

「氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用」計畫 成果報告基本資料表

委辦單位	國家環境研究院		
執行單位	國立臺灣大學生物環境系統工程學系		
參與計畫人員姓名	童慶斌		
年 度	113 年度	計畫案號	113FB010
研究性質	☐ 基礎研究 ☒ 應用研究 ☐ 技術發展		
研究領域	氣候變遷韌性調適		
計畫屬性	☐ 科技類 ☒ 非科技類		
全程期間	113 年 2 月 ~ 113 年 12 月		
本期期間	113 年 2 月 ~ 113 年 12 月		
本期經費	0 億 4390 千元		
	資本支出		經常支出
	土地建築 0 千元		人事費 3024.365 千元
	儀器設備 0 千元		業務費 224.533 千元
	其 他 0 千元		材料費 0.0 千元
			其 他 768.679 千元
摘要關鍵詞(中英文各三則)			
氣候變遷 Climate Change			
實體風險 Physical Risk			
韌性調適 Resilient Adaptation			

計畫成果中英文摘要(簡要版)

一、中文計畫名稱：

氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用

二、英文計畫名稱：

Application Plan for Building Climate Resilient Adaptation Capacity for Climate Change

三、計畫案號：

113FB010

四、執行單位：

臺灣大學生物環境系統工程學系

五、計畫主持人(包括共同主持人)：

童慶斌，劉力瑜，柯佳吟

六、執行開始時間：

113/2/27

七、執行結束時間：

113/12/31

八、報告完成日期：

113/12/2

九、報告總頁數：

405 頁

十、使用語文：

中文，英文

十一、報告電子檔名稱：

氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用成果報告(修正稿).docx

十二、報告電子檔格式：

Microsoft 365 WORD

十三、中文摘要關鍵詞：

氣候變遷、實體風險、韌性調適

十四、英文摘要關鍵詞：

Climate Change, Physical Risks, Resilient Adaptation

十五、中文摘要：

氣候變遷對臺灣帶來極端氣候事件、海平面上升、乾旱、洪水及熱浪等一系列變化，對社會、經濟與環境產生了深遠的影響，因此系統化地基於科學制定調適行動方案變得極為重要。本計畫首先透過蒐集與分析國際上有關氣候調適的知識、工具、技術及應用服務，以了解全球發展趨勢；接著建立氣候韌性調適策略模擬系統的框架，以保持擬定跨領域調適策略的一致性及可操作性。該系統希望可以做為未來數位孿生技術的架構，現階段發展策略擬定詮釋模式(meta model)的架構，串接運算模式，並設計互動式操作介面，提供使用者較好的操作體驗。策略擬定詮釋模式主要用於評估跨領域系統性氣候風險及其調適選項的相互關係與優先順序；運算模式則整合各領域的評估模型及氣候模式的高效運算能力，從而規劃適合的調適路徑，以應對日益複雜的氣候風險。

此外，標準化氣候實體風險評估與調適擬定流程同為本計畫的執行重點，此標準化工作針對中央政府、地方政府、產業部門等不同決策層次的需求，制定客製化風險評估與調適治理框架建議，從而幫助決策者更清晰地識別實體風險缺口，並輔助其進一步進行風險管理與調適策略的制定。最終，本計畫協助國家環境研究院規劃國家氣候變遷智能服務平台，以期整合國內氣候變遷調適相關的數據、資訊、知識、智慧、技術、工具及指引等，為各層級決策者在進行實體風險評估與調適策略制定時貢獻全面的參考與應用支持。

十六、英文摘要：

The impact of climate change on Taiwan has led to a series of changes, including extreme weather events, rising sea levels, droughts, floods, and heatwaves, with profound effects on society, the economy, and the environment. Therefore, systematically formulating adaptation action plans based on scientific evidence has become extremely important. This project first collects and analyzes international knowledge, tools, technologies, and application services related to climate adaptation to understand global development trends. Then, it establishes a framework for a climate resilience adaptation strategy simulation system to ensure consistency and operability in formulating cross-sector adaptation strategies. This system is expected to serve as the framework for future digital twin technologies. At this stage, it focuses on developing a meta-model framework for strategy formulation, linking computational models, and designing an interactive user interface to provide a better user experience. The meta-model for strategy formulation is mainly used to assess the interrelationships and priorities of cross-sector systemic climate risks and their adaptation options. The computational models integrate assessment models from various fields and leverage the high-performance computing capabilities of climate models to plan suitable adaptation pathways to cope with increasingly complex climate risks.

In addition, the standardization of climate-related physical risk assessments and adaptation planning processes is also a key focus of this project. This standardization effort is aimed at different decision-making levels, including central and local governments and industry sectors, providing customized frameworks for risk assessment and adaptation governance recommendations. This helps decision-makers more clearly identify physical risk gaps and supports them in further managing risks and formulating adaptation strategies. Ultimately, this project will assist the National Institute of Environmental Research in planning a National Climate

Change Smart Service Platform, which aims to integrate domestic climate change adaptation-related data, information, knowledge, intelligence, technologies, tools, and guidelines. This platform will offer comprehensive reference and application support for decision-makers at all levels when conducting physical risk assessments and developing adaptation strategies.

目錄

目錄.....	I
圖目錄.....	III
表目錄.....	VI
報告大綱.....	VIII
計畫成果摘要(詳細版).....	XX
第壹章 計畫緣起與目的.....	1
一、計畫緣起.....	1
二、計畫目標.....	1
三、計畫工作項目及內容.....	1
四、計畫架構及人力配置.....	3
第貳章 國際韌性調適科技與應用服務發展趨勢.....	7
一、章節摘要.....	7
二、韌性調適科技發展資訊彙整.....	11
三、氣候調適應用服務盤點.....	25
第參章 氣候韌性調適策略模擬系統架構與發展路徑.....	40
一、章節摘要.....	40
二、韌性調適支援知識與工具盤點.....	43
三、氣候調適策略模擬系統架構與發展路徑.....	58
第肆章 政府實體風險與韌性調適治理通用指引.....	111
一、章節摘要.....	111
二、氣候調適演算法標準化框架.....	112
三、中央目的事業主管機關調適治理建議.....	124
四、直轄市、縣(市)主管機關調適治理建議.....	134
五、氣候風險評估與韌性調適工作坊.....	141

第五章 產業實體風險與韌性調適需求與通用指引	148
一、章節摘要.....	148
二、產業實體風險與韌性調適需求盤點.....	149
三、產業治理建議.....	154
第六章 氣候變遷韌性調適數位服務推動策略	171
一、章節摘要.....	171
二、國際數位服務推動案例.....	171
三、國內氣候變遷韌性調適應用服務.....	175
四、國家氣候變遷智能服務平台規劃.....	182
五、氣候變遷調適數位服務推動策略.....	185
第七章 結論與建議	189
一、結論.....	191
二、建議.....	193
參考文獻	195
附錄一、評選會議委員審查意見及處理情形	210
附錄二、啟動會議會議記錄	214
附錄三、環境教育探索館補充資料	217
附錄四、氣候變遷數位服務推動策略座談會	244
附錄五、第一次工作進度報告會議記錄及意見處理情形	260
附錄六、氣候風險評估與韌性調適工作坊	265
附錄七、氣候變遷相關名詞釋義	282
附錄八、期中報告審查會議紀錄及意見處理情形	286
附錄九、國際氣候變遷調適機關資訊彙整	297
附錄十、期末審查會議記錄及意見處理情形	304
附錄十一、生成式實體風險模板簡介	314
附錄十二、直轄市、縣(市)主管機關氣候變遷調適執行方案摘要	326

圖目錄

圖 1-1 氣候變遷之風險與機會概念圖	2
圖 1-2 氣候變遷韌性調適生態圈	3
圖 2-1 海岸管理過程流程圖	17
圖 2-2 組織管理流程圖	17
圖 2-3 全球能源相關碳排放	18
圖 2-4 生態強化概念應用於土壤的示意模型圖	20
圖 2-5 社區社會生態脆弱度對多種互動暴露的概念框架	35
圖 3-1 DestinE 計畫示意圖	44
圖 3-2 美國氣候韌性工具組的韌性評估框架	45
圖 3-3 聯合國農糧組織氣候變遷資料與工具	46
圖 3-4 PREPdata 氣候模擬示意圖	49
圖 3-5 Climate DT 調適模型框架開發流程-以洪水風險為例	51
圖 3-6 都柏林應用數位孿生之虛擬城市呈現	51
圖 3-7 DCLG 新績效框架	55
圖 3-8 氣候變遷之下的水文和水資源變化對商業的影響	56
圖 3-9 國家氣候變遷調適框架	59
圖 3-10 氣候調適演算法	60
圖 3-11 氣候實體風險模板	61
圖 3-12 氣候調適演算法流程圖	62
圖 3-13 數位孿生架構之調適策略模擬系統	63
圖 3-14 互動式操作介面(示意)	65
圖 3-15 Climate DT 通用調適模型框架	70
圖 3-16 綜合視角之氣候風險評估示意圖	72
圖 3-17 氣候實體風險模板：風險與關鍵議題	73
圖 3-18 氣候實體風險模板關係圖	91
圖 3-19 HIPs 系統示意圖	93
圖 3-20 UNDRR HIPs 因果循環圖繪製流程	94
圖 3-21 水相關危害之因果循環圖	95

圖 3-22 乾旱危害的原因樹	96
圖 3-23 洪水危害的原因樹	97
圖 3-24 乾旱危害的用途樹	98
圖 3-25 洪水危害的用途樹	99
圖 3-26 使用者操作介面(步驟一：範疇界定)	101
圖 3-27 提供氣候風險因子之操作介面	101
圖 3-28 洪水 use tree 作為底層系統及其歷史事件	102
圖 3-29 水資源領域級聯風險：洪水影響水供應之呈現	103
圖 3-30 自來水供水系統-洪水實體風險模板	104
圖 3-31 洪水導致農業減產、沿海生態系受損的危害影響路徑	105
圖 3-32 作物-田間積水實體風險模板	106
圖 3-33 七股潟湖生態系-淤沙實體風險模板	108
圖 3-34 洪水造成作物減產、潟湖生態系淤沙的複合風險之因子關聯分析	109
圖 4-1 氣候影響驅動因子 CIDs	115
圖 4-2 氣候影響驅動因子界定流程圖	116
圖 4-3 氣候變遷風險評估類型判斷流程	117
圖 4-4 實體風險評估量化流程圖	118
圖 4-5 危害分級方法	119
圖 4-6 氣候變遷風險矩陣圖	120
圖 4-7 氣候調適路徑法	122
圖 4-8 易受氣候變遷衝擊領域與政府部門分工	125
圖 4-9 實體風險界定(以空污事件為例)	128
圖 4-10 氣候變遷韌性調適擬定(以空污事件為例)	129
圖 4-11 聯合國永續發展目標 SDGs	130
圖 4-12 臺灣永續發展目標	130
圖 4-13 永續與氣候治理之組織架構(建議)	135
圖 4-14 實體風險界定(以凱米颱風為例)	137
圖 4-15 氣候變遷韌性調適擬定(以凱米颱風為例)	139
圖 4-16 工作坊活動教具	142
圖 4-17 氣候變遷實體風險界定情境	142

圖 5-1 推動我國接軌 IFRS 永續準則藍圖	150
圖 5-2 台達永續治理架構	157
圖 5-3 高雄港平面圖	158
圖 5-4 實體風險界定(以港務公司為例)	159
圖 5-5 氣候變遷韌性調適擬定(以港務公司為例)	165
圖 6-1 歐洲環境署網站	172
圖 6-2 EEA 分析和數據服務內容	173
圖 6-3 ARC-X 網站	174
圖 6-4 氣候變遷教學資訊平台之教學資源	177
圖 6-5 GEEPAPRC 宗旨願景目標	178
圖 6-6 環境教育探索館網站	179
圖 6-7 國家氣候變遷智能服務平台服務對象與功能	183

表目錄

表 1-1 計畫主要參與人員專長與負責工作項目	3
表 2-1 國際調適科技彙整一覽表	7
表 2-2 氣候調適應用服務一覽表	9
表 2-3 列舉政府部門導向之氣候調適應用服務	27
表 2-4 韓國氣候變遷 VESTAP 系統	28
表 2-5 以產業為對象之氣候調適應用服務一覽表	36
表 3-1 韌性調適支援知識與工具盤點一覽表	40
表 3-2 實體風險模板內各因子說明	60
表 3-3 氣候實體風險模板之資料來源表	61
表 3-4 Climate DT 與氣候調適演算法對照表	69
表 3-5 IPCC 整合出 8 個代表性關鍵風險	73
表 3-6 臺灣之代表性關鍵風險下的關鍵議題	75
表 3-7 工作坊取得之氣候風險案例資訊	89
表 3-8 HIPs 收錄之水相關危害	92
表 4-1 氣候調適演算法操作檢核表	112
表 4-2 中央目的事業主管機關調適治理架構	125
表 4-3 直轄市、縣(市)主管機關調適治理架構	134
表 5-1 金融政策與氣候相關揭露內容	150
表 5-2 產業實體風險與韌性調適需求盤點表(示例)	152
表 5-3 產業氣候風險管理與 TCFD 對應框架	155
表 5-4 風險界定的執行框架與產出總覽	160
表 5-5 風險衡量的執行框架與產出總覽	163
表 5-6 風險管理的執行框架與產出總覽	168
表 6-1 ARC-X 操作指引說明	174
表 6-2 GEEP 網站簡介	177
表 6-3 GEEP APCR 網站服務	178
表 6-4 氣候變遷韌性調適教育一覽表	180
表 6-5 智能服務平台架構初步規劃表	182

表 7-1 工作項目與章節對照表.....	189
表 7-2 工作項目進度完成表.....	190
表 7-3 計畫執行甘特圖.....	190

報告大綱

本報告共分為七個章節，其內容與重點分別如下：

第壹章 前言

臺灣面臨著日益嚴重的氣候變遷挑戰，從極端天氣事件、海平面上升、乾旱到颱風，對社會、經濟和環境造成深遠影響，因此因應氣候變遷之韌性調適行動至關重要。而系統化的調適行動能夠有效降低災害風險、提升社會韌性、保護環境資源。落實這些方案需要全國共同努力，在跨時間、跨空間、跨部會、跨層級，以及公私部門的協同合作下，將 ESG 永續治理概念納入考量，以實現全面和長遠的永續發展目標。本計畫將發展一跨維度的協調治理框架，促進各部會、政府層級、企業、學術界和社會大眾共同參與，制定全方位的調適策略。同時，評估最新數位技術應用於氣候變遷之研究發展，提供更準確、即時的資訊和解決方案。跨領域模擬技術將使我們預判氣候變遷影響，提前制定因應措施，提升應對效率。同時協助規劃氣候變遷智能服務平台，提供優質資訊、知識、工具、案例及指引，為政府、學界、產業和社會提供支援，全面了解氣候變遷影響，擬定合適調適策略，以達成永續發展目標。

第貳章 國際韌性調適科技與應用服務發展趨勢

本章文獻回顧分為兩個部分：國際韌性調適科技、國際氣候調適應用服務。本計畫蒐集彙整各國調適科技發展趨勢，包含水、農業、生態環境、能源等七大易受衝擊領域及能力建構等相關文獻(表 1)，藉此了解國際最新科技技術以供國內參考引進，強化國內韌性調適能力。氣候調適應用服務部分則是盤點國際上不同服務對象，如政府部門、學術領域、社區與民眾、產業組織等，所提供之氣候調適相關應用服務，包含資料、資訊、工具、案例、教育等。

表 1 國際調適科技彙整一覽表

易受衝擊領域	能力建構		
	硬科技	軟科技	組織調適科技
土地利用	• 大範圍的衛星遙測 • 小尺度的測量儀	• 基於 CMIP6 的未來氣候情境整合系統動力模式	Web GIS 應用開發 框架：以提供城市土地利用規劃決策

易受衝擊領域	能力建構		
	硬科技	軟科技	組織調適科技
	器	• PLUS 模型 • InVEST 模 型 (Wang, 2022)	所需的可靠開放資料服務(Sejati et al., 2020)。
海岸及海洋	荷蘭的海堤系統：Delta Works 計畫和 Zuiderzee 工 程 (Aerts et al., 2019)	Tamura et al. (2003)：利用最新的氣候情境和社會經濟路徑，來評估潛在的海平面上升對日本海岸區域的影響，包括潛在的淹沒區域和受影響的人口。	Carro et al(2017)：探討了基於生態系統的調適策略(Ecosystem-based Adaptation, EbA)，著重於強化沿海社區對抗極端氣候事件和海平面上升的韌性。 Costanza et al. (2008)的研究強調美國沿海濕地在防止颶風損害方面的重要作用。
能源供給及產業	• 尼泊爾長期能源替代規劃模型(Long-range Energy Alternatives Planning model, LEAP)(Sapkota et al., 2014) • 智慧電網(Smart grid)(Kabeyi & Olanrewaju, 2023)	—	清潔發展機制(Clean Development Mechanism ,CDM)：獲得經濟支持，也能為當地和全球帶來環境效益(Sapkota et al., 2014)。
農業生產及生物多樣性	—	• 土壤生物工程(Bender et al., 2016)：強化生態系統過程以實現永續土壤管理。 • 新植物育種技術(NPBTs)(Qaim, 2020)	Hasan et al. (2018)：探討在孟加拉沿海地區實施氣候智能農業(CSA)對農民糧食安全的影響
維生基礎設施	Rehak 等人(2018)指出，關鍵基礎設施的韌性是確保在	Kumar 等人(2021)提出了針對關鍵基礎設施 (Critical	Wang 等人(2023)的研究提出了一個使用貝葉斯網絡來

易受衝擊領域	能力建構		
	硬科技	軟科技	組織調適科技
	面臨自然災害和人為威脅時能持續運作的關鍵。	Infrastructure, C.I.) 進行風險評估和韌性增強的多維框架，以應對氣候變遷帶來的挑戰。	評估港口韌性的模型，並提出四階段的循環方法、提升恢復能力的策略(設施恢復和技術恢復)。
水資源	Zhao 和 Boll (2022) 研究了美國華盛頓州 Yakima 河流域的水資源管理調適策略，提出四種主要的調適方法。	協助衣索比亞利用現代化的水資源管理軟體，提高水供應和衛生系統的營運效率和韌性 (Kolokytha, Malamataris, 2020)	Zhao 和 Boll (2022) 研究了美國華盛頓州 Yakima 河流域的水資源管理調適策略，提出四種主要的調適方法。
健康	—	Haines & Ebi (2019)強調氣候變遷對人類健康的嚴重威脅，並呼籲政府、研究機構和健康系統共同努力，實施有效的調適和減緩措施以保護健康。	Mosadeghrad 等人 (2023)透過文獻回顧，提出加強氣候韌性健康系統的多項策略，涵蓋治理、資金、勞動力、醫療產品和技術、資訊系統以及服務提供等方面，為政策制定者和管理者提供指導建議。

表 2 氣候調適應用服務一覽表

需求對象	應用服務	目的	功能與說明
政府單位	氣候數據儀表板(奧地利)	將不同來源的氣候資料進行快速且視覺化的翻譯。	視覺化呈現不同來源的數據包含像是 1990 年以來奧地利溫室氣體排放情況、各部門的排放量佔比、排放目標現況。
	排放資料庫(瑞典)	提供 54 個不同部門(9 個主要部門)依循使用者手冊參考使用。	提供全國各一級行政區有關 29 種空氣物質之排放數據。
	VESTAP(韓國)	提供健康部門制定適當調適政策之事前評	以圖表描述健康部門之脆弱度組成。

需求對象	應用服務	目的	功能與說明
		估。	
	減緩監測框架(英國)	提供不同部門隨著時間的推移持續更新做法之依據。	統整多個部門監測減緩調適政策執行情況之量化指標。
學術領域	國際 WUDAPT 計畫	旨在收集全球城市形態和功能數據的國際性社群計畫。	在全球範圍內獲取並提供有關城市氣候、天氣和環境研究等相關的資訊。 提供一個網站平台，其中包含適用於各種氣候、天氣、環境和城市規劃目的的相關城市參數和性質，以及對模型和模型應用進行適當尺度的支援。
	機器學習 (Machine learning)	旨在使計算機系統能夠透過學習和經驗改進性能，而無需明確地編程。方法如神經網路和決策樹都屬於機器學習範疇。	使機器學習和既有的預報系統做結合，最終目標是提供準確且具備高時空解析度的氣候預測。
社區與民眾	建構社區韌性工作(Maclean et al., 2014; Bowser and Cutter, 2015; Wilson et al., 2020)	旨在藉由知識共享、清晰溝通、社會學習、文化適應和多層次聯繫，增強社區應對極端天氣風險的能力。	強調了當地知識共享、清晰的溝通、社會學習能力和人地聯繫的重要性，塑造極端天氣事件風險增加相關的認知和行動。
	社區社會生態脆弱度對多種互動暴露的概念框架(Nathan, 2016)	旨在評估社區調適能力，考量不平等對氣候變遷調適的影響，並確定社會和生態系統的暴露、敏感度和調適能力。	談論社區調適能力時，常和暴露、敏感度、及脆弱度提及在一起，而性別、年齡、身體行動能力或階層的社會劃分會決定誰容易受到氣候變遷的影響以及誰具有更強的調適能力。

國內各領域無論是軟科技或硬體設備皆蓬勃發展，但在組織調適科技方面較為弱勢，缺乏整合性的管理架構，因此跨領域、跨層級等治理架構發展尤為重要。

透過整合性的治理架構才能有效的進行資源分配、協同合作或權衡等作為。而盤點國際氣候調適應用服務將有助於不同組織(政府、學研、社區與民眾等)瀏覽搜尋合適之資料、資訊、工具、方法等，協助建構屬於自己的調適治理框架，共同實現氣候變遷調適達到永續發展之目標。

第參章 氣候韌性調適策略模擬系統架構與發展路徑

為支援欲進行實體風險評估與調適策略擬定工作之使用者，本章節盤點國際為因應氣候變遷之衝擊所發展之各項韌性調適知識與工具，以使用者的角度(包含中央政府、地方政府、社區與民眾、產業等)來探討，將資料、資訊、知識、智慧與工具以風險界定、風險評估、風險管理作為分類，藉由了解國際氣候韌性調適知識與工具之發展(表 3)，可進一步進行跨領域整合之研究與工具及模型開發，期望協助產業、各層級政府和社區等不同面向使用者能更有效率地面對並解決氣候變遷所帶來的挑戰。

表 3 韌性調適支援知識與工具盤點一覽表

需求層級	支援知識與工具	目的與說明
國家	數位歐洲計畫 (Digital Europe Programme)	• 應用數位孿生技術建立「目標地球系統」(Destination Earth system, DestinE)。 • 以全球為範圍建立一個高精確度的地球數位模型(數位孿生地球)，透過蒐集、整合數據資料，運用人工智慧進行資料分析與處理，藉此監測、建模並預測環境變化、自然災害和人類社會經濟之影響，而後發展因應和緩解之策略。
	美國氣候韌性工具組(U.S. Climate Resilience Toolkit)	• 由美國政府開發的一個資源平台，提供有關氣候變遷和極端氣候事件的消息。 • 韌性工具組包括各種資源，例如氣象數據、氣候變遷的科學解譯、社區風險評估工具等，幫助社區、企業、政府機構和其他組織更好地制定相對應的調適措施。
	氣候變遷城市調適系統建	• 城市氣候變遷調適行動需要堅實

需求層級	支援知識與工具	目的與說明
城市	立工具(Masson, 2014)	的跨學科方法，涉及城市規劃師、建築師、氣象學家、建築工程師、經濟學家和社會科學家等一系列專家。 整合社會經濟、地理、建築、建築能源、城市氣候和大氣模型，以更細緻的方式理解城市系統內部的相互作用，接著考慮氣候、經濟和技術方面的不確定性下，提出未來應評估各種調適策略。
	氣候變遷城市調適整合方案(Mauree, 2019)	- 探討科技在氣候變遷調適中所扮演的關鍵角色，特別關注其在各種城市景觀中的實施。 - 透過不同城市的案例，說明了科技解決方案的多層次性質以及它們應對氣候極端影響的潛力，強調需要整合性方法，以結合技術、自然基礎和社會解決方案。
社區	氣候變遷組織調適架構(Wilby & Vaughan, 2011)	- 參考英國 2007 年所發布之《社區和地方政府部年度報告》釋出的一套國家指標，衡量地方當局在氣候變遷中管理服務提供、公共、地方社群、地方基礎設施、企業和自然環境風險的準備情況。 - 其所提出的調適框架可以適用於其他行業和地區。
	社區面對氣候變遷之研究(Huntington et al., 2017)	分析了 13 個案例研究，以確定(a)發生的主要變化、(b)社區的回應、(c)回應的發起者、(d)回應的結果和(e)使回應成為可能所需的社區或其他方面。

接著分析氣候韌性調適策略研究資料與工具，規劃跨域評估發展路徑，建立氣候韌性調適策略模擬系統架構框架(圖 1)。氣候調適策略模擬系統由兩大模式類型—策略擬定詮釋模式 (meta model) 和運算模式，和以使用者導向設計的互動式操作介面組成的模組化工具。策略擬定詮釋模式為定調本系統的主要服務之模組，詳細說明本系統所提供的調適策略內容、流程與策略擬定詮釋模式的方法論。運算模式則根據策略擬定的需求，提供各領域常見、常使用的模式，說明未來實際執行階

段可使用之串接方式、數據來源；使用者介面則為如何呈現調適策略，達成互動式系統之目標，未來可由網頁設計專業團隊進行使用者體驗之優化作業。

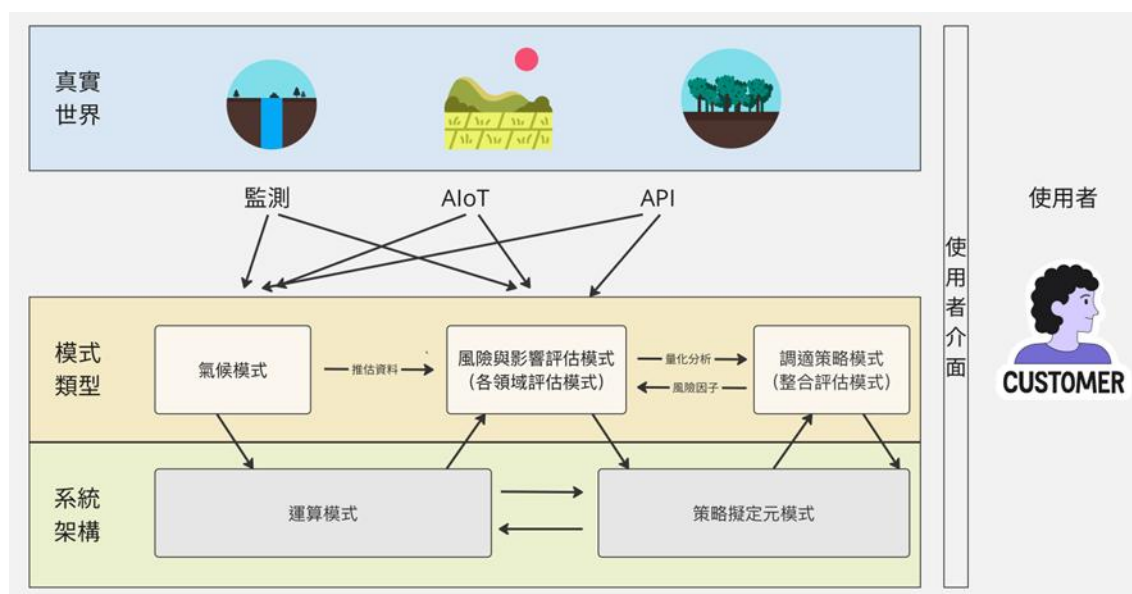


圖 1 數位孿生架構之調適策略模擬系統

本計畫規劃之跨領域跨域評估框架由原本的氣候調適演算法延伸發展，氣候調適演算法提供單一氣候風險進行評估，跨領域評估框架則以每一個單一氣候風險對應的氣候風險模板作為組塊，在宏觀的複雜風險間的互動性上，進一步分析微觀的各風險間的風險因子互動與關聯分析。跨領域風險評估操作流程為：

1. 範疇界定
2. 建立風險模板
3. 強化風險因子分析
4. 建立跨領域關係矩陣
5. 建立與驗證跨領域評估模式
6. 跨領域調適應用

第肆章 政府實體風險與韌性調適治理通用指引

本計畫將氣候調適演算法標準化(圖 2)，並詳細說明各步驟的執行方式、所需數據、評估方法與工具及產出資訊，以便讓使用者理解進行實體風險評估的需求和缺口，並提供決策者針對調適治理的建議，協助其規劃風險管理和調適策略。此章節特別著眼於政府部門，包括中央部位及地方政府，並根據氣候變遷因應法施行細則第 16、19 條框架，建議政府單位執行實體風險評估與調適方案(如表 4、表 5)。



圖 2 氣候調適演算法流程圖

表 4 中央目的事業主管機關調適治理架構

項次	氣候變遷因應法施行細則第 16 條	氣候調適演算法
1	領域範疇及執行現況	步驟 1：範疇界定
2	氣候變遷衝擊情形	步驟 2：現況分析
3	未來氣候變遷情境設定及風險評估	步驟 3：未來評估
4	調適目標	步驟 4：調適擬定
5	推動策略、措施及檢討	步驟 4：調適擬定
6	我國國家永續發展目標關聯性	步驟 4：調適擬定
7	推動期程及經費編列	步驟 5：調適路徑
8	預期效益及管考機制	步驟 5：調適路徑 步驟 6：檢視修正

表 5 直轄市、縣(市)主管機關調適治理架構

項次	氣候變遷因應法施行細則第 19 條	氣候調適演算法
1	推動組織與調適架構	步驟 1：範疇界定
2	地方自然與社會經濟環境特性	步驟 2：現況分析
3	氣候變遷衝擊與影響	步驟 2：現況分析
4	氣候變遷風險評估	步驟 3：未來評估
5	氣候變遷調適策略及檢討	步驟 4：調適擬定
6	推動期程及經費編列	步驟 5：調適路徑
7	預期效益及管考機制	步驟 5：調適路徑 步驟 6：檢視修正

為協助政府各級單位的氣候調適行動，本計畫舉辦氣候風險評估與韌性調適工作坊，分別針對中央部會及地方政府需求設計活動。以地方政府為邀請對象之工作坊旨在幫助地方政府了解實體風險評估和調適方案的執行，並交流可能遇到的

挑戰與解決方案。該工作坊中，與會者被介紹各種風險評估與調適工具，並學習如何將這些工具應用於地方政策和計畫的制定。以中央部會為邀請對象之工作坊則為協助中央部會檢視和調整既有的調適行動方案，並探討如何進一步規劃後續執行策略。工作坊中，參與者透過教具進行氣候實體風險模板的分組操作討論，並分享討論結果，以了解對實體風險模板的認知和操作能力，促進氣候變遷調適知識的傳播。此外，工作坊也彙整了地方政府在執行調適方案中遇到的多重困難，包括資料收集的挑戰、氣候風險評估的推動、評估方法和工具的使用、如何將評估結果應用於現有業務、客觀界定城市關鍵領域，以及提升相關人員和顧問團隊能力等問題。本計畫針對這些問題提供了解決建議，幫助地方政府更有效地應對和管理氣候變遷帶來的威脅，並將科學方法融入城市關鍵領域的風險界定中。這些活動和策略旨在透過實體風險評估和調適計畫的完善，提升政府及相關單位的氣候變遷應對能力和行動效能。

第五章 產業實體風險與韌性調適需求與通用指引

在產業通用指引的內容中，本計畫聚焦於協助產業建構實體風險調適能力，並對接及符合國際標準或金融監督管理委員會之相關規範要求，以增強企業應對氣候變遷之韌性。產業實體風險與韌性調適治理流程包含三個主要階段：風險界定、風險衡量及風險管理。風險界定階段專注於使用數據和工具識別風險範疇及利害關係人，並分析轉化為可供決策參考的資訊。風險衡量階段利用歷史和未來氣象資料進行模擬，構建評估模型以增進企業的知識基礎。風險管理階段則著重於制定並實施調適策略，建立資料庫以監控成效，促進溝通協作。這三個階段構成完整的風險管理框架，幫助企業積極應對氣候挑戰，並通過填補資料和能力缺口來持續完善策略。

本計畫結合氣候調適演算法的六步驟與風險管理三大階段，形成一個綜合且實用的對照表(表 6)，協助企業在應對氣候風險時滿足法規和市場要求。風險管理三階段包括風險界定、衡量與管理，與氣候調適演算法結合後，提供系統化的方法，使企業能夠有效識別、量化及管理氣候風險，並制定和執行調適策略。此整合方案有助於企業理解並落實氣候資訊揭露的具體要求，將其融入日常營運及長期規劃中。

表 6 產業氣候風險管理與 TCFD 對應框架

項次	風險管理 三大階段	TCFD 構面	TCFD 揭露建議
1	風險界定	治理	• 描述董事會對氣候相關風險與機會的監督情況。 • 描述管理階層在評估和管理氣候相關風險與機會的角色。
		策略	• 描述組織所鑑別的短、中、長期氣候相關風險與機會。
		風險管理	• 描述組織在氣候相關風險的鑑別和評估流程。
2	風險衡量	策略	• 描述組織在業務、策略和財務規劃上與氣候相關風險與機會的衝擊。 • 描述組織在策略上的韌性，並考慮不同氣候相關情境（包括 2°C 或更嚴苛的情境）。
3	風險管理	風險管理	• 描述組織在氣候相關風險的管理流程。 • 描述氣候相關風險的鑑別、評估和管理流程如何整合在組織的整體風險管理制度。
		指標與目標	• 揭露組織依循策略和風險管理流程進行評估氣候相關風險與機會所使用的指標。 • 揭露範疇 1、範疇 2 和範疇 3（如適用）溫室氣體排放和相關風險。 • 描述組織在管理氣候相關風險與機會所使用的目標，以及落實該目標的表現。

第陸章 氣候變遷韌性調適數位服務推動策略

本計畫旨在建立一個國家氣候變遷智能服務平台，以學習國際上調適數位服務的經驗，推動實體風險評估、調適策略、氣候變遷知識推廣和專業人才培育。現有的中央及地方政府雖涉及氣候變遷議題，但缺乏系統化整合，因此計畫目標是提供智慧的數據和風險評估工具，並公開給不同領域使用者。透過蒐集各國的案例與資訊，本平台將促進數據分享和知識交流，幫助使用者更有效管理氣候變遷相關風險和挑戰，奠定因應未來氣候變遷挑戰的基礎。

本計畫舉辦「氣候變遷韌性調適數位服務推動策略座談會」，彙整專家學者和產業代表的意見，指出推動氣候變遷調適數位服務的主要挑戰在於資料彙整與開放的困難。由於資訊安全與誤用的顧慮，資料共享受限，影響政策執行效果。專家強調資料取得與開放、跨部會合作及資料治理的重要性。為此，本計畫提出建議，包括：推動建立資料庫地圖、制定審議制度以確保安全性、整合各部門資料以提升智能服務平台功能、促進跨部門與產業合作、支持地方政府能力建設及推動公共參與。此外，倡導將自然為本的解決方案(NbS)融入調適計畫，並結合 TNFD 和 TCFD 框架，協助企業進行財務風險評估，促進綠色投資和永續發展。

第七章 結論與建議

本計畫透過氣候變遷調適相關議題，如科技發展、應用數位服務、支援服務的知識與工具等文獻，作為建構本計畫發展氣候變遷韌性調適策略模擬系統，及國家氣候變遷智能服務平台規劃之基礎。氣候變遷韌性調適策略模擬系統以數位孿生之架構，結合氣候調適演算法作為評估流程，並規劃跨部會/局處、跨層級之競合與互利關係模式，最後以使用者介面來呈現調適策略。接著以使用者面向來探討，本計畫編寫中央業務主管機關、直轄市/縣(市)主管機關、及產業的實體風險與韌性調適治理建議。為強化中央部會與地方政府之實體風險評估與韌性調適之量能，舉辦氣候風險評估與韌性調適工作坊，除了評估本計畫建構的治理框架之可行性，也期望能奠定參與者對氣候變遷風險與調適之認知基礎。

另外本計畫舉辦氣候變遷調適數位服務推動策略座談會，蒐集與會專家、學者、產業代表之觀點與建議，彙整成為國家氣候變遷智能服務平台之發展方向。智能服務平台的規劃旨在滿足政府、地方機構及企業等不同層級的決策者或使用者在氣候變遷風險評估和調適行動方案中的資料需求，其核心功能包括整合多部門數據，提供橫向連結與一站式服務，並以資料地圖(Data Map)形式可視化展示資料流向與屬性，幫助使用者快速獲取並應用相關資訊。平台支持不同層級的使用者進行風險衡量與調適方案擬定，並透過案例回饋強化資料庫功能。

氣候變遷數位服務推動策略的現階段重點在於資料的需求與供給以及整合與傳輸，再加上服務推廣措施。推動策略應著眼於透過需求導向的資料整合以積極統整異質資料、建構資料地圖與格式轉換工具、加強跨部會合作、並力求克服資料安全與共享的挑戰，建構平台得以提供優質且精準實用的數位服務，以吸引更多使用

者，並優化使用者體驗以提升公共參與。更進一步可藉由多贏框架模式促進資料供應方與使用者之間的協作，共同提升數位平台的氣候風險調適服務。

計畫成果摘要(詳細版)

計畫名稱：氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用

計畫案號：113FB010

計畫執行單位：臺灣大學生物環境系統工程學系

計畫主持人(包括協同主持人)：童慶斌，劉力瑜，柯佳吟

計畫期程：113 年 2 月 27 日起 113 年 12 月 31 日止

計畫經費：439 萬元整

摘要

氣候變遷對臺灣帶來極端氣候事件、海平面上升、乾旱、洪水及熱浪等一系列變化，對社會、經濟與環境產生了深遠的影響，因此系統化地基於科學制定調適行動方案變得極為重要。本計畫首先透過蒐集與分析國際上有關氣候調適的知識、工具、技術及應用服務，以了解全球發展趨勢；接著建立氣候韌性調適策略模擬系統的框架，以保持擬定跨領域調適策略的一致性及其可操作性。該系統希望可以做為未來數位孿生技術的架構，現階段發展策略擬定詮釋模式(meta model)的架構，串接運算模式，並設計互動式操作介面，提供使用者較好的操作體驗。策略擬定詮釋模式主要用於評估跨領域系統性氣候風險及其調適選項的相互關係與優先順序；運算模式則整合各領域的評估模型及氣候模式的高效運算能力，從而規劃適合的調適路徑，以應對日益複雜的氣候風險。

此外，標準化氣候實體風險評估與調適編制流程同為本計畫的執行重點，此標準化工作針對中央政府、地方政府、產業部門等不同決策層次的需求，制定客製化風險評估與調適治理框架建議，從而幫助決策者更清晰地識別實體風險缺口，並輔助其進一步進行風險管理與調適策略的制定。最終，本計畫協助國家環境研究院規劃國家氣候變遷智能服務平台，以期整合國內氣候變遷調適相關的數據、資訊、知識、智慧、技術、工具及指引等，為各層級決策者在進行實體風險評估與調適策略制定時貢獻全面的參考與應用支持。

Abstract

The impact of climate change on Taiwan has led to a series of changes, including extreme weather events, rising sea levels, droughts, floods, and heatwaves, with profound effects on society, the economy, and the environment. Therefore, systematically formulating adaptation action plans based on scientific evidence has become extremely important. This project first collects and analyzes international knowledge, tools, technologies, and application services related to climate adaptation to understand global development trends. Then, it establishes a framework for a climate resilience adaptation strategy simulation system to ensure consistency and operability in formulating cross-sector adaptation strategies. This system is expected to serve as the framework for future digital twin technologies. At this stage, it focuses on developing a meta-model framework for strategy formulation, linking computational models, and designing an interactive user interface to provide a better user experience. The meta-model for strategy formulation is mainly used to assess the interrelationships and priorities of cross-sector systemic climate risks and their adaptation options. The computational models integrate assessment models from various fields and leverage the high-performance computing capabilities of climate models to plan suitable adaptation pathways to cope with increasingly complex climate risks.

In addition, the standardization of climate-related physical risk assessments and adaptation planning processes is also a key focus of this project. This standardization effort is aimed at different decision-making levels, including central and local governments and industry sectors, providing customized frameworks for risk assessment and adaptation governance recommendations. This helps decision-makers more clearly identify physical risk gaps and supports them in further managing risks and formulating adaptation strategies. Ultimately, this project will assist the National Institute of Environmental Research in planning a National Climate Change Smart Service Platform, which aims to integrate domestic climate

change adaptation-related data, information, knowledge, intelligence, technologies, tools, and guidelines. This platform will offer comprehensive reference and application support for decision-makers at all levels when conducting physical risk assessments and developing adaptation strategies.

前言

臺灣面臨著日益嚴重的氣候變遷挑戰，從極端天氣事件、海平面上升、乾旱到颱風，對社會、經濟和環境造成深遠影響，因此因應氣候變遷之韌性調適行動至關重要。而系統化的調適行動能夠有效降低災害風險、提升社會韌性、保護環境資源。落實這些方案需要全國共同努力，在跨時間、跨空間、跨部會、跨層級，以及公私部門的協同合作下，將 ESG 永續治理概念納入考量，以實現全面和長遠的永續發展目標。跨維度的協調治理框架需結合最新科技數位技術，為氣候變遷調適提供前瞻性和科學性的支援。發展智慧數位跨領域模擬技術，有助於全面且精確地評估氣候變遷產生的實體風險，並透過虛擬氣候系統模型，模擬不同情境下的變化，找出最佳的調適方案。氣候變遷需要多方面專業知識和協同合作，跨領域、跨層級和公私協力的治理模式是關鍵。

本計畫將發展一治理框架，促進各部會、政府層級、企業、學術界和社會大眾共同參與，制定全方位的調適策略。同時，評估最新數位技術應用於氣候變遷之研究發展，提供更準確、即時的資訊和解決方案。跨領域模擬技術將使我們預判氣候變遷影響，提前制定因應措施，提升應對效率。同時協助規劃氣候變遷智能服務平台，提供優質資訊、知識、工具、案例及指引，為政府、學界、產業和社會提供支援，全面了解氣候變遷影響，擬定合適調適策略，以達成永續發展目標。

研究方法

本計畫主要執行內容分為兩個部分：一為規劃氣候韌性調適策略模擬系統架構與發展路徑，二為氣候變遷調適數位服務推動策略。

氣候調適策略模擬系統由兩大模式類型—策略擬定詮釋模式(meta model)和運算模式，和以使用者導向設計的互動式操作介面組成的模組

化工具(圖 1)。策略擬定詮釋模式之發展包含複雜氣候風險評估系統、跨層級調適評估系統、多準則分析系統等，各項詳細說明如下：

1. 複雜氣候風險評估系統：以氣候調適演算法為評估流程，藉此研析解氣候風險因子間的複雜關聯及其相關影響。跨領域風險評估操作流程為：範疇界定、建立風險模板、強化風險因子分析、建立跨領域關係矩陣、建立與驗證跨領域評估模式、及跨領域調適應用。
2. 跨層級調適評估系統：帶入跨層級治理的概念，發展氣候調適時在不同治理層級間可以採用的調適選項，用以評估在哪一層級執行何種措施能達到最佳資源配置以求提升調適效益。
3. 多準則分析(Multi Criteria Analysis, MCA)系統：提供工具讓利害關係人就其關注的幾項準則賦予權重，以決定調適選項的優先序，以制定調適路徑。

運算模式則由各領域的評估模式及數位孿生技術組成，主要用於推估未來氣候條件及氣候變遷下各領域的影響衝擊，提供各領域常見、常使用的模式，說明未來實際執行階段可使用之串接方式、數據來源，以便進行現況和未來氣候風險的量化評估。

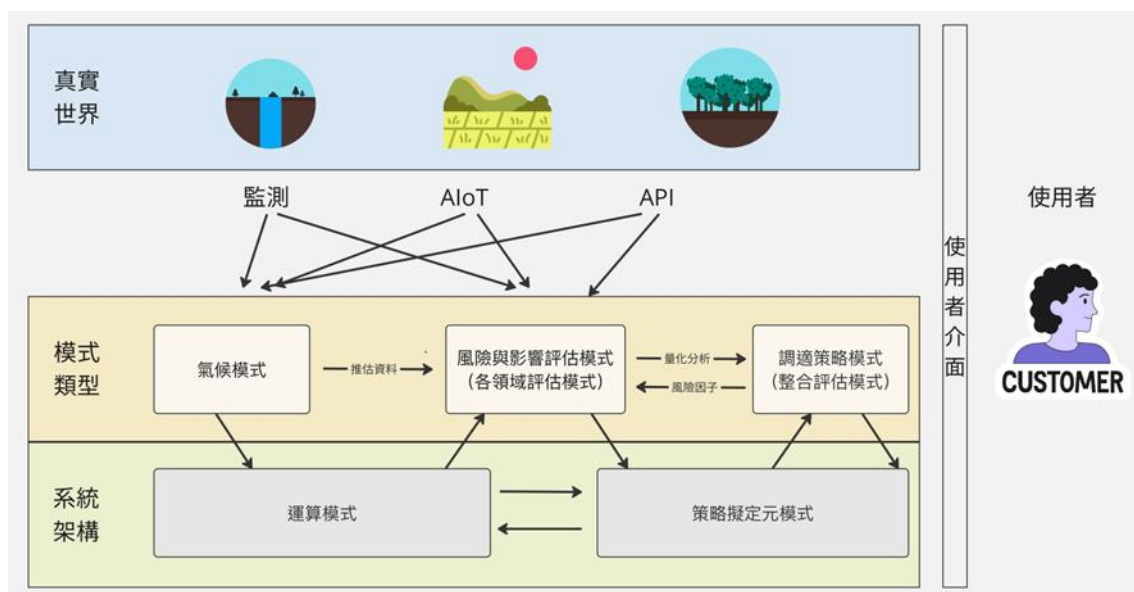


圖 1 數位孿生架構之調適策略模擬系統

為了支援氣候變遷調適策略模擬系統不同使用者之應用，本計畫編撰實體風險與韌性調適治理指引建議，使用者涵蓋中央部會、地方政府、產業等。

中央業務主管機關及直轄市及縣(市)主管機關依據氣候變遷因應法施行細則第 16 條與第 19 條規範，執行氣候變遷調適行動方案/調適執行方案之工作。其執行流程參考氣候調適演算法之六步驟(如圖 2 所示)，以氣候實體風險模板與氣候調適路徑法為評估工具，完成實體風險評估與調適策略擬定。在擬定調適方案後，採用多準則排序分析調適方案優先順序，再以氣候調適路徑法選出合適之調適路徑。



圖 2 氣候調適演算法流程圖

表 1 為氣候調適演算法流程行標準化後之操作說明，包含各步驟應如何執行，及所需準備輸入之數據/資料、評估方法/工具、產出資訊等。氣候調適演算法六步驟分別為範疇界定、現況分析、風險評估、調適擬定、調適路徑、檢視修正。步驟一範疇界定為確立治理組織業務職掌的空間區域、未來氣候變遷評估的時間尺度、及關鍵議題。步驟二現況分析則將彙整及分析當地歷史氣候災害事件，藉由氣候影響驅動因子 CIDs 進行危害分析，了解該氣候災害事件主要由哪些氣候因子所主導，接著透過實體風險模板界定現況風險。最後彙整相鄰地區或類似國際相關氣候災害案例，除前步驟已界定出實體風險外，是否還有現況未發生但未來可能會發生之風險，皆須做氣候變遷衝擊評估，探討其對保全對象造成之衝擊影響。步驟三風險評估為根據前一步驟選定之重大實體風險來做進一步的評估。根據氣候變遷影響驅動因子的推估資料的可取得性及其不確定性，將氣候變遷的實體風險評估分為三種類型：

1.有氣候影響趨動因子的推估資料且具高確定性：進行實體風險量化評估；2.有氣候影響驅動因子的推估資料但不確定性較高：進行實體風險質性評估；3.無氣候影響驅動因子的推估資料：根據前一章進行實體風險界定。步驟四調適擬定為根據風險評估或界定產出資訊，同時將國內外相近調適案例納入考量，訂定重大實體風險相關目標、策略與措施。延續前實體風險分析結果來決定調適目標，並依照降低危害、暴露、脆弱度三個因子分別訂定調適策略，最後再進一步規劃具體的調適措施，並應用多準則分析判斷調適策略措施之優先順序。調適策略、措施及計畫說明與檢討部分，說明事業主管機關所擬定之調適策略、具體措施及細節計畫，包含欲解決的問題或預期產出結果；接著檢視既有政策與相關計畫將調適行動方案融入現行業務，評估所轄工作調整之必要性，並視需要新增因應氣候變遷之調適計畫。步驟五調適路徑為順著多準則分析之結果，考量調適措施之成本、效益、可行性及急迫性，並參考國際調適案例與專家學者意見，決定調適措施的執行期程。步驟六檢視修正為檢視調適路徑各期程之目標，結合監測儀器蒐集數據，重新回到步驟三之風險評估，確認在該調適路徑下的評估結果，以修正調適路徑與階段性目標。

表 1 氣候調適演算法操作說明表

步驟	執行項目	數據/資料	評估方法/工具	產出資訊
1.範疇界定	1.1 組織架構 1.2 評估邊界 1.3 空間範圍 1.4 時間範圍 1.5 資源分析 1.6 關鍵議題	☐ 治理組織之機關單位及主管業務 ☐ 治理組織政策方向與需求 ☐ 自然資源 ☐ 社會經濟資源 ☐ 歷史紀錄文本	☐ 治理組織內部工作會議	☐ 實體風險影響空間範圍 ☐ 未來氣候變遷評估時間範圍 ☐ 治理組織自然及社會經濟資源清單 ☐ 關鍵議題清單
2.現況分析	2.1 歷史事件 2.2 危害分析 2.3 暴露分析	☐ 國內外歷史災害事件紀錄文本	☐ 氣候實體風險模板	☐ 治理組織相關重大歷史

步驟	執行項目	數據/資料	評估方法/工具	產出資訊
	2.4 脆弱度分析 2.5 衝擊評估	☐ 氣候驅動影響因子 CIDs ☐ IPCC、國家科學報告等國內外氣候變遷相關報告		氣候災害事件 ☐ 歷史災害事件的 CIDs 類型、因子、致災門檻、保全對象等資訊 ☐ 重大氣候災害事件之實體風險分析危害、暴露、脆弱度清單 ☐ 實體風險對保全對象之衝擊影響
3.未來評估	3.1 量化評估 3.2 質性評估 3.3 專家意見 3.4 風險矩陣	☐ 與重大實體風險議題相關 CIDs 之氣候參數 ☐ 歷史氣象資料 ☐ 未來情境：RCP、SSP ☐ IPCC、國家科學報告國內外氣候變遷相關報告	☐ GCMs/ESMs ☐ 降尺度分析 ☐ 數理演算模式 ☐ 風險評估模式 ☐ 專家學者意見	☐ 量化分析結果 ☐ 質性分析結果 ☐ 風險矩陣圖
4.調適擬定	4.1 調適目標 4.2 調適策略 4.3 調適行動 4.4 行動排序	☐ 量化/質性/專家意見風險評估結果 ☐ 風險矩陣 ☐ 國內外相近實體風險調適策略與行動案例 ☐ 現行業務、既有政策與相	☐ 治理組織內部工作會議 ☐ 多準則分析 ☐ 成本效益分析	☐ 調適目標清單 ☐ 調適策略清單 ☐ 調適行動清單(短、中、長期) ☐ 各調適行動之成本效益與預期成果

步驟	執行項目	數據/資料	評估方法/工具	產出資訊
		關計畫等		清單 ☐ 調適行動組合清單
5.調適路徑	5.1 行動組合 5.2 行動門檻 5.3 行動地圖 5.4 調適路徑	☐ 調適行動組合清單 ☐ 行動門檻清單 ☐ 國際調適案例 ☐ 專家學者意見	☐ 治理組織內部工作會議 ☐ 專家學者座談會 ☐ 氣候調適路徑法	☐ 氣候調適路徑圖
6.檢視修正	6.1 程序檢核 6.2 行動考核 6.3 環境監測 6.4 預警門檻 6.5 動態修正 6.6 修正揭露	☐ 氣候調適路徑圖 ☐ 程序檢核表 ☐ 行動考核指標 ☐ 氣象環境門檻/指標 ☐ 調適行動相關之氣候參數	☐ 治理組織內部檢核會議 ☐ 監測儀器、AIoT 等工具與技術 ☐ 風險量化評估 ☐ 氣候調適路徑法	☐ 調適行動或計畫績效報告 ☐ 動態修正後之氣候調適路徑圖 ☐ 動態調適行動調整揭露說明

在產業通用指引的內容中，本計畫聚焦於協助產業建構實體風險調適能力，並對接及符合國際標準或金融監督管理委員會之相關規範要求，以增強企業應對氣候變遷之韌性。產業實體風險與韌性調適治理流程包含三個主要階段：風險界定、風險衡量及風險管理。風險界定階段專注於使用數據和工具識別風險範疇及利害關係人，並分析轉化為可供決策參考的資訊。風險衡量階段利用歷史和未來氣象資料進行模擬，構建評估模型以增進企業的知識基礎。風險管理階段則著重於制定並實施調適策略，建立資料庫以監控成效，促進溝通協作。這三個階段構成完整的風險管理框架，幫助企業積極應對氣候挑戰，並通過填補資料和能力缺口來持續完善策略。

本計畫結合氣候調適演算法的六步驟與風險管理三大階段，產出一個綜合且實用的對照表(表 2)，協助企業在應對氣候風險時滿足法規

和市場要求。風險管理三階段包括風險界定、衡量與管理，與氣候調適演算法結合後，提供系統化的方法，使企業能夠有效識別、量化及管理氣候風險，並制定和執行調適策略。此整合方案有助於企業理解並落實氣候資訊揭露的具體要求，將其融入日常營運及長期規劃中。

表 2 產業氣候風險管理與 TCFD 對應框架

項次	風險管理 三大階段	TCFD 構面	TCFD 揭露建議
1	風險界定	治理	• 描述董事會對氣候相關風險與機會的監督情況。 • 描述管理階層在評估和管理氣候相關風險與機會的角色。
		策略	• 描述組織所鑑別的短、中、長期氣候相關風險與機會。
		風險管理	• 描述組織在氣候相關風險的鑑別和評估流程。
2	風險衡量	策略	• 描述組織在業務、策略和財務規劃上與氣候相關風險與機會的衝擊。 • 描述組織在策略上的韌性，並考慮不同氣候相關情境（包括 2°C 或更嚴苛的情境）。
3	風險管理	風險管理	• 描述組織在氣候相關風險的管理流程。 • 描述氣候相關風險的鑑別、評估和管理流程如何整合在組織的整體風險管理制度。
		指標與目標	• 揭露組織依循策略和風險管理流程進行評估氣候相關風險與機會所使用的指標。 • 揭露範疇 1、範疇 2 和範疇 3（如適用）溫室氣體排放和相關風險。 • 描述組織在管理氣候相關風險與機會所使用的目標，以及落實該目標的表現。

結果

本計畫蒐集彙整各國調適科技發展趨勢，包含能力建構、農業、生態環境、能源等領域，藉此了解國際最新科技技術以供國內參考引進，強化國內韌性調適能力。盤點國際氣候調適應用服務相關資訊，了解如何提供組織和利害關係人應對氣候變遷的決策、規劃和行動等服務，包括指南、Web 工具、最佳實踐數據庫和培訓等，更涵蓋不同地區和產業的實體風險評估與調適策略等，藉此作為規劃國家氣候變遷智能服務平台之參考。

本計畫研析國際上的韌性調適支援知識與工具，後續發展氣候調適策略模擬系統之參考，期望協助產業、各層級政府和社區等不同面向使用者能更有效率地面對並解決氣候變遷所帶來的挑戰。氣候調適策略模擬系統之模組發展是基於數位孿生技術，以策略擬定詮釋模式之模組為主要核心內容，採用氣候調適演算法為發展的方法論，並且提出複雜氣候風險評估系統、調適評估系統及多準則分析系統之發展規劃。其中數位孿生的應用降低了實地實驗的成本，同時可以模擬多種情境，在氣候變遷決策中能夠提供更豐富、全面的資訊，協助制定更有效的應對策略，使社會更能夠適應未來的氣候變遷。而複雜氣候風險評估系統係以氣候調適演算法為評估流程，藉此研析解氣候風險因子間的複雜關聯及其相關影響。跨層級調適評估系統則帶入跨層級治理的概念，發展氣候調適時在不同治理層級間可以採用的調適選項，用以評估在哪一層級執行何種措施能達到最佳資源配置以求提升調適效益。多準則分析系統為提供工具讓利害關係人就其關注的幾項準則賦予權重，以決定調適選項的優先序，以制定調適路徑。

實體風險評估與韌性調適治理指引建議部分，中央部會與地方政府之實體風險評估與調適擬定架構，依照氣候變遷因應法施行細則之條文進行撰寫，並以氣候調適演算法為支援工具，將實體風險界定、評估、管理到調適行動擬定流程標準化，提供決策者應用參考。產業治理指引現役部分則為先進行產業進行實體風險評估時的需求之盤點，依循風險界定、衡量、管理三大階段逐步探討，各階段中之資料蒐集、資訊轉化、評估方法/工具應用、知識建構等，與氣候調適演算法整合完

成產業實體風險評估與韌性調適治理指引建議。

蒐集國際上各種數位服務相關案例，更多地獲取有關氣候數位服務之資訊，並透過氣候變遷韌性調適數位服務推動策略座談會，彙整專家學者、產業代表等意見交流，藉此發展國家氣候變遷智能服務平台，以期能促進資源分享和知識交流，提供智慧之風險評估與韌性調適工具，協助使用者能更有效地面對並管理氣候變遷所帶來的威脅和挑戰。

結論

本計畫透過氣候變遷調適相關議題，如科技發展、應用數位服務、支援服務的知識與工具等文獻，作為建構本計畫發展氣候變遷韌性調適策略模擬系統，及國家氣候變遷智能服務平台規劃之基礎。氣候變遷韌性調適策略模擬系統以數位孿生之架構，結合氣候調適演算法作為評估流程，並規劃跨部會/局處、跨層級之競合與互利關係模式，最後以使用者介面來呈現調適策略。接著以使用者面向來探討，本計畫編寫中央業務主管機關、直轄市/縣(市)主管機關、及產業的實體風險與韌性調適治理建議。為強化中央部會與地方政府之實體風險評估與韌性調適之量能，舉辦氣候風險評估與韌性調適工作坊，除了評估本計畫建構的治理框架之可行性，也期望能奠定參與者對氣候變遷風險與調適之認知基礎。另外本計畫舉辦氣候變遷調適數位服務推動策略座談會，蒐集與會專家、學者、產業代表之觀點與建議，彙整成為國家氣候變遷智能服務平台之發展方向。

建議事項

國家氣候變遷調適智能服務平台的規劃旨在滿足政府、地方機構及企業等不同層級的決策者或使用者在氣候變遷風險評估和調適行動方案中的資料需求，其核心功能包括整合多部門數據，提供橫向連結與一站式服務，並以資料地圖(Data Map)形式可視化展示資料流向與屬性，幫助使用者快速獲取並應用相關資訊。平台支持不同層級的使用者進行風險衡量與調適方案擬定，並透過案例回饋強化資料庫功能。

氣候變遷數位服務推動策略的現階段重點在於資料的需求與供給

以及整合與傳輸，再加上服務推廣措施。推動策略應著眼於透過需求導向的資料整合以積極統整異質資料、建構資料地圖與格式轉換工具、加強跨部會合作、並力求克服資料安全與共享的挑戰，建構平台得以提供優質且精準實用的數位服務，以吸引更多使用者，並優化使用者體驗以提升公共參與。更進一步可藉由多贏框架模式促進資料供應方與使用者之間的協作，共同提升數位平台的氣候風險調適服務。

第壹章 計畫緣起與目的

一、計畫緣起

臺灣面臨著日益嚴重的氣候變遷挑戰，從極端天氣事件、海平面上升、乾旱到颱風等變化，對社會、經濟和環境造成深遠影響，因此如何因應氣候變遷進行韌性調適行動是一個很重要的關鍵議題。透過系統化擬定的調適行動計畫，能夠有效降低災害風險、提升社會韌性、保護環境資源。

而落實氣候變遷韌性調適方案需要整個國家全體一起行動，必須在多個維度上強化調適能力，包括跨時間、跨空間、跨部會、跨層級，以及公私部門的協同合作，並將 ESG 永續治理之概念納入考量，以實現更為全面和長遠的永續發展目標。跨維度的協調治理框架需要結合最新科技數位技術，為氣候變遷調適提供更具前瞻性和科學性的支援，因此發展智慧數位跨領域模擬技術將有助於全面且精確地評估氣候變遷產生的實體風險，並透過建立虛擬的氣候系統模型，模擬不同情境下的變化，找出最佳的韌性調適方案。

二、計畫目標

氣候變遷不僅是單一領域的挑戰，而是需要多方面的專業知識和協同合作，為了因應日益嚴重的氣候變遷問題，跨領域、跨層級和公私協力的治理模式將成主要的關鍵之一。本計畫將發展治理框架以促進不同部會、各層級政府、企業，甚至學術界和社會大眾共同參與，擬定出更全方位之調適策略方案。同時，本計畫欲評估可發展之最新數位技術，以期能提供更準確、即時的資訊和解決方案。跨領域的模擬技術將使我們能夠預判氣候變遷的影響，提前制定因應措施。這種整合型的數位模式可使我們更有效率地面對氣候變遷的挑戰。

本計畫欲建構一個智慧應用調適平台，透過提供優質的資訊、知識、工具、案例及指引，為政府、學界、產業和社會提供有效的支援，能更全面地了解氣候變遷的影響並擬定合適的調適策略，以達成永續發展之目標。

三、計畫工作項目及內容

氣候變遷對於人類社會之衝擊越來越嚴峻，而氣候變遷帶來的潛在影響稱之為氣候風險(IPCC, 2021)，又可分為實體風險與轉型風險，實體風險為因氣候變遷

而導致的自然災害和氣候事件，會對環境和資產造成直接威脅；轉型風險則是因應氣候變遷而進行的社會、經濟和政治轉型過程中可能產生的風險。從圖 1-1 可知，氣候變遷對社會(包含政府、企業、民眾等)和自然環境帶來的影響不僅是風險，還可從中挖掘出新的機會；而社會又依賴於自然環境的供給、支持、調節等功能，也就是所謂的「生態系服務」。在這樣的情況下，一個新的以自然為本的概念因應而生—Nature-based Solutions，簡稱 NbS。NbS 的概念不再以停止利用自然資源的想法為主，而是以生態系統為基礎，希望保護、恢復或再生自然環境，在社會和經濟活動中尊重和整合自然的力量，以實現共生並創造永續發展。NbS 有助於解決全球面臨的挑戰，包括氣候變遷、生態破壞和永續發展等議題，這樣的方式需要跨學科的合作，促使社會、企業和政府更加重視生態系統的價值和保護。

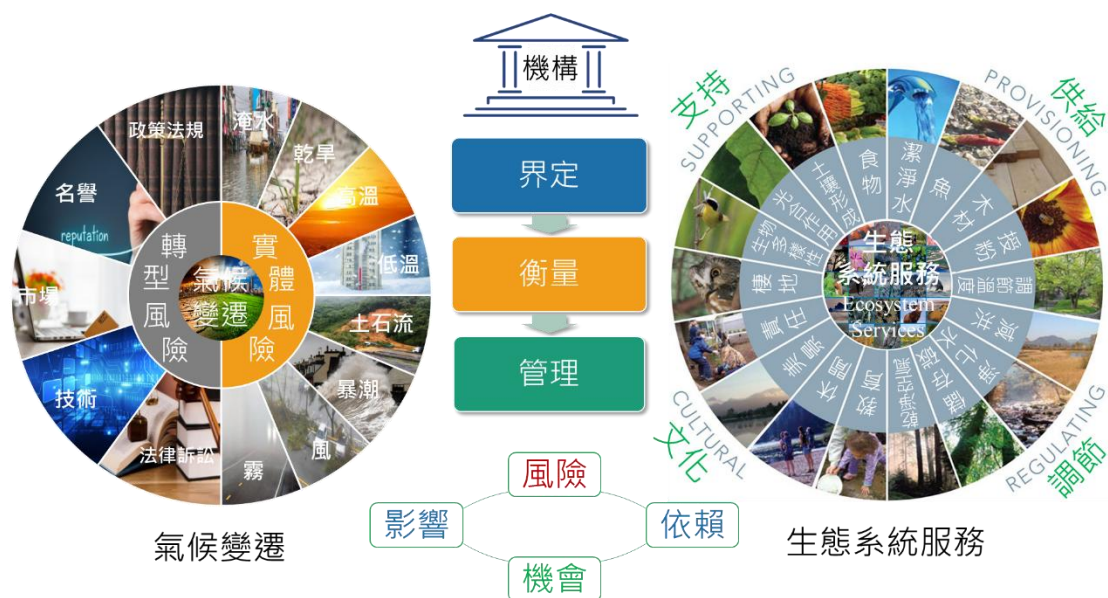


圖 1-1 氣候變遷之風險與機會概念圖

本計畫將建構跨領域整合、跨層級治理與公私協力之系統架構，界定其系統架構下之利害關係人範圍，並分析所需要的資料、資訊與工具，包含國際上科技發展與應用服務之發展趨勢、實體風險評估資料之需求、韌性調適知識與工具需求等。透過舉辦座談會或工作坊，邀請各界利害相關人參與以了解各自現有資源及其需求為何，藉此發展氣候變遷韌性調適數位服務之推動策略，加強連結因應氣候變遷衝擊之量能，協助建構跨部會整合、跨層級治理與公私協力的應用框架，完善國內氣候變遷韌性調適生態圈(圖 1-2)。而第三期氣候變遷行動方案需要納入 NbS，本計畫也將 NbS 納入調適策略之考量中。因此，本計畫所規劃之工作項目如下：

1. 分析國際氣候韌性調適科技發展與應用服務。
2. 規劃氣候韌性調適策略模擬系統架構與發展路徑。
3. 規劃中央與地方政府氣候變遷實體風險與韌性調適治理通用指引。
4. 規劃產業氣候變遷實體風險與韌性調適需求與通用指引。
5. 規劃氣候變遷韌性調適數位服務推動策略。
6. 舉辦氣候風險評估與韌性調適工作坊。

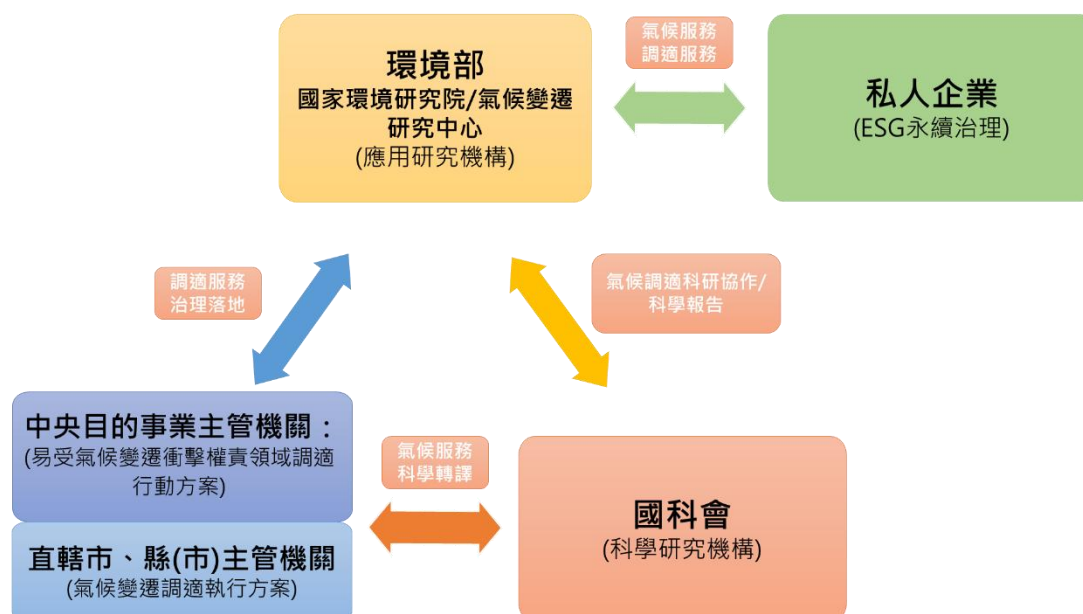


圖 1-2 氣候變遷韌性調適生態圈

四、計畫架構及人力配置

本計畫延續 112 年度「氣候變遷韌性調適先期計畫」之成果，主要著重在釐清跨部會及跨層級之治理架構建立、產業實體風險評估與韌性調適能力建構需求；並舉辦專家座談會及工作坊，收集各方利害關係人之意見，以期完善計畫成果。本計畫主要參與人員現職、學經歷、專長如表 1-1 所示。

表 1-1 計畫主要參與人員專長與負責工作項目

類別	姓名	現職	最高學歷科系	專長	擬任工作內容
主持人	童慶斌	臺灣大學生物環境系統工程學系教授	美國康乃爾大學土木暨環境工程學系博士	ESG 永續治理、氣候風險評估與因應、環境系統分析、永續水土資源規劃與管理	1. 分析國際氣候韌性調適科技發展與應用服務 2. 氣候韌性調適支援知識與工具產製統合與

類別	姓名	現職	最高學歷科系	專長	擬任工作內容
					開發 3. 規劃氣候韌性調適策略模擬系統架構與發展路徑 4. 規劃中央與地方政府氣候變遷實體風險與韌性調適治理通用指引 5. 規劃產業氣候變遷實體風險與韌性調適需求與通用指引 6. 規劃氣候變遷韌性調適數位服務推動策略 7. 舉辦氣候風險評估與韌性調適工作坊
協同主持人	劉力瑜	臺灣大學農藝學系教授	美國德州農工大學統計系博士	生物資訊與微陣列資料分析、系統生物與計算生物、農園藝作物生物統計與試驗設計、農園藝作物生物資訊及資訊管理	1. 規劃氣候韌性調適策略模擬系統架構與發展路徑 2. 規劃中央與地方政府氣候變遷實體風險與韌性調適治理通用指引
	柯佳吟	臺灣大學漁業科學研究所副教授	臺灣大學生態學與演化生物學研究所博士	全球變遷生物學、大數據與長期資料分析、跨領域科學、生態模式、生物地理學、巨觀生態學、生態系統動態與服務、海洋垃圾	1. 規劃氣候韌性調適策略模擬系統架構與發展路徑 2. 規劃中央與地方政府氣候變遷實體風險與韌性調適治理通用指引
研究助理	陳奕如	臺灣大學生物環境系統工程學系研究助理	臺灣大學生物環境系統工程學系碩士	碩士論文：地表水與地下水聯合營運優選模式之發展	1. 分析國際氣候韌性調適科技發展與應用服務 2. 氣候韌性調適支援知

類別	姓名	現職	最高學歷科系	專長	擬任工作內容
				參與計畫： 1. 水利署—強化北部水資源分區因應氣候變遷水資源管理調適能力研究 2. 國家環境研究院—氣候變遷韌性調適先期計畫	識與工具產製統合與開發 3. 規劃氣候韌性調適策略模擬系統架構與發展路徑 4. 規劃中央與地方政府氣候變遷實體風險與韌性調適治理通用指引 5. 規劃產業氣候變遷實體風險與韌性調適需求與通用指引 6. 規劃氣候變遷韌性調適數位服務推動策略 7. 舉辦氣候風險評估與韌性調適工作坊
博士生	林孟慧	臺灣大學氣候變遷與永續學程博士候選人	臺灣大學氣候變遷與永續學程碩士	碩士論文：氣候調適與聯合國永續發展目標決策整合框架：以臺灣水資源永續發展目標為例 參與計畫： 1. 臺灣氣候跨領域之風險評估與智慧調適服務之研究—環境性永續發展目標影響力衡量與管理方法之研究(子計畫五) 2. 112 年氣候變	1. 分析國際氣候韌性調適科技發展與應用服務 2. 氣候韌性調適支援知識與工具產製統合與開發 3. 規劃氣候韌性調適策略模擬系統架構與發展路徑 4. 規劃氣候變遷韌性調適數位服務推動策略

113 年氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用

類別	姓名	現職	最高學歷科系	專長	擬任工作內容
				遷教育推動計畫 3. 中華開發金控 CDP 氣候問卷顧問研究計畫	

第貳章 國際韌性調適科技與應用服務發展趨勢

本章目標為蒐集彙整各國調適科技發展趨勢，包含能力建構、農業、生態環境、能源等領域，藉此了解國際最新科技技術以供國內參考引進，強化國內韌性調適能力。盤點國際氣候調適應用服務，了解不同服務對象所提供的應用服務有哪些(如資料、資訊、工具、案例、教育等)。

一、章節摘要

韌性調適科技以能力建構與七大易受衝擊領域做為搜尋之依據，並將各文獻分為一硬科技、軟科技、組織調適科技三個面向彙整(表 2-1)。

- 硬科技(Hard Technology)：資本財貨和硬體等實體設施。
- 軟科技(Soft technology)：使硬科技能有效應用的方法。
- 組織調適科技(Organizational Technology)：支持硬體和軟體實施所需的制度建立與協調機制。

氣候調適應用服務部分則是盤點國際上以不同服務對象—包含政府部門、學術領域、社區與民眾、產業組織等(表 2-2)，來探討其所需提供之應用服務。

表 2-1 國際調適科技彙整一覽表

易受衝擊領域	能力建構		
	硬科技	軟科技	組織調適科技
土地利用	• 大範圍的衛星遙測 • 小尺度的測量儀器	• 基於 CMIP6 的未來氣候情境整合系統動力模式 • PLUS 模型 • InVEST 模型 (Wang, 2022)	Web GIS 應用開發框架：以提供城市土地利用規劃決策所需的可靠開放資料服務(Sejati et al., 2020)。
海岸及海洋	荷蘭的海堤系統：Delta Works 計畫和 Zuiderzee 工程 (Aerts et al., 2019)	Tamura et al. (2003)：利用最新的氣候情境和社會經濟路徑，來評估潛在的海平面上升對日本海岸區域的影響，包括潛在的淹沒區域和受影響的人口。	Carro et al(2017)：探討了基於生態系統的調適策略 (Ecosystem-based Adaptation, EbA)，著重於強化沿海社區對抗極端氣候事件和海平面上升的韌性。 Costanza et al.

易受衝擊領域	能力建構		
	硬科技	軟科技	組織調適科技
			(2008)的研究強調美國沿海濕地在防止颶風損害方面的重要作用。
能源供給及產業	• 尼泊爾長期能源替代規劃模型(Long-range Energy Alternatives Planning model, LEAP)(Sapkota et al., 2014) • 智慧電網(Smart grid)(Kabeyi & Olanrewaju, 2023)	—	清潔發展機制(Clean Development Mechanism ,CDM)：獲得經濟支持，也能為當地和全球帶來環境效益(Sapkota et al., 2014)。
農業生產及生物多樣性	—	• 土壤生物工程(Bender et al., 2016)：強化生態系統過程以實現永續土壤管理。 • 新植物育種技術(NPBTs)(Qaim, 2020)	Hasan et al. (2018)：探討在孟加拉沿海地區實施氣候智慧農業(Climate Smart Agriculture, CSA)對農民糧食安全的影響
維生基礎設施	Rehak 等人(2018)指出，關鍵基礎設施的韌性是確保在面臨自然災害和人為威脅時能持續運作的關鍵。	Kumar 等人(2021)提出了針對關鍵基礎設施(Critical Infrastructure, C.I.)進行風險評估和韌性增強的多維框架，以應對氣候變遷帶來的挑戰。	Wang 等人(2023)的研究提出了一個使用貝葉斯網絡來評估港口韌性的模型，並提出四階段的循環方法、提升恢復能力的策略(設施恢復和技術恢復)。
水資源	Zhao 和 Boll (2022)研究了美國華盛頓州 Yakima 河流域的水資源管理調適策略，提出四種主要的調適方法。	協助衣索比亞利用現代化的水資源管理軟體，提高水供應和衛生系統的營運效率和韌性(Kolokytha, Malamataris,	Zhao 和 Boll (2022)研究了美國華盛頓州 Yakima 河流域的水資源管理調適策略，提出四種主要的調適方法。

易受衝擊領域	能力建構		
	硬科技	軟科技	組織調適科技
		2020)	
健康	—	Haines 和 Ebi (2019)強調氣候變遷對人類健康的嚴重威脅，並呼籲政府、研究機構和健康系統共同努力，實施有效的調適和減緩措施以保護健康。	Mosadeghrad 等人 (2023)透過文獻回顧，提出加強氣候韌性健康系統的多項策略，涵蓋治理、資金、勞動力、醫療產品和技術、資訊系統以及服務提供等方面，為政策制定者和管理者提供指導建議。

氣候調適服務可提供組織和利害關係人應對氣候變遷的決策、規劃和行動等服務，包括指南、Web 工具、最佳實踐數據庫和培訓等，更涵蓋不同地區和產業的實體風險評估與調適策略等。本章依照需求對象：政府單位、學術領域、社區與民眾，進行文獻蒐集與彙整。國內各領域無論是軟科技或硬體設備皆蓬勃發展，但在組織調適科技方面較為弱勢，缺乏整合性的管理架構，因此跨領域、跨層級等治理架構發展尤為重要。透過整合性的治理架構才能有效的進行資源分配、協同合作或權衡等作為。而盤點國際氣候調適應用服務將有助於不同組織(政府、學研、社區與民眾等)瀏覽搜尋合適之資料、資訊、工具、方法等，協助建構屬於自己的調適治理框架，共同實現氣候變遷調適達到永續發展之目標。針對現有氣候調適應用服務進行蒐研，依照需求對象分為：政府單位、學術領域、社區與民眾，彙整於表 2-2。由於產業氣候調適應用服務眾多，因此無法呈現於下表中，請見表 2-5。

表 2-2 氣候調適應用服務一覽表

需求對象	應用服務	目的	功能與說明
政府單位	氣候數據儀表板(奧地利)	將不同來源的氣候資料進行快速且視覺化的翻譯。	視覺化呈現不同來源的數據包含像是 1990 年以來奧地利溫室氣體排放情況、各部門的排放量佔比、排放目標現況。
	排放資料庫(瑞典)	提供 54 個不同部門(9 個主要部門)依循使用	提供全國各一級行政區有關 29 種空氣物質

需求對象	應用服務	目的	功能與說明
		者手冊參考使用。	之排放數據。
	VESTAP(韓國)	提供健康部門制定適當調適政策之事前評估。	以圖表描述健康部門之脆弱度組成。
	減緩監測框架(英國)	提供不同部門隨著時間的推移持續更新做法之依據。	統整多個部門監測減緩調適政策執行情況之量化指標。
學術領域	國際 WUDAPT 計畫	旨在收集全球城市形態和功能數據的國際性社群計畫。	在全球範圍內獲取並提供有關城市氣候、天氣和環境研究等相關的資訊。 提供一個網站平台，其中包含適用於各種氣候、天氣、環境和城市規劃目的的相關城市參數和性質，以及對模型和模型應用進行適當尺度的支援。
	機器學習 (Machine learning)	旨在使計算機系統能夠透過學習和經驗改進性能，而無需明確地編程。方法如神經網路和決策樹都屬於機器學習範疇。	使機器學習和既有的預報系統做結合，最終目標是提供準確且具備高時空解析度的氣候預測。
社區與民眾	建構社區韌性工作(Maclean et al., 2014; Bowser & Cutter, 2015; Wilson et al., 2020)	旨在藉由知識共享、清晰溝通、社會學習、文化適應和多層次聯繫，增強社區應對極端天氣風險的能力。	強調了當地知識共享、清晰的溝通、社會學習能力和人地聯繫的重要性，塑造極端天氣事件風險增加相關的認知和行動。
	社區社會生態脆弱度對多種互動暴露的概念框架(Nathan, 2016)	旨在評估社區調適能力，考量不平等對氣候變遷調適的影響，並確定社會和生態系統的暴露、敏感度和調適能力。	談論社區調適能力時，常和暴露、敏感度、及脆弱度提及在一起，而性別、年齡、身體行動能力或階層的社會劃分會決定誰容易受到氣候變遷的影響以及誰具有更強的調適能力。

透過氣候調適應用服務的文獻研析，可提出以下幾點建議作為國內氣候變遷調適應用發展之參考。

1. 跨部門合作與科技應用：報告中提到的國際工具如韓國的 VESTAP 系統、奧地利的氣候數據儀表板和瑞典的排放資料庫等，顯示了利用數據和視覺化工具支援政府決策的重要性。政府可參考這些系統，發展本土化的氣候脆弱度評估和風險管理工具。
2. 多元領域整合：多份文獻顯示調適服務需要經濟、社會、治理等跨領域專業的參與之重要性。臺灣可在氣候調適計畫中納入多學科的專家，促進政策的協作與多角度評估。
3. 地方與國家層級的策略協調：國家政策和地方政府行動間的協同合作至關重要。臺灣應考量中央與地方調適計畫的差異，推動地方自主規劃與中央政策的支持。
4. 教育與社會參與：文獻中提及社區參與、教育和認知提升是促進調適能力的重要元素。臺灣可加強公眾教育和社區參與，提高全民的氣候調適意識和能力。
5. 技術創新與資料共享：許多先進國家都採用大數據、人工智慧等科技技術應用在氣候預測中。臺灣可以推動相關技術的研究與開發，以提高氣候資訊的時效性和準確度。
6. 調適措施的公平性與永續發展：強調在政策和措施中考量不平等和社會弱勢群體，以確保調適方案對所有社群公平有效。臺灣可將這方面納入政策制定和執行中。

二、韌性調適科技發展資訊彙整

氣候變遷導致極端天氣現象或災害事件頻繁發生，為降低各地面臨的氣候風險，儘早提出因應對策，即時而準確的環境數據蒐集與更新成為各國重視的科技發展方向。Google Flood Hub 運用人工智慧(Artificial intelligence, AI)進行機器學習，針對全球易受洪患侵襲地區提供未來 1 週內洪水變化預測。該網站以簡明圖表呈現各地洪患危險等級，同時支援電腦與手機網頁操作介面，讓高風險地區民眾即時獲知在地的洪水趨勢。其他地區的人也可以藉此追蹤各地洪水動態了解氣候變遷對特定地區造成的危害。

能進行氣候模擬及預測之科技也被用來輔助農業領域的調適工作，如巴西、義大利和西班牙的 SWAMP 計畫運用物聯網(Internet of Things, IoT)，使得受氣候變遷影響之地區能夠適應降雨模式的改變，管理農業用水，制定更有效的用水策略。由澳洲氣象局和 CSIRO 集結農民訪談意見共同開發免費的數位系統 My Climate View，可提供農民和農業專家提供澳洲各地特定農作物與畜產地的未來氣候預測。

除即時數據蒐集、氣候情境模擬及預測，韌性調適科技也應用於資源循環使用(如水質淨化、水資源循環利用)、提高生物適應氣候變遷之能力(如基因改造技術)。本節以國家氣候變遷調適行動計畫中的能力建構及七大易受衝擊領域為範圍，針對國際上不同領域目前的發展進行蒐研及資訊彙整，提供國內現有科技進步之參考，建議未來發展規劃的方向。

(一) 能力建構

韌性調適科技(Resilience Adaptation Technology)是一種面向氣候變遷和環境挑戰的多維度概念，其核心在於增強社會-生態系統(Social-Ecological System)的持久性、調適性與可轉變性。這種科技的應用範圍廣泛，旨在使自然和人類系統更好地應對氣候變遷帶來的衝擊和影響。根據聯合國氣候變遷框架公約(UNFCCC)對調適科技的定義，其涵蓋了廣泛的技術和方法，目的是減輕或增強自然或人類系統面對氣候變遷衝擊時的脆弱度與回復力。這些科技可分為硬科技、軟科技以及組織調適科技(Organizational Technology)三大類。軟科技涉及人類的知識、創造力和介入，其特點是靈活性和調適性，通常需要人工輸入才能實現其目的。軟科技不一定是有形的，包括最佳化營運和促進創新的流程、標準和方法，包括管理策略、軟體開發和培訓計畫等等(Jin, 2013)。硬科技是指使操作自動化和機械化的有形的物理工具和機械，旨在在運行後以最少的人工介入執行特定任務(McDon III & Kahn, 1996)。硬技術包括電腦、工業機械、運輸車輛等裝置、設備和基礎設施。其操作通常很嚴格，可提供一致且可預測的結果，並且在精度和效率的領域中至關重要。組織調適科技可能同時包含硬科技和軟科技，其重點在於最佳化組織結構和流程，包括管理組織內如何實施硬科技和軟科技的系統和框架(Mohr, 1971; Tushman et al., 2017)。這可能涉及將技術系統整合到業務流程中、技術變革的管理以及技術與組織目標和策略的協調。組織調適科技對於確保有效利用硬科技和軟科技來提高生產力和實現策略目標至關重要。

- 硬科技：包括資本財貨和硬體等實體設施，如早期預警系統、調適基礎設施建設等，其能直接對抗或減緩氣候變遷的實體影響。
- 軟科技：涉及使硬性科技得以有效應用的方法與知識，例如策略規劃、政策制定和教育訓練。
- 組織調適科技：專注於支持硬體和軟體實施所需的制度建立與協調機制。

根據 Carl Folke 等人(2010)的研究，韌性調適科技的三大核心要素包括韌性、調適性和可轉變性。韌性是指系統在變化中維持其功能、結構、身份和回饋的能力，表示儘管面臨干擾，系統仍能重新組織並保持在其穩定性領域內。調適性則是系統學習、結合經驗和知識，調整對外部驅動力和內部過程的反應的能力，使系統能夠在當前的穩定性領域內繼續發展。最後，可轉變性涉及在生態、經濟或社會結構使現有系統無以為繼時，創造一個全新系統的能力。韌性調適科技不僅關注於降低特定威脅的風險，也包含了提高系統對多重壓力的應對能力。這種科技的應用使個體和社會能夠更好地管理風險、減輕氣候變遷帶來的傷害，並維持系統的永續性。因此，韌性調適科技在當前全球氣候變遷和環境挑戰日益加劇的背景下，對於促進社會-生態系統的永續發展扮演著關鍵角色。

調適科技的重要性在於其在應對氣候變遷及挑戰中所扮演的關鍵角色。根據 Donald R. Nelson (2010)的研究，調適科技是關鍵工具，用於減輕或利用由氣候變遷產生的影響，如降低傷害或把握有利機會。這同時包含早期預警系統的發展、調適性基礎設施的建設，以及對政策和治理結構的調整，以更好地應對氣候相關的風險。同時，Andy Pike 等人(2010)的研究中進一步強調了調適科技對於地區和區域在應對快速變化的環境中韌性和調適能力的重要性。其指出調適科技不僅是應對金融危機、氣候變遷和極端天氣事件的關鍵因素，更可有效提升系統對多重壓力的應對能力。這種技術和能力有助於個體和社會更好地管理風險、減輕氣候變遷帶來的傷害，並在長期內維持系統的永續性。調適科技對於增強社會和生態系統面對氣候變遷的挑戰時的韌性至關重要，相關技術的應用不僅限於直接對抗氣候變遷的實體影響，更能提升社會和經濟系統應對變化的能力。因此，調適科技在全球氣候變遷的背景下，成為實現永續發展的關鍵因素。

同時韌性調適科技的應用範圍極為廣泛，涵蓋多方領域，如農業與生物多樣性、土地利用與水資源管理、海洋與海岸保護、以及維生基礎設施等。領域中的應用案例包含在農業領域中開發抗旱作物品種，改善水資源管理以應對極端天氣事件，以

及在海岸地區建立更有效的海平面上升防護措施。此外，調適科技也關注於城市基礎設施的韌性提升，例如增強建築物對極端氣候事件的抵抗力，並確保關鍵服務在面對氣候挑戰時的穩定性。跨領域的應用體現了調適科技的廣泛性，也代表其在全球尺度上促進永續發展的潛力和重要性。

(二) 土地利用

土地利用相關研究，時常具有跨領域的性質，例如農業、水資源為大宗，因此土地利用的科技發展將著重於技術本身的應用，討論調適科技於土地利用的效益。然而比起調適，土地利用的氣候變遷科技著重於促進減緩，Rounsevell (2009)強調土地利用決策在促進和減緩氣候變遷方面的作用。

在土地利用的監測技術上，通常依據不同目的來選擇利用大範圍的衛星遙測以及小尺度的測量儀器，對於了解並管理氣候變遷衝擊下的土地利用和土地覆蓋變化(land use and land cover change, LULCC)日益重要，利用衛星監測土地利用的優勢包括：可觀察禁止進入或易達性差的地區(Shin et al., 2023)；觀測大尺度的空間變化(Ren et al., 2023)；便於搜集長期數據(Ling et al., 2023; Liu et al., 2020; Yang & Huang, 2021)。利用監測儀器來紀錄土地現況以及利用規劃，例如土壤條件(Salam, 2020; Lehmann et al., 2020)、土壤溫室氣體通量及固碳量(Smith et al., 2020)等等。遙測技術常與其他技術結合使用，Corwin (2021)結合近端與遠端遙測評估氣候變遷對全球土壤鹽分的影響；Avand & Moradi (2021) 利用遙測結合 GIS 來看土地利用變化影響發生洪水的機率；Chai & Li (2023)利用 Landsat 衛星遙測數據集來監測都市土地利用變化，發現天津市植被覆蓋快速轉變成城市用地的趨勢。透過監測可以紀錄每個時間斷點下土地狀態的基礎資訊，甚至在氣候變遷的討論脈絡下，Stone (2009)甚至認為監測 LULCC 對減緩氣候變遷的貢獻可能比僅關注減排更有效。Gabriele 等人(2022)強調 GIS 和遙測已成為監測不同地區之氣候變遷相關土地退化、景觀保護和規劃的常見方法。利用遙測和 GIS 於預測 LULCC 對中國將樂丘陵水質及水文的影響，以促進永續水資源管理(Mashala et al., 2023)；Majeed 等人(2021) 利用 GIS 和多時相衛星監測巴基斯坦旁遮普省，發現由於人類對於耕地的需求不斷增加，導致貧瘠土地、河道和植被面積都有明顯變化；Mondal & Mandal (2018)發現由於河岸侵蝕，印度馬爾達區的恆河流域的部分沖積平原沉降區和植被覆蓋區轉變為水體，導致農業用地和住宅及生計的喪失，並引發了區域居民遷徙。

許多研究強調基於情境的 LULCC 評估方法之重要性(Bossa et al., 2014; Koomen, 2008)，氣候情境、社會經濟情境可以探索未來各種土地利用的可能性，幫助規劃者和決策者預測潛在的變化和挑戰，並且識別與不同發展路徑相關的潛在風險和不確定性，從而製定風險因應策略。Wang 等人(2022)以基於 CMIP6 的未來氣候情境整合系統動力模式、PLUS 模型及 InVEST 模型，發現 SSP126 情境下的研究區林地擴張快、草地保存良好、土壤碳儲存量最高；Albrich 等人(2020)發現當升溫高於 2°C 時，系統就會突破閾值，從以針葉林為主轉變為以較小的闊葉樹為主，甚至無法逆轉。然而土地利用亦可作為評估其他受土地利用變化影響的情境，例如 Peng 等人(2021)評估中國武漢市在多種土地利用情境下，土地利用變化對生態系服務價值的潛在影響；Adnan 等人(2020)以土地利用情境變化評估孟加拉西南堤壩地區的洪水風險會因 LULCC 變化而產生負面影響，甚至可能間接導致貧窮。

氣候變遷議題近年受到全球矚目，決策端的氣候數據需求增加，因此聯合國糧食及農業組織與 google 合作，利用數種遙測影像數據開發出 Earth Map，是為了促進土地利用和氣候數據的視覺化處理和分析的土地利用與氣候評估工具(Morales et al., 2023)，可以幫助使用者簡單地了解自己的研究區位的土地利用與氣候變遷影響趨勢。Sejati 等人(2020)提出了一個 Web GIS 應用開發框架，以提供城市土地利用規劃決策所需的可靠開放資料服務，適合公眾消費的空間資料庫一起公開使用，並作為利害關係人的決策支援系統。這類型的整合規劃工具，可以同時考量土地規劃需要留意的條件，避免在單一因子的情況下進行規劃，而造成不當調適。

(三) 海岸及海洋

Costanza et al.(2008)強調了美國沿海濕地在防止颶風損害方面的重要作用。他們使用回歸模型分析了自 1980 年以來 34 次主要颶風的影響，發現沿海濕地顯著減少了與颶風相關的損害。研究發現，失去一公頃的濕地相當於風暴損害平均增加 33,000 美元。此外，美國的沿海濕地每年提供的風暴保護服務估計約為 232 億美元。這項研究突顯了沿海濕地作為寶貴的「水平堤防」的價值，它們提供了成本效益高的自然保護和其他生態系統效益，這些效益與垂直堤防所提供的服務不同。

荷蘭的海堤系統被認為是世界上最先進的海洋防護設施之一。由於該國大部分地區位於海平面以下，這些海堤對於防止洪水和海水入侵至關重要。Aerts et al. (2019) 的研究表明，這些海堤系統不僅在物理上保護了國土，而且對於減少經濟

損失也非常有效。例如，荷蘭的 **Delta Works** 計畫和 **Zuiderzee** 工程都是工程學上的壯舉，它們透過閘門、堤壩和其他防護結構減少了洪水威脅，並成為了海平面上升應對策略的典範。海岸林，如紅樹林，對於保護海岸線免受侵蝕和暴風雨影響至關重要。**Barbier et al. (2011)** 指出，這些生態系統不僅提供了自然防護，還有助於維持生物多樣性和促進生態旅遊。在美國，海岸林被廣泛用於緩解颶風和風暴潮的影響。它們透過吸收風暴能量和減少波浪沖擊來保護內陸地區，同時還提供了關鍵的野生動植物棲息地。鑑於日本經常遭遇地震和海嘯，該國已開發出一系列先進的海岸防護工程。**Tamura et al. (2003)** 利用了最新的氣候情境和社會經濟路徑來評估潛在的海平面上升對日本海岸區域的影響，包括潛在的淹沒區域和受影響的人口。它對日本海岸區域因海平面上升造成的經濟損害進行了詳細評估，並比較了保護和搬遷策略的成本，這項研究對於了解日本海岸區域有效的調適策略具有重要意義。

這些案例展示了韌性調適科技如何在全球範圍內被應用於提升海岸地區的安全和永續性。從荷蘭的海堤系統到美國的海岸林，再到日本的海岸防護工程，每個案例都強調了創新和調適性在面對氣候變遷和自然災害時的重要性。

Carro 等人(2017)的研究探討了基於生態系統的調適策略(**Ecosystem-based Adaptation, EbA**)，著重於強化沿海社區對抗極端氣候事件和海平面上升的韌性。該研究在烏拉圭的 **Ciudad del Plata** 地區，尤其是 **Kiyú**，透過多方參與的流程圖，展現出跨機構協作的架構。其中的管理流程在於將科學知識和資訊、社會機構的加強，以及自然生態系統的調適能力相互結合，使其形成一個封閉迴圈的動態模型。透過流程將促進調適行動的實施，也能改進管理效果的回饋。此外，透過脆弱度減少評估(**Vulnerability Reduction Assessments, VRA**)和決策者與利害關係人的合作，進一步加強整個管理系統的互動性和韌性。

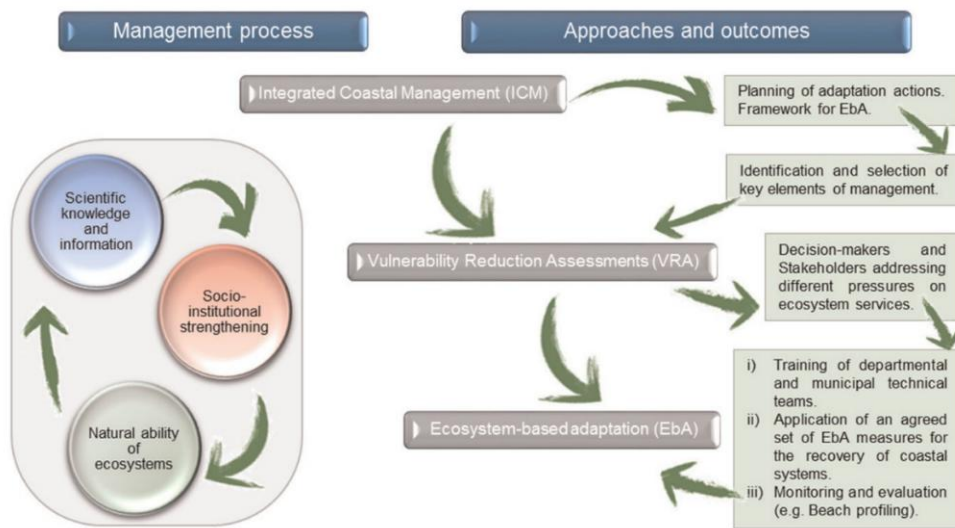


圖 2-1 海岸管理過程流程圖

圖片來源：Carro et al., 2017

針對利害關係人及各級政府部門如何透過組織流程圖，與非政府組織合作，一同應對海岸管理中的挑戰。在此結構下，從地方政府到次國家層面，再到國家氣候變遷辦公室，每一方均扮演著關鍵角色，以協調的方式共同實施海岸調適措施。此種跨部門合作的模式為 EbA 的執行提供了基礎，並為未來可能的相關專案樹立了合作與管理的範例。這項研究不僅是氣候變遷調適策略的實踐案例，更是跨學科整合與政策擬定的典範。

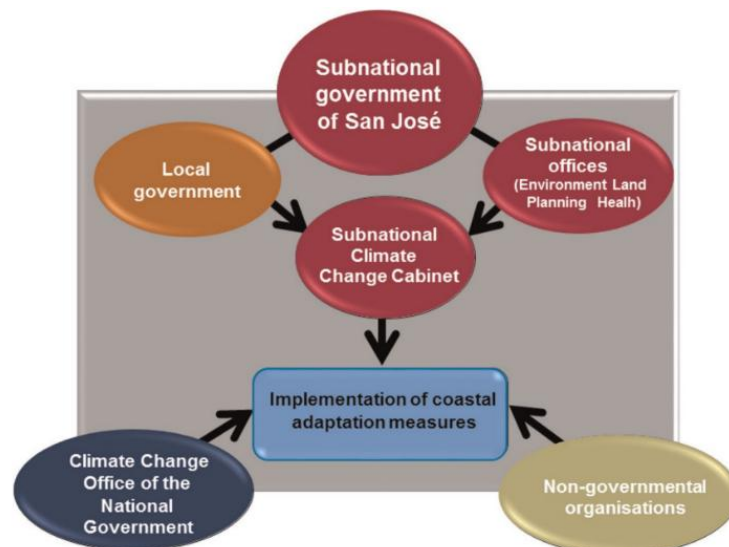


圖 2-2 組織管理流程圖

圖片來源：Carro et al., 2017

這些案例展示了韌性調適科技如何在全球範圍內被應用於提升海岸地區的安全和永續性。從荷蘭的海堤系統到美國的海岸林，再到日本的海岸防護工程，Carro 等人(2017)則顯示跨機構合作於海岸管理的必要性，指出綜合管理策略的成功依賴於科學、社區與政策的整合。

(四) 能源供給及產業

1. 氣候調適科技與能源供應的關聯性

在社會經濟發展之下，人們對於能源的需求日益提升，然而石化能源的使用卻帶來溫室氣體排放，根據國際能源總署(The International Energy Agency, IEA)統計全球能源排碳量的資料顯示(圖 2-3)，雖然在 2020 年前排碳量一度下滑，但在 2020 年疫情席捲全球後，排碳量一路上升，2022 年全球能源相關碳排放較前一年增加約 0.9%(3.21 億噸)，如何減少各部門能源使用所造成的碳排是應對氣候變遷的一大關鍵。

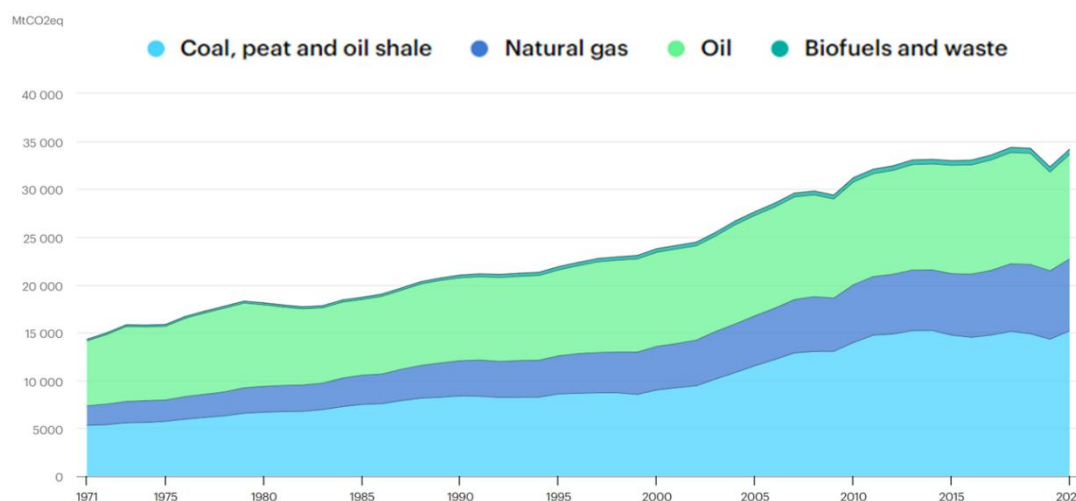


圖 2-3 全球能源相關碳排放

圖片來源：IEA, 2021

2. 再生能源

對於某些開發中國家來說，有許多農村地區仍無法獲得安全可靠的能源，嚴重影響人類福祉，雖然能源使用能為人類生活帶來正面效益，但是卻也可能導致氣候變遷的加劇。氣候變遷調適技術在各個地區的作法可能因資金和知識技術而有差異，Sapkota et al. (2014)發展長期能源替代規劃模型(Long-range Energy Alternatives Planning model, LEAP)制定尼泊爾長期再生能源利用計畫，並評估相關再生能源技

術在尼泊爾農村社區和氣候變遷調適中扮演的角色和發展潛力。研究結果顯示，使用再生能源技術能夠改善健康狀況、改善照明獲得更高品質教育的機會、增加收入且帶來就業機會，此外可以透過清潔發展機制(Clean Development Mechanism, CDM)獲得經濟支持，最後也能為當地和全球帶來環境效益。舉例來說，使用沼氣和改良爐灶(Improved cooking stoves, CS)做飯以及使用微型水力(micro hydro, MH)和太陽能(solar power, SP)來發電，可以讓居民不再需要花費大量時間收集各種生物燃料，顯著減少家庭活動所需的時間，進而賦權女性，提供賺取額外收入、學習、獲得財務保障的機會，也提升男性對於家務勞動的參與。再生能源技術由於更便宜、更環保，並且易於當地人操作和管理，有效改善了農村生計，加強了尼泊爾農村社區對氣候變遷的韌性。

3. 智慧電網

智慧電網(Smart grid)也是在能源領域蓬勃發展的調適科技發展之一。智慧電網是配備先進通訊、自動化和資訊技術系統(IT)的電網，能夠對電源和消費性電器(consumer appliances)之間的電力和資訊進行即時雙向監控和控制。Kabeyi & Olanrewaju (2023)針對智慧電網進行了完整的回顧研究，智慧電網的主要目標是降低成本高昂的尖峰需求，最大程度地吸收變動的再生能源，減少能源相關的溫室氣體排放，並促進動態定價，進而提高消費者對能源生產消耗的認識和參與。智慧電網有助於提高監控電力消耗使用的效率，引導電力供應以滿足尖峰電力需求，並提高電力傳輸效率，還可以提高供電系統的可靠性、品質和安全性。此外，智慧電網亦在集中式電力系統邁向分散式系統的永續轉型中扮演重要角色。雖然智慧電網有以上好處，但在目前發展和應用上仍有一定的限制，包含電網基礎設施不足、行業勞動力缺乏知識和技能、儲能系統(energy storage systems, ESS)容量有限、確保用戶機密性和隱私的資料庫管理、病毒和網路攻擊等網路安全挑戰、初始資本較高、投資缺乏政策和法律框架的支持以及缺乏消費者意識。

(五) 農業生產及生物多樣性

Hötte et al. (2022)透過分析美國專利數據來了解氣候變遷調適技術(Climate Change Adaptation Technologies, CCATs)的創新趨勢。調查了技術的創新歷史模式和驅動因素，檢視發展和使用技術的科學和技術要求。根據分析顯示，最多的專利集中在農業科學和資源管理技術領域，這反映了該領域在調適氣候變遷方面的重要

性。其中農業科學密集型技術，如耐旱和耐鹽作物品種的開發，是應對氣候變遷的關鍵策略。且氣候變遷調適技術的專利申請自 2000 年以來顯著增加，代表投入的資源增多，而國家政策和國際協議是推動技術開發的關鍵驅動力。趨勢更顯示出創新在全球應對氣候變遷策略中的核心角色。

1. 生物多樣性與土壤生態工程

Bender et al. (2016) 將生態強化應用到土壤，並提出了土壤生物工程的概念，增強生態系統過程以實現永續土壤管理。圖 2-4 為生態強化概念應用於土壤的示意模型圖，黃色箭頭顯示了資源輸入、損失，以及土壤生物進行的內部調節過程與管理強度之間的關係。粗放栽培管理系統擁有豐富的土壤生態，其特點是資源輸入和輸出低、內部調節過程速率高，生產力低。密集栽培管理系統的土壤生態貧乏，資源輸入和損失高，內部調節過程速率低，但生產力高。而生態強化結合了兩種系統的特徵，形成具有豐富土壤生命的永續系統，土壤生態工程進一步最佳化了土壤生物進行的內部調節過程，以提供完整的生態系統服務。

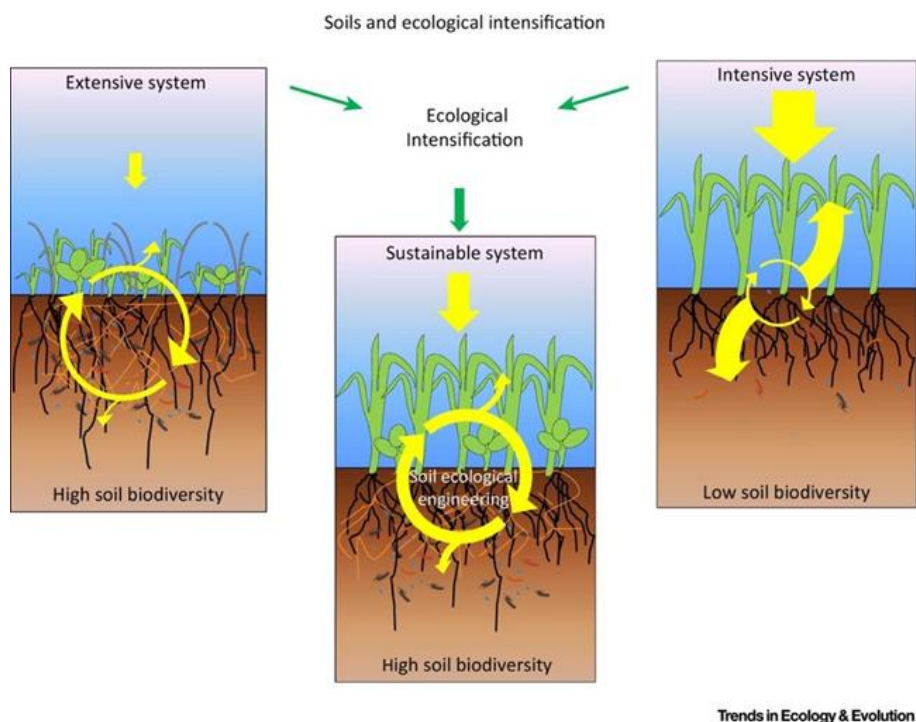


圖 2-4 生態強化概念應用於土壤的示意模型圖

圖片來源：Bender et al., 2016

農業活動容易對土壤生物造成功能衰退的情況，雖然有助於促進有機養分的分解和礦化，但對土壤微生物可能造成不良影響。因此，開發多樣且高效的作物品

種混合和作物輪作有利於增加土壤生物多樣性，並可以利用互補的生物多樣性效應增加作物的多樣性，不論是空間上(例如混植)還是時間上(例如作物輪作或覆蓋作物)，都對生態系統產生正面效益，並能增強生態系服務提供之功能。

2. 新植物育種技術(NPBTs)

Qaim(2020)提到新植物育種技術(new plant breeding technologies, NPBTs)對食物安全及永續農業的貢獻，其中包括基因改造生物(gene modified organisms, GMOs)和基因編輯。基因改造生物 GMOs 是透過基因工程將具有理想特徵的基因插入生物體中，而基因編輯則指的是在生物體的基因組中特定位置上插入、修改、替換或刪除 DNA 的技術。這些技術都能提高植物育種的精確度和速度。

新植物育種技術有許多優點，包括提高抗病蟲害能力、耐逆境能力(如耐熱、耐旱、耐鹽等)、改良產品品質(如改善水果蔬菜的保存性和營養成分)、提高作物產量。不僅可以提高農作物的調適能力，還能減少化學農藥的使用、能源消耗及環境足跡，其中物種再生及作物多樣性的維護對於未來的糧食和營養安全至關重要。基因編輯可以重新再生作物和野生植物，稱為「*de novo domestication*」，植物的再生和品種的生長的開發需要幾十年的育種工作。近年來科學家發現了多個關鍵的馴化基因，並且利用 CRISPR/Cas 同時對植物進行多個基因組變化的科學突破，使得能夠在單一植物世代內馴化野生物種。這種全新的馴化方式可以增加農業生物多樣性和作物多樣性，對環境和人類營養有益。此外，基因編輯有助於增加作物種內的遺傳多樣性，使農業更具氣候及地方調適性，減少對化學品的依賴。

3. 農業生物技術中的人工智能(AI)

Holzinger et al. (2023) 的文獻中涵蓋了人工智能(Artificial Intelligence, AI)和機器學習(Machine Learning, ML)在農業中許多的應用，包括自動化機器人採收、數據處理分析、以及對氣候變遷的調適等。其中也強調了生物多樣性的以及 AI 在這方面的潛在應用。自動化機器人可以快速地處理農業工作；利用電腦視覺和深度學習演算法分析無人機擷取的影像數據，以監測作物和土壤健康，追蹤預測氣候變遷對作物產量的影響，發現更具韌性的作物品種；這些技術還能被應用於辨識新的作物表型，這些表型對資源利用更有效且對高度變化的氣候條件具有抵抗力。同時，AI 也有助於控制害蟲和疾病，以智能和精確的方式應用植物保護劑，提高傳統農業系統的永續性。這些技術還有助於監測土壤健康，分析土壤特性，提高土壤健康和品

質，以確保永續農業系統。

而分子生物學工具的應用，特別是利用 DNA 的基因調控，改善動植物特徵，稱為分子育種，這些工具包括分子標誌輔助或基因組選拔。植物組織培養技術也是商業規模上進行植物繁殖的常用技術。近年來，它已被應用於(1)不分季節快速生產植物，(2)生產(耐熱、耐旱、耐鹽)的品種，(3)抗病植物，(4)瀕危物種的保護等。這些應用旨在提高農業中的作物表現，並強化及保護作物的遺傳多樣性。AI 模型在解決分子育種及體外培養時考量多因素的交互問題方面非常有益，在各種條件下模擬和預測植物組織的發育和生長，以最佳化基因組合及培養基，並實現可觀的處理數量。AI 模型透過精確應用植物保護劑來控制害蟲和疾病，將增強傳統農業系統的永續性。即時的植物疾病影像，可以提高農藥和化肥噴灑的精確度，降低了對作物、動物、人類和其他環境資源(即水體)的污染風險。

Hasan 等人(2018)探討在孟加拉沿海地區實施氣候智能農業(CSA)對農民糧食安全的影響。研究涵蓋了 17 種 CSA 實踐，例如耐鹽和早熟種植品種，以及雨水收集等。透過評估家庭糧食安全取得、利用、多樣性和穩定性，研究發現 CSA 的實施與農民的年度人均糧食支出正相關，顯示 CSA 能提高糧食安全。然而，教育、職業和市場接觸等社會經濟因素也是影響糧食安全的重要因素，顯示需要綜合考量多方面因素來提升糧食安全。

(六) 維生基礎設施

對於關鍵維生基礎設施韌性的重要性及其強化方式，Rehak 等人(2018)指出關鍵基礎設施的韌性是確保在面臨自然災害和人為威脅時能持續運作的關鍵。增強韌性的方法涵蓋技術層面的改進(例如使用高標準建材和先進設計)到組織和管理層面的調整(包括有效的應急計畫和災害恢復策略)。此外，研究透過案例，揭露某城市水處理設施如何經由結構加固和更新處理技術來提升其對極端天氣事件的韌性能力，突出了提升韌性措施在實際應用中的效果和預防措施在減少災害影響中的重要性。該研究強調了全面性的策略在建立和維護關鍵基礎設施韌性中的必要性，並指出這有助於確保社會及經濟活動的連續性和安全性。

Kumar 等人(2021)提出了一個針對關鍵基礎設施(Critical Infrastructure, C.I.)進行風險評估和韌性增強的多維框架，以應對氣候變遷帶來的挑戰。該研究回顧了氣候變遷對極端天氣事件的影響及其對關鍵基礎設施的潛在影響，並進行了兩個

印度地區的案例研究，分析降水極端事件和乾旱的行為。研究結果顯示，印度西北部、東北部、西部和西高止山脈地區高度易受洪水影響，而北部、中東部、西部和中部地區則容易發生洪水和乾旱的共現。研究中提出的框架強調了在短期內進行風險評估、早期預警系統和環境監測，以及在長期內進行強有力的決策制定、調適性管理和氣候風險評估的重要性。同時，該框架建議採用靈活性、多樣性和工業生態學原則，如拆解、再利用、回收和與環境的整合，以構建氣候韌性的 C.I. 系統。研究指出，政府、研究機構和 C.I. 營運商的集體行動，諸如升級設計標準和監管政策，引入新的指標，以及在設計和服務交付方面的創新和研究合作，對於實現這些目標至關重要。

Wang 等人(2023)提出了一個使用貝葉斯網絡來評估港口韌性的模型，旨在提升港口的準備和應對能力。該研究針對影響港口的主要干擾因素進行了總結和分類，並提出了一個四階段的循環方法來研究港口韌性。模型將各種韌性策略分類到六個度量標準中(穩健性、冗餘性、可視性、靈活性、敏捷性、恢復力)，以評估港口的韌性能力。研究結果顯示，自動化碼頭的整體韌性高於非自動化碼頭。提升可視性的策略(如建立實時數據管理系統和數據分析程序)對提高港口的準備能力影響最大；而提升恢復能力的策略(如設施恢復和技術恢復)對提高港口的應對能力最為重要。該研究強調了在策略實施中需要政府和其他支持，包括技術標準、監管政策、創新和研究資金，以及將氣候風險納入公共投資。這些發現對於提升國內港口的氣候韌性具有重要參考價值。

(七) 水資源

在全球氣候變遷的背景下，水資源管理面臨嚴峻挑戰，尤其是頻繁和嚴重的乾旱事件增加了水資源的稀缺性。為了應對這一挑戰，國際上發展了多種水資源管理的調適科技，以提升系統的韌性和永續性。

Bulti 和 Yutura (2022) 探討了在開發中國家，以衣索比亞為例，水資源基礎設施的韌性及供水和衛生發展的挑戰。該研究強調，氣候變遷對水供應和衛生系統帶來重大壓力，需要採取綜合的、創新的系統發展方法來實現永續和韌性的發展。研究指出，臨時的調適措施(如間歇供水)會導致系統壓力變化，增加管道破裂和水損失的風險。為實現韌性發展，建議結合工程、管理和技術知識，並加強技能培訓。研究建議採用現代化的水資源管理軟體，以輔助水生產、分配、計費、監控和規範，

從而提高水供應和衛生系統的營運效率和韌性。

Zhao 和 Boll (2022)探討氣候變遷下水資源管理的調適策略，提出了改進的水資源管理工具，並應用於美國華盛頓州的 Yakima 河流域。該研究提出了四種主要的調適方法：溫室系統(Greenhouses, GHs)、作物種植時間調整(Crop Planting Time)、灌溉技術(Irrigation Technology)和管理性含水層補給(Managed Aquifer Recharge)，並對其在不同氣候情境下的效果進行了評估。研究結果顯示，這些調適方法在提高灌溉可靠性和確保農業用水供應方面具有顯著效果。溫室系統和灌溉技術在應對極端乾旱情況下表現突出，而管理性含水層補給則在長期規劃中顯示出較高的經濟效益和適用性。研究強調，綜合應用多種調適策略可以更有效地應對氣候變遷對水資源管理的挑戰，確保農業生產的永續性和韌性。

Kolokytha 和 Malamataris(2020)提出一個創新的綜合方法框架，用於評估在高度水資源壓力下的調適措施。該研究以 Mygdonia 流域為案例，提出了多種供水和需求管理措施，包括增加向 Koronia 湖的溪流引水量、提高 Volvi 湖溢流點的堤壩高度以及調整作物種植結構等。研究結果表明，在短期(2020-2050)和長期(2050-2080)未來期間，需求管理措施比供水導向解決方案更有效。尤其是作物結構調整和農業用地減少被證明是最有效和永續的解決方案。該研究強調了整合水資源管理、氣候模型和經濟社會數據的必要性，以應對氣候變遷對水資源的挑戰。研究結果對於面臨嚴重水資源短缺的地區制定永續發展策略具有重要參考價值。

(八) 健康

Haines 和 Ebi(2019) 指出，氣候變遷將改變多種氣候敏感性健康結果的地理範圍和負擔，並影響公共衛生和醫療系統的運作。如果不採取額外措施，未來幾十年內，預計與多種健康結果相關的發病率和死亡率將大幅增加，包括與高溫相關的疾病、因空氣品質不佳引起的疾病、因糧食質量和安全性下降導致的營養不良，以及在某些地區的媒介傳播疾病。同時，勞動生產力預計將下降，特別是在低緯度地區。研究結果顯示，氣候變遷將增加極端氣候事件(如熱浪、洪水、乾旱)的頻率、強度和持續時間，這些事件對健康有重大影響。此外，脆弱的人口和地區將受到差別影響，預計貧困和不平等將隨著氣候變遷而增加。該研究強調，在中長期內促進主動和有效調適及減少溫室氣體排放的投資和政策將減少健康風險的規模和模式。

總體而言，Haines 和 Ebi 呼籲政府、研究機構和健康系統需要共同努力，實

施有效的調適和減緩措施，以應對氣候變遷對健康的影響，並確保健康系統能夠在氣候變遷的挑戰下持續運作，保護當前和未來世代的健康。

Mosadeghrad 等人(2023)藉由範疇文獻回顧方法，調查了加強氣候韌性健康系統的策略。氣候變遷對人類健康構成重大威脅，並對健康系統施加了巨大壓力。該研究旨在識別干預措施和行動，以加強健康系統應對氣候變遷的不利健康影響的韌性。研究最終納入了 105 篇文獻進行詳盡分析，並將結果歸納為六個主題：

- a. 治理與領導：制定國家健康和氣候變遷調適計畫、提高政府參與度、改進健康部門的規範、提高醫療領導的認識。
- b. 資金：提供足夠的資金、增加研究資金、改善對長期國際資金的獲取。
- c. 健康勞動力：使用可持續和訓練有素的勞動力、招聘和培訓健康人員、提高專業人員的氣候變遷意識。
- d. 基本醫療產品和技術：制定應急計畫和備份系統、設計低碳或淨零醫療設施、改善實驗室基礎設施。
- e. 健康資訊系統：預測氣候影響並評估健康系統的脆弱度和能力、加強對氣候敏感疾病的監測。
- f. 服務提供：設計基於初級保健的方法以應對氣候變遷的即時和長期影響、改善心理健康服務的獲取。

研究結果顯示，構建氣候韌性健康系統需要採取整體和系統性的方法。強有力的治理和領導、提高公眾意識、戰略性資源分配、氣候變遷減緩、應急準備、穩健的健康服務提供和支持研究是必不可少的。同時更應加強跨部門合作，將健康納入所有政策，並促進與環境、經濟、金融、能源和教育部門的跨部門合作。

三、氣候調適應用服務盤點

近幾十年來，氣候歷史數據、季節預報乃至世紀末預測，氣候資訊的獲取技術得到了迅速的進展(Vincent et al., 2018)，但這些技術難以在產官學界有直接應用，於是氣候服務(Climate Services)應運而生，根據 National Research (2001)將氣候服務定義為及時向決策者提供有用的氣候數據、資訊和知識。然而，氣候服務在氣候變遷調適的政策制定和規劃社區中並未得到很好的應用(Goosen et al., 2014)，在 Goosen et al. (2014)的研究中引入「氣候調適服務(Climate Adaptation Services)」這一術語，循序漸進地支持從更廣泛的視角去評估脆弱度，並包括在多元利害關係人

環境中設計和評估調適策略。

「氣候調適服務」被定義為「能夠支持組織行為者或利害關係人在面對氣候變遷影響時的決策、規劃和行動的產品或服務，其中包括指南、檢查表、Web 工具、最佳實踐數據庫、手冊、地圖、培訓、諮詢和網路(Hoffmann et al., 2020)。」歐洲環境署(European Environment Agency, EEA)也對「氣候服務」與「氣候調適服務」兩者做出比較，氣候(或氣候變遷)服務主要專注於提供氣候資訊、數據和知識，但通常也包括氣候影響；氣候調適服務超越這些氣候服務，提供一系列更廣泛的服務以支持調適，包括區域和行業的脆弱度及風險評估、調適戰略、調適選項、案例研究規劃工具、政策框架和流程(Street et al., 2015)。

有別於傳統氣候研究，氣候調適服務有賴於跨領域專家的參與，包括經濟學、社會科學、政治科學、治理、傳播等專業(Brasseur & Gallardo, 2016)，正如 Reimann et al. (2021)研究表明，共享社會經濟路徑(SSPs)提供了一個系統性的框架以開發氣候服務。Vincent et al. (2018) 在他的研究中提出，協同製作氣候服務能夠更有效率的弭平區域、產業、尺度、學科等等領域的差異，透過各種決策背景的經驗，加上充分文獻的奠基，目前在不同尺度，如：地方、國家、區域和國際；不同領域，如：農業、健康、林業、漁業、交通、旅遊、災害風險減少、水資源管理和能源，皆能夠有所應用 (Vaughan & Dessai, 2014)。

在氣候資訊服務中，從觀測、統計分析到氣象預報，直至今日擴展至世紀尺度的預測，使氣候資訊能運用到更廣泛的領域，如：增強經濟活力、管理風險、保護生命和財產、促進環境保護，並協助國際條約的談判(National Research, 2001)；而氣候調適服務如 Hoffmann et al. (2020)在調查研究中的分類：水資源政策和管理、能源產業與交通、交通基礎設施、人類健康，以及橫向的空間、區域和實體發展規劃和公民保護，進一步涉及德國調適策略的其他領域：農業、生物多樣性、林業和森林管理、土壤、金融服務業、貿易和工業、以及旅遊業，這些領域的應用能有：氣象和氣候預報、風險評估和管理、早期警報系統、土地使用規劃和城市設計(Goosen et al., 2014)、農業水資源管理、社區參與和教育、最佳實踐案例、地圖資訊、成本效益分析、法律框架、諮詢或培訓服務(Hoffmann et al., 2020)等等。

氣候調適服務欲促進由個人、社區、組織、企業、政府部門應對氣候變遷調適的能力建構，需以用戶為中心；獲取積極的研究支持；具備各種時空尺度的資訊；積極的管理數據庫；以及政府、企業、組織、公民社會和學術界積極且明確地參與

(National Research, 2001)。進而 Vincent et al. (2018)研究提出氣候服務應以需求為導向而非供給，協同製作氣候服務可囊括不同產業與尺度在決策背景中的經驗，並以決策為導向、基於過程和有時間管理的原則，並且過程應包含協作性、包容性與靈活性，這也促使研究量能較為不足的開發中國家，能夠透過協同製作氣候服務，為國內氣候調適措施提供指引。在服務評估框架的設計上，Vaughan and Dessai (2014)提出應考量以下四大因素：問題識別和決策背景，氣候資訊的特徵、定制和傳播，服務的治理和結構(包括其開發過程)，以及服務的社會經濟價值，以促進能力建構的成功。氣候調適服務在促進調適能力建構，體現在以下幾個方面：基礎資訊提供、支援政策制定、強化社區準備、推動永續發展。

(一) 政府部門

氣候變遷調適的概念存在於多重領域，各領域包含多元行動群體對於氣候變遷知識的掌握有別，須採取的行動及所需的資源也不同。氣候調適應用服務概括指涉針對相對應的行動群體提供不同目的、形式之各項服務，以輔助氣候調適從問題界定到執行監測修正等各階段的工作。現階段各國陸續推出各項結合調適科技的應用服務，提供政府、企業、社區在規劃或採取調適措施時的輔助。

政府有責任制定整體的氣候調適政策，規劃調適路徑並執行。為協助政府各部門蒐集氣候變遷影響，包含現況及未來預測，國際上已有許多以政府部門為主要服務對象的支援工具，如韓國的 VESTAP 工具、奧地利氣候數據儀表板(Dashboard Klimadaten)、瑞典的排放資料庫即是屬於這一類的支援工具。在調適路徑執行的過程中亦需時時監測，及時修正，相關應用服務則有像是英國的減緩監測框架(Mitigation Monitoring Framework)。

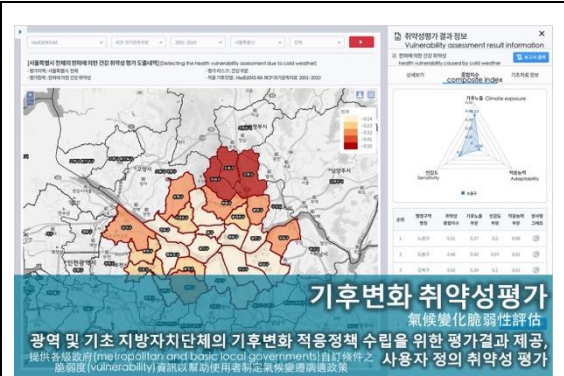
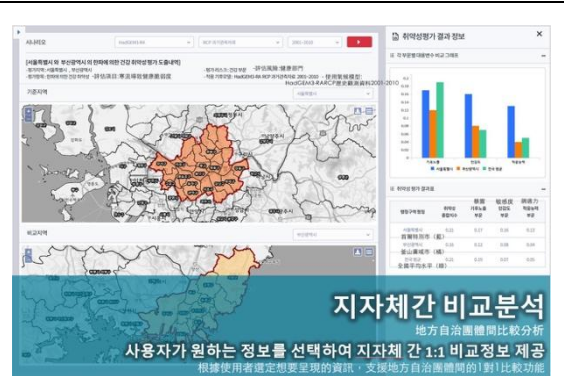
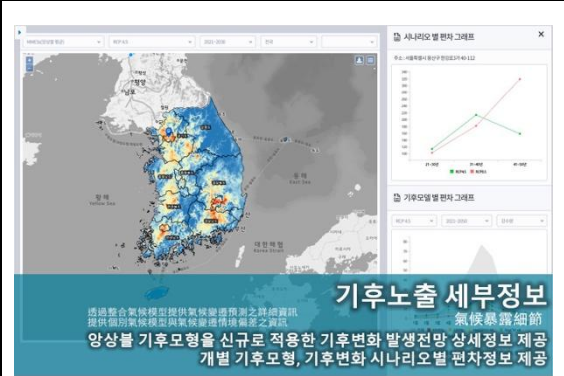
表 2-3 列舉政府部門導向之氣候調適應用服務

工具名稱(推出國家)	主要功能列舉	應用服務目的
氣候數據儀表板(奧地利)	視覺化呈現不同來源的數據包含像是 1990 年以來奧地利溫室氣體排放情況、各部門的排放量佔比、排放目標現況。	將不同來源的氣候資料進行快速且視覺化的翻譯。
排放資料庫(瑞典)	提供全國各一級行政區有關 29 種空氣物質之排放數據。	提供 54 個不同部門(9 個主要部門)依循使用者手冊參考使用。

工具名稱(推出國家)	主要功能列舉	應用服務目的
VESTAP(韓國)	以圖表描述健康部門之脆弱度組成。	提供健康部門制定適當調適政策之事前評估。
減緩監測框架(英國)	統整多個部門監測減緩調適政策執行情況之量化指標。	提供不同部門隨著時間的推移持續更新做法之依據。

韓國環境研究院國家氣候變遷調適中心的氣候變遷脆弱度評估工具系統 VESTAP(Vulnerability Assessment Tool to build Climate Change Adaptation Plan)自 2014 年 11 月起開始服務，且逐步擴大服務項目，目前已經能藉由指標數據支援地方政府評估治理範圍內受氣候變遷影響下之脆弱度。韓國的地方政府可利用此工具執行在地氣候變遷脆弱度評估，評估結果得作為後續制定調適政策之參考依據。此工具也支援使用者與其他地方自治體之間的比較，查看氣候暴露資訊，以及歷年統計等功能。該系統目前以健康部門作為重點服務對象，提供該部門採取調適所需的敏感度、調適能力現狀及趨勢資訊。

表 2-4 韓國氣候變遷 VESTAP 系統

 기후변화 취약성평가 氣候變化脆弱性評估 광역 및 기초 지방자치단체의 기후변화 적응정책 수립을 위한 평가결과 제공. 提供各級政府(metropolitan and basic local governments)自訂條件之脆弱度(vulnerability)資訊以幫助使用者制定氣候變遷政策	 지자체간 비교분석 地方自治團體間比較分析 사용자가 원하는 정보를 선택하여 지자체 간 1:1 비교정보 제공 根據使用者選定想要的資訊，支援地方自治團體間的 1對1比較功能
特點一：氣候變遷脆弱度評估	特點二：地方自治團體間比較分析
 기후노출 세부정보 氣候暴露細節 통합 기후노출 세부정보를 제공하며 기후변화 적응정책 수립을 위한 평가결과 제공. 提供各級政府(metropolitan and basic local governments)自訂條件之脆弱度(vulnerability)資訊以幫助使用者制定氣候變遷政策	 누적현황보고 歷年統計(Accumulated status report) 이행평가와 연동될 수 있도록 민감도, 적응능력 현황의 누적주요 정보 제공 (건강부문을 대상으로 시범제공, 향후 확대제공 예정)
特點三：氣候暴露細節	特點四：歷年統計

資料來源：<https://vestap.kei.re.kr/loginPage.do>

取用服務的便捷程度將影響使用體驗，亦可考慮納入盤點工作。VESTAP 評估工具系統從韓國國家氣候變遷調適中心網站首頁(<https://kaccc.kei.re.kr/home/>)以及國家氣候危機調適資訊入口網(<https://kaccc.kei.re.kr/portal/index.do>)都可快速找到。後者還補充該工具之開發背景及目的、簡介及特點說明、支持營運單位等資訊。

此外，服務的推出形式或操作介面通常會依使用者或適用情境有所不同，例如 VESTAP 工具以網頁形式推出，使資訊好讀且便於操作；瑞典氣象水文研究所 (SMHI, Swedish Meteorological and Hydrological Institute) 發展氣候調適遊戲 (Klimatanpassningsspelet)，邀請大學及高中教師共同開發，以遊戲形式支持氣候調適知識在教育方面的應用。韓國針對私營企業開發的評估工具 (CRAS) 同樣透過網頁系統提供通用資訊，幫助企業識別氣候變遷風險因素，更搭配工具操作培訓課程以輔導企業制定自願性氣候變遷調適計畫。

政府機關為了制定更具體和有利的氣候調適政策，第一步為推動科學研究和數據收集，除了繼續投資當地氣候相關科學研究，建立健全的氣象監測和數據收集系統的同時，也應擴大人工智慧領域在氣候變遷方面的應用，尤其在碳足跡的計算上，AI 在模擬及計算上有顯著的效益，當然人工智慧所帶來的機會、靈活性，需要有所限制其風險，才能帶來正向的貢獻 (Cowls, Tsamados et al., 2021)，並在技術創新和研發方面，設立法定基金，鼓勵參與氣候相關技術的研發。在教育方面，Wynes and Nicholas (2017) 表示儘管青少年是具高影響力的主要群體，且正處於建立終生行為模式的重要時期，但據作者在加拿大的十本高中科學教科書中的觀察發現，內容基本沒有提及高影響力的減碳措施 (如：減少生一個孩子、無車生活、避免搭乘飛機旅行和植物性飲食)，歐美等地也僅僅著重於宣導低影響力的減碳行動。簡言之，在教育上若能與科學證據相互搭配，改善現有教育結構，提供實際有效的應對措施，則有助於以家庭單位從孩童開始，提高公眾對氣候變遷和調適的認識水準。

相較於鄉村地區，城市是氣候變遷的主要源頭，因此，提升基礎設施和新建設的韌性，需協調各個法律部門，制定相關法規要求其基礎設施的建設標準，以確保調適目標準確程度，是都市地區因應氣候變遷影響的必要手段，此外，Sharifi (2021) 的研究發現，基礎建設可以與建築、能源系統、交通等相關設施提供更大的協同效益，提高都市整體的耐受性及調適性，最後透過定期的氣候風險評估作為確保政策及時調整的一環。然而，氣候變遷的影響存在於人類社會各方面，其規劃具有一定

複雜性，且牽涉到治理問題，Simon 等人(2020)強調地方政府在應對氣候變遷時必須與社區發展和福祉計畫密不可分，這種互動應被視為長期進程，而非一次性的項目諮詢。金融支持和保障方面，則經由法規推動氣候相關投資，建立氣候保障基金，以應對日益嚴峻的挑戰。

政府風險管理和規劃工具在城市規劃、基礎設施建設和資源管理方面都發揮著重要作用。地理資訊系統(GIS)是一項強大的工具，藉由整合地理、空間和氣象數據，為城市規劃提供了直觀的視覺化和數據分析支持，有助於模擬不同氣候場景下的城市發展，預測可能的風險和挑戰，以制定具有前瞻性的都市計畫(Gargiulo et al., 2023)。在資源管理領域，水資源管理模型有助於政府預測氣候變遷對水資源的影響，制定更有效的水資源管理策略，包括乾旱應對、水庫營運和水資源配置(Srivastav et al., 2021)。同時，能源需求預測成為必要，以因應氣候變遷帶來的能源需求波動，推動城市實現永續能源政策。這些先進的工具和數據的應用為政府提供了深入洞察和因應氣候變遷挑戰的手段。透過整合科技和數據分析，政府能夠更全面、準確地評估風險，制定調適政策，確保城市的韌性和抗災能力。

在氣候調適的議題中，國家和地方層級之間存在一些重要的差異性，這主要源於各自的需求、資源、氣候特點和社會狀況。在國家層級，關注點通常集中在整個國家範圍內的氣候變遷影響，例如極端天氣事件、海平面上升等。因此國家政府通常致力於制定全國性的氣候政策和法規，以應對廣泛的變化。相對地在地方層級，焦點可能更多地放在區域性的氣候變遷，如局部降雨模式的變化、地方性的溫度上升等。地方政府需要根據當地環境和社會情境調整措施，以因應地域性的挑戰。舉例而言，中央政府對於國家整體的交通網路和能源基礎設施的配置更為重視；相對地，地方政府可能更專注於區域內都市的氣候調適，著重於改進當地交通系統。在社區參與和風險評估方面，中央政府會進行全國性的風險評估，同時推動全國範圍的公眾參與和宣傳活動，以提高公眾對氣候變遷的認識。然地方政府則是更容易推動社區參與，且整合區域計畫中差異性，提高社區的調適能力(Lamb and Minx, 2020)。總的來說，國家和地方在氣候調適方面的著重點差異，反映了不同層級政府在面對氣候變遷時所需考慮的多元因素。然而這種差異也強調了合作和協調的必要性，以確保整體氣候調適策略在全國範圍內得以成功實施。

(二) 學術領域

學界的貢獻對於發展氣候調適服務至關重要，根據世界氣象組織開放諮詢平台所撰寫的《Future of Weather and Climate Forecasting》(2021) 白皮書所述，由於包括私營部門、公共部門和學術界對於氣候變遷的因應辦法皆源於學界所提供的資料和分析，因此加速天氣和氣候預測之進步以及建立地球系統模型的需求更顯迫切。再者，科研機構進一步建構資料的交流平台以利各機構、部門間的使用，以改進預測資料的傳遞和決策支持的做法。例如 IAUC 社群推動的國際 WUDAPT 計畫，提出了幾種收集所需城市資訊(土地使用、形態學、建築和社會方面)的方法。這些資訊可以從衛星數據獲取，也可以從建築和街道數據庫獲取(Julia Hidalgo, Aude Lemonsu 和 Valery Masson 指出)。雖然資訊交流對發展氣候調適應用服務固然值得研究，但本回顧文章將聚焦在資料的選用以及未來發展氣候模型的展望，並討論各方法間的優劣勢。最後將會說明目前學術研究所遇到的挑戰和困難，以及將來的可改進方向和預期成果。

為取得更精準的未來氣候預報，所預測的範圍、時間尺度、解析度都必須有所要求。在獲得高品質的資料後，便是氣候模擬模型的開創。目前學術領域的氣候預測方法因電腦和人工智慧的進步使其成為最適工具的選擇。氣候資料的產出會根據不同測量方式獲得不同的結果，大致可以區分成城市尺度、區域尺度以及全球尺度。而在不同的尺度下影響氣候的成因佔比也不盡相同，例如在微氣候的城市尺度下，局部溫度、風速、壓力差和太陽輻射為最重要的不確定度來源。這截然和大眾所熟悉的溫室效應、聖嬰現象有極大的差異。然而最終的資料建構目標即是在增加時空解析度的同時，使不同尺度的氣候數據能有辦法接合在一起，以形成完整的氣候資料庫。在巨觀的全球尺度下，衛星遙測變成為適配的測量方法。透過監測由地球大氣或地表反射的電磁波，並分析不同波段和之接收訊號強度得知地表溫度、濕度等。最具代表性的全球大氣資料庫 ERA5 其解析度約 30km，雖然可以根據該資料庫得知變化趨勢，但解析的程度仍然差強人意。因此，區域尺度的資料庫提供了這方面的補償。以臺灣為例，TReAD 這款臺灣地區 2km 高解析氣候資料庫便能更精準的提供特定區域的資訊。如此一來區域性的氣候模擬也會更加準確。

對於加速極端發展的現今氣候而言，傳統的回歸預測模型模擬成效有限，而人工智能可透過快速的資料搜集以及分析，並利用如神經網路、決策樹等方式建立氣候模型用以預測未來天氣和氣候的變化。其中 Catherine O. de Burgh-Day 和

Tennessee Leeuwenburg 在《Machine learning for numerical weather and climate modelling: a review》指出：神經網路的優勢在於可以處理大量的數據並學習特徵，因此對於複雜的問題和大量的數據處理非常有效。另外神經網路還可以處理非線性問題，適用於圖像識別、語音識別等領域中；決策樹則易於理解和解釋的特性適合運用在一些需要解釋的應用方法，且決策樹還可以處理缺失數據並可廣泛應用於分類或回歸等不同問題。

機器學習是人工智能的一個分支，旨在使計算機系統能夠透過學習和經驗改進性能，而無需明確地編程，而上述的神經網路、決策樹等方法也是屬於機器學習的範疇。雖然機器學習看似與人類未來對於氣候調適應用服務的需求相當契合，但現今的預報系統仍尚未普及機器學習的運用，主要原因為深度學習通常需要大量的訓練數據資料，而地球系統的可用觀測週期對於大多數應用而言太短，無法提供適合季節性至氣候時間尺度的適當訓練數據。其次，面對不同的氣候特徵分析最適合的機器學習方法皆有不同，這也可能是基於機器學習的天氣模型的快速進展並未轉化為氣候模型的原因之一。如今學界對於使用機器學習來提供氣候預測的氣候調適服務之首要目標即是使機器學習和既有的預報系統做結合。根據 Catherine O. de Burgh-Day 和 Tennessee Leeuwenburg 對於機器學習面臨的三大挑戰：第一個挑戰是評估研究發現何時才具有足夠說服力和穩定性，以便合理地整合到既有的營運系統中。由於營運氣象服務的主要功能是通知我們未來的情況，主要用於管理風險或最佳化效益，因此在改變這些系統時應採取較為保險的方法。在機器學習的應用中，在準確性、彈性、可靠性和科學基礎等方面仍須評估和發展，方能被納入營運系統；第二個挑戰是要建立正確的平衡，介於可能難以管理的單一式機器學習模型與許多較強調於預測一個或少數幾個變量的模型間。然而現今尚處於機器學習的快速創新時代，因此許多的研究模型間缺乏統一性，並且機器學習的方法差異極大，因而增加了模式間合併的困難度；第三個挑戰則是如何在真實營運環境中最好地監控和維持機器學習系統的表現。

經過分析和討論多篇文獻的回顧後，可以歸納出目前人工智慧中的機器學習之應用將會是未來提供氣候調適應用服務的必要工具。模式開發的最終目標是提供準確且具備高時空解析度的氣候預測。因此，在資料庫的選定方面我主張在建構全球氣候資訊系統的同時，可以因應人口密集區或是具高氣候脆弱度要求的地區額外增加微氣候的監測，以提高預測的精確性。應當建構不同尺度下的連續資料庫，

且該資料庫具備空間上解析度的疏密之別以發揮最大的資源效益。在機器學習模式的建構方面則需解決各模式下的不穩定性以及模式之間的兼容性。期待在未來更是能進一步地透過機器學習結合大氣、海洋、地表等多系統的建模，以提供更全面的氣候調適服務。

(三) 社區與民眾

調適能力是指「透過學習、管理風險和影響、發展新知識和設計有效方法來應對挑戰的能力」(Marshall et al, 2010)。調適能力取決於資產的取得(人力、社會、物質、財務和自然)、組織能力、領導能力、學習和知識、想像資源和自我管理組織的能力(Folke et al. 2003; Cinner et al. 2009; Bussey et al. 2012; Bennett et al. 2014a)。近年來，社會資本對調適措施採取的影響引起了學者的關注。社會資本是實際或潛在資源的集合，這些資源與擁有多少制度化的認識的熟人的網路有關(Bourdieu, 1985)。像是對農民而言，如果有更多在地方政府工作的親戚，就有越大的比例採用調適策略 (Huang, 2014)。在農村發展和城市研究的領域，多樣化的收入和調節利益以及獲取資源和機會的機構對於塑造克服衝擊和調適長期壓力的能力非常重要 (Tajuddin and Dąbrowski 2021; Pandey et al. 2021)。建構社區韌性工作強調了當地知識共享、清晰的溝通、社會學習能力和人地聯繫的重要性，這些因素塑造了與極端天氣事件風險增加相關的認知和行動 (Maclean et al. 2014; Bowser and Cutter 2015; Wilson et al. 2020)；或安全網的重要性以及克服糧食安全威脅的信心和願望等因素(Gambo Boukary et al., 2016; Smith and Frankenberger, 2018)；社區文化對於理解和實施調適行動同樣至關重要，風險的識別、調適措施的決策以及實施方法都是由文化來調節的(Jon et al., 2013)。Esther (2022)提出社區韌性與氣候變遷實踐的關鍵要素如下：

- a. 培養和保持調適性和靈活性，以在需要時持續引導和利用不同的資源和能力。
- b. 考量災害事件(例如洪水)和壓力(例如糧食不安全)，以及直接和間接的可預見和不可預見的衝擊和結果，以建立社區的韌性。
- c. 透過橫向連接(例如跨越社會群體/政策部門)納入多元的觀點，以制定新的協同解決方案，管理多方面的風險。
- d. 加強跨社會層面的垂直聯繫(個人、家庭、社區、政府組織)，參與社會權力

問題，以增強支持並促使協同行動。

- e. 積極參與變革性行動，主動降低碳排放。
- f. 運用積極的氣候敘事創造希望，激發行動。
- g. 培養創造力和想像力，構想引導改變的替代未來。
- h. 確保氣候劣勢和減少不平等是決策中的核心維度，以克服氣候變遷和氣候行動的不公正。
- i. 藉由鼓勵有意義的參與、學習和賦權的過程和途徑，塑造和實現改變社區行動。
- j. 創造轉變性變革，而不僅僅是調整或改革現有條件。

1994 年《聯合國氣候變遷綱要公約》認識到氣候變遷原因和影響背後的不平等，隨後確立了向發展中國家提供財政支援和技術轉移的機制，以促進調適。不平等影響氣候變遷的調適，如果在調適設計、實施或評估中沒有考慮到，實施的措施可能無效，或者更糟的是，會增加他們尋求援助的人的脆弱度(Ireland and McKinnon, 2013, Shackleton et al., 2015, Schipper et al., 2020)。現今有大量文獻記錄基於性別、種族、年齡、身體行動能力或階層的社會劃分如何決定誰容易受到氣候變遷的影響以及誰具有更強的調適能力(Pearse, 2017, Vincent et al., 2014)，在談論社區調適能力時，常和暴露、敏感度、及脆弱度提及在一起，其中脆弱度的三個組成部分之間的關係可以簡化為一個方程式： $V = E + S - AC$ ，脆弱度(V)由暴露(E)加上敏感度(S)減去調適能力(AC)(Adger, 2006)。在 Nathan (2016)文中提出了評估脆弱度和調適能力的框架：

- a. 確定利益系統的重要社會和生態組成部分，並建立評估每個組成部分的標準
- b. 描述社會經濟和生物物理驅動因素的性質和嚴重性以及由此產生的暴露和潛在影響
- c. 描述社會和生態系統內部和之間的驅動因素、暴露和影響之間的自主相互作用和回饋
- d. 分析潛在調適能力的組成部分和潛在的調適障礙
- e. 確定潛在的調適措施，以降低敏感性或暴露程度，提高調適能力並增強對個體壓力源的社會生態結果
- f. 描述調適產生的相互作用(即放大、抑制和減輕)，並分析潛在調適的社會和

生態結果之間的權衡

- g. 確定能夠帶來雙贏和最有利的社會生態結果的調適措施
- h. 根據結果的可行性(調適能力)和可取性(價值)，優先考慮降低敏感度、提高調適能力和增強社會生態結果的行動
- i. 確定誰負責實施以及將提供哪些資源
- j. 實施、監控和調整。

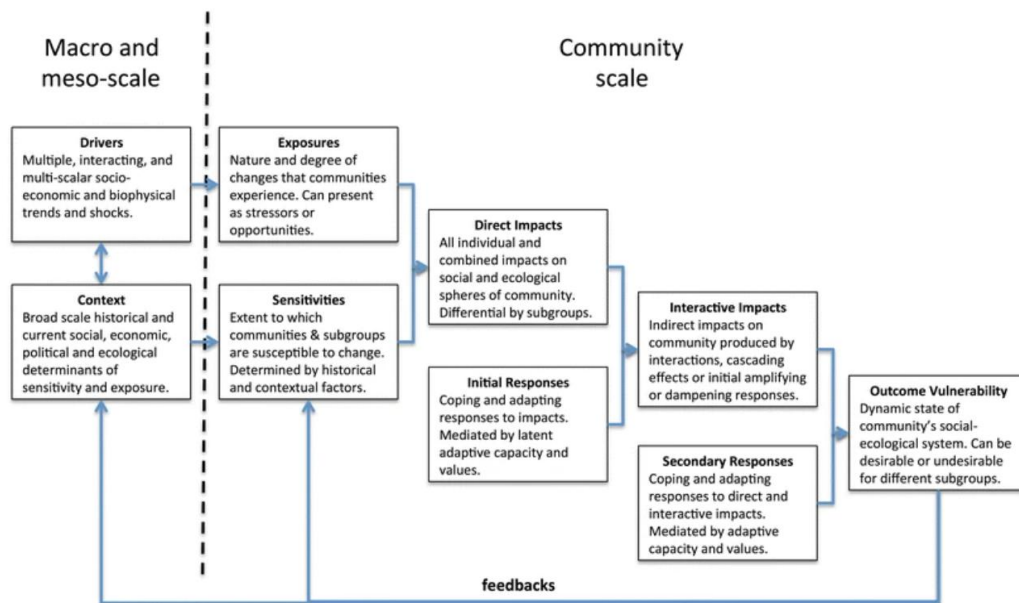


圖 2-5 社區社會生態脆弱度對多種互動暴露的概念框架

圖片來源：Nathan, 2016

(四) 產業組織

隨著氣候變遷關注度的提高，不僅是政府部門在推動調適與減緩的行動，產業組織也同樣藉由調整組織管理架構、生產營運模式、交通運輸方式等，共同為降低氣候變遷衝擊努力。以調適來說，氣候調適數位服務變得尤其重要，其可幫助產業了解與管理氣候變遷帶來的風險和挑戰，提供詳細的氣候風險評估，幫助企業識別、量化和管理供應鏈、基礎設施和營運中可能面臨的風險，並利用大數據和氣候模型等技術，為產業提供科學和數據的決策支持工具，最佳化投資策略和業務計畫。同時，氣候調適數位服務幫助企業遵守各類氣候風險揭露和報告要求，提升透明度和可信度，並透過創新發掘新的商業機會，加強競爭優勢。此外，這些服務還可協助企業與保險公司合作，設計有效的風險傳遞策略，降低風險暴露。國際上針對各產業所提供室氣候調適數位服務的公司很多，本計畫蒐集彙整成表 2-5 以供參考。

表 2-5 以產業為對象之氣候調適應用服務一覽表

組織	服務對象	發源地	服務工具	功能與說明	目的	特點	分析	數據
The Climate Service and its acquisition by S&P Global	政府機構、投資者和資產管理公司、企業、金融機構、保險公司。	美國北卡羅來納州	Climanomics 平台	包含一鍵情境分析和財務損失計算工具。	幫助組織理解、量化和減輕氣候風險，提供關於潛在未來結果和氣候風險財務影響的可操作資訊。	提供符合氣候相關財務揭露工作組 (TCFD) 建議的氣候風險分析。	使用共享社會經濟路徑 (SSPs) 和代表濃度路徑 (RCP) 情境進行氣候情境分析。	利用大量數據，包括溫度、降水量和其他氣候因素。
The Climate Corporation	農民	美國加利福尼亞州	Climate FieldView	提供田地健康顧問、腳本創建工具以及藍芽設備，用於即時顯示機器數據。	使用數據科學幫助農民可基於歷史作物、田地和氣候數據做出最佳決策。	提供田地健康顧問、腳本創建工具以及藍芽設備，用於即時顯示機器數據。	利用衛星圖像、作物健康和植被圖進行分析。	提供包括天氣預報和田地勘測在內的數據服務。
Climate Central	媒體、政府、企業和非政府組織 (NGOs) ； Climate Matters：電視氣象播報	美國新澤西州	氣候遞移指數(CSI)、海岸風險篩選工具、天氣電力預測工具； Climate Matters：高	提供可操作的氣候數據和視覺化工具，用於風險評估和決策支持； Climate	幫助公眾和決策者理解和應對氣候變遷的影響，促進科學報導和政策制定；	提供即時氣候影響分析、海岸風險評估以及能源產量預測； Climate Matters：每	使用先進的數據模型進行氣候情境分析和風險評估； Climate Matters：提	利用廣泛的氣候數據，包括溫度、降水、海平面變化等； Climate Matters：提

組織	服務對象	發源地	服務工具	功能與說明	目的	特點	分析	數據
	員、媒體		分辨率圖形和動畫、氣候影響和解決方案的週報	Matters：提供科學和方法論的簡要說明、最新氣候新聞和研究摘要，以及自定義的圖形和動畫	Climate Matters：改變美國人對氣候變遷的看法，透過支持全國和地方媒體有效地傳遞科學支持的氣候內容	週提供本地化的氣候影響和解決方案的資源包，包括高分辨率圖形和動畫，以及即時的新聞更新	供即時氣候影響分析，支持媒體傳播和公共理解	供最新的氣候數據，包括極端天氣、海平面上升和溫度變化等
Climate Analytics	政府、民間社會、私營部門	德國柏林	氣候風險儀表板、熱浪強度指數、人口暴露、勞動生產力分析、空調需求預測工具	提供最先進的科學、分析和支持以推動氣候行動，並保持全球升溫低於 1.5°C	支持和推動符合 1.5°C 升溫限制的氣候行動	提供創新方法計算減碳目標，並為政府和企業提供減碳路徑支持	針對氣候影響、調適和減損、減碳目標進行深入分析和建議	利用大量氣候數據和科學研究結果提供支持，包括溫度、降水量、海平面變化等
Climate Interactive	全球各地的政府、企業、非營利組織和個人	美國華盛頓特區	En-ROADS 氣候解決方案模擬器、甲烷功能、財務圖表、系統動態模型	提供互動且科學嚴謹的工具，幫助理解和應對氣候變遷和其他環境挑戰	使用系統動態模型幫助領導者在複雜的世界中做出戰略和有效的決策	與 MIT Sloan Sustainability Initiative 共同開發 En-ROADS 模擬器，支持全球氣候領導	使用系統動態建模來探索人類經濟與地球系統之間的相互作用	提供詳細的財務和氣候影響圖表，涵蓋油氣價格、甲烷排放等

組織	服務對象	發源地	服務工具	功能與說明	目的	特點	分析	數據
						者		
Climate Edge	小農戶和農業企業	肯尼亞和坦桑尼亞	農民 CRM 平台、天氣站、數據分析工具	提供直接溝通工具、批量 SMS、操作管理和市場行銷支持，並開發低成本天氣站	幫助小農戶提高農業生產力和收成	提供低成本天氣站和數據分析，幫助農民獲取可行的資訊	提供詳細的天氣和農業數據分析，幫助農民提升農業生產效率	提供低成本天氣站，並利用數據分析提供可行的農業建議
Four Twenty Seven	政府、企業、投資者	美國，加利福尼亞州伯克利	氣候風險分析、數據追蹤	測量氣候變遷帶來的物理和社會風險，包括極端天氣事件和海平面上升	評估氣候變遷對企業和國家的影響	提供深入的數據分析和報告，支持投資決策	追蹤全球 2,000 家公司和 196 個國家的氣候影響	使用大量數據進行風險評估和影響分析
Jupiter Intelligence	資產管理、銀行、保險、油氣、建築、製藥、電力、政府	美國，總部在加利福尼亞州舊金山	ClimateScore Global、Hazard Metrics、Jupiter AI、經濟影響分析、教育資源	提供高辨別率數據和決策準備資訊，用於物理氣候風險分析	幫助各行業理解和應對氣候風險，並量化氣候相關損害的經濟影響	使用機器學習和專有雲基礎設施提供精確的氣候風險數據，支援各類用例	使用氣候科學和經濟影響來提供可操作的智能分析，適用於不同的氣候情境	提供各種氣候危害指標，如洪水、熱浪、風暴、乾旱、寒冷、冰雹和火災

組織	服務對象	發源地	服務工具	功能與說明	目的	特點	分析	數據
Acclimatise	私人部門、政治和公部門	英國，並在印度和美國有辦事處	風險評估、風險管理、風險篩選、風險情報、風險保留服務	提供氣候風險和調適管理的專業諮詢、通訊和數位應用服務	幫助各部門建立氣候調適策略並融入他們的活動中	擁有氣候科學、氣候調適、風險管理、氣候政策和商業規劃的專業知識	執行多個專案，支援農業價值鏈調適氣候變遷，為國際銀行進行部門研究	提供氣候風險管理的持續支援和更新
Willis Towers Watson	資產管理、保險、風險管理、諮詢公司	全球總部在英國，業務遍及全球	企業風險管理解決方案、保險經紀和諮詢服務	提供先進的風險評估和管理解決方案，幫助企業應對氣候風險	幫助企業和機構應對氣候變遷帶來的風險和機會	提供全面的風險管理和保險經紀服務，支持企業進行風險轉移和減少	提供詳細的風險分析報告，支持企業制定風險應對策略	利用先進的數據分析技術提供精確的風險評估和管理

第參章 氣候韌性調適策略模擬系統架構與發展路徑

為支援欲進行實體風險評估與調適策略擬定工作之使用者，本章節將盤點現有的韌性調適支援知識與工具，並找出待開發之工具與模型做為未來研究項目之一，期望協助產業、各層級政府和社區等不同面向使用者能更有效率地面對並解決氣候變遷所帶來的挑戰。接著分析氣候韌性調適策略研究資料與工具，規劃跨域評估發展路徑，建立氣候韌性調適策略模擬系統架構框架。

一、章節摘要

本計畫盤點國際間已發展的韌性調適支援知識與工具，提供了氣候變遷調適系統的全面框架與示範案例。首先，介紹了國家、城市、產業和社區層級的調適支援工具(表 3-1)，例如歐盟的數位歐洲計畫(DestinE)、美國氣候韌性工具組和聯合國農糧組織的氣候變遷數據工具。這些工具不僅運用數位孿生技術、地理資訊系統和人工智慧進行全球性模擬，還提供在地化的調適方案，透過高精確度的數據模擬支持決策者分析氣候變遷對環境、基礎設施及經濟的影響，並提供應對策略。

表 3-1 韌性調適支援知識與工具盤點一覽表

需求層級	支援知識與工具	目的與說明
國家	數位歐洲計畫 (Digital Europe Programme)	• 應用數位孿生技術建立「目標地球系統」(Destination Earth system, DestinE)。 • 以全球為範圍建立一個高精確度的地球數位模型(地球的數位孿生)，透過蒐集、整合數據資料，運用人工智慧進行資料分析與處理，藉此監測、建模並預測環境變化、自然災害和人類社會經濟之影響，而後發展因應和緩解之策略。
	美國氣候韌性工具組 (U.S. Climate Resilience Toolkit)	• 由美國政府開發的一個資源平台，提供有關氣候變遷和極端氣候事件的消息。 • 韌性工具組包括各種資源，例如氣象數據、氣候變遷的科學

需求層級	支援知識與工具	目的與說明
		解譯、社區風險評估工具等，幫助社區、企業、政府機構和其他組織更好地制定相對應的調適措施。
城市	氣候變遷城市調適系統建立工具(Masson, 2014)	• 城市氣候變遷調適行動需要堅實的跨學科方法，涉及城市規劃師、建築師、氣象學家、建築工程師、經濟學家和社會科學家等一系列專家。 • 整合社會經濟、地理、建築、建築能源、城市氣候和大氣模型，以更細緻的方式理解城市系統內部的相互作用，接著考慮氣候、經濟和技術方面的不確定性下，提出未來應評估各種調適策略。
	氣候變遷城市調適整合方案(Mauree, 2019)	• 探討科技在氣候變遷調適中所扮演的關鍵角色，特別關注其在各種城市景觀中的實施。 • 透過不同城市的案例，說明了科技解決方案的多層次性質以及它們應對氣候極端影響的潛力，強調需要整合性方法，以結合技術、自然基礎和社會解決方案。
社區	氣候變遷組織調適架構(Wilby & Vaughan, 2011)	• 參考英國 2007 年所發布之《社區和地方政府部年度報告》釋出的一套國家指標，衡量地方當局在氣候變遷中管理服務提供、公共、地方社群、地方基礎設施、企業和自然環境風險的準備情況。 • 其所提出的調適框架可以適用於其他行業和地區。
	社區面對氣候變遷之研究(Huntington et al., 2017)	分析了 13 個案例研究，以確定(a)發生的主要變化、(b)社區的回應、(c)回應的發起者、(d)回應的結果和(e)使回應成為可能所需的社區或其他方面。

本計畫提出建立臺灣氣候韌性調適模擬系統的架構，包括策略擬定詮釋模式、運算模式及互動操作介面。以水資源管理為例，模擬工具可針對不同氣候情境預測未來對農業、公共衛生和基礎設施的衝擊，並結合成本效益分析與風險等級，幫助決策者優化調適策略，展示模擬系統的彈性及其在不同情境下的應用價值，為地方政府、產業及社區提供了具體的調適參考。基於以上的基礎，本系統還引入跨部門、跨層級的調適評估功能，強調在面對極端氣候挑戰時，需整合不同領域的數據和資源進行模擬，系統架構設計涵蓋單一領域和跨領域的氣候風險評估方法。此外，調適模擬系統將提供直觀的操作介面，幫助使用者根據所關注的保全對象與關鍵議題，迅速理解各類氣候風險的綜合影響，支援動態決策並減少不良調適的風險。

本計畫優化現有之單一領域氣候風險評估的方式，再擴展為跨領域的複雜氣候風險評估工具，建構水-農業-生物多樣性之跨領域複雜氣候風險評估系統，以擴大系統邊界、盤點其所需之運算模式和資料來源，示範在本計畫所提出基於數位孿生架構的氣候調適策略模擬系統所需的要件。基於跨領域複雜氣候風險評估系統，所得到的氣候風險評估結果，將進一步發展界定調適選項及其跨部門、跨層級的調適評估系統。此系統以《國家氣候變遷調適行動計畫(112~115 年)》中已明列之各領域調適作業主管單位作為跨部門的依據，相同的方式在地方層級則會轉換成不同局處，以了解跨領域所屬部門間的相互影響，以及中央與地方間跨層級的調適作業評估資源效益最大化，則可提供進一步橫向跨部會、縱向跨層級整合氣候調適執行方案的參考。本計畫更利用跨領域氣候風險評估示範案例的操作說明，針對設計與執行跨領域氣候實體風險分析時，所應採取的具體操作步驟和案例展示，用以支援治理層級在面對氣候變遷的影響下，如何由過往之氣候災害事件汲取知識與經驗，利用本計畫所發展之氣候韌性調適模擬系統架構，進行後續的韌性調適作為之評估、規劃、與執行檢核等工作。

此外，本計畫所發展之氣候韌性調適模擬系統架構下所設計之互動操作介面，提供使用者可針對特定治理層級、保全對象、與關鍵議題的設定，設計由內建資料庫支援的因子選項自動化填入，大幅降低使用者操作的門檻。未來，此系統可持續擴充資料庫涵蓋內容並優化系統功能，引入更多即時數據和 AIoT 技術，增強動態操作模擬回饋的功能，實現動態調適與自動適應調整，即時回應氣候變遷的複合風險。進一步更可邀集各領域專家技術人員提供建議與整合，結合各領域的數理演算模式與風險評估模式，特別是水資源、農業等領域，持續優化調適策略的模擬，並

探索跨領域風險之間的協同效益與權衡效應，建構為一個更全面周延的氣候韌性風險調適模擬系統。在技術基礎上，深化數位孿生技術與模擬系統的互動性，並為使用者提供更直觀、個性化的操作介面，從而促進各部門及區域的政策協調與協同發展。

在探討複雜氣候風險議題時，氣候風險與調適決策中的「複雜性」是最大的挑戰，在工具發展的不同階段需要處理的複雜性不盡相同，故在此列出後續發展時需留意之建議要點，以期本系統工具得以完善。

1. 風險因子間的組合：如本章所呈現之工作重點，欲降低使用者解構風險因子的門檻，並利用數位工具的優勢，產生自動化的因子間連結帶入。然而涉及大量因子間的兩兩組合，需要非常多的文獻及案例來支持，未來建議可以發展結合深度學習(deep learning)及大語言模式(large language model)來輔助進行。
2. 複雜系統的使用者介面呈現：複雜性的呈現需要簡化成使用者所需的資訊，因此未來發展使用者介面時，建議由專業的 UI/UX 設計專家加入團隊，提供更直觀且有效的使用者介面設計，幫助提升平台工具的效益。
3. 決策中的不確定性：本平台工具將提供使用者、決策者所需的決策資訊，然而在氣候風險的複雜性中有許多的不確定性，因此在進行利害關係人溝通時，需要充分理解決策中的複雜性及不確定性，以利調適規劃工作的推動與執行。
4. 資料管理的安全性：本計畫屬於大型整合工作，不只是在氣候風險跨領域、跨層級的議題整合，還有現存的行政單位、研究單位的工作整合，甚至也涉及大量機敏性、規格不一的資料整合。因此，建議未來邀集資料與資訊安全專家團隊進入平台建構的工作，搭建完善的資料儲存與保密結構，同時也有助於前述複雜的因子組合及數據串接的應用。

二、韌性調適支援知識與工具盤點

本節將蒐集國際上以不同層級之使用者來探討其採用之調適支援知識與工具，主要以國家、城市、產業及社區來劃分。

(一) 國家層級

1. 數位歐洲計畫(Digital Europe Programme)

歐盟執委會推動數位歐洲計畫—Destination Earth(簡稱 DestinE)，旨在 2030 年之前打造地球的「數位孿生」，這是歐盟綠色協議和數位轉型策略的核心，同時也支持實踐聯合國永續發展目標(SDGs)。DestinE 主要評估氣候變遷和極端天氣事件對地球的直接影響，以及由此產生的社會經濟效應，並且正在推進相對應的調適與減緩策略。此計畫將提供一個交互式平台，讓使用者深入探究地球系統的每一個方面，包括自然和人為因素引起的變動，並為構建未來可能發生的場景提供試驗和開發的機會。

DestinE 同時希望促使科學家和政策制定者深入了解環境與人類行為在塑造地球未來方面的複雜互動關係。在第一階段(2022-2024 年)，已經建立了與公共利害相關人對話的渠道，搜集關於他們具體需求和關注點的回饋，以此為計畫優先確定主題和目標方向。DestinE 的預期成果包括創建一個高精度的地球數位模型以及相關的衍生服務，這將對科學研究、政策制定和永續發展提供極為寶貴的資訊，並有力推動歐盟在應對氣候變遷和實現綠色轉型取得顯著成就。

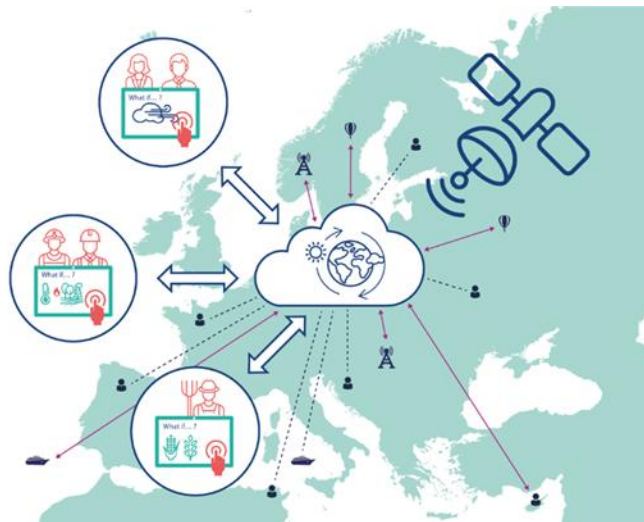


圖 3-1 DestinE 計畫示意圖

資料來源：<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/destination-earth>

Digital Twin Ocean(DTO)是 DestinE 計畫的首個試驗階段，旨在突顯數位孿生技術在響應國際海洋保護倡議中的關鍵作用。DTO 採用數位孿生模型對海洋環境和生物多樣性進行全面、多變量且多維度的描述，覆蓋從沿海到遠洋，從海洋物理

到冰層再到生物地質化學等多個方面，實現對海洋時空高度數位化的探索。DTO 在海洋科學中的一個關鍵優勢是能整合全球與在地資訊系統，透過 DTO 平台，使用者能夠輸入在地的資訊、數據和模型來產生知識，並預測未來情境。這種在地化和定制化的資訊將豐富全球資料庫，為更加全面的分析打下堅實的基礎。另一項優勢是 DTO 整合了人工智慧和海洋建模的功能，基於其強大的多變量建模能力，DTO 結合了公民科學的觀測和集成的海洋物理及生物地質化學參數，成為了一個強大的工具。DTO 不僅可靠評估管理決策和全球保護行動對生物多樣性、初級生產力和物種狀況的影響，還為推動海洋保護作出實質的評估和貢獻。

2. 美國氣候韌性工具組(U.S. Climate Resilience Toolkit)

美國氣候韌性工具組是由美國政府開發的一個資源平台，提供有關氣候變遷和極端氣候事件的消息，以及協助各種社區和利害關係人更好地應對這氣候變遷的工具和資源。韌性工具組包括各種資源，例如氣象數據、氣候變遷的科學解譯、社區風險評估工具等，幫助社區、企業、政府機構和其他組織更好地制定相對應的調適措施。

韌性工具組提出一個評估框架(圖 3-2)，協助使用者記錄可能對其關心的事物造成危害的氣候風險，確定最想避免的情境並提出可行的解決方案，降低使用者之氣候變遷相關的風險。網站將評估框架錄製成影片供使用者觀看，以瞭解各步驟的概要，也可由網頁上各步驟分別深入探討。除此之外，美國氣候韌性工具組也提供了案例研究、工具、專業知識、區域、主題等項目，像是專業知識中，彙整區域氣候科學和服務中心、政府機關或學術研究報告、培訓課程、及來自美國國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)的各州氣候相關資訊。



圖 3-2 美國氣候韌性工具組的韌性評估框架

圖片來源：<https://toolkit.climate.gov/#steps>

3. 聯合國農糧組織氣候變遷資料與工具

聯合國農糧組織氣候變遷資料與工具(FAO Climate Change Data and Tools)整理了多項由農糧組織計畫支持所開發的各種資源平台，提供全球尺度有關氣候變遷和極端氣候事件的視覺化資訊，並結合地理空間圖層，收集不同風險組成資訊，標註特定位置之農業系統(包含農、林、漁、畜與生物多樣性)的氣候風險熱點供使用者參考。其提供之工具亦可針對不同危害程度提供氣候調適措施建議，建議措施可根據選定之農業系統進行客製化。

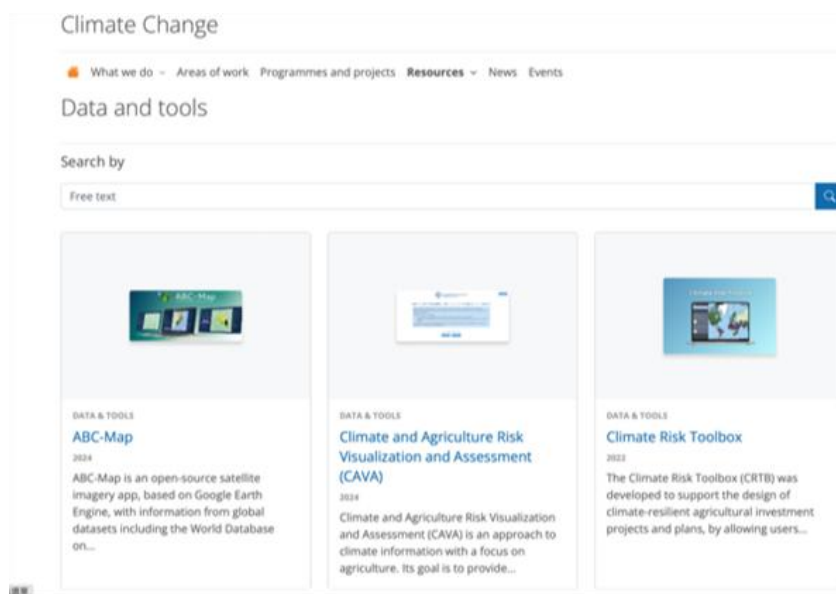


圖 3-3 聯合國農糧組織氣候變遷資料與工具

圖片來源：<https://www.fao.org/climate-change/resources/data-tools/en>

4. 氣候變遷模擬模式

利用模式模擬可以更好地理解和預測氣候變遷，從而制定更有效的氣候變遷調適策略。氣候模型可以將氣候系統的各個要素結合在一起，模擬氣候變遷的整體情況，這比只觀測個別要素能更全面地反應氣候系統的變化。氣候模型可以在不改變真實氣候系統的前提下，模擬不同的排放情境對氣候的影響，這為氣候變遷調適決策提供了科學依據。人工智慧技術也已用於分析和評估不同氣候模型的優缺點，從而提高模型預測的可靠性。本計畫提出的氣候韌性調適模擬系統需要以下幾個的模式種類：

(1) 氣候模式

氣候情境描述未來氣候變遷可能的發展路徑假設，通常基於不同的溫室氣體

排放情境和社會經濟發展情境。本計畫將採用 IPCC AR6 之 RCP-SSP 情境設定，以推估未來氣候變遷趨勢和極端事件的發生機率。

全球氣候模型(Global Climate Models, GCMs)是用於模擬整個地球範圍內的氣候變遷趨勢的工具，專門設計來預測和展現氣候系統在長時間尺度上的變動情況。另外有一類模型被稱為區域氣候模型(Regional Climate Models, RCMs)，它們則具有更專注的功能，主要用來模擬並分析特定區域內的氣候變動。這些模型在進行模擬時能夠更加精確地考慮到該地區的地形、土地使用方式、周邊海洋流動等複雜因素，對氣候變遷的模擬也因此更為細緻，使得區域氣候模型在評估某個具體區域如何受到全球或局部因素影響時顯得尤其重要。

(2) 風險及影響評估模型

影響評估模型主要用來評估氣候變遷對人類和自然系統的影響，通常需要將氣候模式的輸出與其他資料(如人口、經濟、土地利用、生態系統等)結合，以計算氣候變遷對不同領域(如水資源、農業、健康、能源、災害等)的影響程度和分佈，有助於確定哪些區域最脆弱以及哪些行業最需要調適策略。

了解氣候變遷影響的種類與程度之後，便可進一步評估氣候風險，透過評估特定社區或系統的氣候相關風險和脆弱度，包括推估事件(如洪水、乾旱、熱浪)發生的機率及其社會經濟後果，計算未來氣候情境與現況間的缺口。

(3) 調適策略模式

這是一個用來探索和評估不同調適策略的決策支援工具。調適策略模型通常需要將影響評估模型的輸出與其他資料(如成本、效益、風險、偏好等)結合，以比較和選擇最適合的調適策略。有別於個別領域的評估模型，整合評估模型(Integrated Assessment Models, IAMs)結合了氣候科學、經濟學和政策分析，用於評估減緩和調適措施的成本效益以及不同政策選項下的氣候影響。

這些整合評估模型能夠提供更全面的分析，幫助決策者理解各種調適策略的相對優勢和劣勢。將不同領域的數據和知識整合在一個模型中，IAMs 能夠模擬政策變化如何影響經濟和環境，從而提供更準確的預測和建議。這樣的綜合分析工具不僅能夠幫助決策者在面對複雜的氣候問題時做出更明智的選擇，還能促進不同領域專家的協同工作，確保政策措施的綜效最大化，並減少潛在的負面影響。

5. 氣候變遷決策支援工具

由前述模式產製不論氣候資料，或是各領域的影響評估資料，對於使用者而言理解與實際應用的門檻偏高，因此需要了解使用者的特性與需求來透過不同形式進行轉譯，以達到加值應用的目的。對於決策者而言，不論是面對什麼層級的氣候政策，往往都不會只看單一面向的資料，了解氣候風險之後，決策者需要同時考量其他條件，因此決策支援工具不可或缺。常見的決策支援工具是互動式工具或平台，結合了多種模型和數據來支持具體的決策制定。可能包含風險管理功能、方案測試和教育模組，有助於增進決策者和大眾理解並參與氣候調適策略的制定過程。這些平臺提供一個共同的界面，將不同的模型和數據源整合到一起，促進跨領域和跨部門、跨層級的協作，提高模型預測能力及調適性決策的整合性。

然而隨著相關學科技術的發展，現在的工具所結合的技術與關注點更加多元，社會行為模型試圖理解和預測社會群體對氣候變遷調適措施的反應和行為。包括行為心理學的因素，這些模型對於設計有效的氣候教育和參與計畫，以及影響行為改變的政策都非常重要；機器學習和人工智慧模型借助大數據技術，可從過去和現在的複雜數據中識別出模式和趨勢，以預測未來的氣候變遷及其影響，AI 演算法也正在最佳化氣候預測和增強模型的效能。

氣候變遷決策支援工具需具備處理複雜性的能力，關注於系統普遍的複雜行為和屬性，提供氣候變遷多層次、跨領域、跨部門等影響的多元視角；具有動態性，適用於模擬氣候系統的非線性行為和回饋機制，對於了解系統如何隨時間發展和可能的突變點很有貢獻；基於閾值來設定、識別和管理氣候系統中的臨界點(tipping points)，防止系統由於超過某些臨界點而發生不可逆轉的變化。

考量利用模式發展成決策支援工具的優勢，首先決策支援工具可以提供基於數據的分析，幫助決策者理解過往的模式和預測未來趨勢，從而做出更為精準的決策。其次，這些工具能夠在複雜環境中模擬不同決策路徑的結果，讓決策者在實際執行前，就能夠評估各種策略的可能影響，減少實際執行的試誤成本。此外，決策支援系統透過整合大量的變數和資訊，幫助識別出關鍵影響因素，並指出最有效的行動方針。最後，這些工具的運用有助於增強溝通和協調，尤其是在多部門或跨領域合作時，提供一個共同的理解基礎和語言，進而促進協同工作和知識共享。

氣候變遷決策支援工具應用

En-ROADS(Siegel et al., 2018; Lincoln, 2023) 模式是由麻省理工學院(MIT)和

克拉克大學等機構合作開發的全球氣候模擬器，用於評估不同溫室氣體減排和氣候調適策略的效果。它提供了一個互動式的界面，讓使用者模擬各種政策和技術選項，以了解這些選項對全球氣候的影響。En-ROADS 主要提供教育訓練使用，供學習者了解並藉由相關課程體驗氣候變遷決策的複雜性以及整合的重要性。

SimCLIM(Warrick et al., 2005)是用於氣候變遷影響和調適策略評估的空間模擬視覺化工具。它以結合地理資訊系統(GIS)和全球與區域氣候模式、觀測數據的整合模式，發展 ArcGIS 的外掛工具，允許使用者模擬 AR6 中不同的氣候變遷情境，並評估潛在風險和調適措施的效果。SimCLIM 有多元服務對象，包括為市政府遞交基礎建設調整報告、商業房地產公司的資產風險報告、學生教育模擬產品等等，實踐客製化的氣候服務。

PREPdata(Satkowski & Tewksbury, 2018)提供了平台，以 IPCC AR5 所使用的 CMIP 5 提供使用者模擬氣候變遷的影響，包括溫度、降雨和極端天氣事件。以網頁儀表板界面，讓使用者如政府、企業和非政府組織能夠自行上傳數據，得到模擬因應策略的效果。

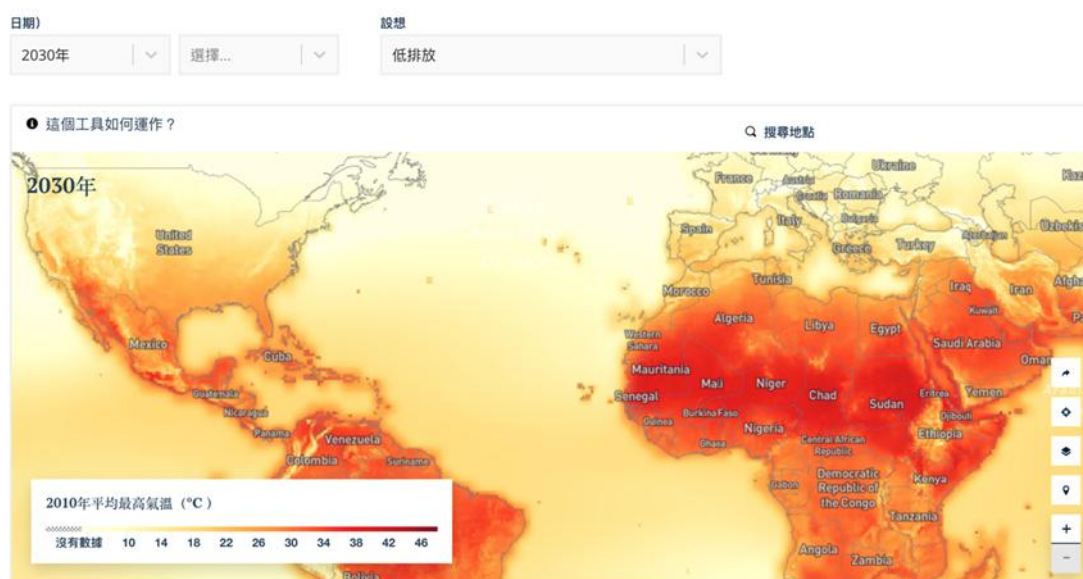


圖 3-4 PREPdata 氣候模擬示意圖

圖片來源：<https://prepdata.org/dataset/Projected-Annual-Average-Maximum-Temperature-RCP45?zoom=3&lat=20&lng=-30&mapMode=side-by-side&graphMode=timeseries&scenario=low&range1=2030&labels=light&boundaries=true>

結合數位孿生技術之決策支援工具

數位孿生是一種透過數位技術創建的虛擬模型，目的在模擬和反映現實世界中的物體、系統或過程。數位孿生虛擬世界的模型不僅是靜態的影像，更是一個動態且交互作用的實體，能夠以高度精確的方式模擬現實的特徵和行為。白話來說就是將現實世界的實物及其互動機制鏡像發展到虛擬世界當中，以創建一個虛擬的、可操作的雙胞胎實體。

以數位孿生支援氣候變遷決策具有多重優勢，成為一個強大的工具，有助於更全面、有效地應對氣候變遷挑戰。首先，數位孿生以高度精確的方式模擬不同氣候變遷情境的影響，包括溫度變化和極端天氣事件等，提供政策制定者和利害關係人深入了解氣候變遷對特定區域或行業的實際影響的機會。其次，數位孿生能夠與即時數據整合，實現對氣候變遷情境的即時預測和風險評估，使決策者能夠更迅速地制定應對策略，降低潛在損害。透過數位孿生，決策者可以測試不同的氣候變遷調適策略的效果，從而選擇最適合的方案，提高調適措施的效率和調適力。例如在城市和基礎設施規劃方面，數位孿生的應用有助於政府和城市規劃者預測氣候變遷對基礎設施的影響，制定更具彈性的城市發展計畫。此外，透過建立可互動的虛擬環境，數位孿生促進社區參與者更深入地了解氣候變遷的影響，同時提供一個教育和共識建立的平台。

前述提及歐盟正在發展的 **DestinE** 數位孿生地球計畫，其中一項解決方案是地球調適數位孿生(**Climate DT**)下的調適模型框架開發，該計畫以洪水風險管理為例，示範該調適模型框架的開發流程，對假設的氣候情境進行評估，以得到高品質的洪水衝擊地圖之視覺呈現，讓各方利害關係人可藉此討論合宜的調適方案。

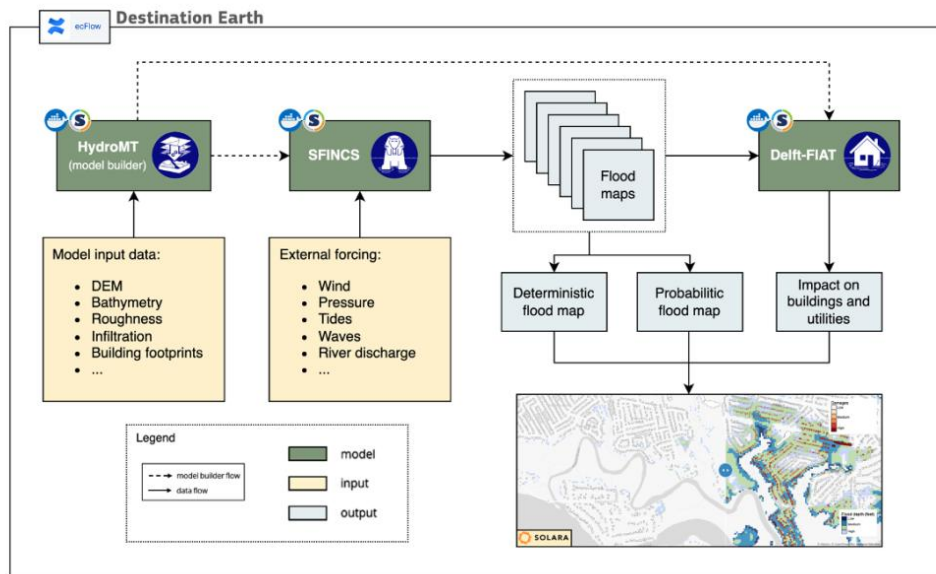


圖 3-5 Climate DT 調適模型框架開發流程-以洪水風險為例

圖片來源：<https://destine.ecmwf.int/use-case/destine-use-case-adaptation-modelling-framework/>

梅努斯大學 (Maynooth University) ADAPT 中心與都柏林市議會智慧城市部門之間合作推動強化利益相關者和社區參與的數位孿生 (DT4E) 計畫，計畫目標是開發一個數位孿生生態系統，透過無人機和雷達等創新技術增強利益相關者和社區的參與。這些技術正在用於應對各種城市挑戰，例如能源消耗、城市規劃和基礎設施管理，由於提供相當直觀的虛擬城市畫面，以及經過即時運算的模擬結果，多方利害關係人可以就數位孿生系統所提供的資訊進行動態決策，提高決策的精準度與效率。



圖 3-6 都柏林應用數位孿生之虛擬城市呈現

圖片來源：Dhingra et al. (2023)

數位孿生的應用降低了實地實驗的成本，同時可以模擬多種情境，提高風險評估和應對策略的效率。數位孿生的應用在氣候變遷決策中能夠提供更豐富、全面的資訊，增強對氣候變遷挑戰的理解，並協助制定更有效的應對策略，使社會更能夠適應未來的氣候變遷。

(二) 城市層級

1. 氣候變遷城市調適系統建立工具

Masson (2014)探討了氣候變遷調適的一個迫切問題，特別關注城市所面臨的挑戰和策略，作者強調減少溫室氣體排放和實施有效調適措施的雙重要求，以減緩全球暖化對社會、經濟和環境的不良影響。作者提出的關鍵點之一是，城市調適氣候變遷需要堅實的跨學科方法，涉及城市規劃師、建築師、氣象學家、建築工程師、經濟學家和社會科學家等一系列專家。文獻中提出的方法為一個四步驟的過程，從跨學科場景的定義開始，這階段涉及各種考慮，從社會經濟因素到技術創新、城市規劃到生活方式變化。下一步驟包括對城市長期演變的模擬，使用物理模型(如 **TEB - Town Energy Balance**)計算影響，以及評估量化各種調適政策效果的指標。該文獻有一重點在於提倡在傳統建模方法之上的系統建模方法。這種系統建模策略在其範圍上是允許對一個世紀甚至更長時間內的調適策略進行全面評估，考慮到更廣泛的學科範疇。這種方法有助於確保一致的跨學科觀點，使得能夠模擬眾多城市預測，更重要的是，能考量城市發展的長期趨勢。在深入比較系統建模和傳統建模方式，闡述前者能提供更廣泛的城市未來選擇，並且考慮敏感性和不確定性，顯示系統建模是全面評估調適策略的一種有具發展性之方法。

文獻中描述系統建模方法在跨學科場景下是如何基於 **IPCC** 預測、經濟發展、技術創新、生活方式變化和城市規劃等因素來定義的。接著，使用城市模型(包括社會經濟模型和地理模型)來模擬長期的城市擴張，明確納入城市規劃決策。其中，物理模型透過模擬氣象因素來計算和比較用於量化調適策略效果的指標。最後針對各種指標的深入探討，包括經濟和社會經濟指標、城市形態指標、微氣候和舒適度指數以及能源消耗指標，提供了對社會經濟環境、城市發展的演變、城市發展的性質以及對氣候、舒適度和能源消耗的影響的全面理解。

總而言之，跨學科方法對於預測和管理氣候變遷對城市的多方面影響至關重要。該文獻呈現如何整合社會經濟、地理、建築、建築能源、城市氣候和大氣模型，

以更細緻的方式理解城市系統內部的相互作用，接著考慮氣候、經濟和技術方面的不確定性下，提出未來應評估各種調適策略；最後強調在城市氣候研究和政策制定中跨學科方法之重要性。

2. 氣候變遷城市調適整合方案

Mauree (2019)探討了科技在氣候變遷調適中所扮演的關鍵角色，特別關注其在各種城市景觀中的實施。透過引用不同城市的例子，闡明了科技解決方案的多層次性質以及它們應對氣候極端影響的潛力。其中一個探討的核心主題是將技術整合到更廣泛的調適策略中，強調需要整合性方法，以結合技術、自然基礎和社會解決方案。作者研究了城市技術解決方案，引用了空調和智慧城市框架等先進技術，值得注意的是對基於系統的供暖和冷卻的討論，當納入城市規劃時，可以最佳化能源消耗，有助於減少明顯的熱排放。文獻中強調承認實施技術解決方案所面臨的挑戰的重要性，特別是對資源有限的城市。社會和政府干預被視為克服阻礙這些解決方案採用的關鍵因素。分析深入探討了城市的自然基礎解決方案，強調了植被和藍綠基礎設施在緩解氣候挑戰方面的作用。

Mauree 還探討了社會解決方案(social solutions)在氣候變遷調適中的角色，強調了需要改變社會價值觀以促使行為變化。促進推動社會動員倡議和社區參與，以減少不平等，增強氣候解決方案的整體效益，尤其是在經濟弱勢社區中。透過對德國弗萊堡(Freiburg)、南非德班(Durban)和新加坡三個城市的案例分析，說明了這些多樣化的城市環境如何透過技術、自然基礎和社會解決方案的整合來應對氣候變遷。例如，弗萊堡的案例強調了市民行動和文化變革在克服挑戰並整合調適解決方案中的重要性。在德班調適的焦點與解決社會、經濟和環境不平等是同時進行，展示了在高度不平等的背景中實施調適策略的複雜性。新加坡的案例則提供了在城市狀態獨特且面臨氣候挑戰的城市中整合各種解決方案的挑戰和成功的見解。

該文獻不僅強調了科技在氣候變遷調適中的相關性，還強調在城市永續性的討論中提供一個識別行動的路徑，以實現整合氣候解決方案的成功實施。除此之外，有必要優先考慮系統性弱勢國家的城市，為未來在城市環境中技術驅動的氣候變遷調適的研究和政策制定提供了基礎。

(三) 產業與社區

產業在氣候調適過程需有相當程度的共識：感知(perception)、評估(evaluation)、

頒布(enactment)、反饋(feedback)。感知涉及產業不斷監控環境和內部績效的能力，以理解影響其營運的因素；在評估階段，產業需要進行深入的學習，以適應新的挑戰，包括尋找替代方案、試驗和錯誤，以及根據環境變化調整常規；頒布階段則涉及將調整後的例行公事傳播到組織中，以實現韌性調適之目標。產業通常會利用已有的例行公事，並將其修改以適應新情況。反饋是產業評估調適措施的價值，對組織績效的影響，以及對新風險和機會的應對，都需要不斷的反饋。然而，由於氣候變遷的影響往往難以量化，短期內難以確定特定調適措施的實際效益(Berkhout, 2012)。

產業組織在學習如何調適氣候變遷影響時面臨許多阻礙，特別是在產業面對氣候變遷的弱點和模糊性以及調適措施帶來的收益之不確定性方面。產業的調適行為易受到政策和市場條件的影響，需要依賴組織外部資源，所以組織很少“自主”調適(Berkhout, 2006)。以下共蒐集三個產業、社區氣候調適的文獻，提供目前產業或社區進行調適的狀況與案例。

1. 氣候變遷組織調適架構

Wilby & Vaughan (2011)探討「組織進行調適是什麼樣子？」的基本問題，探討的案例來自於當前法定規定、指導原則和組織檔案的調查，並主要針對工業化國家的水資源和保育規劃部門進行總結。文中主要參考了英國的水資源和保育規劃，其所提出的調適性特徵有足够的普遍性，可以適用於其他行業和地區。考慮到氣候變遷已經對自然系統、各行業和地區產生了影響，即使能夠實現嚴格的減排目標，調適仍然是迫在眉睫的。英國氣候變遷法案首次規定了國家風險評估和調適規劃的法定要求，英國政府社區和地方政府部 2007 年所發布之《社區和地方政府部年度報告》(Department for Communities and Local Government annual report, DCLG)，釋出了一套國家指標，衡量地方當局在氣候變遷中管理服務提供、公共、地方社群、地方基礎設施、企業和自然環境風險的準備情況(圖 3-7)。因此，作者認為有必要評估公共和私營部門機構在應對氣候變遷方面的調適方式，並分享迄今為止的實際經驗。作者總結了九個調適性組織的特徵，包括(1)有明確可見的氣候變遷倡導者設定目標，提倡並為氣候變遷調適倡議提供資源；(2)在產業戰略中，明確陳述氣候變遷調適目標，並須有更廣泛戰略框架的定期審查；(3)對優先活動進行全面的風險和脆弱度評估，並在早期業務計畫週期進行評估；(4)為操作人員提供基於科學的調適指南和培訓；(5)設有靈活的組織結構，促進成員學習、提升團隊調適能

力；(6)調適路徑是由預防原則為指引，提供「低遺憾」的調適措施；(7)建立多夥伴網路，共享資訊、匯集資源並採取協同行動，實現互補的調適目標；(8)監測調適的進度，並根據明確的目標進行報告；(9)與組織內外部進行有效的溝通，提高對氣候風險和機會的認識。

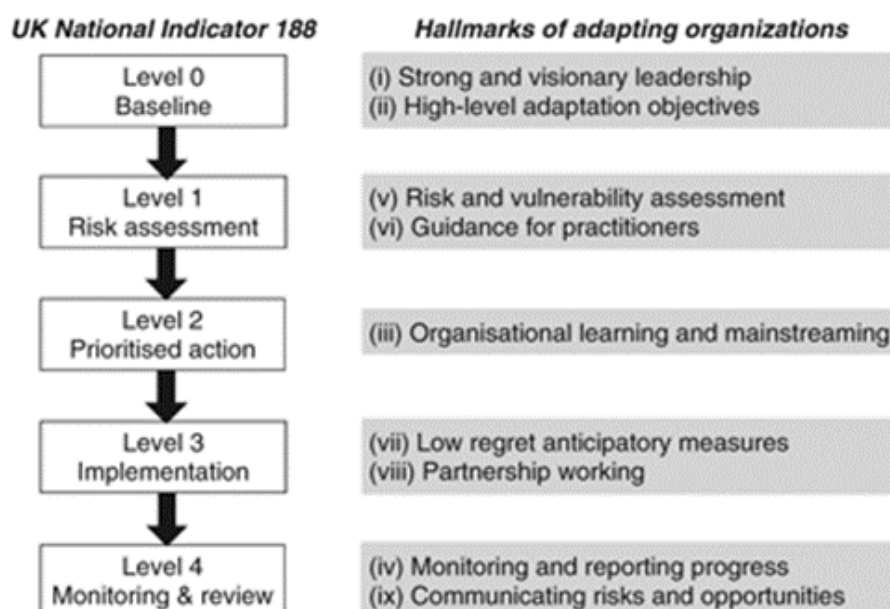


圖 3-7 DCLG 新績效框架

圖片來源：Ministry of Housing, Communities & Local Government, 2007

2. 能源產業針對缺水之調適措施

Gasbarro et.al (2016)欲對能源和公用事業公司應對氣候變遷導致的水匱乏短缺的調適措施進行分析，資源密集型企業透過排放大量溫室氣體，在引起氣候變遷方面扮演著基本的角色，而氣候引起的物理變化反過來又影響了公司。文中分析參與碳披露專案(CDP)的能源和公用事業公司，考察這些公司如何看待氣候變遷引起的水可用性變化(以及對商業的潛在影響)；另一方面，分析了這些公司為應對氣候變遷驅動的水文和水資源變化而採取的相應措施。結果顯示，對氣候相關風險的感知主要集中在降水模式和極端變化，被認為是水供應、乾旱和洪水變化的主要風險驅動因素。對於氣候相關風險的感知之時間框架主要是當前(約 29%)、短期和中期(1-10 年：17%)、長期(約 27%)或未知(約 24%)。大多數公司認為這些影響是直接的，並將影響到組織和體制結構，包括市場和監管等因素。能源和公用事業行業對水資源的敏感性體現在水供應和品質方面的變化，特別是在水力發電和系統冷卻方面。乾旱引發的野火、氣溫上升和極端天氣事件都對行業產生了實際的物理影響，包括

電力設施的受損和員工安全的威脅。這不僅影響了營運支出和聲譽，還對公司的風險管理和保險費用產生了影響。圖 3-8 綜合了氣候事件、水資源狀況和對公司影響之間的邏輯聯絡。

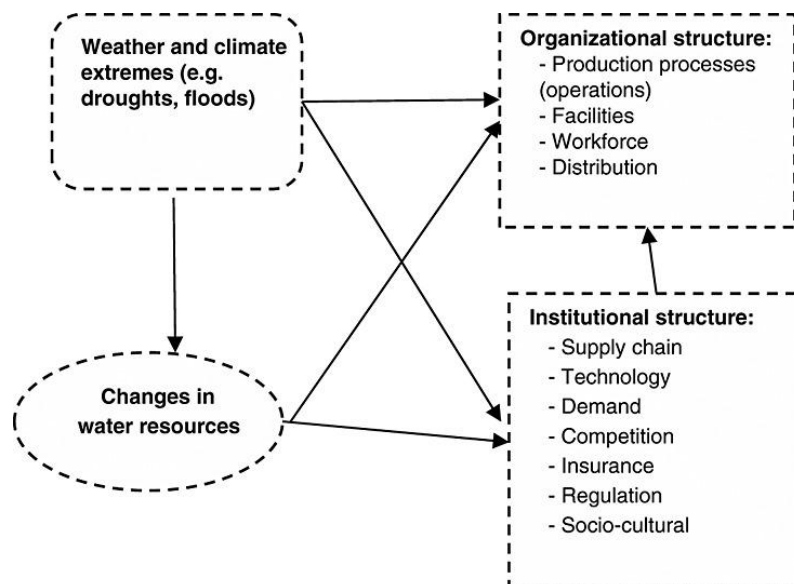


圖 3-8 氣候變遷之下的水文和水資源變化對商業的影響

圖片來源：Gasbarro et.al, 2016

對於與水資源變化、降水極端和乾旱相關的風險，能源和公用事業公司通常透過調適和回復力措施來解決。這些措施的目的在於減少水文變化對組織和機構層面的影響。風險監測和評估是調適措施和回復力計畫的基礎，其中包括持續的天氣監測、天氣預報、自然資源監測和需求監測。此外，新的技術投資(如智慧電網)、節水技術和設施升級也是調適措施的手段之一，例如在巴西的 EDP Distribution 公司實施的智慧電網專案，Suncor Energy 公司致力於減少水的消耗，Xcel Energy 公司藉由擴建和升級回收水設施、配備低水使用系統等方式實施措施，Eni 公司在乾旱易發地區實施生產的注水專案，以保持水庫壓力，GDF Suez 公司在澳大利亞推行排水回收專案，Vattenfall 公司採用地下電纜和水壩強化以應對極端水流。

在市場層面，一些公司投資新產品，例如 Chevron 公司評估各種原料和製造生物燃料的轉化技術。透過政策和監管發展，以及利害關係人的參與，可以有效處理特定地點的水問題，預測區域調適計畫或水減少等法規。此外，研究資金的補充措施可以提供應對極端氣候事件的可靠資訊，以制定應急計畫，降低與氣候相關的物理變化的影響。進一步分析顯示，氣候變遷引起的資源變化不僅導致預防措施和短期調適，還促使公司進行創新投資，特別是在開發新市場和利用新技術方面；另一

方面，氣候變遷作為長期調適的創新刺激，助於公司在競爭中實現多樣化、提高生產能力，並開拓與氣候引起的物理變化相關的新市場。然而，儘管存在這些機會，調適和回復力措施仍然主要由風險而非機會驅動。因此，調適措施的優先順序受到商業戰略其他短期壓力的影響，強調對於公司來說，理解其對氣候變遷影響的資源依賴是很重要的。對於調適能力有限的公司，參與和當地合作是提高調適能力、限制負面影響的關鍵因素。

3. 社區面對氣候變遷之研究

全球各地社區正面臨廣泛的社會、文化、經濟、環境和氣候變遷，而這些社區並非被動地接受影響，而是透過不同方式回應(response)，以利用機會並減少負面影響。Huntington et al. (2017)分析了 13 個案例研究，以確定(a)發生的主要變化、(b)社區的回應、(c)回應的發起者、(d)回應的結果和(e)使回應成為可能所需的社區或其他方面。作者考慮了社區行動的背景，選擇了 Emery 和 Flora (2006)的社區資本框架，並將其區分為七種不同類型的資本，並進一步區分為每個社區行動的資產和限制。而後將回應的類型與 Thornton 和 Manasfi (2010)的機制類型(即 the what)以及 Walker 和 Salt (2012)的策略類型(即 the why)行比較，以確認這 13 個案例在兩方面都是多樣的，至少有一個例子與這兩個類型的元素相匹配。最後，按照 Yin (2009)所述的解釋構建方法將案例研究排序，每個案例都對社區如何回應變化的理解提供了額外的見解。透過對案例研究的分析，創建一個綜合結果，以理解社區如何能夠應對不同背景下的氣候變遷。

這份研究包括了 13 個案例，各取材於全球不同地區的社群，分布在陸地、海洋和淡水等多樣的生態系統中。其中，阿拉斯加薩文加社群透過新的捕鯨季節應對氣候變遷，同樣，海水變暖使薩文加發現了可收穫的新物種—白令海北部的多刺帝王蟹；巴西皮拉西卡巴河漁民透過引進的魚種適應水壩建設；芬蘭 Nääämö 河的 Sámi 社群透過合作管理和魚類棲息地修復因應氣候變遷造成的棲息地變化；尼泊爾野馬社群調整作物種植區來解決蘋果產量下降之問題；斐濟塔武阿漁民透過保護珊瑚礁和設立漁民委員會來對抗漁業競爭。這些案例突顯了社群的多樣性和在面對環境變化時的靈活性。

透過社區資本框架，總結了每個社區在應對變化時的資本(資產和約束)，例如地理偏遠社區傾向於減少政治資本(即約束)，但它也可以允許更大的空間流動，而不會侵犯其他社區的使用區域(即資產)。結果顯示，小社區在社會、文化和某些人

文和自然資本方面往往很高，但也受到政治和經濟約束的限制，包括基礎設施。透過機制和策略的分類，結果顯示這 13 個案例涵蓋了多種機制和策略，說明了案例研究中的社區能夠利用其中一個或多個可用的選項的能力。但沒有保證社區在應對變化時會有任何可用的選擇，也沒有社區有義務使用所有可用的選擇。表明應保持選擇的開放性，而非期望在需要時有任何單一機制或策略可用和適用。

最後，綜合結果發現社區能透過調整活動的時間和地點、使用不同物種、發展或應用新科技，以及在內部或網路中組織自己來應對變化。研究指出，社區的自主回應空間(*autonomous response space*)和協作回應空間(*collaborative response space*)是兩個重要層面，強調了評估氣候和其他變化應納入當地回應作為政策建議的基礎，並認識到自主和協作回應都有助於調適。此外，機構在這個過程中扮演了重要的角色，尤其是地方性、多中心的機構更能促進更有益的氣候變遷調適。網路在社區內和社區外傳播想法、尋求支持方面發揮了重要作用。因此，制定調適或永續性政策應考慮擴大社區的自主回應空間，同時使協作回應空間更具合作性，以支持社區而非加諸限制。

三、氣候調適策略模擬系統架構與發展路徑

調適策略是指為了達成氣候調適以降低氣候風險的目標而制定的整合型計畫或是行動方案。這些策略通常涵蓋從短期到長期的一系列措施，旨在全面應對氣候變遷帶來的挑戰。長期策略(*Long-term Strategies, LTS*)通常指國家層級的長期規劃，例如 2050 淨零路徑和國家氣候變遷調適行動方案，這些策略為實現減少碳排放和調適氣候變遷的目標提供了路徑和指引。縣市地方政府則回應氣候變遷因應法，制定地方層級的氣候調適行動方案，這些地方性的策略同樣重要，因為它們考慮各地區的特定需求和挑戰。此外，企業為了符合市場要求，亦需為其資產進行氣候風險評估，以制定合適的調適策略避開實體衝擊，減少財物損失，確保在氣候變遷中的永續發展。為減少不良調適，需以科學為基礎來規劃調適策略，然而目前國內缺乏制定調適策略的標準流程及工具，使得跨部門、跨領域、跨層級整合並不易進行，故本計畫欲建構一個輔助中央與地方政府決策的氣候韌性調適模擬工具。

以水資源為例，氣候調適策略模擬工具為應對水資源管理中的氣候變遷挑戰提供了強大的工具，有助於識別和評估與氣候相關的風險。透過模擬各種氣候情境，這些模型可以預測對農業、基礎設施和公共衛生等不同部門的潛在影響，使決策者

可以根據風險等級和潛在後果來確定行動的優先順序，以加強風險評估與管理；成本效益分析普遍存在氣候策略當中，因此透過策略模擬系統，可以串接資料庫，提供即時的成本效益分析數據及統一的方法，維持評估的一致性，確保調適選項間的可比性；透過提供詳細的預測和分析。

(一) 實體風險與調適策略執行架構

「國家氣候變遷調適行動計畫(112-115 年)」將受氣候變遷影響之範圍規劃為能力建構及七大易受衝擊領域，由於「土地利用」領域為其他各調適領域之承載體，其調適策略可為易受衝擊之災害議題的總體規劃，以進行有效整合；總體規劃之整合過程可由國發會專案小組擔任跨部門、跨機關之工作督導，藉由環境部、國科會及中央氣象署等單位之科學研究及風險評估，協助環境部與各部會執行氣候變遷調適行動計畫。目前各部會進行實體風險評估與調適策略擬定之工作，是依循國家氣候變遷調適框架(圖 3-9)進行，而本計畫則欲以氣候調適演算法(圖 3-10)為研究工具。國家氣候變遷調適框架與氣候調適演算法之不同點在於：國家氣候變遷調適框架之第二階段的調適規劃與行動為實際制訂調適方案並執行、監測與修正；而氣候調適演算法第 4 步驟至第 6 步驟則依然在調適計畫規劃階段，以模擬之概念來預測調適計畫施行後之反應，並監測、分析其成果加以修正調整調適計畫內容，最後實際執行推動以降低調適計畫之不確定性。

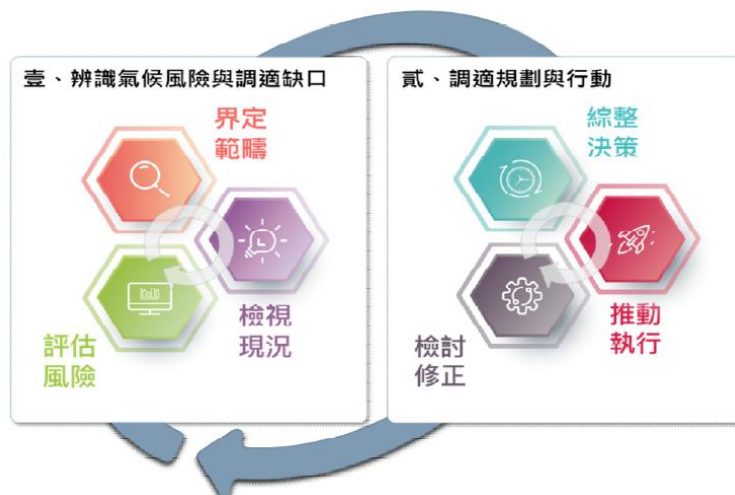


圖 3-9 國家氣候變遷調適框架

圖片來源：環境部，2023



圖 3-10 氣候調適演算法

圖片來源：參考 Tung et al.(2019)修改

本計畫欲將氣候調適演算法之六步驟依據進行標準化之工作，透過氣候實體風險模板分析實體風險時，會因保全對象分為外部因子與內部因子來評估風險來源，而實體風險模板之各因子說明如表 3-2。氣候實體風險模板除了關係示意圖外，另有「資料來源表」(表 3-3)，可更清楚地說明危害、暴露與脆弱度及各因子之資料來源，讓使用者能更正確且順利的操作實體風險模板。資料來源表可協助使用者彙整危害、暴露及脆弱度之各因子資料來源，同時可確認是否有資料不足之缺口。

表 3-2 實體風險模板內各因子說明

資料來源：參考 Tung et al.(2019)修改

名詞	註解
實體風險	由危害、暴露及脆弱度共同組成。
治理組織	為氣候變遷議題主要規劃與決策的單位。
保全對象	在治理組織業務範圍中，因氣候變遷導致實體損害或功能喪失的生命、財產、自然環境等，亦可能是兩者之綜合。
關鍵議題 (Key Issue)	保全對象暴露在氣候災害事件下的實體損害/功能喪失。
危害 (Hazard)	與氣候相關物理事件或趨勢帶來的影響，可能造成保全對象實體損害或功能喪失的事件，驅動力包含自然氣候因子與非氣候因子。
暴露 (Exposure)	保全對象在氣候災害事件影響下的空間(如居住或活動範圍)或時間分布。

名詞	註解
脆弱度 (Vulnerability)	保全對象本身之敏感度與調適力，或治理組織之調適力。
敏感度 (Sensitivity)	保全對象受到正面或負面影響之特質或傾向，如保全對象對氣候災害事件的易感程度。
調適力 (Adaptive Capacity)	保全對象在面對氣候災害事件時，吸收衝擊、降低損害並進行調整或改善的能力。

治理組織	危害	氣候因子	非氣候因子
關鍵議題			
保全對象	暴露	暴露因子	
實體風險	脆弱度	脆弱度因子	

圖 3-11 氣候實體風險模板

表 3-3 氣候實體風險模板之資料來源表

目標	要素	類別	因子	資料來源
風險	危害	氣候因子		
		非氣候因子		
	脆弱度	調適力		
		敏感度		
	暴露			

資料來源：Tung et al., 2019

圖 3-12 為氣候調適演算法標準化之操作流程，其研究工具為實體風險模板及氣候調適路徑法。第一步為範疇界定，包含組織架構、空間、時間、資源及關鍵議題等。空間尺度之界定如中央部會、地方政府、產業、社區等；時間尺度則是決定治理組織要考量與評估多久以後的未來實體風險；關鍵議題則由於治理組織的業務權責不同，組織之保全對象與災害事件也需界定。現況分析為盤點歷史災害事件，

同時藉由實體風險模板做危害分析找出各風險相關因子；未來若需了解不同領域間共同或獨立的因子之關聯，可做為跨領域評估之基礎。風險界定完下一步可依照氣象資料的可取得性及不確定性，決定進行何種未來氣候變遷下實體風險評估方法。風險評估可分為量化評估、質性評估、及無資料時僅做風險界定；其中量化評估時可從評估模式角度幫助使用者了解各領域間的物質流或資訊流關係，便於建構跨領域之整合量化模式。在氣象資料不確定性高或不足時，決策者可透過實體風險模板的分析結果，將跨領域之共同因子納入考量來擬定調適選項，不僅僅只關注單領域的風險變化，因為在降低某領域之未來風險時，可能會加劇其他領域之未來風險，也就是所謂的「權衡效應」；相反的，某些調適選項則可以同時增強不同領域，而此稱為「協同作用」。

調適擬定階段包含訂定調適目標、策略、及措施，並採用多準則分析來決定調適措施執行之優先順序。調適路徑則在多準則分析結果的基礎下，治理組織同時將措施成本、效益、可行性等因素納入考量，規劃不同的調適措施組合，產出合適之氣候調適路徑圖。最後依循調適路徑檢視各階段之目標，結合監測儀器、AIoT 等技術，重新回到步驟三確認在該調適路徑下之風險評估結果，以修正調適路徑與階段性目標。



圖 3-12 氣候調適演算法流程圖

(二) 執行「氣候調適策略模擬工具」之範疇

本計畫提出的氣候調適策略模擬工具由兩大模式類型—策略擬定詮釋模式 (meta model) 和運算模式，和以使用者導向設計的互動式操作介面組成的模組化工具。由於本計畫旨在提供國家環境研究院發展數位調適服務的規劃參考，故以策劃與研究氣候調適策略模擬系統之架構、組成要件及後續執行方式為核心工作。由於策略擬定詮釋模式為定調本系統的主要服務之模組，在本計畫將著重於發展策略

擬定詮釋模式，詳細說明本系統所提供的調適策略內容、流程與策略擬定詮釋模式的方法論。運算模式則根據策略擬定的需求，提供各領域常見、常使用的模式，說明未來實際執行階段可使用之串接方式、數據來源；且本計畫預計呈現使用者介面如何呈現調適策略，達成互動式系統之目標，未來可由網頁設計專業團隊進行使用者體驗之優化作業。

(三) 數位孿生作為氣候韌性調適策略模擬系統架構

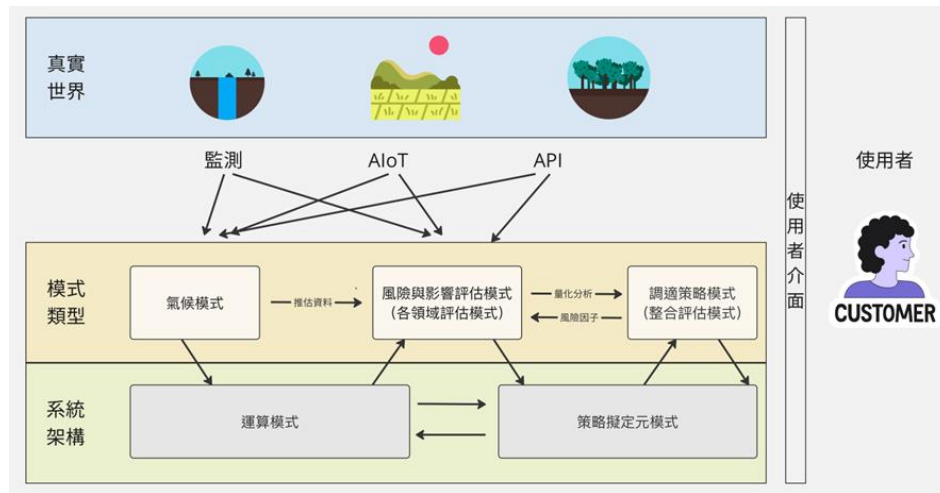


圖 3-13 數位孿生架構之調適策略模擬系統

圖片來源：本計畫繪製

1. 策略擬定詮釋模式

為本計畫主要發展的模組，為提供擬定適切的氣候調適規劃為目標。「詮釋模式」被稱為「模型的模型」，以簡化、抽象的框架作為呈現複雜系統關聯的方式，以減少運算資源(Kühne, 2006; Ait-Amir et al., 2020)，故本計畫將其應用於發展複雜氣候風險評估系統以了解氣候風險因子間的複雜關聯。跨層級調適評估系統帶入跨層級治理的概念，發展氣候調適時在不同治理層級間可以採用的調適選項，用以評估在哪一層級執行何種措施能達到最佳資源配置以求提升調適效益。多準則分析(Multi Criteria Analysis, MCA)系統則是提供工具讓利害關係人就其關注的幾項準則賦予權重，以決定調適選項的優先序，以制定調適路徑。策略擬定詮釋模式模組的內容於下一節詳細說明。

2. 運算模式

運算模式由各領域的評估模式及數位孿生技術組成，結合數位孿生的強大運

算能力，可以涵蓋更多面向的風險因子，並且規劃適切的調適路徑，因應日趨複雜的氣候風險。運算模式主要用於推估未來氣候條件及氣候變遷下各領域的影響衝擊，以便進行現況和未來氣候風險的量化評估。並和策略模擬詮釋模式串接，提供不同策略下的風險因應評估結果，支援盤點調適策略及制定調適路徑。由於氣候變遷的影響涉及不同時間與空間尺度，在時間尺度上，長期的模式推估結果搭配即時的 AIoT 監測結果，可以發揮動態調適的功能以應對極端天氣事件發生，並且回應監測修正調適路徑及策略方案。

3. 互動式操作介面

互動式操作介面的功能在於提供使用者與系統互動時，能透過專門設計的操作介面進行交流，以降低溝通門檻。優秀的互動操作介面應該具備直觀且易於操作的特性，讓使用者能在最短的時間內全面了解系統的運作狀況，這種設計能幫助決策者迅速而準確地做出操作選擇。

本計畫所規劃的互動介面應具備多種功能，讓使用者可以向模擬模型和數位孿生系統發出指令和要求。使用者可以根據需求在特定場景中設置各種條件，並在多個潛在的行動方案中進行選擇。由電腦模擬得出的結果將顯示在操作介面上，以視覺化的方式呈現，方便使用者即時查看和分析這些結果。這種設計能有效支持動態決策，尤其是在面對不確定性的情況下，幫助決策者做出更具動態性和具體性的決策。視覺化的結果展示不僅提升了數據的可讀性，也幫助使用者更好地理解複雜的數據和系統運作情況，從而提高整體決策的效率和準確性。圖 3-14 為本計畫設計之互動式操作介面示意圖，讓使用者可以一步一步進行風險評估與調適策略擬定，待本計畫結束，而將往後發展完整的調適策略模擬系統時，建議由專業的使用者介面設計師來為互動式操作介面設計出兼具美觀與功能性的介面。操作介面背後的運作是以策略擬定詮釋模式為基礎發展而成，詳細運作架構與說明於下段「(四) 策略擬定詮釋模式」說明。

氣候風險模板

1. 範疇界定

治理組織: 環境部

保全對象: 民眾(呼吸道)

關鍵議題: 保全對象暴露在 空氣汙染 下的實體損害/功能喪失

下一步

2. 現況分析

危害: 氣候因子(CID): 熱與冷, 極端熱浪, 風, 平均風速, 風, 沙塵暴

非氣候因子: 工廠排放、交通排放

暴露因子: 下風處、戶外

脆弱度因子: 年齡(年長者、小孩)、健康狀況(呼吸道疾病、過敏)

上一步

下一步

氣候風險模板

治理組織	氣候因子	非氣候因子	危害
環境部	極端熱浪 平均風速 沙塵暴	工廠排放、交通排放	空氣汙染的致災門檻
關鍵議題	暴露因子		暴露
民眾(呼吸道)暴露在空氣汙染下的實體損害/功能喪失	下風處、戶外		民眾(呼吸道)的時空分佈
保全對象	脆弱度因子		脆弱度
民眾(呼吸道)	年齡(年長者、小孩)、健康狀況(呼吸道疾病、過敏)		民眾(呼吸道)受空氣汙染影響之脆弱度
風險	調適方案		
空氣汙染導致民眾(呼吸道)產生實體損害/功能喪失	1. 排放源管控 2. 污染度高時，參考濃度分布減少外出 3. 脆弱度高者不要出門		

範疇界定

現況分析

結果匯出

結束

圖 3-14 互動式操作介面(示意)

根據圖 3-13 調適策略模擬系統透過以下步驟發揮其功能：

- (1) 界定關聯之定性分析：首先，界定各領域、氣候風險、危害和氣候因子之間的關聯，形成一個綜合的風險網絡，並且特別對於複合危害進行氣候風險的定性分析，了解不同危害和風險之間的相互影響。
- (2) 量化評估：將因子資料來源導入運算模式，使用各領域的常用模式量化風險及調適選項的能力，再根據量化結果，評估各個調適選項在彌補風險缺口方面的有效性。

- (3) 綜效與權衡分析：策略模擬詮釋模式評估每個調適選項可能引發的關鍵議題，以及在其他領域中產生的綜效和權衡，確保策略的全面性和可行性。
- (4) 優先排序：根據上述分析結果，利用多準則分析對各調適選項進行優先排序，提供決策者一個清晰的調適策略方案。

透過這種綜合評估方法，策略模擬詮釋模式能夠幫助決策者在面對複雜且跨領域的氣候風險時，做出更加科學和有效的決策，從而提升調適策略的整體效能。

(四) 策略擬定詮釋模式

1. 調適策略擬定之方法論

為對準臺灣氣候變遷調適行動方案之調適路徑規劃依據，本計畫亦採用國家科學及技術委員會的氣候變遷調適科技整合研究計畫 (Taiwan integrated research program on Climate Change Adaptation Technology, TaiCCAT) 發展之氣候調適算法作為調適路徑規劃的方法架構，其六個步驟的目標及簡要說明如下：

(1) 範疇界定

範疇界定在應對氣候變遷調適策略中至關重要，因為它們能夠幫助我們明確最緊迫的風險和挑戰，從而優先考慮最需要進行調適的區域(空間尺度)或群體(關鍵議題/保全對象)。時間尺度的選定在調適過程中提供了具體的方向和階段性終點，為後續評估調適方案的執行情況提供基準，調適工作有了清晰的指引，有助於保持行動的一致性和連續性；同時決策者可以合理分配有限的資源，確保資金、人力和時間被投入到最重要的領域，最大限度地提高資源利用效率，從而達到最佳的調適效果。

(2) 現況分析

氣候風險評估的要點在於了解氣候變遷的衝擊影響種類與程度，因此需要先了解現況基準，才能進一步評估未來的需求。對現狀進行評估，可以辨識出社會、生態系統和經濟系統中，在面對極端天氣事件和長期氣候變遷時存在的脆弱度和不足之處。此評估有助於發現哪些地區、群體或系統最易受到氣候變遷的不利影響，例如沿海地區需要關注海平面上升的風險，農業地區則需要關注極端天氣事件的增加。

評估現在及未來風險至關重要，因為它有助於我們提前預防和準備應對未

來可能出現的問題。藉由風險評估，我們可以識別潛在威脅，制定相應的預防和應對措施，從而減少風險帶來的負面影響。此外，風險評估能夠幫助我們更有效地分配資源。了解哪些風險最為迫切，可以幫助決策者將資源集中於最需要的地方，確保有限資源得到最佳利用。

(3) 風險評估

在評估未來風險時，會使用氣候情境與氣候模型協助推估未來氣候條件，以便計算與現況之差距。因此，在實際操作上，評估現況及未來風險都會使用到個別領域已發展出來的評估模式或工具，只是在使用的氣候數據上有所不同，前者使用觀測資料，後者則使用氣候推估資料，以了解現階段到未來潛在的風險缺口。

因此，風險評估能提高社會和系統的韌性，了解可能的風險和挑戰，有助於設計和實施能夠適應和抵禦未來變化的策略，使系統更具應對能力。藉由風險評估，我們還可以提前辨識和管理潛在的經濟風險，從而減少災害和突發事件帶來的經濟損失。例如，提前評估和加固基礎設施可以減少自然災害造成的損害。

(4) 調適擬定

氣候調適過程中盤點調適選項的目的是確保社會、經濟和生態系統能夠應對氣候變遷的影響，提高調適性。針對已確定的風險及脆弱度，採取相應的調適措施。盤點選項可以幫助識別潛在的風險，並制定有效的應對策略。進行盤點時，首先應評估區域的氣候風險和影響，包括極端天氣事件、海平面上升等。接著，評估不同社會部門(如農業、水資源、城市規劃等)的脆弱度，以了解它們可能面臨的挑戰。然後，制定調適選項，考慮技術、制度和行為層面。這可能包括建設抗災基礎設施、制定氣候智慧型農業政策，以及促進社區參與。綜合考慮各方面因素，制定具體的實施計畫，並進行不斷監測和評估，以確保調適策略的有效性。

(5) 調適路徑

選出合適且具有可行性的調適選項後，便考量時間序列，排列執行優先序，並且設定路徑轉換點；當達到監測閾值，便啟動路徑轉換機制，確保調適行動持續進行。在技術選項方面，考慮實施之可行的技術解決方案，例如建設氣候抗災基礎設施和推動氣候智慧型農業技術。同時，需要制定有助於氣候調適的法規和制度機制，例如氣候智慧型城市規劃和風險保險。確定執行調適路徑所需的資源，包括財政、技術和人力，以確保永續的實施。執行計畫應詳細列出執行調適措施

的負責人、時間表、預期成果、所需資源等。

(6) 檢視修正

設立檢視和修正機制是不可或缺的一步，以追蹤調適措施的效果，同時根據實際情況進行調整。教育和溝通是推動成功調適的關鍵，透過有效的公眾教育和溝通，提高對氣候變遷的認識，並解釋調適措施的重要性。在整個調適過程中，藉由持續的溝通和參與，確保所有利害關係人都能夠理解並參與到調適行動中。同時也要不斷地回顧和更新調適策略，使其能夠調適不斷變化的氣候條件和社會經濟條件。這樣全面的調適路徑能夠更好地應對當地的氣候變遷挑戰，促進社會、經濟和生態的永續發展。

參考前述歐盟 Climate DT 所提出基於 DestinE 數位孿生地球技術的通用調適模型框架，與本計畫策略擬定詮釋模式採用的方法論氣候調適演算法相互對應如表 3-4，以確保氣候調適演算法實能發展成基於數位孿生技術的策略擬定詮釋模式。

表 3-4 Climate DT 與氣候調適演算法對照表

Climate DT 開發階段	Climate DT 模式開發流程	說明	對應氣候調適演算法	策略擬定詮釋模式組件
了解背景	鑑別問題或發展未來願景	包含初步評估以了解問題起因的系統，如何邁向更安全、更永續的未來。	界定問題與設定目標	
	定義風險和影響鏈(危害、暴露、脆弱度)	涵蓋當地因素(暴露、脆弱度和實施有效的韌性調適政策)。	評估及分析現況風險 評估及分析未來風險	複雜氣候風險評估系統
實施調適建模系統	選擇和定義風險驅動因子	透過相關的氣候與社會經濟情境，決定未來哪些氣候變遷事件對我們影響最大。	評估及分析現況風險 評估及分析未來風險	複雜氣候風險評估系統
	制定調適措施實行調查	蒐集實施成本與潛在協同效益，分析那些選項可能符合我們的需求，其優缺點為何。	界定與評估調適選項	跨層級調適評估系統 多準則分析系統
	選擇建模軟體	可準確描述相關危害、未來風險驅動因子和調適方案。	評估及分析現況風險 評估及分析未來風險 界定與評估調適選項 規劃與執行調適路徑	複雜氣候風險評估系統
	彙整及進行基礎數據的前置作業	選擇特定區域數據並了解模型需要那些輸入資料。	評估及分析現況風險 評估及分析未來風險	
系統應用	設定建模工作流程並執行模式	選擇工作流程管理器和建模平台。		
	後處理將運算結果視覺化	提供資訊(如成本效益)讓決策者了解如何做出明智的選擇。		

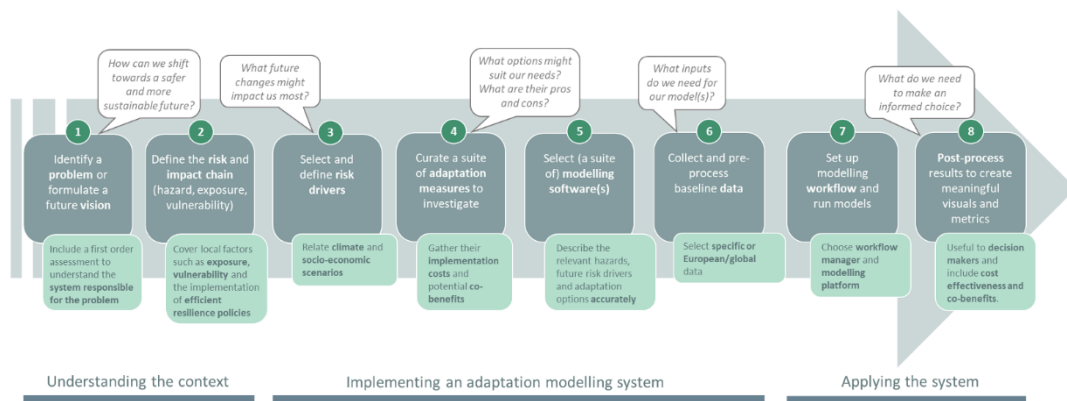


圖 3-15 Climate DT 通用調適模型框架

圖片來源：<https://destine.ecmwf.int/use-case/destine-use-case-adaptation-modelling-framework/>

2. 綜合視角的調適策略擬定

(1) Top-down 方法：宏觀視角掌握整體風險

氣候風險評估的 **top-down** 是一種從宏觀層面出發的評估方式。首先評估保全對象的氣候風險暴露程度，通常採用情境分析作為主要工具，評估時會選擇不同的氣候情境，如 IPCC 的 1.5°C、2°C 或 4°C 升溫情境等。在進行評估時，**top-down** 方法會考慮系統性定性變化，如現況風險、評估模式、上位政策、技術發展等等。目的是分析氣候變遷對整體環境、社會、經濟的影響，再推算對保全對象的衝擊。這種方法可以評估不同時間點(如 2030 年、2050 年)的潛在影響，通常由專業團隊或是幕僚主導，以整合各部門資源進行評估。

top-down 方法的結果可用於制定不同層級的整體氣候策略和風險管理措施，如國家、縣市、社區、企業、組織等等。相比 **bottom-up** 方法，它可以更快速地獲得整體風險概況，但細節可能不夠精確。因此，這種方法特別適合用於初步評估和戰略規劃，可與 **bottom-up** 方法互補使用。

在本計畫以具有普遍性的氣候風險的危害因子之物理性作為宏觀跨領域風險定性的依據，意即此危害因子不會因發生的地點、社會條件而改變，當達到危害的氣候因子的門檻，就有可能產生程度不一的氣候衝擊。換句話說，綜合考量各地暴露與脆弱度條件，即可評估相同的危害條件下，不同地區的氣候風險。

(2) Bottom-up 方法：微觀深入分析脆弱環節

Bottom-up 則是氣候風險評估中一種從微觀層面出發的重要視角，從個別資產

或投資標的開始，逐步累加評估整體的氣候風險。它通常需要收集大量微觀層面的數據，如各縣市的歷史氣候災害、地形條件等詳細資訊，對每個保全對象進行深入的氣候風險分析。

Bottom-up 的優勢在於能夠更精確地評估地區或是保全對象的氣候風險承受程度，特別適用於評估高風險地區或資產的氣候風險，以識別出投資組合中最脆弱的環節，從而有助於制定針對性的風險管理措施。雖然這種方法需要投入更多的時間和資源，但其結果通常更為細緻和準確。在實際應用中，**Bottom-up** 方法適合用於深入分析和制定具體的風險管理策略。它可以與 **Top-down** 方法互補使用，提供更全面的氣候風險評估。

本計畫中以工作坊的方式蒐集不同縣市的歷史災害及現有的氣候風險，利用氣候風險模板分析其對應的氣候風險因子，並且建立資料庫儲存，未來國環院氣候變遷研究中心可持續蒐集全台各地的實際案例，以擴張資料庫內容，則可使氣候風險因子資料庫更加完善，優化氣候風險因子辨識自動化工作，降低氣候風險評估工作門檻。

(3) 綜合視角：全方位氣候風險評估的策略

Bottom-up 則是氣候風險評估中一種從微觀層面出發的重要視角，從個別資產或投資標的開始，逐步累加評估整體的氣候風險。它通常需要收集大量微觀層面的數據，如各縣市的歷史氣候災害、地形條件等詳細資訊，對每個保全對象進行深入的氣候風險分析。

Bottom-up 的優勢在於能夠更精確地評估地區或是保全對象的氣候風險承受程度，特別適用於評估高風險地區或資產的氣候風險，以識別出投資組合中最脆弱的環節，從而有助於制定針對性的風險管理措施。雖然這種方法需要投入更多的時間和資源，但其結果通常更為細緻和準確。在實際應用中，**Bottom-up** 方法適合用於深入分析和制定具體的風險管理策略。它可以與 **Top-down** 方法互補使用，提供更全面的氣候風險評估。

本計畫中以工作坊的方式蒐集不同縣市的歷史災害及現有的氣候風險，利用氣候風險模板分析其對應的氣候風險因子，並且建立資料庫儲存，未來國環院氣候變遷研究中心可持續蒐集全台各地的實際案例，以擴張資料庫內容，則可使氣候風險因子資料庫更加完善，優化氣候風險因子辨識自動化工作，降低氣候風險評估工作門檻。

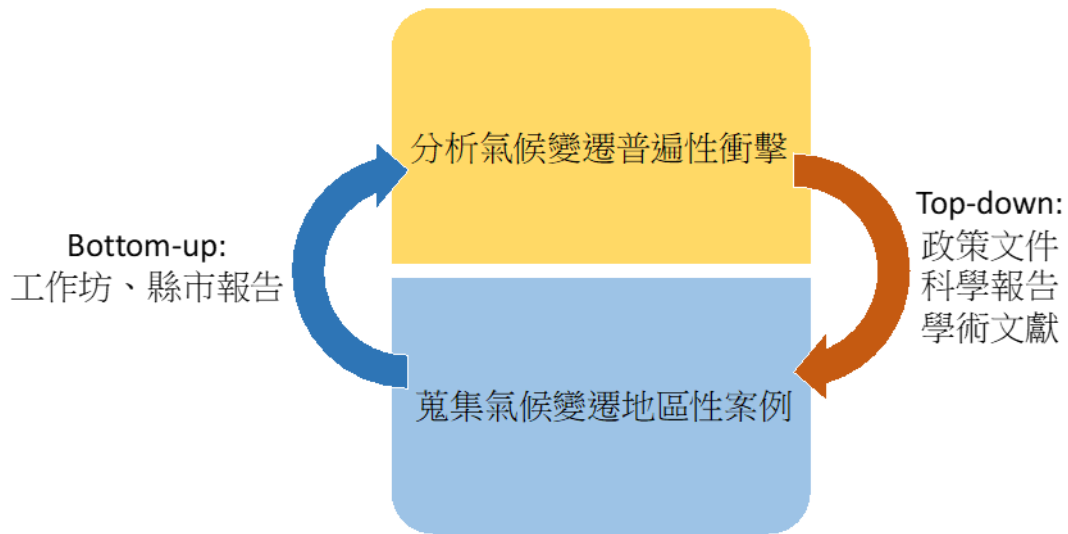


圖 3-16 綜合視角之氣候風險評估示意圖

3. 策略擬定詮釋模式：複雜氣候風險評估系統

策略擬定詮釋模式係以產製氣候調適演算法所需的決策資訊為目的，本節將描述策略擬定過程中所需的決策資訊，以及組件如何運作。

從氣候調適演算法中的步驟一～三，主要是界定問題到評估現在及未來氣候風險，可理解為辨識風險及其影響的過程。由於氣候變遷所影響的範疇愈趨複雜，且不同的危害可能會有複合效應，或是無法藉由當地的歷史極端氣候事件來判斷未來氣候變遷可能出現的潛在危害風險，在在都讓辨識氣候風險的過程更加困難。因此複雜氣候風險評估系統便是為了讓辨識氣候風險的過程能夠基於科學，並且以系統性的方式理解單一危害可能會衍生影響的複合及遞延效益，而制定更加全面的調適策略方案並且降低不良調適發生的可能性。

(1) 全球性代表性關鍵風險進行各領域氣候風險辨識

在界定問題與設定目標階段，以往的做法需仰賴大量文獻回顧來建構各領域可能面臨的氣候風險，辨識問題的過程所需耗時較長，因此本計畫導入 IPCC AR6 中系統性整合全球尺度較常發生的八個代表性關鍵風險 (Representative Key Risks, RKR) 及其細項風險類別(如表 3-5)，在進行氣候風險評估時，提供使用者作為氣候風險類型的參考依據，以辨識在地化的氣候風險，逐漸建構臺灣氣候風險資料庫。使用者即可以點選的方式，選擇想要了解、評估的氣候風險，降低使用實體風險模板的技術門檻。

治理層級	氣候因子	非氣候因子	危害
關鍵議題			
RKR 下的關鍵議題： 保全對象暴露於災害事件 下的實體損害/功能喪失	暴露因子		暴露
保全對象			
()			
實體風險	脆弱度因子		脆弱度
RKR： 氣候變遷下的關鍵議題受 影響程度			

圖 3-17 氣候實體風險模板：風險與關鍵議題

工具設計上，使用者可以在模板上用點選的方式，選擇臺灣在水資源、農業、生物多樣性等領域所對應 8 個 RKR 下的任一關鍵議題，會在氣候風險模板上呈現於「關鍵議題」、「實體風險」兩處(圖 3-17)。決定好需評估的關鍵議題之氣候風險時，再由系統後端的元模式及資料庫帶入其危害因子及其氣候因子和非氣候因子。

而辨識臺灣在地化的氣候風險將由三個階段構成，第一階段藉由盤點《國家氣候變遷調適行動方案》及《國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適》(以下簡稱科學報告)(國家科學技術委員會、環境部，2023)等上位政策、計畫與科學評估所辨識出臺灣現存之氣候風險(如表 3-6)；第二階段於本計畫執行的工作坊中引導參與者針對 水、農業、生物多樣性三個領域在八個 RKR 所對應的風險(表 3-7)，亦將從過程中了解參與者對我國氣候風險的掌握情況，需留意的是，透過參與者取得的資訊，需由數據管理團隊或是專家團隊進行確認，以保進入資料庫的內容正確；第三階段則是工具開始使用之後，由維護的研究團隊持續以實際案例滾動式擴充這個資料庫，提供使用者辨識氣候風險的工具。

表 3-5 IPCC 整合出 8 個代表性關鍵風險

類別	子類別
Low-lying coastal systems 低窪沿海系統	Nat. coastal protection & habitats 自然海岸保護與棲息地
	Loss of lives, livelihoods & well-being 生命、生計與福祉的損失
	Disruption of transport systems 交通系統中斷

類別	子類別
Terrestrial and marine ecosystems 陸地與海洋生態系統	Change structure/functioning 結構/功能的改變
	Loss ecosystem goods/services 生態系統物資/服務的損失
	Nat. coastal protection & habitats 自然海岸保護與棲息地
	Loss of biodiversity 生物多樣性喪失
Critical infrastructure, networks and services 關鍵基礎設施、網絡與服務	Damage & disruption 損害與中斷
	Impact of failure on lives, livelihoods, economies 造成生命、生計、經濟損失
Living standards 生活水準	Aggregate economic impact 綜合經濟影響
	Loss of livelihoods 生計喪失
	Increased poverty 貧困加劇
Human health 人類健康	Heat-related mortality 熱相關死亡率
	Vector-borne diseases 病媒蚊疾病
	Waterborne diseases 水媒疾病
Food security 糧食安全	Decline provis. Ecosystem services 生態系統服務供應減少
	Increased hunger 飢餓增加
Water security 水資源安全	Water scarcity 缺水
	Water-related disasters 水相關災害
	Indig. Z& trad. Cultures & ways of life 原住民與傳統文化及生活方式
Peace & human mobility 和平與人類流動性	Armed conflicts 武裝衝突
	Involuntary (im)mobility 非自願(不)流動性

資料來源：整理自 IPCC AR6

表 3-6 臺灣之代表性關鍵風險下的關鍵議題

代 表 性 關 鍵 風 險	風險類別	關鍵議題：水資源領域		關鍵議題：農業領域		關鍵議題：生物多樣性領域	
		Flooding 洪水	Drought 乾旱	Soil salinization 土壤鹽化	Land erosion 土地侵蝕	Habitat Loss 棲息地喪失	Extinction risk 物種遷移或滅絕
低窪沿海系統	自然海岸保護與棲息地	沿海洪水造成沿海自然海岸與棲息地損壞		土壤鹽化削弱自然海岸保護，降低農田肥力，進而影響農作物產量和農業生態系統。	自然海岸侵蝕加劇：極端天氣引發的侵蝕破壞棲息地，導致沿海農地面積縮小，影響農業生產。	生態系統退化：棲息地喪失削弱自然海岸的生態功能，減少物種多樣性。	物種流失：棲息地破壞導致物種被迫遷移或滅絕，減少自然海岸的生物多樣性。(c.g. 珊瑚、海草床)
					農地品質下降：棲息地侵蝕破壞土壤結構，導致土壤退化，降低農地生產能力。		生態失衡：物種遷移或滅絕改變棲息地內生態結構，導致自然海岸生態系統失衡。
	生命、生計與福祉損失	沿海洪水造成沿海生命、生計與福祉的損失	乾旱造成沿海生命、生計與福祉的損失	土壤鹽化降低了農田的生產力，導致作物減產，直接影響農民的生計和福祉，進一步造成貧困加劇和社會經濟不穩定。	農地流失：由於土地侵蝕，農田面積逐漸縮小，部分耕地甚至可能完全喪失，這直接導致農作物的產量下降，進而影響農業生產和糧食供應。	生計崩潰：棲息地喪失破壞了依賴自然資源的生計來源，導致社區經濟衰退和福祉下降。	資源短缺：物種遷移或滅絕導致依賴這些物種的生計來源減少，影響當地居民的生活和經濟。

113 年氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用

代表性關鍵風險	風險類別	關鍵議題：水資源領域		關鍵議題：農業領域		關鍵議題：生物多樣性領域	
		Flooding 洪水	Drought 乾旱	Soil salinization 土壤鹽化	Land erosion 土地侵蝕	Habitat Loss 棲息地喪失	Extinction risk 物種遷移或滅絕
		海水倒灌導致養殖漁業損失 最嚴重的洪水風險等級位於彰化、雲林、嘉義和臺南的沿海鄉鎮	魚塭用水不足	農村人口流失：由於土壤鹽化使得農業生產難以為計，許多農民可能會被迫放棄他們的土地，尋求其他生計，這將導致農村人口流失，進一步削弱農村社區的穩定性和福祉。	土壤肥力降低：土地侵蝕會沖刷掉表層的肥沃土壤，導致土壤質量下降，肥力減弱，使得農作物生長受阻，進一步降低農地的生產力，長期而言可能使土地變得不適宜耕作。	健康風險增加：棲息地喪失削弱了自然屏障，增加了極端氣候事件的影響，從而提升了社區的健康風險。	文化衝擊：物種的消失改變了當地生態，破壞了與這些物種相關的傳統文化和社會結構。
	交通系統中斷	沿海洪水造成交通系統中斷		基礎設施劣化：土壤鹽化加速道路和橋梁等交通基礎設施的結構損壞和交通系統中斷。	道路崩塌：土壤侵蝕削弱地基穩定性，導致道路和橋梁結構損壞或崩塌，造成交通系統中斷。	基礎設施受損：棲息地喪失可能導致自然屏障減弱，增加洪水和風暴對交通基礎設施的破壞風險，進而引發交通系統中斷。	道路設計挑戰：隨著物種遷移或滅絕，生態環境變化可能要求重新考慮交通路線的設計，以避免進一步破壞剩餘的棲息地，導致交通規劃和運行更加複雜。
		港埠損傷		運輸能力下降：土壤鹽化影響沿海和低窪地區的土地穩定性，可能導致道路塌陷或損壞，進而減少交通系統的運輸能力。	基礎設施維護成本增加：土壤侵蝕加速道路的磨損和破壞，需要更頻繁的維護和修復，增加了交通系統的運行成本。	交通網絡脆弱化：棲息地喪失改變了地貌和水文條件，使交通網絡更易受到自然災害的影響，導致更頻繁的中斷和損害。	

代表性關鍵風險	風險類別	關鍵議題：水資源領域		關鍵議題：農業領域		關鍵議題：生物多樣性領域	
		Flooding 洪水	Drought 乾旱	Soil salinization 土壤鹽化	Land erosion 土地侵蝕	Habitat Loss 棲息地喪失	Extinction risk 物種遷移或滅絕
陸地與海洋生態系統	結構/功能的改變			農業生態系統退化：土壤鹽化導致農田的土壤肥力降低，使作物生長受阻，這不僅影響陸地農業生態系統的結構和功能，也可能導致更多農業化學品流入海洋，進一步污染海洋生態系統。	農業徑流增加海洋污染：土壤侵蝕會導致農業化學品隨泥沙流入海洋，改變海洋生態系統的結構和功能，增加海洋污染，並破壞海洋生物的棲息環境。	基因多樣性減少：棲息地喪失使得物種分布範圍縮小或被隔離，導致基因流動受阻，基因多樣性減少。這種改變使得物種更容易受到疾病、氣候變遷等環境壓力的影響，進一步削弱生態系統的調適能力。	生物多樣性熱點衰退：物種遷移或滅絕導致關鍵生物多樣性區域的衰退，減少區域內物種數量。
				沿海農業的生產力下降：土壤鹽化改變了沿海農業用地的生態系統結構，降低作物的產量，這不僅削弱了農業系統的永續性，也通過農業徑流增加了海洋生態系統的污染負荷。	棲息地喪失：土壤侵蝕造成農田周圍的植被和自然棲息地被破壞，這不僅影響農業生產，還改變了陸地和海洋之間的生態連接，使得更多的沉積物和污染物進入海洋，威脅海洋生物的生存環境。	物種遷徙路徑中斷：棲息地喪失改變了物種的自然遷徙路徑，使得許多物種無法在季節性或生態需求的驅動下進行遷徙，這進一步導致物種的繁殖成功率下降和種群數量減少，對生物多樣性構成嚴重威脅。	生態功能空缺：物種遷移或滅絕在生態系統中留下功能空缺，改變生態互動，影響整體生物多樣性。

113 年氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用

代 表 性 關 鍵 風 險	風險類別	關鍵議題：水資源領域		關鍵議題：農業領域		關鍵議題：生物多樣性領域	
		Flooding 洪水	Drought 乾旱	Soil salinization 土壤鹽化	Land erosion 土地侵蝕	Habitat Loss 棲息地喪失	Extinction risk 物種遷移或滅絕
生態系統物 資/服務的損 失	生態系統物 資/服務的損 失			生態服務減弱：土 壤鹽化削弱了陸 地和海洋生態系 統提供的關鍵服 務，如水質淨化和 土壤保護，進而影 響農業的可持續 性。	水源涵養能力減 弱：土壤侵蝕降低 了農田對水分的 保持能力，進而影 響地下水補給，削 弱了農業區域的 水源涵養功能，並 對海洋生態系統 造成影響。	物種繁殖障礙：棲 息地喪失使得許 多物種失去適宜 的繁殖環境，導致 繁殖率下降，從而 影響生物多樣性 和種群的永續性。	關鍵物種功能消 失：物種遷移或滅 絕導致生態系統 中的關鍵物種消 失，這些物種通常 在營養循環、能量 流動等生態系統 功能中扮演重要 角色，其消失會削 弱整個生態系統的 物資和服務供應
				營養循環中斷：土 壤鹽化改變了陸 地和海洋之間的 營養物質流動，導 致農業生態系統的 營養循環效率降 低，影響作物生 長和農業生產。		生態系統復原能 力降低：隨著棲息 地消失，生態系統 中重要的修復和 再生功能也受到 損害，這使得生態 系統在面對環境 壓力時更難以恢 復，進一步威脅生 物多樣性。	遺傳多樣性降低： 物種滅絕使得生 態系統中的遺傳 多樣性減少，削弱 了生態系統適應 環境變化的能力， 進而影響整體的 生物多樣性和系 統穩定性。
	自然海岸保 護與棲息地			土壤肥力下降	農作物減產	物種滅絕加速	生態穩定性減弱
	生物多樣性			土壤健康度下降	生態服務減少	基因多樣性減少	

代表性關鍵風險	風險類別	關鍵議題：水資源領域		關鍵議題：農業領域		關鍵議題：生物多樣性領域	
		Flooding 洪水	Drought 乾旱	Soil salinization 土壤鹽化	Land erosion 土地侵蝕	Habitat Loss 棲息地喪失	Extinction risk 物種遷移或滅絕
	喪失						
關鍵基礎設施、網絡與服務	損害與中斷	洪水造成關鍵基礎設施損害	乾旱造成關鍵基礎設施損害	灌溉系統受損：土壤鹽化可能導致灌溉系統的效率下降，因為含鹽量高的水會腐蝕管道和設備，增加維護成本並中斷農業用水的供應	農業基礎設施劣化：土壤侵蝕會破壞農業用地的穩定性，導致農田灌溉系統和排水設施的受損或中斷，進一步影響農業生產效率和農產品供應。	生物多樣性棲息地的分割：關鍵基礎設施(如能源供應設施或交通網絡)的損害和中斷會迫使新基礎設施的建設或現有設施的擴展，這可能導致棲息地的進一步分割和破壞，減少物種的遷移路徑，進而削弱生物多樣性。	物種適應能力下降：關鍵基礎設施的中斷可能導致環境條件突然改變，物種可能無法快速適應這些變化，導致遷移或滅絕的可能性增加，對生物多樣性構成長期威脅。
		洪水造成道路、鐵路中斷及橋梁沖刷	水力發電停擺	能源消耗增加：由於土壤鹽化，農業需投入更多的資源來改良土壤或提供淡水灌溉，這會導致農業生產中能源消耗增加，進一步加劇能源基礎設施的負荷，並可能導致供應中斷。	能源供給中斷：土壤侵蝕可能影響農業領域的關鍵能源基礎設施，如供電設備或能源管道的地基穩定性，導致能源供應中斷，進而影響農業機械的運行和農產品的加工運輸。	生態連鎖反應：基礎設施損害或中斷可能引發對棲息地的大規模重建或修復，這些活動可能對生物多樣性造成干擾，改變生態系統結構，導致某些物種的數量減少或局部滅絕，進一步破壞生態系統的平衡。	

113 年氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用

代 表 性 關 鍵 風 險	風 險 類 別	關鍵議題：水資源領域		關鍵議題：農業領域		關鍵議題：生物多樣性領域	
		Flooding 洪水	Drought 乾旱	Soil salinization 土壤鹽化	Land erosion 土地侵蝕	Habitat Loss 棲息地喪失	Extinction risk 物種遷移或滅絕
	造成生命、生計、經濟損失	洪水造成關鍵基礎設施損害造成生命、生計、經濟的損失	水力發電減少	資源效率下降：土壤鹽化影響農業生產，進而增加食品和生物燃料生產的壓力，使能源供應系統更依賴進口資源或替代資源，增加成本並降低資源利用效率，影響產業的永續性。	基礎設施受損：土壤侵蝕削弱地基穩定性，可能導致道路、橋梁等農業基礎設施受損，進而中斷農產品的運輸，影響經濟活動和生計。	資源依賴性增加：由於棲地喪失造成生物多樣性減少，維生基礎設施和能源供應系統可能變得更加依賴單一或有限的自然資源，增加了供應鏈的脆弱性，並可能導致成本上升和資源短缺的風險。	生態服務減少：物種遷移或滅絕導致生態系統服務下降，對經濟和能源供應鏈造成損失。
生活水準	綜 合 經 濟 影 響	洪水造成整體經濟的損害	供水不足造成整體經濟的損害	生活成本增加：隨著農業生產力下降，糧食價格上漲，居民的基本生活成本增加，壓縮家庭可支配收入，降低生活品質。	地價下跌：土地生產力下降導致地價減少，影響土地所有者的財務狀況。	資源供應不穩：棲地喪失導致生物多樣性減少，進而削弱自然資源的穩定供應，影響能源和原材料的永續性。	資源可用性下降：物種遷移或滅絕削弱了自然資源的永續供應，影響能源和原材料的獲取，進而提高成本。

代表性關鍵風險	風險類別	關鍵議題：水資源領域		關鍵議題：農業領域		關鍵議題：生物多樣性領域	
		Flooding 洪水	Drought 乾旱	Soil salinization 土壤鹽化	Land erosion 土地侵蝕	Habitat Loss 棲息地喪失	Extinction risk 物種遷移或滅絕
		洪水對(產業)的衝擊		公共健康風險上升：土壤鹽化導致的水質惡化可能影響居民的飲水安全和衛生條件，增加公共健康風險，對生活水準造成負面影響。	移民壓力增加：農民遷移加劇城市壓力，影響居民生活品質。	成本上升：由於生態系統服務減少，企業和產業可能需要投入更多資源來替代這些服務，增加生產和運營成本，進一步影響生活水準。	生態系統服務減少：物種的消失導致生態系統服務減弱，增加企業運營成本，進一步影響居民的生活水準。
	生計喪失	洪水造成生計喪失	供水不足造成生計喪失	農業生產力下降：土壤鹽化導致農作物減產，直接影響農民的收入，進一步導致生計喪失。	土地可用性減少：土壤侵蝕使得農地面積減少，導致更多農民失去可耕作的土地，這增加了農村地區的經濟壓力，並可能迫使居民尋找其他生計。	就業機會減少：隨著棲地喪失，與生物多樣性相關的產業(如生態旅遊、漁業、農業)的就業機會減少，導致當地居民的生計受損，生活水準下降。	依賴自然資源的生計受損：物種遷移或滅絕導致自然資源減少，影響依賴這些資源的產業(如漁業、農業)，導致生計喪失。
		水災造成房屋損失		經濟壓力增加：農業收入下降迫使家庭尋找其他收入來源或遷移，這增加了經濟壓力並可能導致生活水準的進一步下降。		外部依賴性增加：隨著本地資源枯竭，社區可能變得更加依賴外部資源和援助，這會增加生活成本並削弱經濟自主性，進一步影響生計和生活品質。	社區經濟脆弱性增加：隨著物種消失，與這些物種相關的生態服務減少，導致社區經濟活動減少，進一步加劇生計喪失的風險。

113 年氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用

代表性關鍵風險	風險類別	關鍵議題：水資源領域		關鍵議題：農業領域		關鍵議題：生物多樣性領域	
		Flooding 洪水	Drought 乾旱	Soil salinization 土壤鹽化	Land erosion 土地侵蝕	Habitat Loss 棲息地喪失	Extinction risk 物種遷移或滅絕
	貧困加劇	洪水造成人民貧困加劇	供水不足造成貧困	農業收入下降	生活成本上升	資源減少	就業機會減少
				食品價格上漲	農業收入減少	生態服務減弱	社會經濟結構受損
人類健康	熱相關死亡率			勞動力健康下降：土壤鹽化導致農業生產效率降低，農民可能需要在更高溫度和更艱苦的環境下工作，這增加了中暑和其他熱相關健康問題的風險，從而可能提高熱相關死亡率。	熱壓力增加：土壤侵蝕導致農業生產減少，可能會迫使農民在更高溫度下工作，增加熱壓力，這可能導致中暑或與高溫相關的健康問題。	自然屏障減少：棲地喪失削弱了森林和綠地等自然屏障，導致城市熱島效應加劇，增加熱相關疾病和死亡率。	熱浪強度增加：生物多樣性減少削弱了生態系統的溫度調節功能，導致局部氣溫升高，增加熱相關死亡率。
							健康風險上升：物種滅絕改變了生態系統結構，削弱了自然環境對極端溫度的緩衝作用，特別是在城市地區，增加了居民的熱相關健康風險。

代表性關鍵風險	風險類別	關鍵議題：水資源領域		關鍵議題：農業領域		關鍵議題：生物多樣性領域	
		Flooding 洪水	Drought 乾旱	Soil salinization 土壤鹽化	Land erosion 土地侵蝕	Habitat Loss 棲息地喪失	Extinction risk 物種遷移或滅絕
	病媒蚊疾病	洪水造成病媒蚊相關疾病		農業生態系統改變：土壤鹽化導致農田的水分管理和植被結構發生變化，可能為病媒蚊的繁殖提供有利條件，增加蚊媒疾病的風險。	積水環境增加：土壤侵蝕可能導致農田和鄉村地區的地貌改變，形成更多的低洼和積水區，這些積水區成為蚊蟲的理想繁殖地，從而增加病媒蚊疾病(如登革熱、茲卡病毒等)的風險。	人類暴露增加：隨著棲地的喪失，人類居住區與病媒蚊的棲息地之間的界限變得模糊，增加了人類接觸病媒蚊並感染疾病的風險。	病媒蚊數量增加：物種遷移或滅絕可能打破生態平衡，減少天敵，導致病媒蚊數量增加，進而提高與病媒蚊相關疾病的風險。
		登革熱		棲息地改變：鹽化土壤改變了農業區域的水體和濕地環境，這可能促使病媒蚊更容易找到適合繁殖的棲息地，進一步增加傳播疾病的風險	農村衛生條件惡化：土壤侵蝕降低了農業生產力，可能導致農村經濟困難，進而影響到公共衛生基礎設施的維護和建設。衛生條件惡化可能進一步增加病媒蚊疾病的傳播機率。		疾病傳播範圍擴大：隨著物種遷移，病媒蚊可能進入新的地區，擴大疾病的傳播範圍，對公共健康構成更大威脅。
	水媒疾病	洪水造成水媒疾病		水質惡化：土壤鹽化會增加灌溉水和地表水中的鹽分，這可能導致水	飲用水源污染：土壤侵蝕會導致泥沙和污染物進入地下水和表面水	病媒生物增多：棲地喪失削弱了生態系統中自然捕食者的數量，導致	疾病傳播途徑改變：物種遷移或滅絕可能改變生態系統中病原體的

113 年氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用

代 表 性 關 鍵 風 險	風 險 類 別	關 鍵 議 題：水資源領域		關 鍵 議 題：農業領域		關 鍵 議 題：生物多樣性領域	
		Flooding 洪水	Drought 乾旱	Soil salinization 土壤鹽化	Land erosion 土地侵蝕	Habitat Loss 棲息地喪失	Extinction risk 物種遷移或滅絕
				質下降，增加水媒疾病的風險，特別是在飲用水供應系統中。	源，這可能污染飲用水，增加水媒疾病的傳播風險。	病 媒 生 物 (如 蚊 子、蝨子)數量增加，這可能引發更多的水媒疾病爆發。	分布，增加或減少水媒疾病的傳播風險。例如，某些捕食者或寄生物的減少可能導致病媒物種的數量增加，進而提高水媒疾病的傳播風險。
		感染鈎端螺旋體風險 (Watson et al., 2007) 志 賀 桿 菌 病 (Chen et al., 2022)		農業污染增加：鹽化土壤可能導致農業化學品的使用增加，如肥料和農藥，這些化學品可能進一步污染水源，增加水媒疾病的風險。			

代表性關鍵風險	風險類別	關鍵議題：水資源領域		關鍵議題：農業領域		關鍵議題：生物多樣性領域	
		Flooding 洪水	Drought 乾旱	Soil salinization 土壤鹽化	Land erosion 土地侵蝕	Habitat Loss 棲息地喪失	Extinction risk 物種遷移或滅絕
糧食安全	生態系統服務供應減少	洪水造成糧食減產	農業乾旱	土壤肥力減退：土壤鹽化破壞了土壤結構和養分循環，減少了農作物生長所需的關鍵生態系統服務，導致農業產量下降，影響糧食安全。	土壤肥力下降：土壤侵蝕破壞了土壤結構和養分含量，減少了農田的生產力，導致農業生態系統無法提供穩定的糧食供應。	作物多樣性減少：棲地喪失削弱了維持作物多樣性的自然環境，導致農業系統過度依賴單一作物品種，這會增加糧食系統的脆弱性，特別是在面對病蟲害和氣候變遷時。	授粉服務減少：物種遷移或滅絕導致授粉者數量減少，這直接影響農作物的產量，進而影響糧食安全。
			農業部門因應乾旱調適策略，公布 11 項易受缺水衝擊的乾旱高度敏感作物（包括梨、茶、短期葉菜、竹筍、梅、枇杷、菊花、草莓、西瓜、百合及其他類等）	水質惡化：土壤鹽化還可能影響水質，降低灌溉水的質量，進一步削弱農業生態系統的服務能力，導致糧食生產的永續性受到威脅。	水質和水資源減少：土壤侵蝕會導致更多的土壤顆粒進入水體，污染水源，影響灌溉和飲用水質，進一步削弱了生態系統支持農業生產的能力。	養分循環受阻：棲地喪失打破了自然養分循環的平衡，導致土壤中的養分供應減少，影響農作物的生長和糧食產量，進而威脅糧食安全。	土壤健康惡化：隨著物種遷移或滅絕，參與養分循環和土壤維護的生物數量減少，這會降低土壤健康，影響農業生產力和糧食供應。

113 年氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用

代 表 性 關 鍵 風 險	風險類別	關鍵議題：水資源領域		關鍵議題：農業領域		關鍵議題：生物多樣性領域	
		Flooding 洪水	Drought 乾旱	Soil salinization 土壤鹽化	Land erosion 土地侵蝕	Habitat Loss 棲息地喪失	Extinction risk 物種遷移或滅絕
	飢餓增加	洪水造成糧食減產	農業乾旱糧食減產	作物減產：土壤鹽化導致農田肥力下降，作物生長受阻，產量減少，這直接影響糧食供應，增加飢餓風險。	農業生產中斷：土壤侵蝕使得農業生產變得不穩定，特別是在雨季或乾旱季節，導致持續的糧食減產，從而進一步增加飢餓風險。	自然資源匱乏：隨著棲地喪失，依賴自然資源的農業活動減少，特別是對依賴生物多樣性維持的農業系統，這進一步推動了糧食供應的減少，導致飢餓問題加劇。	食物鏈中斷：物種的消失改變了食物鏈，減少了可食用物種的數量，進一步導致糧食供應不足，特別是在依賴生態系統多樣性的地區，這會加劇飢餓問題。
			水稻減產	食物價格上漲：由於作物產量減少，市場上糧食供應不足，導致食品價格上升，特別是在貧困地區，這將進一步加劇飢餓問題。			

代表性關鍵風險	風險類別	關鍵議題：水資源領域		關鍵議題：農業領域		關鍵議題：生物多樣性領域	
		Flooding 洪水	Drought 乾旱	Soil salinization 土壤鹽化	Land erosion 土地侵蝕	Habitat Loss 棲息地喪失	Extinction risk 物種遷移或滅絕
水資源安全	缺水	洪水損壞供水系統造成缺水	乾旱減少供水量	灌溉需求增加：土壤鹽化使得作物需更多淡水來沖淡鹽分，這會加劇農業用水需求，進一步加重缺水問題，特別是在乾旱地區	地下水補給減少：土壤侵蝕加速表土流失，使得土壤難以保持水分，削弱了地下水補給的能力，進而導致水資源可用性下降，加重缺水情況。	物種滅絕風險增加：隨著棲地喪失和水資源短缺，許多物種無法獲得充足的水分，生存壓力增大，這增加了物種滅絕的風險，進一步削弱生態系統的穩定性。	物種競爭加劇：缺水導致水資源稀缺，物種之間為有限的水源展開更激烈的競爭，進而加速部分物種的遷移或滅絕，這進一步削弱了生物多樣性。
				水資源品質下降：鹽化土壤會導致更多的鹽分進入地下水或地表水體，進一步污染水源，降低水資源的品質，進而影響水資源安全。			繁殖失敗：缺水會影響某些物種的繁殖周期和棲息地質量，導致物種數量減少或繁殖失敗，進一步加劇物種滅絕風險，影響生態平衡。
	水相關災害	洪水造成各種損失		地下水鹽分積累	加劇侵蝕風險	水質惡化	水生生態系統退化：物種遷移或滅絕改變了水生生態系統的結構與功能，進一步影響水質調節和水資源循環，降低整體生態系統的健康狀況。

113 年氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用

代表性關鍵風險	風險類別	關鍵議題：水資源領域		關鍵議題：農業領域		關鍵議題：生物多樣性領域	
		Flooding 洪水	Drought 乾旱	Soil salinization 土壤鹽化	Land erosion 土地侵蝕	Habitat Loss 棲息地喪失	Extinction risk 物種遷移或滅絕
		高齡居民避水災不易		水資源管理挑戰增加	灌溉系統破壞	物種遷移或滅絕	棲息地破壞：水相關災害(如洪水或乾旱)導致棲息地的快速變化，使得物種無法適應，進而引發遷移或滅絕，削弱當地生物多樣性。
	原住民與傳統文化及生活方式	洪水造成原住民與傳統文化及生活方式的衝擊		傳統農業受損	傳統農業技術失效	文化依賴的自然資源減少	食物來源減少
				水資源衝擊	文化損失		生計受損
和平與人類流動性	武裝衝突			人類流動性增加	土地競爭加劇	資源枯竭	物種保護力度減弱
	非自願(不)流動性			資源衝突增加	糧食安全惡化	遷徙路徑阻斷	人類流動加劇生態壓力

註：水資源、農業、生物多樣性為例

表 3-7 工作坊取得之氣候風險案例資訊

治理組織	歷史災害事件	保全對象	氣候因子(CIDs)	非氣候因子	暴露因子	脆弱度因子
中油事業部	淹水	油槽輸油泵	豪大雨與洪水，熱帶氣旋，沿海侵蝕		地形、淹水延時	使用年限、腐蝕、對於輸油之重要性(斷油)
第一河川分署	淹水/洪水	河道附近居民	豪大雨與洪水，熱帶氣旋	河床或堤防穩定度、人為活動(e.g. 工程)、中央主管機關的政策	地理位置：洪水頻發區、低窪地區、工程規模：太大、太長、時間因素：汛期	基礎設施(堤防)老舊、民眾撤離的應對、工作人員技術及經驗不足、防災/救災資源不足
鐵路業務單位	極端降雨	鐵軌	豪大雨與洪水，熱帶氣旋	區域排水	高程(路堤、路塹)、面積(範圍)	土壤結構(排水性)、替代道路
鐵路業務單位	極端降雨	車站	平均降雨，熱帶氣旋	排水設計不良、排水設施失能	位於低窪地區	淹水潛勢高、防災認知
鐵路業務單位	極端降雨	地下車站	豪大雨與洪水	區域排水功能	地下車站站體結構、強降雨延時	易淹水地區、地層下陷、抽水設備完善度、電力設備
交通部	豪大雨淹水	蘭陽大橋	河川洪水，豪大雨與洪水，熱帶氣旋	泥沙淤積	宜蘭市五結鄉間	基座高度、橋齡
教育處	颱風	學校環境	平均風速，熱帶氣旋	建物設施、樹木	學校所在地、颱風警報發布時間、樹木修剪時機	樹木修剪耐用度、學校行政人員應對能力
中央氣象署	颱風	農業氣象站	極端風暴，熱帶氣旋	周圍物體如樹木等是否堅固	農業氣象站的位置含高度、地形	農業氣象站儀器的堅固程度
經濟部國營司	颱風淹水	關鍵基礎設施	豪大雨與洪水，熱帶氣旋	地形、排水設施	設施位置、地形、淹水延時	排水設施維護、擋水設施

113 年氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用

農業部	颱風暴雨	洋蔥作物	豪大雨與洪水，熱帶氣旋	栽培模式、排水能力	育苗栽培、土地地形造成崩塌、幼苗淹死	育苗延後，導致採收期延後，遇高溫產量降低
國土署	暴雨	高山聚落	豪大雨與洪水，熱帶氣旋	山崩地滑、土石流	山坡地、建物	人/電力設備、聯外道路
國環院	暴雨	社區民眾	平均降雨，豪大雨與洪水，極端風暴，熱帶氣旋	人為開發、地質、迅波災害	地理位置、地形	危害示警、水質惡化(濁度增加)、水土保持
宜蘭縣海洋及漁業發展所	暴雨淹水	魚塭	河川洪水，豪大雨與洪水，熱帶氣旋，沿海洪水	閘門設備老舊、管線洩水不及	沿海區域或河川、漁獲收成時間點	魚種、堤岸高度、漁民的應對能力
環興公司	暴雨淹水	機房設備	豪大雨與洪水，熱帶氣旋	大樓設施排水能力	機房設備的位置(樓層)	機台有無防水、機台資料能否轉移、備份
中油公司	暴雨淹水	加油站	豪大雨與洪水，熱帶氣旋	排水不良	加油站所在地形(位置)、淹水延時	設計參數
農業部	暴雨淹水	農作物	平均降雨，熱帶氣旋	栽培設施、排水系統、知能	地理區位、栽培時間	農作物耐淹程度

註：部分擷取水資源相關為例

(2) 氣候風險因子

本計畫採用基於氣候調適演算法中為解構氣候風險因子而開發的氣候風險模板，來延伸發展出複雜氣候風險評估系統。氣候實體風險模板以 IPCC AR5 氣候風險定義為危害、暴露、脆弱度三者疊加的綜合性風險所開發之用於描述氣候風險因子關聯的工具。細究各類「氣候」風險皆是由氣候變遷導致的大氣物理變化所直接產生的危害，或是對環境、社會、經濟產生衝擊而間接形成的危害，而暴露及脆弱度皆是與危害的關聯而導致不同程度的風險，換句話說暴露與脆弱度應表為危害的函數。因此，本計畫採取「危害導向」的策略模擬，透過掌握危害資訊，以氣候相關危害如何過渡到非氣候危害的關聯，尋找危害系統中的槓桿點，其可為首要關鍵議題，為其制定良好的調適規劃以降低未來氣候風險。

治理層級	氣候因子	非氣候因子	危害
關鍵議題	CIDs： 氣候因子	治理組織外部之非氣候因子（取自資料庫及使用者提供）	UNDRR HIPs： 危害與致災門檻
	暴露因子		暴露
保全對象	時間分布因子 空間分布因子 （取自資料庫及使用者提供）		保全對象的時空分布
	脆弱度因子		脆弱度
實體風險	敏感度 調適力 （取自資料庫及使用者提供）		保全對象受危害影響的脆弱度

圖 3-18 氣候實體風險模板關係圖

圖片來源：Tung et al., 2019(本計畫重繪)

由圖 3-18 所示，氣候風險因子可以分為危害因子、暴露因子與脆弱度因子，由於氣候因子與危害間的物理關係不會隨時空而變，故在此導入 IPCC AR6 中的氣候影響驅動因子(Climate Impact Drivers, CIDs)(Ruane et al., 2022)作為危害的「氣候因子」驅動力，以更好地連結氣候變遷物理現象與調適工作。並且導入由聯合國減少災害風險辦公室 (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, UNDRR) 的危害資訊簡介 (Hazard Information Profiles, HIPs) (Murray et al., 2021)，所提供的全球性危害定義與分類審查技術報告作為氣候風險「危害因子」的依據，藉此整合氣候

風險評估與防減災工作，以作中長期氣候調適規劃，也降低使用者在進行氣候風險評估的門檻。

表 3-8 HIPs 收錄之水相關危害

HIPs 編號	危害名稱
MH0004	Coastal Flood 沿岸洪水
MH0005	Estuarine (Coastal) Flood 沿岸洪水
MH0006	Flash Flood 暴洪
MH0007	Fluvial (Riverine) Flood 河川洪水
MH0008	Groundwater Flood 地下水洪水
MH0009	Ice-Jam Flood Including Debris 包括碎片在內的冰塞洪水
MH0010	Ponding (Drainage) Flood 積水(排水)洪水
MH0011	Snowmelt Flood 融雪洪水
MH0012	Surface Water Flooding 地表洪水
MH0013	Glacial Lake Outburst Flood 冰湖潰決洪水
MH0033	Acid Rain 酸雨
MH0034	Blizzard 暴風雪
MH0035	Drought 乾旱
MH0036	Hail 冰雹
MH0037	Ice Storm 冰風暴
MH0038	Snow 雪
MH0039	Snow Storm 暴風雪

資料來源：本計畫整理

暴露分為時間與空間兩個維度，隨危害的特性而定，如乾旱肇因於連續不降雨，而突發性的極端高溫可能在短短一、兩日之內即造成重大風險。脆弱度因子更是具有因地制宜、因人(保全對象)而異的特性，僅能提供常見的保全對象之脆弱度因子供初步評估，如民眾的年齡與收入、作物的耐旱程度等等，將會於計畫後續發展詳加說明暴露與脆弱度因子的內容。

(3) HIPs 底層系統，掌握系統性風險

本計畫透過危害為節點，呈現其實體影響關聯的因果循環圖實現系統性地理解氣候危害之複雜性。HIPs 為全球危害提供充足的資訊及數據，然而目前尚未依此更進一步進行危害間的連結研究，技術報告也建議發展危害資訊系統及呈現危

害的級聯效應。本計畫利用系統動力學來彌補 HIPs 的此一缺口，加強對 HIPs 提供的全球性危害的整體理解。

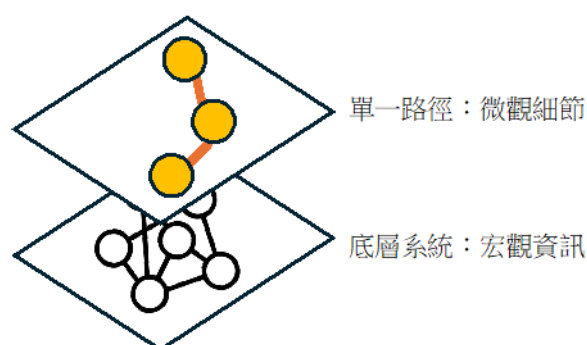


圖 3-19 HIPs 系統示意圖

圖片來源：本計畫繪製

底層系統就像是一張能夠幫助了解全貌的地圖底圖，由模型結構決定使用者需求相應的行為，藉以判斷決策的可靠性，屬於 Top-down 視角提供之宏觀資訊。過去進行氣候風險評估時，仰賴特定地區的歷史危害事件資訊，然而氣候變遷下未來可能發生未曾於特定區域發生的危害事件，透過 HIPs 底層系統，藉鑒其他地區的歷史危害，可掌握基於大氣物理與化學特性的普遍性衝擊，防範於未然。除此之外，在此底層系統上可以再加上不同案例圖層，透過研究案例來描述危害影像之因果路徑，從良好的系統結構中找尋關鍵槓桿點。

因此，本計畫參考 Deegan (2019) 利用編碼的方式進行 UNDRR HIPs 文本分析，以 R 語言建構基於證據的因果循環圖 (Causal Loop Diagram, CLD) 作為策略模擬的底層系統，以了解危害間的級聯和複合效應。危害通常是多個交互作用變數的結果，系統動力學允許對各種因素相互關聯的複雜系統進行建模，強調回饋循環的特性，對於理解危險系統內的強化或平衡過程至關重要。水資源相關危害系統為例，首先辨識 HIPs 收錄之危害清單中屬於水相關危害如表 3-8，涵蓋了降水(降雨、降雪)相關，以及水資源的洪水、乾旱兩大類危害。

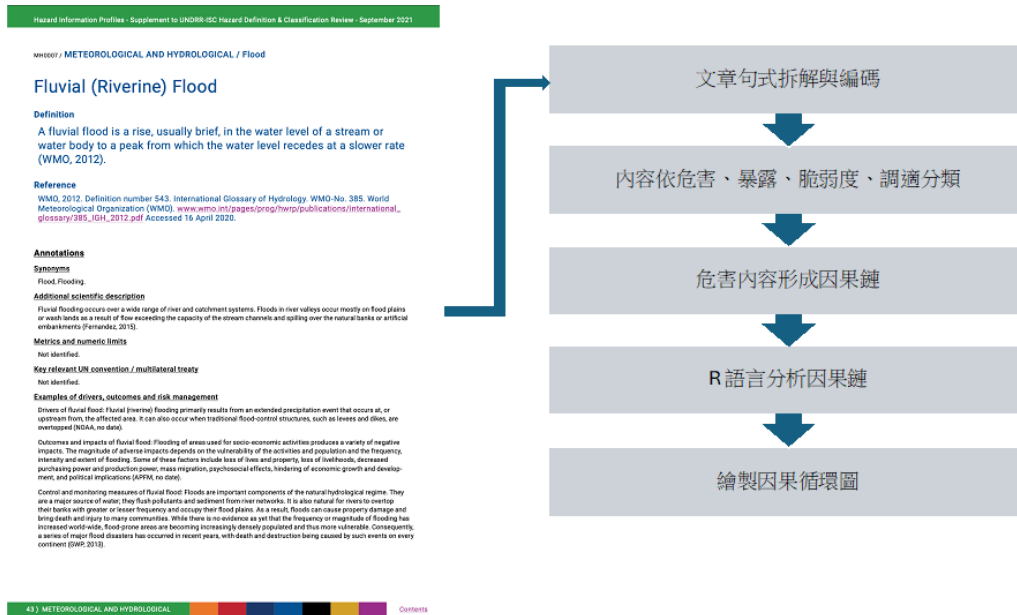


圖 3-20 UNDRR HIPs 因果循環圖繪製流程

透過辨識 HIPs 的氣候相關危害，以連結 CIDs，了解氣候變項可能產生的危害，以及危害之間的關聯(interlinkage)，可以幫助辨識該地氣候變遷趨勢變化，可能會帶來什麼危害，以及危害發生時，有可能產生的連鎖效應，或是多重危害同時發生時的複合風險。圖 3-21 為水資源領域危害因果循環圖，作為複雜氣候風險評估系統的底層系統，提供水資源氣候相關危害的影響範疇，利用原因樹 (Cause Tree)、用途樹 (Use Tree) 看特定危害影響的上下游因果關係，藍色箭頭表正影響，紅色箭頭則是負影響。

圖 3-22 與圖 3-23 分別為乾旱與洪水的原因樹，可判斷其驅動因子：造成乾旱的原因較為單純，皆與氣候與環境因子相關，而洪水則是受到多因子影響，CID 較乾旱來得多，因此需要觀測之氣候因子來評估洪水危害發生機率就比乾旱來得更多，且不止受到氣候及環境因子的影響，洪水也可能受到技術危害(水壩潰堤)、社會制度(不當土地規劃)，成因更加複雜的時候，需考量的調適缺口便更多。其中降雨 (precipitation) 便是 CID 影響同時影響洪水與乾旱的 CID，因此後續風險管理時，便可以降雨趨勢變化來判斷乾旱及洪水的發生。圖 3-24 及圖 3-25 分別為乾旱與洪水的用途樹，可以判斷危害造成的影響：兩者造成的大多都是負面影響，且涵蓋的複合風險甚廣，從社會、技術到健康等，且都會造成水資源供應不足這條路徑所間接影響的疾病、死傷可能會對整體社會造成更大的衝擊，因此在討論氣候變遷下的健康風險時，調適選項也須將健全的水資源供應規劃或技術列入評估範疇，而非只有統整健康醫療服務相關的調適選項。

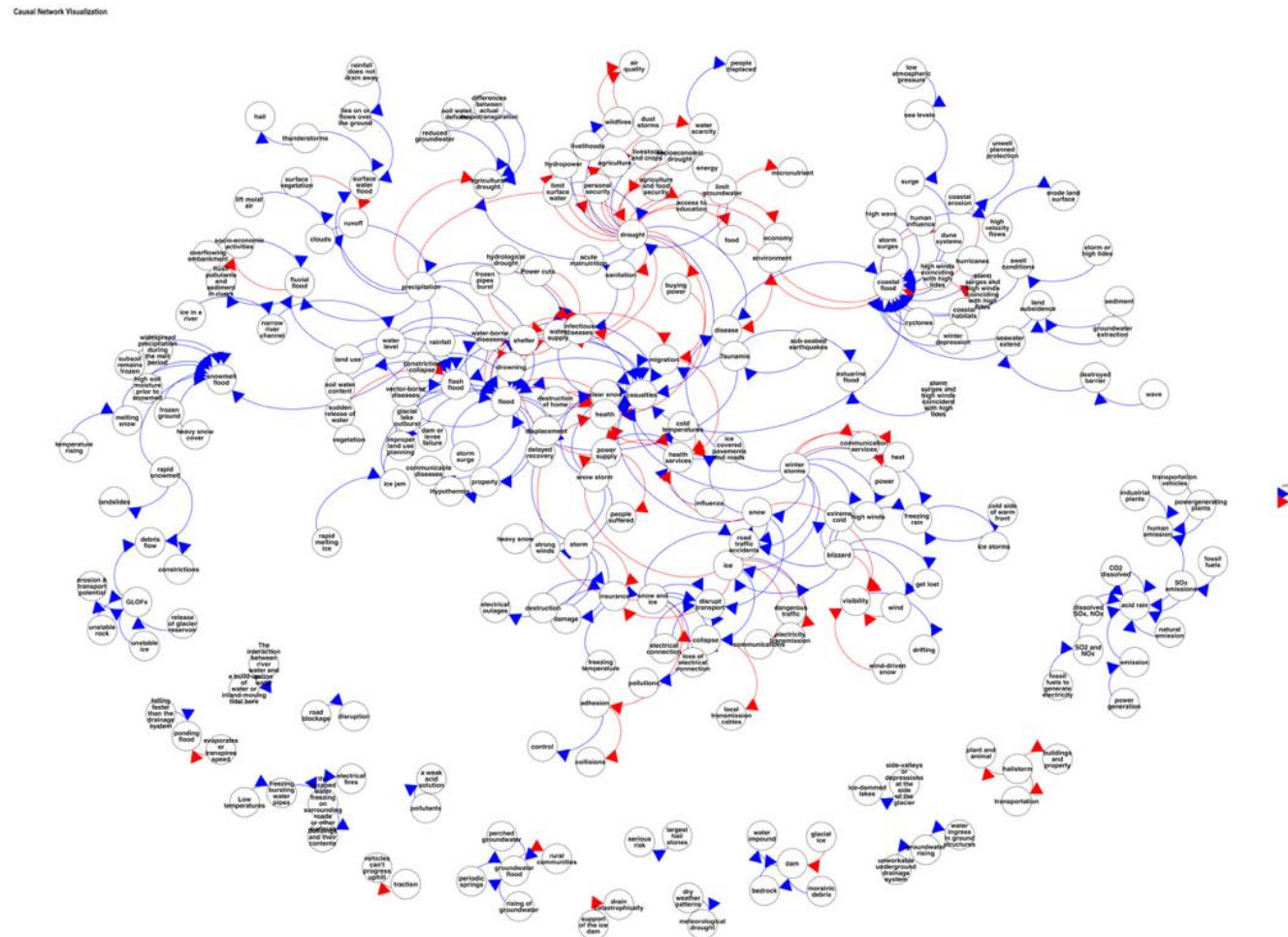


圖 3-21 水相關危害之因果循環圖

圖片來源：本計畫繪製

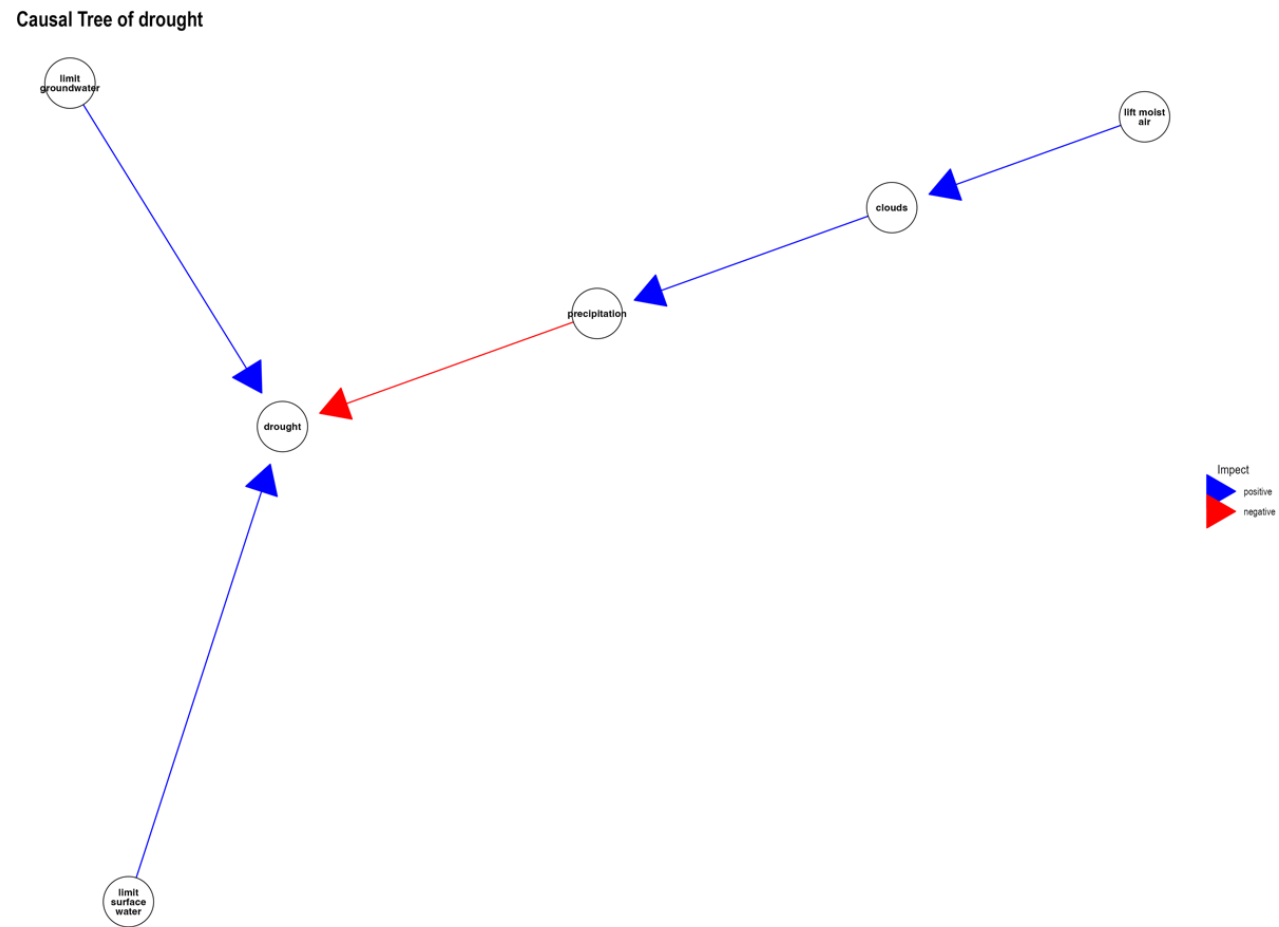


圖 3-22 乾旱危害的原因樹

圖片來源：本計畫繪製

Causal Tree of flood

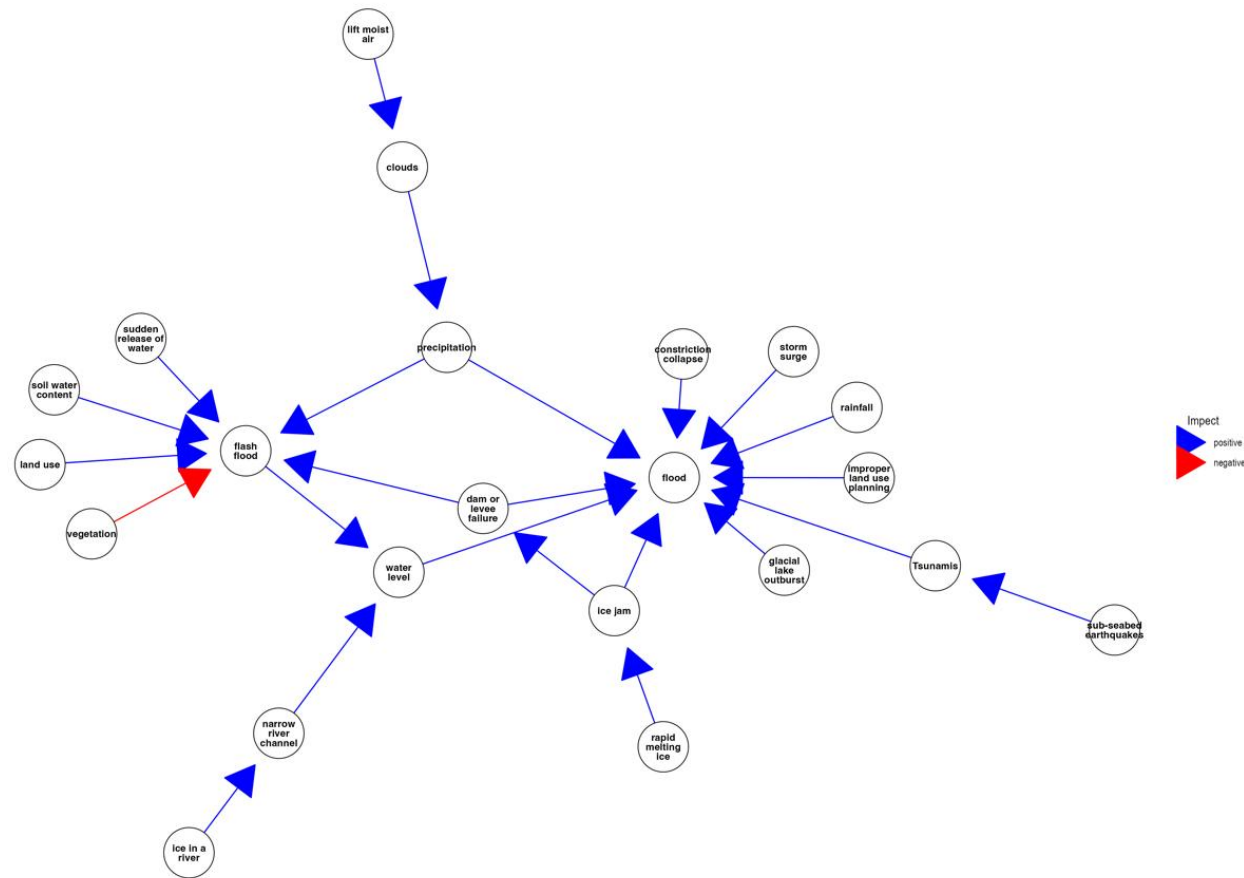


圖 3-23 洪水危害的原因樹

圖片來源：本計畫繪製

Use Tree of drought

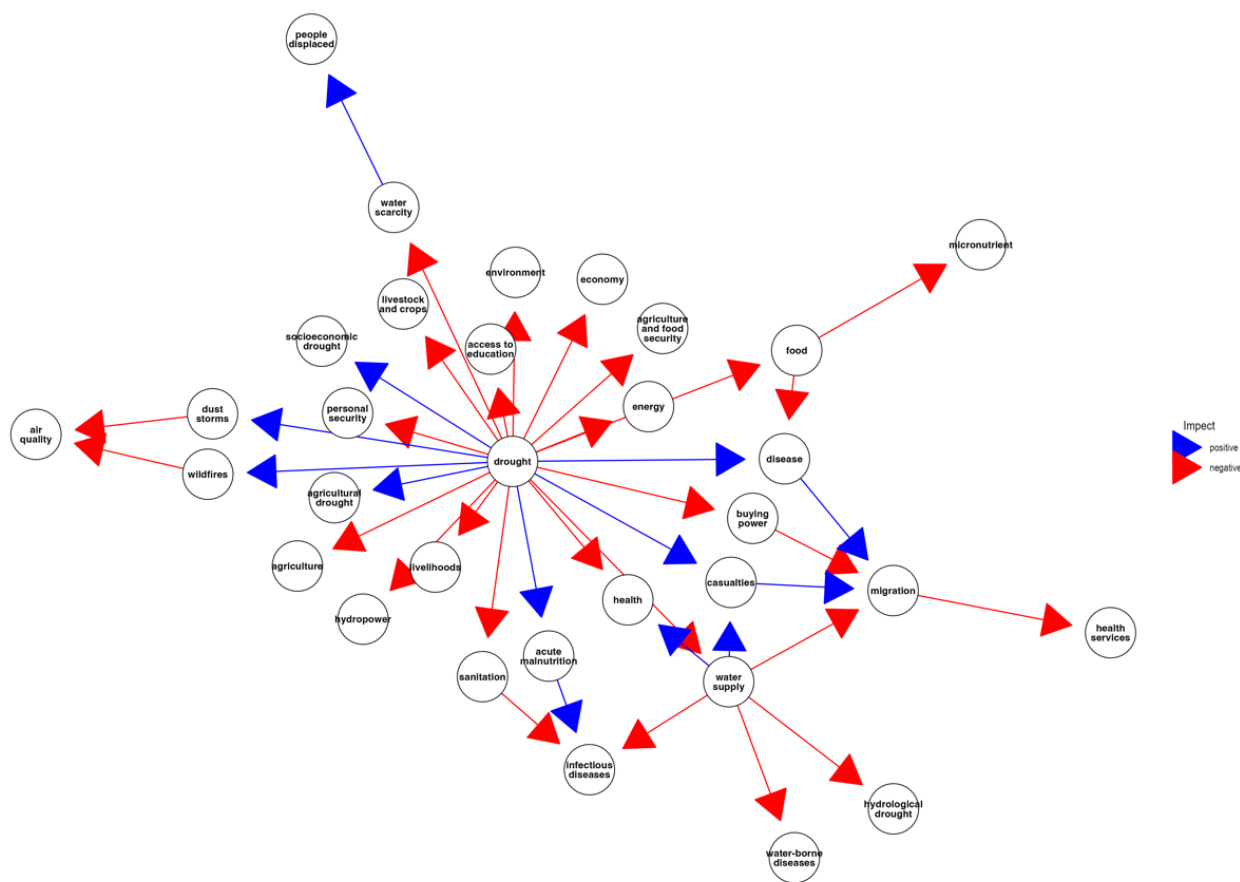


圖 3-24 乾旱危害的用途樹

圖片來源：本計畫繪製

Use Tree of flood

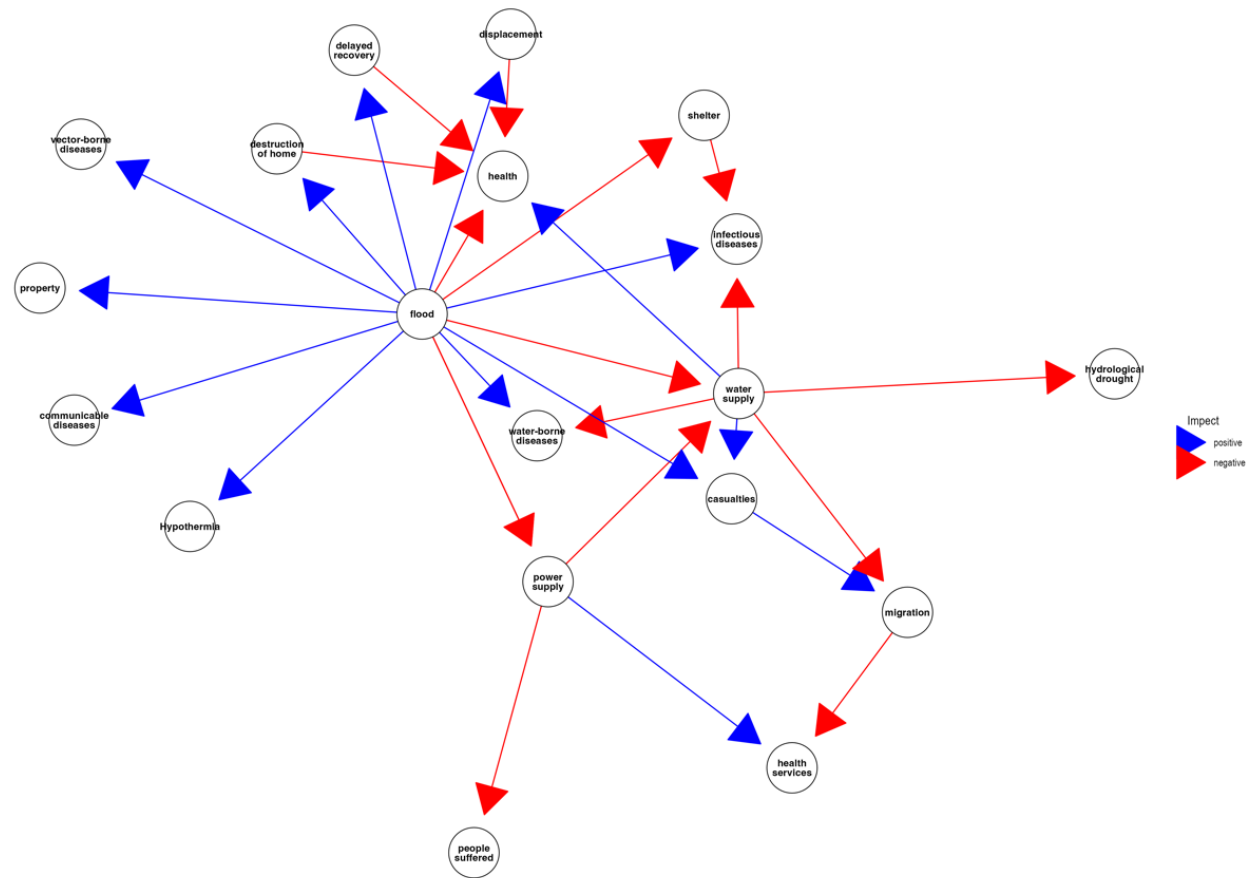


圖 3-25 洪水危害的用途樹

圖片來源：本計畫繪製

4. 跨領域氣候風險評估示範案例及系統操作說明

本節將說明本階段設計開發的跨領域氣候風險評估及其調適策略模擬之操作過程與成果，提供後續管理與執行團隊參考，以持續擴張資料庫及完善系統工具。跨領域氣候風險評估及其調適策略模擬對應前述氣候調適六步驟中的第一到四步驟，前述內容提供單一氣候風險評估的基礎，而本研究則是在此基礎之上，以每一個單一氣候風險對應的氣候風險模板作為組塊，在宏觀的複雜風險間的互動性上，進一步分析微觀的各風險間的風險因子互動與關聯分析。跨領域風險評估操作流程為：

- I. 範疇界定
- II. 建立風險模板
- III. 強化風險因子分析
- IV. 建立跨領域關係矩陣
- V. 建立與驗證跨領域評估模式
- VI. 跨領域調適應用

以下簡述操作跨領域氣候風險評估工具的步驟，最後提供實際案例，展示使用者操作介面及相關資訊：

(1) 範疇界定

使用者手動填入治理組織與保全對象，並且以搜尋關鍵字及點選的方式，選擇關鍵議題。例如搜尋「洪水」，系統便會在臺灣的關鍵議題資料庫(表 3-6)中搜尋與洪水相關的選項，使用者便可以在操作介面中用點選的方式選擇想要進行評估的關鍵議題，在此以「洪水造成關鍵基礎設施損害造成生命、生計、經濟的損失」為關鍵議題案例。倘若資料庫中沒有相對應的資料，則可選擇用手動填寫的方式輸入。

圖 3-26 使用者操作介面(步驟一：範疇界定)

(2) 建立風險模板

根據使用者提供的資訊，系統將透過後端的策略模擬系統及資料庫中關鍵議題「洪水造成關鍵基礎設施損害造成生命、生計、經濟的損失」所對應的危害事件「洪水 flood」，並且自動帶出其對應的危害因子，包括代表氣候因子的 CIDs「Heavy precipitation and pluvial flood 強降水和洪澇災害」及非氣候因子，然而非氣候因子亦具因地制宜的特性，所以需從案例資料庫(表 3-7)中取得可能的非氣候因子，輔以使用者手動輸入，回饋進資料庫建立新的案例。

圖 3-27 提供氣候風險因子之操作介面

與此同時，使用者介面將會呈現 HIPs 的因果循環圖，系統畫面中會呈現 flood 的使用樹，並且呈現 3~4 個歷史案例，提供使用者了解洪水可能會造成複雜氣候風險，需強調的是，複雜風險中的每一個特定的風險議題都需要獨立一個氣候風險

模板。本系統會提供歷史案例供使用者參考，且點選歷史案例可以看到各個危害事件及其暴露與脆弱度因子，參考歷史事件的氣候風險模板的同時(主要是不同地區、保全對象的非氣候因子、脆弱度及暴露條件不同)，使用者可以直接點選針對其欲評估的關鍵議題所適用的非氣候因子、脆弱度及暴露因子，取代全部手動填寫，以降低使用者填寫的知識與技術門檻。

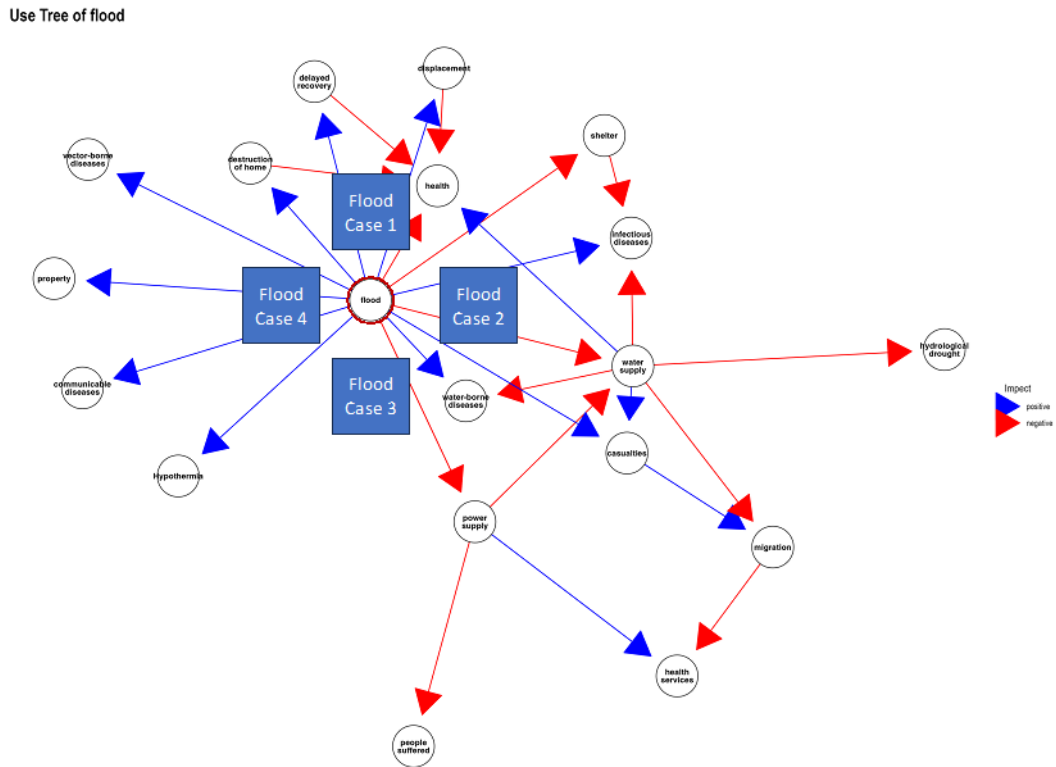


圖 3-28 洪水 use tree 作為底層系統及其歷史事件

在此以實際的洪水造成的級聯風險為例，分為同樣屬於水資源領域單一領域，以及水資源—農業—生物多樣性的跨領域風險，以說明其中的差異。

I. 水資源領域級聯風險案例：杜鵑颱風的洪水導致自來水供應衝擊

氣候災害事件概述：2015 年杜鵑颱風來襲，新店山區持續大雨，導致新店溪上游南勢溪原水濁度逾 6,000 度，供應大台北地區民生用水的直潭淨水場開始減量取水，自來水供水系統減壓供水；嗣後原水濁度一度大於 12,000 度，已超越淨水場可處理範圍，直潭淨水場開始停止取水、供水。後經放流水濁度較低的翡翠水庫增加放流量，原水濁度始逐步降至 6,000 度(期間原水濁度超過 10,000 度以上時間持續達 14 小時)，後續淨水場執行相關作業並逐漸恢復取水。此一事件突

顯了氣候變遷下極端降雨對自來水供水系統帶來的挑戰。

危害概述：主要危害來自於颱風引發的強降雨，造成短時間內水位暴漲及水體濁度顯著升高。大雨引發土壤沖刷及泥沙、懸浮物進入溪流，使得新店溪上游南勢溪和北勢溪的水濁度上升，導致直潭淨水場無法有效處理濁度過高的原水。

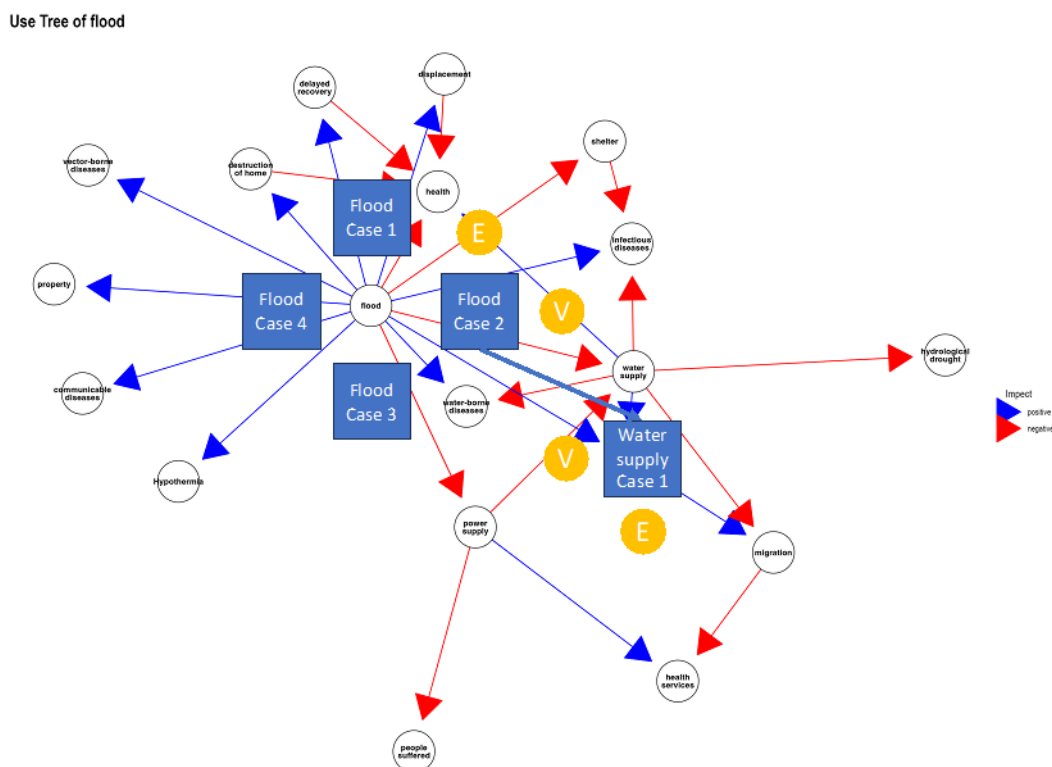


圖 3-29 水資源領域級聯風險：洪水影響水供應之呈現

暴露的保全對象主要包括飲用水處理設施、供水區域人口、以及水庫及河流系統。飲用水處理設施：直潭淨水場直接受到高濁度水源影響，處理效率下降，可能影響供水品質，並損害淨水場水質處理硬體設備。供水區域人口：新北市新莊、土城、板橋、蘆洲和中和的居民在尖峰用水時段受到減壓供水影響，可能影響日常用水需求。水庫及河流系統：翡翠水庫、南勢溪和北勢溪等水體也直接暴露於颱風帶來的強降雨，水濁度增加，對下游供水造成影響。

脆弱度取決於水處理設施對高濁度原水的調適能力，以及供水系統在面對突發事件時的韌性，可考慮的面向包含了水處理設施、供水系統調節能力、以及居民用水需求。水處理設施：直潭淨水場的處理能力有限，當原水濁度達到 5000 度時難以應對，表現出對極端濁度事件的脆弱性。供水系統調節能力：減壓供水是一種

應急措施，但若類似事件頻發，減壓供水可能不足以應對，凸顯出供水系統對極端天氣事件的調適能力需要提升。居民用水需求：減壓供水對民生用水造成影響，尤其是尖峰用水時段，若無法保障供水的穩定性，居民的基本生活將受影響。

依據氣候調適演算流程之六步驟並以氣候實體風險模板進行實體風險分析時，首要工作項目為界定風險，亦即圖 3-12 之步驟 1 範疇界定與步驟 2 現況分析：首先針對災害事件進行初步分析與因子界定，利用使用者互動式操作介面(如圖 3-14 互動式操作介面所示意)以治理層級為水利主管機關、保全單位為自來水供水系統、關鍵議題為保全對象暴露在洪水下的實體損害/功能喪失；下一步則依照危害之氣候因子領域分類選定與洪水相對應的氣候因子 CIDs，接著根據資料庫或使用者提供依序選填非氣候因子、暴露因子與脆弱度因子，本計畫所建構之調適策略模擬系統即可對應產出針對該調適策略分析的氣候風險模板，在此案例則產出如圖 3-30。

治理層級	氣候因子	非氣候因子	危害
台北市水利局	強降水和洪澇災害	土地利用 山谷型態	洪水導致水質不佳而無法供應自來水與致災門檻
關鍵議題	暴露因子		暴露
自來水供水系統暴露於洪水下的實體損害/功能喪失	水處理設施 供水區域人口 水庫及河流水質		自來水供水系統的時空分布
保全對象	脆弱度因子		脆弱度
自來水供水系統	供水系統調節能力 居民用水需求		都市飲用水供應系統受極端降雨影響的脆弱度
實體風險	洪水導致自來水供水系統產生實體損害/功能喪失之損失		

圖 3-30 自來水供水系統-洪水實體風險模板

II. 水資源—農業—生物多樣性跨領域複合風險案例：颱風洪水

複合風險為一個危害可能同時延續影響兩個以上的危害之風險，如本案例欲說明的便是颱風的洪水可能造成作物減產及沿海生態系衝擊。則當使用者需對未來氣候變遷下颱風洪水可能造成的多重潛在風險進行評估，並且整合各自調適策略之間的綜效，選擇效益更大的調適方案，以同時減少多重風險。如圖 3-31 所示，

洪水對農業減產及沿海生態系都產生了負向衝擊(紅色箭頭)，在使用者操作時，考量同時涵蓋三個領域因果循環圖的畫面呈現過於密集，所以可設計成如操作 google map 時可動態放大與縮小的功能，在底層系統中選定特定的案例，並呈現出上層圖層的危害影響路徑。本報告在此僅以簡化危害影響路徑而未提供底層系統作為示意。

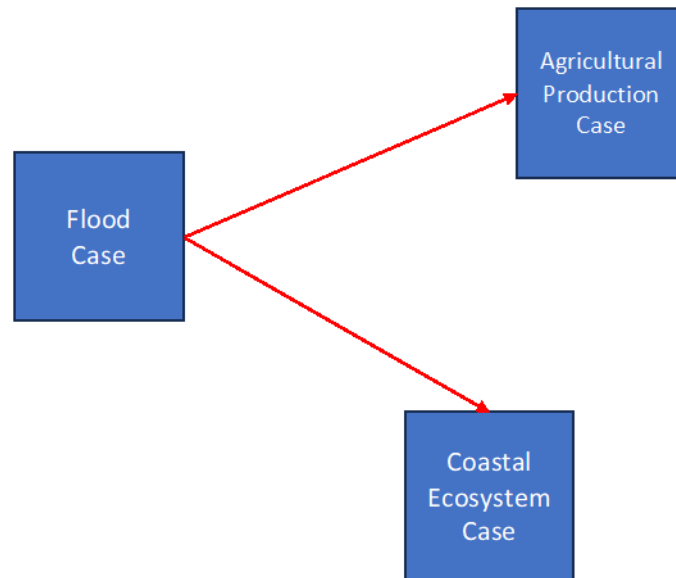


圖 3-31 洪水導致農業減產、沿海生態系受損的危害影響路徑

凱米颱風洪水導致田間積水

氣候災害事件概述：2024 年凱米颱風襲臺，其帶來的暴雨和強風對臺灣農業產生了嚴重破壞，造成香蕉、檸檬、芭樂等作物大幅減產，影響農民生計及農業生產穩定。農田淹水、作物損壞，並導致農業基礎設施損壞和交通中斷，讓農產品無法運輸，反映出氣候變遷下極端天氣事件對農業生產鏈的挑戰。

危害概述：主要氣候相關危害來自颱風引發的強風和豪雨，具體影響包括暴雨引發洪水與淹水、強風導致作物倒伏、以及基礎設施損壞與交通中斷。暴雨引發洪水與淹水：暴雨使得雲林地區約 6 萬公頃農田淹水，造成作物根系浸泡損壞，影響生長和收成。強風導致作物倒伏：屏東香蕉減產五成、檸檬僅剩兩至三成果實，顯示強風對作物的嚴重摧殘，葉片與果實脫落，難以恢復。基礎設施損壞與交通中斷：花蓮、南投的交通中斷，妨礙農產品的運輸和流通，使得收成和市場供應受到影響。

暴露的保全對象包括有農業作物、農田與灌溉系統、以及農業設施與交通基礎

建設。農業作物：香蕉、檸檬、芭樂等經濟作物直接暴露於颱風風雨的摧殘下，影響農民的經濟收入和生計。農田與灌溉系統：大面積農田淹水，灌溉系統受損，顯示農田在豪雨洪水中的脆弱性。農業設施與交通基礎建設：花蓮、南投等地的農業基礎設施和交通路網直接暴露於颱風破壞，導致運輸受阻，物流鏈斷裂。

脆弱度主要在於農業系統面對極端氣候事件的承受力和恢復能力，包括作物對極端天氣的脆弱性、農田排水系統的不足、以及農業供應鏈的韌性。作物對極端天氣的脆弱性：香蕉、檸檬、芭樂等作物對風災和雨災極為敏感，颱風一來易出現大量果實和葉片掉落，減產嚴重，反映出作物本身的脆弱性。農田排水系統的不足：雲林地區大範圍淹水，顯示排水和防洪設施在面對極端降雨時的承載力不足，導致作物長時間浸泡而腐爛。農業供應鏈的韌性：交通中斷使農產品無法快速運輸，導致市場供應不穩，價格波動，顯示農業供應鏈在氣候衝擊下的易損性。

這次事件強調了極端天氣對農業生產的威脅及產業的脆弱性，顯示出臺灣農業在氣候變遷下增強災害防範和農業基礎設施強化的急迫性。若以治理層級為各縣市農業局、保全單位為作物、關鍵議題為保全對象暴露在田間積水下的實體損害/功能喪失，依據本計畫所建構之調適策略模擬系統所對應產出的氣候風險模板如圖 3-32 所示。

治理層級	氣候因子	非氣候因子	危害
各縣市農業局	強降水和洪澇災害	土質 田間排水	洪水與致災門檻
關鍵議題			
作物暴露於田間積水下的實體損害/功能喪失	暴露因子		暴露
保全對象	積水日數		作物的時空分布
作物			
實體風險	脆弱度因子		脆弱度
作物暴露於田間積水下的實體損害/功能喪失之損失	作物抗澇能力 作物抗病能力		作物受田間積水影響的脆弱度

圖 3-32 作物-田間積水實體風險模板

杜蘇芮颱風洪水導致七股潟湖淤沙

氣候災害事件概述：七股潟湖不僅是臺南近海生物的關鍵棲地和生態基因庫，還是漁民生計的依賴。2023 年杜蘇芮颱風重創七股潟湖，造成大量泥沙淤積以及部分沙洲遭致嚴重沖刷，使得當地生態系統面臨棲地退化與資源減少的威脅。颱風頻繁來襲加劇了棲地破壞，影響生物繁衍和生態穩定，並導致鄰近養殖活動與環境保護的相互衝突。

危害概述：相關危害主要來自颱風帶來的強風、暴雨與巨浪沖擊，對生態系統的具體影響包括棲地淤積與生物棲息環境改變、沙洲沖刷與棲地流失、以及生態連結中斷。棲地淤積與生物棲息環境改變：颱風攜帶大量泥沙進入潟湖，加劇潟湖的淤積，改變了水域環境，影響水生生物的棲息條件。沙洲沖刷與棲地流失：颱風強勁的海浪沖擊沙洲，造成沙洲流失，減少了七股潟湖的自然屏障，使得海岸線後退，生物棲地面積縮減。生態連結中斷：棲地破壞可能使得部分物種的生活範圍受到限制，影響食物鏈的連結，生物繁衍環境受限。

暴露的保全對象主要包含七股潟湖的生態基因庫、濱海棲地、以及漁民養殖設施。七股潟湖的生態基因庫：七股潟湖中擁有豐富的生物多樣性，是當地重要的生態基因庫，颱風帶來的沖刷和淤積，直接威脅生物繁衍和多樣性。濱海棲地：潟湖周邊的沙洲和濱海植被在颱風衝擊下暴露於損害之中，這些棲地是許多物種的繁衍場所。漁民養殖設施：七股潟湖內與週邊的蚵架和定置漁網等設施直接暴露在海浪衝擊中，而養殖活動的密集佈置與人為活動干擾也使得生態環境更為脆弱。

脆弱度主要在於七股潟湖生態系統對氣候變遷的承受力和恢復能力，具體包括生態基因庫的耐受性、棲地的恢復力、以及養殖活動的影響。生態基因庫的耐受性：在颱風頻繁來襲下，生態基因庫面臨持續的生物棲息環境流失與退化，影響物種多樣性，生態系統的穩定性逐漸削弱。棲地的恢復力：沙洲和濱海棲地因颱風而遭受破壞，且修復速度遠不及破壞速度，導致適宜生物棲息的條件逐漸減少，進一步影響了依賴這些棲地為生的生物種類與數量。養殖活動的影響：養殖設施的高密度對原生生態造成壓力，進一步削弱棲地的恢復能力，導致生物多樣性進一步受到威脅。

此事件強調了在極端氣候事件下七股潟湖生態系統的脆弱性和棲地破壞的迫切性，需要採取綜合生態工法和有效的棲地管理策略，以緩解未來颱風所帶來的影響。以治理層級為臺南市政府、保全單位為潟湖生態系、關鍵議題為保全對象暴露

在洪水下的實體損害/功能喪失，依據本計畫所建構之調適策略模擬系統所對應產出的氣候風險模板如圖 3-33 所示。

治理層級	氣候因子	非氣候因子	危害
臺南市政府	強降水和洪澇災害	地形地勢 地質條件 河川輸沙	洪水致使淤沙與致災門檻
關鍵議題			
七股暴露在洪水下的潟湖生態系淤沙陸化	暴露因子		暴露
保全對象	出海口		潟湖生態系的時空分布
潟湖生態系			
實體風險	脆弱度因子		脆弱度
七股暴露在洪水下的潟湖生態系淤沙陸化之損失	地質條件		潟湖生態系受洪水淤沙影響的脆弱度

圖 3-33 七股潟湖生態系-淤沙實體風險模板

(3) 強化風險因子分析

跨領域探討每個單一風險中，有哪些因子重複，可作為不同風險系統中的接口，而形成更大的系統。建議由單一保全對象(治理組織)為主體，以分析此特定保全對象所承受的不同氣候風險之模板，得到為此保全對象進行氣候調適決策時所需考量的所有氣候風險因子，成為「保全對象的氣候風險系統」，再輔以評估模式來檢視氣候因子(參數)是否需要增減。

在三個跨領域氣候風險中，氣候因子皆包括了強降水和洪澇災害，若要針對這兩個氣候因子進行分析，則需要可應用於分析降雨量、洪水預測和災害風險評估的模式。可分析降雨量的天氣預報模式(Numerical Weather Prediction Models)如全球和區域天氣預報模式，例如歐洲中期天氣預報中心(ECMWF)和美國國家氣象局的全球預報系統(GFS)，提供大範圍的天氣預測，包括降雨預測；或如短期降水預報，例如 WRF(Weather Research and Forecasting Model)是一種廣泛使用的區域模式，可以針對短期降水進行高解析度模擬，預測未來幾天的降水情況，應用於極端降雨的提前預測。可進行洪水預測的水文模式(Hydrological Models)、水理模式(Hydraulic

Models)、或降雨逕流模式，水文模式例如 SWAT(Soil and Water Assessment Tool)可模擬流域水文過程，包括降雨逕流和土壤水分流動，適用於流域水資源管理和洪水風險評估；HEC-HMS(Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System)為美國陸軍工兵團開發，用於模擬洪水逕流過程，可應用於洪水預測和水資源管理；VIC(Variable Infiltration Capacity)模式為基於土地表面與大氣水分交換的水文模式，可模擬流域水文過程中的滲透和逕流。

(4) 建立跨領域關係矩陣

不同於前述之底層系統由不同危害間的正負關係所建構而成，探討各領域風險的危害與脆弱度因子，建立跨領域氣候風險的因子關聯，探討因子間的正負影響。

在此例(圖 3-34)中，兩個評估的氣候風險唯一共同的是颱風帶來的強降水與洪澇災害，因此在做調適評估時，若能多著重於降低強降水與洪澇災害所造成的影響，便可同時減低此兩種氣候風險，例如短期內可以提升早期預警工作，預先在洪災發生前啟動應變工作降低衝擊；長期而言可以增加濕地、滯洪池，除了降低地表瞬間流量，也可以沉澱土沙，以減少位於出海口的潟湖淤沙機會。



圖 3-34 洪水造成作物減產、潟湖生態系淤沙的複合風險之因子關聯分析

其他案例中可能會存在著因子之間的正負影響關聯，便可利用風險模板作為該關鍵議題的子系統，評估不同子系統中的因子互動情況，便可以因子間正負影響數量來決定要針對哪個風險因子進行優先調適。

(5) 建立與驗證跨領域評估模式

根據所涉及的領域挑選合適的量化評估模式，首要採用已知的跨領域整合評估模式，若無跨領域模式，則可挑選所涉及之領域中適合的單領域評估模式。後續評估模式所輸出的結果，轉換成系統動力模式中的因子、參數的 meta data 形式，

根據因子間的相互影響，來得到選定之時間尺度的時間序列變化。

水理模式如 HEC-RAS(River Analysis System):針對河流和渠道水位進行模擬，能夠計算洪水蔓延和河流氾濫區域的深度，適用於洪澇災害的範圍分析和淹水風險評估；MIKE 11 / MIKE 21 / MIKE FLOOD：丹麥水利研究院(DHI)開發，用於一維或二維水理分析，MIKE FLOOD 可結合水文和水理模擬，以便準確評估洪水淹沒區域。降雨逕流模式則有 LiDAR 和 GIS 結合模式，可透過 GIS 和 LiDAR 數據建立高精度的地形模型，用於洪水蔓延範圍和風險評估；Coupled Model 如 WRF-Hydro，可以結合天氣預報模式與水文模式，模擬降雨到逕流的轉化過程，以更精確地預測洪澇災害範圍及影響。

可支援災害風險評估的模式則有災害風險分析與決策支持系統，如 DSS(Decision Support Systems)可整合多方數據，提供災害風險評估與決策支持，利用水文水理模式數據結合社會經濟數據進行風險分析，為災害管理提供支持；以及 Flood Inundation Mapping and Forecasting 如 FLO-2D、Inundation Mapping Interface，用於實時模擬洪水淹沒範圍，並生成災害風險地圖，便於決策者規劃防災減災措施。更可進一步結合機器學習與數據驅動模式，例如統計模式與機器學習模型可利用長期降雨、逕流數據訓練回歸或深度學習模型(如隨機森林與 LSTM)，對極端降水與洪水發生機率進行預測；以及神經網絡與深度學習模型如 LSTM、RNN 等深度學習技術，可結合歷史氣象和水文數據進行洪澇災害預測，對模式結合多樣化數據源的洪水預測具有較大潛力。以上這些模式可單獨或組合使用，根據降水與洪水的時空特性進行綜合分析，有助於提高強降水和洪澇災害的預測精度及應對效率。

(6) 跨領域調適應用

調適與因子之關係分析，應用上述基於系統動力學所建置的氣候風險底層系統之使用樹 use tree 和原因樹 cause tree，分析危害之驅動因子及後續潛在影響，以及分別對應危害、暴露、脆弱度因子的調適措施所能發揮的綜效。

第肆章 政府實體風險與韌性調適治理通用指引

本章主要從實體風險角度出發，將氣候調適演算法進行標準化工作，並說明執行各步驟所需之資料與工具，讓使用者能更清楚了解再進行實體風險評估之缺口為何，並以決策者的角度客製化編寫調適治理建議，協助決策者進一步做風險管理與調適策略擬定之工作。本章以政府部門的角度提供調適治理建議，包含中央目的事業主關機關及直轄市、縣(市)主管機關，以氣候變遷因應法施行細則第 16 條、第 19 條為框架，結合氣候調適演算法提出各層級政府單位執行實體風險評估與調適擬定工作之建議。

一、章節摘要

本章節分析中央部會及地方政府推動氣候調適行動之需求，透過氣候調適演算法標準化之過程，以氣候實體風險模板與氣候調適路徑為研究工具，站在使用者的角度撰寫不同層級之治理建議，強化不同層級對氣候變遷之認知，降低知識損失(Knowledge loss)或知識落差(Knowledge gap)產生。

中央部會與地方政府之風險評估與調適擬定架構，參照氣候變遷因應法施行細則第 16、19 條條文之架構進行撰寫，其各項目實際推動內容與方法之基礎為氣候調適演算法六步驟，從實體風險界定、評估、管理到調適行動擬定可按圖 3-12 流程執行。以目前氣候變遷因應法施行細則所規定之調適行動方案/調適執行方案推動架構，可發現兩者框架並不能完全互相對應；另外，也並無針對當事業主管機關推動調適策略與措施之進度成果不如預期效益時該如何調整修正之方法或建議，而包含地方政府在執行氣候變遷調適執行方案上的困難，這些都是未來可進一步研究發展的方向。

未來希望能透過實體風險模板的應用，建立跨領域之間的連結關係，並串接不同領域之風險量化模式，形成詮釋模式。風險量化時不同領域的數據與模型串聯為氣候調適策略模擬系統中的要素之一，而調適措施執行之影響則會體現在該單一領域所擬定的調適措施，但該措施之主責單位非擬定措施的單位，此時就會需要做跨部會或跨局處，甚至跨層級的協商。這樣的協商管道為未來後續須討論發展的方向。

二、氣候調適演算法標準化框架

本計畫將氣候調適演算法進行標準化工作(如圖 3-10、圖 3-12)，並同時說明各步驟應如何執行，及所需準備輸入之數據/資料、評估方法/工具、產出資訊等，如下表所示。

表 4-1 氣候調適演算法操作檢核表

步驟	執行項目	數據/資料	評估方法/工具	產出資訊
1.範疇界定	1.1 組織架構 1.2 評估邊界 1.3 空間範圍 1.4 時間範圍 1.5 資源分析 1.6 關鍵議題	☐ 治理組織之機關單位及主管業務 ☐ 治理組織政策方向與需求 ☐ 自然資源 ☐ 社會經濟資源 ☐ 歷史紀錄文本	☐ 治理組織內部工作會議	☐ 實體風險影響空間範圍 ☐ 未來氣候變遷評估時間範圍 ☐ 治理組織自然及社會經濟資源清單 ☐ 關鍵議題清單
2.現況分析	2.1 歷史事件 2.2 危害分析 2.3 暴露分析 2.4 脆弱度分析 2.5 衝擊評估	☐ 國內外歷史災害事件紀錄文本 ☐ 氣候驅動影響因子 CIDs ☐ IPCC、國家科學報告等國內外氣候變遷相關報告	☐ 氣候實體風險模板	☐ 治理組織相關重大歷史氣候災害事件 ☐ 歷史災害事件的 CIDs 類型、因子、致災門檻、保全對象等資訊 ☐ 重大氣候災害事件之實體風險分析危害、暴露、脆弱度清單 ☐ 實體風險對保全對象之衝擊影響

步驟	執行項目	數據/資料	評估方法/工具	產出資訊
3.未來評估	3.1 量化評估 3.2 質性評估 3.3 專家意見 3.4 風險矩陣	☐ 與重大實體風險議題相關 CIDs 之氣候參數 ☐ 歷史氣象資料 ☐ 未來情境：RCP、SSP ☐ IPCC、國家科學報告國內外氣候變遷相關報告	☐ GCMs/ESMs ☐ 降尺度分析 ☐ 數理演算模式 ☐ 風險評估模式 ☐ 專家學者意見	☐ 量化分析結果 ☐ 質性分析結果 ☐ 風險矩陣圖
4.調適擬定	4.1 調適目標 4.2 調適策略 4.3 調適行動 4.4 行動排序	☐ 量化/質性/專家意見風險評估結果 ☐ 風險矩陣 ☐ 國內外相近實體風險調適策略與行動案例 ☐ 現行業務、既有政策與相關計畫等	☐ 治理組織內部工作會議 ☐ 多準則分析 ☐ 成本效益分析	☐ 調適目標清單 ☐ 調適策略清單 ☐ 調適行動清單(短、中、長期) ☐ 各調適行動之成本效益與預期成果清單 ☐ 調適行動組合清單
5.調適路徑	5.1 行動組合 5.2 行動門檻 5.3 行動地圖 5.4 調適路徑	☐ 調適行動組合清單 ☐ 行動門檻清單 ☐ 國際調適案例 ☐ 專家學者意見	☐ 治理組織內部工作會議 ☐ 專家學者座談會 ☐ 氣候調適路徑法	☐ 氣候調適路徑圖
6.檢視修正	6.1 程序檢核 6.2 行動考核 6.3 環境監測 6.4 預警門檻	☐ 氣候調適路徑圖 ☐ 程序檢核表	☐ 治理組織內部檢核會議	☐ 調適行動或計畫績效報告

步驟	執行項目	數據/資料	評估方法/工具	產出資訊
	6.5 動態修正 6.6 修正揭露	☐ 行動考核指標 ☐ 氣象環境門檻/指標 ☐ 調適行動相關之氣候參數	☐ 監測儀器、AIoT 等工具與技術 ☐ 風險量化評估 ☐ 氣候調適路徑法	☐ 動態修正後之氣候調適路徑圖 ☐ 動態調適行動調整揭露說明

(一) 範疇界定

範疇界定包含治理組織業務職掌的空間區域、未來氣候變遷評估的時間尺度、及關鍵議題。

- 1.1 組織架構：**治理組織下內部單位及其所屬機關之業務職掌。
- 1.2 評估邊界：**組織本身或包含相關單位。
- 1.3 空間範圍：**業務職掌的空間邊界。
- 1.4 時間範圍：**欲評估的未來氣候變遷時間範圍，如近(1~5 年)、短(5~10 年)、中(20 年)、長(30 年)期。
- 1.5 資源分析：**治理組織之知識、經費、人力、執行時間等。
- 1.6 關鍵議題：**氣候災害事件對業務職掌內的保全對象之衝擊影響。

(二) 現況分析

現況分析主要執行工作為彙整及分析當地歷史氣候災害事件，藉由 CIDs 進行危害分析，了解該氣候災害事件主要由哪些氣候因子所主導，並依照關鍵議題中的保全對象做空間與時間的暴露分析，及保全對象的脆弱度分析，包含其本身的敏感度與調適力。最後彙整相鄰地區或類似國際相關氣候災害案例，除前步驟已界定出實體風險外，是否還有現況未發生但未來可能會發生之風險，皆須做氣候變遷衝擊評估，探討其對保全對象造成之衝擊影響。

- 2.1 歷史事件：**彙整治理組織業務內之歷史氣候災害事件，提供後續風險界定工作。
- 2.2 危害分析：**即為過去及當前之氣候相關自然災害的研析，其可利用 CIDs 來進行評估(圖 4-1)，界定氣候因子。

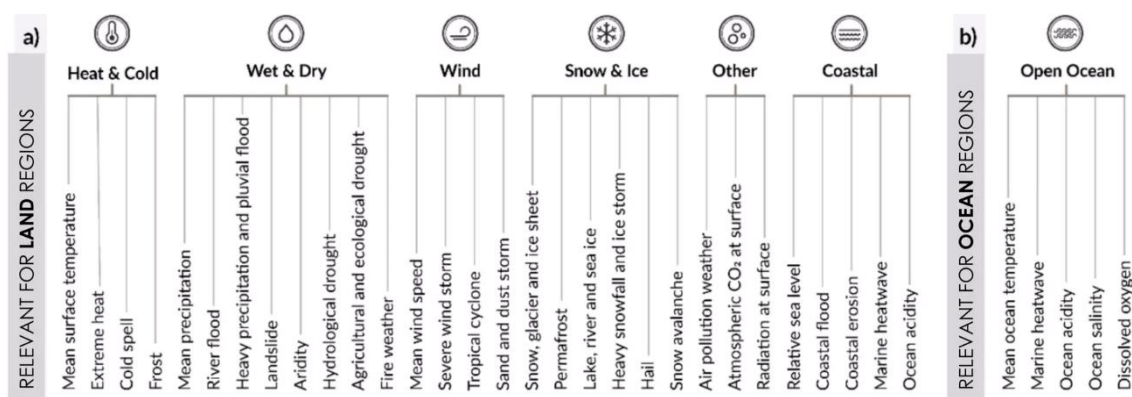


圖 4-1 氣候影響驅動因子 CIDs

圖片來源：IPCC, 2021

氣候影響驅動因子鑑別的過程始於盤點各領域之重要議題(包含氣候影響與保全對象)，透過主責單位及其重要議題之利害關係人已有的記錄和計畫，及相關的氣候影響和風險管理文獻彙整。在鑑別過程中，專家學者和利害關係人的價值判斷可能會影響調適和風險優先事項，因此對風險概念具有基本認知是很重要的。圖 4-2 為氣候影響驅動因子界定流程圖，依據公部門和私營組織之利害關係人盤點過去紀錄、計畫和文獻結果按照下列步驟進行判別：

- (1) 該歷史事件是否**導因於氣候影響**？
- (2) 哪種**氣候類別(CID types)**的影響？
- (3) 該歷史事件受到的氣候影響為**長期氣候平均狀態或單一天氣事件**？
- (4) 該歷史事件受到的氣候影響為**極端高或極端低**？

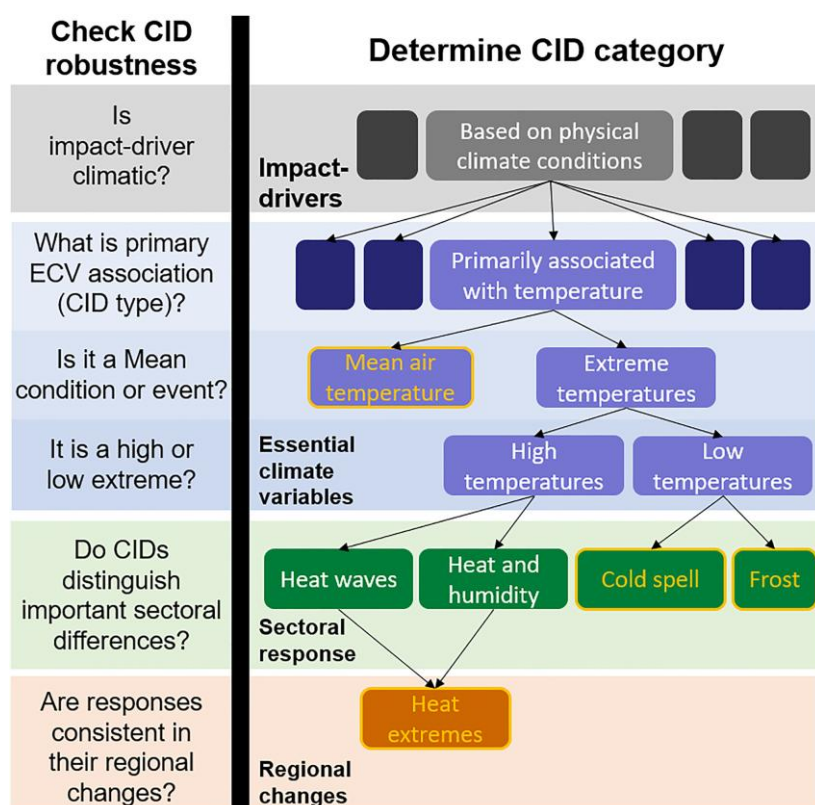


圖 4-2 氣候影響驅動因子界定流程圖

圖片來源：Ruane, A. C. et al., 2022

2.3 暴露分析：分析保全對象在氣候災害事件影響下之空間與時間的分布。空間分布為保全對象的地理位置(包括自然環境、基礎設施及人口分布等)及氣候災害的影響範圍；時間分布為保全對象在特定時間內受到氣候災害影響的暴露特性，考量災害發生的頻率與季節性、持續時間及保全對象的暴露時段等。

2.4 脆弱度分析：分析保全對象受到氣候災害事件影響之敏感度與調適力。敏感度是指保全對象在氣候災害事件影響下的易感性，即其受氣候衝擊的程度，如保全對象本身特質、物理結構、社會經濟特性、特定時期的需求或活動等。調適力是指保全對象應對氣候災害、減少損害並迅速恢復或適應的能力，像是經濟資源、自然資源、技術能力、治理與政策支持、社會結構與知識意識、基礎設施條件等。

2.5 氣候變遷衝擊評估：彙整分析相鄰地區或國際相關案例，及前步驟之實體風險界定結果，說明該氣候災害對保全對象之衝擊，影響層面包含：經濟、社會、健康、環境、生態、文化、性別、脆弱群體等等。

(三) 未來評估

考量進行氣候變遷實體風險評估有其時間性，因此須根據前一步驟選定之重大實體風險來做進一步的評估。氣候變遷實體風險評估係以氣候變遷情境下之推估資料來判斷其可能對不同領域產生的潛在影響。根據《氣候相關財務揭露》(Task Force on Climate-related Financial Disclosures, TCFD)報告的建議，實體風險評估應將推估資料的可取得性與不確定性納入考量，並據此進行分類。由於氣候變遷推估模型的能力有限，並非所有氣象參數都能被精確推估，因此須依據資料的有無及其不確定性來選擇合適的實體風險評估方法(圖 4-3)。根據氣候變遷影響驅動因子的推估資料的可取得性及其不確定性，將氣候變遷的實體風險評估分為三種類型：

- (1) 有氣候影響趨動因子的推估資料且具高確定性：進行實體風險量化評估
- (2) 有氣候影響驅動因子的推估資料但不確定性較高：進行實體風險質性評估
- (3) 無氣候影響驅動因子的推估資料：根據前一章進行實體風險界定

風險量化評估可以提供較精確的風險估算，但需要高確定性的推估資料；質性評估則在資料不確定性較高時說明風險趨勢的分析；當無法獲得推估資料時，則需依賴專業判斷和歷史經驗來進行風險界定。這三種類型的風險評估方式互為補充，共同構成了氣候變遷風險評估的完整框架，有助於提升決策過程中應對氣候變遷挑戰的科學性和準確性。

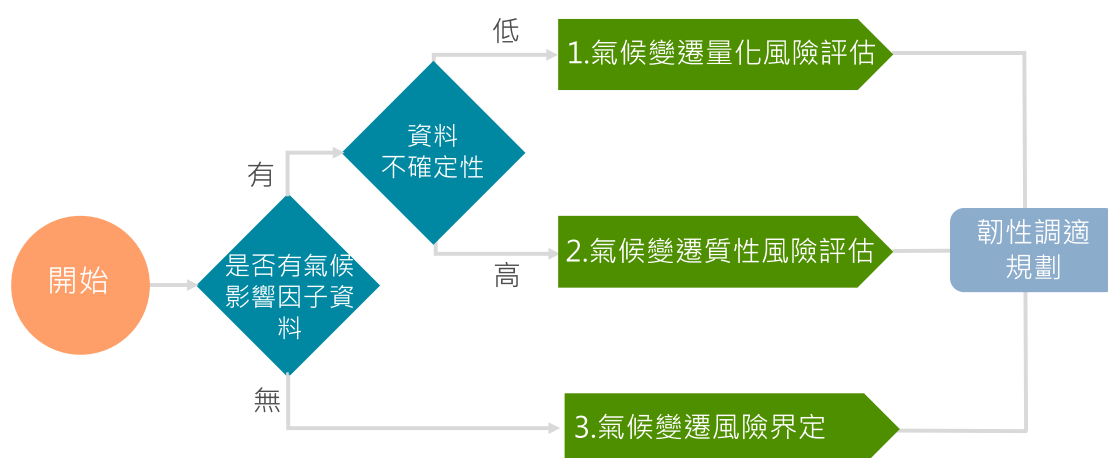


圖 4-3 氣候變遷風險評估類型判斷流程

3.1 量化評估(圖 4-4)：利用高解析度的氣象資料，結合風險評估模型，來計算氣候變遷對目標區域或系統的潛在影響。其中所採用之氣象參數(如溫度和降雨量)為氣候變遷影響的主要因素，且在多數氣候模式中能夠提供具高確

定性的氣象參數的未來趨勢，因此可進行實體風險量化評估。例如，利用溫度和降雨量的推估數據來評估未來某一區域的水資源可使用量之變化、農作物產量減少的風險，或者極端氣候事件(如乾旱、洪水)的發生頻率和強度變化，其評估結果不確定性較低。

量化風險評估流程第一步選擇社會經濟共享與代表濃度情境(SSP-RCP Scenarios)，透過地球系統模式(Earth system model, ESM)模擬推估基期與未來氣候條件，再以統計或動力降尺度方式獲得小尺度的網格資料。利用降尺度後的氣候數據，結合特定地區的需求，設計未來的氣候情境，例如高溫、極端降雨等條件。根據氣候情境，輸入氣象資料合成模式生成未來氣象資料，例如日降雨量、氣溫等。最後利用未來氣象資料與評估模式(如淹水模式)模擬與產出危害、脆弱度與風險資訊，了解並說明風險主要來源為何以供執行者做決策。

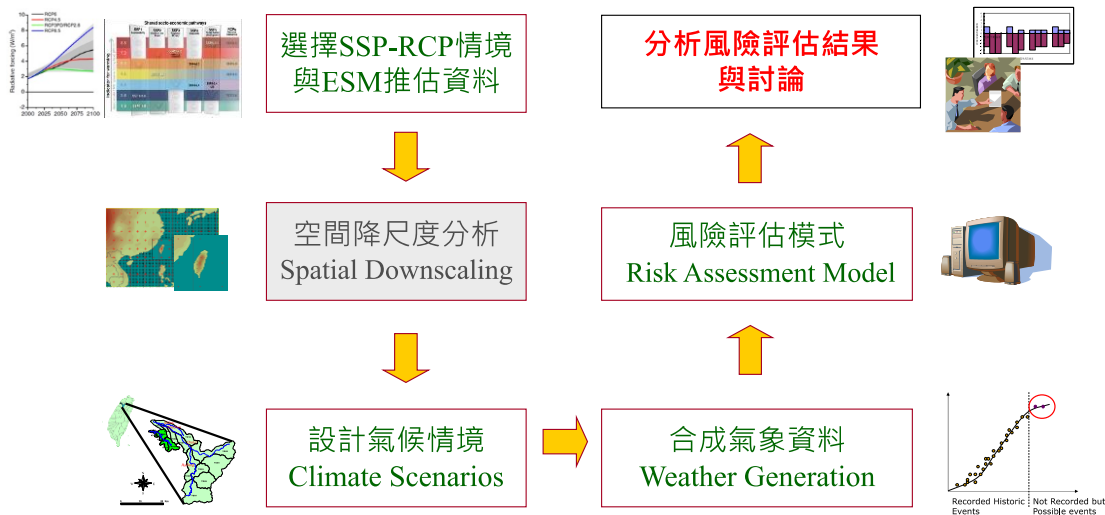


圖 4-4 實體風險評估量化流程圖

3.2 質性評估：根據氣候變遷可能的影響方向和大致範圍，對潛在風險進行描述和討論，例如在未來氣候變遷情境下降雨量變化可能升高，並將變化範圍給予等級分類(圖 4-5)，而不給出具體的數字預測。因此當氣候變遷推估資料提供的氣象參數存在較高不確定性時，例如風速、風向、輻射能量等，即不進行量化風險評估建議採用質性評估方法。例如，在氣候變遷背景下，某一地區可能會經歷更多的極端天氣事件(如暴風、冰雹)或海平面上升導致的侵蝕加劇，由於氣象參數不確定性偏高，因此通過質性描述說明可能的影響範圍和程度，但不精確量化其具體損失。

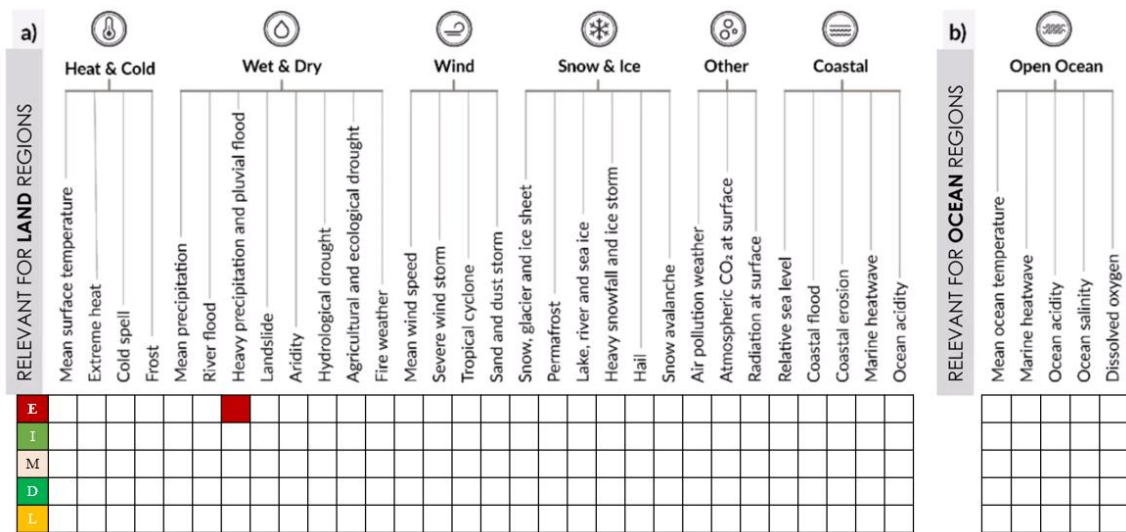


圖 4-5 危害分級方法

3.3 專家意見：根據已有的氣候變遷理論、知識、氣候專家專業判斷、及類似情境的歷史案例等，進行實體風險的界定，推測氣候變遷可能對某一領域或系統帶來的潛在影響。例如，對於如海洋酸化、土地沙漠化等氣候影響驅動因子，可能目前無法獲得具體的氣候推估資料，但可以根據氣候變遷的總體趨勢和相關生態環境的敏感性來進行實體風險界定。實體風險界定方法程序與案例在前一章節即有描述。

3.4 風險矩陣：將風險評估結果之危害、暴露和脆弱度三個指標的分數相乘或相加，得到一個綜合風險評估分數，從而描述系統或區域面臨的氣候風險的總體水平。最後根據不同氣候變遷情境之結果的一致性與風險高低綜合評估，繪製成氣候變遷風險矩陣圖 (圖 4-6)。可根據風險分級判斷是否採取積極調適行動。如果風險高且一致性也高，則應該建議進行氣候變遷資料分析，進一步從質性分析推展至量化分析，再進行更精準的韌性調適措施規劃。

		風險衝擊 Impact				
		Negligible	Minor	Moderate	Significant	Severe
可能性 Likelihood	Very Likely	Low Med	Medium	Med Hi	High	High
	Likely	Low	Low Med	Medium	Med Hi	High
	Possible	Low	Low Med	Medium	Med Hi	Med Hi
	Unlikely	Low	Low Med	Low Med	Medium	Med Hi
	Very Unlikely	Low	Low	Low Med	Medium	Medium

圖 4-6 氣候變遷風險矩陣圖

(四) 調適擬定

根據風險評估或界定產出資訊，同時將國內外相近調適案例納入考量，訂定重大實體風險相關目標、策略與行動。延續前實體風險分析結果來決定調適目標，並依照降低危害、暴露、脆弱度三個因子分別訂定調適策略，最後再進一步規劃具體的調適行動，並應用多準則分析判斷調適策略措施之優先順序。調適策略、行動及計畫說明與檢討部分，說明事業主管機關所擬定之調適策略、具體行動及計畫，包含欲解決的問題或預期產出結果；接著檢視既有政策與相關計畫將調適行動方案融入現行業務，評估所轄工作調整之必要性，並視需要新增因應氣候變遷之調適計畫。

- 4.1 調適目標：**目標是期望達成的結果或成就，它是長遠、總體性的，為策略和措施的制定提供方向和依據。因此可以透過風險評估結果及風險矩陣，訂定不同重大實體風險相對應之調適目標，以達到降低實體風險之目的。
- 4.2 調適策略：**策略是為了達成目標而設計的中長期整體規劃與路徑，描述達成目標的方式或方法。也就是說，依據調適目標就降低危害、暴露(包含空間與時間)、敏感度與提高調適力等面向分別訂定合適且精準的調適策略。
- 4.3 調適行動：**調適行動為該調適策略下之實際執行計畫或工作項目，通常短期、操作性強且明確。可先檢視既有政策與相關計畫，視目前調適缺口需求新增調適計畫。
- 4.4 行動排序：**可選擇合適的調適行動排序方法決定執行優先順序，如成本效益分析(Cost-Benefit Analysis, CBA)、多準則分析(Multi Criteria Analysis,

MCA)、層級分析法(Alytic Hierarchy Process, AHP)、網路分析法(Alytic Network Process, ANP)、德爾菲法(Delphi Method)等，以供下一步驟規劃氣候調適路徑圖之基礎。

多準則排序法是一種決策分析方法，可用來比較和排序多個具有不同準則的執行方案，分析步驟如下：

- (1) 準則的確定：決定與評估方案相關之各面向準則，通常涵蓋決策問題的各種影響因子。
- (2) 準則重要性權重：對每個準則賦予權重，以顯示其對整體決策的相對重要性。可藉由專家學者之訪談、問卷調查或其他方法獲得。
- (3) 方案評估：評估每個候選方案在每個準則下的表現。
- (4) 正規化(Normalization)：如果不同的準則使用不同的度量或單位，則可能需要對評估結果進行正規化，以確保它們可以進行比較。
- (5) 評估矩陣的建立：創建一個評估矩陣，將方案的評估值組織成一個矩陣。

(五) 調適路徑

考量調適措施之成本、效益、可行性及急迫性，並參考國際調適案例與專家學者意見，決定調適措施的執行期程。其執行項目包含：設定路徑縱軸與橫軸、設定行動門檻、繪製行動地圖、發展調適路徑等。

5.1 路徑縱軸：縱軸代表不同的調適行動或行動組合調適，行動是政策或策略的選項，用於因應氣候變遷的影響；不同的調適行動組合具有不同的調適能力和適用條件。

5.2 路徑橫軸：橫軸表示時間或氣候條件的變化(如全球升溫程度、海平面上升)。時間尺度通常包含近期、中期和長期，可用來判斷調適行動的持續性與可行性，同時也反映氣候變遷情境隨時間推移的不確定性。

5.3 行動門檻 (Tipping Point)：行動門檻是指現有調適策略或行動在特定氣候條件下失效的時刻，無法再維持「可接受的」效能。

圖 4-7 中的「○」符號表示調適行動的轉換點，而「|」符號則表示系統之臨界點也就是行動門檻，表示調適行動觸及調整門檻而停止或改變其他調適行動，藉此檢視與修正氣候調適路徑以達成動態調適。

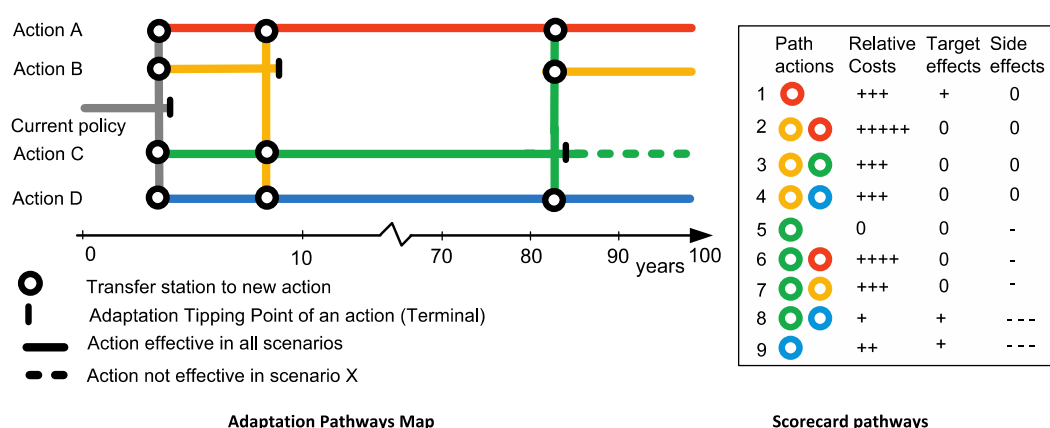


圖 4-7 氣候調適路徑法

資料來源：Haasnoot et al., 2013

5.4 行動地圖：描繪所有可能的行動選項及其時序關係，幫助決策者在未來氣候、環境、社經等條件變化時迅速選擇替代方案。

- (1) 列出行動選項：根據風險評估，找出所有潛在的調適行動。
- (2) 分析效能與時效性：評估各行動的效能曲線，確定其可接受的條件範圍。
- (3) 繪製路徑：根據行動的適用時間或氣候條件，構建一張「行動地圖」，描述行動間的轉換關係。

5.5 調適路徑：調適路徑是基於行動地圖所設計的策略計畫，旨在針對不同氣候情境選擇最佳行動。考量各調適措施成本效益、可行性、急迫性等因素，規劃產出氣候調適路徑圖。

- (1) 確定目標：明確描述現行政策的目標及未來所需達成的調適成果。
- (2) 規劃行動門檻：在現有政策效能下降前，設定轉換到下一行動的時機。
- (3) 評估不確定性：透過多種情境模擬，確保路徑的彈性與調適性。
- (4) 定期評估與調整：定期更新調適路徑，確保其可因應未來的氣候與社會變化。

(六) 檢視修正

為因應氣候、環境及社經條件的動態變化，建立一套程序檢核與行動考核機制，確保調適行動的成效、一致性與調適性；環境監測與預警門檻提供即時科學依據，提供決策者判斷調適行動動態修正之時機與方向；調適修正與修正揭露則確保調整行動的靈活性與透明性，增強決策的調適性與公眾參與。

6.1 程序檢核：建立定期檢核機制，包括資料蒐集、分析、審核與行動實施的

各階段，檢視推動流程是否符合原訂目標與時間表，確保實體風險評估與調適行動的推動流程有系統化與一致性的操作，並確保檢核流程透明化，並能夠即時反映最新資訊。

- 定期召開檢核會議，檢討執行進度與流程中可能出現的偏差。
- 建立流程檢核清單，涵蓋關鍵檢核點(如風險評估更新頻率、資料完整性等)。

6.2 行動考核：建立調適行動或計畫管理考核機制，設置量化與質化的評估指標，如措施的成本效益、影響範圍及風險減少程度，評估調適措施的執行成效與調適性，確保目標與現實需求的一致性。同時，可將考核結果納入未來決策參考，強化調適執行策略。

- 以績效報告形式呈現考核結果，識別成效顯著或需改進的措施。
- 建立獎勵機制，鼓勵高效的行動或計畫持續推廣。

6.3 環境監測：透過環境監測掌握氣候、環境及社經變化對調適行動的影響，提供決策者即時科學數據基礎調整後續調適行動推動方向。參考監測關鍵氣候參數(如降雨量、溫度上升、海平面上升)及其對調適行動的影響，藉此設定影響行動改變的關鍵門檻，例如災害強度、頻率超出一定值時觸發調整。

- 採用自動化監測系統和數據管理平台，確保監測結果準確性與時效性。
- 定期更新監測標準，以反映最新的科學研究和情境預測。

6.4 預警門檻：設定預警門檻(如氣候變遷引發的災害損失超過特定閾值)，在氣候或社經條件達到臨界點前發出預警，作為調適行動調整的依據；並根據調適路徑所界定之門檻，建立調整調適行動預警機制。預警機制結合調適路徑，確保不同階段能及時切換適當行動選項。

- 建立預警系統，結合氣候模型模擬及即時數據分析。
- 針對不同調適門檻，明確設定相應的觸發行動程序。

6.5 動態修正：根據調適路徑動態調整行動決策流程。動態調整現有調適行動的規模、範圍與目標，以滿足新出現的需求或風險。設立調適行動調整流程，包括觸發條件、替代方案評估及資源分配重新規劃。

- 利用步驟 3：未來評估之模式，輸入動態修正後的調適行動改變的氣候參數，或是應用情境分析方法(Scenario Analysis)模擬不同路徑下的調適

效果。

情境分析方法(Scenario Analysis)是一種系統化的決策支援工具，用於在不確定性環境下探討不同未來情境的可能性及其對決策的影響。它通過設計多個假設性情境，分析各情境下的可能結果，幫助決策者應對不確定性和制定策略。

➤ 整合多方意見(政府、社區、專家)，確保調整過程具包容性與科學性。

6.6 修正揭露：揭露說明調適行動動態調整的背景原因、過程與決策依據，公開調適行動的成效評估與修正結果，強化相關利害關係人對於動態修正之資訊與認知。

➤ 發布定期報告或公告，總結調整後的行動進展與未來計畫。

➤ 利用數位平台(如網站或數據儀表板)即時更新行動或計畫修正資訊，讓公眾查詢。

三、中央目的事業主管機關調適治理建議

本計畫將編撰針對中央部會之氣候變遷實體風險與調適治理建議，中央目的事業主管機關依據「氣候變遷因應法施行細則」第 16 條，訂修易受氣候變遷衝擊權責領域調適行動方案(以下簡稱調適行動方案)及調適目標，其內容應包含項目如下：

1. 領域範疇及執行現況，包括主、協辦機關。
2. 氣候變遷衝擊情形。
3. 未來氣候變遷情境設定及風險評估。
4. 調適目標。
5. 推動策略、措施及檢討。
6. 我國國家永續發展目標關聯性。
7. 推動期程及經費編列。
8. 預期效益及管考機制

中央目的事業主管機關可藉由國家災害防救科技中心提出的「兩階段六構面」或氣候調適演算法來擬定調適執行方案，而本計畫依據氣候變遷因應法施行細則第 16 條架構對照氣候調適演算法進行標準化工作完成中央部會之氣候變遷實體風險與調適治理建議(表 4-2)。

表 4-2 中央目的事業主管機關調適治理架構

項次	氣候變遷因應法施行細則第 16 條	氣候調適演算法
1	領域範疇及執行現況	步驟 1：範疇界定
2	氣候變遷衝擊情形	步驟 2：現況分析
3	未來氣候變遷情境設定及風險評估	步驟 3：未來評估
4	調適目標	步驟 4：調適擬定
5	推動策略、措施及檢討	步驟 4：調適擬定
6	我國國家永續發展目標關聯性	步驟 4：調適擬定
7	推動期程及經費編列	步驟 5：調適路徑
8	預期效益及管考機制	步驟 5：調適路徑 步驟 6：檢視修正

(一) 領域範疇及執行現況

領域範疇及執行現況可參考氣候調適演算法中步驟 1：範疇界定，其項目包含治理組織業務職掌的空間區域、未來氣候變遷評估的時間尺度、及關鍵議題。

空間尺度包含治理組織的業務範圍、保全對象等。依據氣候變遷因應法第 8 條第 2 項第 16 款：氣候變遷調適相關事宜之研擬及推動事項：由行政院環境保護署、國家發展委員會主辦；各中央目的事業主管機關協辦。又國家氣候變遷調適行動計畫將調適範疇訂為能力建構與 7 大易受氣候變遷衝擊領域，其各主管機關及協辦單位如圖 4-8 所示。



圖 4-8 易受氣候變遷衝擊領域與政府部門分工

圖片來源：環境部(2023)

時間尺度可依照中央目的事業主管機關欲評估未來氣候變遷時間範圍，如近(1~5 年)、短(5~10 年)、中(20 年)、長(30 年)期。

關鍵議題以環境部為例，從圖 4-8 可知其在調適行動計畫中負責能力建構的部分，能力建構層面包含很廣，可從政策、人力、知識、技術、國際合作等各面向做討論發展；同樣的執行現況也可以從這幾的面向進行說明環境部目前推動情況。

1. 政策

- 制定與實施氣候變遷相關的政策和法規
- 促進各部門之間的協調與合作，形成應對氣候變遷的協力

2. 人力

- 培訓與教育：提升各層級人員的氣候變遷認知和應對技能。政府、社區和產業需要定期開展培訓和教育活動。
- 專業團隊：建立專業的氣候變遷應對團隊，確保在危機時能迅速做出反應。

3. 知識

- 數據收集與分析：收集和分析氣候數據，為制定應對策略提供科學依據。
- 知識共享與合作：促進各方之間的知識共享和合作，提高整體應對能力。

4. 技術

- 技術研發：推動技術創新，研發適應和緩解氣候變遷衝擊的技術。
- 技術應用與推廣：將研發的技術應用到實際中，並推廣至更廣的範圍。

5. 國際合作與交流

- 國際合作：加強國際合作，共同應對全球氣候變遷挑戰。
- 知識與技術交流：促進國際間的知識和技術交流，提升全球應對能力。

除了能力建構外，環境部本身職掌業務還有環境品質管理這項議題，環境部可以探討氣候變遷對環境品質(如空氣污染)之衝擊影響，並闡述其調適執行現況。

(二) 氣候變遷衝擊情形

氣候變遷衝擊情形可參考氣候調適演算法步驟 2：現況分析的執行流程，包含歷史氣候災害事件盤點、現況危害分析、現況風險界定、氣候變遷衝擊評估等 4 個項目。以空氣汙染事件為例按照上述 4 個步驟說明如何執行。

- (1) 歷史事件：在 2021 年春季，受到大陸華南地區工業排放以及東亞地區沙塵暴的影響，臺灣出現大範圍的霾害。臺灣中南部的 PM2.5 濃度一度飆升，

導致空氣品質不良。

- (2) 危害分析：危害指的是來自中國大陸華南地區的工業污染物排放以及東亞沙塵暴，這些因素造成大量懸浮微粒(如 PM2.5)飄移至臺灣，增加當地霾害發生的頻率與嚴重性。結合圖 4-1 氣候影響驅動因子透過圖 4-2 的判別流程，可知影響該事件 CIDs 有極端熱浪、平均風速以及沙塵暴，且為單一天氣事件。
- (3) 暴露分析：暴露為影響保全對象的時間與空間分布因子。在空間部分，該事件影響臺灣的大範圍地區，尤其集中在中南部。該區域因地形和氣流影響，較容易累積從中國大陸和東亞地區飄移而來的污染物。南部的主要都市(如臺中市、嘉義市、高雄市等)以及周邊鄉村地區都受到了霾害影響，暴露在 PM2.5 高濃度的空氣下。空氣污染通常集中於地表附近，都市地區可能因人口密集而承受更大壓力，地形低窪或四周有山勢包圍的地區(如盆地)會因污染物累積而暴露風險較高，鄉村地區的農業生產可能受到不同程度的影響。在時間部分，該事件發生於春季，為沙塵暴發生的高峰期，且此時臺灣的氣流常來自北方或西北方，易帶來沙塵和污染物，使 PM2.5 濃度上升。PM2.5 濃度在短時間內飆升，導致瞬間空氣品質不良。短期內的急性暴露可能對呼吸道和心血管系統造成負面影響，尤其對敏感族群(如兒童、老年人和呼吸道疾病患者)。若該霾害持續多日，會導致長期的累積暴露。長期處於 PM2.5 高濃度環境中的居民和戶外工作者會有更高的慢性健康風險，進一步增加健康負擔。
- (4) 脆弱度分析：脆弱度為保全對象暴露在危害下的敏感度與調適力，可從年齡與健康狀況等面向進行探討，像是兒童、老年人以及有呼吸道或心血管疾病的患者，他們的呼吸系統和免疫系統較為脆弱，對 PM2.5 的負面影響更為敏感。這些人群在空氣品質惡劣的情況下，容易出現急性健康問題，或引發慢性病加重。

綜整上述內容，可以圖 4-9 做簡單的分析呈現，以供決策者能更快且清楚的了解該實體風險對保全對象之影響。

治理層級	氣候因子	非氣候因子	危害
環境部	極端熱浪 平均風速 沙塵暴	工廠排放 交通排放	空氣汙染與致災門檻
關鍵議題			
民眾暴露在空氣汙染下的 呼吸道損害	暴露因子		暴露
保全對象	地形地勢(如下風處) 戶外地區		民眾的時空分布
民眾(呼吸道)	脆弱度因子		脆弱度
實體風險	年齡(年長者、小孩) 健康狀況(呼吸道疾病、過敏)		民眾(呼吸道)受空氣汙染影響的脆弱度
空氣汙染導致民眾產生呼 吸道損害之損失			

圖 4-9 實體風險界定(以空污事件為例)

- (5) 氣候變遷衝擊評估：東北季風將華南及內陸地區的污染物帶至臺灣，加上臺灣本地的氣溫逆溫現象，使得污染物不易擴散，造成霾害持續數日，且範圍廣泛。因此中南部居民呼吸系統不適情況增加，醫療機構門診人數上升。大氣中的污染物影響植物的光合作用，對生態系統造成潛在影響。在社會層面，環保團體呼籲政府加強空氣污染防治措施，民眾對於霾害事件的關注度提升。這些事件中，氣候因素，如季風、逆溫現象和氣流特徵，顯著影響污染物的擴散與累積，對人類健康、環境及經濟等多方面帶來負面影響。

(三) 未來氣候變遷情境設定及風險評估

未來氣候變遷情境設定部分為選擇社會經濟共享與代表濃度情境(SSP-RCP Scenarios)，並就步驟 1：範疇界定中所訂定的評估未來氣候變遷時間範圍，來決定採用近期(1~5 年)、短期(5~10 年)、中期(20 年)、還是長期(30 年)的氣象推估資料。

風險評估參考氣候調適演算法步驟三的未來風險評估，按照圖 4-3 的判別流程決定進行量化評估、質性評估、還是彙整專家學者意見。以 2021 年春季沙塵暴造成臺灣中南部空汙事件來說，其氣候影響驅動因子為極端熱浪、平均風速、沙塵暴，極端熱浪的氣象推估數據為氣溫，其資料的可取得性高，不確定性低；平均風速及沙塵暴的氣象推估數據為風速，其資料的可取得性低，不確定性高。透過這些因子

相關氣象推估數據/資料可取得性與不確定性綜合判斷，建議該實體風險進行質性評估。下一步便可蒐集在未來氣候變遷情境下溫度、風速變化可能之變化，並將變化範圍給予等級分類進行繪製風險矩陣圖。

(四) 調適目標

參考氣候調適演算法步驟 4：調適擬定，透過風險評估結果及風險矩陣，訂定不同重大實體風險相對應之調適目標，以達到降低實體風險之目的。以 2021 年春季沙塵暴造成臺灣中南部空汙事件為例，降低空汙事件對民眾的風險即為調適目標。後續再依據此目標進一步訂定調適策略與措施。

(五) 推動策略、措施及檢討

氣候變遷調適行動方案可依據各事業主管機關調適願景及目標作為推動依據，包含考量因素、願景及目標內容等之調適策略與措施。首先根據調適目標以降低危害、暴露(包含空間與時間)、敏感度與提高調適力等面向訂定合適且精準的調適策略。接著依據調適策略的方向，制定具體、操作性強的調適措施，最終達成既定目標。其中可先檢視既有政策與相關計畫，視目前調適缺口需求新增調適計畫。

以空汙事件為例，調適策略包含排放源管控、減少外出等；而針對排放源管控可訂定更具體的調適措施，如盤點排放源並制定管控規定等。減少外出的調適策略則可推動教育宣導、空氣品質監測與警報等調適措施。

治理層級	氣候因子	非氣候因子	危害	危害調適
環境部	極端熱浪 平均風速 沙塵暴	工廠排放 交通排放	空氣汙染與致災門檻	排放源管控
關鍵議題	暴露因子		暴露	暴露調適
民眾暴露在空氣汙染下的 呼吸道損害	地形地勢(如下風處) 戶外地區		民眾的時空分布	汙染度高時，參考濃度 分布減少外出
保全對象	脆弱度因子		脆弱度	脆弱度調適
民眾(呼吸道)	年齡(年長者、小孩) 健康狀況(呼吸道疾病、過敏)		民眾(呼吸道)受空氣汙 染影響的脆弱度	脆弱度高者不要出門
實體風險	空氣汙染導致民眾產生呼 吸道損害之損失			

圖 4-10 氣候變遷韌性調適擬定(以空汙事件為例)

(六) 我國國家永續發展目標關聯性

聯合國於 2015 年宣布永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)，發展至今包含 17 項永續發展目標、169 個具體指標、及 232 項對應指標。而我國於 2016 年啟動研訂「臺灣永續發展目標」，參考 SDGs 研訂「臺灣永續發展目標」(圖 4-12)。經過滾動式檢討作業，目前共計有 18 項核心目標、143 項具體目標及 337 項對應指標(行政院國家永續發展委員會，2022)。



圖 4-11 聯合國永續發展目標 SDGs

圖片來源：<https://www.un.org/sustainabledevelopment/news/communications-material/>



圖 4-12 臺灣永續發展目標

圖片來源：https://www.ndc.gov.tw/nc_14813_36205

各事業主管機關所擬定之調適行動方案與國家永續發展目標之關聯分析，可參照「臺灣永續發展目標修正本」之內容，依據調適行動方案實施內容之相關領域鑑別合適之核心目標(Goals)，並逐步確認細項目標(Targets)與對應指標(Indicators)之質性敘述，以此分析兩者之關聯性。

1. 了解國家永續發展目標的核心內容

- 目標確認：仔細閱讀並瞭解我國國家永續發展目標的主要內容，包括其核心願景、具體目標(例如 SDGs 的細項目標)、對應指標及評估方法。
- 政策背景：檢視目標的背景文件，例如發展戰略計畫、相關法規或國際參考標準(如聯合國 SDGs)。
- 優先領域：鑑別我國在永續發展中優先推動的領域(如環保、能源、社會公平等)。

2. 界定調適行動方案的目標與範疇

- 行動方案目標：確認調適行動方案的主要目標與範疇，例如氣候調適、能源轉型、社會福利改善。
- 主要內容：詳列方案中的主要策略、行動計畫及其短期與長期影響。
- 行動層級：檢查該方案是否為地方、國家或跨國層級，並根據層級考量其與永續發展目標的適配性。

3. 比對行動方案與永續發展目標

- 目標比對：將行動方案的目標逐一與國家永續發展目標進行對應，確定其直接或間接關聯性。使用矩陣表格方式將行動方案與永續發展目標的對應關係視覺化。
- 指標匹配：核對行動方案是否涵蓋永續發展目標中的特定指標(如能源效率提升、減碳量)。若無直接匹配，分析是否有間接支持或潛在影響。

4. 分析調適方案的影響程度

- 影響評估：針對調適行動的社會、經濟及環境效益進行影響分析，如社會層面為促進公平、提高教育或健康水準；經濟層面為創造就業、促進經濟韌性；環境層面則是減少碳排放、提升生物多樣性。
- 利弊權衡：識別該方案對其他永續發展目標可能產生的負面影響，並提出補充措施。

5. 檢視整體符合性

- 整體契合度：分析行動方案與永續發展目標的契合程度是否足夠全面。
- 目標差距：找出方案中尚未涵蓋的永續發展目標或未明確提及的範疇。

6. 提供優化建議

- 方案修正建議：針對調適行動方案中與永續發展目標弱關聯的部分，提出優化建議。
- 增強指標監測：建議加入具體且可量化的永續發展指標，以提升方案的執行透明度與效果評估能力。

(七) 推動期程及經費編列

確定調適目標、策略、措施後，下一步應用多準則分析決定調適措施之優先順序，以供後續規劃氣候調適路徑圖。多準則分析適用於需要考量多個不同準則或因素的決策情境。通常在面臨複雜的問題時，我們無法僅透過單一因素進行決策，因此多準則分析透過對各種準則進行比較和加權，協助決策者從多個選項中找到最佳方案。在多準則分析中，首先根據問題的需求，列出所有需考慮的準則，例如成本、效益、風險、資源消耗等；再判斷準則的重要性，給予每個準則不同的權重，以反映其在決策中的優先程度。接著透過事業主管機關對每個選項進行打分或評估，根據不同準則的表現進行比較。最後考量準則權重計算每個選項的總分，並進行排序。

考量調適措施之成本、效益、可行性及急迫性，並蒐集國際調適案例與專家學意見，作為產製氣候調適路徑圖之參考，訂定調適措施的執行期程。

1. **路徑縱軸**：縱軸代表不同的調適行動或行動組合調適，行動是政策或策略的選項，用於因應氣候變遷的影響；不同的調適行動組合具有不同的調適能力和適用條件。
2. **路徑橫軸**：橫軸表示時間或氣候條件的變化(如全球升溫程度、海平面上升)。時間尺度通常包含近期、中期和長期，可用來判斷調適行動的持續性與可行性，同時也反映氣候變遷情境隨時間推移的不確定性。
3. **行動門檻(Tipping Point)**：行動門檻是指現有調適策略或行動在特定氣候條件下失效的時刻，無法再維持「可接受的」效能。
4. **行動地圖**：描繪所有可能的行動選項及其時序關係，幫助決策者在未來氣候、環境、社經等條件變化時迅速選擇替代方案。

- (1) 列出行動選項：根據風險評估，找出所有潛在的調適行動。
- (2) 分析效能與時效性：評估各行動的效能曲線，確定其可接受的條件範圍。
- (3) 繪製路徑：根據行動的適用時間或氣候條件，構建一張「行動地圖」，描述行動間的轉換關係。

5. 調適路徑：調適路徑是基於行動地圖所設計的策略計畫，旨在針對不同氣候情境選擇最佳行動。考量各調適措施成本效益、可行性、急迫性等因素，規劃產出氣候調適路徑圖。

- (1) 確定目標：明確描述現行政策的目標及未來所需達成的調適成果。
- (2) 規劃行動門檻：在現有政策效能下降前，設定轉換到下一行動的時機。
- (3) 評估不確定性：透過多種情境模擬，確保路徑的彈性與適應性。
- (4) 定期評估與調整：定期更新調適路徑，確保其可因應未來的氣候與社會變化。

(八) 預期效益及管考機制

氣候調適行動方案之執行期程，宜區分其優先性，以及屬於短、中、長期推動策略等，並訂定各策略計畫定性或定量目標，說明各行動方案之預期效益定期檢視調適願景及目標或各調適計畫執行達成情形。

管考機制可配合原公家機關之機制，參照氣候調適演算法步驟 6：檢視修正，建立一套程序檢核與行動考核機制，確保調適行動的成效與一致性。程序檢核可建立流程檢核清單，涵蓋關鍵檢核點(如風險評估更新頻率、資料完整性等)，並於定期檢核會議中，檢討執行進度與流程中可能出現的偏差。行動考核則是以績效報告形式呈現考核結果，識別成效顯著或需改進的措施。建立獎勵機制，鼓勵高效的行動或計畫持續推廣。

- 1. 程序檢核：**建立定期檢核機制，包括資料蒐集、分析、審核與行動實施的各階段，檢視推動流程是否符合原訂目標與時間表，確保實體風險評估與調適行動的推動流程有系統化與一致性的操作，並確保檢核流程透明化，並能夠即時反映最新資訊。
 - 定期召開檢核會議，檢討執行進度與流程中可能出現的偏差。
 - 建立流程檢核清單，涵蓋關鍵檢核點(如風險評估更新頻率、資料完整性等)。

- 2. 行動考核：**建立調適行動或計畫管理考核機制，設置量化與質化的評估指標，如措施的成本效益、影響範圍及風險減少程度，評估調適措施的執行成效與調適性，確保目標與現實需求的一致性。同時，可將考核結果納入未來決策參考，強化調適執行策略。
- 以績效報告形式呈現考核結果，識別成效顯著或需改進的措施。
 - 建立獎勵機制，鼓勵高效的行動或計畫持續推廣。

四、直轄市、縣(市)主管機關調適治理建議

本計畫將編撰針對地方政府之氣候變遷實體風險與調適治理建議，直轄市、縣(市)主管機關依據「氣候變遷因應法施行細則」第 19 條中，規範調適執行方案之內容應包含項目如下：

1. 推動組織與調適架構。
2. 地方自然與社會經濟環境特性。
3. 氣候變遷衝擊與影響。
4. 氣候變遷風險評估。
5. 氣候變遷調適策略及檢討。
6. 推動期程及經費編列。
7. 預期效益及管考機制。

本計畫依據氣候變遷因應法施行細則第 19 條架構，對照氣候調適演算法完成地方政府之氣候變遷實體風險與調適治理建議(表 4-3)。調適執行方案各項目執行推動所需資訊與工具如表 4-3。

表 4-3 直轄市、縣(市)主管機關調適治理架構

項次	氣候變遷因應法施行細則第 19 條	氣候調適演算法
1	推動組織與調適架構	步驟 1：範疇界定
2	地方自然與社會經濟環境特性	步驟 2：現況分析
3	氣候變遷衝擊與影響	步驟 2：現況分析
4	氣候變遷風險評估	步驟 3：未來評估
5	氣候變遷調適策略及檢討	步驟 4：調適擬定
6	推動期程及經費編列	步驟 5：調適路徑
7	預期效益及管考機制	步驟 5：調適路徑 步驟 6：檢視修正

(一) 推動組織與調適架構

地方政府可參考第三期國家氣候變遷調適行動計畫之易受氣候變遷衝擊領域與政府部門之分工，配合氣候變遷因應法第一章第 14 條設立各直轄市、縣(市)氣候變遷因應推動會，由直轄市、縣(市)主管機關首長擔任召集人，職司跨局處因應氣候變遷事務之協調整合及推動。除了氣候變遷因應推動會，本計畫建議地方政府可加設獨立的氣候變遷辦公室，負責作為氣候變遷因應推動會與各局處單位之橋梁，提高氣候變遷調適執行方案推動之效率，降低府內各局處之工作負荷。由於各地方政府之局處不盡相同，可依據圖 4-13 之架構作調整。



圖 4-13 永續與氣候治理之組織架構(建議)

(二) 地方自然與社會經濟環境特性

本段主要內容為掌握轄區自然、社會經濟環境背景，自然環境背景說明，包含地理分布、自然生態、氣候特性、過去及當前之氣候相關自然災害等；社會經濟環境背景說明，包含社會結構、產業結構、維生基礎設施、醫療及社會福利、過去與當前受氣候變遷衝擊與影響等。

參考氣候調適演算法步驟二現況分析的執行流程，包含歷史氣候災害事件盤點、現況危害分析、現況風險界定、氣候變遷衝擊評估等 4 個項目，本段主要以前面 3 個步驟為執行項目，「氣候變遷衝擊評估」將於下一段做說明。以凱米颱風為例按照上述步驟說明如何執行。

- (1) 歷史事件：2023 年 7 月 24 日凱米強烈颱風來襲，為中南部地區帶來了劇烈降雨，中央氣象署在 24、25 日內共發布了 20 次致災性降雨的國家級警

報，根據農業部統計，截至 28 日下午 17 點，凱米颱風造成的農業損失估計 21 億 8000 多萬元。

- (2) 危害分析：危害是由颱風引發的極端降雨，帶來大量水患及洪災。隨著氣候變遷，颱風帶來的降雨量和風速可能更具破壞性，導致長時間、大範圍的降雨，從而提高土石流、洪水和農業損失的風險。結合圖 4-1 氣候影響驅動因子透過圖 4-2 的判別流程，可知影響該事件 CIDs 為豪大雨與洪水、熱帶氣旋，且為極端高的單一天氣事件。危害分析：應用氣候實體風險模板進行該事件之風險界定，該事件之治理組織為直轄市、縣(市)政府中的農業處或相關局處，保全對象為農作物。暴露為影響保全對象的時間與空間分布因子。在空間部分，凱米颱風影響範圍主要集中在臺灣中南部地區，這些地區的農業生產密集，稻米、蔬菜、果樹等各類農作物種植廣泛，特別是雲林、嘉義、臺南等地受災最嚴重，農地面積大，風險相對更高。又中南部的許多農地地勢較低、易積水，排水設施若不足，暴雨易導致農田長時間淹水，增加根部腐爛及農作物受損的風險。在時間部分，颱風於 24 日開始影響臺灣，劇烈降雨持續至 25 日，期間中央氣象署發布了 20 次致災性降雨警報，顯示短時間內降下大量雨水，超出農地排水能力導致淹水，農作物長時間處於淹水或高濕度環境中，根系缺氧或病害風險增加，加速農作物損壞。另外凱米颱風發生在 7 月，正值夏季農作物的成長期或收成期，稻米、果樹及蔬菜等農作物的成熟階段。颱風此時來襲對農作物生產影響尤為嚴重，可能使得成熟農作物的收成受損，並影響農民在未來幾個月的供應和收入。

- (4) 脆弱度分析：脆弱度為保全對象暴露在危害下的敏感度與調適力，不同農作物的耐水性差異影響其脆弱度。例如，水稻對水淹有較強耐受力，而果樹、葉菜類等不耐長時間浸於水中，在淹水條件下受損風險更高。此外，農地排水設施不足或老化的情況下，農地更易受到淹水影響。若農民缺乏颱風應對知識或資源，難以及時採取如疏通排水系統、提早採收等措施來減少損失。農村地區的防災設施若不足，會限制災害發生時的應對效率，加劇農作物暴露於災害中的脆弱度。

綜整上述內容，可以圖 4-9 做簡單的分析呈現，以供決策者能更快且清楚的了解該實體風險對保全對象之影響。

治理層級	氣候因子	非氣候因子	危害
直轄市、縣(市)主管機關	豪大雨與洪水 熱帶氣旋	區域排水能力	颱風暴雨與致災門檻
關鍵議題	暴露因子		暴露
農作物暴露在颱風暴雨下的實體損害	1.農田處於地勢低窪地區 2.颱風持續時間 3.夏季為農作物的成長期或收成期		農作物的時空分布
保全對象	脆弱度因子		脆弱度
農作物	1.農作物對淹水和土壤長時間高濕的耐受性 2.農地排水設施不足或老化 3.農民對於颱風應對知識與資源		農作物受颱風暴雨影響的脆弱度
實體風險	1.農作物對淹水和土壤長時間高濕的耐受性 2.農地排水設施不足或老化 3.農民對於颱風應對知識與資源		農作物受颱風暴雨影響的脆弱度
颱風暴雨導致農作物產生實體損害之損失			

圖 4-14 實體風險界定(以凱米颱風為例)

(三) 氣候變遷衝擊與影響

氣候變遷衝擊評估為說明該氣候災害對保全對象之衝擊，影響層面包含：經濟、社會、健康、環境、生態、文化、性別、脆弱群體等等。以凱米颱風為例，其強度極高且伴隨大量水氣，在中南部地區停留時間較長，連續性強降雨導致河流水位迅速上升，部分地區洪水氾濫。中南部的山地地形使降雨更為集中，加強了降水的強度，造成山區土石流及崩塌風險大幅增加。又降雨集中在短時間內，地表無法迅速排水，形成淹水災情，特別是低窪地區受損嚴重。

凱米颱風對人類健康、農業、基礎設施等層面造成了顯著影響，根據農業部的統計，截至 7 月 28 日 17 點，農業損失估計超過 21 億 8 千萬元。農作物受到豪雨及洪水破壞，特別是水稻、蔬菜和果樹損失嚴重。此損失不僅影響農民的生計，也可能對糧食供應帶來壓力。颱風及暴雨破壞了道路、橋梁、水利設施等基礎建設，特別是在山區，道路崩塌及橋梁損毀情況嚴重，影響災後重建和救災行動的效率。除了農業損失外，政府需要投入大量資源進行救災和重建，加上交通和基礎設施的修復支出，對地方經濟構成負擔。

(四) 氣候變遷風險評估

未來氣候變遷情境設定部分為選擇社會經濟共享與代表濃度情境(SSP-RCP Scenarios)，並設定欲評估未來氣候變遷時間範圍，來決定是採用近期(1~5 年)、短

期(5~10 年)、中期(20 年)、還是長期(30 年)的氣象推估資料。

氣候變遷風險評估參考氣候調適演算法步驟三的未來風險評估，按照圖 4-3 的判別流程決定進行量化評估、質性評估、還是彙整專家學者意見。就凱米颱風來說，其氣候影響驅動因子為豪大雨與洪水、熱帶氣旋，豪大雨與洪水的氣象推估數據為降水量，其資料的可取得性高，不確定性低；熱帶氣旋的氣象推估數據為降水量及風速，其中風速資料的可取得性低，不確定性高。單以淹水事件而言，建議該實體風險可進行量化評估。

量化風險評估第一步選擇社會經濟共享與代表濃度情境(SSP-RCP Scenarios)，透過地球系統模式(Earth system model, ESM)模擬推估基期與未來氣候條件，再以統計或動力降尺度方式獲得小尺度的網格資料，輸入氣象資料合成模式產生未來氣象資料。最後利用未來氣象資料與評估模式(如淹水模式)模擬與產出危害、脆弱度與風險資訊，了解並說明風險主要來源為何以供執行者做決策，如圖 4-4 所示。

(五) 氣候變遷調適策略及檢討

參考氣候調適演算法步驟四調適擬定，透過風險評估結果及風險矩陣，訂定不同重大實體風險相對應之調適目標，以達到降低實體風險之目的。以凱米颱風為例，降低颱風暴雨對農作物的風險即為調適目標。後續再依據此目標進一步分別從降低危害、暴露、脆弱度三個面向訂定合適且精準的調適策略(圖 4-15)。舉例來說，強化區域排水能力可同時降低危害、暴露、脆弱度等影響。接著依據調適策略的方向，制定具體、操作性強的調適措施。以強化區域排水能力來說，需要盤查哪些區域的排水設施需要加強，以及該如何加強。治理組織可先檢視既有政策與相關計畫，視目前調適缺口需求新增調適計畫。氣候變遷調適執行方案即為可依據各事業主管機關調適願景及目標作為推動依據，包含考量因素、願景及目標內容等之調適策略與措施。

治理層級	氣候因子	非氣候因子	危害	危害調適
直轄市、縣(市)主管機關	豪大雨與洪水 熱帶氣旋	區域排水能力	颱風暴雨與致災門檻	強化區域排水能力
關鍵議題	暴露因子		暴露	暴露調適
農作物暴露在颱風暴雨下的實體損害	1.農田處於地勢低窪地區 2.颱風持續時間 3.夏季為農作物的成長期或收成期		農作物的時空分布	1.強化區域排水能力 2.錯開颱風季栽種 3.提早採收
保全對象	脆弱度因子		脆弱度	脆弱度調適
農作物	1.農作物對淹水和土壤長時間高濕的耐受性 2.農地排水設施不足或老化 3.農民對於颱風應對知識與資源		農作物受颱風暴雨影響的脆弱度	1.強化區域排水能力 2.加強農地排水設施維護檢修 3.強化農民對颱風應對認知
實體風險	颱風暴雨導致農作物產生實體損害之損失			

圖 4-15 氣候變遷韌性調適擬定(以凱米颱風為例)

(六) 推動期程及經費編列

確定調適目標、策略、措施後，下一步應用多準則分析決定調適措施之優先順序，以供後續規劃氣候調適路徑圖。多準則分析適用於需要考量多個不同準則或因素的決策情境。通常在面臨複雜的問題時，我們無法僅透過單一因素進行決策，因此多準則分析透過對各種準則進行比較和加權，協助決策者從多個選項中找到最佳方案。在多準則分析中，首先根據問題的需求，列出所有需考慮的準則，例如成本、效益、風險、資源消耗等；再判斷準則的重要性，給予每個準則不同的權重，以反映其在決策中的優先程度。接著透過事業主管機關對每個選項進行打分或評估，根據不同準則的表現進行比較。最後考量準則權重計算每個選項的總分，並進行排序。

考量調適措施之成本、效益、可行性及急迫性，並蒐集國際調適案例與專家學者意見，作為產製氣候調適路徑圖之參考，訂定調適措施的執行期程。

- 1. 路徑縱軸：**縱軸代表不同的調適行動或行動組合調適，行動是政策或策略的選項，用於因應氣候變遷的影響；不同的調適行動組合具有不同的調適能力和適用條件。
- 2. 路徑橫軸：**橫軸表示時間或氣候條件的變化(如全球升溫程度、海平面上升)。時間尺度通常包含近期、中期和長期，可用來判斷調適行動的持續性與可行性，同時也反映氣候變遷情境隨時間推移的不確定性。
- 3. 行動門檻(Tipping Point)：**行動門檻是指現有調適策略或行動在特定氣候條

件下失效的時刻，無法再維持「可接受的」效能。

4. 行動地圖：描繪所有可能的行動選項及其時序關係，幫助決策者在未來氣候、環境、社經等條件變化時迅速選擇替代方案。

(1) 列出行動選項：根據風險評估，找出所有潛在的調適行動。

(2) 分析效能與時效性：評估各行動的效能曲線，確定其可接受的條件範圍。

(3) 繪製路徑：根據行動的適用時間或氣候條件，構建一張「行動地圖」，描述行動間的轉換關係。

5. 調適路徑：調適路徑是基於行動地圖所設計的策略計畫，旨在針對不同氣候情境選擇最佳行動。考量各調適措施成本效益、可行性、急迫性等因素，規劃產出氣候調適路徑圖。

(1) 確定目標：明確描述現行政策的目標及未來所需達成的調適成果。

(2) 規劃行動門檻：在現有政策效能下降前，設定轉換到下一行動的時機。

(3) 評估不確定性：透過多種情境模擬，確保路徑的彈性與調適性。

(4) 定期評估與調整：定期更新調適路徑，確保其可因應未來的氣候與社會變化。

(七) 預期效益及管考機制

氣候調適行動方案之執行期程，宜區分其優先性，以及屬於短、中、長期推動策略等，並訂定各策略計畫定性或定量目標，說明各行動方案之預期效益定期檢視調適願景及目標或各調適計畫執行達成情形。

管考機制可配合原公家機關之機制，參照氣候調適演算法步驟 6：檢視修正，建立一套程序檢核與行動考核機制，確保調適行動的成效與一致性。程序檢核可建立流程檢核清單，涵蓋關鍵檢核點(如風險評估更新頻率、資料完整性等)，並於定期檢核會議中，檢討執行進度與流程中可能出現的偏差。行動考核則是以績效報告形式呈現考核結果，識別成效顯著或需改進的措施。建立獎勵機制，鼓勵高效的行動或計畫持續推廣。

1. 程序檢核：建立定期檢核機制，包括資料蒐集、分析、審核與行動實施的各階段，檢視推動流程是否符合原訂目標與時間表，確保實體風險評估與調適行動的推動流程有系統化與一致性的操作，並確保檢核流程透明化，並能夠即時反映最新資訊。

- 定期召開檢核會議，檢討執行進度與流程中可能出現的偏差。
- 建立流程檢核清單，涵蓋關鍵檢核點(如風險評估更新頻率、資料完整性等)。

2. 行動考核：建立調適行動或計畫管理考核機制，設置量化與質化的評估指標，如措施的成本效益、影響範圍及風險減少程度，評估調適措施的執行成效與調適性，確保目標與現實需求的一致性。同時，可將考核結果納入未來決策參考，強化調適執行策略。

- 以績效報告形式呈現考核結果，識別成效顯著或需改進的措施。
- 建立獎勵機制，鼓勵高效的行動或計畫持續推廣。

五、氣候風險評估與韌性調適工作坊

(一) 工作坊活動說明

氣候風險評估與韌性調適工作坊邀請對象因有治理層級差異及人數眾多的因素，將分為中央部會及地方政府兩場工作坊辦理。第一場次工作坊於 113 年 7 月 8 日在新竹 WSICC 暉順國際會議中心，舉辦以地方政府為邀請對象之工作坊。中央政府之「國家氣候變遷調適行動計畫(112-115 年)」已於 112 年 10 月 4 日經行政院核定，依據氣候變遷因應法之規定，各級政府應於 113 年 10 月前規劃推動氣候變遷調適行動方案並彙整至中央。因此本計畫透過工作坊的舉辦，說明並交流實體風險評估與調適執行時可能遇到之困難，並建議氣候變遷實體風險評估與調適可用之工具，協助地方政府推動氣候變遷調適執行方案之計畫。第二場工作坊邀請對象為各中央部會單位，於 113 年 9 月 30 日在集思台大會議中心舉辦。由於中央部會已於 112 年提出調適行動方案，因此該場除了介紹實體風險評估與韌性調適工具外，希望能協助檢視既有的調適行動方案，規劃、調整後續的執行方向與項目。

工作坊活動進行方式先請國立臺灣大學生物環境系統工程學系童慶斌教授依據《氣候變遷因應法施行細則》第 16、19 條規範調適執行方案應包含項目，結合氣候調適演算法進行氣候變遷調適工具之建議，接著將與會人員利用教具(圖 4-16)做氣候實體風險模板之分組操作討論。最後邀請各組上台分享討論結果，了解與會人員對風險模板操作的認知程度，達到氣候變遷調適推廣之目的。

實體風險模板

治理層級	氣候因子	非氣候因子	危害	危害調適
關鍵議題			()與 致災門檻	
()暴露 在()下 的實體損害/功能喪失	暴露因子		暴露	暴露調適
保全對象			()的 時空分布	
()	脆弱度因子		脆弱度	脆弱度調適
實體風險 ()導致 ()產生 的實體損害/功能喪失之損失			()受 ()影響的脆弱度	

圖 4-16 工作坊活動教具

(二) 氣候變遷實體風險評估應用情境

本計畫藉由工作坊得知決策者在執行實體風險評估與調適治理時的困難，為解決這些困難，本計畫設計不同的應用情境，提供決策者面對不同疑問時的解決方案或建議。決策者在執行實體風險界定时容易會遇到且常見的疑問如圖 4-17 所示，因此也可根據這些疑問來設計應用情境。

氣候變遷實體風險界定情境

- 組織(主管業務)或保全對象在氣候變遷下之主要危害為何？
- 組織(主管業務)或保全對象在氣候變遷下之關鍵議題為何？
- 組織(主管業務)在氣候變遷下“淹水”風險界定為何？
- “淹水”危害可能影響的關鍵議題為何？
- 影響“保全對象”的暴露因子為何？
- 影響“保全對象”的脆弱度因子為何？
- 影響“保全對象”的敏感度因子為何？
- 影響“保全對象”的調適力因子為何？
- 可能降低“危害”的調適措施？
- 可能降低“暴露”的調適措施？
- 可能降低“脆弱度”的調適措施？
- 可能降低“敏感度”的調適措施？
- 可能提高“調適力”的調適措施？

圖 4-17 氣候變遷實體風險界定情境

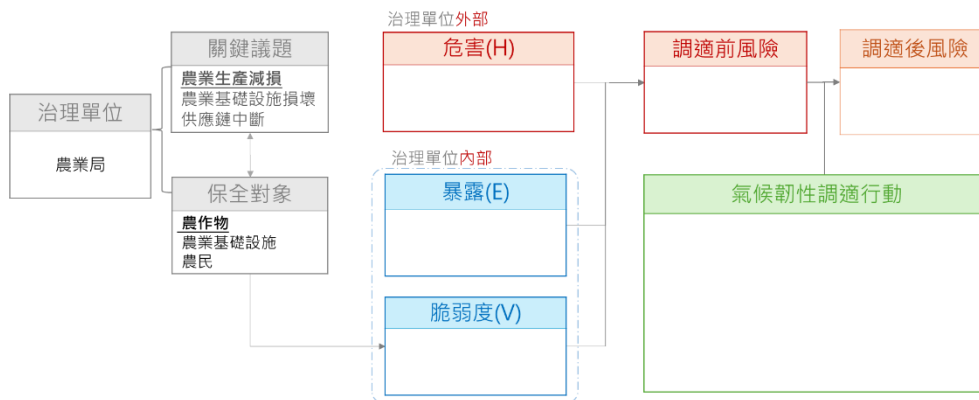
應用情境 1：決策者只知自己主管業務，但不知道跟氣候變遷有何關係？

問題：

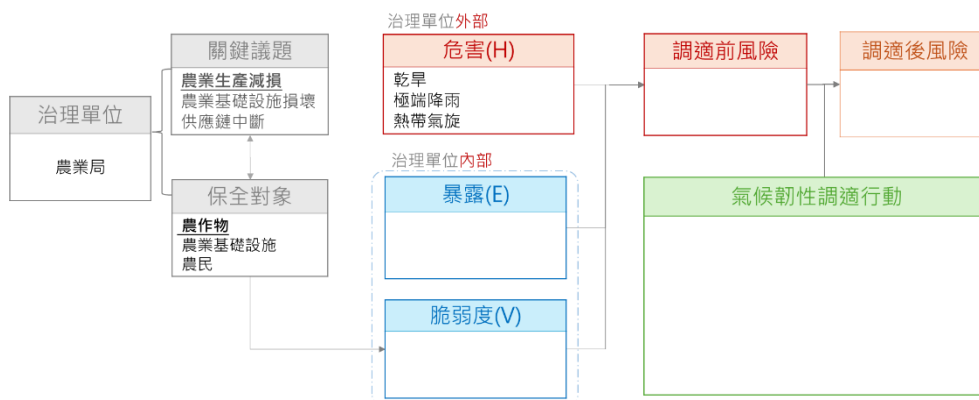
1. 未能正確認知氣候變遷對業務的潛在風險和影響。
2. 無法辨識需要調適的重點領域或行動。

解析：

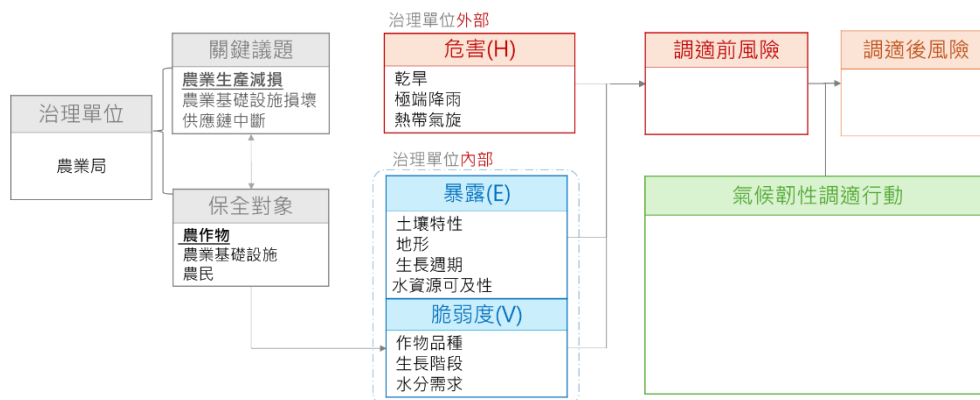
1. 列出決策者業務範疇，確立業務的目標、主管範圍等。



2. 參照氣候變遷相關數據，分析與業務相關的主要氣候因子(如熱浪、乾旱、熱帶氣旋等)，並探討這些氣候因子可能引發的具體風險。



3. 建立氣候變遷與業務的連結，將業務影響分為直接影響(如基礎設施損壞)和間接影響(如經濟損失或社會壓力)，並描述其關聯性。
4. 進行基礎培訓幫助其理解實體風險機制與調適原則，邀請相關專家或研究機構提供技術支持，協助鑑別氣候風險的具體影響。
5. 使用簡單的氣候風險界定工具(如實體風險模板)做初步分析。



應用情境 2：決策者在執行實體風險評估時，不知該從何處取得風險評估資料？

問題：

1. 缺乏氣候變遷數據和過去災害影響紀錄。
2. 缺少可用的社會經濟數據或土地利用資訊。
3. 資料範疇未明確，導致資料蒐集範圍過於廣泛或不精確。

解析：

1. 確認評估範疇(地區範圍、對象、目標等)與評估所需之數據類型，如氣候資料(溫度、降雨)、歷史災害紀錄、基礎設施分布、社會經濟數據等。
2. 尋找既有公開數據來源，查閱政府機構發布的資料庫，例如中央氣象署、環境部、地方政府相關單位等，或搜尋國際數據來源，如 IPCC、NASA、Data.gov、世界銀行等氣候和社經數據庫。
3. 與相關政府單位合作收集基礎設施及實體風險相關數據，和專家學者合作獲取相關氣候模型與研究成果。
4. 蒐集氣候變遷模式數據、歷史災害資料、基礎設施空間分布等多元資料來源，驗證數據的完整性與準確性，確保符合評估需求。
5. 將已蒐集之數據進行缺口分析，判斷是否足夠支撐評估過程；若存在缺口，則針對缺少的數據考慮進行實地調查或利用替代數據來補足。
6. 為避免未來出現資料不足問題，建立數據管理與更新機制，將蒐集到的資料納入一個數據管理平台，並制定數據蒐集和分享的標準化流程。

應用情境 3：當決策者需要推動實體風險評估，卻不了解氣候風險評估操作方法與工具。

問題：

1. 無法選擇合適的評估工具。
2. 欠缺系統化的操作流程。
3. 無法解釋評估結果或制定針對性的調適行動。

解析：

1. 確認評估目標，包含氣候災害事件與保全對象；界定評估範圍，包括地理區域、時間尺度等。
2. 了解實體風險評估的基本概念，參考《IPCC 氣候變遷報告》對實體風險的基本框架描述，或培訓治理組織相關人員，建立對氣候風險評估基本概念的理解。
3. 選擇適當的評估方法與工具，依據氣象推估資料的可取得性及其不確定性判斷評估方法，量化評估適用於高確定性數據情境，而質性評估適用於數據不確定性較高的情境。接著蒐集並學習使用風險評估工具，如氣候影響驅動因子 (CIDs)、淹水模擬模式等。
4. 採用現有或建立新的評估流程，如國家氣候調適框架、氣候調適演算法、英國調適精靈 UKCIP、ISO 14090 等。
5. 尋求外部支援，聯繫專業研究機構或顧問公司協助開展風險評估，或與其他已完成相關評估的機構進行經驗交流。
6. 制定定期改善計畫，定期回顧評估工具與方法的適用性，改進數據蒐集及分析流程。

應用情境 4：治理組織如何將氣候實體風險評估結果應用或納入/設計到既有的業務中？

問題：

1. 現有業務與實體風險管理的目標關聯不明確
2. 實體風險評估結果無法被實際應用於政策或操作層面。
3. 缺乏有效的跨部門協作機制，導致資訊無法傳遞或行動分散。

解析：

1. 鑑別既有業務與實體風險的關聯性。分析治理組織內部業務的目標與範疇，辨別可能受到實體風險影響的業務領域(如基礎設施管理、社會福利規劃、自然資源保護)，並比對實體風險評估結果，確立具體風險對業務的潛在影響。
2. 將實體風險納入業務優先事項。根據評估結果，訂定調適優先目標，如降低特定風險(洪水、乾旱)或提高韌性(基礎設施適應力)。接著透過關鍵績效指標

(KPIs)，來衡量調適執行成效。

3. 根據評估結果設計整合型調適行動計畫，將調適行動融入既有政策、規劃與操作流程。
4. 建立跨部門協作機制，促進實體風險資訊在組織內的傳遞與協作。可構建資訊交流平台，可彙整與分享風險評估結果及行動進展。
5. 根據調適行動計畫，調整業務資源配置(如人力、經費、技術)以支援調適執行，同時增設與氣候調適相關的資源，如引入技術工具或專家支持。
6. 建立檢視與反饋機制，利用氣候監測數據(如降雨量、溫度變化)及社經數據，定期檢視調適行動的進展與成效，根據實際結果動態調整行動方向。
7. 提供員工培訓與教育，提升其對氣候實體風險與調適行動的理解與執行能力。

應用情境 5：決策者如何用更客觀的科學方法界定一個城市的關鍵領域

問題：

1. 缺乏系統化框架，篩選關鍵領域困難。
2. 利害關係人的意見分歧，難以形成一致的判斷。
3. 無法量化氣候風險對不同領域的具體影響，導致優先級設置不明確。

解析：

1. 蒐集城市基礎資料，確認城市內主要的自然、經濟與社會資源，包括土地利用、人口分布、基礎設施及關鍵產業等；蒐集氣候數據，如溫度、降雨量、海平面上升預測等；以及彙整過去的氣候災害歷史與影響範圍。
2. 界定關鍵實體風險(如洪水、乾旱、熱浪等)並分析受影響的領域，包括自然環境、基礎設施、經濟活動及人口健康等。
3. 進行實體風險評估，依據氣象推估資料的可取得性及其不確定性，判別應執行量化或質性評估。
4. 設定界定關鍵領域的具體標準，例如影響範圍，如該領域受實體風險影響的人口或面積比例；影響程度，如風險導致的經濟損失或基礎設施損害程度。
5. 利害關係人參與與共識建立。組織工作坊，邀請政府機構、社區、學術機構及企業等利害關係人參與，聽取各方對關鍵領域的建議，並形成共識。
6. 建立關鍵領域清單。根據評估結果與參與討論，列出城市的關鍵領域，如：基礎設施(如供水系統、交通網絡)、健康與安全(如醫療資源、老年人群)、生態系統(如濕地、紅樹林)。

7. 制定針對關鍵領域的調適目標、策略與行動，將其納入城市的長期規劃、土地利用政策及基礎設施建設計畫中。

第五章 產業實體風險與韌性調適需求與通用指引

氣候變遷已為各組織帶來日益嚴峻的氣候風險，危害環境，並直接牽動著各行各業的業務經營和長遠發展。面對這樣的挑戰，產業對於氣候風險評估的需求日益迫切。本章以產業為主要對象，目標為提供產業實體風險與韌性調適需求與通用指引，以協助企業有效評估和應對氣候風險。

首先，透過全面盤點，以確定產業層級氣候風險評估領域的數據、資訊、工具和知識的缺口，可能涵蓋如氣候科學、環境監測、氣象、金融風險評估等各種相關領域。透過缺口盤點分析，為後續的風險評估工作發展奠定基礎。

其次，藉由制定一套明確的治理建議，以協助企業執行氣候風險評估和調適行動。該建議將涵蓋方法論、工具、資料、資訊、知識、智慧(DIKW)的具體說明，以提供實用的協助，確保評估的全面性和有效性。透過這一系列的工作，期望能提供產業一個完整而實用的框架，以應對當前和未來的氣候風險挑戰。

一、章節摘要

本章節透過系統性的分析與治理建議，協助產業建構應對氣候變遷的韌性調適能力，並確保符合相關規範的要求。首先，針對產業在進行實體風險評估時的需求進行盤點，逐步探討風險界定、風險衡量到風險管理三大階段。於各階段中強調了資料蒐集、資訊轉化、知識建構以及智慧應用的重要性，並介紹了如何透過專業工具和方法來協助各步驟的實施。

在風險界定階段，企業需要建立完善的資料庫並蒐集基本範疇資料，以界定氣候風險的範疇和關鍵議題。在風險衡量階段，則需透過歷史和未來氣候數據的模擬，來量化氣候風險的影響，並制定應對策略。在風險管理階段，重點放在監控與修正機制的建立，確保風險管理措施的有效性，並根據最新的數據和情境進行動態調整。

透過步驟的整合，使企業能夠在面對氣候變遷的挑戰時，提升其應對能力和決策準確性，從而有效管理氣候風險並實現永續發展的長期目標。依循本建議，產業將能夠更加系統性地應對未來可能面臨的各種氣候風險，建立更具韌性的營運模式，並在全球市場中保持競爭優勢。

二、產業實體風險與韌性調適需求盤點

氣候變遷所帶來的衝擊不僅只是政府需要面對與處理的，各行各業也受到非常嚴峻的挑戰，全球產業界開始尋求並發展評估並管理氣候變遷風險之方法。金融監督管理委員會(下稱金管會)於 2020 年發布「公司治理 3.0-永續發展藍圖」，要求實收資本額 20 億元以上之上市櫃公司自 112 年起應參考永續會計準則(Sustainability Accounting Standards Board, SASB)規定及氣候相關財務揭露建議(Task Force on Climate-related Financial Disclosures, TCFD)編製永續報告書。而 2022 年及 2023 年金管會各自發布「上市櫃公司永續發展路徑圖」和「上市櫃公司永續發展行動方案」，期能強化公司治理、提升企業永續發展，前者要求企業分階段盤查溫室氣體排放並進行查證後揭露，以促進資本市場永續發展；後者方案期望能引領企業實現淨零排放，深化企業的永續治理文化，精進永續資訊的揭露，強化與利害關係人的溝通，以及推動 ESG 評鑑和數位化。作為這些計畫的一部分，金管會特別要求上市上櫃公司在年報及永續報告書中揭露與氣候相關的資訊。包含要求說明董事會與管理層如何監督氣候風險，辨識氣候風險對企業業務、策略及財務的影響，以及企業應對這些風險所採取的行動計畫。並揭露溫室氣體盤查情形及說明設定的氣候相關目標。這些要求旨在促使企業全面評估並公開其在氣候變遷下的風險與機會，提升透明度，增強氣候韌性，並促進整體經濟的永續發展。

此外，為了方便企業及投資人取得相關資訊，金管會於 2024 年推出「永續金融網站」，作為彙整永續金融相關政策、統計數據、相關規範、評鑑及教育訓練等資訊之平台，以利使用者能一站式找到所需要的永續金融資訊。

奠基於 TCFD 揭露框架，國際永續準則理事會(International Sustainability Standards Board, ISSB)於 2022 年發布 IFRS(International Financial Reporting Standards, 國際財務報導準則公報)S1 永續發展相關財務資訊揭露一般要求、S2 氣候相關揭露二號永續揭露準則草案，並於 2023 年 6 月公布正式版本，透過制定全面性的永續揭露標準，以提供投資者永續相關的資訊。全世界已有超過 115 個國家強制或允許採用(adoption)IFRSs，根據 IFRS S1 和 S2 準則，企業需揭露如何衡量、監控及管理其重大永續與氣候相關風險與機會。

我國金管會亦已於 2023 年 8 月發布我國接軌國際財務報導準則(IFRS)永續揭露準則藍圖(如圖 5-1 所示)，持續提升永續資訊報導品質及透明度產業風險與調適通用指引。並規劃自 2026 年起，資本額達 100 億元以上之上市櫃公司開始適用

IFRS S1 及 IFRS S2，並於 2027 年完成報告；預計至 2028 年所有上市櫃公司皆適用，影響範圍甚鉅，企業須提前規劃並採取行動，以符合規範適用時程。其中氣候議題優先依 IFRS 永續準則規定揭露，並應用 IFRS S2 指引，考量 SASB 行業別，判斷重大氣候議題及揭露事項。

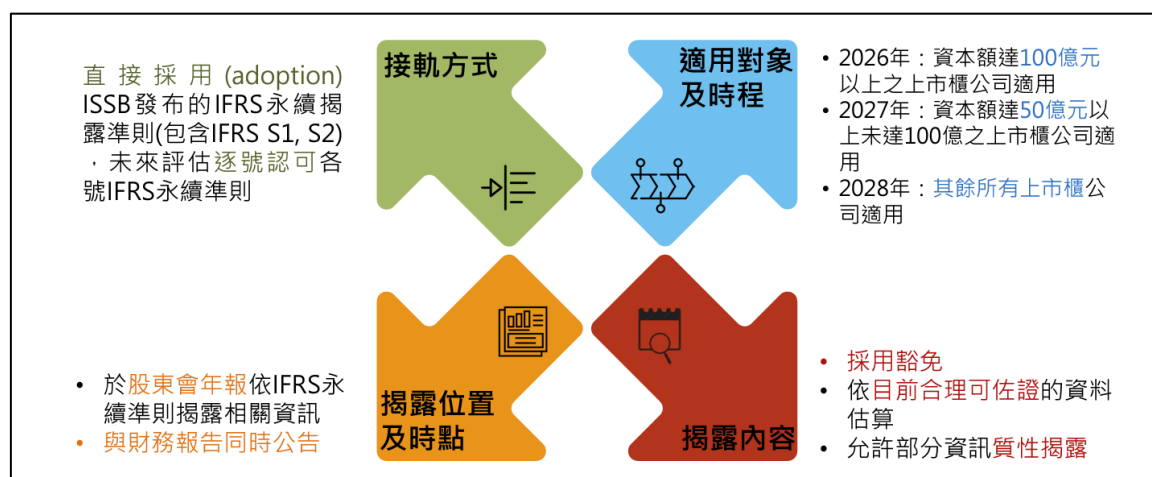


圖 5-1 推動我國接軌 IFRS 永續準則藍圖

圖片來源：金管會證券期貨局，2023

IFRS 永續準則對上市櫃企業而言將為合規性規範，具強制力，旨在推動企業落實氣候風險治理。其中量化難度較高的揭露事項(例如：氣候相關風險的預期財務影響、氣候情境分析及韌性評估)為預估可能對企業帶來評估與揭露困難之項目，相關主管機關應提供合理之科學基礎資料，以支援企業進行氣候風險與機會的財務化評估。

綜合上述法規，臺灣政府正積極推動企業強化氣候相關資訊的揭露，並對 ESG 治理進行系統性強化。透過階段性的溫室氣體排放盤查、資訊揭露以及風險管理，正逐步將氣候風險管理與永續發展目標緊密連結，並對齊國際永續揭露標準且針對上市櫃公司提出具體要求，以提升資本市場的透明度與永續性，更為投資者及利害關係人建立起可比較、系統性的資訊。針對金融政策與氣候相關揭露內容整理如表 5-1 所示，盤點出政府所規範之揭露內容，以利本章後續執行缺口之分析。

表 5-1 金融政策與氣候相關揭露內容

金融政策	主旨	氣候相關揭露要求
公司治理 3.0-永續發展藍圖	以強化董事會職能、提高資訊透明度、強化利害關係人溝通、接軌國際規範、深化公司永續	於推動措施「強化上市櫃公司 ESG 資訊揭露」中要求企業參考 TCFD 架構以強化永續報告書揭

金融政策	主旨	氣候相關揭露要求
	治理文化等五大主軸為中心，共計 39 項具體推動措施，旨在落實公司治理、提升企業永續發展。	露，俾將氣候風險聯結至公司治理，使企業資訊透明度提升
上市櫃公司永續發展路徑圖	旨在強化公司治理、提升企業永續發展，包含分階段盤查溫室氣體排放並揭露，以促進資本市場永續發展	分階段要求上市櫃公司進行溫室氣體盤查與查證並揭露
上市櫃公司永續發展方案	以治理、透明、數位、創新四大主軸，推動企業永續發展，包括引領企業淨零、深化企業永續治理文化、精進永續資訊揭露、強化利害關係人溝通，以及推動 ESG 評鑑及數位化	據金管會規定，所有上市櫃公司應自 2024 年起在年報中揭露氣候相關資訊。而實收資本額 20 億元以上的公司則自 2023 年起應在永續報告書中揭露相同資訊。為推動實收資本額 20 億元以下的公司編製永續報告書，規劃自 2025 年起應編製永續報告書，揭露氣候相關資訊及所處產業之永續指標
接軌 IFRS 永續準則	金管會發布臺灣接軌 IFRS 永續揭露準則藍圖，以持续提升永續資訊報導品質及可比較性，強化資本市場、投資者信賴	IFRS S2 號「氣候相關揭露」，將具體要求企業揭露與氣候變遷相關的資訊，包含使用氣候相關情境分析識別氣候風險與機會、判斷氣候相關風險與機會對當前及預期財務狀況、財務績效和現金流量的影響
上市上櫃公司氣候相關資訊揭露	促使企業全面評估並公開其在氣候變遷下的風險與機會，並透過揭露氣候相關資訊來提高企業透明度，增強企業應對氣候變遷的能力。	根據金管會規定，企業需揭露之內容包含治理結構、風險與機會的影響、風險管理流程、氣候情境分析、相關指標與目標等

本計畫將對接相關規範要求，盤點企業進行實體風險評估與建構韌性調適能力時的需求，包含實體風險評估時危害、暴露與脆弱度不同面向的既存資料與技術支援，同時檢視目前缺口，以進一步規劃未來發展方向。盤點清單初步規劃如下表 5-2 示例，舉例來說，風險界定步驟中，資料需求可能包括評估範疇基本資料、保全對象清單、利害關係人名單等；風險衡量步驟中，資料需求則包括歷史氣象資料、未來氣候變遷情境、未來氣象資料等。盤點完成後，下一階段工作則將針對需求缺口，首先規劃建構或提供相關資料庫，接著規劃後續維護運作機制，如經費來源、

使用方式等。

在風險界定階段，本清單從數據切入，評估企業的基本範疇資料與利害關係人的現狀。而在此基礎上，資訊層面將著手分析這些數據，並識別出風險評估與管理過程中的關鍵要素，將其轉化為可供決策參考的資訊。知識方面則須強化對風險本質的了解，探討其對業務流程可能及潛在造成的影響。智慧層面，將於此流程中界定出策略上的關鍵議題，並設定保全對象清單。而於風險界定過程中可運用的工具包含利害關係人分析方法並參考已有的國際標準或框架(如 TCFD)，以確保風險界定的精確度。

在風險衡量階段，本步驟需利用既有資料構建評估模型，透過歷史氣象資料和未來氣候變遷情境進行模擬。而模擬出的資訊結果將提升企業對風險暴露度和脆弱度相互作用的知識，進而轉化為智慧，協助使用者制定緊急應對和長期調適策略。風險評估過程中可使用數據管理系統和預測模擬工具、風險評估工具等，以完善企業進行實體風險評估能力，同時為組織建構韌性調適做準備。

風險管理階段企業可建立及完善資料庫來儲存與氣候風險相關的資訊，以便監控和報告各項風險管理措施的成效，智慧則體現在如何根據風險評估結果規劃調適策略，以及如何運用專案管理系統和其他工具來促進溝通協作，確保風險管理策略能得到有效實施。並透過利害關係人會議來檢討和定位最佳調適路徑。透過一系列的措施，企業將能建立更為韌性及永續的業務營運模式。

產業實體風險與韌性調適需求盤點的三個階段—風險界定、風險衡量、和風險管理—均呈現逐步深入的過程。在界定風險時，重點在於使用各種數據和工具來確認及認知風險的範疇。風險衡量則是透過歷史和未來氣象模擬數據來構建模型，提供策略規劃的知識基礎。最後，風險管理則涉及調適措施的實施與效果的監測，以策略應用提升企業氣候變遷的調適能力。此三大步驟共同構築了全面而具有執行力的風險管理框架，協助企業積極應對與適應氣候相關的挑戰，在後續分析中，將識別和填補資料、知識與能力的缺口，以便更精準地制定和執行策略，進而完善整體風險評估與管理過程。

表 5-2 產業實體風險與韌性調適需求盤點表(示例)

風險界定 (第一步驟)	風險衡量 (第二、三步驟)	風險管理 (第四~六步驟)
資料(Data)：	資料(Data)：	資料(Data)：

風險界定 (第一步驟)	風險衡量 (第二、三步驟)	風險管理 (第四~六步驟)
➢ 評估基本範疇資料 ➢ 利害關係人名單	➢ 歷史氣象資料 ➢ 未來氣候變遷情境 ➢ 未來氣象資料 ➢ 評估危害、暴露與脆弱度因子	➢ 規劃建構或提供相關資料庫
資訊(Information)： ➢ 分析資料和界定風險範疇 ➢ 識別風險相關的關鍵要素	資訊(Information)： ➢ 將資料轉化為風險評估模型，如透過模式繪製現況與未來危害、暴露與脆弱度地圖	資訊(Information)： ➢ 監測和報告風險管理措施的執行狀況和成效
知識(Knowledge)： ➢ 了解風險本質，並聯繫其與企業業務流程和潛在影響	知識(Knowledge)： ➢ 確定風險評估方法論和技術，了解風險地圖中各種因素的互動及影響範圍	知識(Knowledge)： ➢ 從實施中最佳化風險管理流程和方法，視情況重新由模式產製風險地圖
智慧(Wisdom)： ➢ 界定關鍵議題 ➢ 保全對象清單	智慧(Wisdom)： ➢ 根據評估結果，制定緊急應對措施和長期調適策略	智慧(Wisdom)： ➢ 規劃氣候調適路徑圖 ➢ 透過利害關係人會議以檢討可行之調適路徑並訂定最佳調適路徑
工具(Tools)： ➢ 利害關係人分析工具 ➢ 導入國際標準或框架(如 TCFD)	工具(Tools)： ➢ 數據管理系統 ➢ 預測氣候變遷的模型和模擬軟體 ➢ 風險評估工具	工具(Tools)： ➢ 專案管理系統 ➢ 協作平台 ➢ 績效監控系統

在風險界定階段，企業需收集內部與外部多元資料，如組織專案紀錄、政府氣候數據和行業報告，結合國際標準（如 TCFD 框架）制定範疇定義，明確業務領域、地理位置與時間尺度。此階段的重點是辨別企業營運中可能受氣候變遷影響的實體風險與轉型風險，並建立保全對象清單與關鍵議題。以此為基礎，企業將為後續風險衡量和管理奠定清晰方向。接著，為確保評估有效性的關鍵在於蒐集全面且精準的數據。首先，企業應利用歷史氣象資料（如中央氣象署提供的逐日氣象數據與氣候觀測網格資料）了解氣候變遷的歷史模式。接著，透過未來氣候模擬情境（如

IPCC AR6 的 RCP-SSP 情境或 NGFS 提供的模型)，評估極端氣候事件的可能性與其對業務的影響。

在風險衡量中，需整合內外部數據，包括外部專家意見、政府資料（如 NCDR 災害風險圖）與地理資訊系統（GIS）分析，識別危害、暴露和脆弱度因子。將數據進行整理與清洗後，應輸入風險評估模型進行分析，並結合敏感性測試和情境模擬。最終，企業可使用 GIS 軟體將分析結果視覺化，生成風險地圖，直觀展示高風險區域，並明確識別可能受到影響的關鍵資產與業務。分析結果將轉化為企業具體的知識與行動策略，包括針對高風險地區優化物流路線與供應鏈管理，或制定資源配置與技術創新計畫，確保業務穩定與長期韌性。

在風險管理階段，企業應建立具體且量化的監測指標，以持續追蹤風險控制措施的成效。定期蒐集和分析數據，評估措施是否達成預期目標並有效降低風險影響。同時，企業需整理評估結果並向管理層及利害關係人溝通，以確保透明度並促進持續改進。

基於監測與評估的結果，企業應動態調整風險管理策略，並依據最新氣候情境更新風險地圖。此外，透過跨部門協作與利害關係人參與，制定氣候調適路徑圖，確保行動計畫的實效性與持續性。此過程有助於企業提升調適能力與韌性，應對氣候變遷帶來的多重挑戰。從界定風險的準確性、衡量風險的全面性到管理風險的實施和最佳化，各個步驟皆闡述了企業在面對氣候變遷時，如何透過系統性的方法學有效識別、評估與管理風險。這些步驟不僅提升企業對於風險的認知和處理能力，也為企業提供了策略上的引導，以實現長期的永續發展和韌性。

三、產業治理建議

雖過去有許多研究提出氣候治理方法的建議，然企業進行氣候變遷風險評估與調適規劃時，往往需要更詳細的指引或技術支援。氣候變遷風險評估須配合氣候情境設定，此一環節需要高技術含量，涉及選擇氣候模型、空間和時間分布、考量不同的代表排放情境、考慮自然變化和不確定性，以及平衡科學可信度與可用性的需求(Whetton et al., 2016)。這些困難也為決策者制定調適計畫帶來重大技術障礙。

故以企業為使用者之產業風險與調適治理建議發展以下列重點為目的：

1. 協助企業了解氣候變遷實體風險評估與韌性調適行動規劃之標準流程、資料、工具與產出。

2. 協助企業進行氣候變遷實體風險評估時，降低因科學研究能力不足而產生之落差。
3. 協助企業規劃調適行動時，能針對關鍵議題規劃應優先執行的調適選項，以有效投注資源。

基於氣候調適演算法之六步驟，本計畫進一步結合風險管理三大階段與上市上櫃公司氣候資訊揭露的具體要求，形成了一個全面而實用的對照表。此對照表不僅有助於企業了解並操作氣候調適演算法，更確保產業在應對氣候風險時符合相關法規和市場的要求。

風險管理三大階段涵蓋了風險的界定、衡量與管理，與氣候調適演算法緊密結合，提供了一個系統化的方法，幫助企業在識別、量化及管理氣候風險的同時，制定並實施有效的調適策略。藉由三階段和氣候調適演算法的整合，能幫助企業更好地理解並融入上市上櫃公司在氣候資訊揭露中的要求，並將其融入日常營運管理與長期規劃之中。

表 5-3 產業氣候風險管理與 TCFD 對應框架

項次	風險管理 三大階段	TCFD 構面	TCFD 揭露建議
1	風險界定	治理	• 描述董事會對氣候相關風險與機會的監督情況。 • 描述管理階層在評估和管理氣候相關風險與機會的角色。
		策略	• 描述組織所鑑別的短、中、長期氣候相關風險與機會。
		風險管理	• 描述組織在氣候相關風險的鑑別和評估流程。
2	風險衡量	策略	• 描述組織在業務、策略和財務規劃上與氣候相關風險與機會的衝擊。 • 描述組織在策略上的韌性，並考慮不同氣候相關情境（包括 2°C 或更嚴苛的情境）。

項次	風險管理 三大階段	TCFD 構面	TCFD 揭露建議
3	風險管理	風險管理	• 描述組織在氣候相關風險的管理流程。 • 描述氣候相關風險的鑑別、評估和管理流程如何整合在組織的整體風險管理制度。
		指標與目標	• 揭露組織依循策略和風險管理流程進行評估氣候相關風險與機會所使用的指標。 • 揭露範疇 1、範疇 2 和範疇 3（如適用）溫室氣體排放和相關風險。 • 描述組織在管理氣候相關風險與機會所使用的目標，以及落實該目標的表現。

本計畫主要專注於氣候變遷調適的需求，無法將 TCFD 揭露建議中的所有項目完全對應。部分揭露要求，如溫室氣體盤查與減量策略，主要為針對氣候變遷減緩。因此，本章節僅對照了與氣候調適高度相關的內容，以確保在應對氣候實體風險時符合法規要求，同時聚焦於提升企業的韌性和應變能力。

下小節將進一步說明如何應用這些流程與步驟，協助企業建立強韌的氣候應對能力。

(一) 風險界定

在企業氣候風險管理中，界定風險是首要步驟，其目的在於識別並明確企業所面臨的氣候風險範疇，為後續的衡量與管理奠定基礎。本節將依據治理與策略構面，說明界定風險的執行流程，包含數據需求、工作項目、應用工具及最終產出，協助企業有效進行氣候風險界定。

1. 治理：董事會對氣候相關風險與機會的監督

為有效界定氣候風險，董事會須參與並監督氣候風險的管理進程。此過程中，企業需要蒐集氣候風險評估報告、董事會議記錄及高層決策框架等資料，以充分掌握董事會的參與情況。具體執行項目如：

- (1) 設立氣候風險專責委員會，定期審議相關議題。
- (2) 明確界定董事會在氣候風險管理中的角色，確保其參與決策的深度與範圍。

在執行過程中，可應用治理架構指引及職責分配表等工具，並運用 BI 工具協助資訊蒐集與整合。

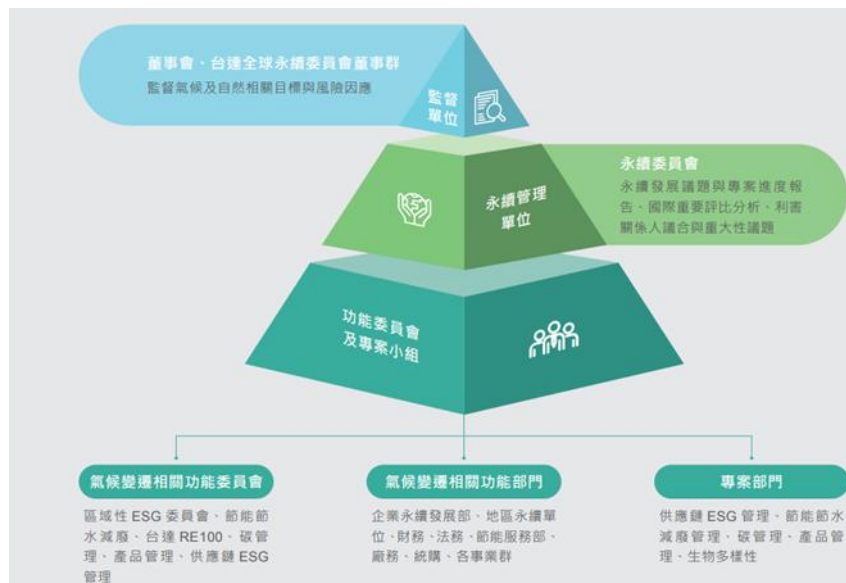


圖 5-2 台達永續治理架構

圖片來源：台達電子，2023

2. 治理：管理階層在氣候風險管理中的角色

管理階層的職責是將董事會的決策轉化為具體行動，並建立內部溝通與通報機制，以確保氣候風險資訊在組織內部的流通。需要的數據包含內部部門間的職責分工文件及氣候相關風險的通報機制。執行項目涵蓋：

- (1) 明確管理階層的具體職責，如指派永續長或風控長專責監控氣候風險。
- (2) 制定內部氣候風險的通報流程，以提高風險回應效率。

企業可利用專案管理工具（如 Asana、Jira 或 Trello）及工作分配系統，提升內部流程管理的效率。

3. 策略及風險管理：描述短、中、長期氣候相關風險與機會，以及氣候相關風險的鑑別與評估流程

企業需全面辨識其短、中、長期的氣候相關風險與機會，並建立有效的鑑別與評估流程，以支援後續策略的制定與實施。此過程著重於數據蒐集與分析，更強調系統性地劃分風險範疇及識別關鍵影響因子，最終產出具體的風險評估成果。

此階段需取得多方面的數據來源，包含營運地點與資產清單（如供應鏈、分銷網絡、製造據點），以掌握企業的業務分布情況。此外，歷史氣象數據（如降雨量、

溫度、洪水頻率)是了解氣候風險分布的基礎，而與氣候相關的法規與政策則提供評估企業法規合規性風險的依據。

為了深入識別風險，企業還需蒐集過往災害的危害、暴露與脆弱度數據，以及各地區資產的保全狀況與防災措施現況。這些資料能幫助企業更精確地了解氣候變遷對營運的直接與間接影響。執行項目包含：

- (1) 營運地點風險分布分析：以歷史氣候災害數據為基礎，利用 GIS 地理資訊系統結合氣候數據（如降雨量、洪水頻率），直觀呈現企業營運地點並進行詳細的氣候風險分布分析，評估氣候事件對生產場域的影響比例，並以此為基礎設定風險邊界。後續將可應用氣候實體風險模板協助劃分風險範疇。以圖 5-3 臺灣高雄港為例，可先透過盤點港區平面圖及結合區域歷史災害事件分析出易受影響之場域。



圖 5-3 高雄港平面圖

圖片來源：臺灣港務股份有限公司，2020

- (2) 關鍵風險因子的鑑別：企業可基於氣候影響驅動因子（CIDs）及氣候實體風險模板，分析各區域的危害、暴露與脆弱度，並透過風險矩陣量化風險程度，使風險因子充分反映於資產管理與供應鏈調整中。此過程可使用風險矩陣，結合危害、暴露與脆弱度數據，量化不同地區或資產的風險程度，提供具體的應對建議。此外，運用德爾菲法或專家訪談，蒐集氣候與產業專家的意見，進一步增強風險分析的深度與可靠性，特別適用於數據不確定性較高的情境。以某科技製造企業為例，其在鑑別高溫對生產線影響時，可先辨別此事件之 CIDs，其可能為極端高溫事件，並可邀請產業專家與氣象學者參與訪談，分析高溫導致生產設備停機的風險，於未來制定設備冷

卻系統優化方案。

- (3) 現況風險界定與總體影響評估：企業應結合危害、暴露與脆弱度數據，全面評估其資產的總體風險，並據此優先識別需保全的關鍵資產。風險矩陣在此過程中提供了整合多維度風險數據的能力，幫助企業定量分析資產暴露程度，明確優先保全清單。GIS 地理資訊系統可進一步將風險數據視覺化，直觀呈現高風險地區及重點保護資產，支援資源分配決策。
- (4) 短、中、長期風險與機會的識別：根據企業的策略需求，針對不同時間尺度下的氣候風險與機會進行分析，確保短期行動與長期規劃的一致性與連續性。

治理層級	氣候因子	非氣候因子	危害
港務公司	風速、風向、氣壓、天文潮位	海底地形、沿岸障礙物	湧浪衝擊
關鍵議題			
(船舶進出港)暴露在(湧浪衝擊)下的營運中斷			
保全對象	暴露因子		暴露
船舶進出港	位置 時間		船舶進出港時空分布
實體風險	脆弱度因子		脆弱度
湧浪衝擊導致船舶進出港產生營運中斷	應變能力		船舶進出港受湧浪衝擊之脆弱度

圖 5-4 實體風險界定(以港務公司為例)

風險界定階段的成果可包含以下幾項：

- (1) 氣候治理架構文件及董事會報告摘要：展現氣候風險治理的機制
- (2) 董事會與管理層責任報告，以及氣候治理績效摘要：進一步強化組織在氣候風險管理中的整體透明度
- (3) 法規與政策影響清單：識別相關法規與政策對企業可能產生的影響，確保風險評估結果符合法規要求。
- (4) 氣候風險與機會清單：確認並記錄短、中、長期內企業面臨的氣候風險與潛在機會，支援後續決策。
- (5) 短、中、長期風險影響報告：具體分析企業在不同時間尺度下，受到危害、暴露與脆弱度影響的情況，幫助企業制定相應對策。

(6) 資產風險分布圖及優先保全清單：將各地區資產的風險分布圖形化，並提供需要優先保全的資產清單，作為調適行動的依據。

界定風險的過程是氣候風險管理的基石，旨在協助企業建立清晰的風險範疇與治理架構。透過有效整合治理與策略構面的揭露建議，企業不僅能深入了解自身的氣候風險，更能為長期韌性與永續發展奠定堅實基礎。

表 5-4 風險界定的執行框架與產出總覽

TCFD 構面	TCFD 揭露建議	數據/資料	執行項目	工具與方法	產出資訊
治理	描述董事會對氣候相關風險與機會的監督情況。	➢ 企業氣候風險評估報告 ➢ 董事會議記錄 ➢ 高層決策框架	➢ 設立氣候風險專責委員會，定期審議氣候議題 ➢ 明確董事會在氣候風險管理中的角色	➢ 治理架構指引 ➢ 職責分配表 ➢ 資訊蒐集工具	➢ 氣候治理架構文件 ➢ 董事會報告摘要
	描述管理階層在評估和管理氣候相關風險與機會的角色。	➢ 內部各部門間職責分工文件 ➢ 氣候相關風險通報機制	➢ 明確管理階層職責，如指派專人負責風險監控 ➢ 制定內部氣候相關通報流程	➢ 專案管理工具 ➢ 工作分配系統	➢ 董事會與管理層責任報告 ➢ 氣候治理績效摘要
策略、風險管理	描述短、中、長期氣候相關風險與機會。描述組織在氣候相關風險的鑑別和評估流程。	➢ 營運地點與資產清單 ➢ 歷史氣象數據 ➢ 與氣候相關的法規政策 ➢ 氣候驅動	➢ 蒐集並分析企業營運地點的氣候風險分布 ➢ 分析不同區域的關鍵風險因子	➢ 氣候實體風險模板（用於劃分風險範疇與辨識風險） ➢ 風險矩陣 ➢ GIS 地理資訊系統	➢ 氣候風險與機會清單 ➢ 短、中、長期風險影響報告（涵蓋危害、暴露與脆弱

TCFD 構面	TCFD 揭露建議	數據/資料	執行項目	工具與方法	產出資訊
		影響因子 CIDs ➤ 過往災害的危害、暴露和脆弱度數據。 ➤ 各地區資產的保全狀況與防災措施現況。	➤ 結合暴露與脆弱度，評估企業資產的總體風險影響 ➤ 辨識短、中、長期時間尺度下企業的氣候風險與機會	➤ 德爾菲法或專家訪談	度) ➤ 法規與政策影響清單 ➤ 資產風險分布圖及優先保全清單

(二) 風險衡量

風險衡量目的是分析氣候相關風險對企業業務、策略及財務規劃的影響，並評估企業策略在不同氣候情境下的韌性。本節根據 TCFD 揭露建議，結合數據來源、執行項目及應用工具，詳細說明風險衡量的主要內容。

1. 策略：描述氣候風險對業務、策略和財務規劃的衝擊

企業進行評估時，應蒐集包含財務、營運及外部案例的多元數據來源。首先，財務報表與損益數據可協助評估氣候風險對收入、成本與資產的直接影響。其次，歷史氣候災害的相關記錄能提供企業理解過去災害對供應鏈及物流分布的影響。此外，參考同業的產業風險案例，借鑑其成功經驗。執行項目與工具方法包含：

- (1) 業務直接影響分析：企業可運用 GIS 系統 結合氣候數據與營運地點，視覺化展示氣候事件（如洪水、乾旱）對業務的影響範圍。依據界定風險的結果，將歷史災害記錄與產業風險案例整合，分析高風險區域的業務中斷風險。
- (2) 供應鏈韌性評估：進行供應鏈風險分析，結合氣候數據、地理分布及實體風險資料並可參考 PCAF 金融資產碳盤查，盤點供應鏈的氣候風險，識別高風險供應商，同時運用產業案例對照分析，驗證供應鏈韌性提升的策略可行性。

- (3) 財務規劃風險暴露辨識：可考慮採用 Climate VaR 模型，模擬氣候情境對資產的財務影響，涵蓋資產減損及保險成本變動的可能性。同時整合財務報表與損益數據，編製風險暴露清單。

以企業進行淹水風險分析時的流程為例，需要考量風險的三個核心構成要素：危害、暴露與脆弱度。根據國際公認的氣候風險分析框架，淹水風險可表示為以下公式：淹水風險=危害×暴露×脆弱度

- 危害：指氣候事件的特徵與強度，例如淹水潛勢圖結合降雨強度的超越機率，可以計算洪水深度與範圍。
- 暴露：指受淹水影響的對象與資產，例如區域內的關鍵基礎設施（如醫院、工廠）、員工人數及密度。
- 脆弱度：反映受影響對象對危害的敏感性與恢復能力，例如基礎設施結構、使用年限、員工防災意識或經濟條件等。

透過整合這三要素，企業能量化淹水風險，直觀了解不同業務地點在各情境下的風險等級。例如，企業可根據淹水潛勢圖模擬洪水深度，結合於高暴露地點的基礎設施與員工防災意識，進一步制定調適措施。

2. 策略：描述策略在不同氣候情境下的韌性

氣候情境分析是評估企業策略韌性的核心工具，其目的是模擬不同政策與經濟行動下的氣候變遷趨勢，從而了解未來可能面臨的實體風險與轉型挑戰。這些氣候情境源自政府間氣候變遷專門委員會（IPCC）的科學評估報告，是全球政策制定的重要依據。企業在進行氣候韌性分析時，可根據業務需求選擇最適合的情境，以支持決策並提升氣候調適能力。

IPCC 的氣候情境分為兩大類型：代表濃度路徑（RCPs）和共享社會經濟路徑（SSPs）。RCPs 通過模擬不同溫室氣體濃度水平（例如低排放的 RCP2.6 與高排放的 RCP8.5）來揭露出全球暖化的潛在趨勢，而 SSPs 則進一步結合了社會經濟發展模式（例如 SSP1 代表永續發展路徑，SSP5 則描述高碳排放的經濟增長模式）。這些情境的組合能幫助企業了解不同政策選擇對氣候與經濟的影響。

執行項目與工具方法包含：

- (1) 不同氣候情境下的營運風險與機會分析：為分析資產在各情境下的財務風險與潛在機會，企業在選擇情境時可根據以下三點進行參考：

A. 業務與地理特性：若企業的業務集中在高風險地區（如沿海港口或乾旱

地區)，應優先選用能模擬極端天氣事件（如颱風、洪水、乾旱）的高解析度動力降尺度模型，以更精準地了解區域風險。

B. 行業特性與政策依賴性：若企業高度依賴國際碳排放政策或市場趨勢，建議參考 SSP1-1.9 或 SSP2-4.5，這些情境與全球減排的努力密切相關，可幫助企業評估市場變化與合規性影響。

C. 長期與短期策略需求：對於短期規劃，可選擇時間範圍較近的情境模擬（如 2021-2040）；而對於長期策略（如資本投資與基礎設施規劃），則需使用涵蓋 2041-2100 年的模擬數據，並考量高排放（如 SSP5-8.5）與低排放（如 SSP1-1.9）的情境對比。

- (2) 供應鏈穩定性與韌性分析：整合政府模擬數據與企業供應鏈資訊，識別氣候情境變化對高風險區域的影響。並結合德爾菲法，邀請專家學者參與多情境下供應鏈應對策略的驗證。例如某國際服裝零售品牌在分析其供應鏈時，運用了政府單位提供之淹水風險數據，結合自身供應商地理分布清單，識別出位於東南亞某地區的高風險供應商。這些供應商的營運地區受氣候變遷影響，未來可能遭遇更頻繁且嚴重的洪水災害。因此品牌邀請專家學者制定供應鏈調整策略，例如使供應商分散生產設施。最終，企業決定在鄰近的低風險地區設立輔助生產中心，以減少業務中斷風險。
- (3) 驗證企業策略韌性：使用地方數據模擬，分析企業短期行動與長期策略的連貫性與調適性。並可透過分析行業標竿之調適措施，評估策略韌性的國際對照效益。

風險衡量是企業氣候調適流程中的關鍵環節。透過蒐集歷史與未來情境數據，結合專業工具的應用，企業可全面分析氣候風險對業務、財務及供應鏈的影響，並在多情境下評估策略的可行性與韌性。此結果將為後續的風險管理及行動計畫提供堅實的基礎。風險衡量階段的成果可包含以下幾項：

- (1) 業務與財務衝擊分析報告
- (2) 財務風險暴露點清單
- (3) 多情境策略韌性分析報告
- (4) 營運地點與供應鏈風險清單

表 5-5 風險衡量的執行框架與產出總覽

TCFD	TCFD 揭露	數據/資料	執行項目	工具與方法	產出資訊
------	---------	-------	------	-------	------

構面	建議				
策略	描述組織在業務、策略和財務規劃上與氣候相關風險與機會的衝擊。	➢ 財務報表與損益數據 ➢ 歷史氣候災害對營運的影響記錄 ➢ 產業風險相關案例 ➢ 供應鏈與物流分布資料	➢ 業務直接影響分析 ➢ 確定財務規劃中的風險暴露點，例如未來保險成本的上升或資產減損 ➢ 財務規劃風險暴露辨識	➢ PCAF（金融資產碳盤查，用於分析碳風險） ➢ Climate VaR（模擬氣候對資產組合的財務影響） ➢ GIS 地理資訊系統-產業案例對照分析	➢ 業務與財務衝擊分析報告 ➢ 供應鏈風險評估報告 ➢ 財務風險暴露點清單
策略	描述組織在策略上的韌性，並考慮不同氣候相關情境（包括 2°C 或更嚴苛的情境）。	➢ 地方政府或研究機構提供的氣候情境模擬報告 ➢ 營運地點與供應鏈分布清單 ➢ 國際能源總署（IEA）簡化情境分析數據（如 SDS 和 NZE 報告摘要）	➢ 利用政府提供的情境模擬報告，評估營運地點在不同氣候情境（如洪水、乾旱）下的風險與影響 ➢ 整合供應鏈分布數據，分析情境變化對物流、採購的影響	➢ GIS 地理資訊系統 ➢ Climate VaR（模擬氣候情境對資產的財務影響） ➢ PCAF（金融資產碳盤查） ➢ 專家學者意見/德爾菲法	➢ 多情境策略韌性分析報告 ➢ 營運地點與供應鏈風險清單

(三) 風險管理

在面對氣候變遷帶來的挑戰時，企業需要建立強韌的風險管理架構，以確保風險管理流程的有效性和全面性。本節將說明如何將氣候相關風險的管理流程整合至企業整體風險管理制度，並探討指標與目標的設立及其對管理效能的影響。

1. 風險管理：描述組織在氣候相關風險的管理流程

管理風險的基礎在於具備詳細且可靠的數據來源。企業需要依據現有的風險管理手冊、風險矩陣及國內外相關的實體風險調適策略與案例，進行系統性資料蒐集。此外，需針對過往的風險調適計畫及其效果進行評估，以確保管理流程的調適性和永續性。執行項目與工具方法：

- (1) 制定風險調適計畫：結合企業風險矩陣，識別需要優先處理的高風險領域，使用多準則分析工具進行風險排序，為高風險訂定具體的調適計畫，且確保資源配置的有效性。舉例而言，某零售集團根據風險矩陣發現物流中心對極端降雨危害事件具有高暴露度及脆弱性，對此制定防洪設施建設計畫並配置應急資源。
- (2) 監控並調整調適措施：設立 KPI 監控系統，對已採取的風險管理行動進行持續追蹤。透過治理組織內部會議，定期檢視措施成效，並根據最新情境或數據進行調整。

治理層級	氣候因子	非氣候因子	危害	危害調適	
港務公司	風速、風向、氣壓、天文潮位	海底地形、沿岸障礙物	湧浪衝擊		
關鍵議題					
(船舶進出港)暴露在(湧浪衝擊)下的營運中斷	暴露因子		暴露		
保全對象	位置 時間		船舶進出港 時空分布	浪高過高時管制船舶進出	
船舶進出港	脆弱度因子		脆弱度	脆弱度調適	
實體風險	應變能力		船舶進出港受湧浪衝擊之脆弱度	重新檢視並修訂繫泊相關作業規定提升災前應變能力 嚴密監控船舶在進出港時的浪高動態	
湧浪衝擊導致船舶進出港產生營運中斷					

圖 5-5 氣候變遷韌性調適擬定(以港務公司為例)

2. 風險管理：描述氣候相關風險的鑑別、評估和管理流程如何整合在組織的整體風

險管理制度

整合氣候風險的管理需依賴企業整體風險管理架構資料及調適措施實施的進度追蹤結果。這些資料應涵蓋氣候風險與其他風險的關聯性分析，以及過往風險管理策略的效益評估。建議之執行項目與工具方法：

- (1) 整合氣候風險至全面風險管理：參考企業整體風險架構，將氣候相關風險與傳統財務、營運風險進行聯繫，確保管理流程相互結合。同時可使用氣候調適路徑法設計管理策略，幫助識別並優先處理重點風險。
- (2) 更新風險管理架構與策略目標對齊：透過績效追蹤工具（如 Tableau），定期檢視管理架構的適用性。並可於專家學者座談會中蒐集多方意見，根據最新的氣候數據或市場需求修訂管理流程。

3. 指標與目標：描述評估氣候風險所使用的指標

評估氣候風險的指標應涵蓋氣候風險相關的關鍵績效指標（KPI），如碳排放減少率、能源使用效率提升率及風險暴露減少率。此外，需參考國內外相近實體風險調適案例的最佳實踐，確保指標的設置具有廣泛的適用性。同時，蒐集範疇 1、2 和 3 的溫室氣體排放清單數據，作為具體指標基準。

然而，本計畫的主要目標在於強化產業的氣候韌性調適能力，而非聚焦於溫室氣體減緩的直接行動。氣候韌性調適的核心為協助企業應對氣候變遷所帶來的實體衝擊（如洪水、乾旱或極端天氣），並藉由識別並管理相關風險來增強產業的永續發展能力。減緩行動雖至關重要，但本計畫中僅屬於輔助性任務，目的是配合產業應對氣候政策要求和提升資訊透明度。相關執行項目與工具方法：

- (1) 設立氣候風險指標：使用 SBTi（科學減碳目標設計框架），制定短期至長期的減碳目標，並設計符合科學依據的減碳路徑，確保企業的目標與全球氣候目標（如 1.5°C 情境）保持一致。例如某金融機構採用 SBTi 框架設定淨零目標，並運用 PCAF 工具盤點投資組合的碳足跡，優化資產配置策略。
- (2) 定期監控指標進展：導入數據管理工具（如 Excel 或專用數據庫），追蹤氣候指標完成情況，確保數據的準確性與一致性。並可結合績效追蹤工具（如 Tableau 或 Power BI），將指標納入企業決策支持系統。

4. 指標與目標：揭露範疇 1、2 和 3 的溫室氣體排放數據

範疇 1、2 和 3 的溫室氣體排放數據是產業在氣候相關資訊揭露中的核心要

求，如年度盤查結果、能源使用數據及排放減少的進度。為達成此揭露目標，企業可採用國際公認的碳足跡分析工具與軟體，確保排放數據的準確性與全面性。

然當企業揭露溫室氣體排放數據時，應注意其與調適行動的不同定位。調適行動側重於應對氣候變遷的當前和潛在影響，確保資產、營運和供應鏈的穩定性，而排放數據揭露則是因應政策需求與市場趨勢，支持產業在全球減緩中的參與。相關執行項目與工具方法如：

- (1) 年度排放盤查：可利用碳足跡分析工具，對範疇 1、2 和 3 的溫室氣體排放進行量化，辨別主要排放來源。
- (2) 追蹤能源使用與排放減少進展：定期更新能源使用數據，並評估減排策略的效果，以確保逐年進展符合企業既定目標。

5. 指標與目標：描述組織在管理氣候相關風險與機會所使用的目標，以及落實該目標的表現

設定氣候風險管理目標需參考企業內部調適行動順序清單、短期至長期的減碳目標及行業標準。國際調適案例提供了對比基準，確保目標設置具有前瞻性和操作性。此外，行動計畫目標資料是目標落實成效的關鍵參考依據。建議的執行項目與工具方法：

- (1) 設定氣候風險管理目標：依據 SBTi 框架 設定短期、中期及長期的減碳與風險調適目標。可採用多情境分析工具模擬不同情境下目標的可行性與挑戰。如某港口管理公司根據 SSP245 情境模擬海平面上升的影響，設定分階段加固港口設施的目標。
- (2) 目標進度監控與外部揭露：運用 KPI 監控系統，對目標達成情況進行定期評估，並提出必要修正建議。利用數據追蹤平台（如 Tableau 或 Power BI），將進展結果整合至外部揭露報告（如企業永續報告書）中。

風險管理階段的成果可包含以下幾項：

- (1) 調適目標與策略清單：列出短、中、長期目標及應對不同氣候風險的策略規劃。
- (2) 調適措施優先順序清單：包含按效益及可行性排序的執行措施計畫。
- (3) 氣候調適路徑圖：視覺化展示企業調適行動的規劃路徑。
- (4) 行動計畫摘要報告：概述已實施的調適措施與成果摘要。

- (5) KPI 監控和滾動修正報告：追蹤 KPI 表現，調整計畫以提升應對成效。
- (6) 年度碳排放報告：每年度的範疇 1、2、3 排放盤查結果。
- (7) 減碳目標達成報告：確認企業減碳目標的執行情況與進度。
- (8) 外部揭露報告：對利害關係人公開氣候行動與進度內容。

透過完善的氣候風險管理流程，企業能有效辨識、衡量並管理風險，確保調適措施的優化，增強應對氣候變遷的能力。同時，將氣候風險管理整合至企業整體的風險架構，能提高管理效率並促使企業的風險策略與永續目標相輔相成，進一步支持長期韌性發展。透過設立具體且透明的指標，企業能夠追蹤氣候行動的成效，提升內外部利害關係人對其管理能力的信心，共同促進更為永續的未來發展。

表 5-6 風險管理的執行框架與產出總覽

TCFD 構面	TCFD 揭露建議	數據/資料	執行項目	工具與方法	產出資訊
風險管理	描述組織在氣候相關風險的管理流程。	➢ 企業現有風險管理手冊 ➢ 風險矩陣 ➢ 國內外相近實體風險調適策略與措施案例	➢ 制定風險調適計畫 ➢ 定期監控並調整緩解措施	➢ 治理組織內部工作會議 ➢ KPI 監控系統 ➢ 風險矩陣模板 ➢ 多準則分析工具	➢ 風險管理報告 ➢ 調適目標與策略清單 ➢ 調適措施優先順序清單
	描述氣候相關風險的鑑別、評估和管理流程如何整合在組織的整體風險管理制度。	➢ 企業整體風險管理架構資料 ➢ 調適措施進度	➢ 將氣候風險流程納入全面風險管理 ➢ 定期更新風險管理架構並與策略目標對齊	➢ 績效追蹤工具 ➢ 專家學者座談會 ➢ 氣候調適路徑法	➢ 氣候調適路徑圖 ➢ 行動計畫摘要報告
指標與目標	揭露組織依循策略和風險管理流程進行評估氣候相關風險與機會所使	➢ 氣候風險相關 KPI ➢ 量化/質性/專家意見風險評估結果	➢ 設立與減碳目標一致的氣候風險指標 ➢ 定期監控指標的完	➢ SBTi（科學減碳目標設計框架） ➢ 專用數據管理工具	

TCFD 構面	TCFD 揭露建議	數據/資料	執行項目	工具與方法	產出資訊
	用的指標。	➢ 國內外相近實體風險調適策略與措施案例 ➢ 範疇 1、2、3 排放數據	成情況，並將其納入決策流程		
	揭露範疇 1、範疇 2 和範疇 3（如適用）溫室氣體排放和相關風險。	➢ 各範疇溫室氣體排放清單 ➢ 每年度排放盤查數據	➢ 每年度進行範疇 1、2、3 的排放盤查 ➢ 追蹤能源使用數據，並分析排放減少進度	➢ 碳足跡分析工具 ➢ 範疇盤查軟體	➢ 年度碳排放報告
	描述組織在管理氣候相關風險與機會所使用的目標，以及落實該目標的表現。	➢ 企業的調適行動順序清單 ➢ 行業標準參考和國際調適案例 ➢ 短期、中期和長期減碳目標 ➢ 行動計畫目標資料	➢ 設定減碳及調適目標 ➢ 定期審查目標的達成情況，並將修正結果向外部揭露	➢ KPI 監控系統 ➢ 多情境分析工具 ➢ 數據追蹤平台	➢ 氣候調適路徑圖 ➢ KPI 監控和滾動修正報告 ➢ 減碳目標達成報告 ➢ 外部揭露報告

為促進產業界對本計畫工具的認識與應用，建議可透過多方合作與策略推廣強化其實務價值。首先，與金管會、經濟部及環境部等政策機構合作，將工具納入產業風險調適的政策與法規建議中，並利用公共平台發布工具試用版本與相關資源。此外，透過與產業協會及專業組織的合作，舉辦實務導向的工作坊與案例分享活動，展示出本建議的應用場景及成效。為擴大工具的傳播效益，計畫可結合數位化手段，透過社交媒體及數位平台推廣工具特色，並製作視覺化資源如教學影片與

案例分析，加強對目標企業的吸引力。同時，根據使用者反饋機制與成效評估體系，持續強化工具的功能，以期能實際提升企業應對氣候風險的能力，成為產業界的有力支持。

第陸章 氣候變遷韌性調適數位服務推動策略

本章節先瀏覽了解各國與組織團體如何推動調適數位服務，包含實體風險評估與調適策略、氣候變遷知識推廣、專業人才培育等。因「國家氣候變遷調適行動計畫」之推動，中央各部會、單位及地方政府都有涉略氣候變遷之相關議題，但較為分散、較無系統彙整。本計畫藉由國際數位服務相關經驗，發展一氣候變遷韌性調適應用服務平台，讓氣候變遷更能順利推廣，奠定未來因應氣候變遷挑戰之基礎。

一、章節摘要

因應「國家氣候變遷調適行動計畫」之推動，中央各部會單位與各地方政府無不積極涉足氣候變遷相關議題之策劃與推行。然而氣候變遷調適所牽連的面向與範疇甚廣，若缺乏系統性的彙整與整體的通盤考量，恐流於各行其是、事倍功半之境。本計畫參照國際數位服務相關經驗進行研議，針對建構一個適用於臺灣本土的氣候變遷韌性調適應用服務平台展開擘劃與前期作業，期能有效整合國家資源、輔以學研專業與友善使用平台，作為一個提供各界需求使用者，在面對氣候變遷影響之下，所需具備的數據、資訊、知識與智慧的強力後援，並藉以積極推廣與落實氣候變遷風險與調適的相關認知，進一步厚實面對氣候變遷挑戰之因應能力。

本計畫已於 113 年 5 月 7 日舉辦「氣候變遷數位服務推動策略座談會」，邀請各界專家學者與產業代表共襄盛舉，一同針對「氣候變遷調適數位服務推動策略」與「國家氣候變遷智能服務平台規劃」提出看法與建議，其詳細記錄及與會人員可見附錄四。

二、國際數位服務推動案例

國際上提供氣候變遷數位服務網站眾多，無論是以國家為單位，如日本氣候變遷調適中心 CCCA、韓國氣候變遷調適中心 KACCC、美國環保署 USEPA 等，或氣候變遷相關組織團體，如聯合國氣候變遷秘書處 UN Climate Change、氣候調適知識交流 CAKE 等。本計畫將持續蒐集更新數位服務資訊，以累積更多經驗發展國內氣候變遷數位服務。

(一) 歐洲環境署(EEA)

歐洲氣候變遷調適平台 Climate-ADAPT 是歐洲最為熟知的氣候變遷數位服務

平台，已於 112 年「氣候變遷韌性調適先期計畫」彙整過相關資訊，因此本計畫在蒐集歐洲環境署(European Environment Agency, EEA)之資訊說明介紹。

歐洲環境署是歐洲聯盟 1994 年成立的機構，提供知識和數據服務(圖 6-1)，以支援歐洲的環境和氣候目標。其核心任務在歐盟法規中明確規定，包括支持政策制定和關鍵的全球事件、提供分析專業知識、提供並維護有效的國家和國際數據流的基礎設施，並與合作夥伴網路 Eionet 一起，通知決策者和公眾有關歐洲環境、氣候變遷和更廣泛的永續性問題的狀況。歐洲環境署不僅僅一個機關單位，還提供收集並驗證可靠來源的數據，分析環境和氣候主題的趨勢，並製作與政策相關的分析。這些分析透過實際執行之政策和解決方案，有助於歐洲實現永續發展。同時也協助歐洲委員會在歐盟成員國實施歐盟環境法規，同時向歐洲公民提供有關歐洲環境狀況和展望的消息。



圖 6-1 歐洲環境署網站

圖片來源：<https://www.eea.europa.eu/en>

歐洲環境署網站如圖 6-1 所示，可提供之服務有主題(Topics)、分析和數據(Analysis and data)、國家、新聞室等。主題項目主要提供許多與環境、氣候變遷和永續相關的議題；對於每個主題皆可找到概述、一系列的關鍵事實和歐盟的行動。它們還呈現一些最相關的評估、成果和事件，以及訪問其他平台提供有關該主題的更詳細資訊。分析和數據內容包含出版品、指標、地圖和圖表、特定國家資料、資料庫，如圖 6-2。國家部分則是歐盟成員國各項環境與氣候變遷相關議題之資訊，像是水資源、氣候變遷、能源等議題的各個相關圖表、出版品等。新聞室的服務則是呈現 EEA 透過各種外部活動和渠道，向不同的受眾傳遞他們的工作，包括政策

制定者、記者、研究人員、青年和更廣泛的民眾；新聞稿可以了解 EEA 最新活動和成果的資訊，專題文章則可了解 EEA 的工作及關注與感興趣的相關活動。

Access by type of product

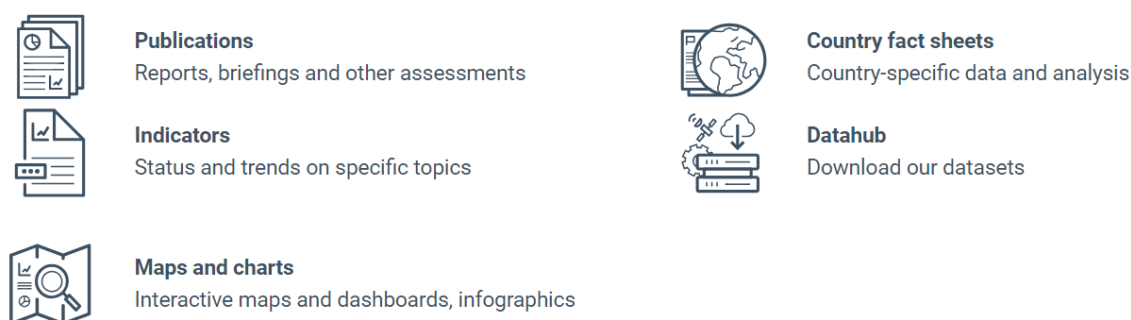


圖 6-2 EEA 分析和數據服務內容

圖片來源：<https://www.eea.europa.eu/en/analysis>

(二) 美國環保署氣候變遷調適資源中心(ARC-X)

氣候變遷調適資源中心(Climate Change Adaptation Resource Center, ARC-X)為一個互動資源，目的在於協助地方政府能有效地提供服務給社區來因應氣候變遷之衝擊。為了解特定國家/地區的氣候調適資訊，使用者可以選擇「個性化搜尋(Tailor Your Search)」的導航路徑，該路徑包括一個互動地圖和建議的主題領域，如空氣品質、水資源管理、公共衛生和調適規劃。決策者可以創建一個客製化的資訊整合套件，使用者在選擇有興趣的領域後，可找到以下資訊，其操作指引說明如表 6-1。

1. 氣候變遷對特定區域和關注問題的風險
2. 因應氣候變遷風險可施行的調適策略
3. 案例研究，展示其他以調適成功之面臨相似問題的社區，並提供複製成功的指南、及成功實施調適策略工具等
4. 來自美國環保署和其他聯邦機構的資金和技術支援來源。



圖 6-3 ARC-X 網站

圖片來源：https://www.epa.gov/arc-x

表 6-1 ARC-X 操作指引說明

操作指引	細項說明
1. 尋找所需資訊 (Finding What You Want)	用戶可以使用更傳統或線性的路徑進行探索 • 個性化搜尋：探索特定國家地區的氣候調適資訊。 • 傳統網頁瀏覽：對於特定興趣領域的資訊，建議查詢氣候變遷的影響(Implications of Climate Change)。
2. 個性化搜尋	必須選擇一個美國地理區域和至少一個特定興趣領域。
3. 搜尋結果	地區的氣候變遷及影響、調適策略、案例研究、工具、培訓、資金機會、EPA 聯繫人和州政府網站。
4. 完整案例研究列表	查詢所有氣候變遷調適案例研究，在調適案例研究部分的“政府層級(Level of Government)”中選擇所有四個方框。
5. 搜尋調適策略	• 瀏覽“調適策略部分(Adaptation Strategies Section)”可以按特定興趣之領域(空氣、水、廢物和公共衛生)找到調適策略。 • 要查看所有調適策略的列表，建議查詢“全面的調適策略列表(Comprehensive list of Adaptation Strategies)”。

三、國內氣候變遷韌性調適應服務

我國自 2017 年研擬政府數位服務推動準則草案，參考英國、美國、澳洲、日本、韓國、新加坡等國推動數位服務之時程與形式，訂定數位服務生命週期架構。數位服務生命週期可大致分為使用者需求發展、設計、雛形試辦、建制、維護等階段。了解使用者需求是關鍵的第一步，找出服務的使用者及多方利害關係人，透過描述其行為與深度研究，了解服務目前的進展及可精進的方向。過往在相關部門的推動經驗，多數政府服務存在中間人的角色，例如商業司推出的一站式服務，主要服務會計師的需求，但經過訪談才得知實際操作網站的人通常是會計師事務所的經辦，此時深入蒐集經辦的使用意見則是必要的。

端看數位服務的內涵，氣候韌性調適也存在多元的使用者需求，可透過協作會議廣泛蒐集各群體之意見，後續可聚焦特定群體或特定服務，當面向使用者詢問或從後台分析使用數據，了解操作習慣、現有的數位服務發揮哪些功能？有哪些服務需要改善？嘗試解決現存的困難，後可進一步思考未來可以怎麼擴大發展服務規模，設計有用的新服務。另外像是建立跨領域的合作、優先提供開放的資料服務等準則，亦應納入推動策略。我國的報稅系統曾經一度受電腦為 ios 作業系統的納稅人詬病，在後續落實改善作業時，一併採行跨領域合作模式，納入提案民眾、委外廠商、行政院公共數位創新小組等多方意見，研擬出具使用者及開發者共識基礎的數位報稅方式。商工行政資料開放平臺提供 Jason、CSV、Text 等多種開放資料格式，另提供檔案下載及系統介接 API 兩種方式供開發人員取得及使用。發展符合開放標準的韌性調適數位服務，鼓勵多元使用者對於資料的創新使用，促進順應個別需求的調適。

國內在其他議題上不只累積了豐富的數位服務推動成果，亦逐步改進數位服務推動流程及準則。氣候韌性調適的數位服務尚待發展，應奠基於過往在其他領域執行的經驗，納入氣候韌性調適建構之跨領域知識及思維，推動符合使用者需求之氣候韌性調適數位服務。可參考數位服務發展週期之各階段，擬定詳細流程，避免過往在數位服務發展初期的種種問題，藉此提升韌性調適數位服務的發展效率，加速各領域之韌性調適能力建構，降低施政成本。

本計畫將氣候變遷韌性調適數位服務分為四大項目，分別是：通識教育、專才教育、國際交流、能力建構，能力建構也就是氣候變遷實體風險評估與韌性調適賦能。

(一) 專才教育—氣候變遷教學資訊平台

教育部組成氣候變遷調適教育教學聯盟，發展「氣候變遷教學資訊平台」來推動氣候變遷的人才培育工作，這網站可彙整於環境教育探索館，作為環境教育的補充資源。教學資訊平台除中小學教育宣導外，同時積極規劃、推動教育課程，在大專校院培養氣候變遷調適的專業人才，以提升臺灣面對氣候變遷的調適能力，降低臺灣的脆弱度。教學資訊平台將教學資源分為「九大領域」(圖 6-4)—災害、水資源、農業生產、生物多樣性、能源供給及產業、土地使用、海岸、維生基礎設施-交通系統及健康，依照這九大領域分別提供師資、教學資源、專業課程、活動活動等資源，並針對不同年齡層進行分類(大專院校與中小學)。而「國家氣候變遷調適行動計畫(112-115 年)」已將原本的九大調適領域修正為能力建構及七大易受衝擊領域，建議未來可依照最新的領域劃分進行更新。

師資資源分為聯盟教師與種子教師，聯盟教師為國內各大專校院相關領域之教授及講師，其任務為在課程中融入聯盟教學資源，協助推動產學合作；種子教師招募對象為國內各大專校院相關領域之博士、研究員及博士候選人等，主要工作為協助聯盟教師授課、提供教學意見與分享，並提供產業、社區大學、民眾等對於氣候變遷調適相關之教育訓練、教學活動、演講等協助。教學聯盟也會開設種子教師培訓課程，並於結業時頒給證書。

總整上述資訊，氣候變遷教學資訊平台之網站內容如下：

1. 主要功能：提供中小學教育宣導、師資、教學資源、專業課程、活動活動等資源。
2. 服務對象：各教育階段之老師、學生、產業、一般民眾等。



圖 6-4 氣候變遷教學資訊平台之教學資源

圖片來源：<https://climatechange.tw/>

(二) 國際交流—全球環境教育夥伴計畫(GEEP)

全球環境教育夥伴計畫(Global Environmental Education Partnership, GEEP)由美國環境保護署、臺灣環境部，以及北美環境教育學會(North American Association for Environmental Education, NAAEE)於 2014 年發起合作，並設立了創立建立一個學習網站 GEEP，目標為加強全球環境教育，建立國內外橋樑以連結環境教育人員、研究人員、決策者、教育機構、環境教育提供者，藉此分享全球資源及促進國際間合作。GEEP 是一個國際性的資料庫，其細項分為國家、環境教育團體、案例研究、人員、行動等內容(如表 6-2)。

表 6-2 GEEP 網站簡介

資料庫細項	內容說明
國家	認識各國環境教育。
環境教育團體	匯集所有致力於環境教育的國家、地區和全球組織，以便更輕鬆地了解 and 聯繫這些組織。
案例研究	研讀環境教育最佳案例的研究報導。
人員	認識 GEEP 諮詢顧問團隊中的環境教育領袖，以及全球 30 Under 30 獎項的得獎者。

資料庫細項	內容說明
行動	認識 GEEP 篩選出的 10 個全球重要行動號召。

全球環境教育夥伴亞太中心(Global Environmental Education Partnership Asia-Pacific Regional Center, GEEPAPRC)於 2019 年由環境部及 GEEP 共同於臺灣成立，主要負責與亞太區域各國政府、產學界及非政府組織等的專家合作，進行知識交流將環境教育推廣至亞太區域，其宗旨願景目標如(圖 6-5)，中心主要提供服務如表 6-3 所示。

宗旨	以環境教育實踐永續發展目標，並推廣環境教育成功經驗		
願景	一、建構亞太區域國際環境教育平臺 (推廣組)	二、擔任環境教育智庫，傳承知識經驗 (研究組)	三、促成環境學習與行動實踐 (服務組)
目標	1-1 建立區域夥伴網絡。 1-2 促進跨國際、跨領域、跨社群交流及合作。	2-1 掌握亞太區域環境議題及政策並研擬行動方案。 2-2 建置環境教育教材資料庫。	3-1 辦理專業人才培訓。 3-2 開發教學資源。

圖 6-5 GEEPAPRC 宗旨願景目標

圖片來源：<https://geepaprc.org/zh-tw/about-us/>緣起簡介

表 6-3 GEEPAPRC 網站服務

資料庫細項	內容說明
培訓	- 亞太國家青年環境教育培訓課程 - 亞太環境教育論壇 - 青年環境行動家工作坊等
智庫	- 環境主題：環境教育法、氣候變遷、海洋廢棄物、友善農業、生態學校、社區環境教育、人員培訓及教材。 - 青年交流平台：提供青年分享及交流環境行動、提升影響力。同時，APRC 推動跨國實習計畫協助青年踏上國際舞台，與世界各地的優秀青年交流。 - 顧問輔導團諮詢會議：定期舉辦顧問輔導團線上諮詢會議和策略發展會議，目前成員來自菲律賓、越南、日本、泰國、韓國、馬來西亞、不丹等專家學者。
網路	- 政府機關 - 非政府組織

資料庫細項	內容說明
	• 學術單位
講師介紹	• 介紹各國參與 APRC 舉辦的國際研討會之講師。

(三) 通識教育—環境教育探索館

環境部為推廣環境保護相關知識而設立環境教育探索館(圖 6-6)，從 [網站導覽] 可迅速瀏覽網站內含資訊架構，包含主題探索、情境探索、環境相關教育活動及認證等資訊。主題探索主要整合環境部及其前身環保署推動之各項政策，分為大氣環境與監測、水與土壤環境、資源循環、氣候變遷、環境教育等五大面向。情境探索包含自我學習資源與環境部針對不同群體舉辦之競賽資訊。本網站也可視為是環境部相關網站之入口網，內含多處網站導流按鈕。



圖 6-6 環境教育探索館網站

圖片來源：<https://eeis.moenv.gov.tw/front/>

探索館網站目前提供服務對象相應的環境教育知識(多為整合環境部及其前身環保署推動之各項政策)、匯集環境部針對學校及社會(如企業、機關、社區、民眾)等不同群體舉辦之競賽資訊、提供環境教育資訊及各項自我學習資源、環境部相關網站之入口網(如國家環境教育獎、環境教育終身學習網、應回收廢棄物營業量申報系統等)，下段將依據服務對象、服務內容進行詳細說明。

1. 環境教育服務

服務對象：環境講習案件受處分人、一般民眾、講師等。

環境講習：對象主要為環境講習案件受處分人，一般民眾可瀏覽「環境教育終身學習網」獲得有興趣之相關課程。

環教資源：有教案、電子書、環保影片等內容提供民眾、講師等服務對象使

用。

2. 環境通識教育

服務對象：為企業、民眾、老師或學生。

服務內容：提供環境相關議題之基礎知識，培養各年齡層服務對象環保認知；同時提供線上影片、Podcast、工作坊等，提高服務對象對於環保議題之興趣。

3. 相關資源服務

服務對象：各層級有興趣之瀏覽用戶。

服務內容：環保相關法規、活動補助申請、環境教育歷史資料(包含國家、社會、學校等各層級)等。

網站功能建議

環境教育探索館與氣候變遷教學資訊平台所提供的服務內容相似，但氣候變遷教學資訊平台主要提供教學資源給老師或學生，以一般民眾為受眾的服務較少，未來環境教育探索館可補足該方面服務內容。環境知識推廣目前製作精美，但內容規劃須做調整使其更符合不同年齡層的理解範圍，建議可配合教育部規劃之教育課程課綱程度，或找尋各級教育單位合作產出內容，並在網頁上列明合作單位或資訊來源。

在氣候變遷主題下僅區分淨零排放與綠生活兩類，可增加韌性調適項目，再就這三個議題分別介紹相關基本知識、實際案例、文宣品等，可規劃針對不同服務對象編寫相關知識或教案，更新於網站上。另外氣候變遷相關資訊網站相當多元，國內像是環境部、環境變遷研究中心、TCCIP、同舟共濟—臺灣氣候變遷調適平台等，國際上如美國環境保護署、GEEP、氣候調適知識交流平台 CAKE 等這些網站資訊皆可以詮釋資料庫之方式彙整於應用服務平台，便於一般民眾探索搜尋。

表 6-4 氣候變遷韌性調適教育一覽表

功能	對象	相關網站
專才教育	教師與學生	氣候變遷教學資訊平台 全球環境教育夥伴 GEEP 網站...等
知識推廣	一般民眾	環境部 TCCIP 同舟共濟—臺灣氣候變遷調適平台 美國環境保護署

		全球環境教育夥伴 GEEP 網站 氣候調適知識交流平台 CAKE...等
--	--	---

(四) 氣候變遷實體風險評估與韌性調適賦能

國內提供氣候變遷各項資料、資訊、知識、智慧、工具等相關數位服務網站眾多，由於分散在不同部會組織體系之下，讓使用者在搜尋過程中需要花費很多時間來確認資訊之正確性；再加上越來越多使用者採用氣候變遷資料時，其本身並非為相關知識背景，容易在操作上出現誤用或判讀失真。因此，本計畫欲以環境教育探索館為基礎，擴充其氣候變遷韌性調適之功能，以詮釋資料庫(metadata base)模式彙整國內外氣候變遷相關資訊，以超連結(hyperlink)的方式呈現，並佐以說明資料、資訊、工具等指引，讓使用者能迅速並正確的完成實體風險評估與韌性調適策略擬定之工作。因此本計畫欲協助建構一氣候變遷韌性調適應用服務平台，內容包含：

1. 主要功能：提供實體風險界定、評估、管理需要之資料、資訊、知識、智慧、與工具，及其說明指引與規範。
2. 服務對象：政府(中央部會、地方政府)、產業、學術研究、社區與一般民眾等。

發展氣候變遷韌性調適智能服務平台是為了提供全面而有深度的資源和專業指導，以幫助政府、企業、學術界和社會大眾更好地理解、應對和韌性調適氣候變遷的影響。而該平台不僅僅是蒐集數據和提供知識，更是透過資料庫、工具和行動指引等數位服務功能，將這些資源轉化為可操作的解決方案，回饋至平台提供更多的案例供各方參考，讓智能服務平台除了提供政府單位之資料與工具，更可以收集產業、社區、學界等面向之實際行動結果，作為政府修正政策方向時之參考依據。

智能服務平台規劃可就風險界定、風險衡量、風險管理三個階段，彙整不同使用者在這三個階段執行時所需要用到的資料、資訊、知識、智慧、與工具，並附上通用指引協助使用者能正確操作同時建立使用者知識背景。表 6-5 為智能服務平台架構初步規劃表，其中資料之定義為直接量測與調查的數據，資訊是根據資料進行統計等分析的結果，知識是將資料與資訊經過處理後加入專業判斷的結果，智慧則是根據知識判斷所採取的措施與行動(如實際案例)，工具為研究方法、模式模型及技術等。使用者依照管理層級分為中央部會、地方政府、社區、產業、一般民眾，其中中央部會、地方政府、社區、產業採用平台之資訊與工具後，完成獲得成果可以做為參考案例，提供其他使用者(如學界、一般民眾)了解與學習，同時達到知識

推廣與專才教育之目標。

表 6-5 智能服務平台架構初步規劃表

使用者	風險界定	風險評估	風險管理
中央部會/地方政府/社區/產業/一般民眾	資料(Data)	資料(Data)	資料(Data)
	資訊(Information)	資訊(Information)	資訊(Information)
	知識(Knowledge)	知識(Knowledge)	知識(Knowledge)
	智慧(Wisdom)	智慧(Wisdom)	智慧(Wisdom)
	工具(Tools)	工具(Tools)	工具(Tools)

四、國家氣候變遷智能服務平台規劃

(一) 服務對象與主要功能

針對智能服務平台之規劃，考量到由中央政府以降，國家層級至地方政府各級組織皆承擔著規劃與擬定風險評估及調適行動方案的業務需求，智能服務平台的首要功能即著眼於提供相對應的使用者在針對現況及未來風險進行衡量時所需的資料，後續則可視其需求及目的，進一步與氣候變遷業務相關機關單位合作規劃輔導使用者擬定氣候調適行動方案。由於氣候變遷韌性調適牽涉層面廣泛，進行初步界定與風險衡量乃至深入研析時，所需的環境與調查研究相關資料眾多，甚且分別歸屬於不同的中央部會以及各地方政府之執掌權責，要快速完整取得所需各類資料實屬不易。

未來智能服務平台可提供資料的橫向連結，朝向以資料地圖 (Data map) 的模式來建構執行，提供資料視覺化概述和結構化資訊，幫助了解資料的連結、流向、使用方式及其相關屬性。規劃之智能服務平台預計整合如中央氣象署、經濟部水利署、農村發展及水土保持署等相關單位，所調查量測、研究分析與產出之氣候變遷各相關領域數據、資料及資訊，協助使用者取得一站式服務。目標使用者則包含中央目的事業主管機關、直轄市及縣(市)主管機關、私人企業、學研單位等各層級機關單位與組織；使用者除了能夠在平台上獲取氣候變遷相關資源外，還可經由平台所建構提供的指引與建議，利用使用者介面直觀地操作平台功能，取得客製化的實體風險模板，完成初步的實體風險衡量與調適擬定工作。此外，使用者亦能將決策調適成果回饋予平台成為分享案例之一，進一步擴充平台資料庫並強化平台服務功能。

智能服務平台並可依據產業類別，提供各產業實體風險規劃評估與分析服務。在該產業面臨不同的實體風險時，如淹水或高溫等，智能服務平台可協助其分析各風險之曝險程度高低，提供管理決策參考。此外，在實務面上，不同產業需執行的實體風險評估之需求完整度有高低之分，智能服務平台可依據其需求程度，規劃不同程度深淺之數位服務。由政府政策推動層面來說，當企業仍處於被動姿態，考慮是否需要進行實體風險評估時，政府可以借助智能服務平台的功能，讓該企業初步了解可能面臨之氣候變遷實體風險，以及各項潛在風險在未來不同氣候情境下的變化趨勢；後續實際需要資料應用於衡量、分析、甚或轉型管理、建擴廠等調適決策行為時，企業則更有誘因及需求來推進下一步之深入研究，甚且願意付費取得相關數據、資訊、工具、調適建議等服務。國家氣候變遷智能服務平台服務對象及功能規劃如圖 6-7 所示。

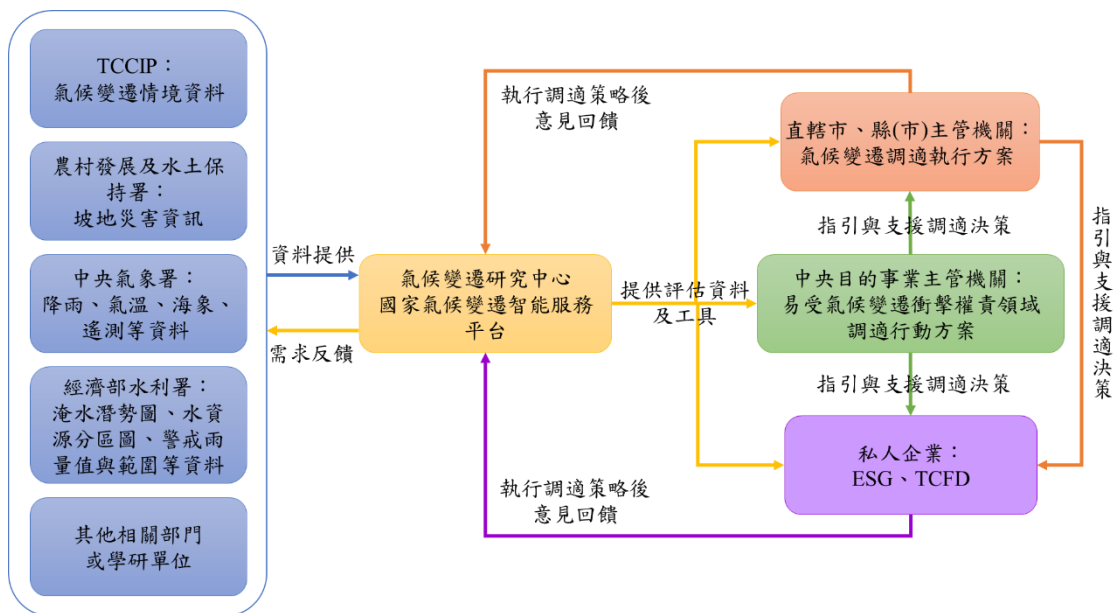


圖 6-7 國家氣候變遷智能服務平台服務對象與功能

(二) 服務平台架構

1. 方法學

為提供具科學基礎、結構化與系統性的實體風險評估方法和調適策略制定原則，本服務平台以實體風險定義與實體風險界定流程為核心方法學，針對實體風險進行定義，再依循所規劃的實體風險界定流程，引導使用者逐步瞭解與拆解問題。此方法學內容包含關鍵議題的聚焦與釐清、利害關係人的界定、氣候與非氣候因子盤點、危害、暴露以及脆弱等理論與對應之方法等，並連結彙整於氣候變遷調適資

料庫。

2. 工具

以上述方法學為基礎以及資料庫為後援，本智能平台提供的主要服務工具則為風險模板與 AI 智能客服軟體。氣候風險模板是一種結構化的風險衡量與溝通框架，主要協助使用者釐清關鍵議題，協助定義、界定及衡量與氣候變遷相關的實體風險。此模板可以幫助企業、中央政府或地方縣市、與社區，系統性地解析氣候變遷對於使用者的業務運作、基礎設施、以及相關人員之潛在影響，制定相對應的調適策略與行動，並提供決策協助。此外，此模板可用於對組織內部及組織外部的實體風險揭露與溝通，包含協助中央政府及地方縣市的公眾溝通，以及企業對投資人與監管機構的氣候相關財務風險揭露(TCFD)與永續發展目標(ESG)等。

智能服務平台所規劃提供的另一項服務工具為 AI 智能客服軟體，此軟體以大型語言模型與自然語言處理技術為基礎，提供與氣候變遷風險評估與調適策略擬定相關的簡易資料檢索服務。智能客服軟體的優勢在於可以自動化回覆使用者的一般諮詢問題，並隨時提供即時的回應。本平台規劃之 AI 智能客服軟體可用於回應氣候變遷相關的常見問題，協助用戶查詢國內外氣候變遷風險與調適相關政策法規，或進行相關計劃查詢、風險模板工具使用導引、以及簡易的氣候調適策略建議等服務。整體客服軟體架構將包含前端介面、自然語言處理模型以及後端對應的資料庫。此外，此系統將不僅能處理使用者常見問題，同時也可同步收集累積使用者的行為數據，透過使用者回饋之資訊的累積與趨勢分析，將可進一步激進與賦能以資料驅動的調適決策系統，成為氣候變遷研究中心與政府以及企業用戶在氣候變遷調適議題的交流橋樑。

3. 資料庫

隱身於風險模板與 AI 智能客服軟體之後，支持此兩大工具得以發揮功能的，是一個以數據(Data)、資訊(Information)、知識(Knowledge)與智慧(Wisdom)為架構的 DIKW 氣候變遷調適資料庫。此資料庫的內容將以各機關單位與產業的關鍵議題為主軸與起點，方便提供具針對性與目標性的資料與建議，以對應風險模板與智能客服調適建議服務的需求。資料庫將提供建構風險模板內容所需要對應的氣候衝擊驅動因子(CIDs)，包括風險、影響和應對策略、以及其所對應的歷史與未來推估氣候資料。針對關鍵議題所對應的代表性關鍵風險(RKR)，建立專屬的代表性關

鍵風險知識庫，收錄各種風險類型、發生機率和潛在影響。關鍵議題所面對的危害類型、保全對象的暴露程度、以及組織機構與產業自身面對此危害的脆弱度資訊，皆為氣候變遷之下，應對風險與進行調適所必備的資料。上述資料的型態與種類具備高度異質性，除了根據資料型態進行分類外，亦須搭配建立一個 DIKW 框架，從最初的數據資料、轉譯的資訊、各項科學研究計畫成果所提供的知識，以及政策執行累積的智慧進行系統性的分類與串連。

此外，資料庫內容將提供 AI 智能客服軟體內部大型語言模型與自然語言處理技術的訓練資料。此資料庫需要收集相關的數據集，包括國內外氣候科學的知識庫，例如國際上 IPCC 與國內相關科研報告等，以及國內外氣候政策與法規等。此外，也需要透過持續地舉辦工作坊，獲取不同單位內部氣候變遷的調適策略以及企業 ESG 策略等。資料庫也可利用 API 接口，如 OpenAI API 或 Hugging Face Hub 等，與其他相關模型與知識庫進行連接，即時更新氣候科學、政策變化、以及系統資料庫與模型庫，以補強原有資料的缺漏並充實新知。最後，資料庫也可透過 AI 智能客服軟體收集用戶的使用行為資訊，累積用戶回饋，用以微調客服模型與資料庫內部架構，精進智能服務平台之使用體驗與整體服務品質。

五、氣候變遷調適數位服務推動策略

依據座談會委員的建議，多位委員皆提及氣候變遷數據為本計畫規劃氣候調適服務的重點。氣候變遷調適數位服務推動策略分為兩個主要方向，一為資料服務推動策略，包含資料需求、供給、整合、傳輸；另一個為服務推廣策略，包含主動推播、舉辦工作坊、分享操作案例等。

(一) 資料服務策略

本計畫在氣候變遷調適數位服務推動策略上，將從資料需求與供給兩端著手進行整合，整合的方式採用以需求為導向來進行。再者，由於氣候變遷的資料具備高度異質性，也有部分涉及國土安全的機密敏感資訊，如何確保資料傳輸與收集整合能兼具安全與效率，則需要針對資料保全、資料格式分析與轉換，進行系統化與自動化的工具建構。而為了擴大使用者族群與強化使用者體驗，在使用端介面的優化、服務主動推播與舉辦工作坊也是重要的推動策略。此外，為了能收集使用者的回饋，透過工作坊舉辦與操作案例的演繹，一方面可以強化使用者對於服務工具

熟悉，另一方面也藉此反向收集使用者的回饋，優化使用者體驗。以下將以需求導向，分別針對目前國內氣候變遷資料開放議題，資料整合與地圖建立、使用者需求分眾、資料供給整合、資料傳輸與服務推廣進行說明。

目前推動氣候變遷韌性調適數位服務之最大挑戰為各方資料的彙整。由於擔憂資訊安全與資料可能被錯誤引用等問題，國內各單位所屬之資料的開放程度不一，且各自的呈現樣貌也略顯分散，導致相關資料搜尋與整合不易，連帶使得中央政府在推進政策時，各地方政府或各產業在數位資訊與服務等相關研究與計畫的實行上，仍有諸多不便。若與歐盟與美國等資訊系統發展成熟國家相比，尚有許多待加強之處。為了加速氣候變遷調適數位服務的推動，應積極整合各種公開數據及合作機構的資料，確保資料的多樣性與完整性，並為不同使用者提供準確支援。國家環境研究院智能服務平台的建構，將優先針對氣候變遷的資料進行整合並建立資料地圖 (Data map)，提供搜尋指引，協助使用者獲取所需資料或取得途徑。策略上將以需求為導向，以盤點不同服務對象之需求為首要工作。針對使用者需求進行資料整合，使不同類別的數據能夠根據特定應用場景進行互補並產生價值，並為使用者分析資料優先之排序。以中央氣象署為例，該署提供的氣象服務聚焦於短期氣象資料，氣候長期性資料非為該單位關注的重點。因此，中央氣象署所提供的短期氣象資料，就適合於與易受短期氣象事件影響的農業單位或用水單位進行分眾與鏈結；反之，需要揭露中長期氣候變遷影響的大型企業，則更傾向於取得 TCCIP 所提供的中長期氣候變遷資料。

在資料供給端則以加強與協助各個資料產製方之聯繫、溝通與互利，如中央氣象署、水利署、農業部、中研院等。各單位收集資料有其各自的目的與預計處理的議題，如何能整合多方共同議題，讓資料產製方在釋出相關資料的同時也能有所獲得，而藉此突破資料開放之屏障，是推動氣候變遷調適數位服務最重要工作與挑戰之一。過去在中央部會協調過程中，時常可見對於資安疑慮，擔心資料被誤用造成不必要的社會紛爭，進而損害資料提供單位的公信力與影響社會輿論等情況。因此在未來推動策略上，將可透過上述的資料地圖，協助解決資料呈現、長期資料流通、更新、互惠等問題，建構一套多贏框架模式，來輔助各部會合作推動資料整合，並且透過應用示範，提高跨部會合作意願。

除了現有資料之彙整，也須逐步發展資料開發與取得之相關審議制度，包含資料格式統一，讓各項計畫成果累積而得的資料可以被開放並加以使用。針對異質性

高的氣候變遷調適資訊，為了有效進行橫向的資料整合與傳輸，將系統性的分析不同來源資料的格式，並建立各項開發資料格式轉換工具，確保其在整合過程中保持格式與儲存方式的一致性與流通性。

而為了符合分眾使用者的需求，資料將依據 DIKW 框架制定分類的流程。將資料依據 DIKW 框架制定分類，能大幅降低各類別資料內的異質性，例如在數據 (data) 的類別中，資料多半在空間與時間軸線上以數字量化的形式呈現；而在知識 (knowledge) 的類別中，資料的呈現則是以質性的描述為主。在各項資料類別中，採用不同的資料處理流程，以確保異質資料的順利整合，增強資料的實用性、可用性與傳輸效率。然而，並非所有類型資料都需要進行整併，例如海洋資料庫由於使用對象之侷限，且該服務及使用目的明確，與國環院規劃之主要服務群體不同，是以可朝向規劃特定位置與途徑以供取用，較能發揮效益；國環院可以資訊服務為目標，提供管道給特定使用者搜尋資料，無需預設使用者之目的。

(二) 服務推廣策略

在服務推廣方面，除了透過傳統的行政體系資訊交流系統、電子郵件、以及新興的社群平台，主動向目標使用者與潛在使用者推播智能服務平台的相關資訊外，即時針對各類氣象災害事件的揭發與國際氣候調適資訊的更新等，與智能服務平台進行連結，並提醒引導使用者有效應對相關風險，對於強化服務平台的影響力與開發潛在使用者極為重要。於此同時，舉辦實體或線上的工作坊，提供成功操作案例，展示智能服務內容如何應用於實際情境中，藉此提高潛在使用者的信任與接受度。幫助使用者深入理解系統的功能與應用方法，並解答使用者的疑問，收集回饋資訊，對於強化資料庫內容、優化 AI 智能客服軟體使用者體驗都是極為重要的推廣手段。

最後，提升公眾在氣候變遷調適的認知與公共參與也是智能服務的重要任務之一。要讓民眾有感及可行有用為最關鍵的要素，所以應著眼於提供解決實際生活層面問題的數位服務，同時也要經常性檢視公眾常使用的數位工具，如數位金融工具、社群平台、與 podcast 等，從中找出與氣候智能服務可對接的議題與媒介。此外，還需要協助地方政府提高氣候變遷調適能力的建構，從能力建構的互動過程中進一步了解地方需求和挑戰。

綜上所述，氣候變遷數位服務推動策略的現階段重點在於資料的需求與供給

以及整合與傳輸，再加上服務推廣措施。推動策略應著眼於透過需求導向的資料整合以積極統整異質資料、建構資料地圖與格式轉換工具、加強跨部會合作、並力求克服資料安全與共享的挑戰，建構平台得以提供優質且精準實用的數位服務，以吸引更多使用者，並優化使用者體驗以提升公共參與。更進一步可藉由多贏框架模式促進資料供應方與使用者之間的協作，共同提升數位平台的氣候風險調適服務。

第柒章 結論與建議

本計畫透過彙整國際韌性調適科技及服務發展趨勢，分析國內現有氣候韌性調適知識與工具，與盤點未來可開發之氣候韌性調適工具與模型。接著，彙整氣候韌性調適策略研究資料與工具，分析部會及地方政府推動氣候調適行動計畫需求，及產業氣候變遷實體風險評估與韌性調適能力建構需求，發展跨部會、跨層級之氣候調適行動競合與互利關係研究架構。舉辦氣候變遷韌性調適數位服務推動策略座談會，藉此了解中央、地方政府單位及產業針對數位服務之需求，收集相關意見與與韌性調適之量能，舉辦氣候風險評估與韌性調適工作坊，除了評估本計畫建構的治理框架之可行性，也期望能奠定參與者對氣候變遷風險與調適之認知基礎。

表 7-1 工作項目與章節對照表

項次	工作項目	報告章節
1	分析國際氣候韌性調適科技發展與應用服務 ➢ 彙整研析至少五個先進國家韌性調適科技及服務發展趨勢	第貳章 國際氣候韌性調適科技與應用服務發展趨勢 ➢ 彙整研析荷蘭、日本、美國、奧地利、瑞典、韓國等國家調適科技及服務
2	規劃氣候韌性調適策略模擬系統架構與發展路徑。	第參章 氣候韌性調適策略模擬系統架構與發展路徑
3	規劃中央與地方政府氣候變遷實體風險與韌性調適治理通用指引 ➢ 建立治理通用指引草稿一份	第肆章 政府氣候變遷實體風險與韌性調適治理通用指引 ➢ 報告附錄十二、直轄市、縣(市)主管機關氣候變遷調適執行方案摘要 ➢ 政府實體風險評估與韌性調適治理建議(草稿)文件一份
4	規劃產業氣候變遷實體風險與韌性調適需求通用指引	第伍章 產業氣候變遷實體風險與韌性調適需求通用指引 ➢ 產業實體風險評估與韌性調適治理建議(草稿)文件一份
5	規劃氣候變遷韌性調適數位服務推動策略(草案) ➢ 舉辦至少一場氣候變遷韌性調適數位服務推動策略座談會（半天/場次，15 人/場次） ➢ 氣候風險評估與韌性調適工作	第陸章 氣候變遷韌性調適數位服務推動策略 ➢ 報告附錄四、氣候變遷數位服務推動策略座談會 ➢ 報告附錄六、氣候風險評估與韌性調適工作坊

項次	工作項目	報告章節
	坊。舉辦至少一場工作坊（半天/場次，15 人/場次）	

表 7-2 工作項目進度完成表

工作項目	整體計畫成果佔比	完成進度
1. 國際氣候韌性調適科技發展與應用服務	10%	10%
2. 氣候韌性調適策略模擬系統架構與發展路徑	20%	20%
3. 中央與地方政府氣候變遷實體風險與韌性調適治理通用指引	20%	20%
4. 產業氣候變遷實體風險與韌性調適需求與通用指引	20%	20%
5. 氣候變遷韌性調適數位服務推動策略	20%	20%
6. 氣候風險評估與韌性調適工作坊	10%	10%

表 7-3 計畫執行甘特圖

工作項目	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1. 國際氣候韌性調適科技發展與應用服務										
2. 氣候韌性調適策略模擬系統架構與發展路徑										
3. 中央與地方政府氣候變遷實體風險與韌性調適治理通用指引										
4. 產業氣候變遷實體風險與韌性調適需求與通用指引										
5. 氣候變遷韌性調適數位服務推動策略										
6. 氣候風險評估與韌性調適工作坊										

一、結論

(一) 國際氣候韌性調適科技發展與應用服務

1. 蒐集彙整各國調適科技發展趨勢，包含能力建構、農業、生態環境、能源等領域，藉此了解國際最新科技技術以供國內參考引進，強化國內韌性調適能力。
2. 盤點國際氣候調適應用服務相關資訊，了解如何提供組織和利害關係人應對氣候變遷的決策、規劃和行動等服務，包括指南、Web 工具、最佳實踐數據庫和培訓等，更涵蓋不同地區和產業的實體風險評估與調適策略等，藉此作為規劃國家氣候變遷智能服務平台之參考。
3. 氣候變遷調適應用發展之建議包含跨部門合作與科技應用、多元領域整合、地方與國家層級的策略協調、教育與社會參與、技術創新與資料共享、調適措施的公平性與永續發展等。

(二) 氣候韌性調適策略模擬系統架構與發展路徑

1. 盤點國際上的韌性調適支援知識與工具，研析這些開發之工具與模型做為後續發展氣候調適策略模擬系統之參考，期望協助產業、各層級政府和社區等不同面向使用者能更有效率地面對並解決氣候變遷所帶來的挑戰。
2. 氣候調適策略模擬系統之模組發展是基於數位孿生技術，以策略擬定詮釋模式之模組為主要核心內容，採用氣候調適演算法為發展的方法論，並且提出複雜氣候風險評估系統、調適評估系統及多準則分析系統之發展規劃。
3. 本計畫將現有之單一領域氣候風險評估的方式，擴展為跨領域的複雜氣候風險評估工具，並建構水-農業-生物多樣性之跨領域風險評估案例，以擴大系統邊界、盤點其所需之運算模式和資料來源，示範在本計畫所提出基於數位孿生架構的氣候調適策略模擬系統所需的要件。
4. 跨層級調適評估系統：帶入跨層級治理的概念，發展氣候調適時在不同治理層級間可以採用的調適選項，用以評估在哪一層級執行何種措施能達到最佳資源配置以求提升調適效益。
5. 未來氣候調適策略模擬系統發展項目包含降低使用者解構風險因子的難度、簡化複雜系統資訊的呈現提供直觀高效的介面設計、讓利害關係人充分理

解並應對複雜性與不確定性、完善的資料儲存與保密結構等。

(三) 政府氣候變遷實體風險與韌性調適治理通用指引

1. 氣候調適演算法標準化後可分為範疇界定、現況分析、風險評估、調適擬定、調適路徑、及檢視修正等六個步驟，並以此流程支援各主管機關執行實體風險評估與調適治理。
2. 依循氣候變遷因應法施行細則第 16、19 條架構，參考氣候調適演算法，盤點並說明執行實體風險評估與調適治理所需之數據/資料、評估方法/工具、及產出資訊等，提供事業主管機關作為治理建議。
3. 以目前氣候變遷因應法施行細則所規定之調適行動方案/調適執行方案推動架構，可發現兩者框架並不能完全互相對應。
4. 目前並無針對當事業主管機關調適策略與措施之推動進度成果不如預期效益時應如何調整修正之方法或建議。
5. 地方政府在執行氣候變遷調適執行方案上的困難都是未來可進一步研究發展能力建構之方向。

(四) 產業氣候變遷實體風險與韌性調適需求與通用指引

1. 盤點產業進行實體風險評估時的需求，依循風險界定、風險衡量到風險管理三大階段逐步探討，各階段中之資料蒐集、資訊轉化、評估方法/工具應用、知識建構等。
2. 在風險界定階段，強調企業應先蒐集基礎數據並界定範疇，以建立完整氣候風險資料庫，並確定風險情境。
3. 數據收集與分析聚焦於歷史災害事件紀錄和相關的氣候變遷數據，為風險評估提供基礎。
4. 在風險衡量中，企業可透過歷史數據及模擬未來情境，量化氣候風險的潛在影響，進一步協助企業制定調適策略。
5. 風險管理階段重視策略的可行性和資源分配，並引入成本效益分析來支持決策。在調適路徑的設計過程中，指引協助企業規劃短、中、長期調適行動，使各階段措施具備明確的執行順序。
6. 企業可透過最新的氣候數據對調適計畫進行預檢視和動態調整，確保調適

策略的調適性和靈活性。整體框架涵蓋了各項風險管理所需的環節，協助企業建立具有彈性的氣候調適能力。

(五) 氣候變遷韌性調適數位服務推動策略

1. 氣候變遷韌性調適數位服務可從資料需求與供給兩端整合，且已需求為導向進行。
2. 由於資料異質性高、涉及機密敏感資訊、開放程度不一致，導致整合與搜尋困難。因此透過構建資料地圖，整合並分類資料，提供使用者清晰的搜尋指引。
3. 調適數位服務採 DIKW 框架分類資料，減少異質性，增強資料實用性與傳輸效率；並針對使用者的需求做資料分眾的工作。
4. 在資料整合與開放之策略包含：(1)發展資料格式統一與轉換工具，確保資料整合的系統性和一致性。(2)推動資料開放與累積的審議制度，降低跨部門協作的障礙。
5. 數位服務推廣策略的部分：(1)多渠道資訊推播，如利用行政體系資訊交流系統、電子郵件、新興社群平台，向目標與潛在使用者推播智能服務平台資訊。(2)舉辦實體或線上工作坊，提供成功操作案例，展示服務內容如何應用於實際情況中，加強信任與接受度。(3)定期檢視公眾常用數位工具（如數位金融工具、社群平台、podcast），探索氣候變遷與民眾相關聯之議題，提供有感且實用的數位服務。

二、建議

(一) 立即可行建議

1. 建議可舉辦氣候變遷調適工作坊，邀請不同領域、層級的對象，提升與會人員對於氣候風險評估方法及工具的認知，降低推動實體風險評估之困難。
2. 盤點國內現有氣候調適應用服務資源，包含資料、資訊、工具、案例、教育，並涵蓋中央部會、地方政府、學研單位、產業組織等需求，作為國家氣候變遷智能服務平台運作的資源庫。
3. 後續計畫推動發展方向為規劃之跨域整合框架，包含：(1)建立風險模板、(2)強化風險因子分析、(3)建立跨領域關係矩陣、(4)建立跨領域評估模式、(5)

驗證跨領域評估模式、(6)跨領域調適應用。

4. 規劃與界定地方政府氣候變遷調適執行方案之需求，提高地方政府參與氣候變遷調適的能力。

(二) 中長期建議

為因應氣候變遷帶來的風險衝擊，發展數位孿生系統為本計畫中長期推動重要方向與目標。數位孿生技術透過虛擬模擬提供高準確度的實體風險評估和調適治理決策支持。

中程計畫推動方向為整合現有氣候、土地、農業、水資源等數據，發展跨領域數位孿生模擬系統，實現高效數據整合與即時模擬。建立精準的氣候風險評估模型，用於模擬實體風險如極端降雨、乾旱及海平面上升對基礎設施和經濟系統的影響。同時，開發智慧數位工具，支援地方政府與企業進行實地調適策略規劃。此外，可與企業合作，共同測試數位孿生系統的實體風險之應用成效，驗證系統的實用性和可靠性。

長程計畫規劃則為推動跨部會、跨層級基於數位孿生系統進行聯合決策，完善風險預警與治理機制，確保數位孿生系統數據涵蓋全國性及區域性的需求，以因應不同情境下的風險。在產業方面，可發展創新商業模式，例如提供模擬服務、客製化風險評估方案等，促進氣候服務產業的成長。

綜整上述可知，各層級政府和企業藉由數位孿生系統可更精確地評估實體風險，制定適合的調適策略，提升公共政策與企業永續治理的成效。

參考文獻

1. AA1000 Stakeholder Engagement Standard. (2015). AccountAbility. <https://www.accountability.org/standards/aa1000-stakeholder-engagement-standard/>
2. Action, I., Rycerz, A., Baglee, A., & Stegmaier, P. (2018). ANALYSIS OF EXISTING DATA INFRASTRUCTURE FOR CLIMATE SERVICES.
3. Adnan, M. S. G., Abdullah, A. Y. M., Dewan, A., & Hall, J. W. (2020). The effects of changing land use and flood hazard on poverty in coastal Bangladesh. *Land Use Policy*, 99, 104868.
4. Ait-Amir, B., Pougnet, P., & El Hami, A. (2020). Meta-model development. In *Embedded mechatronic systems 2* (pp. 157-187). ISTE.
5. Albrich, K., Rammer, W., & Seidl, R. (2020). Climate change causes critical transitions and irreversible alterations of mountain forests. *Global Change Biology*, 26(7), 4013-4027.
6. Avand, M., & Moradi, H. (2021). Using machine learning models, remote sensing, and GIS to investigate the effects of changing climates and land uses on flood probability. *Journal of Hydrology*, 595, 125663.
7. Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81, 169-193. <https://doi.org/10.1890/10-1510.1>
8. Bender, S. F., Wagg, C., & van der Heijden, M. G. (2016). An underground revolution: biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. *Trends in ecology & evolution*, 31(6), 440-452.
9. Berkhout, F. (2012). Adaptation to climate change by organizations. *WIREs Clim Change*, 3: 91-106. <https://doi.org/10.1002/wcc.154>
10. Berkhout, F., Hertin, J. & Gann, D.M. Learning to Adapt: Organisational Adaptation to Climate Change Impacts. *Climatic Change*, 78, 135–156 (2006). <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9089-3>
11. Brasseur, G., & Gallardo, L. (2016). Climate Services: Lessons Learned and Future Prospects. *Earth's Future*, 4, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/2015EF000338>

12. Brunet, G., Parsons, D. B., Ivanov, D., Lee, B., Bauer, P., Bernier, N. B., Bouchet, V., Brown, A., Busalacchi, A., Flatter, G. C., Goffer, R., Davies, P., Ebert, B., Gutbrod, K., Hong, S., Kenabatho, P. K., Koppert, H., Lesolle, D., Lynch, A. H., Mahfouf, J., Ogallo, L., Palmer, T., Petty, K., Schulze, D., Shepherd, T. G., Stocker, T. F., Thorpe, A., & Yu, R. (2023). Advancing Weather and Climate Forecasting for Our Changing World. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 104(4), E909-E927. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-21-0262.1>
13. Bulti, A. T., & Yutura, G. A. (2023). Water infrastructure resilience and water supply and sanitation development challenges in developing countries. *AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 72(6), 1057-1064.
14. Carro, I., Seijo, L., Nagy, G. J., Lagos, X., & Gutiérrez, O. (2018). Building capacity on ecosystem-based adaptation strategy to cope with extreme events and sea-level rise on the Uruguayan coast. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 10(4), 504-522.
15. Chai, B., & Li, P. (2023). An ensemble method for monitoring land cover changes in urban areas using dense Landsat time series data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 195, 29-42.
16. Climate Action: https://www.climateaction.org/news/10_adaptation_technologies，瀏覽日期：2024/1/26。
17. Climate Change Adaptation Resource Center (ARC-X). (n.d.). United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/arc-x>
18. Condon, M. (2023). Climate services: The business of physical risk. *Ariz. St. LJ*, 55, 147.
19. Corwin, D. L. (2021). Climate change impacts on soil salinity in agricultural areas. *European Journal of Soil Science*, 72(2), 842-862.
20. Costanza, R., Pérez-Maqueo, O., Martinez, M. L., Sutton, P., Anderson, S. J., & Mulder, K. (2008). The value of coastal wetlands for hurricane protection. *Ambio*, 37(4), 241–248. Retrieved from [http://dx.doi.org/10.1579/0044-7447\(2008\)37\[241:TVOCWF\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1579/0044-7447(2008)37[241:TVOCWF]2.0.CO;2)
21. Cows, J., Tsamados, A., Taddeo, M. et al.(2021). The AI gambit: leveraging artificial

- intelligence to combat climate change—opportunities, challenges, and recommendations. *AI & Soc* 38, 283–307 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01294-x>
22. de Burgh-Day, C. O. and Leeuwenburg, T.: Machine Learning for numerical weather and climate modelling: a review, *EGUsphere* [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-350>, 2023.
23. Deegan, M. (2009, July). Developing Causal Map Codebooks to Analyze Policy Recommendations: A preliminary content analysis of floodplain management recommendations following the 1993 Midwest Floods. In *System Dynamics Society Conference Proceeds*.
24. DeLay, N., Mintert, J., & Thompson, N. (2021). Farm Data Collection and Software Adoption in Commercial Scale US Corn-Soybean Farms. *Western Economics Forum*,
25. Donnelly, J., Daneshkhah, A., & Abolfathi, S. (2023). Forecasting Global Climate Drivers Using Gaussian Processes and Convolutional Autoencoders. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 128, 107536. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107536>
26. Emery, M., and C. Flora. 2006. Spiraling-up: mapping community transformation with community capitals framework. *Community Development*, 37:19-35. <http://dx.doi.org/10.1080/15575330609490152>
27. Esther C., Ioan F., Helen R., Melissa B., Fiona M. S., Katrin P., Kerri M. & David M. (2022). Building community resilience in a context of climate change: The role of social capital. *Ambio*, 51, 1371-1387. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-021-01678-9>
28. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/en>
29. FIELDVIEW, T. (2019). Climate Fieldview®. The Climate Corporation: San Francisco, CA, USA.
30. Flato, G., J. Marotzke, B. Abiodun, P. Braconnot, S.C. Chou, W. Collins, P. Cox, F. Driouech, S. Emori, V. Eyring, C. Forest, P. Gleckler, E. Guilyardi, C. Jakob, V. Kattsov, C. Reason and M. Rummukainen, 2013: Evaluation of Climate Models. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I*

- to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
31. Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and society*, 15(4).
 32. Gabriele, M., Brumana, R., Previtali, M., & Cazzani, A. (2022). A combined GIS and remote sensing approach for monitoring climate change-related land degradation to support landscape preservation and planning tools: the Basilicata case study. *Applied Geomatics*, 15, 497 - 532.
 33. Gargiulo, C. et al. (2023). A GIS-based tool for planning resilient climate cities. *Resilient and Sustainable Cities, Elsevier*: 473-494.
 34. Gasbarro, F., Rizzi, F., and Frey, M. (2016) Adaptation Measures of Energy and Utility Companies to Cope with Water Scarcity Induced by Climate Change. *Bus. Strat. Env.*, 25: 54–72. doi: 10.1002/bse.1857.
 35. Gaur, A. and S. P. Simonovic (2019). Chapter 4 - Introduction to Physical Scaling: A Model Aimed to Bridge the Gap Between Statistical and Dynamic Downscaling Approaches. *Trends and Changes in Hydroclimatic Variables*. R. Teegavarapu, Elsevier: 199-273.
 36. Goosen, H., de Groot-Reichwein, M. A. M., Masselink, L., Koekoek, A., Swart, R., Bessembinder, J., Witte, J. M. P., Stuyt, L., Blom-Zandstra, G., & Immerzeel, W. (2014). Climate Adaptation Services for the Netherlands: an operational approach to support spatial adaptation planning. *Regional Environmental Change*, 14(3), 1035-1048. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0513-8>
 37. Haasnoot, M., Kwakkel, J. H., Walker, W. E., & Maat, Judith Ter. (2013). Dynamic Adaptive Policy Pathways: A Method for Crafting Robust Decisions for a Deeply Uncertain World. *Global Environmental Change*, 23(2), 485–498.
 38. Haines, A., & Ebi, K. (2019). The imperative for climate action to protect health. *New England Journal of Medicine*, 380(3), 263-273.

39. Hasan, M. K., Desiere, S., D’Haese, M., & Kumar, L. (2018). Impact of climate-smart agriculture adoption on the food security of coastal farmers in Bangladesh. *Food Security*, 10, 1073-1088.
40. Hidalgo, J., Lemonsu, A., & Masson, V. (2019). Between progress and obstacles in urban climate interdisciplinary studies and knowledge transfer to society. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1436(1), 5–18.
<https://doi.org/10.1111/nyas.13986>
41. Hoffmann, E., Rupp, J., & Sander, K. (2020). What Do Users Expect from Climate Adaptation Services? Developing an Information Platform Based on User Surveys. In W. Leal Filho & D. Jacob (Eds.), *Handbook of Climate Services* (pp. 105-134). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36875-3_7
42. Holzinger, A., Keiblinger, K., Holub, P., Zatloukal, K., & Müller, H. (2023). AI for life: Trends in artificial intelligence for biotechnology. *New Biotechnology*, 74, 16-24.
43. Hötte, K., & Jee, S. J. (2022). Knowledge for a warmer world: A patent analysis of climate change adaptation technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, 183, 121879.
44. Huang C., Jinxia W., Jikun H. Policy support, social capital, and farmers’ adaptation to drought in China. (2014). *Global Environmental Change*, Vol. 24, 193-202.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.11.010>
45. Huntington, H., Begossi, A., Gearheard, S., Kersey, B., Loring, P., Mustonen, T., Paudel, P., Silvano, R., & Vave, R. (2017). How small communities respond to environmental change: patterns from tropical to polar ecosystems. *Ecology and Society*. <https://doi.org/10.5751/es-09171-220309>.
46. IEA (2023), Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer, IEA, Paris.
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer>
47. IPCC (2021): Technical Summary. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Chen, D., M. Rojas, B.H. Samset, K. Cobb, A. Diongue Niang, P. Edwards, S. Emori, S.H. Faria, E. Hawkins, P. Hope, P.

- Huybrechts, M. Meinshausen, S.K. Mustafa, G.-K. Plattner, and A.-M. Tréguier, 2021: Framing, Context, and Methods. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 147–286, doi:10.1017/9781009157896.003.]
48. IPCC (2023): Annex I: Glossary [Reisinger, A., D. Cammarano, A. Fischlin, J.S. Fuglestedt, G. Hansen, Y. Jung, C. Ludden, V. Masson-Delmotte, R. Matthews, J.B.K. Mintenbeck, D.J. Orendain, A. Pirani, E. Poloczanska, and J. Romero (eds.)]. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 119-130, doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.002.
49. IPCC DDC Glossary. (n.d.). Definition of Terms Used Within the DDC Pages. Archived from: https://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/glossary/glossary_r.html
50. James D., Alireza D., & Soroush A. (2024). Forecasting global climate drivers using Gaussian processes and convolutional autoencoders. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107536>
51. Jin, Z. (2013). Global technological change: From hard technology to soft technology. Intellect.
52. Julian Talbot. (2018). "What's right with risk matrices?". Archived from: <https://web.archive.org/web/20180714183028/http://www.juliantalbot.com/single-post/2018/07/31/Whats-right-with-risk-matrices>
53. Kabeyi, & Olanrewaju. (2023). Smart Grid Technologies and Application in the Sustainable Energy Transition: A Review. *International Journal of Sustainable Energy*, 42(1). <https://doi.org/10.1080/14786451.2023.2222298>
54. Kernan, P., Button, M., Birry, A., Forsgren, K. E., Kraemer, M., & Palmer, A. D. (2017). How does S&P global ratings incorporate environmental, social, and

- governance risks into its ratings analysis. S&P Global Ratings.
55. Kolokytha, E., & Malamataris, D. (2020). Integrated water management approach for adaptation to climate change in highly water stressed basins. *Water resources management*, 34(3), 1173-1197.
56. Kühne, T. (2006). Matters of (meta-) modeling. *Software & Systems Modeling*, 5, 369-385.
57. Kumar, N., Poonia, V., Gupta, B. B., & Goyal, M. K. (2021). A novel framework for risk assessment and resilience of critical infrastructure towards climate change. *Technological Forecasting and Social Change*, 165, 120532.
58. Lamb, W. F. and J. C. Minx (2020). "The political economy of national climate policy: Architectures of constraint and a typology of countries." *Energy Research & Social Science* 64: 101429.
59. Lehmann, J., Bossio, D. A., Kögel-Knabner, I., & Rillig, M. C. (2020). The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(10), 544-553.
60. Lincoln, P. (2023). Using the En-ROADS future climate simulator. *The Physics Teacher*, 61(6), 540-541.
61. Ling, Z., Jiang, W., Lu, Y., Ling, Y., Zhang, Z., & Liao, C. (2023). Continuous Long Time Series Monitoring of Urban Construction Land in Supporting the SDG 11.3. 1—A Case Study of Nanning, Guangxi, China. *Land*, 12(2), 452.
62. Liu, H., Gong, P., Wang, J., Clinton, N., Bai, Y., & Liang, S. (2020). Annual dynamics of global land cover and its long-term changes from 1982 to 2015. *Earth System Science Data*, 12(2), 1217-1243.
63. Majeed, M., Tariq, A., Anwar, M.M., Khan, A.M., Arshad, F., Mumtaz, F., Farhan, M., Zhang, L., Zafar, A., Aziz, M., Abbasi, S., Rahman, G., Hussain, S., Waheed, M., Fatima, K., & Shaukat, S. (2021). Monitoring of Land Use–Land Cover Change and Potential Causal Factors of Climate Change in Jhelum District, Punjab, Pakistan, through GIS and Multi-Temporal Satellite Data. *Land*, 10(10), 1026; <https://doi.org/10.3390/land10101026>
64. Manolakelli, A. (2022, March 18). Inter, Multi, Cross, Trans, & Intra-Disciplinary:

- What Is the Difference and Why Is It Important? ArchPsych. Retrieved from <https://www.archpsych.co.uk/post/disciplinarity-definitions>
65. Mashala, M.J., Dube, T., Mudhereri, B.T., Ayisi, K.K., & Ramudzuli, M.R. (2023). A Systematic Review on Advancements in Remote Sensing for Assessing and Monitoring Land Use and Land Cover Changes Impacts on Surface Water Resources in Semi-Arid Tropical Environments. *Remote Sensing. Remote Sens.*, 15(16), 3926; <https://doi.org/10.3390/rs15163926>
 66. Masson, V., Marchadier, C., Adolphe, L., Aguejda, R., Avner, P., Bonhomme, M., Bretagne, G., Briottet, X., Bueno, B., Munck, C., Doukari, O., Hallegatte, S., Hidalgo, J., Houet, T., Bras, J., Lemonsu, A., Long, N., Moine, M., Morel, T., Nologues, L., Pigeon, G., Salagnac, J., Viguié, V., & Zibouche, K. (2014). Adapting cities to climate change: A systemic modelling approach. *Urban climate*, 10, 407-429. <https://doi.org/10.1016/J.UCLIM.2014.03.004>.
 67. Mauree, D., Naboni, E., Coccolo, S., Perera, A., Nik, V., & Scartezini, J. (2019). A review of assessment methods for the urban environment and its energy sustainability to guarantee climate adaptation of future cities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.005>.
 68. McDon III, E. F. O., & Kahn, K. B. (1996). Using 'hard'and 'soft'technologies for global new product development. *R&D Management*, 26(3), 241-253.
 69. Ministry of Housing, Communities & Local Government. (2007). Department for Communities and Local Government annual report 2007. <https://www.gov.uk/government/publications/departments-for-communities-and-local-government-annual-report-2007>
 70. Mohr, L. B. (1971). Organizational technology and organizational structure. *Administrative science quarterly*, 444-459.
 71. Mondal, J., & Mandal, S. (2018). Monitoring changing course of the river Ganga and land-use dynamicity in Manikchak Diara of Malda district, West Bengal, India, using geospatial tools. *Spatial Information Research*, 26, 691-704.
 72. Morales, C., Díaz, A. S. P., Dionisio, D., Guarnieri, L., Marchi, G., Maniatis, D., & Mollicone, D. (2023). Earth Map: A Novel Tool for Fast Performance of Advanced

- Land Monitoring and Climate Assessment. *Journal of Remote Sensing*, 3, 0003.
73. Mosadeghrad, A. M., Isfahani, P., Eslambolchi, L., Zahmatkesh, M., & Afshari, M. (2023). Strategies to strengthen a climate-resilient health system: a scoping review. *Globalization and Health*, 19(1), 62.
 74. Murray, Virginia; Abrahams, Jonathan; Abdallah, Chadi; Ahmed, Kanza; Angeles, Lucille; Benouar, Djillali; Brenes Torres, Alonso; Chang Hun, Choe; Cox, Simon; Douris, Jim; Fagan, Lucy; Fra Paleo, Urbano; Han, Qunli; Handmer, John; Hodson, Simon; Khim, Wirya; Mayner, Lidia; Moody, Nick; Moraes, Luiz Leal ; Osvaldo; Nagy, Michael; Norris, James; Peduzzi, Pascal; Perwaiz, Aslam; Peters, Katie; Radisch, Jack; Reichstein, Markus; Schneider, John; Smith, Adam; Souch, Claire; Stevance Anne-Sophie; Triyanti, Annisa; Weir, Maddie; Wright, Natalie (2021) Hazard Information Profiles: Supplement to UNDRR-ISC Hazard Definition & Classification Review: Technical Report: Geneva, Switzerland, United Nations Office for Disaster Risk Reduction; Paris, France, International Science Council. DOI: 10.24948/2021.05
 75. Nathan, J. B., Jessica B., Stephen T. & Natalie C. B. (2016). Communities and change in the anthropocene: understanding social-ecological vulnerability and planning adaptations to multiple interacting exposures. *Regional Environmental Change*, 16, 907-926. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-015-0839-5>
 76. National Research, C. (2001). A Climate Services Vision: First Steps Toward the Future. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/10198>
 77. Nelson, D. R. (2011). Adaptation and resilience: responding to a changing climate. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(1), 113-120.
 78. Nerea P. J., Javier O. R., & Vicente N. V. (2023). Comparison of the SIMAR-WANA, ERA-5, and Waverys Databases for Maritime Climate Estimations and the Implications of Coastal Protection Structures. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 150(1). <https://doi.org/10.1061/JWPED5.WWENG-2017>
 79. Nicholls, R. J., Hinkel, J., Lincke, D., van der Pol, T., & van der Pol, T. (2019). Global investment costs for coastal defense through the 21st century (World Bank Policy Research Working Paper No. 8745). <http://dx.doi.org/10.1596/1813-9450-8745>

80. Peng, K., Jiang, W., Ling, Z., Hou, P., & Deng, Y. (2021). Evaluating the potential impacts of land use changes on ecosystem service value under multiple scenarios in support of SDG reporting: A case study of the Wuhan urban agglomeration. *Journal of Cleaner Production*, 307, 127321.
81. Pike, A., Dawley, S., & Tomaney, J. (2010). Resilience, adaptation and adaptability. *Cambridge journal of regions, economy and society*, 3(1), 59-70.
82. Qaim, M. (2020). Role of new plant breeding technologies for food security and sustainable agricultural development. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 42(2), 129-150.
83. Rehak, D., Senovsky, P., & Slivkova, S. (2018). Resilience of critical infrastructure elements and its main factors. *Systems*, 6(2), 21.
84. Reimann, L., Vollstedt, B., Koerth, J., Tsakiris, M., Beer, M., & Vafeidis, A. T. (2021). Extending the Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) to support local adaptation planning—A climate service for Flensburg, Germany. *Futures*, 127, 102691. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.futures.2020.102691>
85. Ren, J., Yang, J., Wu, F., Sun, W., Xiao, X., & Xia, J. C. (2023). Regional thermal environment changes: Integration of satellite data and land use/land cover. *iScience*, 26(2). <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105820>
86. Rooney-Varga, J. N., Kapmeier, F., Sterman, J. D., Jones, A. P., Putko, M., & Rath, K. (2020). The climate action simulation. *Simulation & Gaming*, 51(2), 114-140.
87. Ruane, A. C., Vautard, R., Ranasinghe, R., Sillmann, J., Coppola, E., Arnell, N., ... & Zaaboul, R. (2022). The climatic impact-driver framework for assessment of risk-relevant climate information. *Earth's Future*, 10(11), e2022EF002803.
88. Salam, A. (2020). Internet of things for environmental sustainability and climate change. *Internet of Things for Sustainable Community Development*, 33-69.
89. Sapkota, A., Lu, Z., Yang, H., & Wang, J. (2014). Role of Renewable Energy Technologies in Rural Communities' Adaptation to Climate Change in Nepal. *Renewable Energy*, 68, 793–800. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.03.003>
90. Satkowski, L., & Tewksbury, J. (2018). Building Interoperability between Data Visualization Tools. In AGU Fall Meeting Abstracts (Vol. 2018, pp. GC11M-1039).

91. Sejati, A.W., Buchori, I., Rudiarto, I., Silver, C., & Sulisty, K. (2020). OPEN-SOURCE WEB GIS FRAMEWORK IN MONITORING URBAN LAND USE PLANNING: PARTICIPATORY SOLUTIONS FOR DEVELOPING COUNTRIES. *Journal of Urban and Regional Analysis*, 12(1), 19-33. <https://doi.org/10.37043/JURA.2020.12.1.2>
92. Sharifi, A. (2021). "Co-benefits and synergies between urban climate change mitigation and adaptation measures: A literature review." *Science of the total environment* 750: 141642.
93. Shin, N., Saitoh, T. M., Takeuchi, Y., Miura, T., Aiba, M., Kurokawa, H., ... & Muraoka, H. (2023). Monitoring of land cover changes and plant phenology by remote-sensing in East Asia. *Ecological Research*, 38(1), 111-133.
94. Siegel, L. S., Homer, J., Fiddaman, T., McCauley, S., Franck, T., Sawin, E., ... & Interactive, C. (2018). En-roads simulator reference guide. Technical Report.
95. Simon, K. et al. (2020). "Community-led initiatives for climate adaptation and mitigation." *Kōtuitui: New Zealand Journal of Social Sciences Online* 15(1): 93-105.
96. Siri E., Morgan S., Katharine V. (2021). Adaptation interventions and their effect on vulnerability in developing countries: Help, hindrance or irrelevance? *World Development*, 141, 105383. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105383>
97. Smith, P., Soussana, J. F., Angers, D., Schipper, L., Chenu, C., Rasse, D. P., ... & Klumpp, K. (2020). How to measure, report and verify soil carbon change to realize the potential of soil carbon sequestration for atmospheric greenhouse gas removal. *Global Change Biology*, 26(1), 219-241.
98. Srivastav, A. L. et al. (2021). "Climate-resilient strategies for sustainable management of water resources and agriculture." *Environmental Science and Pollution Research*, 28(31): 41576-41595.
99. Street, R., Karali, E., Matterm, K., Downing, C., Sousa, A., Jol, A., Prosperini, C., & Loureco, T. (2015). Overview of climate change adaptation platforms in Europe.
100. Tamura, M., Imamura, K., Kumano, N., & Yokoki, H. (2023). Assessing the effectiveness of adaptation against sea level rise in Japanese coastal areas: protection or relocation? *Environment, Development and Sustainability*, 1-17.

<http://dx.doi.org/10.1007/s10668-023-03612-3>

101. TCFD (2017). Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures
102. Thornton, T. F., and N. Manasfi. 2010. Adaptation-genuine and spurious: demystifying adaptation processes in relation to climate change. *Environment and Society: Advances in Research* 1:132-155. <http://dx.doi.org/10.3167/ares.2010.010107>
103. Tracker, C. A. (2021). CHN.
104. Tung, C. P., Tsao, J. H., Tien, Y. C., Lin, C. Y., and Jhong, B. C. (2019). Development of a novel climate adaptation algorithm for climate risk assessment. *Water*, 11(3), 497.
105. Tushman, M. L., & Smith, W. (2017). Organizational technology. *The Blackwell companion to organizations*, 386-414.
106. UNFCCC. (2005). Report on the seminar on the development and transfer of technologies for adaptation to climate change. Note by the secretariat.
107. USA. <http://dx.doi.org/10.5822/978-1-61091-231-0>
108. Vaughan, C., & Dessai, S. (2014). Climate services for society: origins, institutional arrangements, and design elements for an evaluation framework. *Wiley Interdiscip Rev Clim Change*, 5(5), 587-603. <https://doi.org/10.1002/wcc.290>
109. Vincent, K., Daly, M., Scannell, C., & Leathes, B. (2018). What can climate services learn from theory and practice of co-production? *Climate Services*, 12, 48-58. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cliser.2018.11.001>
110. W. N. A., Jon B., Katrina B., Nadine M. & Karen O. (2013). Cultural dimensions of climate change impacts and adaptation. *Nature Climate Change*, 3(2), 112-117. <https://doi.org/10.1038/nclimate1666>
111. Walker, B., and D. Salt. 2012. Resilience practice: building capacity to absorb disturbance and maintain function. Island Press, Washington, D.C., USA. <http://dx.doi.org/10.5822/978-1-61091-231-0>
112. Wang, N., Wu, M., & Yuen, K. F. (2023). Assessment of port resilience using Bayesian network: A study of strategies to enhance readiness and response capacities.

- Reliability Engineering & System Safety*, 237, 109394.
113. Wang, Z., Li, X., Mao, Y., Li, L., Wang, X., & Lin, Q. (2022). Dynamic simulation of land use change and assessment of carbon storage based on climate change scenarios at the city level: A case study of Bortala, China. *Ecological Indicators*, 134, 108499.
 114. Warrick, R. A., Ye, W., Kouwenhoven, P., Hay, J. E., & Cheatham, C. (2005). New developments of the SimCLIM model for simulating adaptation to risks arising from climate variability and change. In MODSIM 2005: International Congress on Modelling and Simulation (pp. 551-558). Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand.
 115. Wilby, R.L. and Vaughan, K. (2011), Hallmarks of organisations that are adapting to climate change. *Water and Environment Journal*, 25: 271-281.
<https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2010.00220.x>
 116. World Economic Forum: <https://www.weforum.org/agenda/2023/02/technology-climate-change-adaptation/>，瀏覽日期：2024/1/26。
 117. Wynes, S. and K. A. Nicholas (2017). "The climate mitigation gap: education and government recommendations miss the most effective individual actions." *Environmental Research Letters*, 12(7): 074024.
 118. Yang, J., & Huang, X. (2021). The 30 m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019. *Earth System Science Data*, 13(8), 3907-3925.
 119. Yin, R. K. 2009. Case study research: design and methods. Fourth edition. SAGE, Thousand Oaks, California, USA.
 120. Zhao, M., & Boll, J. (2022). Adaptation of water resources management under climate change. *Frontiers in Water*, 4, 983228.
 121. 台達電子(2023)。氣候與自然生物多樣性報告書。
 122. 立法院預算中心(2020)。109 年度中央政府總預算案整體評估報告。檢自：
<https://www.ly.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=33428&pid=186392>
 123. 行政院國家永續發展委員會(2022)。「臺灣永續發展目標修正本」。檢自：
<https://ncsd.ndc.gov.tw/Fore/nsdn/archives/meet3/detail?id=06aed260-a583-4dd6-92d7-9e6c63349fb0>

124. 李長晏(2016)。如何強化中央與地方府際合作協調機制。《國土及公共治理季刊》，4(3)，42–57。
125. 亞太中心—全球環境教育夥伴亞太中心。 <https://geepaprc.org/zh-tw>
126. 林宗毅(2019)。發展氣候、水資源和糧食跨領域整合模式與結合氣候智慧調適演算法之應用—以桃園為例。未出版之碩士論文，國立臺灣大學生物環境系統工程學研究所，台北市。
127. 金管會證券期貨局(2023)。推動我國接軌 IFRS 永續揭露準則藍圖簡報。檢自：
https://www.sfb.gov.tw/ch/home.jsp?id=95&parentpath=0,2&mcustomize=multimessage_view.jsp&dataserno=202308170002&dtable=News
128. 英國氣候變遷委員會 (CCC, Climate Change Committee) 減緩監測框架 (Mitigation Monitoring Framework)，<https://www.theccc.org.uk/publication/ccc-monitoring-framework/?chapter=1-summary-of-outputs#1-summary-of-outputs>，瀏覽日期：2024/1/26。
129. 氣候變遷教學資訊平台。 <https://climatechange.tw/>
130. 國家科學技術委員會、環境部(2024)。國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適。檢自：<https://www.moenv.gov.tw/nera/7CFA1D364EA6AFE4>
131. 曹榮軒(2019)。氣候調適演算法之發展與應用。未出版之博士論文，國立臺灣大學生物環境系統工程學研究所，台北市。
132. 奧地利聯邦環境局氣候數據儀表板 (Dashboard Klimadaten)，
<https://www.umweltbundesamt.at/klima/dashboard>，瀏覽日期：2024/1/26。
133. 瑞典氣象水文研究所(SMHI, Swedish Meteorological and Hydrological Institute)，
<https://www.smhi.se/en/climate/education/adaptation-game-1.153788>，瀏覽日期：2024/1/26。
134. 瑞典氣象水文研究所國家排放資料庫排放資料庫 (Nationella emissionsdatabasen)，
<https://www.smhi.se/data/miljo/nationella-emissionsdatabasen>，瀏覽日期：2024/1/26。
135. 臺灣港務股份有限公司(2020)。高雄港環境報告書。
136. 環境部(2023)。「國家氣候變遷調適行動計畫(112-115 年)」行政院會簡報。檢自：
<https://www.slideshare.net/releaseey/112115-b24c#6>
137. 環境部(2023)。國家氣候變遷調適行動計畫 (112 年至 115 年)核定本。檢自：

- [https://adapt.moeenv.gov.tw/dispPageBox/files/國家氣候變遷調適行動計畫\(112-115年\)核定本.pdf](https://adapt.moeenv.gov.tw/dispPageBox/files/國家氣候變遷調適行動計畫(112-115年)核定本.pdf)
138. 環境部(2023)。國家氣候變遷調適行動計畫(112~115 年)公聽會簡報。檢自：
<https://www.cca.gov.tw/information-service/info/3824.html>
139. 韓國氣候變遷調適中心(Korea Adaptation Center For Climate Change)，
<https://kaccc.kei.re.kr/>，瀏覽日期：2024/1/26。
140. 藍建智(2019)。「政府數位服務準則」簡介。政府機關資訊通報，360，1-10。

附錄一、評選會議委員審查意見及處理情形

附錄一、「氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用」 評選會議委員審查意見及處理情形

(一) 陳沼舟委員：

審查意見	意見回覆
1. 本案建議書 CH.1 所提計畫目標及工作項目與投標須知補充規定的內容有些許差異，但在 CH.9 工作項目及預期成果(表 9-1)就有符合。可是投標須知工作內容中(1)分析國際氣候韌性調適科技發展與應用服務，彙整研析至少五個先進國家韌性調適科技及服務發展趨勢。在建議書第 2 章採用七大易受衝擊領域，針對應用服務發展作了一些很好的研究文獻回顧，未來其內容是否能更具體說明其運用是納入哪些國家中韌性調適科技及發展趨勢中？	謝謝委員意見，工作項目以依照與投標須知補充規定的內容做修正。 第二章應用服務文獻回顧將會更具體闡述是應用服務對象與範圍。
2. 氣候變遷是長期天氣特性發生改變，評估模式(CH.4)的參數對於氣候變遷的影響如何作修正？	謝謝委員意見，評估模式主要以系統動力模式整合所涉及的各領域所適用的個別評估模式，盤點個別評估模式中的因子參數，成為整合評估模式的系統元素，並且建立不同元素之間的互動回饋關係。接著針對天氣、氣候相關的因子，導入氣候變遷情境產生出的參數資料序列，即可看長期天氣序列對其他系統元素的影響。
3. 為什麼(CH.4)P.41 後 2 段 En-ROADS 模式與 SimCLIM 模擬視覺化工具，與 P.42 的後 2 段文字內容一樣？另外 CH.4 三、預期產出中擬以臺灣水資源作為調適策略的產出，但在第 2 章應用發展趨勢中的 7 大領域未列出”水資源”進行蒐研及資訊彙整？	謝謝委員意見，文字重複部分已作修正。第 2 章應用發展趨勢中的 7 大領域未列出”水資源”部分，後續工作會陸續將七大領域補充完備。

(二) 何明錦委員：

審查意見	意見回覆
1. 韌性之建構宜注意脆弱度之探索、評估與界定，及調適能力之強化。	謝謝委員意見，本計畫可藉由氣候實體風險模板進行脆弱度之探索、評估與界

審查意見	意見回覆
	定工作，再進一步針對脆弱度提出合適之調適方案，以期降低脆弱度。
2. 本案係針對氣候變遷，則對於全球暖化與氣候變遷趨勢與對臺灣地區影響之課題與對策宜有通盤性之檢視。	謝謝委員意見，本計畫在執行期間會持續更新全球暖化與氣候變遷趨勢與對臺灣地區影響之課題與對策相關資訊。
3. 對於氣候災害之耐災、抗災及復原等調適能力之提升，宜就本土性現況與可能須面對之問題有較明確之探討與描述，方能提出具體有效之對策，以建構未來之韌性城鄉。	謝謝委員意見，本土性現況與可能須面對之問題有較明確之探討與描述將加入後續執行工作中。
4. 本計畫成果之運用允宜對國土計畫2050淨零排放，或政府相關政策之增修訂提出建議。	謝謝委員意見，執行期間將會蒐集國土計畫或政府相關政策以作為計畫參考。
5. 依預定進度顯示計畫其成為3~12月，唯就經費分析則為12個月，是否正確？工作坊邀請學者專家參與，亦未見支付相關酬勞與交通費用等相關經費之編列，如何支付與核銷？建議邀請內政部建研所及都計、建築領域人員參與。	謝謝委員意見，經費分析已作修正。

(三) 許元正委員：

審查意見	意見回覆
1. 韌性調適數位服務推動策略在計畫的工作預定進度表中規劃在下半年度進行，但有關教育部「氣候變遷教學資訊平台」和環境部「環境教育探索館」的串接整合能否提前在三、四月完成？另外，有關GEEP國際交流亦須配合該計畫的推動情形辦理。	謝謝委員意見，教育部「氣候變遷教學資訊平台」和環境部「環境教育探索館」的串接整合，及GEEP國際交流推動可配合國家環境研究院期程辦理完成。
2. 數位服務推動策略座談會是否能提前至5月辦理，使各界專家學者意見儘早併入計畫執行。	謝謝委員意見，第一場座談會預計於4月份舉辦。
3. 工作坊是否能加開一場，對象區分為中央部會及地方政府，因兩者層級需求差異且人數太多，數量有限。	謝謝委員意見，工作坊將依照對象區分為中央部會及地方政府，預計於6月及9月各舉辦一場。

(四) 李孝軍委員：

審查意見	意見回覆
1. 服務建議書 p75 頁：本計畫預期執行其成為 10 個月，自決標日起至 12 月 31 日上。而附件 1 位，12 人月、共同主持人 2 位，24 人月，此為 12 個月；另專任助理 2 位、兼任助理 3 位等，均列為 11 個人月等。此兩部分與上述 10 個月不符，請補充說明。	謝謝委員意見，由於本計畫公告時間、截標日、及執行起始日皆不同，最後確定實際執行期間為 10 個月，因此計畫人力及工作人月都已依照實際執行期間作修正。
2. P26 頁，第二章三、預期產出：後段文字，蒐集彙整各國調適科技發展趨勢，同時延續 112 年先期計畫之研究成果，鑑別國內韌性調適科技及服務發展之「缺口」，建構完整的氣候調適應用服務「系統」。此「缺口」暨「系統」，請大略敘述。	謝謝委員意見，本計畫將彙整 112 年先期計畫之國內韌性調適科技及服務成果，了解國內科技及服務發展情形(缺口)。接著結合今年所盤點之國際科技及應用服務內容，強化國內科技及服務發展(系統)。
3. 第四章一、調適策略模擬系統背景(三)「氣候變遷決策支援工具」p41 頁，文字提到「En-ROADS」、「SinCLIM」、「PREPdata」等決策支援工具與「氣候變遷決策支援工具應用」p42 頁的文字幾乎重複。	謝謝委員意見，文字重複部分已作修正。
4. p54 頁，第五章預期產出：1.中央政府之實體風險與韌性調是治理指引，包括跨部會治理框架(橫向)、地方政府跨層級治理框架(縱向)。2.地方政府之實體風險與韌性調是治理指引，包括中央政府治理框架(縱向)、跨局處治理框架(橫向)、以社區為本的治理框架等。為何如此敘述？請補充說明。	謝謝委員意見，中央政府與地方政府的跨層級治理框架通用指引，目前規劃以不同治理層級角度來編撰，未來會依據執行研究成果做調整。

附錄二、啟動會議會議記錄

國家環境研究院
「氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用」計畫啟動
會議會議紀錄

壹、時間：113年3月19日上午10時30分

貳、地點：本院4樓 R408會議室

參、主席：許元正主任

紀錄：林婉琪

肆、出(列)席單位及人員：(詳如會議簽名單)

伍、主席致詞：(略)

陸、報告事項：

一、計畫執行目的及重要期程：(略)

二、計畫工作規劃及執行進度：(略)

柒、綜合指(裁)示事項：

一、本計畫重要期程：5月30日前提交第一次工作進度報告、8月31日前完成期中報告初稿提送、11月15日前完成期末報告初稿提送。

二、氣候調適演算法之監測與修正調適路徑之「監測」一詞建議改為檢視(monitoring)。

三、建議針對計畫製作概念示意圖呈現計畫之重要性，並與 TCCIP 平台做出區隔，並強調為何需由本單位執行。

四、相關評選會議回覆意見予以同意，請依修改後之相關內容進行辦理。

捌、散會：中午12時10分

國家環境研究院會議簽名單

會議名稱：「氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用」啟動會議

時間：113 年 3 月 19 日上午 10 時 30 分

地點：本院 4 樓 R408 會議室

主席：許主任元正 紀錄：林婉琪

出席（列）席人員：

許元正

吳和發

吳和發，台大生工系

李如訓

謝佩霞

林婉琪

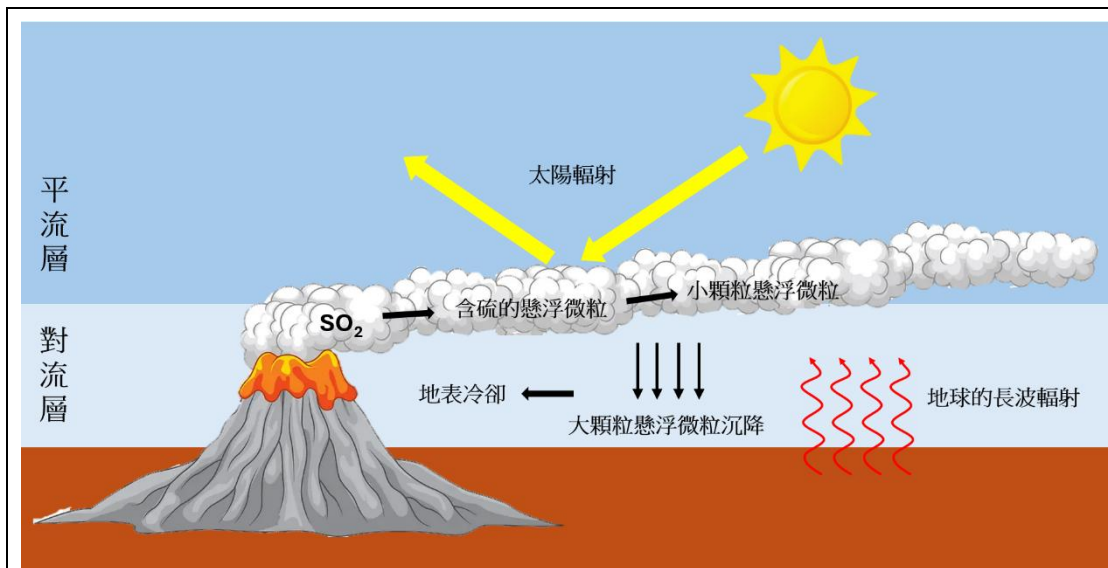
謝安恭

馬欽仁

附錄三、環境教育探索館補充資料

氣候變遷

單位	國家環境研究院					
分類	學校		社會		國際	
分類 細項	幼兒園		企業	V	資訊	
	國小		團體	V	成果	
	國中	V	機關	V		
	高中	V	民眾	V		
	大專院校以上	V	社區	V		
頁籤名稱	主題介紹					
內容						
所謂的氣候變遷是指氣候狀態的改變可以透過其特性(如氣溫、降雨量等)的平均值和/或變異性的變化來判別識別(例如，統計學)，並且持續時間通常為數十年或更長(IPCC, 2023)。氣候變遷之發生原因主要可以分為自然因素和人為因素兩大類。然目前聯合國氣候變遷綱要公約 UNFCCC 所規範的是人為增加溫室氣體排放所造成的氣候變遷。						
1. 自然因素： • 太陽輻射變化：太陽黑子活躍時，太陽輻射增強的部分都屬於極短的波段，如紫外線、X 及 α 射線，因此所增加的能量不多。這些輻射一進入大氣時，立即被高層大氣(大約一百公里高)的氣體吸收，實際到達地面的輻射量不大，因此對地表氣候影響甚小。(摘錄自全球環境變遷導論) • 火山爆發：火山噴出的二氧化硫若進入平流層，將逐漸轉化為含硫的懸浮微粒。懸浮微粒雲 (aerosol cloud)會反射太陽輻射，同時也吸收地球的長波輻射。由於它吸收紅外線的效率較高，因此含懸浮微粒的平流層(一般而言，20km-25km)溫度會升高。 懸浮微粒存在於對流層氣候之影響較為複雜，小顆粒(半徑<1μm) 反射太陽輻射能力較強，因此產生冷卻作用；大顆粒(半徑>2μm)則吸收地球長波輻射能力較強，因此具有增溫作用。但是大顆粒受地心引力影響，幾個月之後，幾乎全部掉落至地表。因此，火山爆發之後數個月後，只剩下較小的懸浮微粒留在平流層，這些懸浮微粒可停留在平流層達數年之久，在不斷的將太陽輻射散射回太空的情況下，其淨效應為冷卻作用，會使地表溫度下降。						



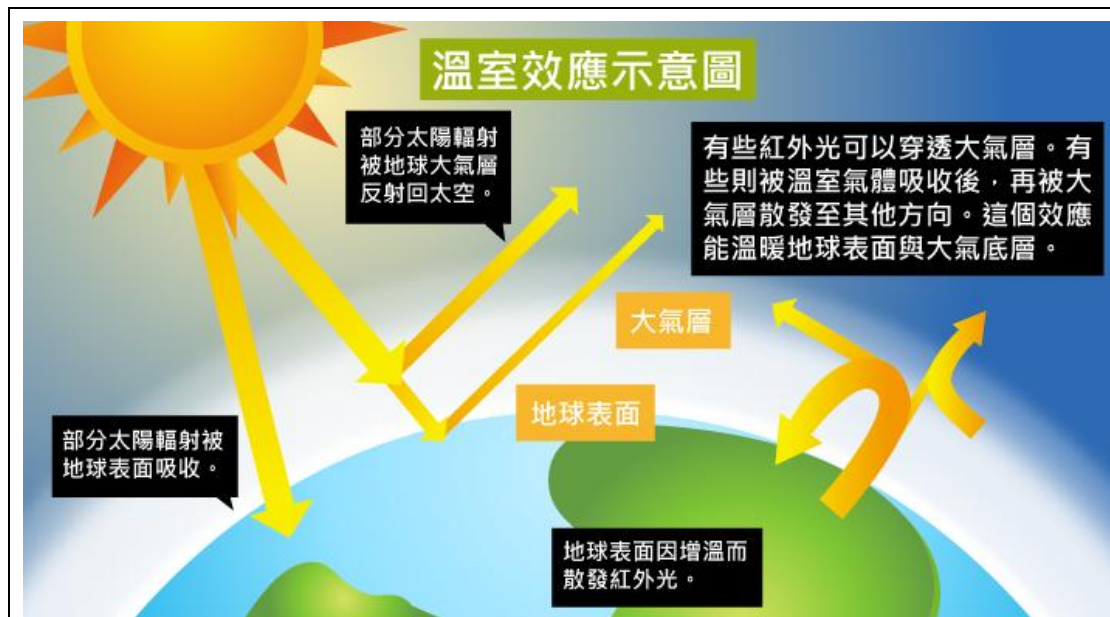
圖、火山爆發示意圖

火山爆發對氣候影響的程度決定於平流層的懸浮微粒含量。一般而言，停留在平流層中的懸浮微粒會因重力牽引逐漸沈降至對流層而後消失，它停留在大氣的時間頂多 2-3 年。因此，單一火山爆發對氣候的影響只是短短幾年，但連續的火山爆發仍可能影響較為長期的氣候變遷。(摘錄自全球環境變遷導論)

- 自然氣候變動：包括聖嬰-南方震盪現象(ENSO)、北大西洋震盪(NAO)等自然的大氣和海洋變動，這些都會對全球氣候產生影響。

2. 人為因素：

- 溫室氣體排放：所謂的「溫室氣體」是指能夠吸收和重新發射地球表面所散發之紅外輻射(熱輻射)的氣體。這些氣體存在於地球的大氣中，會產生類似溫室的作用，使得地球表面的氣溫比無大氣層時更高。溫室氣體之種類包含二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)、臭氧(O₃)和水蒸氣(H₂O)。其中，水蒸氣是最主要的溫室氣體，但它的濃度受到氣候變遷影響較小，因為它主要受氣溫的影響。



圖片來源：中央氣象署，取自於 <https://edu.cwa.gov.tw/PopularScience/index.php/weather/272-%E6%BA%AB%E5%AE%A4%E6%B0%A3%E9%AB%94%E8%88%87%E5%85%A8%E7%90%83%E6%9A%96%E5%8C%96>

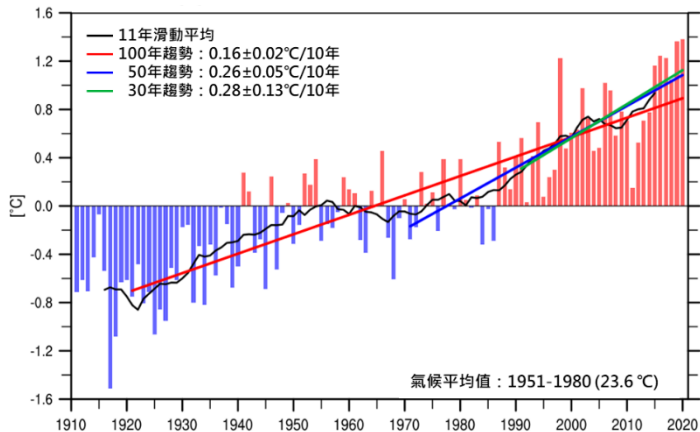
溫室氣體的存在使得地球表面能夠維持一個溫暖的溫度範圍，適合生物生存。然而，由於人類活動(如燃燒化石燃料、工業生產等)釋放了大量的溫室氣體，導致了溫室效應過度增強，進而導致全球氣候氣候變遷之問題。

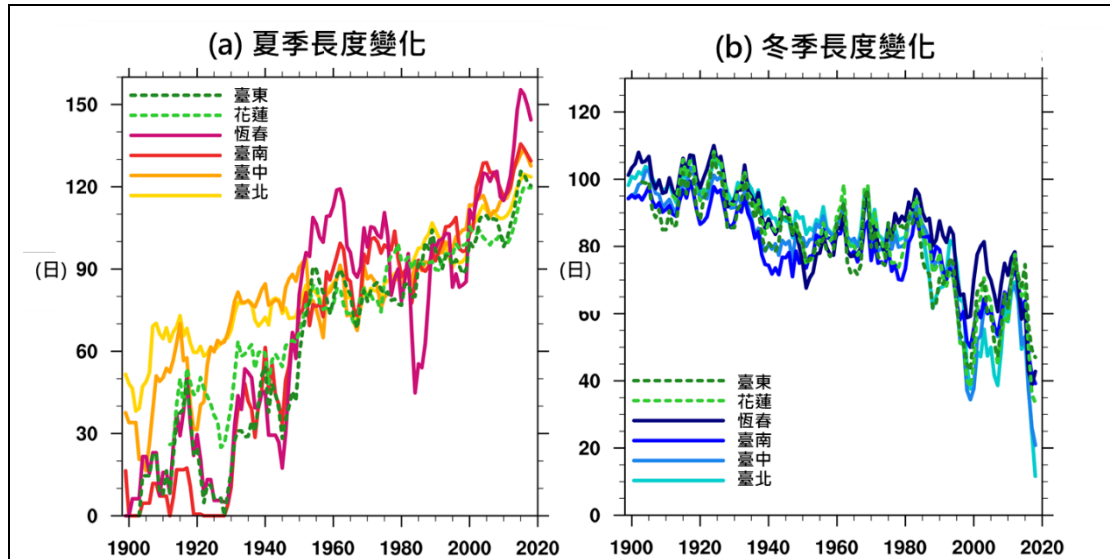
- 森林砍伐和土地利用改變：人類活動導致大面積的森林消失，土地利用模式也隨之改變，這些變化影響了地球的地表反射率和地表氣體的釋放量，從而對氣候產生影響。

參考文獻：

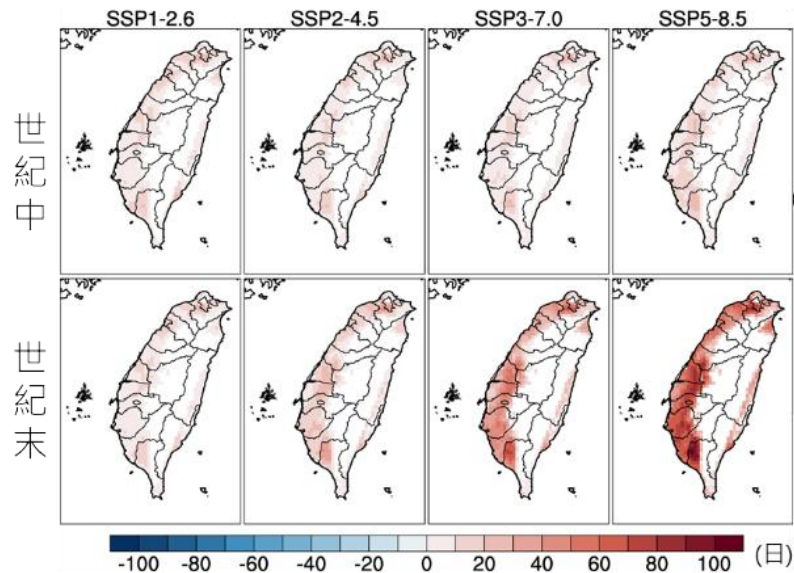
1. IPCC, 2023: Annex I: Glossary [Reisinger, A., D. Cammarano, A. Fischlin, J.S. Fuglestvedt, G. Hansen, Y. Jung, C. Ludden, V. Masson-Delmotte, R. Matthews, J.B.K Mintenbeck, D.J. Orendain, A. Pirani, E. Poloczanska, and J. Romero (eds.)]. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 119-130, doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.002.
2. 全球環境變遷導論，取自於 <http://gis.geo.ncu.edu.tw/gis/globalc/index.htm>

單位	國家環境研究院					
分類	學校	V	社會	V	國際	
分類細項	幼兒園		企業	V	資訊	
	國小		團體	V	成果	
	國中		機關	V		
	高中	V	民眾	V		
	大專院校以上	V	社區	V		
頁籤名稱	氣候變遷風險					
內容						
氣候變遷帶來的風險是當今世界面臨的重大挑戰之一，隨著氣溫上升、極端氣候事件頻繁發生，人們面臨著更加嚴重的自然災害風險，如淹水、乾旱、崩坍、暴潮等。這些氣候變遷引起的風險不僅對人類生活和財產造成直接影響，還對生態系統、農業生產和經濟發展帶來嚴重威脅。因此，我們必須加強氣候變遷的應對和調適能力，制定相應的政策和措施，包括減少溫室氣體排放、建設氣候韌性城市、提高災害風險管理能力等，以降低氣候變遷帶來的風險，實現社會、經濟和環境的永續發展。						
圖片來源：https://www.metoffice.gov.uk/weather/climate-change/effects-of-climate-change						

單位	國家環境研究院					
分類	學校	V	社會	V	國際	
分類 細項	幼兒園		企業	V	資訊	
	國小		團體	V	成果	
	國中		機關	V		
	高中	V	民眾	V		
	大專院校以上	V	社區	V		
頁籤名稱	氣候變遷與臺灣(原”淨零排放- 臺灣的氣候變化”)					
網址						
內容						
氣候變遷對全球影響甚大，對臺灣的影響如氣溫與降雨的改變尤為明顯，其影響主要包括以下幾個方面。 • 氣溫上升： 氣候變遷導致全球氣溫上升，臺灣也不例外。臺灣年平均氣溫於 1911-2020 年間上升約 1.6°C，近 50 年及近 30 年增溫加速。21 世紀初夏季長度已增加至約 120-150 天，冬季則縮短至約 70 天，而近年來更縮短至約 20-40 天。未來推估部分，全球高度排放溫室氣體的最劣暖化情境(SSP5-8.5)與理想減緩情境(SSP1-2.6)相比較，前者對我國衝擊程度將明顯大於後者。在氣溫方面，最劣情境下，高溫達 36°C 以上日數於本世紀末增加約 48 天；理想減緩情境下，增加天數降為 6.6 天。						
 圖、1911-2020 年臺灣年平均氣溫距平						



圖、1897-2020 年臺灣 6 個百年測站夏、冬兩季長期變化趨勢

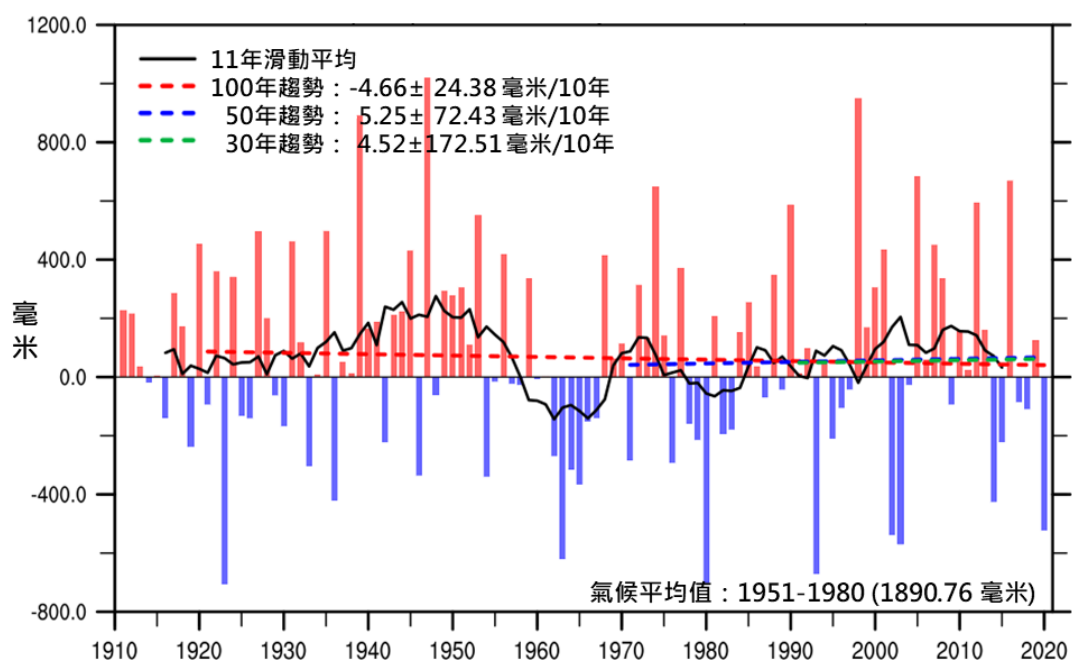


圖、臺灣高溫 36 度以上日數未來推估空間分布

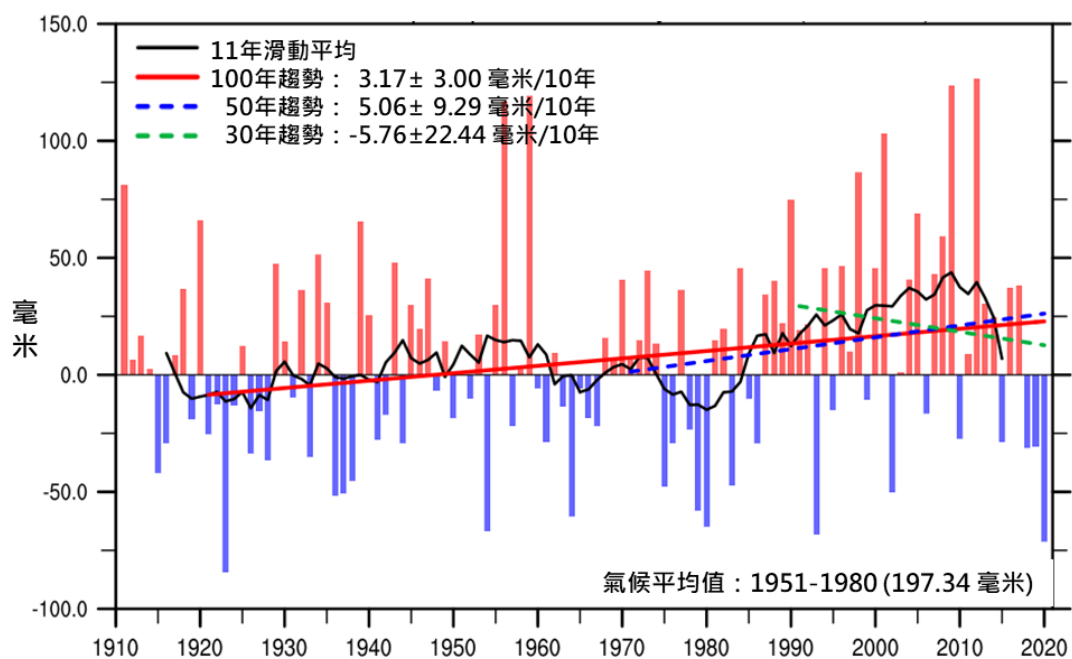
• 降雨模式變化：

氣候變遷導致降雨模式發生變化，包括降雨量、季節分佈和極端天氣事件等。從臺灣 1911-2020 年之年總降雨量趨勢來看，1961-2020 年間少雨年發生次數明顯比 1960 年以前增加；而最大 1 日暴雨強度在 1990-2015 年間，年最大 1 日暴雨強度明顯增加；在最大連續不降雨日數(降雨量 1mm 以下)的趨勢變化則較為明顯，百年增加約 5.3 日，但近 30 年則是下降的趨勢。在未來氣候變遷情境下，臺灣之年總降雨量、最大 1 日暴雨強度、及最大連續不降雨日數皆有增加的趨勢，但以極端天氣事件來看，最劣情境 (RCP8.5)下 21 世紀中、末，臺灣颱風個數將減少約 15、55%，強颱風比例將增加約 100%、

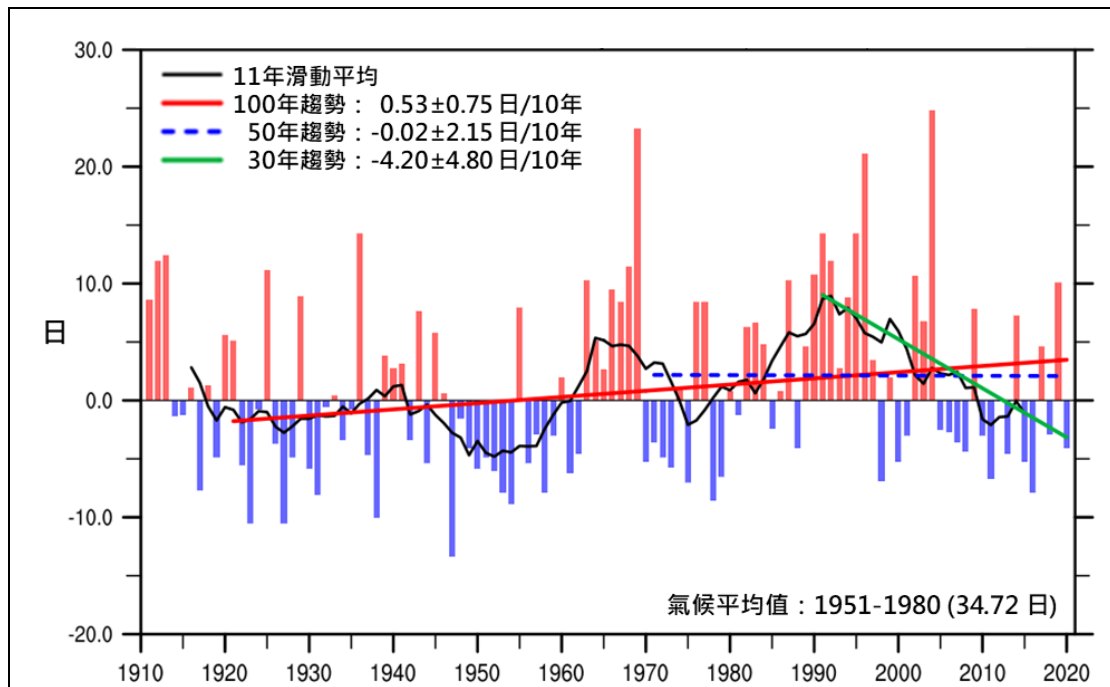
50%，颱風降雨改變率將增加約 20%、35%。



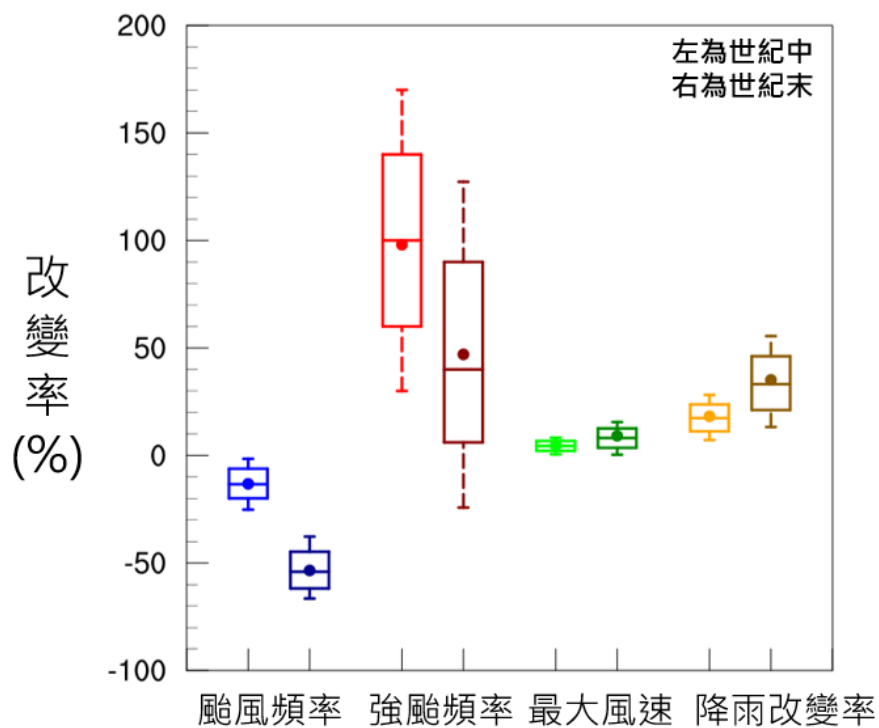
圖、1911-2020 年臺灣年總降雨量距平



圖、1911-2020 年臺灣年最大 1 日暴雨距平



圖、1911-2020 年臺灣年最大連續不降雨日數距平



圖、RCP8.5 情境下颱風指標之變化

註：圓點表示系集平均，盒鬚圖表示 95、83、50、16、5 百分位

- 海平面上升：
過去數十年臺灣平均海平面皆有上升的趨勢，1994-2013 年期間上升速度甚

至達每年 3.4 公釐，但有區域差異。在未來氣候變遷最劣情境(RCP8.5)下，21 世紀末全球海平面可能上升 0.63 公尺，臺灣目前尚未有海平面推估的研究成果(取自於臺灣氣候的過去與未來)。

- 生態系統變化：

氣候變遷對臺灣的生態系統產生了影響，包括植被結構變化、物種分布變化和生態平衡破壞等。這可能對生態多樣性、生態系統功能和生物資源的永續利用帶來挑戰。

- 社會經濟影響：

氣候變遷對臺灣的社會經濟發展產生了各種影響，包括農業、漁業、旅遊業、能源供應和基礎設施等方面。應對氣候變遷需要整體考慮社會、經濟和環境的永續發展。

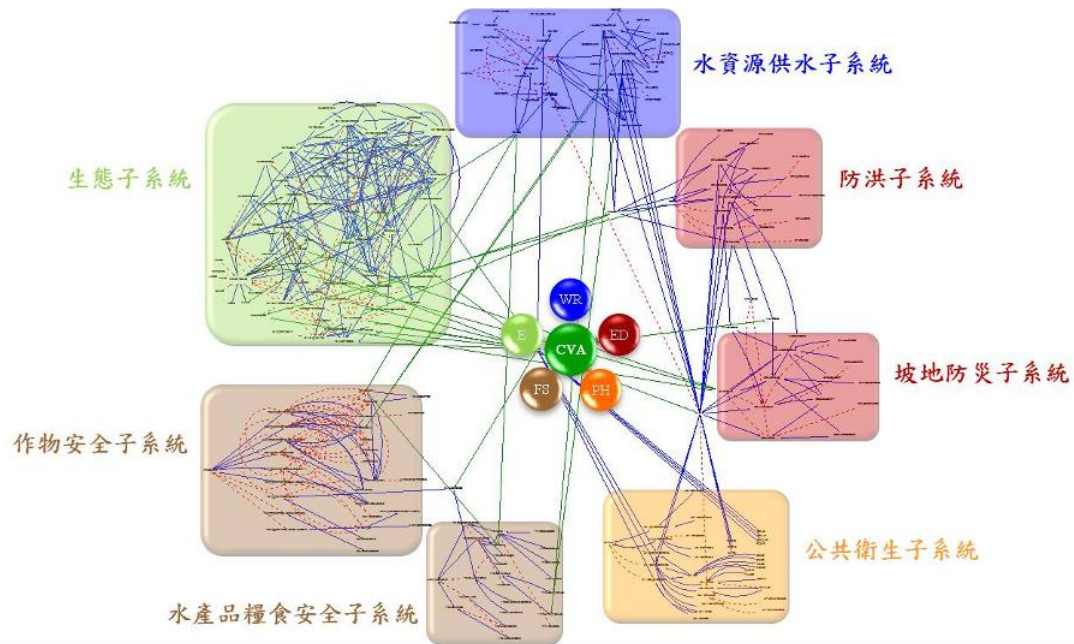
氣候變遷對臺灣的影響涉及多個方面，需要政府、企業、社會組織和個人共同努力，制定和實施調適和減緩氣候變遷的政策和措施，以面對氣候變遷帶來的各種挑戰。

參考文獻：

1. 科技部、中央研究院環境變遷研究中心、交通部中央氣象局、臺灣師範大學地球科學系、國家災害防救中心 (2021 年 8 月 10 日)。**IPCC 氣候變遷第六次評估報告之科學重點摘錄與臺灣氣候變遷評析更新報告**。
https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/km_abstract_one.aspx?kid=20210810134743
2. 國家災害防救中心、中央研究院環境變遷研究中心、科技部「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」(2017)。**臺灣氣候的過去與未來**。
<https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/upload/book/20180424152648.pdf>

單位	國家環境研究院					
分類	學校		社會	V	國際	
分類 細項	幼兒園		企業	V	資訊	
	國小		團體	V	成果	
	國中		機關	V		
	高中		民眾	V		
	大專院校以上		社區	V		
頁籤名稱	氣候變遷下的防災思維					
內容						
氣候變遷災害有哪些？防災為何重要？ 過去提到災害多指自然災害，包含地質作用產生的地質災害(如地震、火山作用造成的災害)以及短時間內大氣物理過程導致的天氣災害(如雨災、風災)。在臺灣因颱風帶來的影響非常顯著，使得過去多數人對災害的印象都是暴雨沖刷、洪水、土石流災害，進而癱瘓城市地區的交通或重創鄉村地區的農業。相反地，若是颱風無法帶來足夠降雨，乾旱、缺水所引發的危機亦不容小覷。 事實上，氣候變遷下災害的類型已超出自然災害的範疇¹。由於複雜的人類經濟活動與生活型態對氣候形成擾動甚至造成不可逆的影響，許多歷史上不曾出現或極少發生的災害事件的災害開始發生，其中也包含自然災害的影響加劇。氣候變遷災害方方面面影響到公共安全、公共衛生、糧食安全、農業經營、生態保育等議題，影響範圍小至社區家戶大至全球尺度，跨領域之間的議題常是環環相扣。如今在描述氣候變遷災害時會著重災害影響的跨領域面向，一個領域受到的直接衝擊可能進一步擴及其他領域，對其造成間接災害；換言之，一個領域的災害可能是其他領域的因應作為所導致的負面結果。 早期談防災一般是根據歷史災害事件或過去經驗(如颱風、暴雨、地震等)，研擬因應之預防和準備工作，以減少災害對人們生命財產的損害，保護社會穩定和經濟發展。從歷史經驗中學習，來思考並執行防災工作，已不足以因應現在及未來可能的挑戰。應對氣候變遷災害，必須著眼於風險管理，融合過去經驗與未來氣候變遷情境模擬，將有可能之氣象事件、各領域考量的因素等進行綜合評估，以擬定系統性的風險治理策略。相關方法學及應用工具可參考教育部氣候變遷教育教學聯盟《氣候變遷調適之防洪系統專業融入補充教材》跨領域問題分析與《氣候變遷調適專業融入實作教材-水資源領域》跨領域系統動力						

模式之內容。



圖、跨領域回饋分析系統動力模式

圖片來源：資料來源：童慶斌等人(2012)。

有關氣候變遷調適之跨領域問題，以台中大甲流域的洪水調適為例。由於日治時期以來的現代化工程加上自然現象作用，導致河道蜿蜒與偏移等地貌遷移，對於都市化和工業發展的社會而言，防洪需求日益迫切。為了應對洪水威脅，保障人類生命及財產安全，政府當局持續進行大甲溪防洪工程，早期主要包括河川整治、堤防加固等。然而，這些工程可能對當地的生態造成嚴重影響，引發各界人士關注及反彈聲浪。

近年兼顧生態保育的工程思維逐漸被重視，治理組織透過建立跨領域工作團隊，成員涵蓋生態專業及工程專業，執行現場勘查、資料蒐集、生態評估、生態關注區域繪製，評估工程範圍內之生態議題，以提供設計單位工程範圍之生態衝擊預測，依循工程生態保育方法提出最佳治理方案。

在勘查過程中，除了進行嚴謹的生態調查外，也需納入重要利害關係人的意見。經濟部第三河川局大甲溪豐洲堤防河道整理工程之生態檢核及民眾參與服務團隊，就曾針對可能存在的生態議題拜訪潛在的關注環境團體，聽取他們對於各種生態議題的看法和觀點。如水患治理監督聯盟關注保育自然棲地、前瞻水環境建設；社團法人臺灣自然研究學會長期研究自然生態，以促進自然生態保育；臺灣石虎保育協會重視石虎暨其棲地環境保育、石虎保育教育、石虎生態

相關研究；荒野保護協會台中分會推動自然教育、參與環境議題、保育自然棲地、社區生根、培養志工組織等。除了請益在地環境組織，透過訪談當地居民了解當地對環境的知識、文化、人文和土地倫理，善用並尊重當地知識，以補充鄰近地區的生態資訊，並參酌當地文化，考慮將相關物種列為關注物種，或將特殊區域列為重要生物棲地或生態敏感區域。

在工程生命週期的各階段，與相關單位討論生態檢核工作和保育策略，以確保工程符合生態保育原則。工程方案及生態保育對策在討論時應相互考量工程必要性、安全性，以及生態議題之重要性、回復可能性。基本設計審查時，特別需要評估設計方案是否符合生態保育原則，包括迴避、縮小、減輕與補償之原則，並提出對生態保全對象的迴避與保護措施。在細部設計階段，工程主辦單位應詳細評估工程細部設計可能帶來的生態影響，並提出在施工階段可執行的生態保育措施，以確保生態環境受到充分的保護和管理。



圖、治理工程生態保育對策及檢核原則

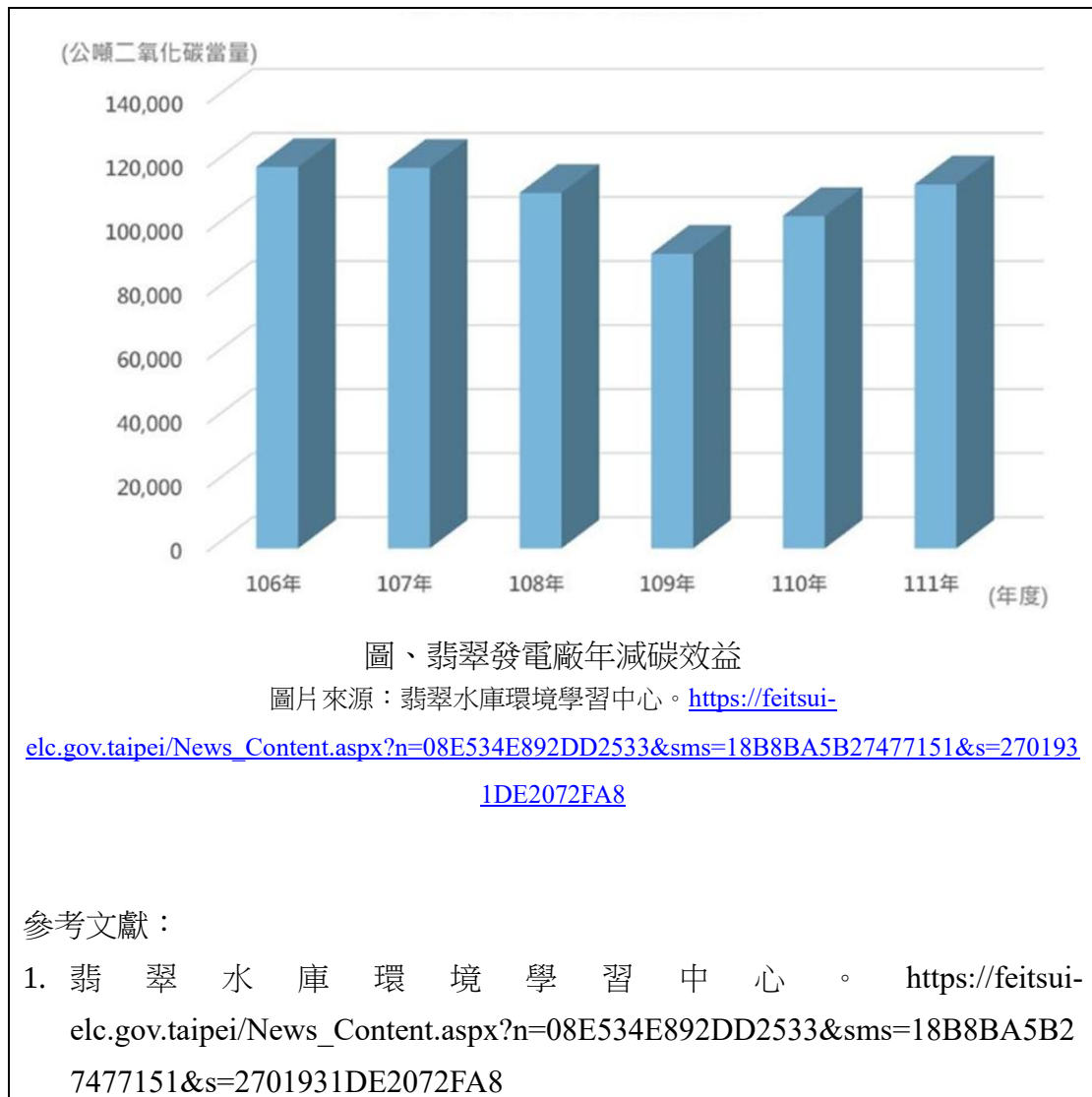
圖片來源：水利署電子報第 0424 期(2021)。取自於

https://epaper.wra.gov.tw/Article_Detail.aspx?s=6613&n=0。

參考文獻：

1. 教育部「氣候變遷調適教育教學聯盟計畫(北區)」(2023)。氣候變遷調適之防洪系統專業課程(修訂版)。
2. 經濟部水利署第三河川局 (2020 年 12 月)。生態檢核規劃設計階段大甲溪豐洲堤防河道整理工程正式成果報告書。

單位	國家環境研究院					
分類	學校	V	社會	V	國際	
分類 細項	幼兒園		企業	V	資訊	
	國小		團體	V	成果	
	國中		機關	V		
	高中	V	民眾	V		
	大專院校以上	V	社區	V		
頁籤名稱	氣候變遷之機會					
內容						
氣候變遷對社會和自然環境帶來的不僅是負面影響，同時也可從中挖掘出新的正面效益，也就是機會。隨著全球對氣候問題日益關注，清潔能源(Clean Energy)、綠色科技(Green Technology)和永續發展產業等領域迎來了巨大的發展機遇。投資於再生能源、能源效率改進和碳排放減少的技術創新不僅有助於減緩氣候變遷，同時也為企業創造了新的市場和利潤來源。此外，氣候變遷還促進了對永續城市建設、生態旅遊和綠色金融的需求，為經濟增長和社會進步提供了新的機會。因此，積極應對氣候變遷不僅是一種責任，也是開啟未來發展的重要機遇，帶來更加永續和繁榮的未來。						
水力發電即為一種再生能源，以翡翠水庫的發電廠為例，其每年平均發電量約 2.2 億度，約可供應 6.3 萬戶家庭 1 年用電量，且完全是屬於綠能的一種。自 106 年至 111 年期間，翡翠電廠發電對溫室氣體排放的年平均減碳效益為 11.12 萬公噸二氧化碳當量，大安森林公園(面積約 26 公頃) 1 年可吸收 385 公噸二氧化碳，約等於 289 座臺北市大安森林公園碳匯量(臺北翡翠水庫管理局，2023)。						



單位	國家環境研究院					
分類	學校	V	社會	V	國際	
分類 細項	幼兒園		企業	V	資訊	
	國小		團體	V	成果	
	國中	V	機關	V		
	高中	V	民眾	V		
	大專院校以上	V	社區	V		
頁籤名稱	氣候變遷與永續發展					
內容						
永續發展目標(SDGs)是聯合國於 2015 年通過的一項全球性倡議，預期在 2016 年到 2030 年間，解決全球面臨的各種挑戰(如氣候變遷、經濟成長、社會平權、貧富差距等)，並推動經濟、社會和環境等各面向之永續發展。SDGs 共包括 17 個目標(如下圖所示)，涵蓋了貧困、飢餓、健康、教育、性別平等、水資源、氣候變遷、經濟增長、城市化、能源、保護海洋和陸地生態系統等多個方面，每個目標都有具體的子細項目標，17 個永續發展目標下共計有 169 個子細項目標。SDGs 之核心為在不同層面上實現永續發展，包括經濟、社會和環境，表示不僅僅須實現經濟的增長和繁榮，還要確保社會公正和平等，同時保護和恢復地球的生態系統，且以不損害未來世代的生活質量之前提下滿足當代需求。						



圖片來源：https://www.ndc.gov.tw/nc_14813_36205

氣候變遷與永續發展目標(SDGs)之間存在密切的關聯，因為氣候變遷影響著人類生活的各個方面，而 SDGs 旨在促進經濟、社會和環境的永續發展，以下是氣候變遷與 SDGs 之關聯說明。

SDG 6 環境品質：

氣候變遷對水資源的影響包括降雨模式的變化、水質的下降等。因此，實現永續的水資源管理、確保人們享有清潔水和衛生設施，對應對氣候變遷的影響至關重要，這與 SDG 6 密切相關。

SDG 7 可負擔能源：

氣候變遷與能源使用和發展密切相關。透過推動可再生能源、提高能源效率等措施，有助於減少溫室氣體排放，同時實現可負擔且清潔的能源供應，促進永續能源發展，從而促進實現 SDG 7。

SDG 11 永續城市：

氣候變遷對城市和社區的影響尤其顯著。藉由建立氣候韌性城市、提高城市基

礎設施的氣候調適能力，可以降低氣候災害風險，提高城市和社區的調適能力，從而實現 SDG 11。

SDG 13 氣候行動：

SDG 13 旨在採取緊急行動應對氣候變遷及其影響。這包括減少溫室氣體排放、加強氣候變遷調適能力、提高氣候變遷相關知識等。因此，氣候行動是實現 SDG 13 的關鍵，也是實現其他 SDGs 的重要前提。

SDG 15 陸地生態：

氣候變遷對生態系統的影響尤其明顯，包括森林、草原、湖泊、河流等生態系統。實現永續發展目標要求保護和恢復陸地生態系統，以促進生物多樣性和生態系統的健康，這與 SDG 15 的目標密切相關。

氣候變遷直接或間接影響了許多 SDGs 的實現，因此需要強化全球、國家和地區等各層級間之合作，制定和實施相應的政策、措施和行動，以應對氣候變遷帶來的挑戰，邁向永續發展之目標。

韌性調適

單位	國家環境研究院					
分類	學校	V	社會	V	國際	
分類細項	幼兒園		企業	V	資訊	
	國小		團體	V	成果	
	國中		機關	V		
	高中	V	民眾	V		
	大專院校以上	V	社區	V		
頁籤名稱	主題介紹					
內容						
近年來氣候變遷這個議題越來越受人廣泛研究與討論，而因應氣候變遷兩大核心分別為減緩(mitigation)與調適(adaptation)，其中所謂的「調適」根據 IPCC 最新報告 AR6 之定義為：在人類系統中，調適是對實際或預期氣候及其衝擊進行應對與調整之過程，以減輕損害或利用從氣候變遷發展衍伸之機會；在自然系統中，調適則是對實際氣候及其衝擊進行調整或適應之過程 (IPCC, 2023)。氣候變遷會帶來實體風險與轉型風險，實體風險主要是暴露在極端氣候事件(如淹水、乾旱、與坡地災害等)所造成的損害；轉型風險則是為了減緩氣候變遷，如果沒有進行低碳轉型，可能會有因為政策、法規、市場需求、與技術發展等帶來損害。降低實體風險必須推動韌性調適，降低轉型風險，則需要推動低碳轉型。						
 CLIMATE CHANGE 減緩  Supply Chain  GOVERNMENT  CARBON NEUTRAL  CO₂ TAX 供應鏈 政府 低碳轉型 轉型風險 極端氣候事件 乾旱 淹水 崩坍 暴潮 韌性調適 實體風險  金融、產業、民眾						

韌性(Resilience)則是指社會、經濟和生態系統之間互相聯繫與維持正常運作的能力，可應對危害事件、趨勢或干擾，或以重新組織的方式來維持其基本功能、身份和結構。簡單而言，韌性即為系統回復正常運作的能力，評估韌性能力包括多快回復正常功能與受多大衝擊還能回復正常功能。韌性是一種正面積極的特性，能夠保持調適、學習和/或轉型之能力(IPCC, 2023)。調適包括提高社會和生態系統的韌性，改善災害風險管理能力，並加強氣候變遷相關知識和技術的應用。透過調適行動可降低氣候變遷對生活和經濟的負面影響，提高社會和生態系統的應對能力，實現氣候變遷風險的有效管理，促進永續發展之落實。

參考文獻：

1. IPCC, 2023: Annex I: Glossary [Reisinger, A., D. Cammarano, A. Fischlin, J.S. Fuglestvedt, G. Hansen, Y. Jung, C. Ludden, V. Masson-Delmotte, R. Matthews, J.B.K. Mintenbeck, D.J. Orendain, A. Pirani, E. Poloczanska, and J. Romero (eds.)]. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 119-130, doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.002.

單位	國家環境研究院					
分類	學校		社會	V	國際	
分類細項	幼兒園		企業	V	資訊	
	國小		團體	V	成果	
	國中		機關	V		
	高中		民眾	V		
	大專院校 以上		社區	V		
頁籤名稱	我國氣候變遷調適現況					
內容						
中央政府						
行政院經濟建設委員會民國 101 年通過「國家氣候變遷調適政策綱領」，各政府機關依據此綱領於 103 年核定「國家氣候變遷調適行動計畫」，目前正在執行第三期調適行動計畫，執行期間為 112 年至 115 年。依照氣候變遷因應法第 17 條—「調適能力建構須以科學為基礎來評估氣候變遷風險」，因此綜整 IPCC AR6 的各情境推估資料，結合國內氣候變遷環境條件，以「固定暖化情境設定」作為國家調適應用情境設定，各政府機關部會將會國家調適應用情境作為評估易受氣候衝擊領域風險時之設定，所有氣候韌性調適策略皆在此設定下做分析擬定。氣候一般以 20～30 年氣象資料進行統計，下圖「固定暖化 1.5°C 情境」標示 2021 至 2040 是指升溫超過 1.5°C 的 20 年的中間年落在這個期間，就會被歸於「固定暖化 1.5°C 情境」，必須注意的是固定暖化 1.5°C 情境會因為選擇不同模式與溫室氣體影響情境而發生在不同時期。						
0°C 工業革命 1850 ~ 1900 18501900 1.0°C 現況/基期 1995 ~ 2014 (大約0.85°C) 19952014 1.5°C 短期 (near term) 2021 ~ 2040 20212040 2°C 中期 (mid-term) 2041 ~ 2060 20412060 3°C~4°C 減碳失敗 2080 2°C 巴黎協議 2080 1.5°C 淨零排放 2080 長期(long-term) 2081 ~ 2100 工業革命當作比較標準						
圖、國家調適應用情境						

圖片來源：國家氣候變遷調適行動計畫(112-115 年)核定本

易受氣候變遷衝擊領域包含維生基礎設施、水資源、土地利用、海岸及海洋、能源供給及產業、農業生產及生物多樣性、健康，其七大領域之主責機關單位包含：經濟部、農委會、交通部、內政部、經濟部、衛福部等。各主責機關部會目前是依循國家氣候變遷調適框架，進行易受氣候變遷衝擊領域之風險評估與調適策略擬定。國家氣候變遷調適框架分為兩大部分六個構面，一為辨識氣候風險與調適缺口，包含界定範疇、檢視現況與評估風險；二為調適規劃與行動，內容有綜整決策、推動執行與檢討修正。



圖、國家氣候變遷調適框架

圖片來源：國家氣候變遷調適行動計畫(112-115 年)核定本

地方政府

由中央各部會共同參與執行之「國家氣候變遷調適行動計畫(112-115 年)」已於 112 年 10 月 4 日經行政院核定，希望能將調適行動計畫向下推動，環境部表示各直轄市、縣(市)政府應於 1 年內完成修訂氣候變遷調適執行方案。由於氣候變遷對於不同地區之氣候模式、自然資源、生態系統和社會經濟結構會產生不同影響，因此需要制定適合當地需求和情況的應對措施。地方政府可透過研究推動組織與調適架構、地方自然與社會經濟環境特性、氣候變遷衝擊與影響、氣候變遷實體風險評估、氣候變遷調適策略與措施、推動期程與管考機制等議題，能夠更好地理解與應對氣候變遷對地方社區的影響，提高地區之調適能力，實現氣候變

遷與永續發展之間的良性循環。

產業—綠色金融

氣候變遷對全球金融體系和金融市場都帶來了重大影響，各國金融監管機構都開始關注並積極推動綠色金融的發展，其中包括臺灣的金融監督管理委員會(金管會)。金管會於 111 年推動「綠色金融行動方案 3.0」，期望整合金融資源支持淨零轉型，其中有 5 大規劃重點，如下圖所示。



透過綠色金融行動方案 3.0 之推動，希望能從金融機構開始重視氣候變遷這個議題，並發揮金融機構之影響力，將客戶、產業、供應鏈串連在一起，藉此達到減碳轉型之目標，強化我國永續發展。

參考文獻：

1. 環境部. (2023). 國家氣候變遷調適行動計畫(112-115 年)核定本.
2. 金管會網站：<https://www.fsc.gov.tw/ch/home.jsp?id=1053&parentpath=0,7,616>

單位	國家環境研究院					
分類	學校		社會	V	國際	
分類細項	幼兒園		企業	V	資訊	
	國小		團體	V	成果	
	國中		機關	V		
	高中		民眾	V		
	大專院校以上		社區	V		
頁籤名稱	實體風險評估與韌性調適擬定					
內容						
一般氣候變遷風險之界定可從脆弱度、暴露及危害三個面向來討論，脆弱度又與敏感度、受衝擊對象本身的調適能力相關。除了「國家氣候變遷調適行動計畫」中的調適框架外，臺灣大學生物環境系統工程學系童慶斌教授提出的氣候調適演算法(Climate Change Adaptation Algorithm)做為實體風險評估與調適策略擬定之工具，如下圖所示。氣候調適演算法依循氣候調適演算法之流程，結合氣候風險模板(Climate Risk Template)與氣候調適路徑(Climate Resilient Adaption Pathway)兩種工具而成，可支援氣候變遷因應法的兩階段六構面推動。氣候變遷實體風險評估必須採用未來氣候推估資料，韌性調適行動應該具體說明是為了降低危害、暴露、或脆弱度。						
氣候韌性調適路徑 Climate Adaptation Pathway For Step 4~6 氣候調適6步驟 Climate Adaptation 6 Steps 氣候實體風險模板 Climate Risk Template For Step 1 ~ 4						
氣候調適演算法以氣候風險模板來做實體風險之定性分析，除了可探究單一領域之風險外，中央橫向跨部會與地方跨局處之議題可利用多個風險模板來分析評估。舉例來說，暴雨為自然氣候的風險因子，可能導致淹水與坡地災害，淹水也與區域排水能力之非氣候因子有關；這些資訊需要國家災害防救科技中心、						

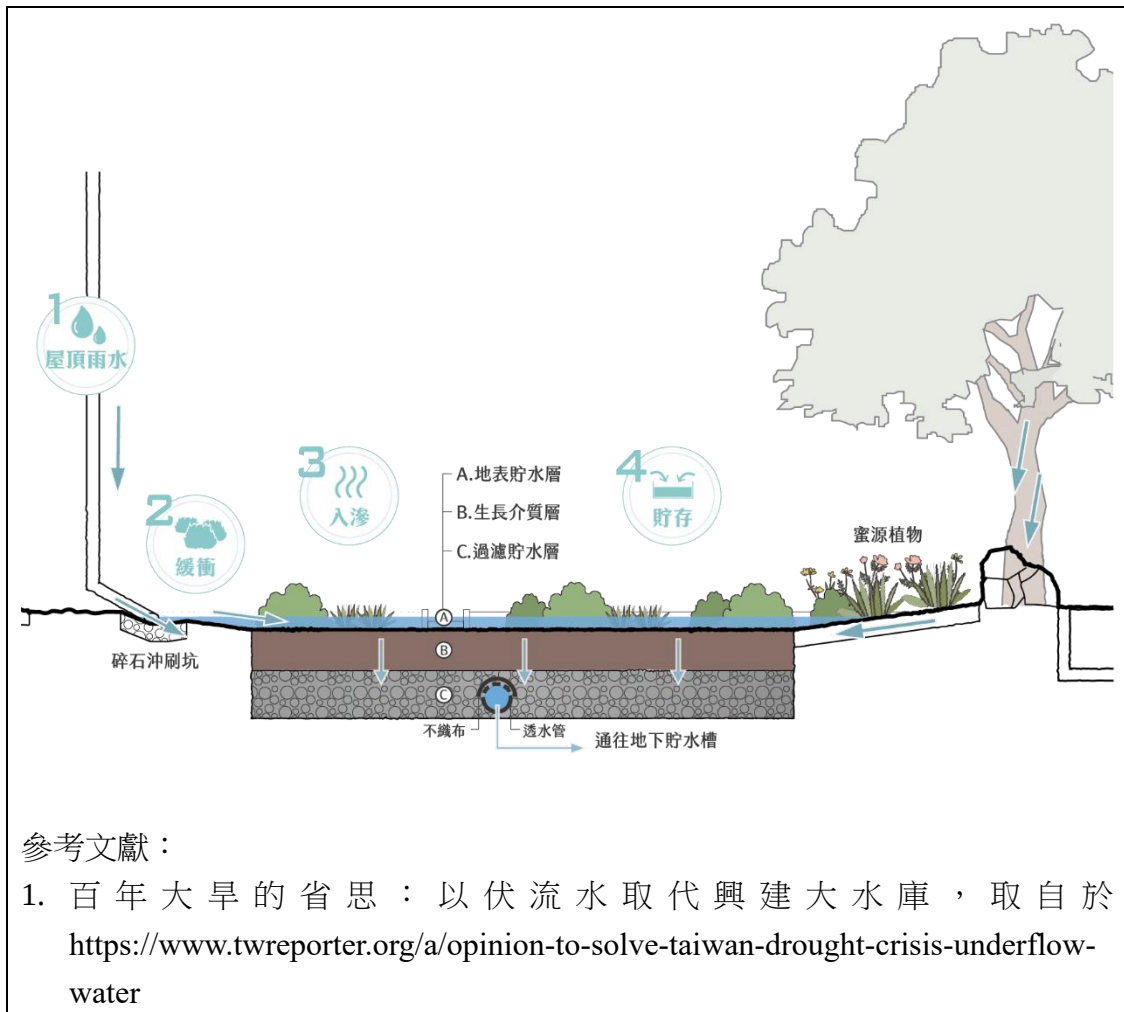
農業部、水利署進行跨部會合作，提供資料做暴雨淹水深度與致災門檻、坡地崩坍等評估與研究。因此氣候風險模板可作為政府執行跨領域、跨部會合作之框架與工具。

氣候調適路徑法之概念類似捷運或公車路線圖，主要將氣候風險模板所得到的調適策略，規劃出最佳的調適路徑。不同的操作者可依據其自身考量、目標、或限制，來訂定出最佳路徑，如政府部門可將是否造成跨領域或部門之困難納入決策考量，私人公司則可加上執行調適策略所花費之成本做為評估限制。

參考文獻：

1. Tung, C. P., Tsao, J. H., Tien, Y. C., Lin, C. Y., and Jhong, B. C. (2019). Development of a novel climate adaptation algorithm for climate risk assessment. *Water*, 11(3), 497.

單位	國家環境研究院					
分類	學校	V	社會	V	國際	
分類 細項	幼兒園		企業	V	資訊	
	國小		團體	V	成果	
	國中	V	機關	V		
	高中	V	民眾	V		
	大專院校 以上	V	社區	V		
頁籤名稱	韌性調適示範					
內容						
當我們認知到水資源為氣候變遷下之首當其衝，有水之時便需思考無水之苦，盤點可以使用的調適選項。 對於區域尺度而言，水庫清淤、水情燈號搭配不同情境下的限水措施都是水資源綜合管理的方法。近年臺灣南部受益於伏流水的開發，在缺乏降雨的時期，順利度過缺水危機。所謂的伏流水，就是河川、湖泊區域的淺層地下水，透過引水工程，將其導引到出水的圳體。不僅不會破壞地表景觀、生態環境，也長年穩定供水。搭配地下水井的使用，其供水量也成為 2021 年面對臺灣百年大旱的強大補給。 而社區或是家戶尺度，水撲滿、雨水花園等方式亦可善用水資源，並且維持任內與生態的平衡。雨水花園 (Raingarden)顧名思義為收集雨水的花園。氣候變遷下降雨型態改變，強降雨發生頻率增加，導致都市或低窪地區積淹水容易發生。若利用空地及綠地改造為花園貯存雨水，一方面改變景觀美化環境，一方面能將這些雨水貯存再利用。雨水花園使水文循環途徑更接近大自然生態樣貌，除了創造出更豐富的植栽生態空間，調節微氣候功能也能打造更舒適環境溫度，更能協助降低排水量以及改善水質，具有美觀、休憩、貯水、降溫等多項效益的設施。						



附錄四、氣候變遷數位服務推動策略座談會

附錄四、氣候變遷數位服務推動策略座談會會議紀錄

一、時間：113 年 5 月 7 日(星期二)下午 2 時 00 分

二、地點：國立臺灣大學生物環境系統工程學系施孫富會議室

三、主席：童慶斌教授

紀錄：陳奕如、謝筱君、吳和陵

四、出(列)席人員：

氣候變遷研究中心：許元正、李如訓、謝佩媛

中央研究院：許晃雄

國家災害防救科技中心：陳永明

環輿科技股份有限公司：孫于力

資誠永續發展服務股份有限公司：張嘉宏

中山大學海洋環境及工程學系：陸曉筠(線上)

成功大學都市計畫學系：張學聖(線上)

臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系：李明安

臺灣大學漁業科學研究所：柯佳吟

臺灣大學生物環境系統工程學系：陳奕如、吳和陵、謝筱君

五、主席致詞：略

六、計畫執行單位工作報告：略

七、綜合討論及意見：

(一) 許晃雄主任：

1. 從資料的角度，樂見有一個平台可以引導使用者搜尋到不易取得的資料。有鑒於國內開放資料的狀況與國外相比不盡理想，建議平台優先針對所有氣候變遷的資料提供搜尋指引，下一步應跟各部會聯繫溝通，漸漸突破資料開放屏障，說服部會釋出相關資料。
2. 部會不只是資料接受端也是資訊供給者，如農業漁業災損、種植面積、收成狀況等，可由農業部彙整提供。
3. 中研院致力於全球性的研究，目前正在規劃一個資料平台，可望與 TCCIP 合作取得更多資料來源，如風能跟光能潛勢評估、淹水潛勢評估等，這些資料也可同時與國環院之服務平台建立合作關係。

4. 資料建置目標應朝向提供全民使用，不只限於金融相關產業。
5. 各界也都在發展相關服務，如何提供最大服務效能，但資料重疊程度不至於引起產業太大的反彈，是需要思考的課題。
6. 建議公部門盡量把資料開放，以培植資訊服務產業為目標，無需干涉各單位如何發展資訊服務。

(二) 李明安副校長：

1. 許多部會諸如國科會或海洋委員會都將大部分資料認為是機密，有些時候可能兩三年後才釋出。如果有資料庫地圖(data map)，至少讓使用者明白資料可以向哪個單位索取。
2. 策略上應先盤點各部會的需求，進行需求整理、描述與資料優先性的排序。舉例來說，像政府到鄉鎮對氣候的想法是什麼，或像是中央氣象署想做的是氣象服務，因此會聚焦在短期資料上，而氣候服務所需的長期性資料就不是他們關注的重點。
3. 計畫資料破碎的問題，例如研究雲林縣漂沙的議題其監測數據就有範圍的局限，但假如要納入研究計畫資料，即可拉到全島的尺度，如何補齊各地方資料這是中心可以去思考的。

(三) 張學聖教授：

1. 過去參與國發會在協助推動計畫時，掌握在各部會相關資料其實不少，但整合不易。以 Data map 模式應為可行，若可促使相關部會願意合作推動，可以增加一點資料來源。
2. 過去在部會協調過程，各部會觀念保守，會擔心資料被誤用等情況。因此涉及資料如何呈現，長期資料如何流通、更新、互惠，需要一套模式來推動。
3. 除了現有資料的彙整，未來資料的取得目前也在逐步結合相關審議制度，讓計畫成果累積而得的資料可以被使用及開放。

(四) 張嘉宏執行董事：

1. 就產業界觀點，也是關心誰要為資訊背書的問題。財務與非財務資訊放在同一位階是趨勢，而目前金管會希望將責任放在四大會計師事務所。但若是將資料用在財報內需要對每個數字做確認，可能頂多走到有限認證(limited assurance)，權衡之下目前是放在股東會年報內。

2. 同意可以先針對程序面做保證。舉例來說各個工會目前正在創建程序，通過後將成為一套辦法作為 SOP 讓各產業能遵循。
3. 跟企業主聊到產業的需求，希望政府部門協助做出產業別分析。例如，半導體業面臨的不同實體風險(淹水、高溫)，何者對於該產業的影響程度最大？僅需要政府提供方向，讓公司了解風險類別，以及關於公司在未來將面臨的風險是變好還是變壞。後續應用於評估分析、建廠等行為，實際需要資料時，企業將願意付費再進行研究。
4. IFRS S3 確定為自然資本，若要整合各方資料(包含自然的依賴性)，是否能預先規劃整合併入？
5. TNFD、TIFD 談及的 Natural Capital 會不會受氣候影響，贊成用生態系統服務的架構去看。

(五) 陳永明組長：

1. 當前所有工作來自於氣候法的規定，中心的任務若要長期推動，可以跟法治基礎做連結，藉此明確平台的定位，穩固長遠任務執行。如 TCCIP 提供上游氣候風險資料，但要做完整的風險評估尚需要土地利用、健康、水文等非氣候資料，因此建議中心透過國會等管道依法規向各部會索取。
2. 基於從中央到地方之各級政府需要做風險評估及調適行動方案的擬定，平台的定位便是提供相對應部會現況及未來風險評估所需的資料。
3. 檢核的目的應是為了讓各級政府檢視有沒有做好自己的工作，以回應審計部的查核。
4. 環境部平台應將目標設定為成為各方需做氣候調適考慮之第一選項，而非選項之一。
5. 資料來源不會只限於環境部，但部會存在本位問題可能使提交資料的過程遇到困難。可參考過去防災計畫的資料整合機制，使跨部會資料取得之過程更加順暢。
6. 講求科研基礎的資料須同步看重部會權責的問題，如部會是否須承擔產製資料的工作、提供地方政府資料的工作等等。

7. 從資料治理的角度，應思考資料安全的問題。在生成式技術日益發展的時代下，TCCIP 被要求需重新思考資料管理及開放策略，以防範資料被挪作不合理用途，這是中心未來需要考量的部分。
8. 並非所有類型資料都需要進行整併，像是海洋資料庫由於使用對象特定，服務及使用目的明確，與 TCCIP 的服務群體不同，因而放在特定位置供取用較能發揮效益。
9. 國環院跟氣候署應合作根據網站架構去設計輔導地方做調適。
10. 資料是否收費的問題是將與資料責任歸屬問題連動，當資料產製方收費的同時，也代表著其需要向提供資料之正確傳相對應的責任。
11. 短期建議環境部內部先合作規劃一個應用示範，藉由該示範來提高國家跨部會合作之意願。

(六) 柯佳吟副教授：

1. 資料通常分為陸域跟水域的資料，像陸域的部分通常不會確切公布生物點位置，分佈預測圖會以機率呈現，以避免公開資料反而遭致生態侵害的行徑。過去研究多以人力為主，現在可用遙測取代，資料較易取得，但關於需要實際調研的生物資料來源，各研究者可能還在做準備，也會受限於研究成果發表的規範。再者，各地方研究通常尺度也比較小，有代表性不足的問題。基於對生物的保護觀念，會更不希望讓外界知曉，若缺乏高位階的政策依據，資料的提供保守。不過現階段可以著重建立基礎概念的服務。
2. 海洋相關的資料庫也碰到相關狀況，海洋委員會花費數年間建制海洋遊憩風險一站式服務資訊平臺系統，慢慢找出自身的定位。中心的平台未來除了加入其他資料來豐富資訊服務內容，亦應強化自身專門領域，納入中心自身的研究專長及提升資料產製能力。

(七) 孫于力副主任：

1. 以平台建構角度切入，最重要的是資料的取得，才有後面的事情。既有平台提供了部分資料，那新的網站的定位是什麼是重要的課題。

(八) 許元正主任：

1. 傾向將來平台維運計畫能發展為長期執行工作。

2. 關於平台的定位，中心不像氣候署有法治基礎，現階段是自力更生，先產出一個能有具體貢獻的平台，長期能夠支援氣候署的業務。
3. 針對氣候署的輔導業務，中心欲先提升自身能力，讓氣候署或各級部會及政府明白，中心能夠提供專業服務。
4. 初期資料取得不易，希望優先建立一些模式跟工具，有利日後透過行政程序取得資料加以應用。
5. 現階段仰賴氣候變遷署的指定來賦予資料可信度。
6. 陳永明組長建議內部示範案例中心也會盡量去做。
7. 將繼續討論如何跟 TCCIP 的業務有所區隔，且相輔相成。

(九) 陸曉筠副教授：

1. 相關單位建議納入海委會海洋保育署及國家海洋研究院，另外，在政府及私人企業間建議納入工研院等財團法人機構，因其扮演輔導產業因應氣候變遷因應衝擊與調適的重要角色。
2. 建議跟 NCDR 目前的平台在目的及內涵上有所差異。
3. 目前針對氣候變遷韌性調適的認知度，中央單位相對較地方政府的熟悉度高很多，建議對地方先以能力建構為主，從能力建立過程中比較知道地方的需求跟挑戰。
4. 對民眾實際生活層面的數位服務，有感及有用為最關鍵的要素，建議檢視民間最常使用的數位工具（如金融、社群等），從其中找群與氣候政策可對接的議題。
5. 產業類型多元，各自的差異也很大，建議可針對幾個重點產業（可以是重要的產業、關鍵的產業、關注度較低的產業等）先討論，比較容易聚焦。

八、散會(下午 4 時 00 分)。

氣候變遷數位服務推動策略座談會

簽到單

簽到時間	姓名	服務單位	職位	出席方式
5/7/2024 13:36:39	許元正	國家環境研究院 氣候變遷研究中心	主任	實體會議
5/7/2024 13:37:04	李如訓	國家環境研究院 氣候變遷研究中心	研究員	實體會議
5/7/2024 13:52:22	陳永明	國家災害防救科技中心	組長	實體會議
5/7/2024 13:54:04	謝佩媛	國家環境研究院 氣候變遷研究中心	副研究員	實體會議
5/7/2024 13:59:23	許晃雄	中央研究院	特聘研究員	實體會議
5/7/2024 13:59:39	李明安	臺灣海洋大學 環境生物與漁業科學學系	教授	實體會議
5/7/2024 14:04:33	孫于力	環輿科技股份有限公司	副主任	實體會議
5/7/2024 14:04:55	張嘉宏	資誠 PwC 永續發展服務公司	執行董事	實體會議
5/7/2024 14:05:52	張學聖	成功大學 都市計畫學系	教授	線上會議
5/7/2024 14:05:56	柯佳吟	臺灣大學 漁業科學研究所	副教授	實體會議
5/7/2024 14:06:00	陸曉筠	中山大學 海洋環境及工程學系	副教授	線上會議
5/7/2024 13:30:35	陳奕如	臺灣大學 生物環境系統工程學系	助理	實體會議
5/7/2024 13:31:21	吳和陵	臺灣大學 生物環境系統工程學系	助理	實體會議
5/7/2024 13:31:53	謝筱君	臺灣大學 生物環境系統工程學系	助理	實體會議

線上出席紀錄及活動照片



氣候變遷數位服務推動策略座談會 意見回覆

(一) 許晃雄主任：

座談會意見	意見回覆
1. 從資料的角度，樂見有一個平台可以引導使用者搜尋到不易取得的資料。有鑒於國內開放資料的狀況與國外相比不盡理想，建議平台優先針對所有氣候變遷的資料提供搜尋指引，下一步應跟各部會聯繫溝通，漸漸突破資料開放屏障，說服部會釋出相關資料。	謝謝委員意見。國環院相關單位已持續盤點彙整氣候變遷的相關資料與產製來源，以期後續能與各部會聯繫溝通達成合作。
2. 部會不只是資料接受端也是資訊供給者，如農業漁業災損、種植面積、收成狀況等，可由農業部彙整提供。	謝謝委員意見。
3. 中研院致力於全球性的研究，目前正在規劃一個資料平台，可望與 TCCIP 合作取得更多資料來源，如風能跟光能潛勢評估、淹水潛勢評估等，這些資料也可同時與國環院之服務平台建立合作關係。	謝謝委員意見。

(二) 李明安副校長：

座談會意見	意見回覆
1. 許多部會諸如國科會或海洋委員會都將大部分資料認為是機密，有些時候可能兩三年後才釋出。如果可以有資料庫地圖(data map)，至少讓使用者明白資料可以向哪個單位索取。	謝謝委員意見。未來會規畫將資料庫地圖(data map)建置工作納入後續執行中。
2. 策略上應先盤點各部會的需求，進行需求整理、描述與資料優先性的排序。舉例來說，像政府到鄉鎮對氣候的想法是什麼，或像是中央氣象署想	謝謝委員意見。後續將會規劃盤點各部會甚至各層級的需求，來做更進一步的氣候服務規劃。

做的是氣象服務，因此會聚焦在短期資料上，而氣候服務所需的長期性資料就不是他們關注的重點。	
3. 計畫資料破碎的問題，例如研究雲林縣漂沙的議題其監測數據就有範圍的局限，但假如要納入研究計畫資料，即可拉到全島的尺度，如何補齊各地方資料這是中心可以去思考的。	謝謝委員意見。未來會以邀請更多不同領域的研究團隊參與合作。

(三) 張學聖教授：

座談會意見	意見回覆
1. 過去參與國發會在協助推動計畫時，掌握在各部會相關資料其實不少，但整合不易。以 Data map 模式應為可行，若可促使相關部會願意合作推動，可以多增加一點資料來源。	謝謝委員意見。未來會規畫將資料庫地圖(data map)建置工作納入後續執行中。
2. 過去在部會協調過程，各部會觀念保守，會擔心資料被誤用等情況。因此涉及資料如何呈現，長期資料如何流通、更新、互惠，需要一套模式來推動。	謝謝委員意見。資料如何流通、更新、互惠的形式可作為未來推動執行方向。
3. 除了現有資料的彙整，未來資料的取得目前也在逐步結合相關審議制度，讓計畫成果累積而得的資料可以被使用及開放。	謝謝委員意見。

(四) 張嘉宏執行董事：

座談會意見	意見回覆
1. 就產業界觀點，也是關心誰要為資訊背書的問題。財務與非財務資訊放在同一位階是趨勢，而目前金管會希望將責任放在四大會計師事務所。但若是將資料用在財報內需要對每個數字做確認，可能頂多走到有限認證(limited assurance)，權衡之下目前是	謝謝委員意見。提供資料、資訊的權責問題未來期望將做更深入的討論。

放在股東會年報內。	
2. 同意可以先針對程序面做保證。舉例來說各個工會目前正在創建程序，通過後將成為一套辦法作為 SOP 讓各產業能遵循。	謝謝委員意見。程序面的完善是推動氣候變遷調適數位服務的重要基礎，未來可建立一套具有一致性且可操作性的標準作業程序，協助產業在氣候變遷調適方面有更清楚的認知與推動方向。
3. 跟企業主聊到產業的需求，希望政府部門協助做出產業別分析。例如，半導體業面臨的不同實體風險(淹水、高溫)，何者對於該產業的影響程度最大？僅需要政府提供方向，讓公司了解風險類別，以及關於公司在未來將面臨的風險是變好還是變壞。後續應用於評估分析、建廠等行為，實際需要資料時，企業將願意付費再進行研究。	謝謝委員意見。產業界的需求未來也希望能盤點彙整後，納入平台的調適服務中。
4. IFRS S3 確定為自然資本，若要整合各方資料(包含自然的依賴性)，是否能預先規劃整合併入？	謝謝委員意見。後續執行規劃，調適服務將會分眾盤點使用者需求，以期能將各界資料做整併提供。
5. TNFD、TIFD 談及的 Natural Capital 會不會受氣候影響，贊成用生態系統服務的架構去看。	謝謝委員意見。

(五) 陳永明組長：

座談會意見	意見回覆
1. 當前所有工作來自於氣候法的規定，中心的任務若要長期推動，可以跟法治基礎做連結，藉此明確平台的定位，穩固長遠任務執行。如 TCCIP 提供上游氣候風險資料，但要做完整的風險評估尚需要土地利用、健康、水文等非氣候資料，因此建議中心透過國會等管道依法規向各部會索取。	謝謝委員意見。
2. 基於從中央到地方之各級政府需要做風險評估及調適行動方案的擬定，平台的定位便是提供相對應部會現況及未來風險評估所需的資料。	謝謝委員意見。

3. 檢核的目的應是為了讓各級政府檢視有沒有做好自己的工作，以回應審計部的查核。	謝謝委員意見。
4. 環境部平台應將目標設定為成為各方需做氣候調適考慮之第一選項，而非選項之一。	謝謝委員意見。未來會向這方向努力。
5. 資料來源不會只限於環境部，但部會存在本位問題可能使提交資料的過程遇到困難。可參考過去防災計畫的資料整合機制，使跨部會資料取得之過程更加順暢。	謝謝委員意見。
6. 講求科研基礎的資料須同步看重部會權責的問題，如部會是否須承擔產製資料的工作、提供地方政府資料的工作等等。	謝謝委員意見。
7. 從資料治理的角度，應思考資料安全的問題。在生成式技術日益發展的時代下，TCCIP 被要求需重新思考資料管理及開放策略，以防範資料被挪作不合理用途，這是中心未來需要考量的部分。	謝謝委員意見。本計畫目前已在發展生成式風險模板，後續推動工作將逐漸完善該功能，幫助決策者做實體風險界定。
8. 並非所有類型資料都需要進行整併，像是海洋資料庫由於使用對象特定，服務及使用目的明確，與 TCCIP 的服務群體不同，因而放在特定位置供取用較能發揮效益。	謝謝委員意見。盤點彙整各類型資料時，會將意見納入考量。
9. 國環院跟氣候署應合作根據網站架構去設計輔導地方做調適。	謝謝委員意見。
10. 資料是否收費的問題是將與資料責任歸屬問題連動，當資料產製方收費的同時，也代表著其需要向提供資料之正確付相對應的責任。	謝謝委員意見。
11. 短期建議環境部內部先合作規劃一個應用示範，藉由該示範來提高國家跨部會合作之意願。	謝謝委員意見。

(六) 柯佳吟副教授：

座談會意見	意見回覆
1. 資料通常分為陸域跟水域的資料，像陸域的部分通常不會確切公布生物點位置，分佈預測圖會以機率呈現，以避免公開資料反而遭致生態侵害的行徑。過去研究多以人力為主，現在可用遙測取代，資料較易取得，但關於需要實際調研的生物資料來源，各研究者可能還在做準備，也會受限於研究成果發表的規範。再者，各地方研究通常尺度也比較小，有代表性不足的問題。基於對生物的保護觀念，會更不希望讓外界知曉，若缺乏高位階的政策依據，資料的提供保守。不過現階段可以著重建立基礎概念的服務。	謝謝委員意見。
2. 海洋相關的資料庫也碰到相關狀況，海洋委員會花費數年間建制海洋遊憩風險一站式服務資訊平臺系統，慢慢找出自身的定位。中心的平台未來除了加入其他資料來豐富資訊服務內容，亦應強化自身專門領域，納入中心自身的研究專長及提升資料產製能力。	謝謝委員意見。

(七) 柯佳吟副教授：

座談會意見	意見回覆
1. 以平台建構角度切入，最重要的是資料的取得，才有後面的事情。既有平台提供了部分資料，那新的網站的定位是什麼是重要的課題。	謝謝委員意見。這部分內容已於第六章呈現。

(八) 許元正主任：

座談會意見	意見回覆
-------	------

1. 傾向將來平台維運計畫能發展為長期執行工作。	謝謝委員意見。
2. 關於平台的定位，中心不像氣候署有法治基礎，現階段是自力更生，先產出一個能有具體貢獻的平台，長期能夠支援氣候署的業務。	謝謝委員意見。
3. 針對氣候署的輔導業務，中心欲先提升自身能力，讓氣候署或各級部會及政府明白，中心能夠提供專業服務。	謝謝委員意見。
4. 初期資料取得不易，希望優先建立一些模式跟工具，有利日後透過行政程序取得資料加以應用。	謝謝委員意見。
5. 階段仰賴氣候變遷署的指定來賦予資料可信度。	謝謝委員意見。
6. 陳永明組長建議內部示範案例中心也會盡量去做。	謝謝委員意見。
7. 將繼續討論如何跟 TCCIP 的業務有所區隔，且相輔相成。	謝謝委員意見。這部分內容已於第六章呈現。

(九) 陸曉筠副教授：

座談會意見	意見回覆
1. 相關單位建議納入海委會海洋保育署及國家海洋研究院，另外，在政府及私人企業間建議納入工研院等財團法人機構，因其扮演輔導產業因應氣候變遷因應衝擊與調適的重要角色。	謝謝委員意見。
2. 建議跟 NCDR 目前的平台在目的及內涵上有所差異。	謝謝委員意見。這部分內容已於第六章呈現。
3. 目前針對氣候變遷韌性調適的認知度，中央單位相對較地方政府的熟悉度高很多，建議對地方先以能力建構為主，從能力建立過程中比較知道地方的需求跟挑戰。	謝謝委員意見。本計畫已舉辦氣候變遷調適工作坊，以期協助地方政府推動調適工作。
4. 對民眾實際生活層面的數位服務，有感及有用為最關鍵的要素，建議檢視民間最常使用的數位工具（如金融、社群等），從其中找群與氣候政策可對接的議題。	謝謝委員意見。本計畫建議可就數位服務做分眾提供相對應的資訊，策略如下： 1. 明確分眾群體，設計適合的內容和傳播方式

	➤ 學生：以教育性、互動性的方式介紹，例如漫畫、遊戲化教材。 ➤ 家庭主婦/家長：關注日常生活與氣候的關聯性，例如省水、省電和廚餘減少。 ➤ 工作族群：關注與職場、交通相關的調適措施，例如綠建築、節能通勤。 ➤ 農漁業從業者：聚焦於氣候對產業的影響，例如極端天氣的因應策略。 ➤ 高齡族群：提供簡單易懂、視覺化的資訊，聚焦健康與安全。 2. 使用多樣化媒體與格式 ➤ 視覺化資訊：製作簡單易懂的資訊圖表(如氣候變遷的影響路徑圖)。 ➤ 使用影片或動畫，展示氣候變遷對日常生活的具體影響及應對方法。 ➤ 故事化內容：透過真實案例或故事(例如某地居民如何適應極端天氣)，引發情感共鳴。 ➤ 數位互動：開發互動式網頁或應用程式，讓使用者輸入數據(如用電量)來了解碳足跡。 ➤ 在地刊物：針對特定地區，發佈與該地相關的氣候調適建議，例如防洪或高溫應對措施。 3. 設計適合分眾的內容語言 ➤ 淺顯語言：對非專業群體，避免使用科學術語，轉為簡單的描述(如「海平面上升」可說成「海水可能淹沒沿海城市」)。 ➤ 專業內容：針對特定專業人士(如農民或城市規劃師)，可提供具體技術指導。 ➤ 多語言版本：針對不同語言需求的群體(如地方語言或外籍移民)，製作翻譯版本。 4. 提供實用性資訊
--	--

	➤ 簡單小貼士：如何節能、省水、廢物減量等。 ➤ 家庭應對指南：提供災害防備清單(如颱風來襲時的準備措施)。 ➤ 地方資源地圖：標示氣候調適設施，例如避難所或冷氣公共場所。 備註： 小貼士指簡短實用的建議、提示或技巧，目的是幫助讀者快速理解並應用。其可以是數位資訊(網路或應用程式上的功能)，也可以是實體資訊(如小冊子或宣傳卡)。
5. 產業類型多元，各自的差異也很大，建議可針對幾個重點產業（可以是重要的產業、關鍵的產業、關注度較低的產業等）先討論，比較容易聚焦。	謝謝委員意見。

附錄五、第一次工作進度報告會議記錄及意見處理情形

「氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用」

第一次工作進度報告會議記錄

一、時間：113 年 6 月 6 日(星期四)上午 10 時 00 分

二、地點：M613 會議室

三、主席：王欽彥(代理主席)

紀錄：林婉琪

四、出(列)席人員：

氣候變遷研究中心：林婉琪、謝佩媛

臺灣大學生物環境系統工程學系：童慶斌、陳奕如

五、主席致詞：略

六、計畫執行單位工作進度報告：略

七、綜合討論及審查意見：

(一) 謝佩媛副研究員：

1. 氣候變遷相關政策有可能每年都會有新的措施，在實體風險評估與調適擬定的執行部分該如何更新資訊？
2. 國家環境研究院規劃之氣候變遷智能服務平台計畫已開始執行，希望能在平台上呈現產業氣候變遷調適之案例。
3. GEEP 預計於網站上開設一氣候變遷專區，希望能提供可放入專區之氣候變遷相關內容的建議。

(二) 林婉琪助理研究員：

1. 由於氣候風險評估與韌性調適目前權責仍在氣候變遷署之下，建議未來計畫中「指引」之用詞可進行調整，避免與法規用語產生混淆。

(三) 王欽彥特約高級環境技術師：

1. 由於本計畫與氣候變遷智能服務平台計畫密切相關，建議之後的會議及活動可邀請相關之利害關係人員出席。

八、主席結論：

1. 本計畫第一次工作進度報告符合契約書規定，審查通過。
2. 會議決議事項納入後續計畫執行。
3. 請依契約內容檢具單據至本院，以利撥付第一期款。

九、散會(上午 12 時 00 分)。

國家環境研究院 會議簽名單

會議/課程名稱： 「氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用」

會議/課程時間： 113年06月06日(星期四)上午9時30分

會議地點 國家環境研究院-6樓M613討論室

主持人(主席)： 許元正

承辦人(紀錄)： 林婉琪

出席單位及人員：

機關單位名稱

列席單位人員：

機關單位名稱	報到	備註
國環院	謝佩媛	
氣候變遷研究中心	王欽彥	代理主席
氣候變遷研究中心	林婉琪	
臺灣大學生物環境系統 工程學系	陳奕如	
臺灣大學生物環境系統 工程學系	童慶斌	

「氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用計畫」 第一次工作進度報告會議意見回覆情形

(一) 謝佩媛副研究員：

審查意見	意見回覆
4. 氣候變遷相關政策有可能每年都會有新的措施，在實體風險評估與調適擬定的執行部分該如何更新資訊？	謝謝委員意見。政府單位可就新的政策進行辨別類別，再依據本計畫提供之評估框架與工具進行分析。
5. 國家環境研究院規劃之氣候變遷智能服務平台計畫已開始執行，希望能在平台上呈現產業氣候變遷調適之案例。	謝謝委員意見。氣候變遷智能服務平台之調適案例，建議中央部會、地方政府、及產業都應有示範案例呈現，本計畫可規劃提供相關內容。
6. GEEP 預計於網站上開設一氣候變遷專區，希望能提供可放入專區之氣候變遷相關內容的建議。	謝謝委員意見。氣候變遷相關教育題材可參考教育部的氣候變遷教學資訊平台。

(二) 林婉琪助理研究員：

審查意見	意見回覆
1. 由於氣候風險評估與韌性調適目前權責仍在氣候變遷署之下，建議未來計畫中「指引」之用詞可進行調整，避免與法規用語產生混淆。	謝謝委員意見。未來辦理外部活動會將「指引」更改為「執行建議」，避免用詞混淆。

(三) 王欽彥特約高級環境技術師：

審查意見	意見回覆
1. 由於本計畫與氣候變遷智能服務平台計畫密切相關，建議之後的會議及活動可邀請相關之利害關係人員出席。	謝謝委員意見。未來議及活動將邀請氣候變遷智能服務平台計畫相關之利害關係人員出席。

附錄六、氣候風險評估與韌性調適工作坊

氣候風險評估與韌性調適工作坊

一、辦理緣由

臺灣面臨著日益嚴重的氣候變遷挑戰，從極端天氣事件、海平面上升、乾旱到颱風等變化，對社會、經濟和環境造成深遠影響，因此如何因應氣候變遷進行韌性調適行動是一個很重要的關鍵議題。透過系統化擬定的調適行動，能夠有效降低災害風險、提升社會韌性、保護環境資源。

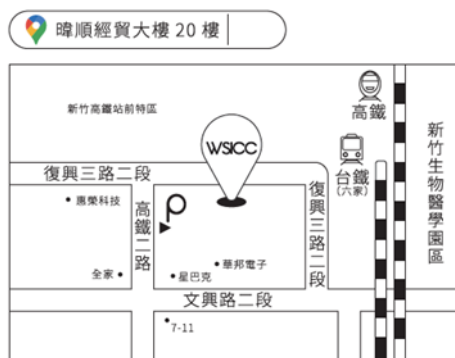
二、辦理目的與規劃

(一) 目的：

本工作坊將進行氣候變遷調適技術工具介紹，透過舉辦工作坊說明並交流實體風險評估與調適執行時可能遇到之困難，未來可提供合適工具協助地方政府執行氣候變遷調適方案。

(二) 會議相關資訊：

1. 時間：113 年 7 月 8 日星期一下午 13:30 - 17:00
2. 地點：WSICC 暉順國際會議中心 C 廳 (新竹縣竹北市復興三路二段 168 號 20 樓之 3)
3. 交通資訊：



自行開車

國道一號：竹北交流道下高速公路，經由光明六路往高鐵新竹站方向行駛約 3.7 公里，行車時間約 6 分鐘即可抵達暉順經貿大樓地下停車場。

國道三號：竹林交流道下高速公路，經由 120 縣道往高鐵新竹站方向行駛約 6.3 公里，行車時間約 12 分鐘即可抵達暉順經貿大樓地下停車場。

停車資訊

暉順經貿大樓附有 B1-B4 地下室停車場，收費方式依停車場規定。

大眾運輸

高鐵： 高鐵新竹站下車，由 2 號出口步行 2 分鐘即可到達暉順經貿大樓。

台鐵： 台鐵新竹站搭乘台鐵六家線至六家站，出站經由二樓空橋步行約 1 分鐘內即可抵達暉順經貿大樓。

4. 主講人：童慶斌老師
5. 聯絡人：陳奕如小姐 (02-33663489/b94602023@gmail.com)

(三) 活動議程：

- | | |
|-------------|--------------|
| 13:30~13:50 | 報到時間 |
| 13:50~14:00 | 主席致詞 |
| 14:00~15:00 | 氣候變遷調適技術工具介紹 |

15:00~15:10	中場休息
15:10~16:00	現場實際操作教學
16:00~16:50	與會人員討論與建議
16:50~	散會

三、活動參與人員

各地方政府代表局處相關人員(1~2 個單位)及執行團隊。

報名方式：請協助填寫報名表以便確認出席人數

報名表：<https://forms.gle/A4t3DL8zwbkoZ6p16>

四、辦理單位

(一) 指導單位：國家環境研究院

(二) 主辦單位：國立臺灣大學生物環境系統工程學系

113 年氣候風險評估與韌性調適工作坊

政府單位簽到表

報名單位	姓名	身分證字號 (申請公務人員學習時數用)
環境部氣候變遷署		
國家災害防救科技中心	劉信宏	
	曾容愉	
臺北市政府環境保護局	張月真	
	張云芳	
臺北市政府衛生局疾病管制科	于今	
新竹市環境保護局	卓志高	
	莊子超	
新竹縣政府環境保護局	劉佩宜	
苗栗縣政府環境保護局	周煒承	
	陳鼎元	
南投縣政府工務處		
台中永續低碳辦公室(逢甲大學)	廖建程	
雲林縣政府	蔡依南	
	王永勝	

113 年氣候風險評估與韌性調適工作坊

政府單位簽到表

報名單位	姓名	身分證字號 (申請公務人員學習時數用)
嘉義市政府環境保護局		
嘉義縣環境保護局	許亦萱	
	莊涵雯	
	成郁霖	
	陳沛均	
臺南市政府環境保護局	蘇皇丞	
高雄市政府環境保護局	黃建翔	
屏東縣政府環境保護局	劉芳文	
屏東縣政府消防局-協力團隊		
	吳靜怡	
宜蘭縣政府環境保護局	湯初玲	
	吳泰雲	

113 年氣候風險評估與韌性調適工作坊

委辦公司簽到表

報名單位	姓名	簽名
上境科技股份有限公司	陳俊宇	陳俊宇
	曾安明	曾安明
元律科技股份有限公司	翁紹華	翁正一
	李作倫	
台灣奧雅納工程顧問公司	蘇詩軒	蘇詩軒
立境環境科技股份有限公司	徐靖雅	徐靖雅
長慧環境科技有限公司	簡雅琪	陳怡如
景丰科技股份有限公司		張齡云
		賴曉薇
景澤創意有限公司	吳思騰	吳思騰
晶淨科技股份有限公司		
	李嘉雯	李嘉雯
新紀工程顧問有限公司	陳佳君	陳佳君
環興科技股份有限公司	廖逸凡	廖逸凡
	邱清儀	邱清儀

113 年氣候風險評估與韌性調適工作坊

簽到表

[illegible]

活動花絮







氣候風險評估與韌性調適工作坊

一、辦理緣由

臺灣面臨著日益嚴重的氣候變遷挑戰，從極端天氣事件、海平面上升、乾旱到颱風等變化，對社會、經濟和環境造成深遠影響，因此如何因應氣候變遷進行韌性調適行動是一個很重要的關鍵議題。透過系統化擬定的調適行動，能夠有效降低災害風險、提升社會韌性、保護環境資源。

二、辦理目的與規劃

(一) 目的：

本工作坊將進行氣候變遷調適技術工具介紹，透過舉辦工作坊說明並交流實體風險評估與調適執行時可能遇到之困難，未來可提供合適工具協助各層級政府執行氣候變遷調適方案。

(二) 會議相關資訊：

1. 時間：113 年 9 月 30 日星期一下上 9:00 - 12:00
2. 地點：集思台大會議中心 B1 阿基米德廳（台北市羅斯福路四段 85 號 B1）
3. 交通資訊：



捷運新店線 公館站2號出口：
2號出口左轉 (步行2分鐘)



捷運公館站一 (羅斯福路)：254

捷運公館站(公車專用道-往西區方向)：0南、1、109、208、208(高架線)、208(區間車)、208(基河二期國宅線)、236、251、252、253、278、284、284(直行)、290、52、642、643、644、648、660、671、672、673、676、74、907、景美女中-榮總快速公車、棕12、綠11、綠13、藍28

捷運公館站(公車專用道-往新店方向)：207、278、280、280(直達車)、284、311、505、530、606、606區間車、668、675、676、松江幹線、松江-新生幹線、敦化幹線、藍28

公館 (羅斯福路基隆路口)：671

公館 (基隆路)：1、207、254、275、275(副)、650、672、673、907、南港軟體園區通勤專車(雙和線)

仁愛路二段：214、248、606

信義杭州路口 (往101)：0東、20、22、204、670、671、信義幹線、信義新幹線、1503



公館水源市場對面羅斯福路上，近羅斯福路與基隆路交叉口

國道一號：由23B-圓山號出口，轉建國高架道路南行，續行辛亥路至基隆路右轉，直行至羅斯福路再右轉，隨即於右側「台灣大學公館二活停車場」停車即可。

國道三號：由台北聯絡道下辛亥路端，接基隆路右轉羅斯福路，隨即於右側「台灣大學公館二活停車場」停車即可。

4. 主講人：童慶斌老師
5. 聯絡人：陳奕如小姐 (02-33663489/b94602023@gmail.com)

(三) 活動議程：

8:30~ 9:00	報到時間
9:00~ 9:10	主席致詞
9:10~10:00	氣候變遷調適技術工具介紹
10:00~10:10	中場休息
10:10~11:00	現場實際操作教學
11:00~11:10	中場休息
11:10~11:50	與會人員討論與建議
11:50~	散會

三、活動參與人員

中央事業主管機關之相關人員及調適行動方案委辦單位。

報名方式：請所有參與人員協助填寫報名表以便確認出席人數

報名表：<https://forms.gle/1xosgRRKQwEbpZWMA>

四、辦理單位

(一) 指導單位：國家環境研究院

(二) 主辦單位：國立臺灣大學生物環境系統工程學系

113 年氣候風險評估與韌性調適工作坊

簽到表

姓名	服務單位	職稱	簽到處
巫月春	國家環境研究院	副院長	巫月春
許元正	國家環境研究院	主任	
李如訓	國家環境研究院	研究員	李如訓
王若梅	國家環境研究院	副研究員	王若梅
謝佩媛	國家環境研究院	副研究員	謝佩媛
林婉琪	國家環境研究院	助理研究員	林婉琪
黃葳芃	中央氣象署	科長	黃葳芃
張博雄	中央氣象署	科長	張博雄
尤心瑜	中央氣象署	科長	尤心瑜
李明營	中央氣象署	科長	李明營
張博雄	中央氣象署	科長	張博雄
朱啓豪	中央氣象署海象氣候組	科長	朱啓豪
林雍嵐	中央氣象署	技正	
陳孟詩	中央氣象署	技正	陳孟詩
楊世緯	中央氣象署地震測報中心	技士	楊世緯
王則榮	中央氣象署	技佐	王則榮
王詠宜	民用航空局	科長	
趙希婷	民用航空局	技士	趙希婷
陳宇俊	鐵道局	正工程司	

113 年氣候風險評估與韌性調適工作坊

簽到表

姓名	服務單位	職稱	簽到處
許加豐	農業部	職員	
陳高松	農業部水產試驗所	研究員	
△ 李先祐	農業部生物多樣性研究所	助理研究員	李先祐
△ 郭曉芸	農業部畜產試驗所遺傳生理組	助理研究員	郭曉芸
歐陽千渝	農業部林業及自然保育署	約聘佐理員	
李素瑩	農糧署	技正	
鄭哲明	農業部資源永續利用司	技士	鄭哲明
✓ 蔡雅琴	種苗改良繁殖場	副研究員	蔡雅琴
徐錦木	臺中區農業改良場	助理研究員	
✓ 楊蕙禎	海洋委員會海洋保育署	科長	楊蕙禎
✓ 何靜怡	海洋委員會海洋保育署	科員	何靜怡
✓ 郭哲瑋	海洋委員會	技士	郭哲瑋
△ 許城榕	國家海洋研究院 <i>tonym3@gmail.com</i>	副研究員	許城榕
△ 陳沛宏	國家海洋研究院	助理研究員	陳沛宏
△ 吳虹儀	國家海洋研究院	研究助理	吳虹儀
鄭凱方	內政部國家公園署	科長	鄭凱方
✓ 薛博孺	內政部國土署國土計畫組	幫工程司	薛博孺
黎博文	勞動部勞動及職業安全衛生研究所	副研究員	黎博文
劉羿彰	經濟部國營事業管理司	科員	劉羿彰

113 年氣候風險評估與韌性調適工作坊

簽到表

姓名	服務單位	職稱	簽到處
李伊珊	國民健康署	約用專業人員	李伊珊
✓ 張純慈	工業技術研究院	副研究員	張純慈
張雅琪	工業技術研究院	研究員	張雅琪
湯宗達	國家科學及技術委員會	副研究員	
李國斌	台灣中油股份有限公司 LPG 事業部深澳中心	副理	李國斌
△ 趙洸穎	中油深澳港供輸服務中心	管理師	趙洸穎
✓ 黃毓茹	中油公司 ^{0909689779@gmail.com}	環境保護師	黃毓茹
○ 許文嘉	台電公司 ^{sitho919@gmail.com}	課長	許文嘉
✓ 吳怡虹	台電公司	專員	吳怡虹
林鑫宏	卓見永續群策分析有限公司	顧問	林鑫宏
○ △ 呂俊緯	環興科技股份有限公司	工程師	呂俊緯
林彥彤	能源署	專員	林彥彤
○ △ 徐浩仁	水利署	正工程師	徐浩仁
高瑛紘	環境部氣候署	技正	高瑛紘
陳友河	"	"	陳友河

活動花絮





附錄七、氣候變遷相關名詞釋義

附錄七、氣候變遷相關名詞釋義

中文	英文	定義/說明
氣候變遷	Climate change	氣候的狀態改變，利用統計測試確認其平均值或特性的變動，並且持續一段長時間，一般來說可能為十幾年或更久，氣候變遷發生的原因可能是自然的內部過程或是外部驅使(例如太陽周期的調動、火山爆發等)，也可能是人為持續干預大氣組成與土地利用所致之改變。(IPCC, 2023)
調適	Adaptation	針對實際發生或預期會發生的氣候及其影響所進行的調整適應過程。在人類系統中，調適的目的是尋求減輕損害或開拓有利的機會；自然系統中，人為干預可能有助於因應預期會發生的氣候所進行的調整。(IPCC, 2023)
韌性	Resilience	社會生態系統面對危害事件或擾亂的接受能力，其反應與重組足以維持基本功能、本身與結構，同時也維持其調適、學習與轉變的能力。(IPCC, 2023)
風險	Risk	由危害、暴露及脆弱度共同組成。
危害	Hazard	與氣候相關物理事件或趨勢帶來的影響，可能造成保全對象損害或損失的事件，驅動力包含自然氣候因子與非氣候因子(IPCC, 2023; Tung et al., 2019)。
暴露	Exposure	保全對象居住或活動範圍，在該區域之下可能遭受不利之影響。
脆弱度	Vulnerability	脆弱度是保全對象之敏感度與調適力，以及治理層級之調適力。
敏感度	Sensitivity	容易使保全對象受到正面或負面影響之特質或傾向，包含本身面對危害時的反應能力(內部敏感度)以及間接影響保全對象面對危害時反應能力的人事物(外部敏感度)。
極端熱浪	Extreme heat	地表空氣溫度間歇性升高，可能因濕度而加劇。(IPCC, 2021)
寒流	Cold spell	地表空氣溫度間歇性降低，可能因風力而加劇。(IPCC, 2021)

中文	英文	定義/說明
霜凍	Frost	地表附近季節性的凍結和解凍事件。(IPCC, 2021)
平均降雨	Mean precipitation	平均降水量及其日夜和季節週期性變化。(IPCC, 2021)
河川洪水	River flood	流域逕流和預期的季節性洪水週期引發的河流和溪流水位間歇性上升。(IPCC, 2021)
豪大雨與洪水	Heavy precipitation and pluvial flood	高降水量及其導致的溪流和平地局部性間歇性的洪水。(IPCC, 2021)
土石流	Landslide	地面和大氣條件導致地質質量移動的事件，包括山崩、土石流和落石。(IPCC, 2021)
氣象/氣候乾旱	Aridity	降水和蒸發散的平均量與大氣潛在狀態和地表水需求相比較下，地表水平均量、土壤濕度和/或相對濕度皆降低(IPCC, 2021)
水文乾旱	Hydrological drought	地表逕流不足與蒸發散同時影響地表水或地下水的可使用量。(IPCC, 2021)
農業與生態乾旱	Agricultural and ecological drought	土壤水分供應不足使得植物無法滿足其蒸散和生長所需之水分。(IPCC, 2021)
火災天氣	Fire weather	有利於引發和維持野火的天氣條件，通常基於一組指標組合，包括溫度、土壤濕度、濕度和風力。(IPCC, 2021)
極端風暴	Severe wind storm	間歇性劇烈風暴，包括溫帶氣旋風暴、雷暴、陣風、超強對流風暴(Derechos)和龍捲風。(IPCC, 2021)
熱帶氣旋	Tropical cyclone	源自熱帶海洋的強烈旋轉風暴，伴隨強風、降雨和風暴潮。(IPCC, 2021)
沙塵暴	Sand and dust storm	暴風導致土壤和細塵顆粒的遷移。(IPCC, 2021)
沿海洪水	Coastal flood	由於相對海平面上升、潮汐、風暴潮和波浪的共同作用，沿海水位會出現間歇性高水位，引發洪水。(IPCC, 2021)
沿海侵蝕	Coastal erosion	由於相對海平面上升、近岸海流、波浪和風暴潮所引起海岸線位置長期或間歇性的變化。(IPCC, 2021)
海洋均溫	Mean ocean temperature	整個季節的海洋平均溫度，包括不同深

中文	英文	定義/說明
		度和相關分層的熱含量。(IPCC, 2021)
海洋熱浪	Marine heatwave	間歇性極端海洋溫度。(IPCC, 2021)
海洋酸化	Ocean acidity	海水 pH 值及伴隨的碳酸根 CO_3^{2-} 和碳酸氫根 HCO_3^- 離子濃度的狀況。(IPCC, 2021)
海洋鹽度	Ocean salinity	海洋之鹽度和相關季節分層的狀況。(IPCC, 2021)
海洋溶氧	Dissolved oxygen	海水溶氧狀況和間歇性低氧事件。(IPCC, 2021)
空汙生成氣象	Air pollution weather	增加高顆粒物質、臭氧濃度或化學過程產生空氣污染物的天氣狀態。(IPCC, 2021)
陸地 CO_2 濃度	Atmosphere CO_2 at surface	地表大氣之二氧化碳濃度。(IPCC, 2021)
地表輻射	Radiation at surface	地球表面在晝夜和季節條件下，淨短波、長波和紫外線輻射的平衡。(IPCC, 2021)

附錄八、期中報告審查會議紀錄及意見處理情形

「氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用」

第一次工作進度報告會議記錄

一、時間：113 年 6 月 6 日(星期四)上午 10 時 00 分

二、地點：M613 會議室

三、主席：王欽彥(代理主席)

紀錄：林婉琪

四、出(列)席人員：

如簽到單

五、主席致詞：略

六、計畫執行單位工作進度報告：略

七、綜合討論及審查意見：

(一) 陳鶴文委員：

1. 建議說明各項工作內容的時程規劃。
2. 各項工具與方法的使用時機與限制建議說明。
3. 建議先建立簡化的指引，建立架構性原則。

(二) 陳沼舟委員：

1. 氣候調適策略模擬系統，提供不同面向且多元使用者，其系統所要開發之工具與模型如何達到以需求為導向且又具有取用服務便捷的使用？
2. 在氣候風險評估中，團隊採用 IPCC AR6 氣候影響驅動因子及聯合國減少災害風險辦公室的危害資訊的技術報告作為「危害因子」的依據，但對於脆弱度及暴露，因保全對象特性的差異規則，依 CH.7(P.139)請說明在文獻上或實務如何列出發展路徑，其成果如何呈現？

3. 年底會以水資源、農業及生物多樣性案例示範，屆時請同時能提供系統的功能、性能 and 安全性，並且對於未來開發和使用者的方便，是否能提供開發文檔和使用手冊？
4. 計畫的期中報告的中英文摘要，英文摘要似未能完整呈現中文表示內容，請再修潤。

(三) 張嘉玲委員：

1. 本計畫盤點國際氣候調適應用發展，建議說明如何做為臺灣氣候變遷調適應用發展之參考。
2. 氣候韌性調適工作之跨域整合相當重要，建議本計畫提出具體規劃。
3. 本計畫將提供”政府”與”產業”實體風險與韌性調適通用指引，建議評估說明內容之範疇界定。
4. 本計畫在氣候變遷韌性調適數位服務推動工作，將發展氣候變遷韌性調適服務平台，請說明此平台目前發展，例如本平台是否架接其他平台？此平台之服務功能？

(四) 許元正委員

1. 本計畫和另一個智慧服務平台計畫密切相關，請主辦單位後續工作或審查會邀請列席。
2. 建議採用圖表方式呈現本計畫與 NCDR 所產製的相關資料間的相互關係及功能區隔。
3. 計畫開發之工具及評估系統目前似乎只有風險模板有進行工作坊，是否也可針對主辦單位進行風險評估系統的解說及操作示範？

(五) 顏振華委員

1. P.2 提到”跨部會”、”跨層級”與”公私協力”的應用框架，但圖 1-2 似稍微簡化並沒有說明”私”領域的對象，是否可列示說明一、二？

2. P.7 第二章的開頭，建議把簡報 P.5 的表格式說明納入。
3. 簡報 P.21 提到調適模擬系統中與一些既有模式或模型的引用合作或分工，建議能將相關說明納入報告。
4. P.140 圖 4-18 的操作流程圖如何應用？可否舉例說明(例如簡報 P.28 右下角的小圖)？
5. 第五章發展的產業通用指引，可循哪些管道推廣或應用？
6. P.136 提到智能服務平台的(初步)規劃，今天好像沒有著墨？此外，跟平台建置單位的分工如何進行？
7. P.138 結論與建議章節中，期中報告建議說明下半年的工作重點建議、期末報告則可建議明年甚至中長期的規劃。
8. P.191 附錄四「氣候變遷數位服務推動策略座談會」似乎缺了中央主管機關的代表。

(六) 巫月春副院長：

1. 國際上調適科技、應用服務、資料整合等在政府國家層級是否有對應之主管單位或機構？若有，該組織之規模任務執行方法請進一步補充。
2. 智能服務平台規劃具體內容、使用對象，建議以應用案例說明如何提供服務及應用。
3. P.207 頁簽到單涉及個資，請謹慎處理應用。
4. 請於期末提供氣候風險評估及調適的案例展現指引之實用性。
5. P.14 建議事項涉及中央及地方部會機關權責分工，請再與業務單位洽商以本院可報行之事項為優先。

八、主席結論：

1. 本計畫期中報告符合契約書規定，審查通過。

2. 會議決議事項納入後續計畫執行。
 3. 請依契約內容檢具單據至本院，以利撥付第二期款。
- 九、散會(上午 12 時 00 分)。

國家環境研究院 會議簽名單			
會議/課程名稱： 氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用期中會議			
會議/課程時間： 113年09月16日(星期一)上午10時			
會議地點： 國家環境研究院-2樓M210會議室			
主持人(主席)： 巫月春			
承辦人(紀錄)： 林婉琪			
出席單位及人員：			
機關單位名稱	職稱	姓名	報到
主席	主席	巫月春	已報到
東海大學	教授	陳鶴文	已報到
逢甲大學	教授	張嘉玲	已報到
-	已退休	陳沼舟	已報到
國家環境研究院/氣候變遷研究中心	主任	許元正	已報到
國家環境研究院/環境治理研究中心	主任	顏振華	已報到
國立臺灣大學	教授	童慶斌	已報到
國立臺灣大學	教授	劉力瑜	已報到
國立臺灣大學	副教授	柯佳吟	已報到

列席單位人員：

機關單位名稱	報到
氣變中心	李如訓
氣候變遷研究中心	謝佩媛，林婉琪
國家環境研究院氣候變遷中心	王若梅
國立臺灣大學生物環境系統工程學系	陳奕如

「氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用」

期中報告會議意見回覆情形

(一) 陳鶴文委員：

審查意見	意見回覆
1. 建議說明各項工作內容的時程規劃。	謝謝委員意見。已補上表 7-3 計畫執行甘特圖。
2. 各項工具與方法的使用時機與限制建議說明。	謝謝委員意見。本計畫將會在第四章第五章內容佐以表格敘述說明。
3. 建議先建立簡化的指引，建立架構性原則。	謝謝委員意見。本計畫將簡化指引並將架構以圖表的方式呈現，請見圖 3-12 與表 4-1。

(二) 陳沼舟委員：

審查意見	意見回覆
1. 氣候調適策略模擬系統，提供不同面向且多元使用者，其系統所要開發之工具與模型如何達到以需求為導向且又具有取用服務便捷的使用？	謝謝委員意見。本系統的開發以多元使用者(如中央、地方政府、產業、民眾)的需求為核心，首先會建立使用者需求盤點機制，收集不同面向的具體需求，並設計能符合多層次需求的模組化工具和模型。此外，為提升系統的取用便捷性，該平台之開發將著重強化使用者介面友善性，確保使用者能迅速找到所需的功能和資料支持。
2. 在氣候風險評估中，團隊採用 IPCC AR6 氣候影響驅動因子及聯合國減少災害風險辦公室的危害資訊的技術報告作為「危害因子」的依據，但對於脆弱度及暴露，因保全對象特性的差異規則，依 CH.7(P.139)請說明在文獻上或實務如何列出發展路徑，其成果如何呈現？	謝謝委員意見。報告中第四章的治理建議，除了說明氣候調適演算法標準化框架外，中央目的事業主管機關與直轄市、縣(市)主管機關之調適治理建議分別以一個案例進行說明並呈現其成果。
3. 年底會以水資源、農業及生物多樣性案例示範，屆時請同時能提供系統的功能、性能和安全性，並且對於未來開發和使用者的方便，是否能提供開發文檔和使用手冊？	謝謝委員意見。本計畫目前策略模擬估據進度為透過相同的危害來界定不同領域之關聯，做為後續跨領域詮釋模式之基礎。未來建置開發跨領域詮釋模式，可尋求專業人士協助提供開發相關文檔和使用手冊以供使用者了解。

4. 計畫的期中報告的中英文摘要，英文摘要似未能完整呈現中文表示內容，請再修潤。	謝謝委員意見。中英文摘要內容已做調整修正。
--	-----------------------

(三) 張嘉玲委員：

審查意見	意見回覆
1. 本計畫盤點國際氣候調適應用發展，建議說明如何做為臺灣氣候變遷調適應用發展之參考。	謝謝委員意見。已將臺灣氣候變遷調適應用發展補充於第二章小結中。
2. 氣候韌性調適工作之跨域整合相當重要，建議本計畫提出具體規劃。	謝謝委員意見。本計畫規劃之跨域整合框架包含：1.建立風險模板、2.強化風險因子分析、3.建立跨領域關係矩陣、4.建立跨領域評估模式、5.驗證跨領域評估模式、6.跨領域調適應用，後續推動工作會以這方向前進。 另外透過智能服務平台的建置(圖 6-7)也可落實跨領域之整合工作。
3. 本計畫將提供”政府”與”產業”實體風險與韌性調適通用指引，建議評估說明內容之範疇界定。	謝謝委員意見。政府實體風險與韌性調適治理建議之範疇界定為根據氣候變遷因應法施行細則及國家氣候變遷調適行動計畫，訂定各中央事業主管機關與直轄市、縣(市)主管機關的範疇，報告第四章中皆有說明。 產業實體風險與韌性調適治理建議則是參考 TCFD 之框架進行編寫，其範疇為企業組織。
4. 本計畫在氣候變遷韌性調適數位服務推動工作，將發展氣候變遷韌性調適服務平台，請說明此平台目前發展，例如本平台是否架接其他平台？此平台之服務功能？	謝謝委員意見。氣候變遷韌性調適服務平台目前以高雄港務公司為產業案例，其風險、危害、脆弱度之相關圖資皆呈現於平台上。未來規劃平台將彙整其他有產製氣候變遷相關數據、資料之單位，以詮釋資料庫的方式提供服務。除此之外，平台會將本計畫之調適治理建議做成介面供使用者作初步的實體風險評估與調適擬定。

(四) 許元正委員：

審查意見	意見回覆
1. 本計畫和另一個智慧服務平台計畫	謝謝委員意見。本團隊會與計畫承辦溝

審查意見	意見回覆
密切相關，請主辦單位後續工作或審查會邀請列席。	通辦理。
2. 建議採用圖表方式呈現本計畫與 NCDR 所產製的相關資料間的相互關係及功能區隔。	謝謝委員意見。相關內容已補充在圖 6-7 中。
3. 計畫開發之工具及評估系統目前似乎只有風險模板有進行工作坊，是否也可針對主辦單位進行風險評估系統的解說及操作示範？	謝謝委員意見。關於主辦單位進行風險評估系統的解說及操作示範已於報告第四章中呈現。

(五) 顏振華委員：

審查意見	意見回覆
1. P.2 提到”跨部會”、”跨層級”與”公私協力”的應用框架，但圖 1-2 似稍微簡化並沒有說明”私”領域的對象，是否可列示說明一、二？	謝謝委員意見。已將私部門補充於圖 1-2。
2. P.7 第二章的開頭，建議把簡報 P.5 的表格式說明納入。	謝謝委員意見。已將簡報內容以條列方式補充於第二章開頭敘述中。
3. 簡報 P.21 提到調適模擬系統中與一些既有模式或模型的引用合作或分工，建議能將相關說明納入報告。	謝謝委員意見。調適模擬系統中與一些既有模式或模型的引用合作或分工之相關說明已納入報告第三章第二節的「(四)策略擬定詮釋模式」中。
4. P.140 圖 4-18 的操作流程圖如何應用？可否舉例說明(例如簡報 P.28 右下角的小圖)？	謝謝委員意見。圖 4-18 的操作流程圖應用說明已補充於報告第四章內容中。
5. 第五章發展的產業通用指引，可循哪些管道推廣或應用？	謝謝委員意見。建議主辦單位可與金管會合作，推廣產業實體風險評估與調適治理建議，同時可以建立公私合作的夥伴關係。
6. P.136 提到智能服務平台的(初步)規劃，今天好像沒有著墨？此外，跟平台建置單位的分工如何進行？	謝謝委員意見。由於期中報告進度審查內容為報告第四章、第五章，因此並未對智能服務平台的內容進行進一步的報告。 本計畫主要為建置實體風險評估與調適治理之數據、資訊、方法論、框架等，平台建置單位則是負責設計網站架構，讓業務單位可將本計畫之成果呈現於平台上。

審查意見	意見回覆
7. P.138 結論與建議章節中，期中報告建議說明下半年的工作重點建議、期末報告則可建議明年甚至中長期的規劃。	謝謝委員意見。會將計畫明年甚至中長期的規劃補充於結論與建議中。
8. P.191 附錄四「氣候變遷數位服務推動策略座談會」似乎缺了中央主管機關的代表。	謝謝委員意見。未來舉辦類似座談會時會注意邀請對象，需邀請中央主管機關的代表。

(六) 巫月春副院長：

審查意見	意見回覆
1. 國際上調適科技、應用服務、資料整合等在政府國家層級是否有對應之主管單位或機構？若有，該組織之規模任務執行方法請進一步補充。	謝謝委員意見。本計畫就日本、韓國、英國、瑞典、奧地利等國家之氣候變遷調適主管單位或機構進行彙整與說明，補充於「附件九、國際氣候變遷調適機關資訊彙整」中。
2. 智能服務平台規劃具體內容、使用對象，建議以應用案例說明如何提供服務及應用。	謝謝委員意見。相關說明以補充於第六章之國家氣候變遷智能服務平台規劃中。
3. P.207 頁簽到單涉及個資，請謹慎處理應用。	謝謝委員意見。關於簽到單個資部分已做修改。
4. 請於期末提供氣候風險評估及調適的案例展現指引之實用性。	謝謝委員意見。報告第四章已以環境部及地方政府為案例做說明指引的實用性。
5. P.14 建議事項涉及中央及地方部會機關權責分工，請再與業務單位洽商以本院可報行之事項為優先。	謝謝委員意見。會與業務單位洽商以貴院可報行之事項為優先。

附錄九、國際氣候變遷調適機關資訊彙整

國際氣候變遷調適機關資訊彙整

本計畫回顧 112 年氣候變遷韌性調適先期計畫之文獻，彙整日本、韓國、英國以及本報告第二章之瑞典與奧地利國家之氣候變遷主要推動及協調機關單位相關資訊，進行摘錄及說明。

一、日本

日本政府在氣候變遷調適方面擁有完整的運作架構和機制，涵蓋政策推動、跨部門協調和地方支持。日本氣候變遷推動與協調機關主要有內閣府與環境省 (Ministry of the Environment, MOE)，內閣府負責統籌全國性的政策，包括氣候變遷調適的高層次規劃與推動，並在氣候變遷調適中擔任政策協調者，避免政策重複與資源浪費，維護跨部門合作的有效性；參與制定長期的氣候變遷調適政策也是業務之一，確保其符合整體國家發展目標和安全保障的需求，包括制定重大政策框架和指導方針，以推動各部門和地方政府的合作與行動；在災害管理和危機應對，特別是由氣候變遷引發的極端天氣事件，協助制定緊急措施和災後恢復策略。環境省則是日本氣候變遷調適的主要負責部門，負責制定和推動《氣候變遷調適計畫》，與國立環境研究所(NIES)等科研單位合作，提供氣候變遷預測和分析，為政策制定提供科學技術支持與數據，以確保政策能在中央和地方層級中有效運作並落實。

	研究內容	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年
PJ1	檢測和影響氣候變遷對陸地和海洋群 落影響的機制	以往數據分析、實驗體系建立		影響機理分析及分析方法改進		結果/繪圖摘要
	對湖泊、盆地和沿海生態系的生態系 功能和過程的影響	方法檢驗	現場分析、統計分析		地區間比較、結果總結	
	了解高溫和空氣污染對水稻的健康風 險和影響	方法和實驗條件的檢驗		衝擊檢測分析、實驗驗證		結果總結
PJ2	氣候情境的複雜性	民眾	技術開發(下一代)			創造
	推動國家影響評估模式	發展/擴張		分析與應用(對應2025年影響評估報告)		下一個模型開發/ 擴展
	推動全球影響評估模型	分析/應用(ISIMIP3相容)		下一個模型開發/擴展		
PJ3	氣候變遷影響和調適措施的跨部門和 國際影響分析	方法檢驗	模型開發	評估試用	模型改進	分析
	考慮實施考慮自然生態係部門的調適 措施	概念安排	適應措施的提取	EBA研究	實施考慮	分析
	促進區域氣候變遷調適問題分析	資訊收集	關鍵績效指標調查	參與式審查	方案分析	分析

圖 1 日本氣候變遷調適計畫年度計畫

圖片來源：<https://ccca.nies.go.jp/ja/program/index.html>

日本在氣候變遷調適中的跨部門協調，主要依賴內閣官房與部會聯合會議(Inter-Ministerial Meetings)的機制來促進各部門之間的協作和政策整合。內閣官房作為首相的直屬機構，負責在政府內部促進政策的一致性和高效執行，在調適政策中發揮協調者的作用，確保各部門之間的政策目標和措施相互一致，避免資源浪費或政策重疊。部會聯合會議是一個由多個部門共同參與的協商機制，旨在推動跨部門合作，促進政策協調和資源共享。這些會議通常由內閣官房組織與主持，參與部門包括環境省、國土交通省、農林水產省、經濟產業省、文部科學省等。在會議中，各部門根據自身的職責和領域提供專業意見，共同討論氣候變遷調適策略的制訂和實施細節。例如，環境省會提供氣候數據和預測模型，國土交通省負責基礎設施調適策略，農林水產省關注農業和漁業的因應措施。部會聯合會議不僅負責政策的制定和協調，還會定期監控政策的執行情況，根據實際進展和新興挑戰進行調整。這有助於確保調適措施能夠應對最新的氣候風險，並在必要時進行即時修正。部會聯合會議為各部門提供了一個分享資訊和資源的平台，促進數據共享和協同工作。這不僅提高了各部門對氣候變遷風險的理解，還有助於共同設計更具綜合性的調適方案。

內閣官房和部會聯合會議的運作，使得氣候變遷調適政策能夠涵蓋多個領域並在不同部門間協作執行。這樣的機制確保國家和地方政府在政策實施時擁有統一的指導方針和協調支持。並且透過定期會議和協商，內閣官房與各部會能及時調整政策方向，應對新的氣候變遷挑戰，確保調適策略與時俱進。

二、韓國

韓國環境部主導國家層級的氣候調適政策和法規實施，確保政策在各政府層級的協調一致。韓國環境研究院(KEI)負責進行與氣候變遷相關的研究，提供政府在政策制定時之科學支持和建議。韓國國家氣候變遷調適中(KACCC)則專注於氣候調適的具體實施和技術開發(如 VESTAP 系統等工具)，協助地方政府和企業進行脆弱度評估和策略制定，並促進能力建構和教育活動；另外也在跨部門合作中發揮核心作用，協調不同領域的數據和知識共享，支持多部門之間的協作和政策一致性。。

在韓國的氣候變遷調適策略中，總理室(Office of the Prime Minister)、跨部門工作小組與政策會議是韓國跨部門協調機制的關鍵，這些機構和機制共同協作，以確

保氣候調適政策的有效制定和實施。總理室作為韓國最高級別的行政協調機構，負責統籌全國性政策，並監督氣候變遷調適政策的執行，促進部會間的溝通和合作，確保各部門在氣候變遷調適上的合作和一致性。此外，總理室在面臨極端天氣或其他氣候相關突發事件時，會領導主持跨部門協調會議，迅速部署應對措施，確保有效應對和恢復。跨部門工作小組由不同部門的專家和官員組成，涉及環境部、農林畜產食品部、國土交通部、經濟部等。這些工作小組針對特定氣候調適議題如水資源管理、農業保護、基礎設施韌性等議題進行深入研究和政策協調，制定行動計畫並分配責任，確保每個部門都了解其在整體調適策略中的角色。

三、英國

英國政府的主要氣候變遷推動機關為環境、食品和鄉村事務部(Department for Environment, Food and Rural Affairs, DEFRA)，負責制定和執行與氣候變遷相關的調適政策。英國於 2008 年通過的《氣候變遷法》是全球首個具有法律約束力的氣候變遷法案，該法案規定英國政府需制定和更新國家氣候調適計畫，並定期向國會報告進展。國家氣候變遷調適計畫(National Adaptation Programme, NAP)由 DEFRA 主導，每五年更新一次，旨在應對氣候變遷對英國造成的風險，涵蓋水資源管理、基礎設施、健康和生物多樣性等領域。DEFRA 幫助地方政府和相關機構制定和實施氣候變遷調適策略，負責推動跨政府部門的協調，確保調適措施能在不同領域中有效實施。氣候變遷委員會(Committee on Climate Change, CCC)是一個獨立於政府的法定機構，專門監測和評估英國在氣候變遷減緩和調適方面的進展，並提供政策建議。氣候變遷委員會每五年進行一次會氣候風險評估(UK Climate Change Risk Assessment, CCRA)，評估氣候變遷對英國的影響，為調適策略提供科學基礎，提供政府專業的政策建議，確保英國的調適行動符合最新的科學證據和國際承諾，如《巴黎協定》。CCC 的建議涵蓋如何改善不同領域的調適策略，包括農業、城市基礎設施和公共健康。CCC 也會監督政府是否按計畫達成調適和減緩目標，並評估調適政策的落實情況，確保其能夠應對未來的氣候變遷挑戰。此外，英國的科學研究機構，如氣象局(Met Office)和英國自然環境研究委員會(Natural Environment Research Council, NERC)，負責提供高精度的氣候預測和風險評估數據，支援政府政策和決策。

在英國，氣候變遷的調適是一個跨部門的挑戰，需要不同政府部門之間的有效

協調和合作。內閣辦公室(Cabinet Office)、跨部門政策小組、政策評估與協作會議在這個過程中扮演了重要的角色。內閣辦公室是英國政府的核心部門，協助制定氣候變遷相關的政策，負責在政府內部進行高層政策協調，包含規劃各部門執行氣候變遷調適計畫所需的資源和支持，確保各部門在氣候調適政策上的一致性。跨部門政策小組是由 DEFRA、交通部、住房、社會關懷和社區部、商業、能源及工業戰略部等部門共同參與，協調各領域政策的實施和資源共享，例如：促進不同部門之間的知識和資訊交流，分享最佳實踐和成功案例；在制定政策時，確保考慮到氣候變遷的影響，避免部門之間的政策衝突；制定跨部門的行動計畫，以促進整體的氣候調適能力等。另外，定期舉行的政策評估與協作會議旨在討論和協調氣候政策的進展和挑戰，確保各部門能夠有效合作並實施綜合性調適措施。在會議中，各部門報告根據評估結果對現有的氣候變遷調適策略進行之調整，促進不同部門之間的合作聯繫，確保所有相關方都能在同一平台上進行討論與決策。

四、瑞典

瑞典氣候變遷調適政策的主要協調機關為瑞典環境部(Ministry of the Environment)，該部門負責全國氣候調適政策的規劃與領導。此外，瑞典氣象及水文研究所(SMHI)擔任技術支援與數據分析的核心機構，負責收集、處理和提供氣候數據，並進行適應政策的科學分析。瑞典政府另設立「國家氣候調適專家委員會」(Swedish National Expert Council for Climate Adaptation)，該委員會每五年定期評估國內氣候調適的進展情況，向政府提供政策建議，以確保適應策略的科學性與前瞻性。

氣候調適政策則受到《氣候調適法令》(Ordinance on Climate Change Adaptation)的規範，該法令對 32 個國家機構及 21 個省級行政區提出具體要求，要求各單位每年進行氣候風險評估並制定相應的調適行動計畫。此外，瑞典於《規劃與建設法》中新增條款，強制地方政府在城市發展規劃中考量氣候變遷風險，並將應對措施整合到土地使用和建設規範中，以減少建設活動可能造成的環境風險。最初於 2018 年制定了全國氣候調適策略，並在 2024 年進行更新，更新後的策略包括未來五年內的具體行動計畫，確保不同政府機構的調適行動均有法律依據，並與最新的科學認知保持一致。

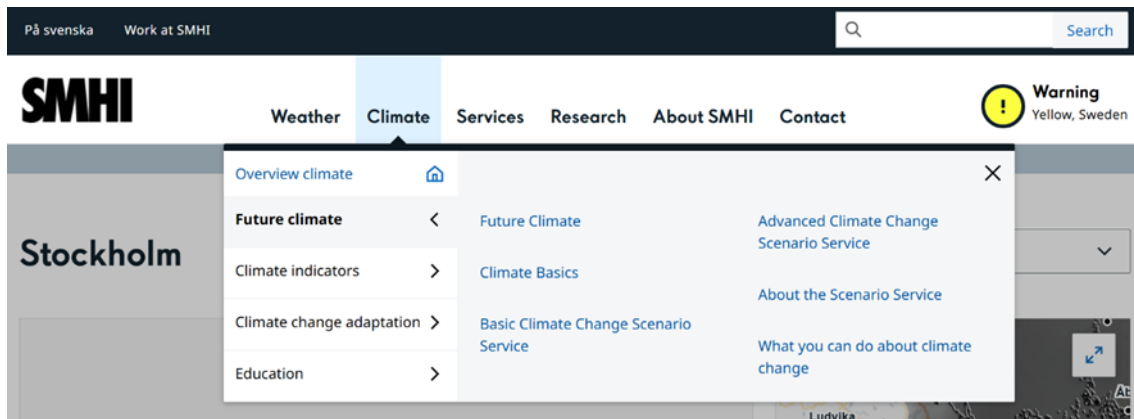


圖 2 瑞典氣象及水文研究所官網

圖片來源：<https://www.smhi.se/en/q/Taipei/1668341>

瑞典採行跨部門協調模式，設立跨部門管理論壇，負責討論與氣候調適相關的跨領域戰略議題，並確保各部門政策不互相矛盾。氣候變遷適應被納入政府的多項政策領域中，例如基礎設施、公共健康和經濟發展等，各部門緊密合作，減少政策重疊和資源浪費。此外，政府通過定期會議促進部門間經驗分享，確保在政策執行中具備一致的行動步驟。

在地方層級上，瑞典的 21 個省級行政區(County Administrative Boards)負責協調氣候調適工作，並支援 290 個市政府達成國家氣候調適目標。這些地方政府依據其管轄區的具體情況，調整適應行動並在空間規劃、基礎設施、健康醫療及應急管理等領域上實施相關措施，強化地方對氣候變遷的韌性。在科學研究及技術支持方面，SMHI 負責運營「瑞典國家氣候調適知識中心」，此中心通過線上平台 Klimatanpassning.se 提供廣泛的氣候數據、專家建議和教育資源，以支援各級政府和公眾的氣候知識需求，並促進地方與國際間的經驗交流。

瑞典的氣候變遷調適政策架構以環境部為核心，搭配 SMHI 的技術支援及專家委員會的監督和建議，形成了全面的政策體系。此架構有效整合了跨部門的協調機制、科學支援以及地方的強力參與，使瑞典在面對氣候變遷的各種挑戰時，具備了良好的調適能力和政策穩定性，為其他國家樹立了政策範例。

五、奧地利

綜合審查奧地利的氣候變遷政策架構，其政策體系充分展現出跨部會協調、科學支持及多層級政府合作的系統性。此政策體系透過聯邦及地方的協力，具備完善的制度基礎及執行機制，以應對氣候變遷所帶來的挑戰。以下為詳細說明：

奧地利的氣候變遷調適政策由「聯邦氣候行動部」(BMK)主導，其作為最高的政策制定機構，負責全國氣候調適與減緩策略的策劃與推動。BMK 依據國際和歐盟的目標要求，主導制定並推行「國家氣候調適策略」(NAS)和具體的「國家行動計畫」(NAP)。自 2012 年起，奧地利即啟動了 NAS，並於 2017 年修訂以適應新情勢，涵蓋 14 個領域，包括農業、林業、水資源管理及自然災害防護等。BMK 下設的「奧地利環境署」(EAA)在政策支持中發揮關鍵作用，提供相關的科學數據、研究與政策建議。EAA 扮演「知識連結機構」的角色，負責蒐集和視覺化展示各項氣候數據，例如「氣候數據儀表板」，以強化數據驅動的政策制定。該儀表板將來自不同來源的氣候資訊整合視覺化，包括溫室氣體排放量、不同部門的排放占比等，協助政府和公眾瞭解氣候變遷風險。

「國家氣候委員會」(NKK)作為奧地利的最高氣候政策協調機構，負責整體政策的整合與協調，特別是在調適議題上。NKK 定期會議聚集聯邦部門、邦政府及重要利益關係者，確保政策的一致性和協調性。此委員會與邦級環境部長會議(LURK)密切合作，以加強聯邦與邦政府間的垂直合作，使地方需求能夠在國家政策中得到反映。各邦政府設有氣候協調單位，專責縱向協調並處理邦級氣候事務。同時設立了「氣候保護委員會」(IMC)，以促進跨部門間的政策協調，確保各部門在執行氣候政策上擁有統一的行動方針。IMC 組織部門間的定期協調會議，特別是在土地使用規劃和水資源管理等具關聯性高的領域，加強部門間經驗分享與溝通，促進政策實施的橫向協調與整合。同時奧地利環境署積極與國家研究機構合作，以持續提供與氣候變遷相關的科學研究與數據支持，強化氣候政策的科學依據。其設置的氣候數據儀表板以及多樣化的研究工具，有助於監測氣候變遷趨勢及風險，並提供決策依據，使政策制訂能夠基於最新的科學資料，具前瞻性地應對氣候變遷影響。

附錄十、期末審查會議記錄及意見處理情形

「氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用」

期末審查會議記錄

一、時間：113 年 11 月 13 日(星期三)上午 10 時 00 分

二、地點：M408 會議室

三、主席：許元正主任(代)

紀錄：林婉琪

四、出(列)席人員：

國家環境研究院：許元正、顏振華、李如訓、王若梅、謝佩媛、林婉琪

臺灣大學生物環境系統工程學系：童慶斌、林孟慧、陳奕如

環興科技股份有限公司：沈道剛

五、主席致詞：略

六、計畫執行單位工作進度報告：略

七、綜合討論及審查意見：

(一) 陳鶴文委員：

1. 知識建構建議以分眾使用的概念來進行設計。
2. 建議分成中央、部會以及地方政府，建立工作建議及準則。
3. 建議下一期計畫可針對一、兩個領域，將國際韌性調適工具落實至國內案例中。

(二) 陳沼舟委員：

1. 本案報告對於國際間氣候韌性調適科技發展與應用的研析，以及對於每一個工項皆以各章節來說明建構的工具及方法論，並能以輔以案例說明其內容值得肯定。
2. 有關計畫工項內的 3 及 4 兩項指引的規劃：

【3.規劃中央及地方政府氣候變遷實體風險評估與韌性調適治理通用指引。4.規劃產業氣候變遷實體風險與韌性調適需求與通用指引。】均為指引規劃工項，建議是否能依其章節中之論述內容，另外個別提供其規劃報告(書)，作為附件以供委託單位使用，並依工項內容建議增修含括：

- a. 關鍵語與定義：列出規劃中使用的關鍵術語及其定義，以確保所有使用者對相同概念有一致的理解。
 - b. 政策與原則：概述規劃中所遵循的主要政策與原則，這些通常是指引的基礎。
 - c. 程序與步驟：具體列出遵循的步驟或程序，藉由步驟序號或流程圖來展示。
 - d. 執行與監督：說明在執行過程和如何進行監督及評估，確保能夠有效落實。
3. 附錄四「氣候變遷數位服務推動策略座談會」，有關會議出席人員的建議與意見，是否能列出意見回復對照表置於附錄四的最後頁。

(三) 張嘉玲委員：

1. 本計畫盤點了國際上氣候調適應用服務，針對不同服務對象所提供之氣候調適相關應用服務，內容相當豐富；建議可說明哪一些是台灣可以參考並再補強之處。
2. 氣候變遷韌性調適服務之跨領域、跨層級等治理架構如何加強整合之管理架構，建議可以再加強論述具體落實方法。
3. 本計畫建立政府實體風險與韌性調適治理通用指引及產業實體風險與韌性調適需求與通用指引，建議可補充實際案例說明，並滾動式持續檢討。

4. 氣候變遷韌性調適服務平台將彙整其他平台有關氣候變遷的數據，建議加強說明與其他平台架接方式，及說明此平台服務對象與功能，以提供本平台之服務價值。

(四) 顏振華主任

1. 需否可整理(摘要)地方所提的調適執行方案，提供利害關係人一個可以檢閱的平台，本計畫可以嘗試提供提案者需優先補強的風險議題建議。
2. 本計畫之產出要如何觸及潛在使用者，例如產業方面(雖然期中意見回覆可與金管會合作)，讓產業界知道本計畫產出的工具是一個具事業應用性的好幫手。(註：回覆意見建議納入第五章報告)
3. P.171，表 6-4 對於一般民眾方面，要如何推廣民眾的認知，以利分眾閱讀。
4. 報告章節與 P.2~3 之計畫工作項目對應的不是很清楚，建議列出對照說明表
5. 請瞭解或說明與另一個平台建置計畫的關聯性(上下游關係或是兩個平行系統?)或合作方式。(資料或系統如何整合)
6. 文字勘誤：P.274，(五)、4 之意見回覆部分，”已”誤植為”以”。

(五) 許元正主任

1. 氣候變遷氣候韌性調適能力建構是長期性的工作，計畫推動建議擬出中長期的目標和進行，提供後續規劃方向的掌握。
2. 風險模板在幾次工作坊後所收集的資料，建議先彙整製作可視覺化的成果，呈現資料庫的用途。
3. 第七章結論與建議部分內容涉及範圍或單位較廣，請考慮可行性調適內容文字。

4. 第四、五章的研究成果應整理成文件並提供操作範例，作為後續成果使用。

八、主席結論：

(一)本案成果報告驗收結果不符合，請執行單位(國立臺灣大學)於 113 年 12 月 10 日前，依審查委員意見修正後函報本院辦理複驗。

(二)本案依契約書補充條款第 4 條，後續採書面方式辦理複驗。

九、散會(上午 12 時 00 分)。

「氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用」

期末審查會議意見回覆情形

(一) 陳鶴文委員：

審查意見	意見回覆
1. 知識建構建議以分眾使用的概念來進行設計。	謝謝委員建議。本計畫規劃的數位服務平台所內含的 DIKW 氣候變遷調適資料庫，即針對資料庫內所蒐集之國內外相關資料，以數據(Data)、資訊(Information)、知識(Knowledge)、與智慧(Wisdom)的層級進行資料的分類管理。後續在因應不同使用者的檢索諮詢時，即可提供適切所需的資料予以利用，達到分眾使用的原則。
2. 建議分成中央、部會以及地方政府，建立工作建議及準則。	謝謝委員建議。本計畫以第肆章內容為基礎，針對中央、部會以及地方政府各級組織簡略說明氣候變遷調適能力建構之工作準則，獨立編寫指引建議文件。另經委員建議後，已增加設計情境與案例說明，提供明確的操作流程與應對準則以供各級單位參照。
3. 建議下一期計畫可針對一、兩個領域，將國際韌性調適工具落實至國內案例中。	謝謝委員建議。本計畫在報告書中即有針對單一領域及跨領域/跨局處的氣候變遷實體風險進行案例說明。後續期能於下一期計畫續將韌性調適工具落實於案例操作中。

(二) 陳沼舟委員：

審查意見	意見回覆
1. 本案報告對於國際間氣候韌性調適科技發展與應用的研析，以及對於每一個工項皆以各章節來說明建構的工具及方法論，並能以輔以案例說明其內容值得肯定。	感謝委員對本工作團隊成果的肯定。
2. 有關計畫工項內的 3 及 4 兩項指引的規劃： 【3.規劃中央及地方政府氣候變遷實體風險評估與韌性調適治理通用	謝謝委員建議。遵照建議辦理，已將關鍵常用術語、規劃所需遵循之政策與原則、程序與步驟、執行與監督等事項逐一加入附錄，並將其獨立為一治理

指引。4.規劃產業氣候變遷實體風險與韌性調適需求與通用指引。】均為指引規劃工項，建議是否能依其章節中之論述內容，另外個別提供其規劃報告(書)，作為附件以供委託單位使用，並依工項內容建議增修含括： - 關鍵語與定義：列出規劃中使用的關鍵術語及其定義，以確保所有使用者對相同概念有一致的理解。 - 政策與原則：概述規劃中所遵循的主要政策與原則，這些通常是指引的基礎。 - 程序與步驟：具體列出遵循的步驟或程序，藉由步驟序號或流程圖來展示。 - 執行與監督：說明在執行過程和如何進行監督及評估，確保能夠有效落實。	指引建議文件。
3. 附錄四「氣候變遷數位服務推動策略座談會」，有關會議出席人員的建議與意見，是否能列出意見回復對照表置於附錄四的最後頁。	謝謝委員建議，已遵照建議辦理。

(三) 張嘉玲委員：

審查意見	意見回覆
1. 本計畫盤點了國際上氣候調適應用服務，針對不同服務對象所提供之氣候調適相關應用服務，內容相當豐富；建議可說明哪一些是台灣可以參考並再補強之處。	謝謝委員意見，已將臺灣調適應用服務建議補充於第 11 頁中。
2. 氣候變遷韌性調適服務之跨領域、跨層級等治理架構如何加強整合之管理架構，建議可以再加強調述具體落實方法。	謝謝委員意見。為了讓讀者能更加瞭解跨領域、跨層級等治理架構，本計畫設計應用情境，體現管理架構的可行性。
3. 本計畫建立政府實體風險與韌性調適治理通用指引及產業實體風險與韌性調適需求與通用指引，建議可補充實際案例說明，並滾動式持續	謝謝委員建議。經委員建議後，已增加設計情境與案例說明，提供明確的操作流程與應對準則以供各級單位參照。未來可再持續加入工作坊學員與智能服務平台使用者的回饋與操作實

審查意見	意見回覆
檢討。	例，以滾動式持續檢討並進行微調指引與示範案例說明。
4. 氣候變遷韌性調適服務平台將彙整其他平台有關氣候變遷的數據，建議加強說明與其他平台架接方式，及說明此平台服務對象與功能，以提供本平台之服務價值。	謝謝委員建議。經委員建議後，已調整報告書內容，加強說明智能服務平台之服務對象與主要功能，詳見第六章。惟氣候變遷相關數據之彙整所涉組織單位極廣，其數據之展示平台與方式亦各有不同。本計畫規劃以資料地圖(Data Map)的方式於服務平台上展示並提供連結或取得途徑。然詳細之數據彙整與資料對接/平台嫁接方式與細節，仍有待與各相關組織單位進行討論與商議。

(四) 顏振華委員：

審查意見	意見回覆
1. 需否可整理(摘要)地方所提的調適執行方案，提供利害關係人一個可以檢閱的平台，本計畫可以嘗試提供提案者需優先補強的風險議題建議。	謝謝委員意見。本計畫將直轄市、縣(市)主管機關氣候變遷調適執行方案摘錄彙整於附錄十二中，優先補強的風險議題建議待後續下期計畫
2. 本計畫之產出要如何觸及潛在使用者，例如產業方面(雖然期中意見回覆可與金管會合作)，讓產業界知道本計畫產出的工具是一個具事業應用性的好幫手。(註：回覆意見建議納入第五章報告)	謝謝委員意見。透過強化與政策機構的合作，與產業協會相互配合並利用數位平台與跨界合作推廣等措施，彰顯指引工具對企業的實際應用價值。此將協助產業界認知本計畫的成果，並確保本指引成為支持企業應對氣候挑戰的有效工具。相關內容以補充於第五章末。
3. P.171，表 6-4 對於一般民眾方面，要如何推廣民眾的認知，以利分眾閱讀。	謝謝委員意見。關於認知推廣策略如下： 1. 明確分眾群體，設計適合的內容和傳播方式 ➢ 學生：以教育性、互動性的方式介紹，例如漫畫、遊戲化教材。 ➢ 家庭主婦/家長：關注日常生活與氣候的關聯性，例如省水、省電和廚餘減少。 ➢ 工作族群：關注與職場、交通相關

審查意見	意見回覆
	的調適措施，例如綠建築、節能通勤。 ➤ 農漁業從業者：聚焦於氣候對產業的影響，例如極端天氣的因應策略。 ➤ 高齡族群：提供簡單易懂、視覺化的資訊，聚焦健康與安全。 2. 使用多樣化媒體與格式 ➤ 視覺化資訊：製作簡單易懂的 資訊圖表(如氣候變遷的影響路徑圖)。 ➤ 使用影片或動畫，展示氣候變遷對日常生活的具體影響及應對方法。 ➤ 故事化內容：透過真實案例或故事(例如某地居民如何適應極端天氣)，引發情感共鳴。 ➤ 數位互動：開發互動式網頁或應用程式，讓使用者輸入數據(如用電量)來了解碳足跡。 ➤ 在地刊物：針對特定地區，發佈與該地相關的氣候調適建議，例如防洪或高溫應對措施。 3. 設計適合分眾的內容語言 ➤ 淺顯語言：對非專業群體，避免使用科學術語，轉為簡單的描述(如「海平面上升」可說成「海水可能淹沒沿海城市」)。 ➤ 專業內容：針對特定專業人士(如農民或城市規劃師)，可提供具體技術指導。 ➤ 多語言版本：針對不同語言需求的群體(如地方語言或外籍移民)，製作翻譯版本。 4. 提供實用性資訊 ➤ 簡單小貼士：如何節能、省水、廢物減量等。 ➤ 家庭應對指南：提供災害防備清單(如颱風來襲時的準備措施)。

審查意見	意見回覆
	➤ 地方資源地圖：標示氣候調適設施，例如避難所或冷氣公共場所。 備註： 小貼士指簡短實用的建議、提示或技巧，目的是幫助讀者快速理解並應用。其可以是數位資訊(網路或應用程式上的功能)，也可以是實體資訊(如小冊子或宣傳卡)。
4. 報告章節與 P.2~3 之計畫工作項目對應的不是很清楚，建議列出對照說明表	謝謝委員意見，已將對照表補充於第七章中。
5. 請瞭解或說明與另一個平台建置計畫的關聯性(上下游關係或是兩個平行系統?)或合作方式。(資料或系統如何整合)	平台建置計畫將本計畫所建議之智能服務平台架構規劃落實，建構出一可實際操作之網路介面，而本計畫之產出成果也將會彙整於平台中。兩個計畫為互相合作，相輔相成。
6. 文字勘誤：P.274，(五)、4 之意見回覆部分，”已”誤植為”以”。	謝謝委員意見，已作修正。

(五) 許元正委員：

審查意見	意見回覆
1. 氣候變遷氣候韌性調適能力建構是長期性的工作，計畫推動建議研擬出中長期的目標和進行，提供後續規劃方向的掌握。	謝謝委員意見。本計畫中長期的目標和推動補充於第七章結論與建議中。
2. 風險模板在幾次工作坊後所收集的資料，建議先彙整製作可視覺化的成果，呈現資料庫的用途。	謝謝委員意見，本計畫以生成式風險模板之設計，將資料庫的用途與連結可視覺化的呈現供使用者了解操作。相關內容補充於附錄十一中。
3. 第七章結論與建議部分內容涉及範圍或單位較廣，請考慮可行性調適內容文字。	謝謝委員建議。已遵照建議調整報告內容文字。
4. 第四、五章的研究成果應整理成文件並提供操作範例，作為後續成果使用。	謝謝委員建議。遵照建議辦理，已將第四、五章的研究成果整理並提供操作範例加入附錄，並將其獨立為一治理指引建議文件。

附錄十一、生成式實體風險模板簡介

生成式實體風險模板

一、生成式實體風險模板概念

為便於使用者理解與操作，因而發展生成式風險模板，透過危害(分為氣候與非氣候因子)、暴露、及脆弱度之資料庫，支援生成式風險模板之應用。

實體風險模板如圖 1 所示，治理組織為決策者所屬之機關或單位，保全對象為決策者業務範圍內所關注之人、事(如營運狀況)、物，關鍵議題為保全對象暴露在氣候災害事件下的實體損害或功能喪失，實體風險則為氣候災害事件導致保全對象實體損傷或功能喪失產生的損失。危害為治理組織外部氣候災害及環境條件可能對保全對象帶來衝擊之事件，其包含氣候因子與非氣候因子；暴露與脆弱度則為治理組織內部與保全對象相關之因子分析，暴露為影響保全對象的時間與空間分布因子；脆弱度之定義為保全對象暴露在危害下的敏感度與調適力。

從上述定義中可知實體風險模板的操作取決於氣候災害事件及保全對象類型，若建置危害、暴露、及脆弱度等三者的資料庫，並建立資料庫與氣候災害事件及保全對象之關聯，便可於界定治理組織、關鍵議題、與保全對象後，自動生成可能或建議的危害、暴露、脆弱度之分析結果。

治理組織	危害	氣候因子	非氣候因子
關鍵議題			
	暴露	暴露因子	
保全對象			
實體風險	脆弱度	脆弱度因子	

圖 1 實體風險模板

二、危害、暴露、脆弱度資料庫建置

透過辦理工作坊，邀請與會人員現場操作實體風險模板，彙整資料後建置危害、暴露、脆弱度之資料庫(如表 1)。

表 1 工作坊實體風險模板實作彙整表

治理組織	歷史災害事件	保全對象	氣候因子(CIDs)	非氣候因子	暴露因子	脆弱度因子
教育處	颱風	學校環境	平均風速, 熱帶氣旋	建物設施、樹木	學校所在地、颱風警報發布時間、樹木修剪時機	樹木修剪耐用度、學校行政人員應對能力
縣市水利資源處	乾旱	民眾	氣象/氣候乾旱, 水文乾旱	供管漏水、水庫承載不足、人為超抽		產業需水量、保障民眾基本用水量
宜蘭縣海洋及漁業發展所	暴雨淹水	魚塭	河川洪水, 豪大雨與洪水, 熱帶氣旋, 沿海洪水	閘門設備老舊、管線洩水不及	沿海區域或河川、漁獲收成時間點	魚種、堤岸高度、漁民的應對能力
鐵路業務單位	極端降雨	鐵軌	豪大雨與洪水, 熱帶氣旋	區域排水	高程(路堤、路塹)、面積(範圍)	土壤結構(排水性)、替代道路
鐵路業務單位	極端海平面上升	軌道	豪大雨與洪水, 熱帶氣旋, 海洋熱浪	燃燒化石燃料、地形	極端溫度、地理位置	聯外道路
鐵路業務單位	暴風	平交道	熱帶氣旋	人為破壞	所在位置(空曠風大區)	設施新舊程度
鐵路業務單位	極端降雨	車站	平均降雨, 熱帶氣旋	排水設計不良、排水設施失能	位於低窪地區	淹水潛勢高、防災認知
鐵路業務單位	極端高溫	鐵軌	地表均溫	火災	設施不良(伸縮縫過小, 導致擠壓變形)	設施不良(伸縮縫過小, 導致擠壓變形)
鐵路業務單位	極端降雨	地下車站	豪大雨與洪水	區域排水功能	地下車站地形、強降雨延時	易淹水地區、地層下陷、抽水設備完善度、電力設備
鐵路業務單位	極端海平面上升	臨海火車站	地表均溫, 熱帶氣旋, 相對海平面高度	地層下陷	周圍區域排水、出海口位置	重要機電設施放置位置、淹水潛勢區
鐵路業務單位	暴風	地上車站	熱帶氣旋		站體高度(高架或地面)、站體位置	站體設施保護程度
鐵路業務單位	極端高溫	軌道	極端熱浪		軌道地理環境(高架/地下)	列車經過的數量、容許軌溫

治理組織	歷史災害事件	保全對象	氣候因子(CIDs)	非氣候因子	暴露因子	脆弱度因子
鐵路業務單位	極端高溫	捷運軌道挫屈	極端熱浪	原始設計建置	高架段、地下段、山地段、沿海段	捷運軌道使用年限、維護情形、人流量(旅客承載量)、材料
鐵路業務單位	暴風	火車營運	極端風暴, 熱帶氣旋	火車實體設施完善程度	鐵軌位置、強風持續時間	風災程度因應、火車使用年限、鐵軌的磨損程度、員工的事前訓練是否足夠、預警系統
公路局	暴風	公路車輛	極端風暴, 熱帶氣旋	高架道路、道路位置	公路高程、暴風強度及持續時間	車輛安全、樹木及標誌的穩定程度
機場業務單位	極端高溫	機場跑道	極端熱浪, 海洋熱浪, 地表輻射	跑道瀝青材料	高溫持續時間	機場跑道降溫設備
水利署	海平面上升	堤防	相對海平面高度, 沿海侵蝕		地理位置(東、西岸)、自然防護(紅樹林、濕地)、地層下陷	堤防工程品質、堤防高度及強度
交通部	豪大雨淹水	蘭陽大橋	河川洪水, 豪大雨與洪水, 熱帶氣旋	泥沙淤積	宜蘭市五結鄉間	基座高度、橋齡
社會處	高溫	銀髮族	極端熱浪		工作環境(種田)、正中午工作	不喝水、未有遮陰設備、有無慢性病
衛生局	熱浪	社區居民	極端熱浪		社區建築物、行道樹、曝曬時間	年齡(高齡或幼齡)、慢性病、健檢、運動習慣、降溫設備
第一河川分署	淹水/洪水	河道附近居民	豪大雨與洪水, 熱帶氣旋	河床或堤防穩定度、人為活動(e.g. 工程)、中央主管機關的政策	地理位置: 洪水頻發區、低窪地區、工程規模: 太大、太長、時間因素: 汛期	基礎設施(堤防)老舊、民眾撤離的應對、工作人員技術及經驗不足、防災/救災資源不足
衛生局	寒流	心血管病患族群	寒流	城市設計	長期處於室外	保暖應對措施
農業部生物多樣性研究所	寒流	附生植物	寒流, 霜	局部地形	植物著生位置、海拔高度、緯度、迎風/背風	個體抗寒程度、休眠機制、繁殖能力

113 年氣候變遷氣候韌性調適能力建構之應用

治理組織	歷史災害事件	保全對象	氣候因子(CIDs)	非氣候因子	暴露因子	脆弱度因子
氣象署	地層下陷	沿岸潮位站	平均降雨	地層下陷、港口淤積	潮位站需設於沿岸碼頭	窄波雷達式水位計被淹過去即無法觀測
氣象署	氣候	觀測設備	極端熱浪，寒流，豪大雨與洪水，極端風暴	人為破壞	空間分佈	通訊設備電力
國土署	暴雨	高山聚落	豪大雨與洪水，熱帶氣旋	山崩地滑、土石流	山坡地、建物	人/電力設備、聯外道路
中央氣象署	颱風	農業氣象站	極端風暴，熱帶氣旋	周圍物體如樹木等是否堅固	農業氣象站的位置含高度、地形	農業氣象站儀器的堅固程度
國家海洋研究院	暖化	經濟物種	海洋均溫	過漁（過度捕魚）	洋流的路徑改變、漁場分佈	魚種基因
環興公司	暴雨淹水	機房設備	豪大雨與洪水，熱帶氣旋	大樓設施排水能力	機房設備的位置(樓層)	機台有無防水、機台資料能否轉移、備份
國環院	空氣污染	民眾(呼吸道)	極端熱浪，平均風速，沙塵暴	工廠排放、交通排放	下風處、戶外	老人、呼吸道疾病患者
農業部	颱風暴雨	洋蔥作物	豪大雨與洪水，熱帶氣旋	栽培模式、排水能力	育苗栽培、土地地形造成崩塌、幼苗淹死	育苗延後，導致採收期延後，遇高溫產量降低
中油公司	暴雨淹水	加油站	豪大雨與洪水，熱帶氣旋	排水不良	加油站所在地形(位置)、淹水延時	設計參數
國海院	低溫寒害	虱目魚	寒流	疾病	冬天、中緯度、沿岸魚塭	加強設備（e.g. 打氣、保溫）之功能、調整魚塭建設
中油事業部	淹水	油槽輸油泵	豪大雨與洪水，熱帶氣旋，沿海侵蝕		地形、淹水延時	使用年限、腐蝕、對於輸油之重要性(斷油)
氣象署	土石流	觀測站	豪大雨與洪水，熱帶氣旋	地震、地質	觀測站位置、觀測站地形	易受災地點通常更不易設站，因此資料缺失會更嚴重
經濟部國營司	颱風淹水	關鍵基礎設施	豪大雨與洪水，熱帶氣旋	地形、排水設施	設施位置、地形、淹水延時	排水設施維護、擋水設施

治理組織	歷史災害事件	保全對象	氣候因子(CIDs)	非氣候因子	暴露因子	脆弱度因子
工研院	暖化（極端熱浪）	員工	極端熱浪	空調設備	市內、室外地理位置（陽光照射長度）、中午時間	身體調節能力、穿著材質
農業部	暴雨淹水	農作物	平均降雨，熱帶氣旋	栽培設施、排水系統、知能	地理區位、栽培時間	農作物耐淹程度
廠家	高溫	員工	地表均溫		工作環境	員工耐熱度
能源署	強風	風機	平均風速		設施區位	耐風設計標準對災害的認知
衛福部國健署	高溫	兒童等弱勢群族	極端熱浪	學校環境(設施)、教師知能	上課時間、上課環境	身體的危害(損傷)、兒童的知能
國環院	暴雨	社區民眾	平均降雨，豪大雨與洪水，極端風暴，熱帶氣旋	人為開發、地質、汛波災害	地理位置、地形	危害示警、水質惡化(濁度增加)、水土保持
台電公司	強風	鐵塔	平均風速，極端風暴，熱帶氣旋	地形	鐵塔地理位置	耐風強度
海洋保育署	暖化	海洋生態、物種	海洋均溫，海洋熱浪	海洋棲地健康(生物多樣性)程度、污染	生態區位	生物多樣性
海洋保育署	海水升溫	珊瑚礁	海洋均溫，海洋熱浪，海洋酸化	珊瑚本身不具耐熱性、廢污水	珊瑚生長位置及範圍	珊瑚白化及死亡
海委會	海洋熱浪	珊瑚	海洋均溫	人為活動	珊瑚生長地理位置	珊瑚生長健康狀況、棲地環境、基因
農業部	高溫	畜產動物	極端熱浪		畜害種類	動物健康、降溫設備、農民認知

從上表可盤點出各治理組織關注外部之氣候災害事件及其分析得知的氣候因子與非氣候因子，便可產製屬於危害的資料庫(表 2)。氣候因子以氣候影響驅動因子 CIDs 作為分析來源，非氣候因子則為導致該災害式之非氣候條件，且不屬於治理組織之業務權責內之因子。以土石流來說，造成該災害事件之氣候因子為豪大雨與洪水、熱帶氣旋，非氣候因子為區域排水能力與地質條件；當極端降雨發生時，區域排水能力不足或地質條件(如坡度、土石粒徑、植被等)滿足災害條件，就會有可能發生土石流事件。

表 2 危害資料庫

氣候災害事件	氣候因子	非氣候因子
高溫	極端熱浪	熱島效應 建築物設計 建築物隔熱性能 基礎設施
低溫	寒流	能源供應穩定性 建築保暖性能 建築物隔熱性能
強風	熱帶氣旋	沿海地區基礎設施的抗風能力 土地利用 山谷型態 建築密度
乾旱	氣象/氣候乾旱	水資源管理 土地利用 水資源需求
	水文乾旱	水資源管理 蓄水設施 地下水抽取
	農業與生態乾旱	水資源管理 灌溉系統效能

氣候災害事件	氣候因子	非氣候因子
淹水	豪大雨淹水	區域排水能力 土地利用 山谷型態 建築物防水措施 污水與垃圾管理
	土石流	土地開發活動 基礎設施 地質條件(坡度、土石粒徑、植被等)
	熱帶氣旋	沿海地區基礎設施的抗風能力 地質條件(坡度、土石粒徑、植被等) 土地利用 山谷型態 建築密度
土石流	土石流	土地開發活動 基礎設施 地質條件(坡度、土石粒徑、植被等)

暴露則是影響保全對象的時間與空間分布因子，空間因子主要為地理位置、地形、區域分布等，時間因子通常為保全對象與氣候災害發生時間是否重合而定，如動植物生長期與颱風季重疊、民眾於夏季正中午外出等。

脆弱度資料庫則由保全對象作為建立基礎，其定義為保全對象暴露在危害下的敏感度與調適力。保全對象可分為人、事、物，由表 3 可知，當保全對象為下列分類時，脆弱度將有不同相對應之項目。

- 生物：一般民眾、脆弱族群(如年長者、慢性病患者等)、勞工、農民或動物、植物等，根據治理組織業務範圍作區別。
- 事：火車或捷運營運等
- 非生物：設備(如電信箱、油槽輸油泵)、設施(如車站、堤防、機場等)

表 3 脆弱度資料庫

保全對象類型	敏感度	調適力
--------	-----	-----

人	年齡、健康狀況、運動習慣、健檢頻率等	經驗、緊急應變措施、教育宣導等
動物	年齡、體型、健康狀況等	緊急應變措施等
植物	對環境的耐受度、品種等	栽種方式、緊急應變措施等
設備	材料、使用年限、維修保養等	操作方式、緊急應變措施等
設施	材料、使用年限、維修保養等	緊急應變措施
營運狀況	人流等	緊急應變措施

三、生成式實體風險模板操作流程

為決策者能更簡單易懂的執行風險界定工作，可透過設計不同的應用情境，提供決策者面對不同疑問時的解決方案或建議。決策者在執行實體風險界定时容易會遇到且常見的疑問如下圖所示，因此根據這些疑問來設計應用情境藉由圖 2 的問答題，結合危害、暴露、脆弱度等 3 個資料庫的支援，可建構生成式實體風險模板。



氣候變遷實體風險界定情境

- 組織(主管業務)或保全對象在氣候變遷下之主要危害為何？
- 組織(主管業務)或保全對象在氣候變遷下之關鍵議題為何？
- 組織(主管業務)在氣候變遷下“淹水”風險界定為何？
- “淹水”危害可能影響的關鍵議題為何？
- 影響“保全對象”的暴露因子為何？
- 影響“保全對象”的脆弱度因子為何？
- 影響“保全對象”的敏感度因子為何？
- 影響“保全對象”的調適裡因子為何？
- 可能降低“危害”的調適措施？
- 可能降低“暴露”的調適措施？
- 可能降低“脆弱度”的調適措施？
- 可能降低“敏感度”的調適措施？
- 可能提高“調適力”的調適措施？

圖 2 氣候變遷實體風險界定情境

範例：

地方政府水利局的水質管理員小林，主要負責監測區域水庫與供水系統的水質，確保居民飲用水符合安全標準。然而，他對氣候變遷的相關知識有限，並不清

楚極端氣候事件可能如何影響他的日常工作。

解析：

1. 先界定保全對象：水庫與供水系統的水質
2. 根據【關鍵議題資料庫】界定可能「關鍵議題」

「水質」搜尋結果：

- 極端降雨和洪水會對河流和水庫等水資源設施造成嚴重破壞，導致水質下降和蓄水能力的減弱，進而增加水災風險。
- 土壤鹽化會增加灌溉水和地表水中的鹽分，這可能導致水質下降，增加水媒疾病的風險，特別是在飲用水供應系統中。
- 飲用水質變差：高溫對供水系統的影響可能降低水質，進而導致水媒疾病的爆發，尤其是在公共設施老舊或受損的情況下。
- 水質惡化：公共健康風險上升：土壤鹽化導致的水質惡化可能影響居民的飲水安全和衛生條件，增加公共健康風險，對生活水準造成負面影響。
- 供水中斷導致水媒疾病風險：高溫和電力供應中斷可能影響水資源處理系統的正常運作，導致水質惡化，增加水媒疾病的傳播風險。
- 海洋酸化可能導致海水水質惡化，尤其是破壞養殖海域，間接影響水源的質量，增加水媒疾病如霍亂的風險。
- 水質惡化：土壤鹽化還可能影響水質，降低灌溉水的質量，進一步削弱農業生態系統的服務能力，導致糧食生產的永續性受到威脅。
- 水生生態系統退化：物種遷移或滅絕改變了水生生態系統的結構與功能，進一步影響水質調節和水資源循環，降低整體生態系統的健康狀況。
- 高溫導致海洋生態系統中的珊瑚礁和魚類棲息地受損，進一步影響能源設施附近的水質，增加冷卻系統的壓力。
- 生態服務減弱：土壤鹽化削弱了陸地和海洋生態系統提供的關鍵服務，如水質淨化和土壤保護，進而影響農業的可持續性。
- 生物多樣性的喪失會影響能源和公共設施的運營，因為減少的生態系統功能（例如水質調節）可能對能源設施的運作產生影響。

當前面 2 個步驟做完後，可得下圖：

治理層級	氣候因子	非氣候因子	危害
地方政府：水利局			
關鍵議題			
水庫與供水系統的水質暴露於極端降雨及洪水下的實體損害/功能喪失	暴露因子		暴露
保全對象			
水庫與供水系統的水質			
實體風險	脆弱度因子		脆弱度
極端降雨及洪水導致水庫與供水系統的水質產生實體損害/功能喪失之損失			

3. 根據「關鍵議題」，資料庫(表 2)將自動搜尋相對應之「危害」，並填入「氣候因子」及「非氣候因子」。

結果如下：

治理層級	氣候因子	非氣候因子	危害
地方政府：水利局	強降水和洪澇災害 (降雨強度、降雨延時	土地利用 山谷型態	極端降雨及洪水與致災門檻(強降雨強度、頻率等)
關鍵議題	暴露因子		暴露
水庫與供水系統的水質暴露於極端降雨及洪水下的實體損害/功能喪失			
保全對象			
水庫與供水系統的水質			
實體風險	脆弱度因子		脆弱度
極端降雨及洪水導致水庫與供水系統的水質產生實體損害/功能喪失之損失			

4. 根據「保全對象」，資料庫將搜尋相關之暴露與脆弱度因子填入。結果如下：

治理層級	氣候因子	非氣候因子	危害
地方政府：水利局	強降水和洪澇災害（降雨強度、降雨延時	土地利用 山谷型態	極端降雨及洪水與致災門檻(強降雨強度、頻率等)
關鍵議題	暴露因子		暴露
水庫與供水系統的水質暴露於極端降雨及洪水下的實體損害/功能喪失	水處理設施 供水區域人口		水庫與供水系統的水質的時空分布
保全對象	脆弱度因子		脆弱度
水庫與供水系統的水質	水處理設施 供水系統調節能力 居民用水需求 水庫及河流水質		水庫與供水系統的水質受極端降雨及洪水影響的脆弱度
實體風險			
極端降雨及洪水導致水庫與供水系統的水質產生實體損害/功能喪失之損失			

附錄十二、直轄市、縣(市)主管機關氣候變遷調 適執行方案摘要

直轄市、縣(市)主管機關氣候變遷調適執行方案摘要

一、臺北市氣候變遷調適執行方案

表 1 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
I1 強化維生基礎設施建設能力	I1.1 強化公共工程應變能力	I1.1.1 市區道路、車行地下道、橋梁等維護應變作為
		I1.1.2 山區道路改善及維護工程、本市列管山區道路定期巡勘工作
		I1.1.3 防洪排水設施延壽工作
		I1.1.4 系統性推動多元排水改善工程
		I1.1.5 運用大數據精進設施、設備操作
		I1.1.6 污水處理廠站設備優化
		I1.1.7 健全地下管線圖資
		I1.1.8 既有管線設施巡檢維護
		I1.1.9 臺北市地區公用氣體災害防救計畫
		I1.1.10 臺北市地區輸電線路災害防救
		I1.1.11 油料管線災害防救應變機制
I2 提升維生基礎設施因應氣候變遷之調適能力	I2.1 強化洪水調適能力	I2.1.1 智慧防災
		I2.1.2 公私協力設置流出抑制設施
		I2.1.3 推動民眾參與自主防災
		I2.1.4 土石流潛勢溪流巡勘及防災教育宣導委託專業服務案
	I2.2 強化運輸系統調適能力	I2.2.1 臺北市重大災害之緊急救援路線計畫
		I2.2.2 交通號誌不斷電系統
		I2.2.3 智慧號誌應用於緊急車輛優先號誌計畫
		I2.2.4 公共運輸系統災害因應措施(捷運、公車、公共自行車)

資料來源：臺北市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 2 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
W1 確保供水穩定，促進民生產業永續發展	W1.1 開發多元水源	W1.1.1 公園雨撲滿回收雨水再利用
		W1.1.2 妥善操作污水處理廠站設施/放流水部分回收再利用
		W1.1.3 提升污水處理量與質
	W1.2 落實節水作為	W1.2.1 府屬機關學校節約用水實施計畫
W2 強化供水韌性，有效應對極端枯旱氣候	W2.1 定期檢討枯旱預警機制	W2.1.1 滾動檢討枯旱預警水位線及因應機制
	W2.2 規劃供水調度措施，維繫水源質優量足	W2.2.1 自來水設施整備計畫
		W2.2.2 翡翠原水管工程計畫
W3 因應氣候變遷，致力邁向水源循環永續	W3.1 推動供水系統改善措施	W3.1.1 供水管網改善及管理計畫
	W3.2 增強水庫邊坡預防管理能	W3.2.1 翡翠水庫邊坡管理計畫
		W3.2.2 集水區保育計畫

資料來源：臺北市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 3 土地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
L1 降低氣候變遷衝擊，促進土地利用合理配土地利用置	L1.1 建構因應氣候變遷調適之土地利用架構	L1.1.1 檢討國土計畫空間發展原則
		L1.1.2 辦理都市計畫通盤檢討作業
	L1.2 因應極端高溫趨勢，建構高溫環境調適能力	L1.2.1 辦理開發基地體感降溫都市計畫專案
		L1.2.2 於都審通檢中納入降溫之概念
		L1.2.3 修訂開發基地降溫計畫其他相關法令規章
		L1.2.4 鋪設透水鋪面(人行道及公園廣場)
	L1.3 因應都市熱島效應，將綠建築及建築能效概念導入新建及舊有建築物	L1.3.1 場所指示廣告燈具升級申請書表訂定
		L1.3.2 新建建築能效規範實施後，要求市有、公有及勸導私有新建建築物建築能效達 1+級

調適目標	調適策略	調適措施
		L1.3.3 既有建築能耗揭露及能效改善
		L1.3.4 訂定建築能耗相關法令
		L1.3.5 新建建築物取得綠建築標章之減碳量
		L1.3.6 綠屋頂社區評估診斷補助案件
		L1.3.7 既有建物室內裝修符合使用綠建材比例
		L1.3.8 推動都更綠建築獎勵
	L1.4 因應山坡地災害風險上升，導入多元調適作為	L1.4.1 規範山坡地開發及建築管制
		L1.4.2 強化山坡地安全管理及開發行為審查
	L1.5 考量水災風險，進行洪水緩衝土地規劃	L1.5.1 於易積水區域設置調洪設施
		L1.5.2 降雨淹水模擬圖更新
	L1.6 導入多元調適策略，提升洪旱災因應能力	L1.6.1 落實都市計畫土地使用有關防洪排水及滯洪檢討
		L1.6.2 開發基地納入韌性設計(防洪基準線)
		L1.6.3 公私協力增加基地範圍保水量體
		L1.6.4 新建築廣設貯留滲透水池及地下雨水貯集層
	L1.7 強化自然為本生態系統調適	L1.7.1 綠網成蔭 15 年願景計畫建構城市綠廊
		L1.7.2 社子島防洪計畫
		L1.7.3 碳匯經營管理(林相改良)

資料來源：臺北市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 4 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
IE1 提升能源產業氣候風險辨識能力與推動調適策略	IE1.1 建構產業氣候變遷調適能力	IE1.1.1 上市上櫃公司氣候變遷風險管理人員訓練
IE2 完善產業氣候風險管理	IE2.1 發展多元能源來源，如創能、儲能	IE2.1.1 新興能源發展推動計畫
		IE2.1.2 用電大戶輔導諮詢及產業節能減碳諮詢輔導
		IE2.1.3 臺北市住宅社區創能儲能及節能補助計畫
IE3 降低能源消耗，提升能源使用效率	IE3.1 節電宣導及補助	IE3.1.1 工商業節約能源及節能績優評獎計畫
		IE3.1.2 服務業汰換節能設備補助計畫
		IE3.1.3 扶植本市綠色產業發展
		IE3.1.4 臺北市節電成效管考及宣導計畫

資料來源：臺北市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 5 農業生產及生物多樣性調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
AB1.1 強化自然生態系統調適	AB1.1 強化自然生態系統調適	AB1.1.1 生物多樣性指標調查計畫
		AB1.1.2 溼地與周邊環境生態保育及監測
		AB1.1.3 公園綠美化工程及花木綠化及行道樹增補植工程
		AB1.1.4 臺北市生物多樣性保育教育及推廣計畫
AB2.1 發掘兼具調適與減碳之新興農產業模式	AB2.1 發掘兼具調適與減碳之新興農產業模式	AB2.1.1 發展食農共生，推廣有機友善耕作
		AB2.1.2 推廣屋頂農園

資料來源：臺北市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 6 健康調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
H1 強化氣候變遷	H1.1 強化緊急醫	H1.1.1 完善臺北市各醫院緊急災害應

調適目標	調適策略	調適措施
下緊急醫療、預警健康保護教育扎根推動，提升公眾調適認知	療應變能力	變措施計畫
	H1.2 加強熱傷害預防措施與調適作為	H1.2.1 熱浪預警機制
		H1.2.2 高溫關懷啟動計畫
		H1.2.3 市集食品安全宣導
		H1.2.4 極端高溫調整戶外教學及相關宣導
		H1.2.5 高溫啟動植栽澆灌
		H1.2.6 高溫預警發布時，整備撈除量能
		H1.2.7 食品及食材之保存，加強宣導落實衛生自主管理以防止食物中毒
		H1.2.8 夏季戶外高氣溫作業勞動檢查
H2 提升民眾調適能力	H2.1 提升大眾調適識能	H2.1.1 因應高(低)溫氣候環境相關衛教宣導
H3 確保氣候變遷下環境品質	H3.1 推動因應氣候變遷之病蟲害環境監測、風險辨識	H3.1.1 首都生活圈登革熱/屈公病防治計畫
		H3.1.2 臺北市登革熱病媒蚊防治管理與教育推廣計畫
	H3.2 推動因應氣候變遷之空氣品質分析及規劃調適作為	H3.2.1 臺北市空氣污染防制計畫

資料來源：臺北市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 7 能力建構調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
提升本市因應氣候變遷基礎能力，強化各領域調適工作整合與健全調適能力	強化科學與政策連結	「災害應變雲端協作平臺」系統
		臺北市推動因應氣候變遷行動計畫
	教育扎根	氣候變遷調適教育
		環境教育(與氣候變遷調適相關)
	社區為本調適	韌性社區及防災士培訓
		山坡地自主防災社區
		低碳永續家園計畫
	脆弱族群關懷	臺北市推動因應氣候變遷行動計畫

調適目標	調適策略	調適措施
	跨域治理協調	基北北桃合作交流平臺，推展跨城市治理
		「基北北桃環保交流合作平台」
	建構綠色金融	發行永續發展債券

資料來源：臺北市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

二、新北市氣候變遷調適執行方案

表 8 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
強化維生基礎設施建設能力	整合國土防洪治水及治山防災韌性調適能力	完成國土防洪治水及治山防災工程共 20 件，及關鍵基礎農路設施改善工程共 50 件。
避免運輸系統受洪水和強風暴損壞	強化運輸系統預警應變力	輕軌架空線系統為運輸系統之重要動力來源，容易受到高溫 and 強風的影響而遭到損壞。為強化運輸系統預警應變力，架空線系統安裝相關監測設備，能適時監測線路狀況。

資料來源：新北市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 9 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
避免水資源短缺	水資源回收中心設置	增建水資源回收中心：林口水資中心第二期擴建計畫，全廠處理量達 36,500CMD。
提升水資源	提高污水處理率	提升本市污水下水道用戶接管普及率，改善環境衛生及生活品質。
完善供水環境	預防河川汙染加劇	執行水環境監測計畫。
		設置河川水質自動連續監測站。
		針對水質較差的環境，加強稽查頻率及放流水加嚴管制。
	飲用水水質安全管理計畫	淨水廠原水及供水水質監測。 簡易自來水（山泉水、水井水）水質監測。

資料來源：新北市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 10 土地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
加強坡地地區之保全措施	加強山坡地開發控管機制，建置防災預警系統	針對供公眾使用建築物之山坡地社區或位處山崩地滑地質敏感區及鄰近順向坡、斷層、土石流潛勢區等需保全之對象加強審查，依規定應設置 3 年自動監測設備，及與本府山坡地智慧防災即時示警監控平臺介接通訊協定。
	提升山坡地區居民防災意識	針對山坡地社區推廣防災教育，建立民眾防災意識。
避免居住地受洪水和強風暴損壞	加強都市透水與保水機制	修訂新北市透水保水自治條例及出流管制審查要點。
		對於已完成透保水設施建物進行檢查，確認透保水功能確實運作。
		117 年透保水設施累計達 268 萬噸，出流管制設施累計達 50 萬噸。
調適都市微氣候，提升建成環境調適能力	閒置公有土地簡易綠美化及廣植植栽	本市閒置公有地、都市計畫回饋土地、整體開發地區公設用地及河岸高灘地辦理綠美化。
		預計 117 年完成 216 公頃綠美化面積。
	廣植植栽	本市重要道路廣植喬木、灌木、地被及草花等各式植栽，以減緩都市熱島效應及減少土地裸露面積，降低揚塵問題。
		預計每年種植近 100 萬株植栽。

資料來源：新北市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 11 海岸及海洋調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
強化生態系統調適	推動山海造林	為深化海洋資源復育，透過珊瑚種植棲地營造，使海洋生物有更舒適的居住環境，進而使海洋環境對生物負載能力提升。
		117 年累計種植超過 1,000 株珊瑚。
維護海岸線、漁業與海洋生態	二級海岸防護計畫	檢核臺北港、台電是否依據海岸防護計畫內容檢討辦理周邊海岸砂源補償措施、既有防護設施維護管理。
		辦理海岸基本資料調查監測及每 5 年辦理海岸防護計畫通盤檢討海岸災害。

資料來源：新北市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 12 能源供給及產業調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
確保能源設施安全及系統穩定供應	智慧微電網佈建	新北市轄內工業、服務業等團體導入「創能、儲能、節能」虛擬電廠系統，以初步發展「虛擬電廠」為核心，透過設置「光充儲」一體的虛擬電廠(Virtual Power Plant)，降低電網集中風險，增加分散式電網，並鼓勵業者建立示範場域，以能源的角度降低經濟損失的衝擊，另推動案例如下： 1. 機關：防災型微電網（烏來） 2. 社區：3 座社區智慧微電網（波爾社區等） 3. 企業：淨零示範補助計畫（松下企業等）

資料來源：新北市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 13 農業生產及生物多樣性調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
增進生態系統因應氣候變遷之服務量能	強化自然生態系統適，監測管理保護區域，加速維護生物多樣性	辦理挖子尾自然保留區生態資源監測，保護自然保留區紅樹林生態，減少生態多樣性流失。
避免生物多樣性流失	強化海洋環境監測及生物保育	清除纏繞在礁盤上之廢棄漁網及水下廢棄物，使礁體恢復自然樣貌、增加底棲海洋生物生存繁殖空間，防止魚場老化、提高沿近海漁業生產力。
	因應氣候變遷規劃、建構與管理保護區	建立野柳、萬里保育區內光傳輸系統佈設及進行維護。
		透過水下生物調查研提保育區之海域漁類資源保育建議。
		將水下影像即時透過網路傳輸，使民眾能線上觀賞，藉以宣導保育成果並推廣海洋保育之重要性。
	強化自然生態系統調適	輔導農友由慣行農法轉型為有機友善耕作，其生產過程中不使用化肥、農藥及除草劑，以維護生態環境、生物多樣性及資源永續利用。

調適目標	調適策略	調適措施
		117 年本市有機、友善從農環境達 739 頃。

資料來源：新北市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 14 健康調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
防治蟲媒傳染病	病媒蚊監測影響評估	強化病媒蚊密度調查及孳生源巡檢作業，監控各行政區病媒蚊指數。
	提升民眾傳染病自我警覺及保護力	強化衛生教育宣導與訓練，加強社區溝通及動員。
		跨局處單位合作，防疫量能儲備管理。
	蚊媒公共環境清理計畫	執行例行性或緊急登革熱消毒噴藥，針對蟲媒傳染潛在風險高的區域，增加清消頻率。
	強化民眾居家環境自我管理意識	社區防蚊師計畫：以理論與孳清實務教學，訓練社區防蚊師成為社區病媒防治的種子講師。
強化緊急醫療應變能力	辦理災害緊急醫療應變教育訓練與演練	各醫院應檢視防災應變作為，並評估現有應變機制之可行性及相應設施設備是否充，並應具備一定程度自助能力，維持醫療照護持續性及持續營運。
		確實辦理緊急災害應變措施演習、落實檢討改善。
避免脆弱族群暴露於極端高低溫	因應高溫措施及寒流來襲整備措施(獨居老人/街友)	追蹤掌握氣象署高低溫特報。
		啟動應變機制並提供老人、街友短期安置服務。
溫度變化急驟，造成慢性疾患者發病機率提高	強化本市慢性疾病族群氣候變遷相關之健康照護能力	宣導民眾針對氣溫驟升驟降變化的因應。
		提升慢性病患者對自我照護的認知。
降低空氣汙染健康風險	加強移動汙染源管制	進行空氣品質監測及變化追蹤。
		針對空品不良區域限制高汙染車輛行駛。
	加嚴管制生成臭氧之前驅物	強化臭氧前驅物高汙染潛勢工廠之排放管制。

資料來源：新北市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 15 能力建構調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
強化地方與社區因應極端氣候事件之調適能力	推動防災社區	自 108 年至 113 年 5 月已推動 212 處防災社區。
		辦理本市防災社區認證作業，強化災後復原和重建方面的能力，截至 113 年 5 月已有 275 處防災社區申請並通過認證。
	建置即時監控系統（全災型智慧化指揮監控平臺）	EOC 開設使用全災型智慧化指揮監控平臺，以動態視覺化呈現災情動態斑點圖及災情統計等功能，有效掌握易淹水區域即時水情，供指揮官參考決策用。

資料來源：新北市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

三、基隆市氣候變遷調適執行方案

表 16 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1. 整合基隆市國土防洪治水韌性調適能力 2. 強化公共工程應變能力 3. 強化運輸系統調適能力	檢視並強化基隆市既有排水系統	建置基隆市雨水下水道設施數位化資料庫
		檢視基隆市全區雨水下水道系統暨 GIS 建置成果
	就低窪地區研擬調適性之建築設計策略	補充基隆市建物地面層提高設計標準
		落實「基隆市政府辦理滯洪設施設置及檢查實施要點」之規定
	基隆市之水環境重建與改善	配合水環境建設計畫積極推動基隆市重要地區水環境改善
		落實基隆市水質改善現地處理工程
	提升市綠化景觀、調節區域微氣候	推動基隆市低碳新建築與示範社區
		建置低碳永續行動項目之獎勵補助制度
	建置暴雨管理系統	於開發行為中評估、導入低衝擊開發之概念
		以市計畫檢討程序，檢視暴雨管理系統 於基隆市景觀自治條例研議階段，將綠屋頂、透水鋪面、植生滯留槽等設計思維納入

調適目標	調適策略	調適措施
	檢討坡地災害潛勢區位	檢視基隆市山崩與地滑地質敏感區劃定計畫書
	強化山坡地維生基礎設施之回復能力	檢視及強化各加壓站之防淹水設備與應變措施
		檢視及強化輸油、瓦斯管線、輸配電線與自來水管之受災與應變能力。
		定期巡檢、維護管理排水及水土保持設施
	提升山區道路維護管理	定期辦理環境敏感地區邊坡巡勘
		執行道路監測、養護工程
	檢視並強化防波堤結構	檢測既有防波堤之結構，提高其設計波高及水位之回歸期
		持續修建及維護既有漁港基礎設施，確保漁業使用機能正常運作
	強化港區維生基礎設施之防水設計與功能	港區計畫必須擬定維生基礎系統專章計畫
		強化基隆港碼頭之系統結構
		配合海岸管理法推動海岸防護計畫
		利用市港再生標竿計畫平台加強港務機構與市府合作
	民生用水	強化旱災災害防救機，平時進行水資源保存與宣導、有效執行災害搶救，減輕災害損失
	工業用水	

資料來源：基隆市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 17 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
強化供水韌性有效應對極端枯旱氣候	調度	評估水源供需潛能佈設聯通管線提升整體調度能力
完善供水環境，致力邁向資源循環永續	管理	推動細緻經營與分散式管理措施，維繫水源質優量足

資料來源：基隆市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 18 土地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1. 降低氣候變遷衝擊，促進基隆國土利用合理配置 2. 降低氣候變遷對人居環境之衝擊 3. 追求國土永續發展	出流管制、逕流分擔	檢視基隆市市設計審議原則
		落實審查基隆河岸周圍地區之開發出流管制計畫
		未來對淹水風險不同之地區，訂定分級土地利用條件
	提升社區自主防災能力	配合水利、基隆市府輔導之「水患自主防災社區」，提升各社區之防災運作能力
	落實災害資訊公開、宣導、預警及演習	彙整基隆市各類災害資訊
		定期於基隆市各行政區辦理防救災演習
		規劃防救災組織，提升民眾災害應變之能力
		將淹水潛勢較高之地區，納入水災危險潛勢地區保全計畫
	強化企業自主防災之能力	配合基隆市防救災深耕計畫，強化企業因應氣候變遷衝擊之因應能力
		於各倉儲區設置滯洪池、抽水站排水及儲水系統
	落實綠色基礎設施之建構	檢視市計畫之相關土地使用，增加市區綠地面積
		以既有學校、公園做為綠色網絡建構之重要連結點
		以河川廊道作為加強區域生物多樣性之地區
	執行韌性社區的賦權工作	社區規劃（含長照、社規師、社造協會等團體）納入韌性都市議題
		舉辦願景工作坊，凝聚韌性社區想像、方案
		善用社群媒體，推廣韌性市理念
	山坡地開發之管理	檢視及調整基隆市山坡地災害潛勢地區之土地使用型態與強度
		加強山坡地安全管理與開發行為之審查及事後監管

調適目標	調適策略	調適措施
	落實預防性撤離機制	於基隆市各社區培訓防災專員
		研訂或檢視疏散撤離居民之標準作業程序
	檢視山坡地範圍之市發展用地	以市計畫通盤檢討檢視山坡地上發展用地之必要性，對坡度 55%以上實質無法開發建築予以變更為非發展用地
		依據「基隆市山坡地開發建築基地條件特殊免適用建築技術規則建築設計施工編第二百零六條第三項規定認定標準」，對坡度於 30%~55%之山坡地開發案，將其相關風險於開發基地內部化
	優先檢視受海平面上升影響之區位	加強海岸地區基礎資料監測並定期更新維護
		逐年檢視易致災、警戒區域、災害潛勢圖之相關計畫
		對於受影響區位優先辦理市計畫檢討變更
	將氣候變遷趨勢、災害衝擊納入土地使用規則與管理	檢視市中心區土地規劃，將氣候變遷影響與排保水計畫納入土地使用管制
	增訂易淹水地區建築規劃設計規範	檢視因海平面上升而易淹水地區，修訂基隆市建築管理自治條例

資料來源：基隆市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 19 農業生產與生物多樣性調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
提升農業氣候風險管理能力	精進因應氣候變遷之災害預警及應變體系	完善建構因應極端氣候農業災害預警及應變體系
	升級韌性農漁業經營模式	調整農漁業經營模式，穩定氣候變遷下品質與供應

資料來源：基隆市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 20 海岸及海洋調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1. 建構適宜預防設施或機制，降低海岸災害 2. 提升海岸災害及海洋變遷之監測及預警	檢討海岸聚落、基隆港、市中心產業型態	制訂基隆市海岸周邊聚落及產業發展空間之永續策略
	就沿海地區研擬海平面上升應變方針	評估基隆沿岸地區之溢淹範圍（中正區），研議劃設濱海限制開發區
		強化沿海地區（中山、仁愛、中正區）土地利用之監測及硬體設施功能之耐災能力
		評估溢淹範圍（中正區）內之建物，研議實施一樓加高、增設自家防水閘門等措施
		評估溢淹範圍（中正區）內之建物，研議實施一樓加高、增設自家防水閘門等措施
	檢視及調整易受海平面上升、暴潮衝擊地區之因應策略	檢視基隆沿海地區（中山、仁愛、中正區）暴潮溢淹防護區範圍圖
		於沿海地區（中山、仁愛、中正區）預留堤頂溢流緩衝區之範圍
	提升海岸地區相關設施之災後回復能力	評估暴潮災害脆弱度，提升港埠設施回復力
		研擬八斗子漁港、正濱漁港等港區之緊急應變計畫
		研擬協和電廠、基隆港等因應海平面上升及海岸災害因應之策略

資料來源：基隆市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 21 能力建構調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
落實具整體及綜效性作為，提升國家因應氣候變遷基礎能力，強化民眾、事業及團體的參與合作，使各易受氣候變遷衝擊領域藉此減衝擊，將綜合成效最大化。	氣候變遷因應法調適相關條文及其他調適相關法規政策之轉型推動	法規盤點、修正與新增
	氣候變遷科學及衝擊調適研究發展、落實氣候風險辨識與評估	強化氣候變遷科學與調適知識研究
	強化氣候變調適全民教育、人才培育及公民意識	氣候變遷教育推廣

調適目標	調適策略	調適措施
	提升	
	推動因應氣候變遷之產業、調適衍生商品及商機	氣候變遷新興產業評估與推廣
	推動因地制宜及以社區為本之地方調適作為	推動地方氣候變遷調適執行方案
減低災害風險，提升區域調適力及復力	強化極端天氣事件之緊急應變機制	地區災害防救計畫納入氣候變遷之考量

資料來源：基隆市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

四、桃園市氣候變遷調適執行方案

表 22 能力建構調適目標與措施

調適目標	調適措施
提升氣候韌性、回應永續發展、教育扎根推動	加速國土監測資源與災害預警資訊系統之整合及平臺的建立，以強化氣候變遷衝擊之因應能力。
	強化極端天氣事件之衝擊因應能力，推動衝擊與危險地區資訊公開、宣導、預警、防災避災教育與演習。
	強化環境及防災教育，增加災害應變能力。
	強化建築強度，預防災害發生。
	增加氣候變遷調適永續發展人才。

資料來源：桃園市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 23 維生基礎設施調適目標與措施

調適目標	調適措施
強化維生基礎設施建設能力	落實維生基礎設施維修養護，以提升其於氣候變遷作用下之調適能力。
提升維生基礎設施因應氣候變遷之調適能力	

資料來源：桃園市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 24 水資源調適目標與措施

調適目標	調適措施
確保供水穩定，促進民生產業永續發展	水資源永續經營與利用為最高指導原則，並重視水環境保護工作。
強化供水韌性，有效應對極端枯旱氣候	由供給面檢討水資源管理政策以促進水資源利用效能。
完善供水環境，致力邁向水源循環永續	增加水庫容量
	強化乾旱應對能力

資料來源：桃園市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 25 海岸及海洋調適目標與措施

調適目標	調適措施
建構適宜預防設施或機制，降低海岸災害	保護及復育可能受氣候變遷衝擊的海岸生物棲地與濕地
提升海岸災害及海洋變遷之監測及預警	建置海洋與海岸相關監測、調查及評估資料庫，並定期更新維護

資料來源：桃園市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 26 土地利用調適目標與措施

調適目標	調適措施
降低氣候變遷衝擊，促進土地利用合理分配	將環境敏感地觀念落實在國土保育區的劃設與管理。
	建立以調適為目的之土地使用管理相關配套機制。
	提升都市地區之土地防洪管理效能與調適能力
	檢討既有空間規劃在調適氣候變遷之缺失與不足。
	推動綜合流域治理，降低氣候風險。
	提升排水設施之功能(增加都市排水性能)
	強化防洪能力
	增加桃園綠化面積
	保護山坡地。

資料來源：桃園市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 27 能源供給及產業調適目標與措施

調適目標	調適措施
1. 提升能源產業氣候風險辨識能力與推動調適策略 2. 完善製造業氣候風險管理 3. 提升中小企業之氣候風險意識及機會辨識能力	提供產業因應能源及產業氣候變遷衝擊之支援。
	掌握氣候變遷衝擊所帶來的新產品及服務。
	落實淨零排放目標。
	增加用電彈性。
	增加電力調度韌性，減少災害發生。
	研究綠能。
	強化資源循環，減少資源使用。
	減少能源耗損。

資料來源：桃園市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 28 農業生產及生物多樣性調適目標與措施

調適目標	調適措施
1. 增進生態系統因應氣候變遷之服務量能 2. 提升農業氣候風險管理能力 3. 發掘氣候變遷下多元農產業機會	依風險程度建構糧食安全體系。
	建立多目標與永續優質之林業經營調適模式，並推動綠色造林。
	減緩人為擾動造成生物多樣性流失的速度。
	強化農業對抗氣候變遷能力。

資料來源：桃園市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 29 健康調適目標與措施

調適目標	調適措施
1. 確保氣候變遷下之環境品質 2. 強化氣候變遷下之緊急醫療、防疫系統及勞工健康保護 3. 提升民眾調適能力	增進環境與健康相關部分之績效與分工。
	強化氣候變遷教育與災後防疫知能。
	減少災後疫情產生。

資料來源：桃園市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

五、新竹市氣候變遷調適執行方案

表 30 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1 防救災整備	1-1 提升關鍵維生	1-1-1-1 數位韌性通訊系統

調適目標	調適策略	調適措施
	基礎設施對氣候變遷衝擊因應能力	1-1-1-2 道路、橋樑衝擊評估工作
		1-1-1-3 維生管線衝擊評估
		1-1-1-4 檢視易淹水區位建築規範
		1-1-1-5 降低受災區域災損及致災時間
2 強化排水設施功能	2-1 提升現有排水設施功能	1-2-1-1 雨水下水道建置
		1-2-1-2 雨水下水道清淤排障
		1-2-1-3 加強市管排水系統檢查與維護工作
	2-2 敏感區位設施評估	1-2-2-1 淹水敏感區位設備檢視
3 強化運輸系統氣候衝擊迴避能力	3-1 衝擊迴避	1-3-1-1 運輸系統氣候衝擊迴避計畫
4 降低運輸系統脆弱度	4-1 降低脆弱度	1-4-1-1 運輸系統氣候風險偵測

資料來源：新竹市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 31 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.提升水資源回收量	1-1 強化水資源回收相關建設、技術與規範	2-1-1-1 建築物雨水貯留及再利用推廣計畫
		2-1-1-2 觀光景點、公園貯水及再利用計畫
		2-1-1-3 公共下水道建設強化計畫
	1-2 推廣民生實施水資源回收再利用	2-1-2-1 全民友善用水計畫
		2-1-2-2 水資中心再生水使用提升計畫
2.強化排水設施功能	2-1 提升現有排水設施功能	2-2-1-1 新竹市海水淡化廠計畫
		新竹市再生水供水計畫
3.提高產業水資源利用效率及降低用水需求	3-1 推動低耗水產業	2-3-1-1 產業節水輔導計畫
4.水體環境監測及水系整體管理	4-1 健全水權管理	2-4-1-1 河川及水權管理計畫
	4-2 水系整體規劃	2-4-2-1 市管區域排水及整體水系規劃
		2-4-2-3 飲用水管理
		2-4-2-2 水系範圍環境影響評估

調適目標	調適策略	調適措施
5.需水端水資源環境教育及用水效率	5-1 推廣節水措施及節約用水觀念	2-5-1-1 新竹市所屬機關、學校、公有地節約用水實施計畫
		2-5-1-2 民眾自主節水推廣計畫

資料來源：新竹市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 32 土地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.強化新竹市土地調適能力	1-1 都市計畫通盤檢討	3-1-1-1 氣候型都市計畫
	1-2 強化城市開發區域保水及透水相關管制規定及措施	3-1-2-1 城市保水及綠覆提升計畫
	1-3 環境敏感區調適	3-1-3-1 環境敏感區調適計畫
	1-4 非都市土地管制	3-1-4-1 落實非都市土地管制
	1-5 水土保持	3-1-5-1 水土保持計畫
2.降低城市熱島效應	2-1 綠建築/材	3-2-1-1 綠建築/材推廣計畫
	2-2 建築節能	3-2-2-1 建築節能改善計畫
	2-3 增加城市藍綠帶空間	3-2-3-1 空氣品質淨化區
		3-2-3-2 公園、道路、建築及水域綠化
		3-2-3-3 社區及校園綠美化

資料來源：新竹市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 33 海岸及海洋調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.提升海岸區域氣候變遷調適能力	1-1 強化海岸生物保護及復育	4-1-1-1 沿海濕地物種保育計畫
	1-2 海岸防護整合規劃	4-1-2-1 海岸防護計畫
	1-3 友善利用海岸地區土地	4-1-3-1 強化海岸地區土地利用與管制
2.提升沿海產業、聚落調適能力	2-1 健全沿海產業及聚落調適能力	4-2-1-1 沿海聚落調適能力建構計畫

資料來源：新竹市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 34 能源供給及產業調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.產業氣候變遷調適能力建構	1-1 產業氣候變遷教育訓練及發展	5-1-1-1 產業氣候變遷教育訓練及輔導發展計畫
2.強化產業、民生設施及能源韌性	2-1 能源及產業氣候韌性提升計畫	5-2-1-1 能源及產業氣候韌性提升計畫

資料來源：新竹市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 35 農業生產及生物多樣性調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.友善農業經營與管理	1-1 輔導農業經營	6-1-1-1 永續耕作推廣計畫
2.維護農業生產資源與環境	2-1 調適管理與維護	6-2-1-1 農地及生產環境維護與管理
		6-2-1-2 漁業資源及生產環境維護與管理
3.提升農漁業防救災能力	3-1 提升農漁業防救災能力	6-3-1-1 農漁業防災韌性提升計畫
4.維持生物多樣性	4-1 生物多樣性調查、復育及環境教育	6-4-1-1 生物多樣性調查與復育計畫

資料來源：新竹市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 36 健康調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.確保氣候變遷下環境品質	1-1.推動因應氣候變遷之環境長期監測、風險辨識及污染控管	7-1-1-1 化學物質環境流布調查及災害應變
		7-1-1-2 空氣品質分析及規劃調適作為
	1-2.辨識氣候變遷情境下之環保設施風險與調適規劃	7-1-2-1 掩埋場功能性及安全防護提升工作
		7-1-2-2 焚化廠調適行動
2.增進弱勢族群調適能力	2-1.增進老年人口、慢性病患者對極端溫度適應力	7-2-1-1 弱勢族群調適能力提升計畫
3.提升市民健康對氣候衝擊應對能力	3-1.防災/疫演練及整備	7-3-1-1 因應氣候變遷防災/疫整備計畫
		7-3-1-2 醫療及長照機構整備與管理
		7-3-1-3 強化災後疫情控制

調適目標	調適策略	調適措施
4.健康宣導與關懷	4-1.熱/寒危害預防	7-4-1-1 預防熱/寒危害衛教宣導
	4-2.年長者關懷	7-4-1-2 雇主及勞工預防職場熱危害
	4-3.環境衛教	7-4-2-1 年長者參與健康調適活動
5.降低都市熱島效應及環境污染	5-1.推廣綠色運輸	7-4-3-1 落實環境衛教及管理機制
		7-5-1-1 新竹市智慧及人本交通推廣工作

資料來源：新竹市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 37 能力建構調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.推動災害風險管理機制	1-1. 災害防救之計畫納入未來氣候風險評估及導入 AI 防災科技	8-1-1-1 研擬氣候變遷災害影響分析，並納入地區災害防救計畫
		8-1-1-2 智慧防汛推廣計畫及導入 AI 應用科技
2.城市規劃納入氣候變遷衝擊考量	2-1. 依新竹市脆弱度評估調整施政方向納入城市規劃及區域開發考量	8-2-1-1 城鄉發展氣候變遷調適能力建構工作
	2-2. 藝文場域規劃納入氣候變遷情境以應對衝擊	8-2-2-1 老屋保存氣候變遷調適能力建構工作
		8-2-2-2 藝文場館氣候變遷調適能力建構工作
	2-3. 提升文化資產面對氣候風險因應能力	8-2-3-1 歷史與文化資產維護發展計畫
	2-4 公有市場規劃納入氣候變遷情境應對氣候衝擊及降低建築能耗	8-2-4-1 公有市場改善計畫
3.強化氣候變遷環境教育推廣、教育、研究及宣導等工作	3-1. 氣候變遷教育推廣	8-3-1-1 推動學校氣候變遷教育
	3-2.培育綠領人才	8-3-2-1 綠領人才培育推動計畫
	3-3. 提升及推廣社區氣候變遷調	8-3-3-1 推動因地制宜及以社區為本之調適作為

調適目標	調適策略	調適措施
	適認知及能力	
	3-4. 文化資產因應氣候變遷能力建構	8-3-4-1 文化資產環境監測及維護行動
	3-5. 推動市府所屬單位政府進行氣候變遷相關研究及發展工作	8-3-5-1 新竹市政府氣候變遷自行研究發展推動計畫
	3-6. 強化政府民間、企業、團體等因應氣候變遷參與及合作	8-3-6-1 新竹市智慧城市場域驗證服務合作計畫

資料來源：新竹市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

六、新竹縣氣候變遷調適執行方案

表 38 土地利用調適策略與措施

調適策略	調適措施
強化新竹縣土地調適能力	考量氣候變遷災害風險之土地使用規劃
	辦理都市計畫區通盤檢討，納入考量氣候變遷災害風險變化
	都市更新發展計畫及新建築導入防災規劃
	山區觀光產業開發管理
都市總合治水	新竹縣推動水環境改善納入氣候變遷調適作為
	縣管河川及區域排水系統改善規劃優先考量淹水災害風險區域
	針對淹水災害風險區域檢討長期雨水下水道系統建設及改善規劃

資料來源：新竹縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 38 農業生產及生物多樣性調適策略與措施

調適策略	調適措施
維護農業生產資源與環境	農地及生產環境維護與管理
	漁業資源及生產環境維護與管理

調適策略	調適措施
推動韌性農業	推廣及輔導農林漁畜種植抗逆境品種作物及調適能力
	強化農作物因應氣候變遷衝擊之調適設施
建構新竹縣生態網絡	氣候變遷衝擊物種及自然生態系統之生物多樣性調查與復育

資料來源：新竹縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 39 健康調適策略與措施

調適策略	調適措施
防災/防疫演練及整備	推動防疫演練與災前撤離機制
	因應氣候變遷衝擊之防疫物資整備
	加強氣候變遷相關傳染病防治及相關衛教工作
熱/寒危害預防	透過多元管道辦理預防熱/寒危害衛教宣導
	雇主及勞工預防職場熱危害
弱勢族群關懷	針對易受氣候變遷影響之弱勢族群提供關懷物資或服務
	年長者參與健康調適活動

資料來源：新竹縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 40 能力建構調適策略與措施

調適策略	調適措施
應用災害風險評估工具	科學工具評估災害風險
強化氣候風險與調適識能	強化原住民族因應氣候變遷災害之風險溝通
	氣候變遷調適與風險認知教育宣導
強化氣候風險管理與導入新技術	氣候型災害防救計畫
	智慧防汛網推廣建置計畫
	辦理雨水下水道水位智慧監控

調適策略	調適措施
	提升山坡地水土保持維護與管理技術
強化氣候災害預警及應變量能	氣候變遷相關災害應變及防救演練
	車行地下道淹水預防（警）
	水資中心強降雨災害應變及演練
	農業災害預警及救助

資料來源：新竹縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 41 維生基礎設施調適策略與措施

調適策略	調適措施
提升維生基礎設施承災韌性	山區道路之災害預警及防護
	評估老舊危險橋梁因應氣候風險增加之耐受力
	督導公用事業（自來水、電力、通訊、天然氣）防災準備及災後復建效率
	公有掩埋場邊坡穩定性監測

資料來源：新竹縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 42 水資源調適策略與措施

調適策略	調適措施
強化本縣用水韌性	辦理抗旱應變措施
	監督縣管工業區用水回收
	耗水產業因應未來極端降雨氣候型態，推動節水與水回收措施

資料來源：新竹縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 43 能源供給及產業調適策略與措施

調適策略	調適措施
協助產業建構調適能力	產業因應氣候變遷衝擊及調適能力之教育訓練及宣導

資料來源：新竹縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

七、苗栗縣氣候變遷調適執行方案

表 44 農業生產及生物多樣性調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1. 增進生態系統	1. 打造堅實農業	1-1-1-1 因應氣候變遷之農地資源空間

調適目標	調適策略	調適措施
因應氣候變遷之服務量能	生產基礎	調適策略研析
		1-1-1-2 強化管理農業水資源-埤塘維護及農塘備援設施改善
	2. 強化自然生態系統調適	1-1-2-1 國土生態綠色網絡熱點調適-瀕危物種 棲地保育
		1-1-2-2 國土生態綠色網絡熱點調適-獎勵輔導 造林計畫
		1-1-2-3 全國水環境改善計畫
		1-1-2-4 濕地生態系加強管理(重要濕地)
		1-1-2-5 臺灣海域生態守護計畫
	3. 精進因應氣候變遷之災害預警及應變體系	1-1-3-1 植物有害生物監測及預警機制調適
	4. 降低氣候財務風險，保障農營收入	1-1-4-1 強化農業天然災害救助
		1-1-4-2 農業保險精進開發及推展
2.發展氣候變遷下多元農產業樣態	1.升級韌性農業經營模式	1-2-1-1 建構完整農糧產銷體系-建構完整雜糧產銷體系
		1-2-1-2 建構完整農糧產銷體系-綠色環境給付 計畫細部實施計畫
		1-2-1-3 改善養殖區生產環境
	2.研發氣候變遷相關策略、品種、技術	1-2-2-1 氣候智能化農業計畫
		1-2-2-2 農業產銷調節服務能力之提升
		1-2-2-3 抗逆境品種選育能量擴展

資料來源：苗栗縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 45 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1. 確保供水穩定，促進民生產業永續發展	1.開源/考量未來氣候情境開發多元水源，維持各區供水無虞	2-1-1-1 公共污水處理廠再生水推動計畫
2. 強化供水韌性，有效應對極端枯旱氣候	1.調度及備援 / 發生乾旱現象或緊急缺水危機時，	2-2-1-1 擴大新竹科學園區竹南基地暨周邊地區特定區-園專區高架水塔及配水池設施新建工程

調適目標	調適策略	調適措施
	可增加廠商用水安全及民生用水之穩定性	
3. 完善供水環境，致力邁向水源循環永續	1.管理/推動細緻經理與分散式管理措施，維繫水源質優量足	2-3-1-1 下水道清淤
		2-3-1-2 飲用水水質安全管理計畫
		2-3-1-3 環境水體水質監測
		2-3-1-4 全國水環境清淨河面計畫

資料來源：苗栗縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 46 土地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1. 降低氣候變遷衝擊，促進國土利用合理配置	1.建構風險評估基礎	3-1-1-1 辦理農地脆弱度評估，指認調適熱點區位
	2.因應極端降雨趨勢，城鄉地區導入多元調適策略	3-1-2-1 落實都市計畫土地使用有關防洪、排水及滯洪等檢討
		3-1-2-2 縣市管河川及域排水整體改善計畫-苗栗縣縣管河川裡溪規劃檢討
		3-1-2-3 縣市河川及區域排水整體改善計畫-縣管河川及區域水疏濬清淤工程
	3.提升水資源儲蓄能力，降低乾旱衝擊	3-1-3-1 公污水處理廠再生水動計畫
	4.因應極端高溫趨勢，提升建成環境調適能力	3-1-4-1 城鎮風貌及創生環境營造計畫
	5.強化自然生態系統調適，保育濕地生態環境	3-1-5-1 國濕地保育實施計畫

資料來源：苗栗縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 47 健康調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.確保氣候變遷下之環境品質	1. 推動因應氣候變遷之環境長期監測、風險辨識污染控管	4-1-1-1 空氣品質分析及規劃調適作為
		4-1-1-2 空氣品質監測、環境水體水質監測
		4-1-1-3 化學物質環境流布背景調查計

調適目標	調適策略	調適措施
		畫
		4-1-1-4 掩埋督導查核及功能性評估
		4-1-1-5 焚化廠營運調適輔導計畫
2.研析氣候變遷下有害生物衍生環境影響及調適規劃	1.管理 /推動細緻經理與分散式管理措施，維繫水源質優量足	4-2-1-1 病媒蚊變遷與推估
		4-2-1-2 戶外公共環境登革熱孳生源清除計畫
		4-2-1-3 急性傳染病流行風險監控與管理計畫
3.強化氣候變遷下之緊急醫療、防疫系統及勞工健康保護	1. 加強熱疾病危害預防措施之監督檢查與宣導	4-3-1-1 加強高氣溫戶外作業監督檢查及危害預防宣導
	2. 強化緊急醫療應變能力	4-3-2-1 建構敏捷韌性醫療照護體系計畫
	3. 擴大疾病評估資料庫之匯併	4-3-3-1 疾病監測調查業務及傳染病監測系統維護
4.提升民眾調適能力	建置極端溫度的預警及調適識能機制。	4-4-1-1 低溫及年節時期加強關懷弱勢民眾專案計畫暨高溫關懷服務
	2. 透過多元管道宣導 高溫熱傷害及低溫寒流防治的重要性。	4-4-1-2 提升民眾因應極端溫度自我警覺及保護力

資料來源：苗栗縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 48 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.強化維生基礎設施建設能力	1.整合國土防洪治水韌性調適能力	5-1-1-1 韌性防災措施計畫
2.提升維生基礎設施因應氣候變遷之調適能力	1.提升運輸系統耐受力/回復力	5-2-1-1 更新及升級邊坡安全監測系統
		5-2-1-2 省道改善計畫-公路防避災改善
		5-2-1-3 苗栗縣西湖鄉龍壽橋改建工程

資料來源：苗栗縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 49 能力建構調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.落實具整體及綜效性作為，提升國家因應氣候變遷基礎能力，強化民眾、事業及團體的參與合作，使各易受氣候變遷衝擊領域藉此減少衝擊，將綜合成效最大化。	1.氣候變遷科學及衝擊調適研究發展、落實氣候風險辨識與評估	6-1-1-1 歷史與文化資產維護發展計畫-文化資產提升韌性減災與跨域協力守護計畫
		6-1-1-2 落實氣候變遷科學資訊及跨域氣候服務-古物監測巡查及管理計畫
	2.強化氣候變遷調適全民教育、人才培育及公民意識提升	6-1-2-1 推動學校氣候變遷教育
		6-1-2-3 氣候變遷教育推廣
		6-1-2-4 天然災害復健暨工程施工查核行政管理計畫
		6-1-2-5 宜居部落建設計畫-112 年苗栗縣部落永續建設藍圖規畫（部落安全防減災類）
	3.推動氣候變遷新興產業及調適衍生商品及商機	6-1-3-1 前瞻基礎建設計畫－城鄉建設－推動原住民族多元產業發展 2.0 計畫
	4.推動因地制宜及以社區為本之地方調適作為	6-1-4-1 苗栗縣氣候變遷減緩及調適工作推動計畫
		6-1-4-2 苗栗縣推動低碳永續家園執行計畫
	5.強化脆弱群體調適能力	6-1-5-1 苗栗縣「強韌臺灣大規模風災震災整備與協作計畫」

資料來源：苗栗縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 50 能源供給及產業調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.提升能源產業氣候風險辨識能力與推動調適策略	1.風險辨識與調適推動	7-1-1-1 建構能源業氣候變遷調適管理机制及推動-辦理再生能源發電設備認定與查核
		7-1-1-2 建構能源業氣候變遷調適管理机制及推動-風力發電計畫
2.完善製造業氣候風險管理	1.強化製造部門氣候變遷調適教育、宣導及人才培育	7-2-1-1 推動製造部門氣候變遷調適相關教育、訓練及宣導

資料來源：苗栗縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 51 海岸及海洋調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.提升海岸災害及海洋變遷監測 及預警	1.強化海洋環境監測及生物保育	8-1-1-1 海洋環境整體管理及維護等計畫
		8-1-1-2 苗栗縣各漁港浮木、漂流物緊急清除工作

資料來源：苗栗縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

八、臺中市氣候變遷調適執行方案

表 52 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
降低氣候變遷衝擊，促進國土利用合理配置	強化公共工程應變能力	提升維生基礎設施能力
強化維生基礎設施建設能力	強化公共工程應變能力	提升維生基礎設施能力
	整合國土防洪治水韌性調適能力	落實國土防洪治水韌性之整合作業指引
	強化運輸系統調適能力	提升運輸系統耐受力/回復力
強化運輸系統調適能力	強化運輸系統調適能力	提升運輸系統耐受力/回復力
提升維生基礎設施因應氣候變遷之調適能力	強化運輸系統調適能力	提升運輸系統耐受力/回復力

資料來源：臺中市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 53 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
完善供水環境，致力邁向水源循環永續	管理	推動細緻經理與分散式管理措施，維繫水源質優量足
確保供水穩定，促進民生產業永續發展	開源	考量未來氣候情境開發多元水源，維持各區供水無虞
強化供水韌性，有效應對極端枯旱	備援	分析未來枯旱風險建置備援系統，及時供應常態運用

調適目標	調適策略	調適措施
氣候		

資料來源：臺中市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 54 土地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
降低氣候變遷衝擊，促進國土利用合理配置	因應極端高溫趨勢，提升建成環境調適能力	推廣綠建築標章
		掌握臺中市熱島效應變遷情形及熱點嚴重地區。
		研提臺中市熱島效應之策略規劃、行動方案、都市計畫地區空間改善構想與指導、相關法令機制檢討改善建議。
		鼓勵公園綠化，調適都市微氣候
	強化自然生態	保育生態環境
	強化自然生態系統調適	保育濕地生態環境
		加強造林減少土地裸露，優化森林環境韌性
	因應極端降雨趨勢，城鄉地區導入多元調適策略	加強流域承洪韌性，並整合環境及生態改善
		推動鄉村地區整體規劃納入以自然為本的調適策略
		落實都市計畫土地使用有關防洪、排水及滯洪等檢討
		推動雨水下水道建設結合都市總合治水策略
	提升水資源儲蓄能力，降低乾旱衝擊	對應優先調適地區之供水系統，規劃建置水資源回收中心及再生水廠

資料來源：臺中市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 55 能源供給及產業調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
提升中小企業之氣候風險意識及機會辨識能力	強化中小企業氣候變遷調適教育、宣導及人才培育	推動中小企業氣候變遷調適相關教育、訓練及宣導
		辦理營運管理標準課程，協助中小企業建立氣候變遷調適所需的緊急應變與

調適目標	調適策略	調適措施
		業務持續及恢復能力
提升能源產業氣候風險辨識能力與推動調適策略	調適能力建構	推動多元再生能源，以減少對傳統火力發電的依賴
完善製造業氣候風險管理	推動產業創新	提升製造部門資源使用

資料來源：臺中市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 56 農業生產及生物多樣性調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
發掘氣候變遷下多元農產業機會	研發氣候變遷相關策略、風險評估、品種及技術	強化農林漁畜之調適技術、策略開發暨風險評估，選育抗逆境品種
增進生態系統因應氣候變遷之服務量能	強化自然生態系統調適	監測管理保護區域，加速維護生物多樣性
		確保農業生產及維護生物多樣性
提升農業氣候風險管理能力	降低氣候財務風險，保障農營收入	強化極端氣候事件災害救助體系

資料來源：臺中市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 57 海岸及海洋調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
提升海岸災害及海洋變遷監測及預警	強化測預警機制	全面長期進行系統化海域基礎調查，海洋大數據建置與應用
建構適宜預防設施或機制，降低海岸災害	強化海岸調適能力	以自然為本(NBS)作法維繫海岸動態平衡

資料來源：臺中市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 58 健康調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
確保氣候變遷下之環境品質	推動因應氣候變遷之環境長期監測、風險辨識及污染控管	辦理因應氣候變遷相關之環境品質長期監測、評估與調適規劃

調適目標	調適策略	調適措施
提升民眾調適能力	建立極端溫度的預警及調適識能機制	依不同預警值啟動脆弱族群關懷服務及協助民眾面對極端溫度之調適能力建構
強化氣候變遷下之緊急醫療、防疫系統及勞工健康保護	強化緊急醫療應變能力	辦理災害緊急醫療應變教育訓練與演練
	加強熱疾病危害預防措施之監督檢查與宣導	加強高溫戶外作業監督檢查及危害預防宣導

資料來源：臺中市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

九、彰化縣氣候變遷調適執行方案

表 59 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
提升災害應變能力，維持災害發生期間功能穩定	增加救災與應變復原能力，降低氣候災害損失	彰化縣消防局 113 年加強水域救援細部執行計畫
	規劃災前準備與預防措施，擴充災防通報量能，減輕災害影響	彰化縣備災管理計畫
		移動式抽水機操作保養
		水情監測系統
		教育宣導及土石流防災避難演練
		充實救護裝備及購置救護耗材，以健全本縣到院前救護服務品質
強化維生基礎設施韌性，提升維生基礎設施對長期氣候變遷影響之抗性與設備持久性	規劃災前準備與預防措施，擴充災防通報量能，減輕災害影響	落實治山防洪整治維護工作
	加強堤防與排水、集水設施，減少淹水影響	縣市管河川及區域排水整體改善計畫
		區域排水維護工程
		縣市管河川及區域排水整體改善計畫-下水道及其他排水
		彰化縣自主防災訓練管理執行計畫委託專業服務
		前瞻基礎建設計畫-水環境建設-縣市管河川及區域排水整體改善計畫-防洪綜

調適目標	調適策略	調適措施
		合治理工程工作計畫-鹿港鎮洛津國小操場設置地下停車場兼蓄洪池工程
		洋仔厝堤岸道路第二標南北岸工程
		大埔截水溝堤岸拓寬工程
	落實維生基礎設施維修養護	彰化縣號誌新設及改善工程
	加強交通設施設備氣候抗性，提升交通建設氣候韌性設計	彰化縣號誌維護及維修工程
		113 年度道路養護計畫
		縣內橋梁工程定期檢測維護及補強
		道路巡查修補、搶險修工程與災害防救工作
		113 年度彰化縣道路清潔、排水溝清淤及植栽種植等工作
		未來縣內各項公共建設新建工程(東彰道路北段新闢工程、東彰道路南延段新闢及溪州榮光路至二水民生路段拓寬工程)

資料來源：彰化縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 60 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
推動產業與民生節水與再利用，並強化對乾旱的應對能力	推動節水措施與地下水資源管理，減少水資源浪費	彰化縣水井處置執行計畫
	加強水資源管理與再利用，強化澇儲旱調的水資源調度能力	河川水質監測與污染減量
		飲用水管理
		建立緊急用水供水多元管道，增加災害防救韌性
擴充多元水源與用水方式，並透過產業技術更新，減少水資源浪費	支持多元水資源開發，提升供水能力	循環水設施補助計畫
		污水下水道建設計畫
		水資源回收中心代操作營
		回收水再利用推廣
		用戶接管戶數

調適目標	調適策略	調適措施
	導入與推廣低耗水技術，推動產業能力更新	鼓勵低耗水產業進駐，降低高耗水工業開發

資料來源：彰化縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 61 農業生產及生物多樣性調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
智慧科技的導入與輔導升級方式，減低農牧生產於氣候災害的損失	投入發展與氣候變遷調適與減緩相關新興技術產業	畜牧業資源化管控相關
		彰化縣畜牧業綜合管理計畫
		河川水質監測
		建構彰化縣畜牧糞尿多元利用資源化共同處理中心
		列管畜牧業稽查及資源化輔導
		輔導畜牧場提出「沼液沼渣農地肥分使用計畫書」
		建構區域性農產冷鏈物流中心
	禽畜養殖場與養殖模式改善升級	家禽生產輔導
		養殖漁業輔導及養殖生產區行政管理
	導入智慧農業，加強農業產量	加速智慧農業設施升級轉型
建立高經濟價值作物雲端智慧系統		
以法規為管制手段，輔導畜牧業導入智慧農業環控軟硬體設施		
強化農牧漁業對於氣候變化的衝擊，增加產業對於氣候災害的抗性	禽畜養殖場與養殖模式改善升級	養豬生產輔導
	改變耕作方式，增加作物多性，分散災害風險	農作物植保及安全用藥業務
	輔導與推廣耐病蟲害、耐旱、耐澇、耐鹽作物	稻米生產輔導
		提高苗木培育生產量
	強化氣候災害應變能力，減少災害影響	彰化縣消防局 113 年初、中級救護技術員複訓計畫
		彰化縣消防局 113 年消防人員常年訓練實施計畫
		建立優質之緊急醫療救護體系計畫

調適目標	調適策略	調適措施
	完備醫療與社會照護網路，協助弱勢族群減少氣候災害衝擊	彰化縣備災管理計畫
		辦理低收入戶住宅設施設備改善補助
		辦理本縣遊民高低溫加強關懷措施
		彰化縣政府獨居老人關懷訪視及電話問安服務業務
		社區照顧關懷據點-關懷訪視及電話問安服務業務
		居家安全及事故傷害防制

資料來源：彰化縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 62 土地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
推動具有氣候韌性之綠建築，強化都市氣候韌性	推行綠建築與建築能效標準	113 年度「綠建築設計查核業務及推動綠建築宣導計畫」委託專業服務案
		辦理綠建築宣導活動
		辦理綠建築技術講習會議
		未來縣內各項興建工程，例如：彰化縣鹿港鎮鹿東國民小學第二校設校區新建工程
	推動都市綠化，強化保水與防災能力	彰化縣陽光綠地營造計畫
		彰化縣環境景觀總顧問執行計畫
平衡都市發展與產業發展，因應氣候災害調整土地利用方式	續辦都市與非都市土地利用通盤檢討，強化都市土地利用氣候韌性	國土規劃與土地使用回應氣候變遷調適
		完備都市計畫通盤檢討，擴大與更新都市計畫區內容
		透過都市計畫通盤檢討或土地使用分區管制要點增列有關透水、保水或逕流總量管制規定
		維持優良農地適地適種，強化農地資源之有效利用

資料來源：彰化縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 63 海岸及海洋調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
強化海岸與環境	推動海洋保護	獎勵休漁計畫

調適目標	調適策略	調適措施
監測能量，保護海岸與海洋資源		世界海洋日活動
		環境永續業務
		環境教育活動
	加強海岸與環境監測，建置預警量能	海岸業務
		海域水質監測
		海漂（底）垃圾清除活動
建立具有災害韌性的設備設施，降低氣候災害衝擊	濕地與重要棲地保護與妥善利用，提升自然災害調適能力	資源保育管理相關業務

資料來源：彰化縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 64 能源供給及產業調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
維持能源供給穩定與產業需求	推動微型電網發展，穩定能源供給	養殖漁業登記、容許及漁電共生
	強化能源產業認知增加電網與供給穩定性	輔導能源業者氣候風險辨識
		能源業者教育訓練
引導產業發展適應未來氣候變遷狀態	產業轉型導入綠色產業，減少能源消耗	輔導企業汰換高耗能設備。
		鼓勵中小企業加裝再生能源發電設施。
		提升中小企業對碳關稅及碳盤查作法認知。
		協助業者對接經濟部疫後別預算。
		輔導企業調整經營與生產模式，扶植綠色企業
		加強宣導使用綠色產品，加強再生能源多元應用

資料來源：彰化縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

十、南投縣氣候變遷調適執行方案

表 65 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.確保供水穩定，促進民生產業永	1.開源	考量未來氣候情境開發多元水源，維持各區供水無虞

調適目標	調適策略	調適措施
續發展		
2.完善供水環境，致力邁向水源循環永續	1.管理	推動細緻經理與分散式管理措施，維繫水源質優量足

資料來源：南投縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 66 農業生產及生物多樣性調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.增進生態系統因應氣候變遷之服務量能	1.打造堅實農業生產基礎	1.增強農業生態系統資源調適規劃
	2.強化自然生態系統調適	2.強化管理農業水資源
2.提升農業氣候風險管理能力	1.精進因應氣候變遷之災害預警及應變體系	1.監測管理保護區域，加速維護生物多樣性
		1.建構因應氣候事件農業災害預警及應變體系

資料來源：南投縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 67 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.強化維生基礎設施建設能力	1.整合國土防洪治水韌性調適能力	1.落實國土防洪治水韌性之整合作業指引
2.提升維生基礎設施因應氣候變遷之調適能力	1.強化運輸系統調適能力	1.提升運輸系統耐受力/回復力
		2.增進運輸系統決策支援力

資料來源：南投縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 68 土地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.降低氣候變遷衝擊，促進國土利用合理配置	1.因應極端降雨趨勢，城鄉地區導入多元調適策略	1.推動雨水下水道建設結合都市總合治水策略
	2.因應極端高溫趨勢，提升建成環境調適能力	1.推廣綠建築標章

資料來源：南投縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 69 源供給及產業調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.建構綠能環境	1.推動再生能源設備設置	1.提升太陽光電裝置容量

資料來源：南投縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 70 健康調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.確保氣候變遷下之環境品質	1.推動因應氣候變遷之環境長期監測、風險辨識及污染控管	1.辦理因應氣候變遷相關之環境品質長期監測、評估與調適規劃
	2.研析氣候變遷下有害生物衍生環境影響及調適規劃	1.推估氣候變遷對病媒蚊分布及遷移之影響，辨識調適缺口
2.強化氣候變遷下之緊急醫療、防疫系統及勞工健康保護	1.加強熱疾病危害預防措施之監督檢查與宣導	1.辦理宣導會
3.提升民眾調適能力	1.高低溫關懷	1.短期入住旅館

資料來源：南投縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 71 能力建構調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
1.落實具整體及綜效性作為，提升國家因應氣候變遷基礎能力，強化民眾、事業及團體的參與合作，使各易受氣候變遷衝擊領域藉此減少衝擊，將綜合成效最大化。	1.落實氣候變遷科研及風險辨識評估	1.強化氣候變遷科學與調適知識研究
	2.強化氣候變遷全民教育、人才培育及公民意識提升	1.氣候變遷教育推廣
	3.推動因地制宜及以社區為本之地方調適作為	1.推動地氣候變遷調適執行方案

資料來源：南投縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

十一、雲林縣氣候變遷調適執行方案

表 72 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
強化維生基礎設施建設能力	整合地方防洪治水韌性調適能力	雲林縣 113 年水災智慧防災計畫-韌性防災措施監視(測)設備採購
		雲林縣雨水下水道即時水情監測系統建置計畫
提升維生基礎設施因應氣候變遷之調適能力	強化運輸系統調適能力	113~114 年度雲林縣轄內橋梁安全檢測評估及委託設計監造服務案
		提升道路品質建設計畫(2.0 市區道路)計畫
		提升道路品質建設計畫(公路系統)

資料來源：雲林縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 73 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
確保供水穩定，促進民生產業永續發展	開發水源	推動麥寮海水淡化廠
		雲林縣北港地區污水下水道系統工程－水資源回收中心新建工程
		產業節水：113 年產業效率用水提升輔導計畫
	落實節流	產業節水：雲林科技工業區放流水循環再利用
		農業節水：節水(耐旱性)作物加碼補助計畫
		旱災災害防救業務計畫
完善供水環境，致力邁向水源循環永續	水源保護與管理	集集攔河堰、湖山水庫聯合調度
		雲林縣地下水資源管理及地下水情勢系統開發計畫
		113 年度雲林縣水污染源稽查管制暨申報許可資料管理計畫
		113 年度土壤及地下水污染調查及查證工作計畫
		砂樁工法於新虎尾溪地下水補注之應用

資料來源：雲林縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 74 地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
降低氣候變遷衝擊，促進土地利用合理配置	建構風險評估基礎	113 年度「執行國土計畫之農地資源空間規劃」計畫
	因應極端降雨趨勢，城鄉地區導入多元調適策略	年度農村再生執行計畫-淹水防災整備地方扎根
		農村治理及防災計畫
		早期農水路更新改善計畫
	因應極端高溫趨勢，提升建成環境調適能力	推動綠建築宣導計畫
		綠建築審查及抽查計畫

資料來源：雲林縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 75 海岸及海洋調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
提升海岸災害及海洋變遷之監測及預警	強化海洋環境監測及生物保育	113 年雲林縣污染防治潔淨海洋計畫
	保護海岸生物棲地與海洋資源	戶外教育與海洋教育計畫

資料來源：雲林縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 76 能源供給及產業調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
完善產業氣候風險管理	推動產業創新	地方產業創新研發推動計畫(地方型 SBIR)
	強化產業氣候變遷調適能力	雲林縣產業淨零轉型輔導計畫(含雲林淨零轉型整合服務窗口)
	強化產業氣候變遷調適教育、宣導及人才培育	公民電廠建置輔導說明會

資料來源：雲林縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 77 農業生產及生物多樣性調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
增進生態系統因應氣候變遷之服務量能	打造堅實農業生產基礎	優良農地整合加值利用計畫
	強化自然生態系統調適	國土生態保育綠色網絡建置計畫

調適目標	調適策略	調適措施
提升農業氣候風險管理能力	精進因應氣候變遷之災害預警及應變體系	雲林數位農業行動平台優化及維運
		推動地方政府疫病蟲害主動調查制度計畫
	精進農業保險體系	農產業保險業務計畫(農產業保險)
		農民職業災害保險
		農民健康保險
發掘氣候變遷下多元農產業機會	升級韌性農業經營模式	綠色環境給付計畫
	厚植氣候智能農業調適科技	加強高溫戶外作業監督檢查及危害預防宣導
		113 年雲林縣政府創生智庫暨智慧農業輔導計畫
		113 年雲林縣政府智慧農業創新事業補助計畫
		雲林縣農產品產能提升及冷鏈物流品質確保示範體系計畫
		智能防災設施型農業計畫
		疫後增進畜牧業經濟韌性協助措施-禽舍改建升級計畫
		雲林縣溫網室設施及相關設備補助計畫

資料來源：雲林縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 78 健康調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
確保氣候變遷下環境品質	有害生物衍生環境影響及調適規劃	登革熱等蟲媒傳染病防治計畫
	空氣品質維護及監測	113 年度雲林縣空氣品質維護管理計畫
		113 年度雲林縣機車機車稽查管制暨排氣檢驗站管理計畫、113 年度雲林縣柴油車排煙檢測暨空氣品質維護區管制計畫(劃設空氣品質維護區)
強化氣候變遷下之緊急醫療、防疫系統及健康保護	加強熱疾病危害預防措施之監督檢查與宣導	推動中小企業工作環境輔導改善計畫

調適目標	調適策略	調適措施
	脆弱族群關懷服務及協助	雲林縣機構老人獨立倡導關懷方案
		遊民高低溫關懷機制
		低溫及年節時期加強關懷弱勢民眾專案計畫
		雲林縣獨居長者及弱勢家戶防寒、防餓雙 B 計畫 (Better-Food & Better-Housing)
		雲林縣社區照顧關懷據點補助計畫
提升大眾調適能力	多元管道宣導極端溫度之傷害防治	氣候變遷衛教宣導計畫
	強化緊急醫療應變能力	雲林縣地區災害防救計畫
		雲林縣老人福利機構權益及公共安全提升計畫

資料來源：雲林縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 79 能力建構調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
提升因應氣候變遷的基礎能力，促進全民教育與社區參與，強化跨部門協作，減少氣候變遷的衝擊	推動調適相關法規政策轉型	訂定雲林縣淨零排放促進自治條例
		建置 ESG 媒合平台
	強化氣候變遷全民教育、人才培育及公民意識提升	113 年度雲林縣推動低碳永續家園計畫
		113 年雲林縣淨零綠生活宣傳推廣計畫
		環境教育行動方案
		113 年環境教育輔導小組計畫
	推動因地制宜及以社區為本之地方調適作為	雲林縣參詳審議及參與式預算計畫
		112 年雲林縣地區災害防救計畫/114 年雲林縣地區災害防救計畫
		雲林縣水災智慧防災計畫-韌性防災措施防災社區推動計畫委託服務案
		文化資產保存修復及管理維護計畫

資料來源：雲林縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

十二、嘉義市氣候變遷調適執行方案

維生基礎設施領域

調適目標：

1. 強化維生基礎設施建設能力。
2. 提升維生基礎設施因應氣候變遷之調適能力。

表 80 維生基礎設施調適策略與措施

調適策略	調適措施
整合國土防洪治水韌性調適能力	落實國土防洪治水韌性之整合作業指引。
強化公共工程應變能力	督導辦理公共工程防汛整備作業。
強化運輸系統調適能力	強化運輸系統預警應變力。
	提升運輸系統耐受力/回復力。
	增進運輸系統決策支援力。

資料來源：嘉義市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

水資源領域

調適目標：

1. 確保供水穩定，促進民生產業永續發展。
2. 強化供水韌性，有效應對極端枯旱氣候。
3. 完善供水環境，致力邁向水源循環永續。

策略與措施：

1. 開源：考量未來氣候情境開發多元水源，維持各區供水無虞。
2. 節流：因應乾旱衝擊精進落實節水作為，減輕水源開發負擔。
3. 調度：評估水源供需潛能佈設聯通管線，提升整體調度能力。
4. 備援：分析未來枯旱風險建置備援系統，及時供應常態運用。
5. 管理：推動細緻經營與分散式管理措施，維繫水源質優量足。(嘉義市政府，2024)

土地利用領域

調適目標：降低氣候變遷衝擊，促進國土利用合理配置。

表 81 土地利用調適策略與措施

調適策略	調適措施
建構風險評估基礎	辦理國土計畫氣候變遷風險評估分析，指認高風險地區。
	辦理農地脆弱度評估分析，指認調適熱點區位。
因應極端降雨趨勢，城鄉地區導入多元調適策略	推動鄉村地區整體規劃納入以自然為本的調適策略。
	落實都市計畫土地使用有關防洪、排水及滯洪等檢討。
	鼓勵都市更新案件之基地保水相關設計。
	推動低衝擊開發規劃應用。
	推動建築物及社區智慧雨水貯集調控系統。
	加強流域承洪韌性，並整合環境及生態改善。
提升水資源儲蓄能力，降低乾旱衝擊	推動雨水下水道建設結合都市總合治水策略。
	對應高風險地區之供水系統，規劃建置水資源回收中心及再生水廠。
因應極端高溫趨勢，提升建成環境調適能力	落實建築節約能源設計及法制規範。
	推廣綠建築標章。
	鼓勵公園綠化，調適都市微氣候。
	辦理都市熱島及都市風廊之應用性研究。
強化自然生態系統調適	保育國家公園生態環境。
	保育濕地生態環境。
因應部門計畫強化氣候變遷調適能力需求，檢討國土空間規劃或土地使用管制	考量農地脆弱度評估成果，辦理鄉村地區整體規劃（跨領域：農業生產及生物多樣性領域）。
	配合開發多元水源需求，辦理土地使用分區檢討變更（跨領域：水資源領域）。

資料來源：嘉義市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

能源供給及產業領域

調適目標：

1. 提升能源產業氣候風險辨識能力與推動調適策略。
2. 完善製造業氣候風險管理。
3. 提升中小企業之氣候風險意識及機會辨識能力。

表 82 能源供給及產業調適策略與措施

調適策略	調適措施
能力調適建構	建立調適管理機制。
風險辨識與調適推動	精進氣候變遷風險評估工具。
	建置氣候變遷調適策略規劃工具。
建構製造部門氣候變遷調適能力	推動製造業氣候變遷調適暨 TCFD 示範專案
強化製造部門氣候變遷調適教育、宣導及人才培育	推動製造部門氣候變遷調適相關教育、訓練及宣導。
	推動製造部門氣候變遷調適推廣服務。
推動產業創新	提升製造部門資源使用效率或技術發展
強化中小企業氣候變遷調適教育、宣導及人才培育	辦理營運續管理標準課程，協助中小企業建立氣候變遷調適所需的緊急應變與業務持續即恢復能力

資料來源：嘉義市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

農業生產及生物多樣性領域

調適目標：

1. 增進生態系統因應氣候變遷之服務量能。
2. 提升農業氣候風險管理能力。
3. 發掘氣候變遷下多元農產業機會。

表 83 農業生產及生物多樣性調適策略與措施

調適策略	調適措施
打造堅實農業生產基礎	增強農業生態系統資源調適規劃
	強化管理農業水資源
強化自然生態系統調適	監測管理保護區域，加速維護生物多樣性
	加強種原保存
穩定極端氣候事件下之農業生產供	強化氣候脆弱品項之生產及倉貯監測管理

調適策略	調適措施
應	
精進因應氣候變遷之災害預警及應變體系	推播農業氣象預測及宣導調適資訊應用
	建構因應氣候事件農業災害預警及應變體系
降低氣候財務風險，保障農營收入	強化極端氣候事件災害救助體系
	精進農業保險體系
發掘兼具調適與減碳之新興農產業服務、策略規劃與機制	發掘氣候相關之新興農產業服務機會
升級韌性農業經營模式	調整農業經營模式，穩定氣候變遷下品質與供應
研發氣候變遷相關策略、風險評估、品種及技術	厚植氣候智能農業調適科技
	強化農林漁畜之調適技術、策略開發暨風險評估，選育抗逆境品種

資料來源：嘉義市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

健康領域

調適目標：

1. 確保氣候變遷下之環境品質
2. 強化氣候變遷下之緊急醫療、防疫系統及勞工健康保護
3. 提升民眾調適能力

表 84 農業生產及生物多樣性調適策略與措施

調適策略	調適措施
推動因應氣候變遷之環境長期監測、風險辨識及污染控管	辦理因應氣候變遷相關之環境品質長期監測、評估與調適規劃
	辨識氣候變遷情境下之環保設施風險與調適規劃
研析氣候變遷下有害生物衍生環境影響及調適規劃	推估氣候變遷對病媒蚊分布及遷移之影響，辨識調適缺口
加強熱疾病危害預防措施之監督檢查與宣導	加強高溫戶外作業監督檢查及危害預防宣導
擴大疾病評估資料庫之匯併，與及早預警	匯併疾病資料庫建立登革熱風險警示功能
強化緊急醫療應變能力	辦理災害緊急醫療應變教育訓練與演練
建置極端溫度的預警及調適識能機	依不同預警值啟動脆弱族群關懷服務及協

調適策略	調適措施
制	助民眾面對極端溫度之調適能力建構
透過多元管道宣導高溫熱傷害及低溫寒流防治的重要性	依據中央氣象局氣象預報資料，結合健康相關資訊，對應分眾衛教資訊提醒，讓民眾及早因應。

資料來源：嘉義市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

十三、嘉義縣氣候變遷調適執行方案

表 85 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
確保供水穩定，促進民生產業永續發展	開源	推動公共污水處理廠再生水 嘉義縣海水淡化廠工程
	節流	建置水資源智慧管理及創新節水技術
強化供水韌性，有效應對極端枯旱氣候	調度	備援調度幹管工程
	備援	中央管流域整體改善與調適
完善供水環境，致力邁向水源循環永續	管理	加強水庫集水區保育治理計畫
		地下水保育管理暨地層下陷防治第 3 期計畫
		飲用水水質安全管理計畫
		環境水體水質監測

資料來源：嘉義縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 86 土地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
降低氣候變遷衝擊，促進國土利用合理配置	建構風險評估基礎	因應氣候變遷之農地資源空間調適策略研析
	因應極端降雨趨勢，城鄉地區導入多元調適策略	運用都市計畫審議權責，落實都市計畫土地使用有關防洪、排水及滯洪等檢討
		鼓勵都市更新案件之基地保水相關設計
		中央管流域整體改善與調適計畫
		縣市管河川及區域排水整體改善計畫
		都市總合治水建設計畫
	提升水資源儲蓄	污水下水道第六期建設計畫

調適目標	調適策略	調適措施
	能力，降低乾旱衝擊	公共污水處理廠再生水推動計畫
	因應極端高溫趨勢，提升建成環境調適能力	落實建築節約能源設計及法制規範
		公有智慧綠建築實施方針
		公園綠地整體景觀改造示範計畫
	強化自然生態系統調適	國家濕地保育實施計畫
	因應部門計畫強化氣候變遷調適能力需求，檢討國土空間規劃或土地使用管制	「因應氣候變遷之農地資源空間調適策略研析」納入鄉村地區整體規劃參考 「公共污水處理廠再生水推動計畫」配套辦理土地使用檢討變更

資料來源：嘉義縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 87 健康調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
確保氣候變遷下之環境品質	推動因應氣候變遷之環境長期監測、風險辨識及污染控管	空氣品質分析及規劃調適作為
		環境水體水質監測
		掩埋場督導查核及功能性評估
	研析氣候變遷下有害生物衍生環境影響及調適規劃	戶外公共環境登革熱孳生源清除
		急性傳染病流行風險監控與管理
		環境用藥綠色技術研發及安全使用
強化氣候變遷下之緊急醫療、防疫系統及勞工健康保護	加強熱疾病危害預防措施之監督檢查與宣導	加強高氣溫戶外作業監督檢查及危害預防宣導
	強化緊急醫療應變能力	建構敏捷韌性醫療照護體系
	擴大疾病評估資料庫之匯併	疾病監測調查業務及傳染病監測系統維護
提升民眾調適能力	建置極端溫度的預警及調適識能機制	依不同預警值啟動脆弱族群關懷服務及協助民眾面對極端溫度之調適能力建構
	透過多元管道宣導高溫熱傷害及低溫寒流防治的	依據中央氣象局氣象預報資料，結合健康相關資訊，對應分眾衛教資訊提醒，讓民眾及早因應。

調適目標	調適策略	調適措施
	重要性	

資料來源：嘉義縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 88 能力建構調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
落實具整體及綜效性作為，提升國家因應氣候變遷基礎能力，強化民眾、事業及團體的參與合作，使各易受氣候變遷衝擊領域藉此減少衝擊，將綜合成效最大化。	氣候變遷因應法調適相關條文及其他調適相關法規政策之轉型推動	氣候變遷調適相關法規及制度研議規劃
	氣候變遷科學及衝擊調適研究發展、落實氣候風險辨識與評估	文化資產微型氣象站管理維運計畫
		歷史與文化資產維護發展計畫-文化資產提升韌性減災與跨域協力守護計畫
		考古遺址監管巡查系統
		古物監測巡查及管理計畫
	強化氣候變遷調適全民教育、人才培育及公民意識提升	推動學校氣候變遷教育
		我國氣候變遷素養與資料庫建置計畫
		天然災害復健暨工程施工查核行政管理計畫
	建立跨領域與層級之氣候變遷調適治理及協商機制，提升區域調適量能	原住民聚落安居作業勞務採購案
		氣候變遷風險評估專案合作協議
	推動因地制宜及以社區為本之地方調適作為	推動氣候變遷調適計畫
		多功能智慧型雨水花園之氣候變遷調適韌性效益提升及推廣
	強化脆弱群體調適能力	強化易受氣候變遷衝擊影響群體之調適能力

資料來源：嘉義縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 89 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
強化維生基礎設施建設能力	整合國土防洪治水韌性調適能力	落實國土防洪治水韌性工作

調適目標	調適策略	調適措施
	強化公共工程應變能力	加強公共工程防汛整備工作
提升維生基礎設施因應氣候變遷調適能力	強化運輸系統調適能力	觀光船舶災害防救措施(東石漁人碼頭)

資料來源：嘉義縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 90 海岸及海洋調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
提升海岸災害及海洋變遷監測及預警	強化監測預警機制	智慧海象環境災防服務－科技創新
		海域基礎調查與海洋大數據建置
	強化海洋環境監測及生物保育	臺灣海域生態守護

資料來源：嘉義縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 91 能源供給及產業調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
完善製造業氣候風險管理	推動產業創新	產業用水效能提升
提升中小企業之氣候風險意識及機會辨識能力	強化中小企業氣候變遷調適教育、宣導及人才培育	中小企業氣候變遷調適教育宣導

資料來源：嘉義縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 92 能源供給及產業調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
增進生態系統因應氣候變遷之服務量能	打造堅實農業生產基礎	因應氣候變遷之農地資源空間調適策略研析
		農田水利設施調適
	強化自然生態系統調適	崩落地植生復育
		全國水環境改善計畫
		濕地生態系加強管理（重要濕地）
		漁業與養殖資源之調查與管理
		臺灣海域生態守護計畫
提升農業氣候風險	穩定極端氣候事件下之農業生產	重要糧食穩定供應監測與調配

調適目標	調適策略	調適措施
險管理能力	供應	
	精進因應氣候變遷之災害預警及應變體系	農業氣象推播應用 植物有害生物監測及預警機制調適
	降低氣候財務風險，保障農營收入	強化農業天然災害救助
發展氣候變遷下多元農產業樣態	升級韌性農業經營模式	改善養殖區生產環境
	研發氣候變遷相關策略、品種、技術	氣候智能化農業計畫

資料來源：嘉義縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

十四、臺南市氣候變遷調適執行方案

表 93 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
強化排水及下水道系統因應氣候變遷之調適能力	整合都市防洪治水韌性調適能力	落實防洪治水及區域排水整體改善計畫
		推動智慧防汛系統及改善工程
		臺南市雨水下水道即時水情監測系統建置計畫
		推動雨水下水道建設結合都市總合治水策略
提升公共設施因應氣候變遷之調適能力	強化道路橋樑韌性調適能力	辦理道路橋梁拓修整建改善及緊急應變工程
		辦理市內非重劃區既有農水路改善
提升維生管線調適能力	建置維生管線調適平台	維生管線韌性提升調適平台

資料來源：臺南市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 94 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
確保供水穩定，促進民生產業永續發展	開發多元水資源	公共污水處理廠放流水回收再利用推動計畫
		辦理污水管線緊急搶修及用戶接管維護
確保供水穩定，促	落實節水作為	臺南市政府及所屬機關學校用電用水效

調適目標	調適策略	調適措施
進民生產業永續發展		率管理計畫
		辦理工業區節水宣導
		農林漁牧業水資源回收再利用
	強化水資源因應氣候變遷備援管理	抗旱水井備援
完善供水環境，致力邁向水源循環永續	強化水源涵養功能及供水品質	治山防災野溪治理
		落實地下水保育及水資源永續利用政策

資料來源：臺南市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 95 土地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
降低氣候變遷衝擊，促進土地利用合理配置	檢討空間規劃或土地使用管制	辦理臺南市國土功能分區圖繪製作業及後續管制事項
		農地資源空間規劃
		鄉村地區整體規劃
	因應極端降雨趨勢，導入基地保水設施	建物雨水貯留
	因應極端高溫趨勢，提升都市環境調適能力	美麗新家園空地綠美化
		綠社區培力計畫、好望角專案計畫
		開發區綠美化

資料來源：臺南市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 96 能力建構調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
提升因應氣候變遷基礎能力，強化公私協力參與合作，減少氣候變遷衝擊程度	推動調適相關法規政策轉型	訂定本市淨零永續城市管理自治條例
	推動企業氣候風險資訊揭露	推廣企業揭露氣候治理資訊
	落實氣候變遷科研及風險辨識評估	國家重要濕地保育計畫
		臺南市氣候變遷調適推動計畫
	強化氣候變遷全民教育、人才培育	辦理民安演習或災害防救演習及推廣
		辦理地層下陷防治宣導

調適目標	調適策略	調適措施
	及公民意識提升	推廣民眾下載使用「台南水情即時通APP」
		環境教育推廣計畫
	推動因地制宜及以社區為本之地方調適作為	強韌臺灣大規模風災震災整備與協作計畫-推動韌性社區
		加強大樓防災防水措施規範與宣導
	強化有形文化資產之氣候變遷調適能力	有形文化資產保存維護計畫

資料來源：臺南市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

十五、高雄市氣候變遷調適執行方案

表 97 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
強化維生基礎設施建設管理及安全	強化工程應變能力	高雄市水利建造物檢查
	化工程管線應變能力	弱電共同管道建置計畫
		112-113 年高雄市空氣品質維護綜合管理計畫

資料來源：高雄市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 98 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
確保供水穩定	推動多元供水	高雄市橋頭再生水廠興建移轉營運案
		高雄市楠梓再生水廠興建移轉營運案
		「民間參與高雄市臨海污水處理廠放流水回收再利用 BTO 計畫」、「促進民間參與高雄市鳳山溪污水處理廠放流水回收再利用 BTO 計畫」
	落實節水作為	推動產業園區限水因應，節水輔導計畫
保護供水環境品質	水環境污染控制管理	河川志工巡守環境計畫
		違法水井處置執行計畫
		高雄市水環境巡守隊經營暨溼地維護教育宣導計畫
		高雄市轄區內即時水質監測系統維護計

調適目標	調適策略	調適措施
		畫
		高雄市水質感測器合辦應用計畫
		112 年度高雄市飲用水暨水源水質綜合管理計畫 113 年度高雄市飲用水源綜合管理計畫

資料來源：高雄市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 99 海岸及海洋調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
強化海岸調適能力	海岸侵蝕控制	高雄市二級海岸防護計畫
提升海洋變遷監測與災害應變	海洋災害防治	辦理海洋污染防治演練工作及緊急應變計畫 (高雄市推動活力海洋計畫)

資料來源：高雄市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 100 土地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
促進土地利用合理配置，提升國土韌性	土地利用與風險評估	高雄市國土計畫（因應氣候變遷調適土地使用規劃原則）
		國土及都市計畫審議業務
	落實都市計畫防洪、排水及滯洪檢討	辦理本市都市計畫通盤檢討
		檢討高雄市都市設計審議原則
	強化基地保水	納入規範新設平面式路外公共停車場應設 10%以上透水鋪面(修正 4-1 條)
	河川及區域排水改善	排水興建工程
		推動區域排水改善計畫
		高屏流域疏濬作業
		建置抽水站工程(潭子底抽水站工程)
		大社區中里排水溫鼓埤滯洪池治理工程
		筆秀排水整治(1 期、2 期)
		高雄市所轄重點區域道路及原縣道側溝委外清疏及調查
	都市綜合治水策略	中小排水及道路側溝(聯通管)工程
		雨水下水道檢討規劃及興建改善計畫

調適目標	調適策略	調適措施
	都市降溫	推動高雄厝計畫
		公園設計導入高雄公園景觀設計美學
		空品淨化區業務計畫
		都市設計規定綠覆率達 75%以上
		高雄市社區營造實施計畫
	生態保育	林園人工濕地及半屏湖濕地生態監測及環境教育推廣計畫
		援中港濕地經營管理暨民眾參與計畫

資料來源：高雄市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 101 能源供給及產業調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
強化產業氣候風險管理	提升產業資源使用效率	辦理產業多元水源利用、用水計畫比例提高宣導
		推動事業廢棄物資源循環整合
	建構產業氣候變遷調適能力	113 年氣候變遷減緩及調適工作推動計畫
強化能源使用氣候風險管理	建構低碳能源落實能源轉型	高雄市再生能源推廣宣傳活動
		113 年高雄市漁電共生專案計畫委託服務案
		高雄創能光電計畫

資料來源：高雄市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 102 農業生產及生物多樣性調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
提升農業氣候風險應變管理	AI 智慧應用	透過 AI 減輕農情、勘災、病蟲害等數據精準分析
	強化農業管理	推動智能防災設施型農業計畫補助
強化自然生態系統維護	加強林地管理與維護	獎勵輔導造林計畫
		原住民保留地禁伐補償及獎勵造林計畫
	生態保育	配合中央辦理本市保護區及自然地景經營管理計畫
		高雄市山坡地水土保持計畫
增進漁業氣候調	降低農漁業氣候	辦理養殖漁業災害保險與管理

調適目標	調適策略	調適措施
適韌性	財務風險	農產業保險補助計畫
		「辦理農業天然災害救助」計畫

資料來源：高雄市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 103 健康調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
建構醫療、防疫系統氣候韌性	登革熱及其他病媒傳染防治	重要蚊媒傳染病全方位防治工作計畫
		登革熱防治宣導
		消除登革熱病媒蚊孳生源
	強化緊急醫療應變能力	智慧緊急醫療管理系統 「高雄市緊急醫療資訊整合中心」設置計畫
加強環境監測、降低健康風險	環境品質監測評估	高雄市固定污染源連續自動監測設施系統(CEMS)管理計畫
		高雄市精進空品感測器物聯網發展計畫
		空氣品質監測站操作及功能維護計畫
		113 年度高雄市公有廢棄物掩埋場操作營運管理巡檢計畫
降低民眾健康氣候風險	加強熱疾病危害預防	112 年度勞動監督檢查計畫
	建置極端溫度預警及調適機制	低溫及年節時期加強關懷弱勢民眾專案計畫暨高溫關懷服務

資料來源：高雄市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 104 能力建構調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
完善產業氣候風險管理	強化產業氣候變遷調適教育	112-113 年度淨零學院運作計畫 113-114 年度淨零學院運作計畫
提升本府機關氣候調適治理能力	建立科學基礎提升風險評估能力	112-113 年度高雄市氣候變遷調適推動平台建置計畫

資料來源：高雄市氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

十六、屏東縣氣候變遷調適執行方案

表 105 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適措施
提升運輸系統氣候衝擊耐受力	原住民部落特色道路改善計畫
提升維生基礎設施調適能力	屏東縣微電網應用推廣計畫

資料來源：屏東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 106 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適措施
完善供水環境，落實水資源永續	辦理飲用水檢驗項目查驗工作
	土壤及地下水污染調查及查證工作計畫
	大潮州人工湖補水計畫
	伏流水開發計畫

資料來源：屏東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 107 土地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適措施
完善原住民部落居住環境，減少極端天氣衝擊	宜居部落建設計畫
	原住民族住宅改善計畫
提升都市鄉鎮房舍建築品質，因應氣候變遷影響	辦理中低收入老人修繕住屋補助
改善都市道路排水系統，降低淹水風險	辦理屏東縣市區排水及雨水下水道興建、疏濬清淤工程
	配合本縣重大施政建設計畫，持續辦理都市計畫相關業務
	執行專案計畫
增加都市鄉鎮綠化面積，調節微氣候	持續辦理「都市設計」相關業務工作
	辦理本縣客庄創生環境營造計畫
強化河川、排水系統清淤，提升區域排水功能	縣管河川、縣管排水維護及縣管排水改善工程
	辦理屏東縣水利建造物檢查計畫
	辦理水門、抽水站及抽水機操作維護管理
	辦理野溪整治及維護工程
提升水資源儲蓄能力，降低乾旱衝擊	辦理屏東縣污水下水道興建工程

調適目標	調適措施
	辦理屏東縣污水處理廠運轉操作及既設污水下水道維護
	充實農業設備
	充實設備
降低氣候變遷衝擊，促進國土利用合理配置	配合本縣重大施政建設計畫，持續辦理都市計畫相關業務
	持續辦理「都市設計」相關業務工作
	辦理非都市土地違規使用管制之查處

資料來源：屏東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 108 海岸及海洋調適目標、策略與措施

調適目標	調適措施
提升海洋環境監測與應變量能	海洋污染防治： (一)污染防治潔淨海洋計畫 (二)推動漁船海上作業廢棄物回收計畫

資料來源：屏東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 109 能源供給及產業調適目標、策略與措施

調適目標	調適措施
提升能源及產業氣候風險辨識能力與推動氣候行動策略	屏東縣綠能專案推動計畫
完善產業氣候風險管理	再生能源及節能推廣等業務

資料來源：屏東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 110 農業生產及生物多樣性調適目標、策略與措施

調適目標	調適措施
維護生態系統因應氣候變遷量能	野生動物保育及捕蜂捉蛇
提升農、漁業風險管理能力	辦理 112 年農地重劃區緊急農水路改善工程
	畜產經營推廣與輔導
	漁業管理
提升農、漁產業氣候變遷韌性	加強農業設施－充實農業設備
	農業管理與輔導業務－農會業務輔導

資料來源：屏東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 111 健康調適目標、策略與措施

調適目標	調適措施
提升氣候變遷下之緊急醫療、防疫系統及勞工健康保護等量能	辦理學生健康服務，加強學校飲用水衛生
	環境衛生維護管理
	急性傳染病防治
	登革熱防治
	環境災害緊急應變準備計畫
	河川水質監測計畫
	緊急醫療網
	山地離島地區緊急醫療業務
	辦理職業安全衛生業務
強化地方及民眾調適能力	營造多元部落文化照顧環境
	建置部落老人及文化健康照顧平台
	從培能至賦能，增加部落老人自我文化照顧能力
	布建三大綜合式住宿長照機構
	小規模多機能
	辦理緊急救援系統及愛心手環(鍊)服務
	社區照顧關懷據點
	居家失能個案家庭醫師照護方案
確保氣候變遷下之環境品質及應變	毒性及關注化學物質運作管理
	固定污染源管制及空品不良期間應變計畫

資料來源：屏東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 112 能力建構調適目標、策略與措施

調適目標	調適措施
提升全民氣候變遷意識	各項政令宣導
強化氣候變遷衝擊災害韌性	加強防救天然災害疏散撤離通報
	防災企劃業務
	屏東縣原住民族土地古道遺址、生態及環境調查維護計畫
	防災企劃業務

調適目標	調適措施
提升氣候衝擊災害復原量能	環境災害緊急應變準備計畫
落實氣候變遷分析及風險辨識	屏東縣氣候變遷減緩及調適工作暨低碳永續家園建構推動計畫
保護歷史文化資產	古蹟、歷史建築管理

資料來源：屏東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

十七、宜蘭縣氣候變遷調適執行方案

表 113 維生基礎設施調適目標與措施

調適目標	調適措施
整合國土防洪治水韌性調適能力	縣內中央管河川、縣管河川及野溪等疏濬作業
	辦理五結防潮閘門改善工程
	辦理砂仔港 2 號抽水站新建工程
	瑪崙橋改建工程
提升維生基礎設施因應氣候變遷之調適能力	宜蘭縣長隧道救援救護整合中心
	宜蘭縣地區災害防救計畫
	部落安全防(減)災機能建設計畫
	原住民部落特色道路改善計畫

資料來源：宜蘭縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 114 水資源調適目標與措施

調適目標	調適措施
完善供水環境，致力邁向水源循環永續	宜蘭縣雨水下水道即時水情監測系統建置計畫
	飲用水管理重點稽查管制計畫
	水污染源管制、水體環境改善與土壤及地下水污染調查及查證工作計畫

資料來源：宜蘭縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 115 土地利用調適目標與措施

調適目標	調適措施
降低氣候變遷衝擊，促進國土利用合理配置	因應氣候變遷之國土空間規劃策略研析
	推動鄉村地區整體規劃強化氣候變遷調適計畫

調適目標	調適措施
	輔導及鼓勵重建建築物採綠建築或智慧建築設計
	宜蘭縣國土計畫
	大羅東地區治水防災區段徵收案
	宜蘭縣非都市土地申請用地變更興辦事業計畫設置雨水貯集滯洪池、生活雜排水二次淨化設施設計及審查
	蘇澳地區水資源回收中心第一期工程
	研擬蘭陽溪口重要濕地(國家級)保育利用計畫第一次檢討(草案)
	研擬無尾港重要濕地(國家級)保育利用計畫第一次檢討(草案)
	流域綜合治理計畫縣管區排冬山河排水系統(十六份排水)規劃檢討
	風土植栽景觀指導方針

資料來源：宜蘭縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 116 海岸及海洋調適目標與措施

調適目標	調適措施
建構適宜預防設施或機制，降低海岸災害	宜蘭縣海岸宜蘭縣海岸地形監測計畫

資料來源：宜蘭縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 117 能源供給及產業調適目標與措施

調適目標	調適措施
提升能源產業氣候風險辨識能力與推動調適策略	高氣候風險地區設置防災型微電網
提升中小企業之氣候風險意識及機會辨識能力	宜蘭縣地方產業創新研發推動計畫(地方型 SBIR)

資料來源：宜蘭縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 118 農業生產及生物多樣性調適目標與措施

調適目標	調適措施
增進生態系統因應氣候變遷之服務量能	宜蘭縣重要棲地生態服務給付示範計畫
	得子口溪水文化親近營造-自淨提升暨水環境營造計畫

調適目標	調適措施
	宜蘭河五十溪及大湖溪匯流口周邊水質及環境改善工程
	111-112 年度五十二甲重要濕地(國家級)生態及水質調查計畫
	放養量調查
	未上市水產品產地監測計畫
	漁業統計
	頭城、蘇澳、東澳保育區劃設
	仁山苗圃原種種苗
提升農業氣候風險管理能力	精進因應氣候變遷之災害預警及應變體系
	強化農業資訊調查制度
	辦理農業天然災害救助計畫
	農產業保險業務計畫
發展氣遷下多元農產業樣態	推動智能防災設施型農業計畫及農糧作物生產設施與設備計畫
	青蔥健種苗繁殖生產體系計畫
	改善養殖區生產環境

資料來源：宜蘭縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 119 健康調適目標與措施

調適目標	調適措施
確保氣候變遷下之環境品質	急性傳染病流行風險監控與管理計畫
	配合中央空氣污染防制方案研訂並追蹤宜蘭縣空氣污染防制計畫執行情形
	空氣品質監測數據掌握與分析與水污染源管制及水體環境改善
	建置毒性化學物質運作量地圖資料庫
	宜蘭縣衛生掩埋場營運管理及地下水監測工作計畫
	提升一般廢棄物熱處理設施(焚化廠)之營運管理及服務績效，落實垃圾處理設施之操作營運與地方環保機關之監督管理工作，以建立環保設施新形象
	結合鄉鎮市公所、環保志(義)工進行環境

調適目標	調適措施
	清潔整頓
強化氣候變遷下之緊急醫療、防疫系統及勞工健康保護	疾病監測調查業務及傳染病監測系統維護
	預防高溫作業引發職災案件
提升民眾調適能力	強化獨居老人關懷服務

資料來源：宜蘭縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 120 能力建構調適目標與措施

調適目標	調適措施
落實具整體及綜效性作為,提升國家因應氣候變遷基礎能力,強化民眾、事業及團體的參與合作,使各易受氣候變遷衝擊領域藉此減少衝擊,將綜合成效最大化。	推動學校教師環境教育人員(經歷)認證
	辦理國民中小學氣候變遷調適環境教育
	特色環境教育『宜蘭淨好學』
	宜蘭縣淨零綠校園
	山坡地超限利用及多元化宣導
	推動土石流自主防災社區
	閱讀森林
	推動韌性社區及防災士培訓
	補助經濟弱勢原住民建購及修繕住宅計畫
	古蹟、歷史建築監管巡查及管理
	研擬宜蘭縣淨零永續城市管理自治條例
	研擬宜蘭縣氣候變遷調適執行方案

資料來源：宜蘭縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

十八、花蓮縣氣候變遷調適執行方案

表 121 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
強化維生基礎設施建設能力	整合本縣防洪治水韌性調適能力	落實花蓮防洪治水韌性之整合作業指引 區域排水及雨水下水道建設計畫
	強化公共工程應變能力	督導辦理公共工程防汛整備作業 區域排水及雨水下水道疏浚及維護
提升維生基礎設施因應氣候變遷之調適能力	強化運輸系統調適能力	強化運輸系統預警應變力 擋土設施改善工程
		強化運輸系統預警應變力 提升道路品

調適目標	調適策略	調適措施
		質工程
		強化運輸系統預警應變力 道路新建工程、彎道改善及道路安全提升工程
		強化運輸系統預警應變力 花蓮縣轄內道路橋梁災害搶檢修工程
		強化運輸系統預警應變力/193 線道路設施、巡查、坑洞修補、災害搶險修及全縣標誌標線
		提升運輸系統耐受力 回復力 花蓮縣天然災害復建及道路橋梁工程
		提升運輸系統耐受力 回復力 智慧及節能路燈建置
		提升運輸系統耐受力 回復力 道路養護
		提升運輸系統耐受力 回復力 防災道路路網調查與編號農路構造物體檢
		增進運輸系統決策支援力

資料來源：花蓮縣氣候變遷調適執行方案(草案)，113 年

表 122 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
確保供水穩定，促進民生產業永續發展	開源	考量未來氣候情境開發多元水源，維持各區供水無虞 花蓮縣污水下水道系統發展計畫
	節流	因應乾旱衝擊精進落實節水作為，減輕水源開發負擔因應乾旱衝擊精進落實節水作為，減輕水源開發負擔
強化供水韌性，有效應對極端枯旱氣候	調度	評估水源供需潛能佈設聯通管線，提升整體調度能力/花蓮水資源回收中心管線設備效能提升
	備援	分析未來枯旱風險建置備援系統，及時供應常態運用
完善供水環境，致力邁向資源循環永續	管理	推動細緻經理與分散式管理措施，維繫水源質優量足

資料來源：花蓮縣氣候變遷調適執行方案(草案)，113 年

表 123 土地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
降低氣候變遷衝擊，促進國土利用合理配置	建構風險評估基礎	辦理國土計畫氣候變遷風險評估分析，指認高風險地區
		辦理農地脆弱度評估分析，指認調適熱點區位
	因應極端降雨趨勢，城鄉地區導入多元調適策略	推動鄉村地區整體規劃納入以自然為本的調適策略
		落實都市計畫土地使用有關防洪、排水及滯洪等檢討
		鼓勵都市更新案件之基地保水相關設計
		推動低衝擊開發規劃應用 花蓮港遊憩區倉庫建築物優化整建委託規劃與設計
		推動低衝擊開發規劃應用 瞰臨城中 美崙溪畔廊帶串聯計畫
		推動低衝擊開發規劃應用 玉里鎮藝文中心場館整建再造
		推動低衝擊開發規劃應用 花蓮菸葉園區建物修復
		推動低衝擊開發規劃應用 縣定古蹟與歷史建築修復與再利用
		推動低衝擊開發規劃應用 文化資產潛力建物普查研究
		推動低衝擊開發規劃應用 文化園區再造計畫
		推動低衝擊開發規劃應用 原住民族文創產業聚落空間景觀工程
		推動建築物及社區智慧雨水貯集調控系統
		加強流域承洪韌性，並整合環境及生態改善
		推動雨水下水道建設結合都市總合治水策略/區域排水及雨水下水道建設計畫
	提升水資源儲蓄能力，降低乾旱衝擊	對應高風險地區之供水系統，規劃建置水資源回收中心及再生水廠/花蓮水資源回收中心管線設備效能提升
	因應極端高溫趨勢	落實建築節約能源設計及法制規範/文化

調適目標	調適策略	調適措施
	勢，提升建成環境調適能力	局石雕博物館升級建築節能改善計畫
		推廣綠建築標章
		鼓勵公園綠化，調適都市微氣候
		辦理都市熱島及都市風廊之應用性研究
	強化自然生態系統調適	保育國家公園生態環境
		保育濕地生態環境
	因應部門計畫強化氣候變遷調適能力需求，檢討國土空間規劃或土地使用管制	考量農地脆弱度評估成果，辦理鄉村地區整體規劃（農業生產及生物多樣性領域）
		配合開發多元水源需求，辦理土地使用分區檢討變更（水資源領域）

資料來源：花蓮縣氣候變遷調適執行方案(草案)，113 年

表 124 海岸及海洋調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
建構適宜 預防設施 或機制，降低海岸 災害強化海岸調適能力因應氣候變遷將風險分析納入海岸計畫檢討 整體海岸管理計畫通盤檢討	建構適宜 預防設施 或機制，降低海岸災害強化海岸調適能力因應氣候變遷將風險分析納入海岸計畫檢討 花蓮縣污染防治潔淨海洋計畫	建構適宜預防設施或機制，降低海岸災害強化海岸調適能力因應氣候變遷將風險分析納入海岸計畫檢討
提升海岸災害及海洋變遷監測及預警	強化監測預警機制	完善海水位監測、預警與分析
		全面長期進行系統化海域基礎調查，海洋大數據建置與應用
	強化海洋環境監測及生物保育	海洋碳匯生態系監測及復育/花蓮縣海洋保育類野生動物救援計畫 因應氣候變遷規劃、建構與管理保護區

資料來源：花蓮縣氣候變遷調適執行方案(草案)，113 年

表 125 健康調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
確保氣候變遷下之環境品質	推動因應氣候變遷之環境長期監測、風險辨識及污	辦理因應氣候變遷相關之環境品質長期監測、評估與調適規劃/空氣品質監測暨 CEMS 監督查核計畫

調適目標	調適策略	調適措施
	染控管	辦理因應氣候變遷相關之環境品質長期監測、評估與調適規劃/花蓮港環境品質監測計畫
		辦理因應氣候變遷相關之環境品質長期監測、評估與調適規劃/花蓮縣水質感測器合辦應用計畫
		辨識氣候變遷情境下之環保設施風險與調適規劃
強化氣候變遷下之緊急醫療、防疫系統及勞工健康保護	擴大疾病評估資料庫之匯併與及早預警	匯併疾病資料庫建立登革熱風險警示功能
	強化緊急醫療應變能力	辦理災害緊急醫療應變教育訓練與演練
	加強熱危害預防措施	加強熱疾病危害預防措施之監督檢查與宣導
提升民眾調適能力	建置極端溫度的預警及調適識能機制	依不同預警值啟動脆弱族群關懷服務及協助民眾面對極端溫度之調適能力建構
	透過多元管道宣導高溫熱傷害及低溫寒流防治的重要性	依據中央氣象局氣象預報資料，結合健康相關資訊，對應分眾衛教資訊提醒，讓民眾及早因應

資料來源：花蓮縣氣候變遷調適執行方案(草案)，113 年

十九、臺東縣氣候變遷調適執行方案

表 126 維生基礎設施調適策略與措施

調適策略	調適措施
強化維生基礎設施建設能力	發展洪水預報及淹水預警系統
	強化指揮派遣資通訊設備計畫
	臺東縣地區災害防救計畫

資料來源：臺東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 127 水資源調適策略與措施

調適策略	調適措施
完善供水環境，致力邁向水源循環永續	臺東縣雨水下水道即時水情監測系統建置計畫

調適策略	調適措施
	臺東縣綠島鄉及蘭嶼鄉飲用水品質監測計畫

資料來源：臺東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 128 土地利用調適策略與措施

調適策略	調適措施
建構風險評估基礎	農業及農地資源盤查
	池上鄉及卑南鄉鄉村地區整體規劃
因應極端降雨趨勢，城鄉地區導入多元調適策略	辦理雨水下水道維護工作
	辦理雨水下水道疏浚清淤維護
	辦理易淹地區雨水下水道規劃檢討
	辦理農業各項公共設施水土保持維護改善
提升水資源儲蓄能力，降低乾旱衝擊	辦理臺東市水資源回收中心回收水再利用
	辦理知本水資源回收中心回收水再利用
因應極端高溫趨勢，提升建成環境調適能力	台東縣國土綠網地質公園推動計畫
	森林公園綠地養護
強化自然生態系統調適	太平溪人工濕地及關山人工濕地操作維護管理計畫
強化氣候變遷調適能力需求，檢討國土空間規劃或土地使用管制	配合國土計畫推動農地資源空間規劃計畫

資料來源：臺東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 129 海岸及海洋調適策略與措施

調適策略	調適措施
提升海岸災害及海洋變遷監測及預警	臺東縣向海致敬計畫
	提升轄內海域、海岸水域救災能量計畫
強化海洋環境監測及生物保育	臺東縣富山漁業資源保育地區環境永續管理計畫

資料來源：臺東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 130 能源供給及產業調適策略與措施

調適策略	調適措施
建置綠能系統與分散式電網提升偏鄉	臺東縣推動綠能城市實施計畫

調適策略	調適措施
氣候變遷調適韌性	補助非公有建築物設置太陽光電發電系統實施計畫

資料來源：臺東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 131 農業生產及生物多樣性調適策略與措施

調適策略	調適措施
打造堅實農業生產基礎	強化農業資訊調查制度
	水保計畫委託施工監督及查報工作
強化自然生態系統調適	臺東縣人工濕地保育利用計畫
	新武呂溪(國家級)重要濕地推動主題性調查監測及部落生態旅遊輔導計畫
	臺東縣生物多樣性保育及入侵管理計畫
	臺東縣受保護樹木監測計畫
提升農業氣候風險管理能力	農產業保險保險費補助實施計畫
發展氣候變遷下多元農產業樣態	臺東慢食節與臺東慢食學院
	臺東智慧農情數值調查計畫
	臺東縣有機及友善農機具補助計畫
	臺東縣有機農業生產與驗證輔導計畫
	臺東縣政府綠化月工作計劃

資料來源：臺東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 132 健康調適策略與措施

調適策略	調適措施
推動因應氣候變遷之環境長期監測、風險辨識及污染控管	臺東縣空氣品質不良應變暨維護管理計畫
	臺東縣卑南溪河川揚塵防制及改善推動計畫
氣候變遷下有害生物衍生環境影響及調適	病媒蚊密度指數調查
強化緊急醫療應變能力	離島地區高級緊急救護人才培訓計畫
	提升本縣高級救護品質及災害預防效能計畫
	推動緊急醫療救護相關訓練，提升醫護人員緊急救護能力
	整合心理健康計畫

調適策略	調適措施
多元管道宣導高溫熱傷害及低溫寒流防治	獨居老人高低溫關懷

資料來源：臺東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 133 能力建構調適策略與措施

調適策略	調適措施
氣候變遷因應法調適相關條文及其他調適相關法規政策之轉型推動	研擬臺東縣氣候變遷調適執行方案
	臺東縣氣候變遷調因應推動會
強化氣候變遷調適全民教育、人才培育及公民意識提升	臺東縣水土保持戶外教學推廣及多元化宣導計畫
	強韌臺灣大規模風災震災整備與協作計畫
	臺東永續觀光產業輔導計畫
	永續方舟館展示整合行銷計畫
推動因地制宜及以社區為本之地方調適作為	臺東縣社區規劃師駐地輔導計畫-社區規劃師培力課程
	辦理社區、部落氣候變遷調適課程
	臺東縣防災韌性社區計畫
強化脆弱群體調適能力	台東社區發展深耕計畫(東岸暖陽社區身心靈產業打造計畫)
	愛資源-臺東縣實物銀行物資管理計畫
	低收入戶生活扶助發放
	原住民族經濟弱勢建構及修繕住宅補助
	辦理原住民急難救助
推動氣候變遷新興產業及調適衍生商品及商機	臺東市北町日式建築宿舍群活化與永續營運管理
	pacinanaoan 傳承部落文化的終身永續學習計畫
	再造山海部落新美學計畫

資料來源：臺東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

二十、金門縣氣候變遷調適執行方案

表 134 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
確保供水穩定，促進民生產業永續發展	節流	智慧管理落實節水
強化供水韌性，有效應對極端枯旱氣候	調度及備援	佈設聯通管線
		建置供水備援機制
完善供水環境，致力邁向水源循環永續	完善管理供水環境及品質	水源保育及管理
		水質監測及管理

資料來源：金門縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 135 健康調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
確保氣候變遷下之環境品質	環境長期監測及污染控管	環境污染監測管制
		環保設施管理
強化氣候變遷下之緊急醫療、防疫系統及健康保護	有害生物衍生環境影響防治	病媒管理與防治
	提升緊急醫療應變能力	穩健緊急救護技能
		強化緊急醫療救護
提升民眾調適能力	加強極端溫度之預警	脆弱族群預防關懷
		食物中毒稽查宣導

資料來源：金門縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 136 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
提升維生基礎設施因應氣候變遷調適能力	強化運輸系統調適能力	建立運輸系統回復力
		提升運輸系統預警及決策能力
強化維生基礎設施應變能力	穩健防汛期間應變能力	增進防洪治水整合作業
		提升防洪治水整備及應變
	提升碼頭設施防護力	港埠設施修復與新建

資料來源：金門縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 137 土地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
建構宜居環境，降低氣候變遷衝擊，提升環境調適能力	因應極端降雨趨勢，更新維護排水設施	改善流域排水能力
		推動雨水下水道監測
	提升水資源再生能力，以降低乾旱衝擊	水資源回收中心及再生水廠建置及維護
	因應極端高溫趨勢，建構環境調適能力	推廣綠建築標章
		推動綠化以調適都市微氣候

資料來源：金門縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 138 海岸及海洋調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
減少海岸災害及提升海洋變遷監測及預警	海域環境監測及分析	海水位、水質及氣象監測
	海洋生物保育及復育	棲地生態調查與維護
	提升海岸設施防護能力	海岸侵蝕防護

資料來源：金門縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 139 能源供給及產業調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
提升製造業氣候風險管理	調適能力建構	分散原料採購風險
	推動產業創新	提升資源使用效率及技術發展

資料來源：金門縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 140 農業生產及生物多樣性調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
提升農業氣候風險管理能力	加強農業建設基礎工程	農業水資源與排水系統管理
	農業災害預警及應變	疫病及蟲害防治
		強化極端氣候事件災害救助體系
發展氣候變遷下多元農產業樣態	強化農業經營模式及技術	推廣農產培育多元化
		發展智能農業科技

調適目標	調適策略	調適措施
增進生態系統因應氣候變遷之服務量能	自然生態系統調適	維護生物多樣性
		營造地區良好生態環境

資料來源：金門縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 141 能力建構調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
落實具整體及綜效性作為，提升本縣因應氣候變遷基礎能力，使各易受氣候變遷衝擊領域減少衝擊	落實氣候風險辨識與評估	推動地方氣候變遷風險分析
		災害風險評估技術發展與應用
	強化氣候變遷全民教育、人才培訓及公民意識提升	氣候變遷教育推廣
	建立跨領域與層級之調適治理與協商機制、提升區域調適量能	落實氣候變遷因應推動會之運作
	推動因地制宜及社區為本之地方調適作為	鼓勵地方參與
		文化及軍事資產維護

資料來源：金門縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

二十一、澎湖縣氣候變遷調適執行方案

表 142 水資源調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
完善供水環境，致力邁向水源循環永續	開源	考量未來氣候景開發多元水源，維持各區供水無虞
	管理	推動細緻經理與分散式管理措施，維繫水源質優量足

資料來源：澎湖縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 143 維生基礎設施調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
強化維生基礎設施建設能力	強化運輸系統調適能力	強化運輸系統預警應變力
		提升運輸系統耐受力/回復力

資料來源：澎湖縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 144 海岸及海洋調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
建構適宜預防設施或機制，降低海岸災害	建構適宜預防設施或機制，降低海岸災害	因應氣候變遷將風險分析納入海岸計畫檢討
	強化海岸調適能力	以自然為本(NbS)作法維繫海岸動態平衡

資料來源：澎湖縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 145 農業生產及生物多樣性調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
增進生態系統因氣候變遷之服務量能	強化自然生態系統調適	監測管理保護區域，加速維護生物多樣性
發掘氣候變遷下多元農產業機會	發掘兼具調適與減碳之新興農產業服務、策略規劃與機制	發掘氣候相關之新興農產業服務機會
	研發氣候變遷相關策略、風險評估、品種及技術	強化農林漁畜之調適技術、策略開發暨風險評估，選育抗逆境品種
	升級韌性農業經營模式	調整農業經營模式，穩定氣候變遷下品質與供應
提升農業氣候風險管理能力	降低氣候財務風險，保障農營收入	強化極端氣候事件災害救助體系

資料來源：澎湖縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 146 海岸及海洋調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
減少海岸災害及提升海洋變遷監測及預警	海域環境監測及分析	海水位、水質及氣象監測
	海洋生物保育及復育	棲地生態調查與維護
	提升海岸設施防護能力	海岸侵蝕防護

資料來源：澎湖縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 147 能源供給及產業調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
提升製造業氣候風險管理	調適能力建構	分散原料採購風險
	推動產業創新	提升資源使用效率及技術發展

資料來源：澎湖縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 148 土地利用調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
降低氣候變遷衝擊，促進國土利用合理配置	因應極端高溫趨勢，提升建成環境調適能力	鼓勵公園綠化，調適都市微氣候
	強化自然生態系統調適	保育溼地生態環境
	因應極端降雨趨勢，城鄉地區導入多元調適策略	鼓勵都市更新案件之基地保水相關設計 推動鄉村地區整體規劃納入以自然為本的調適策略

資料來源：澎湖縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 149 健康調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
確保氣候變遷下之環境品質	推動因應氣候變遷之環境長期監測、風險辨識及汙染控管	辦理因應氣候變遷相關之環境品質長期監測、評估與調適規劃
	擴大疾病評估資料庫之匯併，與及早預警	匯併疾病資料庫建立登革熱風險警示功能
強化氣候變遷下之緊急醫療、防疫系統及勞工健康保護	建置極端溫度的預警及調適識能機制	依不同預警值啟動脆弱族群關懷服務及協助民眾面對極端溫度之調適能力建構

資料來源：澎湖縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

表 150 能力建構調適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
落實具整體及綜效性作為，提升國家因應氣候變遷	強化氣候變遷調適全民教育、人才培育及公民意識	氣候變遷教育推廣
		氣候變遷教育推廣 (建置災防體系)
		氣候變遷教育推廣 (落實災防整備)

調適目標	調適策略	調適措施
基礎能力，強化民眾、事業及團體的參與合作，使各易受氣候變遷衝擊領域藉此減少衝擊，將綜合成效最大化	提升	氣候變遷教育推廣 (落實災防教育)
		氣候變遷教育推廣 (環境教育)
	建立跨領域與層級之氣候變遷調適治理及協商機制，提升區域調適量能	氣候變遷科研與調適橋接
	推動氣候變遷新興產業及調適衍生商品及商機	氣候變遷新興產業評估與推廣 (低碳旅遊)

資料來源：澎湖縣氣候變遷調適執行方案(初稿)，113 年

二十二、 連江縣氣候變遷調適執行方案

表 151 各領域適目標、策略與措施

調適目標	調適策略	調適措施
強化維生基礎設施建設能力	健全災害防救體制，增進救災效率，強化災害防救效能	強韌臺灣大規模風災震災整備與協作計畫
	充實消防救災、救護車輛及裝備、器材，強化救災能力	災害防救深耕第 3 期計畫，購置應變中心資訊設備系統
		建構安全化學環境四年中程計畫
加強漁港公共設施維護及維護及漁港環境清潔	執行緊急搶修及復原工程	道路改善計畫
	加強漁港公共建設維護管理，提供安全停泊空間	加強漁港公共設施維護及維護及漁港環境清潔
	113 年度連江縣客運碼頭及候船環境改善計畫。	提升船舶航行安全，保障乘客生命安全，維持臺馬間海運交通順暢
完善供水 環境，致力邁向資源循環永續	113 年智慧水表換裝工作	自來水智慧型水網推廣計畫
	950 海淡廠供水量	離島地區供水改善計畫第二期
	完成水庫設施改善	113 年湖庫設施改善工程

調適目標	調適策略	調適措施
	節流	自來水智慧型水網推廣計畫
	開源	離島地區供水改善計畫第二期
降低氣候變遷衝擊，促進國土利用合理配置	都市計畫土地合理使用	委託建築師技術審查及違建遏止研究管理計畫
	提升火化率、增進土地資源利用	獎勵私人墳墓檢骨進塔及火化補助
提升中小企業之氣候風險意識及機會辨識能力	落實能源管理，提升能源使用效益	推動節電減碳計畫
	推動節約能源，落實全民節能減碳行動	連江縣智慧政府推動計畫

資料來源：連江縣氣候變遷調適執行方案(草案)，113 年

參考文獻

1. 臺北市政府(民國 113 年/2024)。臺北市氣候變遷調適執行方案(初稿)。臺北市政府。
2. 新北市政府(民國 113 年/2024)。新北市氣候變遷調適執行方案(初稿)。新北市政府。
3. 基隆市政府(民國 113 年/2024)。基隆市氣候變遷調適執行方案(初稿)。基隆市政府。
4. 桃園市政府(民國 113 年/2024)。桃園市氣候變遷調適執行方案(初稿)。桃園市政府。
5. 新竹市政府(民國 113 年/2024)。新竹市氣候變遷調適執行方案(初稿)。新竹市政府。
6. 新竹縣政府(民國 113 年/2024)。新竹縣氣候變遷調適執行方案(初稿)。新竹縣政府。
7. 苗栗縣政府(民國 113 年/2024)。苗栗縣氣候變遷調適執行方案(初稿)。苗栗縣政府。
8. 臺中市政府(民國 113 年/2024)。臺中市氣候變遷調適執行方案(初稿)。臺中市政府。
9. 彰化縣政府(民國 113 年/2024)。彰化縣氣候變遷調適執行方案(初稿)。彰化縣政府。
10. 南投縣政府(民國 113 年/2024)。南投縣氣候變遷調適執行方案(初稿)。南投縣政府。
11. 雲林縣政府(民國 113 年/2024)。雲林縣氣候變遷調適執行方案(初稿)。雲林縣政府。
12. 嘉義市政府(民國 113 年/2024)。嘉義市氣候變遷調適執行方案(初稿)。嘉義市政府。
13. 嘉義縣政府(民國 113 年/2024)。嘉義縣氣候變遷調適執行方案(初稿)。嘉義縣政府。
14. 臺南市政府(民國 113 年/2024)。臺南市氣候變遷調適執行方案(初稿)。臺南市政府。

15. 高雄市政府(民國 113 年/2024)。高雄市氣候變遷調適執行方案(初稿)。高雄市政府。
16. 屏東縣政府(民國 113 年/2024)。屏東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)。屏東縣政府。
17. 宜蘭縣政府(民國 113 年/2024)。宜蘭縣氣候變遷調適執行方案(初稿)。宜蘭縣政府。
18. 花蓮縣政府(民國 113 年/2024)。花蓮縣氣候變遷調適執行方案(草案)。花蓮縣政府。
19. 臺東縣政府(民國 113 年/2024)。臺東縣氣候變遷調適執行方案(初稿)。臺東縣政府。
20. 金門縣政府(民國 113 年/2024)。金門縣氣候變遷調適執行方案(初稿)。金門縣政府。
21. 澎湖縣政府(民國 113 年/2024)。澎湖縣氣候變遷調適執行方案(初稿)。澎湖縣政府。
22. 連江縣政府(民國 113 年/2024)。連江縣氣候變遷調適執行方案(草案)。連江縣政府。