

第三章 重要執行成果及效益

一、能源部門氣候變遷衝擊風險評估準則制定 (6-1-1-1)

(一) 領域成果與氣候變遷或氣候變遷調適之關連性

計畫之領域目標為「確保能源設施安全及系統穩定供應」，對應之調適策略為「強化能源產業風險評估能力及建立調適準則及監測體系」，採取之調適措施為「制定風險評估準則」，因此藉由制定能源部門適宜之各類型氣候衝擊風險評估準則，以提前掌握能源設施之氣候衝擊影響。本計畫依循我國 TaiCCAT 支援決策系統架構(圖 2)，並參考 ISO 14090:調適管理架構(圖 3)，建立能源供給領域風險評估準則，以利後續調適業務推動。

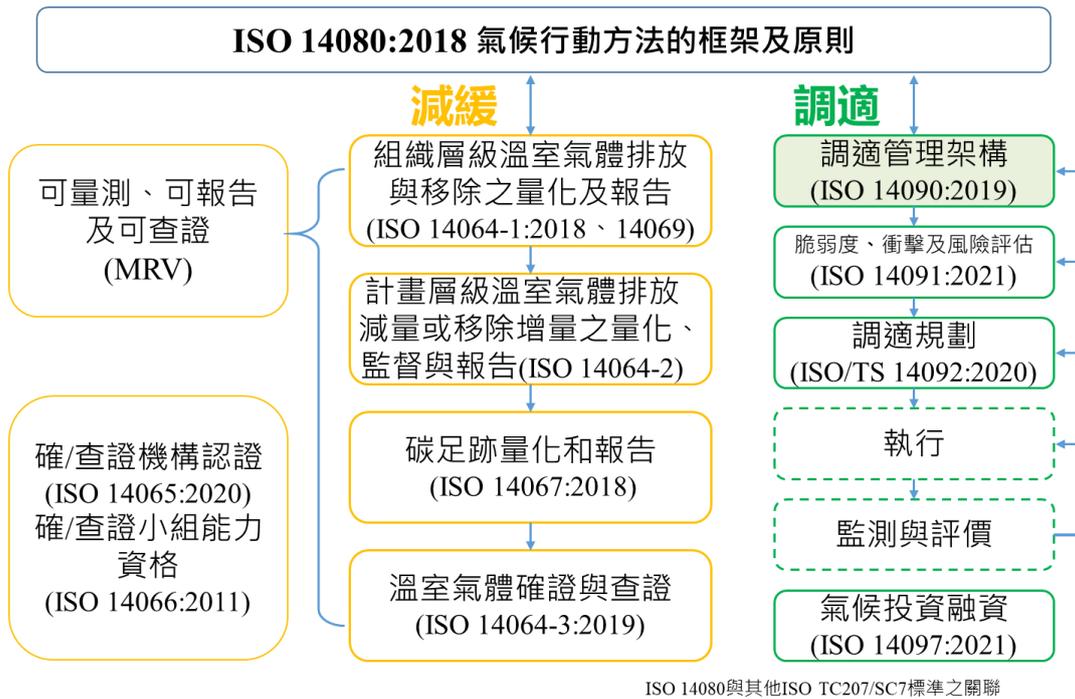
表 2、掌握國內外最新氣候變遷調適架構

調適架構	TaiCCAT	ISO 14090:調適管理架構
發布單位	我國科技部	國際標準化組織
公布年份	2014	2019
主要步驟	界定範疇→評估風險→調適策略與實施→監測與修正	



資料來源：科技部臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫 (TCCIP)，<https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/>。

圖 2、科技部 TaiCCAT 支援決策系統架構



資料來源：本計畫整理自 ISO 網站。

圖 3、ISO 氣候變遷相關標準規範

(二) 計畫如何融入氣候風險評估或風險管理之概念

建置能源部門適用之氣候變遷風險評估準則，除可協助能源廠家提出風險評估報告、掌握評估範疇內相關設施現況及未來可能面臨的氣候風險之外，並作為未來欲針對高風險以上設施項目進行調適策略規劃之重要依據。而目前科技部 TaiCCAT 與 ISO 14090 皆為調適總體方針與步驟，關於實際風險評估作法，我國目前尚未有統一規範。

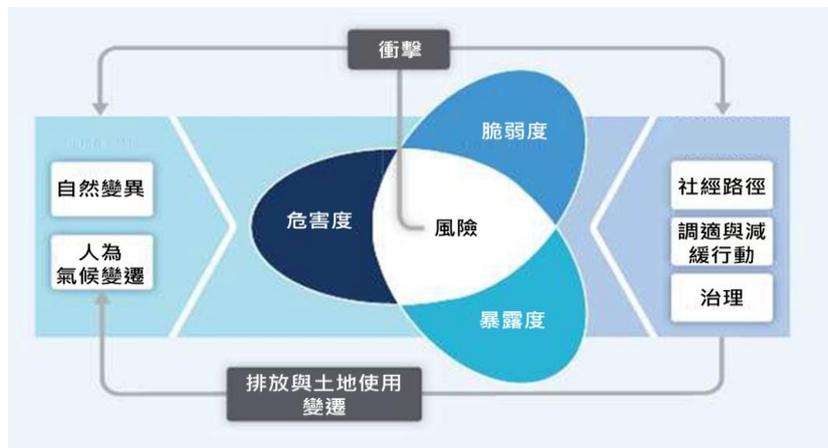
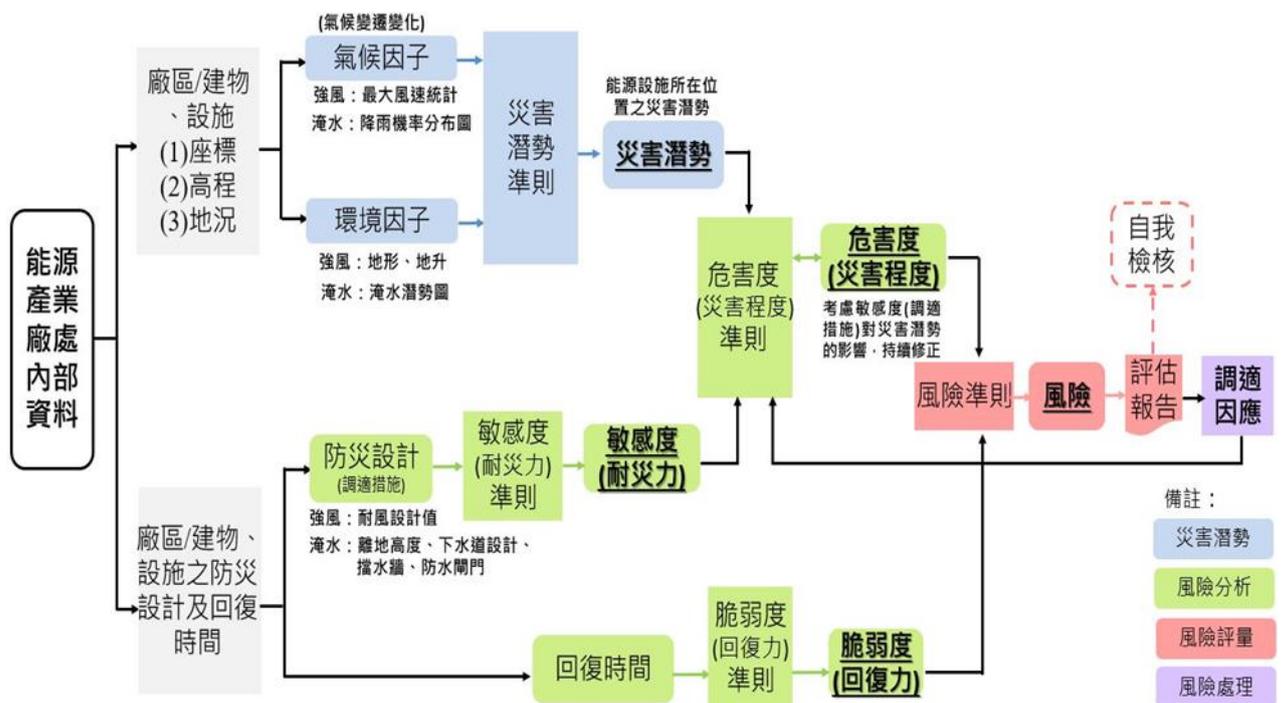


圖 4、IPCC AR5 風險評估組成

因此本計畫於 107 年起參照政府間氣候變化專門委員會 (IPCC) 所公布之第五次氣候變遷評估報告 (AR5) (2014) 風險評估組成 (圖 4)，提出能源部門氣候變遷風險評估方法 (如圖 5)。透過訂定相關準則與分級原則；包含災害潛勢，以瞭解設施所在位置於氣候變遷現況及未來之災害潛勢背景；**敏感度** (耐災力)，鑑別能源設施既有防災設計；**危害度**，透過災害潛勢與敏感度 (耐災力) 評估能源設施可能受衝擊的程度；**脆弱度** (回復力)，則為將設施故障回復正常運作所需時間；最後呈現的風險程度結果，經由上述考量因素進行評估分析，提供風險管理組織成員清楚辨別能源設施優先改善順序，以擬定風險處理的調適行動計畫。



資料來源：109 年「能源部門因應氣候變遷調適策略研訂及推動 (2/2)」計畫

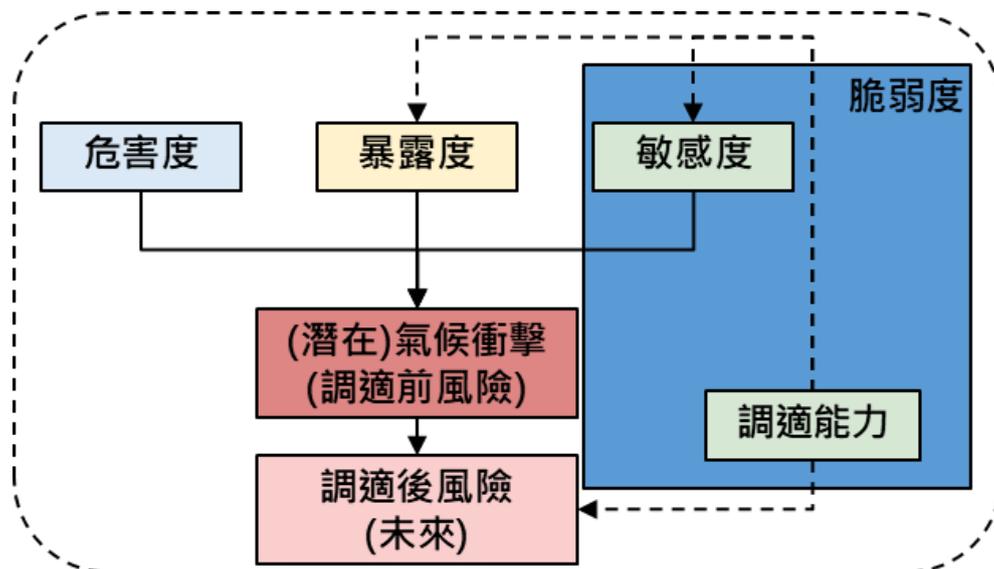
圖 5、107-108 年強風與淹水氣候變遷風險評估流程圖

本計畫自 107 至 109 年陸續執行「能源部門因應氣候變遷調適策略及輔導 (2/2)」、「能源部門因應氣候變遷調適策略研訂及推動 (1/2)」、「能源部門因應氣候變遷調適策略研訂及推

動(2/2)」等多項研究計畫期間，不斷檢視氣候風險評估流程、圖資應用及相關分級原則是否適切，其中前述兩項皆為進行風險評估的核心要點也是影響最後評估結果的關鍵因素。

表 3、掌握國際最新風險評估方法

風險評估方法	IPCC AR5 報告	ISO 14091:脆弱度、衝擊及風險評估
公布年份	2014	2021
主要變數	風險 (R)	風險 (R)
關鍵組成	危害度 (H)、暴露度 (E)、脆弱度 (V)	危害度 (H)、暴露度 (E)、敏感度 (S)、調適能力 (AC)
函數	$R=f(H, E, V)$	$R=f(H, E, V)=f(H, E, S, AC)$

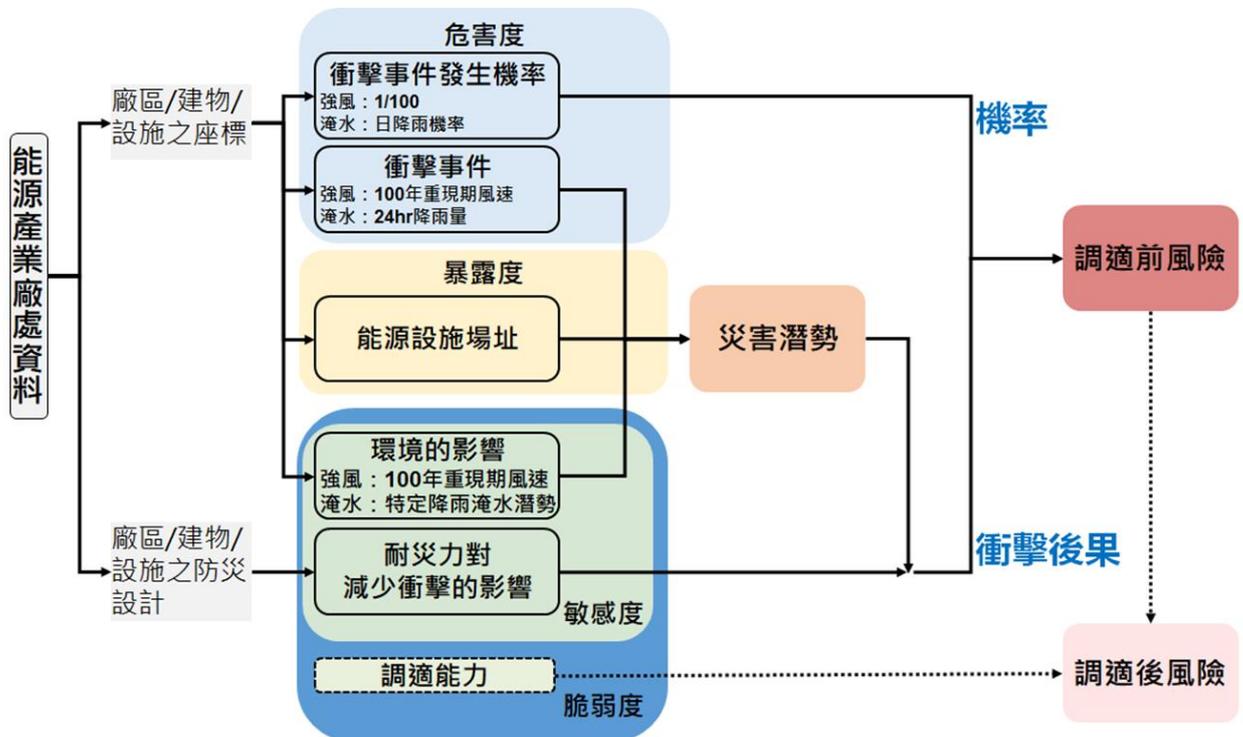


資料來源：本計畫整理自 ISO 網站。

圖 6、ISO 14091 風險評估組成

再者，考量「ISO 14091:脆弱度、衝擊及風險評估標準」已於 108 年發布（108 年發布 DIS 版，並已於 110 年發布正式版）（圖 6），本計畫於 109 年度依據國際標準 ISO 14091 重新調整風險評估運算邏輯與分級原則等項目，更依照美國能源部

NREL 氣候風險及韌性評估與德國 UBA 作法，將屬於回復力(回復時間)歸納為應變能力 (Coping Capacity)，因此不列入設施風險評估，重新調整能源部門氣候變遷風險評估流程如圖 7 所示。



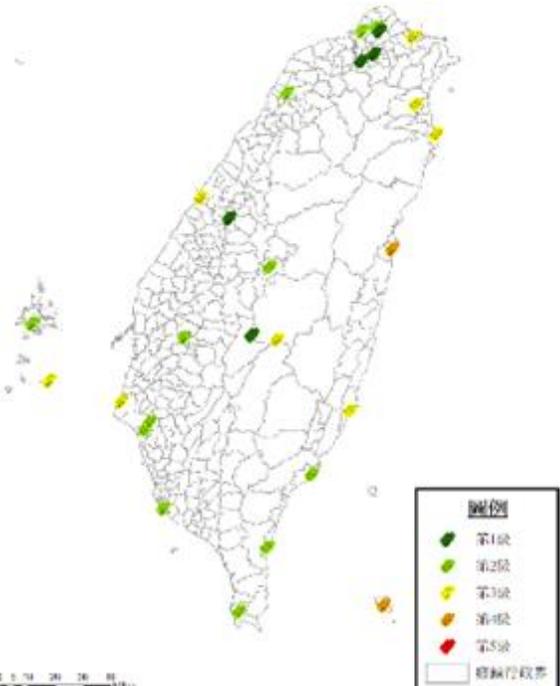
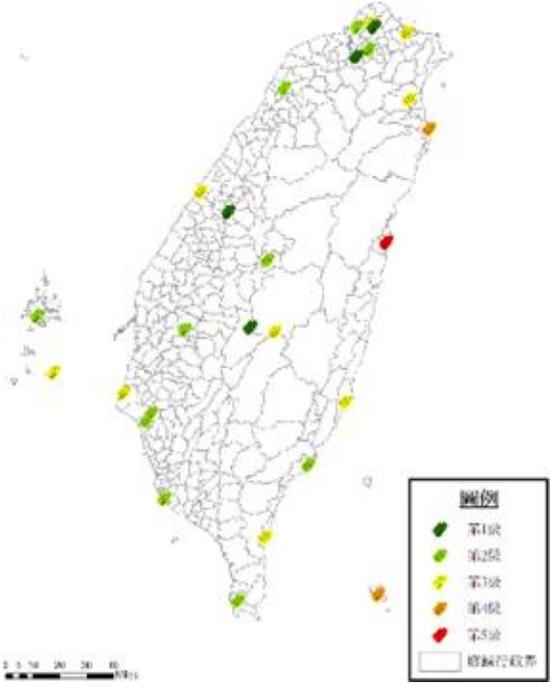
資料來源：109 年「能源部門因應氣候變遷調適策略研訂及推動 (2/2)」計畫

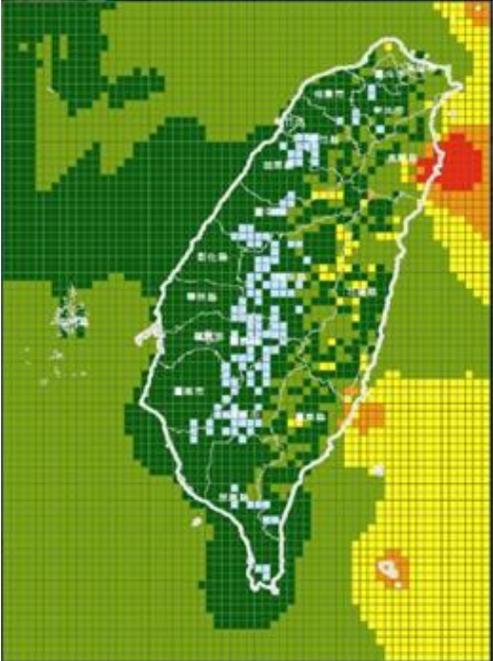
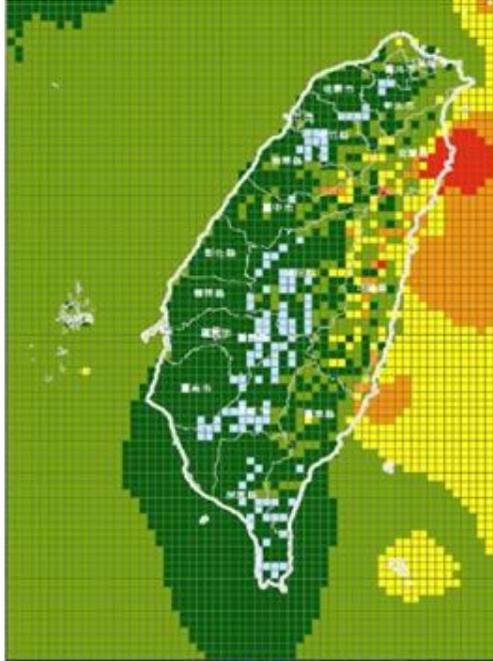
圖 7、109 年強風與淹水氣候變遷風險評估流程圖

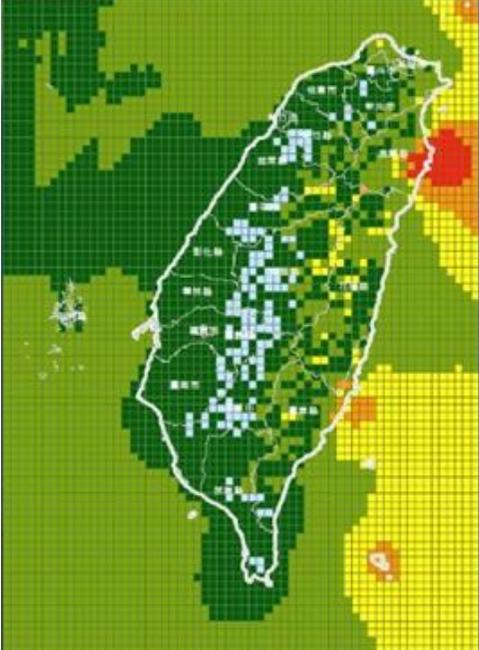
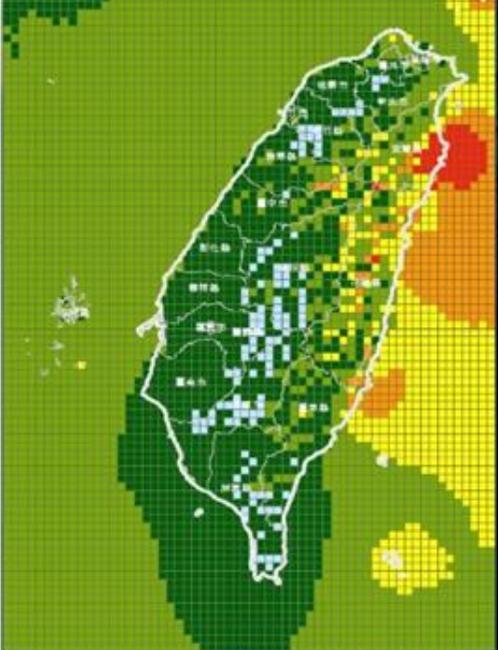
各年度採用圖資應用與圖資分級皆有所不同，強風吹毀風險部分評估基期與世紀末，107 年度分別採用測站歷史數據 100 年與 200 年重現期風速，108 年度採用 100 年重現期 10 分鐘平均風速網格分布，109 年度採用 100 年重現期 10 分鐘平均風速網格分布及數值地形模型進行風速修正如表 4 所示；淹水風險部分，107 年度採用 600mm/日降雨機率分布與水利署第二代 600mm/24hr 淹水潛勢圖評估基期及世紀末風險，108 年度運用鄉鎮市區的 650mm/日降雨機率分布與水利署第三代 650mm/24hr 淹水潛勢圖評估基期及世紀中風險，109 年度相較

108 年度則是新增 350mm/日降雨機率分布與水利署第三代 350mm/24hr 淹水潛勢圖，如表 5 所示，以鑑別降雨強度低但降雨機率高易造成淹水之區域。

表 4、107 至 109 年度強風風險評估採用圖資、風速修正與分級原則說明

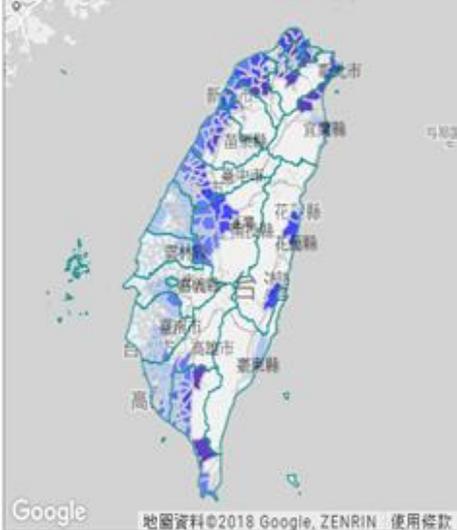
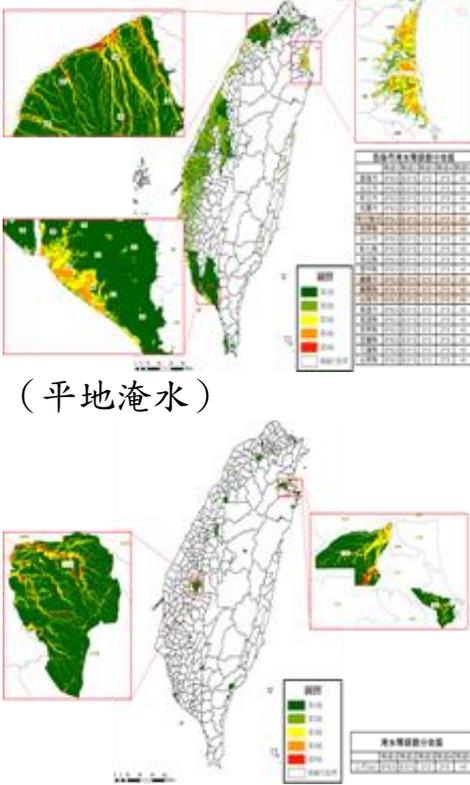
年份	強風風險評估使用圖資		風速修正與圖資分級原則
107 年	<p>基期： 測站歷史數據 100 年重現期風速 (m/s)。</p> 	<p>世紀末： 測站歷史數據 200 年重現期風速 (m/s)。</p> 	<p>風速修正：參考內政部「建築物耐風設計值規範及解說」修正因地形、高度、地況效應影響之風速值。</p> <p>不適用準則以 1 級計算並用「--」顯示。</p> <p>以 8 至大於 20 級風級級數區分為 1 至 5 級。</p>
108 年	<p>基期： 100 年重現期 10 分鐘平均風速 (m/s)</p>	<p>世紀末： 100 年重現期 10 分鐘平均風速 (m/s)</p>	<p>風速修正：參考內政部「建築物耐風設計值規範及解說」</p>

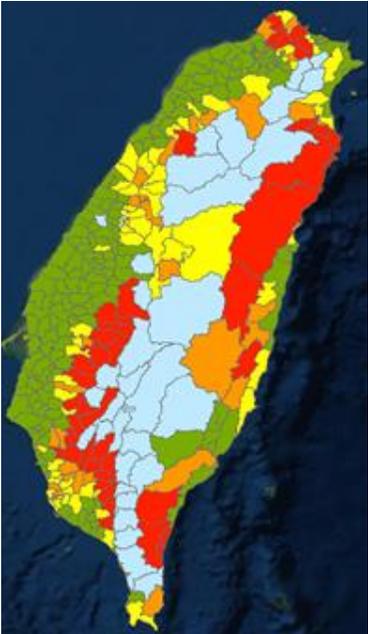
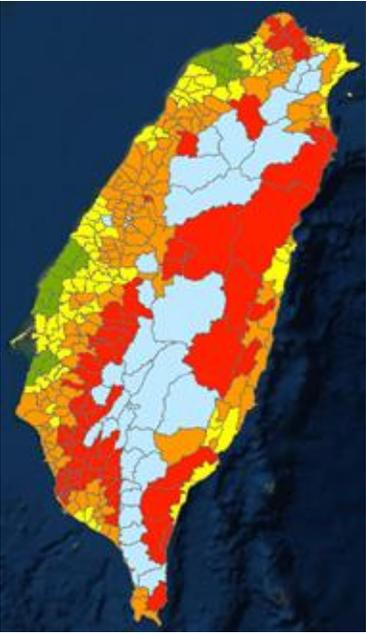
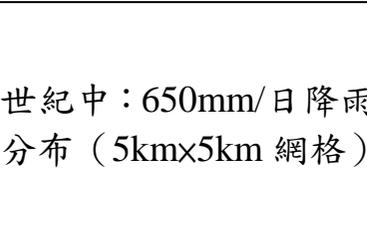
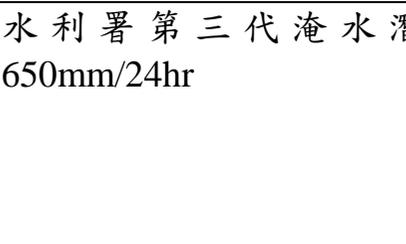
年份	強風風險評估使用圖資		風速修正與圖資分級原則
	5kmx5km 網格風速分布圖 	5kmx5km 網格風速分布圖 	<p>說」修正因地形、高度、地況效應影響之風速值。 風速小於 17.1 (m/s) 為不適用準則以 0 級計算。 以 8 至大於 20 級風級級數區分為 1 至 5 級。</p>
109 年	基期： 100 年重現期 10 分鐘平均風速 (m/s) 5kmx5km 網格風速分布圖	世紀末： 100 年重現期 10 分鐘平均風速 (m/s) 5kmx5km 網格風速分布圖	風速修正：參考內政部「建築物耐風設計值規範及解說」修正因地形、高度、地況效應影響之風速值（配合數值地形模型）。

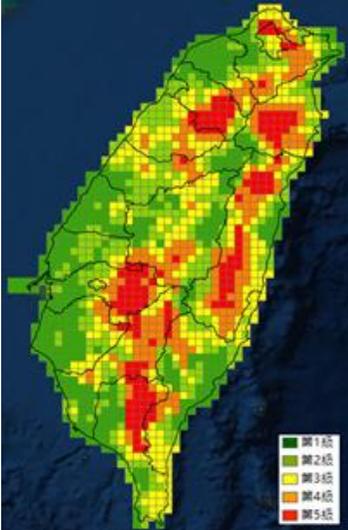
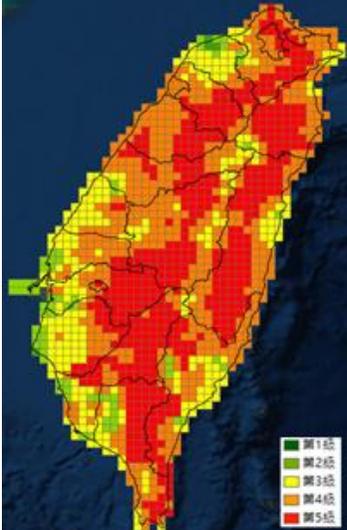
年份	強風風險評估使用圖資		風速修正與圖資分級原則
			<p>風速小於 17.1 (m/s) 為不適用準則以 0 級計算。</p> <p>以 8 至大於 20 級風級級數區分為 1 至 5 級。</p>

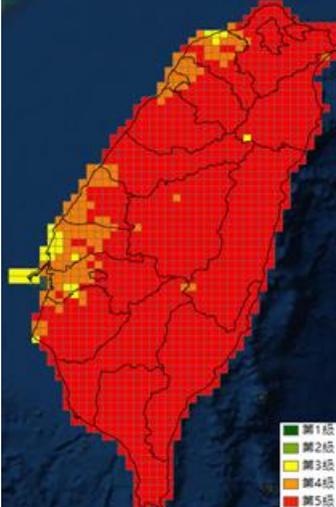
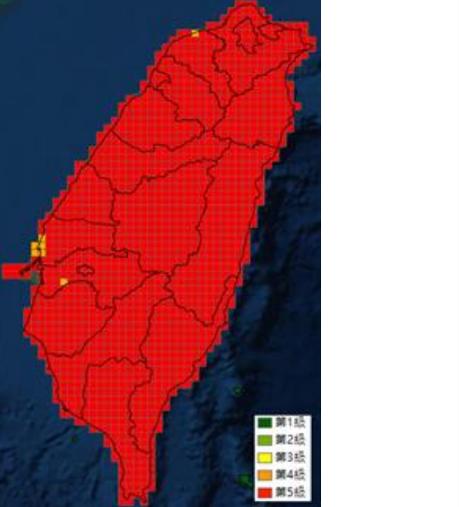
資料來源：109 年「能源部門因應氣候變遷調適策略研訂及推動 (2/2)」計畫

表 5、107-109 年度淹水風險評估採用圖資與分級原則說明

年份	淹水風險評估使用圖資			圖資分級原則
107 年	<p>基期： 600mm/日降雨機率分布</p> 	<p>世紀末： 600mm/日降雨機率分布</p> 	<p>水利署第二代淹水潛勢 600mm/24hr</p>  <p>(平地淹水)</p> <p>(高地淹水)</p>	<p>缺乏圖資或不適用準則以 1 級計算並用「--」顯示。 依據降雨機率與淹水深度，分級等級為 1 至 5 級。</p>
	108	基期：	世紀中：	水利署第三代淹水潛勢

年份	淹水風險評估使用圖資			圖資分級原則
年	650mm/日降雨機率分布 (鄉鎮市區) 	650mm/日降雨機率分布 (鄉鎮市區) 	650mm/24hr 	N/A 表示 依據降雨機率與淹水深度，分級等級為0至5級。
109年	基期：650mm/日降雨機率分布 (5kmx5km 網格) 	世紀中：650mm/日降雨機率分布 (5kmx5km 網格) 	水利署第三代淹水潛勢 650mm/24hr 	缺乏圖資區域以 N/A 表示 依據降雨機率與淹水深度，分級等級為1至5級。

年份	淹水風險評估使用圖資			圖資分級原則
				
	<p>基期：350mm/日降雨機率分布（5km×5km 網格）</p>	<p>基期：350mm/日降雨機率分布（5km×5km 網格）</p>	<p>水利署第三代淹水潛勢 350mm/24hr</p>	<p>缺乏圖資區域以 N/A 表示 依據降雨機率與 淹水深度，分級 等級為 1 至 5 級。</p>

年份	淹水風險評估使用圖資			圖資分級原則
				
				

資料來源：109 年「能源部門因應氣候變遷調適策略研訂及推動 (2/2)」計畫

(三) 比較有無考慮氣候變遷調適情況下對本計畫執行之差異性

本計畫為因應氣候變遷調適之專項計畫。

(四) 整體氣候變遷調適面向之成果效益

精進「淹水」及「強風」風險評估準則，並已實際運用於能源廠家風險評估。惟氣候風險評估圖資及準則應滾動式檢討及更新，以降低氣候變遷風險評估之不確定性。

二、能源系統風險評估工具建置 (6-1-1-2)

(一) 領域成果與氣候變遷或氣候變遷調適之關連性

本計畫之領域目標為「確保能源設施安全及系統穩定供應」，對應之調適策略為「強化能源產業風險評估能力及建立調適準則及監測體系」，採取之調適措施為「建置風險評估工具」，故本計畫對不同能源類型開發系統風險評估工具及建置資料庫，以即早掌握能源系統中易受氣候衝擊影響之位置。本行動計畫依循我國 TaiCCAT 支援決策系統架構，並參考 ISO 14090 氣候變遷調適系列規範，建立能源系統風險評估工具，以利後續調適業務推動。

(二) 計畫如何融入氣候風險評估或風險管理之概念

我國能源供給分為三大類，包括電力系統、天然氣系統、及石油與液化石油（煉油）系統，各系統又可區分為能源供給設施與系統運作設施，此三大能源系統互相交織，提供我國各種能源需求。

目前氣候變遷主要面臨溫度、降雨、颱風、海平面的改變，

因而形成氣候風險因素。溫度持續增溫、季節降雨不均、劇烈降雨增加、颱風強度增加與海平面上升，各類型災害衝擊對電力供給體系的影響彙整如圖 8。

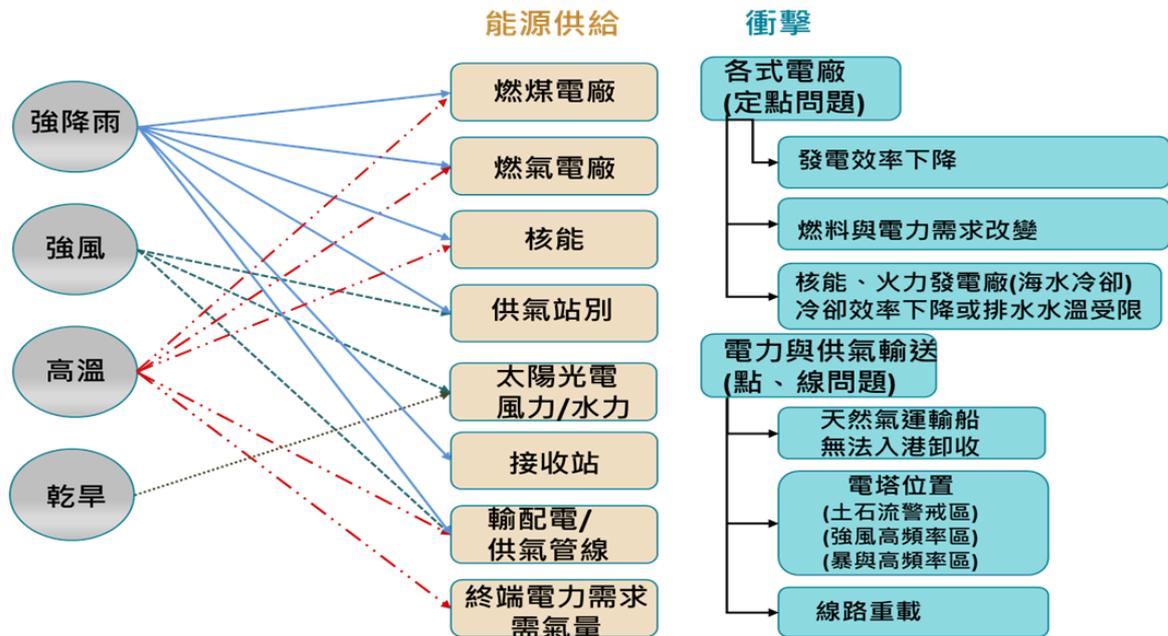


圖 8、不同災害對能源供給系統之主要衝擊

然而，能源為推動經濟發展與人類活動的重要元素，故能源短缺可能會影響經濟發展與民生及造成經濟與社會損失。因此，本計畫透過針對不同能源類型開發系統風險評估工具及建置資料庫，並假設極端天氣事件衝擊進行案例分析，以評估能源系統遭受極端天氣事件衝擊時可能之結果，降低系統之脆弱度及提升系統之氣候韌性。目前已就氣候風險對供電與供氣系統之衝擊影響進行風險模擬與評估，並逐年檢討修正系統衝擊指標及增加氣候風險情境。如 109 年度針對過去供電與供氣的衝擊評估指標進行增修（如表 6），相較過去，增修的方向從供電/供氣的生產端、輸送端、用戶端等，建置衝擊評估指標。圖 9 為 109 年度供電/供氣系統衝擊影響評估指標。

不同區域因應產業結構、建築物與人口的密度會有所不同

同，對變電所主變壓的設置規格與輸送用電量，以及天然氣的需求也會有所不同。目前用電負載與需氣量區域相關資料可取得之最小空間尺度為鄉鎮市區，本計畫目前以此作為分析的基礎，以反應出目前鄉鎮市區的電力負載與需氣特性。

表 6、供電/供氣評估指標之過去與 109 年度差異

項目	供電		項目	供氣	
	過去	109 年度		過去	109 年度
發電	備轉容量率		接收站	減少	安全存量
輸配電	電壓(穩態) 超載線路段	供電系統頻率 變動 電壓(穩態) 超載線路段 超載變電所	配氣站/ 幹環線	供氣 比例	輸氣量減少
供電 用戶端	未評估	各區域用電戶 數影響 產業用電影響	供氣 用戶端		電廠供氣量影響 工業民生區域供 氣用戶數影響

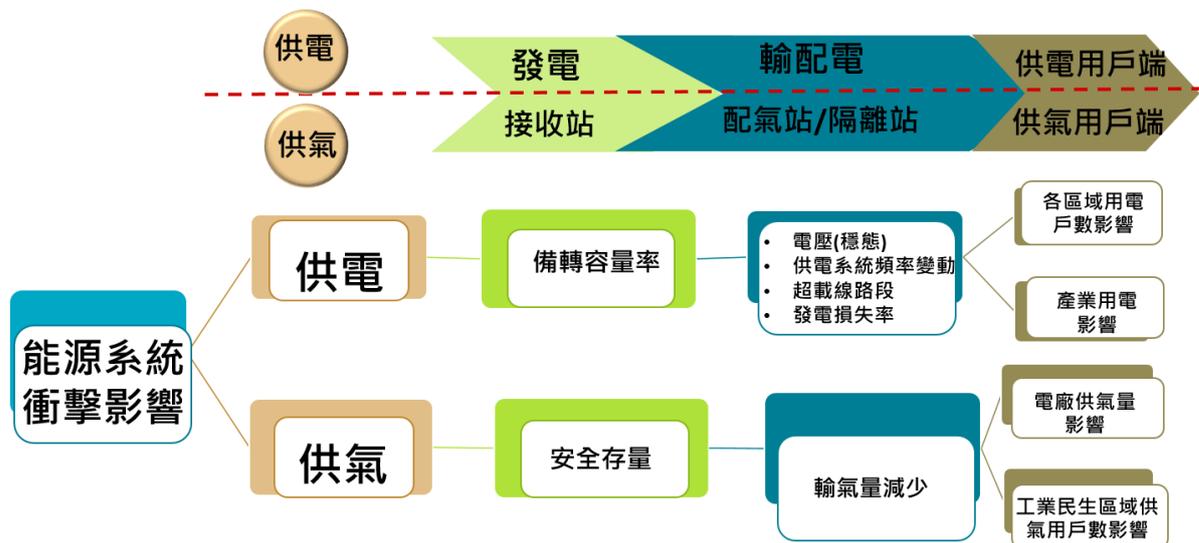


圖 9、109 年度供電/供氣系統衝擊影響評估指標

(三) 比較有無考慮氣候變遷調適情況下對本計畫執行之差異

性

本計畫為因應氣候變遷調適之專項計畫。

(四) 整體氣候變遷調適面向之成果效益

目前已陸續開供電系統（含發電與輸電）及供氣系統之氣候衝擊風險評估工具、技術資料庫及衝擊評估指標，並逐年檢討更新與擴充其內容；另亦將供電系統與供氣系統風險評估工具建置於平台上，透過地理資訊系統加值運算，以供直觀操作與研析不同氣候衝擊因子對系統之衝擊影響。

三、能源產業氣候風險評估自主管理制度（6-2-1-2）

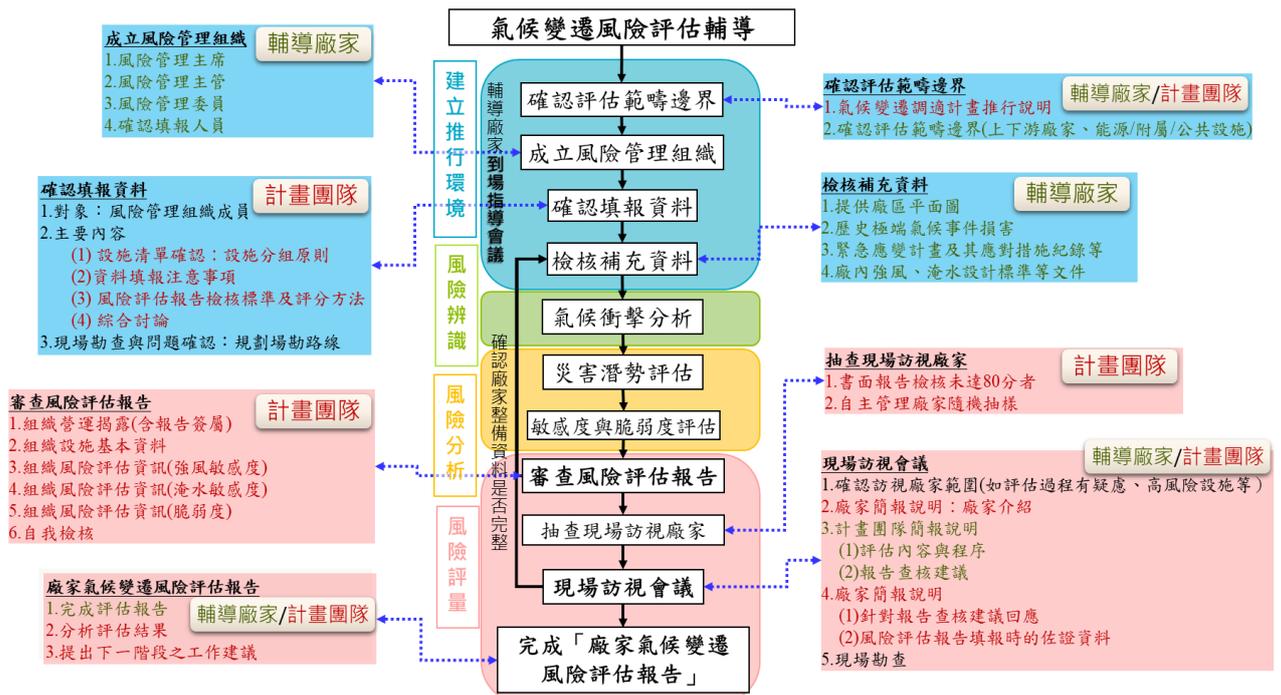
(一) 領域成果與氣候變遷或氣候變遷調適之關連性

本計畫之領域目標為「建構氣候風險降低及調適能力增強之經營環境」，對應之調適策略為「建構管理機制，推動教育訓練及國際合作」，採取之調適措施為「建構調適管理機制」，故本計畫為能持續推展調適工作，優先建立不同態樣之廠家輔導範例，以作為相同態樣廠家之參考，區位涵蓋北、中、南、東及離島地區。

(二) 計畫如何融入氣候風險評估或風險管理之概念

本計畫過去參考 ISO 31000 風險管理指引、UNFCCC 氣候風險評估程序及英國氣候變遷風險評估方法，採由下而上（Bottom-up）方式建立氣候變遷風險評估工具，並透過廠家輔導的方式建立推行環境、風險辨識、風險分析及風險評量，引導能源廠家進行能源領域氣候變遷調適平台，進行產製「廠家氣候變遷風險評估報告」，其風險評估輔導流程如圖 10 所示。

然而，為持續精進氣候變遷風險評估輔導，以提供能源廠家更掌握設施現況及未來受氣候變遷衝擊影響之風險情形，本(109)年度除針對風險評估工具計算邏輯更新之外，亦同步修正與更新氣候變遷圖資。



資料來源：109年「能源部門因應氣候變遷調適策略研訂及推動(2/2)」計畫

圖 10、能源產業氣候變遷風險評估流程

為推動能源廠家試行氣候風險評估，首先配合教育訓練課程執行，提供各能源廠家逐步瞭解氣候變遷衝擊、調適執行要點、風險評估準則以及調適平台實務填報操作，並進一步辦理廠家到廠輔導，提供風險管理組織快速掌握相關能源設施評估範疇項目、災害潛勢情形、系統填報疑慮與現地勘查，期間持續以電子郵件、電話聯繫等方式藉此完善輔導諮詢服務，協助廠家使用能源領域氣候變遷調適管理平台產製氣候變遷風險評估報告，以利能源廠家掌握現況與未來氣候風險衝擊情形。

本計畫自 107 年起，運用國營事業工作考成制度，邀請台電公司及中油公司共計 68 家能源廠（處）規劃三年（107-109 年）階段性輔導國營能源事業進行氣候風險自主評估。

109 年度依規劃進度，完成國營事業 20 家能源廠（處），包含台電公司：高屏發電廠、林口發電廠、高屏供電區營運處、鳳山區營業處、雲林區營業處、台北西區營業處、台北北區營業處、苗栗區營業處、彰化區營業處、南投區營業處、新營區營業處、屏東區營業處、台東區營業處（含東興發電廠）及中油公司：桃園煉油廠、永安液化天然氣廠、通霄轉輸中心、蘇澳供油中心、新竹供氣中心、台中供氣中心、王田供油中心。並依表 7 挑選原則，挑選其中 12 家能源廠（處）到廠輔導，其餘 8 家能源廠（處）以線上型式（電子郵件、電話聯繫等）提供輔導諮詢服務。另外，為擴大民營能源產業之參與，109 年亦輔導星能電力完成氣候變遷風險評估。

表 7、氣候風險評估廠家挑選原則

挑選順序	原則說明
1	能源類型：為提升廠家自主管理之態樣完整性，挑選不同能源類型
2	具高災害潛勢：依廠家位置，在淹水、強風衝擊下，位於較高潛勢區域之廠家
3	裝置容量大：考量能源供給穩定度，挑選裝置容量較大的廠家
4	符合政策方向：能源轉型，例如增加燃氣發電廠之占比、擴大再生能源的裝置容量

資料來源：109 年「能源部門因應氣候變遷調適策略研訂及推動（2/2）」計畫

配合前期國家氣候變遷調適行動計畫（102-106 年）後續推動建議，「各主（協）辦機關應賡續推動國家氣候變遷調適行動計畫（102-106 年）中所列高風險地區調適計畫」；其與能源供

給領域相關者為「宜花東沿海地區調適計畫」及「離島地區調適計畫」；同時為建立再生能源輔導態樣及配合推動高風險地區調適計畫，擇定台電公司於澎湖縣之再生能源場址（湖西風力站與七美光電站）。

綜合上述，本計畫 109 年度共輔導 22 家能源廠（處）運用能源領域氣候變遷調適平台，產出「強風吹毀」及「淹水」風險評估報告。

（三）比較有無考慮氣候變遷調適情況下對本計畫執行之差異性

本計畫為因應氣候變遷調適之專項計畫。

（四）整體氣候變遷調適面向之成果效益

本計畫截止 109 年止，針對「強風」及「淹水」風險評估，已完成輔導國營事業本島全部 68 家能源廠（處）及民營能源業者 2 家能源廠（處），離島再生能源場址 1 件。已涵蓋能源類型包含發電廠（火力、水力）、再生能源（風力、太陽光電）、配電、輸電（含線務段）、供油中心、供氣中心、煉油廠及液化天然氣廠等，如圖 11。

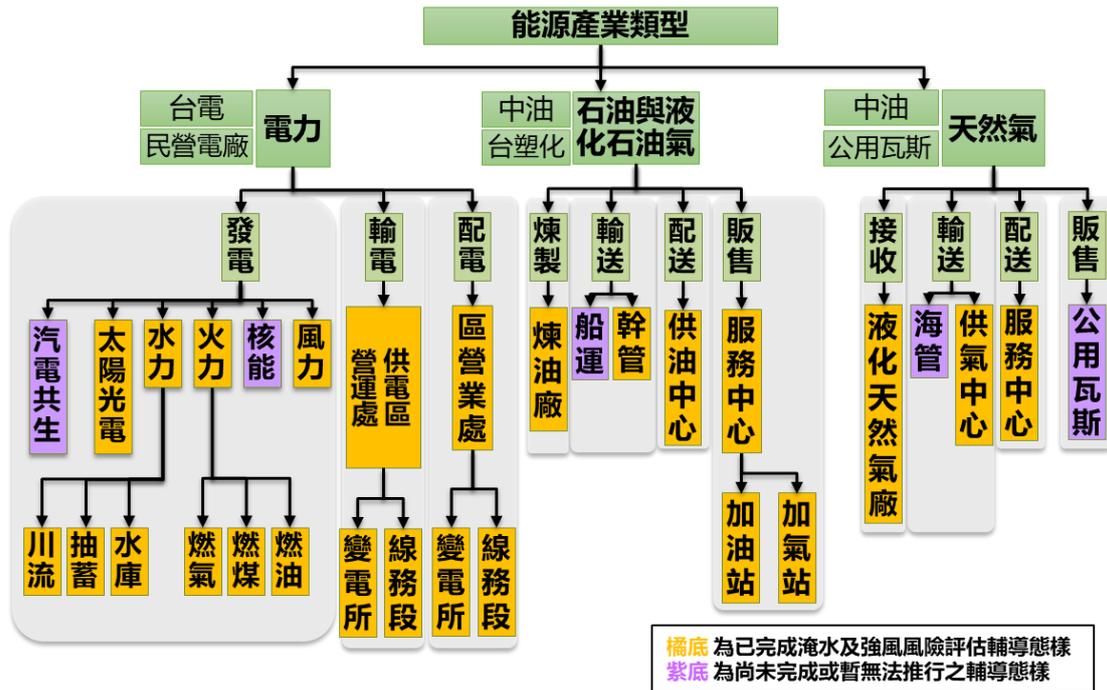


圖 11、歷年輔導能源產業類型

四、製造業氣候變遷調適能力建置與輔導 (6-3-1-2)

(一) 領域成果與氣候變遷或氣候變遷調適之關連性

本計畫之調適目標為「提升產業之氣候風險控管及機會辨識能力」，對應之調適策略為「協助產業提升調適能力」，採取之調適措施為「產業調適能力建議及輔導」。透過「製造業氣候變遷調適能力建置與輔導」行動計畫，推動氣候變遷調適示範專案，並以台灣 TaiCCAT 支援決策系統、氣候相關風險財務揭露建議 (TCFD) 及 ISO/DIS 2019:14091 (氣候變遷調適標準文件) 為依循架構，調整「氣候變遷調適管理程序」，分成「治理資源整備」、「氣候風險鑑別」、「未來氣候情境設定」、「氣候風險評估」、「制定調適行動計畫」。

(二) 計畫如何融入氣候風險評估或風險管理之概念

為確立企業未來的氣候衝擊，本計畫以考量廠區未來營運 20 年可能面臨之重大氣候災害 (淹水、乾旱、強風、高溫)，

進行未來氣候情境設定，主要透過蒐集國家災害防救科技中心、水利署、氣象局、台灣電力公司等政府部會公開的災害潛勢圖或研究資料計算「氣候災害發生機率」與「氣候災害潛勢規模」，並依氣候災害潛勢規模提出「廠區可能發生情形」作為實體風險之未來情境假設依據（如表 8）。而在轉型風險之未來情境部分，則以全球升溫 2°C 下，訂定減碳目標之情境。

表 8、實體風險氣候情境

氣候災害類別	發生機率	情境敘述	情境設定
暴雨淹水	55.8%	24 小時降雨量達 373.34mm	廠區排水設施無法負荷短時間強降雨，將發生淹水 0.5 公尺 1 日。
乾旱	98.8%	連續 31 天不降雨	考量水利署發布限水通知頻率為 10 日/次，假設水利署發布第二階段限水工業用戶減量供水 20%，持續期間為 10 天。
強風	87.8%	週邊區域發生 15 級陣風	廠區周遭環境因颱風侵襲導致發生最大陣風達 15 級，廠區週邊道路大型車輛禁駛一日。
高溫	18.2%	廠區環境溫度達 40.01°C	國內高溫通常發生於 6~8 月，極端高溫通常為單日事件，故假設廠區環境溫度有 1 日最高溫達 40.01°C。

並為進一步瞭解廠區受氣候變遷影響之財務損失，本計畫以各氣候災害之中、高風險事件對廠區的衝擊關係，繪製成實體風險衝擊鏈，從如屋頂鐵皮屋因強風災害而受損，使得空壓機暴露於強風中，進而直接造成損壞與間接影響到生產製程，此作法可協助調適管理小組成員提出最佳調適行動計畫，且可同時避免直接與間接損失。

因此，從實體風險衝擊鏈概念，可知廠區若發生「乾旱災害」時，雖會產生多項風險事件，但皆因限水導致原物料無法泡製、製程所需用水量減少或頂樓空壓機缺乏冷卻水，且任一事件發生皆會間接造成減產損失；「淹水災害」則不會對廠區造成損失；「強風災害」會對廠區的生產製程、建築物及設施

設備等造成損失。為進一步釐清氣候災害所造成的損失類型，本計畫將損失結構類型分為「減產損失」、「產品損失」、「停產損失」、「設施損失」及「銷售額損失」。此模式，將有助於廠於進行氣候風險管理。

(三) 比較有無考慮氣候變遷調適情況下對本計畫執行之差異性

本計畫為因應氣候變遷調適之專項計畫，非一般例行性業務，無法比較有無考慮氣候變遷調適情況下的差異性。

(四) 整體氣候變遷調適面向之成果效益

1. 完成實體風險評估與潛在財務損失

本計畫協助廠區透過歷史災害及地理位置鑑別出未來可能發生「暴雨淹水」、「乾旱」、「強風」及「高溫」四種氣候災害，並針對四種氣候災害進行實體風險評估，評估結果發現，廠區受乾旱及強風影響較嚴重，主要係因為生產製造廠，當氣候災害導致廠區減產、停產且廠區無有效因應方式時，廠區受到之衝擊將遠較其他議題為大，強風及乾旱正屬嚴重影響廠區生產且廠區現況無有效因應手段之氣候災害，且撇除廠區以可有效因應的「暴雨淹水」外，「高溫」亦造成產品良率下降的衝擊，因此實體風險於「生產製程」及「設施設備」兩議題產生較多的損失。

2. 完成轉型風險評估與潛在財務損失

本計畫基於「全球溫升 2DS」之未來氣候情境，搭配 TCFD 提出之轉型風險四大面向（政策和法規、技術、市場、商譽），協助調適管理小組成員提出可能發生的議題，並通過議題「發生可能性」及「對營運衝擊程度」篩選企業較重視之議題，除

「商譽」面向外，顯現企業在面對「政策和法規」、「技術」及「市場」等面向之衝擊較為明顯，包括碳排放揭露要求增加、溫室氣體相關法規加嚴、低碳技術轉型的成本及客戶行為改變等，並延伸出相關的轉型風險管理成本。

3.完成調適行動計畫擬訂

本計畫透過實體風險衝擊鏈圖，以「風險事件源頭處理」、「風險事件因應」或是「降低風險事件影響」等屬性，協助提出最佳調適行動計畫。