

國際碳邊境調整機制對臺灣減碳與經濟的影響

蕭代基¹ 黃琇琇^{2*} 林師模³ 傅俞瑄⁴

摘要

本研究應用總體經濟計量模型Energy-Environment-Economy Global Macro-Economic (E3ME) Model，依據實施國家區域範圍廣度不同下，模擬分析歐、美、日、韓及臺灣實施碳邊境調整機制(carbon border adjustment mechanism, CBAM)，對臺灣環境與經濟的影響。結果顯示，歐盟、英國、美國、日本、韓國實施碳定價對臺灣CO₂淨排放量的影響很小，即使有實施CBAM，對臺灣CO₂淨排放量影響亦不大。惟有當臺灣亦實施碳稅，臺灣減碳效果較為明顯。當臺灣未實施與他國同強度的減碳政策，臺灣要繳交給上述各國CBAM名目稅額，在2026年為新臺幣110億元，2050年為新臺幣1,397億元。其中，以繳交給韓國的CBAM稅額最多，2026年為38億元，其次為美國34億元與歐盟20億元。前述各國課徵CBAM將使臺灣產業出口價格上升，就產業別區分，以非金屬礦物製品出口價格提高最多，2026年約上升10.5%。政策意涵顯示，臺灣若實施碳稅，則可不用繳交CBAM稅額給實施國，亦可以向其他未有碳定價制度或碳價較低的國家課徵CBAM。

關鍵詞：碳邊境調整機制，碳邊境稅，碳稅，總體經濟計量模型，碳定價

1. 前言

人為排放溫室氣體所造成的氣候變遷，已經衝擊地球氣候與生態系統，不久的未來將傷害未來世代提升其福祉的機會，並且嚴重影響人類文明之存續，因此氣候變遷已經轉變成為氣候危機。2015年12月12日在2015年聯合國氣候峰會中通過氣候變遷綱要公約《巴黎協定》(UNFCCC Paris Agreement)期望國際間能夠合作，共同阻止氣候變遷的趨勢，因此訂定明確的目標為全球平均氣溫相較工業革命前，升幅不超過2°C，接著，於2018年，聯合國政府

間氣候變遷委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 2018年發布《全球升溫1.5°C報告(Global Warming of 1.5°C)》中，指出溫度升幅必須在1.5°C以內，才能避免不可逆轉的極端風險，而要使升幅在1.5°C以內，全球必須在2050年達到二氧化碳淨排放量為零(net-zero CO₂)，2050年之後二氧化碳淨排放量必須持續降低到負值(IPCC, 2018)。面對日趨嚴峻的升溫與碳排限制，各國勢必要合作採行有效的減碳及除碳政策與研發突破性新科技¹。

截至2021年10月，已有135個國家宣布或正在考慮該國的溫室氣體或二氧化碳淨零排放

¹ 中央研究院經濟研究所 兼任研究員

² 逢甲大學財稅學系 副教授

³ 中原大學國際經營與貿易學系 特聘教授

⁴ 中央研究院經濟研究所 研究助理

*通訊作者，電話: 04-2451-7250#4308, E-mail: wenhhuang@fcu.edu.tw

收到日期: 2021年09月30日

修正日期: 2021年11月26日

接受日期: 2021年12月27日

¹ 減碳(carbon emission reduction)是指排放源減少溫室氣體排放量，除碳(carbon removal)是指採用各種負碳技術(negative emissions technologies, NETs，例如光合作用)自大氣中移除溫室氣體的存量。每年排放量與除碳量之差為淨排放量。

量目標(The Energy and Climate Intelligence Unit, 2021)。歐盟在2019年12月公布《歐洲綠色政綱》(European Green Deal)提出在2050年前成為全球第一個氣候中和大陸的目標，即溫室氣體淨排放量為零；中國在2020年9月也宣布要在2060年前達到碳中和，即二氧化碳淨排放量為零；2020年10月日本宣布目標在2050年前達到溫室氣體淨排放量為零，爾後南韓亦宣布將在2050年前達到二氧化碳淨排放量為零。美國拜登總統於2021年4月全球氣候領袖會議中宣布，將在2050年之前達到溫室氣體淨零排放目標。在各國陸續宣布淨零碳排目標後，臺灣於2021年10月21日環保署預告修正「溫室氣體減量及管理法」為「氣候變遷因應法」，國家溫室氣體長期減量目標，在現行法為2050年溫室氣體排放量降為2005年溫室氣體排放量50%以下，草案將修正為2050年溫室氣體淨零排放。

實際上，由於各國減碳政策強度不一，廠商面臨不同的經營競爭條件時，基於成本的考量會傾向轉移至管制較鬆的地區生產，導致全球碳排放總量並未降低，形成碳洩漏(carbon leakage)現象。因此，執行高強度減碳政策的國家與地區(如歐盟)為了避免碳洩漏現象，同時考量到產業競爭的公平性，研議採行碳邊境調整機制(carbon border adjustment mechanism, CBAM)，或稱碳邊境稅(carbon border tax)。CBAM是指於進出口貿易時採取調整措施，對排碳管制較寬鬆國家的產品課徵進口稅，或對本國產品出口至排碳管制較寬鬆的國家給予出口補貼等。Markusen (1975)為研究課徵環境稅結合進口商品課徵邊境稅影響的先例，認為CBAM可以有效減少碳洩漏。之後的經濟模型評估CBAM的實施可以減少約1/3至1/2的碳洩漏(Böhringer *et al.*, 2012; Balistreri and Rutherford, 2012; Branger and Quirion, 2014)。除了可以減少碳洩漏的發生，CBAM也有促使出口國加強排碳管制誘因(Böhringer *et al.*, 2016; Irfanoglu *et al.*, 2015; Lessmann *et al.*, 2009)，CBAM甚至可以促成國際合作組成氣候俱樂部(climate

clubs)。但是，CBAM執行有其困難之處，一是各國各產業產品碳足跡(carbon footprints)計算標準不一與資料不齊，另一是CBAM的實施可能與世界貿易組織(WTO)相關規範相牴觸。對於CBAM的實施與內涵，吳珮瑛(2021)回顧在經濟、環境與法制層面相關文獻，深入探討CBAM的機制與內涵。

歐盟首先於其2019年的《歐洲綠色政綱》中，強調為了減低碳洩漏風險，將對某些特定進口產品加徵碳價，接者，歐洲執委會(European Commission)於2020年完成CBAM衝擊影響評估的線上與公眾諮詢(European Commission, 2020)。歐洲議會(European Parliament)於2021年3月10日以懸殊票數通過決議案，支持歐盟實施符合WTO規範的CBAM制度。最後，歐洲執委會於2021年7月14日公布以2030年排碳量比1990年的水準減少55%為目標之包裹法律草案(Fit for 55)，其中包括碳交易系統(Emissions trade system, ETS)修訂與CBAM的提案。

根據CBAM提案內容，2023年1月1日至2025年12月31日為過渡期(transitional period)，在此期間進口商不必購買CBAM證，但必須每季報告進口品的實際隱含排放量，包括直接與間接溫室氣體排放量，以及是否有在排放地支付碳價的證明，2026年開始全面執行CBAM，實施方式為進口商須根據進口品的隱含溫室氣體直接排放量向歐盟CBAM主管機關購買CBAM證(每張CBAM證之單位為1噸CO₂e)，CBAM證價格每週更新一次，為每週歐盟ETS所有拍賣結算價格的平均，若當週沒有拍賣，則沿用上一週價格，CBAM初期規範產品包含水泥、電力、化學肥料、鋼鐵與鋁。進口商也可以透過繳交已支付給申報排放地，未用於出口退稅或任何出口補貼的碳價證明，申請減免繳交CBAM證的數量(European Commission, 2021)。

2019年臺灣是歐盟第15大全球貿易夥伴，且為亞洲第5大貿易夥伴，僅次於中國、日本、南韓和印度，歐盟則是臺灣第4大貿易夥伴，

2019年臺灣出口至歐盟27國的貨品總額達240億美元，2020年則為229億美元，2020年臺灣出口至歐盟27國出口值前20大產品中，辦公與電信設備及其他機械(主要產品：機器及機械用具、電機設備及其零件、錄音機及聲音重放機、電視影像、聲音記錄機及重放機，上述各物之零件及附件)佔出口至歐盟27國的出口值總額一半以上，為最大宗的出口產品，其次為運輸設備(主要產品：車輛、航空器、船舶及有關運輸設備)，再次為基本金屬與其製品(主要產品：生鐵及粗鋼、鋼鐵初級製品、鋁、其他基本金屬；金屬刀具、手工具及模具、金屬結構及建築組件、金屬容器、金屬加工、其他金屬製品)。因此，歐盟實施CBAM對臺灣經濟可能影響值得密切關注。

至於歐盟以外的美國、日本與韓國方面，CBAM也是美國現有幾個減碳政策法律草案的碳稅配套政策之一，例如American Clean Energy and Security Act of 2010、the American Opportunity Carbon Fee Act of 2014，以及the U.S. Climate Leadership Council提出的完整政策建議(Baker *et al.*, 2017)。日本於2012年因應全球暖化開始徵收碳稅，做法是在「石油及煤炭稅」之原油及石油產品、氣態碳氫化合物、煤炭等能源既有稅率上，逐漸提升稅率。日本也於2005年起施行的全國性的自願性排放交易機制，惟不具強制力，對長期減碳效果有限；東京都與埼玉縣分別在2010年與2011年引進碳排放交易制度，兩者均屬於地方層級的排放交易制度。隨著日本首相提出2050年前達到溫室氣體淨排放量為零的目標，日本也於2021年規劃討論擴大碳稅徵收對象與考慮具強制力的全國碳交易制度。此外，日本產業經濟省也考慮引入CBAM，於2021年2月17日進行第一次專家會議，參考歐美做法進行研究。韓國是亞洲第一個為全國碳排放交易立法的國家，自2015年實施碳交易制度，涵蓋溫室氣體排放量的74%，2020年平均碳價為27.6 USD/tCO₂。由於其已有全國碳定價制度，實施CBAM可能性極高。

綜合以上，各國實施碳定價及CBAM政策將對國際合作減碳及國際貿易產生影響。反觀臺灣，在法定目標上無法顯示深度減碳決心，迄今仍無鼓勵減碳的碳定價政策，也沒有鼓勵移除溫室氣體的除碳費政策，雖然在《溫室氣體減量及管理法》第五條第三款明定政府為因應氣候變遷，相關法律與政策之規劃管理原則之一是「依二氧化碳當量，推動進口化石燃料之稅費機制，以因應氣候變遷，並落實中立原則，促進社會公益」，提供了我國實施碳稅或碳費的法源依據，但政府迄今仍遲疑於推動碳稅或碳費。因此，當國際都在積極進行低碳轉型，歐盟與美國及其他國家開始執行CBAM，臺灣廠商將面臨較其他相鄰競爭對手國為高的CBAM稅率，將會嚴重衝擊臺灣產品之國際競爭力，對於經濟、環境與產業衝擊其效果如何，此為本文所欲探討者。

2. 文獻回顧

2.1 碳邊境調整機制的基礎

碳邊境調整機制乃針對國際間減碳政策力道不一致，以及碳定價於區域間存在差異，導致產業移轉至碳定價相對較低或未實施減排措施地區，產生碳洩漏現象，因此實施邊境調整政策。CBAM以產品溫室氣體含量為基礎，針對進口或出口產品價格調整，可營造本國與外國廠商之公平競爭環境。此機制主要對進口產品課稅或對出口產品退稅，因此部分文獻稱之為碳邊境稅。若與碳排放交易體系相結合時，進口商可能會被要求購買足夠的排碳權以抵減進口產品生產過程中的溫室氣體排放。

此機制之基礎建立於邊境稅調整(Border Tax Adjustment, BTA)措施。邊境稅調整的探討由來已久，可追溯至1968年GATT 1947 (關稅暨貿易總協定，General Agreement on Tariffs and Trade)之締約方大會成立GATT邊境稅工作小組，該工作小組對於邊境稅調整定義為：「全

部或部分為了適用目的地原則所採取的財政措施，亦即出口產品得減免部分或全部於出口國市場銷售類似產品予消費者課徵之稅負，及進口產品得繳納部分或全部於進口國類似產品課徵之稅負」(施文真，2009a)。由此顯示，邊境稅調整得包含進口與出口雙向調整機制。邊境稅調整是對已存在的產品稅負在境內外不相當時，在其生產國跨越國境時所進行之調整，使境內外生產者競爭條件平等化。因此，邊境稅調整可有助於資源有效使用。

一般認為間接稅具有轉嫁之特性，稅負轉嫁至消費者負擔，因此有必要透過邊境稅調整，避免國際貿易對本國或外國消費者造成不公平的影響；直接稅稅負並無法轉嫁，不影響產品進出口價格，因此無採取邊境稅之必要性(施文真，2009a)。透過課徵排碳產品標的，進行碳邊境調整，需遵循上述之邊境稅調整基本架構，惟仍須通過GATT與WTO等國際貿易規範的考驗，請見3.1與3.2節之討論。

2.2 碳洩漏的管道與評估

碳邊境調整機制主要是為防止碳洩漏的可能，碳洩漏起因於減碳方法與強度在各國之間存在差異性，使生產活動重新配置，以致全球性因應氣候變遷政策的有效性受到潛在威脅，並可能損害國家經濟利益。

根據Cosbey *et al.* (2019)的文獻指出，碳洩漏可能體現於四種管道：一、競爭性管道(competitiveness channel)，指實施減碳政策國因碳價提高，使國內生產成本相對他國提高，消費者與生產者以國外產品替代國內產品，造成國內產品市占率下降，國內廠商利潤減少，並進一步使國外生產與排碳增加，長期下投資外移，而此管道亦是碳邊境稅最主要欲防止碳洩漏的目標。二、能源市場管道(energy market channel)，實施減碳管制區域降低化石燃料需求，促使國際化石燃料價格下跌，進而促使非管制區域化石燃料消費與碳排放上升。三、所得管道(income channel)，是指減量方法與碳定

價策略造成貿易條件改變，影響全球所得分配，也改變消費模式，增加或減少管制區域外碳排。四、技術外溢管道(technology spillovers channel)，由於管制區域實施碳定價促使潔淨技術創新，此可產生外溢效果，使非管制區域碳排降低，產生負的碳洩漏。

文獻上顯示碳洩漏程度及範圍，因部門別或模型假設而有相當差異。過去模擬碳洩漏研究多採用CGE (computable general equilibrium, CGE)模型，並以碳洩漏率(carbon leakage ratio)衡量碳洩漏程度。碳洩漏率的定義是以非管制區碳排放量變化除以管制區碳排放量變化。換言之，碳洩漏率衡量在管制區與非管制區減碳政策差異下，管制區的減碳努力被非管制區碳排增加而抵銷之程度(Yu *et al.*, 2021)。Ecofys (2013)指出歐盟各部門間，碳洩漏的潛在範圍約在2%至73%之間。以水泥產業為例，Fischer and Fox (2012)指出，鋼鐵與非金屬礦產部門的碳洩漏範圍約在14%，而Demailly and Quirion (2008)的研究顯示碳洩漏範圍為50%，Ponssard and Walker (2008)則發現碳洩漏範圍高達70%。Böhringer *et al.* (2012)回顧相關文獻模擬結果指出，在無任何反碳洩漏政策下，碳洩漏比率在5%至19%之間。Yu *et al.* (2021)整理2000年至2020年相關碳洩漏文獻發現，相關CGE模型評估的碳洩漏比率約在5%至30%之間，評估結果差異主要歸因於技術設定與實際狀況間的差距，前者如能源供給價格彈性設定及市場結構與國際貿易結構假設。另外，Marcu *et al.* (2013)認為，碳洩漏規模與高碳價以及有無規避碳價方法有關，例如免費排碳配額。

2.3 碳邊境調整機制效果評估

現有探討碳邊境調整機制效果的文獻，主要著重評估降低碳洩漏有效性及經濟效果兩方面。首先，在降低碳洩漏有效性方面，雖然在早期兩國、兩部門模型的結果，減少碳洩漏效果較難以獲得證實(Jakob *et al.*, 2013)，但爾後逐漸發展至多區域、多部門模型分析後，文獻

上多支持其可有效降低碳洩漏。Böhringer *et al.* (2012)的研究整理12篇CGE模型文獻結果，指出碳邊境調整政策可減少三分之一的碳洩漏，實施後碳洩漏比率降至2%至12%之間。Yu *et al.* (2021)根據CGE模型相關文獻結果，採統合迴歸(meta-regression)估計，實施碳邊境稅可降低4%的碳洩漏。而擴大減排聯盟(abatement coalition)的規模與增加管制溫室氣體種類，可提高抑制碳洩漏的效果。Burke *et al.* (2021)模擬分析英國脫歐後，若與歐盟制度實施一致性碳邊境稅，以及與歐盟不一致且降低減碳力道的碳邊境稅的差別，結果發現與歐盟一致性措施較能達到減排目的，減少碳洩漏，此結果說明減碳聯盟合作協調之重要性。此外，其也說明課徵標的採用狹義範圍的原料產品，即可解決大部分碳洩漏問題，例如水泥、紙業與鋁業，無須採廣義範圍納入原料產品與半製成品。

其次，在經濟效果方面，Park *et al.* (2012)利用靜態CGE模型分析亞太區域碳邊境稅，範圍包括所有貿易財，課徵基礎為直接碳排放，結果發現出口增加，進口減少，總體經濟影響不大，並有效減少碳洩漏。Mckibbin *et al.* (2018)探討美國實施碳稅與碳邊境稅效果差異，其CGE模型結果發現，碳邊境稅相較碳稅出口下降較大，且幅度大於進口減少，主要因本國貨幣升值。而邊境稅實施的經濟效果，因稅收回饋用途不同而異，若採用定額移轉，使產出下降加劇，但若用於資本稅減稅，則可降低多數產業負面衝擊。Banerjee (2021)採CGE模型模擬分析印度在面對他國實施碳邊境稅時，本國同步實施國內碳定價政策的效果。結果證實當他國實施碳邊境稅且國內實施碳定價措施，兩者稅率愈趨一致，防止碳洩漏效果愈有效。尤其國內建立消費基礎的嚴格碳定價措施，即對國內消費品課徵碳稅，包括進口品在出口國製造與進口原料之生產過程所排放的GHG (greenhouse gas, GHG)，比他國實施碳邊境稅，更能有效達成碳密集產業減碳目標。其研究也指出，若搭配稅收回饋至企業，則降低

負面的經濟衝擊效果較佳。

有別於現有文獻多採CGE模型分析碳邊境調整機制效果，Pollitt *et al.* (2012)與Park *et al.* (2015)採用E3ME模型。Pollitt *et al.* (2012)模擬分析歐盟針對非金屬礦產部門與鋼鐵部門，根據碳排基礎實施進口碳邊境稅，出口則未實施相關措施，結果顯示進口價格上升，非金屬礦產部門進口減少約16%，而鋼鐵部門進口減少約2%。Park *et al.* (2015)模擬分析2020年臺灣、中國、日本與韓國實施碳邊境稅的效果，主要針對木材與紙類、化學、非金屬礦產與鋼鐵等四部門。結果發現課徵碳稅與碳邊境稅併行時，相較僅課徵碳稅時，政策實施國碳排增加，出口增加，國內產值上升。主因是碳洩漏降低，且由於碳密集產業出口退稅使出口相對價格下降，出口量與排放量都增加，需要更高的碳稅，使得沒有退稅的內需品之生產與消費過程的減排效果大於出口退稅的上升效果。而進口效果則較不確定，因國家別與進口相對價格而異。因此根據文獻分析可知，碳邊境調整機制對於進出口經濟效果，仍須取決於價格彈性大小與貿易相對條件改變。

3. 國際貿易規範下的碳邊境調整機制與制度設計

3.1 國際貿易規範下碳邊境調整機制的討論

碳邊境調整機制並非是保護國內產業的特殊貿易方法，而是藉由間接稅的課徵，以確保境內與境外產品以目的地原則進行公平貿易活動。因此，在符合GATT與WTO貿易規範前提下，碳邊境調整機制才有實施之可能。原則上，需優先檢視的是GATT的最重要兩個原則：最惠國待遇(most-favored nation treatment)與國民待遇(national treatment)。其要求源自不同國家別的同類產品(like product)出口到目的地國時，應受到無差別待遇。

根據GATT第3條第2項規定：「任一締約國產品於輸入其他締約國時，應免除課徵超過對本國生產之同類產品所直接或間接課徵之內地稅及任何種類之規費」，另外，第3條註釋第2項規定：「符合本項前段之稅捐而被認為與同項後段之規定不符者，僅限於已納稅之貨品與未同樣課稅之貨品具有直接競爭與代替性者」。基於上述規範，欲針對進口產品進行課徵碳邊境稅時，其標的應限於與國內所生產屬於同類的進口產品，就歐盟發布的CBAM課徵原則，是建立在歐盟已實施ETS的範圍的產品，只有這些產品進入歐盟會被課徵；若非屬ETS實施範圍，則不課徵。再者，另一種允許進口國課徵碳邊境稅的可能是當進口產品係本國雖未生產，但存在具競爭與代替性之本國產品時。故檢視重點之一，在於辨認產品是否符合「同類產品」以及產品間是否「具競爭與代替性」，然因條文未提供明確定義，此可能有所爭議。根據1970年邊境稅調整工作小組報告提出，此須依事實或個案判斷，大致上辨認原則依據產品的特性、關稅的商品分類、最終用途與消費者偏好而做判定(施文真，2009b)。

CBAM另一個探討重點在於稅費制定。原則上，碳邊境調整稅率幅度須符合GATT第3條第2項規定，不得「超過對本國生產之同類產品所直接或間接課徵之內地稅及任何種類之規費」。針對此上限原則，進口國可採取於上限以內決定調整幅度，由此觀察，GATT並不明文允許採取邊境稅調整，而採取相關規範限制國家調整上限以利遵循。不過，針對碳密集度高之產品課徵懲罰性進口稅負，若高於國內相對清潔的產品，是否違反國民待遇原則？Cosbey *et al.* (2019)指出，依據WTO規範，當差別對待基礎是建立在產品含碳量而非來源國別，此是符合國際貿易規範的。由此觀之，邊境稅調整若摒除產品來源國之差別，而依產品含碳量為基礎，訂定差異化稅費是符合規範的可行方法。

然而，當碳邊境調整機制無法通過前述最

惠國待遇與國民待遇原則之檢驗，而有歧視之疑慮時，就須審視是否可符合GATT第20條所規定的例外情形，以作為實施依據。在第20條的例外情形中，一般文獻多認為第(b)款「維護人類、動物或植物生命或健康之必要措施」，以及第(g)款「關於可能枯竭之自然資源之保存措施」，是較可能作為正當化碳邊境調整機制之理由。自然環境與大氣層皆屬於耗竭性自然資源，若能合理連結方法與目的兩者關係，可依據上述例外原則賦予政策正當性。

3.2 碳邊境調整機制的制度設計

現有探討CBAM制度設計的研究，一方面秉持遵循國際貿易規範，另方面兼顧政策效益與經濟評估。有關碳邊境調整機制的設計架構，主要可從涵蓋國家、稅基、稅率與稅收運用等面向說明。

3.2.1 國家

原則上，碳邊境調整機制不應以進口來源國別為課稅認定依據，應根據產品碳排放量為基礎。以國別認定構成歧視，形同懲罰該國所有產業，且誘發排碳密集產業轉移至享有豁免國家或地區生產(Mehling *et al.*, 2019)。然而，對所有來源國採一致性對待，固然遵循GATT無差別待遇貿易規範，但卻有違氣候變化公約的共同但差異化責任(Common but Differentiated Responsibilities, CBDR)原則。因此，在符合GATT例外原則下，特定情形之豁免是可允許的，大致上包含以下五種情形(Cosbey *et al.*, 2019)：一、已實施排放限額國家；二、已採行排放限額以外之適當氣候行動的國家；三、已實施部門限額的該國部門；四、低度發展與低所得國家；五、貿易往來程度低的國家。上述豁免之考量，是為避免造成雙重負擔，並遵循共同但差異化責任原則。

3.2.2 稅基

碳邊境調整機制主要是要解決碳洩漏之問

題，實施對象應著重於具有碳洩漏風險產業，具有較高的碳洩漏風險的產業是目的地國(如歐盟)已實施較嚴格管制措施所涵蓋的產業，如歐盟ETS目前只涵蓋發電業、能源密集產業及航空業，據此，歐盟進行三次其具有碳洩漏風險產業(significant risk of carbon leakage)之評估，這些產業部門都是能源密集且貿易曝險(energy intensive and trade exposed, EITE)產業，將成為其CBAM實施的對象。Böhringer *et al.* (2012)指出碳邊境調整機制只需針對EITE產業部門實施，即可解決大部分的碳洩漏問題。而且擴大至碳洩漏風險低的部門，稽徵成本反而大於減碳利益。再者，涵蓋產業範圍過大，可能會落入保護產業過多，而違反GATT例外規定，也會將加諸於全部產業的負擔移轉至發展中國家，降低其效益(Böhringer *et al.*, 2018)。

3.2.3 稅率

在碳邊境調整機制下，若目的地國已採行碳交易或碳稅等碳定價制度，進口產品須依據產品碳排放量課徵碳邊境稅，另方面亦可能為維護境內受影響產業出口競爭力，在出口時予以退稅。在此機制下，強調消費價格基礎，稅率須比照目的地國碳定價政策的價格水準，作適時聯結價格調整。調整價格或稅率以產業別區分，主要是為調整標的產業之國內與國外氣候政策成本差異(Mehling *et al.*, 2019)。而在計徵稅額時，稅額高低與產品碳排放量（即碳密集度）有關，因此產品碳排放量的衡量基礎亦須釐清，產品碳排範圍界定標準有三類(Cosbey *et al.*, 2019)，範疇一是產品生產過程的直接排放；範疇二係與能源使用(如電力)有關的間接排放；範疇三是與生產過程有關的間接排放，例如做為生產原料的鋼鐵所隱含的排放量。原則上，第三類的計算較為複雜，為避免重複計算，一般並不納入考慮。

3.2.4 稅收運用

由於碳邊境調整機制是以減緩氣候危機

之環境目的，並非為提高政府收入之財政目的，為增加此政策在國際間的認同，稅收用途應用於減碳創新、減緩氣候變遷途徑與協助低度發展國家(Burke *et al.*, 2021)。Böhringer *et al.* (2010)指出碳邊境調整機制會改變貿易條件，形同將實現氣候政策負擔移轉至發展中國家。因此有文獻認為碳邊境稅之稅收應返還給受影響的國家(van den Bergh, 2016)，而Grubb (2011)則認為應將碳邊境稅之稅收挹注國際氣候基金，援助在此政策下受負面衝擊國家。Banerjee (2021)發現碳邊境稅收回饋至企業，降低負面經濟衝擊效果較佳。整體而言，文獻上多認同碳邊境調整機制的稅收運用，對於政策效果具重要關鍵影響(Böhringer *et al.*, 2012)。歸納稅收回饋用途，包含運用於其他稅目減稅、返還出口國、作特定氣候政策或基金使用。

4. 研究方法

E3ME總體經濟計量模型是由英國劍橋計量經濟研究中心(Cambridge Econometrics)發展的全球總體計量模型，劍橋計量經濟研究中心成立於1978年，主要研究領域為應用經濟實證分析，提供決策建議。E3ME模型第一版是在1999年完成，現已廣泛應用於歐盟、英國及世界各國各種有關能源、環境與經濟政策分析。最新E3ME模型版本涵蓋全球共59個地區的經濟、能源與環境系統，歐洲國家包含69個產業部門，其他國家為43個部門。模型主要架構由28條隨機方程式組成，包含能源、消費、投資、勞動、價格、貿易與物質部門等方程式。能源部門包含從能源需求與價格，其中，能源需求細部分類依使用者與能源類型區分，進一步推估排放物；經濟變數包含依產業別區分產值、消費者細項需求、投資需求與所得變數；勞動包含勞動需求、工資、勞動參與率、工時；價格變數包含國內生產價格、進口與出口價格；貿易包含進口、出口與雙邊貿易；物質包含食物、森林、礦物、水與廢棄物等。此

外，其他外生變數尚有政府部門支出、稅率、人口與利率變數等。變數依國家或區域別各自呈現，資料蒐集具備相當廣度，模型經由共整合與誤差修正模型計量方法測試。歷史資料期間從1970年到2014年，樣本外預測到2050年，採用動態預測將本期預測值帶入求取下一期預測值。

E3ME模型特點有三：其一為模型涵蓋的國家與產業部門分類詳細，可以針對不同國家與產業做細緻的分析；其二為其理論架構為總體經濟計量模型，具有高度實證性，可以分析短期與長期的影響，在朝長期趨勢發展的同時允許短期與中期的動態調整過程，例如反彈效果(rebound effects)，即因執行減碳政策或節約能源政策，提升能源效率，降低能源支出，反而增加更多能源需求量；其三為可以分析全球經濟、能源系統、汙染排放之間的交互作用。

E3ME模型外接未來技術轉型模型(future technology transformations, FTT)，FTT是利用工程背景資訊，由下而上建構各產業的技術進步動態模型，預測不同部門的技術變動，最早是J.-F. Mercure開始發展電力部門的技術預測模型(Mercure, 2012)，現已擴展至其他部門，包括交通、鋼鐵工業、農業、熱力部門等。FTT模型是以生物學演化理論的掠食者-獵物方程式(Lotka-Volterra equation)為基礎，呈現在生態系中，掠食者族群與獵物族群之間彼此因為獵食關係，所造成族群消長的現象。FTT模型將此概念應用於技術預測，假設各種不同技術之間會因其成長率、退役率、投資金額等因素，造成不同技術在不同年份有消長的情形，以此來預測國家未來的技術發展。FTT模型再將這些技術預測結果回饋至E3ME模型中的總體經濟計量模型，計算對總體經濟的影響，因此，應用E3ME模型可以結合工程背景的技術預測與總體經濟，估計具實證性的結果。過去，經濟計量模型如可計算一般均衡模型(computable general equilibrium, CGE)或其他總體經濟計量模型，無法做到由下而上推估技術創新，然近

一、二十年來，以技術為基礎的CGE模型也越來越普遍，不過多數集中在能源生產，尤其是電力生產相關的技術方面，而這類模型在技術設定的理論與E3ME的FTT有明顯的不同，不過，兩者透過相對成本變動以改變技術選擇的精神是一致的。

比較CGE與E3ME對於技術進步處理的差異，CGE模型假設經濟個體追求最適效用，技術的風險報酬關係為外生，個體預期未來利得具效率性，投資選擇於效率資產(efficient-portfolios)，投資結果為確定，因此低碳能源投資若非成本最適，則會被延緩投資(Mercure *et al.*, 2019)。在E3ME中為處理技術進步內生問題，結合FTT模型，以技術選擇與擴散的演化模型，進一步影響投資，此彌補E3ME之不足。FTT是建立於後熊彼得(post-Schumpeterian school)的演化經濟學(evolutionary economics)與創新理論，創新意謂成本下降，生產力上升。政策誘發投資者決定是否採行新技術或增加投資，相較基準情境，不會有排擠效果。因為貨幣創造是來自風險承擔者，預期未來可獲回收報酬，因此願意採融通投資於技術發展。有別於CGE的假設總體經濟成本發生在先，獲益在後，E3ME是總體經濟利益發生在先，而成本發生於後(European Commission, 2016)，而此前提是在銀行相信投資者具未來獲利能力而願意放款。

如圖1所示，E3ME模型是整合能源、環境與經濟之間相互關係的模型，可以詳細分析多種情境對部門和國家層面的影響，而促使低碳能源與經濟轉型的核心關鍵是技術，因此預測未來技術轉型是必須的，透過對不同產業部門(例如：電力、公路運輸、熱力、鋼鐵)的未來技術轉型預測，E3ME模型可以評估技術對能源、環境與經濟的影響。劍橋計量經濟研究中心應用E3ME總體計量模型評估歐盟環境政策的影響，包含歐盟2030年環境目標的影響評估(Pollitt *et al.*, 2015)與歐盟應如何達到2020年溫室氣體減量20%的政策建議分析(Smith *et al.*,

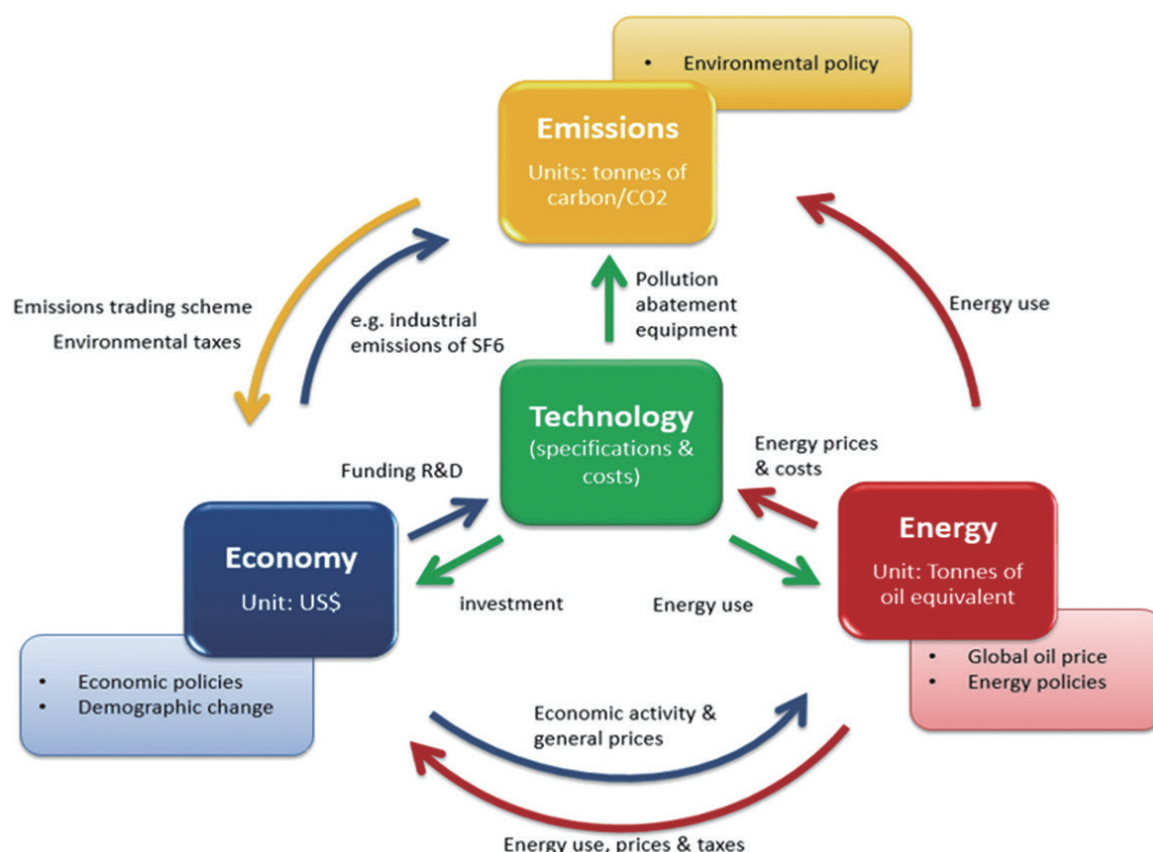


圖1 E3ME-FTT模型架構圖

2019)，及減碳政策分析評估報告(Alexandri *et al.*, 2018)，其結果亦被英國用於提出net-zero的評估報告(Committee on Climate Change, 2019)。

過去環境經濟模型多採CGE模型，其根據新古典經濟學派理論建立，需要從理論設定相關條件，以反映短期或長期的動態調整行為，重要假設為完全的知識，且會依據理性做最適選擇，CGE模型雖大多假設在勞動市場是充分就業，但也可以做非充分就業的設定，模型結果為長期均衡結果，短期調整到長期的動態調整過程也可以透過一些假設反映。與之相對，E3ME模型則是將有限知識納入考慮，以實證估計結果直接反映調整過程，所受到限制較少，個體與總體決策結果不會是最適選擇，現在決策會受到過去決策影響。

相較於CGE模型，本文使用E3ME模型進行政策模擬分析的優勢有三：其一是路徑依賴或稱錨定效應(anchoring effect)，意指現在的決策會受過去的決策限制或影響。E3ME模型是

根據過去的歷史資料預判未來，較符合現實情況，具有高度實證價值；其二，模擬分析碳邊境調整機制的實施，涉及國際間貿易互動與反應，E3ME為全球模型且涵蓋產品貿易流動，在分析貿易價格變化及國家區域與產業別的衝擊效果，具有其相當優勢；其三是可以預估潛在的技術進步所帶動的總合需求面影響，由於CGE模型是根據新古典一般均衡理論，低碳技術創新所帶動的總合需求面的影響在新古典一般均衡理論下是短期效果，而模型結果為長期均衡，雖然部分CGE模型也會設定技術內生成長的機制，可以相當程度捕捉低碳技術創新所帶來的短期及長期效果。與之相對，E3ME模型是根據後凱因斯經濟理論，是需求驅動模型，在E3ME模型，實施深度減碳政策會增加電力部門與技術進步研發投資，從而帶動國家總體投資增加與總合需求增加，促進經濟成長。且E3ME外接FTT，具有技術選擇與擴散的演化機制，預測不同部門的技術變動，並可反

饋至經濟活動。Mercure *et al.* (2019)指出欠缺創新與技術變動機制的能源經濟環境模型，將造成評估氣候政策效果衡量的限制。Pollitt and Mercure (2018)也認為氣候政策分析涉及長期結果，即使是動態隨機一般均衡模型(Dynamic Stochastic General Equilibrium, DSGE)，仍無法處理長期分析問題，因此，E3ME模型的動態基礎在本研究議題分析仍較有其優勢。

5. 模擬分析與結果

5.1 情境設計

情境區分為基準情境與CBAM政策情境，基準情境是國家區域僅實施碳定價制度(包括碳交易與碳稅)，但未實施CBAM。CBAM政策情境是在基準情境實施碳定價制度基礎上，依據有、無豁免CBAM區分兩種政策情境：第一，無豁免CBAM情境，稱之「CBAM政策情境」；第二，依據各國實施減碳強度，允許豁免部分或全部CBAM，稱之「CBAM-Exemption政策情境」。當國家區域有與實施國同等強度的碳定價制度(包含碳交易及碳稅)，例如美國、日本、韓國與臺灣實施與歐盟相同碳價的碳稅，即可以豁免被歐盟課徵CBAM，並可對其他國家課徵CBAM。

根據歐盟現行規劃，CBAM政策於2023年1月1日生效，但2023年至2025年為過渡期，在此期間進口商不必購買CBAM證，但須每季報告進口品實際隱含直接與間接排放量，以及是否有在排放地支付的碳價證明，2026年開始則

需依實際隱含直接排放量購買CBAM證。因此本文政策模擬設定CBAM自2026年開始正式實施，模擬期間至2050年。依據實施國家區域範圍廣度，分成以下三種假設情況：

- 一、實施國包含歐盟27國與英國：歐盟27國與英國參加碳交易制度。
- 二、實施國包含歐盟27國、英國、美國、韓國與日本：歐盟27國與英國參加碳交易制度，美國、韓國與日本皆實施碳稅(稅率同前述假設情況)。
- 三、實施國包含歐盟27國、英國、美國、韓國、日本與臺灣：歐盟27國與英國參加碳交易制度，美國、韓國、日本與臺灣皆實施碳稅，且有稅收循環機制(稅率同前述假設情況)。

因此，在上述三種實施國家區域範圍廣度假設下，再區分基準情境、CBAM政策情境，及CBAM-Exemption政策情境。模擬情境彙整如表1。

由於歐盟ETS與碳稅政策效果是影響能源使用者，在E3ME模型中區分22個能源使用者與1個非能源使用者類別。而依現行歐盟ETS與碳稅制度，本文設定衝擊能源使用者類別，包括：(1)電力使用與轉換；(2)其他能源使用與轉換；(3)鋼鐵業；(4)非鐵金屬；(5)化學材料與製品業；(6)非金屬礦物製品；(7)造紙業。

CBAM政策是影響產品產業，在E3ME模型產業包含44個產業，其中有13個服務業、1個氫供應產業、1個未分類產業。本文設定CBAM衝擊產業，包括：(1)煤；(2)油氣；(3)其他礦產；(4)木材、造紙；(5)印刷業；(6)石油及煤

表1 模擬情境彙整

情境	實施國範圍		
	歐盟與英國	歐盟、英國、美國、韓國與日本	歐盟、英國、美國、韓國、日本與臺灣
基準情境	情境1	情境2	情境3
CBAM政策情境	情境1-1	情境2-1	情境3-1
CBAM-Exemption政策情境	情境1-2	情境2-2	情境3-2

製品；(7)藥品及醫用化學製品；(8)化學材料及其他化學製品；(9)塑膠、橡膠；(10)非金屬礦物製品；(11)基本金屬；(12)金屬製品；(13)電力；(14)燃氣；(15)自來水；(16)機械設備；(17)電子零組件；(18)電機工程與儀器²。

本研究模擬的CBAM稅基是使用2013年世界投入產出資料庫(World Input-Output Database 2013, WIOD 2013)中之2009年世界投入產出表(World Input-Output Table, WIOT)及環境會計帳資料³，根據產品2009年的單位產值二氧化碳排放係數，包括範疇一與範疇二的排放⁴，假設每年單位產值二氧化碳排放係數不變，實際上此係數可能會因該產業是否有進行減碳與每年物價變動而有增減，再依照實施國每年的碳價水準，並乘以豁免率，依據下列公式計算CBAM稅率($CBAM_{ajit}$ ，實施國 a 在 t 年從 i 國進口 j 產品的進口價格增加的百分率)：

$$CBAM_{ajit} = Embodied\ CO_{2ij} / Output_{ij} \times (1 - Exemption\ Rate_{ajit}) \times Carbon\ Price_a \times phasein_{at} \quad (1)$$

上式中， $Embodied\ CO_{2ij}$ 為 i 國 j 產業產品的隱含二氧化碳排放量，包括範疇一與範疇二的排放， $Output_{ij}$ 為 i 國 j 產業產品的產值， $Exemption\ Rate_{ajit}$ 為豁免率。豁免率的設定是依據Germanwatch於2020年發布的Climate Change Performance Index 2021 (Burck *et al.*, 2020)，將各國減碳表現或強度分為五級，據以設定不同的CBAM豁免程度，表現最好至最差的等級分

別可以減免CBAM 100%、75%、50%、25%、0%，其中印度為開發中國家，豁免率100%，各國豁免率如下：100% (英國、印度)、50% (巴西、印尼)、25% (土耳其、中國、墨西哥、日本)、0% (美國、加拿大、澳洲、俄羅斯、韓國、臺灣)。若該國課徵與歐盟相同稅率的碳稅，則豁免率為100%。 $Carbon\ Price_a$ 為實施國 a 在2050年的碳價水準。碳價水準根據歐盟預測的情境成長率(Capros, 2016)，因其為以2013年價格計算之實質碳價，故再加上E3ME模型英國、德國、法國、西班牙、義大利五國消費者物價指數的平均從2013年至2050年的複合年均成長率1.91%以做調整，名目碳價水準計價單位以新臺幣元/每噸 CO_2 ，在2050年為5,923元。 $phasein_{at}$ 為實施國 a 在 t 年碳價水準相較2050年碳價水準的比率。因此，在2026年名目碳價水準為新臺幣1,179元/每噸 CO_2 ，則其相較2050年碳價水準的 $phasein$ 比率為0.20⁵。2026年臺灣產業產品出口價格增加百分率，即CBAM稅率整理如表2。其中，以非金屬礦物製品、基本金屬與金屬製品、藥品及醫用化學製品與化學材料及其他化學製品出口價格增加幅度較多，上述產業臺灣的單位產值排放係數多為第4高或第5高的國家，僅次於俄羅斯、印度、中國或印尼，因此會被課徵較高的CBAM稅率。

本文根據上述設定進行模擬，不可否認的，未來實施CBAM仍具有外在因素的不確定性，包含實施國對於CBAM豁免程度的制定，實施國家區域範圍廣度，以及CBAM涵蓋產業

²目前歐盟ETS與CBAM政策沒有規範機械、電子、電機產業，然電力占歐盟溫室氣體排放量的30%，針對進口電力的CBAM亦有非常詳細的規範，並表明未來會逐步擴大規範到間接排放，機械、電子、電機產業皆是用電需求大的產業，間接排放量很大，是臺灣主要的出口品，故本研究CBAM情境涵蓋產業包括機械工程、電子產品、電機工程與儀器產業。

³WIOD是歐盟支持多年的研究成果，為歐盟執委會第七架構計畫主題8：社會經濟科學與人文科學(European Commission, 7th framework programmes, Theme 8: Socio-Economic Sciences and Humanities)項目的一部分，WIOD第一版於2012年正式啟用，詳見Timmer *et al.* (2015)，WIOD於2016年發布更新之世界投入產出表，惟並未同步更新環境會計帳資料，因此本研究仍使用2013年發布之版本，而該版本最新年度之環境會計帳僅統計至2009年。

⁴溫室氣體或二氧化碳排放範疇分為三類，範疇一係指來自於製程或設施之直接排放；範疇二係指來自於外購電力、熱或蒸汽之能源利用間接排放；範疇三係指非屬自有或可支配控制之排放源所產生之排放量。各國家各產業範疇二排放的計算方式，是先將各國家電力、燃氣與自來水範疇一的排放除以各國家電力、燃氣與自來水產值，再乘上各國家各產業電力、燃氣與自來水的投入產值，就可以得到各國家各產業範疇二的排放量。

⁵名目碳價水準計價單位以新臺幣元/每噸 CO_2 ，在2026年為1,179元，2030年為1,600元，2035年為2,218元，2040年為3,076元，2045年為4,266元，2050年為5,923元。 $Phasein$ 比率在2026年為0.20，2030年為0.27，2035年為0.37，2040年為0.52，2045年為0.72。

表2 2026年臺灣產業CBAM稅率

產業	CBAM稅率
木材、造紙	1.64%
石油及煤製品	1.93%
藥品及醫用化學製品、化學材料及其他化學製品	2.08%
塑膠、橡膠	0.67%
非金屬礦物製品	10.50%
基本金屬、金屬製品	2.15%
機械設備	0.23%
電子零組件、電機工程與儀器	0.46%

別可能因ETS實施產業擴大而調整，這些情形將是可能造成模擬結果之不確定性來源。

5.2 政策模擬結果

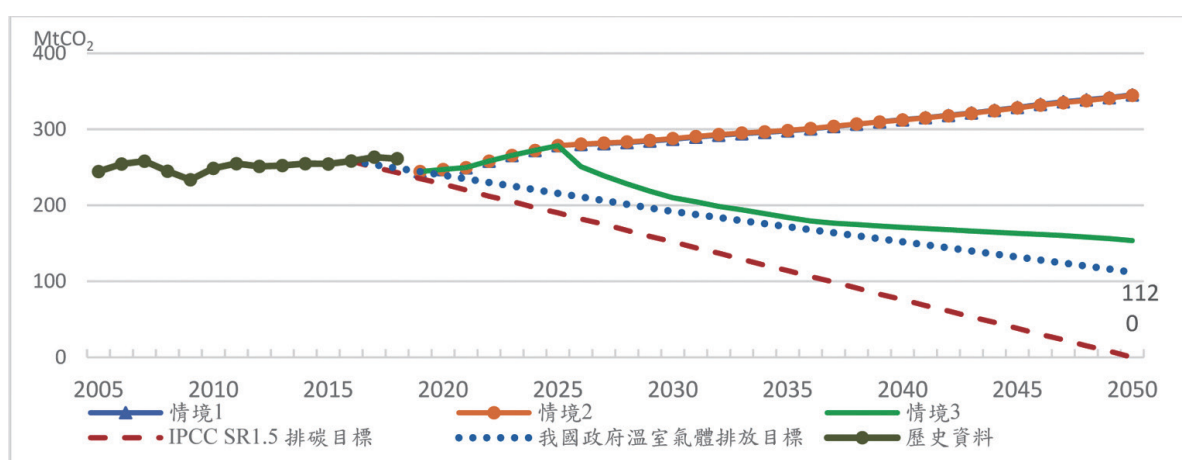
政策模擬分析主要著重探討CBAM政策效果，以及實施CBAM國家範圍逐漸擴大後，對於臺灣經濟與環境影響。以下將分別從二氧化碳淨排放量變化、總體經濟效果、產業衝擊影響與CBAM稅額支出與收入等方面探討。

5.2.1 二氧化碳淨排放量變化

觀察2005年至2050年臺灣CO₂淨排放量，在情境1與情境2時，歐盟、英國、美國、日本、韓國實施碳定價對臺灣CO₂淨排放量的影

響很小，即使有實施CBAM，對臺灣CO₂淨排放量影響亦不大。若臺灣亦實施碳稅，如情境3，臺灣減碳效果較為明顯。圖2為2005年至2050年臺灣CO₂淨排放量，主要比較情境1、情境2與情境3的差異。由於兩種CBAM政策情境預測值，於圖中與基準情境幾乎重合，因此在圖中將其省略。

政府溫室氣體排放目標為2050年溫室氣體排放量達到2005年水準的50%以下，本文取其減量目標百分率作為二氧化碳排放量的減量目標，2005年二氧化碳排放量為266 MtCO₂，減量50%的水準為133 MtCO₂，再扣除臺灣森林貢獻的21 MtCO₂除碳量，得到2050年二氧化碳淨排放量目標112 MtCO₂。以情境3預測值於2050



說明：2005年至2018年歷史資料為臺灣二氧化碳排放量扣掉當年二氧化碳移除量，得到各年的二氧化碳淨排碳量。2019年以後的二氧化碳淨排放量，是應用E3ME總體經濟計量模型模擬政策實施後的燃料燃燒二氧化碳排放量，再扣除來自於森林的21 MtCO₂除碳量得到的數值。

圖2 2026年至2050年基準情境下臺灣二氧化碳淨排放量

年CO₂淨排放量為153.5 MtCO₂，較接近未來減量目標。

比較政策實施的2026年與2050年各情境臺灣CO₂淨排放量，如圖3所示。當歐盟與英國實施CBAM (情境1-1與1-2)，由於臺灣出口至歐盟與英國的出口值較小，對臺灣CO₂淨排放量幾乎沒有影響；在情境2，當美國、日本與韓國實施碳定價但沒有實施CBAM，會有碳洩漏至臺灣，臺灣的CO₂淨排放量會少量增加，當歐盟、英國、美國、日本與韓國在實施碳定價的基礎上實施CBAM (情境2-1與2-2)，則會減少碳洩漏，臺灣的CO₂淨排放量會少量減少。當臺灣實施碳稅(情境3)，可以減少CO₂淨排放量，又臺灣對他國實施CBAM (情境3-1與3-2)，對臺灣廠商有利，臺灣的CO₂淨排放量會少量增加。因此，臺灣必須實施碳稅才有減碳效果，在2050年臺灣CO₂淨排放量可減量至153.5 MtCO₂。

5.2.2 總體經濟效果

首先觀察實施碳定價國家範圍不同時，對於臺灣GDP (Gross domestic product, GDP)的影響。圖4呈現情境2實施碳定價國家為歐盟、英、美，與情境3碳定價國家擴大至日本、韓國、臺灣，且臺灣實施稅收回饋時，相較於情境1碳定價只有歐盟與英國的差異。結果顯示，當碳定價實施國家擴大且未實施CBAM，將有碳洩漏的效果，臺灣GDP將微幅上升，尤其臺灣若實施碳稅且有稅收回饋，則有利於提高GDP，2026年情境3較情境1的GDP提高0.53%。

比較實施CBAM後對臺灣GDP影響，圖5比較2026年與2050年各情境相較基準情境1的變動百分比。當歐盟與英國實施CBAM，由於臺灣出口至歐盟出口值較小，對臺灣GDP的影響較小；當歐盟、英國、美國、日本與韓國在實施

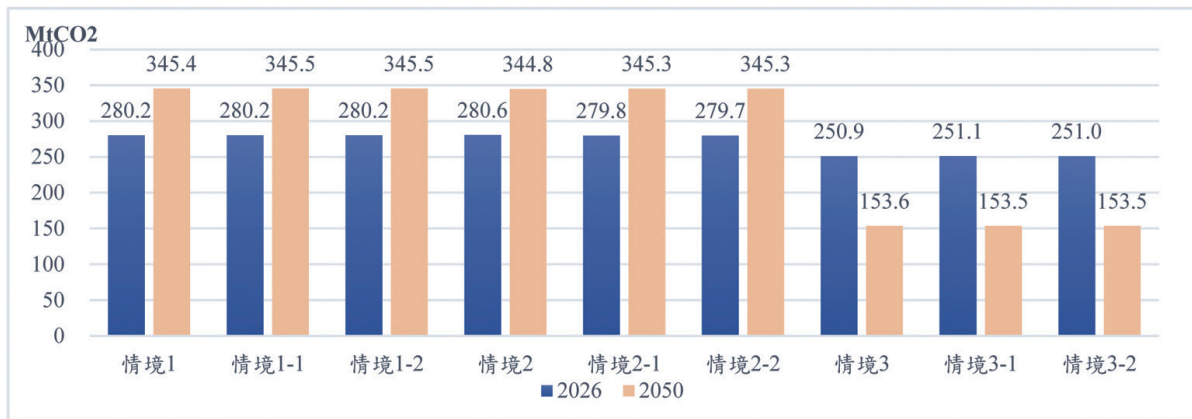


圖3 2026年與2050年臺灣二氧化碳淨排放量

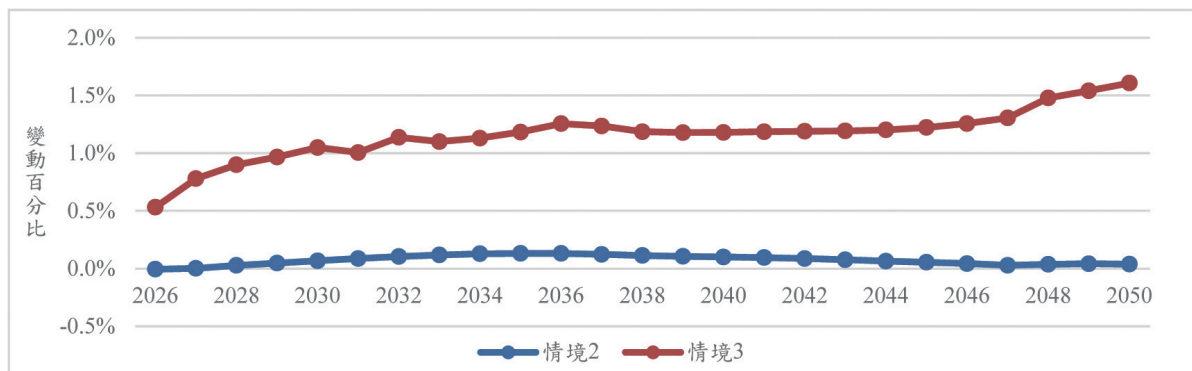


圖4 情境2與情境3相較基準情境1的臺灣GDP變動百分比

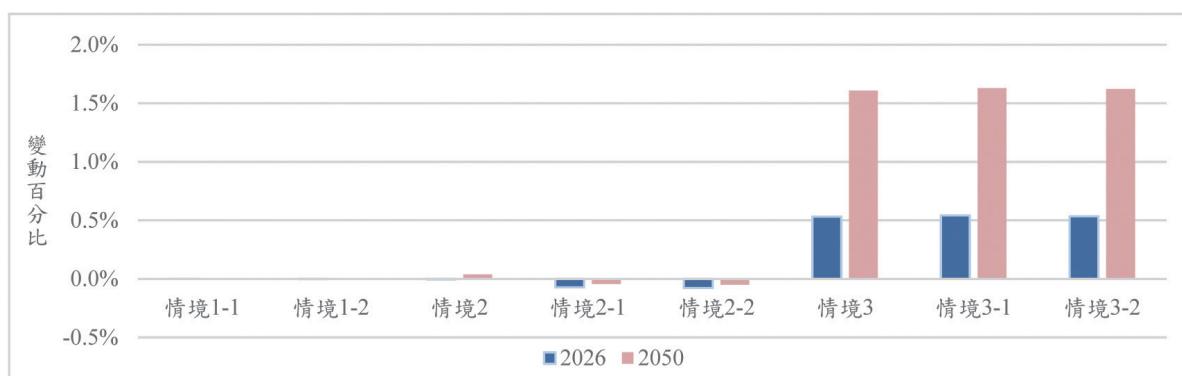


圖5 相較基準情境1的臺灣GDP變動百分比：2026年與2050年

碳定價的基礎上實施CBAM (如情境2-1與2-2)，則會減少碳洩漏，對臺灣的GDP有負面影響。若臺灣實施碳稅並對其他國家課徵CBAM (如情境3-1與3-2)，對臺灣GDP有正面影響，2026年較情境1的GDP提高0.54%。原因有三：其一是不用繳交CBAM稅額給實施國，臺灣產品出口不會有負面影響，甚至相對其他未有碳定價國家的出口產品更有競爭力；其二是臺灣碳稅稅收以每人等額方式發還現金，會增加消費與投資，除了對GDP有正面影響，也有所得重分配的效果；其三是臺灣也可以向其他未有碳定價制度或碳價較低的國家課徵CBAM，臺灣國內廠商會較有競爭力。

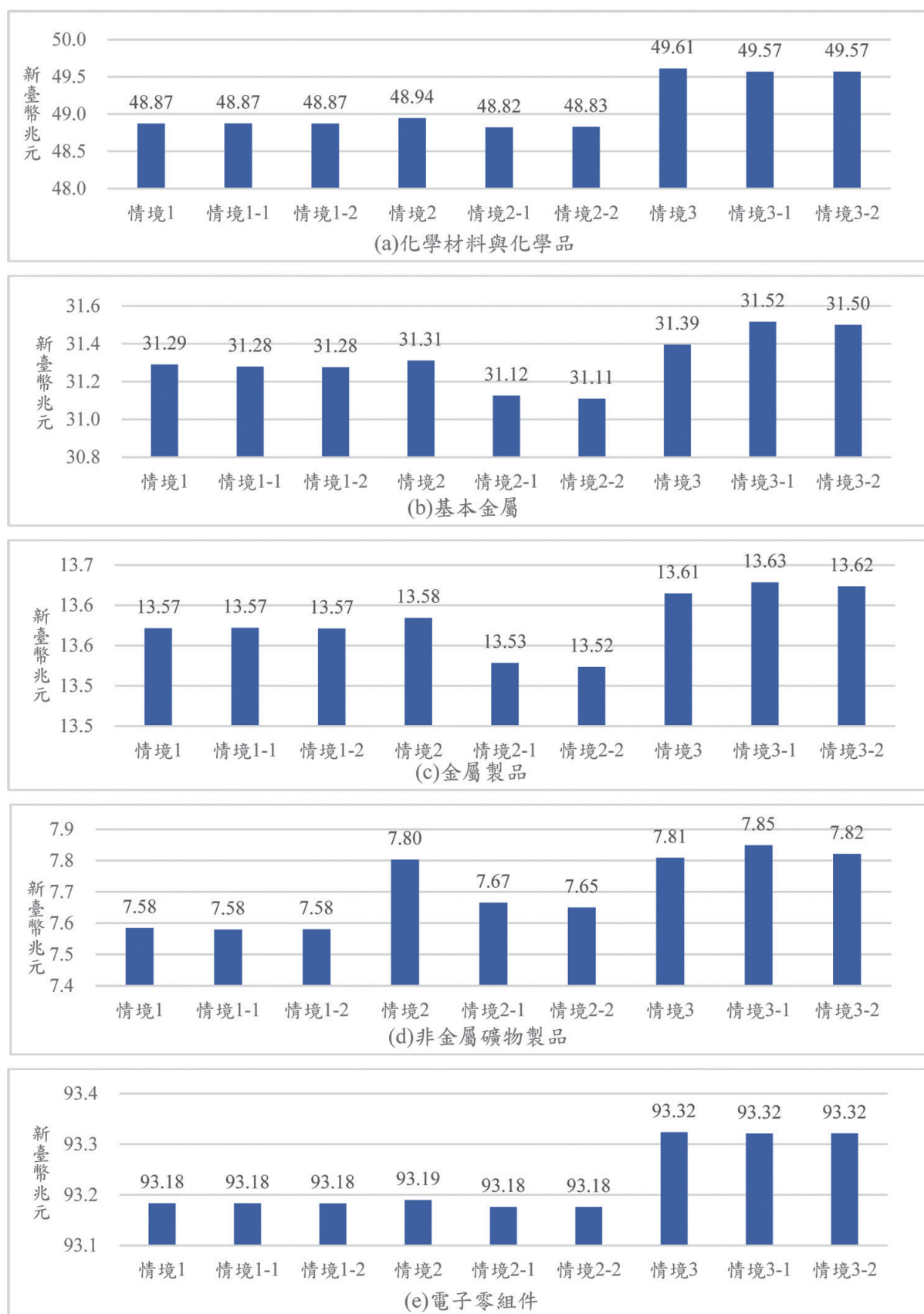
5.2.3 產業衝擊影響

當CBAM實施後，對於臺灣產業的產值有較大衝擊者，主要為化學材料與化學製品、非金屬礦物製品、基本金屬、金屬製品，而電子零組件為臺灣產業規模最大的產業，因此以下主要呈現這五個產業的產值變化。

圖6為產業在各情境下2026年至2050年產值預測值的現值和，由於臺灣出口至歐盟與英國的出口值較小，歐盟與英國實施CBAM (情境1-1與情境1-2)對產業產值影響較小。若美國、日本與韓國加入實施碳稅，但未實施CBAM (情境2)，則有碳洩漏現象，使產值相較於歐盟與英國實施碳定價的情境1時增加，其中以非金屬礦物製品碳洩漏情況最為嚴重。當歐盟、英國、美國、日本與韓國在實施碳定價的基礎上

實施CBAM (情境2-1與情境2-2)，則會減少碳洩漏，產值會減少。不過，比較有無實施CBAM時，電子零組件產值受到的影響相對其他產業較小。臺灣實施碳稅且有稅收循環機制 (情境3)，由於消費與投資增加，對臺灣產業產值有正面效果，若搭配實施CBAM (情境3-1與情境3-2)，可發現相較未實施CBAM的情境3，除化學材料與化學製品外，對其他產業產值會增加。

若以情境1歐盟、英國實施碳定價為基準值，觀察2026年至2050年各情境的產業產值相較基準值相對變動率，整理如圖7。當歐盟與英國實施CBAM後 (情境1-1)，以基本金屬產值受到負面影響相對較大，2026年產值相對情境1減少5.6新臺幣億元，下降約0.03%。當歐盟、英國、美國、日本與韓國課徵CBAM (情境2-1與2-2)，基本金屬與金屬製品的產值在各年都會受到較大的負面影響；非金屬礦物製品的產值在初期有負面影響，但中後期反而增加，電子零組件的產值在各種情境下的影響相對較小。若臺灣亦加入課徵碳稅並對其他國家課徵CBAM (情境3-1與3-2)，相較於情境1時，雖然在政策實施2026年，除電子零組件可提高產值新臺幣8億元之外，其他四個產業皆有負面衝擊。但自2027年起，對五個產業產值皆有正面影響，此顯示臺灣同時實施碳稅與CBAM，對國內多數廠商相對有利，其中以非金屬礦物製品產值增加率較多，受惠效果相對大，2027年產值增加32億，上升約1%。



說明：以折現率3%計算

圖6 2026年至2050年各產業產值預測值的現值和

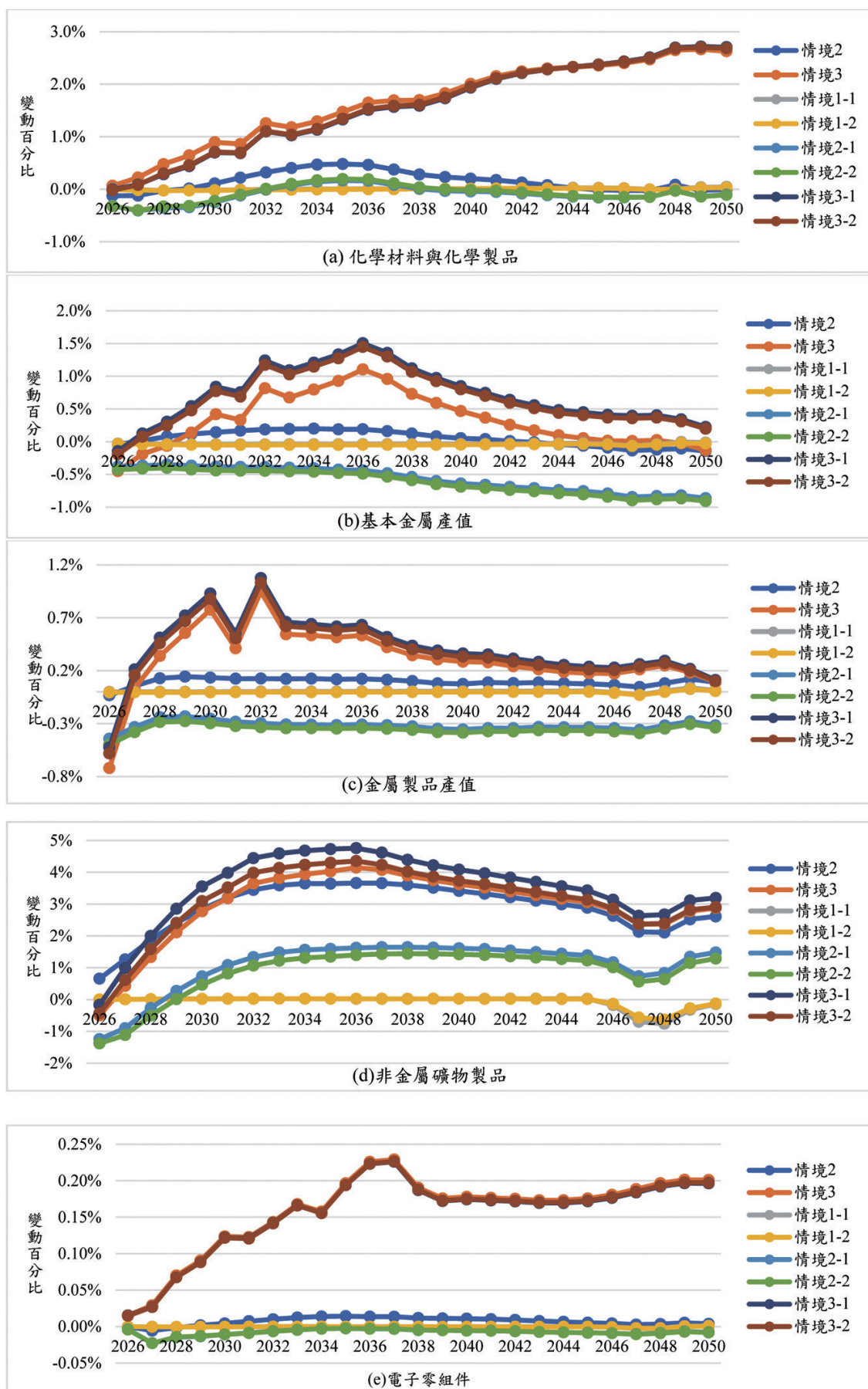


圖7 2026年至2050年各產業產值相較情境一的變動率

5.2.4 CBAM稅額支出與收入

由於他國實施CBAM，臺灣出口至實施國將須繳交CBAM稅負，實施國範圍擴大，臺灣出口所需繳交CBAM稅額增加。若歐盟與英國、美國、日本與韓國皆實施CBAM，臺灣要繳交給上述各國的CBAM稅額如圖8所示。CBAM名目稅額總計於2026年為新臺幣110億元，2050年為新臺幣1,397億元。其中，以繳交給韓國的CBAM稅額最多，2026年為38億元，美國與歐盟次之，2026年分別為34億元與20億元。

觀察各產業所需繳交給實施國的CBAM稅

額，圖9呈現2026年臺灣各產業繳交給各國的CBAM稅額與占比。2026年各產業繳交CBAM稅額規模，以電機工程與儀器與化學材料及其他或學製品產業繳交CBAM稅額最高，分別為25億與23億，而且以繳交至韓國比重最高，前述兩個產業繳交至韓國稅額分別為10億與11億，兩者合計占臺灣繳交至韓國CBAM稅額的55%，顯示前述產業出口至韓國貿易依存度高。臺灣出口至日本繳交的CBAM稅額，以電機工程與儀器所占比率最高為33%，稅額為5.8億元。臺灣出口至美國繳交的CBAM稅額，以基本金屬與金屬製品所占比率最高，分別為22.3%與21.9%，稅額分別為7.6億元與7.5億

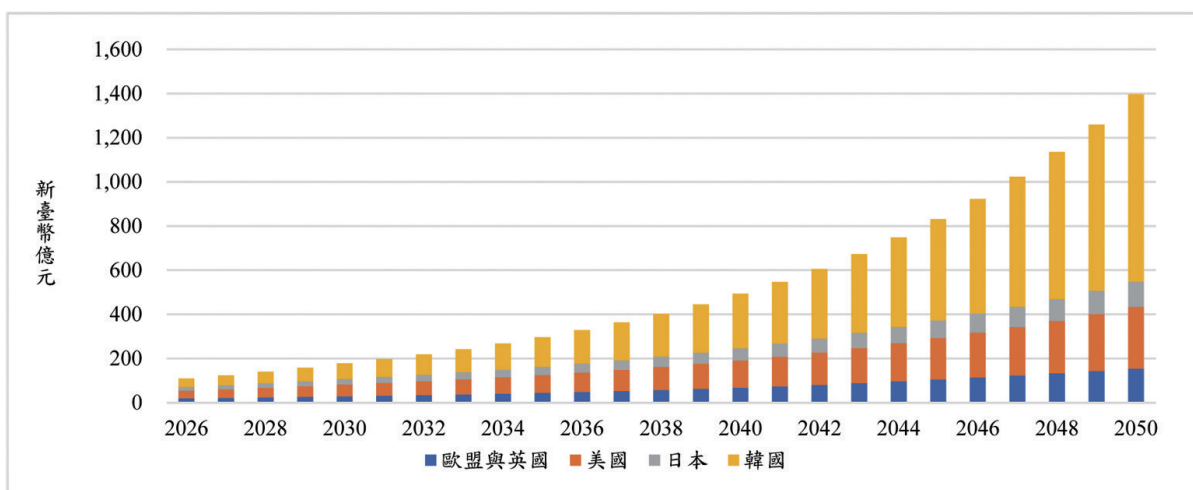


圖8 臺灣要繳交的名目CBAM稅額

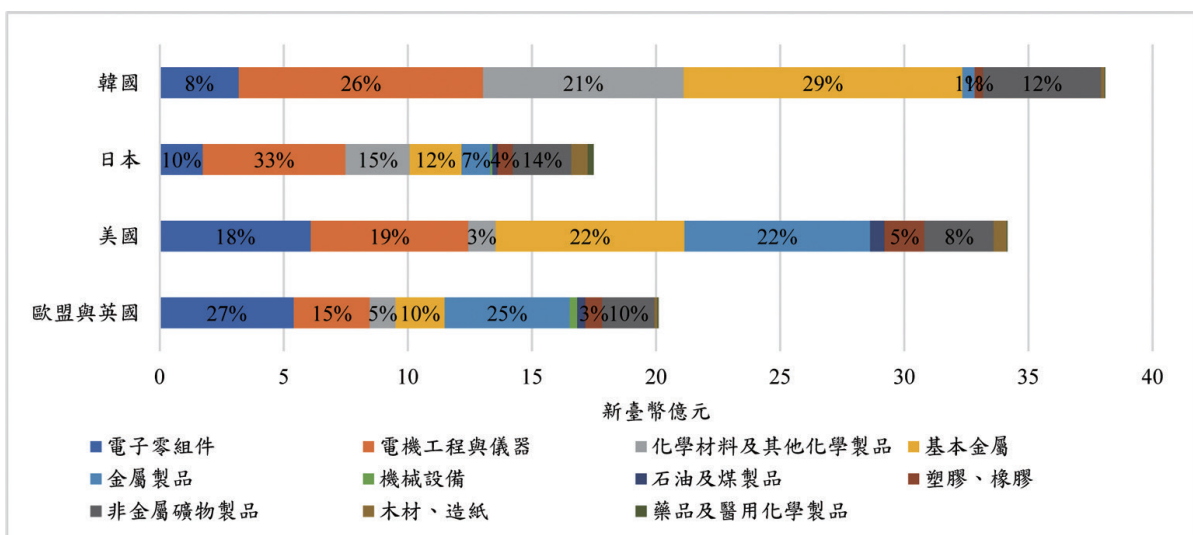


圖9 2026年臺灣繳交給實施國的CBAM稅額與占比:依產業別區分

元。而臺灣出口至歐盟與英國繳交的CBAM稅額，以電子零組件與金屬製品繳交稅額占比分居第一、二位，稅額分別為5.4億元與5.0億元，占比分別為27%與25%。

表3為2026年與2050年臺灣繳交給各國CBAM稅額前三大產業的稅額與占比。臺灣出口至歐盟與英國繳交的CBAM稅額占比最高者，在2026年為電子零組件，至2050年則以金屬製品繳交稅額占比最高，約占40%。而且，2050年臺灣出口至韓國所繳交的稅額將大幅上升達到849億元，以化學材料及其他化學製品所占比率最高達28%，稅額為239億元。主要原因是由於臺灣出口大量有機化學產品至韓國。根據經濟部國際貿易局之進出口貿易統計，2020年臺灣有機化學產品的出口值大小國家排序，韓國排名第3，僅次於中國與越南，由於此屬於

臺灣能源密集與貿易曝險產業的產品，會受到CBAM較大的影響。

在他國實施CBAM而臺灣未實施同等強度的碳定價制度，臺灣出口至實施CBAM國將須繳交CBAM。若臺灣實施與他國強度相同的碳稅制度，則臺灣出口至實施CBAM國家，可豁免被徵收CBAM稅額。同時，臺灣亦可對碳定價程度較弱的國家徵收CBAM。表4整理當歐盟、英國、美國、日本與韓國實施CBAM，臺灣要繳交的名目CBAM稅額(情境2-1)，以及臺灣若課徵碳稅與CBAM，碳稅與CBAM稅收(情境3-1)。結果顯示，歐盟、英國、美國、日本與韓國實施CBAM，臺灣在2026年總計要繳交新臺幣110億元給實施國。但若臺灣實施與歐盟同等強度的碳價，則可有三項優勢如下：其一，免於繳交CBAM稅額給實施國；再者，臺

表3 2026年與2050年臺灣繳交給各國CBAM稅額前三大產業的稅額與占比

實施國	2026年			2050年		
	產業名稱	CBAM稅額 (新臺億元)	占比	產業名稱	CBAM稅額 (新臺幣億元)	占比
歐盟與英國	1. 電子零組件	5.4	27%	1. 金屬製品	61.9	40%
	2. 金屬製品	5.0	25%	2. 電子零組件	24.1	16%
	3. 電機工程與儀器	3.1	15%	3. 非金屬礦物製品	21.5	14%
	全部產業合計	20.1		全部產業合計	154.2	
美國	1. 基本金屬	7.6	22%	1. 基本金屬	71.4	26%
	2. 金屬製品	7.5	22%	2. 金屬製品	61.1	22%
	3. 電機工程與儀器	6.3	19%	3. 電機工程與儀器	48.5	17%
	全部產業合計	34.2		全部產業合計	279.2	
日本	1. 電機工程與儀器	5.8	33%	1. 電機工程與儀器	35.9	32%
	2. 化學材料與其他化學製品	2.6	15%	2. 非金屬礦物製品	17.8	16%
	3. 非金屬礦物製品	2.4	14%	3. 基本金屬	16.4	14%
	全部產業合計	17.5		全部產業合計	114.0	
韓國	1. 基本金屬	11.2	29%	1. 化學材料與其他化學製品	238.5	28%
	2. 電機工程與儀器	9.8	26%	2. 基本金屬	217.4	26%
	3. 化學材料與其他化學製品	8.1	21%	3. 電機工程與儀器	186.1	22%
	全部產業合計	38.1		全部產業合計	849.2	

註：此表為情境2-1，即歐盟、英國、美國、日本、韓國實施碳定價與CBAM。

表4 臺灣要繳交的名目CBAM稅額、徵收CBAM稅收與碳稅稅收

		2026	2030	2035	2040	2045	2050
情境2-1	臺灣繳交他國CBAM稅額(新臺幣億元)	110	179	297	494	831	1,397
情境3-1	臺灣徵收CBAM稅收(新臺幣億元)	123	195	298	457	707	1,073
	臺灣徵收碳稅稅收(新臺幣億元)	2,557	2,742	3,143	3,939	5,225	7,119
	碳稅稅收回饋採每人定額移轉金額(新臺幣元)	10,906	11,824	13,864	17,983	24,940	35,883

註：情境為2-1即歐盟、英國、美國、日本、韓國實施碳定價與CBAM；情境3-1為歐盟、英國、美國、日本、韓國與臺灣實施碳定價與CBAM。

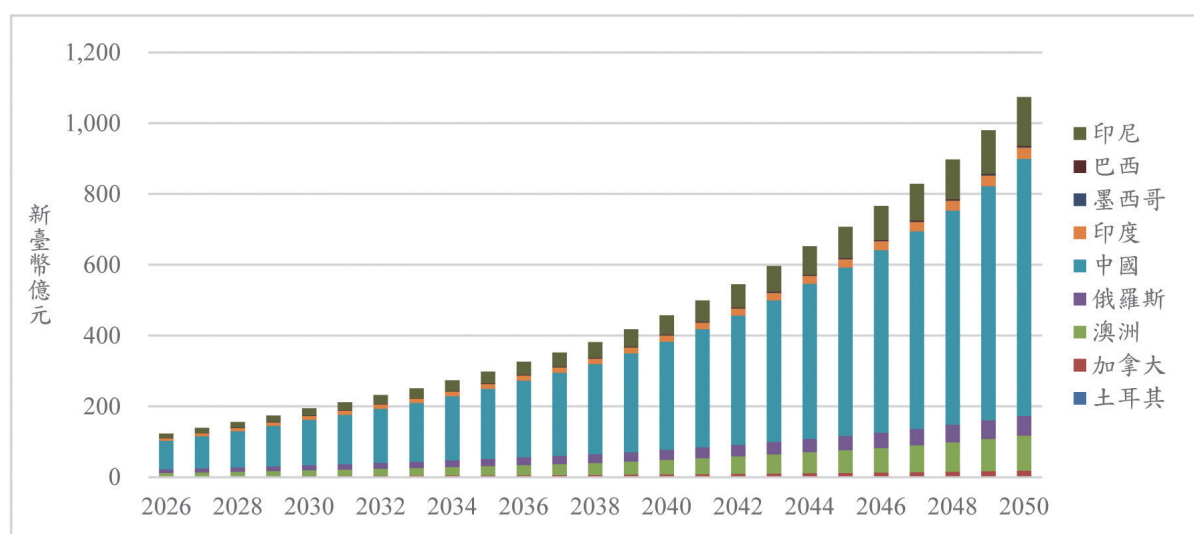
灣的碳稅稅收以每人等額方式發還現金，2026年每人定額移轉收入為新臺幣10,906元的，可增加消費與投資，且有所得重分配的效果；其三，臺灣可以對未有碳定價制度或較低碳價的國家課徵CBAM，在2026年約有新臺幣123億元的CBAM稅收。2026年至2050年臺灣徵收CBAM稅收，依來源國家區分，如圖10，其中，中國是臺灣CBAM稅收的最主要來源，其次為印尼與澳洲。

6. 結論與政策意涵

本文應用E3ME總體經濟計量模型，依據實施國家區域範圍廣度不同下，模擬分析歐、

美、日、韓及臺灣實施CBAM情境，對臺灣環境與經濟的影響。模擬結果顯示，在減碳效果方面，歐盟、英國、美國、日本、韓國實施碳定價對臺灣CO₂淨排放量的影響很小，即使有實施CBAM，對臺灣CO₂淨排放量影響亦不大。惟有當臺灣亦實施碳稅，臺灣減碳效果較為明顯。

就總體經濟效果，當碳定價實施國家擴大且未實施CBAM，將有碳洩漏的效果，臺灣GDP將微幅上升。當歐盟與英國實施CBAM，由於臺灣出口至歐盟出口值較小，對臺灣GDP的影響較小；當歐盟、英國、美國、日本與韓國在實施碳定價的基礎上實施CBAM，則會減少碳洩漏，對臺灣GDP有負面影響。臺灣若實



註：此圖為情境3-1，即歐盟、英國、美國、日本、韓國與臺灣實施碳定價與CBAM。

圖10 臺灣徵收CBAM稅收(情境3-1)：依來源國家區分

施碳稅搭配稅收回饋，並實施CBAM，則有利於提高GDP，2026年相較於僅歐盟與英國實施碳定價時的GDP提高0.54%。

就產業產值影響，當歐盟、英國、美國、日本與韓國課徵CBAM，基本金屬與金屬製品產值在各年都會受到較大的負面影響；非金屬礦物製品產值在初期有負面影響，但中後期反而增加，電子零組件產值影響相對較小。若臺灣加入課徵碳稅並對其他國家課徵CBAM，相較於僅歐盟、英國實施碳定價時，自2027年起，對五個產業產值皆有正面效益，此顯示臺灣同時實施碳稅與CBAM，對國內多數廠商相對有利，其中以非金屬礦物製品產值增加率較多，受惠效果相對大，2027年產值增加32億，上升約1%。

在CBAM稅額支出與收入方面，由於他國實施CBAM，臺灣出口至實施國將須繳交CBAM稅負，實施國範圍擴大，臺灣出口所需繳交CBAM稅額增加。若歐盟與英國、美國、日本與韓國皆實施CBAM，臺灣要繳交給上述各國CBAM名目稅額，在2026年為新臺幣110億元，2050年為新臺幣1,397億元。其中，以繳交給韓國的CBAM稅額最多，2026年為38億元，其次為美國34億元與歐盟20億元。前述各國課徵CBAM將使臺灣產業出口價格上升，就產業別區分，以非金屬礦物製品出口價格提高最多，2026年約上升10.5%。2026年各產業繳交CBAM稅額規模，以電機工程與儀器與化學材料及其他或學製品產業繳交CBAM稅額最高，分別為25億與23億，以繳交至韓國比重最高。而且，2050年臺灣出口至韓國所繳交的稅額將大幅上升達到849億元，以化學材料及其他化學製品所占比率最高達28%，稅額為239億元，主要原因是由於臺灣出口大量有機化學產品至韓國。

政策意涵顯示，若臺灣實施與歐盟同等強度的碳價，則可有三項優勢如下：其一，免於繳交CBAM稅額給實施國；再者，臺灣課徵碳稅稅收以每人等額方式發還現金，2026年每

人定額移轉收入為新臺幣10,906元的，可增加消費與投資，且有所得重分配的效果；其三，臺灣可以對未有碳定價制度或較低碳價的國家課徵CBAM，在2026年約有新臺幣123億元的CBAM稅收，以中國是臺灣CBAM稅收的最主要來源國。

本文由於可獲資料為WIOD環境會計帳，模擬分析僅以二氧化碳排放量為減量目標，與國際間針對淨零排放之定義涵蓋七種法定溫室氣體仍有差異，未來我國如將2050年淨零排放目標入法，其定義與排放種類仍應依國際標準規範，以溫室氣體淨零排放目標下，且面對國際課徵CBAM趨勢下，臺灣將須加強減碳政策力道以為因應。歐盟CBAM提案強調未來會規範間接排放與隨ETS擴大規範其他產業與產品，因此臺灣也應積極採行具體減碳與負碳政策，包括經濟誘因政策及永續消費與生產政策兩類，經濟誘因政策有碳定價(碳交易或碳稅)、能源稅以及環境服務付費制度，永續消費與生產政策則有賴於巨大的投資，包括政府對於基礎建設轉型的投資，以及私部門(廠商與家戶)轉型之投資，因此有關的經濟政策包括政府預算(綠色轉型方案、公共採購)、綠色金融(債券、投資、融資)及綠色消費等。如此才能提升臺灣的產品競爭力，做到環境(淨零排放)、經濟(成長)、與社會(所得分配均平)的三贏。

誌 謝

本研究承蒙財團法人綠色和平基金會提供研究經費執行「歐盟與美國碳邊境調整機制對臺灣環境與經濟的影響」計畫，特此致謝。本文僅代表作者觀點，不代表研究經費來源機構之意見。亦感謝英國劍橋計量經濟研究中心(Cambridge Econometrics) Hector Pollitt與Unnada Chewpreecha提供E3ME模型技術支援，特別是新增的雙邊貿易功能為本研究所需的重要模型功能。

參考文獻

- 吳珮瑛，2021。因應氣候變遷政策與國際貿易的關係—歐盟邊境碳調整機制對臺灣訂定碳稅的啟示，臺灣國際研究季刊，17(1): 1-124。
- 施文真，2009a。能源稅與碳稅之邊境稅調整措施—以GATT/WTO之合致性為主要探討對象，貿易政策論叢，17: 157-221。
- 施文真，2009b。關稅暨貿易總協定/世界貿易組織之邊境稅調整規範—兼論對能源稅與碳稅設計之啟示，臺灣科技法律與政策論叢，6(2): 1-96。
- Alexandri, E., K. Fragkiadakis, P. Fragkos, R., Lewney, L. Paroussos and H. Pollitt, 2018. A technical analysis on decarbonization scenarios-constraints, economic implications and policies. *Technical report on the Macroeconomics of Climate and Energy Policies, European Commission, DG ENER*.
- Baker III, J. A., M. Feldstein, T. Halstead, N. G. Mankiw, H. M. Paulson Jr., G.P. Shultz, T. Stephenson and R. Walton, 2017. *The conservative case for carbon dividends*. Climate Leadership Council.
- Balistreri, E. J. and T. F. Rutherford, 2012. Subglobal carbon policy and the competitive selection of heterogeneous firms. *Energy Economics*, 34, S190-S197.
- Banerjee, S., 2021. Conjugation of border and domestic carbon adjustment and implications under production and consumption-based accounting of India's National Emission Inventory: A recursive dynamic CGE analysis. *Structural Change and Economic Dynamics*, 57, 68-86.
- Böhringer, C., C. Fischer and K. E. Rosendahl, 2010. The global effects of subglobal climate policies. *B.E. Journal of Economic Analysis and Policy*, 10(2), 1-35.
- Böhringer, C., E. J. Balistreri and T. F. Rutherford, 2012. The role of border carbon adjustment in unilateral climate policy: Overview of an Energy Modeling Forum study (EMF 29). *Energy Economics*, 34, S97-S110.
- Böhringer, C., J. C. Carbone and T. F. Rutherford, 2016. The strategic value of carbon tariffs. *American Economic Journal: Economic Policy*, 8(1), 28-51.
- Böhringer, C., J. C. Carbone and T. F. Rutherford, 2018. Embodied carbon tariffs. *Scandinavian Journal of Economics*, 120, 183-210.
- Branger, F. and P. Quirion, 2014. Would border carbon adjustments prevent carbon leakage and heavy industry competitiveness losses? Insights from a meta-analysis of recent economic studies. *Ecological Economics*, 99, 29-39.
- Burck, J., U. Hagen, C. Bals, N. Höhne and L. Nascimento, 2020. *Climate Change Performance Index 2021*, Germanwatch.
- Burke, J., M. Sato, C. Taylor and F. Li, 2021. What does an EU Carbon Border Adjustment Mechanism mean for the UK? London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and Centre for Climate Change Economics and Policy, London School of Economics and Political Science.
- Capros, P., 2016. *EU Reference Scenario 2016-Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016.
- Committee on Climate Change, UK, 2019. *Net Zero Technical report*.
- Cosbey, A., S. Droege, C. Fischer and C. Munnings, 2019. Developing guidance for implementing border carbon adjustments:

- Lessons, cautions, and research needs from the literature. *Review of Environmental Economics and Policy*, 13(1), 3-22.
- Demailly, D. and P. Quirion, 2008. Changing the allocation rules in the EU ETS: Impact on competitiveness and economic efficiency. *Climate Change Modelling and Policy Working Papers*, No 46623.
- Ecofys, 2013. Support to the Commission for the determination of the list of sectors and subsectors deemed to be exposed to a significant risk of carbon leakage for the years 2015-2019 (EU Emission Trading Scheme), Final Report.
- European Commission, 2016. Policy-induced energy technological innovation and finance for low-carbon economic growth, Directorate General for Energy, European Commission. Retrieved from https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ENER%20Macro-Energy_Innovation_D2%20Final%20%28Ares%20registered%29.pdf.
- European Commission, 2020. Proposal for a Directive. EU Green Deal (Carbon Border Adjustment Mechanism). Roadmap, Retrieved January 13, 2021, from https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12228-EU-Green-Deal-carbon-border-adjustment-mechanism-_en.
- European Commission, 2021. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a carbon border adjustment mechanism, Retrieved July 15, 2021, from https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/carbon_border_adjustment_mechanism_0.pdf?fbclid=IwAR0ScFwjNzyWokPaDGEP8kp96ke3sCjx7D-TDrgJJXEnzTt2JFTyIUZh6C8.
- European Parliament, 2021. Towards a WTO-compatible EU Carbon Border Adjustment Mechanism.
- Fischer, C. and A. K. Fox, 2012. Climate policy and fiscal constraints, do tax interactions outweigh carbon leakage? Resources for the Future Discussion Paper.
- Grubb, M., 2011. International climate finance from border carbon cost levelling. *Climate Policy*, 11, 1050-1057.
- IPCC, 2018. Global warming of 1.5°C. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
- Irfanoglu, Z. B., J. P. Sesmero and A. Golub, 2015. Potential of border tax adjustments to deter free riding in international climate agreements. *Environmental Research Letters*, 10(2), 024009.
- Jakob, M., R. Marschinski and M. Hubler, 2013. Between a rock and a hard place: a trade-theory analysis of leakage under production- and consumption-based policies. *Environmental and Resource Economics*, 56, 47-72.
- Lessmann, K., R. Marschinski and O. Edenhofer, 2009. The effects of tariffs on coalition formation in a dynamic global warming game. *Economic Modelling*, 26(3), 641-649.
- Marcu, A., P. Leader, C. Egenhofer, S. Roth and W. Stoefs, 2013. Carbon Leakage: An overview, CEPS Special Report No. 79.
- Markusen, J. R., 1975. International externalities and optimal tax structures. *Journal of international economics*, 5(1), 15-29.
- McKibbin, W. J., A. C. Morris, P. Wilcoxon and W. Liu, 2018. The Role of Border Carbon Adjustments in US Carbon Tax. *Climate Change Economics*, 9(1), 1840011.
- Mehling, M. A., H. van Asselt, K. Das, S. Droege and C. Verkuil, 2019. Design border carbon adjustment for enhanced climate action.

- The American Society of International Law*, 113(3), 433-481.
- Mercure, J. F., 2012. FTT: Power: A global model of the power sector with induced technological change and natural resource depletion. *Energy Policy*, 48, 799-811.
- Mercure, J.-F., F. Knobloch, H. Pollitt, L. Paroussos, S. S. Scricciu and R. Lewney, 2019. Modelling innovation and the macroeconomics of low-carbon transitions: theory, perspectives and practical use. *Climate Policy*, 19(8), 1019-1037. DOI: 10.1080/14693062.2019.1617665
- Park, S.-J., M. Yamazaki and S. Takeda, 2012. Environmental tax reform: Major findings and policy implications from a multi-regional economic simulation analysis. Background Policy Paper for *Low Carbon Green Growth Roadmap for Asia and the Pacific*, Bangkok: United Nations ESCAP.
- Park, S.-J., U. Chewpreecha and H. Pollitt, 2015. The role of border tax adjustment, In *Low-carbon, Sustainable Future in East Asia: Improving energy systems, taxation and policy cooperation*, Routledge.
- Pollitt, H., P. Summerton and C. Thoung, 2012. Modelling the impact of policy interventions on carbon leakage, assessment with the E3MG model. Climate Strategies Working Paper. Available at <https://climatestrategies.org/wp-content/uploads/2012/06/assessment-with-the-e3mg-model-final-120612.pdf>.
- Pollitt, H. and J.-F. Mercure, 2018. The role of money and the financial sector in energy-economy models used for assessing climate and energy policy. *Climate Policy*, 18(2), 184-197. DOI: 10.1080/14693062.2016.1277685
- Pollitt, H., E. Alexandri, U. Chewpreecha and G. Klaassen, 2015. Macroeconomic analysis of the employment impacts of future EU climate policies. *Climate Policy*, 15(5), 604-625.
- Ponssard, J. P. and N. Walker, 2008. Capacity decisions and carbon leakage: the uncertainty effect. *Climate Policy*, 8, 467-493.
- Smith, A., U. Chewpreecha, J. F. Mercure and H. Pollitt, 2019. EU Climate and Energy Policy Beyond 2020: Is a Single Target for GHG Reduction Sufficient? In *The European Dimension of Germany's Energy Transition* (pp. 27-43). Springer, Cham.
- The Energy and Climate Intelligence Unit, 2021. Net Zero Tracker. <https://www.zerotracker.net/>.
- Timmer, M. P., E. Dietzenbacher, B. Los, R. Stehrer and G. J. De Vries, 2015. An illustrated user guide to the world input-output database: the case of global automotive production. *Review of International Economics*, 23(3), 575-605.
- Van den Bergh, J. C. J. M., 2016. Rebound policy in the Paris Agreement: instrument comparison and climate-club revenue offsets. *Climate Policy*, 17(6), 801-813.
- Yu, B., Q. Zhao and Y.-M. Wei, 2021. Review of Carbon Leakage Under Regionally Differentiated Climate Policies, *Science of the Total Environment*, 782, 146765. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146765>.

The Impacts of Carbon Border Adjustment Mechanism on Taiwan's Economy and Environment

Daigee Shaw¹ Wen-Hsiu Huang^{2*} Shih-Mo Lin³ Yu-Hsuan Fu⁴

ABSTRACT

This study employs the Energy-Environment-Economy Global Macro-Economic (E3ME) Model to investigate, under different country coverage of tax enforcement, the impacts of CBAM on Taiwan's economy and environment. Our simulation results show that the implementation of carbon pricing, with and without CBAM, in the EU, the U.K., the U.S., Japan, and South Korea has only negligible effect on Taiwan's net carbon emission. However, it would be a different story when Taiwan joins the club to enforce carbon tax policy. In which case, a significant reduction in carbon emission would be expected. In terms of the tax payment that Taiwan would be charged in the lack of an equivalent domestic carbon pricing system, it will amount to 11 billion NT dollars in 2026, and reaches 13.97 billion in 2050. Among the amount in 2026, 3.8 billion goes to South Korea, 3.4 billion goes to the U.S., and 2.0 billion to the EU. Additionally, the implementation of CBAM in the above-mentioned countries would result in an increase in export prices of Taiwan's industrial products, particularly the non-metallic products. The results have important policy implication in that the establishment of a domestic carbon pricing system for Taiwan will not just have the advantage of avoiding the CBAM payment to other countries, Taiwan can also have the chance to collect the CBAM charges from those without carbon pricing.

Keywords: carbon border adjustment mechanism, carbon border tax, carbon tax, macro-econometric model, carbon pricing system.

¹Adjunct Research Fellow, Institute of Economics, Academia Sinica.

²Associate Professor, Department of Public Finance, Feng Chia University.

³Professor, Department of International Business, Chung Yuan Christian University.

⁴Research Assistant, Institute of Economics, Academia Sinica.

* Corresponding Author, Phone: +886-4-2451-7250, E-mail: wenhhuang@fcu.edu.tw

Received Date: September 30, 2021

Revised Date: November 26, 2021

Accepted Date: December 27, 2021