

頭社盆地與水共生之自然治理與管理策略

陳明陀

陳春宏

顧玉蓉

黃繼慶

禾唐工程顧問有限公司 總經理

經濟部水利署水利規劃試驗所 所長

經濟部水利署水利規劃試驗所 副研究員

經濟部水利署水利規劃試驗所 專業助理

摘要

本文以南投縣魚池鄉頭社盆地集水區為研究區域，探討在特殊的地文及水文條件下，泥炭土盆地環境永續及地方多元需求之發展策略，採用「以自然為基礎的解決方案 (Nature-based Solutions, NbS)」概念，針對頭社盆地未來發展尋求最佳的解方，以期達到「與水共生·與土共榮」之目標。

一、前言

南投縣魚池鄉頭社盆地因特殊的地文及水文條件，造就世界級泥炭土盆地地景，但因盆地周邊野溪坡陡流急，盆地內排水渠道坡緩流慢，造成排水困難，常有淹水發生；以往雖已針對出口排水路進行拓寬、淹水情況亦已得到改善，惟受限自然地形地勢，仍常發生淹水事件；而出口拓寬後較不易保水、對於盆地內泥炭土保存亦相對不利，以致泥炭土壓密後地層下陷；而以往公部門執行工程時，常出現阻力無法有效執行，社區民眾參與率亦不高，無法達成發展共識，導致執行困難，頭社盆地地理位置圖，如圖 1 所示。



圖 1 頭社盆地地理位置圖

為因應頭社盆地環境永續及地方多元需求，經濟部水利署水利規劃試驗所於民國 111 年完成「頭社盆地自然治理與管理策略之監測調查及推動」，採用 NbS 概念，融合自然為本的「與水共生」治水思維，針對頭社盆地未來發展尋求最佳的解方。

二、計畫區基本資料

針對頭社盆地內之自然及人文環境、產業經濟及發展、作物種類、景觀遊憩資源、生態資源、土地利用、水資源利用、歷史災害、地層下陷、民眾關注事項及相關法令規章等資料進行全盤性的蒐集與分析，盤點已投入資源、釐清各機關權責及預訂執行之相關計畫或作為；並進一步於盆地內進行相關試驗與監測分析，以利進行計畫區現況評估、需求分析及後續自然治理與管理之策略推動修正。

(一)地文

屬於四面環山的盆地，面積約 600 公頃，人口主要活動區域由台 21 及投 62 線環繞成環村路線，面積約為 140 公頃，盆地中央屬於泥炭土，面積約 50 公頃，深度達數十公尺，其含水量高、保水性佳，但在無水源補助下、自然風化快速，分解後具有不可逆之特性。

(二)水文及災害

水尾溪排水幹線為盆地內之主要排水系統，但其渠道坡度平緩，排水困難，以往颱風暴雨淹水時間可長達 7 天，而隨著地方政府歷年相關整治及水尾溪排水幹線出口段拓寬工程於 102 年完成後，近年盆地內的淹水情形約 24 小時即可排除，淹水主因為地勢低窪內水排放不及所致。

(三)產業發展

農業及觀光為盆地內主要產業。農業以盛產絲瓜為主，年產銷可達 2,500 萬元，卻有灌溉用水不足及長期種植病蟲害的問題；另盆地先天環境又有淹水問題應以水生作物為主，需確立地方農作物發展方向，並考量後續農產行銷及農村文化推廣等。

(四)民眾參與

地方民眾在議題意見上較為分歧亦存在隔閡，其為影響地方發展之主要因素之一，因此權責單位整體計畫不易執行，須提高民眾參與率、意見表達及凝聚共識。

(五)公部門參與

頭社盆地治理與管理涉及領域廣泛，包括水資源、農業、產業轉型、觀光、生態、環境及人口組成改變等，牽涉機關眾多，需公私協力共同參與及跨機關協力合作共同研商治理與管理方針。

三、調查及監測分析成果

計畫於盆地內進行泥炭土小型試驗、盆地內外來土方調查、地下水位觀測、地層下陷觀測、渠道水位觀測、泥炭土水份觀測、監測點高程水準測量及淹水模擬，監測位置如圖 2 所示，相關分析成果如下：

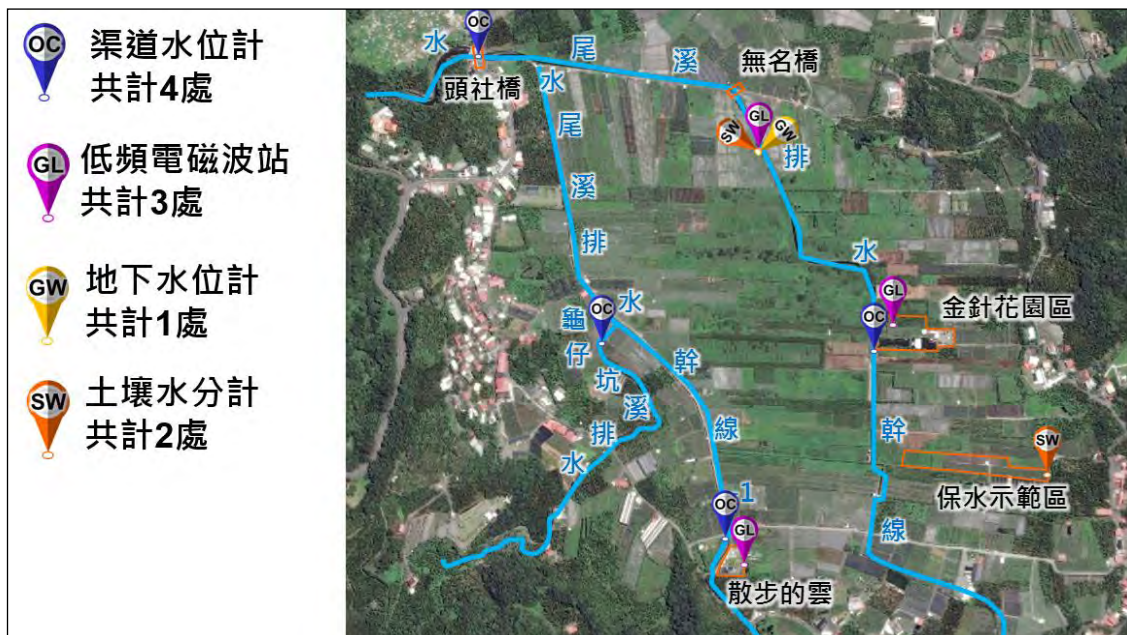


圖 2 監測位置示意圖

(一)泥炭土小型試驗

泥炭土在經擾動後，其土壤平衡改變，有機質即開始產生分解反應，為便於民眾了解泥炭土分解特性，故進行泥炭土小型試驗，包括自然風乾試驗、泥炭土排水後體積減少率評估及泥炭土排水後再重新注水的體積變化率評估等，結果詳表 1 及圖 3 所示，由結果可知，泥炭土之含水量可達 501%，在無水源補助下其風化快速且分解後具有不可逆之特性。

表 1 泥炭土小型試驗數據表

含水量試驗		燃燒試驗	
秤重項目	重量(g)	秤重項目	重量(g)
空盤重	512	空盤重	851
空盤+濕土重	1846	空盤+乾土重	1073
濕土重	1334	乾土重	222
空盤+乾土重	734	空盤+燒後土粒重	964
乾土重	222	燒後土粒重	113
水重	1112	損失重量(有機質重)	109
含水量	501%	損失重量(有機質比率)	49%
體積減少率	63%	體積減少率	78%


泥炭土小型試驗

泥炭土80%以上成分都是水

✓自然風乾試驗



✓種植作物自然風乾



✓重力排水



✓烘乾



✓燃燒



- 無水源補助下泥炭土風化快速
- 分解後具有不可逆之特性
- 重力排水不易、保水性佳
- 長期排水後再給水源補注，無法回復其含水原狀
- 土壤含水比例相當高
- 有機質含量高

進行保水相關方案，以保存盆地內之泥炭土



圖 3 泥炭土小型試驗圖

(二)盆地內外來土方調查

盆地中央土壤為極軟弱的泥炭土有機土壤，若表面回填層深度明顯較深時，可判斷其為外來土方堆置區，並進一步利用現地調查、低頻電磁波於盆地之南北軸向進行探勘作業、土鑽驗證及與該農田地主訪談加以確認，其外來土方堆置多存在水尾溪排水幹線-1 上游及水尾溪排水幹線-5 下游。

(三)地層變化(相對地應力)及地下水(視電阻率)之觀測分析

依據觀測期間(108/11~110/10)，泥炭土盆地呈現不均勻壓密及回彈，如圖 4 所示，由結果可知，泥炭土盆地全區域應呈現不均勻壓密及回彈。

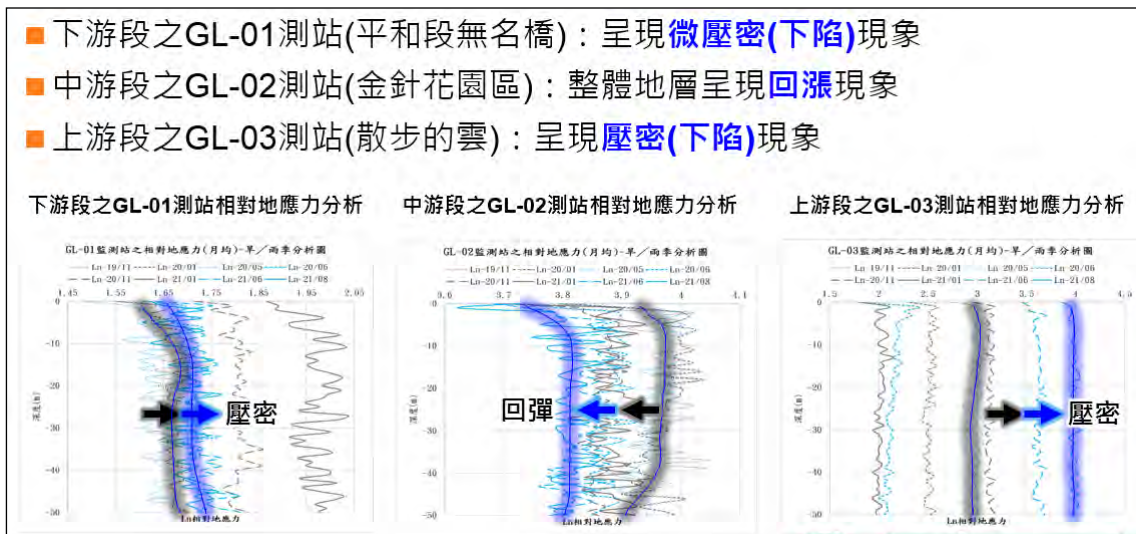


圖 4 地層變化(相對地應力)之觀測分析圖

(四)監測點高程水準測量

分別於 110.05.11、110.11.29 執行盆地內共 17 點位之高程測量，高程變化介於 -2.9 至+1.9 公分，除金針花園區周邊呈些微上升外，其餘監測點均呈下陷之趨勢。

(五)渠道水位觀測資料分析

依據觀測期間(108/11~110/10)，金針花園區無名橋為易淹位置，常時水位接近地面，水位變化高度約 1.73 公尺，此點位建議可建構淹水預警系統，可提

供即時淹水資訊；分析雨量對渠道水位的影響，其在降雨後逕流很快流到渠道內，水位反映明顯。

(六)地下水井與土壤水分觀測

依觀測期間(110/05~110/10)、地下水位約在地表下 0.01 ~ 0.77m 升降，平均為地表下-0.41m，土壤含水量(地表下 0.3m)介於 45.83 ~ 52.42%，平均約為 49.90%，土壤含水量(地表下 1.0m)大致維持在一個相對平穩狀態，平均約為 69.94%。

(七)地下水位與土壤水分觀測

雨量與淺層土壤含水量的相關性只有 0.04，表示雨量入滲的量不大，雨量與地下水的相關性為 0.38，表示由降雨可入滲的比例低，故推測為透過渠道水體或其他水體補注或滲流至土壤，進而產生較高的地下水位，使土壤含水量維持在一定水平。

(八)淹水模擬

針對計畫區進行淹水模擬，以瞭解現況排水不良原因、不同重現期降雨量之淹水情形、改善方案及保水方案的淹水狀況，並定義 2 年重現期距(常水位)現況淹水模擬之淹水範圍(易淹區)為蛋黃區，非易淹區則為蛋白區，以利農作物種植規劃，並分別進行適種作物挑選及進行小區域試種；蛋黃區及蛋白區相關位置，如圖 5 所示。

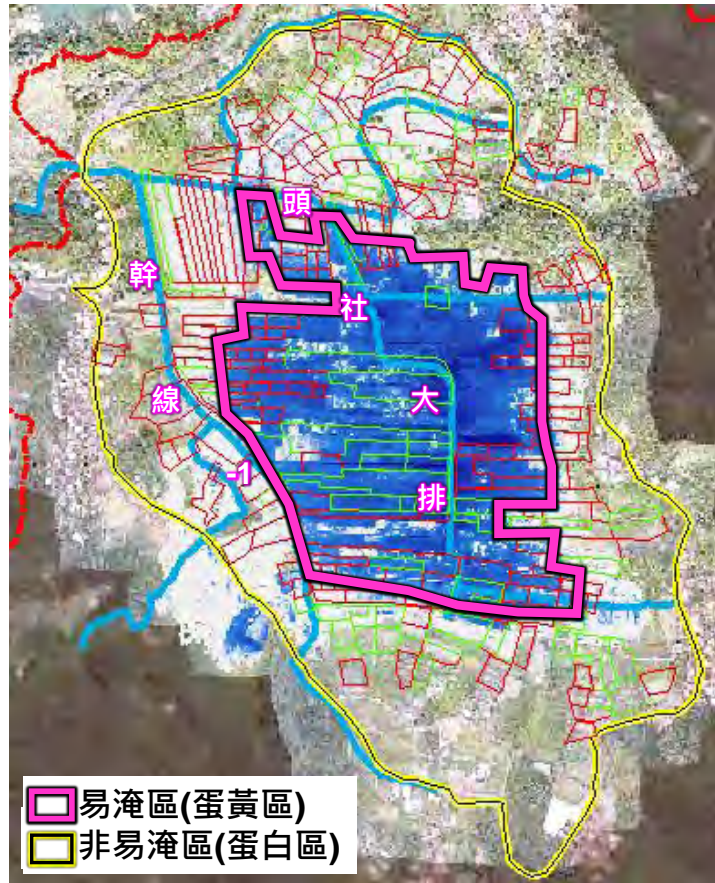


圖 5 農作物種植規劃之蛋白區蛋黃區相關位置圖

四、NbS 資料蒐集與分析

NBS 最早由國際自然保育聯盟 (The International Union for Conservation of Nature (IUCN)) 提出並定義：「可有效、能調適的應對社會挑戰，同時提供人類福祉和生物多樣性效益，為永續管理和恢復自然或改造的生態系統的保護行動」，該原則為以自然為本的解決方案，總體目標為解決重大的社會挑戰，如糧食安全，氣候變化，水安全，人類健康，災害風險，社會和經濟發展等議題。

蒐集國內外相關案例，如桃園市觀音區樹林里四態共生滯洪、荷蘭鹿特丹、美國紐約市等案例；並依據世界銀行(world bank, 2017)近自然解決 NBS 方案實施指引，並統整現行 NOAA, USACE 與 Ecoshape 等單位所發佈的近自然解決方案實施指引，建立本研究 NBS 實施指引步驟，分別為：

- (一) 定義問題、計畫範疇與目標—水的問題及永續發展問題。

- (二)可能解決方案—汛期排水、常時保水及研擬作物調適。
- (三)檢視可能效益—淹水模擬及作物生長狀況檢視。
- (四)民眾參與—民眾漫談、共識凝聚及方案推動。
- (五)最佳方案推動—經由民眾參與的反饋修正，確認最終方案並檢核其效益。

五、NbS 系統規劃

(一)永續水利

1. 保水策略

由監測成果可說明降雨時土壤入滲量並不大，而推測渠道水位對地下水位影響較大，土壤含水量及泥炭土保存受到渠道水位影響大，故擬定坡地、盆地及渠道保水策略。

- (1)坡地保水：透過既有潛在可保水設施改善，強化保水及水源備援能力。
- (2)盆地保水：延長水體停留在地表的時間，進而增加泥炭土水源補注量。
- (3)渠道保水：利用既有渠道空間蓄存水體，常時保水，汛期倒伏，以不加劇現況淹水情況為原則。

2. 穩定灌溉水源

產業發展應優先穩定灌溉水源，以確保農作物收成，並評估田間水量分配與管理自動化之可行性。

3. 永續水環境監測

為了解盆地之泥炭土層壓密情況，需持續觀測以累積長期資料，以瞭解渠道水位、地下水位及土壤含水量間的關係，對於盆地保水可提供更精細及詳實的資訊，以盆地「公分級水位調控」之保水依據。

(二) 農業發展

依據計畫區淹水模擬成果，進行農作物種植規劃，並考量絲瓜為高度經濟價值作物，以冬季轉作作物進行適種作物挑選及進行小區域試種，蛋黃區(易淹區)以水生作物及耐淹作物為主，蛋白區(非易淹區)以一般作物種植為主，並搭配景觀花卉，未來可結合日月潭行銷，進行產業升級。

(三) 觀光發展

結合日月潭觀光資源，異業結合、農產行銷，帶動地方發展；活盆地泥炭土保存、教育園區、生態導覽行程等，未來觀光發展，以「越在地，越國際」之理念，將保水概念變成導覽活動的素材、國小特色教材等，如「手作田埂趣-保水養地，藏水以農」及「屏水長流·稀手傳承」等活動。

(四) 民眾共識

計畫執行前盆地內尚未有自主營運的管理組織，管理運作整體頭社盆地相關事務，考量現階段盆地內既有發展協會組織及企業已有數個，過去經營方式雖多為單打獨鬥，但若加以整合，以合作模式共同管理盆地內大小事務，逐步建立組織間的信任與共識，應可作為地方民眾議題討論、彙整意見及凝聚共識之平臺。

(五) 頭社共好大平臺及各小平臺運作

民國 109 年正式成立頭社共好大平臺，因計畫區治理與管理領域、權責單位廣泛，故依地方治理主題及民眾關心議題設立永續水利、農業發展、觀光發展及民眾漫談等 4 個小平臺，各小平臺分別設立公部門召集人、民間單位召集人及相關機關，並設置主要工作項目，各議題為有助執行效率，以在小平臺以商討、解決為主；大平臺則於議題有資源及分工需求時再召開管理層級會議；運作上各機關、公私團體合作已具有相當默契及互信基礎，故頭社共好大平臺、各小平臺之組織、主題及工作項目應持續推動。

六、結論與建議

(一)結論

1. 頭社盆地整體多呈現壓密、下陷，且在空間及時間上具有不均勻特性；從監測資料亦可說明於盆地內降雨入滲量並不大，雨量大多形成地表逕流流入溝渠；若地表土層保有一定的含水量時，其下的泥炭土層含水量可維持在飽和狀態。
2. 藉由公分級水位控制基礎資料調查及監測，可佐證頭社盆地 NbS 系統規劃「汛期排水，常時保水」之原則。
3. 頭社 NbS 系統規劃之永續水利部分，提出以下保水策略：
 - (1) 渠道保水：建議於水尾溪排水幹線下游興建橡皮壩類型之保水設施，並經由工作坊協商討論，現場參與之鄉長、民意代表及民眾皆一致認同本研究策略，並鑒於監測資料，盆地整體是呈現壓密情況，應盡速辦理渠道保水工程。
 - (2) 盆地保水：施行之保水示範區，能確保於維持農民生計下進行保水。
 - (3) 坡地保水：已針對既有設施進行盤點，並建議權責單位執行改善計畫，強化盆地水源備援能力。
4. 頭社 NbS 系統規劃之農業發展部分，提出配合保水目標進行蛋白區及蛋黃區之冬季農作物轉作，階段性成果如下：
 - (1) 西洋水仙：開花期較原預定期程晚，開花期仍待觀察，且農民負責澆灌區域之開花情形不佳，相關技術有待培養。
 - (2) 彩色海芋：於民國 110 年執行之試種開花情形不佳，養球技術尚未純熟，後續養球技術為持續發展之重點。
 - (3) 藍莓：於水分已受控管下，存活率良好，惟盛產期為種植後 3~5 年，其產量及整體經濟效益後續仍待追蹤。
5. 頭社 NbS 系統規劃之觀光發展部分，未來以「越在地，越國際」之理念，將保水概念變成導覽活動的素材、國小特色教材等，藉以落實保水策略及持續推廣。

6. 頭社 NbS 系統規劃之民眾漫談部分，已協助成立自主管理組織，以既有發展協會、團體組織合作，聯合營運模式執行，並已可自主召開座談會，作為未來整合地方意見，確立發展目標、與公部門與地方溝通之平臺。

(二)建議

1. 頭社盆地因地層下陷問題，部分村民反應盆地周邊房子有錯動情形，推測未來可能造成地滑現象，建議啟動頭社盆地周圍地層滑動地質調查研究，並擬定危機處理應變機制。
2. 監測機制方面，建議可於盆地的最低窪地區(金針花園區之無名橋)處設立雨量站，利用序率降雨-逕流模式(Stochastic Rainfall-Runoff Model)來推測或預報水位，並建構渠道水位、地下水位及土壤含水的聯合觀測系統，同時結合本研究規劃之田間水量分配管理自動化構想，進而提供淹水預警、灌溉水量及土壤保水(補水)等資訊，確保目標可持續性管理。
3. 目前已進行藍莓、彩色海芋、西洋水仙試種，惟作物試種及花景布設非短期內可明確指定物種及進行景觀配置，建議相關權責單位持續執行及規劃。

參考文獻

1. 南投縣政府，民國 99 年，「易淹水地區水患治理計畫-南投縣管區域排水頭社武登地區排水系統規劃報告」。
2. 南投縣政府，民國 99 年，「南投縣頭社武登地區排水系統治理工程地基調查報告」。
3. 南投縣政府，民國 103 年，「102 國家重要濕地保育行動計畫 魚池鄉頭社盆地濕地環境營造計畫暨第一期先期規劃總結報告書」。
4. 南投縣政府，民國 104 年，「103 國家重要濕地保育行動計畫 魚池鄉頭社盆地濕地環境營造計畫暨第二期先期規劃總結報告書」。
5. 南投縣政府，民國 105 年，「104 國家重要濕地保育行動計畫 魚池鄉頭社盆地濕地環境營造計畫暨第三期先期規劃總結報告書」。
6. 內政部，民國 107 年，「頭社盆地暫定重要濕地分析報告書」。



7. 經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 110 年，「頭社盆地自然治理與管理策略研擬與規劃」。
8. 經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 111 年，「頭社盆地自然治理與管理策略之監測調查及推動」。

投稿	112.05.01
校稿	112.05.08
定稿	112.05.18