

台灣課徵碳稅面面觀 ——「有感」空氣污染降低引領之共伴效益

吳珮瑛

臺灣大學農業經濟學系教授

摘要

本文是一回顧性質的文章，首先簡介目前有採行碳稅之國家與地區課徵碳稅的背景，由回顧中則掌握各國及各地區採行碳稅的緣由，並檢視碳稅在各國與其他相關稅制的關係；進而瞭解英國進行碳稅重整的背景與理由。由相關文獻中亦彙整影響人們對碳稅接受與否的主要因素，這些因素主要包括碳稅水準（碳影子價格）之高底及碳稅收入的再使用方式，而人們關注碳稅收入再使用的層面依序涵蓋收入如何運用、碳稅可能造成的分配問題、碳稅收入是否用於負排放技術之獎勵與補貼或及碳稅與其他稅賦之間的取捨問題。為了讓碳稅有較高支持度、完整呈現碳稅政策之共伴效益，除了是引領此一政策能否順利推動的重要前置工作外，亦是本文擬以此強化碳稅課徵實務之可行性及政治之可接受性的重點，本文乃彙整在不同國家、以不同形式所呈現的十大項共伴效益評估成果為總結。

關鍵詞：共伴效益、碳影子價格、淨零排放、稅收再使用、政治可行性、溝通

壹、前言

人體因熱浪或乾旱造成健康危害，作物因冷熱無常而致收成難以掌握，新興病蟲害對農作物的損害更超乎人類的預期及防範，淹水嚴重者造成人類生命財產的損失、輕者居無定所的不安定感等等，一般認定這些是與溫室氣體（greenhouse gases，簡稱 GHG）排放有關，而不同種類 GHG 對於暖化的影響強度常以二氧化碳（carbon dioxide，簡稱 CO₂）為基準，轉換成二氧化碳當量（CO₂e）來表示¹。自 2015 年『巴黎協議』（*Paris Agreement*）通過後，為達成國家自訂預期貢獻（Nationally Determined Contributions，簡稱 NDCs），許多經濟、環境經濟及政治學者紛紛建議以碳訂價（carbon pricing）類型政策達成協議目標，碳價格基本上是一種為排放者訂出排放成本（代價）的政策（Maestre-Andrés, et al., 2019），透過此一價格以能反應排放應付的代價。因此，針對碳排放訂價格是賦予排放者金融上的誘因，以減少 GHG 排放的一種有效工具（World Bank, 2019b）。為碳訂定價格也能反應一般人所認定的污染者付費概念，換言之，透過碳價格是讓排放 GHG 者負起該負的責任，傳遞經濟訊息讓 GHG 排放者知其潛在可能引起的種種損害；一般也認為，如果各國均採取碳訂價政策，將使碳排放無所遁形（Baranzini, et al., 2017）。

適當的碳價格理論上可以將 GHG 排放的外部成本內部化（internalize），而碳價格之訂定有不同形式，其中之一可以為每噸 CO₂e 排放訂定一個固定價格的碳稅，也可以在國內外經由「排放交易市場」（emissions trading system，簡稱 ETS）由市場決定價格，此種情況下的訂價相對於碳稅比較有彈性。然由於 CO₂e 的排放量因未有立即可辨識的受污染者、亦難以清楚明定污染源頭，既是如此，就讓人們針對此種無遠弗屆的氣體，形成一種只要有排放就有責任、排放多責任就大的簡單辨識準則。有鑒於此，國際上

¹ 所謂二氧化碳當量是將溫室氣體中的（CO₂）、臭氧（O₃）、甲烷（CH₄）、氧化亞氮（N₂O）、以及人造之氫氟碳化物（HFCs，含氯氟烴 HCFCs 及六氟化硫 SF₆），以其暖化影響的強度統一轉換成 CO₂之作法，一般以 CO₂e 表示。

也發展出共同努力的聯合減量 (joint implementation, JI) 政策、或是我在你家減少排放或多做些減少排放的努力都算我的功勞之清潔發展機制 (clean development mechanism, 簡稱 CDM)。除此之外，由這幾大類政策衍伸而來，尚有排放權可以在國內外買賣之「抵減機制」 (offset mechanisms)，以此滿足國際、國內或企業的減量目標；另種則是捐贈或投資至特定基金，以達成事先審核認證之減量的「結果基礎氣候財務」 (results-based climate finance, 簡稱 RBCF)；或者是機構內部所設定的碳價格 (internal carbon price)。

除了固定的碳價、ETS、JI、CDM 或是管制 (common and control, CAC) 幾大類主要政策外，在大家仍合理懷疑或認定影響人類生活品質，極可能是源自氣候的諸多亂象及怪象時，由這幾大類衍伸而來的政策除未明顯呈現污染者付費精神外，更主要的是這些衍伸的政策都是補充搭配前述幾大類主要政策之用，通常難以獨立執行。而五大類主要政策中，僅 ETS 及碳稅明顯的反應污染者付費的碳訂價有效機制，因此，截至 2019 年全世界採用最為普及的仍是 ETS 與碳稅的碳訂價，共有 57 個國家、區域及地區執行碳訂價政策，其中 28 個為區域或國內地區的 ETS、而 29 個則為國家或是國內省層級地區的碳稅 (World Bank, 2020)²；由 2019 年資料顯示各國或地區每噸之碳價格有極大差距，每公噸有低至不到 1 美元、也有高到 127 美元的範圍中，其中有 51% 的碳價格低於每噸 10 美元；經由碳訂價所得到的收入在 2018 年共 440 億美元，比起 2016 年的 220 億元整整增加一倍 (World Bank, 2019b)。聯合國認為目前這些碳訂價僅涵蓋全球 20% 的 GHG 排放，如此一則可能表示參與者不夠多，再者也認為所訂的碳價太低，以致於減量效果不夠明顯，更明白指出這當中僅有約 5% 的價格是朝向『巴黎協議』的方向努力，即便當前目標是訂在下個世紀 2100 到來前 (World Bank, 2019a)。

如果再聚焦於 ETS 及碳稅之政策本質與行政執行難易程度之比較，更

² 因為英國至 2020 年 1 月 31 日方脫離歐盟，因此，在英國新的制度尚未完整提出前，後續的相關數據均包括英國尚屬歐盟成員，除非有特別說明。

可見二者的差異，任一國家即便在國內要執行 ETS，爲了設計讓市場能自行運作的相關機制就需要相對高的行政成本，尚且要定時追蹤總排放量、執行初始排放量的拍賣、監督有無未買偷排的誤用行爲 (Stavins, 1995)。又即便施行 ETS 最成熟的歐洲聯盟 (European Union, 簡稱 EU)，由於電力、工業、陸海空運等等各部門屬性之差異，大排放源如電力及重工業部門相對容易採 ETS，然仍有約 58% 的排放量源來自航空、船運之交通運輸、住商建物、廢棄物及農業等部門，這些部門相對不易以 ETS 降低排放量，因此，仍有賴碳稅之課徵，而這些部門排放量的降低也是如何讓『巴黎協議』在 2100 年不超過 2°C 或 1.5°C 的關鍵 (Carattini, et al., 2017a)。至於跨國的 ETS 如何啓動、就是困難的開始 (Schmalensee & Stavins, 2017; Goulder, et al., 2013; Stavins, 2019)，因每個國家各有盤算、難達共識以制定一套參與交易者心甘情願遵循的機制，讓市場那隻看不見的手有效地運作。

而政策的選擇除需考量政策本質、行政管理與執行的簡便性等因素外，更重要的是受管制者得以不承擔相對高且複雜的交易成本。ETS 在 EU 是自 2005 年來即運行多年、橫跨多國、相對成熟的市場，其他數個早期 (2008 年) 施行的國家除瑞士和紐西蘭、有些則是國內局部地區所進行之 ETS，如 2011 年日本的埼玉縣、2012 年美國的加州，後續 2013 年陸續則有中國數個省市 (北京、天津、上海、湖北、重慶、杭州等等)，2015 年的南韓及 2016 年斐濟 ETS 的先導政策等。由此可見，理想交易機制的學理設計與規劃遠遠多於真正的執行。反觀，碳稅因常可結合現有能源供給的相關稅賦或是由現有相關稅賦轉變而來，即便沒有可結合或現成可轉變的類似稅賦，碳稅在行政管理上相對單純，執行也比較直接 (Burke, et al., 2019b)。此外，兩類政策除本質及制度設計、施行難易各有不同外，Stavins (1995) 發現參與 ETS 的買賣雙方涉及諸多交易成本 (transaction cost)，此正是 ETS 不易施行的原因之一，其中顯而易見的交易成本之一是買賣雙方的資訊與搜尋成本，如不是買賣雙方各自找尋對象，就需仰賴中介者的時間與金錢成本以媒合污染者及有意願之交易者；進而，買賣雙方如何有效、有保障的決定出最後的成交量與價格；最後，則是政府部門如何有效的監督、並確保隨時進行中的交易不會逾越事前設定的總排放量。這些不是直接涉及

參與交易者的金錢、就是時間、甚而也可能是買賣上與法律相關的權責問題。

台灣當前所設定的各期減量目標是以 2005 年為基準年，第一期於 2020 年需將 GHG 減少較 2005 年少 2%；第二期 2025 年則減少較基準年少 10%；第三期 2030 年則至少比 2005 年低 20%；如此持續至長期的 2050 年的目標，設定為 GHG 減至比 2005 年少 50% 及以上（行政院環境保護署，2020a）。台灣當前雖非『聯合國氣候變遷綱要公約』（*United Nations Framework Convention on Climate Change*，簡稱 UNFCCC）締約國，然此一涵蓋與全世界總國家總數相近的國際公約，締約國除可正式參與相關會議外，台灣若成為極少數的非締約國，受影響的未必是有無承諾 GHG 減量的問題而已，這類型的國際公約雖無強制之約束力，然實質可以影響的通常是透過國際貿易的制裁、杯葛或抵制。

諾貝爾經濟學獎得主 Joseph Stiglitz，在 2006 年美國未簽署『京都議定書』（*Kyoto Protocol*）時，就曾建議歐盟等有簽署『京都議定書』的國家，歐盟應對進口自美國的產品課予關稅，以彌補美國生產這些產品沒有針對所產生的 GHG 進行適當處理需付出的代價，聯合國環境署（*United Nations Environmental Programme*）及世界貿易組織（*World Trade Organization*）隨之也有相同的呼應（Tamiotti, et al., 2009）。台灣雖沒有美國目標之大，然仰賴國際貿易賺取外匯是台灣經濟主力之一，2018 年的進出口總額的 6,188 億美元中約 54% 為出口。又國際貨幣基金（*International Monetary Fund*，簡稱 IMF）針對全世界 222 個國家、屬地或地區，以物價購買力所估算的台灣 2018 年平均每人國內生產毛額（*gross domestic product*，簡稱 GDP）約 53,074 美元，為整體排名第 19（*International Monetary Fund*, 2019）。

台灣此一經濟表現，目前統計來自相對容易掌握以便於跨國比較之工業製程，最新可得 2015 年之 GHG 總排放總量約 3 億 449 萬公噸³、佔全世

³ 該報告所涵蓋的 GHG 是指來鋼鐵、化學及水泥業等工業生產所使用之化石燃料而產生的溫室氣體，而溫室氣體則包括 CO₂, CH₄, N₂O 及氫氟碳化物相關氣體。此一數據與涵蓋在『2019 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告』中之 GHG 排放量不同（行政院環境保護署，2020b），該清冊所涵蓋的是範圍比較完整的所有部門。

界 0.62% (排名第 33) (Crippa, et al., 2019a)、最新 2018 年 CO₂ 的 2 億 8 千 455 萬公噸之總排放量、佔全世界 0.75% (排名第 25) (Crippa, et al., 2019b)、同年平均每人 12.01 公噸的 CO₂ 排放量 (排名第 25) (Crippa, et al., 2019c) 及同年每生產千美元 GDP 所排放之 CO₂ 為 0.27 公噸 (排名第 63) (Crippa, et al., 2019d)⁴，台灣每人 GDP 的排名看似優於可能帶來危害的各項 GHG 或 CO₂ 排名，然台灣的經濟表現相對大比例是台灣自己享有，而對於 GHG 這種似有又無、來去無蹤的累積排放量可能造成的危害，基本上難以得知將於何時、在何處、以何種方式損及其他國家⁵。因此，當台灣的貿易夥伴國都是締約國時，台灣面對眾國、壓力勢必更大，因此，與其由他人為台灣訂關稅、台灣自主訂碳稅或許是更務實的作法。

截至 2019 年採行碳稅的 29 個國家與地區，其中英國準備脫離歐盟不僅醞釀多時、也準備多年，因此早在 2019 年 5 月，即已開始重新檢視該國管理 GHG 排放的相關政策，在 2020 年 1 月 31 日脫離歐盟成功後，為了能達到 2050 年所設定的減量目標，隨即著手整頓碳稅政策，以確保 GHG 可以在相對便宜的價格下減量。因而，在諸多國家經驗中，當前英國釋出相對多碳稅制訂的最新資訊、策略規劃與經驗分享，更重要的是碳訂價普遍被視為是有效率且公平的一種減量政策 (Bassi, et al., 2017)，值此之時，英國必須考量如何處理原來在 EU 以 ETS 方式減除的排放量，因此，當務之急是如何綜合考量政策實質面、施行技術面及政治務實面，制訂可即刻上路的新碳稅政策，此正好吻合台灣當前為選擇適當政策以減少 GHG 排放量的需求。

針對碳稅的探討與回顧，2018 年 Timilsinas 在北歐國家於 1990 年開始施行碳稅後，已就過去近 30 年的研究成果進行了彙整；文中雖也提及與碳稅相關的各主題，然該回顧仍偏向彙整與碳稅相關「研究」的條列與分類，因所強調的既是「研究」難免提及諸多的模擬與估計方法，且實證對象亦

⁴ 前述各項資料都是 211 個國家或屬地的排序結果。

⁵ 如果要計較台灣因努力生產所以要承受排放較多 GHG 的罵名，與一些不事生產而享受別人生產結果，以致於 GHG 排放量因此少得漂亮的國家，不同類型國家在 GHG 的排放及該負擔多少減量才是公平，此一議題需要另文探討。

未必是真正有施行碳稅國家、區域或地區的結果，比如，諸多研究都是在沒有碳稅的美國完成，實證也是該國的成果，不論是因美國有最多的研究人力、最多的研究能量或最先進的軟體，該文關於碳稅主題的彙整絕對值得尚未施行碳稅的台灣及任何國家學習；而該文既是強調研究、文中有意無意也假設讀者有經濟學相關背景，但與事實有落差的假設所呈現的成果，難免會抵減該文對決策者或一般民眾的潛在影響。本文既是首度完整回顧台灣「如果」施行碳稅，一些應注意與關注的焦點、多處也來自該文的指點。然本文的回顧與 Timilsinas 回顧最大的差別是，本文逐步引導讀者要有好結果就需付代價的簡易生活經濟學取捨思維，也盡量在面面俱到的同時，試圖由諸多重點中呈現一個主軸，讓立法者或一般民眾認知與接受，為何吸一口氣就涵蓋了空氣中包括 GHG 在內的林林總總空氣成分，除了現在繳交的「空氣污染防制費」外、未來又要繳交「碳稅」？本文認為減少 GHG 帶來的共伴效益（co-benefit）是一個可以連結二者、又是二者互不重複、可相互強化的合理切入點。

因此，本文首先簡介目前有採行碳稅之國家與地區、課徵碳稅的背景，初步掌握各國及各地區採行碳稅的緣由，及碳稅在各國與其他相關稅制的關係，由此進而瞭解英國何以要進行碳稅重整的背景與理由。此外，再由相關文獻彙整影響人們對於碳稅接受與否的因素，經驗中顯示碳稅的高低是最直接的影響因素，其中除討論稅率訂定的準則外，亦彙整目前採取碳稅國家及地區之碳稅率水準及稅率的變動及課徵的對象（部門）；又特別探討影響人們是否接受碳稅的關鍵因素之一，則是碳稅收入使用的相關議題，因而本文彙整課徵碳稅之國家或地區針對碳稅收入的再使用情形，除回顧收入如何運用外，亦一併回顧碳稅可能造成的分配問題、如何妥適分配碳稅收入或與其他稅賦可能的取捨；又碳稅收入亦可用於負排放之獎勵與補貼，因此，相關負排放亦將彙整說明；而為了讓碳稅有較高支持度、完整呈現碳稅之共伴效益，除了是引領此一政策能否順利推動的重要前置工作外，亦是本文擬以此強化碳稅課徵實務之可行性及政治可接受性的重點，因此，本文乃彙整曾評估各種共伴效益相關個案之成果為總結。

貳、各國及各地域採行碳稅的緣起及英國碳稅調整的背景

一、各國五花八色的「碳稅」名稱與課徵之緣由

雖然一般認為目前全世界共有 25 個國家施行「碳稅」，另有 4 個為加拿大的四個省及領地，這些國家或地區除了開始施行碳稅的年份不相同外，名稱其實也各式各樣。採行此政策最早的一群屬 1990 年的北歐國家，如 1990 年的芬蘭、1991 年則有瑞典及挪威、而丹麥於 1992 年開始課徵碳稅；另波蘭也在 1990 年採行碳稅。此後，則陸續有不同國家加入，至晚近如 2018 年、2019 年，則有阿根廷（2018）、新加坡（2019）、南非（2019）及加拿大聯邦燃料費（2019）；另在一國內之地區則有 2019 年加拿大愛德華王子島（Prince Edward Island）、西北領地（Northwest Territories）及紐芬蘭及拉布拉多省（Newfoundland and Labrador）（World Bank, 2020）。其中最特別則屬加拿大，該國的英屬哥倫比亞省（British Columbia）於 2008 年即已施行碳稅，時隔 10 年後才有前述其他省分及領地於 2019 年加入，2019 年施行的愛得華王子島、紐芬蘭與拉布拉多省及西北領地，所有的碳稅內容基本上和同年加拿大聯邦施行之碳稅的內容相同。即便如此，加拿大聯邦的碳稅至今仍未能在全國施行，主要是因有部分省份抗議此一稅收、目前仍在上訴中。而當前已開始考慮是否課徵碳稅的國家尚有象牙海岸、荷蘭、西非的賽內加爾及西班牙自治區之一加泰隆尼亞（Catalonia）（World Bank, 2020），台灣因非聯合國會員，所以沒有我們任何動向紀錄。

由附表所羅列各國碳稅與其他稅的關係、課稅背景，甚而由其稅賦的名稱可看出，雖然均稱為碳稅，然各國為了減少 CO₂ 或是 GHG，或是廣義上是為了氣候變遷盡力，「碳稅」的名稱及課徵的緣由其實各不相同。有些基本上是擴增空氣污染物以涵蓋 CO₂ 或是 GHG 相關氣體而來，有些是能源稅的一部分、或是更廣泛的屬於環境與自然資源稅成分之一；有些更將碳稅課徵的功能與收入做直接之連結，如加拿大「英屬哥倫比亞省的收入中

立碳稅」(正式名稱爲 B.C's Revenue Neutral Carbon Tax)，既是收入中立、表示左口袋出一點錢、右口袋就必須還給對等的金額，或許也因此，此一地區所施行碳稅制度經常是大家視爲成功的範例(Beck, et al., 2015; Duff, et al., 2008; Murray & Rivers, 2015)。由此可見同是加拿大國內不同地區，有些省分目前仍在抗議加拿大聯邦要全國同步施行碳稅，有些卻已施行超過十年，表示雖是同一國，各地區民眾對相同制度的反應也大不相同。日本則更不折不扣的取一個與氣候變遷直接關連的「氣候變遷減緩稅」(tax for climate change mitigation)；又部分國家的碳稅是該國整體稅改或是綠色稅改中的一環，不論是爲了加入碳稅而進行稅改或是因爲稅改而順便課徵碳稅，順序的先後、多少會影響碳稅的推動，然而，不論爲何取名？取何爲名？萬變不離其宗，無非是希望政策可以順利推動。又屬於 EU 的國家，幾乎每一個國家的碳稅都是其參與 EU 的 ETS 一個互補政策。英國爲 EU 一員時亦不例外，然當時已有感 ETS 的價格不夠高且不穩定，因此難以吸引有意願投資低碳設施的投資者，2020 年 1 月 31 日英國脫離歐盟後，化暗爲明、正式啓動原有碳稅的重整。

二、何以英國的碳稅需重整

英國原有的 GHG 減量政策，除了參與 EU 的 ETS 外，亦同步於 2013 年 4 月 1 日施行最低碳價格(carbon price floor，簡稱 CPF)，此一最低價格是經由碳價格支持政策(carbon price support，簡稱 CPS)針對發電之燃料業者課稅，可視爲一種碳稅制度，然訂定 CPF 是爲了不讓 ETS 排放市場決定的價格過低，因此在 ETS 交易價格外另課徵碳稅，使 ETS 交易價格得以維持相當水準，以支持 EU 未能達成的低碳投資措施。而 CPF 在 2013 年每噸約爲 20.64 美元(16 英鎊)⁶，2015 年則提升至每噸約 23.45 美元(18 英

⁶ 文中有關碳稅金額均以陳述年的美元表示，然同時於括號內註明所看文獻原所採用幣別之金額，除了原文獻本已有美金的金額則直接引用，又或是針對未來(2020 年之後)年份所估算的碳稅金額外，文獻用什麼幣值就直接引用文獻的幣值與金額，未來的時間因未到來，所以沒有美金匯率可供轉換。如此呈現的理由是，因各國訂相關碳稅水準是以該國貨幣的整數金額表示，轉換成美元經常會有小數，如僅列美元會誤以爲各國何以

鎊)⁷，此後則一直停留在此水準（Carattini, et al., 2017a），如稅率不再持續提升，燃料業者並無誘因減少 GHG 排放以達成預設的目標，這是英國在脫歐後碳稅需重整的理由之一（Burke, et al., 2019b）。

其次，為達成聯合國所有成員國於 2015 年依據『聯合國氣候變遷綱要公約』通過『巴黎協定』（*Paris Agreement*），設定全球氣溫至 2100 年上升不超過 2°C 或至少不超過 1.5°C，同時也野心勃勃要達到淨零排放（net-zero emission），為達此一目標，英國約需減為 1990 年 20% 的排費量。最後，英國自 2020 年 1 月 31 日脫離歐盟後，2020 年 2 月 1 日至 2021 年 1 月 1 日的過渡期，仍可持續維持 2019 及 2020 年原於 EU 的 ETS 承諾進行減量，然各排放源申報給 EU 的最後期限是 2021 年 4 月 30 日。原 EU 的 ETS 中約 25% 排放量是來自英國，亦即英國佔有原 EU 交易量的 112 百萬噸（EU 總 449 百萬噸的四分之一）之排放量，這些量如果需完全在英國國內自行以碳稅政策去除，英國就需調整之前在 EU 的 ETS 政策及原本既有的 CPS（Carattini, et al., 2017a），而碳稅重整的相關工作則由獨立的氣候變遷委員會（Committee on Climate Change，簡稱 CCC）規劃並執行，此一委員會於 2008 年成立，主要工作是強化英國長期氣候變遷行動之有效性及作為政治風吹草動的防護機制（Fankhauser, et al., 2018）。

三、為何是淨零排放量

英國 CO₂e 排放量的減量目標是鎖定淨零排放量（net zero emission），因為淨零排放量比總零排放量（gross zero emission）有彈性⁸，如果目標訂

會訂一個如此「精準」有小數的金額；然統一以美元表示，是方便閱讀本文時跨國或跨時間比較。同樣，其他沒有比較對照必要之金額，則仍以各國文獻陳述年的幣值呈現。如本文轉換的則一律採陳述年 12 月 31 日之匯率。2013 年美元對英鎊的匯率為 1:1.29。⁷ 2015 美元對英鎊匯率約 1:1.30。

⁸ 目前採淨零排放，已達成目標的國家有不丹和蘇利南；已立法者除英國外尚有丹麥、法國、瑞典及紐西蘭共 5 國；而方提議立法者有歐盟、西班牙、智利及斐濟等 4 個國家與聯盟（Energy & Climate Intelligence Unit, 2020）。其中面積和台灣差不多的不丹（38,332 平方公里）可以達負排放，主要是因為 80 萬人口移除的 CO₂ 比製造的多三倍，且該國約有 70% 森林面積，且大部分均為國家公園、自然保留地及野生動植物保育地，而人口主要以農業及林業謀生（Tutton & Scott, 2018）。至於蘇利南是在 NDCs 中設定國家森林

總排放量為零表示每一個部門的排放量均需達零排放，然此對減量技術相對難或是／以致於減量成本相對高、或去碳化政治困難度相對高的部門，此種目標不易達成，比如航空、畜牧業、廢棄處理甚而是住商部門（Burke, et al., 2019b）；因此，訂定淨零排放量可以讓這些減量成本相對高或是減量相對困難的部門，在排放量無法減少遑論降至零的情況下，負排放技術的發展可以去除或抵銷大氣中仍存在的 GHG 排放量，而負排放技術發展可以是人爲技術或者是大自然植樹而來，而相關負排放技術的獎勵與鼓勵可由所收取之碳稅收入來支應。

因此，爲達成淨零排放量，除針對正排放量課予碳稅以降低其排放量外，同時以技術補助或是給予負排放量之獎勵配套政策是必要的（Burke, et al., 2019b），英國當前重新盤整碳稅制度，原則上是以淨零排放爲目標。然而，如果台灣擬採淨零排放量目標，必須確定相關負排放技術在未來確實可藉碳稅獎勵扶植發展而來，因爲負排放是爲吸存大氣中的 GHG，基本上是寄望於未來長期的吸存技術與能量，然目前諸多技術的發展尚不成熟，因此仍存在諸多不確定性（McLaren, et al., 2019）。進而，一般容易低估長期才需兌現的成本，會誤認爲負排放技術比短期即需付出的各種減碳政策成本低（Bednar, et al., 2019），於是，一般認爲負排放技術的推廣被視爲是以具「道德風險」（moral hazard）的碳地球工程（carbon geoengineering），來延緩碳的減量⁹，因此爲了能達淨零排放量所依賴的負排放技術，最大問題必須克服的一類是減碳、另一類則是長短期不同目標政策一併執行可能衍生的負面效果（McLaren, et al., 2019）。

碳稅基本上都不受歡迎，然如果這是必要之惡，卻也是不得不做的措施，掌握人們是否願意接受此一新制，是碳稅可否順利推動的關鍵。Carattini

面積不少於 93%、使該國成爲全世界國土中有森林面積比例最高的國家之一，另一因素是再生能源發電由 25% 提升至 35%（Saavedra, 2019）。

⁹ 道德風險原指在保險市場中、被保險人因不需負擔所有行爲的成本，因而有誘因無謂改變行爲以獲取更多好處，而行爲改變得越多、保險公司就可能需承擔更多的成本。此概念用於此處意涵，負排放技術既未成熟、又是施用於長期不可預知的未來，因此成本難以預估，而其與現行可見的政策是否相互抵觸，亦完全未知。然現在一味獎勵負排放技術，後續的成本不是落在受碳稅課徵者身上，就是以其他形式由相關對象承擔。

等人 (2018) 由過去的研究歸納了幾項影響民眾接受與否的因素，首先最主要是碳稅率的高低，此是最直接涉及被課稅者負擔的大小；進而是政府對課得收入之使用，如稅收讓人們感覺有合理並公平的使用及分配，則可以強化碳稅課徵的可行性與合理性，這部分需掌握人們的行為、以能設計出政治上接受度比較高的碳稅，亦即，掌握被課稅者「感覺」自己沒有因碳稅而受到相對大或更多的損失，不斷的說服與溝通是必要且重要的 (Burke, et al., 2019b; Klenert, et al., 2018)；最後，人們才會想到 GHG 排放量是否因碳稅而降低，然要確認 GHG 的變動純粹來自碳稅並不容易、甚而不可能，因為通常一個國家為了 GHG 的減量可能同時採用多種政策，因此無法抽釐出多少的減量是來自碳稅的功勞。因此更務實的作法是呈現在 GHG 或 CO₂e 減量的同時，一併呈現讓民眾更有感的其他效益，因此，以下有完整的一節討論 GHG 或是 CO₂ 減量的共伴效益。

參、掌握人們對課徵碳稅的態度與意向以獲取最大接受度

一、碳稅特質及碳影子價格的選擇

學理上，碳稅是屬於價格的管理模式，為碳訂定價格是為內部化 GHG 造成的外部性 (externality)，如此使得企業在生產過程中為碳付出代價，家計單位或個人同樣因消費行為製造的 GHG 而付出此一價格；於是，企業利潤可能因此降低、家計單位所得可能也隨之減少。然也因為生產或消費行為產生的 GHG 不是免費，受影響者就會在現有技術下以具成本有效性 (cost-effectiveness) 的方式達成相關減量。又此一外加的「成本」因加重企業、家計單位及個人的負擔，而成為人們改變行為誘因的來源。因此，適當碳稅水準的選擇則決定釋放給人們誘因的大小，然此一價格如何決定？

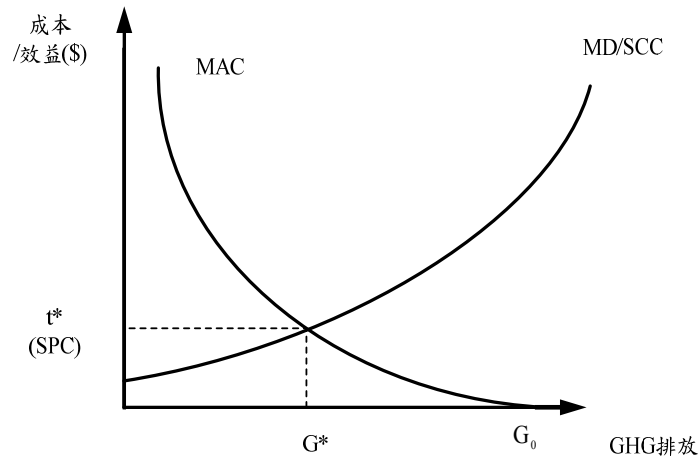
不論價格如何決定，所決定出來的價格一般稱為碳的影子價格 (shadow price of carbon, 簡稱 SPC)，所謂影子價格是因 GHG 相關氣體排放所造成

的損害諸多都沒有市場價格，因此必須以適當的方式給予相關影響一個價格，雖然各種方法所估算出來的價格都不相同，然至少可以提供一套標準程序下的結果 (Starrett, 2000)。碳的影子價格與碳的社會成本 (social cost of carbon, 簡稱 SCC) 又有何不同？後者是指大氣中每增加一單位的碳排放或相關的 GHG 排放造成所有損害 (damage) 的金額總和，此一數值可以讓決策者瞭解每增加或減少碳排放影響之損害金額的大小。如果 GHG 的影響無遠弗屆，照理 SCC 在不同的 GHG 排放水準下損失金額的大小，全世界應該都一樣，但此種認定，即便客觀上是如此，卻很難期待世界各國可以同步針對各式損害進行減少，付出等同或至少針對自己國家所排放之 GHG 做出份額內對應的減量。

針對不同 GHG 排放水準，全世界所面對的損害數值應該都相同或是每個國家有自己的 SCC 損害金額？目前文獻上並無共識 (Greenstone, et al., 2013; Pizer, et al., 2014; Kotchen, 2018)，然不論由何處排放出來的 GHG，即便全世界要共同承擔損害，但減少 GHG 排放的努力與付出，每個國家實際上是個別承諾與認定。因此，對各國比較務實的作法是為自己國內所造成的 GHG 排放，在可掌握的技術水準下自行完成減量，此時 SCC 則猶如任何以傳統之成本效益分析所制訂的管制，其所涵蓋的效益則是一國之內的效益或是排放所造成的國內損害。由此也反應出、各自國家享有自己 GHG 減量的效益，然而，實際上減量國的民眾難以感受到 GHG 排放量減少的好處，如此使得 GHG 排放減量變成一個履行空洞的承諾，又減量如有效益，這些效益並不侷限於減量國自己享有，對減量國而言更直接明顯的是 GHG 排放量的減少，連帶使其他空氣污染物一併降低的立即可見好處。

依此，當掌握一國因為增加一單位 GHG 排放造成社會的邊際損害 (marginal damage, 簡稱 MD)、也就是該國的 SCC；又進行減量是需付出代價，如同時也能掌握被課稅部門、產業或是個人為減少一單位 GHG 排放的邊際減量成本 (marginal abatement cost, 簡稱 MAC)，則有效率之碳稅 (SPC) 水準即是訂在 MAC 與 MD 相交的水準，如圖 1 之 t^* 所示，也唯有在此一情況下，當國家的 MD 合理的代表該國的 SCC 時，其與 SPC 才會相等 (Price, et al., 2007)。而此所對應的碳水準或 GHG 排放量則為 G^* ，在此

一水準下表示碳或 GHG 排放會減少 ($G_0 - G^*$) 的量。由此可知，當碳或 GHG 排放量造成的損害越大時，即 MD（或 SCC）越往左上移，在減量技術不變的情況下，必須有較高的碳稅水準（或 SPC）才能反映在相同排放量下所造成的更大損害；反之，如減量技術水準越差，即 MAC 越往右上移，在排放損害（MD 或 SCC）不變的情況下，則有效率的碳稅（SPC）水準也隨之越高，表示需要較高的稅率才能達成相同的排放減量，然這些不同的情況，最有效率的碳稅率（SPC）所能達成的排放減量均比 G^* 為低，可以預期在損害相對大或是相對差的減量技術下，必然要承擔比較多的 GHG 排放量，也就是 GHG 的排放減量將會縮減。



資料來源：本文。

圖 1：最有效率之碳稅率（碳影子價格）水準的決定

前述是針對個別部門訂定有效率稅率（SPC）的概念說明，然實際上，碳稅有時或經常不僅針對一特定部門課徵，而是多個部門一併開徵，如此，整體為達成特定減量目標時，各相關受課徵部門彼此間是相互強化、或可能消滅個別部門的單獨減量能量；每一個國家因受課徵部門的組成不同、部門特質亦不同，因此，需要經過詳細評估後才能確認該為個別部門訂定何種稅率（SPC），以能共同達成所設定的減量目標（Brown, et al., 2019）。又實務上，訂定前述最適稅率（SPC）水準，除需要掌握 GHG 排放所造成

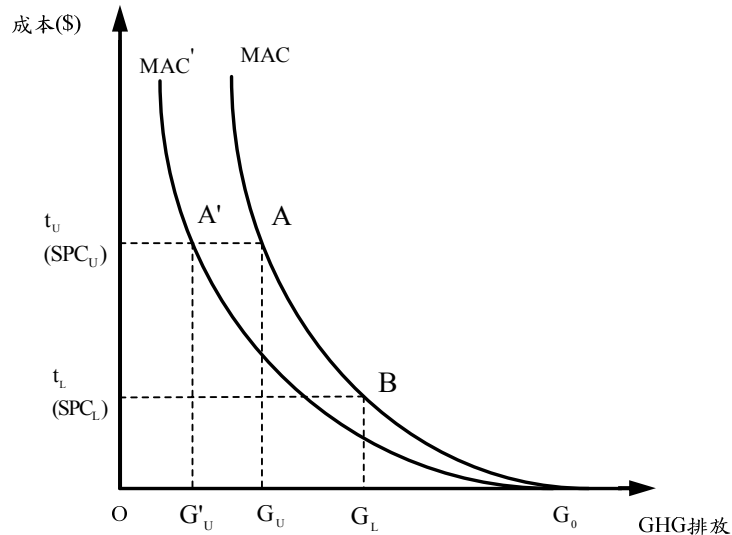
的各種損害（MD 或 SCC）外，這些損害尚且必須能一如減量成本般以貨幣單位表示，如此才能採用前述邊際減量成本與邊際損害決定最佳的稅率（SPC）水準。然將各種損害貨幣化未必不可行、但不可否認並不是一件簡單、更非加減乘除即可一勞永逸的工作，而是需要長年累積的任務。

一般而言，相對容易掌握的是被課稅部門、產業或是個人的邊際減量成本，如圖 2 的 MAC，在此種情況下稅率（SPC）水準的決定僅依賴減量成本一方的資訊，碳稅（SPC）水準的訂定則是選定擬達到的 GHG 排放目標，如可接受的 GHG 排放水準為 G_L ，表示需有 $(G_0 - G_L)$ 的 GHG 排放減量，在 MAC 技術水準下的碳稅（SPC）水準則為 t_L （ SPC_L ）；假以時日，如果要調高 GHG 的排放減量至 G_U ，此時的碳稅（SPC）水準則需調整為更高的 t_U （ SPC_U ），因為更高的 SPC 方可達成更多的 GHG 排放減量 $(G_0 - G_U)$ ；此時，被課稅者遵循自身的減量技術，需繳給政府的總稅賦為 $At_U OG_U$ ，這是在 t_U 稅率下的最低稅賦支出¹⁰；當然，適當碳稅（SPC）水準，經常有賴嘗試錯誤（trial and error）的方式逐步調整至可接受之 GHG 排放水準所對應之稅率。然以嘗試錯誤方式調整稅率（不論忽上忽下波動調整、或漸增、漸減順向調整），實務上亦不能經常更動，因為碳稅（SPC）水準的高低，通常也成為受課徵者決定是否提昇技術的依據。如圖 2，當稅率為 t_U （ SPC_U ）時，受課徵者所繳的稅為 $At_U OG_U$ ，長此以往，受課徵者如認為是一大負擔，因此採行新技術而將排放技術提昇至 MAC' ，如此、同樣在 t_U （ SPC_U ）碳稅水準下，需繳交的稅賦總額則降為 $A't_U OG'_U$ ，受課徵者由此節省的稅賦正是此一政策對受課徵者提昇技術之誘因。

二、逐步引入並慢慢調升稅率

為克服人們對碳稅的厭惡，不論採用前述何種方式定稅率，一開始可採較低稅率，一則讓人們熟識習慣此一稅制而有一段嘗試錯誤期，再者，更重要的是給人們有機會判斷認識課稅的成本與效益、以避免人們對碳稅的抗拒，進而再逐步提升稅率至所要達成之環境（GHG 減量及其他）目標，

¹⁰ 當然，如果不誠實申報而可以繳比這部分少或甚而不繳稅是另一回事。



資料來源：本文。

圖 2：邊際減量成本高低及變動對 GHG 減量的影響與技術提昇之誘因

也就是稅率引入後，要逐步調整（Carattini, et al., 2017a）。由附表可見，目前已採行碳稅的國家或是地區，每噸稅率高低差異極大¹¹，2019 年每噸由最低者為波蘭的 0.08 美元，最高者則為瑞典的 127 美元；而 2019 年全世界有課碳稅的國家與地區平均碳稅為每噸約 24.03 美元（18.07 英鎊）¹²（Burke, et al., 2019b）。其中，除芬蘭與愛爾蘭針對運輸及其他部門、另丹麥針對化石燃料及氟化氣體訂定差別稅率外，絕大部分的國家或地區針對所有課稅的部門與對象均採統一的稅率。

而各國或地區除訂了 2019 年的稅率水準外，大部分國家尚規劃在此之後，甚而達到特定目標之稅率水準，針對未來稅率不論規劃方式為何，絕大部分國家或地區都是逐漸提高，不論是否訂有具體的提升金額，年復一年的稅率多少均參酌物價水準或通貨膨脹率調整，特別是在中南美洲通貨

¹¹ 荷蘭目前尚無碳稅，而是加徵每噸 30 歐元的 38% 之二氧化碳排放，提議在 2021 要開始課碳稅，每噸為 30 歐元、預計至 2030 年直線上升至每噸 125-150 歐元（Burke et al., 2019a）。

¹² 2019 年 12 月 31 日美元對英鎊的匯率為 1:1.33。

膨脹相對明顯的智利及哥倫比亞。其他規劃各年具體稅率者如加拿大英屬哥倫比亞省，在 2008 年首度開始施行碳稅時一噸為 8.2 美元（10 元加幣），此後每年以 5 元加幣逐步提升，至 2012 時每噸為 30 美元（30 元加幣）¹³（Murray & Rivers, 2015）；然在此之前加拿大的魁北克省是北美洲第一個施行類似碳稅的地區，當時是針對約 50 個化石燃料大宗供應者課徵每噸約 3 元加幣的稅（Duff, 2008）。而法國 2014 年開徵的碳稅，開始時每噸為 8.47 美元（7 歐元），同時也規劃了一個長期的碳稅課徵水準，開徵後每年以 8.5 歐元逐步提升，預計至 2020 年每噸為 61.6 美元（56 歐元）¹⁴，原規劃至 2030 年為 100 歐元（World Bank, et al., 2017），然公布了 2022 年為每噸 86.2 歐元，已引起民眾抗議，因此後續發展有待觀察（World Bank, 2020）。瑞士也在 2013 年修改相關法案以使 GHG 比 1990 年降低 20%，並規劃由目前稅率持續上升至 2028 年達 210 瑞士法郎、以達成預設減量目標，如果在 2020 年未達到目標，則燃料稅將提升（Baranzini & Carattini, 2017），因此，當前 2020 將是關鍵的一年。

至於英國在碳稅重整過程中，碳的影子價格亦逐年提升，目前水準係根據該國『氣候變遷法』（*Climate Change Act*）¹⁵，訂定 2050 年 GHG 排放量減少至 1990 年法定的 20% 目標，依此回推至 2020 年的碳稅率（SPC）水準，算得 2020 年每噸碳約 17.92 美元（14 英鎊）¹⁶、2030 年為每噸 43 英鎊。然 Joseph Stiglitz 與 Nicholas Stern 建議為達相同目標，碳稅水準在 2020 年每磅需為 51.20-102.40 美元（40-80 英鎊），2030 年每磅為 50-100 英鎊；而 2050 年如要達淨零排放、同時配合負排放技術以完全去碳，如此每噸則需採所推估 125-300 英鎊中間稍偏低的 160 英鎊。而以 Stern 所估算的結果作為英國碳稅（SPC）水準之依據，主要是英國於 2005 年為一氣候變遷相關會議之地主國，隨後英國首相 Tony Blair 及財政大臣 Gordon Brown

¹³ 2008 年 12 月 31 日美元對加幣匯率為 1:0.82；2012 年 12 月 31 日美元對加幣匯率為 1:1.00。

¹⁴ 2014 年 12 月 31 日美元對歐元匯率為 1:21；2020 年 2 月 29 日美元對歐元匯率為 1:1.10。

¹⁵ 英國的『氣候變遷法』至 2008 年方通過，在此之前則於國會往返了十年，Fankhauser 等人（2018）針對此一法案有更詳細完整的討論。

¹⁶ 2020 年 2 月 29 日美元對英鎊匯率為 1:1.28。

授命採 Stern 於 2007 年推估之結果為碳稅訂定依據 (Fankhauser, et al., 2018)。

然 Burke 等人 (2019b) 認為，如在 2050 年要達到淨零排放，2020 年碳的影子價格每噸則需接近 Joseph Stiglitz 與 Nicholas Stern 所推估的上界，即 76.80 美元 (60 英鎊)。而如果考慮增加排放者之誘因以購買降低排放技術而非付碳稅，則 2020 年可將價格下修為每噸 64 美元 (50 英鎊)、2030 年為 75 英鎊、然至 2050 年同樣是每噸 160 英鎊；又如果考量政治上的可接受度，2020 年每噸可進一步下修至 51.20 美元 (40 英鎊)，直至 2050 年的每噸 100-125 英鎊 (Burke, et al., 2019a)。由此可見，各減量水準對應至碳稅 (SPC) 水準間的高低差異，除了所認定的減量技術不同外、另如何讓選定之碳稅水準使得 GHG 減量目標、在規劃時間內順利達成，這些都需要隨時收集相關資訊，不斷檢視稅率水準與 GHG 排放量在時間演進過程中的動態關係，才能確定應調整的方向。

三、收入該如何使用及使用所需考量之因素

碳稅的高低、課徵對象確定後，收入依此而來；又或者先確定要支用那些項目及需多少金額，才決定碳訂價的方式，不論何種方式而有一筆收入，各國針對這些收入用途各不相同。World Bank (2019b) 統計最新會計年度 (2017/2018) 世界各國以碳訂價政策的收入用途，此一彙整的主要目的是瞭解以碳訂價相關工具所產生潛在收入的去處，及其與財政政策可能的關連，也可讓訂定相關碳訂價工具的決策者，認識收入用於不同項目可能會面臨的問題與挑戰。表 1 所列是碳訂價所產生的收入，而非僅是碳稅之收入；前述已說明站在政府角度不易單獨抽釐出碳稅收入的理由，且事實在統計當時，包含英國在內的 25 個國家中有 12 個 EU 國家亦參與 EU 的 ETS，另有碳稅政策的挪威、列支敦斯登與冰島等三個非 EU 國家、也參與 EU 的 ETS 交易，因此在所有 29 個課徵碳稅的國家與地區中，超過一半的國家至少同時就有兩個針對 GHG 的減量政策，因此，對於這些國家的碳訂價收入除來自碳權拍賣所得外，尚有碳稅收入，故站在國家立場不易抽釐純碳稅的收入，因此表 1 是以政府支用的角度，呈現來自碳稅及 ETS 之碳訂價收入的所有支用情形。

表 1：聯合國彙整碳收入不同用途之優點與限制及最近一年各項支用比例¹

用 途	優 點	限 制	2017/2018 全 世界碳稅收入 使用比例配置
稅制改革 ²	提升稅制效率、有助於經濟發展	比其他方式相對不易看出，然如是減稅，則必需確定受碳價影響者損失之補償	6%
氣候減緩	- 經由碳價格可有效改善市場失靈 - 減少未涵蓋在減量部門的排放 - 可提升相對多民眾對碳訂價的接受	相對於其他收入、如果沒有現成的分配機制、則有較高的行政成本	42%(*)
追求其他 發展目標	- 以成本有效的方式獲得其他擬發展但又難以取得經費的目標 - 如其他發展目標是民眾所關切、則相對容易獲得支持	相對於其他收入、如果沒有現成的分配機制、則有較高的行政成本	11%
避免碳洩 漏	- 得以降低未有碳價涵蓋地區之碳排放風險之增加 - 減緩短期受影響的企業 - 可增加潛在利害相關者的支持	- 認定受補償部門可能是相對困難的工作 - 需要詳細設計以能降低因氣候受損之標的	*
對個人、 家計單位 及企業的 協助	- 可補償受碳價格影響的個人、家計單位及勞動者 - 如果分配機制已存在、則可以較低的行政成本完成	視設計情況，如來自現成的移轉性支付分配機制，則不易區別是來自碳訂價或其他項目的移轉、因而不難獲得支持	3%(**)
國家負債 的減少	騰出資本同時減少利息支出負擔	- 不易看出負債減少 - 沒有短期目標	38%(**)

資料來源：World Bank (2019b)。

註 1：因支出使用項別的劃分資料不完整，部分項目重疊，與環境相關主要為氣候減緩，而避免碳洩漏亦可屬環境相關，因此以*表示其百分比亦可能包括在 42% (*) 中：一般預算主要用於負債減少，至於移轉給個人、家計單位及勞動者之協助的 3% (**) 亦可能包括在內，又，以**表示國家負債減少的 38% (**) 亦可能包括針對各對象的移轉性支出。

註 2：碳稅收入用於稅制改革好處 Pigato (2019) 書中有諸多討論，然相關好處、必然需付出對應的代價。

因此，後續各項目的討論並不因碳收入是來自碳稅或 ETS 而有差別，雖然民眾在碳稅政策中看似直接的受課徵者，但碳稅未必直接課在民眾身

上；而 ETS 則是到市場上購買碳權，購買者經常不是個別民眾，因此民眾沒有因此多付費（被課稅的感覺）。但不論是碳稅或 ETS，即便是對著企業，當民眾是該企業產品的購買者時，產品價格的提升即間接反應了兩類政策的影響。又該資料表示，這幾大項目收入用途下之比例並不是很精準，一則各國資料不是很完整，再者各項目別間並非完全互斥，比如用在氣候減緩亦可能與避免碳洩漏有關，基本上都與環境保護有關，因而表 1 則標示彼此可能有關的項目別。比較重要的是，當政府對碳訂價格時，民眾期待政府之收入該如何使用？因使用是否得當、為此類政策可否順利推動的重要關卡，尤其如碳價格是採課稅這種敏感又不討喜的政策時。因此，一旦決定要採訂價相關政策、特別是要施行碳稅的課徵時，就要開始認識人們的社會經濟條件，在多了此一稅制後的改變（Carattini, et al., 2017a），又或者需要進一步瞭解影響人們對不同政策之偏好，以作為政策設計的依據（Gevrek & Uyduranoglu, 2015）。

在訂碳價、特別是課碳稅前¹⁷、就應讓潛在受課徵者明白他所繳的稅之收入將如何支用。人們對碳稅收入表現出來的偏好基本上可歸納成四個層面，首先是整體收入的用途，即稅收是要專款專用或是統籌統支？進而，稅收再使用可否達到重分配（redistribution）效果、以能更符合人們所認定的公平，這部分人們所關切的是，稅收是否會以不同形式回到受課稅者身上、或至少讓受課稅者可「感受到」多了此一稅收的好處？這些廣義而言都是與碳稅相關的重分配問題，讓民眾「感覺」他所繳的稅實質上有適當的「用在」他身上，是影響民眾是否支持碳稅的關鍵因素（Carattini, et al., 2018）；再者，這些收入是否有特別編列經費用於補助或獎勵負排放技術（negative emissions technology）的發展，因為碳稅課徵是擬對 GHG 排放有直接減量的效果，而負排放技術則被視為可加速 GHG 減量的另一類措施；最後，是否因多了碳稅而可有減少或去除其他稅賦的稅賦中立（revenue-neutral）效果？不論所關切的是前述那一個層面，這些均稱為碳

¹⁷ 以下的說明強調民眾相對敏感的碳稅收入，然如果是引用個別文獻或者特別是國際相關機構的文件（比如聯合國等），碳收入則不侷限於碳稅，也可能包括 ETS 或其他政府為減少 GHG 排放量所訂定之政策所產生的收入。

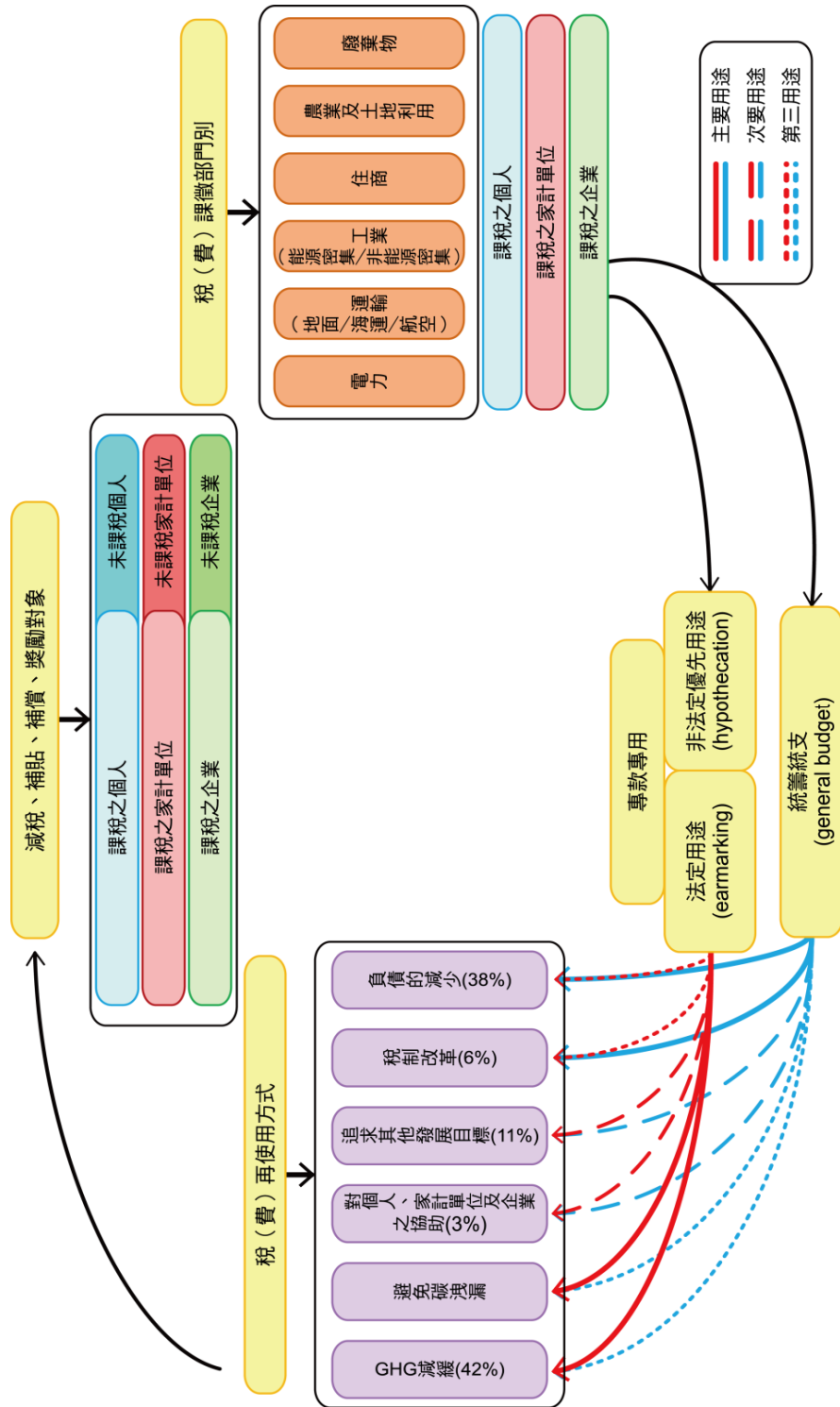
（稅）收入的再使用（(tax) revenue recycling），無非可補償（compensation）因課稅所受的減損，作為低收入戶緩衝器（cushion）、提升民眾對新政策的接受度、或直接間接發展與減少 GHG 相關的措施（Beiser-McGrath & Bernauer, 2019; Beck, et al., 2015; Burke, et al., 2019b; Klenert, et al., 2018）。

此四大層面所顧及的無非是收入使用的公平性（equity）、資源配置的效率（efficiency）及長期對經濟成長的影響（World Bank, 2019b）。當然，顧及碳稅收入各層面更重要的任務是，確認收入的妥善配置、以減緩或降低民眾對課稅的反彈與拒絕。加拿大英屬哥倫比亞省在這些方面作得相對完整，也因此，碳稅能獲得民眾的支持、稅率才能由 2008 年一開始每噸 8.2 美元（10 元加幣）、連續四年每年提升 5 元加幣，直至 2012 年的每噸 30 美元（30 元加幣）¹⁸（Pedersen & Elgie, 2015）。將此四個層面結合表 1 聯合國綜整全世界碳訂價最新（2017/2018）年之收入使用方式，稅收再回到受課稅之利害相關者或是社會整體的稅收重分配，是取得社會是否願意接受所訂定之碳稅的重要關卡，圖 3 是呈現碳稅收入及其在不同類別再使用之說明，以循環方式呈現收入循環再使用的概念，此一循環的各重點正是以下將討論民眾在意稅收如何使用的四個層面。除此四個需要考量的層面外，行政單位在各層面之運作上應有的作為、及相關法規適用性，同樣是要一併考量的因素，因有些收入、支出、補助、獎勵等等涉及政府不同單位與部會，因此，各行政單位能否有效協調、更扮演了各項工作能否順利達成不可或缺的角色（World Bank, 2019b）。

（一）專款專用或統籌統支

就整體碳（稅）收入用途而言，可分為統籌統支及專款專用，前項方式使稅收進入政府所有稅收的大水庫，成為政府統一運用的一般預算（general budget），而後者之用途又分為法定的專款專用（earmarking），另一類則為慣例、默契、雙方同意之擔保契約收入用途（hypothecation）（World Bank, 2019b）。不同用途各有優缺點，因此稅收該採何種用途沒有絕對的作

¹⁸ 美元對加幣匯率在 2008 年及 2012 年分別為：1:0.82 及 1:1。



資料來源：本文。

圖3：碳稅來源與稅收再使用之方式與流向

法。認為以統籌統支之方式為佳者，基本上是認定政府將所有收入集中，可使政府所有經費之使用配置達到最佳（Carattini, et al., 2018），此外，統籌統支的進行相對簡單、因可以在政府既有的稅賦收支行政架構下運作；但不可否認其缺點是，既然稅收進入政府所有稅收的大水庫，尤其沒有清楚告知民眾其他稅賦，因碳稅的課徵將減多少或如何減少、且民眾也未察覺有任何的補貼時，如此民眾不僅不知道所徵收的碳稅確實使用至何處，如此可能更抗拒碳稅的課徵（World Bank, 2019b）。

另專款專用不論有無法定編列特定用途，相對於統籌統支的優點是可以清楚連結碳稅與氣候變遷相關計畫之執行（Klenert, et al., 2018），然專款專用未必僅用在與低碳或與氣候變遷相關的措施上，雖然，一般認為所課徵之稅收既是來自與降低 GHG 相關的碳稅，因此傾向期待專款專用應該用在如「避免碳洩漏」或是「減緩 GHG 排放」相關措施上，圖 3 以不同之實虛線條，表示一般對於專款專用預期支用的主要、次要及第三用途，而一般預期統籌統支的使用優先順位正好與專款專用相反。然專款專用所限定的僅是收入有無法定之特定用途而已，並非一定要與課徵的名目對應之用途。又研究也發現，同是專款專用，高所得國家比較在意所課徵的碳稅是否用於與低碳相關之環境目標及規劃的達成，而中低及低所得國家則希望特定的收入用於基本生活的補貼，比如補助教育或基礎建設等等（Carattini, et al., 2018; Welham, et al., 2015）。而有編定法定用途的專款專用，如果預算編列不當，可能使得有些計畫投資過多，反之、則可能使得投資不足；相對的，擔保契約編列的專款專用收入，則相對有彈性，然這兩類專款專用的缺點是，必需要在現行的稅賦收支機制中另外設計稅的徵收及收入支用的對應機制。綜合而言，不同的使用方式，理論上各有優缺點，應該採行那一種方式，則需評估不同使用方式的正負面影響，且特別強化正面影響後才能做出適當之決定。

在實際的應用上，Carl 與 Fedor（2016）曾整理大部分課徵碳稅的國家至 2014 年對於稅收使用的配置。其中挪威民眾因知道稅收專款專用於腳踏車與人行步道之建置、噪音之減除等和環境維護相關之用途上，因而使能源稅得以增加 15%（Carattini, et al., 2017a）；又法國在 2014 年開始施行碳

稅時，100% 收入均專款專用於綠色轉型相關計畫，此後專款專用比例方逐年降至 2015 年的 44%、2016 年的 38%，而其他的經費則為統籌統支（Carl & Fedor, 2016）。由此可見，人們偏好專款專用的理由之一是，認為如此方能達成所期待的環境目標，另一則是反應人們不信任政府可以合理分配此一額外之收入。然專款專用未必每個國家均適用，比如瑞典民眾對於將增加的碳稅進一步用於 GHG 減量則持反對意見，因為，瑞典民眾認為目前的稅率已相當高，反而是希望可降低使用潔淨能源的稅率（可以看成是負的稅率），或擴展大眾運輸交通工具建置與搭乘補助。因此人們對於稅收如何使用依各國情況而有別，難以一概而論。而如果認為將稅收綁在兩類形式的專款專用之缺點大於優點，研究發現，清楚提供人們在不同稅率下的環境成效，如此即可降低人們對於專款專用的需求（Carattini, et al., 2017b）。

此外，由 Carl 與 Fedor（2016）一文也得知澳洲在施行碳稅的第一年（2012/2013）碳稅總收入約為 67.32 億美元（澳幣 66 億元）¹⁹，其中僅有 1% 作為政府的一般稅收，然此一碳稅政策執行至 2014 年隨即停止；而瑞典自 1991 年執行碳稅以來，碳稅總收入每年約 2 億 3 千 4 百萬美元（13 億瑞典克朗）增加至 2013 年的 6 億 6 千 2 百 40 萬美元（36.8 億瑞典克朗），而至 2014 年碳稅總收入穩定約佔國民所得（GDP）的 0.7%²⁰，瑞典的碳稅一般被視為是能源稅的互補稅制，沒有編專款專用，而稅收中的 50% 為政府的一般稅收，另 50% 則用於稅收再使用。另一最早施行碳稅的北極圈國家挪威，則有 30% 碳稅收入用於綠色補貼、另 30% 用於稅收再使用，其餘 40% 則為政府的一般稅收（Carl & Fedor, 2016）。

英國的最低碳價格政策由 2013 年施行至 2020 年脫歐為止，第一年（2013/2014）在每噸約 15.7 美元（9.55 英鎊）下，總收入為 15.3 億美元，而其中 15% 為專款專用，另 85% 為政府的一般稅收。丹麥自 1992 年開徵的碳稅，在 2014 總收入為 10 億美元，而總收入中沒有任何指定用途的專

¹⁹ 2012 年 12 月 31 日美元對澳幣匯率約為 1:1.04。

²⁰ 1991 年 12 月 31 日、2013 年 12 月 31 日及 2014 年 12 月 31 日美元對瑞典克朗匯率分別為：1:0.18；1:0.16 及 1:0.15。

款專用，一般稅收佔 45%-50%，其餘 45% 則為稅收再使用，另也保留 5%-10% 指定用於綠色補貼。瑞士碳稅開徵於 2008 年，碳稅收入至 2014 年為 8 億 7,500 萬美元，所有稅收的 33% 用於綠色補貼，其餘 67% 用於收入再使用，沒有保留任何收入作為政府的稅收支用。芬蘭自 1990 年來施行碳稅，主要是針對熱燃料（heating fuels）及液化運輸燃料（liquid transportation fuel）課稅，前者在 2013 年每噸為 45 美元、後者為每噸 60 美元，芬蘭政府視這些碳稅為廣義能源稅的一部分，而所有收入 50% 為政府一般稅收使用、另 50% 則為收入再使用。

墨西哥針對含碳密度高的化石能源產品課稅，稅率介於每噸 0.8 美元至 3.8 美元，2014 年的收入為 8 億 7,000 萬美元，而這些收入 100% 作為政府的一般稅收。愛爾蘭 2010 年開始施行的碳稅主要涵蓋天然氣碳稅（natural gas carbon tax）、礦物油稅（mineral oil tax）及固體燃料碳稅（solid fuel carbon tax），在 2014 年每噸為 25.5 美元，所有收入的 12.5% 指定用於綠色補貼、另 87.5% 則為政府一般稅收，沒有其他用途的專款專用金額。至於法國由 2014 年開始課徵，每噸為 9.3 美元，至 2016 年每噸為 29.2 美元，一年稅收為 53 億美元，而所有收入的 38%-100% 指定用於綠色補貼，而另 0%-62% 則為政府一般稅收使用。至於 2010 年開始課徵碳稅的冰島，至 2014 年時每噸為 10 美元，此後每年碳稅則以 3% 成長，而所有的收入則全數為政府的一般稅收。

而在亞洲的日本，2012 開始課徵碳稅，2017 年每噸為 2.7 美元，所課徵的碳稅約為 33 億美元，而碳稅的課徵基本上是現有的能源和燃料稅的補充，而所徵得的碳稅收入不超過能源稅和燃料稅的 1%，且所有的碳稅收入 100% 用於綠色補貼，沒有用於政府一般之稅收。至於加拿大英屬哥倫比亞的碳稅由 2008 年施行至 2017 年止，在 2013/2014 年每噸為 28 美元，總收入為 11 億美元，約相當於該省 3% 的預算，又約為該省 0.5% 的國民所得，而這些收入並沒有指定用於綠色補貼及作為政府一般稅收，而是保留 21%-42% 為指定用途之專款專用，同時撥出 102% 用於收入再使用，再使用主要是將徵得的總碳稅收入用於直接給付或是邊際稅率的減免，由此可見，所有的稅收除保留指定用途之專款專用外，尚使用超過所課徵的碳稅

收入於重分配及減稅之用，如此作法可能是爲了讓碳稅的課徵更加順暢，也可能是藉機討好選民，一兼二顧不無可能。

（二）稅收的再使用及其分配效果

在圖 3 中稅收的再使用可能發生圖左邊「對個人、家計單位及企業的協助」等六個項目中的任一項，且不侷限於來自統籌統支或是專款專用的劃設，只要是法定或是事前明訂即可（World Bank, 2019b）。過去文獻對於碳稅課徵所造成分配影響的探討相對多，但對於如何使用碳稅收入則沒有共識；而分配的影響除了是對經濟整體考量外，更主要的考量是針對新增稅制可能衍生不公平的彌補，因爲不公平的「感覺」就可能成爲接受此一稅制的障礙（Fremstad & Paul, 2016）。合理的情況下，此一稅制理當讓低收入者負擔較輕，而高收入戶負擔大一些；因此，當每噸所課徵的稅率一樣時，受損較大的普遍卻是低收入者，因爲低收入者通常有相對高的支出比例用於能源密集的產品上，比如食物及公共運輸，也因此碳稅基本上被視爲是累退的（regressive）（Stavins, 2019; Metcalf, 2019）。而人們對於稅率的接受度卻是與稅的累進程度成正相關，因累進稅率被視爲比較公平，因此如何設計累退效果較小的碳稅率是重要的工作，而重分配即是針對累退碳稅所做的一種彌補。重分配一般最常用的是所得水準，如果無法使碳的稅率有明顯的累進效果，則必須利用課來的碳稅收入改變碳稅的累退效果，然每一個國家因所得稅率的高低各不相同，且課稅的方式也不一樣，因此針對不同課稅對象給予不同形式的回饋、折扣或補貼等等，是一般累退碳稅制度下無可避免的配套（Feng, et al., 2018）。

但即便碳稅具有累退效果，然 Beck 等人（2015）針對加拿大英屬哥倫比亞省，探討碳稅的課徵與收入再使用的關係時發現，如果碳稅的課徵是以所得高低爲區分、而不是以支出的對象做區隔，此時碳稅的課徵則是累進的（progressive），此時接續的稅收再使用也必須是累進的方式，因此要強化碳稅收入再使用之累進或累退效果，需視各國碳稅課徵對象與方式而定。然以碳訂價之收入進行特定標的之補償、未必要以所得或支出爲依據，因碳訂價影響較大的對象可能是居住在不同空間或地區的個人、家戶或企

業，或這些對象所屬的不同社會或經濟結構，比如都會與鄉村的區分、不同地區產業特質的劃分（比如台灣各縣市別中的城市與鄉村、或各縣市內產業結構的不同）（Haug, et al., 2018; World Bank, 2019b; Ross, 2018）。

另也有強調重分配即便是以所得為依據，亦應考量家計單位內的不同社會屬性、如性別、年齡、族群、甚至是世代差異等等作為重分配劃分的依據（Wang, et al., 2016; Fremstad & Paul, 2019），選擇的目標不同，接續的重分配方式也將隨之有別。然 Zhang 與 Baranzinic（2004）提及，諸多探討分配累退現象的研究，大都僅考慮成本面，並未涵蓋效益面；Woollacott（2018）是少數有考慮效益面的研究之一，他以美國為例，探討在課稅下以總額補貼的方式將稅收回饋給授課者，發現課稅的成本與回饋重分配的效益（該文作者將重分配視為本文後續將討論的共伴效益），除了在所得群間有差異外、另在空間上也極不相同，然而，如可以有貨幣化的效益值，如此則可作為稅率設定的基礎。大部分研究沒有考慮效益面，諸多原因都是因貨幣化呈現效益之困難，這是未來可以強化的面向。

當碳稅收入重分配對象選定後，亦有諸多不同方式進行重分配，比如可給予每一個人（per capita）等額收入（equal share）之總額移轉（lump-sum transfers）；又如給予符合資格的家計單位特定總額移轉，而有資格的家計單位各國可自訂，經常是以家計的所得為標準；如再一步更細緻考究，亦可以等值單位（equivalence scale）進行總額移轉，等值是針對小孩或是第二位成人換算成第一位成人的等量單位；另也可採補貼方式，如針對低收入戶進行補貼或是補貼低收入戶最可能使用的大眾運輸交通工具（Carattini, 2017a）。又碳稅如果是針對特定食物課徵，則可能會影響人們食物的配置、進而影響營養的攝取，因此考量重分配時，則需採行讓人們可以回歸該有的營養攝取措施（Caillavet, et al., 2019）。Rao（2013）特別提及民眾是否接受政府為降低 GHG 排放之承諾，未必僅發生在政府是否課徵碳稅，他研究佔有全世界 17% 人口的印度指出，如印度在 2020 年要達到 2005 年的 GHG 減量目標，採行低碳投資而使得電價上升，如此將影響全國近三分之一的貧窮人口，而這些影響並非直接來自碳稅的課徵，廣義而言，只要政府的承諾會影響到民眾的所得，如何取得民眾的支持確定是不可迴避的問題。

由此可見，不同國家的情況及條件各不相同，需要藉由重分配進行資源重新配置的方式，以此誘發民眾對碳稅支持的方式也各不相同。

有些研究顯示，社會對於收入用於環境維護目的及社會累進重分配二者間的權衡取舍一般有一個認定標準，一般而言，人們偏好稅收用於環境維護目的 (Saalen & Kallbekken, 2011; Baranzini & Carattini, 2017)。因此，要取得人們對碳稅的支持，就要讓人們知道碳稅確實可以降低碳 (或 GHG) 之排放量，因為人們對於分配的關注一直都存在，也就是說，不論有無碳稅、人們無時無刻都可敏感察覺自己是否被公平對待，因此有無清楚告知人們碳稅的減量效果，是此一政策是否成功的關鍵 (Carattini, 2017a)。因此決策者面對民眾時需清楚告知碳稅的減量效果，如此即可讓民眾確認碳稅有達到環境保護之目的，而不會讓分配不公的名義激起民眾的反對。具體的作法是每年出年報，清楚列出每年之收入、及其使用方式以取得社會大眾對收入再使用去處及重分配的信任。

(三) 給予負排放技術獎勵誘因

除了課徵碳稅可以減少 GHG 之排放外，亦可配合鼓勵負排放 (negative emission) 技術以加速大氣中 GHG 的移除，因此負碳排放技術可視為 GHG 減量的互補措施。負排放技術可以來自於天然方式，比如，造林與伐木 (afforestation & reforestation)；也可以來自於人工技術，比如直接之空氣捕捉與儲存 (direct air carbon capture and storage, 簡稱 DACCS)、強化海洋鹼化以降低大氣酸性 (ocean fertilisation)；另一類則是天然與人為技術的結合，如生物能源之碳捕捉和儲存 (bio-energy with carbon capture and storage, 簡稱 BECCS)；及供碳儲存之土壤改良的生物碳 (biochar) (Fajardy, et al., 2019)。各式技術雖有差異、採行上亦有爭議，然經綜合評估後發現，至 2050 年全球經由 BECCS 部署生質能源，每年可吸附 CO₂ 達 13 億噸至 16 億噸 (Huppmann, et al., 2018; Rogelj, et al., 2018; Fajardy, et al., 2019)，然要有此成果必然使得農業的耕作系統及對應的環境與社會有很大的改變，而社會經濟主要受到的影響是經濟成長及糧食價格，至於就業機會等則常受到忽略 (Fajardy, et al., 2019)。而有關社會經濟的影響，如就業及經

濟成長亦可視為共伴效益的一部分。

除此之外，由於諸多負排放技術尚在發展初期，因此技術的採行未必可以依其成本高低或是依其可達成之規模為選擇依據，一般建議可用不同技術搭配以分散風險的組合是相對恰當的方式（Anadon, et al., 2016）。此外，並非所有負排放技術成本均隨著時間會越來越低，比如使用微藻類的耕種技術（microalgal cultivation）所需要的資本門不僅相對高、勞動等變動成本亦可能隨著人工成本提升而變大（Farrelly, et al., 2013），此外，如天然的伐木與造林將會因土地取得越加困難，而使得成本越來越高，如此則使這類負排放的技術成本也越來越高，即便目前的成本相對低，土壤的碳吸存也將因相對低成本對象耗盡後、而使得後續的成本越來越高（Pires, 2019），因此，一般認為採用森林與農業相關負碳技術成本會比較低的認知未必正確。由此可見，各種負排放技術目前發展所遇到的瓶頸各不相同，以致各類技術可減少的 GHG 排放規模也大異其趣，依此，不同技術所需要的能源與經濟成本及對環境的影響也不相同，因此每個個案或至少每個國家在發展這些相關技術前，都要詳細評估後才能採用適合且能為社會接受之技術。

當減少 GHG 相關技術需要政府的獎勵，特別是扶持這些技術發展的獎勵來源、是由所課徵的碳稅而來時，如沒有獲得社會的理解與接受，即便有技術、運作上也可能困難重重（Alcalde, et al., 2018; Fuss, et al., 2018）。此外，民眾如果知道對負排放技術的補貼是來自較高的稅收，則接受度就相對的低（Bellamy, 2018）。負排放除了可經由技術研發獎勵外，政策上亦可以由政府以所徵收的碳稅、購入無法經由政策可減少的含碳產品，而購買的資金可以來自碳稅再使用之財源或是一般稅收。而排放量的拍賣也可以開放一般民眾購買，提供民眾購買排放交易市場中的排放量、以抵減（offset）需付的碳價格，亦即個人在市場中是購買負的碳排放而不是付碳稅，因此排放者在此種情況下，基本上面對排放減量、付碳稅、及購買負排放三種情況，而這三者該如何組合以能達成政策之遵循，可依市場及政策條件而定，而此種方式基本上比政府純補貼為佳，因補貼原意是獎勵、扶持相關技術發展，然此可能造成對補貼過度依賴（Burke, et al., 2019b）。

（四）降低其他稅賦效果

一般而言，碳稅之課徵是否可以完全降低或是局部降低其他稅賦，是人們相對不關注的問題，Thalmann（2004）曾分析 2000 年瑞士四百七十萬人，針對所建議的三種不同燃料稅率及不同稅收使用方式之公投，事後才發現沒有任一建議通過公投；然而經濟學家一般相信碳稅有稅賦中立的效果，因為碳稅可以減少財政之扭曲，同時達到環境保護的成效，亦即具有雙紅效果（double dividend）（Goulder, 1995）。然而，一些研究結果顯示，人們除了不易理解、同時也不會將減少 GHG 排放的碳稅與減少影響勞動力與利潤之政策，如所得稅或營業稅等，知道他們彼此間有道理且是以何方式適當的連結（Dresner, et al., 2006）。如生態稅在丹麥已執行一段時間，然人們與企業對其改革仍抱持很大質疑，因為人們看不到生態稅可以提升就業，甚而懷疑是以生態稅收來降低與勞動相關的稅賦（Klok, et al., 2006）。

即便人們清楚稅賦在一增一減中所產生的中立原理，然人們依舊不相信、毫無關係的稅賦彼此有關係的另一理由是，一般民眾對政客與財政單位的不信任，因為人們不認為課徵碳稅真的會造成稅賦移轉（tax shift），此則需要相關單位確實落實碳稅重分配的工作。為了讓人們感受因某種稅賦的增加，在另方面確實有減少而獲得「補償」，而所減少的另一種稅，必須是同質性高的稅賦，如此人們才會「感受到」享受到來自所減少的稅之補償，比如過去研究顯示，荷蘭要課徵道路擁擠費，則需減少汽車稅，增減的稅賦均是與道路運輸有關，如此以取得人們的接受（Schuitema & Steg, 2008）。

綜合而言，希望社會大眾接受碳稅除了要注意前述各相關工作外，政府就需要在事前、進行中不斷向社會大眾釋放有關碳稅的相關訊息，這些訊息主要包括在各稅率下所減少的 GHG 之排放量，在預設稅率下之預估減少量；在各稅率下為地方所帶來如交通擁擠降低、空氣污染減少、健康成本降低、環境能見度提升及整體生活品質提升等等之共伴效益。此外，低收入家計單位所受到的影響及課稅、對家計單位個別及經濟整體如就業與競爭力的影響，則除了需呈現課稅之影響外，稅收再使用的對象及影響亦應一併清楚呈現（Carattini, 2017a）。而所有前述資訊均賴有效且持續不斷

地向民眾溝通。此外，誰提供這些資訊、及資訊如何呈現同樣也會影響社會大眾的接受度；而對於特別抗拒碳稅之民眾，讓民眾適時適地的參與是可以減少抗拒的方式。

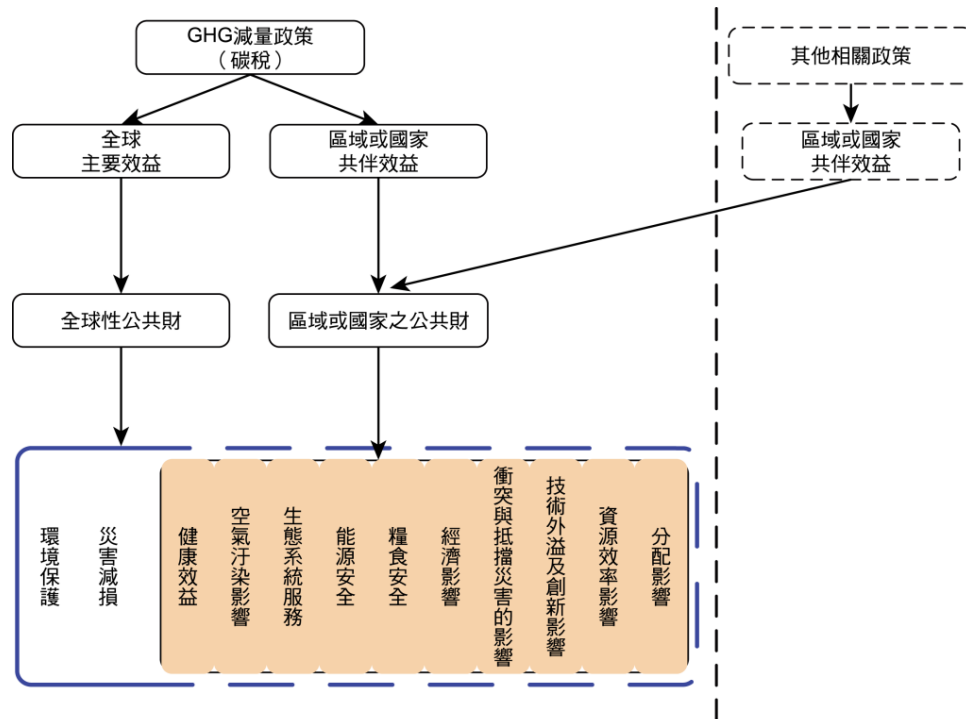
肆、GHG 減量所衍生的共伴效益或輔助效益

一、何謂共伴效益？

共伴效益一詞最早出現於 IPCC 於 2001 年所出版的第三次評估報告中，該報告與共伴效益定義相同並列的名稱尚有輔助效益（ancillary benefits）、副加效益（side benefits）、次要效益（secondary benefits）、共同效益（collateral benefits）及相關效益（associated benefits）等；報告中所定義的共伴效益是除了為降低 GHG 所執行的政策外，尚有其他與降低 GHG 排放至少相同或同等重要、而與 GHG 減量政策一併執行所產生的效益，而輔助效益及副加效益、則指因降低 GHG 排放之氣候政策附帶而來或衍生的效益，至於其他名稱的效益內涵則沒有多加著墨（IPCC, 2001）。

由此可見共伴效益與輔助效益原來的意義並不相同，進而由 IPCC 於 2001 年定義的共伴效益可知，該定義並不限於 GHG 減量政策才有的現象，任何政策均可能多個同步施行，以圖 4 所呈現的概念，原共伴效益是包括圖虛線左右兩邊政策所帶來之效益，而輔助效益則指圖 4 左邊 GHG 減量政策帶來的地區或是國家之效益，然在 2009 年後因共伴效益一詞使用相對頻繁，IPCC 因而於 2018 年的報告中統一使用共伴效益一詞，同時也稱之為輔助效益，然其意義則與 2001 年之輔助效益內涵相同，2018 年的報告定義共伴效益為「一個政策目標原所要達成的正效果同時也達成了其他之正效果，如此使得該政策對社會或環境的總效益是增加的，……共伴效益又稱為輔助效益」²¹。

²¹ 該附件針對共伴效益與輔助效益的定義為：「The positive effects that a policy or measure aimed at one objective might have on other objectives, thereby increasing the total benefits for society or the environment…… Co-benefits are also referred to as ancillary benefits.」（IPCC, 2018: 546）



資料來源：本文。

圖 4：GHG 減量對全球之效益與個別國家之各種共伴效益

圖 4 虛線左邊框內所表示為 GHG 減量所創造的效益，廣義而言即環境保護與災害減損，然這些災害未必發生於製造最多 GHG 的國家，更不確定盡最多 GHG 減量努力的國家可享有最多效益，因此，此種全球性的效益可視為全球的公共財，亦即一旦有人或國家為 GHG 的排放減量盡力，災害的降低與更多環境的保護是全球國家均得以享有。而 IPCC 在 2018 所謂的共伴效益則指針對 GHG 減量政策，除了該 GHG 減量政策原擬達成的目標外，尚應關注是否有原定目標外但被忽略或遺忘（forgotten）的其他效益（Jochem & Madlener, 2003），因唯有將效益完整考量，才能更明確得知所選擇 GHG 減量政策是否恰當及有效²²。

²² 又 IPCC 在 2001 年開始提及共伴效益一詞，同時也強調共伴效益未必都是正值，亦有負值，也就是可能有損害，因此嚴格來說，討論氣候政策完整的共伴效益應正值與負值一併考量後的淨效益值（net benefit），然一般負值情況相對少，此處所要強調的是決策者執行氣候相關政策時應該凸顯經常被遺漏的正值效益項目與影響內容。

歸納 IPCC 於 2018 年所發表的報告，其中提及的共伴效益大致分為環境面與社會面，而更具體的細項則有改善人體健康、維護糧食安全、永續發展、生態服務系統及生物多樣性、技術改進速度等等；然在此之前即有研究歸納共伴效益之項目尚延伸至分配之公平性、政治的穩定度及制度的改變等等 (Mayrhofer & Gupta, 2016; Deng, et al., 2017)，如此廣義的共伴效益項目，雖不在 IPCC (2018) 所揭示的項目中，然 IPCC 的共伴效益包含了永續發展一項，基本上已涵蓋了社會、經濟及環境三大面向，GHG 減量本身就是環境，而 GHG 的減量也可能直接間接衍生至其他的環境及經濟面向，而有關於這些內涵及研究個案，將彙整於下一節。然不論 GHG 減量政策會帶來何種共伴效益、基本上不會自動產生，而是需要在政策執行前有周全及周詳的規劃才會發生 (Shukla & Chaturvedi, 2012)。由文獻上歸納共伴效益彙整如圖 4 虛線左邊右下方、包括健康效益等十個項目，這些項目基本上已涵蓋 IPCC 的環境、社會與經濟層面及文獻提及的其他更多面向。

二、何以需要知道共伴效益？

為了使民眾接受碳稅的課徵或是任何降低 GHG 的措施，讓社會瞭解並學習課徵碳稅之成本及達成 GHG 減量的完整效益是重要的工作，這些工作間接也是合理化何以需要課徵特定稅率水準的原因，同時也是讓碳稅政策得以有相對高支持度不可或缺的工作 (Crawford-Brown, et al., 2012; IPCC, 2018)。前述討論有關收入使用方式應考量的因素，都是在已有收入的情況下，然如果第一關都過不了，就沒有後續收入該如何分配及使用的問題。此外，Parry 與 Veung (2015) 亦說明知道 GHG 之共伴效益可以讓各國得知，如果降低 GHG 使本國獲得的好處如已大於降低 GHG 與災害減損所需的成本，如此，即可以不用等待、費心處理國際上難以協調的各種機制，亦即，各國由 GHG 減量如已可明顯享有各自的利益，也就是圖 4 虛線左邊右下方所列示，即各地區或國家自身的 GHG 減量可享有的共伴效益。嚴格來說，全球性的環境保護與災害減損，也可能擴及於（或背後就是隱含）GHG 減量的地區或國家可享有的效益，然對比於地區及國家所呈現出來的共伴效益，民眾很難連結個人因碳稅之課徵所承受的犧牲，與其可能享有

的全球性公共財，將在何時、於何處、以何方式兌現。換言之，如能評估及呈現地區或國家之共伴效益，如此不僅可務實地支持諸多國家自行訂定具野心之 NDCs 目標之達成，甚而也可以將看似抽象、然實則無形中基本上是使各國朝向永續發展目標前進的作法 (Vandyck, et al., 2018)。

需要知道共伴效益更重要的是，民眾很難或根本無法察覺、感受到 GHG 因碳稅的課徵是否有降低，然 GHG 降低如能為地方帶來好處的共伴效益反而是民眾相對有感，因此也就更願意接受碳稅；比如汽油變貴、開車的人減少即減緩交通擁擠，其他直接有害身體健康的空氣污染物，如直徑小於等於 10 微米的懸浮微粒 (PM₁₀)、直徑小於等於 2.5 微米的懸浮微粒 (PM_{2.5})、二氧化硫 (SO₂)、或是氮氧化物 (NO_x) 等等，也會在 GHG 減少的過程中連帶減少，這些是民眾可以立即感受到的好處，此外，呈現共伴效益也可以彌補課徵碳稅無法達成原本所預設 GHG 減量目標的可能缺失。因此，Ambasta 與 Buonocore (2018) 認為考量空氣污染物的共伴效益則是創造環境與公共健康的雙贏政策，加拿大也強調 GHG 減量的健康效益、藉此而擬定達成 2030 年的減量目標。

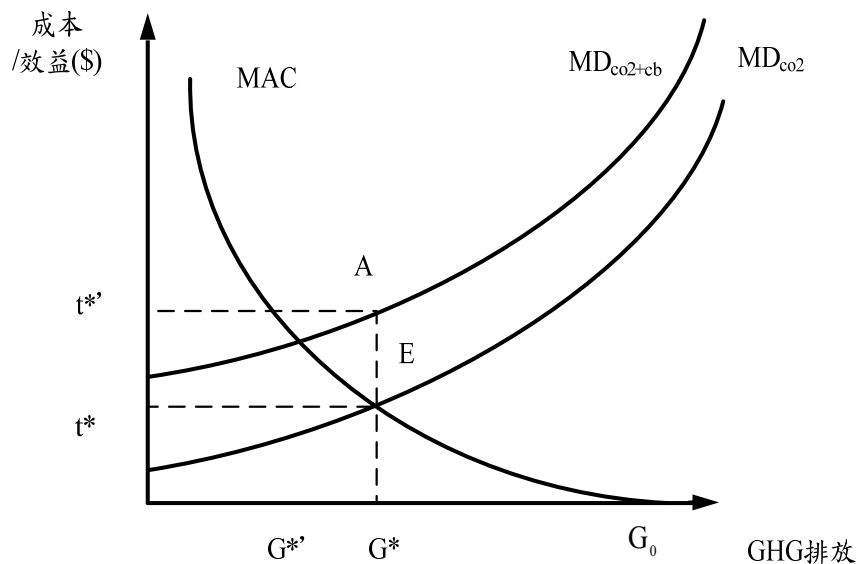
在 IPCC 於 2001 年系統性的定義非關 GHG 減量成效之共伴效益、又進而於 2018 年更明確界定共伴效益的內涵前，即有學者已著手整理相關共伴效益的評估工作，當時的共伴效益雖無 IPCC 的定義，然相關研究有志一同均朝向碳之減量或是 CO₂ 排放量之降低，帶來的空氣污染物如 SO₂、NO_x、一氧化碳 (CO)、PM 及揮發性有機物 (VOC) 減少之效益，而評估的國家主要是美國及歐陸國家 (Ekins, 1996)，當時評估減碳或降低 CO₂ 排放量帶來共伴效益的主要目的，是為了與減碳或與降低 CO₂ 排放量成本進行比較，以能選擇合理且有效的減碳或 CO₂ 排放量降低之措施；而另一更關鍵理由是，人們確實明顯感受到大氣中 SO₂ 在不同國家帶來的損害，如英國發現建物的損害成本有 74% 是來自 SO₂ (Pearce, 1992)、挪威也發現 80%-90% 的健康成本與 SO₂ 有關 (Alfsen, et al., 1992)。而未統一前的西德也發現 SO₂ 濃度會影響 17%-61% 的植物及 16%-76% 的人體健康 (Hohmeyer, 1988)。此外，歐陸國家因為同時又施行 ETS，因此，最早採行碳稅的丹麥、瑞典、挪威及芬蘭等北歐國家，更關心碳稅所帶來的 SO₂、NO_x 及 PM_{2.5} 減

少之共伴效益，是否也會發生在其他歐陸國家，如此，在歐陸整體採行的 ETS 價格就可以相對便宜，同時也可以讓整體歐陸國家以更便宜的方式達成空氣污染減量目標、且又不會改變各國之經濟水準 (Rypdal, et al., 2007)。

基於各式理由，在二、三十年前促使人們關切減碳、降低 CO₂e 排放量過程中，連帶所產生的好處；時隔數十年後，人們一樣好奇在此過程中我們又獲得減碳外其他哪些的效益？由 Karlsson 等人 (2020) 完成的最新有關共伴效益的回顧文獻可知，截至目前為止，在世界各角落已有相當多研究針對各種 GHG 減量措施，評估相關可掌握的共伴效益。進而在評估方法與工具更加精進之際，如果可以用金額表示每噸 CO₂ 減量之共伴效益，如此不僅可在不同碳稅水準及/或所搭配的其他政策間有一致的比較基準，依此也才能和每噸減量成本進行比較，以使碳稅率之訂定更具說服力。Markandya 等人 (2018) 以全球為對象比較在不同情境下，為達成 2100 年『巴黎協議』不超過 1.5°C 或 2°C 的目標下，以 GHG 及其他空氣污染物減量所需的成本及帶來的效益進行比較，發現在中國及印度 GHG 減量帶來的健康共伴效益即已大於減量所需的成本；而歐洲的共伴效益則約為減量成本的 7%-84%，而美國則為 10%-41%。雖然過去已有部分貨幣化之共伴效益與成本比較的結果，然將共伴效益量化為貨幣值的成果仍是相對少數，絕大部分仍是以其他各式量化單位表示。又不論是以各種量化單位表示的評估成果或是貨幣值呈現的共伴效益評估結果，自 1995 年以來雖已漸增，然目前的成果絕大部分均集中於空氣品質對人體健康影響之貨幣值。因此共伴效益對各面向影響之貨幣化工作是未來極待開發的方向。

考量共伴效益後，GHG 之排放在相關地區或國家所造成的損害，一如圖 5 的 MD_{CO_2+CB} ，表示在相同的 GHG 排放水準下，如不去除 G*水準之 GHG 排放，對該地區或國家整體造成的損害為 AG*，其中包括來自 GHG 之排放所造成的間接損害 AE，另一部分則為 GHG 排放所造成的直接損害 EG*。因此，如將 G*水準之 GHG 排放量去除，AE 即是 GHG 減量的共伴效益，EG*則是 GHG 減量的直接效益。由此也反應一如 Parry 與 Veung (2015) 所建議，如果共伴效益 AE 本身就比去除 G*水準之 GHG 排放量所需之成本 EG*高，表示不需 GHG 減量的直接效益 EG*，去除 GHG 的排放對該地

區或國家本身就已值得。爲使說明相對簡化，如僅考慮減量的邊際成本，爲達相同 G^* 水準之 GHG 排放量，考量共伴效益的碳稅 (SPC) 水準 t^* 比未考慮者 t^* 高，如此似乎隱含被課碳稅者並不樂見 GHG 的減量有共伴效益，理論上，特定水準的 GHG 排放造成的損害並非僅來自 GHG 之排放，尚且包括與 GHG 之排放共存的其他空氣污染物的損害、及與此直接或間接相關之經濟或社會層面的影響，既是如此，爲去除特定水準 GHG 的排放就要付相對高的代價。而在實務上，一般在共伴效益難以貨幣值量化之時，碳稅率的訂定、MAC 經常是相對容易掌握的資訊，即前述的圖 2 所呈現的方式，而此種僅掌握 MAC 所訂出的碳稅率 (SPC) 水準，基本上是先決定擬達到何種 GHG 排放水準，再對應於既有的 MAC 而得到碳稅率 (SPC) 水準，因此，在難以甚至無法確認所訂的碳稅水準確實可減少多少 GHG 之前，掌握共伴效益的大小，某種程度至少確認了所訂的碳稅 (SPC) 水準是否呈現應有的共伴效益。



資料來源：本文。

圖 5：考量共伴效益的有效率碳稅水準

三、各類型共伴效益研究之彙整

即便採用與 IPCC (2018) 定義雷同的共伴效益內涵，過去文獻所強調的重點各不相同，雖然空氣品質的改善是最直接、也最容易為人們聯想到的共伴效益影響來源，然不同地區所關注的共伴效益影響來源內涵其實相當多元，比如 Deng 等人 (2017) 曾系統性以文獻計量分析 1,554 篇研究，歸納共伴效益種類、減量部門、受影響範疇（國際區域、國家、國內地區或城鄉）及相關研究所在地及方法屬性（自然工程、經濟、社會科學及其他），然對於每一個類別都是以研究篇數表示，因此難以得知具體結果，僅能得知某些效益、減量部門或方法等等研究篇數的多寡²³。又由其回顧可知，對於共伴效益的重視逐年增加，相關研究由 2001 年的 9 篇增加至最新 2016 年的 344 篇，該文將共伴效益分成十個項目，其中分析最多的共伴效益影響來源是健康影響、生態影響及經濟影響三個項目，至於與 GHG 同為空氣成分的空氣品質亦是關注的項目，其他項目則有資源效率影響、衝突與災害抵抗影響、分配影響、能源安全影響、技術外溢與創新影響及糧食安全影響等等。既然共伴效益涉及各面向的影響，因此研究方法則來自各種不同的專業，其中自然科學與工程研究方法佔了約 34%，經濟及社會科學研究方法亦佔有高達 64%。

因此，以下則依循 Deng 等人 (2017) 所分類的十大項共伴效益受影響類別，但因該文未將各影響類別完整分類或給予一般性定義，各受影響類別是以其文中所提到之案例的研究成果作為解釋，本文進而再以 Ürge-Vorsatz (2014) 針對能源為基礎之減量所造成的共伴效益類別之回顧文獻，結合 Deng 等人 (2017) 所分類的十大類別之影響來源，因 Deng 等人 (2017) 的十大項共伴效益受影響類別與 Ürge-Vorsatz (2014) 對於共伴效益受影響類別之分類不完全相同，於是乃重新整合二文共伴效益之受影

²³ 該文並未列出所歸納的 1,554 篇文獻來源，事實客觀上不可能在期刊上列如此多參考文獻，因此這 1,554 比就猶如作者分析時的原始「樣本」文獻，一般研究不會將所有樣本列出，如沒有複雜的分析，對於樣本的認識就是呈現不同層面切割的敘述統計，而文獻計量法即是此種類型分析法。

響類別及影響來源。如此結合之結果如表 2，其中共有十項受影響類別，二十三項的影響來源。

此外，雖然 Ürge-Vorsatz（2014）文中也依其劃分的共伴效益類別，說明各項共伴效益的評估方法及量化或貨幣化的方法，然並未列出各影響來源下之評估結果。又為使表 2 中所有影響來源各有案例，如有完整文獻回顧則可直接填入最快，即便 Deng 等人（2017）已歸納上千篇文獻，然並沒有現成內容可供使用。而前述提及 Karlsson 等人（2020）所完成最新的共伴效益文獻回顧，共歸納了 239 個研究成果，個案雖不多、確有相對多已貨幣化的成果，但未盡人意的是該文所回顧的均是與健康效益有關。又該文也清楚說明文中所回顧的 239 篇共伴效益文獻定義之一，是一般民眾最容易聯想也相對最關切的空氣品質與生物多樣性，尤其前者與民眾健康息息相關；定義之二則是伴隨 GHG 減量所衍生其他政策的改變，如 Perez-Prada 與 Monzon（2017）認為既然汽車是產生 GHG 的來源之一，因此如果改變西班牙馬德里市區內外車道的時速，確實可以改變 CO₂ 及 NO_x 的排放；最後則是與協助氣候政策達成多元目標的其他政策，如 Hennessey 等人（2017）認為 GHG 的減量措施，通常都會與其他的減量及調適政策並行，如此將可降低能源相關部門在政策執行上的不確定性、或增加政策彼此間的協調性。

由 Karlsson 等人（2020）回顧一文得知，空氣品質、生物多樣性及伴隨 GHG 減量的其他政策之改變這三類的共伴效益，諸多都是以說明、論述來呈現，有些雖進一步回顧不同評估方法、並以百分比或人數表示量化結果，然而，將共伴效益量化成貨幣值之成果卻相當有限。又 Karlsson 等人（2020）是少數回顧文獻彙整相對多貨幣化成果，且是評估至每噸 CO₂e 之共伴效益值，因此這些成果亦一併匯集於表 2 的健康效益受影響類別中。又由 Karlsson 等人（2020）一文可知，Gao 等人（2018）是在他們之前的共伴效益回顧文獻，然所涵蓋的共伴效益範疇僅限於 GHG 減少所帶來的其他空氣污染物的降低，且評估結果並非以貨幣值表示。又 Mayrhofer 與 Gupta（2016）也是 Karlsson 等人（2020）所評述的另一共伴效益回顧文獻，其回顧的重點是依共伴效益的定義，提出學理上各效益應有的評估方法。而

所認定的共伴效益定義則類似 IPCC 於 2018 年所提及的永續發展內涵，包括了氣候政策帶來的環境、經濟、社會、甚而是政治制度等層面之影響，雖然該文也建議評估方法應以量化甚而是貨幣化較為適當，因如此的評估結果方能作為成本效益分析的基礎資料，然該文類似 Deng 等人（2017）的文獻計量方法，僅歸納過去研究的趨勢與類型。

由此可知，至目前為止已有不少共伴效益相關的回顧型文獻，雖然各篇回顧文獻切入的角度不相同，然因這些文獻已彙整不少過去研究成果，如要細看相關研究成果，則可以由這些文獻著手。本文於表 2 依循現有文獻由各文獻，歸納十大受影響類別及二十三影響來源，這些結果基本上是來自前述所列的幾篇回顧文獻中現成條列或所提及的文獻，再依本文所需節錄相關結果於表 2。在表 2 中每個影響來源至少列舉一個共伴效益之評估結果，誠然，部分研究解釋所執行的 GHG 減量措施未必僅有一種共伴效益，而本文特別挑選有量化的影響來源為範例（不論是以貨幣值為單位或是其他非貨幣單位量化表示者）；此外，所列各項目別影響來源之評估結果則儘量選擇在不同國家所完成之成果，以凸顯世界各國對共伴效益評估關注的普及性，然無可否認，表中所列僅是目前既有成千上百篇共伴效益研究成果中的一小部分。此外，列示於表 2 除根據前述原則外，同時亦列出共伴效益是源自特定部門別 GHG 減量措施產生之結果；當然少數如「減碳對海洋的影響」及「減少歷史古蹟及一般建物的損害」等影響來源項目，因其特殊性、一般難以在一特定氣候政策下可立即以個案研究方式評估出結果，因此，這些項目所引述的研究成果都是在長期資料的收集下，觀察建物、古蹟或生態結構與氣候相關因子的關係，間接推論減緩氣候變遷對這些對象的損害，於是沒有可對應的 GHG 減量相關政策。

表 2：GHG 減量下之共伴效益受影響類別、影響來源及共伴效益的貨幣化及各種量化評估結果

受影響類別 ¹	影響來源	可評估對象	研究來源 ^{2,5}	共伴效益貨幣化及其他量化衡量結果	國家或城市	對應之 GHG 減量政策與對象
健康效益	與戶外空氣 相關污染物 之降低	如 NH ₃ , SO _x , NO _x , PM, NMVOC, 重金 屬等污染物之減少	Joh et al. (2003)*	PM ₁₀ 減少 每 噸 效 益 為 6.8-7.5 美元	南韓	南韓在 2020 年降低 GHG 達 5%-15%，因 PM ₁₀ 減少之效益
			Burtraw et al. (2003)*	每噸碳稅之健康效益為 8.4 美元；符合規定行政成本節 省每噸 4.4 美元	美國	電力部門課每噸碳稅 25 美元，在 2010 年因 NO _x 及 SO ₂ 減少帶來 之效益與成本節省
			Vennemo et al. (2006)*	TSP 及 SO ₂ 減量效益每噸 約 6 美元	中國	參與清潔發展機制 (CDM) 除約 降低 7,920 萬噸 CO ₂ 外，亦降低 總懸浮微粒 (TSP) 及 SO ₂
			Krook Riekkola et al. (2011)*	健康、作物、材質、勞動生 產力等效益為 每 噸 3.9-32.1 美元	瑞典	瑞典因應 GHG 標準各部門執行 ETS 及碳稅使 NO _x 、NMVOC、 PM _{2.5} 及 SO ₂ 減少之效益
			Crawford-Brown et al. (2012)*	其中臭氧及 PM 減少之健康 效益由 2010-2050 年平均 每年約每噸 15 美元	墨西哥	2050 年墨西哥由燃煤轉至生質 能而使 GHG 減 77%，連帶使 SO ₂ 降 20%、NO _x 降 57%、CO 降 36%、VOCs 降 50%、PM 降 38% 及臭氧降 12%帶來的健康效益
			West et al. (2012)*	臭氧減少帶來之健康效益 平均每噸 13-17 美元	全球	2005-2030 降低甲烷政策，帶來 臭氧至 2060 年之降低對健康的 影響
			West et al. (2013)*	PM 及臭氧降低之健康效益 全球平均每噸 50-380 美元 每噸 30-600 美元 每噸 70-840 美元 每噸 20-400 美元	全球 美國及西歐 中國 印度	在 2100 年全球針對各部門課徵 碳稅，使 CO ₂ 濃度由 760 ppm 降 至 550 ppm，PM 及臭氧降低， 世界不同地區帶來之健康效益

表 2：GHG 減量下之共伴效益受影響類別、影響來源及共伴效益的貨幣化及各種量化評估結果（續）

受影響類別	影響來源	可評估對象	研究來源	共伴效益貨幣化及 其他量化衡量結果	國家 或城市	對應之 GHG 減量 政策與對象
			Yang et al. (2013)*	PM ₁₀ 、NO _x 及 SO ₂ 健康效 益全國平均每噸 3-39 美元	中國	針對水泥業部門採行節能、GHG 減量等氣候政策
			Balbus et al. (2014)*	降低暴露於 PM _{2.5} 環境，依 不同類型減量組合，於 2020 年可減少醫療成本每噸為 40-198 美元；每年為 60-300 億美元	美國	對運輸、建物及能源部門執行不 同 CO ₂ 減量政策
			Saari et al. (2015)*	PM _{2.5} 減少帶來的健康效益 每噸為 2-14 美元	美國	在 2030 年執行清潔能源標準及 碳排放交易政策，將 CO ₂ 減少比 2006 年少 10%
			Garcia-Menendez et al. (2015)*	臭氧及 PM 在 2050-2100 年 間減少帶來之效益每噸為 45-209 美元	美國	全球課徵稅使 CO ₂ 濃度避免在 2100 年由 500 ppm 上升至 830 ppm；或是避免 2100 年由 460 ppm 上升至 830 ppm
			Ščasný et al. (2015)*	11 種空氣污染物減少帶來 的健康效益，2015 年每噸 為 16.90-18.53 美元 (15.5- 17 歐元)	歐洲	全世界均採行碳稅以降低 CO ₂
			Levy et al. (2016)*	健康效益平均每噸 49 美元 (每噸介於 12-390 美元)	美國	針對家用化石燃料電力節省及避 免現有電力產生配送方式，除降 低 CO ₂ 外，少可減少 SO ₂ 、NO _x 、 PM _{2.5} 、VOCs 及臭氧
			Thompson et al. (2016)*	臭氧及 PM _{2.5} 降低來自清潔 能源標準帶來的健康效益 每噸為 148 美元、而排放交 易每噸為 40 美元	美國 西北方	分別執行兩種政策，一為全國各 部門執行碳排放交易，另一為針 對電力部門施行清潔能源標準

表 2：GHG 減量下之共伴效益受影響類別、影響來源及共伴效益的貨幣化及各種量化評估結果（續）

受影響類別	影響來源	可評估對象	研究來源	共伴效益貨幣化及其他量化衡量結果	國家或城市	對應之 GHG 減量政策與對象
			Zhang et al. (2017)*	臭氧及 PM _{2.5} 降低之健康效益每噸為 45-137 美元	美國	執行 GHG 各部門減量政策，同時考慮來自境外排放，GHG 減量中有 15%PM _{2.5} 及 62%臭氧來自境外
			Van Vuuren et al. (2006)	歐洲整體平均的 SO ₂ 降低 74%、NO _x 降低 45%、VOC 降低 44%、PM ₁₀ 降低 64%、NH ₃ 降低 18%，然西歐、東歐及中歐各污染物降低水準各不相同	歐洲大陸	如果以聯合減量 (joint implement)、清潔發展機制 (clean development mechanism) 及排放交易 (emission trading) 將 CO ₂ 減少比 1990 年低 7%
與室內空氣污染之減少	因能源缺乏、再生能源價格過高，以致過冷引起的疾病甚至死亡		Bailis(2005)**	延緩 1-2.8 百萬人死亡 延緩 1.3-3.7 百萬人死亡	撒哈拉以南非洲	由木材轉成使用木炭、至 2030 年可減緩之死亡人數 由木材轉成使用汽油、至 2030 年可減緩之死亡人數
室外噪音引起的影響	因氣候而有的建物及運輸建設可阻隔噪音		Jakob (2006)†	提升能源效率的窗戶可將屋外 33-35 分貝甚而是 38-40 分貝的噪音 (原本僅阻隔 20-25 分貝)	瑞士	為了新建物及既有建物能源效率的提升，窗戶加裝隔緣設備，除了住起來舒適，尚可隔絕屋外噪音
運輸及交通相關影響	由私人運具移轉至騎腳踏車及大眾運輸，可減少交通事故		Rojas-Rueda et al. (2011)†	每年平均減少 12.28-39.87 人因車禍喪命	西班牙 巴塞隆納	2007 年 3 月鼓勵民眾使用大眾運輸工具及日常使用腳踏車，至 2009 年止，約 11%巴塞隆納都會人口已使用腳踏車
熱島效應相關影響	有效能源提供可減少熱島效益、特別在極端氣候下的熱浪造成之死亡		Tong et al. (2010)††	熱浪造成全年平均急診為 166 人次；全年平均死亡人數為 17 人	澳洲 布里斯本	1996 年 1 月至 2005 年 12 月因熱浪而急診病患；1996 年 1 月至 2004 年 11 月因熱浪死亡人數

表 2：GHG 減量下之共伴效益受影響類別、影響來源及共伴效益的貨幣化及各種量化評估結果（續）

受影響類別	影響來源	可評估對象	研究來源	共伴效益貨幣化及 其他量化衡量結果	國家 或城市	對應之 GHG 減量 政策與對象
空氣污染影響 ³	任何空氣污染 物之減少		Aunan et al. (2004) ^{***}	PM ₁₀ 及 SO ₂ 降低，90 年內 可避免 75,000-7,723,000 人死亡	中國 山西	CO ₂ 在新策略下減 0.3-12.8 百萬 噸
			Perez et al. (2015) ^{***}	PM _{2.5} 降低每年可減少 3% 人口之自然死亡	巴賽爾 瑞士	研究柴油車並依規劃的交通運輸 工具（如使用電動車）
			Lindsay et al. (2011) ^{***}	增加運動減少 122 死亡數 並減少地方污染	紐西蘭	每年降低 5%短途汽車量為腳踏 車
			Li 與 Crawford- Brown (2011) ^{***}	在 2015 年可減少 913 人死 亡	泰國曼谷	加強柴油車及摩托車檢查以降低 25%PM 排放
			Crawford-Brown (2012) ^{**}	減少 3,000 死亡、417,000 例非致命疾病/年	墨西哥	臭氧及 PM 減少至 2020 年每年可 減少的死亡數及非致命疾病案例
			Kwan et al. (2017) ^{***}	減少使用私人運具、增加大 眾運輸工具使用	馬來西亞 大吉隆坡	每年因 PM _{2.5} 減少、而減少 5 人 死亡及 104 例失能；同時因交通 事故減少而減少 88 人死亡及 6,300 例失能；因增加體能活動而 減少 90 人死亡及 3,200 例失能

表 2：GHG 減量下之共伴效益受影響類別、影響來源及共伴效益的貨幣化及各種量化評估結果（續）

受影響類別	影響來源	可評估對象	研究來源	共伴效益貨幣化及其他量化衡量結果	國家或城市	對應之 GHG 減量政策與對象
生態系統服務	對生態服務系統各項功能之強化	低碳排放可以強化生態服務系統所提供的各項功能，土地使用改變可減少森林砍伐、損毀，降低土地損害，雖然風力發電帶來噪音、造成鳥類傷害對生物多樣性有損害，然比起車禍造成的死亡率更低	Rodríguez-Entrena et al. (2014)**	7.91 美元 (6.54 歐元) /人/年；總計每年為 1,034.55 億美元 (855 億歐元)，佔總社會福利 55%	西班牙 安達魯西亞	農地碳吸存帶來往後 20 年的共伴效益
	森林碳吸存的功能	森林碳吸存可降低其他污染物	Plantinga 與 Wu (2003) [†]	該州將 5% 農地轉成造林地，每年可降低來自水及風造成的土壤流失產生的 2.49 百萬噸及 2.13 百萬鎊的氮污染	美國 威斯康辛州	將威斯康辛州的農地轉為造林地可增加碳吸存外、尚可降低其他較低污染物
	減碳對海洋的影響	CO ₂ 減少可降低海洋酸化及減緩海洋生態結構生產力	Kirby et al. (2009)**	觀察北海 57 年 (1949-2005)、海面溫度及浮游生物量 43 年 (1963-2005)，因溫度上升直接間接影響鱈魚的產量及繁殖量	北海	氣溫上升對生態結構的改變

表 2：GHG 減量下之共伴效益受影響類別、影響來源及共伴效益的貨幣化及各種量化評估結果（續）

受影響類別	影響來源	可評估對象	研究來源	共伴效益貨幣化及其他量化衡量結果	國家或城市	對應之 GHG 減量政策與對象
能源安全	降低能源倚賴度	能源安全是指能源使用不受影響、得以完全自主及持續的能源系統，氣候政策可以減少能源仰賴度高的國家減少這些可能的風險	Banerjee et al. (2012) [†]	提高國內能源效率、部署再生能源發展至 2050 年可以降低汽油進口尤現行 75% 降至 40%；至 2050 年全球再生能源提升 17% 至 30-75% 甚至達 90%，則可提升能源安全	全球	經由各種方法提高國內供給量、減少進口依賴、轉移至非能源的經濟以降低對能源需求；再生能源的發展
	增加先進能源的可及性	降低 GHG 排放可增加開發中國家民眾獲取安全、舒適、有效率能源	Shakya et al. (2012)	至 2050 年 SO₂ 降低 12%、NO_x 降低 7%、MN VOC 降低 1%	尼泊爾	隨著時間改變的碳稅，由 2015 年的每噸 13 美元上升至 2050 年每噸 200 美元，CO ₂ 基準年 2005 年的 12%，減少能源的進口，同時降低一般空氣污染物
	有能力獲得能源服務	開發中國家及轉型中經濟因能源效率提升而提升生活品質及能源成本	Sagar (2005)[†] Wilkinson et al. (2009)^{***} Venkataraman et al. (2010)^{***}	依世界能源委員會估計，每人每年使用 1.04 焦爾(0.17 桶)油，則可提供能源貧窮基金供全球 20 億人使用 此一結合策略在英國及印度每年每百萬人均可分別避免 850 例及 12,500 例失能者（相對於 2010 基準年） 可避免 570,000 早產婦女及嬰兒的死亡	全球 英國 印度 印度	提升汽油使用價格 3.7% 或針對石油輸出國及墨西哥、俄羅斯、挪威等 14 個石油輸出國課 8% 出口稅 使用通風布料及能源轉換，同時在英國改變人們對居住的習慣；而在印度引入 1.5 億個低炭的室內煮爐子 發展潔淨生質煮爐子以全面取代傳統爐子

表 2：GHG 減量下之共伴效益受影響類別、影響來源及共伴效益的貨幣化及各種量化評估結果（續）

受影響類別	影響來源	可評估對象	研究來源	共伴效益貨幣化及 其他量化衡量結果	國家 或城市	對應之 GHG 減量 政策與對象
糧食安全						
個人農耕 生產力	運輸對流層臭氧排放影 響農民生產力	大氣中對流層臭氧、 NO _x 、CO、CH ₄ 及 NMVOC _s 的傳導影響；靠 空氣傳播的污染物如 SO _x 有益於農業生產力	Zivin 與 Neidell (2012) †	由加州估算之結果粗略計算 全美國可得臭氧濃度降低 10ppb，則可節省約 7 億美元 之農業勞動工資支出	加州 美國	臭氧濃度目同時伴隨氮氧化物 NO _x 及揮發性有機化學物質（VOCs） 一併降低，對長時間暴露於熱及 太陽下農民生產力之影響
	作物產量		Friel et al. (2009)***	英國技術改進減少農業排放 同時減少 30% 畜產品產量；巴 西則減少 30% 畜產品產量	英國 巴西 聖保羅市	英國及巴西各減少 15% 及 16% 動物脂肪及膽固醇相關疾病負 擔、同時因減少 30% 畜產品產量 此也減輕農業部門減排壓力
經濟影響						
總體經濟 影響	先進國家能源效率提升 及再生能源投資可能使 經濟成長並創造就業機 會；開發中國家生產生質 能源，則能促使相關部門 產業興盛	Tourkolias 與 Mirasgedis (2011) †	太陽能及生質能可創造直 接、間接及誘發就業機會最顯 著，太陽能每百萬瓦為 4.55-12.48 美元（3.5-9.6 歐 元）、生質能為 5.46-8.19 美 元（4.2-6.3 歐元）；風力及水 力相進均為 2.08-4.94 美元 （1.6-3.8 歐元）；地熱最低為 0.91-2.21 美元（0.7-1.7 歐元）	希臘	希臘於 2005 年發展再生能源技 術對於就業的直接、間接及誘發 的影響	
個人及組 織的表現	辦公室或是公共場所，良 質室內空氣及燈光會影 響個人工作表現；在已開 發或是轉型中經濟，能源 效率的提升能提升人類 生活舒適度	Wyon (2004) †	在丹麥、新加坡及瑞典共完成 10 田野實驗及現地調查，結果 呈現較差的室內空氣品質將 使工作表現降低 6%-9%	丹麥 新加坡 瑞典	室外污染的空氣會影響室內空 氣品質、因此改善室外空氣污 染，除了比提供更多空氣（一般 認知的讓室內空氣流通）的能源 效率更高外，尚可提升室內空氣 品質	

表 2：GHG 減量下之共伴效益受影響類別、影響來源及共伴效益的貨幣化及各種量化評估結果（續）

受影響類別	影響來源	可評估對象	研究來源	共伴效益貨幣化及 其他量化衡量結果	國家 或城市	對應之 GHG 減量 政策與對象
衝突與抵擋 災害的影響	增加開發中國家就業機會	降低 GHG 排放可提 供開發中國家民衆 所得增加的就業機會	Silalertruksa et al. (2012) [†]	酒精與生物柴油比汽油及 柴油生產每單位能源分別 需 17-20 倍及 10 倍勞動 力；其中 90%來自農業部門， 整體乙醇生產在 2022 年增加 238,700-382,400 就 業人數	泰國	四種生質燃料（酒精、生物柴油、 甘蔗乙醇及棕櫚生物柴油）的發 展帶來就業人數的增加
	減少歷史古蹟及一般建物的損害	降低污染能同時降 低建物及建物材質 的損害，特別是歷史 古蹟等建物	Brimblecombe 與 Grossi (2007) [†]	未來 100 年與氣候相關的 凍融循環（freeze-thaw cycles）、風雨、濕度、鹽 分、PM 濃度、雨的酸度及 地下水位等情境，觀察石頭 與多孔磚石可能的改變	英國中部 捷克	氣候變遷造成空氣污染減少、溫 度、極端氣候、鹽分增加及相對 濕度變大等統合全球 1950 年代 之後 60 個有關人類衝突與不同 溫度及雨量（平均、最高、最低、 地區大小等等）衡量方式之關係
	降低人類衝突	極端氣候可能引起 人類更多衝突，因 此，GHG 減量可以 降低人類的衝突	Hsiang et al. (2013) ^{**}	地方氣溫每改變一個標準 差則個人間的衝突上升 2.3%、而群體間的衝突增加 13.2%	統合全球 相關研究	
技術外溢及 創新影響	低碳技術的 分享與擴散	開發中國中可由已 開發國家獲得發展 成熟的低碳技術，作 為減量技術之用	Cantore et al. (2014)	撒哈拉以南及低所得國 家，可以使用與所有其他國 家相同的技術，僅落後 20 年	全球	除撒哈拉以南及低所得國家外， 氣候相關技術價格降為一半的影 響

表 2：GHG 減量下之共伴效益受影響類別、影響來源及共伴效益的貨幣化及各種量化評估結果（續）

受影響類別	影響來源	可評估對象	研究來源	共伴效益貨幣化及其他量化衡量結果	國家或城市	對應之 GHG 減量政策與對象
資源效率影響						
	提升能源效率、固體廢棄物回收、資源及物質的使用	能源效率提升有助於生產效率的提升	Dudek et al. (2003)***	因 PM 及 SO ₂ 排放減少，每年可避免 35,000 人死亡	俄羅斯	技術改進，能源效率提升、市場自由化
	減少其他廢棄物	能源效率提升可減少路燈更換，以降低廢棄物量；GHG 降低可提升高性能室內空氣流通，減少清潔節省水資源使用	Kurniawan et al. (2013)**	平均每年降低 3,421 CO ₂ e	印尼泗水 日本北九州	日本北九州居民在 2005-2013 年以 Takakuraxk 垃圾箱收集家庭有機廢棄物，印尼泗水則由日本北九州學習相同方法
分配影響 ⁴						
	能源使用、降低貧窮、社會公平與公平	前述因 GHG 降低造成開發中與已開發國家，在能源使用及其他面向上的差異，均與分配有關；或是因 GHG 降低，造成一國之中所得高低分配更平均或更不公平				

資料來源：主要整合自 Ürge-Vorsatz (2014)、Deng et al. (2017)、Gao et al. (2018)、Karlsson et al. (2020)、部分來自其他文獻。

註 1：受影響類別主要依 Deng et al. (2017) 針對 1,554 篇文章所分類的十項共伴效益，除了 Deng et al. (2018) 一文中原有說明影響來源外，另再將 Ürge-Vorsatz (2014) 對共伴效益分類之影響來源結合在 Deng et al. (2017) 的適當影響來源類別中而成本表的主要共伴效益類別。

註 2：標註*為取自 Karlsson et al. (2020) 彙整之研究成果；標註**為取自 Deng et al. (2017) 彙整之部分研究成果；標註***為取自 Gao et al. (2018) 之部分研究成果；標註†為取自 Ürge-Vorsatz (2014) 彙整之研究成果；†來自 Harlan 與 Ruddell (2011) 的研究；而沒有任何標註的為本文另外找的文獻。

註 3：Deng et al. (2017) 所列的十項共伴效益中將健康效益與空氣污染影響分別列成兩項，是為了區分空氣污染影響經常並未評估至對健康效益的貨幣化結果。因而此處將空氣污染之評估結果以疾病數或死亡人數表示者列於空氣污染影響中，而以貨幣值表示者列於健康效益中。除非健康效益中有列出影響來源項別，在此情況下即便僅評估至疾病數或死亡人數，然為了凸顯該影響來源有相關評估結果，則健康效益在不同影響項別中的共伴效益則以疾病數或死亡人數之減少表示。

註 4：所得分配的差異，本文有另節討論，至於其他的分配所造成的差異則已列於本表其他的影響項目中。

註 5：表中 Ščasny et al. (2015)、Rodríguez-Entrena et al. (2014) 及 Tourkolias 與 Mirasgedis (2011) 原估計結果以歐元表示，統一換算成美元，2015 年、2014 及 2011 年 12 月 31 日美元對歐元之匯率分別為 1:1.09；1:1.21 及 1:1.30。

又表 2「對應的 GHG 減量政策與對象」一欄中，如減量政策是在該文獻出版年尚未到來之政策，如此所對應的共伴效益諸多都是以各種模擬方法推估的結果；以模擬方法得到之成果的優劣見仁見智，模擬情境的假設更因人而異、難有共識，然諸多政策要執行前，都需先預估「如果」「採行特定政策」接續「將產生何種結果」，以作為決策者在採行政策前的重要資訊。表 2 中最具代表性的一文如 West 等人 (2013)，以生命統計價值 (values of statistical life, 簡稱 VSLs) 模擬 2000 年至 2100 年如果全世界課徵碳稅，除 CO₂ 濃度降低外、依此帶來之懸浮微粒及臭氧降低對人體健康之共伴效益，全世界平均每噸為 50-380 美元，美國及西歐各國每噸為 30-600 美元、中國每噸為 70-840 美元而印度每噸為 -20-400 美元。除了澳洲外²⁴，這些共伴效益在 2030 年均比各國碳稅之中位數高，而在東亞，共伴效益則為減量成本中位數的 10-70 倍；在 2050 及 2100 年，受空氣污染影響人口顯著降低的南亞及東亞之邊際共伴效益最高，而北美洲及歐洲因 VSLs 高、因此邊際共伴效益也很高；至於已開發國家（包括東亞）的邊際效益在 2030 年最高，因這些國家能在短期內降低空氣污染物之排放；反之，開發中國家如南亞及非洲等最高之邊際共伴效益發生於 2050 及 2100 年，主要因這些地區之人口成長及經濟發展使得 VSLs 提升所造成。此一成果雖是以世界各洲的大地區為對象，而類似概念可以縮小範圍、用在模擬一個國家內之不同小區域。關於與就業機會相關的共伴效益，除表 2 中所列式的個案外，Zugravu (2011) 曾彙整氣候變遷的各種管制措施，發現在移轉至低碳經濟過程中，並不會有「就業殺手」(job killer) 的情況發生，反而會在移轉至低碳經濟而創造更多「綠色就業」(green job) 的機會。

表 2 所列的貨幣值及各種量化的共伴效益絕不完整，然這是集結最新文獻彙整而來的結果，此處的彙整嘗試提供針對 GHG 各種減量政策之執行，可能產生之共伴效益有相對全面的認識與理解。而站在 GHG 的減少，表 2 中尚不包括人類其他行為改變所產生的結果，因這些並非是政府可以經由政策強制執行。最明顯的例子為，如全世界的人類改變成食用相對多

²⁴ 澳洲碳稅由 2012 年執行至 2014 年即停止，作者在進行本文時澳洲碳稅尚在執行中。

的植物類食物、減少肉類食物的結果，至 2050 年將減少與食物相關之 GHG 排放 29%-70%，因此也會減少醫療支出進而減少人類的死亡率達 6%-10% (Springmann, et al., 2016; Vandenberghe & Albrecht, 2018)；而個別國家亦有關飲食改變的影響，比如，在英國曾評估，如減少 50% 食用肉類而代之以水果、蔬菜及穀物，以 2008 年為基準、將使每年有 36,910 人延緩死亡 (Scarborough, et al., 2012)；又 Biesbroek 等人 (2014) 於荷蘭評估如每日減少三分之一肉類食用 (約 35 公克)，而代之以蔬菜、水果、魚類、米、堅果種子等，則可增加人的存活率 6%-19%，或許這些是人類認定既可維持健康又可保護環境，因此不需經政府任何政策管制即達成的自我管理成果。

伍、結語

本文簡述碳訂價背後的原理，並回顧碳訂價中碳稅之優缺點、施行時應掌握的行政重點、實務可行性及影響碳稅接受度的相關因素。本文與過去針對碳稅之回顧文獻不同之處是，此一回顧主要是以溫室氣體減量帶來的共伴效益為主軸，彙整諸多研究成果，佐證降低溫室氣體可能衍生空氣污染降低、能源安全及糧食安全提升等十項對民眾更直接、讓民眾更有感的好處，以此凸顯降低溫室氣體與一般空氣污染物降低或其他好處的不可分割性。

課徵碳稅的主要目的無非是要減少溫室氣體的排放，然如果認定稅的課徵即可達成溫室氣體擬減少的量，恐怕是不務實的想法，雖然碳稅之目的是為了降低溫室氣體的排放量，然為達此目的任何國家不會採取碳稅作為唯一的政策與措施，因一個國家或地區為了溫室氣體的降低，除了制訂處罰性質明顯的碳稅繳交外、可能還有硬性規定的標準訂定、再加上看似花錢買污染而沒有明顯處罰污染者的排放交易機制，當然尚可能搭配具鼓勵性質的獎勵及補貼等措施，也因為經常是多重管道交錯搭配施行，以致於難以由中抽釐得知單獨執行碳稅所產生的減量效果。然而，當前各國即便採用多種交錯搭配政策所呈現的減量成果，不論是單國、區域或世界整

體均難以達成事先預定的排放水準，也因此，各議定書、協議，將目標達成日一延再延，乾脆設在下一個世紀來臨前。

即便如此，各國仍須由今日往前邁進，因此，目前施行碳稅的國家與地區，也框列出碳稅之課徵可減少的溫室氣體排放量，但聯合國至今也僅為施行碳稅的國家統計至 2012 年，表示針對這種只要有排放大家就需共同承擔的氣體，並非任一個國家可隨時即刻精準掌握。再者，目前全世界每噸碳稅率最高的瑞典，在 2012 年針對工業外每噸課徵約 120 美元的「高壓下」，所減少的量也沒有超過瑞典全國 66 百萬公噸的 0.4%，如此的結果似乎令人沮喪，因此，碳稅水準即便每年持續上升、但無法立即得知對應的減量成效，然如果回溯瑞典開始執行碳稅的 1991 年起，瑞典的溫室氣體排放至 2012 年大約減少了 23%（Government of Offices of Sweden, Ministry for Foreign Affairs, Swedish Foreign Policy Stories, 2015），但沒人敢說這純然是碳稅的功勞，因為他們同時又參與歐盟的碳排放交易，另收來的碳稅收入又做為整體環境稅改的一部分及民眾稅賦的減免等等，在如此錯綜複雜的交互影響下，每增減一單位的碳稅率、溫室氣體將減增多少是無法預知！唯一可以確定的是在碳稅的壓力下，長期下來溫室氣體必然朝我們預期的方向走。既然溫室氣體所帶來的問題不是一天造成，解決的成果必然也不會即刻可見。

而對於課稅的排斥，不僅台灣民眾對萬萬歲（稅）有所抗拒，本文回顧了已採行碳稅的國家或地區所累積的經驗得知，諸多國家一路走來也是顛波不已，因此台灣如果要採行此一措施，想必這些因素對我們絕不會是例外、台灣更沒有本錢重蹈覆轍。而此一政策如要在台灣施行，除要掌握並減除民眾對於此一新制的疑慮外，在我們還不擬借由碳稅的課徵大刀闊斧進行稅賦改革之際，或許碳費（carbon fee）是可以踏出的第一步務實作法。然即便是碳費、也要瞄準適當對象、訂定每噸課徵之相關費率，其中最更重要的是需要對民眾清楚交代，收到的總費用如何運用，政府有絕對的責任針對此一新制潛在繳費之利害相關人，不論是個人、家計單位或是企業有完整詳細的溝通，世界銀行於 2018 年出了有關於碳稅的溝通指南（Partnership for Market Readiness and Carbon Pricing Leadership Coalition,

2018)，此一指南一樣適用於碳費的溝通。這是任一即將上路之公共政策，政府對利害關係者應盡的義務。如此方能簡化行政手續、讓民眾逐步理解、進而慢慢接受、政策終能有效轉型。如永遠將溝通變成掛嘴邊的口頭禪，避開誠懇、有效的溝通，必然使行政單位混雜不明、民眾難以領教、進而加速抵制、政策必然胎死腹中，想必這是相關單位不樂見的結果。期待相關單位深刻理解溝通是對人，對思緒瞬息萬變的個人、對組成多元社會的個人、對意見錯綜複雜的個人、對想法南轅北轍的個人，也因此才凸顯相關單位存在的必要。

除前述說明不同碳稅（費）水準對溫室氣體減量的成效未必可立即得知外，即便本文自認已回顧與碳稅（費）課徵收取的重要議題，然針對這些議題的討論還有更多可以深入之處。尤有甚者，部分議題並未包含在本回顧中，比如由不同部門（電力能源；陸、海、空運輸；住商；農業；能源使用密集度不同的工業及廢棄物）課徵（收費）的難易與優缺點，碳稅（費）課徵對國民所得的影響、訂定碳稅稅率（費率）的減量成本與損害減少的資訊不完整時，碳稅（費）率水準與預期可接受溫室氣體水準如何拿捏等等問題都值得進一步回顧。當然，除了這些尚待回顧的議題外，尤其與各式評估有關的諸多方法並不在本回顧範疇中。本回顧在台灣除了嘗試做一個開頭外，期盼接續引入更多相關政策與議題的回顧。

附表 世界各國碳稅課徵起始年、管制涵蓋量、課徵標的、最新稅率、與其他稅關係及政府稅收

國家或地區 ¹	起徵年份	管制涵蓋量 ² 行政體 MtCO ₂ e (%)	管制標的 ³ (管制部門、 課徵標的)	遵約對象 ⁴ (從源或 從末端)	2019 稅率、與其他稅制關係/課稅背景			政府收入 (2018 年) 美元 ⁵
					2019 年 稅率 ⁵ (美元/ 噸 CO ₂ e)	與其他稅的 關係或課稅 背景	繳費規定/ 後續稅率變動	
1.芬蘭*	1990	69 (0.36)	工業、運輸、建築業， 除泥炭之外的化石燃料	經銷商、進口者	運輸：70 其他：60	能源稅的一 部分	2019/1/1 由 62 歐元 降為 53 歐元 (71 美 元降為 61 美元)	1,459 百萬
2.波蘭*	1990	415 (0.04)	化石燃料、其他導致溫 室氣體排放的燃料、然 油蓋在 EU 的 ETS 業者 則免繳碳稅	所有化石燃料 使用者	0.08	與沙塵、污 水、廢棄物一 併課徵	一年繳一次、 無新稅率規劃	100 萬
3.挪威**	1991	64 (0.62)	化石燃料、2018/1/1 除 農、漁及廢棄物外取消 大部分免稅對象	生產者、經銷 商、進口者	3~59	-----	一年繳一次、 2018 年規劃稅率提 升至 61 美元	1,644 百萬
4.瑞典*	1991	66 (0.40)	運輸、建築使用的化石 燃料，然涵蓋在 EU 的 ETS 非製造業者及火 車、船、空、森林及農 業則免繳碳稅	經銷商、進口者	127	能源稅的一 部份	每個月繳一次、 每年稅率納入通貨 膨脹	2,572 百萬
5.丹麥*	1992	54 (0.40)	建築及運輸使用的化 石燃料，然涵蓋在 EU 的 ETS 及火車、船、 空、及部分火力則免繳 碳稅	經銷商、進口者	化石燃 料：26 氟化氣 體：23	政府整體環 境稅(含能源 稅、SO ₂ 稅、 及綠色投資 補貼)的一部 份	每個月繳一次、 每年稅率納入通貨 膨脹	543 百萬

附表 世界各國碳稅課徵起始年、管制涵蓋量、課徵標的、最新稅率、與其他稅關係及政府稅收（續）

6. 斯洛維尼亞*	1996	21 (0.24)	建築、運輸使用的化石燃料、然涵蓋在 EU 的 ETS 及能源密集工業、空航、火力則免碳稅	經銷商、進口者	19	政府相關環境稅中的一個	每個月繳一次、無新稅率規劃	83 百萬
7. 愛沙尼亞*	2000	23 (0.03)	電力及工業部門使用的化石燃料	燃料使用者	2	環境變遷法一部份	一季繳一次、無新稅率規劃	3 百萬
8. 拉脫維亞*	2004	14 (0.15)	工業、電力部門，除泥炭之外的化石燃料、又涵蓋在 EU 的 ETS 亦免碳稅	經銷商、進口者	5	為自然資源稅法(管制水及空氣污染)一部份	一季繳一次、無新稅率規劃	9 百萬
9. 瑞士	2008	54 (0.33)	工業、電力、建築、運輸部門使用的化石燃料、又涵蓋在 EU 的 ETS 免碳稅、其他因碳稅而加重負擔及影響競爭力者亦可免、然至 2020 年需以其他方式減少或抵免 GHG 排放	經銷商、進口者	96 (96 瑞士法郎)	為瑞士 ETS 的互補政策	每個月繳一次、規劃由目前稅率持續上升至 210 瑞士法郎、以達減量目標，預計 2028 年達此稅率	1,178 百萬
10. 列支敦斯登**	2008	0.01 (0.26)	化石燃料、然涵蓋在 EU 的 ETS 則免碳稅、其他因碳稅而加重負擔及影響競爭力者亦可免、然至 2020 年需以其他方式減少或抵免 GHG 排放	經銷商、進口者	96	碳稅施行是該國與瑞士雙邊條約下的結果，要求列支敦斯登需將瑞士聯邦環境立法移轉為該國法律	每個月繳一次、無新稅率規劃	4 百萬

附表 世界各國碳稅課徵起始年、管制涵蓋量、課徵標的、最新稅率、與其他稅關係及政府稅收 (續)

11. 加拿大英屬哥倫比亞省	2008	61 (0.70)	化石燃料、產熱燃燒之廢輪胎、又部分工業、空、運輸及農業則免	生產者、進口者	30 (40 元加幣)	正式名為收入中立碳稅、碳稅收入折抵其他稅賦	每個月繳一次，後續規劃每年提升 5 元加幣，至 2021 則升至約 50 元加幣	1,056 百萬
12. 冰島**	2010	6 (0.29)	化石燃料、然涵蓋在 EU 的 ETS 及空運部門則免	生產者、進口者	31	環境及資源稅一部分、碳稅為政府稅改一部份、以鼓勵使用友善環境汽車及國內能源、為 EU 之 ETS 互補政策	兩個月付一次、規劃稅率提升以達成巴黎協議，然作法不明	44 百萬
13. 愛爾蘭*	2010	62 (0.49)	化石燃料、然涵蓋在 EU 的 ETS 及部分海、空運、電力部門則免	經銷商、進口者	運輸：29 其他：22	原稱為「天然氣碳稅」(natural gas carbon)、「礦物油稅」(mineral oil tax)、及「碳及固體燃料碳稅」(carbon charge and solid fuel carbon tax)；為 EU 之 ETS 互補政策	兩個月付一次、其他部門自 2019 年，稅率每年提升 7 美元至 2030 年則升至每噸約 89 美元	489 百萬

附表 世界各國碳稅課徵起始年、管制涵蓋量、課徵標的、最新稅率、與其他稅關係及政府稅收（續）

14. 烏克蘭	2011	405 (0.71)	工業、電力及住商的CO ₂ 之使用者，排放量小於 500 噸 CO ₂ e 者免繳	相關部門之化石燃料使用者	0.37 (10)	降低固定污染源空氣污染之環境稅	規劃 2019 年起每噸 0.37 美元 (10 格里夫尼亞)、此後每年提升 5 格里夫尼亞，至 2023 年為 1.11 美元 (30 格里夫尼亞)	4 百萬
15. 日本	2012	1,479 (0.68)	化石燃料	生產者，然工業、電力、農業及運輸部門免稅	3	原名為氣候變遷減緩稅 (tax for climate change mitigation)	兩個月繳一次、無新稅率規劃	2,361 百萬
16. 英國*	2013	586 (0.23)	電力部門使用的化石燃料	燃油：生產者、進口者 其他：化石燃料使用者	24	EU 碳價格通常過低且不穩定，難以讓投資者願意投入低碳電力設施、此最低碳價格 (carbon price floor) 是為降低收入不確定	化石燃料業者每季付一次、而燃油生產者每月可申請一次退費；又 EU 之 ETS 的價格與 carbon price floor 之和如仍未達 carbon price floor 之目標水準，規劃 2020-21 最高稅率將提升至 18 英鎊 (以 2020 年 2 月 29 日美元對英鎊匯率計、約為每噸為 23.04 美元)	1,091 百萬
17. 西班牙*	2014	359 (0.03)	氟氣體的溫室氣體排放	每個部門使用者，然氟氣出口、醫療設備、化學過程使用者等免繳	17	-----	-----	124 百萬

附表 世界各國碳稅課徵起始年、管制涵蓋量、課徵標的、最新稅率、與其他稅關係及政府稅收(續)

18.法國*	2014	499 (0.35)	工業、建築、運輸使用的化石燃料	經銷商、進口者，主要針對工業、住商及運輸，但這些部門免繳	50 (45 歐元)	一種國內能源產品消費的關稅，同時也是EU之ETS的互補政策	一季繳一次、原訂2022年提升至每噸86.2歐元，然人民抗議故維持目前水準	142 百萬
19.墨西哥	2014	663 (0.46)	天然氣之外的化石燃料	生產者、進口者，可以在墨西哥發展的清潔機制(CDM)抵減，或在EU購買的ETS免除碳稅支付	0.37-3	不是針對含碳之燃料課稅，而是針對比天然氣排更多的CO ₂ 排放課稅，且是課在生產與服務的生產消費稅	每個月繳一次、無新稅率規劃	306 百萬
20.葡萄牙*	2015	73 (0.29)	主要針對工業、住商及運輸CO ₂ 之排放	經銷商、進口者	14	是該國綠色稅改的一部分，是針對特殊消費的消費稅，也是EU的ETS的互補政策	每個月繳一次，稅率每年則依EU的平均ETS前一年的平均價格而定	155 百萬
21.智利	2017	121 (0.39)	電力及工業部門之化石燃料的CO ₂ 排放，同時針對固定熱能設施超過150兆瓦	燃料使用者	5	是該國整體稅制改革的一部分，主要為提升大企業稅賦而降低個人稅賦，同時降低空氣中的污染	一年繳一次、在物價變動頻繁的致力，稅率原則維持相當於以當地幣值換算的5美元	166 百萬

附表 世界各國碳稅課徵起始年、管制涵蓋量、課徵標的、最新稅率、與其他稅關係及政府稅收（續）

22.哥倫比亞	2017	173 (0.24)	所有部門（除天然氣消費者或可以碳中和抵減之消費者）來自化石燃料的 GHG 排放	經銷商、進口者	5	該國稅收的一部分	兩個月繳一次、每年計算考慮通貨膨脹	93 百萬
23.阿根廷	2018	396 (0.20)	所有部門之液態化石燃料，而空、海、外銷燃油覆蓋及作為化學過程用的化石燃料免稅	生產者、經銷商、進口者	6	取代過去的能源稅，稅收主要用於國家住宅基金、運輸設施、社會安全機制及其他多種用途	液態燃料每季繳一次，其他每次稅率要考慮通貨膨脹，由 2019 年起每年提升 10%，至 2028 年則升 100%	200 百萬
24.加拿大 紐芬蘭與 拉布拉多 省	2019	10 (0.47)	工業、農業及運輸部門的化石燃料，而部分工業、運輸及農業則免繳	生產者、經銷商、進口者	15 (20 元加幣)	碳稅是降低該省 GHG 排放、維持經濟競爭力及研發再生能源的兩大碳訂價之一（另一為碳交易線）	每個月繳一次，規劃自 2019 年起每年升 10 元加幣，至 2022 年則每噸為 50 元加幣	53 百萬
25.加拿大 西北領地	2019	2 (0.79)	在西北領地內的各類燃料，然燃料是要運送至西北領地外、空運及天然氣則免繳	生產者、經銷商、進口者	15 (20 元加幣)	提升再生及清潔能源投資，同時降低生活及企業成本	每個月繳一次，規劃自 2019 年起每年升 10 元加幣，至 2022 年則每噸為 50 元加幣	-----

附表 世界各國碳稅課徵起始年、管制涵蓋量、課徵標的、最新稅率、與其他稅關係及政府稅收(續)

26. 加拿大 愛德華王子島	2019	2 (0.44)	所有部門的化石燃料, 除農、漁、水產養殖、空、船及燃料用於設備已支付聯邦 Output-Based Pricing System (OBPS) 污染價格者免繳	生產者、經銷商、進口者	15 (20 元加幣)	加拿大聯邦氣候領先法案(Climate Leadership Act)一部分, 與同年施行聯邦法案類似	每個月繳一次, 規劃自2019年起每年升10元加幣, 至2022年則每噸為50元加幣	13 百萬
27. 新加坡	2019	53 (0.80)	工業、電力使用的化石燃料及其他排放 GHG 的燃料, 然生質能及非營業用的冰箱及冷氣免繳	設備所有者 (經營者)	4	任何會產生一年25千公噸的設施均是課稅對象, 沒有例外, 碳稅收入用來協助進行氣候變遷者、碳稅初始執行時, 受課徵者不能以國際碳權抵減碳稅之課徵	一年繳一次, 規劃至2030年每噸為10-15美元	148 百萬
28. 加拿大	2019	945 (0.19)	包含來自各部門的21種燃料, 其中工業、農業及運輸部門及出口至境外的燃料免繳	經銷商	15 (20 元加幣)	屬泛加拿大潔淨成長與氣候變遷架構下的主軸, 要求聯邦所屬各省及領地與聯邦同步施行, 然其中安大略、亞伯達、薩克其萬及曼尼托巴各省抗議此一政策, 抗議之上訴	每個月繳一次, 規劃自2019年起每年升10元加幣, 至2022年則每噸為50元加幣	1,990 百萬

附表 世界各國碳稅課徵起始年、管制涵蓋量、課徵標的、最新稅率、與其他稅關係及政府稅收（續）

29.南非	2019	516 (0.80)	工業、電力、住商、運輸部門的 GHG 排放，然視排放溢散、貿易風險、排放情況及排放抵減而有 60%-95%的免繳比例	使用者	8	使污染者內部化碳排放外部成本，同時也降低污染所造成的損害	目前進行中，故無法全國 10 個省及 3 個領地同步施行	每半年繳一次，規劃至 2022 年、每年依消費者物價水準加 2%提升，此後則依物價水準修正	170 百萬

資料來源：整理自 World Bank (2020)。

註 1：標註*者為參與 EU 之 ETS 的 EU 國家，而標註**者為非 EU 國家然亦參與 EU 之 ETS 的國家。

註 2：各行政體總排放量在聯合國最新統計為 2012 年數值，因此括號之對應數值是指碳稅減少之 GHG 排放佔 2012 年總排放量的比例。

註 3：大多以燃料做為課徵標的、部分針對 GHG、部分則針對 CO₂ 排放；少數以氟化物為標的。

註 4：使用者為從末端課徵、生產及進口者為從源課徵，而經銷商介於二者之間。

註 5：資料庫上之稅率已採 2019 年匯率換算之結果，且這一欄上如有出現各國幣值者，表示在稅率規劃中有以該國幣值表示的未來稅率，列出以供比較；政府收入亦同是原資料上已用 2019 年匯率轉換的結果。此外，2019 年才開始施行碳稅的國家或是地區，尚無政府確實的碳稅收入，因此資料尚有預估可以得到的價值 (value)，因此，除加拿大西北領地完全無資料外，2019 的各國及地區的政府收入一欄則是聯合國資料上 value 一欄上取得。

註 6：文件中說明以稅率調降 (以歐元表示)，然換成美元資料有誤，此處是另外就其所說明的歐元對美元匯率重新換算，2018 年 12 月 31 日美元對歐元匯率為 1：1.5。

參考文獻

- 行政院環境保護署，2020a。〈國家溫室氣體減量法規資訊網：溫室氣體階段管制目標〉。台北：行政院環境保護署（https://ghgrule.epa.gov.tw/greenhouse_control/greenhouse_control）（2020/3/10）
- 行政院環境保護署，2020b。〈2019 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告〉。台北：行政院環境保護署（http://unfccc.saveoursky.org.tw/nir/2019nir/uploads/00_nir_full.pdf）（2020/5/10）
- Alcalde, Juan, Pete Smith, R. Stuart Haszeldine, and Clare E. Bond. 2018. "The Potential for Implementation of Negative Emission Technologies in Scotland." *International Journal of Greenhouse Gas Control*, Vol. 76, pp. 85-91.
- Alfsen, Knut H., Anne Brendemoen, and Solveig Glomsrød. 1992. *Benefits of Climate Policies: Some Tentative Calculations*. Discussion paper no. 69. Central Bureau of Statistics, P.B. 8131 Dep, 0033, Oslo, Norway (https://www.ssb.no/a/publikasjoner/pdf/DP/dp_069.pdf) (2020/3/10)
- Ambasta, Anshula, and Jonathan J. Buonocore. 2018. "Carbon Pricing: A Win-win Environmental and Public Health Policy." *Canadian Journal of Public Health*, Vol. 109, No. 5-6, pp. 779-81.
- Anadon, Laura Diaz, Gabriel Chan, Alicia G. Harley, Kira Matus, Suerie Moon, Sharmila L. Murthy, and William C. Clark. 2016. "Making Technological Innovation Work for Sustainable Development." *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 113, No. 35, pp. 9682-90.
- Aunan, Kristin, Jinghua Fang, Haakon Vennemo, Kenneth Oye, and Hans M. Seip, 2004. "Co-Benefits of Climate Policy: Lessons Learned from a Study in Shanxi, China." *Energy Policy*, Vol. 32, No. 4, pp. 567-81.
- Bailis, Robert, Majid Ezzati, and Daniel M. Kammen. 2005. "Mortality and Greenhouse Gas Impacts of Biomass and Petroleum Energy Futures in Africa." *Science*, Vol. 308, No. 5718, pp. 98-103.
- Balbus, John M., Jeffery B. Greenblatt, Ramya Chari, Dev Millstein, and Kristie L. Ebi. 2014. "A Wedge-based Approach to Estimating Health Co-benefits of Climate Change Mitigation Activities in the United States." *Climatic Change*, Vol. 127, No. 2, pp. 199-210.
- Banerjee, Rangan, Sally M. Benson, Daniel H. Bouille, Abeeku Brew-Hammond, Aleh

- Cherp, Suani T. Coelho, Lisa Emberson, Maria Josefi na Figueroa, Arnulf Grubler, Mark Jaccard, Suzana Kahn Ribeiro, Stephen Karekezi, Kebin He, Eric D. Larson, Zheng Li, Susan McDade, Lynn K. Mytelka, Shonali Pachauri, Anand Patwardhan, Keywan Riahi, Johan Rockström, Hans-Holger Rogner, Joyashree Roy, Robert N. Schock, Ralph Sims, Kirk R. Smith, Wim C. Turkenburg, Diana Ürge-Vorsatz, Frank von Hippel, and Kurt Yeager. 2012. "Global Energy Assessment Toward a Sustainable Future: Key Findings Summary for Policymakers Technical Summary," in Thomas B. Johansson, Anard Patwardhan, Nebojsa Nakicenovic, and Luis Gomez-Echeverri, eds. *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future*. Cambridge: Cambridge University Press (DOI: 10.1017/CBO9780511793677).
- Baranzini, Andrea, Jeroen C. J. M. van den Bergh, Stefano Carattini, Richard B. Howarth, Emilio Padilla, and Jordi Roca. 2017. "Carbon Pricing in Climate Policy: Seven Reasons, Complementary Instruments, and Political Economy Considerations." *Climate Change*, Vol. 8, No. 4, e462 (DOI: 10.1002/wcc.462).
- Baranzini, Andrea, and Stefano Carattini. 2017. "Effectiveness, Earmarking and Labeling: Testing the Acceptability of Carbon Taxes with Survey Data." *Environmental Economics and Policy Studies*, Vol. 19, No. 1, pp. 197-227.
- Bassi, Samuela, Maria Carvalho, Baran Doda, and Sam Fankhauser, 2017. *Decarbonising the European Union Credibly, Effectively and Acceptably*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and Centre for Climate Change Economics and Policy (<http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2017/11/Decarbonising-the-European-Union-credibly-affordably-and-acceptably.pdf>) (2020/3/1)
- Beck, Marisa, Nicholas Rivers, Randall Wigle, and Hidemichi Yonzawa. 2015. "Carbon Tax and Revenue Recycling: Impacts on Households in British Columbia." *Resource and Energy Economics*, Vol. 41, No. C, pp. 40-69.
- Bednar, Johannes, Michael Obersteiner, and Fabian Wagner. 2019. "On the Financial Viability of Negative Emissions." *Nature Communications*, Vol. 10, 1783 (DOI: 10.1038/s41467-019-09782-x).
- Beiser-McGrath, Liam F., and Thomas Bernauer. 2019. "Could Revenue Recycling Make Effective Carbon Taxation Politically Feasible?" *Science Advances*, Vol. 5, No. 9, eaax3323 (DOI: 10.1126/sciadv.aax3323).
- Bellamy, Rob. 2018. "Incentivize Negative Emissions Responsibly." *Nature Energy*, Vol. 3, No. 7, pp. 532-34.

- Biesbroek, Sander, H. Bas Bueno-de-Mesquita, Petra H.M. Peeters, W.M. Monique Verschuren, Yvonne T. van der Schouw, Gerard F.H. Kramer, Marcelo Tyszler, and Elisabeth H. Temme. 2014. "Reducing Our Environmental Footprint and Improving Our Health: Greenhouse Gas Emission and Land Use of Usual Diet and Mortality in EPIC-NL: A Prospective Cohort Study." *Environmental Health*, Vol. 13, No. 1, pp. 27-29.
- Brimblecombe, Peter, and Carlota M. Grossi. 2007. "Damage to Buildings from Future Climate and Pollution." *The Journal of Preservation Technology*, Vol. 38, Nos. 2/3, pp. 13-18.
- Brown, Tom, Mirko Schäfer, and Martin Greiner. 2019. "Sectoral Interactions as Carbon Dioxide Emissions Approach Zero in a Highly-Renewable European Energy System." *Energies*, Vol. 12, 1032 (DOI: 10.3390/en12061032).
- Burke, Joshus, Rebecca Byrnes, and Sam Fankhauser. 2019a. *Policy Brief: Global Lessons for the UK in Carbon Taxes*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Center of Climate Change Economics and Policy, London School of Economics and Political Science (http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2019/08/GRI_Global-lessons-in-carbon-taxes-for-the-UK_policy-brief.pdf) (2020/2/7)
- Burke, Joshua, Rebecca Byrnes, and Sam Fankhauser. 2019b. *How to Price Carbon to Reach Net-zero Emissions in the UK*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Center of Climate Change Economics and Policy, London School of Economics and Political Science (http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2019/05/GRI_POLICY-REPORT_How-to-price-carbon-to-reach-net-zero-emissions-in-the-UK.pdf) (2020/2/9)
- Burtraw, Dallas, Alan Krupnick, Karen Palmer, Anthony Paul, Michael Toman, and Cary Bloyd. 2003. "Ancillary Benefits of Reduced Air Pollution in the US from Moderate Greenhouse Gas Mitigation Policies in the Electricity Sector." *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 45, No. 3, pp. 650-73.
- Caillavet, France, Adelaide Fadhuile, and Veronique Nichele. 2019. "Assessing the Distributional Effects of Carbon Taxes on Food: Inequalities and Nutritional Insights in France." *Ecological Economics*, Vol. 163, pp. 20-31.
- Cantore, Nicola, Dirk Willem te Velde, and Leo Peskett. 2014. "How Can Low-income Countries Gain from a Framework Agreement on Climate Change? An Analysis with Integrated Assessment Modelling." *Development Policy Review*, Vol. 32, No. 3,

pp. 313-26.

- Carattini, Stefano, Maria Carvalho, and Sam Fankhauser. 2017a. *How to Make Carbon Taxes More Acceptable*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Center of Climate Change Economics and Policy, London School of Economics and Political Science (<http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2017/12/How-to-make-carbon-taxes-more-acceptable.pdf>) (2020/2/7)
- Carattini, Stefano, Andrea Baranzini, Philippe Thalmann, Frédéric Varone, and Frank Vöhringer. 2017b. "Green Taxes in a Post-Paris World: Are Millions of Nays Inevitable?" *Environmental and Resource Economics*, Vol. 68, No. 1, pp. 97-128.
- Carattini, Stefano, Maria Carvalho, and Sam Fankhauser. 2018. "Overcoming Public Resistance to Carbon Taxes." *Climate Change*, Vol. 9, No. 5, e531 (DOI: 10.1002/wcc.531).
- Carl, Jeremy, and David Fedor. 2016. "Tracking Global Carbon Revenues: A Survey of Carbon Taxes versus Cap-and-trade in the Real World." *Energy Policy*, Vol. 96, No. C, pp. 50-77.
- Crawford-Brown, Douglas, Terry Barker, Annela Anger, and Olivier Dessens. 2012. "Ozone and PM Related Health Co-benefits of Climate Change Policies in Mexico." *Environmental Science and Policy*, Vol. 17, pp. 33-40.
- Crippa, M., G. Oreggioni, D. Guizzardi, M. Muntean, E. Schaaf, E. Lo Vullo, E. Solazzo, F. Monforti-Ferrario, J. G. J. Olivier, and E. Vignati. 2019a. *Fossil CO₂ and GHG Emissions of All World Countries - 2019 Report: GHG Total Emissions* (<https://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=booklet2019&dst=GHGemi>) (2020/3/11)
- Crippa, M., G. Oreggioni, D. Guizzardi, M. Muntean, E. Schaaf, E. Lo Vullo, E. Solazzo, F. Monforti-Ferrario, J. G. J. Olivier, and E. Vignati. 2019b. *Fossil CO₂ and GHG Emissions of All World Countries - 2019 Report: CO₂ Total Emissions*. EUR 29849 EN, Luxembourg: Publications Office of the European Union (<https://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=booklet2019&dst=CO2emi&sort=des9>) (2020/3/11)
- Crippa, M., G. Oreggioni, D. Guizzardi, M. Muntean, E. Schaaf, E. Lo Vullo, E. Solazzo, F. Monforti-Ferrario, J. G. J. Olivier, and E. Vignati. 2019c. *Fossil CO₂ and GHG Emissions of All World Countries - 2019 Report: CO₂ Per Capita Emissions*. EUR 29849 EN, Luxembourg: Publications Office of the European Union (<https://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=booklet2019&dst=CO2pc>) (2020/3/11)
- Crippa, M., G. Oreggioni, D. Guizzardi, M. Muntean, E. Schaaf, E. Lo Vullo, E. Solazzo,

- F. Monforti-Ferrario, J. G. J. Olivier, and E. Vignati. 2019d. *Fossil CO₂ and GHG Emissions of All World Countries - 2019 Report: CO₂ Per GDP Emissions*. EUR 29849 EN, Luxembourg: Publications Office of the European Union (<https://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=booklet2019&dst=CO2gdp>) (2020/3/11)
- Deng, Hong-Mei, Qiao-Mei Liang, Li-Jing Liu, and Laura Diaz Anadon. 2017. "Co-benefits of Greenhouse Gas Mitigation: A Review and Classification by Type, Mitigation Sector, and Geography." *Environmental Research Letters*, Vol. 12, No. 12, 123001 (DOI: 10.1088/1748-9326/aa98d2).
- Dresner, Simon, Tim Jacksonb, and Nigel Gilbert. 2006. "History and Social Responses to Environmental Tax Reform in the United Kingdom." *Energy Policy*, Vol. 34, No. 8, pp. 930-39.
- Dudek, Dan, Alexander Golub, and Elena Strukova. 2003. "Ancillary Benefits of Reducing Greenhouse Gas Emissions in Transitional Economies." *World Development*, Vol. 31, No. 10, pp. 1759-69.
- Duff, David G. 2008. "Carbon Taxation in British Columbia." *Vermont Journal of Environmental Law*, Vol. 10, No. 1, pp. 87-107.
- Ekins, Paul. 1996. "How Large a Carbon Tax Is Justified by the Secondary Benefits of CO₂ Abatement?" *Resource and Energy Economics*, Vol. 18, No. 2, pp. 161-87.
- Energy & Climate Intelligence Unit. 2020. *Net Zero Tracker: Net Zero Emissions Race, 2020 Scorecard*. London: Energy & Climate Intelligence Unit (<https://eciu.net/netzerotracker>) (2020/3/12)
- Fajardy, Mathilde, Piera Patrizio, Habiba Ahut Daggash, and Niall MacDowell. 2019. "Negative Emissions: Priorities for Research and Policy Design." *Frontier in Climate*, Vol. 1, 00006 (DOI: 10.3389/fclim.2019.00006).
- Fankhauser, Sam, Alina Averchenkova, and Jared J. Finnegan. 2018. *10 Years of the Climate Change Act*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment (<http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/publication/10-years-climate-change-act/>) (2020/3/16)
- Farrelly, Damien J., Colm D. Everard, Colette C. Fagan, and Kevin P. McDonnell. 2013. "Carbon Sequestration and the Role of Biological Carbon Mitigation: A Review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 21, No. C, pp. 712-27.
- Feng, Kuishuang, Klaus Hubacek, Yu Liuc, Estefanía Marchánd, and Adrien Vogt-Schilbd. 2018. "Managing the Distributional Effects of Energy Taxes and Subsidy Removal in Latin America and the Caribbean." *Applied Energy*, Vol. 225,

- pp. 424-36.
- Fremstad, Anders, and Mark Paul. 2019. "The Impact of a Carbon Tax on Inequality." *Ecological Economics*, Vol. 163, No. C, pp. 88-97.
- Friel, Sharon, Alan D. Dangour, Tara Garnett, Karen Lock, Zaid Chalabi, Ian Roberts, Ainslie Butler, Colin D Butler, Jeff Waage, Anthony J. McMichael, and Andy Haines. 2009. "Public Health Benefits of Strategies to Reduce Greenhouse-gas Emissions: Food and Agriculture." *Lancet*, Vol. 374, No. 9706, pp. 2016-25.
- Fuss, Sabine, William F. Lamb, Max W. Callaghan, Jérôme Hilaire, Felix Creutzig, Thorben Amann, Tim Beringer, Wagner de Oliveira Garcia, Jens Hartmann, Tarun Khanna, Gunnar Luderer, Gregory F. Nemet, Joeri Rogelj, Pete Smith, José Luis Vicente Vicente, Jennifer Wilcox, Maria del Mar Zamora Dominguez, and Jan C. Minx. 2018. "Negative Emissions—Part 2: Costs, Potentials and Side Effects." *Environmental Research Letters*, Vol. 13, 063002 (DOI: 10.1088/1748-9326/aabf9f)
- Gao, Jinghong, Sari Kovats, Sotiris Vardoulakis, Paul Wilkinson, Alistair Woodward, Jing Li, Shaohua Gu, Xiaobo Liu, Haixia Wu, Jun Wang, Xiaoqin Song, Yunkai Zhai, Jie Zhao, and Qiyong Liu. 2018. "Public Health Co-benefits of Greenhouse Gas Emissions Reduction: A Systematic Review." *Science of the Total Environment*, Vol. 627, pp. 388-402.
- Garcia-Menendez, Fernando, Rebecca K. Saari, Erwan Monier, and Noelle E. Selin. 2015. "U.S. Air Quality and Health Benefits from Avoided Climate Change under Greenhouse Gas Mitigation." *Environmental Science and Technology*, Vol. 49, No. 13, pp. 7580-88.
- Gevrek, Z. Eylem, and Ayse Uyduranoglu. 2015. "Public Preferences for Carbon Tax Attributes." *Ecological Economics*, Vol. 118, No. C, pp. 186-97.
- Goulder, Lawrence H. 1995. "Environmental Taxation and the Double Dividend: A Reader's Guide." *International Tax and Public Finance*, Vol. 2, pp. 157-83.
- Goulder, Lawrence H., and Andrew R. Schein. 2013. "Carbon Taxes versus Cap and Trade: A Critical Review." *Climate Change Economics*. Vol. 4, No. 3, 1350010 (DOI: 10.1142/S2010007813500103).
- Government of Offices of Sweden, Ministry for Foreign Affairs, Swedish Foreign Policy Stories. 2015. *Sweden: Decoupling GDP Growth from CO₂ Emissions Is Possible, Real GDP and CO₂e Emission in Sweden 1990-2013* (<http://www.swemfa.se/2015/05/23/sweden-decoupling-gdp-growth-from-co2-emissions-is-possible/>) (2020/3/28)
- Greenstone, Michael, Elizabeth Kopits, and Ann Wolverton. 2013. "Developing a Social

- Cost of Carbon for US Regulatory Analysis: A Methodology and Interpretation.” *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 7, No. 1, pp. 23-46.
- Harlan, Sharon L., and Darren M. Ruddell. 2011. “Climate Change and Health in Cities: Impacts of Heat and Air Pollution and Potential Co-benefits from Mitigation and Adaptation.” *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Vol. 3, No. 3, pp. 126-34.
- Haug, Constanze, Alexander Eden, and Mariza Montes de Oca. 2018. *Addressing the Distributional Impacts of Carbon Pricing Policies*. Berlin: Adelphi (<https://www.adelphi.de/en/system/files/mediathek/bilder/Addressing%20distributional%20impacts%20of%20carbon%20pricing%20policies%20-%20adelphi.pdf>) (2020/2/25)
- Hennessey, Ryan, Jeremy Pittman, Annette Morand, and Allan Douglas. 2017. “Co-benefits of Integrating Climate Change Adaptation and Mitigation in the Canadian Energy Sector.” *Energy Policy*, Vol. 111, No. C, pp. 214-21.
- Hohmeyer, Olav. 1988. *Social Costs of Energy Consumption*. Berlin: Springer-Verlag.
- Hsiang, Solomon M., Marshall Burke, and Edward Miguel. 2013. “Quantifying the Influence of Climate on Human Conflict.” *Science*, Vol. 341, No. 6561, 1235367 (DOI: 10.1126/science.1235367).
- Huppmann, Daniel, Joeri Rogelj, Elmar Kriegler, Volker Krey, and Keywan Riahi. 2018. “A New Scenario Resource for Integrated 1.5°C Research.” *Nature Climate Change*, Vol. 8, pp. 1027-30.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. *Summary for Policymakers, Climate Change 2001: Mitigation, A Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIII_TAR_full_report.pdf) (2020/2/28)
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2018. *Annex I: Glossary*. in J.B.Robin Matthews, ed. *Annexes*, p. 546. in Valerie Masson-Delmotte, Panmao Zhai, Hans-Otto Pörtner, David Roberts, Jim Skea, Priyadarshi R. Shukla, Anna Pirani, Wilfran Moufouma-Okia, C. Péan, Roz Pidcock, Sarah Connors, J.B.R. Matthews, Yating Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, Thomas Maycock, Melinda Tignor, and Thomas Waterfield, eds. *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty* (<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/>

- 06/SR15_AnnexI_Glossary.pdf) (2020/2/27)
- International Monetary Fund. 2019. *IMP DataMapper: GDP per Capita, Current Prices Purchasing Power Parity, International Dollars per Capita, All Data, Excel File*. Washington, D.C.: International Monetary Fund (<https://www.imf.org/external/datamapper/PPPPC@WEO/THA>) (2020/3/12)
- Jakob, Martin. 2006. "Marginal Costs and Co-benefits of Energy Efficiency Investments." *Energy Policy*, Vol. 34, No. 2, pp. 172-87.
- Jochem, Eberhard, and Reinhard Madlener. 2003. "The Forgotten Benefits of Climate Change Mitigation: Innovation, Technological Leapfrogging, Employment, and Sustainable Development," Presented at OECD Workshop Benefits Climate Policy: Improvement Information for Policy Makers, ENV/EPOC/GSP(2003)16/FINAL, Organ. Econ. Co-op. Dev., Paris. December 12-13 (<http://www.oecd.org/environment/cc/19524534.pdf>) (2020/3/1)
- Joh, Seunghun, Yun-Mi Nam, ShangGyoo Shim, Joohon Sung, and Youngchul Shin. 2003. "Empirical Study of Environmental Ancillary Benefits Due to Greenhouse Gas Mitigation in Korea." *International Journal of Sustainable Development*, Vol. 6, No. 3, pp. 311-27.
- Karlsson, Mikael, Eva Alfredsson, and Nils Westling. 2020. "Climate Policy Co-benefits: A Review." *Climate Policy* (DOI: 10.1080/14693062.2020.1724070).
- Kirby, Richard R., Gregory Beaugrand, and John A. Lindley. 2009. "Synergistic Effects of Climate and Fishing in a Marine Ecosystem." *Ecosystems*, Vol. 12, No. 4, pp. 548-61.
- Klenert, David, Linus Mattauch, Emmanuel Combet, Ottmar Edenhofer, Cameron Hepburn, Ryan Rafaty, and Nicholas Stern. 2018. "Making Carbon Pricing Work for Citizens." *Natural Climate Change*, Vol. 8, No. 8, pp. 669-77.
- Klok, Jacob, Anders Larsen, Anja Dahl, and Kirsten Hansen. 2006. "Ecological Tax Reform in Denmark: History and Social Acceptability." *Energy Policy*, Vol. 34, No. 8, pp. 905-16.
- Kotchen, Matthew J. 2018. "Which Social Cost of Carbon? A Theoretical Perspective." *Journal of the Association of Environmental and Resource Economics*, Vol. 5, No. 3, pp. 673-94.
- Krook Riekkola, Anna, Erik O. Ahlgren, E. O., and Patrick Söderholm. 2011. "Ancillary Benefits of Climate Policy in a Small Open Economy: The Case of Sweden." *Energy Policy*, Vol. 39, No. 9, pp. 4985-98.

- Kurniawan, Tonni Agustiono, Jose Puppim de Oliveira, Dickella G.J. Premakumara, and Masaya Nagaishi. 2013. "City-to-city Level Cooperation for Generating Urban Co-benefits: The Case of Technological Cooperation in the Waste Sector between Surabaya (Indonesia) and Kitakyushu (Japan)." *Journal of Cleaner Production*, Vol. 58, pp. 43-50.
- Kwan, Soo Chen, Marko Tainioc, James Woodcock, Rosnah Sutan, and Jamal Hisham Hashim. 2017. "The Carbon Savings and Health Co-benefits from the Introduction of Mass Rapid Transit System in Greater Kuala Lumpur, Malaysia." *Journal of Transport & Health*, Vol. 6, pp. 187-200.
- Levy, Jonathan I., May K. Woo, Stefani L. Penn, Mohammad Omary, Yann Tambouret, Chloe S. Kim, and Saravanan Arunachalam. 2016. "Carbon Reductions and Health Cobenefits from US Residential Energy Efficiency Measures." *Environmental Research Letters*, Vol. 11, No. 3, 034017 (DOI: 10.1088/1748-9326/11/3/034017).
- Li, Ying, and Douglas J. Crawford-Brown. 2011. "Assessing the Co-Benefits of Greenhouse Gas Reduction: Health Benefits of Particulate Matter Related Inspection and Maintenance Programs in Bangkok, Thailand." *Science of the Total Environment*, Vol. 409, No. 10, pp. 1774-85.
- Lindsay, Graeme, Alexandra Macmillan, and Alistair Woodward. 2011. "Moving Urban Trips from Cars to Bicycles: Impact on Health and Emissions." *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, Vol. 35, No. 1, pp. 54-60.
- Maestre-Andrés, Sara, Stefan Drews, and Jeroen van den Bergh. 2019. "Perceived Fairness and Public Acceptability of Carbon Pricing: A Review of the Literature." *Climate Policy*, Vol. 19, No. 9, pp. 1186-1204.
- Markandya, Anil, Jon Sampedro, Steven J Smith, Rita Van Dingenen, Cristina Pizarro-Irizar, Iñaki Arto, and Mikel González-Eguino. 2018. "Health Co-benefits from Air Pollution and Mitigation Costs of the Paris Agreement: A Modelling Study." *Lancet Planet Health*, Vol. 2, No. 3, pp. e126-33.
- Mayrhofer, Jan P., and Joyeeta Gupta. 2016. "The Science and Politics of Co-benefits in Climate Policy." *Environmental Science and Policy*, Vol. 57, No. C, pp. 22-30.
- McLaren, Duncan P., David P. Tyfield, Rebecca Willis, Bronislaw Szerszynski, and Nils O. Markusson. 2019. "Beyond 'Net-zero': A Case for Separate Targets for Emission Reductions and Negative Emissions." *Frontiers in Climate*, Vol. 1, 4 (DOI: 10.3389/fclim.2019.00004).
- Metcalf, Gilbert E. 2019. "The Distributional Impacts of U.S. Energy Policy." *Energy*

- Policy*, Vol. 129, No. C, pp. 926-29.
- Murray, Brian, and Nicholas Rivers. 2015. "British Columbia's Revenue-neutral Carbon Tax: A Review of the Latest 'Grand Experiment' in Environmental Policy." *Energy Policy*, Vol. 86, No. C, pp. 674-83.
- Parry, Ian, and Chandara Veung. 2015. "How Much Carbon Pricing in Countries' Own Interests? The Critical Role of Co-benefits." *Climate Change Economics*, Vol. 6, No. 4, 1550019 (DOI: 10.1142/S2010007815500190).
- Partnership for Market Readiness and Carbon Pricing Leadership Coalition. 2018. *Guide to Communicating Carbon Pricing*. Washington, D.C.: World Bank.
- Pearce, David. 1992, *The Secondary Benefits of Greenhouse Gas Control*, CSERGE Working Paper 92-12, CSERGE, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich, UK.
- Perez, L., S. Trüeb, Hilary Cowie, Menno P. Keuken, P. Mudu, Martina S. Ragettli, Dimosthenis A. Sarigiannis, M. Tobollik, Jouni I. Tuomisto, D. Vienneau, Clive E. Sabel, and Nino Künzli. 2015. "Transport Related Measures to Mitigate Climate Change in Basel, Switzerland: A Health Effectiveness Comparison Study." *Environment International*, Vol. 85, pp. 111-19.
- Perez-Prada, Fiamma, and Andres Monzon. 2017. "Ex-post Environmental and Traffic Assessment of a Speed Reduction Strategy in Madrid's Inner Ring-road." *Journal of Transport Geography*, Vol. 58, pp. 256-68.
- Pedersen, Thomas F., and Stewart Elgie. 2015. "A Template for the World: British Columbia's Carbon Tax Shift," in Larry Kreiser, Mikael S. Andersen, Birgitte E. Olsen, Stefan Speck, Janet E. Milne, and Hope Ashiabor, eds. *Carbon Pricing: Design, Experiences and Issues*, pp. 3-15. Cheltenham, Gloucestershire, UK: Edward Elgar Publishing Ltd.
- Pigato, Miria A. 2019. *Fiscal Policies for Development and Climate Action*. Washington, D.C.: World Bank.
- Pizer, William, Jonathan Adler, Joseph Aldy, David Anthoff, Maureen Cropper, Kenneth Gillingham, Michael Greenstone, Brian Murray, Richard Newell, Richard Richels, Arden Rowell, Stephanie Waldhoff, and Jonathan Wiener. 2014. "Using and Improving the Social Cost of Carbon." *Science*, Vol. 346, No. 6214, pp. 1189-90.
- Pires, J. C. M. 2019. "Negative Emissions Technologies: A Complementary Solution for Climate Change Mitigation." *Science of the Total Environment*, Vol. 672, pp. 502-14.

- Plantinga, Andrew J., and JunJie Wu. 2003. "Co-benefits from Carbon Sequestration in Forests: Evaluating Reductions in Agricultural Externalities from an Afforestation Policy in Wisconsin." *Land Economics*, Vol. 79, No. 1, pp. 74-85.
- Price, Richard, Simeon Thornton, and Stephen Nelson. 2007. *The Social Cost of Carbon and the Shadow Price of Carbon: What They Are and How to Use Them in Economic Appraisal in the UK*. Economics Group, Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra), MPRA Paper No. 74976. London: Department for Environment, Food and Rural Affairs (https://mpra.ub.uni-muenchen.de/74976/1/MPRA_paper_74976.pdf) (2020/3/10)
- Rao, Narasimha D. 2013. "Distributional Impacts of Climate Change Mitigation in Indian Electricity: The Influence of Governance." *Energy Policy*, Vol. 61, No. C, pp. 1344-56.
- Rodríguez-Entrena, Macario, María Espinosa-Goded, and Jesús Barreiro-Hurlé. 2014. "The Role of Ancillary Benefits on the Value of Agricultural Soils Carbon Sequestration Programmes: Evidence from a Latent Class Approach to Andalusian Olive Groves." *Ecological Economics*, Vol. 99, No. C, pp. 63-73.
- Rogelj, Joeri, Alexander Popp, Katherine V. Calvin, Gunnar Luderer, Johannes Emmerling, David E.H.J. Gernaat, Shinichiro Fujimori, Jessica Strefler, Tomoko Hasegawa, Giacomo Marangoni, Volker Krey, Elmar Kriegler, Keywan Riahi, Detlef P. van Vuuren, Jonathan C. Doelman, Laurent Drouet, Jae Edmonds, Oliver Fricko, Mathijs Harmsen, Petr Havlik, Florian Humpenöder, Elke Stehfest, and Massimo Tavoni. 2018. "Scenarios towards Limiting Global Mean Temperature Increase below 1.5°C." *Nature Climate Change*, Vol. 8, pp. 325-32.
- Rojas-Rueda, David, Audrey de Nazelle, Marko Tainio, and Mark J. Nieuwenhuijsen. 2011. "The Health Risks and Benefits of Cycling in Urban Environments Compared with Car Use: Health Impact Assessment Study." *British Medical Journal*, Vol. 343, d4521 (DOI: 10.1136/bmj.d4521).
- Ross, Martin T. 2018. "Regional Implications of National Carbon Taxes." *Climate Change Economics*, Vol. 9, No. 1, 1840008 (DOI: 10.1142/S2010007818400080).
- Rypdal, Kristin, Nathan Rive, Stefan Aströmb, Niko Karvosenoja, Kristin Aunan, Jesper L. Bak, Kaarle Kupiainen, and Jaakko Kukkonen. 2007. "Nordic Air Quality Co-benefits from European Post-2012 Climate Policies." *Energy Policy*, Vol. 35, No. 12, pp. 6309-22.
- Saelen, Håkon, and Steffen Kallbekken. 2011. "A Choice Experiment on Fuel Taxation

- and Earmarking in Norway.” *Ecology Economics*, Vol. 70, No. 11, pp. 2181-90.
- Saari, Rebecca K., Noelle E. Selin, Sebastian Rausch, and Tammy M. Thompson. 2015. “A Self-consistent Method to Assess Air Quality Co-benefits from U.S. Climate Policies.” *Journal of the Air and Waste Management Association*, Vol. 65, No. 1, pp. 74-89.
- Sagar, Ambuj D. 2005. “Alleviating Energy Poverty for the World’s Poor.” *Energy Policy*, Vol. 33, No. 11, pp. 1367-72.
- Saavedra, Valentina. 2019. *NDC Invest and Climate Ambition: How Suriname Enhanced Its NDC on the Way to COP25*. IDB, Improving Lives. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank (<https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/en/ndc-invest-and-climate-ambition-how-suriname-enhanced-its-ndc-on-the-way-to-cop25/>) (2020/3/14)
- Scarborough, Peter, Steven Allender, D. Clarke, Kremlin Wickramasinghe, and Mike Rayner. 2012. “Modelling the Health Impact of Environmentally Sustainable Dietary Scenarios in the UK.” *European Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 66, No. 6, pp. 710-15.
- Ščasný, Milan, Emanuele Massetti, Jan Melichar, and Samuel Carrara. 2015. “Quantifying the Ancillary Benefits of the Representative Concentration Pathways on Air Quality in Europe.” *Environmental and Resource Economics*, Vol. 62, No. 2, pp. 383-415.
- Schmalensee, Richard, and Robert N. Stavins. 2017. “Lessons Learned from Three Decades of Experience with Cap and Trade.” *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 11, No. 1, pp. 59-79.
- Schuitema, Geertje, and Linda Steg. 2008. “The Role of Revenue Use in the Acceptability of Transport Pricing Policies.” *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 11, No. 3, pp. 221-31.
- Shakya, Shree Ra, S. Kumar, and Ram M. Shrestha. 2012. “Co-benefits of a Carbon Tax in Nepal.” *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol. 17, No.1, pp. 77-101.
- Shukla, Priyadarshi R., and Vaibhav Chaturvedi. 2012. “Low Carbon and Clean Energy Scenarios for India: Analysis of Targets Approach.” *Energy Economics*, Vol. 34, No. 3, pp. S487-95.
- Silalertruksa, Thapat, Shabbir H. Gheewala, Katja Hünecke, and Uwe R. Fritsche. 2012. “Biofuels and Employment Effects: Implications for Socio-economic Development

- in Thailand.” *Biomass and Bioenergy*, Vol. 46, pp. 409-18.
- Springmann, Marco, H. Charles J. Godfray, Mike Rayner, and Peter Scarborough. 2016. “Analysis and Valuation of the Health and Climate Change Co-benefits of Dietary Change.” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 113, No.15, pp. 4146-51.
- Starrett, David A. 2000. “Shadow Pricing in Economics.” *Ecosystems*, Vol. 3, No. 1, pp. 16-20.
- Stavins, Robert N. 1995. “Transaction Costs and Tradeable Permits.” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 29, No. 2, pp. 131-48.
- Stavins, Robert N. 2019. *Carbon Taxes vs. Cap and Trade: Theory and Practice*. Discussion Paper ES 2019-9. Cambridge, Mass.: Harvard Project on Climate Agreements.
- Stern, Nicholas. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Stiglitz, Joseph E. 2006. “A New Agenda for Global Warming.” *The Economic Voice*, Vol. 3, No.7, pp. 1-4.
- Tamiotti, Ludivine, Anne Olhoff, Robert Teh, Benjamin Simmons, Vesile Kulaçoğlu, and Hussein Abaza. 2009. *Trade and Climate Change: WTO-UNEP Report*. Switzerland: World Trade Organization (https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/trade_climate_change_e.pdf) (2020/3/12)
- Timilsinas, Govinda R. 2018. *Where Is the Carbon Tax after Thirty Years of Research?* Policy Research Working Paper 8493, WPS8493. World Bank Group: Development Economics, Development Research Group (<http://documents.worldbank.org/curated/en/209041530236682559/pdf/WPS8493.pdf>) (2020/2/25)
- Thalmann, Philippe. 2004. “The Public Acceptance of Green Taxes: 2 Million Voters Express Their Opinion.” *Public Choice*, Vol. 119, No. 1-2, pp. 119-217.
- Thompson, Tammy M., Sebastian Rausch, Rebecca K. Saari, and Noelle E. Selin. 2016. “Air Quality Co-benefits of Subnational Carbon Policies.” *Journal of the Air and Waste Management Association*, Vol. 66, No. 10, pp. 988-1002.
- Tong, Shilu, Xiao Yu Wang, and Adrian Gerard Barnett. 2010. “Assessment of Heat-related Health Impacts in Brisbane, Australia: Comparison of Different Heatwave Definitions.” *PLoS ONE*, Vol. 5, No. 8, e12155 (DOI: 10.1371/journal.pone.0012155).
- Tourkolias, Christos, and Sebastian Mirasgedis. 2011. “Quantification and Monetization

- of Employment Benefits Associated with Renewable Energy Technologies in Greece.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15, No. 6, pp. 2876-86.
- Tutton, Mark, and Katy Scott. 2018. “What Tiny Bhutan Can Teach the World about Being Carbon Negative.” *CNN Travel* (<https://edition.cnn.com/2018/10/11/asia/bhutan-carbon-negative/index.html>) (2020/3/14)
- Ürge-Vorsatz, Diana, Sergio Tirado Herrero, Navroz K. Dubash, and Franck Lecocq. 2014. “Measuring the Co-benefits of Climate Change Mitigation.” *Annals Review of Environment and Resources*, Vol. 39, No. 1, pp. 549-82.
- Van Vuuren, Detlef P., Janusz Cofala, Hans E. Eerens, Rineke Oostenrijk, C. Heyes, Zbigniew Klimont, Michel G. J. den Elzen, and Markus Amann. 2006. “Exploring the Ancillary Benefits of the Kyoto Protocol for Air Pollution in Europe.” *Energy Policy*, Vol. 34, No. 4, pp. 444-60.
- Vandenbergh, Désirée, and Johan Albrecht. 2018. “Tackling the Chronic Disease Burden: Are There Co-benefits from Climate Policy Measures?” *The European Journal of Health Economics*, Vol. 19, No. 9, pp. 1259-83.
- Vandyck, Toon, Kimon Keramidas, Alban Kitous, Joseph V. Spadaro, Rita Van Dingenen, Mike Holland, and Bert Saveyn. 2018. “Air Quality Co-benefits for Human Health and Agriculture Counterbalance Costs to Meet Paris Agreement Pledges.” *Nature Communications*, Vol. 9, No. 1, 4939 (DOI: 10.1038/s41467-018-06885-9).
- Venkataraman, Chandra, Ambuj D. Sagar, G. Habib, Nicholas Lam, and Kirk R. Smith. 2010. “The Indian National Initiative for Advanced Biomass Cook Stoves: the Benefits of Clean Combustion.” *Energy for Sustainable Development*, Vol. 14, No. 2, pp. 63-72.
- Vennemo, Haakon, Kristin Aunan, Fang Jinghua, Pernille Høltedahl, Hu Tao, and Hans Martin Seip. 2006. “Domestic Environmental Benefits of China’s Energy Related CDM Potential.” *Climatic Change*, Vol. 75, No. 1, pp. 215-39.
- Wang, Qian, Klaus Hubacek, Kuishuang Feng, Yi-Ming Wei, and Qiao-Mei Liang. 2016. “Distributional Effects of Carbon Taxation.” *Applied Energy*, Vol. 184, No. c, pp. 1123-31.
- Welham, Edward Hedger, and Philipp Krause. 2015. *Linkages between Public Sector Revenues and Expenditures in Developing Countries*. London: Overseas Development Institute (<https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/9675.pdf>) (2020/3/22)

- West, J. Jason, Arlene M. Fiore, and Larry W. Horowitz. 2012. "Scenarios of Methane Emission Reductions to 2030: Abatement Costs and Co-benefits to Ozone Air Quality and Human Mortality." *Climatic Change*, Vol. 114, No. 3, pp. 441-61.
- West, J. Jason, Steven J. Smith, Raquel A. Silva, Vaishali Naik, Yuqiang Zhang, Zachariah Adelman, Meridith M. Fry, Susan Anenberg, Larry W. Horowitz, and Jean-Francois Lamarque. 2013. "Co-benefits of Mitigating Global Greenhouse Gas Emissions for Future Air Quality and Human Health." *Nature Climate Change*, Vol. 3, No. 10, pp. 885-89.
- Wilkinson, Paul, Kirk R. Smith, Michael Davies, Heather Adair, Ben G. Armstrong, Mark Barrett, Nigel Bruce, Andy Haines, Ian Hamilton, Tadj Oreszczyn, Ian Ridley, Cathryn Tonne, and Zaid Chalabi. 2009. "Public Health Benefits of Strategies to Reduce Greenhouse-gas Emissions: Household Energy." *Lancet*, Vol. 374, No. 9705, pp. 1917-29.
- Woollacott, Jared. 2018. "The Economic Costs and Co-benefits of Carbon Taxation: A General Equilibrium Assessment." *Climate Change Economics*, Vol. 9, No. 1, 1840006 (DOI: 10.1142/S2010007818400067).
- World Bank, Ecofys, and Vivid Economics. 2017. *State and Trends of Carbon Pricing 2017 (November)*. Washington, D.C.: World Bank (http://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28510/wb_report_171027.pdf?sequence=5&isAllowed=y) (2020/2/13)
- World Bank. 2019a. *State and Trends of Carbon Pricing 2019 (June)*. Washington, D.C.: World Bank (DOI: 10.1596/978-1-4648-1435-8)
- World Bank. 2019b. *Using Carbon Revenues*. Washington, D.C.: World Bank (<http://documents.worldbank.org/curated/en/685291565941690701/pdf/Using-Carbon-Revenues.pdf>) (2020/2/24)
- World Bank. 2020. *Carbon Pricing Dashboard: Map and Data* (https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data) (2020/3/23)
- Wyon, David P. 2004. "The Effects of Indoor Air Quality on Performance and Productivity." *Indoor Air*, Vol. 14, No. 7, pp. 92-101.
- Yang, Xi, Fei Teng, and Gehua Wang. 2013. "Incorporating Environmental Co-benefits into Climate Policies: A Regional Study of the Cement Industry in China." *Applied Energy*, Vol. 112, No. c, pp. 1446-53.
- Zhang, Zhong Xiang, and Andrea Baranzini. 2004. "What Do We Know About Carbon Taxes? An Inquiry into Their Impacts on Competitiveness and Distribution of

Income.” *Energy Policy*, Vol. 32, No. 4, pp. 507-18.

Zhang, Yuqiang, Steven J. Smith, Jared H Bowden, Zachariah Adelman, and J. Jason West. 2017. “Co-benefits of Global, Domestic, and Sectoral Greenhouse Gas Mitigation for US Air Quality and Human Health in 2050.” *Environmental Research Letters*, Vol. 12, No. 11, 114033 (DOI: 10.1088/1748-9326/aa8f76).

Zivin, Joshua Graff, and Matthew Neidell. 2012. “The Impact of Pollution on Worker Productivity.” *American Economic Review*, Vol. 102, No. 7, pp. 3652-73.

Zugravu, Natalia. 2011. “Green Jobs – a Co-benefit of EU Climate Policies: Myths and Realities.” Paper presented at European Council for an Energy Efficient Economy, Summer Study Energy Efficiency First: The foundation of a Low-carbon Society (https://www.researchgate.net/profile/Natalia_Zugravu/publication/338584088_Green_jobs_-_a_co-benefit_of_EU_climate_policies_myths_and_realities/links/5e1dfa1345851536bfe630c9/Green-jobs-a-co-benefit-of-EU-climate-policies-myths-and-realities.pdf) (2020/2/26)

Review of Carbon Taxation for Taiwan: Co-benefits Led by the Perceptible Air Pollution Reduction

Pei-Ing Wu

*Professor, Department of Agricultural Economics
National Taiwan University, Taipei, TAIWAN*

Abstract

This is a review paper regarding the issues related to carbon taxation of carbon and/or greenhouse gases. The article first reviews the background for countries or regions that adopt carbon tax. It is then further to discuss the relationship between carbon tax and other taxes in the countries or regions. The Brexit at the end of January in 2020 requires great reformation of carbon taxation for the United Kingdom. This then provides instant and comprehensive lesson for Taiwan where carbon tax policy is under consideration for the reduction of greenhouse gases. This review generalizes four major factors that influence the acceptance of carbon tax. It includes how to use tax revenue, the distribution impact for the use of carbon tax, if the carbon tax compensates or subsidizes negative emission technologies, and the trade-off between carbon tax and other taxes, the tax neutral is then discussed. Since reduction of air pollution can well be perceived for the elimination of greenhouse gases this article also provides a comprehensive co-benefit review for the implementation of carbon tax policy. The co-benefit evaluation outcomes from different countries and in different forms are used to re-enforce the policy implementation feasibility and political acceptability for carbon tax policy.

Keywords: co-benefit, shadow price of carbon, net zero emission, carbon revenue recycling, political acceptability, communication