

國內坡地水土資源保育之國內外趨勢

陳銘漢⁽¹⁾ 陳建翰⁽²⁾ 黃文政⁽³⁾

前言

臺灣為板塊撞擊形成的島嶼，因此形成許多的山脈，低形高低起伏大，全島山坡地形面積約有 264 萬多公頃，佔總面積之 73.3%。由於臺灣地形陡峻，河流坡度大，加上上游集水區地質多屬沉積岩和變質岩層，岩性鬆脆，為高度風化之地質，又因雨量豐沛，造成表土沖蝕顯著，大量砂土沖入溪流，使溪流含砂量大、淤積快速，易造成坡地災害。以民國 98 年 8 月莫拉克風災為例，因颱風引進旺盛之西南氣流，在臺灣南部地區降下區域廣、強度高、時間長的降雨，造成臺灣中南部及東南部山區之土砂災害再次加劇，造成下游區水庫、河川、排水、聚落、基礎建設等的嚴重傷害，重創社會經濟、自然資源、生態環境之永續發展。

世界各國對水土保持的觀念具有不同認知與理念，並隨著社會的進步，而有不同的治理觀念，從著重於水患治理、邊坡加固等災害控制，逐漸將資源利用與水土保持理念結合，迄今，水土災害控制除了防災基礎建設，更納入監測預警系統來進行災害風險管理，尤其考量氣候變遷為近年水土保持衝擊的主要因子，包括(1)乾旱：導致植被死亡，土地龜裂，導致土壤易受風、水侵蝕，(2)暴雨：極端雨量造成坍方、淤積、土石流、洪水、植被死亡等災害，(3)暖化：導致湖泊暖化、植被等高線上移、海平面上升、海岸侵蝕。目前各國因應氣候變遷，在水土保育制定新的治理政策與創新施作工法，以期水土資源之永續利用。綜觀臺灣山坡地為重要蓄水資材，因全球氣候變遷、天災常態化導致降雨量及強度異常，更加劇水土資源永續利用的困境。因此，哪些土地利用方式與農業管理方式會增加風險，哪些會減少風險，如何順應山坡地特性、確實評估土地使用適宜性，依合理之開發限度進行開發使用，以落實山坡地水土保持監測與管理等課題，為當前尤為重要課題。

對於坡地水土利用管理，國際組織建立一個公認原則：「完善根本的土地利用規劃和土壤保護原則」，其中應特別注意預防和控制侵蝕，包括 1.保護土壤不受雨滴直接侵襲土壤表面、2.確保到達土壤表面的最大水量，皆可被土壤吸收、3.讓任何無法被吸收的水分排出的速度緩慢。

而不具有侵蝕性。對於土壤保育方式有三：

- 一、生物處理作法：使用活的或枯死的植被，以充足的數量來保護土壤表面，不受雨滴直接影響，如植物覆蓋與數蓋，以建立一個粗糙的表面可以確實阻礙逕流，並將其速度減緩至不具侵襲性。
- 二、機械保護方式：較少進行預防雨滴沖蝕的影響，而是用來減緩部分或整體雨滴的移動，以便能增加滲透率並減緩逕流速度。
- 三、物理保護方式：減少斜坡長度和改變斜坡的斜率程度(如平臺階段或等高耕

犁等可用以減少斜坡的長度)。

國外趨勢

考量國際歐美國家國土型態利用與臺灣有很大差異，因此就亞太地區(中國大陸與東南亞)近三年之水土資源利用相關議題，山坡地的研究課題方向，包括農地利用(land use)、生物多樣性(biodiversity)、土壤退化(Soil erosion; Soil degradation; Acid sulfate soils)、氣候變遷與脆弱度(Vulnerability climate change)、水土保持、滑坡、危險區劃定、土石流(debris flow)、衛星系統(GIS、Remote sensing、Real time monitoring)等。

(一) 以中國大陸為例，近三年來山坡地課題包括：

- 1、綠籬間作系統(Hedgerow intercropping systems)多年在中國大陸研究和推廣的成果顯示，等高固氮植物籬有助於土壤對水源涵養力、改善土壤肥力、提高土地生產力、生物露台形成，已被視為一種替代實施綠色政策之糧食和生態重建方式。
- 2、水體優養化為中國三峽水庫區重要環境問題，等高植物籬已被用來作為在此領域的主要水土保持措施，研究顯示其機制為降低土壤營養素流失，以減少逕流和泥沙流失量。
- 3、研究黃土高原丘陵溝壑區之坡耕地淺溝侵蝕(Shallow gully erosion)，調查淺溝形成之臨界坡度，顯示應禁止坡度大於 25 度的山坡進行種植，以防止最大侵蝕發生。
- 4、建立一山坡上果園複合壟作模式(compound ridge culture in hillside orchard)，長期觀察此模式對水土保持生態效益的影響(逕流量與土壤侵蝕量)，結果顯示複合壟作也帶來明顯的減少土壤養分流失和非點源污染。
- 5、探討中國西南邊陲山區退耕還林工程的水土流失控制程度，以芒市為例，-如何治理水土流失，改善生態環境，進而提高土地利用的可持續性。
- 6、探討人類活動在黃河之影響，包括在上部和中部流域土壤涵養水源，下游防洪和流量調節，並研究植被恢復對侵蝕產沙。(erosion-induced sediment yield)的影響，探討黃河流域治理前景

(二) 東南亞近三年之山坡地議題方向包括：

- 1、應用 WaNuLCAS 模型(測試水分養分的能力和捕捉光線的農林複合系)，探討泰國東北部熱帶山坡上種植管理制度，因應土壤退化之威脅。
- 2、有效的水土保持技術應用在東南亞地區農業之可持續發展的高地。
- 3、東南亞山區之土地資源可持續利用和農村發展：創新和政策之探討。

另外，日本、南韓就近期國家科技前瞻報告中顯示，對於山坡地水土資源利用之課題包括管理面、科技面及基礎建設面，分述如下：

(1) 管理面：

- a、落實重大工程建設之防災脆弱度評估。
- b、加強氣候變遷防災教育、民眾參予與風險溝通。

- c、植被、地型地質、水系、動植物等自然資訊，以及人工物(建築、集落、商業空間等)資訊，比例製作情報圖，作為年度風險檢測之基礎。

(2) 科技面:

- a、開發能應用於集中豪雨的土石流預報、警報及防災技術。
- b、在坡地或危險區域進行植被再生技術。
- c、整合人造衛星或飛機遙測技術與環境影響評估技術，檢測土地利用改變造成地方環境急遽變化的徵兆，並使技術能實用化。
- d、開發能替代水泥、混凝土、埋入土裡的人工填充砂石及人工土壤。

(3) 基礎建設面:

- a、地震風災崩坍地之高效植林復育工法。
- b、開發事先預知坡面崩塌、走山、土丘不穩的半永久性炭入型感測器技術，應用於警報、避難支援系統。
- c、開發生態固坡植物種群三種海拔高度之固坡配方(喬木、灌木、草生三度空間固坡生態植被復育法)。
- d、增加綠水匯之流域水塘工法。
- e、建置復育林用之本土種源育苗場與種子儲備庫。

國內趨勢

氣候變遷對臺灣的影響，全台平地南北溫差約 2.8°C，距離約 350 公里，近百年來平地平均氣溫上升了 0.9-1.2°C，也就意味著等溫線百年來有可能向北移動約 100 公里。山區增溫 0.6 °C，表示生物生存環境的臨界高度，較百年前升高約 100 米。臺灣豐水年期間逐年縮短，雨量在豐水年期間卻增大(極端降雨)，使旱澇頻率大增。因應氣候變遷，2012 年行政院召集國科會、經濟部、農委會、國防部、交通部、內政部等跨部會，以及邀集顧問團隊和展官學研界人士，共同討論『國家氣候變遷調適政策』，其分為八個主題範疇，目的在於研析氣候變遷產生原因與機制、評估氣候變遷所帶來的風險與衝擊，以及擬定科技面、基礎建設面、政策面之相關調適策略。

目前水土保持的業務為跨部會資源互助協調，包括農委會林務局進行保安林經營管理與治山防洪工程；經濟部水利署負責水庫及流域保育治理和水源涵養業務；內政部營建署負責災害緊急應變措施；交通部氣象局主要重點為災害之天氣預報；國科會防災中心著重災害預測前研究與事後評估等業務；行政院農委會水土保持局歷年持續積極推動土石流潛勢溪流、易致災地區、重點土砂災害區、大規模崩塌地區等調查，及土石災害防治與監測、水庫集水區保育治理等工作，共同為臺灣水土資源永續利用，建立一安心安全的社會為宗旨。水土保持局所肩負之任務，符合水土保持局組織法之立法精神，而為因應大環境的變化，如氣候變

遷、社會經濟環境改變等因素，未來的水土資源保育工作將更加重要，迄今的任務包括下列各項：

- (一) 水土保持法制定及修正，促使山坡地土地之合法利用。
- (二) 辦理整體性治山防災工作，水患治理、治山防災及水庫集水區保育土石流監測、防災應變、水土保持監督與管理。
- (三) 加裝預警設施，進行土石流相關監測作業制訂土石流警戒基準值及公布土石流潛勢溪流。
- (四) 設置緩衝綠帶於野溪護岸工程，保育野生動物棲地與水土資源。
- (五) 山坡地水土保持與植生綠化之策劃、執行及督導。
- (六) 環境資源整合資料庫建置。
- (七) 農村建設政策與計畫之擬訂、策劃、執行及督導。
- (八) 水土保持及農村建設試驗研究、教育宣導及人才培育。

民國 96 到 101 年間水土保持局所執行各類型計畫，合計 379 項，依各計畫的功能構面不同，分類為 1-坡地保育復育組、2-坡地災害防治組、3-集水區治理組、4-河川溪流群組、5-農地農路管理組、6-農村再生組等六大計畫群，再以此六個分類為架構，初步盤整出六年來水土保持局科技研發之趨勢，如圖一所示，綜觀各年度之研發計畫，可看出各年的研發方向：

- 1、96 年方向-(重點防災、生態保育)：針對廬山、仁愛村重大災害區做全方位防治與管理，並設置預警、監測等設施。另研究生態工程方法，使水保工程兼具防災與生態功能。
- 2、97 年方向-(E 化) 建立 E 化平台、應用圖層資料提升坡地管理系統，並將集水區空間資源整合為 E 化平台。對地滑與崩坍之高危地區做整體規劃治理。
- 3、98 年方向-(防災規劃)：莫拉克災後除復健外，在坡地災害、集水區治理、河川溪流治理各領域都有全新的技術研發，主要為土石流監測與原因調查和易淹水區防災規劃等計畫。
- 4、99 年方向-(整合防災)：以集水區全方位防災綜合管理為軸，整合防災技術與資源，以流域治理的方式統籌規劃整體防災策略。
- 5、100 年方向-(氣候變遷)：將氣候變遷因子納入到坡地保育、防災規劃、與農路規範等議題中。
- 6、101 年方向-(效益提升)：六個分類皆有提升績效之計畫舉例如下：山坡地環境資源系統整合計畫、戶外教室轉型、土石流防災整備模式檢討與更新、防災應變能力提升、集水區生態檢核效益追蹤、全臺野溪清疏需求性評估、擴充辦公及管考系統 E 化平台。



圖一 臺灣水土保持局歷年資源投入的研發方向演進圖

因應氣候變遷，未來 20 年間將是土地利用型態轉變最激烈的時候，因此現在是規劃國土資源永續利用的最佳契機。對於山坡地而言，如何完善根本的土地利用規劃和土壤保護原則，應特別注意預防和控制侵蝕，並同時兼顧坡地生物多樣性之目標，將成為首要關鍵課題。汲取國際對水土資源利用之經驗，提出對國內坡地水土資源保育之相關建議：(一)我國需對水資源(包括水質)作整體的檢討，並開發水資源規劃的工具科學，調整我國用水的政策及必要的基礎建設、(二)山坡地土地之利用，需將其對土壤的永續性列入考慮，從永續性重新思考土壤肥力與合理施肥量之交互作用及土壤污染之直接間接影響等作物制度的效益、(三)生物多樣性的保護成為新的價值觀，但臺灣生物多樣性的實質利益的評估似尚未成熟，如何以動物需求角度設計整體設計河道、邊坡、濕地、重建完整生態棲地。另值得持續關注國際生態服務付費的方式之發展，惟有引入多樣化的概念，異域整合多樣化人才，並強化跨部門溝通協調的管道，及強化民間參與溝通的機制，才可能帶動保土蓄水成為未來新興服務型產業得以永續經營。

參考文獻：

1. 法務部全國法規資料庫，<http://law.moi.gov.tw/>
2. 行政院 (2012)，整體性治山防災 (中程) 計畫 102 至 105 年度 (第二期) (核定本)。
3. 行政院農業委員會 (2012)，亞洲水環境管理策略綜觀。
4. 行政院經濟建設委員會 (2012)，『國家氣候變遷調適政策綱領』。
5. 行政院農業委員會水土保持局 (2012)，水土保持技術規範。

6. WEPA,2009,“*Outlook of Water Environmental Management Strategies in Asia*”, Ministry of the Environment, Japan ,Water environment partnership in Asia (WEPA)
7. UNEP, 2012. “*21 Issues for the 21st Century: Result of the UNEP Foresight Process on Emerging Environmental Issues.*” United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya, 56pp.
8. OECD, 2001,“*Environmental Indicators for Agriculture Vol. 3: Methods and Results*”, glossary, pages 187-391.
9. Sanders, D. W., 1986: “*Sloping land: soil erosion problems and soil conservation requirements.*” Publication, International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI (40): 40-48
10. Grimm M., Jones R., Montanarella L., “*2002 - Soil erosion risk in Europe.*” Italy: European Commission & Joint Research Centre.
11. June (2011) , “*Managing grazing lands in Queensland*”,. Ueensland Government Department of Environment and Research Management,
12. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2007,“*Adaptation to climate change in agriculture, forestry and fisheries: Perspective, framework and Priorities*”,
ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/j9271e/j9271e.pdf
13. <http://www.fao.org/home/en/>
14. <https://www.wocat.net/>
15. <http://www.oecd.org/>
16. <http://www.authormapper.com/>