

國際淨零目標之因應策略及全球情境評估

陳治均

核能研究所

2022/07

一、前言

聯合國政府間氣候變遷專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 在 2018 年所出版的 1.5°C 特別報告中指出(IPCC, 2018)，人類追求文明進步而大量使用化石燃料所導致的地球暖化已使地球溫度較工業革命前高出 1°C，若以目前的暖化速度，在 2030-2052 年間地球溫升便會達到 1.5°C，屆時氣候風險將會急遽升高，且暖化所造成之極端氣候、強降雨等對人類之健康、生活、糧食安全、水供應、及經濟成長等，都將帶來顯著的衝擊，另指出若要控制全球暖化，全球升溫幅度需限制在工業化前水平 1.5°C 內，要達成這個目標，未來十年內全球碳排放量必須減半，並在 2050 年左右達到淨零排放，氣候變遷已是全球需共同面對的挑戰，因此各國陸續更新國家的淨零目標。

依據英國的研究智庫(Energy & Climate Intelligence Unit, ECIU) Net Zero Tracker 網頁的資訊統計，截至今日，全球已有 132 個國家承諾了淨零目標，此 132 個國家合計之人口占全球 85%、溫室氣體排放量占全球 88%，依購買力平價(Purchasing Power Parity, PPP)計算的 GDP 占全球 90%，而各國宣示的淨零目標大致可區分為三大類：碳中和(carbon neutrality)、淨零排放(net zero emissions)及氣

候中和(climate neutrality)。依 IPCC 報告內的定義，「碳中和」係指在特定期間內，CO₂ 排放量透過植樹造林、工程技術或碳交易的方式抵銷，亦即排放量扣除移除量為零，可稱作為「淨零碳排」(net zero CO₂ emissions)；而「淨零排放」為所有溫室氣體的淨排放量為零，僅考慮能夠實際抵銷排放的方式，例如：植林造樹或碳捕捉、再利用及封存(CCUS)等工程技術；另外，更嚴苛的目標則為「氣候中和」，此代表人類活動對氣候系統不會產生任何影響的概念，氣候中和也涵蓋了非溫室氣體的輻射效應，像是土地利用變化對氣候系統的影響，都需考量進去。

表 1 主要國家承諾之淨零目標、目標年及承諾強度

國家	目標年	淨零目標			承諾強度
		碳中和	淨零排放	氣候中和	
德國	2045			✓	入法
英國	2050		✓		入法
法國	2050	✓			入法
美國	2050	✓			政策文件
歐盟	2050			✓	入法
日本	2050	✓			入法
韓國	2050	✓			入法
澳洲	2050		✓		政策文件
台灣	2050		✓		修法中
中國	2060	✓			政策文件

資料來源：Energy & Climate Intelligence Unit, Net Zero Tracker。本研究整理。

國際能源總署(International Energy Agency, IEA)的報告(IEA, 2020a)指出，2015年以來能源使用效率提高的速度已放緩，說明單靠技術進步已無法有效抑制能源消耗，因此，IEA 強調全球需採取更迫切的行動以降低整體化石燃料的使用量，而另一份的報告(IEA, 2020b)亦指出，推動再生能源等綠色投資的永續復甦計畫，

同時兼具促進經濟增長、創造就業機會、降低溫室氣體排放、確保能源安全與韌性等效益，另從 IEA 的模擬結果(IEA, 2020c)可看出，為實現 2050 年全球碳中和，最關鍵的為全球需進行能源部門轉型，擴大且加速對潔淨能源的部署，2030 年應提高再生能源發電占比至 60%，其中風能和太陽能將居主導地位。我國已於 110 年 5 月 21 日核定「六大核心戰略產業推動方案」，在綠能及再生能源產業方面，將建構再生能源產業專區及研發基地、健全綠電參與制度，以及打造離岸風電國家隊，切入亞太風電產業鏈，讓臺灣風電產業輸出國際，透過科技創新及應用達成兼顧經濟成長與淨零排放的目標。

二、各國淨零目標之因應策略

2.1 歐盟

歐盟在 2019 年 12 月通過歐洲綠色政綱「European Green Deal」並於 2020 年 4 月 3 日宣示 2050 年達成氣候中和的目標，預計在 3 年內實踐 50 項行動，期望於 2050 年成為世界上第一個氣候中和的大型經濟體，該政綱提出調高 2030 年減排目標至 55%(原為 40%)、2030 年達成零碳煉鋼、舊建築翻修率倍增以改善建築耗能等多項因應氣候變遷的相關目標及策略(重點摘要如表 2)，據以督促歐盟成員國在受疫情衝擊後，致力於復甦振興經濟的同時，亦需持續邁向 2050 年氣候中和，而在 2021 年 7 月已正式將此目標納入歐洲氣候法(European Climate Law)。此外，綠色政綱中也特別提及，為避免歐盟境內因實施嚴格的排放管制，造成境內產業競爭力下降，或產業外移至其他管制寬鬆國家，歐盟已正式公布「碳邊境調整機制(CBAM)計畫」，避免發生碳洩漏(carbon leakage)現象，並且推動歐盟脫碳轉型。

表 2 歐盟綠色政綱之重點政策摘要

重點項目	政策摘要
(1) 氣候中和	2050 年實現氣候中和；2030 年排放量較 1990 年減少 55%，55% 這個數字將透過成本效益分析進行調整。
(2) 工業部門循環經濟策略	針對永續的產品生產過程及環境友善程度，提出新循環經濟行動計畫案，並關注能源密集度高的產業，如塑膠、紡織、電子產品及建築產業等，另外也提出歐盟工業策略，預期在 2030 年使用氫氣以達成零碳煉鋼。
(3) 建築物整修	為綠色政綱中旗艦計畫之一，旨在降低建築的耗能，使建築物目前翻新率 1% 增加 1~3 倍，以滿足循環經濟的需求
(4) 達成零污染	提出化學品永續發展策略，無論空氣、土壤或是水，目標在 2050 年都要實現零污染環境，包括建立無毒環境的化學策略，以保護人類健康與降低環境危害。
(5) 維持生物多樣性	提出生物多樣性策略，藉由採取新措施解決生物多樣性的主要驅動因素，並在此基礎上，制定新的歐盟森林策略，訂立 2030 年前至少再種植 30 億棵樹木之目標，透過植樹造林使天然碳匯得以維持、恢復生態系統。
(6) 從農業到糧食	建立綠色健康的農業體系，大幅減少化學農藥與抗生素使用、提倡有機農業與食品的永續生產，達成公平、健康與友善環境的農糧體系。
(7) 潔淨智慧運輸	廣建電動車充電站，且推廣如生質燃料及氫能等永續替代燃料。
(8) 永續納入歐盟政策	透過綠色金融策略預計籌資 1000 億歐元，專門挹注最脆弱的地區和產業，由此基金支出的每 1 歐元預計可從受挹注地區回本 2 至 3 歐元。提出公正轉型機制，提供碳密集較高的企業與人民在新經濟部門的就業及再培訓的機會，提升勞動技能。
(9) 研發與創新	歐盟「展望歐洲」(Horizon Europe) 科研計畫於 2021 至 2027 年間預計投入 1000 億歐元用於研究與創新，其中有 35% 研究經費將投注給氣候友善技術研究所用。
(10) 對外關係	加強推廣綠色政綱，利用貿易政策以達成減碳目標，特別是碳邊境稅調整的提案。

資料來源: The European Green Deal。本研究整理。

為落實 2030 年減排 55% 之目標，歐盟在綠色政綱下推出的套案(Fit for 55

package)，主要是引導成員國邁向競爭力、社會公正和綠色三大方向轉型，內容包括氣候、能源、燃料、碳交易、建築、交通、賦稅、土地利用及林業等面向，相關的重點措施與目標如表 3。

表 3 歐盟-55 套案重點措施與目標

(1) 改革歐盟排放交易體系。透過交易體系確定每年的二氧化碳排放價格並降低特定經濟部門的排放上限。委員會建議進一步降低總體排放上限並提高年減排率，並逐步取消航空免費排放配額，且首次將船運排放納入歐盟排放交易體系。
(2) 訂定成員國更嚴密的減排目標。訂定各個成員國在建築、公路和國內海運、農業、廢棄物和小型工業等部門的減排目標，且考慮到各個成員國起點和能力都不相同，因此，這些目標已是基於其人均 GDP，並根據成本效益進行了調整。
(3) 提高再生能源使用比例。再生能源的能源配比目標從 32% 提高到 40%。
(4) 增加能源使用效率。最終能源消費的效率從 32.5% 提高到 36%，而初級能源使用效率則提高至 39%。
(5) 加速布署替代燃料基礎設施。範圍涵蓋了所有的運輸型式，如車輛、船舶、飛機等。
(6) 訂定汽車及貨車的排放標準。2035 年後將不能在歐盟販售內燃機的汽車或貨車。
(7) 制定能源稅。使能源產品和電力的稅收與歐盟的能源、環境及氣候政策保持一致。
(8) 實施碳邊境調整機制。將透過對進口到歐盟的產品之碳含量進行定價，以解決碳洩漏風險問題。
(9) 導入永續航空燃料。目前永續航空燃料僅占航空部門總燃料消耗的 0.05%，未來仍有很大的減排潛力。
(10) 導入綠色船運燃料。至 2050 年，將船運的溫室氣體排放降低 75% 以上。
(11) 成立社會氣候基金。基金旨在為弱勢群體(家庭、運輸用戶和微型企業)提供支助或投資。

資料來源: The European Green Deal。本研究整理。

2.2 英國

英國在 2008 年制定全球第一個具有法律約束力的氣候變遷法案「Climate Change Act」，明訂 2050 年減排較 1990 年排放量減少 80% 的目標，但隨著國際減排目標日益嚴峻，於 2019 年 6 月修訂通過將 2050 年排放減量提高為 100%，成為七大工業國第一個將淨零排放目標入法之國家。2020 年 11 月 18 日英國首相 Boris Johnson 發布「綠色工業革命十點計畫(The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution)」(詳見表 4)，預計動用 120 億英鎊的資金支援計畫執行，並擬在 2030 年前促進三倍以上的私部門投資，進而創造 25 萬人的就業機會。同年 12 月公布新的溫室氣體減排目標，以實現 2030 年排放比 1990 年至少減少 68%。英國於 2021 年 8 月提出首部氫能策略「UK Hydrogen Strategy」，其策略目標是預計於 2030 年可生產 5GW 的低碳氫氣，以替代 300 多萬戶家庭、運輸業與工業每年消耗的天然氣，且預計於 2050 年最終能源消費中氫能的比例提高至 20~35%。

表 4 英國綠色工業革命十點計畫之重點政策

重點項目	政策摘要
(1) 積極推動離岸風電	於 2030 年將離岸風電裝置容量增加至四倍，達到 40GW(包含 1GW 的浮動式離岸風電)。將投資 1.6 億英鎊用於建造現代化港口和製造風機所需之基礎設施，為沿海地區提供高質量的就業機會。建設更多電網基礎設施並利用儲能等智能技術，有效整合離岸風電。
(2) 引導並推動低碳氫能使用	於 2030 年低碳氫產能可達到 5GW，並規劃碳捕捉與封存的基礎設施，以實現大規模生產低碳氫，加速以氫和氫混合物取代天然氣等化石燃料進行供熱。
(3) 提供新型且先進的核能發電技術	成立先進核能基金約 3.85 億英鎊，用途為研發小型(約 2.15 億)及先進(約 1.7 億)且模組化的反應爐，作為可靠的低碳電力來源。

(4) 加速汽車達成零排放	2030 年停止汽柴油車(含汽車及貨車)販售，投入 10 億英鎊支援電動車及其供應鏈電氣化，投資 13 億英鎊加速充電站普及化，提供 5.82 億英鎊的購車補助，預期於 2035 年開始實現新車 100% 零排放。
(5) 綠色公共運輸、自行車與步行	投資公共運輸系統，改善與更新鐵路網路及城市公共運輸，並在低運量社區，建立更多的自行車道與人行道空間，利於騎乘自行車及步行。
(6) 零排放飛機及綠色船舶	推動使用永續航空燃料與開發潔淨海運技術，並投入相關的零排放研發計畫。
(7) 更綠化的建築	將住宅、工作場所、學校與醫院作為核心，使其建築更具能源效率並逐漸取代化石燃料供暖。預計 2028 年前，每年安裝 60 萬個熱泵，尤其是沒有鋪設管路供應天然氣的建築。
(8) 投資碳捕捉再利用及封存技術	2025 年左右在 2 個產業聚落建立 CCUS，目標至 2030 年增加至 4 個產業聚落且在 2030 年前，每年捕捉再利用及封存 10MtCO ₂ 。
(9) 保護自然環境	建立新的國家公園與傑出自然風景區以增加碳匯，並規劃 2022-2024 年的十個長期景觀恢復計畫。
(10) 綠色金融與創新	投資創新的低碳技術並承諾 2027 年將綠色研發投資經費提高至 GDP 的 2.4%，已於 2020 年 7 月發布「英國研究路徑」，期望使淨零排放之轉型成本降低、開發新產品與新的商業模式，同時影響消費者行為。

資料來源：The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution。本研究整理。

2.3 德國

為確保 2030 年後的溫室氣體減量目標得以落實，德國政府於 2019 年 9 月 20 日公布了一份「2030 氣候行動」的戰略文件，主要係規劃了國家整體與各部門的溫室氣體減量目標及措施，並於同年 12 月 18 日通過「氣候行動法」，主要重點有(1)在 2050 年達到氣候中和；(2) 2030 年溫室氣體減量目標入法，相較於 1990 年減量 55%；(3)明訂各部門至 2030 年的(能源、建築、運輸、工業、農業、及其他)的減量目標等，而德國最高法院於 2021 年 4 月裁定政府的「氣候行動法」政策不足，因為它們缺乏 2030 年以後的減量目標，因此，於 2021 年夏季對尚不成

熟的「氣候行動法」進行了修改，並通過了關鍵改革的新法案，該新法案將實現氣候中和的最後期限提前五年至 2045 年，並將 2030 年溫室氣體減量目標從相較於 1990 年減少 55% 提高到 65%，而 2040 年目標則是 88%。

德國能源轉型智庫 Agora Energiewende 於 2020 年所出版的「Towards a Climate-Neutral Germany」提供德國在 2050 年達到淨零排放之三個步驟：(1) 在 2030 年時，溫室氣體排放與 1990 年相比減少 65%（目前德國法定 55%）；(2) 在 2050 年時，溫室氣體與 1990 年相比減少 95%；(3) 利用負碳排技術，扣除剩餘的 5% 溫室氣體排放。研究指出，在逐步達成 2050 年氣候中和的目標下，提升能源效率、使用綠能與電力化、發展綠氫產業鏈為三項重要的支柱。其中，使用綠能係指 2030 年占比達 70%、非核無煤及 2050 年所有電力應由綠能提供；電力化代表各部門電力化以減少初級能耗，並透過建築與運輸部門的汰舊換新，減少最終能耗；而綠氫則用於電力系統長期儲能，以及作為煉鋼、石化等工業原料。另於 2021 年出版的「Towards a Climate-Neutral Germany by 2045」相較於前版更進一步提前在 2045 年實現氣候中和，主要修正為第二個階段步驟，即在 2045 年時，溫室氣體與 1990 年相比減少 95%。另外，2030 年後德國能源發展重點涵蓋擴大再生能源使用、工業領域去碳、加速發展氫能市場、運輸部門電氣化、提高建築綠色改造率等。德國各部門於 3 步驟中之減排措施整理如表 5。

表 5 德國各部門減排之政策措施

部門別	步驟一 2018~2030	步驟二 2030~2045	步驟三 2045~2050
	2030 年溫室氣體排放與 1990 年相比減少 65%	2045 年溫室氣體與 1990 年相比減少 95%	利用負碳排技術，扣除剩餘的 5%溫室氣體排放
能源	2030 年前逐步淘汰燃煤發電，使再生能源發電占比達 70%以及增加氫能於發電廠和汽電共生 (Combined Heat and Power, CHP)之應用	達成 100%再生能源發電，以氫能或無碳燃料產熱。	1. BECCS ¹ ：利用 BECCS 技術將燃燒生質能產生的 CO ₂ 進行捕捉與封存，因生質能相對有限，主要將用在工業部門。 2. DACCS ² ：直接從空氣中捕捉 CO ₂ 並將其封存，其能源需求和成本比 BECCS 高得多。 3. 把捕捉的 CO ₂ 與綠氫結合，產生綠色石油腦 (Green Naphtha)或其他碳氫化合物材料，再將它們進一步加工成綠色塑料。
工業	導入直接還原鐵技術，淘汰燃煤鍋爐並發展氫氣鍋爐。	以氫能及生質能產生工業所需之高溫熱能，利用氫能煉鋼，化學製程回收 CO ₂ 再利用再輔以 CCS 降低製造過程中的 CO ₂ 排放。	
建築	舊屋翻新率約每年 1.6%增長，預計裝設 60000 個熱泵，加速擴大供熱網路。	舊屋翻新率約每年 1.75%的增長，至 2050 年超過 90%的建築物是已翻修或新建，完全轉變成碳中和供熱。	
運輸	至 2030 年，預計有 1400 萬輛電動車；30%公路貨運電動化，更多的大眾運輸、人行道、自行車道及軌道運輸。	汽車完全電氣化，無碳排的公路貨運，擴大公共交通	
農業	減少牲畜量及化肥使用，農業肥料透過發酵作用轉為燃料，增加能源使用效率	減少牲畜量及化肥使用，農業肥料透過發酵作用轉為燃料，增加能源使用效率。預估植物性及合成肉及牛奶替代品將占市場 15%。	

資料來源：Towards a Climate-Neutral Germany by 2045。本研究整理。

¹ Bioenergy with Carbon Capture and Storage, BESSC.

² Direct Air Carbon Capture and Storage, DACCS.

2.4 日本

日本政府為實現 2050 年碳中和(carbon neutral)，在 2020 年 10 月 25 日宣布「綠色成長戰略(Green Growth Strategy)」(METI, 2021)，其中對於能源發展目標，規劃 2050 年再生能源發電占比提高至 50%~60%；氫/氨發電占比提高至約 10%；核能和結合碳捕捉的火力發電占比目標為 30%~40%，為達上述目標，所制定的重大政策有：(1)海上風力發電將於 2030 年增至 10GW(目前僅 2GW)，2040 年達到 30~45GW，考慮到海上風電設備的設置成本高，日本政府計劃 2040 年海上風機零件的國內採購率達到 60%；(2)擴大對下一代無碳能源的使用，2030 年發電用的氫氣擴大至 300 萬噸，2050 年擴大至 2,000 萬噸，且壓低氫發電成本至每 Nm³ 20 日圓(目前約 100 日圓)。另日本在能源需求面的重大措施及目標方面，如(1)加強對下一代電動車固態電池開發的投資，2030 年將電動車的電池成本降低 50%；(2)2035 年禁止銷售汽柴油車；(3)2030 年度實現新建建築的平均排放量為零；(4)2030 年功率半導體的耗電量減半。

日本於 2021 年 4 月公布，2030 年減量目標為比 2013 年減排 46%(與 2015 年公布之目標(23%)提升了兩倍)，並且日本經濟產業省於 7 月 1 日對碳定價制度提出初步規劃，短期內強化既有的 J-credit 制度，而 J-credit 證書買賣並非透過公開市場交易，價格透明度不足，未來經產省規劃以 J-credit 制度為基礎，進一步推動「Carbon Credit」自由交易市場，透過市場機制提供誘因，鼓勵民間企業自主採取溫室氣體減排措施，由於「Carbon Credit」自由交易市場制度不具強制力，倘若中長期減排效果不如預期，則經產省考慮進一步導入具強制力的碳定價制度(如碳交易制度)。

2.5 韓國

韓國政府於 2020 年 7 月發布「綠色新政計畫」，指出為達 2025 年溫室氣體排放量目標，再生能源發電會成長三倍以上，此計畫的終極目標是實現碳中和社會。綠色新政中與發電業相關的重要措施，包含 2034 年韓國核電廠將由 2024 年 26 座的高峰減少剩 17 座，關閉半數的燃煤電廠，並將部份燃煤轉成燃氣電廠。隨著後疫情時代的國際油價波動，燃氣發電成本上漲，以及政府強制主要發電公司逐年調升再生能源發電比例(2022 年升至 10%)，發電業者將會有電價上漲的壓力。此外，綠色新政的內容也提及會課徵碳稅、逐步撤除對國內與海外的燃煤電廠的融資、建立電能和氫能電動車充電站等政策，並於同年 10 月宣示 2050 年將實現碳中和。

2021 年 3 月，韓國環境部提出「2021 年韓國碳中和執行計畫」，將以 2050 碳中和方向，建立溫室氣體減量情境，並成立以國家研究所(環境部溫室氣體資訊中心)為主的技術工作小組，藉由分析 2050 碳中和為目標的減碳量，規劃多項情境。環境部預期 2020-2030 年間，韓國碳排放將達高峰，考量產業結構與能源組合，達到碳中和為艱困任務。

2021 年 8 月 31 日，韓國國民議會通過「碳中和與綠色增長框架法」(Framework Act on Carbon Neutrality and Green Growth)，使韓國成為全球第 14 個將 2050 年碳中和願景及其實施機制納入法律的國家。法案要求韓國到 2030 年的溫室氣體排放量比 2018 年的水平減少 35%以上，比之前的目標提高了 9%，並規定了在氣候影響評估、氣候應對基金和公正轉型等方面的政策措施。

但值得一提，2022 年隨著新政府上任，於 7 月 5 日在國務會議中擬定「新能源政策方向」，包括(1)重啟新韓蔚核電廠 3、4 號機建造工作；(2)擴大對小型模組化反應爐(Small Modular Reactor, SMR)等小型核電項目的投資；(3)於 2030 年前出口 10 部核電機組；(4) 自主研發氫能等相關技術。新政府正式取消前政府的去核電政策，改為積極活用核電，目標在 2030 年前將核電占比提升至 30%以上(現

為 27.4%)

三、全球淨零排放目標之情境評估

3.1 IEA 「World Energy Outlook 2021」

在最新發布的 WEO 報告中，IEA(2021a)評估了四種主要情境：(詳參圖 1、2)

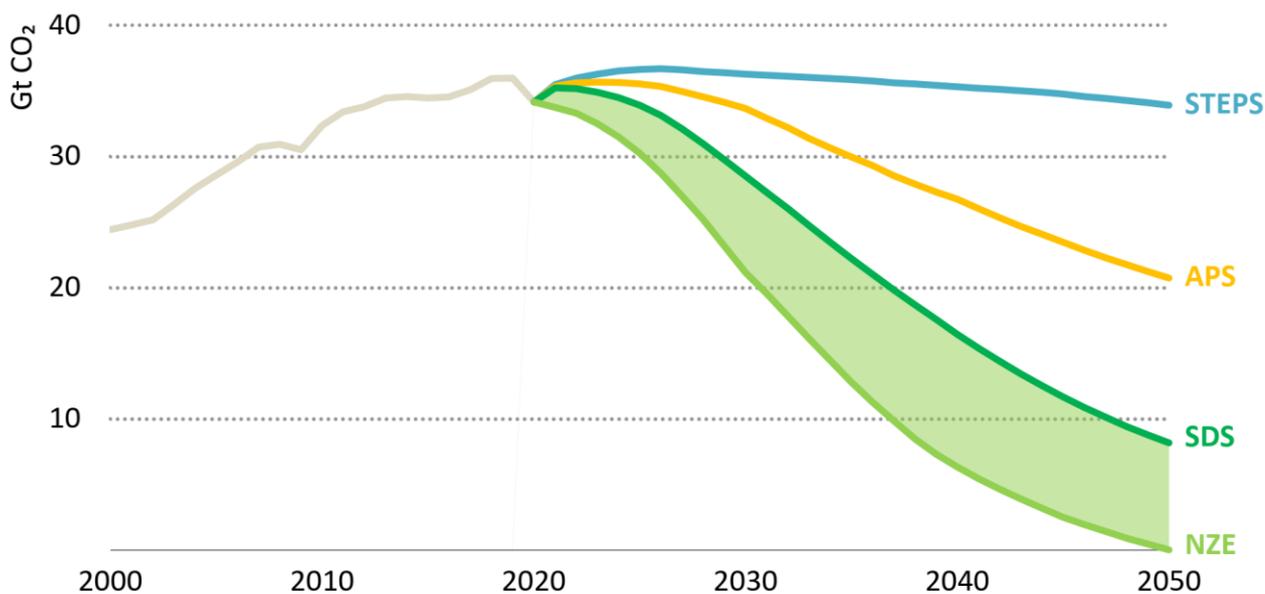
(1) 既定政策情境(stated polices scenario, STEPS)：涵蓋了政府既有的因應氣候變遷措施及已制訂的具體政策。於此情況下，2100 年全球溫升將達 2.6°C 且將持續增加。

(2) 承諾目標情境(announced pledges case, APS)：假設世界各國政府所做出的氣候承諾都按時實現。於此情況下，2100 年全球溫升將達 2.1°C 且將持續增加。

(3) 永續發展情境(Sustainable Development Scenario, SDS)：基於潔淨能源政策和投資的激增，實現了能源系統可持續發展的軌道，所有當前的淨零排放承諾全部實現，發達經濟體到 2050 年實現淨零排放，中國在 2060 年前後實現淨零排放，所有其他國家最遲在 2070 年前實現淨零排放。於此情況下，2050 年全球溫升將達峰值 1.7°C 且將逐漸下降。

(4) 淨零排放情境(NZE)：全球能源部門到 2050 年實現二氧化碳淨零排放。於此情況下，2050 年全球溫升將達峰值 1.5°C 且將逐漸下降。

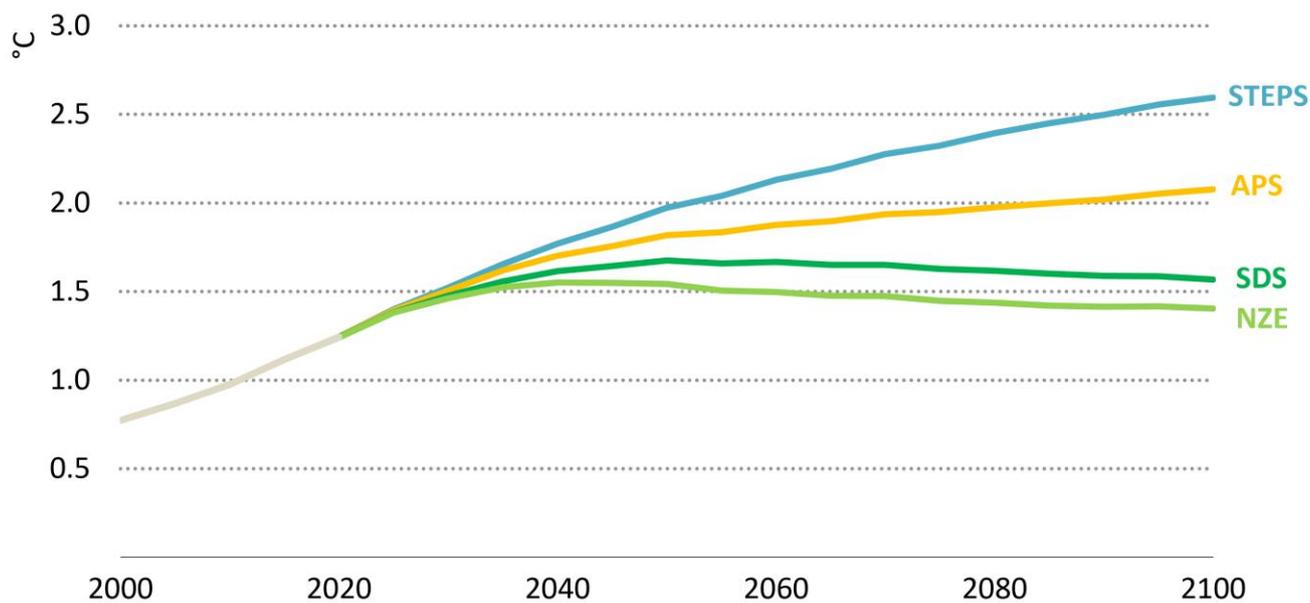
IEA 指出雖然風力、太陽能等再生能源及電動汽車領域有所成長，但因投資的資金不足，其進展仍難以降低全球碳排放量至淨零，其中又以開發中國家最為短缺。另也特別強調，為抑制全球升溫 1.5°C，未來十年應採取四項關鍵措施，包含：(1)持續推動發電去碳化(如：部署太陽能及風能等再生能源、建設電力基礎設施、合理運用核電、淘汰煤炭並發展交通與供暖電氣化設備)；(2)能源使用效率提升(藉由材料科技與民眾行為改變)；(3)減少化石燃料在使用過程中的甲烷排放；(4)潔淨能源的科技創新(氫燃料與其他低碳燃料及 CCUS)



IEA. All rights reserved.

資料來源：World Energy Outlook 2021, IEA.

圖 1 不同情境下之全球二氧化碳排放量



IEA. All rights reserved.

資料來源：World Energy Outlook 2021, IEA.

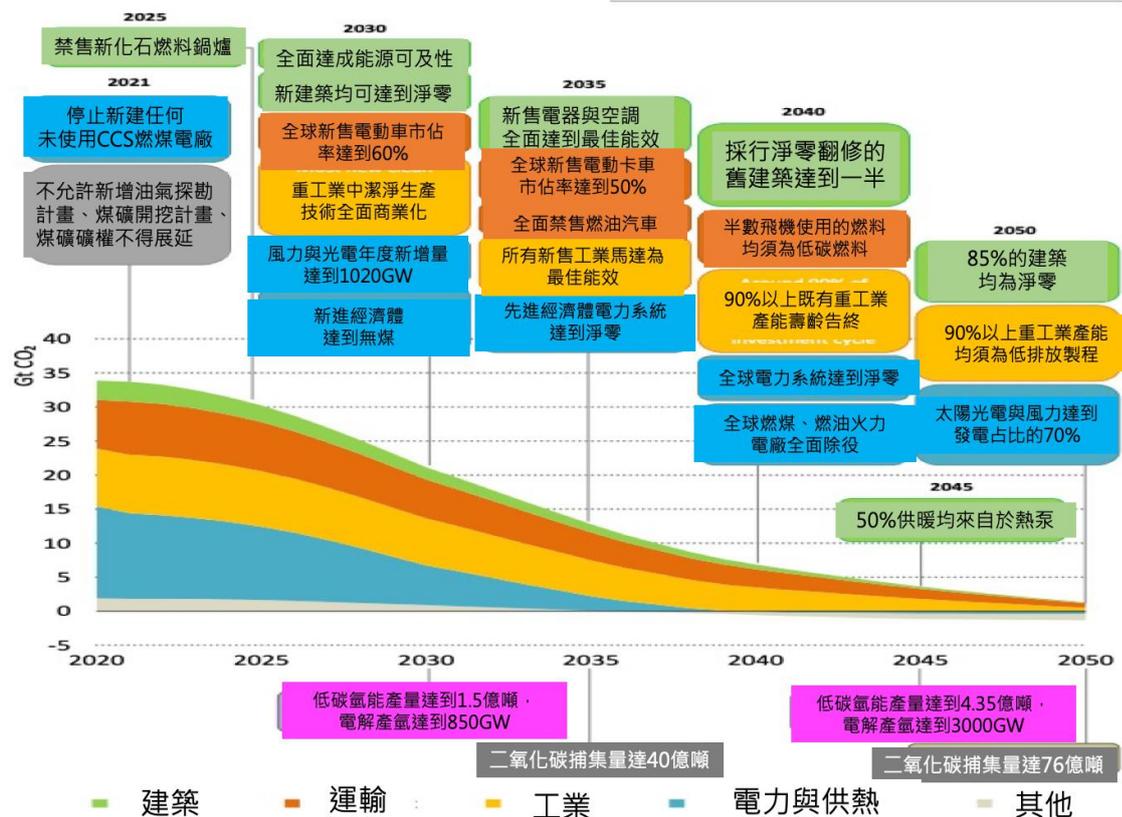
圖 2 不同情境下之全球溫升幅度

3.2 IEA 「Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector」

IEA(2021b)在報告中提供各時間點的減碳行動與時程(詳見圖 3)，而報告重點摘錄如下：

- (1)2050 年電力將成為能源系統核心，占能源消費量近一半，並在運輸、建築、工業等部門扮演關鍵作用，近 90%發電量來自再生能源，其中，風力與太陽能發電的占比合計達近 70%，其餘大部分為核電。
- (2)2021 年起停止投資新的化石燃料計畫，並呼籲已開發及開發中國家分別於 2030、2040 年以前淘汰所有燃煤電廠。
- (3)投資潔淨能源將會帶動就業成長，提升經濟效益。
- (4)全球為達成 2050 淨零排放目標需要有的相關技術，包括擴大再生能源發展、提高能源使用效率及使用生質能、電氣化取代化石燃料，以及發展碳捕捉再利用及封存技術(CCUS)、氫燃料，除此之外，使用行為改變也是關鍵。
- (5)各時間點的減碳行動與時程包含 2025 年禁售新化石燃料鍋爐、2030 年新車電動車市占達 60%、2040 年全球電力系統達淨零排放等。

淨零路徑的關鍵里程碑



資料來源：IEA (2021b)；中文標示圖擷取自環境資訊中心。

圖 3 全球淨零路徑的關鍵里程碑

3.3 United Nations Environment Programme (UNEP) 「Emissions Gap Report 2020、2021」

UNEP(2020)指出全球在 2019 年的溫室氣體排放量達到 524 億噸 CO₂e (不包含土地利用產生), 已是連續三年增加的情形。排放源中仍以化石燃料產生的 CO₂ 排放為最多, 占總排放量超過 60%。另外, 從 2010 年起全球溫室氣體排放年平均成長率為 1.3%, 而 2019 當年成長率則為 1.1%。

報告依據 COVID-19 前既有的政策情境, 將自主貢獻 (NDCs) 執行情境分為有條件(conditional)³和無條件(unconditional)進行比較, 其重點結論摘要如下:

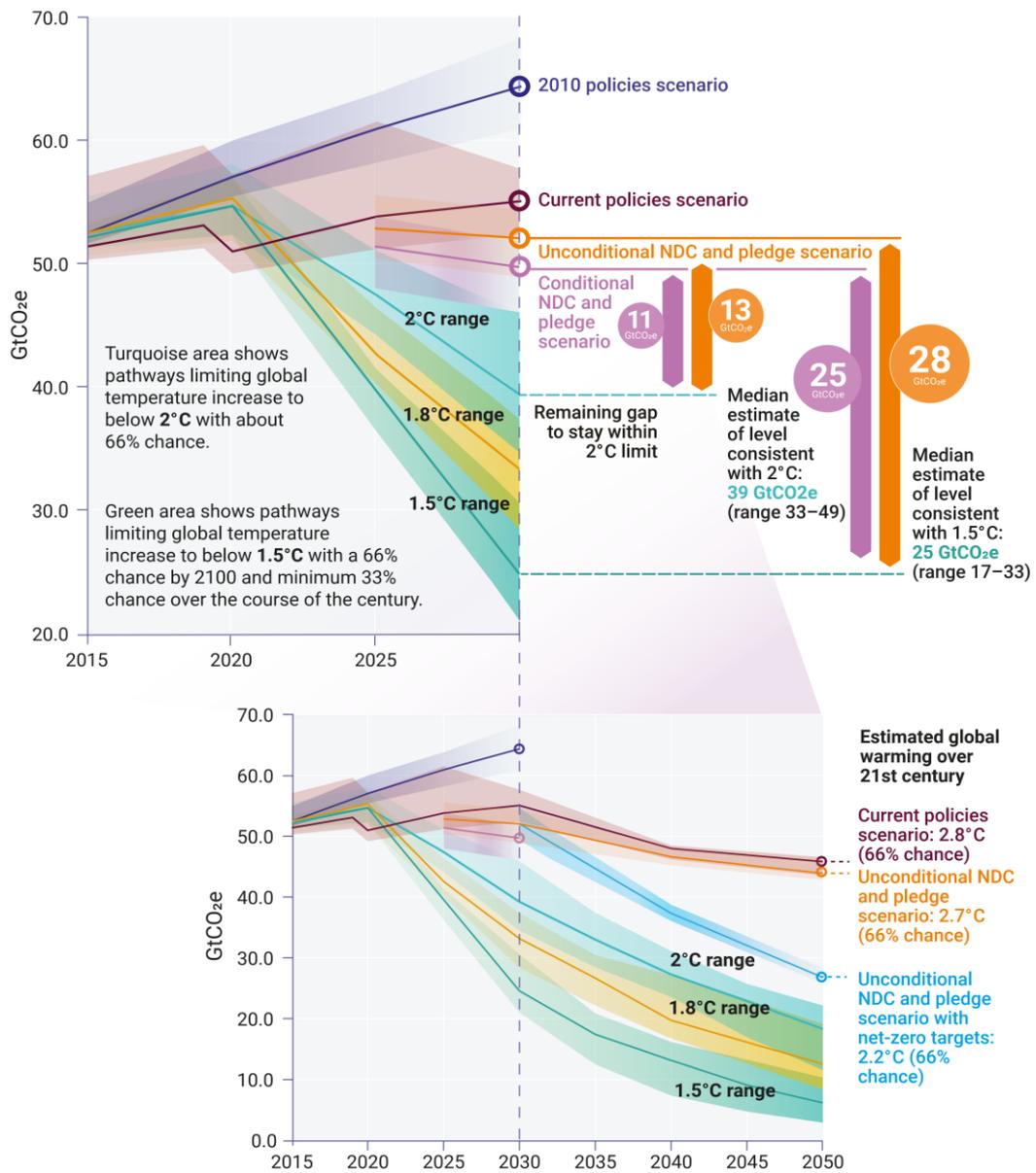
(1) UNEP(2021)指出若追求 2030 年全球升溫幅度為 2°C, 則排放差距分別仍有

³ 有條件情境：如南美等國提出的 NDCs 是在有附加的條件下才能達成, 需仰賴先進國家技術與經濟上的支援。

110 及 130 億噸 CO₂e；若追求 1.5°C 目標，排放差距分別達 250 及 280 億噸 CO₂e，可見有條件與無條件實施國家自主貢獻在情境估計下，有 20~30 億噸 CO₂e 的排放差距。

(2) 目前航空與船運每年排放 20 億噸 CO₂e，占全球總排放量的 5%，未來將大幅增加，且各國所提出之 NDC 不涵蓋航空與船運的國際排放，根據當前趨勢到 2050 年可能消耗 60~220% 的 1.5°C 碳預算，UNEP 建議盡快發展化石燃料替代品，提升能源使用效率。

(3) 降低需求是抑制排放最有效的手段，改變生活方式能夠持續減少溫室氣體排放與縮小排放差距。



資料來源：Emissions Gap Report 2021, UNEP

圖 4 不同情境下全球溫室氣體排放及 2030 年的排放差距

四、 結語

歐盟以 1990 年為基準，規範 2030 年的溫室氣體排放至少需減少 55%，亦推出綠色政綱及 55 套案，透過具體措施並積極地引導成員國邁向競爭力、社會公正和綠色三大方向轉型，以實現 2050 年氣候中和之法律承諾目標，成為世界上第一個氣候中和的大型經濟體。早在 2008 年英國就已制定全球第一個具有法律約束力的氣候變遷法案，但隨著國際減排目標日益嚴峻，於 2019 年修訂通過將 2050 年排放減量提高為 100%，成為七大工業國第一個將 2050 年淨零排放目標入法之國家。Agora 智庫建議德國在 2045 年達到氣候中和之三個步驟：(1)在 2030 年時，溫室氣體排放與 1990 年相比減少 65%（目前德國法定 55%）；(2)在 2045 年時，溫室氣體與 1990 年相比減少 95%；(3)利用負碳排技術，扣除剩餘的 5%溫室氣體排放，並提出部門別的減排政策。日本承諾於 2050 年實現碳中和，規劃 2050 年再生能源發電占比提高至 50%~60%；氫/氨發電占比提高至約 10%；核能和結合碳捕捉的火力發電占比目標為 30%~40%。韓國已成為全球第 14 個將 2050 年碳中和願景及其實施機制入法的國家，法案要求韓國到 2030 年的溫室氣體排放量比 2018 年的水平減少 35%以上，比之前的目標提高了 9%，並規定了在氣候影響評估、氣候應對基金和公正轉型等方面的政策。措施。

我國於 2022 年 3 月 30 日提出了「台灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」⁴，但似乎缺少了最關鍵的在達成短、中、長期減碳目標下的電力結構轉變路徑圖，因電力結構轉變將深深影響著產業轉型，而電力消費占比的增長在達成淨零排放上甚為重要，因此，從全球淨零排放目標之情境評估，可歸納出幾項重點與我國政策比較：(1)持續推動電力去碳化，2050 年電力將成為能源消費系統的核心，占比近一半（我國預計為 51.8%，現為 30.4%）⁴，近 90%發電量來自再生能源，其中，風力與太陽能發電的占比合計達近 70%，其餘大部分為核電。我國則為 2050 年

⁴ 國家發展委員會，「台灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，2022

再生能源約占總電力的 60~70%，以風力及太陽能發電為主，其餘則為火力+CCSS(20~27%)及氫氣(9~12%)；(2)透過研發材料科技及使用行為改變，促進能源使用效率的提升。我國則是指出各部門需透過提升能源效率及結構轉型，逐步降低能源需求成長幅度；(3)2021 年起停止投資新的化石燃料計畫，並呼籲已開發及開發中國家分別於 2030、2040 年以前淘汰所有燃煤電廠。我國則是 2025 年後不興建燃煤電廠，既有燃煤電廠亦將逐漸除役；(4)投資潔淨能源促使科技創新並帶動就業成長，提升經濟效益。我國則是政府將投入創新潔淨能源之開發，如氫能與生質能以取代化石燃料，並搭配碳捕捉再利用及封存技術。綜合上述，雖然達成我國淨零排放的電力結構轉變路徑圖未清楚呈現，但所提出的策略已與國際分析的重點項目逐漸接軌，未來可透過國內各界一起檢視滾動修正路徑藍圖，打造良好的淨零轉型對話平台，期能為我國邁向國際淨零趨勢的大道上，奠定最堅實的基礎。

參考文獻

1. Agora Energiewende (2020), *Towards a Climate-Neutral Germany*.
2. Agora Energiewende (2020), *Towards a Climate-Neutral Germany by 2045*.
3. Energy & Climate Intelligence Unit, Net Zero Tracker. <https://zerotracker.net/>
4. European Parliamentary Research Service (2021), *South Korea's pledge to achieve carbon neutrality by 2050*.
https://www.meti.go.jp/english/policy/energy_environment/global_warming/ggs2050/index.html
5. European Commission (2019), *The European Green Deal*.
<https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/>
6. IEA (2020a), *Energy Efficiency 2020*.
7. IEA (2020b), *Sustainable Recover*.
8. IEA (2020c), *World Energy Outlook 2020*.
9. IEA (2021a), *World Energy Outlook 2021*.
10. IEA (2021b), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*.
11. IPCC (2018), Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. 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.)]
12. MITE (2021), *Green Growth Strategy Through Achieving Carbon Neutrality in*

2050.

13. The Government of the Republic of Korea (2020), *2050 CARBON NEUTRAL STRATEGY OF THE REPUBLIC OF KOREA*.
14. UK (2020), *Climate Change Act 2008*.
15. UK (2020), *The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution*.
16. UK (2021), *UK Hydrogen Strategy*.
17. UNEP (2020), *Emissions Gap Report 2020*.
18. UNEP (2021), *Emissions Gap Report 2021*.
19. 環境資訊中心 (2021), 歐盟提氣候變遷大計 Fit for 55 草案：社會與經濟的全面轉型。 <https://e-info.org.tw/node/231700>
20. 環境資訊中心 (2021), 全球 2050 能源淨零排放路徑，告訴我們什麼？ <https://e-info.org.tw/node/231489>
21. 經濟部/台北駐日經濟文化代表處經濟組 (2021), 日本經濟產業省訂定短期碳定價政策方向。 <https://www.trademag.org.tw/page/newsid1/?id=7845024&iz=6>
22. 能源知識庫 (2021), 韓國 2021 碳中和執行計畫。
23. 能源知識庫 (2022), 日本國家能源政策評析報告(2020 年版)。
24. 國家發展委員會 (2022), 台灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明。