

技術，將使我國水泥海岸之憾改進，相信我國海岸將逐漸恢復原有的自然美麗。近年來政府對海洋的著重及投資，已使人民親近海洋的意願提高，如海洋音樂季，往往吸引大量人潮，而賞鯨旅遊亦頗受民眾喜愛，民間的投資亦在政府引領下，開始投入海洋。政府努力的潛在影響，亦已漸漸顯現在文化上，漸漸地將我國引領向「海洋民族」。未來數年中，政府將建構完成大型多功能研究船，研發海洋能源的永續利用科技，整合海洋資訊，發展海洋防災預警系統，建立海洋即時觀測系統等工作，其結果將大大提升我國海洋科研成果及能力，配合政府在海洋文化及海洋教育的努力下，我國很快將成為一親海民族，將我國的發展由陸域逐漸擴展至海陸域，為發展成為「海洋國家」奠定良好基礎。

第六節 資源領域

一、領域概況

資源領域主要以水資源、再生資源與砂石礦產資源應用為研究主軸。在資源有限的限制條件之下，資源的永續開發與利用，關係著整個國家的永續生存發展及國家在全球之經貿科技競爭力，甚至關係人民之生活福祉及生存的永續發展。台灣為一島國，面對險惡之地理條件，如颱風、地震、洪水、土石流之天然災害之威脅，再加上全球氣候變遷所引發之暖化效應，又由於台灣地區之地少人多、山地陡峭、河川短促、降雨集中、颱風頻繁、時有乾旱，使得台灣資源之開發與利用更加不易。不僅如此，台灣集水區水土涵養不

易，大部分逕流直接流入海洋，導致河川逕流銳減，地下水難以補注，地下水與地表水之聯合運作困難，全島之水資源難以相互支援調配。再加上國人生活品質提高，產業結構轉型，農業經營策略亦不斷變化。因此，農業、工業及民生用水標的時有變動，用水競爭日益激烈，如何開源節流，利用最新科技，積極研發多元之水資源，加強科學管理以提高用水效率，以因應日益嚴重之水資源問題，已是水資源科技刻不容緩的重要議題了。

爰此原則下，經濟部水資源署提出水再生利用產業科技、水資源保育與管理科技此兩大路徑發展計畫。開發多元水資源，推動水利產業相關事業，降低水質汙染，推動中水再利用，輔助節水省水之高科技產業，推動溫泉水資源之最佳利用，檢討農業、工業及民生用水之優先次序與相互支援之可行性及風險性，研發水庫安全監測技術及風險評估。

農委會則為了因應全球氣候變遷所引發之暖化溫室效應，積極推動農業水科技研發計畫，加強分析農業水文、農業水資源調用策略調整、農業用水水質之改善及再利用，及增能減碳之溝渠小水力發電。

93 至 97 年度資源領域投入經費與人力如圖 3-6-6-1。

二、重要成果

（一）水再生利用產業科技發展計畫 （2/5）（經濟部水利署）

群組：地球環境科技

本計畫目標以發展水再生利用產業、推動水利產業相關技術研發、輔導育成水

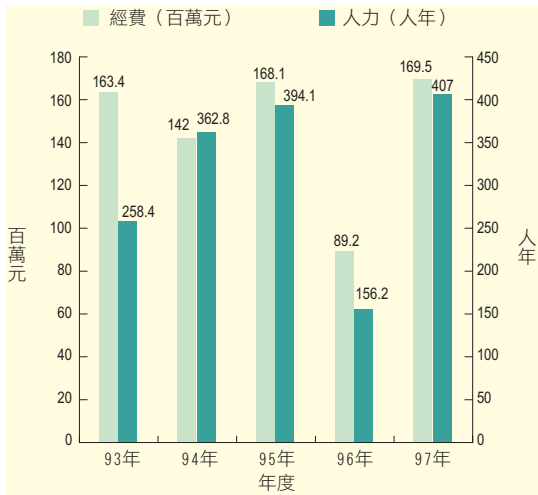


圖 3-6-6-1 資源領域投入經費與人力

資料來源：年鑑工作小組整理自政府各部門統計資料。
註：經費為預算數。

利產業廠商及人才等 3 主軸辦理。主要目標為「建置水再生利用模型廠及建立利基型營運模式與安全驗證機制」、「推動水再生利用及相關水利產業發展技術」。

97 年度以調查規劃、模廠規劃及試驗計畫、技術研發及產業輔導育成等為主要執行計畫方向，進行環境新興汙染物流佈調查及評估、農業迴歸水再利用調查潛勢分析、廢汙水廠放流水再利用潛勢及推動策略評估、福田水資源回收中心再生水試用計畫、楠梓加工出口區再生水模型廠技術顧問計畫、人工濕地水淨化處理利用及工業研磨廢水前處理研究、廢汙水處理回收補注地下水層再生利用研究、水利產業育成輔導與產業科技推廣計畫、加速工業用水效率提升輔導等子計畫。

1. 楠梓加工出口區廢水回收再利用研磨廢水前處理程序先期研究

本研究目的為尋求減輕水再生處理設施之超過濾與逆滲透薄膜處理負荷，且符

合經濟效益的前處理工法，並可作為後續「楠梓加工出口區水再生利用模型廠驗證計畫」參考。本計畫水源取自加工區內代表性半導體廠研磨廢水 (P1) 及其處理後研磨放流水 (P2)、加工區揚水加壓站之出流水 (P3) 及加工區之陸放水 (P4)。在工法理論分析部分，以傳統砂濾 (圖 3-6-6-2)、混凝處理及薄膜分離處理技術之評估為主，並配合實驗室規模之測試研究。



圖 3-6-6-2 砂濾試驗裝置

資料來源：經濟部水利署。

執行結果顯示，P1、P2、P3 及 P4 皆為中性水體，其中 P1 之濁度甚高，而其他水樣亦有水質變動性大且濁度高之問題；平均粒徑部分，P1 為 304nm，P2 為 2,241nm，P3 為 947nm，P4 為 2,687nm。由傳統物理過濾實驗成果可知，填充石英砂之濾床針對 4 水樣之濁度去除率分別為 0.1%、64%、93% 及 93%，P3、P4 之濁度有不錯的去除效果；4 水樣懸浮固體物 (SS) 去除率分別為 6.3%、91.7%、95.2% 及 92.6%。另以實驗室相對孔徑之濾紙及濾膜模擬壓力式纖維快濾，試驗結果得知 P1、P3 及 P4 濁度

之去除效率，均可維持 99% 以上，P2 亦有 87% 之效果，可有效去除各級廢水濁度。

化學混凝部分，使用多元氯化鋁 (PAC) 及氯化鐵 (FeCl_3) 為混凝劑，並針對 P1 與 P3 進行批次瓶杯試驗。試驗結果顯示，在同一混凝的條件下 [快混 (200rpm) / 慢混 (30rpm) / 沉澱 (0rpm)]，時間分別為 2/20/30 分鐘，P1 利用中低劑量之 PAC (5~45mg/L) 為混凝劑時，對濁度去除率可維持 85% 以上。另 PAC 配合陽性高分子聚合物 (polymer) 處理 P1，在未調整酸鹼值時以 2.2mg/L 之 PAC 與 0.5mg/L 陽性高分子聚合物之混凝效果最佳，濁度去除率可維持 98%。另若以氯化鐵為混凝劑時，在未調整酸鹼值，使用中高劑量之氯化鐵時 (25~80mg/L as Fe)，濁度之去除率可維持 70% 以上。實驗結果亦顯示，在鹼性環境下 ($\text{pH} = 12.0$) 之混凝效果最佳，去除率可維持 95%，且經由混凝處理後，研磨廢水之粒徑大小均有成長的趨勢。

在電混凝電過濾 (EC/EF) 處理部分，研究團隊利用管狀無機膜，經由氣體滲透偵測得知，其孔徑為 $1.0\mu\text{m}$ ，為一微過濾 MF 膜，入流水經處理後，濾液的品質依電場強度而變動。結果顯示在 3 個不同電場強度 0 V/cm、10 V/cm、20 V/cm 之下，濾液品質之濁度均維持在 5NTU 以下，P1 在未施加電場強度之濁度為 5.11NTU，SS 濃度部分均小於 1.0mg/L。當電場強度控制 20V/cm 時對濁度、氨氮及 SS 之去除率可達 90%；P2 電場強度控制 30V/cm 對濁度、SS 之去除率可達 90%，而氨氮部分之去除率為 67%；P3 電場強度控制在 30V/cm 時，濁度及 SS 之去除率亦可維持 90%，氨氮部

分之去除率達 95%；P4 電場強度控制 30V/cm 時，濁度及 SS 之去除率亦可維持 90%，而氨氮部分之去除率達 97%。

薄膜處理部分，當使用孔徑為 $0.04\mu\text{m}$ ，壓力控制為 $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 時，使用正壓螺旋式超過濾膜 (UF) 進行水處理時，各進流水採用直接過濾，濁度之去除效率均可達 95% 以上，且通量亦可維持 50~60L/m²h，SDI₁₅ 介於 3.24~3.32。另孔徑為 $0.04\sim 0.08\mu\text{m}$ 之負壓中空纖維膜，各水樣試程通量維持 11~18L/m²h，SDI₁₅ 為 3.26~3.42。以負壓式中空纖維 UF 膜處理結果顯示，各級廢水經直接過濾之通量最低，可能由各廢水中高量的濁度所貢獻。

本計畫之研究成果顯示 P1 以混凝 / 膠凝 沉澱 砂濾 UF 薄膜過濾之處理效果最佳，P2 之處理建議直接利用 UF 膜處理，P3 與 P4 則以砂濾後再進行 UF 處理較適合。

2. 楠梓加工出口區再生水模型廠技術顧問計畫

楠梓加工出口區平均海洋放流量約 12,000CMD，區內之放流水回收已有初步規劃雛型，並已建置部分回收利用管路及中水道之規劃，具管線費用低、供水時效短之優點。

楠梓加工出口區 94 年度海洋放流水之水質檢測結果：SS 平均值 13mg/L、pH 平均值 7.7、油脂平均值 3.8mg/L、BOD₅ 平均值 40mg/L、COD 平均值 85mg/L、Cu 平均值 0.17mg/L、Ni 平均值 0.08mg/L，均低於環保署海洋放流水標準。

放流水再生處理上，主要流程包含放流水前處理、濾膜處理 (UF) 和逆滲透膜 (RO) 處理。UF 主要是去除微細顆粒、

微生物與膠體顆粒，RO對於水溶性有機物與鹽類，有非常好的去除效果，但是濃度極化與積垢會造成滲透液通量降低，這兩項技術課題也是未來再生水回收再利用成敗的關鍵。為了確保再生水模型廠可以順利運轉，不致發生因放流水成份變化過大而導致處理單元受損的情況，於96年8月至11月期間，已進行放流水水質調查。水質調查項目共31項，分別為：酸鹼度、溫度、溶氧、總懸浮固體、導電度、濁度、鹽度、鹼度、生化需氧量、化學需氧量、大腸桿菌群、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、氨氮、總磷、正磷酸磷、矽酸鹽、硫酸鹽、氯鹽、氟鹽、總溶解固體物、總有機碳、溶解性有機碳、葉綠素 a、及重金屬矽、鈣、鈉、鉀、鎂、鐵、錳。調查頻率為每兩日1次，每月各15次。

為了調查放流水在夏季及冬季的水質變化，訂定96年8月中旬至9月中旬為第1季採樣，96年11月初至月底為第2季採樣。考慮將來如果海洋放流水水質變化過大、水質欠佳或水量不足，而使得再生水模型廠無法達到原定產水標準或產水量時，需考慮以陸地放流水代替，因此本研究在每一季的最後一次採樣，選擇陸地放流水。水質分析檢測結果顯示水溫及pH變化範圍均在薄膜可承受的範圍之內；容易造成薄膜結垢的鹽類，例如硫酸鈣，其濃度低於2,500mg/L，將來造成結垢的可能性較低；值得注意的地方，COD除了於96年8月7日測值為104mg/L之外，其他分析結果均低於100mg/L；氨氮濃度除了於96年11月3日測得13.7mg/L之外，其他均低於10mg/L。若將來以UF/RO進行處理，假設去除率可達90%，再生水中所含的氨氮濃

度可能為1.37mg/L，高於飲用水水質標準對於氨氮濃度的限制(0.1mg/L)。雖然將來再生水並不提供飲用用途問題不大，但仍要留意進流水中氨氮的濃度變化。

楠梓加工出口區內設廠空間已規劃評估，區內也已完成中水道供水管網之建置，未來供水時效可以縮短，所需要的經費也比較少。該區海洋排放水平均導電度低於3,000 μ S/cm，經再生處理後因為原水中兩價離子含量較高，因此平均除鹽率也比較高，產水水質為低導電度軟水，符合區內工廠用水需求，適合取代自來水使用於工廠，可減少區內用水廠商原有純水處理設備之負擔，具經濟效益。已有二廠商表示願意接受1,800CMD以上及350CMD，故無再生水去化問題，續將規劃再生水安全性研究，協助使用再生水廠商，研究相關安全控管機制，增加業者信心，降低誤用風險。估算再生水的操作費用每噸約12.5元，扣除因為減少排放之海洋放流費用，加上土地租金及管線攤提費用，以低於自來水價之9.9元/噸收費。綜上，本區在各方面條件皆已完備，適合推動再生水模型廠建置及驗證工作，建議未來以1,800CMD的出水量設計再生水模型廠。驗證結果將做為後續擴大推動辦理之參考，除解決加工出口區未來用水需求之外，將可大幅提升相關技術並創造新興環保產業商機。

3. 廢汙水廠放流水再利用潛勢及推動策略

本研究調查台灣地區(含離島)都市汙水處理廠及工業區廢水處理廠基本資料與其放流水之水質、水量資料，評析未來放流水再生利用之開發潛勢，同時亦將探

討過去推動使用再生水遭遇到的困難與成因，提出因應之道，以研擬廢汙水再生利用之推動策略，俾利增加日後水資源多元化利用與管理之彈性。

由國內工業區廢水處理廠背景資料調查結果顯示，全國營運中之工業區共計 89 座，含 55 座廢水處理廠，經調查各廢水處理廠設置及運作之現況，截至 97 年止，全國工業區廢水廠實際放流量每日共計 581,989 立方公尺；考慮工業區廢水廠放流水導電度偏高，需以除鹽單元回收，在濃排必須符合放流水水質標準的前提下，有所謂「潛在回收率」R，因此計算得可再生總量每日 270,710 立方公尺；考慮廢水廠擴建與新廠進駐等因素，估算至 110 年可再生總量每日 395,255 立方公尺。

國內都市汙水調查對象包含全國都市汙水處理廠及汙水下水道系統兩部分，主管機關則包括縣（市）政府、台北水源特定區及國家風景區管理處。全國已運轉都市汙水處理廠計有北部 18 座、中部 6 座、南部 11 座，東部 1 座，與離島地區 5 座及 8 座小型處理設施。都市汙水廠放流水導電度較低，實際處理量約等同可再生總量，目前全國每日約 228 萬立方公尺。基於目前都市汙水處理廠實際運轉量與設計運轉量之比例約為 6 成，並考慮 97 年至 110 年間將建置之汙水處理廠，估算放流水成長率，推估 110 年每日約 300 萬立方公尺。

廢汙水廠放流水再生潛勢評選方面，本研究採 3 階段方式評選，針對運轉中或完工在即之工業廢水及都市汙水處理廠，以民生與工業供需缺口、鄰近農業灌溉用水交換利用之可能性、地層嚴重下陷亟需

補注地下水地區，以及天然水資源較為匱乏的離島地區做第一階段篩選區域；再依據區域水資源缺口或備援備載需求、廢汙水廠實際放流水水量、放流水再生成本，以及汙水廠鄰近需求多元性等層面，評選出全國北、中、南及離島 4 區域最具放流水再生開發潛力之廢汙水廠。評選結果顯示工業區廢水處理廠北部地區優選為華亞科技園區廢水處理廠，中部地區優選為中科台中基地，南部地區優選為林園工業區；都市汙水處理廠北部地區為林口南區（1 期），中部地區為斗六水資源回收中心與台中港特定區（1 期）汙水處理廠，南部地區為鳳山溪汙水處理廠。至於用途規劃方面，工業區廢水處理廠放流水再生後原則供工業區內回用；都市汙水除可供給工業單一大戶使用外，亦可作為農業用水交換、民生次級，以及環境保育（包括河川保育與地下水補注）等用途（圖 3-6-6-3）。

綜上，廢汙水廠放流水再生推動策略方面，建議後續依下述 5 項策略推動放流水再生：（1）由用水者需求思考，在既有自來水價下引導用水生態改變；（2）調整農田水利會於推動再生水之角色；（3）改善廢汙水處理廠推動放流水再生之條件；（4）辦理再生水示範區計畫；（5）提升再生水使用者信心承上述推動策略，建議相關部分應分工，以完備推動再生水所需之法規及協調機制。

4. 台灣地區農業迴歸水再利用

本研究係針對台灣地區各農田水利會其主要灌溉區域的最後農業迴歸水流入排水路之水量、水質進行調查研究，評估台

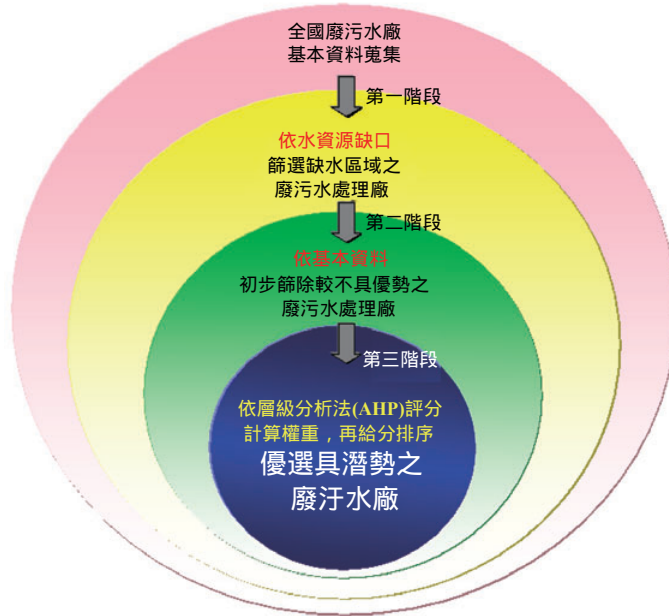


圖 3-6-6-3 廢污水廠放流水再生潛勢三階段評選示意圖

資料來源：經濟部水利署。

灣地區農業迴歸水再利用之潛勢，同時建立農業迴歸水其再利用之調查資料庫，及其再利用之營運管理模式，以期能有效提升台灣地區水資源之運用效率。計畫所稱農業迴歸水係指灌溉期間灌區內之灌溉水，經由灌排兼用水路及排水路流返水道

（包括：區域排水、河川及海洋）之可供再利用水。本研究針對農田水利會灌溉系統最下游灌區之農業迴歸水且不再被其他水權人使用之水量，辦理再利用之研究（圖 3-6-6-4）。

本研究選取桃園、雲林、高雄、台東

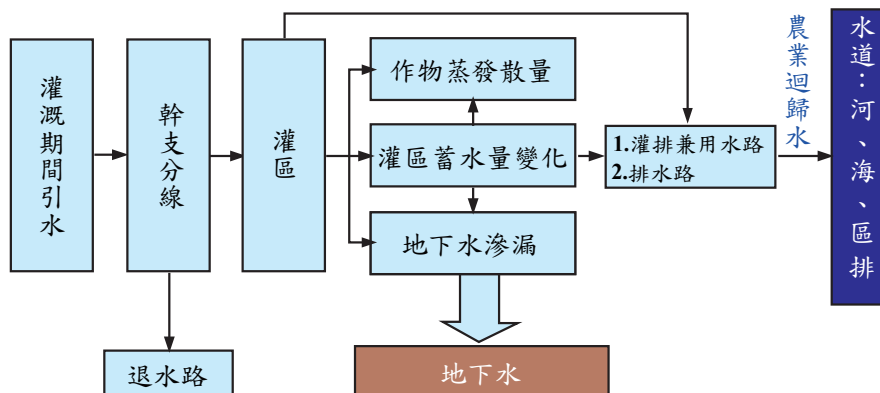


圖 3-6-6-4 農業迴歸水示意圖

資料來源：經濟部水利署。

註：灌溉渠道多餘水量由退水路排放。

4 個農田水利會為代表性灌區，利用水平衡法分別求得其迴歸水佔引灌水量之比例為 10.2%、24.9%、30.1%、34.3%，再據以估算同類型灌區之迴歸水量。估算得 91~95 年全國農業迴歸水之年平均總量為 17.4 億立方公尺，各農田水利會年迴歸水量較大者依序有彰化（3.7 億立方公尺）、花蓮（3.5 億立方公尺）、台東（2.1 億立方公尺）、雲林（2.1 億立方公尺）、台中（1.3 億立方公尺）、宜蘭（1.1 億立方公尺）。

本研究完成 40 處迴歸水排水路路甸流量量測，由目前所觀測之流量紀錄顯示本研究選之渠道，以中部地區彰化、台中及雲林地區迴歸水測點之流量為大，花蓮地區次之。另由農業迴歸水之水質分析顯示，台中以北之排水路水質普遍優於台中以南。就不同水道類型（農排、區排及河川）之水質進行分析顯示，位於農排之測站其水質狀況較區排及河川為佳，因此若就農業迴歸水水質優劣的條件進行評估，

顯示於農田排水路進行迴歸水之蒐集，則成效將較於河川或區排為佳。

農業迴歸水（圖 3-6-6-5）針對不同潛在用水人之用水調查成果如下：（1）生活次級用水：若作為生活次級用水，涉及管線配送成本，僅適用於都市新開發區，使用機會較小；（2）地下水補注用水：嚴重的地層下陷區若藉由地下水人工補注可以達到減緩地層下陷及海水入侵之成效。惟欲注入地下水之水體必需符合環保署公告之「汙水經處理後注入地下水體水質標準」之相關規定；（3）工業用水：調查顯示目前北部地區之桃園航空城發展計畫、台電利澤工業區電廠及台北港電廠，中部地區之中部科學工業園區第 4 期擴建計畫、雲林離島基礎工業區、台塑大煉鋼廠及國光石化，南部地區之中國鋼鐵公司，皆為潛在之用水戶。

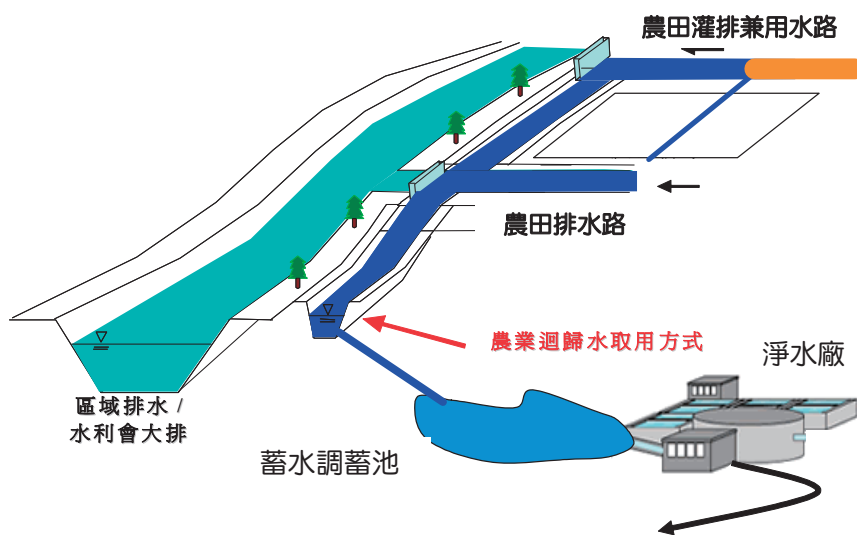


圖 3-6-6-5 農業迴歸水蒐集利用構想

資料來源：經濟部水利署。

(二) 水資源保育與管理科技 (9/10) (經濟部水利署)

群組：地球環境科技

本研究可強化水資源風險管理之調度能力，調配農業用水支援民生及產業用水，研發先進被動式水庫安全監測技術，探討水庫安全風險評估程序，瞭解渾水潭發生原因機制，評估茶園施肥用藥對水資源之衝擊影響，建立集水區土地管理策略及處理原則，推廣溫泉資源多元化永續利用及保育，發展溫泉蘊藏量推估模式及可開發總量管制評估模式，評估人工補注溫泉之可行性，削減溫泉排放水汙染量，增加溫泉排放水循環再利用，減少對水資源之衝擊。

1. 嘉南水利會灌區休耕決策對灌溉用水影響之空間分析研究 (2/2)

為因應嘉南平原農業用水受限於水文條件、曾水水庫及烏山頭水庫蓄水量影響，其節餘水量亦可供應南部科學園區所需用水調度，再利用田間水平衡方程式，計算所需灌溉水量，進而模擬出全區之灌溉用水，依此建立停灌面積率與可節餘水率關係。

為確保田間作物正常生長，在種植作物前需制訂灌溉計畫，就灌溉用水特性及相關影響因子推估田間需水量，並考慮灌區面積、輸水損失以及可用水源，作為地區用水規劃之基礎，且因用水量係透過渠道輸送，在輸水過程中，會因輸送距離、渠道狀況等因素造成輸水損失，據此發展灌溉計畫用水量推估模式。

彙整相關氣象、土壤及灌區資料後，即可進行逐日模擬田間用水量之推估。其

假設條件為以輪區為單位、田埂模擬高度為 15 公分、土壤水分模擬前為土壤飽和含水量、土壤灌溉下限為田間容水量、初始湛水深為 40 毫米、輪區每天入滲量固定及不考慮地下水影響，並依水平衡方程式考慮因子（蒸發散量、有效降雨、土壤入滲量），來推估田間每天之用水變化，以作為灌溉模擬時推估其灌溉水量之基礎。

再由所建立之用水估算模式，進行停灌休耕模擬，以研討停灌地區面積及其空間區位與節餘水率間關係，首先以小組為單位元，利用隨機方式模擬各種可能停灌情形組合下，停灌面積率與可節餘水率間關係，經過 25,000 次模擬，只有在停灌面積極少或幾乎全面停灌情況下，才有可能出現可節餘水率大於休耕面積百分比情形，大部分節餘水率較停灌面積率為低。因此，若停灌地區隨機選定，停灌時所節餘水量比率絕大部分會低於其休耕面積百分比。

再將團塊程度分成分線、支線、幹線及隨機方式，搭配取水距離分成遠、近及隨機方式，進行分群採樣模擬，停灌情形依水源距離與團塊程度兩因子排序組合，但水源距離中，只考慮遠距離與近距離 2 種，原因為中距離取水先停灌之模擬結果必定會介於此兩種情形所模擬的數據間。除原本分級方式外，再各加入「隨機」狀況，可產生 12 種不同之停灌情形。

進行模擬時，以 2 個隨機變數分別控制水源距離與團塊程度，故每一次模擬各情形出現的機 皆為十二分之一。透過這樣調整後，模擬結果如圖 3-6-6-6 所示，將 12 種停灌情形全部點繪結果，亦可繪出模擬結果分佈的包絡線；故由圖可知，在某

些停灌情形下，可節餘水率會高於完全隨機情況，甚至高於平均線，如果停灌地區規劃得宜情況下，可節餘水率不隻可以提升至與平均線相同，更在某些情形下有可能超過該線。以停灌 50% 為例，可節餘水率最大可至 55.4%。

2. 水庫颱風期間渾水潭消長機制之試驗研究

為瞭解不同 H-A 關係對泥砂沉降速度的影響，首先分別以王朝勤 (95)、線性 H-A 沉降槽、拋物線 H-A 沉降槽、三次式 H-A 沉降槽以及石門 H-A 沉降槽 4 個沉降槽，進行石門淤泥初始濃度 30g/L、50g/L、60g/L、70g/L、90g/L、150g/L 的清渾水交界面靜水沉降試驗；因試驗容器尺寸的大小不一（標準沉降筒、大型沉降筒與大型沉降槽），須透過一標準化（無因次化）程序加以分析探討，故對沉降速度項以其進入減速段前之平均速度（ W_s ）作為其特徵速度加以無因次化，時間項則以總水體高

度（ H ）除以特徵速度（ W_s ）作為特徵時間無因次化，如 $W^* = W(t)/W_s$, $t^* = t/(H/W_s)$ 。

至於沉降速度在何種濃度會出現等速段，本研究發現，初始濃度在 30g/L 60g/L 的沉降速度並無等速段，其沉降速度剛開始大於 1.0m/day 時即遞減較快，降至小於 1.0m/day 後則漸趨平緩，此為第 1 類型減速沉降，如果進入絮網第 1 類減速前之平均沉降速度（ W_s ）為其特性速度（分別為 1.53、1.47 與 1.11m/day），且初始濃度增大至 70g/L，可發現些微等速段之沉降現象（其特徵速度約為 0.63m/day），但因其沉降速度不僅小於 1.0m/day 且變化不明顯，故屬第 2 類型沉降。

另沉降速度隨時間變化圖，大致可區分為等速段、速度漸變段、速度驟降段及速度緩變段，而速度漸變段乃沉降槽因不等截面積與等截面積所產生差異引起，上述結果再經無因次化處理後，各曲線便重

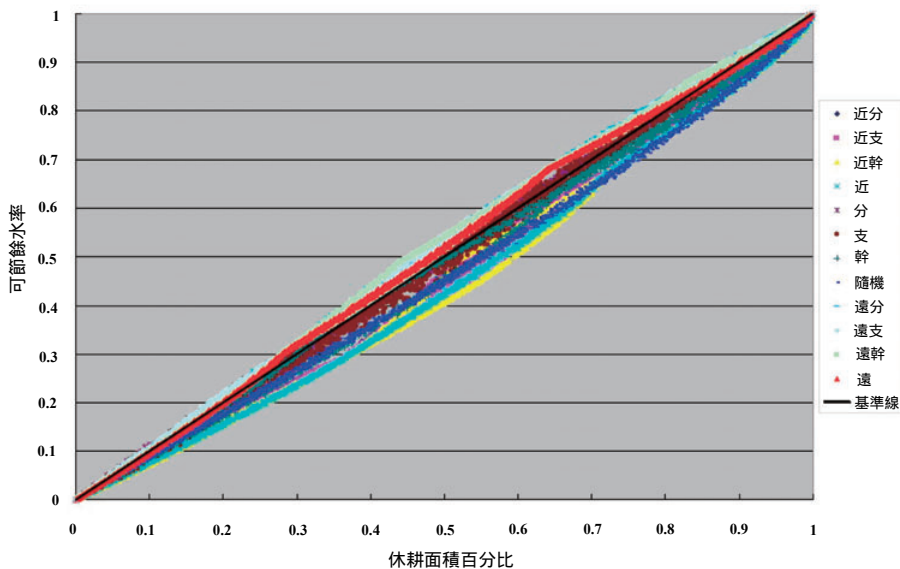


圖 3-6-6 停灌面積率與可結餘水率關係—分群模擬

資料來源：經濟部水利署。

疊在一起，差異不大。但是，如果初始渾水泥砂濃度為 200g/L 與 217g/L 的高濃度泥砂靜水沉降試驗時，其變化歷線不似第一類型的陡降型（沉降速度一開始快後來慢），也不同於第 2 類型的平緩型（沉降速度為等速），其變化趨勢則為開始沉降速度較慢及有一較大沉降速度加速段類型。

此外，清渾水交界面在 4 個不同 H-A 關係沉降槽之靜水沉降試驗時，因 H-A 關係不同，其沉降速度變化略有差異，且初始濃度愈大差異愈大。為方便比較亦將 H-A 關係的影響因子無因次化，於不同初始濃度下，藉由清渾水交界面靜水沉降高度變化歷線與沉降速度歷線圖可知，清渾水交界面的沉降速度有產生等速段現象，亦是渾水泥砂濃度大於一定值（約為 70g/L）時，圖 3-6-6-7 即為初始濃度 70g/L 標準沉降筒與不同 H-A 關係沉降槽無因次沉降速

度比較圖。

但是，等截面積的標準沉降筒進行靜水沉降試驗其發生等速段的起始濃度約為 60g/L，即 H-A 關係影響下之泥砂靜水沉降速度需較大的初始濃度才會產生等濃度層之等速段。但若將等截面積與不等截面積之無因次結果進行比較可發現，不等截面積沉降槽之無因次等速段速度較等截面積沉降槽稍大，且有速度漸變段的存在。但因斷面向下呈束縮變化，故會因截面積變化而進入速度漸變段，並較等截面積之標準沉降筒快進入速度驟減段。

3. 溫泉蘊藏量推估及開發總量管制評估技術研究 (2/2)

台灣溫泉形成模式可歸納為（深循環型）、（深循環 + 沖積層型）、（火山岩區 + 沉積岩或沖積層型）、

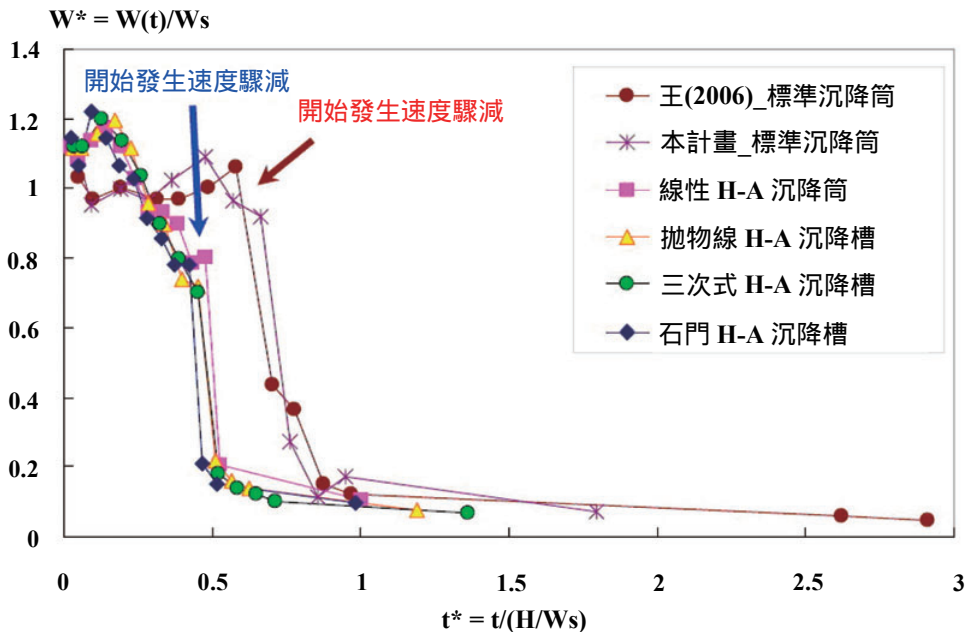


圖 3-6-6-7 初始濃度 70g/L 標準沉降筒與不同 H-A 關係沉降槽無因次沉降速度比較圖

資料來源：經濟部水利署。

(火山岩型)等4種類型，並可再簡化為2種型態，一為以熱液為主，台灣絕大多數溫泉屬之；另一為以蒸汽為主，如金山溫泉。

又四重溪及礁溪溫泉區的溫泉使用量已接近或略超過可開發總量，評估結果顯示所建議的推估模式可供現階段之利用參考，另烏來溫泉區溫泉資源因探勘範圍小於溫泉資源分布範圍，無法正確顯示溫泉資源的分布，造成推估之蘊藏量及可開發量偏低。以下建議5種溫泉可開發總量推估模式，各模式推估結果摘述如下：

- (1) 由蘊藏量推估法：所採用因子有溫泉資源分布面積、貯集庫(reservoir)平均厚度資料、有效孔隙率(Schwartz, 2003)及每年可取用率。推估結果除烏來溫泉區外，其餘溫泉區推估結果均在合理範圍內，並建議礁溪、金山及四重溪等溫泉區之年可取用率為5%、5~10%及2%。
- (2) 由地質溫度及冷熱水混合溫度推估法：適用熱液型。所採用因子有溫泉資源分布面積、地質溫度、地表熱水溫度、冷水溫度、熱水溫度損失率(80%)及冷水量等。結果顯示除烏來溫泉區外，其餘溫泉區推估結果均在合理範圍內。
- (3) 入滲補注流速法推估：適用深循環型及熱液型。所採用因子有溫泉水定年、地質溫度推估、地溫梯度、推估溫泉水流經距離、估計補注速度和貯集層面積或厚度等，其補注量分為地下熱水及淺層等兩部分推估。
- (4) 由溫泉井佈設及抽水試驗資料推估

法：適用資料不足溫泉區初估。所採用因子主要為影響半徑，以一般經驗假設，通常井位所在地質為岩盤取井深1/2，沖積層取井深；但是本方法缺點為因溫泉井隨深度、位置、取水段、孔徑、試驗方式、估算之抽水影響範圍而不同，僅供初步參考。結果顯示均在合理範圍內。

- (5) 採用本計畫(1/2)推估法：所採用因子有地下水安全出水率、初始溫度、目標溫度值、最低溫度值及岩體品質指標等組成因子。因本法推估結果因人而異，建議僅供初步參考。

工研院執行水利署或地方政府計畫推估量，採用水平衡法，所採步驟有建立水文補注概念模式、劃定地下水補注區範圍及建立地下水補注量數學模式(修正WGLF模式)。因有效補注率假設無依據，且補注區劃設原則之正確性無法驗證，致估算結果因人而異，建議僅供初步參考。

因此，不同方法推估之溫泉可開發量，雖不確定因素奇高，但推估量級數(order)仍屬合理，而主管機關可依開發策略訂定溫泉可開發總量，每1~3年視觀測井或當地溫泉使用量情形，檢討修正。(表3-6-6-1)

(三) 農業水利科技研究發展計畫(4/4) (農委會)

群組：地球環境科技

鑒於全球氣候變遷，溫室效應所導致氣候異常，極端氣候發生頻率增高等未來氣候趨勢，97年度行政院農業委員會辦理之農業水利科技研究發展計畫，針對暖化

表 3-6-6-1 本計畫建議 5 種推估模式推估量比較表

溫泉地區	由蘊藏量推估法(cmd)	由地質溫度及冷熱水混合溫度推估法(cmd)	入滲補注流速法推估(cmd)	由溫泉井佈設及抽水試驗資料概估法(cmd)	採用本計畫(1/2)推估法(cmd)	工研院執行水利署或地方政府計畫推估量(cmd)
四重溪	1,461~2,921	2,382	1,757~2,931	1,680	687~1,267	600~1,200
礁溪	15,260	10,269	10,774~15,917	16,349	8,456	16,888
烏來(註)	分布範圍不正確，不適合採用	4,096 同左欄說明	5,363~52,569	15,348	9,043	8500~15,300
金山	27,794	29,391	33115~93482	無適當資料	未評估	18,710

資料來源：經濟部水利署。

註：烏來地區因執行單位（陸島公司，2004）因合約調查範圍太小，無法正確顯示溫泉分佈範圍，造成之誤差。未來需再進行較大範圍之勘查，才能獲得較正確之結果。溫泉分佈範圍不正確，不適合採用。

變遷對農業用水之衝擊，辦理「農業水資源經營技術之研究」及「提升灌溉排水工程及營運管理技術」等 2 項分項計畫，其中「農業水資源經營技術之研究」工作項目為氣候變遷農業水文分析、農業水資源調用策略調整、農業用水水質影響評估、防災及灌溉管理對策研究等四大項工作；「提升灌溉排水工程及營運管理技術」則辦理再生水應用於農業灌溉技術之研發、省水灌溉技術提升及利用農田水利溝渠進行小水力發電技術及設備研發等工作，以節約農業用水並發展綠色再生能源。

全球氣候變遷，溫室效應所導致之氣候異常，極端氣候發生頻率增高，水資源穩定調配及潔淨綠色能源的供應亦形成現代之顯學，根據聯合國 IPCC 對於全球氣候變遷第 4 次評估報告中指出，氣候變遷將使植物蒸散量增加、氣溫水溫上升及海水熱膨脹，影響大氣水氣循環改變生態系，導致地下水鹽化及水質濁化及惡化、引水取水環境變化等對多項農業之不良影響，97 年度行政院農業委員會辦理之農業

水利科技研究發展計畫，針對暖化變遷對農業用水之衝擊，辦理「農業水資源經營技術之研究」及「提升灌溉排水工程及營運管理技術」等 2 項分項計畫。「農業水資源經營技術之研究」工作項目為氣候變遷農業水文分析、農業水資源調用策略調整、農業用水水質影響評估、防災及灌溉管理對策研究等 4 大項工作；「提升灌溉排水工程及營運管理技術」則辦理再生水應用於農業灌溉技術之研發、省水灌溉技術提升及利用農田水利溝渠進行小水力發電技術及設備研發等工作以節約農業用水並發展綠色再生能源。

1. 農業水資源經營技術之研究

(1) 氣候變遷農業水文分析

- a. 氣候變遷對集水區流域水文頻率的衝擊影響：探討氣候變遷對集水區流域水文頻率的衝擊影響分析，並比較現況與未來雨量 / 流量超越機率的差異及現況與未來的水文頻率對水庫集水區水資源需求的影響。

- b. 氣象、水文時空特徵與不同可靠度水量推求方法之探究：探究集水區氣象、水文在時間、空間之分布特性與潛能水量可靠度之關係，以提供長期農業水資源調適策略之參考與應用。
- c. 整合颱風因子與水文因子於流量預報模式之研究：採用類神經網路模式，並嘗試利用可觀測得到之颱風特性資料、雨量資料及流量資料作為輸入項，進行颱風預報。
- d. 水文歷程之赫斯特現象與其在氣候變遷之應用研究：氣候變遷影響許多水文現象，在尺度不變性存在之情況下，評估序率降尺度（downscaling）可被用以氣候變遷對區域水文歷程之影響研究。
- e. 桃園地區因應氣候變遷之農業迴歸水量影響探討：面對氣候變遷的衝擊、極端氣候的因素，考量灌區降雨特性及氣象乾旱影響、對農業用水之影響性分析及水庫供水系統，探討農業作物在既定之灌溉系統模式以及休耕事件發生時，系統迴歸水量的影響。

(2) 農業水資源調用策略調整

- a. 智慧型水庫決策支援系統研究：探討水庫集水區雨量、水庫入流量與放水量之關係，建置水庫供水之決策支援系統。
- b. 氣候變遷下農業用水對區域水資源供水效益與風險之影響分析：氣候變遷下各不同農業用水移用策略供水效益、經濟財務及風險分析。
- c. 研究缺水期水田最適灌溉用水量調

配：缺水期間，應用農業水資源調配利用策略，確保農業生產之永續經營，並降低乾旱對其它產業造成的衝擊。

- d. 川流式灌溉系統季節性乾旱應變策略與流程建立：應用基流連續推估方程式，推估以日為單位之河川基流量，提供資訊作為乾旱發生前與發生中農業水資源調配依據。
- e. 氣候變遷對乾旱期距衝擊與調適研究：以台灣降雨豐、枯時期嚴重不均之南部地區主要流域作為研究探討對象，針對氣候變遷對乾旱期距與水資源時間分布型態衝擊影響為研究主要課題，然後比照未來水資源時間分布型態與灌溉需水量時間分布型態，提出適當調適策略。

(3) 農業用水水質影響評估

- a. 農業回歸水再利用之水質動態模擬分析：進行農業回歸水再利用之水質動態模擬與調配分析，以了解農業回歸水之水質動態變化，作為農業用水調配或支援其他產業用水之參考依據。
- b. 水田灌溉歷程之水質變化模擬：利用水質模擬程式（QUAL2K）進行上游取水、輸水、田間配水灌溉、排水過程之水質變化過程之模擬，並以實地輪區為驗證場址，找出灌溉過程水質變化階段及其原因，提供決策單位作為迴歸水水質改善決策時之參考。
- c. 灌區停灌休耕對埤塘水質之影響：了解灌區停灌休耕時，埤塘於不同時段、不同進出水量，在加入河水

堰的河川水源後，對埤塘蓄留及出水水質狀況之影響。

(4) 防災及灌溉管理對策研究

- a. 輪作制度與區域灌溉用水量之研討：
由輪作區域空間分佈的觀點，研討輪作制度與區域灌溉用水量間之關係，探討輪作區域之空間分佈與評估指標，不同輪作區域分佈與用水量之關係及不同輪作制度對社會環境之影響等。
- b. 區域特性地下水抽水補充灌溉用水綜合指標研究及查詢介面建立：考量區域特徵，納入耕作面積及休耕影響，建立地下水補充灌溉用水折扣指標。
- c. 逕流分析及簡易土壤沖蝕量推估模式之建立：建立適合坡地水稻梯田的降雨-逕流分析及簡易土壤沖蝕量推估模式，以供水稻梯田在防洪機制及土壤沖蝕量定量推估上的參考。
- d. 灌溉取水口附近穩定河道斷面之決定：建立物理分析模式，藉由集水區水文紀錄、泥沙特性資料與河床斷面資料推求不同觀點的造床流量值，藉以推求各河段之穩定河道斷面型態，以供灌溉取水口選址之參考。

2. 農業水資源再生利用研究

本計畫包含兩個子計畫，其一為再生水應用於農業灌溉技術之研發，另一為利用農田水利溝渠進行小水力發電技術及設備研發，該兩個子計畫皆以水資源再生與利用為目標。

- (1) 在再生水應用於農業灌溉技術之研發部分，台灣的灌溉用水水質遭受

汙染問題層出不窮，汙染源多為畜牧廢水、家庭汙水及零星工場廢水直接排入渠道或自汙染的河川取水灌溉所致，徹底解決方法為廢汙水處理後再逕行排放。有鑒於汙水再生價格為影響市場接受度之重要因素，汙水處理成本包含興建成本及營運成本；本細部計畫主要目的係建立以處理生活汙水為主之再生水自然循環處理系統，並將該系統興建階段之硬體建造及營運階段採用設備，分別嘗試以不同材質經模組化後進行再生水處理成本之經濟性分析，建立基於不同材料選用、不同模組規模條件下之最佳經濟性曲線；實地測試部分，本研究於農工中心 2007 年實地試驗顯示，10CMD 處理水量之處理單價為 19.56 元 / 噸，並以線性推估 100m³/day、300m³/day、500m³/day、1,000m³/day 等 4 種模組，顯示上述模組之總成本單價分別為 19.56 元 / m³、9.06 元 / m³、7.99 元 / m³、7.63 元 / m³、7.36 元 / m³；顯示處理成本與汙水處理量成反比，其與台灣行政院內政部 2007 年統計資料顯示二級汙水處理成本約 (1.05~73.05) 元 / m³，平均值為 14.92 元 / m³。

- (2) 在利用農田水利溝渠進行小水力發電技術及設備研發部分，水力發電屬無汙染之再生能源，在世界能源價格高漲及節能減碳的環境保護潮流下，評估及實現如何將台灣地區可利用的農業用水、回歸水、地下水、農塘等用多重用水等資源，以

加裝簡單發電機裝置，將水的位能轉換為有效的電能資源，回送至農用電力低電壓配電系統或將電能加以儲存或提供偏農地所需照明等，可達到有效充份利用全台灣地區之小水力資源、節省農用電能及開發偏遠農地電氣照明的多重功效。自六0年代以來，由於石化燃料之不斷發生危機且價格暴漲，低落差小水力發電計畫已漸具經濟可行性，復因管理科技之發展與電力系統之自動化，無論在人力、交通及操作等均已具有較具圓滿之解決方法，目前利用農田水利灌溉溝渠進行小水力發電已有其研發的價值。此外，小水力發電技術在歐美、日本等先進國家發展雖已臻成熟，在再生能源機組市場上亦已有多種商業運轉機組的選擇，研發國內自製機組雖

不符經濟效益，但在調查全台地區農田水利溝渠發電潛能、建立本土化小水力產業維修鏈及實地安裝後維護營運管理等問題，仍值得投入研發資源。

根據本細部計畫 95 年及 96 年之成果及經驗，傳統使用水輪車帶動發電機發電將佔用過大的體積以及需要強健的機械安裝、增加設計工程及施工費用等，颱風豪與來襲期間更可能因發電機組均位於灌溉渠道之上，造成渠道阻塞而釀成災害。97 年度本計畫已擷取潮汐水下發電機組之概念，發展完成水下渦輪發電機系統，除可免除大型水輪車的許多缺點外，亦可直接懸吊放入農用溝渠中做固定後即可旋轉產生電能及直接懸吊至溝渠外進行維修（圖 3-6-6-8）。



圖 3-6-6-8 安裝於雲林水利會斗六大圳之水下渦輪發電機組

資料來源：國立成功大學電機工程學系。

三、潛在影響與展望

97 年度資源領域的研發成果與效益分述如下：

- (一) 水再生利用產業科技發展之奠定：
楠梓加工出口區廢水回收在利用研磨廢水前處理程序之先期研究；楠梓加工出口區再生水模型廠技術轉移之建立；廢汙水廠放流水再利用之研究等。這些研究計畫主要成果與效益在於開發多元水資源，達成 3R (Reduce, Reuse, Recycle) 之中水再利用的終極目標。使產業因節水而更有競爭能力，同時發展水再生利用產業，推動水利產業相關技術發展，及輔導育成水利產業廠商及人才等。同時降低水質汙染，建立更環保、更乾淨之水資源，以達水資源永續利用。
- (二) 水資源保育與管理科技：嘉南水利會灌溉休耕決策對灌溉用水影響之空間分析研究；水庫颱風期間渾水潭消長機制之試驗研究；溫泉蘊藏量推估及開發總量管制評估技術之建立等。這些研究計畫主要成果與效益在於強化水資源風險管理之調度能力，檢討調配農業、工業及民生用水之優先順序與相互支援之可行性及風險性，研發先進被動式水庫安全監測技術及水庫安全風險評估程序，瞭解清蓄渾排之機制，並推廣溫泉資源多元化永續利用及保育，發展溫泉蘊藏量推估及總量管制評估模式，提高國人生活品質及優質健康之養生。

- (三) 農業水科技研發發展之推動：農業水資源經營技術之建立；諸如氣候變遷農業水文分析，農業水資源調用策略之調整，農業用水水質之影響評估，及防災及灌溉管理對策研究等；農業水資源再生利用之研究。這些研究計畫主要成果與效益在於因應全球氣候變遷，溫室效應所導致之氣候異常，極端氣候發生頻率增高之未來氣候趨勢，對農業用水之衝擊及應付之對策。防止因氣候變遷而導致之地下水鹽化，水質濁度增加及惡化而造成農作物之不良影響。同時考慮利用溝渠進行水力發電，增加永續增能與減碳之永續能源利用其增加農業用水之再生利用。
- (四) 展望未來，我國資源領域尤其是水資源之未來發展重點：1. 集水區、水庫、河川、海岸之水土海整合之總體規劃；2. 水資源與能源資源之密切結合，如抽蓄發電、永續川流小水力、農業小水力、波浪、潮汐海流發電之增能減碳永續能量；3. 水資源環境之營造，發展多元水資源如雨水之回收與再利用、海水淡化、人造雨、適當之抽取與補注地下水等，以加強抗旱能力。除此之外，資源領域應不限於上述之水資源、再生資源與礦產資源，應整合水土、能源等其他資源，作一綜合性之開發與規劃，達成國家總體經濟之藍圖，提高國家之競爭能力，以因應全球經濟蕭條之未來趨勢。