

編號：(112)010.0201

# 推動淨零轉型之效益

本研究報告內容僅供本會業務參考

國家發展委員會  
中華民國 112 年 12 月



編號：(112)010.0201

## 推動淨零轉型之效益

委託單位：國家發展委員會

受託單位：財團法人中華經濟研究院

計畫主持人：楊晴雯

協同主持人：葉俊顯、劉哲良

計畫期程：112年05月至112年12月

國家發展委員會  
中華民國112年12月



## 摘要

由於全球必須在 2050 年前達到淨零排放（Net Zero Emission），才有可能實現在世紀末將升溫控制在 1.5°C 以內之目標，因此達到淨零排放成為世界各國設定減量目標或研擬政策之核心考量。我國已於 2022 年公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，並發布「淨零 12 項關鍵戰略行動計畫」，藉此厚植我國淨零轉型能力，此外亦於 2023 年修正通過《氣候變遷因應法》，納入 2050 淨零排放目標，以引領未來中長期氣候行動。

為推動淨零轉型政府預估 2023 年至 2030 年將投入約 9 千億元之預算，本研究藉由情境設定並以可計算一般均衡模型（computable general equilibrium, CGE）評估推動淨零轉型相關預算對產值、就業、民間投資、GDP 之效益，以及運用碳社會成本（Social Cost of Carbon, SCC）方法估算溫室氣體排放目標下之減碳效益。彙整至 2030 年經濟效益及減碳效益如下：

1. 民間投資部分，平均每投入一元可帶動民間投資 1.61~4.22 元，平均每年創造 1,326~3,519 億元民間投資，累計 2023-2030 年共可創造 1.06~2.82 兆元之民間投資。
2. 總投資部分，平均每投入一元可創造總投資 2.60~5.21 元，平均每年創造 2,136~4,329 億元總投資，累計 2023-2030 年共創造 1.71~3.46 兆元之總投資。
3. 實質 GDP 部分，平均每投入一元可帶動實質 GDP 約 1.25~1.79 元，平均每年創造 1,038~1,469 億元實質 GDP，累計 2023 至 2030 年共創造 8,305~11,755 億元之實質 GDP。
4. 名目產值部分，平均每投入一元可創造名目產值約 3.89~10.47 元，平均每年創造 3,130~8,544 億元的名目產

值，2023 至 2030 年累計可帶來 2.50~6.84 兆元的名目產值。

5.就業部分，平均每百萬元投入可創造就業機會約 1.34~4.30 人次，至 2030 年將創造 13.6~43.4 萬人次就業機會。

6.減碳效益部分，若以碳社會成本最小值估算，2030 年減碳效益介於 6.2-6.8 億元；若以碳社會成本最大值估算，2030 年減碳效益為 22.1-24.2 億元。

## 英文摘要

Since the world must reach net zero emissions before 2050, it is possible to hold global temperature rise to 1.5°C by the end of the century. Therefore, achieving net-zero emissions has become a priority consideration for countries worldwide in setting reduction targets or formulating policies. In 2022, the government announced the "Taiwan's Pathway to Net-Zero Emissions in 2050" and issued the "12 Key Strategies for Taiwan's 2050 Net-Zero Transition" to strengthen our country's capability for the net-zero transition. Furthermore, in 2023, the "Climate Change Response Act" was amended to incorporate the 2050 net-zero emissions goal, guiding medium to long-term climate action.

The government will invest approximately 900 billion NTDs from 2023 to 2030 to implement the net-zero transformation. This study utilizes a CGE (Computable General Equilibrium) model to assess the economic benefits in terms of output, employment, private investment, and GDP resulting from the implementation of the net-zero transition, and uses the SCC (Social Cost of Carbon) method to estimate the carbon reduction benefits under the greenhouse gas emission targets. The estimated results by the year 2030 are summarized as follows:

- In terms of the private investment, each dollar of investment will induce an average 1.61-4.22 dollars private investment. Therefore, an average of 132.6-351.9 billion private investment will be created each year, and a total of 1.06- 2.82 trillion will be created.
- For the total investment, each dollar of investment will totally induce 2.60-5.21 dollars investment in average, such that average annual investment of 213.6-432.9 billion will be created each

year. A total of 1.71-3.46 trillion will be created from 2023 to 2030.

- In terms of real GDP, 1.25-1.79 dollars will be derived by one dollar investment in average, such that an average annual real GDP of 103.8-146.9 billion will be created, and a total of 830.5-1,175.5 billion will be created from 2023 to 2030.
- In terms of output value, each dollar of investment can create 3.89-10.47 dollars, an average of 313.0-854.4 billion in nominal output value is created every year, which can bring 2.50-6.84 trillion of cumulative real output value from 2023 to 2030.
- In terms of employment, 1.34-4.30 person-times of employment opportunities will be derived by one million investment, such that 136,000-434,000 job opportunities will be created by 2030.
- For the carbon reduction benefits, if estimated at the minimum value of the social cost of carbon, the benefits in 2030 will be between 620-680 million. If estimated at the maximum value of the social cost of carbon, the benefits in 2030 will be 2.21-2.42 billion.

## 目 錄

第一章 前言 .....	1
第一節 研究背景與目的 .....	1
第二節 研究大綱 .....	3
第二章 國內外淨零轉型發展趨勢 .....	5
第一節 國外淨零轉型案例之策略 .....	5
第二節 我國淨零轉型 12 項關鍵戰略 .....	31
第三章 國內外淨零轉型評估方法 .....	55
第一節 國際淨零轉型評估議題類型 .....	55
第二節 國際淨零轉型評估工具 .....	57
第三節 主要機構與國家之淨零轉型效益評估 .....	63
第四節 我國推動淨零轉型之效益評估方法 .....	71
第四章 推動淨零轉型之效益評估 .....	87
第一節 評估流程 .....	87
第二節 模擬結果 .....	93
第五章 推動淨零轉型效益評估之其他課題 .....	103
第一節 公共投資的資金籌措方式 .....	103
第二節 國際經濟情勢與能源價格 .....	105
第六章 結論與建議 .....	107
第一節 結論與研究限制 .....	107
第二節 研究建議 .....	111
參考文獻 .....	113
附件一、期初報告意見回覆表 .....	117
附件二、期中報告意見回覆表 .....	119
附件三、期末報告意見回覆表 .....	123
附件四、期末審查簡報 .....	127
附件五、CGE 模型簡介 .....	143
附件六、碳社會成本 (SCC) 介紹 .....	155

附件七、12 項關鍵戰略之目標、效益與經費編列 .....	159
附件八、我國各部門溫室氣體排放歷史趨勢分析 .....	169

## 圖目錄

圖 1-1、研究架構與工作流程圖 .....	3
圖 2-1、歐盟能源系統整合概念 .....	9
圖 2-2、多重因應措施的組合應用 .....	30
圖 2-3、節能戰略計畫各年度貢獻之碳排放抑制量 .....	37
圖 2-4、我國運具電動化推動里程碑 .....	40
圖 2-5、上市櫃公司永續發展路徑圖時程規劃 .....	47
圖 2-6、至 2030 年推動淨零轉型之預算需求 .....	53
圖 2-7、至 2030 年推動淨零轉型之預算來源 .....	53
圖 3-1、技術選擇評估流程 .....	61
圖 3-2、IEA 淨零排放情境下各項措施與技術的減排貢獻 .....	64
圖 3-3、IEA 淨零排放情境下的能源供應總量 .....	65
圖 3-4、IEA 淨零排放情境下的年均資本投資額 .....	65
圖 3-5、IEA 淨零排放情境下的全球 GDP 年成長率變化 .....	66
圖 3-6、IMF 淨零排放情境下的全球 CO <sub>2</sub> 排放 .....	68
圖 3-7、IMF 淨零排放情境下的能源占比 .....	68
圖 3-8、IMF 淨零排放情境下的全球實質 GDP .....	69
圖 3-9、IMF 淨零排放情境下的全球就業情況 .....	70
圖 3-10、歷年各部門溫室氣體排放(含間接排放) .....	74
圖 3-11、各國的國家層級碳社會成本 .....	84
圖 4-1、模型評估流程 .....	87
圖 4-2、關鍵戰略之部門對映-以風電/光電戰略為例 .....	88
圖 4-3、投入經費之政府投資與消費區分-以節能戰略為例 .....	91
附圖 1、CGE 模型經濟週流圖 .....	144
附圖 2、家計單位巢式結構-消費決策 .....	146
附圖 3、產業生產巢式結構-生產決策 .....	147
附圖 4、美國 2020 年碳社會成本估計值次數分配 .....	158
附圖 5、能源部門溫室氣體排放趨勢 .....	169
附圖 6、我國發電結構 .....	170
附圖 7、運輸部門溫室氣體排放趨勢 .....	171

附圖 8、電動運具數量占比 .....	171
附圖 9、製造部門 2019 年二氧化碳排放結構 .....	172
附圖 10、製造部門溫室氣體排放趨勢 .....	173
附圖 11、農業部門溫室氣體排放管制範疇 .....	174
附圖 12、農業部門燃料燃燒溫室氣體排放歷史趨勢 .....	174
附圖 13、漁船用柴油發油量 .....	175
附圖 14、農業部門非燃料燃燒溫室氣體排放歷史趨勢 ...	176
附圖 15、住商部門溫室氣體排放歷史趨勢 .....	177
附圖 16、住宅部門溫室氣體排放歷史趨勢 .....	178
附圖 17、商業部門溫室氣體排放歷史趨勢 .....	178
附圖 18、2021 年住商部門溫室氣體排放分析 .....	179
附圖 19、環境部門溫室氣體排放範疇 .....	179
附圖 20、環境部門溫室氣體排放歷史趨勢 .....	181
附圖 21、環境部門各分類溫室氣體排放歷史趨勢 .....	181
附圖 22、碳匯溫室氣體移除量歷史趨勢 .....	182

## 表目錄

表 2-1、歐盟淨零轉型措施及目標彙整 .....	10
表 2-2、英國淨零轉型措施及目標彙整 .....	16
表 2-3、日本碳中和綠色成長措施及目標彙整 .....	21
表 2-4、韓國碳中和綠色成長措施及目標彙整 .....	28
表 2-5、離岸風電與太陽光電之短期、中長期目標與效益	31
表 2-6、離岸風電與太陽光電戰略之各部會經費編列 .....	32
表 2-7、氫能之短期、中長期目標與效益 .....	33
表 2-8、氫能戰略之各部會經費編列 .....	33
表 2-9、前瞻能源之短期、中長期目標與效益 .....	34
表 2-10、前瞻能源戰略之各部會經費編列 .....	34
表 2-11、電力系統與儲能之短期目標 .....	35
表 2-12、電力系統與儲能戰略之各部會經費編列 .....	35
表 2-13、節能戰略之各措施經費規劃表 .....	36
表 2-14、戰略六項下關鍵技術概要 .....	38
表 2-15、碳捕捉利用及封存之各措施經費規劃表 .....	39
表 2-16、運具電動化及無碳化戰略之各部會經費編列 .....	41
表 2-17、資源循環零廢棄戰略之各關鍵項目減碳基準及目 標 .....	42
表 2-18、自然碳匯戰略之策略及措施一覽 .....	43
表 2-19、自然碳匯之相關項目經費編列規劃 .....	44
表 2-20、淨零綠生活戰略之各部會經費編列 .....	45
表 2-21、綠色金融之相關項目經費編列規劃 .....	48
表 2-22、公正轉型之相關項目經費編列規劃 .....	49
表 2-23、各大戰略主要面臨之公正轉型之議題及對策一覽 .....	50
表 3-1、評估模式選擇的考量 .....	57
表 3-2、淨零轉型評估文獻彙整 .....	58
表 3-3、各種計畫可能之衍生或外部效益 .....	72
表 3-4、CGE 模型產業部門分類 .....	78

表 3-5、美國 2020-2050 年 SCC 估算結果 .....	82
表 3-6、各組合情境下臺灣 CSCC 模擬結果 .....	83
表 3-7、各國 CSCC 的比較 .....	84
表 4-1、關鍵戰略行動計畫之部門對映表 .....	88
表 4-2、淨零轉型各關鍵戰略行動計畫之投入經費占比....	92
表 4-3、模擬情境彙整 .....	92
表 4-4、關鍵戰略行動計畫之投資帶動效果 .....	93
表 4-5、關鍵戰略行動計畫之各年投資帶動效果 .....	94
表 4-6、關鍵戰略行動計畫之 GDP 帶動效果 .....	95
表 4-7、關鍵戰略行動計畫之各年 GDP 帶動效果 .....	96
表 4-8、關鍵戰略行動計畫之產值帶動效果 .....	97
表 4-9、關鍵戰略行動計畫之各年產值帶動效果 .....	98
表 4-10、關鍵戰略行動計畫之經費投入對主要產業名目產 值影響 .....	99
表 4-11、關鍵戰略行動計畫之就業創造效果 .....	100
表 4-12、2030 年減量目標之減碳效益 .....	101
表 6-1、2023-2030 年推動淨零轉型之效益 .....	108
附表 1、美國 2020-2050 年 SCC 估算結果 .....	157
附表 2、12 項關鍵戰略之績效指標、目標及效益 .....	160
附表 3、12 項關鍵戰略之經費編列 .....	166

# 第一章 前言

## 第一節 研究背景與目的

科學證實氣候變遷造成的負面影響已十分緊急，引起國際社會重視，在 2015 年的第 21 屆聯合國氣候變化綱要公約締約國會議（The twenty-first session of the Conference of the Parties, COP 21）通過了《巴黎協定》（Paris Agreement, PA），設定全球共識的環境目標，於本世紀末將升溫控制於 2°C 以內，並努力朝向不超過 1.5°C 邁進。2018 年政府間氣候變化專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）發布「全球暖化 1.5°C 特別報告」（Global Warming of 1.5°C, SR15），透過上百組氣候模擬，得知全球必須在世紀中葉達成淨零排放（Net Zero Emission），方得以在世紀末前完成升溫控制目標。因此淨零排放成為世界各國設定減量目標或研擬政策的核心考量之一。

在各國陸續提出「2050 淨零排放」宣示與行動的同時，為共同承擔全球目標，蔡總統於 2021 年 4 月 22 日世界地球日宣示臺灣 2050 淨零轉型目標，同年 8 月 30 日蘇院長指示《溫管法》修法納入 2050 淨零排放目標。到了 2022 年 3 月底公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，依循能源、產業、生活與社會 4 大轉型策略，與科技研發、氣候法治的 2 個基礎的規劃方向，與各界討論進行意見交換後，並於 2022 年 12 月正式公布我國淨零轉型之 2030 年階段目標，預計減碳目標由相較於基期 2005 年減少 20%，提高至 24%±1%。<sup>1</sup>此外也發布「淨零轉型 12 項關鍵戰略行動計畫」，藉由各相關部會提出 12 項關鍵戰略的具體行動與措施，並規劃推動

---

<sup>1</sup> 參考國發會新聞稿，[https://www.ndc.gov.tw/nc\\_27\\_36501](https://www.ndc.gov.tw/nc_27_36501)。

淨零科技方案，投入包含永續及前瞻能源、低（減）碳技術、負碳技術、循環、人文社會科學等 5 大領域，以厚植我國淨零轉型能力，強韌產業科技經營力及厚植整體綠色永續力，並推升經濟成長動能。我國最終在 2023 年將淨零目標入法，修正通過並實施《氣候變遷因應法》，納入 2050 淨零排放目標，以引領未來中長期因應衝擊之氣候行動。

由於各國皆以 2030 年作為淨零轉型的政策重要節點，經初步盤點，政府預估至 2030 年淨零轉型主要計畫預算近 9 千億元，以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；同時，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。

初步預估相關規劃所釋出或帶動民間投資機會至 2030 年可達 4 兆元以上，並創造產值 5.9 兆元及 55.1 萬個就業機會，同時，至 2030 年約減少 2019 年之空污量三成。為進一步掌握相關規劃在帶動投資的過程中，因應產業活動與民間消費所誘發的總體經濟、產業及環境面影響，本計畫藉由量化工具進行效益評估。

考量此前政府業已針對淨零轉型規劃包含 2023 年相關預算 682 億元，乃至 2030 年近 9 千億之預算，但對於 2050 年之長期規劃，仍有待評估。因此，本研究將藉由情境分析與量化評估，研析推動淨零轉型計畫之經濟面與環境面效益，並做為未來研擬相關公共政策之參考。相關研究課題包括：

- 一、經濟面效益：評估推動淨零轉型對相關產業產值、就業、民間投資、GDP 之效益。
- 二、環境面效益：評估推動淨零轉型之減碳效益。

## 第二節 研究大綱

為完成前述研究目的與相關課題，本計畫研究架構與工作流程如圖 1-1 所示，說明如下：

- 一、蒐研國內外淨零轉型最新發展趨勢，以掌握淨零策略之階段性目標與進程；
- 二、針對國內淨零轉型策略與措施，依經費規劃期程，進行情境設計；
- 三、根據評估情境，調整量化評估工具（單國動態一般均衡模型）設定；
- 四、進行模擬評估，並根據評估結果，提出經濟面與環境面效益；
- 五、研提未來淨零策略發展方向之政策建議。



資料來源：本研究整理。

圖 1-1、研究架構與工作流程圖

根據前述研究架構流程，本計畫之章節安排如下：第一章為前言，主要闡述本計畫研究背景、研究目的以及架構流程。第二章為國內外淨零轉型發展趨勢，將蒐研國際淨零轉型案例之策略、措施，並彙整我國 12 項關鍵戰略行動計畫之資訊。第三章為國內外淨零轉型評估方法，藉由文獻探討掌握 (1) 淨零轉型評估的議題；(2) 不同議題適合採用的評估工具；(3) 主要機構的淨零轉型效益評估內容，之後結合本研究目的，將說明後續運用工具。第四章主要介紹本研究為評估推動淨零轉型效益所規劃的評估流程以及模擬結果。

經由本研究目標與架構，可得預期成果，包括：

- 一、提出推動淨零轉型相關預算之效益，包括對相關產業產值、就業、民間投資、GDP 之經濟面影響，以及環境面的減碳效益，可作為提供後續政策制訂之參考。
- 二、考量決策者後續可能面臨挑戰，設計相關模擬情境，以分析長期社會經濟變化等不確定因素，對淨零轉型推動成果之影響。
- 三、研提因應對策。

## 第二章 國內外淨零轉型發展趨勢

根據本研究計畫二大工作項目及執行流程，以下將說明國際淨零轉型案例之策略或措施，以及我國淨零轉型 12 項關鍵戰略之內容。

### 第一節 國外淨零轉型案例之策略

#### 一、歐盟

歐盟於 2019 年聯合國氣候大會上提出歐洲綠色政綱 (European Green Deal)，旨在將氣候和環境挑戰轉化為機會，並促進公正與包容性的轉型，以實現歐盟經濟的永續發展，目標在 2050 年使歐洲成為第一個氣候中和大陸，歐盟委員會更提出《歐洲氣候法》(European Climate Law) 使此目標具有法律約束力，該法還制定了更具雄心的減量目標，即與 1990 年的水準相比，到 2030 年將溫室氣體淨排放量減少至少 55%。而為確保歐洲綠色政綱之減碳目標順利達成，歐盟委員會於 2021 年推出 Fit for 55 套案 (Fit for 55 package)，使歐盟經濟的所有部門都能實現這目標。茲將歐盟提出之能源轉型作法、各部門提出的措施、碳邊境調整機制及能源系統整合之相關內容說明如下：

##### (一) 能源轉型

在太陽能方面，歐委員會於 2022 年 5 月通過了一項歐盟太陽能戰略 (EU solar energy strategy)，該戰略確定了太陽能領域仍然存在的障礙和挑戰，並概述了克服這些障礙和加速太陽能技術部署的 3 項措施，分別為：歐洲太陽能屋頂計畫、歐盟大規模技能夥伴關係、歐盟太陽能光伏產業聯盟。歐盟委員會於 2022 年 10 月批准成立一個新的歐洲太陽能光伏產業聯盟，以支持歐盟太陽能戰略的目標，該戰略旨在到 2025 年實現超過 320GW 的太陽能光伏併網，到 2030 年實現

近 600GW。

在氫能方面，歐盟計畫於 2030 年生產 1,000 萬噸再生氫，為此歐盟推動多項關於氫的工業、資金、研究和創新計畫。歐盟於 2020 年通過氫戰略（strategy on hydrogen），其中提出 5 個領域的政策行動要點：投資支持、支持生產和需求、建立氫能市場和基礎設施、研究與合作、國際合作。根據歐盟委員會 2022 年 5 月補充的歐盟氫戰略中，提出了氫加速（Hydrogen accelerator），為擴大再生氫的部署，加速能源轉型和歐盟能源系統的脫碳，目標到 2030 年在歐盟生產 1,000 萬噸和進口 1,000 萬噸再生氫。2023 年 3 月發布歐洲氫銀行（European Hydrogen Bank），建立一個再生氫的初始市場，帶動再生氫產業的成長機會和就業機會。

至於海上能源部分，離岸風電部署為歐洲綠色政綱的核心之一，2020 年 11 月發布的歐盟離岸再生能源戰略（EU strategy on offshore renewable energy），提出支持未來發展的具體方法，該戰略設定目標到 2030 年離岸風電裝置量至少達到 60GW，海洋能裝置量達到 1GW，到 2050 年分別達到 300GW 和 40GW。此外歐盟參與北海能源合作組織（The North Seas Energy Cooperation, NSEC）和波羅的海能源市場互聯計畫（Baltic Energy Market Interconnection Plan, BEMIP）以充分利用北海和波羅的海離岸風電之潛力及與海域周邊國家合作。海洋能方面，透過戰略能源技術（Strategic Energy Technology, SET）計畫，歐盟設定了未來十年技術達到削減成本之目標。

## （二）運輸部門

車輛的排放標準是減少運輸部門碳排放的關鍵。2017 年 4 月歐盟提出重型車輛二氧化碳排放標準法規（Regulation on CO<sub>2</sub> emission standards for heavy-duty vehicles applies），規定

新型重型車輛須達到 2025 年減少 15%，2030 年減少 30%。

2023 年 3 月歐盟正式簽署 2035 後新車零碳排協議，規定 2030-2034 年新乘用車二氧化碳排放量與 2021 相比須減少 55%；新型重型車輛排放量則須與 2021 年相比降低 50%，2035 年起二氧化碳排放量必須減少 100%，實行零碳排全面電動化<sup>2</sup>。

根據 ETS 修訂案(Emissions Trading System II, ETS II) 歐盟將於 2027 年對公路運輸部門另訂碳交易系統。2022 年 12 月歐盟決議將對至今仍享有特權的航空業擬定碳定價，即逐年減少對歐洲航空公司碳排放權之免費配額，並要求所有從歐盟境內出發的飛機使用永續合成燃料，大幅降低國際航空的溫室氣體排放量。

### (三) 建築部門

根據建築能源效率指令 (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) 歐洲建築耗能標準分成 A~G 七級，G 代表於建築中表現最差的 15%。歐盟 ETS 修訂案預計將在 2027 年將建築部門納入新的碳交易系統。2023 年 3 月歐盟委員會通過建築能源效率指令修正案，將要求所有住宅建築要在 2030 年前達到 E 級、2033 年達到 D 級，並訂出公共機關所使用、營運或擁有的新建築須提前到 2026 年達成零碳排，2028 年起所有新建築都要達到零碳排，在技術跟經濟可行的情況下，2028 年起新建築也要裝設太陽光電。

### (四) 工業部門

歐盟 3 月公佈了淨零產業法 (Net-Zero Industry Act)，旨在透過改善製造技術的投資環境同時簡化法規，實現歐盟

---

<sup>2</sup> 參考 The Verge，<https://www.theverge.com/2023/3/28/23660005/e-fuels-internal-combustion-engine-car-european-union-2035-climate-deadline>。

的碳中和目標。目標為 2030 年實現至少 40% 的綠色能源技術於歐盟製造，其中提出 8 項戰略性淨零科技 (Strategic Net-Zero Technologies)，包括：太陽能光伏 (solar photovoltaic)、陸域和離岸風電、電池等能源儲存技術、熱泵 (heat pump) 和地熱 (geothermal)、電解槽 (electrolysers) 和燃料電池 (fuel cells)、永續生物氣體 (biogas) 和生質甲烷 (biomethane)、碳捕捉及封存 (Carbon Capture and Storage, CCS) 技術以及電網 (grid) 技術。

#### (五) 農業部門

歐盟於 2020 年 5 月通過從農場到餐桌策略 (Farm to Fork Strategy)，目的為發展健康、公平與友善環境的糧食體系。該策略將推動減少歐盟糧食體系的碳足跡，強化其韌性、保護公民健康與確保農業及食品企業存續，以利歐盟轉型為永續性糧食體系，達成聯合國永續發展目標。2021 年起，歐盟預計透過造林、碳捕捉和封存等技術，消除來自養殖業和伐木業的碳排放，於 2030 年以前減少 3.1 億噸因林業、畜牧業或農業而產生的人為二氧化碳。

#### (六) 碳邊境調整機制 (CBAM)<sup>3</sup>

2023 年 4 月歐盟通過碳邊境調整機制 (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)，對進口到歐盟的特定產品，依據產品碳含量，進口商須繳納 CBAM 憑證，但產品已於出口國繳納碳價，以及產品對應於歐盟碳排放交易體系 (EU ETS) 享有免費排放額度時，則可減免繳納 CBAM 憑證。CBAM 現階段的管制範圍涵蓋產品項目包括鋼鐵及其若干中下游產品 (如螺釘和螺絲及相關產品)、水泥、鋁及其若干中下游產品 (如鋁製容器、鋁製管配件等)、肥料、電力、氫

---

<sup>3</sup> 參考經濟部國際貿易局 (2023)，歐盟碳邊境調整機制-背景說明與摘要。

氣、特定條件下之間接排放以及部分前驅物 (precursors)，其中鋼鐵、鋁與氫氣僅需申報直接排放。

CBAM 過渡期於 2023 年 10 月 1 日生效，在此期間僅需申報相關產品碳含量，在過渡期後，於 2026 年起正式課徵 CBAM 憑證。此外 CBAM 涵蓋產品出口至歐盟者在過渡期間享有 EU ETS 免費配額，但免費配額將從 2026 年開始逐年調降比例，並至 2034 年退場，2034 年起全面實施 CBAM。

### (七) 能源系統整合

能源系統整合為將各種能源載體如：電力、熱能、冷能、氣體、固體和液態燃料等相互聯繫起來，並與建築、運輸或工業等最終使用部門連結，以優化整個能源系統。歐盟委員會於 2020 年 7 月提出了歐盟能源系統整合戰略 (EU strategy for energy system integration)，除提及上述概念外，也提到需整合外涉及各種現有和新興技術、流程和商業模式，例如 ICT 和數據化、智慧電網和儀表以及靈活性市場 (Flexibility Market)。



資料來源：European Commission。

圖 2-1、歐盟能源系統整合概念

表 2-1、歐盟淨零轉型措施及目標彙整

	產業部門	措施	目標
能源 轉型	太陽能	歐盟太陽能戰略：確定了太陽能領域存在的障礙和挑戰，概述克服這些障礙和加速太陽能技術部署的措施，包括歐洲太陽能屋頂計畫；歐盟大規模技能夥伴關係；歐盟太陽能光伏產業聯盟。	歐洲太陽能光伏產業聯盟旨在 2025 年實現超過 320GW 的太陽能光伏併網，到 2030 年實現近 600GW。
	氫能	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 氫戰略：提出 5 個領域的政策行動要點：投資支持、支持生產和需求、建立氫能市場和基礎設施、研究與合作、國際合作。</li> <li>• 氫加速：擴大再生氫的部署，加速能源轉型和歐盟能源系統的脫碳。</li> <li>• 氫銀行：建立再生氫的初始市場，帶動再生氫產業的增長機會和就業機會。</li> </ul>	2030 年在歐盟生產 1,000 萬噸和進口 1,000 萬噸再生氫。
	海上綠能	歐盟離岸再生能源戰略：提出了支持海上綠能源未來發展的具體方法。	2030 年離岸風電裝置量至少達到 60GW，海洋能裝置量達到 1GW，到 2050 年分別達到 300GW 和 40GW。
運輸 製造	運輸部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 重型車輛二氧化碳排放標準法規：規定新型重型車輛須達到 2025 年減少 15%，2030 年減少 30%。</li> <li>• 2035 後新車零碳排協議：規定 2030-2034 年新乘用車須將二氧化碳排放量與 2021 相比減少 55%；新型重型車輛排放量則須與 2021 年相比低 50%，2035 年起二氧化碳排放量必須減少 100%。</li> <li>• 歐盟 ETS 修訂案(ETS II)：預計在 2027 年對公路運輸部門另訂碳交易系統。</li> </ul>	2050 年與 1990 年相比將減少 90% 溫室氣體排放量。
	建築部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 根據建築能源效率指令：歐洲建築耗能標準分成 A~G 七級</li> </ul>	公共機關所使用、營運或擁有的新建築須提前到 2026 年需達成零碳排，2028 年起所有新

產業部門	措施	目標
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 歐盟 ETS 修訂案(ETS II)：預計在 2027 年將建築部門納入新的碳交易系統。</li> </ul>	建築都要達到零碳排。
工業部門	淨零產業法：旨在透過改善製造技術的投資環境同時簡化法規，實現歐盟的碳中和目標。其中提出 8 項戰略性淨零科技包括：太陽能光伏、陸域和離岸再生風電、電池等能源儲存技術、熱泵和地熱、電解槽和燃料電池、永續生物氣體和生質甲烷、碳捕捉和儲存技術以及電網技術。	2030 年實現至少 40% 的綠能源技術於歐盟製造。
農業部門	從農場到餐桌策略：推動減少歐盟糧食體系的碳足跡，強化其韌性、保護公民健康與確保農業及食品企業存續。	2030 年以前減少 3.1 億噸因林業、畜牧業或農業而產生的人為二氧化碳。

資料來源：European Commission、European Council、本研究整理。

## 二、英國

自 1990 年以來，英國的溫室氣體排放量減少 44%，同時經濟增長了 75% 以上。在 2019 年，英國成為世界上第一個立法通過具有約束力的目標、承諾到 2050 年實現淨零排放的經濟體。2020 年英國政府公布「綠色工業革命十點計畫」(The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution)，目的是為私人部門的投資創造條件，藉助其獨特創造力以產生和發展新的綠色產業。2021 年於此基礎上發布「淨零戰略：綠色重建」(Net Zero Strategy: Build Back Greener)，藉由規劃各經濟部門的淨零策略，同時利用溫室氣體移除（無論是自然碳匯或技術性的碳捕捉）來解決剩餘難以減少的排放，逐步實現 2050 年淨零排放目標 (HM Government, 2021)。

該戰略是未來三十年轉型的長期計畫，將透過四個關鍵原則來處理氣候問題：

1. 尊重消費者的選擇，不會要求拆除現有鍋爐或報廢汽車。
2. 透過公平的碳定價確保最大的污染者為淨零轉型支付最多的費用。
3. 透過能源帳單折扣、能源效率提升等政府支持方式，確保弱勢族群受到保護。
4. 與企業合作開發先進技術，持續降低碳技術成本，以減少消費者成本外並增加企業利益。

英國已動用 260 億英鎊的政府資本投資於淨零戰略提出的政策和支出，預估到 2025 年將支持高達 19 萬個就業機會，到 2030 年則支持多達 44 萬個就業機會，並帶動 900 億英鎊的私人投資。各經濟部門轉型政策重點摘述如下：

#### （一）電力部門

清潔、可靠的電力系統是淨零經濟的基礎，因此在保證供應安全的前提下，到 2035 年完全由潔淨電力供電。電力系統將由再生能源、先進的新型核電站組成，關鍵政策為確保對大型核電廠做出最終投資決策，並啟動價值 1.2 億英鎊的「未來核能支持基金」，以保留未來核能技術（包括小型模組化反應爐）的選項。到 2030 年，離岸風電裝置容量將達到 40GW，浮動式離岸風電達 1GW，為此將提供 3.8 億英鎊的資金支持離岸風電。此外將部署儲能、碳捕獲和封存技術、氫等彈性措施，期望電力業的轉型為英國各地帶來高技能、高工資的就業機會。

#### （二）燃料供應與氫能

提供更潔淨的燃料對於實現零碳至關重要。在「北海轉型協議」（North Sea Transition Deal）的基礎上，英國將大幅減少傳統化石燃料的排放，同時擴大低碳替代品的生產，如

氫和生物燃料。在氫能方面，將投入 1.4 億英鎊設立「工業脫碳與氫氣收入支持計畫」(Industrial Decarbonisation and Hydrogen Revenue Support)，以支持氫氣與工業碳捕捉技術發展，其中將提供最多 1 億英鎊的資金在 2023 年獎勵最多 250MW 的電解氫生產。提供 2.4 英鎊淨零氫基金 (Net Zero Hydrogen Fund) 以支持新低碳氫生產項目的商業部署。

在石油與天然氣方面，將引入氣候相容性檢查點 (Climate Compatibility Checkpoint)，未來石油和天然氣探勘授權將受到與政府的氣候目標相符的相容性評估，確保這些授權與實現 2050 年淨零排放目標一致，並修訂「石油和天然氣管理機構戰略」(Oil and Gas Authority strategy)，以對石油和天然氣行業進行監管，從而將溫室氣體排放降至最低。最終在 2030 年實現 5GW 的氫氣產能，同時將石油和天然氣排放量減半。

### (三) 工業部門

工業部門將根據淨零目標實現脫碳，同時透過吸引投資、確保高工資、高技能工作來改變工業中心地帶。為此，將支持工業改用更潔淨的燃料，幫助提高資源和能源效率。由於低碳氫能與碳捕捉、利用及封存 (Carbon Capture Utilisation and Storage, CCUS) 和再生能源等新興產業的發展，將使英國工業處於技術發展的前沿，加速工業集群的脫碳進程。到 2030 年在 4 個工業集群中部署 CCUS，目標到 2030 年利用 CCUS 技術每年捕獲和封存 20-30 百萬噸二氧化碳。此外，透過 3.15 億英鎊的工業能源轉型基金 (Industrial Energy Transformation Fund) 支持安裝提高能源效率和現場脫碳措施。另外透過英國碳排放交易系統實現淨零排放所需的速度和規模，促進產業進行具成本效益的減排。

#### （四）供暖與建築

家庭和工作場所供暖佔英國所有碳排放量的三分之一，因此需提高英國各地住宅與非住宅物業的能源效率，目標到 2035 年家庭和工作場所安裝的所有新供暖設備都將採用低碳技術（如電熱泵或氫鍋爐），不再銷售新的燃氣鍋爐。將進行為期三年的 4.5 億英鎊鍋爐升級計畫，為家庭提供高達 5,000 英鎊的低碳供暖系統補助，投資 6,000 萬英鎊的熱泵整備計畫（Heat Pump Ready programme），以發展創新熱泵技術，到 2028 年每年安裝 60 萬臺熱泵。另外將加強社會住房及公共部門脫碳的投資，啟動氫氣村（Hydrogen Village）試驗計畫，以便在 2026 年之前就氫在供暖系統中的作用做出決策。

#### （五）運輸部門

英國承諾從 2030 年起停止銷售新的汽油和柴油汽車和貨車；從 2035 年起，所有新車和貨車的尾氣排放必須為零。為實現此一目標將投資 6.2 億英鎊用於零排放車輛補助和電動汽車基礎設施，尤其是當地街道、住宅充電。由汽車轉型基金（Automotive Transformation Fund）提供 3.5 億英鎊用於支持汽車與其供應鏈電氣化；推動大規模重型貨車零排放技術試驗；支持城鎮與城市到 2030 年有一半的交通方式是採用自行車或步行；建立整合公車路網、提供更頻繁的服務與公車專用道；改造地方交通系統，新增 4,000 輛零排放公車及基礎設施；到 2050 年實現淨零鐵路網，且計畫在 2040 年之前淘汰所有純柴油的列車。在海運方面，進行潔淨船舶和基礎設施的示範和技術試驗以實現海運部門脫碳，至於航空方面，啟動英國永續航空燃料的商業化，到 2030 年實現 10% 永續航空燃料（SAF）的供應，並將通過提供 1.8 億英鎊的資

金支持，支援英國工業發展 SAF 生產設施。

#### (六) 自然資源、廢棄物和氟化氣體

透過農業投資基金 (Farming Investment Fund) 和農業創新計畫 (Farming Innovation Programme)，支持低碳農業與農業創新。藉由自然氣候基金 (Nature for Climate Fund) 的資金支持來幫助英國恢復泥炭地、造林，到 2050 年恢復約 28 萬公頃的泥炭地，造林率提高三倍達到每年 3 萬公頃的目標。另外，投資 7,500 萬英鎊來支持自然資源、廢棄物和氟氣淨零相關技術研發，自 2028 年起撤除城市垃圾掩埋場，提撥 2.95 億英鎊支持英格蘭地方政府自 2025 年起為家庭免費收集廚餘。

#### (七) 溫室氣體移除

有鑑於到 2050 年工業、農業和航空等部門仍難以完全脫碳，因此溫室氣體移除 (Greenhouse Gas Removal, GGR) 對於消除剩餘排放量至關重要。由於大多數 GGR 技術尚未商業化，將為直接空氣碳捕捉和儲存 (Direct Air Carbon Capture and Storage) 及其他 GGR 技術提供 1 億英鎊的創新資金，用於溫室氣體清除的研究、開發與示範。遵循由產業與學術界專家組成的 MRV 小組的建議，探索監管機制方案，以對 GGR 進行監測、報告和驗證 (monitoring, reporting and verification)。另外將修訂《氣候變遷法》(Climate Change Act, CCA) 讓以工程方法移除溫室氣體的貢獻納入碳預算。

表 2-2、英國淨零轉型措施及目標彙整

產業部門	措施	目標
電力部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 啟動 1.2 億英鎊「未來核能支持基金」支持未來核能技術。</li> <li>• 提供 3.8 億英鎊支持離岸風電。</li> <li>• 部署儲能、碳捕獲和儲存技術、氫等彈性措施。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2035 年完全由潔淨電力供電。</li> <li>• 2030 年離岸風電裝置容量將達到 40GW，浮動式離岸風電達 1GW。</li> </ul>
燃料供應與氫能	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 投入 1.4 億英鎊設立「工業脫碳與氫氣收入支持計畫」。</li> <li>• 提供 2.4 英鎊淨零氫基金支持新低碳氫生產。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2030 年實現 5GW 的氫氣產能。</li> <li>• 石油和天然氣排放量減半。</li> </ul>
工業部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 到 2030 年在 4 個工業集群中部署 CCUS。</li> <li>• 透過 3.15 億英鎊的工業能源轉型基金支持安裝能源效率和現場脫碳措施。</li> <li>• 透過碳排放交易系統實現淨零排放所需的速度和規模。</li> </ul>	與 2019 年排放水準相比，預計 2030 年排放量減少 43-53%，2035 年減少 63-76%。
供暖與建築	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 家庭提供高達 5,000 英鎊的低碳供暖系統補助。</li> <li>• 投資 6,000 萬英鎊的熱泵整備計畫，發展創新熱泵技術。</li> <li>• 啟動氫氣村試驗計畫。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2035 年不再銷售新的燃氣鍋爐。</li> <li>• 到 2028 年每年安裝 60 萬臺熱泵。</li> </ul>
運輸部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 投資 6.2 億英鎊用於零排放車輛補助和電動汽車基礎設施。</li> <li>• 汽車轉型基金提供 3.5 億英鎊用於支持汽車與供應鏈電氣化。</li> <li>• 建立整合公車路網、提供更頻繁的服務與公車專用道。</li> <li>• 啟動英國永續航空燃料商業化。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2030 年起停止銷售新汽油和柴油汽車和貨車。</li> <li>• 2035 年起所有新車和貨車的尾氣排放為零。</li> <li>• 2030 年實現 10% 永續航空燃料的供應。</li> </ul>
自然資源、廢棄物和氟化氣體	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 透過農業投資基金和農業創新計畫，支持低碳農業與農業創新。</li> <li>• 藉由自然氣候基金幫助恢復泥炭地、造林。</li> <li>• 投資 7,500 萬英鎊支持自然資源、廢棄物和氟氣淨零相關技術研發。</li> </ul>	• 2050 年恢復約 28 萬公頃的泥炭地，造林率提高三倍達到每年 3 萬公頃。
溫室氣體移除	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 提供 1 億英鎊用於溫室氣體清除的研究、開發與示範。</li> <li>• 對溫室氣體移除進行監測、報告和驗證。</li> <li>• 修訂《氣候變遷法》讓工程方法移除溫室氣體的貢獻納入碳預算</li> </ul>	到 2030 年每年部署至少 5 百萬噸二氧化碳的工程清除量。

資料來源：HM Government. (2021)、本研究整理。

### 三、日本

日本於 2020 年 10 月宣示在 2050 年達成碳中和目標，為此，2021 年 6 月經濟產業省會同相關部會聯合制定「2050 年實現碳中和的綠色成長戰略」(Green Growth Strategy Through Achieving Carbon Neutrality in 2050)，推動資源再生循環、碳回收、海上風力發電、半導體與資訊通信等 14 項關鍵發展領域的具體行動方案，以期在實現 CO<sub>2</sub> 排放量減少之外，也造福人民生活（經濟產業省，2021）。

#### （一）能源轉型

在氫及燃料氫方面，將擴大國內氫能的引進，目標是達到與化石燃料具有相當競爭力的水準，計畫於 2030 年前達到每年 300 萬噸，2050 年至每年 2,000 萬噸，且 2050 年供應成本低於 20 日圓/Nm<sup>3</sup>。在燃煤電廠引入混燒發電技術，目標到 2030 年混氫的比例達 20%，到 2050 年提高混燒率至 50%並使專燒技術商業化。此外，日本在 2017 年制定「氫基本戰略」，然而在近年歷經俄烏戰爭造成全球能源的供需結構變化等因素，於是在 2023 年 6 月修訂了此戰略，設定 2040 年氫引進量達 1,200 萬噸的新目標。<sup>4</sup>

至於離岸風電，於 2030 年將裝置容量提高至 10GW，2040 年再提高至 30GW 至 45GW，並且要形成具競爭力的供應鏈，2040 年國內採購比達到 60%。而太陽光電著重於研發下一代太陽能電池，2030 年進入普及階段，因此將利用綠色創新基金，藉由產業、學術和政府的合作加速鈣鈦礦相關共通性基礎技術的開發。

在新世代熱能方面，透過將供應給需求端熱能的燃氣脫

---

<sup>4</sup> 關於 2023 年 6 月修訂「氫基本戰略」的說明是參考乾俊輔(2023)，日本為實現氫社會而採取的政策動向- 修訂氫基本戰略。

碳化，以實現 2050 年的碳中和目標。為此將利用再生能源產生的氫氣與二氧化碳合成甲烷，注入現有基礎設施，到 2030 年時比例達到 1%，到 2050 年時比例則達到 90%，使合成甲烷的價格達到與當前液化天然氣(LNG)價格相同的水平(40-50 日元/Nm<sup>3</sup>)。推動汽電共生技術的應用，構建分散式能源系統，利用數位化技術實現地區能源的最佳控制，實現將傳統燃氣供應企業轉型為提供整合能源服務和脫碳方案的綜合能源服務企業。

另外對於核能產業，將利用國際合作，穩定推動快速反應爐的開發。到 2030 年，透過國際合作驗證小型模組化反應爐(SMR)的技術，另外將確立高溫氣冷反應爐(HTGR)中製氫相關的基礎技術，在 2030 年實現大規模、低成本無碳製氫所需技術的開發，以及透過 ITER<sup>5</sup>計畫等國際合作持續推動核融合研究和開發。

## (二) 運輸部門

在汽車方面設定電動化目標，於 2035 年，新售乘用車 100%是電動車；商用車目標到 2030 年電動車占新車銷售量的 20-30%，到 2040 年電動車和脫碳燃油車達到 100%；8 噸以上的大型車輛在 2020 年代提前引進 5,000 輛電動車，同時推動技術驗證以開發和推廣適合貨運、客運等商業用途的電動車。對於蓄電池產業，目標至 2030 年使汽車蓄電池製造產能盡快達到 100GWh；家用、商業用和工業用蓄電池到 2030 年累計裝置容量約 24GWh。至於充電和加氫基礎設施，到 2030 年安裝 15 萬個充電基礎設施，包括 3 萬個公共快速充電樁，以及 1,000 個加氫站。

---

<sup>5</sup> ITER 為國際熱核融合實驗反應爐。

在船舶業方面，推動天然氣、氫氣、氨等燃料船舶的技術發展，短程和小型船舶將促進氫燃料電池系統和電池推進系統的普及，長程和大型船舶將開發氫和氨燃料引擎等核心技術，在 2025 年啟動零排放船舶示範項目，於 2028 年實現零排放船舶的商業營運。將 LNG 燃料與低速航行、風力推進系統結合，提高 LNG 燃料船舶的效率。另外配合國際海事組織（International Maritime Organization）通過之「現有船舶能源效率指數」(Energy Efficiency Existing Ship Index, EEXI) 以強化船舶燃油效率標準。

在物流、人流及土木基礎建設方面，將形成碳中和港口，推動無人機物流全面實際應用和商業化，推廣智慧交通並活用腳踏車，機場及倉儲物流據點使用再生能源等，強化建築用土木機械能源效率並建立電動、氫能、生質能源等創新型工程機械之認證制度。

至於飛機等航空器，將建立飛機電動化技術，從 2030 年開始逐步搭載電池、引擎、逆變器等飛機動力核心技術。推動氫能飛機關鍵核心技術研發，政府、飛機製造商、其他相關公司和學術界正在共同思考機場周圍的基礎設施，包括機場用於儲存、運輸和使用氫燃料的設施。

### （三）工業部門

在半導體及資通訊方面，研發氮化鎵（GaN）及碳化矽（SiC）等新一代半導體；開發光電技術優化資料中心的效能和能耗，促進資料中心使用脫碳電力，目標於 2030 年所有新建資料中心能耗至少降低 30%；開發感測器邊緣運算技術，以節省資通訊基礎設施的能源，2040 年實現半導體與資通訊產業之碳中和目標。

在碳回收、材料產業方面，將開發二氧化碳吸收混凝土和二氧化碳回收水泥製造技術，透過公共採購擴大銷售，目標到 2030 年實現與現有混凝土相同的價格。開發透過二氧化碳和氫氣反應生產合成燃料的創新技術，2040 年實現無碳合成燃料的商業化。開發高轉換效率的光催化劑，到 2050 年使人工光合作用製造的塑料原料價格與現有產品相當。實現零碳鋼技術開發與示範，在造紙業、玻璃陶瓷業中，開發利用氫、氨等熱源的製造設備技術。

#### （四）農業部門

開發高速加熱熱泵等技術，到 2050 年完全轉型到不使用化石燃料的園藝設施。到 2040 年建立新世代有機農業技術，2050 年將有機農業面積擴大到耕地面積的 25%（100 萬公頃）。到 2040 年建立農林機械、漁船的電氣化、加氫技術。建立人工林「採、用、植」循環利用系統，推動退耕還林，擴大木材利用。發展木質建築材料，規範施工方法，到 2040 年建立高層木結構建築技術。建立測量藍碳吸收和儲存二氧化碳量的方法。

#### （五）住宅相關部門

在住宅建築方面，將推廣在整個生命週期（從建造到拆除與再利用）CO<sub>2</sub> 負排放的生命週期減碳（life cycle carbon minus, LCCM）住宅和建築，以及淨零能耗住宅（net Zero energy house, ZEH）、淨零能耗建築（net Zero energy building, ZEB）；推廣節能型裝修，引進高性能保溫材料、高效能設備，最大限度地推廣木材在建築中的使用等措施。目標 2030 年新住宅及建築達到淨零能耗住宅、淨零能耗建築水準。

至於資源循環產業，在減量、再生方面，根據「生物塑

料引進路徑」，促進技術的開發和示範，提高生物質材料的功能，擴大其應用範圍，目標到 2030 年引進約 200 萬噸生物塑料。在循環、再利用方面，開發和提升具有高回收性的高性能材料和回收技術，透過開發燃燒控制等技術以促進廢棄物處理設施中 CO<sub>2</sub> 回收；在回收方面，推動焚燒設施向遠方利用設施供熱的儲熱和輸送技術的改進和降低成本。

對於 Life Style 產業，為了促進生活方式脫碳技術的推廣，日本政府將致力於支援與制度的建置，包括：促進住宅/交通的全面管理（例如：ZEH、ZEB、AI 智能技術控制家電設備、電動車/混合動力車作為移動儲存電池等的實際運用）；透過數位化和共享等方式改變行為（例如：推動利用地方再生能源的電動車共享服務）；提高觀測和模擬技術，促進地球環境大數據的利用（開發高解析度的大氣模型，使能高精度估算溫室氣體的排放分佈）。藉由上述措施，預期到 2050 年日本將實現碳中和、韌性和舒適的生活。

表 2-3、日本碳中和綠色成長措施及目標彙整

	產業部門	措施	目標
能源 轉型	氫及燃料氫	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 擴大國內氫能的引進</li> <li>• 燃煤電廠引入混燒發電技術，並使專燒技術商業化。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2030 年前國內氫氣使用量擴大至每年 300 萬噸，2050 年至每年 2,000 萬噸。</li> <li>• 2050 年在燃煤電廠引入混燒率達 50%。</li> </ul>
	離岸風電/ 太陽光電	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 離岸風電訂定明確實施目標，吸引國內外投資，並形成具競爭力的供應鏈。</li> <li>• 太陽光電將重點研發下一代太陽能電池，2030 年進入普及階段。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2030 年將導入量提高至 10GW。</li> <li>• 2040 年提高至 30GW 及 45GW。</li> </ul>
	新世代熱能	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 利用再生能源產生的氫氣和 CO<sub>2</sub> 合成的合成甲烷注入現有基礎設施。</li> <li>• 實現將傳統燃氣供應企業轉型為綜合能源服務企業。</li> </ul>	合成甲烷注入現有基礎設施，到 2030 年時比例達到 1%，到 2050 年時達到 90%。

	產業部門	措施	目標
	核能	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 利用國際合作，穩定推動快速反應爐的開發。</li> <li>• 透過國際合作驗證小型模組化反應爐（SMR）的技術。</li> <li>• 確立高溫氣冷反應爐（HTGR）中製氫相關的基礎技術。</li> </ul>	到 2030 年確立高溫氣冷反應爐（HTGR）中製氫相關的基礎技術。
運輸製造	運輸部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 汽車/蓄電池：促進汽車電動化、促進蓄電池的大規模投資、擴大充電和加氫基礎設施的引進。</li> <li>• 船舶業：推動天然氣、氫氣、氨等燃料船舶的技術發展，建立促進節能減排船舶引進和推廣的框架。</li> <li>• 物流、人流及土木基礎建設：形成碳中和港口，推動無人機物流實際應用和商業化，推廣智慧交通並活用腳踏車，機場及倉儲物流據點使用再生能源等，強化建築用土木機械能源效率並建立電動、氫能、生質能源等創新型工程機械之認證制度。</li> <li>• 飛機等航空器：2030 年開始逐步搭載電池、電機、逆變器等飛機動力核心技術。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2035 年新售乘用車 100% 是電動車。</li> <li>• 2030 年安裝 15 萬個充電基礎設施、1,000 個加氫站。</li> <li>• 2028 年實現零排放船舶的商業營運。</li> <li>• 2030 年開始逐步搭載電池、電機、逆變器等飛機動力核心技術。</li> </ul>
	工業部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 半導體及資通訊：研發新一代半導體；開發光電技術優化資料中心的效能和能耗；開發感測器邊緣運算技術。</li> <li>• 碳回收、材料：開發二氧化碳吸收混凝土和二氧化碳回收水泥製造技術，透過二氧化碳和氫氣反應生產合成燃料的創新技術，開發高轉換效率的光催化劑，實現零碳鋼技術開發與示範。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2030 年新建資料中心能耗降低 30%、2040 年實現半導體與資通訊產業碳中和目標。</li> <li>• 2050 年人工光合作用塑料原料價格與現有產品相當。</li> </ul>
	農業部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建立農林機械、漁船的電氣化、加氫技術。</li> <li>• 建立人工林「採、用、植」循環利用系統。</li> <li>• 建立高層木結構建築技術。</li> </ul>	2050 年實現農林漁業化石燃料二氧化碳零排放。

	產業部門	措施	目標
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建立測量藍碳吸收和儲存二氧化碳量的方法。</li> </ul>	
住宅 相關	住宅部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 推廣在整個生命週期排放負CO<sub>2</sub>的 LCCM 住宅和建築，以及淨零能耗住宅、淨零能耗建築。</li> <li>• 推廣節能型裝修，引進高性能保溫材料、高效能設備，推廣木材在建築中的使用。</li> </ul>	2030 年新住宅及建築達到淨零能耗住宅、淨零能耗建築水準。
	資源循環	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 提高生物質材料的功能，擴大其應用範圍。</li> <li>• 透過開發燃燒控制等技術以促進廢棄物處理設施中 CO<sub>2</sub> 回收。</li> <li>• 推動焚燒設施向遠方利用設施供熱的儲熱和輸送技術的改進和降低成本。</li> </ul>	到 2030 年引進約 200 萬噸生物塑料。
	Life Style 產業	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 促進住宅/交通全面管理。</li> <li>• 透過數位化和共享等方式改變行為。</li> <li>• 提高觀測和模擬技術，促進地球環境大數據的利用。</li> </ul>	到 2050 年實現碳中和、韌性和舒適的生活。

資料來源：經濟產業省(2021)、本研究整理。

#### 四、韓國

2020 年 10 月，韓國正式宣布到 2050 年實現碳中和。之後於 2021 年頒佈《應對氣候危機的碳中和綠色成長基本法》並於 2022 年 3 月實施，成為正式將碳中和目標入法的國家之一。依據韓國《應對氣候危機的碳中和綠色成長基本法》第七條、第十條規定，於法律實施後的一年內應制訂「國家碳中和綠色成長戰略」與「國家碳中和綠色成長基本計畫」，每五年制定一期，內容應涵蓋國家願景、溫室氣體減量目標、各部門實現國家願景的戰略與重點任務、分部門分年度減量措施、及有關公正轉型相關事項等。

韓國政府於 2023 年 4 月公布「碳中和綠色成長國家戰略與第一次國家基本計畫」，維持前一屆政府提出的國家自主貢獻（Nationally determined contributions, NDC）目標，即到 2030 年國家溫室氣體排放量相較 2018 年的水準減少 40%，工業部門的減排目標則縮減為 2030 年排放量較 2018 年減少 11.4%，大目標雖相同，但旨在透過核電、CCUS 等彌補工業部門出現的減排缺口（韓聯社，2023）。

### （一）能源部門

為減少化石燃料並將能源轉換為核能及再生能源，將淘汰運行超過 30 年的燃煤發電機組（到 2036 年將有 28 個），在環保技術發展的前提下推廣氫/氨混合發電；核電方面將儘快建設新韓蔚 3、4 號機組，在確保安全的前提下，考慮經濟可行性和能源安全以繼續運營現有核電站。至於再生能源，透過擴大海上風電促進能源平衡供應，使再生能源發電份額由 2022 年 9.2% 提升到 2030 年 21.6%，太陽光電與風電比在 2030 達到 60:40 並強化再生能源基礎擴大電網和儲能系統。

此外，工業、建築和交通領域的需求效率創新，將建立大型建築目標能源強度管理制度、引入電動汽車能效評級制度、利用 ICT 等擴展智慧電表(AMI)和能源管理系統(EMS)等；建立合理的能源費率體系，如總成本補償原則、成本掛鉤電價制度等

### （二）工業部門

以碳中和為契機，保障產業未來競爭力，將建構技術快速商業化的支撐體系，透過設立技術創新基金（到 2024 年 1 兆韓元）、擴大碳中和技術評估系統和交易平臺等方式靈活取得新技術。在減碳投資支持方面，建立碳差價合約制度

(carbon contracts-for-difference, CCfD)，如果企業引進低碳技術，政府保證一定期限內的固定碳價，以引導企業進行減排投資。在治理方面，透過產業轉型共贏委員會、排放交易系統推進委員等諮詢機構，積極在政策中反映企業意見以加強政商界溝通。

### (三) 建築部門

透過提高建築性能和強化標準來提高能源效率，將擴大新建公共建築的強制性淨零能耗建築 (ZEB) 認證範圍，私人建築的設計標準提高至 ZEB 級別。藉由擴大建築能效評估管理和建築性能資訊公開來促進能源效率提高，將建立大型建築能效目標與能耗評價體系，未達標則處以改善和罰款。此外，加強國土和城市規劃中碳中和的實施管理，逐步擴大規劃和開發項目 (包括能源開發、產業園區建設、城市發展、道路、機場、廢棄物處理設施) 的氣候變化影響評估。

### (四) 運輸部門

將推動陸海空等運輸領域的碳中和，包括擴大電動汽車和氫動力汽車的供應，目標到 2030 年推廣採購 450 萬輛電動和氫動力汽車、公共部門強制採購；擴建充電基礎設施，到 2030 年建設超過 123 萬個電動汽車充電站和 660 個加氫站。而隨著輕量化材料和低碳燃料技術的發展，擴大對老舊柴油車、道路工程機械 (堆高機、挖土機) 早期報廢的支持力度。為加強內燃機汽車需求管理，將在生命週期評價的基礎上，提高溫室氣體和燃油效率標準，推廣公共交通提供多樣化激勵措施 (如：換乘折扣、票價計畫等)，以及加強個人交通和自行車的可達性。至於鐵路、航空、航運，將推動所有運輸方式低碳化，為加強環保鐵路運輸，將擴大鐵路電氣

化，用電動列車取代所有柴油列車，以及促進氫能列車的開發和示範，擴大環保燃料使用、推進低碳船舶技術。

#### （五）農業部門

透過低碳結構轉型實現農漁畜牧業的永續發展。在農業方面，利用數位技術推動智慧農業，積極推廣稻田水管理、氮肥減量等低碳農業技術，目標 2027 年約 10,000 公頃的智能溫室，減少氮肥用量從 2017 年 149 公斤/公頃到 2030 年 115 公斤/公頃。在畜牧業方面，藉由開發和銷售低甲烷、低蛋白飼料，減少畜牧業溫室氣體排放，目標 2030 年低甲烷飼料供應達 30%，以及利用 ICT 的科學管理改善飼養結構。在漁業方面，開發和銷售液化石油氣（LPG）和混合動力等低碳和無碳漁船，利用農場排放水進行小型水力發電，將智慧能源管理擴展到水產養殖和漁業加工設施。

#### （六）廢棄物部門

完成社會經濟各領域的資源循環。在產生大量廢棄物的工作場所配套廢棄物減少設施、減少一次性產品、培育新的替代產業，減少生產和消費過程中的廢棄物。透過引入公共責任收集和現代化分類設施，完善收集系統。擴大再生塑料原料全流程強制使用，擴建沼氣生產設施（從 2021 年 110 個增加到 2030 年 140 個）。舊太陽能電池、電動汽車廢電池等高附加值回收利用，實施太陽能廢棄電池生產者責任回收制度、電動汽車電池生命週期歷史管理等。

#### （七）氫能

建構氫能經濟生態系統，成為潔淨氫能領先國家。在氫生產/應用方面，將建立綠色製氫基地，擴大氫能發電占比至 2030 年達 2.1%，2036 年達 7.1%，以及氫能船舶、有軌電車、

無人機等的應用；在基礎設施方面，構建氫氣利用管道網絡，建設示範港口；而在生態系統方面，將制定氫氣領域安全標準，建立氫能產業聚落，包括：利用再生能源生產氫氣（全北）、氫氣液化裝置（江原道）、燃料電池發電（慶北）、氫能移動工具（蔚山）。自 2023 年起創建氫能城市（平澤、南楊州、唐津、保寧、光陽、浦項）並逐步擴張。

#### （八）碳匯

在森林方面，透過擴大森林循環經營和木材利用，提高吸收和儲存功能，恢復主要森林生態軸線、擴大保護區和盡量減少森林災害來保護碳匯，因此森林保育面積將從 2021 年 21.7 萬公頃增加到 2050 年 48 萬公頃，國內木材生產從 2020 年 440 萬立方公尺到 2050 年達 800 萬立方公尺。在海洋方面，恢復和保護沿海濕地以及創建海洋森林來擴大海洋碳匯。另外將擴大城市森林、內陸濕地、閒置土地植樹造林等方式新增碳匯，到 2050 年創建 1.7 萬公頃城市森林和 1.16 萬公頃河岸帶等生態碳匯。

#### （九）CCUS

透過 CCUS 基礎設施和技術創新創造未來新產業。將頒佈 CCUS 相關法令，以訂定二氧化碳捕捉/封存/利用的定義、行業發展、安全法規、認證標準等內容。進行 CCUS 技術開發與擴大示範項目，將利用東海氣田進行 CCS 示範，建立示範/商業化平臺，以確保關鍵技術。建立 CCUS 示範區與發展國內外封存，藉由與澳洲和馬來西亞等合作進行存儲開發。

表 2-4、韓國碳中和綠色成長措施及目標彙整

產業部門	措施	目標
能源部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 淘汰運行超過 30 年的燃煤發電機組。</li> <li>• 推廣氫/氨混合發電、繼續運營現有核電站。</li> <li>• 擴大海上風電促進能源平衡供應</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2030 年排放量較 2018 年減少 45.9%。</li> <li>• 再生能源發電份額在 2030 年提升到 21.6%，太陽光電與風電比在 2030 達到 60：40。</li> </ul>
工業部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 設立技術創新基金、擴大碳中和技術評估系統和交易平臺以取得新技術。</li> <li>• 建立碳差價合約制度，以引導企業進行減排投資。</li> <li>• 透過諮詢機構，在政策中反映企業意見。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2030 年排放量較 2018 年減少 11.4%。</li> </ul>
建築部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 提高建築性能和強化標準以提高能源效率。</li> <li>• 建立大型建築能效目標與能耗評價體系。</li> <li>• 擴大規劃和開發項目的氣候變化影響評估。</li> </ul>	2030 年排放量較 2018 年減少 32.8%
運輸部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 擴大電動汽車和氫動力汽車的供應、充電基礎設施。</li> <li>• 擴大對老舊柴油車、道路工程機械的早期報廢支持。</li> <li>• 推廣公共交通提供多樣化激勵措施，加強個人交通和自行車可達性</li> <li>• 擴大鐵路電氣化、促進氫能列車的開發和示範、擴大環保燃料使用、推進低碳船舶技術。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2030 年排放量較 2018 年減少 37.8%</li> <li>• 到 2030 年採購 450 萬輛電動和氫動力汽車。</li> <li>• 到 2030 年建設超過 123 萬個電動汽車充電站和 660 個加氫站。</li> </ul>
農業部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 推動智慧農業，推廣稻田水管理、氮肥減量等低碳技術。</li> <li>• 開發低甲烷、低蛋白飼料，減少畜牧業溫室氣體排放。</li> <li>• 開發液化石油氣和混合動力等低碳和無碳漁船</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2030 年排放量較 2018 年減少 27.1%</li> <li>• 2027 年約 10,000 公頃的智能溫室，減少氮肥用量到 2030 年達 115 公斤/公頃。</li> <li>• 2030 年低甲烷飼料供應達 30%。</li> </ul>
廢棄物部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 引入公共責任收集和現代化分類設施。</li> <li>• 擴大再生塑料原料全流程強制使用。</li> </ul>	2030 年排放量較 2018 年減少 46.8%

產業部門	措施	目標
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 擴建沼氣生產設施。</li> <li>• 舊太陽能電池、電動汽車廢電池等高附加值回收利用。</li> </ul>	
氫能	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建立綠色製氫基地，擴大氫能船舶、有軌電車、無人機應用。</li> <li>• 構建氫氣利用管道網絡，建設示範港口。</li> <li>• 制定氫氣安全標準，建立氫能產業聚落，創建氫能城市。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 氫能發電占比在 2030 年達 2.1%，2036 年達 7.1%。</li> </ul>
碳匯	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 透過擴大森林循環經營和木材利用，恢復主要森林生態軸線、擴大保護區。</li> <li>• 恢復和保護沿海濕地以及創建海洋森林。</li> <li>• 擴大城市森林、內陸濕地、閒置土地植樹造林以新增碳匯。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2030 年吸收量達 2,670 萬公噸 CO<sub>2</sub>e。</li> <li>• 森林保育面積到 2050 年達 48 萬公頃，國內木材生產到 2050 年達 800 萬立方公尺。</li> <li>• 到 2050 年創建 1.7 萬公頃城市森林和 1.16 萬公頃河岸帶等生態碳匯。</li> </ul>
CCUS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 頒佈 CCUS 法令，訂定二氧化碳捕捉/封存/利用的定義、行業發展、安全法規、認證標準內容。</li> <li>• CCUS 技術開發與擴大示範項目。</li> <li>• 建立 CCUS 示範區與發展國內外封存。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2030 年吸收與加工量達 1,120 萬公噸 CO<sub>2</sub>e。</li> </ul>

資料來源：韓國聯合部門（2023）、本研究整理。

綜觀上述，蒐研主要國家之淨零轉型路徑，得知為了推動淨零轉型，多採組合應用的方式來使用不同類型的因應措施（response measure, RMs）—包含技術措施與管理政策工具（如圖 2-2），且仰賴公私部門投資來加速轉型之發生。在技術面至少包含再生能源發展、能源效率提升、低碳（或無碳）載具更換、製程改善、廢棄物回收、土地利用變更等，但為了推動這些技術導入製程與生活，財稅工具、誘因機制設計、管制工具是經常使用的政策執行工具，而投資獎勵或由公共投資基礎建設來推進，則是在產業發展初期相當重要的方式。



資料來源：本研究繪製。

圖2-2、多重因應措施的組合應用

## 第二節 我國淨零轉型 12 項關鍵戰略

為呼應全球淨零趨勢，蔡總統於 2021 年 4 月 22 日世界地球日宣示「2050 淨零轉型為臺灣的目標」，之後國家發展委員會於 2022 年 12 月公布「淨零轉型 12 項關鍵戰略行動計畫」，提出具體目標及策略以落實淨零轉型。

### 一、關鍵戰略一：風電/光電

我國為達到 2050 年淨零碳排目標，積極投入綠色能源產業之發展。其中離岸風電為 2050 淨零轉型關鍵戰略重要選項之一，透過明確示範獎勵、潛力場址及區塊開發三階段推動策略來逐步達成建置目標，2025 年離岸風電目標累計設置量為 5.6GW（年減碳量 1,059 萬噸）、2030 年目標量將達 13.1GW（年減碳量 2,465 萬噸）。中長期離岸風電將朝浮動式、大型化機組逐步發展，至 2050 年目標量預期提升至 40~55GW（年減碳量 7,530~10,356 萬噸）。在太陽光電方面，透過開發適宜設置空間、提升系統安全可靠及模組回收、推動電網靈活併聯、研發高效產品應用等推動策略，規劃 2025 年達成 20GW 裝置量（年減碳量 1,255 萬噸），並以 2030 年 31GW（年減碳量 1,945 萬噸）及 2050 年 40~80GW（年減碳量 2,510~5,020 萬噸）為目標（如表 2-5）。

表 2-5、離岸風電與太陽光電之短期、中長期目標與效益

關鍵戰略	2025		2030		2050	
	目標	效益	目標	效益	目標	效益
離岸風電	累計設置量 5.6GW	年減碳量 1,059 萬噸	累計設置量 13.1GW	年減碳量 2,465 萬噸	累計設置量 40~55GW	年減碳量 7,530~10,356 萬噸
太陽光電	累計設置量 20GW	年減碳量 1,255 萬噸	累計設置量 31GW	年減碳量 1,945 萬噸	累計設置量 40~80GW	年減碳量 2,510~5,020 萬噸

資料來源：經濟部（2023a）。

為推動離岸風電與太陽光電發展，各部會規劃2023~2024年之經費預算編列如表2-6所示，其中離岸風電預計投入經費為272.12億元（2023年47.11億元、2024年225.01億元），太陽光電為14.78億元（2023年9.71億元、2024年5.07億元）。

表2-6、離岸風電與太陽光電戰略之各部會經費編列

執行部會	2023-2024年	
	離岸風電經費預算(億元)	太陽光電經費預算(億元)
經濟部能源局	7.5	7.35
經濟部技術處	3.03	-
經濟部工業局	2.15	0.23
經濟部標檢局	1.79	0.53
經濟部地調所	1.65	-
台電公司	256	-
中油公司	-	6.67
<b>總計</b>	<b>272.12</b>	<b>14.78</b>

資料來源：經濟部（2023a）。

## 二、關鍵戰略二：氫能

為實現淨零排放，各國積極布局氫能發展，而我國的淨零排放路徑亦將氫能列為重點規劃項目之一。由經濟部成立「氫能推動小組」結合公部門與國營事業，合作發展氫氣應用、氫氣供給與基礎設施三大方向。導入氫能作為零碳化火力發電，以達2050年氫能發電占比9%~12%之目標，以氫能混燒/專燒發電裝置容量做為關鍵績效指標如表2-7所示，2025年至2050年將逐步擴大混燒比例，於2030年目標累積裝置量達91~891MW（年減碳量427~6,877萬噸），至2050年目標量預期提升至7.3~9.5GW（年減碳量1,750萬噸）。

表 2-7、氫能之短期、中長期目標與效益

關鍵策略	2025		2030		2050	
	目標	效益	目標	效益	目標	效益
氫能	累計裝置量 91MW	(混燒測試中)	累計裝置量 91~891MW	年減碳量 427~6,877 萬噸	累計裝置量 7.3~9.5GW	年減碳量 1,750 萬噸 <sup>註</sup>

註：年減碳量之計算方式將視實際運轉測試結果滾動調整。

資料來源：經濟部能源局（2022）。

為推動氫能發展，各部會規劃 2023~2024 年之經費預算編列如表 2-8 所示，預計投入經費為 40.61 億元(2023 年 9.53 億元、2024 年 31.08 億元)。

表 2-8、氫能戰略之各部會經費編列

執行部會	2023-2024 年經費預算(億元)
經濟部能源局	3.95
經濟部技術處	10.05
中油公司	1.61
中鋼公司	24.0
台電公司	- <sup>註</sup>
國家科學及技術委員會	1.00
交通部	- <sup>註</sup>
<b>合計</b>	<b>40.61</b>

註：台電預算編列於 2025 年投入經費 5.3 億；交通部經費納入運具電動化及無碳化戰略。

資料來源：經濟部（2023b）。

### 三、關鍵戰略三：前瞻能源

為增加再生能源選項，將以地熱、生質能及海洋能等前瞻能源做為發展重點。在地熱發電方面，透過合理躉購費率提高投資誘因，研訂符合地熱特性之探勘與開發許可的管理機制，擴大資源探勘範圍及公開探勘資訊，優化探勘鑽井技術等經濟、法制、資源、技術等四大構面來推動，預計於 2050 年達成目標裝置容量 3~6.2GW。在生質能方面則思考解決目前面臨之料源、副產物應用及研發先進生質能技術等問題，

於 2050 年達成目標裝置容量 1.4~1.8GW。在海洋能方面，由於仍處研發、示範階段，將依技術成熟度分階段逐步開發，於 2030 年完成設置 kW~MW 級示範發電機組、2035 年設置 1~10MW 商業運轉發電機組，並視技術發展成熟度於 2050 年達成目標裝置容量 1.3~7.5GW（如表 2-9）。

表 2-9、前瞻能源之短期、中長期目標與效益

關鍵戰略	2025		2030		2050	
	目標	效益	目標	效益	目標	效益
地熱發電	累計裝置量 20MW	年減碳量 6.4 萬噸	累計裝置量 56~192MW	年減碳量 18~62 萬噸	累計裝置量 3~6.2GW	-
生質能	累積裝置量 778MW	年減碳量 206 萬噸	累積裝置量 805~1,329 MW	年減碳量 218~400 萬噸	累計裝置量 1.4~1.8GW	-
海洋能	累積裝置量 0~0.1MW	年減碳量 0~0.013 萬噸	累積裝置量 0.1~1MW	年減碳量 0.013~0.1 3 萬噸	累計裝置量 1.3~7.5GW	-

資料來源：經濟部（2023c）。

為推動前瞻能源發展，各部會規劃 2023~2024 年之經費預算編列如表 2-10 所示，其中地熱發電預計投入經費為 38.79 億元（2023 年 21.18 億元、2024 年 17.61 億元），生質能為 46.48 億元（2023 年 45.22 億元、2024 年 1.26 億元），海洋能為 6.53 億元（2023 年 2.68 億元、2024 年 3.85 億元）。

表 2-10、前瞻能源戰略之各部會經費編列

執行部會	2023-2024 年		
	地熱發電(億元)	生質能(億元)	海洋能(億元)
經濟部能源局	6.14	2.09	1.40
經濟部地調所	8.72	-	-
台電公司	1.59	-	1.73
中油公司	22.34	-	-
台糖公司	-	44.39	-
國家科學及技術委員會	-	-	1.20
海洋委員會	-	-	1.00
中央研究院	-	-	1.20
<b>總計</b>	<b>38.79</b>	<b>46.48</b>	<b>6.53</b>

資料來源：經濟部（2023c）。

#### 四、關鍵戰略四：電力系統與儲能

為達到 2050 年淨零碳排目標，將導入高占比再生能源，因此為確保供電平衡及提升系統韌性，對於「電力系統與儲能」關鍵戰略將著重於（1）強化電網基礎設施以提升電網韌性；（2）提升系統各項資源調控能力以增加系統供電彈性；（3）推動電網數位化以促成電網最佳運轉，茲將關鍵績效指標整理如表 2-11。

表 2-11、電力系統與儲能之短期目標

項目	2025 目標	2030 目標
再生能源預測精準度 (日前/小時前誤差率%)	風力：10%/5% 太陽光電：10%/5%	風力：8%/4% 太陽光電：10%/5%
儲能系統應用 (容量 MW)	電網端：1,000MW 發電端：500MW 合計：1,500MW	電網端：3,000MW 發電端：2,500MW 合計：5,500MW
需量反應方案參與量 (容量 GW)	2.8GW	3.0GW
AMI 智慧電表基礎建設 (累計戶數)	300 萬戶 (2024 年)	600 萬戶
自動化饋線下游 5 分鐘內 復電事故數占比(%)	70%	90%

資料來源：經濟部（2023d）。

為推動電力系統與儲能發展，各部會規劃 2023~2024 年之經費預算編列如表 2-12 所示，預計投入經費 760.777 億元（2023 年 315.11 億元、2024 年 445.667 億元）。

表 2-12、電力系統與儲能戰略之各部會經費編列

執行部會	2023-2024 年經費預算(億元)
台電公司	683.03
經濟部能源局	7.26
經濟部能源局/台電公司	60.617
經濟部標準檢驗局	5.37
核能研究所	3.8
經濟部工業局	0.7
合計	760.777

資料來源：經濟部（2023d）。

## 五、關鍵戰略五：節能

能源效率提升帶來減碳、環境、經濟等多元效益，透過政府以及各產業的共同參與將能源效率極大化，以提升能源效率達成我國 2050 碳排之目標，節能範圍分為工業、商業、住宅、運具及科技。戰略五以 2030 為界分為兩階段，短期為使能源有效運用以及創新技術稱為「導入最佳技術與佈局創新技術」時期，透過節電補助獎勵、法規管理、技術發展以及技術商業化的推動方式協助完成；中、長期將擴散應用相關技術，配合法規落實及示範輔導等方式實現節能，使能源效率在 2050 年的總減碳量達到 37% 的貢獻。

工業、商業、住宅、運具及科技的節能由經濟部統籌規劃，相關經費編列期程為 2023 年至 2030 年，計畫預算估計達 673.9 億元，依照七大推動策略經費規劃如表 2-13 所示。

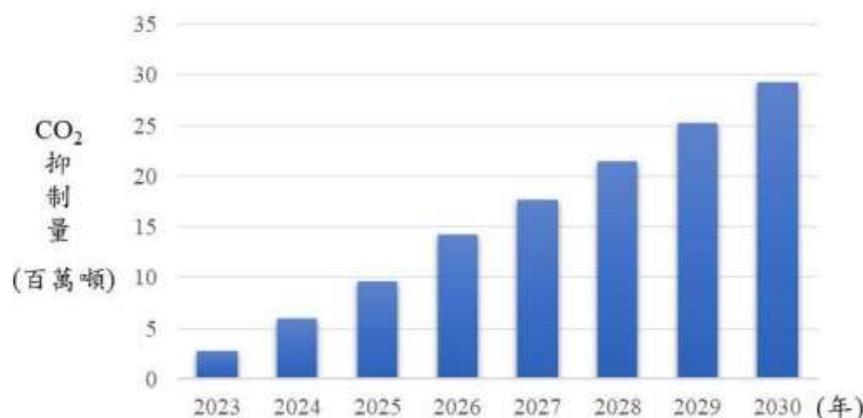
表 2-13、節能戰略之各措施經費規劃表

單位：新臺幣億元

策略	執行機關	年度							
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1.知識傳遞帶起社會節能行動	經濟部	2.22	2.15	2.15	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99
2.強化節能治理生態系	經濟部	0.57	0.60	0.60	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
3.設備效率接軌國際	經濟部	40.56	47.20	47.20	46.95	11.31	11.31	11.31	11.31
4.推動建築能效分級，淨零建築開步走	內政部	1.96	7.04	7.36	7.48	0.32	0.32	0.32	0.32
5.擴散節能成功經驗	經濟部	12.83	12.87	14.17	12.30	12.82	12.82	12.82	12.82
	農委會	0.01	0.02	0.02	-	-	-	-	-
	教育部	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	交通部	8.46	5.96	2.52	1.30	0.88	1.15	1.07	72.91
	通傳會	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
	台電	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
6.賦予企業責任自發節能	經濟部	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
7.節能智慧節能與技術革新	經濟部	13.30	17.30	17.30	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
	內政部	0.75	0.75	0.75	0.75	0.10	0.10	0.10	0.10
	教育部	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
<b>合計</b>		<b>88.18</b>	<b>101.39</b>	<b>99.58</b>	<b>97.14</b>	<b>53.79</b>	<b>54.06</b>	<b>53.98</b>	<b>125.82</b>

資料來源：經濟部（2023e）。

能源效率的進步，使其產生節電量、節熱量之效益。本計畫期程從 2023 至 2030 年預估可節省電量 345.7 億度，以及節熱 227.3 萬公秉油當量。減碳效益總估計於 2030 年可新增之抑制碳排放總量為 29.3 百萬噸，請見圖 2-3 所示。



資料來源：經濟部 (2023e)。

圖 2-3、節能戰略計畫各年度貢獻之碳排放抑制量

## 六、關鍵戰略六：碳捕捉利用及封存

碳捕捉、利用及封存 (CCUS) 係指利用科研技術從電力或工業排放源捕捉二氧化碳，並將其儲存或利用，而非排放到大氣中，減少溫室氣體造成環境暖化。現階段(至 2030 年)以既有技術為基礎並盤點問題、現況勘查研擬出「前瞻技術開發」、「產業技術精進落實」、「完善法規配套」推動策略，透過關鍵技術開發並落實產業技術升級並由大企業為首先行示範驗證，同時建立規範制度、誘因等相關配套措施到位以利後續業務順利推動並確保在運送儲存及風險監控上安全順利，未來隨著前瞻技術革新、人才培育、擴大落實推廣應用，有望加速達成淨零目標，成為永續發展新趨勢。

表 2-14、戰略六項下關鍵技術概要

	措施	現況
碳捕捉	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 精進目前成熟技術如：化學吸收、鈣迴路。</li> <li>2. 持續投入研發碳捕捉前瞻技術：如物理吸收、固體吸附、薄膜、化學循環、藻類固碳等。</li> <li>3. 中長期(至 2040、2050 年)朝向超臨界二氧化碳動力循環之高轉渦輪機製作與設計技術邁進並推動各項技術示範及驗證。</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 目前捕捉成本仍過高(約 50-70 美元/噸)，希望降至 35 美元/噸以符合商轉效益。</li> <li>• 技術能效待提升，包括降低吸收劑的能耗，提升其捕捉效率，透過逐級放大規模驗證以確認技術可行性，達到實際大型固定排放源所需技術規模。</li> <li>• 企業加裝 CCUS 相關設備需投入建置成本，且需預先規劃足夠空間(CCS Ready)設施設置，影響投入意願。</li> <li>• 我國在地質鑽井技術與設備，目前僅中油公司具備地下 1 至 3 公里深之地層探勘相關經驗，對於其他大型排放源或具碳中和需求之中小企業較無相關量能與實施經驗，對於海域深部鹽水層之碳封存應用需地質探勘、海事工程及監測運維等技術，能量亦尚待提升，期望藉由與國際企業合作，引進國際專業技術。</li> </ul>
碳利用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 短期(至 2030 年)以 CO<sub>2</sub> 做為碳源生產碳氫化合物，同時開發高效率、新型觸媒，利用碳捕捉培育藻類及生質作物轉換成高附加價值化學品，另開發生質作物轉化成生質化學及能源產品。</li> <li>2. 精進碳捕捉直接利用技術：如超臨界二氧化碳溶劑應用技術、海洋牧場、植物/藻類工廠等。</li> <li>3. 未來研發 CO<sub>2</sub> 轉化技術：如 CO<sub>2</sub> 轉換化成生質化學及能源產品，透過試驗工廠進行 CO<sub>2</sub> 直接利用技術之放大。</li> </ol>	<p>目前技術成本仍偏高，且缺少低反應溫度及高轉化效率之觸媒，需協助相關業者開發 CO<sub>2</sub> 轉換為碳氫化合物之觸媒技術，再製成高加價值石化等原料，未來需搭配穩定氫氣來源，才可能擴大碳利用路徑規劃。</p>
碳封存	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 與國際合作開發引進碳封存技術：如地質固碳封存及礦物封存等創新技術</li> <li>2. 地質構造調查與模擬評</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 依現有地質調查資料與技術相關成果進行全面的盤點與調查，與經濟部中央地質調查所及中油公司共同合作，進行全面性的地質探勘及資料整</li> </ul>

	措施	現況
	估：如封存機制速率之場域模擬等	<p>合。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2045 年前持續投入增進地質固碳封存機制速率之模擬評估、地質探勘與封存潛能評估、封存監測及維運技術等，提供我國未來 CCUS 相關科學研究與工具並支援各部會推廣產業應用。</li> <li>• 為確保各單位間不在相同地點重複實行地質調查，提升投入地質探勘之經費有效性，須先行訂定相關協調機制，並設計相關資料彙整規格，以利未來資料比較，提供政府單位擇定具封存潛能場址評估依據。</li> <li>• 依過往地質封存潛能探勘資料顯示，臺灣西部海域區域較具主要碳封存潛能，但東部地區亦有大型固定排放源，其碳排放經捕捉後之運送方式與封存地點等配套措施尚須進一步綜合研析。</li> </ul>

資料來源：國科會、經濟部、環保署（2023）。

為推動碳捕捉利用及封存技術發展，此關鍵戰略行動計畫於 2023 年至 2024 年預計投入 28.919 億元的經費，包含國科會在技術研發投入 3.807 億元、經濟部在示範驗證投入 24.9 億元，以及環保署在完善法規配套投入 0.212 億元（如表 2-15）。

表 2-15、碳捕捉利用及封存之各措施經費規劃表

單位：新臺幣億元

策略	執行機關	2023-2024 年經費預算(億元)
技術研發	國科會	3.807
示範驗證	經濟部	24.9
完善法規配套	環保署	0.212
合計		28.919

資料來源：國科會、經濟部、環保署（2023）。

## 七、關鍵戰略七：運具電動化及無碳化

在運輸的減碳策略中「運具電動化及無碳化」主要從技術面達到減碳的效果，重點在於人民運具行為的改變而達到運輸減碳的效果。推廣使用低碳及電動運具以達到降低運輸部門碳排的目的。由交通部規劃，達成分年之電動運具數量目標值，例如：2030 完成市區公車及公務車全面電動化和 2040 年市售比達 100% 的電動小客車及機車，如圖 2-4 所示。在推動低碳運具數量的同時，環境措施完整才能使其足夠供應未來市場需求，因此建設充電場站提供運具使用友善措施將成為重要的配套措施。不僅如此，本計畫藉由推動運具培植相關產業、提升技術，並發展低碳運具在地化。



資料來源：交通部（2023）。

圖 2-4、我國運具電動化推動里程碑

關鍵戰略之「運具電動化及無碳化」參與部會的總預算約 916.9405 億元，規劃 2023 年 55.75 億、2024 年 90.39 億、2025 年 104.95 億，剩餘款項於 2026 年後分年編列並滾動檢討。其中由交通部主導的行動措施，經費預估為 533.4925 億元占總經費約六成，其餘為經濟部 183.752 億元、環保署 199.622 億元、勞動部 0.074 億元。

表 2-16、運具電動化及無碳化戰略之各部會經費編列

執行部會	2023-2030 年經費預算(億元)
交通部	533.4925
經濟部	183.752
環保署	199.622
勞動部	0.074
合計	<b>916.9405</b>

資料來源：交通部（2023）。

「運具電動化及無碳化」主要由政府補助換購電動運具，設置足夠充電樁等方式提供低碳運具的友善環境，以及培養技術人才和協助扶植電動運具等相關技術而帶來效益。減碳效益依據運具電動化設定目標，2030 年因運具電動化減碳量將達 172.8 萬公噸 CO<sub>2</sub>e/年，包含市區公車預估減碳量達 40.3 萬公噸 CO<sub>2</sub>e/年；電動小客車 2030 年市售比達 30%，帶來減碳量達 74.4 萬公噸 CO<sub>2</sub>e/年；另外，電動機車 2030 年市售比達 35%，預估減碳量達 58.4 萬公噸 CO<sub>2</sub>e/年。將由各部會共同參與完成各項措施，據以達成運輸部門淨零排放之總體目標。

#### 八、關鍵戰略八：資源循環零廢棄

由於我國七成物料需仰賴進口顯示資源不足，國內自給的比率受到侷限，也為了因應環保永續的議題開始檢討資源永續管理。因此，從減少廢棄物的產生、高效管理化學品與廢棄物開始執行，並將線性生產轉為循環的永續生產消費模式。此外，減少使用原生物料及不可再生資源，減少浪費。例如：淘汰免洗塑膠製品。減少一次性產品的使用，使其降低產量、減少化石原料使用，免除非必要的浪費和使用。不僅如此，降低資源遭焚化及掩埋的道路，落實資源循環提升廢棄物循環價值，邁向零廢棄之目標。

戰略八「資源循環零廢棄」於 2023 年投入之預算共計約 18.55 億元，其中包含公務預算 18.10 億元及基金預算 0.45 億元；此外在 2024 年投入經費概算共約 16.16 億元，其中公務預算 15.86 億元及基金預算 0.30 億元。統計至 2030 年投入經費約 116.94 億元。

以 2020 為基準年，預計 2025 年關鍵項目的預期減碳項目總合約 124.891 萬公噸 CO<sub>2</sub>e；2030 年總合為 180.738 萬公噸 CO<sub>2</sub>e，如表 2-17。2025 年減碳目標以無機材料及粒料 36 萬公噸 CO<sub>2</sub>e 的減碳量位居其首，其次為塑膠和電器與電子產品；2030 年的減碳指標皆提升，排名前三項目和 2025 年相同。

表 2-17、資源循環零廢棄戰略之各關鍵項目減碳基準及目標

指標	單位	基準年	目標值	
		2020 年	2025 年	2030 年
塑膠	萬公噸 CO <sub>2</sub> e	-	34.3	47
紡織品	萬公噸 CO <sub>2</sub> e	0	3	5.5
無機材料及粒料	萬公噸 CO <sub>2</sub> e	31	36	42
生物質	萬公噸 CO <sub>2</sub> e	基準年	13.37	28.66
廢棄物能源化及生質能	萬公噸 CO <sub>2</sub> e	基準年	14.37	28.76
化學品	萬公噸 CO <sub>2</sub> e	0.6	3.52	4.82
電器與電子產品	萬公噸 CO <sub>2</sub> e	0	20	23
儲能及電動車用電池	萬公噸 CO <sub>2</sub> e	-	0.018	0.6
太陽光電板及風力葉片	萬公噸 CO <sub>2</sub> e	0.00016	0.24	0.38
	萬公噸 CO <sub>2</sub> e	基準年	0.0006	0.018
合計			<b>124.8186</b>	<b>180.7380</b>

註：減碳目標僅表示各關鍵項目之減碳量。

資料來源：行政院環境保護署（2023a）。

## 九、關鍵戰略九：自然碳匯

利用自然生態系統吸收大氣中溫室氣體以緩解氣候暖化，本戰略主要以森林、土壤及海洋等三大具環境吸收潛力領域進行規劃。包括林地面積增加並加強土地管理、海洋及

濕地環境維護、同時發展複合養殖經營模式並建構增匯管理措施及水產植物復育等以強化整體碳匯效益。初期階段（2030年前）以推動相關科研工作為主，全面規劃並盤點現有政策及法規制度，以如何有效增加碳匯為目標思維，審視並調整訂定工項之可行性，並透過科技研究及產業輔導等多管齊下的方式，鼓勵農民及相關產業投入並創造永續環境。中後期（2030至2040年）待基礎科研技術工作及推動工具逐步穩健後，全面落實各項自然碳匯措施執行應用，預計在此階段碳匯增加效益值將明顯攀升，並以2040年達成增加1,000萬公噸碳儲量並建立農業部門碳權交易機制為最終目標。本項目高度仰賴技術突破，需投入大量資源取得科技創新突破以確保各項環境永續政策目標能順利執行，對2050年能否達到淨零排放扮演重要因素。自然碳匯戰略之策略及措施彙整於表2-18。

表2-18、自然碳匯戰略之策略及措施一覽

森林	
策略	措施
1.增加森林面積	1-1 辦理國、公、私有土地新植造林工作，以提升森林覆蓋面積及碳匯量
	1-2 結合流域治理工程，多元合作擴大植樹面積
	1-3 結合休閒觀光，推動國有農林機構新植造林
2.加強森林碳匯經營管理	2-1 推動外來種移除改正造林、復育劣化林地，並加強低蓄積人工林復育更新，以擴大森林碳吸存效益，以達成人工林永續經營目的
	2-2 推動老化竹林更新，活化竹林碳吸存能力
3.提高國產材利用	3-1 強化國產木竹材供應鏈及推動林產品全材利用，促進林產業經濟效益及碳保存功能
4.強化森林碳匯相關技術科技研發能量	4-1 促進碳匯效益之森林經營模式及研究
土壤	
1.強化土壤管理方式	1-1 以增加土壤有機質為目標，建立有效土壤管理技術
	1-2 建立碳儲量之評估基準與分析技術，建置碳儲潛力分區圖

	1-3 建立土壤碳匯可監測、報告、驗證(MRV)機制
2.建構負碳農法	2-1 推廣具負碳功能作物或品種
	2-2 推動作物負碳之栽培技術
	2-3 推廣農業剩餘資源再利用及適用微生物，增加土壤有機質
3.強化土壤碳匯相關技術科技研發能量	3-1 增進土壤碳匯效益及開發提高農糧作物負碳貢獻度 栽培模式之研究
海洋	
1.強化海洋及濕地碳匯管理	1-1 推動漁業資源保育區碳匯效益與管理
	1-2 建立海洋碳匯 MRV 機制
	1-3 結合濕地管理，強化濕地自然碳匯功能
	1-4 海洋碳匯生態系(海草床、紅樹林及鹽沼等)調查及復育工作
2.強化海洋碳匯相關技術科技研發能量	2-1 海洋碳匯技術及效益評估
	2-2 建立海洋及濕地方法學
	2-3 開發沿岸大型原生植物體海洋碳匯增量技術與量測方法

資料來源：行政院農業委員會（2023）。

自然碳匯之預算就既有工作推動及前期（2023 至 2024 年）規劃之分配情形如表 2-19 所示，至後期（2025 至 2030 年）僅就預定工作進行預估，非實際執行數，未來將視推動情形進行滾動檢討，總計 2023~2030 年預估經費為 125.94 億元。

**表2-19、自然碳匯之相關項目經費編列規劃**

項目	2023 年經費 (億元)	2024 年經費 (億元)	2025-2030 年 預估每年(億元)	總計(億元)
森林	11.93	11.93	12.95	125.94
土壤	6.99	6.99		
海洋	0.06	0.06		
濕地	0.97	0.97		
科技規劃	0.60	0.00		
增匯科研	4.38	3.35		
小計	24.92	23.30		

資料來源：行政院農業委員會（2023）。

## 十、關鍵戰略十：淨零綠生活

戰略十主要結合其他關鍵戰略之主責業務推動能源轉型、商業模式及產業轉型等基礎建設，由各界齊力合作鼓勵民眾從食、衣、住、行、育、樂等日常生活面向選擇較低碳生活方式，與人民進行對話使消費者覺醒，促使各界激發創意，建構低碳商業模式及形塑生活態度。以食來說，零浪費低碳飲食；衣則是友善環境綠時尚；住為居住品質提升；行和樂，低碳運輸網絡；購，以使用取代擁有；育，全民對話。六大歸類之民眾行為改變和習慣養成，共同達到我國 2050 年淨零排放為目標。

本計畫於 2023 年至 2030 年總經費預算編列超過 653 億元如表 2-20 所示，以交通部經費約 341.75 億元（不含軌道建設計畫經費）占比最高，其次為內政部 181.12 億元及農委會 87.24 億元，其餘部會如文化部、國防部、法務部等，以既有預算辦理。

表2-20、淨零綠生活戰略之各部會經費編列

執行部會	2023 年經費 (億元)	2024 年經費 (億元)	2023-2030 年經 費預算(億元)
內政部	0.14	0.14	181.12
交通部 <sup>註</sup>	50.77	43.48	341.75
行政院人事行政總處	0.16	0.15	0.45
教育部	0.72	0.68	4.21
經濟部	0.12	0.12	0.99
農委會	15.64	16.58	87.24
衛福部	0.0020	0.0016	0.0064
環保署	16.76	3.06	38.11
合計	<b>84.32</b>	<b>64.21</b>	<b>653.87</b>

註：交通部執行之人力配置均為既有人力辦理，經費上不含軌道建設計畫。

資料來源：行政院環境保護署（2023b）。

「淨零綠生活」的減碳效益由於依靠生活轉型產生，並由非法律強制、設備換購和技術提升等，因此未能量化其之減碳效益。目前的預期效益將以推動的情形作為效益評估，並給予衡量指標，例如：公路公共運輸載客量成長率、一次性用品的產量減少的數量以及民眾對綠生活的認知和行為評分。人民的行為隨著時間改變，目標值的預期進度將持續觀察並進行滾動檢討。

## 十一、關鍵戰略十一：綠色金融

金融影響力是達成淨零轉型目標的重要推動角色，期望透過資金引導、投融資等金融機制整合金融業專業與資源促使企業邁向永續發展之進程。其策略包括凝聚跨部會及金融機構共同合作意識並建立 ESG 相關資源整合平臺以利數據分析及風險評估，金管會已頒布「綠色金融行動方案」及「上市櫃公司永續發展路徑圖」，就制度面、資金面、數據處理及後續永續發展人才培育及氣候變遷相關問題提出規劃，由金融業引領上市櫃公司循序推動溫室氣體盤查、揭露及查證，並串聯產業及供應鏈，運用綠色金融政策協助企業達成減碳路徑。

### (一) 綠色金融行動方案摘述

- 佈局面向：以金融機構為首盤查自身(範疇一、二)及投融資組合(範疇三)之碳排放情形，以便制定中長程減碳目標及策略，並辦理情境分析、評估並擬訂策略，及早因應氣候相關風險。
- 資金面向：金融工具資金引導以有利於永續發展之經濟活動為認定依據，提倡金融業投融資決策及發行金融商品時將永續指標納入考量，藉此鼓勵企業擬訂轉型計畫，並將

更多資金挹注於綠色及永續發展相關領域，促使我國綠色及永續經濟活動與產業蓬勃發展。

- 資料面向：建立、整合並優化我國氣候變遷及 ESG 相關資訊與數據，後續利用金融工具統計分析及加值運用，讓企業、利害關係人及投資人等瞭解永續金融進展進程。
- 培力面向：推動金融機構強化訓練及培育永續金融人才，將永續金融理念深植於金融機構各組織與企業文化中，並擴展至投融資對象，以影響整體產業及社會，加速我國淨零轉型路徑。
- 生態系面向：推動金融機構間的合作並辦理永續金融評鑑，促使金融機構積極審視氣候變遷及 ESG 相關風險議題，同時研析國際作法、推動金融科技在綠色金融之創新應用。

## (二) 上市櫃公司永續發展路徑圖

為協助國內企業及早因應氣候變遷衝擊並訂定減碳目標，除凝聚金融機構共識並提高誘因外，以大帶小概念擴大並持續深化永續金融之影響層面，進一步完善永續金融生態系，以資本額級距漸進式引領企業並帶動相關產業及供應鏈完成減碳轉型，預定全體上市櫃公司於 2027 年及 2029 年完成盤查及確信（如圖 2-5）。



資料來源：金融監督管理委員會（2023）。

圖 2-5、上市櫃公司永續發展路徑圖時程規劃

為推動綠色金融戰略相關措施，金管會編列 2023~2025 年相關預算如表 2-21 所示，以用於研議瞭解國際趨勢及接軌國際發展，同時因應我國法制環境及產業情形，制定相關規範、指引或鼓勵措施等機制。

表2-21、綠色金融之相關項目經費編列規劃

項目	2023 年 (億元)	2024 年(籌編中) (億元)	2025 年(籌編中) (億元)
「精進我國永續經濟活動認定參考指引」委託研究案	0.074	-	0.08
永續金融評鑑	0.035	0.035	0.035
永續金融業務相關資料蒐集費用	0.077	0.042	-
永續金融網站維護費用			0.001

資料來源：金融監督管理委員會（2023）。

## 十二、關鍵戰略十二：公正轉型

在淨零轉型過程中，對於環境變遷適應能力、財務體質較脆弱敏感之族群，難免會遭受影響並損及自身利益，造成政策推動遭受強大阻力而窒礙難行，因此特別將公正轉型單獨列為戰略目標，盡可能降低衝擊以確保在公平原則下讓各界以高自主意願及高效率朝永續發展目標共同努力。各部會至 2030 年前已匡列 338.27 億經費（如表 2-22），透過辦理諮詢會議及因應議題及地區舉辦不同規模之溝通會議廣泛蒐集各方意見，持續深化社會溝通，讓利害關係人參與規劃以確保轉型過程之公正性。

表2-22、公正轉型之相關項目經費編列規劃

策略	經費期程	經費總計(億元)
風電/光電	2023-2024	0.6
電力系統與儲能	2022-2030	38.29
節能	2023-2030	14.9
碳捕捉利用及封存	2023-2026	3.98
運具電動化及無碳化	2023-2030	78.4705
資源循環零廢棄	2023-2026	1.376
自然碳匯	2023-2030	185.318
淨零綠生活	2022-2023	13.355
公正轉型(國發會)	2023-2024	1.98
<b>合計</b>		<b>338.2699</b>

資料來源：國家發展委員會（2023）。

轉型過程中可能影響議題面向包括：勞工就業、產業發展、區域均衡、民生消費及政府治理等，說明如下：

- 勞工就業：淨零路徑的推展可能改變現有經濟及就業結構，造成部分勞工面臨失業或強迫轉型等適應不良問題。
- 產業發展：淨零相關法令及限制措施將提升高碳排產業之營運成本造成企業營運壓力。
- 區域均衡：淨零轉型目標可能造成區域發展受限及環境衝擊，應兼顧受影響區域的活化及再生。
- 民生消費：因淨零轉型涉及民眾行為改變，可能導致生活不便性活成本增加而引發反彈。
- 政府治理：若有資訊不透明、不對等的情形可能引發政府推動淨零轉型政策時面臨外界阻力。

茲將各大戰略主要面臨之公正轉型之議題及對策彙整如表 2-23。

表2-23、各大戰略主要面臨之公正轉型之議題及對策一覽

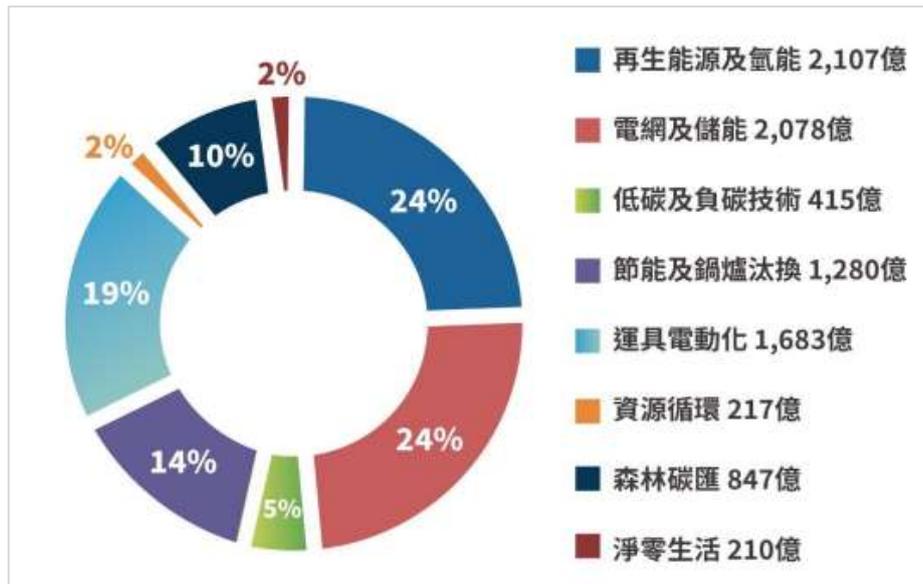
戰略	議題	對策
風電/光電	離岸風電導入場域預期可能影響到海域原有活動空間之使用，而太陽光電相關開發，也可能會衍生環境生態保護、土地使用競合及社會公平等課題。	藉由要求開發業者充分與利害關係人溝通、建立損害補償機制、建立與利害關係人之公共協商機制、持續監測及改善漁電共生之整體環境等因應對策，以在發展離岸風電與太陽光電的同時能與環境面、社會面取得平衡。
氫能	氫氣應用、氫氣供給與基礎設施建置之行政程序、法規等問題。	需與各相關部會、產業及相關利害關係人溝通，透過推動氫能應用普及、氫能來源達成開發共識、基礎設施符合國內規範等因應對策，建構氫能產業發展環境，同時明確氫能策略與階段性目標，吸引國內產業投入，增進國內就業機會。
前瞻能源	地熱能、生質能及海洋能三大領域發展，其推廣將牽涉環境資源開發、土地利用之議題。	地熱發電著重於原住民及溫泉業者權益保障及流程透明化；生質能將強化建構多元燃料循環運用管道與環境；海洋能則需完善申設程序，以利與海域關係人之共榮發展。
電力系統與儲能	電力系統與儲能關鍵戰略係透過強化電網基礎設施與推動儲能系統建置，來提升電網韌性，然而電網建設置屬大型工程，開發過程恐對當地區域與民生產生影響。	透過運用協助金機制、傾聽各界意見、擴大宣導機制、輔導業者轉型、推動基礎工程與產業轉型等因應對策，以兼顧土地所有權人、鄰近住戶、產業、勞工等利害關係人之權益。
節能	節能政策屬先進技術，技術研發以及設備皆在轉型中造成使用者和消費者的經濟負擔，企業和民眾因為缺乏資金而導致卻步。此外，佔全體企業 98%的中小企業更因為國際間環境相關規範而削弱產業競爭力。	強化中小企業輔導，了解節能知識、協助掌握國際間減碳的進出口相關措施，並提供企業節能補助汰換為節能設備。弱勢族群的節能將由地方政府資源給予協助共同推行節電，並依縣市需求推行關懷能源弱勢等事務。
碳捕捉、利用及封存	<ul style="list-style-type: none"> <li>勞工面</li> </ul> 既有碳排產業導入CCUS，員工必須學習新技能，部分公司轉型不順利，將可能造成失業問題，以及勞工在學習新的技術過程中因壓力	盤點關鍵議題，持續辦理社會溝通，強化與利害關係人溝通 <ul style="list-style-type: none"> <li>建立完備法制規範，逐步確立推動管理發展時程，同時兼顧經濟開發與環境治理需求。</li> <li>建立碳循環價值鏈，協助並輔導產業導入CCUS技術應用，提供業者足夠</li> </ul>

戰略	議題	對策
	<p>累積導致身心調適問題。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>產業/民生面 CCUS 的設備與技術成本新增企業營運壓力，恐有轉嫁至消費者進而影響民生之虞。</li> <li>區域/民生面 碳封存的安全管理及對環境的影響，受到周圍民眾關切。</li> </ul>	<p>誘因投入轉型，並及早針對員工做轉型訓練規劃。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>持續研析本土碳封存潛力場址，展開安全性驗證場域計畫，並以科學數據辦理社會溝通。</li> <li>加強淨零相關社會科學研究，對於淨零轉型於產業、勞工、經濟或社會等可能影響進行本土研究。</li> </ul>
淨零綠生活	<p>食、衣、住、行、育、樂的相關政策中大多為行為面，影響廣泛，遍及生活決策，可能改變日常行為造成不適應。</p>	<p>轉型過程中持續滾動檢討，並由主管機關舉辦與產業界代表、民間團體、相關利害關係人等的社會溝通，逐步釐清受影響對象後規劃公正轉型對策，必要時將修立法案來調整推動機制，也包含相關產業輔導，減緩轉型帶來的影響。</p>
資源循環零廢棄	<p>廢棄物的回收利用造成產業影響。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>進行轉型輔導，例如：一次性產品的減量使資源回收的個體戶受衝擊，政府將持續關注並給予府協助。</li> <li>扶植我國中小企業，鼓勵資源循環並提供企業交流和展覽以協助發展。了解廢棄物處理的相關規範和技術，輔導協助業者相關技術以提升廢棄物的再生利用。</li> </ul>
自然碳匯	<p>森林伐採之生產疑慮、影響沿海及濕地居民生活環境及工作領域權益</p>	<p>溫室氣體減量管理法增納公正轉型議題，並針對自然碳匯衍生之衝擊，充分與當地社區部落溝通、鼓勵企業與民眾共同投入生態復育、並建立利益共享獎勵機制如：補貼、標章認證、碳交易、環評增量抵換、農業淨零 ESG 專案、溫室氣體抵換專案方法等，參考可立即適用之國內外機制(如 VCS、GS)，辦理資料轉換為環保署格式，完成後向環保署申請納入，後續若有開發新方法學，亦比照辦理。另可透過申請國際普遍認可之國際碳權機制，以提供獎勵輔導之費用補貼或政策性貸款。</p>
運具電動化及無碳化	<p>戰略實施影響不僅是運具技術的轉變，也包含使用運具的人民對與既有生活習慣的影響。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>保障勞工，藉由實施教育訓練協助燃油車相關技術的從業人員轉型，並培訓電動車輛維修技術的相關人才。</li> <li>產業面向將輔導電動及低碳運具技術研發和轉型，並推動電動車國產化</li> </ul>

戰略	議題	對策
		<p>之計畫。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 兼顧區域發展，示範計畫將配合區域特殊性導入低碳運具。</li> <li>• 提供電動運具的補助誘因，降低轉變使用電動運具的資金負擔。</li> </ul>
綠色金融	企業對法規制度不清楚可能產生疑慮無所適從或因被迫接受額外業務造成營運及金融績效不彰。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 永續經濟活動認定參考指引:明確定義永續經濟活動之涵蓋範圍並召開公聽會與業者交換意見，徵詢相關部會、金融業及該指引適用之產業公(協)會意見，政策擬訂及未來推動時兼顧相關產業的需求與能量。</li> <li>• 永續金融評鑑:提升金融業主動因應及掌握 ESG 及氣候相關風險與商機的誘因，廣泛徵求受評機構之交流意見及建議，作為後續推動國內永續金融評鑑規劃之參考。</li> <li>• 上市櫃公司永續發展路徑圖：邀集相關部會、證交所、確信機構共同制定管理要點，並建立諮詢及宣導作業並架設網頁專區。</li> </ul>

資料來源：各大關鍵戰略行動計畫（2023）。

國家發展委員會在 2022 年 3 月提出的「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」中盤點至 2030 年政府預計投入約 9 千億的預算，項目分為八個部分，包括：再生能源及氫能約需預算 2,107 億元；強化智慧電網及儲能系統約需 2,078 億元；低碳及負碳技術約需 415 億元；提升設備能源利用效率及鍋爐的汰換約需 1,280 億元；運具電動化約需 1,683 億元；推動資源循環需預算約 217 億元；強化森林碳匯及推動淨零生活，則分別需要 847 億及 210 億元（如圖 2-6）。



資料來源：國家發展委員會等（2022）。

圖2-6、至2030年推動淨零轉型之預算需求

在這9千億的預算中，預計4,400億元來自各國營事業的投資，約1,200億元來自既有推動能源轉型及農業綠色給付等中長程計畫，而3,200億則是新增計畫（如圖2-7）。



資料來源：國家發展委員會等（2022）。

圖2-7、至2030年推動淨零轉型之預算來源



### 第三章 國內外淨零轉型評估方法

為評估推動淨零轉型之效益，以下將先說明國際進行淨零轉型評估時所探討的議題、評估工具，以及主要機構、國家對於淨零轉型的效益評估報告內容，接著再說明本研究分析之範疇與方法。

#### 第一節 國際淨零轉型評估議題類型

近期因淨零轉型議題熱絡，越來越多報告提出相關評估結果。然而，由於淨零轉型除仰賴政府訂定相關政策、計畫或措施外，最終達成與否仍需依靠民間企業的努力。根據調查結果顯示，OCED 會員國所有中小企業加總檢視可發現，其溫室氣體排放占比至少達全球商業部門排放的 50%且能源消費佔整個能源部門約 30%-60%( Carbon Trust, 2022; ETLA, 2015)。因此，根據文獻蒐集可知，淨零轉型評估又可分為國家層級及企業層級，考量本研究需求是從國家層面完成淨零轉型評估，故下列將聚焦於國家層家的文獻探討。

為協助國家完成淨零轉型，有許多國家或研究智庫進行淨零轉型的議題評估。若將議題依據評估目的區分，則可彙整為四大面向，包括（1）法令規範、（2）目標可行性、（3）最佳組合、與（4）資金分配等。以下將依序分別簡要說明其目的：

##### 一、法令規範

有鑑於氣候變遷日趨嚴重，近年各國皆積極制定並實施相關的淨零轉型政策、計畫或措施以確保目標年達成淨零。此類評估為有效管控前述政策、計畫或措施，將研究重點聚焦於法令規範之周延性與可行性上，包括母法與子法或施行細則之間的授權，如臺灣所訂定的《氣候變遷因應法》，闡明

得完成溫室氣體減量對整體經濟影響評估及因應規劃。相關案例可參見加拿大政府所公告的報告（Impact Assessment Agency of Canada, 2021）。

## 二、目標可行性

除此之外也有部分報告透過量化評估，專門在探討淨零目標達成的可行性。相對於前述「法令規範」之評估目的，「目標可行性」的評估內容則相對較於複雜，可能同時採用多種評估工具針對不同面向進行綜合性評估。例如美國政府就曾經提出相關報告以說明為何要採取更加積極的策略（House, 2021）。

## 三、最佳組合

既然有國家針對其淨零目標進行可行性評估，不可避免會有評估結果可能顯示其既有政策、計畫或措施難以達成。因此如英國政府就進一步探討不同淨零轉型路徑（或情境）組合對於淨零目標、經濟影響、能源需求或其他層面之評估，以供氣候變遷委員會擬定淨零轉型方向（HM Treasury, 2021）。

## 四、資金分配

近期因受到政經情勢影響，導致淨零轉型效果不如預期。因此有部分研究對於可能遭遇挑戰，提出因應對策並對其進行資金評估。例如歐盟就針對淨零轉型應提高的製造能力，考量公部門可投入資金及相關人才技能培養等條件下，評估2023-2030年間應累積資本為何，用以討論未來預算調整之參考依據（EU, 2023）。有別於前述評估皆屬於量化評估，也有部分研究利用質性方式評估各國淨零目標及政策之可行性，並提出可優化之方向（Climate Action Tracker, 2021）。

鑒於本計畫主要目的在給定淨零目標下，評估淨零轉型 12 項戰略之相關支出，於經濟面與環境面產生的效益，在考量長期社會經濟條件變化之不確定下，透過情境模擬，評估前述效益之差異。基於此，本計畫較接近「最佳組合」之評估目的，惟不同的是，本計畫僅止於比較各種情境之間的相對差異，而非尋找淨零路徑的最佳組合。

## 第二節 國際淨零轉型評估工具

2016 年 4 月 UNFCCC 秘書處發布了一份「協助發展中國家締約方評估因應措施實施之衝擊評估指引」(Guidance to assist developing country Parties to assess the impact of the implementation of response measures, including guidance on modelling tools) 的技術報告，其中探討了評估因應措施實施之衝擊的可用方法如表 3-1 所示，由於每種評估方法有其適用的評估對象、資料需求度與操作成本，因此在選擇評估方法時，應考慮到它們的不同要求。

表 3-1、評估模式選擇的考量

模式種類	評估對象	資料需求度	操作成本
IAM 模型	全球尺度	高	非常高
CGE 模型	整體經濟	高	高
總體計量模型	整體經濟	高	高
IO 模型	整體經濟	低	中
能源系統模型	能源部門	高	高
MACC 模型	能源技術	低	低
計量經濟模型	特定變數關係	中	中
CBA 架構	依個案而定	低	低

資料來源：修正自 UNFCCC (2016)。

此外，由於淨零轉型無論在影響對象或策略上，涵蓋層面皆相當廣泛，評估過程中需要考慮的情境或傳導路徑複雜，

因此大多數都是整合多項工具評估以確保模擬結果盡可能周延，如表 3-2 所示。例如，英國政府便透過 UK TIMES 模型模擬不同能源技術下最適的能源配比及相應成本，接著將相關變數視為 CGE 模型的外生變數，模擬如課徵財稅工具下的經濟影響。

表3-2、淨零轉型評估文獻彙整

文獻	目的	評估面向	方法	主要變數產出
IAAC. (2021). <i>Technical Guide Related to the strategic Assessment of Climate Change: Guidance on quantification of net GHG emissions, impact on carbon risks, mitigation measures, net zero plan and upstream GHG assessment.</i>	闡明加拿大政府如何針對減量計畫核算減量效益	環境面	總溫室氣體排放=直接排放+間接排放-計畫減量效益-固定或封存碳匯	溫室氣體排放
HM Treasury. (2020). <i>Net Zero Review: Interim report.</i>	衡量英國執行不同淨零路徑（或情境）後分別可能需額外支付的轉型成本和經濟影響（如家計單位），以作為後續政策訂定之參考依據	經濟面、能源面、環境面	CGE 模型、UK TIMES 模型、總體計量模型	經濟面（如家計所得收入）、環境面（各年齡層碳足跡）、社會面（平均每公噸排放可雇用員工）
House, W. (2021). <i>The long-term strategy of the United States: pathways to net-zero greenhouse gas emissions by 2050.</i>	美國政府針對其長期策略進行各方面評估，以向國際傳達美國邁向淨零之決心，並向國內民眾說明可能產生之影響及效益。	經濟面、社會面、健康面、氣候面	全球變化評估模型(GCAM)、國家能源模型(OP-NEMS)、森林及農業部門溫室氣體排放最佳化模型(FASOM-GHG)、邊際減量模型(MAC)	溫室氣體排放、能源供給、GDP

評估工具的選取與評估目的及預期必須提供的分析資訊有關，例如若是在給定的經濟產業發展條件以及技術進步速度之下，欲計算未來技術推動下的減碳效益，即可如加拿大政府所提出的技術指南，在蒐集多項事後數據（如新製程的能效提升率）之後，透過線性計算獲得減量效益。

當評估層面涉及能源或環境等議題時，因關注焦點在於不同能源效率及碳排密度之能源利用技術之選擇，故通常運用能源模型來進行評估。例如，英國政府就同時運用英國 TIMES 模型（UK The Integrated MARKAL-EFOM System）求解不同經濟發展下最適能源組合及相對應之成本。該工具是 MARKAL（MARKet Allocation）與 EFOM（Energy Flow Optimization Model）兩模型之結合體。其特點在於該模型詳細刻劃各種技術故可反饋社會經濟條件下能源體系供需之變化。

隨著評估期程延伸到 2050 年，前述所謂給定不變的經濟產業及技術發展變得不適切，其原因主要來自當時間拉長，技術變化、價格變化、社會經濟條件變化，都可能在部門與部門、產業與部門之間開始相互影響，並且有機會因此調整，部分情況下，這種內生性的影響會使得淨零措施的減量效益縮小，部份情況下則可能放大。後續，本計畫執行過程將持續彙整相關文獻作法。

一般來說，欲考量諸多經濟體系的內生性效果，可計算一般均衡模型（Computable General Equilibrium Model, CGE 模型）為經常使用之評估工具。因為 CGE 模型可描繪經濟體系中生產者和消費者之間金流及物流之變化，故該工具可用於政策模擬如碳稅課徵。除此之外，淨零轉型的重點之一在於技術進步包括能源效率或生產技術等，而 CGE 模型亦可

外生設定技術進步率以衡量其對經濟體系之影響。因此該工具常被運用於相關議題之評價（HM Treasury, 2020）。

此外，當評估目的涵蓋層面擴大到氣候變化與經濟體系、能源系統之間的交互影響時，整合多個大規模模型，包括CGE模型，是大型研究計畫常有的做法。如美國西北太平洋國家實驗室所應用的全球變化評估模型（GCAM）也是屬於整合模型的一種。該模型囊括全球主要排放國家，可將全球氣候納入考量，評估減量相關投資計畫對經濟之影響。

以下，本研究將分別以 IAAC（2021）和 HM Treasury（2020）所公告的報告為例，說明環境和經濟面評估時應注意事項。

## 一、環境面

因應 2019 年頒布的《影響評估法（Impact Assessment Act）》，加拿大政府得針對可能影響巴黎協議之計畫提出環境、健康、社會與經濟等層面之影響評估。在此背景下，2021 年加拿大政府特別公布溫室氣體排放估算指南，說明如何衡量不同範疇下的溫室氣體排放量（IAAC, 2021）。

為確保計算結果具有統計上的周延性和避免重複計算之問題，該指南依據不同排放範疇衡量溫室氣體排放。其算法與 IPCC 提出公式相同，即「總溫室氣體排放 = 直接排放 + 間接排放 - 計畫減量效益 - 固定或封存碳匯。」

在此基礎上，則會依據計畫規劃和計畫執行等階段差別計算。以直接排放為例，在計畫規劃時因缺乏實務資料，將粗略地估算燃料消費值並乘上排放因子即可求出；當計畫進入執行階段後，則需針對活動別乃至於機器設備不同生命週期進行盤查，計算精確的燃料消費值方可乘上排放因子求得。

有趣的是淨零路徑規劃初始可能有許多技術選擇，故在該指南中明確提出技術選擇之評估流程。該流程可協助政策制定者確保其實施的計畫是建立在最低排放水準前提下，所選擇最務實且具經濟效益之技術組合。該流程如共可分為六大步驟，如圖 3-1 所示，分別為（1）羅列所有技術、（2）技術可行性評估、（3）溫室氣體減量潛力評估、（4A）經濟可行性評估、（4B）其他因素考量、（5）選擇技術組合 BAT/BEP<sup>6</sup>、與（6）各部會及專家共同檢視。其中應注意的步驟 4A 和步驟 4B。前者是指使用該技術可能需要投入的成本及報酬率，並以如成本效益指標衡量技術面的經濟可行性，而非透過總體經濟評價；後者則是考慮如人口或政策等社經條件下是否會影響該技術之發展。



資料來源：IAAC. (2021)。

圖 3-1、技術選擇評估流程

## 二、經濟面

英國報告提到，要評估淨零轉型可能產生影響時，因先釐清各項計畫產生的效益包括（1）生產力、（2）投資、（3）能源價格、與（4）競爭力等因素，以利後續情境設計（HM Treasury, 2020）。

簡單來說，一個好的淨零計畫將會刺激產業創新與投資。是以研究之初應先彙整欲評估的淨零轉型計畫，並掌握各計畫的投資金額。在挹注資金後預期將改善產業生產力如英國

<sup>6</sup> BAT/BEP 分別代表最佳可行技術（Best Available Technologies）/最佳環境實踐（Best Environmental Practices）。

十項綠能工業革命 ( The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution, 2020 )。因此，緊接著則需探討並估算投資對產業生產力之影響。

除此之外，基於能源對於經濟體系之重要且其亦為淨零轉型重要一環，因而建議需釐清如再生能源發展對於工商及住宅用電之影響。後續方視其重要性，決定是否將其納入衡量。

最後，淨零轉型過程中勢必會對高排放產業產生衝擊，如降低出口競爭力；但另一方面卻可能會開發綠色產業的成長。因此在設計情境時，亦可探討各計畫對於產業競爭力的影響。

### 第三節 主要機構與國家之淨零轉型效益評估

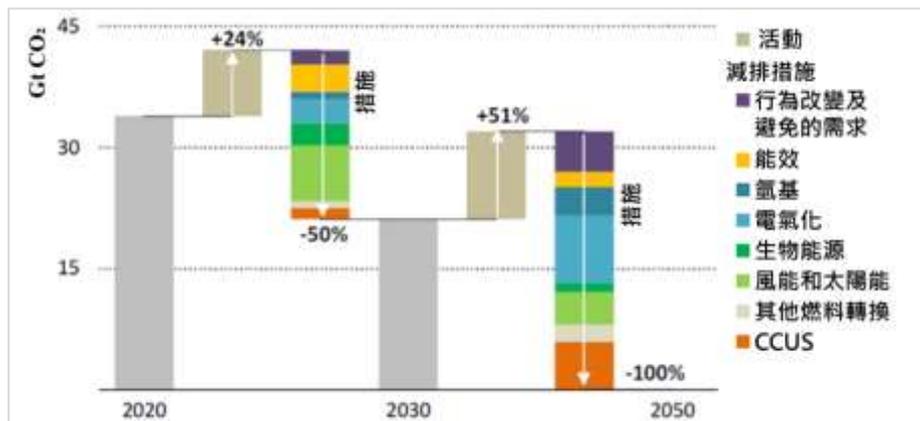
#### 一、國際能源總署 (International Energy Agency, IEA)

宣布實現淨零排放的國家數量不斷增加，但迄今為止即使政府的承諾完全實現，也不足以在 2050 年前將全球能源的二氧化碳排放量降至淨零。IEA 於 2021 年發表了「全球能源部門 2050 年淨零排放路徑」(Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector)，其中為了確保能源部門和工業製程的二氧化碳排放量能夠與 IPCC 於「全球升溫 1.5°C 特別報告」中評估的減排量一致，設計了 2050 年淨零排放情境 (The Net-Zero Emissions by 2050 Scenario, NZE)，該情境設計旨在表明如果世界要在 2050 年之前實現淨零排放，能源需求和能源結構將發生什麼變化，以及評估了相應的投資需求。該情境預測採用一個混合模型，結合 IEA 用於「世界能源展望」年度預測的世界能源模型 (WEM)，以及能源技術展望 (ETP) 模型。

預測的關鍵假設包括人口、GDP、能源和二氧化碳價格。在淨零排放情境中，世界人口和經濟大幅成長，預計到 2030 年將增加約 7.5 億人、2050 年將增加近 20 億人。世界經濟到 2030 年經濟規模將比 2020 年大 45%，到 2050 年將是 2020 年的兩倍以上。至於能源價格，到 2030 年油價將下降到 35 美元/桶，然後緩慢下降到 2050 年的 25 美元/桶。另外在淨零排放情境中，所有地區都將實施二氧化碳定價，假設發達經濟體到 2030 年二氧化碳平均價格上升到 130 美元/噸，到 2050 年上升到 250 美元/噸；在中國、巴西、俄羅斯、南非等部分新興市場和發展中經濟體，二氧化碳價格在 2050 年將上升到約 200 美元/噸，而其他新興市場和發展中經濟體則將實施更直接的政策來改革能源系統，因此二氧化碳價格水準

將低於其他地方，到 2050 年為 55 美元/噸。

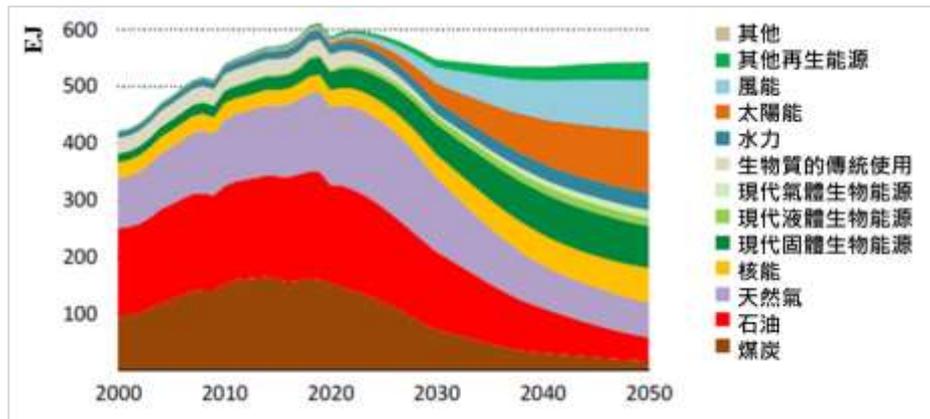
預測結果顯示，全球能源部門和工業製程產生的二氧化碳排放量在 2020 年至 2030 年間下降近 40%，並在 2050 年達到淨零。在淨零排放情境中，高能效技術的快速部署、終端使用的電氣化和再生能源的成長，都將對減排發揮關鍵作用。2030 年前約一半減排量來自能效、風能和太陽能，而 2030 年至 2050 年間，電氣化、氫能使用和 CCUS 部署將不斷增加，並在此期間貢獻一半以上減排量（如圖 3-2）。



資料來源：IEA. (2021)。

圖 3-2、IEA 淨零排放情境下各項措施與技術的減排貢獻

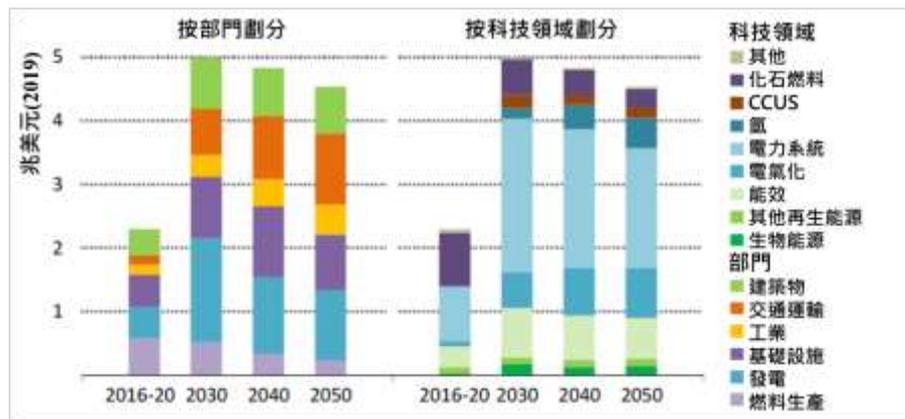
此外，能源供應總量在 2020 年至 2030 年間下降 7%，並在 2050 年之前維持在這個水準。在 2050 年再生能源將提供全球近 70% 的能源供應，包括太陽能、風能、生物能、水力和地熱，而核能供應也將顯著成長。至於化石燃料供應大幅減少，在能源供應總量中的占比將從 2020 年的 80% 下降到 2050 年的 20%。化石燃料在 2050 年沒有下降到零的原因是因為化石燃料仍將用於非能源產品的生產、配備 CCUS 的工廠，以及重工業和長途運輸等難以減排的部門（如圖 3-3）。



資料來源：IEA. (2021)。

圖3-3、IEA淨零排放情境下的能源供應總量

2050年實現淨零排放所需的全球能源轉型，取決於投資的大幅擴張。近年來全球能源部門年平均投資額約為2.3兆美元；在淨零排放情境下，到2030年之前投資額將增加至年均5兆美元，2050年之前為年均4.5兆美元。大部分投資於電力系統包括發電、儲存和配送，以及公共電動車充電設施（如圖3-4）。

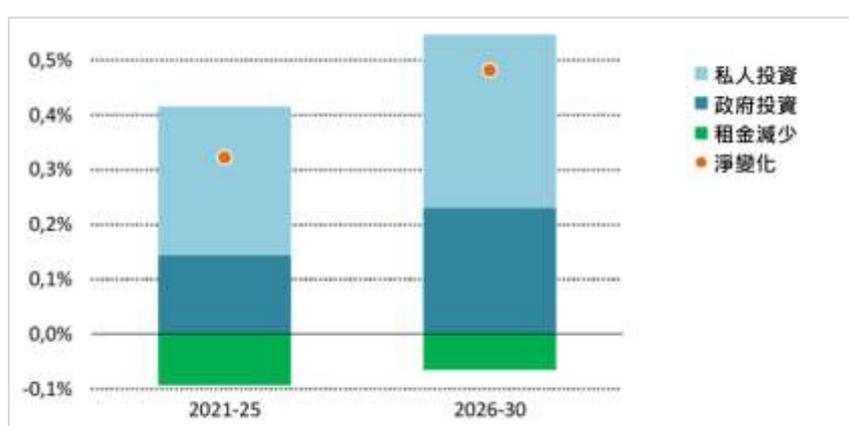


資料來源：IEA. (2021)。

圖3-4、IEA淨零排放情境下的年均資本投資額

由於全球到2050年實現淨零排放所需的能源轉型將對所有經濟活動產生影響。因此IEA與國際貨幣基金

(International Monetary Fund, IMF) 合作，使用 IMF 全球綜合貨幣和財政 (GIMF) 模型<sup>7</sup>，評估淨零排放情境中投資和支出變化對全球 GDP 的影響。結果顯示，私人和政府對清潔能源技術支出增加將創造大量就業機會，且促進工程、製造和建築等行業的經濟產出，2026 至 2030 年間的 GDP 年成長將比既定政策情境<sup>8</sup>下的水準高約 0.5% (如圖 3-5)。在就業方面，從現在到 2030 年，清潔能源的就業機會將增加 1,400 萬個，但石油、天然氣和煤炭行業的卻將減少約 500 萬個。



資料來源：IEA. (2021)。

圖3-5、IEA淨零排放情境下的全球GDP年成長率變化

## 二、國際貨幣基金 (International Monetary Fund, IMF)

有越來越多國家承諾在本世紀中葉實現淨零排放，IMF (2021) 即研究在促進成長與就業為導向下，如何設計減緩政策工具以使全球於 2050 年達到淨零排放的目標，並探討對總體經濟可能產生的影響。該研究模擬是使用 G-Cubed 全球總體經濟模型 (McKibbin and Wilcoxon 1999, 2013; Liu et al., 2020) 來分析。

<sup>7</sup> GIMF 是一個多國動態隨機一般均衡模型。

<sup>8</sup> IEA 的既定政策情境是對全球能源部門的預測，是依據各國政府已實施的政策和措施，以及官方目標和計劃中已宣佈的政策，如根據《巴黎協定》所提出的國家自主貢獻。

在基準情境中，並未假設巴黎協定的承諾必然得以實施，因為根據當前的政策，許多國家可能無法實現這些承諾。因此基準情境主要依據人口預測、按部門和按國家的部門生產力成長率預測，以及基於歷史經驗的能源效率改善預測。全球碳排放預計將以年均 1.7% 的速度持續增長，並在 2050 年達到 575 億噸；全球經濟成長預計將從 2021 年的 3.7% 逐漸下降到 2050 年的 2.1%，反映了新興市場經濟體在趕上先進經濟體收入水準時，成長逐漸減緩，而這些預測表明，在政策不變的情況下，碳排放將繼續增長，導致溫升幅度遠超出巴黎協定所同意的安全水準。

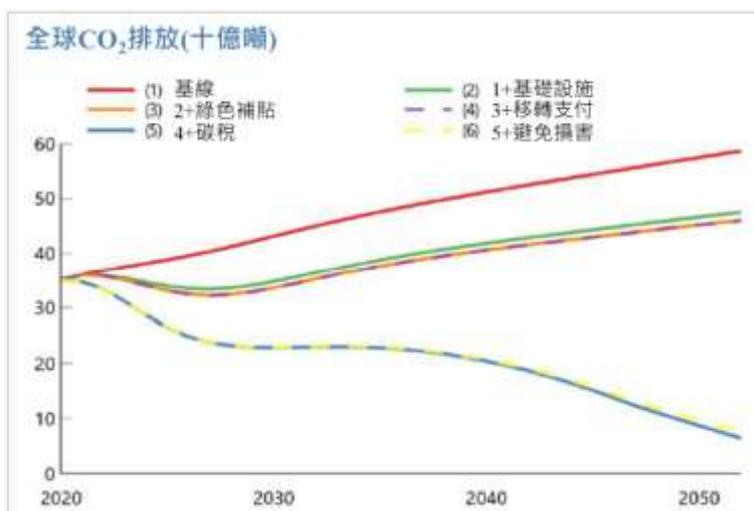
在淨零排放情境中，整個經濟體實現淨零排放的目標是在 2050 年將能源使用總排放量減少 80%，並假設碳匯的擴大和負排放技術的部署將有助於吸收剩餘的碳排放<sup>9</sup>。此外該研究關注兩種類型的減碳政策，第一類是透過碳稅或碳排放交易進行碳定價，第二類為綠色供應政策，旨在使低碳能源更加豐富與便宜，包括對低碳能源領域的補貼與價格保證，以及對低碳基礎設施和技術的直接公共投資。因此在此情境中考慮了一個綜合性的政策方案，包括：(1) 綠色財政刺激措施，提振經濟需求和供給；(2) 預先宣布並分階段逐步上漲的碳價格；以及 (3) 對家庭的補償性轉移支付。

模擬結果顯示，到 2030 年全球碳排放量將從當前水平下降約 30%，約為 250 億噸，到本世紀中葉將下降約 75%，約為 100 億噸。儘管綠色財政刺激措施，特別是綠色公共投資方面有助於顯著減少排放，但其效果遠小於碳定價，約為碳稅減排總量的 25% (如圖 3-6)。能源將轉向低碳能源，其占比在 2030 年將顯著提高至 50% 以上，並在 2050 年增至

---

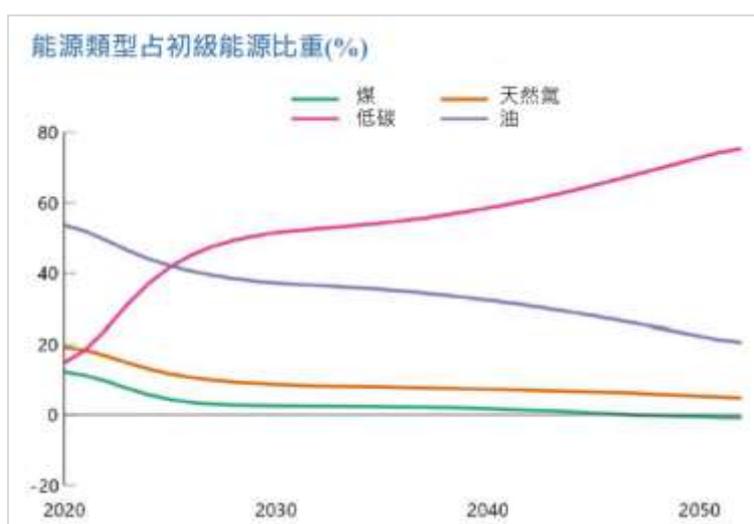
<sup>9</sup> IMF 參考文獻研究，假設每年約 110 億噸的 CO<sub>2</sub> 可透過碳移除技術來移除。

80%，而煤炭將從能源組合中消失，天然氣和石油的占比也顯著下降至 5%和 22%（如圖 3-7）。



資料來源：IMF. (2021)。

圖 3-6、IMF 淨零排放情境下的全球 CO<sub>2</sub> 排放

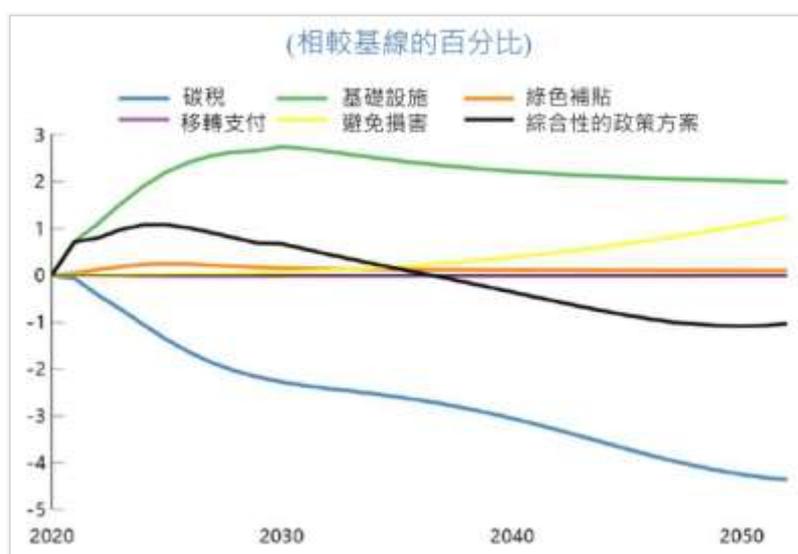


資料來源：IMF. (2021)。

圖 3-7、IMF 淨零排放情境下的能源占比

對 GDP 的影響方面，碳定價透過提高能源成本降低實質 GDP，而綠色財政刺激措施則提升了 GDP，特別是綠色基礎設施層面，藉由更高的投資支出直接增加 GDP，隨著時間的推移，綠色基礎設施投資提高了低碳部門的生產力，鼓勵更多的私人投資進入，增加了經濟的潛在產出。由於綠色財政

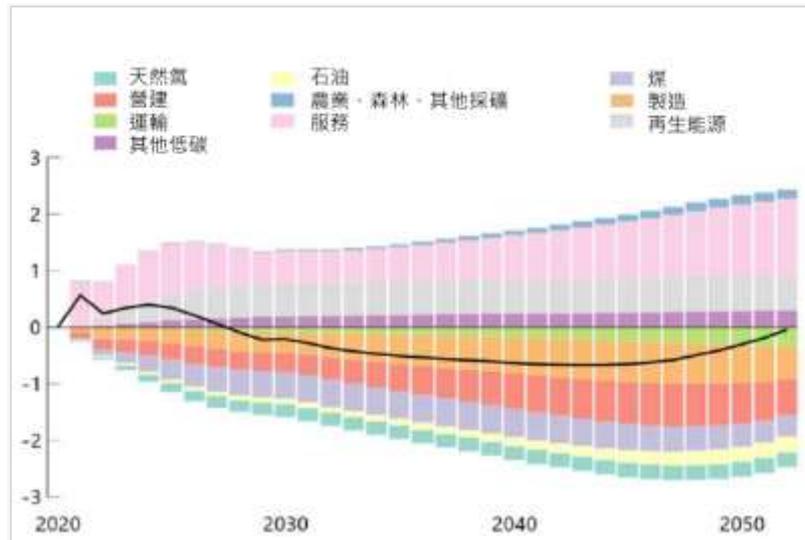
刺激措施的效果足夠大，可以在最初的幾年內抵消碳稅的經濟成本，實現平均淨產出獲益。此後隨著碳價格進一步提高，導致小幅的淨產出損失。整體而言，綜合性政策方案在前 15 年內相較於 GDP 基線帶來平均 0.7% 的淨產出成長，這主要得益於綠色財政刺激措施。此後，碳稅導致 2036 年至 2050 年之間的平均淨產出損失約為 0.7%，到 2050 年相較於基線將減少 1%（如圖 3-8）。



資料來源：IMF. (2021)。

圖 3-8、IMF 淨零排放情境下的全球實質 GDP

減碳政策方案對全球就業的影響如圖 3-9，最初就業成長反映了產出的提升及低碳行業的擴張（如：再生能源、建築改造、電動車生產和服務業）。在 2021 年至 2027 年之間，全球就業人數平均每年將增加 1200 萬人；隨後在轉型期間相對於基線，就業略微下降。由於政策方案需要將約 2% 的就業從高碳行業大幅重新分配到低碳行業，這可能會讓一些工人轉型困難，需要重新培訓技能和政府支持。從長遠來看，全球經濟將透過實際工資的調整恢復到充分就業的假設，但就業在不同行業的分佈將因政策方案而帶來永久改變。



資料來源：IMF. (2021)。

圖3-9、IMF淨零排放情境下的全球就業情況

### 三、主要國家的淨零效益評估

日本經濟產業省委託研究機構分析實現「2050年實現碳中和的綠色成長戰略」的目標對經濟與就業的影響。經濟影響是透過訪談企業獲得未來市場規模預測，以及參考內閣府2020年提出「中長期經濟財政試算」的累計出口擴張來進行估計，這是對未來市場存在的成長潛力預估，未考慮相關行業的波及效果或可能由新產品和服務創造而產生的負面影響，預計在2030年將創造140兆日元、2050年約290兆日元的經濟效益。就業影響則藉由投入產出分析進行計算，使用2015年187部門的產業關聯表，考慮相關產業的波及效果以及新產品和服務創造可能帶來的負面影響，預估就業效果在2030年約為870萬人，2050年約為1,800萬人（株式會社シード・プランニング，2022）。

韓國環境研究院使用單國可計算一般均衡模型，分析實施「碳中和綠色成長國家戰略與第一次國家基本計畫」2030年溫室氣體減量路徑的經濟影響，假設碳定價稅收收入集中

投資於就業支持的情況下，與基準情境(BAU)相比，到 2030 年 GDP 年均成長 0.01%，就業預計年均成長 0.22%（韓國聯合部門，2023）。

#### 第四節 我國推動淨零轉型之效益評估方法

由於本研究選擇的分析觀點乃是站在單國角度來進行評估，以聚焦「12 項關鍵戰略行動計畫」推動後對經濟和環境等核心面向所帶來的影響。在經濟面，本研究考量評估範疇包含整體經濟、且須考量各行動計畫相關策略措施涉及之產業部門，規劃採用 CGE 模型來進行評估，至於環境面則將採用碳社會成本計算減碳成效。

##### 一、評估範疇

###### （一）經濟面

計畫效益可區分為直接、間接、衍生與外部等四種效果。其中，直接效益指該計畫本身所產生的效益，例如再生能源發電廠建置過程中，佈建工作本身必須建築營建設施、使用水電機電、設計線路與安全機制，因此這些即是佈建工作所直接產生的產業帶動效果；至於間接效益，則是為了滿足再生能源發電廠建置，相關佈建工作對上游產業如電線電纜、電力設備生產者，以及對下游如電信設施、電信服務所帶來的基建能量所間接產生的產業帶動效益。簡而言之，直接及間接效益可透過模型投資機制進行衡量。

至於計畫執行完成後所產生的效益則包括衍生效益與外部效益。衍生效益包括計畫衍生活動之效果，例如誘發風電光電投資；或者投資者本身或投資目標所享受的效益，例如最新製程設備安裝完成後，業者生產效率提高而產生的經濟效益。外部效益則指無法歸責於特定對象，而是對不特定

他人所帶來的效益，例如因為新興製程設備加入智慧管理，使得員工的工作效率提升之餘，還可提高廠房安全、減少污染降低員工罹病風險或減緩電力需求調降國家缺電風險。由於衍生或外部效益的範圍廣泛，表 3-3 從不同面向整理可能產生的效益，然效益並非僅限於這些項目，且部分效益可以適用於多個面向。

由於本研究主要目的在評估推動淨零轉型相關經費投入對產業產值、就業、民間投資、GDP 等經濟面影響，因此將著重 (1) 計畫本身對固定資本及中間投入之需求，帶動資本設備生產者之生產，即投資對產業直接帶動效果；(2) 資本設備生產者為滿足生產，帶動其上下游產業的需求，即投資間接產生的產業帶動效果；(3) 誘發風光電投資效果。至於其他衍生或外部效果影響層面廣泛，部分牽涉環境或安全等難以量化之效益，較適合由計畫層級個別進行分析，則不納入評估範疇。

表3-3、各種計畫可能之衍生或外部效益

面向	效益	
能源效率	減少電力設備投資	可以減輕電力網絡的壓力，減少額外投資的需求。
	空氣品質提升	減少化石燃料燃燒造成的空氣污染，改善人民身體健康，減輕國家醫療服務的負擔。
	減少能源需求和成本	增加可支配所得用於購買其他商品，帶來更高的營業利潤用於再投資。
	提升生產效率	更有效率的設備或製程可以縮短製程，降低生產成本並提高產品產量。
	改善操作、減少維護需求	透過能源效率專案進行新設備、系統優化、流程改善或最佳化的投資，將降低維護成本與管理成本。
	能源安全	提高能源效率導致需求減少，可在燃料可用性、可及性、負擔能力和可接受性四個維度上提高能源系統安全。
再生能源	空氣品質提升	再生能源發電取代化石燃料發電以減少空氣污染，改善人民身體健康，減輕國家醫療服務的負擔。

面向	效益	
電動車	空氣品質提升	減少化石燃料燃燒造成的空氣污染，改善人民身體健康，減輕國家醫療服務的負擔。
	減少噪音污染	改善人民身體健康，減輕國家醫療服務的負擔。
公共運輸	減少交通堵塞	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 減少市區擁擠並節省空間(道路和停車場)。</li> <li>• 降低建設基礎設施相關的成本。</li> <li>• 節省時間成本。</li> </ul>
	空氣品質提升	減少化石燃料燃燒造成的空氣污染，改善人民身體健康，減輕國家醫療服務的負擔。
主動運輸 (如步行、 騎自行車)	增加運動量	減少罹患疾病的風險
	減少交通堵塞	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 減少市區擁擠並節省空間(道路和停車場)。</li> <li>• 降低建設基礎設施相關的成本。</li> <li>• 節省時間成本。</li> </ul>
森林	增加森林面積	過濾空氣、娛樂價值、改善身體健康、洪水管理

資料來源：IEA(2014)、New Zealand Ministry for the Environment(2018)、Vivid Economics(2020)，本研究整理。

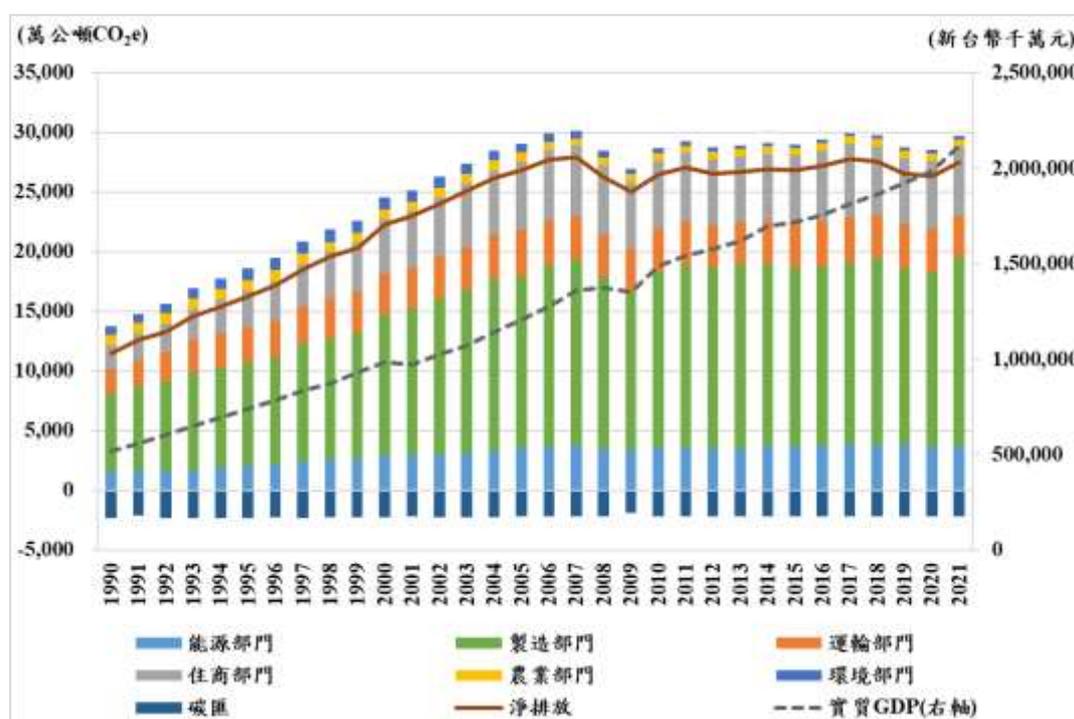
## (二) 環境面

在環境方面，根據 2023 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告，我國在 2021 年總溫室氣體排放量達 29,701 萬公噸二氧化碳當量(萬公噸 CO<sub>2</sub>e)，碳匯為 2,185 萬公噸 CO<sub>2</sub>e，淨溫室氣體排放量為 27,516 萬公噸 CO<sub>2</sub>e。而為了解我國各部門<sup>10</sup>之整體溫室氣排放情形(包括直接與間接排放)，本研究彙整經濟部能源局之「我國燃料燃燒二氧化碳排放統計與分析」及「國家溫室氣體排放清冊報告」之相關數據如圖 3-10 所示，所有部門中製造部門為最主要之溫室氣體排放來源，2021 年約排放 15,737 萬公噸 CO<sub>2</sub>e，其次為住商部門，約排放 5,783 萬公噸 CO<sub>2</sub>e，再次為能源部門，約 3,748 萬公噸

<sup>10</sup>部門劃分是參考國發會於 2022 年 12 月 28 日召開淨零轉型之階段目標及關鍵戰略記者會所公布之「淨零轉型之目標及行動」，將我國溫室氣體排放部門分為能源部門、製造部門、運輸部門、住商部門、農業部門、環境部門與碳匯。

CO<sub>2</sub>e。

若將我國總溫室氣體排放量趨勢與我國歷年國民生產毛額趨勢進行比較，如圖 3-10 所示，我國溫室氣體排放量與國民生產毛額皆於 1990 年至 2007 年呈現快速成長的趨勢，2008 年至 2009 年當金融海嘯影響我國整體經濟景氣時，總溫室氣體排放量也同步減少，2010 年之後隨著景氣逐漸復甦，我國國民生產毛額開始逐年增加，而總溫室氣體排放量雖受到政府推動各項減排措施的影響而並無明顯逐年增長的趨勢，卻也並無明顯下降的趨勢。



資料來源：經濟部能源局(2023)、行政院環境保護署(2023c)，本研究繪製。

圖3-10、歷年各部門溫室氣體排放(含間接排放)

綜上所述，可以看出我國總溫室氣體排放量與我國整體經濟景氣息息相關，當整體經濟景氣呈現增長或復甦趨勢時，我國總溫室氣體排放量也會增加，當我國經濟景氣不好時，我國總溫室氣體排放量也會下降，後續將估算減量目標下之減碳效益。

## 二、評估方法

### (一) CGE 模型

#### 1. 模型基本架構

CGE 模型延伸 Leontief 投入產出模型，特別強調市場機能運作，並將一個以價格誘因機制為中心的經濟體系融入模型中。模型分析的內容著重在以市場為中心的各個經濟活動者的行為（包括消費者、生產者、政府與國外部門等），並涵蓋經濟活動者和各項資源配置與市場效率的相互關係。因此，CGE 模型結合實際資料、經濟理論及市場均衡，用以解釋整體經濟中消費與生產有關的資源配置問題。

該模型的運作係模擬各種不同的經濟活動者在所有市場間的相互作用。假設個別經濟活動者的行為是最適化行為，並將其納入描述其行為的方程式中，這些方程式基本上反映利潤與效用最大化在一階條件下的最適行為決策。此外，CGE 模型要求對體系內所有市場的供需雙方進行完整設定，包括整個經濟體系循環周流的名目價值，藉此 CGE 模型反映了能明確掌握市場機制的經濟結構。

一般 CGE 至少應包含以下五項內容：(1) 必須設定欲分析的經濟活動者的行為，包括生產者、消費者、政府與國外部門等經濟活動機構；(2) 必須針對前項經濟活動者設定行為法則以反映其動機，如生產者通常被假設在技術條件限制下追求最大利潤，消費者在所得限制條件下追求最大效用；(3) 經濟活動者根據接收到的市場訊號以進行決策，如價格；(4) 必須設定經濟活動者互動的遊戲規則，及經濟體系的制度結構 (institutional structure)，如設定完全競爭市場結構，即隱含每個經濟活動者都是價格接受者，且市場價格完全浮動，即市場存在且運作完美；(5) 必須定

義均衡條件，這是任何經濟活動者在作決策時不會考慮的，但卻是經濟活動必須滿足的系統限制(system conditions)，均衡可以被定義為使所有經濟活動者最終決策共同滿足系統限制的一組信號，這些信號代表可使系統達到均衡的變數，如完全競爭市場中的價格，藉由價格的變動來達到市場結清的均衡狀態。

動態 CGE 模型，主要係考量經濟體系中跨期決策的問題，特別是像資本(實體資本、人力資本或無形資產)等跨期存在的耐久財投資，在當期進行購置決策時，及影響之後財貨存續期間之獲利或效用，或者對未來政策預期會影響當期決策等，皆需要可處理跨期問題的方法來進行。

目前國內外較常見的動態 CGE 模型分為兩大類，其一為遞迴動態 CGE 模型(recursive dynamic CGE)，另一為跨期動態 CGE 模型(intertemporal dynamic CGE)。前者透過如當期投資累計為下期資本存量等跨期設定，連結不同期之間的相互關聯，並逐期進行單獨求解；後者亦可透過資本累積的類似方式連結期與期之間的關係，但卻是以所有期數之累計淨現值作為決策依據，例如在技術條件下追求各期利潤淨現值總和最大，以求解各期的要素投入與產出。換言之，跨期動態更關心資源在不同期之間的分配。

本計畫採用之 CGE 模型為單國遞迴動態 CGE 模型，在小型開放的經濟體系設定下，為國際市場的價格接受者。勞動市場部分，本計畫使用的 CGE 模型將勞動供給，透過模型外計量方法先行推估就業率，再由國發會人口推計，推算市場就業總人口數，對 CGE 模型而言，勞動供給為外生。至於勞動市場的決定則存在兩種機制，一種是讓供需均衡內生決定工資率，另一種是固定工資率但不要求供需

相等，此時只要勞動供給足夠大，基本上就業機會的創造就由需求端決定。至於這個就業機會在實務上是否能成為真正的就業，還取決於人力專長等就業市場結構性問題，未必與評估所得之就業機會相等。

## 2. 模型資料庫

本研究採用之 CGE 模型的資料庫為社會會計矩陣 (Social Accounting Matrix, SAM) 架構，主要資料來源是以 2016 年行政院主計總處之國民所得統計年報及產業關聯表為基礎進行編製。在產業關聯表部分，以 2016 年產業關聯表-產品對產品 (CxC) 之 164 部門生產者價格交易表 (含進口稅淨額) 為主要資料來源，再針對部分細產業 (如各類石油煉製品、汽車、機車、軌道車輛運輸等)，利用 487 部門資料進行拆解。

## 3. 模型的產業部門分類

由於模型的基礎資料來自產業關聯表，並且使用到 487 部門資料，故模型中各產業部門之定義與分類是依照 2016 年產業關聯表最細的五碼分類做劃分，CGE 模型產業部門與產業關聯表五碼部門分類對映如表 3-4 所示。本研究之模型將產業部門分為 62 類。分類原則以計畫評估可能涉及之產業部門，盡可能拆解離析，其餘部門則盡可能整併。

表 3-4、CGE 模型產業部門分類

模型部門編號	2016 年產業關聯表部門分類
01 農業	00110, 00195, 00210, 00220, 00230, 00240, 00250, 00290, 00295, 00310, 00320, 00330, 00340, 00390, 00395, 00410, 00490, 00495, 00510, 00520, 00590, 00595, 00610, 00620, 00630, 00690, 00710, 00720, 00795, 00810, 00820, 00830, 00840, 00851, 00859, 00890, 00900, 01010, 01020, 01030, 01090, 01110, 01120
02 礦業	01210, 01220, 01230, 01310, 01320, 01340, 01390
03 食品菸酒	01410, 01420, 01430, 01440, 01495, 01510, 01520, 01610, 01620, 01710, 01720, 01790, 01810, 01820, 01890, 01895, 01910, 01920, 01930, 01990, 02010, 02095, 02110, 02120, 02190, 02195, 02200, 02310, 02320, 02410, 02420, 02495, 02510, 02520, 02530, 02540, 02590, 02610, 02620, 02630, 02690, 02710, 02790, 02795, 02810, 02820, 02890, 02910, 02920, 02990,
04 人纖及紡織品	03010, 03020, 03099, 03110, 03120, 03130, 03140, 03200, 03300, 03400, 03510, 03520, 03590, 03599, 03600, 03700, 05410, 05420, 05431, 05432, 05490, 05510, 05590
05 紙及紙製品	04410, 04420, 04499, 04510, 04520, 04590
06 汽油	04710
07 柴油	04720
08 航空用油	04730
09 燃料油	04740
10 其他石油煉製品	04750, 04760, 04770, 04780, 04790
11 煤及煤製品	01330, 04800
12 基本化學材料	04910, 04920, 04931, 04932, 04939, 04940, 04990
13 石油化工原料	05011, 05012, 05013, 05014, 05020, 05031, 05032, 05040, 05050, 05060, 05090
14 其他化學製品	05110, 05190, 05600, 05710, 05720, 05810, 05820, 05910, 05990, 06010, 06020, 06030, 06040
15 塑膠與橡膠製品	05210, 05220, 05230, 05240, 05250, 05260, 05270, 05281, 05282, 05283, 05290, 05299, 05300, 06110, 06120, 06130, 06140, 06190, 06199, 06210, 06220, 06230, 06240, 06250, 06290
16 非金屬礦物製品	06310, 06320, 06330, 06390, 06399, 06410, 06420, 06500, 06610, 06690, 06710, 06720, 06730, 06790, 06799
17 鋼鐵及其製品	06810, 06820, 06831, 06832, 06899, 06910, 06920, 06930, 06940, 06950, 06960, 06970, 06980, 06990, 06999
18 其他金屬及其製品	07010, 07020, 07030, 07040, 07099, 07110, 07120, 07130, 07190, 07199, 07210, 07220, 07310, 07320, 07410, 07490, 07510, 07590, 07610, 07620, 07690
19 電子零組件	07710, 07720, 07730, 07740, 07750, 07800, 07900, 08010, 08020, 08030, 08040, 08090, 08110, 08190
20 電腦產品與週邊設備	08200, 08310, 08390, 08610, 08690
21 通訊傳播設備	08410, 08420, 08490
22 精密機械	08710, 08720, 08810, 08820
23 機械	09510, 09520, 09590, 09591, 09610, 09620, 09631, 09632, 09633, 09634, 09635, 09636, 09690, 09691, 09710, 09720, 09730, 09740, 09750, 09760, 09770, 09780, 09790, 09791, 10710, 10720, 10730
24 電動小客車	(09810), (09820), (09891)
25 電動大客車	(09810), (09820), (09891)
26 其他汽車	(09810), (09820), (09891)
27 電動機車	(10010), (10091)
28 其他機車	(10010), (10091)
29 自行車	10110, 10191
30 軌道車輛	10220

表 3-4、CGE 模型產業部門分類（續）

模型部門編號	105 年產業關聯表部門分類
31 其他運輸工具	09910, 09920, 09990, 09991, 10210, 10290
32 其他製品	03800, 03900, 04010, 04090, 04110, 04199, 04210, 04220, 04300, 04600, 08510 08520, 08590, 08910, 08920, 09000, 09110, 09120, 09210, 09220, 09291, 09310 09390, 09391, 09400, 10310, 10390, 10400, 10510, 10520, 10530, 10540, 10610 10620, 10630, 10640, 10690
33 電力	10810, 10820
34 燃氣	10900
35 自來水	11000
36 公共工程	11100, 11200, 11300, 11400, 11510, 11520, 11595, 11610, 11620, 11695, 11710 11721, 11722, 11723, 11724, 11730, 11740, 11750, 11760, 11770, 11790, 11810 11820, 11830, 11890
37 批發零售	11900, 12000, 12110, 12120, 12130
38 鐵路客運	(12210)
39 鐵路貨運	12220
40 高鐵	(12210)
41 北捷	(12230)
42 其他捷運	(12230)
43 國道客運	(12310)
44 一般公路客運	(12310)
45 其他汽車客運	(12310)
46 陸上貨運	12320
47 自營貨運	12330
48 水上客貨運	12410, 12420, 12430
49 空中客運	12510
50 空中貨運	12520
51 運輸輔助服務	12610, 12620, 12630, 12640, 12650, 12660, 12670, 12690
52 倉儲郵政快遞	12710, 12720, 12810, 12820
53 住宿餐飲及旅行服務	12900, 13000, 15100
54 電信服務	13400
55 電腦系統設計與資料處理	13500, 13610, 13690
56 金融保險	13710, 13720, 13730, 13740, 13750, 13790, 13810, 13820, 13890, 13910, 13920 13990
57 研究發展與技術服務業	14410, 14420, 14500, 14610, 14620, 14700, 14810, 14820, 14830, 14890
58 租賃服務	14910, 14920, 14930, 14940
59 公共行政服務	15510, 15520
60 教育醫療及社會服務	15610, 15620, 15710, 15810, 15820
61 藝術、娛樂與休閒服務	15910, 15920, 15930, 15940, 15950, 15960, 15990
62 其他服務	13110, 13120, 13190, 13210, 13220, 13230, 13310, 13320, 14000, 14110, 14120 14190, 14210, 14220, 14310, 14320, 15010, 15020, 15200, 15300, 15400, 16000 16110, 16120, 16210, 16220, 16290, 16300, 16410, 16420, 16430, 16490

資料來源：行政院主計總處及本研究整理。

#### 4.模型基準情境設定

本研究之 CGE 模型係以行政院主計總處之國民所得統計年報及產業關聯表為基礎，並設定人口數、總要素生產力、國際能源價格等外生變數，做為研究分析之基準情境。

##### (1) 人口數

人口數是依據國發會 2022 年 8 月發布之「中華民國人口推估(2022 年至 2070 年)」結果，採用中推估設定模型人口成長趨勢。人口數在 2024 年達到 2,342 萬人後逐年下降，2030 年降至 2,309 萬人。

##### (2) 總要素生產力

總要素生產力是參考行政院主計總處多因素生產力趨勢分析報告中各業「工業及服務業部門總要素生產力指數」成長趨勢初步設定模型中技術進步參數，接著再根據歷年各業別 GDP 成長實績值，校估模型技術進步參數。最終以模型反映歷年各業經濟成長率下的參數變化趨勢，設定未來年成長。

##### (3) 國際能源價格

國際能源價格參考美國能源資訊署 (Energy Information Administration, EIA) 2023 年「能源年度展望」(Annual Energy Outlook) 的參考情境預測資料，2022 年到 2050 年原油、天然氣、煤之價格年均成長率分別為 0.0%、-1.9%、0.4%。

## （二）碳社會成本

美國自從雷根政府以來，要評估具有經濟重要性的法規所帶來之影響時，即要求進行成本效益分析，然而直到近年來，才開始考慮溫室氣體對氣候變遷的影響。在 2008 年，生物多樣性中心（Center for Biological Diversity）將美國政府告上法院，理由是新的燃油效能標準未考慮到未來氣候變遷所帶來的成本，因此政策制定者隱含地將氣候變遷造成的損害成本視為零。法院判決支持生物多樣性中心的主張，要求美國政府在經濟分析中納入溫室氣體排放變化的成本與效益。為滿足此一要求，聯邦政府開始將「碳社會成本」(social cost of carbon, SCC) 納入法規影響評估中 (Rennert and Kingdon, 2019)。

在美國及英國，SCC 是法規影響評估 (regulatory impact analysis, RIA) 架構中，用來衡量與溫室氣體管理相關政策的指標。檢閱美國聯邦公報 (Federal Register) 的統計，直到 2023 年 4 月為止，共有 684 項已通過的正式規則 (rule) 在 RIA 中使用 SCC 進行與溫室氣體排放相關的成本或效益分析；而目前審議中的規則 (proposed rule)，仍有 674 項使用 SCC 進行 RIA 的分析 (United States Government, 2023)。

美國碳社會成本跨單位工作小組 (Interagency Working Group, IWG) 採用三種常用於估算 SCC 的「整合性評估模型」(Intergraded Assessment Model, IAM) 進行評估，分別是 DICE (Dynamic Integrated Climate and Economy)、PAGE (Policy Analysis of the Greenhouse Effect) 和 FUND (Climate Framework for Uncertainty, Negotiation, and Distribution) 模型。這些模型包含氣候模組 (climate module)，可將人類排放的溫室氣體轉化為大氣中的濃度變化，將大氣濃度轉化為溫度變化，進一步每個模型使用不同方法來評估溫度變化對

經濟的損害，而模型中使用的排放預測是基於特定的社會經濟路徑（GDP 和人口）（Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government, 2010）。

在計算 SCC 的過程中，每個模型被賦予相等的權重，取各模型所計算出的 SCC 再加以平均而得。此外，為了說明目前排放的碳會影響到幾十年後的事實，計算出的 SCC 需要透過折現率（discount rate）換算，以表示為了避免對未來社會造成損害，相當於對今日的社會來說價值多少。根據 2021 年出版的技術報告顯示，在 2020 年不同折現率（5%、3%、2.5%）下的碳社會成本為每公噸 14 美元至 76 美元之間，約為新臺幣每公噸 414 元至 2,248 元<sup>11</sup>。

**表3-5、美國2020-2050年SCC估算結果**

單位：2020 年美元/公噸

年度	折現率		
	5%	3%	2.5%
2020	14	51	76
2025	17	56	83
2030	19	62	89
2035	22	67	96
2040	25	73	103
2045	28	79	110
2050	32	85	116

資料來源：Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, United States Government (2021)。

由於溫室氣體排放是一種跨地區的環境影響，IWG 以 IAM 模型估算「全球尺度」下每排放一公噸 CO<sub>2</sub> 對全球所造成的長期損害，認為是全球一體適用，亦即不論在哪個地方增加或減少排放一公噸 CO<sub>2</sub> 對全球所造成的效果相同。然而溫室氣體排放造成的全球暖化雖不會因地而異，但暖化對各地區帶來的衝擊並不相同，因此另一派的研究著重於「國家

<sup>11</sup> 以中央銀行 2020 年新臺幣對美元銀行間成交之收盤匯率 29.578 元計算

層級碳社會成本」( Country-level Social Cost of Carbon, CSCC ) 的評估。

劉哲良、吳珮瑛 (2021) 即應用國際 IAM 方法論的評估架構與流程，配合臺灣技術參數及實證資料進行臺灣 CSCC 的推估，在「代表濃度途徑」( Representative Concentration Pathways, RCPs ) 與「共享社會經濟路徑」( Shared Socioeconomic Pathways, SSPs ) 構成不同組合情境下，模擬排放量對溫度變化的影響，進而評估溫度變化造成的損害，將 2020-2100 年的損害折現至 2020 年，最後計算出臺灣碳社會成本介於每噸 0.37 美元到 1.32 美元之間 (約為每公噸新臺幣 10.9 元至 39.0 元)。

表3-6、各組合情境下臺灣CSCC模擬結果

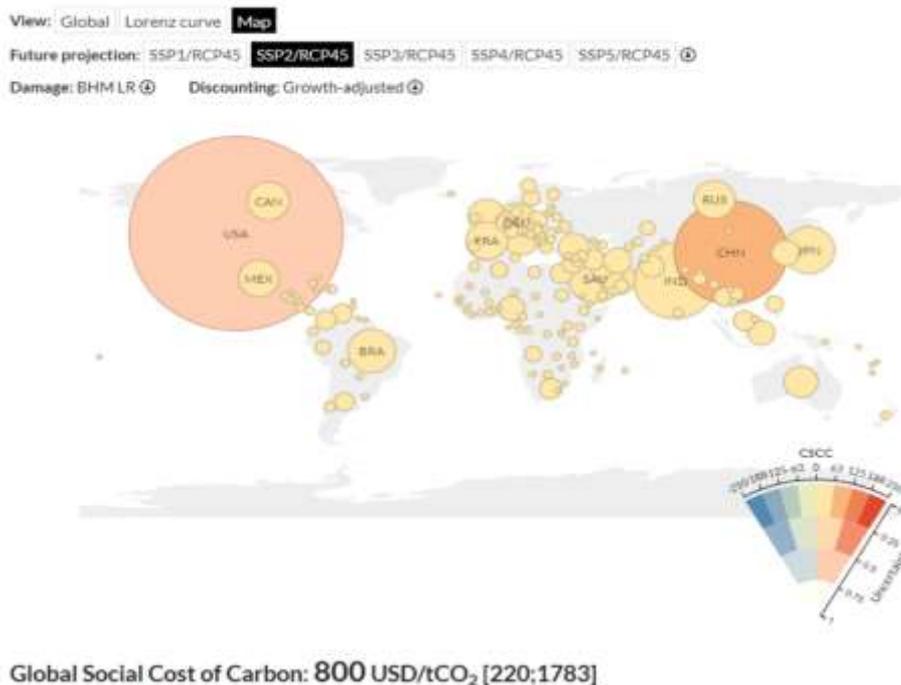
單位：美元/公噸

情境組合	SSP1	SSP2	SSP3	SSP4	SSP5
RCP4.5	0.45	0.51	0.37	0.49	0.67
RCP6.0	0.60	0.68	0.50	0.66	0.88
RCP8.5	0.87	1.00	0.72	0.97	1.32

資料來源：劉哲良、吳珮瑛 (2021)。

另由 RFF-CMCC 歐洲經濟與環境研究所 ( European Institute on Economics & the Environment, EIEE ) 所建置的國家層級碳社會成本/資料庫瀏覽器 ( Country-level Social Cost of Carbon / Database Explorer ) 工具，可得知全球 169 國家的碳社會成本 (如圖 3-11)，若將所有國家層級碳社會成本加總可得到全球碳社會成本。

## Country-level Social Cost of Carbon / Database Explorer



資料來源：RFF-CMCC。

圖3-11、各國的國家層級碳社會成本

以溫和路線情境（SSP2 與 RCP4.5）彙整國際主要國家與臺灣的國家層級碳社會成本如表 3-7 所示，可以發現各國的 CSCC 差異頗大。

表3-7、各國CSCC的比較

單位：美元/公噸

國家	CSCC	國家	CSCC
全球	800	加拿大	15.8
美國	219	法國	15.8
中國	80.9	德國	15.8
印度	49.5	俄國	15.6
沙烏地阿拉伯	24.5	墨西哥	14.8
日本	22.5	南韓	7.82
巴西	19.8	臺灣	0.51

註：此處全球碳社會成本不包含臺灣。

資料來源：RFF-CMCC，劉哲良、吳珮瑛（2021）。

由於計畫執行後所產生的環境影響，例如：減少碳排等正面環境影響，若再透過貨幣化評估方法將這些影響貨幣化，則可估算出環境效益或成本。評估方法可參考 ISO-14008 提供的估價方法指引，採用價值移轉法（value transfer method, VTM）概念，利用文獻的研究成果移轉到另一個計畫上，以推估出此計畫的環境價值。

後續將利用 SCC 做為單位貨幣化價值以計算溫室氣體減量效益，在應用上是將減排量乘上 SCC 數值，即可估算在減量總額下所帶來的環境效益。

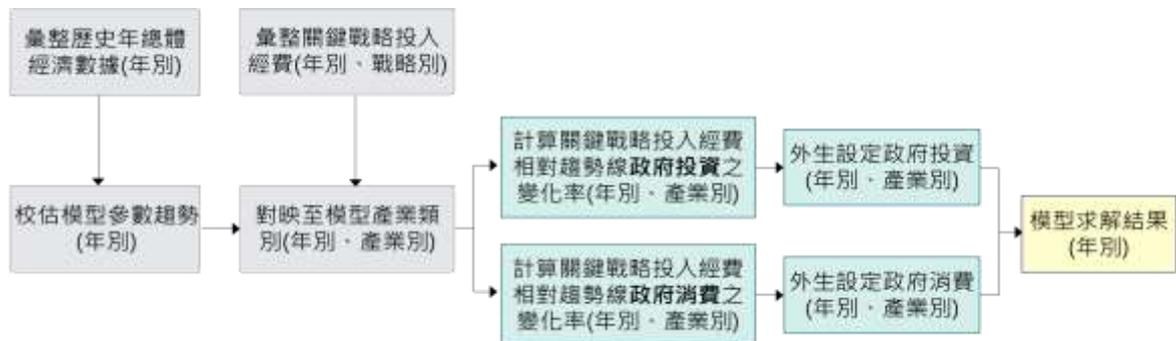


## 第四章 推動淨零轉型之效益評估

本研究主要著重在推淨零轉型之經濟面、環境面效益評估，將先釐清 12 項關鍵戰略行動計畫所涉及之產業部門，並與政府投入經費做對映，據以量化分析經濟面之影響，進一步再評估環境面的減碳效益。

### 第一節 評估流程

模型評估流程如圖 4-1 所示。首先彙整歷史年之總體經濟數據，如實質 GDP、生產總額、就業人數、進出口值、固定資本形成、政府支出等，校估模型參數趨勢；再者，由於關鍵戰略經費將投入特定產業部門中，將彙整各個關鍵戰略、各年度之投入經費，並對映到模型產業部門中；第三，計算關鍵戰略投入經費之政府投資及政府消費變化率，並外生設定，最後模型求解 2023-2030 年總體經濟與環境變數。



資料來源：本研究繪製

圖 4-1、模型評估流程

#### 一、關鍵戰略行動計畫之部門對映

由於 12 項關鍵戰略行動計畫涉及許多產業部門，因此需盤點個別關鍵戰略行動計畫之規劃內容，以釐清各計畫涵蓋之產業部門，並將投入經費歸併至對映部門。部門對映採用 2016 年產業關聯表 3 碼或 5 碼部門分類，以關鍵戰略一

風電/光電為例(如圖 4-2),為擴大風電與太陽光電的裝置容量,將需要如發電、輸電、配電以及其他機械設備與安裝工程等產業的配合,而發展太陽光電需要太陽能電池及其模組、離岸風電則需要船舶及浮動設施的投入。12 項關鍵戰略行動計畫與產業部門對映情形如表 4-1 所示。



資料來源：本研究繪製。

圖4-2、關鍵戰略之部門對映-以風電/光電戰略為例

表4-1、關鍵戰略行動計畫之部門對映表

關鍵戰略	策略	對映產業關聯表之產業部門
一、風電/光電	離岸風電	08040 太陽能電池及其模組 089 發電、輸電及配電機械 094 其他電力設備及配備 097 通用機械設備
	太陽光電	099 船舶及浮動設施 11740 戶外輸配電路工程 11820 機電設備安裝工程 11890 其他工程
二、氫能	氫能	04939 其他氣體 068 生鐵及粗鋼 089 發電、輸電及配電機械 094 其他電力設備及配備 097 通用機械設備 098 汽車及其零件 11740 戶外輸配電路工程 11770 油、氣儲送工程 145 研究發展服務
三、前瞻能源	地熱發電	01220 天然氣 01230 探勘費 089 發電、輸電及配電機械
	生質能	094 其他電力設備及配備 097 通用機械設備

關鍵戰略	策略	對映產業關聯表之產業部門
	海洋能	11740 戶外輸配電路工程 126 運輸輔助 127 倉儲 145 研究發展服務
四、電力系統與儲能	強化電網基礎設施	08920 輸配電系統設備 090 電池
	增加系統供電彈性	097 通用機械設備
	推動電網數位化	11740 戶外輸配電路工程 135 電腦程式設計、諮詢及相關服務
五、節能	知識傳遞帶起社會節能行動	092 照明設備及配備 093 家用電器
	強化節能治理生態系	11820 機電設備安裝工程
	設備效率接軌國際	133 廣播電視節目編排及傳播
	推動建築能效分級，淨零建築開步走	135 電腦程式設計、諮詢及相關服務 136 資訊服務
	擴散節能成功經驗	14410 建築及工程技術服務 145 研究發展服務
	賦予企業責任自發節能	14610 廣告 14890 未分類其他專業及技術服務
	節能智慧節能與技術革新	15510 公共行政及國防 156 教育
六、碳捕捉利用及封存	前瞻技術開發	01230 探勘費 049 基本化學材料
	場域示範	050 石油化工原料 05910 產業用化學製品 09720 流體傳動設備及泵與壓縮機
	完善法規配套	145 研究發展服務 156 教育
七、運具電動化及無碳化	提高電動運具數量	094 其他電力設備及配備
	完善使用環境配套	098 汽車及其零件 099 船舶及浮動設施
	產業技術升級轉型	100 機車及其零件 156 教育
八、資源循環零廢棄	綠色設計源頭減量	133 廣播電視節目編排及傳播 135 電腦程式設計、諮詢及相關服務
	能資源化再利用	136 資訊服務
	暢通循環網絡	145 研究發展服務
	創新技術與制度	14610 廣告 156 教育
九、自然碳匯	增加森林面積、加強森林經營、提高國產材利用	001 稻作 002 雜糧 004 蔬菜
	強化土壤管理方式、建構負碳農法	005 水果 010 林產品
	強化海洋及濕地碳匯管理、強化海洋碳匯相關技術科技研發能量	01120 養殖水產品 144 建築、工程服務及技術檢測、分析服務 145 研究發展服務
十、淨零綠生活	零浪費低碳飲食	031 人造纖維紡紗及織布 054 合成纖維原料

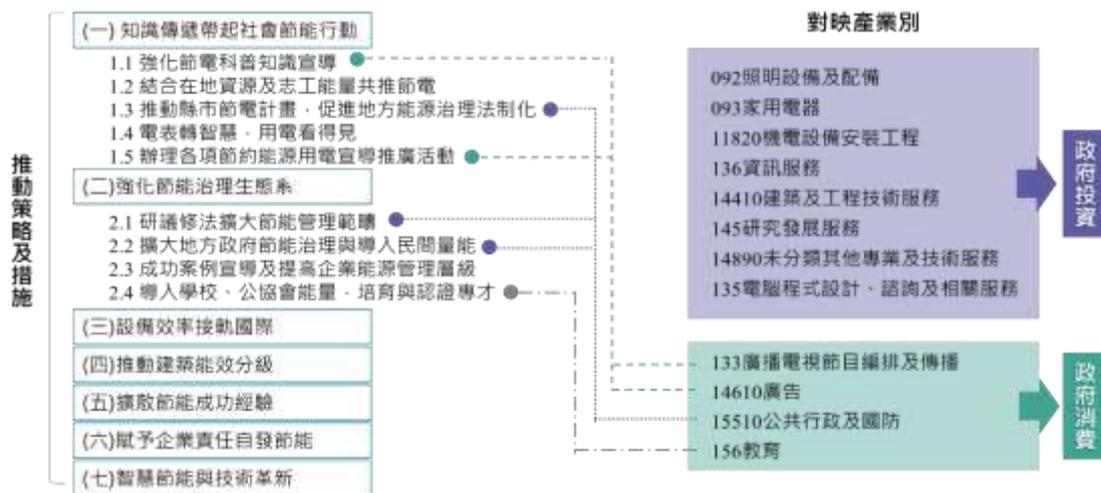
關鍵戰略	策略	對映產業關聯表之產業部門
	友善環境綠時尚	055 其他人造纖維 11723 道路工程 12210 鐵路客運
	居住品質提升	12310 其他陸上客運 129 住宿 130 餐飲
	低碳運輸網絡	133 廣播電視節目編排及傳播 135 電腦程式設計、諮詢及相關服務 136 資訊服務
	使用取代擁有	14610 廣告 14920 運輸工具設備租賃 156 教育
十一、綠色金融	綠色金融行動方案	137 金融服務 144 建築、工程服務及技術檢測、分析服務
	上市櫃公司永續發展路徑圖	14810 企業總管理機構及管理顧問 14890 未分類其他專業及技術服務
十二、公正轉型	風電/光電	137 金融服務 144 建築、工程服務及技術檢測、分析服務 145 研究發展服務 14810 企業總管理機構及管理顧問 14890 未分類其他專業及技術服務 15510 公共行政及國防 156 教育
	電力系統與儲能	
	節能	
	碳捕捉利用及封存	
	運具電動化及無碳化	
	資源循環零廢棄	
	自然碳匯	
	淨零綠生活	
公正轉型(國發會)		

資料來源：本研究整理。

## 二、政府投資與消費的區分

在將關鍵戰略行動計畫投入經費歸併至對映部門時，會依據經費支出用途進一步區分為政府投資與政府消費。基本上若用於基礎建設、設備投資等項目，會將經費歸屬於政府投資；若用於教育、廣宣或人才培育等項目，則這類經費將歸到政府消費。以關鍵戰略五為例（如圖 4-3），為帶動社會節能行動，將強化知識宣導、促進能源治理法制化、辦理節約能源推廣活動等，這些措施需要廣告、公共行政、教育等部門的參與，相關經費投入則屬於政府消費。

由於目前對關鍵戰略行動計畫經費之支用用途沒有細部資料，因此將經費分配到對映的產業部門是使用 2016 年產業關聯表的投資、政府消費比例來進行拆解。



資料來源：本研究繪製。

圖4-3、投入經費之政府投資與消費區分-以節能戰略為例

### 三、評估情境設定

為了解政府投入預算推動淨零轉型之效果，將藉由不同情境設定進行模擬評估，以了解效果之差異。

#### (一) 基線情境

政府在 2023-2030 年沒有投入 9 千億預算推動淨零轉型，為一切照舊的情況。

#### (二) 情境一

為因應氣候變遷，政府已宣示於 2050 年達成淨零排放目標。依據國家發展委員會 2022 年公布的「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，模擬政府 2023-2030 年投入約 9 千億元的預算（如表 4-2），且此預算來自於政府稅收。環境面依照淨零排放路徑規劃，2021-2050 年電力需求年均成長 2.0%±0.5%。另依據行政院 2022 年 12 月核定之「臺灣永續發展目標修正本」，至 2030 年能源密集度年均改善 2% 以上。

表4-2、淨零轉型各關鍵戰略行動計畫之投入經費占比

單位：%

戰略	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
風電/光電	0.6	2.3	3.1	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
氫能	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
前瞻能源	0.7	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
電力系統與儲能	3.2	4.5	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
節能	0.9	2.4	2.3	2.3	1.3	1.3	1.3	1.3
碳捕捉利用及封存	0.1	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
運具電動化及無碳化	0.6	2.2	2.5	3.2	2.6	2.6	2.6	0.6
資源循環零廢棄	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
自然碳匯	0.3	1.9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
淨零綠生活	0.9	0.6	0.6	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
公正轉型	0.0	0.0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
合計	7.4	15.4	14.1	14.4	12.7	12.7	12.7	10.7

註：因經費仍在滾動修正，故以占比呈現。

### (三) 情境二

我國淨零轉型路徑中再生能源扮演重要角色，在關鍵戰略一已提出至 2030 年風電/光電的設置目標，將誘發民間投資，參考主計總處（2022）的期初設置成本推估誘發風光電投資約 3 兆元。因此情境二假設政府投入 9 千億元，以及誘發民間投資約 3 兆元，其他假設與情境一相同。

表4-3、模擬情境彙整

	經濟面向	環境面向
基準情境	2023-2030 年沒有投入 9 千億預算推動淨零轉型，為一切照舊的情況	
情境一	<ul style="list-style-type: none"> <li>2023-2030 年投入約 9 千億元預算推動淨零轉型</li> <li>預算來自於政府稅收</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2021-2050 年電力需求年均成長 2.0%±0.5%</li> <li>至 2030 年能源密集度年均改善 2%以上</li> </ul>
情境二	<ul style="list-style-type: none"> <li>2023-2030 年投入約 9 千億元預算推動淨零轉型</li> <li>預算來自於政府稅收</li> <li>誘發風光電投資約 3 兆</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2021-2050 年電力需求年均成長 2.0%±0.5%</li> <li>至 2030 年能源密集度年均改善 2%以上</li> </ul>

## 第二節 模擬結果

本研究利用單國動態 CGE 模型進行模擬評估，以下分別就經濟面之民間投資、GDP、就業、產業產值等帶動效果，以及環境面成效做說明。

### 一、投資帶動效果

民間投資與總投資的模擬結果如表 4-4 所示，整體而言。情境二的投資帶動效果優於情境一。以情境二而言，2023-2030 年平均每一元投入可帶動民間投資 4.22 元，平均每年帶動民間投資 3,519 億元，2023-2030 年間累計帶動 2.82 兆元之民間投資。至於總投資方面，在情境二的情況下，關鍵戰略行動計畫平均每投入一元將可帶動總投資 5.21 元，預期平均每年可帶動 4,329 億元的總投資，2023 年至 2030 年間累計帶動總投資約 3.46 兆元。

表 4-4、關鍵戰略行動計畫之投資帶動效果

變數		帶動效果	
		情境一	情境二
民間投資	每一元關鍵戰略投入帶動民間投資(元)	1.61	4.22
	關鍵戰略投入平均每年帶動民間投資(億元)	1,326 (2.09%)	3,519 (5.53%)
	2023-2030 年累計帶動民間投資(億元)	10,612	28,155
總投資	每一元關鍵戰略投入帶動總投資(元)	2.60	5.21
	關鍵戰略投入平均每年帶動總投資(億元)	2,136 (2.91%)	4,329 (5.89%)
	2023-2030 年累計帶動總投資(億元)	17,087	34,630

註：括號內為相對基準情境之變動百分比。

資料來源：本研究評估結果。

各年度投資帶動效果如表 4-5 所示。政府淨零轉型之經費投入將帶動民間與總投資增加，尤其情境二的增加幅度較情境一高，2023-2030 年情境二的民間投資相對基線增加率介於 2.76%與 8.31%之間，尤其以 2024 年帶動民間投資金額最高達 5,580 億元，而每一元關鍵戰略行動計畫經費投入所帶動民間投資介於 2.93 元到 5.16 元之間。在總投資方面，每年總投資相較基線將增加 3.17%至 8.63%，2024 年帶動總投資金額達 6,651 億元為最高，每投入一元所帶動的總投資在 3.92 元到 6.15 元之間。

表 4-5、關鍵戰略行動計畫之各年投資帶動效果

	民間投資			總投資		
	每一元計畫投入帶動民間投資	民間投資相對基線增加率	帶動民間投資金額	每一元計畫投入帶動總投資	總投資相對基線增加率	帶動總投資金額
	元	%	百萬元	元	%	百萬元
情境一						
2023	1.43	1.35	80,351	2.43	1.96	136,034
2024	1.75	2.82	189,763	2.74	3.85	296,921
2025	1.64	2.25	145,159	2.63	3.13	232,436
2026	1.59	2.09	132,713	2.58	2.93	215,097
2027	1.63	2.06	129,694	2.62	2.86	208,711
2028	1.62	2.05	128,815	2.61	2.86	207,845
2029	1.63	2.07	129,281	2.62	2.88	208,106
2030	1.59	2.03	125,413	2.58	2.84	203,532
情境二						
2023	2.93	2.76	164,077	3.92	3.17	219,760
2024	5.16	8.31	557,974	6.15	8.63	665,132
2025	4.42	6.05	389,881	5.41	6.42	477,158
2026	4.41	5.78	367,246	5.39	6.13	449,631
2027	4.39	5.53	349,185	5.38	5.86	428,202
2028	4.25	5.38	337,699	5.24	5.73	416,729
2029	4.30	5.49	342,095	5.29	5.82	420,920
2030	3.90	4.97	307,312	4.89	5.37	385,430

資料來源：本研究評估結果。

## 二、GDP 帶動效果

模擬結果如表 4-6 所示。情境二對名目 GDP 的帶動效果優於情境一。在情境二的情況下，2023-2030 年平均每一元關鍵戰略行動計畫之經費投入將創造 4.31 元的名目 GDP，平均每年創造名目 GDP 約 3,541 億元，累積 2023-2030 年共計創造 2.83 兆元之名目 GDP。

實質 GDP 的結果與名目 GDP 相同，都是情境二的帶動效果優於情境一。在情境二，2023-2030 平均每一元投入可帶動實質 GDP 約 1.79 元，平均每年將創造 1,469 億元之實質 GDP，2023-2030 年累積創造實質 GDP 達 1.18 兆元。

表 4-6、關鍵戰略行動計畫之 GDP 帶動效果

變數		帶動效果	
		情境一	情境二
名目 GDP	每一元關鍵戰略投入創造名目 GDP(元)	2.98	4.31
	關鍵戰略投入平均每年創造名目 GDP(億元)	2,471 (0.92%)	3,541 (1.32%)
	2023-2030 年累計創造名目 GDP(億元)	19,771	28,331
實質 GDP	每一元關鍵戰略投入創造實質 GDP(元)	1.25	1.79
	關鍵戰略投入平均每年創造實質 GDP(億元)	1,038 (0.41%)	1,469 (0.59%)
	2023-2030 年累計創造實質 GDP(億元)	8,305	11,755

註：括號內為相對基準情境之變動百分比。

資料來源：本研究評估結果。

各年 GDP 帶動效果如表 4-7 所示。2023-2030 年情境二的名目 GDP 相對基線增加率介於 0.45%至 1.55%之間，在 2030 年將創造 4,509 億元的名目 GDP，而每一元關鍵戰略行動計畫經費投入所創造的名目 GDP 在 1.84 元到 5.72 元之間。在實質 GDP 方面，情境二 2023-2030 年相對基線增加率介於 0.20%至 0.69%，創造實質 GDP 最高落在 2030 年，達 1,891 億元，每一元關鍵戰略行動計畫投入所創造的實質 GDP 則介於在 0.78 元到 2.40 元之間。

表4-7、關鍵戰略行動計畫之各年GDP帶動效果

	名目			實質		
	每一元投入創造名目 GDP	名目 GDP 相對基線增加率	創造名目 GDP 金額	每一元投入創造實質 GDP	實質 GDP 相對基線增加率	創造實質 GDP 金額
	元	%	百萬元	元	%	百萬元
情境一						
2023	0.55	0.13	30,573	0.24	0.06	13,577
2024	2.18	0.96	236,193	0.92	0.44	99,281
2025	2.83	0.99	249,718	1.18	0.44	104,481
2026	3.17	1.01	264,250	1.33	0.46	110,527
2027	3.50	1.04	278,660	1.47	0.47	116,732
2028	3.68	1.06	292,515	1.54	0.48	122,753
2029	3.85	1.08	306,395	1.62	0.48	128,839
2030	4.04	1.10	318,766	1.70	0.49	134,305
情境二						
2023	1.84	0.45	103,058	0.78	0.20	43,573
2024	3.01	1.33	325,367	1.23	0.59	133,208
2025	3.94	1.37	348,079	1.62	0.61	143,083
2026	4.44	1.42	370,198	1.83	0.63	152,749
2027	4.92	1.46	391,366	2.04	0.65	162,067
2028	5.18	1.49	411,795	2.15	0.66	171,202
2029	5.44	1.52	432,340	2.27	0.68	180,511
2030	5.72	1.55	450,922	2.40	0.69	189,101

註：由 GDP 評估結果計算平減指數發現有偏高的情形，其原因可能與現有模型參數（例如：價格彈性）及新興部門的設定有關，未來需逐步將淨零相關部門、技術等加以擴充，來校正模型參數，使評估結果能符合新興技術變動趨勢。

資料來源：本研究評估結果。

### 三、產值帶動效果

模擬結果如表 4-8 所示。情境二對名目產值的帶動效果高於情境一。在 2023-2030 年間，情境二平均每一元關鍵戰略行動計畫經費投入將帶動名目產值 10.47 元，平均每年可望帶動 8,544 億元的名目產值，預期 2023 年至 2030 年共計帶動名目產值達 6.84 兆元。至於實質產值方面，情境二的實質產值帶動效果最大，2023-2030 年平均每投入一元可帶動 8.85 元的實質產值，平均每年將創造 7,182 億元之實質產值，2023 年至 2030 年累計將創造約 5.75 兆元的實質產值。

表 4-8、關鍵戰略行動計畫之產值帶動效果

變數		帶動效果	
		情境一	情境二
名目產值	每一元關鍵戰略投入帶動名目產值(元)	3.89	10.47
	關鍵戰略投入平均每年帶動名目產值(億元)	3,130 (0.57%)	8,544 (1.55%)
	2023-2030 年累計帶動名目產值(億元)	25,037	68,355
實質產值	每一元關鍵戰略投入帶動實質產值(元)	3.50	8.85
	關鍵戰略投入平均每年帶動實質產值(億元)	2,807 (0.50%)	7,182 (1.27%)
	2023-2030 年累計帶動實質產值(億元)	22,459	57,457

註：括號內為相對基準情境之變動百分比。

資料來源：本研究評估結果。

各年度產值帶動效果方面（如表 4-9），情境二的名目產值較高，2023-2030 年名目產值相較基線增加率介於 0.33% 至 2.23% 之間，2030 年帶動名目產值增加 1.34 兆元為最多，而每一元關鍵戰略行動計畫投入所帶動的名目產值為 2.88 元到 17.03 元。同樣地情境二的實質產值較高，2023-2030 年實質產值相較基線增加率在 0.31% 至 1.94% 之間，2030 年帶動實質產值達 1.19 兆元為最高，各年度每投入一元所帶動的實質產值為 2.75 元到 15.05 元。

表4-9、關鍵戰略行動計畫之各年產值帶動效果

	名目產值			實質產值		
	每一元投入帶動名目產值	名目產值相對基線增加率	帶動名目產值	每一元投入帶動實質產值	實質產值相對基線增加率	帶動實質產值
	元	%	百萬元	元	%	百萬元
情境一						
2023	3.13	0.36	175,265	2.97	0.34	166,503
2024	2.23	0.50	240,861	1.90	0.41	205,946
2025	3.02	0.52	266,478	2.62	0.44	231,399
2026	3.58	0.56	298,423	3.16	0.49	263,099
2027	4.18	0.61	332,439	3.73	0.53	296,922
2028	4.59	0.65	365,274	4.14	0.57	329,521
2029	5.01	0.68	398,656	4.56	0.61	362,667
2030	5.41	0.71	426,321	4.95	0.64	389,850
情境二						
2023	2.88	0.33	161,374	2.75	0.31	154,401
2024	5.10	1.14	551,437	3.70	0.80	400,223
2025	7.68	1.33	678,386	5.94	1.00	524,644
2026	9.81	1.55	817,933	7.95	1.22	662,929
2027	12.06	1.75	959,029	10.11	1.44	803,822
2028	13.75	1.93	1,093,739	11.80	1.63	938,332
2029	15.48	2.11	1,230,882	13.52	1.81	1,075,347
2030	17.03	2.23	1,342,759	15.05	1.94	1,186,048

資料來源：本研究評估結果。

推動淨零轉型相關計畫之經費投入對主要產業名目產值影響如表 4-10 所示。由於為達到淨零排放目標需仰賴許多新興技術，因此可發現技術研發將帶動研究發展與技術服務業的產值提升，以及相關基礎建設的建置，也帶動公共工程業、鋼鐵及其製品業等產值的增加。此外因產業關聯效果，也將帶動服務業如商品經紀與批發零售業、住宿餐飲及旅行服務業、金融保險業等產值的提升。

表4-10、關鍵戰略行動計畫之經費投入對主要產業名目產值影響

單位：百萬元

年度	鋼鐵及其製品	其他金屬及其製品	電動小客車	電動大客車	非電動汽車	電動機車	非電動機車	軌道車輛	其他運輸工具	公共工程	商品經紀與批發零售	住宿餐飲及旅行服務	電信服務	電腦系統設計與資料處理	金融保險	研究發展與技術服務業	其他服務
情境一																	
2023	2,178	-750	2	2	588	1	38	11	-430	5,087	296	-897	226	846	239	2,780	3,382
2024	2,993	-1,031	2	2	809	1	53	16	-591	6,992	406	-1,232	310	1,162	329	3,821	4,648
2025	3,588	-550	2	2	600	1	49	10	-715	5,463	612	-1,283	310	819	409	3,027	4,579
2026	4,107	-326	2	2	548	1	52	9	-778	5,055	763	-1,315	329	698	501	2,832	4,787
2027	4,600	-193	2	2	544	1	57	8	-817	4,988	848	-1,346	352	644	587	2,814	5,060
2028	5,077	-96	2	2	549	1	61	8	-843	4,990	857	-1,382	374	601	665	2,831	5,332
2029	5,570	-9	2	2	562	1	66	8	-860	5,039	818	-1,422	395	565	738	2,871	5,610
2030	6,002	56	2	2	550	1	69	7	-878	4,914	669	-1,473	410	493	801	2,813	5,821
情境二																	
2023	7,055	4,754	3	3	790	5	307	1	-943	5,075	14,025	1,917	1,144	730	4,597	3,617	10,987
2024	24,109	16,246	11	11	2,699	18	1,050	2	-3,222	17,343	47,924	6,552	3,908	2,496	15,708	12,359	37,543
2025	26,440	17,775	11	11	2,551	19	1,092	-5	-3,508	15,742	50,041	6,795	4,075	2,049	16,480	11,706	39,099
2026	28,754	18,960	12	11	2,632	19	1,142	-7	-3,683	15,823	51,992	7,055	4,264	1,927	17,244	11,939	41,023
2027	31,096	20,115	12	11	2,717	20	1,191	-9	-3,827	15,871	53,708	7,292	4,441	1,792	17,963	12,146	42,861
2028	33,370	21,166	13	12	2,811	21	1,239	-10	-3,933	15,946	55,140	7,513	4,611	1,655	18,651	12,355	44,644
2029	35,710	22,185	13	12	2,937	21	1,287	-11	-4,002	16,187	56,407	7,728	4,782	1,542	19,332	12,651	46,465
2030	37,780	23,074	14	12	2,991	21	1,330	-13	-4,064	15,884	57,265	7,919	4,932	1,314	19,982	12,635	48,078

資料來源：本研究評估結果。

#### 四、就業創造效果

就業創造效果的模擬結果如表 4-11 所示。情境二的就業創造效果較佳。2023-2030 年在情境二的情況下，關鍵戰略行動計畫平均每投入一百萬元可望創造 4.30 人次的就業機會，至 2030 年將創造 43.4 萬人次的就業機會。

表4-11、關鍵戰略行動計畫之就業創造效果

變數		帶動效果	
		情境一	情境二
就業機會	每百萬元關鍵戰略投入創造就業機會(人次)	1.34	4.30
	至 2030 年創造就業機會(千人次)	136	434

資料來源：本研究評估結果。

#### 五、環境面效果

根據 2022 年 12 月「淨零轉型之階段目標及行動」公布我國 2030 年強化目標，將相較於基期 2005 年減少 24%±1%，相當於 2030 年淨排放量為 201.2-206.6 百萬公噸 CO<sub>2</sub>e，其中碳匯與負排放技術 CCUS、國際合作將吸收處理 31-39 百萬公噸 CO<sub>2</sub>e。由於前述情境對於電力需求成長、能源密集度改善都是依照政府目標做設定，因此推估 2030 年排放量應與目標相近。

本研究藉由劉哲良、吳珮瑛（2021）推估臺灣碳社會成本介於每公噸新臺幣 10.9 元至 39.0 元，計算 2030 年溫室氣體排放目標相較 2020 年排放量之減碳效益。由 2023 年公布的國家溫室氣體排放清冊可知，2020 年淨排放量為 263.2 百萬公噸 CO<sub>2</sub>e，則 2030 年相較 2020 年將減少 56.6-62.0 百萬

公噸 CO<sub>2</sub>e。若以碳社會成本最小值估算減碳效益，2030 年為 6.2 億元到 6.8 億元之間；若以碳社會成本最大值估算，2030 年減碳效益為 22.1 億元到 24.2 億元之間。

**表4-12、2030年減量目標之減碳效益**

		2030 年
相較 2020 年減碳量(百萬公噸 CO <sub>2</sub> e)		56.6-62.0
減碳效益(億元)	CSCC 最小值(10.9 元/公噸)	6.2-6.8
	CSCC 最大值(39.0 元/公噸)	22.1-24.2

資料來源：本研究估算結果。



## 第五章 推動淨零轉型效益評估之其他課題

推動淨零轉型的影響，係由政策的內部與外部因素所構成，內部因素係指在所有其他因素不變的情況下，推動關鍵戰略與投入經費本身所產生的效果，外部因素則是指受外在環境的其他條件變化，進而導致政策推動的效果差異。例如：受到能源價格影響、人口流動、技術瓶頸（或突破）而讓原來預期的能源效率改善效果與預期結果有所出入。以下將就公共投資的資金籌措方式、國際經濟情勢與能源價格兩個面向，探討影響推動淨零轉型效益的因素。

### 第一節 公共投資的資金籌措方式

公共投資在短期內透過刺激需求，並在長期內藉由提高總體生產力而使經濟產出增加，但對經濟產出的影響很大程度取決於投資的融資方式。Mbanda et al. (2017) 模擬評估增加公共投資透過舉債、課稅及舉債加課稅的組合等三種融資情境對經濟的影響，結果顯示 GDP 在三個模擬情境中均有增加，尤其舉債在短期內（1~3 年）的效果相對較好；長期應以舉債與課稅的組合有更好的效果。Ahmed et al. (2013) 評估公共基礎設施投資占 GDP 比重增加 4% 時，分別透過國際借款或課徵生產稅來提供資金的影響，分析結果發現，透過課稅、國際借款進行公共基礎設施投資都有相同的影響方向，特別在總體經濟和減少貧窮方面都有正向效益，但從長期來看，國際借貸下的經濟成長率會優於課徵生產稅。

IMF (2015) 探討公共投資的不同融資機制如何影響產出，認為公共投資透過舉債的方式，比透過提高稅收或削減其他支出的預算中立 (budget-neutral) 方式具有更大的擴張效果。其估算公共投資占 GDP 比重增加 1 個百分點時，採用

舉債方式的公共投資會使第一年整體 GDP 增加 0.9%，在四年後增加 2.9%，但若是預算中立的公共投資，則 GDP 沒有顯著變化。

為因應氣候變遷，各國需採取行動來達成 2050 淨零排放的目標。許多國家推動減碳政策，包括增加再生能源的公共投資和補貼等支出措施，但實施此類政策會造成龐大的財政成本。IMF (2023) 評估大幅增加綠色投資和補貼以實現淨零目標，以及適度增加此類支出對政府債務的影響。由於前者需要更大的財政成本，政府債務占 GDP 比重顯著上升到 2050 年達到 45%-50%；然而若只適度增加支出採取有限的氣候行動，到 2050 年碳排放僅從目前水準下降約 10%-40%，無法達到目標。IMF 建議為減緩氣候變遷，政府應在支出和收入措施間找到最佳組合，並將碳定價做為其不可或缺的一部分。

從文獻上來看，若公共投資的財源是透過舉債的方式，尤其是國際借貸，對經濟產出有更大的擴張效果。再者我國政府持續維持國家財政穩健，透過多元籌措財源以支應建設與政務，近年歲入歲出差短縮小，債務比率逐步改善，2023 年及 2024 年中央政府一年以上公共債務未償餘額占前 3 年度 GDP 平均數比率為 30.7% 及 30.2%，符合公共債務法規定。若推動淨零轉型的預算以舉債方式支應，短期對政府財政影響應是有限，長期如前述研究結果發揮帶動經濟成長效果，GDP 成長幅度大於舉債增加幅度，預期債務比率會下降，也能降低債務餘額。

## 第二節 國際經濟情勢與能源價格

在新冠疫情與俄烏戰爭之後，全球興起的區域化趨勢、能源佈局及供應鏈重整的考量，正在影響各國面對的能源價格與經貿往來。能源貿易一直受到地緣政治的主導，自俄烏之間發生衝突後，西方國家對俄羅斯發動了多項能源制裁。Chen et al.(2023)根據歐盟和俄羅斯間實施能源制裁與反制裁措施的程度，設定六種能源貿易情境，<sup>12</sup>藉由 GTAP-E 模擬分析對歐盟、俄羅斯與全球總體經濟，以及 CO<sub>2</sub> 減排之影響。研究結果顯示，一旦歐盟對俄羅斯原油和原油產品實施制裁，雙方的經濟損失將急劇上升，而當雙方能源貿易完全停止時，不僅歐盟 GDP 下降 1.488%，俄羅斯 GDP 下降 4.8%，同時也拖累全球經濟發展，導致全球 GDP 下降 2.895%，且世界通脹將上升。

此外，隨著能源制裁的加劇，與制裁前相比，俄羅斯的 CO<sub>2</sub> 排放逐漸上升，最大增幅達 2.406%，可能與俄羅斯調整工業產出以滿足國內需求有關；而全球 CO<sub>2</sub> 排放水準顯著下降，最大降幅達 10.053%，下降主因是歐盟的 CO<sub>2</sub> 排放減少，但這下降趨勢並非長期持續，為解決能源困境，歐盟可能會選擇重新啟用已淘汰的燃煤電廠。再者，歐盟能源轉型的一個重要因素是利用俄羅斯的天然氣，在缺乏俄羅斯天然氣供應下將很難實現轉型目標，從中長期來看全球氣候目標恐難

---

<sup>12</sup> 六種能源貿易情境，從制裁最輕微到最嚴重依序為

S1：歐盟切斷從俄羅斯進口煤炭。

S2：歐盟切斷從俄羅斯進口煤炭；俄羅斯將其天然氣供應減少 30%。

S3：歐盟切斷從俄羅斯進口煤炭；俄羅斯將其天然氣供應減少 50%。

S4：歐盟切斷從俄羅斯進口煤炭；歐盟低度依賴和高度依賴俄羅斯能源的成員禁止進口俄羅斯原油和原油產品；歐盟高度依賴的成員減少 70%。

S5：歐盟切斷從俄羅斯進口煤炭；歐盟低度依賴和高度依賴俄羅斯能源的成員禁止進口俄羅斯原油和原油產品；歐盟高度依賴的成員減少 70%；俄羅斯將其天然氣供應減少 80%。

S6：歐盟與俄羅斯切斷雙方能源貿易。

以實現。

另外，2023 年 10 月巴勒斯坦與以色列發生 50 年來最大規模衝突。由於全球有五分之一的原油供應來自海灣地區，若戰事延燒到伊朗從而阻斷霍爾木茲海峽的通運，恐存在原油價格是否如伊拉克戰爭時那樣上漲的憂慮。因此 Bloomberg Economics (2023) 設想三種戰爭發展情境評估對原油價格與全球 GDP、通膨的影響。結果顯示，在對油價的影響從有限衝突情境的每桶上漲 3~4 美元，到與伊朗直接衝突情境的每桶上漲 64 美元，若以杜拜每桶 88 美元計算，漲幅從 3% 至 73%；對全球 GDP 的衝擊從 0.1 百分點到 1.0 百分點，通膨則增加 0.1 百分點至 1.2 百分點。

中華經濟研究院 (2023) 亦模擬以巴衝突造成油價上漲對我國經濟的影響，假設當 2024 年國際原油價格較同年基準情境上漲 10%，若考慮油價波動以及國際經貿變化之影響，則將造成臺灣 GDP 下降 0.44%~0.66%，預期經濟衰退會使溫室氣體排放下降。由於我國推動能源轉型過程中天然氣扮演重要角色，隨著地緣政治風險加劇所造成的能源價格波動，會是成為朝向潔淨能源轉型的動力，抑或是在能源安全考量下重新轉向燃煤發電，成為影響減碳目標實現的阻力，仍有待進一步分析。因此地緣政治下的能源價格變化，對於淨零轉型的影響是未來需持續關注的議題。

## 第六章 結論與建議

### 第一節 結論與研究限制

我國已於 2021 年 4 月宣示將在 2050 年達成淨零轉型目標，並且納入《氣候變遷因應法》中，以引領未來中長期因應氣候變遷之行動，同時發布「淨零轉型 12 項關鍵戰略行動計畫」，藉由各相關部會提出 12 項關鍵戰略的具體行動與措施，以厚植我國淨零轉型能力，並推升經濟成長動能。政府預估至 2030 年淨零轉型主要計畫預算約 9 千億元，為進一步了解相關計畫預算投入的過程中，因產業活動與民間消費所誘發的總體經濟、產業及環境面影響，本計畫藉由 CGE 模型模擬評估推動淨零轉型計畫之經濟面效益，以及運用 SCC 方法估算溫室氣體排放目標下之減碳效益。

#### 一、經濟面影響評估結果

本研究模擬評估政府投入經費推動淨零轉型（情境一），以及政府投入經費推動淨零轉型並誘發風光電投資（情境二）的效果差異。2023 年至 2030 年的效益如表 6-1 所示，將帶動民間投資 1.06 兆元~2.82 兆元，創造實質 GDP 為 8,305 億元~1.18 兆元，帶動名目產值 2.50 兆元~6.84 兆元，至 2030 年創造 13.6 萬人次~43.4 萬人次就業機會。由於 12 項關鍵戰略中，戰略一風電/光電到 2030 年的目標最為明確，因此本研究現階段僅考量政府 9 千億元經費投入及誘發風光電投資的效果，故整體評估結果在民間投資與就業機會方面，略低於政府公布的帶動效果。

表 6-1、2023-2030 年推動淨零轉型之效益

2023-2030 年	政府公佈帶動效果*	本研究推估效益	
		情境一	情境二
民間投資(兆元)	4.0	1.06	2.82
實質 GDP(億元)	-	8,305	11,755
名目產值(兆元)	5.9	2.50	6.84
就業機會(萬人次)**	55.1	13.6	43.4

註：\*為 2022 年 12 月 28 日國發會公布「淨零轉型之階段目標及行動」中之預估效益。

\*\*本研究推估為至 2030 年累積創造之就業機會。

### (一) 情境一

- 1.民間投資部分，平均每投入一元可帶動民間投資 1.61 元，平均每年創造 1,326 億元民間投資，累計 2023-2030 年共可創造 1.06 兆元之民間投資。
- 2.總投資部分，平均每投入一元可創造總投資 2.60 元，平均每年創造 2,136 億元總投資，累計 2023-2030 年共創造 1.71 兆元之總投資。
- 3.實質 GDP 部分，平均每投入一元可帶動實質 GDP 約 1.25 元，平均每年創造 1,038 億元實質 GDP，累計 2023 至 2030 年共創造 8,305 億元之實質 GDP。
- 4.名目產值部分，平均每投入一元可創造名目產值約 3.89 元，平均每年創造 3,130 億元的名目產值，2023 至 2030 年累計可帶來 2.50 兆元的名目產值。
- 5.就業部分，平均每百萬元投入可創造就業機會約 1.34 人次，至 2030 年將創造 13.6 萬人次的就業機會。

### (二) 情境二

- 1.民間投資部分，平均每投入一元可帶動民間投資 4.22 元，

平均每年創造 3,519 億元民間投資，累計 2023-2030 年共可創造 2.82 兆元之民間投資。

2.總投資部分，平均每投入一元可創造總投資 5.21 元，平均每年創造 4,329 億元總投資，累計 2023-2030 年共創造 3.46 兆元之總投資。

3.實質 GDP 部分，平均每投入一元可帶動實質 GDP 約 1.79 元，平均每年創造 1,469 億元實質 GDP，累計 2023 至 2030 年共創造 1.18 兆元之實質 GDP。

4.名目產值部分，平均每投入一元可創造名目產值約 10.47 元，平均每年創造 8,544 億元的名目產值，2023 至 2030 年累計可帶來 6.84 兆元的名目產值。

5.就業部分，平均每投入一百萬元可創造就業機會約 4.30 人次，至 2030 年將創造 43.4 萬人次的就業機會。

## 二、環境面效果估算結果

本研究藉由劉哲良、吳珮瑛（2021）推估之臺灣碳社會成本，計算 2030 年溫室氣體排放目標相較 2020 年排放量之減碳效益，若以碳社會成本最小值估算，2030 年減碳效益介於 6.2 億元到 6.8 億元之間；若以碳社會成本最大值估算，2030 年減碳效益為 22.1 億元到 24.2 億元之間。

## 三、研究限制

整體而言，本研究評估推動淨零轉型計畫所帶來的效益，在方向上與政府宣示目標大致相同。然而政府公布的淨零轉型行動包括建構科技研發（淨零技術、負排放技術）、氣候法制（法規制度及政策基礎、碳定價綠色金融）二大治理基礎，以及打造四大供應鏈，除風電、光電外尚包含電動車與儲能

等，惟目前評估僅考量政府投入 9 千億元預算，以及誘發民間參與風光電投資的效果，故現階段模擬評估結果尚無法完全涵蓋各項轉型計畫的所有效益，未來需進一步參考國際作法，將其餘政策措施及衍生效益納入評估。

此外，由本研究的 GDP 評估結果計算平減指數後發現，與歷年 GDP 平減指數趨勢相比有偏高的情形，其原因可能與現有模型的參數（例如：價格彈性）與新興部門或技術之設定有關，未來模型需逐步擴充或細緻化淨零相關的部門和技術，並重新校正參數，使評估結果能更符合新興技術變化趨勢。

## 第二節 研究建議

本研究透過情境設定，模擬評估政府透過稅收支應淨零轉型之經費投入效果(情境一)，此外由於 12 項關鍵戰略中，戰略一風電/光電到 2030 年的目標最為明確，故以此為例評估誘發投資之衍生效益(情境二)。結果發現情境一與情境二對投資、GDP、產值、就業都有正向效果，尤其情境二的帶動效果最大。顯示政府淨零轉型投入對於達成減碳目標及經濟發展極為重要，若有適當政策目標或績效指標引導，將進一步帶動民間參與而創造更大的經濟效益。

建議政府必須儘快協調各部門的減碳行動，訂定明確的績效指標，同時尋找最佳的收入與支出措施組合，以減緩氣候變遷，如果相關收入和支出的氣候措施安排得當，則可在實現減碳目標的同時降低財政成本。再者，未來減碳需仰賴新興低碳、能源效率提升的技術，然而技術未成熟前需投入大量資源進行研發、試驗，應及早規劃至 2050 年之預算、加大投資力道，以吸引更多私人部門的參與。

為實現 2050 淨零排放目標，我國已提出淨零轉型路徑，將從能源、產業、生活與社會等面向推動轉型，在未來應積極推動相關利害關係人包括家庭、企業和政府等，對於消費、生產和投資的活動進行轉型，並加強對綠色產業、製程和產品的投資、新興減碳技術的研發與應用，以及行為改變，來幫助減少碳排放。

另外，近年地緣政治風險提升，影響各國面對的能源價格。中經院(2023)模擬以巴衝突造成油價上漲對我國經濟的影響，假設 2024 年國際原油價格較同年基準情境上漲 10%，將造成臺灣 GDP 下降 0.44%~0.66%。因地緣政治所造成的能

源價格波動，可能成為朝向潔淨能源轉型的動力，也可能成為阻礙減碳目標達成的阻力，未來需持續關注對淨零轉型的影響。

參考 IEA 及 IMF 之淨零轉型評估報告之評估模型可知，對於淨零轉型的評估需要整合工程模型、經濟模型。以 IEA 為例，其採用混合模型的方式評估淨零排放情境，包括評估能源市場運作方式的模型，涵蓋能源轉換、工業、運輸和建築物部門多項技術的能源技術模型，以及評估投資和支出變化對 GDP 影響的經濟模型。另外 IMF 的經濟模型則包含風光電之再生能源部門。由於現有評估模型囿於新產業或新技術之投入結構、銷售結構等資料尚難取得，現階段也較難掌握未來產業結構與碳排放量的關聯。對於淨零轉型相關議題的研究，建議未來參考國際作法進行模型設定與產業部門的劃分等工作，且需投入更長時間掌握新產業部門（風光電、電動車、儲能等）相關投入結構、銷售結構的資料，以及與碳排放量關聯之資訊，來對模型做細緻化的設定，以做為後續淨零議題的研究基礎。

## 參考文獻

- Ahmed, V., Abbas, A., & Ahmed, S. (2013). *Public infrastructure and economic growth in Pakistan: a dynamic CGE-microsimulation analysis*. *Infrastructure and economic growth in Asia*, 117.
- Bloomberg Economics. (2023). *Wider War in Middle East Could Tip the World Economy Into Recession*. Available from: [www.bloomberg.com/news/features/2023-10-12/israel-hamas-war-impact-could-tip-global-economy-into-recession](http://www.bloomberg.com/news/features/2023-10-12/israel-hamas-war-impact-could-tip-global-economy-into-recession)
- Chen, Y., Jiang, J., Wang, L., & Wang, R. (2023). *Impact assessment of energy sanctions in geo-conflict: Russian–Ukrainian war*. *Energy Reports*, 9, 3082-3095.
- European Council. *Fit for 55*. Available from: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>.
- European Commission. *A European Green Deal*. Available from: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en).
- European Commission. (2020). *EU strategy on energy system integration*. Available from: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/eu-strategy-energy-system-integration\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/eu-strategy-energy-system-integration_en).
- HM Government. (2021). *Net Zero Strategy: Build Back Greener*. Available from: <https://www.gov.uk/government/publications/net-zero-strategy>
- House, W. (2021). *The long-term strategy of the United States: pathways to net-zero greenhouse gas emissions by 2050*.
- IEA. (2014). *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*. Available from: <https://www.iea.org/reports/capturing-the-multiple-benefits-of-energy-efficiency>
- IEA. (2021). *Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector*. Available from: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- IMF.(2015).*The Macroeconomic Effects of Public investment: Evidence from Advanced Economies*. Available from: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2015/wp1595.pdf>
- IMF. (2021). *Mitigating climate change: Growth-friendly policies to achieve net zero emissions by 2050*. Available from: <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2021/07/23/Mitigating-Climate-Change-Growth-Friendly-Policies-to-Achieve-Net-Zero-Emissions-by-2050-462136>
- IMF.(2023). *Climate Crossroads:Fiscal Policies in a Warming World*, Fiscal monitor. Available from: <https://www.imf.org/en/Publications/FM/Issues/2023/10/10/fiscal-monitor-october-2023>
- Impact Assessment Agency of Canada. (2021). *Technical Guide Related to the strategic Assessment of Climate Change: Guidance on quantification of net GHG emissions, impact on carbon risks, mitigation measures, net zero plan and*

- upstream GHG assessment*. Minister of Environment and Climate Change.
- Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government(2010). *Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis*.
- Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, United States Government(2021). *Technical Support Document: Social Cost of Carbon, Methane, and Nitrous Oxide*.
- IPCC. (2018). *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*. Available from:  
[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15\\_Full\\_Report\\_Low\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_Low_Res.pdf).
- Mbanda, V., & Chitiga-Mabugu, M. (2017). *Growth and employment impacts of public economic infrastructure investment in South Africa: a dynamic CGE analysis*. *Journal of Economic and Financial Sciences*, 10(2), 235-252.
- New Zealand Ministry for the Environment. 2018. *The co-benefits of emissions reduction: An analysis*. Wellington: Ministry for the Environment.
- Rennert, K. and Kingdon, C. (2019). *Social Cost of Carbon 101-A review of the social cost of carbon, from a basic definition to the history of its use in policy analysis*. Available from: [https://media.rff.org/documents/SCC\\_Explainer.pdf](https://media.rff.org/documents/SCC_Explainer.pdf)
- RFF-CMCC. *Country-level Social Cost of Carbon / Database Explorer*. Available from: <https://country-level-scc.github.io/explorer/>
- The Verge.(2023). *E-fuels could keep combustion engine cars on the road in the EU past its 2035 climate deadline*. Available from:  
<https://www.theverge.com/2023/3/28/23660005/e-fuels-internal-combustion-engine-car-european-union-2035-climate-deadline>
- Treasury, H. M. (2020). *Net zero review: Interim report*.
- UNFCCC. (2016). *Guidance to assist developing country Parties to assess the impact of the implementation of response measures, including guidance on modelling tools*. Available from:  
[https://unfccc.int/files/cooperation\\_support/response\\_measures/application/pdf/technical\\_paper\\_beautified\\_guidance\\_to\\_assist\\_developing\\_country\\_parties\\_to\\_assess\\_the\\_impact\\_of\\_the\\_implementation\\_of\\_rm\\_fccc\\_tp\\_2016\\_4.pdf](https://unfccc.int/files/cooperation_support/response_measures/application/pdf/technical_paper_beautified_guidance_to_assist_developing_country_parties_to_assess_the_impact_of_the_implementation_of_rm_fccc_tp_2016_4.pdf)
- US EPA.(2017). *The Social Cost of Carbon*. Available from:  
[https://19january2017snapshot.epa.gov/climatechange/social-cost-carbon\\_.html](https://19january2017snapshot.epa.gov/climatechange/social-cost-carbon_.html)
- Vivid Economics.(2020). *Keeping us competitive: AUK Investment Strategy*. WWF UK.
- 內政部、經濟部(2022)。第二期住商部門溫室氣體排放管制行動方案(核定本)。 <https://www.business-netzero.tw/Laws/detail?id=e0b2d8ff32e446af9bf9d8fa3b5bc422>
- 公路總局統計查詢網(2023)。機動車輛登記數。  
<https://stat.thb.gov.tw/hb01/webMain.aspx?sys=100&funid=11100>

- 交通部 (2023)。臺灣 2050 淨零轉型「運具電動化及無碳化」關鍵戰略行動計畫(核定本)。
- 行政院主計總處綜合統計處 (2022)。再生能源與 GDP。
- 行政院農業委員會 (2020)。臺灣農業部門在溫室氣體減量貢獻及因應乾旱調適策略。  
[https://www.coa.gov.tw/theme\\_data.php?theme=news&sub\\_theme=agri&id=8274](https://www.coa.gov.tw/theme_data.php?theme=news&sub_theme=agri&id=8274)
- 行政院農業委員會 (2021)。我國農業部門淨零排放策略。  
[https://www.agribiz.tw/uploads/ckfinder/files/2\\_%20%E6%88%91%E5%9C%8B%E8%BE%B2%E6%A5%AD%E9%83%A8%E9%96%80%E6%B7%A8%E9%9B%B6%E6%8E%92%E6%94%BE%E6%94%BF%E7%AD%96\\_%E5%8A%89%E7%8E%89%E6%96%87%E7%A7%91%E9%95%B7.pdf](https://www.agribiz.tw/uploads/ckfinder/files/2_%20%E6%88%91%E5%9C%8B%E8%BE%B2%E6%A5%AD%E9%83%A8%E9%96%80%E6%B7%A8%E9%9B%B6%E6%8E%92%E6%94%BE%E6%94%BF%E7%AD%96_%E5%8A%89%E7%8E%89%E6%96%87%E7%A7%91%E9%95%B7.pdf)
- 行政院農業委員會 (2023)。臺灣 2050 淨零轉型「自然碳匯」關鍵戰略行動計畫(核定本)。
- 行政院環境保護署 (2022a)。我國國家溫室氣體排放清冊報告 (2022 年版)。  
[https://unfccc.saveoursky.org.tw/nir/tw\\_nir\\_2022.php](https://unfccc.saveoursky.org.tw/nir/tw_nir_2022.php)
- 行政院環境保護署 (2022b)。第二期環境部門溫室氣體排放管制行動方案(核定本)。  
[https://ghgrule.epa.gov.tw/admin/resource/files/%E7%AC%AC%E4%BA%8C%E6%9C%9F%E7%92%B0%E5%A2%83%E9%83%A8%E9%96%80%E6%BA%AB%E5%AE%A4%E6%B0%A3%E9%AB%94%E6%8E%92%E6%94%BE%E7%AE%A1%E5%88%B6%E8%A1%8C%E5%8B%95%E6%96%B9%E6%A1%88\(%E6%A0%B8%E5%AE%9A%E6%9C%AC\).pdf](https://ghgrule.epa.gov.tw/admin/resource/files/%E7%AC%AC%E4%BA%8C%E6%9C%9F%E7%92%B0%E5%A2%83%E9%83%A8%E9%96%80%E6%BA%AB%E5%AE%A4%E6%B0%A3%E9%AB%94%E6%8E%92%E6%94%BE%E7%AE%A1%E5%88%B6%E8%A1%8C%E5%8B%95%E6%96%B9%E6%A1%88(%E6%A0%B8%E5%AE%9A%E6%9C%AC).pdf)
- 行政院環境保護署 (2023a)。臺灣 2050 淨零轉型「資源循環零廢棄」關鍵戰略行動計畫(核定本)。
- 行政院環境保護署 (2023b)。臺灣 2050 淨零轉型「淨零綠生活」關鍵戰略行動計畫(核定本)。
- 行政院環境保護署 (2023c)。我國國家溫室氣體排放清冊報告 (2023 年版)。  
[https://unfccc.saveoursky.org.tw/nir/tw\\_nir\\_2023.php](https://unfccc.saveoursky.org.tw/nir/tw_nir_2023.php)
- 林師模、盧樂人、林晉勗、葛復光 (2014)。台灣進口部門 Armington 彈性之估計與分析,《台灣經濟論衡》第 12 卷第 1 期,頁 51-80。
- 金融監督管理委員會 (2023)。臺灣 2050 淨零轉型「綠色金融」關鍵戰略行動計畫(核定本)。
- 國科會、經濟部、環保署 (2023)。臺灣 2050 淨零轉型「碳捕捉利用及封存」關鍵戰略行動計畫(核定本)。
- 國家發展委員會 (2022)。公布「十二項關鍵戰略行動計畫」全面推動淨零轉型目標。  
[https://www.ndc.gov.tw/nc\\_27\\_36501](https://www.ndc.gov.tw/nc_27_36501)
- 國家發展委員會 (2023)。臺灣 2050 淨零轉型「公正轉型」關鍵戰略行動計畫(核定本)。
- 國家發展委員會、行政院環境保護署、經濟部、科技部、交通部、內政部、行

- 政院農業委員會、金融監督管理委員會（2022）。臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明。
- 乾 俊輔（2023）。日本為實現氫社會而採取的政策動向-修訂氫基本戰略，2023 臺日年輕經濟官員政策交流研討會。
- 經濟產業省（2021）。2050 年碳中和綠色成長戰略。  
[https://www.meti.go.jp/policy/energy\\_environment/global\\_warming/ggs/index.html](https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/index.html)
- 經濟部（2023a）。臺灣 2050 淨零轉型「風電/光電」關鍵戰略行動計畫（核定本）。
- 經濟部（2023b）。臺灣 2050 淨零轉型「氫能」關鍵戰略行動計畫（核定本）。
- 經濟部（2023c）。臺灣 2050 淨零轉型「前瞻能源」關鍵戰略行動計畫（核定本）。
- 經濟部（2023d）。臺灣 2050 淨零轉型「電力系統與儲能」關鍵戰略行動計畫（核定本）。
- 經濟部（2023e）。臺灣 2050 淨零轉型「節能」關鍵戰略行動計畫(核定本)。
- 經濟部工業局（2023）。產業節能減碳資訊網。  
<https://ghg.tgpf.org.tw/Counseling/index?id=be414c9c56b7491eb18b641b77a600ad>
- 經濟部能源局（2021）。109 年度我國燃料燃燒二氧化碳排放統計與分析。
- 經濟部能源局（2022）。淨零 12 項關鍵戰略行動計劃(草案)-關鍵戰略 2-氫能。
- 經濟部能源局（2023）。111 年度我國燃料燃燒之二氧化碳排放統計與分析。
- 經濟部能源局（2023）。能源統計專區。  
[https://www.esist.org.tw/publication/monthly\\_detail?Id=12618ab72d](https://www.esist.org.tw/publication/monthly_detail?Id=12618ab72d)
- 經濟部淨零辦公室（2023）。2050 淨零排放。<https://www.gomoea.tw/carbonReduceZeroPath/manufacture>
- 經濟部國際貿易局（2023）。歐盟碳邊境調整機制-背景說明與摘要。  
<https://www.greentrade.org.tw/CBAM>
- 劉哲良、吳珮瑛（2021）。臺灣碳社會成本的模擬分析。經濟專論系列。中華經濟研究院。
- 韓國聯合部門（2023）。碳中和綠色成長國家戰略與第一次國家基本計畫概要。  
<https://www.2050cnc.go.kr/base/board/read?boardManagementNo=60&boardNo=2344&searchCategory=&page=1&searchType=&searchWord=&menuLevel=2&menuNo=96>
- 韓聯社（2023）。南韓基本敲定首個國家碳中和綠色增長計畫。  
<https://cb.yna.co.kr/gate/big5/m-cn.yna.co.kr/view/ACK20230410003800881?section=search>

## 附件一、期初報告意見回覆表

審查意見	回覆說明
經濟發展處 吳處長明蕙、邱副處長秋瑩、黃簡任視察月盈、陳專員劍虹、廖專員銘傳	
(一) 文獻回顧	
1. 有關國際淨零轉型路徑案例，建議研究團隊納入其它主要國家以及亞洲鄰近的國家做法，如英國、南韓等國家，並可就各國淨零轉型目標、投入預算、主要做法等進行比較，俾利瞭解我國與國際之差異。	感謝委員建議，已於第二章第一節補充英國淨零轉型與韓國碳中和綠色成長之相關策略。
2. 有關日本綠色成長戰略，規劃 14 個產業領域發展藍圖，本研究僅說明 11 個產業，建議補充說明資源循環產業、Life Style 產業、核能產業等 3 個產業。	感謝委員建議，已補充日本綠色成長戰略關於核能產業、資源循環產業、Life Style 產業等 3 個產業之說明
3. 有關淨零轉型評估工具，建議補充 IEA、IMF 等國際主要機構淨零轉型的效益評估方式及模擬結果。	感謝委員建議，已於第三章第三節補充 IEA、IMF 等機構對於淨零轉型效益評估內容。
4. 有關我國淨零轉型 12 項關鍵戰略之淨零綠生活戰略表 2-19 部分，衛福部預算顯示為 0.00，建議 2023 年、2024 年及 2023-2030 經費預算部分，修正為 0.0020、0.0016、0.0064 億元，避免外界誤解。	感謝委員建議，已依照建議修正。
(二) 研究方法	
1. 有關評估範疇-環境面：本研究依據 2022 年中華民國國家溫室氣體清冊報告，綜整各部門溫室氣體排放結構圖。惟環保署清冊報告內容的部門別與本研究綜整結果不相符，建議詳加說明。	感謝委員建議，部門別是參考 2022 年 12 月 28 日公布之「淨零轉型之目標及行動」，將我國溫室氣體排放部門分為能源、製造、運輸、住商、農業、環境與碳匯，而各部門溫室氣體排放結構圖則參考「我國燃料燃燒二氧化碳排放統計與分析」及「國家溫室氣體排放清冊報告」之數據繪製而成，相關內容已補充及修正。
2. 碳社會成本：參考 CGE 模型作法，建議在附件簡要說明碳社會成本 (SCC) 指標。	感謝委員建議，已補充美國碳社會成本跨單位工作小組對於 SCC 之評估流程與參數，請詳附件七。
3. 有關表 3-3 淨零轉型計畫之部門對映表，12 項關鍵策略與產業別、產品別之對應似乎不盡完整，如碳捕捉利用及封存，不只有生鐵及粗鋼產業	感謝委員建議，部門對映首先盤點個別關鍵戰略行動計畫之規劃內容，思考各行動計畫下的推動措施與具體行動需要哪些產業的參與，以釐清該計

審查意見	回覆說明
發展 CCUS，且行業分類亦未有此項分類，建議說明產業別及產品別之分類原則（依據）。	畫涉及之產業部門，部門則採用 2016 年產業關聯表部門分類，更新對映表請詳表 4-1。
4. 情境設計考量：本研究後續在彙整 12 項戰略對經濟與環境影響途徑後，將進一步針對各項短、中、長期外部因素規劃情境，由於不同情境將影響政府淨零政策效果，建議後續對情境假設宜進行詳細說明。	感謝委員建議，在期中報告主要考量關鍵戰略之投入經費進行淨零轉型效益評估，後續考量外部因素規劃不同模擬情境，將會詳加說明情境假設之內容。

## 附件二、期中報告意見回覆表

審查意見	回覆說明
<b>一、國立中央大學邱教授俊榮</b>	
1. 有別於評估以往政府一般支出計畫，由於淨零轉型計畫牽涉環境面，除了評估政府預算支出計畫的經濟效益外，期待貴院對於環境面效益的評估結果。	感謝委員建議，期中報告階段主要針對淨零轉型計畫的經濟面效益進行評估，期末報告將呈現環境面效益的評估結果。
2. 有關淨零轉型的模型基線，比較基準應是政府沒有投入9千億淨零轉型計畫的可能結果。另隨外在成本（如碳費）逐漸提高，對經濟之衝擊可能逐漸擴大，建議研究團隊納入研析。	感謝委員建議，將考慮若政府沒有投入9千億元經費，且面臨課徵碳費的外在成本提高之情境，進行模擬評估。
3. 在淨零轉型發展趨勢下，國內高碳排產業產值恐大幅受衝擊，建議將高碳排產業進行淨零轉型的影響納入模型評估。	感謝委員建議，評估淨零轉型經費投入效果時，已涵蓋高碳排產業之直接與間接效益，惟高碳排產業後續之淨零轉型屬於衍生效果，未納入本次評估。
4. 有關就業效果，貴院研究評估一年將帶動13.5萬人次就業，為符合實體情境，尤其目前國內勞動需求大於勞動供給的缺工狀態下，創造就業機會亦可能排擠部分產業就業，故建議將勞動供給與資源限制條件納入模型考量。	感謝委員建議，模型機制設定係考量經濟成長與人口成長來決定總勞動供給。
5. 淨零轉型計畫至2030年政府預算將投入9千多億，可能產生財政排擠效果，建議需考量財政支出的機會成本問題。	感謝委員建議，從文獻可知，公共投資的財源若是透過舉債，對經濟產出有擴張效果，若推動淨零轉型的預算以舉債方式支應，短期對政府財政影響是有限，長期如發揮帶動經濟成長效果，預期債務比率會下降，也能降低債務餘額。
6. 建議補充說明主要國家評估政府淨零預算支出帶動經濟面、環境面效益的方法。	感謝委員建議，已補充日本、韓國對實施碳中和綠色成長政策的效益評估結果。
<b>二、中原大學林教授師模</b>	
1. 推動淨零轉型除了帶來經濟與環境面的效益外，也將產生機會成本，建議模型納入考量與修正。	感謝委員建議，將考慮若政府投入9千億元經費，且面臨課徵碳費的外在成本提高之情境，進行模擬評估。
2. 有關研究模型設定、情境設定與評估結果的建議如下： (1) 模型設定方面，由於淨零轉型計	感謝委員建議，模型目前對於儲能、風電、光電等沒有做細部處理，因此沒有辦法直接在這個CGE模型考慮新

<p>畫主要涉及電力、再生能源、新能 源、儲能等部門，不易納入模型設 定。目前貴院 CGE 模型中的產業結 構係直接參考產業關聯表(IO)，並未 針對新興電力部門結構另外估計，可 能無法精確評估淨零轉型的環境面效 益，建議模型設定可以適當調整。此 外，建議部門對映應再釐清，如 CGE 模型產業部門分類中僅單獨一項電力 部門，惟架構圖內又有生質能，建議 再確認。</p>	<p>能源、儲能的效果。而架構圖內的生 質為誤植，已修正。</p>
<p>(2) 情境設定方面，首先，研究結果 僅評估政府預算投入的效益，建議納 入財政排擠效果。其次，建議民間與 政府投資的乘數效果應該要有所差 異。最後，建議補充說明有關能源使 用效率、生產力、國際能源價格等設 定的影響。</p>	<p>感謝委員建議，從文獻可知，公共投 資的財源若是透過舉債，對經濟產出 有擴張效果，若推動淨零轉型的預算 以舉債方式支應，短期對政府財政影 響應是有限，長期如發揮帶動經濟成 長效果，預期債務比率會下降，也能 降低債務餘額。而模型對於民間投資 的設定是依據產業投資報酬率內生決 定、政府投資為外生給定。另外已補 充說明模型的基準情境設定。</p>
<p>(3) 評估結果方面，有關就業效果， 建議參考國際文獻作法，評估創造綠 色就業的效益。另建議補充說明 2030 年政府投入 9 千億預算的減碳效果與 國家長期減量路徑規劃目標的差異， 以及至 2050 年淨零轉型效益評估結 果與模型設定。</p>	<p>感謝委員建議，根據聯合國國際勞工 組織 (ILO) 的定義，綠色就業是指 對保護或恢復環境有貢獻的職業，無 論是在製造業和營建業等傳統部門， 或再生能源和能源效率等新興綠色部 門。由於所有產業都能創造綠色就 業，模型只能評估整體就業效益，無 法釐清屬於綠色就業的部分。另透過 臺灣碳社會成本，計算 2030、2050 年溫室氣體排放目標相較 2020 年排 放量之減碳效益。</p>
<p>3. 建議研究報告揭露基線結果，以及 基線與國際能源價格、生產力變化等 設定，俾利瞭解淨零轉型相對於基線 所帶動的效益。</p>	<p>感謝委員建議，已補充說明模型在國 際能源價格、生產力、能源使用效率 等基準情境設定。</p>
<p>三、 國發會綜合規劃處</p>	
<p>1. 依據評估結果，估算 GDP 平減指 數為負數，建議檢視合理性。</p>	<p>感謝委員建議，由於模型假設經濟體 系額外多一筆錢做為淨零轉型的經費 投入，有可能是這原因造成物價變 化，會再檢視結果合理性。</p>
<p>2. 有關教育人才訓練歸納為政府消 費，僅衡量當年度的帶動效果，建議 補充說明為何沒有納入資本累積存量</p>	<p>感謝委員建議，模型沒有考慮人力資 本累積是因為不知道計畫與人力資本 累積之間的關聯，目前沒有這樣的數</p>

設定。	據或參數做參考來進行假設，所以現階段沒有辦法處理。
3. 由於淨零轉型過程涉及消費行為與生產結構的轉變，建議模型納入相關情境設定，並加以說明相關結構轉變對淨零轉型效益的影響。	感謝委員建議，由於消費行為與生產結構轉變帶來的影響屬於衍生或外部效益，這也涉及每項計畫完成後到底產生哪些效益、效益有多大，這是模型評估最難的地方，所以現階段沒有辦法處理。
<b>四、國發會經濟發展處</b>	
1. 根據國際文獻研究經驗，淨零轉型過程中，前期資本支出投入較高，帶動效果較大，後期呈現逐漸下降趨勢。惟研究結果指出，2029~2030 年民間投資相對基線增加率反而較 2024~2025 年大，建議補充說明可能原因。	感謝委員建議，由於2024-2026年的經費占比較多，帶動效果應該較大，將再重新檢視評估結果。
2. 淨零轉型將帶動儲能、電動車、風電、光電等四大供應鏈，建議報告後續可補充淨零轉型對主要產業產值帶動效果。	感謝委員建議，由於模型目前對於儲能、風電、光電等沒有做細部處理，因此沒有辦法直接透過這個CGE模型拆解出新能源、儲能的效果。
3. 有關 12 項關鍵戰略行動計畫與產業部門進行詳細的對照，惟部分關鍵戰略的產業歸類似乎並未涵蓋重要部門，如「八、資源循環零廢棄」對應廣播、電腦程式設計、資訊服務、研究發展、教育等，但 IO 分類中的 112 廢棄物清除、處理，113 資源回收處理卻未納入，建議可再行檢視。	感謝委員建議，關鍵戰略行動計畫與產業部門對照是依據各戰略的推動策略來做對映。由於關鍵戰略八主要策略在於改善生產觀念，推動創新設計及永續性、研發新興技術、加強社會公眾溝通、推動產品數位護照等，因此才會對映到廣宣、教育、資訊服務、研究發展等部門。



### 附件三、期末報告意見回覆表

審查意見	回覆說明
一、國立中央大學邱教授俊榮	
<p>1.有關本研究評估效益的研究限制，建議研究團隊補充說明：</p> <p>(1)2050 淨零排放路徑甚為關鍵，全球各國家訂定淨零排放的方法、路徑、策略比重不同，達成淨零的軌跡效果也會不同。本研究為評估政府規劃淨零轉型十二項關鍵戰略所投入預算的效益，惟能源轉型路徑仍具不確定性因素，如氫能等潔淨能源的技術發展與普及應用的時程，將影響淨零效益，為本研究評估效益的研究限制。</p>	<p>感謝委員建議，由於淨零轉型需仰賴許多新興能源技術，而從 12 項關鍵戰略可知，這些技術現階段著重於研發、試驗、示範，尚未有具體部署目標，此為目前的評估限制，未來若技術有更進一步的發展，將可考慮納入評估中。</p>
<p>(2)廠商為降低碳排放量，將投資設備汰舊換新，或繳納碳費抵消碳排放量，所以轉型過程將提高廠商成本，而非創造需求增加，甚至可能出現產出減少情況。因此，評估淨零效益應將此因素納入考量，惟侷限於產業關聯表無法呈現，為本研究評估效益的研究限制，建議為未來研究精進方向。</p>	<p>感謝委員建議，本研究嘗試透過情境設計，假設政府沒有投入淨零轉型經費，且排碳必須負擔成本的方式，評估對經濟之影響，結果顯示確實會對經濟有負面效果。另外在 CGE 裡產出是內生，評估結果會因為效率提升、價格下降，而產生一些需求。未來研究將思考如何將淨零轉型的成本適當納入評估中。</p>
<p>2.目前情境三假設政府投入 9 千億預算，且預算由碳費支應，惟碳費收入由環境部規劃用途，依法專款專用，作為溫室氣體管理基金（溫管基金），直接用於減碳、氣候適應的項目，是否支應 9 千億仍須要釐清，建議調整情境設定。</p>	<p>感謝委員建議，由於課徵碳費需專款專用，因此本研究嘗試評估若淨零轉型的經費由碳費收入來支應將會產生何種效果，但確實還需以環境部對碳費收入用途的規劃為主。未來會持續掌握碳費徵收的規劃方向。</p>
<p>3.有關淨零轉型促進就業效益，並非僅為就業量增加，亦涉及就業質性問題，因此，評估效益僅呈現就業機會增加，無法完全衡量淨零轉型對就業影響的全貌，建議補充說明。</p>	<p>感謝委員建議，本研究評估淨零轉型經費投入將創造多少人次的就業機會，僅呈現就業量的變化。而淨零轉型下產業結構調整帶來的勞動需求，是否能與勞動市場相媒合將是另一個層次需考慮的問題。</p>
<p>4.研究團隊為將環境面的因素考量進來去，引用文獻試圖將環境效益以貨幣化呈現，但碳社會成本的差距很大。理解臺灣碳社會成本難以估算，建議未來另行研究。</p>	<p>感謝委員建議，本研究直接引用文獻估算結果，透過價值移轉法來計算減碳效益，而此文獻有考量臺灣本土化的參數，因此估算結果應可代表我國之減碳效益。惟未來若要更細緻化、系統性的將環境效益貨幣化，可再另</p>

	行研究。
二、中原大學林教授師模	
1.本研究主題為評估淨零預算 9 千億推動的效益，並未涉及碳費運用，加上環境部未正式發布碳費運用規劃，因此，建議調整假設情境，以避免研究主題失焦。	感謝委員建議，本研究嘗試透過情境設定，分析淨零轉型經費由政府稅收或碳稅收入支應可能產生的效果差異，為避免偏離評估主題，會在結案報告調整呈現的內容。
2.有關國內外文獻採用 CGE 模型評估淨零議題，建議參考相關文獻，歸納 CGE 模型的設定具備那些特性，如模型設定應包含再生能源、新能源技術、發電技術等，因為電力部門技術的發展為淨零轉型關鍵，尤其國內再生能源產業本土化發展，將帶動國內相關產業關聯效果，影響國內經濟與就業機會。建議未來研究相關議題時，可以將模型的產業設定更細緻化，以貼近目前實體情況。	感謝委員建議，參考IEA及IMF之淨零轉型評估報告，對於淨零轉型的評估需要整合工程模型、經濟模型，以對能源市場、投資、技術等做詳細的描述，而經濟模型會需要包含風光電之再生能源部門。因此未來對於相關議題的研究，將需要投入更長時間做細緻化的設定。
3.有關各個情境設定，情境二擴增誘發風光電投資 3 兆元，結果顯示情境二的實質 GDP、實質產值、民間投資等評估結果均高於其他情境，惟觀察附加價值率，情境一與情境三約為三成，情境二卻只有一成半左右，建議檢視結果的合理性。	感謝委員建議，經檢視結果後發現，情境一政府投入的 9 千億元預算主要是在公共行政業，該行業的附加價值率達七成，而情境二誘發風光電投資 3 兆元主要是投到電力部門，其附加價值率約四成，由於經費主要投入的部門差異，而使兩情境的附加價值率有差異。
4.有關環境面的情境設定，對於電力需求成長率、能源密集度改善率是否為外生設定，建議補充說明。	感謝委員建議，在模型操作電力需求成長、能源密集度是內生，是讓能源結構轉換能夠接近目標。
5.對於環境效益，研究團隊評估臺灣碳社會成本，計算 2030 年及 2050 年相較 2020 年的減碳效益，建議未來研究相關議題時，期待以 CGE 模型評估未來每一年的排碳量、減碳量數值。	感謝委員建議，由於模擬評估時，對於電力需求、能源密集度是按照目標做設定，因此模擬結果應與目標差距不大。
6.建議本研究評估結果與政府公布可帶動效果進行比較，並說明差異之可能原因。	感謝委員建議，已將本研究結果與政府公布的效益做比較。
三、國發會綜合規劃處	
1.有關簡報 P24-26 頁，評估結果顯示名目 GDP 大於實質 GDP，代表平減指數正成長實屬合理，但產值部分卻相反，實質產值比名目產值大，建議檢視合理性。	感謝委員建議，已重新檢視產值評估結果，為名目產值大於實質產值。
2.有關估算碳社會成本的 SSP 情境，	感謝委員建議，未來若有相關碳社會

<p>依據個人經驗觀察人口推估數與國內實際數的差異大，提供參考。</p>	<p>成本之研究，將留意人口數推估之數據。</p>
<p>四、國發會經濟發展處</p>	
<p>1.本研究 CGE 模型係基於產業關聯表，惟研究結果僅呈現整體民間投資、GDP 等數據，建議補充主要產業的帶動效果。</p>	<p>感謝委員建議，已補充主要產業的帶動效果。</p>
<p>2.有關本研究的減碳效益係採用政府目標進行推估，建議補充說明 9 千億投資或誘發民間投資 3 兆的減碳效果。</p>	<p>感謝委員建議，由於模擬評估時，對於電力需求、能源密集度是按照目標做設定，因此模擬結果應與目標差距不大。</p>



## 附件四、期末審查簡報

# 112年度推動淨零轉型之效益研究計畫 期末審查

簡報人：楊請雯 博士 | 中華經濟研究院經濟展望中心

2023.12.20

## 簡報大綱

1. 前言：研究目的與架構
2. 研究方法：評估方法與流程
3. 結果分析：模擬結果
4. 結論與建議

# /01 研究目的與架構

## 前言：國際與我國淨零發展重要里程碑



## 研究目的：推動淨零轉型所帶來的社會經濟與環境影響



### 國家環境目標：

- 2050淨零排放

### 因應措施作法：

- 12項關鍵戰略行動計畫

### 經費投入規劃：

- 2023年：682億
- 2030年：累計9,000億

↓  
經濟與環境影響？

5

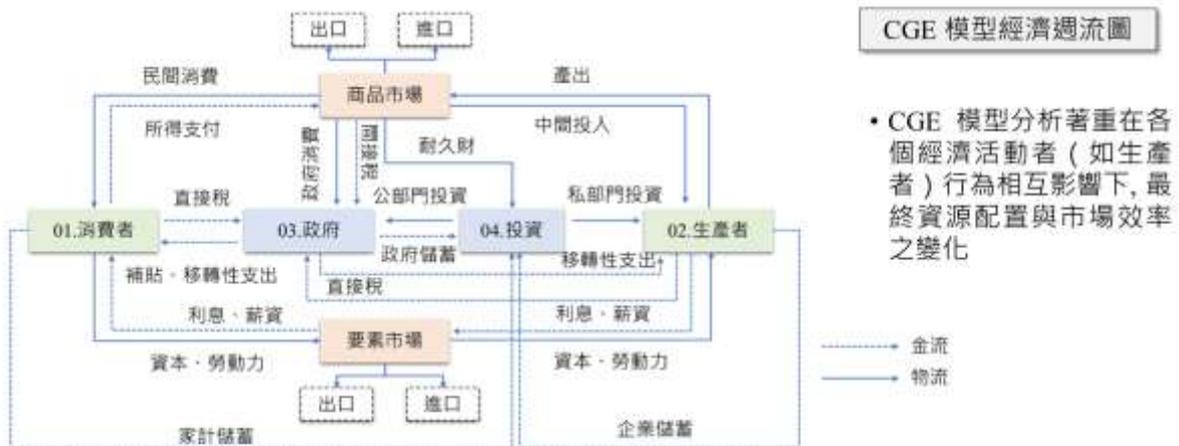
## 研究架構



6

# 102 研究方法

## CGE模型架構：長期一般均衡觀點，考量替代關係



## 模型部門



## 模型基準情境設定

### 人口數

- 依據國發會「中華民國人口推估(2022年至2070年)」結果，採用中推估設定模型人口成長趨勢。
- 人口數在2024年達到2,342萬人後逐年下降，2030年降至2,309萬人。

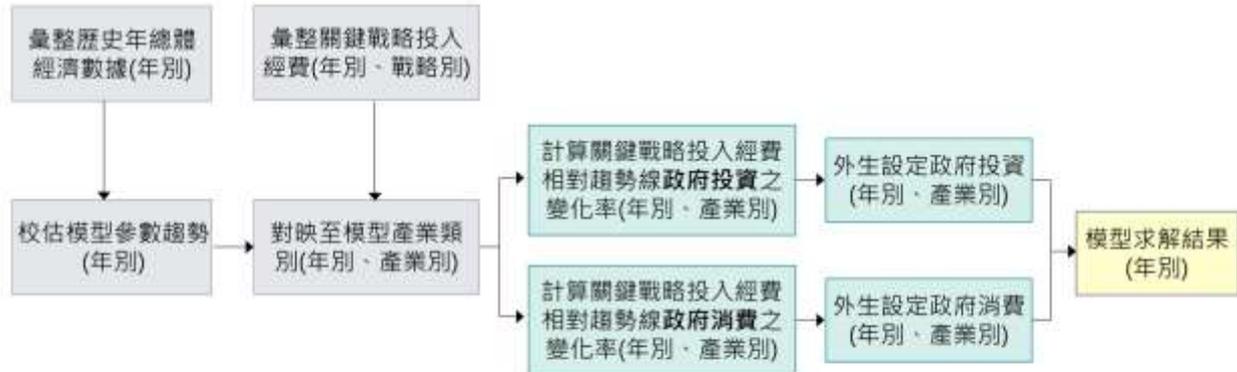
### 總要素生產力

- 參考行政院主計總處多因素生產力趨勢分析報告中各業「工業及服務業部門總要素生產力指數」成長趨勢初步設定模型中技術進步參數。
- 再根據歷史年各業別GDP成長實績值，校估模型技術進步參數。
- 最終以模型反映歷史年各業經濟成長率下的參數變化趨勢，設定未來年成長。

### 國際能源價格

- 參考美國能源資訊署(EIA)2023年「能源年度展望」(Annual Energy Outlook)的參考情境預測資料，2022年到2050年原油、天然氣、煤之價格年均成長率分別為0.0%、-1.9%、0.4%。

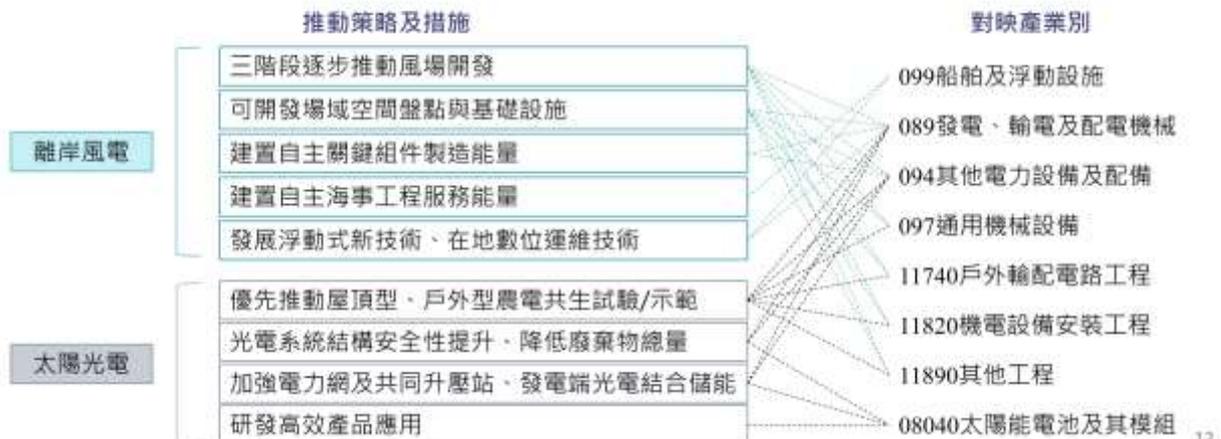
## 模型評估流程



11

## 模型評估流程-對映產業別

- 透過盤點個別關鍵戰略行動計畫之規劃內容，以釐清該計畫涵蓋之產業部門，並將投入經費歸併至對映部門，部門對映則採用2016年產業關聯表部門分類。
- 以關鍵戰略—「風電/光電」為例：



12

## 模型評估流程-對映產業別

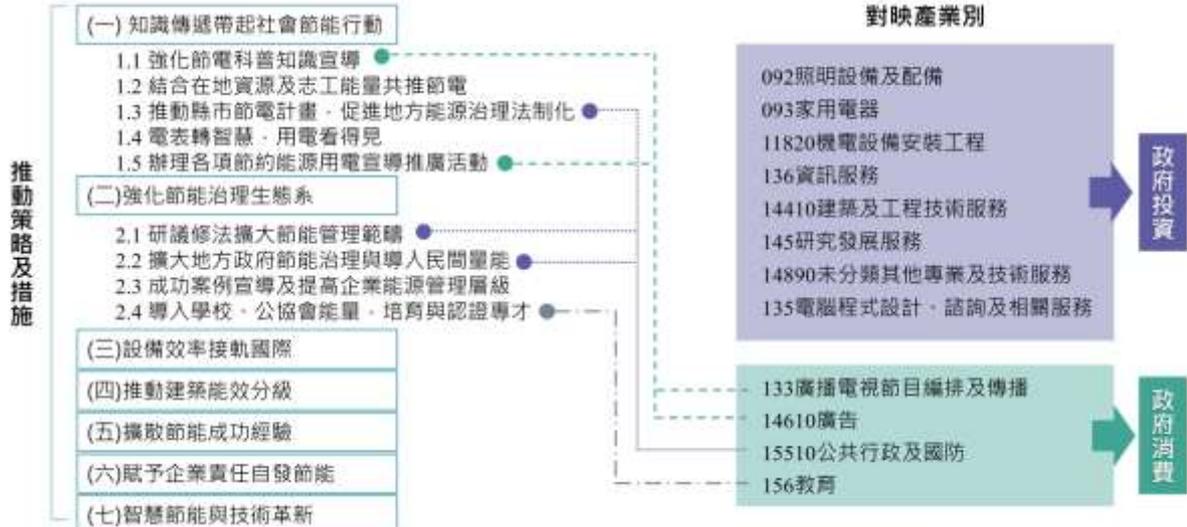
- 12項關鍵戰略行動計畫涉及之產業部門對映至2016年產業關聯表部門分類(詳細內容請參考報告表4-1)

關鍵戰略	類別	對映產業關聯表之產業部門
一、基礎設施	鐵路運輸	0940 交通運輸及倉庫 0941 運輸、郵遞及郵政 0942 航空運輸 0943 鐵路運輸 0944 水陸運輸 0945 航空運輸 0946 鐵路運輸 0947 水陸運輸
	水運運輸	0948 水運運輸
二、資訊	資訊	0949 資訊及通訊 0950 資訊及通訊 0951 資訊及通訊 0952 資訊及通訊 0953 資訊及通訊 0954 資訊及通訊 0955 資訊及通訊 0956 資訊及通訊 0957 資訊及通訊 0958 資訊及通訊 0959 資訊及通訊 0960 資訊及通訊 0961 資訊及通訊 0962 資訊及通訊 0963 資訊及通訊 0964 資訊及通訊 0965 資訊及通訊 0966 資訊及通訊 0967 資訊及通訊 0968 資訊及通訊 0969 資訊及通訊 0970 資訊及通訊 0971 資訊及通訊 0972 資訊及通訊 0973 資訊及通訊 0974 資訊及通訊 0975 資訊及通訊 0976 資訊及通訊 0977 資訊及通訊 0978 資訊及通訊 0979 資訊及通訊 0980 資訊及通訊 0981 資訊及通訊 0982 資訊及通訊 0983 資訊及通訊 0984 資訊及通訊 0985 資訊及通訊 0986 資訊及通訊 0987 資訊及通訊 0988 資訊及通訊 0989 資訊及通訊 0990 資訊及通訊 0991 資訊及通訊 0992 資訊及通訊 0993 資訊及通訊 0994 資訊及通訊 0995 資訊及通訊 0996 資訊及通訊 0997 資訊及通訊 0998 資訊及通訊 0999 資訊及通訊 1000 資訊及通訊
	網路服務	0999 網路服務
三、服務經濟	服務業	0999 服務業
	零售業	0999 零售業
四、電力水資源環境	電力	0999 電力
	水資源	0999 水資源
五、能源	能源	0999 能源
	環境	0999 環境
六、結構性利與社會	結構性利	0999 結構性利
	社會	0999 社會

關鍵戰略	類別	對映產業關聯表之產業部門
七、通訊與數位化及網路化	通訊	0949 通訊
	網路化	0949 網路化
八、資訊服務經濟	資訊服務	0949 資訊服務
	網路服務	0949 網路服務
九、網路經濟	網路經濟	0949 網路經濟
	網路服務	0949 網路服務
十、消費經濟	消費	0949 消費
	消費服務	0949 消費服務
十一、綠色創新	綠色	0949 綠色
	創新	0949 創新
十二、公益轉型	公益	0949 公益
	轉型	0949 轉型

## 模型評估流程-政府投資與消費的區分

- 以關鍵戰略五「節能」為例：



## 模型評估流程-政府投資與消費的區分

- 由於目前對關鍵戰略行動計畫經費之支用用途沒有細部資料，因此將經費分配到對映的產業部門是使用2016年產業關聯表的投資、政府消費比例來進行拆解。
- 整體而言，推動淨零轉型之預算中，政府投資占六成。

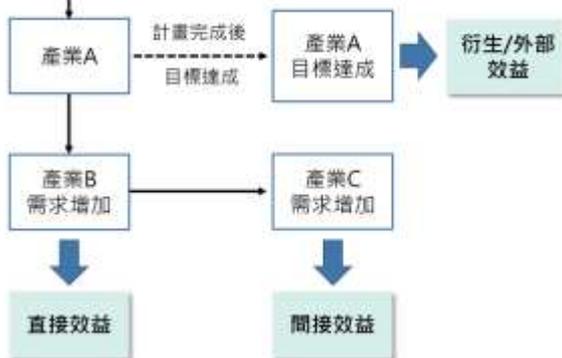
戰略	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
風電/光電	0.6	2.3	3.1	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
氫能	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
前瞻能源	0.7	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
電力系統與儲能	3.2	4.5	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
節能	0.9	2.4	2.3	2.3	1.3	1.3	1.3	1.3
碳捕捉利用及封存	0.1	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
運具電動化及無碳化	0.6	2.2	2.5	3.2	2.6	2.6	2.6	0.6
資源循環零廢棄	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
自然碳匯	0.3	1.9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
淨零綠生活	0.9	0.6	0.6	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
公正轉型	0.0	0.0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
合計	7.4	15.4	14.1	14.4	12.7	12.7	12.7	10.7



15

## 衝擊影響的內涵與評估範疇

淨零計畫實施  
產業A能效改善



報告評估內涵

影響範疇 影響因子	直接效益	間接效益	衍生/外部效益
投入經費	計畫本身直接需求所產生的效益	為滿足直接需求而帶動上下游產業的效益	
績效指標/目標			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 營運產生的效益</li> <li>• 其他誘發投資效益</li> <li>• 減碳效益</li> <li>• 環境效益</li> <li>• ...</li> </ul>

範例

產業A：高耗能製造產業

產業B：產業A能效改善所需投入的服務或產品(如：機械設備業、電子產業、軟體服務業)

產業C：產業B營運所需投入的服務或產品(如：運輸服務業、金融服務業)

16

## 衝擊影響的內涵與評估範疇

- 衍生或外部效益的範圍廣泛，嘗試從不同計畫面向整理可能產生的效益，但效益並非僅限於這些項目，較適合由計畫層級個別進行評估，故不納入評估範疇。



### ■ 能源效率

減少電力設備投資；減輕電力網絡的壓力，減少額外投資的需求  
 空氣品質提升；減輕國家醫療服務的負擔  
 減少能源需求和成本；帶來更高的營業利潤用於再投資  
 提升生產效率；降低生產成本並提高產品產量  
 減少維護需求；降低維護與管理成本  
 能源安全

### ■ 電動車

空氣品質提升；減輕國家醫療服務的負擔  
 減少噪音污染；減輕國家醫療服務的負擔

### ■ 主動運輸

增加運動量；減少罹患疾病的風險  
 減少交通堵塞；減少市區擁擠並節省空間、節省時間成本

### ■ 再生能源

空氣品質提升；減輕國家醫療服務的負擔

### ■ 公共運輸

減少交通堵塞；減少市區擁擠並節省空間、節省時間成本  
 空氣品質提升；減輕國家醫療服務的負擔

### ■ 森林

增加森林面積；過濾空氣、娛樂價值、改善身體健康、洪水管理

17

## 環境面：碳社會成本

- 劉哲良、吳瓊瑛 (2021) 利用台灣技術參數及實證資料進行台灣CSCC的推估，模擬排放量對溫度變化的影響，進而評估溫度變化造成的損害，將2020-2100年的損害折現至2020年，在「代表濃度途徑」(RCPs)與「共享社會經濟路徑」(SSPs)構成不同組合情境下，計算碳社會成本介於每噸0.37美元到1.32美元之間（約為新台幣每公噸10.9元至39.0元）。
- 參考ISO-14008提供的估價方法指引，採用價值移轉法(value transfer method, VTM)概念，將減排量乘上SCC數值，以估算在減量總額下所帶來的環境效益。

情境組合	SSP1	SSP2	SSP3	SSP4	SSP5
RCP4.5	0.45	0.51	0.37	0.49	0.67
RCP6.0	0.60	0.68	0.50	0.66	0.88
RCP8.5	0.87	1.00	0.72	0.97	1.32

資料來源：劉哲良、吳瓊瑛 (2021)。

18

# /03 模擬結果分析

## 模擬情境

- 本研究透過情境設定，模擬評估政府投入經費推動淨零轉型（情境一），以及政府投入經費推動淨零轉型並誘發風光電投資（情境二）的效果差異。

	經濟面	環境面
<b>基線情境</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2023-2030年沒有投入9千億預算推動淨零轉型，為一切照舊的情況</li> </ul>	
<b>情境一</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2023-2030年投入約9千億元預算推動淨零轉型</li> <li>預算來自於政府稅收</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2021-2050年電力需求年均成長2.0%±0.5%</li> <li>至2030年能源密集度年均改善2%以上</li> </ul>
<b>情境二</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2023-2030年投入約9千億元預算推動淨零轉型</li> <li>預算來自於政府稅收</li> <li>誘發風光電投資約3兆<sup>註</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2021-2050年電力需求年均成長2.0%±0.5%</li> <li>至2030年能源密集度年均改善2%以上</li> </ul>

註：依據關鍵戰略一風電/光電至2030年的設置目標，推估誘發投資的投入金額

## 投資帶動效果

➢ 情境二的民間投資、總投資帶動效果優於情境一。

➢ 在情境二：

- 2023-2030年平均每一元投入可帶動民間投資4.22元，平均每年帶動民間投資3,519億元。
- 2023-2030年平均每投入一元可帶動總投資5.21元，平均每年帶動總投資4,329億元。

變數		帶動效果	
		情境一	情境二
民間投資	每一元投入帶動民間投資(元)	1.61	4.22
	平均每年帶動民間投資(億元)	1,326 (2.09%)	3,519 (5.53%)
	2023-2030年累計帶動民間投資(億元)	10,612	28,155
總投資	每一元投入帶動總投資(元)	2.60	5.21
	平均每年帶動總投資(億元)	2,136 (2.91%)	4,329 (5.89%)
	2023-2030年累計帶動總投資(億元)	17,087	34,630

註：括號內為相對基準情境之變動百分比。

21

## GDP帶動效果

➢ 情境二對名目GDP、實質GDP的帶動效果最大。

➢ 在情境二：

- 2023-2030年平均每一元經費投入將創造4.31元的名目GDP，平均每年創造名目GDP約3,541億元。
- 2023-2030年平均每一元投入可帶動實質GDP約1.79元，平均每年將創造1,469億元之實質GDP。

變數		帶動效果	
		情境一	情境二
名目GDP	每一元投入創造名目GDP(元)	2.98	4.31
	平均每年創造名目GDP(億元)	2,471 (0.92%)	3,541 (1.32%)
	2023-2030年累計創造名目GDP(億元)	19,771	28,331
實質GDP	每一元投入創造實質GDP(元)	1.25	1.79
	平均每年創造實質GDP(億元)	1,038 (0.41%)	1,469 (0.59%)
	2023-2030年累計創造實質GDP(億元)	8,305	11,755

註：括號內為相對基準情境之變動百分比。

22

## 產值帶動效果

- 情境二的名目產值、實質產值帶動效果高於情境一。
- 在情境二：
  - 2023-2030年間，平均每一元經費投入將帶動名目產值10.47元，平均每年可帶動8,544億元的名目產值。
  - 2023-2030年平均每投入一元可帶動8.85元的實質產值，平均每年將創造7,182億元之實質產值。

變數		帶動效果	
		情境一	情境二
名目產值	每一元投入帶動名目產值(元)	3.89	10.47
	平均每年帶動名目產值(億元)	3,130 (0.57%)	8,544 (1.55%)
	2023-2030年累計帶動名目產值(億元)	25,037	68,355
實質產值	每一元投入帶動實質產值(元)	3.50	8.85
	平均每年帶動實質產值(億元)	2,807 (0.50%)	7,182 (1.27%)
	2023-2030年累計帶動實質產值(億元)	22,459	57,457

註：括號內為相對基準情境之變動百分比。

23

## 就業創造效果

- 情境二的就業創造效果較佳
- 在情境二：
  - 2023-2030年平均每百萬元投入可望創造4.30人次的就業機會，至2030年將創造43.4萬人次就業機會。

變數		帶動效果	
		情境一	情境二
就業機會	每百萬元投入創造就業機會(人次)	1.34	4.30
	至2030年創造就業機會(千人次)	136	434

24

## 環境面效益



資料來源：國發會(2022) - 淨零轉型之階段目標及行動  
環保署(2023) - 我國國家溫室氣體排放清單報告

- 根據2022年12月「淨零轉型之階段目標及行動」
  - 2030年：相較2005年減少24%±1%，相當於淨排放量為201.2-206.6百萬公噸CO<sub>2</sub>e。
- 台灣碳社會成本介於每公噸10.9元至39.0元。
- 計算2030年溫室氣體排放目標相較2020年排放量之減碳效益

	2030年
相較2020年減碳量(百萬公噸CO <sub>2</sub> e)	56.6-62.0
減碳效益(億元)	
CSCC最小值(10.9元/公噸)	6.2-6.8
CSCC最大值(39.0元/公噸)	22.1-24.2

25

## /04 結論與建議

26

## 結論

本研究模擬評估政府投入經費推動淨零轉型（情境一），以及政府投入經費推動淨零轉型並誘發風光電投資（情境二）的效果差異。2023-2030年累計效益：

- 民間投資：1.06兆元~2.82兆元
- 實質GDP：8,305億元~1.18兆元
- 名目產值：2.50兆元~6.84兆元
- 就業機會：13.6萬人次~43.4萬人次

2023-2030年	情境一	情境二
民間投資(億元)	10,612	28,155
實質GDP(億元)	8,305	11,755
名目產值(億元)	25,037	68,355
就業機會(千人次)*	136	434

註：\*為至2030年累積創造之就業機會。

27

## 建議(1/2)

- 在12項關鍵戰略中，戰略一風電/光電到2030年的目標最為明確，故以此為例評估誘發投資之衍生效益（情境二），結果顯示對經濟面的帶動效果最大。
  - 政府淨零轉型投入對於達成減碳目標及經濟發展極為重要，若有適當政策目標或績效指標引導，將進一步帶動民間參與而創造更大的經濟效益。
  - 建議政府必須儘快協調各部門的減碳行動，訂定明確的績效指標，同時尋找最佳的收入與支出措施組合，以減緩氣候變遷，如果相關收入和支出的氣候措施安排得當，則可在實現減碳目標的同時降低財政成本。
  - 未來減碳需仰賴新興低碳、能源效率提升的技術，然而技術未成熟前需投入大量資源進行研發、試驗，應及早規劃至2050年之預算，加大投資力道，以吸引更多私人部門的參與。

28

## 建議(2/2)

➤ 近年地緣政治風險提升，影響各國面對的能源價格。中經院(2023)模擬以巴衝突造成油價上漲對我國經濟的影響，假設2024年國際原油價格較同年基準情境上漲10%，將造成台灣GDP下降0.44%~0.66%。

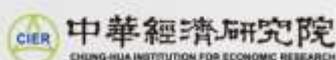
- 因地緣政治所造成的能源價格波動，可能成為朝向潔淨能源轉型的動力，也可能成為阻礙減碳目標達成的阻力，未來需持續關注對淨零轉型的影響。

➤ 參考IEA及IMF之淨零轉型評估模型可知，淨零轉型的評估需要整合工程模型、經濟模型。

- 建議未來參考國際作法進行模型設定與產業部門的劃分等工作，且需投入更長時間掌握新產業部門（風光電、電動車、儲能等）相關投入結構、銷售結構的資料，以及與碳排放量關聯之資訊，來對模型做細緻化的設定。

29

**Thank you**





## 附件五、CGE模型簡介

CGE 模型是以經濟理論為架構且透過數學方程式量化整個經濟體系的金流物流，並藉由情境設計模擬特定事件（或政策）發生可能產生的影響。以下，本研究將於第一小節利用經濟週流圖闡述模型中不同經濟主體之間的互動模式，藉此提出 CGE 模型之特點；緊接著，則藉由巢狀式結構進一步說明不同經濟主體之間的行為決策為何；最後，方提出相對應的數學方程式用以說明重要參數與變數，俾利後續情境設定與模型操作之結合。

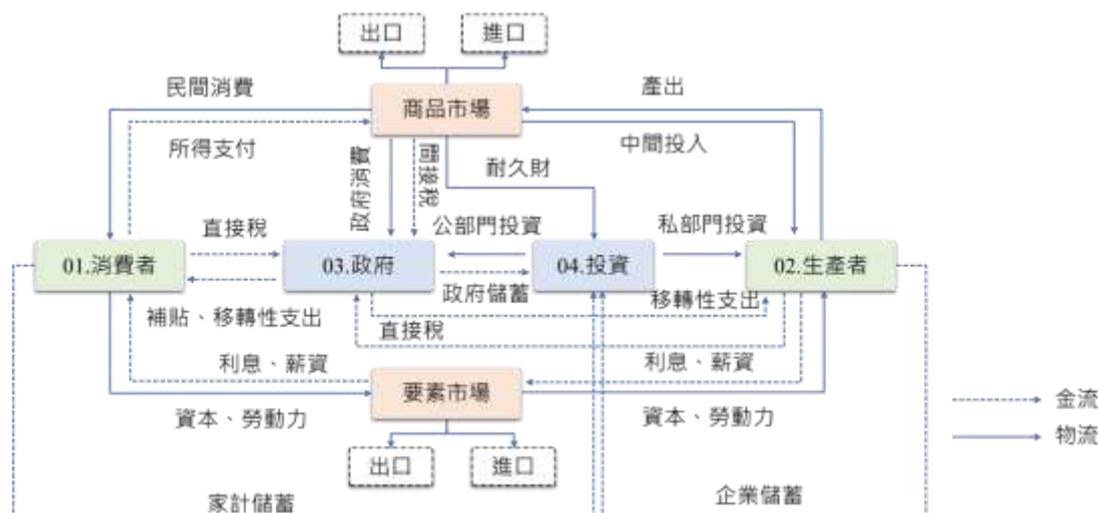
### （一）CGE 模型簡介

CGE 模型延伸 Leontief 投入產出模型，特別強調市場機能運作，並將一個以價格誘因機制為中心的經濟體系融入模型中。模型分析的內容著重在以市場為中心的各個經濟活動者的行為（包括消費者、生產者、政府與國外部門等），並涵蓋經濟活動者和各項資源配置與市場效率的相互關係。因此，CGE 模型結合實際資料、經濟理論及市場均衡，用以解釋整體經濟中消費與生產有關的資源配置問題。

其運作機制係模擬各種不同的經濟活動者在所有市場間的相互作用。假設個別經濟活動者的行為是最適化行為，並將其納入描述其行為的方程式中，這些方程式基本上反映利潤與效用最大化在一階條件下的最適行為決策。此外，CGE 模型要求對體系內所有市場的供需雙方進行完整設定，包括整個經濟體系循環周流的名目價值，藉此 CGE 模型反映了能明確掌握市場機制的經濟結構。

如附圖 1 所示，假設今日經濟體系只有家計單位和產業生產者。此時家計單位因在要素市場已賺取利息或薪資，故

在預算限制下可決定最大商品購買水準以達到效用最大化。於此同時，產業生產者則會依據商品市場銷售情況決定最適生產量，確保投入最低的要素稟賦並獲得最高利潤。



附圖1、CGE模型經濟週流圖

進一步將政府單位加入經濟體系，其將依據國家財政稅法向家計單位（如所得稅）或產業生產者（如生產稅）課徵稅賦。政府獲得稅賦後，部分資金將用於國家政策如補貼（移轉性支出）農民災損部分則用於儲蓄。依據「新古典封閉法則（Neoclassical Closure）」則將假設所有儲蓄均用於資本形成（或稱非金融性投資）。因此，政府儲蓄加上家計單位和產業生產者之儲蓄可視為市場資金供給。資本形成的配比則依據各產業的預期報酬率而決定。隨著投資增加，又會進一步帶動下期產出提高，進而提高要素雇用、消費者所得增加，乃至於稅賦增加等反覆循環。又因本模型是應用年資料進行模擬，故每求解一期就可視為度過一年。除此之外，因模型是應用我國社會經濟資料模擬，外貿問題多透過外生變數給定，故本模型又可稱為單國動態 CGE 模型。

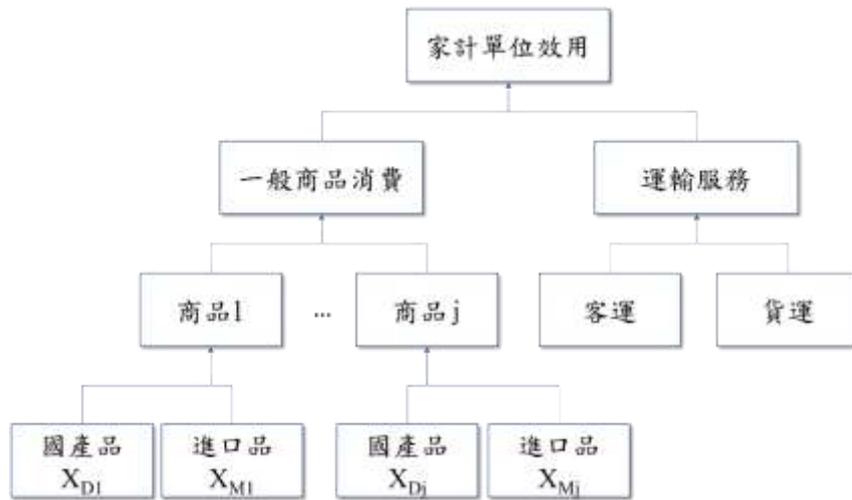
動態 CGE 模型，主要係考量經濟體系中跨期決策的問

題，特別是像資本（實體資本、人力資本或無形資產）等跨期存在的耐久財投資，在當期進行購置決策時，及影響之後財貨存續期間之獲利或效用，或者對未來政策預期會影響當期決策等，皆需要可處理跨期問題的方法來進行。目前國內外較常見的動態 CGE 模型分為兩大類，其一為遞迴動態 CGE 模型（recursive dynamic CGE），另一為跨期動態 CGE 模型（intertemporal dynamic CGE）。前者透過如當期投資累計為下期資本存量等跨期設定，連結不同期之間的相互關聯，並逐期進行單獨求解；後者亦可透過資本累積的類似方式連結期與期之間的關係，但卻是以所有期數之累計淨現值作為決策依據，例如在技術條件下追求各期利潤淨現值總和最大，以求解各期的要素投入與產出。換言之，跨期動態更關心資源在不同期之間的分配。

由前述說明不難理解，整個經濟體系的運作機制皆取決經濟主體（Economic Agents）的決策行為。為進一步舉例說明，本文以產業在生產過程中所需投入之各項要素彼此間之關係，以及家計部門為了滿足效用所決定的商品消費組合之變化，改以巢式結構說明模型運作機制。

## （二）巢式結構

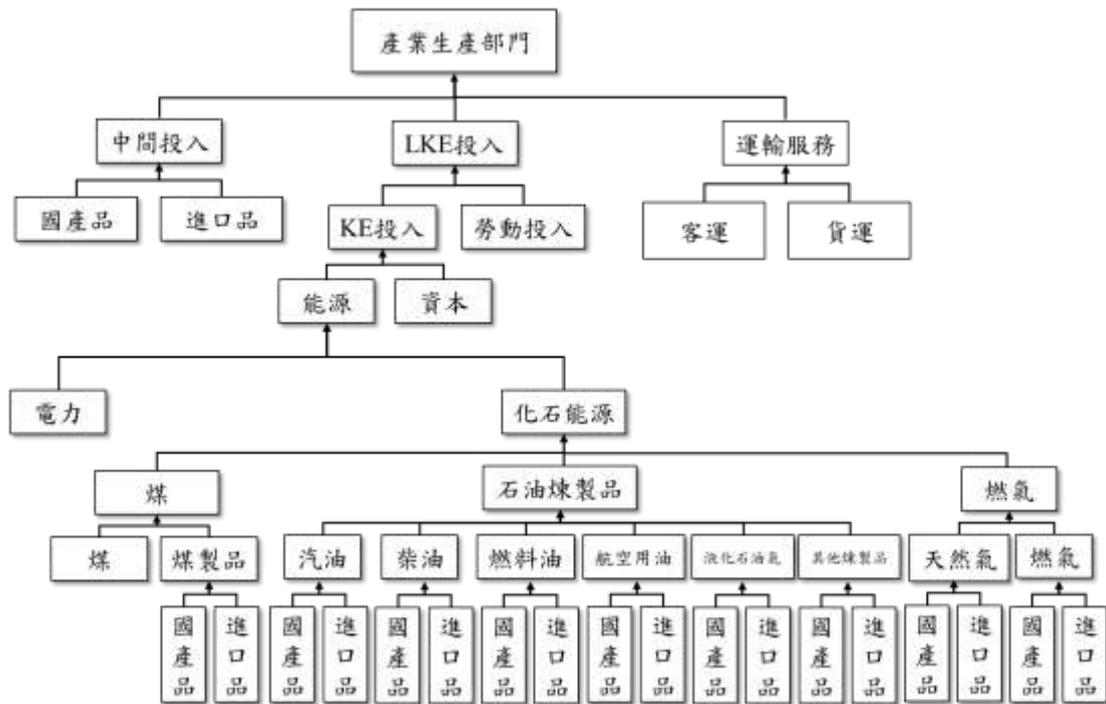
以家計單位為例，在給定預算限制條件下，求解家計單位最大效用的最適消費商品水準。為符合本計畫之需求，特別將消費支出區分為一般商品消費以及運輸服務，如附圖 2 所示。因部分商品供應源頭來自進口或國產，故另外透過 Armington 彈性參數決定商品來源之分配。



附圖2、家計單位巢式結構- 消費決策

在產業生產者方面，各產業別會在要素稟賦給定下，求解成本最小的最適生產量。在確定最適生產量後，將依據 Leontief 函數決定應該投入多少中間投入、LKE 投入與運輸服務投入。其中，中間投入包括生產用的原料或產品銷售所需配合的服務產業。惟部分原料可能來自進口，故中間投入又需另外決定產品或服務之供應來源需再分為國產品和進口品。

LKE 投入部份，包括 KE (Capital and Energy) 與勞動 (Labor) 等要素投入，且以 CES 函數描述兩者之間的替代關係。其中，KE 是指資本及能源的投入，兩者也是以 CES 函數呈現替代關係，能源又再細分為電力與化石能源兩大類型，依據其衍生製品又再細分能源商品若干，如附圖 3 所示。



附圖3、產業生產巢式結構-生產決策

透過巢狀結果可以更加直覺掌握消費者及生產者在模型中的行為模式，惟為量化模擬情境每個行為模式都有相對應的數學方程式用以衡量。考量第三章提及「要評估淨零轉型可能產生影響時，因先釐清各項計畫產生的效益包括(1)生產力、(2)投資、(3)能源價格、與(4)競爭力等因素」，故後續將以模型中價格體系和生產貿易為例說明。

### (三) 模型方程式

#### 1. 價格體系

##### (1) 進口價格

以國內貨幣計價之進口商品價格等於到岸價格轉換為國內幣值後，加計進口稅而得。其中， $PM_{c,t}$ 代表商品 C 在 t 期的進口價格； $CIF_{c,t}$ 代表商品 C 在 t 期的到岸價格； $ER_t$ 代表 t 期的國內幣值； $tm_{c,t}$ 代表商品 C 在 t 期的進口稅。

$$PM_{c,t} = CIF_{c,t} \cdot ER_t \cdot (1 + tm_{c,t}) \quad (1)$$

## (2) 出口價格

以國內貨幣計價之出口價格等於以國際貨幣計價之出口價格經匯率轉換後，扣除出口稅與交易成本而得。其中， $PE_{c,t}$ 代表商品 C 在 t 期的出口價格； $FOB_{c,t}$ 代表商品 C 在 t 期的離岸價格； $ER_t$ 代表 t 期的國內幣值。

$$PE_{c,t} = FOB_{c,t} \cdot ER_t \quad (2)$$

## (3) Armington<sup>13</sup>商品價格（複合式購買價格）

國產與進口的各項商品購買價格加權平均，且以固定替代彈性（Constant Elasticity of Substitution，以下簡稱 CES）表示。其中， $\theta_{c,t}^M$ 代表商品 C 在 t 期的進口價值占比參數； $PM_{c,t}$ 代表商品 C 在 t 期的國內進口價格； $A_{c,t}^M$ 代表商品 C 在 t 期的 Armington 彈性技術進步參數； $\sigma_c^M$ 代表商品 C 在 t 期的 Armington 彈性替代率； $PD_{c,t}$ 代表商品 C 在 t 期的國產價格； $PAG_{c,t}$ 代表商品 C 在 t 期的 Armington 商品價格。

$$\left[ \theta_{c,t}^M \cdot \left( \frac{PM_{c,t}}{A_{c,t}^M} \right)^{(1-\sigma_c^M)} + (1 - \theta_{c,t}^M) \cdot \left( \frac{PD_{c,t}}{A_{c,t}^M} \right)^{(1-\sigma_c^M)} \right]^{\frac{1}{(1-\sigma_c^M)}} \geq PAG_{c,t} \quad (3)$$

## (4) 能源商品價格（複合式能源商品）

複合式能源商品價格，以 CES 函數表示。其中， $\theta_{c,i,t}^{EN}$ 代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入能源種類 C 價值佔複合式能源商品價值比重參數； $PAG_{c,t}$ 代表商品 C 在 t 期的 Armington 商品價格； $A_{c,i,t}^{EN}$ 代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入能源種類 C 的技術進步參數； $\sigma_i^{EN}$ 代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入能源的替代彈性；

<sup>13</sup> 在國際貿易中，同類商品應具有不完全替代關係，並以一固定替代彈性函數來描述二者間的關係，而爾後的學者也將函數中反映不完全替代關係的替代彈性，引申稱為 Armington 彈性（林師模等人，2014）。

$PEN_{i,t}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入的複合式能源價格。

$$\left[ \sum_{c \in EN} \theta_{c,i,t}^{EN} \cdot \left( \frac{PAG_{c,t}}{A_{c,i,t}^{EN}} \right)^{(1-\sigma_i^{EN})} \right]^{\frac{1}{(1-\sigma_i^{EN})}} \geq PEN_{i,t} \quad (4)$$

#### (5) 資本能源價格

資本能源價格，以 CES 函數表示。其中， $\theta_{i,t}^{KE}$  產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入資本佔能源及資本價值比重參數； $PK_t$  代表  $t$  期的資本價格； $A_{i,t}^{KE}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入資本能源技術進步參數； $\sigma_i^{KE}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入資本能源的替代彈性； $PEN_{i,t}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入複合式能源的價格； $PKE_{i,t}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入的資本能源價格。

$$\left[ \theta_{i,t}^{KE} \cdot \left( \frac{PK_t}{A_{i,t}^{KE}} \right)^{(1-\sigma_i^{KE})} + (1 - \theta_{i,t}^{KE}) \cdot \left( \frac{PEN_{i,t}}{A_{i,t}^{KE}} \right)^{(1-\sigma_i^{KE})} \right]^{\frac{1}{(1-\sigma_i^{KE})}} \geq PKE_{i,t} \quad (5)$$

#### (6) 附加價值價格

附加價值價格，以 CES 函數表示。其中， $\theta_{i,t}^{VA}$  產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入勞動力佔能源、資本與勞動力價值比重參數； $PL_t$  代表  $t$  期的勞動力價格； $A_{i,t}^{VA}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入附加價值技術進步參數； $\sigma_i^{VA}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入附加價值的替代彈性； $PKE_{i,t}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入的資本能源價格； $PVA_{i,t}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入的附加價值價格。

$$\left[ \theta_{i,t}^{VA} \cdot \left( \frac{PL_t}{A_{i,t}^{VA}} \right)^{(1-\sigma_i^{VA})} + (1 - \theta_{i,t}^{VA}) \cdot \left( \frac{PKE_{i,t}}{A_{i,t}^{VA}} \right)^{(1-\sigma_i^{VA})} \right]^{\frac{1}{(1-\sigma_i^{VA})}} \geq PVA_{i,t} \quad (6)$$

(7) 收益與成本（生產者價格）

模型假設所有商品市場皆為完全競爭市場，均衡下生產者之稅後總收益等於附加價值與中間投入總成本之和。其中， $PAG_{c,t}$ 代表商品 C 在 t 期的 Armington 商品價格； $\theta_{c,i,t}$ 代表產業 i 在 t 期中非能源商品 C 佔中間投入價值比重參數； $Q_{i,t}$ 代表產業 i 在 t 期的產出； $PVA_{i,t}$ 代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入的附加價值價格； $VA_{i,t}$ 代表產業 i 在 t 期所投入的附加價值； $tq_{i,t}$ 代表產業 i 在 t 期的間接稅率； $PQ_{i,t}$ 代表產業 i 在 t 期的產出價格。

$$\sum_{c \in EN} PAG_{c,t} \cdot \theta_{c,i,t} \cdot Q_{i,t} + PVA_{i,t} \cdot VA_{i,t} = (1 - tq_{i,t}) \cdot PQ_{i,t} \cdot Q_{i,t} \quad (7)$$

(8) 國產產出價格

國產產出價格等於各項商品內銷價格加上出口價格之加權平均。其中， $\theta_{c,t}^Q$ 代表商品 C 在 t 期的出口佔總產出比重參數； $PE_{c,t}$ 代表商品 C 在 t 期的出口價格； $\sigma_c^Q$ 代表商品 C 在 t 期出口內銷的轉換彈性； $PD_{c,t}$ 代表商品 C 在 t 期的國產價格； $PQ_{c,t}$ 代表商品 C 在 t 期的產出價格。

$$\left[ \theta_{c,t}^Q \cdot PE_{c,t}^{(1+\sigma_c^Q)} + (1 - \theta_{c,t}^Q) \cdot PD_{c,t}^{(1+\sigma_c^Q)} \right]^{\frac{1}{(1+\sigma_c^Q)}} \geq PQ_{c,t} \quad (8)$$

(9) 購買者價格

家計單位消費各項商品之加權平均價格。其中， $\theta_{c,h,t}^{HH}$ 代表家計單位 h 在 t 期消費商品 C 所支出佔總支出價值比重參數； $PAG_{c,t}$ 代表商品 C 在 t 期的 Armington 商品價格； $A_{h,t}^{HH}$ 代表家計單位 h 在 t 期的偏好參數； $\sigma_h^{HH}$ 代表家計

單位  $h$  在  $t$  期對消費商品的替代彈性； $PUT_{h,t}$  代表家計單位  $h$  在  $t$  期的購買者價格指數（效用價格指數）。

$$\left[ \sum_c \theta_{c,h,t}^{HH} \cdot \left( \frac{PAG_{c,t}}{A_{h,t}^{HH}} \right)^{(1-\sigma_h^{HH})} \right]^{\frac{1}{(1-\sigma_h^{HH})}} \geq PUT_{h,t} \quad (9)$$

## 2. 生產與貿易

### (1) 要素市場：勞動力

$t$  期勞動供給加上超額勞動供給會大於等於勞動需求加上超額勞動需求，勞動需求則由各產業  $i$  在  $t$  期的勞動要素投入加總。其中， $LS_t$  代表  $t$  期的勞動供給； $LFS_t$  代表  $t$  期的超額勞動供給； $PVA_{i,t}$  代表產業  $i$  在  $t$  期所投入的複合式要素（勞動、資本與能源）價格； $PL_t$  代表  $t$  期的勞動力價格； $A_{i,t}^{VA}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入附加價值技術進步參數； $VA_{i,t}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入附加價值； $\sigma_i^{VA}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入附加價值的替代彈性； $LFD_t$  代表  $t$  期的超額勞動需求。

$$LS_t + LFS_t \geq \sum_i \left[ \frac{PVA_{i,t}}{(PL_t/A_{i,t}^{VA})} \right]^{\sigma_i^{VA}} \cdot \frac{VA_{i,t}}{A_{i,t}^{VA}} + LFD_t \quad (10)$$

### (2) 要素市場：資本能源

$t$  期資本能源供給加上超額資本能源供給會大於等於資本能源需求加上超額資本能源需求，資本能源需求則由各產業  $i$  在  $t$  期的資本能源要素投入加總。其中， $KS_t$  代表  $t$  期的資本能源供給； $KFS_t$  代表  $t$  期的超額資本能源供給； $PKE_{i,t}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入的資本能源價格； $PK_t$  代表  $t$  期的資本價格； $A_{i,t}^{KE}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入資本能源技術進步參數；

$\sigma_i^{KE}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入資本能源的替代彈性； $KE_{i,t}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入資本能源要素； $KFD_t$  代表  $t$  期的超額資本能源需求。

$$KS_t + KFS_t \geq \sum_i \left[ \frac{PKE_{i,t}}{(PK_t/A_{i,t}^{KE})} \right]^{\sigma_i^{KE}} \cdot \frac{KE_{i,t}}{A_{i,t}^{KE}} + KFD_t \quad (11)$$

### (3) 國產內銷商品市場均衡

國產內銷商品供給大於等於國內購買商品。其中， $PD_{c,t}$  代表商品  $C$  在  $t$  期的國產價格； $PQ_{c,t}$  代表商品  $C$  在  $t$  期的產出價格； $\sigma_c^Q$  代表商品  $C$  在  $t$  期出口相對內銷的轉換彈性； $Q_{c,t}$  代表商品  $C$  在  $t$  期的產出； $PAG_{c,t}$  代表商品  $C$  在  $t$  期的 Armington 商品價格； $A_{c,t}^M$  代表商品  $C$  在  $t$  期的 Armington 彈性技術進步參數； $\sigma_c^M$  代表商品  $C$  在  $t$  期的 Armington 彈性替代率； $AG_{c,t}$  代表在  $t$  期購買的複合式商品  $C$ 。

$$\left[ \frac{PD_{c,t}}{PQ_{c,t}} \right]^{\sigma_c^Q} \cdot Q_{c,t} \geq \left[ \frac{PAG_{c,t}}{(PD_{c,t}/A_{c,t}^M)} \right]^{\sigma_c^M} \cdot \frac{AG_{c,t}}{A_{c,t}^M} \quad (12)$$

### (4) 實質總需求市場

實質總需求市場等於產業中間需求加上、民間非能源商品實質支出、能源商品實質支出、政府實質支出、政府實質資本形成與民間實質資本形成。其中， $AG_{c,t}$  代表在  $t$  期購買的複合式商品  $C$ ； $tq_{i,t}$  代表產業  $i$  在  $t$  期的間接稅率； $PQ_{i,t}$  代表產業  $i$  在  $t$  期的產出價格； $PAG_{c,t}$  代表商品  $C$  在  $t$  期的 Armington 商品價格； $\sigma_i^{TOP}$  代表產業  $i$  巢式結構最上層的替代彈性； $Q_{i,t}$  代表產業  $i$  在  $t$  期的產出； $PEN_{i,t}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入複合式能源的價格； $\sigma_i^{EN}$  代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入能源的替代彈性； $EN_{i,t}$  代表產業  $i$  在  $t$  期所需投入的能源；

$PUT_{h,t}$ 代表家計單位  $h$  在  $t$  期的購買者價格指數； $UT_{h,t}$ 代表家計單位  $h$  在  $t$  期的實質總消費； $\theta_{c,t}^{GOV}$ 代表政府單位在  $t$  期消費商品  $C$  佔總政府消費比重參數； $GOV_t$ 代表政府單位在  $t$  期的總消費； $\theta_{c,i,t}^{GOVI}$ 代表政府單位在  $t$  期對產業  $i$  投資耐久財  $C$  的資本形成佔總公共資本形成比重參數； $I_{i,t}^{GOV}$ 代表公部門在  $t$  期對產業  $i$  的實質總資本形成； $\theta_{c,i,t}^{PRV}$ 代表私部門在  $t$  期對產業  $i$  投資耐久財  $C$  的資本形成佔民間資本形成比重參數； $I_{i,t}^{PRV}$ 代表私部門在  $t$  期對產業  $i$  的實質總資本形成。

$$\begin{aligned}
AG_{c,t} \geq & \sum_i \left[ \frac{(1-tq_{i,t}) \cdot PQ_{i,t}}{PAG_{c,t}} \right]_{c \notin EN}^{\sigma_i^{TOP}} \cdot Q_{i,t} \\
& + \sum_i \left[ \frac{PEN_{i,t}}{PAG_{c,t}} \right]_{c \in EN}^{\sigma_i^{EN}} \cdot EN_{i,t} \\
& + \sum_h \left[ \frac{PUT_{h,t}}{PAG_{c,t}} \right]^{\sigma_{h,t}^{HH}} \cdot UT_{h,t} + \theta_{c,t}^{GOV} \cdot \frac{GOV_t}{PAG_{c,t}} \\
& + \sum_i \theta_{c,t}^{GOVI} \cdot \frac{I_{i,t}^{GOV}}{PAG_{c,t}} + \sum_i \theta_{c,i,t}^{PRV} \cdot \frac{I_{i,t}^{PRV}}{PAG_{c,t}}
\end{aligned} \tag{13}$$

#### (5) 出口商品市場

出口商品等於出口相對內銷價格及商品替代彈性乘上產出商品。其中， $EX_{c,t}$ 代表商品  $C$  在  $t$  期的出口； $PE_{c,t}$ 代表商品  $C$  在  $t$  期的出口價格； $PQ_{c,t}$ 代表商品  $C$  在  $t$  期的產出價格； $\sigma_c^Q$ 代表商品  $C$  在  $t$  期出口相對內銷的轉換彈性； $Q_{c,t}$ 代表商品  $C$  在  $t$  期的產出。

$$EX_{c,t} \geq \left( \frac{PE_{c,t}}{PQ_{c,t}} \right)^{\sigma_c^Q} \cdot Q_{c,t} \tag{14}$$

#### (6) 能源商品市場

產業  $i$  在  $t$  期所需投入的複合式能源等於資本能源供給。其中， $EN_{i,t}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期所需投入的能源； $PKE_{i,t}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入的資本能源價

格； $PEN_{i,t}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入複合式能源的價格； $A_{i,t}^{KE}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入資本能源技術進步參數； $\sigma_i^{KE}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入資本能源的替代彈性； $KE_{i,t}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入資本能源要素。

$$EN_{i,t} \geq \left[ \frac{PKE_{i,t}}{(PEN_{i,t}/A_{i,t}^{KE})} \right]^{\sigma_i^{KE}} \cdot KE_{i,t} \quad (15)$$

### (7) 資本能源商品市場

產業  $i$  在  $t$  期所需投入的資本能源等於資本能源供給。其中， $PVA_{i,t}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期所投入的複合式要素（勞動、資本與能源）價格； $PKE_{i,t}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入的資本能源價格； $A_{i,t}^{VA}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入附加價值技術進步參數； $\sigma_i^{VA}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入附加價值的替代彈性； $VA_{i,t}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入附加價值。

$$KE_{i,t} \geq \left[ \frac{PVA_{i,t}}{(PKE_{i,t}/A_{i,t}^{VA})} \right]^{\sigma_i^{VA}} \cdot VA_{i,t} \quad (16)$$

### (8) 附加價值市場

產業  $i$  在  $t$  期所需投入的附加價值等於產業  $i$  在  $t$  期所產生的附加價值。其中， $VA_{i,t}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期生產或提供服務時需投入附加價值； $tq_{i,t}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期的間接稅率； $PQ_{i,t}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期的產出價格； $PVA_{i,t}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期所投入的複合式要素（勞動、資本與能源）價格； $Q_{i,t}$ 代表產業  $i$  在  $t$  期的產出。

$$VA_{i,t} \geq \left[ \frac{(1 - tq_{i,t}) \cdot PQ_{i,t}}{PVA_{i,t}} \right]^{\sigma_i^{TOP}} \cdot Q_{i,t} \quad (17)$$

## 附件六、碳社會成本 (SCC) 介紹

「碳社會成本」(social cost of carbon, SCC) 是對特定年度碳排放量增加造成相關損害的貨幣化估計，旨在包括（但不限於）農業淨生產力、人類健康、洪水風險增加造成的財產損失以及生態系統服務價值的變化。

2009 年美國成立碳社會成本跨單位工作小組 (Interagency Working Group, IWG)，並於 2010 年首次發布碳社會成本估算值，同時呈現在技術支援文件中以做為各單位的指引。此後跨單位工作小組定期審查和重新估算碳社會成本 (SCC)，以反映氣候影響的科學和經濟知識的增長，以及模型改進，直到 2017 年川普總統就任後解散此工作小組為止。但在 2021 年拜登總統上任後，重新成立跨單位工作小組，並公布新版的碳社會成本結果 (Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, United States Government, 2021)。

美國碳社會成本跨單位工作小組採用三種常用於估算碳社會成本的「整合性評估模型」(Intergated Assessment Model, IAM) 進行評估，分別是 DICE (Dynamic Integrated Climate and Economy)、PAGE (Policy Analysis of the Greenhouse Effect) 和 FUND (Climate Framework for Uncertainty, Negotiation, and Distribution) 模型。這些模型包含氣候模組 (climate module)，可將人類排放的溫室氣體轉化為大氣中的濃度變化，將大氣濃度轉化為溫度變化，進一步每個模型使用不同方法來評估溫度變化對經濟的損害，而模型中使用的排放預測是基於特定的社會經濟路徑 (GDP 和人口) (Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government, 2010)。透過模擬分析溫室氣體排

放導致氣候變化所帶來的社會損失，即可量化為每排放一公噸 CO<sub>2</sub> 所產生的成本，或是每減少一公噸 CO<sub>2</sub> 所帶來的效益。

在計算碳社會成本的過程中，每個模型被賦予相等的權重，取各模型所計算出的碳社會成本再加以平均而得。此外，為了說明目前排放的碳會影響到幾十年後的事實，計算出的碳社會成本需要透過折現率 (discount rate) 換算，以表示為了避免對未來社會造成損害，相當於對今日的社會來說價值多少。

估算碳社會成本的方法是使用三個整合性評估模型 (DICE、PAGE 和 FUND)，三個模型內涵的參數和假設差異很大。跨單位工作小組為使模型進行一致性的分析，選擇了三組輸入參數，包括：氣候敏感度、社會經濟和排放軌跡及折現率。氣候敏感度的機率分佈被指定為所有模型的輸入，此外還使用一系列社會經濟參數情境與折現率。跨單位工作小組商定的相關參數如下 (Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government, 2010)：

- Roe 和 Baker 分佈的氣候敏感度參數，範圍界於 0 到 10 之間，中位數為 3°C，累積機率在 2 到 4.5°C 之間為三分之二。
- 基於 EMF-22 的五組 GDP、人口和碳排放軌跡。
- 年折現率為 2.5%、3% 和 5%。

對於每個整合性評估模型，計算特定年度碳社會成本的基本計算步驟如下：

- 1.輸入 EMF-22 模型情境的排放量、GDP 和人口路徑，以及基於這些情境對 2100 年後的推估。
- 2.計算每年排放基線路徑造成的溫度影響和損害。

3. 在第 t 年增加一個額外的碳排放單位(具體單位因模型而異)。
4. 根據調整後的排放路徑，重新計算在 t 年之後所有年度的溫度影像和損害，如同步驟 2 那樣。
5. 每年將步驟 2 中計算的損害值與步驟 4 中計算的損害值相減。
6. 使用事先確定的折現率，將計算出的邊際損害折現換算。
7. 將步驟 6 中計算的損害淨現值，除以步驟 3 中用於衝擊模型的碳排放單位。

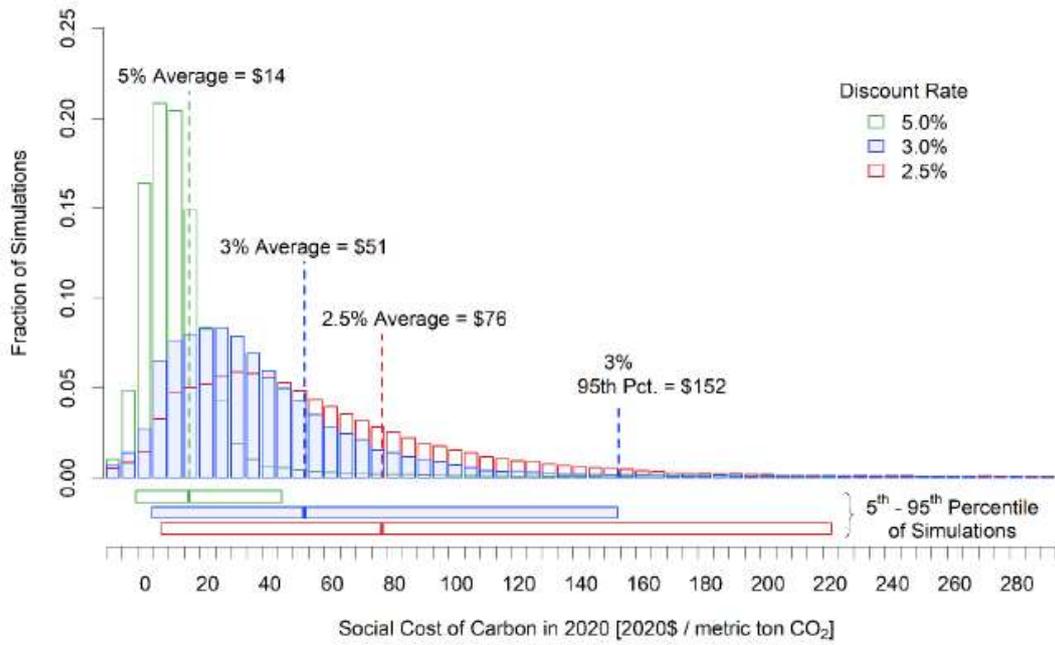
跨單位工作小組公布一組四個碳社會成本值，其中三個值分別是在 2.5%、3%和 5%的折現率下，不同模型、社會經濟和排放情境的平均碳社會成本；第四個值用於提供對社會有害的低機率、高影響結果的邊際損害資訊，使用了 3%折現率計算的第 95 百分位數的碳社會成本值(如附表 1、附圖 4)。

**附表 1、美國 2020-2050 年 SCC 估算結果**

單位：2020 年美元/公噸

年度	折現率和統計			
	5%	3%	2.5%	3%，第 95 百分位數
2020	14	51	76	152
2025	17	56	83	169
2030	19	62	89	187
2035	22	67	96	206
2040	25	73	103	225
2045	28	79	110	242
2050	32	85	116	260

資料來源：Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, United States Government (2021)。



資料來源：Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, United States Government (2021)。

附圖4、美國2020年碳社會成本估計值次數分配

## 附件七、12項關鍵戰略之目標、效益與經費編列

附表2、12項關鍵戰略之績效指標、目標及效益

關鍵戰略	績效指標	目標					效益(減碳量、節電量、節熱量)				
		2025	2030	2035	2040	2050	2025	2030	2035	2040	2050
一：風電/光電	擴大離岸風電設置量	累計設置量 5.6GW	累計設置量 13.1GW			累計設置量 40~55GW	年減碳量 1,059萬噸	年減碳量 2,465萬噸			年減碳量 7,530~10,356萬噸
	擴大太陽光電設置量	累計設置量 20GW	累計設置量 31GW			累計設置量 40~80GW	年減碳量 1,255萬噸	年減碳量 1,945萬噸			年減碳量 2,510~5,020萬噸
二：氫能	氫能混燒/專燒發電裝置容量	累計裝置量 91MW	累計裝置量 91~891MW			累計裝置量 7.3~9.5GW	(混燒測試中)	年減碳量 427~6,877萬噸			年減碳量 1,750萬噸
三：前瞻能源	地熱發電	累計裝置量 20MW	累計裝置量 56~192MW			累計裝置量 3~6.2GW	年減碳量 6.4萬噸	年減碳量 18~62萬噸			
	生質能	累積裝置量 778MW	累積裝置量 805~1,329MW			累計裝置量 1.4~1.8GW	年減碳量 206萬噸	年減碳量 218~400萬噸			
	海洋能	累積裝置量 0~0.1MW	累積裝置量 0.1~1MW			累計裝置量 1.3~7.5GW	年減碳量 0~0.013萬噸	年減碳量 0.013~0.13萬噸			
四、電力系統與儲能	再生能源預測精準度(日前/小時前誤差率%)	•風力：10%/5% •太陽光電：10%/5%	•風力：8%/4% •太陽光電：10%/5%								

關鍵戰略	績效指標	目標					效益 (減碳量、節電量、節熱量)				
		2025	2030	2035	2040	2050	2025	2030	2035	2040	2050
	儲能系統應用 (容量 MW)	電網端： 1,000MW 發電端： 500MW 合計： 1,500MW	電網端： 3,000MW 發電端： 2,500MW 合計： 5,500MW								
	需量反應方案參與 量(容量 GW)	2.8GW	3.0GW								
	AMI 智慧電表基礎 建設(累計戶數)	300 萬戶 (2024 年)	600 萬戶								
	自動化饋線下游5分 鐘內復電事故數占 比(%)	70%	90%								
五、節能	工業節能	<ul style="list-style-type: none"> <li>•製造業逐批汰換製程設備</li> <li>•能源大用戶達 50% 能源納入 ISO 50001 管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•製造業導入高效率低碳製程設備</li> <li>•能源大用戶達 60% 能源納入 ISO 50001 管理</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>•節電量 12,743,006 千度</li> <li>•節熱量 628,231 KLOE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•節電量 34,567,851 千度</li> <li>•節熱量 2,273,296 KLOE</li> </ul>			
	商業節能	<ul style="list-style-type: none"> <li>•每年新增 400 件綠建築</li> <li>•70%採用 LED；</li> <li>30%空調最佳化操作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•每年新增 450 件綠建築</li> <li>•100%採用 LED；</li> <li>60%空調最佳化操作</li> </ul>								

關鍵戰略	績效指標	目標					效益 (減碳量、節電量、節熱量)				
		2025	2030	2035	2040	2050	2025	2030	2035	2040	2050
			•公有新建建築達能效1級或近零碳								
	住宅節能	•住宅建築外殼基準提升5% •市售燈泡100%為LED燈 •每年新增300件綠建築	•住宅建築外殼基準提升至10% •冷氣機、電冰箱MEPS提升至3級基準 •每年新增350件綠建築								
	運具節能	•新增2.5噸以上小貨車納入車輛能效管理	•整體新車能效提升30%								
六、碳捕捉利用及封存	「碳循環關鍵技開發計畫」技術開發						65 噸/年				
	中鋼-場域實作	「鋼化聯產示範線」建置完成			建立「鋼化聯產商業線」			24 萬噸/年		290 萬噸/年	
	中油-場域實作	建置碳捕捉與轉化						碳捕捉100 萬公		碳捕捉200 萬公	碳捕捉300 萬公

關鍵戰略	績效指標	目標					效益 (減碳量、節電量、節熱量)				
		2025	2030	2035	2040	2050	2025	2030	2035	2040	2050
		試驗系 統						噸/年(25萬公噸再 利用/ 封存75萬公噸)		噸/ 年	噸/ 年
	二氧化碳捕捉及封存試驗計畫										CCUS 設備之火 力發電 廠將提 供占比 20-27% 電力
	CCUS 前瞻基礎建設 整體效益	完成建置噸級碳捕獲場域示範技術	帶動民間投資 204 億元，創造產值 360 億元以上					基線 174-179 萬 tCO <sub>2</sub> e/年 (樂觀值 460 萬噸)			
七、運具電動化及無碳化	電動市區公車	車普及率 35%	車普及率 100%					40.3 萬公噸/年			
	電動小客車	市售比 10%	市售比 30%	市售比 60%	市售比 100%			74.1 萬公噸/年			
	電動機車	市售比 20%	市售比 35%	市售比 70%	市售比 100%			58.4 萬公噸/年			
八、資源循環零廢棄	再生粒料工程材料化	使用比率 60%									
	化學品廢液高值材料化	40%									
	事業廢棄物燃料化	60%									

關鍵戰略	績效指標	目標					效益 (減碳量、節電量、節熱量)				
		2025	2030	2035	2040	2050	2025	2030	2035	2040	2050
	有機廢棄物肥料化	60%									
九、自然碳匯	增加森林面積(累計造林面積)	6,600 公頃(2016)	12,600 公頃					10.7 萬 t CO <sub>2</sub> e /年			
	加強森林碳匯經營管理	•累計森林經營 9,500 公頃(2016) •累計竹林經營 5,000 公頃(2022)	•累計森林經營 16,400 公頃 •累計竹林經營 30,000 公頃					森林 4.8 萬 t CO <sub>2</sub> e /年 竹林 40.6 萬 t CO <sub>2</sub> e /年			
	提高國產材利用	國產材產量 10.4 萬立方公尺	國產材產量 20 萬立方公尺					19.7 萬 t CO <sub>2</sub> e /年			
	強化土壤管理方式	種植綠肥作物、草生栽培、有機栽、網溫室設施少整地栽培案積達 11.9 萬公頃、建立示範農場 4 處						19.92 萬 t CO <sub>2</sub> e /年			
	建構負碳農法	•稻草現地掩埋再處理利用率 84.5% •推廣生物性資源物 30 萬公頃						6.03 萬 tCO <sub>2</sub> e/年			
	強化海洋及濕地碳匯管理	強化海草床、紅樹林、鹽沼面積約 6,000 公頃						34 萬 tCO <sub>2</sub> e/年			
十、淨零綠生活	公路公共運輸載客量成長率	較 2015 年成長 3%	較 2015 年成長 7%，達 13.05 億人次								
	一次用產品減少使用量	自 2023 年起累計減	自 2023 年起累計減								

關鍵戰略	績效指標	目標					效益 (減碳量、節電量、節熱量)				
		2025	2030	2035	2040	2050	2025	2030	2035	2040	2050
		少使用 7,500 萬個	少使用 2 億個								
	淨零綠生活認知。	85%	90%								
	民眾淨零綠生活行為。	75 分	80 分								
十一、綠色金融	綠色金融行動方案	公佈金融 評鑑指標 及表現前 20%名單 (2024)									
	上市櫃公司永續發展路徑圖	全體上市 (櫃)公司 完成溫室 氣體盤查 (2027)	全體上市 (櫃)公司 完成溫室 氣體盤查 之確信 (2029)								
十二、公正轉型	聚焦於資源合理分配、社會溝通、減少推動阻力										

附表3、12項關鍵戰略之經費編列

關鍵戰略	策略	經費編列期程(億元)								經費總計 (億元)
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
一、風電/光電	離岸風電	47.11	225.01							272.12
	太陽光電	9.71	5.07							14.78
二、氫能	氫能	9.53	31.08							40.61
三、前瞻能源	地熱發電	21.18	17.61							38.79
	生質能	45.22	1.26							46.48
	海洋能	2.68	3.85							6.53
四、電力系統與儲能		315.11	445.667							760.777
五、節能	知識傳遞帶起社會節能行動	2.22	2.15	2.15	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	16.46
	強化節能治理生態系	0.57	0.60	0.60	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	5.55
	設備效率接軌國際	40.56	47.20	47.20	46.95	11.31	11.31	11.31	11.31	227.15
	推動建築能效分級，淨零建築開步走	1.96	7.04	7.36	7.48	0.32	0.32	0.32	0.32	25.09
	擴散節能成功經驗	27.44	24.99	22.84	19.74	19.84	20.11	20.03	91.87	246.85
	賦予企業責任自發節能	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	10.88
	節能智慧節能與技術革新	14.07	18.07	18.07	18.87	18.22	18.22	18.22	18.22	141.96
六、碳捕捉利用及封存	技術研發投入									3.81
	示範驗證									24.9
	完善法規配套									0.21

關鍵戰略	策略	經費編列期程(億元)								經費總計 (億元)
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
七、運具電動化及無碳化		55.75	90.39	104.95	665.8505 (於 2026 年後分年編列並滾動檢討)					916.9405
八、資源循環零廢棄		18.55	16.16	82.23 (剩餘款項於 2025-2030 之分配未做說明)						116.94
九、自然碳匯	森林	11.927	11.927	12.95/年						125.94
	土壤	6.987	6.987							
	海洋	0.06	0.06							
	濕地	0.967	0.967							
	科技規劃	0.6	0							
	增匯科研	4.38	3.35							
十、淨零綠生活		84.32	64.21	505.34 (剩餘款項於 2025-2030 之分配未做說明)						653.87
十一、綠色金融	永續金融相關研究、評鑑、資料蒐集(預算)	0.186	0.077	0.116						0.379
十二、公正轉型	風電/光電									0.6
	電力系統與儲能									38.29*
	節能									14.9
	碳捕捉利用及封存									3.98
	運具電動化及無碳化									78.4705
	資源循環零廢棄	0.344	0.344	0.344	0.344					1.376
	自然碳匯	23.1648	23.1648	23.1648	23.1648	23.1648	23.1648	23.1648	23.1648	185.3184
	淨零綠生活									13.355*
公正轉型(國發會)										1.98

註\*：電力系統與儲能為 2022 至 2030 年之經費；淨零綠生活為 2022 至 2023 年之經費。



## 附件八、我國各部門溫室氣體排放歷史趨勢分析

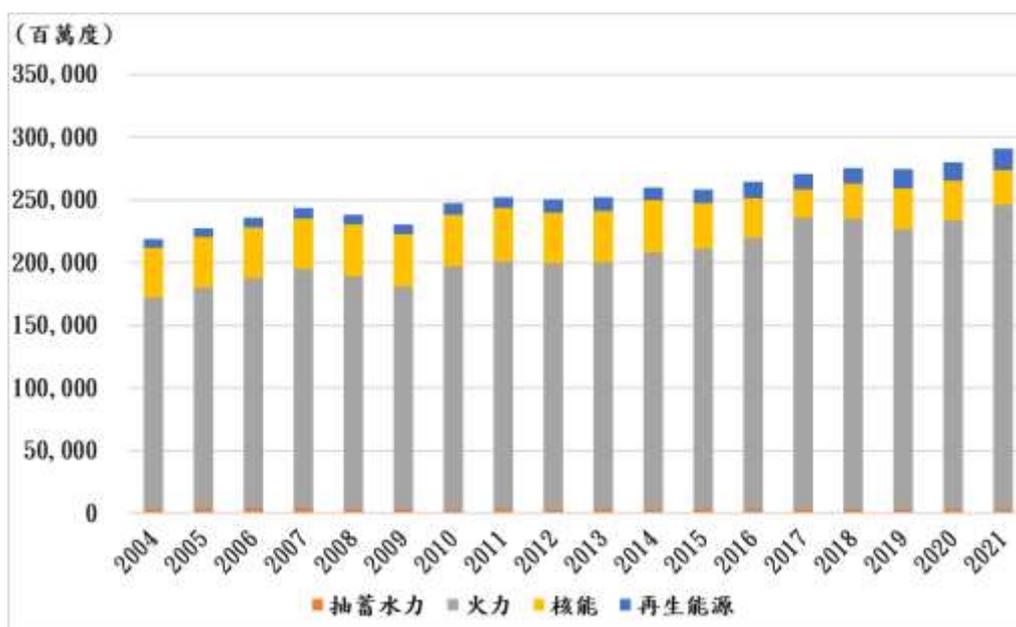
### (一) 能源部門

能源部門包含能源產業之排放與燃料逸散，是我國第四大溫室氣體排放來源，能源部門的溫室氣體排放量自 1990 年來穩定向上增長，僅於 2008-2009 年與 2019-2020 年下降。能源部門溫室氣排放主要來自於能源產業，其中最主要排放源自於發電。隨著經濟成長與產業發展，臺灣所需之發電量逐年增加，因此造成發電產生之溫室氣體穩定成長，然而在 2008-2009 受到金融海嘯影響，經濟衰退使用電需求下降，發電產生之溫室氣體減少，溫室氣體排放量因而下降。臺灣發電結構以火力發電為主體，於 2017 年其占比高達總發電量之 85.9%，於 2019 年火力發電占比下降至 81.5%，且發電量些微下滑的情況下，能源部門溫室氣體排放量減少，而在 2020 年火力發電中，以燃氣取代部分燃煤使溫室氣體排放降低。雖在政府戰略一與戰略三的政策下增加大量的再生能源裝置容量，但受限於發電量占總發電量比例低於 10%，再生能源難以取代火力發電之占比，因此能源部門溫室氣體排放呈現上升趨勢（參考附圖 5、附圖 6）。



資料來源：經濟部能源局（2021）、行政院環境保護署（2022a）

附圖 5、能源部門溫室氣體排放趨勢

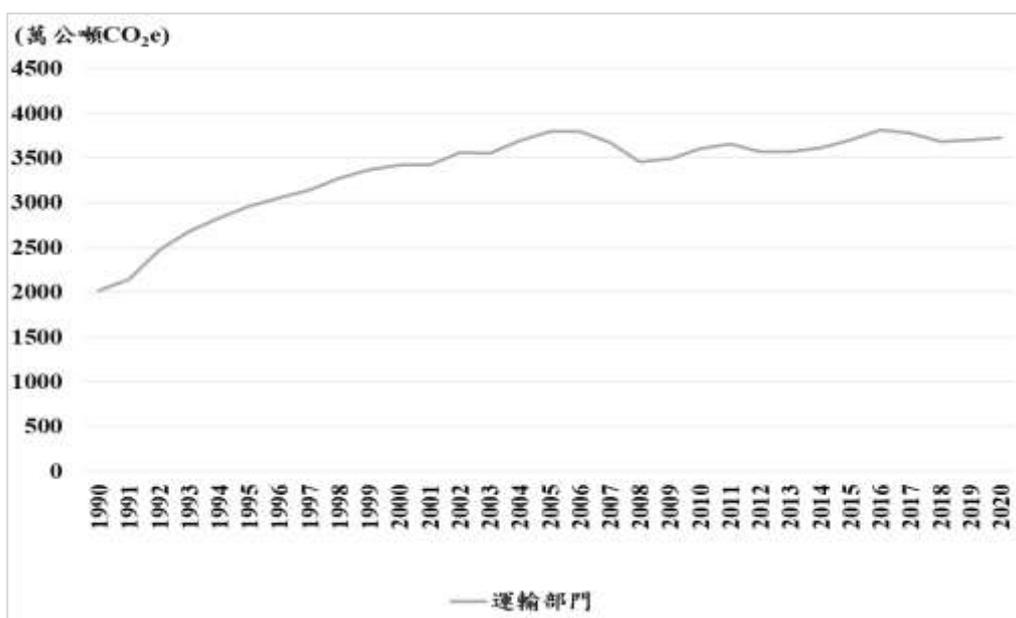


資料來源：經濟部能源局（2023）。

附圖 6、我國發電結構

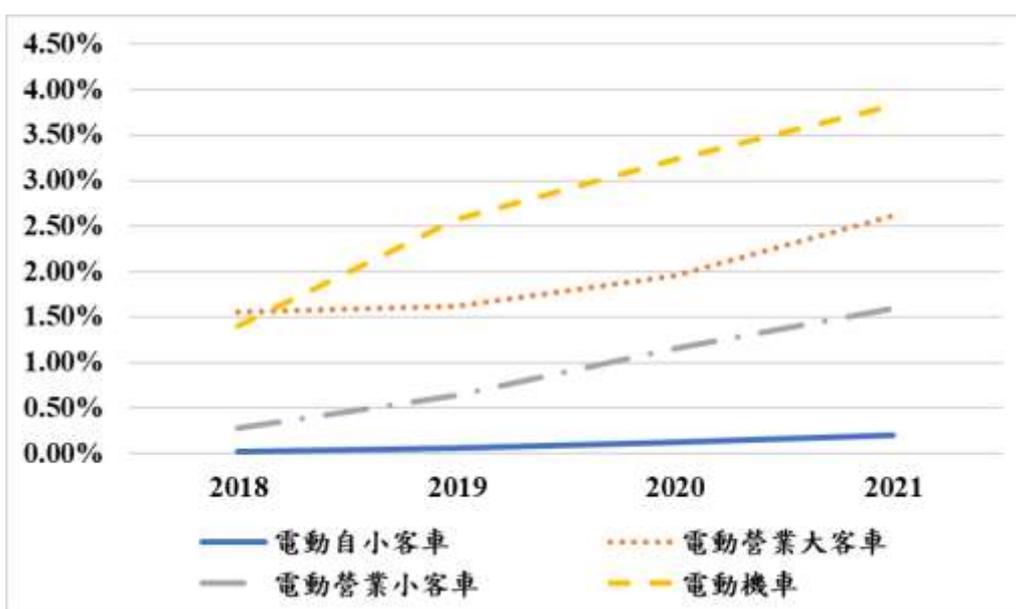
## （二）運輸部門

運輸部門為我國溫室氣體排放第三大來源，其最主要之排放來源為運具排放。隨著經濟成長，運輸需求增加，運輸部門溫室氣體排放自 1990 年以來呈現成長趨勢，2008 年受到金融海嘯的影響，溫室氣體排放量有所下降，隨後恢復成長（如附圖 7）。在政府戰略七的策略下推行運具電動化，電動車登記數占總登記數之占比有所成長，結至 2021 年為止，電動機車達 546,438 臺，占比約 3.83%；電動營業大客車達 793 臺，占比約 1.95%；電動營業小客車達 3,855 臺，占比約 1.15%；電動自用小客車達 14,290 臺，占比約 0.21%（如附圖 8）。



資料來源：經濟部能源局（2021）、行政院環境保護署（2022a）

附圖7、運輸部門溫室氣體排放趨勢



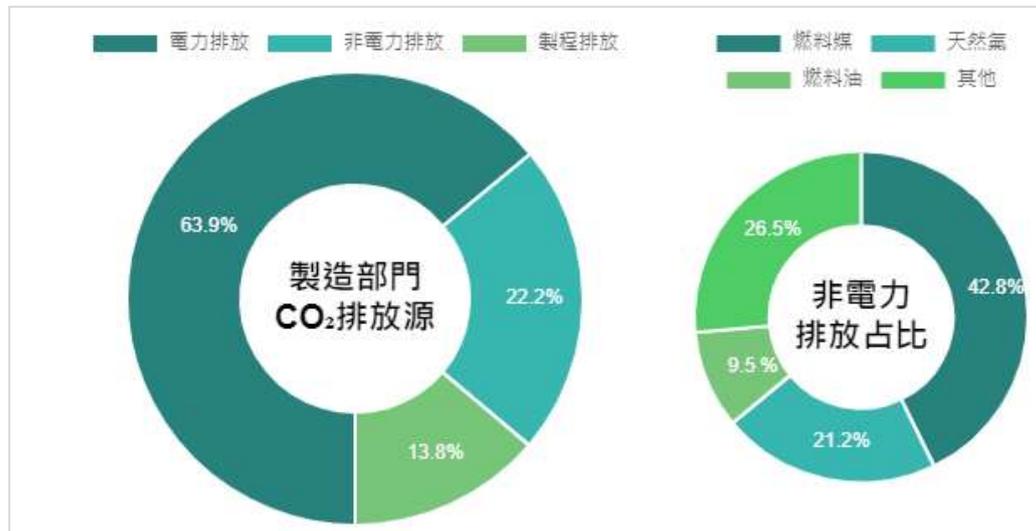
資料來源：公路總局統計查詢網。

附圖8、電動運具數量占比

### (三) 製造部門

製造部門包含製造業與營造業和工業製程及產品使用部門，為我國溫室氣體排放最大來源，其排放結構主要由電力、非電力與製程三個部分所組成（如附圖9），2019年製造

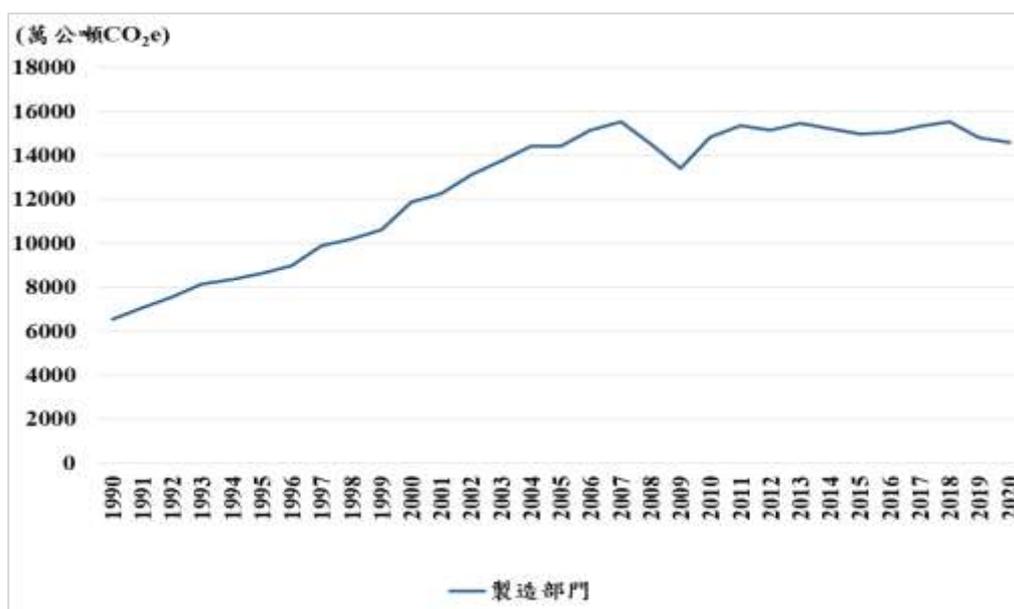
部門電力排放占製造部門總排放之 63.9%，是製造部門最主要的排放來源。因此製造部門針對製程改善、能源轉換及循環經濟三個方面進行減碳策略規劃（經濟部工業局，2023）。



資料來源：經濟部淨零辦公室（2023）

### 附圖9、製造部門2019年二氧化碳排放結構

製造部門溫室氣體排放趨勢如附圖 10 所示。隨著經濟成長，廠商的生產活動擴大，製造部門自 1990 年維持成長趨勢，2008 年至 2009 年受到金融海嘯影響而下降，隨後恢復成長至源排放水平，2011 年後排放成長速度減緩而在 2018 年後開始下降。經濟部於 2005 年與全國工業總會及 6 大產業公會簽署之自願性二氧化碳排放減量協議，並於 2012 年擴大至 11 個產業工會（經濟部工業局，2023）。根據經濟部工業局統計，2005 年至 2012 年間，我國鋼鐵、石化、水泥、造紙、人纖、棉布印染、絲綢印染、複合材料及其他（含食品、電子及塑膠）等 9 大產業二氧化碳減量達 844 萬公噸，並於 2020 年累計減量達 1,619 萬公噸。經濟部工業局也有提供產業輔導措施，協助產業達成節能減碳之目標，如：「能效提升推動輔導」、「低碳生產推廣輔導」、「產品環境足跡與資源永續推動輔導」、「區域能資源整合推動」等措施。



資料來源：經濟部能源局（2021）、行政院環境保護署（2022a）

附圖10、製造部門溫室氣體排放趨勢

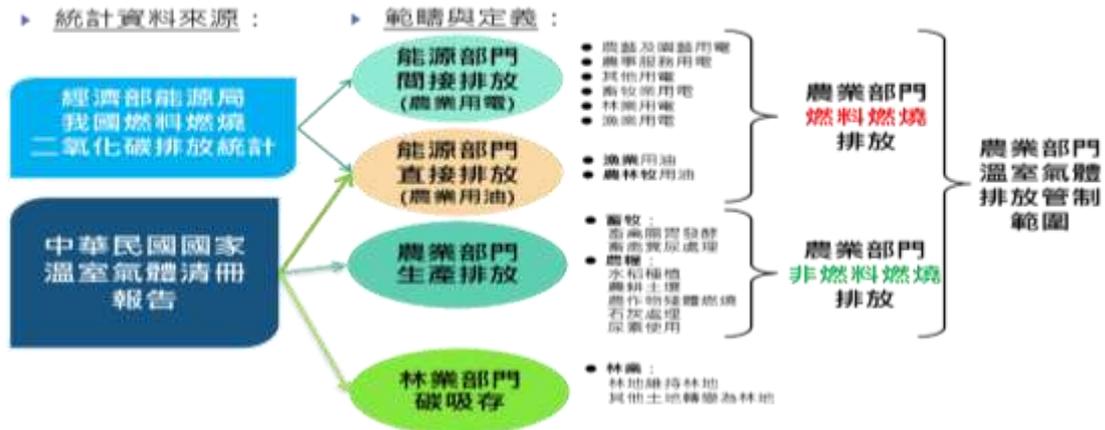
#### （四）農業部門

根據我國行政院農業委員會於2020年12月2日所發布之「臺灣農業部門在溫室氣體減量貢獻及因應乾旱調適策略」中，其將我國農業部門溫室氣體排放管制之範疇定義如附圖11所示，統計資料來源分為（1）經濟部能源局「我國燃料燃燒二氧化碳排放統計」、（2）「中華民國國家溫室氣體清冊報告」，並區分為農業部門的燃料燃燒排放以及非燃料燃燒排放，以下將針對此兩大類進行分述：

##### 1. 農業部門燃料燃燒排放

我國農業部門燃料燃燒排放計算範疇包含，能源部門的間接排放（農業用電）以及能源部門的直接排放（農業用油），其中，農業用電包含農藝及園藝用電、農事服務用電、其他用電、畜牧業用電、林業用電、漁業用電；農業用油包含漁業用油以及農林牧用油，其統計資料皆來自於經濟部能源局於每年所發布之「我國燃料燃燒二氧化碳排放統計分析」。

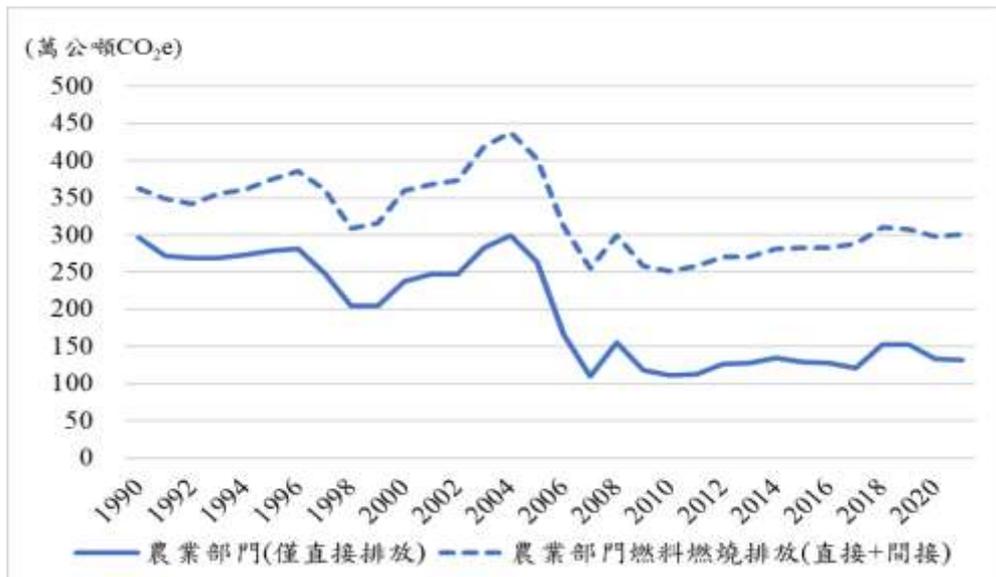
## 農業部門溫室氣體排放管制範疇



資料來源：行政院農業委員會 (2020)。

附圖 11、農業部門溫室氣體排放管制範疇

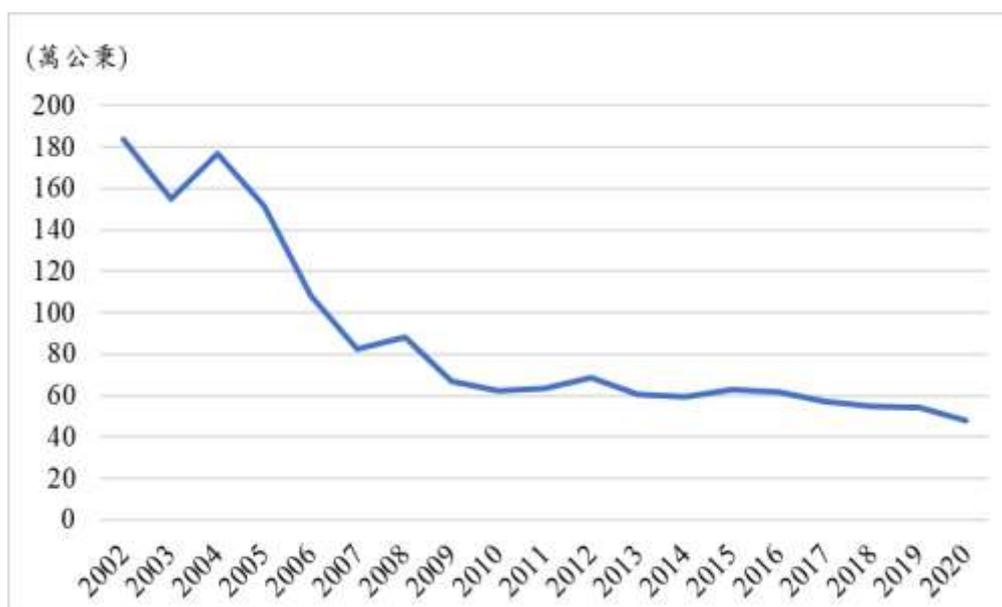
附圖 12 為經濟部能源局於 2022 年所公布之「110 年度我國燃料燃燒二氧化碳排放統計與分析」中，我國農業部門燃料燃燒排放的溫室氣體排放歷史趨勢。由歷史趨勢圖可以看出，我國農業部門燃料燃燒之溫室氣體排放最高峰為 2004 年的 437.85 萬公噸 CO<sub>2</sub>e，並於 2005 年開始下降，2007 年達到最低點的 255.87 萬公噸 CO<sub>2</sub>e，至此之後我國農業部門之燃料燃燒之溫室氣體排放趨於平緩，2021 年為 300.50 萬公噸 CO<sub>2</sub>e。



資料來源：經濟部能源局 (2022)。

附圖 12、農業部門燃料燃燒溫室氣體排放歷史趨勢

由附圖 12 可以看出我國農業部門燃料燃燒溫室氣體排放自 2005 年大幅下，推測與我國所提出之「自願性休漁獎勵辦法」及「收購漁船(筏)計畫」等相關政策有關，我國自 2002 年開始實施「自願性休漁獎勵辦法」，只要該漁船累積出海作業九十天以上且作業時數二百七十小時以上，並且在國內港口休漁一百二十日以上，即可獲得相關的補助獎勵。「收購漁船(筏)計畫」則自 1990 年陸續分階段開始實施，並於 2008 年提高漁船、漁筏收購金額，讓無意繼續經營的漁民可以擁有妥善的退場機制，同時減少老舊漁船的使用以減少能耗。附圖 13 為 2002 年至 2020 年我國漁船用柴油發油量統計，圖中顯示我國漁船用柴油發油量同樣自 2004 年過後開始大幅下降之今，截至 2020 年已僅剩 47.9 萬公秉，相較於 2004 年的 176.7 萬公秉減少了 73%。



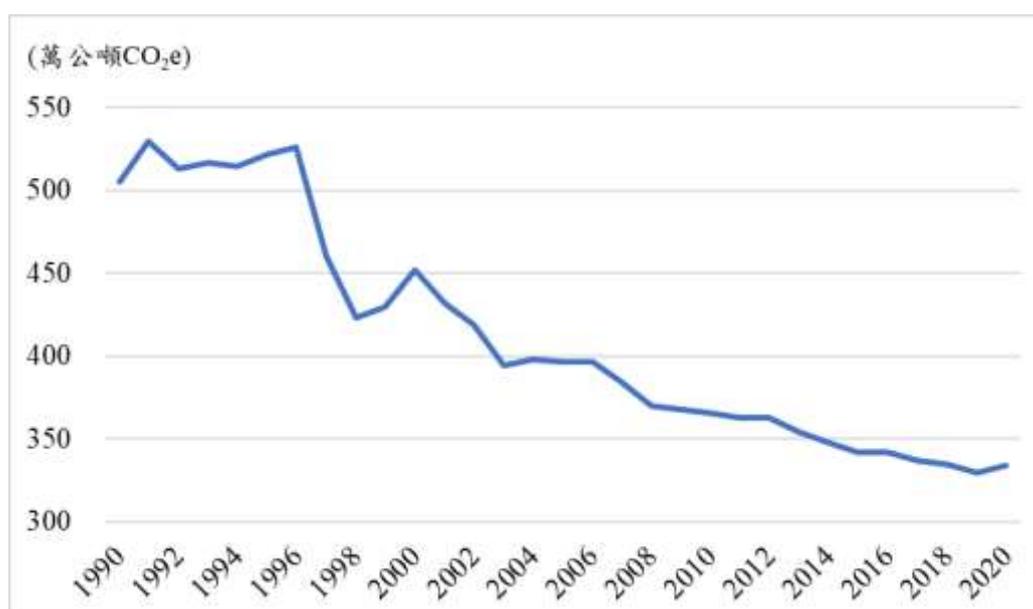
資料來源：行政院農業委員會（2021）。

附圖 13、漁船用柴油發油量

## 2. 農業部門非燃料燃燒排放

我國農業部門非燃料燃燒排放計算範疇為「中華民國國家溫室氣體清冊報告」中，農業部門的生產排放，其包含：

畜禽腸胃發酵、畜禽糞尿處理、水稻種植、農耕土壤、農作物殘體燃燒、石灰處理、尿素使用等所產生的溫室氣體排放，附圖 14 為 2022 年 8 月行政院環境保護署所發布之「中華民國國家溫室氣體排放清冊報告」中，針對農業部門非燃料燃燒溫室氣體排放歷史趨勢圖。圖中顯示，我國農業部門非燃料燃燒之溫室氣體排放自 1996 年開始呈現明顯下降的趨勢，截至 2020 年僅剩 334.47 萬公噸 CO<sub>2</sub>e。



資料來源：行政院環境保護署（2022a）。

#### 附圖 14、農業部門非燃料燃燒溫室氣體排放歷史趨勢

### （五）住商部門

依據內政部與經濟部於 2022 年月所公布之「第二期住商部門溫室氣體排放管制行動方案(核定本)」中，將商業（服務業）部門<sup>14</sup>以及住宅部門的溫室氣體排放量一起進行分析以及政策制定，因此本段落將先針對住商部門之溫室氣體排放歷史趨勢進行分析，再分別針對商業部門以及住宅部門進行分析。

<sup>14</sup> 內政部與經濟部於「第二期住商部門溫室氣體排放管制行動方案(核定本)」中，將經濟部能源局所發布之「我國燃料燃燒二氧化碳排放統計與分析」中的「服務業部門」稱為「商業部門」。

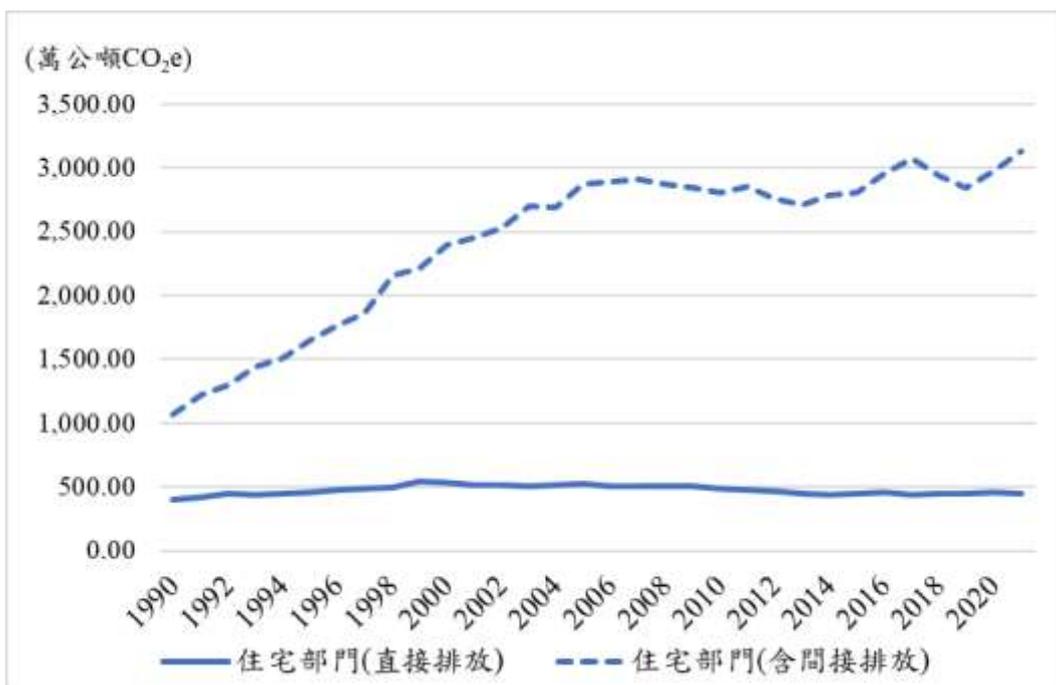
首先，附圖 15 為我國住商部門溫室氣體排放歷史趨勢圖，圖中顯示我國住商部門溫室氣體排放(包含間接排放)呈現逐年上升的趨勢，自 1990 年的 2,008.15 萬公噸 CO<sub>2</sub>e 逐漸上升，並於 2017 年達到高峰 6,108.47 萬公噸 CO<sub>2</sub>e，雖自 2017 年過後開始出現下降的趨勢，但下降幅度並不明顯；附圖 16 以及附圖 17 為我國住宅部門及商業部門溫室氣體排放歷史趨勢圖，首先若只考量住宅部門以及商業部門溫室氣體直接排放，可以看出皆無明顯成長或下將趨勢，並以 2021 年為例，直接排放量僅占住宅以及商業部門整體溫室氣體排放量 14.40%、13.08%，如附圖 18 所示。

綜上所述，在住宅部門以及商業部門中，溫室氣體的間接排放量也就是電力排放，占整體溫室氣體排放比例較高，因此節約用電為推動後續住商部門溫室氣體減量之首要工作（內政部、經濟部，2022）。



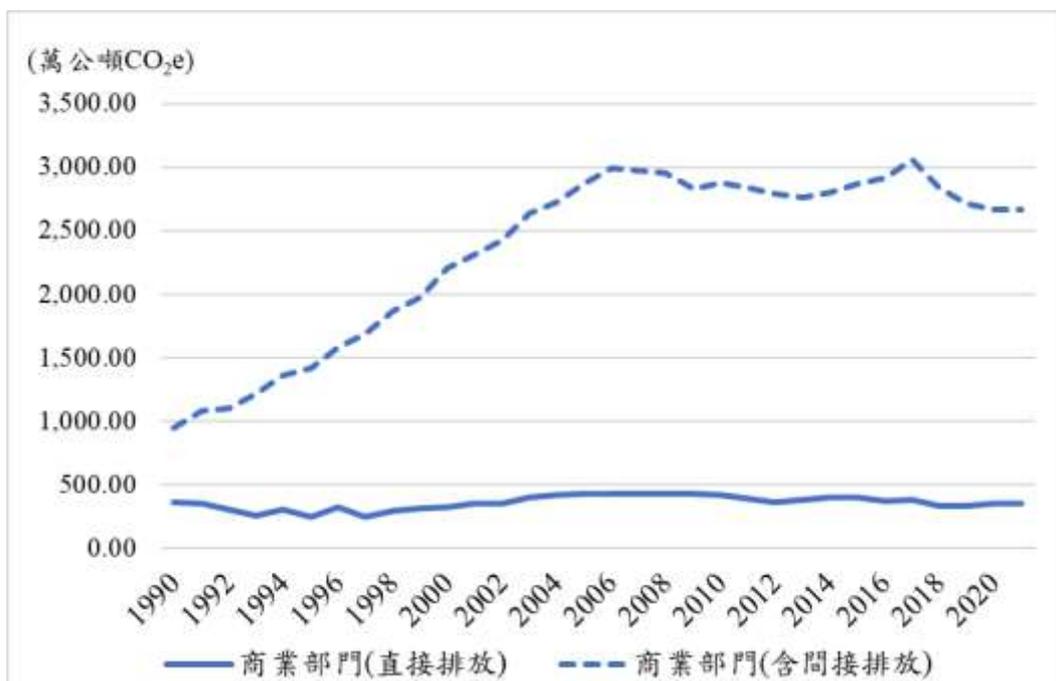
資料來源：經濟部能源局（2022）。

附圖 15、住商部門溫室氣體排放歷史趨勢



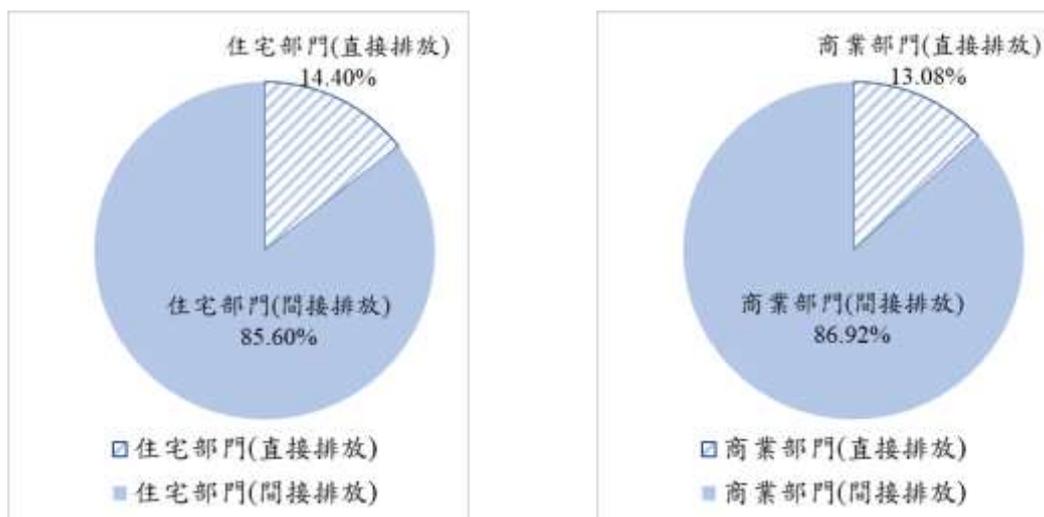
資料來源：經濟部能源局（2022）。

附圖 16、住宅部門溫室氣體排放歷史趨勢



資料來源：經濟部能源局（2022）。

附圖 17、商業部門溫室氣體排放歷史趨勢



資料來源：經濟部能源局（2022）。

附圖 18、2021 年住商部門溫室氣體排放分析

### （六）環境部門

行政院環境保護署於 2022 年 9 月發布「第二期環境部門溫室氣體排放管制行動方案(核定本)」，而環境部門溫室氣體排放範疇為來自於處理民眾日常生活及經濟活動所產生之固體廢棄物、生活污水及事業廢水的一系列過程中，所產生的溫室氣體，若進一步劃分的話，則可分為五大類：(1) 廢棄物掩埋處理、(2) 廢棄物生物處理、(3) 廢棄物焚化處理、(4) 污廢水處理排放、(5) 其他。



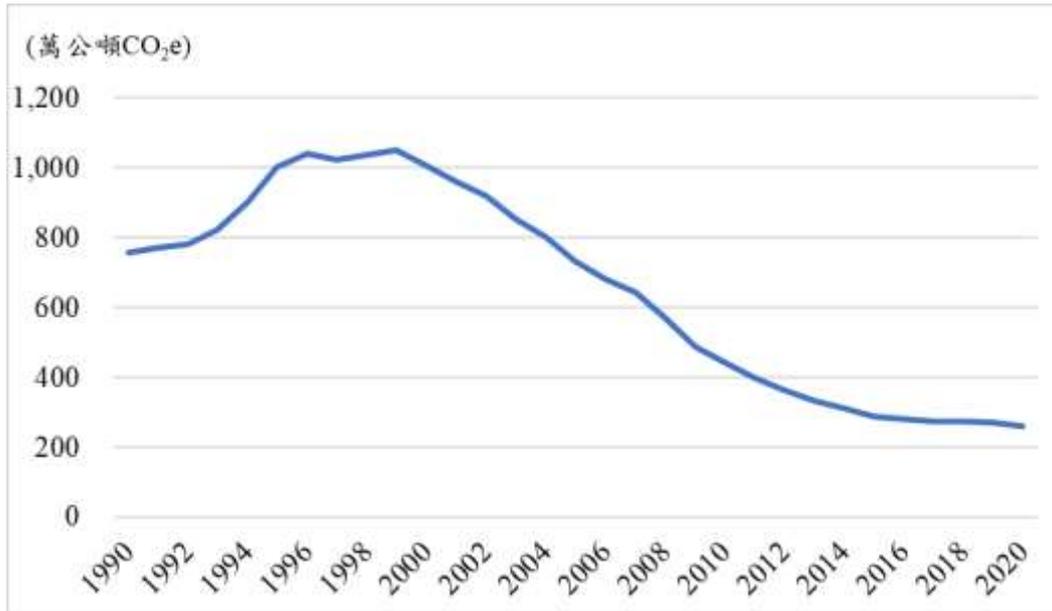
資料來源：行政院環境保護署（2022b）。

附圖 19、環境部門溫室氣體排放範疇

若將上述環境部門溫室氣體排放五大分類與行政院環境保護署所發布之「我國國家溫室氣體排放清冊報告」(以下簡稱清冊報告)進行比對，則可以發現，環境部門於清冊報告中被歸類為「廢棄物部門」；(1) 廢棄物掩埋處理對應為 5.A 固體廢棄物處理、(2) 廢棄物生物處理對應為 5.B 固體廢棄物之生物處理、(3) 廢棄物焚化處理對應為 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒、(4) 污廢水處理排放對應為 5.D 廢水處理與放流、(5) 其他則對應 5.E 其他。

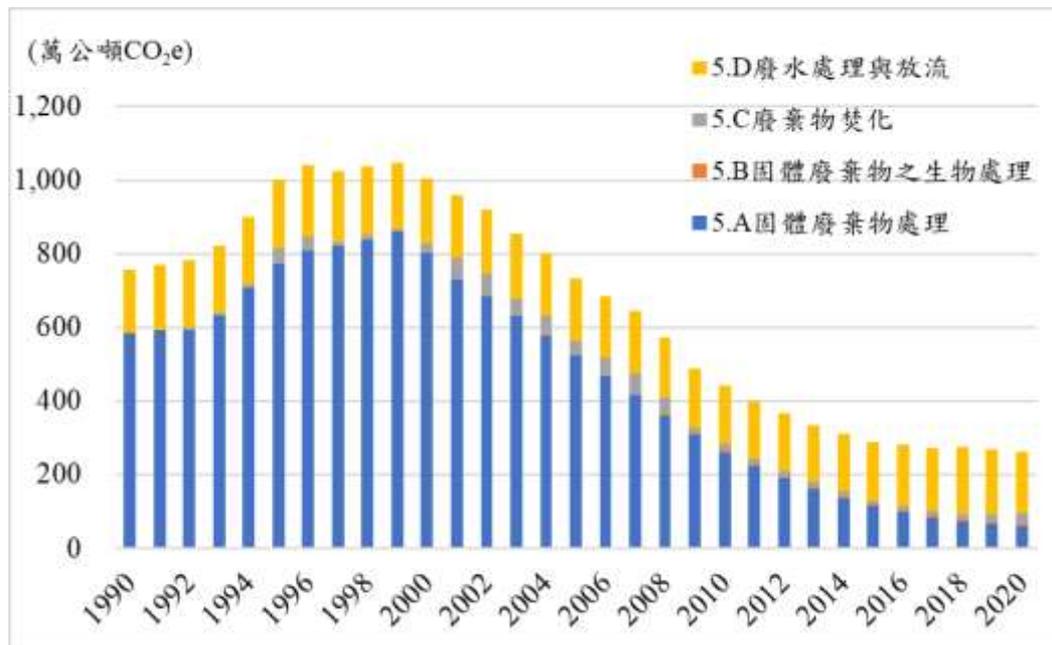
綜整我國環境部門溫室氣體排放歷史趨勢，可以發現，我國環境部門溫室氣體排放高峰為 1999 年，如下附圖 20 所示；資料顯示當時環境部門一年共計排放 1,049.26 萬公噸 CO<sub>2</sub>e，然而環境部門溫室氣體排放量自 1999 年過後開始呈現逐年減少的趨勢，截至 2020 年，環境部門一年共計僅 260.72 萬公噸 CO<sub>2</sub>e，相較於 1999 年減少了 75%。

若進一步拆解我國環境部門中各分類溫室氣體排放歷史趨勢，可以發現自 1990 年開始固體廢棄物處理所產生的溫室氣體排放量占環境部門整體溫室氣體排放量比重較高，如下附圖 21 所示，而固體廢棄物處理溫室氣體排放量也自 1999 年我國重新制定廢棄物處理政策後，呈現逐年下降的趨勢；2013 年的資料顯示，固體廢棄物處理所產生的溫室氣體排放已開始少於廢水處理與放流所產生的溫室氣體排放量；截至 2020 年，占我國環境部門整體溫室氣體排放量比重最高的分類由 1999 年的固體廢棄物處理改為廢水處理與放流，其 2020 年共計排放 165.57 萬公噸 CO<sub>2</sub>e，占整體環境部門溫室氣體排放量的 63%。



資料來源：行政院環境保護署（2022a）。

附圖 20、環境部門溫室氣體排放歷史趨勢



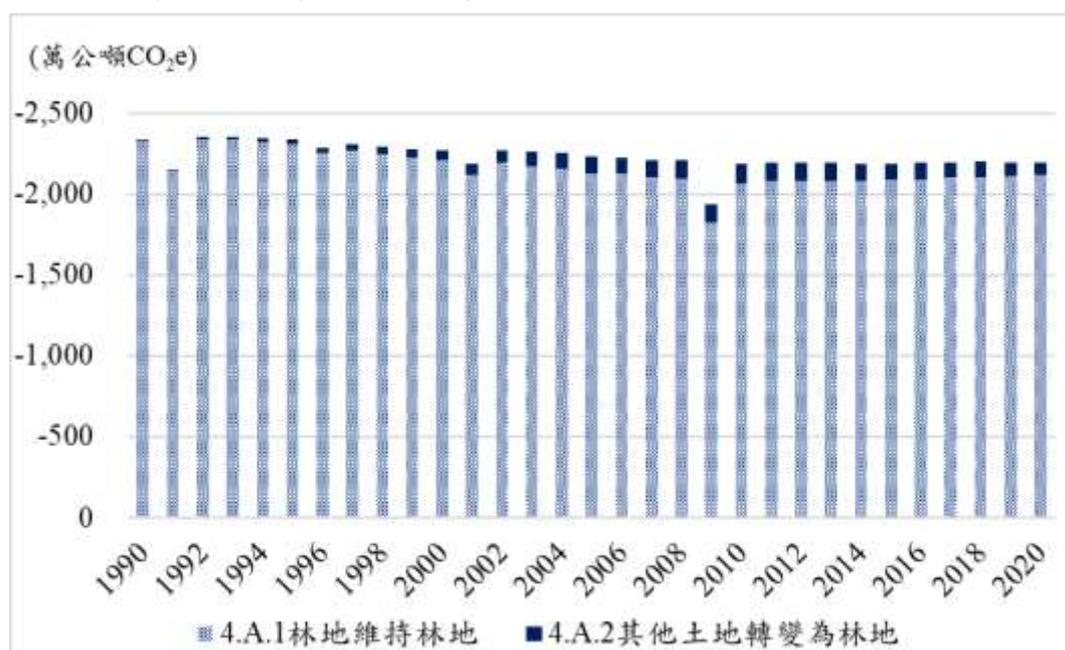
資料來源：行政院環境保護署（2022a）。

附圖 21、環境部門各分類溫室氣體排放歷史趨勢

## (七) 碳匯

依據行政院農業委員會林務局之定義，碳匯係指森林吸收二氧化碳的能力，包含從空氣中清除二氧化碳的過程、活動以及機制；亦即一年內森林吸收二氧化碳的總量，對照「我國國家溫室氣體排放清冊報告」中各部門的分類組成，可以發現，我國於清冊中將碳匯歸類為土地利用、土地利用變化及林業部門。

下附圖 22 為我國碳匯溫室氣體移除量歷史趨勢，由其中組成可以看出「4.A.1 林地維持林地」所產生的溫室氣體移除量占我國碳匯整體溫室氣體移除量比例極高，以 2020 年為例，林地維持林地溫室氣體移除量為 2,118.11 萬公噸 CO<sub>2</sub>e，占 2020 年整體 2,190.50 萬公噸 CO<sub>2</sub>e 的 96.70%。



資料來源：行政院環境保護署（2022a）。

附圖 22、碳匯溫室氣體移除量歷史趨勢

推動淨零轉型之效益/楊晴雯計畫主持；葉俊顯、劉  
哲良協同主持。 -- 初版。 -- 臺北市：國發  
會，民112.12

面：表，公分

編號：(112)010.0201

委託單位：國家發展委員會

受託單位：財團法人中華經濟研究院

地球暖化

445.9

題名：推動淨零轉型之效益

委託單位：國家發展委員會

受託單位：財團法人中華經濟研究院

計畫主持人：楊晴雯

協同主持人：葉俊顯、劉哲良

出版機關：國家發展委員會

電話：02-23165300

地址：臺北市寶慶路3號

網址：<http://www.ndc.gov.tw/>

出版年月：中華民國112年12月

版次：初版 刷次：第1刷

編號：(112)010.0201(平裝)