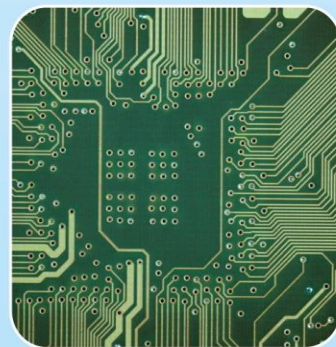


財團
法人

中技社

國際氣候變遷論述與責任

CTCI FOUNDATION



財團法人中技社(CTCI Foundation)創立於 1959 年 10 月 12 日，以「引進科技新知，培育科技人才，協助國內外經濟建設及增進我國生產事業之生產能力」為宗旨。初期著力於石化廠之設計與監建，1979 年將工程業務外移轉投資成立中鼎工程後，業務轉型朝向裨益產業發展之觸媒研究、污染防治與清潔生產、節能、及環保技術服務與專業諮詢。2006 年本社因應社會環境變遷的需求，在環境與能源業務方面再次轉型為智庫的型態，並擴大議題研究範疇，就國內前瞻性與急迫性的能源、環境、產業、社會及經濟等不同議題，邀集國內外專家進行全面的研究探討，藉由專題研究、研討會、論壇、座談會，以及將研究成果發行專題報告、叢書等方式，朝知識創新服務的里程碑邁進，建構資訊交流與政策研議的平台；協助公共政策之規劃研擬，間接促成產業之升級，達成環保節能與經濟繁榮兼籌並顧之目標。

本專題報告在台灣綠色生產力基金會鄭福田董事長召集下，共邀請行政院環保署前署長魏國彥講座教授及 UNEP 前資深專業官員兼主管程萬里教授擔任議題顧問，並邀集本社資源暨環境研究中心郭博堯資深研究員、環管協會施堅仁前秘書長、農科院黃德秀資深研究員、台灣環境安全衛生協會馬志明副理事長、中經院葉長城研究員、世新大學法學院葉雲卿院長共同撰稿（依章節順序），研析內容包括：氣候變遷科學論述及相關爭論、氣候變遷之可能影響、各國碳排放與責任分析、主要國家氣候治理之立場與角色定位、歐洲主要國家氣候治理之挑戰、國際氣候相關制度談判歷程與公平性探討，最後對臺灣氣候治理立場與角色定位提出建議，期能提供相關政策研討之參考。

發行人：潘文炎

主編：陳綠蔚、鄭福田

作者：郭博堯、施堅仁、黃德秀、馬志明、葉長城、葉雲卿（依章節順序）

執行編輯：曾志煌、郭博堯

發行單位：財團法人中技社

地址 / 106 臺北市敦化南路二段 97 號 8 樓

電話 / 886-2-2704-9805

傳真 / 886-2-2705-5044

網址 / www.ctci.org.tw

本社專題報告內容已同步發行於網站中，歡迎下載參考

發行日期：中華民國 112 年 12 月

ISBN：978-626-98214-3-3

序

隨著 2023 年 12 月 COP28 聯合國氣候峰會舉辦期間的新聞，多日佔據媒體重要版面，政府在氣候變遷治理的任何新舉措，必然都會成為臺灣產學研界熱論的焦點，毫無疑義的，氣候變遷是當前最受國內外高度關注的全球性議題之一。歷年全球氣候治理之公約談判與進程，多立基於當時最新的氣候變遷科學認知，而雖然當前氣候科學之相關研究與推論雖仍存在一定程度的缺陷，對於未來影響的推估也未必完全令各界信服，然人類可選擇忽略尚未完善之氣候科學界警示，亦或可尋求積極應對以降低可能之衝擊，此皆操之於人類的一念之間。

然而，氣候變遷不只是單純的科學與環境問題，僅以簡單直線思考便能有效因應，其涉及的溫室氣體減量與氣候調適問題，更關係到各國的政治、經濟、產業與社會利益，必然會存在國與國之間因不同立場而產生的爭論，而此層層複雜關係也會反饋影響到氣候科學的論述方向；自 1990 年聯合國「政府間氣候變化專門委員會」(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)成立以來，已先後發布 6 次氣候變遷科學評估報告，並配合國際談判進程提出許多特別報告，其科學論述內涵亦常與國際公約談判進程密切相關，顯示國際氣候變遷科學界之研究成果，也影響全球氣候治理之推進，可見氣候科學與國際氣候多邊機制之推動，二者存在實際互相影響的關係。有鑑於此，務實梳理氣候變遷相關科學研究之進展，確實掌握氣候科學的根本發展面向，以評估氣候變遷與氣候治理機制之潛在正反影響，對於我國要如何打造顧及成本效益之因應氣候變遷相關治理機制，將至關重要。

又氣候變遷既然與人類溫室氣體排放相關聯，原則上，任何國家與個人，都應對氣候變遷問題承擔一定責任與相對應的碳排放減量義務，然此卻持續成為國際氣候談判中已開發國家與開發中國家爭論的焦點問題，更有甚者，即使是已開發國家之間或開發中國家之間，亦常見彼此間產生矛盾，此乃因關係到各國的發展權、產業競爭，與政治及經濟利益；也因此，排放責任公平性課題，也相當值得進行研究與評析。

當今國際氣候談判最大癥結，在於經由談判與妥協所形成之氣候公約、相關

制度與未來推動方向，是否能夠在兼顧公平性及成本有效性情況下，達成 2050 淨零排碳目標，以當今進展來看，難度其實相當高；如果人類不能齊心理性有效減碳，而最後還是淪至各國各自盤算的結果，那我們只能自求多福。

對於我國而言，我們雖非聯合國之一員，但仍有意願為全球因應氣候變遷貢獻心力；然應負擔之責任及角色，應慎重衡量自身條件與國家利益，一方面尋求鞏固自身經濟、產業與社會之穩健發展以確保人民福祉，另一方面則應強化自身強項，在公平原則及符合臺灣能力前提下，為全球氣候治理帶來最正面的貢獻。而當前各國在全球氣候治理中的目標設定與角色定位，都是基於其自身之條件來形塑其內部機制，並連動推展國際多邊機制或雙邊機制，故各國相關機制都有其優劣點，可互相參考學習；然而，各國氣候治理目標與措施中，有多少是真正能夠落實的具體政策，有多少是從其氣候戰略角度出發而具有保護國家利益與強化產業競爭的意涵，又有多少僅是對外宣傳的工具，往往混為一談，而此一現象亦影響到缺乏國際氣候治理參與機會的我國，對於主要國家氣候治理之規畫目標與真正落實結果之認知，以至於存在受到誤導而損及我們國家利益之風險；因此，我國唯有調整剖析各國氣候治理措施的角度與深度，抽絲剝繭掌握其氣候治理措施的真正本質，才能務實指引我國氣候治理之方向。

爰此，今(2023)年度本社以「國際氣候變遷論述與責任」為專題，全面研析包括氣候變遷之科學論述與待解課題、氣候變遷對各領域與地域之正反可能影響、各國碳排放趨勢與排放責任評估方式、各國在全球氣候治理之立場與角色定位，歐盟主要國家氣候治理之挑戰，及國際氣候制度之公平性，以協助探討可兼顧我國氣候責任、鞏固產業發展，與確保民眾福祉條件下，依循公平原則，對全球氣候治理帶來有意義貢獻之立場與角色定位。

本專題報告特別感謝綠基會鄭福田董事長擔任議題召集人，並感謝魏國彥講座教授及程萬里教授擔任議題顧問；此專題報告係由本社郭博堯資深研究員負責主要撰稿工作，並由施堅仁前秘書長協助撰稿修訂，而部分第二章及第三章章節內容由黃德秀資深研究員協助撰稿，第四章由馬志明副理事長與郭博堯資深研究員共同合作進行分析與撰寫，第五章由葉長城研究員主撰，第六章由郭博堯資深研究員主撰，第七章則由葉雲卿院長與郭博堯資深研究員共同合作撰稿；此外，過程中也透過訪談與會議諮詢，獲得多位產官學研業界先進不吝提出分析與提供寶貴意見。謹對以上協助研討的專家先進致上敬意與謝意。

財團法人中技社董事長
潘文炎
2023 年 12 月

目錄

序	I
目錄	III
圖目錄	V
表目錄	VII
執行摘要	1
第一章 緒論	5
參考文獻	9
第二章 氣候變遷科學論述與課題	11
一、氣候變遷科學研究歷史	11
二、氣候模式研究簡介	13
三、古氣候學研究簡介	15
四、聯合國氣候變遷科學研究機構之發展歷程	17
五、「政府間氣候變化專門委員會」(IPCC)之運作特性與課題	19
六、人類溫室氣體排放與氣候變遷之關聯	21
七、IPCC 2007 年以來歷年評估報告之氣候變遷趨勢分析	24
八、臺灣氣候變遷相關科學研究與進展	27
九、氣候變遷科學待研討課題	31
十、小結	32
參考文獻	36
第三章 氣候變遷對各領域與地域之可能影響	41
一、氣候變遷之全球各區域之影響—檢視 IPCC 第 6 次評估報告	41
二、農業面向之影響	43
三、農業之氣候衝擊與調適—以葡萄酒產業為例	46
四、能源、航運、地緣政治與軍事面向之影響—以北極區域為例	50
五、可能為區域帶來重大衝擊之氣候臨界點探討	57
六、北非撒哈拉沙漠與綠色撒哈拉之變遷分析	60
七、中國大陸黃土高原氣候變遷與未來可能演變之分析	62
八、小結	65
參考文獻	68
第四章 主要國家碳排放趨勢與排放責任比較	75
一、全球溫室氣體排放趨勢概述	75
二、全球歷史累積碳排放總量與未來許可碳預算推估	82
三、歷史碳排放責任與未來碳排放權分配規則之探討	85
四、我國與各國未來碳排放權分配之概算分析	89
五、小結	92

參考資料.....	95
第五章 各國在全球氣候治理之立場與角色定位.....	99
一、已開發國家之立場與角色定位	99
二、開發中國家之立場與角色定位	108
三、其他重要國家之立場與角色定位	115
四、小結	118
參考資料.....	123
第六章 歐洲主要國家氣候治理之爭論與挑戰.....	131
一、歐洲主要國家部門別溫室氣體減量目標與排放趨勢變動	131
二、近期歐洲國家能源政策轉向與減碳目標之矛盾	134
三、歐洲國家製造業相關減碳政策之挑戰和衝突	137
四、歐洲國家交通與建築部門相關減碳政策之近期挑戰	140
五、小結	143
參考文獻.....	147
第七章 國際氣候相關制度與公平性研究.....	151
一、IPCC 歷年評估報告與國際氣候談判歷程之時序關係	151
二、科研實力對國際氣候談判及公平性課題之影響與所引發對立	153
三、IPCC 報告闡釋公平分擔氣候責任之挑戰與難以客觀中立之結果	154
四、由法律與政治角度觀察國際氣候公約之公平性需求與挑戰	156
五、國際氣候公約賦予各國氣候責任之挑戰與妥協歷程	158
參考文獻.....	167
第八章 結論與建議.....	169
一、結論	169
二、建議	171

圖目錄

圖 1.1 全球氣溫變動趨勢與氣候科學界的挑戰重心	5
圖 2.1 Callendar 於 1938 年提出 1880 年代至 1930 年代地球升溫之估算	12
圖 2.2 歷年夏威夷與南極觀測大氣二氧化碳濃度變化趨勢	13
圖 2.3 美國國家海洋暨大氣總署首個一般環流氣候模式概念圖示	14
圖 2.4 以南極冰芯協助重建 80 萬年來二氧化碳濃度與氣溫變化趨勢	16
圖 2.5 溫室氣體排放與氣候變遷關聯圖	23
圖 2.6 臺灣年平均溫度之時間序列與變化趨勢	29
圖 2.7 臺灣年降雨總日數	29
圖 2.8 自 1961 至 2009 年每年影響臺灣颱風個數	30
圖 2.9 全臺灣近地面均溫趨勢推估	31
圖 3.1 氣候變遷對人居區域之極端氣候事件影響（熱浪）	42
圖 3.2 氣候變遷對人居區域之極端氣候事件影響（強降雨）	42
圖 3.3 氣候變遷對人居區域之極端氣候事件影響（農業與生態乾旱）	42
圖 3.4 氣候變遷對全球玉米產量與漁獲量影響	43
圖 3.5 過去 30 年各洲子地區總農業損失占其農業 GDP 之比例	44
圖 3.6 全球葡萄酒產量（2000~2023）（不包括果汁和葡萄汁）	47
圖 3.7 北極與全球 1950-2020 年均溫變化趨勢比較	51
圖 3.8 北極地區主要油氣蘊藏盆地分布圖	52
圖 3.9 北極地區主要國家油氣生產情況(2010-2022 年)	53
圖 3.10 經過俄國北方之北極航線與傳統歐亞航線之概略比較	55
圖 3.11 受關注氣候臨界點之地理位置	59
圖 3.12 受關注氣候臨界點與大氣升溫之可能相對關係	59
圖 3.13 現今撒哈拉沙漠地區與兩次「綠色撒哈拉」時期地貌與降雨比較	61
圖 3.14 黃土高原東部與西部過去近 250 年降雨量趨勢變化	63
圖 3.15 全新世中期時東亞季風雨帶於黃土高原北移 300 公里	63
圖 3.16 中國大陸黃土高原地區 5 千年氣溫濕度趨勢變化	64
圖 4.1 工業革命以來全球化石燃料燃燒合計二氧化碳排放趨勢	76
圖 4.2 主要國家歷年化石燃料燃燒二氧化碳排放趨勢(1850-2021)	76
圖 4.3 全球能源燃燒與工業製程 CO ₂ 排放趨勢(1900-2022).....	77
圖 4.4 1990-2009 年間主要國家製造業 GDP 總量與成長率比較	79
圖 4.5 英國與德國歷年能源部門與工業二氧化碳排放趨勢(1946-2021)	80
圖 4.6 主要國家人均二氧化碳排放變動趨勢(1970-2021)	82
圖 4.7 主要國家 1850-2021 年累積二氧化碳排放量情況	83

圖 6.1 歐盟歷年各部門別溫室氣體碳排放趨勢(1990-2019)	132
圖 6.2 歐盟歷年各部門別溫室氣體碳排放水準之變動(1990-2019)	132
圖 6.3 德國 1990-2030 年各部門別溫室氣體排放趨勢與減量目標	133
圖 6.4 英國歷年各部門別溫室氣體碳排放趨勢(1990-2018)	134
圖 6.5 歐盟碳交易市場涵蓋產業歷年溫室氣體碳排放趨勢(2005-2022)	139
圖 7.1 氣候變遷科學評估報告與國際氣候談判之時間進程	152

表目錄

表 2.1 全球暖化潛勢(GWP)(100 年)	22
表 2.2 臺灣 2009 年與 2023 年兩次氣候變化統計報告差異說明	28
表 4.1 全球不同溫室氣體種類之個別與合計排放總量 (2020-2022)	78
表 4.2 附件一與非附件一國家溫室氣體歷史累計總排放占比	88
表 4.3 未來 1.5°C 目標下不同規則之各國碳排放權比較	90
表 4.4 未來 1.5°C 目標下不同規則的各國碳排放權可再排放年限之比較	91
表 6.1 歐盟 2021 年、2022 年前 3 季油氣進口來源與進口比重(%)	136

執行摘要

一、問題及目標

全球不同領域與地區，都可能如氣候科學警示，逐步受到程度不一的氣候變遷影響，必須適切行動才能減緩衝擊；然氣候科學是否能指引正確方向，如何因應有正有負之各類衝擊，各國能否公平承擔責任並放下自身利益齊心減碳等，樣樣都成為全球氣候治理之難題；我國有掌握氣候科學發展與因應氣候衝擊之需求，又理應以公平合理原則承擔責任，並設定兼顧臺灣自身減碳進程及調適衝擊、對應國際壓力與鞏固國家利益之立場；有鑒於此，本報告尋求透過氣候變遷科學論述、各國作為與國際制度之研析，並考量公平原則、自身條件與最有效益之貢獻，協助提供我國氣候治理角色及定位之立場建議。

二、研究範圍及內容

本報告第一章概論全球氣候科學研究歷程、全球氣候多邊機制的進展，與面對之挑戰，並於第二及第三章論述氣候變遷科學重要面向之進展、國際氣候科研組織的特色與運作、氣候科學之待解課題，並彙整氣候變遷對各領域與地域之正反可能影響；第四章論述各國碳排放趨勢變動，比較不同排放責任評估規則之差異，並參考主要規則概估各國排放責任；第五章與第六章介紹各國在全球氣候治理之立場與角色定位，並深入探討歐洲主要國家氣候治理所面對之挑戰；第七章則解析國際氣候制度下公平性議題之爭論、妥協與影響；並於各章小結探討臺灣如何看待自身之責任，與應有之氣候治理立場與角色定位。

三、研究結論

- (一)氣候科學界持續觀測到大氣二氧化碳濃度與氣溫快速攀升；雖然氣候模式對氣候衝擊之推估尚未完全釋疑，為了安全起見，決策者仍應參考警示，對氣候治理提出規劃；但須注意氣候科學重要參考依據的「政府間氣候變化專門委員會」(IPCC)報告，相關論述可能會受到政治與產業利益牽引，意圖影響國際產業版圖變動，須謹慎解讀。
- (二)氣候變遷衝擊可能有正有負，而不管是預先因應衝擊的受害方或是搶進發展契機的受益方，機會是給準備好的人。
- (三)各國碳排放趨勢變動常是反映其產業結構與經濟實力之消長，宜審慎客觀探究真實因果，可能是因為產業外移或縮減所造成之結果，切勿因部分國家排放趨勢減緩或下降，就直覺判定其碳排放減量有成。

- (四)要地球升溫不超過 1.5°C，全球總碳預算已耗掉 8 成 5 以上，自 2024 年起以當前全球排放水準只能再排放 7 年；削減目標越難達成，排放權分配相關爭議將會越尖銳。
- (五)碳排放責任與排放權分配原則是否考慮歷史責任及人人平等，與納入溫室氣體種類和基準年設定，都會顯著影響各國責任，致各國未能取得共識。
- (六)各國減碳規劃目標常與運作實情存在落差，此缺乏成效之結果常與背後政治及產業利益糾葛有關，未深究而逕行參採其規劃將蒙受風險。
- (七)外國可能會為特定部門或產業利益而布局「氣候陷阱」，例如歐盟的碳交易市場機制與碳關稅機制之核心為歐盟能源密集製造業補貼機制複合體，以強化相關製造業的保護。
- (八)氣候談判中的公平性爭論，不同國家論述立場分歧，從科學、政治與法律等面向，皆無法解決如何定義與公平分配氣候變遷責任；各國拒絕犧牲自身利益來齊心減碳，造成談判僵局，最後仰賴政治妥協、無具體公平減碳目標與避免約束性條款，已成國際氣候公約難以避免之結果。

四、改善對策及建言

(一)對氣候科學研究與影響因應之立場

1. 對於全球未來潛在受氣候變遷衝擊之區域、類型與規模，相關主管機關應持續彙整分析，以為建置預警機制與規劃糧食、能源、水資源等應變機制之依據，並可供產業界未來國際投資決策之參考。
2. 政府經費有限，宜優先採納可較明確掌握衝擊情況、成本效益較高之氣候調適措施，避免將資源投入衝擊情況不明、成本效益不高的工作。

(二)設定碳排放合理責任與建立碳排放數據解析正確觀念

1. 我國雖非國際氣候公約成員，但身為地球村一員，在臺灣歷史累積碳排放全球占比約 0.4%之情況下，應依據現階段合理公平原則，承擔應有責任，但減碳措施也應適切保護國家利益、產業競爭力與民眾福祉，並應有勇氣與智慧抵禦國際不合理壓力與進行國際折衝。
2. 對於國際碳排放權分配規則之歧異，臺灣即便參採不同規則，結果差異也十分有限，故可支持開發中國家基於歷史責任之分配原則，也能採納已開發國家基於排放現況比例之分配原則，立場可保持靈活彈性。
3. 臺灣可支持對我有利之排放責任規則研討；例如基於臺灣出口導向國家特性，可表述贊成消費端碳排放責任之討論。

4. 要合理設定各國排放責任需仰賴碳數據庫，應先具備解析量能，並能反駁對臺灣不利之論述；進一步可國際合作建置數據庫，以強化話語權。

(三)以減碳願景彰顯雄心，但氣候治理執行上不應自我箝制與躁進

1. 我國在支持減碳和永續地球的理念上表現積極，所承諾目標確實可激勵尋求科技突破之雄心，也是維護國家形象與爭取國際認同的重要手段。
2. 各國減碳進程不一，背後原因可能差異很大，因各國多不願犧牲自我利益來減碳，故要確實解析減碳有成是真正投資減碳還是產業衰退或外移所致，避免錯誤引用他國情況來對臺灣發展自我箝制。
3. 在執行層面上，要務實優先執行成本效益高、兼顧經濟與環境面向之措施；並尋求對於高效益減碳措施建立理性共識，排除政治與社會面障礙。
4. 對於成本高、難以減碳部門或產業，不要人云亦云的躁進，避免如近期部分國家所面臨之經濟與減碳雙重困境。

(四)分部門、分產業深入評估各國減碳措施落實與否，避免落入「氣候陷阱」

1. 政府應組織跨領域產業碳議題評估團隊，嘗試抓住各國碳議題布局及不同部門、不同產業之制度竅門，及確實掌握各國措施落實情況，能夠知己知彼，才能協助產業趨吉避凶，兼顧減碳與國際競爭力，也要嘗試爭取其中有利產業發展之機會。
2. 嘗試調整角度解析外國是否為了特定部門或產業利益而布局「氣候陷阱」，更要協助臺灣相關產業能避免被誘導設定不切實際目標或付出不對等成本，使自身產業可兼顧減碳與保護國際競爭力，以降低現有產業結構陷入破壞性變化之風險。

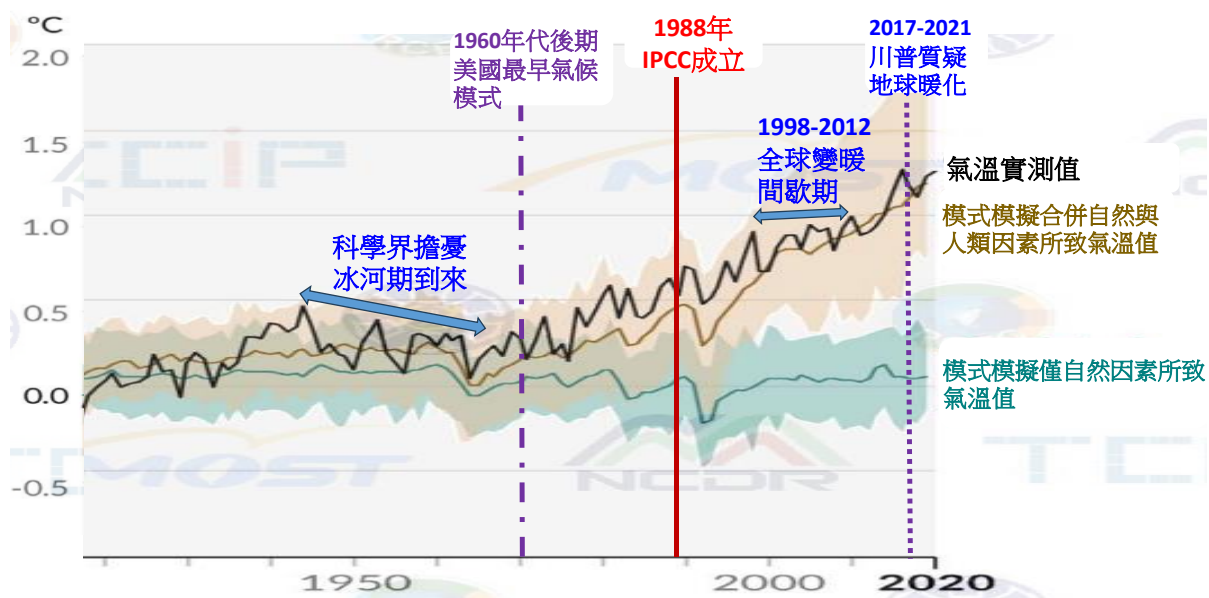
(五)氣候治理之國際合作面向建議

可與有特定氣候治理共同利益之國際「志同道合 (like-minded)」者交流合作，如合作強化對減碳承諾、減碳責任、碳關稅等氣候治理制度之公平性議題的對應之道；以碳關稅議題為例，可能有不少國家與臺灣受到類似影響，即可主動與之交流合作，共同在國際協作並研提因應策略。

財團法人中技社

第一章 緒論

1975 年 4 月 28 日，由美國知名雜誌《新聞週刊》(Newsweek)科學專欄記者 Peter Gwynne 撰寫的科學報導，內容提及：「地球氣候模式已經開始劇烈改變，而這些改變可能預告糧食生產的急遽減少；...1950 年以來英格蘭農田生長季已縮短兩周；...赤道地區增溫...可能帶來部分地區的乾旱荒蕪；...前一年 4 月美國 13 州 148 起龍捲風造成 300 人死亡」，是否看起來非常類似目前熟悉的氣候變遷報導？然而我們會很訝異地發現，在當時，科學界戒慎恐懼的主題，卻是「全球冷卻」(Global cooling)，因為北半球自 1945 年至 1968 年間，平均氣溫下降 0.5 度，且觀測到 1964 年至 1972 年間美國大陸日照量減少 1.3%；相關現象引發科學界一致擔憂，認為 1600 年至 1900 年間的「小冰河時期」可能再度降臨（參見圖 1.1）(Gwynne, 1975, April 28; Struck, 2014, January 10)。



註：以 IPCC 第 6 次評估報告圖為底稿進行繪製

資料來源：(IPCC, 2021；本研究自行整理)

圖 1.1 全球氣溫變動趨勢與氣候科學界的挑戰重心

時至今日，受到全球高度重視的氣候變遷議題，討論方向卻已經 180 度大轉變，轉為聚焦「全球暖化」(Global warming)等相關氣候系統之影響，且隨著 1988 年聯合國「政府間氣候變化專門委員會」(IPCC)成立後，已多次彙整全球氣候科學界科研成果，發表內容日漸豐富之評估報告，人類溫室氣體排放與地球暖化等氣候變遷相關影響的圖像，也被氣候科學界描繪的更趨清晰；過往曾有不少人士對「全球暖化」抱持懷疑態度，且即使氣候科學界自 1960 年代就開始建構氣候模式，卻難以用來解釋全球升溫趨勢一度於 1998 年至 2012 年間出現之升溫間歇期，一度使得包括美國前總統川普在內的氣候懷疑論者氣勢上漲；然而隨著近年

氣溫升高趨勢持續不斷，對當今主流氣候科學質疑的聲勢已明顯受挫；另一方面，氣候模式多年來持續強化對自然因素與人類因素所致氣候變遷的模擬成果，雖然相關氣候模式尚不完美，但據以提出之警示越來越受到全球重視。

另一方面，國際氣候談判角力與全球氣候治理機制形塑過程中，明顯與 IPCC 所主導的全球氣候科學研究及對特定主題論述之歷程，存在交互影響之錯縱複雜關係；又由於預期全球氣候變遷將帶來越來越多不同地域與領域之影響，為了避免氣候劇烈變遷，國際各界紛紛投入氣候治理工作，全球整體碳排放量成長速度也確實有所趨緩；然因各國在氣候變遷影響有別、資源與技術適用性有所差異、經濟社會產業與財政條件有所不同，如何兼顧全球環境與自身利益，成為許多國家的權衡重點，並逐步反應形成國家之立場，卻也造成多年來各國在諸多核心關鍵議題勾心鬥角，更對於公平減碳責任爭議不休，而難以齊心減碳，終於造成人類至今即將面對地球升溫警戒線被突破的困境，更使國際氣候談判衝突對立關係越趨尖銳；2023 年 12 月 13 日剛落幕的《聯合國氣候變化綱要公約》(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 第 28 屆締約方大會(COP 28)，即使討論的只是依據《巴黎協定》(Paris Agreement) 所執行第 1 次「全球盤點」(Global StockTake, GST) 之成果報告，對於其中對於各國的呼籲內容，都進行激烈的文字攻防，最後只能妥協通過所謂「合意」(Consensus) 版本，不須表決、沒有約束力，且各自陳述的文字都一起納入，讓大家各取所需。由於後續氣候談判衝突仍將一再上演，後續將如何發展，又會如何影響人類溫室氣體排放與氣候變遷，則值得我們持續關注。

在此現實環境下，氣候科研實力有限又無法參與國際氣候治理機制的我國，應該認清氣候議題諸多面向的本質、掌握國際氣候科研與全球氣候談判進程，並確認各國如何慎重衡量自身自然資源與社經條件，於國際多邊機制與國內自身或單邊機制上著力，以在氣候治理措施的遠大願景與真實落實程度之間進行取捨，還是要能夠強化自身政治社會、發展經濟產業與確保人民福祉；同時，我國也可參考 COP 28 氣候大會所提出之呼籲，基於公正、有序和公平之方式，深入掌握我國與各國在國情、自然資源條件、可依循的減碳途徑與方法之差異，再基於臺灣自身設定之氣候願景，在兼顧成本效益與國際競爭力條件下，自我決定應採取之氣候治理定位、自身減碳責任與氣候轉型的合適途徑，從而能協助政府、產業與學研界在各層面進行取捨，以求趨吉避凶之道。

爰此，本報告以氣候變遷科學發展、正反影響、碳排放責任、各國氣候治理措施、氣候談判公平性等為核心進行研析。第一章為前言；第二章概要介紹氣候變遷科學相關發展，探討聯合國氣候科研機構之運作，並提供氣候變遷相關科學論述進展與待解課題；第三章先論述氣候變遷對不同區域之影響程度評估，再分別以農業與北極地區的能源、航運、軍事等不同面向為例，說明各領域與地域之可能正反影響，並闡述未來可能會越過氣候臨界點之熱點，也聚焦撒哈拉沙漠與

黃土高原變遷的討論；第四章則探討全球主要國家溫室氣體排放歷史情況與累積排放，與進行全球碳預算、排放責任與排放權分配規則之討論，再據以探討未來碳預算可如何進行分配；第五章則說明主要已開發國家、開發中國家與其他重要國家對全球氣候治理之基本立場與角色定位，並對其背後的政經因素加以分析；第六章則聚焦在全球氣候治理話語權占有領導地位的歐洲主要國家，分析其近年面對減碳工作上說與做之間存在落差的挑戰；第七章則分別討論科學、政治與法律領域對於國際氣候談判過程中公平性議題之探討，及氣候公約各階段之公平性問題，最後再以各國「國家自定貢獻」報告內容為例，討論氣候責任之實踐與公平性；第八章則是結論與建議，彙整第二至第七章之重點與建議事項，尋求提出可兼顧臺灣自身穩健發展及確保民眾福祉條件下之氣候治理責任立場與角色定位，以供各界參考。

英文縮寫對照表

縮寫	英文名稱	中文名稱
COP	Conference of the Parties	聯合國氣候變遷綱要公約締約國大會
GST	Global Stocktake of the Paris Agreement	巴黎協定全球盤點
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	政府間氣候變化專門委員會
UNFCCC	The United Nations Framework Convention on Climate Change	聯合國氣候變遷綱要公約

參考文獻

- Gwynne, Peter. (1975, April 28). The Cooling World. Newsweek.
<https://iseethics.files.wordpress.com/2012/06/the-cooling-world-newsweek-april-28-1975.pdf>
- IPCC (2021). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>
- Struck, Doug. (2014, January 10). How the "Global Cooling" Story Came to Be. Scientific American.
<https://www.scientificamerican.com/article/how-the-global-cooling-story-came-to-be/>

第二章 氣候變遷科學論述與課題

前言

氣候變遷的科學研究由早期的觀念建構、科學量測、與現象分析作為基礎推論，近期則藉由氣象觀測數值、蒐集古氣候研究證據和電腦模式來模擬氣候系統，進而對氣候變遷的瞭解逐漸加深。本章先概述氣候變遷科學研究歷史，並說明聯合國氣候變遷科學研究機構「政府間氣候變化專門委員會」(IPCC)之發展緣由，再對於 IPCC 的運作特性及實際運作上的挑戰擇要進行討論，接著提供 IPCC 對人類溫室氣體排放與氣候變遷關聯之科學論述，並摘述各評估報告所推估溫室氣體排放可能導致氣候變遷情況，及氣候變遷對人類所造成的影響；此外，也簡要說明我國氣候變遷相關科學研究與進展；最後則簡述未來氣候變遷研究仍需科學界持續努力之相關挑戰。

一、氣候變遷科學研究歷史

(一)19 世紀開始的地球氣溫與溫室氣體特性研究

科學家討論全球氣候影響因素已經有近兩百年歷史。法國數學與物理學家 Joseph Fourier 在 1820 年代分析影響地球溫度的各種因素時，估算太陽輸入地球表面的能量，似乎無法將地球溫度維持在現今水準，而推測大氣層可能為重要關鍵。1859 年，愛爾蘭科學家 John Tyndall 藉由比分光光度計(Ratio spectrophotometer)測量氣體的熱輻射吸收能力(將紅外線等光線能量轉換為熱量)，陸續經實驗證明氮氣、氧氣與氫氣並無紅外線之熱輻射吸收能力，而水蒸氣、二氧化碳等氣體則具有明顯之紅外線熱輻射吸收能力。後續科學家則更具體量化上述各種氣體相對應不同波長紅外線之熱輻射吸收能力，並由氣候科學界逐步建立可吸收紅外線熱輻射氣體於大氣中作用機制之概要理解：太陽以短波的形式輻射能量，主要是可見光或近可見光(如紫外線)，而到達地球的太陽輻射約有三分之一被直接反射回太空，約一半被地球表面吸收，其餘部分被大氣吸收；因為地球比太陽的溫度要低得多，所以地球表面又以長波長之紅外線的方式向太空輻射所吸收的熱量，而陸地和海洋釋放的熱輻射有部分被大氣吸收了，然後又被輻射回地球，這就是所謂的溫室效應；上述大氣層中可吸收與釋放由地表、大氣所釋放出之紅外線熱輻射的氣體被稱為溫室氣體，其聚集在大氣中，使得紅外線輻射吸收增加。因為大氣中溫室氣體的含量變化，改變太陽輻射對於大氣層的入射量和向外的紅外線(熱)輻射量，進而影響氣候系統的增溫與冷卻。

瑞典化學家 Svante Arrhenius 提出大氣中二氧化碳翻倍會導致影響環境溫度變化的「氣候敏感性」概念，並在 1896 年首次預估大氣中二氧化碳翻倍的溫度變化約 4°C 左右，不過當時的相關立論基礎並未將海洋、水蒸氣、雲層等之交互作用因素納入評估。從 1920 年後，氣象學家陸續觀測到部分地區的氣候出現有

意義的變化，如 Joseph Kincer 在 1933 年提出個別城市的氣溫一直在上升的現象；與此同時，其他科學家則開始測量大氣中的二氧化碳濃度變化；業餘氣象學家 Guy Stewart Callendar 將二氧化碳測量結果與氣溫上升議題連結，並蒐集世界各地溫度紀錄及大氣中二氧化碳濃度的測量結果後，於 1938 年向皇家氣象學會的研究員發表過去 50 年由於化石燃料燃燒導致大氣中二氧化碳的增加，從而使全球氣溫上升 0.3°C 的估算成果(參見圖 2.1)；不過當時的發現雖然被認為很有趣，卻被視為是以結果進行推論，未能進一步研究(Callendar, 1938; Climate Science Investigations (CSI), 2023, April 3; Graham, 1999, October 8; Hawkins, 2013, September 30)。

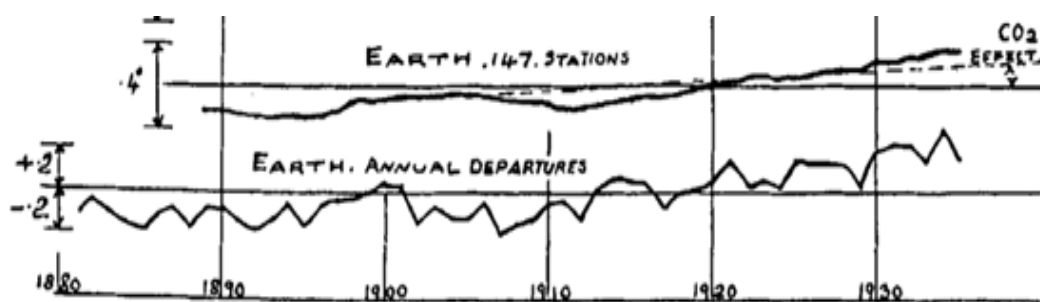


FIG. 4.—Temperature variations of the zones and of the earth. Ten-year moving departures from the mean, 1901-1930, $^{\circ}\text{C}$.

資料來源：(Callendar, 1938)

圖 2.1 Callendar 於 1938 年提出 1880 年代至 1930 年代地球升溫之估算

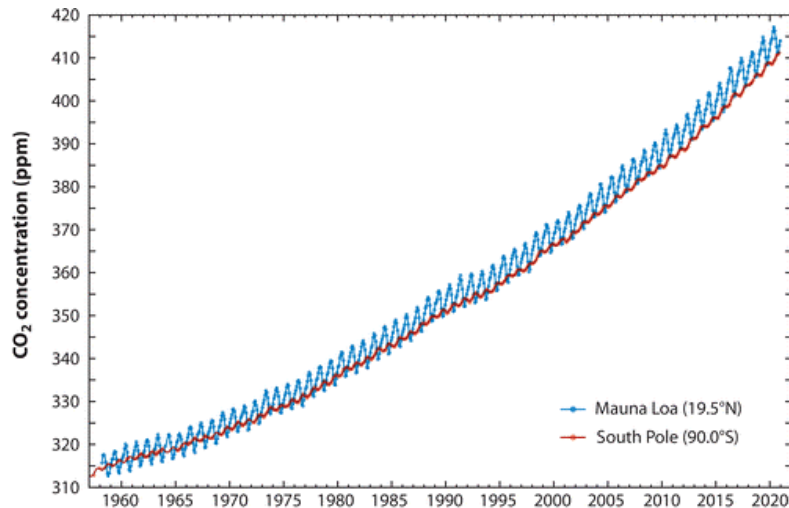
(二)1950 年代以樹木同位素驗證大氣中人類排放溫室氣體占比增加

由於大氣層中存在一定比例受到宇宙射線照射產生的碳-14，在經過數千年會衰變為不具放射性的碳-12(或很少量的碳-13)，因此深埋地底的煤炭、石油、天然氣等化石燃料經燃燒所排放的二氧化碳，理應不存在有碳-14。唯 1950 年代化學家 Hans Suess 對樹木同位素進行檢測，則發現樹木越年輕，木材中的碳-14 比例越低，總總跡象推測使用化石燃料所排放到大氣中之二氧化碳確實越來越多，而此成為人類影響大氣二氧化碳濃度之第一個印記(Keeling & Graven, 2021; Suess, 1955)。

(三)夏威夷與南極觀測大氣二氧化碳濃度變化

1950 年代科學家分別在夏威夷的 Mauna Loa 與南極建立大氣二氧化碳濃度監測站，彙整近 70 年之二氧化碳數值，可以看出逐年增加之趨勢(圖 2.2)。另一方面，經由分析南極冰芯保存的空氣成份來推估較早期的大氣二氧化碳濃度，估算 1800 年代工業革命前之大氣二氧化碳濃度，僅較 1 萬年前全新世中期高 10 ppm，來到約 280 ppm；然而到 2020 年的這兩百多年間大氣二氧化碳濃度已經升高至 414 ppm (至 2023 年已經接近 420 ppm)；多項觀測結果顯示，人類活動造成溫室氣體排放濃度上升的應該受到重視。最早提出應注意人類活動可能造成氣候

變遷並可能有所影響的官方機構則為 1965 年之「美國總統科學諮詢委員會」，然而那段期間更多科學家感到興趣的議題卻是「地球冷卻」(Global cooling)以及當時因為撒哈拉地區以南的長期乾旱引發的氣候變化特性討論；直到 1980 年代，科學界才開始正視溫室氣體濃度上升以及可能引發的地球暖化等問題(Agrawala, 1998; Keeling & Graven, 2021)。



註：波動較大曲線為夏威夷 Mauna Lao 觀測值，波動較小曲線為南極觀測值
資料來源：(Keeling & Graven, 2021)

圖 2.2 歷年夏威夷與南極觀測大氣二氧化碳濃度變化趨勢

二、氣候模式研究簡介

(一) 氣候模式功能

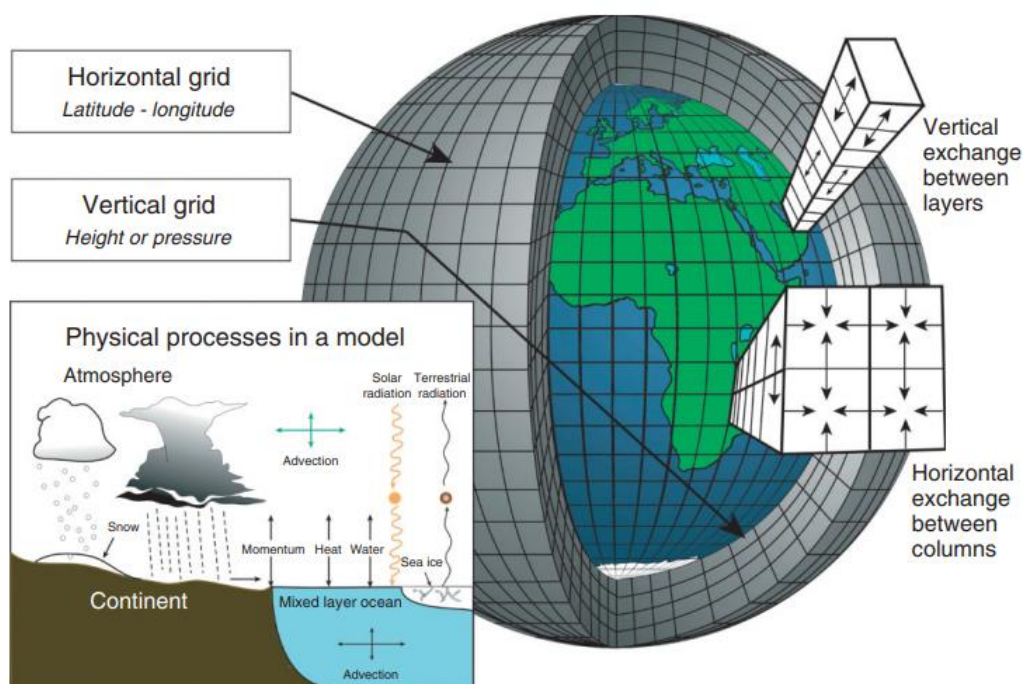
氣候模式是當今科學界研究氣候變遷的核心工具，其能協助理解氣候系統內各組成之交互作用、反饋機制、氣候系統局部或整體機制運作，亦能透過氣候模式重建古氣候情境並進行驗證，也可模擬不同的人為或自然界氣候驅動因子（如二氧化碳濃度的增加或太陽輻射的變化）對氣候的影響，從而可協助預測未來氣候變遷可能的社會、經濟和生態系統影響，此對於規劃和制訂各領域(例如水資源管理、農業、交通、都市規劃等)之應對策略與政策將至關重要。氣候模式演進多年，雖然仍存在問題，但科學界透過持續瞭解氣候預測的不確定性，及探索不確定性因素之來源，而得以不斷進行氣候模式功能與準確性之強化(Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, Accessed on October 18, 2023)。

(二) 早期氣候模式

氣候建模的歷史始於概念模式，由觀測到的溫室氣體與氣溫間變化而建構出關係式，再加入有關於太陽輻射、大氣氣流循環、能量傳輸等之探討；隨後科學界在 19 世紀逐步發展出能量平衡和輻射轉移的數學模式。

一般認為最早接近現今完整架構之氣候模式，是 1960 年代後期美國國家海

洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)所屬的地球物理流體動力學實驗室(Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, GFDL)所發展出的耦合海洋和大氣過程一般環流氣候模式(Coupled ocean-atmosphere general circulation climate model)。此開創性模式將地球劃分為一個三維網格，計算每個網格內包含大氣、海洋、陸地表面和海冰等主要氣候組成系統的風、熱傳、輻射、相對濕度和地表水文，並評估與相鄰網格的相互作用；圖 2.3 概述該模式可視覺化網格的佈局方式及所包括的主要物理過程；雖然該模式僅覆蓋地球表面的六分之一，以及早期對海洋和大氣環流及其相互作用的瞭解純粹基於理論和觀察，仍初步預測如海洋、大氣環流和溫度等因素之變化如何導致氣候變遷，對於氣候科學具有重要意義之突破(Edwards, 2011; National Oceanic and Atmospheric Administration, 2007)。



資料來源：(Edwards, 2011)

圖 2.3 美國國家海洋暨大氣總署首個一般環流氣候模式概念圖示

(三)當前全球氣候模式架構

現今全球氣候模式 (Global climate model) 仍以前述的一般環流模式(General circulation model)為主體，而最知名的美國國家海洋暨大氣總署旗下實驗室所發展之 GFDL climate model，至今持續維持將地球劃分為代表特定地理位置和高度的三維單元網格，每個網格由大氣、陸地表面、海洋和海冰等 4 個主要氣候系統組成，大氣系統模擬雲與氣溶膠，陸地表面系統模擬植被、積雪、土壤水、河流和碳儲存等地表特徵，海洋系統模擬洋流運動與混合、生物地球科學等，海冰系統則模擬太陽輻射吸收及空氣與海洋熱能和水氣交換等，各系統組成有其個別方程式來計算，模式在各系統間之熱量交換、水和動量的通量等交互作用以複雜數學

表示，而各系統組成間的能量平衡則是長期氣候預測的關鍵。隨著電腦功能越來越強大，以高解析度之更小的網格模擬，得以持續提高結果之精細度。不過不同氣候模式在許多分析結果和預測上都存在差異，且許多氣候變數對地球能量平衡的影響還存在諸多不確定性，必須不斷藉由測試新的交互作用過程，以尋求持續提高模式之完整性、正確性與解析度(Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, Accessed on October 18, 2023)。

(四)全球氣候模式合作研究之進展

為了協助全球氣候模式之發展，國際科學界陸續有研究單位推動進行不同國家研究團隊間之模式模擬與比較計畫，以強化氣候模擬之研究結果；根據 2017 年統計，全球有 67 個涉及氣候模式評估、氣候預測與模式發展的國際比對計畫，其中最知名的是 1990 年代開始由「世界氣象組織」(World Meteorological Organization, WMO)所推動的「世界氣候研究計畫」(World Climate Research Programme, WCRP)的「耦合模擬工作組」(Working Group on Coupled Modelling, WGCM)所主導的「耦合模式比對專案」(Coupled Model Intercomparison Project, CMIP)。CMIP 此一全球氣候模式診斷與相互比較之計畫，最初目的是對當時數量不多的耦合氣候模式之性能進行比較，此後全球相關模式蓬勃發展，科學界需要專門組織來針對各國相關研究機構之模擬結果進行系統性比對，並增進對於地球氣候系統之科學理解，而逐漸發展為不同階段的規模龐大 CMIP 專案；CMIP1、CMIP2、CMIP3 參加之模式數目分別有 10 個、18 個、23 個，跨過 CMIP4 過渡計畫後，CMIP5 有來自各國 20 個研究單位共 40 多個模式參與；至 2013 年啟動的 CMIP6，參加的研究團隊再達到 33 個(新增 13 個團隊中，也首次包括我國中央研究院環境變遷研究中心團隊)，參與的模式版本也高達 112 個；2016 年美、英、德、法等國研究機構共同發表之 CMIP6 進度報告中，說明第 6 階段支持完成 21 個模式比對專案，並藉此進行各國模式架構整合；也基於 CMIP6 發表大量氣候變化模擬與推估成果，從而成為「政府間氣候變化專門委員會」(IPCC)評估報告撰寫之重要基礎(Eyring et al., 2016; 周天軍 et al., 2019)。

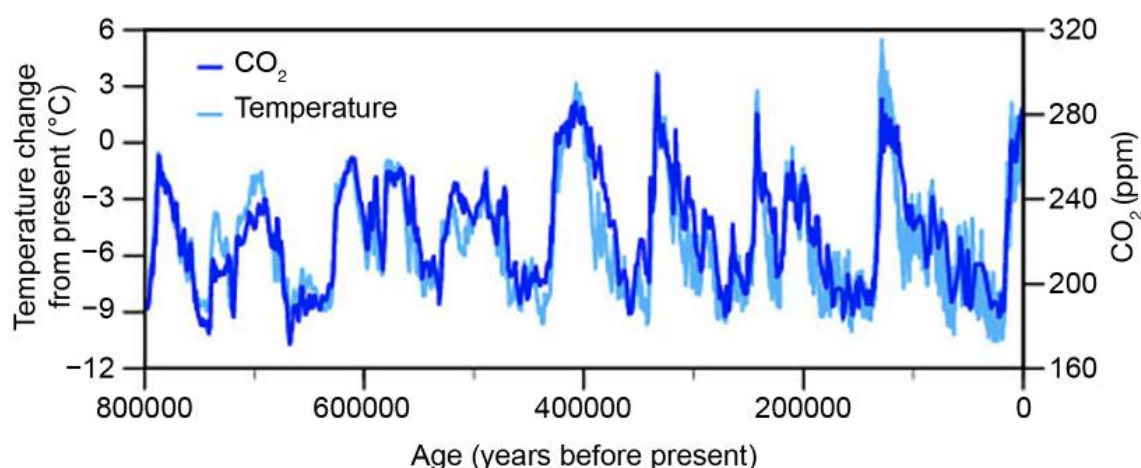
三、古氣候學研究簡介

古氣候研究學係對地球過去氣候的研究，有助於理解氣候系統如何運作、如何互動等複雜課題，例如太陽輻射、火山活動與大氣成分如何影響氣候；古氣候學也有助於瞭解自然氣候變遷的模式和速度，以更能掌握當前人為因子和自然因子對於氣候變遷之貢獻，從而能提供更為周延之資料，來測試和驗證氣候模式，藉此提高氣候模式之可靠性；此外，也可藉由古氣候研究幫助預測未來可能的氣候極端事件，提供對未來氣候變遷可能帶來的挑戰的洞察，從而能更好地應對準備。研究主要來自下列幾個方式：

(一)代用指標紀錄(proxy record)

目前最普遍的古氣候研究方法，主要包含樹木年輪、洞穴構造和珊瑚骨骼的地球化學、極地和高海拔冰川和冰蓋的組成和內容，以及湖泊和海洋沉積物的有機和無機成分等，作為氣候代用指標，以重建地球過去的氣候史；此過程乃透過對代用指標系統的測量以及對此系統如何反映其過去環境的理解，來估計其形成的條件。這些代用指標紀錄多為生物、化學和物理過程的結果，生物體或系統在生長或形成過程中，感知其環境的可變性，並將其記錄在我們可以觀察和測量其特徵的材料檔案中；古氣候學家通常通過定量或定性地反轉這一過程鏈，來從這些數據中重建過去的氣候。然而，這種古氣候重建的逆向過程，通常是不完美的；例如，樹木年輪紀錄複製良好，並提供精確的年度年表，然而，它們很大程度上被限制在千年以內，且這些紀錄中多來自北半球陸地地區；而海洋沉積物紀錄提供過去可能長達數百萬年的氣候紀錄，但通常解析度較低（數百到數千年），且偏向沿海海洋環境。在評估人類歷史上的特定事件與極端氣候之間的關聯時，雖然代用指標可以提供有關氣候變化和百年或更長時間尺度上與長期文化變化和人類進化相關變異性的資訊，然低時間解析度和時間順序的不確定性，可能會限制代用指標的適用性(Degroot et al., 2022)。

最有名的古氣候重建數據，為採用南極冰芯捕捉的氣泡及冰本身，所協助重建數十萬年以來的大氣二氧化碳濃度與氣溫變化趨勢紀錄，如圖 2.4 所示，該重建紀錄之趨勢顯示，當大氣中二氧化碳的濃度增加時，溫度也隨之升高，反之亦然(National Centers for Environmental Information, 2022, December 5)。



資料來源：(National Centers for Environmental Information, 2022, December 5)

圖 2.4 以南極冰芯協助重建 80 萬年來二氧化碳濃度與氣溫變化趨勢

(二) 考古與生物物候學(phenology)研究

在缺乏當今科學觀測儀器提供氣候觀測數據的人類歷史時期，透過考古或生物物候學的研究，可以對氣候科學觀測數據之空白階段提供補充資訊。考古研究方法乃藉由古代生物與現代同類生物活動範圍之比較，推論過去與現在氣候條件

之差異。例如中國大陸學者竺可楨研究指出，中國大陸考古學界在西安附近半坡村約西元前 5,000 年至前 3,000 年之仰韶文化遺址發現河鹿(獐)及竹鼠化石，在河南省黃河以北安陽約西元前 1,400 年~西元前 1,100 年之殷墟遺址發現獐、竹鼠、馬來貘(學名: *Tapirus indicus*)、水牛和野豬等動物化石；此外，山東歷城縣約西元前 2,500 年至前 2,000 年之龍山文化遺址中，曾發掘到碳化竹節。獐現今分布於亞熱帶之長江中下游和東部沿海一帶，竹鼠主要棲息於亞洲南部之熱帶與亞熱帶森林、灌叢和竹林中，馬來貘分布於東南亞的馬來半島、蘇門答臘、泰國、柬埔寨和緬甸等地之低海拔熱帶雨林，而竹子多分布在溫暖潮濕、雨量豐富的熱帶及亞熱帶地區；又考古學家於河南安陽殷墟發現眾多甲骨文中，有記載當地在 3 月下種(較現今 4 月中下種提早 1 個月)及當地獵得大象；中國大陸學者曾依據相關考古資訊，進行古代氣溫變動趨勢之半定量討論(竺可楨, 1972)。

物候學(Phenology)指的是在沒有觀測儀器時代，人類對過去天氣的觀察或活動受到天氣深刻影響的紀錄都屬於這類研究範疇；例如人們透過紀錄下雪、河水結凍、湖面結冰、植物發芽、開花、果樹結果、候鳥遷徙等現象之變化，又如對於秋季收穫或冬季運河使用情況之紀錄，或在航海時代為幫助導航而編寫包括風或海冰測量及對風速和方向或海冰厚度和分佈做出反應的海洋活動的描述之航海日誌，來掌握氣候變遷，所發展之氣象學和氣候學；而相關記載可能有系統的記錄於中央政府或地方政府的官方文書中，也可能透過民間農業、商業、航運等書籍與紀錄，或甚至散見於詩詞等對於各地方氣候影響活動之描述，來進行不同年代氣候條件之理解。中國大陸早在幾千年前就開始進行物候觀測，相關考古與文獻保存歷史較為悠久，學者竺可楨早年曾經據以繪製 5 千年歷史之中國北方氣溫變化趨勢，但偏向半定量之描述，後繼則例如有學者王紹武等進一步有系統的彙整分析歷代物候文獻與氣候之關係；1700 年代歐洲與 1800 年代的日本也陸續建立物候觀測紀錄；近年各國紛紛建立物候觀測網路，例如美國的國家物候網路(National Phenology Network)、歐洲的泛歐物候網路(Pan European Phenology Network)，及加拿大的植物觀察(PlantWatch)等。特定物種的歷史物候觀測，可被廣泛用於確定長期氣候趨勢，並分析生態系對氣候變遷之反應；然此類氣候觀測方式有其侷限，例如此類觀察證據可能是不連續的，並且例如植物可能存在相當大的年際間變化，或受到其他因素的影響，造成物候研究可能會凸顯極端天氣現象而不是平均值之結果(Degroot et al., 2022; Liu & Zhang, 2020; 竺可楨, 1972)。

四、聯合國氣候變遷科學研究機構之發展歷程

氣候變遷議題橫跨自然科學與社會科學眾多面向、並與各國政策與國家利益相互糾葛之龐雜領域，如何面對不同來源之科研知識，是否可以中性地將相關科學論述進行整合、審查並獲得認同之共識，逐漸成為當代氣候政策辯論與談判過程的焦點之一。本節從聯合國早期氣候相關組織之發展歷史，再述及現今氣候變遷科學專責機制之設立，並對其運作機制進行概述。

(一) 聯合國氣象組織與環境規劃署之設立

早期聯合國對於氣候科學相關知識彙整與分析工作，是由「世界氣象組織」(WMO) 與「聯合國環境規劃署」(United Nations Environment Programme, UNEP) 所分工負責。WMO 的前身為 1873 年成立的「國際氣象組織」(International Meteorological Organization, IMO)；而 WMO 乃基於 1947 年通過之《世界氣象組織公約》架構，於 1950 年成立，負責聯合國氣象學(天氣和氣候)、水文學和相關地球物理科學的特設機構，協助促進氣象、氣候、水文和地球物理觀測之科學網絡及數據交換、處理和標準化方面的相關合作，並促進成員國間氣象和水文部門之間的合作與應用。UNEP 成立於 1972 年，是聯合國組織內負責全球環境事務的專門技術機構，提供全球環境議題交流管道及外交協調者的角色，與輔助達成重大多邊環境協定，包括《聯合國氣候變遷綱要公約》(UNFCCC)在內。

(二) 聯合國設立「政府間氣候變化專門委員會」(IPCC)之時空背景

WMO 於 1979 舉辦「世界氣候會議」(World Climate Conference)後，美國與「國際科學聯合會理事會」(International Council of Scientific Unions, ICSU)推動成立「世界氣候計畫」(World Climate Programme)，陸續舉辦一系列的研討會；而當時 UNEP 主要資金來源除了聯合國常規預算外，主要是由會員國撥出的環境基金，故以創造議題來吸引會員國撥款，時任 UNEP 執行主席的 Mostafa Tolba 希望藉由氣候議題，能夠複製先前成功推動《維也納臭氧公約》(Vienna Convention on Ozone)之「奇蹟」，故於 1985 年 UNEP 長期規劃文件中呼籲推動氣候公約，並積極與 WMO、ICSU 磋商，和對氣候科研實力最強的美國政府進行遊說。在相關單位努力下，UNEP 和 WMO 於 1986 年先與 ICSU 共同推動成立「溫室氣體諮詢小組」(Advisory Group on Greenhouse Gases)。由於美國政府內部各氣候科學相關單位對於聯合國應該設立何種類型氣候科學評估機制缺乏共識，最後美國政府乃向 WMO 建議與 UNEP 共同建立一個「政府間機制」(Intergovernmental mechanism)，以政府代表與科學家協力合作之機制，對氣候變遷進行科學評估；WMO 和 UNEP 乃進一步於 1988 年聯合創建「政府間氣候變化專門委員會」(IPCC)此跨會員國政府間機構運作迄今(Agrawala, 1998)。

(三) IPCC 運作機制概述

IPCC 由一群科學家和政府代表參與，而其最高決策機構則是由 195 個聯合國成員國的政府代表所組成的 IPCC 全體會議(IPCC Plenary)。IPCC 最重要的工作為持續針對國際氣候變遷相關科學成果與進展進行綜整，約每 5~7 年發布一次評估報告(Assessment reports)，作為決策與學術研究之參考；IPCC 已分別於 1990 年、1995 年、2001 年、2007 年、2014 年及 2021 年發布 6 次評估報告；每次的評估報告都由 3 個工作小組分工合作完成；第 1 工作小組(Working Group I, 簡稱 WGI)負責氣候變遷之物理科學基礎；第 2 工作小組(Working Group II, 簡稱 WGII)

負責氣候變遷之衝擊、風險與調適；第3工作小組 (Working Group III, 簡稱 WGIII) 負責減緩相關技術可行性、決策工具、各項減緩措施的治理選擇與社會接受度；最後則由3個工作組協力共同完成1本綜整報告(Synthesis Report, 簡稱 SYR) , 分析綜整3個工作組自前一次評估報告後的科學進展；由於2007年諾貝爾和平獎頒發給IPCC與美國前副總統Al Gore, 讓IPCC更為名聲遠播 (許晃雄, 2021; NCDR, 2021 (Agrawala, 1998; Hermansen et al., 2023; Pearce et al., 2018)。

五、「政府間氣候變化專門委員會」(IPCC)之運作特性與課題

(一)IPCC 運作原則

IPCC之目標是為各級政府提供可用於制定氣候政策的科學資訊；依據IPCC所設定的工作原則，是在全面、客觀、公開和透明的基礎上，藉由評估有關的科學、技術和社會經濟資訊，理解人為引起氣候變遷風險之科學基礎、潛在影響及調適和減緩選項；但IPCC不自己進行研究，而是藉由全球各地數千位自願科學家，評估每年發表的數千篇科學論文，並進行彙整與報告撰寫；又評估報告的範圍和大綱需由政府代表所組成的IPCC全體會議決定，也由全體會議逐行批准決策者摘要草案，並由全體會議通過與接受科學家編寫的報告。

(二)IPCC 以政府間機制運作方式之優缺點

IPCC設計上最重要的元素—「政府間機制」，使IPCC本質上成為科學—政治複合體，創造其相當特殊之地位，因而優缺點互見。IPCC以「政府間機制」運作之優點方面，有助於教育許多政府官員了解此問題，而更願意參與談判；另外IPCC評估報告在撰寫過程中，都要經過專家與政府的審批，且最終版本需要符合IPCC的共識原則，但此原則不代表要做到完全同意，例如如果未能達成共識，則未達共識部分最終可能會被刪除，而藉此過程使IPCC最終報告可以獲得所有國家的認同。

但IPCC以「政府間機制」運作之缺點方面，則是評估報告形成過程中，不能排除科學家在撰寫報告時進行政治考量，亦被廣泛認為是經過政治談判所提出，而無法避免損傷其可信度；此外，藉由政府審查和批准過程，政治實力強大國家很可能會為了強化或避免弱化其政治利益與經濟和產業利益，力促納入對其有利之科學論述，或避免列入對其不利之研究成果，非常可能使科學的客觀性受到侵蝕，結果使IPCC不得不在報告內容上進行取捨。然而這些問題和困境，卻沒有簡單的解決方式(Agrawala, 1998; Hermansen et al., 2023)。

(三)IPCC 評估範疇、任務與保持中立性之拿捏

多年來，UNFCCC氣候大會持續圍繞全球責任分配原則、那些國家應該減多少，和應按哪一年為基準進行減量等爭議衝突；相對上，雖然IPCC傳統上評估

的科學問題均與政策有關，成果則是展示最新氣候政策和氣候行動之科學必要性，且學者們會觀察到氣候科學與氣候外交之間有著密切的相互關聯，IPCC 卻為了保持政策中立地位，會避免評估範疇觸及個別國家政策問題，也不提供政治建議。即使至 2015 年氣候大會所通過的《巴黎協定》(Paris Agreement)，讓各國自行提出其「國家自定貢獻」(Nationally Determined Contributions, NDCs)，由各國在各自責任與政策獨立情況下，制定自身氣候目標並要各自確保目標之實現，此時如何進行從個別國家到全球整體之氣候行動進展評估，IPCC 也沒有涉入；UNFCCC 藉由每 5 年一次的「巴黎協定全球盤點」(GST)，由所有締約方共同評估全球氣候行動進展，第一次 GST 已於 2023 年召開的 UNFCCC 第 28 屆締約國大會(COP28)中通過報告成果，而此過程中則僅由 IPCC 提供最新科學與技術資訊，以支持全球盤點之執行；較特別的是 IPCC 在《巴黎協定》通過後，接受 UNFCCC 之邀請，進行彙整分析，並於 2018 年發表《全球變暖 1.5°C 特別報告》，引起了科學界、媒體界和政界的高度關注，一度使 IPCC 成為氣候變遷相關科學－政策－政治介面間之焦點；雖然 IPCC 主席聲明中明確談到 IPCC 為國家提供資訊與解決方案，卻謹慎避免所提內容被視為政治規定，然顯現 IPCC 已實質上為強化科學與政策互動的地位創造聲勢(Hermansen et al., 2023; Lidskog & Sundqvist, 2022; Schenuit, 2023)。

(四)IPCC 如何兼顧技術面向與社會面向之挑戰

IPCC 報告的另一重大挑戰，在於較為強調目標與技術轉型，對未來的技術創新充滿信心，標榜只需將技術創新予以商業化後進行使用，並不需要要求產業界或一般大眾進行行為上的改變；然氣候變遷問題是由社會行為所引發，而為什麼此特定氣候問題會如此發展，為什麼此問題會持續存在，要如何才能真正改變，則屬於氣候問題的社會肇因，卻在 IPCC 報告中較缺乏具象討論，所以部分 IPCC 建議的重要技術解決方案，可能現階段缺乏政治、法律或社會之可行性。其實政府任何大規模減碳措施要能取得成效，都必須透過對社會組織和變化方式的詳盡掌握並加以運用，否則建議的解決方案可能只是紙上談兵，卻在實踐中起不了作用。在 IPCC 第 6 次評估報告(AR6)¹中，首次闡述社會面向可以激發國家減碳貢獻之論述，然而總體減碳途徑之評估仍以技術為核心。為何 IPCC 報告中，社會面向在氣候轉型的重要性受到淡化，可能原因在於現今 IPCC 所面對的挑戰尚難在社會科學領域獲得解答，又或相關社會科學研究尚難受到廣泛認可；另外 IPCC 的原則是「與政策相關，政策中立，但絕不是政策規定」(Being policy-relevant and policy neutral, but never policy-prescriptive)，而社會面向的轉型往往涉及政治，會挑戰既有權力關係，而 IPCC 為了政策中立，而避免強調社會變革。不管如何，IPCC 報告如果能夠強化社會面向之探討，從正面之效益而言，是可能有機會提振 IPCC 報告之成效(Lidskog & Sundqvist, 2022)。

¹ AR: 政府間氣候變化專門委員會評估報告，Assessment Report of the IPCC。

六、人類溫室氣體排放與氣候變遷之關聯

(一) UNFCCC 聚焦之人類排放溫室氣體種類與溫室效應

目前 UNFCCC 聚焦之人類活動增加所排放溫室氣體，主要是會在大氣層中均勻分布之溫室氣體，二氧化碳 (CO₂) 並不是唯一的溫室氣體，尚包括甲烷 (CH₄)、氧化亞氮 (N₂O)、六氟化硫 (SF₆)、三氟化氮 (NF₃) 及氫氟碳化物 (HFCs)、全氟碳化物 (PFCs) 等其他氣體，也被認為會對全球暖化產生重大影響²。為了把不同的溫室氣體對於地球暖化的影響程度用同一種單位來表示，IPCC 在 1990 年報告中提出全球暖化潛勢 (Global warming potential, 簡稱 GWP) 的概念：GWP 係指在某一單位質量的溫室氣體，在特定時間跨度內相對於 CO₂ 的累積輻射力 (GWP 的時間跨度通常選用 100 年，稱為 GWP100³)，亦即溫室效應的強度或暖化影響力，再藉由各種溫室氣體排放量乘上 GWP，估計出暖化的幅度與影響，而採用的標準單位設定為二氧化碳當量 (CO₂e, Carbon dioxide equivalent)，如此可把不同的溫室氣體對於地球暖化的影響程度轉換成同一種單位來表示，進一步闡述各種溫室氣體排放對於地球暖化有不同程度的影響，好讓決策者更能權衡 (Chang et al., 2019)。

表 2.1 為 1995 年至 2021 年，不同時期之 IPCC 報告所提供之 GWP100 的係數表，其中甲烷的暖化潛勢估計值是逐漸上修，1995 年為 21，但 2014 則為 28；氧化亞氮的暖化潛勢估計值則是逐漸下修，1995 年為 310，但 2014 則為 265；由此可知，各種溫室氣體的影響，亦隨者科學研究的發展而略有調整 (IPCC, 2023; 環保署, 2022)。此外，有些氣體對於溫室效應會有間接貢獻或影響，這些氣體一般存在局部地區且呈現不均勻的分布；例如揮發性有機物 (VOCs) 會經由光化學反應產生重要的溫室氣體—臭氧，然而臭氧在大氣存留時間較短，所以會因為 VOCs 擴散所至區域而形成臭氧之局部地區濃度分布；一氧化碳 (CO) 則會經由與 OH 自由基反應而間接造成甲烷在大氣中停留時間變長 (因為甲烷在大氣中是逐步和 OH 反應而分解) 及產生臭氧；而一些常見的二氧化硫、氮氧化物等空氣污染物則會形成氣溶膠，可能有降溫效果；又例如氮氧化物除了形成氣溶膠之特性外，亦會造成臭氧增加，又同時會造成甲烷減少，造成其溫室效應的估算存在相當大不確定性。(Forster et al., 2007)。

² 1997 年，在日本京都舉行的 UNFCCC 第三屆締約國大會 (COP3) 通過《京都議定書》，規定工業國家須將 6 類溫室氣體 (CO₂、CH₄、N₂O、HFCs、PFCs、SF₆) 排放量減少至平均比 1990 年的水準少 5.2%。2011 年第十七屆氣候大會 COP17 增訂第 7 種溫室氣體 NF₃。

³ 時間跨度通常選用 100 年，稱為 GWP100，即 100 年內該種溫室氣體可以產生的溫室效應強度；不過 IPCC 科學評估報告另有對 20 年及 500 年的時間跨度進行估算列表，稱為 GWP20 及 GWP500。

表 2.1 全球暖化潛勢(GWP)(100 年)

溫室氣體種類		SAR (1995 年)	TAR (2001 年)	AR4 (2007 年)	AR5 (2014 年)	AR6 (2021 年)
CO ₂ 二氧化碳		1	1	1	1	1
CH ₄ 甲烷	CH ₄ (來自化石燃料排放)	21	23	25	28	29.8 (考慮氣候-碳反饋(feedback))
	CH ₄ (生物源/非化石燃料)	18.25	20.25	22.25	25.25	27.2 (考慮氣候-碳反饋(feedback))
N ₂ O 氧化亞氮		310	296	298	265	273(考慮氣候-碳反饋(feedback))
NF ₃ 三氟化氮		—	10,800	17,200	16,100	17,400
SF ₆ 六氟化硫		23,900	22,200	22,800	23,500	25,200
HFCs 氟氫化合物		~11,700	12~12,000	12~14,800	4~12,400	5~14,600

註 1：SAR、TAR、AR4、AR5、AR6 分別為 IPCC 出版之第 2 次、第 3 次、第 4 次、第 5 次及第 6 次評估報告；

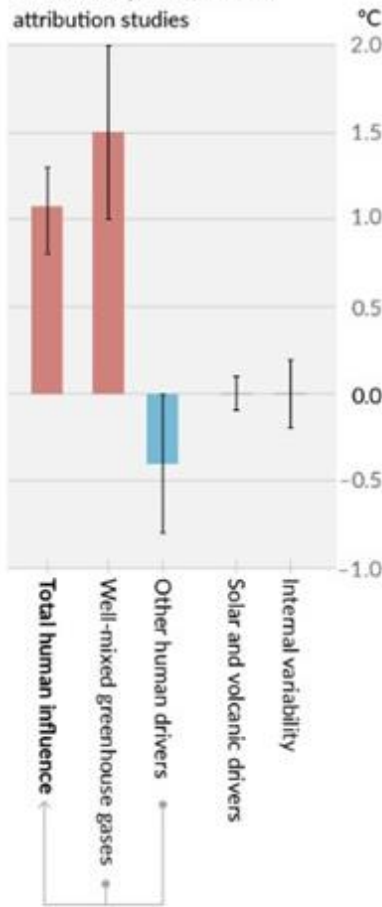
註 2：氣候 - 碳反饋：意指氣候變化及其變異性影響陸地和海洋碳循環與人類活動，而人為活動改變陸地和海洋碳循環與輻射力，又造成氣候改變

資料來源：(IPCC, 2023; Ponsioen, 2014, March 12; 環保署, 2022)

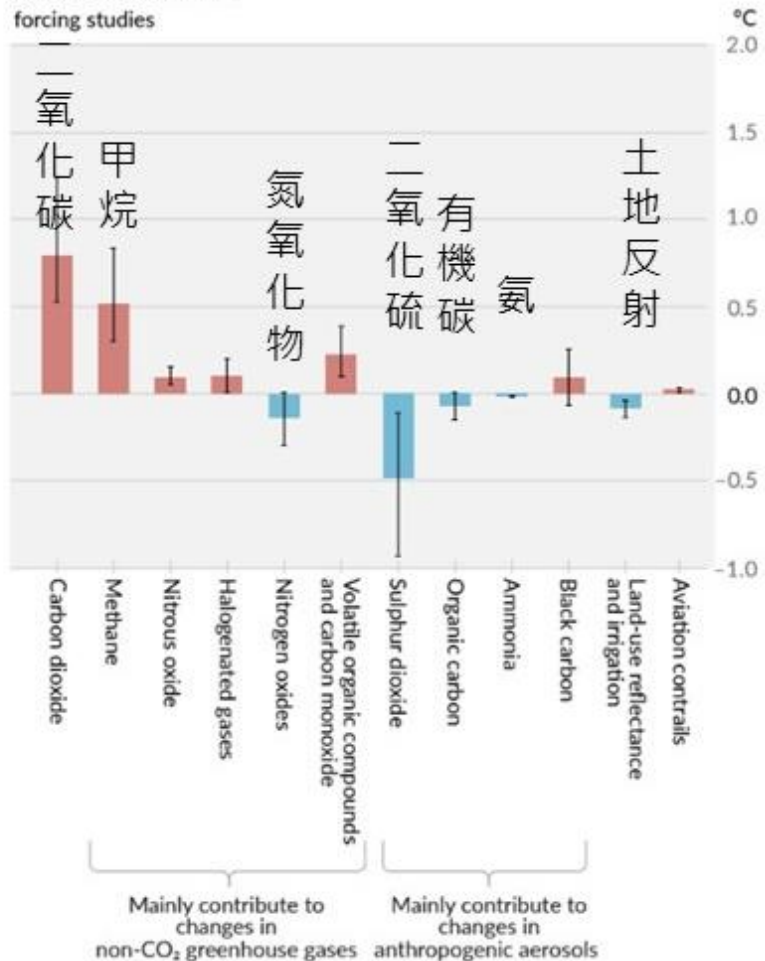
當今地球大氣中二氧化碳、甲烷和氧化亞氮等溫室氣體之濃度值，已遠超過工業革命前之濃度值，而累增的溫室氣體改變大氣中的能量平衡，其影響程度已經超過太陽活動與火山爆發等自然現象之影響，使得全球逐步增溫；IPCC 的第 6 次評估報告 (AR6) 中，以科學數據佐證人類活動影響著氣候變遷，指出 2019 年大氣中的二氧化碳濃度為 200 萬年來最高 (410 ppm) (IPCC, 2023)，而 2021 年又增加達到 414.7 ppm (Friedlingstein et al., 2022)，至 2022 年則再度增加至 417.9 ppm (World Meteorological Organization (WMO), 2023, November 15)；而在地球升溫幅度方面，根據 IPCC 的 AR6 報告對於主要人類排放溫室氣體及其地球暖化影響程度(整理如圖 2.5 所示)，2011-2020 年間的平均溫度已較 1850-1900 年平均溫度高出 1.09°C；分析地球升溫主要貢獻者，以二氧化碳增溫貢獻度達到 0.79°C 最多，甲烷貢獻度為 0.5°C 次之，其他也帶來增溫貢獻之氣體，則包括氧化亞氮、含氟氣體等；但另有一些氣體例如 SO₂、黑碳及有機碳等氣溶膠等，則有降溫效果(IPCC, 2023)。

Contributions to warming based on two complementary approaches

(b) Aggregated contributions to 2010-2019 warming relative to 1850-1900, assessed from attribution studies



(c) Contributions to 2010-2019 warming relative to 1850-1900, assessed from radiative forcing studies



資料來源：(IPCC, 2023)

圖 2.5 溫室氣體排放與氣候變遷關聯圖

(二)短期強效與間接溫室氣體之特性與影響探討

在上述 IPCC 聚焦具有溫室效應且可在大氣中長時間停留並均勻分布之氣體種類中，甲烷另外是屬於較短暫但強效的溫室氣體，被釋放到大氣之後，依據 IPCC 第 5 次評估報告(AR5)，甲烷過 100 年的地球溫暖化潛勢是二氧化碳的 28 倍，但只過 20 年的地球溫暖化潛勢，卻是二氧化碳的 84 倍，短期的氣候威脅更高；而隨著人類要實現 IPCC 特別評估報告所建議控制短期氣溫升幅不超過 1.5°C 的難度越來越高，為了在短期間更為有效的控制氣溫升幅，近期國際社會開始對於短期全球暖化潛勢數值較高而長期數值較低的甲烷加倍重視，並積極擴大甲烷減量措施之推動；例如美國與歐盟聯手於 2021 年第 26 屆 UNFCCC 氣候大會 (COP26) 上，倡議全球共同積極強化甲烷減量措施，而促成 105 個國家簽署「全球甲烷承諾」(Global Methane Pledge)，宣示未來十年要減少 30% 的甲烷排放量，以求快速減緩短期氣候危機；而為了更有效地進行甲烷減量，科學界也需要強化相關研

究，以為甲烷相關減量措施之支柱(郭博堯, 2022, September)。

近期氫氣對於溫室效應之影響，亦開始受到科學界相當程度的關注。雖然氫氣不是溫室氣體，但 2007 年 IPCC 第 4 次報告就已經指出，氫氣也存在對溫室效應之間接貢獻；氫氣的影響主要來自於與 OH 自由基反應所帶來的影響，原因在於大氣中 OH 的含量取決於甲烷，氮氧化物，一氧化碳和 VOC 等其他氣體，而所有這些氣體都是高度關聯的，當氫氣與 OH 反應，首先是會增加甲烷存在大氣的時間，從而增加甲烷濃度，而造成溫室效應增強；其次是氫氣與 OH 反應會產生 H 自由基，引發連鎖反應而增加臭氧濃度，提供溫室效應的貢獻；另外還會於大氣平流層產生水蒸氣、產生氣溶膠等其他效應；由於在當前技術水準要控制氫氣洩漏問題還存在相當多的挑戰，顯示未來全球要大力轉向氫經濟時，其對於氣候變遷之減緩潛力，將取決於氫氣的製備方式與洩漏的程度；已有學者認為如果氫氣由化石燃料製備(即使有搭配碳捕集封存技術)，加上氫氣洩漏太多，可能造成溫室效應反而高於化石燃料燃燒排放之問題(Forster et al., 2007; Sand et al., 2023)。

七、IPCC 2007 年以來歷年評估報告之氣候變遷趨勢分析

根據 IPCC 歷年報告，全球氣候變遷現象儼然已經發生，主要的現象有溫室氣體排放量的持續增加、大氣組成的持續改變、全球氣候系統運作改變，影響包括氣溫升高與全球水文循環變化，降雨與蒸發散的強度變化，導致部分地區乾旱與熱浪的增加等等。以下從 2007 年第 4 次評估報告開始提出歷次 IPCC 報告的重點，可以發現 AR6 比起過去的報告，更有信心說明氣候變遷是肇因於人類活動，更重視各區域間不同的氣候風險，更全面的評估社會經濟影響、健康風險、生物多樣性喪失以及對農業、水資源和生態系統等不同部門的影響，更為關注減碳政策與調適政策，以下概略摘要 IPCC 歷次重要評估報告之結果。

(一)IPCC 第 4 次評估報告 AR4

自 1990 年 IPCC 第 1 次評估報告以來，分析 1990 至 2005 年全球平均溫度升高約為每 10 年 0.15-0.3°C；若以現行或更高程度排放溫室氣體，可能導致更嚴重暖化。細究氣候變遷對人類所造成的影響，雖可辨識全球暖化程度，但因調適與非氣候因子之作用，使許多影響仍未能辨識；例如：對農業而言，平均溫度上升 1 至 3°C 可能對部分糧食生產產生正面影響，但超過時反而造成生產力降低；又氣候變遷所帶來的乾旱與洪水頻率增加將產生負面影響，需利用更換品種與生產技術等調適措施進行因應，因此，仍應持續提高開發中國家氣候變遷之研究與調適能力，並增強二氧化碳及氣候變遷損害間之關聯性探討(IPCC, 2007)。

(二)IPCC 第 5 次評估報告 AR5

AR5 報告中，更新 AR4 的氣候評估模式，利用代表濃度路徑 (Representative

Concentration Pathways, RCP) 的 4 個情境⁴進行新氣候模式模擬，推估在不同排放情境下，升溫、水循環狀態等皆存在差異；因而指出目前人類活動已經造成地球升溫近 1°C，並推測 21 世紀末平均暖化程度介於 1.0-3.7°C (IPCC, 2013)。AR5 第 2 工作小組報告提出新的焦點，以「風險」作為氣候變遷與社會經濟間的認知排序考量，來自脆弱性、暴露度與危害的相互作用；在淡水、海岸海洋系統、糧食安全、經濟與人類健康等方面造成不同程度的影響；在糧食安全方面，若缺乏調適作為，氣候升高將對糧食生產產生負面影響，糧食取得、使用與價格穩定性也受到氣候變遷的影響。依據上述分析，報告也提出對於管理未來風險、有效調適的原則，包含採用因地制宜的調適方法、降低脆弱性與暴露度、因應社會價值觀、目標及風險認知調整決策，以及防止調適不良情形，及考量減緩與調適的協同作用與權衡取捨，朝向永續氣候發展(IPCC, 2014)⁵。

AR5 的總結報告中則深化調適、減緩與永續發展路徑間的關係，藉由調適降低氣候變遷影響風險，並透過減緩將升溫幅度限制於 2°C 以內；綜合二者並與其他社會目標結合，可應用於不同尺度的政策，提高其政策有效性(IPCC, 2014)。

(三) IPCC 升溫 1.5°C 特別報告

本報告指出，若以現行升溫速度，約在 2030 至 2052 年會達升溫 1.5°C (高信度)，未來發展均取決於排放路徑。若要使升溫幅度控制在 1.5°C 以內，全球二氧化碳排放量必須要在 2050 年歸零，如果全球暖化無法有效的控制，將超過工業革命前均溫 2°C 以上，則未來熱浪、豪雨、乾旱等氣候極端事件頻率增加、珊瑚將會消失、洪患增加、影響作物收成等。根據《巴黎協定》，各國設定其 2030 年之減緩目標，但 2030 年之二氧化碳減量幅度，並無法將升溫限制在 1.5°C，須更快速、更大規模的降低排放，且應配合因地制宜的調適方案，才有利於限制升溫並持續永續發展。特別報告中也指出，在永續發展與消除貧窮下限制升溫 1.5°C，可透過增加調適與減緩的投資、政策工具、加速技術創新與改變行為，以達系統轉型，並促進氣候韌性(IPCC, 2018)。

(四) IPCC 第 6 次評估報告 AR6

AR6 自然科學基礎報告中，彙整近年更多人為影響氣候與極端天氣事件的證

⁴ 代表濃度路徑 (RCP) 意指不同程度暖化路徑的人為溫室氣體排放量「情境假設」，4 個情境分別為 RCP2.6 (大約和二氧化碳濃度 490ppm 相似，然後再緩慢下降到 21 世紀末)、RCP4.5 (大約於 21 世紀末達到 650ppm)、RCP6.0 (大約於 21 世紀末達到 850ppm，代表世界各國並沒有盡全力積極做到溫室氣體減量的目標) 與 RCP8.5 ((大約於 21 世紀末會大於 1370ppm，代表世界各國並無任何減量的動作)。

⁵ AR4 自然科學基礎報告對全球氣候系統變化現況的觀察，平均氣溫與海溫升高、冰雪融化與海平面上升顯示確有暖化現象，也觀測到極端天氣事件之變化；但在日夜溫差、南極海冰範圍與部分小尺度天氣現象上，仍未觀察到明顯的差異 (IPCC, 2007)。在未來氣候預測上，AR4 雖對於氣溫變化與海平面上升給予可能性範圍之預估，但因存在氣候碳循環反饋的不確定性與無法涵蓋的影響，預估結果仍存在不確定性。AR5 自然科學基礎報告則更強調人類行為對氣候系統產生明確影響，且確實存在氣候系統轉變，包括：大氣與海洋暖化、雪冰量減少、海平面上升與溫室氣體濃度增加。

據，在評估上則保留不同信度水準的說明；氣候現況方面，人為影響造成大氣、海洋與陸地暖化的情勢在迅速變化中。相較過去評估方式，AR6 納入更多對物理、化學與生物過程特徵與分辨率，以提高模擬程度；以氣溫而言，在所有情境下皆會升溫，但程度不一，而極端事件頻率與強度亦將增加；此外，AR6 更細緻地闡述全球不同地區氣候因子之變化(IPCC, 2021)。

AR6 衝擊、調適與脆弱度報告中，識別 127 項主要風險，並針對近期（2021~2040 年）與中長期（2041~2100）推估升溫超過 1.5°C 之多重風險，認為現行調適行動雖持續增加與落實，但仍具有落差，各區域多為分散、小規模的方式應對近期風險，且著重規劃而非實踐；此外，也強調以生態系統、基礎設施與能源系統轉型，以及克服調適限制與避免不當調適，實現氣候韌性發展(IPCC, 2022)。AR6 的總結報告中，另彙整近年來的氣候評估報告，說明氣候變遷確實已導致自然環境發生變化，並對人類造成不利影響；調適雖有所進展，但存在的調適缺口仍逐漸擴大，且出現調適限制與不當調適之情況；報告亦指出，展開綜合氣候行動具有急迫性，透過跨系統的減緩與調適，考慮公平與正義，並藉由政策、金融、科技與國際合作，可以加強與加速氣候行動。

(五)彙整 IPCC 報告對於人類溫室氣體排放與所導致氣候變遷影響之分析

由 IPCC 的歷次報告可知，氣候系統變化在加速中，全球溫室氣體排放量的持續增加，來自不永續的能源使用、土地使用和土地利用改變，及生活和消費模式，並伴隨著國家之間以及個人之間不平等的歷史貢獻；自 1970 年至今，全球地表平均溫度上升的速度，比過去至少兩千年間的任何時間都來得更快。2019 年大氣中二氧化碳濃度（410ppm）已是過去兩百萬年來最高值，甲烷、氧化亞氮是至少 80 萬年來最高值；在 2019 年全球人為溫室氣體淨排放量中，佔比最大的是化石燃料燃燒和工業製程產生的二氧化碳；其次則是甲烷；相對增長最高的是氟化氣體。該年全球約 79% 的溫室氣體排放來自能源、工業、交通、和建築部門；21% 來自農業、林業和其他土地利用，且二氧化碳排放有很大的地區差異，2019 年全球約 35% 的人口生活在人均碳排放量超過 9 公噸二氧化碳當量的國家；41% 的人口則生活在人均碳排放量低於 3 公噸二氧化碳當量的國家。

對於實際衝擊方面，大氣、海洋、冰凍圈和生物圈已發生廣泛而迅速的變化；極端氣候的增加可能已導致許多物種的消失；此外，某些生態系統受到的影響已接近不可逆轉，如北極生態系統、冰川消退帶來的水文變化。人為造成的氣候變遷，已經影響到全球每個地區的許多極端氣候事件，且增加複合式極端天氣事件發生的可能性，包括同時發生熱浪和乾旱，這導致對自然和人類廣泛的不利影響，造成可觀的損失與損害；另一方面，歷史上對現況影響最小的脆弱社區，受到的危害反而更嚴重，強化不平等問題及人道危機；目前預估約有 33-36 億人生活在極易受氣候變化影響的環境中，越來越多的極端天氣事件已使數百萬人面臨

嚴重的糧食安全之挑戰，以及飲用水安全性下降之危機；而高溫事件增加已導致人類死亡率和氣候相關的疾病增加，包括病媒蚊傳播疾病乃至於心理健康都可能受影響。此外，氣候變遷也整體危及糧食安全與水安全，儘管農業生產率有所提升，但氣候變遷減緩了生產良率的增長；負面的影響集中在中低緯度地區，如海洋暖化與酸化對漁業、水產養殖業皆會造成影響；惟部分高緯度地區卻可能有正面影響。

八、臺灣氣候變遷相關科學研究與進展

(一) 臺灣歷史氣象統計

1. 1897~2008 臺灣氣候變化統計報告

臺灣為積極因應氣候變遷，持續進行相關科學研究，重點包括交通部中央氣象署（原為交通部中央氣象局）的歷史統計與國科會的未來氣候推估，其中交通部中央氣象局於 2009 年出版的「1897~2008 臺灣氣候變化統計報告」，使用 1971-2000 年之氣象資料計算氣候平均值，顯示百年來全台平均氣溫上升了 0.8°C（由全台 25 個測站資料所得；如再細分，則在都會區增加 1.4°C，山地增加 0.6°C，西部地區 0.9°C，東部 1.3°C），略高於全球百年增溫的均值(0.7°C)；目前全台平均氣溫為 18.9°C(百年前是 18.1°C)，鄰近區域的海溫也增加 0.9~1.1°C。同時在都會區，最低氣溫平均增加 2.1°C，最高氣溫增加 0.7°C，夜晚升溫現象比白天高。又依據此 2009 年報告，過去 50 年間，熱浪發生頻率及持續天數明顯增加，且北部溫度變化比其他地區高；降水方面，呈現近百年來減少、近年又增加現象，趨勢較不一致，但降水強度增強；颱風方面，呈現數量減少、強度增強的趨勢（交通部中央氣象局, 2009）。

2. 1897~2020 臺灣氣候變化統計圖集

交通部中央氣象署參照「世界氣象組織」(WMO) 2018 年出版之「氣候作業指南」(Guide to Climatological Practices, WMO-No. 100, 2018 edition)，以 1991-2020 為統計基礎，並針對臺北、臺中、臺南、恆春、花蓮、臺東、彭佳嶼、澎湖等 8 個百年測站自設站至 2020 年止的觀測資料，出版「1897-2020 年臺灣氣候統計圖集」，闡述臺灣氣候統計特徵、極端氣溫與極端雨量長期趨勢變化，根據 1991-2020 年長期統計顯示，臺灣年平均地面氣溫為攝氏 23.9 度，年累積雨量則為 2162.6 毫米，百年來臺灣的溫度變化趨勢與全球同步，並在 2020 年創下有紀錄以來最溫暖的一年，且近年來極端高溫和乾旱等極端氣候事件的頻率也有所增加。「1897-2008 臺灣氣候變化統計報告」及「1897-2020 年臺灣氣候統計圖集」兩者差異，請詳見表 2.2，顯示臺灣的統計方法學上，已經能與 WMO 同步(交通部中央氣象署, 2023)。

表 2.2 臺灣 2009 年與 2023 年兩次氣候變化統計報告差異說明

說明項目	1897-2008 臺灣氣候變化統計報告	1897-2020 年臺灣氣候統計圖集
出版日期	2009 年 12 月	2023 年 9 月
出版型式	紙本	紙本、電子檔下載
資料起訖年份	1897-2008 年	1897-2020 年
計算氣候平均值區間	1971-2000 年	1991-2020 年
統計規則	一般數學統計	參照 WMO 指南（詳見附錄 2）
趨勢檢定 回歸估算	無趨勢檢定 最小平方方法線性回歸	曼-肯德爾（Mann-Kendall）趨勢檢定法 泰爾-森（Theil-Sen）估算
測站種類	25 個局屬有人站	臺灣 8 個百年氣象站（臺北、臺中、臺南、 恆春、花蓮、臺東、彭佳嶼及澎湖）
統計參數	33 種氣象要素	新增氣溫、雨量極端氣候指標
統計圖	歷年時序圖	新增四分位圖、五分位圖、 綜合比較圖、風花圖、面化圖

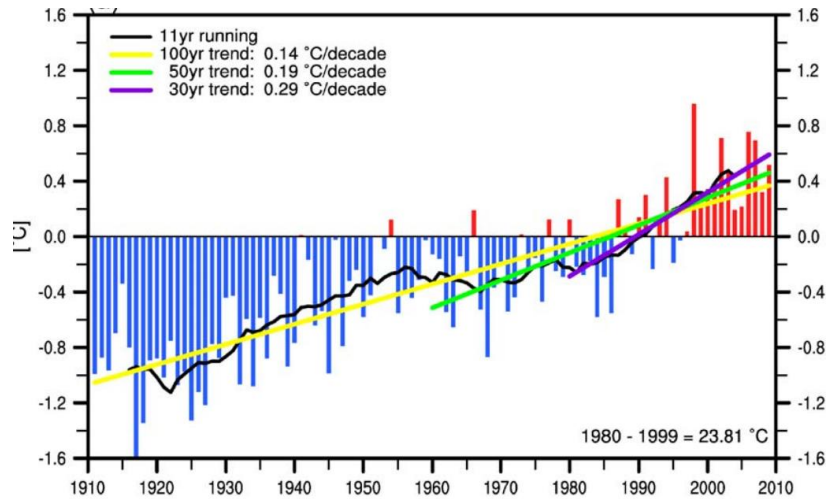
資料來源：(交通部中央氣象署, 2023)

(二) 我國未來氣候變遷推估

1. 2011 年臺灣氣候變遷科學報告

國科會有鑑於氣候變遷議題之重要性，於 2011 年首次出版「臺灣氣候變遷科學報告」，透過 6 個百年以上測站分析臺灣氣候變遷特徵，並與 AR4 報告所述全球氣候變遷幅度相比較。

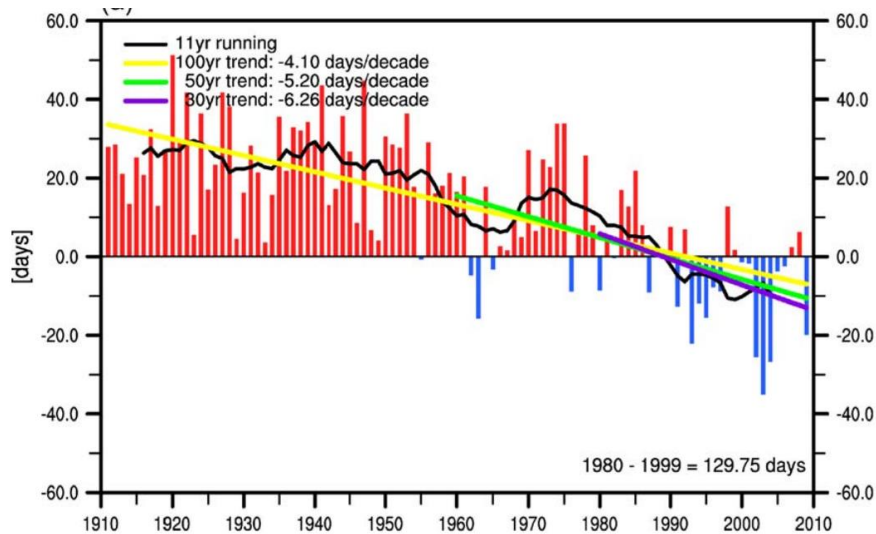
臺灣 1911-2009 年期間氣溫上升 1.4 °C，詳見圖 2.6，較全球平均值高，但可能因臺灣採陸地平地測站、全球平均包含海洋及陸地，因此有地域性差異，依據 AR4 報告，東亞地區鄰近國家增溫速率也較全球平均值高，1980-2009 年上升速度達每十年 0.29°C，為百年趨勢值的兩倍。推估未來氣候變化，相較 20 世紀末，21 世紀末臺灣升溫幅度介於 2-3°C 間，略小於全球平均值；在極端氣溫變化部分，高溫日數百年變化皆呈現增加趨勢，多數模式也預測未來暖化情形下，極高溫發生日數將增加、極低溫日數則大量減少，熱浪頻率增加對農業等部門帶來衝擊(國科會, 2011)。



資料來源：（國科會, 2011）

圖 2.6 臺灣年平均溫度之時間序列與變化趨勢

降雨方面，AR4 未提出明顯變化速率或幅度，而臺灣地形複雜、季節間天氣系統差異大，百年線性變化趨勢不明顯，但降雨日數普遍減少(參見圖 2.7)。推估未來雨量變化，臺灣冬季雨量減少、夏季雨量增加的趨勢，與 AR4 推估亞洲冬季季風環流變弱、夏季季風區降雨可能增加相符。整體而言，未來臺灣多雨期間雨量增加、少雨季節雨量減少，將成為水資源調配之課題（國科會, 2011）。

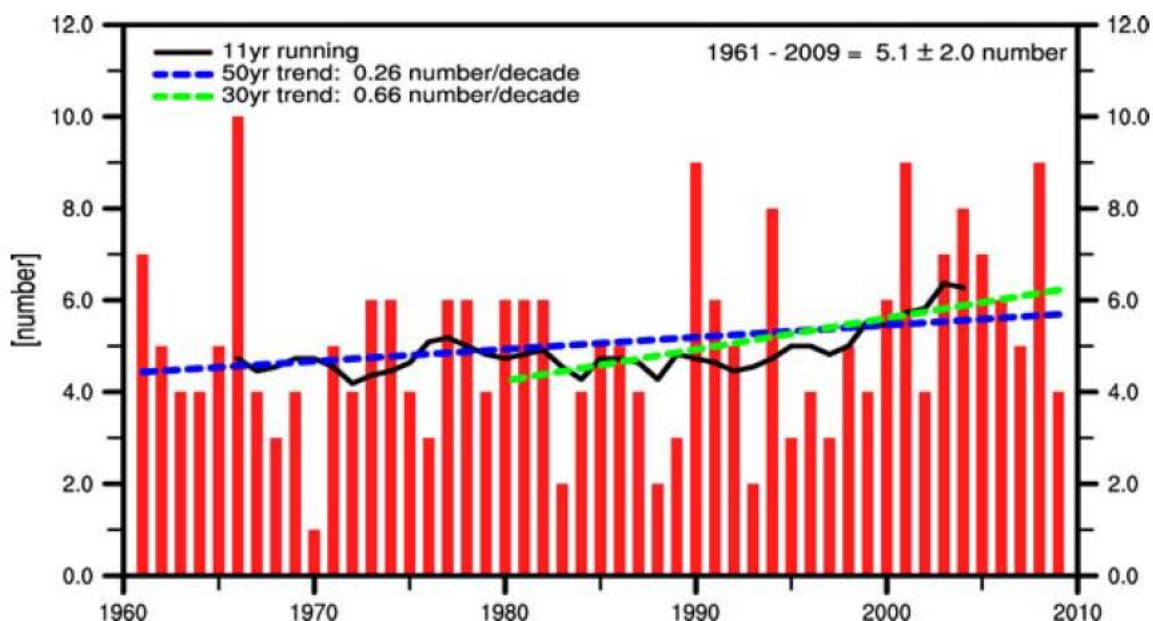


資料來源：（國科會, 2011）

圖 2.7 臺灣年降雨總日數

颱風部分，圖 2.8 為自 1961 至 2009 年每年影響臺灣颱風個數統計圖，顯示西北太平洋颱風個數之數十年趨勢變化並不明顯。因現有氣候模式不夠完善，推估未來氣候變遷影響具有很高不確定性。依照全球現行研究顯示，暖化氣候下，熱帶氣旋生成數目多為不變與減少，但對個別洋面颱風生成個數未有定論；此外，雖多數動力氣候模式推估解析度不足，在強度方面預測與實際情況有所差

異，但未來推估熱帶地區增暖、水氣量增加，產生熱帶氣旋後發展為強烈颱風比例增加，多數研究認為強烈颱風比例將增加（國科會, 2011）。



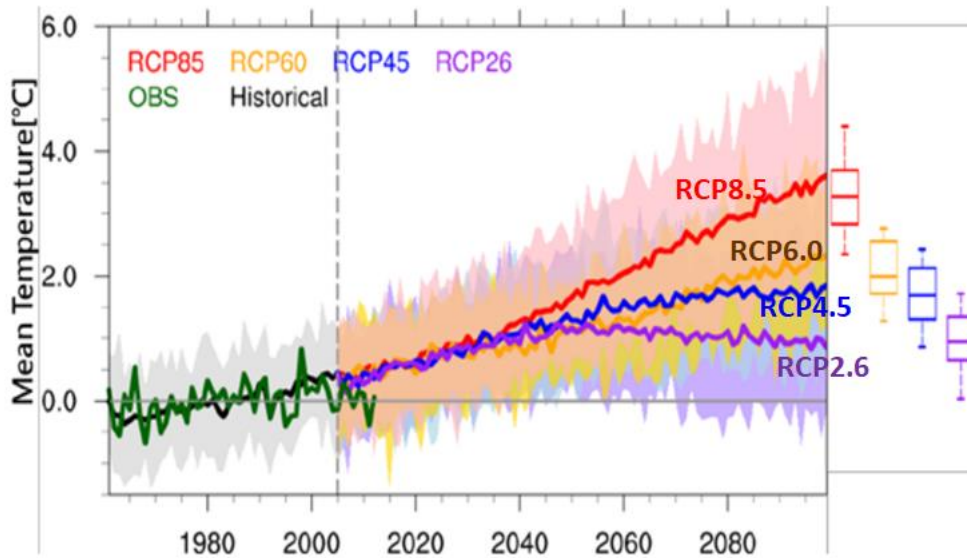
資料來源：（國科會, 2011）

圖 2.8 自 1961 至 2009 年每年影響臺灣颱風個數

2. 2017 年臺灣氣候變遷科學報告

國科會於 2017 年出版「臺灣氣候變遷科學報告 2017」，使用 AR5 情境進行未來推估，並對比 AR5 與臺灣分析結果。結果顯示，臺灣在 1900 ~2012 年間升溫約 1.3°C；對比同時期的全球溫度變化趨勢空間分布圖發現，臺灣處於氣候暖化幅度較大的區域(百年升溫約 1.25°C-1.5°C)。而推估臺灣未來氣溫，至世紀末，RCP8.5 (請參閱本章第 7 節) 情境之增溫可能達到 3.0-3.6°C、RCP2.6 情境之增溫則低於 1°C，增溫發生機率皆大於 50%(參見圖 2.9)；與全球增溫推估對比，因臺灣為位處緯度較低的海島國家，溫度變化幅度相較全球平均變化幅度小。另外，臺灣發生極端高溫與熱浪的頻率隨氣候暖化增加，且增加幅度大於全球陸地區域，且極端高溫發生頻率南部大於北部（國科會, 2017）。

在雨量方面，RCP 的 4 個情境推估結果均無顯著變化趨勢，也沒有一致性特徵；但由臺灣 RCP8.5 情境下的極端降雨變化特徵，可知暖化越嚴重，降雨天數減少、非常大雨日數增加明顯，尤其在西南部地區降雨型態呈現短時間、強降雨，未來臺灣地區朝向乾越乾、濕越濕的極端氣候發展；在颱風方面，與 IPCC 報告中的推估結果相同，全球暖化使臺灣至世紀末颱風發生頻率降低、強颱風頻率與降雨強度皆增加，因臺灣附近海平面氣溫上升，強颱風降雨出現比例增加，若不考慮路徑改變，颱風降雨強度可能增加 20-40%（國科會, 2017）。



註：圖右的盒鬚圖則是對應 上述不同情境在 2081~2100 年時段平均的模式推估變化分佈特徵 (含 90, 75, 50, 25, 10 百分位)

資料來源：(國科會, 2017)

圖 2.9 全臺灣近地面均溫趨勢推估

臺灣在氣候變遷科學研究工作上，過去也持續投入氣候觀測與預測工作，但僅就氣候觀測數據而言，我國當前氣象站有近 20 年廣設氣象站 25 座氣象站累積迄今，百年觀測資料之氣象站僅有 6 座，代表我們臺灣的氣象評估，係僅以幾十年的資料推估未來百年的資料，又臺灣特殊地形與地理位置，鄉村與都會區的差異極大，其實溫度數據資料仍屬有限。因此，除持續精進對氣候變遷科學研究以外，對我國貿易導向之產業結構而言，更急迫的是建立因應氣候變遷不確定性的機制，並確保長期發展方向有利於未來氣候。

九、氣候變遷科學待研討課題

氣候變遷的科學研究，為人類共同採取減少溫室氣體排放與推動氣候變遷調適工作提供論述的基礎；然而氣候變遷科學研究至今還存在非常多待研討課題情況下，許多國家民眾對氣候變遷論述還存有質疑，也顯示科學界仍有許多研究課題需要持續努力。不過對於主要的全球暖化爭論課題，仍值得加以闡釋科學界現階段論述所代表的意義，以供大家省思(許晃雄, 2015, June 24)：

1. **溫室氣體濃度先上升才導致氣溫升高或次序相反之爭論**：當前氣候科學主張人類溫室氣體排放造成大氣氣溫持續升高；然於古氣候歷史中，高大氣溫度年代，亦為大氣中二氧化碳等溫室氣體之高濃度年代，又古氣候數據中，氣溫開始上升時間點，往往概略上比溫室氣體濃度開始上升時間點提早了約 8 百年，顯現古氣候中，非常可能是氣溫變動造成溫室氣體濃度變化，而非後者影響前者。上述論點確有其依據，然氣溫與溫室氣體濃度可以互相加成影

響，故人為活動造成大氣溫室氣體濃度持續升高，即可能使地球氣候被推離原本平衡狀態。

2. **全球暖化主因是太陽活動或人類因素之爭論：**全球暖化或冷卻之主因，原先指向為太陽活動，而科學家確實能運用太陽輻射變化因素解釋二十世紀初之暖化現象。然近幾十年太陽輻射不增反減，而地球氣候並未同步出現冷卻現象，反而全球暖化趨勢更趨明顯。此顯示納入溫室氣體濃度上升結果，才能模擬出近幾十年全球暖化之現象。
3. **科學家尚難準確掌握氣候變遷所有影響因素之質疑：**地球氣候四十多億年來及呈現冷暖氣候不斷交替、變動幅度甚大之動態系統，此自然變動影響因素可能相當複雜，科學界掌握尚為有限，而難以正確預測未來氣候變遷。然 IPCC 設定情境推估未來氣候變遷之程度，重點不全在於準確預測氣候變遷結果，而是要指引人類思考發展方向與腳步應有所調整，以避免過度暖化對氣候、經濟、社會與環境之衝擊。
4. **當前氣候模式非完美工具之質疑：**當前氣候模式仍存在一定程度之缺陷，包括尚未充分了解氣候相關影響因素，電腦運算能力亦仍屬有限，致難以精確模擬大氣變化；現階段所有氣候模式推估結果中，氣溫與海平面上升之推估結果較為一致；另一方面，雨量與極端天氣之推估結果往往南轅北轍，存在較明顯不確定性，尚待持續努力。然人類目前並無更好、更可靠之另一套科學分析結果可以對照參考，因此人類可以選擇忽略現有科學界依據不完美工具對氣候變遷提出之警示，亦或可依據情境推估結果，尋求降低可能之全球暖化衝擊，決定權完全操之在人類手中。

十、小結

氣候變遷科學研究是一個不斷演進的過程。從 19 世紀開始，科學家陸續在氣候變遷科學領域取得進展，不僅明瞭造成氣候變遷的各種因素，如溫室效應、太陽輻射變化和大氣中二氧化碳等溫室氣體濃度變化趨勢與其影響等，還掌握了相關的基礎概念和原理，從而能逐漸揭開許多氣候現象之奧秘，並基於這些知識得以建構氣候模式，再隨著科學進步與電腦運算能力日趨強大而逐步提升模式功能；另一方面，古氣候學領域也通過研究地質、冰芯和古生物等標本，得以推估古代氣候狀況，更為現今氣候模式提供寶貴的驗證依據；當氣候模式能模擬出過去氣候變遷現象時，科學界得以更為信賴氣候模式之模擬結果，並進而預測未來氣候變遷趨勢；雖然現今氣候科學與氣候模式仍有許多有待改進之處，但已在許多面向上，為決策者提供氣候治理所需方向之科學依據。

有鑑於全球氣候治理對於氣候科學評估之強烈需求，在接受美國要求科學研究成果必須搭配政府共同審核機制之架構後，聯合國機構共同成立「政府間氣候

變化專門委員會」(IPCC)，其每 5 至 7 年發布一次的評估報告，至今仍為全球最具權威的氣候科學研究成果彙集；然 IPCC 評估報告形成過程中，無可避免會受到各國政府基於其自身利益之干擾，而會侵蝕其客觀性；又 IPCC 傳統上強調政策中立，避免評估個別國家政策問題，而從全球角度提供氣候行動所需科學資訊與策略建議，但因討論的科學問題與提供的解決方案都與政策息息相關，使近年 IPCC 評估成果越來越拉高科學與政策互動之聲勢；此外，IPCC 報告偏重強調技術轉型的重要性，卻較為淡化社會面向在氣候治理之需求，然部分技術解方卻未必能在法律、政治與社會面向上具有可行性；此將有賴於 IPCC 強化其報告之社會面向探討，以提振其成效。

IPCC 持續在歷屆評估報告中，探討人類溫室氣體排放與氣候變遷之關聯及影響；綜合各種溫室氣體的升溫貢獻以及其他氣體的升溫或降溫貢獻之評估結果指出，地球平均氣溫已經較工業革命前高出近 1.1°C，而最大升溫貢獻者即為二氧化碳，其次則包括甲烷、氧化亞氮、含氟氣體等，另有偏向影響較局部地區、較短大氣層存留時間、溫室效應正反影響程度不確定性較高的 VOCs、CO、SO₂、NO_x 等其他氣體。

而為了在短期間更為有效的控制氣溫升幅，近期國際社會對於全球暖化潛勢短期數值較高而長期數值較低的溫室氣體例如甲烷(20 年 GWP 值約為 100 年 GWP 值的近 3 倍)加倍重視，並積極擴大甲烷減量措施之推動；此外，科學界也逐漸重視會對溫室效應帶來間接貢獻的氫氣之地球暖化影響規模，甚至有研究認為氫氣製備方式與洩漏程度之差異，可能造成氫氣使用所引發溫室效應程度高於化石燃料。相關科學研究，可能對於化石燃料生產、甲烷排放與氫經濟發展之技術與產業推動，帶來不同層面的影響。

整體而言，氣候變遷科學研究現階段成果，已為人類共同採取氣候變遷減緩或調適作為提供論述基礎，但仍存在一些全球暖化科學上之爭論點；例如古氣溫上升時序早於大氣中溫室氣體濃度上升時序，然而大氣溫室氣體濃度持續上升會與氣溫交互影響，反而造成地球升溫之氣候失衡現象；又地球暖化趨勢變動主因雖為太陽活動，但太陽輻射近年減弱而大氣氣溫持續上升，得以反證溫室氣體非常可能為地球快速升溫之主因；另外科學家對於地球氣候數十億年來冷暖劇烈交替之成因尚掌握有限，而被質疑難以準確預測未來氣候變遷，然而氣候科學進展並非只侷限於準確預測之成果，更重要的，是要能指引人類思考如何適時調整發展方向，與有效緩解相關影響。

而依據本章研析成果，對於我國在面對國際氣候科學研究相關發展時，另提出下列應注意事項之建議：

(一)氣候科學所提警示不容忽視，雖人類難以齊心，但為安全起見，仍應更積極尋求成本有效措施，將氣候風險惡化程度最小化

雖然當前氣候模式仍存在缺陷，難以精確模擬大氣變化，對於未來影響的推估也未必正確，然人類可選擇忽略尚未完美之科學界氣候警示，亦或可尋求積極應對以降低衝擊，此皆操之於人類的一念之間；然而全球面臨各國難以齊心減碳而各自盤算之困境下，氣候科學再嚴正的警告也難以撼動全局；對於我國而言，雖然自身受到氣候衝擊程度相對可能不會最大，且當前經濟狀況也能具備相當程度的抵抗風險能力，但政府仍應採取更積極採取成本有效、因地制宜的風險管理措施，尋求將氣候風險的惡化程度最小化。

(二)掌握 IPCC 之「科學 - 政治複合體」特性，避禍就福

要認知聯合國「政府間氣候變化專門委員會」(IPCC)仍為氣候科學與政治角力場域，任何新的論述，背後都可能影響各國與相關產業間的利益；我國應深入解析 IPCC 新論述風向，嘗試找出背後的氣候政治與國家或產業利益，掌握潛在受害方與受益方，尋求趨吉避凶之道。

英文縮寫對照表

縮寫	英文名稱	中文名稱
AR	(IPCC) Assessment Report	(政府間氣候變化專門委員會)評估報告
CMIP	Coupled Model Intercomparison Project	耦合模式比對專案
CO ₂ e	Carbon dioxide equivalent	二氧化碳當量
COP	Conference of the Parties	聯合國氣候變遷綱要公約締約國大會
GFDL	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	(美國國家海洋暨大氣總署所屬的)地球物理流體動力學實驗室
GST	Global Stocktake of the Paris Agreement	巴黎協定全球盤點
GWP	Global Warming Potential	全球暖化潛勢
ICSU	International Council of Scientific Unions	國際科學聯合會理事會
IMO	International Meteorological Organization	國際氣象組織
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	政府間氣候變化專門委員會
NDCs	Nationally Determined Contributions	國家自定貢獻
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	美國國家海洋暨大氣總署
RCP	Representative Concentration Pathways	代表濃度路徑
SYR	(IPCC) Synthesis Report	(政府間氣候變化專門委員會)綜整報告
UNEP	United Nations Environment Programme	聯合國環境規劃署
UNFCCC	The United Nations Framework Convention on Climate Change	聯合國氣候變遷綱要公約
WCRP	World Climate Research Programme	世界氣候研究計畫
WGCM	Working Group on Coupled Modelling	耦合模擬工作組
WG	(IPCC) Working Group	(政府間氣候變化專門委員會)工作小組
WMO	World Meteorological Organization	世界氣象組織

參考文獻

- Agrawala, S. (1998). Context and early origins of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climatic Change*, 39(4), 605-620.
<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1005315532386>
- Callendar, G. S. (1938). The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 64(275), 223-240.
https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/qj.49706427503?casa_to ken=FFiTQZsOmSwAAAAA:pBcjwBKH6VyCw8D_pLdXHQrgHS_5SwphkLeP8QGh65XnilwLXR_a38ULNx24V2mI_uo_s1kRuUz1IO4
- Chang, C.-C., Liao, Y.-T., & Chang, Y.-W. (2019). Life cycle assessment of carbon footprint in public transportation-a case study of bus route no. 2 in Tainan city, Taiwan. *Procedia Manufacturing*, 30, 388-395.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919300848>
- Climate Science Investigations (CSI). (2023, April 3). The Greenhouse Effect.
<https://www.ces.fau.edu/nasa/module-2/how-greenhouse-effect-works.php>
- Degroot, D., Anchukaitis, K. J., Tierney, J. E., Riede, F., Manica, A., Moesswilde, E., & Gauthier, N. (2022). The history of climate and society: a review of the influence of climate change on the human past. *Environmental Research Letters*, 17(10), 103001.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac8faa/pdf>
- Edwards, P. N. (2011). History of climate modeling. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(1), 128-139.
<https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wcc.95>
- Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., & Taylor, K. E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geoscientific Model Development*, 9(5), 1937-1958.
<https://gmd.copernicus.org/articles/9/1937/2016/>
- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Berntsen, T., Betts, R., Fahey, D. W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D. C., & Myhre, G. (2007). Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the 4th Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
<https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/changes-in-atmospheric-constituents-and-radiative-forcing/>
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M., Andrew, R., Gregor, L., & Hauck, J.

- (2022). Global Carbon Budget 2022. *Earth System Science Data*, 14(11), 4811-4900.
https://globalcarbonbudget.org/wp-content/uploads/GCB2022_ESSD_Paper.pdf
- Geophysical Fluid Dynamics Laboratory. (Accessed on October 18, 2023). Climate Modeling. <https://www.gfdl.noaa.gov/climate-modeling/>
- Graham, S. (1999, October 8). John Tyndall (1820-1893). Earth Observatory, NASA Goddard Space Flight Center. <https://earthobservatory.nasa.gov/features/Tyndall>
- Hawkins, E. (2013, September 30). A brief history of climate science. *The Conversation*.
<https://theconversation.com/a-brief-history-of-climate-science-18578>
- Hermansen, E. A., Boasson, E. L., & Peters, G. P. (2023). Climate action post-Paris: how can the IPCC stay relevant? *npj Climate Action*, 2(1), 30.
<https://www.nature.com/articles/s44168-023-00058-1>
- IPCC (2007). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2007). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- IPCC (2013). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2014). Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the*

- Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- IPCC (2018). Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1017/9781009157940.001>.
- IPCC (2021). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>
- IPCC (2022). Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: 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. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33, doi:10.1017/9781009325844.001. 2022 February Impacts. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2>
- IPCC (2023). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis

- Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- IPCC. (2023). Summary for Policymakers. In Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.), *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3-32). Cambridge University Press.
<https://doi.org/DOI: 10.1017/9781009157896.001>
- Keeling, R. F., & Graven, H. D. (2021). Insights from time series of atmospheric carbon dioxide and related tracers. *Annual Review of Environment and Resources*, 46, 85-110.
<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-environ-012220-125406>
- Lidskog, R., & Sundqvist, G. (2022). Lost in transformation: The Paris Agreement, the IPCC and the quest for national transformative change. *Frontiers in Climate*, 4, 906054. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fclim.2022.906054/full>
- Liu, L., & Zhang, X. (2020). Effects of temperature variability and extremes on spring phenology across the contiguous United States from 1982 to 2016. *Scientific Reports*, 10(1), 17952. <https://www.nature.com/articles/s41598-020-74804-4>
- National Centers for Environmental Information. (2022, December 5). Climate Change in the Context of Paleoclimate.
<https://www.ncei.noaa.gov/news/climate-change-context-paleoclimate>
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2007). The First Climate Model.
https://celebrating200years.noaa.gov/breakthroughs/climate_model/welcome.html#model
- Pearce, W., Mahony, M., & Raman, S. (2018). Science advice for global challenges: Learning from trade-offs in the IPCC. *Environmental Science & Policy*, 80, 125-131.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901117310298>
- Ponsioen, T. (2014, March 12). Updated carbon footprint calculation factors. *PRÉ Sustainability*
<https://pre-sustainability.com/articles/updated-carbon-footprint-calculation-factors/>
- Sand, M., Skeie, R. B., Sandstad, M., Krishnan, S., Myhre, G., Bryant, H., Derwent, R., Hauglustaine, D., Paulot, F., & Prather, M. (2023). A multi-model

- assessment of the Global Warming Potential of hydrogen. *Communications Earth & Environment*, 4(1), 203.
<https://www.nature.com/articles/s43247-023-00857-8>
- Schneid, F. (2023). Staging science: Dramaturgical politics of the IPCC's special report on 1.5 C. *Environmental Science & Policy*, 139, 166-176.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901122003252>
- Suess, H. E. (1955). Radiocarbon concentration in modern wood. *Science*, 122(3166), 415-417. <https://www.science.org/doi/pdf/10.1126/science.122.3166.415.b>
- World Meteorological Organization (WMO). (2023, November 15). Greenhouse Gas concentrations hit record high. Again.
<https://wmo.int/news/media-centre/greenhouse-gas-concentrations-hit-record-high-again>
- 周天军, 邹立维, & 陈晓龙. (2019). 第六次国际耦合模式比较计划 (CMIP6) 评述. *气候变化研究进展*, 15(5), 445.
<http://www.climatechange.cn/article/2019/1673-1719/1673-1719-15-5-445.shtml>
- 竺可桢. (1972). 中国近五千年来气候变迁的初步研究. *考古学报*(1), 15-38.
- 許晃雄. (2015, June 24). 全球暖化的科學爭議.
https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/km_column_one.aspx?kid=20150624104853
- 郭博堯. (2022, September). 全球甲烷減排承諾對天然氣市場的影響. *中技社通訊* (143), 33. <https://www.ctci.org.tw/8838/publication/10792/44279/>
- 環保署. (2022). 溫室氣體排放量盤查作業指引.
- 國科會. (2011). 臺灣氣候變遷科學報告 2011.
- 國科會. (2017). 臺灣氣候變遷科學報告 2017.
- 交通部中央氣象局. (2009). 臺灣氣候變化統計報告: 1897~2008.
- 交通部中央氣象署. (2023). 臺灣氣候統計圖集. 1897-2020 年.

第三章 氣候變遷對各領域與地域之可能影響

前言

本章先藉由 IPCC 第 6 次評估報告(AR6)所述之氣候變遷對不同區域之熱浪、強降雨、農業與生態乾旱等極端氣候事件的影響程度，亦註明當今科學對於評估結果之信心程度；因農業影響最受重視，故於第二節彙整氣候變遷對於全球農業之影響，包括全球糧食產量影響，與水稻、玉米及小麥等作物之影響情況，並摘要我國農業可能面臨之影響；第三節則以葡萄酒產業為例，探討全球葡萄酒產業現況、法國葡萄酒產業如何尋求調適的歷程，及其調適相關成果之啟示；第四節則以全球升溫幅度最劇烈的北極地區為例，說明氣候變遷在能源、航運、地緣政治與軍事面向上，都可能會造成區域與全球層面的正反影響，甚至可能影響大國實力之消長；第五節則闡述未來全球氣候變遷可能造成會越過氣候臨界點之熱點地區，其可能發生之衝擊，及升溫達到何種程度時將可能會有越過氣候臨界點之風險；最後第六節與第七節則透過對古氣候變遷之研究，說明北非撒哈拉沙漠之古氣候變遷與其可能在越過氣候臨界點後帶來廣泛正面效益，及中國大陸黃土高原之古氣候變遷研究與對未來氣候變遷之推測。

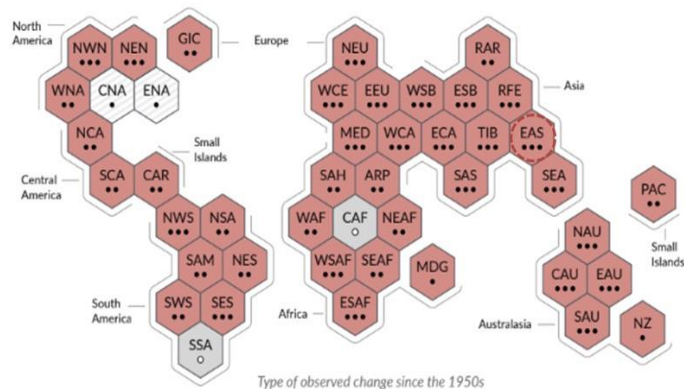
一、氣候變遷之全球各區域之影響—檢視 IPCC 第 6 次評估報告

在 IPCC 第 6 次科學評估報告(AR6)中，分析了人類居住區已觀察到的氣候變遷情況，其以個別六角形表達不同的區域；其中東亞地區（EAS）已觀察到的氣候變遷類型下，僅熱浪為增加且具有高信心水準，強降雨及農業與生態乾旱皆因為一致性有限而信心水準較低（參見圖 3.1、圖 3.2 與圖 3.3）⁶。

⁶ 圖 3.1、圖 3.2 及圖 3.3 中人居區域之代號所代表地區：ARP: 阿拉伯半島(Arabian Peninsula); CAF:非洲中部(Central Africa); CAR: 加勒比海地區(Caribbean); CAU: 澳洲中部(Central Australia); CNA: 北美洲中部(Central North America); EAS: 東亞(East Asia); EAU: 澳洲東部(Eastern Australia); ECA: 中亞東部(East Central Asia); EEU: 東歐(Eastern Europe); ENA: 北美洲東部(Eastern North America); ESAF:非洲東南部(East Southern Africa); ESB:西伯利亞東部(East Siberia); GIC: 格陵蘭/冰島 Greenland/Iceland; MDG: 馬達加斯加(Madagascar); MED: 地中海(Mediterranean); NAU: 澳洲北部(Northern Australia); NCA: 中美洲北部(Northern Central America); NEAF: 非洲東北部(North Eastern Africa); NEN: 北美洲東北部(North-Eastern North America); NES: 南美洲東北部(North-Eastern South America); NEU: 北歐(Northern Europe); NSA: 南美洲北部(Northern South America); NWN: 北美洲西北部(North-Western North America); NWS: 南美洲西北部(North-Western South America); NZ: 紐西蘭(New Zealand); RAR: 俄國北極區(Russian Arctic); RFE: 俄國遠東地區(Russian Far East); SAH: 撒哈拉(Sahara); SAM: 南美洲季風區(South American Monsoon); SAS: 南亞(South Asia); SAU: 澳洲南部(Southern Australia); SCA: 中美洲南部(Southern Central America); SEA: 東南亞(Southeast Asia); SEAF: 非洲東南部(South Eastern Africa); SES: 南美洲東南部(South-Eastern South America); SSA: 南美洲南部(Southern South America); SWS: 南美洲西南部(South-Western South America); TIB: 西藏高原(Tibetan Plateau); WAF: 非洲西部(Western Africa); WCA: 中亞西部(West Central Asia); WCE: 西歐/中歐(Western and Central Europe); WNA: 北美洲西部(Western North America); WSAF: 非洲西南部(West Southern Africa); WSB: 西伯利亞西部(West Siberia)

- 已觀察變遷類型：熱浪
- 增加(41)
 - 減少(0)
 - ◊ 此變遷類型下同意度低(2)
 - ◊ 資料與/或文獻有限(2)
- 已觀察變遷下信心程度
- 高
 - 中
 - 因一致性有限而低
 - 因證據有限而低

(a) Synthesis of assessment of observed change in **hot extremes** and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions

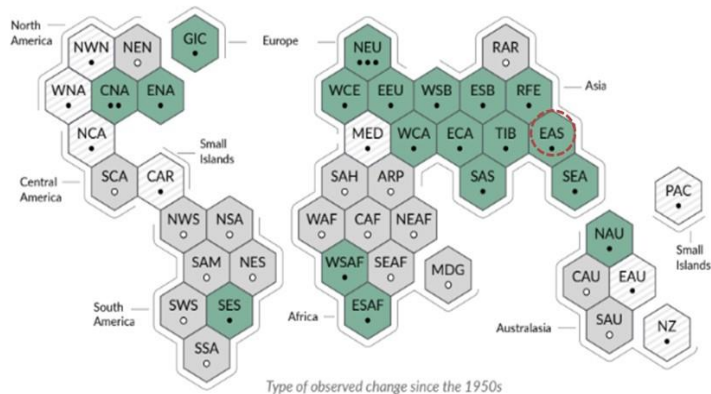


資料來源：(IPCC, 2021)

圖 3.1 氣候變遷對人居區域之極端氣候事件影響（熱浪）

- 已觀察變遷類型：強降雨
- 增加(19)
 - 減少(0)
 - ◊ 此變遷類型下同意度低(8)
 - ◊ 資料與/或文獻有限(18)
- 已觀察變遷下信心程度
- 高
 - 中
 - 因一致性有限而低
 - 因證據有限而低

(b) Synthesis of assessment of observed change in **heavy precipitation** and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions

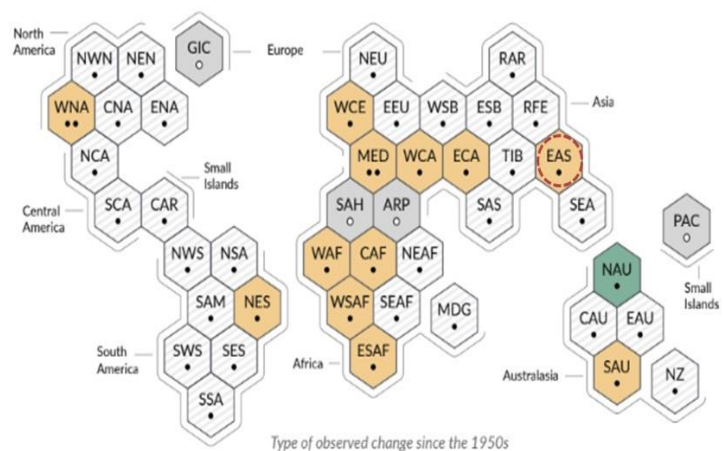


資料來源：(IPCC, 2021)

圖 3.2 氣候變遷對人居區域之極端氣候事件影響（強降雨）

- 已觀察變遷類型：農業與生態乾旱
- 增加(12)
 - 減少(1)
 - ◊ 此變遷類型下同意度低(28)
 - ◊ 資料與/或文獻有限(4)
- 已觀察變遷下信心程度
- 高
 - 中
 - 因一致性有限而低
 - 因證據有限而低

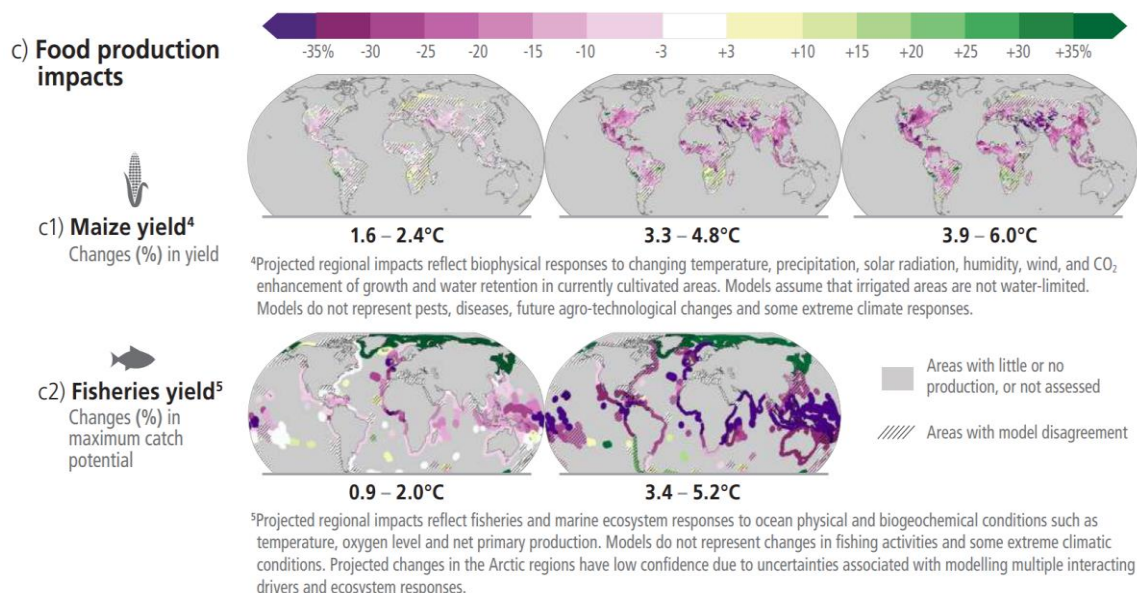
(c) Synthesis of assessment of observed change in **agricultural and ecological drought** and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions



資料來源：(IPCC, 2021)

圖 3.3 氣候變遷對人居區域之極端氣候事件影響（農業與生態乾旱）

進一步分析對農作物、漁獲量的變化可以發現，全球各區的衝擊並不相同，如維持在升溫不超過 2°C，部分區域的單位產量(未考慮害蟲的影響)還有可能增加，然而升溫至 3.3°C 以上時，則所有區域的農作物受影響結果，均會造成減產(參見圖 3.4)。



資料來源：(IPCC, 2021)

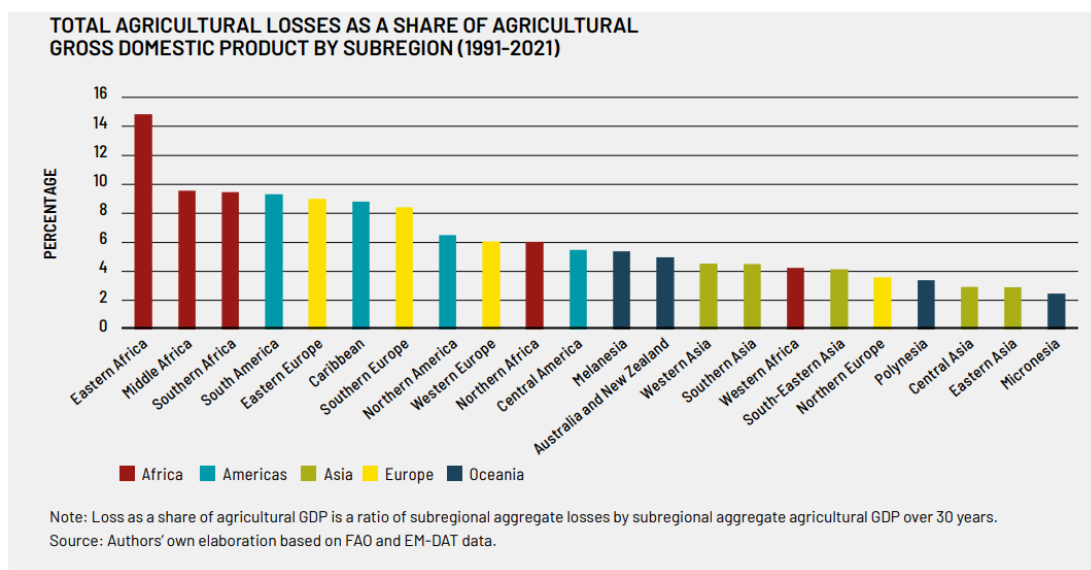
圖 3.4 氣候變遷對全球玉米產量與漁獲量影響

二、農業面向之影響

(一)全球農業面向之影響

氣候可能對糧食品質、生長週期與產量等方面造成影響，更進而影響糧食自給率與糧食安全風險。聯合國糧食及農業組織(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)於 2023 年公布的「災害對農業和糧食安全的影響」(The Impact of Disasters on Agriculture and Food Security 2023)，統整國際災害數據庫 (Emergency Events Database, EM-DAT) 的統計顯示，過去 30 年災害事件導致的作物和牲畜生產損失總額，估計達到了 3.8 兆美元，平均每年損失 1,230 億美元，相當於全球年農業生產總值的 5%，但低收入和中低收入國家總農業生產總值損失達到 15%；又災害損失相對於各地區的農業 GDP，有不同程度的影響，儘管亞洲損失總額最高 (占總損失的 45%)，但相對於其農業 GDP 的影響卻最小 (僅占 4%)；相比之下，非洲損失總額約為亞洲的四分之一，卻占其整體農業附加價值近 8%，是亞洲的兩倍；而歐洲和美洲損失占比約為 7.5% 和 5%，大洋洲約為 5%。在子地區層面，東非和拉丁美洲及加勒比海地區損失較大，分別接近 15% 和 10%；相反的，亞洲子地區儘管經歷多次洪災和非洲豬瘟等災害損失，但占比較小；北美洲在過去三十年亦遭受大量損失 (參見圖 3.5)。此外，過去 30 年全球穀物平均損失達到每年 6900 萬噸，相當於 2021 年法國的全年穀物產量；水果、

蔬菜 and 糖類作物的損失也接近每年 4,000 萬噸；肉類、乳製品和雞蛋平均年損失 1,600 萬噸，相當於 2021 年墨西哥和印度的肉類、乳製品和雞蛋合計產量 (FAO, 2023)。



資料來源：(FAO, 2023)

圖 3.5 過去 30 年各洲子地區總農業損失占其農業 GDP 之比例

雖然部分國家糧食自給率不足時，可透過國際貿易補足，但隨著氣候變遷發展為全球性議題，糧食主要生產國若受到氣候變遷之衝擊，可能造成糧食供需失衡或難以出口之問題，使糧食安全受到挑戰。如考量人口成長，預計每 10 年全球糧食需求會增長 14% (Alexandratos and Bruinsma, 2012)；但根據過去預測糧食作物產量變化的相關研究所統整氣候變遷對糧食作物的影響，可推算在氣候變遷的影響下，平均全球糧食作物產量每 10 年將會下降 1% (Porter et al., 2014)，意味著未來我們唯有靠提高農業生產力，才可能保障糧食供需平衡；此外，有學者應用地理資訊進行全球範圍農作物產量變化的網格化模擬 (gridded simulation)，分析 2000 年和 2050 年兩個時間點之間，可能會有 64% 網格單元的產量變異係數增加 5% 以上，而可能原因包括平均產量的減少與產量標準差的增加 (Müller et al., 2014)；另有學者針對全球 13,500 個地區，分析 1979 年至 2008 年大豆、小麥、玉米與稻米等糧食作物產量受氣候變遷影響的程度，發現氣候變遷具有 32~39% 年產量影響力 (Ray et al., 2015)；後續則有學者依據大氣二氧化碳濃度可能在本世紀末造成氣溫上升 2.0-6.4°C 之情境，推估熱浪、乾旱、洪水、非常態降雨等極端氣候事件將大幅增加，對未來全球與區域之農作物系統、農業生產力與人類糧食安全帶來嚴重威脅，農作物也都會面臨不同程度的病蟲害情況 (Alotaibi, M., 2023)。因此，人類要如何確保氣候變遷衝擊情況下之糧食生產，以滿足人類對糧食之需求，必然會成為未來的重要挑戰。

(二) 氣候變遷對主要糧食作物之影響分析

本小節分別彙整不同研究探討氣候變遷對於水稻、玉米、小麥等三種主要作物的影響，除了回顧過去的相關研究，並摘要氣候變遷對全球不同地區稻米、玉米與小麥之生產變動影響之推估結果。

1. 水稻

氣候變遷對水稻之影響偏向負面，但也非全部都是如此。Lobell 等人依據 1980 至 2008 年 FAO 的大豆、小麥、玉米與稻米產量、陸地氣溫和降雨資料，分析產量與氣溫和雨量的關係，發現其中稻米的總產量相對變動較不明顯，這段期間只下降 1.7%；而其評估認為，溫度每上升 1°C 會使印度的稻米單位產量減少約 7%，但卻會使中國的稻米單位產量增加約 2% (Lobell et al., 2011)。Chen 等人分析氣候變遷、海平面上升與稻米產量對全球市場的影響，發現會受到氣溫、降水等影響之生產良率與海平面兩因素結合，會導致產量下降，並導致稻米價格上漲，產生糧食安全問題；即使在生產良率未受影響狀態下，如果海平面上升 1 公尺與 5 公尺，全球水稻產量可能分別減少 110 萬公噸 (0.22%) 與 585 萬公噸 (1.16%)、貿易成長 3.91% 至 18.67%、價格增加 0.9% 至 5.13%、總社會福利減少 14.5 至 105.9 億美元；在個別國家所受影響方面，孟加拉進口數量需要成長 292%、日本成長 41%、臺灣成長 3%，緬甸、越南與埃及從出口國轉為進口國，美國、東非等地區出口量更多，可能在部分國家造成糧食危機；此外，糧食出口國若限制糧食出口，可能造成全球稻米價格上漲、貿易總額減少與社會福利損失 (Chen, C. C et al., 2012)。又主要針對亞洲地區稻米之氣候變遷相關衝擊之模式研究彙整結果指出，除中國東北、緬甸產量可能增加，而越南、泰國、菲律賓產量基於不同因素而變動不一外，推估其餘地區產量皆可能會有所減少，需要對於水稻品種、氮肥與灌溉等有所調整 (Alotaibi, M., 2023、Farooq, A. et al., 2023)。

2. 玉米

如以 1980 至 2008 年 FAO 的玉米產量歷史資料，同時分析產量與氣溫和雨量的關係，會顯現 1980 至 2008 年間全球玉米平均產量下降 3.8% (Lobell et al. 2011)。如根據歷史資料分析結果再結合氣候情境，可用於推估未來的影響；例如有學者依據在四種代表性濃度路徑 (RCP)、五種全球氣候模式以及三種共享社會經濟途徑 (Shared Socioeconomic Pathways, SSPs) 下，使用模式推估全球玉米、水稻和小麥的單位產量與價格的變化，其中在 RCP8.5 假設下，以三種 SSP 情境將整體產量與 2050 年無氣候變化情境進行比較，發現玉米價格會上漲 61.3% 至 80.9%，並顯示氣候變遷除影響全球重要糧食作物之價格，亦會影響國際間作物的貿易模式；此外，該模式也預測隨著氣溫升高，溫帶地區可能變得更適合種植玉米，故推估阿根廷和烏克蘭的玉米出口量將大幅增加；此外，在 SSP1 和 SSP2 的 RCP8.5 情境下，加拿大和歐盟將從玉米進口國轉變為出口國 (Dumortier et al., 2021)。又彙整氣候變遷對美國、中國大陸、非中、南亞與南歐等地玉米生產影

響之相關模式研究，多顯示這些國家的玉米產量將會降低，唯部分情境下加拿大與法國有產量增加的情形 (Farooq, A. et al., 2023)。

3. 小麥

由 1980 至 2008 年 FAO 小麥產量、陸地氣溫和降雨的歷史資料，分析產量與氣溫和雨量的關係，發現 1980 至 2008 年全球小麥平均產量下降 5.5% (Lobell et al., 2011)。後續學者再加入全球暖化情境做未來預測，考量 SSP3 和 SSP1 情境的研究，預測 2050 年各國作物的貿易變化，顯示在小麥貿易上，加拿大、中國、歐盟、俄羅斯和烏克蘭等小麥生產大國的產量均有所增加，以歐盟 (46.5% 至 108.0%) 與加拿大 (38.5% 至 44.4%) 的出口增加幅度最高 (Dumortier et al., 2021)。另一方面，亞洲的中亞與南亞地區 (包含孟加拉、印度、尼泊爾、土耳其、巴基斯坦、伊朗等) 產量多為減少，中國北部、北美、加拿大與澳洲等地區產量則有增加，可能因為氣溫與雨量有所差異 (Alotaibi, M., 2023、Farooq, A. et al., 2023)。

(三) 臺灣農業面向之影響

以臺灣農業與糧食供給現況而言，國內穀物大量仰賴進口，尤其大豆、玉米與小麥為最大宗農產品進口類別，其中小麥年進口約 110 至 150 萬公噸，主要以美國、澳洲、加拿大與印度為進口來源；玉米 (硬質玉米) 每年約進口 400 至 500 萬公噸，供應畜牧業使用，以美國、巴西、阿根廷為主要進口國。在未來氣溫變化情況下，主要影響雜糧、蔬菜、水果與漁產品，平均每年減少 0.063% 至 7.431%；而在雨量變化下，預計影響稻作、雜糧、蔬菜、水果與豬肉，每年減少 0.011% 至 0.195%。若依據四種 SSP 情境溫度及雨量對產量衝擊進行評估，葡萄柚、枇杷、桶柑、文旦、檸檬、馬鈴薯、哈密瓜、結球白菜與萵苣產量呈負成長，且 AR6 情境較 AR5 更加劇烈；而在雨量情境下，多數的作物產量皆為負成長 (張靜貞，2022)。

臺灣學者推估我國氣候變遷下糧食安全風險，因未來人口減少，糧食總需求減少，以 SSP 三種情境平均溫度變化影響檢視，實質 GDP 於三個期間平均年變動率為 -0.03% 至 -0.341%、農業整體總產出年變動率為 -0.616% 至 -1.015%，糧食自給率也由 31.25% 下降為 30.48% 至 30.59%；SSP 三種情境平均雨量變化下，實質 GDP 平均年變動率為 -0.02% 至 -0.08%、農業總產出年變動率為 -0.023% 至 -0.091%。以上結果顯示，氣候變遷會對臺灣糧食安全帶來一定程度之風險，應思考如何妥為因應 (張靜貞，2022)。

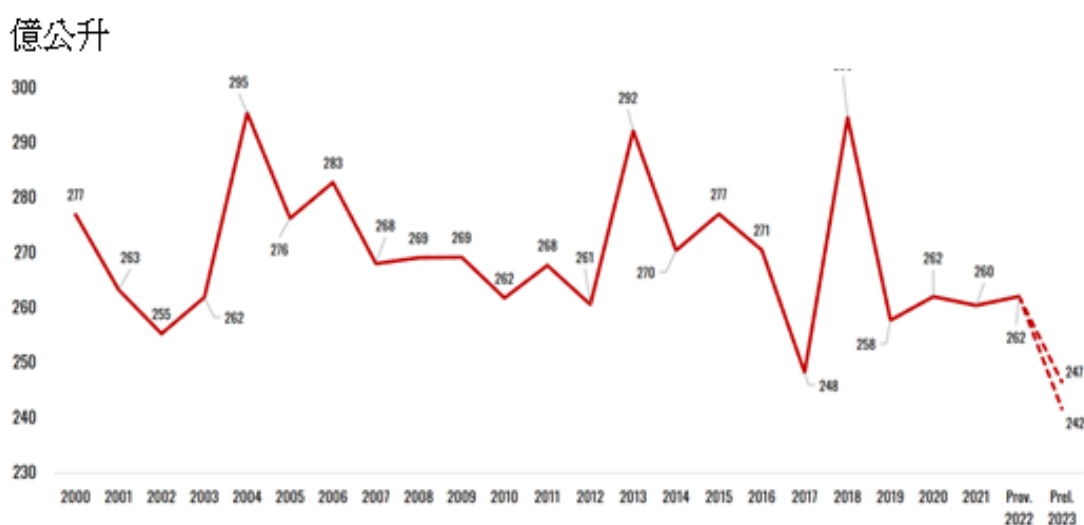
三、農業之氣候衝擊與調適—以葡萄酒產業為例

葡萄種植通常需要特定的氣候條件，例如溫度、降雨量和陽光照射。氣候變化可能導致這些條件的變化，對葡萄的生長和品質產生影響，這可能會導致葡萄酒產區的地理分佈發生變化，因為某些地區可能不再適合種植特定的葡萄品種或

生產特定風格的葡萄酒(Mozell and Thach, 2014)。而過去幾十年的氣候變化已經影響了葡萄酒生產，且預計這種變化將進一步加劇(Santos, et al., 2020)。本節先概述全球葡萄酒產業現況，接著彙整法國葡萄酒產業之氣候調適歷程，最後提出法國葡萄酒產業調適成果之啟示。

(一)全球葡萄酒產業現況與法國之地位

國際葡萄與葡萄酒組織(International Organisation of Vine and Wine, OIV)⁷於2023年11月發布的年報指出，預估2023年全球葡萄酒產量約244億升上下，由圖3.6可知，2023年預估產量是1961年以來的最低水準；減產的原因主要可歸因於南、北兩個半球主要葡萄酒生產國的產量大幅下滑，主要南半球葡萄酒生產國澳洲、阿根廷、智利、南非和巴西都因惡劣天氣條件影響致年變化率在-10%至-30%之間，而北半球的義大利、西班牙和希臘也在生長季節遇上惡劣氣候條件，只有美國和德國等少數歐盟國家經歷較好的氣候條件，部分國家的早霜、強降雨和乾旱等極端氣候條件再次影響全球葡萄園的產量；然而全球葡萄酒產業同時面臨消費下降、世界許多地區庫存居高不下，故預期葡萄酒產量下跌將使其產銷較為平衡(OIV, 2023, November 7)。



資料來源：(OIV, 2023, November 7)

圖 3.6 全球葡萄酒產量 (2000~2023) (不包括果汁和葡萄汁)

全球葡萄酒產業2023年最大生產國為法國，估計產量略高於五年平均水準，然而仍有主要產區的波爾多(Bordeaux)產區與西南(Sud-Ouest)產區因病蟲害而減產，朗格多克-魯西雍(Languedoc Roussillon)產區則受到熱浪與乾旱衝擊(OIV, 2023, November 7)。所以在全球葡萄酒市場變化之際，我們可以注意到法國

⁷ 國際葡萄與葡萄酒組織(International Organisation of Vine and Wine, O.I.V.)於1924年成立於法國巴黎的政府間的國際組織，是國際葡萄酒業的權威機構，由符合一定標準的優良葡萄及葡萄酒生產國組成，主要任務是協調各成員國之間的葡萄酒貿易、討論科研成果、制定符合國際葡萄酒發展潮流的技術標準等。<https://www.oiv.int/>

跟各葡萄酒主要生產國一樣面臨不小的氣候風險；但法國在面對此情勢下，仍於 2023 年占有全球葡萄酒產量之首的地位，法國葡萄酒業如何應對氣候變遷衝擊並進行調適，成為關注該產業時一個值得研析之課題。

(二)法國葡萄酒產業應對氣候變遷衝擊之歷程

法國因其氣候適宜，發展為全球知名的葡萄酒產區，波爾多葡萄酒向來是法國引之為傲的產業與文化；氣候變遷會影響到包括葡萄種植、葡萄酒釀造等與葡萄酒生產相關的所有活動，尤其傳統上波爾多葡萄生產乃依靠降雨而不是灌溉，因此氣候與葡萄酒生產力之間，存在密切的關係；隨著近年氣候變遷改變氣候條件，使得多數葡萄酒產區趨向溫暖與乾燥，影響日趨明顯，例如氣溫上升使葡萄藤發育較早，更容易遭受春季霜凍（如 2021 年）衝擊，並將收穫日期提前至夏季中期，從而加劇該時期氣溫上升的敏感度；同時法國南部更常出現缺水情況，直接影響產量；葡萄酒的特性也產生變化，包括香氣變化，酒精含量更高，酸度更低；由於平均氣溫上升，生長期縮短，因此，酒莊必須在短時間內迅速擴增人力採收葡萄，導致成本提高；法國波爾多葡萄酒莊中，最負盛名的聖艾美隆（Saint-Émilion），採收期已提早近 20 天(Ollat and Touzard, 2014；Ferrari, 2023, October 11)。

基於法國葡萄樹和葡萄酒產業的經濟重要性、葡萄栽培的氣候敏感性及地理空間的連結特殊性，法國國家農業、食品與環境研究所(French National Institute for Agriculture, Food, and Environment, INRAE)⁸認為法國葡萄酒產業比其他農作物產業更需要調適氣候變遷，且有必要盡早掌握氣候變遷對葡萄栽培和葡萄酒品質的具體影響，並且找出該產業創新發展的調適策略。INRAE 自 2012 年啟動葡萄栽培和釀酒業應對氣候變化的長期適應方案「(Long-term Adaptation to Climate Change for Viticulture and Enology, LACCAGE)計畫，歷經兩期多年的跨學科研究計畫（LACCAGE 1.0 和 2.1），啟動調適研究專案，並廣納產業鏈中各利益相關者，共同針對氣候變遷影響進行研究，尋求找出葡萄酒產業的因應之道；而 LACCAGE 設定的目標有三：(1) 建立模擬氣候變遷對葡萄栽培、葡萄酒生產和葡萄酒品質的區域層面影響，以及運用調適選項的評估模式；(2) 建立可整合不同面向研究（氣候、生物、農藝、環境、經濟和社會學）成果的模式與管理工具，發展創新因應策略；(3) 提出不同空間尺度的調適情境，並評估其經濟、社會和環境的影響(van Leeuwen and Darriet, 2016)。

LACCAGE 1.0 計畫自 2012 年至 2016 年執行；此研究首先指出，全球暖化

⁸ INRAE 是法國國家農業、食品與環境研究所，成立於 2020 年 1 月 1 日，由法國國家農業研究所 INRA 和法國國家環境科學技術研究所 IRSTEA 合併而成和農業。INRAE is France's National Research Institute for Agriculture, Food and Environment, created on January 1, 2020, It was formed by the merger of INRA, the National Institute for Agricultural Research, and IRSTEA, the National Research Institute of Science and Technology for the Environment and Agriculture.

導致物候提前，同時也導致整體溫度的上升、降水模式的地方性變化，同時也增加極端事件的頻率，例如熱浪、冰雹、晚霜和過量降雨事件；而在各種環境因素中，氣候對葡萄的發育和果實成分的影響比土壤和葡萄品種更為顯著，更溫暖和更乾燥的條件會影響葡萄藤的生長、葡萄成熟以及疾病和害蟲的動態；另一方面，葡萄藤生長不同階段的天氣條件(包括冬季休眠期)，對最終的葡萄酒產品都具有重大影響；不過根據英國牛津大學科學家評估，最優質的波爾多葡萄酒來自較為溫暖乾燥的夏季、較為冷濕的冬季、較早且較短生長季的年份，其中重要原因在於較溫暖的夏季可以提高葡萄糖分而使葡萄酒較甜；而值得慶幸的是，當葡萄藤面臨日益溫暖和乾燥的生長條件時，雖然較高溫度和乾燥會導致產量下降，但卻可以提高葡萄酒的質量，生產更為濃郁豐富的葡萄酒，這與消費者的偏好相符；運用適當的調適技術如植物材料和葡萄栽培技術延遲物候和葡萄成熟並增加耐旱性，亦可更進一步建置完善的灌溉系統因應此風險；另外，法國所擁有龐大的葡萄種原基因庫，可供未來繼續生產高品質葡萄酒的寶貴資源，未來在氣候變遷的情況下，將可持續保持葡萄酒的產量。自 2018 年至 2021 年的 LACCAGE 2.21 計畫，則要致力於針對葡萄樹和葡萄酒行業適應的主要挑戰，提供全球性的綜合專業知識，例如水、疾病、土壤、數據、葡萄酒類型演變的管理及他們的發展條件；此外，還要定義生態氣候指標，並根據葡萄樹調整作物模式，一起用於生成藤蔓性能模擬，有助於設計更具彈性的生產系統；根據模擬生態指標、模式預測和參與方法，來定義地方和國家中期營運調適策略(種植系統、景觀管理、葡萄酒產業政策)，提供科學和可操作的知識、指標、方法工具和創新，以便提出不同規模的具可操作性調適策略；同時推動幾項參與性措施，以幫助在地方和國家層面建立韌性生產系統(van Leeuwen and Darriet, 2016；van Leeuwen, et al., 2019；Ferrari, 2023, October 11)。

LACCAGE 執行完成後，2021 年 2 月由法國葡萄與葡萄酒研究所(French Wine and Vine Institute, IFV)等多個單位，共同向法國農業和食品部長提出「葡萄酒產業調適氣候變遷策略」(stratégie de la filière viticole face au changement climatique)；此策略包含 7 類主要行動，分述如下(INAO, France AgriMer, INRAE, IFV, 2021)：

1. **提高對葡萄酒產區氣候變遷的瞭解：**在氣候變遷和新氣候工程的背景下，發展葡萄酒產區的新知識，透過國家層級投入建立氣象站網絡並分析氣象數據，包含空間、降雨和溫度、乾燥和濕度指數，並結合葡萄酒區域的氣候地圖、空間資訊、天氣預報模式等；
2. **針對生產條件變化採取行動：**對葡萄園土壤水分做更精準管理，包含改善水資源管理、建立在未灌溉情況下減少需水壓力的方法，減少農場用水量，減少釀酒過程用水量，並回收和再利用廢水，同時發展水資源儲存系統，例如微型水壩、山區水庫和灌溉網絡；

3. **推廣種植新的品種：**多元開放各種品種育種，並搭配使用新興資材；
4. **調整釀酒方法與程序：**對於氣候變遷所導致葡萄汁更加甜膩，酒精度濃度更高之情況，透過釀酒方法調整相關影響，同時避免影響葡萄酒的產區定義，如選擇不同微生物、葡萄汁脫糖、減少酒精含量和對葡萄酒進行酸化處理；
5. **開發新市場需求與生產保障：**氣候變遷影響葡萄酒的性質，會連動到市場和消費習慣，要更積極關注市場需求變化；而生產受到夏季高溫影響之生產限制，應考量運用機器人或新技術來改善；
6. **加強氣候變遷調適之研究、開發、轉譯與人員培訓：**氣候變遷不確定高，須加強各種調適技術研發，並將龐大的資訊，精準傳達給各利害關係人；
7. **投入減碳減緩氣候變遷：**葡萄園也可是碳匯之一，透過減碳之推動，可吸引消費者購買意願。

整體來說，須因應地方條件、運用新知識、與不同行動者合作模擬氣候事件對葡萄栽培治理的影響，亦可透過保護改善栽培土壤、選用其他品種或品種改良、調整釀酒等方式，以進行葡萄酒產業栽培與生產方式之改善。

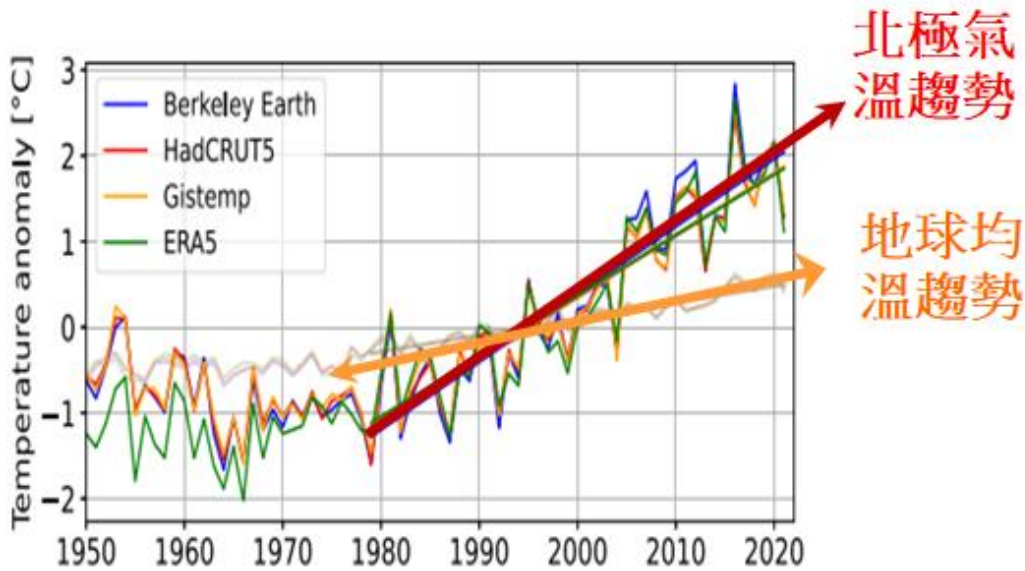
(三)法國葡萄酒產業氣候調適成果之啟示

如前所述，牛津大學藉由分析區域內不同葡萄酒產區的天氣變數，包括先前被忽略的季節效應，揭示高品質葡萄酒往往是在降雨量較高、溫度較暖和生長季節較短的年份製成，故未來如果有效掌握氣候變遷帶來的改變，波爾多紅酒可能會因為氣候變遷而更濃郁香醇，反而有機會提高波爾多葡萄酒的品質(Wood, et al., 2023)。雖然由於法國葡萄酒傳統產區受到氣候變遷威脅，且氣候由較寒冷轉變為適宜葡萄生長之產區的國家，例如英國與德國，都推動引入適宜葡萄品種進行栽種，野心勃勃的企圖擴張各自的葡萄酒版圖(Droulia & Charalampopoulos, 2021)，但法國對於葡萄酒產業的全面性因應作為，全體利害關係人一同努力推動調適技術，即便極端天氣事件可能會造成產量損失，但搭配質的提升，對產值而言，仍有其成長空間。由此觀之，氣候變遷提供的新興機會，也有可能讓提前行動者搶到利基；機會永遠是給準備好的人，如果不趕緊準備，恐怕僅能受到氣候變遷的負面衝擊，而未能掌握新機。不過對法國整體葡萄酒產業發展而言，未來更大的挑戰不一定是氣候變遷對生產的影響，而是來自於消費者的需求變化，因為有一定比例的酒類消費需求群，對於葡萄酒的喜好，似乎從較為傾向濃郁轉為偏好清爽，此亦須法國葡萄酒產業構思如何因應(OIV, 2023, November 7)。

四、能源、航運、地緣政治與軍事面向之影響—以北極區域為例

依據 IPCC 第 6 次科學評估報告(AR6)，地球已經較工業革命前升溫 1.1°C，但地球各地升溫幅度並不一致，部分地區暖化速度更勝其他地方；例如與整個地球相比，北極的氣溫升高速度更快已被認為是一明確事實，這種現象稱為北極或極地放大 (Arctic Amplification, AA)；過去許多研究報告指出，北極變暖速度是

全球平均的 2 倍以上，1971-2019 年期間北極變暖的速度是全球變暖速度的 3 倍，甚至 1979-2021 年的 43 年期間觀測到北極變暖速度幾乎是全球的 4 倍(參見圖 3.7)，更極端的北極放大現象出現在新地島(Novaya Zemlya, 俄國北冰洋島嶼)附近的海域，這些海域的局部變暖速度估計是全球平均水準的 7 倍；目前對於科學界之挑戰，在於現今估算全球變暖幅度較接近實際觀測的氣候模式，通常對於北極變暖趨勢無法呈現足夠的幅度，而顯示相符北極變暖趨勢的氣候模式，卻通常對於全球變暖估算幅度都過高，此仍有待科學界持續努力(Rantanen et al., 2022)。



資料來源：(Rantanen et al., 2022)

圖 3.7 北極與全球 1950-2020 年均溫變化趨勢比較

北極變暖如此快之可能很大一部分原因與海冰有關，冬季結冰的海冰被雪覆蓋，將大約 85% 的入射太陽輻射反射回太空，相對上開闊的海洋反而會吸收 90% 的太陽輻射；當海冰融化，吸收率增加，海洋變暖的步伐進一步放大海冰融化，導致海洋變暖更快；這種反饋可能是導致北極放大且北極變暖程度遠超過地球其他多數地區之主因；除海冰外，北極還包含其他不穩定因素—永凍土及格陵蘭冰蓋；先前永凍土儲存的二氧化碳和甲烷可能因暖化而釋放，將有助於北極進一步變暖，從而加速未來永凍土融化；而格陵蘭冰蓋則擁有全部融化將造成地球海平面上升 7.4 公尺的冰量，目前科學家估算會造成降雪速度低於融冰速度的閾值為升溫 4.5°C，隨著北極升溫幅度可能高於過往估計值，格陵蘭冰蓋加速融化的可能性已經浮現。(Bamber, 2022, August 11)。

原本覆蓋北極圈冰洋大部分地區的海冰，會隨著季節變動而有所擴張和收縮，且多於每年 9 月達到最小面積；依據《自然通訊》(Nature Communication) 刊登研究所述，由於地球暖化的進展，即使我們現在非常積極減少溫室氣體排放，也已無法阻擋 2030 年代將發生北冰洋夏季無冰情景(Bamber, 2023, June 6)；「國際氣候與安全軍事委員會」秘書長也指出，人們在有生之年可以看到了一個

全新的海洋(即一個可航行的北極圈北冰洋)(Speak, 2023, March 22)。有鑑於北極為地球暖化升溫幅度數一數二高的地區，其變化也可能擴大影響範圍，造成例如巴倫支海冰崩融、格陵蘭冰蓋崩融、北大西洋洋流變緩等更多區域之顯著變化，且其區域影響牽涉到複雜的多國多面向利益，故持續受到各國高度矚目，與爭相投入北極相關利益競爭行列。以下分別就能源面、航運面、地緣政治與軍事面等三個層面進行簡要探討。

(一)能源面

北極圈地理面積約占地球表面積的6%，陸地約占北極面積的3分之1，近海大陸棚約占3分之1，而其餘3分之1是深海海域。依據美國地質調查局估計，北極可能蘊藏著全世界約13%未探明石油資源和約30%的未探明天然氣資源，而估計分布在北極地區7個主要油氣蘊藏盆地的油氣資源，就約占北極總蘊藏油氣資源的87%，相當3,600億桶油當量，如圖3.8所示(Dews, 2014; Gautier et al., 2009; World Economic Forum, 2020, February 13)。



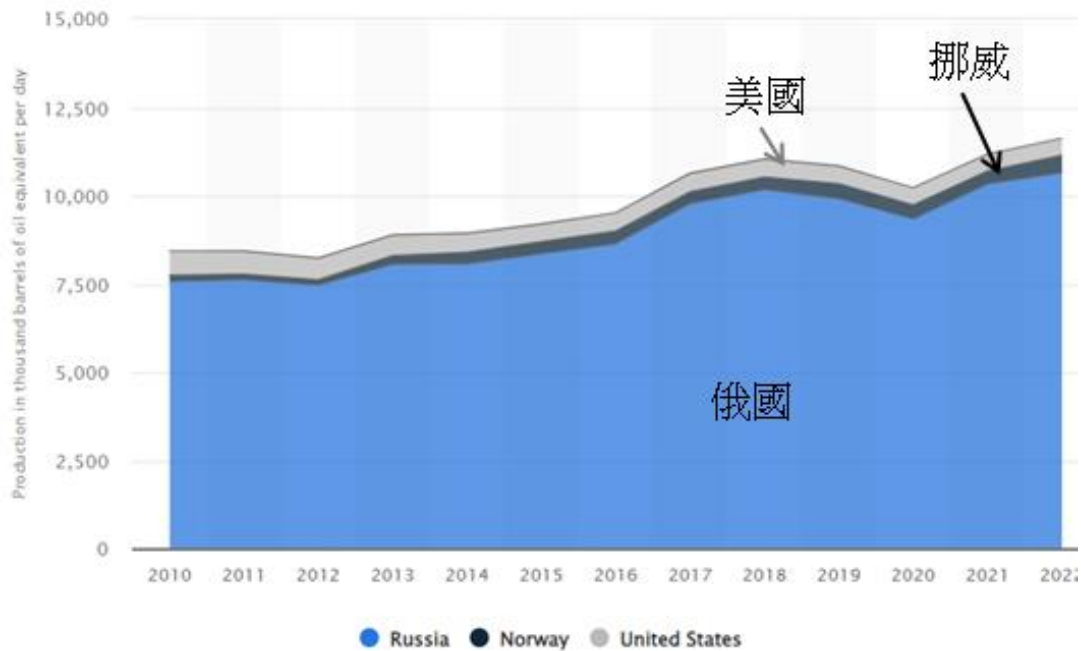
資料來源：(World Economic Forum, 2020, February 13)

圖 3.8 北極地區主要油氣蘊藏盆地分布圖

當前北極圈的油氣資源開發最積極的國家為俄國，在現行北極圈油氣開發之占比高達92%，約日產1,065萬桶油當量之石油與天然氣；其次的挪威及美國只各占4%，日產油氣量約各為49萬桶油當量及48萬桶油當量，而此3國近十多年北極圈油氣生產情形可參見圖3.9 (Statista Research Department, 2023, August 25)。

隨著近期俄烏戰爭等因素之影響，挪威與美國的北極油氣資源開發政策出現

明顯轉折，以下進行概述。



資料來源：(Statista Research Department, 2023, August 25)

圖 3.9 北極地區主要國家油氣生產情況(2010-2022 年)

1. 歐盟擱置北極停止油氣開發之主張與挪威的油氣投資擴張

目前挪威提供歐盟和英國每年約 4 分之 1 的天然氣需求，為歐盟重要的能源供應來源，也在北極圈有活躍的油氣開採行動；然而歐盟執委會於 2021 年 10 月修訂其北極政策，政策目標重點之一為推動禁止在北極「或鄰近地區」開發新的石油、天然氣與煤礦，以符合其保護北極環境及控制溫室氣體排放之目標，對挪威的北極圈油氣開採帶來不小的壓力(Stępień & Raspotnik, 2021, October)。

不過 2022 年爆發的俄烏戰爭，極大程度改變挪威在歐洲能源格局中的地位；2023 年 1 月挪威石油及能源部長以促進北方油氣生產對歐洲地區相當重要為立論基礎，宣布提供 92 個處於北極圈的新海上油氣探勘區塊招標，包括 78 個巴倫支海區塊和 14 個挪威海區塊，而且相關油氣探勘計畫之生產時程將會跨越近年歐盟帶頭於國際推動之 2050 年淨零碳排目標年，等於 2050 年後這些會排放二氧化碳之油氣生產設施仍將持續運作；此挪威擴大北極油氣探勘之政策方向，雖然引發挪威與歐盟之爭執，一度延擱雙方擬簽定之「綠色聯盟」(Green Alliance)協議(Kelly, 2023, January 26)，但最後歐盟與挪威仍於 2023 年 4 月 23 日宣布簽約，而條文中避開要求北極地區停止油氣探採之要求，僅重申致力於實現 2030 年溫室氣體排放比 1990 年至少減少 55% 與最遲 2050 年實現氣候中和之目標，並主張基於北極地區之環境及地緣戰略重要性，應強化廣泛的合作並保護該地區，以及強調確保天然資源的永續生產(European Commission, 2023, April 24)。

在歐盟擱置與挪威間的北極地區油氣開採爭執後，挪威石油及能源部長 Terje

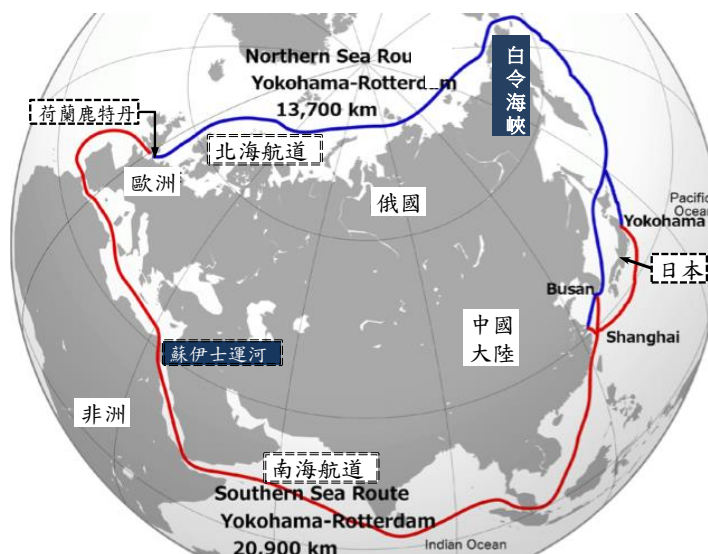
Aasland 於 2023 年 4 月 26 日的演講中宣布：「在北方的石油探險才剛剛開始」，呼籲挪威油氣公司履行其「社會責任」，加速在北極地區開發更多石油與天然氣，以「幫助歐洲夥伴強化能源供應」(Paraskova, 2023, May 3)。

2. 美國北極圈油氣開採之近期爭議與妥協

美國亦為北極圈油氣開發之重要國家。2023 年 3 月拜登政府批准了一項有爭議的阿拉斯加北坡加油氣探採計畫—ConocoPhillips 公司的 Willow 計畫；此批准呈現幾個不同面向之妥協，包括從純粹氣候角度而言，雖然此計畫會於 30 年營運期排放 2.8 億公噸二氧化碳，但美國政府申論如要真正控制地球升溫不超過 1.5°C，則人類從現在起將不能再投資任何新的油氣鑽探，然此時此刻是無法採用此激進手段；從法律角度而言，2020 年拜登競選總統時即承諾不再開放聯邦土地進行油氣鑽探，不過 2022 年法院判決壓力，迫使拜登政府重新開放油氣鑽探租約，而影響白宮對此北極圈油氣計畫的決定；從政治角度而言，該位在阿拉斯加北坡、此地區幾十年來最大的石油開發專案，將引入 8 億美金投資額、創造數千個就業機會，因而獲得阿拉斯加該州不分共和黨或民主黨國會議員的一致支持(Cabral, 2023, March 14; McGrath, 2023, March 13; Sullivan, 2023, February 6)；為了平衡批准 Willow 油氣探採計畫之衝擊，2023 年 9 月美國拜登政府宣布未來禁止占「阿拉斯加國家石油儲備」(National Petroleum Reserve in Alaska)土地面積達 40%之 430 萬公頃土地上之油氣鑽探計畫，並取消 7 項由前總統川普政府所授權、位在阿拉斯加北坡(「北極國家野生動物保護區」(the Arctic National Wildlife Refuge)內及「阿拉斯加國家石油儲備」東方之油氣探採租約((AFP, 2023, September 7; Matza, 2023, September 6)。

(二)航運面

隨著北極海冰的減少和水域可開放時間的延長，北極地區航運業的交通量預期會逐步增加。俄羅斯北方的北海航道(Northern Sea Route, NSR)一般是指從白令海延伸，經過西伯利亞和俄羅斯北部，在英國和挪威之間進入北海之航線；若從荷蘭鹿特丹通過蘇伊士運河航至日本約需要 30 天，如果歐亞之行改使用北海航線，行程將從 30 天縮減至約 18 天，航運距離將從約 11,500 海浬縮短到約 6,900 海浬(參見圖 3.10)；又例如從日本穿過加拿大領海的西北航道(Northwest Passage)運往荷蘭的貨物，在正常情況下運輸所需時間將比通過巴拿馬運河的 54 天快了 20 天。通過北極的新航線也為避開運河運輸瓶頸與所面臨威脅提供新的選擇，例如從紐約出發經巴拿馬運河抵達日本則航程約需 25 天，然通過北極圈之西北航線將只需要 21 天；隨著北極融冰情況之發展，北極地區海上航線將可有更長的航運季節，將可能徹底改變國際貿易與航運，也將為控制這些路線的國家帶來顯著競爭優勢，目前俄國總統普丁也正推動北極航線成為全年從歐洲到亞洲的新航道(Baker, 2021, November 6; Clear Seas, 2020; WEF, 2020, February 13)。



資料來源：(Bekkers, et al. 2018, August 8)

圖 3.10 經過俄國北方之北極航線與傳統歐亞航線之概略比較

在北極的能源運輸方面，過去數年並無俄國石油通過北極運往中國大陸的紀錄；然自 2022 年底一次試航後，2023 年至 10 月初，已有十幾艘俄國油輪經北海航線駛往中國大陸；俄羅斯能源巨頭俄羅斯天然氣工業股份公司於 2023 年 9 月 15 日宣布，8 月 14 日 1 艘液化天然氣(Liquefied natural gas, LNG)運輸船離開俄國聖彼德堡西部城市波托瓦亞的 LNG 出口設施，通過北極北海航道於 9 月 15 日抵達中國大陸河北省唐山港，為首次透過此北極航線運送 LNG 至中國大陸；透過此航線將 LNG 輸送到中國大陸，一方面有機會化解俄國受到歐盟制裁而下滑的 LNG 出口量，一方面較經過蘇伊士運河之航線縮短一周多運輸時間(陳宥菘, 2023, October 5; 德國之聲中文網, 2023, September 15)。

然而即使氣候變遷使北極地區海冰減少，潛在航行時程大幅縮短，使更多國際航運船隻利用北極地區航線，也不代表北極地區航行安全會有所提升，至少在可見的未來仍有不少棘手問題；北極水域的各類型浮冰是動態而不可預測的，浮冰可能破裂、漂移或與其他冰碰撞形成更厚的冰，給船舶帶來不可預測的危險，也是北極地區航運的最高風險之一，往往需要降低航速、改變航向以避免結冰，也常需要仰賴破冰船在北極浮冰高度變動環境下安全航行，而天氣和海冰的變化以及不確定的航行，可能意味著幾天甚至幾周的延誤；為了支援這種動態環境中的航運，北極國家持續建設破冰能力、災害預防及應變體系，例如俄羅斯擁有世界上最大的破冰船隊達 40 艘，加拿大海岸警衛隊擁有 19 艘公共破冰船並增建新船中，美國有兩艘破冰船且籌建新破冰船中，中國大陸也擁有 2 艘破冰船並也籌建新破冰船中，但丹麥和格陵蘭島因沒有破冰船而須依靠其他國家的支援；隨著越來越多船隻承受風險進入或過境北極地區，現有北極地區航運安全保障能量明顯有所不足，將需要對相關安全保障系統、災害防救技術與基礎設施加強投資(Clear Seas, 2020; Taarup-Esbensen & Gudmestad, 2022; 王臻明, 2023, March 9)。

(三)地緣政治與軍事面

隨著北極冰融，過去無從接觸的利益(如能源與航運等)引發地緣政治競爭，各國已陸續針對北極地區研擬相關戰略，以維護或擴張自身利益。俄國國土深入北極圈，已視氣候變遷之危機為轉機，如何在北極圈積極擴展勢力，更成為俄國重要的國家發展策略；如前所述，俄國已是北極圈油氣開發最積極的國家，為了掌握更多油氣潛在蘊藏，俄國持續在北極地區尋找證據，以能往北主張更多的領土主權，例如主張其陸地邊緣沿著羅蒙諾索夫海脊到北極為其領土；而隨著北極成為地緣政治另一局勢緊張地區，俄國增強對北極的軍事部署；俄國自 2014 年將原西部軍區負責保護俄羅斯北方領海之北方艦隊，獨立成立「北方艦隊聯合戰略司令部」(Northern Fleet Joint Strategic Command)，統轄俄國在北極圈之軍力，且持續進行擴編，2021 年再將此司令部升格為軍區，成為向北擴張影響力的主力；原先俄國軍事力量可經由黑海通向地中海，經由波羅的海通向大西洋，然 2022 年俄烏戰爭以來，俄國難以全面掌控黑海，加上原本採取中立政策的芬蘭與瑞典，都在俄烏開戰後宣布加入北約，也讓波羅的海成為北約組織的內海，俄國勢必要轉向尋求強化經營北極圈並利用北極海新航線通往亞洲，擴大勢力範圍，並反制北約的圍堵(World Economic Forum, 2020, February 13; 王臻明, 2023, March 9)。

為了擴大在北極的影響力與資源開發，俄國與中國大陸在北極結盟合作成為雙方重要選項；而中國大陸自 2013 年被接納為北極理事會常駐觀察員後，也開始積極與北極國家建立雙邊關係，並首次嘗試民間貨輪由北冰洋經北大西洋抵達荷蘭鹿特丹港；隨著 2014 年俄中會談中提出「極地絲綢之路」(Polar Silk Road)構想，以搭配中國大陸當時剛提出的「一帶一路」倡議，為雙方合作奠定基礎；由於中國大陸超過 70% 以上石油與超過 40% 以上天然氣仰賴進口，而北極所擁有的豐富油氣資源，可能於未來對中國大陸能源安全事關重大；在此背景下，2014 年開始中國大陸開始投資西伯利亞西北部 Yamal 半島的 LNG 專案，2016 年中國大陸的銀行對該 LNG 專案提供 120 億美元的貸款，而中石油公司與中國絲路基金公司分別擁有該專案 20% 與 9.9% 股份，並由中國大陸支援該 LNG 專案的極地鑽井平台、與港口與基礎設之建設，不過近期相關合作計畫因 2022 年俄烏戰爭所引發制裁，大陸投入受到影響；另一方面，隨著中俄雙方已於 2022 年多次進行艦隊聯合巡弋，且 2023 年 4 月俄國與中國海警簽訂一項北極合作協議以加強未來海事法之合作，後續為反制美國與北約圍堵，透過共同開發北極圈資源與建立歐亞北冰洋新航道，勢必成為中俄雙方提升合作關係之選項；中國大陸也陸續與北極圈其他國家或地區尋求合作，例如 2013 年中國大陸即與冰島簽屬自由貿易協議並進行能源、漁業夥伴關係之建立；此外，多年來中國大陸公司也與澳洲公司共同在格陵蘭島南部 Kvanefjeld 推動稀土礦開採(Biagioni, 2023, September; World Economic Forum, 2020, February 13; 王臻明, 2023, March 9)。

除了與俄國在北極地區的合作，中國大陸也於 2018 年 1 月發表「中國北極政策」白皮書(China's Arctic Policy)，將中國大陸定位為「近北極國家」(near-Arctic state)，宣誓參與北極事務的國家戰略，隨著中國大陸民間貨輪擴大嘗試航行北冰洋航線，2015 年其軍艦也首次駛至白令海峽，並籌建新破冰船；然中國大陸與俄國在北極的影響力日增，引發美國與北約組織的關切；美國川普政府 2019 年估計中國大陸在 2012 年至 2017 年期間對北極國家投資高達 900 億美元，並表達對於中國大陸可能在北極加強軍事活動的擔憂；北約秘書長 2022 年 8 月也對於中俄在北極地區建構夥伴關係與進行投資表示擔憂(Biagioni, 2023, September)。

為了因應中俄兩國在北極之戰略部署，除了挪威自 2006 年開始每兩年舉行一次冬季演習來訓練北約軍隊的寒帶作戰能力，2018 年北約更在靠近北極圈的挪威海擴大舉辦軍事演習，共動員 31 國的 5 萬多名士兵參加，是冷戰結束後最大規模軍事演習之一；而美國則改編成立負責極地作戰的第 11 空降師，也在前總統川普時期開始推動美國海巡隊訂購大型破冰船；2022 年 10 月美國修訂《北極區域國家戰略》(National Strategy for the Arctic Region)，推動美國填補北極區域軍事缺口，也促使兩黨國會議員到白宮，都承諾會加強捍衛美國在北極地區利益所需的能力；此外，北約國家也尋求抑制中國大陸在北極地區的相關投資，例如 2016 年中國大陸公司在格陵蘭 Kvanefjeld 稀土與鈾礦投資專案，已於 2021 年被宣告停止(Biagioni, 2023, September; Speak, 2023, March 22; 王臻明, 2023, March 9)。

五、可能為區域帶來重大衝擊之氣候臨界點探討

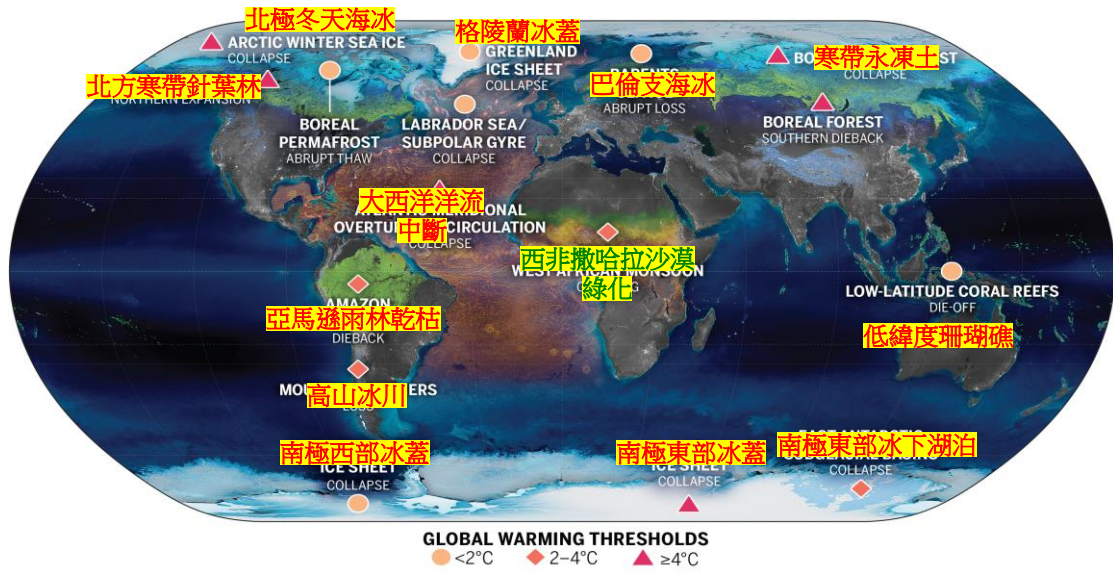
人類溫室氣體排放究竟會導致那些地方發生嚴重氣候變遷並造成何種程度影響，一直是科學界的熱門議題；IPCC 於 20 年前提出「臨界點」(tipping points)概念，認為某些區域會在超過氣溫恕限值(Threshold limit value, TLV)後，產生大規模、會自我延續、長期且不可逆轉的氣候系統轉變，而當時認為可能的氣溫恕限值為地球氣溫升溫較工業革命前高 5°C 時；然 2018 年與 2019 年的 IPCC 報告評估，認為即使地球只升溫 1-2°C，都有地區越過「氣候臨界點」之可能；2019 年知名期刊《Nature》刊登「氣候臨界點—風險太大，無法押注」(Climate tipping points —too risky to bet against)一文，強調地球存在許多地區可能會因地球升溫而爆發不可逆轉的重大氣候系統改變，稱為「氣候臨界點」，例如：南極西部冰蓋減少、南極東部冰蓋(East Antarctic ice sheet)減少、格陵蘭冰蓋(Greenland ice sheet)減少、北極海冰(Arctic sea ice)減少、南美洲亞馬遜雨林(Amazon rainforest)乾枯、近北極圈針葉林(Boreal forest)因乾枯與蟲害而脆弱化、近北極圈永凍土(Boreal permafrost)溶解、澳洲大堡礁之珊瑚礁(Coral reefs)白化死亡等；此外，部分氣候系統越過臨界點後，也可能會增加其他氣候系統越過臨界點之風險，例如北極海冰減少與格陵蘭融冰會推動淡水湧入北大西洋，可能導致肩負調節全球熱能轉移的重要「大西洋經向翻轉環流」(Atlantic meridional overturning circulation, AMOC)

較目前已經減弱的趨勢加速放緩，造成擾亂歐洲、北美洲、南美洲、非洲、亞洲現有氣候模式之連鎖反應；也基於上述分析，該文章認為我們已經處於「地球緊急狀態」，必須加速從政治面和經濟面採取有效排放減量行動(Lenton et al., 2019)。

2022 年知名期刊《Science》刊登「超過 1.5°C 的全球變暖可能觸發多個氣候臨界點」(Exceeding 1.5 C global warming could trigger multiple climate tipping points)一文，對於較受關注之全球「氣候臨界點」(參見圖 3.11)，彙整科學界推估可能會發生的氣溫界限值(參見圖 3.12)，其將氣溫界限值分為可能(possible)、非常可能(likely)、極可能(very likely)，而提出「氣候臨界點」非常可能發生之氣溫最低值(或最佳估計值)與非常可能發生之氣溫最高值(或極可能發生之氣溫最小值)(McKay et al., 2022)，如下：

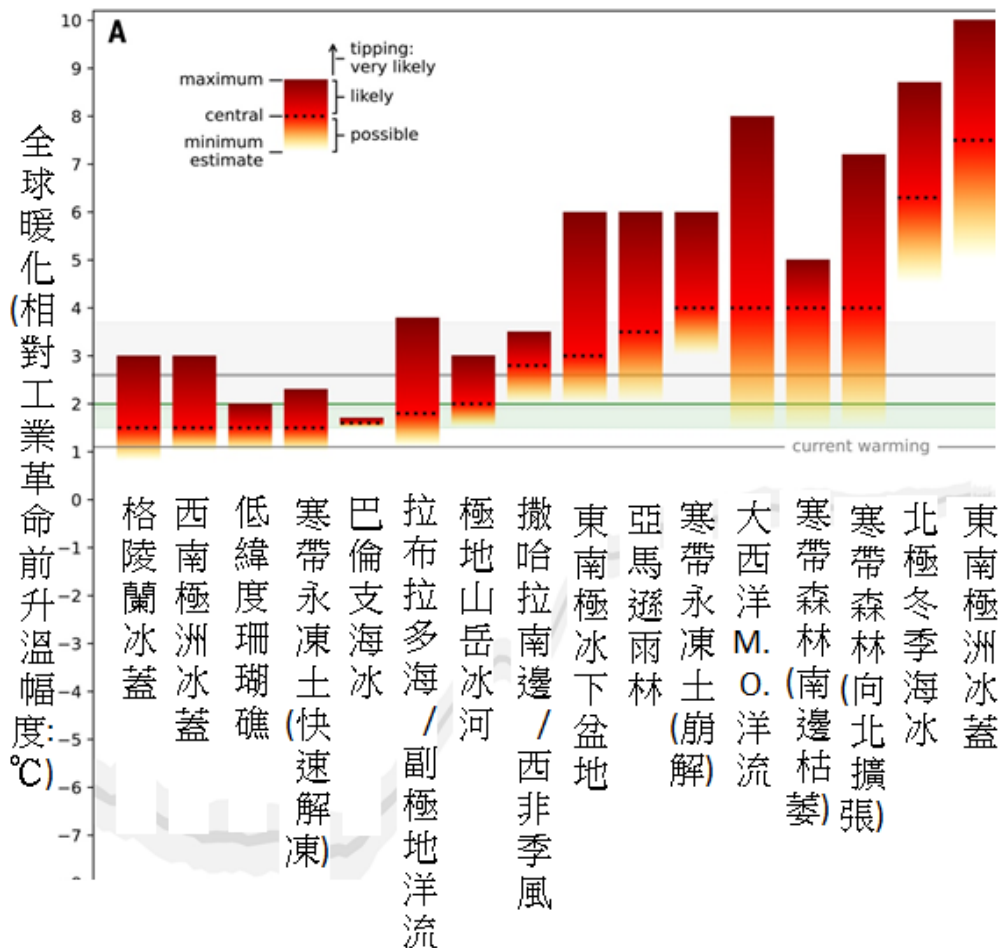
1. 升溫 1.5-2°C 時，非常可能發生低緯度珊瑚礁白化死亡；
2. 升溫 1.5-2.3°C 時，非常可能發生寒帶永凍土大量解凍；
3. 升溫 1.5-3°C 時，非常可能發生格陵蘭冰蓋與南極洲西部冰蓋崩融；
4. 地球升溫 1.6-1.7°C 時，非常可能發生北極巴倫支海冰(Barents sea ice)大量消失(北極夏季海冰是逐漸線性發生的現象，而不被列為「氣候臨界點」)；
5. 升溫 1.8-3.8°C 時，非常可能發生環格陵蘭南部洋流中斷；
6. 升溫 2-3°C 時非常可能發生高山冰川(Mountain glaciers)崩融；
7. 另外一個較為有趣的「氣候臨界點」是升溫 2.8-3.5°C 時，非常可能發生之西非/撒哈拉季風(Sahel/West African monsoon)造成沙漠綠化；
8. 升溫 3-6°C 時，非常可能發生南極東部冰下湖泊(East Antarctic subglacial basins)崩毀；
9. 升溫 3.5-6°C 時，非常可能發生亞馬遜雨林乾枯；
10. 升溫 4-5°C 時，非常可能發生寒帶針葉林偏南邊林木乾枯；
11. 升溫 4-6°C 時，非常可能發生北方永凍土崩毀等；
12. 升溫 4-7.2°C 時，非常可能發生寒帶針葉林往北擴張；
13. 升溫 4-8°C 時，非常可能發生大西洋 AMOC 洋流中斷；
14. 升溫 6.3-8.7°C 時；非常可能發生北極冬天海冰崩毀；
15. 升溫 7.5-10°C 時，非常可能發生南極東部冰蓋崩毀等氣候系統衝擊。

地球升溫幅度逐漸提高將可能觸及不同「氣候臨界點」，需人類構思如何因應；然所對應氣溫升幅估計值存在相當大不確定性，仍需更多科學研究投入。



資料來源：(McKay et al., 2022)

圖 3.11 受關注氣候臨界點之地理位置



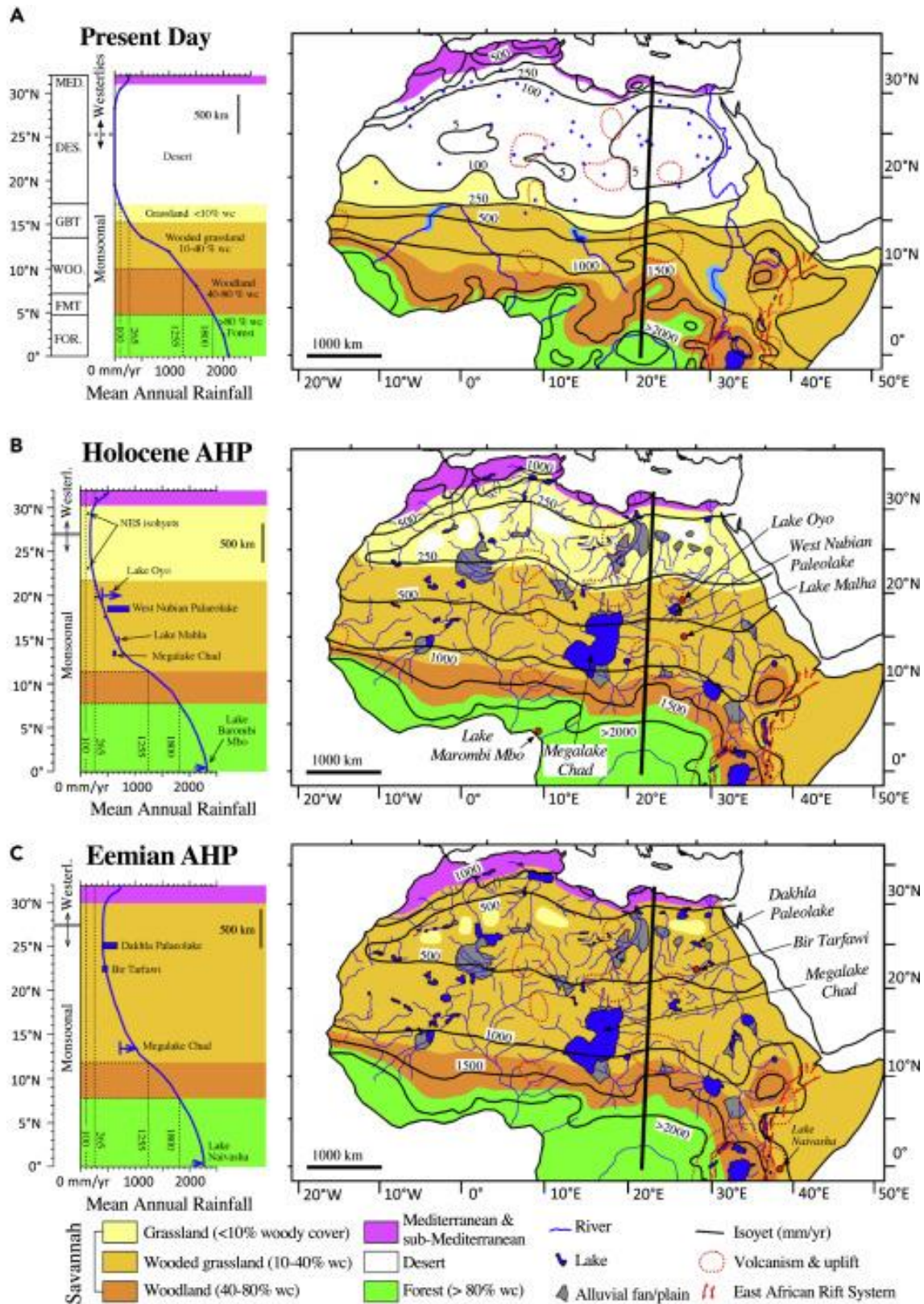
資料來源：(McKay et al., 2022)

圖 3.12 受關注氣候臨界點與大氣升溫之可能相對關係

六、北非撒哈拉沙漠與綠色撒哈拉之變遷分析

現今之北部非洲撒哈拉沙漠是地球上最大的沙漠，其揚塵使撒哈拉沙漠成為目前地球上最大大氣氣溶膠來源，占比達全球氣溶膠總量負擔一半以上。然科學界已可透過古湖泊沉積物，花粉等證據，及人類居住、狩獵的考古遺跡，證明目前極度乾燥的撒哈拉沙漠，會週期性的經歷潮濕期，而最近一次約距今 12,000 至 5,000 年前(全新世早期和中期)，推估當時擁有廣闊草原、多樣森林、大面積湖泊和廣泛河流體系之景觀，已被稱呼為「綠色撒哈拉」(Green Sahara)時期，其可能地貌和降雨與現今之對比可參見圖 3.13，而此次濕潤期最高峰約在距今 9,000 至 6,000 年前，並在距今 5,000 年前告終。其發生原因一般認為是由地球軌道進動所啟動，當歲差週期在北方夏季很接近近日點時，增強之日照使北非陸地有更大升溫幅度，於北非上空創造強烈的陸海溫度梯度，使西非洲夏季季風增強，將大量降雨帶入乾燥的撒哈拉沙漠深處，而後續還可能有許多現今科學界尚難釐清、難以用模式進行模擬的海洋和陸地反饋作用，會再放大初始季風效應，導致形成更潮濕的環境。又目前研究中，最濕潤的一次「綠色撒哈拉」時期出現在距今 128,000-122,000 年前，此次的濕潤期經歷北非和阿拉伯半島的降雨增加，足以從今日極為乾燥的北非到中東地區建立一個連續的植被走廊，而此時期對於古代非洲智人從非洲往外遷移提供合理的論述基礎。而「綠色撒哈拉」也成為說明逐步氣候變遷如何快速的在幾百年內導致非線性反應之重要古氣候變遷案例。(Pausata et al., 2020; Tierney et al., 2017)。

而隨著當前人為造成之地球暖化趨勢，一個重要的問題是未來北非撒哈拉地區降雨量是否可能會比今日多很多，而使北非重新出現濕潤期？雖然現今全球暖化造成更溫暖氣候與過去「綠色撒哈拉」時期因夏季太陽輻射增強導致季風變化似乎成因不同，而且現今最先進的氣候模式，都尚難以模擬出導致「綠色撒哈拉」時期的各種氣候變化及相關參數的反饋作用與相關影響；然而距今 300 萬年前的「上新世」(Pliocene)溫暖期的北非，也似乎比現在更潮濕且植被更多，因此類比之後，仍被認為未來地球升溫後，北非撒哈拉沙漠地區可能會出現濕潤期(Pausata et al., 2020)。



資料來源：(Pausata et al., 2020)

圖 3.13 現今撒哈拉沙漠地區與兩次「綠色撒哈拉」時期地貌與降雨比較

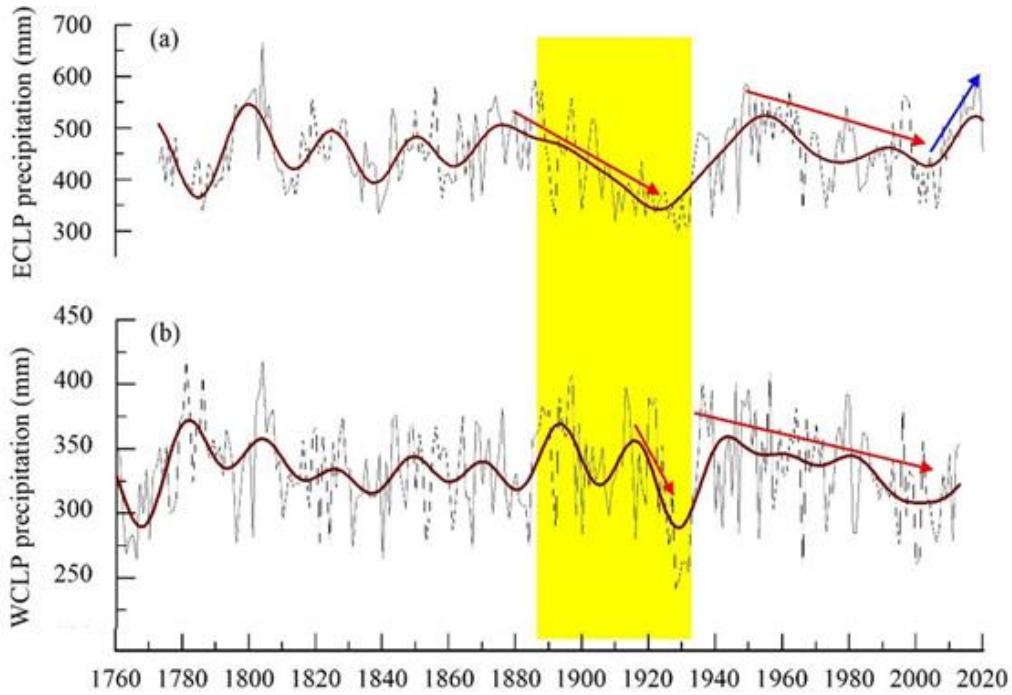
七、中國大陸黃土高原氣候變遷與未來可能演變之分析

中國大陸黃土高原並未被列入潛在的「氣候臨界點」，然而其地理位置也有類似北非撒哈拉沙漠地區的情況，即其位於東亞夏季季風帶西北邊緣附近，是半濕潤半乾燥農牧交錯的過渡帶，因此也值得探討地球升溫是否會促使季風北移，而使黃土高原有機會出現較濕潤的氣候。

黃土高原大部分地區降雨量少而潛在蒸發量大，是此地區土壤水分不足的氣候背景；若檢視近代黃土高原降雨變化，可看到該區域不同氣候變化之樣貌；在過去 1961 年至 2010 年約 50 年期間，黃土高原平均氣溫升高 1.91°C，平均年降雨量卻減少 29.11 mm，這段時期似乎呈現明顯的暖乾化趨勢，引發人們對黃土高原地區水資源短缺的擔憂；在此同時，中國大陸在黃土高原大規模推動退耕還林還草工程，而依據中國大陸 2000 年至 2010 年遙測調查結果，黃土高原為中國大陸植被覆蓋增加最為明顯區域，人工植被成為黃土高原主要植被類型，然相關研究也指出，此植被佈局方式會導致土壤水分過度消耗，如果黃土高原持續暖乾化，加上人工植被對土壤水分的長期消耗超出降雨補償，將可能導致土壤更為乾燥化(楊磊 et al., 2019; 邵明安 et al., 2016)。

不過中國科學院地球環境研究所運用樹木年輪重建黃土高原 1773 年至 2020 年的水文年(上年 8 月到當年 7 月)降雨量變化歷史，可見過去近 250 年中，19 世紀相對較為濕潤，20 世紀相對較為乾旱，其中 1910-1932 年為研究區域最乾旱的時期；又 20 世紀下半葉黃土高原研究區域呈現降雨明顯逐步減少之趨勢，與上述土壤乾燥化趨勢相符；但此降雨減少之趨勢已在 2000 年初期開始反轉，2014-2020 年已是過去 250 年中的排名第二濕潤之時期(參見圖 3.14)，有機會可暫時緩解黃土高原持續乾旱化之現象；2022 年之後黃土高原降雨趨勢會持續升高或反轉降低，則各有推論，目前尚難定論(Cai et al., 2022)。

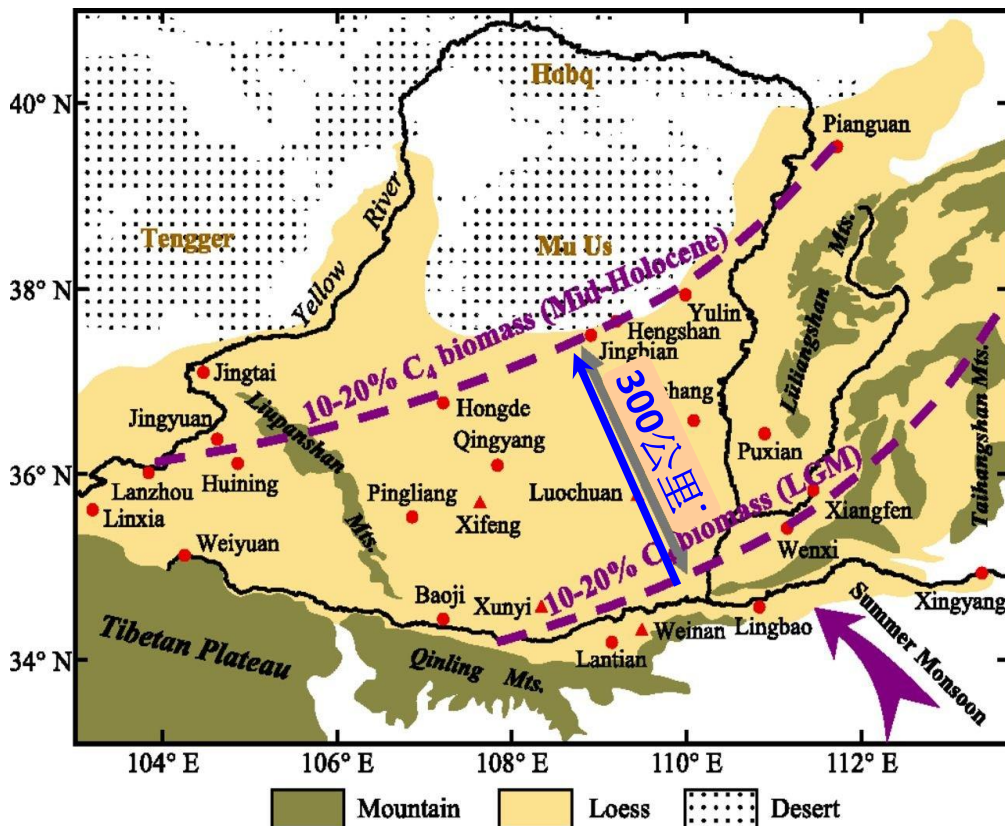
從 20 世紀下半葉中國大陸北方部分地區經歷乾旱的現象，科學家們發現是由於東亞季風帶向南移動所引發的結果，然而知名期刊《Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America》近期刊登研究認為，這種趨勢在未來有可能會出現反轉；根據古氣候學之研究，數千年前溫暖的全新世暖期，高溫氣候條件曾經使東亞季風雨帶向西北方向遷移至少 300 公里(參見圖 3.15)，並以此推論若全球變暖，可能導致東亞季風雨帶再次向西北移動而使黃土高原再次濕潤(Yang et al., 2015)。



註：ECLP 為黃土高原東部(Eastern Chinese Loess Plateau)，WCLP 則為黃土高原西部(Western Chinese Loess Plateau)；

資料來源：(Cai et al., 2022)

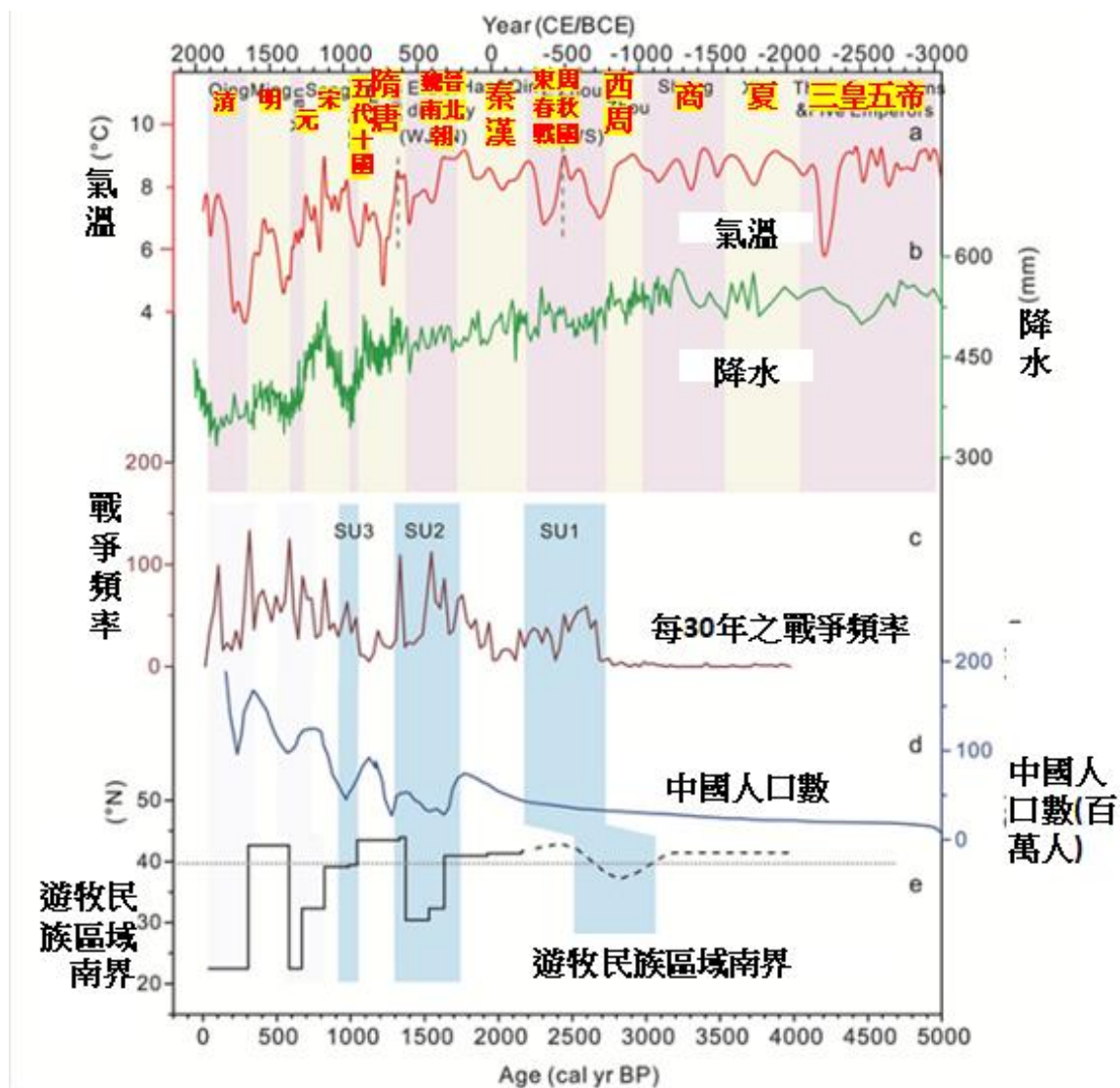
圖 3.14 黃土高原東部與西部過去近 250 年降雨量趨勢變化



資料來源：(Yang et al., 2015)

圖 3.15 全新世中期時東亞季風雨帶於黃土高原北移 300 公里

至於數千年前黃土高原的氣溫及降水情況為何呢？《Quaternary Science Reviews》於2021年刊登對中國大陸學者進行黃土高原過去5千年氣溫的研究，並綜整近年對於此地區降水量之研究；依據此篇研究，距今3,000至5,000年前(橫跨中國歷史的三皇五帝與夏、商、西周等時期)，降水量明顯高於近代，但之後降雨量較明顯逐步減少(參見圖3.16)；此外，過去5千年古氣溫與降水量紀錄顯示，黃土高原的氣溫變動與降水變動相關趨勢並非完全耦合，顯現還有許多氣候系統變數交互回饋影響此地區的氣溫變化與降水變化，尚待後續更進一步的研究；此外，突然的寒冷和/或乾旱事件，與大規模社會動盪和游牧民族南遷之間，確實存在時間上的巧合，例如春秋戰國時期、五胡亂華與魏晉南北朝時期、五代十國時期等，都跟寒冷期或乾旱期有所對應；然而也不一定出現寒冷期或乾旱期就一定會出現戰亂，很多時候當時政府的治理情況才是決定社會秩序是否穩定的重要因素(Zhang et al., 2021)。



資料來源：(Zhang et al., 2021)

圖 3.16 中國大陸黃土高原地區 5 千年氣溫濕度趨勢變化

八、小結

當前氣候變遷對全球不同領域(例如農業、水資源等)與不同地區(例如極地、沙漠等)都可能帶來程度不一的影響，例如農業糧食系統有其脆弱性，如加上氣候變遷之衝擊，災害影響將更為顯著；且氣候衝擊影響不僅在農業領域顯現，更會對多個系統和部門產生深遠的連鎖效應；故掌握災害風險的驅動因素及其影響機制，對於制定全面有效的防災策略至關重要；而科學家雖然已在個別面向的氣候變遷影響評估工作上取得顯著進展，但仍然存在許多不確定性和挑戰，需要持續努力。

而相關影響除了較受矚目的農業衝擊之外，還有許多面向(例如能源、運輸、地緣政治等)會因氣候變遷而帶來巨大改變，這些變化之影響可能偏向負面衝擊，但也有部分影響具有正面效益；當我們尋求強化氣候變遷負面衝擊之因應策略時，也應注意到可能的正向發展契機，並應積極掌握。

此外，當氣候變遷越過一定臨界點時，有可能引發地球部分區域大規模且不可逆之氣候系統變化，可能顯著改變當地生活環境，人類宜預先評估並籌謀因應之道。

而依據本章相關研析成果，另對臺灣未來因應氣候變遷之可能影響，進一步提出下列建議：

(一)在資源有限情況下，審慎聚焦如何最有效的調適氣候風險

現階段各國能夠掌握的氣候變遷衝擊與影響程度還未必明確，但為了安全起見，許多國家已持續將大量資源投注在氣候變遷調適措施上；然而在資源有限情況下，建議臺灣應提升氣候變遷調適行動的效益論述，加強證據基礎；對已能掌握、嚴重程度較高之氣候衝擊，優先對其風險採取具成本效益之最佳可行調適措施，同時要避免資源浪費在效益相對不高的措施，以尋求最有效率、最大程度降低整體氣候變遷相關風險。

(二)完備監測及建立預警機制與不確定性因應機制，並藉跨國合作強化共同利益

氣候變遷中，風險最劇者為極端天氣事件的影響，各國莫不為此擔憂，臺灣無論糧食進口、原料進口，都無可避免將受到影響，宜增強對氣候變遷對農業影響的資訊監測和收集，建立可靠資訊基礎，並建置相關預警機制與不確定性因應機制，增加調整彈性，以利於未來因應迅速變化的事件；同時亦可基於共同利益，推動與鄰近國家共同建構更具成本效益之氣候變遷因應能力，例如預警機制與糧食、能源儲備調度等。

(三)重視防災減損思維之外，亦應積極掌握機會

在過往對於氣候變遷之影響與相對應的氣候變遷調適上，多未以整體系統之角度進行檢視，因此常常只注意到相關負面衝擊；然而氣候變遷調適需要更高層次的視角，以長時間尺度與不同角度來看待氣候變遷之衝擊，因為其中不只存在威脅，也可能存在相關產業發展機會；全球與臺灣的氣候條件變化已無可避免，因此除了廣泛的探討相關風險並妥為因應，更宜分析可能帶來之正面影響，積極掌握未來機會。

(四)培植企業氣候變遷因應素養

由法國葡萄酒產業調適為例，企業界是最能掌握產業優勢、劣勢的一方，難在不易取得氣候危害資訊，並適度理解；臺灣氣候資訊研究持續精進，但企業恐需有主要競爭國之氣候風險資訊，方能理解其供應鏈風險；又應如何於何國設廠投資，才能有效進行多元佈局，分散風險。未來宜培養企業界掌握全球氣候風險的能力，方能有助於臺灣企業面對未來氣候變遷的產業環境變化。

(五)強化跨域整合產業鏈之必要性認知

氣候條件可視為生產要素中的一環，然生產要素影響產品，屬於產業鏈中的上游，其中游、下游，亦將受到影響，因此，如要調整，亦須產業鏈從不同層面上，透過策略制定與資源分配一同進行調整，才有可能嘉惠整體產業。

(六)持續強化氣候變遷研究，評估是否存在氣候系統重大轉變風險

未來受氣候變遷衝擊而可能會對臺灣造成直接或間接影響之區域，未來氣候變遷是屬於持續逐漸緩步變動模式，又或是否未來會面臨越過「氣候臨界點」而帶來氣候系統之重大規模轉變，甚至還會引發其他系統的連鎖效應，可能當前所知有限；但因為個別生態系受到相關影響後也可能觸發自身生態系的臨界點，為了避免未來臺灣或對臺灣有直接或間接影響之區域，會遭遇相關氣候系統重大轉變而有難以調適之風險，建議政府應支持學研界投入相關研究，以尋求提高對未來臺灣可能面臨氣候系統轉變風險之掌握。

英文縮寫對照表

縮寫	英文名稱	中文名稱
AA	Arctic Amplification	北極(極地)放大現象
AMOC	Atlantic meridional overturning circulation	大西洋經向翻轉環流
AR	(IPCC) Assessment Report	(政府間氣候變化專門委員會)評估報告
EM-DAT	Emergency Events Database	國際災害數據庫
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	聯合國糧食及農業組織
INRAE	French National Research Institute for Agriculture, Food and the Environment	法國國家農業、食品與環境研究所
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	政府間氣候變化專門委員會
LACCAVE	Long-term Adaptation to Climate Change for Viticulture and Enology	葡萄栽培和釀酒業應對氣候變化的長期適應方案
LNG	Liquified natural gas	液化天然氣
OIV	International Organisation of Vine and Wine	國際葡萄與葡萄酒組織
RCP	Representative Concentration Pathways	代表濃度路徑
TLV	Threshold limit value	恕限值
SSPs	Shared Socioeconomic Pathways	共享社會經濟途徑

參考文獻

- AFP. (2023, September 7). Biden bars drilling in vast region of Alaska. The National News.
<https://www.thenationalnews.com/world/us-news/2023/09/06/biden-bars-drilling-in-vast-part-of-alaska/>
- Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision (No. 288998). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Agricultural Development Economics Division (ESA).
<https://www.fao.org/3/ap106e/ap106e.pdf>
- Alotaibi, M. (2023). Climate change, its impact on crop production, challenges, and possible solutions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(1), 13020-13020.
<https://www.notulaebotanicae.ro/index.php/nbha/article/download/13020/9553>
- Baker, T. (2021, November 6). Climate: Military Secrets could be key to sustainable Arctic shipping on Northern Sea Route. SKY News.
<https://news.sky.com/story/climate-military-secrets-could-be-key-to-sustainable-arctic-shipping-on-northern-sea-route-12454642>
- Bamber, J. (2022, August 11). Arctic is warming nearly four times faster than the rest of the world – new research. The Conversation.
<https://theconversation.com/arctic-is-warming-nearly-four-times-faster-than-the-rest-of-the-world-new-research-188474>
- Bamber, J. (2023, June 6). Arctic Ocean could be ice-free in summer by 2030s, say scientists – this would have global, damaging and dangerous consequences. The Conversation.
<https://theconversation.com/arctic-ocean-could-be-ice-free-in-summer-by-2030s-say-scientists-this-would-have-global-damaging-and-dangerous-consequences-206974>
- Bekkers, E., Francois, J. and Rojas-Romagosa, H. (2018, August 8). Melting ice caps will open the northern sea to commercial traffic and change world trade patterns. LSE Business Review.
<https://blogs.lse.ac.uk/businessreview/2018/08/08/melting-ice-caps-will-open-the-northern-sea-to-commercial-traffic-and-change-world-trade-patterns/>
- Biagioni, M. (2023, September). China's Push-in Strategy in the Arctic and Its Impact on Regional Governance. Istituto Affari Internazionali.
<https://www.iai.it/en/pubblicazioni/chinas-push-strategy-arctic-and-its-impact-regional-governance>

- Cabral, S. (2023, March 14). Willow Project: US government approves Alaska oil and gas development. <https://www.bbc.com/news/world-us-canada-64943603>
- Cai, Q., Liu, Y., Fang, C., Xie, M., Zhang, H., Li, Q., Song, H., Sun, C., Liu, R., & Di, T. (2022). Insight into spatial-temporal patterns of hydroclimate change on the Chinese Loess Plateau over the past 250 years, using new evidence from tree rings. *Science of The Total Environment*, 850, 157960. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722050598?casa_token=-wchsVQo4QwAAAAA:Wwh7prAGtmazlTCZXSFFST6xjkcDkZTbRzkF2sm2MXEQj7KnbPfb9E-NN8vBOFFiXf47njiQA
- Chen, C. C., McCarl, B., & Chang, C. C. (2012). Climate change, sea level rise and rice: global market implications. *Climatic change*, 110(3-4), 543-560. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-011-0074-0>
- Clear Seas. (2020). Melting sea ice makes Canada more, not less dependent on icebreakers. Retrieved January, 11, 2021. <https://clearseas.org/en/blog/melting-sea-ice-makes-canada-more-not-less-dependent-on-icebreakers/>
- Dews, F. (2014). MAP: Undiscovered Arctic Oil and Gas and Potential Trade Routes. *The Brookings Now*. <https://www.brookings.edu/blog/brookings-now/2014/03/26/map-undiscovered-arctic-oil-and-gas-and-potential-trade-routes/>
- Droulia, F., & Charalampopoulos, I. (2021). Future climate change impacts on European viticulture: A review on recent scientific advances. *Atmosphere*, 12(4), 495. <https://www.mdpi.com/2073-4433/12/4/495>
- Dumortier, J., Carriquiry, M., & Elobeid, A. (2021). Impact of climate change on global agricultural markets under different shared socioeconomic pathways. *Agricultural Economics*, 52(6), 963-984. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/agec.12660?casa_token=Nh9BogLN11UAAAAA:OqoKQUM03Ps5EMoeK0pB4gTUGR1tDfCnIel0jMreULlctqxiOhP0v7jbfYpjHNIezH2w1_sDDAM8ww
- European Commission. (2023, April 24). European Green Deal: New EU-Norway Green Alliance to deepen cooperation on climate, environment, energy and clean industry. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_2391
- FAO. (2023). *The Impact of Disasters on Agriculture and Food Security 2023*. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-impact-of-disasters-on-agriculture-and-food-security/en>

- Farooq, A., Farooq, N., Akbar, H., Hassan, Z. U., & Gheewala, S. H. (2023). A Critical Review of Climate Change Impact at a Global Scale on Cereal Crop Production. *Agronomy*, 13(1), 162. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010162>
- Ferrari, Olivia. (2023, October 11). Climate change could make French wine taste better—for now. *National Geographic*.
<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/climate-change-french-wine-taste-better>
- Gautier, D. L., Bird, K. J., Charpentier, R. R., Grantz, A., Houseknecht, D. W., Klett, T. R., Moore, T. E., Pitman, J. K., Schenk, C. J., & Schuenemeyer, J. H. (2009). Assessment of undiscovered oil and gas in the Arctic. *Science*, 324(5931), 1175-1179. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/70035000>
- INAO, FranceAgriMer, INRAE, IFV. (2021). Stratégie de la filière viticole face au changement climatique.
<https://www.inrae.fr/actualites/filiere-viticole-presente-au-ministre-sa-strategie-da-daptation-au-changement-climatique>
- IPCC. (2021). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.
- Kelly, D. (2023, January 26). Norway and EU Clash Over Arctic Oil and Gas. *Energy Intelligence*.
<https://www.energyintel.com/00000185-ef67-dcb8-a59f-ffe79f440000>
- Lenton, T. M., Rockström, J., Gaffney, O., Rahmstorf, S., Richardson, K., Steffen, W., & Schellnhuber, H. J. (2019). Climate tipping points—too risky to bet against. *Nature*, 575(7784), 592-595.
<https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0>
- Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333(6042), 616-620.
<https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.1204531>
- Matza, M. (2023, September 6). Biden cancels Trump drilling leases in Alaska's largest wildlife refuge. <https://www.bbc.com/news/world-us-canada-66736453>
- McGrath, M. (2023, March 13). Willow project: Biden walks political tightrope over Alaska oil project. *BBC*. <https://www.bbc.com/news/world-us-canada-64944535>

- McKay, D. I. A., Staal, A., Abrams, J. F., Winkelmann, R., Sakschewski, B., Loriani, S., Fetzer, I., Cornell, S. E., Rockström, J., & Lenton, T. M. (2022). Exceeding 1.5 C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science*, 377(6611), eabn7950. <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.abn7950>
- Mozell M.R. and Thach, L. (2014). The impact of climate change on the global wine industry: Challenges & solutions, *Wine Economics and Policy*, Volume 3, Issue 2, P 81-89, ISSN 2212-9774, <https://doi.org/10.1016/j.wep.2014.08.001>
- Müller, C. & Robertson, R.D. (2014) Projecting future crop productivity for global economic modeling. *Agricultural Economics*, 45, 37–50.
- OIV. (2023, November 7). World Wine Production Outlook: OIV First Estimates. International Organisation of Vine and Wine. <https://www.oiv.int/press/2023-world-wine-production-expected-be-smallest-last-60-years>
- Ollat, N., Touzard, J., and Van Leeuwen, C. (2016). Climate Change Impacts and Adaptations: New Challenges for the Wine Industry. *Journal of Wine Economics*, 11(1), 139-149. doi:10.1017/jwe.2016.3
- Paraskova, T. (2023, May 3). Norway Set To Accelerate Arctic Oil And Gas Drilling. Oilprice. <https://oilprice.com/Latest-Energy-News/World-News/Norway-Set-To-Accelerate-Arctic-Oil-And-Gas-Drilling.html>
- Pausata, F. S., Gaetani, M., Messori, G., Berg, A., de Souza, D. M., Sage, R. F., & DeMenocal, P. B. (2020). The greening of the Sahara: Past changes and future implications. *One Earth*, 2(3), 235-250. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590332220301007>
- Porter, J.R., Xie, L., Challinor, A.J., Cochrane, K., Howden, S.M., Iqbal, M.M., Lobell, D.B. & Travasso, M.I. (2014) Food security and food production systems. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 485-533.
- Rantanen, M., Karpechko, A. Y., Lipponen, A., Nordling, K., Hyvärinen, O., Ruosteenoja, K., Vihma, T., & Laaksonen, A. (2022). The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. *Communications Earth & Environment*, 3(1), 168. <https://www.nature.com/articles/s43247-022-00498-3#:~:text=During%201979%E2%80%932021%2C%20major%20portions,fast%20as%20the%20global%20average>

- Santos, J. A., Fraga, H., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., Dinis, L. T., Correia, C., ... & Schultz, H. R. (2020). A review of the potential climate change impacts and adaptation options for European viticulture. *Applied Sciences*, 10(9), 3092. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/9/3092>
- Speak, D. (2023, March 22). The melting Arctic gets a U.S. ambassador and an influx of military cash. NPR. <https://www.npr.org/2023/03/22/1164315952/the-melting-arctic-gets-a-u-s-ambassador-and-an-influx-of-military-cash>
- Statista Research Department. (2023, August 25). Production of Arctic oil and gas worldwide from 2010 to 2022, by country. <https://www.statista.com/statistics/1300235/arctic-oil-production-by-country/>
- Stępień, A., & Raspotnik, A. (2021, October). The European Union's 2021 Arctic Policy Update. The Arctic Institute. <https://www.thearcticinstitute.org/wp-content/uploads/2021/10/Continuity-with-Greater-Confidence-The-EUs-Arctic-Policy-Update-2021.pdf>
- Sullivan, W. (2023, February 6). Massive Arctic Oil Drilling Project Gets the Green Light. *Smithsonian Magazine*. <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/a-controversial-arctic-oil-drilling-project-is-one-step-closer-to-moving-forward-180981570/>
- Taarup-Esbensen, J., & Gudmestad, O. T. (2022). Arctic supply chain reliability in Baffin Bay and Greenland. *Polar Geography*, 45(2), 77-100. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1088937X.2022.2032447>
- Tierney, J. E., Pausata, F. S., & deMenocal, P. B. (2017). Rainfall regimes of the Green Sahara. *Science advances*, 3(1), e1601503. <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/sciadv.1601503>
- van Leeuwen, C., & Darriet, P. (2016). The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*, 11(1), 150-167.
- van Leeuwen, C., Destrac-Irvine, A., Dubernet, M., Duchêne, E., Gowdy, M., Marguerit, E., ... & Ollat, N. (2019). An update on the impact of climate change in viticulture and potential adaptations. *Agronomy*, 9(9), 514. DOI: 10.3390/agronomy9090514
- Wood, A., Samuel, J.L., Gascoigne, G.A., Gambetta, E.S., Jeffers, T.S. (2023). Seasonal weather impacts wine quality in Bordeaux, *iScience*, Volume 26, Issue 10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S258900422302031X>
- WEF. (2020, February 13). The final frontier: how Arctic ice melting is opening up trade opportunities. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2020/02/ice-melting-arctic-transport-route-indu>

[stry/?DAG=3&gclid=EAIaIQobChMI8tv4t5DE_wIVisSWCh3rGQvBEAMYASAAEgITGPD_BwE](https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1504688112)

Yang, S., Ding, Z., Li, Y., Wang, X., Jiang, W., & Huang, X. (2015).

Warming-induced northwestward migration of the East Asian monsoon rain belt from the Last Glacial Maximum to the mid-Holocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(43), 13178-13183.

<https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1504688112>

Zhang, C., Zhao, C., Zhou, A., Zhang, H., Liu, W., Feng, X., Sun, X., Yan, T., Leng, C., & Shen, J. (2021). Quantification of temperature and precipitation changes in northern China during the “5000-year” Chinese History. *Quaternary Science Reviews*, 255, 106819.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277379121000263>

王臻明. (2023, March 9). 寒冰角力：中俄兩國的北極戰略與美國的反制. 聯合新聞網.

https://opinion.udn.com/opinion/story/120873/7019407?from=udn_ch2_menu_v2_main_index

杨磊, 张子豪, & 李宗善. (2019). 黄土高原植被建设与土壤干燥化: 问题与展望. *生态学报*, 39(20), 7382-7388.

<http://www.ecologica.cn/stxb/ch/html/2019/20/stxb201909041842.htm>

邵明安, 贾小旭, 王云强, & 朱元骏. (2016). 黄土高原土壤干层研究进展与展望. *地球科学进展*, 31(1), 14. <http://www.adearth.ac.cn/CN/Y2016/V31/I1/14>

陳宥菘. (2023, October 5). 加重對大陸貿易依賴...俄羅斯通過北極航線 擴大對陸運送石油. 聯合新聞網. <https://udn.com/news/story/7333/7487471>

張靜貞 (2022) 氣候變遷下糧食供需推估暨糧食安全風險因應策略之研析 (PW11107-4379)。臺灣產業關聯學會。

德國之聲中文網. (2023, September 15). 俄氣公司首次向中國交付液化天然氣.

<https://www.dw.com/zh/%E4%BF%84%E6%B0%94%E5%85%AC%E5%8F%B8%E9%A6%96%E6%AC%A1%E5%90%91%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E4%BA%A4%E4%BB%98%E6%B6%B2%E5%8C%96%E5%A4%A9%E7%84%B6%E6%B0%94/a-66824999>

第四章 主要國家碳排放趨勢與排放責任比較

前言

人類活動會造成大量溫室氣體排放(或一般常簡稱碳排放)，尤其是各種溫室氣體中最重要二氧化碳，自人類工業革命以來持續排放並累積在大氣層中，並與自然界互動形成全球碳循環(Global carbon cycle)，使大氣中二氧化碳濃度已經由 1750 年代工業革命開始前的 278 ppm 增長到 2022 年的 417.9 ppm (World Meteorological Organization (WMO), 2023, November 15)；而氣候科學研究也顯示，過去幾世紀人類累積在大氣層中的溫室氣體排放，已經影響了全球現在的氣候狀況、生態系統和海平面，並將持續對全球環境、社會和經濟造成影響；因此，上述這些影響所造成人類社會的負擔，理論上應該由所有對溫室氣體排放有所貢獻的國家來共同分擔；然而由此便衍生出一重要課題，即各國是否可能理性考慮過去碳排放之相對責任，從而建立公平的未來減量目標之共識。故務實研析全球主要國家溫室氣體排放歷史情況、累積排放、全球碳預算、排放責任與排放權分配規則等問題，將有助於較為客觀的探討未來碳預算可以如何進行分配。

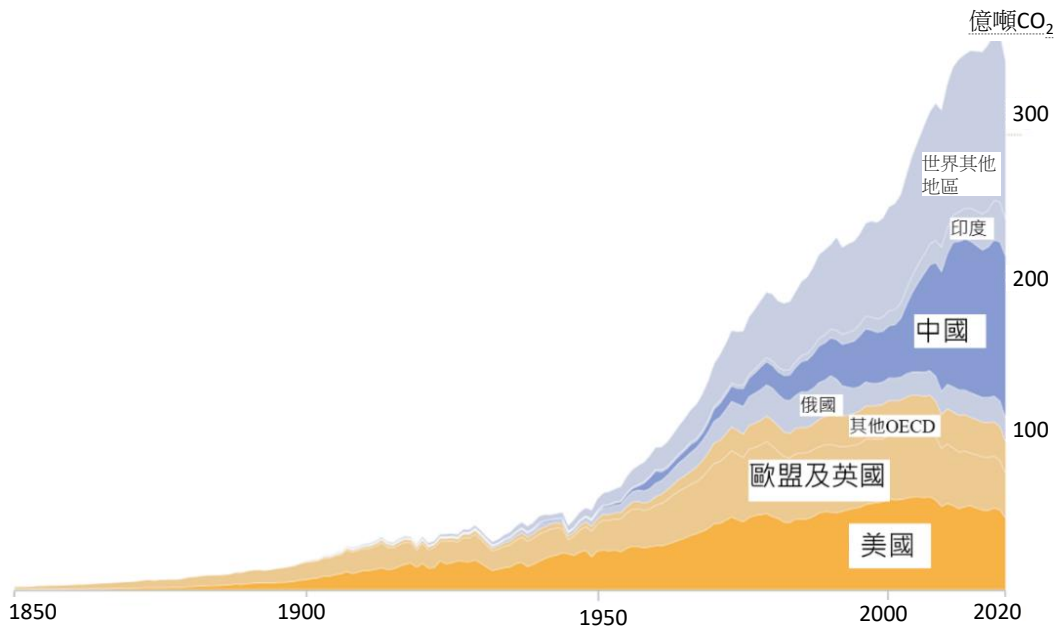
一、全球溫室氣體排放趨勢概述

(一)工業革命以來全球化石燃料使用之二氧化碳排放趨勢分析

自工業革命開始，英國先成為 19 世紀的世界工廠，隨後歐洲其他國家和美國也大規模工業化，工業化進程的能源需求，也導致持續的能源使用之 CO₂ 排放增長，故 1960 年代之前，全球的化石燃料燃燒 CO₂ 排放主要都來自歐美國家；1970 年代之後歐洲國家產業結構轉變，排放趨緩甚至轉為衰退，相對上開發中國家(尤其是中國大陸)製造業逐步興盛，其 CO₂ 排放持續成長；2000 年代美國之 CO₂ 排放也出現放緩現象，然中國大陸等開發中國家 CO₂ 排放則出現第二階段的增速成長；全球化石燃料燃燒合計 CO₂ 排放成長趨勢如圖 4.1 所示，雖各國排放互有消長，整體合計仍呈現大幅快速成長之趨勢；如果將各主要國家能源使用之 CO₂ 排放(未包含工業製程排放)加以區分，則個別國家之 CO₂ 排放消長趨勢變化則如圖 4.2 所示(Gütschow & Pflüger, 2023; Jones et al., 2023; Popovich & Plumer, 2021)。

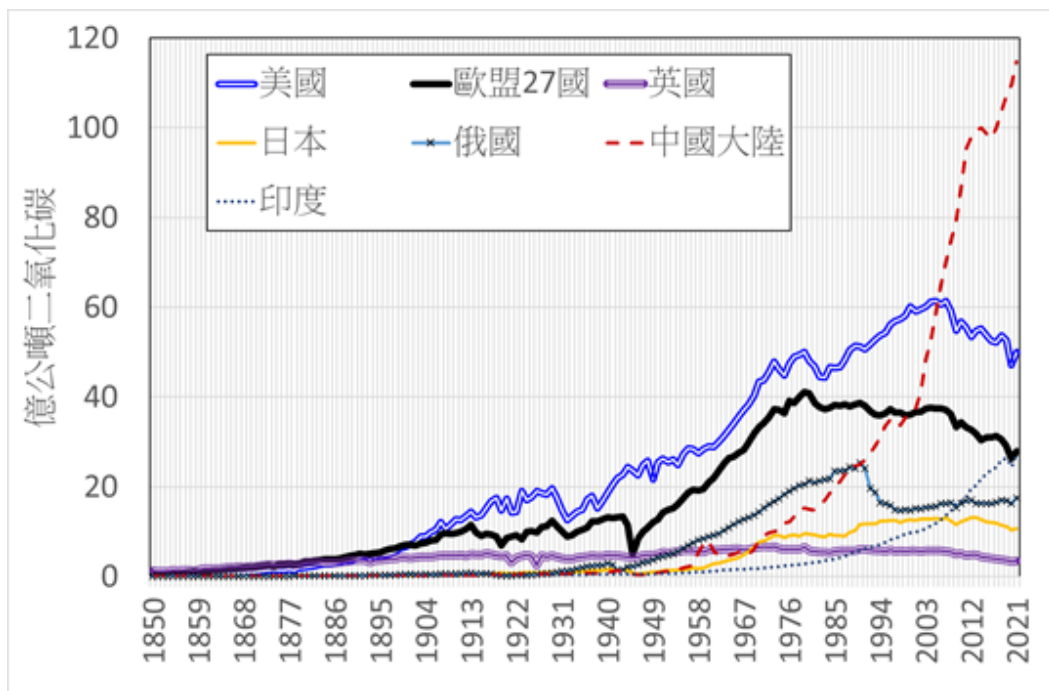
若依據國際能源總署對全球化石能源燃料燃燒與工業製程排放趨勢彙整資料，加計工業製程排放數據後，亦呈現與單獨只看化石燃料燃燒排放相同趨勢；1900 年全球能源燃燒與工業製程 CO₂ 排放只有 20 億公噸 CO₂，1950 年則有 57 億公噸 CO₂，1990 年成長達 213 億公噸 CO₂，2000 年、2010 年與 2020 年分別達 246 億、326 億、343 億公噸 CO₂；2022 年更達到 368 億公噸的新高。雖然近 10 多年分別經歷過全球金融海嘯、新冠疫情與俄烏戰爭等重大事件，但只略微緩減整體排放成長腳步，全球尚難停止排放成長趨勢(參見圖 4.3) (International Energy

Agency, 2023, March)。



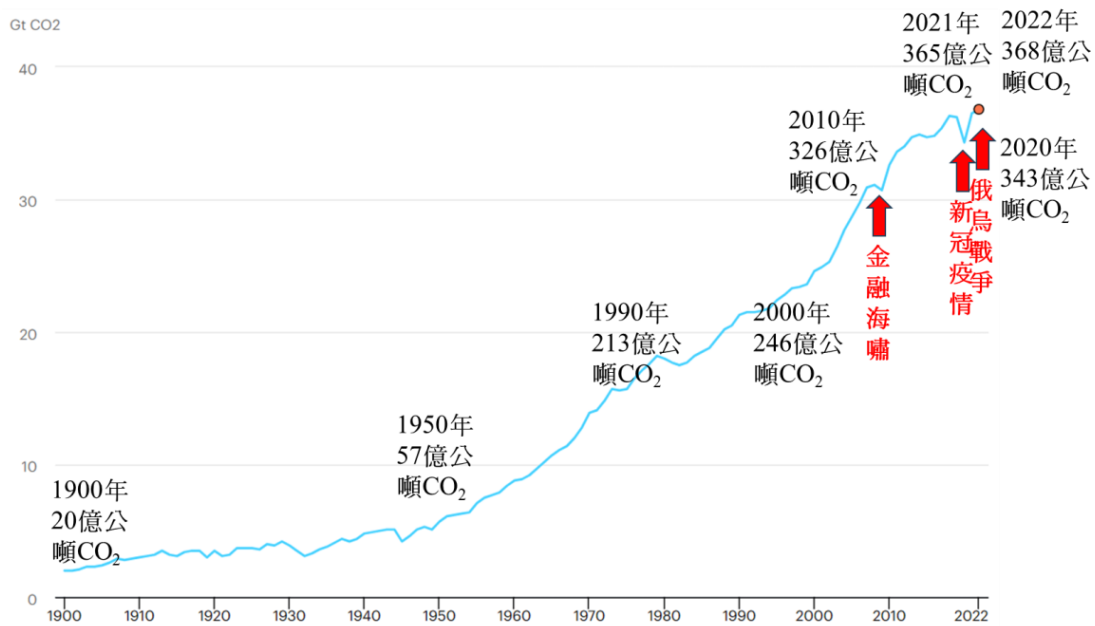
資料來源：(Popovich & Plumer, 2021)

圖 4.1 工業革命以來全球化石燃料燃燒合計二氧化碳排放趨勢



資料來源：(Jones et al., 2023)

圖 4.2 主要國家歷年化石燃料燃燒二氧化碳排放趨勢(1850-2021)



資料來源：(International Energy Agency, 2023, March)

圖 4.3 全球能源燃燒與工業製程 CO₂ 排放趨勢(1900-2022)

(二)不同全球溫室氣體排放總量估算數據之比較

許多全球溫室氣體排放總量數據因統計方式有所差異，往往造成比較上的困擾，在此以「聯合國環境規劃署」(UNEP)於2023年11月發布之《2023排放差距報告》中2020-2022年全球不同溫室氣體種類之個別與合計排放總量數據為例(列舉如表4.1所示)，說明不同溫室氣體種類的全球排放總量情況，而可較清楚了解溫室氣體排放總量相關數據(United Nations Environment Programme, 2023)：

1. 表中第2列：全球人類能源燃燒與工業製程 CO₂ 排放總量，2020年、2021年與2022年分別約為359億、381億與385億公噸 CO₂。
2. 表中第3列：土地使用、土地使用變更與森林(Land use, land use change and forestry, 簡稱 LULUCF)也可能會造成原本儲存於大自然的二氧化碳重新排放到大氣層中(例如森林砍伐、森林火災)或增加吸收二氧化碳(例如造林)，估計全球2020年、2021年與2022年LULUCF造成的溫室氣體排放各約達40.6億、39.4億與38.7億公噸 CO₂。
3. 表中第4列：全球甲烷(CH₄)排放總量，依據100年跨度GWP值換算為”CO₂當量”；2020年、2021年與2022年排放總量約為104億、106億與108億公噸 CO₂當量。
4. 表中第5列：全球氧化亞氮(N₂O)排放總量，依據100年跨度GWP值換算為”CO₂當量”；2020年、2021年與2022年排放總量約為25.7億、26.3億與26.5億公噸 CO₂當量。
5. 表中第6列：全球含氟氣體排放總量，依據100年跨度GWP值換算為”CO₂當量”；2020年、2021年與2022年排放總量約為14.6億、15.4億與16.2億公噸 CO₂當量。

億公噸 CO₂ 當量。

6. 表中第 7 列：若將全球各種溫室氣體之排放總量再加計 LULUCF 所造成之排放進行加總，並都依據 100 年跨度 GWP 值換算為“CO₂ 當量”，則 2020 年、2021 年與 2022 年分別達到 545 億、568 億與 574 億公噸 CO₂ 當量；其中 2022 年全球溫室氣體排放，已經扭轉 COVID-19 疫情與俄烏戰爭所帶來的短暫排放衰退情況，而持續成長破歷史紀錄，較 2021 年增加 1.2%。

表 4.1 全球不同溫室氣體種類之個別與合計排放總量 (2020-2022)

	燃燒與工業製程 CO ₂ 排放 (億公噸 CO ₂)	LULUCF CO ₂ 排放 (億公噸 CO ₂)	CH ₄ (億公噸 CO ₂ 當量)	N ₂ O(億公噸 CO ₂ 當量)	含氟氣體 (億公噸 CO ₂ 當量)	總溫室氣體排放(億公噸 CO ₂ 當量)
2020	359	40.6	104	25.7	14.6	545
2021	381	39.4	106	26.3	15.4	568
2022	385	38.7	108	26.5	16.2	574

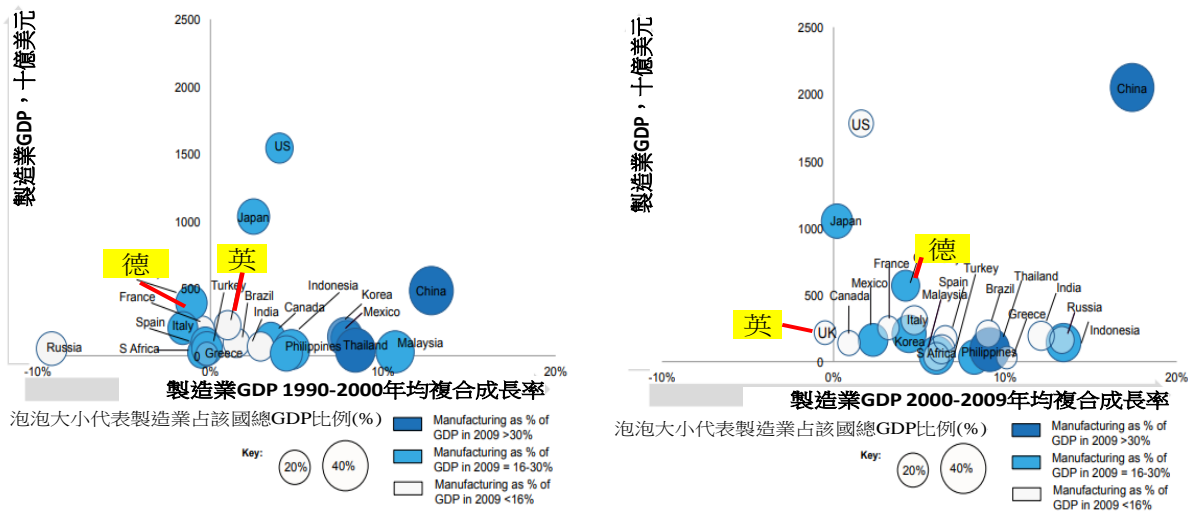
資料來源：(United Nations Environment Programme, 2023)

(三) 主要國家製造業發展趨勢與溫室氣體排放關聯

工業革命至 1970 年代間，歐美工業生產成長伴隨著大量使用化石燃料，尤其製造業擴張過程中，煤炭和石油之生產與出口扮演關鍵作用，並導致這段時期人類溫室氣體排放主要都來自歐美國家；1970 年代起，隨著石油危機與環境意識的提高，許多已開發國家開始逐漸重視節能與環保措施，相關節能措施在一定程度上抑制了碳排放增長速度，但整體碳排放仍然持續上升；同時許多已開發國家的高能耗、高汙染、低附加價值、勞動密集的製造業，也開始逐漸轉移到開發中國家(如亞洲等地區新興經濟體)，以規避繁雜法規要求、降低人力、社會福利等成本及追求企業利潤最大化；雖然在此過程中，許多歐美國家轉向發展較高階技能(注重創新、研發、整合等生產環節)、較高附加價值、高自動化程度之製造業，以保有核心競爭力，但產業結構性轉變相關過程仍造成不少製造業空洞化之現象，失去大量的製造業工作機會；英國在 1960 及 1970 年代一度被稱為「歐洲病夫」，而德國也於 1990 年代末及 2000 年代初曾經被稱為「歐洲病夫」，這些歐洲國家的溫室氣體排放也在 1970 年代開始成長趨緩，甚至出現走跌趨勢(The Economist, 2005, May 19; Thompson, 2022, October 25; 林建甫, 2023, August 10)

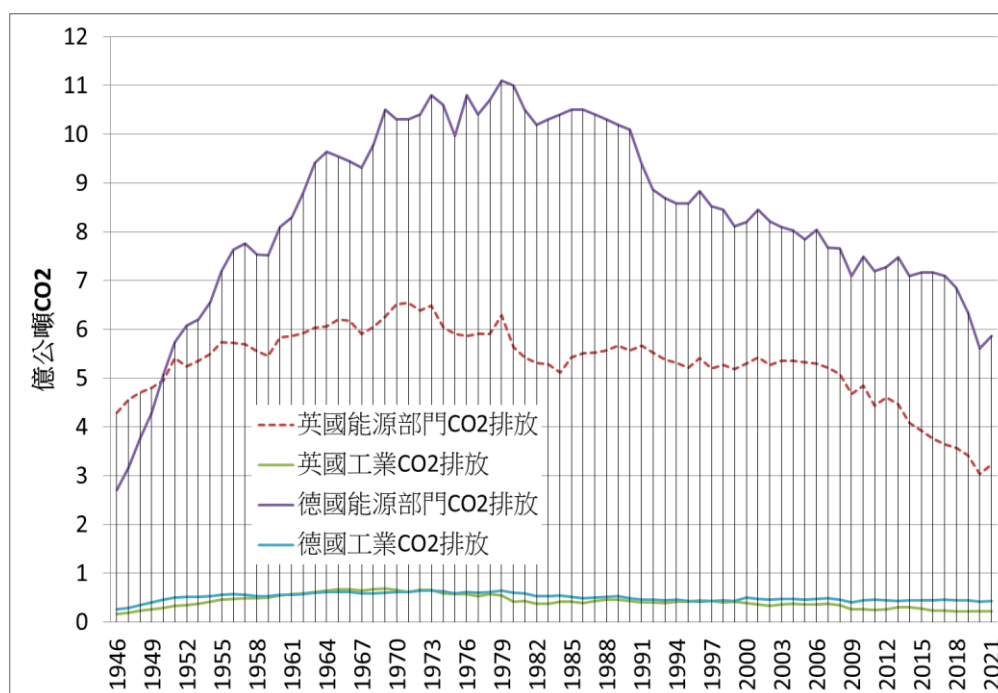
不過英國等國自 1970 年代開始開發北海油田等大陸棚油氣田，暫時緩和英國製造業衰退的速度，且相關油氣生產收益於 1980 年代對英國政府帶來不小助益；然 1990 年代低油價使相關收益減少，而英國相關石油產出在 1990 年代末期也開始逐步衰退，於 2004 年英國仍回到石油及天然氣淨進口國的情況，英國製造業 GDP 也從 2000 年前的正成長轉為 2000 年後的負成長；而德國則於 2003 年

社民黨與綠黨執政時期，提出「議題 2010」(Agenda 2010) 改革，推動勞動市場彈性化，鬆動防解雇機制，使工資談判制度增加靈活性，並引入派遣制與大量不必負擔社會保險費用之「迷你工作」(der Minijob，指比兼職工作更輕量的工作位置)，刪減雇主對勞工之社會保險負擔與降低工資成本，另藉由歐洲自 1996 年與 1998 年所通過的電力和天然氣市場自由化相關歐盟指令，逐步建構天然氣與電力市場自由化機制，加上歐洲油氣公司成為俄國地區的油氣主要投資者，促成俄德之間北溪一號管線完工而擴大進口俄國天然氣，使天然氣市場成為「買方市場」，合併電力自由化機制促成電價下跌，使德國得以運用便宜俄國天然氣擴大煤炭轉天然氣規模，而大幅降低能源成本與二氧化碳排放，同時提高產業競爭力，使德國製造業 GDP 從 2000 年前的負成長轉變為 2000 年後的正成長(參見圖 4.4)；此外，美國則在 1990 年代至 2000 年代間，因為電腦科技、資通訊技術、網際網路科技與生技醫藥產業的興盛，仍維持美國經濟的榮景 (Dustmann et al., 2014; Owen, 2012; Westphal, 2020; World Economic Forum, 2012; 黃哲翰, 2016, January 5)。然而產業轉型、勞動市場彈性制度、當地油氣開發與引進較低廉能源等，都未能扭轉歐洲國家製造業持續外移甚至去工業化的長期趨勢，相關排放仍持續減少，但排放走緩之速度不一 (參見圖 4.5)；另一方面，隨著勞力密集、附加價值低的製造活動，從富裕國家大規模重新分配到人口多、生產率較低的經濟體尤其是中國大陸，開發中國家的工業生產與連帶產生的排放也迅速增加，導致全球整體排放仍然繼續升高(Jones et al., 2023)。



資料來源：(World Economic Forum, 2012)

圖 4.4 1990-2009 年間主要國家製造業 GDP 總量與成長率比較



資料來源：(Gütschow & Pflüger, 2023)

圖 4.5 英國與德國歷年能源部門與工業二氧化碳排放趨勢(1946-2021)

2000 年代之後，隨著環保意識的進一步提高，許多歐洲國家持續推動煤炭改用天然氣的燃料替代與再生能源的使用，電力轉型成果逐漸浮現，加上歐洲國家持續的工業部門成長減緩或出現成長停滯現象，能源消費成長也同步走緩，碳排放增速減緩，甚至出現明顯排放下降情況；在美國方面，隨著 2001 年中國大陸加入了世界貿易組織 WTO，美國與中國大陸貿易關係正常化，美國消費者受益於從中國大陸工廠生產後進口到美國之廉價產品，同時卻大幅削弱美國製造業，雖然美國政府從歐巴馬時期開始陸續推動製造業回流相關政策，以減緩美國製造業空洞化趨勢，但 2001 年到 2011 年間的“中國衝擊”，仍導致美國製造業流失上萬個就業機會(Dizikes, 2021, December 6)；相對上，開發中國家(尤其是中國大陸與印度)產業持續大幅成長，其化石燃料燃燒排放二氧化碳也持續快速攀升，尤其開發中國家增幅明顯超越已開發國家之減幅，使全球二氧化碳總排放至今仍持續攀升，只有在經濟衰退、疫情等情況時，全球二氧化碳總排放量才會略為走勢減緩或小幅度走跌，但幾乎都很快反轉後又再度成長(Appunn et al., 2023, April 18; Leggett & Poynting, 2023, August 2)。

整體國際製造業之變遷趨勢也顯示，主要國家溫室氣體排放之消長，是由製造業版圖消長所左右；在此情況下，歐、美國家的製造業溫室氣體排放占比已降至約 3 成左右，相對上中國大陸的製造業溫室氣體占比則高達約 6 成(Berkeley California-China Climate Institute, 2023, June 1)，至今不但中國大陸溫室氣體排放總量已超過歐美國家溫室氣體排放總和，而中國大陸製造業溫室氣體排放更超過歐美國家製造業溫室氣體排放總和的 2 倍，顯現製造業溫室氣體排放成長對於國

家整體溫室氣體排放成長之重要貢獻。然而，在此也不能忽略中國大陸、印度等開發中國家製造業之成長，有相當比例是因為生產銷往歐美等其他國家的產品，持平而言，現行僅考量生產端責任來計算各國溫室氣體排放量之方式，其實會忽略掉消費端的責任，對於出口導向國家而言相對較為不利。

(四)2022 年俄烏戰爭對主要國家能源相關溫室氣體排放之影響

2022 年全球能源與溫室氣體排放之情況相當特別，當年度全球能源燃燒與工業製程(又稱為能源相關)二氧化碳排放成長達 0.9%，推升全球能源燃燒與工業製程相關二氧化碳排放總量達創紀錄的 368 億公噸⁹，但其中能源部門碳排放增加 4.23 億公噸，但製造業排放卻減少 1.02 億公噸；造成上述變化主因，聚焦於俄羅斯入侵烏克蘭造成全球能源價格暴漲、通膨加劇、傳統能源貿易受阻與經濟衰退，且許多國家因天然氣供應不足而增加煤炭使用；而天然氣能源供應吃緊，造成全球天然氣使用之二氧化碳排放降幅達 1.6%(約 1.18 億公噸)，尤其歐洲降幅高達 13.5%，亞太地區也史無前例出現 1.8%的減幅；相對上，煤炭使用之二氧化碳排放增加 1.6%(相當 2.43 億公噸)，主要來自亞洲新興經濟體的需求；而石油使用之二氧化碳排放方面，增幅更達 2.5%(相當 2.68 億公噸)，不過主因為航空業從新冠疫情後之復甦所導致(International Energy Agency, 2023, March)。

在個別國家方面，分別檢視歐、美、中相關情勢變化如下(International Energy Agency, 2023, March)：

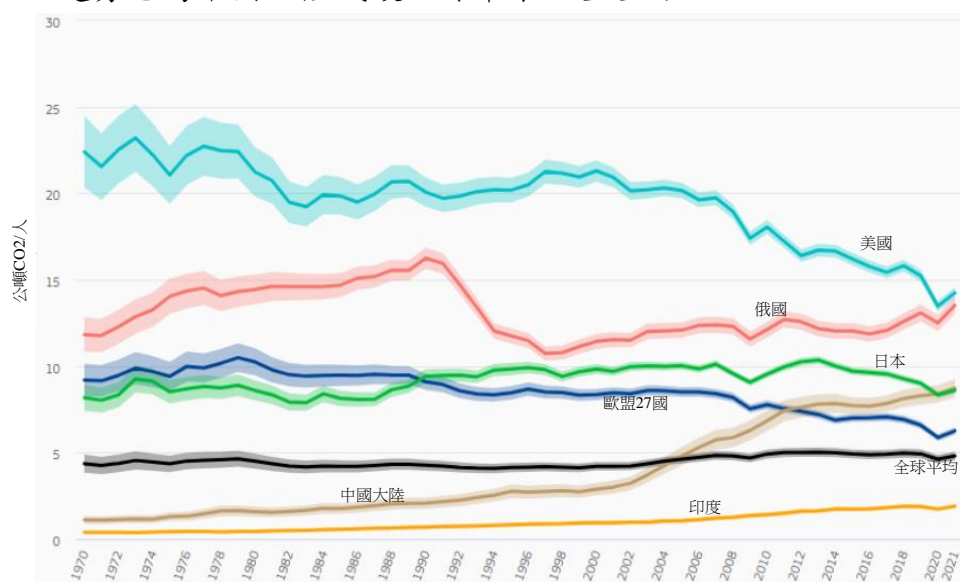
1. 歐盟 2022 年能源相關二氧化碳排放減少 2.5%(0.7 億公噸)，主因為歐盟對俄國石油與天然氣採取制裁措施，引發油氣供應緊張與價格暴漲，嚴重衝擊製造業，使製造業碳排放減少 0.42 億公噸；化石燃料的供應吃緊、燃料價格暴漲，加上節能措施之強化與溫和的冬天氣候，亦使建築部門排放減少 0.6 億公噸；而歐盟電力需求雖然降低，然因煤炭使用增加，加上乾旱使水力發電減少 21%、部分核電廠停擺減少核電 17%，雖然太陽光電、風電大增 15%，但電力部門整體碳排放仍增加 3.4%(0.28 億公噸)。
2. 美國 2022 年能源相關二氧化碳排放達 47 億公噸，升幅約 0.8%(成長 0.36 億公噸)，主因在於年初寒冷天氣使建築部門排放增加 0.26 億公噸；電力部門減少 0.2 億公噸，主因為擴大煤轉氣發電及以天然氣電廠滿足夏季冷氣尖峰用電需求，加上太陽光電與風力發電裝置容量大增，有效降低電力部門排放。
3. 中國大陸 2022 年能源相關二氧化碳排放約 121 億公噸，減幅約 0.2%(減少 0.23 億公噸)，減少主因在於中國大陸防疫措施、經濟放緩與製造與營建業的衰退，包括鋼鐵與水泥產量較 2021 年分別衰退 2%與 10%，及營建新開工率年減 40%；相對上，燃煤發電低於預期只增加 3%，原因在於電力需求成長明顯低於過去十年平均值，加上太陽光電與風力發電裝置容量大幅增加所致。

⁹ 能源相關二氧化碳排放未包含其他溫室氣體排放。

另外此次 2020 年至 2022 年新冠疫情與俄烏戰爭時期與過往 2008 年全球金融風暴時期有所差別之處，在於近 3 年各國經濟復甦方案中的綠能投資總計達 1.215 兆美元，是 2008 年後各國綠色振興方案總經費的兩倍，加上多年來綠能科技發電成本已大幅降低，綠能可安裝量大增，明顯有效協助抑制碳排放的成長幅度，因此全球 2022 年能源使用二氧化碳平均排放強度較 2019 年疫情前略低 0.73%；相對上，2011 年全球平均能源使用二氧化碳排放強度反而較 2008 年金融海嘯前高 1.83%；此亦顯現近年全球在燃料轉換、能源節約與綠能投資之努力，已獲致相當成效 (International Energy Agency, 2023, March)。

(五) 主要國家人均碳排放量趨勢比較

採用各國人均二氧化碳排放指標，可以排除世界各地人口規模差異所產生之二氧化碳排放總量高低之影響，而直接比較各國當年度單一個人對氣候變化的貢獻。圖 4.6 顯示主要已開發國家 (如美國、歐盟、日本) 及主要開發中國家 (中國大陸、印度等國家) 年度人均二氧化碳排放量 (數據基於燃燒化石燃料與生產水泥等工業製程所產生的二氧化碳排放總量)；歐美等已開發國家在 1970 年之後的人均二氧化碳排放量呈現逐步降低的趨勢；相對上中國大陸人均二氧化碳排放量則呈現逐步增加之趨勢；印度人均二氧化碳排放量也逐步上升，但速度較中國大陸緩慢許多 (Crippa et al., 2022)。歐美國家人均排放的持續走緩，顯現的是國家整體產業結構的調整；但美國在製造業占比已經相對偏低情況下，人均排放仍居高不下，可能代表其生活型態也有待調整；而中國大陸自 2000 年後人均排放快速升高，一方面代表製造業持續蓬勃發展，另一方面也可能代表生活水準的全面提升所致，但此趨勢也為中國大陸減碳工作帶來沉重壓力。



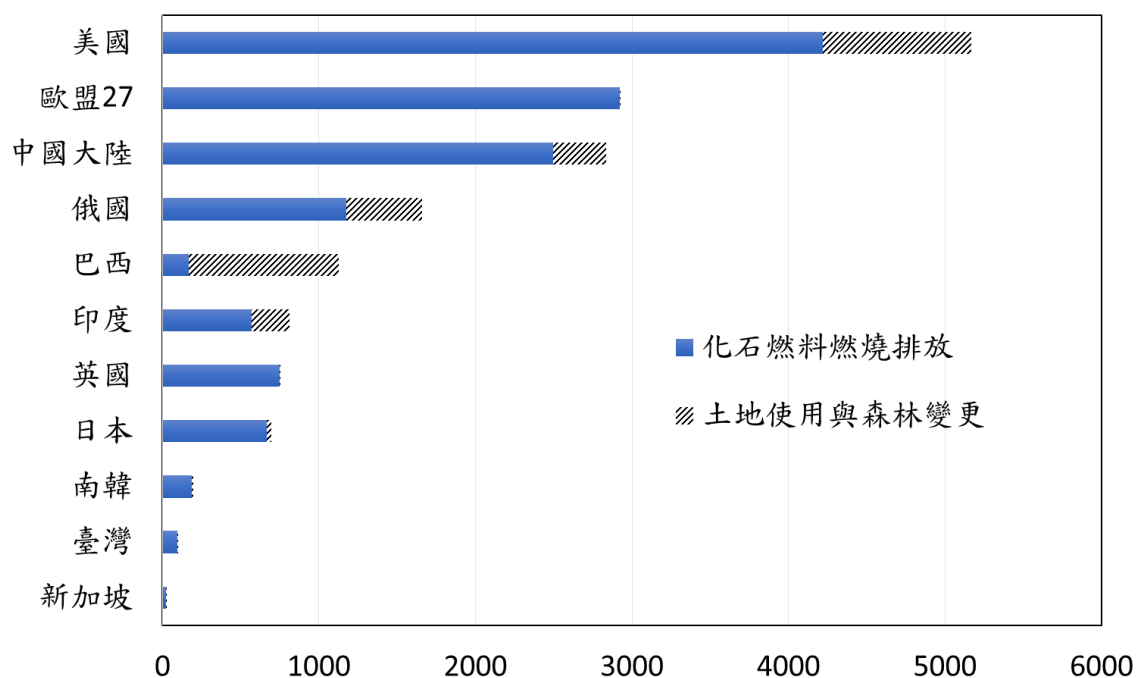
資料來源：(Crippa et al., 2022)

圖 4.6 主要國家人均二氧化碳排放變動趨勢(1970-2021)

二、全球歷史累積碳排放總量與未來許可碳預算推估

(一) 主要國家歷史累積碳排放估計

Jones 等歐美多國專家，於 2023 年共同在 Scientific Data 期刊上發表數據報告，審視 1850 年至 2021 年的二氧化碳歷史排放及國家責任；此分析主要著眼於國家領土的累積排放量，重點工作是將過去歷史排放“責任”加諸於現今治理該領土的現代國家(雖然領土所有權的轉移以及國家的統一與分裂可能會使事情複雜化)；此外，當估算各國歷史累積二氧化碳排放量時，如果同時分析源自化石燃料的二氧化碳排放量與來自土地利用和林業的二氧化碳排放量，會顯著改變主要國家的累積二氧化碳排放量統計數據，如圖 4.7 所示，1850 年至 2021 年間主要國家的累積歷史排放量顯示出化石燃料使用之排放量與土地利用變化和林業之排放量的差異；個別國家方面，美國自 1850 年以來已釋放超過 0.517 兆公噸 CO₂，於全球歷史排放量中占比最高，約占全球總量的 20.9%，因為它的發展首先是廣泛使用煤炭，然後是汽車的出現而大量使用石油，接著是大量使用天然氣發電；歐盟占 11.9% 位居第二，如果加上占 3.1% 的英國，則歐盟+英國合計達 14.9%，而歐盟和英國等歐洲大國的歷史累積排放還不包括過往這些國家殖民統治下的海外排放量；中國大陸之歷史累積二氧化碳排放占比為 11.5%，雖然中國大陸歷年土地相關二氧化碳排放偏高，然快速的經濟發展與化石燃料使用是其占比持續升高的主因；其次，俄羅斯為 6.7%，巴西為 4.6% (主因是森林砍伐所造成的排放，其使用化石燃料的排放總量相對較低)，印度為 3.3%，日本為 2.8%；此外，南韓、臺灣及新加坡分別只占 0.8%、0.4% 及 0.09% (Jones et al., 2023)。



資料來源：(Jones et al., 2023)

圖 4.7 主要國家 1850-2021 年累積二氧化碳排放量情況

上述分析聚焦於各國歷年化石燃料使用與土地及森林變化相關的二氧化碳

累積排放情況；如果再考慮 CH₄ 及 N₂O 等其他重要溫室氣體，則各國歷年溫室氣體累積排放情況又會有不小幅度的變動(Jones et al., 2023)。除了上述分析未涵蓋溫室氣體排放全貌之外，另外還存在許多挑戰，例如：(1) 土地使用與森林變化之二氧化碳排放歷史數據有高度不確定性；(2) 各類溫室氣體之大氣存留時間差異非常大，要如何同時評估短生命期與長生命期溫室氣體的地球暖化效應還有待更多研究；(3) 其他種類的人為氣體會影響到氣候變遷，例如硫酸鹽等氣溶膠會造成地球冷卻效益，且其影響規模可能不低於非二氧化碳溫室氣體之地球暖化效應，但因為相關影響尚難明確評估，個別國家在討論累積溫室氣體排放相關影響時，多半予以忽略不計(Matthews et al., 2014)。

(二)地球升溫幅度與全球累積溫室氣體排放之概估直線關係

如第二章所述，工業革命以來的人類活動所致二氧化碳(CO₂)持續數百年排放，與當前地球暖化程度之間存在直接關係，意味著當前的暖化程度取決於全球人類二氧化碳排放的累積總量；而包括 IPCC 於 2021 年發表的第 6 次科學評估報告(AR6)在內，相關文獻評估地球升溫幅度與全球累積二氧化碳排放具有接近直線之關係，可概略以下列公式表示(IPCC, 2023; Jones et al., 2023)：

$$\Delta T(\text{地球升溫幅度}) = \kappa \times \frac{1}{C} \times E_{CO_2}$$

κ ：氣候對累積 CO₂ 排放量的瞬時氣候響應” (Transient climate response to cumulative emissions, TCRE)；單位為 °C per 10³ Pg C，IPCC 第 6 次評估報告(AR6)估計值為 1.0–2.3 °C per 10³ Pg C，相當 0.27–0.63 °C per 10³ Pg CO₂，而中間值約為 0.45 °C per 10³ Pg CO₂；而 1 Pg 等於 10 億公噸。

C：二氧化碳中的碳質量轉換為二氧化碳質量之轉換係數(註：係數為 3.664 Pg CO₂ Pg per C)。

E_{CO₂}：累積二氧化碳排放量(10³ Pg CO₂)。

(三)碳預算：人類要控制升溫幅度之未來相對應許可碳排放總量

上述地球升溫幅度與人為二氧化碳累積排放的關係，即為碳預算(Carbon budget)的估算基礎，而所謂碳預算是為保持全球地表溫度升溫不超過目標溫度條件(例如要符合 2015 年《巴黎協定》所設定地球平均升溫不超過 1.5°C 或 2°C 的目標)下，在未來還被允許排放的二氧化碳總量(Gregory et al., 2009; Jones et al., 2023)。依據 Global Carbon Budget 2022 估計，要符合地球平均升溫不超過 1.5°C 或 2°C 的目標，總碳預算概估為 2.875 兆公噸或 3.725 兆公噸；而自 1850 年至 2021 年人類總共向大氣中排放二氧化碳總量約達 2.455 兆公噸 CO₂(此數值包括化石燃料等直接排放約 1.704 兆公噸 CO₂ 及土地使用變更等排放約 0.751 兆公噸

CO₂)，並預估 2022 年人類排放累積總量將達 2.495 兆公噸 CO₂ (預估 2022 年全球人類排放量約 405 億公噸 CO₂)；故若要符合地球平均升溫不超過 1.5°C 的目標，則 2023 年起將只剩餘 0.38 兆公噸 CO₂ 的碳預算，相當於從 2023 年起全球只能以 2022 年排放總量水準再排放 9 年(若要控制升溫不超過 2°C，則剩餘碳預算只剩下 1.23 兆公噸 CO₂，相當於從 2023 年起全球只能以 2022 年排放總量水準再排放 30 年)(Friedlingstein et al., 2022)；再依據 Global Carbon Budget 2023 更新其估計，要符合地球平均升溫不超過 1.5°C 或 2°C 的目標，總碳預算概估為 2.865 兆公噸或 3.74 兆公噸；自 1850 年至 2023 年人類排放累積總量將達 2.59 兆公噸 CO₂；故若要符合地球平均升溫不超過 1.5°C 的目標，則 2023 年起將只剩餘 0.275 兆公噸 CO₂ 的碳預算，相當於從 2023 年起全球只能以當今排放總量水準再排放 7 年(若要控制升溫不超過 2°C，則剩餘碳預算只剩下 1.15 兆公噸 CO₂，相當於從 2024 年起全球只能以當今排放總量水準再排放 28 年) (Friedlingstein et al., 2023)。

三、歷史碳排放責任與未來碳排放權分配規則之探討

在全球氣候談判過程中，誰該為氣候變遷付出相對應責任，誰應該為防止進一步全球暖化做更多的行動，以及如何公平分配未來國際溫室氣體排放權，甚至誰應該為碳預算用罄的問題負責等問題，在氣候正義辯論的背景下顯然至關重要，也始終是國際氣候談判中最具爭議性的議題之一。

最早聯合國在 1992 年通過《聯合國氣候變化綱要公約》(UNFCCC)並於 1994 年正式生效後，1995 年 3 月 28 日至 4 月 7 日在柏林召開 UNFCCC 第一屆公約締約方會議(COP1)中，通過應推動加強公約第 4 條第 2 款(a)項和(b)向中有關締約方相關承諾，並規範相關推動進程應依據 7 項原則，其中原則之一即為：「歷史上和目前全球溫室氣體排放的最大部份源自發達國家；發展中國家的人均排放仍相對較低；發展中國家在全球排放中所占的份額將會增加，以滿足其社會和發展需要」(UNFCCC, 1995, June 6)，顯現聯合國氣候公約對於碳排放責任方向上，是主張已開發國家應負起其歷史排放責任；不過對於如何進行未來碳排放權分配，後續已開發國家卻傾向基於特定基準年或當前的各國排放，等比例分配未來排放權，而刻意忽視過往歷史排放所造成地球暖化之責任。

相對上，開發中國家傾向基於歷史排放差異與人人平等，甚至有人從過往帝國主義對殖民地剝削的角度進行批判，例如印度學者 1991 年即提出主張：『認為開發中國家例如印度與中國必須為地球升溫和破壞氣候穩定承擔責任的想法，就是環境殖民主義的一個絕佳例子』(The idea that developing countries like India and China must share the blame for heating up the earth and destabilizing its climate (...) is an excellent example of environmental colonialism.)(Agarwa & Narain, 1991)；英國倫敦政經學院學者在 2000 年發表「捍衛溫室氣體排放的歷史責任」一文中，即以上述印度學者之論述為引言，進一步論及各國於旨在減少溫室氣體排放的國際

氣候公約中，皆高度重視誰擁有更多的排放權，尤其當總體削減目標越高時，分配規則的爭議就會越大(Neumayer, 2000)。

本節彙整國際上對於碳排放責任與未來排放權分配之相關規則論述，先區分開發中國家與已開發國家之個別主要立場，再探討參數設定對於量化歷史排放責任之影響¹⁰。

(一)開發中國家碳排放責任與排放權分配之相關立場

開發中國家一方面強調歷史排放責任，一方面亦強調人人排放權平等，偏向以上述訴求進行碳排放責任與碳排放權分配的個別或合併討論，此也會衍生一些不同的主張與表達方式；兩種常見主張說明如下：

1. 人均平等規則

「人均平等規則」乃在人均相等的基礎上分配總允許排放量，全世界每人都應該獲得平等的排放權，無論他屬於哪個國家，也不管該國過去排放多少(未考慮歷史排放)，故對每個國家而言，此分配方式之各國總允許排放量，與當前其國家人口佔全世界人口總數之比例成正比(Ju et al., 2021)。計算公式如下所示：

$$f_i^{EPC} = \frac{v_i}{\bar{v}}(E - \bar{h})$$

其中， f_i^{EPC} 為「人均平等規則」之分配總允許排放量， E 為全球排放目標， \bar{h} 為全球歷史總排放量， v_i/\bar{v} 為當前其國家人口佔全世界人口總數之比例。

此規則對於人口眾多、當前人均排放偏低的開發中國家(例如印度)有利，但是對於現在人均排放偏高的國家不利，因此例如中國大陸等開發中國家，其人均排放逐步攀升，甚至高過許多已開發國家之人均排放，就較無意願支持此規則。

2. 歷史人均平等規則

中國大陸學者於2014年彙整相關研究，認為應依據各國的相對應人口規模，將各國對累積二氧化碳排放量(Cumulative CO₂ emissions)的貢獻標準化(Normalise)；其主要提出之人均歷史累積碳排放估算方式，分為「靜態歷史人均平等規則」與「動態歷史人均平等規則」兩種(戴君虎 et al., 2014)；兩種規則中，較易理解的計算方式為「靜態歷史人均平等規則」，說明如下：

「靜態歷史人均平等規則」進行比較計算時，是將過去某國某年距今之碳排放累加量(視為國家歷史碳排放責任總額)除以基準年時居住在該國的人數，也就是將過去的累計責任分配給基準年的該國每一位公民；因為開發中國家主張要從工業革命時期開始統計碳排放累加量，故中國大陸學者將之稱為「工業化累計人

¹⁰ 在相關文獻眾多情況下，只先選擇少數論文進行摘要論述。

均排放量」(Industrialized cumulative emission per capita, 簡稱 ICEPC)。其公式為：

$$ICEPC_i = \frac{\sum_{t=s}^e E_i^t}{P_i^b}$$

其中，ICEPC_i 為「工業化累計人均排放量」， E_i^t 代表國家 *i* 在年份 *t* 的碳排放量， P_i^b 指國家 *i* 在基準年的人口數。

「靜態歷史人均平等規則」是指各國所計算出之「工業化累計人均排放量」必須平等；若反過來將各國之「工業化累計人均排放量」乘以該國基準年的人口，其實即為該國歷史碳排放累加量，也可解釋為該國之歷史碳排放責任總額。

(二) 已開發國家碳排放責任與排放權分配之相關立場

已開發國家在國際氣候談判中的主張，主要偏向於不考量歷史責任，而強調未來之平等，最常見的主張為「排放平等規則」，說明如下：

「排放平等規則」之邏輯，是主張人均排放有所差異是合理的，原因在於這些差異會延續到未來，因此主張不同國家情況會延續到未來，故應依據「發展現況排放」(Business-as-usual emissions) 的比例進行相對應比例核配(即 Grandfathering 規則)，意即未來排放權分配乃依各國排放現況進行等比例核配(Ju et al., 2021)；其計算公式如下所示：

$$f_i^{EPE} = \frac{c_i}{\bar{c}}(E - \bar{h})$$

其中， f_i^{EPE} 為「排放平等規則」之分配總允許排放量，*E* 為全球排放目標， \bar{h} 為全球歷史總排放量， c_i/\bar{c} 為其國家排放量佔全世界排放總量之比例。

(三) 其他碳排放責任與排放權分配規則之討論

1. 韓國學者提出所謂「歷史排放平等規則」

韓國學者於 2021 年提出所謂「歷史排放平等規則」(Ju et al., 2021)，算法為：

$$f_i^{HEPE} = \frac{c_i}{\bar{c}}(E - \bar{h}) + c_i \left(\frac{\bar{h}}{\bar{c}} - \frac{h_i}{c_i} \right)$$

其中， f_i^{HEPE} 為「歷史排放平等規則」之分配總允許排放量，*E* 為全球排放目標， \bar{h} 為全球歷史總排放量， c_i 為其國家排放量， \bar{c} 為全世界排放量， c_i/\bar{c} 為其國家排放量佔全世界排放總量之比例， h_i 為 *i* 國的歷史總碳排放量， \bar{h} 為全球之歷史總碳排放量。

此算法對於已開發國家會特別不利，對於開發中國家也較難以具體說明此算法之邏輯，較難以獲得支持納入討論。

2. 中國大陸學者提出所謂「動態歷史人均平等規則」

中國大陸學者於 2014 年提出之另一種人均歷史累積碳排放估算方式，稱為「動態歷史人均平等規則」(戴君虎 et al., 2014)；以「動態歷史人均平等規則」進行比較計算時，乃將歷史上某國某年碳排放量與該國當年人口數的比值，來表示為該國當年的人均碳排放，並隨著時間的推移，將該國每年的人均碳排放累加，總和即為該國歷史上某一年至今的「累計人均二氧化碳排放量」(Cumulative carbon emission per capita, 簡稱 CCEPC)，其公式為：

$$CCEPC_i = \sum_{t=s}^e \frac{E_i^t}{P_i^t}$$

此規則難以反應出工業化國家早年排放總量較低的過往趨勢，也對於早期工業較為發達但工業技術效率較差、單位產品碳排放量相當高的歐美等工業國家相當不利，相對上也較難以獲得支持納入討論。

(四) 參數設定對於量化歷史排放責任之影響

1. 歷史累計排放所涵蓋溫室氣體種類之影響

1997 年在聯合國被提出的「巴西方案」(Brazilian Proposal)，被認為是最早以累積排放概念來量化分配國家減量責任的聯合國方案，其認為全球氣候變遷主要是各已開發國家自工業革命以來碳排放累積所造成之結果，因此應追溯各國累積碳排放責任，才能量化已開發國家的減碳義務；從「巴西方案」也另外衍生出已開發國家為主體之附件 1 國家的歷史累計總排放貢獻占全部國家歷史累計總排放貢獻之比重高達 81.2% 之估算結果(參見表 4.2)；然而美國有智庫認為，原先巴西方案只估算化石燃料燃燒二氧化碳排放，然許多非附件 1 國家(開發中國家)之土地利用變更、甲烷、氧化亞氮等之排放占比相對已開發國家高，並在納入上述非燃料燃燒二氧化碳排放之溫室氣體排放部分後，估算附件 1 國家的全球歷史累計溫室氣體排放占比將從 81.2% 降低至 61.1%，顯現以不同溫室氣體涵蓋種類計算各國歷史累計溫室氣體排放量時，各國占比變化可能相當大 (La Rovere et al., 2002; 戴君虎 et al., 2014)。

表 4.2 附件一與非附件一國家溫室氣體歷史累計總排放占比

	化石燃料相關 CO ₂ 排放之占比	涵蓋 CO ₂ (含 LULUCF)、甲烷、氧化亞氮排放之占比
京都議定書附件一國家(已開發國家為主)	81.2%	61.1%
京都議定書非附件一國家(開發中國家為主)	18.8%	38.9%

資料來源：(La Rovere et al., 2002)

2. 歷史累積排放採用不同起始基準年之影響

當前地球暖化程度取決於二氧化碳排放累積於大氣中的總量，意味著數百年前的二氧化碳排放持續導致地球暖化，這也是碳預算(Carbon budget)的科學基礎¹¹，因此開發中國家與許多學者主張，有關碳排放累積總量的起始基準年，比較合理應從第二次工業革命階段之 1850 年開始計算；然對於已開發國家而言，其溫室氣體排放自 1980~2000 年後陸續從逐步成長轉為逐步減少，故已開發國家強烈主張依氣候公約之基準年 1990 年為計算碳排放累積總量的起始基準年；如此大幅延後起始基準年之計算，會對已開發國家非常有利，但難以讓開發中國家接受。

四、我國與各國未來碳排放權分配之概算分析

(一)依不同規則之各國未來碳排放權概算

依據前述估計，若要符合地球平均升溫不超過 1.5°C 的目標，則 2023 年起將只剩餘 0.38 兆公噸 CO₂ 的碳預算，相當於從 2023 年起全球只能以 2022 年排放總量水準再排放 9 年(Friedlingstein et al., 2022; Jones et al., 2023)。在如此有限的全球未來碳預算下，各國未來碳排放權如何分配，多年來持續成為國際談判桌上與學研界探討之重要議題。

本節分別以較多開發中國家訴求的「靜態歷史人均平等規則」、部分開發中國家提議的人人平等之「人均平等規則」，及已開發國家訴求之「排放平等規則」，進行各國未來碳排放權分配之估算；其中所估算之全球或各國碳排放量，採用能源燃燒與工業製程排放 CO₂ 加上土地使用與森林變更(LULUCF)所排放 CO₂ 之數據，而歷史累計碳排放量之涵蓋時期，則從第二次工業革命以來的 1851 年至當今的 2021 年，數據來源為 2023 年 Jones 等人共同發表之數據庫(Jones et al., 2023)；至於要不超過 1.5°C 目標溫度之全球歷史總碳預算，則採用 Friedlingstein 等人於 Global Carbon Budget 2022 所估算之全球歷史總碳預算 2.875 兆公噸 CO₂(Friedlingstein et al., 2022)；而分配各國碳排放權之各國人口總數，則採用國際氣候公約基準年 1990 年之各國人口總數。估算結果如下(表 4.3)：

¹¹ 碳預算是為保持全球地表溫度升溫目標以下而可以排放的二氧化碳總量。

表 4.3 未來 1.5°C 目標下不同規則之各國碳排放權比較

	2021 年碳排放量 (億公噸)	1851 年至 2021 年碳排放量 (億公噸)	1990 人口數 (人)	[較多開發中國家訴求之規則] 靜態歷史人均平等規則之碳排放權(億公噸)	[部分開發中國家提議之規則] 人均平等規則之碳排放權(億公噸)	[已開發國家為主訴求之規則] 排放平等規則之碳排放權(億公噸)
英國	3.48	755.71	57210442	-446	32	32
歐盟 27	26.35	2927.30	418534483	-664	214	244
美國	49.94	5165.02	248083732	-3823	162	462
俄羅斯	18.49	1659.22	148005703	-859	70	171
日本	10.56	696.03	123686321	-27	60	98
中國大陸	114.45	2837.00	1153704253	3402	685	1058
印度	27.31	810.07	870452165	3897	676	252
巴西	13.81	1127.29	150706446	-312	103	128
韓國	6.07	197.81	44120038	41	25	56
臺灣	2.85	99.03	20586174	12	11	26
全球	411.18	24706.00	5316175862	4044	4044	4044

如果將上表所估算之各國在不同規則下的未來碳排放權可分配額度，除以各國現今碳排放量，可以概估於不同規則下，各國的未來碳排放權可供該國維持現今排放水準之年限，而各國之估算結果彙整於表 4.4。

表 4.4 未來 1.5°C 目標下不同規則的各國碳排放權可再排放年限之比較

		[較多開發中國家訴求之規則]	[部分開發中國家提議之規則]	[已開發國家為主訴求之規則]
		靜態歷史人均平等規則之未來碳排放權的可再排放年限 (年)	人均平等規則之未來碳排放權的可再排放年限 (年)	排放平等規則之未來碳排放權的可再排放年限 (年)
已開發國家	英國	-128	9	9
	歐盟 27	-25	8	9
	美國	-77	3	9
	俄羅斯	-46	4	9
	日本	-3	6	9
開發中國家	中國大陸	30	6	9
	印度	143	25	9
	巴西	-23	7	9
新興工業國家	韓國	7	4	9
	臺灣	4	4	9

從概算結果可知，各種未來碳排放權分配規則的有利國家有不小差異；若依據較多開發中國家訴求之「靜態歷史人均平等規則」，所有主要工業化國家(歐美等已開發國家、俄國與日本)都早已用盡所有的碳排放權，多年前就不應該再進行碳排放，又或者需要向開發中國家購買碳排放權才合乎此規則；相對上，主要開發中國家情況差異很大，依據現有排放水準，印度與中國大陸至少還可以再排放數十年或以上，而巴西雖然工業水準不高，但因為毀林情況持續多年，也失去未來碳排放權；至於主要新興工業國家例如韓國與臺灣方面，還有 4~7 年不等之未來碳排放權可以使用。

若依據部分開發中國家提議之「人均平等規則」，則各國情況不一。最有利的主要國家為印度，其未來碳排放權可以讓印度再排放 25 年；相對上，其他不論是主要的已開發國家、開發中國家或是新興工業國家，則估算剩下 3~9 年不等之未來碳排放權可以使用，但原因各異；英國與歐盟因為產業結構轉變而製造業排放逐漸減少，目前人均排放量甚至已經較中國大陸、韓國、臺灣都低，故採用「人均平等規則」時，主要歐洲國家還有 8~9 年之未來碳排放權年限，較中國大陸與韓國、台灣之 4~6 年之未來碳排放權年限都還高，甚至美國也有 3 年的未來碳排放權年限；而且歐美國家的排放持續趨緩中，相較出口導向且產業持續成長的中、韓、臺等，如果依據「人均平等規則」限制未來排放權，其實對於歐盟與英國等國家相對有利。

若採用已開發國家提議之「排放平等規則」，則所有國家都有 9 年之未來碳排放權年限；如上所述，此規則也是對於排放持續緩跌的歐美國家有利，而排放仍偏向成長的開發中國家則相對較為不利。

(二)我國碳排放責任與未來碳排放權主張之討論

對於臺灣應負起之碳排放責任方面，雖然我國非聯合國會員國，但身為地球村的一員，臺灣也應依據公平之國際歷史責任比重，負起相對責任。

臺灣於全球自工業革命以來之歷史累積碳排放占比約為 0.4%；如果全球未來要進行碳排放權之分配討論，綜合不同未來排放權分配規則訴求之比較可知，對於不同國家而言，上述 3 種未來碳排放權分配規則對於其他個別主要國家，或有不小之差異，但對臺灣而言，以個別責任規則估算可分配到的未來排放權結果差異不大(以當前排放水準都約可排放 4~9 年)；故以臺灣的歷史與現今條件而言，可同時支持基於歷史責任進行分配之規則與基於排放現況比例進行分配之規則的主張。

五、小結

各國歷史碳排放趨勢變動，很大程度反映的是各國產業結構與國家經濟及產業實力的消長，切莫因為部分國家排放趨勢減緩或下降，就直覺誤認為其碳排放減量有成。而隨著人類累積碳排放量逐步攀升，要控制升溫目標的剩餘碳排放預算也越趨減少，連帶使氣候談判所需達成的削減目標也更為加嚴，然各國至今尚無法對未來碳排放權分配規則達成共識，也會持續成為國際談判之的爭議。

《巴黎協定》所設定較積極的 1.5°C 目標，對於全人類而言，剩餘之碳預算已經十分有限而難以達成，未來放寬改為將全球暖化升溫設定在保持 2°C 以下的願景，可能已經是人類不得不的務實選擇。

對於各國歷史碳排放責任與未來排放權分配之估算，因為未來碳排放權規則是否考慮歷史排放責任及是否考慮人人平等排放權，與哪些溫室氣體種類與排放來源要選擇納入，和碳排放統計起始基準年與人口統計基準年之設定，都會對於排放責任估算結果產生相當程度之差異，要各國取得共識有相當大的難度；而臺灣因為自身歷史碳排放與人口數目之情況，對於已開發國家或開發中國家不同的歷史排放責任與未來排放權分配之主張，對於臺灣而言結果差異有限。

而依據本章研析結果，當我國面對碳排放趨勢分析與碳排放責任之討論時，可參考以下之建議：

(一)認清碳排放減量真實原因，避免受到其他國家減碳有成說法之誤導

在解讀各國碳排放趨勢變化時，應確實分析背後之原因，尤其要特別留意部

分國家因製造業產業結構轉變、生產減少或產業外移所導致排放減少之現象，避免產生錯誤之結論；如此當部分國家主張其減碳有成時，也較能避免受到誤導。

(二)不同碳排放權分配規則皆可支持，不必特意選邊站

對已開發國家與開發中國家間的碳排放權爭論，以臺灣的歷史與現今條件而言，可同時支持基於歷史責任進行分配之規則與基於排放現況比例進行分配之規則的主張。

(三)積極研究對我國可能有利之規則，例如合理引入產品出口之消費端責任

我國可嘗試研究對臺灣可能較為有利之規則，做為對外討論甚至談判之參考主張；例如鑒於臺灣之出口導向國家特性，可考慮研究強調分擔進口國之消費端責任概念，是否會對臺灣較為有利，最後再擇要爭取對我國有利之條件，例如扣除外銷排放責任或結合排放平等原則等。

(四)強化解析國際碳排放數據庫客觀性不足之問題

目前歷史碳排放數據庫主要為歐洲等已開發國家所建置與維護，許多數據仰賴大量假設，有許多不確定性，而有客觀性的疑慮。有鑑於歐洲國家掌握歷史排放數據庫，握有話語權，目前美國國內也浮現建立自身數據庫的聲音，例如高爾前總統已著手相關工作；相對上，開發中國家缺乏相關數據庫的建置，而難以有話語權；對於科研實力有限的臺灣而言，初步至少應能解析國際主要碳排放相關數據庫，並掌握其中有疑義之處，及可能不利於臺灣之假設條件；進一步可推動與其他國家合作建置相關數據庫，以嘗試建立自身部分的話語權。

英文縮寫對照表

縮寫	英文名稱	中文名稱
COP	Conference of the Parties	聯合國氣候變遷綱要公約締約國大會
CCEPC	Cumulative carbon emission per capita	累計人均二氧化碳排放量
GWP	Global Warming Potential	全球暖化潛勢
ICEPC	Industrialized cumulative emission per capita	工業化累計人均排放量
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	政府間氣候變化專門委員會
LULUCF	Land use, land use change and forestry	土地使用、土地使用變更與森林
TCRE	Transient climate response to cumulative emissions	氣候對累積 CO ₂ 排放量的瞬時氣候響應
UNEP	United Nations Environment Programme	聯合國環境規劃署
UNFCCC	The United Nations Framework Convention on Climate Change	聯合國氣候變遷綱要公約
WTO	The World Trade Organization	世界貿易組織

參考資料

- Agarwa, I., & Narain, S. (1991). *Global Warming in an Unequal World : A Case of Environmental Colonialism*. Centre for Science and Environment.
<https://pdfs.semanticscholar.org/8daa/b586bb9b0cdc236540a1d7a0c3c128bff9f1.pdf#page=110>
- Appunn, K., Haas, Y., & Wettenge, I. (2023, April 18). Germany's energy consumption and power mix in charts. Clean Energy Wire. <https://www.cleanenergywire.org/>
- Berkeley California-China Climate Institute. (2023, June 1). *Opportunities for Enhanced Near-term U.S.-China Climate Action: Industrial Decarbonization*.
<https://ccci.berkeley.edu/events/2023/04/opportunities-enhanced-near-term-us-china-climate-action-industrial-decarbonization>
- Crippa, M., Guizzardi, D., Banja, M., Solazzo, E., Muntean, M., Schaaf, E., Pagani, F., Monforti-Ferrario, F., Olivier, J., & Quadrelli, R. (2022). CO₂ emissions of all world countries. *JRC Science for Policy Report, European Commission*.
https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC130363/co2_emissions_of_all_world_countries_online_final_2.pdf
- Dizikes, P. (2021, December 6). MIT Economist's New Research: The Long Afterlife of the "China Shock". *SciTechDaily*.
<https://scitechdaily.com/mit-economists-new-research-the-long-afterlife-of-the-china-shock/>
- Dustmann, C., Fitzenberger, B., Schönberg, U., & Spitz-Oener, A. (2014). From sick man of Europe to economic superstar: Germany's resurgence and the lessons for Europe.
https://cepr.org/system/files/publication-files/60144-explaining_germany_s_exceptional_recovery.pdf#page=22
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M., Andrew, R., Gregor, L., & Hauck, J. (2022). Global Carbon Budget 2022. *Earth System Science Data*, 14(11), 4811-4900.
https://globalcarbonbudget.org/wp-content/uploads/GCB2022_ESSD_Paper.pdf
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Bakker, D. C., Hauck, J., Landschützer, P., Le Quéré, C., Luijkx, I. T., & Peters, G. P. (2023). Global Carbon Budget 2023. *Earth System Science Data*, 15(12), 5301-5369.
<https://essd.copernicus.org/articles/15/5301/2023/>
- Gütschow, J., & Pflüger, M. (2023). *The PRIMAP-hist national historical emissions time series (1750-2021) v2.4.1 (Version 2.4.1)*
<https://doi.org/10.5281/ZENODO.4479171>

- Gregory, J. M., Jones, C. D., Cadule, P., & Friedlingstein, P. (2009). Quantifying carbon cycle feedbacks. *Journal of Climate*, 22(19), 5232-5250.
<https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/22/19/2009jcli2949.1.xml?tab=body=abstract-display>
- International Energy Agency. (2023, March). *CO₂ emissions in 2022*.
<https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>
- IPCC. (2023). Summary for Policymakers. In Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.), *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/DOI: 10.1017/9781009157896.001>
- Jones, M. W., Peters, G. P., Gasser, T., Andrew, R. M., Schwingshackl, C., Gütschow, J., Houghton, R. A., Friedlingstein, P., Pongratz, J., & Le Quéré, C. (2023). National contributions to climate change due to historical emissions of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide since 1850. *Scientific data*, 10(1), 155.
<https://www.nature.com/articles/s41597-023-02041-1>
- Ju, B.-G., Kim, M., Kim, S., & Moreno-Ternero, J. D. (2021). Fair international protocols for the abatement of GHG emissions. *Energy Economics*, 94, 105091.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014098832030431X?casa_token=FYmTra_sbRkAAAAA:0_Bg6URau1IFAItcOdAkdKnaeo5IkUPscp_Ds57DSnpdYLAxOLjPmqpzeQHqyDf2LNp-guv-A
- La Rovere, E. L., de Macedo, L. V., & Baumert, K. A. (2002). The Brazilian proposal on relative responsibility for global warming. *Building on the Kyoto Protocol: Options for Protecting the Climate*. Washington, DC: WRI.
http://pdf.wri.org/opc_chapter7.pdf
- Leggett, T., & Poynting, M. (2023, August 2). Fossil fuels, renewables and nuclear: The UK's changing energy mix. <https://www.bbc.com/news/business-63976805>
- Matthews, H. D., Graham, T. L., Keeverian, S., Lamontagne, C., Seto, D., & Smith, T. J. (2014). National contributions to observed global warming. *Environmental Research Letters*, 9(1), 014010.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/1/014010/meta>
- Neumayer, E. (2000). In defence of historical accountability for greenhouse gas emissions. *Ecological Economics*, 33(2), 185-192.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=d549812aac e8759ecac235686b988a8fd4386093>
- Owen, G. (2012). *Industrial policy in Europe since the Second World War: what has been learnt?* European Centre for International Political Economy
<https://ecipe.org/wp-content/uploads/2014/12/OCC12012-revised.pdf>

- Popovich, N., & Plumer, B. (2021). Who has the most historical responsibility for climate change. *The New York Times*, 12.
- The Economist. (2005, May 19). The real sick man of Europe.
<https://www.economist.com/leaders/2005/05/19/the-real-sick-man-of-europe>
- Thompson, D. (2022, October 25). How the U.K. Became One of the Poorest Countries in Western Europe. *The Atlantic*.
<https://www.theatlantic.com/newsletters/archive/2022/10/uk-economy-disaster-degrowth-brexite/671847/>
- UNFCCC. (1995, June 6). *Report of the Conference of the Parties on its first session, held at Berlin from 28 March to 7 April 1995. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its first session, Addendum, FCCC/CP/1995/7/Add.1* <https://unfccc.int/cop4/resource/cop1.htm>
- United Nations Environment Programme. (2023). *Emissions Gap Report 2023: Broken Record – Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again)*
<https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2023>
- Westphal, K. (2020). German–Russian gas relations in face of the energy transition. *Russian Journal of Economics*, 6(4), 406-423.
<https://rujec.org/article/55478/download/pdf/>
- World Economic Forum. (2012). *The Future of Manufacturing: Opportunities to Drive Economic Growth* Geneva, Switzerland.
https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Manufacturing/gx_WEF_The-Future-Manufacturing_4_20_12.pdf
- World Meteorological Organization (WMO). (2023, November 15). Greenhouse Gas concentrations hit record high. Again.
<https://wmo.int/news/media-centre/greenhouse-gas-concentrations-hit-record-high-again>
- 林建甫. (2023, August 10). 美國吸引製造業回流，是對是錯？. *工商時報*.
https://view.ctee.com.tw/economic/51525.html?utm_campaign=edm_view&utm_medium=email&utm_source=20230814_loc_2
- 黃哲翰. (2016, January 5). 爆米花當薪水：德國基本工資改革與倦怠的體制. *聯合新聞網*.
https://global.udn.com/global_vision/story/8663/1422080?from=udn-referralnews_ch2artbottom
- 戴君虎, 王焕炯, 刘亚辰, & 葛全胜. (2014). 人均历史累积碳排放 3 种算法及结果对比分析. *第四纪研究*, 34(4), 823-829.
<http://www.dsyy.com.cn/dzdqs-data/qs/2014/4/PDF/20140415.pdf>

第五章 各國在全球氣候治理之立場與角色定位

前言

自 1990 年代迄今，聯合國針對如何管控全球人類經濟活動所造成的溫室氣體排放，以降低全球氣候暖化的加劇，先後推動通過《聯合國氣候變化綱要公約》(1992 年)、《京都議定書》(1997 年)與《巴黎協定》(2015 年)；這段時間的全球氣候治理工作雖然試圖結合包括主權國家、跨國國際組織、非政府組織、產業界等各界力量，然而主權國家仍是氣候治理的行為主體，特別是在沒有主要溫室氣體排放大國的參與、相互協調與配合下，要達成全球性溫室氣體排放管制的具體效益，將會十分困難。爰此，本章主要在說明與分析已開發國家(美國、歐盟、英國與日本)、開發中國家(中國大陸、印度與巴西)與其他重要國家(俄羅斯與韓國)對全球氣候治理之基本立場與角色定位，說明各國推動氣候變遷政策的背景與轉折歷程、分析其對國際氣候變遷治理議題之主張與立場及其背後的政經因素，俾利掌握各國為何會呈現該國現今之氣候變遷治理議題的立場、角色與定位。

一、已開發國家之立場與角色定位

(一)美國

美國政府與民眾長期對於氣候變遷議題較缺乏科學共識，在政治上更對此議題存在高度分歧，許多共和黨人士對氣候變遷科學論述抱持懷疑，相對上，民主黨人士多數相信氣候變遷的科學論述，這種認知分歧往往造成美國氣候政治立場上會因不同政黨執政而發生搖擺(趙斌 & 謝淑敏, 2022)；又由於任何國際間具約束性的氣候變遷相關協定均可能直接對身為世界主要溫室氣體排放國之美國經濟與產業帶來重大影響，因此基於國家利益與國內政經因素的制約，美國過去長期以來不管哪一政黨執政，對實際要落實提高溫室氣體排放減量目標的相關政策或國際談判議題都持保留態度。以下就不同政黨執政時期之氣候治理立場變遷，進行簡要分析。

柯林頓政府執政時期。在民主黨柯林頓政府執政時，儘管美國成為最早推動氣候變遷議題進入國際議程的國家，但是在面對 1997 年 7 月美國參議院所通過的「伯德-哈格爾決議」(Byrd-Hagel Resolution) (95 票贊成-0 票反對)，限制美國不得簽署「沒有同時設定開發中國家與附件 1 國家(工業化國家)排放目標」且「會對美國經濟造成嚴重危害」之氣候協議的限制，柯林頓政府雖曾試圖在《京都議定書》條文中增列非附件 1 國家(開發中國家)自願承諾具有約束力的排放承諾，並鼓勵能與附件 1 國家進行排放交易，以符合「柏林協定」(Berlin Mandate)

要求工業化國家應提出具體、具法律約束力之目標¹²，但該項提議最後沒有獲得其他國家接受；柯林頓政府因此表示，如果沒有開發中國家有意義的參與應對氣候變遷行動，則其不會將《京都議定書》送交國會進行批准程序(Biniiaz, 2018; United Nations Framework Convention on Climate Change - Secretariat, 2000, July 19)。而這也使得美國在 1997 年雖然簽署《聯合國氣候變化綱要公約的京都議定書》(Kyoto Protocol to the UNFCCC)針對，並成為該協定附件一締約方(Annex I Parties)，但卻從未完成其國內之批准程序(Lattanzio et al, 2021: 5)。

小布希政府執政時期。共和黨的小布希政府執政後，美國再次進入氣候政策的削弱期，小布希政府在 2001 年宣布單方面退出《京都議定書》，其雖然認為氣候變遷是重要議題，也認為全人類福祉對美國很重要，也認同各國應一起討論如何應對氣候變遷，但卻主張《京都議定書》在根本上存在致命缺陷(Fatally flawed in fundamental ways)；小布希總統提出的理由是氣候變遷因應方式之發展應基於科學且有效的，而關於氣候變遷科學仍有許多未知之處，例如地球自 1890 年代至 1940 年代呈現氣溫升高趨勢，但自 1940 年代至 1970 年代則呈現氣溫降低趨勢，而 1970 年代之後氣溫又快速升高，所以小布希總統也指出，科學家還無法釐清自然界及人類行為如何影響氣候變動，也尚難確認甚麼程度的升溫是危險而須避免之水準，故小布希總統認為現有政策挑戰在於要在知識有限情況下要以嚴肅和明智的方式行事，要聚焦解決導致氣候變遷的因素，一是避免排放，二是嘗試捕獲；又小布希總統也提出溫室氣體減量是全世界共同的責任，但排放大國如中國大陸與印度卻不受《京都議定書》的約束，且《京都議定書》設定的減量目標沒有科學依據，許多附件 1 國家難以達成減量目標，而美國如果遵守減量目標將付出過高成本，會對美國經濟產生嚴重負面影響，所以《京都議定書》在應對氣候變遷上是不公平、無效的；小布希總統也申論美國不願接受此有缺陷條約並非放棄責任，且仍持續投入更多工作，小布希總統也宣稱在 1990 年以來美國已經投入超過日本及歐盟總合經費的 180 億美金經費，基於穩定大氣溫室氣體濃度長期目標、確保美國與全球經濟持續增長繁榮、追求市場誘因、激勵技術創新、立足於全球參與等原則下，也願意投入更多氣候科學、氣候模型、監測與減量科技、清潔能源技術與碳交易市場之研究與實施計畫，並與歐日等國家建立更密切夥伴關係(The White House, 2001, June 11)。1997 年參議院所通過的「伯德 - 哈格爾決議」，不僅適用於《京都議定書》，也適用於任何後續的氣候協定，而其後續也確實陸續影響了柯林頓、小布希和歐巴馬政府對《京都議定書》和國際氣候政策的態度(Biniiaz, 2018)。

歐巴馬政府執政時期。民主黨的歐巴馬政府執政後，基於參議院「伯德 - 哈

¹² 「柏林協定」(Berlin Mandate) 為 1995 年於德國柏林的 COP-1 氣候大會中與會國家聯合發表的協定，承認之前對工業國家減量義務相關義務不夠充分，應提出具體、具有法律約束力之目標與時程表，以減少工業國家之溫室氣體排放(但不考慮要求開發中國家要有新承諾)(United Nations Framework Convention on Climate Change - Secretariat, 2000, July 19)。

格爾決議」之限制，尋求能夠反映已開發國家和開發中國家（至少是主要排放國）之間所謂「法律對稱性」(Legal symmetry)或「法律平行性」(Legal parallelism)之協議，歐巴馬政府也明確表態，如果主要開發中國家沒有作出具法律約束力之排放承諾，美國將不會同意任何針對已開發國家具法律約束力承諾之機制；為此，歐巴馬政府尋求避開《京都議定書》由國際商定目標之方式，改提出由每個締約方提出具有法律約束力、自主決定之排放承諾之建議案，並於 2009 年提出美國的協議草案，但此提案因具有法律約束力特徵而受到中國大陸等開發中國家的反對，最終在 2009 年《哥本哈根協議》中轉向，推動包括已開發國家及開發中國家在內的所有締約國各自決定其不具法律約束力的排放目標承諾(Biniatz, 2018)。

隨後在歐巴馬政府任內，繼續推動依循《哥本哈根協議》之國際氣候談判方向，確保新協議適用於所有國家，但也因此只能支持不具法律約束力、由各國考量自身環境後自主決定排放目標之架構，而非由談判或經由公式求得具法律約束力之目標；依循此邏輯，最終於 2015 年聯合國氣候大會通過符合上述架構之《巴黎協定》。惟即使《巴黎協定》具有上述目標不具法律約束力且可進行調整之特徵，而理論上已經避開美國參議院「伯德－哈格爾決議」之限制，但歐巴馬總統最終還是沒有提交國會尋求通過，而是主張因為《巴黎協定》是一項不具有法律拘束力之國際政治協議，包括美國政府所要提出之「國家自定貢獻」(NDCs) 並無需要根據國際法履行之義務，所以美國總統就可以單方面批准該協定，無須送交國會批准；最終於 2016 年 9 月，美國由歐巴馬總統自行批准《巴黎協定》(Durney, 2017)。

川普政府執政時期。由於歐巴馬總統是以執行行政權方式批准《巴黎協定》，因此繼任的共和黨籍川普總統基於其「美國優先」(America First)與「讓美國再次偉大」(Making America great again)的民粹主義與經濟民族主義立場，反對前任民主黨歐巴馬政府加入《巴黎協定》的作法，因此主張其亦可以行政權決定退出，最終導致 2017 年 6 月川普總統宣布退出《巴黎協定》(Frank Jotzo, Joanna Depledge & Harald Winkler, 2018)。

拜登政府執政時期。民主黨拜登政府(Biden Administration)上任後，在承繼民主黨歐巴馬政府「綠色經濟」(Green economy)的政策概念下，拜登政府主張美國應該在溫室氣體減量與能源轉型的過程中，創造工作機會與提升美國的產業競爭力，同時也希望在國際氣候變遷議題中重新取得領導地位，並推動美國能源與產業轉型。因此，美國拜登政府於 2021 年 2 月再次藉由行政權的決定，重新成為《巴黎協定》的締約方(Choi, 2021)。

而自拜登政府上任後，美國開啟一系列政策與相關法案，以促進淨零排放目標的達成，包括：

1. 在「國家自定貢獻」(NDCs)目標的提升部分，美國原先 2015 年所設定的「國

- 家自定貢獻」(NDCs)目標是在 2020 年時與 2005 年排放水準相較將降低 17% 的溫室氣體排放；2025 年達到較 2005 年排放水準降低 26% 至 28% 的溫室氣體排放。2021 年 4 月，拜登政府提升美國「國家自定貢獻」(NDCs)目標，設定將於 2030 年達成與 2005 年排放水準相比，其淨溫室氣體排放將降低 50% 至 52% 的目標(USA, 2021)。
2. 2021 年 11 月，美國公布「2050 淨零排放之路：美國長期策略」(The Long-Term Strategy of the United States: Pathways to Net-Zero Greenhouse Gas Emissions by 2050)，鎖定能源效率、電力脫碳、燃料轉換和能源轉型、森林固碳及土壤和二氧化碳去除技術；以及非二氧化碳減排等 5 大行動領域推動減排，俾利於 2050 年達成其所設定的淨零排放願景(United States Department of State and the United States Executive Office of the President, 2021)。
 3. 2021 年 11 月，美國通過《基礎設施投資和就業法》(Infrastructure Investment and Jobs Act)，提供 1.2 兆美元推動包括交通、寬頻、供水、能源、災害調適與韌性、網路安全等核心基礎建設領域發展，其中針對電動汽車充電基礎設施的建設，編列約 46 億美元的補助經費(NCSL 2021, 2022)。
 4. 2022 年 8 月，美國通過《通膨削減法》(Inflation Reduction Act)，編列約 3,690 億美元支出，擬用於因應氣候變遷與其他環境問題。

綜合上述分析可知，美國由於總統制及強勢兩院制的政治設計與利益團體政治的影響(常見的反對團體包括化石能源業者及其所支持的國會議員或州層級官員)，在任何具約束性的國際氣候協議與國內氣候政策目標可能衝擊既有政經利益結構的情況下，往往很難獲得國會政治聯盟的支持。因此，即使在偏好推動氣候變遷政策之民主黨政府主政期間，若缺乏國會參眾兩院足夠議員票數的支持，往往總統也只能憑藉行政權來推動氣候變遷目標，無法以立法方式推動。而對氣候變遷議題抱持反對、保留立場的共和黨在參議院中，也長期使用冗長辯論技術性手段來阻撓相關法案通過(Byrne, Taminiu, and Nyangon 2022)。

對於美國氣候治理之探討也需要認知到，美國過往持續參與聯合國氣候公約的談判，卻拒絕國際公約中具法律約束力的溫室氣體減量目標，關鍵點在於美國身為當今世界綜合國力首強，其全球治理觀一以貫之，即維持其國際地位優勢，而在多數國際治理議題上推行強化國家利益的全球治理戰略，也維持一定的自主性與靈活性(趙斌 & 謝淑敏, 2022)；值得注意的是，拜登政府上任後，由於民主黨政府在《通膨削減法》於參眾兩院的表決中，取得相對多數的支持(參院表決 51 票贊成、50 票反對；眾院針對參院修正案表決 220 票贊成、207 票反對)(Library of Congress, 2023)，使得民主黨政府首度得以推動此一經費龐大之標誌性氣候政策立法，首次取得全球氣候治理的部分相對制高點位置；然由美國知名學者之剖析，美國不會同意付出超過自身經濟利益的成本(Posner & Sunstein, 2007)，因此《通膨削減法》的通過，背後代表美國拜登政府已評估認為該法案將能爭取低碳

轉型相關產業的發展，並重塑美國下一世代產業與經濟發展願景，而得以創造高於所投入資源的整體國家經濟利益，此推論是否為真，值得後續持續觀察。

(二) 歐盟

回顧歐盟氣候政策自一開始即係環境政策的一部分，特別是 1987 年通過《歐洲單一法案》(Single European Act)，為日後在整體歐盟層級解決環境處理議題提供具體的法律依據。後續《歐洲聯盟條約》(Treaty on European Union - Maastricht Treaty)新增環境條款，其第 2 條規定共同體的任務之一即係促進共同體經濟活動的和諧與平衡發展、促進永續發展與尊重環境等。為此，依據《歐洲聯盟條約》第 3 條規定，環境領域政策亦係歐盟成員國需共同推動並擬定具體時程規劃的政策領域之一(Treaty on European Union (92/C 191/01))。而在規範歐盟角色、政策和運作的另外一項主要法源《歐洲聯盟運作條約》(Treaty on European Union and the Treaty on the Functioning of the European Union)第 4 條中，歐盟亦規範成員國在環境與能源等領域應共享權限(TFEU, 2012)。

由此可知，歐盟自 1990 年代以降，得利於成員國間在歐盟層級上所提供的共同法律架構，而得以推動下列一系列與氣候變遷相關的因應政策及措施：

1. 1997 年 15 個歐盟成員國同意按照《京都議定書》的規定，在 2008-2012 年將 6 種溫室氣體總排放量在 1990 年水平的基礎上降低 8% 的排放。而此期間歐盟 15 個成員國均超額完成目標(Jos Delbeke and Peter Vis, 2016:15)。
2. 2005 年，歐盟開始推動歐盟碳交易市場機制(European Emission Trading Scheme, EU ETS)，採分階段實施方式推動，歷經第一階段(2005-2007 年)、第二階段(2008-2012 年)、第三階段(2013-2020 年)的逐步修正與演進，目前已進入第四階段(2021 年至 2030 年)；又為與歐盟 2030 年溫室氣體總體減排目標相符，歐盟已設定 EU ETS 覆蓋部門的排放量必須比 2005 年的水平減少 43% 的目標(European Commission, 2023a)。
3. 2007 年，歐盟推動「氣候與能源套案」(Climate and Energy Package)，該套案共包括 6 項立法，並提出所謂「20-20-20 氣候目標」，即以 1990 年為溫室氣體排放基準年，設定在 2020 年前要將歐盟溫室氣體排放比基準年減少 20%；在 2020 年前將歐盟再生能源佔比占總能源消費比例提高至 20%；以及使總能源效率比未有任何能源政策或減量手段介入的基線排放情境提升 20%(Jos Delbeke and Peter Vis, 2016:17；劉哲良、吳珮瑛與朱敏嘉，2017；121)。2009 年該套案完成立法，正式成為具約束力的法律(European Union, 2009)。而在 2019 年，歐盟實際上已相較基準年減少 24% 的溫室氣體排放(Oberthür & Dupont, 2021)。
4. 2011 年，歐盟提出「邁向 2050 具競爭力的低碳經濟體路徑圖」(A Roadmap for Moving to a Competitive Low Carbon Economy in 2050)，該路徑圖除說明達成

「氣候與能源套案」之「20-20-20 氣候目標」的重要性外，也提出歐盟需要進一步的推動政策，才有可能達成其所設定提升能源效率的目標。在該路徑圖中，歐盟提出為達成與 1990 年相較，2050 年要減少 80% 至 95% 的溫室氣體排放，歐盟應設定至 2030 年將比 1990 年排放水準減少 40% 的階段性溫室氣體排放目標。另外，也應該採取一些措施，以達成其具備企圖心的溫室氣體減量目標，包括針對關鍵部門推動低碳創新技術(例如建立安全、有競爭力與完全脫碳的電力部門；改善建築環境，提升建築物能源效率與推動節能等)、加大對低碳技術與經濟活動的投資、加強與國際間針對解決氣候變遷議題的夥伴合作關係，並支持全球碳交易市場發展，以支持已開發國家與開發中國家實施低溫室氣體排放發展策略等(European Commission, 2011)。

5. 2014 年 10 月，歐盟根據「氣候與能源套案」通過「2020-30 氣候與能源政策綱要」(2030 Climate and Energy Framework)，其同時也符合「邁向 2050 具競爭力的低碳經濟體路徑圖」勾勒的長期願景。該政策綱要釐訂了 2020 年至 2030 年期間，歐盟在氣候變遷上的範圍目標和政策目標。這些目標旨在幫助歐盟實現更具競爭力、安全和永續性的能源系統，並實現其 2050 年溫室氣體減排的長期目標。其設定 2030 年目標為與 1990 年水平相比，歐盟溫室氣體排放量將減少 40%；再生能源佔比達 27% 與基線情境(business as usual, BAU)提升 27% 的能源效率(IEA, 2017)。
6. 2015 年，歐盟及其成員國參與巴黎協定的通過，並在 2016 年 10 月批准《巴黎協定》，歐盟表達其支持立場，並在促成《巴黎協定》通過上企圖發揮積極領導的作用(European Commission, 2023b)。
7. 2019 年 12 月，歐盟執委會公布「歐洲綠色協議」(European Green Deal)，承諾到 2050 年實現氣候中和。為此，2021 年 2 月，歐盟執委會先通過「歐盟氣候變遷適應戰略」(EU Adaptation Strategy)，希望通過更有智慧、更迅速、更具系統性及加強適用氣候變遷之國際行動等戰略，使歐盟能夠適應氣候變遷的影響，並在 2050 年前具有適應氣候變遷的能力(European Commission, 2021a)。
8. 2020 年 12 月，歐盟及其成員國提出其「國家自定貢獻」(NDC_s)目標設定，承諾到 2030 年歐盟溫室氣體排放與 1990 年相比將減少 55%(European Union, 2020)。
9. 2021 年 7 月，歐盟通過的《歐洲氣候法》(European Climate Law)正式生效，希望於 2030 年達成與 1990 年的水準相比，歐盟將減排至少 55%，並至 2050 年實現氣候中和(European Commission, 2021b)。《歐洲氣候法》使歐盟國家在法律上有義務實現其氣候目標，並為歐盟及其成員國採取氣候因應行動設定架構，以逐步減少排放並最終實現氣候中和。

需要關注到的重點是，在於歐盟雖然藉由逐步制定提高減量目標的氣候治理政策架構與明顯的整體減量成果，而在全球氣候治理話語權上占有領導地位，然

歐盟階段性溫室氣體減量目標的達成，事實上不能完全歸因於其自身氣候政策之推動，相反的，包括 1970 年代後歐盟產業轉型、後續全球化加速產業外移、中東歐成員國之碳密集產業的崩潰、2008 年後經濟衰退等，係歐盟溫室氣體排放總量逐年下降的主因；而迄今歐盟仍係全球主要溫室氣體排放者之一，同時就人均溫室氣體排放量來看，歐盟 2019 年的人均溫室氣體排放量仍高於世界平均值。惟即使如此，由於歐盟自 1990 年代起即將氣候變遷視為是一個取得超國家機構正當性與凝聚各成員國對歐盟層級認同的重要議題，因此儘管歐盟內部各成員國、社會組織與產業之間常針對氣候變遷目標存有爭議與分歧(例如丹麥、愛沙尼亞、芬蘭、法國、德國、瑞典和斯洛伐尼亞等所謂綠色成長集團常主張強有力的氣候變遷政策有助於經濟成長；中東歐成員國由於其國內能源系統仍高度仰賴煤炭，因此多半對企圖心較高的氣候變遷政策目標，持反對及保留立場)，然歐盟成員國最終仍在全球氣候變遷議題上取得合作，除共同對外以提高其國際影響力，並試圖藉此達成在產業發展上尋找新競爭優勢之更高戰略利益的企圖(Delreux and Ohler, 2019)。惟 2022 年俄烏戰爭爆發後，歐盟對俄國展開經濟制裁，歐盟原先高度仰賴俄國天然氣的比重大幅降低，轉而從其他來源進口天然氣，卻因此造成天然氣一度供應吃緊與能源價格暴漲的嚴重問題，此一情勢雖使歐盟的溫室氣體排放降低，然卻肇因於高漲的能源價格與經濟及產業的持續衰退；而產業與民眾在難以回落的能源價格壓力下，對於投資減碳的反對聲浪高漲，使歐盟各國政府許多原訂之各部門減碳政策被迫轉向，傷及歐盟原設定的氣候先鋒形象；相關發展在下一章會進行更完整討論。

(三)英國

基本上，英國於 1988 年柴契爾政府(Thatcher government)期間首度將氣候變遷議題列為政策議程上的重要議題，而 1994 年梅傑政府(Major government)任內也提出英國第一個氣候治理文書—即「英國氣候變遷計畫」(1994 UK Programme on Climate Change)；1997 年英國當時係歐盟 15 個成員國之一，亦支持《京都議定書》有關歐盟整體在 2008-2012 年期間將溫室氣體總排放量較 1990 年減少 8% 的目標，英國亦同意自身減少 12.5% 之目標；2000 年布萊爾政府(Blair government)期間，英國通過「氣候變遷計畫」(Climate Change Programme)，該計畫也成為日後英國推動《氣候變遷法》(Climate Change Act 2008)的基礎；2005 年歐盟碳交易市場(EU ETS)啟動，英國亦為成員國之一；2008 年布朗政府(Brown government)任內，英國正式通過全球第一個建立長期具有法律約束力架構以減少碳排放之《氣候變遷法》，該法設定於 2050 年將英國的碳排放量相較於 1990 年水平減少至少 80% 的目標。後續，英國亦相繼推動下列一系列的相關政策與措施，包括(Black, 2021)：

1. 2009 年 4 月，英國宣布推動碳預算(Carbon budgets)制度，並於 5 月通過立法，規範前三個預算階段溫室氣體減量目標，包括第一階段碳預算(2008-2012 年)

達成較 1990 年排放水準減少 25% 溫室氣體排放；第二階段碳預算(2013-2017 年)達成較 1990 年排放水準減少 28% 溫室氣體排放；第三階段碳預算(2018-2022 年)於 2020 年達成較 1990 年排放水準減少 37% 溫室氣體排放。至於，後續公布之第四至第六階段碳預算的溫室氣體減排目標，則分別為：第四階段碳預算(2023-2027 年)(至 2025 年較 1990 年排放水準減少 51% 的溫室氣體排放)、第五階段碳預算(2028-2032 年)(至 2030 年較 1990 年排放水準減少 57% 的溫室氣體排放)；以及第六階段碳預算(2033-2037 年)(至 2035 年較 1990 年排放水準減少 78% 的溫室氣體排放)。而根據英國氣候變遷委員會(Climate Change Committee)的評估，在 2021 年英國溫室氣體排放相較於 1990 年排放水準已減少 47%。換言之，過去設定之第一至三階段的碳預算目標，英國已先後達成甚至超越，但若要達成第四至第六階段碳預算目標，英國氣候變遷委員會則認為以目前英國政府氣候變遷政策的實際執行情況來看，仍有相當大的挑戰(CCC, 2023)。

2. 2013 年 1 月，英國政府通過「能源公司義務收購計畫」(Energy Company Obligation Buy-out Mechanism)，主要目的是在要求能源供應商為其能源用戶安裝節能設備和節能供暖措施，以有效提升能源效率。該計畫至 2022 年已為英國 240 萬家庭完成約 340 個能源效率措施(BEIS, 2023a)。
3. 2013 年 4 月，英國政府為搭配歐盟碳排放交易市場(EU ETS)，推動碳價格下限(Carbon Price Floor)之補充政策，其目的是將碳價格維持在有利於推動低碳投資的水準上(UK Parliament, 2018)。
4. 英國在 2016 年簽署與批准《巴黎協定》。
5. 2019 年，英國修正《氣候變遷法》，將減碳目標修正為至 2050 年相較於 1990 年將減少 100%。
6. 2020 年，英國政府除向汽車司機徵收燃油稅，也宣布 2030 年開始禁止銷售新的汽、柴油汽車與貨車，2035 年則禁止銷售新的混合動力汽車(BBC 2020; Office for Zero Emission Vehicles, UK Department for Transport 2021; Anderson 2023)；2021 年 6 月，英國政府進一步將禁用煤炭發電提前至 2024 年 10 月(Lempriere, 2021)。
7. 英國於 2021 年 1 月，英國因為脫歐，改為成立英國自身碳排放交易市場(UK ETS)，以取代原來參與之歐盟碳排放交易市場(EU ETS)(BEIS, 2023b)。
8. 2021 年，英國主辦國際氣候峰會 COP 26，同時承諾將於 2021/22 年至 2025/26 年期間，增加 50% 國際氣候融資，達到 116 億英鎊(CSR@天下, 2021)。
9. 2022 年 12 月，英國提出新的「國家自定貢獻」(NDC_s)目標，設定將於 2030 年相較於 1990 年排放水準，減少至少 68% 的溫室氣體排放(BEIS, 2022)。

綜合上述分析可知，英國雖然早自 1990 年代即將氣候變遷議題列為重要政策議題，但 2008 年英國得以通過《氣候變遷法》，並且成為全球第一個建立長期

具有法律約束力架構以減少碳排放的國家，其主要原因在於：

1. 英國在經濟結構上係以服務業為主體，服務業占 GDP 比重接近八成，在具有較大政策影響力之大型保險與服務業企業主所組成的遊說利益團體之利益，並不會如高碳排放產業業者一般受到推動氣候變遷政策較大衝擊的情況下，政府想透過積極推動氣候變遷政策重新樹立英國國際形象，甚至藉此擴大英國之國際影響力的政策想法，因而也並未遭到來自國內利益政治團體的強烈反對。
2. 在政治體制上，由於英國係典型的議會內閣制，基於多數黨組閣的政治慣例且行政與立法合一，再加上選舉制度所促成的保守黨與工黨主導的兩黨體系，一旦執政政府及其背後利益團體支持推動較具企圖心的氣候變遷政策，其在國內政治與決策過程中(特別是英國係單一國，沒有類似聯邦制國家來自州層級的複雜政治因素干擾)，通常也較能貫徹執政黨的政策意志(Lockwood, 2021)。

由此可知，由於英國在經濟產業結構與利益政治上並不存在強大的反氣候變遷政策之利益團體，而政治制度上也沒有太多的政策否決者足以否決或阻撓執政黨所欲推動的氣候變遷政策，在推動積極的氣候政策目標一方面可以改變英國國際形象、提高英國的國際影響力，同時也可為英國長期低迷的經濟尋找新的綠色成長契機下，英國不僅成為七大工業國(G7)中第一個將 2050 年淨零排放目標納入《氣候變遷法》的國家，也積極推動國際淨零合作並先後加入《京都議定書》、《巴黎協定》並主辦 COP26。另外，正如前述，英國對外亦表示願意增加提供國際氣候融資，以協助推動因應氣候變遷的國際合作與能力建構任務。

(四) 日本

作為亞洲已開發國家代表之一，日本在 20 世紀中葉後因為經濟與工業快速發展所伴隨而來的環境汙染問題，開始逐漸關注如何透過政策手段解決各項環境議題的重要性。自 1997 年日本決定簽署《京都議定書》後，儘管有時礙於產業利益可能阻礙日本推動整體氣候目標，但在減排政策與相關措施的推動下，日本在 2019 年的溫室氣體排放量雖然與 1990 年時相距不遠(均在 11 億噸二氧化碳當量之上)，但已較 2013 年峰值減少約 13%，茲分別說明日本推動的一系列相關政策與措施如下(Wang and Logan, 2022)：

1. 1997 年，日本在《京都議定書》第一階段(2008-2012 年)期間實現較 1990 年減少 6% 的溫室氣體排放。
2. 2009 年，日本政府宣布將於 2020 年達成比 1990 年排放水平減少 25% 溫室氣體排放的目標。
3. 2010 年與 2011 年，日本東京都碳交易市場與埼玉縣碳交易市場分別成立。
4. 2011 年 3 月，311 大地震導致福島核災，迫使日本調整氣候變遷因應戰略並

- 且取消依賴核能來達成減排的基本能源計畫，並增加化石燃料的使用。
- 2012 年，日本針對化石燃料課徵「全球暖化對策稅」，以平均每公噸二氧化碳 289 日圓(約 2 美元)之數額內含於所有化石燃料價格(今周刊 2023/05；駐日本代表處經濟組 2021/08)。
 - 2016 年日本簽署與批准《巴黎協定》。
 - 2018 年，日本在 2015 年《巴黎協定》通過後更新其基本能源計畫，設定日本將往脫碳的方向發展，同時也將再生能源列為至 2050 年的核心能源來源之一。
 - 2020 年 10 月，菅義偉內閣時期，日本宣示將在 2050 年之前將其溫室氣體排放總量降至零，目標是到 2050 年實現碳中和、脫碳社會。
 - 2021 年 5 月，日本參議院通過《關於推進應對全球暖化措施修訂法》，明確提出「到 2050 年實現脫碳社會」目標。為達成此目標，日本亦通過一系列相關計畫，包括：第六次能源基本計畫、全球變暖防止計畫、日本「國家自定貢獻」(NDC_s)報告和長期能源計畫。
 - 2021 年 10 月，在日本提出的「國家自定貢獻」(NDC_s)目標中，提出至 2030 年達成較 2013 年排放水平減少 46% 的溫室氣體排放的新目標，並且將設定一個符合至 2050 年達成淨零排放之具有企圖心的目標(UN Climate Change, 2021)。

綜合前述可知，近年來日本對 2050 年淨零排放目標轉為支持，主要係來自國際與國內壓力，在美、歐盟紛紛引導國家走向綠色國家與產業，甚至中國大陸亦積極推進再生能源設施、電動車與電池產業的競爭壓力下，氣候治理議題不僅是一環境議題，亦攸關其產業優勢與競爭力的維持。

二、開發中國家之立場與角色定位

(一) 中國大陸

過去氣候變遷治理議題一開始常被中國大陸視為是可能對經濟發展帶來直接影響的重大議題，在經濟發展實績攸關國民生計與政府統治正當性的前提下，中國大陸政府通常採取的立場是「發展優先」的理念。例如，1992 年當時中國大陸總理李鵬在巴西里約地球高峰會(Earth Summit)上即指出：「經濟發展是保護與改善環境的物質保障，發展經濟與消除貧困是開發中國家的當務之急」。惟自 2000 年以後，隨著中國大陸經濟改革開放促成的高成長所伴隨的環境污染現象逐一浮現，也使得新一代領導人意識到單憑經濟成長，似乎難以解決中國大陸內部新的治理課題，而尋求由經濟發展領域擴展至諸如環保等對整體社會有益的公共財項目。

為此，2003 年 7 月，當時中國大陸國家主席胡錦濤上任後就提出新的發展理念，表示「發展不只是經濟增長，更要實現社會全面發展」，而此一說法成為後

來中國大陸以強調「全面發展、協調發展、可持續發展」之「科學發展觀」的基礎，並成為中國大陸政府發展思路的重要轉折之一(人民網，2014)。回顧過去，中國大陸政府推出與氣候變遷治理相關的重要政策包括(Sandalow et al., 2022: 32-37)：

1. 1990 年代初期，中國大陸參加 UNFCCC 的談判，特別強調「共同但有區別的責任」(Common but differentiated responsibilities)，換言之所有國家都對避免氣候變遷有採取行動的責任，但責任應該基於個別國家的發展程度而定。
2. 1997 年，中國大陸加入《京都議定書》，但該協定並未對中國大陸與其他開發中國家的溫室氣體排放加以限制。
3. 1998 年，原「國家氣候變遷小組」由原來國家氣象局層級提升至國家發展計劃委員會(2003 年改稱國家發展與改革委員會)層級。
4. 中國大陸在第 10 個五年計畫(2001-2005 年)中，首度提及氣候變遷，但當時重點僅在改善能源效率。
5. 2002 年，中國大陸批准《京都議定書》，並於後續幾年積極參加跨國碳排放交易體系之清潔發展機制(Clean Development Mechanism, CDM)，透過在中國大陸進行減碳專案投資取得減量信用額度，售予負有《京都議定書》減量責任之歐盟等已開發國家的產業界。
6. 2005 年，中國大陸通過《再生能源法》，設定國家再生能源目標並建立再生能源躉購費率制度。
7. 中國大陸在第 11 個五年計畫(2006-2010 年)，首次納入約束性的能源效率目標，希望在計畫期間提升 20% 能源效率。
8. 2007 年 5 月，中國國務院常務會議討論並通過發布《中國應對氣候變化國家方案》，該次會議係中國大陸首次將應對氣候變遷議題提升至國務院層級討論(中國國務院公報，2007 第 20 號)。而中國大陸在《中國應對氣候變化國家方案》中設定到 2010 年，實現單位國內生產總值(GDP)能源消耗比 2005 年降低 20% 左右，相應減緩二氧化碳排放的目標。
9. 2009 年，UNFCCC 第 15 次締約國會議(UNFCCC COP15)(哥本哈根會議)期間，中國大陸宣布其 2020 年時的碳密集度將較 2005 年時水平減少 40%-45%。
10. 2010 年 10 月，中國大陸將包括節能環保、新興信息產業、生物產業、新能源、新能源汽車、高端裝備製造業和新材料七大領域，列為國家戰略性新興產業規劃。低碳發展相關產業成為中國大陸產業創新與投資戰略的一環。
11. 2011 年，發布「碳排放交易試點工作通知」。
12. 中國大陸在十二五計畫(2011-2015 年)中的設定，首次提出與能源和氣候相關的國家目標，包括在計畫期間推動中國大陸能源密集度降低 16%；碳密集度降低 17%。
13. 2013-2014 年，七個中國大陸國內碳排放交易試點開始運行。
14. 2014 年 9 月，中國大陸提出「國家應對氣候變化規劃(2014-2020 年)」，設定

中國大陸至 2020 年應對氣候變化主要目標包括控制溫室氣體排放行動目標全面完成(單位國內生產總值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%-45%，非化石能源占一次能源消費的比重到 15%左右，森林面積和蓄積量分別比 2005 年增加 4,000 萬公頃和 13 億立方公尺)；低碳試點示範取得顯著進展；適應氣候變化能力大幅提升；能力建設取得重要成果；以及國際交流合作廣泛開展，包括深化「南南合作」(開發中國家間的合作)(國家發改委，2014)。

15. 2014 年 11 月，中國國家主席習近平與美國總統歐巴馬進行會談後，宣布中國大陸將在 2030 年達成碳達峰的目標。
16. 2015 年 6 月，中國大陸提交其「國家自定預期貢獻」(INDC_s)目標，設定(1)二氧化碳排放力爭於 2030 年前達到峰值；(2)2030 年單位國內生產總值(GDP)二氧化碳排放比 2005 年下降 60%-65%；(3)非化石能源占一次能源消費的比重到 20%左右；(4)森林蓄積量比 2005 年增加 45 億立方公尺。
17. 2015 年，中國大陸參與《巴黎協定》的通過，並在 2016 年簽署與批准《巴黎協定》。
18. 2017 年 12 月，中國大陸啟動全國碳市場、制定路線圖並取得中國國務院批准。
19. 2018 年，有關應對氣候變化及發展碳市場工作職掌，由國家發改委轉移至生態環境部。
20. 2020 年 9 月，中國大陸國家主席習近平在第 75 屆聯合國大會上宣布，中國大陸在 2030 年之前將達成碳達峰，並在 2060 年以前實現碳中和目標。
21. 2020 年，中國大陸提出新的「國家自定貢獻」(NDC_s)目標，包括：(1)中國大陸二氧化碳排放力爭於 2030 年前達到峰值，努力爭取 2060 年前實現碳中和；(2)到 2030 年，中國大陸單位國內生產總值(Gross domestic product, GDP)二氧化碳排放將比 2005 年下降 65%以上，(3)非化石能源占一次能源消費比重將達到 25%左右，(4)森林蓄積量將比 2005 年增加 60 億立方米，風電、太陽能發電總裝機容量將達到 12 億千瓦以上(中國落實國家自定貢獻目標進展報告，2022)。
22. 2020 年 12 月，中國大陸公布「碳排放權交易管理辦法(試行)發布」。
23. 2021 年 3 月，中國大陸發布「碳排放權交易管理暫行條例(草案修改稿)」；7 月，中國大陸試行之碳市場交易正式上線。
24. 2023 年 7 月，正式之「碳排放權交易管理暫行條例」已列入年度立法工作計畫。從目前試行市場運行來看，中國大陸碳市場第一個履約週期共納入發電行業重點排放單位 2,162 家，年覆蓋二氧化碳排放量約 45 億噸，按履約量計履約完成率為 99.5%。截至 2023 年 7 月 14 日，碳排放配額累計成交量 2.399 億噸，累計成交額 110.3 億元人民幣。以 2023 年，7 月 14 日收盤價為例，當日價格為 60 元/噸(經濟參考報 2023/07)。

綜合前述可知，中國大陸在 2000 年以前對於氣候變遷的立場係從一個以經

濟發展為優先的第三世界大國角度出發，在中國大陸政府又特別仰賴經濟成長實績作為統治正當性基礎的前提下，中國大陸即使參加 UNFCCC 的談判，也主張針對氣候變遷議題，開發中國家係承擔「共同但有區別的責任」，且維繫經濟發展仍係第一要務。然而，隨著中國大陸經濟快速成長衍生出包括環境污染等新的公共議題，並成為中國大陸在經濟成長幅度逐步趨緩後新統治正當性基礎的來源後，諸如「全面發展、協調發展、可持續發展」之「科學發展觀」，這類追求有品質成長的目標，便開始逐步取代過去只求經濟快速成長的政策。

2008 年，應對氣候變化專責部門的設立象徵中國大陸加大推動氣候政策治理的重要一步，此後氣候政策也從環境與能源政策領域分離出來，並融入中國大陸的五年經濟計畫。2012 年，可持續發展與環境保護開始納入中共中央對地方官員政績考核項目，促成地方政府更有動力參與各種氣候項目的推動。2017 年以後，氣候變遷議題更被認為符合國家推動「綠色與高質量」發展轉型的重要議題，包括再生能源、高科技與高附加價值產業的發展，均成為氣候政策發展目標下的重要產業投資與發展方向，更在包括再生能源、電動車與電池等綠能產業上，陸續取得全球主導地位，使氣候治理成為中國大陸政府追求績效合法性的新來源。特別是近年來，新冠肺炎與美中經濟戰，給中國大陸政府帶來統治上的重大挑戰，中國大陸政府可藉由氣候中和目標的宣布，向國際展示中國大陸作為國際大國，可對世界提供因應氣候變遷之全球公共財議題的責任與能力，並可以此與美歐及其他開發中國家進行合縱連橫的外交博弈(Teng & Wang, 2021)。

(二) 印度

印度氣候變化政策主要受到國際壓力與國內政治經濟因素的影響，而後者往往居於主導關鍵。特別是基於選舉競爭考量，各邦對於確保廉價與穩定供應電力，以爭取選民支持的基本需要。做為一個能源淨進口國，印度有 73.2% 的溫室氣體排放是來自於能源部門，其次依序為農業、工業生產與廢氣物處理。因此，在 1992 年至 2007 年期間，印度氣候政策並非以國內實質的氣候因應政策為主，反而是將氣候議題當成對外談判議題來管理，並與其他開發中國家合作，強調「共同但有區別的責任」，以及已開發國家溫室氣體排放的歷史責任與溫室氣體減排應視個別國家能力來推動。特別是基於人均溫室氣體排放標準，印度排放水準不僅遠低於已開發國家，同時也低於世界平均水準。

2000 年末期，包括 2007 年峇厘島行動計畫(Bali Action Plan)與 2009 年 COP 26 締約方大會更加關注開發中國家的作用，由於國際氣候談判壓力逐漸增加，印度在 2007 年至 2009 年期間，為因應國際的壓力象徵性的開始推動「國家氣候變遷行動計畫」(National Action Plan on Climate Change)，並在總理辦公室成立了總理氣候變遷會議(Prime Minister's Council on Climate Change)及其所屬氣候變遷特別顧問。惟印度的「國家氣候變遷行動計畫」的運作並未從一個長期的觀點來建立

一個統一的目標或新的推動過程，反而是各部會根據不同部門的需求，來提出議題與解決方案，因此部會利益往往並未出現根本或實質的變化，而「發展優先」的觀念依然主導印度氣候政策的制定。例如，太陽光電與能源效率議題，由於具備較大產業利益，因此與其他氣候領域議題相比，更容易受到印度氣候政策的重視。

統計 2007 年至 2019 年期間，總理氣候變遷會議與官員層級氣候變遷執行會議(Executive Committee on Climate Change)召開的次數，歷年僅在 1~4 次之間，2012 年、2017 年與 2018 年三年甚至未曾召開(Pillai & Dubash, 2021)；即使如此，未來建立印度在國際氣候談判上較佳的形象，印度依然針對氣候變遷議題提出一些重要的政策，包括：

1. 2001 年，通過《節能法》(Energy Conservation Act)並於 2022 年 8 月進行修訂。該法設立印度能源效率局，並責成其負責下列監管任務，包括：設備和電器的標準和標籤；商業建築節能建築規範；以及能源密集型行業的能源消耗規範。此外，該法亦責成中央政府和該局採取步驟，以協助與促進所有經濟部門的能源效率(IEA, 2021/05a)。
2. 2008 年 6 月，印度公布「國家氣候變遷行動計畫」。該計畫旨在規範至 2017 年印度的八個國家子項任務，以協助印度在推動發展時能夠減緩和適應氣候變化。這些任務範圍廣泛，包括：國家太陽能任務、國家提高能源效率任務、國家永續可居住任務、國家水資源任務、國家維持喜馬拉雅生態系統任務、國家戰略任務氣候變化知識、綠色印度國家使命和永續農業國家使命等(IEA, 2021/05b)。
3. 2015 年，印度參與《巴黎協定》的通過，並在 2016 年簽署與批准《巴黎協定》。
4. 2022 年 8 月，印度向 UNFCCC 提交新的「國家自定貢獻」(NDCs)目標，宣示將在 2070 年實現淨零排放。而其量化與非量化目標分別為：
 - (1) 量化目標：
 - A. 到 2030 年，將其 GDP 的排放強度從 2005 年的水平降低 45%；
 - B. 在技術轉讓和包括綠色氣候基金(Green Climate Fund)在內的低成本國際融資的協助下，到 2030 年實現約 50%的累計電力裝置容量來自非化石燃料能源；
 - C. 到 2030 年，通過增加森林和樹木覆蓋，創造 2.5 億噸至 30 億噸二氧化碳當量的額外碳匯。
 - (2) 非量化目標：
 - A. 提出並進一步宣傳基於保護和節制的傳統和價值觀的健康和永續生活方式，包括通過群眾運動生命—環境生活方式作為應對氣候變化的關鍵；

- B. 走一條氣候友善和潔淨的道路，而不是其他處於相應經濟發展水平的人迄今所走的道路；
 - C. 通過加強對易受氣候變化影響部門發展計畫的投資，特別是農業、水資源、喜馬拉雅地區、沿海地區以及衛生和災害管理，更好地適應氣候變遷；
 - D. 鑒於資源需求和資源缺口，動員國內和來自已開發國家新增和額外資金，以實施上述減緩和適應行動；
 - E. 為了能力建構，創建一個國內架構和國際架構，以便在印度快速傳播尖端氣候技術，並聯合協作研發此類未來技術(Government of India, 2022/08)。
5. 印度全國性碳市場將於 2023 年中期開始推動，主要作法為運用現行再生能源證書(Renewable Energy Certificates)與節能證書(Energy Savings Certificates)制度，轉變為碳信用證書(Carbon Credit Certificates)，俾利屆時可在 2026 年於電力市場進行交易(S&P Global 2023/02)。

綜合前述可知，印度氣候變遷治理政策主要受到國內政經利益影響，地方選舉政治加上確保國內民眾與產業廉價與穩定的能源供應，使得有關欲透過減少化石能源使用以降低溫室氣體排放的決策格外困難。

(三)巴西

雖然自 1980 年代，巴西即因全球對於熱帶雨林與氣候變遷及生物多樣性議題的關切，而日益受到國際社會重視，但當時巴西政府運用衛星數據不定期監測亞馬遜雨林受到人為破壞的情況，並提出相關保護雨林的計畫及法律，主要目的僅係對國際外部壓力的回應。1990 年代，巴西對於氣候談判立場轉趨積極，並且簽署《聯合國氣候變遷綱要公約》(UNFCCC)。而卡多索政府(Cardoso administration)(1995 年至 2002 年)執政時期，巴西亦積極參與京都議定書的談判，同時提出建立潔淨發展基金、按照累積排放(從 18 世紀算起)計算每個國家的歷史責任等建設性的意見。惟當時卡多索政府僅將氣候變遷議題當成是一個外交與技術議題來處理，因此對於國內減排政策的執行，特別是改善亞馬遜雨林毀林問題並未取得較大的實質進展。

2003 年至 2010 年，左派勞工黨魯拉(Lula da Silva)總統執政期間，因為其對氣候議題與保護亞馬遜區域的支持，巴西在聯合國氣候變化談判中進一步成為推動者，同時也大力執行對亞馬遜雨林的保護。魯拉政府對全球氣候談判中主要關切的是減排責任、潔淨發展資金與毀林問題。在減排責任上，魯拉政府強調各國應基於歷史責任，盤點自工業革命以來的溫室氣體排放量，而非只是近期的排放量；在潔淨發展基金方面，巴西主張已開發國家應持續向開發中國家提供必要資金支持，以保障潔淨發展的實現；在毀林問題上，魯拉政府在 2004 年巴西通過「預防與控制亞馬遜毀林行動計畫」(Action Plan for the Prevention and Control of

Deforestation in the Amazon)，其執行頗具成效，亞馬遜雨林受保護區域於 2004 年至 2012 年期間提升了 67%，占亞馬遜區域的 47%。2012 年巴西的溫室氣體排放也因此較 2005 年下降超過 41%。2006 年，魯拉政府於 UNFCCC 大會上提議建立森林基金，俾利支持熱帶國家在減少毀林方面的作為。另外，2009 年巴西通過《國家氣候變遷法》，明確規定巴西氣候變遷政治的原則、目標與政策工具，並將巴西在哥本哈根氣候變遷大會承諾的目標入法，自願承諾至 2020 年巴西溫室氣體排放量將較 2005 年水平減少 36.1% 至 38.9%。

2011 年，同屬勞工黨蘿賽芙(Dilma Vana Rousseff)政府接任，其在氣候變遷議題上大致延續魯拉政府的路線，在國際氣候談判蘿賽芙政府維持巴西一貫的主張，認為應該秉持公平、共同但有區別的責任以及各自能力原則。惟因為巴西在 2008 年以後面對全球金融危機海嘯的衝擊經濟持續下滑，導致蘿賽芙政府對環境議題的重視程度下降，並採取一系列為提振經濟而可能使氣候變遷政策推動時程出現倒退的政策，其中包括撤銷燃油消費稅以及推動鼓勵汽車製造等傳統碳密集工業發展措施等。

2016 年，蘿賽芙總統因被控於 2014 年違法操控國家預算，而遭巴西參議院彈劾，並由代總統特梅爾(Michel Temer)接任至 2018 年。但巴西自魯拉政府任內大力推動亞馬遜區域保護計畫，衝擊依賴雨林開發之鄉村農業業者利益，也使得鄉村農業利益團體開始逐步透過參與競選進入國會，以透過立法部門保護其產業利益的趨勢日趨明顯(何露楊, 2016; Hochstetler, 2021)。最終，也得以順利推動該團體所支持的右派總統候選人波索納洛(Jair Bolsonaro)於 2019 年至 2023 年 1 月期間執政，但由於波索納洛政府鼓勵在熱地雨林受保護地區進行更多採礦與商業農業活動，也使得其執政期間巴西熱帶雨林遭到濫伐情況加劇(環境資訊中心, 2021/11)。

不過，儘管如此，巴西仍然在 2016 年簽署與批准加入《巴黎協定》後，於 2022 年 3 月，向 UNFCCC 秘書處提交其新的「國家自定貢獻」(NDCs)報告，其在該國家自定貢獻中承諾巴西將在 2025 年使其溫室氣體排放量比 2005 年減少 37%，到 2030 年時將比 2005 年減少 50% 的排放量，並在 2050 年實現氣候中和的長期目標。從巴西新的「國家自定貢獻」(NDCs)報告中可以發現，巴西目前對於氣候治理的主要立場包括：(1)巴西新的國家自定貢獻係符合《巴黎協定》充分尊重 UNFCCC 的原則與規定，特別是「共同但有區別的責任」和各自能力原則。巴西作為一個開發中國家，對於全球氣候變遷問題的歷史責任較小，目前設定的自定貢獻目標已大幅超越對於一個對全球人類溫室氣體排放歷史責任較小的國家所應擔負具備企圖心的目標水準。(2)巴西係全球人口大國之一，2020 年巴西人口約為 2.126 億，預計到 2050 年巴西人口可能達到 2.3 億。由於巴西有 85% 人口居住在城市，巴西為確保充足衛生及生存條件所採取的迫切具體政策和措施，必須成為實施國家自定貢獻工作的一部分。(3)巴西承諾至 2028 年將消除非法砍

伐森林。(4)巴西的能源配比係全球最潔淨的能源組合之一，2020 年再生能源占總能源需求比重的 48.4%，係世界平均水準的 3 倍，巴西未來將在包括太陽能、風能與生質能進行大量投資，以使這類再生能源佔比能從目標占該國能源結構約 20% 快速提升(Federative Republic of Brazil, 2022/03)。

三、其他重要國家之立場與角色定位

(一)俄羅斯

1990 年代俄羅斯為從蘇聯解體後的紛亂局勢中，重建其在世界的影響力，因此在後蘇聯時代初期，俄國積極參與多項國際協定與機構，其中，在環境領域俄國就簽署 30 項環境協定，並加入超過 25 個區域環境組織。在此背景下，俄國在 1997 年也簽署《京都議定書》，並在美國拒絕批准《京都議定書》成為該議定書得以生效的主要決定性力量之一。俄國也因此得到歐盟支持其加入世界貿易組織(WTO)，且《京都議定書》也為俄國設定了零減排的目標。由於俄國在 1990 年至 1999 年期間相對於其他工業化國家溫室氣體排放佔比明顯降低，而這類設定目標使得俄國實質上反倒可增加排放量。不過即使如此，基於對現實能源安全與經濟利益的考量，以及國內對於氣候變遷科學證據的辯論，俄國仍花了 7 年的時間，才完成《京都議定書》的批准程序。

2007 年至 2009 年，梅德韋傑夫(Dmitry Medvedev)總統執政期間，俄國推動一系列與減緩氣候變遷相關但同時考量到俄國經濟與能源效率的措施。而在 2009 年哥本哈根氣候峰會前，梅德韋傑夫總統簽署「關於俄羅斯聯邦氣候變遷原則」(On the Climate Doctrine of the Russian Federation, N. 861-rp)的法令，確認對俄國而言，氣候變遷是一項 21 世紀最重要的國際問題之一，不過由於該議題超越了科學，係一跨學科的問題，俄國在該政治文件也確立俄國對於氣候變遷議題將不會僅用科學方法解決，而必須權衡環境、經濟與社會永續發展之間做出一個平衡的政治選擇。為達成此一目標，俄國對內強調跨不同經濟部門的能源效率提升措施，並發展再生能源和替代能源，同時實施促進減少人為溫室氣體排放的金融與稅法規定，並加強健全森林管理，以提高俄國的碳匯品質等。

不過，即使如此，俄國在 2009 年通過的「2030 年能源戰略」(Energy Strategy until 2030)仍將傳統能源的有效運用列為主要目標，以確保俄國國內的能源安全並在國際上強化俄國在國際能源市場的地位，俾利爭取俄國最大的經濟利益。俄國後來退出《京都議定書》第 2 階段，但仍在 2013 年「俄羅斯聯邦第 752 號總統令」(Decree of the President of the Russian Federation No 752)中，批准至 2020 年俄國溫室氣體將較 1990 年排放水準減少 75% 的目標。

2015 年 3 月，俄國向 UNFCCC 提交 INDCs，宣示基於俄國國家條件，特別是俄國森林區域占北方森林約 70% 與世界森林資源 25% 為調適全球氣候變遷帶

來的顯著貢獻與最大的可能性，俄國至 2030 年將其溫室氣體排放限制在較 1990 年排放水準減少 70-75% 的水準應屬公平且具備企圖心。因此，俄國預定 INDC 目標設定在至 2020 年較 1990 年水準減少 75%；至 2030 年較 1990 年水平減少 70% 溫室氣體排放(UNFCCC Russia's Submission, 2015)。俄國在 2016 年 4 月，正式簽署加入《巴黎協定》，但在 2019 年才完成批准程序，並在 2020 年 11 月，提交新的「國家自定貢獻」(NDCs)報告目標。

而俄國在 2020 年新提交的「國家自定貢獻」(NDCs)報告中維持至 2030 年將較 1990 年水準減少 70% 溫室氣體排放的目標。除此之外，俄國也表明將自願支持開發中國家達成《巴黎協定》的目標，特別是在與獨立國家國協、金磚五國與東協的合作架構下，推動聯合計畫；俄國也將持續參加消除天然災害後果的國際支援活動，包括聯合國開發計畫署(United Nations Development Programme, UNDP)下的俄羅斯聯邦信託基金、綠色氣候基金與其他永續發展組織等；俄國也將持續在包括埃及、約旦、奈及利亞、烏茲別克、巴基斯坦、亞美尼亞、伊朗、印度與中國大陸等 12 個國家，繼續執行有關增加和平使用核能以減少使用化石燃料及減少溫室氣體排放的技術合作計畫(NDC of Russia, 2020)。2021 年 10 月，俄國在其通過的「至 2050 年俄羅斯聯邦低溫室氣體排放社會經濟發展戰略」(Strategy of socio-economic development of the Russian Federation for low greenhouse gas emissions by 2050)，則宣示俄國至 2050 年將比 1990 年水平減少 80% 溫室氣體排放，而俄國將在不遲於 2060 年達成碳中和的目標(Russian Federation 2021)。為達成前述目標，俄國目前也在研議推動國內的碳定價制度，由於俄國目前燃料消費稅課稅範圍僅涵蓋 13.7% 的溫室氣體排放，2022 年 9 月俄國開始試驗性的推動在其國內進行碳信用額的交易，以逐步推動國內溫室氣體減量，初始交易均價為每噸碳 1,000 盧布(約 15 美元)(DGB Group, 2023/03)。

綜合上述可知，俄國自《京都議定書》時期，即將參與氣候談判當成是提升其國際政經地位、影響力與遂行其外交目標的重要管道。由於俄國在一開始不僅不須因為加入《京都議定書》負擔額外的成本，同時還可獲得歐盟支持其加入 WTO 等經濟利益，並且強調俄國因擁有豐富碳匯資源對於全球氣候變遷議題可發揮重大貢獻。俄國在對外立場上，將本身定位為應對全球氣候變遷進程的領導者之一，同時也試圖與巴西、印度、中國大陸與南非等國展開氣候與環境合作，並強調其對開發中國家應對氣候變遷議題的自願性援助，另外也對與俄國友好的開發中國家共同推動和平運用核能的技術合作計畫，以減少化石燃料使用與溫室氣體排放的工作表達支持立場。惟礙於俄國目前仍高度依賴出口化石燃料的經濟結構，以及國內包括石油、天然氣、化肥、水泥等在內等可能受到氣候變遷政策衝擊之產業利益團體的反對，俄國政府在實際推動減排管制措施的力度上也因此變得較為薄弱。特別是在俄烏戰爭後，俄國受到經濟制裁後，經濟與財政上條件的惡化再加上未來歐盟仰賴俄國天然氣的比重降低帶來的能源出口損失，都使俄

國目前無論在國內推動實質減排管制政策或對外提出更具企圖心的氣候目標時更加困難(Kochtcheeva, 2021)。

(二) 韓國

回顧韓國氣候變遷政策的推動，主要係自 2008 年至 2013 年李明博政府時期開始，在此之前，韓國在 1988 年步入民主化後，雖經歷盧泰愚總統、金泳三總統、金大中總統與盧武鉉總統幾任政府，但以發展為優先的政策理念一直主導韓國氣候政策的推動進程。而政府機構及大財閥為推動韓國快速工業化與產業技術升級所建立的緊密夥伴關係，雖然造就韓國高城市化與經濟物質上的繁榮發展，但也使得韓國成為東亞地區溫室氣體排放最高的國家之一。

1977 年韓國雖然為因應經濟高度發展後所衍生的環境汙染問題，而通過《環境保護法》，但在現代化的過程中兼顧生態發展的理念直到 1990 年代初，金泳三總統任內才開始納入韓國的國家發展戰略方針之中。後續金大中總統任內韓國成立了永續發展委員會，2005 年盧武鉉總統進一步制定韓國永續發展戰略，但上述這些政策推動主要只是希望透過一些激勵措施與監管措施，促使企業在推動商業活動時能夠採取較符合環保的做法(Dent, 2018)。

2008 年由於國際油價相較前一年大幅攀升近 52.3%，在韓國有 97% 的能源係仰賴進口，且高度仰賴進口化石燃料的情況下，韓國政府意識到高度依賴化石燃料對韓國經濟成長帶來的嚴重威脅。與此同時，韓國也想透過所謂綠色成長投資來帶動韓國經濟成長(包括對恢復國內四運河基礎設施的專案投資)，以因應 2008 年國際金融危機對韓國經濟的衝擊。而韓國在推動所謂綠色成長政策時，重點仍是以產業發展為關鍵，不過儘管如此，李明博政府在 2009 年依然宣布至 2020 年在 Business as usual (BAU) 的情境下，韓國將自願減少 30% 的溫室氣體排放，並在 2011 年頒布《低碳、綠色成長架構法》，此後韓國各部門陸續依據該法採取一系列重要措施，包括「溫室氣體與能源目標管理制度」(GHG and Energy Target Management System)(2012 年)；「國家溫室氣體減量路徑圖」(National Greenhouse Gas Emissions Reduction Roadmap)(2014 年)；「國家氣候變遷行動計畫」(National Climate Change Adaptation Plans (2010 年與 2015 年)等(Ministry of Foreign Affairs, ROK, 2023)。

惟韓國政府在推動氣候變遷政策時卻面臨韓國大財閥的反對，雖然包括三星電子、海力士半導體等電子業者願意為氣候政策的推動付出較大的成本，但包括鋼鐵(即浦項鋼鐵)、化工、石油、電力與水泥，均持反對立場。為此，李明博政府接受產業界的建議，在設立韓國碳交易市場機制(Korea's Emission Trading Scheme, K-ETS)提供高貿易強度與高碳密集度的產業免費碳權配額，在 2014 年的韓國碳交易市場機制(K-ETS)執行令中，凡是符合(1)貿易強度大於 30%；(2)碳密集度

大於 30%；或(3)貿易強度大於 10%、碳密集度大於 5% 這三類業者，第一階段(2015-2017 年)將提供 100% 免費碳權配額，這類行業主要包括能源、重工業、建築、公共部門和國內航空運輸業等。第二階段(2018-2020 年)，開始也納入廢棄物處理業者，碳權配額降低為 97% 免費核配；3% 改為拍賣。第三階段(2021-2025 年)，免費碳權核配降低至小於 90%，拍賣碳權的比例則提高至 10%(亞福儲能，2022)。韓國政府提供高敏感產業免費碳權配合的制度設計，充分反映政府部門與製造業者之間密切的聯繫關係，也反映在韓國政府追求發展先於環境的政策考量與傳統。

後續繼任的朴槿惠政府在《巴黎協定》談判期間，受到來自國際的壓力增加，2015 年 6 月，韓國提交的 INDCs，宣布韓國至 2030 年溫室氣體排放在 BAU 排放水平下將減少 37% 的排放。然而，在這 37% 的減排標準中，有 25.7% 來自國內溫室氣體的減排，11.3% 來自國際市場機制，而這樣的目標顯然比李明博政府時期的目標更為寬鬆(Kim, 2016)。2021 年 9 月，韓國在其所通過的《碳中和與因應氣候危機綠色成長架構法》(*Framework Act on Carbon Neutrality and Green Growth for Climate Crisis Response*)設定 2050 年韓國將達成碳中和的目標。同年 12 月，韓國文在寅政府提交新的「國家自定貢獻」(NDCs)目標，韓國宣示儘管該國目前仍是製造業導向的產業結構，但將設定最具企圖心的目標，以達到 2050 年碳中和目標。為此，韓國在 2030 年將較 2018 年減少 40% 的溫室氣體排放(即 727(MtCO₂eq)百萬噸二氧化碳當量)。韓國政府認為目前提出的新「國家自定貢獻」(NDCs)目標(即相較於 2018 年，減少 40% 溫室氣體排放的標準)，與韓國第 1 次提出的國家自定貢獻目標(即在 2030 年相較於 2017 年，減少 24.4% 的溫室氣體排放水準)相比，已有明顯提升(The Republic of Korea, 2021/12)。

韓國係全球第 14 大溫室氣體排放國，以人均溫室氣體排放量來看其亦係全球人均溫室氣體排放量偏高的主要國家之一。由於韓國為發展經濟，用電需求不斷成長，且至 2019 年國內仍有近 4 成的發電仰賴煤炭，因此能源部門不僅成為其 85% 的溫室氣體排放來源，也很難在長期以發展為優先的政策理念傳統下，減少國內溫室氣體排放量。2008 年，由於國際能源價格大幅攀升，韓國意識到高度依賴化石燃料對韓國經濟成長帶來的嚴重威脅，因此在李明博政府任內，開始推動所謂綠色成長政策，惟為兼顧鋼鐵、化工、石油、電力與水泥等大財閥的利益，韓國仍放寬實際執行溫室氣體減量的力度，並建立韓國碳交易市場機制(K-ETS)，提供高貿易強度與高碳密集度產業免費碳權配額，以降低氣候變遷政策對製造業可能的衝擊，而這也反映韓國政府部門與製造業者之間密切的聯繫關係以及韓國政府追求發展先於環境的政策考量與傳統。

四、小結

本章主要彙整分析已開發國家、開發中國家與其他重要國家在全球氣候治理

之立場與角色定位，茲以各國對國際氣候治理之主張及立場，與驅動氣候治理主張與立場之政經因素等面向，歸納重點如下：

在美國方面，為維持氣候治理議題之國際地位與影響力，雖願參與國際氣候談判，但在國會兩黨共識下，主張開發中國家亦須設定具體排放目標，且對於可能對美國經濟與產業造成嚴重危害的氣候目標則堅守反對立場，亦基於其立場而選擇退出《京都議定書》與一度退出《巴黎協定》。而驅動美國氣候治理立場之政經因素，乃是為了要一以貫之維持國際地位優勢與強化國家利益，並在全球治理戰略上保有一定的自主性與靈活性；另一方面，美國在總統制、強勢兩院制的政治設計與包括化石能源業者在內之利益團體政治的影響下，任何具約束性之國際氣候協議，因為都可能衝擊既有政經利益結構，基本上很難獲得國會政治聯盟的支持，使偏好氣候政策之民主黨政府，往往只能憑藉行政權來推動氣候變遷目標；然近期《通膨削減法》，於參眾兩院的表決中勝出，使得民主黨政府得以首度推動此一具標誌性的氣候立法；惟其效益仍有爭論，而基於美國不會同意付出超過自身經濟利益的成本之邏輯，其後續變化及發展值得關注。

在歐盟與英國方面，其屬於對於氣候治理議題態度較為積極之集團。雖然歐盟內部包括主張推動強有力的氣候變遷政策之綠色成長集團各成員國、仍高度仰賴煤炭的中東歐成員國、可能受限制溫室氣體排放衝擊的產業與社會團體，且彼此針對推動積極之氣候變遷目標常存有爭議與分歧，然而歐盟將氣候變遷議題看成是取得超國家機構正當性與凝聚各成員國對歐盟認同的重要議題，同時歐盟也認為應以領導全球氣候變遷議題對內凝聚共識；而英國國內經濟產業結構與利益政治上更是不存在強大的反氣候變遷政策之利益團體，而政治制度上，也沒有太多的政策異議者足以否決或阻撓執政黨所欲推動的氣候變遷政策，而也可順利推動較高的氣候目標，藉此改變國際形象。此外，歐盟與英國都認為積極的氣候治理可對外提高其國際影響力，並都試圖藉此在產業發展上尋找新競爭優勢與綠色成長契機，因此都對具企圖心之國際氣候談判目標抱持積極推動及參與立場。然2022年俄烏戰爭爆發後，歐盟與英國受困於能源供應安全與價格高漲之挑戰，引發經濟衰退與產業及民眾對減碳政策之反彈，迫使歐洲國家政府氣候政策之轉向，可能傷及歐洲國家氣候先鋒形象(於下一章進一步探討)。

在日本方面，日本在國際與產業競爭壓力下，先後參與國際主要氣候議題談判與協定，但在顧及產業與整體經濟利益下，對於具企圖心的氣候談判目標立場相對保留，另外亦持續支持投資液化天然氣且未對淘汰煤電設定最後的具體期限；惟近年來日本對2050年淨零排放目標轉為支持，主要驅動因素係來自國內外壓力，除了美歐紛紛引導國家推動綠色產業發展，中國大陸更積極推進再生能源設施、電動車與電池等綠能產業，使氣候治理議題對日本而言不僅是環境議題，亦攸關其產業優勢與競爭力的維持。

在中國大陸方面，早期主張開發中國家只應承擔全球溫室氣體減排「共同但有區別的責任」，歐美國家應該率先減排，且維繫經濟發展仍係其第一要務；惟近年中國大陸經濟成長走緩情況下，轉向強調追求有品質的成長目標，加上中國大陸綠能產業越來越在國際占有領先地位，氣候變遷議題更被中國大陸視為符合國家推動「綠色與高質量」發展轉型的重要議題，與追求績效正當性的新來源；特別是近年中國大陸政府面對新冠疫情與美中對抗的挑戰，藉由氣候中和目標宣示與推動，可展示因應此全球公共財議題的責任與能力，從而能進行氣候外交博弈，強化南北對抗與合縱連橫之量能。

在印度方面，印度一開始係將國際氣候議題當成對外談判與管理課題，除與其他開發中國家合作，也強調開發中國家對全球溫室氣體減排負有「共同但有區別的責任」，以及已開發國家對溫室氣體排放應負起較大的歷史責任，而溫室氣體減排責任，則應視個別國家能力來推動。印度立場之背後政經因素，主要在於其氣候治理政策受到國內政經利益影響，在發展優先概念的引導下，地方選舉政治加上確保國內民眾與產業廉價與穩定的能源供應，使得減碳決策格外困難。近年來印度雖因國際壓力及外交形象而做出一定程度調整，惟短期內印度仍難以擺脫對化石燃料高比例的依賴，從而也提高其制定更具企圖心之氣候目標的困難。

在巴西方面，巴西在氣候議題上亦強調「共同但有區別的責任」及各自能力原則，要確保實施國家自定貢獻工作的一部分，是為了巴西之衛生及生存條件所採取的迫切具體政策和措施。然而巴西特別之處，在於其溫室氣體減排成敗關鍵在雨林保育的成效，此又取決於執政總統對該議題的執行偏好與強度，與總統能否在鄉村農業利益團體透過國會保護其產業利益情況下建立國會氣候政策聯盟。

在俄國方面，俄國自 1990 年代即將參與氣候談判當成提升其國際政經外交地位與影響力的重要管道，同時也強調俄國所擁有的豐富碳匯資源對全球氣候變遷議題可發揮重大貢獻。然俄羅斯礙於其經濟結構目前仍高度依賴出口化石燃料，且國內包括石油、天然氣、化肥、水泥等在內等產業利益團體也反對推動較高企圖心的氣候政策目標，導致俄國政府在實際推動減排管制措施的力度薄弱。特別是在俄烏戰爭造成俄國受到經濟制裁，經濟與財政上條件的惡化再加上未來歐盟仰賴俄國天然氣的比重降低帶來的能源出口損失，都使俄國的氣候目標更難具企圖心。

在韓國方面，韓國於 2008 年以後，對氣候變遷議題立場轉趨積極，主要係因當時國際能源價格高漲對其經濟帶來嚴重威脅，為改變其高度仰賴進口化石燃料的脆弱結構，韓國轉而強調綠色成長，惟其推動重點仍在國內產業與經濟發展，而非追求實質上更具企圖心的氣候政策目標；因此，為兼顧鋼鐵、化工、石油、電力與水泥等大財閥的利益，韓國仍放寬實際執行溫室氣體減量的力度，並建立韓國碳交易機制(K-ETS)，提供高貿易強度與高碳密集度產業免費碳權配

額，以降低氣候變遷政策對製造業可能的衝擊，而這也反映韓國政府部門與製造業者之間密切的聯繫關係以及韓國政府追求發展先於環境的政策考量與傳統。

最後，在有關各國氣候變遷目標之立法情形方面，在本章分析之主要國家/區域國際組織中，包括美國、歐盟、英國、日本、巴西與韓國，均設定於 2050 年達成淨零排放或碳中和目標，其中歐盟、英國、日本與韓國在法律與政策文件中均明確納入達成淨零排放或碳中和目標的規定；美國與巴西則僅在政策文件/政策宣示中提及。另，中國大陸與俄羅斯均設定於 2060 年以前或不遲於 2060 年達成碳中和或淨零排放目標，中國大陸僅在政策文件與政策宣示上提及碳中和目標；俄羅斯則在法律與政策宣示中提及淨零排放目標。至於，印度設定達成淨零排放目標期程最晚，要至 2070 年且只在政策文件與政策宣示上納入該項目標。

英文縮寫對照表

縮寫	英文名稱	中文名稱
BAU	Business-as-usual	依現況發展趨勢推估情境(或稱基線)
COP	Conference of the Parties	聯合國氣候變遷綱要公約締約國大會
CDM	Clean Development Mechanism	(《京都議定書》所設立)清潔發展機制
EU ETS	European Emission Trading Scheme	歐盟碳交易市場機制
GDP	Gross domestic product	國內生產總值
INDCs	Intended Nationally Determined Contributions	國家自定預期貢獻
K-ETS	Korea's Emission Trading Scheme	韓國碳交易市場機制
NDCs	Nationally Determined Contributions	國家自定貢獻
UNDP	United Nations Development Programme	聯合國開發計劃署
UNFCCC	The United Nations Framework Convention on Climate Change	聯合國氣候變遷綱要公約

參考資料

- Anderson, Kara. (2023). “What Will Happen to Petrol Cars after 2030 in the UK?.” *Greenly.resources*. Retrieved from <https://greenly.earth/en-us/blog/company-guide/what-will-happen-to-petrol-cars-after-2030-in-the-uk> (May 22, 2023).
- BBC (2020). “Petrol and Diesel Car Sales Ban Brought forward to 2035.” Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/participating-in-the-uk-ets/participating-in-the-uk-ets> (May 21, 2023).
- BEIS (2022). “United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland’s Nationally Determined Contribution.” Retrieved from <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-09/UK%20NDC%20ICTU%2022.pdf> (May 22, 2023).
- BEIS (2023a). “Guidance Energy Security Bill factsheet: Energy Company Obligation Buy-out Mechanism.” Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/energy-security-bill-factsheets/energy-security-bill-factsheet-energy-company-obligation-buy-out-mechanism> (May 21, 2023).
- BEIS (2023b). “Guidance Participating in the UK ETS.” Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/participating-in-the-uk-ets/participating-in-the-uk-ets> (May 21, 2023).
- Biniarz, S. (2018). What Happened to Byrd-Hagel? Its Curious Absence from Evaluations of The Paris Agreement. Retrieved from https://scholarship.law.columbia.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1086&context=sabin_climate_change(July 02, 2023).
- Black, Richard (2021). “How is the UK Tackling Climate Change?.” Retrieved from <https://eciu.net/analysis/briefings/uk-energy-policies-and-prices/how-is-the-uk-tackling-climate-change> (May 22, 2023).
- Byrne, John, Job Taminiau, and Joseph Nyangon (2022). “American Policy Conflict in the Hothouse: Exploring the Politics of Climate Inaction and Polycentric Rebellion.” *Energy Research & Social Science*. Vol. 89. Retrieved from:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629622000573#s0035> (July 02, 2023).
- Choi, Hyeonjung (2021). “U.S. Climate Policy and Issues in the Biden Era.” *Asian Institute for Policy Studies*. Retrieved from: <https://www.jstor.org/stable/resrep32463>(July 02, 2023).

- Climate Change Committee (CCC)(2023). “Advice on Reducing the UK’s Emissions.” Retrieved from [https://www.theccc.org.uk/about/our-expertise/advice-on-reducing-the-uks-emissions/\(July 6, 2023\).](https://www.theccc.org.uk/about/our-expertise/advice-on-reducing-the-uks-emissions/(July 6, 2023).)
- Delbeke, Jos and Peter Vis (2016). *EU Climate Policy Explained*. Retrieved from [https://climate.ec.europa.eu/system/files/2017-02/eu_climate_policy_explained_en.pdf \(May 14, 2023\).](https://climate.ec.europa.eu/system/files/2017-02/eu_climate_policy_explained_en.pdf (May 14, 2023).)
- Delreux, Tom and Frauke Ohler (2019). “Climate Policy in European Union Politics.” *Oxford Research Encyclopedias*. Retrieved from [https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228637.013.1097\(July 3, 2023\).](https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228637.013.1097(July 3, 2023).)
- Dent, Christopher M. (2018). “East Asia’s New Developmentalism: State Capacity, Climate Change and Low-carbon Development.” *Third World Quarterly*. 39:6, 1191-1210, DOI: 10.1080/01436597.2017.1388740. Retrieved from [https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01436597.2017.1388740?scroll=top&needAccess=true&role=tab \(June 14, 2023\).](https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01436597.2017.1388740?scroll=top&needAccess=true&role=tab (June 14, 2023).)
- DGB Group (2023/03). “Russia's Carbon Credit Methodologies to Cut Emissions.” Retrieved from [https://www.green.earth/news/russias-carbon-credit-methodologies-to-cut-emissions \(July 28, 2023\).](https://www.green.earth/news/russias-carbon-credit-methodologies-to-cut-emissions (July 28, 2023).)
- Durney, J. (2017). Defining the Paris Agreement: A Study of Executive Power and Political Commitments. *Carbon & Climate Law Review*, 11(3), 234-242. [https://www.jstor.org/stable/pdf/26245362.pdf?casa_token=KNm2CQ8Zk9kAAA:AAA:tVUdWCF7GZsnsJJ5UmzuWOWGAMu_RKOHgW-yPUH5iYngqwGUGjTr4YHobCK8EL2jhBg7ht_QrfstaYbw_b7rJl5uwM9d7bS-rPQkXFLgePYtTI2G4qI\(July 02, 2023\).](https://www.jstor.org/stable/pdf/26245362.pdf?casa_token=KNm2CQ8Zk9kAAA:AAA:tVUdWCF7GZsnsJJ5UmzuWOWGAMu_RKOHgW-yPUH5iYngqwGUGjTr4YHobCK8EL2jhBg7ht_QrfstaYbw_b7rJl5uwM9d7bS-rPQkXFLgePYtTI2G4qI(July 02, 2023).)
- European Union (2009). “2020 Climate and Energy Package.” November 5, 2017. Retrieved from [https://climate-laws.org/document/2020-climate-and-energy-package-contains-directive-2009-29-ec-directive-2009-28-ec-directive-2009-31-ec-and-decision-no-406-2009-ec-of-the-parliament-and-the-council-see-below_c91b \(May 18, 2023\).](https://climate-laws.org/document/2020-climate-and-energy-package-contains-directive-2009-29-ec-directive-2009-28-ec-directive-2009-31-ec-and-decision-no-406-2009-ec-of-the-parliament-and-the-council-see-below_c91b (May 18, 2023).)
- European Union (2020). “Update of the NDC of the European Union and its Member States.” [https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/EU_NDC_Submission_December%202020.pdf\(May 21, 2023\).](https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/EU_NDC_Submission_December%202020.pdf(May 21, 2023).)
- European Commission (2011). “A Roadmap for Moving to a Competitive Low Carbon Economy in 2050.” Retrieved from [https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:EN:PDF\(May 14, 2023\).](https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:EN:PDF(May 14, 2023).)

- European Commission (2021a). “EU Adaptation Strategy.” Retrieved from https://climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-climate-change/eu-adaptation-strategy_en (May 18, 2023).
- European Commission (2021b). “Delivering the European Green Deal.” Retrieved from https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en (May 18, 2023).
- European Commission (2023a). “Climate Action: Revision for phase 4 (2021-2030).” Retrieved from https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/revision-phase-4-2021-2030_en (July 28, 2023).
- European Commission (2023b). “Climate Action.” Retrieved from https://climate.ec.europa.eu/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement_en (May 21, 2023).
- Federative Republic of Brazil (2022/03). “Federative Republic of Brazil Paris Agreement Nationally Determined Contribution (NDC).” March 21, 2022. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Updated%20-%20First%20NDC%20-%20%20FINAL%20-%20PDF.pdf> (June 7, 2023).
- Government of India (2022/08). “India’s Updated First Nationally Determined Contribution Under Paris Agreement (2021-2030).” Retrieved from <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-08/India%20Updated%20First%20Nationally%20Determined%20Contrib.pdf> (June 7, 2023).
- Hochstetler, Kathryn (2021). “Climate Institutions in Brazil: Three Decades of Building and Dismantling Climate Capacity.” *Environmental Politics*, 30:sup1, 49-70, Retrieved from DOI: 10.1080/09644016.2021.1957614.
- IEA (2017). “2030 Climate and Energy Framework.” Retrieved from <https://climate-https://www.iea.org/policies/1494-2030-climate-and-energy-framework> (May 18, 2023).
- IEA (2021/05a). “Energy Conservation Act.” Retrieved from <https://www.iea.org/policies/1975-energy-conservation-act> (June 7, 2023).
- IEA (2021/05b). “National Action Plan on Climate Change.” Retrieved from <https://www.iea.org/policies/1214-national-action-plan-on-climate-change> (June 7, 2023).
- Jotzo, Frank, Joanna Depledge & Harald Winkler (2018) “US and International Climate Policy under President Trump.” *Climate Policy*, 18:7, 813-817, DOI: 10.1080/14693062.2018.1490051. Retrieved from

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14693062.2018.1490051?scroll=top&needAccess=true&role=tab> (June 28, 2023).

Kim, Eun-sung. (2016). The Politics of Climate Change Policy Design in Korea.” *Environmental Politics*. 25:3, 454-474, DOI: 10.1080/09644016.2015.1104804. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1080%2F09644016.2015.1104804> (June 15, 2023).

Kochtcheeva, Lada V. (2021) “Foreign Policy, National Interests, and Environmental Positioning: Russia’s Post Paris Climate Change Actions, Discourse, and Engagement.” *Problems of Post-Communism*, 69:4-5, 423-435, DOI: 10.1080/10758216.2021.1968912. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10758216.2021.1968912?src=recsys> (June 12, 2023).

Lattanzio, Richard K. et al.. (2021), “U.S. Climate Change Policy.” Congressional Research Service (CRS) R46947. October 28, 2021.

Lempriere, Molly (2021). “Britain ‘Consigns Coal Power to the History Books’ as Ban is Brought forward to 2024.” *Current*. June 30. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/participating-in-the-uk-ets/participating-in-the-uk-ets> (May 21, 2023).

Library of Congress (2023). “H.R.5376 - Inflation Reduction Act of 2022: 117th Congress (2021-2022).” Retrieved from: <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/5376/actions> (July 02, 2023).

Lockwood, Matthew (2021). “A Hard Act to Follow? The Evolution and Performance of UK Climate Governance.” *Environmental Politics*, 30:sup1, 26-48, Retrieved from DOI: 10.1080/09644016.2021.1910434(July 3, 2023).

Ministry of Foreign Affairs, ROK (2023). “Korea’s Efforts to Address Climate Change.” Retrieved from https://www.mofa.go.kr/eng/wpge/m_5655/contents.do (June 14, 2023).

National Conference of State Legislatures (NCSL) (2021). “I The Infrastructure Investment and Jobs Act: An explainer for States.” Nov 22, 2021. Retrieved from <https://www.ncsl.org/state-f> https://documents.ncsl.org/wwwncsl/State-Federal/NCSL_Infrastructure_Briefing_Nov22-Final.pdf (May 13, 2023).

National Conference of State Legislatures (NCSL) (2022). “Infrastructure Investment and Jobs Act: Implementation and Key Resources.” October 13, 2022. Retrieved from

- <https://www.ncsl.org/state-federal/infrastructure-investment-and-jobs-act-implementation-and-key-resources> (May 13, 2023).
- NDC of Russia (2020). “Nationally Determined Contribution of the Russia Federation.” Retrieved from https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC_RF_eng.pdf (June 12, 2023).
- Oberthür, S., & Dupont, C. (2021). “The European Union’s international climate leadership: Towards a grand climate Strategy?.” *Journal of European Public Policy*. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/13501763.2021.1918218>(June 11, 2023).
- Office for Zero Emission Vehicles, UK Department for Transport (2021). “Outcome and Response to Ending the Sale of New Petrol, Diesel and Hybrid Cars and Vans.” July 14, 2021. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/consultations/consulting-on-ending-the-sale-of-new-petrol-diesel-and-hybrid-cars-and-vans/outcome/ending-the-sale-of-new-petrol-diesel-and-hybrid-cars-and-vans-government-response> (July 6, 2023).
- Pillai, Aditya Valiathan & Navroz K. Dubash (2021). “The Limits of Opportunism: the Uneven Emergence of Climate Institutions in India.” *Environmental Politics*, 30:sup1, 93-117, Retrieved from DOI: 10.1080/09644016.2021.1933800. (June 7, 2023)
- Posner, E. A., & Sunstein, C. R. (2007). Climate change justice. *Georgetown Law Journal*, 96, 1565-1612. https://chicagounbound.uchicago.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2757&context=journal_articles
- Russian Federation (2021). “Strategy of Socio-economic Development of the Russian Federation with Low Greenhouse Gas Emissions until 2050.” Retrieved from <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Strategy%20of%20Socio-Economic%20Development%20of%20the%20Russian%20Federation%20with%20Low%20GHG%20Emissions%20EN.pdf> (June 12, 2023).
- S&P Global (2023/02). “India Works on Market Stabilization Fund Entails for Upcoming Carbon Market.” Retrieved from <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/energy-transition/021723-india-works-on-market-stabilization-fund-details-for-upcoming-carbon-market> (July 27, 2023).
- Sandalow, David. et al. (2022). *Guide to Chinese Climate Policy 2022*. Retrieved from <https://chineseclimatepolicy.oxfordenergy.org/wp-content/uploads/2022/11/Guide-to-Chinese-Climate-Policy-2022.pdf> (May 22, 2023).

- Teng, Fei & Pu Wang (2021). “The Evolution of Climate Governance in China: Drivers, Features, and Effectiveness.” *Environmental Politics*, 30:sup1, 141-161, Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09644016.2021.1985221>(July 6, 2023).
- TFEU (2012). Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/eli/treaty/tfeu_2012/oj (May 14, 2023).
- The Republic of Korea (2021/09). “Submission under the Paris Agreement: The Republic of Korea’s Enhanced Update of its First Nationally Determined Contribution.” Retrieved from https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/211223_The%20Republic%20of%20Korea%27s%20Enhanced%20Update%20of%20its%20First%20Nationally%20Determined%20Contribution_211227_editorial%20change.pdf (June 24, 2023).
- The White House. (2001, June 11). President Bush Discusses Global Climate Change. Retrieved from <https://georgewbush-whitehouse.archives.gov/news/releases/2001/06/20010611-2.html>(July 02, 2023).
- Treaty on European Union (92/C 191/01). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A11992M%2FTXT> (May 14, 2023).
- UK Parliament (2018) “Carbon Price Floor (CPF) and the Price Sport Mechanism.” Retrieved from <https://commonslibrary.parliament.uk/research-briefings/sn05927/> (May 21, 2023).
- UN Climate Change (2021). “NDC Registry: Japan.” Retrieved from https://unfccc.int/NDCREG?gclid=EAIaIQobChMIzsKbgcWL_wIV9tlMAh2pTAHzEAAYASAAEgLu0_D_BwE (May 13, 2023).
- UNFCCC Russia’s Submission (2015). Retrieved from https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/Russia/1/Russian%20Submission%20INDC_eng_rev1.doc (June 12, 2023).
- United Nations Framework Convention on Climate Change - Secretariat. (2000, July 19). Press Backgrounder: A Brief History of the Climate Change Convention. Retrieved from <https://unfccc.int/cop3/fccc/info/backgrodm.htm>.
- United States Department of State and the United States Executive Office of the President (2021). “The Long-Term Strategy of the United States: Pathways to Net-Zero Greenhouse Gas Emissions by 2050.” Retrieved from

<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/10/US-Long-Term-Strategy.pdf> (May 13, 2023).

USA (2021). “The United States’ Nationally Determined Contribution Reducing Greenhouse Gases in the United States: A 2030 Emissions Target.” *UNFCCC NDC Registry*. Retrieved from <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/United%20States%20NDC%20April%2021%202021%20Final.pdf> (May 13, 2023).

Wang, Betty and Kate Logan (2022). “ASPI Climate Action Brief: Japan.” Retrieved from <https://asiasociety.org/policy-institute/aspi-climate-action-brief-japan> (May 13, 2023).

趙斌&謝淑敏. (2022). 跨大西洋氣候政治分歧：表徵、動因與前景. 中國地質大學學報(社會科學版), 22, 5.
http://marx.xjtu.edu.cn/__local/0/B3/79/93F05F103F46FE9B1601680586A_4A51B855_69A42.pdf

人民網(2014)。領航中國——十六大以來黨的建設十年輝煌成就：第一節科學發展觀的形成和發展。檢自：
<http://theory.people.com.cn/BIG5/n/2014/0504/c384567-24969750.html> (June 4, 2023)。

中國國務院公報(2007 第 20 號)。國務院關於印發中國應對氣候變化國家方案的通知。檢自：
http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/gongbao/content/2007/content_678918.htm (June 5, 2023)。

中國落實國家自定貢獻目標進展報告(2022)。檢自：
<https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-11/%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E8%90%BD%E5%AE%9E%E5%9B%BD%E5%AE%B6%E8%87%AA%E4%B8%BB%E8%B4%A1%E7%8C%AE%E8%BF%9B%E5%B1%95%E6%8A%A5%E5%91%8A%202022.pdf> (June 5, 2023)。

今周刊(2023/05)。台灣明年開始課徵「碳費」！企業淨零碳排怎麼做？從日本、韓國，新加坡經驗探詢做法。檢自：
<https://esg.businesstoday.com.tw/article/category/180687/post/202305040007/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E6%98%8E%E5%B9%B4%E9%96%8B%E5%A7%8B%E8%AA%B2%E5%BE%B5%E3%80%8C%E7%A2%B3%E8%B2%BB%E3%80%8D%EF%BC%81%E4%BC%81%E6%A5%AD%E6%B7%A8%E9%9B%B6%E7%A2%B3%E6%8E%92%E6%80%8E%E9%BA%BC%E5%81%9A%EF%BC%9F%E5%BE%9E%E6%97%A5%E6%9C%AC%E3%80%81%E9%9F%93%E5%9C%8B%EF%BC%8C%E6%96%B0%E5%8A%A0%E5%9D%A1%>

E7%B6%93%E9%A9%97%E6%8E%A2%E8%A9%A2%E5%81%9A%E6%B3%95 (July 28, 2023).

CSR@天下 (2021). 「COP26 直擊：英國主張富國該給的 1000 億美元氣候融資，2023 年必須兌現，做得到？」。檢自 <https://csr.cw.com.tw/article/42225> (May 21, 2023).

國家發改委(2014)。國家應對氣候變化規劃(2014-2020 年)。檢自：
<https://policy.asiapacificenergy.org/sites/default/files/%E5%9B%BD%E5%AE%B6%E5%BA%94%E5%AF%B9%E6%B0%94%E5%80%99%E5%8F%98%E5%8C%96%E8%A7%84%E5%88%92%E5%BC%882014-2020%E5%B9%B4.pdf> (June 5, 2023)。

經濟參考報(2023/07)。上線兩年成交超 110 億全國碳市場擴容提速。檢自：
<https://finance.sina.com.cn/tech/roll/2023-07-17/doc-imzaxuzf9323197.shtml> (July 28, 2023).

劉哲良、吳珮瑛與朱敏嘉(2017)。〈歐盟面對氣候變遷的因應政策—排放交易機制之現況、發展及挑戰〉，《台灣國際研究季刊》，第 13 卷，第 4 期(2017/冬季號)，頁 117-142。

駐日本代表處經濟組(2021/08)。日本推動淨零碳排暨碳訂價概況專題報告。檢自：
https://www.moea.gov.tw/Mns/IETC/bulletin/wHandBulletin_File.ashx?file_id=31703 (July 28, 2023).

環境資訊中心(2021/11)。波索納洛執政下 巴西亞馬遜雨林濫伐達 15 年最高 一年飆升 22%。檢自：<https://e-info.org.tw/node/232831>(June 11, 2023)。

第六章 歐洲主要國家氣候治理之爭論與挑戰

前言

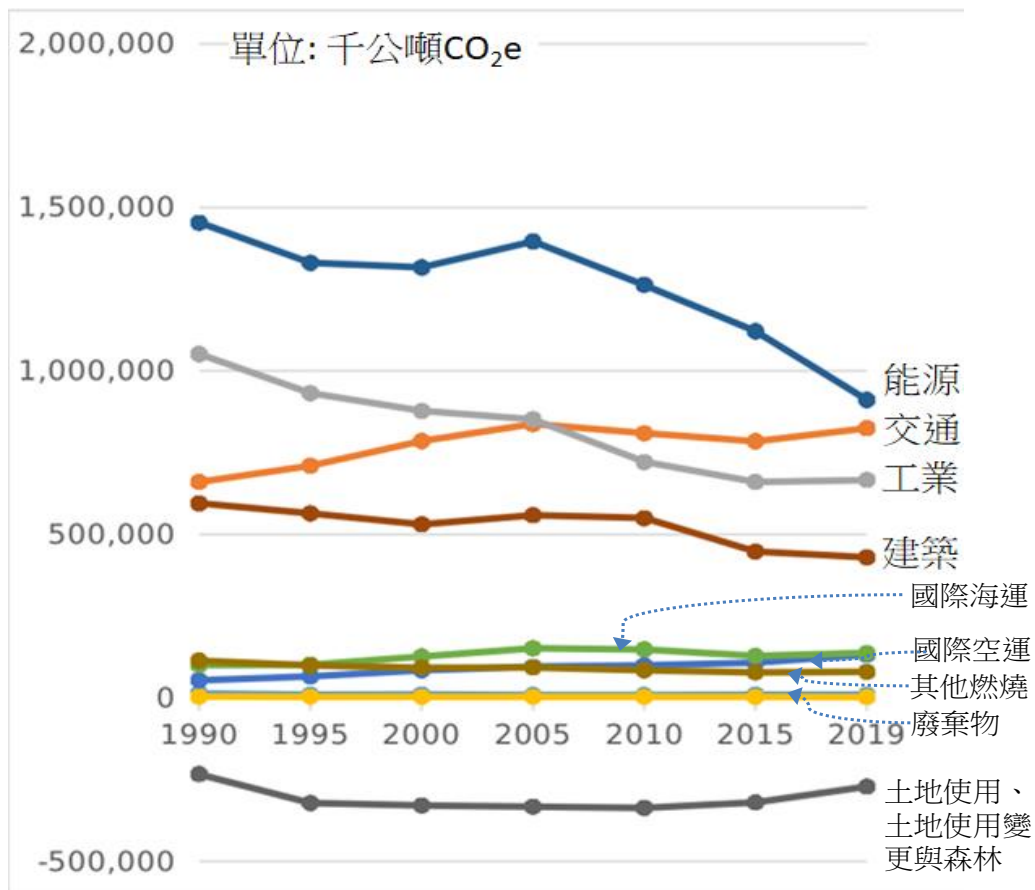
如前章所述，歐盟與英國藉由其自身逐步提高碳減量目標之氣候治理政策架構，與較其他國家顯著之整體減量成果，而在全球氣候治理話語權上占有領導地位；然而英國學者彙整眾多研究結果指出，歐盟在全球環境治理的言行受到質疑，因為歐盟在說與做之間似乎存在巨大落差，背後原因在於歐盟氣候外交主要還是由自身之政治經濟利益所驅動，且歐盟在制定其規範時，也認為其完全有權保護其產業利益，造成歐盟對外顯現的氣候雄心，在實際付諸執行時，往往出現落差(Çelik, 2022)。

為檢視上述論點，本章先基於前一章所列出之歐盟、歐盟最主要國家德國與英國之溫室氣體減量目標，再提供 1990 年至今之溫室氣體排放趨勢當作背景資訊，進而分別解析其能源部門、工業部門(尤其是歐盟碳交易市場中的能源密集製造業)、交通部門、建築部門等部門別減碳所面臨之挑戰；過往歐盟與英國減碳最有進展的部門別為能源部門，然由於 2022 年俄烏戰爭的爆發，促使歐盟與英國在能源部門的許多政策上進行調整，也受到不少關注¹³；另，歐盟與英國工業部門中的能源密集產業、交通部門與建築部門，目前都面臨難以減碳之挑戰，然而難以減碳之原因未必相同；本章也彙整歐盟在上述難以減碳部門推動氣候治理所存在之爭論點，與相關減碳政策推動上的轉變，並進一步掌握歐洲主要國家氣候治理所遭遇之難題與背後存在的意涵，以為未來我國氣候治理工作上之參考。

一、歐洲主要國家部門別溫室氣體減量目標與排放趨勢變動

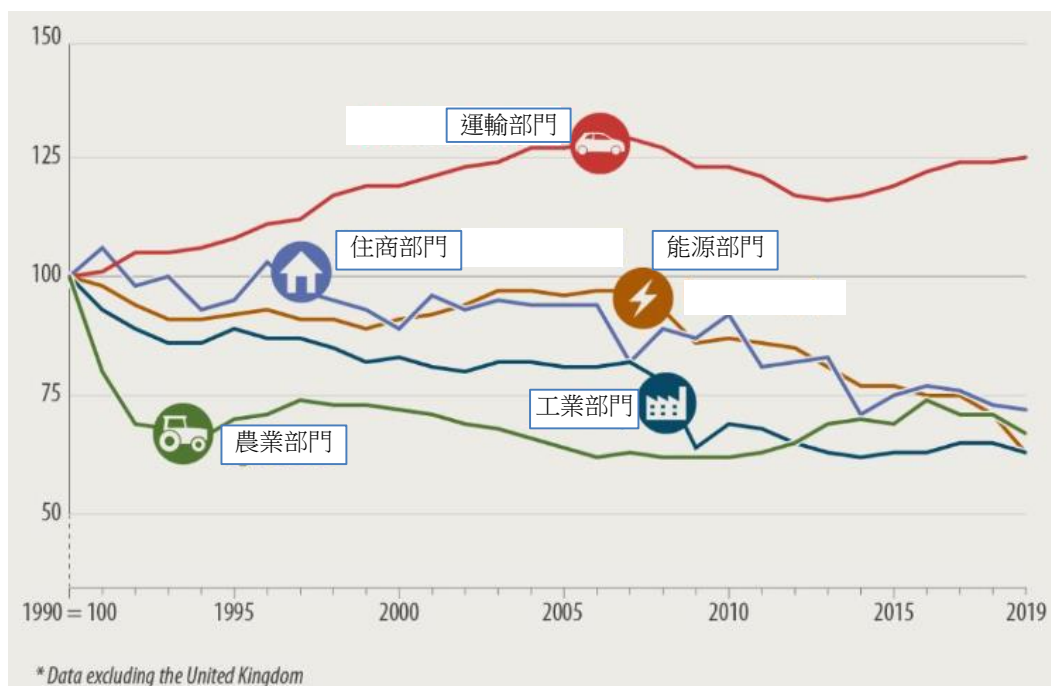
如前章所述，歐盟 2021 年通過《歐洲氣候法》(European Climate Law)，設定於 2030 年溫室氣體排放較 1990 年水準減少至少 55%，至 2050 年達成氣候中和目標；歐盟 1990 年至 2019 年各部門別溫室氣體碳排放趨勢可參見圖 6.1 (Nagy, 2022)；若將歐盟 1990 年排放情況定為基準值，則歐盟 1990 年至 2019 年各部門別溫室氣體排放水準變動可參見圖 6.2 (European Parliament, 2023, February 14)；由圖可知，歐盟能源部門於 2008 年之前減量有限，但 2008 年之後出現明顯減幅；歐盟工業部門排放則於 2008 年之前緩步減少，而在 2008-2009 年間排放大減，但之後至 2019 年間再無明顯減少；交通部門則自 1990 年至 2019 年約 30 年間排放增加了 33.5%，是唯一一個排放大幅成長的部門；建築部門排放則減少超過 25%。

¹³某些歐洲國家所稱之短期措施，例如德國主張其近期擴大使用燃煤發電與擴大煤礦開採之措施為短期能源危機應急所需，並未納入本章討論範疇。



資料來源：(Nagy, 2022)

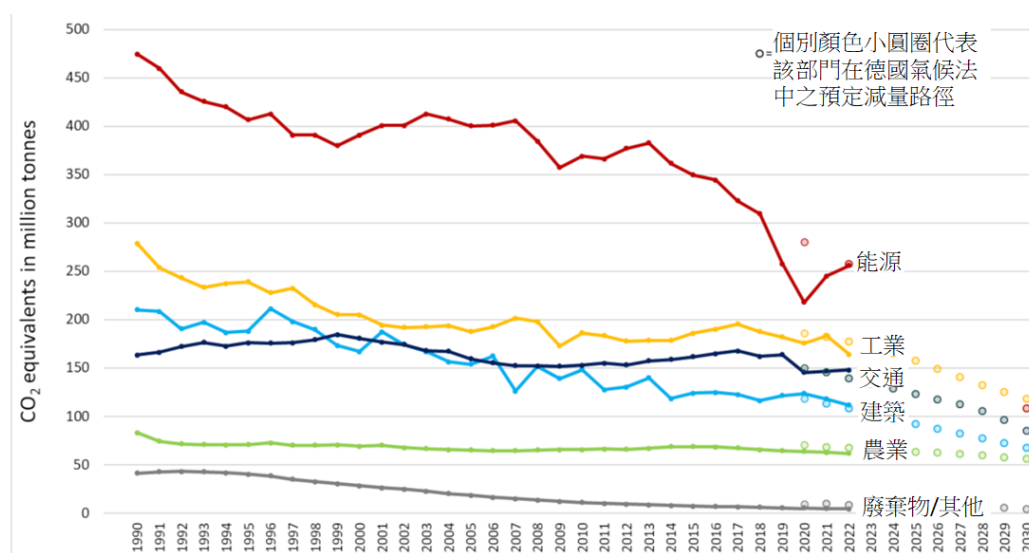
圖 6.1 歐盟歷年各部門別溫室氣體碳排放趨勢(1990-2019)



資料來源：(European Parliament, 2023, February 14)

圖 6.2 歐盟歷年各部門別溫室氣體碳排放水準之變動(1990-2019)

在德國方面，其設定較歐盟更為積極目標，包括到 2045 年實現碳中和，2030 年與 2040 年將排放量分別比 1990 年水準至少減少 65% 與 88% 的階段目標，並於 2019 年通過德國的《氣候行動法》(Climate Action Law)，再於 2021 年修訂規範各部門別至 2030 年之減量目標，2023 年 10 月則再次修訂(Wettengel, 2023, October 5)；相關之德國 1990 年至 2022 年各部門別溫室氣體碳排放趨勢及國家氣候法所規範至 2030 年部門別減量目標，如圖 6.3 所示(Appunn et al., 2023, April 4)；德國 2022 年溫室氣體總排放為 7.46 億公噸二氧化碳當量，其中能源部門、工業部門、交通部門與建築部門分別排放 2.56 億、1.64 億、1.48 億與 1.12 億公噸；德國至 2022 年已經較 1990 年溫室氣體排放減少超過 40%，不過許多減量其實得利於 1990 年後柏林圍牆倒塌和德國統一後東德工業和電力部門的衰落，意味著自動大量減少二氧化碳排放；此外，德國的各部門歷史排放趨勢大致類似歐盟整體情況，不過與歐盟情況相對上差異較大之處，在於德國交通部門排放趨勢大致上無明顯的增加或減少。

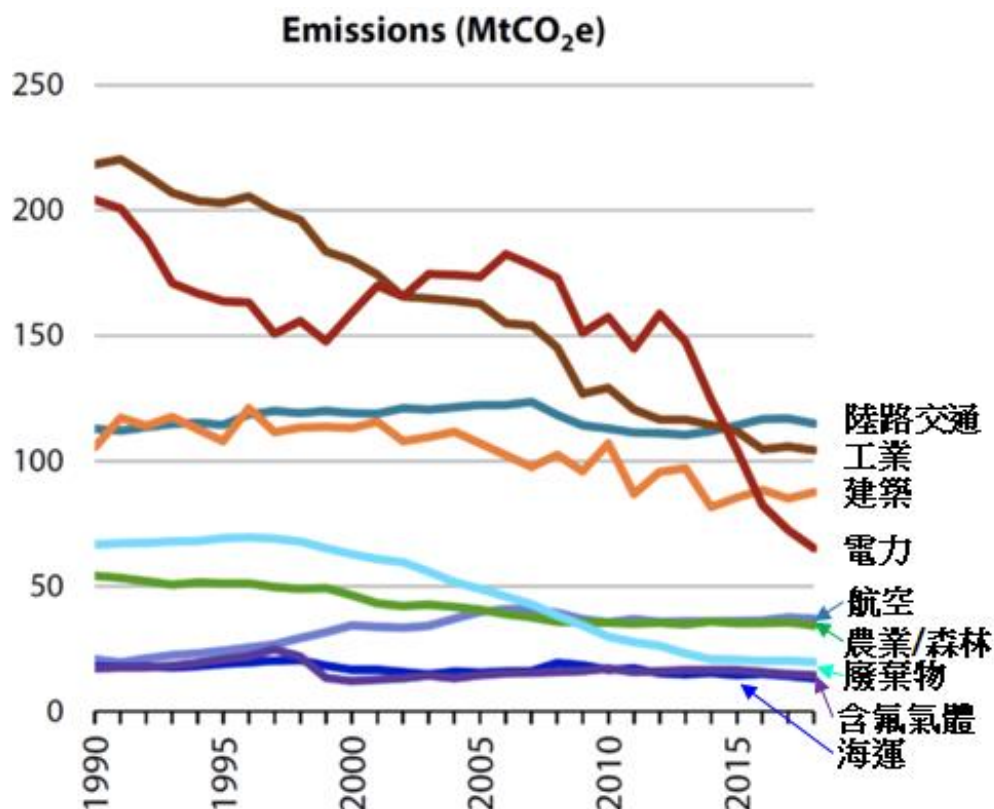


資料來源：(Appunn et al., 2023, April 4)

圖 6.3 德國 1990-2030 年各部門別溫室氣體排放趨勢與減量目標

在英國方面，其設定 2030 年將溫室氣體排放減少到 1990 年水準 68% 之目標、2050 年也設定淨零排放目標(Harvey & Ambrose, 2023, March 30)，而英國至 2022 年已經較 1990 年減量 49%，最主要的貢獻來自英國電力部門大幅度的煤炭發電轉為天然氣發電；但未來電力部門要持續減量，反而必須要大幅減少天然氣發電，此存在相當大的挑戰(Evans, 2023, June 3)；又英國陸運交通、建築部門分居英國溫室氣體排放占比第 1 位與第 3 位，而工業與電力部門則分居第 2 位與第 4 位；其中陸運交通自 1990 年以來缺乏減量成果，甚至 2013-2018 年間陸運交通排放還不減反增；建築部門減量也進展緩慢，自 2009-2019 年間平均每年溫室氣體排放減幅僅 1.2%，遠低於同期電力部門的每年 9% 減幅 (參見圖 6.4)(Kemp,

2021, December 2; Messem, 2019, October 8)。



資料來源：(Messem, 2019, October 8)

圖 6.4 英國歷年各部門別溫室氣體碳排放趨勢(1990-2018)

二、近期歐洲國家能源政策轉向與減碳目標之矛盾

IPCC 與 IEA 都提出警告，如果全球要將氣溫上升控制在不超過 1.5°C，則現在都不能再投資新的化石燃料探採專案(Fisher, 2022, October 7)，此也是歐洲國家力倡停止油氣新專案投資與關閉燃煤電廠的背景；然 2022 年俄烏戰爭引發的能源供應安全與能源價格暴漲，造成民眾對能源供應的恐慌、支付能源成本的痛苦，及產業難以維持穩定生產與保有國際競爭力的壓力。為此，歐盟各國與英國在其能源政策上進行不少調整，引發難以達成所設定減碳目標之矛盾，相關發展討論如後。

(一) 歐盟加速簽訂美國頁岩氣採購長約

歐盟在淨零碳排放目標下，近年都尋求避免簽訂化石燃料供應長約；此外，頁岩氣被認為生產過程中會較傳統天然氣排放較多溫室氣體(Howarth, 2019)，卻是美國目前天然氣生產的主要來源；由於頁岩氣生產的環境問題，歐洲主要國家一方面對於自身開採頁岩氣持反對立場，另一方面也對於採購美國頁岩氣態度保留；例如 2020 年 10 月法國能源公司 Engie 原規劃向美國 NextDecade 公司簽訂液化天然氣(LNG)合約，但因上述問題而被喊停；然而 2022 年 5 月法國卻決定轉向，

而同意 Engie 公司與美國 NextDecade 公司簽訂此 15 年的長約(Donnelly, 2023, January 9)。

在德國方面，雖然訂定 2045 年要將淨碳排放削減 95%，卻於 2023 年陸續由 EnBW 公司及 Securing Energy For Europe 公司向美國 Venture Global LNG 公司簽訂各每年 200 萬噸與 225 萬噸 LNG 的 20 年長約(2026 年至 2045 年)；此代表德國至 2045 年還會被「鎖定」(lock-in)在持續使用美國天然氣並排放溫室氣體的合約中(Brower et al., 2023, June 23)。

據統計，2022 年歐洲國家能源公司共與美國 LNG 供應廠商新簽訂了 10 個 LNG 長約，合計每年向歐洲供應高達 1,769 萬噸 LNG(Donnelly, 2023, January 9)，光 2022 年歐美間 LNG 新增長約數量，已經接近臺灣一年天然氣進口量(2021 年約 1,943 萬公噸)。

(二) 歐盟對非洲油氣資源開發態度前倨後恭

多數非洲國家不但受到氣候變遷嚴重影響，也面臨經常性電力短缺之生活環境，故擁有油氣資源之非洲國家，都尋求開發新化石燃料計畫，以改善現有困境；然歐盟原先倡議停止投資新的油氣開採專案，並要求世界銀行等多邊貸款機構拒絕提供這些專案資金；為此，塞內加爾總統 Macky Sall 於 2021 年 9 月聯合國大會上提出呼籲：「如果沒有可行、公正和公平的替代方案，我們國家就無法實現能源轉型並放棄工業化國家的污染模式，故應該支持做為轉型能源之天然氣的探採... 以天然氣是化石燃料為藉口停止對天然氣部門的資助，而不考慮天然氣也是清潔能源這一事實，將是我們實現能源轉型、電力普及、競爭力及經濟和社會發展等努力的主要障礙」；然而在塞內加爾總統於聯合國發聲不到一年，因俄烏戰爭引發歐洲的能源危機，德國總理 Scholz 轉向於 2022 年 5 月前往塞內加爾會晤其總統，討論如何大幅加速天然氣生產與出口；同時歐盟及義大利等國政府也積極與奈及利亞、阿爾及利亞、安哥拉、剛果共和國及莫三比克等國進行強化歐洲天然氣供應之談判、簽署協定及加速天然氣出口設施建設；故奈及利亞副總統 Yemi Osinbajo 於 2022 年 5 月《經濟學人》專欄中，批評歐洲富裕國家氣候政策的虛偽，對於先前歐洲堅持要求較貧窮國家凍結碳排放增長，這樣的要求相當於要讓非洲大陸保持貧困，但實際上(歐盟等)較富裕國家(如今)卻反向而行，其指責歐盟不能要求(非洲)採取比對(歐盟)自己承諾更嚴格之行動(Gbadamosi, 2022, July 20)。

(三) 歐盟對挪威北極油氣資源開發態度從反對轉為默許

挪威眾多油氣生產來自北極圈的挪威海及巴倫支海，所產油氣約 90% 出口，更於 2021 年貢獻挪威 GDP 達 21%；相對上，歐盟與挪威卻在北極油氣探採尚存有歧異，歐盟執委會於 2021 年 10 月公布其北極政策，設定保護北極環境及控制

溫室氣體排放之目標，推動不在北極「或鄰近地區」開發新的石油、天然氣與煤礦(Stepień & Raspotnik, 2021, October)；然 2022 年俄烏戰爭爆發，使歐盟 2021 年至 2022 年第 3 季石油及天然氣進口來源有不少改變，如表 6.1 所示，最主要變動來自俄國石油與天然氣進口比重大幅降低，而除了美國比重顯著升高之外，更凸顯了挪威油氣生產對歐盟的重要性。

表 6.1 歐盟 2021 年、2022 年前 3 季油氣進口來源與進口比重(%)

	年度	俄國	挪威	美國	利比亞	哈薩克	奈及利亞	伊拉克	英國	沙烏地阿拉伯	阿爾及利亞	其他
石油進口	2021	24.8	9.4	8.9	8.2	8.0	7.2	6.6	5.2	5.1	-	16.4
	2022Q1	25.9	9.5	10.4	7.2	8.5	6.4	6.2	6.0	4.8	-	15.1
	2022Q2	16.8	10.1	11.5	6.0	7.0	7.3	7.2	6.4	6.6	-	21.1
	2022Q3	14.4	10.4	11.9	5.4	6.8	5.4	7.6	5.0	9.1	-	24.0
天然氣進口	2021	39.3	24.2	7.1	-	-	-	-	6.2	-	8.2	15.0
	2022Q1	30.9	25.2	15.9	-	-	-	-	8.2	-	5.5	14.3
	2022Q2	22.9	23.3	17.6	-	-	-	-	14.7	-	6.1	15.4
	2022Q3	15.0	30.8	15.2	-	-	-	-	12.3	-	N/A	19.5

資料來源：(Wettengel, 2023, January 10)

有鑑於歐盟對挪威油氣需求殷切，2023 年 1 月挪威宣布推動北極圈新油氣探勘區計畫，且規劃生產期程將跨越 2050 年，此油氣開發規劃明顯與歐盟禁止北極油氣開發之主張及 2050 淨零碳排放目標相抵觸，一度影響挪威與歐盟擬簽定之「綠色聯盟」(Green Alliance)協議(Kelly, 2023, January 26)，但最後雙方仍於 2023 年 4 月 23 日宣告達成「綠色聯盟」協議，而協議中歐盟轉向避談停止北極地區油氣探採之要求(European Commission, 2023, April 24)；儘管有破壞減碳目標之擔憂聲音，挪威氣候與環境部長艾德(Espen Barth Eide)於 2023 年 9 月 15 日仍強調：「挪威將繼續根據需要持續向歐洲輸送天然氣」(Fouche, 2023, September 15)。

(四)英國大幅推動北海油氣資源與煤礦之長期開發

雖然英國北海油田在 20 年前就已經達到生產頂峰，之後油氣產量就反轉逐漸減少，然據評估英國北海地區可能尚餘 150 億桶原油可供開採；英國政府於 2022 年 9 月發表「氣候相容性查核點」(Climate Compatibility Checkpoint)報告，宣稱

其本土油氣探勘仍可符合英國溫室氣體排放至 2050 年達到淨零排放目標後，宣布將開放 898 個北海區塊供油氣探勘，並將批准達 100 個探勘許可(Fisher, 2022, October 7)；2023 年 6 月英國「氣候變遷委員會」(Climate Change Committee)報告承認，未來幾十年石油與天然氣仍將擔任英國大部分能源基載；而 2023 年 10 月英國首相 Sunak 指出，即使 2050 年達淨零排放，仍將有 4 分之 1 的能源需求來自石油與天然氣，故英國政府能源戰略將繼續依賴化石燃料，而為了加強能源安全、創造就業機會，並為碳捕集、利用與封存專案創造空間，宣布將批准 100 項以上之新北海油氣探勘許可證(Wallace, 2023, July 31)；然而有分析指出，過去一般英國油氣探採專案從取得探勘許可至開始油氣生產平均費時約 28 年時間，此代表如專案推動時程沒大幅加速，則即使 2023 年底前就批准開始進行北海油氣探勘，能投入生產的時間點大概已是 2040 年代或 2050 年代，生產期必將跨過 2050 年(Authors, 2022, August 4)。

另一方面，全球 2022 年鋼鐵生產較 2021 年衰退 4%，但英國的鋼鐵生產卻大幅衰退達 16%(英國鋼鐵產量已落到 1932 年以來最低水準)，同時 2022 年英國高爐用焦煤需求也較 2021 年大幅下降 19%(Evans, 2023, June 3)；隨著英國鋼鐵產業面臨的生存危機，英國政府於 2022 年 12 月批准 30 年來第一個新焦煤礦開採專案，此位於英格蘭西北部 Cumbria 的新煤礦專案預計帶來 1.65 億英鎊投資、創造 500 個就業機會、每年生產 280 萬公噸焦煤，並預估生產過程中每年排放 40 萬公噸溫室氣體排放；不過英國政府辯稱此煤礦專案只營運到 2049 年，而不影響英國達到 2050 淨零排放目標(Harvey, 2022, December 7)。

三、歐洲國家製造業相關減碳政策之挑戰和衝突

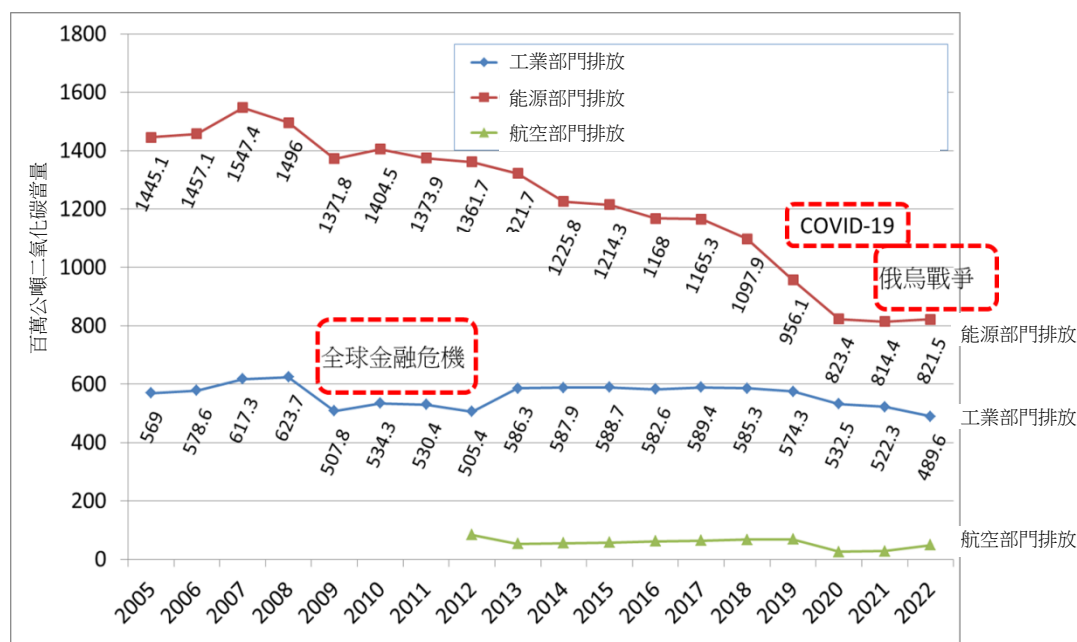
(一) 歐盟維持製造業生存發展與減碳之兩難局面

由於國家經濟與產業成長往往仰賴化石能源持續投入，必然伴隨產生大量碳排放，但為了推動減碳，各界產生許多對於經濟成長與去碳化之間關係的爭論；一派主張透過綠色投資，由政府引導私人資本撤離碳密集產業，轉而大量投資碳中和產業活動，維持經濟「綠色成長」，同時還可達成脫碳目標；但另一派認為沒有證據支持經濟成長和碳排放可即時脫鉤以避免氣候災難，故需要碳密集產業「去成長」；但不管製造業較適合採用「綠色成長」或「去成長」之論述，歐洲國家現實上是鋼鐵、非鐵金屬、石化、水泥等高度國際市場競爭之碳密集產業，自 1970 年代開始已面臨生產減少或外移局勢，反而類似非自願的碳密集產業「去成長」，確實使歐盟製造業溫室氣體排放減少，但其實相關製造業排放只是轉移到開發中國家的工廠，從全球觀點完全沒有減量成效；同時透過產業衰退來達到減碳，會破壞社會穩定及增加失業，反而給歐盟政府帶來維持產業生存及放棄減碳目標之壓力(Copley, 2023)。

(二) 歐盟在碳交易市場機制中免除能源密集製造業減碳負擔及其影響

歐盟碳交易市場中，鋼鐵、水泥、石化等能源密集產業也屬於資本密集產業，當前都面臨國際產能過剩與高度競爭局勢，產業獲利偏低，CEO 卻又有衝高短期獲利以提高股東分紅的壓力，故多偏向採用以既有設備儘量壓縮營運成本來提高營利率之產業營運方針；然此類型產業卻又屬於「難以減碳」(Hard-to-abate)產業類型，現階段能真正大規模減碳之措施皆屬於高成本技術(例如碳捕集封存、氫能等等)，沒有產業界會在無政府高額補助情況下進行此類高成本減碳投資，以避免衝擊國際競爭力與產業獲利，此亦使上述歐盟政府要兼顧產業生存與推動減碳面臨兩難局面。

在此背景下，雖然自 2005 年開始推動的歐盟碳交易市場機制，涵蓋電力/供暖產業與重要碳密集製造業，且對外強調此機制將透過賦予產業碳成本負擔以促進產業投資減碳；然而 2005 年以來歐盟碳交易市場機制中只有電力/供暖產業顯現明確減碳成效，其每年排放量自最高接近 15 億公噸逐步降至 2021 年只剩 8 億多公噸；但歐盟碳交易市場中製造業排放量卻於 2005 年至 2019 年之前多半維持每年近 6 億公噸排放總量，只有經濟衰退時期(如 2008 年全球金融危機及 2020 年之後新冠疫情與俄烏戰爭)排放才一度減少。造成歐盟碳交易市場中製造業減碳成效不彰之主因，在於歐盟碳交易市場機制中，提供多數能源密集製造業免費核配碳排放額度，用於抵消製造業碳排放，使多數製造業者原本要在碳交易市場機制中負擔之碳成本化於無形，甚至許多業者反而獲得大量超額免費核配額度(因政府免費核配額度超過工廠實際排放量)，還可以儲存起來於未來使用或出售獲利；又 2020 年之前，歐盟碳交易市場機制亦允許歐盟產業可使用聯合國「清潔發展機制」(Clean Development Mechanism, CDM)或「共同執行」(Joint Implementation, JI)等跨國減碳專案所產生之便宜國際減碳碳權，進行抵換後原先從政府獲得的免費核配額度可以存下來後續使用；又如製造業有新的投資或是要擴大產能時，歐盟政府也會透過碳交易市場機制提供新投資或擴大產能者免費核配額度(如圖 6.5) (Copley, 2023; Marcu et al., 2021; Schlomann et al., 2015; Statista, 2023, July 20; 郭博堯, 2023, September 19; 郭博堯 et al., 2022, December)。



資料來源：(Statista, 2023, July 20)

圖 6.5 歐盟碳交易市場涵蓋產業歷年溫室氣體碳排放趨勢(2005-2022)

此外，歐洲製造業業於 2008 年全球金融風暴與歐債危機時期，溫室氣體排放大幅減少的主因，其實是生產減少或關廠，加上此時期的金融管控限制採取高成本節能減碳措施的可行性，使製造業能源效率提升情況較金融危機前差；依據 2015 年文獻，2007 年以前能效提升率為每年 1.9%，但 2007 年之後降至每年 0.9%，且鋼鐵、水泥、機械等產業更缺乏能效提升；2021 年歐盟智庫報告亦指出，歐盟碳排放交易所涵蓋之鋼鐵、水泥、石油煉製等前幾大能源密集產業，2008-2018 年間單位產品碳排放量(碳排放強度)皆無明顯下降；由上述分析可知，在無其他有力措施情況下，經濟衰退反而可能阻礙產業真正節能減碳作為。以上凸顯歐盟在保障產業競爭力、避免經濟衰退與減少產業碳排放上，持續面臨兩難局面(Copley, 2023; Marcu et al., 2021; Schlomann et al., 2015; Statista, 2023, July 20; 郭博堯 et al., 2022, December)。

(三) 歐盟透過碳交易市場機制進行能源密集產業減碳投資之補貼

如前所述，如無政府補助，能源密集產業幾乎不可能進行具規模之減碳技術投資；歐盟政府宣稱要透過碳交易市場等碳定價機制推動能源密集製造業投資減碳困難重重，勢必要另闢他途(Copley, 2023; Schlomann et al., 2015)。為了突破困境，促使能源密集產業啟動減碳技術投資，歐盟政府在歐盟碳交易市場機制中，設計數種能源密集產業減碳投資之補貼機制，包括(郭博堯, 2023, September 19)：

1. 持續讓歐盟能源密集產業持有大量歷年抵用剩餘之免費核配額度，2021 年數量為歐盟碳交易市場機制中製造業年排放量的兩倍以上；這些額度可供產業至碳交易市場中銷售獲利，也可於未來政府核配免費額度調降時持續抵用。

2. 歐盟碳交易市場機制的營收來源，主要來自 2013 年後對電力業的有價核配額度拍賣制度；因為歐盟電力成本可以轉嫁給消費者，等於政府透過碳交易市場之拍賣制度，從電力業向電力消費者取得資金，歐盟政府再透過碳交易市場的附屬機制，轉而將拍賣所得補貼或資助能源密集產業進行減碳投資，其中重要附屬機制如下：
 - (1) 設立機制補償能源密集產業外購電之間接碳成本，將拍賣營收對能源密集產業進行電價補貼；而為促進減碳投資，歐盟要求能源密集產業所獲部分補貼資金，要用於投資「經濟可行」(Economically feasible)之減碳技術；然相關「經濟可行」減碳技術的實質減碳貢獻規模，一般較為有限。
 - (2) 為突破能源密集產業不願意投資較具減碳規模但高成本之減碳技術的困局，歐盟政府另以部分拍賣營收成立「創新基金」(Innovation Fund)，提供能源密集產業申請投資高成本減碳示範專案之經費補助；近幾年相關補助專案持續獲得通過，未來其減碳貢獻規模會如何擴大，值得後續持續觀察。

四、歐洲國家交通與建築部門相關減碳政策之近期挑戰

歐盟及英國之交通與建築部門減碳政策，近期在設計與執行上引發相當多的爭論與衝突，且引發歐盟與英國氣候政治領域相當程度的震盪，更造成不少減碳法令規章相關目標或措施之妥協鬆綁，而部分則改採提高誘因方式進行，且部分原承諾減碳目標已難以實現。茲就相關政策及法規之變化與論戰，進行概要彙整分析如後。

(一)歐洲國家建築與交通減碳政策爭論、目標放緩與提高誘因

1. 歐盟交通部門減碳政策鬆綁爭議與有效措施不足

歐盟為削減交通部門溫室氣體排放，擬推動 2035 年起禁售汽柴油車，然法規討論過程中卻出現意見分歧，原因在德國為保護其內燃機引擎汽車製造業，在立法程序的最後時刻，突然要求給予使用電子燃料(e-fuels)(性質類似汽柴油之合成的化石燃料替代品)車輛豁免資格，然此要求在歐洲議會兩次受挫後，德國與義大利阻擋了此法規幾乎已經走完多數程序之立法進程；德國此舉引發歐盟政治界的擔憂，原因在於德國在最後一刻才因其國家關鍵利益而對立法程序進行封鎖的舉動，將可能引發其他國家也嘗試在其他法規制定過程中模仿此舉動，來保護其國家利益(Burchard et al., 2023, March 20)。

另，2023 年 8 月德國政府出版報告承認，2030 年碳排放量將非常可能較原政府承諾目標多排放 2 億公噸以上，其中估計最大的排放超量來自交通部門，因為光交通部門就可能超過政府承諾部門別目標達 1.17-1.91 億噸(建築部門則估計將多排放 0.35 億公噸)；相關研究指出，德國交通部門難以減碳之原因，在於德國政府缺乏對私人運具提出有效措施，例如至今德國政府都沒有取消沒有速限的

法規，且沒有取消對公司車輛之稅務減免；然德國交通部表示，氣候中和只能根據社會正義和經濟條件來逐步實現(Alkousaa & Kraemer, 2023, August 22)。

2. 歐盟建築部門減碳政策之爭議、目標鬆綁與提高補助

歐盟執委會於 2021 年 12 月提出《建築能源績效指令》(Energy Performance of Buildings Directive)修法草案，規範 2027 年所有新公共建築必須達到淨零排放、2030 年所有新建築必須達到淨零排放，而所有低能源績效標準等級既有建築都必須在 2030 年前都提高其等級、至 2033 年要再提高一級；2022 年 10 月該草案獲得歐盟理事會支持，但新公共建築達淨零排放年限調整為 2028 年，既有建築也逐步滿足較低標準，於 2040 或 2050 年要達到更高標準；2023 年 3 月歐盟議會相關委員會則提出較為嚴格版本，要求所有新公共建築與所有新建築分別於 2026 年與 2028 年達到淨零排放，也提出新建築之太陽光電安裝規定，及既有建築的翻新規定，並要求 2035 年前禁售化石燃料供暖系統(或應歐盟執委會要求放寬至 2040 年)(Wilson, 2023, March)。

然而上述歐盟的《建築能源績效指令》修法進程，卻在會員國與歐盟議會進行最後談判階段遇到強烈政治阻力，因為歐洲有大量舊式建築，多國政府擔心民眾難以支付昂貴的建築翻修成本(房屋隔熱約需 4 萬歐元、汰換供暖系統約 1-2 萬歐元)，義大利政府是反對最強烈國家之一，德國建築部長聲稱將排除對個別房屋強制進行翻修之可能性，同時波蘭政府也提出反對意見(Jack, 2023, June 5)。

在歐盟法規修訂之同時，德國執政聯盟為了實現德國於 2030 年之建築部門階段性減碳目標與 2045 年達成碳中和之目標，推動修訂《建築能源法》(Building Energy Act)，規範 2024 年開始禁止販售化石燃料(燃油或燃氣)鍋爐，只允許販售至少使用 65% 以上再生能源之供暖設備，此將使民眾只能在熱泵、生質能供暖或區域供暖之間進行選擇；由於熱泵將較傳統燃氣鍋爐高出約 2 萬歐元價格，在經歷激烈的執政聯盟內鬥與反對黨暴增之聲勢壓力下，德國政府承諾將依據民眾收入水準提供高達 70% 之費用(Burchard, 2023, September 7)，且 2023 年 9 月 8 日通過的版本，將 2024 年期限放寬到 2028 年；此立法目標之倒退，使德國政府承認將無法達成原本 2030 年之建築部門減碳目標；且此次修法過程已導致民眾擔憂需安裝昂貴熱泵之焦慮，造成 2023 年化石燃料鍋爐購買者暴增，反而帶來反效果；反對黨也借助民眾的反對聲浪拉高支持率，並宣布如果贏得 2025 年選舉，將會推翻此次修法(Kurmayer, 2023, September 8)。

由於德國執政聯盟感受到上述德國法案通過後之政治衝擊，因此將矛頭轉向歐盟的法規，例如 2023 年 9 月中旬德國財政部長也對於歐盟建築法規修法提出強烈批評，認為該法規修訂將使民眾感覺更難以負擔相關費用，而可能危及社會安定(Burchard & Karnitschnig, 2023, September 12)；接著德國營建部長也對歐盟建

築法規修法內容提出批評，宣稱其將否決未達能源標準建築要進行節能改造之條款，主張將不會支持未考慮居住者、擁有者、使用壽命之差異而要求所有建築都適用的建築最低能效標準(Meza, 2023, September 18)。

在歐盟另一重要成員的法國方面，其總理馬克龍(Emmanuel Macron)於 2023 年 9 月 25 日表示，致力減排同時不應給民眾帶來昂貴負擔，綠色轉型應側重激勵措施而非具懲罰性或強加義務的形式，故法國政府將聚焦提供誘因而非強制規範之綠色轉型計畫；為此，馬克龍聲明法國不會禁用化石燃料鍋爐；此外，法國政府改為提供補助，在 2024 年度預算中編列 70 億歐元以推進減碳目標，其中 22 億歐元用於建築能效提升(Leali, 2023, September 25)。

3. 英國交通與建築部門減碳政策之倒退

英國在追求全球氣候領導地位之政黨共識下，為了要達成淨零排放目標，勢必要對於溫室氣體排放減量進程緩慢的交通與建築部門增強減碳措施力道；但交通與建築兩個部門之有效減碳措施(例如建築隔熱與供暖系統)之成本偏高，如果強制規範民眾自行強化，必然遭受強大阻力(Kemp, 2021, December 2)；然而英國政府規模有限而時有時無的補助，往往也難以擔當重任，例如 2020 年 7 月英國首相強生(Boris Johnson)執政時期提出綠色投資專案，以協助提升包括公有建築在內之建築節能與能源效率，卻被批評規模太小，更因複雜程序難以有效執行，於 2021 年 3 月被刪除相關經費(Lawson, 2022, November 17)。

而難以維持前幾任英國首相主張的現任首相蘇納克(Rishi Sunak)，於 2023 年 9 月 20 日宣布鬆綁交通與建築部門相關減碳政策，包括將禁售新汽油和柴油汽車期限從 2030 年推遲到 2035 年、鬆綁原設定於 2035 年完全淘汰燃氣鍋爐並以熱泵取代之期限(英國房屋目前 80% 以上還採用燃氣鍋爐)，又原本 2026 年後未接天然氣管線房屋不可安裝燃油鍋爐之期限延至 2035 年，且將不再推動規範屋主加強房屋絕緣措施之法規，另外改採取獎勵措施，提高對汰換鍋爐者之現金補助金額達到近 5 成(約 7,500 英鎊)(Reuters, 2023, September 21)。

蘇納克首相對其氣候政策倒退的辯護說法為：「氣候政策正在傷害民眾，故有必要放慢速度以保持民眾對緩解環境變化的信心...面對當前的生活成本危機，人們不應被要求去購買電動車或將燃氣供暖改為電熱供暖」，他並堅稱：「較緩慢的脫碳仍允許英國達成 2050 淨零目標」；然而知名科學期刊《Nature》刊登社論，抨擊英國首相之氣候政策倒退作為，指出如果其辯護說法成立，則所有較低收入的國家都可以合理主張他們更有理由減緩脫碳，因為他們民眾的收入更低，也有更多弱勢族群(Editorial, 2023, September 25)。

(二) 歐盟建築與交通碳交易市場機制的論戰

歐盟原先已為電力/供暖業與製造業建立首個碳交易市場，2023 年再通過碳

交易市場法規修訂案，為建築與交通部門另設獨立的第 2 碳交易市場機制(ETS-2)。但此分別獨立的碳交易市場設計存在幾個疑義之處，包括(Lerch, 2023)：

1. 在於同樣目標都是要控制相同的溫室氣體排放，卻設立兩個分開的碳交易市場，這讓該政策工具可透過跨部門排放交易以最低成本達到減碳目標之最大優勢被棄置不用，從經濟學角度來看完全沒有道理；一個為此設計辯護的理由是因為交通和建築部門的邊際碳減量成本偏高，若將交通與建築部門納入原先的碳交易市場，則工業部門的碳排放額度交易價格也將上漲，從而阻礙了工業部門之國際競爭力；
2. 歐盟另外的建築或交通部門強制減碳政策(例如部分交通運具技術禁令或要求既有建築物節能改造規範)，將不具備任何額外減量效益，因為在 ETS-2 碳交易市場機制下，建築與交通部門強制管制政策的減量成果將被進行交易，結果整個 ETS-2 系統原本可透過交易促進的碳減量潛力將非常可能被抑制，而碳交易市場最重要的促進效率之效益將難以發揮，即原本碳交易市場可促成創新節能技術導入的空間，將被大幅壓縮。

五、小結

過去有人對歐盟環境外交政策之評論，認為其是：「依照一套規範說話、根據另一套規範做決定，再根據第三套規範行事」；然而力圖擔任全球氣候領導者的歐洲國家，如果其氣候主張沒有言行一致，則不僅會被認為不可信，更沒有能力領導並改變其他國家的行為(Çelik, 2022)；而 2022 年俄烏戰爭爆發，使歐盟近期在如何兼顧保障產業競爭力、保障民眾生活品質與減少碳排放之政策選擇上，面臨難以面面俱到之艱困局面；其中歐盟與英國原先過去強烈主張加速停止化石能源開採使用的政策方向，近期卻在其自身政策制定與執行上，放緩腳步甚至默默轉向，凸顯歐盟與英國在政策推動上，出現部份行動與其野心勃勃的減碳目標相背離的窘境。

又歐洲國家淨零碳排成長願景呼籲全球要以大規模低碳投資來促進 GDP 成長，但就歐洲製造業而言，沒有成長與獲利，現實條件下難以進行減碳投資；尤其現今歐洲國家能源密集產業面臨成長減緩甚至衰退局面，雖使能源使用及碳排放減少，然能源密集產業成長之停滯或衰退與盈利能力下降，亦同時阻礙能源密集業真正投資採用昂貴減碳設備的可能性，使歐洲能源密集業被稱為「難以減碳」(Hard-to-abate)產業，根本上難以選擇「綠色成長」之途；為此，歐盟碳交易市場機制進行制度設計調整，改為強化碳交易市場機制配套之產業減碳投資補貼策略，開啟能源密集製造業進行減碳投資之契機，而目前相關制度推動上似乎已見進展，後續可持續觀察。

而歐盟與英國之交通與運輸部門與難以減碳之能源密集產業情況相似，都存

在減碳技術成本偏高之特性；使歐盟等國家礙於民眾壓力而難以提出有效減碳措施，或在提出強制法規過程中，陸續因產業、民眾之反彈聲浪，或政黨政治利益考量，而鬆綁目標或撤除提案，又或改以補助方式為措施主軸；然採用補貼措施，會因經費有限而難以有效擴大減碳規模。

歐洲主要國家如今的淨零願景中，不管是被歐洲國家想要捨棄的化石燃料，或是減碳成本高昂、難以減碳的能源密集產業、交通部門與建築部門，都成為歐盟與英國邁向淨零排放的重大挑戰，並且近期都在政策、法規與執行上遇到逆風，減碳願景或實質減碳成效一再受挫，且過程中引發許多內部政治動盪與民意反對聲浪；又為了降低反對聲浪，越來越多歐洲國家相關減碳制度轉向以補貼為主軸，但礙於經費有限，難以對所有部門或產業都提供具規模之補貼，被評估不少個別部門或產業之階段性目標將難以達成。自詡氣候領導者的歐盟與英國，雖然在電力部門有顯著減碳成果，得而以其減碳績效助攻國際氣候談判，然歐洲國家紛紛面臨能源、工業、交通與建築等部門實質減碳卡關情況，後續透過國際氣候談判來說服其他國家積極減碳，將更增添難度。

依據本章研析結果，對於我國氣候治理之執行面與產業面，提供建議如下：

(一)減碳視同科學的「射月計畫」，願景可宏偉，但不應自我箝制，執行不躁進

我國在宣誓支持減碳和永續地球的理念上不落人後，我們的承諾目標，確實可激勵尋求科技等領域突破之雄心，也讓臺灣的努力在國際上受到認同；但基於各國多不願先犧牲自我利益來減碳，故我們的淨零排放願景也不應用來對國家發展畫地自限，而是要考慮自身條件與國情，有序轉型，因為若先傷害我國產業之國際競爭力與民眾福祉，反而會失去科技突破動能及因應氣候變遷的能力，甚至殃及臺灣對於全球減碳技術所能提供之助力，將無益於全球減碳大業。

故在執行層面，建議要務實優先執行國際實務上確認屬於成本效益高、可兼顧經濟與環境之部門別或產業別措施；對於現階段還難以減碳之部門或產業，只求先逐步建構具成本效益且可保護或創造國家利益的低碳技術支援體系，不要躁進，避免不計血本的代價，而要去面對如歐洲主要國家近期困境。

(二)分部門、分產業深入評估各國減碳措施落實與否，避免落入「氣候陷阱」

對於各國減碳相關政策與措施，如果只彙整引用其減碳目標與所規劃之政策，未深入評析其目標與政策合理性、背後意涵、落實可行性、與運作真實情況，將蘊含不小的風險；因為許多國家難以減碳的產業或部門別，常常面對目標無法落實之困境，接續會低調從原設定目標撤退；如果我們未能掌握，只參考其原規劃來要求臺灣達到類似目標，可能會陷入「足以造成現有經濟結構之破壞性變化」的後果而不自知的風險。

又如果外國所提政策是為了特定部門或產業利益，還可能進行「氣候陷阱」布局，例如歐盟的碳交易市場機制與碳關稅機制，其實核心是歐盟製造業補貼機制複合體，以保護其製造業；相對上，我們若未能調整角度認清真實情況，選擇措施不切合實際，產業可能尚未減碳，反先傷及國際競爭力。

為此，我國政府應組織因應國際產業戰略評估團隊，嘗試抓住各國碳戰略布局及制度的竅門，及確實掌握各國措施落實情況，能夠知己知彼，才能有機會設計出能兼顧減碳與產業競爭力的機制，以協助產業趨吉避凶，也要嘗試爭取掌握其中的機會。

英文縮寫對照表

縮寫	英文名稱	中文名稱
CDM	Clean Development Mechanism	(《京都議定書》所設立) 清潔發展機制
GDP	Gross domestic product	國內生產總值
IEA	International Energy Agency	國際能源總署
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	政府間氣候變化專門 委員會
JI	Joint Implementation	(《京都議定書》所設立) 共同執行
LNG	Liquified natural gas	液化天然氣

參考文獻

- Alkousaa, R., & Kraemer, C. (2023, August 22). Germany set to miss net zero by 2045 target as climate efforts falter. *Climate Home News*.
<https://www.reuters.com/business/environment/germanys-climate-efforts-not-enough-hit-2030-targets-experts-say-2023-08-22/>
- Appunn, K., Eriksen, F., & Wettengel, J. (2023, April 4). Germany's greenhouse gas emissions and energy transition targets. *Clean Energy Wire*.
<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-greenhouse-gas-emissions-and-climate-targets>
- Authors, M. (2022, August 4). Q&A: What does the UK's new energy security strategy mean for climate change? . *Carbon Brief*.
<https://www.carbonbrief.org/qa-what-does-the-uks-new-energy-security-strategy-mean-for-climate-change/>
- Brower, D., Sheppard, D., & Tani, S. (2023, June 23). Germany locks in more US natural gas as it shuns Russian supply.
<https://www.ft.com/content/ecdadbf1-1939-4952-b2cc-c84fb1cbe6d6>
- Burchard, H. v. d. (2023, September 7). How heat pumps exploded Germany's ruling coalition. *Politico*.
<https://www.politico.eu/article/heat-pumps-exploded-germany-ruling-coalition-green-law/>
- Burchard, H. V. D., & Karnitschnig, M. (2023, September 12). Germany's Lindner blasts EU over 'enormously dangerous' green plans. *Politico*.
<https://www.politico.eu/article/germany-finance-minister-christian-lindner-eu-dangerous-green-plans-clean-energy/>
- Burchard, H. v. d., Leali, G., Joshua Posaner, & Jack, V. (2023, March 20). France-Germany feud heats up over cars and nuclear. *Politico*.
<https://www.politico.eu/article/france-germany-rift-over-cars-nuclear-deepens-a-head-of-eu-summit/>
- Çelik, F. B. (2022). The EU's different faces in climate diplomacy: leadership, interests, and responsibilities. *Journal of European Integration*, 44(8), 1019-1039.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07036337.2022.2068538>
- Copley, J. (2023). Decarbonizing the downturn: Addressing climate change in an age of stagnation. *Competition & Change*, 27(3-4), 429-448.
<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/10245294221120986>
- Donnelly, E. (2023, January 9). LNG fever: European firms sign mega-contracts as US

shale gas imports boom. *Investigate Europe*.

<https://www.investigate-europe.eu/posts/lng-fever-mega-contracts-shale-gas-imports-us>

Editorial. (2023, September 25). Shock delay to net-zero pledges turns UK from climate leader to laggard. *Nature*.

<https://www.nature.com/articles/d41586-023-02987-7>

European Commission. (2023, April 24). European Green Deal: New EU-Norway Green Alliance to deepen cooperation on climate, environment, energy and clean industry. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_2391

European Parliament. (2023, February 14). CO2 emissions from cars: facts and figures (infographics).

<https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20190313STO31218/co2-emissions-from-cars-facts-and-figures-infographics>

Evans, S. (2023, June 3). Analysis: UK emissions fall 3.4% in 2022 as coal use drops to lowest level since 1757. *Carbon Brief*.

<https://www.carbonbrief.org/analysis-uk-emissions-fall-3-4-in-2022-as-coal-use-drops-to-lowest-level-since-1757/>

Fisher, J. (2022, October 7). UK defies climate warnings with new oil and gas licences. *BBC*. <https://www.bbc.com/news/science-environment-63163824>

Fouche, G. (2023, September 15). Norway will deliver gas to Europe for as long as needed, climate minister says. *Reuters*.

<https://www.reuters.com/world/europe/norway-will-deliver-gas-europe-long-needed-climate-minister-says-2023-09-15/>

Gbadamosi, N. (2022, July 20). Africans Decry Europe's Energy Hypocrisy. *Foreign Policy*.

<https://foreignpolicy.com/2022/07/20/europe-africa-energy-crisis-oil-gas-fossil-fuels-russia-ukraine-war/>

Harvey, F. (2022, December 7). UK's first new coal mine for 30 years gets go-ahead in Cumbria. *The Guardian*.

<https://www.theguardian.com/environment/2022/dec/07/uk-first-new-coalmine-for-30-years-gets-go-ahead-in-cumbria>

Harvey, F., & Ambrose, J. (2023, March 30). Net zero strategy shows UK will miss 2030 emissions cuts target. *The Guardian*.

<https://www.theguardian.com/environment/2023/mar/30/net-zero-strategy-shows-uk-will-miss-2030-emissions-cuts-target>

Howarth, R. W. (2019). Ideas and perspectives: is shale gas a major driver of recent increase in global atmospheric methane? *Biogeosciences*, 16(15), 3033-3046.

<https://bg.copernicus.org/preprints/bg-2019-131/>

- Jack, V. (2023, June 5). EU's green renovation wave faces backlash. *Politico*.
<https://www.politico.eu/article/eus-green-renovation-wave-faces-backlash/>
- Kelly, D. (2023, January 26). Norway and EU Clash Over Arctic Oil and Gas. *Energy Intelligence*.
<https://www.energyintel.com/00000185-ef67-dcb8-a59f-ffe79f440000>
- Kemp, J. (2021, December 2). Britain's old housing stock emerges as key emissions problem. *Reuters*.
<https://www.reuters.com/markets/commodities/britains-old-housing-stock-emerges-key-emissions-problem-kemp-2021-12-02/>
- Kurmayer, N. J. (2023, September 8). Germany adopts watered-down fossil boiler ban for 2028. *Euractiv*.
<https://www.euractiv.com/section/energy-environment/news/germany-adopts-watered-down-fossil-boiler-ban-for-2028/>
- Lawson, A. (2022, November 17). Government plans £6bn to insulate UK houses and gives go-ahead for Sizewell C. *The Guardian*.
<https://www.theguardian.com/uk-news/2022/nov/17/6bn-insulate-houses-sizewell-c-jeremy-hunt-energy-efficiency-autumn-statement>
- Leali, G. (2023, September 25). Macron pitches non-punitive green transition with new package. *Politico*.
<https://www.politico.eu/article/france-emmanuel-macron-pitches-non-punitive-green-transition-with-new-package/>
- Lerch, A. (2023). European Climate Policy: One step forward, two steps back. *Zenodo*.
https://www.researchgate.net/publication/370547962_European_Climate_Policy_One_step_forward_two_steps_back
- Marcu, A., Vangenechten, D., Alberola, E., Olsen, J., Schleicher, S., Caneill, J.-Y., & Cabras, S. (2021). 2021 State of the EU ETS Report. In: ERCST.
- Messem, D. (2019, October 8). The Lull before the Storm? Britain's Clean-Energy Transport Transition. *Transport Energy Strategies*.
<https://www.transportenergystrategies.com/2019/10/08/the-lull-before-the-storm-britains-clean-energy-transport-transition/>
- Meza, E. (2023, September 18). German construction minister rejects EU plans to increase energy efficiency in old buildings. *Clean Energy Wire*.
<https://www.cleanenergywire.org/news/german-construction-minister-rejects-eu-plans-increase-energy-efficiency-old-buildings>
- Nagy, D. (2022). Challenges of sustainable transport in Danube navigation.

- Reuters. (2023, September 21). UK net zero policies: What do changes mean?
<https://www.reuters.com/world/uk/what-are-britains-energy-targets-how-could-they-change-2023-09-20/>
- Schlomann, B., Reuter, M., Tariq, S., Wohlfarth, K., Lapillonne, B., & Pollier, K. (2015). Energy efficiency trends and policies in industry.
<https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/c9cca5f0-3333-4f01-8255-a61edf4cef48/content>
- Statista. (2023, July 20). Verified emissions under the European Union Emission Trading System (EU ETS) from 2005 to 2022, by activity sector.
<https://www.statista.com/statistics/1329252/european-union-emissions-by-activity-sector/>
- Stępień, A., & Raspotnik, A. (2021, October). The European Union's 2021 Arctic Policy Update. *The Arctic Institute*.
<https://www.thearcticinstitute.org/wp-content/uploads/2021/10/Continuity-with-Greater-Confidence-The-EUs-Arctic-Policy-Update-2021.pdf>
- Wallace, A. (2023, July 31). Rishi Sunak to green-light hundreds of new oil and gas licenses in North Sea. *Politico*.
<https://www.politico.eu/article/rishi-sunak-oil-gas-licenses-north-sea/>
- Wettengel, J. (2023, January 10). Germany, EU remain heavily dependent on imported fossil fuels.
<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-dependence-imported-fossil-fuels#three>
- Wettengel, J. (2023, October 5). Germany's climate action programme 2023. *Clean Energy Wire*.
<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germany-draft-climate-action-programme-2023>
- Wilson, A. (2023, March). Energy Performance of Buildings Directive. *European Parliamentary Research Service*.
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/739377/EPRS_ATAG\(2023\)739377_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/739377/EPRS_ATAG(2023)739377_EN.pdf)
- 郭博堯. (2023, September 19). 對歐盟碳交易市場之觀察—如何克服製造業低碳化的挑戰. 2023 臺德氣候政策與碳定價論壇.
- 郭博堯, 石信智, 莊昇勳, 郭祥亭, & 莫冬立. (2022, December). 全球碳交易市場發展之回顧與因應建議. 財團法人中技社.
<https://www.ctci.org.tw/8838/publication/10798/44594/>

第七章 國際氣候相關制度與公平性研究

前言

最合理的應對氣候變遷方式，就是大幅減少溫室氣體排放，然而人類社會自工業革命啟動後，全球碳排放量持續成長，雖然歷經多次國際經濟、金融、疫情、戰禍等危機，僅使全球排放總量在短期略為減少，之後就重回成長軌道；而國際社會推動全球氣候治理機制雖已 40 年有餘，尚難在控制全體人類溫室氣體排放上取得有效進展，反而多年來難以在國際氣候談判中解決各國減量責任應如何公平分配之爭議，凸顯氣候公約談判的公平性議題之重要性；查詢 WorldCatlog¹⁴ 上有關國家氣候變遷正義、氣候變遷與公平等主題，相關文獻高達 2,000 多筆，紙本書籍高達上百本，且相關論文數量仍然持續增加中。

本章主要從科學、政治與法律之角度，探討國際氣候談判過程中之公平性議題，及氣候公約各階段之公平性問題的折衝情況；首先，探討國際氣候談判及機制建構過程中，「政府間氣候變化專門委員會」(IPCC) 評估報告與國際氣候談判過程的各階段互動關係，及 IPCC 對各國家氣候變遷責任公平性之闡釋，與 IPCC 機制下科學研究及政治實力對國際氣候談判及公平性課題之交互影響，與各國各持立場所造成之僵局；其次，討論政治與法律領域在定義氣候正義與公平責任面臨之困境；接續，探討國際公約在氣候責任公平性之模糊立場與實踐挑戰，和所採取的政治妥協結果；最後，以各國「國家自定貢獻」報告內容為例，討論氣候責任之實踐與公平性。

一、IPCC 歷年評估報告與國際氣候談判歷程之時序關係

藉由 1988 年 IPCC 的設立，聯合國得以將氣候變遷科學評估過程機制化，將氣候變遷科學論述彙整於歷次評估報告中，也在國際氣候談判過程中發揮關鍵作用，而與氣候談判共同形成國際氣候治理中關係密切的雙軌；IPCC 氣候科學評估報告與國際氣候談判間的時序關係，如圖 7.1 所示，而其歷年來相互影響之情況，則簡述如下(中國清潔發展機制基金, 2018, June 20; 張永香 et al., 2018)：

1. IPCC 第 1 次評估報告(First Assessment Report, FAR)於 1990 年發布，是其第一次系統性評估氣候變遷科學的發展，為全球推動 1992 年聯合國環境與發展大會通過《聯合國氣候變遷綱要公約》(UNFCCC) 奠定科學基礎；

¹⁴ 作者於 2023 年 6 月 12 日之搜尋結果。



資料來源：(張永香 et al., 2018)

圖 7.1 氣候變遷科學評估報告與國際氣候談判之時間進程

- 1995 年 IPCC 發布第 2 次評估報告(Second Assessment Report, SAR), 促成 1997 年 UNFCCC 第 3 次締約方會議(COP 3)通過《京都議定書》(Kyoto Protocol)；
- 2000 年 COP 6 海牙大會未能達成《京都議定書》履約機制之重要決定，而 2001 年 3 月美國布希政府主張氣候變遷科學仍有許多未知之處與相關規範存在致命缺陷，宣布退出《京都議定書》；此時 2001 年 IPCC 發表之第 3 次評估報告(Third Assessment Report, TAR), 開始分區域評估氣候變遷影響，再次成為協助建構國際氣候治理機制的科學助力，促成 2001 年 10 月 COP 7 通過解決《京都議定書》履約機制之政治決定的《馬拉喀什協定》；
- 2007 年 IPCC 發布第 4 次評估報告(AR4), 開始將溫室氣體排放、氣溫升幅、氣候變化影響等，建立較為明確之關聯，並指出人類活動對氣候變遷很可能有相當大的責任；此次報告也促成 2007 年 COP 13 通過具里程碑性質的「峇里島路線圖」(Bali Road Map), 確認採用「雙軌制」，一方面推動已開發國家承諾 2012 年後大幅減量目標，另一方面推動開發中國家也採取進一步應對氣候變遷措施；然原定 2009 年 COP 15 達成具體減量目標的談判破局，只發表不具法律約束力、由各方表達政治意願的《哥本哈根協議》；經由各方努力，2011 年 COP 17 德班大會同意先將《京都議定書》法律效期延後，並成立「德班平台」，負責於 2015 年前，提出適用於 2020 年後所有締約方的新國際氣候

協議。

5. 2014 年 IPCC 提出第 5 次評估報告(AR5)，使全球氣候暖化之事證更為強化，並凸顯人類活動非常可能對氣候系統帶來顯著影響，終促成 2015 年 COP 21 通過《巴黎協定》，首次凝聚全球共識，共同投入減碳行列。

對於 IPCC 科學研究與氣候政治目標推動的交錯關係，以及主要國家憑藉 IPCC 科學評估報告助攻國際談判之重要例證之一，是歐盟早在 1996 年就首次提出全球應設定不超過 2°C 升溫幅度之目標，但此目標並未在 IPCC 第 2 次評估報告(SAR)中獲得有力支持，故歐盟力推從 IPCC 第 3 次評估報告(TAR)開始評估升溫幅度與排放關係，在 IPCC 第 4 次評估報告(AR4)中則強化 2°C 目標的重要性，再於 IPCC 第 5 次評估報告(AR5)中量化評估 2°C 升溫目標下人類還有多少溫室氣體累積排放空間，而凸顯實現 2°C 目標的急迫性，終於 2015 年將本世紀全球氣溫升幅限制在 2°C 以內並尋求進一步控制在 1.5°C 以內之目標，正式納入《巴黎協定》中(張永香 et al., 2018)。

由上述例證可知，IPCC 評估報告似乎可作為具科研實力國家提出政治訴求與推動相關談判進程的有力工具；但相對上，科研實力不足的國家，在 IPCC 報告中無法凸顯欲訴求議題之討論，這個問題明顯變成已開發國家與開發中國家的巨大差距，即使中國大陸為開發中國家首強，中國大陸作者引文數在 AR4 第 1 工作組報告中只占 1.4%，AR5 第 1、第 2 及第 3 工作組報告也只分別占 2.8%、1.3% 及 1.6%，一些核心議題上(例如全球氣溫變化趨勢、2°C 升溫限制條件下的剩餘碳排放空間等、排放責任與排放權分配等)較少列入中國大陸學者的科研成果。實力的落差，亦使中國大陸較難掌握話語權，而只能處於被動防禦地位，也較不易運用科研成果維護國家利益(張永香 et al., 2018)。

二、科研實力對國際氣候談判及公平性課題之影響與所引發對立

氣候科研與政治實力差距之影響，凸顯於國家未來減量責任公平性的評估上。在討論人類溫室氣體排放之責任時，開發中國家認為合理起點應該是從 19 世紀中期(例如 1850 年)第二次工業革命時期開始統計歷史累積排放量，以為進行未來排放權分配之依據，例如 UNFCCC 在討論如何量化分配已開發國家減量責任時，1997 年巴西就建議以 19 世紀中以來累積排放量進行比較的「巴西方案」(Brazilian Proposal)，而 UNFCCC 也曾經組織專家會議進行研討(La Rovere et al., 2002; 戴君虎 et al., 2014)，後續已開發國家與開發中國家也在國際氣候談判中，爭論各國排放責任應如何分配。科研與制度設計實力較為堅強的歐美國家，陸續主導提出各種未來排放權分配之方案，以供氣候談判之討論；然而開發中國家進行相關方案評估後，卻對歐美國家的方案設計產生相當大的質疑；例如 2009 年

中國大陸學者丁仲禮等人針對當時包括 2007 年 IPCC 報告中所提情境設計¹⁵在內之 7 個國際上較受關注方案¹⁶進行分析(參見表 7.1)，結果發現上述由歐美國家主導之各方案，都以分配未來減量比例為架構，雖然要求已開發國家率先減少排放比例，然而各方案也同步設定全球未來可排放總量，等同進一步也設定未來開發中國家可排放比例，且評估結果更顯現，已開發國家將擁有高於發展中國家歷史人均排放權 2.3~6.7 倍之結果，造成所有方案都偏向較限縮開發中國家排放權；相關分析引發開發中國家對於已開發國家提案之高度不信任，造成後續 2009 年 COP15 哥本哈根氣候大會達成全球具體減量目標的談判破局(Ding et al., 2010; 丁仲禮 et al., 2009b)。

表 7.1 中國大陸 2009 年對國際 7 個溫室氣體排放權分配方案彙整表

	中期目標 (2020 年)	長期目標 (2050 年)	基準年	控排主體分類
IPCC 方案	附件 I 國家減排 25%~40%; 非附件 I 國家中, 拉美、中東、 東亞地區及亞洲中央計劃國家 在基準水平上大幅度減排	附件 I 國家減排 80%~95%; 非附件 I 國家在基準水平 上大幅減排	1990 年	附件 I 國家 非附件 I 國家
G8 國家方案	-	減排 50%	-	發達國家 其他國家
UNDP 方案	到達峰值	減排 50%	1990 年	發達國家 發展中國家
OECD 方案	減排 3% (2030 年)	減排 41%	2000 年	OECD 國家 金磚四國 其他國家
澳大利亞 Garnaut 方案	增加 29%	減排 50%	2001 年	澳大利亞 加拿大 美國 日本 歐盟 25 國 發展中國家
CCCPST 方案	到達峰值 (9.03 GtC)	減排到 8.18 GtC (2030 年)	2003 年	美國以外的經合組織國家 中國 中國以外的非經合組織國家
丹麥 Sørensen 方案	-	486.27 GtC (2000~2100 年累計排放)	2000 年	美國、中國、西歐等 13 類

資料來源：(Ding et al., 2010; 丁仲禮 et al., 2009b)

三、IPCC 報告闡釋公平分擔氣候責任之挑戰與難以客觀中立之結果

由於 UNFCCC 氣候談判中，在各國減量責任應如何公平分配議題上持續陷入僵局，IPCC 也基於 UNFCCC 公約內容，嘗試對於相關原則與推動架構提出分析與闡釋，相關內容可見諸 2014 年 IPCC 第 5 次評估報告(AR5)的第 3 工作組報告中。於 AR5 第 3 工作組報告第 3 章中，先針對氣候變遷相關並廣泛被使用的經濟、倫理與社會科學觀念與方法等相關文獻，加以分析與整理，為氣候變遷相關之經濟社會面向之討論提供定義與理論之資料基礎，包括討論正義、公平、責任與氣候變遷之關係，並分析包括代際公平、歷史責任、分配正義之正反見解(IPCC,

¹⁵ IPCC 第 4 次評估報告(AR4)中第 3 工作組(Working Group II)特別報告之決策者總結報告的排放情境。

¹⁶ 7 個提案中，IPCC 情境列為其中一個方案，而有 5 個為 OECD 國家所提方案，另一則是 UNEP 提案；由於已開發國家對於 IPCC 與 UNEP 都有較大影響力，故作者假設已開發國家對所有方案都具有主導地位。

2014)；另於第4章「永續發展與公平」(Sustainable Development and Equity)中，嘗試彙整履行氣候協議與平等、公正與公平之相關討論，指出各國溫室氣體排放之歷史累積與現行貢獻各不相同，又各國尚面臨不同的國情與挑戰，因此應對減緩和調適的能力都有所不同。而對於 UNFCCC 架構下如何公平分擔氣候責任，則見諸報告第 4.6.2 節，內容聚焦公平分擔責任之共識、公平分擔責任原則之考慮面向，與公平分擔責任之方案架構建議，摘述如下：

1. 公平分擔氣候責任之共識

在 UNFCCC 架構下，有關締約國碳排責任之分擔，並未設定量化目標與如何分擔溫室氣體排放責任；然而根據公約第 4 條第 2 項第 1 款指出，締約方之間應公平分擔碳排放責任¹⁷，可知公約第 4 條 2 項 1 款隱含締約方對於公平分擔責任的理念，存在初步共識。

各國在分擔氣候責任時，理應依照不同條件承擔相應程度的義務，例如：(1) 依據第 3.1 條，已開發國家應制定政策並採取相應措施，以減緩氣候變化；(2) 依據第 4.7 條，較富裕已開發國家有協助開發中國家有效達成公約之義務。

2. 公平分擔氣候責任原則之考慮面向

由於 UNFCCC 對於氣候責任如何公平分擔欠缺嚴格的定義，因此 IPCC 報告由相關條文與法理之解釋，提出應考慮 4 個面向，以具體化「公平分擔原則」：(1) 責任：即各國應對其過去到現在所製造的碳排放量負責；(2) 能力：考量各國財政、技術、機構及人力等資源差異；(3) 平等：普遍解釋為每一個人具備同等的道德價值，而享有同等權利；(4) 發展權：在減緩氣候變化的同時，仍須促進開發中國家的經濟成長(IPCC, 2014)。

3. 公平分擔氣候責任之方案架構建議

雖然在上述的公平分擔責任的共識與原則之可慮面向中，都有包括歷史排放責任之意涵，但在針對氣候責任公平分擔之方案架構建議中，卻隱晦的略去歷史排放責任的元素，其報告中對於方案架構建議限縮後，內容如下：(1) 資源共享 (Resource-sharing) 架構¹⁸；(2) 減量責任分配 (Effort-sharing) 架構；前者認為全球的碳預算有限，在資源共用的前提下，最直觀的解決方式為人均平等法，所有人享有平等排放權利，依照各國人口比例分配碳排放量；後者則認為氣候問題是搭便車的集體行動造成，在此架構下則會參酌某些因素（例：能力、責任、人均

¹⁷ U.N., United Nations Framework Convention On Climate Change Article 4.2(a):”.....the need for equitable and appropriate contributions by each of these Parties to the global effort regarding that[the UNFCCC] objective.....”, U.N. Doc.FCCC/INFORMAL/84 GE.05-62220 (E) 200705.

¹⁸ 此類似於第四章所述之人人平等原則。

GDP)，分配各國的碳排量權利(IPCC, 2014)。

4. 公平分擔氣候責任之方案討論與問題

IPCC 之 AR5 報告除了在第 4 章的公平分擔氣候責任之方案架構建議中，配合歐美國家淡化有關歷史排放責任之討論外，AR5 並在第 6 章中，對於減量責任分配(Effort-sharing)方案之討論，將原本開發中國家聚焦的歷史人均平等排放權分配方案，與已開發國家所提相關方案一起納入「平等之人均累積排放 (Equal cumulative per capita emissions)」類別中，另外再加上「責任(Responsibility)」、「能力(Capability)」、「平等(Equality)」、「責任、能力與需求(Responsibility, capability, and need)」、「分階段方法(Staged approaches)」和「平等之邊際減量成本(Equal marginal abatement costs)」等共 7 類別眾多方案類別，一起彙整於 AR5 的表 6.5 中 (Edenhofer et al., 2014)；可看出已開發國家動用龐大研究與論述能量，提出各種不同類別的方案再匯集到 IPCC 報告中，從而稀釋已開發國家所強調歷史排放責任之重要性。

即使是在 AR5 的表 6.5 之「平等之人均累積排放 (Equal cumulative per capita emissions)」責任分配方案類別中，也分別列舉已開發國家與開發中國家之文獻，而 IPCC 亦說明這些研究存在相當大的分歧，重點說明如下：

1. 已開發國家之主張：(1)避談已開發國家歷史人均排放偏高之責任，設定已開發國家和開發中國家之人均排放未來趨於相同；(2)將歷史責任計算起始年改至對已開發國家明顯有利的 1990 年、1992 年(UNFCCC 的基準年或簽訂年)甚至 2010 年(Bode, 2003; Nabel, et al., 2011; Schellnhuber, 2009)。
2. 開發中國家之主張：(1)以歷史人均平等為原則；(2)從 1850 年起算各國歷史責任，並計算各國未來碳排放空間(Jayaraman, 2011)。

至此，由於 IPCC 至 2014 年的 AR5 報告中，無法以客觀中立的科學角度，在不同方案中擇一支持，已顯示 IPCC 難以從科學角度維持其政策建議之中立性，因而無法協助客觀指引氣候談判所需碳排放權公平分配方案之討論方向。

四、由法律與政治角度觀察國際氣候公約之公平性需求與挑戰

除了 IPCC 與科學領域曾多方嘗試探討氣候公平責任與排放權議題之外，國際氣候公約之公平性亦成為法律與政治等社會科學領域研究氣候公約之重要議題(Caney, 2021)，並已累積許多有關氣候公平與爭議之討論，然而從法律與政治領域為氣候「公平」或「正義」提供單一定義或判斷標準，仍面臨困難(Harris, 1999, February)。本節先摘述國際法界對國際公約公平性需求之看法，從政治角度檢視單一定義國際氣候公平正義之困境，及從政治與法律角度分析美國為何難以接受氣候正義觀點，與國際氣候公約最終採取政治妥協之必要性。

(一) 國際法界論述國際氣候公約之公平性需求

國際法庭主席法官 Abdulqawi Ahmed Yusuf，在 2019 年國際法研討會主題演說點出國際法發展之現況與困境(Yusuf, 2020)，Yusuf 法官指出「聯合國成立至今，已由國際組織啟動、完成人類『共同關切議題』相關之多項多邊協議，但當與個別國家利益發生衝突時，『共同關切』議題卻面臨縮減、削減或被徹底刪除之命運。如果每個國際成員都以追求自己的利益為首要目標，並將國際關係的基礎建立於自利的互惠交流和短期雙邊交易，那麼對某個重要議題的協商，將僅流於對議題表達『共同關心』，無助於解決議題。氣候變遷議題具有群體(Community)性，需以群體為主軸解決問題方能成功，而『處理群體參與者之公平性』是首要問題」。

(二) 從政治角度檢視單一定義國際氣候公平正義之困境

英國國際氣候環境及政治學專家 Harris 於 1999 年與 2000 年分別撰寫「何謂公平？由環境角度談國際公平」(Harris, 1999, February)與「國際分配正義：環境面之思考」(Harris, 2000)¹⁹，指出國際正義儼然成為國際環境談判的重要部分，更成為解決全球環境變化的國際審議的核心。然而，幾乎不可能提供一個沒有爭議且被廣泛接受的國際環境正義之定義，因為沒有一個國家或個體會同意一項嚴格的正義定義，阻礙考慮其他因素之可能性。對應到全球變遷的議題，對於公平分配氣候變遷所帶來的利益和負擔，先進國家、小島國家、開發中與未開發國家有各自不同觀點，每種觀點都有很強的道德基礎；如果一方堅持排除對另一方的考慮，任何一方都不可能接受；此顯現單一定義國際氣候協議之公平性所面臨之困境——「因不同群體考量不同，而無法取得所有群體的認同」。

(三) 美國拒絕接受氣候正義觀點之政治與法律面論述

1998 年美國克林頓總統簽署《京都議定書》，但後來未交國會批准(Biniiaz, 2018)，因為批准公約需要參議院三分之二的批准，而當時美國政治氛圍已構成批准國際公約之障礙(Mulligan, 2018)，根據國會研究報告，國會對於批准《京都議定書》設定嚴格的條件(Biniiaz, 2018)；2001 年美國布希總統表示無法簽署會損害美國的經濟的協定，同時表示不能接受該協定免除中、印等開發中國家之減碳責任，宣布退出《京都議定書》(The White House, 2001, June 11)。

若進一步討論導致美國未能接受《京都議定書》之原因，可先參考 2007 年美國芝加哥大學法學院教授 Eric Posner 與哈佛大學法學院教授 Cass Sunstein 共

¹⁹ Paul G. Harris 為英國知名國際氣候變遷政策與正義研究學者，其已出版 5 本國際氣候變遷政策相關書籍，同時主編 20 本國際氣候變遷書籍，2019 年主編氣候正義研究題綱(A Research Agenda For Climate Justice)，受到多位國際學者推崇，其相關著作相關可參考 <https://paulgharris.net/>. (last visited: Sep. 03, 2023) .

同撰寫的「氣候變遷正義」研究報告；2008年二人以此報告為基礎發表法律期刊論文(Sunstein & Posner, 2008)；隨後2010年Eric Posner與David Weisbach擴充原報告內容後出版《氣候變遷正義—對氣候正義辯論的挑釁性貢獻》(Posner & Weisbach, 2010)；上述文獻中，Posner、Sunstein、Weisbach對《京都議定書》之分配原則提出質疑(Sachs, 2014)；Posner和Weisbach在《氣候變化正義》一書引言中說：「許多人認為氣候條約應該反映矯正和分配正義的原則……我們拒絕這種做法。」清楚表達拒絕以分配正義與矯正正義分配氣候責任之立場。

Posner等人雖然認同以氣候協議處理國際氣候變遷議題，但其基本論述認為氣候談判應與氣候正義脫鉤，因為：

1. 如果大幅削減溫室氣體之排放，將給美國帶來巨大成本。
2. 許多人認為美國基於歷史排放責任須負擔較高之責任，此這一論點來自分配正義與糾正主義，但分配主義並無法獲得支持。
3. 歷史排放之計算將太過複雜，以人均排放量作為分配原則並不可行，尤其對於排放大國來說，在政治上無法被接受。
4. 以分配正義理念制定氣候條約，要求已開發國家負擔較大排放責任，例如《京都議定書》之約定，可取得富裕國家的同意的機率並不高，因為相關條約會讓富裕國家感到不公平，且被認為對富裕的一種懲罰或昂貴代價。

對於Posner的主張，有學者認為Posner所倡導的公平是美國式的公平，因為在Posner的主張：歷史排放計算過於複雜、拒絕以人均排放量作為分配原則、對排放大國將是「政治上不可接受的」成本等因素，讓美國或其他主要排放國家將過去的排放責任擱置一旁(Prost and Camprubi, 2012)。Posner或許為美國拒絕認可氣候公約的決定提出法律面的理由，然而其他觀察者則認為，美國拒絕認可《京都議定書》更是基於外交與政治的考慮，或許是為迴避那些受聯合國下國際機構管轄之條約，以保護美國企業的權利或維護政府對國家安全採取行動的自由(Wahal, 2022, January 7)。

(四)氣候談判之困局與尋求政治妥協之必要性

倫敦政經學院學者Neumayer於2000年發表「捍衛溫室氣體排放的歷史責任」一文中即指出，接受具有歷史問責制的人均平等分配不符合已開發國家的利益，但發展中國家則相對缺乏推動具公平性之歷史問責制的討價還價能力；可能在未來談判過程中，溫室氣體排放權都不會嚴格地在承擔歷史責任情況下以人均平等的基礎進行核配，且確實也很難獲得可靠歷史數據以完全準確估計一個國家對大氣中溫室氣體積累的相對貢獻；因此，Neumayer認為未來只能仰賴政治妥協(Neumayer, 2000)。

五、國際氣候公約賦予各國氣候責任之挑戰與妥協歷程

1992年聯合國通過UNFCCC，為其後30年國際氣候變遷談判奠定基礎，更確立氣候變遷法制之重要原則。UNFCCC自1995年在柏林召開第1次公約締約方會議(COP 1)後，締約國定期舉辦締約方會議，並討論締約國之具體義務，至2023年COP會議已召開28次，期間陸續完成許多重要之氣候決議與多邊協議，並為因應氣候變遷開創新的機制；尤其UNFCCC、《京都議定書》及《巴黎協定》，形成當代國際氣候變遷法制之核心多邊機制，也代表不同時期對於締約國氣候責任、減量目標設定與氣候治理機制建構之談判過程的縮影。

以下針對UNFCCC、《京都議定書》、與《巴黎協定》3個主要國際氣候公約，分析公平賦予各國氣候責任之難題，並闡述於《巴黎協定》產生之政治妥協結果，最後並概述2023年COP28杜拜氣候大會再次妥協情況之觀察：

(一)UNFCCC 支持共同但有區別之氣候責任，但缺乏量化目標

1992年聯合國在里約熱內盧舉辦「聯合國環境與發展會議」(又稱「地球高峰會」)，該次會議簽署UNFCCC之外，同時通過《里約環境與發展宣言》(Rio Declaration on Environment and Development, 簡稱《里約宣言》)。UNFCCC與《里約宣言》的簽署，啟動1990年以來締約國一系列之國際氣候變遷制度之談判與協商會議，也逐漸形成21世紀國際氣候變遷法制。

UNFCCC全文計25條，於1992年簽署，1994年生效，至2023年5月統計共有198國家加入(UNFCCC, 2023, May)。UNFCCC所設定溫室氣體排放終極目標於公約第2條中訂定為：「將大氣中溫室氣體的濃度穩定在防止氣候系統受到危險的人為干擾的水準上。」。在UNFCCC架構下，締約國可依照第3.1條規定之公平性與「共同但有區別之責任」原則，形成各國之氣候政策²⁰，並依第4.1條與第4.2條規定，考慮締約國不同之能力(Capacity)、特殊情況與脆弱性(Vulnerability)，得採取不同之氣候變遷之減緩措施。2006年聯合國氣候變遷秘書處針對公約之實踐提出說明，指出附件一國家(多數為已開發國家)人均溫室氣體排放量高於大多數開發中國家，且該些國家在氣候變遷之因應具有更大財政與能力，依據UNFCCC第3.1條公平與「共同但有區別之責任」原則之要求，附件一國家需帶領長期減量之工作，並承諾採取國內政策與措施將溫室氣體排放量降至1990年之標準(UNFCCC, 2006)。因此，UNFCCC確實提出要建立附件一國家與非附件一國家履行不同氣候責任的體制，而這種責任區分符合「公平與共同但有區別之責任」原則定義下之公平性。

UNFCCC雖然區分附件一與非附件一國家履行不同氣候責任之體制，然而並

²⁰ UNFCCC第3.1條揭櫫公平性與共同但有區別之責任的原則，締約國可適用於以下情況：第4.1條締約國一般承諾：執行時需考慮不同需求與能力、第4.2條附件一國家特殊承諾、第4.8條開發中國家特殊需求、第4.9條低度開發國家需求、第4.10條特殊狀況。

未提出如何具體分配締約國責任之標準，公約協商過程為取得締約國的認可，簽署的文本並未設定量化目標，致使公約最後只剩下模糊承諾(Soltau, 2009)，而擱置公平分配締約國排放責任之議題。

(二)《京都議定書》減量目標之公平性與推動困局

為強化 UNFCCC 內容，具體訂定附件一國家的溫室氣體減量目標、時程，並將減量目標加以分配至個別附件一國家，1997 年在 COP3 會議通過《京都議定書》，全文共計 28 條，並有 2 項附件(Böhringer, 2003)。《京都議定書》設定具體減量目標，相當程度彌補 UNFCCC 當時匆促訂定之缺憾，然而因區分締約國不同減量責任，而後導致美國等當時減量責任較高之附件一國家，拒絕批准或履行《京都議定書》(Coon, 2001, May 21)。

對於《京都議定書》所促成的減量效果，有相當多的實證研究，然結果並不一致(Almer & Winkler, 2017)。例如 2015 年 Grunewald 與 Martinez-Zarzoso 共同發表之研究，調查 1992 至 2009 年間 170 國家，發現批准《京都議定書》減量目標之國家與未批准國家相比較，溫室氣體排放量相對上減少 7%(Grunewald & Martinez-Zarzoso, 2016)；2019 年 Maamoun 將工業化國家的排放量與「無《京都議定書》」反事實情景進行比較，結果認為該議定書成功將締約國排放量較無議定書情境排放量減少約 7%(Maamoun, 2019)。但是 Almer 與 Winkler 在 2017 發表的研究，以《京都議定書》15 個附件 B 被要求減量國家作為研究對象，發現附件 B 國家並無顯著減量之效果(Almer & Winkler, 2017)。由於實證研究結果互相矛盾，難以確認《京都議定書》是否有具體減量成效，再加上美國、日本等重要國家陸續未支持該議定書，故此單獨對附件一國家設定具體減量目標的氣候治理制度，難以在後續氣候談判中，再有施展空間。

(三)《巴黎協定》對於公平責任之政治妥協與初步之影響探討

2015 年在 COP21 會議通過的《巴黎協定》，全文共計 29 條，為第 3 個具里程碑的國際氣候變遷公約，開啟全球氣候治理新局面；此協定第 2 條制定之長期目標，是要確保全球升溫抑制在「遠低於」2°C，並「努力」讓升溫抑制於 1.5°C 內；《巴黎協定》改變之前《京都議定書》區分附件一與非附件一國家責任之架構，也不再單獨設定附件一國家之減量目標，轉而規範所有締約國每 5 年提出一次「國家自定貢獻」(NDCs) 報告，由各國針對自身條件，自主提出減量承諾與制定氣候行動計畫，再據以提出 NDCs 報告。此 NDCs 架構所提供的彈性，為全球氣候治理建立可為多數締約國接受的架構與路線(UNFCCC, 2015)，此固然提高締約國參與的意願，然而《巴黎協定》雖然建立定期全球盤點機制，卻欠缺對於成效評估之明確指標，因此執行成效受到質疑(Weikmans, et al. 2020)；即使在談判時，人們也認為《巴黎協定》是不夠的，只是人們期望這只是第一步，而隨著時間的推移，各國將帶著更大的雄心來減少排放；然而如何評估各國執行報告

是否符合氣候責任之公平，在《巴黎協定》尚無相應之規定得以適用，故例如耶魯大學經濟學家 William Nordhaus 就表示，像《巴黎協定》這樣純粹自願的國際協定助長了搭便車，將註定要失敗(Maizland, 2021)。

(四)2023 年 COP28 杜拜氣候大會之爭議與妥協

2023 年 12 月 13 日，《聯合國氣候變化綱要公約》(UNFCCC)第 28 屆締約方大會 (COP28) 於阿拉伯聯合大公國杜拜閉幕；此次氣候大會最大爭執，在是否於會議文件中納入「淘汰化石燃料」之字眼，沙烏地阿拉伯能源部長 Abdulaziz bin Salman 親王就堅決拒絕同意逐步減用化石燃料的文字，並攻擊這類主張的虛偽性，他抨擊到：「那些真的相信可以逐步淘汰 (化石燃料)的國家，你們應該站出來提出一份如何(達成的)計畫，從明年 1 月 1 日開始(實施)；...讓他們自己去做，我們來看看他們能做到多少」(世界日報, 2023, December 6)。

此次氣候大會各方爭論與妥協的焦點，其實只是在 COP28 以不需表決之所謂「合意」(Consensus)方式²¹ 通過的「第一次全球盤點成果」(Outcome of the first global stocktake)報告²² (UNFCCC, 2023, December 13)；此成果報告最後達成的「合意」版本中，爭執焦點只是對各國「呼籲」之內容，該段文字乃呼籲各國基於其“國家決定的方式”和“考慮《巴黎協定》及不同的國情、途徑和方法”來提供以下貢獻：「...以公正、有序和公平的方式，將能源系統轉型以擺脫化石燃料...」。會議結束後，大家的文字解讀就各取所需：在已開發國家方面，如歐盟執委會主席 Ursula von der Leyen 就聲稱：「今天的協議標誌著後化石燃料時代的開端」；開發中國家則堅持已開發國家要率先減量，例如中國生態環境部副部長趙英民的聲明：「已開發國家對氣候變遷有著不可動搖的歷史責任，因此必須先於世界其他國家，帶頭開始投入(升溫不超過)攝氏 1.5 度之路」，而巴西環境部長 Marina Silva 也說：「已開發國家帶頭展開化石燃料過渡至關重要」(中央社, 2023, December 13)；至於產油國則認為逐步放棄化石燃料的問題已經消除，沙烏地阿拉伯能源部長的主張如下：「此協議讓各國自行決定向清潔能源轉型的合適途徑...立即和逐步放棄化石燃料的問題已不復存在」，且不會影響沙烏地阿拉伯繼續出售原油 (Alarabiya News, 2023, December 13)。

(五)氣候公約發展歷程顯現難以取得有效進展之困境

自 1992 年簽署 UNFCCC，發展到 1997 年的《京都議定書》及 2015 年的《巴

²¹ 所謂「合意」，就是不經過表決程序，只要沒有人表示反對。

²² 該報告指出，要讓地球升溫幅度不超過 1.5°C，2030 年全球排放量必須較 2019 年全球排放水準減少 43%、2035 年全球排放量必須較 2019 年全球排放水準減少 60%，並於 2050 年達到碳淨零排放；該報告亦發布其盤點結果指出，如果所有國家已提出的 NDCs 目標都能落實達成，至 2030 年也只能較 2019 年全球排放總量之排放水準減少 2%；如果再包含各國 NDCs 報告所提出的條件式目標也都達成，最大幅度也只能較 2019 年全球排放總量之排放水準減少 5.3%。

黎協定》，國際社會對於氣候責任之公平性，由要求具體減量目標，妥協轉變為由締約國自行規劃預期減量貢獻，其對於締約國對於氣候責任之要求，只強調需依據時間表提交 NDCs 報告，而締約國所提出之 NDCs 目標是否符合公平，根基於各國自行設定條件與自身狀況，已無具體之量化公約減量目標可供參考。因此，公平氣候責任的定義，幾已無法直接由《巴黎協定》等公約條文找到答案，公約之公平性之內涵只能等待未來進一步架構；而《巴黎協定》在缺乏公平與具體責任規範情況下，各國自願設定減量目標之方式，目標積極性與執行成效已受到不少質疑，更被認為只仰賴各國提出 NDCs 之方式，估計《巴黎協定》所設定之長期目標將難有達成之機會。

六、「國家自定貢獻」(NDCs) 報告之公平性執行狀況探討

雖然依前所述，各國「國家自定貢獻」(NDCs)報告之減量目標設定，並無相關公平性標準可供遵循，然嘗試分析各國 NDCs 報告之內容及各國目標設定，仍可能有助於建立 NDCs 報告公平性探討之基礎。本節先概論 2015 年階段各國 NDCs 報告之公平性相關討論，接著檢視現階段(2021 年起提交)各國 NDCs 報告之減量與淨零目標設定現況，與《巴黎協定》目標落實的可能成效與挑戰。

(一)2015 年階段 NDCs 報告之公平性研究

各國第 1 版 NDCs 報告是 2015 年提出的「國家自定預期貢獻」(INDCs)報告，之後以 INDCs 報告為基礎，每 5 年提出更新版的 NDCs 報告，並由 UNFCCC 每 5 年進行一次全球盤點。自 2018 年起，已有多篇研究藉由第 1 次 NDCs 報告，探討國際氣候公約的公平性，包括 2018 年學者 Winkler 等人研究各國 NDCs 報告之目標合理性，並指出各國提出各種難以驗證的指標和方法(Winkler, et al., 2018)；而 2018 年與學者 Brown 等人之研究與 2019 年學者 Zimm 和 Nakicenovic 等人之研究，分別將各國 NDCs 報告目標與全球減量目標進行比較，並評估其氣候責任之公平性(Brown, et al., 2018; Zimm & Nakicenovic, 2021)；而依據 2019 年學者 Paul 等人研究，發現《巴黎協定》相關條文提供未開發國家與小島與國家、與其他非附件一更多可以彈性實踐《巴黎協定》目標之依據，且條約上的差異造成附件一國家、其他非附件一國家、未開發國家與小島與國家於 NDCs 報告內容之差異(Pauw, et al., 2019)。

(二)現階段各國 NDCs 目標設定與達成《巴黎協定》目標之挑戰

2021 年 COP26 會議要求各國應更新其 NDCs 報告及強化該國 2030 年減量目標，此亦代表各國表態如何在公平(或未能兼顧公平性?)的承擔減量責任上自願加強作為。2022 年 10 月，聯合國氣候變遷秘書處出版的國家自定貢獻綜合報告，綜整《巴黎協定》166 個締約方最新的國家自定貢獻的資訊，更新截至 2022 年 9 月 23 日 NDCs 報告資訊，統計共有 142 個締約國更新或提出新的 NDCs 報告

(UNFCCC Secretariat, 2022, October 26)，包括締約國針對氣候變遷減緩的目標(減碳目標)、採取的調適行動，或多元化經濟計畫、政策或相關行動。檢視各國 NDCs 報告，可彙整出以下特徵：

1. 量化目標：90%締約方的 NDCs 報告提供量化的減緩目標，提供明確的數字目標表示減緩目標，但剩餘締約方（10%）則提供非量化之戰略、政策、計劃和行動。
2. 溫室氣體涵蓋之種類：80%締約國提供國家經濟部門之減量目標，其涵蓋 2006 年 IPCC 國家清單指引(IPCC, 2006)之所有或多數部門；在溫室氣體涵蓋種類方面，所有國家都涵蓋二氧化碳排放量，但僅 91%涵蓋 CH₄，89%涵蓋 NO₂，其餘溫室氣體涵蓋面有些在 50%左右，或是更低。
3. 中長期目標資訊：92%締約方提供至 2030 年之執行計畫，以及減緩目標和參考點的量化資訊。但僅有 8%特別指出 2025 年、2035 年、2040 年和 2050 年之目標。

又由 2022 年聯合國氣候變遷秘書處的綜整報告可知，多數國家僅提供至 2030 年目標，對於 2050 年的目標與規劃多不明確；進一步觀察各國將目標入法的情況亦有相當落差，對於執行目標之決心亦有不足，也可見目前有關 2030 年與 2050 年排放減量之目標多未入法，而較多只出現在各國行政政策中；又已開發國家與開發中國家之間對氣候責任分擔認知上也存有分歧，這些分歧也顯示在各國立法行動之積極與否。

另一份 UNFCCC 長期低排放發展策略報告中，在彙整《巴黎協定》62 個締約方資料(占全球 GDP 的 83%、2019 年全球人口的 47%，2019 年能源消費總量的 69%)後評估認為，縱然各國所有長期策略都按時實施，這些國家的溫室氣體排放量到 2050 年可能僅能達到較 2019 年排放基礎減少 68%。且由於許多淨零目標仍不確定，執行時間更一再推遲，因此要實現《巴黎協定》的長期目標，仍有待 2030 年之前採取更積極氣候行動(UNFCCC, 2022, October 26)。

七、小結

自 1992 年簽訂 UNFCCC 以來，歷年氣候談判過程中，就聚焦於各國歷史排放責任以及未來溫室氣體排放權公平分配議題；然人類「共同關切議題」與國家自身利益發生衝突之情況時，各國都必然選擇犧牲「共同關切議題」；其中科研與制度設計實力堅強的已開發國家，主導主要國際排放責任分配方案之提案，拒絕追究歷史排放責任等對其不利之主張；而開發中國家實力與歐美等已開發國家存在明顯差距，缺乏話語權與討價還價的能力，只能處於被動防禦的地位；雙方持續衝突，舉其要者，竟使 2009 年訂定全球長期減量目標之談判破局；IPCC 因具有氣候科學論述上的重量級角色，一度在氣候談判公平性闡釋上被寄予厚望，

然至 2014 年 IPCC 第 5 次評估報告(AR5)，仍難以客觀評析已開發國家與開發中國家未來排放權分配方案之分歧；若從政治角度進行公平性原則之檢視，因國際成員以追求自我利益為首要目標，而不同群體考量不同，發現幾乎不可能提供一個沒有爭議且被廣泛接受的國際環境正義之定義；而從法律與政治角度觀察美國的邏輯，會發現美國無法接受減碳帶來的巨大成本與開發中國家未同步減碳的情況，加上美國會基於外交與政治的考慮，迴避聯合國相關條約，以保護美國企業權利或維護國家行動自由，而拒絕接受氣候公約之規範。

既然透過科學、政治與法律途徑都無法解決碳排放權公平分配之爭執，政治專家判斷將只能仰賴政治妥協來突破氣候談判困局；也確實，2015 年最終得以成功簽署《巴黎協定》，乃因各國妥協放棄設定排放權責之邏輯，改由各國依自身條件與意願自行決定減量目標，讓各國保有彈性與自主權；不過在《巴黎協定》架構下，仍提供允許附件一與非附件一國家 NDCs 報告內容存在差異之彈性：在公約具有引導責任的附件一國家，多提供量化之減量目標，且推動納入法規；非附件一國家則對於減量目標設定相對較為保留

此外，由於各國對於中長期目標與規劃不足或仍不明確，就算現階段各國提出 NDCs 目標都能落實，仍遠無法達成《巴黎協定》之全球長期目標；即使如此，各國在 COP28 氣候大會上對於不具拘束力的全球盤點報告中對呼籲各國應有所行動之文字，各國政府代表仍然是針鋒相對、錙銖必較，顯現各國都仍然堅守自身利益，迴避真正承擔大幅減碳責任與強化應有作為，各自為政結果，可能最後人類只能對氣候危機自求多福。

依據本章研析結果，對於國際氣候治理的公平性面向，提供建議如下：

(一)各國同意犧牲自我利益前，我國應先設定現階段較具公平性之責任與做法

我國雖非 UNFCCC 締約國，但已於 2023 年將 2050 淨零目標入法，立法強度實已高於多數非附件一國家；此超前立法之行動，已經強烈展現我國投身淨零道路之意願；然而相關目標未來如何持續推進，對於我國將是更艱困之挑戰。有鑑於許多國家雖自 2020 年後陸續提出邁向 2050 淨零路徑之相關法規制度，氣候治理措施也不斷推陳出新，但各國在全球氣候治理架構中，仍多以國家利益為優先，從而反映形成國家之立場；在此各國願意犧牲自我利益以大規模減碳之前，我國應先研究如何設定對臺灣現階段較具公平性之合理責任，以推動合乎國家利益、強化產業競爭力與保障民眾福祉之適切減碳措施；在此過程中，也將考驗我國政府抵禦國際不合理壓力的勇氣與國際折衝的智慧。

(二)在特定碳主題上，可與國際「志同道合」者合作，對公平性議題發聲

在氣候治理的國際合作面，可與有特定共同碳戰略利益之國際「志同道合 (like-minded)」者，積極交流合作，強化對減碳承諾、減碳責任、碳關稅等國際

氣候治理制度之公平性議題的發聲，例如碳關稅議題可能影響不少對歐盟出口國，就可以與之交流合作，共同在國際發聲與合作尋求因應策略。

英文縮寫對照表

縮寫	英文名稱	中文名稱
AR	(IPCC) Assessment Report	(政府間氣候變化專門委員會)評估報告
COP	Conference of the Parties	聯合國氣候變遷綱要公約締約國大會
FAR	(IPCC) First Assessment Report	(政府間氣候變化專門委員會)第 1 次評估報告
INDCs	Intended Nationally Determined Contributions	國家自定預期貢獻
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	政府間氣候變化專門委員會
NDCs	Nationally Determined Contributions	國家自定貢獻
SAR	(IPCC) Second Assessment Report	(政府間氣候變化專門委員會)第 2 次評估報告
TAR	(IPCC) Third Assessment Report	(政府間氣候變化專門委員會)第 3 次評估報告
UNFCCC	The United Nations Framework Convention on Climate Change	聯合國氣候變遷綱要公約

參考文獻

- Alarabiya News. (2023, December 13). Saudi energy minister says Riyadh backs COP28 deal, praises flexible approach.
<https://english.alarabiya.net/business/energy/2023/12/13/Saudi-energy-minister-says-in-agreement-with-COP28-presidency-on-final-deal>
- Almer, C., & Winkler, R. (2017). Analyzing the effectiveness of international environmental policies: The case of the Kyoto Protocol. *Journal of Environmental Economics and Management*, 82, 125-151.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0095069616304296>
- Biniiaz, S. (2018). What Happened to Byrd-Hagel? Its Curious Absence from Evaluations of The Paris Agreement. Retrieved from
https://scholarship.law.columbia.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1086&context=sabin_climate_change
- Bode, S. (2003). Equal Emissions Per Capita Over Time-a Proposal to Combine Responsibility and Equity of Rights. Available at SSRN 477281.
<https://ageconsearch.umn.edu/record/26240/files/dp030253.pdf>
- Böhringer, C. (2003). The Kyoto Protocol: A Review and Perspectives, *Oxford Review of Economic Policy*, 19, 451-466.
- Brown, D. A., Breakey, H., Burdon, P., Mackey, B., & Taylor, P. (2018). A Four-Step Process for Formulating and Evaluating Legal Commitments Under the Paris Agreement. *Carbon & Climate Law Review*, 12(2), 98-109.
- Caney, S. (2021) Climate Justice. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2021 Edition), Edward N. Zalta (ed.),
<https://plato.stanford.edu/archives/win2021/entries/justice-climate/>
- Coon, C. (2001, May 21). Why President Bush Is Right to Abandon the Kyoto Protocol.
<https://www.heritage.org/environment/report/why-president-bush-right-abandon-the-kyoto-protocol#pgfId=1137595>

第八章 結論與建議

依據氣候科學界的警示，全球不同領域與不同地區，都可能因為氣候變遷而逐步受到程度不一的影響，惟有人類快速共同採取適切行動，才有可能減緩相關衝擊；然而氣候科學是否足以指引正確方向、如何因應有正有負之各類氣候變遷衝擊、各國能否公平負起自身應承擔之責任，又各國是否可以放下自身利益齊心減碳等，都成為全球面臨氣候變遷挑戰時的各項難題；我國雖非聯合國會員，無法參與國際氣候公約與氣候科研組織，但仍有掌握氣候科學發展與因應氣候變遷影響相關衝擊之需求；又臺灣身為地球村之一員，在對全球與各國氣候治理有通盤理解後，應審慎務實考量各面向條件，承擔合理減碳責任，並設定適切氣候治理角色及定位，以為全球氣候治理工作做出貢獻。

一、結論

(一)氣候科學論述與影響

1. 氣候科學界已從 1960 年代前擔憂冰河時期是否再度降臨，至今觀測到大氣二氧化碳濃度與氣溫一路走升；當前大氣層二氧化碳濃度已較過去 80 萬年來曾出現之最高水準又超出 50%，會如何影響氣候，確實是氣候科學研究上的挑戰；而越來越強化之氣候模式量能，已為決策者在諸多面向上提供氣候治理所需方向之建議；雖然未來氣候衝擊的推估尚未能具備非常嚴謹的說服力，也還有許多待解課題，但鑒於所推估衝擊可能導致之嚴重後果，為了安全起見，決策者不可忽視氣候科學界所提出之警示，而應妥適提出氣候治理之規劃。
2. 聯合國「政府間氣候變化專門委員會」(IPCC)的評估報告，至今仍為全球氣候科學研究最具權威之專業論述，然由其運作歷程與國際氣候談判過程存在交互影響關係，且 IPCC 由政府官員掌握決策之機制，使報告形成過程會受到各國政治與產業利益之牽引，進而影響其報告相關論述之客觀性，故解讀時須謹慎以對。
3. 近年科學家雖然已在許多氣候變遷影響評估工作上取得顯著進展，但此一層面廣大而又複雜的領域，仍存在許多不確定性與挑戰，需要持續努力。

(二)碳排放趨勢與減量責任

1. 各國歷史碳排放趨勢變動，反映的常是各國產業結構與經濟實力之消長，宜審慎客觀探究其真實因果，可能是因為產業外移或縮減所造成之

結果，切勿因部分國家排放趨勢減緩或下降，就直覺判斷其碳排放減量有成。

2. 地球如果要追求升溫不超過 1.5°C 之目標，氣候科學界專家推估，全球概略只有約 2.87 兆公噸二氧化碳的總碳預算，且至今已耗掉 8 成 5 以上，以當前全球排放水準自 2024 年起只能再排放 7 年；隨著全球剩餘碳預算已經十分有限，且所訂定之削減目標越難達成，排放權分配等相關爭議將會越尖銳；未來放寬改以 2°C 為目標，可能已經是人類不得不的務實選擇。
3. 已開發國家之未來排放權算法，強調忽略歷史責任，只看未來公平；開發中國家之未來排放權算法，則強調歷史責任與人人平等，要考慮歷史人均平等；而估算時納入哪些溫室氣體種類，和排放與人口統計基準年如何設定，都會造成估算結果與所設定各國歷史責任與未來排放權估算出現顯著差異，要各國取得共識設定規則，確實存在相當大的難度；但不管用已開發國家或開發中國家所主張之未來排放權算法，對臺灣而言，差異相對有限。

(三) 國際氣候治理實務觀察與應對

1. 對於各國減碳措施，如果只參考其減碳目標與規劃，未深入評析目標與政策合理性、背後意涵，與運作真實情況，將蘊含風險；因許多國家難以減碳的產業或部門別，其減碳規劃目標與運作實情常存在落差，而於目標設定一段時間後低調撤退；此結果常與背後政治及產業利益糾葛有關，未深究而逕行參採其規劃目標，將易蒙受風險而付出代價。
2. 外國為了特定部門或產業利益，可能進行「氣候陷阱」布局，例如歐盟的碳交易市場機制與碳關稅機制，其實核心是歐盟能源密集製造業業補貼機制複合體，以強化相關製造業的保護；相對上，我們若未能調整角度認清真實情況，選擇措施不切合實際，產業可能尚未減碳，反先傷及國際競爭力。

(四) 國際氣候公約談判的公平性議題

1. 有關國際氣候協議的公平內涵之探討，雖已累積眾多文獻，然而站在不同國家立場，國際氣候正義會因考慮因素不同，論述方式也不盡相同，故不管是 IPCC 等聯合國跨國組織的努力，或是科學、政治與法律等各領域專家學者的各種規則提議，皆無法解決如何定義與分配氣候變遷之公平責任問題。
2. 氣候談判之公平規則立場差異過大，主因還是在於各國拒絕犧牲國家自身利益來齊心減碳，致多年來談判過程不斷遭遇僵局；氣候談判雖多次

仰賴政治妥協獲得成果，但無具體公平減碳目標，與避開制定具約束性條款，已是國際氣候公約效力不彰且難以避免之結果。

二、建議

(一)對氣候科學研究與氣候影響因應之立場

1. 對於全球個別區域未來會受到潛在氣候變遷衝擊之類型與規模，相關主管機關應持續蒐集資訊並彙整分析，以為建置預警機制之依據，並得據以完備糧食、能源、水資源等供應系統之風險因應措施，與研提不確定性之因應機制；亦可用於培養企業因應氣候變遷風險之素養，以及提供產業界在全球不同區域進行投資決策之參考。
2. 有關是否會有部分區域在未來可能越過「氣候臨界點」，而使氣候系統出現重大轉變，甚至引發其他系統之連鎖效應的問題，目前科學界雖有擔憂但所知有限；惟為避免未來可能難以調適的風險，及早投入相關研究應有其必要，以期提高未來可能面對風險之掌握。
3. 在政府經費與資源有限情況下，宜聚焦如何最有效的降低氣候風險，可考量優先推動能較明確掌握衝擊情況、成本效益較高之氣候調適措施，而要避免浪費資源投入衝擊情況不明、成本效益不高的工作。
4. 人類面對氣候變遷衝擊時，多以防災減損之思維來因應調適，然而氣候變遷衝擊可能有正有負，也會形成不同的受益方與受害方，故除了預先準備因應負面衝擊外，也應分析可能之正面影響，讓產業能及早準備，適時搶進發展契機。

(二)設定合理碳排放責任

1. 對於我國應負起之碳排放責任方面，雖然我國非聯合國會員國，但身為地球村的一員，在臺灣歷史累積碳排放全球占比約 0.4%之情況下，臺灣也應依據現階段公平合理之國際歷史責任比重規則，負起相對責任；但減碳措施也應務實考量如何適切保護國家利益、產業競爭力與民眾福祉，並應有勇氣與智慧抵禦國際不合理壓力與進行國際折衝。
2. 對已開發國家與開發中國家間的碳排放權分配規則之歧異，以臺灣的歷史與現今排放條件而言，臺灣參採不同規則之結果差異十分有限，故可支持開發中國家基於歷史責任之分配原則，也能採納已開發國家基於排放現況比例之分配原則，立場可保持靈活彈性。
3. 我國亦可嘗試支持對臺灣可能較為有利之規則研究，例如考慮臺灣出口導向國家特性，可表述贊成如何讓國際更為重視消費端責任之研究。

(三)建立正確碳排放趨勢解析之觀念

1. 在解讀各國碳排放趨勢變化時，應確實分析背後原因，尤其要特別留意各國主張其減碳有成時，是因為產業結構轉變、生產減少或產業外移，還是確實投資減碳技術有所進展，避免產生錯誤結論而被誤導。
2. 為合理設定各國碳排放責任，應先建立足以解析國際主要碳排放相關數據庫之量能，並掌握其中有疑義之處，及可能不利於臺灣之假設條件，據以反駁對臺灣不利之論述；進一步可推動與其他國家合作建置相關數據庫，與發表相關分析報告，以尋求強化自身話語權之機會。

(四)以減碳願景彰顯雄心，但氣候治理執行上不應自我箝制與躁進

1. 當前要各國放棄國家利益與犧牲民眾福祉以克服減碳難關是難如登天，只有持續在科技等領域精進才有淨零轉型成功的機會；因此，我們勢必要先以類似「射月計畫」之概念，設定宏偉之氣候願景，可以用以激勵人心、尋求科技突破契機；而臺灣在支持減碳和永續地球的理念上表現積極，已於 2023 年完成 2050 淨零目標的立法，並提出淨零路線圖，相關做法之強度實已高於多數非附件一國家，持續彰顯所承諾目標確實可激勵尋求科技突破之雄心，也是維護國家形象與爭取國際認同的重要手段。
2. 要認知各國減碳進程快慢不一，背後原因在不同國家間可能差異很大，因各國多不願犧牲自我利益來減碳，故要確實解析減碳有成是真正投資減碳還是產業衰退或外移所致；對他國投資減碳有成之部門或產業，應研究其成功之道，並選擇適合臺灣國情之措施來強化我國減碳成績；但也需要避免錯誤引用他國產業衰退所致碳排放減少情況，來對臺灣發展自我箝制。
3. 在執行層面上，要力求務實，優先執行技術成熟、成本效益高、兼顧經濟與環境面向之措施；並尋求對於高效益減碳措施建立理性共識，排除政治與社會面障礙；同時例如電力部門要學習各國投資減碳有成經驗，但也要記取近期德國未能採取可兼顧能源安全、能源價格與環境保護之能源政策，結果造成 2022 年以來能源危機與經濟衰退之苦果，必須引以為戒。
4. 對於成本高、現階段還難以減碳的部門(如能源密集產業、交通部門、建築部門等)，則可先逐步建構具成本效益且可保護或創造自我經濟利益的低碳技術支援體系；關鍵在不要人云亦云的躁進，避免不計血本的代價，衝擊到產業的國際競爭力。

(五)分部門、分產業深入評估各國減碳措施落實與否，避免落入「氣候陷阱」

1. 政府應組織跨領域產業碳議題之評估團隊，嘗試抓住各國在碳議題布局之邏輯，及掌握不同部門、不同產業之碳相關制度竅門，及確實掌握各

國部門別與產業別減碳措施規劃與落實情況差距，能夠知己知彼，才有機會協助產業趨吉避凶，一方面使產業避免只參考國際原有措施規劃就在臺灣推動類似目標之可能風險，另一方面也可嘗試爭取掌握其中有利產業發展之機會。

2. 要嘗試調整角度，解析外國是否為了特定部門或產業利益而布局「氣候陷阱」，更要協助臺灣相關產業能避免被誘導設定不切實際目標或付出不對等成本，降低陷入「足以造成現有經濟結構破壞性變化」之後果而不自知的風險，並設計出可使自身產業能兼顧減碳與保護國際競爭力之機制。

(六)氣候治理之國際合作面向建議

可與有特定共同碳戰略利益之國際「志同道合 (like-minded)」者交流合作，強化對減碳承諾、減碳責任、碳關稅等氣候治理制度之公平性議題的發聲或合作因應；以碳關稅議題為例，可能有不少國家與臺灣受到類似影響，可主動與之交流合作，共同在國際協作並研提因應策略。

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

國際氣候變遷論述與責任 / 郭博堯、施堅仁、黃德秀、馬志明、葉長城、葉雲卿作. -- 初版. -- 臺北市 : 財團法人中技社, 民 112. 12

184 面 ; 21×29.7 公分. -- (專題報告 ; 2023-12)

ISBN 978-626-98214-3-3(平裝)

1.CST: 碳排放 2.CST: 氣候變遷 3.CST: 地球暖化 4.CST: 永續發展

328.8018

112022633

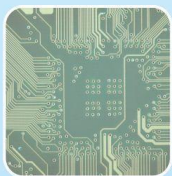
著作權聲明© 財團法人中技社

本出版品的著作權屬於財團法人中技社（或其授權人）所享有，您得依著作權法規定引用本出版品內容，或於教育或非營利目的之範圍內利用本出版品全部或部分內容，惟須註明出處、作者。財團法人中技社感謝您提供給我們任何以本出版品作為資料來源出版的相關出版品。

未取得財團法人中技社書面同意，禁止改作、使用或轉售本手冊於任何其他商業用途。

免責聲明

本出版品並不代表財團法人中技社之立場、觀點或政策，僅為智庫研究成果之發表。財團法人中技社並不擔保本出版品內容之正確性、完整性、及時性或其他任何具體效益，您同意如因本出版品內容而為任何決策，相關風險及責任由您自行承擔，並不對財團法人中技社為任何主張。



財團
法人 **中技社**

CTCI FOUNDATION

106 台北市敦化南路2段97號8樓

Tel : 02-2704-9805~7 Fax : 02-2705-5044

<http://www.ctci.org.tw>