

淨零碳排情境減碳策略

摘要

本報告以淨零碳排目標規劃為始，論述國際能源總署 (IEA) 2050 年淨零情境觀點、各主要工業國之政策制定態度，及其是否將碳減排目標，確實落實為政策法令。接續，逐步聚焦於高耗能產業，面臨國際情勢而擬定之短中長期減碳策略，其中除直接性替代高碳足跡物料，亦不乏新興 CCUS、氫能技術之投入規劃。

前言

隨溫室效應對氣候環境造成之深遠影響，國際間已明瞭減排議題已刻不容緩。然為兼顧產業發展與經濟活動，使碳減排所影響的層面廣泛，其範圍粗略可包含：能源供給、電力部門、工業部門、政經策略等面向。因此，欲於 2050 年達到淨零排放，整體政策發展路徑，必須考量技術可行性、成本效益與社會接受度，且不過度依賴負碳排放技術，同時確保經濟成長與能源供應穩定。

國際能源總署 2050 年淨零碳排路徑

根據統計，2020 年受新冠疫情影響，全球總碳排放量相較於 2019 年水準 (334 億噸)，略降為 315 億噸。其中，全球工業碳排達 84 億噸，有 70% 排放來自三大重工業：石化、鋼鐵及水泥業。過去 20 年，因全球經濟成長與人口擴增，鋼鐵需求成長 2.1 倍、水泥需求成長 2.4 倍及塑膠 (化學產業主要產品) 需求成長 1.9 倍。

未來藉由材料循環再利用，可望降低前述產品需求。但為滿足再生能源發電設備與運輸載具 (主要是電動車) 的發展需求，國際能源總署 (IEA) 預估 2050 年鋼鐵需求，將較 2020 年增加 12%，初級化學品需求增加 30%，水泥產品則持平。前述產品未來要如何近 (淨) 零生

產將是重大挑戰。整體減排趨勢至 2030 年，重工業碳排放需要減少 20% 排放；至 2050 年則需降低 93% 排放。國際能源總署所建議的具體措施包含：優化設備操作效率、採取最佳可行技術、提升材料效率等，約可貢獻 60% 減量的技術與措施，但前述措施目前多仍處於發展階段。其中，氫能與碳捕存再利用 (CCUS) 技術可滿足重工業高溫熱需求，也減少製程排放，此兩項技術可幫助重工業減排約 50% (2050 年)。

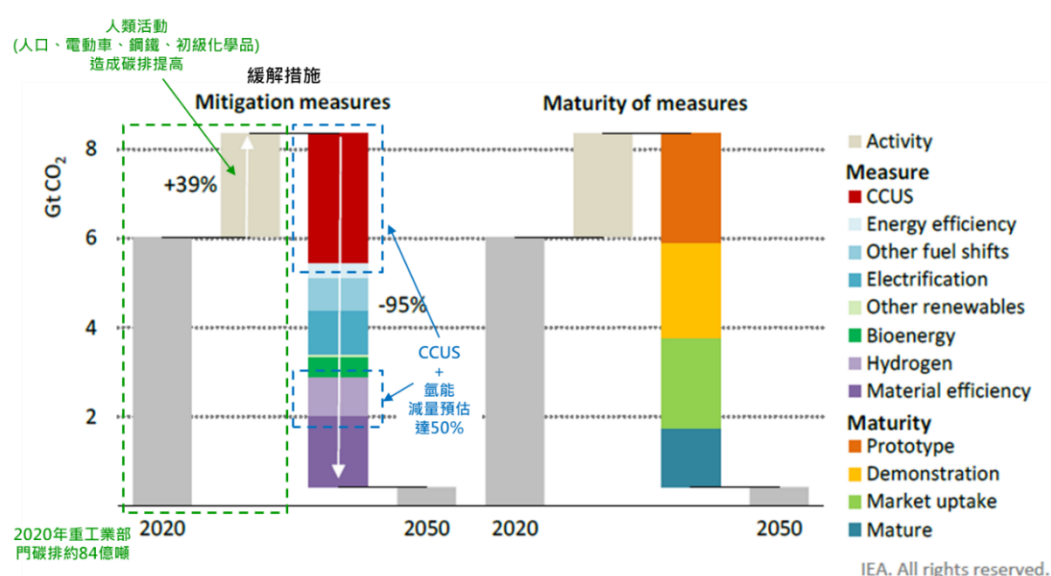


圖 1、2020~2050 年碳排差異與各技術減碳佔比 [1]

國際淨零碳排時程及減碳策略路徑

談到各國淨零碳排目標，本文主要檢視日、韓、中、歐盟、英、美等國，對於 2050 年淨零時程 (中國大陸是 2060 年淨零) 規劃與減碳策略。

日、韓、中等世界前幾大經濟體，目前雖尚未明確立法規範，但已相繼宣布將在 2050 和 2060 年達成淨零排碳目標，意味著全球三分之二的煤炭的使用量和將近二分之一的 CO₂ 排量，被前述國家淨零目標所覆蓋 (Carbon Brief, 2020)。不過，對於日韓中來說，要達成這個

長期願景勢必得提升再生能源的配比。舉例來說，韓國再生能源目前只占能源配比的 4%，而此佔比目標需於 2030 年達到 20%；此外，CCUS 技術使用占比亦不可或缺。例如，韓國 KEEI 於 2010 年起，即投入以乾式可再生吸附劑捕獲 CO₂ (規模為 0.5 MW) 進行驗證試行，並於 2013 年擴展至 10 MW [2]，預計 CCUS 技術總捕碳量於 2030 年將達 10 Mt CO₂eq。

日本則提出 2030 年再生能源要達到 22-24% 的目標，加上氫能與 CCUS 技術，預期於 2030 年須減排達 50%。中國大陸則延後淨零目標至 2060 年。歐洲地區在淨零碳排議題上，發展進程較早，加上綠電佔比成熟度高，如英國更規劃於 2035 年將減排 75%。此外，歐盟也提出碳邊境管理機制，意即相同產品，碳足跡較高者將規劃課以碳關稅，來限制高碳足跡商品進入歐盟市場流通。

表 1、各國淨零政策列表

		日本 	南韓 	中國大陸 	歐盟 	英國 	美國 
淨零碳排目標年		2050	2050	2060	2050	2050	2050
時程	中期	2030	2030	2030	2030	2035	2030
	目標	-46~-50%	-	碳峰值	-55%	-78%	-50~-52%
策略		- 綠電 (2030綠電達22~24%) - 熱/電力加氫 - CCUS	2030綠電達20% 2050策略: - 再生能源 - fuel cell+綠氫 - fossil+CCUS - CO₂捕獲量達10 Mt CO₂eq (2030目標)	- CCUS 15% - 氫能脫碳20%	- 再生能源提昇至80% - CCUS - 碳邊境管理機制 - 運輸業改用低碳生物燃料	2030年捕獲10 Mt CO₂/yr 2025年投入2個工業集散計畫 (投入£10億) 2030年建立4個工業集散計畫	2035年電廠去碳 - 搭配45Q政策 25-40 Mt/y (未來5-7年) 75-80 Mt/y (未來15年) 350-400 Mt/y (未來25年)
備註		- 氫能發展: 2030: 3 Mt · 30 JPY/Nm³ 2050: 20 Mt · 20 JPY/Nm³ - 氫能煉鋼、電解產氫	2050淨零政策納入議程	工業部門碳排放佔48%	- Power-to-X (氫、甲烷、甲醇) - 生質能捕獲CO₂再製燃料用於運輸	- 預測全球市場達£2,600億 (2050) - 運輸與封存市場達£540億	

為驅使市場、產業及消費群眾，可逐步接受國際減碳大勢之事實，政策性的碳費收取可能是未來趨勢。根據 2019 年台灣 10 大碳排大戶名單來看，3 大碳排產業仍以石化及鋼鐵業居首。目前環保署計畫採取收取碳費的方式，初步鎖定製造業排碳大戶來徵收碳費，石化、鋼鐵、半導體等製造部門首當其衝，年產 2.5 萬噸以上製造業排碳大戶將列為收費對象，全國約 290 家。環保署於 2020 年 7 月與英國在台辦事處合作，委託 LSE 進行之「台灣碳定價之選項」研究報告即建議，若要達成減碳效益，每噸碳費建議應由 2020 年的 10 美元，逐步遞增至 2030 年的 98 美金，透過此發展路徑促使業者做出長期減碳規劃，如投資環保設備、低碳製程 [3, 4]。

高耗能產業減碳策略與目標

依據國際能源總署 2050 年淨零永續目標，重工業須減少 95% 碳排，CCUS 與氫能可滿足工業高溫製程，亦可降低製程排放，如若 CCUS 與氫能技術如預期發展，於 2050 年減量貢獻可達 50%。其中，水泥業減碳選項：中 CCUS 佔 55% 減碳貢獻，其餘包括天然氣供熱 (40%)、生質能與廢棄物 (35%)、氫氣 (10%) 與再生能源/電氣化 (15%)。在眾多選項中，增加替代材料摻配比率 (代替原料-石灰石、黏土等)，將平均熟料比例由 0.71 降至 0.57。創新型水泥限制或避免製程排放，甚至在固化過程中捕獲 CO₂。鋼鐵業則以直接還原鐵、氫氣噴吹、廢鋼電弧爐為發展主軸，其中燃煤使用佔比將由 75% (2020 年) 降至 22% (2050 年)；其中有 90% 須結合 CCUS 技術。石化業市場結構較為複雜，這邊僅略提國際能源總署整理的減碳策略：如塑料回收再利用。提高初級化學品使用效率、製程、設備改良、綠氫及 CCUS 技術導入。

表 2、高耗能產業減碳策略與目標

	減碳策略	減碳目標
水泥	- 提高能源替代率： – NG (40%)、biomass/waste (35%)、H₂ (10%)、renewable energy (15%) - 替代材料摻配: 0.71→0.57 - 水泥窯電氣化，預計2040年後，H₂將提供10%的熱能 - CO₂ curing技術生產創新型水泥	2030年後減排目標需納入CCUS 2030年較2020年減少40%排放 2050年，CCUS將貢獻55%減排量
鋼鐵	- 透過廢鋼電弧爐 (EAF)、氫氣噴吹發展直接還原鐵 (DRI)技術 - 鐵礦石電解和輔助設備電氣化 - 降低燃煤使用占比： – 2020 (75%)→2050 (22%)，其中90%與CCUS結合	- 碳排目標： – 24億噸 (2020)→18億噸 (2030)→2億噸 (2050) - 化石燃料占比： – 85% (2020)→30% (2050)
石化	- 塑料回收和再利用 - 提高初級化學品使用效率 (氮肥) - 提高設備能源效率、化學製程改進 - CCUS應用、再生電力產氫	- 碳排目標： – 13億噸 (2020)→12億噸 (2030)→0.65億噸 (2050) - 化石燃料占比： – 83% (2020)→76% (2030)→61% (2050)

結語

淨零碳排戰略必須以特定政策為基礎。2025 年全球各國家都應建立長期的 CO₂ 減排政策框架，以確保產業後續投資將採用近零排放技術。碳費或碳交易機制就短期而言，僅可做為鼓勵產業大戶正視減碳議題之重要性。積極面作法仍需產官學界之相互協作；特別在 2050 年淨零情境下，氫能與碳捕存再利用 (CCUS)技術，減碳占比如欲達 50%，配套之再生電力與儲能調度技術發展更是迫切。

因此，所需之資金投入、示範場域與基礎建設，均應即早落實。依據 IEA 報告建議，無論是已開發國家，亦或是新興市場及發展中國家，皆需在 3~5 年內提出低碳技術大規模部署之策略路徑。

參考文獻

[1]. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

[2]. 日本、韓國與中國大陸生質能與 CCS 科技研發趨勢簡析。

[3]. <https://csr.cw.com.tw/article/41868>

[4]. <https://e-info.org.tw/node/230061>