

# 國際淨零排放趨勢對台灣之機會與因應

張郁芝\*

壹、前言

貳、國際追求淨零排放相關政策  
進展

參、臺灣面對淨零排放之  
機會與因應

肆、結論與建議

## 摘要

近年來，在聯合國等國際組織倡議、各國政策支持、國際品牌大廠響應下，淨零排放目標成為當前全球氣候倡議的重要議題。目前已逾 130 個國家宣示淨零排放目標，並擴大至城市、地區、企業、教育機構。除了設定淨零排放目標外，各界關心的是未來該如何達成目標對應的規劃與策略。本文說明國際能源總署(IEA)發布淨零政策建議報告重點，以及簡介已提出完整政策之國家，如歐盟、美國、英國等相關政策內容。

臺灣已於 2022 年 3 月公布淨零排放路徑規劃，並於同年 12 月提出淨零關鍵戰略行動方案。本文說明臺灣推動淨零排放之必要性，並簡述臺灣淨零排放路徑政策內容，分析臺灣面對淨零排放之機會與因應，最後並提出建議，包括：(1)克服再生能源設置進度挑戰；(2)妥善推動碳定價制度引導消費行為改變；(3)落實不遺落任何人的公正轉型。

---

\*作者為經濟發展處專員。本文係筆者個人觀點，不代表國發會意見，若有疏漏之處當屬筆者之責。

# **Opportunities and Responses of Taiwan Facing the International Trend of Net-Zero Emissions**

Yu-Chih Chang

*Specialist*

*Economic Development Department, NDC*

## **Abstract**

In recent years, under the initiative of the United Nations and other international organizations, the policy support of various countries, and the response of major international manufacturers, the goal of net zero emissions has become an important issue in the world. At present, more than 130 countries have declared net zero emission targets, and expanded to cities, regions, enterprises, and educational institutions. In addition to setting net-zero emission targets, all sectors of society are concerned about how to achieve the corresponding plans and strategies in the future.

This article explains the key points of the report issued by the International Energy Agency (IEA) on net zero policy recommendations, and briefly introduces the relevant policy content of countries that have proposed complete policies, such as the European Union, the United States, and the United Kingdom.

Taiwan announced its net-zero emission path plan in March 2022, and proposed a key strategic action plan for net-zero in December of the same year. This article explains the necessity of Taiwan's promotion of net-zero emissions, briefly describes the content of Taiwan's net-zero emission path policy, analyzes Taiwan's opportunities and responses to net-zero emissions, and finally put forward suggestions, including: (1) Overcome the challenges of renewable energy setting schedule; (2) Properly promote the carbon pricing system to guide the change of consumption behavior; (3) Enabling a just transition that leaves no one behind.

# 壹、前言

## 一、聯合國多次發布報告呼籲淨零排放

聯合國政府間氣候變遷專門委員會 (Intergovernmental Panel for Environmental Changes, 簡稱 IPCC) 2018年10月發布全球暖化1.5°C報告<sup>1</sup>, 報告指出為達限制升溫1.5°C的目標, 全球必須採取的行動基準包括: 2030年前, 全球碳排放量需減半, 並且最晚在 2050 年前, 達到淨零排放 (Net zero)<sup>2</sup>。IPCC亦於 2021年8月公布第一工作小組完成的第六次氣候變遷評估報告第一冊 (Sixth Assessment Report, AR6 WGI) 再次示警, 人為暖化造成的氣候變遷衝擊已經無法避免, 唯有在2020年代讓所有溫室氣體排放都迅速減少, 而且在2050年達到淨零排放, 方能讓全球溫度在21世紀末不超過1.5°C。

聯合國氣候變化綱要公約第26次締約方大會(The twenty-sixth session of the Conference of the Parties COP26, UNFCCC) 亦提出溫升1.1°C已是現狀, 未來10年為關鍵, 呼籲各締約方應採取更為急迫之氣候行動, 將全球溫室氣體排放量在2030年前減半, 2050年達到淨零、全球溫升控制1.5°C以內目標, 以因應全球氣候緊急之高風險衝擊。

## 二、目前已逾130個國家宣示淨零排放目標, 並擴大至城市、地區、企業、教育機構

近年來, 聯合國等國際組織倡議、各國政策支持、國際品牌大廠響應下, 淨零排放目標成為當前全球氣候倡議的重要議題, 依據Net zero tracker<sup>3</sup> 2022年6月發布報告指出<sup>4</sup>, 宣示淨零排放目標國家涵蓋的全球GDP從2019年的16%, 2022年已大幅提升至91%。目前全球已有133個國家宣示淨零排放目標<sup>5</sup>, 17個國家已將目標入法。此外, 淨零不再侷限於國家, 在聯合國氣候變化綱要公約 (United Nations

<sup>1</sup> <https://www.ipcc.ch/sr15/>

<sup>2</sup> 依據 IPCC 淨零排放定義為, 在特定一段時間內, 全球人為造成的溫室氣體排放量, 扣除人為移除的量等於零。

<sup>3</sup> 由英國能源與氣候智庫(ECIU)、牛津淨零倡議(Oxford Net Zero)

<sup>4</sup> Net zero tracker(2022) NET ZERO STOCKTAKE 2022, June 2022.

<sup>5</sup> <https://zerotracker.net/>(最後查詢時間: 2023/1/30)

Framework Convention on Climate C,UNFCCC) 發起之「淨零行動」(Race to net zero campaign) 中，更擴大至城市、地區、企業、高等教育機構等單位<sup>6</sup>。而非國家參與者的淨零排放目標行動計劃，UNCCC 發起的淨零行動，則是要求參與者，提出了一套「起跑線」和實踐標準<sup>7</sup>，如提交10年內之中期目標與相對應之達成計畫，此外每年至少一次須在該平台發布進展報告。

除了宣示淨零排放以外，各界關心的是未來該如何達成目標對應的規劃與策略。依據UNFCC網站公布內容<sup>8</sup>，目前已有51個國家依據巴黎協定提交長期降低溫室氣體發展策略(Long-term low greenhouse gas emission development strategy,LTS)，亦包括歐盟、英國、日本、韓國、美國、中國等溫室氣體主要排放國家。惟上揭Net zero tracker報告認為，現有淨零承諾的透明度與完整性，遠遠不足確保全球在21世紀中期前可達成淨零排放。例如不到1/5的國家或地區政府提交UNFCCC要求的最低程序標準，大部分的國家亦尚未明確提出如何利用碳權(credit)抵換、碳移除(carbon dioxide removal,CDR)等策略達成淨零排放目標。

---

<sup>6</sup> 在 UNFCCC 發起之「淨零行動」(Race to net zero campaign) 中，已有 1,049 個城市、67 個地區、5,235 個企業、441 個最大投資者和 1,039 個高等教育機構加入淨零排放倡議的行列，這些參與者涵蓋了全球近 25% 的二氧化碳排放量和超過 50% 的 GDP。

<sup>7</sup> UNFCC 網站包括 Pledge：淨零目標入法、政策文件、企業戰略或政府承諾；Plan：交付計劃；Proceed：中期目標；Publish：年度進展報告。

<sup>8</sup> <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies>

## 貳、 國際追求淨零排放相關政策進展

### 一、 國際能源總署(IEA)淨零排放政策建議

國際能源總署(IEA)2021年5月發布「Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector」報告指出，若在2030年前，各國政府立即大規模部署所有可用的清潔和高效能源技術，雖達成2050淨零排放目標的路徑艱辛，但仍有實現的機會。IEA規劃2020~2050年全球實現淨零排放路線圖，並設定多個技術、基礎建設與投資相關的關鍵里程碑，包括2030年電動車占全球汽車銷量的60%、2035年先進國家皆使用零碳電力、2040年5成的舊建築改裝為零碳建築、2050年近7成的電力來自太陽能與風電等。

#### (一)IEA建議決策者採行之優先行動

1. 2030年前實現大幅減碳的技術均已存在，需大規模投資清潔能源

- (1)加速電力部門轉型，如運用競價制度促進風能與太陽能的開發。
- (2)逐步取消化石燃料補貼、實施碳定價等，以提供適當的價格信號，導引私部門投資清潔能源。
- (3)限制未採用減排措施的燃煤發電站、燃氣鍋爐，以及停售新的燃油汽車等。
- (4)規劃與激勵智慧輸配電網路等基礎設施的大規模投資。

2. 2050年實現淨零排放需要力促清潔能源技術取得巨大創新

創新及部署電氣化、氫能、生質能源和碳捕捉、利用和封存(CCUS)等為調整研發支出的重點；另需配合加強建設基礎設施，包括：用於運輸以捕獲二氧化碳的新建管線，以及港口與工業區之間的氫氣運輸系統等，為2030年後的淨零轉型打好基礎。

3. 確保清潔能源轉型係以人為本且具包容性

IEA建議對受衝擊工人進行再就業培訓。同時盡可能將新的清潔能源設施設置在受影響嚴重的地區，以降低能源轉型的困難。

#### 4. 因應新的能源安全風險

因應未來對再生能源依賴提高，電力供應的穩定將是全球能源安全的核心。IEA建議需為電池、數位解決方案和電網的投資創造市場，並對清潔能源技術所需的關鍵礦物建立機制，以確保及時供應與可持續生產。

#### (二)實現淨零排放的關鍵因素

IEA報告指出，淨零排放路徑仍有許多不確定因素，包括無法確定未來經濟情況、哪種政策最有效、技術如何變化等。IEA認為在設定達成淨零排放的情境下，行為改變、生質能源，以及石化燃料的CCUS應用等存在高度不確定性，上述三因素對於2050年淨零排放是否實現至關重要。例如行為改變對減少交通、建築及工業的能源需求非常重要；在IEA建置的模型中，若淨零排放情境假設的行為變化無法達成，則2050年將增加26億噸CO<sub>2</sub>排放。

### 二、國際淨零排放政策

近年國際間提出達成淨零排放相關政策，其論述不再僅以「減少環境汙染，善盡地球公民責任」為訴求，而係以「提供產業創新轉型機會，創造新經濟成長動能」為政策核心理念；政策內容則以大力發展風電、太陽光電等再生能源為優先，輔以配套之基礎建設、運具綠色電氣化與引導企業低碳轉型。此外，歐美日韓等國皆已部署氫能、碳捕獲封存與再利用(CCUS)等新興減碳技術。

以下將就已提出完整達成淨零排放政策之主要溫室氣體排放國家與經濟體<sup>9</sup>，如歐盟、英國、美國等，簡介其相關政策進展。

#### ➤ 歐盟

##### (一)減碳目標

歐盟於2021年6月正式立法通過，2030年較1990年減少碳排至少55%，2050年達成氣候中和目標(Climate Neutrality)<sup>10</sup>。

<sup>9</sup> <https://www.un.org/en/climatechange/net-zero-coalition>

<sup>10</sup> 溫室氣體或其他造成暖化效應的活動，不僅從經濟活動面減少排放，另外從自然生態系統吸收更多或

## (二)策略

歐盟執委會於2021年7月14日公布氣候保護法草案 (Fit for 55 package)<sup>11</sup>，內容涵蓋氣候、能源、建築、碳交易、土地利用、交通運輸、稅賦等面向，加強8項現有立法及5項新措施，驅動經濟和社會轉型，以確保未來的氣候和能源政策能符合《歐洲氣候法》設定的目標。各項重點如下：

1. 2030年起取消航空業免費排放配額(Stronger Emissions Trading System including in aviation)：逐步淘汰航空業的免費碳排配額，以符合「國際航空業碳抵換及減量計畫」(CORSIA)規範。
2. 擴大歐盟碳交易體系涵蓋海運、公路運輸、建築(Extending Emissions Trading to maritime, road transport, and buildings)：海運的碳排放也將首度納入歐盟碳交易體系，歐盟考量公路運輸與住商部門減碳力道相對不足，其使用燃料所產生的直接排放，將單獨建立新的碳交易機制。
3. 提案修改「能源稅指令」(Energy Taxation Directive)：歐盟首度改革能源稅法，逐步取消歐盟在航空業、航運業對化石燃料的免稅政策。
4. 完善「碳邊境調整機制」(Carbon Border Adjustment Mechanism)：2023年起逐步實施「碳邊境調整機制」，2026年正式施行，初期管制範圍僅限水泥、電力、肥料、鋼鐵、鋁業。
5. 更新減量責任分配規定(Effort Sharing Regulation)：基於公平，成本效益和環境等原則，訂出及更新各會員國2021年至2030年的減量承諾。
6. 更新土地使用及土地使用變更、林地使用等法規(Land Use Land Use Change and Forestry Regulation)：設定全歐的自然碳匯移除總體目標，2030年之前減少3.1億噸二氧化碳。

---

藉由碳封存技術抵消，Retrieved from <https://www.consilium.europa.eu/sk/5-facts-eu-climate-neutrality/>

<sup>11</sup> <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>

7. 更新再生能源指令(Renewable energy Directive)：將設定更高的目標，即2030年再生能源占比需達40%。
8. 更新能源效率指令(Energy Efficiency Directive)：提出更高的能效目標，預計到2030年能源消耗減少9%。
9. 更嚴格的汽車和貨車減碳要求(Stricter CO2 performance for cars & vans)：以2021年為比較基準，2030年的新車平均排放量應下降55%，2035年應達到100%。
10. 新的基礎設施替代燃料(Infrastructure for Alternative Fuels)：修正「歐洲替代燃料基礎設施指令」(European Alternative Fuels Infrastructure Directive)，以確保在整個歐洲路網，駕駛都能充分地為車輛充電或加油。指令將要求歐盟成員國擴大充電站設點，並隨時根據零碳排的新車銷售狀況調整。
11. 發展永續航空燃料(ReFuel EU: More sustainable aviation fuels)：鼓勵航空業者使用合成燃料(e-fuel)，並強化歐洲航空監管框架(European Sky regulatory framework)，估計可削減航空業10%的碳排放。
12. 發展清潔海運燃料(Fuel EU: Cleaner maritime fuels)：未來規劃擬定對停泊歐盟境內的船舶(不限國籍)使用清潔海運燃料的規範，並逐步提高規範標準。
13. 利用收入和法規來促進創新、減輕對弱勢群體的影響，特別是通過新的社會氣候基金並加強現代化和創新基金：社會氣候基金(Social Climate Fund)預計於2025-2032年期間，提撥大約720億歐元的資金，協助弱勢家庭、微型企業購置低碳運具、更換能源效率較高的供暖和製冷系統等。

2022年6月歐洲議會投票討論通過3項法律草案，分別為改革碳排放交易系統、修正碳邊境調整機制，並設立社會氣候基金。歐洲議會後續也將就3項草案與歐盟成員國進行談判。

原2021年7月歐盟執委會公布之CBAM草案內容，係預定自2023



年1月1日至2026年試行，依據歐洲議會2022年6月發布之新聞稿<sup>12</sup>，今(2022)年新版草案將過渡期延長1年至2026年底，2027年正式實施，進口商需為進口產品直接碳排放支付費用，價格掛鉤歐盟碳市場。另原先由委員會提出的CBAM徵收5大產業，包含鋼鐵、鋁、水泥、肥料及電力，新草案將擴大範圍，納入有機化學品、塑料、氫和氨。歐洲議會並建議將CBAM擴大包括間接排放，即製造商使用的電力產生的排放，以更可反映歐洲工業的二氧化碳成本。

## ➤ 英國

### (一) 減碳目標

英國減碳目標係以1990年為基準年，建立每5年為一期的碳排放目標，及達成2020年至2050年目標的碳預算(Carbon Budget)檢核機制<sup>13</sup>。依據英國公布的淨零排放策略報告，2025年將減碳55%，2030年至少減碳68%、2035年減碳78%、2050達成淨零排放。

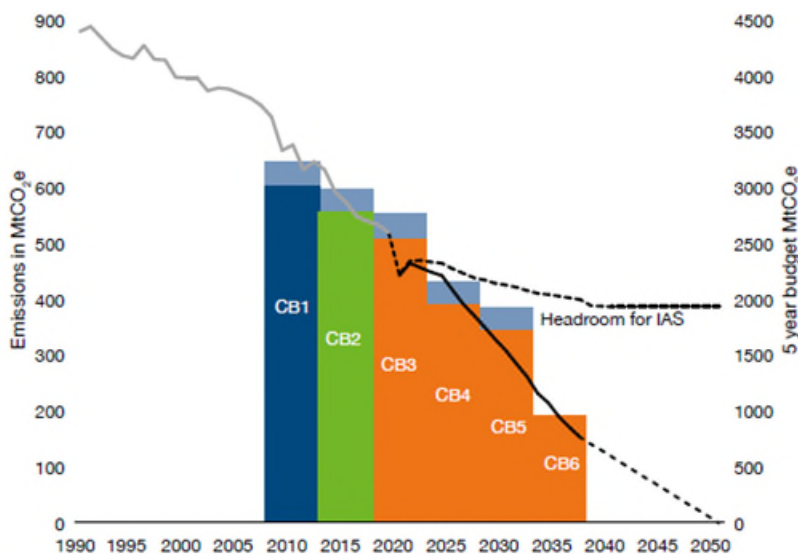


圖1、英國各年碳預算目標

資料來源：英國政府商業、能源及產業策略部（2021），Net Zero Strategy: Build Back Greener.p.76.

<sup>12</sup> <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20220603IPR32157/cbam-parliament-pushes-for-higher-ambition-in-new-carbon-leakage-instrument>

<sup>13</sup> 係指須編制碳排放上限且落實執行，以五年為一期，設定溫室氣體排放量上限(cap)，並由各部門提出達標相關策略。主管機關依法律規定期程公布每期碳預算，持續規劃至2050年。

## (二) 策略

英國繼2020年11月18日發表十項策略以支持產業朝向綠色轉型後，亦於2021年10月公布淨零排放策略<sup>14</sup>，內容針對電力結構、氫能與清潔燃料、工業、供熱與建築、運輸、自然資源與廢棄物和氟化氣體、溫室氣體移除、跨域支持過渡行動等面向提出各項策略目標、預算以及預估衍生就業機會與投資，重點如下：

1. 電力(Power)：2035 年之前達成電力系統去碳。2030年前再增加40GW離岸風電、1GW海上風電等再生能源投資，並啟動1.2 億英鎊的未來核能支持基金建立尖端的新核電站，另以包括存儲、搭載二氧化碳捕獲與封存(Carbon Capture and Storage, CCS)設備的天然氣、氫氣等供應為基礎，藉以穩定電力供應。
2. 燃料供給與氫能(Fuel Supply & Hydrogen)：配合無法電氣化的產業，為顯著減少傳統石油和天然氣燃料供應的排放，擴大氫和生物燃料等低碳替代品的生產。投入1.4億英鎊發展氫能與工業碳捕獲，預計2023年可生產250兆瓦(MW)電解氫。
3. 工業(Industry)：投入3.15億英鎊的工業能源轉型基金(Industrial Energy Transformation Fund ,IETF)，協助企業提高能源使用效率、CCUS技術，並透過公平的碳定價進一步驅使企業去碳。
4. 供熱與建築(Heat and Buildings)：因家庭與工作場所的供暖設備約佔英國碳排放總量的1/3，設定2035年前不再販售燃氣鍋爐目標。在過渡期間，將透過提供家戶低碳鍋爐設備、投入6,000萬英鎊的熱汞技術資金。此項策略特別強調，為引導消費者選擇，徵收能源稅將從電力轉向天然氣，亦會考量公平與可負擔性。在建築部分，將在家庭住宅、公部門建築安裝綠色技術、保溫的材料，2037年將公共部門建築的排放量減少75%。
5. 運輸(Transport)：2030年停止銷售新的汽油和柴油汽車，2035年所有汽車必須達到「零碳排」，英國政府將投入6.2億英鎊於零碳排汽

---

<sup>14</sup> 英國政府商業、能源及產業策略部 (2021)，「Net Zero Strategy: Build Back Greener。」2021.10.19

車製造與電動車充電基礎設施，並同時投資自行車、鐵路電氣化、公共汽車網絡。另外，本策略特別提出成為永續航空燃料(Sustainable Aviation Fuel, SAF)<sup>15</sup>領導者的目標，將以1.8億英鎊的資金支持工業發展SAF。

6. 自然資源與廢棄物和氟化氣體(Natural Resources, waste and fluorinated gases): 現有 6.4 億英鎊的自然氣候基金，另再增加1.24 億英鎊的新資金，確保到 2025 年泥炭地恢復、林地創造和管理方面總支出超過 7.5 億英鎊，以改變土地利用碳匯而有助淨零排放。到 2050年將英格蘭的林地創造率提高2倍，種植率提高到每年30,000公頃的目標。此外，為邁向循環經濟，提高資源利用效率，7,500萬英鎊用於自然資源、廢物和含氟氣體的淨零相關技術研發。
7. 溫室氣體移除(Greenhouse Gas Removals, GGR): 本項策略英國設定目標為該領域的全球領導者，同時可在航空、農業和重工業等難達成去碳部門移除其殘餘的溫室氣體發揮關鍵作用。英國政府規劃投資1億英鎊部署GGR技術，為未來的商業化進一步準備。
8. 跨域支持過渡行動(Supporting the transition with cross-cutting action): 金融方面，利用英國基礎設施銀行(UKIB)<sup>16</sup>吸引私人融資，提供超過400億英鎊的投資，並推動低碳技術和產業成熟和規模化。同時，改革職訓與技能體系，以協助勞工及供應鏈適應轉型。另為提升氣候資訊透明度，引入新的永續發展資訊披露制度，包括強制性氣候相關財務披露和英國綠色分類法。

## ➤ 美國

### (一)減碳目標

美國總統拜登在2021年4月23日世界地球日全球領袖氣候峰會宣示2050年達成淨零排放。美國亦於2021年11月公布2050淨零排放

---

<sup>15</sup> 永續航空燃料(Sustainable Aviation Fuels, SAF)是一種代替傳統燃料的環保替代品，由再生資源轉換而成，例如廢棄食用油、食物殘渣、農業殘留物、木屑或生物燃料等。

<sup>16</sup>英國基礎建設銀行是英國政府新成立的政策銀行，提供基礎建設融資，並與私人部門和地方政府合作，為綠色工業革命提供資金。<https://www.ukib.org.uk/about-us>

路徑之長期策略報告<sup>17</sup>(The Long-Term Strategy of the United States Pathways to Net-Zero Greenhouse Gas Emissions by 2050)，除重申2030年較2005年減少50~52%溫室氣體排放、2050淨零排放等中長期目標外，亦強調2030年前須採取決定性與變革的行動，需結合聯邦政府與各州政府間、整體社會合作，才能達成2050淨零排放。

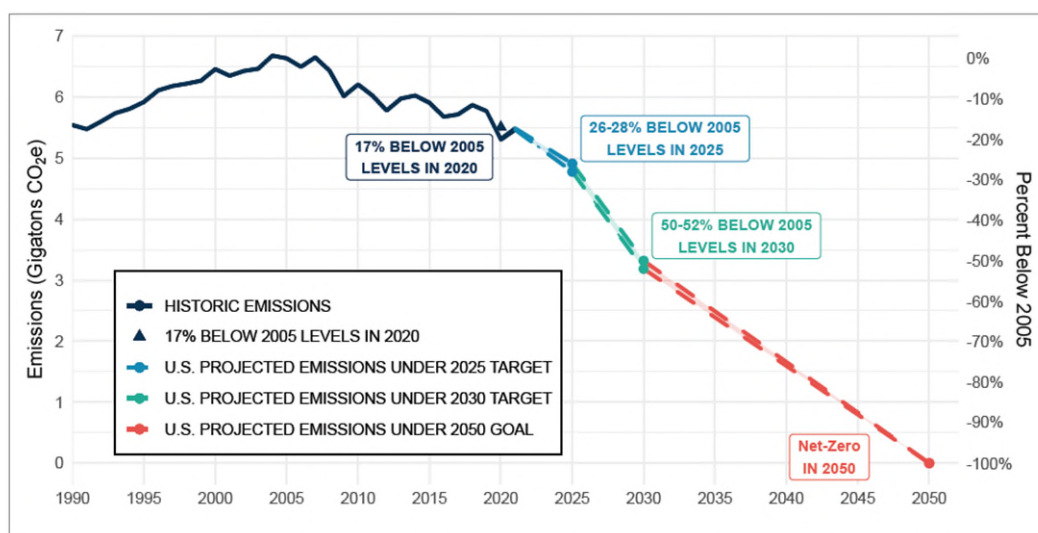


圖2、美國減碳路徑

資料來源：The United States Department of State and the United States Executive Office of the President, Washington DC. (2021), "The Long-Term Strategy of the United States: Pathways to Net-Zero Greenhouse Gas Emissions by 2050."

報告指出美國可透過多種路徑實現2050淨零排放，但所有可行的路徑皆涉及5個關鍵轉型

1. 去碳電力(Decarbonize electricity)：近年在太陽光電和風電技術成本下降、聯邦和地方政府政策、消費者需求驅動下，潔淨能源電力轉型也在加速。因此，美國制定了到2035年實現100%潔淨電力的目標，這也是實現2050年淨零排放的重要基礎。
2. 終端用途電氣化與清潔燃料(Electrify end uses and Switch to other clean fuels)：大部分經濟活動如交通、建築、工業製程應可導向電氣化，但如部分產業在電氣化遇到挑戰，如航空、航運和某些工業流程，可以優先考慮清潔燃料，如無碳氫能和可持續生物燃

<sup>17</sup> <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/10/US-Long-Term-Strategy.pdf>

料。

3. 減少能源浪費(Cut energy waste)：透過新技術提升能源使用效率，如建築、工業製程使用高效能設備。
4. 減少甲烷和其他非二氧化碳溫室氣體(如氫氟碳化物 HFC、一氧化二氮 $N_2O$ )排放(Reduce methane and other non- $CO_2$  emissions)：削減甲烷排放將對氣候暖化帶來顯著貢獻，美國將透過減少石油與天然氣設備的甲烷洩漏，以對環境友善的其他物質取代冷卻設備中的氫氟碳化物(HFCs)等減少溫室氣體排放。美國及其合作夥伴將藉由全球甲烷承諾，追求到2030年將全球甲烷排放量削減至少30%，將在2050年前消除 $0.2^{\circ}C$ 以上的氣溫上升。
5. 擴大移除二氧化碳的規模(Scale up  $CO_2$  removal)：為配合某些仍然無法消除的碳排放或農業的溫室氣體，將研發投入嚴格評估與驗證的技術或自然碳匯移除、吸收大氣中的二氧化碳。

## (二)2030年前決定性的策略

1. 電力部門(Electricity)：電力部門是美國第二大的排放源，現今已可藉由快速且具成本效益的技術減少排放。為進一步加快部署清潔能源，可提供誘因和標準減少發電廠的污染；為增加電力系統靈活性，亦須投資電網、能源效率、能源儲存、智慧聯網建築以及非排放燃料；以及利用碳捕獲和儲存(CCS)和核電。同時，提升能源效率可減少總體電力需求，並降低尖峰負載、減少電網資本成本，使無碳電力的投資更進一步。
2. 運輸部門(Transportation)：運輸部門是美國第一大排放源，因此策略的核心是將大多數的運具電氣化，且使用來自清潔能源的電力；另長途運輸與航空則使用低碳燃料(如生質燃料、氫)。美國設定2030年目標為新售車輛半數為零排放，到2030年生產30億加侖的永續航空燃料(Sustainable Aviation Fuel, SAF)，並加快部署和降低每種運輸方式的成本。為了在10年內取得進展，須投資清潔燃料、電池、電動運具相關供應鏈。

3. 建築(Buildings)：未來10年將迅速提升建築相關設備的能源使用效率，以及提升使用清潔能源、高效能設備的市售占比。包括對公共建築的投資，如公共住宅、政府設施、學校和大學。
4. 工業(Industry)：工業去碳化可透過能源效率提升、工業電氣化、低碳燃料、原料和能源以及工業CCS來實現。美國還將擴大對零碳工業創新的相關研究、開發、示範、商業化和部署的支援。例如：鼓勵碳捕捉、綠氫(由可再生能源、核能產出)，以及廢棄物轉換為動能，為工業設施供電。美國在此亦特別強調，對工業生產過程產生的非二氧化碳的溫室氣體需要監控防止溢散到大氣中。
5. 農業、林業、土地利用(Agriculture Forestry, and land use)：美國聯邦政府正與各級地方政府合作，支援部署農業、林業、土地利用等無碳污染技術和設施，以發揮土地、水域固碳的最大潛力。如：擴大氣候智慧農業(Climate-smart agricultural practices)實施、以科學方法加強對森林保護、以自然為本修復海岸增加海洋固碳能力等。

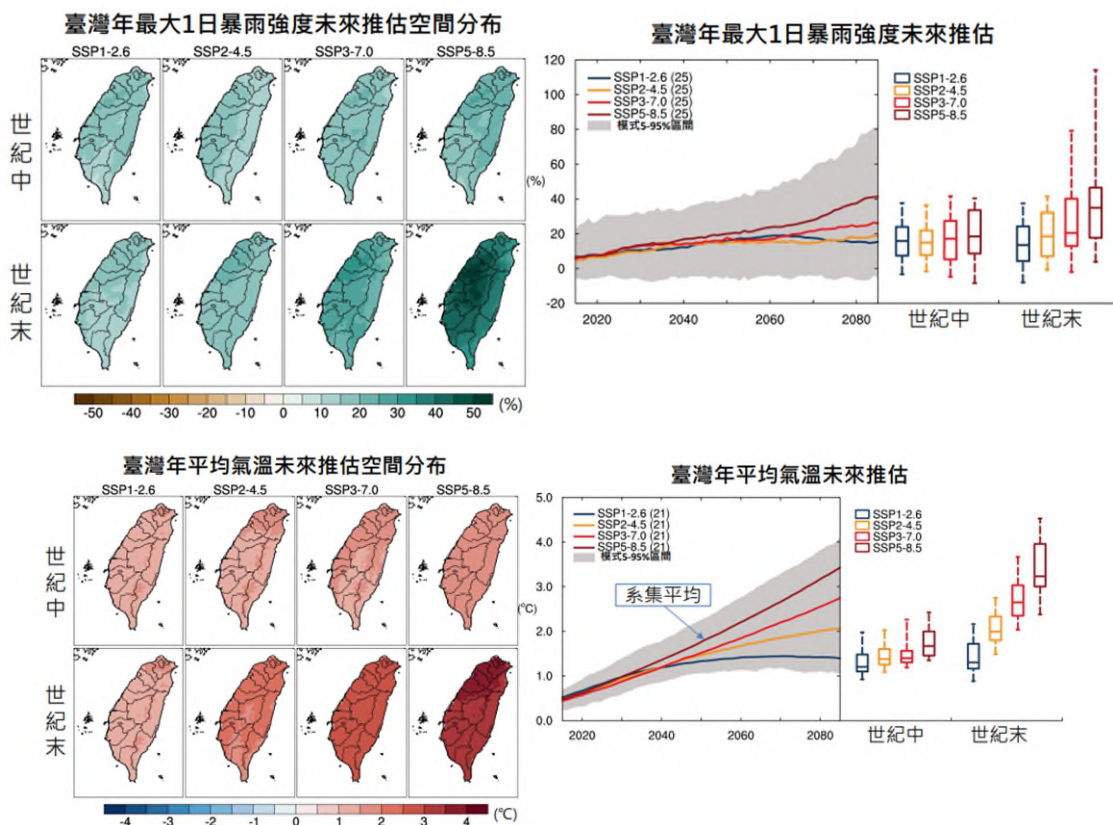
## 參、臺灣面對淨零排放之機會與因應

### 一、臺灣推動淨零排放的必要性

#### (一) 氣候變遷提高極端天氣發生頻率與強度，對生態系統、基礎設施、經濟成長帶來嚴峻挑戰

政府相關部會、學界長期關注氣候變遷科學數據，針對IPCC氣候變遷第六次評估報告提出臺灣氣候變遷衝擊評析報告，亦推估臺灣的溫度、降雨、颱風、海平面上升等皆會變化並面臨風險。

臺灣具有地質脆弱、山高水急蓄水不易、人口集中、土地密集開發等自然環境、社會經濟特性，一旦有天然災害侵襲，其衝擊往往十分巨大。氣候變遷提高極端天氣事件發生的頻率與強度，對生態系統、基礎設施及經濟成長帶來嚴峻挑戰。例如2021年5月臺灣遭遇百年大旱，導致各地區與業者進入不同程度的減壓供水、限水、停耕等情況，也連帶影響水力發電電力供應、農業生產等經濟活動。而氣候變遷對年輕世代的影響更為直接且長遠，因此追求淨零排放，對臺灣有其必要性與迫切性。



### 圖3、臺灣暴雨強度、年平均氣溫未來推估

資料來源：科技部、中央研究院環境變遷研究中心、交通部中央氣象局、臺灣師範大學地球科學系、國家災害防救科技中心聯合發布IPCC氣候變遷第六次評估報告之科學重點摘錄與臺灣氣候變遷評析更新報告，2021.8.10.

## (二) 全球淨零趨勢及供應鏈減碳壓力，產業轉型刻不容緩

國際推動淨零排放非僅設定目標，而係透過立法、制訂策略，以加速減碳、落實淨零轉型，加以歐盟更提出「碳邊境調整機制(CBAM)」要求進口產品依碳含量繳交CBAM憑證，以加速各國減碳進程。

此外，國際大廠加入相關氣候組織倡議，如氣候相關財務揭露工作小組(Task Force on Climate-related Financial Disclosures,TCFD)、科學基礎減量目標倡議(Science Based Targets initiative,SBTi)、100%再生能源倡議(RE100)等，企業除宣示淨零排放目標期程外，已轉為對相關供應鏈廠商的要求，如Google、Apple等國際大廠已陸續承諾2050年達成碳中和，並要求供應鏈生產過程需100%使用再生能源。

臺灣是出口導向國家，在全球供應鏈扮演關鍵角色，未來勢必面對國際碳管制加嚴的挑戰，須提前布局淨零轉型，以符合國際貿易的減碳趨勢。

## (三) 臺灣溫室氣體排放量成長已逐漸與經濟成長脫鉤，具備追求淨零排放條件

近年我國經濟表現持續穩定成長，在國內生產毛額(GDP)逐年增加的同時，政府也盡力控制溫室氣體的排放，2005年碳排放密集度為0.72 kgCO<sub>2</sub>e/美元，2019年已下降為0.43 kgCO<sub>2</sub>e/美元，顯示我國經濟成長情形與溫室氣體排放呈現逐漸脫鉤現象。此外，過去政府推動的「溫室氣體減量及管理法」立法、溫室氣體減量推動方案，以及積極推動能源轉型政策，如：發展太陽光電、離岸風電等再生能源；推動用燃氣取代燃煤發電等具體做法，皆為我國淨零排放路徑打下基礎。



## 二、 臺灣淨零排放路徑與策略

臺灣已於 2022 年 3 月底公布 2050 淨零轉型路徑規劃，政策概念係以「能源、產業、生活、社會」四大轉型策略及「科技研發」、「氣候法制」兩大治理基礎。2022 年 12 月政府公布「十二項關鍵戰略」行動方案，包括提升再生能源裝置容量，配合電力系統與儲能設備的建置，以擴大再生能源使用；另一方面，積極擴大節能行動效益，鼓勵企業投入減碳行動，以及推動運具電動化，致力於促成產業及生活的轉型，最大化 2030 年前的減碳成果。此外，在國家長期減量路徑規劃方面，為因應 2021 年 COP 26 格拉斯哥氣候協議(Glasgow Climate Pact)要求各締約方於 2022 年底提交更新 NDC，加上 2022 年 COP27 夏姆錫克施行計畫 Sharm El Sheik Implementation Plan)，敦促各國強化減量目標，我國擬將 2030 年減碳目標由相較於基期 2005 年減少 20%，提高至 24%±1%(如下圖 4)。

### (一) 減碳路徑

2050 淨零轉型路徑規劃，將以總電力占比 60%~70% 之再生能源，並搭 9%~12% 之氫能，加上顧及能源安全下使用搭配碳捕捉之火力發電 20%~27%，以達成整體電力供應的去碳化。在非電力能源去碳化方面，除加速電氣化進程外，亦將投入創新去碳能源之開發，如氫能與生質能以取代化石燃料，並搭配碳捕捉再利用技術；同時將積極規劃山林溼地保育，擴增自然碳匯，藉以達成 2050 淨零排放之長期目標。

根據此規劃藍圖，臺灣提出 2050 淨零排放路徑里程碑（如下圖）。自短期不興建新燃煤電廠開始、陸續擴增再生能源裝置容量、燃煤 / 燃氣電廠依碳捕捉再利用及封存技術(CCUS)發展進程導入運用、最終布建超過 60% 發電占比之再生能源、達成 100% 智慧電網布建；此外亦須搭配產業住商運輸等需求端之各階段管理措施，藉以達成 2050 淨零排放之長期目標。

# 國家長期減量路徑規劃

依溫室氣體減量及管理法，訂定五年為一期階段管制目標：

- 第一期 (2020年) 較基準年 (2005年) 減量 **2%** (2018/1 核定)
- 第二期 (2025年) 減量 **10%** (2021/9 核定)

## 溫室氣體淨排放量

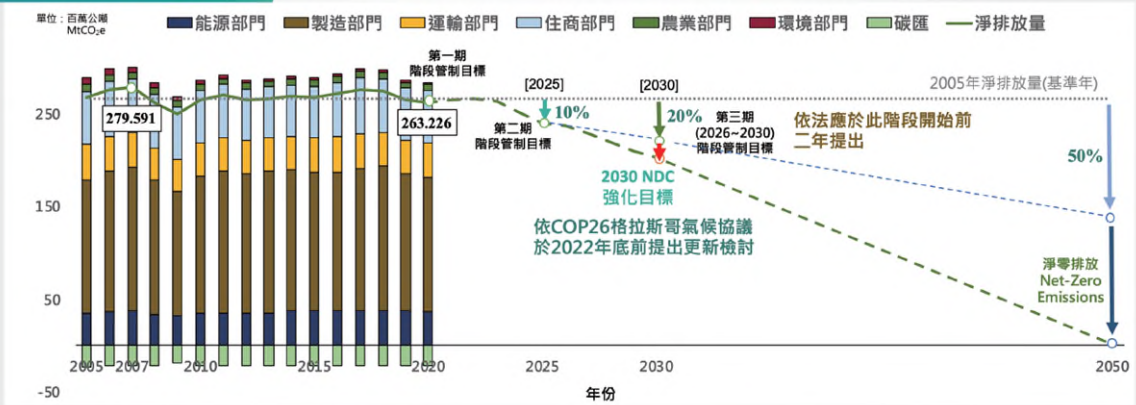


圖4、臺灣減碳路徑規劃

# 2050 淨零路徑規劃 階段里程碑

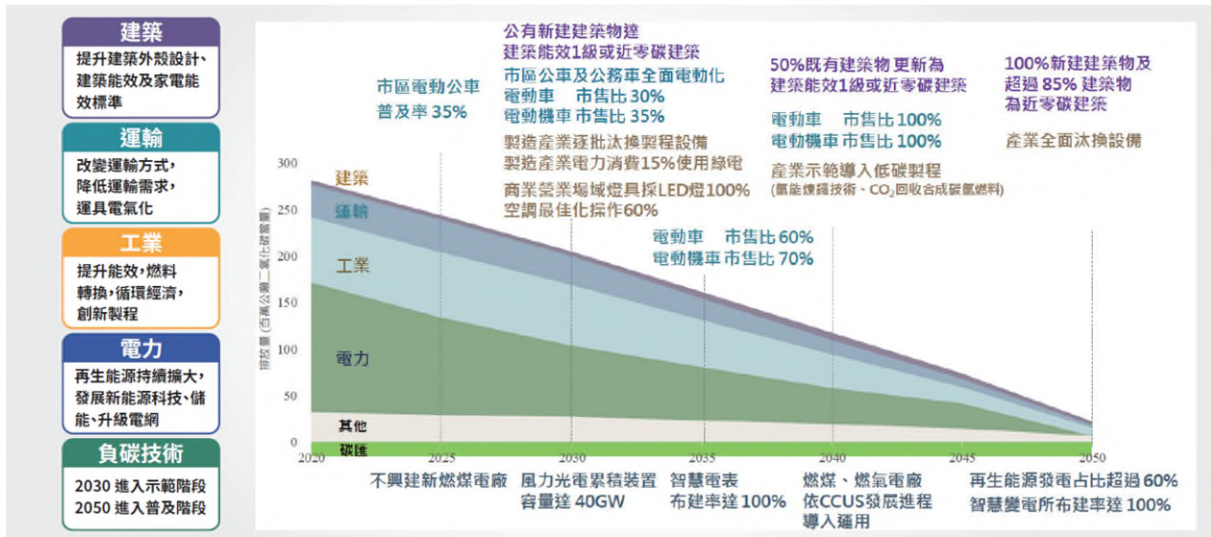


圖5、臺灣淨零路徑規劃階段里程碑

資料來源：國家發展委員會111年12月28日，「淨零轉型目標之階段目標及行動」。

## (二) 策略

2050 年淨零排放，無法單靠現有技術與政策實現，需要加大能源結構轉型、投資創新產業、擴大政策與生活轉型範疇。在此基礎上，規劃「十二項關鍵戰略」來整合跨部會資源，藉以支持所有投入的個人、企業及相關非政府組織。將就能源、產業、生活轉型政策預期增長的十二個重要領域制定行動計畫，藉以因應未來國際協議與我國全球定位所設定之淨零目標，並藉此展現具體前景。

十二項關鍵戰略包括：加速能源轉型的風電/光電、氫能、前瞻能源、電力系統與儲能，協助產業轉型的節能、資源循環零廢棄、運具電動化及無碳化、碳捕捉利用及封存 CCUS、自然碳匯，促進生活轉型的淨零綠生活、綠色金融，完善社會轉型的公正轉型等。

## 三、臺灣之機會與因應

臺灣推動淨零轉型的過程，在先天自然環境條件的限制下（如：能源自給率低、可用土地面積有限等），面對淨零議題推動策略除參考國際經驗外，亦應有在地思維。

### (一) 淨零排放帶動能源轉型，讓台灣掌握更安全自主的能源供應

如前章節所述，近年來，淨零排放在聯合國等國際組織倡議、各國政策支持、國際品牌大廠響應下，已成為攸關企業永續生存的議題，而能源轉型更是達成2050淨零排放目標中最關鍵的角色之一，臺灣將規劃2050年布建超過60%總電力的再生能源作為能源轉型的主要目標。

另外，我國屬獨立電網系統，電力短缺或系統失衡時無法依賴其他國家進行備援，且面臨地緣政治與特殊國際政治處境，能源安全課題較其他國家更為重要。因此，能源轉型對於未來台灣的能源安全、價格穩定、降低進口依賴等面向皆提供重要的解方。以近期俄烏戰爭為例，地緣政治緊張造成油價狂飆，能源價格波動劇烈，如果是以前再生能源為主要結構的能源轉型，就可以翻轉高度依賴進口能源的風險，到了2050年，不只再生能源成本更低，能源自主性

也將大幅提升。

## (二) 帶動本土優勢技術研發、綠能與減碳產業商機

IEA認為全球達成淨零排放目標須對能源大舉投資，項目主要為太陽能、風電、電網、電動車電池等，每年全球能源投資占全球GDP比例至2030年將上升至近4%。其中可再生能源發電的增幅最大，須由近年3,900億美元增加到2030年1.3兆美元。全球電網投資至2030年將達到每年近7,500億美元，主要有近70%用於配電網的數位化。另電池儲能從2021到2030年要擴大30倍，以增強電網的穩定性和可靠性。

臺灣淨零排放政策在2030年將致力再生能源極大化，除了太陽光電、風力發電相關布建產業外，儲能市場、電網等相關綠能產業商機亦將逐漸擴大。如未來臺灣透過扶植零組件國產化打造綠能產業生態圈，推動港埠風電專區，建立次世代離岸風力機關鍵零組件本土化開發能力，目標成為亞太離岸風電產業樞紐，並強化複合運用系統服務，輸出結合智慧科技的整合性綠能系統方案。

此外，台灣有ICT基礎優勢，可發展智慧能源產業商業模式，整合AIoT、大數據分析、能源即服務 (EaaS)等技術，朝節能設備與服務、資料分析及智慧化調控、提供創新能源等方向發展。

## (三) 提升中小企業減碳應變能力

針對企業進行碳盤查投入輔導資源，包括辦理講習訓練，協助中小企業強化碳盤查與減碳知識，建立企業碳管理能力；成立產業服務團，加速推動產業減碳工作，並針對中小企業提供諮詢診斷輔導；建立數位服務平台，運用數位工具快速推廣碳盤查計算，以掌握自身碳排放輪廓，並以大帶小提升運作效率。

透過專家提供諮詢診斷輔導，協助企業逐步建構減碳能力、規劃合適的碳盤查與減碳策略，並輔導企業進行循環經濟創新技術、綠色設計、製程、營運服務模式或產品開發等創新應用；進行溫室氣體減量及管理、碳足跡、水足跡盤查、能源管理或監控系統建置，

以強化企業綠色永續能力，因應國際供應鏈廠商共同減排之衝擊；並輔導取得國際碳足跡驗證，協助企業取得國際供應商訂單等。

此外，為協助企業及早因應各國推出之各項環境政策及碳邊境管制CBAM等減碳機制，經濟部持續蒐集整理歐盟及其他有意推動CBAM國家的具體實施內容進展等，協助企業了解相關資訊；整合國內外平台淨零資訊，辦理產業說明會，提供診斷諮詢；推廣學習標竿企業進行綠色轉型之創新作法。

#### (四) 推動再生能源憑證與精進綠電交易機制，協助企業取得綠電

國際品牌企業除自身宣示外，亦逐步要求其供應鏈應使用綠電，預期我國中小企業對綠電需求也將提高。政府除積極推動太陽光電、離岸風力等再生能源案場建置以充裕綠電外，亦將持續推動再生能源憑證與精進綠電交易機制，協助企業取得綠電。

如經濟部推出單一電號多用戶交易的「綠色租賃方案」計畫，協助商辦大樓或同類型集合式場域的承租企業，透過轉供電力模式，取得綠電與再生能源憑證(T-REC)，以符合企業永續、RE100、CDP等國際組織或相關供應鏈等需求。本計畫作法為擴大以房東為綠電採購主體，推動整棟大樓團購綠電，讓房東可彈性分配並最大化大樓內承租戶所需綠電，協助承租戶取得綠電。

同時，經濟部與台糖公司規劃釋地發展太陽光電，保留三成綠電於經濟部標準檢驗局國家再生能源憑證中心綠電交易平台競標，專供中小企業購買以滿足其綠電需求；集結綠電業者，辦理再生能源綠市集，透過調查、媒合及專人專案三大步驟，為供需雙方，在綠電及憑證採購上規劃整體性解決措施，協助企業取得綠電。

#### (五) 正確運用以自然為本之解決方案<sup>18</sup>以協助達成淨零排放

2021年2月舉辦的第五屆聯合國環境大會，會議提倡使用自然為本的解決方案(Nature-based solutions)保護和修復生態來達成社會、

---

<sup>18</sup> 國際自然保育聯盟(IUCN)將其定義為：可有效、能調適地應對社會挑戰，同時提供人類福祉和生物多樣性效益，為永續管理和恢復自然或改造的生態系統之保護行動。

經濟和自然的平衡。IPCC 發布之AR6報告，亦表明保護生物多樣性及生態系統是氣候韌性發展的基礎，同時是因應衝擊、進行調適及降低脆弱度的重要結論之一。根據各國 NDC 報告多已將NbS列入國家調適與減量計畫中。國內調適作為亦應積極納入NbS的作法。

臺灣提出的淨零排放策略，多以能源基礎設施、低碳技術等硬體工程為主，如在推動過程中，未正確運用以自然為本之解決方案，可能弱化或降低自然碳匯與氣候韌性。因此政府部門應擺脫過去的工程思維，妥適擬定納入自然解方的氣候變遷調適計畫。例如，為了海岸防護或能源轉型所建造的海岸人工設施，除了自然生態維護外，如何結合這些既有的人工設施，發揮碳匯的功能，也是政府部門可思考的方向。

## 肆、 結論與建議

### 一、 克服再生能源設置進度挑戰

依據離岸風電世界論壇(World Forum Offshore Wind, WFO)報告，2020年起即因新冠肺炎疫情影響，阻斷各國離岸風電工程離岸風場專用船舶、機具設備及人員(船員及技師)前往各個興建中離岸風場工作，各國為防止疫情擴散，嚴格的隔離制度、隔離期及禁止外籍人士入境等許多措施，使得全球的離岸風電工程都接近停擺。

臺灣再生能源設置進度近年亦無法如期達標。如太陽光電係因COVID-19疫情、海岸管理法，以及出流管制(以減少淹水風險)等均影響設置進度；離岸風電落後主因為受 COVID-19 疫情及民眾抗爭影響設置進度。因此未來須積極克服相關課題，並爭取民眾對綠能建設的支持，加速發展再生能源。

### 二、 妥善推動碳定價制度引導消費行為改變

國際能源總署IEA(2021)指出，行為改變係達成2050淨零排放之關鍵因素之一。水、電、油價格為企業之生產要素，也是重要的民生物資，其價格的合理化，可使企業和消費者資源使用的外部成本內部化，以提升資源使用效率，進而改變食衣住行育樂中所產生的商業及消費使用行為。透過日常生

活的行為改變，是啟動淨零生活轉型的關鍵。

「碳定價」是國際間認為有效降低溫室氣體排放的政策工具，而部分國家搭配採用徵收稅或費，有些則實施「總量管制與排放交易」。無論是碳稅或費或碳排放交易機制目的均在讓企業產生全面性且持續性的減碳激勵誘因。

隨著歐盟公布「碳邊境調整機制(Carbon Border Adjustment Mechanism, 簡稱CBAM)」草案，啟動國際間對碳關稅的重視。未來倘若我國無實施碳定價相關政策，未來產品出口時將被要求出口國要求繳交碳關稅或相關費用。為健全我國碳定價制度，行政院通過之「溫室氣體減量及管理法」修正草案，已於2023年1月10日經立法院三讀通過修正為「氣候變遷因應法」。

修法增訂對排放源得徵收碳費，專款專用於辦理溫室氣體減量工作、發展低碳與負排放技術及產業、補助及獎勵投資溫室氣體減量技術等，以促進溫室氣體減量及低碳經濟發展。碳費徵收對象因轉換低碳燃料、採行負排放技術、提升能源效率、使用再生能源或製程改善等溫室氣體減量措施達指定目標者，得提出自主計畫，申請核定優惠費率。另外，鼓勵事業採行自願減量措施，取得之減量額度得移轉、交易或拍賣。透過修法納入多元經濟誘因機制搭配碳費徵收制度，將可促成事業加速減少溫室氣體排放。後續將考量減碳誘因、產業競爭力等因素，徵求各界意見，以凝聚共識，於半年內提出相關子法。

此外，近年國際碳交易市場蓬勃發展，尤其聯合國氣候變化綱要公約第26次締約方大會(下稱COP26)已就巴黎協定第6條碳交易相關條目充分討論，將促進未來全球碳交易體系健全。我國目前雖採用碳費先行制度，惟面對國際潮流下台灣也應及早因應，以便未來融入全球碳交易體制。

### 三、落實不遺落任何人的公正轉型

公正轉型是COP26協商重點之一，由歐盟及英國、美國、加拿大等16個國家共同簽署「公正轉型宣言」(Just Transition Declaration)，呼籲優先協助化石燃料產業的人力資源進行就業轉型，並強化與公正轉型相關的社會對話。各國在「公正轉型宣言」中承諾如下

- 面對碳密集經濟逐漸減少，必須避免對勞工、社區、地方造成傷害；
- 加強社會對話與利害關係人參與(雇主、員工、工會、民間團體、政府)；
- 實施經濟新戰略以有助於發展清潔能源、提升資源效率，創造優質工作、減少貧窮與不平等；
- 創造在地優質的工作機會，搭配職業訓練、社會保障；5.確保供應鏈廣泛創造優質工作機會，並重視人權；
- 在國家自定貢獻中揭露公正轉型相關作法與訊息。

以產業轉型為例，面對2050淨零轉型，大型企業已具備減碳意識與開始進行減碳行動。為協助資訊及資源有限的中小企業，政府公布的淨零排放政策中，已規劃建立減碳指引、數位計算工具建構企業碳盤查能力、顧問輔導、設備補助等配套策略。惟對於如何何扶植中小企業強化其對淨零政策的調適能力，順利完成低碳轉型，將是政府推動淨零公正轉型的關鍵之一。

推動永續發展與淨零轉型是一項跨領域、跨部門的工程，需要公私協力，中央與地方政府共同合作才能達成。因而政府將「公正轉型」列為達成淨零排放的12項關鍵戰略之一。建議可借鏡國外推動作法，如成立公正轉型委員會，積極開展社會對話，傾聽利害關係人的需求，提升政府治理透明及參與，讓利害關係人均能藉由討論過程瞭解政策之宗旨目標與未來路徑規劃。同時，應優先考量受氣候衝擊較嚴重的脆弱群體(如原住民族)，並在相關預算計畫中納入公正轉型概念。



## 參考文獻

1. 科技部、中央研究院環境變遷研究中心、交通部中央氣象局、臺灣師範大學地球科學系、國家災害防救科技中心(2021)聯合發布。IPCC 氣候變遷第六次評估報告之科學重點摘錄與臺灣氣候變遷評析更新報告。臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫。2021年8月10日。
2. 科技部(2022)。IPCC 氣候變遷第六次評估報告「衝擊、調適與脆弱度」之科學重點摘錄與臺灣氣候變遷衝擊評析更新報告。臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫。2022年3月1日。
3. 國家發展委員會(2021)。臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明，2022年3月30日。
4. 國家發展委員會(2022)。淨零轉型目標之階段目標及行動，2022年12月28日。
5. 經濟部 111 年 7 月 13 日新聞稿，「經濟部標準檢驗局制定綠電媒合方案協助公有或國營事業土地發展光電 滿足中小企業綠電需求」。
6. 經濟部 111 年 7 月 29 日新聞稿，「全球離岸風電設置受疫情影響 今年底累計設置可達 200 座風機」。
7. Seddon N et al. (2020). Global recognition of the importance of nature-based solutions to the impacts of climate change. *Global Sustainability* 3, e15,1–12. <https://doi.org/10.1017/sus.2020.8>
8. European Commission (2019), "A European Green Deal."
9. European Commission (2021), "European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions." July 14, 2021.
10. IEA(2021)"Net Zero by 2050 : A Roadmap for the Global Energy Sector." May 18, 2021.
11. Net Zero Tracker(2022), "NET ZERO STOCKTAKE 2022", June 2022.
12. The United States Department of State and the United States Executive Office of the President, Washington DC. (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>
13. UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy (2020), "The

Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution.”Nov.18,2020.

14. UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy (2021) , “Net Zero Strategy: Build Back Greener.”Oct.19,2021.