

# 碳捕捉利用與封存(CCUS)減碳旗艦行動計畫 (核定本)

## 壹、計畫內容

### 一、目標說明

為達 2050 淨零排放目標，「碳捕捉、利用與封存(CCUS)」已成為全球邁向淨零排放不可或缺的一環。在淨零轉型路徑中，對於發電業及鋼鐵、石化、水泥等難以減排(hard-to-abate)的產業而言，必須結合 CCUS 達成淨零目標。依據國際能源總署(IEA)「2023 年淨零路徑圖」(Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach)，全球 CCUS 累計至 2050 年可貢獻 8%的減排量。IEA 估計全球 2050 淨零排放情境每年捕捉封存要達到 10 億噸 CO<sub>2e</sub>，目前全球約有 45 個商業設施投入運營，惟近年來各國積極投入，提出逾 700 個 CCUS 價值鏈的專案，預計到 2030 年每年可捕獲 435 百萬公噸 CO<sub>2e</sub>，封存容量達到每年 615 百萬公噸 CO<sub>2e</sub>。

CCUS 涉及二氧化碳的捕獲，通常來自大型點源，例如使用化石燃料或生物質作為燃料的發電廠或工業設施。經捕獲後捕獲的二氧化碳將被壓縮並通過管道、輪船、鐵路或卡車運輸，用於各種用途，如合成燃料、聚合物等，或注入深層地質進行長期封存，如枯竭的油氣田或鹽水層，如圖 1 所示。

CCUS 是一個複雜但至關重要的過程，需要政府、產業和研究機構的共同努力，各國為發展 CCUS 提出 CCUS 價值鏈(Value Chain)運作模式，國際上一些著名的 CCUS 專案如挪威的

Sleipner 和 Snøhvit 專案、英國的 East Coast Cluster 和 HyNet North West、加拿大的 Boundary Dam 3 號機組（燃煤電廠）、美國的 Illinois Industrial Carbon Capture and Storage Project（生質乙醇生產）及歐洲的 Northern Lights 專案（跨境運輸與封存）。

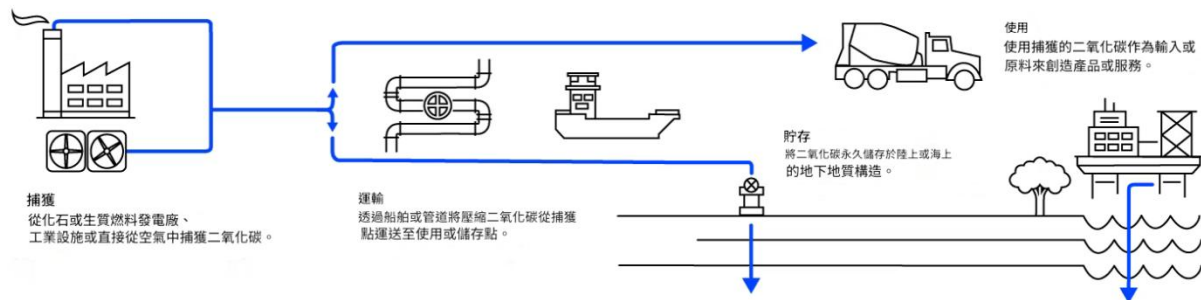


圖 1 CCUS 流程示意圖（圖片來源：IEA）

參考國際間碳捕捉封存樞紐中心發展案例，可透過整合碳封存場址周遭之碳排放源、公司或合資企業，組成 CCUS 產業價值鏈進行合作與分工。能源國家型科技計畫(NEP-I、NEP-II)於 2014 年出版之《台灣二氧化碳地質封存地圖集》指出，臺灣具碳封存可行性之地區包含西部麓山帶、桃園台地、西部平原、臺灣海峽等區域，陸域構造封存潛能 28 億公噸 CO<sub>2</sub>e，鹽水層封存潛能 459 億公噸 CO<sub>2</sub>e，總體封存潛能可達 487 億公噸 CO<sub>2</sub>e，顯示臺灣具備良好的碳封存地質條件，如圖 2 左所示。此外，我國二氧化碳排放源主要分布於臺灣西部，配合碳封存潛能地區的分布，規劃我國北、中、南碳捕捉封存樞紐中心（如圖 2 右所示），可節省二氧化碳的運輸成本，運輸所須耗費的能源與排碳量也較少。除了碳封存以外，捕捉後的 CO<sub>2</sub> 也可於鄰近的石化、鋼鐵、水泥、紡織及電子等產業再製為可利用資源，擴大減碳效益，發展 CCUS 產業價值鏈。

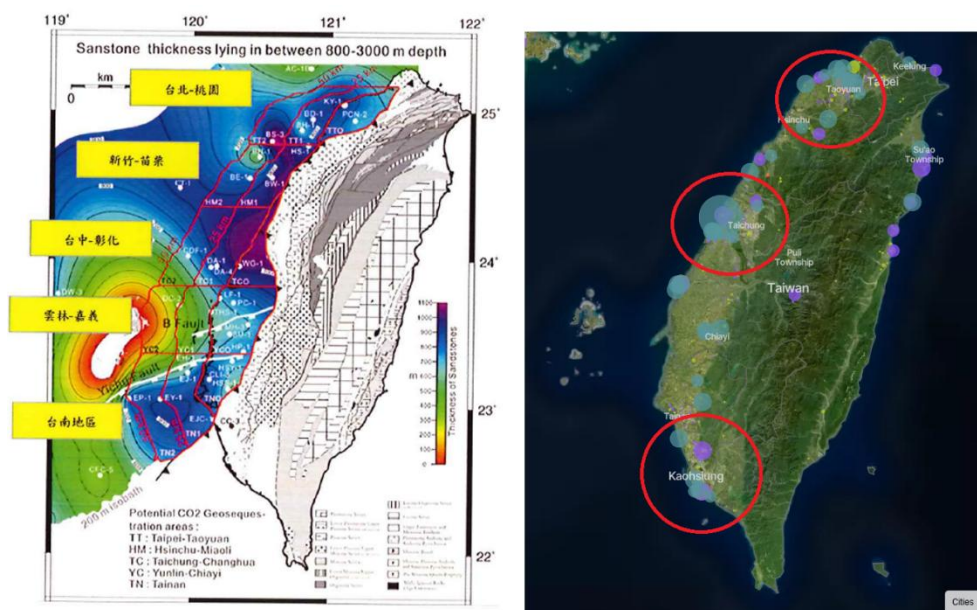


圖 2、臺灣碳封存潛力區域（左圖）及臺灣二氧化碳排放源分布圖（右圖）（圖片來源：台灣二氧化碳地質封存地圖集、2025 Climate TRACE）

「碳捕捉利用與封存(CCUS)」減碳旗艦行動計畫延續「碳捕捉利用及封存(CCUS)關鍵戰略」目標規劃，以加速推動我國 CCUS 價值鏈方式，運用 CCUS 技術，達到 2030 年 176 萬公噸 CO<sub>2</sub>e；2032 年 400 萬公噸 CO<sub>2</sub>e；2035 年 600 萬公噸 CO<sub>2</sub>e 的減碳目標。本計畫同步推動碳捕捉後利用(CCU)與封存(CCS)，考量 CCS 生命週期包括許可申請、鑽探、環境影響評估及造井等相關作業，需要合理的建置時間。因此 2030 年主要減碳績效主要將來自碳捕捉後再利用(CCU)，2030 年後碳捕捉後封存(CCS)的減碳績效才開始逐步呈現。

表 1、CCUS 減碳旗艦行動計畫

減碳主體	政策工具類別	減碳措施	預期減碳成效積極目標（萬公噸 CO <sub>2</sub> e）/ 減碳貢獻	措施原則
電廠、煉油、汽電共生等能源產業	(1) 法規 (2) 科技研發 (3) 投資抵減 (4) 獎勵補助 (5) 綠色投資 (6) 國際合作	本計畫預計透過以下措施，推動我國 CCUS 產業價值鏈 (value chain)： (1) 整合北、中、南主要產業聚落群，建置二氧化碳捕捉封存樞紐中心(Hub)。 (2) 發展二氧化碳捕捉後再利用 (CCU) 商業模式。 (3) 建置二氧化碳封存(CCS)場址，以及捕捉封存樞紐中心(Hub)至 CCU 及 CCS 場址的輸儲設施。	[能源部門] ■ 119 年：176 ■ 121 年：400 ■ 124 年：600	(4)綠色投資及綠色成長； (6)建設碳捕捉、利用與封存技術(CCUS)相關基礎設施。

備註：

- 減量政策工具類別包含 (1) 法規；(2) 科技研發；(3) 投資抵減；(4) 獎勵補助；(5) 綠色投資；(6) 國際合作；(7) 其他等。
- 措施原則包含 (1) 提升能源效率；(2) 發展再生能源；(3) 淨零科技與智慧化；(4) 綠色投資及綠色成長；(5) 永續治理；(6) 建設碳捕捉、利用與封存技術 (CCUS) 相關基礎設施。

## 二、計畫執行期程及績效指標

### （一）計畫執行期程

自 2026 年至 2035 年，共 10 年。

### （二）績效指標

CCUS 分年績效指標如表 2。

表 2、CCS 分年績效指標

績效指標	現況	分年績效指標									
	2025 年	2026 年	2027 年	2028 年	2029 年	2030 年	2031 年	2032 年	2033 年	2034 年	2035 年
推動 CCS 作業	1. 提出 CCS 管理辦法草案 2. 辦理 CCS 政策環境影響評估 3. 訂定 CCS 開發行為應實施環境影響評估認定標準	1. 發布 CCS 管理辦法 2. 提送 CCS 政策環境影響評估說明書進行審查。 3. 公告 CCS 開發區塊 4. 訂定 CCS 獎勵補助機制 5. 建立 CCS 預警及監管機制	啟動 CCS 鑽探作業	完成個案開發行為環境影響評估		1. 啟動 CCS 封存申請 2. 碳捕捉利用與封存達 176 萬公噸 CO <sub>2</sub> e 目標	-	碳捕捉利用與封存達 400 萬公噸 CO <sub>2</sub> e 目標	-	-	碳捕捉利用與封存達 600 萬公噸 CO <sub>2</sub> e 目標

### 三、計畫執行內容

CCUS 可協助難減排產業加速減碳，在淨零排放趨勢中扮演關鍵角色，CCUS 包含二氧化碳捕捉、運輸、再利用與封存。本計畫目標推動我國 CCUS 產業價值鏈(value chain)，規劃臺灣西部沿岸北、中、南三區(如圖 2)，建置二氧化碳來源產業聚落群(cluster)、碳源至 CCU 及 CCS 場址的輸儲設施、二氧化碳捕捉封存樞紐中心(Hub)及二氧化碳捕捉後再利用(CCU)商業模式，參考英國 The East Coast Cluster 運作模式如圖 3 所示：

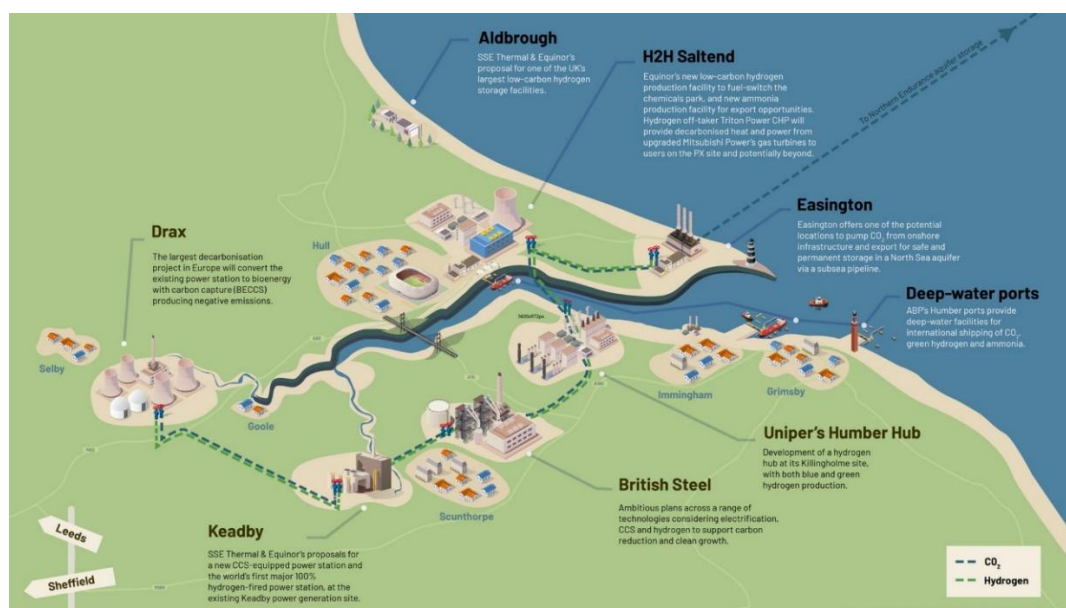


圖 3、英國 The East Coast Cluster 運作方式示意圖

(圖片來源：East Coast Cluster)

本計畫除延續「碳捕捉利用及封存關鍵戰略行動計畫」，將進一步推動下列事項：

#### (一) 加強二氧化碳捕捉

國內學研界具備碳捕捉技術之基礎科學研發量能，主要以燃燒後捕捉為主，各種捕捉技術如化學吸收、固體吸附與薄膜等，皆有其獨特性與競爭優勢，但現階段碳捕捉成本仍過高，參考經濟部智慧財產局於 2023 年公布之《邁向 2050 淨零排放搶占減碳



商機》報告中指出，目前碳捕捉全球專利發展情形，碳捕捉技術共 7,406 案，其中以化學吸收技術占 39.1%最多、吸附技術占 26.7%居次、薄膜技術占 12.5%第三，三者皆具備 2030 年前技術落地應用之潛力，其中又以「化學吸收技術」較具商業化潛力。後續應持續投入高純度、低能耗或低成本的二氧化碳捕捉技術相關研究，以提高產業投資碳捕捉設備的意願。

中油公司規劃 119 年於林園石化廠建置 1 套 10 萬噸碳捕捉設備，經評估扣除能耗排放，預期每年減碳效益可達 4 萬公噸 CO<sub>2</sub>e；中鋼公司亦規劃於 124 年建置煙氣中捕碳設備，預計捕捉後之 CO<sub>2</sub> 將輸送給外界封存業者，以利 139 年（2050 年）由低碳高爐轉型至零碳高爐，達到碳中和目標。

## （二）推動二氧化碳捕捉後再利用

### 1. 研發二氧化碳捕捉後再利用綠色產品

本計畫針對石化、鋼鐵、水泥、紡織及電子等需減排產業，提出 CCUS 研發及產業落實行動方案科技研發工作項目，以支持低碳燃料、低碳化學品及固碳材料的產業化落地及產業升級（如圖 4 所示）：

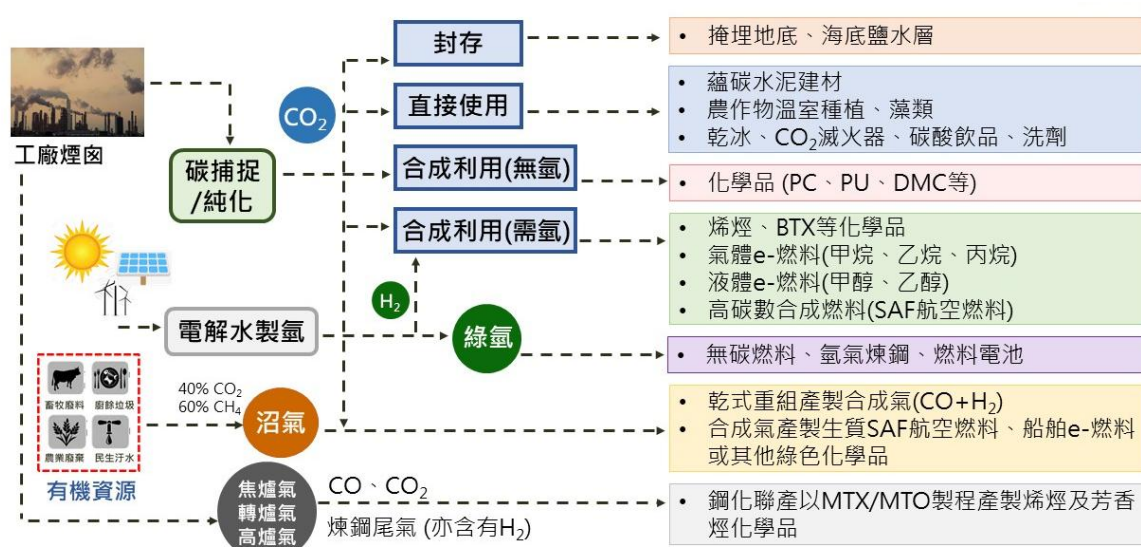


圖 4、高碳排產業 CCUS 研發及產業落實行動方案



- (1) **CO<sub>2</sub> 與醇類反應製備綠色高分子材料**：研發 CO<sub>2</sub> 與生質醇反應生成聚碳酸酯 (PC) 及聚氨酯 (PU) 等綠色高分子材料的製程技術，進一步提升產品的市場競爭力，滿足紡織與電子產業的低碳需求，同時創造高附加價值應用場景。尚待解決的技術困難包括催化劑選擇、反應條件控制、產品分離、經濟性及環境影響等。
- (2) **生物質熱裂解技術與生物炭應用**：生物質熱裂解技術及其生物炭應用面臨多方面的技術困難，包括反應條件控制、催化劑性能、產品分離、經濟性、原料供應及環境影響等，未來需要針對這些問題進行深入研究和改進。
- (3) **蘊碳水泥建材技術的推廣與應用**：推進 CO<sub>2</sub> 固化技術在水泥混凝土中的應用，開發能吸收大氣中 CO<sub>2</sub> 的蘊碳水泥建材，並進一步降低水泥產業的碳排放，助力建築行業的碳中和目標。蘊碳水泥建材技術具有潛力，但面臨多方面的技術困難，包括二氧化碳捕集效率、材料性能、生產成本、標準化及環境影響評估等，有待後續研究與發展。
- (4) **低成本綠氫與 CO<sub>2</sub> 聯合應用**：氫和 CO<sub>2</sub> 生產人工合成甲烷及甲醇燃料的技術發展中，面臨著多方面的挑戰，包括氫氣生產成本、二氧化碳來源、催化劑性能、反應條件優化、產品分離技術以及整體系統集成等，有待持續研究精進，以促進這些技術的商業化和實際應用。
- (5) **鋼化聯產技術的開發與產業化**：目前甲醇是以煤化工方式進行生產，主要根基在煤氣化或間接液化的技術。煤氣化可以獲得含一氧化碳(CO)及氫氣(H<sub>2</sub>)的合成氣(Syn Gas)，再經由合成氣為起始原料來生產各種基本有機化學原料，和其下游的機密化工產品及煤製油品。由合成氣為原料可

來生產的化工產品。在現有成熟技術中，經由合成氣可生制多種石化產品，包括：甲醇、乙醇、乙烯、丙烯、芳烴、乙二醇及下游的聚烯烴、聚酯等產品，使得現代煤化工具有相當好的發展前景。此外由於鋼廠製程氣中含有高比例的  $\text{CO}_2/\text{CO}$ ，原先只能做為提供熱值的燃料使用，鋼鐵業捕捉製程氣中之  $\text{CO}/\text{CO}_2$  後，由石化業將純化後之  $\text{CO}/\text{CO}_2$  進行加氫轉化為甲醇或甲烷化學品，再利用 MTO（甲烷/甲醇制烯烴）或 MTX（甲烷/甲醇制芳烴）製程轉換做為石化產業的原材料，將鋼廠與石化連結，達到跨業系統的產業增值效益。

- (6) **沼氣乾式重組技術與高碳數燃料**：利用沼氣進行乾式重組製備生質合成氣（ $\text{CO}$  與氫氣），進一步生產高碳數生質 SAF（可持續航空燃料）及其他綠色化學品，形成多元化的低碳產品體系。乾式重組技術在沼氣處理和氫氣生產方面展現了良好的前景，但同時也面臨著高溫操作、催化劑失活、能量效率及經濟性等多方面的挑戰。

## 2. 建構二氧化碳捕捉後再利用商業模式

藉由水泥業、農畜業、鋼鐵業及石化業在碳捕捉再利用的技術推廣與誘因機制，制定更具體且務實的工作策略：

- (1) **水泥業**：短期（~2025 年）先優化煙道氣的捕碳技術；中期（~2040 年）針對排碳量較大的水泥廠進行製程放大並同時兼顧捕碳效率及製程整合；長期（~2050 年）則推動全國所有水泥窯配備系統化捕碳裝置、全面實現行業減碳目標。此外可推動開發高效能蘊碳水泥建材的應用，將廢爐渣、底渣與  $\text{CO}_2$ ，固碳於混凝土、預鑄板及可流動性填充材料（CLSM）中，形成具有環境效益與經濟價值的創新產品。

- (2) **農畜業**：生物炭是利用有機材料在絕氧環境下進行高溫熱裂解所產生的一種富碳物質，它具有高耐久性，可在土壤中穩定存留數百年到數千年之久。
- (3) **鋼鐵業**：中鋼鋼化聯產作法及預估成果已撰寫於中鋼減碳旗艦行動計畫書，故本計畫書僅為鋼鐵業在鋼化聯產中，提供前端捕碳程序之相關說明，具體中鋼鋼化聯產捕碳規劃及預估效益仍以「中鋼減碳旗艦行動計畫書」為主。
- (4) **石化業**：鋼鐵業捕捉並純化 CO/CO<sub>2</sub>，並由石化產業加氫轉化為甲醇後，再利用 MTO（甲烷/甲醇制烯烴）或 MTX（甲烷/甲醇制芳烴）製程轉換做為高附加價值烯烴及芳香烴，進一步應用於石化產品及紡織業生產 PET（聚對苯二甲酸乙二酯）與製鞋業使用之 EVA（醋酸乙烯酯）。目前鋼化聯產在國際間已有許多案例如表 3 及圖 5。本計畫預計推動 CO<sub>2</sub>與醇類（如生質醇）的高效轉化，生產二烷基碳酸酯 (DRC)、聚碳酸酯 (PC) 及聚氨酯 (PU) 等具高附加價值的綠色化學品，將 CO<sub>2</sub>從排放負擔轉變為可資源化的工業原料、助力塑料及建材等下游產品。

表 3、國際間鋼化聯產案例

公司	應用	狀況	公司	應用	狀況
石橫特鋼 (中國)	甲酸 20萬噸/年 草酸 5萬噸/年	商轉中 目前有CO產能擴產計畫 (45萬噸提升至60萬噸)	寶鋼 (中國)	與中科煉化、 BASF合作產多元醇	未實際進行
晉南鋼鐵 (中國)	乙二醇 30萬噸/年 液化天然氣 15萬噸/年	商轉中	萊鋼 (中國)	30萬噸乙醇項目	新增案例 評估中
達鋼 (中國)	甲醇 50萬噸/年 二甲醚 20萬噸/年	2022年因鋼鐵廠遷址而 暫停	黑龍江建 龍鋼鐵 (中國)	甲醇項目	新增案例 評估中
青島鋼鐵 (中國)	甲醇 10萬噸/年	商轉中 有擴產計畫	河鋼 (中國)	10萬噸甲醇項目	新增案例 評估中
衡鋼 (中國)	高爐氣取CO 12萬噸/年	商轉中	• 鋼化聯產已有許多商轉案例		
首鋼 (中國)	乙醇 4.5萬噸/年	商轉中			

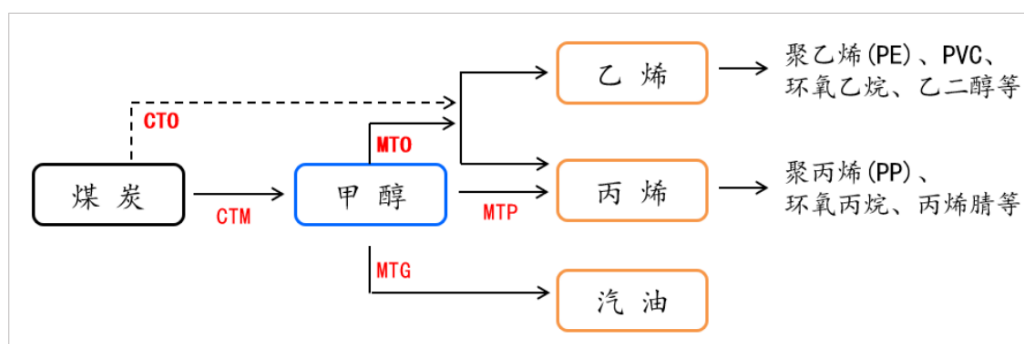


圖 5、甲醇產業鏈

### (三) 發展二氧化碳輸儲技術

為了加速臺灣 CCS 發展，運輸技術與相關基礎設施之建置，必須加速建立二氧化碳的輸儲設備，包含儲槽、槽車、船舶及管線，以及配套設施。

依據 GCCSI 於 2023 年提出之《最新技術：2023 年碳捕捉與封存技術(State of the Art: CCS Technologies 2023)》，管線技術主要著重於管線材料與設計，並強調抗應力與抗腐蝕性，以防止其破裂與洩漏二氧化碳之風險，後續應投入研發之技術包括：管線材料、管線設計、加壓幫浦、擬定管道沿線、專用港位置評估、儲槽技術及管線之監測技術。

《氣候變遷因應法》第 39 條規定事業捕捉二氧化碳後之利用及封存，未涵括二氧化碳「捕捉端」至「再利用端」及「封存端」的輸儲設備，有關二氧化碳輸儲設施及管理推動工作，後續將透過部會協調管理權責及分工。

### (四) 推動二氧化碳捕捉後封存

#### 1. 研發二氧化碳捕捉後封存相關技術

二氧化碳捕捉後封存相關的技術包含地質的探勘(鑽探)、鑽井、灌注及碳封存的監測技術，透過相關技術的研究及國際合作，可降低設置與營運成本，並帶動相關產業鏈的發展。

## 2. 辦理二氧化碳捕捉後封存政策環境影響評估及建置社會溝通平台

政策環境影響評估可為國家整體 CCS 政策與規劃，預先考量環境面、經濟面及社會面的影響，彙整 CCS 開發方案的共通性環境議題，研擬替代方案及減輕對策，並定期追蹤管理，提供後續 CCS 開發規劃及個案環境影響評估的參考基準。

臺灣過去碳封存的社會溝通成效不佳，尚缺有效的創新社會溝通策略，將借鏡國際成功 CCS 與社會溝通策略與案例，於政策制定前，辦理政策環評蒐集各界意見，以利後續個案環評辦理民眾溝通，並擬定符合國內之社會溝通策略，建立社會溝通平台，提供碳封存科普新知、國際資訊與政策方向，公開 CCS 場址營運資訊，以透明公開的資訊與政策，提升民眾對 CCS 的接受度。

## 3. 推動二氧化碳捕捉後封存試驗計畫及執行計畫

世界各國皆積極投入碳捕捉後封存發展，目前臺灣主要由國營事業投入發展 CCS 試驗計畫，以驗證技術之可行性，以下介紹我國推動碳捕捉後封存試驗計畫及執行計畫的進度與規劃：

### (1) 辦理碳捕捉封存推動現況

經濟部所屬國營事業公司推動碳捕捉封存先導試驗計畫，已啟動 CCS 相關研究及場域驗證：苗栗縣鐵砧山已於 2024 年底完成建造 2 口監測井，已持續進行環境背景基線監測，並已完成建造 1 口灌注井及井下監測設備、地面灌注設施；臺中發電廠已完成碳捕集廠地質調查及先期評估報告，持續進行碳捕捉後封存試驗計畫，並建置教育展示中心，向公眾宣導二氧化碳捕捉及封存減碳效益。

## (2) 推動碳封存整合社會治理計畫

經濟部、環境部、國科會共同提出之淨零科技方案跨部會整合規劃提案「碳封存整合社會治理計畫」，引入國際案例經驗，整合符合臺灣地質條件技術，規劃每年萬噸級碳封存示範模場，推動銜接未來大型商業化 CCS 執行計畫。

## (3) 啟動我國碳捕捉後封存作業

### A. 環境部研訂《二氧化碳捕捉後封存管理辦法》及修正《開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準》

環境部依據《氣候變遷因應法》第 39 條第 5 項規定訂定《二氧化碳捕捉後封存管理辦法》，並建立 CCS 相關的指引文件，事業申請捕捉二氧化碳後封存，應提出試驗計畫或執行計畫送中央主管機關環境部審查，計畫內容至少應包含座落區位、封存方法、環境衝擊、可行性評估及環境監測。經核准二氧化碳捕捉後封存之事業，應依核准內容執行，於二氧化碳封存期間持續執行環境監測，並定期向主管機關申報監測紀錄。

配合《二氧化碳捕捉後封存管理辦法》之研訂，修正《開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準》，訂定應辦理環境影響評估之開發規模。

### B. 提出我國可開發二氧化碳捕捉後封存所需適合地質條件及區域

我國可開發為二氧化碳封存潛力區域的評估，應綜合碳封存的潛能，進一步盤點相關部會涉及法規，綜合考量地質穩定性、環境保護區影響及人為活動限制，以確保封存場址的可行性與長期穩定性。參考國際間的作法，碳封存的區域使用將由政府劃定區域並公告，事業再依據公告



的行政程序進行申請。

### C. 啟動我國碳捕捉後封存作業

我國碳封存申請程序依目前初步規劃如圖 6，將由主管機關公告指定區域，業者依相關規定規劃地質調查及風險評估計畫向相關目的事業主管機關取得土地使用同意後，進行鑽探作業，依鑽探結果進行場址特徵安全性及封存潛能評估，再依環境影響評估規定辦理環評，通過環評後，業者提交碳封存申請文件，以取得封存許可，進行造井、注入、關井及關井後監測等後續作業程序，以上詳細執行程序將依辦法訂定情形辦理並滾動檢討修正。



圖 6、碳捕捉後封存作業時序及執行重點

## 4. 推動二氧化碳捕捉封存樞紐中心

參考國際間碳捕捉封存樞紐發展案例，均透過整合碳封存場址周遭之碳排放源、公司或合資企業組成之 CCS 產業價值鏈進行合作與分工，以形成完整的 CCS 樞紐。典型 CCS 樞紐模式即為建立產業聚落群（Cluster），並由其中一家公司或合資企業投資發展二氧化碳運輸與封存技術以及相關基礎設施，以提供具經濟規模的運輸與封存服務予該產業聚落群或當地產業，同時獲取收益，著名的計畫包括丹麥 Greensand 計畫、挪威 Longship 計畫、英國 East Coast Cluster 計畫等。

我國二氧化碳排放源主要分布於西部桃園、臺中及高雄等

地區，科技部調查報告說明臺灣西部海域具備良好的碳封存地質條件，規劃我國北、中、南碳捕捉封存樞紐中心（如圖 2），東部水泥業及發電業亦有 CCUS 發展潛力，以下說明 CCUS 產業價值鏈商業模式運作方式：

- (1) 建構 CCU 商業模式：蒐集區域內捕捉之  $\text{CO}_2$ ，初期戮力推動產業應用 CCU 技術，將捕捉之  $\text{CO}_2$  轉變為可資源化的工業原料或下游產品。
- (2) 發展大型 CCUS 商業化規模案場：加速碳捕捉技術研發並建置 CCS 場址，隨著碳捕捉技術提升，碳捕捉成本逐步降低，捕捉之  $\text{CO}_2$  量能將隨之增加並大於區域內產業可再利用之  $\text{CO}_2$  量，此時可將 CCU 剩餘之  $\text{CO}_2$  透過封存場址進行 CCS。

## 5. 完善二氧化碳捕捉後封存的管理策略

### (1) 風險管理

碳封存風險評估包括地面設施操作安全風險、灌注誘發地震風險、地層洩漏風險、洩漏污染地下水層風險與洩漏造成環境風險等，依據國際 CCS 研究，其洩漏路徑包括灌注井與鄰近既有廢棄井之完整性缺陷所造成洩漏、壓力增加造成蓋岩層破裂或鄰近斷層錯動滲漏，碳封存安全監測目前尚待參考國際成熟的技術，先行應用於 CCS 試驗場域，以開發出我國合適的碳封存安全評估技術或模式。

因臺灣處於地震頻繁帶，CCS 操作誘發地震風險的管理更為重要，在國際上公認最常採用方式為交通號誌系統 (Traffic Light System, TLS)，TLS 的核心是一個類似於標準交通號誌的分級預警系統，基本組成包括：

- 綠燈（正常運作）：地震活動處於預期的背景水平之內。
- 黃燈（警戒等級）：地震事件已超過預設的低階閾值，表示地震活動可能增加。這將觸發加強監測並審查操作參數。
- 紅燈（需要採取行動）：發生了更嚴重的地震事件，達到需要立即進行運行調整以降低發生更大規模地震風險的程度。

上述各燈號警報等級都設定了一個特定的地震震級（Magnitude）或峰值地面速度（Peak Ground Velocity, PGV）閾值，各燈號閾值將取決於 CCS 場址地理位置、周圍環境和基礎設施的敏感性（如圖 7），透過 TLS 整合了地質條件、即時監測和事先預防的系統，將可以有效確保二氧化碳封存過程發生地震洩漏的風險。

	Operation	Yellow Light	Red light
Alberta (AER, 2019, AER 2024)	HF	MI 2.0/1.0	MI 4.0/3.0
British Columbia (BCOGC, 2021, BCER, 2024)	HF	"felt"/MI 1.5	MI 4.0/3.0
California (CARB, 2018)	CCS	MI 2.7	–
Illinois (IDNR, 2024)	SWD/HF	MI 1.0	MI 4.0
Oklahoma (OCC, 2018)	SWD/HF	MI 2.0/2.5	MI 3.0/3.5
U.K. (UKOGA, 2013)	HF	MI 0.0	MI 0.5

圖 7 不同地區交通號誌系統的管制幅度閾值範例（圖片來源：Holger Mandler 等人, Passive Seismic Monitoring and Induced Seismicity Risk Management for Carbon Storage, Nanometrics Inc.）。

## (2) 環境監測

二氧化碳封存監測技術包含井孔監測（如壓力、儲集層

流體、延時電井測、分布式溫度與聲學感測、井下地球物理感測等)與地表監測(如土壤氣體化學、通量塔、電射測距、地下水化學、生態系統、被動地震監測等),監測與查證活動除可驗證儲集層所封存的二氧化碳量以外,亦可檢測潛在洩漏與監測地動,以確保場址的安全,為風險管理不可或缺的一部分。

## **(五) 配套措施**

### **1. 能力建構、人才培育**

CCUS 產業的建立將帶動地方經濟及創造綠色就業機會,因 CCUS 涉及面向多元,包含工程、地質、法律、財務、社會科學等領域,故需將挹注資源培育相關人才及促進綠色就業發展。

為促進 CCUS 能力建構與人才培育,本計畫將結合 CCUS 產業價值鏈相關產業與技術需要,與大專院校合作,分別針對碳捕捉技術、CCU 材料研發、CCU 商業模式、二氧化碳輸儲技術、CCS 地質探勘、CCS 監測技術、CCS 樞紐中心建置、CCUS 財務分析及管理策略等主題,規劃跨域整合人才培育課程,強化 CCUS 領域的專業發展。

### **2. 研究成果共享平台**

我國 98 年能源國家型科技計畫(NEP-I、NEP-II),即於減碳淨煤主軸推動 CCUS 相關之研究,為加速相關研究成果之應用,將建置 CCUS 研究成果共享平台,蒐集相關部會及學研機構研究成果,提供各界參考運用。

### **3. 投資抵減與獎補助機制**

經濟部為利產業因應全球淨零排放趨勢,刻正辦理《產業

創新條例》第 10 條之 1 修法作業，增列人工智慧、節能減碳等投資抵減項目，未來可研議將 CCUS 相關設備或技術納入投資抵減適用範圍，以鼓勵企業導入更多產業創新技術。

CCUS 為難減排 (hard-to-abate) 產業提供確實可行的減碳技術與策略，惟目前碳捕捉、CCS 成本仍偏高，各國紛紛推動碳捕捉與封存技術之獎勵補助推動政策與配套措施，包括碳稅、總量管制與排放交易、排放能效標準、CCS-Ready、資金補助、躉購電價等機制，例如：美國為鼓勵企業能投入 CCS，在減少通貨膨脹法案中，針對永久封存每噸二氧化碳最高 85 美元，用於提高石油採收率(EOR)或二氧化碳其他工業用途的每噸二氧化碳最高 60 美元。

目前 CCS 成本以及碳定價的價格差距仍相當大，因此，未來需考量啟動獎勵補助專案，提供企業財務支持，以啟動 CCS 開發方案，如圖 8。

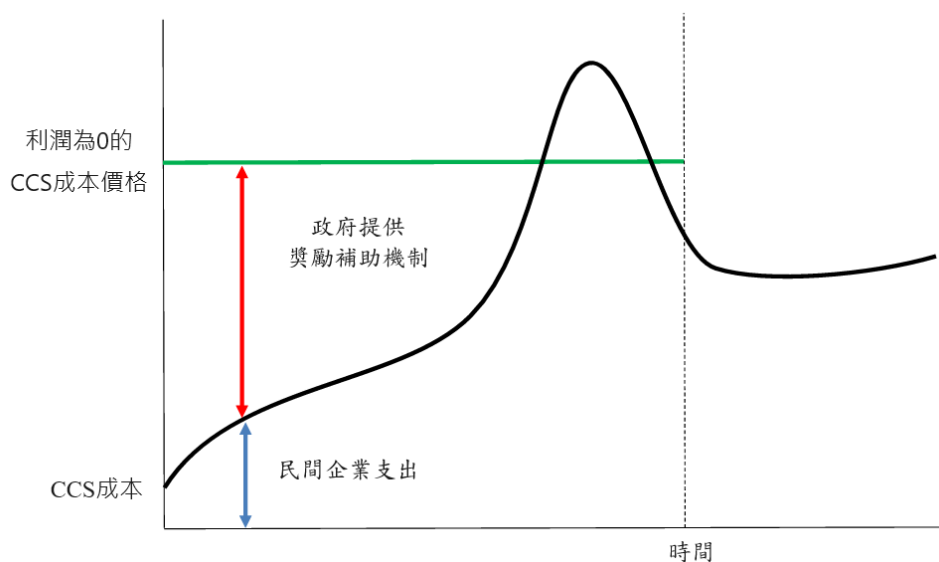


圖 8、財務支持對 CCS 的重要性

#### 4. 綠色金融

為鼓勵金融機構持續對永續經濟活動積極辦理投融資，金

管會於 2024 年 10 月 29 日發布「綠色及轉型金融行動方案」，整合金融資源並引導資金投注綠能產業發展，以支持淨零轉型，如圖 9 所示。

金管會與環境部、經濟部、交通部、內政部及農業部 2024 年 12 月 31 日共同發布第二版「永續經濟活動認定參考指引」，適用經濟活動分為「一般經濟活動」及「支持型經濟活動」。為增進金融業提升 CCUS 等支持型經濟活動投融资意願，將蒐集金融業投融资時所遇挑戰及疑義，跨部會合作，提升金融業瞭解 CCUS 相關產業特性、評估資金回收可預期性、熟悉各目的事業主管機關之政策措施等。

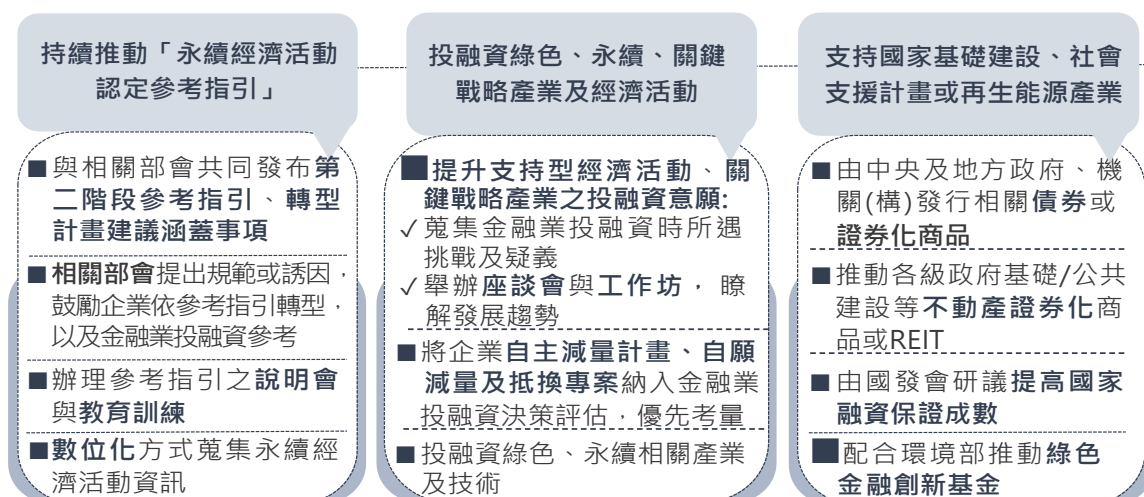


圖 9、金管會支持淨零轉型之金融策略

(資料來源：金管會 (113)，「綠色及轉型金融行動方案」)

## 5. 減量效益評估

參考國際間碳捕捉後封存相關減量方法學，研訂碳封存減碳效益評估方法，以實際場址驗證評估方法可行性及正確性，制定碳封存減碳效益評估方法作業規範。



## 四、分年執行策略

本計畫目標推動我國 CCUS 產業價值鏈(value chain)，規劃臺灣西部沿岸北、中、南三區，建置二氧化碳捕捉封存樞紐中心(Hub) 及 CCUS 商業模式，推動方式如下：

- (1) 短期優先建構碳捕捉後再利用的商業模式(2026~2030 年)：  
加速碳捕捉技術的研發，並戮力推動產業應用 CCU 技術，促進碳資源化為產業原料或產品，將捕捉之 CO<sub>2</sub> 轉變為燃料、化學品或建材等具經濟效益產品，創造碳價值鏈。透過再利用先行的模式，形成可見的投資誘因與產業動能，加速碳管理進入市場化軌道，同步完備 CCS 法制並推動 CCS 場址建置，2030 年 176 萬公噸 CO<sub>2</sub>e 的減碳績效將主要來自 CCU 的推動。
- (2) 中長期審慎規劃碳封存，支撐碳資源再利用之應變韌性(2030~2035 年)：隨著碳捕捉技術成熟與成本降低，CO<sub>2</sub> 捕捉量逐漸提升，並大於產業可再利用之 CO<sub>2</sub> 量，透過持續推動 CCU 商業模式，以及碳捕捉封存樞紐中心的營運、CCS 場址的灌注，啟動 CCUS 產業價值鏈商業模式，加大 CCUS 減碳績效，相關規劃應審慎評估技術成熟度、社會接受度及合適封存場址條件。2032、2035 年的 400 萬、600 萬公噸 CO<sub>2</sub>e 減碳績效，除了來自產業 CCU 的應用，CCS 場址的減碳績效開始呈現，初期將以分年裝置容量作為評估 CCS 減碳績效的依據。

為有效推動 CCUS 技術的發展，並實現國家減碳目標，本計畫推動路徑規劃詳如圖 10，預計於 2026 年至 2035 年期間執行，期程為 10 年，共涵蓋 15 項分年執行策略，如表 4。

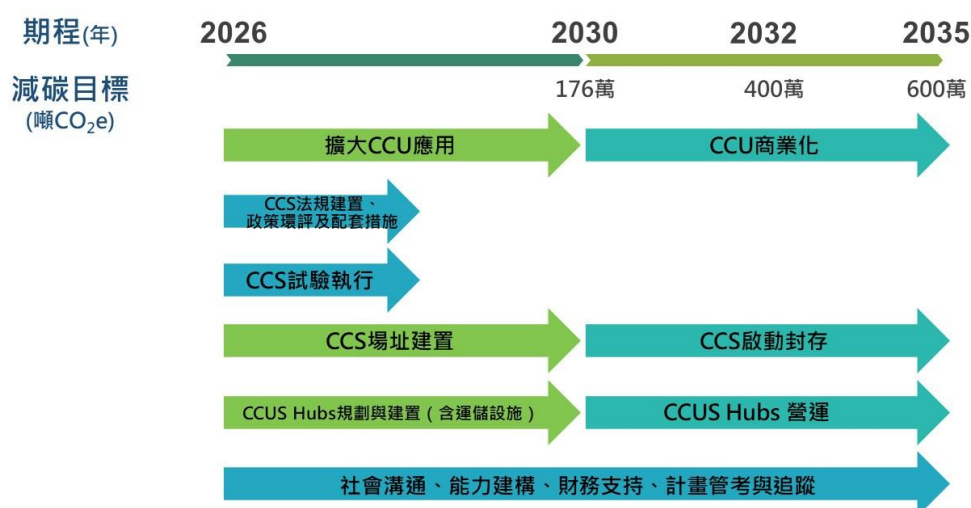


圖 10、CCUS 推動路徑規劃

表 4、分年執行策略

號	類別	工作項目	執行年									
			115	116	117	118	119	120	121	122	123	124
1.	中央自辦	加強二氧化碳捕捉	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2.	中央自辦	推動二氧化碳捕捉後再利用	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.	中央自辦	發展二氧化碳輸儲技術	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.	中央自辦	二氧化碳捕捉後封存相關技術之研發（地質探勘、鑽井、灌注及監測技術）	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
5.	中央自辦	辦理二氧化碳捕捉後封存政策環境影響評估	●	●								
6.	中央自辦	建置二氧化碳捕捉後封存社會溝通平台	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
7.	中央自辦	我國可開發二氧化碳捕捉後封存之區域	●	●								
8.	中央自辦	推動二氧化碳捕捉後封存試驗計畫及執行計畫	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
9.	中央自辦	研訂二氧化碳捕捉後封存管理辦法及相關指引	●	●	●	●	●	●				
10.	中央自辦	推動二氧化碳捕捉後封存樞紐中心					●	●	●	●	●	●
11.	中央自辦	二氧化碳捕捉後封存的管理策略	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
12.	中央自辦	二氧化碳捕捉利用與封存相關配套措施	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

註：類別包含中央自辦、補助地方或中央自辦並補助地方

## 五、執行分工

本計畫延續臺灣 2050 淨零轉型「碳捕捉利用及封存」關鍵戰略行動計畫既有分工架構，加大並加速本計畫分工，區分法制面、產業面、科技面及金融面四大面向同步推動，法制面部分由環境部建立 CCS 管理辦法、政策環評及相關配套措施；產業面部分由經濟部輔導產業執行 CCS 場址的開發計畫，偕同環境部推動碳捕捉封存樞紐中心，以建構 CCUS 商業化模式；在科技面部分，由國科會持續提升技術研發量能，開發二氧化碳捕捉後再利用的綠色產品，以及我國 CCS 安全評估所須的技術與模式；在金融面部分，金管會與環境部、經濟部等部會共同推動「永續經濟活動認定參考指引」，導引資金投入 CCUS 等支持型經濟活動，並由經濟部及環境部提供投資抵減與獎補助誘因，鼓勵企業對 CCUS 的投資。各推動部門之分工架構如圖 11 及表 5 所示。



圖 11、本計畫四大面向

- (一) 主辦機關：負責業務政策、推動策略、目標管理、預算管控、執行進度及成果管控、評核。
- (二) 執行機關：負責業務之執行，一般為主辦機關、相關部會或地方政府。如本項工作屬中央補助地方執行，則依「中央對直轄市及縣（市）政府補助辦法」辦理，並適用於競爭型評比機制。

表 5、計畫執行分工

編號	工作項目	主辦機關	執行機關
1.	加強二氧化碳捕捉	環境部、國科會、經濟部	環境部、國科會、經濟部
2.	推動二氧化碳捕捉後再利用	環境部、國科會、經濟部	環境部、國科會、經濟部
3.	發展二氧化碳輸儲技術	環境部、國科會、經濟部	環境部、國科會、經濟部
4.	推動二氧化碳捕捉後封存	環境部、國科會、經濟部	環境部、國科會、經濟部
5.	二氧化碳捕捉利用與封存相關配套措施	環境部、國科會、經濟部、金管會	環境部、國科會、經濟部、金管會

## 貳、期程與經費需求

### 一、計畫期程

自 2026 年至 2030 年，共 5 年。

### 二、所需資源說明

表 6、工作項目經費來源及需求

計畫名稱	子項目(參考)	經費需求 (千元)	經費來源
CCS 法規環境建置	CCS 政策環評及管理辦法推動(含管考、管理平台、減碳效益及風險評估等)	162,500	溫室氣體管理基金、科技計畫
碳捕捉獎勵誘因	建立二氧化碳捕捉獎勵補助機制	420,000	溫室氣體管理基金、爭取科技計畫預算或其它特別預算
國營事業建置 CCS 案場計畫	鐵砧山碳捕存跨部會試驗計畫	378,200	115-119 年，中油公司自籌
	台中電廠碳捕捉測試場	763,201	自編與部分前瞻
	台中電廠碳封存測試場	1,674,480	自編與部分前瞻
碳封存整合社會治理計畫	碳封存整合社會治理計畫	2,890,000	淨零科技方案跨部會整合提案、溫室氣體管理基金
CCS 前瞻技術發展計畫	完成潛勢區域地質調查及封存場址潛能評估	212,450	爭取科技計畫預算
	建立碳封存場址灌注監測相關技術研究能量	91,050	爭取科技計畫預算
	建立近海區域地質探勘技術與分析能量及國際交流合作	91,050	爭取科技計畫預算
	CCU 前瞻技術研發與小規模示範驗證(如 CDR、BECCS、P2X 等)	625,000	爭取科技計畫預算
CCUS 研發及產業落實行動方案	碳捕獲與轉化成低碳料源及其高值化應用	671,000	爭取科技計畫預算
合計		7,978,931 千元	

碳捕捉後封存技術在減少全球碳排放扮演關鍵的角色，然而因該技術仍處於發展初期，建置成本偏高，尚需政府提出經濟誘因措施以降低業者初期建設成本，各國政府提出的獎勵補助政策與配套案例包含：

- (一) 美國《通貨膨脹削減法案》(IRA) 45Q 條款：業者投資 CCUS 技術相關建設減少每噸二氧化碳可獲得 85 美元的稅收抵免。
- (二) 歐盟創新基金(EU Innovation Fund)：2020-2030 年期間提供 400 億歐元支持能源密集產業的低碳轉型、CCUS 以及再生能源和能源儲存技術等發展。
- (三) 日本政府透過經濟產業省 (METI) 和日本金屬能源安全機構 (JOGMEC) 提供資金 30 億日元，補助 7 個 CCS 開發區域的建設。
- (四) 英國政府承諾未來 25 年內將投入 217 億英鎊支持碳捕捉封存樞紐中心(Hub) 建設。

環境部後續將進行我國二氧化碳捕捉後封存的財務成本的研析，另行提出「二氧化碳捕捉後封存獎勵補助計畫」報行政院，爭取 CCS 開發計畫獎勵補助經費，降低 CCS 開發業者初期設置的財務門檻，加速發展 CCUS 產業價值鏈，並推動我國 CCS 政策落實，擴大減碳效益。



表 7、分年中央總預算編列總表

工作項目	總經費			分年經費需求數(千元)														
	期程 (2026-2030 年)			2026			2027			2028			2029			2030		
	經常門	資本門	合計	經常門	資本門	合計	經常門	資本門	合計	經常門	資本門	合計	經常門	資本門	合計	經常門	資本門	合計
1. CCS 法規 環境建置	162,500	-	162,500	42,500	-	42,500	30,000	-	30,000	30,000	-	30,000	30,000	-	30,000	30,000	-	30,000
2. 建立二氧 化碳捕捉 獎勵補助 機制	420,000	-	420,000	20,000	-	20,000	100,000	-	100,000	100,000	-	100,000	100,000	-	100,000	100,000	-	100,000
3. 鐵砧山碳 捕存跨部 會試驗計 畫	378,200	-	378,200	85,000	-	85,000	102,100	-	102,100	102,100	-	102,100	59,000	-	59,000	30,000	-	30,000
4. 台中電廠 碳捕捉測 試場	-	763,201	763,201	-	602,223	602,223	-	72,830	72,830	-	44,074	44,074	-	44,074	44,074	-	-	-
5. 台中電廠 碳封存測 試場	1,674,480	-	1,674,480	313,965	-	313,965	418,620	-	418,620	523,275	-	523,275	104,655	-	104,655	313,965	-	313,965
6. 完成潛勢 區域地質	212,450	-	212,450	42,490	-	42,490	42,490	-	42,490	42,490	-	42,490	42,490	-	42,490	42,490	-	42,490

工作項目	總經費			分年經費需求數(千元)														
	期程 (2026-2030 年)			2026			2027			2028			2029			2030		
	經常門	資本門	合計	經常門	資本門	合計	經常門	資本門	合計	經常門	資本門	合計	經常門	資本門	合計	經常門	資本門	合計
調查及封存場址潛能評估																		
7. 建立碳封存場址灌注監測相關技術研究能量	91,050	-	91,050	18,210	-	18,210	18,210	-	18,210	18,210	-	18,210	18,210	-	18,210	18,210	-	18,210
8. 建立近海區域地質探勘技術與分析能量及國際交流合作	91,050	-	91,050	18,210	-	18,210	18,210	-	18,210	18,210	-	18,210	18,210	-	18,210	18,210	-	18,210
9. CCU 前瞻技術研發與小規模示範驗證(如 CDR、	625,000	-	625,000	125,000	-	125,000	125,000	-	125,000	125,000	-	125,000	125,000	-	125,000	125,000	-	125,000

工作項目	總經費			分年經費需求數(千元)														
	期程 (2026-2030 年)			2026			2027			2028			2029			2030		
	經常門	資本門	合計	經常門	資本門	合計	經常門	資本門	合計	經常門	資本門	合計	經常門	資本門	合計	經常門	資本門	合計
BECCS、 P2X 等)																		
10.碳封存整合社會治理計畫	2,883,000	7,000	2,890,000	248,000	7,000	255,000	905,000	-	905,000	955,000	-	955,000	755,000	-	755,000	20,000	-	20,000
11.碳捕獲與轉化成低 碳料源及其高值化應用	671,000	-	671,000	167,750	-	167,750	167,750	-	167,750	167,750	-	167,750	167,750	-	167,750	-	-	-
合計	7,208,730	770,201	7,978,931	1,081,125	609,223	1,690,348	1,927,380	72,830	2,000,210	2,082,035	44,074	2,126,109	1,420,315	44,074	1,464,389	697,875	0	697,875
比例(%)	90%	10%	100%	64%	36%	100%	96%	4%	100%	98%	2%	100%	97%	3%	100%	100%	0%	100%

備註：本經費編列表得視經費爭取情形適時調整。

## 參、公正轉型、社會溝通及管考機制

碳捕捉利用與封存(CCUS)產業價值鏈尚在研析階段，須持續投入研究、法規及配套措施，為確保本計畫在公正轉型的前提下順利推動，評估推動本計畫可能的影響包含以下 3 點：

- 一、既有難以減排產業若導入 CCUS，將有助於帶動產業轉型，並創造工作機會，然而，產業轉型過程中若有部分公司轉型不順利，將可能造成失業問題，勞工也可能在學習新的技術過程中，導致壓力累積而產生身心調適問題。
- 二、CCUS 可有效協助高碳排產業減輕碳稅的壓力，但 CCUS 的設備及技術成本也可能讓企業面臨新增的營運成本壓力，並可能有轉嫁營運成本至消費者，進而影響民生之虞。
- 三、推動 CCUS 技術的落實，可有效降低產業園區及產業的碳排放，惟 CCUS 後續的安全管理及環境影響，為場域周遭民眾及相關利害關係人所關切的議題。

本計畫將持續規劃社會溝通場次，邀請產、官、學、研及公民團體，召開社會溝通會議，與公民社會共同探討可能解方，強化與各利害關係人之溝通，同步辦理社會溝通及追蹤管考機制；另將定期或不定期召開會議，追蹤執行進度，檢討計畫內容及執行成果，管考規劃事項如下，並就社會溝通及管考機制，適時滾動調整，以提升執行成效：

- 一、配合環境部每 2 週召開之減碳旗艦行動計畫管考追蹤會議，提報相關資料。
- 二、依據行政院國家永續發展委員會氣候變遷與淨零轉型專案小組每 2 個月之跨部會協商會議，提報管考追蹤資料。

三、每半年將執行成果送環境部彙整，並提報總統府國家氣候變遷對策委員會，透過強化績效管考機制，滾動檢討政策執行成效，逐步達成減碳目標。

## 二氧化碳捕捉後再利用經濟效益評估

有關二氧化碳捕捉後再利用，則可藉由水泥業、農畜業、鋼鐵業及石化業在碳捕捉再利用的技術推廣與誘因機制，制定更具體且務實的商業模式工作策略：

- 一、**水泥業**：短期（~2025 年）先優化煙道氣的捕碳技術；中期（~2040 年）針對排碳量較大的水泥廠進行製程放大並同時兼顧捕碳效率及製程整合；長期（~2050 年）則推動全國所有水泥窯配備系統化捕碳裝置、全面實現行業減碳目標。此外，本計畫開發高效能水泥固碳混凝土的應用，實現廢棄資源與二氧化碳的資源化利用。計畫將廢爐渣、底渣與 CO<sub>2</sub>，固碳於混凝土、預鑄板及可流動性填充材料（CLSM）中，形成具有環境效益與經濟價值的創新產品。根據規劃，至 2030 年，固碳量預計達到 10 萬噸；至 2032 年，則提升至 30 萬噸，成為水泥產業邁向循環經濟的重要里程碑，並對我國建材產業產生深遠影響。根據「3-4-2.6 環境配慮型コンクリート「CO<sub>2</sub>-SUICOM」の概要，中國電力(株)」資料，目前日本「CO<sub>2</sub>-SUICOM」已有技術，每 m<sup>3</sup> 混凝土能貯存 18kg 的 CO<sub>2</sub>，再依據財團法人台灣營建研究所資料計算，台灣混凝土年產量約 6000 萬 m<sup>3</sup>，混凝土售價 3,000 台幣(元/M<sup>3</sup>)，2030 年產值可達 166 億元、2032 年達 500 億元、潛在產值則為 1800 億元。
- 二、**農畜業**：生物炭是利用有機材料在絕氧環境下進行高溫熱裂解所產生的一種富碳物質，它具有高耐久性，可在土壤中穩定存留數百年到數千年之久。除了碳移除之外，生物炭還能改善土壤的結構，提升保水性和養分保持能力，增強農作物對抗極端氣候的能力，並促進土壤中的微生物活動。在眾多的碳移除（CDR）技術中，生物炭因其長效性、穩定性及多重環境共同效益，日益受到



關注。生物炭是利用有機材料在絕氧環境下進行高溫熱裂解所產生的一種富碳物質，它具有高耐久性，可在土壤中穩定存留數百年到數千年之久，從而將二氧化碳永久封存在地球碳循環系統之外。除了碳移除之外，生物炭還能改善土壤的結構，提升保水性和養分保持能力，增強農作物對抗極端氣候的能力，並促進土壤中的微生物活動。農研單位預估，在全台 30 餘萬公頃農地施放生物炭，可以創造 1400 萬噸 CO<sub>2</sub> 當量的碳匯 (<https://www.newsmarket.com.tw/blog/171096/>)。本計畫初步規劃，至 2030 年，固碳量預計達到 100 萬噸；至 2032 年，則提升至 200 萬噸。根據農業試驗所農化組研究員陳琦玲，全台 30 萬公頃酸性土壤，每公頃農地可以施用 40 噸的生物炭，目前市售農用生物炭行情每公斤 20~50 元，在此以 35 元計算，2030 年產值可達 300 億元、2032 年達 600 億元、潛在產值則為 4200 億元。此外，根據「循環台灣基金會-台灣沼氣產業新契機」資料，僅考慮禽畜糞(不含尿)、廚餘、人糞(不含尿) 年產量為 1216 萬噸，一般而言 1 噸污泥產生的沼氣量約在 50 至 150m<sup>3</sup> 之間，取決於污泥的揮發性固體含量和厭氧消化系統的效率，在此以 100m<sup>3</sup>/噸計算。假設以回收 30%計算，可產生沼氣量 3.65 億 m<sup>3</sup>。沼氣中含有 60%CH<sub>4</sub> 和 40%CO<sub>2</sub>，因此潛在減碳量共有 401 萬噸，本計畫預計在 2030 年，減碳量達 10 萬噸；至 2032 年，則提升至 20 萬噸。以乾式重組製成而言，1m<sup>3</sup> 的甲烷可與等量的二氧化碳反應，生成 2m<sup>3</sup> 的 CO 和 2m<sup>3</sup> 的 H<sub>2</sub>，因此 3.65 億 m<sup>3</sup> 沼氣中，可產生甲烷約有 2.19 億 m<sup>3</sup>，甲烷密度 0.657 kg/m<sup>3</sup>、GWP27.9，減碳效益可達 401 萬噸。假設轉化效率為 85%，產生合成氣的體積可達 7.45 億 m<sup>3</sup>。目前北美、歐洲等地區，合成氣 (CO+H<sub>2</sub>) 的售價通常為 150-300 美元/千 m<sup>3</sup>。台灣採用進口天然氣作為原料，市場的合成氣價格偏高，經查中油的天然氣價格約在 14-20 新台幣/m<sup>3</sup>，假設天然氣的轉化效率為 80%，每 m<sup>3</sup> 合成氣所需天然氣成本介於

17.5-25 新台幣，若以加工附加成本計算(約 2-2.5 倍原料成本)，估算得出 35000-62500 新台幣/千 m<sup>3</sup>，以平均 45000 估算，合成氣(CO+H<sub>2</sub>)潛在產值約有 335 億元，本計畫預計在 2030 年達 10 萬噸，產值可達 8.3 億元、2032 年則為 16.6 億元。

三、**鋼鐵業**：中鋼鋼化聯產作法及預估成果已撰寫於中鋼減碳旗艦行動計畫書，故本計畫書僅為鋼鐵業在鋼化聯產中，提供前端捕碳程序之相關說明，具體中鋼鋼化聯產捕碳規劃及預估效益仍以「中鋼減碳旗艦行動計畫書」為主。

鋼鐵廠在煉製鋼鐵過程中會伴隨著焦爐氣(COG)、高爐氣(BFG)、以及轉爐氣(LDG)的產生，而目前鋼鐵尾氣主要利用係以燃燒加熱和燃燒發電為主，能量利用方式會產生大量的二氧化碳，本計畫規劃跨鋼鐵和石化產業進行合作，鋼鐵業主要部分為捕捉並純化 CO/CO<sub>2</sub>，石化業則利用純化 CO/CO<sub>2</sub> 生產甲醇。

首先提升鋼化聯產之碳捕捉技術效能，已於 2022 年前完成先導廠測試、預計 2030 年達成每年 12.5 萬噸之減碳效益；其次也要提升捕碳技術的能源效率，建立鋼鐵廠的高效能源回收機制以降低捕碳成本，目標 2035 年全面推廣、2050 年實現大規模應用。此外，鋼鐵業將以鋼化聯產技術推動跨產業價值鏈整合，實現減碳與經濟效益的雙贏。

	焦爐氣	高爐氣	轉爐氣
Comp.	(%)	(%)	(%)
H <sub>2</sub>	57.39	3	1.40
CO	7.06	23	61.50
CH <sub>4</sub>	24.55	0.00	0.00
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	2.42	0.00	0.00
O <sub>2</sub>	0.10	0.00	0.20
CO <sub>2</sub>	2.38	23	21.30
N <sub>2</sub>	6.10	51	15.60
量 (Nm <sup>3</sup> /h)	24萬	170萬	11萬

圖 1、中鋼三大副產燃氣

因鋼廠製程氣中含有高比例的 CO/CO<sub>2</sub>，進行加氫轉化為甲醇或甲烷化學品，其中甲醇是重要基礎化學品，可轉化為 CO、醋酸、烯烴、芳香烴等化工產業基礎料源，考量中鋼鋼化聯產未來可達成之 CO/CO<sub>2</sub> 產能尚不明確，故鋼化聯產相關結果仍以中鋼減碳旗艦行動計劃書為主，目前亦無法有確切的產能預估。

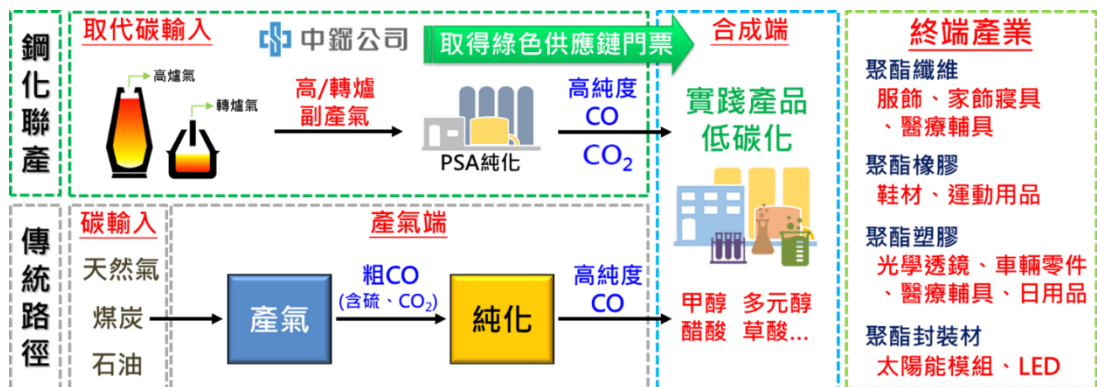


圖 2、鋼化聯產實踐循環經濟之減碳路徑

四、石化業：本計畫鋼鐵業捕捉並純化 CO/CO<sub>2</sub>，並由石化產業加氫轉化為甲醇後，再利用 MTO（甲烷/甲醇制烯烴）或 MTX（甲烷/甲醇制芳烴）製程轉換做為高附加價值烯烴及芳香烴，進一步應用於石化產品及紡織業生產 PET（聚對苯二甲酸乙二酯）與製鞋業使用之 EVA（醋酸乙烯酯）。

若紡織業所需的關鍵 PET 原料計算，由於 PET 主要由對苯二甲

酸 (PTA) 和乙二醇 (EG) 聚合而成。一般來說，PTA 約佔 PET 重量的 86%，而 EG 約佔 14%。CO 和 CO<sub>2</sub> 的理論消耗比例：約 1.5 噸的 CO<sub>2</sub> 和 1.2 噸的 CO 可用於製造 1 噸的 PTA（假設高效轉化）。因此，210 萬噸 CO<sub>2</sub> 和 135 萬噸 CO 合計能夠支持生產 PTA 約 90 萬至 110 萬噸（視技術效率而定）。PTA 與乙二醇進行聚合，製造相當量的 PET。由於乙二醇的重量佔比小，理論上可生產約 100 萬至 120 萬噸的 PET。再以目前 PET 每公斤新台幣 30 至 40 元（以 35 元計算）。若 2030 年以 72 萬噸、2032 年以 100 萬噸、潛在產能以 138 萬噸計算，2030 年產值可達 252 億元、2032 年達 350 億元、潛在產值則為 483 億元。

本計畫預計推動 CO<sub>2</sub> 與醇類（如生質醇）的高效轉化，生產二烷基碳酸酯 (DRC)、聚碳酸酯 (PC) 及聚氨酯 (PU) 等具高附加價值的綠色化學品，將 CO<sub>2</sub> 從排放負擔轉變為可資源化的工業原料、助力塑料及建材等下游產品。CO<sub>2</sub> 在觸媒催化下，可進行酯化反應形成碳酸酯類的化合物或直接合成高分子聚合物，碳酸酯類化合物包含單分子的二烷基酯 (dialkyl carbonate, DRC) 類的化合物及碳酸酯類聚合物。其中單分子的碳酸二烷基酯是化工產業使用的基礎化學品。包含碳酸二甲酯 (DMC)，碳酸二乙酯 (DEC)，碳酸二辛酯 (DOC)，碳酸二苯酯 (DPC) 等多項有用的碳酸二烷基類化合物。其中以碳酸二甲酯的需求量最高，預估全球每年可達 50 萬噸需求量。而此類碳酸二烷基酯可應用領域為(1)做為甲基化、乙基化或羰基化等反應試劑，(2)應用生產聚碳酸酯 (PC)、異氰酸酯、聚氨基甲酸酯、聚碳酸酯二醇等化學品。(3)可和雙醇單體合成聚合物，具有特殊物性的聚碳酸酯二醇 (Polycarbonate diols, PCDL)，可應用於 PU 及聚酯產業。(4)做為無毒的綠色環保溶劑（如碳酸二甲酯、碳酸丙烯酯），與大多有機物具有優良的溶解性能、黏度低、介電常數小及表面張力大等特質，可用於塗料、化學合成、清潔用等溶劑。(5)用於汽油添加劑，可提高汽油

中的高辛烷值作用，降低汽車廢氣總排放量，及不溶於水、低毒和快速生物分解性等性質，(6)隨著電動車的發展，在鋰電池中作為電解液使用。(7)做為化妝品及個人護理用之配方助劑，碳酸二辛酯主要做為膚感乾爽的新型潤膚劑。目前聚碳酸酯 (PC) 售價 2,000~3,000 美元/噸（以 2,500 估算，匯率 31）、聚氨酯 PU 售價 ~ 3,200 美元/噸。以 35 萬噸 PC+20 萬噸 PU 可獲得 54 萬噸減碳效益等比例估算，潛在市值可達 469.5 億元。藉此石化業將從傳統的碳密集型模式轉型為資源循環利用的綠色化工體系，成為推動淨零排放的重要支柱。

綜上，本計畫 CCUS 產業行動方案，以引導業者投資、創造經濟產值為核心目標，不只減碳，更可創造新臺幣 5 千億元經濟價值，如下表所示。

尚未計算碳權效益	119年 (億元)	121年 (億元)	潛在市值 (億元)	119年/121年/ 潛在減碳量(千噸)	年需求量	114-121年 申請補助金額(億元)
生物碳(土壤改質劑)	300	600	4,200	119年中鋼捕探程序預估減碳效益約125千噸	30萬公頃酸性土壤	2.4
鋼化聯產 MTX/MTO產製烯烴及芳香烴 (以PET計算)	252	350	483	2,500/3,450/ 4,750	中鋼提供	17.6
沼氣再利用-乾式重組產製 生質合成氣	8.3	16.6	335	100/200/4,010	僅計算禽畜糞、廚餘、 人糞(不含尿)等汙泥	12
總計	560.3	966.6	5,018	2,725/3,775/ 8,885		32

表 1、本計畫 CCUS 產業行動方案可創造 5 千億經濟產值