

第三章 未來氣候變遷情境設定及風險評估

一、調適應用情境設定

(一)「國家調適應用情境」設定

氣候情境為風險評估之依據，IPCC AR6 本次報告同時呈現排放情境（社會經濟共享情境，SSP）與全球暖化程度（Global Warming Level，GWL）。綜整 IPCC AR6 各情境推估與科學模擬依據，並考量前期行動計畫推動經驗檢討與操作之可行性，本期調適行動方案/計畫優先採「全球暖化程度」作為「國家調適應用情境」，以作為各部門進行風險評估與辨別調適差距之共同參考情境。

國家調適應用情境原則，相關情境說明如圖 3-1 所示：

1. 0°C：工業革命時期（1850-1900），為全球暖化的起始點，作為固定暖化情境的參考基準。
2. 1°C：現階段氣候基期（1995-2014），可作為現有風險評估及其未來缺口的參考基準。
3. 1.5°C：近期（nearterm, 2021-2040）的增溫情境。
4. 2°C：中期（midterm, 2041-2060）的增溫情境。
5. 3°C~4°C：考量 21 世紀末減碳失敗的增溫情境，將增溫 3°C~4°C（longterm, 2081-2100）之極端情境。

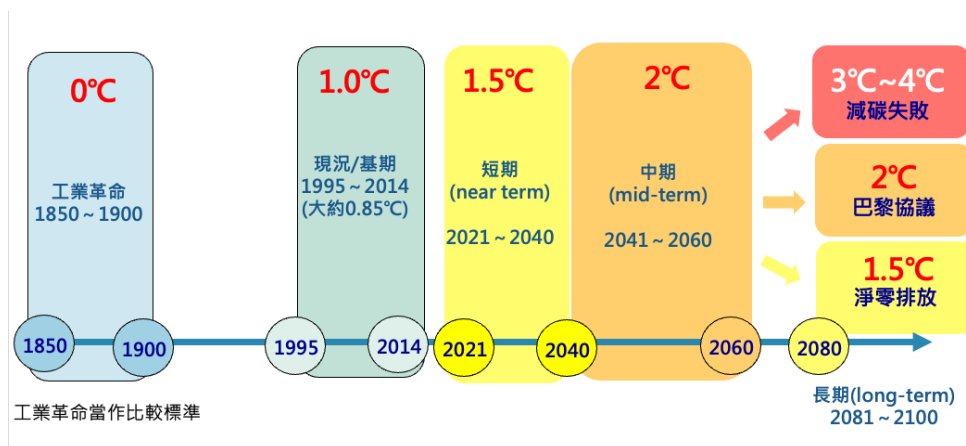


圖3.1固定暖化情境之參考基準、基期與增溫情境與時程

本期「國家氣候變遷調適行動計畫(116-119)」依據最新氣候變遷科學數據，將「國家調適應用情境」優先設定為「西元 2021-2040 年升溫 1.5°C、

西元 2041-2060 年升溫 2°C」，作為各部門進行風險評估與辨別調適差距之共同參考基本情境，以兼顧施政期程規劃與降低調適差距之目標設定，並強化國家整體風險評估之一致性，助於跨部門風險評估應用與整合。

二、風險評估作業說明

本領域風險評估延續前期「辨識氣候風險與調適缺口」與「調適規劃與行動」二階段六構面之評估架構，並依《氣候變遷因應法》第十八條第三項授權訂定之《氣候變遷風險評估作業準則》（以下簡稱作業準則）第 4 至第 7 條，優先針對氣候風險及調適缺口，釐清本領域面臨的重要氣候風險，作為本方案調適目標、推動策略及具體措施研擬之依據，奠定後續調適工作推動基礎。

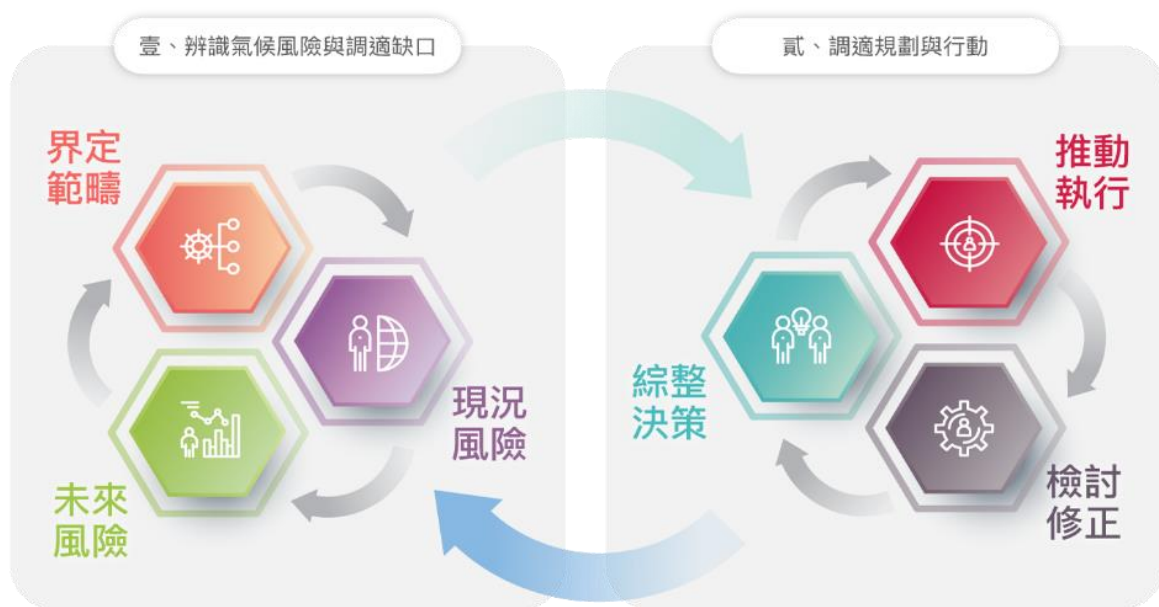


圖3.2 氣候變遷調適框架

根據作業準則第 4 條，各級政府辦理氣候變遷風險評估時，應界定評估範疇、檢視既有資源與氣候衝擊現況，並評估未來氣候變遷風險等事項。以下依據作業準則之流程，說明本領域循序辦理風險評估方式。

1. 界定範疇

本領域高度依賴自然環境資源及氣候條件，面對極端天氣事件強度與頻度愈高，及生產環境常態變化，農業部門依循「智慧、韌性、永續、安心」之施政方向，由各業務權責機關依職掌確認所轄業務範疇內易受影響之對象，包含農、漁、畜產業生產系統、產業鏈製儲銷環節、產業基礎設施、從

業人員、種原與基因多樣性資源，所受氣候變遷影響之情形，以及脆弱族群能力建構等相關重要議題。

考量農業生產具季節性、地域性及品項差異，各權責機關盤點主要生產區位及相關業務範圍，評估氣候危害可能發生或加劇之時間特徵、空間尺度與影響範圍，並透過資料彙整、跨機關協作、專家諮詢及利害關係人意見蒐集，作為後續風險評估與調適行動研擬之基石。

2. 檢視資源及氣候衝擊現況

農業部門持續推動因應氣候衝擊之大型科技計畫，已逐步累積農業氣象長期監測、韌性農業技術、氣候預警服務等知識、技術、資料與專業人力基礎。各權責機關並依業務職掌、評估對象特性及資料可得性，持續採取合適評估方法，盤點現有資源條件及氣候衝擊狀況。對於資料較為完整之議題，運用統計分析、指標建構及模型分析等方式辦理；涉及田間生產管理實務或基礎資料尚待補強者，則透過文獻回顧、專家諮詢及利害關係人訪談等方式輔助評估，以掌握本領域之氣候風險。

惟農業風險之形成機制相當複雜，不同作物、品種、生育階段、種植地區、生產季節、養殖水產及畜禽之生理特性，以及生產場域之環境與管理條件等因素，皆會影響其對氣候危害之敏感程度與耐受範圍。同一氣候危害在不同地區、生產品項及經營條件下，亦可能呈現不同衝擊樣態。考量各類氣候危害之作用機制、資料完整性及評估方法皆存在差異，本章參照 IPCC 氣候風險組成因素（圖 3.3），並應用衝擊鏈（impact chain）¹呈現農業生產風險主要涉及之氣候危害、暴露對象及脆弱度因素。

¹ 衝擊鏈（Impact Chain）透過因果關係連結氣候危害、暴露對象、脆弱度，說明各項因素如何交互作用並最終形成特定風險結果。此一方法已廣泛應用於歐洲環境署（European Environment Agency, EEA）、德國國際合作機構（Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GIZ）等國際機構之氣候風險評析，亦納入 ISO 14091 等國際標準的相關評估指引。我國亦發展概念類似的「氣候風險模板」工具，同樣呈現氣候危害、暴露度、敏感度與脆弱度等風險組成元素及其關聯，可協助釐清氣候變遷風險範疇與主要衝擊（He, et al., 2021；童慶斌等，2025）。在研究與實務應用上，衝擊鏈通常經由專家、相關利害關係人或脆弱群體共同參與，辨識、整理及釐清風險驅動因子與影響路徑，促進各方對特定風險、影響因素及其形成脈絡的共同理解。既有研究已將其應用於農水資源管理、糧食安全及區域氣候脆弱度等不同尺度議題，並有助於盤點資料缺口、辨識脆弱度環節以研擬調適措施（Menk, et al., 2022；Zebisch, et al. 2023）



圖 3.3 風險組成示意圖

資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫，重繪自 IPCC (2014)

衝擊鏈係將氣候變遷風險之驅動因子及其交互作用關係加以視覺化的分析架構。透過系統性梳理各項因素及其因果關係，衝擊鏈有助於辨識特定風險在當前或未來情境下的潛在影響因子與傳遞路徑，並促進利害關係人對氣候變遷連鎖影響的共同理解。

衝擊鏈的組成元素包括（如圖 3.4）：

1. 氣候危害（藍底）
2. 危害直接或間接造成的衝擊（灰底）
3. 暴露於氣候危害或其衝擊下的對象（黃底）
4. 影響敏感程度與調適能力的脆弱度因素（綠底）
5. 各項因素交互作用所形成的風險結果（紅底）

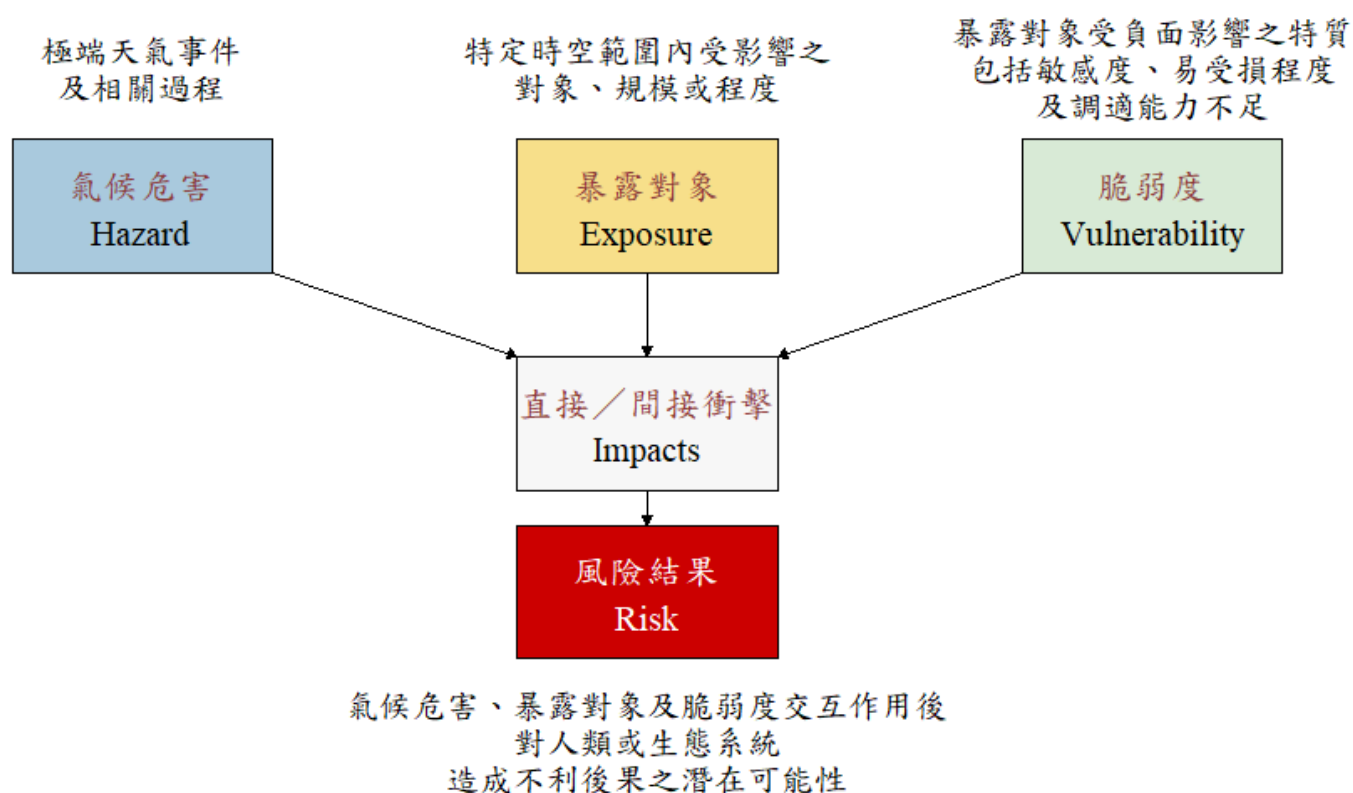


圖 3.4 衝擊鏈工具說明

資料來源：參考並轉譯自 Zebisch et al. (2023)

3. 評估未來氣候變遷風險

本領域參酌我國當期氣候變遷科學報告、農業試驗改良單位研究及相關研究成果，綜整不同氣候情境下之危害變化趨勢、作物與畜禽水產生產推估、農業水資源供需、坡地環境脆弱度，以及農戶經營與收益影響等資訊；並邀集有關機關團體、學者專家，共同檢視農業生產系統於不同氣候情境下面臨之未來衝擊。截至 2026 年 4 月止，已召開相關專家會議共 13 場次，廣泛蒐集各界意見，作為本領域氣候變遷風險評估與調適策略研擬之重要參考（表 3.1）。

表 3.1 氣候變遷風險評估專家參與及交流辦理情形

編號	時間	主題	出席單位人員
1	2024.10.01	水稻及高接梨氣候變遷風險評估專家會議	農業部農業試驗所、農業科技研究院
2	2024.10.23	農作物氣候風險評估程序交流會議	農業部永續司、國家災害防救科技中心、農業科技研究院
3	2025.07.18	農業部門高溫調適策略專家會議	農業部永續司、龍世俊研究員、王玉純教授、農業科技研究院
4	2025.08.15	「農糧產業面對氣候變遷的現況與未來預測」專家會議	農業部農業試驗所、農業科技研究院
5	2025.09.11	「農產業面對氣候變遷的現況與未來預測」專家會議	農業部永續司、農業試驗所、林業試驗所、水產試驗所、畜產試驗所、農業科技研究院
6	2026.12.05	中部地區稻作產業氣候變遷風險評估工作坊	稻作產業利害關係人（糧商、農會）、農業科技研究院
7	2026.02.09	東部地區稻作產業氣候變遷風險評估工作坊	稻作產業利害關係人（糧商、農會、農糧署東區分署）、臺灣大學、農業科技研究院
8-12	2026.01-03	農業部門氣候變遷風險評估工作坊籌備會議，共計 5 場次	農業部永續司、農業試驗所、國家災害防救科技中心、農業科技研究院
13	2026.04.01	農業部門氣候變遷風險評估工作坊	農業部永續司、農業試驗改良單位研究員、國家災害防救科技中心、農業科技研究院

115 年 4 月 1 日辦理之「農業部氣候變遷風險評估工作坊」，邀集 14 個農業試驗改良單位參加，共計有 68 人次與會。與會人員共同指出現階段農業氣候變遷風險評估之科學基礎主要面臨以下三項限制：

一、基礎觀測資料尚待累積，制約風險評估之科學嚴謹性

氣候對農、林、漁、畜之危害指標與致災門檻，其建立需仰賴長期觀測資料進行統計驗證，方能確保評估結果具備科學可信度。然檢視現況，部分農產品項、養植物種及生態類群之基礎資料仍存在明顯缺口，地理、地形及其他環境因子資料亦尚待進一步整合，致使風險評估之科學基礎尚未完備。

二、致災門檻之區域與品種適用性有限，難以支撐標準化評估程序

既有致災門檻值多源於特定區域、品種或生產條件下之觀測結果，未必適用於其他地理環境或生產體系；加以農業災害本質上涉及氣候、環境、生物與管理因素之複雜交互作用，致災條件復隨生育階段及品種而異，實務上難以僅憑單一危害因子界定風險等級，病蟲害問題尤難建立明確且具普遍適用性之閾值。此外，現行脆弱度評估方法亦偏重栽培或養殖環境條件之衡量，較少納入生產成本、產業鏈關聯及周邊經濟作物相互影響等社會經濟面向，致評估結果之政策應用價值受限。

三、氣候危害之田間連鎖效應尚缺乏系統性衡量方法

氣候危害對田間場域之衝擊常具連鎖效應，未必直接反映於作物生理障礙，例如強降雨雖非必然造成作物生理性損害，惟仍可能因沖刷農業資材或干擾田間管理作業，進而產生間接損失。此類間接、多階段之損害路徑，現行評估方法尚缺乏系統性衡量工具，致風險評估結果可能低估實際衝擊程度。果樹領域專家指出多數影響為複合因子所致，需以多方角度聚焦評估；農糧作物、種苗領域專家則具體提出作物栽培非單一風險，各類災害常交替影響，現實面難以僅設定單一風險項目進行評估，此與強降雨間接損害路徑之複雜性相互呼應。

三、現況與未來風險評估

農業生產與糧食供應穩定攸關民生安全與農民生計，也是氣候變遷下最需要及早調適的重要領域之一。農業部門持續推動農業氣候服務、農業經營輔導、農業保險等等政策工具，農業試驗改良單位也因應氣候逆境，研

發調適技術與品種。這些既有成果是本領域推動調適工作的重要基礎，惟氣候變遷影響農業風險愈趨劇烈、形成機制愈趨複雜，在在影響農業生產的不確定性。

本節依前述風險評估作業說明之程序，綜整現階段科學研究及政策推動成果，呈現我國農業生產之現況與未來風險，作為後續調適規劃之基礎。

（一）現況風險評估

本節應用衝擊鏈呈現本領域之現況風險。其組成元素包括氣候危害、危害所造成的直接或間接衝擊、暴露於衝擊下的對象、脆弱度與調適能力，以及最終風險結果。

如前節所析，農業部門橫跨作物、漁業、畜牧及病蟲害等多元領域，現階段部分品項、物種及生態類群之基礎觀測資料、致災門檻及生理耐受性資料仍有明顯缺口，且致災條件常涉及氣候、環境、生物與管理因素之複雜交互作用，難以單一危害因子界定風險，故尚不足以支撐量化之正式風險評估程序。在此限制下，衝擊鏈作為一種質化、結構化之分析工具，可先行呈現危害如何透過一系列中介環節傳導至最終風險結果，協助農業生產部門釐清衝擊路徑與各風險組成元素間之邏輯關聯，作為未來累積量化資料、逐步建立致災門檻前之過渡性分析基礎。

《國家氣候變遷科學報告 2024》指出，氣候變遷可能造成落葉果樹開花不穩、農業供水壓力升高、作物適栽區位改變、畜禽熱緊迫增加、低窪養殖地區受海平面上升影響，以及漁場分布、養殖期程變動等問題。此類衝擊首先反映於直接暴露於氣候危害的「農漁畜生產場域」，包括水旱田、果園、茶園、畜牧場及魚塭等。氣候條件的變動可能干擾作物品項生育或生產效能，並造成產量、品質及適栽適養條件的不穩定，形成農業部門最直接的風險。

然而，農業風險並不止於生產現場，支撐農業穩定運作的農業環境與資源條件，以及相關公共設施與服務，也可能面臨功能調整與韌性提升需求。此暴露面向提供農業生產之基礎支撐，並攸關災害發生時之預警、災情掌握及應變調度，包括農田水利設施、坡地監測、農業氣象及冷鏈物流等。這些雖未必直接表現為產量損失，卻是維持農業生產穩定、降低災害損失及提升調適能力的重要基盤，一旦基礎設施韌性或服務量能不足，可能將放大氣候危害對農業部門的連鎖影響，最終造成糧食供應減少或中斷。氣候風險最終更會反映在農業經營與營農收益，諸如透過農產品產量與品質變動、管理成本增加，影響農民收益。如圖 3.5 所示。



圖 3.5 氣候變遷對本領域之衝擊鏈

透過衝擊鏈可知，氣候變遷透過高低溫波動、旱澇交替、颱風及其他極端事件等危害，並與自然環境條件、基礎設施、監測預警、農業保險等脆弱度或調適能力因素交互作用，影響農業用水、坡地等自然環境與資源，進一步衝擊作物、畜牧與漁業生產，最終導致農民收益受損。綜合而言，本領域現況風險可歸納為三個相互連動的面向：

1. 農漁畜生產場域的風險
2. 自然環境與資源的風險
3. 營農收益的風險

從衝擊鏈亦可看出農業風險形成及傳遞之複雜。其一，農業風險具有層次差異。氣候危害的直接衝擊首先作用於生產場域，繼而透過基礎設施與公共服務的功能不穩定，放大對整體產業鏈的影響，最終累積反映於農民的經濟收益。三個面向對應三個不同的風險傳遞層次，若僅聚焦生產現場，將低估基礎支援體系與經濟保障機制失能所帶來的系統性風險。

其二，不同面向的脆弱度因子與調適主體各異。生產場域的脆弱度主要取決於設施條件與技術應用；基礎建設及服務的脆弱度關鍵在於監測預警能力與水資源管理；營農收益的脆弱度則與保險制度設計及金融支持機制密切相關。三者涉及不同的政策工具與行動主體，分面向討論有助於精準對應各層次的調適需求，避免政策介入失焦。

其三，有助於系統性辨識衝擊鏈的薄弱環節。三大面向共同構成一條完整的農業氣候衝擊鏈——生產場域是衝擊的入口，基礎建設及服務是緩衝或放大風險的中介，經營不確定性是衝擊的最終累積出口。透過分面向評估，得以清楚呈現各環節在現況與未來情境下的風險樣態，並據以擬定層次分明、相互銜接的調適策略。

據此，以下依循「農漁畜生產場域」、「自然環境與資源」與「營農收益」三大面向，進一步說明本領域未來風險特徵與潛在調適需求。

（二）未來風險評估

1. 農漁畜生產場域的未來風險：生產時序面對高度的氣候不確定性

臺灣未來極端高溫及降雨極端化等危害將加劇，使農業生產條件更易偏離既有季節規律，如第二章之氣候衝擊所述。氣候條件的變動，可能干擾植株生育、養殖水產存活及畜禽生產性能，增加作物產量與品質的季節性

波動；部分影響更具備累積或遲發特性。在在干擾生產場域之經營，也對國內糧食穩定供應帶來挑戰。

水稻是我國栽培面積最廣、種植人數最多的產業，臺灣是稞稻種植緯度最低的地區，本身即具有較高的高溫敏感性。未來高溫事件增多，發生時段與水稻一期作抽穗、開花或穀粒充實等關鍵生育期重疊，造成不稔實、充實不良、白垩質增加及完整米率下降等問題（盧虎生、劉韻華，2006；Chen et al., 2023；李誠紘，2022）。DSSAT 作物生長模式推估結果顯示，於 RCP8.5 情境下，我國水稻平均產量至世紀中可能減少 13%，至世紀末減少 18%（Yao，2021）。

溫帶果樹對高溫高度敏感。冬季低溫累積是果樹正常萌芽開花的重要條件，當冬季氣溫升高、低溫累積不足時，可能造成花芽分化異常，進而影響著果與產量（方信秀等，2022；徐錦木，2020）。茶樹生長則仰賴適宜的水分條件，旱季若疊加高溫，將引發枝葉黃化、萎凋等問題，影響夏茶與秋茶生產（劉秋芳、蔡憲宗，2020；鄭混元等，2015）。

漁畜生產亦備受干擾。水產養殖高度依賴水質穩定度，極端高溫事件可能降低水中的溶氧、加速有機質分解，導致養殖環境惡化，並增加疾病及寄生蟲暴發機率；乾旱則限制取水，延誤養殖時程並放大水質惡化問題（李曜辰、楊順德，2022；侯清賢等，2024）。以文蛤為例，極端高溫除了可能造成水質惡化，亦可能增加底泥有害物質及病原滋生風險，提高死亡率。在 GWL 1.5°C 及 GWL 2.0°C 情境下，彰化沿海文蛤養殖面臨的連續高溫風險將顯著大幅提升（侯清賢等，2024）。畜禽在高溫濕熱環境下易發生熱緊迫問題，可能抑制採食、影響代謝、繁殖機能及生產效能。在 GWL2°C 情境下，我國主要酪農生產地區之乳牛乳量約損失 15%~25%（施意敏等，2024）。

整體而言，氣候變遷對農漁畜生產場域的影響，將不僅止於單一年度作物產量與品質的波動；隨氣候條件持續改變，可能降低部分農漁畜品項生產環境的適宜性。生產端的不穩定性更會進一步傳導至採後製、儲、銷等環節，最終提高糧食供應減少或中斷的風險。長期而言，農業經營者將難以依據過去經驗作經營管理，面臨品種選擇、耕作制度、產區布局等等的更多調適需求。此類調適有賴水資源調度、坡地環境監測、氣象預警服務等公共體系支撐，若相關基礎建設與服務量能未能同步調整，本身亦可能成為放大風險問題的脆弱環節。

2. 自然環境與資源的未來風險：降雨空間與時間分布的不確定性升高

(1) 農業水資源分配調度的不確定性

水資源供應的變化，將首先反映於枯水期可利用水量及調度彈性。根據李明旭等（2024）推估，在 SSP2-4.5、SSP5-8.5 及全球升溫 2°C 情境下，北、中、南部連續不降雨期間均呈延長趨勢，增幅介於 8.5% 至 19.5%，其中以 SSP5-8.5 情境下北部增幅最大；在最嚴峻情境下，各地區河川低流量可能減少 18.2% 至 49.5%，將進一步壓縮枯水期可供利用之水量，並增加水資源調度壓力（李明旭等，2024）。未來極端高溫事件之頻率與強度持續增加，將加速水體蒸發及土壤水分散失；相關變化可能使降雨及水源供應時序與農業用水需求更難配合，特別是作物關鍵生育期若遭遇供水不足，將增加灌溉調度及跨區域、跨部門水源協調壓力，並提高農業限灌或停灌風險。

依農田水利署歷年水源調度統計（圖 3.6），2003 年至 2023 年之 21 個年度中，計有 9 個年度因水情不足實施公告停灌，其中以 2021 年最為嚴重（經濟部水利署，2013；經濟部水利署，2024），值得注意者，2021 年全年平均雨量為 2,633 毫米，反較歷年平均值 2,568 毫米略高，然停灌規模卻創歷史紀錄，顯示年總雨量並非停灌與否之唯一決定因素，降雨之季節分布與集中度方為關鍵所在：2020 年豐水期未有颱風挾帶充沛降雨，加以 2021 年初春雨不足，導致枯水期蓄水嚴重短缺，方釀成大規模停灌，此一現象恰與 IPCC AR6 情境所推估未來降雨集中度提高、連續不降雨日數增加之趨勢相互呼應，顯示氣候變遷下傳統僅以年雨量高低評估供水風險之作法，恐已不足以掌握實際缺水風險。此外，觀察 2003 至 2004 年及 2020 至 2021 年兩波停灌事件，均呈現連續兩個年度停灌之型態，顯示乾旱衝擊有逐漸由單一年度事件轉變為跨年度連續性風險之趨勢；反之，2005 年、2007 至 2009 年、2011 至 2014 年、2016 至 2017 年、2019 年及 2022 年等多數年度雖未實施公告停灌，惟其中部分年度雨量仍屬偏低（如 2014 年僅 1,921 毫米，為歷年次低），顯示既有水庫調度、跨系統支援等因應措施已發揮一定緩衝效果；惟隨氣候變遷加劇、極端降雨型態日趨頻繁，此種緩衝空間能否持續因應未來風險，仍有待政策及工程面持續強化因應。

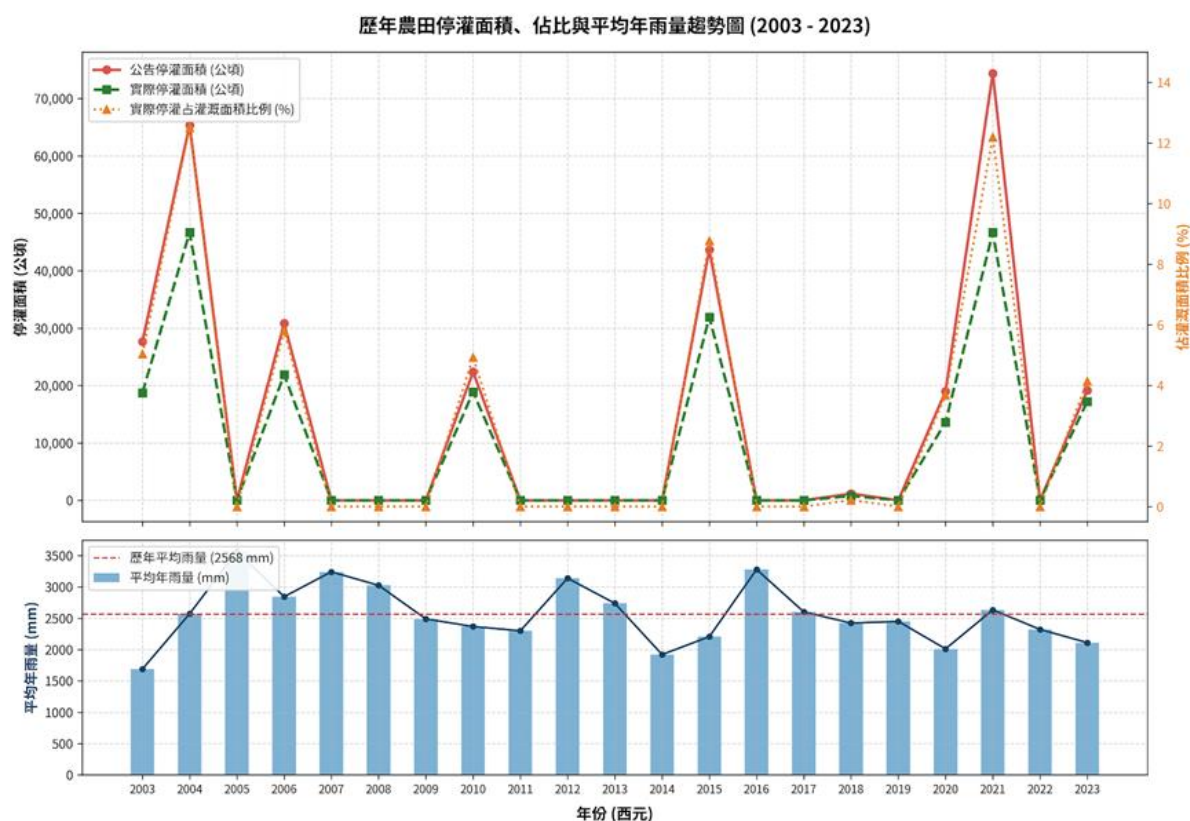


圖 3.6 歷年農田停灌面積、佔比與平均年雨量趨勢圖 (2003—2023)

農業部近年已陸續完成多項農業供水韌性強化措施，其中最具代表性者為「雲嘉南灌溉系統串接工程計畫」。農業部亦持續推動「大區輪作」制度，自 111 年起針對特定水庫灌區採兩年一輪方式，由農民自願選擇於輪值年度第 1 期作改種旱作雜糧或辦理休耕，並結合節水獎勵金以降低缺水停灌之經營風險；同時透過增設蓄水設施、擴增蓄水空間、新建調度設施、開發多元水源及設置智慧調控系統等工程與管理手段，整體提升農業水資源調度韌性。

(2)大規模崩塌的脆弱度變化

崩塌地風險

農村發展及水土保持署（以下簡稱水保署）建置完成「全臺崩塌地圖層」²，系統性記錄全島崩塌地之時空動態變化，並進一步根據此資料發展「地文脆弱度」³（Physiographic fragility）作為坡地風險分析方法。根據 2004 年至 2024 年事件型崩塌目錄圖層為基礎，統計結果顯示，全臺 21,000 個 QPE 網格中，59%於 2004 年至 2024 年間未曾發生崩塌，屬低脆弱度；中及中高脆弱度網格合計僅占 14%；高及極高脆弱度網格則占 27%，較前一年度上升 3 個百分點，且崩塌發生次數愈多之網格，其崩塌面積亦有偏大之傾向，顯示崩塌具高度空間重複性。就空間分布而言，高及極高脆弱度區塊主要集中於臺灣南部山區，特別是高雄、屏東及臺東交界處，以及宜蘭、花蓮山區；近年脆弱度上升幅度較大者則以花蓮、臺東、嘉義及高雄山區為主，分別與凱米、康芮及山陀兒颱風侵襲，以及 0403 地震所造成之多處崩塌有關（農業部農村發展及水土保持署），顯示極端天氣事件與地震對地文脆弱度之動態變化具有直接且可辨識之影響。

² 自 2004 年起由林業及自然保育署辦理，並於 2015 年正式於政府資料開放平台發布；其後自 2017 年起由農村發展及水土保持署接手，產製「全臺崩塌地圖層」，改採 SPOT 6/7、Pléiades 等衛星影像，以當年度 1 至 12 月完整影像判釋該年度崩塌地，最小判釋面積為 0.1 公頃，並以向量圖層格式記錄每筆崩塌地之質心坐標、投影面積、坡面面積、平均坡度及最低高程等屬性資料。判釋方法上，係依序運用植生指標（NDVI）、陰影指標（SI）及綠度指標（Gn）等頻譜指標，透過決策樹分類法初步篩選出裸露地範圍，並搭配「遙測影像崩塌及陰影區專家輔助圈繪系統」（ELSADS）進行半自動化選定，再依專家團隊歸納之判釋原則進行人工確認與複判，大幅提升崩塌地判釋之效率與一致性。

³ 原理係考量地質、地形、地表植生及人為開發利用等因子對降雨期間崩塌、沖蝕發生與否具有直接、間接或交互影響，惟該等因子不易個別量化評估，因此改採每一 QPE 網格（解析度 1.3 公里×1.3 公里，全臺共 21,000 個網格）內歷年是否發生新生崩塌，以及新生崩塌規模二項指標，作為代表該網格範圍地文脆弱度之綜合指標。將崩塌地圖層依 QPE 網格切割，加總各網格每年之新生崩塌面積（最小判釋面積 0.1 公頃以下者，視為無新生崩塌），並統計各網格於統計期間之崩塌發生次數及 $\ln(\text{累計新生崩塌面積})$ 之平均值（ μ ）與標準差（ σ ），以 μ 及 $\pm\sigma$ 作為分級門檻，採矩陣方式將地文脆弱度區分為低、中、中高、高及極高五個等級。

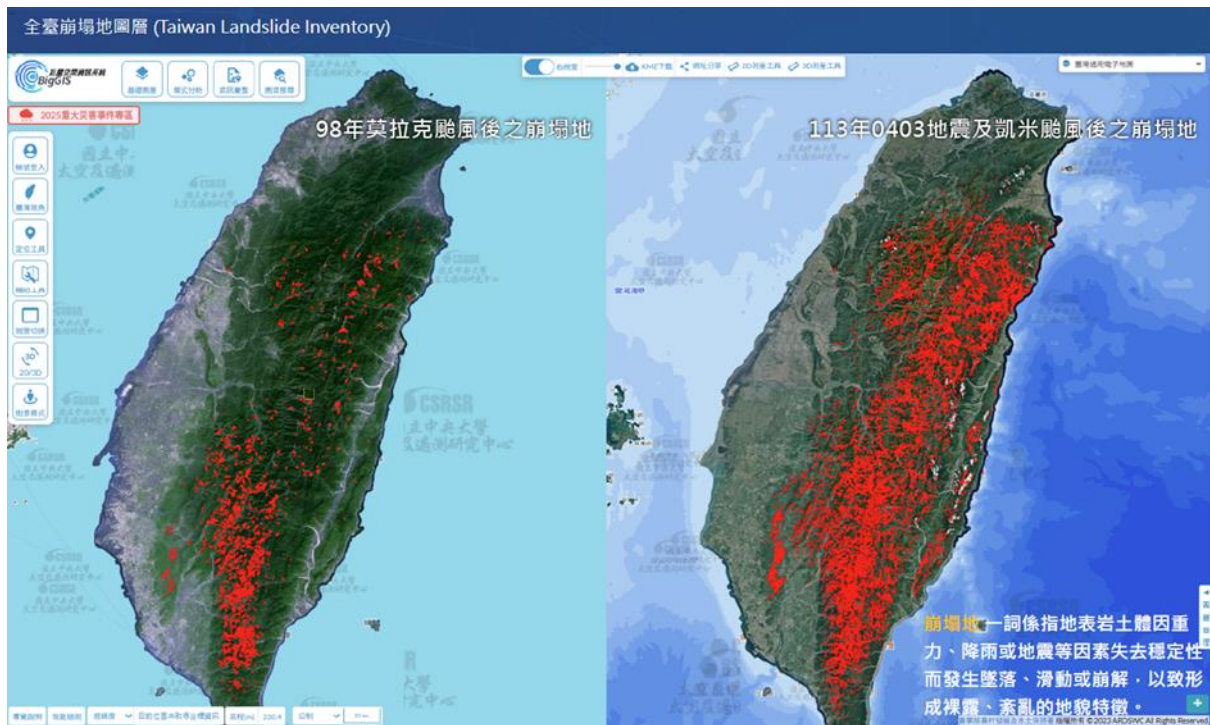


圖 3.7 全臺崩塌地圖層

資料來源：農村水保署技術研究發展平臺

根據林詠喬等（2023）針對 2006 年至 2020 年臺灣土砂災害之研究，該期間全臺共發生 494 件降雨引致之重大土砂災例，其中以崩塌所占比例最高，達 46.0%，其次為土石流，占 27.1%，兩者合計逾七成；災害發生時間則高度集中於 6 月至 10 月間（占整體 98.0%），且約六成發生於夜間，凸顯入夜前預防性疏散之必要性。就降雨與致災關聯性而言，研究結果顯示 90% 之重大土砂災例發生於有效累積雨量（EAR）大於 125 毫米時，當 EAR 達超大豪雨 500 毫米時，重大土砂災例之累積發生機率已達 60.5%；且隨降雨規模增加，土石流所占災害類型比例亦隨之提高。就年際變化觀察，2009 年莫拉克颱風帶來之極端降雨，造成當年度全臺 Annual EAR_{max}、新生崩塌面積及重大土砂災例數均為歷年之冠，單一颱風事件即占全期間重大土砂災例之 25.5%，充分反映極端降雨事件對坡地穩定性之劇烈衝擊。氣候變遷情境下，降雨集中度提高、超大豪雨事件頻率增加已為多方研究所共同指出，加以臺灣山坡地地質條件原本脆弱，未來坡地土砂災害之潛勢與不確定性預期將持續存在。

堰塞湖風險

值得注意者，坡地崩塌與土石流等土砂災害於降雨過程中亦可能因大量崩落土體阻塞河道，形成堰塞湖，衍生更具威脅性之次生災害風險，此類事件亦多發生於地文脆弱度較高之山區河道。根據既有文獻統計，堰塞湖之誘發原因以降雨（含融雪）與地震為主；陳昆廷（2015）針對臺灣 75 個天然壩案例之研究則顯示，約 55% 由降雨誘發、32% 由地震誘發，顯示臺灣堰塞湖案例中降雨已為最主要誘發因子，與前述極端降雨事件增加之趨勢相互呼應。堰塞湖形成後，因壩體多由鬆散土砂堆積而成，穩定性甚低，其潰決時間雖依個案差異，惟統計顯示多數堰塞湖存續時間甚短：Schuster and Costa（1986）指出 22% 於 24 小時內潰壩、逾五成於 10 天內消失、91% 於一年內潰壩；Peng and Zhang（2012）分析 204 個案例，亦顯示逾半數堰塞湖於 7 天內潰決，僅 13% 可存續超過一年。堰塞湖潰決除可能造成蓄積水體於短時間內大量下洩外，亦常挾帶巨量土砂形成潰壩水流，對下游聚落造成極大威脅，2009 年莫拉克颱風期間旗山溪堰塞湖潰決重創小林村，即為國內最具代表性之案例；近期則有 2025 年花蓮馬太鞍溪堰塞湖事件，再度引發社會各界對堰塞湖風險之高度關注，顯示在氣候變遷、強降雨事件頻率提高之情境下，坡地崩塌衍生堰塞湖之風險，已成為土砂災害風險管理不可忽視之一環。

3. 營農收益的未來風險：經營的不確定性

農民為農業生產體系之核心主體，其福祉應為農業氣候變遷調適政策之首要考量。農民作為農業生產活動之直接執行者，於氣候變遷風險評估架構中，應視為重要之暴露面向，而非僅將其福祉視為評估結果之外部影響。相較於生產場域、產業鏈基礎建設等物理性暴露對象，農民所承受之暴露特性更具人本與行為層面之複雜性：其一方面直接暴露於極端氣候事件所致之田間災損風險，另一方面，營農收益不穩亦可能造成經營決策困難、資金周轉壓力及長期投資卻步，影響農業經營與生計。

未來營農收益將更容易受到極端天氣發生頻率、強度與時機變動的影響。農戶收益取決於農產品的產量、品質與價格；極端天氣向來是造成我國作物減產的主要因素，近年高溫及乾旱所造成的損害愈加突出，出現愈多的新興氣候衝擊問題（孫智麗、劉依蓁，2022）。當農民面臨氣候衝擊，雖可透過調整生產方式、投入資材、加強設施設備等措施來降低風險，然而這

亦增加資材、設備及管理成本，進而使營農者同時承受「收益不確定」與「成本持續攀升」的雙重壓力。

營農收益的風險，更可能由單次災損延伸至跨期經營（Aguilar et al., 2025；Leonard et al., 2026）。考量極端天氣事件造成的復耕與復建門檻，一次重大災害即可能使資源有限的小農無力投入下一期生產。也就是說，氣候衝擊所造成的影響不僅是當期產量或收入減少，也可能因資金不足而延遲災後復原及災前調適措施導入，進一步削弱後續生產能力與收益穩定性。當災害反覆發生，短期災損容易累積為長期經營風險，農戶可能因此被迫縮減生產規模、降低必要投入，甚至退出農業生產活動。

農業部為因應營農風險，自 1991 年施行《農業天然災害救助辦法》，2020 年更起積極推動農業保險，逐步建立天然災害救助與農業保險雙軌並行的風險分攤機制，以移轉部分生產風險、維持災後現金流並支持復耕復建。然而，隨氣候危害未來發生之頻率與規模持續提高，既有農業金融支持防線將面臨更嚴峻的考驗。

整體而言，氣候變遷下的營農收益不穩定性涉及三個相互連動的面向。首先是生產不確定性，極端氣候可能導致更多農業生產時程波動與經營決策不確定性；其次是財務不確定性，收入減少可能使得農戶現金流緊縮、貸款逾期、償債能力下降及下一期投入不足；最後是制度不確定性，既有制度在未來氣候風險提升下可能出現保障缺口，使得農民即使具有資金或復耕需求，也未必能及時取得相應保障（Aguilar et al., 2025）。三者交互作用下，農戶可能進入災損、資金受限與生產脆弱度持續累積的循環（Leonard et al., 2026）。因此，未來政策重點宜調整強化農業保險及氣候風險分攤機制，確保能夠兼顧短期紓困、跨期復原與長期韌性。

綜合上述，本領域面臨之氣候風險來源複雜，且具備高度不確定性，未來在生產場域調適、基礎設施與公共服務支援，以及營農收益穩定等面向之壓力，均可預期將逐步加重。本期調適策略依「農漁畜生產場域的風險」、「自然環境與資源的風險」及「營農收益的風險」三大面向推動，分別回應氣候變遷對農業生產穩定、基礎設施與公共服務、農民收益與產業經營韌性之影響。後續風險因應重點，將優先聚焦於維持農業生產穩定與提升調適能力。至於糧食安全部分，農業部門已長期監測糧安指數，並關注地緣政

治、國際供應鏈等重要外部因素，將視外部環境與氣候變遷情勢變化，採取必要之供需調配及產銷調節措施。

農業部門範疇廣泛，風險資料仍需持續累積，相關重要議題諸如作物病蟲害之潛在地理分布與發生動態、夜間升溫對於作物生理機制的影響等等，亦待持續投入研究。本期將推動「增能農業部門氣候變遷風險評估暨穩定生產資源調查管理機制」相關調適工作，針對現有資料缺口品項、物種及生態類群（如動物疾病基礎資料、水產養殖多因子數據、生物多樣性生理耐受性資料），並針對作物病蟲害潛在地理分布與發生動態、夜間升溫對作物生理機制之影響等重要議題，系統性建置長期觀測資料，強化地理、地形等環境因子資料之整合。重要農產品項、供應鏈製儲銷環節及農漁民勞動健康等議題，持續辦理風險評估，擴充農業氣候風險科研基盤，確保評估結果具備充分之科學依據，作為精進調適策略與穩定農業生產之依據。