



臺灣溫室氣體抵換專案之推動現況

劉哲良／中華經濟研究院綠色經濟研究中心研究員¹
敖家綱／中華經濟研究院綠色經濟研究中心輔佐研究員
林宗昱／中華經濟研究院綠色經濟研究中心分析師
朱敏嘉／中華經濟研究院綠色經濟研究中心輔佐研究員
張璦云／中華經濟研究院綠色經濟研究中心輔佐研究員

一、制度推動背景

為鼓勵國內產業及早投入溫室氣體減量行動，行政院環境保護署參考國際上相關的自願減量誘因機制，於2010年（民國99年）以行政規則方式發布《行政院環境保護署溫室氣體先期專案暨抵換專案推動原則》（簡稱《推動原則》），以做為「先期專案」（early action program）與「溫室氣體抵換專案」（Taiwan Offset Project, TOP）等制度實施之依據。無論是先期或是抵換專案，執行單位能夠透過行政院環保署所規範的申請程序取得「減量額度」（reduction credits），以做為自身排放量抵換（emission offset）、自願性碳中和（carbon neutrality），或售予減量額度需求者、以抵減排放之用。換言之，這些減

量額度亦是經營實體的資產，具有經濟價值；行政院環保署即是透過減量額度的核發，一方面給予排放源及早進行自願減量的誘因、一方面則是獎勵排放源早期所做的減量努力。

做為本土化溫室氣體管理之依歸，臺灣於2015年7月通過了《溫室氣體減量及管理法》（簡稱《溫管法》）。同年，為給予排放源執行自願減量的誘因，完整化我國的溫室氣體管理制度，行政院環保署依據《溫管法》授權，將《推動原則》改以《溫室氣體抵換專案管理辦法》（簡稱《管理辦法》）的形式進行法制上的轉換，並以此法做為臺灣產業「溫室氣體抵換專案」相關制度設計及執行之正式法源（legal foundation）。

經由圖1可了解《溫管法》與《管理辦

¹通訊作者，信箱：jlliou@cier.edu.tw；聯絡電話：02-2735-6006分機423



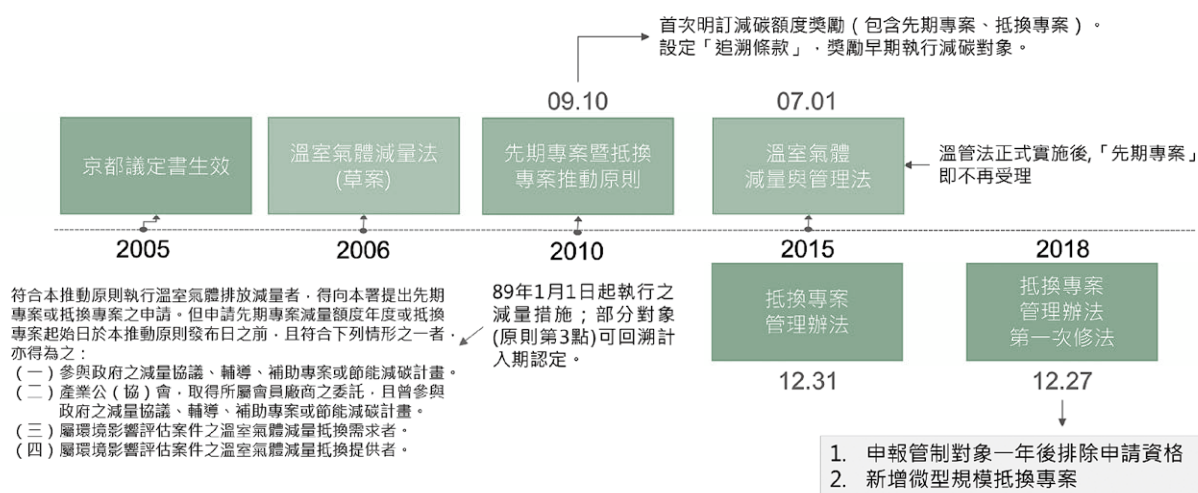
法》之演變概況。在《管理辦法》正式核定後，因應時空背景事實，進行了不同對象申請條件的調整。例如在《推動原則》時期，其重要的目的之一，在於獎勵排放源早期所做的減量努力，因此在產業投入減量行動的認定上，考量了計入期的追溯（也就是說，在《推動原則》實施前所做的減量亦可來申請減量額度）。此一獎勵精神在轉換為《管理辦法》後亦得以延續。而在 2018 年《管理辦法》的第一次修正中，則是明定在該次修訂版公告的一年後，受到《溫管法》列為強制排放申報管制對象已不得再申請「抵換專案」。另一方面，該次修訂亦納入了「微型規模抵換專案」（micro-scale）制度；申請微規模專案者不須再經過完整的「外加性」（additionality）檢驗程序，只須證明欲申請的

專案本身具備「法規外加性」即可。如此大幅降低了成案的困難度，也擴大了潛在可參與的對象。

綜言之，「抵換專案」在臺灣經過超過十年的執行後，除了扮演獎勵過往減量努力的角色外，近年更著重於透過減量額度提供產業進行自願減量之誘因，讓「碳風險管理」的概念能夠逐漸融入到產業整體的經營管理策略之中，以降低未來面對相關管制時所造成的衝擊影響。

二、推動成效近況

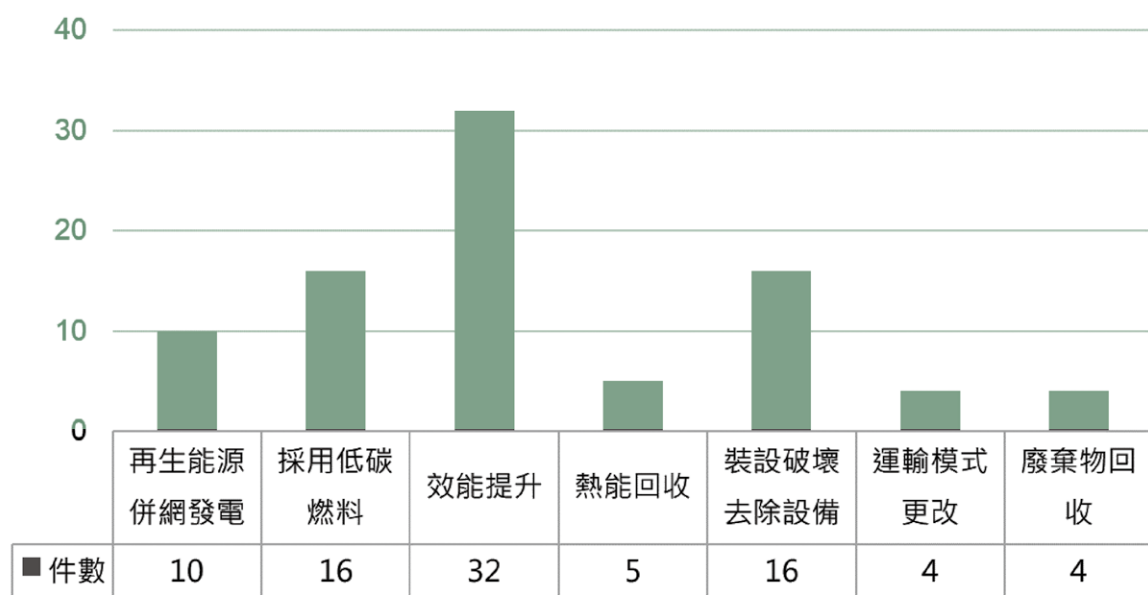
截止 2022 年 2 月 28 日止，「行政院環境保護署溫室氣體減量成效認可審議會」（以下稱「審議會」）共受理了 123 件抵換專案



資料來源：本團隊彙整

圖 1 抵換專案管理辦法核定與修正歷程

²詳細的案件資訊，可至行政院環保署所建置之「溫室氣體減量抵換資訊平台」上查詢（平台網址：<https://ghgtransaction.epa.gov.tw/Index>）。



資料來源：本團隊彙整。

圖 2 抵換專案通過註冊申請之案件類型統計

註冊申請；其中已通過註冊申請的減量專案共計 87 件²，預估計入期總減量額度約 6,864 萬 9,949 公噸 CO₂e。由圖 2 可知，目前已通過註冊之抵換專案以「效能提升類型」、「低碳燃料轉換」、以「裝設破壞去除設備類型案件」為數量最大宗者（行政院環境保護署，2022）。

另一方面，行政院環保署於 2018 年 12 月 27 日修正發布的《管理辦法》中、新增了「微型規模抵換專案」類別（再生能源總裝置容量小於 5,000 瓩、節電量小於 2,000 萬度 / 年或溫室氣體排放量總減量小於 2 萬公噸 CO₂e / 年，下稱微型抵換），放寬了參與的條件，期能促進各界投入減碳。自微型抵換制度發布以來，目前共通過 21 案微型規模註冊申請審查。其中仍以「效能提升」類別為

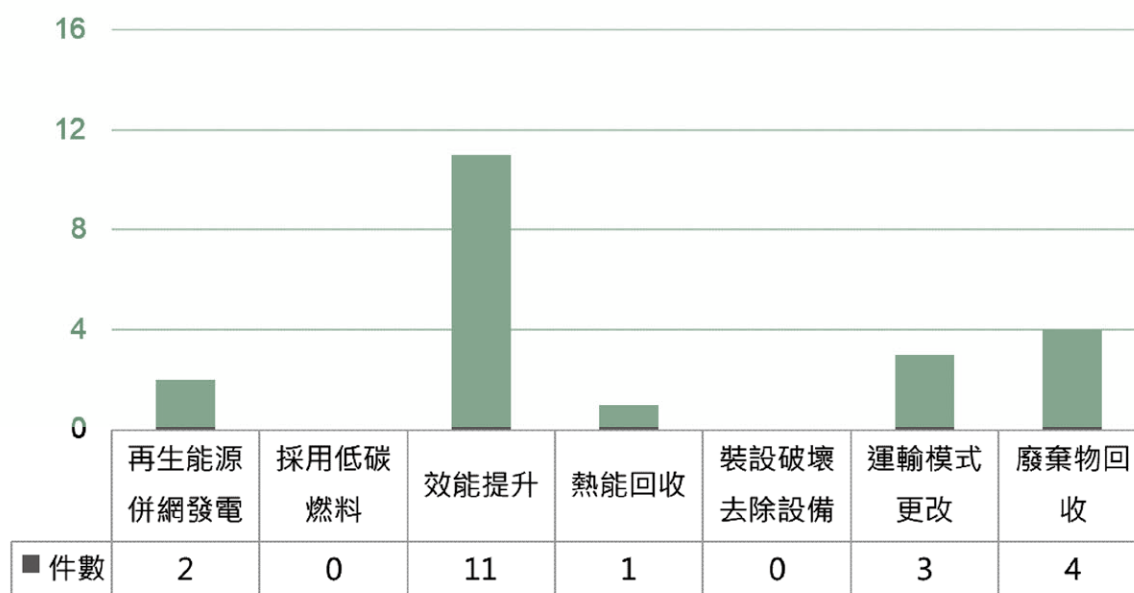
最大宗。微型規模各類別註冊通過案件數可參考圖 3。

最後在「額度申請」部分，目前已有 25 案已提出申請，其中 21 案已經環保署審議會審查通過，共核發 2,366 萬 6,522 公噸 CO₂e 的減量額度，彙整如表 1。

三、減量成本及額度成本分析

臺灣抵換專案（TOP）推動迄今共通過 86 案（統計至 2022 年 2 月），其中部分案件在申請時已有提供財務數據，可供做為成本分析之用。在分析時，本研究採用二種不同計畫年限的方式來進行成本的計算，並將之區分為「額度取得成本」與「平均減量成本」。

其中，「額度取得成本」乃是因抵換專案在額度的取得上有其「計入期」的設定，



資料來源：本團隊彙整。

圖 3 微型規模抵換專案通過註冊申請之案件類型統計

可以選擇 10 年的固定型、或是 7 年一期、但最多可展延二次的方式來計算。因此，在計算「額度取得成本」時，乃是以專案總成本（包含期初投資成本及每年運轉維護成本總和）除以專案計入期預計可取得之總額度而得。另一方面，「平均減量成本」的計算中，在總減量額度的計算上，乃是假設該專案的設備可以使用達到法定的經濟年限（以專案提供的數據、或主計處公布之設備耐用年限表為準），進而計算出該專案預期可達到的總減量；接著，再將專案總成本除以專案於經濟年限內之總減量，即得「平均減量成本」。

依據案件資料的盤點，目前通過註冊申請的 86 案中，共有 63 案提供完整或部分的財務數據；其中具備完整財務數據可供分析者，則有 52 件，可依前述方式分別計算額度取得成本及平均減量成本³。

配合前述減量成本計算方式，進行各案的減量成本分析，結果彙整如表圖 4 所示。

整體而言，彙整結果有幾個重點：

- (1) 就成本計算結果來說，「額度取得成本」一致高於「平均減量成本」。主要的原因，在於目前通過的所有案件，其設備之經濟耐用年限皆大於專案計入期，因此採用經濟耐用年限所算出來的預期總

³其餘案件多為「微型規模抵換專案」，計畫書中登載了專案期初投資數據，但缺乏每年運轉維護費用的資料，因此無法支持額度取得成本及平均減量成本之計算。



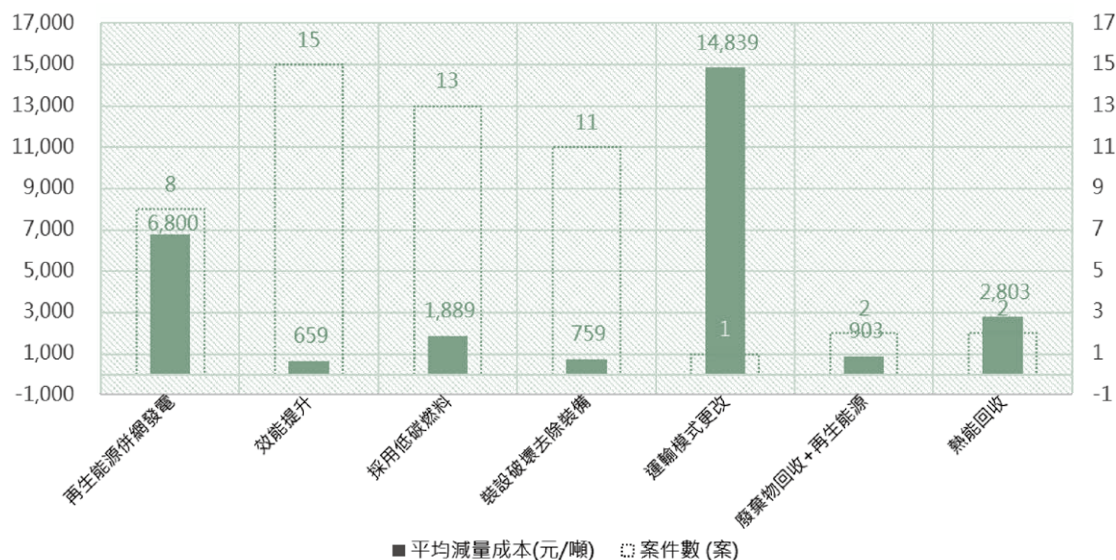
特別企劃

表 1 抵換專案核發額度（統計至 2022 年 2 月止）

編號	專案名稱	核發之減量額度 (公噸 CO ₂ e)
1	金門縣政府節能燈具及路燈汰換溫室氣體減量專案	60
2	協四機送風機馬達變頻轉速控制改善計畫	133,007
3	台灣電力公司 7.03MW 級光電廠計畫	36,960
4	台中發電廠四號機汽機效能提升	169,656
5	萬松、碧海水力發電溫室氣體抵換專案計畫	420,233
6	協三機送風機馬達變頻轉速控制改善計畫	88,659
7	奇美天然氣替代重油抵換專案	103,610
8	台中發電廠三號機空氣預熱器暨汽機效能提升抵換專案	58,331
9	中鴻熱軋加熱爐以天然氣替代重油抵換專案	155,112
10	大潭發電廠天然氣發電計畫抵換專案	18,520,148
11	中鋼花蓮石料廠運輸模式改變專案計畫	2,273
12	興達發電廠一號機鍋爐及汽機、控制系統與效能提升抵換專案	67,526
13	長春人造樹脂 CP2 熱媒鍋爐燃料由重油改為天然氣	7,654
14	大連化學工業熱媒鍋爐燃料修改專案	11,676
15	東和鋼鐵高雄廠型鋼加熱爐燃料修改	25,169
16	台北 101 大樓停車場採用高效率光源	184
17	台灣電力公司風力發電計畫（一）	3,814,562
18	台灣電力公司台中及興達太陽光電計畫	3,449
19	台灣電力公司台中龍井太陽光電發電計畫	16,944
20	製程熱媒鍋爐 / 加熱爐採低碳燃料	26,974
21	IEM 液鹼蒸發罐更新	4,335
	總計	23,666,522

資料來源：行政院環境保護署（2022），本計畫團隊彙整。





資料來源：行政院環境護署（2022）

圖 4 抵換專案各類別案件平均減量成本與案件數

減量數，亦將大於採用計入期所計算出之減量數。由於總減量數額為計算單位成本的分母，因此額度取得成本一致高於平均減量成本。從投資廠商的決策角度而言，決定是否進行抵換專案的投資，事實上以平均減量成本做為檢視依據更為合宜，因該數據是實務上設備真正預期可運轉之時間。

- (2) 目前通過註冊、具備足夠數據可供進行分析的案件共可區分為 7 大類（如圖 4 所示）。惟須注意的是，即便屬於同一類別的案件，也會因採用的減量方法學（methodology）與個案操作條件而令案件與案件之間的成本數據存在顯著差異。
- (3) 一般來說，「效能提升」類型的減量方法普遍成本較低、或因能源成本的節省高於投資成本而存在淨效益（因節能所

帶來的能源費用節省可超過投資及運轉維護成本，目前通過的案件中共有 5 件呈現這種情況）。目前此類型的 15 件案件，平均減量成本為 659 元 / 噸。

- (4) 而「再生能源併網發電」類型普遍減量成本較高，減量成本的平均值達 6,800 元 / 噸（目前可供分析者共有 8 案），主要原因是資料庫中此類型專案的執行時間相對較早（多半為超過 10 年前所執行）、且是由台電公司執行。當時再生能源的投資成本仍相對較高，且若是台電執行的個案，亦沒有躉購的收入，降低了正面的現金流。近年再生能源成本已大幅降低，因此再生能源類型減量專案的減量成本也隨之降低。
- (5) 目前通過的案件之中，共有 11 案採用「破壞去除設備」來減少溫室氣體排放，



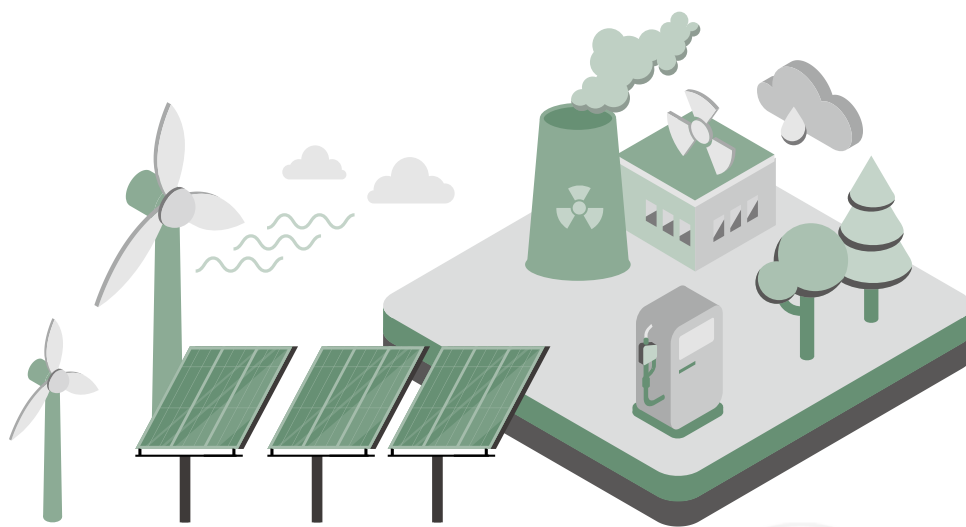
且皆屬「大規模」案件、預期可取得之減量額度相對較高。平均減量成本散布於每噸 76 元~2,140 元之間，每噸平均減量成本為 759 元 / 噸。

- (6) 採用「低碳燃料」的案件，可供分析者有 13 件，多為使用天然氣來替換重油以做為鍋爐燃料之用，平均減量成本為 1,889 元 / 噸。
- (7) 歸屬「廢棄物回收 + 再生能源發電」類別者有二個案件，主要是先將沼氣回收後再應用於發電之用，一方面可透過避免沼氣直接排放於大氣中而減少溫室氣體，一方面則可用透過發電取代現有電網之電力，以發揮雙重減量之效果。此類別的平均減量成本為 903 元 / 噸。
- (8) 在「熱能回收」類別中，可供分析的案件有二件，主要是製程過程的廢熱及餘熱回收再利，平均減量成本為 2,803 元 / 噸。最後，「運輸模式改變」的案件較

為特別，目前僅有一件，平均減量成本高達 14,839 元 / 噸。

四、2021 年減碳環境效益及綠色經濟帶動效果

抵換專案之實施，除了能夠透過排放減量為社會整體帶來環境效益（environmental benefits）、進而對國家減量目標有所貢獻外，因執行抵換專案所促成的投資（investment），預期能夠藉由產業之間的互動關聯性而帶來正面的經濟影響效果（economic impacts）。依此，抵換專案之執行，亦呼應《聯合國氣候變化綱要公約》（United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC）脈絡下、《巴黎協定》（Paris Agreement, PA）提倡應將資金導向低碳路徑以降低減緩過程中對經濟活動帶來負面衝擊之原則（United Nations, 2016）。



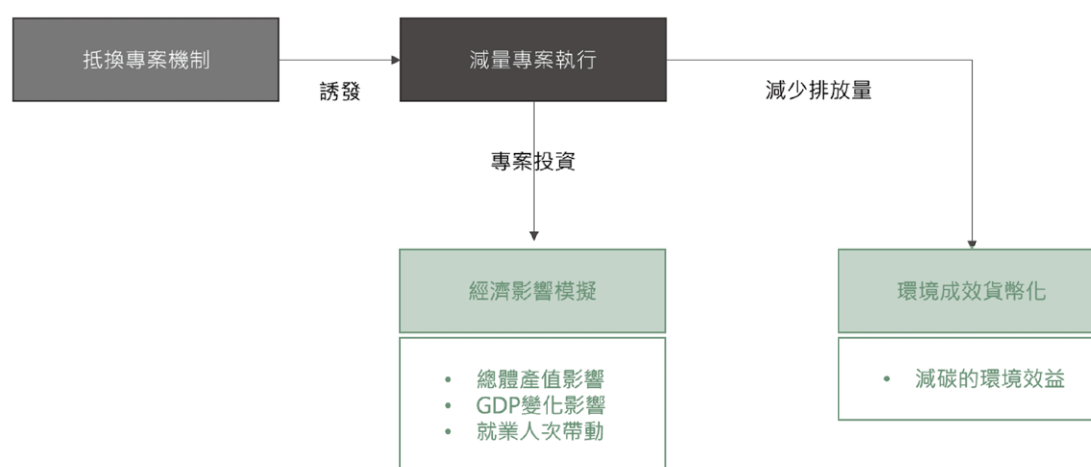
然而，雖然抵換專案無論在溫室氣體環境目標的貢獻上、或是產業經濟影響效果的帶動上，都扮演了一個重要的工具性角色；但國內針對抵換專案執行成效進行討論的研究並不多見，多半仍聚焦於申請方式及案例的介紹。至於執行抵換專案所帶來的減量環境效益、以及產業經濟帶動效果之探討，卻仍付之闕如。因此，並不容易了解抵換專案制度推動迄今，如何評估其績效、又績效為何。為了解決這些技術性問題，行政院環保署（2016）參考美國環境保護署（United States Environmental Protection Agency，US. EPA）所頒布的《經濟分析指引手冊》中之方法論（US. EPA，2016），建立了抵換專案減量環境效益與經濟影響效果的評估架構。

在該評估架構中，包含了二個重要衡量面向，分別是：（1）碳的社會成本（social cost of carbon，SCC）（Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States

Government，2010；2016；Isacs 等人，2016；OECD，2018；Watkiss，2013）與（2）減量專案投資所帶來的經濟帶動效果。

基於上述減碳效益方法論之發展，本研究依循 ISO-14008 的分析流程（ISO，2019）、使用 US EPA 所公布之 SCC 估計結果配合價值移轉法（value transfer method，VTM）的概念來進行抵換專案減量環境效益之評估。使用國際 SCC 計算結果進行本土化之移轉，需要考量物價變化、匯率等相關要素之調整，方能計算出切合我國情況之單位減碳效益值。

另一方面，針對抵換專案之投資對於總體經濟的帶動效果，為合理捕捉因產業之間生產消費需求之依存互動關係，則使用常用於評估專案投資經濟影響效果之「投入產出模型」（input-output model，IO）進行抵換專案投資之經濟影響效果分析（Miller & Blair，2009；US EPA，2016；王塗發等人，2020）。



資料來源：行政院環保署（2016）

圖 5 抵換專案執行成效評估架構



為分析減量措施投資所帶來的經濟影響效果及環境減碳效益，必要的投資資料包含專案的投資財務數據及減碳量（在註冊申請階段為預測量）。此外，此項目聚焦於抵換專案機制 2021 年之執行成效，因此僅將本年度通過「註冊申請」的案件納入分析範疇。在上述二個條件交集下，於期中報告進度前，共有 16 件已通過註冊申請之案件可納入本項目的分析範疇（彙整如表 2）。

依據模擬推估結果，2021 年所通過之 16 案，其計入期總減量預估為 470,540 噸

CO₂e。由於 2020 年之 SCC 估算值折合台幣約為台幣 365 元 / 公噸 ~1,888 元 / 公噸，平均約為 1,127 元 / 公噸，將二者相乘可推估得到此 16 案預期能夠帶來之減碳社會環境效益區間，推算為 171.75 百萬元 ~888.38 百萬元，平均值為 530.3 百萬元。

另一方面，此 16 案的投資總額共約 2,340.15 百萬元，採用投入產出模型進行模擬，可知此 16 案共可帶動總體經濟產值增加 5,920.57 百萬元、附加價值增加 2,574.17 百萬元，並支持 2,410 人次的就業機會⁴。

表 2 2021 年通過註冊申請且具財務資料可供分析的案件彙整

專案別	計入期預估總減量（公噸 CO ₂ e）	專案投資成本（元） ¹
1	601,450	538,274,785
2	554,920	17,955,000
3	2,331,190	840,518,282
4	826,497	56,250,000
5	165,530	29,076,840
6	159,050	82,057,605
7	230	1,735,000
8	40	980,000
9	180	22,000,000
10	30	800,000
11	19,967	31,372
12	29,582	2,824
13	4,610	1,114
14	5,728	4,015
15	1,310	5,167
16	4,190	1,352
小計	470,450	2,340,146,796

註1：僅包含減量專案期初投資成本，不含各年度的運轉維護成本。

資料來源：行政院環境保護署（2022）。

⁴此部分在詮釋上乃是為支持專案投資訂單所可能創造的工作需求，在實務上可能由現有雇員來承擔工作、或透過新聘員工來處理。





抵換案溫室氣體減量 (公噸CO ₂ e) [A]	單位碳社會成本 (元/公噸CO ₂ e) [B]		減碳環境效益 (百萬元) [C]=[A]*[B]
470,540	上界	1,888	888.38
	下界	365	171.75
	平均	1,127	530.30

投資總額 (百萬元)	產值帶動效果 (百萬元)	GDP創造效果 (百萬元)	就業支持及新增效果(總人次)
2,340	5,920	2,574	2,410

資料來源：資料彙整自行政院環保署（2022）

圖 6 2021 年通過註冊申請案之環境效益與經濟影響評估

五、結語：後續制度精進方向

抵換專案於臺灣推動迄今已超過十年，誠如前述，該制度之執行無論在減碳環境效益或是投資的經濟帶動效果上，皆有正面效果。然而，為擴大參與、提升制度成效，仍有幾個可持續的精進方向。

首先，參考國際各自願減量機制之演化經驗，申請流程的簡化及標準化，乃是降低參與成本的一種重要趨勢方向。一些國際自願減量機制，例如聯合國所建立的「清潔發展機制」（Clean Development Mechanism，CDM）、或者是國際獨立機構 Verra 所建立之「核證減排標準」（Voluntary Carbon Standard，VCS）等，由於論證及審查過程複雜，過去經常發生單位減量成本（包括查驗證成本）高過減量專案所預期能夠帶來的收

益，故目前正在發展越來越多針對外加性分析的標準化制度，並逐步降低因計畫類別不同而產生的不確定性，並在查驗證階段儘量不依賴個別減量專案的特定資訊。簡單而言，就是朝向簡化流程進行審查。

同樣的情況，亦出現在部分的抵換專案上。除卻可能帶來節能收益的案件類型外，大部分的減量專案的投資回收期相對較高；加上審查過程所須支付的相關成本（包含專案輔導、查驗證等），導致參與對象的限縮。也因此，後續的精進方向之一，即是參考國際上的標準化做法來修正我國制度，以期降低抵換專案之參與成本。

另一方面，減量額度供需雙方在現行制度之下，由於缺乏資訊完備的交易媒合平台，並不容易找到彼此來完成交易。在缺乏交易的情況下，市場價格訊息不易傳遞，進而降





低了此一機制原可發揮的誘因效果。職是之故，建立一個良好的資訊及交易媒合平台，以降低減量額度供需雙方之交易成本（包含尋價及議價成本），將是一個必要的精進方向。

除了前述由成本角度著眼的改進建議之外，在擴大參與的目標上，也可由廣宣面向來促進。在過往執行之初，考量到通常是大排放源較能跨越抵換專案本身所具備的成本門檻，因此制度推廣的對象，主要聚焦於規模較大的排放源。然而也因為如此，目前許多規模較小的排放源（例如中小企業），即便具備減量潛力、但在缺乏抵換專案的相關資訊下、亦無法透過此一誘因機制來促進減量。為改進此情況，後續亦建議透過廣宣及制度說明會之辦理，讓更多具備減量潛力之排放源了解抵換專案，以擴大此制度所能帶來的減量效果。

第二個面向，則是涉及如何透過政策工具組合（policy mix）來重新定位抵換專案的問題。在機制設計原理上，抵換專案通常是強制性碳定價—包含總量管制排放交易（emission trading scheme, ETS）或是碳環境稅費（carbon levy）的補充機制。當受管制對象無法在強制性制度下取得足夠的遵約所須條件時，則可使用抵換專案所產生的減量額度來達成遵約要求，以降低達成目標所須的成本。在這種設計邏輯下，減量額度的市場需求可以得到一定程度的確保，如此方可降低減量額度市場價格的不確定性。在臺灣的現況之下，由於缺乏強制性的碳定價制度，

因此對於減量額度的需求也相對較為不明（目前主要仰賴環評過程賦予開發業者的減量承諾），不利於減量額度市場的有效運作、進而影響了潛在參與者投入抵換專案的意願。

也因此，另一個潛在的制度精進方向，即是建議回歸抵換機制初始設計精神，以「範疇互補」做為後續與碳定價機制互動之原則。亦即，執行抵換專案所取得之減量額度，其用途建議增加可用於碳定價機制遵約之抵換之用（例：抵扣碳費、抵減總量管制下的排放量），以增加此機制之執行誘因。

六、致謝及說明

本文主要是以中華經濟研究院團隊執行行政院環境保護署（2022）《溫室氣體排放源自願減量專案審議與開發行為排放量增量抵換推動計畫》之相關內容改寫及擴寫而成，在此特別感謝「行政院環境保護署氣候變遷辦公室」之相關支持。惟文中所提出之相關論點及建議仍為本團隊之責，不代表行政院環境保護署立場，特此說明。

七、參考文獻

1. 王塗發、楊浩彥、林幸君、賴金瑞，2020。投入產出分析。台北市：財團法人台灣經濟研究院。
2. 行政院環境保護署，2022。《溫室氣體排放源自願減量專案審議與開發行為排放量增量抵換推動計畫》。執行單位：中華經濟研究院。台北市：行政院環境保護署。

- 
3. 行政院環境保護署，2016。《開發案溫室氣體監督管理與額度市場供需評估計畫》。執行單位：中華經濟研究院。台北市：行政院環境保護署。
 4. Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government, 2016. Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis--Under Executive Order 12866 (2016 update). Available from: https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2016-12/documents/sc_co2_tsd_august_2016.pdf
 5. Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government, 2010. Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis--Under Executive Order 12866. Available from: <http://www3.epa.gov/otaq/climate/regulations/scc-tds.pdf>.
 6. International Organization for Standardization, 2019. ISO 14008: Monetary Valuation of Environmental Impacts and Related Environmental Aspects.
 7. Isacs, L., G. Finnveden, L. Dahllof, C. Hakansson, L. Petersson, B. Steen, L. Swanstrom, and A. Wikstrom, 2016. "Choosing a Monetary Value of Greenhouse Gases in Assessment Tools: A Comprehensive Review," *Journal of Cleaner Production*, 127: 37-48.
 8. Miller, R.E. and P.D. Blair, 2009. *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions* (2nd). Cambridge: Cambridge University Press.
 9. Organization for Economic Co-operation and Development, 2018. *Cost-Benefit Analysis and the Environment: Further Developments and Policy Use*. Paris: OECD Publishing.
 10. United Nations, 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
 11. United States Environmental Protection Agency, 2016. *Guidelines for Preparing Economic Analyses* (2016 edition). Available from: <https://www.epa.gov/environmental-economics/guidelines-preparing-economic-analyses>
 12. Watkiss, P., 2013. *The Social Cost of Carbon*. Available from: <https://www.oecd.org/env/cc/37321411.pdf>.

