農地脆弱度評估及應用之研究

李承嘉[1] 詹士樑[1,2,4] 黃國慶[3] 戴政新[1] 吳貞儀[1]

摘要

糧食安全考量是氣候變遷的重要議題之一，維護一定品質與數量的農地資源，促進農地資源有效利用，為確保糧食自給能力的重要前提。許多重視農業的先進國家，嘗試透過不同規劃程序與新的策略，以達到氣候變遷之調適目標。因此如何透過脆弱度評估，瞭解農地資源受氣候變遷衝擊的程度，便成為研擬農地調適策略的重要工作。本研究以 IPCC 定義之脆弱度架構為基礎，區分暴露、敏感與調適三個面向，建立指標系統，並以雲嘉南地區既有農地資源為實作地區，進行農地脆弱度評估之操作與測試，並進一步配合 AFP 程序，應用於雲林縣農地調適策略規劃，期能掌握影響農地脆弱度的關鍵因素，提供未來政府與相關研究團隊之參考。

關鍵詞：氣候變遷、農地、脆弱度、調適策略。

前言

全球氣候變遷的現象主要包括氣溫上升、降雨改變、海平面上升及冰雪覆蓋量減少、以及極端氣候事件的發生等。IPCC 第四版氣候變遷評估報告 (IPCC, AR4, 2007) 指出在全球環境變遷衝擊下，未來亞洲農業生產力將降低，部分區域將發生水資源短缺問題，其中更以島嶼國家受到氣候變化影響最嚴重。台灣位處亞熱帶海島型氣候，對於氣候變化所造成的影響非常敏感且脆弱，例如海平面上升對海岸區的衝擊、降雨改變衝擊水資源供需問題、溫室氣體濃度上升與氣溫上升對農業生產的影響、極端氣候所加劇的自然災害問題等。氣候變遷對各種領域產生重大的衝擊，其中糧食安全亦為氣候變遷重點議題之一。歐盟為了因應氣候變遷對歐洲農業衝擊，除了提出作物生產與農業系統調整外，更進一步提出結合農業多功能性的農地利用模式，藉此平衡不同歐洲地區的環境、社會與經濟功能 (Olesen and Bindi, 2002)。在這樣的背景下，如何維護一定品質與數量的農地資源，以確保國內潛在糧食自給能力，已成為國家層級的戰略課題。

1 國立台北大學不動產與城鄉環境學系。
2 國家災害防救科技中心體系組召集人。
3 國立台北大學都市計畫研究所。
4 通訊作者 電子信箱：slchan@mail.ntpu.edu.tw；電話：02-86741111#67307。

面對氣候變遷衝擊的因應做法主要集中在兩個面向，包括減量 (mitigation) 與調適 (adaptation)，其中調適部分則在於減低對於氣候變遷衝擊的脆弱度，並透過事先預測與防範機制將災害降至最低。許多重視農業發展的先進國家，也逐漸嘗試透過不同的規劃程序、新的策略模式等，來促進農地資源的有效利用。這些規劃程序中，以聯合國開發總署 (United Nations Development Programme, UNDP) 與全球環境機構 (Global Environment Facility, GEF) 在 2004 年所提出之「氣候變遷調適政策綱領」(Adaptation Policy Frameworks for Climate Change，APF) 最為廣泛地被應用於各種領域的操作中，並成為目前氣候變遷調適相關規劃的主要參考與準則規範。APF 被視為建構氣候變遷調適策略的指南，不僅可協助使用者瞭解執行調適計畫可能的選項及可採取的技術與資源外，也可以協助決策者將氣候變遷調適程序納入地區、部門與國家發展決策之中 (Lim et al., 2004；蕭代基等人，2008)。APF 執行過程包括「調適計畫範圍界定與設計」、「目前脆弱度評估」、「未來氣候風險評估」、「調適策略建構」，以及「調適過程的持續」等五個基本要素。其中，「目前脆弱度評估」與「未來氣候風險評估」係針對該地區目前與未來的脆弱度與風險趨勢進行探討，顯見脆弱度評估對氣候變遷調適策略與規劃具有重大的意義與研究的必要性。因此如何透過脆弱度評估，瞭解農地資源受氣候變遷衝擊的程度，便成為研擬農地之調適策略的重要工作。

過去農業部門在脆弱度與風險評估的研究中，主要著重在於農業生產與技術部門的探討 (Berry 等人(2006)、Hewitt 等人(2008)、Gbetibouo and Ringler (2009)、Aschonitis 等人(2012))，甚少從空間規劃的角度來分析農地資源的脆弱度與風險。另一方面，近年來農地多功能思維逐漸提升，農地資源的功能，除了傳統農業生產功能外，社會經濟與環境生態等多面向的功能對整體環境具有重要的影響 (李承嘉、詹士樑，2011；王俊豪，2011)。因此本研究嘗試整合農地多功能思維與 IPCC 的基本架構，研擬農地資源脆弱度評估方法，並以雲嘉南地區作為實作地區進行操作，進而提出農地利用調適策略加以因應，以妥善維護農地資源，作為後續研究與規劃之參考。

研究設計與資料

脆弱度 (Vulnerability) 一詞源於國外探討環境遭天然災害衝擊，其衝擊所影響之程度，目前已廣泛地被應用於天然災害與氣候變遷的研究議題。一般來說，脆弱度的定義多採用 UNEP (2001) 與 IPCC (2001) 所定義的內涵。UNEP (2001) 認為脆弱度為遭受潛在破壞的損失程度，是一種當環境、社會、經濟與政治等層面暴露於有害情勢下，維護人類福祉之手段；IPCC (2001) 則定義脆弱度為社會或自然系統遭受氣候災害時，維持系統穩定的難易程度，其中每個系統的敏感程度不同，故承受氣候變遷的能力以及無法承受時所產生的負面影響均不相同。該兩者定義之脆弱度的主要差異在於討論的暴露對象不同，UNEP 的討論著重於人類福祉暴露於災害的情況，IPCC 則是聚

焦於討論社會系統與自然系統暴露於災害下的影響。整體來說，脆弱度為衝擊與調適力之組合，其中衝擊源自於敏感度與暴露，調適行為透過調整敏感度或是暴露，尋求減緩氣候災害衝擊，同時積極提高調適能力以改善脆弱度。

前述說明可知農地脆弱度評估需要考慮不同面向、不同尺度空間以及不同的情境風險。因此本研究嘗試透過不同情境的模擬，從而分析在不同情境下，農地脆弱度的分布狀況。以下分別說明農地脆弱度評估架構、農地脆弱度指標系統以及資料說明與彙整等。

(一)研究設計

本文採用 IPCC (2007) 所提出之脆弱度定義，將脆弱度區分為暴露 (Exposure)、敏感(Sensitivity) 與調適 (Adaptation) 三個面向，並採用 Rannow 等人 (2010) 所提出之脆弱度分析架構。該模式係包括資料輸入 (input data)、重分類 (classification)、指標分數 (indicator)、規則組合 (assessment matrix) 以及脆弱度等級 (index) 等五個過程。本文以其為基礎，透過不同氣候情境進行模擬。在分析的單元上，本研究係以完整的農地坵塊作為分析單元，透過疊圖或資料彙整方式將各項指標內容彙整於其中。操作的程序上，則將各面向資料分別數入於農地坵塊，透過資料的重新分類，並依據其脆弱度低至高分別給予 1 至 3 分。在不同面向的組合方面，則透過規則組合法，將暴露與敏感面向重新組合成潛在衝擊的結果，最後將潛在衝擊與調適面向再度進行第二次規則組合，從而找出該情境的脆弱度模擬概況。

(二)農地脆弱度指標系統

根據文獻回顧中可以發現，農業部門的脆弱度指標與類型相當多樣。由於農業與農地並不容易直接劃分，基於資料的可收集性，指標類型複合性與農地多功能性，本研究將雲嘉南地區農地脆弱度指標系統定義如表 2 所示。由表中可以知道這些指標分為三個層次，最細項的為指標細項，其次為指標群，最後為指標面。指標面向包括暴露、敏感與調適三方面；指標群則包括氣候預測 (EP)、災害潛勢 (EC)、海平面上升 (ES)、土壤 (S01)、水 (S02)、區塊(S03)、敏感地區 (S04)、農戶特性 (A01)、農業組織 (A02)、社經特性 (A03) 等十個項目，其中暴露面向的三個指標群分別代表不同氣候情境。

在脆弱度指標給分方面，由於各項指標的衡量模式不同，為簡化分析的困難度，本研究透過排序後，依其強弱給予相對性的評分。亦即，透過該項程序後，所有的評分結果僅是代表雲嘉南地區不同農地之相對分數，而非絕對性的量化指標。其中，每項指標的脆弱度分數越高，代表該指標的脆弱度越高，例如，分數為 1 表示脆弱度低，分數為 3 表示脆弱度高。為使操作具有一致性，本研究採用 Arcgis 分組功能 (Quantile) 進行分類，將指標分為三個等級。若為判別指標，如敏感地區中是否位於敏感地區，則將位於敏感地區給予分數 3 分，反之則 1 分。不同指標細項乃至指標群與指標面的

整合方面，由於各項指標的權重不易衡量，本研究目前係以平均數進行彙整，並透過排序後重新給分。

表 1. 脆弱度指標評估給分標準與代號說明

	指標群	指標細項	尺度	代碼	給分標準
暴露(E)	氣候預測	溫度對作物之衝擊	5x5km^2	EP	透過影響作物生長期的狀況給予分數 1-3 分
	災害潛勢(EC)	災害潛勢	農地區塊	EC	根據災害潛勢等級給予分數 1-3 分
	海平面上升(ES)	海平面上升(2m)	農地區塊	ES	是否受到衝擊給予分數(1/3)
敏感(S)	土壤(S01)	內部排水性	農地區塊	S01-1	依據 TALIS 分數進行排序後分組給予分數 1-3
		有效深度	農地區塊	S01-2	依據 TALIS 分數進行排序後分組給予分數 1-3
		酸鹼值	農地區塊	S01-3	依據 TALIS 分數進行排序後分組給予分數 1-3
		沖蝕指數 k	農地區塊	S01-4	依據 TALIS 分數進行排序後分組給予分數 1-3
	水(S02)	離灌排渠道距離	農地區塊	S02-1	排序後，分為三等分，並給予分數 1-3
		灌溉面積比	村里	S02-2	排序後，分為三等分，並給予分數 1-3
	區塊(S03)	農地區塊	農地區塊	S03-1	排序後，分為三等分，並給予分數 1-3
		農戶耕地規模	村里	S03-2	排序後，分為三等分，並給予分數 1-3
	敏感區 S04	生態保育地區	農地區塊	S04-1	是否位於生態保育地區給予分數 1/3 分
調適(A)	農戶特性(A01)	農戶比	村里	A01-1	排序後，分為三等分，並給予分數 1-3
		耕作指揮者年齡	村里	A01-2	排序後，分為三等分，並給予分數 1-3
		主要教育程度	村里	A01-3	排序後，分為三等分，並給予分數 1-3
		平均農戶農業收入	村里	A01-4	排序後，分為三等分，並給予分數 1-3
	農業組織(A02)	農會參與 I (會員數/農牧人數)	鄉鎮	A02-1	排序後，分為三等分，並給予分數 1-3
		農會參與 II (產銷班數)	鄉鎮	A02-2	排序後，分為三等分，並給予分數 1-3
		農會參與 III (參加講(研)習人數/農牧人數)	鄉鎮	A02-1	排序後，分為三等分，並給予分數 1-3
		農會參與 IV (農會收支比)	鄉鎮	A02-2	排序後，分為三等分，並給予分數 1-3
		農村再生參與	鄉鎮	A02-3	是否參加農村再生給予分數(1/3)
	社經特性(A03)	扶養比	村里	A03-1	排序後，分為三等分，並給予分數 1-3
		老化指數	村里	A03-2	排序後，分為三等分，並給予分數 1-3

(三)資料說明與彙整模式

由農地脆弱度指標系統表可知該項指標系統包括了不同尺度與不同類型的資料項目。在資料來源方面，暴露面向資料包括 TCCIP 所提供之氣候模擬資料(5km x 5km)，用以分析溫度與降雨對作物生長的衝擊。災害潛勢資料則為營建署市鄉局在 2006 年與 2007 年之「國土規劃前置作業辦理計畫－子計畫 10 國土保育地區防災空間規劃策略之整合型規劃」(第一期、第二期) 計畫之研究成果。海平面上升則是以陳吉宏等 (2001)「氣候變遷海平面上升對我們之衝擊評估與適應策略」一文所提出海平面上升影響範圍之計算方法，從而計算雲嘉南地區在海平面上升 2 m 的影響範圍。敏感面向資料則係來自 TALIS 與農地資源空間配置相關計畫成果。調適面資料則依據縣市統計要覽、農業普查、各級農會年報與社會經濟資料庫共同平台等官方統計資訊。這些資料包括了不同空間尺度的資料，如村里與鄉鎮單元的空間資料、氣候模擬的網格資料以及生態保育地區的多邊形資料等。事實上本文係以探討農地為出發點，故最為基礎的分析單元係為農地區塊。若要整合不同空間尺度資料，甚至進行組合分析，需具有一個標準的套疊模式。本研究採用的方法係重心落點法，亦即當區塊 A 的重心位於該村里單元 B 時，表示該區塊 A 所對應的地區為村里 B。透過這樣的結構來進行資料的整合，其疊合概念如圖 1 所示。其中，本方法的操作會使得後續相關面積計算的結果並非與實際真實結果一致，故僅可認為該面積為近似面積或相對面積的概念。

本研究的評估架構與程序如圖 2 所示，基本上係依循 IPCC 的整體架構與程序。其中，潛在衝擊包括暴露面向、敏感面向的評估內容，最後透過潛在衝擊與調適能力的組合與運算，可計算出脆弱度的分布概況。以下說明整體的操作結果；

在潛在衝擊方面，包括暴露面向以及敏感面向兩種操作。暴露面向方面，本文分別處理氣候預測、災害潛勢與海平面上升等三種情境的分析。「情境一：氣候預測」係考慮溫度對稻米生產的影響程度[1]。由於稻作生長週期在不同月份具有不同的溫度考量，本文假設該農地單元溫度若低於最低溫或高於最高溫度者，視為受到氣候變遷影響，反之則否[2]。接著，將 TCCIP 所提供之不同氣候情境 SRES-A1B、SRES-A2、SRES-B2 等的模擬結果分別進行評分與比較後，最後選擇 SRES-A2 為模擬情境的代表，並與農地進行套疊，彙整出氣候預測情境成果如圖 3(1)。「情境二: 災害潛勢」係考慮國土保育地區之一級災害潛勢地區以及二級災害潛勢地區。這些分布說明了該地區面臨的災害潛勢與威脅程度。透過與農地範圍的套疊，結果如圖 3 (2)。「情境三：海平面上升情境」係透過陳吉宏等 (2001) 「氣候變遷海平面上升對我們之衝擊評估與適應策略」

[1] TCCIP 氣候預測資料包括溫度與雨量，由於雨量無法取得稻作栽種過程所需降水量之標準，故在本研究省略不計。

[2] 稻作生長周期與最適溫度對照表係參考章珮茹 (2008) 之設定。

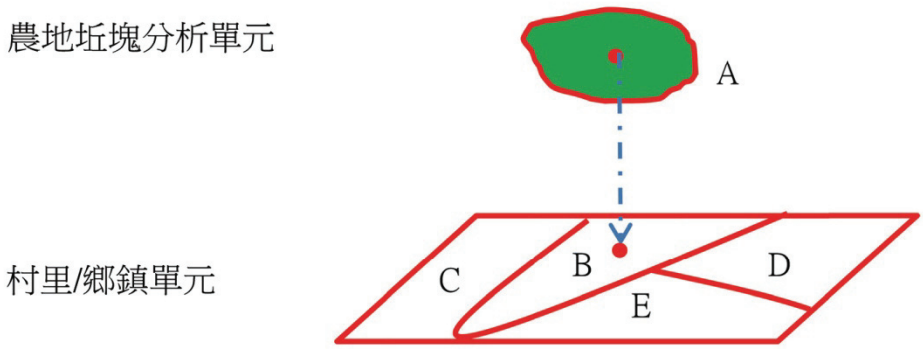


圖 1. 不同空間尺度資料彙整概念示意

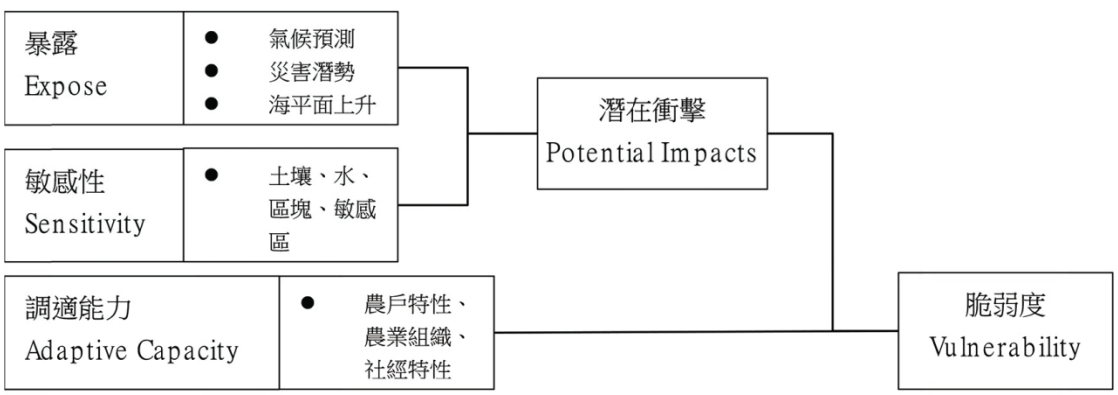
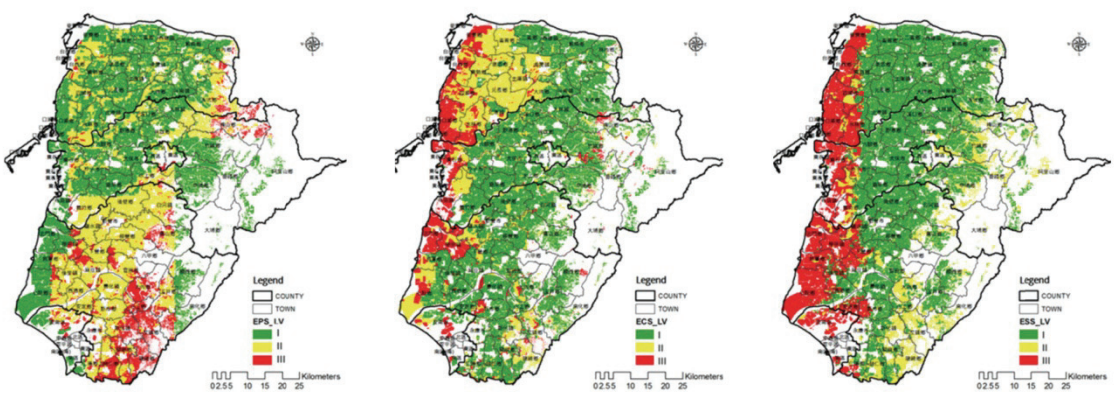


圖 2. 農地脆弱度評估架構與程序



（1）情境一：氣候模擬　（2）情境二：災害潛勢　（3）情境三：海平面上升

圖 3. 三種氣候情境下之潛在衝擊面向的農地脆弱度分布

一文所提出海平面上升影響範圍之計算方法，從而計算雲嘉南地區在不同的情境下海平面上升的影響範圍。將結果與農地套疊後，最後其情境結果如圖 3 (3) 所示。敏感面向則包括四個指標群 (土壤、水、區塊以及敏感地區) 以及九個細項指標。土壤群指標對農地或其作物生產都具有顯著的影響性。由於農地因應不同季節，種植的作物有所不同，故造成對其各項細項指標的需求模式也有所不同。本文簡化這些評估的過程，係以一般概念上的認知以及統計分布的模式進行處理。水指標群方面，由於雲嘉南地區對於水資源管理相當重視，因此將重點放在考慮農作與灌溉之間的相關性。區塊群方面，主要是說明每塊農地的特質與規模。敏感地區方面則考慮生態資源保育地區的座位與否，對環境保育具有重大意義。透過整體資料運算與彙整後，可計算出農地之敏感面向的脆弱分布。最後，將暴露面向之三種情境與敏感面向進行彙整，可整理出農地脆弱度在潛在衝擊面向的結果，整理如圖 3。模擬結果來看，氣候預測的主要影響的地區為台南的平原地區、雲林古坑、嘉義梅山與台南東南坡地地區；災害潛勢則衝擊了雲嘉南沿海地帶以及雲林縣西半部，其中雲林縣的這些地區為重要的生產地區；海平面上升會造成最大範圍的衝擊，但是不會影響到原來的主要生產重地。

在調適面的分析上，主要內容係以村里的分布結構為重點。調適面指標群包括三個指標群，包括農戶特性、農業組織以及社經特性。這三項特性主要是分別說明個體農戶的脆弱特性、農戶與農戶之間的互動結構以及農業村里的社會經濟負擔等三種特質。整合上述指標可得調適面向的農地脆弱度概況 (圖 4)，結果顯示主要脆弱地區位於雲嘉南地區之沿海地區以及縣市交界處，包括了雲林縣的台西、東勢、元長、四湖、北港、水林、口湖，嘉義縣的六腳鄉、東石鄉、簿子鄉、鹿草鄉、布袋鎮，台南市的白河、後壁、東山、柳營、六甲、大內、官田、山上、左鎮、玉井、龍崎、新化、北門、將軍、佳里、西港、七股等地區。

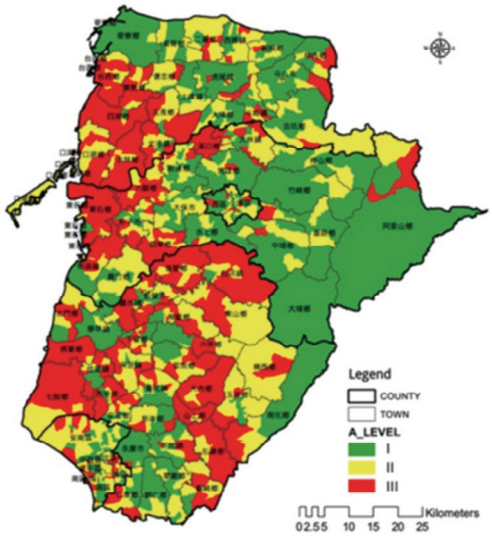


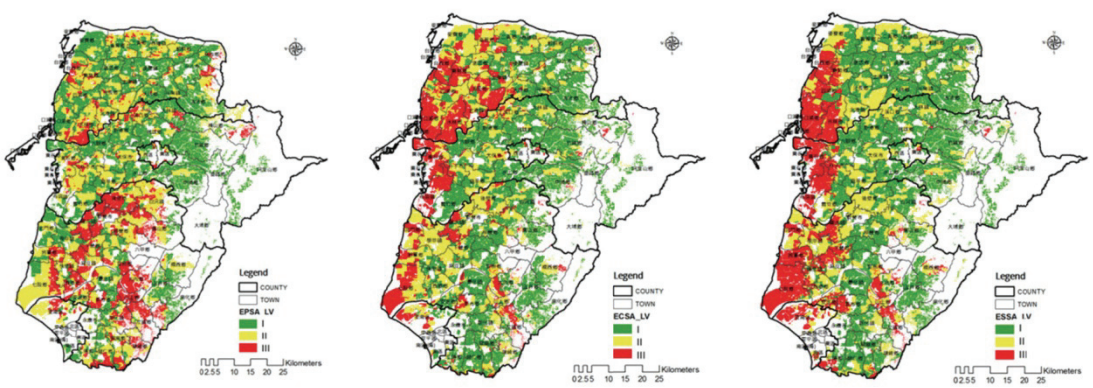
圖 4. 農地脆弱度調適面向之分布

根據前面的說明，本文進一步將潛在衝擊的情境結果與調適面向的成果進行組合，整理結果如圖 5 之 (1) (2) (3) 所示。情境一 (氣候模擬) 的分析結果如圖 5 (1) 所示。其中，台南市屬於脆弱度高的農地最多，計有 43,851.41 公頃，其次則為雲林縣的 9,058.86 公頃以及嘉義縣的 5,481.35

公頃，整體來說，脆弱度高的農地占總農地面積的 18.90%，其中台南市原來的農業生產地區已成為脆弱度高的地區。另外值得注意的是雲林與嘉義在脆弱度低的農地，具有明顯的連續性，越往西部沿海則脆弱度等級會逐漸上升。在情境二 (災害潛勢) 的模擬結果來看，雲嘉南地區脆弱度高的農地計有 61,721.37 公頃，占總農地面積的 19.98%，其比例略高於類型一。這些農地的區位主要在西部沿海地區，其中以嘉義的東石鄉與布袋鎮，雲林縣的口湖鄉、水林鄉、北港鎮、元長鄉、東勢鄉、台西鄉與四湖鄉最為顯著。兩縣之高脆弱度農地面積也相當接近。值得注意的是在這樣情境下脆弱度低的農地有 151,099.93 公頃，其中台南市高達 60,572.29 公頃，為境內最高。表示在考慮災害潛勢的情況下，台南市的農地相對優勢更高。在情境三 (海平面上升) 的模擬結果中，脆弱度高的農地面積最高，高達 21.76%，計有 67,238.40 公頃。其中以沿海地區受到衝擊的範圍最大。相對於情境二來說，雲林縣受到影響的區域面積減少且更為集中，嘉義縣則無明顯差異，台南縣則呈現大規模的衝擊。而其中值得特別注意的是在這個情境下，三個縣市脆弱度低的農地面積都在五萬公頃上下，顯示了雲嘉南地區農地仍具有一定的生產能力。

農地調適應用

依據以上的脆弱度評估，本計畫參考 APF 程序 (如圖 6) 於 2013 年 7 月至 11 月期間於雲林縣進行實三個縣市在脆弱度低的農地面積都在五萬公頃上下，顯示了雲嘉南地區的農地仍具有一定的生產能力。作，藉此研擬雲林縣農地調適策略，提供雲林縣政府推動氣候變遷農地調適之參考，同時也期望藉此實作及後續檢討，提供作為調整與修正農地調適規劃與操作內容之參考。



（1）情境一：氣候模擬　　情境二：災害潛勢　　（3）情境三：海平面上升

圖 5. 三種氣候情境下之農地脆弱度分布

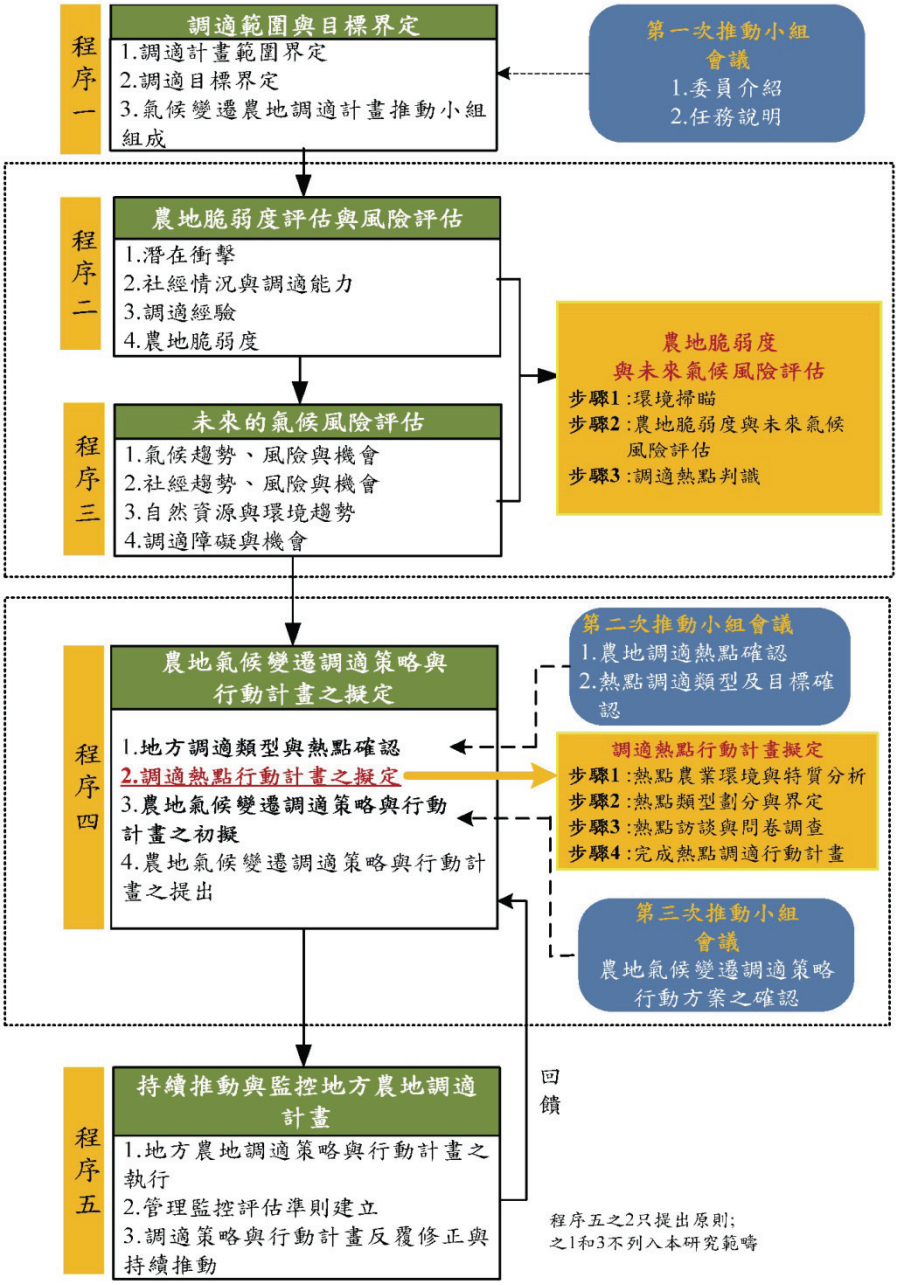


圖 6. 農地調適規劃程序

本計畫將前述農地脆弱度評估應用於圖 6 之程序二與程序三進行「農地脆弱度與未來氣候風險評估」，包括 1.環境掃瞄；2.農地脆弱度與未來氣候風險評估；3.調適熱點判釋等操作步驟。環境掃瞄包括農業自然與社會經濟環境、氣候變遷與影響，以及農業相關政策與計畫分析等內容；農地脆弱度與未來氣候風險評估包括評估農地氣候

變遷暴露 (Exposure) 程度、評估氣候變遷衝擊的敏感性 (Sensitivity)、氣候變遷的潛在衝擊 (Potential impact) 分析、調適能力 (Adaptive capacity) 評估、脆弱度 (Vulnerability) 評估分析、未來氣候風險評估分析等內容；調適熱點判釋係考量該地區的發展是否符合過去相關計畫的政策設定或預期目標、與地方認知的衝突以及特定計畫的需求衝突等面向，並經氣候變遷農地調適計畫推動小組討論確認後，提出調適熱點地區之清單。

結論

本研究透過雲嘉南地區的實例操作，從而探討農地脆弱度評估的分析程序與應用模式，並從其中得到幾項結論。首先，在農地脆弱度評估指標的選擇上，過去大多研究是以大規模大尺度的方式來探討農業方面的脆弱度，對於農地方面的探討則相當稀少，也因此提高了指標篩選的困難度。這些指標多來自於農業相關政策與脆弱度研究，由於尺度以及目的性的不同，有些指標群無法直接採用在農地脆弱度評估上。在選擇的過程中，許多具代表性的農地脆弱度評估指標無法具體實現在本研究中，如旱災的相關資料、其他代表作物的生長模式等等，因此未來在農地脆弱度的探討上，仍須憑藉著相關資料庫建置的完整性方能進行更好的處理。

其次，在農地脆弱度評估方法上，本計畫受限於資料格式的特性，暴露面、敏感面之指標係以農地區塊為分析主體，調適面則是以村里單元為分析主體。這樣的結果造成疊圖邏輯的困擾，主要原因來自於農地區塊不盡然完全砌合於村里單元或其他相關的空間圖資。因此本研究利用重心法來處理這方面的影響，但這樣的過程會造成資料上一定程度生態謬誤之誤差。另外，由於脆弱度指標評分不易，故本研究採用相對指標的衡量模式來對各項指標進行評分，增加了指標評分的一致性。整體而言，本研究的分析單元包括兩個主要的主體，一為農地區塊，另一為村里 (鄉鎮) 單元。在衝擊面主要是利用農地區塊作分析的基礎單元；在調適面則是村里等行政單元。本計畫採用規則組合法進行兩種面向的整合，透過這樣的組合規則，將有助於建立農地區塊的脆弱度評估結果。

最後，雲嘉南地區農地脆弱度評估的成果方面，可分為潛在衝擊與調適面向兩方面來說明。本研究將衝擊面分為暴露與敏感兩種類項，並以農地區塊為分析單元進行脆弱度評估過程。從衝擊面的總體評估結果來看，雲嘉南地區的農地一般來說具有相當好的生產功能，尤其是位於雲林、嘉義與台南北部平原地區的農地，而受到衝擊的地區為雲嘉南地區的東西兩側。進一步從不同面向的衝擊結果也可以呈現這樣的特性。暴露面包括氣候預測、災害潛勢與海平面上升等三種情境。在暴露面的模擬結果來看，氣候預測的主要影響的地區為台南的平原地區、雲林古坑、嘉義梅山與台南東

南坡地地區；災害潛勢地區影響了雲嘉南沿海地帶以及雲林縣西半部，其中雲林縣的這些農地為重要的生產地區；海平面上升會造成最大範圍的衝擊，但是不會影響到原來的主要生產重地。在敏感面向之脆弱度評估結果方面，雲嘉南地區主要的脆弱地區位於雲林與台南沿海地區以及台南的東南坡地地區。在調適面向方面，本研究以村里單元作為主要的分析單元。雲嘉南地區在調適面向脆弱度評估結果中，空間型態的分布上雲林與嘉義較為相似，台南則為獨立的特質個體。在各項細項指標的評估結果也大致呈現這樣的特徵性。整體來看雲嘉南地區之農地脆弱度等級分布，不論在何種情境下，雲嘉南地區的沿海地帶都為主要的高脆弱地區，其次為雲林縣西半部地區，再其次則為台南市中心到東南地區的鄉鎮地帶

參考文獻

王俊豪、方珍玲、陳美芬，2012。農地多功能利用指標系統之建構，臺灣土地研究，第 15 卷第一期，第 31-71 頁。

台灣氣候變遷推估與資訊平台計畫網站，2011。http://tccip.ncdr.nat.gov.tw/NCDR/main/about.aspx。

李承嘉、詹士樑，2011。「氣候變遷影響下農地資源合理利用與儲備機制之研究」，行政院農業委員會委託。

章佩如，2008。「氣候變遷對農地影響之研究—以稻作適宜性為例」，臺北大學不動產與城鄉環境學系碩士論文。

陳吉宏、曠永銓、蘇國旭，2001。「氣候變遷海平面上升對我國之衝擊評估與適應策略」，台北：環保署委託研究。

蕭代基、王京明、張瓊婷、楊智凱與黃德秀，2008。氣候變遷調適政策藍圖之研議－台灣氣候變遷調適政策綱要架構，6-7，台北：財團法人中技社。

Aschonitis, V.G., Mastrocicco, M., Colombani, N., Salemi E., Kazakis, N., Voudouris, K., and Castaldelli, G. 2012. Assessment of the intrinsic vulnerability of agricultural land to water and nitrogen losses, via deterministic approach and regression analysis. Water Air Soil Poll. 223: 1605-1614.

Berry, P.M., Rounsevell, M.D.A. , Harrison, P.A. and Audsley. E. 2006. Assessing the vulnerability of agricultural land use and species to climate change and the role of policy in facilitating adaptation. Environmental science & policy. 9: 189-204.

Gbetibouo, G.A. and Ringler, C. 2009. Mapping South African Farming Sector Vulnerability to Climate Change and Variability: A Subnational Level Assessment, IFPRI Research Brief 15-3, Washington, DC: International Food Policy Research Institute.

Hewitt, J., Chen, K. and Hill, H. 2008. Assessment of Climate Change Impacts on Agricultural Land Use Suitability, http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CGsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww4.agr.gc.ca%2Fresources%2Fprod%2Fdoc%2Fpfra%2Fpdf%2Fassess_clim_chang_prairies_e.pdf&ei=kkcWUPbiEcvmmAWZ4oDwBQ&usg=AFQjCNFes1FUMAZ-RfYh3Fa6CPAw6Jf3pg, 2012.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. Impacts, Adaptation, and Vulnerability Climate change, 2001. Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, UK.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change, Geneva, Switzerland.

Lim, B., Spanger-Siegfried, E., Burton, I., Malone, E., Huq, S. 2004. Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies. Policies and Measures. Cambridge University Press, Cambridge.

Olesen, J. E. and Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. European Journal of Agronomy. 16: 239–262.

Rannow, S., Loibl, W., Greiving, S., Gruehn, D. and Meyer, B.C. (2010). Potential impacts of climate change in Germany—identifying regional priorities for adaptation activities in spatial planning, Landscape Urban Plan. 98:160–171.

UNDP. 2008. Adaptation to Climate Change: the New Challenge for Development in the Developing World, 6-8, New York: UNDP.

UNEP. 2002. Assessing human vulnerability due to environmental change: Concepts, issues, methods and case studies, UNEP/DEWA/ RS.03-5, United Nations Environmental Programme, Nairobi, Kenya.

A Study on the Vulnerability Assessment and Application of Agriculture Land

Chen-Jai Lee[1], Shih-Liang Chan[1,2,4], Guo-Cing Huang[3], Jheng-Sin Dai[1] and Jhen-Yi Wu[1]

Abstract

Food security is one of the concerned issues of climate change. It is fundamental for a country to maintain a certain amount of agriculture land and promote the efficiency of agriculture land utilization. There have been many innovative strategies for the adaptation of climate change in the developed countries. To achieve the goal of climate change adaptation for agriculture land, vulnerability assessment of farmland is important. Based on the framework of IPCC, the research applies the structure of exposure, sensitivity, and adaptation to build the indicators and conducts the evaluation in terms of the designated area in Yunlin, Chiayi, and Tainan County. Through the application, the key factors of the vulnerability of farmland system are identified. It can be applied as a reference of guideline for the government to formulate the feasible local adaptation actions in the future.

Keywords: Climate change, Agriculture land, Vulnerability assessment, Adaptation strategy.

1 Department of Real Estate & Built Environment, College of Public Affairs, National Taipei University.

2 Department of Real Estate & Built Environment, College of Public Affairs, National Taipei University.

3 Graduate Institute of Urban Planning in National Chung Hsing University

4 Corresponding Author, Email: slchan@mail.ntpu.edu.tw; Tel: 02-86741111#67307.