

環境管理規劃類

## 關於碳排放交易的幾個關鍵性問題

黃宗煌\*

### 摘 要

排放交易制度 (emission trading system, ETS) 和碳稅 (或碳費) 一直是各國應對氣候變遷的主要政策工具，二者各有利弊，其間的利弊、選擇或並存運用，在 20 世紀末期早有許多論述。台灣在「氣候變遷因應法」(簡稱因應法) 不僅明訂 2050 淨零排放目標，而且同時納入 ETS 和碳費。本文以主要的國際碳市場為對象，分析各國碳價變動的原因，並綜整各國的經驗，深入研析若干關鍵性議題，以作為國內推動排放交易制度並建立碳市場規範的參考。

【關鍵字】碳交易、碳定價

---

\* 台灣綜合研究院高級顧問，中華永續職能訓練教育協會理事長

## 一、緣起與目的

### 1.1 緣起

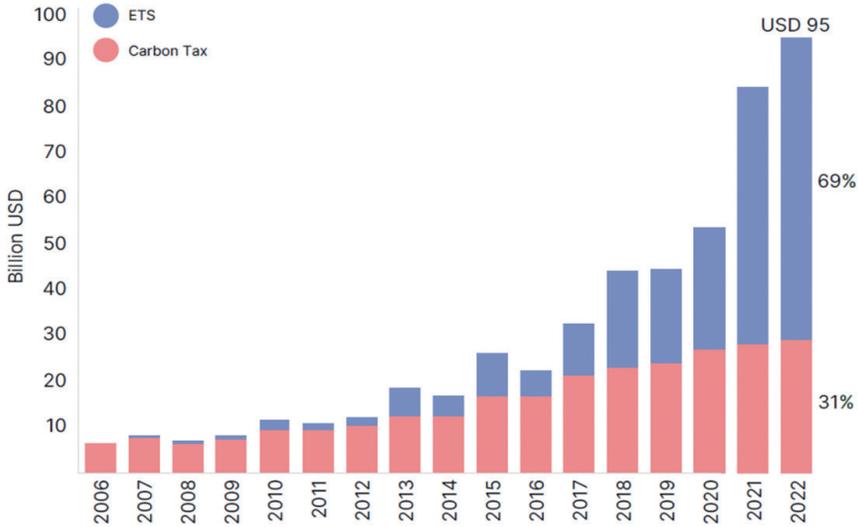
氣候變遷是當前全世界面臨的嚴峻挑戰之一（見 IPCC, 2021; Roubini, 2022; World Economic Forum, 2023），而應對氣候變遷的策略和政策工具非常多元，其中以市場機制為基礎的 ETS 和碳稅（或碳費）一直是各國青睞的主要工具；美、加、紐西蘭、歐盟及歐洲部分國家均曾施行此機制，據以因應空氣污染和溫室氣體排放的問題，例如美國環保署（EPA）早期主導的「酸雨方案」（Acid Rain Program, ARP）、「加州區域清潔空氣誘因市場」（California's Regional Clean Air Incentives Market, RECLAIM）、英國的排放交易制度（UK ETS）等，均頗具創意且發揮顯著的成效。歐盟自 2005 年就 CO<sub>2</sub> 減排分階段實施的排放交易制度（EU ETS）<sup>1</sup>，是全球目前最大的碳市場之一；在《京都議定書》中，ETS 係屬三大彈性機制（flexible mechanisms）之一。目前國際上還有許多國家和地區各自推動碳排放交易制度，其中中國的全國碳市場尤為舉世重視<sup>2</sup>。ETS 的重要性亦可由碳市場所創收的收益成長窺知一二，在 2022 年為全球各地一共創收了超過 630 億美元的收益（見圖 1），創下了歷史新高紀錄。

臺灣在 2015 年的《溫室氣體減量與管理法》早就納入總量管制和排放交易的機制，2023 年修訂施行的「因應法」不但新增碳費，且將 2050 年的排碳目標由「2005 年的 50%」改為淨零排放，並規劃「碳費先行」（預計 2025 年開徵），同時於今年（2023/08/07）建立「台灣碳權交易所」。由此可見，排放交易與碳稅（費）在因應氣候變遷的行動中扮演十分重要的角色。

---

<sup>1</sup> 目前 EU ETS 已進入第四階段，各階段期間分別是：第一階段：2005 ~ 2008；第二階段：2009 ~ 2012；第三階段：2013 ~ 2020；第四階段：2021 ~ 2030。

<sup>2</sup> 中國因應氣候變遷的嚴峻情勢，首先在 2011 年推動 7 個省市的 ETS 試點，並於 2021 建立全國性的碳排放權交易市場（簡稱碳市場）。



資料來源：《2023 年度全球碳市場進展報告》，國際碳行動夥伴組織（ICAP）。

圖 1 全球來自碳稅和 ETS 的名目收益

國際碳交易機制依其管制特性可分概為三種類型：（1）各國或地區的管制性碳交易市場（含拍賣市場）、（2）京都彈性機制（Kyoto Protocol flexible mechanisms）下的 ETS、及（3）自願性減量的碳交易市場（見圖 2）。本研究之目的，係以碳排放交易制度為主軸，分析幾個國際案例，並就若干關鍵性議題深入研析，以做為國內推動排放交易制度並建立碳市場規範的參考。

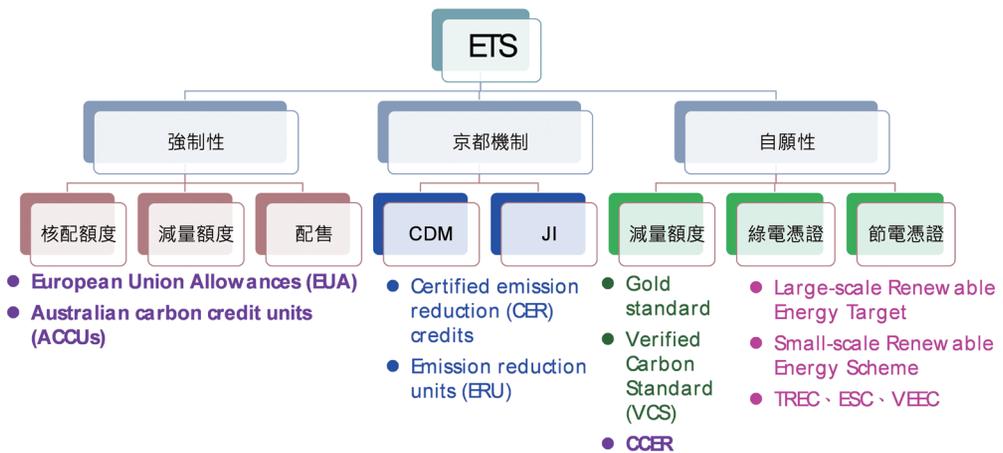


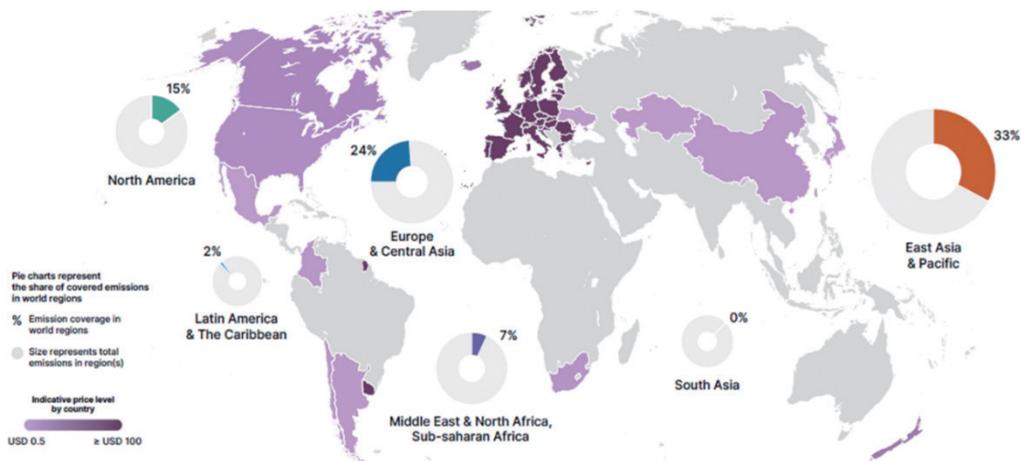
圖 2 碳市場類別與交易標的

## 二、推動排放交易的動機與概況

### 2.1 國際碳市場概況

#### 2.1.1 碳市場的類別及現況

ETS 和碳稅是目前國際上最主要的兩種碳定價（carbon pricing）機制。World Bank（2023）、ICAP（2023）等國際組織所出版之《2023 年度全球碳市場進展報告》顯示，碳市場在全球範圍內迅猛發展，數量不斷增加，覆蓋範圍加速擴大。截至 2023 年 1 月，共有 28 個碳市場正在運行，另有 8 個碳市場正在建設中，預計將在未來幾年內投入運行；目前碳排放交易體系所覆蓋的全球溫室氣體排放比例已超過 17%（見圖 3）。



資料來源：World Bank (2023)。

圖 3 全球實施碳稅與 ETS 所涵蓋的排碳量占比及碳價

眾所關注的問題是：

- (1) 各地關於碳稅和 ETS 的偏好（或選擇）為何不同？其間的利弊得失如何？
- (2) 有效率的碳價在碳稅和 ETS 之下會有何差別？何者較能反映「碳的社會成本」（social cost of carbon, SCC）或「總碳定價」（Total carbon pricing, TCP）<sup>3</sup>的水準？

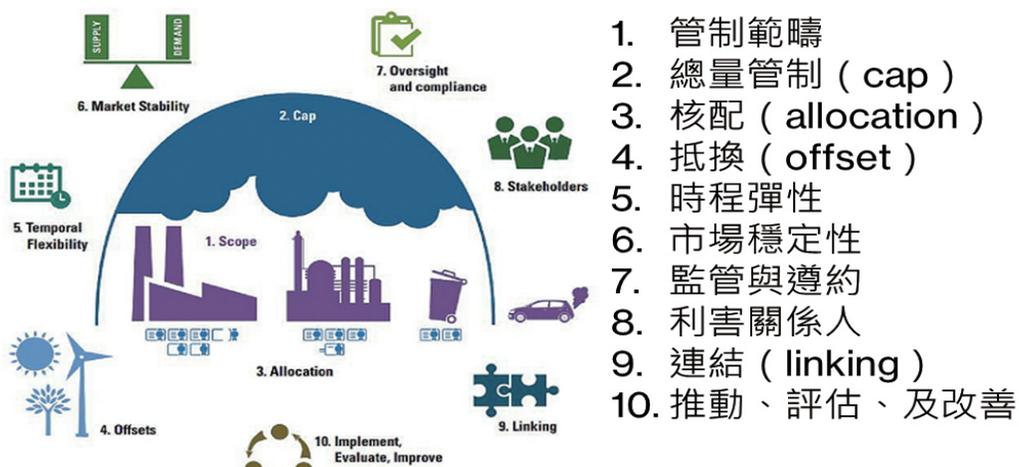
<sup>3</sup> 關於「碳的社會成本」和「碳總定價」的觀念，容後說明。

- (3) 碳稅和 ETS 雖然都具成本有效性的特性，但對總體經濟、地方財政、綠色就業、綠色創新、投資效率、市場效率、競爭優勢 (competitive advantage)、公平性等面向是否有不同的影響？

## 2.1.2 創建 ETS 的步驟與執行情序

### 一、創建 ETS 的步驟

關於如何建設排放交易體系，文獻上已有諸多論述（例如 Guigon, 2016；PMR and ICAP, 2016）（見圖 4），十大步驟如下：



資料來源：Guigon (2016); ICAP (2016)。

圖 4 推動 ETS 的十大步驟

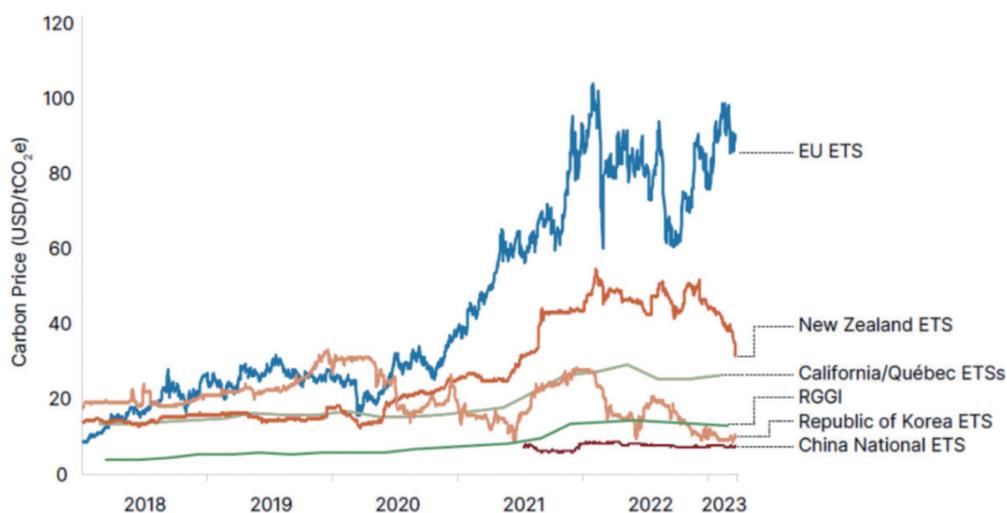
- (1) 決定管制範疇：(a) 涵蓋哪些部門；(b) 涵蓋哪些溫室氣體；(c) 選擇管制的時間點；(d) 選擇監管單位並考慮是否設定門檻。
- (2) 建立排放總量：(a) 建立穩健可靠的精準的資料庫，並決定管制上限；(b) 決定管制總量的水準與型態；(c) 選擇設定總量管制的期程，並提供長期的管制路徑。

## 134 關於碳排放交易的幾個關鍵性問題

- (3) 分配排放許可：(a) 調合分配的方法與政策目標；(b) 確定主體資格及核配方式（免費或拍賣）；(c) 規定進出市場的條款（包括關廠、撤銷等）。
- (4) 考慮使用抵減：(a) 決定是否要接受轄區範圍外未涵蓋的來源及部門；(b) 選擇可以允許的部門、氣體、及活動；(c) 評比建立抵換專案和利用既存方案的成本；(d) 決定使用抵換的範圍限制；(e) 建立監測、報告、查證、和治理（governance）的體系。
- (5) 決定臨時的彈性：(a) 決定貯存（banking）配額的規則；(b) 建議預借（borrowing）和先期核配（early allocation）的規則；(c) 建立報告的長度及遵約的期間。
- (6) 說明價格的可預測性（price predictability）和成本控制（cost containment）問題：(a) 說明建立市場的合理性、相關的風險及必要的市場干預；(b) 選擇是否干預價格的上下限；(c) 選擇干預市場的適當工具；(d) 決定治理市場的框架。
- (7) 確保遵約（compliance）並監管：(a) 確定列管的交易主體；(b) 排放報告的查驗和管理；(c) 查證單位績效的核准和管理；(d) 建立並監督 ETS 註冊平臺；(e) 設計並可以執行處罰機制；(f) 監管市場的交易量和價格變動。
- (8) 利害關係人的參與、溝通交流、及能量建置。
- (9) 考慮市場連結（linking）：(a) 決定市場連結的目的和策略；(b) 選定連結的夥伴；(c) 決定連結的方式；(d) 建立連結和治理的方式。
- (10) 推動、評估、及改善：(a) 確定推動 EPS 的時程和跟過程；(b) 決定審查的過程和範圍；(c) 評估 ETS 的成效，以利審查作業。

### 2.1.3 ETS 的碳價

在排放交易制度下，碳市場的價格形成機制、碳價水準及變動，一直是各界重視的課題，因為碳價不僅影響事業的成本負擔和碳市場效率，同時碳市場的均衡價格也可反映減碳的成本及碳市場的風險。國際上一些主要的碳市場價格變動趨勢如圖 5 所示，據此可見市場間的碳價水準各異其趣，其於各市場波動的幅度高低有別。箇中的變異，是有必要深入瞭解的課題。



資料來源：World Bank (2023), State and Trend of Carbon Pricing 2023。

圖 5 主要 ETS 市場的碳價變動

## 三、ETS 的關鍵課題分析

### 3.1 ETS 關鍵性議題分析

排放配額的規劃設計，攸關碳市場效率和產業轉型，進而影響總體經濟、以及產業和個別廠商的競爭優勢、綠色創新等面向，其分配效果（distributional effects）的公平性尤為各界所關注。本章旨為提出九大關鍵性問題如下，據以說明其政策意涵，以供參考。

- (1) ETS 之交易標的與交易主體
- (2) 拍賣市場與交易市場的關聯與調和
- (3) 排放額度的核配方式及利弊
- (4) 交易市場的最小有效規模 (minimum efficient scale)
- (5) 碳市場風險的調節機制
- (6) 碳價波動的肇因、及穩定與收斂 (convergence) 的必要性
- (7) 排放交易的「碳洩漏」 (carbon leakage)<sup>4</sup> 問題
- (8) 碳市場跨域連結 (linking) 的必要性與可行性
- (9) 「總碳價」的衡量問題

### 3.1.1 ETS 之交易標的與交易主體

#### 一、ETS 的交易標的

京都議定書在 2008~2012 承諾期間，附件 B 國家在減量承諾下的許可排放量係以「Assigned amount units」(AAUs) 為單位，交易標的則為 CO<sub>2</sub> 的減量信用，故京都議定書的交易制度實屬於「信用交易」(credit trading)，而非「配額交易」(allowance trading)。事實上，在京都議定書的 ETS 機制下，可用以交易的標的主要有 3 種：(1) 以土地利用、土地利用改變、及造林等活動所移除的碳排量（稱之為「移除單位」(removal unit, RMU)）；(2) 因推動共同減量計畫 (Joint implementation projects) 所產生的減量信用（稱之為「排放減量單位」(emission reduction unit, ERU)）；(3) 因推動清潔發展機制 (Clean development mechanism, CDM) 所減少的碳排量（稱之為「確證減碳量」(certified emission reduction, CER)）。

京都機制以外之「強制性碳市場」和「自願性碳市場」的交易標的並不相同（見圖 9）。一般而言，強制性碳市場的交易標的有兩類，其一為主管機關核配的許可排放量（即「排放額度」，此即文獻所稱的「配額交易」(allowance trading) 或「限額與交易」(cap-and-trade)）；另一類為「減量信用」(emission reduction credits)，

---

<sup>4</sup> 「碳洩漏」係指實施溫室氣體管制，可能導致產業外移至其他碳管制較為寬鬆國家，反而增加全球排碳量之情況。

又可因是否施行總量管制而有別（見圖 6）<sup>5</sup>，二者均為廠商積極減排而創生的「減量額度」其動機各有不同，但二者在本質上均不同於自願性碳市場中由特定機構或組織所確證核發的「減碳信用」。歐盟、歐美國家（如英國、紐西蘭等）及地區（如美國加州、區域溫室氣體倡議 RGGI<sup>6</sup> 等）所實施的 ETS 通常是 cap-and-trade（亦即配額交易），故其交易標的均為核配額度（亦即 EU allowance units, EUAs）。

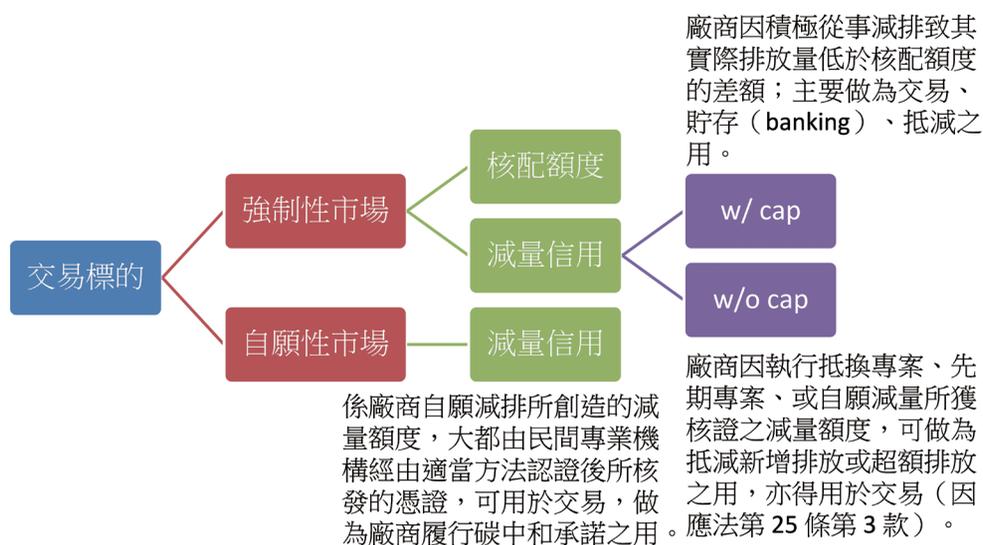


圖 6 ETS 碳市場之交易標的種類

<sup>5</sup> 在總量管制下，廠商因積極從事減排而致其實際排放量低於許可的排放量時，其間的差額也可以做為交易的標的，這種交易制度即文獻上所說的「信用交易」（credit trading）。

<sup>6</sup> RGGI 係由美國東北 9 個州於 2009 年共同提出的倡議，目前實際參與的共有 11 個州（紐澤西州曾在 2011 年退出，但在 2020 年重新加入；維吉尼亞州則在 2021 年加入），各州自行提出並執行「CO<sub>2</sub> 預算交易方案」（Budget trading program），旨為減少達一定規模（25MW）以上之電廠的碳排放量（初期目標為每年減 2.5%）。RGGI 自 2009 年起每 3 年為一期，目前已進入第五期（2021~2023），涵蓋的碳排放量在 2020 年約佔各州總排放量的 14%（相當於 66.80 Mt CO<sub>2</sub>e），在 2021 年共納入 228 家電廠設施；2022 年之交易均價為 13.46 美元 / t CO<sub>2</sub>e；RGGI 在 2021 年進行第 3 次的方案審議，就方案的衝擊、成效、進一步的減量潛力等面向提出檢討，目前已進一步提高減排目標，預計在 2020 至 2030 年間相對於 2020 年的排放上限減量達 30%。

台灣現階段尚未針對個別排放源設定並設定強制性的排放額度，故短期內的交易標的係以廠商自願減量所獲得的「減碳額度」為主，其與歐美的「配額交易」或 cap-and-trade 的交易標的不同；未來雖可望採行「配額交易」，但何時可以啟動，恐猶有不確定性。茲將各國排放交易制度的重點異同彙整如表 1 所示

表 1 各國碳排放交易制度比較

市場別	制度屬性	排放物種類	管制範圍	排放權分配方式	交易規則
美國 ARP	許可制	SO <sub>2</sub>	美國國內之燃煤電廠。	溯往原則搭配拍賣。	交易比 1:1；排放權可儲存。
美國 RECLAIM	許可制為主	SO <sub>x</sub> 及 NO <sub>x</sub>	美國南加州空品區。	溯往原則搭配拍賣。	海岸區與內陸區有交易限制；排放權可儲存。
CCX	許可制為主	GHGs	北美洲及巴西。	溯往原則搭配拍賣。計畫參與者核發差額排放量。	三種碳商品可等值交易。
歐盟溫室氣體排放交易制度	許可制	GHGs	目前為歐盟 15 會員國。	依據京都議定書規範之減量目標核發排放權。	交易比 1:1。
英國溫室氣體排放交易制度	許可制為主	GHGs	全國。	溯往原則搭配拍賣。計畫參與者核發差額排放量。	交易比 1:1；排放權可儲存。
加拿大溫室氣體排放交易制度	許可制	GHGs	全國。	1. 拍賣搭配溯往原則；或 2. 溯往原則	尚無明確的執行方式。
澳洲溫室氣體排放交易制度	許可制	GHGs	全國。	溯往原則搭配拍賣。	交易比 1:1；排放權可儲存。
丹麥溫室氣體排放交易制度	許可制	GHGs	國內 200 大能源密集事業。	溯往原則。	交易比 1:1；排放權可儲存。

市場別	制度屬性	排放物種類	管制範圍	排放權分配方式	交易規則
荷蘭溫室氣體排放交易制度	許可制	GHGs	全國。	溯往原則配合 PSR。	尚無明確的執行方式。
挪威溫室氣體排放交易制度	許可制	GHGs	指定之三類產業。	1. 溯往原則；或 2. 拍賣	尚無明確的執行方式。
台灣排放交易制度	混和信用制	PM, SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , 及 VOCs	目前為高高屏空品區。	排放量較指定削減量為多者，經驗證後核發差額排放權。	跨空品區有不同交易比；排放權可儲存。

資料來源：為本研究整理。

## 二、交易主體

被允許在碳市場中從事交易的主體為何？原則上有狹義和廣義的範疇界定；前者係指核配額度或減量額度之事業（稱此為「重點排放單位」），並在中央主管機關申請開立帳戶，始得參與交易；後者則涵蓋更廣的行為人，除重點排放單位之外，舉凡符合國家有關交易規則的機構和個人均屬之。

我國的交易主體係為「經核配排放額度之事業」（因應法第 36 條第 1 項）。中國則與歐美的 ETS 相同，將交易主體擴及重點排放單位和符合國家有關交易規則的機構和個人，但現階段，中國碳排放權交易市場的交易主體全部為重點排放單位；機構及個人入市工作將根據相關規定有序推進（生態環境部《碳排放權交易管理辦法（試行）》）。

將交易主體擴及重點排放單位及符合國家有關交易規則的機構和個人，可望擴大碳權需求，提升碳資產價值，誘發綠色創新，同時也為投資者創造新的投資管道，但也與其他資本市場（如股市、房市）一樣面臨技術、經濟、市場、政策等風險，因此如何建立碳市場之風險管理機制，亦為重中之重。

### 3.1.2 拍賣市場與交易市場的關聯與調和

#### 一、交易市場與拍賣市場的關聯

各國在推動強制性碳交易時，往往搭配總量管制、拍賣、配售、碳費等配套措施；本質上，拍賣或配售的標的均為主管機關所保留的核配額度。總的來說，交易市場、拍賣市場、及配售市場都將形成各自的碳價，雖然未必相等，但彼此間仍有關聯，特別是相互提供先驗的碳價資訊。黃宗煌、蔡世峰（2017）<sup>7</sup>曾比較分析廠商在此二市場下的決策行為、以及碳價變動趨勢和關聯性；值得重視的問題是，在「逐步從免費核配到拍賣或配售」的趨勢下（因應法第5條第3項第3款），對於廠商綠色創新、投資意願、碳價等面向，將會造成怎樣的衝擊呢？而當交易市場與拍賣市場並存時，又可能衍生何種問題？

#### 二、國內外碳權的相容問題

目前由獨立機構所建立及管理的碳認證標準至少10個以上，其中比較主要的4個如下：（1）碳驗證標準（Verified Carbon Standard, VCS）、（2）黃金標準（Gold Standard, GS）、（3）美國氣候行動儲備方案（Climate Action Reserve, CAR）、（4）美國碳註冊登記簿（American Carbon Registry, ACR）、（5）中國的「核證自願減排量」（CCER）<sup>8</sup>等。

---

<sup>7</sup> 見黃宗煌、蔡世峰（2017），「碳市場配額分配方式對廠商決策行為的影響研究」，環境經濟研究 2(1): 90-106。

<sup>8</sup> 根據中國生態環境部在《碳排放權交易管理辦法（試行）》中的定義，CCER是指「對境內可再生能源、林業碳匯、甲烷利用等項目的溫室氣體減排效果進行量化核證，並在國家溫室氣體自願減排交易註冊登記系統中登記的溫室氣體減排量。」與配額交易的全國性碳市場不同，CCER市場允許非重點減排企業進入，並為這些企業出售CCER提供了交易平臺。由於CCER專案種類廣泛，所涉技術繁多，為避免過多的CCER湧入本地對碳配額市場造成衝擊，在各地的CCER試點中，或多或少都規定了CCER可用於抵消的比例，基本在5%~10%不等。一般情況下，CCER往往比碳配額更便宜，所以一些重點減排企業通常會購買使用CCER抵消碳排放配額的清繳。

廠商從國外的自願性碳市場所取得的碳權，主要是作為廠商實現「碳中和」(carbon neutrality)的自我承諾之用，但也有少部分國家採納作為「內部碳定價」(internal carbon pricing)<sup>9</sup>機制的遵約之用。中國允許2017年3月14日以前備案的「核證自願減排量」(CCER)，在轉至新「自願減排注登系統後」，可用以抵銷2021、2022年度的配額清繳，但這是在內地相同的減碳認證準則上的作為。

由於自願性碳市場所認證的減碳標準或方法論與國內的管制性碳市場不盡相同，故境外碳權成為國內碳市場另類的異質商品，因此境外取得的碳權要進入國內的管制性碳市場參與交易或用以抵銷超額排放，在實務上將面臨諸多障礙<sup>10</sup>，例如在轉換為國內碳權時必須立基於合理的轉換率。歐盟在第二期ETS期間(2008-2012)，即已要求各成員國在2015年3月31日前將所有CERs和ERU轉換為歐盟的核配額度(allowance)，始能參與碳市場交易。

### 3.1.3 排放額度的核配方式及利弊

#### 一、核配基準：排放量或排放強度？

一般所稱的「碳權」實為主管機關核配列管廠商(或稱「重點排放單位」)的許可碳排放量，亦即「核配額度」。問題是：每年核配給列管廠商的核配量如何決定的？這裡牽涉到2個問題：(1)核配額度是以排放量或排放強度為基準？(2)用什麼原則來核定核配量？

<sup>9</sup> 「內部碳定價」(ICP)係指個別廠商就自身的溫室氣體排放所設定的價值，冀能藉此改變企業的內部行為和形象，促動綠色創新與投資，進而激發「內部成長」(internal growth)的動力。巴黎協定生效後，ICP逐漸受到各國重視，視之為公司減碳、管理氣候相關之企業風險、以及為去碳活動(如低碳投資)提供融資的策略規劃工具，據以邁向低碳經濟。

<sup>10</sup> 例如因應法第27條第1項明訂，「事業取得國外減量額度者，應經中央主管機關認可後，始得扣除第二十八條第一項各款之排放量或抵銷第三十六條第二項之超額量。」此外，第2項指出，「前項國外減量額度認可、扣除排放量或抵銷超額量之比率等相關事項，由中央主管機關參酌聯合國氣候變化綱要公約與其協議或相關國際公約決議事項、能源效率提升、國內減量額度取得及長期減量目標達成等要素，會商中央目的事業主管機關定之。」

國際上大部分國家的核配額度都以「溫室氣體排放量為基準」，但也有以「排放強度」為基準的作法，中國即為箇中代表。根據廠商的排放量或排放強度來核配碳權之利弊如表 2 所示。

表 2 核配額度的訂定基準：排放總量 vs. 排放強度

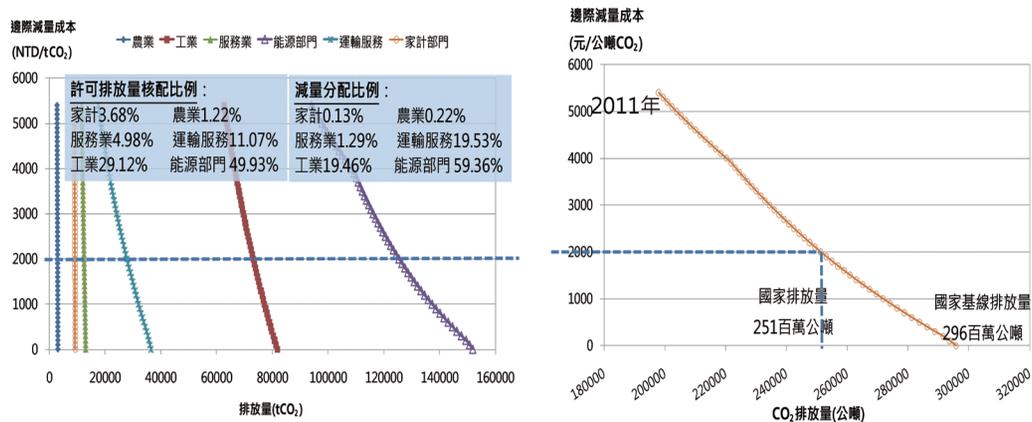
優缺點	總量	強度
優點	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 總量管制目標明確，實際排放量有明確的目標值，易於控制整個交易體系的排放上限。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 排放配額取決於取企業在履約期間內的行業碳排放績效基準和企業實際生產活動水平，本質上是屬於一種可交易的績效標準（Tradable performance standard）。</li> <li>• 企業可以通過調整履約期內的生產決策來決定可獲得的配額量，一則有動力開展減排活動，二則排放強度高的企業因面臨較大的成本競爭壓力將考慮減少產量，排放強度低的產業可能提高產量。</li> <li>• 有助於在經濟快速增長期間控制整體的成本，降低配額緊缺帶來的價格波動和減排壓力；在經濟蕭條時期則可避免發放過多配額而降低碳市場失效的風險。</li> <li>• 政府可以通過基準法調節區域和行業間減排目標的分配，有助於實現公平性的考量，對於產品價格及產量的影響相對較小。（Goulder et al., 2019）</li> </ul>
缺點	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 因多種不確定因素（經濟成長、能源價格變動、技術創新、金融危機），排放總量的設定可能偏離實際。</li> <li>• 基於多方利益團體的壓力、考慮政治接受度和儘快推動排放交易機制，採取自下而上的分配方式而非統一分配的方案，從而導致配額分配過度寬鬆，引發價格低迷現象。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 減排成果能否達標，具有不確定性。</li> <li>• 成本效益、經濟效率、行政成本、以及基準線（baseline）設計等方面均存在一些爭議。</li> <li>• 免費分配存在對高排放企業過度補償的問題，有違「污染者付費原則」，可能扭曲市場價格，降低市場效率。</li> <li>• 拍賣市場（一級市場）的效率不如預期。</li> <li>• 碳洩漏（carbon leakage）與碳市場連結（linking）的問題。</li> </ul>

資料來源：本計畫整理。

雖然基於強度的碳市場的政治可接受性較高，惟其減排效果的確定性、成本效益、經濟效率、行政成本、以及排放基線（emission baseline）設計等面向均存在爭議，有待進一步比較分析。

## 二、排放配額的核配模式

排放配額的期初發放方式也是一項至關棘手的課題。在京都議定書生效之初，許多國際研究機構便紛紛提出多種不同的核配模式，國內學者也曾提出多種不同的核配原則，例如吳再益、李堅明（1999）列舉依歷史排放量分配（此即溯往原則）、依邊際防治成本高低分配、依就業人口多寡分配、依附加產值占 GDP 高低分配、依拍賣原則分配等方式。工業技術研究院於 2010 年提出固定比例減量模式；李堅明（2011）提出歐盟第三階段模式；童遷祥（2011）提出 Bottom-up 減量模式；李叢禎（2008）提出最優控制模式；黃宗煌與楊晴雯（2011）提出「邊際減排成本均等法」做為訂定核配額度的原則（見圖 7）。



資料來源：黃宗煌、楊晴雯（2011），《運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型之建立》。

圖 7 以「邊際減排成本均等法」核配排放額度

### 三、核配的模式之優劣勢比較

各主要核配的模式之利弊如表 3 所示。溯往原則（grandfathering rule）是最被廣泛採行的核配模式，但仍難掩箇中的缺失，包括：（1）應該以前幾年的排放量為統計基礎，一直見仁見智；無論向後取幾年的平均值，都無法反映廠商未來的排放需求，特別是溯往原則通常並未就企業未來的成長和排碳需求加以預測。（2）在過去的幾年期間，倘若發生經濟景氣過熱或蕭條、或偶發隨機性事件（如疫情、金融危機、能源危機等），則歷史資料的平均值也無法反映廠商對排放量的實際需求。（3）溯往原則常被批評的另一重點在於「多排放多得配額」的不公平事實；在免費核配的情境下，更有違「污染者付費原則」，不但有失社會正義原則，亦將提高潛在廠商的市場進入障礙。

至於「標竿法」有也頗受重視，但最大的問題在於標竿的選擇，其與總量管制或國家減排目標之間的關聯性不如「邊際減排成本均等法」，而且所選的標竿也可能不符國情，過於嚴苛或過於寬鬆的標竿，都利弊參半。

溯往原則是根據企業的歷史排放和歷史強度進行分配；標竿法則根據企業對應之行業的基準值進行分配。這兩種方法各有其利弊，溯往原則可操作性較強，但當經濟情勢景氣時，容易引起過量分配的問題，高排放的企業可獲得更多配額也亦遭不公平的批評。基準法可以避免上述問題，但對排放資料的要求較高，取得資料的難度較大，取得成本也較高，更重要的是存在數據質量不穩定問題。

表 3 不同核配原則之優缺點比較

核配原則	優點	缺點
溯往原則	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 容易執行</li> <li>• 兼顧產業競爭力</li> <li>• 兼顧既得利益者</li> <li>• 國際實施經驗</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 不符合社會正義</li> <li>• 增加進入障礙</li> </ul>
市場原則	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 配置效率</li> <li>• 降低進入障礙</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 產業發展失衡</li> </ul>

核配原則	優點	缺點
產值原則	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 提升整體 GDP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 產業發展失衡</li> </ul>
需求原則	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 符合事業生產需要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 執行成本高</li> <li>• 無法達到總量管制</li> </ul>
等比例削減原則	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 達到公平分配</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 產業發展反淘汰</li> </ul>
成本有效原則	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 最低減量成本</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 資訊成本高</li> </ul>
標竿法	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 國際接軌</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 適用性問題</li> </ul>
折衷原則	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 可行性高</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 權數選擇涉及主觀評價</li> </ul>

資料來源：黃宗煌（2000），《環境經濟學與政策分析》。

「邊際減排成本均等法」主要優點為：（1）在全國總量管制目標及邊際防治成本下，按各部門邊際防治成本均等的原則所訂定的減排量，符合成本有效性原則。（2）各部門的邊際減排成本可應用適當的模型（如 CGE 模型）加以評估，在實務上是做得到的。（3）核配量可隨技術進步而彈性調整，既不影響總量管制目標，也不至於加重廠商的減排負擔。

### 3.1.4 交易市場的最小有效規模

就經濟學原理而言，生產的「最小有效規模」（minimum efficient scale, MES）係指長期平均成本（LAC）與短期平均成本（SAC）同時達到最低而且相等時所對應之生產規模（亦即  $SAC_{mes}$ ）<sup>11</sup>，此時的產量水準為  $Q^*$ （見圖 8），惟此一產量水準並不保證市場處於均衡狀態。如圖 8 所示，如果市場需求為  $D_1$  或  $D_2$ ，市場的長期均衡產量分別為  $Q_1$  和  $Q_2$ ，但所對應的工廠規模均非 MES，只有當市場需求為  $D^*$  時，工廠規模才是 MES。由於市場供給曲線和市場需求曲線都可能受到許多因素的影響而移動，因次 MES 勢必因時因地而異。

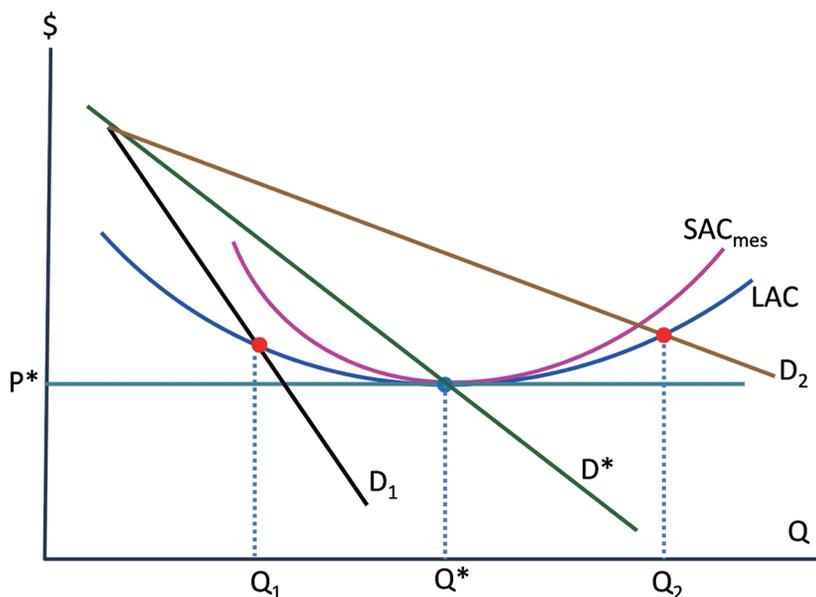


圖 8 碳市場的最小有效規模

之所以關心 MES，是因為使用 MES 來生產，才有可能達到 LAC 最小的境界。就「碳市場的最小有效規模」而言，迄無明確的學理定義，但參照圖 8 可知，如欲認定出碳市場的最小有效規模，勢需推估出碳市場中的需求函數和長期的減碳成本函數，顯然此一工作在文獻上仍欠缺足夠的基礎研究，這是未來推動 ETS 應予加強的。

<sup>11</sup> 在圖 8 中，每一條短期平均成本曲線可用以代表一個工廠規模。

### 3.1.5 碳市場風險的調節機制

大部分碳市場在初期階段都採用高免費的核配方式，以減少碳市場對企業的衝擊；免費核配存在對高排放事業過度補償的問題，有違「污染者付費原則」，可能扭曲市場價格，降低市場效率。相形之下，拍賣可提供更準確的價格信號，更強的透明度，可望提高配額分配的效率；此外，拍賣收入的合理利用亦可帶來潛在的「雙紅利」效果，然而拍賣也可能給企業帶來較重的成本負擔，影響企業的競爭力，增加碳洩漏的風險。

無償核配與拍賣這兩種核配方式對事業的成本負擔截然不同，事業的生產與減排決策互異，碳價的形成機制更是差別甚大。就現階段而言，無償核配與配售並存，並由主管機關定期拍賣保留的排放許可，已成為主流。問題是：當事業同時面臨拍賣市場及交易市場時，事業的決策將更加複雜，均衡碳價也不同，其間的福祉分配效果（distributional effects）的相關研究，文獻上未曾有深入的整合型深究，卻是 ETS 設計的另一重要課題。

綜觀國際 ETS 的推動成效，吾人可歸納出若干結論如下：

- (1) 從無償核配逐漸走向拍賣，是國際上的共同趨勢。問題在於主管機關該如何決定保留拍賣的數量、拍賣的形式、以及拍賣的頻率。
- (2) 交易市場與拍賣市場並存具有增進市場效率的協同效果（synergic effect），亦有助於誘發綠色創新和產業轉型的效果，但從免費到拍賣的轉型過程中，對整體碳市場及事業的決策都會造成不同程度的衝擊，這是不可忽視的課題之一。
- (3) 拍賣市場的碳價通常低於交易市場中的碳價格（美國的「酸雨計畫」（Acid Rain Program, ARP）亦有相同的結果）<sup>12</sup>，震盪的幅度也不盡相同，隱含這兩個市場的價格風險有所不同；如何引導事業做出最佳投資決策，是值得重視的另一課題。

---

<sup>12</sup> 關於美國 ARP 的拍賣價格低於交易價格的原因，Rose (1996) 說明其原因如下：  
(1) 排放市場的交易大部分是經過仲介（掮客）進行，因此有較高的交易成本；  
(2) 在拍賣市場上，一般廠商均認為若出高價取得排放許可會比出低價而未取得的損失高，因此廠商甘願冒著未能取得排放許可的風險而壓低出價。

- (4) 允許事業無息貯存其剩餘配額或在必要時有息預借配額，可提升 ETS 的成本有效性，並降低潛在的風險與衝擊。
- (5) 允許未列管的個人或機構參與投標，是提升市場熱絡的做法之一（例如在紐西蘭，參與拍賣的群體中，有一大部分人是未受列管的投資人）。
- (6) 證諸紐西蘭和中國的經驗可知，拍賣市場有時候也面臨一些問題，其中較為常見的情況是：在年度拍賣的初期沒有成交量，後期的交易量則激增（一年分幾次拍賣並無通則，但分四季則較常見），換言之，投標人似有「早期觀望，後期搶進」的心態，主要原因在於未成交的配額將累積到次一期，致使可供拍賣的數量增加，從而降低成交的邊際價格。不過，由於排放配額在總量管制下將隨時間經過而遞減，在供給減少的情況下，碳價卻有上漲空間，因此，即便短期下的拍賣市場不熱絡，長期的碳價仍有上漲動力。

### 3.1.6 碳價波動的肇因、及穩定與收斂（convergence）的必要

國際上一些主要的碳市場價格變動趨勢各異其趣，其於各市場波動的幅度高低有別。以中國的全國碳市場為例，其於 2021 ~ 2023 年期間的碳價變動如圖 9 所示。



資料來源：MacroMicro。

圖 9 中國碳市場成交金額及交易價格：2021 ~ 2023

由於碳價的大幅震盪不利於企業的減排投資決策，因此，設計適當的市場調節機制確有其必要。例如 EU ETS 在 2012 ~ 2013 年碳價暴跌期間，採取了多重調節機制，例如 Set-aside、Floor price、Tighten targets 等。中國的碳市場也有調節機制，包括：交易價格的漲跌幅限制<sup>13</sup>、配額預支等。

根據中國生態環境部《碳排放權交易管理規則（試行）》（公告 2021 年第 21 號）的規定，生態環境部可以根據維護全國碳市場健康發展的需要，建立市場調節保護機制。當交易價格出現異常波動觸發調節保護機制時，生態環境部可以採取公開市場操作、調節國家核證自願減排量（CCER）的使用方式等措施，進行必要的市場調節。

此外，根據上海環境能源交易所《關於全國碳排放權交易相關事項的公告》（滬環境交〔2021〕34 號）的規定，目前掛牌協定交易的成交價格在上一個交易日收盤價的  $\pm 10\%$  之間確定；大宗協定交易的成交價格在上一個交易日收盤價的  $\pm 30\%$  之間確定。根據生態環境部《碳排放權交易管理規則（試行）》（公告 2021 年第 21 號）的規定，交易機構可以根據市場風險狀況對漲跌幅比例進行調整。

我國的「氣候變遷因應法」為穩定碳市場價格，係以「保留部分排放額度」的方式為之（第 35 條第 4 款），對於市場價格震盪的幅度，迄無明確的漲跌幅限制。

### 3.1.7 排放交易的「碳洩漏」（carbon leakage）問題

「碳洩漏」（carbon leakage）係指實施溫室氣體管制，可能導致產業外移至其他碳管制較為寬鬆國家，反而增加全球排碳量之情況（因應法第 3 條）。

#### 一、碳洩漏的計算問題

由於全球化造成國際貿易的大幅成長，並使貿易財貨的生產對全球排放量的貢獻比例高達 25%，這就涉及到貿易與環境的議題，也攸關碳洩漏的數量應該如何計算的問題；例如：

---

<sup>13</sup> 大宗交易漲跌幅限制  $\pm 30\%$ ，線上交易漲跌幅限制為  $\pm 10\%$ 。

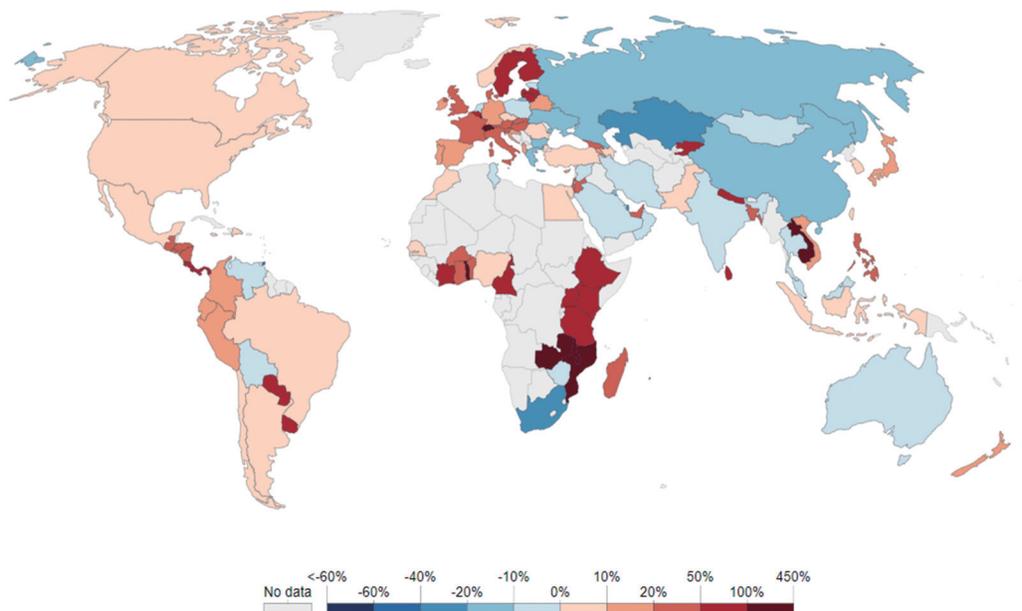
## 150 關於碳排放交易的幾個關鍵性問題

- (1) 離岸航運排放量的占比不低，是否應列入碳洩漏的範疇？
- (2) 發達國家所消費的許多消費財貨都自其他國家進口，而產品的製程排放都發生在產地，這種嵌入式 (embedded) 的排碳量算不算碳洩漏？

為此，文獻上曾以貿易財貨之「碳排量的進口（或出口）」（Net import (export) of carbon emission）做為衡量指標，其定義如下：

$$TS_E = \sum_j \beta_j M_j - \sum_i \alpha_i X_i,$$

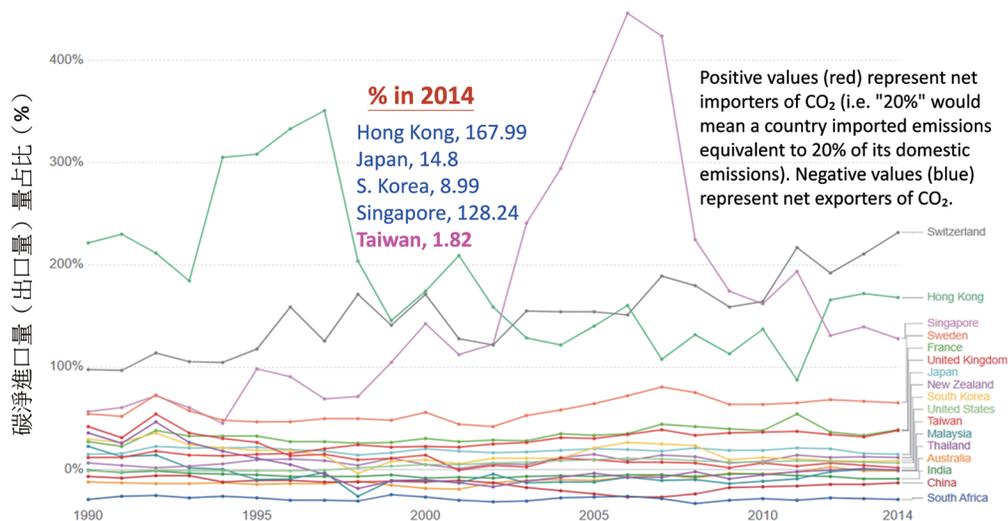
其中  $\alpha_i$  與  $\beta_j$  分別代表第  $i$  種出口財貨與第  $j$  種進口財貨碳密集度。因此，如果國家的  $TS_E < 0$ ，就代表是一個「碳淨出口國」（net carbon exporter）；反之則為「碳淨輸入國」。由圖 10 可見，大部分的發達國家都是淨輸入國，而低度發展國家（如中國、印度）和能源稟賦豐富的國家（如蘇聯、澳大利亞、中東產油國等）則為淨輸出國。



資料來源：Global Carbon Project; Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)。

圖 10 TSE 在國內排放量的占比：以 2014 為例

由圖 11 亦可窺知各國在 1990 ~ 2014 年間的  $TS_E$  值變動情形；據此可知，瑞士、香港、新加坡、瑞典等都是大淨進口大戶，我國在 2014 年的  $TS_E$  在國內排放量的占比 (= 1.82%) 遠低於日本的 14.8% 和韓國的 8.99%，是一個貿易碳排放中性的國家。



資料來源：Global Carbon Project; Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)。

圖 11 TSE 在國內排放量的占比：以 2014 為例

## 二、碳洩漏的根源與存在性

在全球致力於追求淨零排放的階段，碳洩漏的討論及相關政策的推動仍然是目前非常熱門的焦點議題。事實上有許多學者專家都指出，並沒有足夠的證據支持碳洩漏普遍存在的現象；換言之，碳洩漏並沒有像理論上或預期中的嚴重<sup>14</sup>，不過凡此見解大都立基於歐盟 ETS 前 3 期的推動結果。

碳洩漏的現象是什麼原因造成的？文獻上已經有許多論證，茲歸納其中數端如下：

- (1) 單邊政策 (unilateral policies)：各國的減碳目標不一，所施行的減緩策略亦嚴苛寬鬆有別，因此，在管制較為嚴苛地區的事業是否可能轉移到相對較為寬鬆的地區，因而造成碳洩漏的問題，一直是國際社會所關注的問題（例

<sup>14</sup> 見 Borghesi (2023)。

如 Zhang (2015))，這也是發達國家對碳減排措施程度不嚴厲的發展中排放大國徵收碳關稅的原因之一。

- (2) 免費核配排放配額：ETS 的免費核配衍生許多問題已是眾所皆知（例如意外之財、有違污染者付費原則、降低綠色創新誘因，維持現狀、造成碳洩漏等），即因此故，EU ETS 在第 4 階段的改革重心在於減少具碳洩漏風險的部門數量，同時也取消免費核配，改以拍賣。
- (3) 碳定價的影響：各國的碳定價機制不盡相同，碳價也差異甚大，事業難免會考慮外移來規避碳價的影響或其他相關政策的規範。此一「外移假說」(Flyout hypothesis) 在 WTO 成立之初即有許多討論，目前關於碳定價影響碳洩漏的議題，也有越來越多的研究成果可考，結果似有兩極化現象：
  - (A) 理論模型的評估結果大都呈現顯著的碳洩漏現象：例如利用 CGE 模型所評估的碳洩漏比例高達 33%，而用部分均衡模型的評估結果更高達 100%（見 Branger and Quirion, (2014)；Carbone and Rivers, (2017)；Partnership for Market Readiness, (2016)）。
  - (B) 實證研究結果則顯示碳洩漏並不像理論上或預期中的嚴重，甚至根本不存在，例如 Dechezlepretre et al., (2015)；Moore et al. (2019)；Naegele and Zaklan (2019)；Koch and Mama (2019)；Borghesi et al. (2020)。
- (4) 2050 淨零排放的影響：一般預期，在全球致力於淨零排放 (Net zero emission, NZE) 的過程中，如果碳價持續上揚，碳洩漏的現象或難避免。

### 三、減緩碳洩漏的策略

如何減緩國際上碳洩漏的現象已經成為思患預防的重點議題之一，在眾多策略中，致力於促成各國碳價的收斂 (convergence)、或政策的一致性 (consistency)<sup>15</sup> 和調和性 (harmonization)，乃為當務之急。為此，促進各國碳市場的連結 (linking) 成為晚近備受重視的策略。

---

<sup>15</sup> 歐盟的 CBAM 便具有迫使碳價趨於一致的作用。

### 3.1.8 碳市場跨域連結 (linking) 的必要性與可行性

就理論而言，碳市場的效率與交易規模有密切的關聯，再加上各國之間的碳價差異甚大，為避免碳洩漏的問題，並使碳價在不同市場間趨於一致，推動碳市場的跨域連結，也在國際間也有案例可考，例如：

- (1) 加州與魁北克在 2014 年 1 月 1 日的碳市場連結，並自同年 11 月起聯合拍賣；
- (2) 冰島、挪威、列支斯敦等 3 國在 2017 年與 EU ETS 連結；
- (3) 瑞士與歐盟在歷經將近 10 年後，於 2020 年 1 月 1 日起連結。

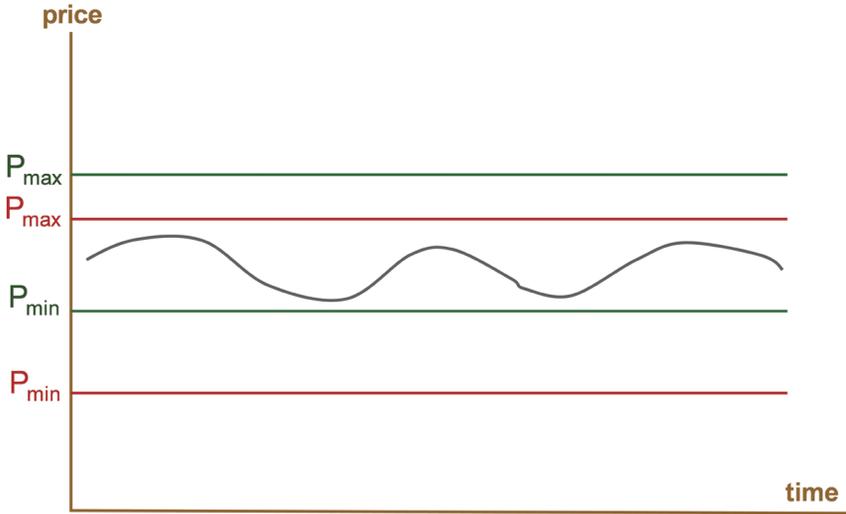
不過，碳市場的連結仍有其潛在的問題，甚致造成斷鏈 (delinking) 的情況，例如：

- (1) 加拿大 Ontario 省在 2018 年 1 月 1 日加入加州與魁北克的共同市場，但因新政府介入而取消；
- (2) 美國 New Jersey 州是 RGGI 的創始會員之一，但在 2011 年離開，卻又在 2020 年重新加入；
- (3) 澳大利亞原本在 2015 年 7 月要加入 EU ETS，但在 2013 年大選之後違背先前的協定；
- (4) 英國因退出歐盟，也因此退出 EU ETS。

總之，在實務上，現階段的碳洩漏的證據並不如預期般的明顯，而在國際上也曾出現碳市場「斷鏈」的案例，由此可知，成功的碳市場連結取決於經濟、政治、社會、文化、技術等諸多因素的影響，故市場間連結的必要性與可行性可能因時因地而異，需要審慎評估可行的條件而後定；例如 Doda, Verde and Borghesi (2022)<sup>16</sup> 指出，不同碳市場之間的碳價差額，應維持在一定範圍之內，才可望經由市場連結來創造額外的效益（見圖 12 和圖 13）。

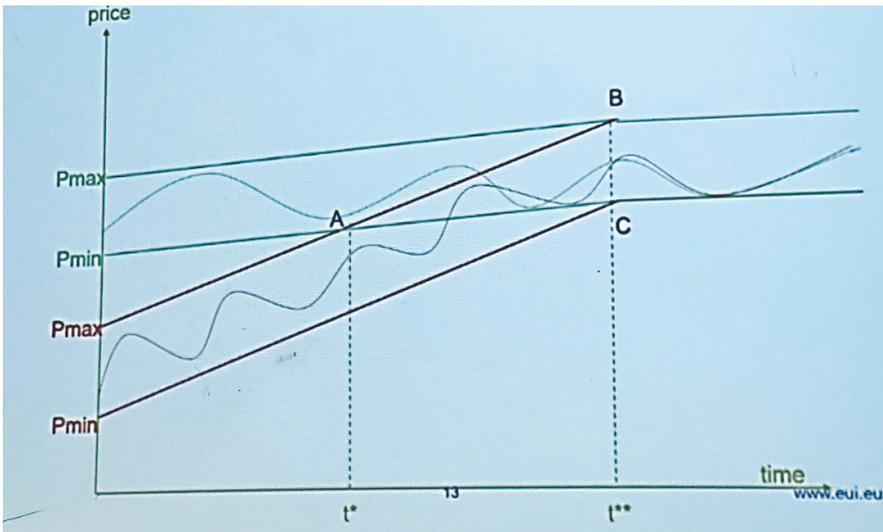
---

<sup>16</sup> 見 Doda, Verde and Borghesi (2023), “ETS alignment: a price collar proposal for carbon market integration.” Paper presented at the EAERA meeting, 28-30 June 2023, Cyprus.



資料來源：Adapted from Borghesi (2023)。

圖 12 碳市場連結可行的條件：有共同的碳價區間



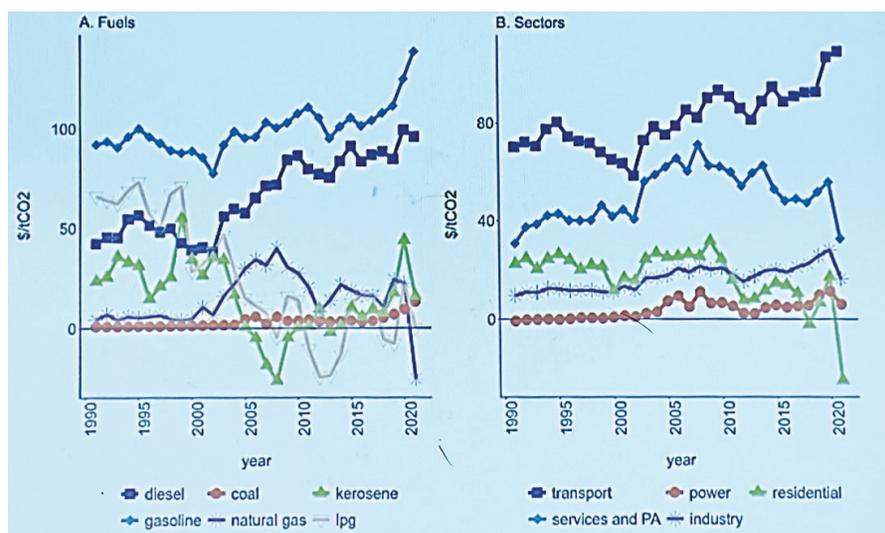
資料來源：Borghesi (2023)。

圖 13 碳市場連結可行的條件：未來的碳價趨於一致

### 3.1.9 「總碳價」的衡量問題

目前各國在評估碳的真實價格時，大都只考慮碳市場所結清的碳價或碳稅稅率，而忽略了諸多影響碳之真實價格的外在因素；舉例而言，烏拉圭在訂定碳稅時，很直接地將燃料的貨物稅轉換為碳稅，如此做法並不足以改變價格的經濟誘因；印尼在推動碳定價的同時，卻又加大對能源的補貼；墨西哥在施行碳稅的同時，則同時取消燃料的補貼。由此可知，各國在推動碳稅或 ETS 時，也在能源、環境、氣候等面向的政策採行不同的做法，這使各國的碳稅稅率或 ETS 的交易價格，均不足以反映各國的真實碳價，即因此故，SCC 和 TCP 評估成為當下文獻上的熱門課題之一。

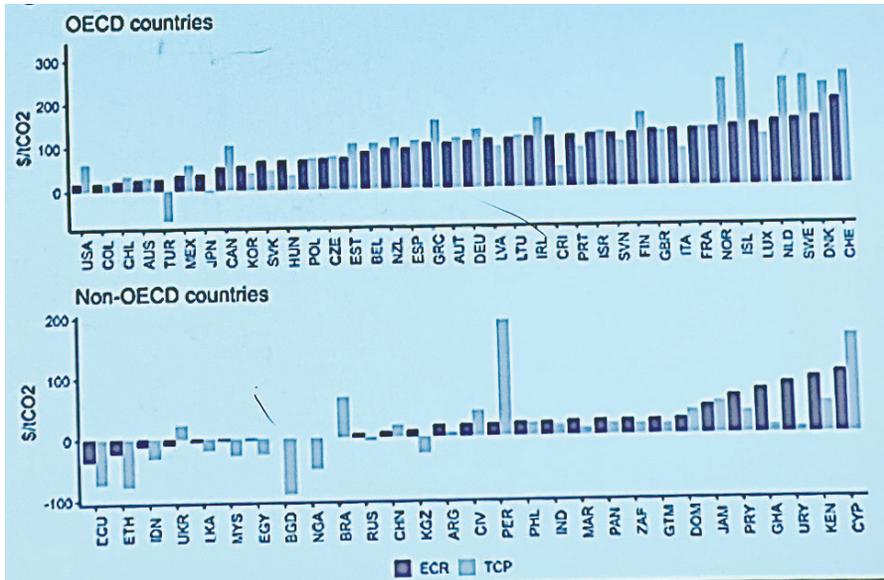
Agnolucci et al. (2023) 指出，TCP 同時考慮直接與間接的碳定價工具，其目的係為國際間、部門間、及燃料間對碳排放的社會成本提出全面性的正確價值觀，其中全球之燃料和部門之 TCP 的評估結果如圖 14 所示，由此可知，運輸部門的 TCP 最高，貿易財貨最低<sup>17</sup>。由圖 15 亦可窺知，OECD 國家和非 OECD 國家的「有效碳稅稅率」(ECR) 與 TCP 有明顯的差距，而非 OECD 國家尤為顯著。



資料來源：Agnolucci et al. (2023)。

圖 14 全球各種燃料及各部門之 TCP 的估計結果

<sup>17</sup> 這是因為各國大都致力於擴展外銷，儘可能減少碳價對貿易競爭優勢造成的不利衝擊。



資料來源：Agnolucci et al. (2023)。

圖 15 OECD 與非 OECD 國家之 ECR 與 TCP 的差額

## 四、結語

### 一、成功的條件

1. 合理且明確的總量管制期程
2. 足夠差異化的減量成本
3. 最小有效規模 (minimum efficient scale)
4. 足夠低的交易成本
5. 透明的市場資訊
6. 有效的遵約機制 (compliance mechanism)：MRV、罰則、執行創新
7. 政治意志與領導力
8. 民眾意識與社會可接受性

## 二、潛在的問題

綜整各國推動排放交易制度的經驗，亦可歸納出若干潛在的問題，茲說明如下：

1. 對業者所造成的成本負擔具有較高的不確定性 — 在減量的效果上，TEP 比其他經濟工具更具確定性，但對業者所造成的成本負擔效果則反是。因此，TEP 與其他工具之抉擇，實取決於何種確定性（即減量之不確定性及成本增加之不確定性）所造成的福利損失較少。
2. 許可證之發放方式的爭議多 — 其中國際正義、公平、及效率之間的抵換關係不易獲得共識。
3. 許可證市場規模之規劃不易 — 許可證的多寡，固然是影響許可證市場結構的要因之一，但市場的壟斷能力也是不容忽視的因素。許可證之市場規模太小，容易引起人為的操控，對許可證的投機需求也較多，長此以往，在許可證市場擁有市場能力（market power）者，不但可獲享超額利益，也將造成間接影響產品市場之事業進出、及市場競爭的不良後果。
4. 許可證之交易不熱絡 — 根據美國的經驗顯示，許可證的交易筆數並不多，如此將使 TEP 的潛在效益無從發揮，究其原因如下：
  - (1) 業者擔心交易可能引起主管機關的干預 — 許多業者擔心許可證的買賣可能招致主管機關的另眼看待，因而憂慮主管機關是否會視出售者已經擁有過剩的許可證而採取更嚴格的標準或行動來管制其行為。換言之，買賣行為可能會增加管制政策上的不確性，是造成事業不熱衷於交易的原因之一。
  - (2) 負責交易者具有損失規避（loss aversion）的態度 — 所謂「損失規避」係指個人對同一種財貨之評價，在得與失之間的評價不一；在失去時的評價總是大於獲得時的評價。即因此故，許可證之賣方所要求的價格往往大於買方所願支付的價格，結果導致交易不易成交。

- (3) 買賣雙方之間的資訊不對稱 (asymmetric information) — 在一般情況下，買方不知道賣方的保留價格 (reservation price)，而且賣方也常出以較高的價格，即令交易不成，賣方還可降價重開談判之門，甚至待價而沽。凡此現象，均使成交所需時間遠比價格資訊完全時更加冗長。
- (4) 規模報酬遞增 — 在污染防治或生產上有規模報酬遞增時，選擇自行處理對業者可望較為有利，如此其對許可證的邊際願付價格將遞減，這將影響買方的購買意願。如果買賣雙方在產品市場亦具有規模報酬遞增，在擴增產量的誘因下，事業出售其持有之許可證的意願將降低。此外，若產品市場為寡佔時，事業也有可能以囤積許可證做為逼退或牽制對手的一種工具。
- (5) 僱傭問題 (principal-agent problem) — 負責污染防治的人員未必能獲得因買賣許可證而可能產生之潛在利益，而且許可證的買賣及管理仍有各種行政上的規範，參與買賣將徒增個人的業務負擔，凡此均使許可證市場之買賣雙方裹足不前，而致市場有行無市。
- (6) 買賣的交易成本 — 如果許可證的交易缺乏效率，而致交易成本太高 (例如買方不知賣方在何處，或買方必須花很長時間才能購足所需之數量)，則交易必將窒礙難行。
- (7) 使用過多的許可證可能導致過量的污染排放，從而引發附近居民的抗議，使事業兩頭損失。
- (8) 交易的順序可能使部份買賣難以成交 — 在許可證市場較為活躍的人，通常是那些需求之保留價格 (reservation price) 特高或供給之保留價格較低的人，這兩種人互相接觸的機會不但比較大，而且成交的結果可能造成其他賣方求售無門，或買方無法售出的情況。舉例而言，茲有二個賣方 (A 與 B)，其供給的保留價格分別為 \$1 及 \$5，而買方亦有二個 (C 與 D)，其保留價格分別為 \$8 及 \$4。如果 D 先找上 A，則交易可成，之後 C 找上 B，則其交易亦可成；不過，若果 C 先找上 A，其交易依然可成，但 D 與 B 之交易就難以實現了。

## 參考文獻

- 周韻采 (2023.7.22)。「碳權交易所開張 又是國家級詐騙」。中時新聞網，時論廣場。  
<https://www.chinatimes.com/opinion/20230722003101-262104?chdtv>
- 國家應對氣候變遷戰略研究和國際合作中心 (2022.8)。《全國碳市場百問百答》，北京：中國環境出版集團。
- 張希良、張達、餘潤心 (2021)。「中國特色全國碳市場設計理論與實踐」，管理世界，第 8 期，頁 80-94，中國特色全國碳市場設計理論與實踐，doi:10.19744/j.cnki.11-1235/f.2021.0108。
- 張希良、周勝 (2017)。《全球碳市場研究》，人民出版社。
- 黃宗煌、蔡世峰 (2017)。「碳排放權二元交易市場的投資決策與價格分析」，環境經濟研究，2(1): 90-106。
- 唐人虎、林立身 (2022.03)。「全國碳市場運行現狀、挑戰及未來展望」，中國電力企業管理，頁 20-25。
- 吳立波、錢浩祺、湯維祺 (2014)。「基於動態邊際減排成本模擬的碳排放權交易與碳稅選擇機制」，經濟研究，第 9 期。
- 潘家華 (2016)。「碳排放交易體系的建構挑戰與市場拓展」，中國人口、資源與環境，第 8 期。
- 鄭爽、劉海燕 (2020)。「碳交易試點地區電力部門配額分配比較研究及對全國的借鑒」，氣候變化研究進展，第 6 期。
- Borghesi, Simone (2023). "Climate and trade regimes: tensions and synergies." Invited paper presented at the 28th Annual EAERE Conference, Limassol, Cyprus, 29/6/2023.
- Chen, Li, Di Wang, and Ruyi Shi (2022). "Can China's Carbon Emissions Trading System Achieve the Synergistic Effect of Carbon Reduction and Pollution Control?" *Int J Environ Res Public Health*, 19(15): 8932. doi: 10.3390/ijerph19158932.
- Chen, Wanyi, Liguang Zhang, Linjun Shi, Yaqi Shao, and Kehui Zhou (2022). "Carbon emissions trading system and investment efficiency: Evidence from China." *Journal of Cleaner Production*, Volume 358, 15 July 2022, 131782.

- Dyck, Alexander, Karl V. Lins, Lukas Roth, and Hannes F. Wagner (2019). “Do institutional investors drive corporate social responsibility? International evidence.” *J. Financ. Econ.*, 131(3):693-714.
- Entezaminia, A., Gharbi A., Ouhimmou M. A joint production and carbon trading policy for unreliable manufacturing systems under cap-and-trade regulation. *J. Clean. Prod.* 2021;293:125973. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.125973.
- Feng, Yanhong and Qingqing Hu (2023). “Heterogeneity and spillover effects of carbon emission trading on green innovation.” *Mathematical biosciences and engineering: MBE* 20(4):6468-6497. DOI:10.3934/mbe.2023279.
- Fu, Lianyan, Lin Zhou, Peili Wu, Zhichuan Zhu, Zhuoxi Yu, and Dehui Wang (2022). “Evaluating the Causal Effects of Emissions Trading Policy on Emission Reductions Based on Nonlinear Difference-In-Difference Model.” *Sustainability*, 14, 15726. <https://doi.org/10.3390/su142315726>.
- Gao, Y., Li M., Xue J., Liu Y. (2020). “Evaluation of effectiveness of China’ s carbon emissions trading scheme in carbon mitigation.” *Energy Econ.*, 90:104872. doi: 10.1016/j.eneco.2020.104872.
- Goliya, Kshitiz (2023.6.22). “New Zealand carbon price falls to near 2-year low on policy uncertainty.” *Energy Transition*.
- Goulder, Lawrence H., Richard D. Morgenstern, Clayton Munnings, and Jeremy Schreifels (2017). “China’ s national carbon dioxide emission trading system: An introduction.” *Economics of Energy & Environmental Policy*, IAEE, <https://doi.org/10.5547/2160-5890.6.2.lgou>.
- Goulder, Lawrence H., Xianling Long, Jieyi Lu, and Richard D. Morgenstern (2019). “China's Unconventional Nationwide CO<sub>2</sub> Emissions Trading System: The Wide-Ranging Impacts of An Implicit Output Subsidy.” NBER Working Paper 26537, <http://www.nber.org/papers/w26537>.
- Guigon, Pierre (2016.3.10). “10 Practical Steps to Create An Emissions Trading System.” *Development and a Changing Climate*,

- Guo, L., Feng C. (2021). “Are there spillovers among China’ s pilots for carbon emission allowances trading?” *Energy Econ.*, 103:105574. doi: 10.1016/j.eneco.2021.105574.
- Hu, Y., Ren S., Wang Y., Chen X. (2020). “Can carbon emission trading scheme achieve energy conservation and emission reduction? Evidence from the industrial sector in China.” *Energy Econ.*, 85:104590. doi: 10.1016/j.eneco.2019.104590.
- ICAP (2022). *Emission Trading Worldwide: Status Report 2022*. Berlin: International Carbon Action Partnership.
- Jiang, J., Xie D., Ye B., Shen B., Chen Z. (2016). “Research on China’ s cap-and-trade carbon emission trading scheme: Overview and outlook.” *Appl. Energy*, 178:902-917. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.06.100.
- Jiang, Yahan, Cai Wang, Sha Li, and Jing Wan (2022). “Do institutional investors’ corporate site visits improve ESG performance? Evidence from China.” *Pacific-Basin Finance Journal*, Volume 76, December 2022, 101884.
- Li, Jiang and Bai Yu (2022). “Strategic or substantive innovation? -The impact of institutional investors’ site visits on green innovation evidence from China.” *Technology in Society*, Volume 68, February 2022, 101904.
- Li, Z., Wang J., Che S. (2021). “Synergistic Effect of Carbon Trading Scheme on Carbon Dioxide and Atmospheric Pollutants.” *Sustainability*, 13:5403. doi: 10.3390/su13105403.
- Liu, J.Y., Woodward R.T., Zhang Y.J. (2021). “Has carbon emissions trading reduced PM2.5 in China?” *Environ. Sci. Technol.*, 55:6631–6643. doi: 10.1021/acs.est.1c00248.
- Liu, Y., Tan X.J., Yu Y., Qi S.Z. (2016). “Assessment of impacts of Hubei pilot emission trading schemes in China—A CGE-analysis using Term CO2 model.” *Appl. Energy*, 189:762-769. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.05.085.
- Lu, Z.N. and Luo Y.S. (2020). “Analysis of China’ s carbon trading policy in mitigation effectiveness.” *J. Arid Land Resour. Environ.*, 34:1-7. (In Chinese)

- Ma, Jiejing, Yujing Xiang, and Xiuwei Bai (2023). “Carbon emission trading scheme and corporate labor investment efficiency: evidence from China.” *Environmental Science and Pollution Research*, DOI:10.1007/s11356-023-28656-w.
- Ministry for the Environment (2019). *Reforming the New Zealand Emissions Trading Scheme: Rules for auctioning: Technical consultation document*. Wellington: Ministry for the Environment.
- Ministry for the Environment (2023). *New Zealand Emissions Trading Scheme interim auction monitor report*. Publication number: ME 1779. Wellington: Ministry for the Environment.
- Naegele, H., Zaklan A. (2019). “Does the EU ETS cause carbon leakage in European manufacturing?” *J. Environ. Econ. Manag.*, 93:125–147. doi: 10.1016/j.jeem.2018.11.004.
- New Zealand Cabinet (2018). *Amendments to the Climate Change Response Act 2002: Tranche One. Cabinet Committee Minute of Decision CAB-18-MIN-0606.01*. Wellington: Cabinet Office, Department of the Prime Minister and Cabinet.
- New Zealand Cabinet (2020). *New Zealand Emissions Trading Scheme: Regulatory Decisions on the Rules for Auctioning. Cabinet Economic Development Committee Minute of Decision DEV20-MIN-0047*. Wellington: Cabinet Office, Department of the Prime Minister and Cabinet.
- Partnership for Market Readiness (PMR) and International Carbon Action Partnership (ICAP) (2016). *Emissions Trading in Practice: A Handbook on Design and Implementation*. World Bank, Washington, DC.
- Pizer, William A. and Xiliang Zhang (2018). “China's New National Carbon Market.” *AEA Papers and Proceedings* 108:463-67. DOI:10.1257/pandp.20181029.
- Porter M.E., Van der Linde C. (1995). “Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship.” *J. Econ. Perspect*, 9:97–118. doi: 10.1257/jep.9.4.97.
- Ren, Y.Y., Fu J.Y. (2019). “Research on the effect of carbon emissions trading on emission reduction and green development.” *China Popul. Resour. Environ.*, 29:11–20. (In Chinese)

- Shi, D. and Li S.L. (2020). “Emissions trading system and energy use efficiency—Measurements and empirical evidence for cities at and above the prefecture level. China.” *Ind. Econ.*, 38:5–23. (In Chinese)
- Tang, L., Wu J., Yu L., Bao Q. (2015). “Carbon emissions trading scheme exploration in China: A multi-agent-based model.” *Energy Policy*, 81:152-169. doi: 10.1016/j.enpol.2015.02.032.
- Wang, Banban, William A. Pizer, and Clayton Munnings (2022). “Price limits in a tradable performance standard.” *Journal of Environmental Economics and Management*, 116(578):102742.
- Wang, H., Chen Z., Wu X., Nie X. “Can a carbon trading system promote the transformation of a low-carbon economy under the framework of the Porter hypothesis?—Empirical analysis based on the PSM-DID method.” *Energy Policy.*, 129:930–938. doi: 10.1016/j.enpol.2019.03.007.
- World Bank (2023). *State and Trends of Carbon Pricing 2023*. Washington, DC: World Bank. doi: 10.1596/978-1-4648-2006-9. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO.
- Wu, Y., Qi J., Xian Q., Chen J. (2021). “The carbon emission reduction effect of China’ s carbon market: From the perspective of the coordination between market mechanism and administrative intervention.” *China Ind. Econ.*, 8:114–132. (In Chinese)
- Yan, Y., Zhang X., Zhang J., Li K. (2020). “Emissions trading system (ETS) implementation and its collaborative governance effects on air pollution: The China story.” *Energy Policy*, 138:111282. doi: 10.1016/j.enpol.2020.111282.
- Yang, Shuwang, Tingshuai Lu, Tiancheng Huang, and Chao Wang (2022). “Re-examining the effect of carbon emission trading policy on improving the green innovation of China’ s enterprises” *Environmental Science and Pollution Research*, 30:7696-7717. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22621-9>.
- Yi, L., Bai N., Yang L., Li Z., Wang F. (2020). “Evaluation on the effectiveness of China’ s pilot carbon market policy.” *J. Clean. Prod.*, 246:119039. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119039.

- Yu, Pei, Ruixue Hao, Zhengfang Cai, and Yongping Sun (2021). “Does emission trading system achieve the win-win of carbon emission reduction and financial performance improvement? Evidence from Chinese A-share listed firms in industrial sector.” *J. Clean. Prod.*, 333, 130121. doi:10.1016/j.jclepro.2021.130121
- Zhang W., Li J., Li G., Guo S. (2020). “Emission reduction effect and carbon market efficiency of carbon emissions trading policy in China.” *Energy*, 196:117117. doi: 10.1016/j.energy.2020.117117.
- Zhang, C. (2020). “Does market mechanism can achieve double dividend? A natural experiment based on emission trading system.” *China Soft Sci.*, 2020, 94–107.
- Zhang, C., Wang Q., Shi D., Li P., Cai W. (2016). “Scenario-based potential effects of carbon trading in China: An integrated approach.” *Appl. Energy*, 182:177-190. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.08.133.
- Zhang, Da, Valerie J. Karplus, Cyril Cassisa, and Xiliang Zhang (2014). “Emissions Trading in China: Progress and Prospects.” *Energy Policy*, 75 (December): 9-16.
- Zhang, H., Duan M., Deng Z. (2019). “Have China’ s pilot emissions trading schemes promoted carbon emission reductions?—The evidence from industrial sub-sectors at the provincial level.” *J. Clean. Prod.*, 234:912–924. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.06.247.
- Zhang, Hao (2013). “Design Elements of Emissions Trading Regulation in China’ s Pilot Programs: Regulatory Challenges and Prospects.” *Environmental and Planning Law Journal*, 30(4): 342-356.
- Zhang, Jie, Chenyu Gao, Shoumin Wu, and Meilian Liu (2022). “Can the carbon emission trading scheme promote corporate environmental protection investment in China?” *Environmental Science and Pollution Research Int.*, 29(54):81351-81367. doi: 10.1007/s11356-022-21548-5.
- Zhang, Junjie, Zhenxuan Wang, and Xinming Du (2017). “Lessons Learned from China’ s Regional Carbon Market Pilots.” *Economics of Energy & Environmental Policy*, 6(2): 19-38.

- Zhang, W., Zhang N., Yu Y. (2019). “Carbon mitigation effects and potential cost savings from carbon emissions trading in China’ s regional industry.” *Technol. Forecast. Soc. Chang.*, 141:1–11. doi: 10.1016/j.techfore.2018.12.014.
- Zhang, Xiliang, Zhang Da and Yu Runxin (). “Theory and Practice of China's National Carbon Emissions Trading System.”
- Zhang, Y.J., Shi W., Jiang L. (2020). “Does China’ s Carbon Emissions Trading Policy Improve the Technology Innovation of Relevant Enterprises?” *Bus. Strategy Environ.*, 29:872–885. doi: 10.1002/bse.2404.
- Zhang, Zhongxiang (2015). “Carbon Emissions Trading in China: The Evolution from Pilots to a Nationwide Scheme.” *Climate Policy*, 15 (Sup1): S105-126.
- Zhao, L.X., Zhao R., Zhang X.W. (2020). “Study on the Effectiveness of Carbon Trading Policy on the Coordinated Emission Reduction of Air Pollution in China.” *Forw. Position Econ.*, 11:148–160. (In Chinese)
- Zhao, Xin-gang, Gui-wu Jiang, Dan Nie, Hao Chen (2016). “How to improve the market efficiency of carbon trading: A perspective of China.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59:1229–1245. doi:10.1016/j.rser.2016.01.052
- Zheng, Lei, Akira Omori, Jin Cao, and Xuemeng Guo (2023). “Environmental Regulation and Corporate Environmental Performance: Evidence from Chinese Carbon Emission Trading Pilot.” *Sustainability*, 15(11):8518; <https://doi.org/10.3390/su15118518>.
- Zhou, B., Zhang C., Song H., Wang Q. (2019). “How does emission trading reduce China’ s carbon intensity? An exploration using a decomposition and difference-in-differences approach.” *Sci. Total Environ.*, 676:514–523. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.04.303.
- Zhou, D., Liu Y.C.(2020). “Impact of China’ s carbon emission trading policy on the performance of urban carbon emission and its mechanism.” *China Environ. Sci.*, 40:453–464. (In Chinese)

