

氣候變遷之災害衝擊與防災調適策略

陳永明¹、陳亮全^{1,2}、林李耀¹

¹ 國家災害防救科技中心、² 國立臺灣大學建築與城鄉研究所

摘 要

氣候變遷之衝擊與調適(Adaptation)，在氣候變遷議題上與減緩(Mitigation)有同等的重要性，聯合國發展規劃署與全球環境基金 (United Nations Development Programme-Global Environment Facility) 提出氣候變遷調適策略綱領 (Adaptation Policy Frameworks for Climate Change, APF)，作為各國規劃調適策略時的參考準則，協助各國政府將氣候變遷調適納入國家發展政策。行政院經濟建設委員會依據於2010年開始推動「氣候變遷國家政策調適政策綱領與行動方案」的擬定工作，規劃國家的調適策略整體架構，並分別從不同領域（災害、水資源、海岸、農業生產與生物多樣性、健康、基礎建設、能源供給與產業經濟、土地使用規劃與管理）針對氣候變遷之衝擊提出具體因應行動方案。本文內容主要為該政策綱領之防災調適領域之相關內容。

關鍵字：氣候變遷、降尺度、災害衝擊

一、前言

台灣地區不但位居太平洋西側的地震帶，也處於西北太平洋地區颱風侵襲的主要路徑，屬於極易受到天然災害影響的區位。世界銀行2005年刊行之 Natural Disaster Hotspots - A Global Risk Analysis 指出，台灣同時暴露於三項以上天然災害之土地面積與面臨災害威脅之人口為73%，而暴露於兩項以上天然災害之土地面積與面臨災害威脅之人口為99%，屬於全世界災害高風險的區域。

近年來由於全球氣候異常，極端災變天氣發生頻率增加，如2007年連續發生五年的澳洲大乾旱、2008年緬甸納吉斯 (Nargis) 風災、2009年台灣的莫拉克風災以及2010年巴基斯坦洪災與中國甘肅土石流，其災害規模與型態均超出該國的歷史災害經驗，也為該國的政府與人民帶來巨大的損失。

根據統計資料顯示，台灣極端降雨事件發生機率增加，災害事件頻傳，尤其在歷經921地震以及莫拉克風災後，原本脆弱的地質條件更受到嚴重衝擊，在可預見的未來加上台灣社會高齡少子化、都會化等社會環境變遷問題的持續進展，將有可能導致災害型態的改變與災害規模持續擴大。莫拉克颱風的災害經驗提醒我們，現有的減災規劃、工程設施及國土環境政策等，在面對環境變遷與災害風險提高的嚴峻挑戰，似尚未有足夠之因應與調適能力，政府實必需有嶄新的思維與明確的行動才能面對這些即將面臨到的環境變遷課題。

二、氣候與變遷之災害衝擊與威脅

臺灣地區因地理環境特殊，氣候與環境變遷引致災害的問題有越來越嚴重之趨勢，台灣面臨的災害威脅可以由三方面分析：自然環境的易致災性、社經發展的影響及氣候變遷的衝擊，說明如次：

一、**自然環境的易致災性**：台灣易受颱風的襲擊，為威脅台灣最嚴重的災害天氣，台灣過去40年來平均受颱風侵襲約4-5次，颱風的侵襲經常造成重大損失，且台灣地區降雨強度高，颱風、梅雨、季風及地形為影響雨量的重要因素，且豐枯水期雨量明顯有別，加上山高水急因而蓄水不易，又兼因地質脆弱、表土鬆軟，經常造成洪、澇及坡地災害，西南沿岸地勢低窪地區逢大雨則更易導致淹水。

二、**社經發展的影響**：在產業發展過程中，用水需求大量增加，導致用水調度愈趨緊張，超抽地下水導致地層下陷進一步引發淹水危機；都市化過程一方面因熱島效應可能使得暴雨強度增加，且另一方面因減少透水入滲面積而增加雨水下水道排水負擔；因

都市化之人口集中、地下場站、超高大樓與大型空間等，增加災害的暴露量與風險，一旦發生地震、淹水等天然災害的受災程度亦相對提升。同時因高山精緻農業與觀光發展之需求，山坡地與河川地之超限利用與不當開發更是近幾年伴隨社會經濟而導致發生災害的重要原因之一。

三、氣候變遷的衝擊：全球氣候變化導致各地之氣候變異趨勢有所不同，但位處季風氣候與颱風侵襲路徑之台灣，無可避免的需面臨氣候變遷所帶來的衝擊，例如極端事件有增加趨勢、颱風降雨強度增加、降雨型態改變、乾旱發生頻率與強度增加與海水位上升威脅…等，雖然氣候變遷對台灣本地的衝擊需進一步的科學證據釐清，但在台灣的自然環境的易致災性與社會經濟變遷的威脅下，面對大環境的氣候改變對災害的可能衝擊不可忽視其

以下針對洪災與坡地災害在氣候變遷下可能的脆弱度與衝擊進行描述：

洪災

依據國家災害防救科技中心所模擬之淹水潛勢區域，加上近幾年調查颱風受災淹水範圍資料，台灣易淹水低窪地區總面積約1,150平方公里，八成集中於縣（市）管河川、區域排水、事業海堤等未完成改善或地層下陷等地區。其中並以宜蘭、台北、彰化、雲林、嘉義、台南及高雄沿海地區鄉鎮為甚。不但造成住宅、農田損失、交通受阻、民眾生活不便與安全威脅，甚而影響國家重大建設（政經中心、高鐵、捷運、科學園區）之安全與營運風險。

台灣之河川受此地形影響，具有河川坡度大、河川上游集水區地質脆弱、表土沖蝕量顯著等特徵。河川之含砂量高，易造成河道及水庫淤積，將不利於洪水宣洩。此外，台灣每年五月至十月汛期之梅雨及颱風雨之降雨強度強，在坡陡流急以及洪水挾帶大量泥砂往河川下游快速移動之情境下，極易造成洪水災害。再加上土地開發與超限利用，除在河川上游之集水區造成許多水土保持問題引起坡地崩坍及土石流等災害，在河川下游的城鎮及城市，也因過度之人為開發造成流域自然保水功能減低，使得地面逕流大量增加，區域排水無法負擔進而增加洪水災害之機會

在未來氣候變遷可能對洪災的衝擊影響說明如下

1. **降雨強度增加提高淹水風險：**若未來降雨強度增加，將直接衝擊目前之區域排水系統之排水

能力與河川堤防之防護能力，過大之降雨強度超過區域排水系統之容量負擔或堤防防護標準將提高淹水之風險，目前之高淹水潛勢地區之淹水頻率將有升高之可能。

2. **侵台颱風頻率與強度增加衝擊防災體系之應變與復原能力：**根據統計資料顯示，2000年後極端強降雨颱風有增加之趨勢，極端強降雨颱風(如莫拉克颱風)一方面帶來嚴重衝擊，而災後所導致之環境脆弱度增加與公共建設之復原與重建，已大大增加後續災害發生之機率與風險，因此當氣候變遷有可能導致侵台颱風頻率與強度增加，將衝擊防災體系之軟硬體層面之應變與復原能力。

3. **海平面上升易導致沿海低窪地區排水困難：**依據IPCC針對海平面上升之推估，雖然世紀末最高上升高度在1公尺以內，且台灣西部沿海地區大都有海堤防護，因此海水位上升不至於直接導致大規模土地消失或淹水，但因海水位上升將使得暴雨侵襲時排水更為困難，將使得沿海或沿岸低窪地區增加淹水之風險，尤其是彰雲嘉與高屏沿海低窪地區之高淹水潛勢及地層下陷地區。

4. **暴潮發生機率增加導致淹水機會與時間增加：**颱風強度增加將增加暴潮發生的機率，近年來由於數次颱風來襲時正逢大潮期間，高潮位加上暴潮之作用阻礙河道下游洪水之排出，在河川洪水及海水倒灌之雙重效應下，大量的水體堆積於河口處，造成沿海地區嚴重之淹水災害。此種淹水除災害損失尤其嚴重外，亦將造成淹水之時間延長，增加受災居民之不便及延緩復元工作之進行。

坡地災害

台灣地區有73.6%以上土地，屬於山坡地及高山林地，坡地災害難以避免，由於台灣地區劇烈降雨強度有增加趨勢，加上921地震對中部山區的地質破碎帶所造成的影響等，導致每逢颱風、豪雨期間，發生山坡地崩塌與土石流災害事件之頻率更甚以往。同時坡地災害的規模與頻率的增加所導致的大量土砂沖刷與漂流木，嚴重威脅水庫、橋梁與堤防等重要基礎設施與公共建設之安全。另一方面，隨著居住與山區觀光的需求增加，都會地區大型山坡地社區的開發以及山區道路、高山農業與遊憩設施的興建等人為因素更增加坡地災害的衝擊與風險。2009年莫拉克風災在南部地區所導致之重大人命傷亡與社會衝擊，更加突顯了山區極端降雨變異與脆弱國土環境在坡地災害面向的嚴重威脅與潛在風險。

極端降雨與氣候變異事坡地災害發生的重要原因之一，在未來氣候變遷可能對坡地災害的衝擊影響說明如下

1. **降雨強度增加導致嚴重之水土複合性災害：**坡地致災原因與降雨強度息息相關，若未來降雨

強度增加，將直接衝擊現有已相當脆弱的國土環境，非但坡地崩塌與土石流發生的機率增加，而其衍生的水土災害所帶來的影響將更為嚴重，例如山區部落與學校的安全、關鍵基礎設施的永續(如水庫、橋梁、堤防以及電塔...等)、水質穩定與水庫操作、土沙沖刷與河道淤積、漂流木與堰塞湖問題、山區的觀光與產業衝擊以及高齡化人口與醫療資源缺乏之防災弱勢族群...等問題。在在衝擊政府在防災體系之應變與長遠防減災政策之規劃。

2. **侵台颱風頻率與增加提高二次災害風險與復原難度**:若颱風侵襲機率增加，坡地災害的復原與重建問題將較洪災衝擊更為嚴重，以莫拉克颱風為例，災民安置問題、山區道路橋梁復原重建、山區崩塌土方量增加提高二次災害風險，水庫與河道淤積嚴重、災害之堰塞湖...等，連續性的災害將是面臨氣候變遷衝擊必須正視的問題。

3. **大規模崩塌災害**:高雄縣小林村在莫拉克颱風衝擊的災害事件，引起高度關注，這場崩塌總面積達250餘公頃、崩塌深度最深達84公尺，無論崩塌規模與深度皆是前所未見，崩塌最主要原因為：大量累積降雨造成崩塌量達2千萬立方公尺；更早2008年，辛樂克颱風在豐丘明隧道附近的崩塌造成7人遇難；2004年艾利颱風豪雨在新竹五峰鄉土場崩塌，土方量達100萬立方公尺，造成15人遇難，同一颱風事件石門水庫上游桃113線公路邊坡順向坡滑動阻斷交通。上述事件都顯示台灣地區在面臨極端降雨衝擊可能發生的大規模坡地災害，將是坡地防災重要課題。

臺灣本身存在著不同災害的熱點區位，在極端氣候變異影響下可能激化災害規模以及提高致災的頻率，彙整臺灣地區在空間上受氣候與環境變遷衝擊的致災高風險區域如表1，分別包括河川流域之水土橋樑道路複合型災害，都市防災之高密度與發展區域，山區安全之高脆弱與環境敏感區，以及沿海及地層下陷區的高災害風險區，另外也說明不同區域在面對氣候變遷下災害特性改變可考量的氣候變遷調適策略。

三、氣候變遷對災害部門的調適策略與調適措施建議

根據 UNFCCC 2008 所公布的技術報告「Integrating practices, tools and systems for climate risk assessment and management and strategies for disaster risk reduction into national policies and programmers」(UNFCCC, 2008) 所揭示的，傳統的減災工作 (Disaster Risk Reduction) 與未來在氣候變

遷的衝擊調適 (Climate Change Adaptation) 上有觀念與作法上的異同，減災工作主要是強調歷史受災經驗下的防災需求，強調的是已存在的風險，而氣候變遷調適主要是考量未來可能存在的新類型災害或未知氣候風險，因此所採取的安全防護標準語防災調適策略將有別於現在減災的經驗與思維，政策形成的過程也有所區別，兩者之間的差異性可參考表2。

根據前述的災害衝擊之課題分析，台灣在進行氣候變遷防災調適的總目標可定為：**經由災害風險評估與調適政策推動，降低氣候變遷所導致之災害風險，強化整體防救災調適能力**。台灣過去在防災業務工作上各部會已積極推動相關業務工作，而且因應防災業務的特性，在科技研發與業務推動上已採取跨領的整合工作，然而面對極端氣候所帶來之可能衝擊現有防災相關部門的業務也面臨了不同的挑戰，其所牽涉的調適策略都屬於跨部門的業務，其因應之道也將有別於過去防災業務之思維，有鑑於氣候變遷所帶來之極端事件越趨頻繁，國內災害事件規模性也隨之改變。防災的調適策略可以分為科技面、工程開發面及政策面等三個面向，各面向的重點如圖1所示。

於經建會政策綱領所建議之因應氣候變遷之防災調適策略建議如下：

- 1.1 推動氣候變遷災害風險評估與高災害風險區劃設
- 1.2 加速環境監測資源與災害預警資訊系統之整合
- 1.3 評估重大公共建設與開發計畫脆弱度並強化災害防護能力
- 1.4 推動流域綜合治理以強化流域整體防災調適能力
- 1.5 防救災政策需納入因應氣候變遷引發極端災害衝擊的策略與對策

五、結語

根據世界銀行統計，臺灣屬於高災害風險區域，且同時受多種災害影響，臺灣的災害特性與全球趨勢一致，以水文氣象災害為主。根據近年來的災害統計(水災、坡地、旱災)分析，臺灣的災害次數增加且災害特性改變(近年來多屬水土複合型災害)，災害程度也有加劇(災害損失增加與牽涉層面變廣)的現象。災害變嚴重的原因與極端事件的增加以及自然與社會環境變遷有關。統計資料顯示，近年臺灣重大颱風洪水災害與極端降雨的增加有關，

不論是短延時降雨強度(1小時至6小時累積降雨)或是長延時降雨強度(超過48小時累積降雨)，在近10年(2000~2009)有增加的趨勢。以1960~2009年的颱風降雨統計資料為例，颱風極端強降雨(排名前10%的颱風降雨)，往往造成臺灣重大災害(如莫拉克、賀伯、納莉)。此颱風極端強降雨發生的頻率在2000年以前，平均3~4年發生一次，在2000年以後則平均每年就發生一次。雖然上述極端降雨強度增加是否可以完全由全球暖化的衝擊來解釋，在科學上仍有討論空間，但此現象所呈現的氣候變異特徵對災害風險的提高無疑是一大警訊。

同時，必須一提的是台灣近年災害的程度加劇，除了伴隨者氣象上極端事件的增加外，環境變遷也是重要因素之一，包括921地震後的影響、地層

下陷問題、山區的過度開發與建設、都市化與經濟發展需求…等，都是導致災害更為嚴重的重要因素。

2010年末與2011年初澳洲世紀大洪水造成重大損失後，聯合國已發表聲明，認為在未來無法預知的極端天氣下，災害損失的將成為新的常態(new normal)。面對極端災害的常態化，過去對災害的所認知的觀念「天災」(natural disaster)需要適度調整為「人為災害」(man-made disaster)，顯現人為環境變遷對災害衝擊的重要性，聯合國也呼籲世界各國政府必須有計畫性的正視此問題。

台灣相關部會正積極進行有關氣候變遷之防災之衝擊評估與調適行動方案的擬定，需要更多的跨部門溝通與協調，以因應在氣候變遷衝擊下帶來極端災害之可能衝擊。

表1 氣候與環境變遷衝擊之致災高風險區位與相對應知調適策略建議

河川流域： 水土橋梁道路複合型災害	未來可能發生災害的情境與規模
	防護能力與設計標準的檢討與評估
	高致災風險區之區位與調適能力評估
	流域治理事務協調與制度設計
都市防災： 高密度與發展區域	現有土地利用的檢討
	防護能力與設計標準檢討
	建築法規設計與都市計畫之檢討
	開發與發展強度的檢討
	公共設施與重大工程建設對災害之衝擊評估
山區安全： 高脆弱度與環境敏感區	災害風險分散與巨災因應策略之擬定
	大規模崩塌之風險評估
	山區產業發展型態是否須調整(如高山經濟與觀光)
	山區居住行為與區位的檢討，如原住民部落與山坡地社區
沿海與地層下陷區： 高脆弱度與災害風險區	山區公共工程開發與建設之檢討
	海岸災害所導致之國土退縮、生態破壞
	下陷區之排水不良與防洪治理問題
	海岸既有產業(養殖、工業)之災害衝擊

表2 現有防減災業務與未來氣候變遷調適的相異處

DRR 減災	Adaptation 氣候變遷調適
基於歷史受災經驗下而產生的 防災需求	基於未來將有重大危害結果的 前提下為主要推動力
社會共識由經驗演化而來	社會共識由政策協商下形成
階段性發展議題	新興議題
已存在的風險	已存在的風險與『新』風險
與所有危害相關	僅與氣候變遷有相關之危害
防災上所制訂之安全標準是透 過歷史經驗與現況下而擬出的	所制訂之安全標準是透過歷史 經驗、現況與『預估未來趨勢 下』下而擬出的

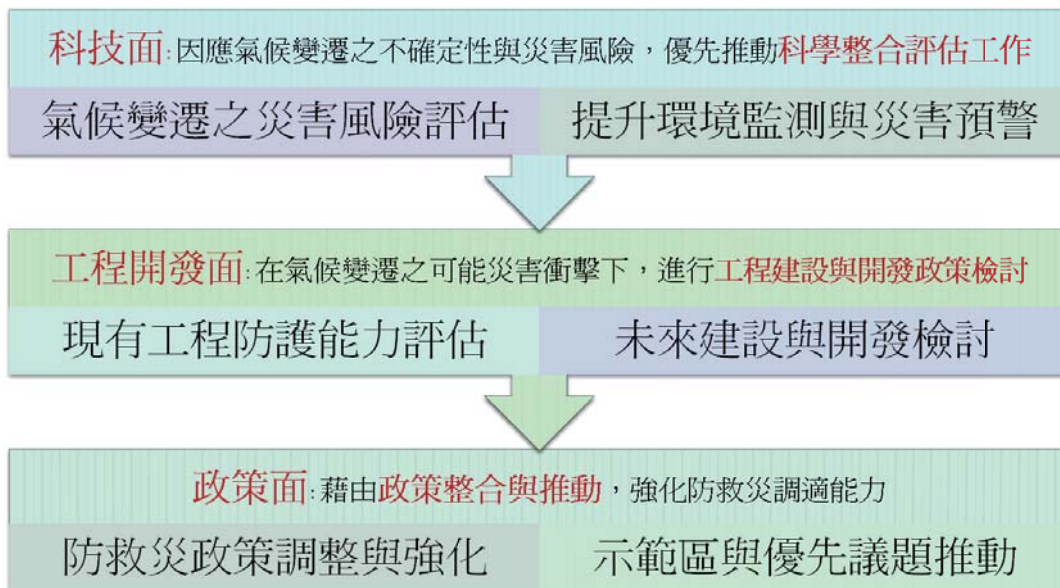


圖1 防災的調適策略各面向重點