

能源供給及產業領域氣候變遷 調適行動方案（112-115年）

主辦機關：經濟部

協辦機關：無

112年9月

目錄

第一章領域範疇及執行現況	1
一、領域範疇	1
二、執行現況	1
(一) 能源供給領域	1
(二) 產業領域	3
第二章氣候變遷衝擊情形	5
一、整體氣候變遷趨勢及衝擊	5
(一) 全球氣候變遷趨勢	5
(二) 臺灣氣候變遷趨勢及衝擊	6
二、本領域之氣候變遷衝擊	11
(一) 能源供給領域	11
(二) 產業領域	13
第三章未來氣候變遷情境設定及風險評估	16
一、國家調適應用情境設定	16
(一) 「國家調適應用情境」設定	16
(二) 部門特定情境	17
二、風險評估與調適框架說明	17
三、未來風險評估	19
(一) 能源供給領域	19

第一章 領域範疇及執行現況

1. 領域範疇

依據106年國家因應氣候變遷行動綱領（核定本）氣候變遷調適之政策內涵，能源供給及產業領域調適範疇在於提升維生基礎設施韌性、推動能源設施風險評估，並提升能源供給及產業之調適能力。本領域主要政策推動方向包含確保能源設施安全及系統穩定供應，建構「降低氣候風險」及「增強調適能力」之經營環境，並且提升產業之氣候風險控管及機會辨識能力，以發展具氣候韌性考量之產品與服務，藉此達到能源永續利用與維持產業之競爭力。

能源供給及產業領域未來強化方向主要為提升能源及產業氣候變遷意識、建構降低風險及增強調適能力之經營環境為目標，以提升能源產業氣候風險辨識能力與推動調適策略，並完善製造業氣候風險管理、提升中小企業之氣候風險意識及機會辨識能力。

2. 執行現況

（一） 能源供給領域

經濟部能源局為推動能源產業氣候變遷調適工作，透過「建置能源領域氣候變遷調適平台」、「制定風險評估指引文件」及「推動調適策略規劃」等面向，協助建構能源產業之調適能力及推動風險辨識與調適策略：

- ✓ **建置能源領域氣候變遷調適平台，提供能源供給領域風險評估工具與調適資訊，提升能源產業調適意識：**經濟部能源局建置能源領域氣候變遷調適平台(<https://eicca.itri.org.tw/>)，持續擴充並更新氣候變遷資料。能源產業可透過平台功能，根據不同氣候衝擊，選擇合適圖資，評估並下載氣候變遷風險分析結果(如圖1)。此外，平台定期發布國際最新調適趨勢與電子報，使能源產業隨時掌握國際最新調適議題及發展方向。



圖1、建置氣候變遷資料於能源領域氣候變遷調適平台

- ✓ 制定風險評估指引文件，以落實能源產業風險自主辨識與評估：參考 TaiCCAT 調適步驟，並蒐研英國、美國(加州)、日本、ISO 14091:2021等國內外氣候變遷風險評估架構，規劃我國能源部門適用之氣候衝擊風險評估方法，制定「能源部門因應氣候變遷風險評估指引」，供能源業者參考運用，協助能源產業完成風險自主辨識與評估。

- ✓ 推動調適策略規劃工作，協助能源產業規劃執行調適方案，管理氣候風險：為協助能源業者進一步規劃與執行調適行動，參考過去調適策略規劃輔導案例、我國 TaiCCAT、英國 UKCIP 調適精靈等調適推動步驟及相關文獻資料，協助能源產業針對風險評估結果規劃其調適策略(圖2)，並進一步管理氣候風險。

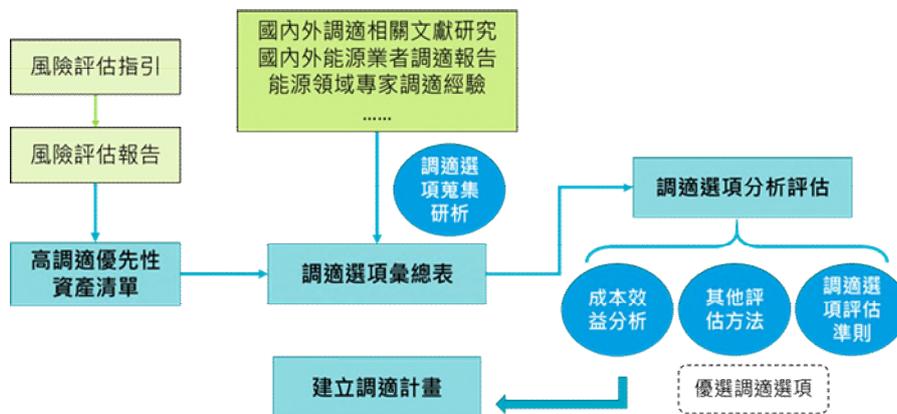


圖2、能源供給領域調適策略規劃

(二) 產業領域

經濟部工業局為協助製造業相關企業因應氣候相關風險之認知與能力的建立，係以「認知提升」、「輔導投入」等行動方案為主。

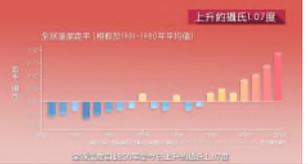
- ✓ **提升製造部門氣候變遷調適認知：**為提升氣候變遷調適認知，使其將氣候變遷調適與 TCFD 揭露建議落實於營運策略中，每年透過調適宣導說明會與工作坊(如圖3)，提供企業調適推動作法與案例。最終將其資訊與歷年執行經驗，編修至製造業氣候變遷調適指引與製造業氣候變遷調適暨 TCFD 案例手冊(如表1)。



圖3、製造部門氣候變遷調適認知推廣相關活動與宣導品

表1、製造部門氣候變遷調適認知宣導品

年度	項目	內容
106年	製造業氣候變遷調適您所不知道的衍生新契機	讓企業瞭解氣候衝擊及衍生商機 
110年 (編修)	製造業氣候變遷調適指引	提供風險評估方法與表單等內容

年度	項目	內容
		  
110年	製造業氣候變遷暨 TCFD 案例手冊	<p data-bbox="815 488 1166 521">提供企業推動 TCFD 案例</p>   
111年	氣候變遷調適說明影片	<p data-bbox="687 779 1299 853">深化製造業者對氣候變遷調適與氣候變遷風險評估之重點觀念及其執行概念</p>  

- ✓ 推動氣候變遷調適暨 TCFD 示範專案以落實企業氣候風險評估：為提升企業面對氣候風險之韌性，協助企業建置「調適輔導工具」，並進行氣候變遷相關風險之評估，其產業涵蓋鋼鐵、水泥、紡織、化學材料、汽車電子、面板及電腦及周邊零組件、機械設備、金屬製品等。並藉由示範專案進行企業內部人員訓練與調適管理程序與工具導入，促使企業可符合國內氣候變遷風險與機會揭露法規要求與提升其調適能力。

第二章 氣候變遷衝擊情形

3. 整體氣候變遷趨勢及衝擊

(一) 全球氣候變遷趨勢

依據聯合國政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）2021年8月公布之氣候變遷第六次評估報告（IPCC AR6）第一工作小組報告「氣候變遷物理科學」顯示：人類對大氣、海洋及陸地暖化的影響乃無庸置疑。大氣、海洋、冰雪圈與生物圈已發生廣泛且快速的變遷，且近期的地球氣候系統與其各面向的變遷程度是過去數世紀至數千年來前所未有的，人為氣候變遷已影響世界各地許多極端天氣與氣候事件（如熱浪、豪雨、乾旱、熱帶氣旋），相關觀測及其受人為影響的證據更加顯著。

依據 IPCC 評估，無論何種排放與社會經濟發展情境的假設，各國氣候模式模擬推估結果顯示，即使幾十年內大幅減少溫室氣體排放或增加碳吸收，全球朝向2050淨零目標邁進，全球溫度亦將持續增溫至少到本世紀中，和工業革命時期相比全球將增溫1.5°C，甚至到2.0°C。唯有全球在2050年確實達到淨零排放，全球暖化程度才有機會於21世紀末降回1.5°C（和工業革命時期相比）。

全球暖化下將造成氣候系統諸多面向的變遷，包括極端高溫、海洋熱浪、豪雨、區域農業與生態乾旱的發生頻率與強度增加；熱帶氣旋（颱風）減少但強烈熱帶氣旋比例增加、以及北極海冰、雪蓋與永凍土的減少等。暖化將進一步改變全球水循環，其中包括水循環變異度、全球季風降雨、乾濕事件的嚴重程度，且會導致其他的現象的變遷，尤其是海洋、冰層以及全球海平面等，在未來數世紀至數千年皆為不可逆轉過程。伴隨著全球暖化加劇，各區域預計將更頻繁面臨複數氣候衝擊驅動因子及複合性變遷。且不能排除冰層崩解、海洋環流劇變、複合性極端事件之可能性及影響。

IPCC 報告亦提供各區域的關鍵氣候資訊，針對亞洲地區的氣候變遷未來變遷趨勢評估摘錄如下：

- ✓ 溫度：極端高溫事件將會增加、冷事件減少
- ✓ 降水：極端降水、平均降水、洪水事件將會增加
- ✓ 風場：地面風速下降；熱帶氣旋的數量減少但強度增加
- ✓ 海岸與海洋：推估海平面上升造成沿岸地區洪水增加、海岸線倒退；海洋熱浪增加

(二) 臺灣氣候變遷趨勢及衝擊

國家科學委員會氣候變遷科研團隊依據 IPCC AR6報告與國內最新資料進行之臺灣氣候變遷變遷趨勢與本地氣候變遷衝擊評估情形 (https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ipcc_ar6.aspx)，摘錄重點如下：

根據中央氣象局觀測資料分析顯示，臺灣年平均氣溫於過去110年（1911-2020年）上升約1.6°C，近50年及近30年增溫呈現加速趨勢（圖4）。在四季分布方面，21世紀初夏季長度已增加至約120-150天，冬季長度則縮短約70天，且近年來冬季甚至縮短至約20-40天（圖5）。

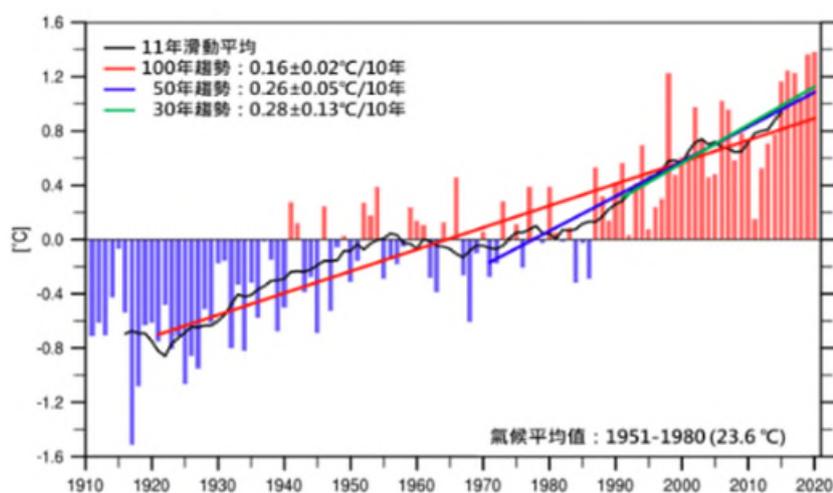


圖4、臺灣年平均氣溫變化趨勢

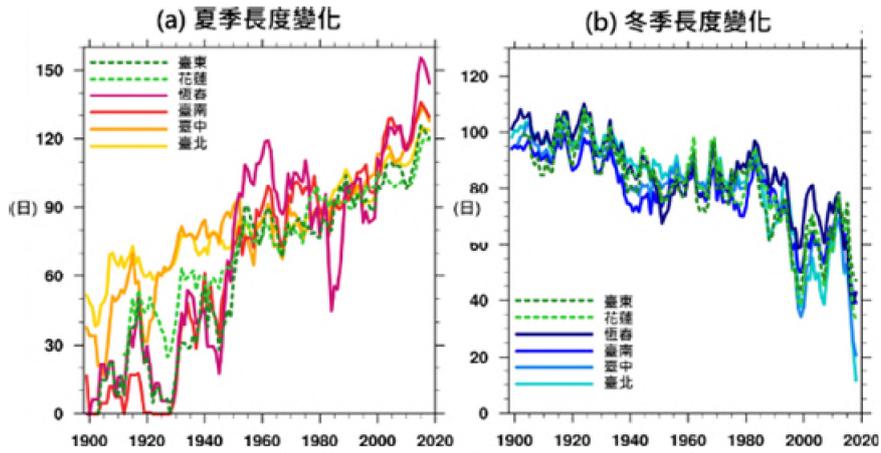


圖5、臺灣冬夏兩季長期變遷趨勢

在降雨方面，年總降雨量趨勢變化不明顯，但1961-2020年間少雨年發生次數明顯比1960年前時期增加，其中年最大1日暴雨強度在1990-2015年間，強度與頻率均呈現明顯增加趨勢（圖6）；另與乾旱有關之年最大連續不降雨日數趨勢變化明顯，過去110年增加約5.3日最大連續不降雨日數（圖7）。

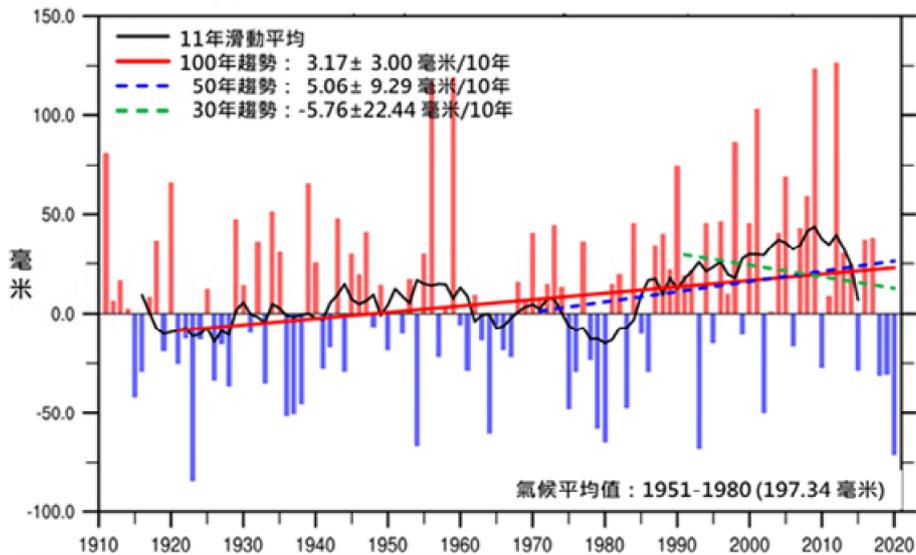


圖6、臺灣年最大1日暴雨變化趨勢

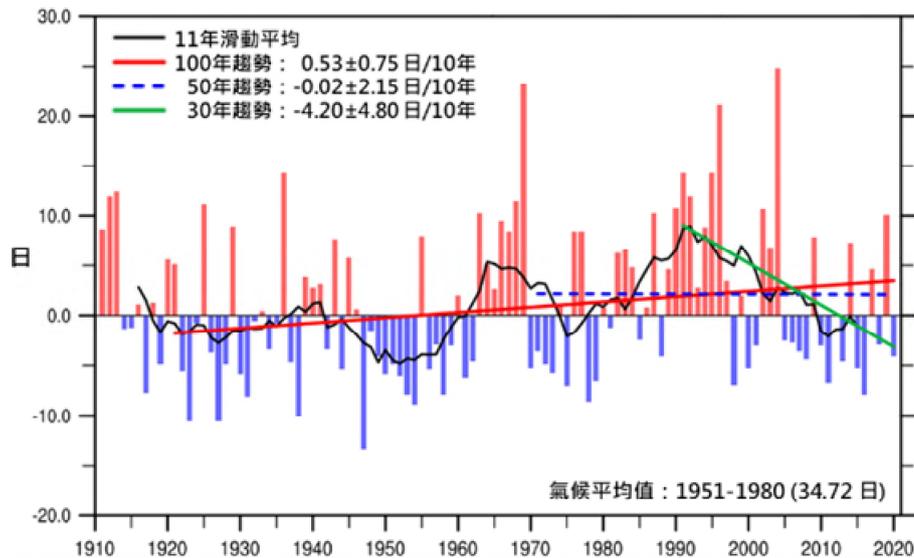


圖7、臺灣年最大連續不降雨日數變化趨勢

依據本土氣候變遷模擬與未來推估分析，依據 IPCC AR6的最新資料顯示，全球高度排放溫室氣體的最劣暖化情境（SSP5-8.5）與理想減緩情境（SSP1-2.6）相比較，前者對我國衝擊程度將明顯大於後者。

在氣溫方面，最劣情境下，於本世紀末高溫達 36°C 以上日數將較基期增加約48天；理想減緩情境下，增加天數降為6.6天（圖8）；於四季分布方面，夏季長度從約130天增長至155-210天，冬季長度從約70天減少至0-50天，變遷趨勢於最劣暖化情境下顯著，理想減緩情境下則相對緩和（圖9）；

與災害衝擊有關之「年最大1日暴雨強度」方面，在最劣情境下之21世紀末強度增加約41.3%，理想減緩情境下，暴雨強度增加幅度約為15.3%（圖10）。最劣情境（AR5 RCP8.5暖化情境）下於本世紀中及本世紀末，影響臺灣地區颱風個數將減少約15%、55%，但強颱風比例將增加100%、50%，颱風降雨改變率將增加約20%、35%，（圖11）。未來最劣暖化情境（AR5 RCP8.5暖化情境）下，本世紀末颱風風速約增強2%~12%，平均增強8%。因其先天地理環境，臺灣沿岸地區颱風風浪衝擊以東北及東南部海岸衝擊較大，颱風暴潮衝擊則以北部、東北部及中部海岸衝擊較大，故於升溫情境下，其衝擊皆高於其他地區。據 IPCC AR6升溫 2°C 情境顯示，臺灣周邊海域海平面上升約0.5公尺，於升溫 4°C 情境將導致海平面上升1.2公尺。

與乾旱水資源有關的部分，年最大連續不降雨日數各地有增加的趨勢，最劣情境(SSP5-8.5)下，21世紀中、末平均增加幅度約為5.5%、12.4%；理想減緩情境(SSP1-2.6)下，21世紀中、末減少幅度約為1.8%、0.4%。(圖12)

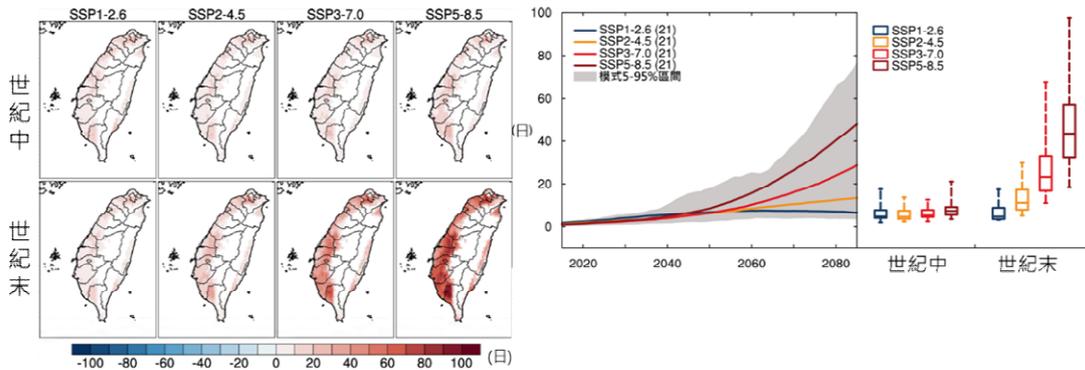


圖8、臺灣未來高溫超過36°C空間分布與年高溫日數推估

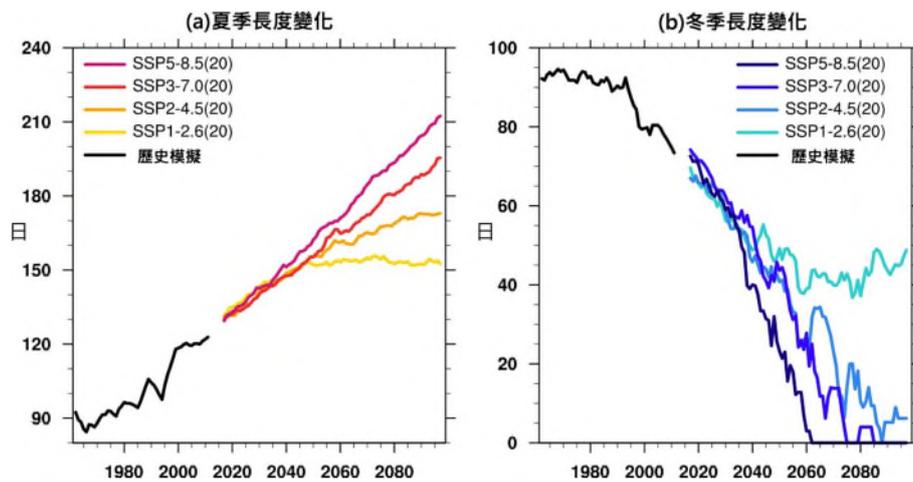


圖9、臺灣未來季節長度推估

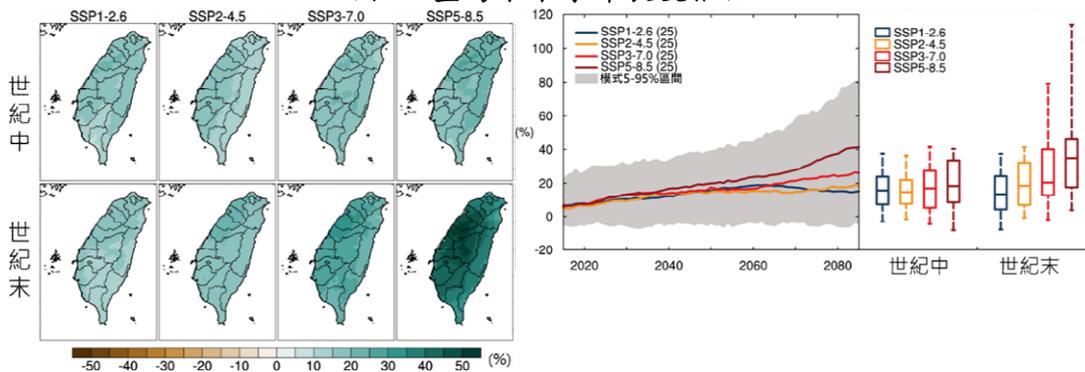


圖10、臺灣未來年最大1日暴雨空間分布與強度推估

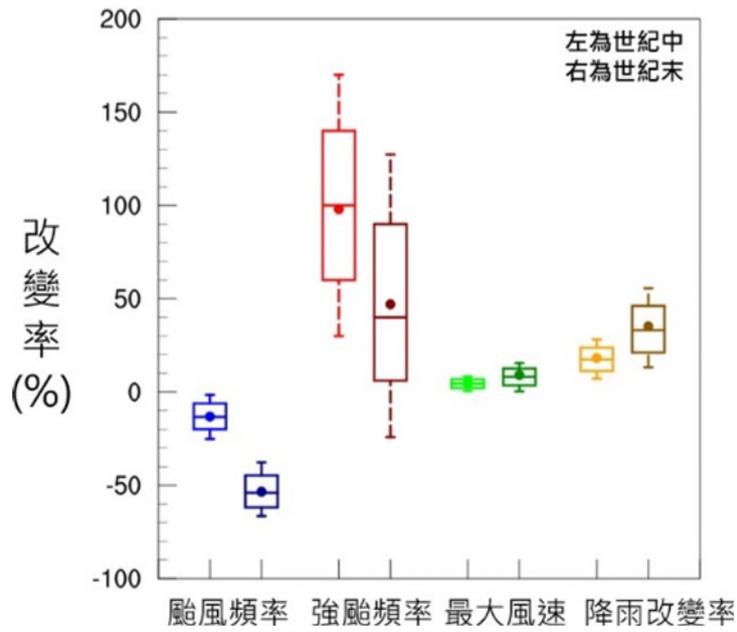


圖11、臺灣未來颱風特性變化趨勢推估

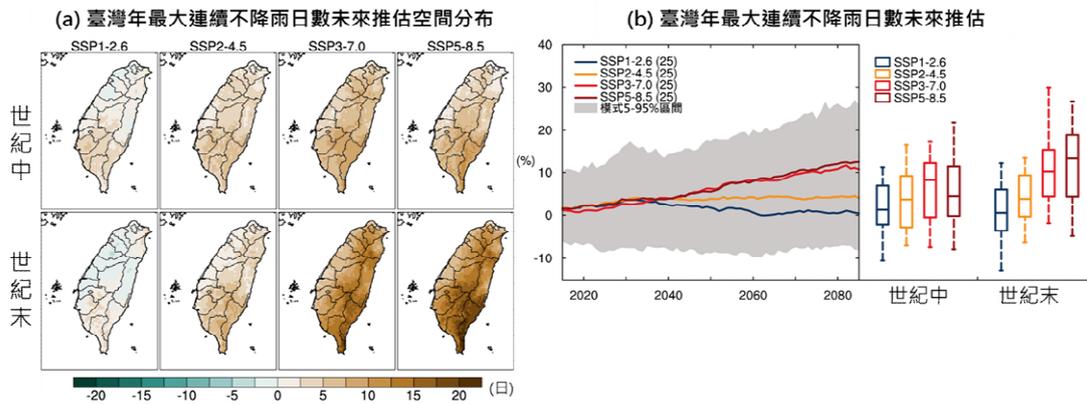


圖12、臺灣未來連續不降雨變化趨勢推估

4.

5. 本領域之氣候變遷衝擊

(一) 能源供給領域

聯合國政府間氣候變遷專門委員會(IPCC)於2023年3月20日發布的「第六次綜合報告：氣候變遷2023(AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023)」總結氣候變遷、廣泛的衝擊和風險、減緩和調適的全面回顧，該報告指出 人類活動排放溫室氣體，已明確導致全球變暖，2011-2020年全球地表溫度已比1850-1900高出1.1°C，人為造成的氣候變遷已經影響到全球每個地區的天氣和氣候極端事件。

氣候變遷也對全球能源產業造成相當影響，如2012年颶風珊迪(Hurricane Sandy)摧毀美國紐約變電所之電力設施，使運作出現問題導致爆炸；2017年颶風哈維(Hurricane Harvey)挾帶災難性降雨引發洪水，導致德州煉油廠關閉；2022年10月奈格颱風(Nalgae)肆虐菲律賓，造成280個城鎮電力供應中斷。而英國氣候風險獨立評估報告之技術報告(UK Climate Risk Independent Assessment (CCRA3) Technical Report¹)，也闡述高溫、乾旱、海平面上升及極端降雨事件對於能源設施都有相當程度的衝擊。

極端天氣事件對能源供給設施的衝擊最為直接明顯，過去我國也曾因颱風、極端降雨、及乾旱等事件，導致設施損壞，進而影響能源供給，例如：

1. 極端降雨衝擊事件：2017年6月梅雨鋒面侵襲，因雨勢過大，造成輸電鐵塔倒塌，機組因此跳機。同年7月尼莎颱風登陸，造成輸電電塔倒塌，進而影響供電。
2. 乾旱衝擊事件：2020年到2021年上半年，除北臺灣外，中南部地區雨量偏少，颱風也未登陸，釀成半世紀來最嚴重旱災。水情告急下，導致水力發電廠無法取水發電，影響發電量。

¹Jaroszweski, D., Wood, R., and Chapman, L. (2021) Infrastructure. In: The Third UK Climate Change Risk Assessment Technical Report. [Betts, R.A., Haward, A.B., Pearson, K.V. (eds)] Prepared for the Climate Change Committee, London

經濟部能源局自2011年起，即開始推動「溫室氣體管理與調適推動計畫」，建立相關風險評估方法與工具，以及提供氣候變遷資料等，協助並輔導能源產業鑑別氣候衝擊、評估氣候風險，並進一步規劃與執行調適行動。根據歷年調適工作推動之成果，可發現國內各種能源類型，在過去已面臨強風、極端降雨、乾旱、高溫、鹽害腐蝕等不同氣候類型之衝擊(相關衝擊影響如表2所示)。

表2、能源產業受氣候衝擊影響彙整表

能源類型	氣候衝擊影響				
	強風	極端降雨	乾旱	高溫	鹽害腐蝕
火力發電	造成線路與粉煤機跳脫	儲煤場降下超大豪雨，影響煤場排水	影響冷卻系統	影響發電效率	-
水力發電	-	廠房淹水，發電設備嚴重受損無法運轉發電。	水力發電發電能力明顯下降	使雷擊趨勢上升，造成機組設備損壞	-
風力發電	風力機組設備吹損、折斷	-	-	使雷擊趨勢上升，造成葉片、機組設備損壞	-
太陽光電	光電板可能被吹損	可能造成光電板損壞	-	影響發電效率	光電板失去發電效益
輸配電設施	強風吹斷樹枝，影響設備	造成變電所淹水，開關設備損壞	-	高溫跳機之可能性	鐵塔等設施恐造成鏽蝕
供油設施	導致進船偏移，暫緩卸收油料	燃料油管線沖斷	-	-	管線設備鹽分鏽蝕
供氣設施	風速大於船舶靠港規定，導致LNG船無法進港	雨沖毀導致過河段管線裸露	-	-	管線設備鹽分鏽蝕

(二) 產業領域

近年來全球氣候變遷釀成的氣候災害(如水災、乾旱、熱浪等)頻仍發生，已直接或間接影響到產業活動，其衝擊主要來自於瞬間強降雨、乾旱及高溫導致供水或供電中斷。依據 IPCC AR6報告與國內最新資料進行之臺灣氣候變遷變遷趨勢與本地氣候變遷衝擊評估情形可知，在最劣情境(SSP5-8.5)臺灣各地氣溫將持續上升，且於21世紀中、末超過36°C日數將可能增加9日、48日，同時年最大1日暴雨強度也有增加的趨勢。而根據美國能源部(U.S. Department of Energy)的報告(Climate Change, Infrastructure, Urban Systems, and Vulnerabilities, Technical Report²)指出，若氣候變遷導致的極端溫度持續發生，夏季高溫使空調、冷氣使用增加，連帶提高電力的需求。其次，短時間龐大的電力需求，將可能提高跳電頻率發生的風險，若生產設備缺乏緊急供應電力等設備，恐導致供應鏈的中斷。

經濟部工業局自民國101年起推動「製造業企業調適示範專案」，透過調適管理程序，協助企業鑑別氣候風險及其潛在衝擊項目。根據歷年製造業調適示範專案推動結果發現(如表3)，造成製造業生產效能降低之氣候事件主要為「強降雨」、「乾旱」及「高溫」，其原因如下：

1. 瞬間強降雨造成排水不及，導致廠區淹水，可能使生產設備停擺或損壞，台電公司電力供應緊急跳脫，導致工廠無法營運。
2. 由於部份產業製程需要穩定、持續的水資源，故當瞬間強降雨造成原水濁度過高導致暫停供水，或者因乾季降雨減少致使供水量不穩定，皆可能會影響產業製程。
3. 夏季高溫造成民生用電及工業用電需求增加，可能提高跳電風險，影響生產設備運作並降低產能。其次，高溫會降低冷卻水塔之冷卻效率，亦加劇用電量之需求，同時影響生產製程。

² Wilbanks, T. J., & Fernandez, S. (2014). *Climate change and infrastructure, urban systems, and vulnerabilities: Technical report for the US Department of Energy in support of the national climate assessment*. Island Press.

各氣候事件對產業之衝擊，依衍生災害衝擊、直接/間接衝擊及產業影響層面等面向，彙整產業衝擊如表3所示。降雨強度增加，可能造成淹水、坡地及暫停供水，主要影響層面較廣泛，包括資產面-重要設施或公用設備損壞、製程面-生產中斷損失、供水/供電系統停擺、人員面-人員安全及管理調度、供應鏈-運輸通路停擺、財務面-額外的營運成本及生產成本增加。

降雨強度減少將衍生乾旱(缺水)的災害衝擊，主要影響面向以製程面及財務面為主，分別為供水不足，將造成部份產業製程中斷，以及因應水源不足，額外增加之製程用水成本，或增設之儲水設施成本。

而高溫可能產生的產業影響層面也有：資產面-重要設施或公用設備損壞、製程面-缺電風險增加導致限電、人員面-高溫造成的身體不適及流行疾病影響工作人員安全及管理調度、財務面-用電量增加造成之營運成本上升，以及冷卻相關之生產成本增加。

表3、降雨及溫度的變化對產業的衝擊彙整表

面向		降雨強度增加	降雨強度減少	高溫
衍生災害衝擊		<ul style="list-style-type: none"> ● 淹水災害 ● 坡地災害 ● 暫停供水 (原水濁度高) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 乾旱(缺水) 	—
直接/間接衝擊		直接衝擊	間接衝擊	間接衝擊
產業影響層面	資產面	<ul style="list-style-type: none"> ● 重要設施設備損壞損失 ● 公用設備損壞損失 	—	<ul style="list-style-type: none"> ● 重要設施設備損壞損失 ● 公用設備損壞/損失
	製程面	<ul style="list-style-type: none"> ● 生產中斷損失 ● 供水系統停擺 ● 電力配電系統停擺 	<ul style="list-style-type: none"> ● 生產中斷損失 ● 供水系統停擺 ● 產能擴張受限 ● 廢棄物/廢水處理中斷 	<ul style="list-style-type: none"> ● 全台總用電量增加，促使台電實施限電措施，影響製程運作
	人員面	<ul style="list-style-type: none"> ● 人員安全 ● 人員管理調度 	<ul style="list-style-type: none"> ● 人員管理調度 	<ul style="list-style-type: none"> ● 員工生產力下降
	供應鏈	<ul style="list-style-type: none"> ● 運輸通路停擺或其成本增加 	—	—
	財務面	<ul style="list-style-type: none"> ● 額外的營運成本(人員/設備維修及購置) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 生產成本增加(增購原物料) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 公司營運成本增加(如增加空調用電成本等)

面向	降雨強度增加	降雨強度減少	高溫
	<ul style="list-style-type: none"> ● 生產成本增加(增購原物料) ● 儲水成本增加(設置儲水設施) ● 電力成本增加(設置緊急發電機) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 儲水成本增加(設置儲水設施) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 生產成本增加

第三章 未來氣候變遷情境設定及風險評估

6. 國家調適應用情境設定

(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）與固定增溫情境（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「固定暖化情境設定」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缺口之共同參考情境。

國家調適應用情境原則，相關情境說明如圖13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。

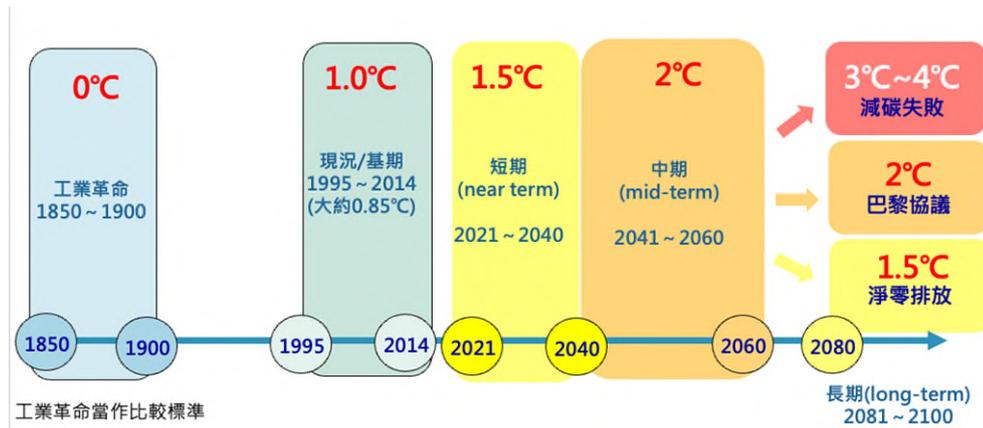


圖13、固定暖化情境之參考基準、基期與增溫情境與時程

本期調適行動計畫之「國家調適應用情境」原則優先採「西元2021-2040年升溫1.5°C、西元2041-2060年升溫2°C」，以兼顧施政期程規劃與目標設定，作為各部門進行風險評估與辨別調適缺口之共同參考基本情境，可強化國家整體風險評估之一致性，也助於跨部門風險評估應用與整合。

(二) 部門特定情境

因未來暖化情境具不確定性，升溫狀態會隨時間或國際社會參與程度而有所變化，而不同升溫情境、評估時期具不一樣衝擊強度。

參考英國能源業者於氣候變遷情境的選擇，主要係考量能源設施屬重要之基礎設施，因此大多採用較保守的方式來擇定氣候變遷情境，例如 E.ON、SSE、National Grid 等能源業者，均選擇高度排放情境(High Emission Scenario, HES)做為氣候變遷之情境，藉此考量最大風險以及可涵蓋大部分影響層面。

能源供給及產業領域於氣候變遷情境選擇上，考量能源設施屬於重要之維生基礎設施，若發生損壞，對於產業、民生及經濟面向恐造成相當程度的衝擊；此外，針對製造部門主要是以協助單一企業設定情境，並進行實體風險評估。因此，本領域均選擇以較保守的高排放情境 IPCC AR5 RCP 8.5 進行風險評估。未來也將配合臺灣本土之 AR6 資料公布發表狀況，進行滾動式修正調整。

7. 風險評估與調適框架說明

為有效整合各領域調適策略與行動計畫，促進跨領域與跨層級溝通交流及經驗分享，參考國科會所彙整之國內外調適推動方法與建議，並基於前期調適工作實務經驗檢討，將本期所提調適工作分為「辨識氣候風險與調適缺口」及「調適規劃與行動」等二階段，第壹階段「辨識氣候風險與調適缺口」包括調適課題辨識、現況風險盤點、未來風險及調適缺口辨識等工作，第貳階段「調適規劃與行動」則針對前述風險評估與調適缺口擬定具體目標，進行調適選項評估，逐步落實調適行動與監測，定期滾動檢討並公開成果說明國家調適進展，作為後續強化調適量能之溝通基礎（圖14）。

囿於各調適領域或行動計畫執行進度、科研基礎、評估因子複雜度有所不同，若尚無法直接進行調適行動規劃或落實調適行動之機關，需著重新於第壹階段壹之盤點現行基礎量能、評估氣候風險與缺口辨識，作為後續第貳階段擬定調適策略之依據。若前期已進行現況盤點與氣候變遷風險之機關，則針對風險與調適缺口於第貳階段進一步研擬調適策略與計畫，並訂定追蹤指標定期監測，以利於計畫結束後檢討執行效益，並持續滾動修正。

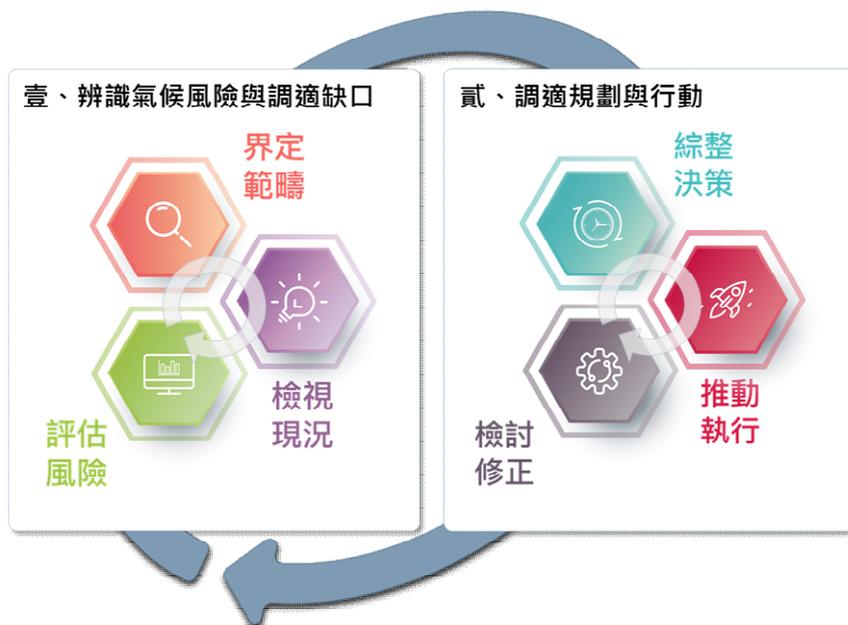


圖14、氣候變遷調適框架

8. 未來風險評估

(一) 能源供給領域

1. 已執行成果

能源供給領域調適策略發展歷程包含三個階段(如圖15)，第一階段主要以一對一方式，針對個別能源業者進行風險辨識以及風險評估的輔導；第二階段則是以平行展開的方式，建立風險評估填報平台，提供淹水與強風評估準則協助能源業者進行風險評估；第三階段係提供能源業者風險評估指引，透過原則性的風險評估流程與案例說明，引導能源廠處逐步自主執行氣候變遷風險評估。



圖15、能源產業調適策略發展歷程

在歷年輔導能源產業評估氣候變遷風險以及調適行動推動上，因我國位處西太平洋，氣候衝擊事件多與颱風侵襲有關，故能源廠家風險辨識與評估主要以淹水與強風為主，相關調適策略執行成果如表4。

表4、協助建議調適策略及追蹤執行成果

能源 類型	建議調適策略		追蹤調適策略執行成果	
	淹水	強風	淹水	強風
發電	<ul style="list-style-type: none"> ● 設置防水設施 ● 持續監測雨量或最新圖資評估 	<ul style="list-style-type: none"> ● 擬定強風預防措施 ● 持續監測風速或最新圖資評估 	<ul style="list-style-type: none"> ● 已設置雨量與水位計持續監測 	<ul style="list-style-type: none"> ● 已設置風速計持續監測
輸配電	-	<ul style="list-style-type: none"> ● 定期巡視或強風期間派員駐守與預備零組件 	<ul style="list-style-type: none"> ● 設備墊高 	<ul style="list-style-type: none"> ● 加裝防護措施與進行颱風防災準備
供油	<ul style="list-style-type: none"> ● 設置防水設施及增加巡檢 	<ul style="list-style-type: none"> ● 加裝防風設施或設置圍牆 	<ul style="list-style-type: none"> ● 設置滯洪池、大排水溝 ● 格柵欄更新、定期巡視並訂定應變 SOP 	<ul style="list-style-type: none"> ● 加強巡視高點並訂定緊急應變措施作業

2.本期推動方向

考量不同能源廠處因地理位置、廠區設備各有不同特性，故本期行動方案，除了延續前期推動成果，協助能源業者全面性自主評估氣候變遷衝擊及影響，並擴充與精進風險評估方法之外，更將建置氣候變遷調適策略規劃工具，包含提出調適策略規劃指引、建置能源領域各氣候衝擊之具體調適措施資料等，逐步引導能源業者規劃與執行調適策略與行動，以確保因應未來氣候變遷衝擊，維持能源穩定供應。

(二) 產業領域

為因應我國製造業相關產業面臨氣候變遷所可能發生的風險，當前提升企業瞭解氣候變遷對企業營運活動的影響及其實施調適

的必要性，仍屬相當重要的環節，係因企業須具備氣候變遷調適實施必要性的認知，才能有進一步的管理作為。經濟部工業局從歷年製造業氣候變遷調適示範專案之風險評估結果可知(如表5)，極端氣候事件，已顯然對企業有高度的潛在風險，像是瞬間強降雨造成排水不及，導致廠區淹水，可能使生產設備停擺或損壞，台電公司電力供應緊急跳脫，導致工廠無法營運；由於部份產業製程需要穩定、持續的水資源，故當瞬間強降雨造成原水濁度過高導致暫停供水，或者因乾季降雨減少致使供水量不穩定，皆可能會影響產業製程；夏季高溫造成民生用電及工業用電需求增加，可能提高跳電風險，影響生產設備運作並降低產能。其次，高溫會降低冷卻水塔之冷卻效率，亦加劇用電量之需求，同時影響生產製程。

在此同時，因企業調適本身屬自願性，仍無強制性規範考量下，經濟部工業局主要仍以宣導、輔導及資訊提供作為調適策略與其行動方案研擬之基礎，其最終期以引發企業的自主性調適管理。

表5、產業領域之製造部門調適暨 TCFD 示範專案實績

業別	實體風險
鋼鐵業	<ul style="list-style-type: none"> ● 降雨量急遽變化造成原水濁度過高或乾旱缺水 ● 未來高溫造成冷卻水塔冷卻效率降低，導致廠內發電及生產效率降低 ● 高溫造成鹽害增加管線腐蝕
紡織業	<ul style="list-style-type: none"> ● 暴雨淹水導致宿舍地下室區變電站電力中斷 ● 缺水影響空壓機及冰水機運作 ● 淹水導致原料供應中斷、生產設備損壞 ● 限水導致原物料無法泡製 ● 限水因頂樓空壓機缺乏冷卻水發生當機導致生產停滯 ● 高溫致工作環境溫度升高不宜人員長時間工作
水泥業	<ul style="list-style-type: none"> ● 暴雨淹水造成機台生鏽、電器短路、泥土或異物附著
電子業	<ul style="list-style-type: none"> ● 暴雨淹水使原物料與成品泡水，造成設備停止運轉，機台泡水損毀 ● 高溫致使台電公司供電不穩定，造成設備停機，冷卻水溫度增加，需要延長時間冷卻 ● 乾旱造成生產製程無法運作

業別	實體風險
	<ul style="list-style-type: none"> ● 暴雨淹水導致生產與物流成本增加 ● 高溫造成用電成本增加
化材業	<ul style="list-style-type: none"> ● 淹水以致冰水主機、變電站無法運轉 ● 高溫而有供電不穩定與限電可能，以致生產設備損壞與產能影響 ● 設備在台電公司輸電設施受到強風吹襲毀壞而斷電，對產能造成影響
機械設備業	<ul style="list-style-type: none"> ● 淹水以致設備泡水、電路短路或損壞 ● 供水不足導致產線停擺 ● 高溫導致頂樓設備易發生故障 ● 高溫易導致電氣設備故障
造紙業	<ul style="list-style-type: none"> ● 淹水導致原料供應中斷 ● 淹水導致廠內搬運和投料易打滑，無法正常投料 ● 儲物備件因受潮損壞 ● 缺水以致製漿供漿減少，紙機降低車速生產 ● 高溫導致廢水處理場廢水處理效能降低
金屬鑄造業	<ul style="list-style-type: none"> ● 淹水導致原物料/設備濕損及其生產中斷 ● 淹水影響人員上班之交通 ● 乾旱導致冷卻系統運作能力下降及實驗設備無法運作 ● 高溫導致廠內電控箱跳電、人員工作效率下降或身體不適

第四章 調適目標

能源供給及產業領域調適目標有三，分別為「提升能源產業氣候風險辨識能力與推動調適策略」、「完善製造業氣候風險管理」及「提升中小企業之氣候風險意識及機會辨識能力」。

本領域依據氣候變遷因應法第十九條：「中央目的事業主管機關應就易受氣候變遷衝擊之權責領域，訂定四年為一期之該領域調適行動方案，……」，擬定之調適目標對應氣候變遷因應法項目如下表：

本領域調適目標	對應氣候變遷因應法
目標一： 提升能源產業氣候風險辨識能力與推動調適策略	第五條第三項： 政府相關法律及政策之規劃管理原則。
	第六條： 因應氣候變遷相關計畫或方案之基本原則。
	第十七條第一項： 政府應推動調適能力建構之事項。
目標二： 完善製造業氣候風險管理	第五條第三項： 政府相關法律及政策之規劃管理原則。
	第六條：

本領域調適目標	對應氣候變遷因應法
	因應氣候變遷相關計畫或方案之基本原則。
	第十七條第一項： 政府應推動調適能力建構之事項。
目標三： 提升中小企業之氣候風險意識及機會辨識能力	第十七條第一項： 政府應推動調適能力建構之事項。

第五章 推動期程及經費編列

本期方案係延續前期（107-111年）階段成果據以滾動修正，參酌其推動期程，將國際發展趨勢納入考量，以四年（112-115年）為一期推動本期方案，依氣候變遷因應法規定，每年定期追蹤執行成果函報行政院。

本期方案各項延續型行動計畫經費，皆由經濟部編列預算支應，或透過前瞻基礎建設計畫等整合推動，新興計畫則依據「行政院所屬各機關中長程個案計畫編審要點」及預算籌編相關規定辦理。各項計畫循程序報奉核定後據以推動，能源供給及產業領域各計畫內容說明如下，摘要表列於附件。

9. 建構能源業氣候變遷調適管理機制及推動

(一) 推動期程：112-115年

(二) 經費編列：24,000千元

(三) 調適工作項目：

1. 蒐研能源業者投入調適工作誘因，以加強能源業者執行調適工作意願。
2. 推動能源部門調適管理制度，滾動修正調適報告審查機制。
3. 辦理能源領域調適知識推廣與人才培育課程，並納入自然解方(NbS)調適策略概念。
4. 維運能源領域氣候變遷調適管理平台，並擴充平台應用功能。
5. 擴充能源供給領域風險評估指引實務案例。
6. 蒐研並新增能源供給領域之氣候變遷風險評估資料。
7. 完善既有淹水、強風等風險評估方法，持續研析其他氣候衝擊類型之風險評估方法。

8. 以氣候變遷科學資料為基礎，協助能源業者辨識與評估未來風險，並撰寫風險評估報告。
9. 研析能源供給領域調適策略規劃方法，提出調適策略規劃指引。
10. 建置能源領域各氣候衝擊之具體調適措施資料庫。
11. 協助能源業者規劃調適策略與撰寫調適報告，並據以執行調適工作。

10. 製造業氣候變遷調適策略研議與能力建構

(一) 推動期程：112-115年

(二) 經費編列：23,250千元

(三) 調適工作項目：

1. 推動製造業氣候變遷調適暨 TCFD 示範專案，其對象以特定企業為主，協助依 TCFD 揭露建議中之風險鑑別、評估及其潛在財務損失等要求，進行未來氣候風險與低碳轉型風險對企業的衝擊影響。其工作項目包括：未來情境訂定、風險評估、潛在財務衝擊分析。
2. 辦理製造業氣候變遷調適宣導說明會等相關活動，其對象以製造業相關企業為主。
3. 推動製造業氣候變遷調適諮詢服務，其對象以製造業相關企業為主。為擴散推廣範圍，規劃調適諮詢服務概念。

11. 產業用水效能提升計畫

- (一) 推動期程：112-115年
- (二) 經費編列：17,500千元
- (三) 調適工作項目：

推動製造業水資源循環再利用，提升產業用水效率，其對象以製造業相關企業為主。為擴散推廣範圍，規劃調適諮詢服務概念。

12. 112年度加速中小企業節能減碳推廣計畫

- (一) 推動期程：112-115年
- (二) 經費編列：2,000千元
- (三) 調適工作項目：

辦理氣候變遷調適課程，協助中小企業掌握氣候影響內容，建立氣候變遷調適意識。

第六章 推動策略及措施

能源供給及產業領域在永續發展目標下，為提升維生基礎設施韌性、推動能源設施風險評估，提升能源供給及產業之調適能力，並強化調適與減緩兼顧之氣候行動，落實科學研發應用，因此訂定第三期調適目標、策略與措施如下表：

調適目標	策略	措施
提升能源產業氣候風險辨識能力與推動調適策略	調適能力建構	建立調適管理機制
	風險辨識與調適推動	精進氣候變遷風險評估工具
		建置氣候變遷調適策略規劃工具
完善製造業氣候風險管理	建構製造部門氣候變遷調適能力	推動製造業氣候變遷調適暨 TCFD 示範專案
	強化製造部門氣候變遷調適教育、宣導及人才培育	推動製造部門氣候變遷調適相關教育、訓練及宣導
		推動製造部門氣候變遷調適推廣服務
推動產業創新	提升製造部門資源使用效率或技術發展	
提升中小企業之氣候風險意識及機會辨識能力	強化中小企業氣候變遷調適教育宣導及人才培育	辦理營運續管理標準課程，協助中小企業建立氣候變遷調適所需的緊急應變與業務持續及恢復能力

第七章 我國國家永續發展目標關聯性

能源供給及產業領域調適行動方案（112-115年）之領域各目標對應我國國家永續發展核心目標及指標如下表：

能源供給及產業領域行動方案			臺灣永續發展目標 SDGs		
調適目標	調適策略	具體措施/ 行動計劃	核心目標	具體目標	對應指標
提升能源產業氣候風險辨識能力與推動調適策略	調適能力建構	建立調適管理機制	13：完備減緩調適行動以因應氣候變遷及其影響	13.3：提升氣候變遷永續教育與民眾素養	13.3.1：推動氣候變遷教育與永續校園 13.3.2：推動全民行為改變，落實低碳在地行動
		精進氣候變遷風險評估工具	13：完備減緩調適行動以因應氣候變遷及其影響	13.3：提升氣候變遷永續教育與民眾素養	13.3.3：因應氣候變遷之調適科學能力建構與服務
	風險辨識與調適推動	建置氣候變遷調適策略規劃工具	13：完備減緩調適行動以因應氣候變遷及其影響	13.1：增進氣候變遷調適能力、強化韌性並降低脆弱度	13.1.1：盤點氣候風險，訂定調適行動計畫據以施行

能源供給及產業領域行動方案			臺灣永續發展目標 SDGs		
調適目標	調適策略	具體措施/ 行動計劃	核心目標	具體目標	對應指標
完善製造業氣候風險管理	建構製造部門變遷調適能力	推動製造業氣候變遷調適TCFD示範專案	13：完備減緩調適行動以因應氣候變遷及其影響	13.1：增進氣候變遷調適能力、強化韌性並降低脆弱度	13.1.1：盤點氣候風險，訂定調適行動計畫據以施行
	強化製造部門變遷調適教育、宣導及人才培育	推動製造部門變遷調適相關教育、訓練及宣導		13.3：提升氣候變遷永續教育與民眾素養	13.3.1：推動氣候變遷教育與永續校園
		推動製造部門氣候變遷調適推廣服務		13.3：提升氣候變遷永續教育與民眾素養	13.3.3：因應氣候變遷之調適科學能力建構與服務
	推動產業創新	提升製造部門資源使用效率或技術發展		13.1：增進氣候變遷調適能力、強化韌性並降低脆弱度	13.1.1：盤點氣候風險，訂定調適行動計畫據以施行
提升中小企業之氣候風險意識及機會辨識能力	強化中小企業因應氣候變遷所需管運持續教育宣	辦理營運管理標準課程，協助中小企業建立氣候變遷調適所需	13：完備減緩調適行動以因應氣候變遷及其影響	13.3提升氣候變遷永續教育與民眾素養	13.3.2推動全民行為改變，落實低碳在地行動

能源供給及產業領域行動方案			臺灣永續發展目標 SDGs		
調適目標	調適策略	具體措施/ 行動計劃	核心目標	具體目標	對應指標
	導及人才 培育	的緊急應 變與業務 持續及恢 復能力			

第八章 預期效益及管考機制

13. 能源供給及產業領域預期效益

(一) 能源供給領域

能源供給領域主要政策推動方向包含確保能源設施安全及系統穩定供應，本期能源供給規劃一項目標、二項策略及三項措施，由過往輔導能源產業執行氣候變遷風險評估工作以辨識氣候風險，逐步引導能源產業能邁向下一階段，自主執行調適策略規劃，降低氣候變遷所造成衝擊，維持能源供給的穩定，本期行動計畫能源供給領域規劃之「建立調適管理機制」、「精進氣候變遷風險評估工具」及「建置氣候變遷調適策略規劃工具」三項措施，預期效益說明如下：

1. 提升能源產業投入意願，擴大推動調適工作

現階段尚無強制性要求能源產業執行氣候變遷調適工作之規範，透過調適管理機制建立及強化，可增加能源產業投入調適工作誘因。讓能源產業更為重視氣候變遷調適工作，達成擴大推動之效益。

2. 完善風險評估工具，強化以科學為基礎的評估方式

依據「氣候變遷因應法」第十七條第一項第一款規定：「一、以科學為基礎，檢視現有資料、推估未來可能之氣候變遷，並評估氣候變遷風險，藉以強化風險治理及氣候變遷調適能力。」，透過精進氣候變遷風險評估工具，納入最新科學證據及方法，可協助能源業者以科學為基礎，使氣候變遷風險評估更能切合實際情況，以利後續決策。

3. 引導能源產業執行調適策略，務實降低氣候衝擊

各能源廠處執行氣候變遷風險評估，並辨識本身氣候變遷風險後，仍需透過調適策略規劃及執行，方可降低氣候變遷所造成之衝擊。透過氣候變遷調適策略規劃工具建置，發展適用於我

國能源產業之調適策略規劃工具，協助能源產業推動調適策略規劃，務實降低氣候衝擊。

(二) 產業領域

面對氣候變遷，協助企業運用國際持續營運管理標準，在面臨氣候變遷衝擊的風險時，從關鍵業務流程、氣候風險評估、營運衝擊分析等面向，建立氣候變遷調適所需的營運持續管理系統，確保關鍵業務營運不中斷，降低氣候變遷所帶來的衝擊。

1. 推動製造業氣候變遷調適暨 TCFD 示範專案，結合 TCFD 風險概念，納入實體與轉型風險評估內容，協助示範廠分析各項氣候災害類型的影響程度差異，並擬定相對應之調適行動計畫，提升企業氣候韌性。
2. 提供氣候調適推動之專業諮詢服務與相關活動之辦理，將可助於提升企業氣候風險自主管理能力，並促進企業進行內部擴散與專業能力養成，進而邁向氣候風險自主管理。
3. 提升企業資源循環再利用，將推動製造業水資源循環再利用，提升產業用水效率，以助於企業因應未來氣候變遷的影響。

14. 管考機制

依據「氣候變遷法」第十九條第四項，易受氣候變遷衝擊權責領域之中央目的事業主管機關應每年編寫調適行動方案成果報告，送中央主管機關報請行政院核定後對外公開。

經濟部為易受氣候變遷衝擊之能源供給及產業領域中央目的事業主管機關。爰此，能源供給及產業領域調適行動方案之各協辦機關，每年將提交優先行動計畫成果或進度報告為並彙整為本領域成果報告，於法定期限前函送主管機關（環境部），環境部則將綜整能源供給及產業領域及其他領域成果撰擬國家調適計畫年度成果報告，循程序審核後公布並提報至永續會進行管考。

能源供給及產業領域行動方案各協辦機關皆需持續追蹤各別調適行動計畫執行情形，執行完成計畫辦理退場，並通盤檢視機關調適策略推動重點與方向，增減或修正提列之優先行動計畫，併同上述領域成果報告定期提交，並由中央主管機關（環境部）每半年召

開跨部會協商，針對關鍵議題進行討論凝聚共識，研提有效作法，據以落實調適策略監測與評估機制，以符滾動修正原則。

附件一、能源供給及產業領域氣候變遷調適行動計畫列表

調適目標	調適策略	調適措施	行動計畫名稱	調適工作項目	主辦機關/ 協辦機關	計畫經費 (千元)	起迄 (年)	計畫 類型	優先 計畫
提升能源產業氣候風險辨識能力與推動調適策略	調適能力建構	建立調適管理機制	建構能源業氣候變遷調適管理機制及推動	1.蒐研能源業者投入調適工作誘因，以加強能源業者執行調適工作意願。 2.推動能源部門調適管理制度，滾動修正調適報告審查機制。 3.辦理能源領域調適知識推廣與人才培育課程，並納入自然解方(NbS)調適策略概念。 4.維運能源領域氣候變遷調適管理平台，並擴充平台應用功能。	經濟部 能源局/ 經濟部國 營事業委 員會	9,600	112-115	延續	是

調適目標	調適策略	調適措施	行動計畫名稱	調適工作項目	主辦機關/ 協辦機關	計畫經費 (千元)	起迄 (年)	計畫 類型	優先 計畫
	風險辨識與調適推動	精進氣候變遷風險評估工具	建構能源業氣候變遷調適管理機制及推動	1.擴充能源供給領域風險評估指引實務案例。 2.蒐研並新增能源供給領域之氣候變遷風險評估資料。 3.完善既有淹水、強風等風險評估方法，持續研析其他氣候衝擊類型之風險評估方法。 4.以氣候變遷科學資料為基礎，協助能源業者辨識與評估未來風險，並撰寫風險評估報告。	經濟部 能源局	8,400	112-115	延續	是
		建置氣候變遷調適策略規劃工具	建構能源業氣候變遷調適管	1.研析能源供給領域調適策略規劃方法，提出調適策略規劃指引。	經濟部 能源局	6,000	112-115	延續	是

調適目標	調適策略	調適措施	行動計畫名稱	調適工作項目	主辦機關/ 協辦機關	計畫經費 (千元)	起迄 (年)	計畫 類型	優先 計畫
			理機制及 推動	2.建置能源領域各氣候衝擊之具體調適措施資料庫。 3.協助能源業者規劃調適策略與撰寫調適報告，並據以執行調適工作。					
完善 製造業 氣候 風險 管理	建構 製造 部門 氣候 變遷 調適 能力	推動製造 業氣候變 遷調適暨 TCFD 示 範專案	製造業氣 候變遷調 適策略研 議與能力 建構	推動製造業氣候變遷調適暨 TCFD 示範專案，其對象以特定企業為主，協助依 TCFD 揭露建議中之風險鑑別、評估及其潛在財務損失等要求，進行未來氣候風險與低碳轉型風險對企業的衝擊影響。其工作項目包括：(1) 未來情境訂定、(2) 風險評估、(3) 潛在	經濟部 工業局	12,000	112-115	延續	是

調適目標	調適策略	調適措施	行動計畫名稱	調適工作項目	主辦機關/ 協辦機關	計畫經費 (千元)	起迄 (年)	計畫 類型	優先 計畫
				財務衝擊分析。					
	強化製造部門氣候變遷調適教育、宣導及人才培育	推動製造部門氣候變遷調適相關教育、訓練及宣導	製造業氣候變遷調適策略研議與能力建構	辦理製造業氣候變遷調適宣導說明會等相關活動，其對象以製造業相關企業為主。	經濟部工業局	3,750	112-115	延續	是
		推動製造部門氣候變遷調適推廣服務	製造業氣候變遷調適策略研議與能力建構	推動製造業氣候變遷調適諮詢服務，其對象以製造業相關企業為主。為擴散推廣範圍，規劃調適諮詢服務概念。	經濟部工業局	7,500	112-115	新興	是
	推動產業創新	提升製造部門資源使用效率或技術發展	產業用水效能提升計畫	推動製造業水資源循環再利用，提升產業用水效率，其對象以製造業相關企業為主。為擴散推廣範圍，規劃調適諮詢服	經濟部工業局	17,500	112-115	新興	是

調適目標	調適策略	調適措施	行動計畫名稱	調適工作項目	主辦機關/ 協辦機關	計畫經費 (千元)	起迄 (年)	計畫 類型	優先 計畫
				務概念。					
提升 中小 企業 之氣 候風 險意 識及 機會 辨識 能力	強化 中小 企業 氣候 變遷 調適 教育 宣導 及人 才培 育	辦理營運 續管理標 準課程， 協助中小 企業建立 氣候變遷 調適所需 的緊急應 變與業務 持續及恢 復能力	中小企業 因應氣候 變遷持續 營運宣導	辦理氣候變遷調適所需 持續營運管理課程， 協助中小企業掌握 氣候影響內容， 建立氣候變遷調適 應變措施	經濟部 中小企業 處	2,000	112-115	新興	否

