

氣候變遷下日本土砂防災策略演進

詹婉妤^{1)*} 林家興^{1,2)} 陳振宇¹⁾

¹⁾ 行政院農業委員會水土保持局技術研究發展小組，南投市中興新村省府路 2 號。

*通訊作者。E-mail: abu026@mail.swcb.gov.tw

²⁾ 財團法人農業科技研究院。300-110 新竹市香山區大湖路 51 巷 1 號。

摘要

台灣及日本，每年均面臨地震、颱風、豪雨及其衍生之土砂災害，造成嚴重災情。儘管歷年來台日二國均已建立土砂防災相關機制，惟面臨氣候變遷等衝擊，極端降雨事件發生規模與頻率均有逐年增加之趨勢，傳統防災機制與思維似已無法有效因應。日本近年來連續發生多起重大水災及土砂災情後，相關單位已針對近期土砂災害特徵及氣候變遷下土砂防災對策密集研商，並提出相關調適策略與作法。本研究係蒐集及分析日本近期相關重要文獻，歸納整理其核心策略，結果發現，其土砂災害調適策略可概分為 10 個項目，含括軟體、硬體、管理及自主防災等四個面向，相關結果可作為國內未來推動氣候變遷調適相關計畫及研擬土砂災害對策時參考。

緒言

日本國土約 70% 是山地，因地形陡峭、地質脆弱，具備土砂災害高風險之特性，再加上全球暖化所形成氣候變化異常，短延時強降雨之降雨型態轉變，局部性、突發性暴雨造成的「洪水與土砂氾濫」災害也隨之增加，造成慘重災情。依據國土交通省(2018)統計，近年來日本時雨量超過 100 毫米的短延時強降雨發生機率為 30 年前的 1.7 倍(圖 1)，同時依據推估在 RCP2.6 及 RCP8.5 情境下，未來降雨量可能增加 1.1 倍至 1.3 倍，而洪水發生機率可能上升 2 到 4 倍，意即在現在情況下 200 年一次洪水事件，在未來變成 100 年一次洪水事件，而現行治水設施防護能力將不足以因應未來氣候變遷治水安全度(表 1，國土交通省，2018)。

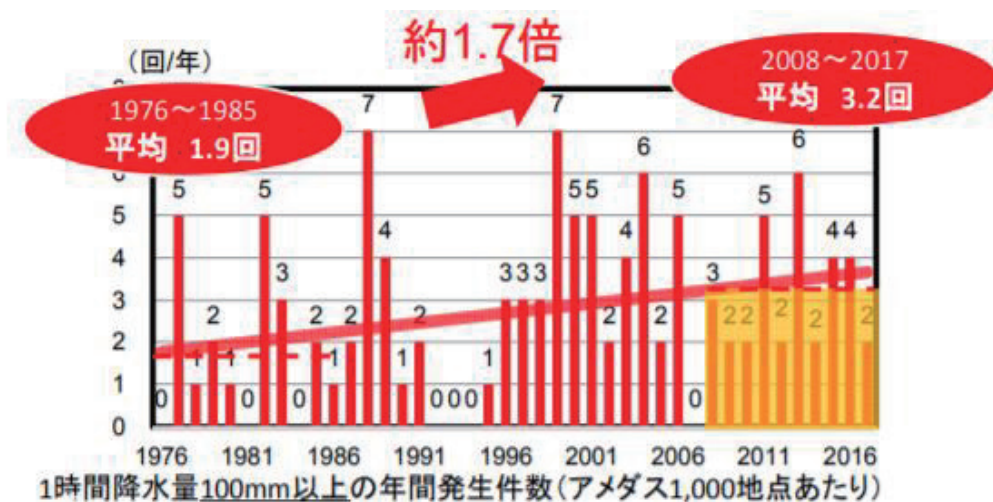


圖 1 歷史降雨量觀測值變化趨勢 (國土交通省，2018)

表 1 氣候變遷下未來降雨量及洪水發生機率之變化

<氣候變動による将来の降雨量、洪水発生確率の変化倍率>

前提となる気候シナリオ	降雨量変化倍率 (全国一級水系の平均値)	洪水発生確率の変化倍率 (全国一級水系の平均値)
RCP8.5(4°C上昇に相当)	約1.3倍	約4倍
RCP2.6(2°C上昇に相当)	約1.1倍	約2倍

方法

一、日本氣候變遷調適策略基本方針

針對氣候變遷可能帶來的衝擊，日本國土交通省(2015)已設定調適策略基本方針摘要如下：

- (一) 基於不確定性的適應性管理。根據氣候變動的進展，包括持續監測氣候變化狀況、最新氣候預測數據、當地社會經濟條件變化以及考慮到現有和新措施對降低風險方面之效果，以確保在適當時機選擇正確的調適策略措施。
- (二) 處理目前所出現的事件。目前日本觀察到氣候變遷伴隨短時間強降雨發生頻率增加、乾旱日數增加等現象，針對這些現象及事件，包含已實施之防災措施，基本上將其定調為調適措施並進一步推廣。
- (三) 考量納入未來之影響。儘管未來氣候變遷的影響程度和發現時間點存在很大的不確定性，但隨著氣候變遷的發展，大規模災害事件對社會將產生重大影響。因此，在考慮氣候變遷影響的對策時，需注意事件的發生頻率將因氣候變遷而產生變化，包含發生頻率低但產生大規模影響的事件，盡可能考慮各種事件並思考對應處理方法。
- (四) 考量軟、硬體之綜合措施。考慮氣候變遷影響所造成之風險程度及地域特性，綜合考量設施整備等硬體措施，以及向居民提供警戒訊息、演練、避難等各項軟體措施，並採資通訊技術(ICT)積極傳達、發布預警或避難疏散情報給居民，同時考慮使用大數據資料。
- (五) 於各種事業計畫考慮氣候變遷之影響。為有效實施調適策略，應將調適氣候變遷的影響納入各種事業計畫中，在基礎設施和系統的維護、管理及更新的同時，必需要考慮未來氣候變遷影響，對這些設施未來設計進行檢討。
- (六) 與自然環境和諧共生。根據目的地之地域特徵，利用自然環境的多樣性功能(如綠色基礎設施)，為生物提供棲息及生育場所、形成良好的景觀、抑制溫度上升，以達成與自然共生、環境和諧相處。
- (七) 考慮地域特性並推動各級地方政府、企業與居民合作。由於脆弱度及曝露度受氣候變遷的影響因地域不同而異，在推動調適策略時，應考慮地域特性不同並適時靈活調整對策，並促進地方政府、企業、居民等不同參與者之合作。

二、氣候變遷下土砂防災領域面臨課題

日本近年來連續發生多起重大水災及土砂災情後，相關單位已針對近期土砂災害特徵及氣候變遷下土砂防災對策密集研商，並提出相關調適策略與作法，圖 2 為近年來日本土砂災害特徵，包括：受災範圍廣且多處同時發生、颱風衍生的災害比過往事件大、土砂及洪水氾濫災害更加頻繁。本研究以文獻分析法針對所蒐集文獻內容有關氣候變遷對土砂影響等進行彙整，以瞭解目前氣候變遷下土砂防災領域所面臨之衝擊課題，綜整如表 2。



圖 2 日本近年土砂災害特徵(國土交通省，2019)

表 2 氣候變遷下土砂防災領域面臨之課題

文獻名稱	年份	氣候變遷之衝擊課題
水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申)(日本国土交通省社会資本整備審議)	2008	隨雨量變化及豪大雨發生頻率增加，使得崩塌、地滑災害風險增加，土砂災害更嚴重。
国土交通省気候変動適応計画-気候変動がもたらす我が国の危機に総力で備える(国土交通省)	2015	1. 短時間強降雨増加，土砂災害發生頻率增加。 2. 突發性的局部強降雨造成土災害增加，並縮短警戒避難的時間。 3. 颱風等造成深層崩塌等災害會因颱風降雨量破紀錄而增加土砂災害。
大規模広域豪雨を踏まえた水災害対策のあり方について～複合的な災害にも多層的に備える緊急対策～(答申)(日本国土交通省社会資本整備審議)	2018	1. 逃生不及導致大量人員傷亡，由於周遭地區已處於危險之中，撤離時災難已發生因此無法順利避難。 2. 派出人員到多個地方整備局協助災害緊急應對，但由於情報有限，要對人員及資源等進行分配。 3. 災害初期很難具體掌握整體情況，並即時採取行動，例如進入私人土地清理淤砂、漂流木等。
近年の土砂災害における課題等を踏まえた土砂災害対策のあり方について(答申)(日本国土交通省社会資本整備審議)	2020	1. 在土砂災害警戒區必須建立維護預警避難系統。 2. 某些發生土砂災害地區未達到被指定為土砂災害警戒區。 3. 土砂災害警戒區的指定標準需再研議。 4. 在土砂災害警戒區，但沒有意識到土砂災害的危險。 5. 在指定完成土砂災害警戒區之後，防災地圖尚未完成，使得居民無意識到危機感，同時對於防災地圖沒有認知度。 6. 土砂災害預警發佈市町村與實際發生災害市町村之誤報率過大，正確性仍有待改善 7. 發布預警後，仍未到達危險降雨量。 8. 達到危險降雨量時，距實際發生土砂災害仍有很長時間。 9. 災難發生經過很長時間，但期間不知道危險度的變化情形。 10. 夜間發出警戒避難情報，市町村難以做出避難勸告的建議。 11. 居民不瞭解土砂災害的危險性，可能不採取避難疏散行動，在防災教育上仍不足。 12. 地方政府間對於推展防災活動並不一致。 13. 由於水災和土砂災害是同時發生的，因此很難掌握土砂災害的發生資訊，提升土砂災害發生預測的技術，包含災害發生時間等重要資訊。

結果與討論

面對近期日本土砂災害特徵及所面臨之課題，國土交通省等單位已分別成立相關委員會會議研提土砂防災工作之調適策略，含括軟體、硬體、管理及自主防災等四個面向，茲綜整重點如下：

- 一、防災以保護人命為優先考量，除改善硬體工程、避難處所等公共設施外，並保障社會經濟活動。此外，為更有效地使用現有設施，應適時清除防砂壩淤積土石，檢討更合理的規劃設計和材料使用，以提升設施防護力。
- 二、由於土砂災害是由複雜誘因、相互關聯的因子所致，難以準確預測其發生，故軟體防災與硬體減災對策之整合非常重要。日本依據土砂災害防止法，已推動土砂

災害警戒區之指定，惟在完成指定之法定程序前，仍應將其基礎調查結果盡早告知居民該處之土砂災害潛勢，同時藉由規劃災害潛勢圖和各階段行動計畫來強化預警避難系統，並對地方政府公務人員和居民進行防災教育，以培育土砂防災人才。

- 三、為因應近年來多處發生預警避難反應時間極短之土砂災害事件，應通過防災訓練和防災教育等來普及如何應對土砂災害的正確知識，並徹底通知民眾災害潛勢區及避難路線等資訊，以確保民眾能盡早遠離高風險地區。此外，除改善土砂災害警戒情報之精度外，應活用社群媒體等資訊收集和共享方式，以有效改善預警時間相對變短之災害事件。
- 四、為因應土砂流動超過原計畫規模的情境，對於砂防設施如防砂壩等配置及構造應定期檢查，以確保能長時間發揮減災機能，並藉由軟、硬體共同運用等方式來確保居民的避難時間及場所，維護避難路線安全。
- 五、深層崩塌的對策。利用衛星影像強化國土監測，可及早掌握深層崩塌所衍生的河道阻塞、天然壩等現象，強化危機管理的能量，此外，亦可使用新技術如空中電磁探查等以提升探查準確度。若因河道阻塞等造成嚴重災害時，應進行緊急調查並向市町村提供情報，平時須與相關單位聯合進行實際演練，並導入無人機等，以快速提升災害事件應對措施。
- 六、在溝谷地形不明顯地區的土砂災害防災對策，應先瞭解需要提出重點對策的場所，並探討危險度評估的方法，以考慮更合理的設施構造與配置。
- 七、土石流越過流域邊界的對策。適當的推估與模擬可能越過流域邊界的土砂量及範圍，並就模擬結果規劃相關軟、硬體對策。
- 八、漂流木災害對策。使用高透過型防砂壩來提高捕捉漂流木效果，同時設置漂流木防止設施，並改良既有非透過型為透過型防砂壩。
- 九、上游集水區管理。由持續累積的衛星及航空測量獲得詳細的地形資料，用以強化國土監測系統。此外，從國土管理觀點來看，為防止上游流域荒廢化，推動里山水土保持治理工程、綠化帶維護等項目，藉由軟、硬體綜合方法等各種支援措施來控制、防止土砂災害，以提高區域防災能力並振興(活化)當地社會。
- 十、考慮災害風險的土地利用及住宅使用方式。藉由指定土砂災害警戒區域及公布基礎調查結果來促進更安全的土地利用方式。其中最重要的是確保有特別需求者(如高齡者、行動不便者、殘障者、嬰幼兒等)使用之社福設施和防災基地的安全。此外，針對災害風險特別高的地區，將指定為土砂災害特別警戒區，對其建築物之構造規則及住宅開發等進行限制措施，並促進危險地域之住宅移轉到安全地域，例如靠近懸崖之房屋進行搬遷或位於洪泛區域房屋搬遷至高台整備地上或河階台地上。

藉由日本氣候變遷情勢推估、近年土砂災害的特徵、氣候變遷對土砂災害的影響與衝擊、相關對策研析等資料，除可瞭解目前日本於氣候變遷對於河川及土砂防災對策等考量及制定過程，相關結果亦可作為國內未來推動氣候變遷調適相關計畫及研擬土砂災害對策時參考。

引用文獻

國土交通省 (2018) 異常豪雨の頻発化に備えたダムの洪水調節機能と情報の充実に
向けて。異常豪雨の頻発化に備えたダムの洪水調節機能に関する検討会:1-24。

國土交通省 (2019) 確保具實効性避難之土砂災害対策(2019)。確保具時効性避難之土
砂災害対策検討委員會:1-12。

國土交通省 (2020) 近年の土砂災害における課題等を踏まえた土砂災害対策のあり
方について。社会資本整備審議会:1-17。

國土交通省 (2015) 国土交通省気候変動適応計画-気候変動がもたらす我が国の危機
に総力で備える。國土交通省:1-24。

國土交通省 (2019) 因應氣候變遷防砂技術檢討會議。水管理暨國土保全局砂防部:1-4。

國土交通省 (2020) 因應近年來土砂災害課題之土砂災害対策作法答覆(概要)。國土交
通省水管理暨國土保全局:1-12。

日本内閣府 (2015) 日本の災害対策 (Disaster Management in Japan)。DIRECTOR
GENERAL FOR DISASTER MANAGEMENT CABINET OFFICE, GOVERNMENT
OF JAPAN :1-49。

國土交通省 (2019) 令和元年の土砂災害。国土交通省砂防部:1-50。