

## 「氣候變遷災害衝擊之整合性風險治理」 永續科學計畫

陳亮全\* 郭士筠\*\* 周桂田\*\*\* 林子倫\*\*\*\*  
林李耀\*\*\*\*\* 林宗弘\*\*\*\*\* 洪鴻智\*\*\*\*\*

論文收件日期：106年11月03日

論文修訂日期：107年10月08日

論文接受日期：107年10月18日

### 摘 要

21世紀全世界各國皆須面對許多影響地球與人類永續性的衝擊，這些潛在風險逐漸呈現「高度科學複雜性及不確定性」、「高度政治經濟敏感度」、「牽涉議題及部門多元化」，以及「影響層面跨國界、跨世代」的趨勢，這些特性帶給科學家以及決策者在發掘及解決這些風險問題上極大的挑戰。也因如此，學界們開始發展「跨領域整合」、「成果應用落實」的「永續科學研究」。

受氣候變遷之影響，臺灣的極端天氣與氣候事件之強度及頻率已逐漸改變，再加上長期工業與經濟發展造成的環境、社會、土地之變遷，災害風險已顯著增加。這不僅將改變我國水文氣象類型災害的特性（如：空間特性），更將直接挑戰現有災害防救體系。換言之，「未來氣候變遷災害風險是否超過各地現有的承載力與因應能力」、「環境變遷是否會驅動災害風險，災害風險又會影響哪些土地利用型態」、「我國的政府體制又該如何因應這些災害風險」，這些是影響國人安全與國家發展永續性的重要議題，因此，「氣候變遷災害風險」是我國現階段亟待探討的永續科學研究議題及政策問題。

因此，本文檢視國內外推動現況、回顧相關文獻、分析我國目前的科研缺口，發現氣候變遷災害風險治理必須整合體制政策、科學研究、公民社會等三面向，故

本文將「氣候變遷災害衝擊之整合性風險治理」擇為核心議題，並具體規劃科學計畫，包含四項研究方向和其項下12項研究重點，希望我國學者及相關單位未來能投入此議題之研究，並將之落實應用，最終能發展建構出針對氣候變遷災害衝擊，且適合我國國情的整合性風險治理架構及機制。

關鍵詞：永續科學、災害衝擊、氣候變遷、整合性風險治理

---

\* 客座教授，銘傳大學都市規劃與防災學系。

\*\* 通訊作者；助理研究員，國家災害防救科技中心，TEL：02-81958655；E-mail：sykuo@ncdr.nat.gov.tw。

\*\*\* 教授，臺灣大學國家發展研究所。

\*\*\*\* 副教授，臺灣大學政治學系。

\*\*\*\*\* 副主任，國家災害防救科技中心。

\*\*\*\*\* 副研究員，中央研究院社會學研究所。

\*\*\*\*\* 教授，台北大學不動產與城鄉環境學系。

# **Sustainability Science Plan of Integrated Risk Governance of Climate Change Disaster Impact**

**Liang-Chun Chen\*, Shih-Yun Kuo\*\*,  
Kuei-Tien Chou\*\*\*, Tze-Luen Lin\*\*\*\*,  
Lee-Yaw Lin\*\*\*\*\*, Thung-Hong Lin\*\*\*\*\*,  
Hung-Chih Hung\*\*\*\*\***

## **ABSTRACT**

In the 21st century nearly every country in the world needs to face numerous impacts that affect the sustainability of the earth and human beings. These potential risks have been observed as “high scientific complexity and uncertainty,” “high political and economic sensitivity,” “diverse issues and sectors involved,” and “transboundary and intergenerational influence.” These characteristics bring tremendous challenges to scientists and decision makers in discovering and solving these risk problems. Hence, academia begins to develop Sustainability Science, a research area emphasizing interdisciplinary integration and the application and implementation of research outcomes.

The intensity and frequency of extreme weather and climate events in Taiwan have changed because of changing climate. In addition, due to the environmental, societal, and land use changes caused by long-term industrial and economic development, disaster risks have been significantly enhanced. This problem not only would change the features of hydro-meteorological hazards in Taiwan (e.g., spatial feature), but also would directly challenge the existing disaster management system. In other words, questions such as “whether future climate change disaster risks will exceed a place’s current carrying capacity and response ability,” “will environmental change drive disaster risks and which land use type will be affected by disaster risks,” “how will our government and institutions respond to these disaster risks” are important inquiries that may influence the nation’s citizens’ safety and sustainability. Thus, climate change disaster risks are key issues in terms of sustainability science research and policy.

Therefore, this article examines current reality and literature, analyzes the scientific research gaps, and finds out that climate change disaster risk governance needs to

integrate three dimensions (i.e., institution and policy, scientific research, and civil society). This article proposes “Integrated risk governance of climate change disaster impact” as the core issue, and plans the sustainability science plan which includes four research directions and twelve research subjects. It anticipates that researchers and agencies can involve in this research and apply the outcomes. Ultimately a framework of integrated risk governance that focuses on climate change disaster impacts and suits for Taiwan’s condition can be developed and constructed in the country.

**Key words:** Climate Change, Disaster Impact, Integrated Risk Governance, Sustainability Science

---

\* Visiting Professor, Department of Urban Planning and Disaster Management, Ming Chuan University.

\*\* Corresponding author, Assistant Research Fellow, National Science and Technology Center for Disaster Reduction, TEL: 02-81958655; E-mail: sykuo@ncdr.nat.gov.tw.

\*\*\* Professor, Graduate Institute of National Development, National Taiwan University.

\*\*\*\* Associate Professor, Department of Political Science, National Taiwan University.

\*\*\*\*\* Deputy Director, National Science and Technology Center for Disaster Reduction.

\*\*\*\*\* Research Fellow, Institute of Sociology, Academia Sinica.

\*\*\*\*\* Professor, Department of Real Estate and Built Environment, National Taipei University.

## 一、前言：跨領域科學研究「永續科學」的興起

自1970年代開始，全球的科學家開始觀察並逐步證實許多全球變遷問題，例如：臭氧層稀薄化、大氣溫室氣體濃度升高與全球平均溫度升高等，這些規模超乎想像、攸關全人類福祉與生存之永續性問題（Sustainability），使得世界各國領袖亦開始面對並著手推動永續發展相關議題<sup>1</sup>，除了相關國際會議與國際協議之外，各國政府更開始建構國家永續發展推動體系，例如：政府組織權責（相關部會、各級政府）、政策計畫（具體行動）、治理機制（運作機制）等。

另一方面，全球的科學家、學者專家亦開始思索科學與技術的研究發展如何有效協助人類因應新興全球環境問題，以提升全球永續性<sup>2</sup>。學者們認為傳統環境科學技術研究並不足以因應全球變遷議題，學界必須開始研究自然系統與社會系統之間複雜的互動關係（例如：人類活動如何衝擊自然環境、環境問題又如何影響人類），這些研究與行動必須採跨領域的方式進行，包含自然科學中各領域，乃至於經濟與人文社會等不同面向的觀點，因此，科學技術焦點應朝向提升永續性來移轉，並連結知識生產與社會實踐，此新興研究領域即為永續科學（Sustainability Science）（WBGU, 1996; NRC, 1999）。

永續科學一直未有明確的角色及定義，它是其他科學領域之中的次領域？一個跨領域跨部門的研究問題？亦或是一個新興的科學領域？這個問題在2001年獲得初步的解答，Kates等人（2001）於科學（Science）雜誌上正式將「永續科學」視為一學術領域，強調自然/社會的互動是「永續科學」的核心研究對象，並加強科研社群與政治社會行動社群之連結。因此，Clark及Dickson（2003）認為永續科學的發展有其必要性及急迫性，並為永續科學下了一個註解：「雖然永續科學似乎尚未有明確之定義、涵蓋範疇及目的，但是它已逐漸獲得重視，並被視為獨特、具有活力、逐漸成熟的研究領域」。

許多學者分析永續科學的特點（Characteristics），其中歸納後有以下四項主要

---

1 聯合國世界環境與發展委員會（WCED）於1987年發表的「我們共同的未來」將「永續發展」定義為：「能滿足當代需求，同時不損及後代子孫滿足其本身需求的發展」（WCED, 1987），1992年的地球高峰會更針對千禧年人類社會發展，發表推動永續發展相關議題的「21世紀議程（Agenda 21）」，聯合國於2015年更發佈了17項永續發展目標（Sustainable Development Goals），希望在2030年之前達到這些目標，創造更永續的未來。

2 所謂的永續性為維持一個狀態的能力，因為我們的地球、生態系統、環境資源是有限的，任何人類的發展必須是在這承載邊界之內的，例如：農漁林業的採集程度必須在生態系統承載力之內（Kajikawa, 2008）。

特點 (Clark, 2009; Kauffman, 2009; Spangenberg, 2011) :

1. 問題驅動與行動導向 (Problem-driven and action orientation) : 永續科學是依照所強調的問題而定義的研究領域, 因此, 必須有其目的性 (解決永續性轉變過程中所面臨的問題), 故必須由明確的問題所驅動, 並輔以具體行動。
2. 整合性方法與整合性科學 (Integrated Approach & Integrative Science) : 永續科學聚焦於了解人類/環境系統間複雜的交互作用之後衍生之問題, 而這些問題通常牽涉許多領域, 並非單一學科領域得以解決, 故永續科學應跨越傳統研究的學科藩籬, 採用整合性方法, 例如: 整合分析與評估, 連結知識 (科學) 與行動 (政策), 評估問題的因果關係, 提供有效資訊給決策者。
3. 跨領域跨尺度面向研究 (Interdisciplinary & Cross-scale dimensions Study) : 為了解決這些牽涉層面廣泛、科學複雜的問題, 永續科學必須為跨領域研究, 過程中讓不同領域的專家學者及利害關係人進行互動及合作, 並解讀及溝通不同科學領域及非科學領域的知識。此外, 人類通常都關注在時間尺度較短、較快變化的議題 (例如: 經濟事務), 卻常忽略時間尺度較長的卻重要的議題 (例如: 生態變化); 同樣的, 人類通常也只處理空間尺度較小的問題 (例如: 小區域的空氣污染), 而較無法處理空間尺度大、跨國界的問題 (例如: 大區域的氣候變遷問題), 故永續科學更需要處理跨時間、跨空間尺度的相關議題。
4. 研究與實務交界的工作 (Work at the interface of research and practice) : 永續科學不屬於基礎研究, 亦不完全屬於應用研究, 而是結合基礎研究與應用研究的綜合型態研究, 因此, 永續科學的一項特點即是研究成果可應用於實務上。

依目的、本質及實務運作方式, Spangenberg (2011) 將永續科學細分為兩種類別, 「科學為永續類別 (Science for Sustainability)」與「永續科學類別 (Science of Sustainability)」。前者以傳統的學門領域為基礎去發展永續相關議題, 強調單一學門領域的研究後再合作、整合, 以協助解決永續問題的服務, 聚集許多學門領域的努力與貢獻, 以解決問題為最終目的。後者為跨學科、跨領域的科學, 融合自然科學及社會科學, 科學專家及社會常民, 強調了解人類與環境系統間複雜的相互關係, 以作為理論建構與實務應用。Spangenberg (2011) 也將兩者視為科學的演化 (Evolution of Science), 由常態科學演變至後常態科學, 由科學確定演變至科學不確定性, 其中並擴大議題與政策的公民參與和審議 (表1)。

由永續科學的特點及類別可以發現, 永續科學是「解決問題為導向」的, 除了需要明確界定欲解決的問題之外, 更需要科學研究由上游至下游的串聯, 包含: 了解問題存在於自然與社會系統之間的交互作用的基礎研究 (上游); 採用跨領域、

表1 永續科學兩類別之比較

科學為永續Science for Sustainability	永續科學Science of Sustainability
Mode-1永續科學	Mode-2永續科學
單一領域	跨領域
高度聚焦	廣泛為基礎
常態科學	後常態科學
好奇心驅使與解決問題	批判性研究
學術的	學術的，社會的
學術同儕	延伸同儕社群
確定性	不確定性與無知
分級邏輯	相關邏輯
科學證據，明確的結果	審議流程，多選項
由上而下，命令與管制	審議流程（開放與收斂）
利害關係人受影響	利害關係人參與

資料來源：Spangenberg, 2011；本表格為本文翻譯整理

跨學科、跨尺度等跨界整合評估，包含利害關係人參與（中游）；落實應用研究成果在最後實務政策端（下游）。因此，本文目的即在檢視臺灣現有問題，回顧相關文獻，分析重要的永續科學研究議題（核心議題），規劃我國永續科學領域未來數年可發展的核心議題之研究方向與課題（核心議題永續科學計畫）。

## 二、核心議題分析與科研缺口

人類社會在二十世紀經歷了全球人口增加（約3.6倍），以及工業科技文明的興起，這些快速的產業與科技發展雖然造就了「現代化的社會」，但是也產生許多影響地球自然環境及人類健康福祉的永續發展問題。聯合國環境規劃署（UNEP）於2012年發表的前瞻調查報告指出21世紀影響人類社會永續發展的21項重要新興全球環境議題（表2），這些議題是全球逾900位科學家認為關鍵，但卻尚未獲得足夠關切的議題，其中包含五大類別：1）糧食、土地與生物多樣性議題；2）淡水與海洋議題；3）氣候變遷相關議題；4）能源、科技與廢棄物議題；以及因應前述這些全球環境挑戰時，須面臨的5）跨領域議題，例如：治理、能力建構、科學與政策的連結等（UNEP, 2012）。

表2 二十一世紀21項重要的全球環境相關議題與排序

新興議題	排序
跨領域議題 (Cross-Cutting Issues)	
001 調整環境治理模式	1
002 建構新世紀能力以邁向綠色經濟	2
003 科學社群與政策社群之間的連結	4
004 人類環境行為的快速轉變	5
005 發展處理各種問題的新觀點	18
006 環境變遷衍生的人口遷移問題	20
糧食、土地與生物多樣性議題 (Food, Land and Biodiversity Issues)	
007 確保90億人口糧食安全和食品安全	3
008 生物多樣性、生態與經濟等議題之整合	7
009 都市永續發展和回復力	11
010 土地的新需求：回應新興的國家和國際壓力	12
淡水與海洋議題 (Freshwaters and Marine Issues)	
011 水和土地相互作用的新視野：管理典範的轉移	6
012 發展中國家內陸水域的惡化	15
013 整合性海洋治理	13
014 沿海生態系統之調適治理	19
氣候相關議題 (Climate related Issues)	
015 氣候變遷減緩和調適的整合治理	7
016 氣候變遷之極端事件之災害風險	16
017 管理冰川消退的衝擊	21
能源、科技與廢棄物議題 (Energy, Technology, and Waste Issues)	
018 加速環境友善之可再生能源系統的推行	7
019 新科技與有害化學物質之風險	10
020 戰略礦產及電子廢棄物之管理	14
021 退役核子反應爐的衝擊	17

※ 資料來源：UNEP (2012)

※ 本表格為本文翻譯整理

※ 此前瞻調查報告採用「前瞻方法與程序 (Foresight Process)」調查全球科學家們認為重要的新興議題，此嚴謹的前瞻調查方法包含了六項步驟：1) UNEP社群討論初步選擇68個議題；2) 前瞻委員會補充擴充此初選清單議題至95個議題；3) 第一次前瞻委員會會議討論、評分、收斂，產生了21個優先議題；4) 全球科學家電子諮詢/問卷調查，933位全球科學家進行排序；5) 第二次前瞻委員會討論，並確認最後優先順序；6) 最終紀錄與文件。

由表2羅列的21項新興議題可以發現幾項特點，首先，這些議題的表述方式並非傳統的「領域部門式」的議題（例如：水汙染、生態保育問題等），而多是牽涉兩項（或兩項以上）領域部門的綜合性議題，例如：都市永續發展（009）、水和土地相互作用的管理議題（011）、氣候變遷「減緩」和「調適」的議題（015）等。此外，其中一項主要類別即是「跨領域議題」，不僅包含最多議題（6項），更重要的是，前五大優先處理的議題中，便有四項來自此類別，這代表著人類面對未來的新興議題時，必須抱持「跨領域」及「整體觀（Holistic）」的思維。

在這四項重要性排序非常優先的跨領域議題中，「調整環境治理模式（001）」議題被視為首重，許多科學家認為目前的國際環境治理系統因為缺少代表性、課責和效率，未來的環境治理模式需要進行調整，強調程序的公開透明，並納入更多的參與。而「建構新世紀新能力（002）」的議題，目的在藉由工作技能、學習模式、管理方法和研究成果的改變，強化人類的適應性。在環境治理的實務上，除了強調「科學社群與政策社群之間的連結（003）」議題，讓科學技術得以協助決策的理性化之外，亦強調「人類環境行為的快速轉變（004）」議題，實際由人類價值觀、行為的典範轉移來解決未來的問題。

除了「跨領域」的特點之外，還可以發現其中關注許多「衝擊及風險」議題，尤其是「潛在的大規模及新興風險」議題，例如：未能供應世紀中90億人口糧食的糧食風險議題（007）、氣候變遷之極端事件之災害風險議題（016）、以及新科技與有害化學物質之風險議題（019）等。這些潛在風險隱含了對問題現象及後果衝擊的「科學未知及不確定性」，為盡量降低負面影響程度、避免無法回復的衝擊，現在開始採取相對應的措施是有其必要性的。

最後一項特點即是，這些議題十分強調「治理」與「管理」等概念，這代表著人類在面對這些新興議題時，必須施以相對應的管理方式、政策和合作來極小化這些問題對社會及環境造成的潛在威脅，最終目的即是要以實際作為改善或解決這些問題，例如：「整合性海洋治理（013）」議題、「氣候變遷減緩和調適的整合治理（015）」議題、「生物多樣性、生態與經濟等議題之整合（008）」、「戰略礦產及電子廢棄物之管理（020）」議題等等。

目前全球自然環境及人類健康面臨許多負面影響的衝擊，這些潛在風險逐漸呈現「高度科學複雜性及不確定性」、「高度政治經濟敏感度」、「牽涉議題及部門多元化」、「影響層面跨國界、跨世代」、「人權及環境主義抬頭」、「資訊非單一性的快速擴散」的趨勢，這些特性除了帶給各學術領域甚大的科學研究挑戰之外，實質上亦增加各國政府解決這些問題的困難度。此外，一般民眾也開始反思科

技發展的利弊得失（效益與風險），受影響族群開始捍衛自身權益，針對尚未有科學定論、不確定性高的問題，並開始挑戰傳統科技專家的權威，這也就是Beck（1992）提出的「風險社會（Risk Society）」的興起，因應這些風險也因此越顯困難與複雜。

全世界各國都可能遭受上述風險的威脅，但是，當衝擊規模太大，或是必須同時面對多項風險時，傳統的「管理（Management）模式」可能已不敷使用，取而代之的可能是新型態的「治理（Governance）模式」（例如：公私部門的合作、擴大公眾參與等）。因此，臺灣如何整合各界力量共同面對、處理超過現有因應能力的風險是我國科研界發展永續科學，並維持我國永續發展的重要挑戰。

依據UNEP新興議題的三項特點「跨領域、關注衝擊/風險、強調治理/管理」，本文選擇由科學研究到政策應用的「整合性風險治理」作為核心議題，惟永續科學研究是以「解決問題」為最終目的，故仍必須選擇一項風險課題。因此，本文參考UNEP新興議題，以及前述永續科學研究的特點，研擬了四項選擇條件（表3），藉此挑選出影響我國永續性的關鍵風險課題，以利發展此核心議題永續科學計畫內涵。

目前我國可能面臨的風險可區分為八項類別：天然災害（地震、颱風、洪水）、人為災害（工業事故、交通意外）、環境汙染（有害廢棄物、環境荷爾蒙）、全球環境問題（全球氣候變遷、臭氧層稀薄）、人類衝突（戰爭、恐怖攻擊）、公共衛生/健康/疫病（傳染病、禽流感、SARS）、新興食品安全風險（三氯氰胺奶粉、食用油汙染、瘦肉精、基因改造食品）、新興科技（奈米科技、基因科技）等。

本文分析此八類風險是否具備表3的四項條件，由此也可略知各風險類別的特性（表4）。「天然災害」非新興議題，已有基本的科學研究，大規模災害將影響我國的永續性，目前仍有跨層級、跨部會治理問題；「人為災害」非新興議題，衝擊的時間空間尺度相對小，治理方面權責較清楚；「環境汙染」有部分議題為新興議題（新興汙染物），部分廢棄物會影響臺灣永續性（例如：輻射廢棄物）；「全球環境問題」為新興議題（氣候變遷），影響臺灣的時間跟空間尺度相對大，雖有基本科學研究，但牽涉部會及層級廣泛，故有治理問題；「人類衝突」若衝擊規模大將會影響永續性，科學研究相對少；「公共衛生/健康/疫病」非新興議題，科學研究相對豐富成熟；「新興食品安全」為新興議題，且其健康衝擊風險科學研究相對少，亦有部會協調等橫向治理問題；「新興科技」為新興議題，衝擊科學研究相對少。

表3 關鍵風險課題選擇條件

選擇條件	內 涵
此問題必須是「新興議題」	此核心議題永續科學計畫擬以3-5年的期間研發處理目前尚未有效解決的問題，故先屏除目前已有因應措施、發展成熟之議題，而選擇新興議題。如同UNEP前瞻調查報告所使用之定義，新興議題為目前科學社群認為重要，但卻尚未取得政策社群足夠關切的議題，故須於近期置入臺灣永續發展議程中優先關切的議題。
此問題必須是「可能影響海島臺灣永續發展的」	永續發展為在地球環境的限制之下滿足當代及後代人民需求、最大化世代間福祉的發展，最常見的永續發展概念中，追求的是經濟成長、社會正義及環境保育三者的平衡。因此，這個問題的影響層面不僅牽涉環境、社會、經濟等三面向，其衝擊規模更可能擴及全臺灣（大空間尺度）、持續數個世代（長時間尺度）。
此問題必須「已有基本的科學研究」	永續科學其中一項特點即是連結科學與政策，也就是科學研究如何協助政策制定（應用端），待突破的是「跨領域科學資訊的整合與增值應用」及「高複雜性及不確定之科學知識之轉譯」等科學政策介面之問題，故此問題本身必須要已有科學研究基礎，而非從零開始的基礎研究。
此問題必須有「治理面向的問題」	此問題之解決應有其困難度，原因可能源自問題本質牽涉議題及部門多元化（非單一部會可以解決），或是高度政治經濟敏感度（非單純由上而下的政策可以解決），因此此問題可能需要新型態的治理思維或治理模式。

綜上所述，本文欲選擇的關鍵風險課題須是「新興但已有科學研究基礎」、「影響臺灣永續性深遠且需要新型態治理」，由上述分析結果可以發現，「全球環境問題」最符合「整合性風險治理」核心議題欲解決的問題。其中，臭氧層稀薄問題因近30年有效管制全球臭氧層破壞物質的排放，已逐漸趨緩，但是，同樣有基本科學研究根據，同樣有國際環保條約限制全球溫室氣體排放的「全球氣候變遷」議題，卻尚未有明顯問題減緩的效果，且其衝擊與風險也日益嚴重，箇中原因包含有大氣、海洋、水文、生態系等自然科學問題，更包含有各國政治、經濟、社會、文化等社會科學問題，故本文選擇「全球氣候變遷」作為「整合性風險治理」的風險課題。

表4 關鍵風險課題之選擇評量表

風險類別	新興議題	影響臺灣 永續發展	已有基本 科學研究	治理面向的 問題
天然災害 例如：地震、颱風、洪水	+	++	++	++
人為災害 例如：工業事故、交通意外	+	+	++	+
環境汙染 例如：有害廢棄物、環境荷爾蒙	++	+++	++	++
全球環境問題 例如：全球氣候變遷、臭氧層稀薄	++	+++	++	+++
人類衝突 例如：戰爭、恐怖攻擊	++	+++	+	++
公共衛生/健康/疫病 例如：傳染病、禽流感、SARS	+	++	+++	++
新興食品安全風險 例如：三氯氰胺奶粉、食用油汙染、瘦肉精、基因改造食品	+++	++	+	+++
新興科技 例如：奈米科技、基因科技	+++	++	+	++

本表格為本文分析整理

「+++」代表「有/是」；「++」代表「部分有」；「+」代表「有一點」

對我國而言，氣候變遷最大的風險就屬災害衝擊，氣候變遷災害風險（例如：極端氣候及天氣事件）是否超過我國現有的承載力與因應能力（例如：現有災害防救體系）？這些風險不僅受到天然危害的自然因子的影響（例如：災害規模、氣候變化強度等），而且與社會經濟環境發展等人為因子息息相關（例如：都市快速成長、人口結構急遽變遷、不當的土地利用、環境管制規範、治理決策模式、社會脆弱度等），我國又該如何有效因應以降低風險（自然環境、人文社會經濟等風險驅動因子）？故本文選擇「氣候變遷災害衝擊之整合性風險治理」為核心議題，希望藉此永續科學計畫之推動，能將科研成果實際反饋至政策治理上。

我國目前在「氣候變遷」及「災害防救」此二議題的科學研究仍偏重於自然科學領域的研究，包括：氣候變遷及災害發生機制的研究、預測/預報/推估技術的提升，以及資料、資訊的整合與應用等等。而與本核心議題永續科學計畫相關的「社會科學面向」的研究，目前多數隸屬於科技部自然科學及永續研究發展司中，永續發展學門的「人文及社會科學」次領域，或是防災科技學門的「防災體系、防災跨域」次領域。但是，目前此社會科學面向研究仍較為薄弱，而原來社會科學專業的學者，仍維持在人文及社會科學領域的研究，所以，跨學科、跨領域的整合性風險治理研究不僅為目前我國於「氣候變遷災害衝擊」的科研缺口，更是我國政府在因應此議題亟需要克服的課題。

### 三、國內外推動現況

近年來，全世界各地發生了許多極端天氣與氣候事件所釀成之災害，這些超過歷史經驗值之災害，不僅造成許多傷亡，更造成許多經濟損失。2017年為歷史上最熱的非聖嬰年，更發生許多破紀錄的極端天氣與氣候事件，造成許多嚴重的災害事件，非洲獅子山共和國的坡地災害造成超過1100人死亡；美國的哈維颶風造成950億美元的損失；印度尼泊爾孟加拉的三國水災災害影響接近2千7百萬人（WMO, 2017; CRED, 2018）。根據臺灣近60年的天然災害次數統計資料，我國發生天然災害的次數有增加的趨勢，從1958至1987年的30年期間每年平均4.1次的天然災害次數，上升至從1988至2017年的30年期間每年7.8次（內政部消防署，2018）。科技部（2011）統計過去四十年的颱風事件，亦發現極端事件（極端強降雨颱風、累積總降雨、短延時強降雨）事件發生機率愈趨頻繁，強度也增強，因此造成許多傷亡及損失，例如：2009年莫拉克颱風24小時至48小時累積降雨接近世界降雨紀錄，因此造成700人死亡，總計約台幣2000億元損失（專諮會，2014）。

也因如此，自2000年後許多國際會議及國際報告開始強調對於氣候變遷之極端氣候事件引發之災害之風險治理與調適策略，這些國際上的努力主要可由「氣候變遷」與「災害防救」社群分別推動。首先，聯合國國際減災策略組織（UNISDR）自2005年於日本神戶舉辦的世界災害減輕會議後發表的『2005-2015兵庫行動綱領—建構國家與社區的災害回復力』，其中的一項優先行動為「減少潛在風險因素」，便要求考量氣候變遷的氣候相關災害風險，並推廣氣候變遷調適策略與災害風險減輕策略之整合（UNISDR, 2005）。政府間氣候變遷專門委員會（IPCC）於

2007年公布的第四次評估報告中，開始將「極端事件」列為一項關鍵風險系統，其中包含熱帶氣旋、淹水、極端高溫、旱災、野火等關鍵脆弱度（IPCC, 2007）。第13次聯合國氣候會議（COP 13）於2008年發表代表後京都議定書架構的峇里島行動計畫（Bali Action Plan）更將調適訂為氣候變遷四大主軸議題之一，其中要求氣候變遷調適必須考量災害風險管理與減輕策略（UNFCCC, 2008）。

UNISDR每兩年定期會發表『減少災害風險全球評估報告（簡稱GAR報告）』，2011年的GAR報告中指出全球災害風險有三項趨勢：經濟損失提高、主要災損源自集中型災害風險（含極端事件）、潛在社經風險因子增加災害風險。報告中更提出成功的災害風險管理關鍵要素包含三大類、11項關鍵要素：1）承擔災害風險權責（減災措施之投資、風險盤查與評估、剩餘風險之分散機制）；2）將災害風險管理策略內化至現有發展機制（都市及地方發展之法規、保護生態系統、提供社會保護、充分運用國家規劃系統）；3）建構風險治理能力（表露政治決心、分擔權力、強化夥伴關係、強化課責性）（UNISDR, 2011）。

IPCC則於2012年出版『促進氣候變遷調適之風險管理—針對極端事件及災害（簡稱SREX報告）』，此報告連結氣候變遷調適與災害風險管理，釐清災害風險之定義，點出氣候變遷引發之極端氣候事件，與暴露的脆弱自然及人類系統交互作用後，常常導致災害，故極端氣候災害風險的嚴重程度除了取決於該事件危害度（Hazard）以外，更取決於該衝擊系統的暴露量（Exposure）及脆弱度（Vulnerability），後二者具有動態性的特性，取決於該系統經濟、社會、地理、人口、文化、制度、治理與環境因素的影響。SREX報告更以總和風險管理的角度來因應未來變動氣候下極端事件及災害，提出六項調適與災害風險管理手段：1）降低暴露量；2）降低脆弱度；3）災害管理（減災、整備、應變、復原）；4）風險轉移及分擔；5）社會的轉型（Transformation），以及6）提升回復力/韌性（Resilience）（IPCC, 2012）。

IPCC於2014年公布的第二工作小組第五次評估報告中，除了再次確認風險之定義之外（危害度X暴露量X脆弱度），亦直接點出「極端溫度」、「極端降雨」、「致災性熱帶氣旋」為極端氣候的驅動因子，更指出亞洲地區的三項關鍵災害風險分別為：1）極端降雨、海平面上升、熱帶氣旋造成的水災，將可能對基礎建設、人類生計與聚落造成衝擊；2）溫度升高及極端溫度將造成許多高溫引發的健康衝擊，甚至提高死亡率；3）旱災引發的水資源及糧食短缺問題，並造成營養不足或飢荒問題。

2015年的第21次聯合國氣候大會（COP21）簽訂了巴黎協議，設定目標在於

讓全球平均氣溫升高不超過攝氏2度（甚至1.5度），目的在於控管風險並避免危險不可逆之災害衝擊。此外，為避免氣候變遷負面影響之損失與傷害（Loss & Damage），此協議鼓勵簽署國發展採取各項減災作為，例如：災害損失資料的建立、收集與風險分析、綜合風險管理策略、風險保險機制等（UNFCCC, 2015）。

UNISDR 在2015年出版的GAR報告指出「氣候變遷」將改變天然災害的特性，並增加未來的災害風險及損失，更重要的是，這些影響並非平均分布於所有人口，而是影響部分脆弱地區及人口（例如：亞洲地區），這也引發了氣候變遷災害風險不平等分配於人口族群的公平正義議題（UNISDR, 2015a）。因此，2015年的「2015-2030仙台減災綱領」明確主張受氣候變遷之影響，災害風險的頻率與強度有增加的趨勢，因此，未來的災害風險管理任務中，不論在全球及區域層級，或是在國家及地方層級，皆必須處理「氣候變遷」的驅動因子（UNISDR, 2015b）。

由上述幾份重要報告可歸納出氣候變遷災害風險管理的幾項重點，首先，「減緩作為」仍為目前國際推動主要重點，主要目的在於降低全球溫室氣體排放量，使其不要超過危險程度，藉此抑制全球氣候變遷的風險問題，因此，IPCC也擬於今（2018）年年底公佈一份1.5度全球暖化的特別報告（SR15）。但是，氣候變遷已衝擊許多地區，故各國因應直接衝擊所採取的調適手段仍有其必要性，也因此，目前籌備中的IPCC第二工作小組第六次評估報告中，除了各衝擊領域、各地區之風險評估外，更擬將調適選項明確納入，此報告預計於2022年公佈。

綜合以上，氣候變遷災害衝擊之調適與風險管理主要針對災害發生前的減災、防災、避災等作為，希望藉降低系統接受的衝擊，故其中一項重點在於降低潛在衝擊系統的暴露量及脆弱度，並提升其回復力/韌性，例如：土地利用有效規劃、提升經濟水準、提升硬軟體防災能力等。再者，該系統本身亦可進行社會的轉型（價值的轉換），以及治理系統的強化（法規的調整）等。最後，當風險還是無可避免時，除了傳統的整備、應變作為之外，對於剩餘風險也應可採取風險轉移及分擔的策略。

國際風險治理協會（International Risk Governance Council，簡稱IRGC）將風險治理（Risk Governance）定義為「在廣義的系統中，鑑別、評估、管理，以及溝通風險的過程。此過程考量所有行為者（Actors）、所有相關的法令規定、所有可能的流程與機制，換言之，風險治理為相關行為者如何獲取相關風險資訊、如何分析、如何溝通，以及管理決策如何決定的過程」（IRGC, 2008）。IRGC於2005年出版『風險治理—朝向整合的方法』白皮書中，言明未來風險治理應朝向整合的方法途徑，其中整合風險的科學、經濟、社會、文化等面向，並包含各利害關係人

的有效投入與參與，也因如此，IRGC強調的風險治理概念不僅僅只是傳統著重於科學專家的「風險管理」與「風險分析」，而更強調決策制定的過程中，各行為者（政府、企業、科研社群、公民社會團體等）之間的協調與整合（IRGC, 2005）。

據此，IRGC發展了一風險治理架構，此架構強調兩項概念的創新，一為社會概念的融入，包含：公民社會及利害關係人意見的融入、社會政治之衝擊、經濟上風險效益評估等等；二為風險相關知識的分類及內涵建構，除了複雜性、不確定性、模糊性，更增加了因果關係，以及爭議性等，藉此可評估風險之可容忍性。此外，此架構包含評估層面及管理層面，前者為知識之產製，後者為決策及行動之落實執行；並分作「前置評估」、「風險評估」、「風險管理」等三項步驟，其中，風險評估階段包含自然科學面向的風險評估，以及社會科學面向的認知評估，而「風險溝通」與「風險可容忍性的判斷」的兩項概念則融入每一步驟中（圖1）（IRGC, 2005）。

近年來國際上對於「整合性風險治理」已有兩項大型跨國研究計畫，分別為國際科學理事會（International Council for Science，簡稱ICSU）推動的災害風險整合研究計畫（Integrated Research on Disaster Risk，簡稱IRDR），以及國際全球

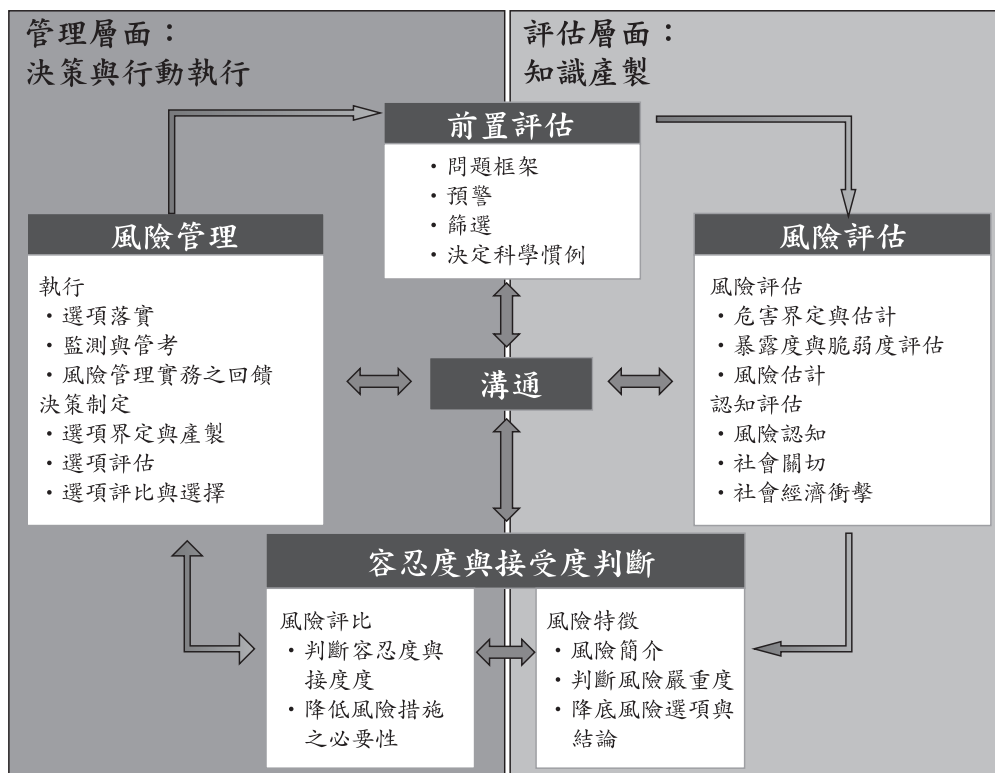


圖1 IRGC風險治理架構（IRGC, 2005）（本文翻譯整理）

變遷人文社會科學計畫科學委員會（International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change，簡稱IHDP）推動的整合性風險治理計畫（Integrated Risk Governance Project，簡稱IRG-Project）。IRDR強調整合自然科學、社會科學、工程等不同領域的知識，除了自然科學了解天然災害的現象、成因與預測，以及防減災工程等傳統理工學科之外，更希望將社會科學的知識也予以納入，例如：社會經濟分析、風險溝通的角色、公民與政治回應與決策。主要的研究目標有三點：界定與評估各層級危害、脆弱度與風險；了解如何在複雜與變動的風險中進行有效的決策，以降低災害衝擊；透過以知識為基礎的行動降低風險與控制損失（IRDR, 2014）。

有鑑於人類在21世紀面臨的災害在規模、影響範疇與造成的損失越來越可能超過歷史經驗，這些超出原有治理系統所能負擔的災害衝擊，再再挑戰了長久以來逐漸僵化的災害管理模式，故IHDP-IRG-Project計畫之任務為：「改善人類面對新興且超過現有因應能力之未來風險之治理系統」。除了探討超出人類應變能力的風險類型之外，更關注社會生態系統（Socio-ecological system）之動態性，尤其在於該系統在風險起始轉移（Entry- and Exit- Transitions）中，如何轉危為安，並回復至原始正常狀態。主要的研究目標有四點：強化機構診斷與評估破壞性災害衝擊之能力；強化機構處理災害引發之連鎖後續衝擊及二次災害的能力；迅速評估系統是否有足夠的資源去處理目前發生的災害事件；評估各利害關係人在風險起始轉移的策略中（災前防減災-災後復原重建）的角色（IHDP, 2010）。

IHDP-IRG-Project探討超出人類應變能力的風險類型（例如：異常的天氣與氣候危害、影響基礎設施運作的負面衝擊等）之治理模式，其中包含有機構的判斷與評估風險能力、機構的處理能力、各利害關係人的角色等研究。此計畫檢視全球許多大規模災害的案例，例如：中國汶川大地震、美國卡崔娜颶風、歐洲熱浪事件等，雖然部分案例之治理模式已臻成熟，但在普通理論與方法論之間仍有缺憾，原因是通常大規模災害難以預料，且因沒有往例可供參考，故通常也難以做出最佳的因應決策，但是，該計畫最終提出兩項整合性風險治理模式。

第一項整合性風險治理模式涵蓋四個治理層面，包含：災害種類、整合性災害風險治理、災害流程、減災的科學基礎。圖2呈現此一複雜的整合性災害風險治理模式，也就是1)針對四種不同的災害類型（天然災害、工業意外、公共健康、社會安全）。2)將採取一系列的治理措施，例如：優先採取預防性措施，並輔以急難救濟系統之建置；再針對災害管理階段採取不同因應作為（災前整備、災時緊急應變、災害復原重建）；這些作為皆須針對不同受災狀況而調整（災害衝擊、受災地

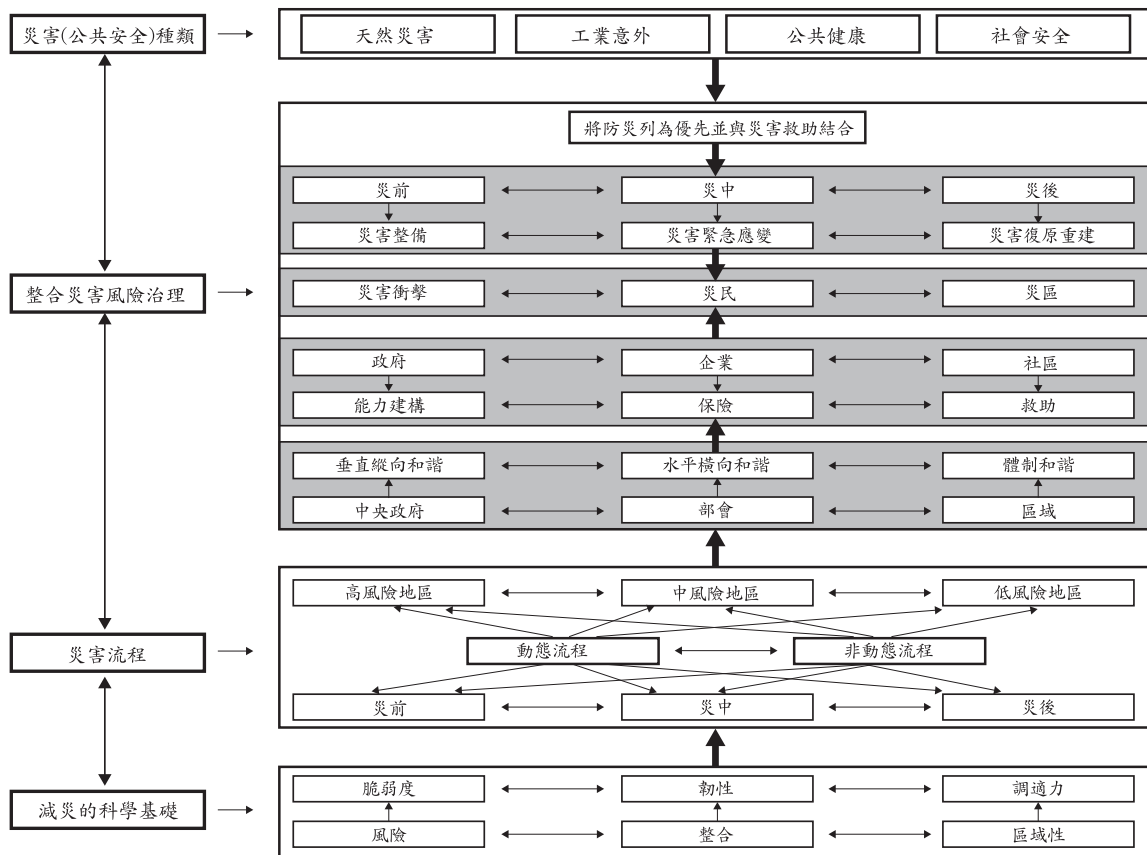


圖2 整合性風險治理模式I (Shi等人, 2013) (本文翻譯整理)

區、受災民眾)；此外，更強調不同行為者之間合作模式的建立，例如：政府提供能力建構、企業提供保險、社區提供救助等；最後在不同機構方面，亦須著重於中央、地方政府各部門垂直、水平、制度整合。3)在災害過程層面，在高度、中度、低度風險區域，探討這些災害在災前、災中、災後的動態與非動態過程。4)最後，在此整合性風險治理模式中更強調減災的科學基礎，科學研究需貢獻，以了解風險脆弱度、並整合以達到回復力/災害韌性，並依地區特性培養適應力 (Shi等人, 2013)。

第二項整合性風險治理模式則以一立方體、三個維度的概念釐清中央政府、各部會、地方政府之職責，並提出處理災害的整合治理系統 (圖3)，包括：1) X軸：政府相關部門之整合：整合教育、研究、資訊、協議、評估、預警、預報、監測機制，盡可能實現各相關部門在轄區自然災害風險管理過程中的良好銜接，以達到跨部門協調的一致性；2) Y軸：中央政府與地方各級政府的區域整合：加強重建、恢復、救助、工程、整備、協議、政策、策略，並根據自然災害的嚴重性程度

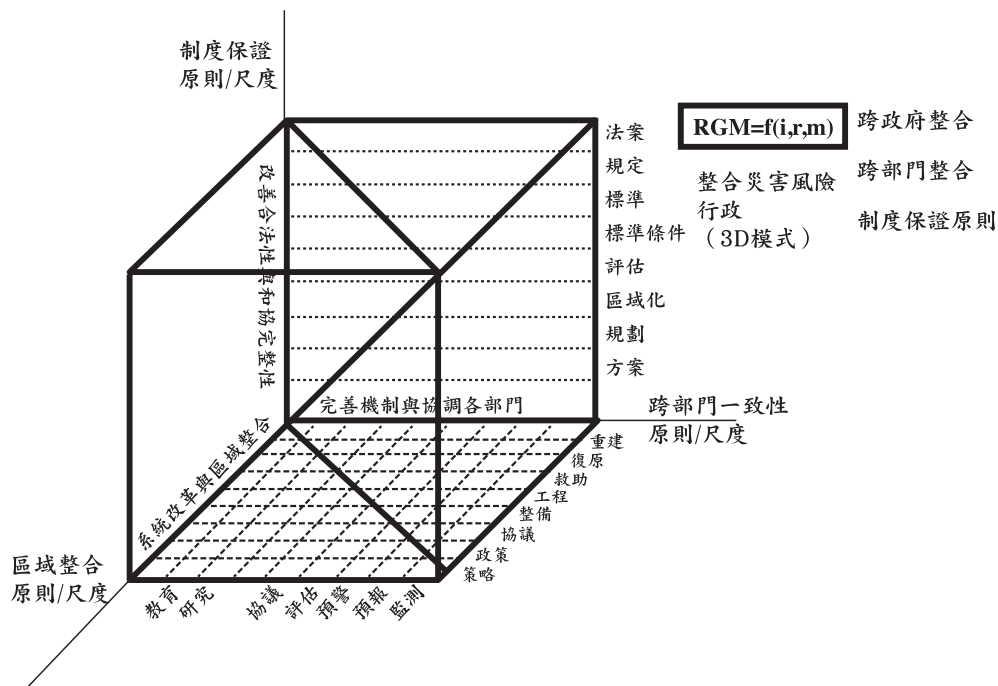


圖3 整合性風險治理模式II (Shi等人, 2013) (本文翻譯整理)

(規模程度)，區分中央政府與地方政府在自然災害風險綜合行政管理體系中的責任，達到分級負責、協同作戰、制度改革、區域整合；3) Z軸：制度保證：包括方案、規劃、區域化、評估、標準條件、標準、規定、法案等，從相關災害部門的觀點，強調政府、企業、社群的水平協調，以整合災害能力的建設、保險和救濟，達到健全管理法制之目標 (Shi等人, 2013)。

比較此二項整合性風險治理模式，可以發現有幾點差異。首先，前者將不同災害類型納入，後者則未探討不同災害類型的治理。再者，除了政府部門之縱向與橫向和諧之外，前者已將其他行為者納入，例如企業與社區，而後者則較針對政府部門不同層級、不同部門之間的整合。最後，在內涵方面，前者細部探討災害流程與減災的科學基礎，確保災害風險之評估；後者則較為細緻化去探討制度保證原則，此為確保風險治理的合法性與完整性。

目前臺灣的災害防救體系與前者較為類似，在中央政府層級，針對不同的災害類型，有不同的主管機關，例如：風災與震災為內政部，而水災與旱災則為經濟部。彼此之間，透過平時的災害防救會報或是災時的中央災害應變中心進行橫向協調與整合。而在區域整合的部分，目前臺灣的災害防救體系為三級制（中央-縣市-鄉鎮區），一方面建構地方政府的防災能力，同時將民間資源與力量納入（例如：

企業、NGO與社區），二方面也使得中央到地方縱向協調整合更完備。

雖然目前臺灣的災害風險管理已有基礎體制，但是由臺灣災害防救實務經驗仍可發現有跨部會、跨層級整合不佳的情形，甚至目前重點多在災前整備與災時應變，平時的減災與降低風險則較少以整體性思維考量與整合評估。因此，若檢視科學研究推動現況，可以發現在防災科技學門的專題研究計畫中，與風險治理有關的是「防救災體制、社會經濟、資訊、人為災害領域」，在過去近20年間，超過80項研究課題涉及不同的次領域。防救災體制次領域之研究包含我國之防救災體系、計畫與政策、防救災組織（含政府、地方、民間組織、社區）、防救災效能等課題；社會經濟次領域之研究包含防救災教育、心理與社會復健、災後直接間接經濟損失評估、風險分擔、風險溝通、風險倫理、弱勢與高關懷族群之衝擊、文化古蹟防災對策等課題。但是，在計畫數量上，相較於其他研究課題，在「治理」方面之課題所徵求到之研究計畫仍顯少數，顯示我國災害防救之風險治理研究仍相對少有學者投入。

目前我國災害防救之風險治理投入的科學研究已經偏少，當臺灣的極端天氣與氣候事件之強度及頻率逐漸改變，再加上我國長期工業與經濟發展造成的環境、社會、土地之變遷，增加的災害風險不僅將改變我國水文氣象類型災害的特性（如：空間特性），更將直接挑戰現有災害防救體系，但是，我們卻未有相對應的科學研究以協助未來的風險治理與政策落實。換言之，面對未來強度更大、更複雜、更不確定、影響永續性的風險，臺灣從事永續發展研究的學者應可投入「氣候變遷災害衝擊之整合性風險治理」此核心議題，不僅回答「未來氣候變遷災害風險是否超過各地現有的承載力與因應能力」、「環境變遷是否會驅動災害風險」、「災害風險又會影響哪些土地利用型態」、「我國的政府體制又該如何因應這些災害風險」等問題，更可協助在實務上建構適合我國的整合性風險治理架構及機制。

#### 四、未來可研究方向與重點

承上所述，氣候變遷災害風險將可能影響臺灣現在及未來的永續性，因此，我國政府與社會應該及早偵測威脅、採取相關因應措施，以有效降低風險。此工作仰賴跨領域、跨科際的合作（科學），以及跨部門、跨層級的整合（政策），這也是強調「整合跨領域與跨界之知識」、「連結知識生產與社會實踐」的永續科學研究必須發展的重點。其中，牽涉概念包含以整體的思維（Holistic Perspective）重整過

去偏重自然科學風險評估研究模式，而與社會、人文、法制等社會科學領域進行互動、對話，並發展出跨領域整合（結合自然與社會科學之風險評估）、跨部門及利害關係人之整合（政府機關、科研專家、公民）、跨介面整合（連結科學評估與政策決策）的整合性風險治理思維與推動機制。

因此，本文主要貢獻希望能妥善規劃「氣候變遷災害衝擊之整合性風險治理」永續科學計畫，並希望未來此計畫能達成此遠景目標：有效整合體制政策（適當的政策、決策機制與流程、有能力的體制等）、科學研究（科技角色、風險評估、風險衝擊）、公民社會（風險感知、風險溝通、參與式決策、因應能力/回復力）等三面向之研究，最終建構出針對氣候變遷災害風險，且適合我國國情的整合性風險治理架構及機制。

本文初步提出數項研究議題，再分析這些議題涉及的風險治理面向（體制政策、科學研究、公民社會），發現每一個議題幾乎皆涉及兩項或三項面向（圖4），未來若欲發展此永續科學計畫，除了單一面向之研究之外（圖4-c），亦應包含兩兩面向之研究主題（圖4-b），或可為整合三面向之研究主題（圖4-a）。因此，本文將這些研究議題，歸納收斂至四項研究方向：「氣候變遷災害風險治理之體系與法制」、「自然環境與社會經濟資料的整合與應用」、「氣候變遷災害風險感知與溝

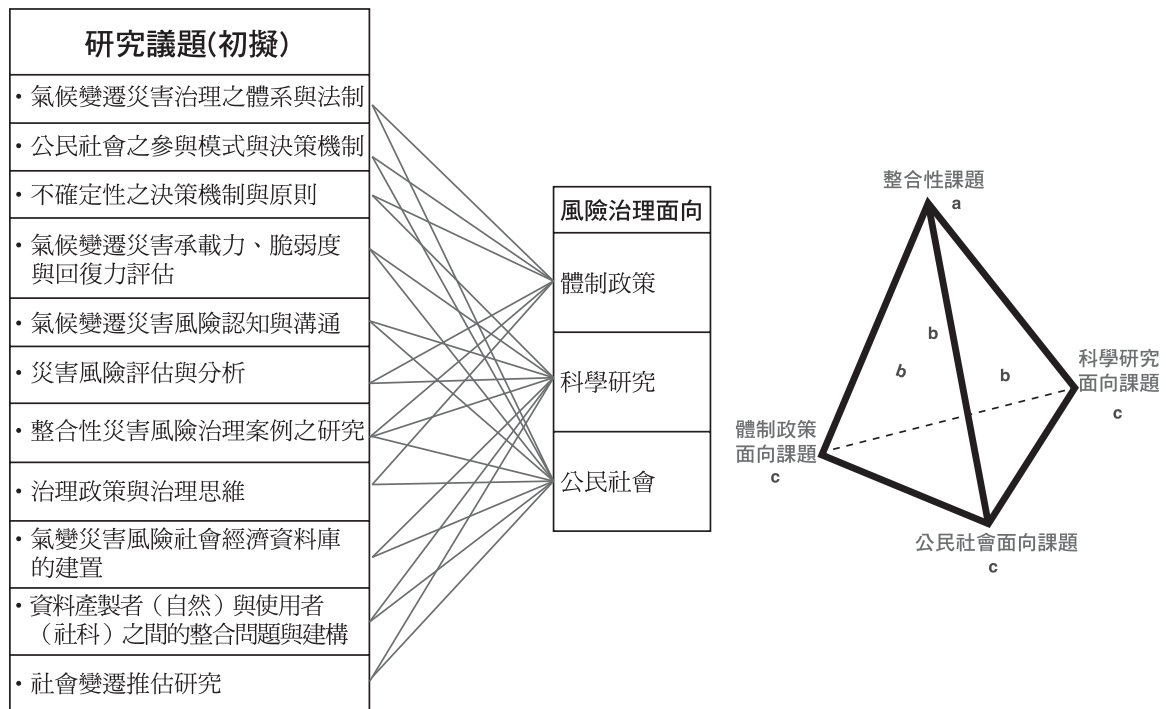


圖4 初擬研究議題及其涉及之風險治理面向

通」，以及「公民社會之參與模式與決策機制」，每一個研究方向內各包含3個研究重點，故總計有12項研究重點。未來這四項研究方向之推動執行應彼此整合，成果應更能相互加乘。其內容說明及研究重點分述如下。

### （一）氣候變遷災害風險治理之體系與法制

因臺灣屬於相對高災害風險地區，幾十年以來，我們經歷過許多重大災害事件，我國的災害防救體系也已漸趨成熟，包括相關的災害防救法規、各層級各單位在災害防救業務之權責分工等。除此之外，科技部啟動了多項多年期的防災科研計畫，針對氣象、洪旱、坡地、地震、資訊、體系社會經濟等課題進行科學研究，我國的防災科研也已奠定深厚的基礎。但是，現有的災害防救體系及災害防救科學研究是否能有效地因應未來氣候變遷可能加劇的極端天氣及氣候事件？當災害防救思維逐漸由傳統的「關注危害、災後反應、個案事件經驗式管理」逐漸轉化為「關注社經環境脆弱度、災前預防減災、全面的災害風險管理與減輕」時，我國的災害防救體系及災害防救科學研究勢必需要有所改變。

氣候變遷為高度複雜性、高度不確定性、高度政治經濟敏感性的風險議題，因此，欲在政策實務上解決這些問題，需要克服兩項挑戰。首先，現階段的氣候科學推估資訊如何協助用於推估未來的氣候變遷災害風險，而這些推估獲得之資訊又該如何納到目前的災害管理政策中予以落實，以減輕潛在的未來風險，是此課題的重要挑戰，這也是未來地球（Future Earth）的永續性轉移（Transformations toward Sustainability）研究課題中科學到政策連結（Science to Policy）的子議題（Future Earth, 2014）。

另外一項挑戰則是因為氣候變遷災害風險議題牽涉許多部門及領域，許多衝擊領域之間更有極高相互性的關聯度（例如：乾旱問題牽涉水資源運用、農業部門、產業部門等），因此，治理這些風險議題時，需要多部門、多領域、多學科之間的合作，亦即現有體系與法制之整合機制，包括探討中央與地方災害治理與決策體系、氣候變遷災害議題與其他環境議題法制之關聯性、國家社會經濟發展思維與模式；尤其是如何將其他三項研究方向一起整合放入此氣候變遷風險治理之機制中更是關鍵。本研究方向有幾項可能發展的研究重點：

1. 盤點並診斷我國現有氣候變遷災害之風險治理體系、制度、規範與民主審議的問題；
2. 分析我國於此議題之政策決策模式與治理思維，尤其是如何建立科學證據為基礎的決策模式（Scientific evidence based decision making）；

3. 發展與架構氣候變遷災害風險治理之推動機制與新典範，以建立初期的治理運作分析及示範。

## (二) 自然環境與社會經濟資料的整合與應用

觀察我國的災害防救科學研究可以發現到自然科學與社會科學兩個學科的明顯分際，自然科學或工程科學主要將研究重點放在重複性天然災害的現象與環境條件、監測及預測技術的準確度提升，並將因應政策導向提高建物設施防災標準、強化基礎建設，甚或直接遷移人類聚落（遷村）等減輕下次災害的減災措施；而社會科學方面則針對社會、經濟、心理或制度因素的致災成因、衝擊、或回復力/韌性（Resilience）等概念進行探討，但卻也可以發現這兩學科之間並無直接的跨科際合作。IPCC（2012）的報告中將災害風險表述為下列公式：風險（Risk）＝危害（Hazard）×暴露度（Exposure）×脆弱度（Vulnerability），雖然此觀點體認到風險的大小同時受危害（自然科學）及暴露度與脆弱度（社會科學）的影響，但是，兩者之間如何交互作用並影響災害風險，卻尚待所有科研學者的努力。

承上所述，面對氣候變遷災害風險，從研究到治理方式都必須打破政府部門、國家與公民社會、專家與一般民眾、自然與社會學門之間的建制進行合作。這些合作的基礎即是科學資料的整合，因此，建立跨部會、整合國家與公民團體、與跨學門的可靠資料有其必要性，藉此才得以進行交流與對話。而我國在氣候變遷災害領域方面的自然科學資料的整合經由十幾年的努力已逐漸成熟（例如：科技部的TCCIP計畫整合氣候相關的資料、其他災害資料亦透過行政院災防應科方案進行整合），但是，社會經濟資料如何與自然環境資料整合，並加以加值應用，尤其是針對未來的氣候變遷災害風險，除了危害的推估科學資訊之外，如何建構出可靠的社經脆弱度推估資訊（包含社經情境），兩者又該如何整合，此為本研究議題試圖突破的挑戰之一。本研究方向有幾項可能發展的研究重點：

1. 氣候變遷災害風險之社會經濟資料之收集與建構：這些資料來源以政府各部門數據為主題，除了目前已逐步建構的氣候、災害潛勢等自然科學資訊之外（例如：雨量、淹水、土砂崩塌量等數據），未來更需逐步建構我國社會經濟發展等社會科學資訊（例如：土地利用與都市規劃、人口、產業發展、區域發展策略等可能的調適力指標）；
2. 氣候變遷災害之資訊公開與整合機制研究：須對目前各有關單位之資料開放制度進行分析與規範研擬，包含資料格式一致化、資料整合制度化、資料開放權限規範（對不同的資料使用者，學者與公民社會團體）等；

3. 氣候變遷災害風險之社會經濟資料之加值與整合：針對上述自然與社經資料，學者專家如何予以加值（尤其是如何產製未來的推估資訊），學者專家又如何整合這些資訊（自然危害+社會經濟脆弱度），將氣候變遷災害風險、回復力、脆弱度、調適力等概念予以量化評估或模擬分析；

### （三）氣候變遷災害風險感知與溝通

為因應逐漸增加的災害風險，近年來各國投入大量資源在災害防救體系的相關科學研究，包含：強化減災、調適力與回復力，以及建置綜合性預警與應變系統，以降低災害衝擊與傷亡。然而，在風險治理工作推動以及減災、調適力、回復力與相關系統建置過程中，常偏重在科技整合與資訊供給內容、方法與技術設計（例如：災害潛勢地圖），而忽略末端使用者、潛在利害關係人的認知、反應與調適行為，最終，造成實務上所研議或推動之減災、預警與應變系統、調適策略等風險治理的困難。

由政府或專家主導的災害風險治理政策，常因缺乏妥善的風險溝通（Risk Communication）機制，導致民眾對相關政策與治理機制的認知或風險感知（或知覺）（Risk Perception），與政府或專家提供的訊息產生差異，這也造成相關政策無法充分讓民眾瞭解，甚至造成誤解，使風險治理工作推動遭遇非常大阻力。因此，瞭解相關利害關係人及一般民眾的風險感知，並透過良好風險溝通，來協助風險治理工作的推動，及強化個人與社會的回復與調適力，降低災害風險，為當前風險治理重大議題。

本研究方向一方面可以瞭解我國民眾的災害風險感知、調適反應行為，脆弱度、回復力、調適力特性；另一方面則可藉由探討如何妥善建置風險溝通機制，來強化民眾參與災害風險治理工作，降低政策溝通障礙與提升風險治理效能與公平，其中，亟需克服的一項挑戰就是如何將複雜的氣候變遷科學資訊有效的轉化（知識轉譯的過程）讓一般民眾理解，尤其重要的是如何有效溝通這些科學知識當中的不確定性，以利一般民眾了解科學輔助風險決策的效益與侷限。本研究方向有幾項可能發展的研究重點：

1. 一般民眾或社區居民對氣候變遷災害風險感知、反應行為（調適行為）之調查、分析與建構，以及對此等感知、反應行為等的影響因素分析；
2. 一般民眾或社區居民之氣候變遷災害風險溝通模式研究與建構，此類溝通模式並非單方向的、由上而下的「教育宣導」，而是包括了氣候變遷災害科學之知識轉譯、民眾或社區居民之在地知識的反饋等；

3. 上述氣候變遷災害風險感知、調適行為、風險溝通模式與回復力、脆弱度、調適力等概念之相關性分析，及其於風險治理之相關應用研究

#### (四) 公民社會之參與模式與決策機制

不同的政治體制在處理各項公共議題及公共政策時有不同的思維及作法，例如：威權體制的環境政策常常以「由上而下」、「以學者專家主導」的方式制定相關法規；而民主體制的環境政策雖然仍須借重學者專家的諮詢意見，但是在政策制定的過程之中則須重視資訊的公開與傳達（例如：公聽會），以及公民意見的採納等。

隨著幾十年民主化的進程中，臺灣民眾的環保意識抬頭，環保運動也逐漸發展成熟，由傳統的街頭抗爭運動更逐漸進化為積極倡議環保主張的相關運動，包括環境公民權的積極行使，擴大公共參與決策的過程，例如：環保團體作為各式委員會的公民代表。但是，目前這些公民參與模式仍屬於個案式的參與，尚未有制度化的模式，且其是否具有實質效益（政府機關是否實質參採公民意見進而影響政策）有待細部檢視與評估。

面對未來複雜的氣候變遷災害風險議題時，公民社會扮演的角色與功能更顯重要，因為民眾將可能同時扮演許多角色，例如：災害問題的製造者、受災後的受害者角色、災害風險降低的解決者等。也因為這些不同的角色，如何更有意義地參與決策過程，進而影響政策是整體風險治理很重要的一環，因為有意義的公民參與、公民支持的決策通常能弭平爭議，並增進政策的推行。本研究方向有幾項可能發展的研究重點：

1. 一般公民或潛在利害關係人參與決策模式之研究與建構，包含公民、專家、決策者間之關係；公民參與之時機與機制，目前我國較常操作執行的方式包含公民咖啡館、公民會議、參與式預算、公民投票等等；
2. 科學不確定性之風險決策機制與原則之研究，目前氣候變遷災害風險科學資訊具有一定的不確定性，決策者如何依據現有的，含不確定性之科學資訊進行決策，例如：預防原則（Precautionary Principle）；
3. 風險評估中自然科學與社會科學面向資訊之整合，如何同時考量科學專家理性的風險評估數據，以及一般民眾的風險感知，以幫助決策者進行決策。

## 五、結 論

受氣候變遷之影響，臺灣的極端天氣與氣候事件之強度及頻率已逐漸改變，未來增加的災害風險不僅將直接挑戰現有災害防救體系，更可能影響臺灣的永續性。面對新型態的風險，我國必須更積極調整風險治理模式，整合科學研究（專家風險評估）、公民社會（利害關係人參與）、體制政策（政策執行落實）三面向，也因如此，本文將「氣候變遷災害衝擊之整合性風險治理」列為核心議題，提出此議題的永續科學計畫，內容包含四項研究方向：「氣候變遷災害風險治理之體系與法制」、「自然環境與社會經濟資料的整合與應用」、「氣候變遷災害風險感知與溝通」，以及「公民社會之參與模式與決策機制」，每一個研究方向內各包含3個研究重點，故總計有12項研究重點。

為發揮此科學計畫的綜效，本文建議未來這四項研究方向之推動執行應秉持未來地球（Future Earth）研究計畫的共同設計（Co-design）與共同產出（Co-produce）原則，除了四項研究方向研究者應更緊密合作整合之外，研究過程中更可將我國相關政策制定者及早納入（例如：氣候變遷調適單位、災害防救單位），將實務經驗與意見反饋至計畫中，如此方可確保此計畫最終研提之「氣候變遷災害衝擊之整合性風險治理」架構及機制不只是科研成果，而是可落實執行的成果。

## 參考文獻

- 內政部消防署 2018。臺灣地區天然災害損失統計表（47年至106年）。取自 <https://www.nfa.gov.tw/cht/index.php?code=list&ids=233>。
- 科技部（2011）。臺灣氣候變遷科學報告 2011。行政院科技部（科技部）（時稱行政院國家科學委員會，國科會）。台北市。
- 專諮會（2014）。第六屆行政院災害防救專家諮詢委員會政策建議：巨災風險財務分散與轉移機制。第六屆行政院災害防救專家諮詢委員會（專諮會）。
- Beck, U. (1992). *Risk Society: toward a new modernity*. London: Sage Publications.
- Clark, W. C. and Dickson, N. M. (2003). Sustainability science the emerging research program. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14), 8059-8061.
- Clark, W. C. (2009). Sustainable development and sustainability science. Background paper, *Toward a Science of Sustainability Conference*, November 29-December 2, 2009.

- CRED (2018). Natural Disasters 2017. Brussels: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). EM-DAT file dated 02/07/2018.
- Future Earth (2014). Research Themes. Retrieved from <http://www.futureearth.org/science>
- IHDP. (2010). Integrated risk governance project science plan. International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP). Beijing.
- IPCC. (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, New York, NY, USA, 996 pp.
- IPCC. (2012): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (SREX). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, New York, NY, USA, 582 pp.
- IPCC. (2014). Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, New York, NY, USA, 1820 pp.
- IRDR. (2014). IRDR programme research objectives. Integrated Research on Disaster Risk (IRDR). Retrieved from <http://www.irdrinternational.org/about/research-objectives/>
- IRGC. (2005). White paper on risk governance: towards an integrative approach. The International Risk Governance Council (IRGC). Geneva, Switzerland.
- IRGC. (2008). An introduction to the IRGC risk governance framework. The International Risk Governance Council (IRGC). Geneva, Switzerland.
- Kajikawa, Y. (2008). Research core and framework of sustainability science. *Sustainability Science*, 3, pp. 215-239.
- Kates et al. (2001). Environment and development—sustainability science. *Science*, 292 (5517), pp. 641-642.
- Kauffman, J. (2009). Advancing sustainability science: report on the International Conference on Sustainability Science (ICSS). *Sustainability Science*, 4(2), 2pp. 33-242.
- NRC. (1999). Our Common Journey: A Transition Toward Sustainability. National Research Council (NRC) Board on Sustainable Development. Washington, DC:

- National Academy Press.
- Shi, P., Jaeger, C., and Ye Q. (2013). Integrated risk governance: science plan and case studies of large-scale disasters.
- Spangenberg, J. (2011). Sustainability science: a review, an analysis and some empirical lessons. *Environmental Conservation*, 38(3), pp. 275-287.
- 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.
- UNISDR. (2005). Hyogo framework for action 2005-2015: building the resilience of nations and communities to disasters. World Conference on Disaster Reduction in Hyogo Japan. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR)
- UNISDR (2011). Global assessment report on disaster risk reduction (GAR). United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR). Oxford, UK.
- UNISDR. (2015a). Global assessment report on disaster risk reduction (GAR). United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR). Oxford, UK.
- UNISDR (2015b). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR). Geneva, Switzerland. 37 pp.
- UNFCCC. (2008). Bali Action Plan. UNFCCC COP 13 Decision 1/CP.13. Bali, Indonesia.
- UNFCCC. (2015). Paris Agreement. Retrieved at [http://unfccc.int/meetings/paris\\_nov\\_2015/items/9445.php](http://unfccc.int/meetings/paris_nov_2015/items/9445.php)
- WBGU. (1996). World in transition: The research challenge (annual report 1996). The German Advisory Council on Global Change (WBGU). Retrieved from [http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg1996/wbgu\\_jg1996\\_engl.pdf](http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg1996/wbgu_jg1996_engl.pdf)
- WCED. (1987). Our common future. World Commission on Environment and Development (WCED), Oxford University Press, 416 pp.
- WMO. (2017). 2017 is set to be in top three hottest years, with record-breaking extreme weather. Retrieved on March 10, 2018 from <https://public.wmo.int/en/media/press-release/2017-set-be-top-three-hottest-years-record-breaking-extreme-weather>