

NCDR 114-T23

氣候變遷風險評估與調適操作方法 及科研案例

Climate Change Risk Assessment and Adaptation Methods with
Research Case Studies



國家災害防救科技中心

National Science and Technology Center
for Disaster Reduction

國家災害防救科技中心

中華民國 115 年 01 月

NCDR 114-T23

氣候變遷風險評估與調適操作方法 及科研案例

Climate Change Risk Assessment and Adaptation Methods with
Research Case Studies

紀佳法、黃亞雯、朱芳儀、林祺恒
曾宏偉、童裕翔、李欣輯、陳永明



行政法人

國家災害防救科技中心

National Science and Technology Center
for Disaster Reduction

國家災害防救科技中心

中華民國 115 年 01 月

中文摘要

我國環境部於 114 年 7 月 16 日正式公布施行《氣候變遷風險評估作業準則》，該準則主要以國科會「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」(TCCIP)發展之氣候變遷調適架構操作方法學作為條文研擬基礎。作業準則公布施行後，第四期中央易受氣候變遷衝擊領域調適行動方案與地方調適執行方案將首度依循此操作規範進行方案內容研擬。國家災害防救科技中心(NCDR)(以下簡稱災防科技中心)與 TCCIP 為協助計畫中各關鍵衝擊領域及各界有關調適實務推動夥伴，得以順利接軌氣候風險評估及調適規劃之操作方法與規範，特別出版本報告對應《氣候變遷風險評估作業準則》，說明「氣候變遷調適架構」之操作概念與案例。本案例報告內容包含氣候變遷風險評估及調適之相關基礎觀念、氣候變遷風險評估至調適規劃過程之操作步驟說明、說明 TCCIP 坡地領域大漢溪子集水區風險評估與調適案例、氣候變遷風險因子界定及調適知能建構活動之操作、未來精進之規劃方向等。NCDR 與 TCCIP 團隊於本報告出版後，將持續致力推進更多元的實務示範案例，以期能提供更全面性的應用方法。

關鍵字：氣候變遷風險評估作業準則、氣候變遷調適架構、調適行動方案、地方調適執行方案、風險因子界定及調適知能建構

ABSTRACT

The Ministry of Environment officially announced the ‘Operational Guidelines for Climate Change Risk Assessment (OGCCRA)’ on July 16, 2025. The OGCCRA is based on the Climate Change Adaptation Framework and methodology developed under the Taiwan Climate Change Projection and Adaptation Knowledge Platform Project (TCCIP) project. Following OGCCRA release, the fourth phase of Central Climate Change Adaptation Action Plans and Local Adaptation Implementation Plans will be developed in accordance with the OGCCRA for the first time. The National Science and Technology Center for Disaster Reduction (NCDR) and TCCIP released this report to support key impact sectors and partners in climate adaptation efforts. The report explains the operational concepts and cases of the Climate Change Adaptation Framework, aligned with the OGCCRA. This case report includes basic concepts of climate change risk assessment and adaptation, step-by-step procedures from risk assessment to adaptation planning, a case introduction for the Dahan River sub-watershed, activities for definition of climate risk factors and adaptation knowledge-building, as well as future work planning. After publication, the NCDR and TCCIP will continue to promote diverse practical cases to provide more comprehensive application methods.

Keywords: Operational Guidelines for Climate Change Risk Assessment, Climate Change Adaptation Framework, Central Climate Change Adaptation Action Plans, Local Adaptation Implementation Plans, definition of climate risk factors and adaptation knowledge-building

目錄

第一章 緒論	1
1.1 案例報告出版目的	1
1.2 案例報告章節編排	2
第二章 關鍵基礎觀念	3
2.1 基本專有名詞	3
2.2 IPCC 之氣候變遷風險組成概念	6
2.3 氣候危害和非氣候因子	7
2.4 氣候變遷直接風險、單一系統風險及多重風險	10
2.5 調適應用情境	14
2.6 氣候變遷調適指標系統	19
2.6.1 氣候變遷風險評估指標	22
2.6.2 調適推動過程與進展指標類型	24
2.7 調適差距	25
2.8 小結	28
第三章 TCCIP 氣候變遷調適架構	29
3.1 界定範疇	30
3.1.1 「界定範疇」目的.....	30
3.1.2 「界定範疇」預期產出成果	31

3.1.3 「界定範疇」操作要點	31
3.2 氣候變遷風險評估	41
3.2.1 盤點可掌握資源.....	41
3.2.2 直接風險.....	44
3.2.3 風險評估目的.....	44
3.2.4 風險評估預期產出成果	46
3.2.5 風險評估操作關鍵重點	46
3.2.6 氣候危害因子之危害度	46
3.2.7 物理環境脆弱度.....	49
3.2.8 暴露度.....	51
3.2.9 現況及未來直接風險分析	52
3.3 未來氣候風險評估	54
3.3.1 調適應用情境.....	55
3.3.2 直接風險評估危害及衝擊指標資料	56
3.3.3 辨識調適差距及指認高風險地區	58
3.4 調適規劃與行動	64
3.4.1 綜整決策目的.....	64
3.4.2 設定降低「調適差距」的目標.....	64
3.4.3 規劃降低調適差距的調適選項.....	65

3.4.4 評估各調適選項有效性與可行性.....	68
3.4.5 評估調適選項可能的負面影響.....	70
3.4.6 進行調適選項或組合之設定及優先排序評估.....	72
3.4.7 利害關係人參與調適選項對應風險評估結果因子之合理性	74
3.5 推動執行	77
3.5.1 推動執行目的.....	77
3.5.2 建立調適推動「期程指標」	77
3.5.3 建立調適執行「成果指標」	77
3.6 檢討修正	79
3.6.1 檢討修正目的.....	79
3.6.2 調適效力「結果指標」	80
3.6.3 跨領域之潛在正、負面影響	83
3.6.4 彙整調適障礙.....	85
3.6.5 調適選項檢討與修正	86
3.7 小結	87
第四章 TCCIP 坡地領域調適操作案例.....	88
4.1 界定範疇	88
4.2 檢視資源	91
4.3 氣候衝擊現況及未來氣候變遷風險評估	92

4.3.1 辨識調適差距.....	93
4.3.2 指認高風險地區.....	94
4.4 調適選項規劃及綜整決策.....	96
4.5 推動或執行調適選項.....	97
4.6 檢討或修正調適選項.....	98
4.7 小結.....	99
第五章 氣候變遷風險因子界定及調適知能建構活動.....	100
5.1 氣候變遷風險因子界定活動說明.....	101
5.2 調適差距操作活動說明.....	103
5.3 調適選項建置操作活動說明.....	105
5.4 縮小調適差距之操作活動說明.....	106
5.5 小結.....	107
第六章 未來發展規劃.....	108
致謝.....	110
參考文獻.....	111
附件一 建立評估對象系統之衝擊鏈.....	116
附件二 氣候變遷風險評估作業準則—案例成果簡報製作參考模板	120
附件三 TCCIP 水資源領域調適參考案例簡報.....	130

附件四 TCCIP 坡地領域調適參考案例簡報.....	145
附件五 氣候變遷風險因子界定及調適知能建構表單	158
附件六 TCCIP 氣候危害指標應用資料.....	162



圖目錄

圖 1 風險組成示意圖	7
圖 2 氣候風險類型概念說明	10
圖 3 多重風險系統群之間的連結	14
圖 4 排放情境與全球暖化程度並列圖示	17
圖 5 以全球暖化程度呈現強降雨及乾旱頻率與強度增加之風險 ...	18
圖 6 第四期「國家氣候變遷調適行動計畫」調適應用情境設定 ...	18
圖 7 第四期「國家氣候變遷調適行動計畫」參採的調適應用情境	19
圖 8 調適差距示意說明	28
圖 9 TCCIP 氣候變遷調適架構及作業準則條文對應	30
圖 10 界定範疇項目與流程	31
圖 11 氣候衝擊現況及未來氣候變遷風險之評估目的	45
圖 12 建築物位於淹水(圖左)及崩塌範圍(圖右)示意圖	52
圖 13 Dr.A 宜蘭縣農地現況及未來淹水風險評估等級變化示意圖	54
圖 14 第四期國家調適行動計畫調適應用情境說明	55
圖 15 Dr. A 危害-脆弱圖應用於農業用地淹水風險評估操作	57
圖 16 調適差距概念示意圖	58
圖 17 調適差距下高風險地區產製示意圖	60
圖 18 設定欲降低之調適差距目標概念示意圖	64

圖 19 規劃對應調適差距下風險決定因子差距之調適選項	66
圖 20 整合規劃因應現況風險及未來調適差距的調適選項	66
圖 21 調適選項評估原則示意圖	68
圖 22 歐盟不當調適自評工具(REGILIENCE, 2022).....	71
圖 23 調適路徑範例-海平面上升.....	74
圖 24 綜整調適選項發展路徑規劃示意圖	74
圖 25 風險評估下的調適結果效力循環性監測與評估	81
圖 26 領域於目標區域的調適對其他領域負面影響的概念示意圖 .	84
圖 27 農作物調適對生態領域保育鳥種之正面影響	84
圖 28 調適障礙參考類型與彙整說明	85
圖 29 調適選項檢討與修正之作業項目	86
圖 30 大漢溪集水區位置圖	89
圖 31 歷史重大土石災害案例分布圖	90
圖 32 坡地崩塌衝擊鏈示意圖	91
圖 33 案例風險評估流程示意圖	93
圖 34 崩塌風險分布圖(左：現況、右：未來).....	94
圖 35 調適差距分布圖	94
圖 36 秀巒聚落歷史災害位置分布圖	95
圖 37 秀巒聚落區域之調適差距	96

圖 38 風險降低策略方向	96
圖 39 農村水保署計畫項目推動目標擬定	98
圖 40 風險指標建置表	102
圖 41 風險指標建置表-坡地領域填寫範例	103
圖 42 調適差距建置表-坡地填寫範例	104
圖 43 調適選項建置表-坡地填寫範例	106
圖 44 調適差距縮小評估表-坡地填寫範例	107



表目錄

表 1 風險評估目的及評估結果應用調適管理目的	32
表 2 氣候危害因子類型	33
表 3 常見的氣候危害因子之危害指標範例	47
表 4 非持續性與持續性氣候危害因子之發生頻率與機率分級	49
表 5 暴露度分級	52
表 6 未來氣候變遷情境危害及衝擊指標推估 (TCCIP).....	57
表 7 調適選項評估原則(JICA Global Environment Department , 2024)	68
表 8 國家層級調適過程指標(OECD, 2015).....	78



案例框目錄

案例框 一 界定氣候危害因子類型－農業部韌性農業計畫 臺中高接梨風險評估操作案例	34
案例框 二 共同界定評估範疇－農業部韌性農業計畫 臺中高接梨風險評估操作案例	40
案例框 三 盤點可掌握資源－TCCIP 坡地領域 大漢溪集水區坡地崩塌案例.....	43
案例框 四 整合衝擊模擬模型－TCCIP 水資源領域 曾文-烏山頭水庫系統農業供水風險	50
案例框 五 替代性指標風險評估－Dr.A 氣候變遷災害風險調適平臺 宜蘭農業用地淹水直接風險操作示意說明	51
案例框 六 辨識調適差距－TCCIP 水資源領域 曾文-烏山頭水庫系統農業供水風險	59
案例框 七 指認高風險地區－Dr.A 氣候變遷災害風險調適平臺 宜蘭農業用地淹水直接風險操作示意說明	61
案例框 八 利害關係人共同檢視調適差距或指認高風險地區－TCCIP 坡地領域 大漢溪集水區坡地崩塌案例.....	63
案例框 九 設定降低「調適差距」的目標－ TCCIP 水資源領域 曾文-烏山頭水庫系統農業供水風險.....	65

案例框 十 規劃降低調適差距的調適選項－農業部韌性農業計畫 臺 中高接梨風險評估操作案例	67
案例框 十一 調適選項有效性與可行性－TCCIP 水資源領域 曾文- 烏山頭水庫系統農業供水風險	69
案例框 十二 利害關係人參與評估調適選項合理性－TCCIP 坡地領 域 大漢溪集水區坡地崩塌案例	76
案例框 十三 利害關係人參與評估調適選項合理性－TCCIP 坡地領 域 大漢溪集水區坡地崩塌案例	79
案例框 十四 調適選項有效性與可行性－TCCIP 水資源領域 曾文- 烏山頭水庫系統農業供水風險	82





第一章 緒論

氣候變遷影響已在世界各地顯現，包含臺灣。即使採取積極的減緩策略減少溫室氣體排放，其影響仍將持續數十年。這是因為先前和正在進行的人類活動導致大氣中存在的溫室氣體對大氣及海洋系統暖化具有延遲效應。事實上，除了調節人類行動以降低溫室氣體排放外，更迫切需要了解現在和未來的氣候衝擊，協助調適措施及行動規劃與執行，以因應不可避免的氣候變遷風險。國科會「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」(TCCIP)為加速各關鍵衝擊領域及各界發展氣候風險評估及調適規劃之操作方法，本案例報告以 TCCIP 所發展之「氣候變遷調適架構」2 階段 6 構面與《氣候變遷風險評估作業準則》之操作內涵為說明基礎，利用蒐整及引用國內外文獻，步驟性舉列氣候變遷調適架構之通用性操作方法與實務案例，期協助研究人員與有關調適實務推動夥伴，順利執行各關鍵領域進行氣候變遷風險評估與調適規劃。

1.1 案例報告出版目的

本案例報告內容主要以 TCCIP 發展及調整至 2022 年所研發的「氣候變遷調適架構」與《氣候變遷風險評估作業準則》作為撰寫基礎，目的為協助災防科技中心及國科會 TCCIP 計畫各衝擊領域研究

人員與各界有關調適實務推動夥伴可順利應用此調適架構，進行領域案例探究工作。其於後續提升應用領域對調適架構的認知與操作能力後，持續藉由未來實務案例分析及研究經驗反饋，以精進於不同領域可操作性，逐步完備本報告各項操作方法。

1.2 案例報告章節編排

本章節主要說明案例報告出版目的及章節架構編排，接續第二章定義基本專有名詞、陳述氣候變遷風險評估及調適之相關基礎觀念，包含氣候變遷風險組成因子、氣候危害與非氣候因子、氣候變遷直接、單一系統及多重等風險類型、調適應用情境設定、氣候變遷調適指標系統建立原則、調適差距之意涵等；第三章則以 TCCIP 氣候變遷調適架構與《氣候變遷風險評估作業準則》為基礎，參考國內外文獻，搭配災防科技中心所執行之農業部韌性農業計畫高接梨風險評估與 Dr.A 氣候變遷災害風險調適平臺之宜蘭農業用地風險評估、TCCIP 水資源領域與坡地領域風險評估等實務操作案例輔助說明，逐步呈現自氣候變遷風險評估至調適規劃過程之關鍵操作步驟；第四章則以 TCCIP 坡地領域操作大漢溪子集水區案例，說明該案例風險評估與調適之操作過程；第五章呈現災防科技中心與 TCCIP 計畫共同發展之氣候變遷風險因子界定及調適知能建構活動之操作方式；第六章則提出本案例報告出版後，未來持續精進之規劃方向。

第二章 關鍵基礎觀念

2.1 基本專有名詞

雖然在國內科學文獻及聯合國政府間氣候變遷專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 歷次報告中，皆提出許多氣候變遷有關名詞定義，但本案例報告考量國內 2023 年已修正後頒布《氣候變遷因應法》及 2025 年 7 月 16 日公告施行的《氣候變遷風險評估作業準則》中已列舉數項適用於國內的專有名詞，因此本報告後續所列舉的專有名詞主要以現況法令所定義為主，其他未於法令中提及之定義，將翻譯自 IPCC 報告或國外有關重要文獻中的定義。本報告主要專有名詞定義如下：

- (1) 氣候變遷調適(Climate Change Adaptation)：指人類與自然系統為回應實際、預期氣候變遷風險或其影響之調整適應過程，透過建構氣候變遷調適能力並提升韌性，緩和因氣候變遷所造成之衝擊或損害，或利用其可能有利之情勢(氣候變遷因應法)。
- (2) 氣候變遷風險(Climate Change Risks)：指氣候變遷衝擊對自然生態及人類社會系統造成的可能損害程度。氣候變遷風險的組成因子為氣候變遷危害、暴露度及脆弱度(氣候變遷因應

法)。

- (3) 氣候變遷風險評估(Climate Change Risks Assessment)：指對氣候變遷風險進行量化或質化之科學評估，並考量危害度、暴露度及脆弱度等風險要素之關聯影響(氣候變遷風險評估作業準則)。
- (4) 衝擊(Impacts)：指極端天氣、氣候事件及氣候變遷趨勢對於自然、人類系統之影響，即氣候危害及暴露對象交互作用後所衍生之後果(氣候變遷風險評估作業準則)。
- (5) 危害度(Hazard)：指自然或人為導致之氣候危害事件嚴重度或變化趨勢，其可能加劇暴露對象之不利影響(氣候變遷風險評估作業準則)。
- (6) 暴露度(Exposure)：指實際或可能受衝擊之暴露對象存在之規模或程度(氣候變遷風險評估作業準則)。
- (7) 脆弱度(Vulnerability)：指暴露對象易受負面影響之程度，包括敏感程度、易致受損程度及缺乏應對、調適之能力(氣候變遷風險評估作業準則)。
- (8) 調適應用情境(Global Warming Levels for Adaptation Planning)：指為有助各級政府執行氣候變遷風險評估，設定一致之氣候情境，就各易受氣候變遷衝擊領域進行衝擊模

擬、風險評估及調適規劃(氣候變遷風險評估作業準則)。

(9) 高風險地區(Hotspot)：指高暴露度、高脆弱度及易受氣候危害影響之地理空間範圍(氣候變遷風險評估作業準則)。

(10)調適差距(Adaptation Gaps)：指評估暴露對象於現況與未來氣候變遷風險評估結果之落差(氣候變遷風險評估作業準則)。

(11)調適選項(Adaptation Options)：指可應用於降低調適差距且具氣候調適之策略、措施及行動(氣候變遷風險評估作業準則)。

(12)直接(物理)衝擊風險(Direct Impact Risks)：指氣候變遷造成如農業、水資源、洪水和極端高溫的有關衝擊 (Committee on Climate Change, 2018)。

(13)系統風險(Systemic Risks)：直接的氣候衝擊所引發的連鎖性風險，並透過複雜的系統間連結關係而有所擴張(Committee on Climate Change and Expert Panel on Climate Change, 2018)。

系統性風險可能因系統內部因子受氣候危害因子影響下而產生變化，並引發整個系統崩潰的現象，主要機制通常是風險擴張，即將風險影響從一個因子傳遞至另一個，進而造成因子間連鎖性反應及負面回饋效應(Hochrainer-Srigler et al., 2023)。

2.2 IPCC 之氣候變遷風險組成概念

風險與具價值人事物(人員、資產、生態系統、文化資產、基礎設施等)之損失或獲益有關，通常被視為某事件或行動後的後果及其發生可能性的集合。風險評估目的在於了解風險動態變化特性及確定風險的程度，以期為降低風險或發掘相關事件中的機會提供決策參考資訊。

一系統受到氣候變遷的衝擊型態包含漸進性累積或連續性發生。這些衝擊主要源於氣候持續變遷的趨勢，例如海平面上升、大氣溫度上升、海洋酸化等。氣候變遷背景下，當評估對象或其系統接收到的衝擊閾值或臨界點來自特定的氣候危害因子，若仍只評估氣候事件 (climate events)發生的可能性作為氣候變遷風險的主要組成，可能就不太實用。隨著氣候變遷風險的變化，更需強調的是發生時及其後果，例如可能存在哪些直接衝擊源類型，有哪些對象將暴露在這些衝擊之下，並且受到衝擊後的正、負面影響程度及情形又為何。

氣候變遷風險以危害度、暴露度和脆弱度為三個主要組成要素，三者的重疊部分即為風險(圖 1)(IPCC, 2022)。風險是氣候危害下的函數，例如氣候物理事件(如海平面上升)或氣候因子變化趨勢(如季節性氣候變化)，以及重要的對象暴露於危害下之規模或程度及脆弱度。脆弱度又會受到人類的社會經濟和文化發展過程影響，包括調適選項、

減緩行動及氣候變遷治理能力等，因而決定加重或降低暴露於氣候危害下的後果。氣候變遷(包含環境自然變異機制與人為的氣候變遷)、社會經濟變遷、調適跟減緩行動的效果、社會經濟的發展(如人口與產業結構的變化)等因子都會影響脆弱度、危害度與暴露度，造成風險的變化(許晃雄、李明旭，2024)。



圖 1 風險組成示意圖

2.3 氣候危害和非氣候因子

風險驅動因子大致可分為氣候危害因子和非氣候因子。氣候相關危害因子包括慢性和急遽變化的氣候條件，其可能形成對人類或生態系統的直接衝擊(物理/實質衝擊) (direct impact/physical impact)風險，與此大致同義的學術用語包含氣候危害(Climate Hazards)、氣候變遷危害(Climate Change Hazards)、氣候衝擊驅動因子(Climatic Impact

Driver)和氣候風險驅動因子(Climatic Risk Drivers)。

非氣候因子為決定氣候危害因子形成危害的過程和條件，包括環境變遷情形及壓力源，例如生態系統破碎化或環境污染源；人為工程技術因素，如公共基礎設施的防洪設計標準；社會經濟因素，例如脆弱族群密度及區位分布、採用水災保險比例及全民健保使用權利；以及法令規範與政策方面，如淹水潛勢區的開發規範及禁建管制等。

氣候危害因子(如高溫熱浪、延遲性乾旱、強降雨等)與非氣候因子(如破碎的生態系統、環境污染源、不利永續的慣行農法和水資源管理手段、土地利用規劃型態、社會公平正義等)之相互作用，將結合且同時影響受評估對象暴露於糧食安全、公共健康、生態系統功能、公共基礎設施和經濟發展情形之氣候變遷風險情形。因此，評估氣候變遷風險，不僅需考量氣候危害因子，也需取決於非氣候因子存在的情形，進而檢視及評估與氣候危害互動的脆弱條件，如不利永續的土地利用型態與水資源管理、生物多樣性損失情形、水質優養化和環境污染源等面向，在與氣候變遷危害因子連動影響下，都會成為加重生態系統於氣候變遷下的脆弱程度。

使氣候變遷風險治理者理解由氣候變遷觸發的影響全貌，並以此為據而採行較符合公平正義的衝擊及風險的調適，能否整合氣候危害因子和非氣候因子即具非常重要的影響角色，如部分非氣候因子可能

會決定評估對象受廣泛氣候危害因子危害的程度，而部份則可能僅與特定的氣候危害連動。辨識評估對象暴露於氣候危害時有關的環境、生態、社會和經濟等脆弱條件，實則攸關未來是否可制定及執行有效且公平的調適手段。整合氣候危害和非氣候因子的氣候變遷風險評估，可稱為「單一系統風險」(Committee on Climate Change and Expert Panel on Climate Change, 2018; 圖 2)。

雖然整合氣候危害因子及非氣候因子的「單一系統風險」評估為現況較理想的發展方向，但不同的評估對象及空間範圍需考慮的面向多所差異，加上需考量的系統脆弱度類型廣泛涵蓋生態、政治、制度、經濟、社會、文化、物理環境等多種類型(Birkmann, 2007; Alexander, 2013; IPCC, 2022)，因而執行單一系統氣候變遷風險評估具有一定難度。本技術報告重點著重於協助引導各衝擊領域研究人員初期投入於氣候變遷風險評估時所需的基本認知為主，因此本案例後續將以氣候危害因子結合物理環境脆弱度所造成的「直接風險」評估，作為主要操作說明的討論範疇。

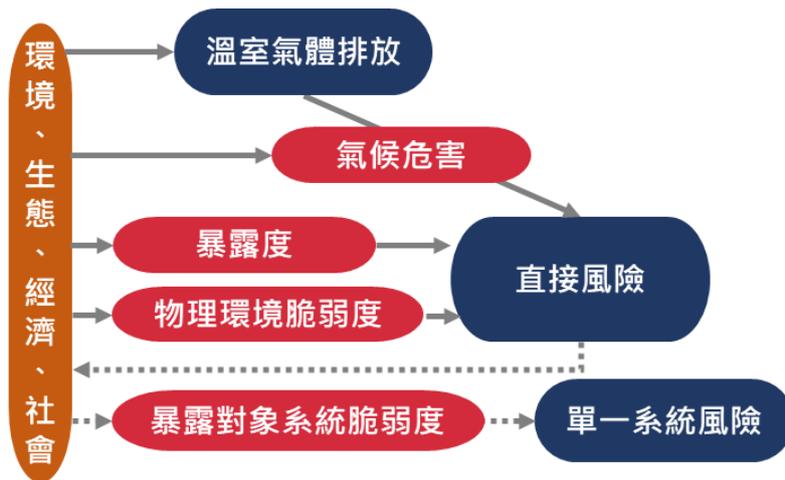


圖 2 氣候風險類型概念說明

2.4 氣候變遷直接風險、單一系統風險及多重風險

氣候變遷風險除在風險驅力上可區分為氣候危害因子及非氣候因子，於風險類型上除前述的直接衝擊的「直接風險」及「單一系統風險」外，「多重風險 (multi-risk)」(Terzi et al., 2019; Simpson et al., 2021; Hochrainer-Stigler et al., 2023; Simpson et al., 2023; Simpson et al., 2025) 為近期科學界所關注的另一重要的風險議題。

人為氣候變遷已影響全球各地的極端天氣與氣候，如高溫熱浪、強降雨、乾旱和熱帶氣旋(Simpson et al., 2023)，例如自 1950 年代以來，溫度極端化在大部分陸地區域出現得更頻繁且更強烈(IPCC, 2021)。未來十年內，必須採取緊急且更廣泛的氣候變遷對手段，以最大限度地降低氣候變遷可能加劇的損失和損害。然而，現況仍不足以證明目前的調適手段能夠有效降低氣候變遷帶來的長期性風險，其中科學界越來越擔憂未能完整考慮而推動的調適所加劇的脆弱度，所形

成的不當調適(maladaptation)。結合多個氣候危害因子所造成的多重性直接衝擊的風險將加劇不當調適發生的機會及影響程度，多重直接衝擊是多種氣候危害因子與非氣候因子共同作用下所造成物理災害複合的結果，其將進一步觸發多個系統間串聯的多重氣候風險。

「直接風險」又可稱為「物理風險」或「實質風險」。在高排放路徑情境下將可能提高「直接風險」，例如在高排放路徑情境下溫度極端化，因而可能直接加重農業作物收成損失，並引致嚴重損失的「直接風險」；「單一系統風險」為整合氣候危害和非氣候因子的氣候變遷風險；而「多重風險」可描述為氣候危害因子結合非氣候因子所引發的直接(物理/實質)衝擊，其對關聯的複數暴露對象及其系統之非氣候因子(脆弱度)所造成的多重風險(European Environment Agency (EEA), 2024; 圖 3)。「多重風險」主要由不同氣候變遷風險的相互作用產生，其可能源自單一極端天氣事件驅動，或多重且同時、或連續發生的天氣事件，與複數暴露對象或部門系統間的相互影響情形，如多個糧食主要生產區歉收，可能造成農業保險重大損失，進而影響金融、糧食供給及人居安全，甚至提高社會動盪程度(Simpson et al., 2023)。

「直接風險」可能引發多個系統中更廣泛的系統間衝擊或風險，考量不同暴露系統間具複雜且相互連結關係，其可能使「單一系統風險」影響擴散的擾亂範圍相當難以建模與界定，因此可進一步採用描

述性方法，輔助說明受到「直接衝擊」後可能形成的多個系統間的關聯影響路徑，也就是刻劃出由「直接衝擊」觸發其他系統間衝擊的關聯連鎖性要素，並藉由辨識系統間衝擊傳遞點，將重要節點轉換成評估「多重風險」的系統性脆弱度指標。此方式雖然仍難以避免可能無法完全捕捉到衝擊多樣的連續傳遞型態，但整體而言，這些「多重風險」指標仍提供了一個多重系統脆弱度的初始發展情境。目前研究仍多聚焦在對「直接風險」的定量分析，例如健康領域衝擊著重於分析氣候變遷與極端事件所導致的病媒擴散範圍，並評估可能導致持續性的病媒傳染病及高溫相關的死亡率。事實上，前列因素也可能會進而導致勞動生產力、經濟增長下降、公共衛生危機、教育系統中斷、移民與邊界不穩定等不同系統間的風險。

全面的調適政策首要需防範基本人類基本需求面向的惡化(如生態系統、食物和健康)，同時促進人類系統和人為活動的韌性(如基礎設施、經濟和金融)。此外，調適政策也需考量現況不平等及基本社會福祉與服務缺乏的脆弱群體，其所承擔不合公平正義的脆弱度。氣候變遷風險與其他對氣候危害因子敏感的系統密切相關，圖 3 即說明關鍵氣候危害因子和非氣候因子透過氣候直接及連鎖衝擊，擴展連結至其他系統網絡，並於五個相互關聯系統和跨領域屬性的水資源系統間進行風險傳遞。氣候變遷風險於這些不同系統的風險組成因子間的

相互連結，可能導致風險轉移情形，例如當一個系統中非氣候因子的脆弱度影響傳遞到其他系統內的風險因子時，便會產生風險連鎖衝擊效應。認知各單一系統風險之間的連續串聯性，對於降低整體氣候風險相當重要，因連結相關跨系統的風險組成因子及系統風險，將可預先辨識多重風險形成的路徑情境，並予以規劃跨系統、具綜效及共效益的調適策略，進而發掘新穎的可發展機會。換言之，如可架構出各氣候變遷敏感系統間衝擊連結情形及階段，並有效提出對應多重風險複雜組成因子的調適選項，此將比在承受已發生的多重系統間衝擊後，再於最嚴重的影響傳遞節點上尋求解方來的更有效益。

無論是「直接風險評估」、「單一系統風險評估」或「多重風險評估」，皆包含危害度、暴露度及脆弱度等基本風險組成因子的評估，此三項風險組成因子於操作過程中，並無一定先後順序。一般操作而言，「直接風險評估」與「單一系統風險評估」的差異在於，「單一系統風險評估」為接續「直接風險評估」結果，再另進行探究易造成評估對象脆弱的特性及條件(圖 3)。氣候變遷風險評估可視領域特性、管理需求、風險評估範疇設定、評估資料可取得性、評估技術發展等風險治理實務有關先決條件，再另考慮於進行「直接風險評估」後，是否進行「單一系統風險評估」，甚至進階至「多重風險評估」。

本小節陳述了「直接風險」、「單一系統風險」及「多重風險」等

主要氣候風險類型，但本案例報告主要以「直接風險」作為後續方法及案例操作說明。

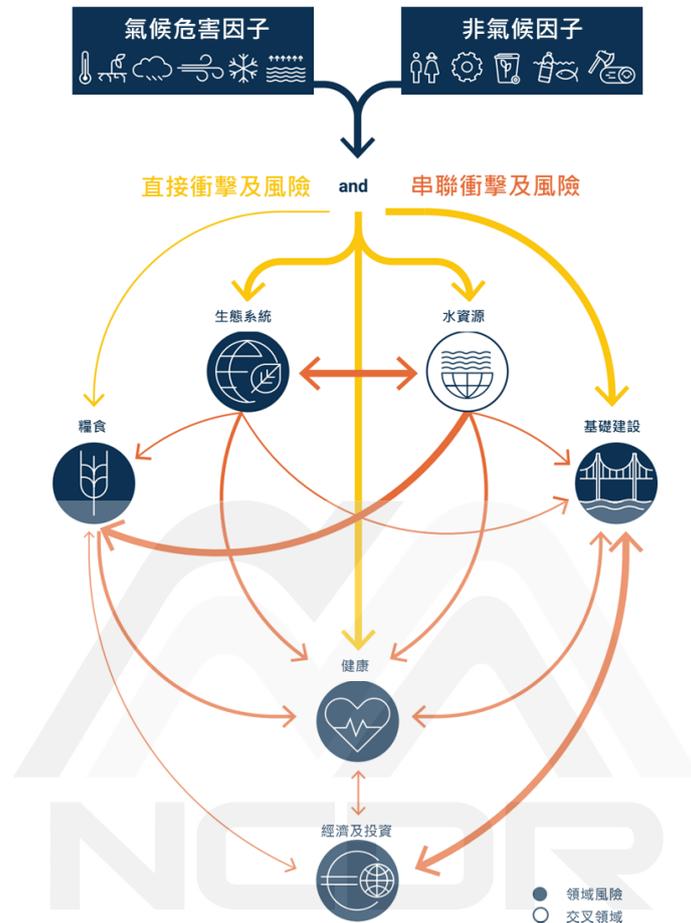


圖 3 多重風險系統群之間的連結

(參考來源：EEA, 2024)

2.5 調適應用情境

「全球暖化程度」為使用 1850-1900 的全球平均氣溫作為基期(+0 °C)，再以 30 年的平均作為氣候時期(AR6 報告使用 20 年)。國際間組織，如聯合國 IPCC(第 6 次評估報告)，為更準確的推估未來氣候變遷，持續研擬各種排放、考量社會經濟發展(SSPx)等數項預設情境，

包含 SSP1 為永續發展的理想情境，SSP2 為與歷史發展相似的中間路線，SSP3 與 SSP4 分別代表區域競爭及不平等發展，皆強調高挑戰性的調適，SSP5 則為高度仰賴化石燃料的高發展、高排放情境。

依據目前科學基礎研判，短期內全球氣候政策於 2040 年前仍不足以將暖化程度有效地控制在巴黎氣候協定 1.5°C 以下的目標。若全球社會經濟發展仍持續高度依賴石化燃料，依據各項 SSPx 預設情境的推估，本世紀末前的暖化程度將非常可能達到 3-4°C(圖 4)。即使達到最理想的減排策略推動，在最永續的情境 SSP1-1.9 中，2060 年以前全球仍具極大可能性升溫將達到 2°C。目前全球已升溫約 1.2°C。無論所依據情境為何，包含世紀末可達到降溫的 SSP1-1.9 永續情境下，1.5°C 及 2°C 仍必然會發生，因而可能衍生多種無法因應的嚴重風險。

考量政府各部會決策者及利害關係人對各項 SSPx 情境推估成果之認知可能較易混淆，並且不易應用於有關調適政策及策略之短、中、長期目標設定，但又需要一套可供各部會進行決策的共同參考風險目標，例如 IPCC(第 6 次評估報告)利用固定暖化情境對外界進行風險溝通的方式(圖 5)－在升溫達 2°C 的情況下，強降雨頻率將增加 1.7 倍，強度也增加 14%；而乾旱頻率與強度也分別增加 2.4 倍及增加 0.6 個標準差。為了達到各領域溝通一致性之需求，因此 TCCIP 建構在

上述各情境推估成果基礎下，提出轉換「全球暖化程度」以應用於調適目標導向的「調適應用情境」方式，作為國內科研及政策實務之氣候變遷風險溝通的起始說明情境。「調適應用情境」為依據聯合國 IPCC(第 6 次評估報告)對本世紀前不同時期下各 SSPx 排放情境所推估的升溫平均結果，分別將其區分為 2021 年至 2040 年升溫達 1.5°C、2060 年以前升溫達 2°C、2100 年以前達 3~4°C(圖 6)。

縱使近期國際上急迫推動多樣的溫室氣體減排政策與行動目標，但實現全球排放減半及淨零的期程仍具相當大不確定性，因此迫切需要針對各系統的未來風險進行預先性的調適規劃，並控制可能持續漸進累加的氣候變遷風險於可接受的衝擊程度內。各領域初始可參採各時期設定的暖化情境，對領域的氣候變遷因子危害及衝擊進行全面評估，再視結果呈現的風險急迫性及可投入的調適資源，挑選當下規劃時可落實且可接受的階段性「調適應用情境」。設定共通性的「調適應用情境」較易協助各領域規劃短、中、長期調適能力的建構目標。利用定溫情境所對應的時間範圍，可較清楚協助調適規劃者及決策者釐清與了解，例如現在需要在何時(哪個年期)之前規劃多少調適能力(預先準備投入資源量)，並用以因應哪種「調適應用情境」下的風險程度(如升溫 1.5°C)。

上述所述之「調適應用情境」設定，我國第三期「國家氣候變遷

調適行動計畫」已引用 TCCIP 此設定氣候情境方式，並採行以 1.5°C 及 2°C 作為「國家調適應用情境」，提供各易受衝擊領域統一應用於氣候變遷風險評估。

依據最新氣候變遷科學數據，TCCIP 提供第四期「國家氣候變遷調適行動計畫(116-119)」擬使用氣候情境參考，以目前全球氣候發展路徑，與 IPCC AR6 SSP3-7.0 路徑相符，世紀中(2040-2041)全球增溫 2°C 幾已成定局，此情境與前一期調適行動計畫建議情境符合，建議本期可暫時不需調整情境設定建議以 IPCC AR6 建議之「全球暖化程度 1.5°C (短期)/ 2°C(中期) 」為主要參考情境(圖 7)。

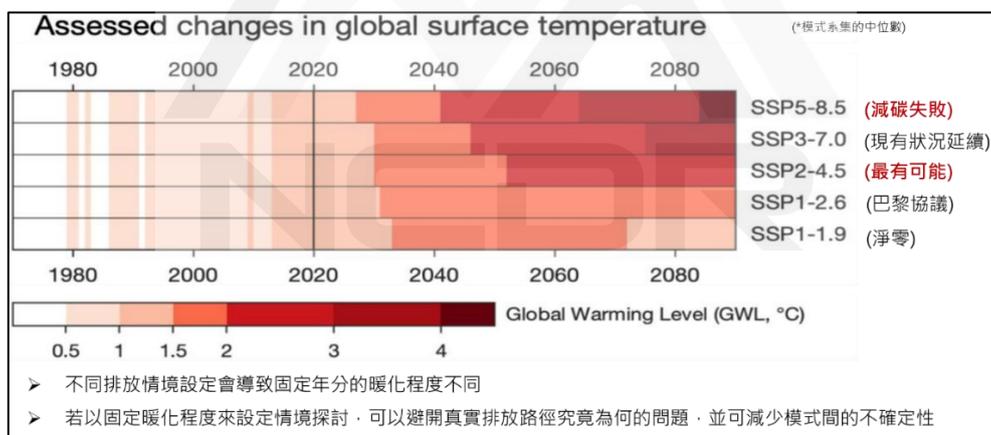


圖 4 排放情境與全球暖化程度並列圖示

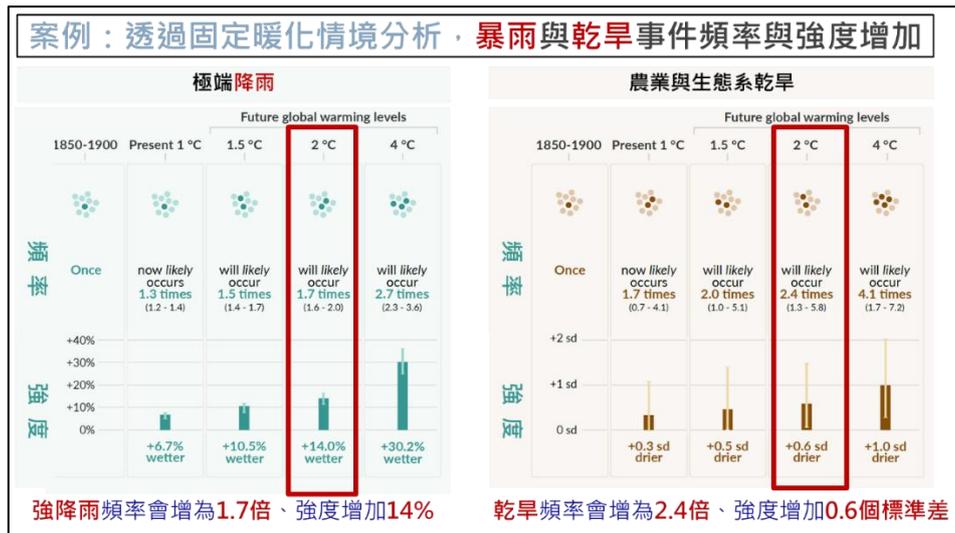


圖 5 以全球暖化程度呈現強降雨及乾旱頻率與強度增加之風險

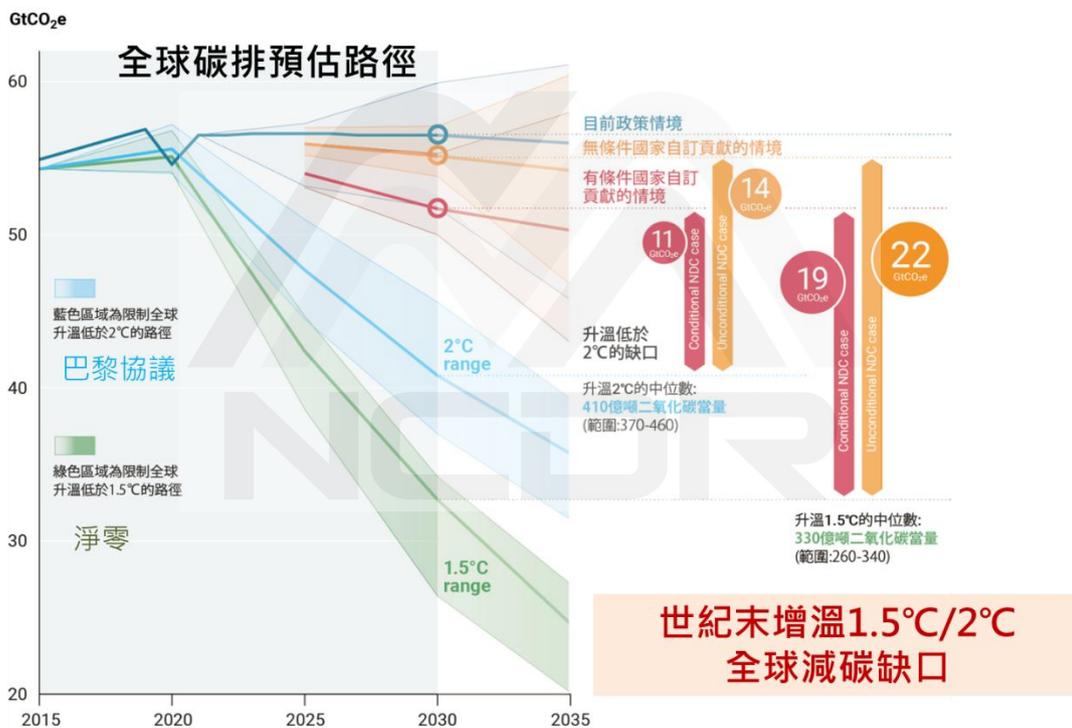


圖 6 第四期「國家氣候變遷調適行動計畫」調適應用情境設定

參考資訊(World Meteorological Organization (WMO) et al., 2024)

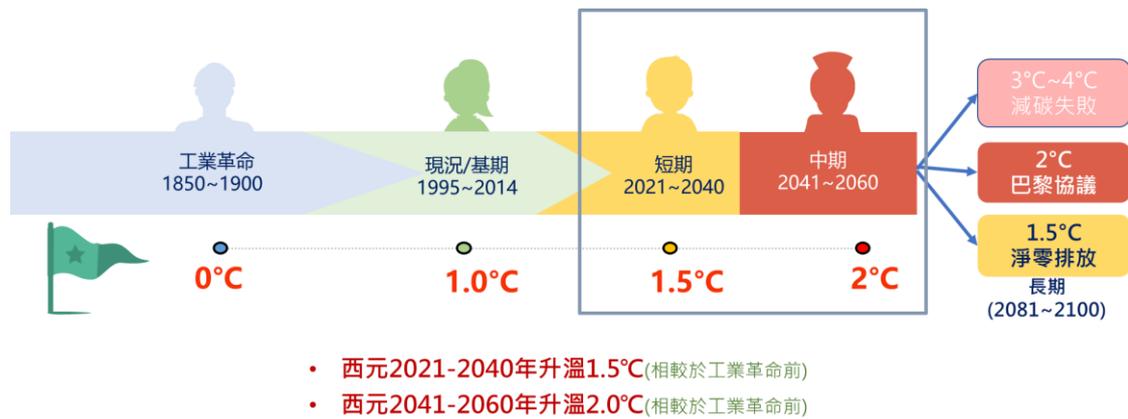


圖 7 第四期「國家氣候變遷調適行動計畫」參採的調適應用情境

2.6 氣候變遷調適指標系統

氣候變遷風險評估及調適規劃是相當複雜的整合性議題，因此需要開發並使用不同類型的指標來達成不同階段的應用目的。氣候變遷風險評估及調適有關指標，可依不同治理階段需求而定。歐盟環境署 (European Environment Agency, EEA) 針對氣候變遷、衝擊與脆弱度的報告，主要著重於風險、衝擊和脆弱度，對於調適的探討則相對較少。為了管理現況及未來的氣候變遷對環境和社會系統的衝擊，並應用於評估包含生態在內的各項系統類型敏感度，進而規劃所需的調適措施，建立調適有關的指標系統將會是關鍵的工作(EEA, 2012)。

在建構合適的指標時，除氣候變遷風險指標系統外，建議同時考量監測調適建構過程、建構成果和檢視調適作用結果的調適評估指標，以下為指標系統建置原則(European Commission, 2023)：

- 可善加利用現有的指標，如果符合監測和評估指標系統預設

的總體評估目標；

- 確保指標系統能夠提供調適進展和績效成果說明；
- 整合調適建構過程、建構成果指標及調適作用結果等評估指標，以利衡量關鍵調適行動正進行及已取得的進展。

前述各項指標都必須在各自評估目的架構中進行規劃及設計，以下為審視指標系統中各項指標建置原則(European Commission, 2023)：

- 指標代表性：指標是否可適切說明結果？
- 指標明確性：利害關係人是否對指標欲評估的目的達成共識？
- 指標操作性、可負擔性、簡易性：評估所需資訊是否可在合理成本內取得？收集和分析是否容易？
- 指標可靠性：隨時間推移，指標是否仍具一致的評估標準？
- 結果敏感性：指標是否可及時反映出調適介入後的作用？
- 結果清晰度：評估結果是否可明確應用於說明及指引調適的進展情形？
- 指標應用性：指標評估結果資訊是否適合應用於調適規劃與決策、問責和檢討？
- 指標認同性：利害關係人是否同意設定的指標具可應用性？

氣候變遷調適指標系統應用，另有以下幾項限制需留意(EEA, 2018)：

- 不存在可適用於所有情況的調適指標；
- 指標制定的目的及目標之釐清，將有助於決定適合的指標；
- 通常需要建立一系列調適指標，才足以描述調適的發展過程；
- 量化指標若可結合質化評估資訊，將更具評估效力及說服力；
- 不可避免會需要建立替代性評估指標；
- 調適作用結果指標通常不會在短期內即可反映出實際調適後的效益結果；
- 需了解各指標的設定背景、使用限制、所屬的指標目的類型、各風險因子組成要素，以及各指標應用的不確定性和風險等。

訂定氣候變遷指標的流程可概略包含以下七個重要步驟(New York City Panel on Climate Change, 2010)：

- (1) 邀請利害關係人共同確定相關的調適決策、資訊需求和關鍵問題；
- (2) 確定評估需要的數據是否可使用及取得的方法；

- (3) 與利害關係人共同探究潛在指標，並提出一組初步指標系統；
- (4) 向利害關係人說明初步指標，取得回饋及確定適用的評估範圍；
- (5) 依據利害關係人回饋，調修指標；
- (6) 確定評估指標可對應既有治理體系及規範；
- (7) 進行長期性評估、反覆測試及調整，並維持與利害關係人互動討論。

本案例報告整合《2012年歐洲氣候變遷、影響與脆弱度報告》(EEA, 2012)、《歐盟氣候變遷衝擊、脆弱度及調適研究中心的技術報告》(European Environment Agency, 2018)，及經濟合作與發展組織(Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), 2002)的指標分類，並視我國目前境內法規應用情形，將指標區分為以下幾種應用類型：

2.6.1 氣候變遷風險評估指標

- **危害度指標(Hazard Indicator)** - 用以評估自然或人為導致之氣候危害事件嚴重度或變化趨勢，其可能加劇暴露對象之不利影響。
- **暴露度指標(Exposure Indicator)** - 衡量實際或可能受衝擊

之暴露對象存在之規模或程度的指標。

- **敏感度指標(Sensitivity Indicator)** - 評估暴露對象系統中之非氣候因子，用於說明易導致暴露對象受到氣候危害因子影響下的正負面衝擊程度，其可能是直接性或間接性的影響；在減災(Disaster Risks Reduction, DRR)領域，通常被視為脆弱度。
- **調適能力指標(Adaptive Capacity Indicator)** - 用以評估暴露對象及其系統，對潛在損害所進行的調整、應用發展機會或應對衝擊後果的能力。
- **綜合脆弱度指標(Composite Vulnerability Indicator)** - 藉由結合多項代表性脆弱度指標評估系統整體脆弱度，這包括敏感度和/或調適能力指標，部份文獻中主要稱脆弱度指標。
- **氣候變遷衝擊指標(Climate Change Impact Indicators)** - 氣候變遷衝擊指標用來表示氣候變遷所造成的直接衝擊後果，可清楚指出調適所降低的氣候衝擊程度；例如因夏季高溫引起的中暑個案數、淹水和乾旱的嚴重度與影響範圍、生態系統受到不利衝擊的程度等。氣候變遷衝擊指標若考慮調適介入的影響，也可作為調適作用結果的指標類型之一。

2.6.2 調適推動過程與進展指標類型

- **資源投入指標(Input Indicator)** - 衡量特定調適行動、計畫或有關調適介入等資源投入的指標(包括人力和財力)。
- **期程指標(Process Indicator)** - 追蹤調適政策和調適行動發展過程的指標，著重於監測調適策略和計畫的建構期程。
- **成果指標(Output Indicator)** - 調適政策或調適行動建構完成的直接成果指標，用來表示行動已被實施，但無需評估調適建構成果所達到的實際調適效益；例如新施行的法規、培訓課程建構、公共基礎設施的新建或升級等。
- **結果指標(Outcome Indicator)** - 評估調適行動執行後的調適效益指標，關注於調適政策和計畫的實際效力，故主要評估降低風險及脆弱度的程度，如減少核發水患高風險區建築許可；另也可設計用於評估特定調適選項的成功程度，包含檢視提高調適能力及韌性強度等，例如調適措施是否有效降低極端天氣造成的基礎設施服務中斷程度、淹水損失紀錄的下降等。

上述描述的指標建構基本原則，除可供參考及促進制訂有效指標，也可應用於協助整合指標庫的開發，但需明確定義各項指標類型及指標之應用限制、預設的應用背景、指標評估結果的不確定性及其

他有關使用上的風險。

2.7 調適差距

調適已被視為應對氣候變遷風險的手段，但需評估所投入的調適是否足以處理持續嚴峻的氣候風險。《巴黎協定》要求各國除需定期評估溫室氣體減排目標的實際進展情況外，也需審視調適充足性、有效性及提供調適的各項支持資源。

臺灣從過去至今，累積許多不同災害衝擊的經驗，並持續學習及利用豐富的歷史經驗，用以加強及調整原先的反應性調適選項 (responsive adaptation)，以期能縮小下次災害發生時的損失。然而，調適應建構在長期提高韌性的考量下，使系統在面對多樣氣候衝擊仍具有回復的能力。隨氣候變遷的程度加劇，運用過往受災經驗而發展的反應性調適的能力，已逐漸不足以因應長期具更廣規模及高度不確定性的氣候變遷風險。

一般來說，第一階段開始就要先設定欲因應的氣候變遷衝擊情境，如參採全球暖化程度(Global Warming Level, GWL)，設定 1.5°C 或 2°C 情境作為「調適應用情境」。接著，在設定的情境下討論如何評估可能需投入資源規劃的「調適差距」，本節以圖 8 簡易說明「調適差距」操作的代表意義：

(1) 圖 8 中的(a)顯示，若我們設定 GWL 1.5°C 為「調適應用情

境」，完成現況及未來氣候變遷風險評估後，評估未來風險對比現況反應性調適介入後的現況風險之差距後，即可評估出未來氣候變遷風險下的「調適差距」。

- (2) 圖 8 中的(b)處，顯示反應性調適亦會透過過往經驗累積及學習而逐漸提高，但即使反應性調適對於應付目前的短期災害具一定效力，但對比現有反應性調適能力與設定的「調適應用情境」下的未來氣候變遷風險後，發現並不足以處理中期 2040 年可能發生的 1.5°C 及長期 2060 年可能達到的 2°C 之風險；因此面對未來氣候變遷影響仍存在「調適差距」，需要進一步規劃及建置足以應對的調適行動。
- (3) 圖 8 中的(c)處，經過「調適差距」的分析後，評估出目前的反應性調適的能力程度若欲應對「調適應用情境」下未來氣候變遷風險之落差，執行調適選項 1 將可能足以因應 1.5°C 風險下所需的調適能力。
- (4) 隨著氣候變遷時間的推移，因 GWL 加遽而調整「調適應用情境」之設定(例如由 GWL 1.5°C 改至 GWL 2°C)，此時藉由重新操作現況及未來氣候變遷風險評估，分析現況於新情境下的「調適差距」。圖 8 中的(d)處顯示，在新的衝擊情境下 (GWL 2°C)，原本穩定的調適行動(選項 1)，即使再加上新增

的調適選項 2 後，仍無法滿足新設定的衝擊情境，此時表示
仍需新增其他調適選項來降低「調適差距」。

- (5) 圖 8 中的(e)處，則是在完成「調適差距」評估後，直接採取
執行「轉型式調適」屬性的調適選項 3，並疊加在持續增強
的反應性調適作用能力上。雖然執行調適選項 3 可直接建構
在「調適應用情境」下最穩健的調適能力，但「轉型式調適」
的規劃與執行需要較高的時間、資金，甚至人力等成本，因
此調適規劃者及決策者需審慎盤點及評估實際可用於投資
的資源配置情形。

事實上，辨識「調適差距」主要為評估在未來「調適應用情境」
設定下，因應增加的風險程度所需建構的調適策略或行動，並以此預
先評估及規劃所需投入的各項資源。若能採行最新「調適應用情境」
進行未來氣候變遷風險評估，並將「調適差距」納入迴圈性的調適選
項規劃及綜整決策之作業考量，便能預先評估對象及其系統於不同全
球暖化程度中，對應未來時期區間可能增加的風險程度。以「調適差
距」作為循證治理的基本要素，盤點及檢視可分配的調適資源，設定
欲降低的「調適差距」目標，發展及建構對應目標的調適選項，以建
構面臨各時期風險威脅下，永續發展的調適能力。

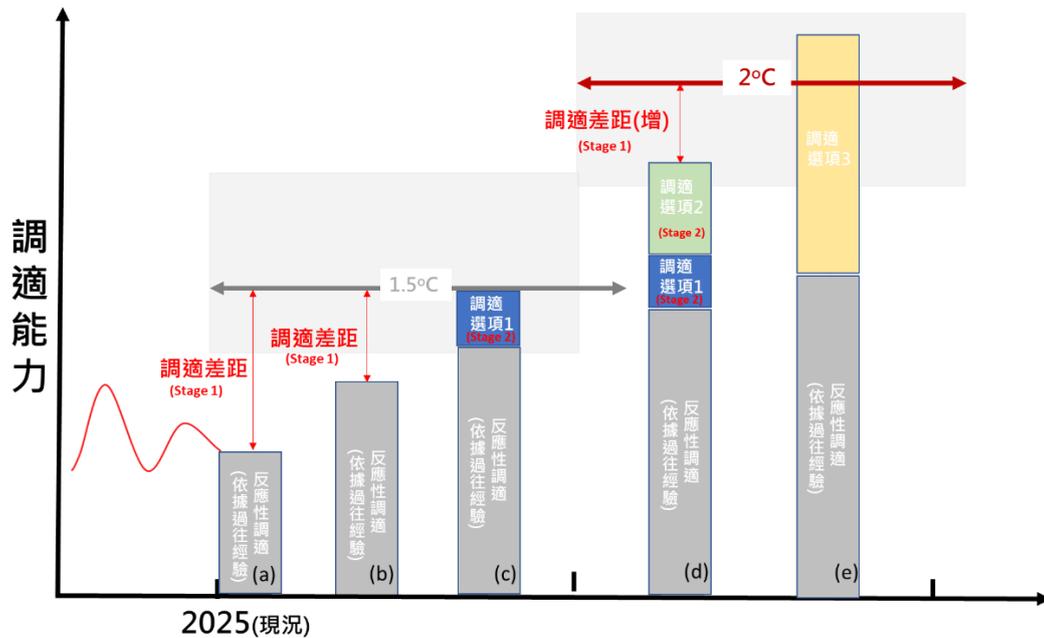


圖 8 調適差距示意說明

2.8 小結

第二章主要接續基礎名詞定義後陳述，於進入氣候變遷風險評估與調適規劃作業前需先建構的基礎觀念，包含氣候變遷風險組成因子代表意義；氣候危害與非氣候因子之界定與對風險的影響角色；氣候變遷風險除了「直接風險」外，隨不同階段需求進展，還包含單一系統風險及多重風險；氣候變遷調適指標系統建置原則及調適應用情境設定緣由；調適差距之意涵等。本案例報告於接續章節，將以「直接風險」作為氣候變遷風險評估與調適規劃操作步驟之主要說明及演譯的風險類型。

第三章 TCCIP 氣候變遷調適架構

TCCIP 計畫發展的「氣候變遷調適架構」是一個系統化決策過程，可用於協助跨領域及跨部門氣候變遷風險評估及調適規劃。「氣候變遷調適架構」操作方法及理論架構，已獲環境部參採並納入《氣候變遷因應法》子法之《氣候變遷風險評估作業準則》條文，該準則已於 114 年 7 月 16 日由正式公告施行，作為未來各級政府滾動檢討及研擬調適方案的法定依循規則(圖 9)。

TCCIP 關鍵衝擊領域的風險評估及調適規劃，接續將以圖 9 為操作架構及流程的說明基礎。「氣候變遷調適架構」包含 2 階段 6 構面(TCCIP, 2022)，第 1 階段「辨識氣候風險及調適缺口」含三個構面，分別為界定範疇、現況氣候衝擊評估、評估未來氣候風險等；第 2 階段「調適規劃與行動」，則包括綜整決策、推動或執行調適選項、檢討或修正調適選項。氣候變遷調適規劃操作通常以數個主要步驟呈現政策循環過程，TCCIP 氣候變遷調適架構並非固定採逐步性或連續性的進行操作，各個階段將可視當下實際操作需求及情況，採以同時進行或不同的順序，雖然特定情況下部分構面或細部操作步驟甚至可以省略，但本架構操作整體仍可視為一循環性的風險評估與調適規劃機制。各階段及構面詳細內容，本章將於後續小節依循各構面，進行「直

接風險」評估及調適規劃之操作說明。

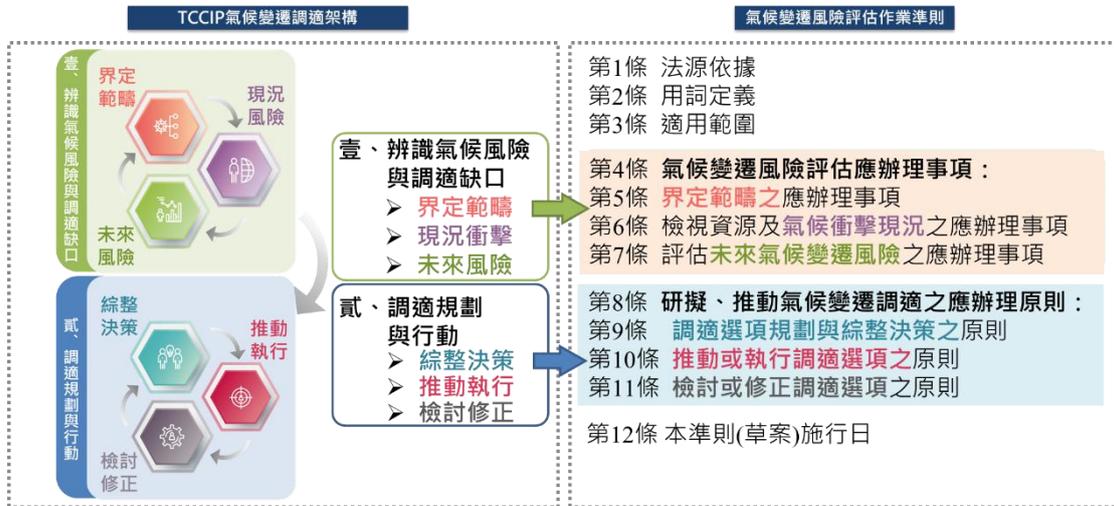


圖 9 TCCIP 氣候變遷調適架構及作業準則條文對應

3.1 界定範疇

無論進行哪一種風險評估，界定範疇皆為關鍵的第一步驟。當啟動調適規劃工作時，建議優先界定範疇，意即風險評估所需的背景條件，包含欲探討的直接衝擊事件及評估對象、造成直接衝擊事件的氣候危害因子類型及閾值、對象受氣候危害因子的危害影響時間及空間範圍、物理環境脆弱度等。另外，界定過程應邀集利害關係人共同確認前述項目，以界定出具共識的風險評估範疇。因此，也需預先設計與利害關係人溝通的方法與資料，以利實施後續氣候有關風險評估工作。

3.1.1 「界定範疇」目的

界定範疇的操作主要可始於參考過往計畫報告或調查研究資料

後，優先確定領域易受氣候變遷影響的評估對象，再檢視評估對象過往受到直接衝擊的氣候危害因子類型及閾值，並應用於確認現況及未來的氣候危害因子的危害影響時間及其空間範圍，最後邀請利害關係人，共同界定出氣候變遷「直接風險」評估的探討範疇。

3.1.2 「界定範疇」預期產出成果

執行界定範疇操作後，預期產出的成果為界定出領域首要欲探討的直接衝擊事件及評估對象、造成直接衝擊事件的氣候危害因子類型及閾值、對象受氣候危害因子的危害影響時間及空間範圍、物理環境脆弱度等(圖 10)。

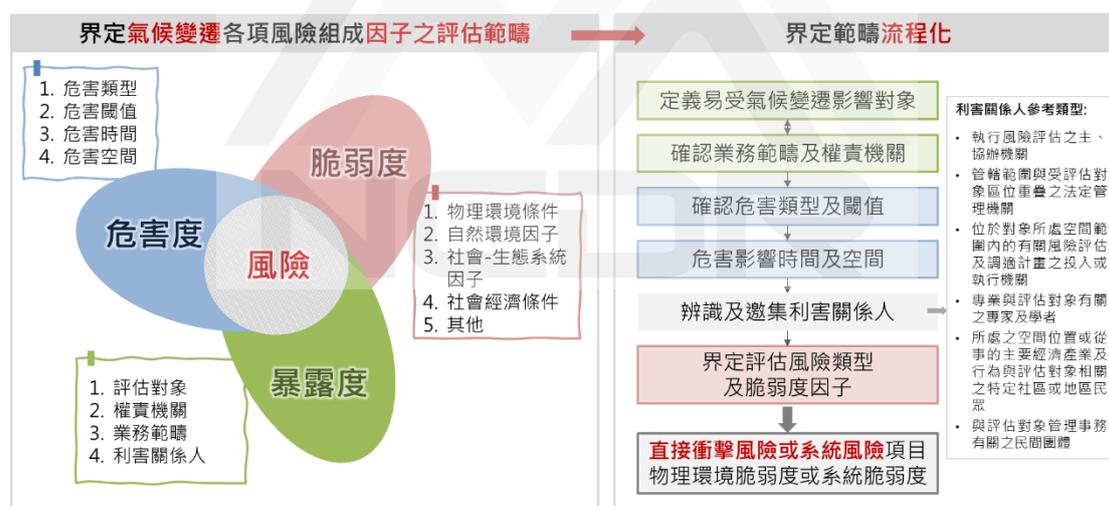


圖 10 界定範疇項目與流程

3.1.3 「界定範疇」操作要點

• STEP 1 決定評估對象

進行氣候變遷風險管理目的是為了將評估對象可能承受的直接衝擊風險降至可接受的程度，因此構面 1 可先著手設定欲評估的對

象，及進行風險評估目的與評估結果預計應用調適管理目的(表 1)。

各領域可依過往經驗或由相關計畫報告內容、研究調查成果等，初步分析及彙整領域較易受特定直接衝擊的對象。

表 1 風險評估目的及評估結果應用調適管理目的

風險評估目的	評估結果應用調適管理目的
減少生命損失	維護並提升公共衛生與安全，及緊急災害應變與復原，以降低死亡率
減少疾病、傷害、住院率	維護並提升公共衛生安全、醫療照護及緊急災害應變與復原，降低疾病與傷害發生率
減少心理影響	維護並提升心理健康與福祉，包括安全與保障
減少社會凝聚力流失	維護並提升生活品質，包括社會服務(如教育與學校、住房與庇護、治理)、社區機構及就業機會
減少文化資源損失	保存並提升文化重要資源，包括祖先與歷史遺址、文物、具文化意義的物種、傳統食物、文化價值及其他文化資源
減少自然資源損失	保護並提升自然環境與生態系統服務，如生物多樣性、生態系統、保護物種、保護區域、保護土地、公園、空氣品質及水質
減少經濟產能損失	維護並提升經濟產能，包括農業(如食品生產、加工及配送)、能源生產(如天然氣、石油)、林業(如木材)、採礦、採石、石油及天然氣、建築及製造業。
減少基礎設施服務損失	維護並提升基礎設施服務，包括公用事業服務(如能源傳輸、能源消耗、飲用水、廢水處理)及貨物、服務與人員流動(如道路、鐵路、機場、港口)

(資料來源: Ministry of Environment and Climate Change Strategy, 2019)

• STEP 2 蒐整評估對象基本空間分布或區位圖資

完成 STEP 1 後，接續蒐整評估對象可供分析的空間或區位基本圖資。

• STEP 3 決定評估對象之氣候危害因子類型

決定評估對象後，即可藉由領域過往科研調查成果或相關計畫報

告之彙整內容中，所述及評估對象在過往受到直接衝擊的氣候危害因子類型(如強降雨、強風、高溫、低溫等)，並決定納入下一步驟探討。本步驟除確定評估對象現況已受影響的氣候危害因子類型外，另也可加入於未來氣候變遷情境下，可能新增的潛在氣候危害因子(表 2)。

表 2 氣候危害因子類型

氣候危害因子	持續性/非持續性
平均溫度變化(含空氣、河川與海洋溫度)	持續性
極端高溫增強	非持續性
季節性降雨型態改變	持續性
極端降雨增強	非持續性
海岸風暴及暴潮	非持續性
海平面上升	持續性
海洋酸化	持續性
風向與風速變化	持續性

(資料來源: Ministry of Environment and Climate Change Strategy, 2019)

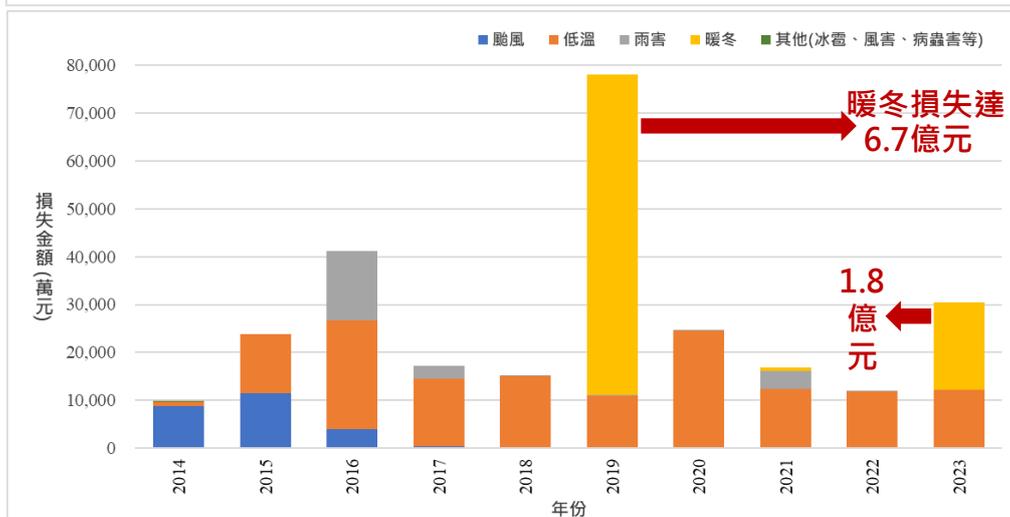
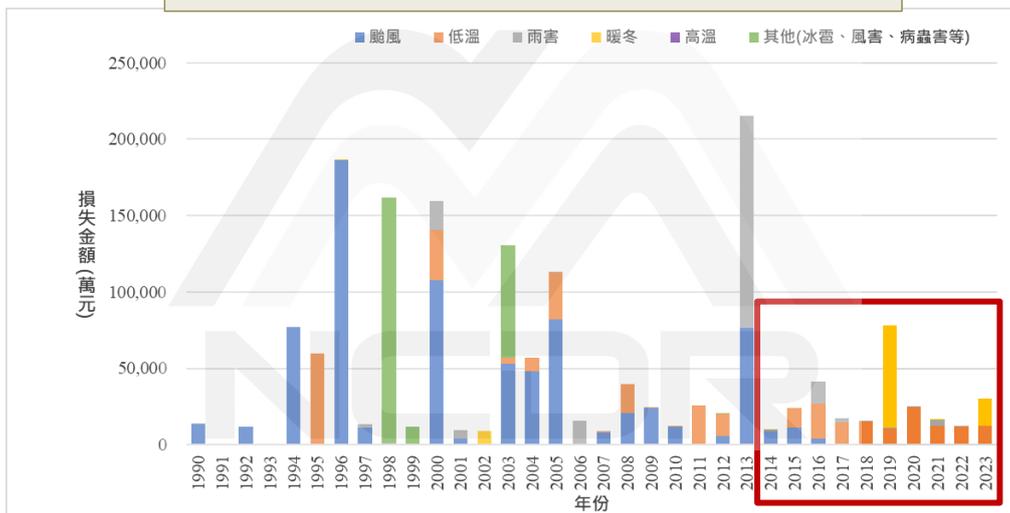
案例框 一

界定氣候危害因子類型－農業部韌性農業計畫

臺中高接梨風險評估操作案例

以災防科技中心執行農業部韌性計畫高接梨風險評估為例，高接梨易受災時期約為每年12月梨穗嫁接期至隔年9月梨果採收，由歷年各災別損失統計得知，過去主要災害為颱風，但近十年轉變為低溫及暖冬，在氣候變遷暖化下，高接梨面臨暖冬的衝擊逐漸增加，因此本研究決定優先以暖冬作為主要導入風險評估的氣候危害因子類型。

高接梨歷年各災別高接梨損失統計圖



統計資料來源：農糧署

•STEP 4 分析評估對象受氣候危害因子危害時間及空間範圍

在確定評估對象空間分布及氣候危害因子類型後，接續界定影響評估對象的氣候危害因子之危害時間與空間範圍。首先設定氣候危害因子對評估對象可能產生直接衝擊的氣候危害閾值，並以氣候危害閾值作為篩選氣候危害影響數值基礎，篩選結果進而運用於界定評估對象受現況及未來(調適應用情境)氣候變遷下之氣候危害因子影響時間(或特定季節)及空間範圍，再利用界定出的時間及空間範圍，探討及辨識關鍵的利害關係人。

- (1) 氣候危害因子「危害影響閾值」：可藉由有關科研調查成果或相關計畫報告之彙整內容中，解析評估對象在過往受到特定直接衝擊的氣候危害閾值；
- (2) 氣候危害因子「危害影響時間」：可藉由有關科研調查成果或相關計畫報告之彙整內容中，所述及之評估對象在過往受到特定直接衝擊的氣候危害因子之危害影響時期，例如特定月份、季節、上午/下午等特定時段等；
- (3) 氣候危害因子「危害影響空間」：應用篩選出在特定氣候危害影響閾值及時間的空間範圍後，再套疊評估對象空間分布，界定評估對象於現況及未來(調適應用情境)受氣候危害因子之危害影響的空間重疊範圍或區位，例如評估對象於特定縣

市所在區位與現況及未來(調適應用情境)氣候危害因子之危害影響空間的重疊範圍，其中應特別留意未來氣候危害因子增強，相較於現況所增加擴展的空間範圍。

• STEP 5 辨識利害關係人

在完成前列相關界定工作後，各領域接續需進一步依操作案例需求辨識利害關係人，以共同確認導入下一階段現況氣候變遷風險評估的適切範疇內容。仔細辨識與風險評估相關的關鍵利害關係人，除可協助範疇界定外，另也可協助確定後續風險評估結果及降低調適後期出現實務上調適落實延滯情形。辨識利害關係人的方法多樣，可依實際需求情形調整，但整體應包含辨識評估對象的風險管理相關主要機關、協作夥伴、利益關係人和組織；從國家治理需求的角度而言，可包括各級政府機關及各種社會團體，以及對欲評估的風險具特別權益連結的利害關係人。本案例報告提出以下利害關係人辨識方法及類型供實際操作參考：

[利害關係人辨識方法]

確定有「誰」將受到影響及「誰」又與風險管理相關，為辨識評估對象有關之利害關係人，常用的方法包含：

- (1) **衝擊鏈辨識**(如果有執行衝擊鏈建置；衝擊鏈建置初步說明請參考附件一) (GIZ et al., 2018)：利用初步建置的衝擊鏈，由

其連結項目中，轉換為可能關聯的利害關係人，例如衝擊鏈連結海岸地區防洪結構物及農地，則海岸土地管理單位、治水部門及農業部門與地方農業團體等，即可視為潛在的利害關係人。

- (2) **空間範圍辨識** - 主要利用分析評估對象於空間分布區位與哪些管理機關的管轄空間範圍重疊，除可檢視範圍內牽涉那些公部門管理機關外，也可解析從事主要經濟產業、發展活動與評估對象相關之特定社區或地區民眾。
- (3) **滾雪球法辨識** - 界定直接關聯評估對象的利害關係人後，利用訪談或諮詢所取得的資訊，往下連結與其有關的利害關係人。
- (4) **科研及計畫文獻盤點辨識** - 藉由回顧評估對象有關的氣候變遷風險評估及調適研究調查文獻與報告，取得分析與評估對象有關風險評估及調適計畫之機關，及與評估對象管理事務有關之民間團體等。

[利害關係人類型(Clemmensen et al., 2015)]

- (1) **地方行政機關** - 僅在地方層面行動的公共機構，執行政府政策或規劃並執行地方政策，例如市政府的技術人員。
- (2) **國家行政機關** - 中央部門人員，例如環境部、農業部、國家

公園管理署。

- (3) **地方政治人物** - 在地方層級當選的民意代表，例如市長。
- (4) **國家政治人物** - 中央部會民意代表及國家官員，例如部長、立法委員。
- (5) **專業知識機構** - 專門研究特定主題的組織，如大學教授、研究中心研究員等。
- (6) **私營公司** - 私人企業。
- (7) **國營企業** - 所有權屬政府機構的公司。
- (8) **勞工工會** - 代表工人與雇主就工資、工時和工作條件進行集體利益談判的組織。
- (9) **農民** - 從事農業工作的人，包括私營農業公司、農牧場、養殖從業人員等。
- (10) **公民社會組織** - 表達公民利益和意願的組織，如非政府組織(NGO)、非營利組織(NPO)等。
- (11) **公民** - 在案例研究區域內被法律認可為公民的人，享有相應的權利和義務。

• **STEP 6 共同界定評估範疇**

此步驟為界定範疇最後一步，主要為邀集 STEP 5 辨識出的利害關係人，參與共同確認導入詳細現況及未來「直接風險」評估必須考

慮的關鍵條件，至少應界定以下範疇組成項目：

- (1) 危害度：氣候危害因子類型、閾值、時間及空間；
- (2) 暴露度：受評估對象、利害關係人、權責機關及業務範疇；
- (3) 脆弱度：主要為物理環境脆弱度組成項目及條件。

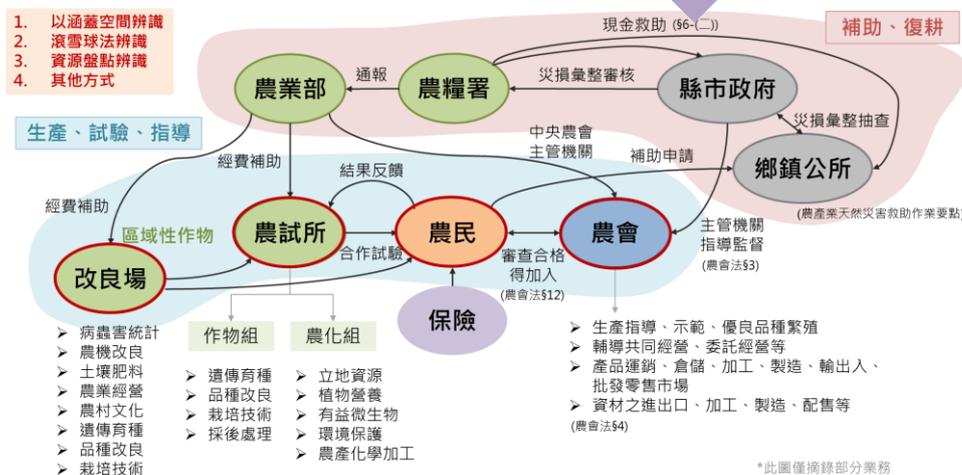
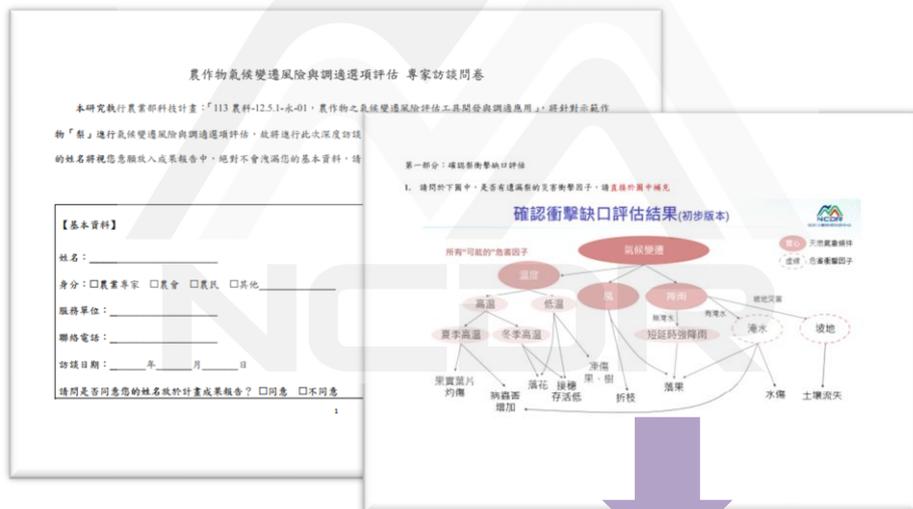


案例框 二

共同界定評估範疇－農業部韌性農業計畫

臺中高接梨風險評估操作案例

本案例利用文獻分析初步建構衝擊鏈後，勾勒出與高接梨風險議題主要的利害關係人，再選取數位不同身分且具高接梨科學或實務專業的利害關係人進行訪談。研究藉由彙整各受訪者的科學專業與實務經驗，針對現況高接梨受暖冬危害衝擊有關情形進行資訊蒐集，從中釐清高接梨種植區位關鍵的脆弱度因子，並與專家共同擬定共同討論及確認本案例高接梨暖冬危害衝擊的危害度、暴露度及脆弱度等評估範疇。



3.2 氣候變遷風險評估

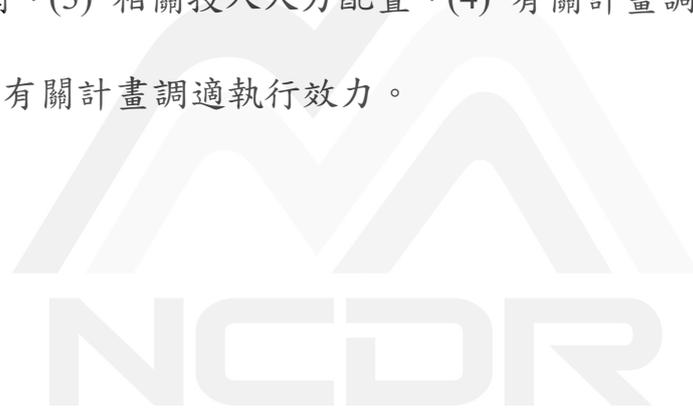
氣候變遷風險是由氣候危害因子結合非氣候因子，所引發人類或生態系統的潛在衝擊及不利後果。氣候變遷風險決定因子包含氣候危害因子所牽動的暴露度及脆弱度。氣候變遷風險評估與風險導向的決策重點在於辨識未來面臨的風險，藉以整合規劃減輕風險決定因子影響的調適選項。氣候變遷風險評估成果應辨識出調適差距或指認高風險地區，以供利害關係人檢視或指認評估結果的合理性，並設定降低調適差距的目標後，進而規劃及建構適合的調適選項，因此氣候變遷風險評估包含現況及未來風險評估。氣候變遷風險評估具有許多不同的方法型態，包括定量模型(如氣候水文模型)、指標半定量方法、質性訪談方法、參與式方法等，並可視評估需求情況，同時結合數種評估方法。

3.2.1 盤點可掌握資源

盤點及辨識可掌握資源，應盤點權責機關及評估對象之可掌握資源，包含權責機關之知識、技術、人力、財務等能力建構情形，及可投入有關氣候變遷風險評估及調適計畫等調適管理機制之資源。盤點資源主要目的為(1)氣候變遷風險評估影響議題之選定—如納進評估對象為何，及評估對象在什麼情況下易受到哪種氣候危害的衝擊，及其範圍、程度等；(2)盤點現有的調適投入情形—盤點現況所採取的調

適措施或策略，可作為未來研擬調適行動或執行計畫之規劃基礎，如屬主辦機關原定期執行之計畫，後續則可考量「調適差距」，予以調整計畫內容，以發揮未來調適效力，也可避免調適資源重複投入。

- 盤點資源項目可包含(1)權責機關調適行動或執行計畫相關法規檢核、(2)評估對象涉上位、相關計畫與相關管理機制辦理情形、(3)彙整歷年投入資源與計畫等。
- 盤點資源類型可包含(1)盤點資源類型、(2)已發展的知識及技術、(3)相關投入人力配置、(4)有關計畫調適執行內容、(5)有關計畫調適執行效力。



案例框 三

盤點可掌握資源－TCCIP 坡地領域

大漢溪集水區坡地崩塌案例

TCCIP 坡地領域探討大漢溪集水區坡地崩塌為說明案例。本案例在與利害關係人共同完成界定範疇後，即應用確認的主管法令、影響對象、業務範疇及權責機關等資訊，進一步盤點權責機關及評估對象相關可掌握的各项資源。資源類別包含知識、技術、人力及財務等面向，透過整體性盤點，以評估未來可投入氣候變遷風險評估及調適計畫的資源量能，作為後續資源配置與規劃之參考依據。

法令依據：水土保持法

第一條
為實施水土保持之處理與維護，以保育水土資源，涵養水源，減免災害，促進土地合理利用，增進國民福祉，特制定本法。

易受氣候變遷影響對象：大漢溪集水區

權責機關：農村發展及水土保持署(臺北分署)

業務範疇：辦理農村發展及水土保持業務

依農業部農村發展及水土保持署組織法第二條
六、集水區水土保持的調查、規劃、執行與督導
七、山坡地治山防災工程、水土保持工程與植生綠化工程之調查、規劃、設計、執行及督導。
八、土石流、大規模崩塌與不安定土砂防災之策劃、調查、推動、協調及督導。



水保署臺北分署的服務地區



資料來源：<https://tech.ardswc.gov.tw/>

「土石流及大規模崩塌災害防救業務計畫」

計畫名稱/類別	計畫項目/實施地點	防救災類別	防救災經費	計畫期程	執行地點	110年	111年	112年	113年
土石流防救災業務計畫(第四期)	整體性治山防災計畫	土石流、崩塌、地政、防災、地政、防災	年度經費	110-113	全國範圍	2,468,888	2,647,149	2,554,548	2,709,387
土石流防救災業務計畫(第四期)	氣候變遷下大規模崩塌及不安定土砂防救災業務計畫第二期	土石流、崩塌、地政、防災	年度經費	110-115	全國範圍	473,096	424,100	484,917	746,909
土石流防救災業務計畫(第四期)	坡地土砂防救災業務計畫	土石流、崩塌、地政、防災	科技專案	110-113	全國範圍	4,518	4,423	4,817	4,817
總計						3,146,502	3,075,672	3,043,282	3,461,114

資料來源：114年土石流及大規模崩塌災害防救業務計畫

3.2.2 直接風險

「直接風險」評估需引入前一構面界定範疇的操作成果，包含評估對象主要探討的氣候危害因子類型、氣候危害因子閾值、氣候危害因子的危害時間及空間範圍。此外，分析「直接風險」時，如極端事件衝擊、緩慢的影響過程或趨勢等，應考慮氣候危害因子與其他非氣候因子的關係；例如氣候危害因子變化過程或趨勢本身就屬衝擊驅力（如強降雨、高低溫之於農作物），但因評估對象及探討重點差異，有時氣候危害因子會與非氣候因子結合，而形成不同的直接衝擊程度（如海平面上升溢淹範圍或低窪地區淹水深度），因而增加評估對象受到直接衝擊的風險。本案例報告定義氣候變遷「直接風險」為：

直接風險 = f (氣候危害因子之危害度, 非氣候危害因子之物理環境脆弱度, 評估對象之暴露度)

3.2.3 風險評估目的

藉由氣候變遷風險評估結果，與利害關係人共同辨識調適差距及指認評估對象於評估區域範圍內的高風險地區，以應用於規劃降低調適差距的目標與調適選項。隨著科學界對氣候變遷風險複雜性和系統特性的深入理解，風險處理的方式正從單一災害的概率模型轉向混合性評估方法。目前風險量化技術已取得相當進展，使專家在理解風險

樣態後，較易於判斷及評估如何處理優先風險和管理剩餘風險 (residual risk)，並綜整關鍵風險訊息及提出結論。氣候變遷風險評估結果也可應用於辨識風險優先排序，以此訂定調適需求面向；循環性進行氣候變遷風險評估，更可呈現風險隨調適選項介入效力影響，各項風險決定因子於特定平移時間內變化的情形。氣候變遷風險評估包含不同時間區間及尺度，建議優先評估氣候衝擊現況，包括當前因氣候變異、氣候極端事件和最近氣候危害因子變化所造成的衝擊。如圖 11，未來氣候變遷風險需與氣候衝擊現況的評估目的一致，當比較未來氣候風險指標與氣候衝擊現況指標比較後，將可得到現況及未來氣候危害因子之危害影響程度變化所引致的風險差異，作為調適差距辨識及高風險地區指認之基礎參考資訊。

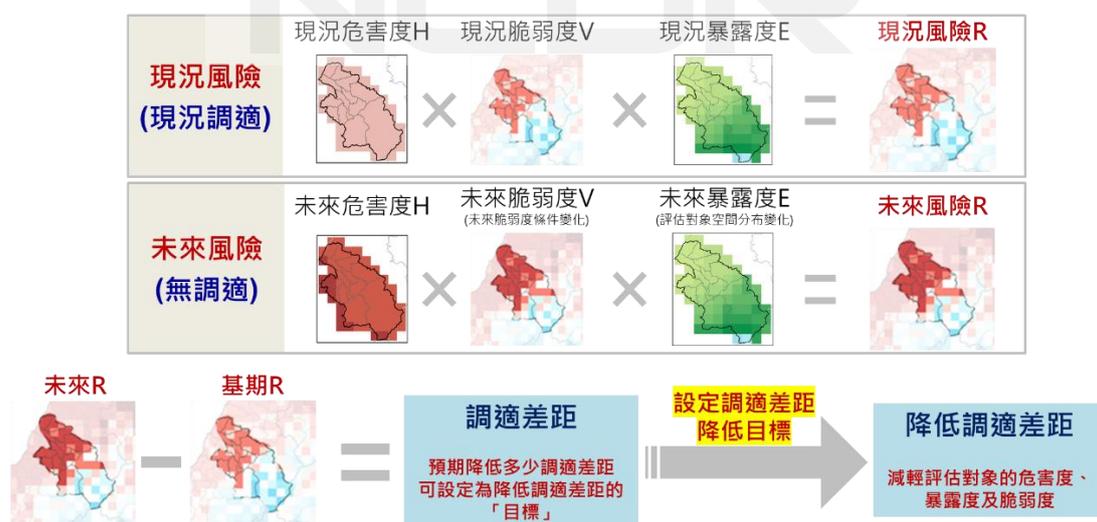


圖 11 氣候衝擊現況及未來氣候變遷風險之評估目的

3.2.4 風險評估預期產出成果

氣候變遷「直接風險」主要為評估氣候危害因子驅動的直接衝擊程度，例如淹水範圍與深度、坡地崩塌機率與面積、水資源缺(需)水量等評估，及其衝擊所導致評估對象的損失或損害情形。氣候變遷「直接風險」是「評估對象」暴露度、「氣候危害因子」危害度與一個或數個「非氣候因子的物理環境條件」之脆弱度(即可能與氣候危害因子之危害影響具直接衝擊加乘連動效果的地文環境條件)所組成的函數。

「直接風險」的評估方法可概分為由定量數值模型產出的量化風險及建置替代性風險指標評估系統所呈現的質化或半量化風險。

3.2.5 風險評估操作關鍵重點

「直接風險」評估主要需判斷直接衝擊事件發生可能性、發生頻率與嚴重性後果，以進一步分析評估對象可能面臨的「直接風險」。應用「直接風險」評估結果可用來比較及排序面臨的各項「直接風險」，但可能需要同時結合定量模型量化數據、替代性指標系統之評估結果及專家或利害關係人會議所取得的質性意見等。

3.2.6 氣候危害因子之危害度

「直接風險」的氣候危害因子之危害度評估，需先導入氣候危害因子影響時期，於結合地文環境條件後，所可能引致直接衝擊的氣候危害因子閾值，如溫度、降雨、日照、濕度等，並以此建立氣候危害

因子的危害指標。常見的氣候危害因子之危害指標範例如表 3 所示。

表 3 常見的氣候危害因子之危害指標範例

指標類型	指標名稱	單位	指標定義說明
溫度	年平均溫度	°C	年均每日溫度
	月平均溫度	°C	月均每日溫度
	平均每月最高溫	°C	每月平均日最高溫
	平均每月最低氣溫	°C	每月平均日最低溫
	夜間低溫	%	每日最低溫低於第 10 百分位的天數百分比
	日間低溫	%	超過第 10 百分位的每日最高溫日數比例
	暖化天數	%	超過第 90 百分位的每日最高溫天數百分比
	平均日溫差	°C	每日最高與最低溫的月均差
降雨	年雨量	mm	總年雨量
	月雨量	mm	總月雨量
	最大每日降雨量	mm	每月最大日雨量
	強降雨日數	Days	年日雨量 ≥ 10 毫米日數
	重度降雨日數	Days	年超過 20 毫米雨日數
	乾早日數	Days	年降雨量小於 1mm 的日數
	連續乾早日數	Days	連續降雨量小於 1 毫米最長日數
	連續降雨日數	Days	連續日雨量大於 1mm 最長日數
高濕度日數	mm	日降雨量超過 95 百分位的天數的年總降雨量	
日照	每月日照時數	Hours	每月總日照時數
	年平均日照時間	Hours	年總日照時數
濕度	年平均相對濕度	%	年平均每日相對濕度
	月平均相對濕度	%	月平均每日相對濕度

(資料來源：JICA Global Environment Department, 2024)

建立氣候危害因子的危害指標需特別留意，持續性及非持續性兩種氣候危害因子的發生機率於評估意義上的差異(表 4)。對於受非持續性氣候危害因子引起的風險事件，如熱浪、強烈颱風，其於設定的未來氣候情境推估時期內(如升溫 2°C 所對應的 2040 年)之氣候危害影響發生機率，與直接衝擊可能性及嚴重度相關；而對於受持續性氣候因子影響的風險，如平均氣溫上升、季節性降雨模式改變或海平面上升等，其氣候危害因子發生機率主要指在特定時期(如升溫 2°C 所對

應的 2040 年)前超過某閾值的機率。

持續性氣候危害因子的變化，如氣溫上升，也常會影響非持續性氣候危害因子危害影響發生的頻率與嚴重度，如熱浪、野火等。持續性危害因子所導致的衝擊風險，可能會在設定的氣候情境期間即達到臨界點，因而導致顯著直接衝擊，例如溫度或降雨量逐漸增多或降低，當其到達一定臨界值程度即可能造成物種滅絕或引發新的疾病媒介發展。

氣候危害因子危害指標閾值之發生可能性分級參考依據，建議衡量以下可信度原則 (Ministry of Environment and Climate Change Strategy, 2019)：

- (1) 高度信心—依據氣候模型數據分析。以多個可靠分析或方法得到的一致性數據；若現況缺乏相關風險事件或其氣候危害因子變化之研究或評估，可利用來自如 TCCIP 現有科研成果的氣候模型數據；
- (2) 中度信心—具同儕審查或其他權威(如政府)認可的相關主題之獨立研究。若有多個關於特定氣候相關風險事件的研究或其氣候危害因子變化資料且數據具一致性，即可考慮引用該研究成果；
- (3) 低度信心—採用專家判斷。僅依靠專家判斷，其可能取得自有限的科學證據或存在專家意見不一致的情形。

表 4 非持續性與持續性氣候危害因子之發生頻率與機率分級

危害發生可能性	分級	非持續性氣候危害因子	持續性氣候危害因子
幾乎確定	5	約每兩年發生一次或一次以上(年機率大於等於 50%)	危害幾乎確定超過閾值
很可能	4	約每 3 到 10 年發生一次(年機率約 10% 到 50%)	危害預期超過閾值
可能	3	約每 11 到 50 年左右發生一次(年機率約 2% 至 10%)	危害可能超過閾值的機率約 50%
不太可能	2	約每 51 日至 100 年發生一次(年機率為 1% 至 2%)	危害不太可能超過閾值
幾乎確定不可能	1	約每百年少於一次(年機率低於 1%)	危害幾乎不可能超過閾值

(資料來源：Ministry of Environment and Climate Change Strategy, 2019)

3.2.7 物理環境脆弱度

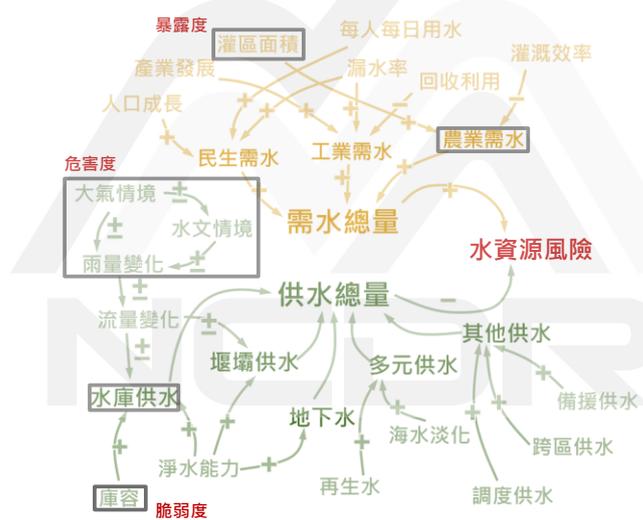
在「直接風險」評估範疇中，非氣候因子的物理環境脆弱度係指氣候危害因子危害影響驅動下，決定評估對象可能受到直接衝擊程度的地文環境系統條件。目前在科學發展下，已發展多種可直接結合氣候危害度因子及非氣候脆弱度因子進行模擬的模式方法，但過去也有因缺乏成熟可用的整合衝擊模型，而分別建立氣候危害度因子及非氣候脆弱度因子的替代性指標系統應用於直接衝擊風險評估的方法。至今，兩種評估類型皆被廣為使用。

案例框 四

整合衝擊模擬模型－TCCIP 水資源領域

曾文-烏山頭水庫系統農業供水風險

TTCCIP 水資源領域為探討曾文-烏山頭水庫系統未來農業缺水風險，自水資源系統衝擊鏈建構成果中，設定氣候危害因子為雨量偏少影響，結合受淤積影響的水庫庫容變化作為物理環境脆弱度，導入水資源系統模式進行整合模擬，評估現況與未來嘉南灌區農業缺水量。依據模擬結果，現況嘉南灌區農業缺水量約達 24,930 萬噸/年；未來以水資源經理計畫管理目標年 2041 年(民國 130 年) 對應調適應用情境 2°C 下，該灌區農業缺水量將可能達 31,590 萬噸/年。



因子	H: 危害度	V: 脆弱度	E: 暴露度	R: 風險
項目	偏少特性 (發生機率)	庫容量 (百萬噸)	稻作面積 (公頃)	缺水率 (%)
基期	0.40	551.96	18,123	27.7
未來	0.48 (+20.0%)	492.70 (-10.7%)	18,123	35.1

基期缺水量：農業缺水量 24,930 萬噸/年

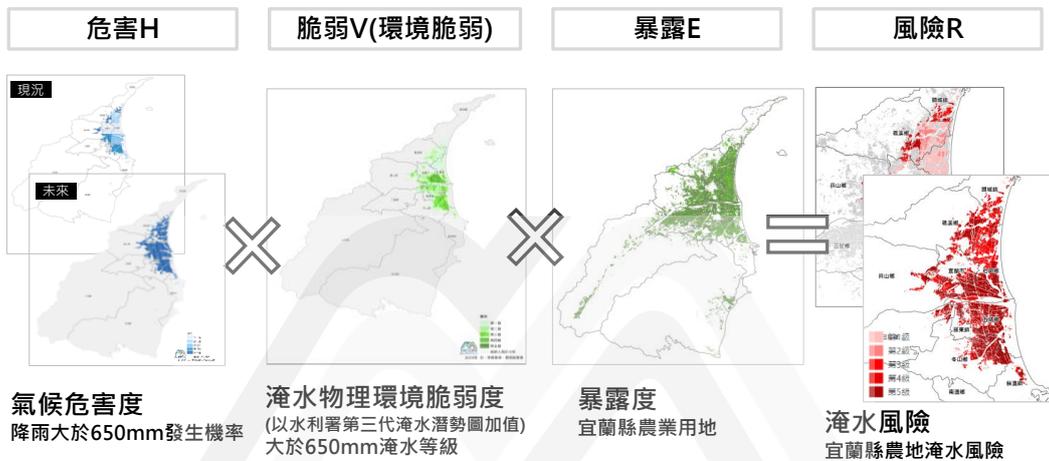
未來缺水量：農業缺水量 31,590 萬噸/年

案例框 五

替代性指標風險評估－Dr.A 氣候變遷災害風險調適平臺

宜蘭農業用地淹水直接風險操作示意說明

以 Dr.A 危害-脆弱度(H-V)圖套疊位於淹水區位的農業用地(暴露度)，呈現現況與未來氣候變遷下農業用地的淹水風險評估結果。



3.2.8 暴露度

在分析暴露度時，需考慮評估對象或其系統於氣候危害因子危害影響所導致直接衝擊之暴露情形。暴露度評估包含量化評估對象面臨直接衝擊下的暴露範圍及時間尺度等數值程度，例如以一個特定行政區內的建築物作為評估對象，其建築物在淹水及崩塌暴露度(範圍示意圖如圖 12 所示)計算分別可表示為：

- 建築淹水暴露度=淹水範圍內建築物數量/行政區建築物總數量
- 建築崩塌暴露度=崩塌範圍內建築物數量/行政區建築物總數量

「紐西蘭國家氣候變遷風險評估指引」將暴露度分為四級作為區

隔評估結果的程度(低度、中度、高度、極端)，且此指引中建議當某國家部門評估對象的暴露度若被評為低度直接衝擊暴露，即不需再評估其評估對象系統脆弱度(表 5；Ministry for the Environment, 2019)。

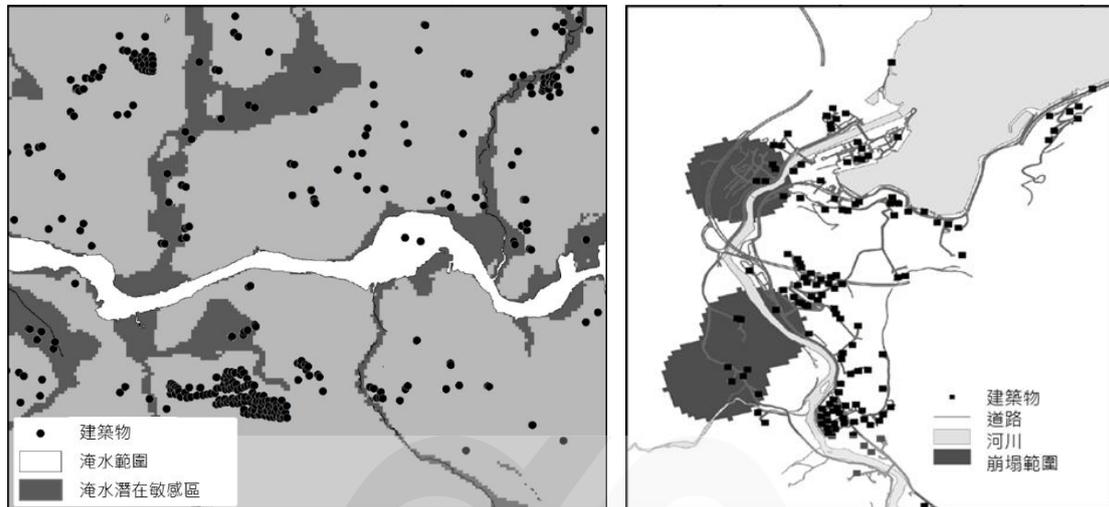


圖 12 建築物位於淹水(圖左)及崩塌範圍(圖右)示意圖

(資料來源：Wilk et al., 2013)

表 5 暴露度分級

分級	分級描述	定義
4	極端暴露	超過 75%部門或評估對象數量暴露於直接衝擊
3	高度暴露	50-75%部門或評估對象暴露於直接衝擊
2	中度暴露	25-50%部門或評估對象暴露於直接衝擊
1	低度暴露	5-25%部門或評估對象暴露於直接衝擊

(資料來源：修改自 Ministry for the Environment, 2019)

3.2.9 現況及未來直接風險分析

評估現況及未來氣候變遷氣候危害因子之危害度與非氣候因子之脆弱度對評估對象的「直接風險」，在採用的評估方法及指標皆需保持一致，使在計算出未來「直接風險」超過現況「直接風險」的程度後，即可辨識調適差距及指認高風險地區，以進行後續調適選項之

規劃及設定欲降低的調適差距目標之依據。「直接風險」分析成果應包含氣候危害因子之發生機率(可能性)及直接衝擊對評估對象的衝擊嚴重結果。

「直接風險」指標可隨科學演進認知及專家意見判斷進行指標增減與更新，以反映出氣候危害因子危害影響驅動變數及機率(如降雨、溫度或海平面上升)與非氣候因子(物理環境脆弱度)間衝擊形成關係。雖然氣候變遷直接衝擊造成重大環境變遷不常見，但若能即時考慮變遷情形，並予以更新導入未來直接風險推估的物理環境條件中，將為決策者提供有用資訊，並可協助科學界判斷過去評估結果是否偏向低估或高估風險。分析指標變化原因很重要，以區分真實世界環境變動與其他因素間的相互影響。

了解過去及現況「直接風險」間的衝擊緣由，是進行未來氣候「直接風險」評估的關鍵。「直接風險」評估應隨評估對象暴露情形和非氣候因子之物理環境脆弱度的變化予以更新評估結果，這些更新的風險趨勢將顯示「調適差距」是增加或減少(圖 13)，有助於制定發展優先調適選項和決策。

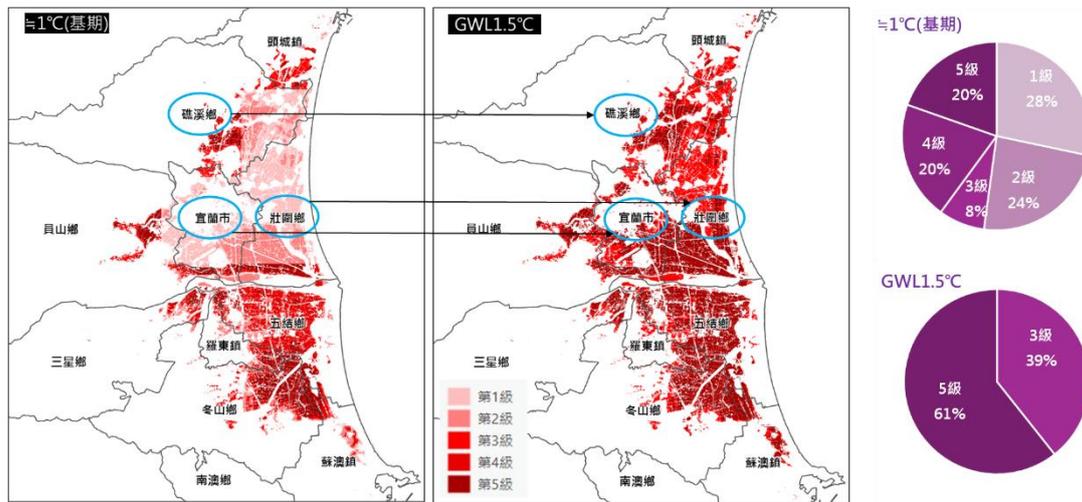


圖 13 Dr.A 宜蘭縣農地現況及未來淹水風險評估等級變化示意圖

3.3 未來氣候風險評估

未來氣候變遷「直接風險」風險指在長時間尺度推移過程之氣候危害因子所造成的「直接風險」。評估未來氣候變遷「直接風險」，需先設定氣候變遷「直接風險」評估之「調適應用情境」，並採用與現況氣候「直接風險」評估相同的指標及評估方法/或模式，用以評估未來氣候變遷危害因子與非氣候因子之脆弱度結合後，對評估對象之「直接風險」，並於辨識「調適差距」及指認「高風險地區」後，接續操作調適規劃與行動階段有關構面。本小節主要陳述進行未來氣候變遷「直接風險」評估時，可應用的未來氣候危害因子推估資料及直接衝擊指標，與「調適應用情境」之設定。有關未來氣候變遷風險評估方法請參閱本技術報告「3.2 氣候變遷風險評估」。

3.3.1 調適應用情境

評估未來氣候變遷「直接風險」，應進行「調適應用情境」設定。「調適應用情境」應使用當期氣候變遷科學報告，並參採最新國內外科學研究機構及政府單位對於氣候變遷科學資訊與知識相關報告及建議予以設定，進行評估對象及所對應業務範疇之未來衝擊或風險評估。災防科技中心配合國發會與環境部設定新一期國家氣候調適情境需求，依據最新氣候變遷科學數據，提供第四期國家氣候變遷調適行動方案 (116-119) 擬使用氣候情境。以目前全球氣候發展路徑，與IPCC(2021)AR6 SSP3-7.0 路徑相符，世紀中 (2041-2060) 全球增溫 2°C 幾已成定局，此情境與第三期調適行動計畫建議情境符合，第四期暫時不需調整情境設定建議，將採以 IPCC (2021)AR6 建議之「全球暖化程度 1.5°C (短期)/2°C(中期)」為主要參考情境(圖 14)。

- 以目前全球氣候發展路徑，與IPCC AR6 SSP3-7.0路徑接近，世紀中(2040-2041)全球增溫 2°C幾已成定局，此情境與前一期調適行動計畫建議情境符合，建議下一期氣候情境設定可維持本期情境設定
- 以此路徑發展，本世紀末可能增溫3°C~4°C

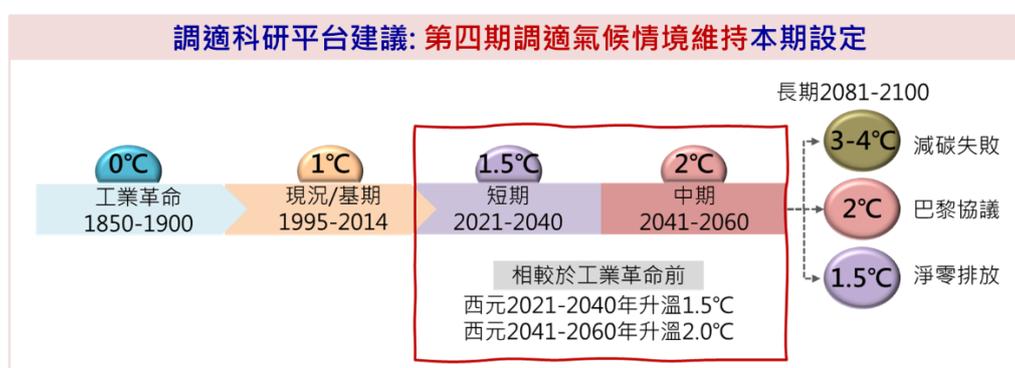


圖 14 第四期國家調適行動計畫調適應用情境說明

3.3.2 直接風險評估危害及衝擊指標資料

各領域進行未來氣候變遷直接風險評估時，可參採 TCCIP 現有研發的指標資料，並採用與現況直接風險評估相同的氣候危害因子危害度及直接衝擊之評估方法及指標(表 6)。相關氣候危害因子之危害及直接衝擊指標資料可於 TCCIP 網頁進行查詢與下載。以 TCCIP Team2 淹水衝擊模式模擬為例，氣候危害因子危害度導入氣候變遷情境下颱風事件時雨量，模式中另也整合考量土地利用、數值高程模型、河道斷面資料、雨水下水道系統等非氣候因子中的物理環境脆弱度條件後，再利用淹水模式予以產製淹水直接衝擊指標圖資。災防科技中心之氣候變遷災害風險調適平台(Dr.A)產製之氣候變遷淹水災害風險圖則採用替代性指標方法(圖 15)，氣候危害因子危害度指標主要為現況及未來氣候變遷情境下的定量降雨大於 650mm 發生機率，而非氣候因子之物理環境脆弱度指標則使用同樣考慮地文條件的大於 650mm 降雨量情境的淹水潛勢地圖，利用風險矩陣方式，產製出意義上同 Team2 直接衝擊指標圖的危害-脆弱圖(圖 15)。

表 6 未來氣候變遷情境危害及衝擊指標推估 (TCCIP)

資料名稱	時間尺度	空間尺度	時間長度	資料變數
測站資料加值指標	年、月	測站	1897/01~2024/12	低溫日數 高溫日數 降雨日數 連續雨日
AR5氣候變遷關鍵指標	時期平均	0.05°	觀測、基期、推估時期平均	溫度指標 雨量指標
AR6氣候變遷關鍵指標				
暖化情境空品指標	月	空品區 區域平均	模擬暖化增溫2°C、4°C情境	空品指標
暖化情境空品指標	日	2km		
AR5未來設計暴雨改變率	降雨延時	0.05°	世紀中相較於基期之改變率	雨量改變率
AR6未來設計暴雨改變率	降雨延時	0.05°	全球暖化程度1.5°C、2°C、3°C、4°C 相較於基期之改變率	雨量改變率
AR5海岸危害指標	時期平均	全臺、沿海縣市	基期、RCP8.5世紀末	海岸最大風速
AR5海岸衝擊指標	時期平均	金門	RCP8.5世紀末	颱風風浪高、 颱風暴潮高度
AR6海岸衝擊指標	時期平均	沿海縣市	全球暖化程度1.5°C、2°C	海平面上升溢淹高度
AR5水資源危害指標	時期平均	北中南東四分區	全球暖化程度2°C、RCP4.5、RCP8.5 世紀中	年/季雨量變化率、平均最大連續 不降雨日數
AR6水資源危害指標	時期平均	北中南東四分區	全球暖化程度1.5°C、2°C、4°C	年/季雨量變化率、平均最大連續 不降雨日數
AR5淹水危害指標	時期平均	全臺、九分區	全球暖化程度2°C、4°C、RCP8.5世紀 中、世紀末、	不同延時累積雨量變化率
AR5坡地危害指標	時期平均	全臺、集水區	全球暖化程度2°C、4°C、RCP8.5世紀 中、世紀末	不同延時累積雨量變化率
AR5漁業危害指標	時期平均	全臺	全球暖化程度2°C	高/低溫事件發生次數改變量
AR6養殖漁業危害指標	時期平均	全臺	全球暖化程度1.5°C、2°C	高/低溫事件發生次數改變量
AR5農業危害指標	時期平均	全臺	全球暖化程度2°C、RCP8.5世紀中、 世紀末	年/月溫度改變量、年/月雨量變 化率
AR6農業危害指標	時期平均	全臺	全球暖化程度1.5°C、2°C	年/月溫度改變量、年/月雨量變 化率
AR5畜牧危害指標	時期平均	全臺	全球暖化程度2°C、4°C	日平均溫溼度指數
AR6健康危害指標	時期平均	全臺各鄉鎮市區	全球暖化程度2°C	年高/低溫及溫差事件發生次數
AR5公衛危害指標	時期變化率	全臺	全球暖化程度2°C、RCP4.5、RCP8.5 世紀中、世紀末	季節溫度、降雨指標改變量

農業用地淹水風險評估-操作示意說明

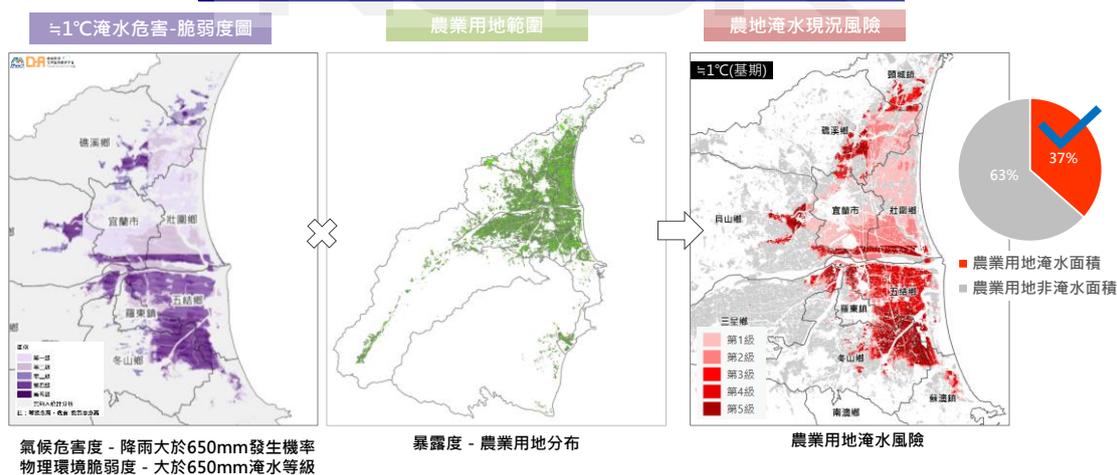


圖 15 Dr. A 危害-脆弱圖應用於農業用地淹水風險評估操作

3.3.3 辨識調適差距及指認高風險地區

指認高風險地區及辨識「調適差距」的主要目的為評估氣候變遷可能造成的不利影響於現況及未來之間的風險落差，及指認評估對象於未來「調適差距」增加較高的區位或地點。

(1) 辨識調適差距

「直接風險」的「調適差距」需經由完成氣候直接衝擊現況及未來氣候變遷「直接風險」評估之間結果，予以比較或計算兩個結果間之暴露度與脆弱度的落差(圖 16)。

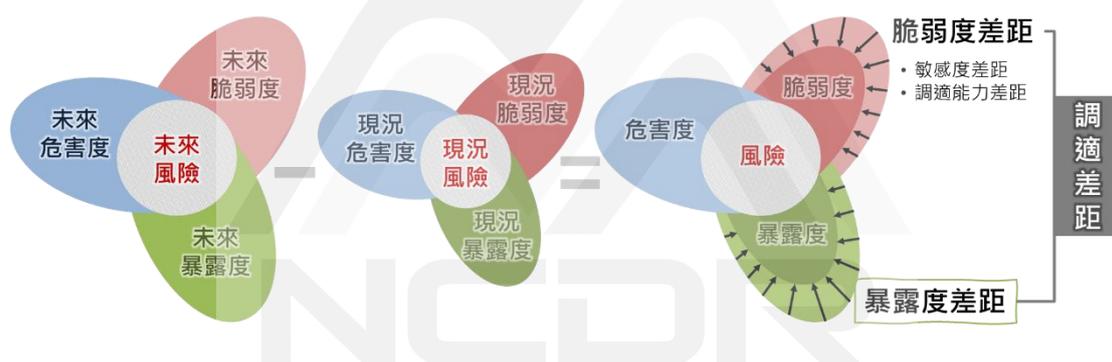


圖 16 調適差距概念示意圖

案例框 六

辨識調適差距—TCCIP 水資源領域

曾文-烏山頭水庫系統農業供水風險

TCCIP 水資源領域以灌溉面積最大之嘉南灌區作為對象，探討曾文-烏山頭水庫系統未來農業缺水風險。依據分析結果，現況嘉南灌區農業缺水量約達 24,930 萬噸/年；未來以水資源經理計畫管理目標年 2041 年(民國 130 年) 對應調適應用情境 2°C 下，灌區農業缺水量將可能達 31,590 萬噸/年；而所辨識的調適差距即為未來缺水量扣除基期缺水量的結果，為 6,660 萬噸/年。



圖片來源：維基百科(嘉南大圳)

因子	H: 危害度	V: 脆弱度	E: 暴露度	R: 風險
項目	偏少特性 (發生機率)	庫容量 (百萬噸)	稻作面積 (公頃)	缺水率 (%)
基期	0.40	551.96	18,123	27.7
未來	0.48 (+20.0%)	492.70 (-10.7%)	18,123	35.1

基期缺水量：農業缺水量 24,930 萬噸/年

未來缺水量：農業缺水量 31,590 萬噸/年

調適差距缺水量：農業缺水量 6,660 萬噸/年

註：風險評估係完整考量水資源系統因子，為簡化操作此處僅挑選代表因子進行分析，後續建議可進行更為全面的風險因子分析

(2)指認高風險地區

指認高風險地區應優先留意因未來氣候變遷之氣候危害因子條件增強驅動下，所擴大的「調適差距」地區。結合「調適差距」的分析結果，應用於解析「調適差距」中，未來暴露度及脆弱度(敏感度增加與調適能力較低)增加較多的區位，進而同時指認現況與未來高風險地區納入於接續的調適規劃，並也可作為未來調適結果的監測與評估基線(圖 17)。

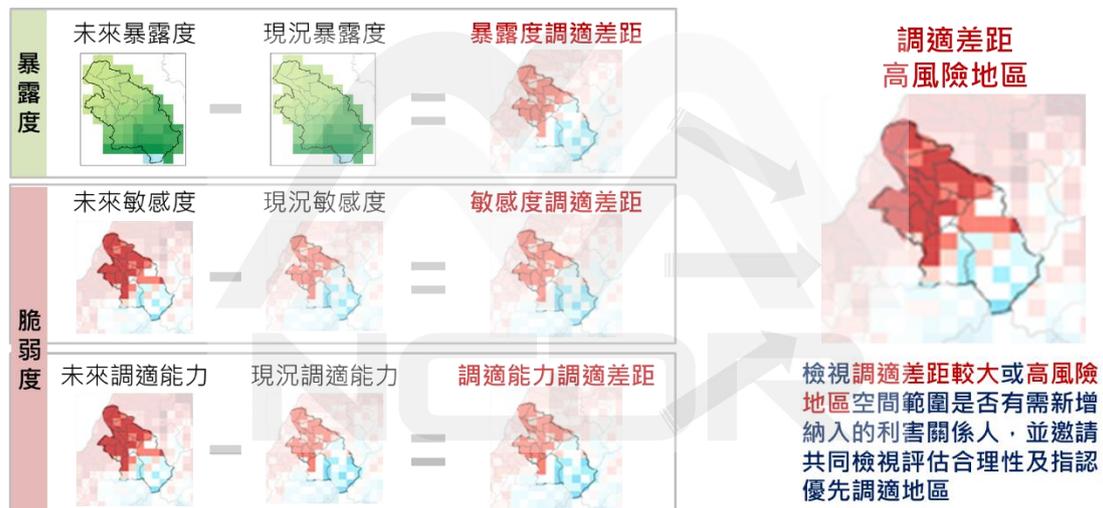


圖 17 調適差距下高風險地區產製示意圖

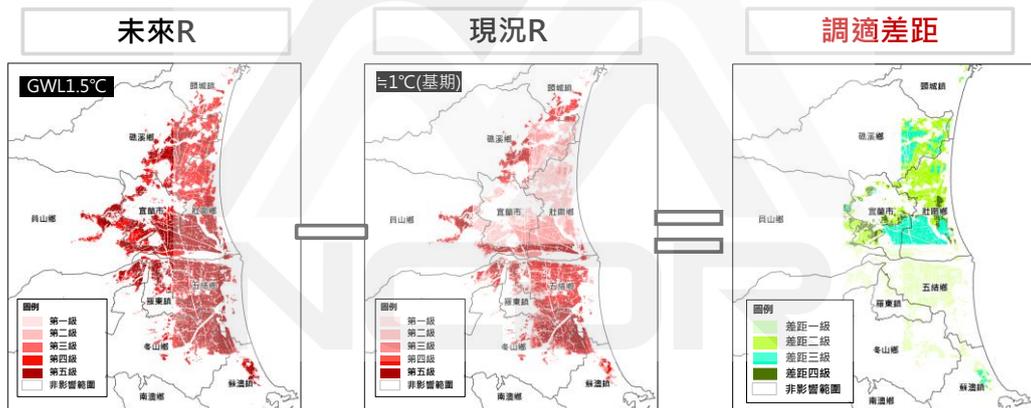
案例框 七

指認高風險地區－Dr.A 氣候變遷災害風險調適平臺

宜蘭農業用地淹水直接風險操作示意說明

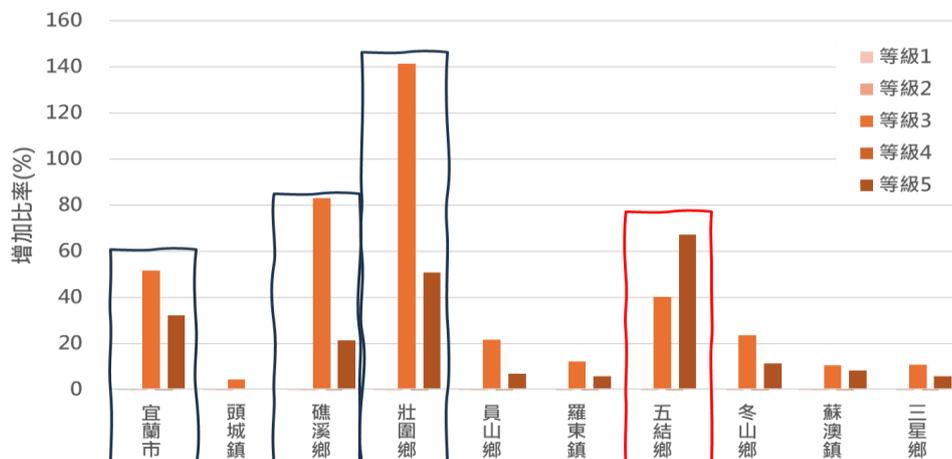
以 Dr.A 現況及未來危害-脆弱度(H-V)圖套疊位於淹水區位的農業用地(暴露度)呈現淹水風險評估結果，再將各鄉鎮市農地未來淹水風險等級扣除現況風險，辨識出調適差距等級分布，進而再分析各鄉鎮市內農地淹水等級增加的面積比例，指認出宜蘭市、礁溪鄉、壯圍鄉與五結鄉等 4 鄉鎮市為鄉鎮市尺度下淹水調適差距增加比例較多的高風險地區。

調適差距 = 未來風險 - 現況風險



➤ 全宜蘭農業用地類型淹水調適差距

－ 辨識宜蘭農業用地風險增加情況



(3)利害關係人共同檢視調適差距或指認高風險地區

檢視調適差距較大或高風險地區空間範圍是否有需新增納入的利害關係人，並邀請共同檢視評估合理性及指認優先調適地區。氣候變遷直接風險評估是一種用於辨識關鍵脆弱度的工具，這些資訊通常用來指導資源在優先調適需求上的分配。一旦確定了氣候變遷直接風險，則可以另根據其直接衝擊發生的可能性(如從「幾乎確定」到「低度可能」的發生範圍)及預期發生時的衝擊嚴重程度(例如自「嚴重災難性」到「相當輕微」)之標準來檢視風險重要性排序，並以此做為直接風險決定因子(暴露度及脆弱度)之優先處理項目配置參考基礎。IPCC 第五次評估報告提出辨識關鍵風險原則，包含衝擊嚴重度、衝擊發生可能性、衝擊後果不可逆性、衝擊時間點、脆弱度或暴露度具持續上升的風險，及透過調適或減緩較難以降低的風險等。

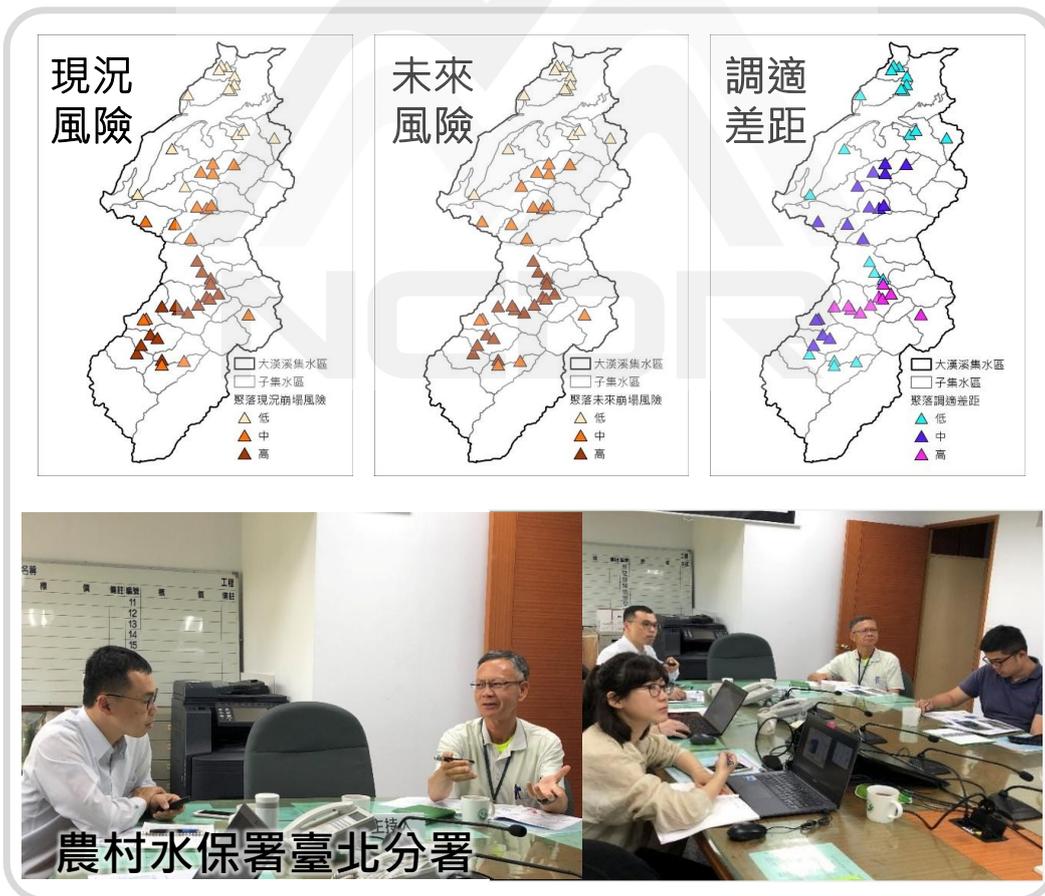
考量多方利害關係人共同檢視「調適差距」及指認高風險地區，將能更全面了解不同群體於氣候變遷「直接風險」下的暴露度及脆弱度，進而評估調適選項介入的適切性，此也較易預先防範社會不正義與調適利益分配的不平等。

案例框 八

利害關係人共同檢視調適差距或指認高風險地區－

TCCIP 坡地領域 大漢溪集水區坡地崩塌案例

TCCIP 坡地領域評估大漢溪集水區現況與未來氣候變遷下，崩塌風險較高之區域皆集中於中上游區域。以現況與未來風險進行調適差距分析顯示，集水區中游及上游右側為風險提升幅度較顯著的區域，代表氣候變遷導致該區域崩塌風險顯著上升。利害關係人共同綜合考量現況、未來崩塌風險與調適差距結果，以及歷史災害經驗、保全對象分布及既有防減災能量等因素，共同指認秀巒聚落為氣候變遷下，後續優先規劃調適資源投入下之高崩塌風險地區。



3.4 調適規劃與行動

3.4.1 綜整決策目的

考慮風險可能性和急迫性，並評估調適選項有效性與可行性，以排序未來優先因應風險的選項。為了訂定欲降低的「調適差距」目標，必須考量調適持續過程及利害關係人對於調適需求的訊息。氣候變遷「直接風險」評估是一種用於辨識關鍵非氣候因子之物理環境脆弱度及評估對象暴露度的工具，這些資訊通常用來指引資源分配給優先的調適需求。

3.4.2 設定降低「調適差距」的目標

預期降低的「調適差距」目標為檢視評估對象及其暴露的非氣候因子之物理環境系統於未來氣候變遷「調適差距」，並得邀請有關利害關係人參與討論後，設定欲降低的「調適差距」目標，再依所設定的目標研擬對應的調適候選選項(圖 18)。

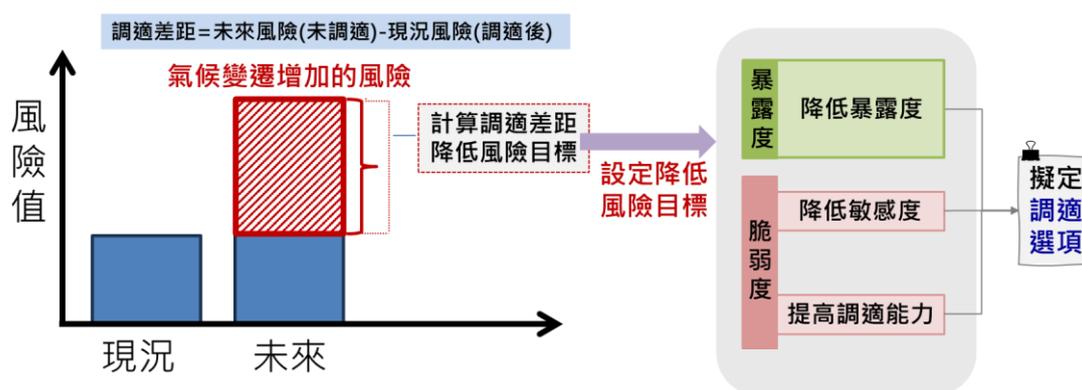


圖 18 設定欲降低之調適差距目標概念示意圖

案例框 九

設定降低「調適差距」的目標－ TCCIP 水資源領域

曾文-烏山頭水庫系統農業供水風險

TCCIP 水資源領域以灌溉面積最大之嘉南灌區作為對象，探討曾文-烏山頭水庫系統未來農業缺水風險。依據分析結果，所辨識的調適差距為未來缺水量扣除基期缺水量的結果，為 6,660 萬噸/年。在氣候危害度降雨偏少發生機率無法改變及假設暴露的稻作面積不變的前提下，設定希望可完全調適未來的缺水量差距作為降低調適差距目標，其調適的代表性脆弱度庫容量調適差距目標為需增加庫容 59.26 百萬噸，整體期望可降低未來增加的 7.4% 缺水率。



因子	H: 危害度	V: 脆弱度	E: 暴露度	R: 風險
項目	偏少特性 (發生機率)	庫容量 (百萬噸)	稻作面積 (公頃)	缺水率 (%)
基期	0.40	551.96	18,123	27.7
未來 (未調適)	0.48	492.70	18,123	35.1
調適 差距	+0.08	-59.26	18,123	+7.4

欲降低的調適差距目標

3.4.3 規劃降低調適差距的調適選項

為了規劃調適選項，盤點既有文獻及計畫中主要的調適行動，將有助於初擬候選調適選項清單。調適選項的分類方法有很多，最重要的是首先根據「直接風險」評估的主要組成部分，來選配可對應降低

評估對象暴露度及非氣候因子脆弱度的調適選項。單一調適選項較無法滿足欲降低的調適差距，應先盤點及研擬各項暴露度、脆弱度中的敏感度及調適能力之候選調適選項清單，再視對應各「直接風險」決定因子調適差距需求(圖 19)，予以參考現況減災(反應式調適)及未來調適選項，整合考量現況及未來風險增減情形，規劃降低風險的調適選項(圖 20)。

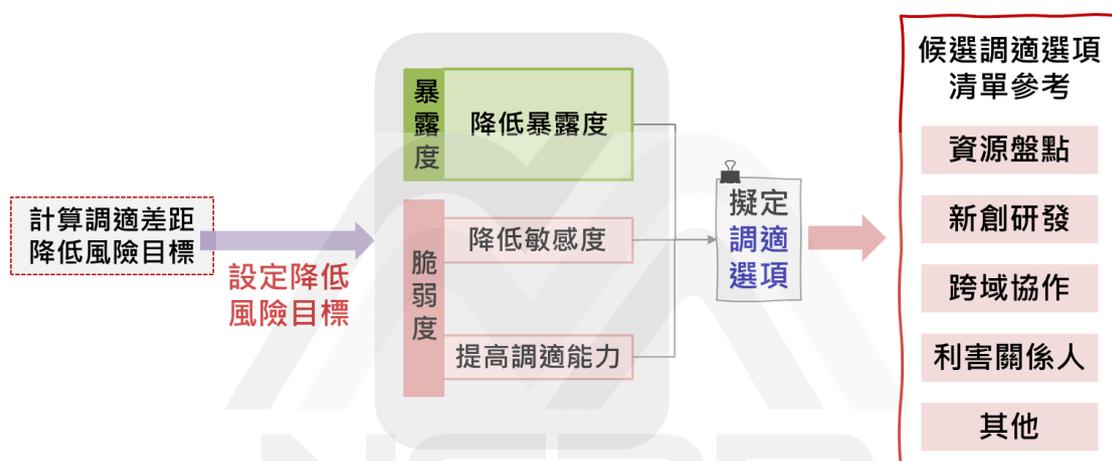


圖 19 規劃對應調適差距下風險決定因子差距之調適選項

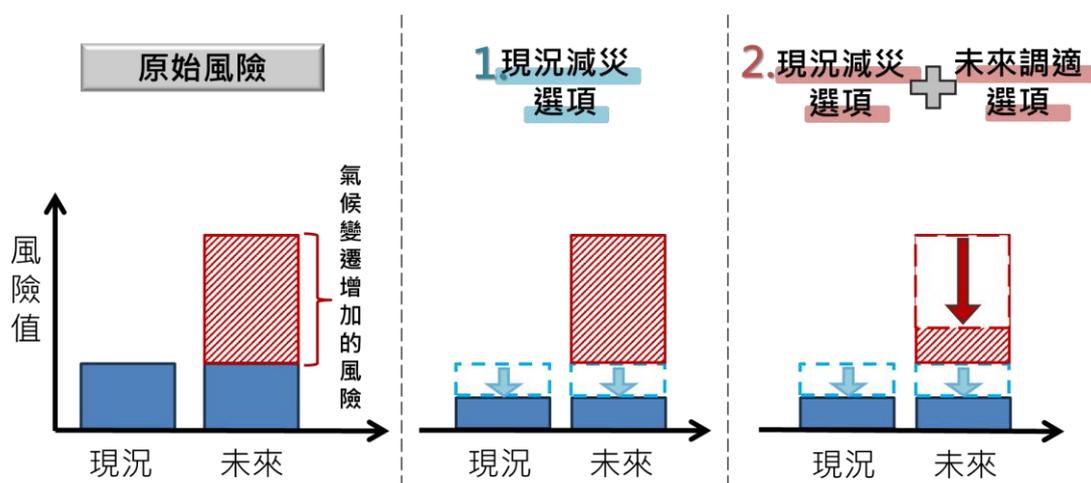


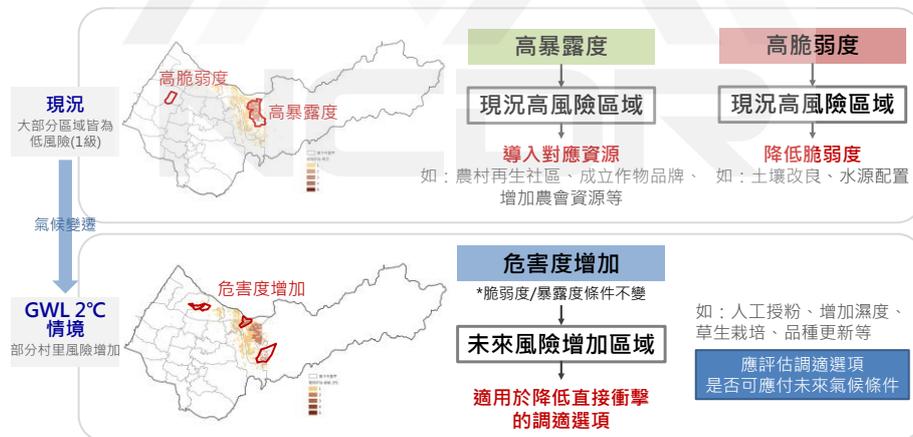
圖 20 整合規劃因應現況風險及未來調適差距的調適選項

案例框 十

規劃降低調適差距的調適選項－農業部韌性農業計畫

臺中高接梨風險評估操作案例

臺中高接梨風險評估操作案例中，考量風險評估現況與氣候變遷情境下分析結果，於脆弱度、暴露度(本案例假設現況與未來暴露度相同)及氣候變遷增加之危害度，導入對應之調適選項。於高暴露度的農作物重要種植區位，調適選項對應該農作物所需資源導入，如導入農村再生社區資源、成立農作物品牌、增加農會資源等。而高脆弱地區對應水源不足、土壤酸化等系統性脆弱度，調適選項對應土壤改良，降低土壤酸化程度及增加農作物所需土壤肥力；水源不足應提高水源運用能力，如增加儲水設備、提高管路灌溉效率等。在氣候變遷下，導致的危害度增加區域，應評估現有調適選項是否可應付未來氣候條件，以現有人工授粉、草生栽培等手段，進行反應式或漸進式調適選項。



3.4.4 評估各調適選項有效性與可行性

氣候變遷「直接風險」評估和調適，可依照急迫性、經濟可行、有效性與技術可行性等原則(表 7)，進行初步評估並選擇適當的調適選項，此階段可接受多項候選調適選項。比較候選調適措施，確保調適選項效力可控制剩餘風險在可接受範圍內，並與利害關係人共同討論及評估調適選項在降低風險發生機率與衝擊嚴重度方面的有效性，以及成本、技術和社會觀點的可行性等。圖 21 呈現規劃調適有效性及實施先決條件之審視原則範例。

表 7 調適選項評估原則(JICA Global Environment Department , 2024)

調適選項評估觀點	描述及定義
急迫性	是否急迫必須實施調適措施？或者還有彈性空間？
經濟可行	調適成本是否可行？預期調適效力是否值得投入？
有效性	候選的調適選項是否能有效處理預期的氣候風險？
技術可行	從技術、政策制度及環境等角度而言，是否皆具可行性？

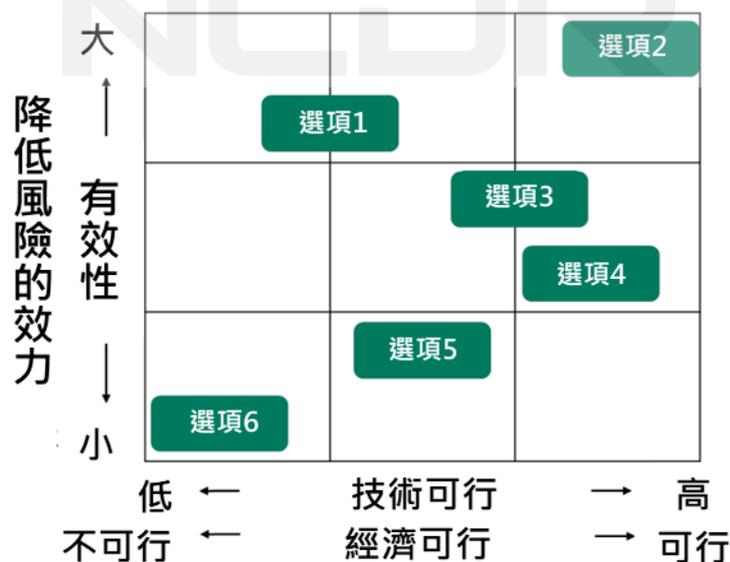


圖 21 調適選項評估原則示意圖

(資料來源：JICA Global Environment Department, 2024)

案例框 十一

調適選項有效性與可行性—TCCIP 水資源領域

曾文-烏山頭水庫系統農業供水風險

TCCIP 水資源領域以灌溉面積最大之嘉南灌區作為對象，探討曾文-烏山頭水庫系統未來農業缺水風險。依據分析結果，在氣候危害度降雨偏少發生機率無法改變及假設暴露的稻作面積不變的前提下，設定可完全調適未來的缺水量差距作為降低調適差距目標，其調適的代表性脆弱度庫容量調適差距目標為需增加庫容 59.26 百萬噸，整體期望可降低未來增加的 7.4% 缺水率。降低調適差距的調適選項預期導入水利署曾文水庫放水渠道及擴大抽泥工程計畫作用情境，整體庫容量調適差距約可降低至缺少 38.96 萬噸，缺水率可望降至 2.6%。以此結果分析，無法完全降低調適差距，需另搭配其他調適選項共同執行。

● 清淤策略推動之有效性

經濟部
曾文水庫放水渠道
及擴大抽泥工程
(111-114年)
110年3月

計畫名稱：曾文水庫放水渠道及擴大抽泥工程

推動期程：111-114 年

經費編列：19.81 億元

有效性：

1. 庫區陸挖清淤量可由現況50萬m³提升至86萬m³(增加36萬m³)
2. 庫區抽泥清淤量可由現況315萬m³提升至585萬m³(增加270萬m³)，總計每年可增加306萬m³的清淤量
3. 另河道淤泥暫置量可由現況350萬m³增加至760萬m³

預期效益：可增加淤泥暫置區容量且能減少滲漏損失，亦可增加水資源的利用效率，以提升供水穩定，更進一步以淤積零成長為目標，逐年恢復庫容

負面影響：主要工程項目多在水庫蓄水範圍內施作，對周遭環境影響較小，部分工程項目包括放水渠道改善工程，將暫時影響曾文溪河川水質及生態環境。另外，施工階段亦將造成空氣品質、噪音振動、交通及景觀等影響

● 案例分析：曾文-烏山頭水庫系統之有效性分析

因子	H: 危害度	V: 脆弱度	E: 暴露度	R: 風險
項目	偏少特性 (發生機率)	庫容量 (百萬噸)	稻作面積 (公頃)	缺水率 (%)
基期	0.40	551.96	18,123	27.7
未來 (未調適)	0.48	492.70	18,123	35.1
調適差距	+0.08	-59.26	18,123	+7.4
未來 (調適後)	0.48	513.00	18,123	30.3
降低後的 差距	+0.08	-38.96	18,123	+2.6

基期缺水量：農業缺水量 24,930 萬噸/年
未來缺水量：農業缺水量 31,590 萬噸/年
調適差距缺水量：農業缺水量 6,660 萬噸/年
調適後的未來缺水量：農業缺水量 27,270 萬噸/年
調適後剩餘調適差距缺水量：農業缺水量 2,340 萬噸/年
總共調適了 4,320 萬噸/年

← 執行調適策略後

預期降低後的調適差距
(預先評估有效性後非完全降低)

3.4.5 評估調適選項可能的負面影響

與其他任何人為介入行動一樣，調適也可能對人類和自然系統產生非有意地有害影響和不利後果，即所謂的不當調適(maladaptation)(不當調適定義及案例說明請自行參閱 2024 國家氣候變遷科學報告第五章)。隨著不當調適有關的論證持續增加，氣候變遷調適領域越來越重視避免不當調適風險的發生。然而，目前仍然缺乏全面系統性分析調適計畫或方案中不利影響的認知。真實世界的經驗說明，與氣候相關的風險不僅來自各種氣候和非氣候因子的相互作用，還可能源自氣候變遷調適，調適可能會造成與原風險間難以預測的相互作用，甚至導致放大風險影響範疇或串聯性(cascading)負面因果機制與效應。

現在已有許多工具為制定好的氣候調適計畫提供支持，但卻忽略了需檢視不當調適的風險。歐盟的 Regional Pathways to Climate Resilience (REGILIENCE, 2022)計畫發展一自評工具(圖 22)，協助儘辨識潛在的不當調適風險因子。其目標是幫助使用者在調適選項的規劃階段，盡量避免或降低不當調適的風險。此工具引導使用者完成一份 4 種面向，包含風險及脆弱度評估、研擬調適策略、預期的負面影響、調適策略執行之監測及評估等，共 17 項問題的清單。每個問題對應一種不當調適風險因素，使用者只需針對每個風險因素選擇

“是”、“否”或“部分正確”，即可初步檢視調適候選選項是否存在不當調適的可能性。完整表單下載可至 <https://regilience.eu/self-assessment-tool-for-maladaptation/>



MALADAPTATION SELF-ASSESSMENT CHECKLIST

The REGILIENCE self-assessment tool to assess the risk of maladaptation when developing adaptation plans or strategies

What is an adaptation plan/strategy?

An adaptation plan/strategy is a document created to adapt to certain effects of climate change, which outlines 'what' and 'how' will be done to adapt to climate change. Usually, it is prepared by a regional authority and comprises the overall adaptation strategy, as well as specific measures.

What is maladaptation?

Maladaptation refers to the process of an intentional adaptation action leading to negative effects e.g. through increasing vulnerability, diminishing well-being or undermining sustainable development. This can happen in the same or other regions, systems, sectors, or social groups than those targeted by the adaptation action.

Many tools provide support to plan good climate adaptation but neglect the risk of maladaptation checklist explicitly focuses on **identifying potential risk factors for maladaptation** when drafting and adopting an **adaptation strategy or plan** (which are used simultaneously in this checklist). Thereby, it helps to **minimize the risk of maladaptive outcomes**. Its objective is to help the staff of competent regional authorities and other organisations (e.g. consultants, businesses, civil society organisations) to avoid or reduce maladaptation risks in the planning phase of adaptation actions.

With this tool, you are guided through a checklist of 16 questions, each addressing a specific risk factor for maladaptation. By indicating 'yes/no/partially' in response to each question, you can assess the maladaptive potential of the planned adaptation strategy.

Quick overview:

- WHAT?** The checklist consists of 16 questions to assess the maladaptive potential of an adaptation strategy/plan by identifying potential risk factors. The results provide insights for initiating measures to minimize the risk of maladaptation, following the guidance of the [Climate-ADAPT Regional Adaptation Support Tool \(RAST\)](#).
- WHY?** To avoid that adaptation actions cause increased vulnerability or harm to livelihoods, ecosystems, and the economy.
- WHO CAN USE IT?** The checklist is designed for anyone involved in the planning and management of a regional adaptation strategy: staff of competent regional and municipal authorities and other organisations (e.g. consultants, businesses, civil society organisations).
- WHEN?** The checklist can be used anytime in the adaptation process, but it is recommended to use it as early as possible, at least before implementing the adaptation strategy.
- HOW?** Answer the checklist questions by ticking 'yes', 'no' or 'partially'. Use the 'partially' box whenever there is still room for improvement, although some actions related to the question have been taken. Use the **comments field** for noting down related thoughts, reminders, keywords or to-dos. You can ask colleagues or other stakeholders to complement your checklist or fill it in individually.
- HOW LONG?** The time required to fill in the checklist will depend on the complexity and scope of the adaptation strategy. A simple and well-known strategy can be assessed within less than one hour, while in other cases further consultation is needed.
- NEXT STEPS?** Are most questions of the checklist marked with 'YES', many steps to minimize the risk of maladaptation have already been taken. However, all aspects marked with 'NO' signal a potential risk of maladaptation, which can be minimized through targeted actions. Checklist questions marked with 'Partially' also leave room for improvement. Indications for improvement are provided in the short text below each question. To interpret the results, the Climate-ADAPT Regional Adaptation Support Tool provides a list of actions and good practices for each step of the adaptation process.



REGILIENCE has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under Grant Agreement no. 101036560. The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither CINEA nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.

圖 22 歐盟不當調適自評工具(REGILIENCE, 2022)

3.4.6 進行調適選項或組合之設定及優先排序評估

當確定初步可處理「直接風險」的調適候選選項清單後，進一步綜整調適選項的優先順序就變得至關重要。調適選項排序通常藉由預期成本及衝擊評估來完成判斷，且需輔以調適實施效力分析。基本上，調適選項排序有兩個基本問題需要優先思考，包含哪些調適效果最好及如何執行才可發揮調適效力。彙整調適選項排序清單，建議考量以下可行性評估原則(Department of Water and UNDP, 2023)：

- **調適效力**：為解決最嚴重問題，應根據降低風險的效力程度優先排序調適選項，其應同時也是對評估對象具最大正面影響的調適。
- **調適成本**：盡量採用較低成本即可完備的調適。
- **調適共效益**：除降低評估對象的暴露風險外，還可帶來對其他對象具正面影響的調適。
- **調適權衡**：避免執行可能對其他對象、領域或社會目標造成負面衝擊的調適。

調適選項排序方法包含動態調適路徑(Haasnoot et al., 2012)、系統動力學、成本效益分析、多準則分析、未來環境變遷模擬調適情境效力評估，及比較調適選項執行與無作為調適情境間差距等。動態調適路徑規劃應除調適可行性原則評估外，另也包含急迫性評估，整合考

量項目如(1)執行預期性調適的機會、(3)執行調適可能遭遇的困難、(4)執行調適需要的準備時間、(5)考量當前或預期的社會經濟變遷趨勢、(6)當前調適在未來可調整的彈性等(Ministry for the Environment, 2019)。藉由模擬各種不同的情境與不同的調適選項組合，當調適選項或調適選項組合讓評估對象或其系統達到不可接受狀態，該時間點稱為臨界點 (tipping point)(圖 23)。自開始評估起點至臨界點的時間，即為該調適選項或組合的調適有效期。當調適選項到達臨界點，即可視為該調適路徑的調適選項或調適組合轉換點，代表該路徑已無法讓評估對象或其系統維持可接受風險狀態，所以需考慮轉換至其他的調適選項或組合的發展路徑。

根據前述綜整調適選項排序原則，應至少考慮欲降低的「調適差距」目標、調適選項欲對應的「調適差距」目標時期、調適選項的有效性、可行性、執行及推動調適選項所需期程等要素(圖 24)，並也可搭配專家定性評估的規劃方法，或於主要利害關係人工作坊中完成調適選項篩選及排序。

調適路徑案例-
 「假設2050年時，海平面上升衝擊程度已逐漸無法接受，需要預先規劃新的調適政策」
 每7年1.1 m海岸淹水 每2年1.1 m海岸淹水 每天發生1.1 m海岸淹水(平均最高水位)

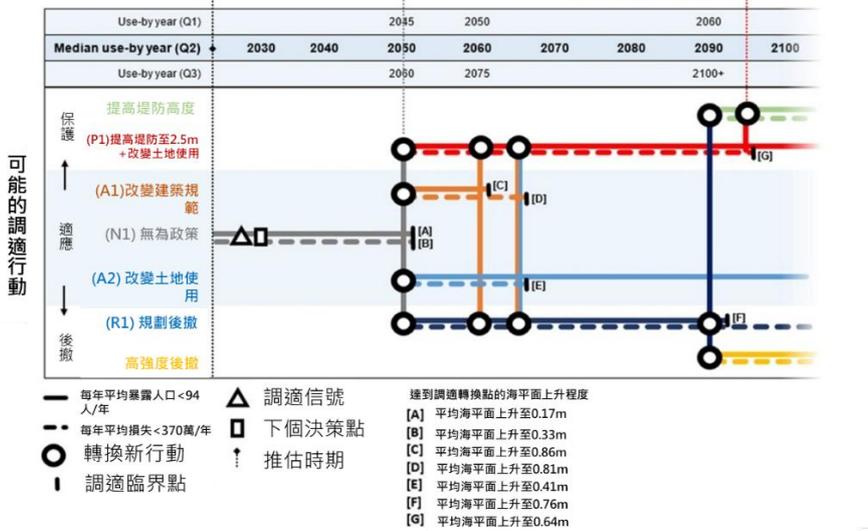


圖 23 調適路徑範例-海平面上升
 (資料來源：Ramm et al., 2018)

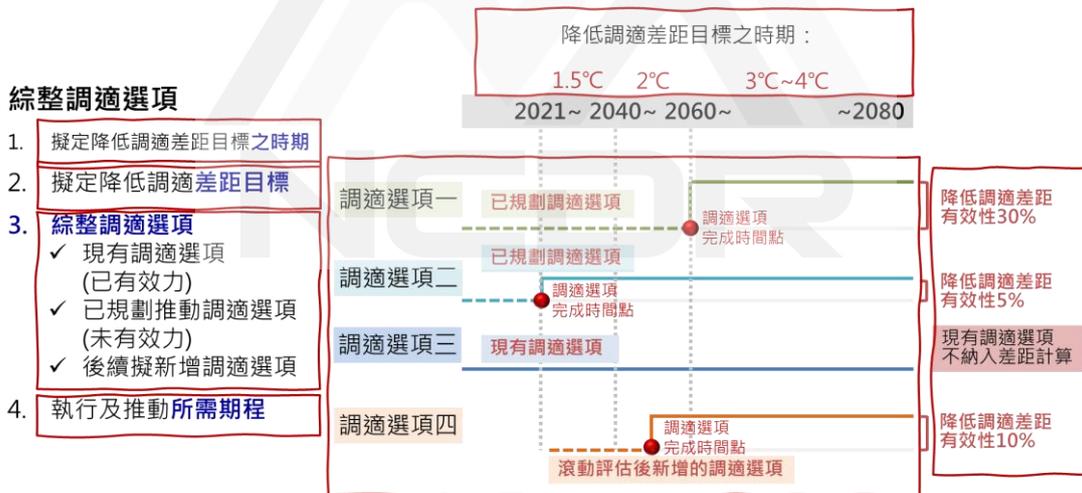


圖 24 綜整調適選項發展路徑規劃示意圖

3.4.7 利害關係人參與調適選項對應風險評估結果因子之合理性

利害關係人(有關機關、學者及民間團體)除協助界定評估範疇之適切性外，也需參與調適選項規劃及設定之合理性決策，以期滿足社會廣泛預期的調適目標。利害關係人參與決策的方法，主要透過提供

具體的直接風險評估結果，進而共同設計調適選項的過程。通常整合利害關係人和政府機關共同關注的風險議題，並制定強力的調適選項，同時納入利害關係人的價值觀，藉此設計出具高度共識的調適選項組合，以降低氣候風險。

利害關係人參與重點包含，(1)確認優先解決的風險議題、(2)目前正在進行或規劃中的調適選項和政策、(3)未來可用的調適選項、(4)確定需執行的調適選項、(5)調適選項對不同評估對象及脆弱族群的影響、(6)延遲執行可能對評估對象或其系統及部門產生的影響、(7)共同規劃監測調適選項執行成效的方法等 (Ministry for the Environment, 2019)。

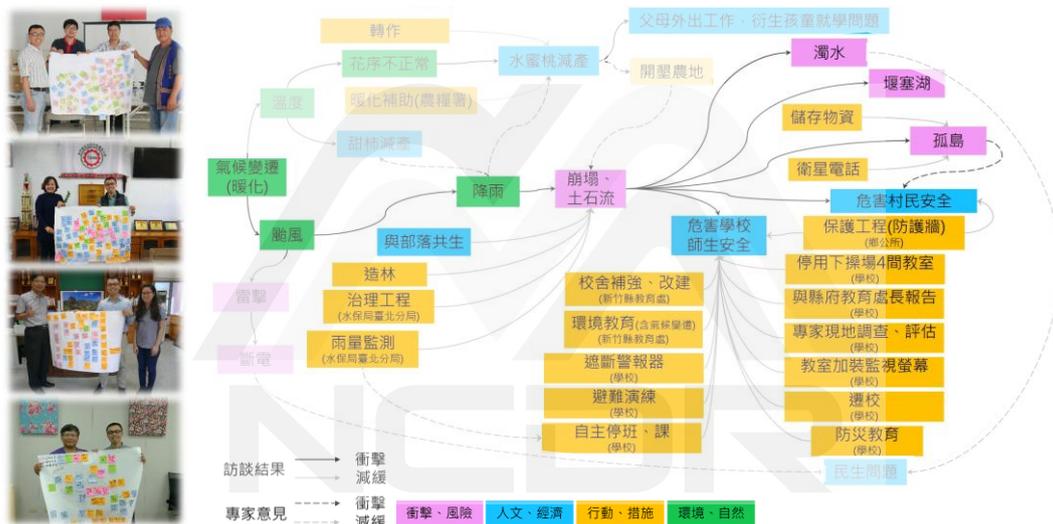
調適選項排序缺乏簡化流程及評估公式協助決定最佳的調適組合方案，因調適選項排序需符合當地發展情境，除參考風險評估結果外，另也涉及不同評估對象及其領域的利害關係和主導權，以及相關利害關係人的偏好與能力。針對需要加速調適行動的領域，進行具體且量身定制的利害關係人參與機制，將可確保未遺漏之前或正執行的有效調適選項，並可確認其實際急迫程度，避免忽略其他預先設定的調適選項。

案例框 十二

利害關係人參與評估調適選項合理性—TCCIP 坡地領域

大漢溪集水區坡地崩塌案例

TCCIP 坡地領域評估大漢溪集水區現況與未來氣候變遷下崩塌風險區域，並與利害關係人共同指認秀巒聚落為氣候變遷下，後續優先規劃調適資源投入下之高崩塌風險地區。本案例採行利害關係人共同參與調適規劃及評估調適有效性與可行性，提出降低未來暴露度與脆弱度的調適選項。



3.5 推動執行

3.5.1 推動執行目的

推動執行構面的操作重點為建立可管理的評估指標，協助判斷調適選項建置進度期程及衡量調適已被實施的成果。如果將調適視為一發展過程，就需要採取一些評估指標來證明，並協助決策者和利害關係人在調適建構及實施過程中取得主動性跟進資訊及管理依據。

3.5.2 建立調適推動「期程指標」

監測調適選項的制定與實施之推進進程，常用於調適專案與計畫，主要目的為衡量已確定執行的調適工作推動情形，管理調適選項建構可如預期規劃時程推進，若調適建構過程進展順利也意味著有效的調適正在落實。

3.5.3 建立調適執行「成果指標」

調適選項的執行「成果指標」，用來表示調適選項已確定被實施，但無需評估這些結果是否實際達到更好的調適效益，主要監測各領域所規劃的調適選項是否已確定被建構完成，例如新採行的法規、培訓課程建構、新增或升級的基礎設施等；在國家層級可能運用來監測調適選項的建置與實施(表 8)。

表 8 國家層級調適過程指標(OECD, 2015)

Ref. No.	Proposed national indicators (majority processed-based)
1	Number of new and existing port and harbour facilities designed to cope with rising sea levels
2	Km of the national existing and proposed new road network (including bridges and culverts) that has been assessed for vulnerability to flooding, river or coastal erosion or landslide
3	Climate change impacts relating to transport explicitly addressed in the next National Spatial Plan
4	Ksh/year required for increasing climate resilience of the road network allocated in the National Integrated Transport Master Plan (NITMP)
5	Number of transport authority staff attending training courses on road infrastructure design modifications to enhance climate resilience
6	Number of new projects that upgrade the road network specifically to increase resilience to flooding, erosion or landslides
7	Number of staff involved in hydroelectric asset design, identification of sites for generating capacity, identification of sites for substations, transmission lines or procurement of the above trained in assessing climate impacts & response strategies
8	Climate change impacts relating to critical energy infrastructure explicitly addressed in the next National Spatial Plan
9	Number of new hydroelectric power projects that have been assessed for vulnerability to drought/ low water levels under future climate scenarios; % of substations that have been assessed for vulnerability to flooding
10	% of water catchments serving hydropower facilities for which a climate sensitive management plan has been implemented
11	Ksh/year allocated to collaborative initiatives involving Ministries of Energy and Water at national level
12	Ksh/year allocated to dissemination of information on drought and rainfall to vulnerable communities
13	Number of new fully operational weather stations reporting accurate data to Kenyan Meteorological Department (KMD) or % increase in the country covered by the KMD observational network
14	Number of climate datasets available without costs to the general public through the KMD website or % number of technical ministries, NGOs, private sector stakeholders accessing data without costs
15	Ksh/year allocated to capacity building on climate modelling research and necessary IT assets (including funds from international sources) or evidence of regional climate model downscaling to national and county levels
16	Number of urban development plans that incorporate disaster risk reduction actions for poor communities, with specific recognition of the problems faced by women
17	Number of public buildings, emergency services and associated facilities screened for climate vulnerability with a flexible and costed response action plan
18	Climate resilience relating to building plans is reflected in the First National Spatial Plan
19	Number of current Information and Communication Technology (ICT) assets screened for climate vulnerability with a flexible and costed response action plan
20	Number of internet and mobile applications being used to access climate information
21	Ksh/year allocated by National Council for Science and Technology (NCST) to cross-sectoral research projects relating to climate change vulnerability or adaptation; % of above research project funding allocated to proactive dissemination of research results to poor communities
22	Ksh/year allocated to implementation of a national action plan addressing climate related migration
23	Number of transboundary agreements which integrate climate risk over water resources signed with neighbouring countries
24	Tourism sector climate change adaptation actions integrated into the First National Spatial Plan
25	National Tourism Policy reflects climate risk and vulnerability and encourages appropriate adaptation
26	% of the key national existing and proposed new tourist developments that has been assessed for vulnerability to flooding or drought
27	Ksh/year allocated to a research programme on climate change and tourism
28	Number of agriculture/ livestock/ fishery extension staff trained in geographically specific climate resilience strategies
29	Ksh/year allocated to market access improvement projects
30	Ksh/year allocated to rolling out additional crop, livestock and fishery insurance projects
31	Ksh/year allocated to supporting private sector loan facilities and grants to help poor farmers during climate induced hardship
32	Climate change adaptation reflected in the rangelands policy and action plan
33	Ksh/year allocated to the development of water resources that support climate change adaptation in the rangelands
34	Climate resilience reflected in the revised fisheries policy and relevant legislation
35	Ksh/year allocated to research programme on fisheries and climate change
36	Number of new marine protected areas gazetted
37	Number of business continuity insurance schemes covering extreme climate events available
38	Number/year of joint climate change meetings held between the Ministry of Public Health and Sanitation (MPHS) and the Ministry of Water and Irrigation (MWI)
39	Ksh/year allocated to activities directed at controlling malaria in a changing climate
40	Number of climate and risk vulnerability assessments undertaken for various health subsectors
41	Ksh allocated to risk assessments for critical dry season areas and the development of adaptation actions for these areas
42	Net number/year of new climate resilient trees planted minus mortality from last year
43	Number of economic ecosystem valuations undertaken for critical ecosystems with recommendations on resilience building

案例框 十三

利害關係人參與評估調適選項合理性—TCCIP 坡地領域

大漢溪集水區坡地崩塌案例

TCCIP 坡地領域參考農業部農村發展及水土保持署水土保持發展計畫 113 年度「氣候變遷下大規模崩塌及不安定土砂防減災計畫」之計畫說明書內容，將各項工作項目予以設定推動期程指標及執行成果指標，應用於計畫調適選項推動與執行情形之執行成效評估與管理。

農業部農村發展及水土保持署水土保持發展計畫 113年度單一計畫說明書 113保發-7.1-保-01 氣候變遷下大規模崩塌及不安定土砂防減災計畫(變更) Large-scale Landslide Disaster Prevention and Mitigation under Climate Change 00204001017122009 11310101 13.11.17 農業部農村發展及水土保持署 中華民國113年1月	推動期程及目標							執行成果情形				
	指標項目	單位	110年度	111年度	112年度	本年度	114年度	115年度	重要工作項目	單位	全期計畫目標 110年1月至115年12月	至112年度止累計成果
潛勢區調查與評估	處	10	10	11	11	11	11	潛勢區調查與評估	處	64	20	11
潛勢區影響範圍檢討與整合	處	15	15	15	15	16	16	潛勢區影響範圍檢討與整合	處	92	30	15
潛勢區多元尺度判釋與監測	處	40	45	50	55	60	66	潛勢區多元尺度判釋與監測	處	66	45	50
潛勢區防災警戒與應變	區	15	15	16	16	18	18	潛勢區防災警戒與應變	區	98	30	16
潛勢區防災整備與強化	專員培訓人次	100	100	100	100	100	100	潛勢區防災整備與強化	人次	600	200	100
潛勢區自主防災社區推動	個	15	15	16	16	18	18	潛勢區自主防災社區推動	個	98	30	16
潛勢區集水區農地水土保持評估與處理	處	10	10	12	12	13	13	潛勢區集水區農地水土保持評估與處理	處	70	20	12
潛勢區處理改善	件	11	12	13	13	12	11	潛勢區處理改善	件	72	23	13
潛勢區影響範圍防護能力提升	戶	500	600	700	700	600	500	潛勢區影響範圍防護能力提升	戶	3,600	1,100	700
減災成效評估與檢討	處	20	14	12	12	12	0	減災成效評估與檢討	處	70	34	12
防災技術提升與改善	件	3	3	3	3	3	3	防災技術提升與改善	件	18	6	3
潛勢區調適策略規劃檢討	處	0	0	34	0	0	70					
開發變異監測與土砂生產之研究	件	1	1	1	1	1	1					
推動大規模崩塌特定水土保持區之劃定	處	2	2	2	2	3	3					
教育與宣導	人次	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500					

3.6 檢討修正

3.6.1 檢討修正目的

檢討修正構面的操作重點為系統性收整資料，用以評估調適選項作用後，具體降低「調適差距」的實際調適效力。因為造成氣候變遷風險實際增減的因子相當複雜，難以精確連結調適選項效力、其他影響風險變化的因素或風險檢測結果，使評估實際調適的效力面臨相當的困難。

3.6.2 調適效力「結果指標」

監測與評估調適效力的價值在於將獲得的調適效力資訊，應用於未來的調適規劃。近年來已發展出多種理論架構，用於監測與評估調適作用後的效力結果，這些調適結果指標架構，在不同程度上印證了成功調適理論及衡量是否達成預設的「調適差距」目標的方法。評估調適作用效力的常用方法，包含比較基線風險評估及循環性風險評估(圖 25)。調適結果指標的制定應參考所設定的長期「調適差距」目標及中短期「調適差距」目標。調適作用效力監測和指標需要整合氣候變遷長期決策的有效性，調適結果指標作用在於明確化降低「調適差距」目標的達成結果，或辨識調適選項臨界點，例如為調適越來越極端的強降雨事件，需再提升現況排水能力。

假設所執行的調適選項可對應非氣候因子之物理環境脆弱度指標，即可應用物理環境脆弱度(或其部分指標)評估結果，進行調適作用效力的監測與評估；若難以追蹤調適選項與物理環境脆弱度指標的增減關係，仍可採用物理環境脆弱度評估來監測脆弱程度的變化，以此作為調適介入效力的替代評估方法。

氣候變遷調適結果指標可參考調整當前可用的指標系統，再將氣候變遷特性考量納入其中。氣候變遷調適結果指標需要依循務實且彈性的流程來制定指標，並融入多方利害關係人參與討論。現況已有許

多類似的指標，如災害因應能力指標。利害關係人參與式評估和監測也是其中一種共同評估方式，包含參與實施調適結果評估的關鍵過程及階段，但這種方法需要參與者極大投入成本。

建立調適結果指標的過程，必需能夠考慮利害關係人意見，包含指標制定者和應用評估者，並使他們有意願參與從制定、實施、直至評估的過程。在測試使用所制定的調適結果指標後，建議需規劃建立一個調適結果指標系統，用以存續未來調適結果指標的計算方式及評估成果，以便定期追蹤調適結果的作用效力及評估降低「調適差距」目標之執行情形，並可確定調適結果指標持續符合使用者需求及調適政策管理之應用目的。

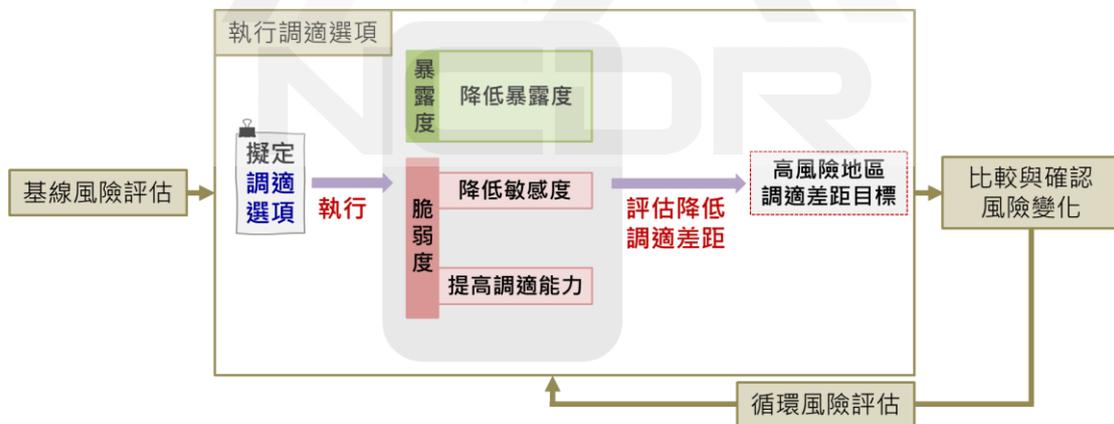


圖 25 風險評估下的調適結果效力循環性監測與評估

案例框 十四

調適選項有效性與可行性－TCCIP 水資源領域

曾文-烏山頭水庫系統農業供水風險

TCCIP 水資源領域以灌溉面積最大之嘉南灌區作為對象，探討曾文-烏山頭水庫系統未來農業缺水風險。依據分析結果，在氣候危害度降雨偏少發生機率無法改變及假設暴露的稻作面積不變的前提下，其調適的代表性脆弱度庫容量調適差距目標為需增加庫容 59.26 百萬噸，整體期望可降低未來增加的 7.4% 缺水率。降低調適差距的調適選項預期導入水利署曾文水庫放水渠道及擴大抽泥工程計畫作用情境，整體庫容量調適差距降低至缺少 38.96 萬噸，缺水率降至 2.6%。調適結果效力分析顯示，規劃的調適選項執行後並未完全達到欲調適的調適差距，未來需再加入更多元且可行的調適選項，以其可將風險降低至所設定的 0% 缺水率目標。

• 案例分析：曾文-烏山頭水庫系統之降低調適差距之執行情形



因子	H: 危害度	V: 脆弱度	E: 暴露度	R: 風險
項目	偏少特性 (發生機率)	庫容量 (百萬噸)	稻作面積 (公頃)	缺水率 (%)
基期	0.40	551.96	18,123	27.7
未來 (未調適)	0.48	492.70	18,123	35.1
調適差距	+0.08	-59.26	18,123	+7.4
未來 (調適後)	0.48	513.00	18,123	30.3
降低後的 差距	+0.08	-38.96	18,123	+2.6

← 執行調適策略後
目前降低後的調適
差距
(未達到差距降低目標)

3.6.3 跨領域之潛在正、負面影響

氣候變遷調適發展動態，受到複雜的環境和社會經濟系統互動影響，不同領域系統間風險決定因子可能具有明顯關聯性，使得調適行動影響往往跨越部門和領域界限，加上調適選項規劃與決策將會隨著對氣候變遷認知逐漸深化或優先調適事項調整而不斷演進。當調適被認為總是產生正面結果時，實際上在許多情況下，不當調適所導致意外的負面結果反而容易被忽略。不當的調適規劃與結果可能不僅無法達到預期調適效果，甚至會引發負面連鎖影響，而增加自身領域或其他領域對於「直接衝擊」的脆弱度。因此，除了依據前述調適效力「結果指標」評估調適選項對降低各自領域「調適差距」目標的達成結果外，另也需要檢視這些所執行的調適選項是否對其他領域暴露對象及其系統同時具有調適效益及不當調適影響(圖 26)。不當調適則可視暴露對象及其系統於調適選項執行後，是否產生有關負面影響結果；可初步參考 Barnett & O'Neill (2010)所提出的 5 種不當調適結果類型進行風險檢視與描述，包含(1)增加額外溫室氣體 GHGs 排放、(2)降低調適動機，減少調適作為、(3)提高自身領域及其他領域評估對象的暴露度與脆弱度、(4)產生高機會成本、(5)形成依賴路徑；有關評估方式說明，可參考 2024 國家氣候變遷科學報告第五章。辨識對其他領域調適效益(圖 27)，可視自身領域的調適選項是否可降低其他領域

評估對象「直接衝擊」下的暴露度與物理環境脆弱度、創造新的發展機會或有利導向該領域風險管理目的而定。



圖 26 領域於目標區域的調適對其他領域負面影響的概念示意圖

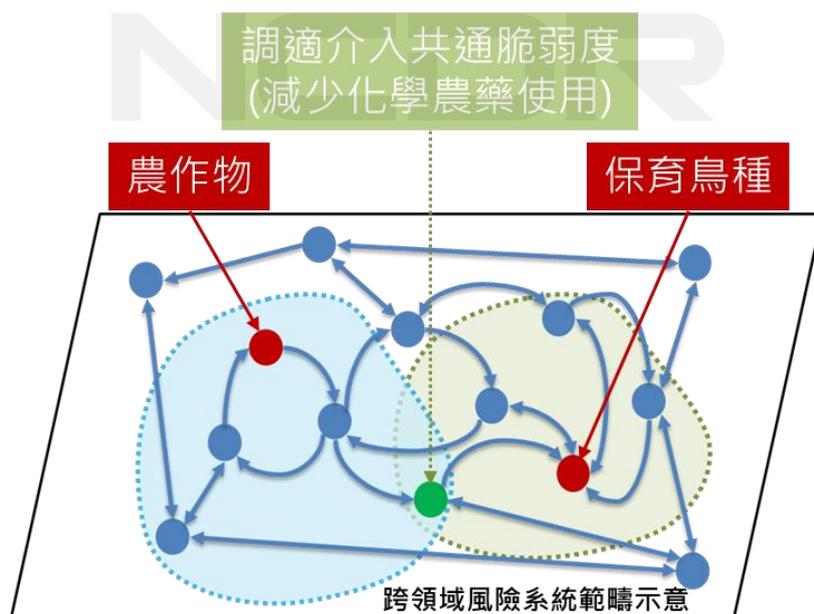


圖 27 農作物調適對生態領域保育鳥種之正面影響

3.6.4 彙整調適障礙

調適障礙泛指會予以阻礙調適行動規劃、實施或降低其效力之因素。國外已有許多文章或報告警示調適障礙對調適規劃及決策的重要影響(Bertana et al., 2022; Lee et al., 2022; Schipper, 2022; Bierbaum et al., 2013; Moss et al., 2013)。不同調適障礙間可能具有因果連結關係，且具障礙連續及累加路徑效應，甚至會提高不當調適的發生風險(調適障礙定義及類型請參閱 2024 國家氣候變遷科學報告第五章)。各領域在操作調適架構時，應將各構面操作過程所發生或遭遇的調適障礙進行記錄及彙整(圖 28)，以在每輪循環操作風險評估及調適規劃時，提出檢討及改善方案，盡可能降低調適障礙對氣候變遷風險評估及調適有關決策之妨礙與衝擊，並降低不當調適的發生機會。

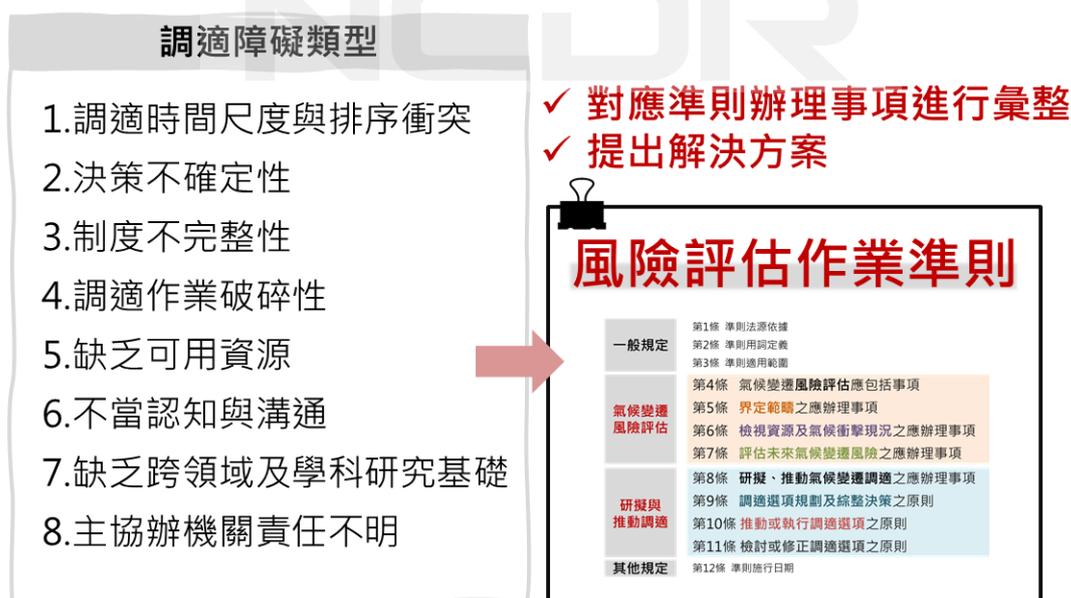


圖 28 調適障礙參考類型與彙整說明

3.6.5 調適選項檢討與修正

未來氣候變遷的速度和程度，將取決於國際社會降低溫室氣體排放的成效。面對氣候變遷不確定性影響下，除了持續推進氣候與「直接衝擊」推估資訊的發展技術外，調適選項規劃與推動仍可藉由不斷學習及累積的經驗，應用於未來的調適決策。

調適選項檢討或修正需整合前述之降低「調適差距」的目標達成情形、執行的調適選項對跨領域之正負面影響、彙整調適障礙及提出解方等，以提供下輪調適資源分配參考資訊。此外，應參考當期氣候變遷科學報告與最新國內外科學研究機構及政府單位對於氣候變遷科學資訊與知識相關報告及建議，進行「調適應用情境」設定調整，滾動進行氣候變遷風險評估，以作為下一輪調適選項修正之依據。調適選項檢討前，若發生重大環境變遷，明顯改變領域所考慮的物理環境脆弱度因子樣態，也應評估及更新其變化情形納進下一輪「直接風險」評估，進行物理環境脆弱度導入條件之調整(圖 29)。

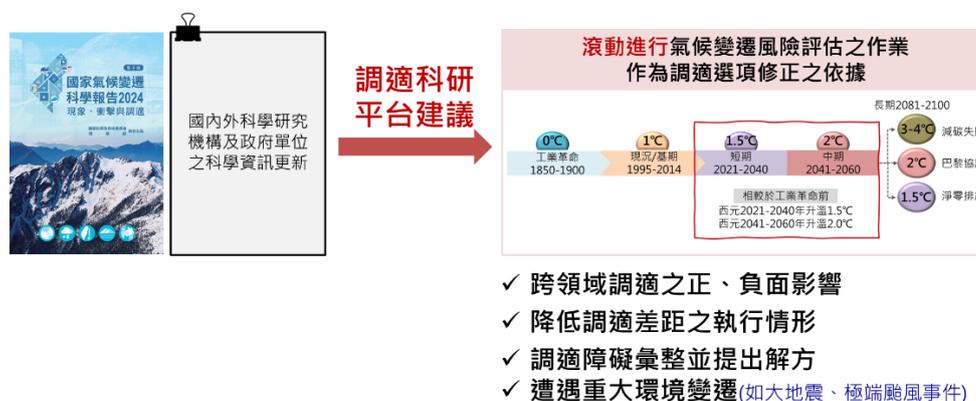


圖 29 調適選項檢討與修正之作業項目

3.7 小結

本案例報告於第三章主要以對接 TCCIP 氣候變遷調適架構及《氣候變遷風險評估作業準則》概念為內容架構，整合國內外文獻及藉由災防科技中心與 TCCIP 計畫之實務操作案例輔助示意各階段之操作，逐步陳述各步驟重點操作輪廓，希冀能提供 TCCIP 各領域研究人員及因其他有關職務需求而參考本案例報告的夥伴，作為初期理解氣候變遷風險評估與調適規劃之基礎認知能力建構工具書。



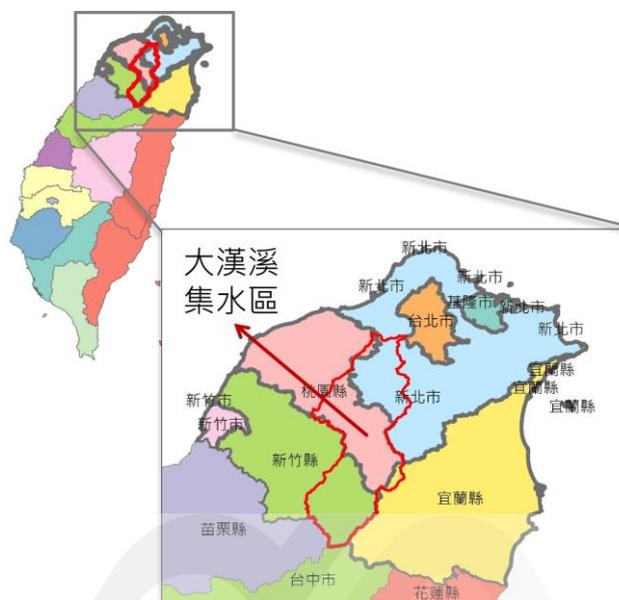
第四章 TCCIP 坡地領域調適操作案例

本案例報告彙整 TCCIP 坡地領域之研究成果，並結合參酌各部會及所屬機關相關文獻資料，依據氣候變遷調適架構與《氣候變遷風險評估作業準則》之六大構面，陳述重點操作概念與考量事項。後續以大漢溪集水區的坡地崩塌「直接風險」為例，說明本案例中風險評估及調適規劃之操作方式，以提供 TCCIP 各領域研究人員執行有關作業之基本參考。

4.1 界定範疇

在界定範疇階段，主要目標為確認易受氣候變遷影響對象、對應的業務範疇及其權責機關，並進一步評估受影響對象之氣候危害類型、時間與空間範圍。此階段亦需邀集有關機關、學者、專家及民間團體，共同界定評估範疇，以確保評估內容的合理與必要性。根據過去研究文獻顯示，大漢溪集水區在未來氣候變遷下之崩塌率有上升趨勢，表示該區域為受氣候變遷影響的衝擊地區。因此，本案例將「易受氣候變遷影響對象」訂定為大漢溪集水區。該集水區位於農業部農村發展及水土保持署(以下簡稱「農村水保署」)臺北分署的服務地區內，集水區之水土保持屬該分署之權責管理範圍(圖 30)。依據《農業部農村發展及水土保持署組織法》第二條規定，該署主要業務包含集水區水土保持之調查、規劃、執行與督導，以及，土石流、大規模崩

塌與不安定土砂防災之策劃、調查、推動、協調及督導等，故本案例之權責機關為農村水保署臺北分署。



水保署臺北分署的服務地區

圖 30 大漢溪集水區位置圖

在氣候危害類型與受影響時間之界定上，參考歷年重大土砂災例，例如：2015 年蘇迪勒颱風造成合流部落 15 戶民宅受損；2016 年梅姬颱風亦導致內奎輝產業道路路基遭淘刷並造成部分民宅毀損(圖 31)。歷史災害事件顯示颱風帶來的極端降雨常是造成坡地崩塌的主要誘發因子之一。因此，本案例將氣候危害類型訂定為颱風降雨事件，而受影響時間則為颱風季期間。

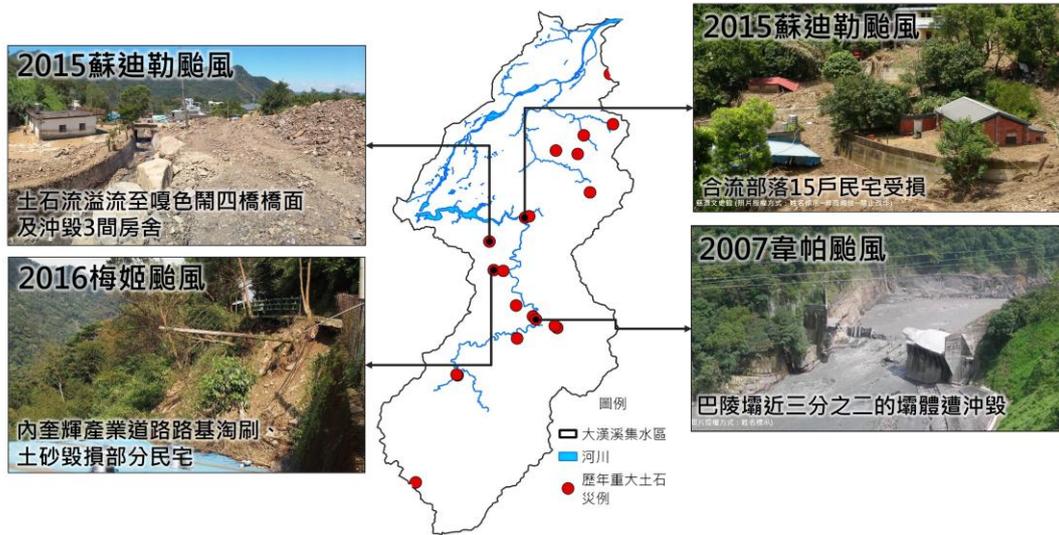


圖 31 歷史重大土石災害案例分布圖

透過文獻、災害案例、利害關係人訪談等資訊，可歸納出由颱風降雨引發之坡地崩塌及造成人事物相關衝擊的關聯，如圖 32 所示。藉由建立初步的坡地崩塌衝擊鏈，來了解氣候變遷對坡地環境造成可能的影響，並作為後續與利害關係人討論評估範疇與選用風險因子的基礎。透過與利害關係人之討論，將本案例的評估範疇界定為「氣候變遷下颱風降雨誘發之坡地崩塌風險」，當中，氣候危害度採用動力降尺度颱風事件，脆弱度以物理環境脆弱度為主進行評估，暴露度則為大漢溪集水區及其內部聚落。將以上述針對氣候危害度、物理環境脆弱度及暴露度界定的評估項目進行崩塌風險評估，以分析氣候變遷對大漢溪集水區及其聚落之可能帶來的風險及變化趨勢。

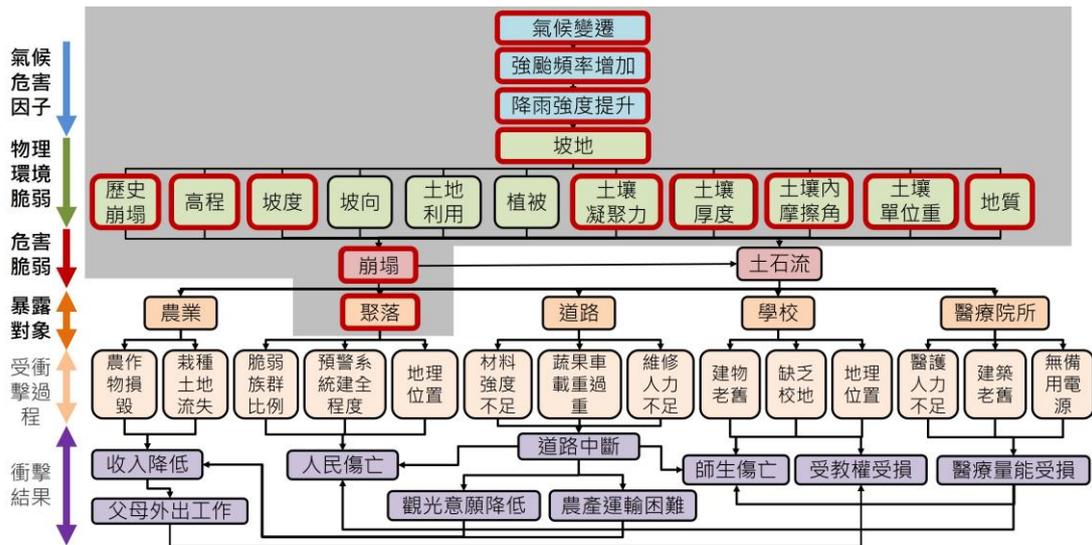


圖 32 坡地崩塌衝擊鏈示意圖

4.2 檢視資源

在完成界定範疇後，需進一步盤點權責機關及易受氣候變遷影響對象可掌握的各項資源。資源類別包含知識、技術、人力及財務等面向，透過整體性盤點，以評估未來可投入氣候變遷風險評估及調適計畫的資源量能，作為後續資源配置與規劃之參考依據。在科學資料面向，進行氣候變遷風險評估需有能反映未來情境變化的科學資料作為基礎依據。目前，國家科學及技術委員會(國科會)的臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫(TCCIP)已提供包括降雨、溫度等多項氣候變數之氣候變遷推估資料，可作為氣候變遷坡地崩塌風險評估的氣象資料來源。在技術資源方面，農村水保署長期致力於坡地崩塌潛勢評估方法與邊坡監測技術之研發，並將相關研究成果彙整後公開於該署「技術研究發展平台」，提供各級機關及研究單位參考，為坡地崩

塌潛勢分析與監測技術發展提供重要參考。在資金部分，現行計畫亦提供可運用之相關經費。例如，「土石流及大規模崩塌災害防救業務計畫」中的「氣候變遷下大規模崩塌及不安定土砂防減災計畫第二期(110 至 115 年)」修正案，其重點工作包括潛勢區調查、監測系統建置與不安定土砂風險評估等內容，計畫總經費達 65.5 億元。此類資金投入不僅強化現有防減災工作，也可作為未來推動氣候變遷風險評估與調適行動的參考資源。藉由各個面向資源整體性的盤點，權責機關可更有效地了解資源分配情形，以規劃可應用於氣候變遷風險評估及調適的投入方向。

4.3 氣候衝擊現況及未來氣候變遷風險評估

在氣候現況衝擊與未來風險評估部分，本案例依據前述設定之氣候危害度、暴露度與脆弱度因子，進行氣候變遷坡地崩塌風險評估。過去坡地災害多與颱風帶來的極端降雨密切相關，因此，本研究採用 TCCIP 提供之動力降尺度颱風降雨推估資料作為主要氣候危害資料。在脆弱度部分，主要考量物理環境脆弱度，包含坡度、地形高程與流向等因子，並將其整合於 TRIGRS 崩塌物理模式中，以模擬降雨引致的崩塌潛勢。透過將颱風降雨事件輸入模式，可獲得坡地之崩塌潛勢分布，作為直接衝擊的結果，再另結合暴露度，即可得到大漢溪集水區及聚落在現況與未來氣候變遷下的崩塌風險。本案例風險評估的操

作概念示意圖，如圖 33 所示。

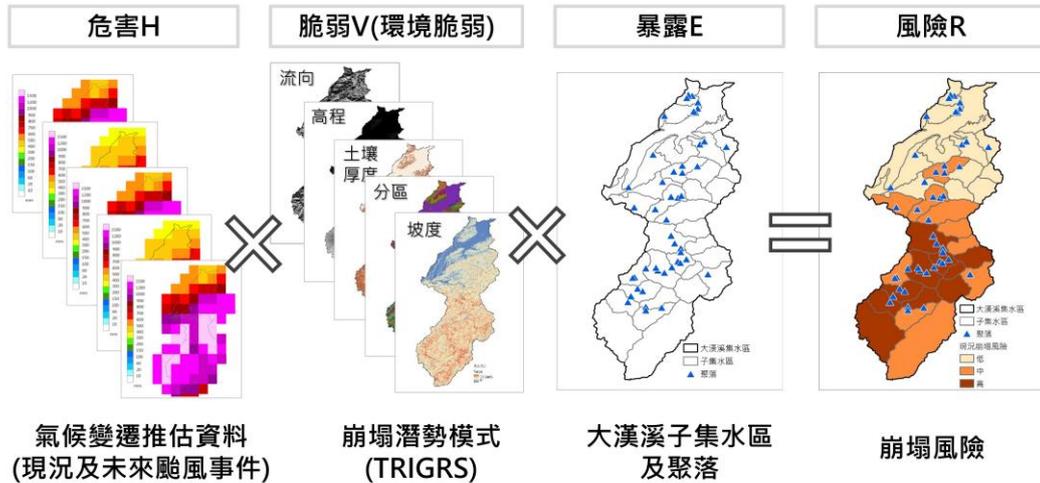


圖 33 案例風險評估流程示意圖

4.3.1 辨識調適差距

風險評估部分以子集水區為分析單元，評估現況與未來颱風事件可能造成的崩塌率，並依據崩塌率高低進行分級，以辨識潛在崩塌風險的空間差異變化。結果顯示，現況崩塌風險較高的區域主要分布於集水區中上游地帶(圖 34-左)，而在未來氣候變遷下，崩塌風險較高之區域亦集中於中上游區域(圖 34-右)，顯示這些區域現況及未來皆具有較高的潛在崩塌風險。進一步，以現況與未來風險進行調適差距分析，藉此了解氣候變遷所帶來崩塌風險的變化。結果顯示，集水區中游及上游右側為風險提升幅度較顯著的區域，代表氣候變遷導致該區域崩塌風險顯著上升(圖 35)。

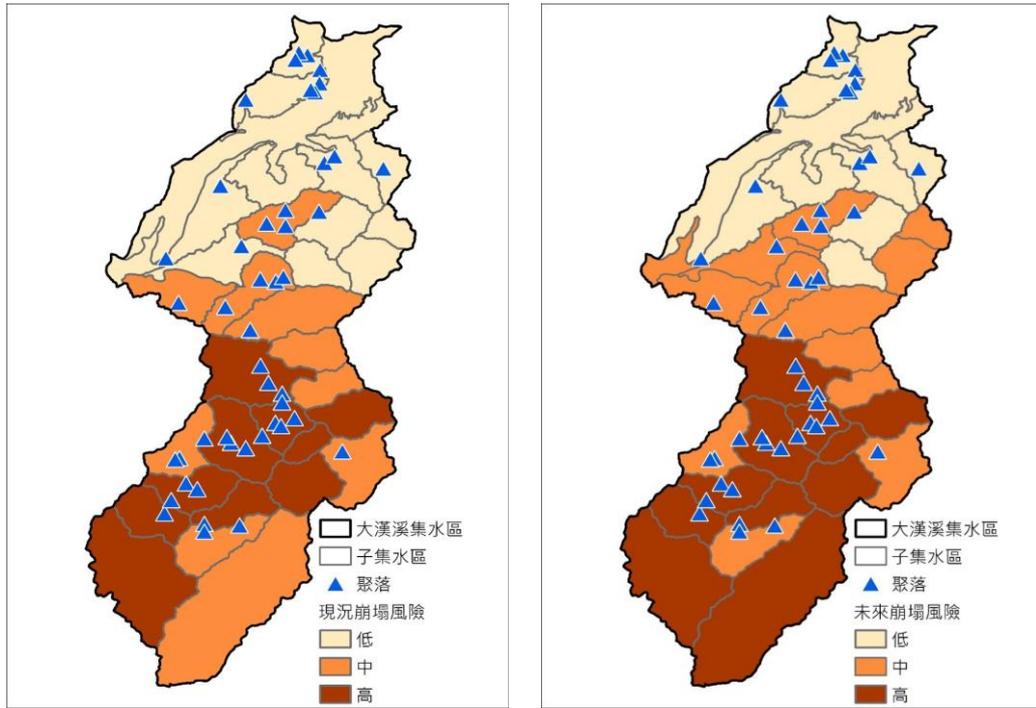


圖 34 崩塌風險分布圖(左：現況、右：未來)

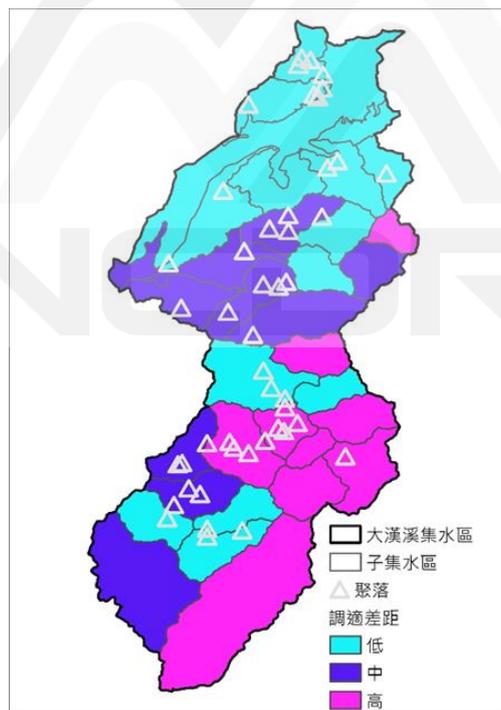


圖 35 調適差距分布圖

4.3.2 指認高風險地區

利害關係人綜合考量現況、未來崩塌風險與調適差距結果，以及

歷史災害經驗、保全對象分布及既有防減災能量等因素，進而指認氣候變遷下之高崩塌風險區域，作為後續氣候變遷調適區域的選定參考。本案例中，利害關係人根據歷史災害紀錄及現況、未來風險分析結果，以秀巒聚落作為高風險區，進行氣候變遷調適策略的探討。秀巒聚落位於大漢溪集水區白石溪與泰岡溪匯流處，2016 年受梅姬颱風間接影響，白石溪右岸發生崩塌，崩落土石約占據三分之一河道寬，並掩埋約 70 公尺長的護岸；2021 年再次發生崩塌，土石堵塞河道形成堰塞湖，造成竹 60 線 31K 中斷（圖 36）。過去災害經驗顯示該區域有較高的災害潛勢，且鄰近學校與居民，凸顯該區域需要提前進行調適規劃的必要性。

新竹縣尖石鄉 秀巒聚落



圖 36 秀巒聚落歷史災害位置分布圖

4.4 調適選項規劃及綜整決策

在進行調適規劃及綜整決策時，需由權責機關綜合考量技術、人力及財務等可用資源後，以訂定欲降低的調適差距目標。本案例以「降低 100% 之調適差距」為目標，意即期望透過調適措施降低因氣候變遷所增加的崩塌風險(圖 37)。由於氣候危害度主要受氣象因子影響，需透過溫室氣體減量方能改善，因此，本案例著重於降低脆弱度與暴露度，以減輕整體崩塌風險，達成設定的調適差距目標(圖 38)。

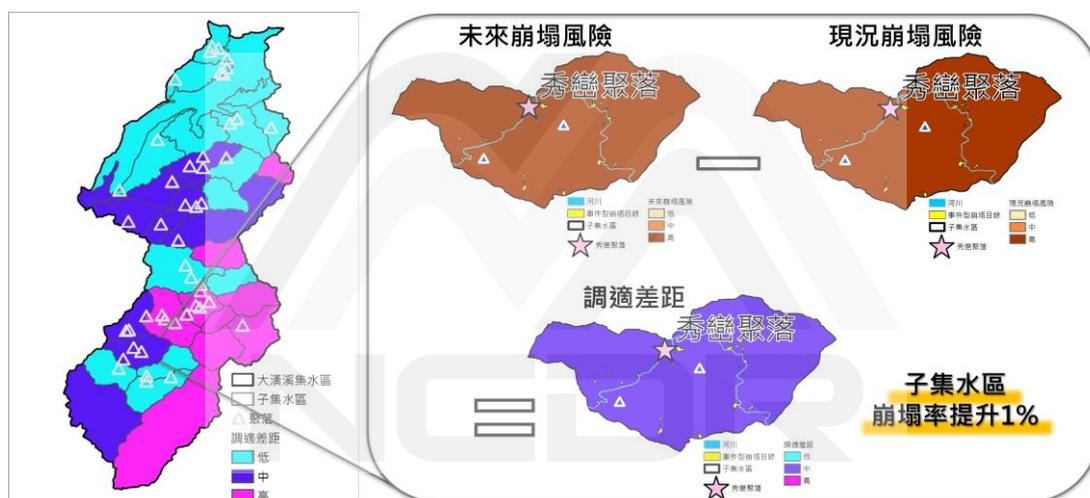


圖 37 秀巒聚落區域之調適差距

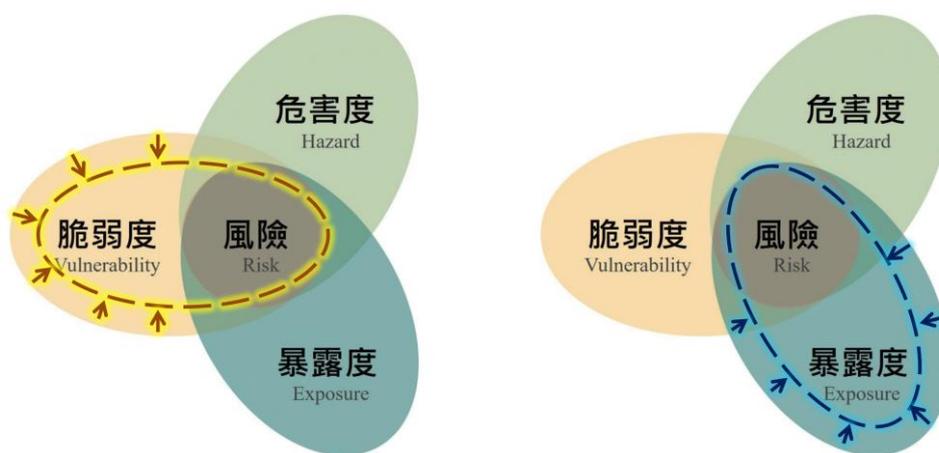


圖 38 風險降低策略方向

調適選項研擬可透過利害關係人訪談、國內外相關文獻及案例進行蒐整。本案例針對氣候變遷可能增加的坡地崩塌風險，初步與利害關係人一同選定之調適選項包括：製作氣候變遷風險地圖、拓寬河道斷面、調整聚落經濟發展方向，以及遠離高風險區等，以降低整體風險。然而，為能擬定具最大效益之調適方案，需進一步評估各選項的有效性、可行性及潛在負面影響。例如，「遠離高風險區」在技術與經濟層面上執行難度較高，但對於風險降低的效果顯著；而「拓寬河道斷面」在技術與經濟面上可行性較高，但對於整體風險的降低有其限度。

4.5 推動或執行調適選項

在推動或執行調適選項階段，應針對選項設定推動期程與成效評估指標，以確保策略執行能符合規劃目標。以農村水保署之「氣候變遷下大規模崩塌及不安定土砂防減災計畫」為例，針對各項調適措施設定推動期程與具體目標，並建立定期檢視推動期程與執行成效評估機制(圖 39)。

指標項目	單位	預期成果					重要工作項目	工作數量				
		110年度	111年度	112年度	本年度	114年度		115年度	全期計畫目標 110年1月至115年12月	112年度截止當季計畫成果	本年度預定目標	
潛勢區調查與評估	處	10	10	11	11	11	潛勢區調查與評估	處	64	20	11	
潛勢區影響範圍檢討與整合	處	15	15	15	15	16	16	潛勢區影響範圍檢討與整合	處	92	30	15
潛勢區多元尺度判釋與監測	處	40	45	50	55	60	66	潛勢區多元尺度判釋與監測	處	66	45	50
潛勢區防災整備與應變	區	15	15	16	16	18	18	潛勢區防災整備與應變	區	98	30	16
潛勢區防災整備與強化	區	15	15	16	16	18	18	潛勢區防災整備與強化	區	600	200	100
潛勢區自主防災社區推動	個	15	15	16	16	18	18	潛勢區自主防災社區推動	個	98	30	16
潛勢區集水區農地水土保持評估與處理	處	10	10	12	12	13	13	潛勢區集水區農地水土保持評估與處理	處	70	20	12
潛勢區處理改善	件	11	12	13	13	12	11	潛勢區處理改善	件	72	23	13
潛勢區影響範圍防護能力提升	戶	500	600	700	700	600	500	潛勢區影響範圍防護能力提升	戶	3,600	1,100	700
減災成效評估與檢討	處	20	14	12	12	12	0	減災成效評估與檢討	處	70	34	12
防減災技術提升與改善	件	3	3	3	3	3	3	防減災技術提升與改善	件	18	6	3
潛勢區調適策略規劃檢討	處	0	0	34	0	0	70	潛勢區調適策略規劃檢討	處	70	34	12
開發變異監測與土砂生產之研究	件	1	1	1	1	1	1	開發變異監測與土砂生產之研究	件	18	6	3
推動大規模崩塌特定水土保持區之劃定	處	2	2	2	2	3	3	推動大規模崩塌特定水土保持區之劃定	處	70	34	12
教育與宣導	人次	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	教育與宣導	人次	18	6	3

圖 39 農村水保署計畫項目推動目標擬定

4.6 檢討或修正調適選項

在檢討或修正調適選項部分，需針對各項調適選項進行檢討與修正，以確認其對降低調適目標之成效，並評估可能產生的正面與負面影響。若某一選項在執行過程中可能引發更嚴重的衝擊或風險，則應重新評估其適切性。例如，案例中「遠離高風險區」選項雖可有效降低崩塌風險，但若因聚落遷移而造成原民文化流失，對文化資產保存產生顯著影響，因此，需進一步評估並調整策略方向。此外，調適操作過程中，應持續記錄遭遇的困難及限制，並提出具體解決方案，作為後續改進或調整之參考。為確保調適措施與風險評估結果能反映最新氣候變遷趨勢，需依據國內外最新科學資訊與研究成果進行滾動式修正與更新。並且，若在調適執行期間發生重大事件，如強震或極端颱風，導致地理環境或評估條件出現顯著變化，則應重新檢視氣候變遷風險評估結果，並修正既有調適選項，以確保規劃措施仍能發揮預期效益，達成既定調適目標。

4.7 小結

本章節採以 TCCIP 坡地領域操作大漢溪集水區的坡地崩塌「直接風險」評估案例，陳述對應氣候變遷調適架構與《氣候變遷風險評估作業準則》之實務操作內容。雖然本案例各階段操作細節仍有推進空間，但經由本案例作業說明，應可進一步協助 TCCIP 各領域研究人員掌握調適架構及作業準則之概念重點。未來災防科技中心與 TCCIP 計畫團隊，將會持續推進及提升各案例操作細節及成果，以提供執行《氣候變遷風險評估作業準則》之更全面性的示範案例。



第五章 氣候變遷風險因子界定及調適知能建構活動

環境部於 114 年 7 月 16 日正式公布「氣候變遷風險評估作業準則」，準則公布適逢第四期「國家氣候變遷調適行動計畫（116-119）」啟動研擬時期，中央部會各易受氣候變遷衝擊領域將初次依據準則條文進行風險評估及調適規劃。為促使各調適領域的風險評估與調適作法能與本準則相銜接，環境部與災防科技中心共同辦理兩場活動，分別為 2025 年 9 月 17 日「氣候變遷風險評估作業準則-共學工作坊」，以及 2025 年 10 月 1 日「氣候變遷風險評估分享交流會」。

交流會以工作坊討論之成果為依據，各調適領域檢視與修正現有推動成果與準則對接之方式與困難，並進行交流分享。各調適領域主要透過交流會的分享機會，借鏡其他領域推動經驗，梳理待解決的困難及促進跨調適領域專業學習。為使各部會於「氣候變遷風險評估分享交流會」中，得以聚焦分享各領域調適行動方案研擬內容，災防科技中心團隊於共學工作坊辦理結束後，提供《氣候變遷風險評估作業準則》簡報製作模板(附件二)，以指引各領域製作調適行動方案銜接準則規範之分享簡報，以促進考量未來可再精進對應的準則規範要點。

工作坊內容除準則條文與重要觀點之釋疑，以及透過 TCCIP 計畫關鍵調適領域實務操作案例分享準則之演繹與操作(請參考附件三

水資源案例、附件四坡地案例)外，並另透過分組圓桌會議，進行各調適領域風險評估與調適操作經驗分享與討論。本章節主要呈現 9 月 17 日所舉辦之工作坊分組氣候變遷風險因子界定操作活動之方式，包含「氣候變遷風險因子界定」及「調適差距及調適選項操作」等 2 項活動說明(附件五)，以供 TCCIP 各領域應用於建構研究人員調適之認知能力。

5.1 氣候變遷風險因子界定活動說明

氣候變遷風險因子界定共有 6 項內容需填寫(圖 40)，包含易受氣候變遷衝擊領域、暴露對象、風險評估探討範疇、危害度、暴露度與脆弱度指標。以下搭配 TCCIP 坡地領域填寫範例(圖 41)，說明氣候變遷風險因子界定填寫方式：

- (1) 易受氣候變遷衝擊領域：活動參與成員依所屬領域別填入第一項內容(圖 41)；
- (2) 暴露對象：參與成員就領域重點評估對象，選擇其中一項暴露對象填入(圖 41)；
- (3) 風險評估探討範疇：參與成員整合描述各自領域本次風險評估欲探討氣候危害因子、暴露對象及直接衝擊風險之間關連性(圖 41)；
- (4) 危害度指標：可依據各領域氣候危害因子使用氣候資料主

題填入，例如於 4-1 危害度指標填入降雨或高溫；若領域直接導入使用的資料為「直接衝擊」(危害-脆弱)指標資料，可於 4-2 危害-脆弱項目中，填入如淹水、坡地崩塌(圖 41)。

(5) 暴露度指標：參與成員思考各自領域暴露對象於危害下的評估方式後，填入暴露度指標說明項目(圖 41)。

(6) 脆弱度指標：此項需請參與成員思考，有哪些既存的脆弱條件，可能致使暴露對象受到的衝擊結果更為嚴重，包含物理環境、社會經濟、自然生態等面向，並依序填入脆弱度指標名稱、脆弱度指標評估說明與各脆弱度指標結果應用說明等，以此界定出初步的脆弱度指標(圖 41)。

表 1 風險指標建置表

1. 易受氣候變遷衝擊領域：			
2. 暴露對象：			
3. 風險評估探討範圍：			
4. 危害度(擇 1)	危害因子類型	特定危害時間、季節、月份	危害指標評估說明
4-1 危害度指標 (氣象因子：如降雨、溫度等)			
4-2 危害-脆弱 (如淹水、崩塌、缺水、空氣品質等)			
5. 暴露度指標			
	脆弱度指標名稱	脆弱度指標評估說明	脆弱度指標結果應用說明
6. 脆弱度指標(可填寫 1 或多個脆弱度指標) (包含物理環境、社會經濟、自然生態等)			

表1 共有6項內容

圖 40 風險指標建置表

表1 風險指標建置表

1. 易受氣候變遷衝擊領域： 坡地		① 依所屬領域填入	
2. 暴露對象： 大漢溪集水區內的聚落			
3. 風險評估探討範疇： 現況及未來氣候變遷下颱風降雨影響大漢溪集水區內聚落可能遭受的崩塌風險			
4. 危害度(擇 1)	危害因子類型	特定危害時間、季節、月份	危害指標評估說明
4-1 危害度指標 (氣象因子：如降雨、溫度等)	颱風降雨	颱風季	總累積雨量 ② 依分組危害主題填寫危害度
4-2 危害-脆弱 (如淹水、崩塌、缺水、空氣品質等)			
5. 暴露度指標	大漢溪集水區內受崩塌的聚落數		③ 暴露危害的影響對象
6. 脆弱度指標(可填寫 1 或多個脆弱度指標) (包含物理環境、社會經濟、自然生態等)	脆弱度指標名稱	脆弱度指標評估說明	脆弱度指標結果應用說明
	歷史崩塌面積	歷史崩塌面積大小	崩塌具有重複性及地域性，故過去發生崩塌，未來再發生的可能性相對較高
	坡度	坡度等級	級數越大代表坡度越陡，坡度較陡的地方較易發生崩塌
	脆弱族群比例	老人及小孩佔比	老人及小孩佔比越高，代表越容易受到崩塌的損傷
④ 暴露對象影響下，還有哪些既存的脆弱度條件，可能致使暴露對象受到的衝擊結果更為嚴重			

圖 41 風險指標建置表—坡地領域填寫範例

5.2 調適差距操作活動說明

本小節說明氣候變遷風險因子界定後，接續模擬調適差距建置表的填寫內容。調適差距建置表包含風險因子情境說明、預設現況及未來風險評估結果等級、現況及未來風險總值、調適差距計算等 4 項欄位。以下搭配 TCCIP 坡地領域填寫範例(圖 42)，說明調適差距建置表的填寫方式：

- (1) 風險因子情境說明：勾選該危害度，如危害度勾選危害度指標：將表 1 風險指標建置表中各指標說明進行程度或量化，並填入表 2 調適差距建置表中 (1)風險因子情境說明，脆弱度指標包含物理環境、社會經濟、自然生態等；如危害度勾選危害-脆弱，同樣將表 1 各指標說明進行程度或量化，並

填入表 2 調適差距建置表中 (1)風險因子情境說明，各項脆弱度指標請填物理環境脆弱以外的指標類型。

(2) 預設評估等級(1-5)：此處主要為預設風險評估結果等級並計算調適差距。若評估方式使用「指標法」，請進行(2)預設評估等級之步驟，先預設評估各項指標之等級 1-5，如危害度高溫等級 3 級。將(2)預設評估等級欄位中指標等級進行綜合評估後，完成(3)現況與未來風險總值，如現況等級 2 級、未來等級 4 級，(4)調適差距即為未來 4 級-現況 2 級=2 級。若評估方式使用「量化法」，請直接進行(3)風險總值之步驟，以量化法評估現況與未來之風險總值，如現況缺水率 10%、未來缺水率 15%，(4)調適差距即為未來 15%-現況 10%=5%。

表2 調適差距建置表

衝擊領域	(1)風險因子情境說明 請將表1的指標進行程度或量化說明	(2)預設評估等級(1-5)				(3)左欄各項指標值之 風險總值 可使用指標法、量化法等進行評估		(4)調適差距 (左欄(3)未來-現況後的值)
		現況	未來 (未調適)		現況	未來 (未調適)		
<input checked="" type="checkbox"/> 危害度指標 <input type="checkbox"/> 危害-脆弱 暴露度指標	總累積雨量達2000mm	3	3	5	5	$3 \times 4 \times 2.3 = 27.6$ $5 \times 5 \times 3.3 = 82.5$	$82.5 - 27.6 = 54.9$	
	大漢溪集水區內受崩塌的聚落數	4	4	5	5			
脆弱度指標 <small>(若選擇「危害-脆弱」請填物理環境脆弱以外的指標)</small>	歷史崩塌面積達XX公頃	2	若有多項脆弱度指標，請評估綜合後之脆弱度等級(1-5) 2.3		4			3.3
	坡度達四級坡以上的坡地面積達XX%	2			2			
	脆弱族群比例達XX%	3			4			
①將風險因子情境進行程度或量化						②評估指標等級並計算調適差距		

圖 42 調適差距建置表-坡地填寫範例

5.3 調適選項建置操作活動說明

本小節說明預設完調適差距後，接續模擬調適選項建置表的填寫內容。調適選項建置表包含接續調適差距建置表之風險因子情境說明、調適策略、調適選項及調適選項作用描述等 4 項欄位。以下搭配 TCCIP 坡地領域填寫範例(圖 43)，說明調適差距建置表的填寫方式：

- (1) 風險因子情境說明：將表 2(1)的風險因子情境說明說明填入表 3(1)，兩者為相同欄位，表 2(1)=表 3(1)。
- (2) 調適策略：於(2)「調適策略」欄位中，填入對應(1)欄位「風險因子情境說明」的調適策略，意即實現風險因子管理目標的「計畫」。
- (3) 調適選項：於(3)「調適選項」欄位中，填入歸屬預設(2)「調適策略」欄位「計畫」中的可能調適執行選項，意即研擬欲執行的「調適選項或作為」。
- (4) 調適選項作用描述：於(4)「調適選項作用描述」欄位中，填入若執行所設定之對應(3)欄位的「調適選項或作為」後，預期對風險因子產用的可能調適作用或效果。

表3 調適選項建置表

衝擊領域	(1)風險因子情境說明 此欄位內容同表2(1)	(2)調適策略	(3)調適選項	(4)調適選項作用描述
<input checked="" type="checkbox"/> 危害度指標 <input type="checkbox"/> 危害-脆弱	總累積雨量達2000mm	②實現風險因子管理目標的計畫及如何達成		③執行後之預期作用或效果
暴露度指標	大漢溪集水區內受崩塌的聚落數	國土空間發展策略計畫	遷村	遠離高危險區
脆弱度指標 <small>(若選擇「危害-脆弱」請填物理環境脆弱以外的指標)</small>	歷史崩塌面積達XX公頃	整體性治山防災計畫	考量氣候變遷因素調整工程設計	提升邊坡穩定性
	坡度達四級坡以上的坡地面積達XX%	監測計畫	監測系統	監測地下水、坡面土體等變化情形
	脆弱族群比例達XX%	自主防災社區推動計畫	氣候變遷風險知識教育	提升災害意識
	①填寫風險因子情境			

圖 43 調適選項建置表-坡地填寫範例

5.4 縮小調適差距之操作活動說明

本小節說明完成調適選項建構後，接續進行預設調適選項執行後可能縮小的調適差距結果計算。縮小調適差距計算表單包含接續調適差距建置表之風險因子情境說明、預設評估等級、風險總值及調適後之調適差距、未調適之調適差距、調適效力等描述等 6 項欄位。以下搭配 TCCIP 坡地領域填寫範例(圖 44)，說明調適差距縮小評估表的填寫方式：

- (1) 風險因子情境說明：將表 2(1)的風險因子情境說明填入表 3(1)，兩者為相同欄位，表 2(1)=表 3(1)。
- (2) 調適後的(2)(3)(4)與表 2 做法相同，差別在表 4 為已納入調適選項調適後的效果。
- (3) 欄位(5)為未調適之調適差距，即為表 2(4)之數值，表 4(5)=

表 2(4)。

(4) 欄位(6)為經過調適選項後，剩餘的調適差距，(6)=(5)-(4)。

表4 縮小的調適差距

衝擊領域	(1)風險因子情境說明 此欄位內容同表2(1)	(2) 預設評估等級(1-5)		(3) 左欄各項指標值之 風險總值 可使用指算法、量化法等進行評估		(4) 「調適後」 之調適差距 (左欄(3)未來-現況 後的值)	(5)填入表2 「未調適」之 調適差距 表2(4)數值	(6) 調適效力 (左欄(5)未調適-(4)已調適)		
		現況	未來 (已調適)	現況	未來 (已調適)					
☒ 危害度指標 ☐ 危害-脆弱	總累積雨量達2000mm	3	3	5	5					
☒ 暴露度指標	大漢溪集水區內受崩塌 的聚落數	4	4	3	3					
☒ 脆弱度指標 <small>(若選擇「危害-脆弱」請填物理環境脆弱以外的指標)</small>	歷史崩塌面積達XX公頃	2	若有多項脆弱度指標，請評估綜合後之脆弱度等級(1-5) 2.3	3	若有多項脆弱度指標，請評估綜合後之脆弱度等級(1-5) 2.3	3X4X2.3 =27.6	5X3X2.3 =34.5	34.5-27.6 =6.9	54.9	54.9-6.9 =48
	坡度達四級坡以上的 坡地面積達XX%	2		2						
	脆弱族群比例達XX%	3		2						
①填寫風險因子情境						②計算調適後的調適差距		③計算調適後剩餘的調適差距		

圖 44 調適差距縮小評估表-坡地填寫範例

5.5 小結

本工作坊操作方式及各表單內容已於環境部與災防科技中心共同主辦之 2025 年 9 月 17 日「氣候變遷風險評估作業準則-共學工作坊」中，提供中央調適行動方案各易受氣候變遷衝擊領域參與代表人員進行試操作。未來災防科技中心與 TCCIP 計畫將會共同依據《氣候變遷風險評估作業準則》之各領域操作重點與需求，將 TCCIP 計畫於氣候變遷調適科研理論及方法學，持續轉換並開發為可應用輔導各級政府的有關調適能力建構之活動教材，藉以同時促進科研人員對氣候變遷調適認知及推動國家調適政策有關規劃與決策人員之調適能力建構。

第六章 未來發展規劃

本案例報告對應《氣候變遷風險評估作業準則》，說明「氣候變遷調適架構」之操作概念與案例，並經由回顧國內外文獻及呈現災防科技中心與 TCCIP 計畫關鍵衝擊領域等實務案例操作，初步說明氣候變遷風險評估至調適規劃之參考方法與概念，希冀能促進後續 TCCIP 計畫與各界調適實務推進夥伴之調適能力建構。未來災防科技中心與 TCCIP 計畫團隊，將會持續推進各實務案例操作之細節，以期能提供更全面性對應《氣候變遷風險評估作業準則》之參考案例與方法。本案例報告未來發展規劃面向包含：

- (1) 豐富領域操作案例與細節：本案例報告呈現災防科技中心與 TCCIP 關鍵衝擊領域部分科研成果，未來將需持續推進不同領域在風險評估與調適之技術發展，產出更多元操作案例及更完整的操作方法，以供各界調適實務推動夥伴參考；
- (2) 單一系統風險評估案例：本案例報告首先採以「直接風險評估」作為說明案例，未來應持續朝向「單一系統風險評估」進行操作與發展，期能刻劃各領域評估對象系統範疇內，其他如社會、經濟、生態等非氣候因子脆弱度，使各領域風險評估與調適規劃能更全面考量其系統受氣候變遷影響之風

險變化動態；

(3) 衝擊鏈建置與應用案例：衝擊鏈於氣候變遷風險評估與調適之科研與實務領域，皆已被視為一項協助架構氣候變遷系統動態、辨識單一系統內非氣候因子將如何影響風險、調適選項研擬等之重要方法之一。本案例報告雖有呈現部分衝擊鏈之應用與說明，但主要仍架構於探討「直接風險」的基礎背景，未來本案例報告將在災防科技中心與 TCCIP 計畫持續合作下，一同發展可廣泛應用於不同關鍵衝擊領域的衝擊鏈建置方法與案例，以協助參與調適實務推動的夥伴，可較易於規劃單一系統風險評估及規劃對應降低「調適差距」目標的調適選項；

(4) 持續規劃氣候變遷調適能力建構活動：本案例報告已呈現《氣候變遷風險評估作業準則》部分如氣候變遷風險因子界定、調適差距評估、調適選項建置及縮小調適差距計算等能力建構活動，未來災防科技中心與 TCCIP 計畫將針對準則其他規範操作項目，一同發展易於促進理解風險評估與調適之活動教材，以期同時應用於協助科研及政策實務推動夥伴調適能力之提升。

致謝

感謝國家科學及技術委員會(計劃編號：NSTC 113-2119-M-865-004)、環境部氣候變遷署「氣候變遷科研橋接與調適應用專案合作協議」計畫(113年、114年)、農業部「農作物之氣候變遷風險評估工具開發與調適應用(113 農科-12.5.1-永-01、114 農科-11.4.1-永-01)」計畫」等計畫，及國家災害防救科技中心「Dr.A 氣候變遷災害風險調適平臺」，共同提供研究執行所需相關資源與支持，爰使本案例報告得以完成。



參考文獻

1. 許晃雄、李明旭。2024。國家氣候變遷科學報告 2024。國家科學及技術委員會、環境部。
2. 臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台(TCCIP)。2025。調適百寶箱。 <https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ark.aspx>
3. Alexander, D.E. 2013. Resilience and Disaster Risk Reduction: An Etymological Journey. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, 2707-2716.
4. Barnett, J., and O' Neill, S. 2010. Maladaptation. *Global Environmental Change*, 20(2), 211-213.
5. Bertana, A., Clark, B., Benney, T. M., and Quackenbush, C. 2022. Beyond maladaptation: Structural barriers to successful adaptation. *Environmental Sociology*, 8(4), 448-458.
6. Bierbaum, R., Smith, J. B., Lee, A., Blair, M., Carter, L., Chapin, F. S., Fleming, P., Ruffo, S., Stults, M., McNeeley, S., Wasley, E., and Verduzco, L. 2013. A comprehensive review of climate adaptation in the United States: More than before, but less than needed. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 18(3), 361-406.
7. Birkmann, J. 2007. Risk and Vulnerability Indicators at Different Scales: Applicability, Usefulness and Policy Implications. *Environmental Hazards*, 7, 20-31.
8. Bloomberg, M.R., Sachs, J.D., and Small, G.M. 2010. *Climate Change Adaptation in New York City: Building a Risk Management Response*.
9. Clemmensen, A.H., Haugvaldstad, H., Vizinho, A., and Penha-Lopes, G. 2015. *Participation in Climate Change Adaptation*. Bottom-Up Climate Adaptation Strategies Towards a Sustainable Europe. European Unions Seven Framework Programme (Project Base). European Union.
10. Committee on Climate Change and Expert Panel on Climate Change. 2018. *UK-China Co-operation on Climate Change Risk Assessment: Developing Indicators of Climate Risk*. Committee on Climate Change and Expert Panel on Climate Change.

11. European Commission. 2023. *Guidelines on Member States' adaptation strategies and plans*. European Union.
12. European Environment Agency. 2012. *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012*. European Environment Agency.
13. European Environment Agency. 2018. *Indicators for adaptation to climate change at national level-Lessons from emerging practice in Europe*. ETC/CCA Technical Paper. European Environment Agency.
14. European Environment Agency. 2024. *European Climate Risk Assessment*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
15. German Federal Government. 2017. *Guidelines for Climate Impact and Vulnerability Assessments*. Climate Impacts and Adaptation in Germany. German Federal Government.
16. GIZ, EURAC and UNU-EHS. 2018. *Climate Risk Assessment for Ecosystem-based Adaptation – A guidebook for planners and practitioners*. Bonn: GIZ.
17. Haasnoot, M., Middelkoop, H., Offermans, A., Beek, E. V., & Deursen, W. P. 2012. Exploring pathways for sustainable water management in river deltas in a changing environment. *Climatic Change*, 115(3-4), 795-819.
18. Hochrainer-Stigler, S., Trogrlić, R.S., Reiter, K., Ward, P.J., de Ruiter, M.C., Duncan, M.J., Torresan, S., Ciurean, R., Mysiak, J., Stuparu, D., and Gottardo, S. 2023. Toward a framework for systemic multi-hazard and multi-risk assessment and management. *iScience*, 26, 106736.
19. IPCC, 2021: *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.
20. IPCC. 2022. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth

- Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
21. JICA Global Environment Department. 2024. *Guidance on Climate Risk Assessment and Adaptation measures consideration (Version 5.0)*. JICA Global Environment Department.
 22. Lee, S., Paavola, J., and Dessai, S. 2022. Towards a deeper understanding of barriers to national climate change adaptation policy: A systematic review. *Climate Risk Management*, 35, 100414.
 23. Ministry for the Environment. 2019. *A Framework for the National Climate Change Risk Assessment for Aotearoa New Zealand*. New Zealand Government.
 24. Ministry of Environment and Climate Change Strategy. 2019. *Strategic Climate Risk Assessment Framework for British Columbia: Developed in progress toward a Strategic Climate Risk Assessment for British Columbia*. British Columbia.
 25. Moss, R.H., Meehl, G.A., Lemos, M.C., Smith, J.B., Arnold, J.R., Arnott, J.C., Behar, D., Brasseur, G.P., Broomell, S.B., Busalacchi, A.J., Dessai, S., Ebi, K.L., Edmonds, J.A., Furlow, J., Goddard, L., Hartmann, H.C., Hurrell, J.W., Katzenberger, J.W., Liverman, D.M., ... Wilbanks, T.J. (2013). Hell and high water: practice-relevant adaptation science. *Science*, 342,696-698.
 26. New York City Panel on Climate Change. 2010. *Climate Change Adaptation in New York City: Building a Risk Management Response*. New York City Panel on Climate Change 2010 Report. New York City Panel on Climate Change.
 27. OECD. 2002. *Glossary of key terms in evaluation and results based management*. OECD.
 28. OECD. 2015. *National Climate Change Adaptation: Emerging Practices in Monitoring and Evaluation*. OECD.

29. Ramm, T.D., Watson, C.S., and White, C.J. 2018. Strategic adaptation pathway planning to manage sea-level rise and changing coastal flood risk. *Environmental Science and Policy*, 87, 92-101.
30. REGILIENCE. 2022. *The REGILIENCE self-assessment tool to spot risks of maladaptation*. European Union's Horizon 2020. European Union
31. Schipper, E.L.F. 2020. Maladaptation: when adaptation to climate change goes very wrong. *One Earth*, 3(4), 409-414.
32. Simpson, N.P., Mach, K.J., Constable, A., Hess, J., Hogarth, R., Howden, M., Lawrence, J., Lempert, R.J., Muccione, V., Mackey, B., New, M.G., O'Neill, B., Otto, F., Pörtner, H.O., Reisinger, A., Roberts, D., Schmidt, D.N., Seneviratne, S., Strongin, S., van Aalst, M., and Trisos, C.H. 2021. A framework for complex climate change risk assessment. *One Earth*, 4.
33. Simpson, N.P., Sparkes, E., de Ruiter, M., Trogrlić, R.S., Passos, M.V., Schlumberger, J., Lawrence, J., Mechler, R., and Hochrainer-Stigler, S. 2025. Advances in complex climate change risk assessment for adaptation. *npj Climate Action*, 4, 74.
34. Simpson, N.P., Williams, P.A., Mach, P.A., Katharine, J., Berrang-Ford, L., Biesbroek, R., Haasnoot, M., Segnon, A.C., Campbell, D., Musah-Surugu, J.I., Joe, E.T., Nunbogu, A.M., Sabour, S., Meyer, A. L.S., Andrews, T.M., Singh, C., Siders, A.R., Lawrence, J., van Aalst, M., Trisos, C.H., The Global Adaptation Mapping Initiative Team. 2023. Adaptation to compound climate risks: A systematic global stocktake. *iScience*, 26, 105926.
35. Terzi, S., Torresan, S., Schneiderbauer, S., Critto, A., Zebisch, M., and Marcomini, A. 2019. Multi-risk assessment in mountain regions: A review of modelling approaches for climate change adaptation. *Journal of Environmental Management*, 232, 759-771.
36. Wilk, J., Hjerpe, M., Jonsson, A.C., Andre, K., and Glaas, E. 2013. *A Guidebook for Integrated Assessment and Management of Vulnerability to Climate Change*. Nord-Star Working Paper 2013-02. Centre for Climate Science and Policy Research.

37. World Meteorological Organization (WMO); United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA); International Science Council (ISC); United Nations Environment Programme (UNEP); Global Carbon Project (GCP); European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF); UK Met Office; International Telecommunication Union (ITU); United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). 2024. *United in Science 2024*. WMO Published.



附件一 建立評估對象系統之衝擊鏈

各領域欲進行全面風險評估時，除考慮氣候危害因子所引發的「直接衝擊」外，另也需考慮非氣候因子將如何影響風險，例如非永續的土地使用或當地社區收入變化等。此外，衝擊鏈也可作為辨識調適措施的基礎，因此建議各領域在規劃風險評估時建立衝擊鏈，協助研究人員及利害關係人了解評估對象所面臨的風險範疇全貌，再利用參與方式界定出評估的風險系統範疇。建議準備衝擊鏈建構可先與相關專家合作，並基於調查與現有文獻知識，為所有氣候危害因子影響制定簡易的衝擊鏈。

衝擊鏈操作方法及呈現方式多元，本案例報告在參考主要文獻(GIZ et al., 2018; German Federal Government, 2017)及實務操作經驗後，初擬下列步驟供各領域研究後續推動參考。以下為各步驟操作內容：

STEP 1 置入評估對象的直接衝擊

第一步驟為置入評估對象的直接衝擊，例如淹水、海平面上升。衝擊鏈發展關鍵在於連結辨識氣候衝擊和風險情形(例如，由於特定災害導致的生命損失風險)。如果涵蓋多項評估對象的探討，例如生命損失風險和由於熱帶氣旋對關鍵基礎設施的損害風險等，則可能需要

為每個對象發展不同的衝擊鏈，這些為不同對象所發展的衝擊鏈則可以在風險評估的後期進行整合。

STEP 2 連結氣候危害因子及直接衝擊

要辨識有哪些氣候相關的危害因子及其所造成的「直接衝擊」將對評估對象造成影響。首先，需確定相關的氣候因子型態(如強降雨)，這些氣候因子會導致評估對象的「直接衝擊」。氣候因子可能會驅動一連串的中介影響。附圖 1 為流域集水區的衝擊鏈範例，包括中介影響和危害因素。此範例中，強降雨被視為主要氣候危害因子，並以此驅動更複雜的中介影響，如水位過高和流速增加，進而造成侵蝕，導致下游地區沉積物堆積，進而增加淹水嚴重度。

STEP 3 置入評估對象

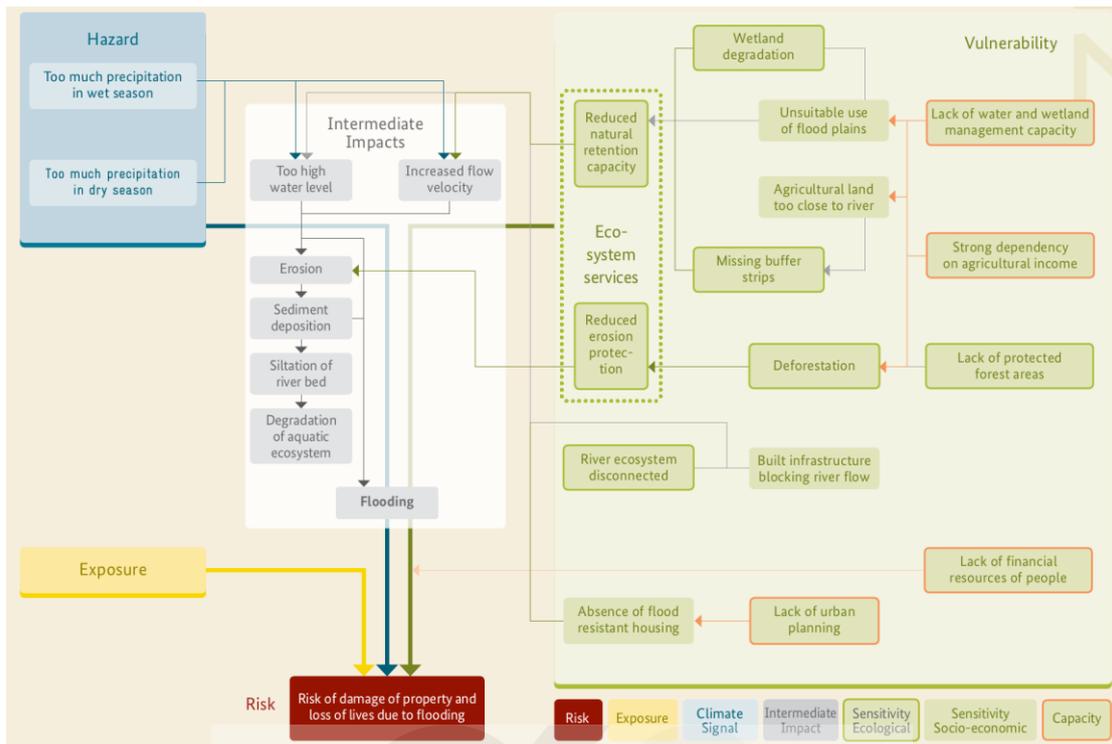
第三步驟為開始置入評估對象，例如位於淹水區的人口、建築、重大基礎設施、能源設施等。利用 STEP4 產出的評估對象重疊受到現況及未來「直接衝擊」的空間資訊，置入受評估的對象及其空間分布，以此界定出於下個操作步驟進行討論的系統空間範圍，例如特定、特定社區、地區、生態系統(河口或保護區)、單一空間單位(例如：一個區)或需要比較的多個區域(例如：兩個或更多區)；及是否因外加因素，而需要調整特定空間規模例如考量生態完整性。

STEP 4 連結評估對象系統脆弱因子

此步驟主要連結評估對象在受到氣候危害因子驅動的「直接衝擊」後，其他可能使評估對象更為脆弱或更易加大受到「直接衝擊」程度的非氣候因子。此步驟可以視實際研究資源及可操作情況，進行調整及採以不同建立方式，例如由研究團隊先行蒐整文獻，依據文獻中提及之評估對象在「直接衝擊」下之脆弱因子資訊建立初期衝擊鏈後，再利用問卷訪談、專家諮詢或實地勘察等方法，進一步補充遺漏資訊及確認所建立的衝擊鏈。(不同操作步驟可參考 GIZ et al. (2018) 及 German Federal Government(2017))

STEP 5 完成初步衝擊鏈建置

此階段初步建構的衝擊鏈建置結果納至界定範疇階段，用以協助辨識利害關係人，並與辨識出的利害關係人共同確認衝擊鏈之完整性及共同界定評估範疇。



附圖 1 流域集水區衝擊鏈範例

(資料來源：GIZ et al. (2018))



附件二 氣候變遷風險評估作業準則－案例成果簡報 製作參考模板



案例模板

3

領域案例背景說明



歷史衝擊或災害背景

案例欲解決或分析的問題

4

氣候變遷風險評估辦理事項

5

第五條

界定範疇-應辦理事項

第五條 各級政府執行前條第一款之界定範疇，應辦理事項如下：

- ① 確認易受氣候變遷影響對象、對應之業務範疇及權責機關
- ② 評估前款易受氣候變遷影響對象之氣候危害類型、可能受影響之時間、空間尺度及範圍
- ③ 邀集有關機關、學者、專家、民間團體，共同界定評估範疇

6

界定範疇-影響對象、業務範疇及權責機關

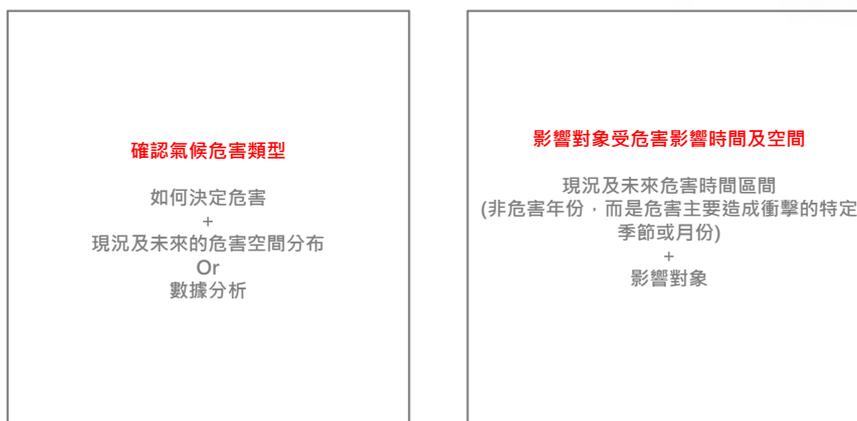
確認易受氣候變遷影響對象
確認方式及確認後的對象

確認對象之業務範疇及權責機關

業務範疇(參考法令)
權責機關(對應主管機關)

7

界定範疇-氣候危害類型、受影響時間及空間



8

界定評估範疇-利害關係人參與範疇界定



界定危害度、脆弱度及暴露度的評估項目(坡地範例)

時期	危害度	脆弱度	暴露度	風險
現況	基期颱風降雨事件	物理環境 (高程、坡度、土壤特性、 水文條件等)	大漢溪集水區 及聚落	現況崩塌風險
未來	GWL2°C颱風降雨事件			未來崩塌風險

9

第六條
第一款

檢視資源-應辦理事項

第六條 各級政府執行第四條第二款之檢視資源及氣候衝擊現況，應辦理事項如下：

- ① 盤點權責機關及易受氣候變遷影響對象之可掌握資源：包括權責機關之知識、技術、人力、財務等能力建構情形，及可投入有關氣候變遷風險評估及調適計畫等調適管理機制之資源

10

檢視資源-盤點可掌握資源

資源盤點內容

實地調查、歷史文件及報告分析or其他方式

1. 知識(例如氣候變遷能力建構課程)
2. 技術(例如圖資、工具、現有調適)
3. 人力(例如專業團隊或人員、負責行動方案專門窗口人員等)
4. 財務(既有會投入的風險評估或調適經費來源)
6. 定期或長期執行的風險評估及調適計畫
(例如依據什麼法令的中長程計畫)

11

第六條
第二款
第三款

評估氣候衝擊現況-應辦理事項

第六條 各級政府執行第四條第二款之檢視資源及氣候衝擊現況，應辦理事項如下：

- ② 評估氣候衝擊現況：評估項目包括危害度、暴露度及脆弱度；評估結果應含易受氣候變遷影響對象之影響程度或其空間分布情形
- ③ 規劃權責機關及易受氣候變遷影響對象屬性之質化、量化或綜合之衝擊評估方法

12

氣候衝擊現況及未來氣候變遷風險-評估項目建立

危害度	脆弱度	暴露度
建構指標情形說明(指標+代表意義) +危害度圖	建構指標情形說明(指標+代表意義) +脆弱度圖	建構指標情形說明(指標+代表意義) +暴露度圖

13

採用的評估方法



14

評估氣候衝擊現況-評估結果



15

第七條

評估未來氣候變遷風險-應辦理事項



第七條 各級政府執行第四條第三款之評估未來氣候變遷風險，應辦理事項如下：

- ① 使用當期氣候變遷科學報告，並參採最新國內外科學研究機構及政府單位對於氣候變遷科學資訊與知識相關報告及建議，以調適應用情境評估氣候變遷易受氣候變遷影響對象及所對應業務範疇之未來衝擊或風險
- ② 依前條第二款之評估結果及前條第三款之評估方法，進行未來氣候變遷風險評估，辨識調適差距或指認高風險地區
- ③ 邀集有關機關、學者、專家、民間團體，共同檢視調適差距或指認高風險地區之合理性

16

未來氣候變遷風險-採用的調適應用情境

<p style="text-align: center;">調適應用情境</p> <p style="text-align: center;">統一情境說明模板</p>	<p style="text-align: center;">危害度空間分布情形</p> <p style="text-align: center;">以危害圖表示採用的情境為1.5°C、2°C或4°C</p>
--	--

17

第七條
第一款

調適應用情境設定(供參考)

- 以目前全球氣候發展路徑，與IPCC AR6 SSP3-7.0路徑接近，世紀中(2040-2041)全球增溫2°C幾已成定局，此情境與前一期調適行動計畫建議情境符合，建議下一期氣候情境設定可維持本期情境設定
- 以此路徑發展，本世紀末可能增溫3°C~4°C

調適科研平台建議：第四期調適氣候情境維持本期設定



18

未來氣候變遷風險-評估結果

<p style="text-align: center;">風險程度</p> <p style="text-align: center;">2°C及4°C情境下的風險數據分析</p>	<p style="text-align: center;">未來風險空間分布情形</p> <p style="text-align: center;">未來風險評估結果圖資 + 標示未來高風險地區</p>
---	--

19

未來氣候變遷風險-調適差距或高風險地區指認



20

未來氣候變遷風險-利害關係人參與檢視合理性



21

第九條

調適規劃及綜整決策-應辦理原則

第九條 各級政府執行前條第一款調適選項規劃及綜整決策之原則如下：

- ① 以降低調適差距為目標，擬訂調適選項及推動期程
- ② 評估調適選項之有效性、可行性及可能之負面影響
- ③ 評估優先執行之調適選項

各級政府得評估調適選項對易受氣候變遷衝擊領域相關權責機關及易受氣候變遷影響對象之附加效益。

各級政府得參考有關機關、學者、專家及民間團體之意見，作為調適選項規劃及綜整決策依據。

22

調適選項規劃-設定欲降低的調適差距目標



23

調適選項規劃及綜整決策-擬定選項及推動期程



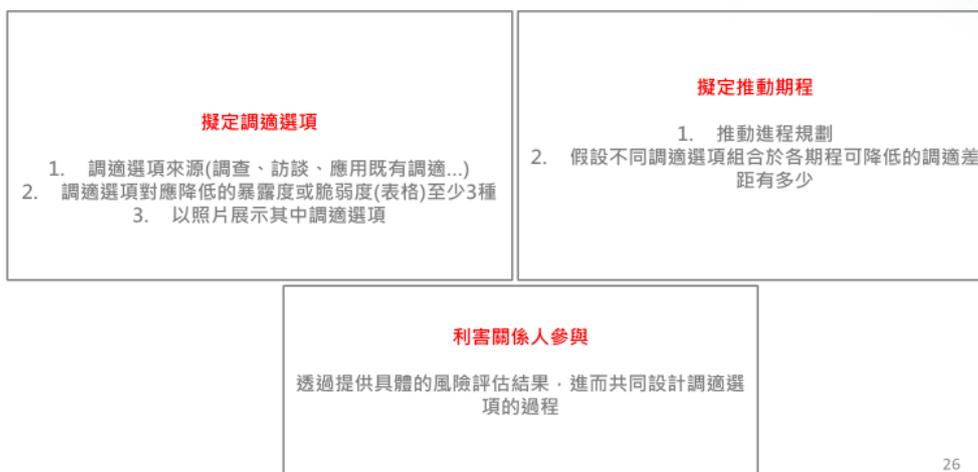
24

調適選項規劃及綜整決策-有效性、可行性評估



25

調適選項規劃及綜整決策-擬定選項及推動期程



26

第十條

推動或執行調適選項-應辦理原則

第十條 各級政府執行第八條第二款推動或執行調適選項之原則如下：

- ① 調適選項推動期程之符合程度
- ② 建立量化評估指標，作為評估調適選項或計畫之執行成效依據。
- ③ 無法建立前款指標者，得透過訪談相關團體、諮詢專家等方式，協助檢視調適執行成效

27

推動或執行調適選項-評估推動期程及執行成效



28

檢討或修正調適選項-應辦理原則

第十一條 各級政府執行第八條第三款檢討或修正調適選項之原則如下：

- ① 降低調適差距之執行情形
- ② 針對易受氣候變遷衝擊之跨領域調適策略、政策或計畫實施內容，評估潛在之正、負面影響
- ③ 彙整執行調適選項與行動過程之調適障礙，並提出未來解決方案
- ④ 使用當期氣候變遷科學報告，並參採最新國內外科學研究機構及政府單位對於氣候變遷科學資訊與知識相關報告及建議，滾動進行氣候變遷風險評估之作業，作為調適選項修正之依據

檢討或修正調適選項

<p>一、降低差距之執行情形</p>	<p>二、針對調適策略評估潛在之正、負面影響</p>
<p>三、彙整調適障礙並提出解方</p>	

第四期方案-障礙及問題

第四期調適方案需優先解決的障礙或需釐清的問題

附件三 TCCIP 水資源領域調適參考案例簡報

水資源操作案例背景



圖片來源：維基百科(嘉南大圳)

農業用水：以灌溉面積最大之嘉南灌區作為對象
(主要水源：曾文-烏山頭水庫系統)

農業部農田水利署-公務統計(112年度)-現有灌溉地面積(公頃)

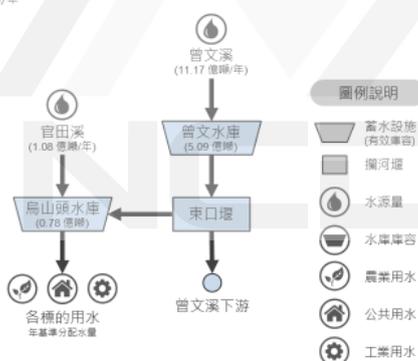
- 嘉南管理處：82,344
- 雲林管理處：62,252
- 彰化管理處：44,163
- 臺中管理處：30,543
- 屏東管理處：26,875

2

水資源操作案例背景



曾文-烏山頭系統供需現況



曾文-烏山頭水庫系統

全臺庫容最大的水庫系統，具有供水、發電、防洪以及觀光等多重功能，其為嘉南灌區主要的灌溉水源，並同時供應下游工業與生活用水，在豐枯懸殊的南部地區發揮極為重要的穩定供水作用

3

「氣候變遷風險評估作業準則」架構



4

準則核心概念：調適規劃需有風險評估為依據



5



界定範疇

界定範疇-應辦理事項



第 5 條 各級政府執行前條第一款之界定範疇，應辦理事項如下：

- ① 確認易受氣候變遷影響對象、對應之業務範疇及權責機關
- ② 評估前款易受氣候變遷影響對象之氣候危害類型、可能受影響之時間、空間尺度及範圍
- ③ 邀集有關機關、學者、專家、民間團體，共同界定評估範疇

界定範疇-影響對象、業務範疇及權責機關



以農業用水需求為優先評估對象，探討氣候變遷下之風險



圖片來源：維基百科(嘉南大圳)

法令依據：水利法
 權責機關：經濟部水利署南區水資源分署
 業務範疇：確保依據多目標水庫用水標的順序供水，及水庫操作維護管理

- 用水標的之順序：
- 一、家用及公共給水
 - 二、**農業用水**
 - 三、水力用水
 - 四、工業用水
 - 五、水運
 - 六、其他用途



經濟部水利署
Water Resources Agency, MOEA

台灣自來水公司
TAIWAN WATER CORPORATION



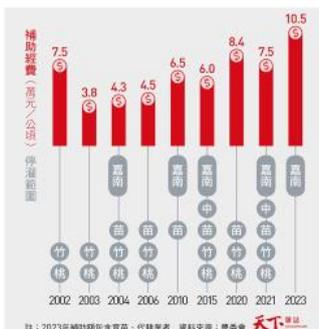
農業部農田水利署
Irrigation Agency, Ministry of Agriculture

NSTC 國家科學及技術委員會
National Science and Technology Council

界定範疇-氣候危害類型、受影響時間及空間



● 近20年大規模農業停灌情形



註：2023年補助經費包含育苗、代耕業者 資料來源：農委會 天下雜誌

嘉南地區20年中約有5年發生停灌(25%)

● 歷年停灌水稻期作與面積

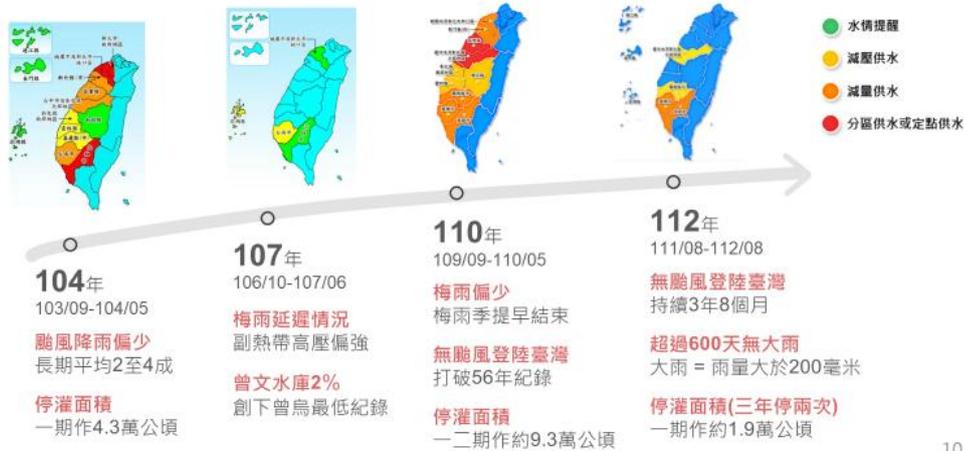
近20年大規模農業停灌情況

年度	停灌範圍	停灌面積 (公頃)
91 (一期)	桃園、新竹	1.5萬
92 (一期)	桃園、新竹	2.8萬
93 (一期)	桃園、新竹、苗栗、嘉南	6.5萬
95 (一期)	桃園、新竹、苗栗	3.1萬
99 (一期)	苗栗、嘉南	2.2萬
104 (一期)	桃園、新竹、苗栗、台中、嘉南	4.4萬
109 (二期)	桃園、新竹、苗栗	1.9萬
110 (一期)	桃園、新竹、苗栗、台中、嘉南	7.5萬
112 (一期)	嘉南	1.9萬
112 (二期)	嘉南	2.9萬

※嘉南平原百年來首次稻作全年停灌休耕
 資料來源：農委會 製表：洪敏隆 本報 Tai Sounds

首次發生

界定範疇-氣候危害類型、受影響時間及空間



10

界定範疇-氣候危害類型、受影響時間及空間

氣候變遷下雨量偏少情況之變化

5-6月總雨量偏少次數
(AR6統計降尺度全模式平均)



11

界定範疇-利害關係人參與範疇界定

作法：參考部會署相關現行作法，說明利害關係人參與機制與界定範疇

- 水資源經理基本計畫(核定本)-目標設定
- 利害關係人參與

目標：滿足125年社會經濟發展所需用水、強化供水韌性，因應極端異常氣候，以及改善供水環境，落實環境友善作為



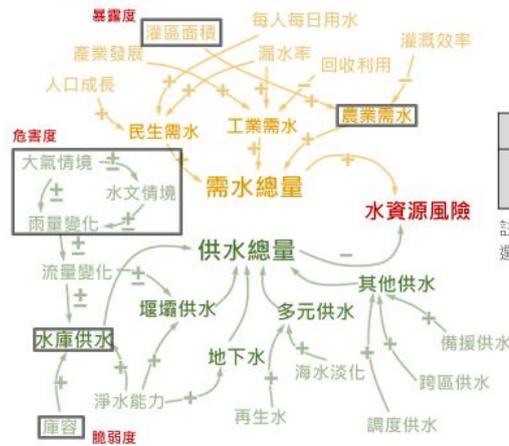
定期召開會議廣徵各界意見

圖片來源：臺灣各區水資源經理基本計畫(核定本)(經濟部，110年)

12

界定範疇-利害關係人參與範疇界定

以農業需水為對象，探討氣候變遷之衝擊



風險因子	危害度	脆弱度	暴露度
採用變量	氣候因子 (雨量偏少)	水庫庫容 (淤積影響庫容)	農業需水 (稻作面積)

註：風險評估係完整考量水資源系統因子，為簡化操作此處僅挑選代表因子進行分析，後續建議可進行更為全面的風險因子分析

檢視資源



檢視資源-應辦理事項

第 6 條 各級政府執行第四條第二款之檢視資源及氣候衝擊現況，應辦理事項如下：

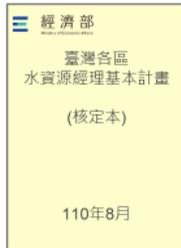
- ① 盤點權責機關及易受氣候變遷影響對象之可掌握資源：包括權責機關之知識、技術、人力、財務等能力建構情形，及可投入有關氣候變遷風險評估及調適計畫等調適管理機制之資源

可掌握資源盤點



作法：參考部會署相關政策方向，說明未來水資源政策推動資源需求

● 水資源經理基本計畫(核定本)-期程與資源需求



水資源經理計畫作為上位指導計畫，提供後續經營及管理工作的推動參考：

- 已納入前瞻基礎建設計畫者，以前瞻基礎建設計畫特別預算案支應
- 如屬新興重大公共工程建設及重大施政計畫，視該計畫通過之財務規劃及自償率計畫，不足部分列入公共建設計畫之環境資源類別項下支應

● 科學報告與資料



16

評估氣候衝擊現況

NCDR

17

評估氣候衝擊現況-應辦理事項

第 6 條 各級政府執行第四條第二款之檢視資源及氣候衝擊現況，應辦理事項如下：

- ② 評估氣候衝擊現況：評估項目包括危害度、暴露度及脆弱度；評估結果應含易受氣候變遷影響對象之影響程度或其空間分布情形
- ③ 規劃權責機關及易受氣候變遷影響對象屬性之質化、量化或綜合之衝擊評估方法

18

氣候變遷因應法 第三條第三項

- 氣候變遷風險：指氣候變遷衝擊對自然生態及人類社會系統造成的可能損害程度。氣候變遷風險的組成因子為氣候變遷**危害度**、**暴露度**及**脆弱度**

$$Risk = H \times V \times E$$

氣候變遷風險評估作業準則

- 危害度**：指自然或人為導致之氣候危害事件嚴重度或變化趨勢，其可能加劇暴露對象之不利影響(第二條第三款)
- 暴露度**：指實際或可能受衝擊之暴露對象存在之規模或程度(第二條第四款)
- 脆弱度**：指暴露對象易受負面影響之程度，包括敏感程度、易致受損程度及缺乏應對、調適之能力(第二條第五款)
- 氣候變遷風險評估**：指對氣候變遷風險進行量化或質化之科學評估，並考量危害度、暴露度及脆弱度等風險要素之關聯影響(第二條第一款)



19

第六條 第二款

評估氣候衝擊現況

- 案例分析：曾文-烏山頭水庫系統之水資源風險



圖片來源：維基百科(臺南大圳)

因子	H: 危害度	V: 脆弱度	E: 暴露度	R: 風險
項目	偏少特性 (發生機率)	庫容量 (百萬噸)	稻作面積 (公頃)	缺水率 (%)
基期	0.40	551.96	18,123	27.7

缺水量：農業缺水量 24,930 萬噸/年

註：風險評估係完整考量水資源系統因子，為簡化操作此處僅挑選代表因子進行分析，後續建議可進行更為全面的風險因子分析



暴露度空間分布可參考：

- 鄉鎮邊界
- 稻作面積

20

評估未來氣候變遷風險

評估未來氣候變遷風險-應辦理事項

第 7 條 各級政府執行第四條第三款之評估未來氣候變遷風險，應辦理事項如下：

- ① 使用當期氣候變遷科學報告，並參採最新國內外科學研究機構及政府單位對於氣候變遷科學資訊與知識相關報告及建議，以調適應用情境評估氣候變遷易受氣候變遷影響對象及所對應業務範疇之未來衝擊或風險
- ② 依前條第二款之評估結果及前條第三款之評估方法，進行未來氣候變遷風險評估，辨識調適差距或指認高風險地區
- ③ 邀集有關機關、學者、專家、民間團體，共同檢視調適差距或指認高風險地區之合理性

調適應用情境設定

- 以目前全球氣候發展路徑，與IPCC AR6 SSP3-7.0路徑接近，世紀中(2040-2041)全球增溫2°C幾已成定局，此情境與前一期調適行動計畫建議情境符合，建議下一期氣候情境設定可維持本期情境設定
- 以此路徑發展，本世紀末可能增溫3°C~4°C

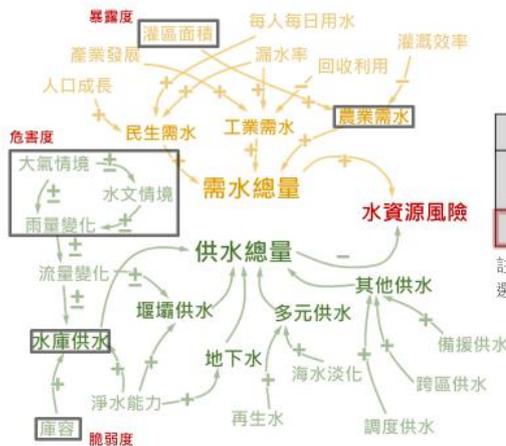
水資源目標年130年

調適科研平台建議：第四期調適氣候情境維持本期設定



氣候變遷風險評估項目

• 水資源系統衝擊鏈示意說明



風險因子	危害度	脆弱度	暴露度
採用變量	氣候因子 (雨量偏少)	水庫庫容 (淤積影響庫容)	農業需水 (稻作面積)
未來情況	更加頻繁	自然淤積	維持不變

註：風險評估係完整考量水資源系統因子，為簡化操作此處僅挑選代表因子進行分析，後續建議可進行更為全面的風險因子分析

辨識調適差距

25

第七條
第二款

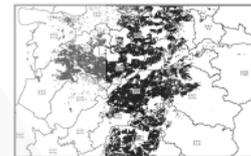
辨識調適差距

● 調適差距辨識



圖片來源：維基百科(嘉南大圳)

因子	H: 危害度	V: 脆弱度	E: 暴露度	R: 風險
項目	偏少特性 (發生機率)	庫容量 (百萬噸)	稻作面積 (公頃)	缺水率 (%)
基期	0.40	551.96	18,123	27.7
未來	0.48 (+20.0%)	492.70 (-10.7%)	18,123	35.1



暴露度空間分布可參考：

- 鄉鎮邊界
- 稻作面積

基期缺水量：農業缺水 24,930 萬噸/年

未來缺水量：農業缺水 31,590 萬噸/年

調適差距缺水：農業缺水 6,660 萬噸/年

註：風險評估係完整考量水資源系統因子，為簡化操作此處僅挑選代表因子進行分析，後續建議可進行更為全面的風險因子分析

26

指認高風險地區

27



作法：參考部會署相關政策方向與現行作法，說明各界意見徵求方式

- 經濟部水利署定期召開會議廣徵各界意見



邀請對象：產業、學者、民眾、跨部會

會議目的：以提升水領域韌性與調適能力為核心，期匯聚政府、產業、學界與民間的智慧與力量，為水利新政取得共識結論及形塑共同目標，攜手共創與水共存、共榮、共好的幸福水臺灣

會議時間：114年3月21日(五)

會議地點：公務人力發展學院臺北院區



邀請對象：專家及學者

會議目的：「臺灣各區水資源經理計畫滾動檢討及調適策略(113-114年)」委託服務案之水資源風險評估專家座談會

會議時間：114年4月2日(三)

會議地點：水利署臺中辦公區

調適選項規劃及綜整決策

NCDR

第9條 各級政府執行前條第一款調適選項規劃及綜整決策之原則如下：

- ① 以降低調適差距為目標，擬訂調適選項及推動期程
- ② 評估調適選項之有效性、可行性及可能之負面影響
- ③ 評估優先執行之調適選項

各級政府得評估調適選項對易受氣候變遷衝擊領域相關權責機關及易受氣候變遷影響對象之附加效益。

各級政府得參考有關機關、學者、專家及民間團體之意見，作為調適選項規劃及綜整決策依據

設定欲降低的調適差距目標



因子	H: 危害度	V: 脆弱度	E: 暴露度	R: 風險
項目	偏少特性 (發生機率)	庫容量 (百萬噸)	稻作面積 (公頃)	缺水率 (%)
基期	0.40	551.96	18,123	27.7
未來 (未調適)	0.48	492.70	18,123	35.1
調適 差距	+0.08	-59.26	18,123	+7.4

欲降低的調適差距目標

31

擬訂調適選項及推動期程



作法：參考部會署相關政策方向與現行作法，說明調適選項推動內容

- 水資源經理基本計畫(核定本)-南區水資源關鍵課題及因應策略措施

經濟部
臺灣各區
水資源經理基本計畫
(核定本)
110年8月

區域	關鍵課題	因應策略措施
南部 區域	大型產業進駐南部區域，用水需求增長	管理：降低漏水率 開源：傳統水源開發、再生水利用 節流：降低漏水率 調度：跨區地面水聯合調度 備援：伏流水、備援管線、海淡廠
	曾文、南化等重要水庫，尚面臨淤積嚴重	管理：設施活化、風險管理
	屏北地區自來水普及率提高，用水成長快速 嘉義地區自有水源不足	開源：傳統水源開發 備援：常態備援井、其他備援 開源：多元水源開發 調度：跨區地面水聯合調度

(清淤為例)

表格來源：臺灣各區水資源經理基本計畫(核定本)(經濟部，110年)

32

調適選項有效性與可能之負面影響



作法：參考部會署相關政策方向與現行作法，說明調適選項推動內容

- 清淤策略推動之有效性與負面影響

經濟部
曾文水庫放水渠道
及擴大抽泥工程
(111-114年)
110年3月

計畫名稱：曾文水庫放水渠道及擴大抽泥工程

推動期程：111-114年

經費編列：19.81 億元

有效性：

- 庫區陸挖清淤量可由現況50萬m³提升至86萬m³(增加36萬m³)
- 庫區抽泥清淤量可由現況315萬m³提升至585萬m³(增加270萬m³)，總計每年可增加306萬m³的清淤量
- 另河道淤泥暫置量可由現況350萬m³增加至760萬m³

負面影響：主要工程項目多在水庫蓄水範圍內施作，對周遭環境影響較小，部分工程項目包括放水渠道改善工程，將暫時影響曾文溪河川水質及生態環境。另外，施工階段亦將造成空氣品質、噪音振動、交通及景觀等影響

預期效益：可增加淤泥暫置區容量且能減少滲漏損失，亦可增加水資源的利用效率，以提升供水穩定，更進一步以淤積零成長為目標，逐年恢復庫容

33

調適選項有效性與可能之負面影響

- 案例分析：曾文-烏山頭水庫系統之有效性分析

因子	H: 危害度	V: 脆弱度	E: 暴露度	R: 風險
項目	偏少特性 (發生機率)	庫容量 (百萬噸)	稻作面積 (公頃)	缺水率 (%)
基期	0.40	551.96	18,123	27.7
未來 (未調適)	0.48	492.70	18,123	35.1
調適差距	+0.08	-59.26	18,123	+7.4
未來 (調適後)	0.48	513.00	18,123	30.3
降低後的 差距	+0.08	-38.96	18,123	+2.6

基期缺水：農業缺水 24,930 萬噸/年
 未來缺水：農業缺水 31,590 萬噸/年
 調適差距缺水：農業缺水 6,660 萬噸/年
調適後的未來缺水：農業缺水 27,270 萬噸/年
調適後剩餘調適差距缺水：農業缺水 2,340 萬噸/年
總共調適了 4,320 萬噸/年

← 執行調適策略後

**預期降低後的調適差距
(預先評估有效性後非完全降低)**

34

評估優先執行之調適選項



作法：參考部會署相關政策方向與現行作法，說明調適選項推動內容

- 水資源經理基本計畫(核定本)-南區水資源關鍵課題及因應策略措施

經濟部
臺灣各區
水資源經理基本計畫
(核定本)
110年8月

區域	關鍵課題	因應策略措施
南部 區域	大型產業進駐南部區域，用水需求增長	管理：降低漏水率 開源：傳統水源開發、再生水利用 節流：降低漏水率 調度：跨區地面水聯合調度 備援：伏流水、備援管線、淺溪廠
	曾文、南化等重要水庫，尚面臨淤積嚴重	管理：設施活化、風險管理
	屏北地區自來水普及率提高，用水成長快速	開源：傳統水源開發 備援：常態備援井、其他備援
	嘉義地區自有水源不足	開源：多元水源開發 調度：跨區地面水聯合調度

表格來源：臺灣各區水資源經理基本計畫(核定本)(經濟部，110年)

► 需再次評估搭配多元調適策略，以提升整體調適有效性

35

推動或執行調適選項

第 10 條 各級政府執行第八條第二款推動或執行調適選項之原則如下：

- ① 調適選項推動期程之符合程度
- ② 建立量化評估指標，作為評估調適選項或計畫之執行成效依據
- ③ 無法建立前款指標者，得透過訪談相關團體、諮詢專家等方式，協助檢視調適執行成效



作法：參考部會署相關政策之執行情況，以利瞭解調適選項推動之符合程度

● 清淤策略之執行狀況

經濟部

曾文水庫放水渠道
及擴大抽泥工程

(111-114年)

110年3月

資料時間	114 年 05 月
總累計預定進度	92.14
總累計實際進度	92.22
進度差異	0.08
執行狀況	施工中
實際執行摘要	<p>(一)放水渠道箱涵(0k+000至4k+500)：1.累計開挖長度4,464m/4,500m，完成進度99.2%。2.箱涵結構總長度完成4,414m/4,500m，完成進度98.09%。3.渠道上游段已完成0k+000-2k+410，渠道下游段已完成2k+490-4k+494，目前便道、圍堰及回填固化工持續加緊施工中，目前渠道施作2k+470-490底板及牆身鋼筋綁紮作業中。4.進水口(1號導水隧洞)：排洪閘門已安裝完成，目前施作取水閘門門框前置作業。5.格柵溝段已完成。</p> <p>(二)擴大抽泥管工程(0k+000至11k+021)：1.2條原有管徑300mm HDPE抽泥管：已於111/12/29完成(總長54.675m)。2.新設2條管徑500mm SP抽泥管(0k至11k+021)：目前已完成管鋪11,021m(+0)/11,021m，完成進度100%，沿線固定座及支座已全部完成(104座/104個)。(三)特高壓配電工程：1.目前69KV GIS設備已於5/2辦理69KV GIS廠驗。5/19GIS設備進場陸續安裝中，另已5/16辦理變壓器廠驗。2.本項總計配管已完成，完成進度100%。電纜已於4/22進場並陸續作業中。(四)備前碼頭改善工程：1.φ400、500HDPE抽泥管固定工程，目前持續施做箱涵鑽孔及植入(2079支/2717支)及400、500mmHDPE管材進度(400: 160/787m、500: 160m/787m)。2.碼頭道路工程目前施作道路側溝土澆基礎中。</p>

檢討或修正調適選項

檢討或修正調適選項-應辦理事項

第 11 條 各級政府執行第八條第三款檢討或修正調適選項之原則如下：

- ① 降低調適差距之執行情形
- ② 針對易受氣候變遷衝擊之跨領域調適策略、政策或計畫實施內容，評估潛在之正、負面影響
- ③ 彙整執行調適選項與行動過程之調適障礙，並提出未來解決方案
- ④ 使用當期氣候變遷科學報告，並參採最新國內外科學研究機構及政府單位對於氣候變遷科學資訊與知識相關報告及建議，滾動進行氣候變遷風險評估之作業，作為調適選項修正之依據

降低調適差距之執行情形

- 案例分析：曾文-烏山頭水庫系統之降低調適差距之執行情形



因子	H: 危害度	V: 脆弱度	E: 暴露度	R: 風險
項目	偏少特性 (發生機率)	庫容量 (百萬噸)	稻作面積 (公頃)	缺水率 (%)
基期	0.40	551.96	18,123	27.7
未來 (未調適)	0.48	492.70	18,123	35.1
調適差距	+0.08	-59.26	18,123	+7.4
未來 (調適後)	0.48	513.00	18,123	30.3
降低後的 差距	+0.08	-38.96	18,123	+2.6

← 執行調適策略後
目前降低後的調適
差距
(未達到差距降低目標)

評估潛在正、負面影響與彙整調適障礙



作法：參考部會署相關政策方向與現行作法，說明各界意見徵求方式

- 清淤策略之潛在影響評估與民眾參與

經濟部

曾文水庫放水渠道
及擴大抽泥工程

(111-114年)

110年3月

(三)民眾參與機制與成果	1.規劃設計階段民眾參與。 (1)生態檢核民眾參與座談會(2021.07.14) 生態檢核民眾參與座談會20210714 生態檢核民眾參與座談會20210714-附件 生態檢核民眾參與座談會20210714-會議紀錄附件 (2)生態說明及民眾參與座談會(2021.09.16) 生態說明及民眾參與座談會20210916 生態說明及民眾參與座談會會議紀錄20210916
(四)環境監測計畫與執行成果	2.施工階段民眾參與。 曾文水庫環教課程 逢甲大學水利工程與資源保育學系(1130423) 來訪-成功大學水利及海洋工程學系來文及行程表
	1.施工前環境背景監測調查。 曾文水庫放水渠道及擴大抽泥工程環境背景監測調查
	2.施工階段生態檢核成果。 111年 施工階段生態檢核_111年 112年 施工階段生態檢核_112年 113年 施工階段生態檢核_113年

滾動進行氣候變遷風險評估

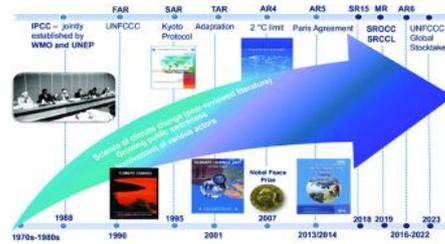


作法：參考部會署相關作法，說明氣候變遷情境資料更新情況

● 水資源經理基本計畫-滾動檢討與情境更新



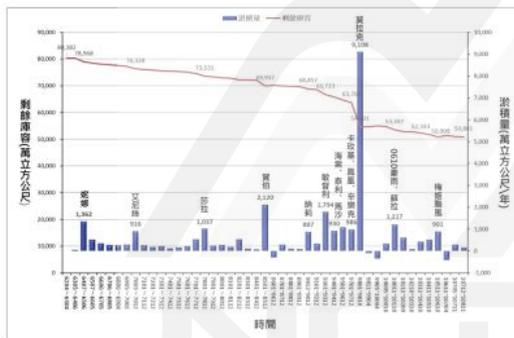
● 歷次氣候變遷報告發布期程



43

滾動進行氣候變遷風險評估

● 案例分析：曾文水庫歷年庫容及淤積量變化圖



關鍵因子監測與動態調整機制建立

- 嚴重地震事件可能導致地質不穩定長達40年
- 極端降雨事件可能導致水庫嚴重淤積

▶ 檢討原有調適選項是否需要修正

44

附件四 TCCIP 坡地領域調適參考案例簡報

「氣候變遷風險評估作業準則」架構



2

準則核心概念：調適規劃需有風險評估為依據



3

界定範疇

4

第五條

界定範疇-應辦理事項

➤ 無論進行哪一種風險評估，界定範疇皆為關鍵的第一步驟

第五條 各級政府執行前條第一款之界定範疇，應辦理事項如下：

- ① 確認易受氣候變遷影響對象、對應之業務範疇及權責機關
- ② 評估前款易受氣候變遷影響對象之氣候危害類型、可能受影響之時間、空間尺度及範圍
- ③ 邀集有關機關、學者、專家、民間團體，共同界定評估範疇

NCDR

5

第五條
第一款

界定範疇-影響對象、業務範疇及權責機關

法令依據：水土保持法

第一條
為實施水土保持之處理與維護，以保育水土資源，涵養水源，減免災害，促進土地合理利用，增進國民福祉，特制定本法。

易受氣候變遷影響對象：大漢溪集水區

權責機關：農村發展及水土保持署(臺北分署)

業務範疇：辦理農村發展及水土保持業務

依農業部農村發展及水土保持署組織法第二條
六、集水區水土保持的調查、規劃、執行與督導
七、山坡地治山防災工程、水土保持工程與植生綠化工程之調查、規劃、設計、執行及督導。
八、土石流、大規模崩塌與不安定土砂防災之策劃、調查、推動、協調及督導。



水保署臺北分署的服務地區

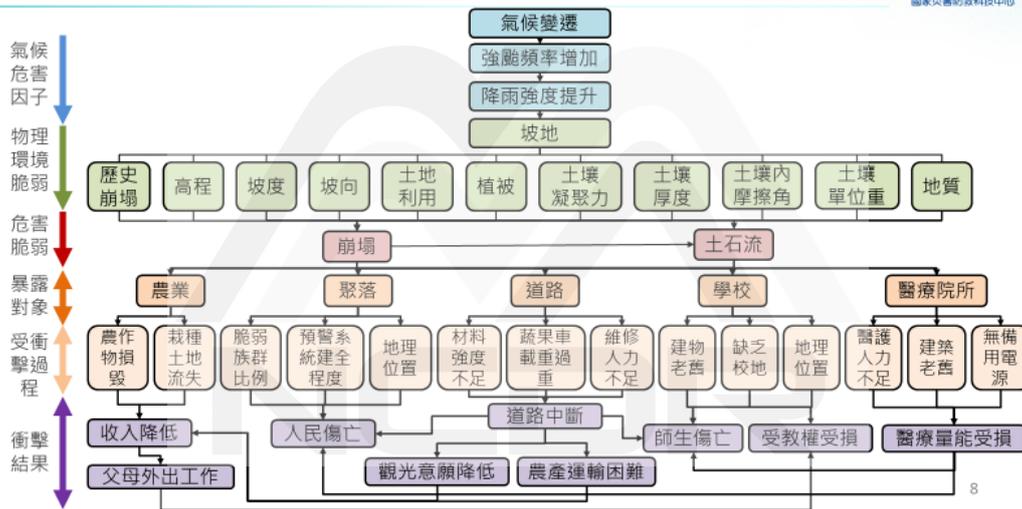
6

界定範疇-氣候危害類型、受影響時間及空間



圖片來源：農村水保署土石流及大規模崩塌防災資訊網
<https://246.ardswc.gov.tw/Achievement/MajorDisasters>

風險議題評估範疇-坡地崩塌衝擊鏈示意說明



界定評估範疇-利害關係人參與範疇界定

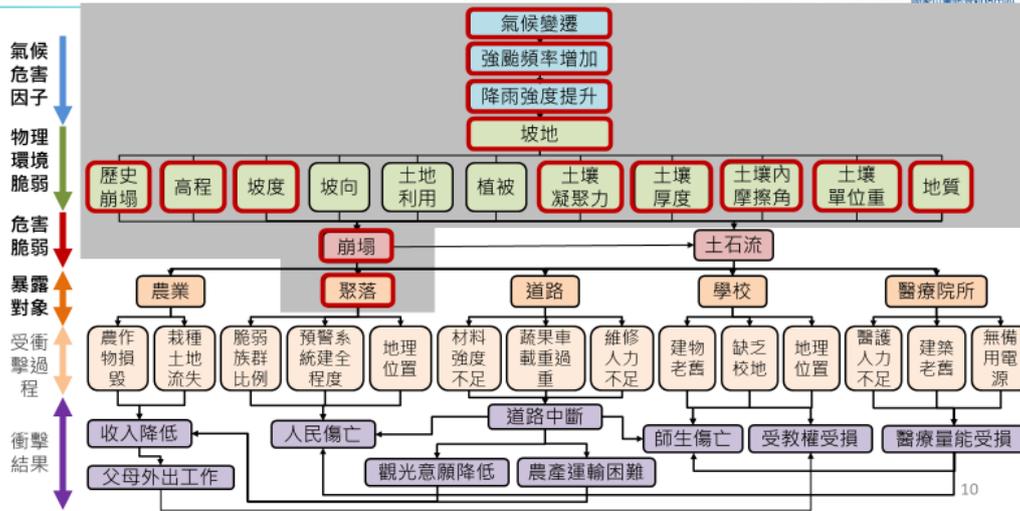
利害關係人訪談 - 農村水保署臺北分署



界定危害度、脆弱度及暴露度的評估項目

時期	危害度	脆弱度	暴露度	風險
現況	基期颱風降雨事件	物理環境 (高程、坡度、土壤特性、 水文條件等)	大漢溪集水區 及聚落	現況崩塌風險
未來	GWL2°C颱風降雨事件			未來崩塌風險

風險議題評估範疇-坡地崩塌衝擊鏈示意說明



檢視資源

NCDR

檢視資源-應辦理事項

第六條 各級政府執行第四條第二款之檢視資源及氣候衝擊現況，應辦理事項如下：

- 盤點權責機關及易受氣候變遷影響對象之可掌握資源：包括權責機關之知識、技術、人力、財務等能力建構情形，及可投入有關氣候變遷風險評估及調適計畫等調適管理機制之資源

檢視資源-盤點可掌握資源

氣候變遷科學資料

監測技術/潛勢評估

技術研究發展平台

計畫名稱/類別	業務類別	災防類別	防救經費	計畫經費	計畫執行地點	110年	111年	112年	113年
土石流災害防救業務(第一類)	土石流防救	土石流及大規模崩塌	年度經費	110-115年度	全國	2,968,808	2,843,399	2,554,540	2,780,987
土石流災害防救業務(第二類)	土石流防救	土石流及大規模崩塌	年度經費	110-115年度	全國	473,994	424,390	491,917	736,689
土石流災害防救業務(第三類)	土石流防救	土石流及大規模崩塌	年度經費	110-115年度	全國	6,314	6,423	4,807	6,907
總計						3,449,116	3,274,212	3,051,264	3,524,583

資料來源：114年土石流及大規模崩塌災害防救業務計畫



評估氣候衝擊現況

評估氣候衝擊現況-應辦理事項

第六條 各級政府執行第四條第二款之檢視資源及氣候衝擊現況，應辦理事項如下：

- ② 評估氣候衝擊現況：評估項目包括危害度、暴露度及脆弱度；評估結果應含易受氣候變遷影響對象之影響程度或其空間分布情形
- ③ 規劃權責機關及易受氣候變遷影響對象屬性之質化、量化或綜合之衝擊評估方法

現況與未來風險評估-法條定義

氣候變遷因應法 第三條第三項

- 氣候變遷風險：指氣候變遷衝擊對自然生態及人類社會系統造成的可能損害程度。氣候變遷風險的組成因子為氣候變遷**危害**、**暴露度**及**脆弱度**

$$\text{Risk} = \text{H} \times \text{E} \times \text{V}$$

氣候變遷風險評估作業準則

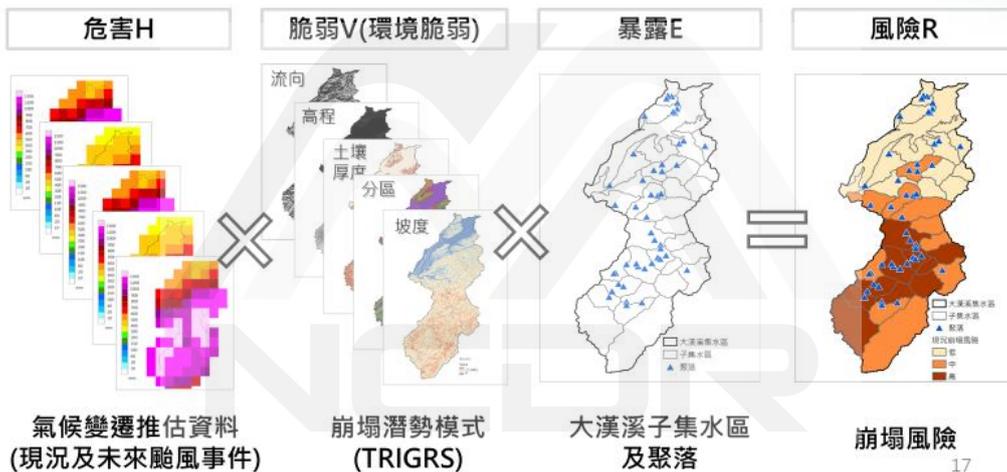
- 危害度**：指自然或人為導致之氣候危害事件嚴重度或變化趨勢，其可能加劇暴露對象之不利影響(第二條第三款)
- 暴露度**：指實際或可能受衝擊之暴露對象存在之規模或程度(第二條第四款)
- 脆弱度**：指暴露對象易受負面影響之程度，包括敏感程度、易致受損程度及缺乏應對、調適之能力(第二條第五款)
- 氣候變遷風險評估**：指對氣候變遷風險進行量化或質化之科學評估，並考量危害度、暴露度及脆弱度等風險要素之關聯影響(第二條第一款)



16

第六條
第三款

坡地崩塌風險評估-操作示意說明



評估未來氣候變遷風險

18

評估未來氣候變遷風險-應辦理事項

第七條 各級政府執行第四條第三款之評估未來氣候變遷風險，應辦理事項如下：

- ① 使用當期氣候變遷科學報告，並參採最新國內外科學研究機構及政府單位對於氣候變遷科學資訊與知識相關報告及建議，以調適應用情境評估氣候變遷易受氣候變遷影響對象及所對應業務範疇之未來衝擊或風險
- ② 依前條第二款之評估結果及前條第三款之評估方法，進行未來氣候變遷風險評估，辨識調適差距或指認高風險地區
- ③ 邀集有關機關、學者、專家、民間團體，共同檢視調適差距或指認高風險地區之合理性

調適應用情境設定

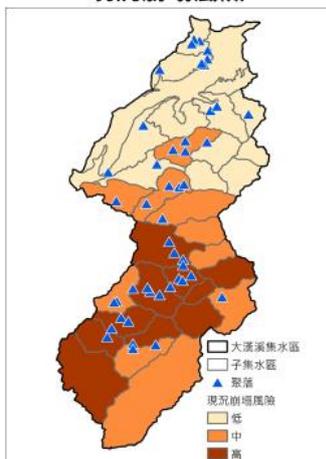
- 以目前全球氣候發展路徑，與IPCC AR6 SSP3-7.0路徑接近，世紀中(2040-2041)全球增溫2°C幾已成定局，此情境與前一期調適行動計畫建議情境符合，建議下一期氣候情境設定可維持本期情境設定
- 以此路徑發展，本世紀末可能增溫3°C~4°C

調適科研平台建議：第四期調適氣候情境維持本期設定

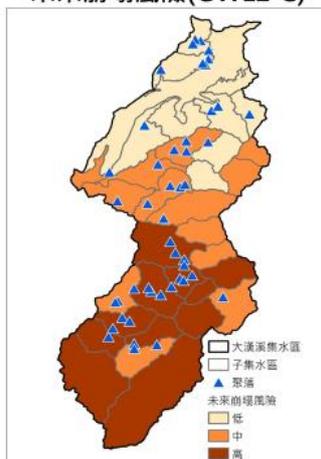


現況及未來崩塌風險結果

現況崩塌風險



未來崩塌風險(GWL2°C)



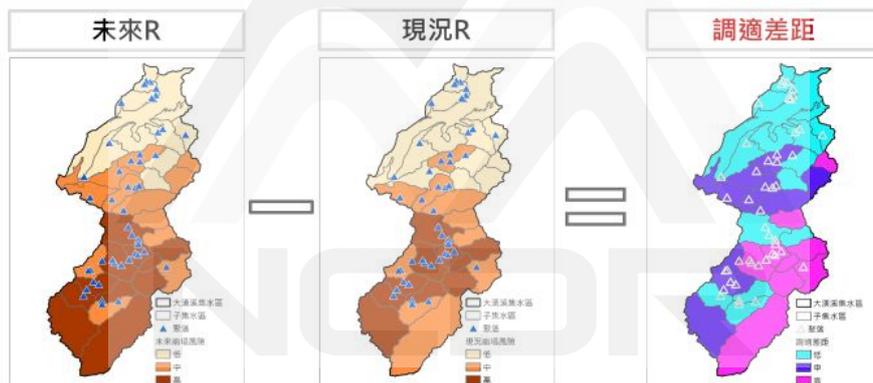
辨識調適差距

22

第七條
第二款

辨識坡地崩塌調適差距 - 操作示意說明

調適差距 = 未來風險 - 現況風險



23

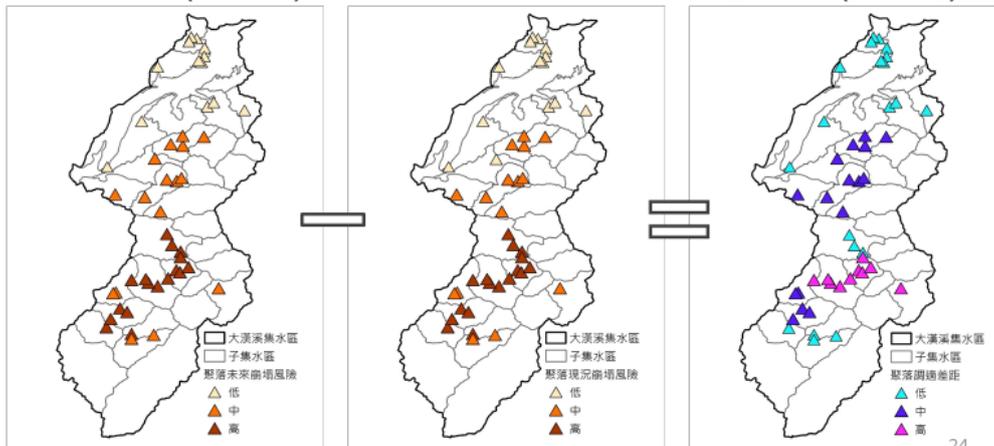
第七條
第二款

辨識聚落調適差距

未來崩塌風險(GWL2°C)

現況崩塌風險

調適差距(GWL2°C)



24

指認高風險地區

25

第七條
第三款

利害關係人指認高風險地區之合理性

利害關係人檢視調適差距或指認高風險區

新竹縣尖石鄉 秀巒部落



26

調適選項規劃及綜整決策

27

調適規劃及綜整決策-應辦理原則

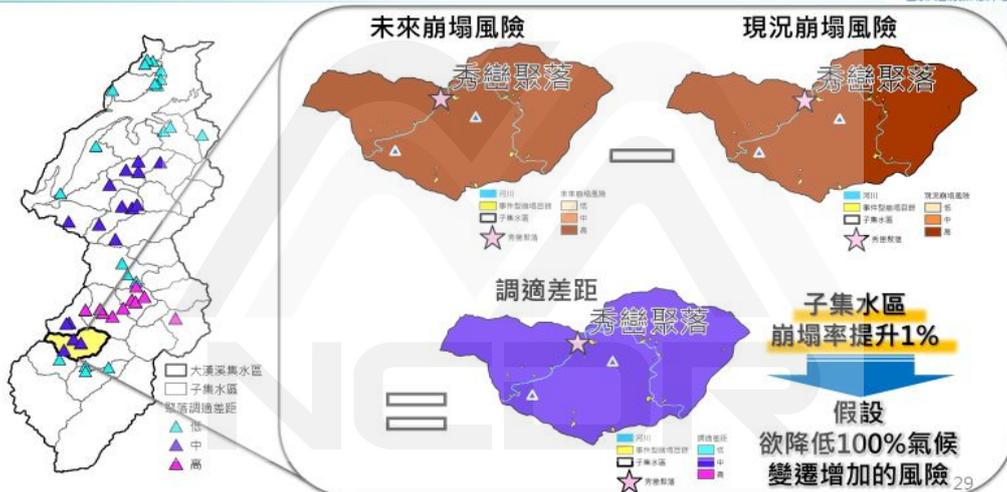
第九條 各級政府執行前條第一款調適選項規劃及綜整決策之原則如下：

- ① 以降低調適差距為目標，擬訂調適選項及推動期程
- ② 評估調適選項之有效性、可行性及可能之負面影響
- ③ 評估優先執行之調適選項

各級政府得評估調適選項對易受氣候變遷衝擊領域相關權責機關及易受氣候變遷影響對象之附加效益。

各級政府得參考有關機關、學者、專家及民間團體之意見，作為調適選項規劃及綜整決策依據。

設定欲降低的調適差距目標

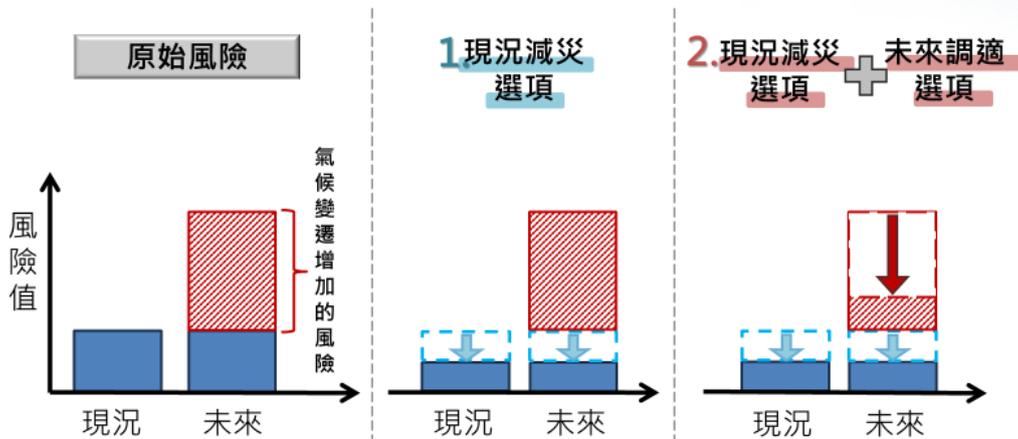


如何降低風險

➢ 透過調適選項降低脆弱度及暴露度，以降低整體風險

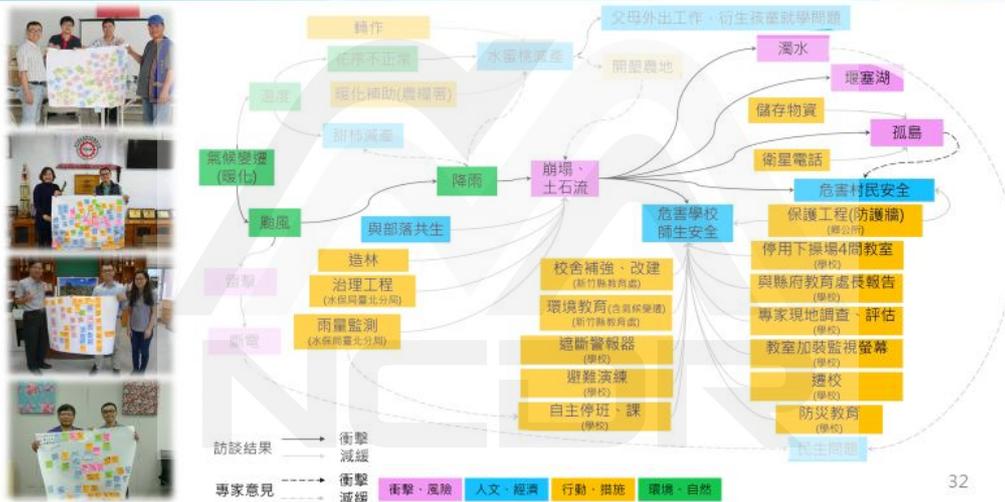


氣候變遷風險與調適選項效果示意



31

調適選項蒐整 - 利害關係人訪談



32

第九條
第一款

調適選項



33

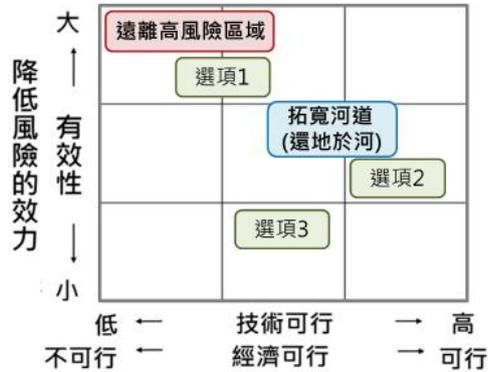
調適選項有效性、可行性及可能之負面影響

- 透過評估調適選項的有效性、可行性(經濟、技術)、急迫性，規劃可達到最大效益的選項組合



利害關係人共同討論

調適選項評估原則矩陣示意



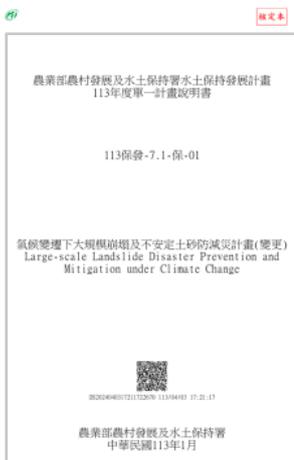
資料來源：JICA, 2024 (本報告調整)

推動或執行調適選項-應辦理原則

第十條 各級政府執行第八條第二款推動或執行調適選項之原則如下：

- 調適選項推動期程之符合程度
- 建立量化評估指標，作為評估調適選項或計畫之執行成效依據。
- 無法建立前款指標者，得透過訪談相關團體、諮詢專家等方式，協助檢視調適執行成效

評估調適選項推動期程及執行成效



續文本

推動期程及目標

指標項目	單位	預期成果					
		110年度	111年度	112年度	本年度	114年度	115年度
潛勢區調查與評估	處	10	10	11	11	11	11
潛勢區影響範圍檢討與整合	處	15	15	15	15	16	16
潛勢區多元尺度判釋與監測	處	40	45	50	55	60	66
潛勢區防災警戒與應變	區	15	15	16	16	18	18
潛勢區防災整備與強化	專員培訓人次	100	100	100	100	100	100
潛勢區自主防災社區推動	個	15	15	16	16	18	18
潛勢區集水區農地水土保持評估與處理	處	10	10	12	12	13	13
潛勢區處理改善	件	11	12	13	13	12	11
潛勢區影響範圍防護能力提升	戶	500	600	700	700	600	500
減災成效評估與檢討	處	20	14	12	12	12	0
防災技術提升與改善	件	3	3	3	3	3	3
潛勢區調適策略規劃檢討	處	0	0	34	0	0	70
開發變異監測與土石生產之研究	件	1	1	1	1	1	1
推動大規模崩塌特定水土保持區之劃定	處	2	2	2	2	3	3
教育與宣導	人次	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500

執行情形

重要工作項目	單位	工作數量		
		合計計畫自110年1月至115年12月	112年度計畫成果	本年度訂定目標
潛勢區調查與評估	處	64	20	11
潛勢區影響範圍檢討與整合	處	92	30	15
潛勢區多元尺度判釋與監測	處	66	45	50
潛勢區防災警戒與應變	區	98	30	16
潛勢區防災整備與強化	人次	600	200	100
潛勢區自主防災社區推動	個	98	30	16
潛勢區集水區農地水土保持評估與處理	處	70	20	12
潛勢區處理改善	件	72	23	13
潛勢區影響範圍防護能力提升	戶	3,600	1,100	700
減災成效評估與檢討	處	70	34	12
防災技術提升與改善	件	18	6	3

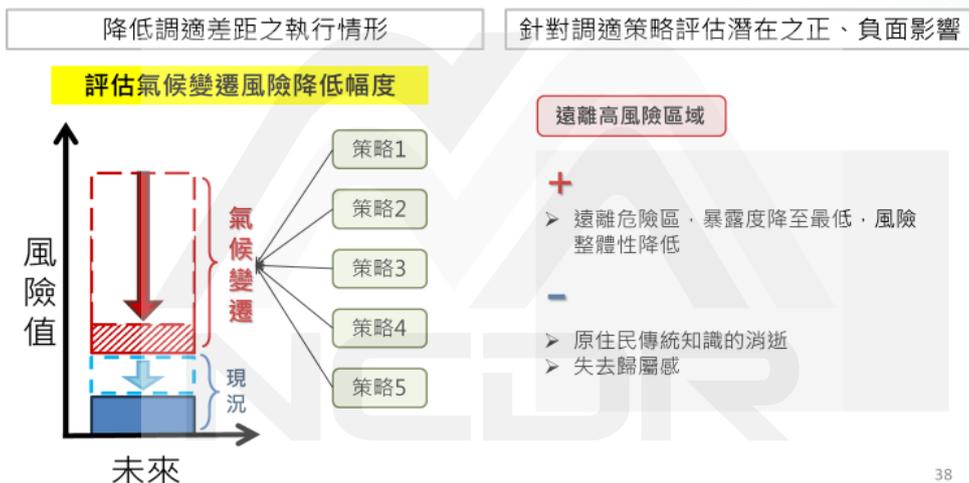
檢討或修正調適選項-應辦理原則

第十一條 各級政府執行第八條第三款檢討或修正調適選項之原則如下：

- ① 降低調適差距之執行情形
- ② 針對易受氣候變遷衝擊之跨領域調適策略、政策或計畫實施內容，評估潛在之正、負面影響
- ③ 彙整執行調適選項與行動過程之調適障礙，並提出未來解決方案
- ④ 使用當期氣候變遷科學報告，並參採最新國內外科學研究機構及政府單位對於氣候變遷科學資訊與知識相關報告及建議，滾動進行氣候變遷風險評估之作業，作為調適選項修正之依據

37

降低調適差距及評估正負面效益



38

彙整調適障礙並滾動修正調適選項



資料來源：國家氣候變遷科學報告2024：現象、衝擊與調適

39

附件五 氣候變遷風險因子界定及調適知能建構表單

附表 5-1 風險因子建置表

1. 易受氣候變遷衝擊領域：			
2. 暴露對象：			
3. 風險評估探討範疇：			
4. 危害度(擇 1)	危害因子類型	特定危害時間、季節、月份	危害指標評估說明
4-1 危害度指標 (氣象因子：如降雨、溫度等)			
4-2 危害-脆弱 (如淹水、崩塌、缺水、空氣品質等)			
5. 暴露度指標			
6. 脆弱度指標(可填寫 1 或多個脆弱度指標) (包含物理環境、社會經濟、自然生態等)	脆弱度指標名稱	脆弱度指標評估說明	脆弱度指標結果應用說明

附表 5-2 調適差距建置表

表 2 調適差距建置表									
衝擊領域	(1) 風險因子情境說明 請將表 1 的指標進行程度或量化說明	(2) 預設評估等級(1-5)		(3) 左欄各項指標值之 風險總值 可使用指標法、量化法等進行評估		(4) 調適差距 (左欄(3)未來-現 況後的值)			
		現況	未來 (未調適)	現況	未來 (未調適)				
口 危害度指 標 口 危害-脆弱									
暴露度指標									
脆弱度指標 (若選擇「危害-脆弱」請填物理環境脆弱以外的指標)									

附件六 TCCIP 氣候危害指標應用資料

以下提供 TCCIP 對外服務資源清單，有助於領域研究人員獲得可應用於氣候變遷風險評估的關鍵氣候危害因子之危害指標資料：

歷史資料

資料名稱	時間尺度	空間尺度	時間長度	資料變數
網格化觀測月資料v.2	月	0.05°	1960-2022	降雨量 平均溫
網格化觀測資料v.2	月	0.05°	1960-2023	降雨量 平均溫 最高溫 最低溫 網格高程
	日	0.01° 0.05°		
網格化觀測時資料	時	0.01	1998-2023	降雨量
網格化衛星反演日資料	日	0.05°	2010-2019	日射量
測站統計資料	年、季、月	氣象署測站	1897/01-2024/12	平均溫 最高溫 最低溫 降雨量 相對溼度 平均風速
颱風統計資料	年	無	影響臺灣颱風: 1977-2024 十分類: 1897-2024 西太平洋地區: 1977-2024	颱風個數

歷史氣候模擬資料

資料名稱	時間尺度	空間尺度	時間長度	資料變數
臺灣歷史氣候重建資料	日	2km 0.05°	1980-2023	降雨量、平均風速、相對濕度、日射量、平均溫、最高溫、最低溫、地面氣壓
臺灣歷史氣候重建資料	時	2km		降雨量、近地面風場、相對濕度、短波輻射、平均溫、氣壓
TReAD日射量偏差修正資料	日	0.01° 0.05°	1979-2021	日射量
TReAD離島測站偏差修正	日	測站	1980-2021	降雨量、平均風速、相對濕度、平均溫、最高溫、最低溫

指標資料

資料名稱	時間尺度	空間尺度	時間長度	資料變數
測站資料加值指標	年、月	測站	1897/01~2024/12	低溫日數 高溫日數 降雨日數 連續兩日
AR5氣候變遷關鍵指標	時期平均	0.05°	觀測、基期、推估時期平均	溫度指標 雨量指標
AR6氣候變遷關鍵指標				
暖化情境空品指標	月	空品區 區域平均	模擬暖化增溫2°C、4°C情境	空品指標
暖化情境空品指標	日	2km		
AR5未來設計暴雨改變率	降雨延時	0.05°	世紀中相較於基期之改變率	雨量改變率
AR6未來設計暴雨改變率	降雨延時	0.05°	全球暖化程度1.5°C、2°C、3°C、4°C 相較於基期之改變率	雨量改變率
AR5海岸危害指標	時期平均	全臺、沿海縣市	基期、RCP8.5世紀末	海岸最大風速
AR5海岸衝擊指標	時期平均	金門	RCP8.5世紀末	颱風風浪高、 颱風暴潮高度
AR6海岸衝擊指標	時期平均	沿海縣市	全球暖化程度1.5°C、2°C	海平面上升溢淹高度
AR5水資源危害指標	時期平均	北中南東四分區	全球暖化程度2°C、RCP4.5、RCP8.5 世紀中	年/季雨量變化率、平均最大連續 不降雨日數
AR6水資源危害指標	時期平均	北中南東四分區	全球暖化程度1.5°C、2°C、4°C	年/季雨量變化率、平均最大連續 不降雨日數
AR5淹水危害指標	時期平均	全臺、九分區	全球暖化程度2°C、4°C、RCP8.5 世紀中、世紀末	不同延時累積雨量變化率
AR5坡地危害指標	時期平均	全臺、集水區	全球暖化程度2°C、4°C、RCP8.5 世紀中、世紀末	不同延時累積雨量變化率
AR5漁業危害指標	時期平均	全臺	全球暖化程度2°C	高/低溫事件發生次數改變量
AR6養殖漁業危害指標	時期平均	全臺	全球暖化程度1.5°C、2°C	高/低溫事件發生次數改變量
AR5農業危害指標	時期平均	全臺	全球暖化程度2°C、RCP8.5世紀中、 世紀末	年/月溫度改變量、年/月雨量 變化率
AR6農業危害指標	時期平均	全臺	全球暖化程度1.5°C、2°C	年/月溫度改變量、年/月雨量 變化率
AR5畜牧危害指標	時期平均	全臺	全球暖化程度2°C、4°C	日平均溫溼度指數
AR6健康危害指標	時期平均	全臺各鄉鎮市區	全球暖化程度2°C	年高/低溫及溫差事件發生次數
AR5公衛危害指標	時期變化率	全臺	全球暖化程度2°C、RCP4.5、RCP8.5 世紀中、世紀末	季節溫度、降雨指標改變量

降尺度資料

資料名稱	時間尺度	空間尺度	時間長度	資料變數
測站偏差修正降雨資料	日	測站X100	基期: 1976~2005 推估: 2036-2065	降雨量
AR4統計降尺度資料	月	0.05°	基期: 1961-1999 推估: 2000-2099	降雨量 平均溫
AR5統計降尺度資料	日、月	0.05°	基期: 1960-2005 推估: 2006-2100	降雨量 平均溫 最高溫 最低溫
AR5動力降尺度資料	月	0.05°	基期: 1979-2015 世紀中: 2039-2065 世紀末: 2075-2099	平均溫 最高溫 最低溫
AR5動力降尺度模式輸出	時	0.05°	基期: 1979-2015 世紀中: 2031-2065 世紀末: 2073-2099	風場 濕度 輻射 氣壓
AR5颱風降尺度模式輸出/雨量修正	時	0.05°	基期: 345場 世紀中: 613場 世紀末: 440場 全球暖化程度2°C、4°C: 616場	降雨量 路徑分類 雨量排名
AR6統計降尺度資料	日、月	0.05°	基期: 1960-2014 推估: 2015-2100 全球暖化程度1.5°C、2°C、3°C、4°C	降雨量 平均溫 最高溫 最低溫
AR6離島測站統計降尺度資料	日	測站	基期: 1985-2014 推估: 2015-2100	降雨量 平均溫 最高溫 最低溫

氣候變遷風險評估與調適操作方法及科研案例

**Climate Change Risk Assessment and Adaptation Methods with
Research Case Studies**

發行人：陳宏宇

出版機關：國家災害防救科技中心

地址：新北市新店區北新路三段 200 號 9 樓

電話：02-8195-8600

報告完成日期：中華民國 114 年 12 月

出版年月：中華民國 115 年 01 月

版 次：第一版

非賣品

地址： 231007 新北市新店區北新路三段 200 號 9 樓

電話： ++886-2-8195-8600

傳真： ++886-2-8912-7766

網址： <https://www.ncdr.nat.gov.tw>