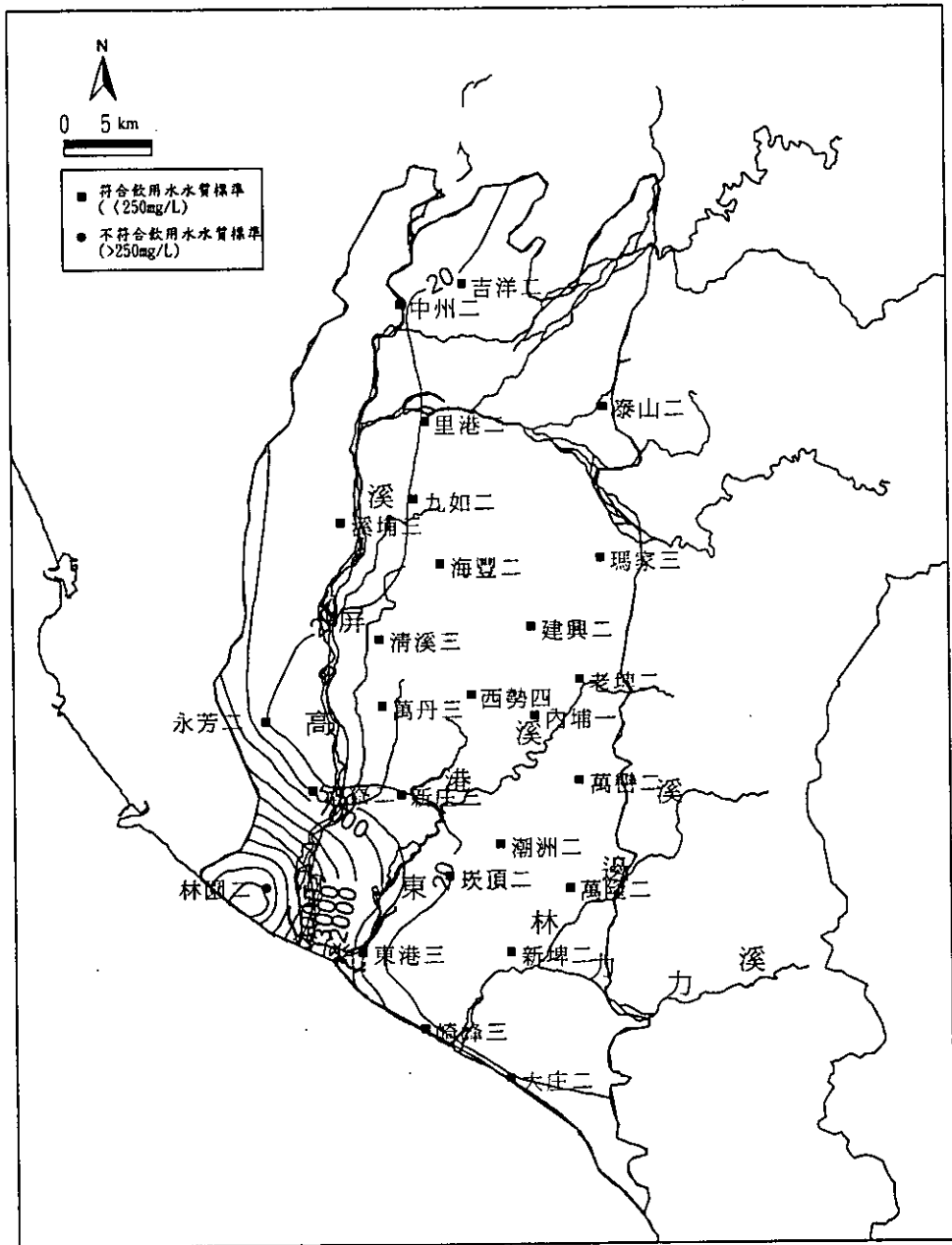


圖4.2-15 屏東平原含水層三之一之氫鹽等值分析圖 (mg/L)

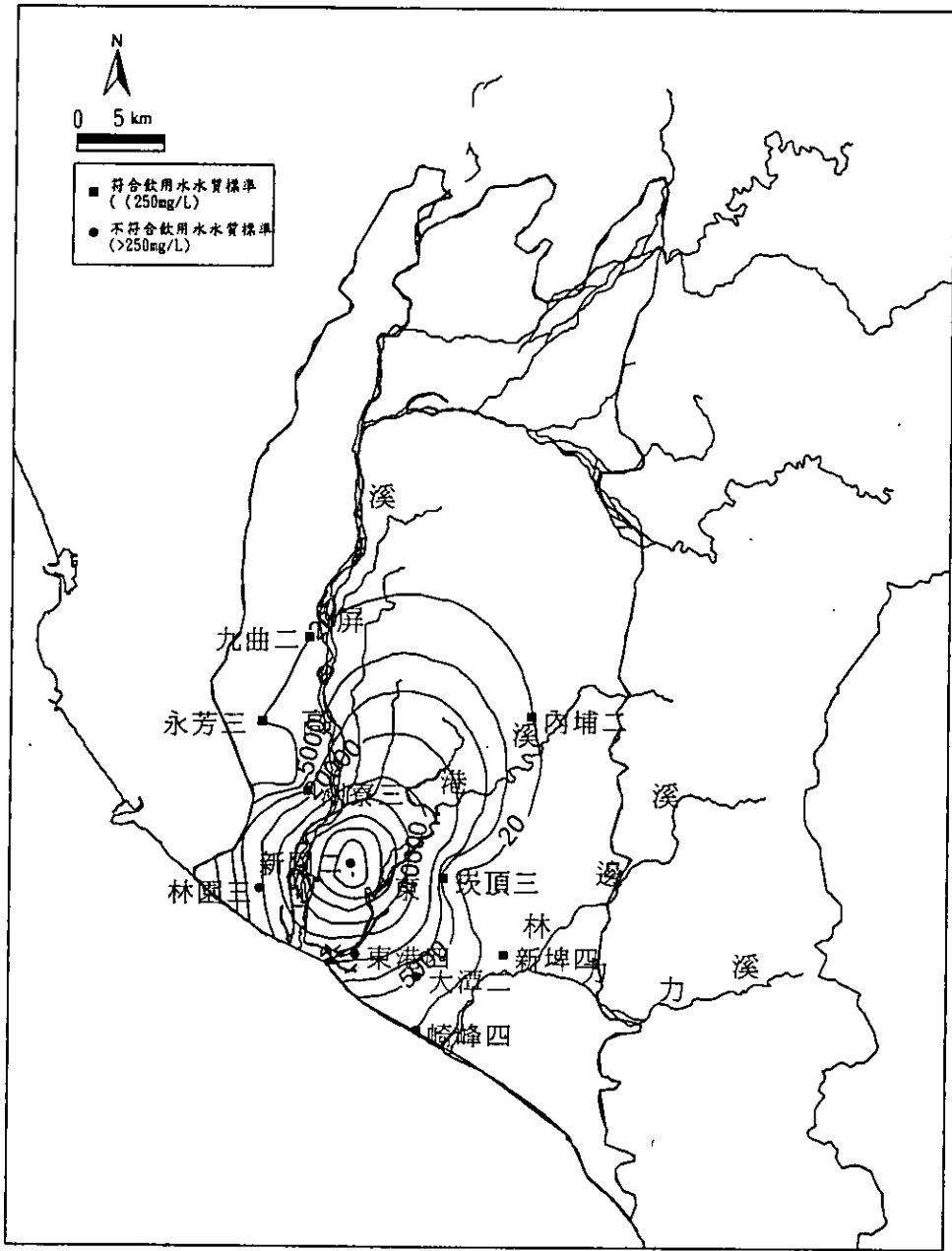


圖4.2.16 屏東平原含水層三之二之氣鹽等值分析圖 (mg/L)

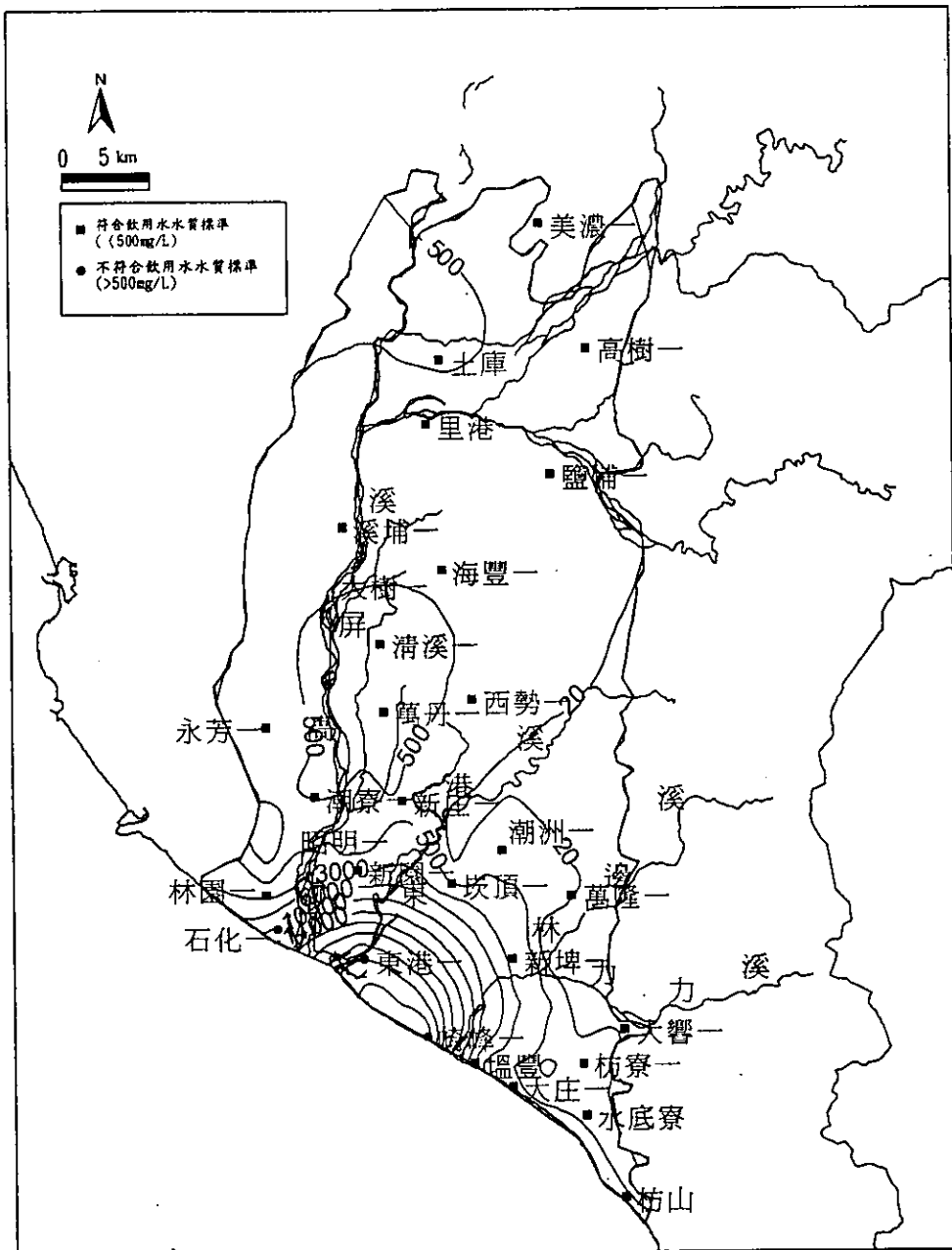


圖4.2-17 屏東平原含水層一之總溶解固體等值分析圖 (mg/L)

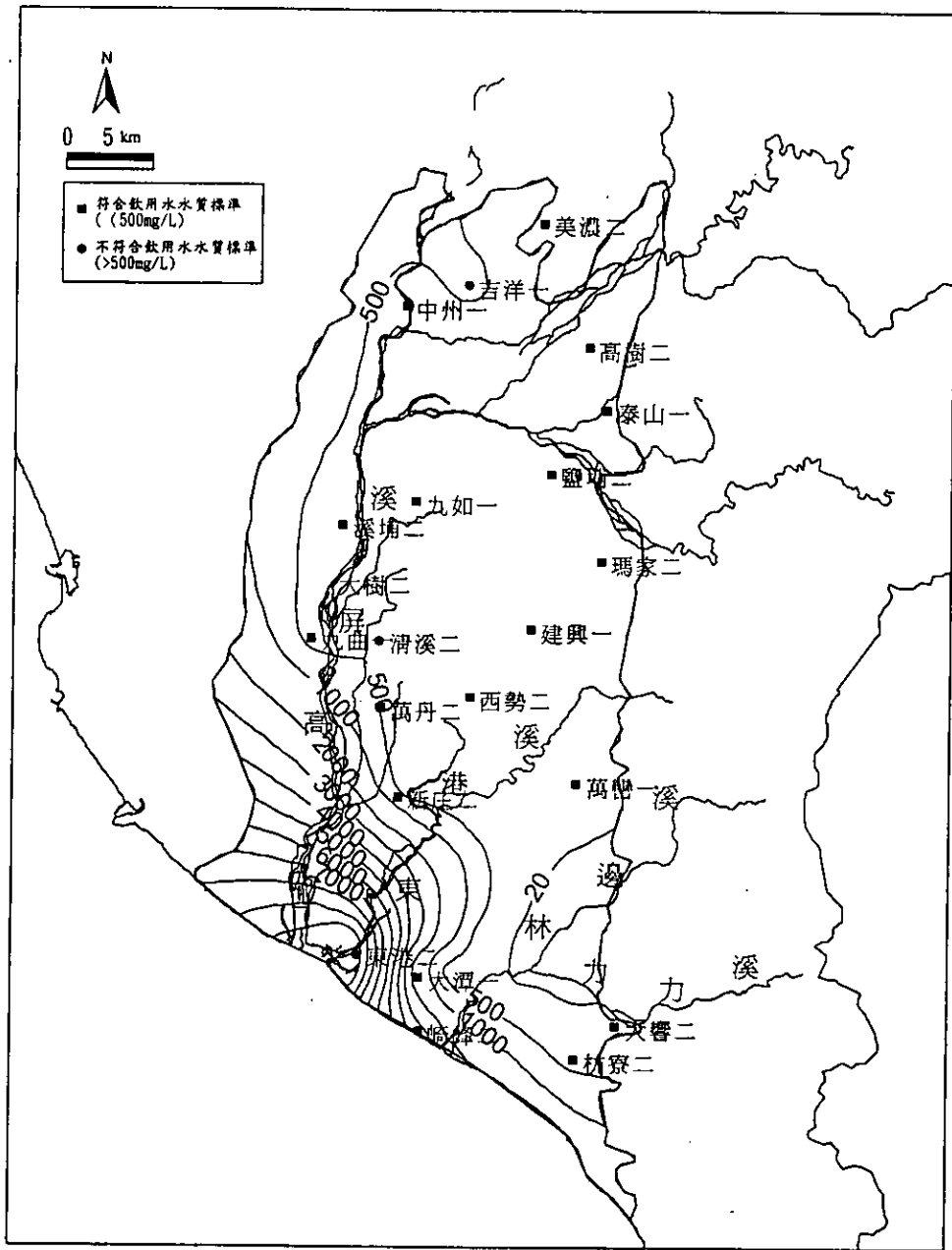


圖4.2.18 屏東平原含水層二之總溶解固體等值分析圖 (mg/L)

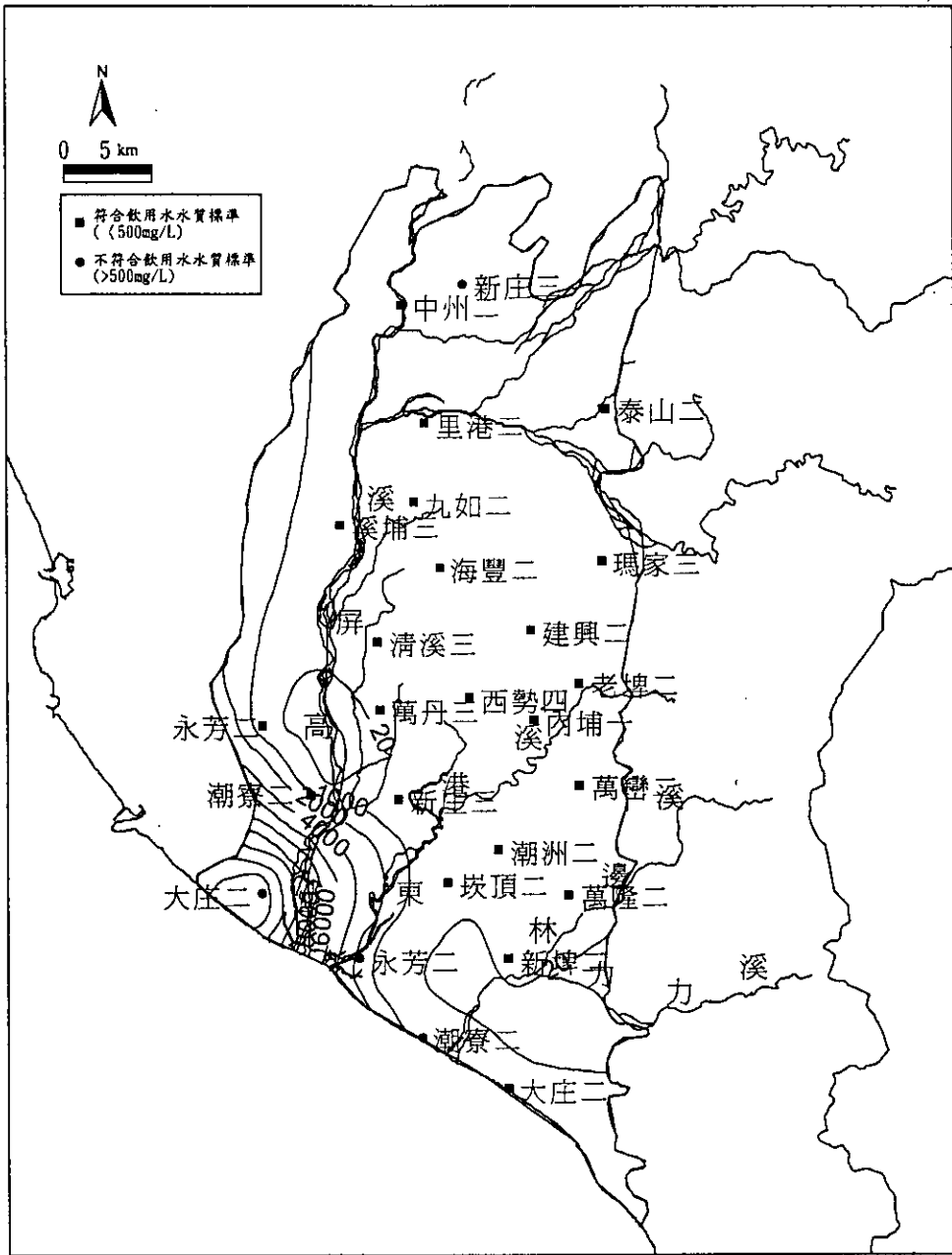


圖4.2-19 屏東平原含水層三之一之總溶解固體等值分析圖 (mg/L)

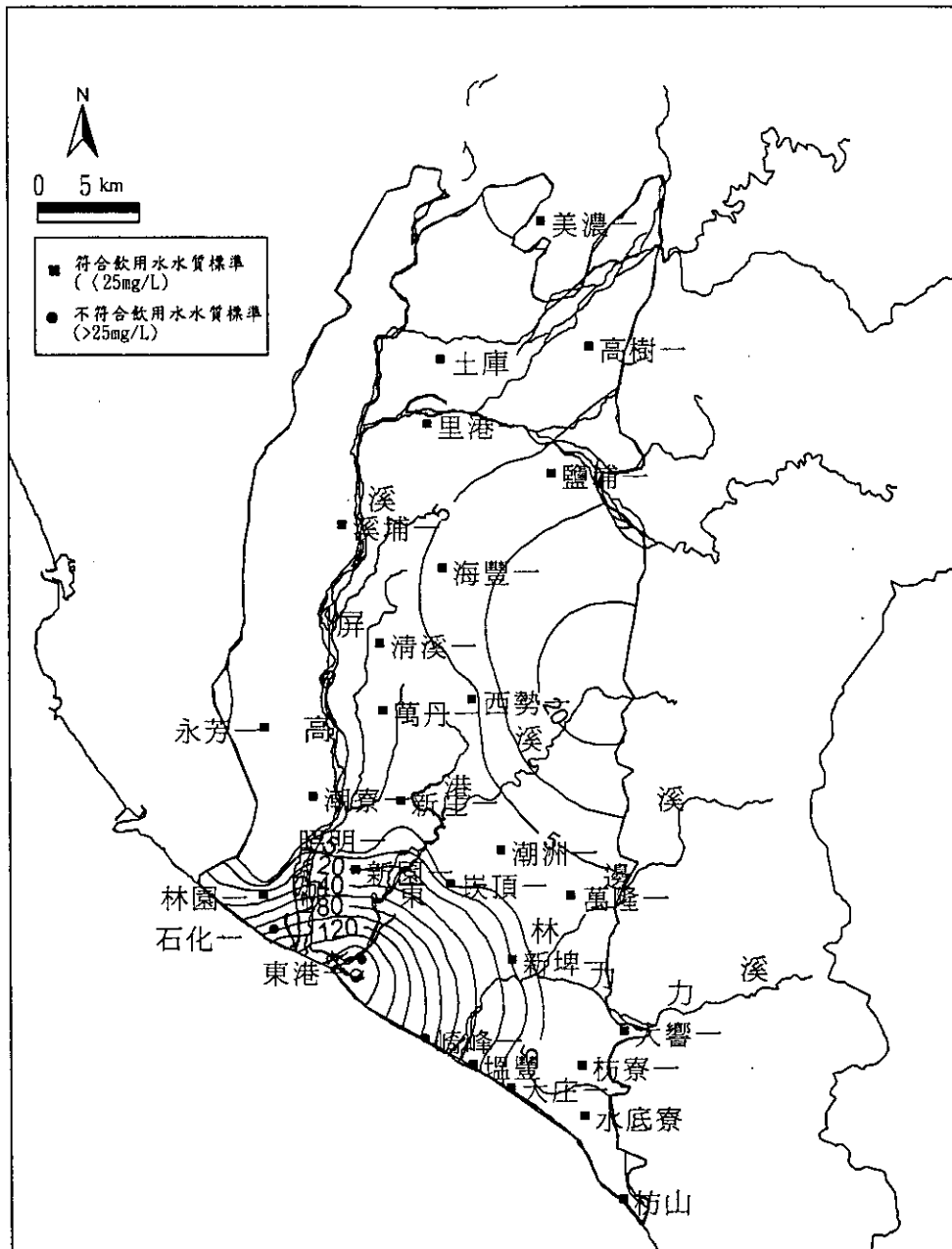


圖4.2-21 屏東平原含水層一之化學需氧量等值分析圖 (mg/L)

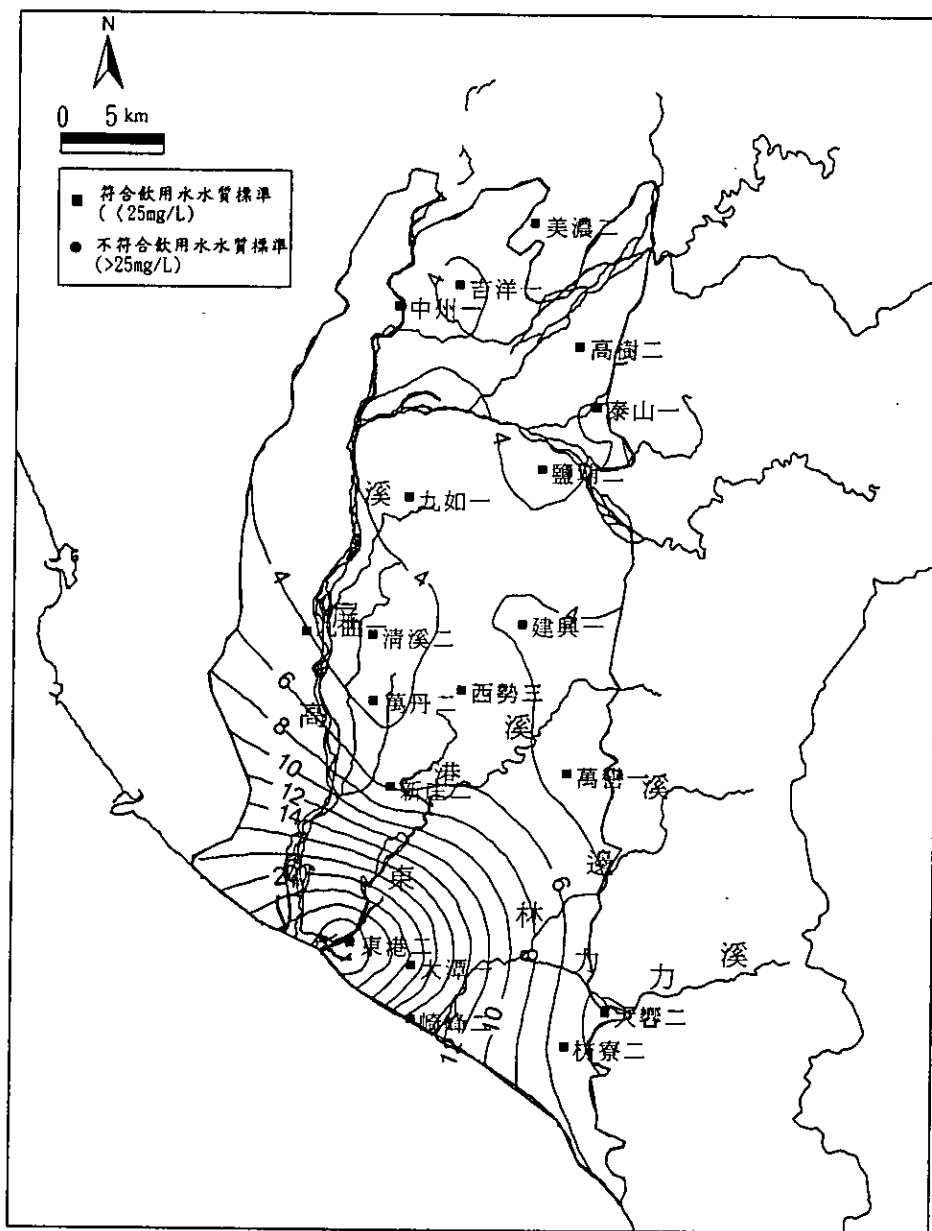


圖4.2.22 屏東平原含水層二之化學需氧量等值分析圖 (mg/L)

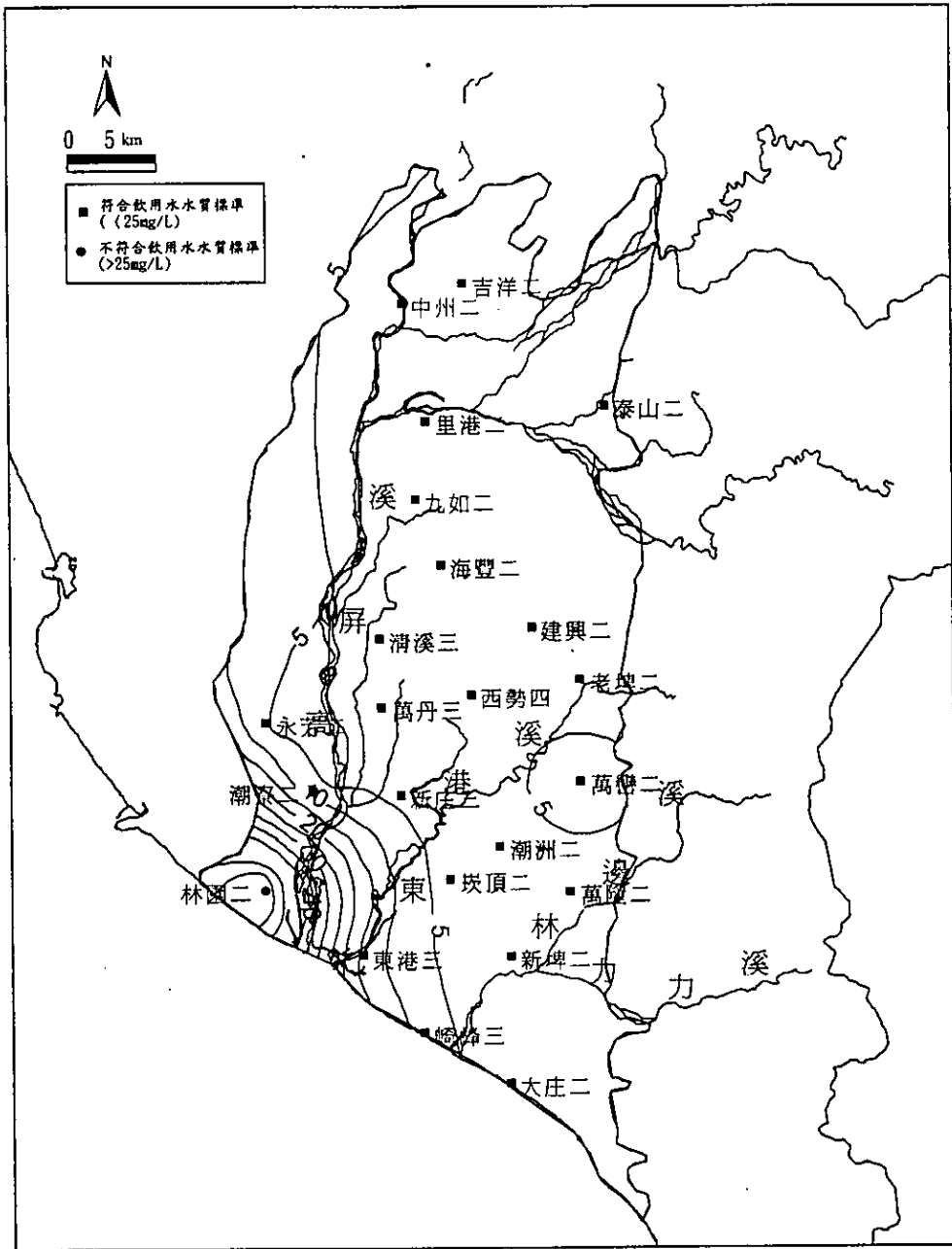


圖4.2-23 屏東平原含水層三之一之化學需氧量等值分析圖 (mg/L)

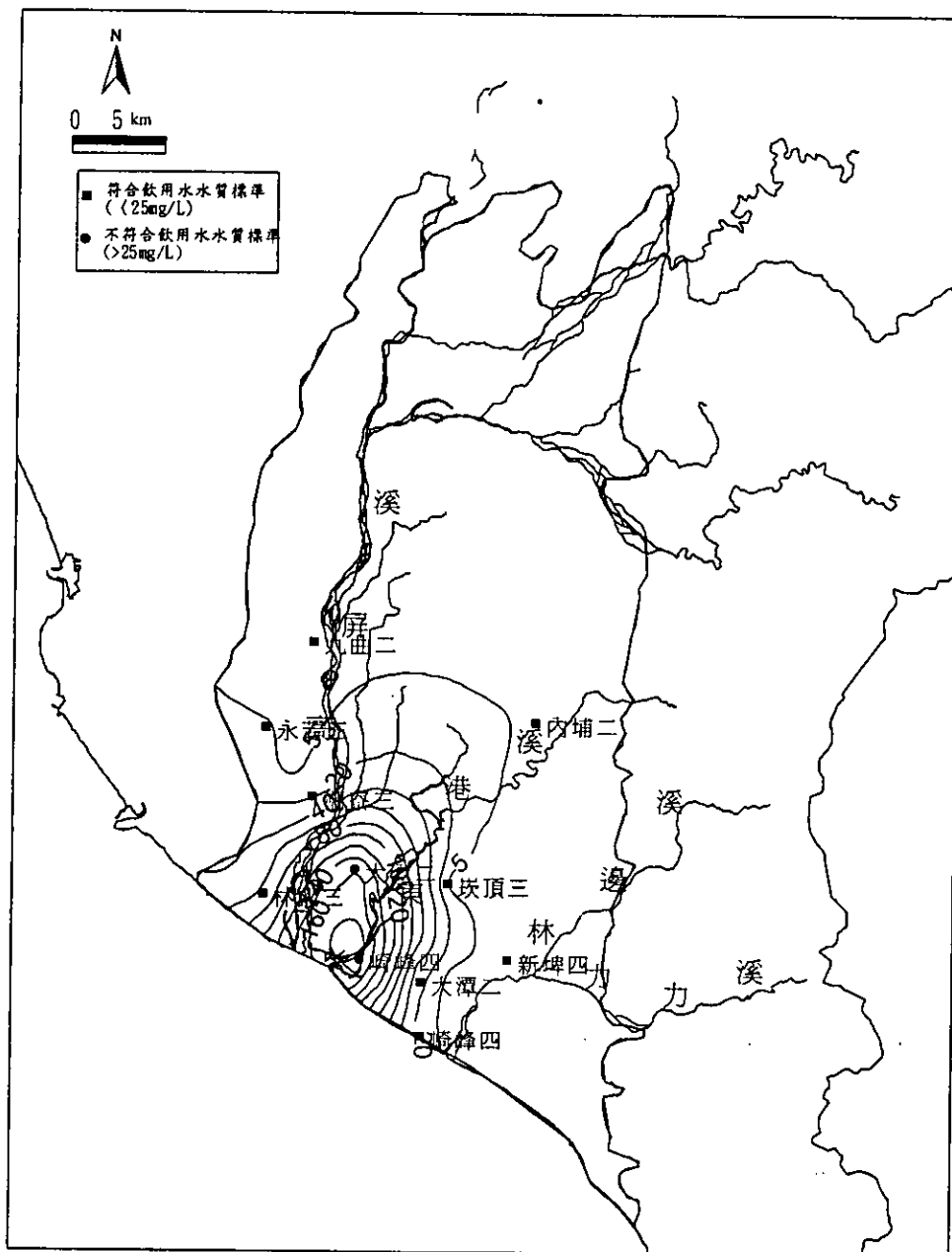


圖4.2.24 屏東平原含水層三之二之化學需氧量等值分析圖 (mg/L)

第五章 單目標地表地下最佳潛能模式發展

5.1 地表地下水資源概念模式建立

5.1.1 水資源系統架構

由於嘉南平原南段與屏東平原之地表水來源主要皆由高屏溪及其上游支流旗山溪、荖濃溪等取水，且地下水源僅屏東平原地下水區可供抽水使用，為使兩平原之地表地下水資源能有一整體性之規劃調配，本計畫於水資源系統架構中將嘉南平原及屏東平原合併為南部區域，統一調配兩平原之地表地下水資源。

南部區域現況地表水水源之供給主要依賴曾文溪水系之曾文、烏山頭、南化水庫及高屏溪水系之高屏溪攔河堰、澄清湖、鳳山水庫，為因應逐年遞增的用水需求，本計畫參考「台灣地區南部區域水資源綜合發展計畫」及「美濃水庫規劃檢討-一、基本資料補充調查與檢討（一）高屏溪水源運用檢討工作」報告將南化與高屏溪堰聯合運用輸水幹線計畫、阿公店水庫更新、曾文越域引水計畫一併納入系統中考量。至於美濃水庫因民情阻力而致使開發進度延宕，至今仍未能動工，而瑪家水庫屬大型在槽水庫，不利水庫防淤，且需大量遷移原住民部落，可行性甚低，故在此不將上述二案納入系統中考量。至於地下水源主要由屏東平原地下水區供給，由於屏東平原涵蓋屏東地區及部分高雄地區，故本計畫對屏東平原地下水區之考量除供給屏東地區公共、農業用水外並可供給高雄地區之公共用水，而嘉義及台南地區因與地下水區之空間距離甚遠，故地下水源不對嘉義及台南地區之公共用水進行供給。南部區域之水資源調配系統如圖 5.1.1-1 所示。

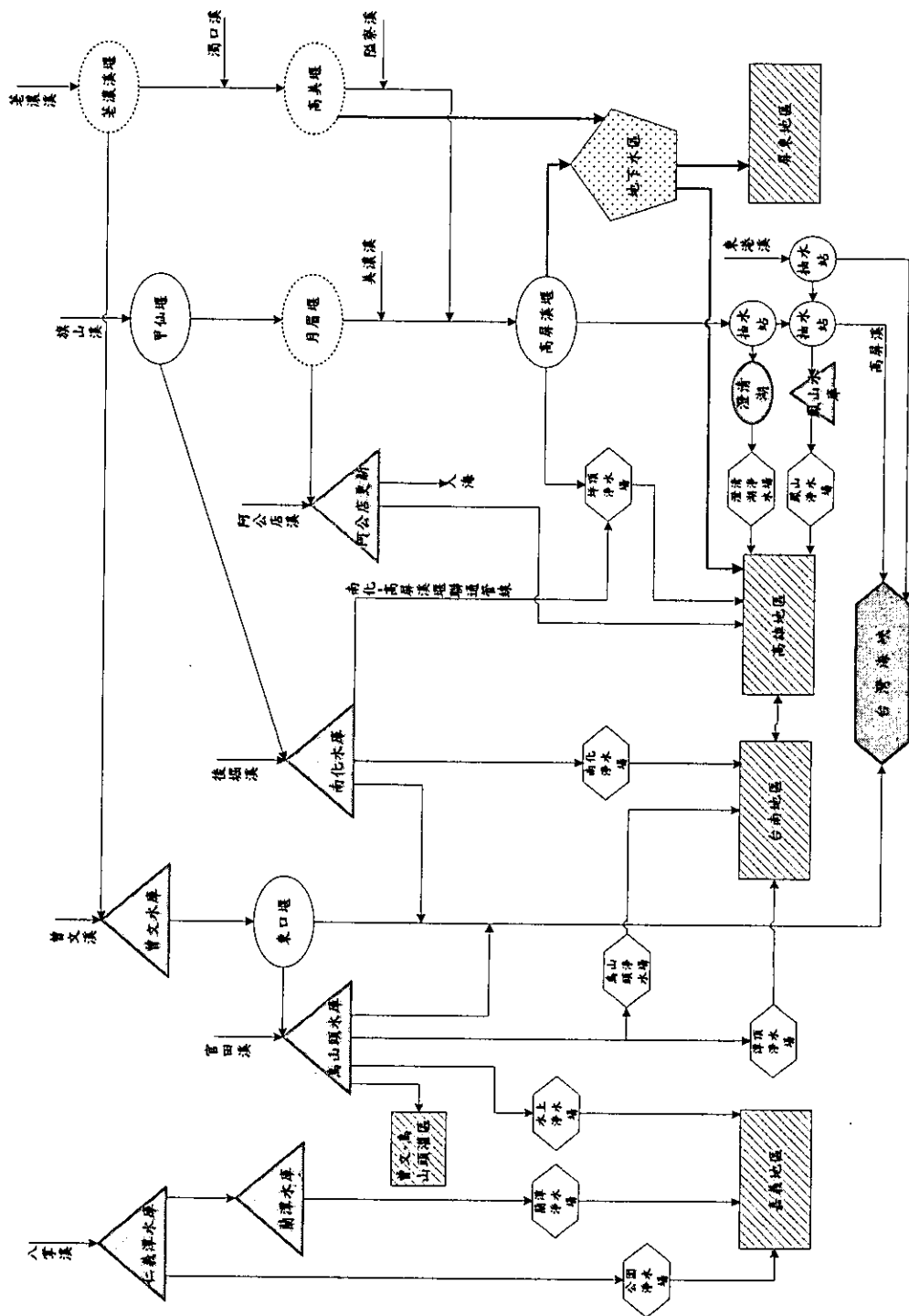


圖 5.1.1-1 南部區域水資源調配系統圖

5.1.2 水源運用原則

1、水庫操作方式

(1) 曾文-烏山頭水庫

曾文-烏山頭水庫為一組串聯運用多目標水庫，曾文水庫放水量由東口攔河堰引取，經輸水隧道流入烏山頭水庫，再由烏山頭水庫對外供應各標的用水。目前曾文-烏山頭水庫訂有一組運用規線分別為上限、下限與嚴重下限，皆為供水規線，本計畫對於曾文-烏山頭水庫即依此組規線進行操作放水。

(2) 南化水庫

南化水庫原運用規線目前已不符實際營運情況，本計畫對於南化水庫將以全有效庫容操作，不考量其運用規線。

(3) 阿公店更新工程

阿公店水庫於更新工程完工後可由月眉堰引取旗山溪水蓄存，供給大高雄地區民生用水。

2、攔河堰操作方式

各攔河堰之操作方式如表 5.1.2-1 所示。

3、水源水量運用順序

- (1) 豐水期優先由高屏溪堰引水供給高雄、台南用水區，若仍缺水再由南化、曾文-烏山頭水庫供應。
- (2) 枯水期時高屏溪堰不引水，台南地區用水由南化及曾文-烏山頭水庫供水，高雄地區用水則由澄清湖、鳳山水庫及阿公店水庫供水，兩區可由南高一線相互支援。
- (3) 屏東平原公共用水由地下水供應。

(4) 曾文-烏山頭水庫需優先供應嘉南農田水利會之農業灌溉需水量。

表 5.1.2-1 計畫區域內各攔河堰之引水規則

水源設施	引水規則
甲仙堰	<ol style="list-style-type: none"> 1. 攔取旗山溪水量越域注入南化水庫蓄存運用。 2. 為避免引入過多含砂量，引水流量上限為300CMS。 3. 引水路最大輸水容量為30CMS。 4. 豐水期引水（每年6月~10月），枯水期不引水。 5. 引水期間先保留下游水權量及河川環保流量。
高屏溪堰	<ol style="list-style-type: none"> 1. 為避免引入過多含砂量，引水流量上限為3000CMS。 2. 豐水期引水（每年5月~12月），枯水期不引水，最大計劃引水量為每日200萬立方公尺。 3. 引水期間先保留下游水權量及河川環保流量。 4. 攔引水量直接供應用水區。
荖濃溪堰	<ol style="list-style-type: none"> 1. 攔取荖濃溪水量越域注入曾文水庫蓄存運用。 2. 為避免引入過多含砂量，引水流量上限為300CMS。

	<ol style="list-style-type: none"> 3. 引水路最大輸水容量為 50CMS。 4. 豐水期引水，枯水期不引水。 5. 引水期間先保留下游水權量及河川環保流量。
高美堰	<ol style="list-style-type: none"> 1. 由高美攔河堰注入吉洋人工湖蓄存運用。 2. 引水路最大輸水容量為 30CMS。 3. 不分豐枯水期皆引水。 4. 引水期間先保留下游水權量及河川環保流量。

5.2 地表地下水聯合模擬模式建立

5.2.1 模擬網流系統及變數定義

在南部區域水資源調配系統中，本計畫對於高雄地區之澄清湖、鳳山水庫並不考量其水庫操作原則，而是以每日 84 萬立方公尺穩定供水，至於阿公店水庫則考量其更新工程完工後以每日 10 萬立方公尺穩定供水；對於嘉義地區之蘭潭、仁義潭水庫亦不考量其水庫操作原則，而是以每日 15 萬立方公尺穩定供水，故系統對於嘉義地區僅考量烏山頭水庫支援每日 10 萬立方公尺之供水量，如此可進一步化簡南部區域水資源調配系統如圖 5.2.1-1 所示，再依據化簡後之水資源調配系統建構南部區域水資源網流系統如圖 5.2.1-2。

圖 5.2-2 中各變數之定義如下：

$I_{ss1}(t)$ ：曾文水庫入流量。

$I_{ss2}(t)$ ：烏山頭水庫入流量。

$I_{ss3}(t)$ ：南化水庫入流量。

$I_{sw1}(t)$ ：甲仙堰入流量。

$I_{sw2}(t)$ ：荖濃溪堰入流量。

$I_{si}(t)$ ($i=1\sim3$)：側流量。

$d_{si}(t)$ ($i=1\sim4$)：各堰壩、取水口引水量。

$R_{si}(t)$ ($i=1\sim12$)：各河段之川流量。

$u_{si}(t)$ ($i=1\sim9$)：公共用水供水量。

D_{si} ($i=1\sim3$)：公共用水需水量。

$D_{gw}(t)$ ：地下水為恢復至安全出水量之水位所需補注之水量。

$A_{s1}(t)$ ：曾文-烏山頭灌區農業灌溉需水量。

$a_{s1}(t)$ ：曾文-烏山頭灌區農業實際用水量。

$AR_{si}(t)$ ($i=1\sim2$)：地下水補注量。

$P_{si}(t)$ ($i=1\sim2$)：地下水抽水量。

SP1：水上淨水場。

SP2：烏山頭淨水場。

SP3：潭頂淨水場。

SP4：南化淨水場。

SP5：坪頂淨水場。

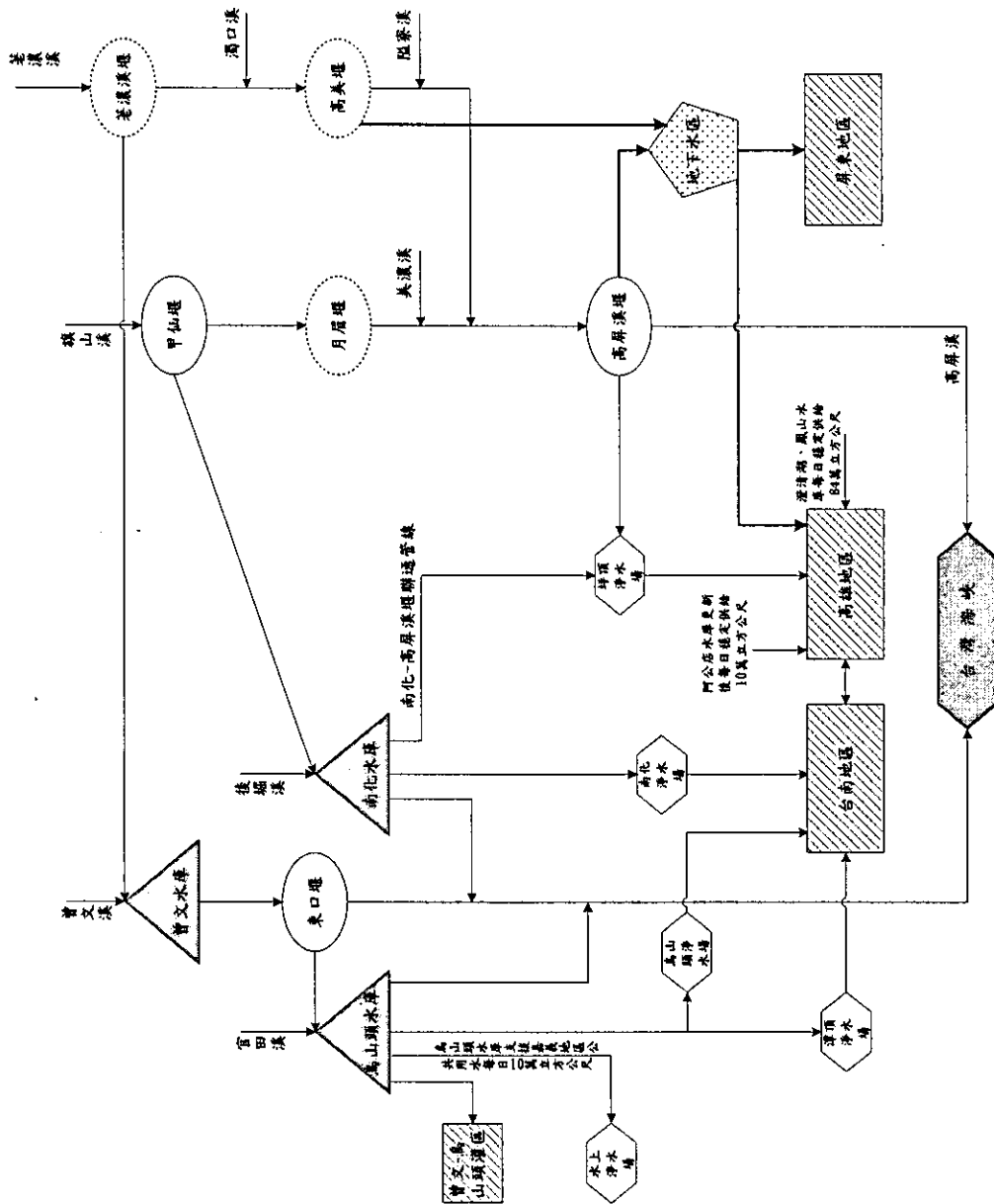


圖 5.2.1-1 化簡後之南部區域水資源調配系統圖

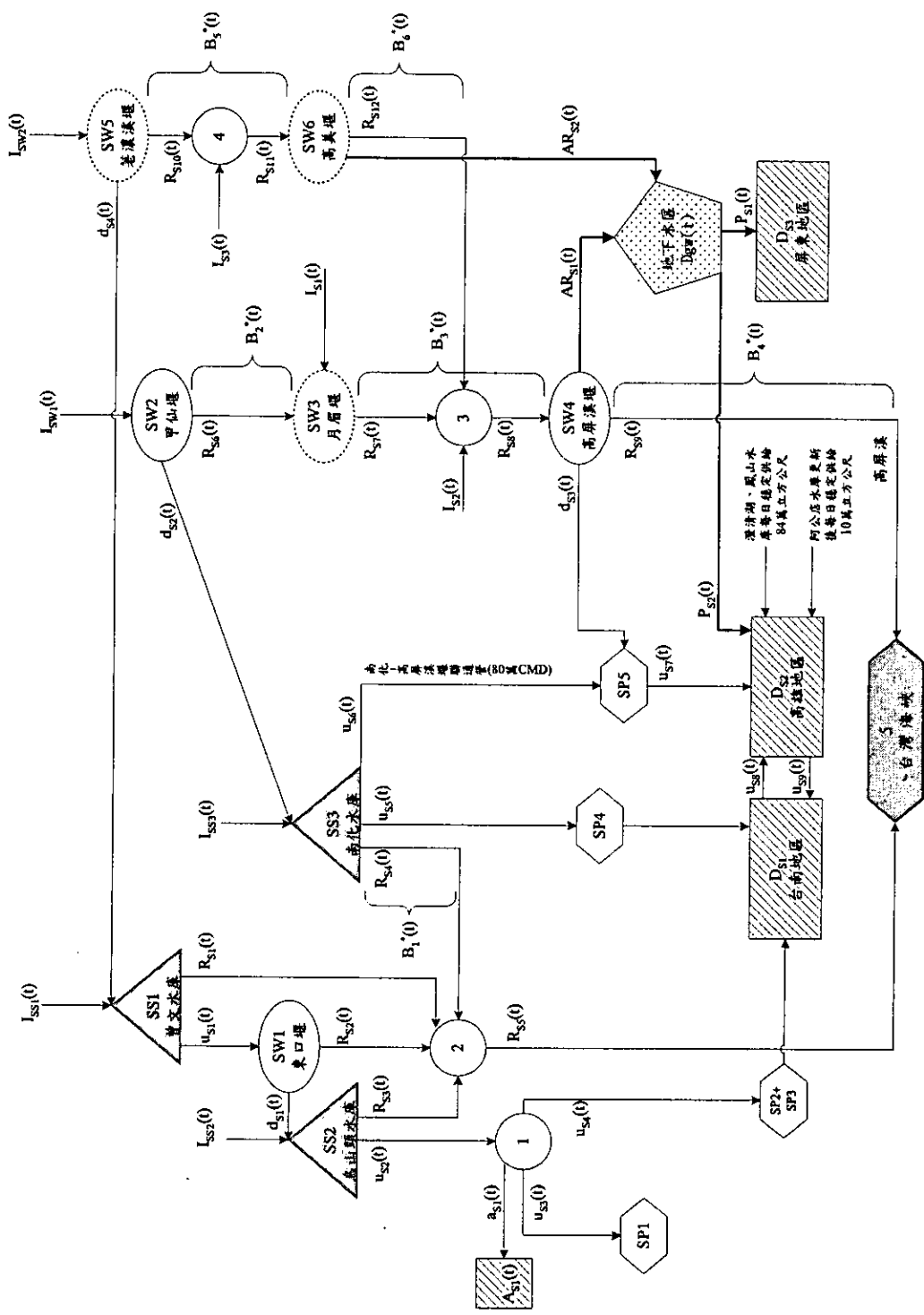


圖 5.2.1-2 南部區域水資源網流系統圖

5.2.2 模擬模式模擬原則及演算流程

1、模擬原則

- (1) 模擬時間為民國 48 年至 89 年，共 42 年，採旬操作。
- (2) 所有已知量包括公共用水需水量、生態基流量、入流量及農業計畫需水量等皆需先行求得。
- (3) 各標的滿足之優先順序依序為：1.曾文-烏山頭灌區農業灌溉需水量，2.烏山頭水庫支援嘉義地區每日 10 萬立方公尺，3.台南、高雄公共用水需水量。
- (4) 曾文-烏山頭水庫依其運用規線操作放水。
- (5) 南化水庫以全庫容操作放水。
- (6) 屏東地區之公共用水需水量以地下水現況抽水量供給。
- (7) 線性規劃模式主要計算之變量為各農業用水供水量、公共用水供水量、河川川流量。

2、模式演算流程

本計畫整合模擬及線性規劃模式進行水資源調配之演算，模式演算步驟如下：

- (1) 輸入已知的相關資料，例如各流量資料、各水庫之基本資料、各需求節點之計畫需水量...等。
- (2) 依據已知資料，計算各水庫於第 t 時刻放水前之可利用蓄水量與指標。
- (3) 再將各水庫之第 t 時刻可利用蓄水量線性累加，計算第 t 時刻對等水庫之可利用蓄水量與指標，此即為第 t 時刻系統之可利用蓄水量與指標。
- (4) 再以第 t 時刻對等水庫之可利用蓄水量對應於系統操作規線所制

定之供水規則決定系統第 t 時刻計算總需水量與各需求節點之計算需水量。

- (5) 以第 t 時刻水庫放水前可利用蓄水量之指標決定進行放水之水庫 (高指標的水庫群先行放水)。
- (6) 由線性規劃模式求解各水庫之放水量。
- (7) 判斷各水庫之放水量是否滿足需求節點之計算需水量或是各水庫已達呆水位，如果是的話則進行至第 8 步驟；如果否的話則修正 1. 第 t 時刻各水庫之可利用蓄水量與指標；2. 第 t 時刻各需求節點之計算需水量；3. 第 t 時刻各放水容量限制後，再重回至第 5 步驟。
- (8) 計算第 t 時刻各水庫之總放水量。
- (9) 計算第 t 時刻各水庫放水後之蓄水量與指標。
- (10) 判斷是否已完成模擬時間，是的話則進行到第 11 步驟，如果還未完成模擬時間則回到第 2 步驟，重複上述步驟 2-9 之計算，直到完成模擬時間。
- (11) 判斷各時刻公共用水需水量是否已滿足，若是則進行到第 12 步驟，若公共用水尚有缺水，則由地下水抽水供給。
- (12) 輸出相關結果。

模式演算流程如圖 5.2.2-1 所示。

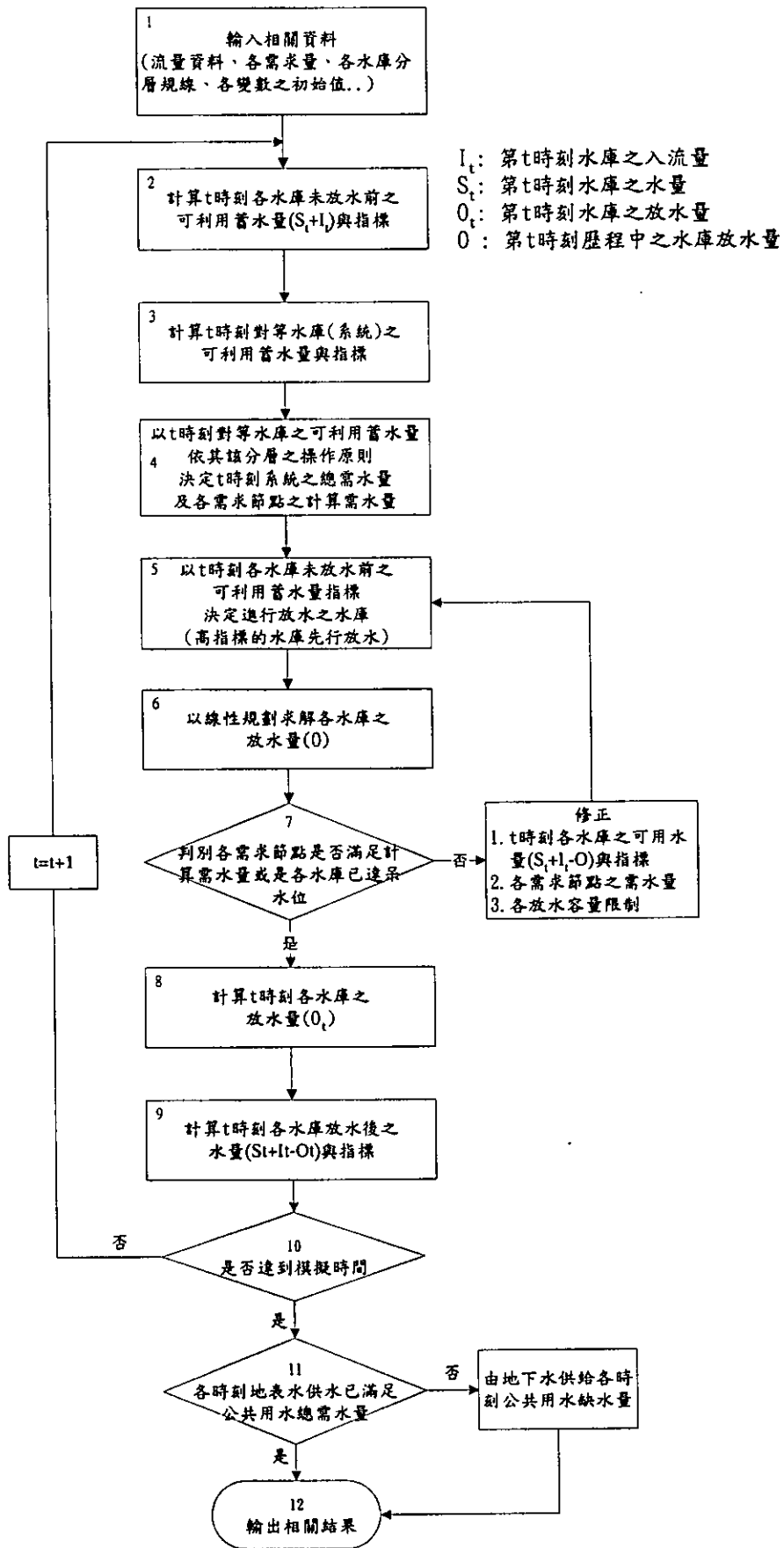


圖 5.2.2-1 南部區域地表地下水聯合模擬模式演算流程圖

5.2.3 線性規劃模式

由前述及圖 5.2.1-2 可知線性規劃為模擬模式分配水量計算的演算核心，以下將進一步針對南部區域水源調配的線性規劃模式說明。

1、已知值

$S_{ssi}(t)$ ($i=1\sim3$): 各水庫 t 時刻之蓄水體積。

$I_{ss1}(t)$: 曾文水庫入流量。

$I_{ss2}(t)$: 烏山頭水庫入流量。

$I_{ss3}(t)$: 南化水庫入流量。

$I_{sw1}(t)$: 甲仙堰入流量。

$I_{sw2}(t)$: 荖濃溪堰入流量。

$I_{si}(t)$ ($i=1\sim3$): 側流量。

D_{si} ($i=1\sim3$): 公共用水需水量。

$D_{gw}(t)$: 地下水為恢復至安全出水量之水位所需補注之水量。

$A_{s1}(t)$: 曾文-烏山頭灌區農業灌溉需水量。

d_{s1max} : 烏山嶺引水隧道容量限制，56CMS。

d_{s2max} : 甲仙堰-南化水庫引水路最大輸水容量，30CMS。

d_{s3max} : 高屏溪堰-坪頂淨水場管線容量限制，130 萬 CMD。

d_{s4max} : 荖濃溪堰-曾文水庫引水路最大輸水容量，50CMS。

d_{s5max} : 南化水庫-高屏溪堰聯通管路容量限制，80 萬 CMD。

d_{s6max} : 南高一線管路容量限制，65 萬 CMD。

d_{s7max} : 高美堰-吉洋人工湖引水路最大輸水容量，30CMS。

C_{SPi} ($i=1\sim5$): 各淨水場最大處理容量。

$B_1(t)$: 南化水庫下游保留水量。

$B_2(t)$: 甲仙堰下游保留水量。

$B_3(t)$: 月眉堰下游保留水量。

$B_4(t)$ ：高屏溪堰下游保留水量。

$B_5(t)$ ：荖濃溪堰下游保留水量。

$B_6(t)$ ：高美堰下游保留水量。

$B_1^*(t)$ ：修正後南化水庫下游保留水量= $\text{Min}\{I_{SS3}(t), B_1(t)\}$

$B_2^*(t)$ ：修正後甲仙堰下游保留水量= $\text{Min}\{I_{SW1}(t), B_2(t)\}$

$B_3^*(t)$ ：修正後月眉堰下游保留水量= $\text{Min}\{(I_{SW1}(t)+I_{S1}(t)), B_3(t)\}$

$B_4^*(t)$ ：修正後高屏溪堰下游保留水量= $\text{Min}\{(B_3^*(t)+B_6^*(t)), B_4(t)\}$

$B_5^*(t)$ ：修正後荖濃溪堰下游保留水量= $\text{Min}\{I_{SW2}(t), B_5(t)\}$

$B_6^*(t)$ ：修正後高美堰下游保留水量= $\text{Min}\{(I_{SW2}(t)+I_{S3}(t)), B_6(t)\}$

2、變數

$d_{si}(t)$ ($i=1\sim 4$)：各堰壩、取水口引水量。

$R_{si}(t)$ ($i=1\sim 12$)：各河段之川流量。

$u_{si}(t)$ ($i=1\sim 9$)：公共用水供水量。

$a_{s1}(t)$ ：曾文-烏山頭灌區農業灌溉實際用水量。

$P_{si}(t)$ ($i=1\sim 3$)：地下水抽水量。

$AR_{si}(t)$ ($i=1\sim 2$)：地下水補注量。

3、目標函數

本計畫區域之目標函數如下：

$$\text{Min}\{w_1X_{S1}+w_2X_{S2}+w_3[X_{S3}+X_{S4}]+w_4[X_{S5}+X_{S6}+X_{S7}+X_{S8}+X_{S9}] \\ + w_5X_{S10}+w_6[R_{S5}(t)+R_{S9}(t)]+w_7[u_{s8}(t)+u_{s9}(t)]\}$$

X_{S1} ：曾文-烏山頭灌區缺水量= $A_{S1}(t)-a_{s1}(t)$

X_{S2} ：烏山頭水庫支援嘉義地區 10 萬 CMD 缺水量= $SP1-u_{s3}(t)$

X_{S3} ：台南公共用水缺水量= $(D_{S1}+u_{s8}(t))-(u_{s4}(t)+u_{s5}(t)+u_{s9}(t))$

X_{S4} ：高雄地區扣除澄清湖、鳳山水庫及阿公店水庫每日 94 萬 CMD

穩定供水後之公共用水缺水量= $(D'_{S2}+u_{S9}(t))-(u_{S7}(t)+u_{S8}(t))$

D'_{S2} ：高雄地區扣除澄清湖、鳳山水庫及阿公店水庫每日 94 萬 CMD

穩定供水後之公共用水需水量。

X_{S5} 、 X_{S6} ：曾文水庫與烏山頭水庫指標平衡差值。

X_{S7} 、 X_{S8} ：曾文-烏山頭水庫與南化水庫指標平衡差值。

X_{S9} ：台南、高雄需求平衡差值。

X_{S10} ：地下水區超抽水量= $D_{gw}(t)-AR_{S1}(t)-AR_{S2}(t)$

w_i ($i=1\sim7$)：各項次之權重，其大小順序如下

$w_1>w_2>w_3>w_4>w_5>w_6$

權重的大小即代表各標的之滿足優先順序。

目標函數各項次之設計為各標的實際供水與其對應需求之差值，而對目標函數最小化之目的為使整體水資源調配能更合理更有效率，加入 $w_4[X_{S5}+X_{S6}+X_{S7}+X_{S8}]$ 是為了使曾文、烏山頭及南化三座水庫依據指標平衡放水時其差值最小；加入 w_4X_{S9} 是為了使台南與高雄需求平衡差值最小；加入 w_5X_{S10} 是為了當地下水處於超量抽水時，地表水在滿足各項標的需水量後能對地下水作補注以減輕地下水超抽情形；加入 $w_6[R_{S5}(t)+R_{S9}(t)]$ 是為了使溢流量最小；而加入 $w_7[u_{S8}(t)+u_{S9}(t)]$ 則可使南高一線同一時刻只有一個方向有流量值，避免 $u_{S8}(t)$ 、 $u_{S9}(t)$ 均不為 0 的情形發生。

4、限制式

(1) 各節點之質量平衡方程式

節點 SS1： $S_{SS1}(t+1)=S_{SS1}(t)+I_{SS1}(t)+d_{S4}(t)-u_{S1}(t)-R_{S1}(t)$

節點 SW1： $u_{S1}(t)=d_{S1}(t)+R_{S2}(t)$

$$\text{節點 SS2 : } S_{ss2}(t+1)=S_{ss2}(t)+I_{ss2}(t)+d_{s1}(t)-R_{s3}(t)-u_{s2}(t)$$

$$\text{節點 1 : } u_{s2}(t)=a_{s1}(t)+u_{s3}(t)+u_{s4}(t)$$

$$\text{節點 2 : } R_{s1}(t)+R_{s2}(t)+R_{s3}(t)+R_{s4}(t)=R_{s5}(t)$$

$$\text{節點 SS3 : } S_{ss3}(t+1)=S_{ss3}(t)+I_{ss3}(t)+d_{s2}(t)-R_{s4}(t)-u_{s5}(t)-u_{s6}(t)$$

$$\text{節點 SW2 : } I_{sw1}(t)=d_{s2}(t)+R_{s6}(t)$$

$$\text{節點 SW3 : } R_{s6}(t)+I_{s1}(t)=R_{s7}(t)$$

$$\text{節點 SW5 : } I_{sw2}(t)=d_{s4}(t)+R_{s10}(t)$$

$$\text{節點 4 : } R_{s10}(t)+I_{s3}(t)=R_{s11}(t)$$

$$\text{節點 SW6 : } R_{s11}(t)=R_{s12}(t)+AR_2(t)$$

$$\text{節點 3 : } R_{s7}(t)+I_{s2}(t)+R_{s12}(t)=R_{s8}(t)$$

$$\text{節點 SW4 : } R_{s8}(t)=d_{s3}(t)+R_{s9}(t)+AR_1(t)$$

$$\text{節點 SP5 : } d_{s3}(t)+u_{s6}(t)=u_{c7}(t)$$

$$\text{節點 D}_{S2} : D_{S1}+u_{s8}(t)=u_{s4}(t)+u_{s5}(t)+u_{s9}(t)+X_{S3}$$

$$\text{節點 D}_{S3} : D_{S2}+u_{s9}(t)=u_{s7}(t)+u_{s8}(t)+X_{S4}$$

(2) 指標平衡式

曾文水庫與烏山頭水庫指標平衡式：

$$\frac{S_{ss1}(t) + I_{ss1}(t) + d_{s4}(t) - u_{s1}(t) - LAV_{ss1,n}}{LAV_{ss1,n+1} - LAV_{ss1,n}} + (X_5 - X_6) = \frac{S_{ss2}(t) + I_{ss2}(t) + d_{s1}(t) - u_{s2}(t) - LAV_{ss2,n}}{LAV_{ss2,n+1} - LAV_{ss2,n}}$$

曾文-烏山頭水庫與南化水庫指標平衡式：

$$\frac{S_{ss1}(t) + I_{ss1}(t) + S_{ss2}(t) + I_{ss2}(t) + d_{s4}(t) - u_{s2}(t) - LAV_{ss4,n}}{LAV_{ss4,n+1} - LAV_{ss4,n}} + (X_7 - X_8) = \frac{S_{ss3}(t) + I_{ss3}(t) + d_{s2}(t) - u_{s5}(t) - u_{s6}(t) - LAV_{ss3,n}}{LAV_{ss3,n+1} - LAV_{ss3,n}}$$

其中：

$LAV_{ssi,n}$ = 各水庫第 n 層體積 ($i=1\sim4$)

(3) 台南、高雄需求平衡式

$$\frac{1}{D_{S1}} X_3 - \frac{1}{D_{S2}} X_4 - X_9 = 0$$

(4) 其他限制條件

$$0 \leq S_{ss1}(t+1) \leq 600950000$$

$$0 \leq S_{ss2}(t+1) \leq 81450000$$

$$0 \leq S_{ss3}(t+1) \leq 134550000$$

$$d_{s1}(t) \leq d_{s1max}$$

$$d_{s2}(t) \leq d_{s2max}$$

$$d_{s3}(t) \leq d_{s3max}$$

$$d_{s4}(t) \leq d_{s4max}$$

$$u_{s6}(t) \leq d_{s5max}$$

$$u_{s8}(t) \leq d_{s6max}$$

$$u_{s9}(t) \leq d_{s6max}$$

$$u_{s4}(t) \leq (C_{SP2} + C_{SP3})$$

$$u_{s5}(t) \leq C_{SP4}$$

$$u_{s7}(t) \leq C_{SP5}$$

$$R_{si}(t) \geq 0 \quad (i=1 \sim 12)$$

$$R_{s4}(t) \geq B_1^*(t)$$

$$R_{s6}(t) \geq B_2^*(t)$$

$$R_{s7}(t) \geq B_3^*(t)$$

$$R_{s9}(t) \geq B_4^*(t)$$

$$R_{s10}(t) \geq B_5^*(t)$$

$$R_{s12}(t) \geq B_6^*(t)$$

5.3 地表地下最佳潛能模式發展及簡例應用

5.3.1 模擬原則及演算流程

水源運用最佳方式就是滿足各標的用水需求，然而水文條件有不確定性，流量有豐枯之分，各標的用水均可能發生缺水，為提高供水潛能，缺水情況之發生是容許的，因此需有依判斷準則分析水源運用之合理供水能力。本計畫是以公共用水之年缺水指數為 1.0 的情況下分析供水潛能，缺水指數定義如下：

$$SI = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{S_i}{D_i} \right)^2$$

SI：缺水指數

S：缺水量

D：需水量

N：分析時數

由 5.2 節的圖 5.2.2-1 模式演算流程可知，水源運用原則是以先使用地表水供水，若未能滿足公共用水需求再由地下水抽水供應，而地下水的使用則必須視 3.3 節所求之現況抽水量及 3.4 節所定義之安全出水量而予與抽水或補注。

當現況抽水量大於安全出水量則表示該時刻之地下水使用情形屬於超量抽用，此時地下水不能再抽水使用並且需要地表水系統對其補注，在不影響地表水系統供給各需求標的的前提下，多餘之地表水源盡量補注到地下水區以減輕地下水超量抽用的情形。而當現況抽水量小於安全出水量則表示該時刻之地下水使用量仍在安全出水量之內，地下水尚有安全出水量與現況抽水量的差值可供使用，若此刻地表水系統無法滿足公共用水需求，則可抽用地下水供給。

本計畫在不加重地下水超量抽用情形，並以安全出水量為基準由

地表系統適量補注地下水區的原則下，分析南部區域地表地下供水潛能，演算步驟如下：

1. 為配合地表水系統以旬操作模擬，必須先將 3.3 節所求之現況抽水量及 3.4 節所定義之安全出水量處理成旬資料。

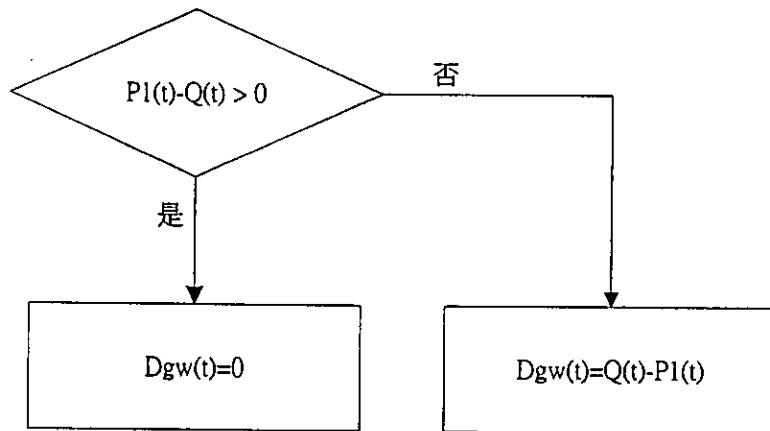
$Q(t)$ ：現況抽水量， $t=1\sim 1512$ (旬)

$P1(t)$ ：安全出水量， $t=1\sim 1512$ (旬)

$P1(t)-Q(t)>0$ ：該旬地下水抽水量低於安全抽水量，尚有 $P1(t)-Q(t)$ 之地下水量可供利用。

$P1(t)-Q(t)<0$ ：該旬地下水抽水量已超量抽用，地表水系統需對地下水區補注。

2. 決定各旬地下水所需補注之量 ($D_{gw}(t)$)：



註：

(1) $D_{gw}(t)$ 在線性規劃中代表一地下水補注需求量，當各需求標的滿足後，多餘之地表水源才會對此進行補注。

(2) 當 $P1(t)-Q(t)>0$ 時， $D_{gw}(t)=0$ ，表示該時刻地表水系統不對地下水做補注，且 $Q(t)-P1(t)$ 為補注之標的量亦即為補注之上限。

(3) 當 $P1(t)-Q(t)<0$ 時， $D_{gw}(t)=Q(t)-P1(t)$ ，表示該時刻地表水系統需對地下水做補注，但補注量是以使地下水恢復到安全抽水量之上限。

3. 假設一系統之公共用水旬潛能量 D_{sys} 。

4. 將 D_{sys} 依比例分配至各公共用水需求節點。

$$D_{S1} = W_{S1} * D_{sys}$$

$$D_{S2} = W_{S2} * D_{sys}$$

註： W_{S1} 、 W_{S2} 是以所選定目標年之各地區需求量按比例而定。

5. 依據 5.2 節地表地下水聯合模擬模式演算流程(1)~(10)，計算各旬公共用水供水量。

6. 計算各旬台南與高雄地區公共用水缺水量。

$SH_1(t)$ ：台南地區公共用水缺水量。

$SH_2(t)$ ：高雄地區公共用水缺水量。

7. 視地下水供水情形而定，修正各旬高雄地區公共用水缺水量 ($SH'_2(t)$)。

8. 計算各旬公共用水總缺水量 ($SH_{sys}(t)$)。

9. 計算公共用水年缺水指標 (SI)。

10. 判斷 SI 是否等於 1.0，若是則進行步驟 10，若否則回到 3，重複 3~9 直到 $SI=1.0$ 為止。

11. 求得系統之旬潛能量 D_{sys} 。

南部區域潛能模式演算流程如圖 5.3.1-1 所示。

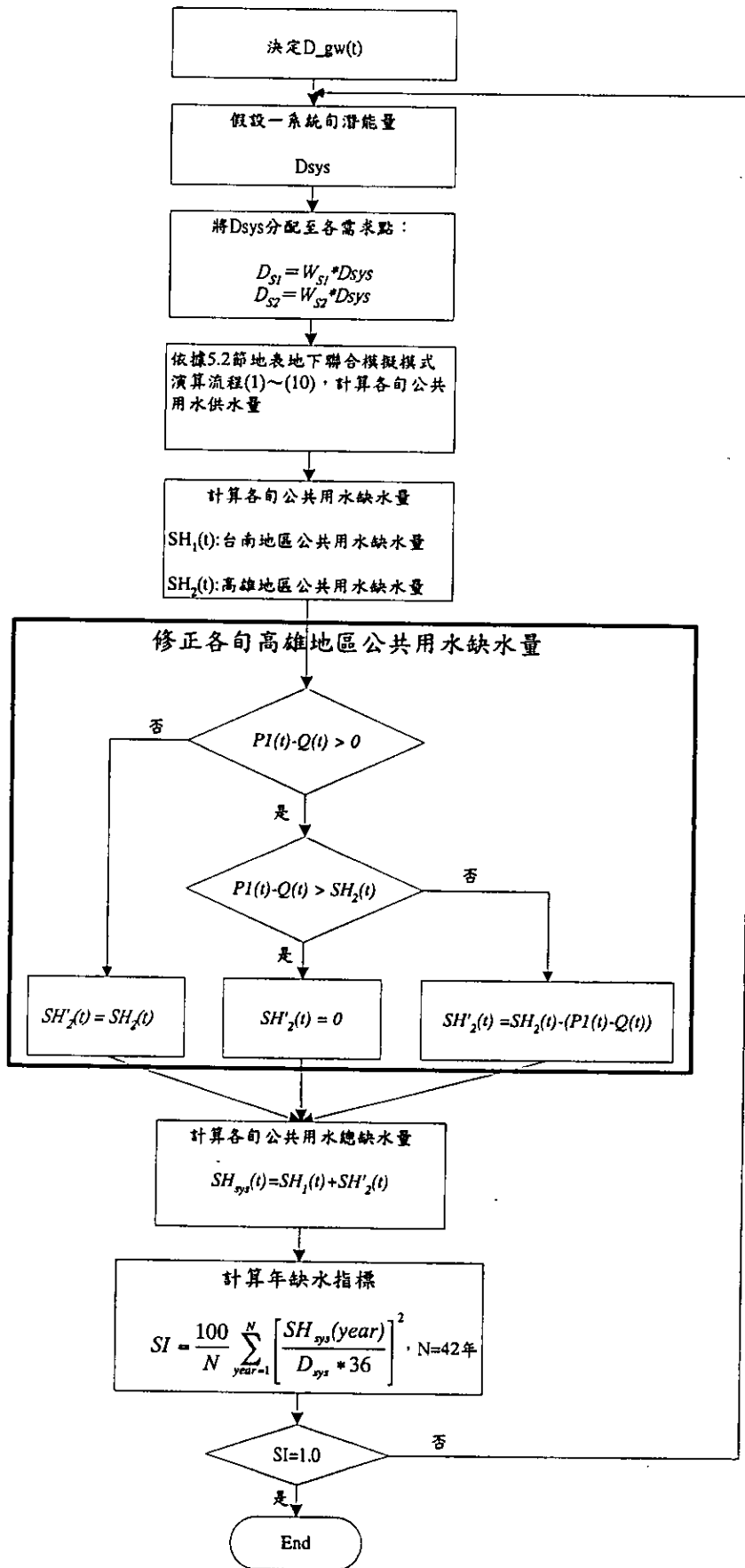


圖 5.3.1-1 南部區域潛能模式演算流程圖

5.3.2 水源供水潛能分析

本計畫為考量地表水由不同節點對地下水區補注所造成之差異，故在南部區域地表地下聯合供水潛能分析中設計 4 種可能方案進行探討，並與方案 5（僅考慮地表系統）之供水潛能量比較，另外亦考量因目標年不同而使各地區需求量之分配比例權重改變對模式之影響，在此以民國 91 年與民國 110 年兩種情形進行比較。模擬結果可參考表 5.3.2-1。

由表 5.3.2-1 可發現以民國 91 年及民國 110 年各地區之公共用水需求量為分配比例權重進行供水潛能分析，各方案之潛能量與補注量均有顯著差異，這是因為台南、高雄之分配比例權重民國 91 年分別為 0.33、0.67，民國 110 年分別為 0.40、0.60，兩者相差頗大，故而會對模式造成影響，使潛能量與補注量有所差異。地表水由不同的水工結構物對地下水區補注，對於系統之潛能量與補注量亦有相當程度的影響，對於補注量而言，方案 1、2 之補注量相同，這是因為兩方案可用來補注之水源均涵蓋高屏溪各大小支流，方案 3 之補注量較小則是因為可用來補注之水源僅限於高美堰址上游水源，故而高美堰址下游既使有多餘的地表水源亦無法用來補注地下水區；對於潛能量而言，方案 1 與方案 2 均有從高屏溪下游之高屏溪堰進行補注，雖兩方案之補注方式有異，但可用來補注之水源均涵蓋高屏溪各大小支流，因此兩方案之潛能量相同，而方案 3 僅由高屏溪上游之高美堰補注，可用於補注的地表水源與方案 1、2 有所差異，故會影響高屏溪上游荖濃溪堰與甲仙堰之引水量，進而影響到曾文、南化兩座水庫之放水量，造成潛能量與方案 1、2 有所差異，當豐水期各公共用水標的均滿足後，對於方案 1、2 而言，高屏溪堰上游各支流的水源均需用以補注地下水區，無法引入曾文、南化兩水庫蓄存，但方案 3 僅以高美堰上游水源

做補注，旗山溪甲仙堰上游水源仍可引入南化水庫蓄存，故方案 3 之公共用水潛能量大於方案 1 與方案 2。至於方案 4 則是地表水源不對地下水區進行補注，雖然供水潛能量為 5 個方案中最大，但卻浪費了高屏溪地表水資源，任其溢流亦不用來補注地下水區，而使地下水超量抽用情形日益加重。

表 5.3.2-1 南部區域地表地下聯合供水潛能分析成果表

單位：萬立方公尺/年

可能方案	以民國 91 年各地區之公共用水 需求量为分配比例權重			以民國 110 年各地區之公共用水 需求量为分配比例權重			
	公共用水潛 能量	補注量	聯合營運後 地下水超抽水 量	公共用水潛能 量	補注量	聯合營運後 地下水超抽水 量	
地表地下聯合營運	1.從高屏溪堰與高美 堰補注	149148	12245	4877	155268	12297	4825
	2.從高屏溪堰補注	149148	12245	4877	155268	12297	4825
	3.從高美堰補注	149364	11759	5863	155412	11825	5297
	4.地表系統不對地下 水補注	149508	0	17122	155520	0	17122
	5.僅考慮地表系統	143460	-	-	149904	-	-

5.4 地表地下水整體最佳潛能及其對應之抽水/補注分區與抽水型態計算

目前屏東平原沿海地區由於地下水使用不當及管理紊亂引發地層下陷多年，至今仍未終止，為防止地層下陷的情形日益嚴重，部分地區已列為地下水管制區（參考圖 5.4-1），管制區中之抽水井均予與封井不再抽水使用，如此一來管制區內之水源必定短缺，為此需尋找替代水源來供給管制區內封井後之減抽水量。

管制區內封井後之減抽水量可分為 2 部分（參考表 5.4-1），1. 農業用水減抽水量，2. 公共用水減抽水量，由於管制區均位於屏東平原沿海地區故本模式將農業用水減抽水量視為高屏溪堰下游水權量以地表水灌溉系統優先供給；而對於公共用水減抽水量則以地表水先供應，不足時再由管制區外新增之地下水井抽水供應，模式演算步驟如下：

1. 計算管制區內農業用水減抽水量及公共用水減抽水量。

$A_{add}(t)$ ：農業用水減抽水量， $t=1\sim 1512$ (旬)

$D_{add}(t)$ ：旬公共用水減抽水量， $t=1\sim 1512$ (旬)

$D_{add}(i)$ ：月公共用水減抽水量， $i=1\sim 12$ (月)

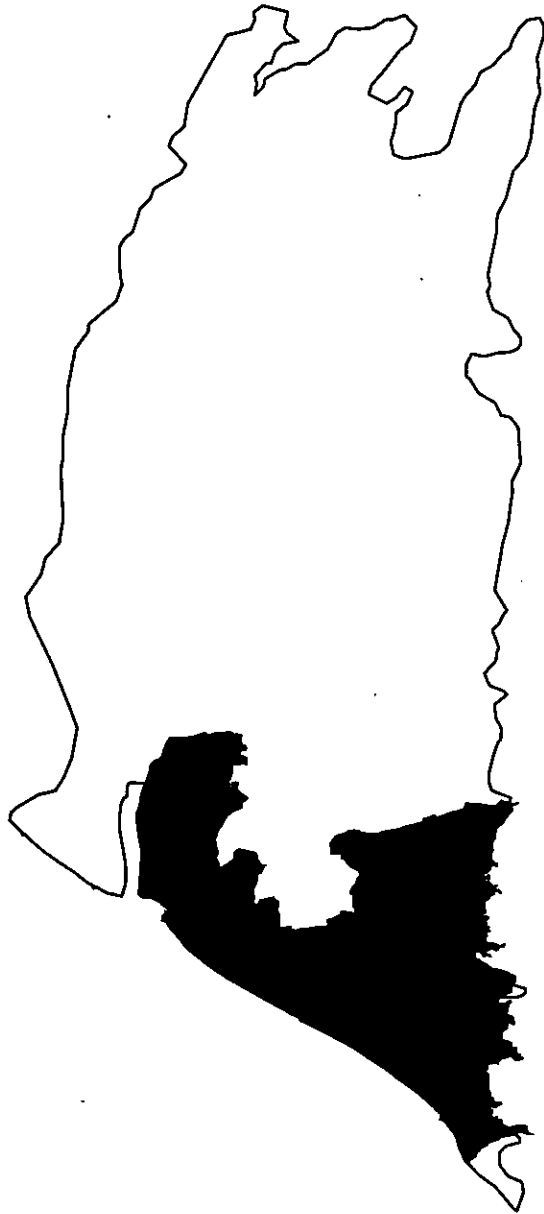
2. 修正現況抽水量。

$$Q'(t) = Q(t) - [A_{add}(t) + D_{add}(t)]$$

3. 以 5.3 節濁水溪沖積扇潛能模式求得年缺水指標等於 1.0 之公共用水潛能量 (D_{sys})。

模式中需修改處：

- (1) 令 $D_{gw}(t)=0$ ，潛能模式中地表水系統不對地下水區補注。
- (2) 將 $A_{add}(t)$ 視為高屏溪堰下游水權量以地表水灌溉系統優先供給。
- (3) 現況抽水量以修正後現況抽水量取代。
4. 將公共用水潛能量與所選定目標年之公共用水需水量 (D_{year}) 相



黑色部分為地下水管制區

圖5.4-1屏東平原地下水管制區位置分佈圖

- 減，求出在滿足公共用水需水量後系統剩餘之可利用水量(D_{revise})。
5. 以系統剩餘之可利用水量供給公共用水減抽水量，若能滿足則多餘之水量可補注地下水，若不能滿足則需由管制區外新增之地下水井抽水供應。
 6. 以 GA 優選管制區外可設井位進行抽水或補注。

表 5.4-1 地下水管制區減抽水量一覽表

單位：萬立方公尺

月	農業用水 減抽水量	公共用水 減抽水量
1	2176	28
2	2176	28
3	2176	28
4	2176	28
5	2176	28
6	2176	28
7	2176	28
8	2176	28
9	2176	28
10	2176	28
11	2176	28
12	2176	28

演算流程如圖 5.4-2 所示。

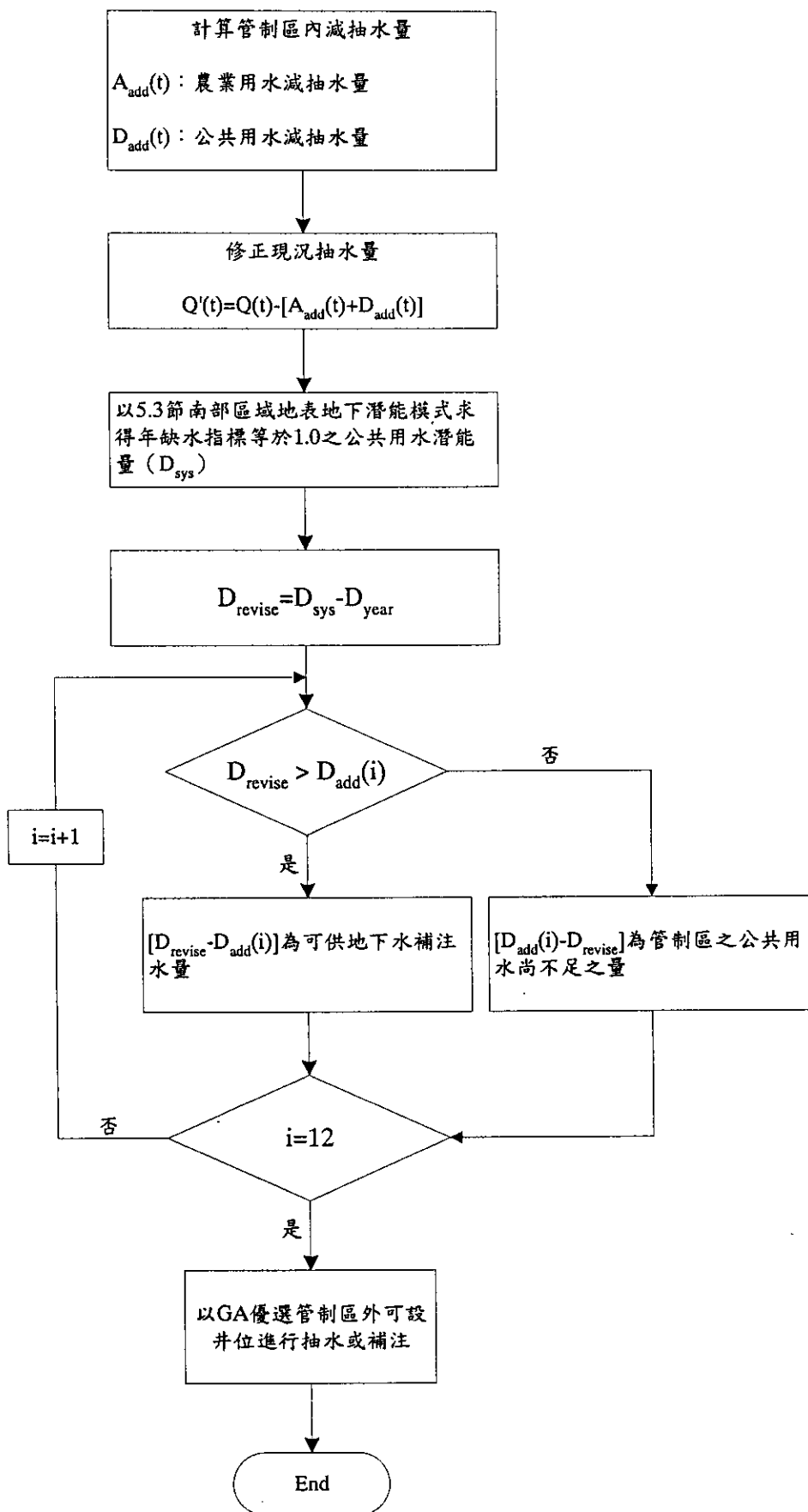


圖 5.4-2 模式演算流程圖

屏東平原民國 110 年地下水可抽補水量如表 5.4-2 所示，由表分析得知，地表水每個月皆有多餘的水可以作為地下水補注之用，由於屏東地區第二含水層超抽情況較為嚴重，因此假設地表補注皆補注在此層，依據此水量變化進行 GA 優選可設井位之抽水或補注。由於本地區僅有補注量，管制區只限制抽水井之抽水，並不限制補注井之補注，因此僅考慮可設井位需分布在淨水廠附近周圍。優選結果之最佳候選井位如圖 5.4-3 所示，共有候選井 119 口。

表 5.4-2 民國 110 年屏東平原地下水可抽補水量一覽表

單位：萬立方公尺

月	地下水可抽補水量
1	308.4
2	1640.4
3	308.4
4	752.4
5	308.4
6	752.4
7	308.4
8	308.4
9	752.4
10	308.4
11	752.4
12	308.4

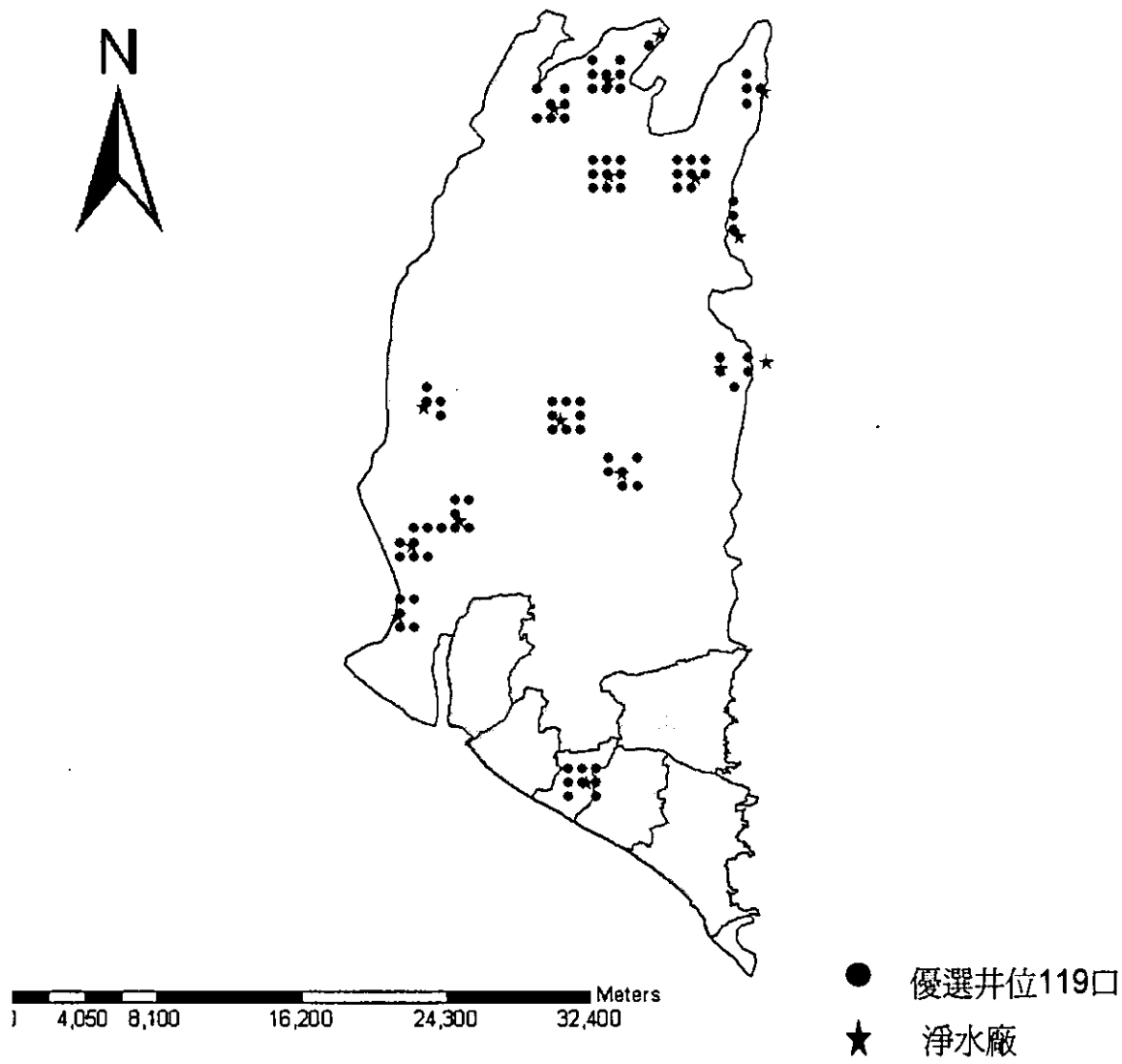


圖 5.4-3 優選之最佳候選井位

第六章 參考文獻

1. 經濟部中央地調所，「臺灣地區地下水觀測網第二計劃--嘉南平原及蘭陽平原水文地質調查(88下半年度及89年度)工作報告」，民國九十年十月。
2. 前經濟部水資源局，「台灣地區水資源開發綱領計畫政策評估說明書」，民國九十年。
3. 郭蒼霖，「遺傳演算法於多水庫最佳操作規線優選之應用」，國立交通大學土木工程研究所碩士論文，民國八十九年。
4. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度下半年及八十九年度子計劃報告（宜蘭平原、桃園台地、嘉南平原）」，民國八十九年十二月。
5. 國立交通大學防災中心，「區域性地下水文特性分析-濁水溪沖積扇」，經濟部水資源局，民國八十九年十二月。
6. 能邦科技顧問公司，「台灣地下水補注量估算」，經濟部水資源局，民國八十九年十一月。
7. 農業工程研究中心，「濁水溪沖積扇地下水補注區之劃定及保育原則之研究」，經濟部水資源局，民國八十九年十月。
8. 能邦科技顧問公司，「屏東平原地表地下水聯合運用初步規劃」，經濟部水利處，民國八十九年七月。
9. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」，經濟部水資源局，民國八十八年七月。

10. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告(宜蘭平原、桃園台地、嘉南平原)」，經濟部水資源局，民國八十八年十月。
11. 台糖公司新營總廠地下水開發保育中心，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」觀測井建置及相關試驗，經濟部水資源局，民國八十八年十月。
12. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」地下水觀測站井管理維護手冊，經濟部水資源局，民國八十八年七月。
13. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」觀測井建置及相關試驗，經濟部水資源局，民國八十八年七月。
14. 中國農業工程學會，彙編「台灣地區地下水-濁水溪沖積扇篇」，經濟部水資局，民國八十八年六月。
15. 台糖公司新營總廠，「台灣地區地下水觀測網水質調查分析及指標井選定研究成果報告」，經濟部水資源局，民國八十八年六月。
16. 國立台灣大學地質學研究所，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」嘉南平原地下水定年分析及垂向水質變化研究，經濟部水資源局，民國八十八年六月。
17. 中興工程顧問公司，「台灣地區南部區域水資源綜合發展計畫」，經濟部水資源局，民國八十八年五月。
18. 中國農業工程學會，「台灣地區地下水濁水溪沖積扇」，經濟部水資源局，民國八十八年五月。

19. 中興工程顧問公司，「濁水溪沖積扇地下水人工補注計畫規劃報告」，台灣省政府水利處，民國八十七年九月。
20. 財團法人土木科技研究發展文教基金會，屏東平原地層下陷區安全出水量之估算與應用，經濟部水資源局，民國八十七年九月。
21. 國立交通大學，「屏東地下水補注量推估」，經濟部水資源局，民國八十七年六月。
22. 涂根源，「長期水文模式推估地下水補注量之研究-以濁水溪沖積扇扇頂地區為例」，國立台灣大學土木工程研究論文，民國八十七年一月。
23. 國立台灣大學土木研究所，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十六年度子計劃報告-濁水溪沖積扇扇頂平原地區地表垂向補注量估計」，台灣省水利處，民國八十六年十一月。
24. 經濟部水資源規畫委員會，「區域性地下水觀測站網檢討(III)—屏東平原觀測站網佈井及觀測頻率檢討」，民國八十六年六月
25. 前經濟部水資源局，「台灣地區地下水觀測網第一期計畫八十四及八十五年度屏東平原水文地質調查研究」，民國八十六年六月
26. 國立交通大學，「區域性地下水觀測站網檢討(III)—八十六年度期末報告」，經濟部水資源局，民國八十六年六月。
27. 中興工程顧問公司，濁水溪沖積扇地表地下水聯合運用，台灣省水利處，民國八十六年六月。
28. 國立交通大學，經濟部水利司，「區域性地下水觀測站網檢討(II)—八十五年度年度報告」，前經濟部水資源局，民國八十五年八月。

29. 前臺灣省水利局，「改善臺灣地區地下水文基本資料收集系統規劃研究（三）（四）－改善農業結構提高農民所得方案農委會主管計畫」，農委會，民國八十年十二月。
30. 前臺灣省水利局，「改善臺灣地區地下水文基本資料收集系統規劃研究報告第二期」，民國七十九年六月。
31. 前臺灣省水利局，「改善臺灣地區地下水文基本資料收集系統規劃研究報告第一期」，民國七十八年六月。
32. 經濟部水資源局，「台灣地區南部區域水資源綜合發展計畫」，民國88年6月。
33. 經濟部水利處水利規劃試驗所，「美濃水庫規劃檢討-一、基本設計資料補充調查與檢討（一）高屏溪水源運用檢討工作」，民國89年11月。
34. 經濟部水利處水利規劃試驗所，「曾文水庫及南化水庫聯合運用可行性規劃」，民國89年12月。
35. Feng, Chung-Wei, Lian Liu, and Scott A. Burns, 「Using genetic algorithms to solve construction Time-Cost TRADE-OFF Problems」, J. of computing in Civil Engineering, ASCE, 11(3), pp.184-189, July, 1997.
36. Goldberg, D. E., 「*Genetic Algorithm in Search, Optimization, and Machine Learning*」, Addison-Wesley, Reading, Mass, (1989).
37. Schaffer, J David, 「Multiple Objective Optimization with Vector Evaluated Genetic Algorithms」, The First International Conference on Genetic Algorithms and Their Application, pp.93-100, 1985.

38. Gorelick, S. M., 「A review of distributed parameter groundwater management modeling methods」, *Water Resour. Res.*, 19(2), 305-319, (1983).
39. Cohn, J.L., 「Multiobjective Programming and Planning」, Academic, San Diego, Calif., 1978.

地下水資源整體營運規劃與綜合評估

子題四、蘭陽平原

目錄

目錄.....	I
表目錄.....	III
圖目錄.....	IV
第一章 蘭陽平原背景介紹.....	1-1
1.1 地表水.....	1-1
1.1.1 地理環境.....	1-1
1.1.2 氣象.....	1-3
1.1.3 基本資料調查蒐集.....	1-3
1.2 地下水.....	1-8
1.2.1 水文地質架構.....	1-8
1.2.2 補注量推估.....	1-13
1.2.3 地下水開發.....	1-14
1.2.4 地下水水質.....	1-19
第二章 地下水資源調查.....	2-1
2.1 基本資料及數化圖層收集.....	2-1
2.2 地下水補注量推估.....	2-8
第三章 地下水數值模式建立.....	3-1
3.1 模式邊界條件與網格劃分.....	3-1
3.2 數值模式之輸入資料.....	3-13
3.3 推估淨入滲量及側流量.....	3-19
3.4 地下水潛能評估.....	3-28

第四章 地下水質分析	4-1
4.1 地下水背景水質分析	4-1
4.2 地下水水質變化趨勢探討	4-12
第五章 單目標地表地下最佳潛能模式發展	5-1
5.1 地表地下水資源概念模式建立	5-1
第六章 參考文獻	6-1
附錄一 地下水資源整體營運規劃與綜合評估之蘭陽平原 水文地質架構研商會議記錄	附-1

表目錄

表 1.1.3-1 蘭陽平原現有及未來可能開發水庫、堰壩一覽表.....	1-5
表 1.1.3-2 宜蘭地區主要流量站站況表.....	1-6
表 1.1.3-3 宜蘭地區各水源設施之下游保留水量一覽表.....	1-7
表 1.2.3-1 蘭陽平原地下水資源各標的用水概況.....	1-15
表 2.1-1 農試所土壤質地屬性分類表.....	2-2
表 2.1-2 耕地輪作別屬性表.....	2-3
表 2.2-1 民國 90 年蘭陽平原各類土地利用之垂向補注量.....	2-9
表 2.2-2 民國 90 年蘭陽平原各月扣除河川入滲之垂向補注量.....	2-10
表 3.1.1 蘭陽平原各觀測井之含水層分層對照表.....	3-4
表 3.2-1 各站滲透係數表.....	3-14
表 3.2-2 透水係數分析參考表.....	3-15
表 3.2-3 儲水係數值.....	3-16
表 3.4-1 民國 90 年逐月之安全出水量推估.....	3-29
表 3.4-2 民國 110 年之地下水潛能評估.....	3-31
表 4.1-1 蘭陽平原地下水監測井之灌溉用水水質標準檢測項目.....	4-2
表 4.1-2 蘭陽平原地下水監測井之飲用水水質標準檢測項目.....	4-3

圖目錄

圖 1.1.1-1 蘭陽平原區域範圍圖	1-2
圖 1.2.1-1 蘭陽平原水文地質剖面圖一	1-11
圖 1.2.1-2 蘭陽平原水文地質剖面圖二	1-11
圖 1.2.1-3 蘭陽平原水文地質剖面圖三	1-12
圖 1.2.1-4 蘭陽平原水文地質剖面圖四	1-12
圖 1.2.3-1 宜蘭縣市抽水井分佈統計圖	1-17
圖 1.2.3-2 宜蘭縣市抽水井深度統計圖	1-18
圖 2.1-1 簡化後土地利用分佈圖	2-4
圖 2.1-2 各層土壤質地分佈圖	2-5
圖 2.1-3 土壤質地最細的代表層分佈圖	2-6
圖 2.1-4 灌區輪區圖	2-7
圖 3.1-1 蘭陽平原數值模擬邊界網格圖及側流補注井位置圖	3-2
圖 3.1-2 蘭陽平原數值模擬分層概念圖	3-4
圖 3.1-3 模式第一分層示意圖	3-5
圖 3.1-4 模式第二分層示意圖	3-6
圖 3.1-5 模式第三分層示意圖	3-7
圖 3.1-6 模式第四分層示意圖	3-8
圖 3.1-7 模式第五分層示意圖	3-9
圖 3.1-8 模式第六分層示意圖	3-10
圖 3.1-9 模式第一分層厚度等值圖	3-12
圖 3.2-1 近五年雨量與歷年長期平均雨量比較圖	3-18
圖 3.3-1 參數優選分區	3-21
圖 3.3-2 模式參數收集及優選流程	3-22
圖 3.3-3 模擬及觀測地下水水位歷線	3-23

圖 3.3-4 含水層一地下水水位等水位線(A)民國 90 年 1 月	3-24
圖 3.3-4 含水層一地下水水位等水位線(B)民國 90 年 10 月	3-25
圖 3.3-5 各月之入滲補注量、側流量及抽水量	3-26
圖 3.3-6 地下水模式模擬之水平衡狀況	3-27
圖 3.4-1 希爾法推估月安全出水量	3-30
圖 4.1-1 蘭陽平原含水層一飲用水水質標準之空間分布	4-4
圖 4.1-2 蘭陽平原含水層二飲用水水質標準之空間分布	4-5
圖 4.1-3 蘭陽平原含水層三飲用水水質標準之空間分布	4-6
圖 4.1-4 蘭陽平原含水層四飲用水水質標準之空間分布	4-7
圖 4.1-5 蘭陽平原含水層一灌溉用水水質標準之空間分布	4-8
圖 4.1-6 蘭陽平原含水層二灌溉用水水質標準之空間分布	4-9
圖 4.1-7 蘭陽平原含水層三灌溉用水水質標準之空間分布	4-10
圖 4.1-8 蘭陽平原含水層四灌溉用水水質標準之空間分布	4-11
圖 4.2-1 蘭陽平原含水層一之水溫等質分析圖	4-15
圖 4.2-2 蘭陽平原含水層二之水溫等質分析圖	4-16
圖 4.2-3 蘭陽平原含水層一之電導度等質分析圖	4-17
圖 4.2-4 蘭陽平原含水層二之電導度等質分析圖	4-18
圖 4.2-5 蘭陽平原含水層一之酸鹼值等質分析圖	4-19
圖 4.2-6 蘭陽平原含水層二之酸鹼值等質分析圖	4-20
圖 4.2-7 蘭陽平原含水層一之氯鹽等質分析圖	4-21
圖 4.2-8 蘭陽平原含水層二氯鹽等質分析圖	4-22
圖 4.2-9 蘭陽平原含水層一之 TDS 等質分析圖	4-23
圖 4.2-10 蘭陽平原含水層二之 TDS 等質分析圖	4-24
圖 4.2-11 蘭陽平原含水層一之 COD 等質分析圖	4-25
圖 4.2-12 蘭陽平原含水層二之 COD 等質分析圖	4-26

第一章 蘭陽平原背景介紹

1.1 地表水

1.1.1 地理環境

一、區域範圍

蘭陽平原概略成一等腰三角形，除東邊與太平洋相接外，西北側接雪山山脈，南側接中央山脈。其中數條河川橫互其間，而當河流攜帶沉積物由陡峭山谷進入低緩平原時，沉積物快速堆積並形成沖積扇，形成蘭陽平原往東地勢漸轉平緩，蘭陽平原區域範圍可參考圖 1.1.1-1。

二、地形

區域內主要河川為蘭陽溪，其支流福德坑溪入平原後形成蘭陽溪沖積扇，其它具明顯沖積扇地形之地區有金面溪沖積而成的頭城沖積扇、得子口溪沖積而成的礁溪沖積扇、大小礁溪沖積而成的大小礁溪沖積扇、羅東溪沖積而成的羅東溪沖積扇、冬山河沖積而成的冬山河沖積扇及新城溪沖積而成的新城溪沖積扇。

三、地表水體、河川

蘭陽平原主要河川有得子口溪、蘭陽溪及新城溪等，各河川分佈位置可參考圖 1.1.1-1。

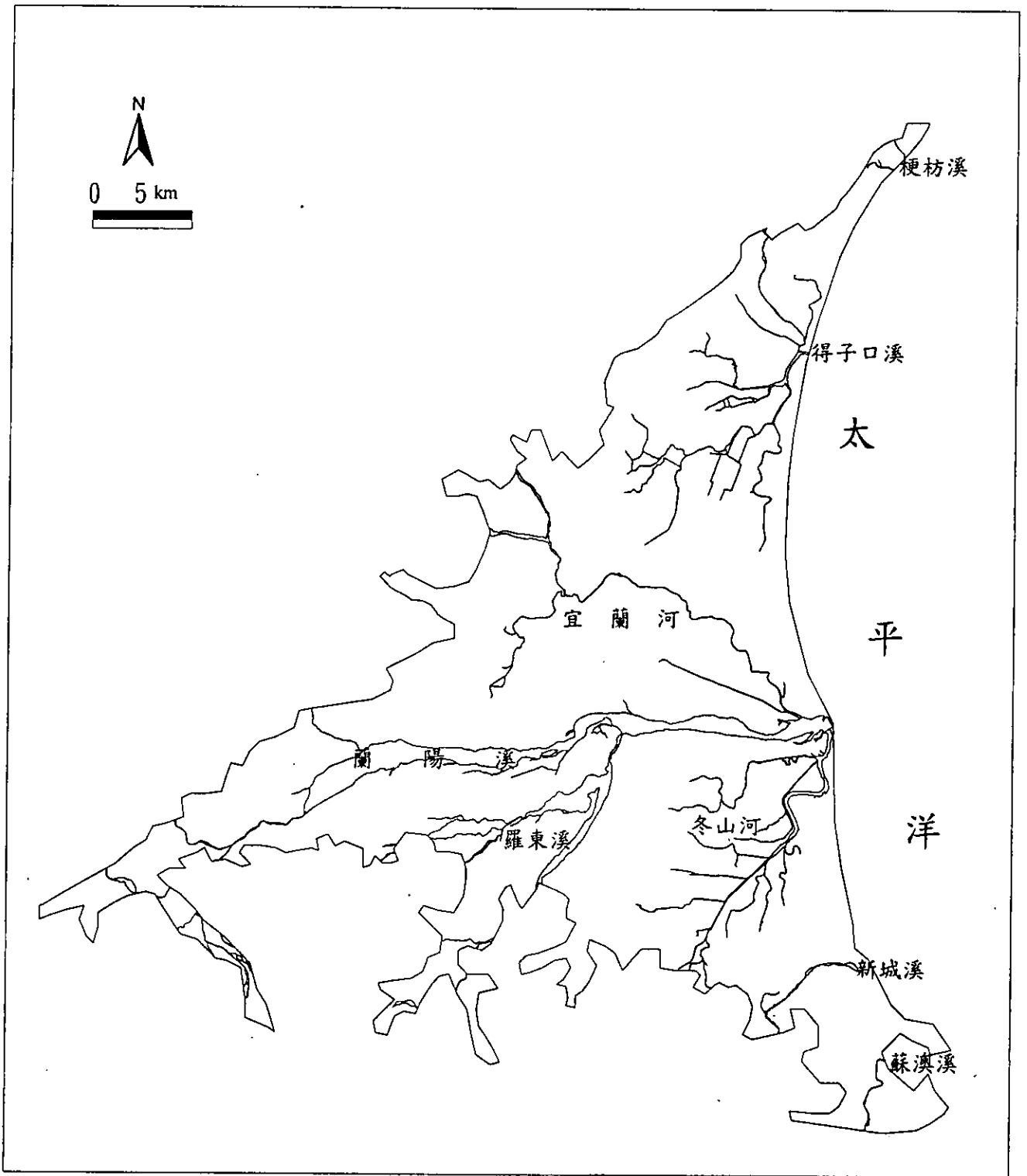


圖 1.1.1-1 蘭陽平原區域範圍圖

1.1.2 氣象

一、氣溫

背倚全球最大的歐亞大陸，面對全球最大的太平洋，在這種最大陸地和最大海洋的影響下，形成季風氣候。又因為宜蘭縣位在北緯 24 度與 26 度之間，是屬於副熱帶地區，所以氣候是副熱帶季風氣候。其氣溫特徵是終年高溫，冬季不明顯。月平均氣溫 22°C 月平均相對溼度 85.9%。

二、降雨

位於台灣東北角，東臨海洋，秋冬季節面迎東北季風，因而從海上帶來豐富水氣，加上夏季颱風經常侵襲，因此沒有明顯的乾季。每年的五至六月是梅雨期；7 至 8 月雖是旱季，降雨日數最少，但颱風卻常帶來豪雨；9 月中旬至 11 月是東北季風，加上颱風環流的雙重影響，暴雨頻仍；12 月至翌年 4 月則有東北季風帶來的綿綿細雨。年平均雨量 3,256mm。

三、蒸發量

本區為副熱帶季風氣候。其氣溫特徵是終年常溫，秋冬季節面迎東北季風，夏季颱風經常侵襲，因而從海上帶來豐富水氣，因此沒有明顯的乾季，冬季不明顯。每年的 5 至 6 月是梅雨期；7 至 8 月是旱季，年蒸發量約在 1,000 至 1,800 公厘之間。

1.1.3 基本資料調查蒐集

一、計畫區域中現有及未來可能開發之水庫、堰壩

蘭陽平原現有水工結構物有新城溪抽水站及粗坑簡易堰，目前水利署正積極開發宜蘭地區地表水資源，並於「台灣地區北部區域水資

源綜合發展計畫」中提出數個未來可能開發方案，如：羅東溪堰、破礮溪堰、松羅溪堰及石門溪水庫等，各水庫、堰壩之基本資料如表 1.1.3-1 所示。

二、流量資料蒐集與推估

本計畫自經濟部水利署網站取得現有及已廢流量站之流量資料，計畫區域內主要流量站之站況如表 1.1.3-2 所示。

目前宜蘭地區各水源開發區大都缺乏實測流量資料可供引用，蘭陽溪本流雖有家源橋、牛鬥及蘭陽大橋 3 個流量站(參考表 1.1.3-2)，但因本流之中下游伏流水相當大，不適合以此資料推估位於山區各堰壩址之流量，故各堰壩址流量僅能利用其他相關資料推估，本計畫參考「八十三年度宜蘭地區可能堰壩址調查規劃報告」中之流量推估計算式推估宜蘭地區各堰壩址之流量。

三、農業用水

農業用水包括灌溉用水、禽畜用水及養殖用水，其中以灌溉用水為農業用水之最大宗，而禽畜用水及養殖用水大多以自行取用地下水為主，因此本計畫於水源運用分析時僅考量灌溉用水。

宜蘭地區農業用水量因灌溉系統灌區較小，計畫用水量較難以灌區方式統計，故本計畫參考「台灣地區北部區域水資源綜合發展計畫」，採水權量方式估列。宜蘭地區各堰壩址之下游保留水量列於表 1.1.3-3。

表 1.1.3-1 蘭陽平原現有及未來可能開發水庫、堰壩一覽表

計畫名稱	現有或 規劃中	水 源	集水面積 (km ²)	供水系統	標的	備註
新城溪抽水站	現有	新城溪	43.32	冬山、蘇澳系統	給水	原規劃供水能力：3.0 萬 CMD
粗坑簡易堰	現有	粗坑溪	36.00	宜蘭系統	給水	原規劃供水能力：4.5 萬 CMD
石門溪水庫	規劃中	清水溪支流石門溪	36.81	三星、羅東系統	給水	
粗坑水庫	規劃中	粗坑溪	37.81	宜蘭系統	給水	
南澳水庫	規劃中	南澳北溪	61.71	羅東、冬山系統	給水	
雙連埤水庫	規劃中	粗坑溪	23.00	宜蘭系統	給水	
四方林水庫	規劃中	羅東溪	12.00	羅東、冬山系統	給水	
大溪水庫	規劃中	大溪川	15.00	基隆系統	給水	
粗坑堰	規劃中	粗坑溪	36.00	宜蘭系統	給水	
羅東溪堰	規劃中	羅東溪	12.00	羅東、冬山系統	給水	規劃供水能力：20.0 萬 CMD
松羅溪堰	規劃中	松羅溪	12.30	三星、羅東系統	給水	
破礮溪堰	規劃中	破礮溪	18.16	三星、羅東系統	給水	
新城溪堰	規劃中	新城溪	43.22	冬山、蘇澳系統	給水	
員山堰	規劃中	五十溪及大湖溪	38.68	員山系統	給水	
石門堰	規劃中	清水溪支流石門溪	39.66	三星、羅東系統	給水	
寒溪村堰	規劃中	羅東溪支流上游番社坑溪	32.94	羅東、冬山系統	給水	

資料來源：台灣地區北部區域水資源綜合發展計畫，民國 88 年 6 月。

表 1.1.3-2 宜蘭地區主要流量站站況表

站名	水系	集水區面積 (km ²)	站號	記錄年份	備註
家源橋	蘭陽溪	273.50	H017	63~89	現況站
牛鬥(1)		446.74	H001	26~27, 37~38, 40, 68~89	現況站
古魯		10.70	H018	68~89	現況站
蘭陽大橋		820.69	H006	38~89	現況站
中山橋		101.35	H019	73~89	現況站
新城西溪	新城溪	26.37	H004	69~79	已廢站
新城東溪		13.90	H003	69~79	已廢站
山腳	南澳溪	36.80	H001	25~29, 43~89	現況站
南澳橋		169.72	H005	64~89	現況站
澳尾橋		139.35	H004	63~89	現況站
和平北溪	和平溪	272.35	H005	65~89	現況站
和平南溪		190.20	H004	65~89	現況站
希能埔		553.01	H003	64~89	現況站
南溪壩址		162.78	H008	77~82	已廢站

資料來源：八十三年度宜蘭地區可能堰壩址調查規劃報告，民國 83 年 6 月。

表 1.1.3-3 宜蘭地區各水源設施之下游保留水量一覽表

單位：cms

旬	粗坑堰	新城溪堰	松羅溪堰	石門溪水庫	破碇溪堰
1	0.015	0.181	0.001	1.402	0.001
2	0.015	0.181	0.001	1.402	0.001
3	0.015	0.181	0.001	1.402	0.001
4	0.119	1.209	0.007	1.422	0.008
5	0.119	1.209	0.007	1.422	0.008
6	0.119	1.209	0.007	1.422	0.008
7	0.170	2.166	0.017	1.450	0.019
8	0.170	2.166	0.017	1.450	0.019
9	0.170	2.166	0.017	1.450	0.019
10	0.150	1.999	0.015	1.446	0.017
11	0.150	1.999	0.015	1.446	0.017
12	0.150	1.999	0.015	1.446	0.017
13	0.226	1.891	0.014	1.441	0.016
14	0.226	1.891	0.014	1.441	0.016
15	0.226	1.891	0.014	1.441	0.016
16	0.137	0.924	0.008	1.425	0.015
17	0.137	0.924	0.008	1.425	0.015
18	0.137	0.924	0.008	1.425	0.015
19	0.018	1.273	0.001	1.403	0.007
20	0.018	1.273	0.001	1.403	0.007
21	0.018	1.273	0.001	1.403	0.007
22	0.322	2.418	0.020	1.459	0.028
23	0.322	2.418	0.020	1.459	0.028
24	0.322	2.418	0.020	1.459	0.028
25	0.262	2.028	0.016	1.448	0.023
26	0.262	2.028	0.016	1.448	0.023
27	0.262	2.028	0.016	1.448	0.023
28	0.238	1.844	0.015	1.444	0.016
29	0.238	1.844	0.015	1.444	0.016
30	0.238	1.844	0.015	1.444	0.016
31	0.124	0.664	0.008	1.423	0.008
32	0.124	0.664	0.008	1.423	0.008
33	0.124	0.664	0.008	1.423	0.008
34	0.002	0.000	0.000	1.400	0.000
35	0.002	0.000	0.000	1.400	0.000
36	0.002	0.000	0.000	1.400	0.000

資料來源：台灣地區北部區域水資源綜合發展計畫，民國 88 年 6 月。

1.2 地下水

1.2.1 水文地質架構

在地體構造上，當菲律賓海板塊沿著琉球海溝向北隱沒到歐亞大陸板塊之下時，形成了琉球火山弧，而沖繩海槽則為一個弧後盆地，其西延可以和蘭陽平原相接。根據中研院劉啟清博士(1995)大地測量之結果顯示近 10 年(1985~1994)在羅東和宜蘭之間平均每年產生 20 公釐的下陷量，往山區下陷量有明顯的減少現象，配合反射震測分析結果，其認為平原東邊 150 公里之沖繩海槽之擴張活動正向西南延伸進入蘭陽平原。

蘭陽平原是出全新世-更新世沖積層地層及底部之始新-中新世堅硬基盤所組成，兩者間以不整合關係接觸；附近露頭為始新-中新世地層，岩性主要以板岩為主，另有變質砂岩及硬頁岩。依據反射震測資料(江新春，1976)顯示，基盤上沉積物厚度約 100-1700 公尺，以平原中心及海域附近地區最厚，往山區變薄。由沉積物成份多含大量之板岩岩屑，可知蘭陽溪之部分流域、羅東溪及冬山河流域已大量侵蝕中新世廬山層板岩區。另外龍德、利澤與武淵等站淺層沉積物成份含有綠色片岩及砂質片岩，可能是新城溪上游流域岩層(東澳片岩)受侵蝕而來。

一般而言，沖積層顆粒在上游區以礫石為主，含水豐富，並成為良好之補注區；往東至沿海平原地區則轉為以透水性較差之泥質細砂或泥為主，水量較為貧脊東半部的三角洲地面標高低於 5 公尺，大部分地區在 2 至 3 公尺之間，而沿海砂丘除河川出口附近以外，均高於 5 公尺，甚至超過 10 公尺，由於砂丘淘選度佳、透水性好，在多雨的宜蘭地區不僅阻擋各地面水系流往太平洋，也因其為地下水補注區形成地下分水嶺，成為淡水障壁，也使地下水系不能順利流往海洋。

本計畫綜合中央地調所與台糖公司對蘭陽平原水文地質分析結果，初步訂定蘭陽平原水文地質架構，並經邀集專家學者於蘭陽平原水文地質架構研商之建議（附錄一），將蘭陽平原含水層分為含水層一、含水層二、含水層三、含水層四，進一步繪製蘭陽平原之4張剖面圖。如圖 1.2.1-1~圖 1.2.1-4 所示，第一個剖面由西向東分別為自強、三星、大隱、中興、五結、利澤。第二個剖面由西向東分別為自強、榮源、深溝、凱旋、壯圍。第三個剖面由北向南分別為礁溪、南屏、凱旋、中興、順安、冬山。第四個剖面由北向南分別為頭城、竹安、壯圍、五結、武淵、龍德、岳明等觀測站。

本研究配合目前所收集到之地質資料，由於含水層四的資料較不足且其範圍較小，所以在模式中將蘭陽平原含水層三與含水層四，合併成含水層三，因此在模式中考慮含水層分為含水層一、含水層二、含水層三。

從此地區各站水文地質特性來看，本平原之主要含水層為礫石層，以蘭陽溪沖積扇分佈最廣。導水係數T值約在0.001到2.91(m^2/min)之間中。其分佈的情況，在平原東邊沿海地區導水係數較小，以透水性差之泥質細砂為主，約小於1 m^2/min 。

由地下水文地質情形，可概知蘭陽平原的地下水補注區，在平原西側和南側山麓連續不斷的各沖積扇，大致包括縱貫鐵路和公路以西，或地面標高5公尺等高線以西和以南的地區，並以靠近山麓的各沖積扇的扇頂和扇央的補注為主，扇端地區，在目前地下水位普遍接近地面的情況下，不容易有補注。

地下水流出區西側、南側沖積扇以礫石地層為主，透水性佳；東側三角洲以砂或泥土地層為主，透水性差；迫使部分地下水流出地面，形成得子口溪小支流的源頭和冬山河小支流的源頭之外，大部分

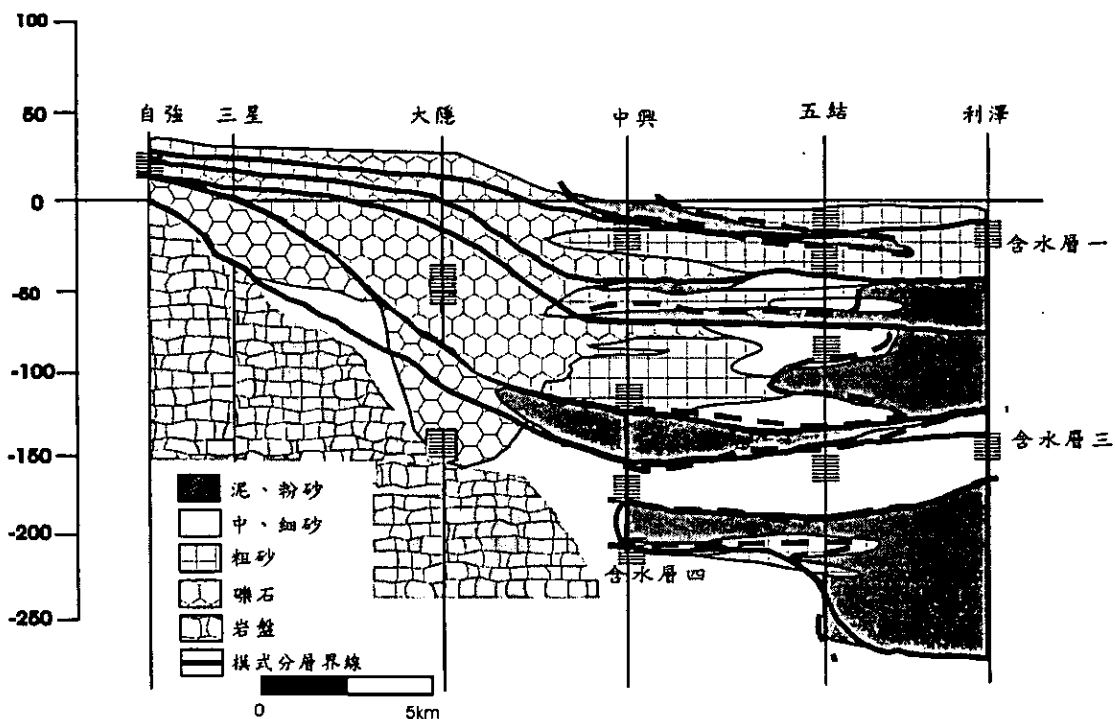


圖 1.2.1-1 蘭陽平原水文地質剖面一

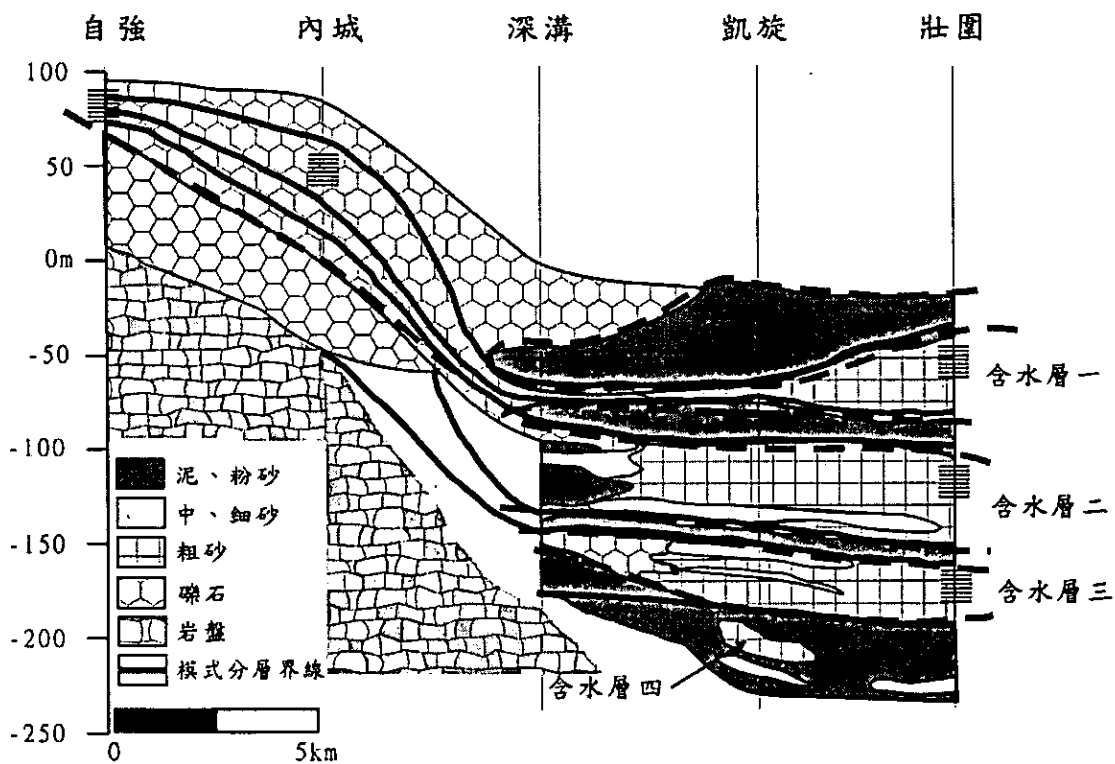


圖 1.2.1-2 蘭陽平原水文地質剖面二

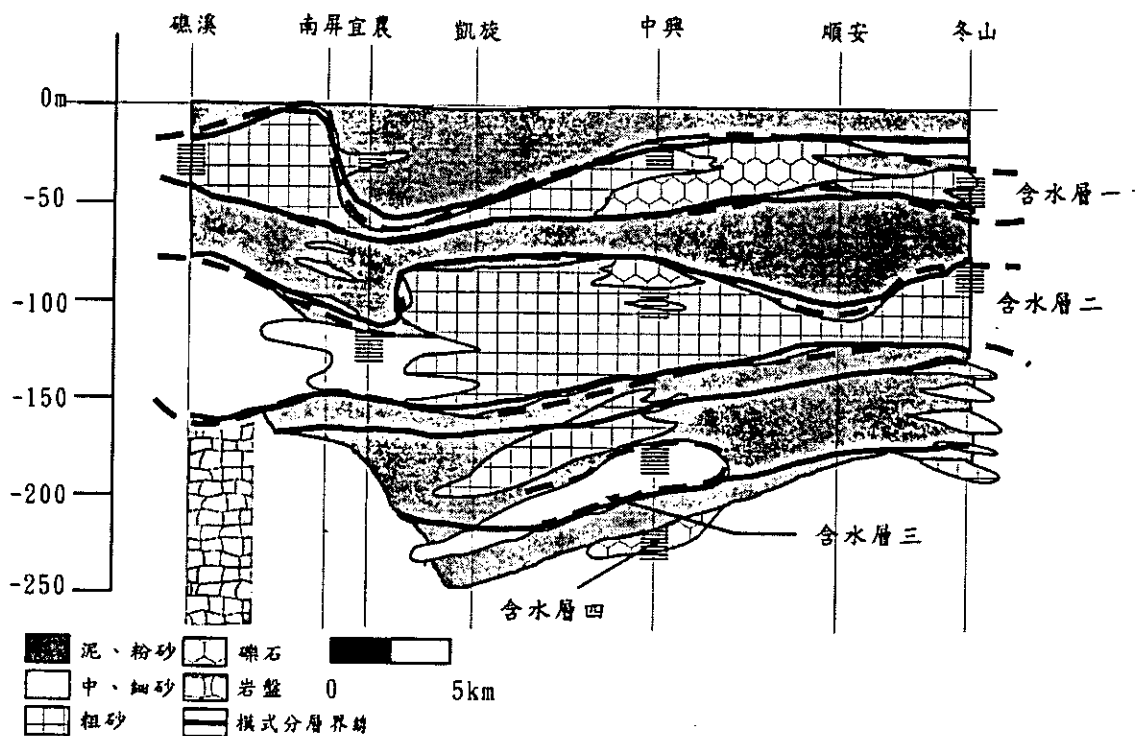


圖 1.2.1-3 蘭陽平原水文地質剖面三

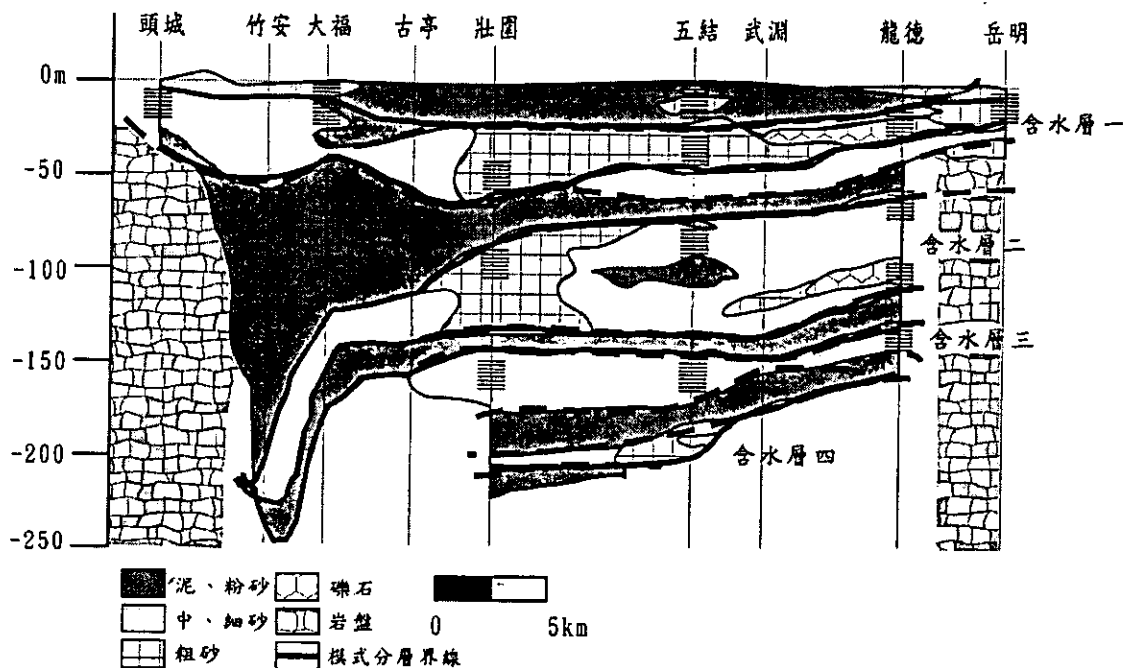


圖 1.2.1-4 蘭陽平原水文地質剖面四

1.2.2 補注量推估

根據 89 年 11 月前經濟部水資源局委託能邦科技顧問股份有限公司所做的「台灣地區地下水補注量估算」計畫報告，此計畫將地下水補注量的估算分為垂向與側向兩部分，在垂向入滲補注量估算方面是利用一維垂向的水平衡法，來進行各地下水區之入滲補注量估算；有側向補注的地下水區則用達西公式來計算，在此將其所得結果概述如下：

蘭陽平原豐、平、枯年各類土地利用之地下水垂向入滲補注量(除河川入滲補注量外)，若飽和入滲率以水利局陳尚、李德茲現場試驗之建議值估算，豐、平、枯年之垂向年入滲補注量分別約 3.47 億、3.04 億、2.87 億噸，其中隨著豐、平、枯年雨量的變化，分別以旱田與水稻田之垂向入滲補注量最大，水稻田之垂向入滲補注量各為 2.19 億、2.07 億、2.05 億噸，佔 63%、68%、72%，其他可透水區之垂向入滲補注量次之各為 0.56 億、0.4 億、0.31 億噸，佔 16%、13%、11%。若飽和入滲率以中國水利電力部之建議值估算，不計河川入滲補注量，豐、平、枯年之垂向年入滲補注量分別為 1.92 億、1.5 億、1.33 億噸，其中以水稻田、旱田之垂向入滲補注量最大，水稻田分別為 0.84 億、0.72 億、0.7 噸，各佔 43%、48%、53%，其他可透水區之垂向入滲補注量次之，分別為 0.56 億、0.4 億、0.31 億噸，各佔 35%、28%、13%。蘭陽平原平水年(民國 72 年)以水利局陳尚、李德茲現場試驗建議之飽和入滲率值估算之分月分區(鄉鎮)垂向地下水入滲補注量，其中以二月入滲補注量 0.418 億噸最大，三月 0.374 億噸次之，十二月 0.066 億噸最低。分區入滲補注量部分以宜蘭縣三星鎮 0.704 億噸最大，冬山鄉 0.42 億噸次之，其次為員山鄉 0.4 億噸。

1.2.3 地下水開發

台灣地區以往水資源之調查均由前水資會綜合規劃，依據其彙整各相關單位之地下水調查報告於民國81年所發表的統計資料顯示，蘭陽平原每年抽用的地下水約183百萬立方公尺，詳細情形如表1.2.3-1

根據民國81年，楊潔豪，人控音頻大地電流法應用於宜蘭平原之研究顯示，推估地下水總蘊藏量約為3078.91百萬立方公尺，可供應水量約為335.44百萬立方公尺，其中80%集中於沖積扇地區。

另外民國84年，楊萬全與張智欽之宜蘭地區地下水之研究指出，宜蘭平原地下水流動量約為1.3億立方公尺/年，可開發量約為2.20億立方公尺/年。適當的開發地區，在宜蘭河和蘭陽溪間的縱貫線以西，可開發量約為0.95億立方公尺/年，平原南部蘭陽溪南岸的溪底城至丸山一線以西，可開發量約為0.8億立方公尺/年。

表 1.2.3-1 蘭陽平原地下水資源各標的用水概況

標的	抽水量 (百萬立方公尺/年)	井數 (口)
農業	11	704
養殖	96	無調查資料
生活用水	17	15
工業及其他	59	830
合計	183	1549

資料來源：

前經濟部水資源局，台灣地區地下水補注估算，民國 89 年 12 月

本計畫根據水利署的水權資料，進行空間及深度分佈統計分析，宜蘭地區有水權資料登記之抽水井總數為 361 口水井。首先依據抽水井之鄉鎮分佈作分類，得到各鄉鎮的抽水井數。抽水井鄉鎮上分佈的情況，由圖 1.2.3-1 可看出，其中分佈依次以冬山鄉(78 口)占 21.3% 為最多，員山鄉(60 口)占 16.6% 次之，蘇澳鎮(56 口)，礁溪(32 口)占 8.9%，三星(30 口)占 8.3%，最少為大同鄉和南澳鄉(2 口)。

再以深度來劃分資料，依據各含水層所在深度，區分為三部分，第一部份五十公尺以內，視為含水層一的抽水深度，第二部份為 50~160 公尺，視為含水層二的抽水深度，第三部份為 160~240 公尺，視為含水層三的抽水深度，由圖 1.2.3-1 可看出在有水權登記之 361 口抽水井，統計出深度在 50 公尺以內的井數為 243 口，50~160 公尺的井數為 79 口，大約是 3:1 的關係，而 160 公尺~240 公尺只有 3 口，表示抽水深度到達 160 公尺以下的井數很少。圖中統計項目資料中有 36 口抽水井深長度並無井深深度之資料。

進行上述抽水井之空間分佈之分析後，可進一步瞭解蘭陽平原抽水情況，並可依此資訊將抽水量做初步分區及各含水層抽水的分配，以作為模式抽水量推估的依據。

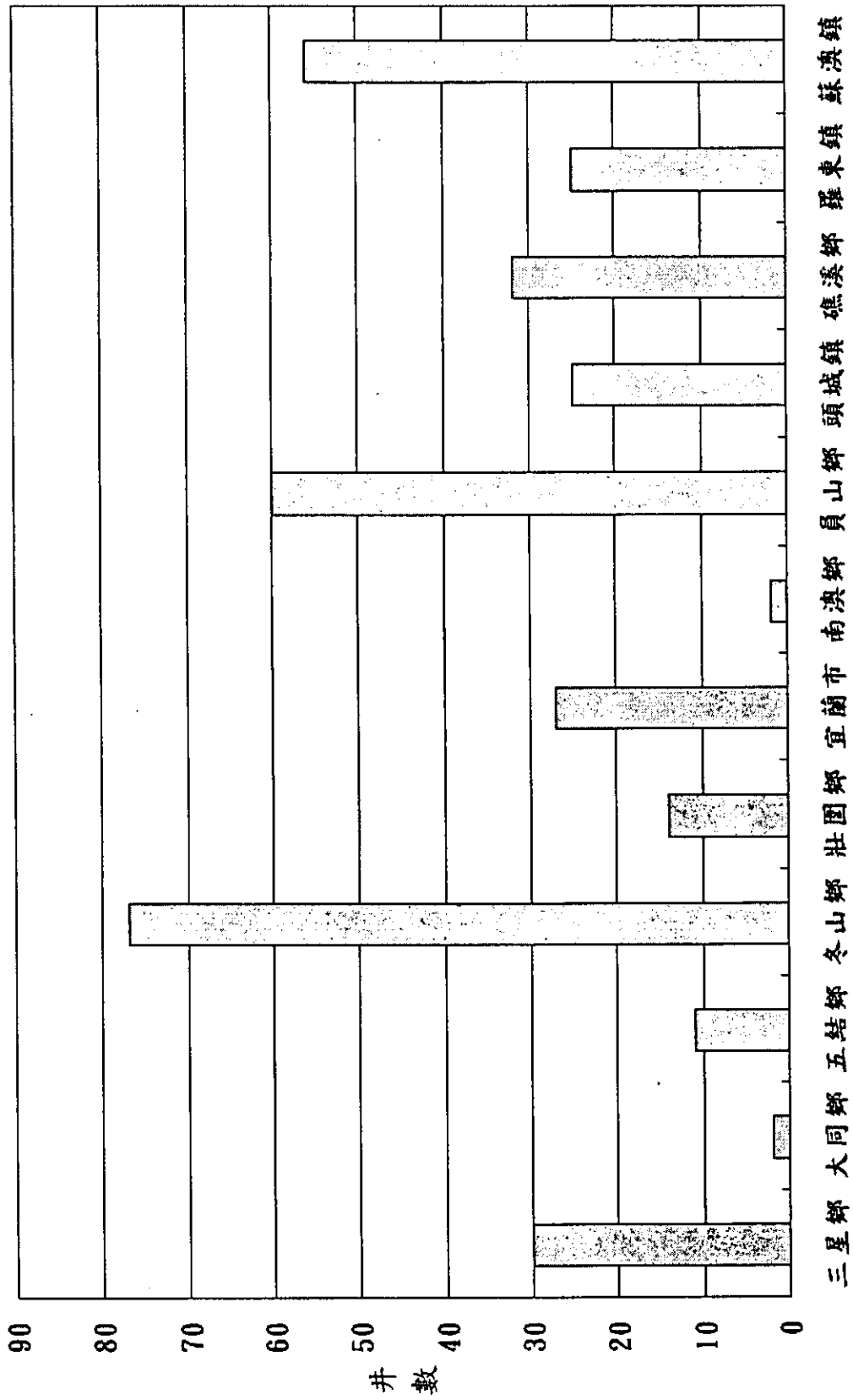


圖 1.2.3-1 宜蘭地區抽水井分佈統計圖

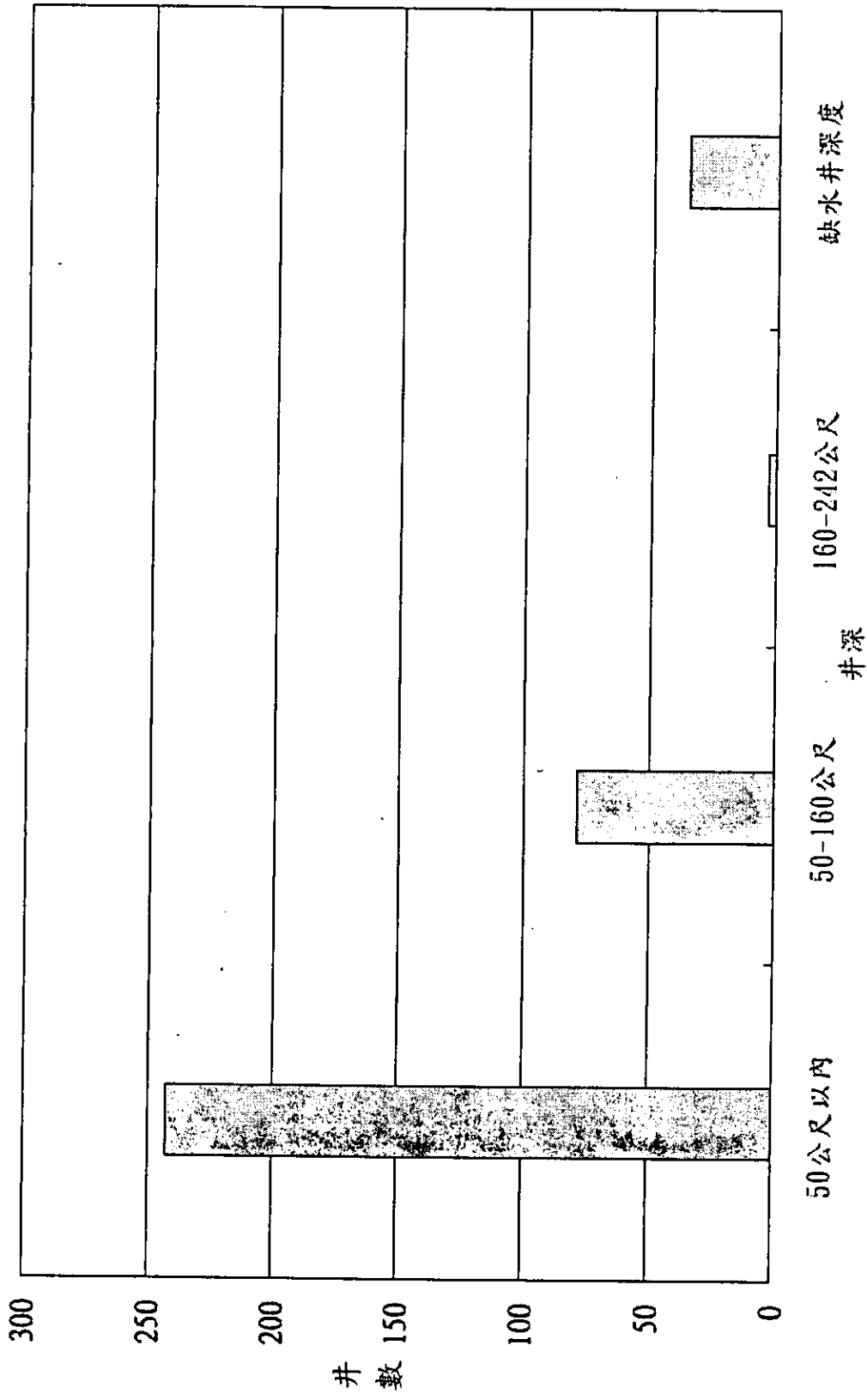


圖 1.2.3-2 宜蘭地區抽水井深度統計圖

1.2.4 地下水水質

根據台灣地區地下水觀測網整體計畫，地下水觀測之建立及運作管理，民國 88 年下半及 89 年度子計畫報告中，在水質方面，各含水層水質除沿海少數幾站之觀測井外，一般而言水質符合飲用水標準，越向上游水質越佳。

蘭陽平原的水質資料，根據民國 90 年 12 月前水資源局「嘉南平原區域性地下水觀測站井佈置檢討」報告中，水質部分針是對導電度、氯鹽、總溶解固體量三項水質項目來進行分析蘭陽平原的水質。可發現大福站的氯鹽、導電度、總溶解固體量皆遠大於其他站井，也遠超過各項飲用水標準。其他只有少數幾站的水質超過標準。氯鹽的空間分佈，其中頭城、自強第一含水層的氯鹽稍高，其中頭城屬沿海地區可能有海水入侵的問題。在含水層四目前只有中興站有設，其值為 25mg/L。導電度的空間分佈，除了大福以外，含水層一所有的的站井都合於灌溉用水標準，但在含水層二、三中，確有較多的井位不合灌溉用水標準。含水層四同樣只有中興站有設井，其值為 530 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。在總溶解固體量的空間分佈，第一層除大福外，全都符合飲用水標準，但在含水層二、三以後確有較多的井位不符合飲用水標準。含水層四中興站的值為 326mg/L。

在民國 81 年，楊潔豪，人控音頻大地電流法應用於宜蘭平原之研究，提到沿海地區的海水入侵情形，以宜蘭東北方及蘭陽溪南岸最為嚴重，污染之深度範圍約在 50 至 150 公尺之間；而蘭陽溪北岸及利澤簡附近亦有類似現象，但污染情形較不嚴重。民國 84 年，楊萬全與張智欽，宜蘭地區地下水之研究，指出地下水質與地下水流路徑十分符合，沖積扇頂扇央地區水質良好，沿海地區已有鹽化現象。全區地下水質有鐵、錳、硬度及氨氮含量稍高。冬山、五結鄉部份地區地下水中含砷量偏高，此區地下水已受污染。地下水的鹽化應是抽取海水養殖入滲或古瀉湖海水殘留所致，海水是

第二章 地下水資源調查

2.1 基本資料及數化圖層收集

一、土地利用

本計畫所使用的土地利用資料是由前台灣省地政處（現內政部地政司中部辦公室）在民國 81 年 7 月 1 日起至 84 年 6 月 30 日止，分三年度就台灣地區已完成登記之土地實施調查，調查面積約計一百八十二萬公頃，調查表資料電腦建檔筆數約計一千一百萬筆。調查內容包括土地利用現況之地域性分布，以了解各種土地利用狀況之分布情形及所佔面積等。而此調查結果再委託前台灣省政府糧食局辦理現況圖數化建檔及繪製成果圖工作，共計完成四千六百五十九幅，圖幅精度為五千分之一。本圖層資料將土地利用屬性共細分成 95 種，由於分類極細，本計畫依據主要地下水補注來源機制，將其分類簡化，圖 2.1-1 為蘭陽平原之簡化後土地利用圖。

二、土壤質地

本計畫所使用之土壤質地圖係由台灣省農試所負責數化之「全省平地屬性資料」，其資料精度為五千分之一，經由農工中心轉換為 Arc/Info 之資料格式，全省依縣市區分共有 15 幅（台北縣、桃園縣、新竹縣、苗栗縣、台中縣、南投縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、台南縣、高雄縣、屏東縣、宜蘭縣、花蓮縣及台東縣）資料。內容共有 11 種型態，屬性包含排水性、坡度分級、以及 0 到 150 公分共四層之土壤質地。

農試所土壤質地調查資料是從地表至地表下 150 公分深度範圍內分四層（0~30cm、30~60cm、60~90cm、90~150cm）建立，各層調查土壤質地屬性內容，由粗至細共分成 11 種，其土壤屬性分類表如表

2.1-1 所示。蘭陽平原涵蓋範圍所需圖幅均在宜蘭縣內，其土壤質地分佈與最細代表土壤質地分別如圖 2.1-2 與圖 2.1-3 所示

表 2.1-1 農試所土壤質地屬性分類表

代 碼	土 壤 質 地
1	CoS 粗砂土，S 砂土
2	fS 細砂土，LCoS 壤質粗砂土，LS 壤質砂土
3	LfS 壤質細砂土，CoSL 粗砂質壤土，SL 砂質壤土，fSL 細砂質壤土
4	VfS 極細砂土，LVfS 壤質極細砂土，VfSL 極細砂質壤土
5	Si 坩土，Si1 坩質壤土
6	L 壤土
7	SCL 砂質粘壤土
8	CL 粘質壤土，SiCL 坩質粘壤土
9	SiC 坩質粘土
10	C 粘土
11	grv 石礫

三、全省農田水利會灌區輪區圖

台灣地區因水資源之需求日益增加，在水資源有限之條件下，政府於民國四十三年起大力推行輪流灌溉制度，強調整地依序、插秧依序、灌溉依序，精確計算時程，將本省農業水資源發揮最大效益。因此台灣各地稻作由北至南均有不同的輪作方式，以蘭陽平原為例（如圖 2.1-4 所示），蘭陽平原包括宜蘭農田水利會，其耕地輪作多為兩期稻作，以及較少比例之單期後作。

本項資料係由全省各農田水利會以輪區為調查單位，調查灌溉計畫相關之基本資料，如輪區面積、使用之水源、各旬用水量、種植之作物別等，建檔作業係由農工中心負責，蒐集全省北基、石門、桃園、新竹、苗栗、台中、南投、彰化、雲林、嘉南、高雄、屏東、宜蘭、花蓮及台東等 15 個水利會及相關單位與水稻田有關之資料或圖檔，這些資料有些已建立電腦檔案，有些則需重新調查後再建檔，因此農工中心邀請專家、學者及水利會相關人員，制定各項資料之種類、項目、精度及填寫表格之格式，重新整理後完成。其耕地農作別屬性表如圖 2.1-2 所示。

表 2.1-2 耕地輪作別屬性表

代	號	備	註
	1	二期作田	
	2	單期前作田	
	3	單期後作田	
	4	三年一作田	
	5	三年二作田	
	6	二年一作田	
	7	其他輪作田	
	8	旱作田	
	9	其他	
	A	蔗田	
	B	三期一期增灌田	
	C	雙期 1, 2 期增灌田	
	D	單期, 一期增灌田	

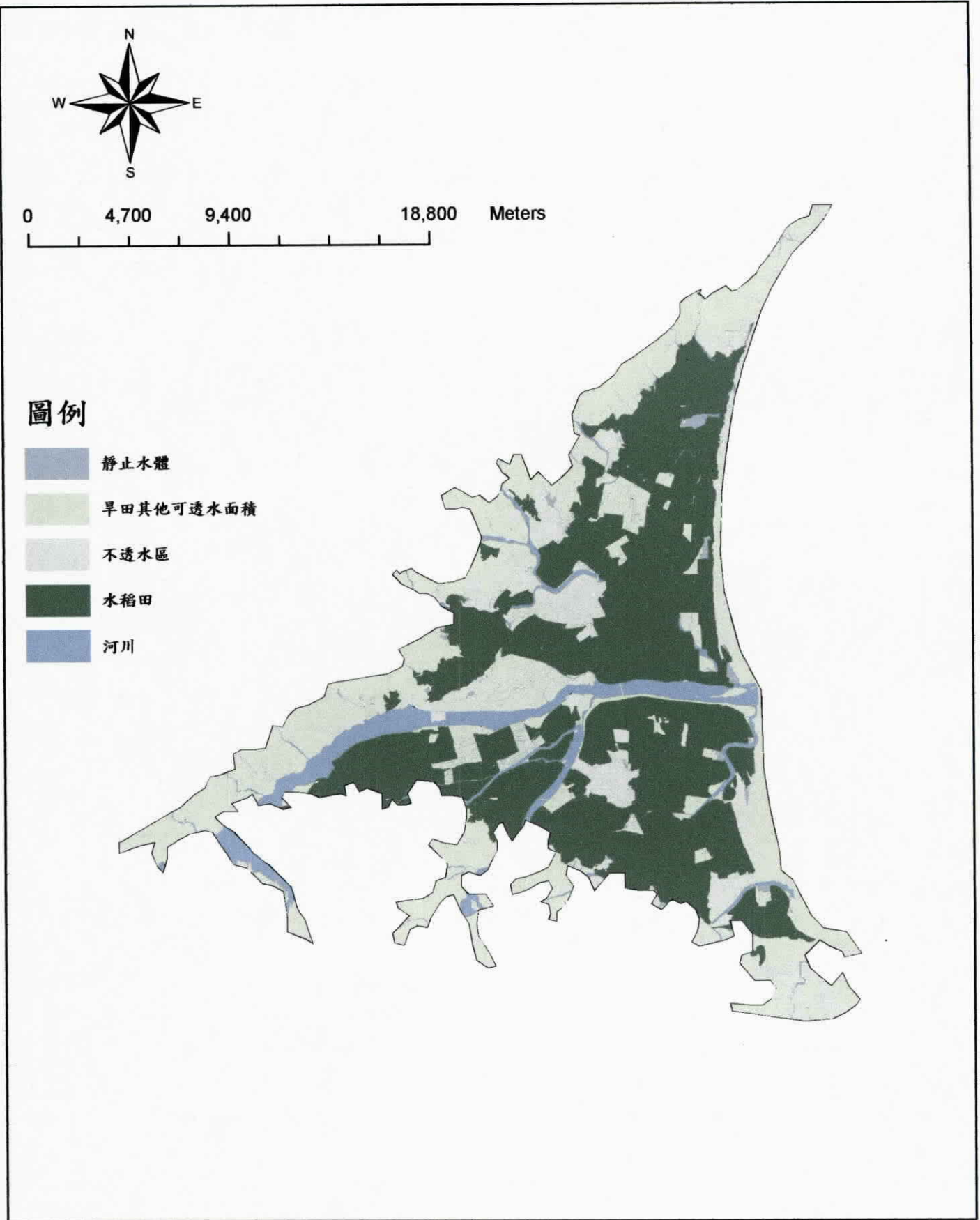
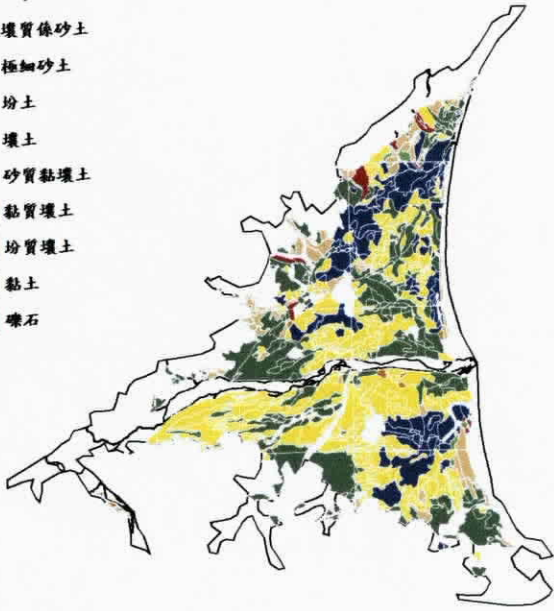


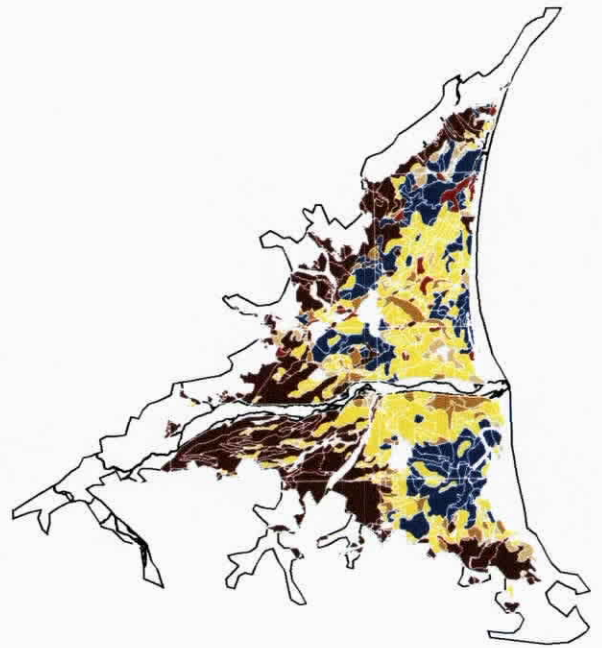
圖2.1-1 蘭陽平原簡化後土地利用分佈圖

圖例

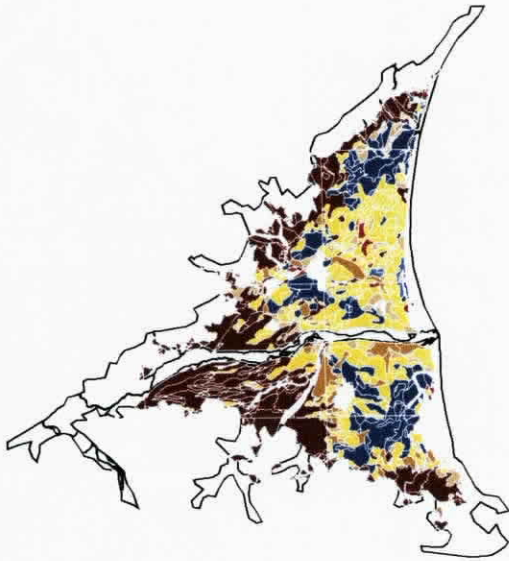
- 粗砂土
- 細砂土
- 壤質砂土
- 極細砂土
- 粉土
- 壤土
- 砂質黏壤土
- 黏質壤土
- 粉質壤土
- 黏土
- 礫石



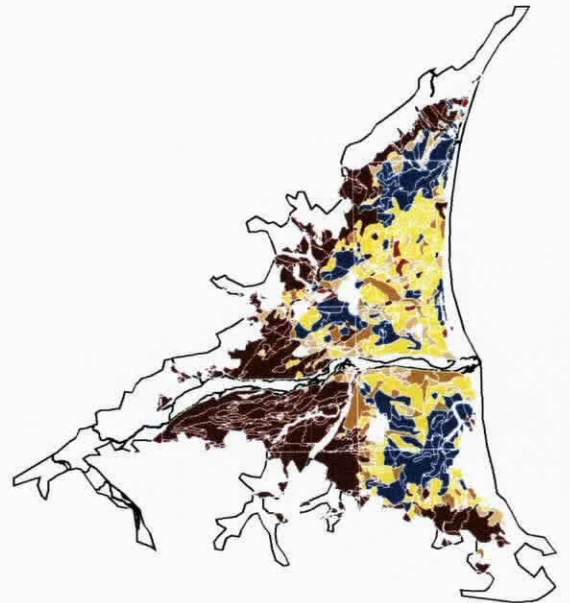
0-30cm



30-60cm



60-90cm



90-150cm

圖2.1-2 蘭陽平原各層土壤質地分佈圖

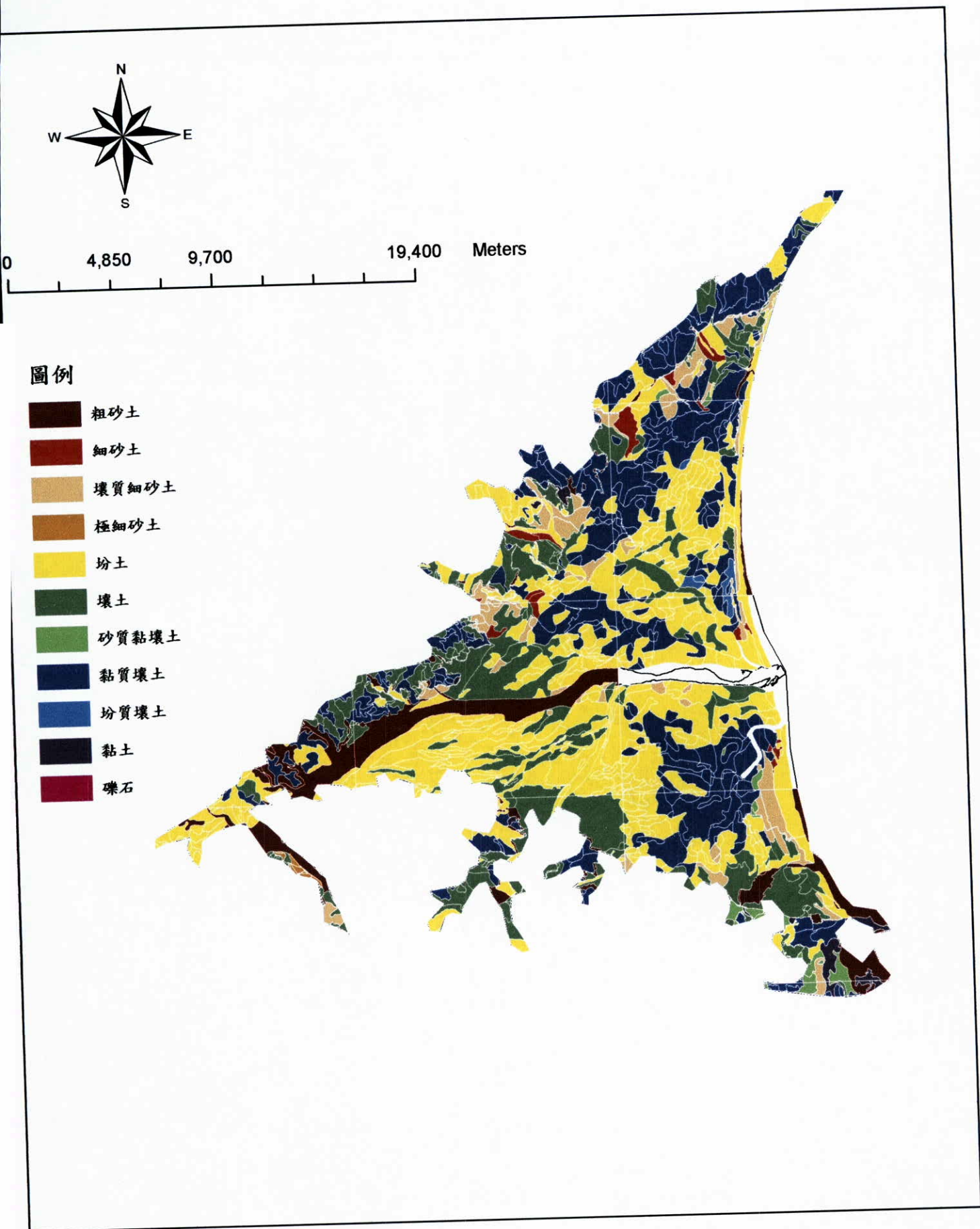


圖2.1-3 蘭陽平原土壤質地最細代表層分佈圖



0 2,550 5,100 10,200 Meters

圖例

- 二期作田
- 單期前作田
- 單期後作田
- 三年一作田
- 三年二作田
- 二年一作田
- 其他輪作田
- 旱作田
- 其他
- 蔗田
- 三期一期增灌田
- 雙期1, 2期增灌田
- 單期, 一期增灌田

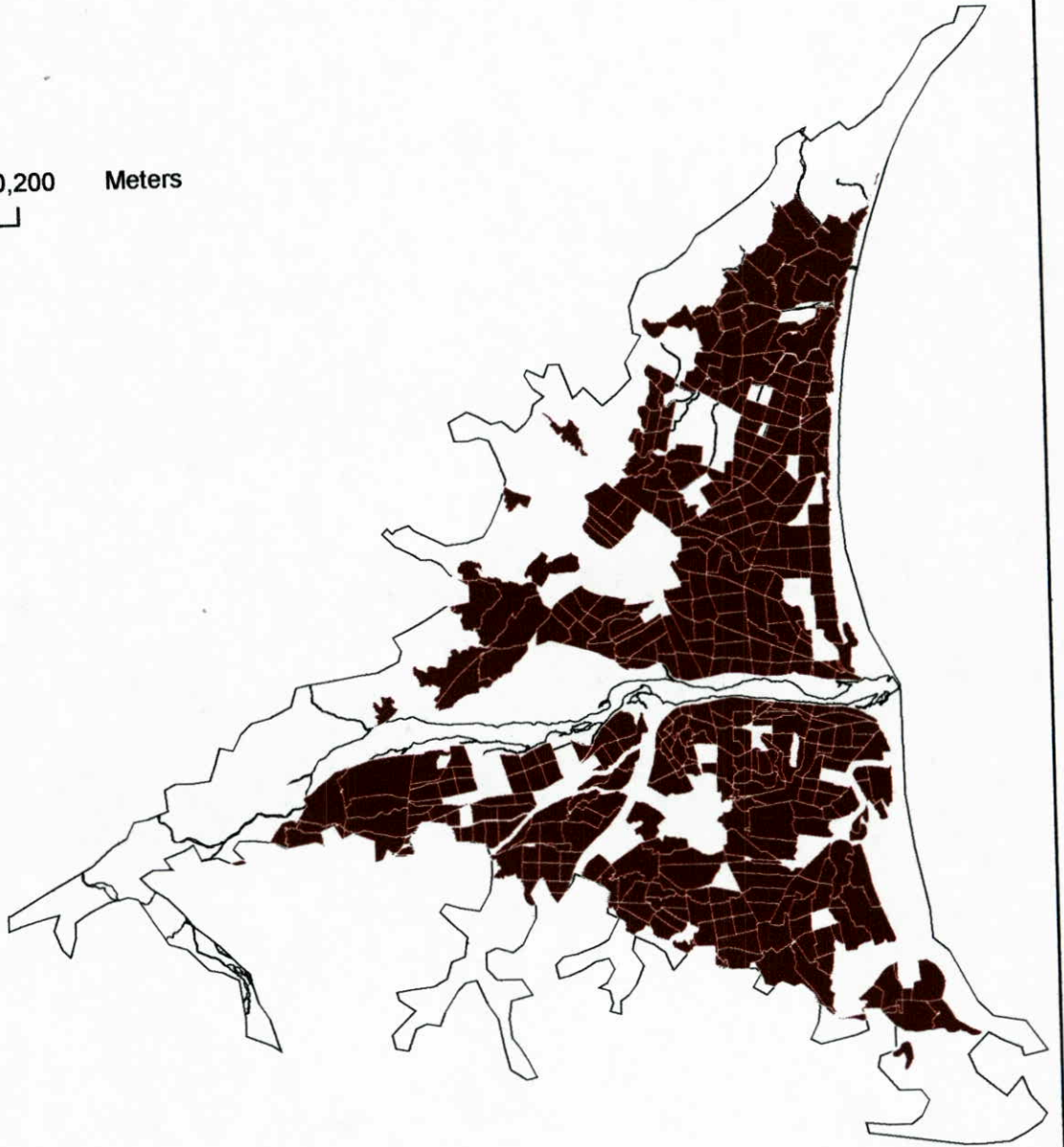


圖2.1-4 蘭陽平原輪區耕作輪作別分佈圖

2.2 地下水補注量推估

以前述的推估方法，本計畫利用民國 88 年之蘭陽平原降雨量資料，以及由土地利用與土壤質地資料得到之各區塊面積與飽和入滲率及降雨入滲係數，依據飽和入滲公式與降雨入滲補注公式估計出民國八十八年蘭陽平原扣除河川入滲之地下水垂向入滲補注量。

蘭陽平原各土地利用之地下水垂向入滲補注量如 2.2-1 所示，由表中可知，若以飽和入滲率以陳尚、李德茲現場試驗之建議值估算，該年扣除河川入滲之垂向年入滲補注量為 5.08 億噸，其中以水稻田之垂向入滲補注量最大，為 4.24 億噸，共佔 83%，其他可透水區之垂向入滲補注量次之，為 5.6 億噸，共佔 11%。

若飽和入滲率以大陸水利電力部之建議值估算，該年扣除河川入滲之垂向年入滲補注量為 1.93 億噸，其中仍以水稻田之垂向入滲補注量最大，分別為 1.24 億噸，各佔 64%，其他可透水區之垂向入滲補注量次之，為 5.6 億噸，共佔 29%。

88 年蘭陽平原以陳尚、李德茲建議的飽和入滲率值估算之分月扣除河川入滲之垂向地下水入滲補注量列於表 2.2-2，其中以十月入滲補注量 0.64 億噸最大，九月 0.59 億噸次之，五月 0.13 億噸最低。

表 2.2-1 民國 90 年蘭陽平原各類土地利用之垂向補注量

蘭陽平原 項目	面積	比例	補注量 (百萬噸)			
			飽和入滲率為陳尚、李德茲建議值	飽和入滲率為大陸水利電力部建議值	飽和入滲率為大陸水利電力部建議值	
靜止水體	2784039	0.67%	16.51	3.25%	2.28	1.18%
旱田	29046337	7.00%	11.13	2.19%	11.13	5.74%
水田	198871359	47.96%	424.65	83.51%	124.35	64.10%
其他類	183955676	44.36%	56.23	11.06%	56.23	28.98%
總補注量	414657411	100.00%	508.52	100.00%	193.99	100.00%

表2.2-2 民國88年蘭陽平原各月扣除河川入滲之垂向補注量

月份	補注量(百萬噸)		
	飽和入滲率為陳尚、李德茲建議值	飽和入滲率為大陸水利電力部建議值	
1	55.23	10.86%	17.07
2	46.62	9.17%	12.15
3	50.82	9.99%	12.66
4	48.41	9.52%	13.16
5	12.75	2.51%	11.54
6	16.18	3.18%	15.01
7	59.41	11.68%	21.25
8	52.70	10.36%	14.54
9	59.80	11.76%	22.87
10	63.67	12.52%	25.51
11	13.32	2.62%	12.15
12	29.59	5.82%	16.07
合計	508.52	100.00%	193.99
			100.00%

第三章 地下水數值模式建立

3.1 模式邊界條件與網格劃分

由於蘭陽平原位於台灣之東北端，包括宜蘭縣大部分鄉鎮，本研究參考中央地質調查所之蘭陽平原水文地質圖與水利署所定義之蘭陽平原地下水分區範圍，並考量現有之地質鑽探資料以決定數值模式的分析範圍，就平面上而言，本模式研究區域大抵以地調所之蘭陽平原水文地質圖上之底岩分布區域為界，以描述平原之地下水分區特性。模式界限由東北向西南之雪山山脈為界，南以中央山脈之低山為界，以上所描述之區域邊界假設其地質特性沒有水流流動，定為無流量 (no flux) 的邊界 (Neumann Boundary Condition)，而東面為太平洋構成一定水頭邊界。格網的劃分上，南北方向將模擬區域分為 40 列，東西方向分為 36 行。考量資料密度及計算精度的情況下，採用 1km*1km 等間距的格網，如圖 3.1-1 所示。圖 3.1-1 為蘭陽平原邊界及側流補注井位置圖。

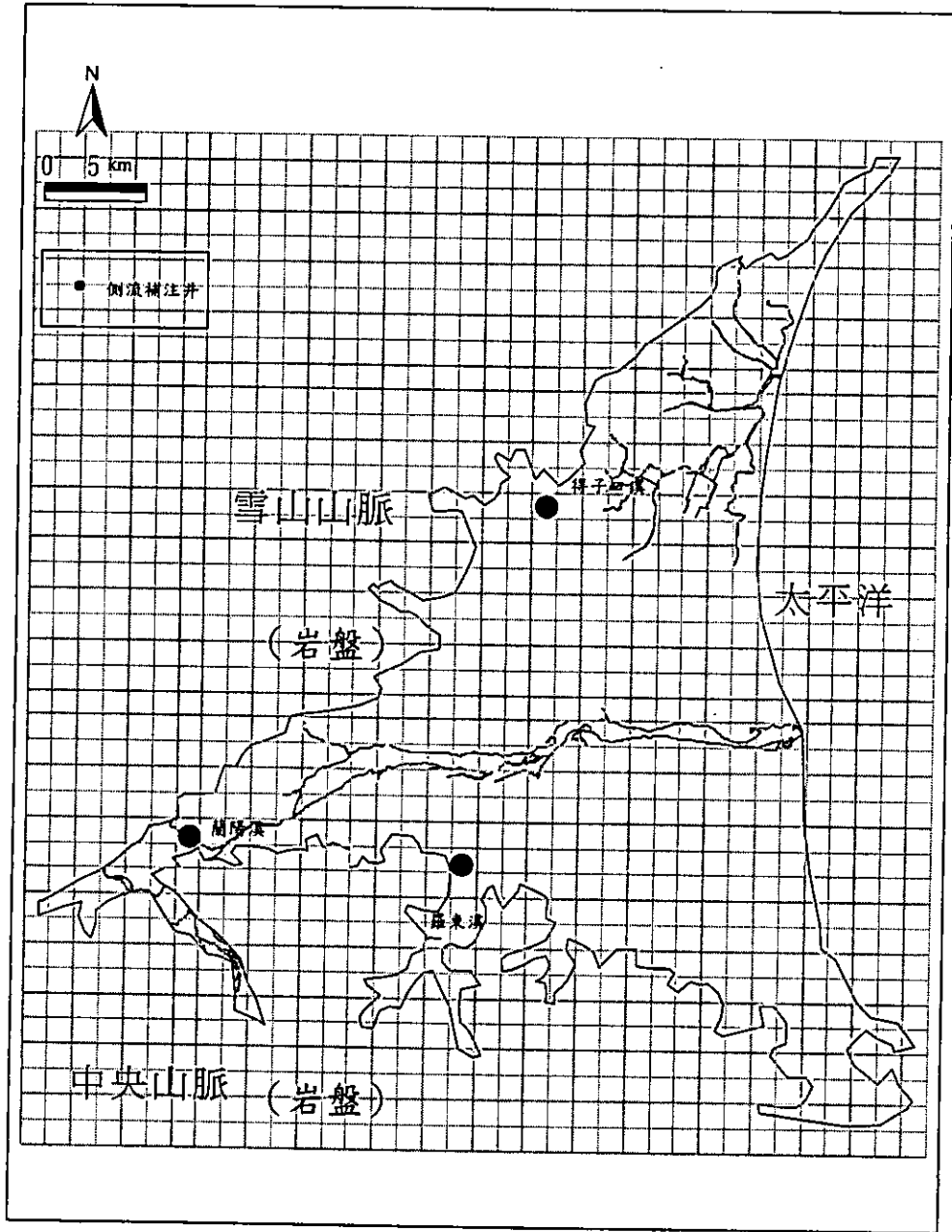
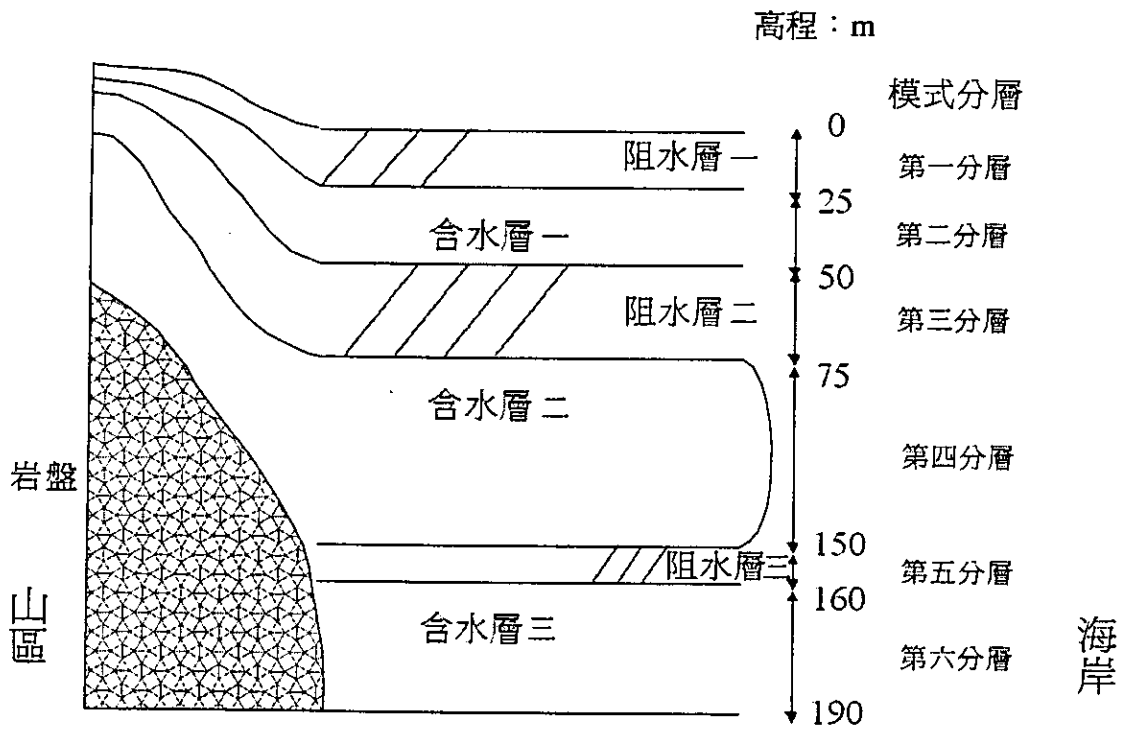


圖3.1-1 蘭陽平原邊界及側流補注井位置圖

在進行地下水流數值模擬前，根據水文地質架構研商會議結論，建立蘭陽平原水文地質概念模式，將模式分為三層含水層、三層阻水層，如圖 3.1-2 所示，第一層與外界聯通為一阻水層，而第二層以下視為拘限含水層（阻水層）。同時將概念模式各分層與模式對照圖 3.1-2，模式第一分層對應概念模式的阻水層一，模式第二分層對應概念模式的含水層一，模式第三分層對應概念模式的阻水層二，模式第四分層對應概念模式的含水層二，模式第五分層對應概念模式的阻水層三，模式第六分層對應概念模式的含水層三。

表 3.1.1 為蘭陽平原各個觀測井所在各含水層的情形，分別對應在模擬模式中的層級，觀測井（一）大都對應模式的模式分層第一層、模式分層第二層，觀測井（二）對應模式的模式分層第四層，觀測井（三）、觀測井（四）大都對應模式的模式分層第六層。

模式中各分層模擬範圍如圖 3.1-3~3.1-8 所示，模式中第一分層、第二分層、第三分層、第四分層，模擬範圍一樣大，第五分層、第六分層範圍由於山區岩盤的影響，範圍略微向東邊縮減。各示意圖實線區域是根據地質剖面圖，將土質為泥、粉砂的地質範圍，特別以實線區塊區別開來，代表透水性差的阻水層區域。



蘭陽平原分層示意圖

圖 3.1-2 蘭陽平原數值模擬分層概念圖

表 3.1.1 蘭陽平原各觀測井之含水層分層對照表

	模式第一分層	模式第二分層	模式第四分層	模式第六分層
頭城	觀(一)	觀(一)		
大福	觀(一)			
五結	觀(一)	觀(二)	觀(三)	觀(四)
壯圍		觀(一)	觀(二)	觀(三)
龍德	觀(一)	觀(二)	觀(三)	觀(四)
岳明	觀(一)			
礁溪		觀(一)		
中興	觀(一)		觀(二)	觀(三)
冬山		觀(一)	觀(二)	
大隱		觀(一)		觀(二)
利澤		觀(一)		觀(二)
內城		觀(一)		
自強	觀(一)			

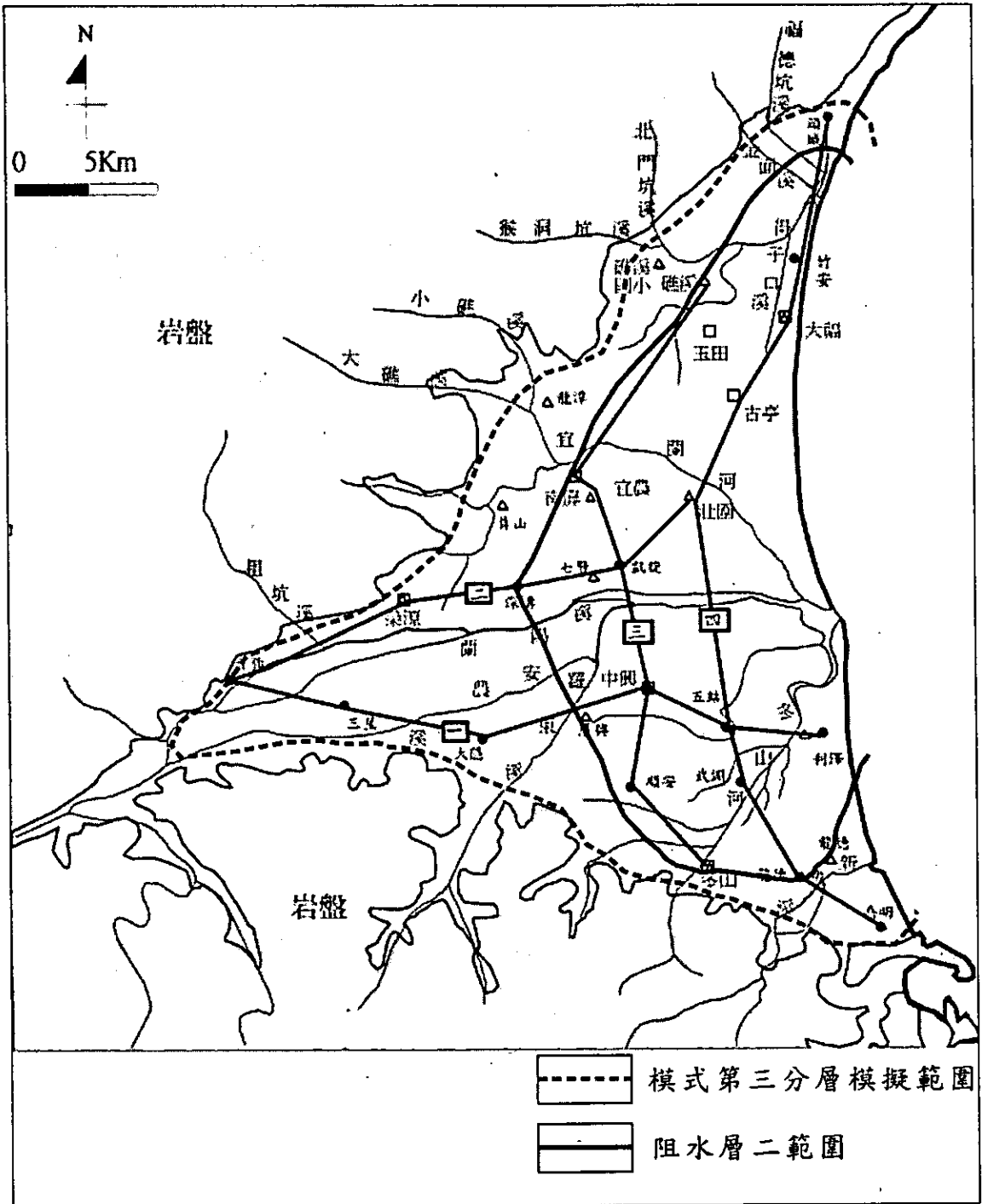


圖 3.1-5 模式第三分層示意圖

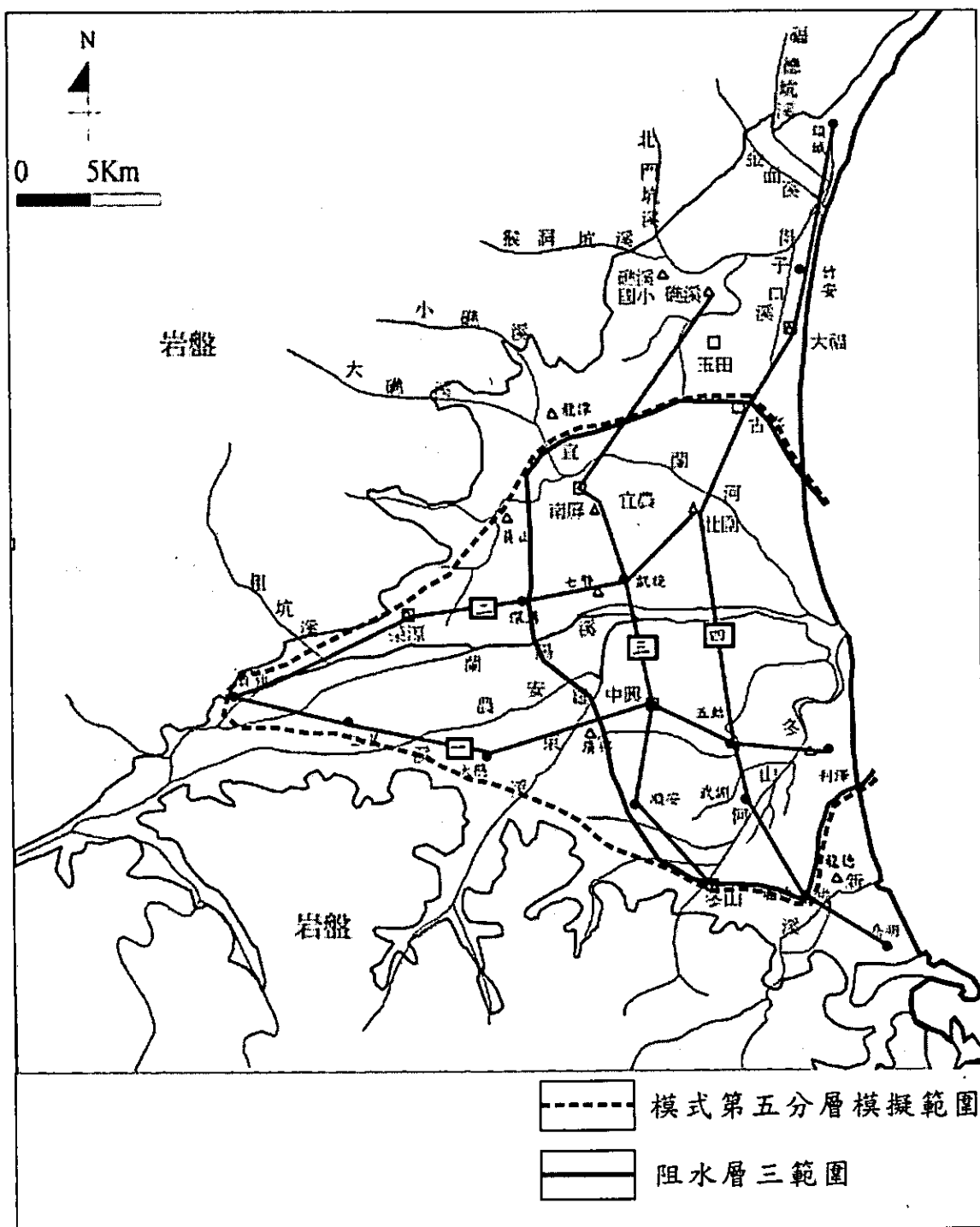


圖 3.1-7 模式第五分層示意圖

各模式分層厚度主要參照圖 1.2.1-1~圖 1.2.1-4，而在地表高程的處理上，先以站井剖面的地表高程資料處理，再配合 1/5,000 之 DTM 地形資料進行修正。圖 3.1-9 在模式第一分層之厚度等值圖。

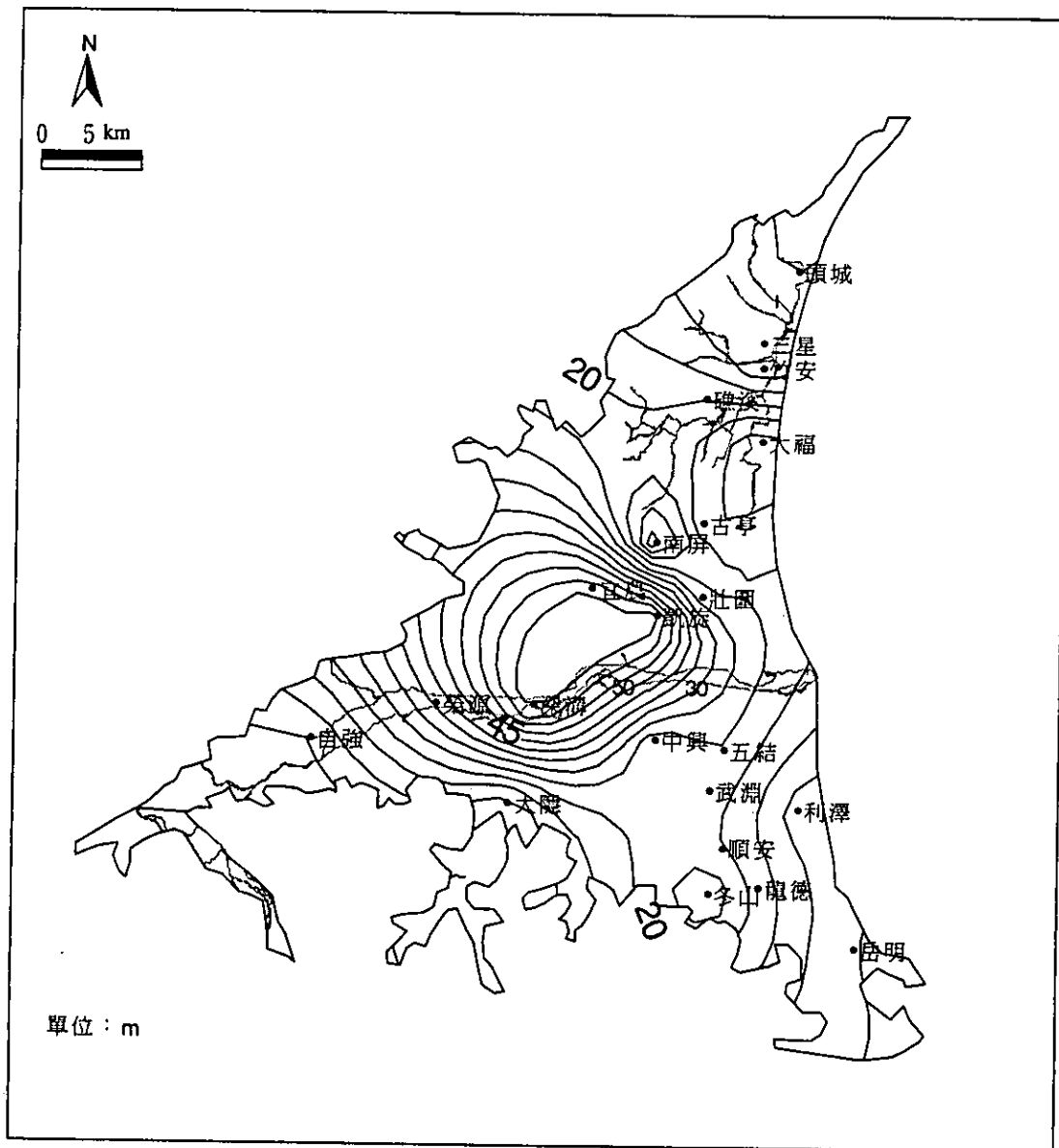


圖3.1-9 蘭陽平原模式第一分層之厚度等值圖

3.2 數值模式之輸入資料

MODFLOW 模式所需輸入之基本資料除了上述模式概念地下分層架構、邊界範圍和格網劃分之外，大致包括了地下水力學參數、模式初始水頭、還有地下水開採、降雨及灌溉入滲及側流量補注等項目，詳述如下：

1. 地下水力學參數之輸入

本研究進行將非穩態模擬，因此所需輸入之地下水力學參數包括了透水係數(Hydraulic Conductivity, K 值)、垂向滲漏係數 (Vertical Leakance, Vcont 值) 及儲水係數(Storage Coefficient)等。其資料處理步驟如下：

(1) 透水係數(Hydraulic Conductivity, K 值)

透水係數之資料參考台糖公司新營總廠鑿井工程隊 89 年度之地下水觀測井開鑿及相關試驗報告以及新營總廠地下水開發保育中心 89 年度之地下水觀測站井建置及相關試驗報告，將台糖報告中定量試水及少部份抽水試驗所得之導水係數 Transmissivity, T 值)除以觀測井之含水層厚度，而得透水係數(K 值)。

表 3.2-1 各站之滲透係數

站井名稱	TM2(X) M	TM2(Y) M	地表高程 m	濾管位置起 m	濾管位置止 m	模式分層	滲透係數 K(m/day)
大福	331460	2744155	缺	9	39.5	1	54.11
大隱(一)	321310	2729412	40.638	38	62	2	35.02
大隱(二)	321310	2729412	40.638	136	160	4	14.87
中興(一)	327278	2732049	6.227	15	45	1	61.93
中興(二)	327278	2732049	6.227	100	130	4	43.05
中興(三)	327278	2732049	6.227	180	192	6	11.73
中興(四)	327278	2732049	6.227	224	230	6	14.47
五結(一)	330057	2731668	3.888	3	15	1	198.72
五結(二)	330057	2731668	3.888	29	41	2	155.70
五結(三)	330057	2731668	3.888	64	82	4	2.84
五結(四)	330057	2731668	3.888	152	176	6	4.13
內城	318700	2734050	缺	7	49	2	91.00
冬山(一)	329505	2725780	缺	28	49	2	183.61
冬山(二)	329505	2725780	缺	68	86	3,4	96.43
自強	313166	2731959	104.813	10	28	1	2.11
利澤(一)	333141	2729240	4.025	16	34	2	18.19
利澤(二)	333141	2729240	4.025	158	170	4	1.54
壯圍(一)	329122	2737853	缺	54	72	2	852.68
壯圍(二)	329122	2737853	缺	112	124	4	19.53
壯圍(三)	329122	2737853	缺	162	174	6	0.01
宜農(一)	324620	2738180	缺	19.5	34.4	1	59.48
宜農(二)	324620	2738180	缺	109	133	4	4.32
岳明	335491	2723599	5.094	6	27	1	4.32
頭城	332895	2751096	6.651	7	19	1	85.93
龍德(一)	331568	2726058	6.799	13	37	1	34.62
龍德(二)	331568	2726058	6.799	60	78	2,3	4.50
龍德(三)	331568	2726058	6.799	100	118	4	18.16
龍德(四)	331568	2726058	6.799	136	151	6	2.92
礁溪	329180	2745890	缺	25	39	2	43.30

將上述所得 K 值依其所在濾水管深度，參照地層對比所得的地下分層厚度資訊來判定所屬層位，如表 3.2.1，而得到分層的 K 值。利用分區給定參數方式，對應每分層各站井所得之 K 值資料，得出分層之 K 值，由於分區資料不足，所以參考參考地質剖面圖，依照岩性對照表 3.2-2 給予值大小：

表 3.2-2 透水係數分析參考表（中央地質調查所，1997）

透水係數(K)		分級	岩性	水文地層
公尺/天	公尺/秒			
≥86	≥1.0×10 ⁻³	A(極佳級)	平原地區之礫石層或砂層	含水層
85-8.6	9.9×10 ⁻⁴ ~ 1.0×10 ⁻⁴	B(極佳級)		
8.5~0.86	9.9×10 ⁻⁵ ~ 1.0×10 ⁻⁵	C(中級)		
0.85-0.086	9.9×10 ⁻⁶ ~ 1.0×10 ⁻⁶	D(中級)	丘陵或台地區之礫石層	
≤0.085	≤9.9×10 ⁻⁷	E(極差級)	泥層、黏土層或固結岩層	阻水層
註： 1. 透水係數為平行層面方向之水力滲透係數(Hydraulic conductivity)；垂直層面方向之透水係數值可能低數倍至數百倍。 2. 固結岩指的是破裂面不發達之岩體。				

(2) 垂向滲透係數 (Vertical leakance, V_{cont} 值)

本模式還需輸入垂向滲漏係數 (Vertical Leakance, V_{cont} 值)，以便計算層與層間之水量交換。各層厚度分佈資料已蒐集整理，至於垂向透水係數 K_z (Vertical Hydraulic Conductivity)，其處理方式為將含水層分為區塊，參照前述透水係數給定之原則，根據各單元之岩性，作為垂向滲透係數。

(3) 儲水係數 (Storage Coefficient)

在模式處理時，由於經由台糖鑿井隊之新站網抽水試驗所得之比儲水量 (Specific Storage) 與比出水量 (Specific Yield) 資料並不足夠，為了補足 S 值資料的不足，除了參考台糖鑿井隊之新站網抽水試驗 S 值資料外，再配合區域內觀測站井之水文地質資料與四張剖面圖，得知每站各層之岩性，再依其岩性給予一估算值，利用分區判斷得整層格網點之 S 值，在模式中由於第一層為非受壓水層，給予比出水量 (Specific Yield)，其第二層以下為受壓含水層均給予比儲水量 (Specific Storage)。

表 3.2-3 儲水係數值

自由水層之儲水係數	砂土	0.07~0.15
	礫石	0.1~0.2
受壓水層之儲水係數值 (1/m)	黏土	2×10^{-3}
	砂土	3×10^{-4}
	礫石	2×10^{-5}

依據各分層各區岩性性質從表儲水係數值，假設出各模式分層的儲水係數值。

2. 模擬時間即期距選定

依據蘭陽平原各雨量站近 5 年資料 (1996~2000 年) 與歷年長期雨量平均來作比較, 發現 1999 年與歷年雨量平均的趨勢最為相似 (圖 3.2-3 所示), 但由於 1999 年站井資料明顯缺乏, 為了顧及模式率定的準確度, 只好採用最新的資料 (民國 90 年), 即 2001 年進行模式模擬, 而期距每月為一個期距 (period), 共十二個期距。

3. 模式初始水頭

由於 MODFLOW 程式乃利用有限差分法解水流控制分方程式, 需要輸入初始水頭以供模式計算。本研究自水利署蒐集到蘭陽平原新設觀測站逐月地下水位記錄, 本計畫配合上述之模擬時間之分析選定以民國 89 年 12 月底之月水位為模式初始水頭。

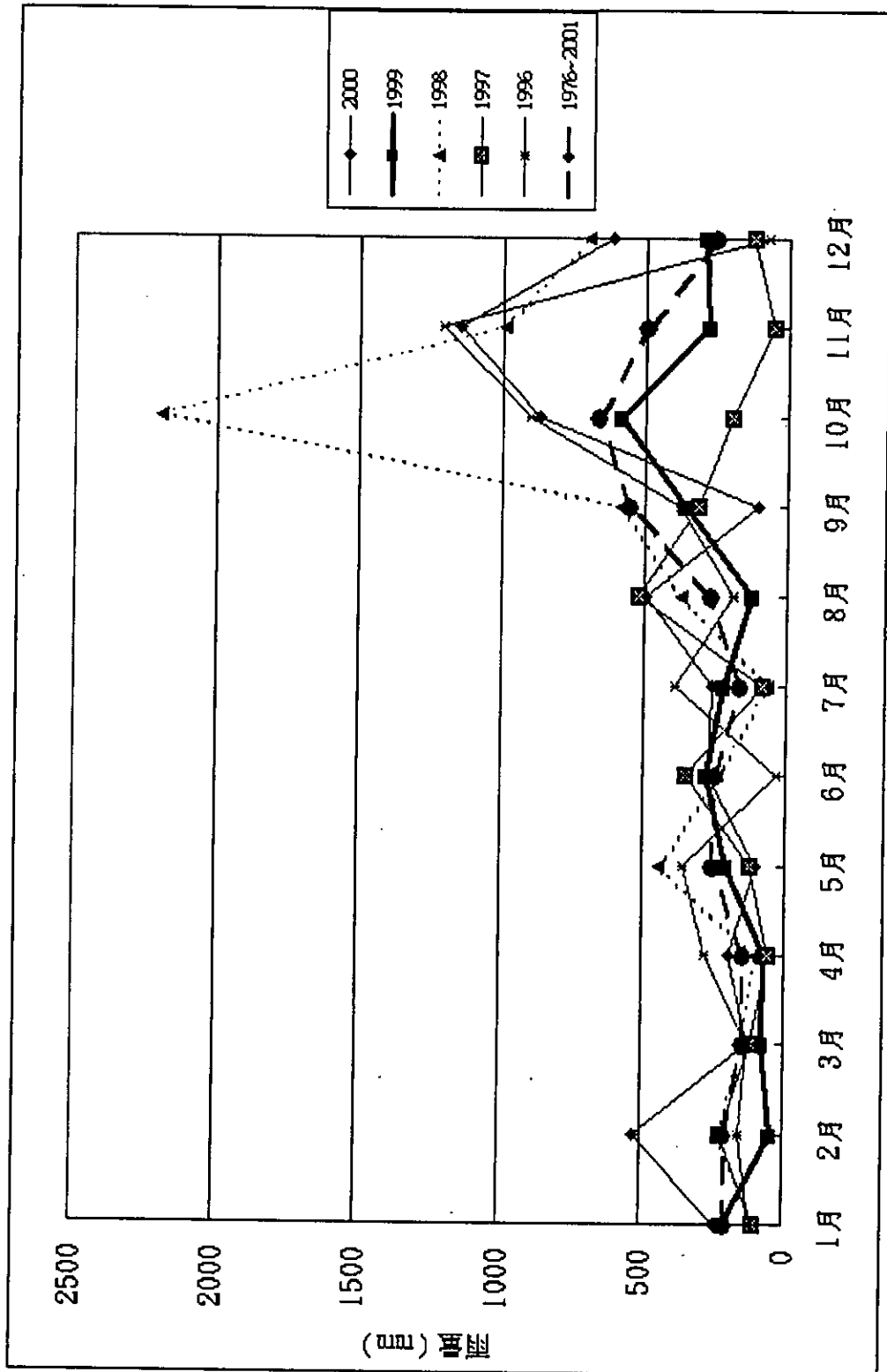


圖 3.2-1 近五年雨量與歷年長期月平均雨量比較圖

3.3 推估淨入滲量及側流量

依前節建立之 MODFLOW 模式，以 UCODE 模式優選各分區之抽水量，若將中每個格網之抽水量都視為一個獨立參數，則其維度將太大而無法直接對其優選，因此本研究是利用分區補注量(Recharge)的形式替代抽水井來降低其維度(Dimension)。

在過去模擬與人工檢定的過程中，發現較不確定性大且對模擬結果影響較顯著的參數是抽水量，因此在參數優選模式中先選定抽水量與入滲補注的綜合效應即地表淨補注量當作優選對象，其表示如下：

$$q = I - Q$$

其中 q : 地表淨補注率(m/s)

I : 地表入滲補注率(m/s)

Q : 自由含水層抽水率(m/s)

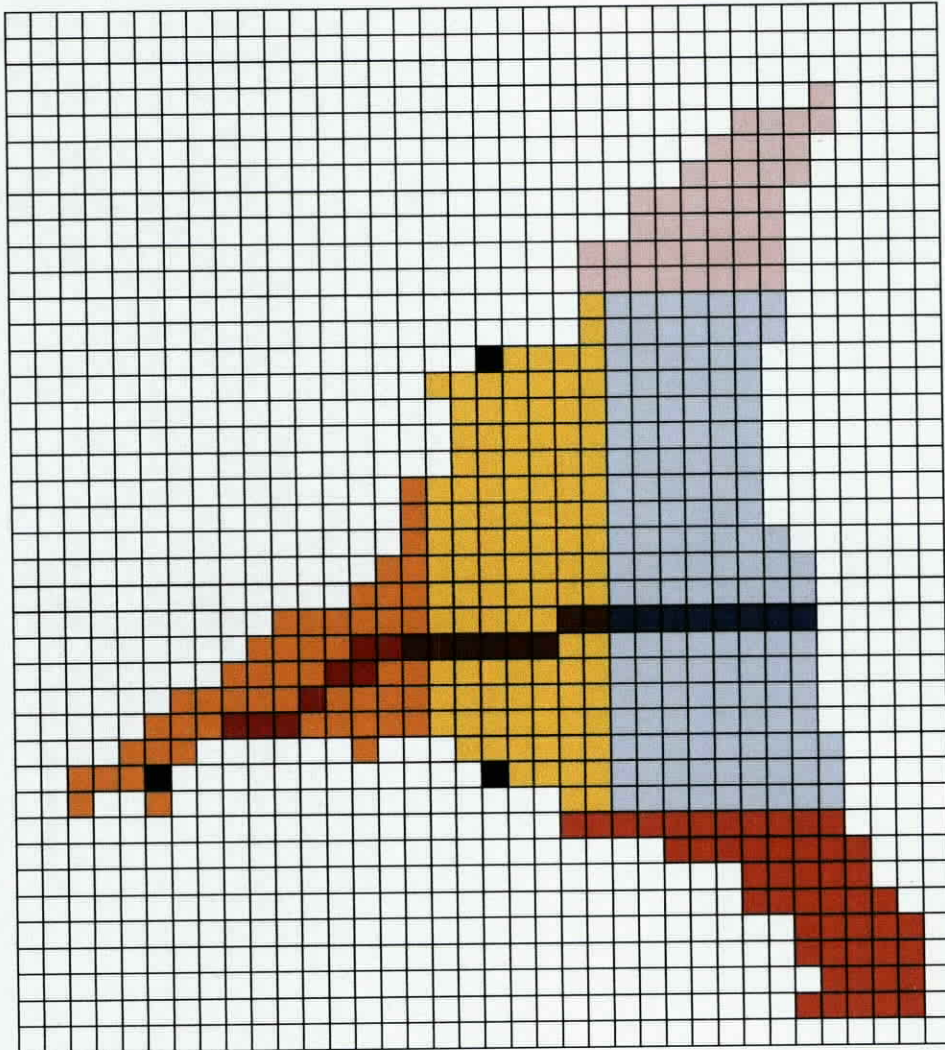
以下就針對所使用到參數化方法加以說明：

地表淨補注量參數化所使用的是分區(Zonation)法，整個蘭陽溪沖積扇初步由扇頂、扇央、扇尾，區分為三個部分。蘭陽平原之淨補注量分區原則為配合得子口溪、宜蘭河及冬山河等流域範圍，區分為五個區域如圖 3.3-1 所示，並假設每區淨補注率型態類似而視為均勻補注或抽水其中。但因山區之地表補注量推求，受限於山區 GIS 數劃資料不足，使地表補注量無法得到精確的推估，所以在分別在蘭陽溪及羅東溪、得子口溪上游出山口共虛擬三個虛擬補注井，推估山區側流量。河底滲漏或地下水補注河川之相關研究十分缺乏，在本研究中先將採用地表淺層地下水模擬，決定蘭陽溪對地下水之交換量。分段參數優選蘭陽溪對地下水之交換量，分成扇頂、扇央、扇尾區三段。抽水量參數優選分區圖，如圖 3.3-1，圖中共分為 5 個分區、3 段蘭陽溪河道及 3 口山區虛擬補注井，以推求分區抽水量、蘭陽溪河川補

注、山區側流補注量，並且計算定水頭邊界之邊界補注量。

模式參數收集及優選流程如圖 3.3-2，地下水模式優選參數先以淺層地下水模擬優選蘭陽溪之交換量、虛擬補注量及淺層淨補注量，再以多層模式進行抽水量率定，最後進行人工率定，將水頭誤差較大之觀測井，調整參數如儲水係數、垂向水力傳導係數、分區抽水量、等，以期減少觀測井模擬水位之誤差。

地下水模式模擬結果如圖 3.3-3 至 3.3-6 所示，其中圖 3.3-3 為模擬及觀測地下水水位歷線比較，圖 3.3-4 為含水層一之模擬及觀測地下水水位等位線比較，由地下水水位比較之結果顯示，模擬及觀測地下水水位誤差極小，所以該模式可以充分模擬民國 90 年（2001 年）現地地下水流況，並計算各含水層每月每口井之平均誤差絕對值（模擬水位與觀測水位的誤差），含水層一之每口井平均誤差為 0.93 公尺，含水層二每口井平均為 0.83 公尺，深層含水層的觀測點數不足，含水層三每口井平均為 0.4 公尺。配合第二章所推估民國 90 年地表補注量，分離淺層淨補注量，計算蘭陽溪河床補注、山區側流量、邊界補注量及分區抽水量，由計算結果顯示蘭陽平原受到降雨雨量分配均勻，豐枯水季不顯著，所以河川補注量，邊界補注量及山區側流量對季節變化較不顯著，抽水量則在十月抽水量最大，如圖 3.3-5。圖 3.3-6 為地下水模式模擬之水平衡狀況，整體上民國 90 年（2001 年）的抽水量為 2.08 億噸，含水層一之抽水量最大，地表補注量為 1.91 億噸，山區側流量為 0.11 億噸，河床入滲量 0.12 億噸。



Legend

zone	
	蘭陽溪上游
	抽水分區1
	蘭陽溪中游
	抽水分區2
	抽水分區3
	抽水分區4
	抽水分區5
	邊界補注井1
	邊界補注井2
	邊界補注井3
	

圖3.3-1 參數優選分區圖

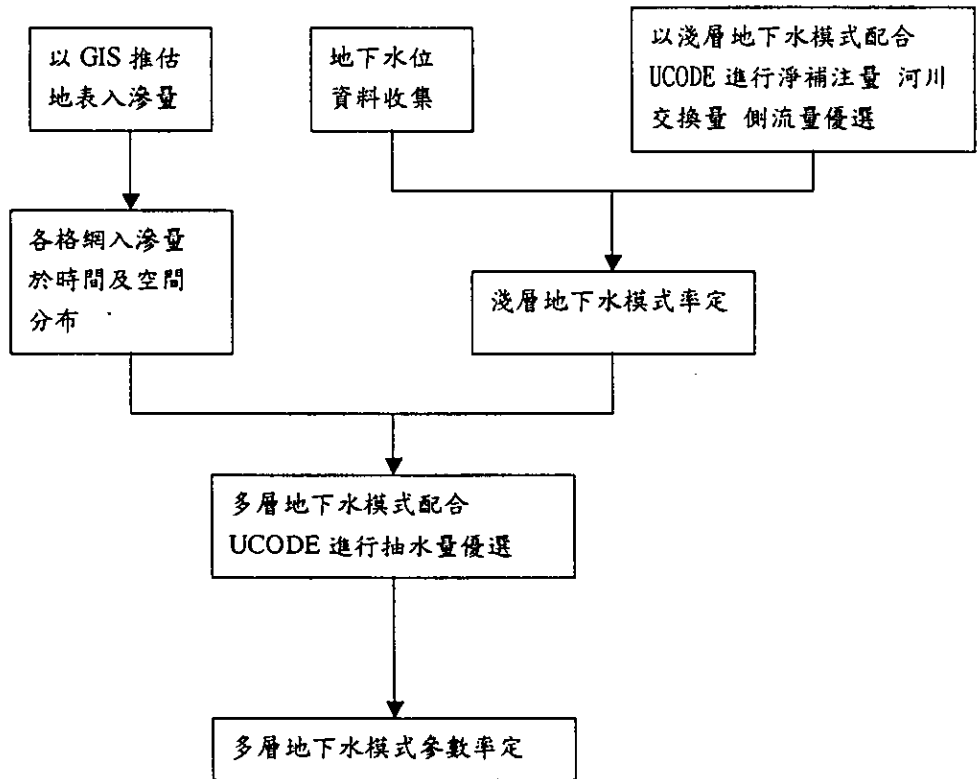


圖 3.3-2 模式參數收集及優選流程

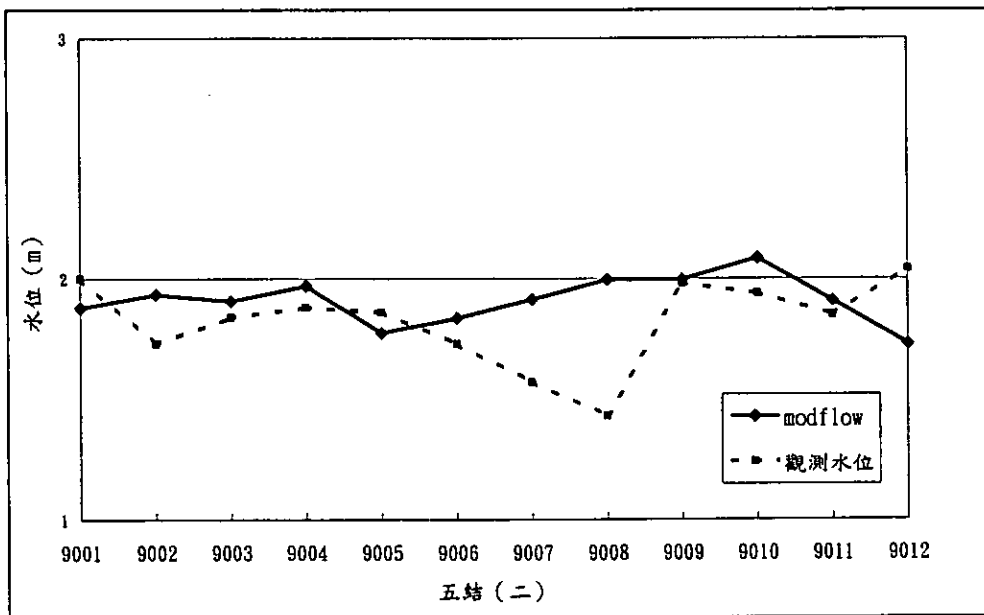
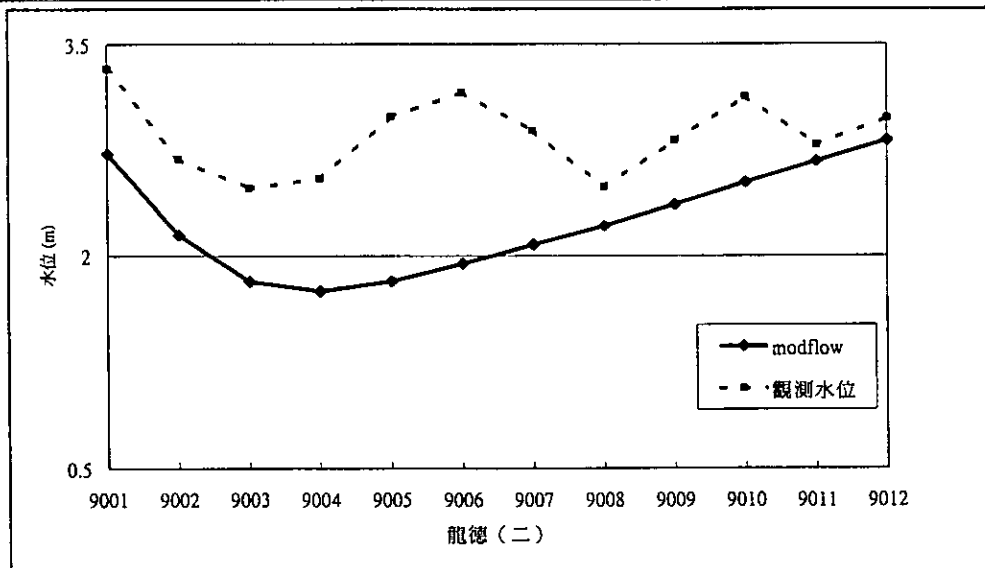
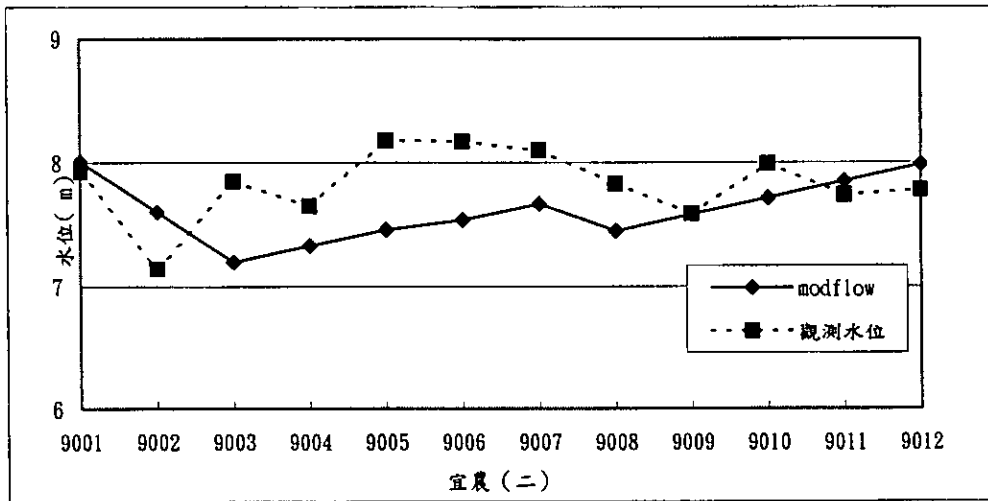
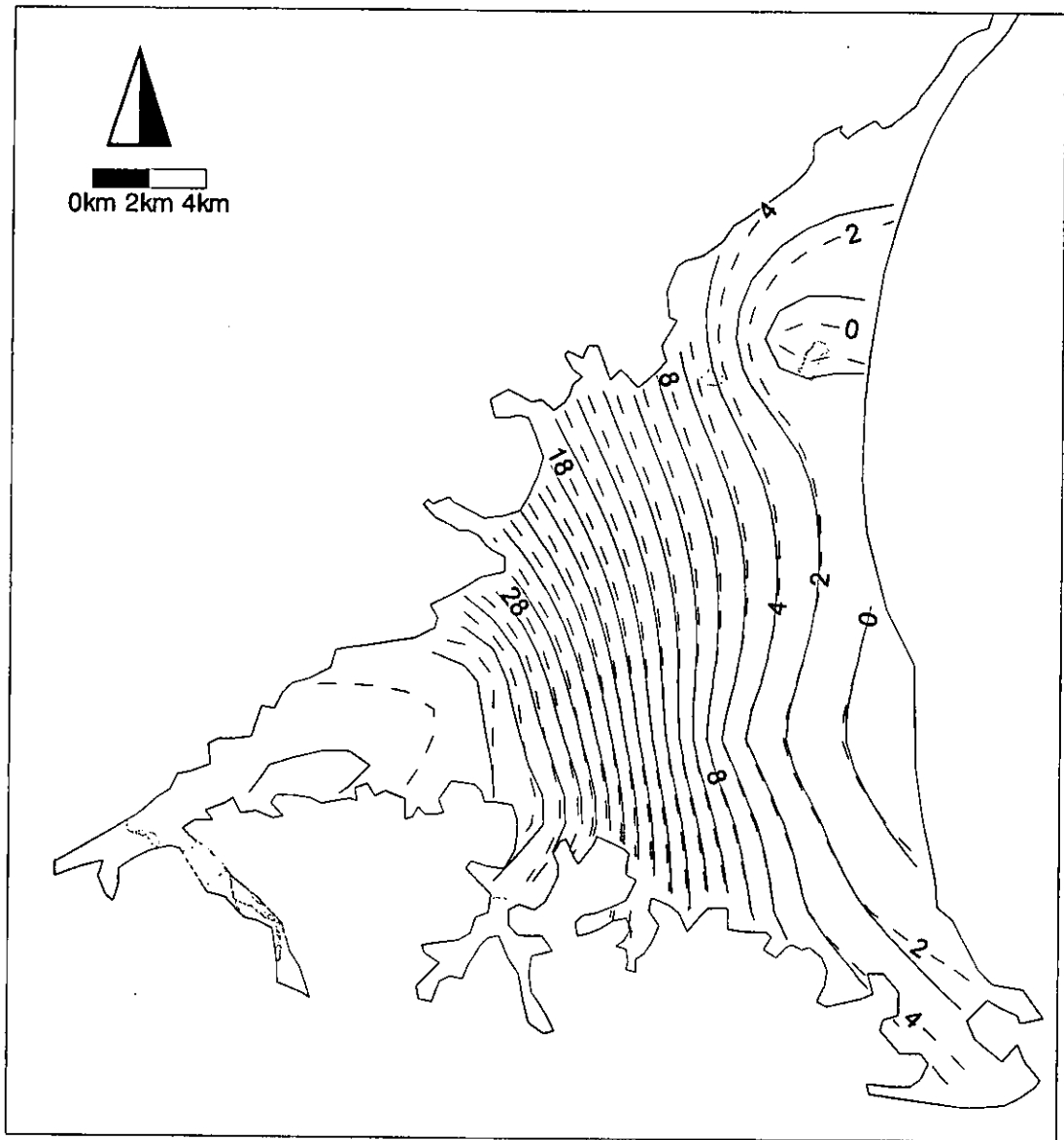


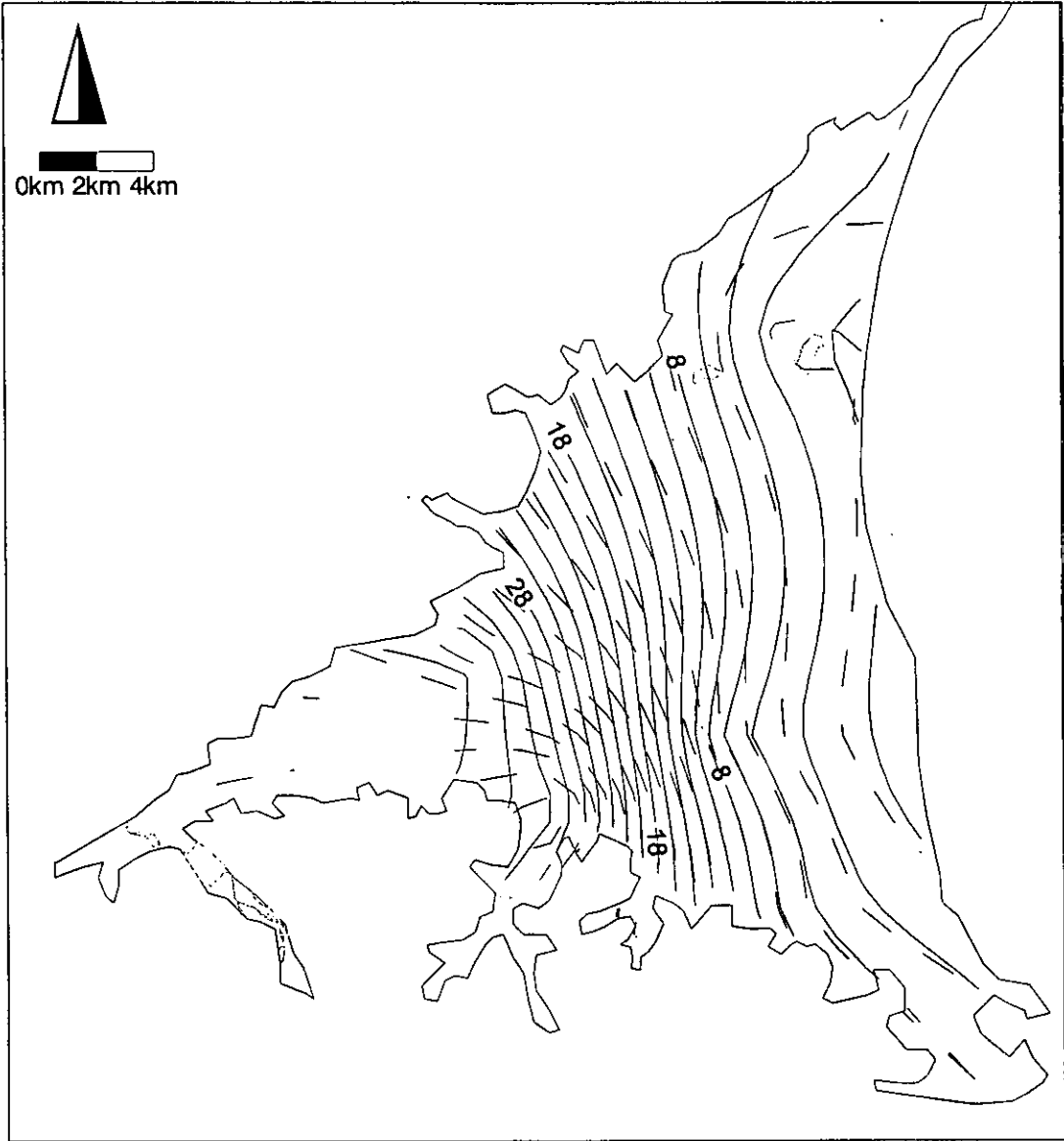
圖 3.3-3 模擬及觀測地下水水位歷線



實線為模擬水位
 虛線為觀測水位

(A)

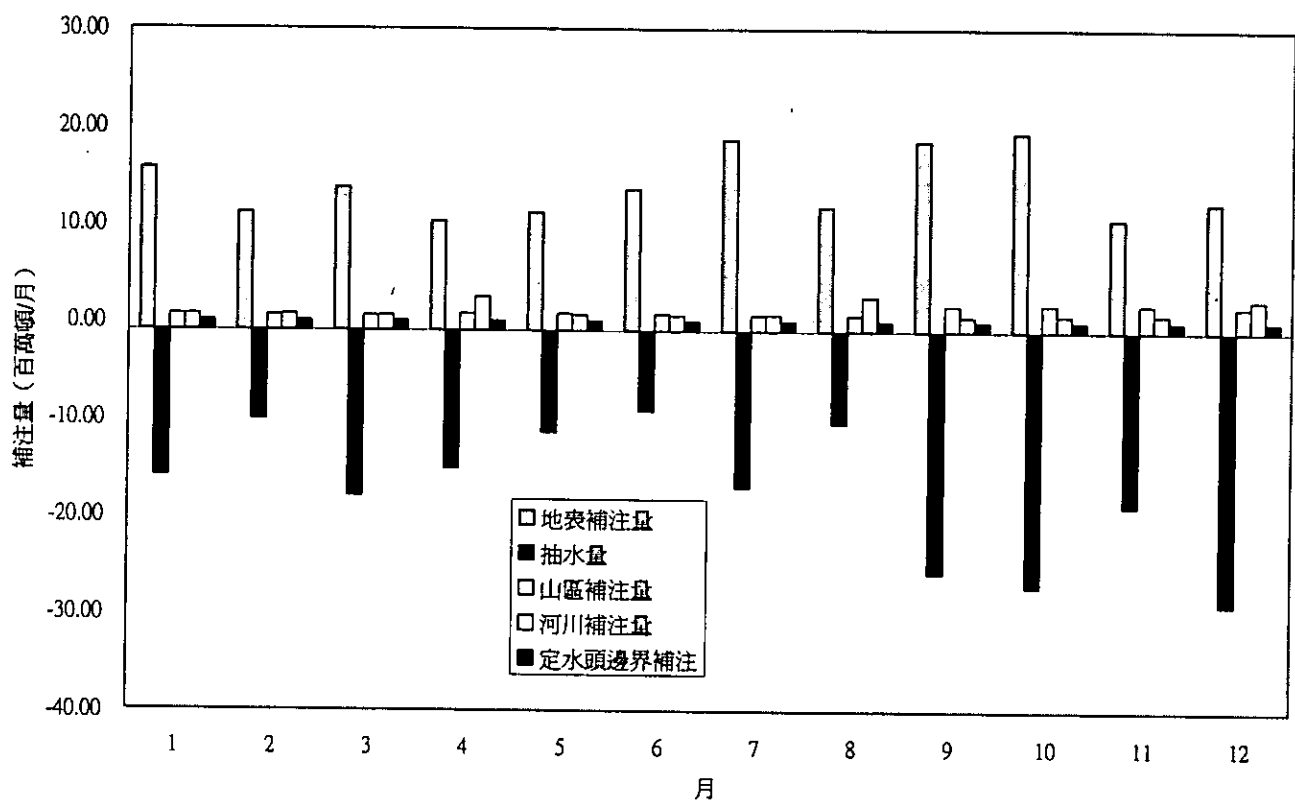
圖 3.3-4 含水層一地下水水位等水位線。(A) 民國 90 年 1 月



實線為模擬水位
虛線為觀測水位

(B)

圖 3.3-4 含水層一地下水水位等水位線。(B)民國 90 年 10 月



註：「正值」為補注地下水層；「負值」為抽離地下水層

圖 3.3-5 各月之入滲補注量、側流量及抽水量

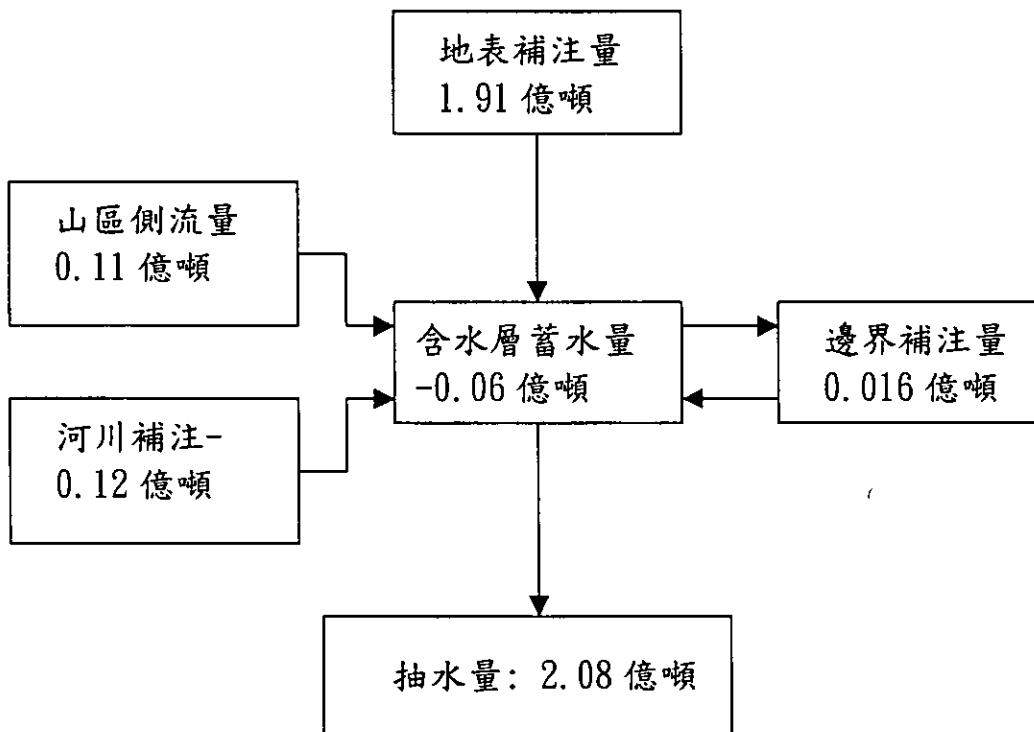


圖 3.3-6 地下水模式模擬之水平衡狀況

3.4 地下水潛能評估

本節將利用上節所完成之地下水模式模擬分析各月安全出水量，安全出水量之推估方式為希爾法(Hill method)，其定義為開始水位與使用一年後之水位無變化時，即為安全出水量。應用於本計畫中，將利用所建立之地下水模式，以模式所推估之每月抽水量空間分布型態為基礎，增加或減少一固定比例，步驟如下：

1. 逐月調整抽水量，估計每月之安全出水量，
2. 整年調整抽水量，估計年安全出水量，
3. 調整第 1 項所得之每月之安全出水量，使其年總量符合第 2 項之年安全出水量，最後會得到每個月之安全出水量，以評估地下水潛能，如圖 3.4-1 所示。

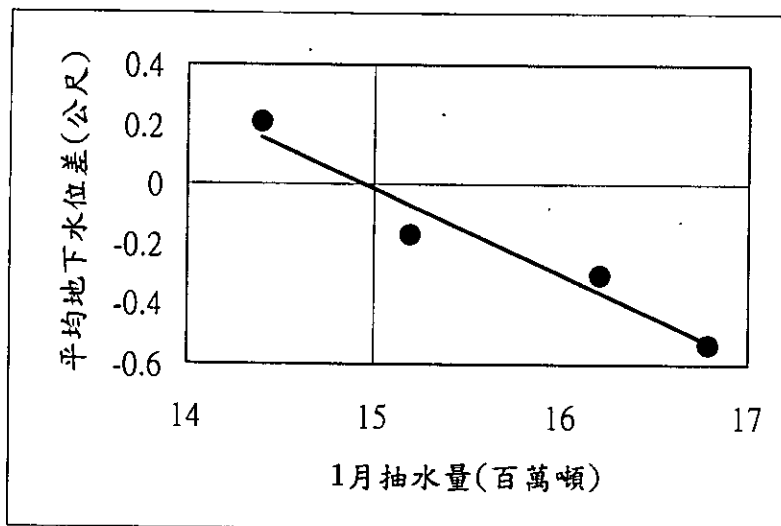
各月之安全出水量推估，如表 3.4-1 所示，整體而言，民國 90 年安全出水量為 222.7 百萬噸，而年抽水量為 208.7 百萬噸，兩者差距不大，顯示地下水源充沛。由各月之安全出水量顯示，1 月及 5 月至 7 月地下水抽水量稍微大於安全出水量；其餘月份安全出水量稍大於地下水抽水量，兩者相減後，剩餘地下水還可以提供其他水資源調配利用。

另外，在地下水開發未來需求量推估方面，如表 3.4-2 所示，民國 110 年宜蘭地區，所計算出來的地下水需求為 1.61 億噸。

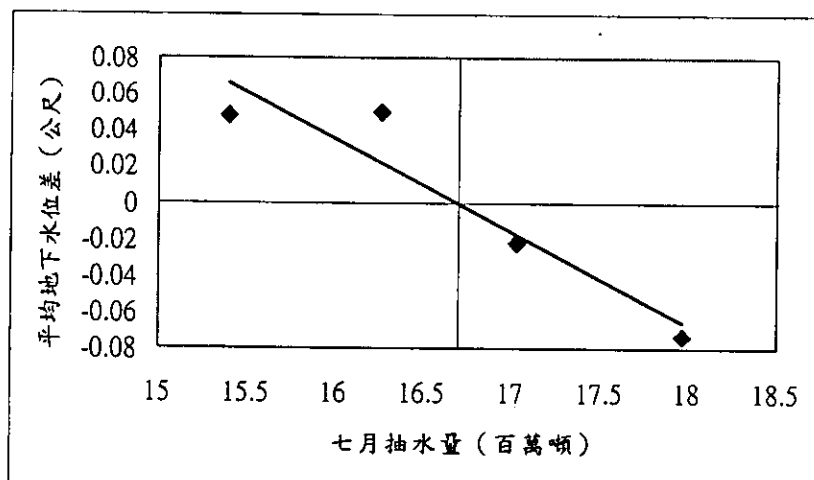
表 3.4-1 民國 90 年逐月之安全出水量推估

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月
安全出水量(百萬噸)	14.8	11.3	18.3	16.6	11.2	8.9	16.5
模擬抽水量(百萬噸)	16.0	10.2	18.0	15.2	11.5	9.2	17.1

月份	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	總合
安全出水量(百萬噸)	10.5	28.5	31.7	20.8	33.5	222.7
模擬抽水量(百萬噸)	10.5	25.8	27.2	18.9	29.1	208.7



(A)



(B)

圖 3.4-1 希爾法推估月安全出水量

表 3.4-2 民國 110 年之地下水開發未來需求量推估(單位:億噸)

民國110年公共 用水需求量(D)	民國110年既有地表水之供水 量+規劃之水資源開發計畫 (S)	現況抽水量(Q)	民國110年地下 水需供給 (D+Q-S)
1.022	1.496	2.087	1.61

$(D-S)$ = 民國 110 年公共用水的缺額量[地下水需額外支援的水量]

S = 既有地表水之公共用水 + 民國 110 年規劃中對於公共用水的開發
量

第四章 地下水質分析

4.1 地下水背景水質分析

本計畫將採用台灣地區灌溉用水水質標準（台灣省政府 67.7.5 六七府建水字第 59931 號）及飲用水水源水質標準（行政院環境保護署 86.9.24 (86) 環署毒字第 56075 號）來分析各區域站井是否符合各項水質標準及分析地下水水質是否遭到污染。

由於在甘旱時，地面水水資源嚴重缺乏，一般可開發地下水抗旱井，以彌補水資源不足，但地下水之利用受限於水質是否符合標準，所以將分析地下水監測井之水質檢測項目是否符合灌溉用水水質標準及飲用水水源水質，進行研判與分析，以區分適合灌溉及成為飲用水水源水質之地區。其中灌溉用水水質標準共有溫度、酸鹼值、導電度等 11 項監測井之水質檢測項目，如表

4.1-1，飲用水水源水質共有大腸菌密度、氨氮、化學需氧量等 8 項監測井之水質檢測項目，如表 4.1-2。分析結果顯示共有 19 口井(58%)符合灌溉用水水質標準及共有 19 口井(58%)符合飲用水水源水質標準。

地下水監測井水質對於灌溉用水水質標準之空間分布如圖 4.1-1 至 4.1-4，其中沿海地區因受海水入侵造成高氯鹽和高導電度，且越深層之含水層反而不符合該水質標準比例越高。地下水監測井水質對於飲用水水源水質之空間分布如圖 4.1-5 至 4.1-8，其中越深層之含水層不符合該水質標準比例也越高，且沿海地區受砷污染顯著，其餘地區都適合作為飲用水水源使用。

表 4.1-1 蘭陽平原地下水監測井之灌溉用水水質標準檢測項目(○代

表符合，X 代表不符合)

站名(灌溉用)	酸鹼度	水溫	電導度	氮鹽	硫酸鹽	砷	錳	鉻	銅	鎳	汞	總評鑑
五結(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
五結(2)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
五結(3)	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
五結(4)	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
龍德(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
龍德(2)	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
龍德(3)	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
龍德(4)	○	○	X	○	X	○	○	○	○	○	○	不符合
中興(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
中興(2)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
中興(3)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
中興(4)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
利澤(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
利澤(2)	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	不符合
自強(1)	○	○	○	X	○	○	○	○	X	○	○	不符合
頭城(1)	○	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
大隱(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
大隱(2)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
岳明(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	符合

表 4.1-2 蘭陽平原地下水監測井之飲用水水質標準檢測項目(○代表

符合，X 代表不符合)

站名(飲用水)	化學需氧量	總有機碳	大腸菌密度	氨氮	砷	鉻	鎘	汞	總評鑑
五結(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
五結(2)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
五結(3)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
五結(4)	○	○	○	X	X	○	○	○	不符合
龍德(1)	○	○	○	○	X	○	○	○	不符合
龍德(2)	○	○	○	○	X	○	○	○	不符合
龍德(3)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
龍德(4)	X	X	○	○	○	○	○	○	不符合
中興(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
中興(2)	X	○	○	○	○	○	○	○	不符合
中興(3)	○	○	○	○	X	○	○	○	不符合
中興(4)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
利澤(1)	○	○	○	X	○	○	○	○	不符合
利澤(2)	X	○	○	○	X	○	○	○	不符合
自強(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
頭城(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
大隱(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
大隱(2)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合
岳明(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	符合

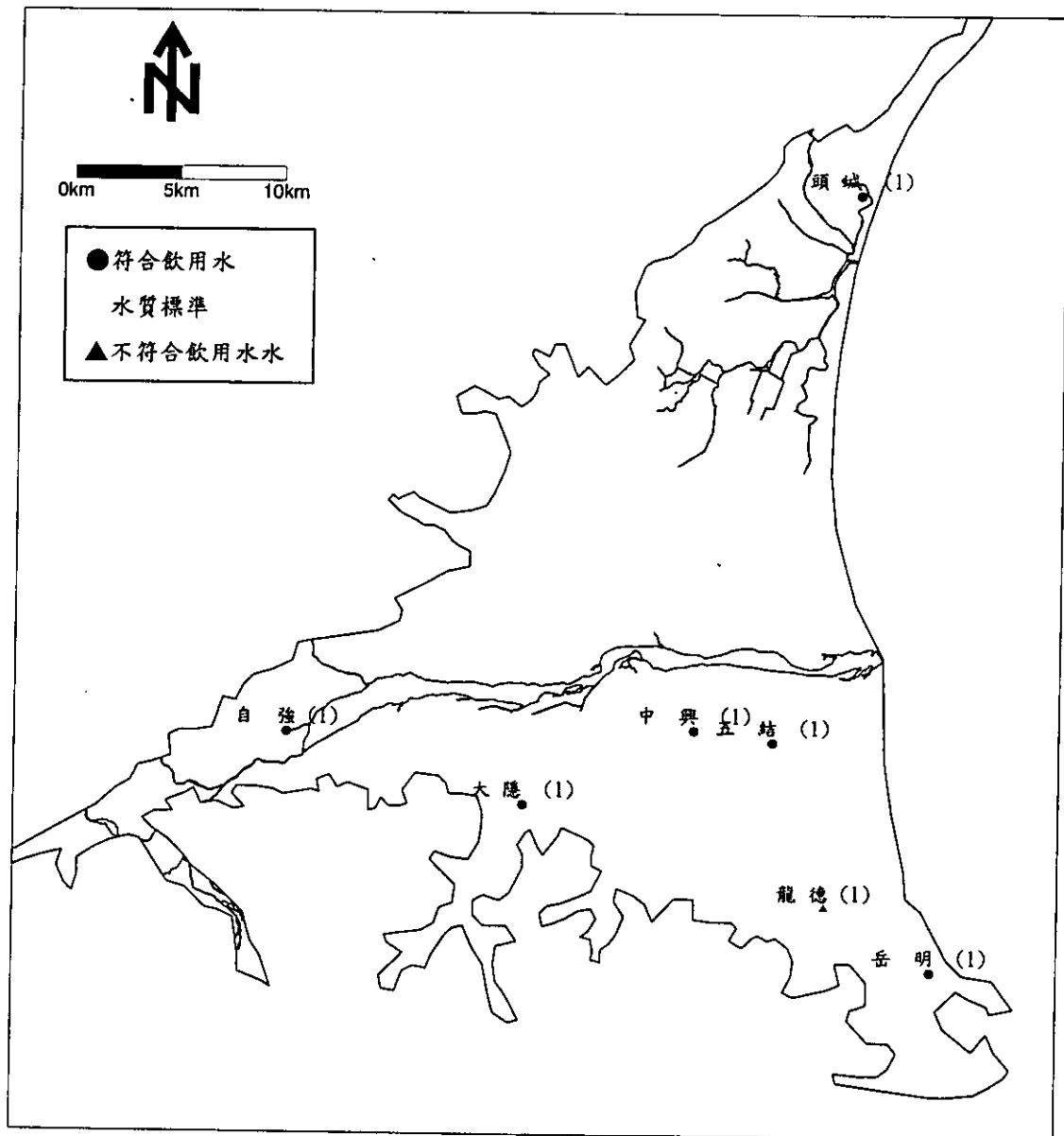


圖 4.1-1 蘭陽平原含水層一符合飲用水水質標準之空間分佈

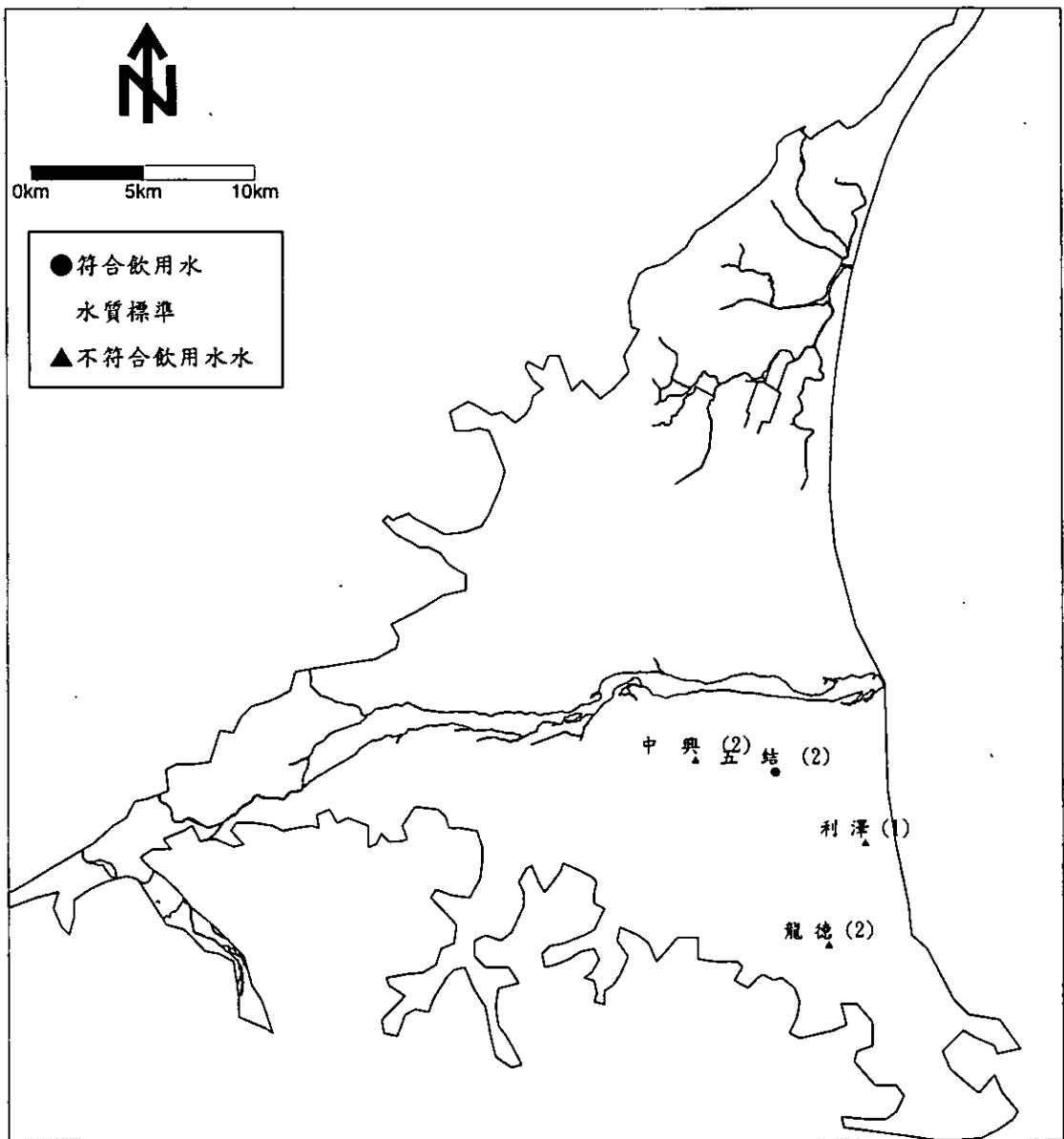


圖 4.1-2 蘭陽平原含水層二符合飲用水水質標準之空間分佈

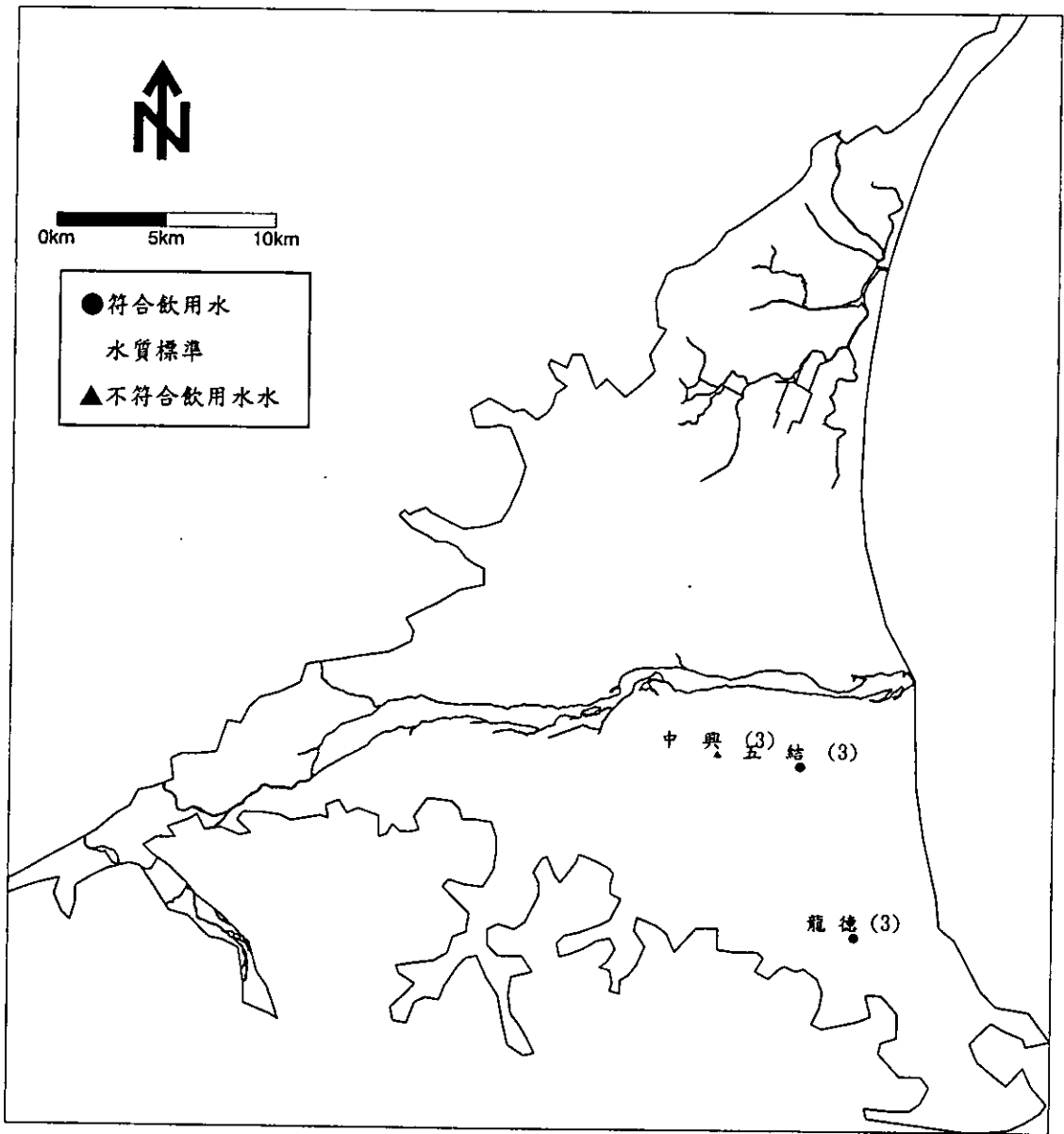


圖 4.1-3 蘭陽平原含水層三符合飲用水水質標準之空間分佈

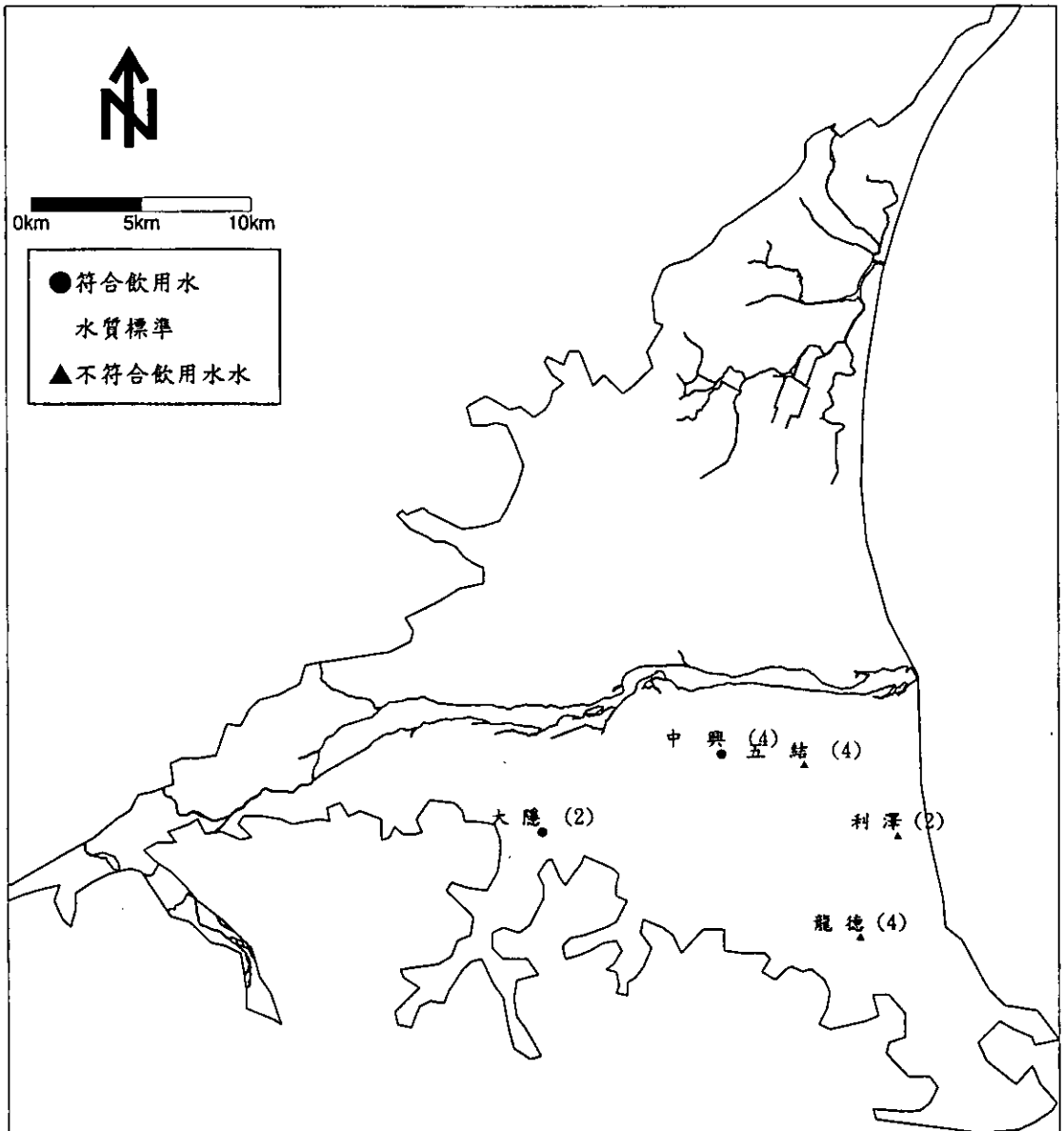


圖 4.1-4 蘭陽平原含水層四符合飲用水水質標準之空間分佈

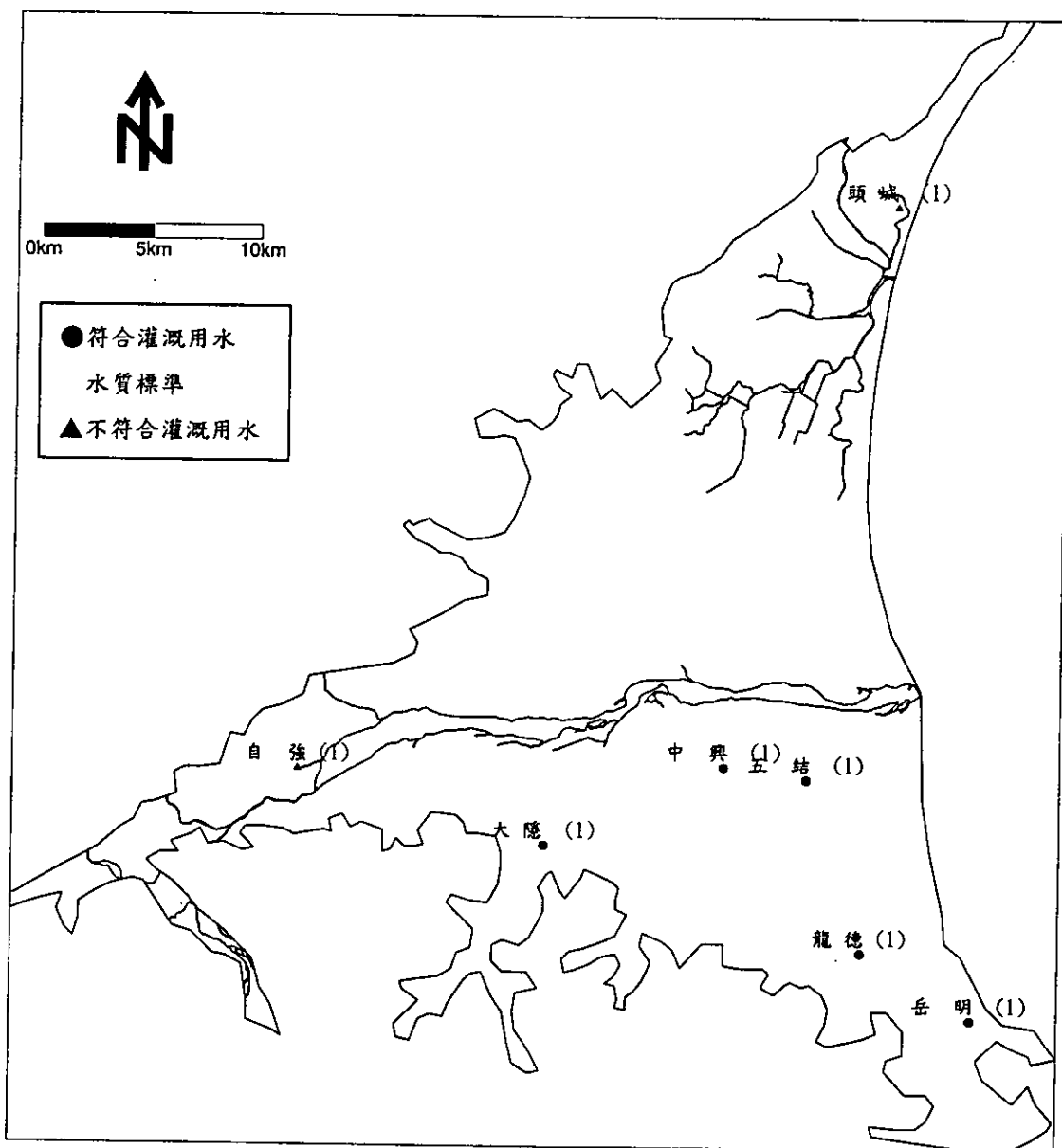


圖 4.1-5 蘭陽平原含水層一符合灌溉用水水質標準之空間分佈

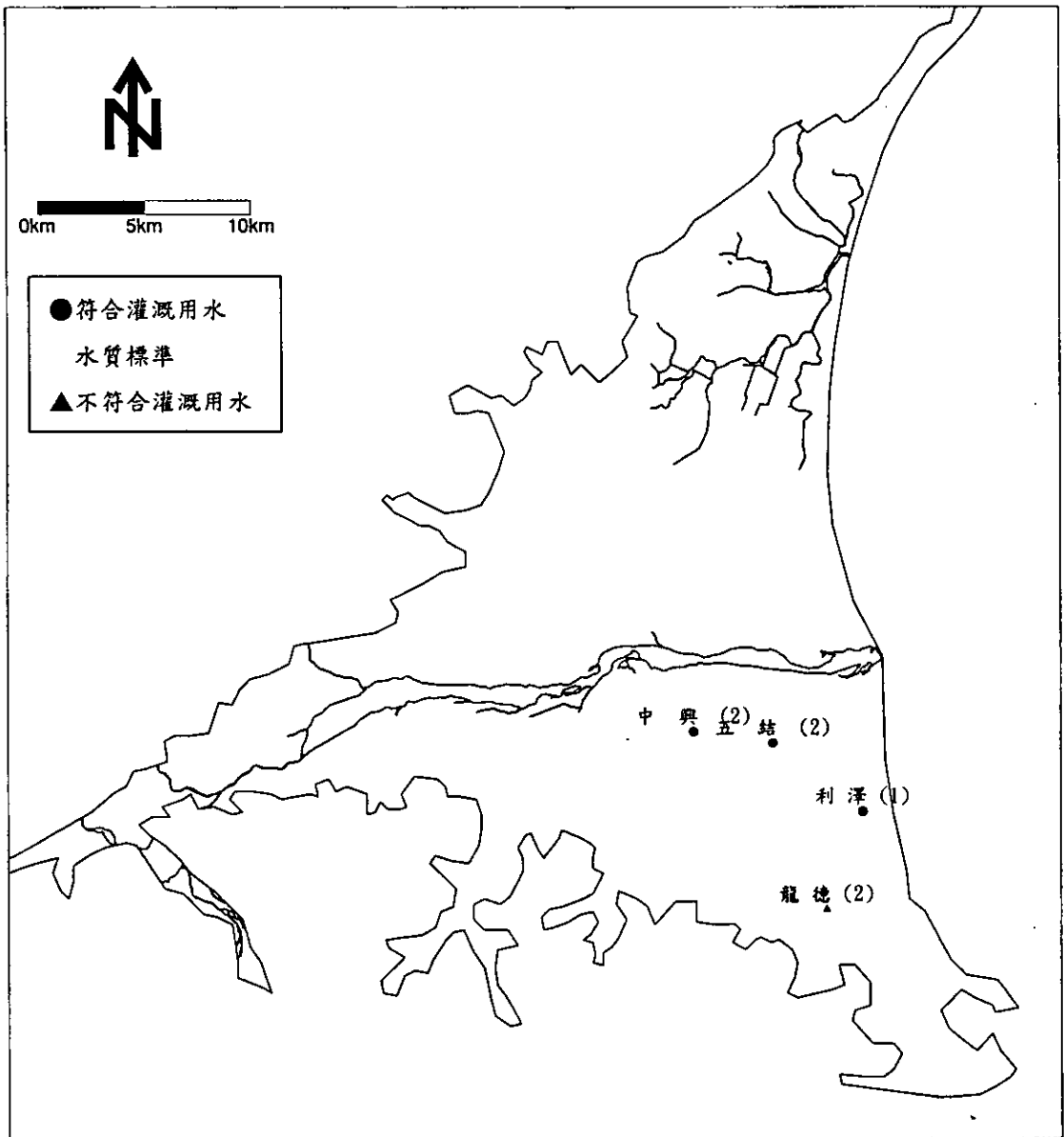


圖 4.1-6 蘭陽平原含水層二符合灌溉用水水質標準之空間分佈

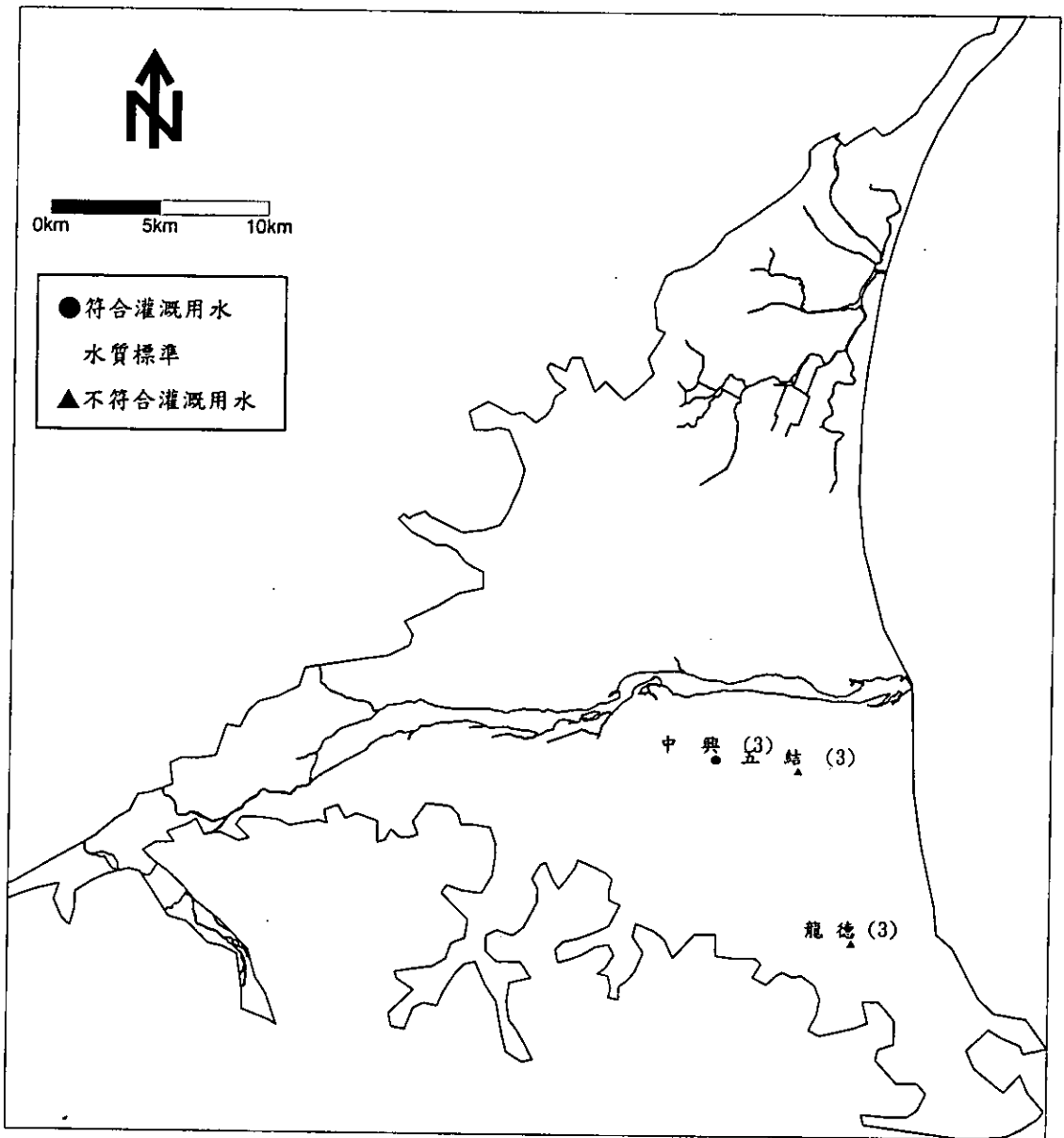


圖 4.1-7 蘭陽平原含水層三符合灌溉用水水質標準之空間分佈

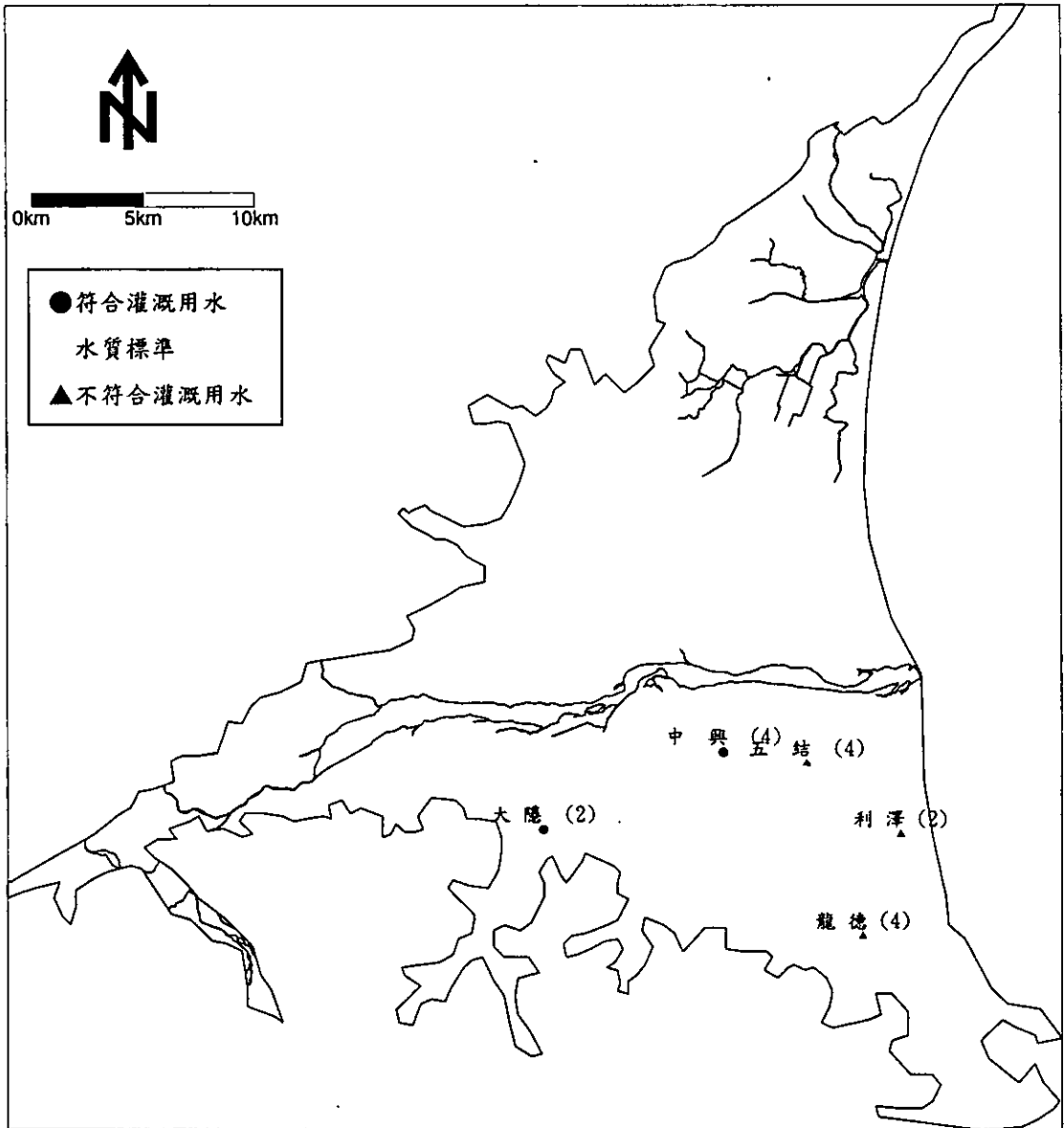


圖 4.1-8 蘭陽平原含水層四符合灌溉用水水質標準之空間分佈

4.2 地下水水質變化趨勢探討

針對蘭陽平原，參考站網之地下水質分析結果，針對各區域內的站井做水質的分層分析，選定以水溫(T)、導電度(EC)、酸鹼值(pH)、氯鹽(Cl^-)、總溶解固體量(TDS)及化學需氧量(COD)等六項水質來做探討分析水質空間分佈情形之變化趨勢。

經本計劃分析得之，在水溫和酸鹼值方面，皆符合灌溉用水水質標準；導電度方面，除少數觀測井外，皆符合灌溉用水水質標準；氯鹽含量方面，也都符合灌溉和飲用水水源標準；總溶解固體量方面，僅少數測井高於飲用水水源標準；化學需氧量方面，也同樣有幾口高於灌溉用水標準。以下就六項水質分別進行更進一步分析，由於蘭陽平原的水質資料有限，僅討論兩層含水層之水質圖。

(1) 水溫 (T)

地下水水溫一般而言變化不大，比地表水穩定，水溫依據資料大都集中在二十到二十四度之間，符合台灣地區灌溉水水源水質標準35度以下。含水層一、含水層二水溫等質分析圖，如圖 4.2-1、4.2-2 所示。

(2) 導電度(EC)

導電度的空間分佈，含水層一所有的的站井都合於灌溉用水標準($750\mu\text{mhos/cm}$)，含水層一電導度等質分析圖見圖 4.2.2-3，但在含水層二、三中，較多的井位不合灌溉用水標準，見含水層二導電度等質分析圖 4.2-4。五結(3) $990\mu\text{mhos/cm}$ 五結(4) $800\mu\text{mhos/cm}$ ，龍德(2) $1283\mu\text{mhos/cm}$ 龍德(3) $1561\mu\text{mhos/cm}$ 龍德(4) $1574\mu\text{mhos/cm}$ ，利澤(2) $1646\mu\text{mhos/cm}$ ，不合於灌溉用水標準，中興(4) 其值為 $530\mu\text{mhos/cm}$ ，合於灌溉用水標準。

(3) 酸鹼值(pH)

酸鹼值中興(1):6.95、大隱:6.76，pH值小於7表示水質呈現微酸反應，自強(1):7.4、頭城7.04、五結:7.48、利澤(1):7.02、龍德(1)7.74，介於七到八之間，而岳明:8.22，pH值為最高，表示水質呈現微鹼反應。經過酸鹼值分析後，發現蘭陽平原各站井資料皆符合灌溉用水(6~9)的標準，而含水層一酸鹼值等質分析圖見圖4.2-5，

圖4.2-6為含水層二酸鹼值等質分析圖，中興(2):6.91，利澤(2)6.75，pH值小於7表示水質呈現微酸反應，其他站除了五結(2):8.02外，皆介於七到八之間。

(4) 氯鹽(Cl^-)

台灣地區氯鹽灌溉用水標準 $<175 \text{ mg/L}$ ，飲用水標準 $<250 \text{ mg/L}$ ，由含水層一氯鹽等質分析圖(圖4.2-7)，含水層二氯鹽等質分析圖(圖4.2-8)可以看出氯鹽在空間分佈，其中在頭城(1)249.92 mg/L，由於頭城位於沿海地區可能有海水入侵的問題，因此含水層一頭城附近的氯鹽稍高，自強(1)249.9 mg/L，也是偏高，龍德(3)243.67 mg/L。五結(3)37.48 mg/L，龍德(4)106.22 mg/L，中興(4)其值為25mg/L。目前的地下水鹽化可能是因為魚塭高鹽分的養殖用水，或其放流水入滲所造成的結果。

(5) 總溶解固體量(TDS)

總溶解固體量飲用水水源水質標準500 mg/L為標準，含水層一總溶解固體量等質分析圖見圖4.2-9，全都符合用水標準，含水層二總溶解固體量等質分析圖見圖4.2-10，但在含水層二、三以後確有較多的井位不符合用水標準。其中龍德各層之總溶解固體量皆大於飲用水水源水質標準，龍德(1):851.2 mg/L，龍德(2)851.2 mg/L，

龍德 (3): 947.2 mg/L, 龍德 (4): 990.7 mg/L, 利澤 (2): 1186.2 mg/L。

(6)化學需氧量(COD)

化學需氧量 COD(mg/L) 所採用的水質標準為飲用水標準 <25 mg/L, 含水層一化學需氧量等質分析圖見圖 4.2-11, 龍德 (1) 25 mg/L, 為於飲用水水源水質標準的邊緣, 龍德 (4): 66 mg/L, 利澤 (4): 66 mg/L 等站, 不符合台灣飲用水水質標準, 其餘各站根據檢視後, 皆符合台灣地區飲用水水源水質標準。含水層二化學需氧量等質分析圖, 如圖 4.2-12 所示, 中興 (2): 37 mg/L, 利澤 (2): 66 mg/L, 超出飲用水水質標準外, 其餘各站皆符合台灣地區飲用水水源水質標準。

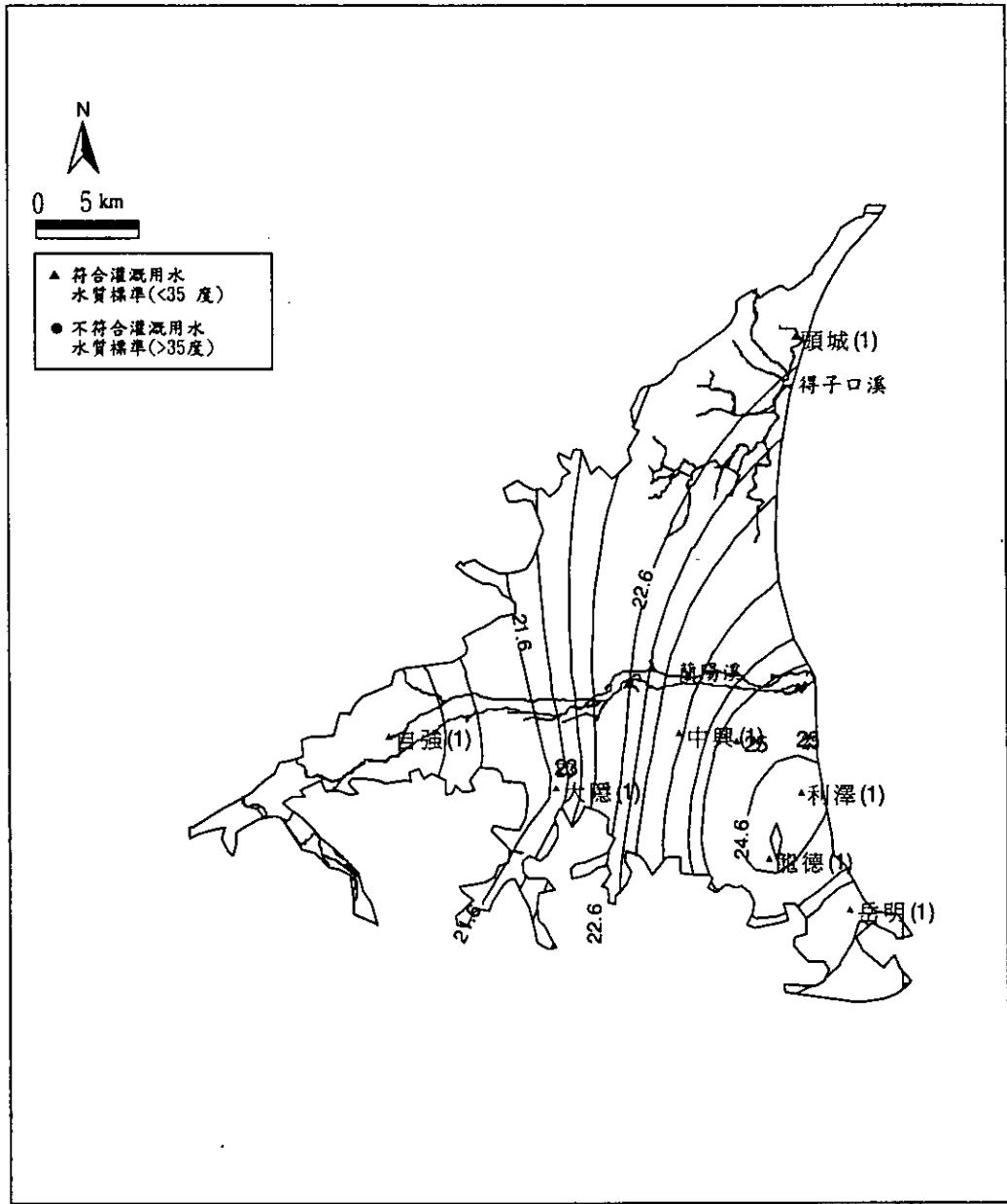


圖 4.2-1 蘭陽平原含水層一之水溫等值分析圖

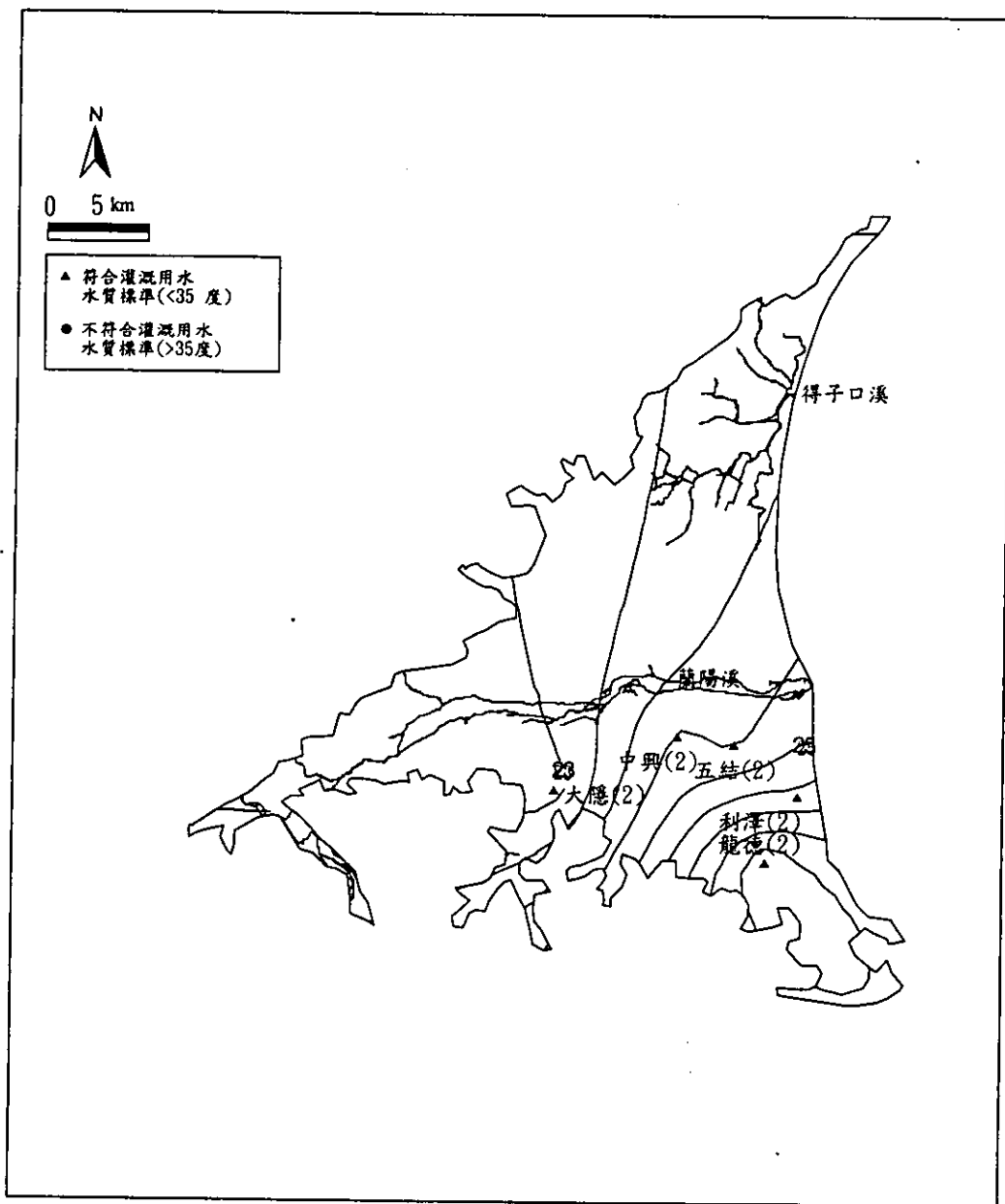


圖 4.2-2 蘭陽平原含水層二之水溫等值分析圖

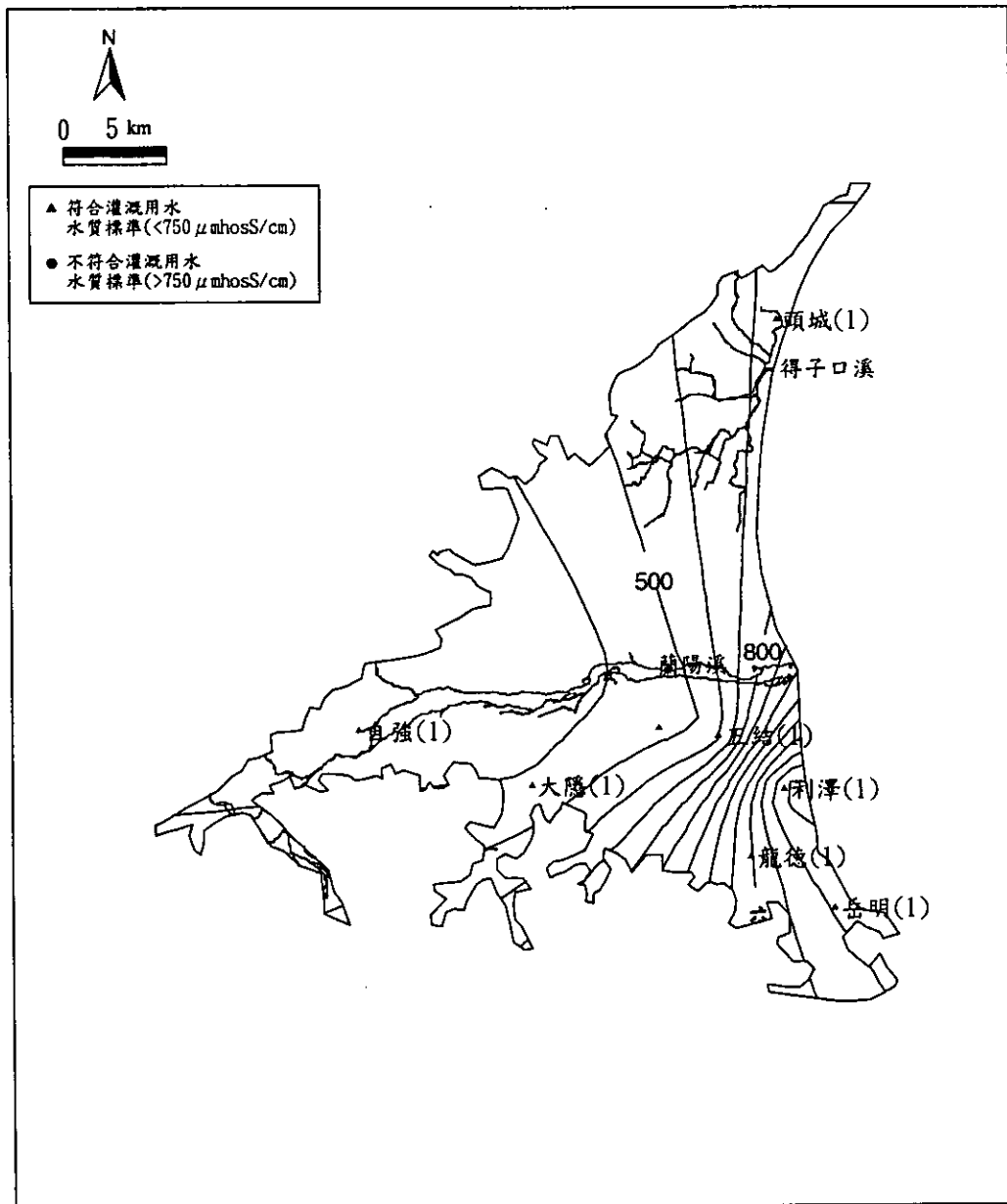


圖4.2-3 蘭陽平原含水層一之導電度等值分析圖

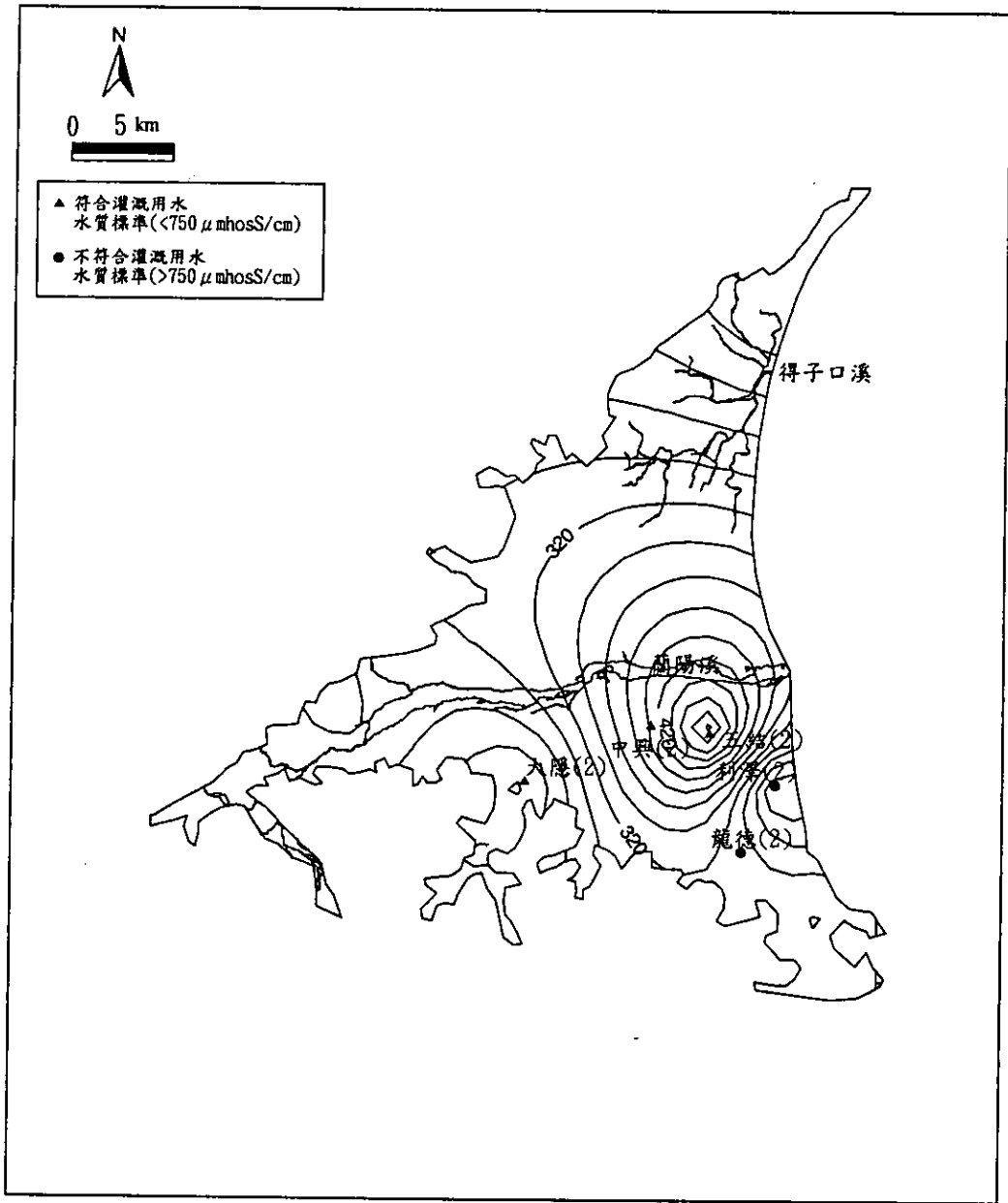


圖 4.2.4 蘭陽平原含水層二之導電度等值分析圖

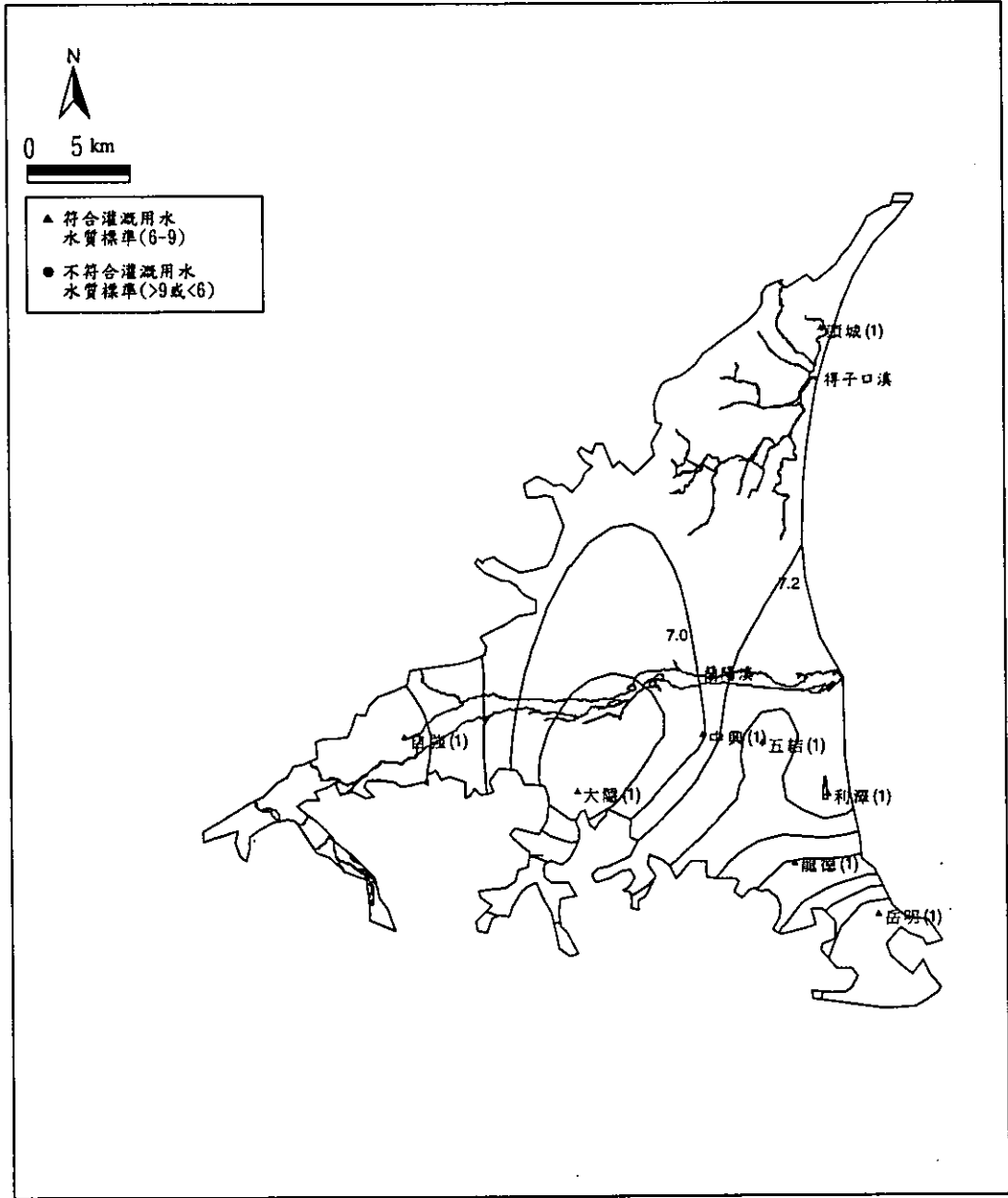


圖 4.2-5 蘭陽平原含水層一之酸鹼度等值分析圖

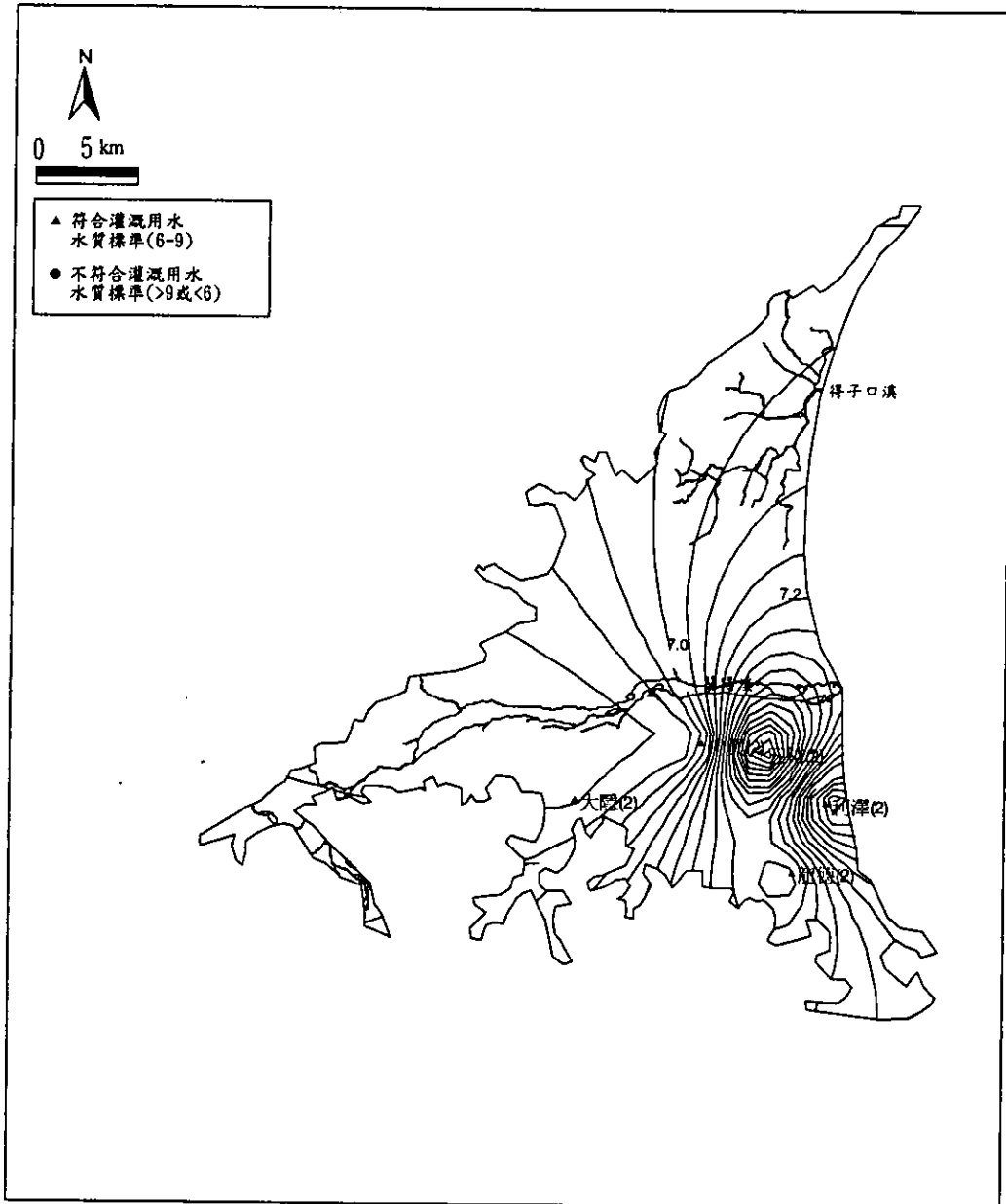


圖4.2.2-6 蘭陽平原含水層二之酸鹼度等值分析圖

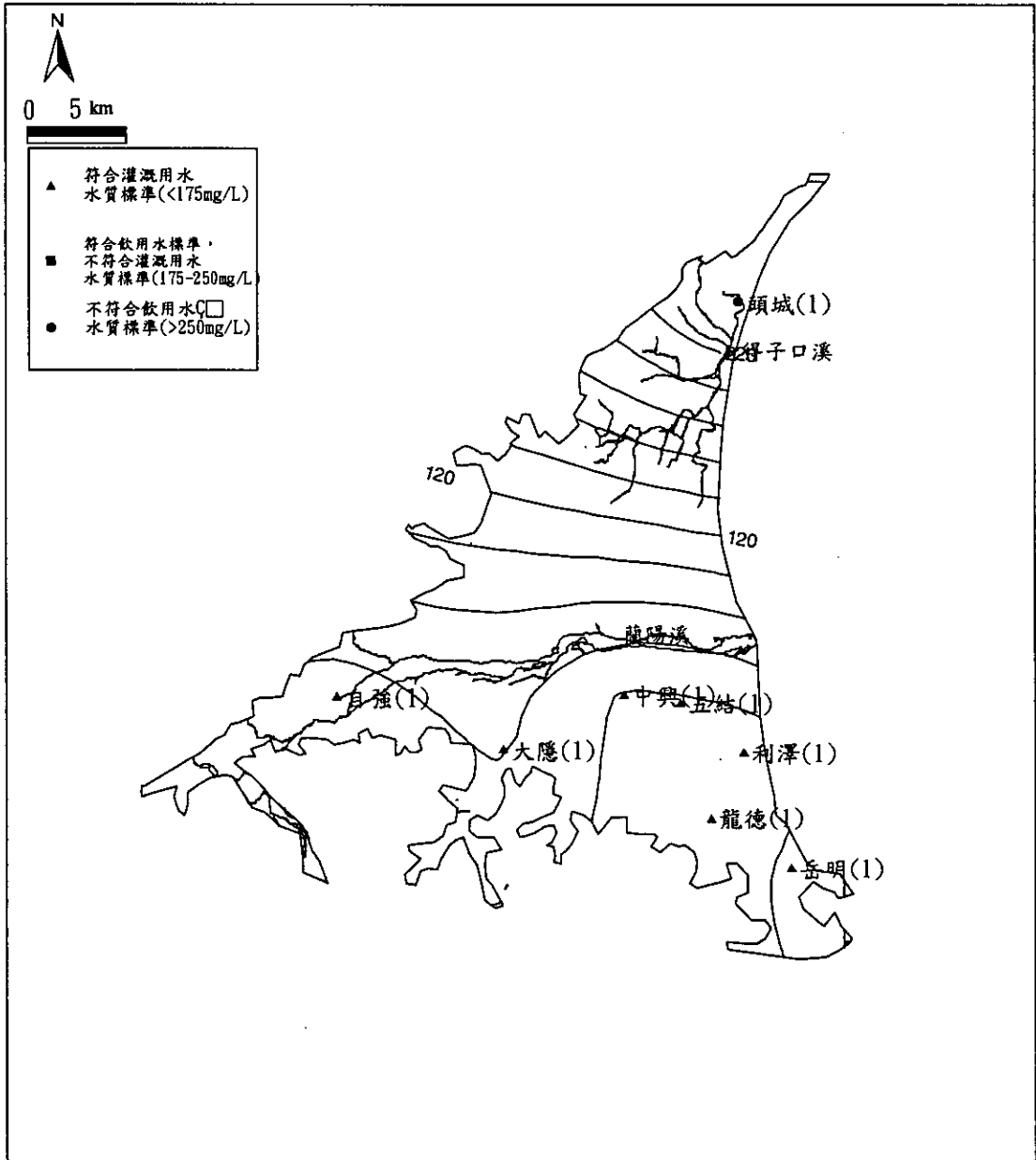


圖4.2-7 蘭陽平原含水層一之氣鹽等值分析圖

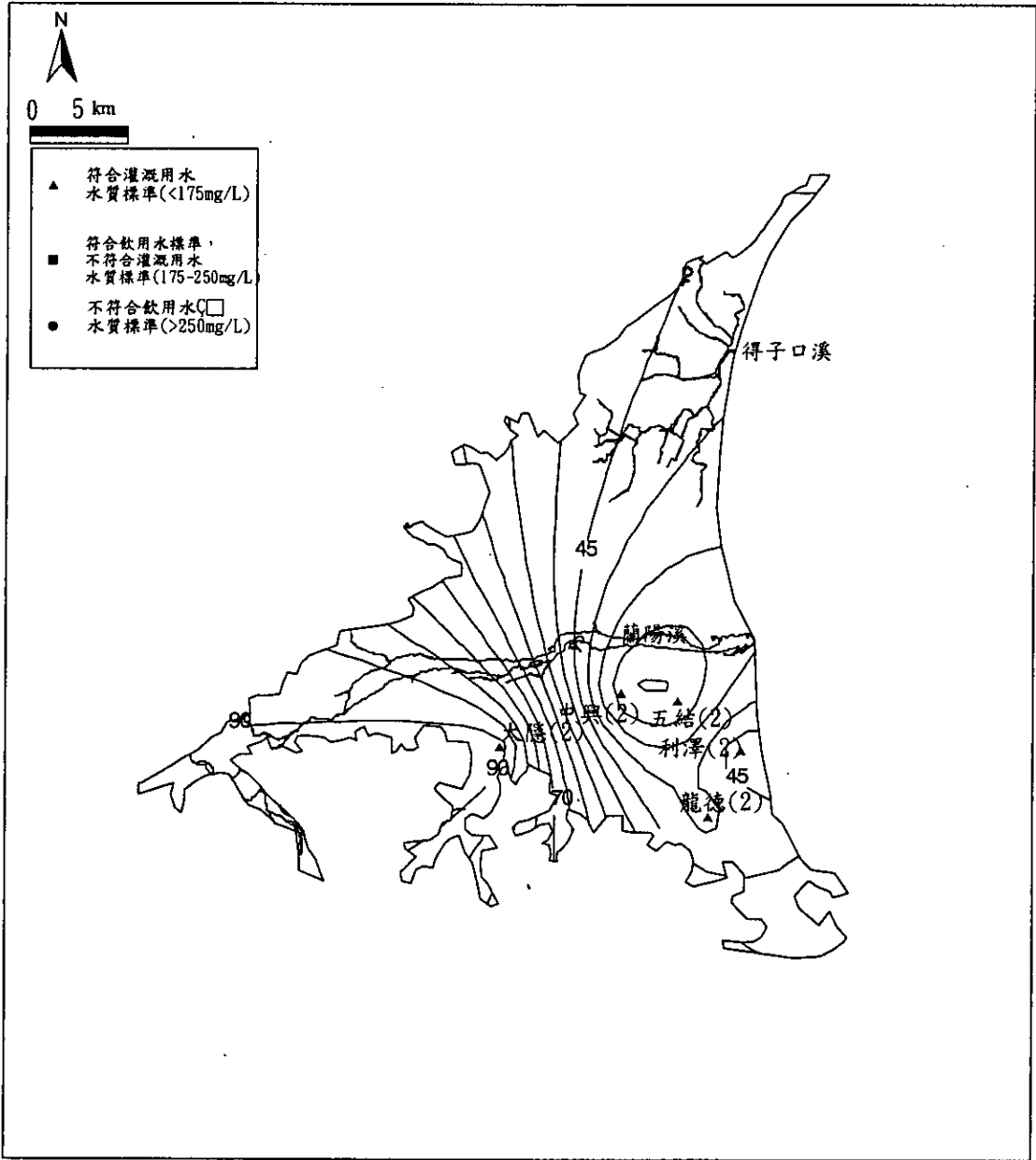


圖 4.2.-8 蘭陽平原含水層二之氣鹽等值分析圖

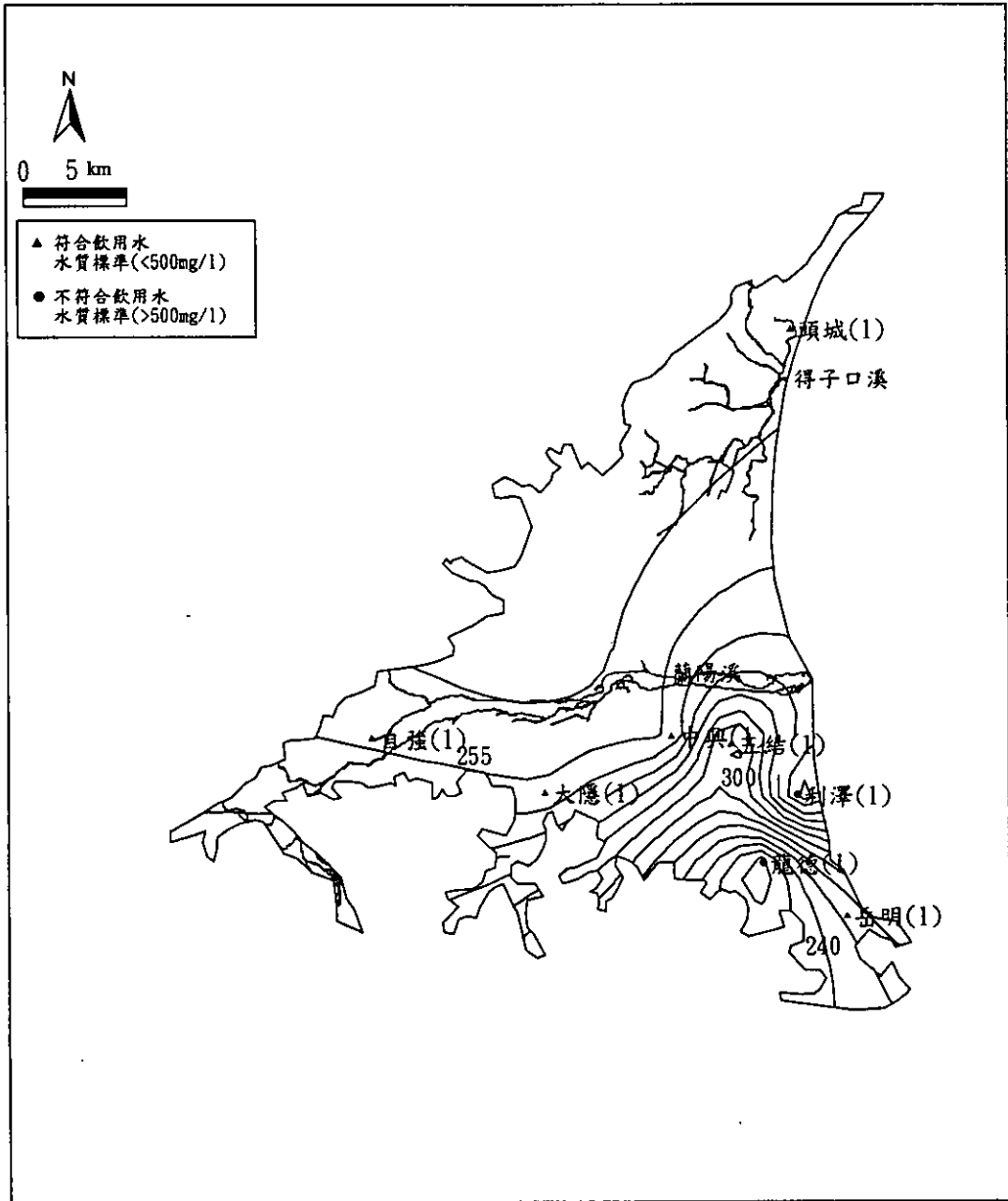


圖4.2-9 蘭陽平原含水層一之TDS等值分析圖

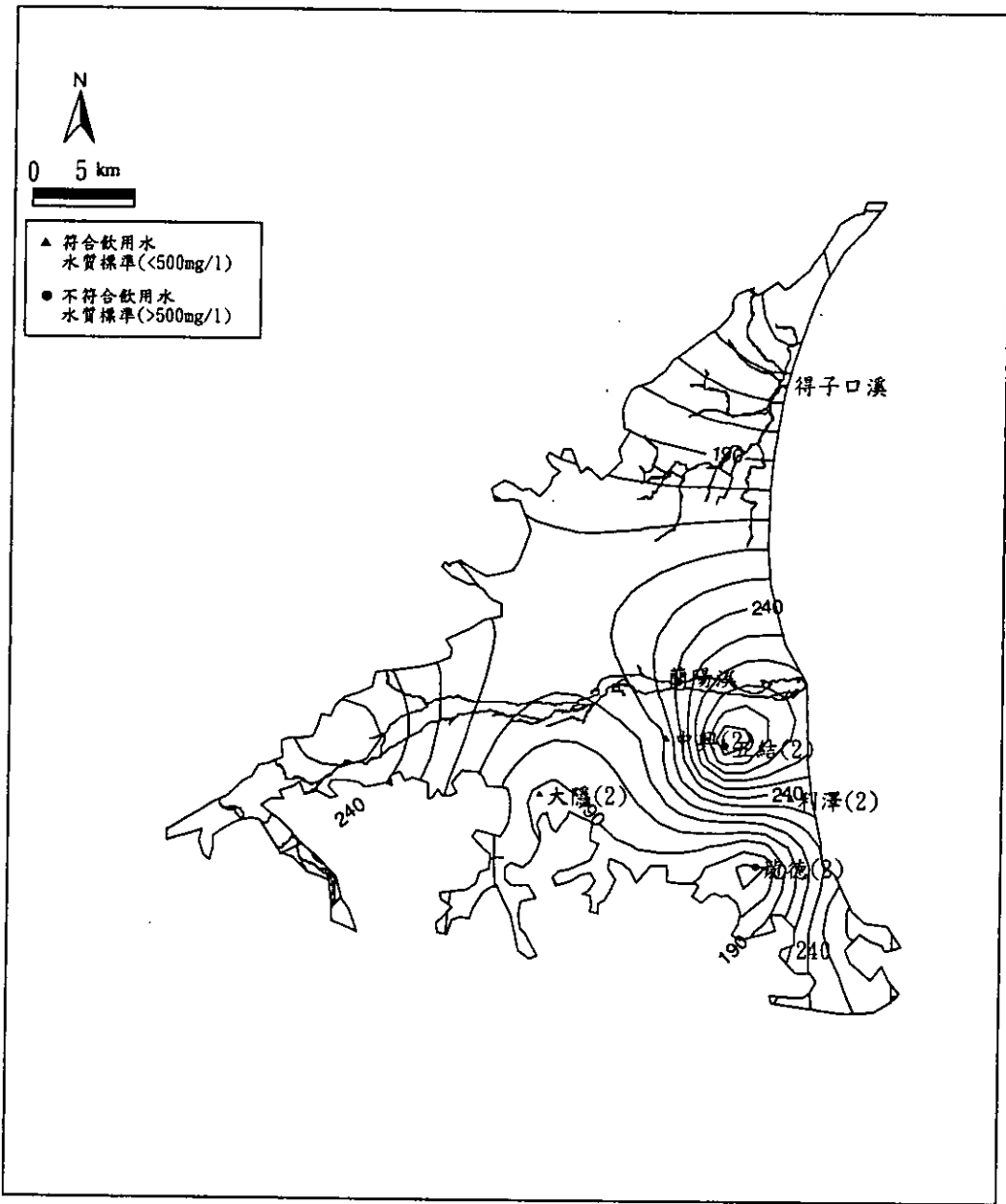


圖4.2.-10 蘭陽平原含水層二之TDS等值分析圖

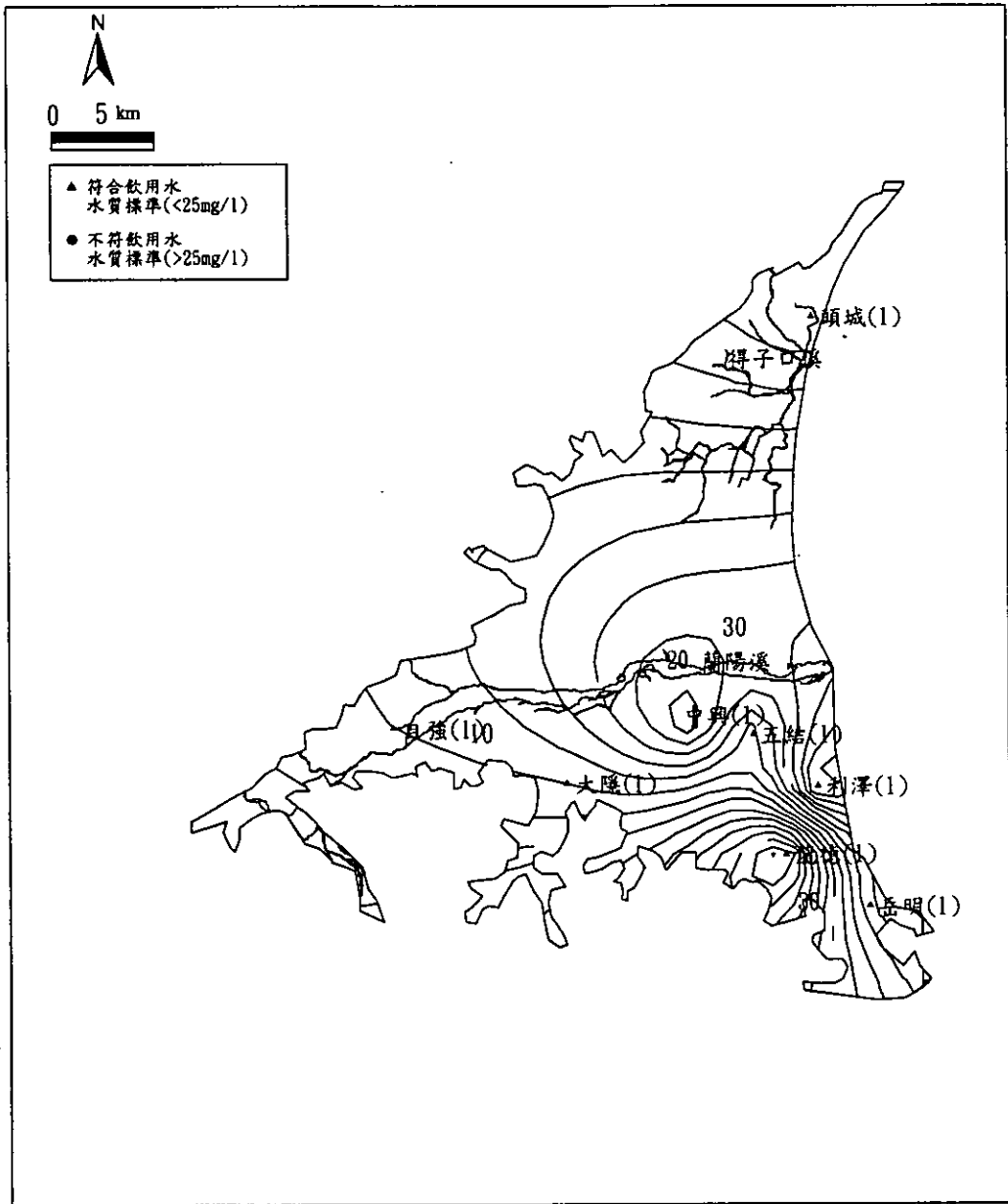


圖4.2.-11 蘭陽平原含水層一之COD等值分析圖

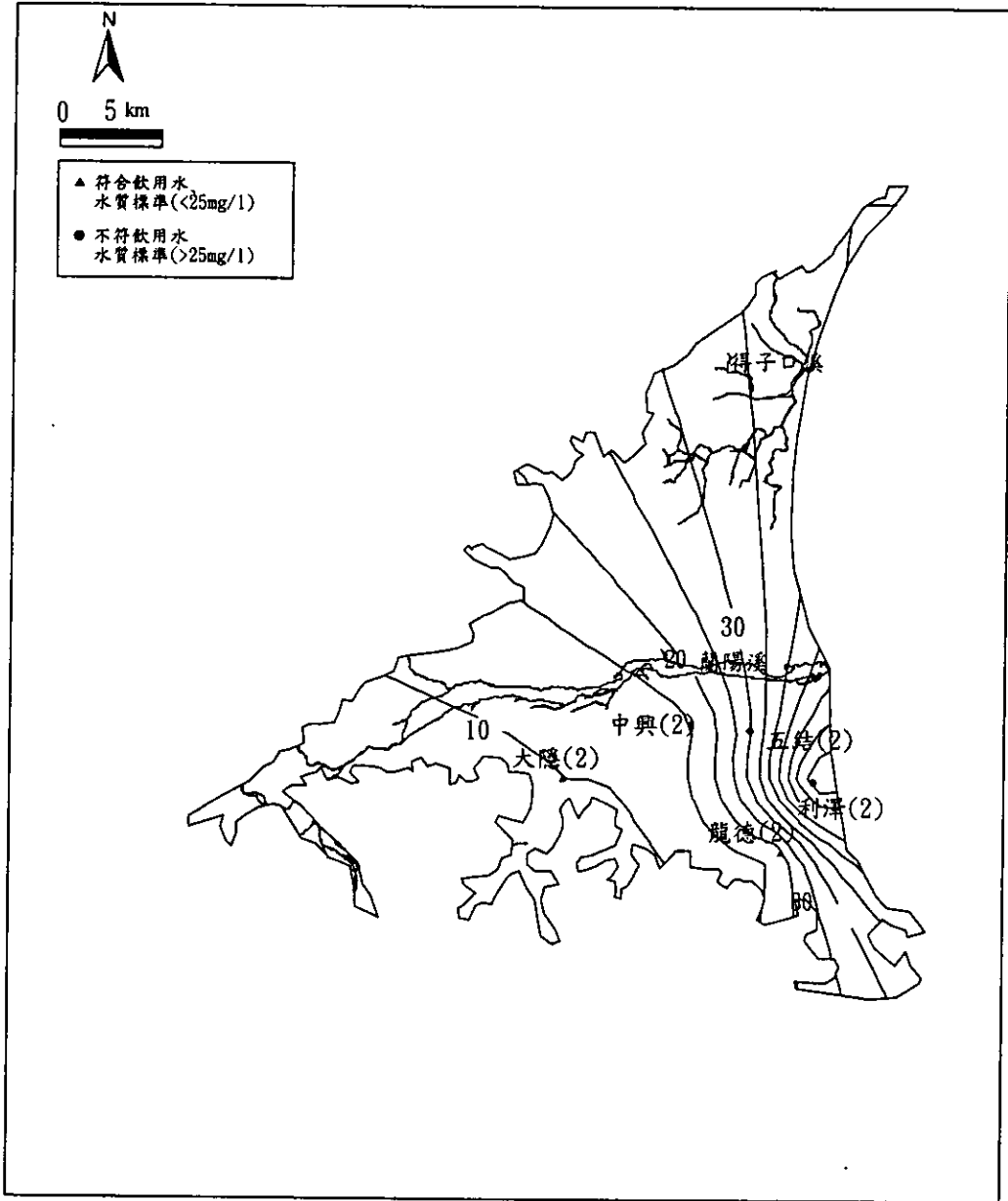


圖4.2-12 蘭陽平原含水層二之COD等值分析圖

第五章 單目標地表地下最佳潛能模式發展

5.1 地表地下水資源概念模式建立

根據「北部區域水資源綜合發展計畫」之水資源供需評估，宜蘭地區之供水主要以地下水及地區性水源 16 萬 CMD 為主，加上 87 年興建完成之粗坑簡易堰及新城溪抽水站（可提供 5 萬 CMD 之長期穩定供水量），約可滿足民國 90 年之用水需求，未來羅東溪堰完工供水後可增供 20 萬 CMD 之水量，宜蘭地區長期水文年自來水供水量將可滿足至民國 110 年用水需求，因此本計畫對於宜蘭地區僅考量地下水之現況供水情形，而不對地表系統進行模擬。

第六章 參考文獻

1. 經濟部中央地調所，「臺灣地區地下水觀測網第二計劃--嘉南平原及蘭陽平原水文地質調查(88下半年度及89年度)工作報告」，民國九十年十月。
2. 前經濟部水資源局，「台灣地區水資源開發綱領計畫政策評估說明書」，民國九十年。
3. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度下半年及八十九年度子計劃報告(宜蘭平原、桃園台地、嘉南平原)」，民國八十九年十二月。
4. 國立台灣大學地質系，「台灣地區地下水觀測網第二期計畫—八十九年度報告」，經濟部中央地調所，民國八十九年十二月。
5. 國立交通大學防災中心，「區域性地下水文特性分析-濁水溪沖積扇」，前經濟部水資源局，民國八十九年十二月。
6. 能邦科技顧問公司，「台灣地下水補注量估算」，前經濟部水資源局，民國八十九年十一月。
7. 農業工程研究中心，「濁水溪沖積扇地下水補注區之劃定及保育原則之研究」，前經濟部水資源局，民國八十九年十月。
8. 能邦科技顧問公司，「屏東平原地表地下水聯合運用初步規劃」，經濟部水利處，民國八十九年七月。
9. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」，前經濟部水資源局，民國八十八年七月。
10. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告(宜蘭平原、桃園台地、嘉南平原)」，前經濟部水資源局，民國八十八年十月。

11. 台糖公司新營總廠地下水開發保育中心，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」觀測井建置及相關試驗，前經濟部水資源局，民國八十八年十月。
12. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」地下水觀測站井管理維護手冊，前經濟部水資源局，民國八十八年七月。
13. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」觀測井建置及相關試驗，前經濟部水資源局，民國八十八年七月。
14. 台糖公司新營總廠，「台灣地區地下水觀測網水質調查分析及指標井選定研究成果報告」，前經濟部水資源局，民國八十八年六月。
15. 國立台灣大學地質學研究所，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」嘉南平原地下水定年分析及垂向水質變化研究，前經濟部水資源局，民國八十八年六月。
16. 中興工程顧問公司，「台灣地區南部區域水資源綜合發展計畫」，前經濟部水資源局，民國八十八年五月。
17. 中國農業工程學會，「台灣地區地下水濁水溪沖積扇」，前經濟部水資源局，民國八十八年五月。前經濟部水資源局，「台灣地區北部區域水資源綜合發展計畫」，民國88年6月。
18. 中興工程顧問公司，「濁水溪沖積扇地下水人工補注計畫規劃報告」，台灣省政府水利處，民國八十七年九月。
19. 國立交通大學，「屏東地下水補注量推估」，前經濟部水資源局，民國八十七年六月。

20. 國立台灣大學土木研究所，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十六年度子計劃報告-濁水溪沖積扇頂平原地區地表垂向補注量估計」，台灣省水利處，民國八十六年十一月。
21. 經濟部水資源規畫委員會，「區域性地下水觀測站網檢討(III)—屏東平原觀測站網佈井及觀測頻率檢討」，民國八十六年六月
22. 前經濟部水資源局，「台灣地區地下水觀測網第一期計畫八十四及八十五年度屏東平原水文地質調查研究」，民國八十六年六月
23. 國立交通大學，「區域性地下水觀測站網檢討 (III) —八十六年度期末報告」，前經濟部水資源局，民國八十六年六月。
24. 台灣省政府水利處，「宜蘭地區石門壩初步規劃報告」，民國86年12月。
25. 國立交通大學，經濟部水利司，「區域性地下水觀測站網檢討 (II) —八十五年度年度報告」，前經濟部水資源局，民國八十五年八月。
26. 國立師範大學地理所博士論文，「宜蘭地區地下水之研究」，民國八十四年十二月。
27. 臺灣省水利局，「改善臺灣地區地下水文基本資料收集系統規劃研究報告第二期」，民國七十九年六月。
28. 台灣省水利局，「八十三年度宜蘭地區可能堰壩址調查規劃報告」，民國83年6月。

附錄一、『地下水資源整體營運規劃與綜合評估』計畫

蘭陽平原水文地質架構研商

- 壹、開會時間：中華民國九十一年六月十一日下午二時三十分
- 貳、開會地點：經濟部中央地質調查所岩心資料館四樓會議室
- 參、主持人：國立交通大學防災工程研究中心張副主任良正
- 肆、出席人員：經濟部水利署(水文技術組)、經濟部水利署張科長國強、經濟部水利署曾科長鈞敏(請假)、經濟部水利署水源經營組張簡任工程司炎銘、經濟部中央地質調查所賴副所長典章(請假)、費科長立沅、陳科長文正、黃技正智昭、呂技士學諭、台糖地下水保育中心陳工程師文福(請假)。
- 伍、議程：1. 交通大學報告：蘭陽平原水文地質架構初步分析
2. 討論·水文地質架構邊界條件確定
- 含水層之界定(分區討論)
 - 是否分層
 - 平面範圍
 - 分層界限
 - 模式底層深度界限
 - 其它事項
 - 屏東平原水文地質資料更新
 - 屏東平原模式底層深度界限

陸、會議簽到單

『地下水資源整體營運規劃與綜合評估』計畫

蘭陽平原水文地質架構研商會議簽到單

主辦單位：國立交通大學防災工程研究中心

時間	九十一年六月十一日下 午二時三十分		地點	經濟部中央地質 調查所	
主持人	張良正		記錄	葉明生	
出席人員	單位		職稱	簽名	備註
	1	經濟部水利署	張科長國強		
	2	經濟部水利署	曾科長鈞敏		
	3	經濟部水利署水源 經營組	張簡任工程 司炎銘	張炎銘	
	4	經濟部水利署水文 技術組			
	5	經濟部中央地質調 查所	賴副所長典 章		
	6	經濟部中央地質調 查所	費科長立沅	費立沅	
	7	經濟部中央地質調 查所	陳科長文正	陳文正	
	8	經濟部中央地質調 查所	黃技正智昭	黃智昭	
	9	經濟部中央地質調 查所	呂技士學諭	呂學諭	
	10	台糖地下水保育中 心	陳工程師文 福		
	11				
12					

柒、蘭陽平原水文地質架構研商會議記錄：

- 1、初步蘭陽平原架構分層；蘭陽平原分為六層，第一層為阻水層一，第二層為含水層一，第三層為阻水層二，第四層為含水層二，第五層為阻水層三，第六層為含水層三(包括含水層四)。在西邊山區可視為一連通含水層，惟根據目前鑽探資料於西邊山區第五、六層有遇到岩盤；東側海洋邊界條件是定水頭，第四層(含水層二)在利澤鄰近周圍有黏土層存在。
- 2、蘭陽平原分層不如想像中的明確，而地調所目前仍在陸續進行鑽井。
- 3、水文地質剖面之圖例請修正，以地質的專業來看，地質年代越久遠，其岩性圖例越下層。
- 4、根據蘭陽平原的用水型態，主要集中在含水層一、含水層二。
- 5、地理上的沖積扇機制，蘭陽平原與屏東平原和濁水溪沖積扇不同，在蘭陽平原中，小型沖積扇對系統而言會有比較大的影響。蘭陽平原的複雜性比較複雜除了上述原因外，還有斷層也會造成影響，平原中間有牛鬥斷層經過。
- 6、蘭陽平原之沈積分可區分為海相、陸相，可以從古海岸線的趨勢來分析，分界大約是深溝、中興、大隱之間。另建議可以由水質之資料，研判沿海(如頭城、利澤等站)有無海水入侵。
- 7、根據自強、頭城當地的民眾反應，於降雨少之缺水時期水井之地下水位有明顯下降情形，可能其地下水資源缺乏，補注量很少。
- 8、自強底下是風化的岩盤，應不視為阻水層，建議視為連通之含水層。
- 9、岩盤深度請修改，大隱岩盤深度 184m，龍德岩盤深度 233 公尺。
- 10、蘭陽平原水文地質架構研商結論：蘭陽平原與濁水溪沖積扇機制

不相同，濁水溪沖積扇很明確，但建立概念模式是為了利於本計畫後續工作進行，在目前有限的地質資料下，蘭陽平原應可分層處理，蘭陽平原的架構大致如上述 1、所言。本計畫會根據諸位先進的建議，加以參考修正。未來將參考地調所後續之新地質鑽探資料，檢討目前蘭陽平原水文地質分層架構。