

第五章、水資源分配管理原則

第一節、地面水、地下水之水質、水量的變化

壹、地面水與地下水水量的變化

台灣地區主要淡水來源皆來自降水，依據水平衡的概念，降水部分蒸發散而消失，部分成為地表面下中間流（interflow）或地下水流，大部分不能滲透的水在窪地蓄留成窪蓄（depression storage）或湖泊、或快速流動的地面水流，均為逕流（楊萬全，1985：7）。依據內灣流量測站與上坪流量測站年平均逕流量顯示，油羅溪歷年（1949~2004）平均流量為 9.30 CMS，約為年 $2.94 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{yr}$ 、上坪溪為 14.40 CMS，約為年 $4.55 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{yr}$ （水利署，2004），合計約為 $7.49 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{yr}$ 。上游年引用水量以上坪溪較多，約 $1.64 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，油羅溪引水量約 $0.097 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，因此油羅溪流域水資源開發較少。新竹地區大部分用水來源多取自頭前溪（地面水與地下水），頭前溪自上游油羅溪及上坪溪即有新竹農田水利會之圳路自河川直接引水，但依據各項用水標的顯示，頭前溪進入主流之後所佔的用水量比例最大，因此引用河水量也較多，尤其以新竹平原為主。新竹平原不僅人口最密集用水量最多，且地下水大量補注於新城斷層以西之處，斷層線以西的平原區是相對優越的地下水域。因此在水資源量固定的情況下，斷層線東、西兩側會由於地下水入滲量的差異，使得水資源的運用方式有所不同。因此逆斷層一方面阻滯地面下水流繼續往西流動，使得水流少部份湧成為地面逕流；更大部份補注到斷層西側的地下水域。

表 5-1-1 頭前溪流域各水文測站歷年月平均流量（CMS）（1949~2004）

月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
內灣	2.44	5.87	7.37	8.11	9.72	15.76	12.69	21.87	15.16	7.71	3.12	1.98
上坪	4.35	10.26	13.13	13.95	15.34	21.99	15.98	36.62	23.38	10.35	4.35	3.42
竹林大橋	5.11	15.71	18.96	23.65	25.01	37.50	29.40	58.02	37.49	15.00	5.81	4.15
經國橋	7.52	15.51	16.43	20.93	22.97	37.42	29.64	55.49	37.68	14.51	5.17	4.14

資料來源：經濟部水利署《九十三年水文年報》，2004。

作者於野外調察時發現：隆恩堰已攔截了大部分的頭前溪流域之地面水源（圖 5-1-1），因此隆恩堰以下的頭前溪下游的行水區水量應受到影響而流量驟減。此點可由白沙屯圳的引水口向上游移動的改變而得到進一步的證明。作者於白沙屯圳附近取水樣時訪問當地一位農民，據其所稱：隆恩堰攔截了大部分頭前溪河床水，使得白沙屯幹線引不到河床水，目前引水來源為隆恩圳導水路，與隆恩圳、汀甫圳水源相同。

地面水與地下水實為一體，頭前溪於隆恩攔河堰攔取大量的河床水，但最下游滿雅取水口出水量約每日可提供 $9.00(\text{枯})\sim 14.00(\text{豐})\times 10^4 \text{ m}^3$ ，約相當於年 $32.00\times 10^6 \text{ m}^3\sim 51.10\times 10^6 \text{ m}^3$ 的水量，這些水有可能為地下水流至下游從河水中流出的結果，或排水溝水與河水交匯後水量被重複使用。



圖 5-1-1 頭前河流域隆恩堰攔水狀況（2007.2.23）

貳、地面水與地下水水質的變化

水圳取自河川水，水源雖相同，但水質卻差異甚大。河川水水質上游較佳、下游較差，呈現上、下游的空間差異，但污染程度則以中游河段最易受污染。就平均而言，頭前河流域的水質狀況在觀察期間為良好與普通，為優良水源。一旦河水或圳水進入市區之後，水質即受到明顯的污染，此點可由河川水及水圳水的變化來證明。

研究發現水圳自取水口取水後至灌溉圳道的流動過程中，EC 明顯上升，且水中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度越到下游其值越高，嚴重者可高達 18.63 mg/L ，較河水的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量高出 10 倍之多。可見研究區河水水質條件本是良好的，但是卻因人為環境的影響而使得品質降低。人口越多，土地利用強度愈大的地方，水質惡化的情況愈明顯。以水圳水來說，上游水圳水明顯比下游水圳乾淨許多；頭前溪以北都市化程度較低，對水質影響較小，水圳水的整體狀況也較頭前溪以南為佳。以各水圳相比，每公里 EC 上升速度最高者為頭前溪以南的冷水坑溪（隆恩圳與汀甫圳之上游部，其溪水也用於灌溉），達 $282.7\mu\text{S/cm/km}$ ，而頭前溪以北水圳之 EC 上升速度最高者不過 $28.4\mu\text{S/cm/km}$ ，可見土地利用強度對水質好壞影響很大。

地下水與地面水性質相異，也易受到地面下環境的影響而使得水質受到改變。本研究發現新竹平原地下水呈現兩種空間差異形態：內陸到沿海的差異以及都市區與農業區的空

間差異。研究發現淺層地下水受到污染情形普遍，內陸到沿海差異某部分反映出自然條件影響。如氯/碳酸比可說明研究區淺層地下水受到海水影響，而 Cl^- 由內陸到沿海的變化顯示研究區淺層地下水反映出沈積環境（淺海相沈積環境＞陸濱相沈積環境＞陸相沈積環境）的影響。而地下水的人為影響則由 $\text{NH}_3\text{-N}$ 與 $\text{NO}_3\text{-N}$ 來確定，主要反映淺層地下水受農業活動的影響及人為家庭污水的影響。

參、季節差異對水質、水量的影響

台灣氣候乾、濕季節差異大，洪枯流量懸殊，頭前溪流域也不例外。流域長期平均逕流量（包括地面水與地下水）為降水量減去實際蒸發散量所得的值，一年可提供的水資源量約 $893.94 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ ，但以冬半年和夏半年之水平衡推算的結果可發現，夏半年逕流量為 $582.76 \times 10^6 \text{ m}^3$ 佔全年 65%，冬半年逕流量為 $311.18 \times 10^6 \text{ m}^3$ 佔全年 35%，時間上分配不均，豐、枯期河流流量（表 5-1-1）分佈懸殊，枯水期常無水可引，豐水期尚有剩餘流量可供開發。若加以空間上來分析，則上游廣且深入山地雨量較多，年平均雨量可達 2,874mm，相對的蒸發散量卻較低，一增一減之間，最大水資源量自然較豐沛；而下游地區，尤其是沿海地區，年雨量已降至 1,500mm 以下。可見降雨時、空分配不均，大多數的水資源量依舊無法有效儲存。自然條件的影響加上用水需求量的增加，造成了乾旱時期用水爭奪的情形及水利設施開發與否的關鍵因素。

乾、濕季的差異也對水質有一定的影響。依據研究結果發現，降雨對地面水稀釋作用，比地下水來得明顯。以水圳來說，2007 年春節前後至插秧季節雨水豐沛，使得冬季 EC 明顯比夏季低，此結果反映出較多的雨水稀釋，可以使得水質更佳良好，且圳道在非耕作期間，長期無大量灌溉水稀釋，使得人為污染物不斷注入水圳中，導致水圳水不斷劣化，豆仔埔溪甚至發生過魚群大量死亡的案例（羅緬綸，2004/02/02）。

然而過多雨量，往往使得頭前溪溪水暴漲，沖損水利設施，或是颱風所夾帶豪大雨的影響，使得頭前溪原水濁度遽升，一經豪大雨沖刷往往濁度飆高，影響水質。分析觀測期間河川水質的好壞，可發現 SS 往往是決定水質好壞與否的主要因素，且 SS 高低最能直接影響自來水的供應。近年在降雨量較豐沛之時，或許水的供應尚不成問題，然而降雨過多卻會造成河川水質劣化；一旦颱風不來、梅雨季節或全年降雨量較少，水荒即頻頻發生，河水也因缺乏稀釋而造成溶氧量降低與水質劣化的情形發生。

第二節、水質、水量與各標的用水的關係

本研究將用水標的劃分為生活用水、工業用水與農業用水三者。三者用水主要來源非河水即地下水。生活用水以飲用水水源標準來分析，所需水質為三項用水標的中要求最高者，所需水量供應的穩定性也以生活用水為優先。因此符合生活用水水源標準者，也符合工業用水標準，因此在分析水質時，主要是以生活用水及農業用水兩標的為主，此為本研究分析的主要原則。

壹、生活用水與水質、水量的關係探討

新竹市 2005 年自來水普及率達 97.76%、新竹縣頭前溪系統自來水普及率為 81.76%，尚有 10,854 人的生活用水來自於地下水，使用量約 $9.92 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。自來水水源引自頭前溪河床，依據本研究整理與分析，發現頭前溪原水極少在輕度污染以上，水質在一般無暴雨影響的情況下，水質良好，適二、三級公共用水、一、二級水產用水及一級工業用水及以下各類用途。然而研究區的地下水 EC、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 與 SO_4^{2-} 值普遍過高，已受到污染而不符合生活用水之標準，雖季節性的差異不明顯，但各項參數由內陸向沿海地區升高為本區共同現象，可見得越接近海岸，地下水質越差。EC、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 與 SO_4^{2-} 污染程度較輕微的頭前溪以北的竹北地區，卻也因 $\text{NO}_3\text{-N}$ 值及碳酸鈣過高的現象，而不建議以地下水作為飲用水的來源。若無自來水管線到達之處，不得以必須使用地下水，則建議飲用水可以買水的方式代替，而以淺層地下水作為平日洗滌及澆花等日常生活用水。

生活用水品質會因不同河段及季節的差異而變化。水質優良程度呈現上游向下游遞減的趨勢，然而若以易受污染程度來說，中游河段是頭前溪相當敏感的區域，最易受到 SS 的影響而使得水質變差，因此竹東地區容易因 SS 值升高而影響自來水的供應。

貳、農業用水與水質、水量的關係探討

研究區農業用水佔了總用水量的 45%，年用水量約為 $172.62 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，其水源大多取自於頭前溪河床，其次為地下水。依田野觀察資料及水質判斷，農業用水當中約 $33.54 \times 10^6 \text{ m}^3$ 的水量為水圳水在流動過程中匯入了家庭廢水而導致水量的重複計算。分析灌溉渠道結果發現，各水圳上游水質較下游佳、取水口水質較各灌溉渠道水質佳，而頭前溪以北灌溉圳道污染程度與速度較頭前溪以南緩和，其中頭前溪以南的冷水坑、與烏瓦窯圳、隆恩圳等之水質較差。農業用水與生活用水水源雖相同，然而水質卻差異甚大。究其原因，水質的差異主要是反映出各水圳受到土地利用強度的影響程度，人口越稠密的都會

區水質越容易受影響。且水圳匯入家庭廢水的可能性極大，研究區水圳受到家庭廢水的污染以及水圳灌排兩用的情形很普遍。即便如此，對農業用水來說，這些普遍受一定程度污染的水圳水，其水質卻仍符合灌溉水標準。

若依灌溉季節差異來看，兩次耕作季節降雨情形不同，春耕季節降雨量充裕，除了對灌溉水質有稀釋能力之外，對灌溉水量的影響也相當大。由歷史上曾發生過的搶水事件可發現，台灣乾、濕季節明顯，冬季少雨導致水庫及河床水位下降，而政府官員宣布休耕與否往往拿捏不定的原因在於：無法掌握春雨來臨的時間與雨量。新竹地區3月份雨量偏多的現象是長期的氣候觀測資料所得的結果，一旦雨量減少甚至不下雨，對研究區的農業用水帶來的影響甚大，尤其在現今工業與人口用水遽增的時代，缺水發生的機率可以預見是會越來越頻繁。再加上農業用水來源與生活用水來源相同，皆取自河水，但農業用水對水質的需求卻為三個標的中最低者，研究區最優良的水質提供給需求量最大卻對水質要求最低的農業用水標的，不難想像乾旱時期水量調度的主要來源為農業用水，此為區域內水資源分配的矛盾現象。

參、地下水與各標的用水關係的探討

區域內地下水可開發量為 $297.33 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，本研究所估算的地下水抽水量介於 $0.44 \sim 1.09 \times 10^8 \text{ m}^3$ 之間，則地下水使用量約為地下水可開發量 15%~37%，依此地下水量資料配合各項水質指標的綜合評估顯示，地下水雖不適用於生活用水，但對農業來說，作為灌溉水質用途應無太大的問題，顯然地下水還有更進一步使用的空間。

地下水無明顯的季節之分，但依地下水質的空間分佈來看，各項數值由內陸向沿海增加，且頭前溪北岸水質較佳，客雅河流域灌區水質最差。顯示沿海一帶灌溉水鹽分較高，在施灌時，不同區域所做的水質處理不同。高鹽份之灌溉水，在施灌時應有足夠的雨水或以水圳水混入的方式來稀釋灌溉水。

評估地下水質與水量後，本研究認為地下水資源應能更進一步發揮其使用量。由於地下水循環速度比想像的緩慢，長期大量的開發會引起不良後果，但不做適當的開發又造成資源的浪費。資源量固定，無論地面水及地下水，兩者皆為研究區重要的水資源，因此在運用時，應將地面水與地下水兩者相互聯用，才能將有限的資源達到最有效的利用。

第三節、水資源的經營與管理原則

壹、水資源的分級管理

水資源的分級可分為用水標的與水資源型態兩方面探討。用水標的分級方面，工業用水需求雖關係著經濟產業的發展，但依目前水資源量的使用情形來看，尚不至於發生工業用水與生活用水爭奪的情形發生。因此雖生活用水使用優先順序為第一，但以現階段而言，工業用水可與之並重。農業用水量佔總用水量之冠，但灌溉對水質的要求又相對來得低，加上新竹地區非台灣主要糧食區，因此在乾旱時期調度農業用水應急，可解決短暫的缺水難關。

依水資源型態探討，地面水資源水質與水量優於淺層地下水資源，且依可開發量與水質兩方面評估之下，河床水可視為一級優良水源，淺層地下水可視為次級水源。然而地面水經過市區，在水圳輸水過程中，越往下游水質越差，作為生活用水已嚴重不適用，但以灌溉水標準而言，水質尚屬堪用。新竹平原的淺層地下水尚稱充裕，可開發量足夠，但其水質不適宜作為民生及工業用水；而新竹平原的受壓水水質雖頗為良好¹，但可開發量有限。考量地下水的水質與水量的情況，本研究認為應將淺層地下水作為乾旱時期的調節性水源，平時應以地下水庫的型態儲存，以稻田部分來說，在豐水期寧可超量灌溉，藉以增加滲透水量，以增加地下水源。在未來用水吃緊的情況下或乾旱時期，則可考慮視情況將部分農業用水轉作生活及工業用水，灌溉用水可轉由受污染的次級水源供應，如轉由淺層地下水及生活、工業用水的餘水供應。同樣的作法也發生在印度某些地方的海岸區，在既無地面水可用且地下水質不佳無法作為灌溉用水的情形下，這些地區所仰賴的灌溉水來源為其他地區乾淨的地面水或工廠處理過的廢水（Kuchanwar *et al.*, 1999）。水質不佳的問題，可考慮以稀釋方式來解決，如將地下水與較乾淨的地面水聯合並用，或以多層採水的方式抽取受壓地下水與淺層地下水混用，一方面減輕用水壓力，另一方面則可將污染之地下水質稀釋。如民國 92 年之乾旱，休耕面積 5,100 公頃，釋出農業用水轉作工業用水量為 $95.73 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。依據新竹平原淺層地下水（約地表下 30m 以內的含水層中的自由地下水）之可開發量 $297.33 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{yr}$ 來說，供應乾旱時期休耕所需的 $95.73 \times 10^6 \text{ m}^3$ 農業用水量已是綽綽有餘。

¹作者所觀測到的新竹平原地下水區受壓水之電導度值介於 300-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 間，即使到沿海地區也是如此，甚至測得 EC 只有 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

貳、水資源的空間調節

水資源空間調配方式有三種：一為地面水與地下水聯用、二為上下游水資源調配、三為越域引水。

一、地面水與地下水聯用

地面水與地下水聯用主要是配合水質分級管理而來，平時以地下水儲存為主，不建議作大規模的開採。乾旱時期水量不敷使用時，再以抽取地下水的方式作為農業用水。

二、上下游水資源調配

上下游空間調配是針對研究區的人口分布及產業發展的空間不均，再加上上游的水資源量多但引水量相對少，而建議考慮提高上游水資源的利用以供應下游用水需求的參考方向。依據《頭前溪及鳳山溪水系水庫水源初步調查規劃報告》內容（台灣省水利局，1988：17-31），上坪溪流域地質屬南港層上部砂岩，甚為堅硬，且以高角度向上游傾斜，有利於水庫壩基之穩定性與水庫之水密性，理應為良好的開發地點。以供水能力來說，埧高在 233m 時水庫易淤積，但埧高在 305m 時，供水能力約在 $62 \times 10^4 \text{ m}^3 \text{ CMD}$ ，唯淹沒區複雜，當時估算的補償費為 171 萬/公頃，以目前新竹地區用水量來說，尚有寶二水庫的支持，可延後考慮開發。但對於需水量只增不減的未來，需開發大型水庫時，若淹沒區問題能妥善解決則可考慮開發上坪水庫，對於竹東丘陵地離槽水庫水源之穩定，提高供水能力應有極大的幫助。然而依研究結果顯示，上坪溪流域易受固體懸浮值濃度影響，加上環保意識高張，縱使有開發條件，也必須考慮到種種的環境問題，以目前新竹地區的供水設施尚可支應的用水需求，以及尚有其它替代方案可行的情況下，興建水庫應是最後不得已而為之的作為。

三、越域引水

以空間角度來看，本研究雖僅針對頭前溪流域的水資源的時、空間的調配性進行分析，卻可視為臺灣西部地區水資源供需空間分析具體而微的縮影。同一流域內存在著水資源時、空上的不均質，而不同流域間也同樣可能存在著類似的問題。因此在未來若評估各區域內不同空間的水質與水量的基礎條件後，再依各區域水資源的供需特性截長補短，建立水資源調度網絡是未來水資源規劃的趨勢。

參、水資源的開發

新水源的開發可由兩個層面探討，一為興建水庫、二為增加攔河堰等構造物配合既有水庫聯用以提高用水效能。

興建水庫可以蓄洪濟枯，提供可靠之公共給水水源。但水庫面臨許多問題，興建水庫好壞參半，上坪水庫雖為優良的開發埧址，但評估項目只考慮水資源可開發性並無針對環保及生態面作整體考量。因此以環保意識高張今日，阻力只會日益增加。

頭前溪流域水資源開發量估計最高可能已達 47%（見第二章內容），水資源趨近於飽和的同時，應可考慮興建對環境生態衝擊較小之攔河堰配合既有水庫聯合運用。水庫與攔河堰聯合運用，可以大幅增加整個水庫系統之穩定供水量。開發新水源已愈來愈困難，加上用水需求不斷的增加，因此需加強總體水量的調配效率，因此以攔河堰配合既有水庫聯合運用，可為日後水資源開發方式選擇上之一種新的思考方向。

肆、水資源的保護沿海環境保育

一、水資源的保護

本研究所提出之水資源水質分級管理的原則，係針對研究區之資源條件作調配的依據，然而水資源的管理更應與水資源的保育與節約用水相互並重。本研究發現，頭前溪流域上游地質相當敏感，一旦豪大雨發生，則懸浮固體物立刻提升影響下游之可用水量。然而頭前溪水資源量最多、未來可開發地區卻來自於上游，且新竹地區自來水用量多取自於位居中下游地區的隆恩堰。由此可見，水源地濫墾濫伐或是不當傾倒廢物不但影響水質的惡化也會進一步影響可用水資源量，因此積極維護水源地、並加強水土保持，才能夠使得研究區水資源得以穩定的供應。

二、海岸地區環境的保護

作者於 2004 年 9 月及 2005 年的 2 月自新竹沿海地區進行土壤化驗²。發現新竹沿海地區土壤有表土（A 層）EC 值高於底土（B 層）EC 值及冬半年（1 月份）EC 值高於夏半年（9 月份）EC 值的現象（圖 5-3-1）。越靠客雅溪流域土壤 EC 值越高，且以 Piper 圖解來看，發現土壤水最靠海的樣點皆落於 IV 區，其餘者落於 I 區或 III 區，此觀測現象似乎與 2006 年及 2007 所觀測的地下水的空間分佈狀況一致，顯示沿海地區地下水受到海水及

² 韋煙灶（2003：166）曾於 2002 年 12 月及 2002 年 12 月 14 日對新竹沿海土壤作檢測，發現表土 EC 值可高達 2930 μ S/cm。

農業污染的影響可能性大。

由此判斷，新竹沿海地區的土壤存在著普遍的農地土壤鹽化³現象，即便在秋冬相對多雨的年度（如 2004 年），表土 EC 值依舊高於底土，此現象從夏季一直持續到冬季，因此，本文推論沿海地區若要種植水田，若無大量的灌溉水洗鹽，將可能不易耕作。本區土壤高鹽度現象，冬半年主要是因淺層地下水透過土壤水作用力（exfiltration），將原本應該停留在底土的電解質等帶到土壤表層，因水分蒸發，而將鹽份留下來。

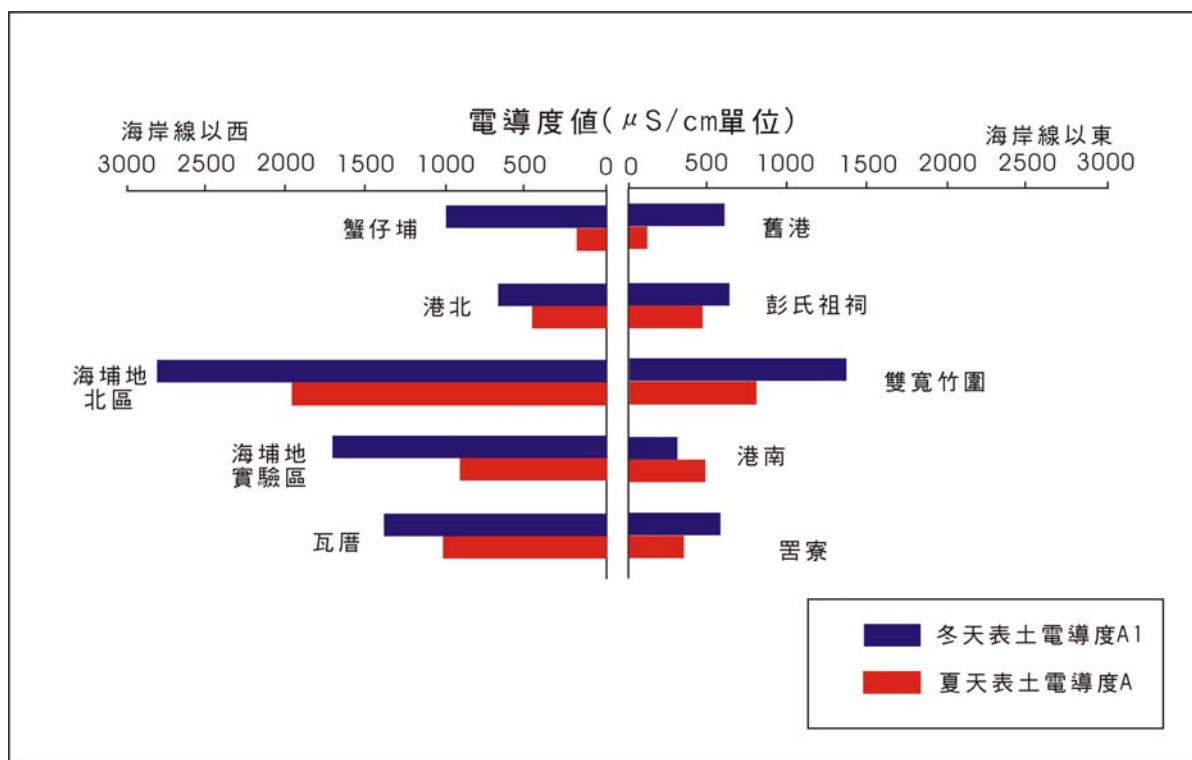


圖5-3-1 新竹沿海地區冬、夏兩季表土、底土EC值

資料來源：黃琬勻，2005：21-29

註：此海岸線是指1900年前後的海岸線（韋煙灶，1998：15）

因此，土壤鹽化、地下水及水圳下游受污染的問題，顯示出沿海地區耕作環境較差，對於作物的產量及品質皆有影響。不僅耕作季節降雨相當重要，且沿海地區灌溉水質條件差，應選重耐鹽性高的作物，或將灌溉水作適當的處理，作為洗鹽之用。可見休耕政策對研究區的影響已不止補償金的問題，水圳水質惡化、土壤鹽化問題及環境品質的下降皆是休耕政策制訂及執行時，必須考慮可能引發的環境問題。

³ 從學理來看，土壤在正常情況下，「表土」會因淋溶作用(leaching)將土壤鹽分及其他物質帶入「底土」，所以底土溶液之電導度值會大於表土溶液之電導度；如果是：（表土電導度值）>（底土電導度值），則表示土壤已有鹽化的跡象。

