

以經濟誘因 推動環境保護

■ 范賢娟

工業革命造成溫室氣體逐漸增加，使得全球暖化並導致極端氣候頻繁出現，帶給人們生命財產重大的損失。1997年簽定的「京都議定書」便是希望各國能夠減少排放溫室氣體，但因其並非具法律約束力的國際公約，所以效果並不顯著，然而其倡導的觀念仍引起眾多學者的重視。近20年來，可減少空氣汙染排放的技術已大幅改善，碳交易的觀念也開始被重視並推廣，學者更主張應設立合法的汙染物排放權利，並允許這權利可以像商品般在市場上交易。

碳交易的觀念可略述如下：主管單位可就碳排放採總量管制，並給予各公司適當的年度「排放權配額」。若有公司當年度無法降到所分配的額度，它可考慮跟其他公司進行額度交易。舉例而言，假設甲、乙兩公司給予的排放權配額每年都是1,000萬公噸的CO₂約當量（註），若甲公司發現該年度的排放量會超額200萬公噸，為避免年度結算時超額被罰，它可透過碳交易市場向其他公司如乙公司購買配額，若乙公司該年尚有200萬公噸的剩餘額度，這時就可販售給甲公司。

上述觀念的實務施行，目前在歐盟、美國、澳洲、英國與中國已經開始。他們

多以集中公開競價的方式交易，但其價格常受市場結構、廠商競爭狀態、政策法規變動、投資人預期、人為操縱等影響，波動頗為劇烈，缺少理論來支持合理的交易價格。雖然理論上無法直接估算這價格，但學術上多以估算「邊際減排成本」（或稱作影子價格）做為預測碳交易市場價格的趨勢，這是指公司每多增加1單位的CO₂時為了處理該汙染所需要額外付出的成本。

成功大學資訊系暨製造所李家岩教授注意到邊際減排成本的理論與實務其實是有差距的，他還發現過去學者們所提出的數學模型都假設各汙染物彼此是獨立排放，但現實中溫室氣體的排放往往是多種同時發生的，過度簡化的模型往往低估了邊際減排的成本。為此，李教授另以「數學規劃」的最佳化技術，釐清生產系統中多投入與多產出之間的關係，並估算生產函數，把CO₂、SO₂以及NO_x的排放數據綜合分析，進而推估出公司如果要消除自己所產生的溫室氣體的邊際減排成本，以此做為碳市場上交易價格的建議。

以2010年美國火力發電廠為例，李教授推算出其邊際減排成本的金額比起其他學者的結果高出許多：例如CO₂每英噸的



工業革命造成空氣污染，使溫室氣體逐漸增加。（圖片來源：種子發）

價錢，其他學者的計算是 16 美元到 124 美元之間，李教授的則是 136 美元；至於 SO_2 與 NO_x 的差異更大，各是 134 美元到 3,107 美元之間相較於 3,403 美元，與 1,056 美元到 17,393 美元之間相較於 19,049 美元。

為驗證其模型的效度，李教授更以各污染物獨立排放的狀況去計算這 3 種氣體的價格，發現其結果恰好落在其他學者估計值的中間，可驗證他所提出數學模型的合理性。只是這裡考慮到 3 種氣體同時排放的因素，使得價錢估算更為正確，而這項因素是其他學者沒有考慮的。此外，就實務而言，2010 年前減碳或除硫的技術已經很成熟，若未來的減碳或除硫技術需要再突破，勢必使研發成本更加提高，這也佐證了在經濟誘因下李教授所提出的邊際減排成本未來只會持續上揚的預測。

雖然當年「京都議定書」未能成為正式的國際公約，但後繼的「巴黎協定」已於 2016 年 11 月 4 日正式實施，台灣該如何面對呢？李教授提出了幾點建議。首先，因國內法制尚未完善，交易制度與平台的建立都尚待釐清：由誰來訂定各個廠商的排碳額度？依據是什麼？罰則能否產生效

果？此外，台灣市場規模過小，恐有形成寡頭壟斷之慮，因此可考慮參與亞洲市場或區域經濟。

李教授還建議可鼓勵大公司或大量排放的產業先自願參與，以增進社會大眾對環境議題的關心並形成全面的風氣。之後其他企業才會陸續跟進，使碳交易的市場活絡。

註： CO_2 約當量：溫室氣體非僅 CO_2 ，還包括 CH_4 、 N_2O 等。由於每種氣體造成的溫室效果不同，因此統一換算其他氣體與 CO_2 溫室效應的比，就是「 CO_2 約當量」的意思。例如 CH_4 的溫室效應能力是 CO_2 的 25 倍，則所排出的氣體重量要乘上 25 才能換成以 CO_2 為基礎去做比較。

范賢娟
本刊特約文字編輯
