

氣候變遷與農業環境於蘭陽溪流域生態系統之衝擊與調適策略研究

詹進發 教授 國立政治大學地政學系 jfjan@nccu.edu.tw
陳宛君 教授 中國文化大學經濟系 chenwanjiun@gmail.com
廖學誠 教授 國立台灣師範大學地理系 liaw@ntnu.edu.tw

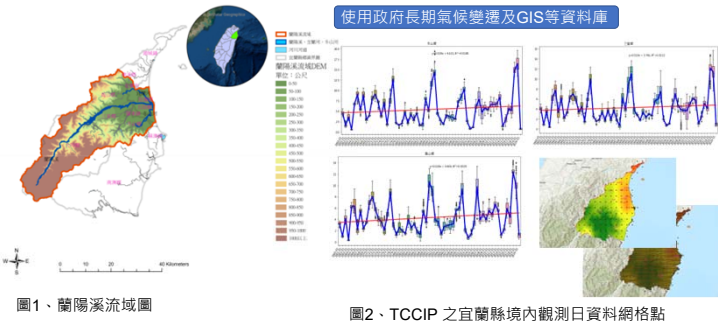
研究目標

鍾智昕 副教授 國立宜蘭大學森林暨自然資源學系 chchung@ems.niu.edu.tw

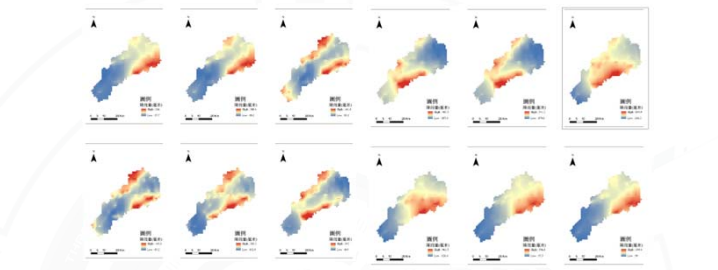
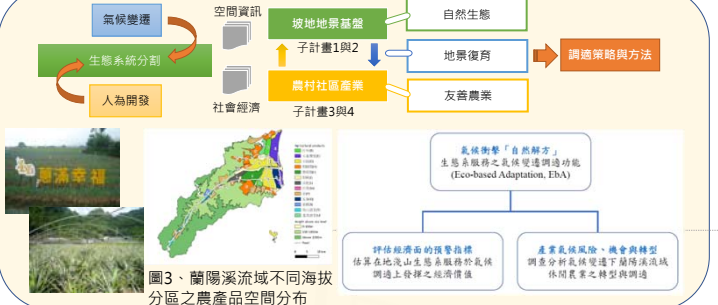
本計畫依循「氣候變遷對台灣(坡地)生態環境及社會影響之研究」總體計畫架構，以蘭陽溪流域為研究區域，藉由遙測影像、無人機影像與GIS蒐集地景基盤空間資訊。探討在氣候變遷下，坡地災害對生態系服務包括供給、調適、支持、文化等四大面向之衝擊，分析其脆弱度、韌性及災厄暴露，進行災害風險評估，研擬減緩生態系服務惡化的防災措施及調適策略，並提出氣候變遷下蘭陽溪流域淺山坡地區區域整體空間規劃，提升生態系服務的災害治理，期能提供政府相關單位在未來施政上之參考。111年度之研究目標為：經由問卷調查，了解當地居民對淺山森林生態系服務的滿意度，針對坡地森林生態系供給、調適、支持、文化等四大面向進行評估及計算，分析其對當地生態系服務之評價，建立基礎資料庫，以為未來從民眾觀點審視生態系服務是否劣化之預警基準。此外，探討蘭陽溪流域坡地災害對生態系服務之衝擊，透過降雨量趨勢分析，了解在氣候變遷下，當地年降雨量及月降雨量之變化，並據此分析流域內坡地災害對生態系服務衝擊之嚴重性。

研究區域

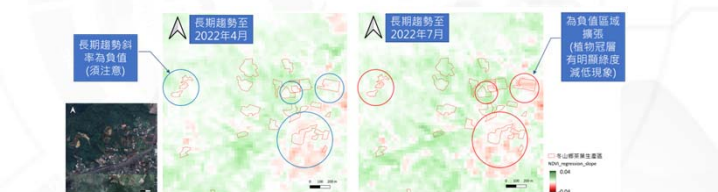
本研究選定以宜蘭縣蘭陽溪流域做為研究區域(圖1)，蘭陽溪流域涵蓋宜蘭縣大部分面積，主要河川為蘭陽溪、宜蘭河及冬山河，三者於蘭陽溪下游出海口處匯合之後再注入太平洋。蘭陽溪上游主要分布於大同鄉，下游平原區則有宜蘭市、羅東鎮、以及臨海的壯圍鄉及五結鄉，介於上下游之間的淺山地區主要為員山鄉、三星鄉及冬山鄉，因此，本研究選取上述三鄉作為研究區域。



計畫架構



由場地空間資訊，萃取出崩塌地範圍NDVI植生指標時間序列，當崩塌地災害發生，地表的植生狀態年崩態改變，會造成NDVI指標的變動，再利用BEAST的方法偵測變異點，建構蘭陽溪流域生態系統對於崩塌災害之脆弱性地圖。



為了瞭解民眾對蘭陽溪流域淺山森林生態系服務之評價，本研究採用問卷調查方式，針對三星、員山及冬山鄉當地居民進行問卷，有效問卷433份。

表1、受訪者對森林生態系服務之滿意度

森林生態系服務滿意度問項	三星鄉	員山鄉	冬山鄉	全部平均
1. 可以提供水資源	4.52	4.43	4.23	4.35
2. 可以提供食物	4.27	4.12	3.80	3.99
3. 可以提供木材或燃料	3.92	4.00	3.37	3.67
4. 可以提供天然化合物及藥材	4.07	4.07	3.42	3.75
5. 可以淨化水質及調節流量	4.49	4.47	4.22	4.35
6. 可以調節氣候與空氣品質	4.57	4.56	4.29	4.43
7. 可以降低土壤沖蝕	4.49	4.51	4.26	4.38
8. 可以吸收二氧化碳減少溫室效應	4.47	4.57	4.41	4.47
9. 可以提供休閒遊憩健康	4.46	4.40	4.15	4.29
10. 可以提供美學價值	4.40	4.22	4.00	4.15
11. 可以提供環境教育	4.49	4.48	4.17	4.33
12. 可以提供心靈與精神價值	4.42	4.46	4.00	4.22
13. 可以支持水文循環	4.51	4.47	4.19	4.34
14. 可以支持營養物質循環	4.43	4.52	4.10	4.29
15. 可以支持物種棲息地	4.52	4.60	4.29	4.43
16. 可以支持生物多樣性	4.46	4.61	4.27	4.41
平均	4.41	4.41	4.07	4.24

在供給服務方面

不同的教育程度對供給服務的滿意度呈現出非常顯著差異(p=0.008)，經事後檢定多重比較Scheffe法進行判定後得知，研究所教育程度的受訪者，顯著地比其他教育程度的受訪者較不滿意當地附近森林生態系的供給服務功能。

在調節服務方面

不同的性別對調節服務的滿意度呈現出顯著差異(p=0.015)，女性的受訪者顯著地比男性的受訪者更加滿意森林生態系的調節服務功能，隨著居住時間的增長，其滿意度有逐漸降低之趨勢。

在文化服務方面

不同的家戶所得對文化服務的看法呈現出顯著差異(p=0.031)，主要是家戶所得100萬元以上的受訪者，最滿意森林生態系的文化服務功能。

在支持服務方面

不同的年齡層對支持服務的看法呈現出非常顯著差異(p=0.001)，青少年(18-30歲)及青壯年(31-45歲)的受訪者，顯著地比中老年人(60歲以上)的受訪者，更加滿意森林生態系的支持服務功能。

受訪者對森林生態系服務之滿意度，平均值最高的前四個問項，分別為「可以吸收二氧化碳減少溫室效應」(4.47)、「可以調節氣候與空氣品質」(4.43)、「可以支持物種棲息地」(4.43)、「可以支持生物多樣性」(4.41)。前兩個問項屬於生態系調節服務，後兩個問項則屬於生態系支持服務部分，均與民眾生活息息相關。

本研究進行兩項社會經濟層面的調查和研究，以氣候衝擊「自然解方」為研究的分析主軸，依據流域範圍內生態系服務之氣候變遷調適功能(Eco-based Adaptation, EbA)，分析流域範圍內生態系服務在氣候變遷調適上的經濟價值以及氣候變遷下流域內之產業氣候風險與機會。本年度進行兩項社會經濟層面的調查和研究：

- (1) 評估在地生態系服務於氣候調適上發揮之經濟價值，以為氣候變遷衝擊經濟面預警指標，如果淺山森林生態系未能有效保護，集水區內的相關淺山森林生態系服務將會消失，也會失去相關經濟效益。
- (2) 探討氣候變遷下蘭陽溪流域休閒農業之轉型與調適，據以釐清氣候變遷下流域內之產業氣候風險與機會。研究期間，在蘭陽溪流域範圍內，當地主要車站、農會、市場隨機抽樣訪問流域範圍內的居民，一共採訪423名居民，蒐集到419個有效的完整樣本。

區域/類別	項目	說明
區域氣候變遷評估(Regional Climate Change Assessment)	1. 氣候變遷評估	2. 區域氣候變遷評估報告
	3. 區域氣候變遷評估報告	4. 區域氣候變遷評估報告
	5. 區域氣候變遷評估報告	6. 區域氣候變遷評估報告
	7. 區域氣候變遷評估報告	8. 區域氣候變遷評估報告
	9. 區域氣候變遷評估報告	10. 區域氣候變遷評估報告
	11. 區域氣候變遷評估報告	12. 區域氣候變遷評估報告
	13. 區域氣候變遷評估報告	14. 區域氣候變遷評估報告
	15. 區域氣候變遷評估報告	16. 區域氣候變遷評估報告
	17. 區域氣候變遷評估報告	18. 區域氣候變遷評估報告
	19. 區域氣候變遷評估報告	20. 區域氣候變遷評估報告
政府支持服務(Government Support Services)	1. 政府支持服務	2. 政府支持服務
	3. 政府支持服務	4. 政府支持服務
	5. 政府支持服務	6. 政府支持服務
	7. 政府支持服務	8. 政府支持服務
	9. 政府支持服務	10. 政府支持服務
	11. 政府支持服務	12. 政府支持服務
	13. 政府支持服務	14. 政府支持服務
	15. 政府支持服務	16. 政府支持服務
	17. 政府支持服務	18. 政府支持服務
	19. 政府支持服務	20. 政府支持服務
農戶調查問卷(Survey Questionnaire)	1. 農戶調查問卷	2. 農戶調查問卷
	3. 農戶調查問卷	4. 農戶調查問卷
	5. 農戶調查問卷	6. 農戶調查問卷
	7. 農戶調查問卷	8. 農戶調查問卷
	9. 農戶調查問卷	10. 農戶調查問卷
	11. 農戶調查問卷	12. 農戶調查問卷
	13. 農戶調查問卷	14. 農戶調查問卷
	15. 農戶調查問卷	16. 農戶調查問卷
	17. 農戶調查問卷	18. 農戶調查問卷
	19. 農戶調查問卷	20. 農戶調查問卷

產業氣候風險、機會與轉型

本研究採三階段分析方法(Iglesias et al., 2012)，以宜蘭在地現場田野實查來了解在地休閒農業區的運作以及休閒農業經營現況，前人研究文獻回顧，設計此結構性的問卷，並建立結構性問卷 google 表單。

本研究在農業生產與生態旅遊產業系統接軌之因應策略方面，提出以下幾項具體建議以因應氣候變遷：

1. 流域小範圍內坡度驟降3000公尺，在極度水土脆弱地區，水土保持及河川整治排水措施良善是基本民生和財產重要的保障。
2. 在地降雨日數多因此也有日照不足問題，休閒農業相關調適良好，此因子不再是相關產業重要限制因素。
3. 蘭陽溪流域水資源豐富，鮮少有水資源短缺性問題，但是，近年降雨以及颱風較少，部分農民有感受到缺水的問題，氣候變遷不會改變原本相對較為豐沛的用水，在相對少發生的缺水問題，還不會有成為未來產業調適的產業考量因素，值得關注。
4. 栽種期調整，政府輔導蘭陽溪流域二期耕作休耕，一期耕作可以較過往延後栽種，是增加栽種作物日數的策略。
5. 農業休閒化方向發展增加氣候韌性，農場種植於農業，藉著休閒體驗、旅遊食宿方面發展，可以增加穩定收入，農家在栽種方面氣候的調適也跟著提高了，追求在地特色化、精緻化、政府輔導以及法令的提昇，會是未來產業發展之關鍵。
6. 溫室栽種在蘭陽溪流域地區會是一項高成本投資，僅適用於高經濟價值之精密農業，完全無法應用到戶外大面積栽種上，颱風侵襲當其衝，位處在強風區，需增加強度以防風，增加排水以防淹泡，溫室於日照溫度提高的高溫環境需要增加溫室和溫室會提高能源支出，溫室對環境與自然條件，精緻的仿自然科技也需要充分的利用，蟲媒授粉難度也要克服。
7. 因為集水區水土脆弱，基本上，受訪者一致認為農業並不適合往高山地區發展。
8. 讓淺山農業休閒化，並讓休閒活動結合農業生產、農產加工銷售、有機栽種、生態旅遊。

支付意願以及願付價值估計 E(WTP) = -1/λ

於問卷調查中，依抽樣順序依次隨機詢問受訪者是否願意支付以下金額：300、400、500、600、800、1000、1200、1500、2000以及3000元台幣，因為受訪者為隨機抽取，因此提供的支付金額具有隨機性。BID變數的估計參數估計值為負值，且具顯著性。估計平均每人願意支付的經濟價值為793.65元(台幣)

表2、Logit 模型估計結果

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-4.72926	1.06996	-4.42377	0.00000
BID	-0.00126	0.00018	-6.98477	0.00000
LIVING IMPACT	0.49909	0.18181	2.73018	0.00630
AGET10NO	0.60834	0.23338	2.59805	0.00940
EDU_YR	0.16828	0.08621	1.94224	0.05020
OCCU HOUSEWFE	0.99825	0.44229	2.25698	0.02400
INCOME_10T	0.01449	0.00291	4.98437	0.00000
McFadden R-squared	0.226228			0.48626
S.E. of dependent var	0.500462			0.427468
Akaike info criterion	1.106876			75.29058
Schwarz criterion	1.174437			224.912