

## 本月專題

# 歐盟 2050 年排放中和長期策略規劃概要

陳瑞惠<sup>1</sup>

### 摘要

依據巴黎協定，目前各國正準備於 2020 年前提出本世紀中葉溫室氣體長期低排放發展策略計畫。歐盟為展現其於巴黎協定下強化氣候行動的努力，於 2018 年 11 月 COP24 召開前發布 2050 年氣候策略草案，提出 2050 年達成淨零溫室氣體排放之目標。

歐盟長期策略規劃，係透過八情境模型評估分析，提出七大長期策略。其情境分析發現，佈署再生能源(包括永續性先進生質燃料)、提升能源效率、推動循環經濟、擴大電氣化、使用氫能與替代燃料等個別技術選項，或採行新的移動方法等，皆不足以實現 2050 年淨零溫室氣體排放經濟，各技術情境顯示僅能減量 80%。而結合所有技術選項之綜合情境，可達減 90%，仍尚有剩餘排放，尤其是農業。因此，欲達淨零排放，除需極大化技術與循環經濟選項之潛能，大規模佈署基於碳匯的自然土地，並評估負排放技術之需求，以消除剩餘排放。而基於八情境分析，歐盟分別提出能效與建築、能源、工業、運輸、農林土地之部門策略，及基礎設施系統與以 CCS 解決剩餘排放等七大策略。

基於順應國際趨勢與行動，我國應思考或開始準備長期策略規劃，提出適合我國情、發展與資源稟賦之長期減碳路徑與策略方向，供我國階段管制目標與策略之制定方針，以避免偏離目標軌道與偏重短期措施之實施，而不易進一步加深減碳能量，並陷入碳鎖定困境。透過長期策略規劃，將有利於提早行動與布局，以於長期發揮深度減碳成效。

<sup>1</sup>財團法人台灣綜合研究院 專案研究員

## 一、巴黎協定與長期低碳發展策略背景

### (一)巴黎協定要求各國於 2020 年前提交長期低碳發展策略計畫

全球各國為能共同及時遏制日益惡化的氣候變遷，而於 2015 年 12 月聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)之 COP 21 順利達成具里程碑意義的巴黎協定，目標為朝向本世紀末全球平均溫升低於 2°C，並致力於 1.5°C 的溫度目標，而為達此目標並設定全球於本世紀下半葉達到淨零排放。

準此，為達成上述巴黎協定目標，除要求各國每 5 年提出企圖心更高的國家自定貢獻(Nationally Determined Contributions, NDC)之外，並要求各國於 2020 年前提出本世紀中葉溫室氣體長期低排放發展策略計畫。目前已有英、法、德、美、加、墨等 11 國，向 UNFCCC 提交長期策略。

### (二)IPCC 發布暖化 1.5°C 影響特別報告後，部分國家開始提出 2050 年碳中和目標

2018 年 10 月 IPCC 發布之 1.5°C 影響特別報告建議，為限制本世紀末全球溫升於 1.5°C，全球約需於 2050 年達淨零 CO<sub>2</sub> 排放，之後其他溫室氣體達排放中和。此報告發布後，法國、歐盟、德國、英國、紐西蘭、葡萄牙等國，相繼評估考量、討論，甚或提出 2050 年碳中和目標，而日本已宣布將於 2050 年之後儘快達碳中和。

### (三)歐盟於 COP24 召開前發布 2050 年長期氣候策略草案

歐盟於 2009 年原已訂定 2050 年溫室氣體較 1990 年減 80-95% 之目標。然而，為展現歐盟於巴黎協定下強化氣候行動的努力，於 2018 年 11 月 COP24 召開前發布 2050 年氣候策略草案，提出 2050 年達成淨零溫室氣體排放之目標，並於 2019 年春季開始進行策略討論。

歐盟名為「A Clean Planet for all」長期策略草案，係由歐盟執委會提出，為歐盟實現繁榮、現代、具競爭力與氣候中和之經濟轉型的長期策略願景，制定氣候能源政策方向，達成與聯合國永續發展目標(SDG)與巴黎協定溫度目標一致之長期貢獻架構。

## 二、歐盟長期策略概要

歐盟長期策略草案，係基於 8 大情境路徑分析，提出七大策略。其概要如下：

### (一) 8 大情境路徑分析與部門策略

#### 1. 以目前政策與目標為基線：估計目前政策至 2050 年約可達 60% 減量

依據目前已通過之 2030 年能源氣候政策與目標，與能源聯盟暨氣候行動治理條例(Regulation on Governance of the Energy Union and Climate Action)所涵蓋政策與措施，包括：歐盟排放交易體系(EU ETS)改革、國家溫室氣體排放減量目標、維護歐盟土地與森林碳匯法規、已通過之 2030 年能效與再生能源目標、改善汽車與卡車排放效率的立法提案等政策與目標，推估歐盟 2030 年溫室氣體排放約可減量 45%，至 2050 年約減 60%。

#### 2. 8 大情境路徑分析

##### (1) 5 種不同技術情境路徑：估計各技術情境 2050 年可達 85% 減量 (含碳匯)

尋求強化 5 種不同技術或行動之情境，以探索其共同特性與對能源系統的不同影響。各情境符合限制溫升低於 2°C 之企圖心，包括：

A. 電氣化情境：推行所有部門電氣化。

B. 氫能技術情境：工業、運輸、建築部門使用氫能。

**C. power-to-X<sup>2</sup>情境：**工業、運輸、建築部門使用電轉燃料 E-fuels。

**D. 能源效率情境：**尋求需求端所有部門達到深度能效。

**E. 循環經濟情境：**於需求端推行循環經濟，以提升資源與材料效率。

上述 5 情境分析結果顯示如下：

情境	電氣化 (ELEC)	氫能 (H2)	Power-to-X (P2X)	能效 (EE)	循環經濟 (CIRC)
電力消費	需高儲能佈署，為目前 6 倍	需較多電力生產氫氣	使用最多電力，2050 年發電量較目前多近 150%	<ul style="list-style-type: none"> <li>發電量增加最少，2050 年較目前增約 35%</li> <li>儲能需求最低</li> <li>住宅或工業部門節能最多</li> </ul>	
所需投資與部門轉型	<ul style="list-style-type: none"> <li>需求端之轉型與投資較少</li> <li>能源供給部門投資最高</li> </ul>			能源供給部門投資最少	
2050 年溫室氣體減量估計	<ul style="list-style-type: none"> <li>若不含土地使用與森林，達到 2050 年較 1990 年減量 80%</li> <li>若含土地使用與森林，2050 年約達減 85%</li> </ul>				

## (2) 綜合情境：估計可達 90% 減量(含碳匯)

綜合情境為上述低於 2°C 情境之 5 技術選項的具成本效益組合路徑，估計 2050 年含碳匯可達到 90% 減量，仍未能達到淨零排放，因農業等部分部門仍有排放產生。

目前農林部門產生之年淨碳匯約 3,000 萬公噸 CO<sub>2</sub>，但不足以補足未來之剩餘排放。因此，需探索生質能以永續方式供給，並加強自然碳匯或結合 CCS 之額外行動，以移除剩餘碳排放。

## (3) 2 種淨零排放情境路徑：評估至 2050 年如何移除剩餘排放與之後的淨負排放

**A. 1.5°C 技術情境：**基於綜合情境，推行所有零碳能源載體與效率，增加使用 CCS，並依賴 BECCS 負排放技術，平衡剩餘排放。

**B. 1.5°C 永續生活型態情境：**基於綜合與循環經濟情境，並改變生

<sup>2</sup>. 一般 Power-to-X(也稱電力轉氣體、電力轉化學品、電子轉分子等)係使用電力產生氫氣、合成甲烷或液態燃料(如氨或甲醇)等。

活型態。透過此情境分析，評估高度循環經濟影響與消費者低碳選擇改變之潛在利益，並探索如何加強土地使用以增加自然碳匯，減少對負排放技術需求的依賴。

**3.各情境部門策略：**上述 8 情境下之部門主要策略(請見表 1)如下：

- (1)**電力部門：**在各情境下，皆推行電力脫碳策略，將進行系統優化(包括需求面回應、儲能、電網連接、專業消費者角色等)，促進再生能源的強力擴散，使用核能，並有限佈署 CCS。預計至 2050 年電力幾乎脫碳。
- (2)**工業部門：**包括製程電氣化、強化氫能與 e-gas(電轉氣)應用、提升能效、提升原材料回收率與材料替代並採行循環措施等。
- (3)**建築部門：**增加熱泵佈署、對供熱進行氫氣與 e-gas 佈署、提高舊建築翻新率與翻新程度，推出永續建築等。
- (4)**運輸部門：**加速所有運輸模式的電氣化、重型運具與部分輕型運具的氫能佈署、所有運輸模式的 e-fuels 佈署、促進轉換運輸模式、移動為一種服務(如共乘、共享等)等。

表 1 歐盟 2050 年長期策略規劃 8 大情境之部門策略

長期策略選項								
情境	電氣化 (ELEC)	氫能 (H2)	Power-to-X (P2X)	能效 (EE)	循環經濟 (CIRC)	綜合 (COMBO)	1.5°C技術 (1.5 TECH)	1.5°C永續生活型態 (1.5 LIFE)
主要驅動力	所有部門電氣化	工業、運輸、建築部門使用氫能	工業、運輸、建築部門使用 E-fuels	尋求所有部門深度能效	提升資源與材料效率	低於 2°C 情境選項之具成本效益組合	基於綜合情境，增加 BECCS 與 CCS	基於綜合與循環經濟情境，改變生活型態
2050 GHG 目標	-80% (不含碳匯) [“低於 2°C” 企圖心]					-90% (含碳匯)	-100% (含碳匯) [“1.5°C” 企圖心]	
主要之共同假設	<ul style="list-style-type: none"> <li>•2030 年後更高的能源效率</li> <li>•永續性的先進生質燃料佈署</li> <li>•適度的循環經濟措施</li> <li>•數位化</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>•基礎設施佈署的市場協調</li> <li>•在 2°C 情境下，BECCS 僅出現在 2050 年之後</li> <li>•透過低碳技術發展經驗獲得重要學習</li> <li>•顯著提高運輸系統效率</li> </ul>			
電力部門	至 2050 年，電力幾乎脫碳。系統優化(需求面回應、儲能、電網互連、專業消費者角色)，促進再生能源的強力擴散。核能依然在電力部門扮一角，CCS 佈署有限制。							
工業部門	製程電氣化	於特定應用中使用 H2	於特定應用中使用 e-gas	透過能效降低能源需求	提升回收率、材料替代、循環措施	低於 2°C 情境選項之最具成本效益組合，與特定應用 (不包括 CIRC)	COMBO 情境，但更加強	CIRC+COMBO 情境，但更加強
建築部門	增加熱泵佈署	對供熱進行 H2 佈署	對供熱進行 e-gas 佈署	提高翻新率與深度	永續建築			CIRC+COMBO 情境，但更加強
運輸部門	所有運輸模式加速電氣化	重型運具與部分輕型運具的 H2 佈署	所有運輸模式的 E-fuels 佈署	增加模式轉換	移動為一種服務			•CIRC + COMBO 情境，但更加強 •航空旅行的替代選項
其他驅動力		於輸氣網之 H2	於輸氣網之 E-gas					有限加強自然碳匯

資料來源：EUROPEAN COMMISSION, “IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM(2018) 773 - A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy”, 28 November 2018.

## (二)實現 2050 年淨零排放目標之七大策略

基於上述 8 情境模型分析，而提出歐盟朝向 2050 年實現排放中和經濟，各部門與跨部門應採行之七大策略：

### 1.極大發揮能源效率之效益，包括零排放建築

(1)能效策略預期目標：2050 年能源消費較 2005 年減半。

(2)主要策略措施：

A.能源效率數位化與家庭自動化並制定能效標章與標準：其影響所及可超越歐盟，因家用電器與電子產品的進出口，使海外生產商使用歐盟標準。

B.提升工業部門能效，為製程減碳核心。

C.建築部門能效策略措施：提高既有建築能效翻新改造率，家庭轉用再生能源供熱(如電力、區域供熱、再生氣體或太陽熱能等)，推廣使用最具效率產品與電器，智慧建築/電器管理系統，改善建築隔溫材料等。

D.永續性再生供熱：如 LNG、混以氫氣、或產自再生電力與沼氣混合物之 e-甲烷等氣體，可供既有建築與許多工業應用使用。

### 2.極大化再生能源佈署與電力使用，以使歐盟能源供給完全脫碳

所有情境評估顯示，2050 年潔淨能源系統轉型，將透過再生能源佈署，驅動能源系統的大規模電氣化，並為需求端與工業部門生產無碳燃料與原料。同時，可提升歐盟能源安全，鞏固就業，大幅降低能源進口依賴並節省鉅額能源進口支出。

(1)再生能源佈署：目前歐盟電力供給，超過半數為零排放，估計至 2050 年超過 80%電力將來自再生能源，並仍將使用核能。此外，消費者

亦是能源生產者，地方社區將鼓勵住宅使用再生能源。

(2)**支應需求端電氣化與生產無碳燃料**：脫碳電力除支應需求端大規模電氣化用電外，並為難以電氣化或無法使用永續生質能之部門，如部分供熱、運輸與工業等，可直接使用電力或是間接透過電解，生產 e-fuels(例如以零碳電力生產氫氣(e-hydrogen))，此種合成燃料的潛在優勢，可以在難以脫碳的工業與運輸等不同部門，以多種方式儲存與使用。且在利基應用與完全脫碳的電力系統中，這些技術可以使用從工業製程中捕獲的 CO<sub>2</sub> 作為原料。

(3)**再生能源之分散式電力系統**：將需兼具智慧與彈性的系統，基於消費者的參與，須提升互聯性，改善大規模佈署的儲能，透過數位化改善需求回應與管理，並提升網絡安全防護。

### 3.潔淨、安全與互聯的運輸體系

運輸部門排放約占歐盟 1/4，歐盟將採行以系統為基礎的方法，針對所有運輸模式進行減碳。

(1)**所有運輸模式使用低排放與零排放運具，如電動車**：並可結合脫碳、數位化動力、更高效與永續性的電池、高效電動動力系統、連接網路與自動駕駛，將也利於提升道路運輸的減碳，且具有強大的整體效益，包括潔淨空氣、降低噪音、無事故交通、皆有利於公民的健康福祉與歐洲經濟。

(2)**對於難以電氣化之運輸模式，如航空與長途運輸**

A.**長途卡車與長途客車**：尚不確定長途電動車在技術與成本上之可行性，但有可能透過懸索線電氣化。

B.**鐵路**仍是中、長途貨運最節能模式。因此，透過消除國家網絡間的營運與技術障礙，並透過全面促進創新與效率，將使鐵路貨運

比道路運輸更具競爭力。

**C.使用氫能、e-fuels 與先進生質燃料：**如長途運輸可使用高摻配生質甲烷的液化天然氣(LNG)為替代燃料；航空可朝向使用先進生質燃料與無碳 e-fuels，並提升飛機技術效率；長途海運與重型運具可使用生質燃料、生質氣體與無碳 e-fuels。因此，脫碳燃料的生產與燃料電池、氫氣動力的運具技術，皆需進一步研發。

**(3)透過數位化、資料共享與互操作性標準，更有效地組織整體運輸體系，並使其更加潔淨：**此將允許所有運輸模式，採行智慧運輸管理並提升自動化，從而減少擁塞並提高使用率。因此，應改進區域基礎設施與空間規劃，以利促進使用公共運輸。

**(4)城市地區與智慧城市：**透過城市規劃、安全騎行與步行道路、潔淨的公共運輸、導入無人機等新遞送技術、移動服務(包括汽車與自行車共享服務等)，並結合無碳運輸技術轉型，可減少空氣污染、噪音與事故，大幅改善城市生活品質。

**(5)個人與企業之行為改變：**長途旅程、數位技術與視訊會議的普及發展，可能使未來對商務旅行等特定目的之偏好有所改變，而減少旅程需求。

**(6)必要之基礎設施：**2030 年將完成跨歐洲核心網絡(Trans-European core network, TEN-T)，2050 年完成全面網絡。未來投資需著重於污染最少模式，促進運輸、數位化與電力網絡之間的綜效，以實現運具到電網服務等創新，並包括諸如歐洲鐵路交通管理系統(European Railway Traffic Management System, ERTM)等智慧功能。此將使高鐵跨國連接，成為歐盟境內短程與中程客運選項，以替代航空選項。

#### **4.具有競爭力的歐盟工業與循環經濟，為減少排放之關鍵動力**

**(1)推行循環經濟：**將使玻璃、鋼鐵、塑膠等許多工業產品的生產，透

過原材料的再利用與循環，減少材料投入，提高競爭力，創造商機與就業機會，並能減少能源需求，減少製程排放與污染。

- (2)以新材料取代能源密集材料：如以新的複合材料取代能源密集材料等。
- (3)設施現代化：包括設施數位化與自動化，以提高效率與減少排放。亦可結合電氣化，增加使用氫氣、生質燃料與再生合成氣體等。
- (4)難以電氣化或減碳之製程，可使用 CCS、再生氫與永續生質燃料等。
- (5)進行技術研發與示範：以大幅降低技術成本，開發更強之新產品，如碳纖維或更強的水泥，可減少產量同時提高產品價值。

## 5.發展適當的智慧網絡基礎設施與互聯網

- (1)智慧基礎設施：增加跨境與區域合作，完成跨歐洲運輸與能源網絡(Trans-European Transport and Energy Networks)。要有足夠基礎設施支持未來能源輸配分佈發展，包括智慧電力與數據/資訊電網、氫氣管線等。
- (2)運輸部門：需加速佈署相關基礎設施，在智慧充電或加油站(可實現無縫的跨境服務)下，提升運輸與能源系統之間的綜效。
- (3)改造或替換既有基礎設施：透過改造可確保其全部或部分持續使用，同時，以與深度減碳目標一致之精心設計的基礎設施，及時替換老舊基礎設施。

## 6.發揮生物經濟所有效益，創造必要碳匯

歐盟農林業的任務為，提供足夠食物、飼料與纖維，並支持能源及各種工業與建築業所需之原料或燃料來源。

- (1) **增加永續生質能(biomass)**：據最高預測顯示，2050 年歐盟生質能源消費將比目前增加約 80%，但歐盟既有森林資源不敷所需，因此需來自多種來源，同時確保天然碳匯得以維持甚至增強。
- (2) **農業使用高效率與永續的生產方法減少排放**，如：應用數位化與智慧技術；於厭氧消化池中處理糞便，減少非 CO<sub>2</sub> 排放並產生沼氣；利用農業土地隔離與儲存碳；透過循環生物經濟產生新商機，並增強土壤碳匯，增強生物多樣性，提高農業氣候抵禦力等。
- (3) **造林及退化林地與其他生態系統的恢復**：可增加森林碳吸收，同時有益於生物多樣性、土壤與水資源，並提高生質能的可用性。
- (4) **增加森林、土壤、農地與沿海濕地的自然碳匯**：以利抵消難以脫碳部門的剩餘排放，且基於自然的解決方案與生態系統的方法，可產生有關水管理、生物多樣性與增強氣候調適能力等多重效益。

## 7. 透過 CCS 解決剩餘 CO<sub>2</sub> 排放問題

目前 CCS 技術尚未進入商業化階段，主因礙於缺乏技術示範與經濟可行性，部分會員國法規障礙與公眾接受度有限所致。

- (1) **需進行更大規模的技術研究、創新與示範**，以確保能源密集產業、生質能與碳中性合成燃料工廠的相關佈署。
- (2) **需建置新的基礎設施**，包括與運輸及封存網絡相關的基礎設施。
- (3) **須採取協調與有力的行動**，以確保在歐盟內部建立示範與商業設施，並解決部分會成員國公眾意見問題。

## 三、歐盟排放中和經濟轉型投資需求

歐盟目前能源系統與相關基礎設施之投資，約占 GDP 的 2%，其估計達淨零溫室氣體經濟，則需增至 GDP 的 2.8%，約每年 5,200-5,750 億歐元，與基線投資相比，則年增 1,750-2,900 億歐元。

大部分投資，預計將由民營企業與家庭投入，因此歐盟與各會員國需提出清楚之長期信號，引導投資者，以避免擱淺資產，並提升永續性金融，導向最具生產力的潔淨創新領域。

#### 四、公眾參與情形

- (一)於 2018 年 7 月 10-11 日召集企業、研究、公民社會等各界，討論歐盟 2050 年長期策略。
- (二)於 2018 年 7 月 17 日至 10 月 9 日進行公眾諮詢，期間收到超過 2,800 個回應。
- (三)接下來廣邀歐盟機構、國家議會、企業、非政府組織、城市與社區、公民與青年等各界參與「公民對話(Citizens Dialogues)」討論。

目前此長期策略案，歐洲議會尚在審議中，預計將於 2020 年初定案後提交 UNFCCC。

#### 五、結語

歐盟 2050 年排放中和長期策略規劃，係透過八情境模型評估分析，提出七大長期策略。其情境分析發現，佈署再生能源(包括永續性先進生質燃料)、提升能源效率、推動循環經濟、擴大電氣化、使用氫能與替代燃料等個別技術選項，或採行新的移動方法等，皆不足以實現 2050 年淨零溫室氣體排放經濟，各技術情境顯示僅能減量 80%。而結合所有技術選項之綜合情境，可達減 90%，仍尚有剩餘排放，尤其是農業。因此，欲達淨零排放，除需極大化技術與循環經濟選項之潛能，大規模佈署基於碳匯的自然土地，並評估負排放技術之需求，以消除剩餘排放。而基於八情境分析，分別提出能效與建築、能源、工業、運輸、農林土地之部門策略，及基礎設施系統與以 CCS 解決剩餘排放等七大策略。

依據巴黎協定，目前各國正準備於 2020 年前提出本世紀中葉溫室氣

體長期低排放發展策略計畫，我國亦應順應國際，思考或開始準備我國之長期策略規劃，提出適合我國情、發展與資源稟賦之長期減碳路徑與策略方向，供我國階段管制目標與策略之制定方針，以避免偏離目標軌道與偏重短期措施之實施，而不易進一步加深減碳能量，並陷入碳鎖定困境，而使未來減碳更加困難且可能付出更高昂成本與代價。透過長期策略規劃，將有利於提早行動與布局，以於長期發揮深度減碳成效。

建議我國可仿效歐盟長期策略規劃方法，透過各種技術或解決方案之情境分析，找出最具成本效益之技術選項組合情境，探研最大的實質減碳潛力，再進而評估自然碳匯、CCS 或者向國外購買抵減額度等選項，以平衡排放目標差距。

## 參考文獻：

1. Climate Change News, “European Commission sets out path to net-zero emissions by 2050”, Nov. 28, 2018.
2. EUROPEAN COMMISSION, “A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy”, 28 November 2018.
3. EUROPEAN COMMISSION, “IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM(2018) 773 - A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy”, 28 November 2018.
4. European Commission : 2050 long-term strategy, retrieved June 20, 2019, from [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en).
5. Climate Change News, “Which countries have a net zero carbon goal?”, June 14, 2019.
6. Reuters, “Japan adopts long-term emissions strategy under Paris Agreement”, June 11, 2019.