

減碳的策略工具：再生能源憑證與碳權之比較

Strategic tools of carbon reduction policy: Comparison of renewable energy certificate and carbon credit

連興隆 (國立高雄大學土木與環境工程學系教授)
莊昇勳 (石門山綠資產有限公司總監兼 I-REC 共同創辦人)

摘要

碳權與再生能源憑證是兩項減碳的政策工具，都是用以做為減碳之證明，且都可以被量化與計價。碳權是我國溫室氣體管理與減量辦法的重要減碳工具，再生能源憑證則是電業法推動「再生能源先行」政策的重要措施。雖然兩者之目標皆為減碳，但內涵與內容有所差異，因此，即便是企業內部之專責人員也往往無法清楚理解其區別，以至於影響企業在推動減碳的決心與降低企業減碳作為的選項，甚至使企業無法達到以符合成本效益(cost-effectiveness)為基礎的減碳作法。本文僅就碳權與再生能源憑證這兩項減碳工具進行討論與介紹，透過比較與分析，針對功能性、使用區域、總量管理、目標、來源、定價方式、查確證成本、價格、外加性、碳洩漏疑慮(Security)、場域等面向，解析兩者之競合關係與實際應用上之差別。

一、前言

全球暖化與氣候變遷議題是全世界共同關注最主要的全球性事務之一。從 2008 年京都議定書生效起，導入以碳權交易為基礎的市場機制，進行全球化的減碳努力，到 2016 年 COP21 的巴黎協議，揭櫫全球必須盡最大努力把全球平均溫度控制在低於工業革命前水平的 2°C 之內，過程雖有顛頗，但腳步不曾停歇。隨著時間遞移，國際減碳的作法，重心逐漸由碳權轉移到再生能源電力的使用(Renewable Electricity，俗稱綠電)，顯著的例子之一是再生能源 100 俱樂部(RE100)的誕生。該協會是在 2014 年由氣候組織(The Climate Group)在紐約市氣候週(Climate Week NYC)活動所倡議組成。鼓勵認同該俱樂部的公司，致力於電力的使用能是 100% 再生能源電力。目前，全球超過 100 家大企業加入這個協會例如：Google、Apple、臉書、可口可樂、Nike、星巴克等[1]。在永續發展的框架下，環境永續與經濟永續是其中兩大基石(另一個是社會永續)，就減碳與企業發展而言，企業如何透過減碳盡到其社會責任(CSR)是很重要的事。

企業願意減碳的理由眾多，除了企業的社會責任外，如果減碳能有助於降低企業成本，增加企業的競爭力，那更是何樂不為。一般我們會把 CSR 的支出當作是企業的有形成本，其目的之一是，協助企業透過 CSR 回饋社會以獲取形象上無形資產(收入)。這個過程是雙贏的：企業無形資產的回報(例如，好的企業形象，往往是無價的)與接受企業支持的社會的實質獲益(如弱勢團體、環境保護等)。因此，企業在選擇減碳工具作為其減碳的貢獻時，以 CSR 的角度而言，太過廉價的減碳工具不會是好的選擇，因為這違背了 CSR 基本精神，反而無助於

企業對無形資產回報的期待。

進一步而言，減碳對降低企業的成本是否有幫助呢？如果兩者兼備會是最受企業歡迎的。一個理性的企業家對良好電力的期待應該是：穩定的、價格低廉的、乾淨的電力能源，其中，穩定性最重要，其次是價格，最後才是電力來源端是否是乾淨的。表 1 為火力發電與再生能源發電之電力品質的比較。火力發電的優點是穩定性，主要缺點是碳排放，再生能源發電則相反。無論如何，兩者都需要適當的配套措施以克服其缺點。然而，就價格而言，目前的風力發電價格已低於火力發電，雖然現階段再生能源電力的總體平均電價高於火力發電，但，隨著技術的逐漸成熟與市場規模的建立，未來太陽能發電成本亦將低於火力發電。換言之，企業期待的價格低廉、乾淨的電力能源是已經存在的。對再生能源電力而言，預備足夠備轉容量與推動大型儲電系統開發是必要的配套。由此觀之，我們可以樂觀的期待，企業在推動減碳這件工作，不但有助於 CSR 所外溢出的企業形象外，將也會有助於降低企業成本，增加企業的競爭力。

表 1 火力發電與再生能源發電之電力品質的評估比較

優先性	評估項目	火力	再生
1	穩定性	優	不佳
2	價格	長期不具競爭性	短期不具競爭性
3	環境友善 (零碳排)	不佳	優
	配套	二氧化碳減量技術、 封存技術開發	足夠備轉容量、大型儲電系統 開發

在台灣，半導體、面板、電子業等台灣高科技產業，其產能很重要的一大部分是需要靠電力來做支撐。這類以輸入電力、熱或蒸汽而造成間接之溫室氣體排放的事業體，被歸屬於溫室氣體盤查規範的範疇二項下。以我國 2015 年按部門方法計算之燃料燃燒二氧化碳為例，總排放量為 25,050 萬公噸，其中，工業部門不含電力消費排放部分(範疇一)為 3,993 萬公噸(占總量 16%)，含電力消費排放則提高至 11,984 萬公噸(占總量 47.5%)，其中差額 7,991 萬公噸(占總量 32%)為範疇二所產生的間接排放量[2]。更進一步的觀察發現，以電力消費為主要二氧化碳排放源之電腦通信及視聽電子產品製造業而言，範疇一的排放量僅 37 萬噸，但範疇二排放量則高達 2,696 萬公噸[2]。顯然，要達到我國長期減量的目標，我國產業鏈中最關鍵的電腦通信及視聽電子產品製造業，由於大量倚賴電力需求，在二氧化碳排放控管，特別是更值得重視。

因此，我們要問如下的基本問題：一家企業(範疇二)在致力於二氧化碳減量上，有哪些可以努力的選項？在盤點現有國際規範與機制後，我們至少可以發現以下的選項：

1. 設置再生能源發電系統，自發自用 (零碳排)。
2. 對外購買碳權(如 VCS、GS)。
3. 對外購買再生能源憑證(使用綠電)。
4. 採用綠建築概念設計廠房，導入部門節電，使用電力效率高之設施，如冷氣、照明設備等。

對企業而言，設置再生能源發電系統、採用綠建築概念設計廠房，導入部門節電等，屬實體建設，容易理解與操作，然而，對於碳權與再生能源憑這兩類屬相對抽象之政策工具，雖然兩者之目標皆為減碳，但內涵與內容有所差異且存在競合關係。因此，即使是企業內部之專責人員也往往分不清其區別，更不易向主管解釋，往往在成誤解，以至於影響企業在推動減碳的決心與降低企業減碳作為的選項，甚至使企業無法達到以符合成本效益(cost-effectiveness)為基礎的減碳作法，殊為可惜。本文僅就碳權與再生能源憑證這兩項減碳工具進行討論，透過比較與分析，解析兩者之競合關係與實際應用上之差別，最後以一個情境模擬的案例作示範說明。

二、碳權介紹:京都議定書、CDM 及 VCS

碳權(Carbon credit)其實是對一種減碳工具的泛稱。這項減碳工具是 1992 年「聯合國環境與發展會議」,155 個國家簽署了《聯合國氣候變化框架公約》後(The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC),成為聯合國推動碳權交易的根本母法。1997 年聯合國氣候變化框架公約第三屆締約國會議,通過具法律約束力的《京都議定書》;2001 年聯合國氣候變化框架公約第七屆締約國會議,通過落實《京都議定書》機制的一系列決定檔案,稱為「馬拉喀什檔案」,成為以碳權為基礎的碳交易的主要法律依據[3]。

國際碳交易市場在京都議定書架構下迅速興起,京都議定書設計了三種碳排減量機制:清潔發展機制(Clean Development Mechanism, CDM)、聯合履行(Joint Implementation, JI)與排放交易(Emissions Trade, ET),這三種機制是建立在「成本有效」(Cost-Effectiveness)的政策與措施以及「國際減量合作」的基礎上來執行,允許聯合國氣候變化框架公約締約方國與國之間,進行減排單位的轉讓或獲得,但具體的規則與作用有所不同(2)。其中,聯合履行是針對附件一國家的合作減量,排放交易則是提供碳權的可交易基礎與平台設置規範,只有「清潔發展機制」是針對附件一國家(已開發國家)與非附件一國家之間的減碳單位轉讓,目的是使開發中國家在維持永續發展的前提下進行減碳並從中獲益;同時協助附件一國家透過清潔發展機制項目活動獲得「排放減量額度」(Certified Emissions Reduction, CERs,專用於清潔發展機制,一單位的 CER,相當於一噸二氧化碳當量),以降低履行聯合國氣候變化框架公約承諾的成本[3]。

根據以上的三種機制,碳交易被區分為兩種型態:配額型交易(Allowance-based transactions)及項目型交易(Project-based transactions)。配額型交易指總量管制下所產生的排減單位元的交易,如歐盟的歐盟排放權交易制的「歐盟排放配額」(European Union Allowances, EUAs)交易,主要是用於《京都議定書》附件一排減的國家之間超額排減量的交易,通常是現貨交易。項目型交易指因進行減排項目所產生的減排單位元的交易,如清潔發展機制下的「排放減量權證」、聯合履行機制下的「排放減量單位」,主要是透過國與國合作的排減計畫產生的減排量交易,通常以期貨方式預先買賣。項目型交易的優點,其實也是其潛在缺點,我們說明如下。

清潔發展機制允許附件一締約方(已開發國家)與非附件一國家聯合開展二氧化碳等溫室氣體減排專案。這些專案產生的減排數額可以被附件一國家作為履行他們所承諾的限排或減排量。對附件一已開發國家而言,CDM 提供了一種靈活的履約機制;而對於開發中國家,通

過 CDM 專案可以獲得部分資金援助和先進技術。這個雙贏的概念讓 CDM 幫助已開發國家降低碳減排成本，透過專案開發的方式，向開發中國家購買 CERs 來抵消該已開發國家承諾減排目標，同時，開發中國家更能獲得額外的資金來發展較先進的綠色能源技術，達到全球減排和技術轉讓的目的[4]。國際合作是清潔發展機制最大優勢。

CDM 的項目型交易概念，在執行上以專案活動(CDM project activity)模式進行。CDM 專案活動計畫的相關規則，包括計畫書撰寫之規格、計畫的額外性(Additionality) 評估、基線(Baseline)與減量成效的計算方法之認可、排放監測方法 之認可、CDM 計畫之認可與登記、CER 之驗證、CER 之分發與登記等，完整說明如圖 1 所示[4]。

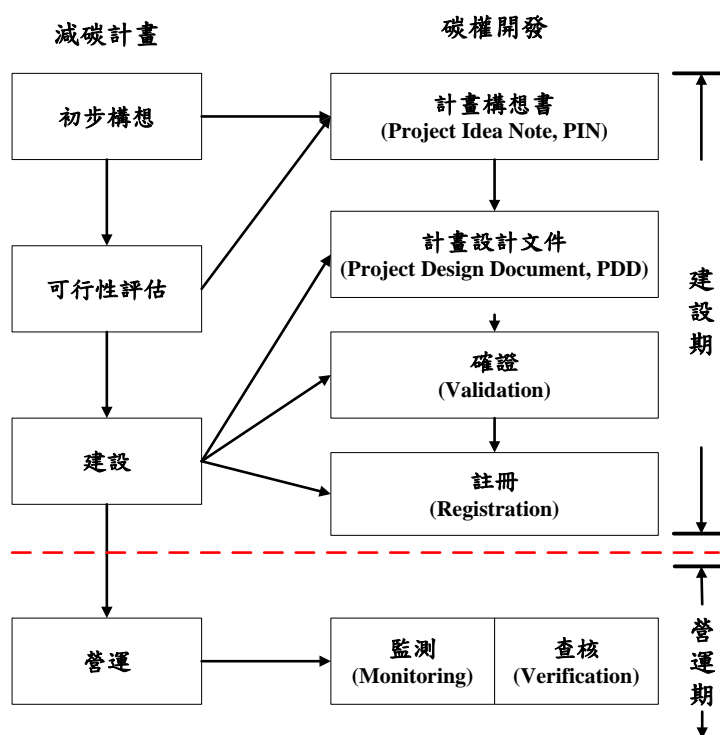


圖 1 CDM 專案計畫之週期與牽涉之項目流程

為確保 CDM 專案的減量效益，並獲得具長期的、實際可測量的、額外性的減排量。因此，在 UNFCCC 轄下之 CDM 執行理事會(EB)已建立一套有效的、透明的和可操作的「基線與監測方法學 (Baseline and monitoring methodologies)」，以供各國執行 CDM 專案活動(CDM project activity)時，作為登錄(register)專案與確證(validation)之指引。 CDM 方法學可蓋分為十五個範疇 (scope)，以及 CDM EB 已批准之「基線與監測方法學」共計 165 項；依方法學可分為 5 類，包括：大規模 CDM 項目方法學：73 項；小規模 CDM 項目方法學：59 項；整合性 CDM 項目方法學：16 項；造林與再造林 CDM 項目方法學：10 項；小規模造林與再造林 CDM 項目方法學：7 項等。根據減碳申請專案類型可分為能源工業（含再生能源及非再生能源）、能源輸配業、能源需求業、製造工業、化學製造業、建築業、運輸業、礦業、金屬製造業、來自燃料（固體、油及氣體）之逸散、來自鹵化物及氟硫化物製造和使用之逸散、溶劑之使用、廢棄物處理及棄置、造林與植林以及農業。其中每類型的減碳專案又會視其裝置容量大小分成大、小型規模，以及整合型，總類型一覽如表 2[5]。

表 2 CDM 減碳專案類型分類

CDM 方法學	減碳專案類型
基線方法學 (AM)	能源工業 (含再生能源及非再生能源)、能源輸配業、能源需求業、製造工業、化學製造業、運輸業、金屬製造業、來自燃料 (固體、油及氣體) 之逸散、來自鹵化物及氟硫化物製造和使用之逸散、廢棄物處理及棄置、造林與植林、農業。
大規模方法學 (ACM)	能源工業 (含再生能源及非再生能源)、製造工業、化學製造業、運輸業、礦業、來自燃料 (固體、油及氣體) 之逸散、廢棄物處理及棄置、農業。
小規模方法學 (AMS)	能源工業 (含再生能源及非再生能源)、能源輸配業、能源需求業、製造工業、化學製造業、建築業、運輸業、來自燃料 (固體、油及氣體) 之逸散、來自鹵化物及氟硫化物製造和使用之逸散、廢棄物處理及棄置。
基線整合型方法學 (AR-AM)	造林與植林。
大規模整合型方法學 (AR-ACM)	造林與植林。
暫無方法學	溶劑之使用

CDM方法學不但為數龐雜，且數量與日俱增。一般而言，方法學的適用範圍並不重複，因此每一專案能找到適用的方法學，通常是單一的。CDM專案的成功與否，主要是專案外加性 (additionality) 是否充足。UNFCCC針對外加性有非常豐富的資料參考，其中外加性評估工具 (Tool for the demonstration and assessment of additionality) 屬最為便利且明確之評估工具。

雖然 CDM 具有潛在的經濟效益，但 CDM 專案並非沒有風險。CER 的交易是一種期貨交易，且交易期限至 2012 年，不確定因素較多，風險也會隨之而來。CDM 專案風險與專案類型、交易主體均有一定聯繫，在專案運作過程中的風險主要包括：註冊風險、專案建設及營運風險、政策風險、價格風險、融資風險、法律風險等。這是 CDM 專案性所衍生的缺點，因為碳權的產生是透過未來式的專案是否按期建成投產，如果專案設計不合理、監測不準確等原因而導致專案實際產生 CER 少於預期，或導致專案 CER 逾期不能交付等，造成不確定性風險的存在。

除了在京都議定書規範下產生之碳排放權屬強制性碳市場外，自願性碳市場最廣為接受的主要有自願碳標準 (Voluntary Carbon Standard, VCS) 與黃金標準 (Gold Standard)。VCS 為國際碳排放交易協會 (International Emission Trading Association, IETA) 與世界經濟論壇 (World

Economics Forum, WEF)所倡議自願碳市場減量額度(Voluntary Carbon Unit, VCU)之標準。GS 係由世界自然基金會(World Wide Fund For Nature)、南南北合作組織(South-South North Initiative)以及國際太陽組織(Helio International)發起，經過與 NGOs、政府組織、環境機構、私人企業(包括投資者、項目發展商)以及認證單位等相關利益者的長期協商，於 2003 年正式形成(GSv0)。VCS 與 GS 同時提供了京都議定書規範之外的另一國際通用的減量機制，此一機制具備操作彈性靈活、碳權成本較低、非京都議定書締約國亦可參與等優點。換言之，與強制性碳市場只發生於京都議定書簽約國之間，碳權屬於跨國性的有所不同，自願性碳權可以是地區性(本土產生)的也可以是跨國性的。不論是強制性或志願性碳權，藉由清潔發展機制所導入的項目活動，最終獲得的「排放減量權證」，是碳權開發的基本操作架構。

台灣自 2015 年 7 月公布實行「溫室氣體減量及管理法」，為因應全球氣候變遷，制定氣候變遷調適策略，來降低與管理溫室氣體排放。台灣國內有提供碳權減量方法學，成功申請減碳計畫後的專案稱作「抵換專案」，其目前僅提供製造工業、廢棄物處理及棄置這兩類型的方法學[6]。表 3 整理目前國內外之碳權方法學的種類比較。

表 3 國內外之碳權方法學的種類

	國內	國際
碳權方法學	國內減量方法 清潔發展機制	清潔發展機制 (CDM methodologies) 自願性碳標準 (VCS methodologies) 氣候行動儲備 (CAR methodologies)
碳權認證	先期專案(早期發布,現在已無) 抵換專案	黃金標準 (GS) 自願性碳排 (VCS) 清潔發展機制 (CDM)
碳權認證的適用性	僅限台灣	承認上述碳權認證之所有國家

由於政策驅動的誘因已經消失，以至於碳權的交易價格已急遽下降。由最新一期的 2017 自願性碳權市場年報(State of Voluntary Carbon Markets 2017)的報告內容可知：2016 年在亞洲碳權的平均交易價是每噸二氧化碳當量 0.7 美元，在非洲的造林與再造林碳權可達 6.7 美元，然而，全年均價僅有 3.0 美元[7]。在此，我們仍想強調，同樣是減少一公噸的二氧化碳，不同的減量方式(方法學)與不同的地區，碳權的價格皆有所不同，其原因除了市場機制供需端的平衡與開發成本之外之外，亦包括了 CDM 碳權的操作概念是建立在跨國的合作，針對全球的共同利益，由已開發國家協助開發中國家之精神而來，這其實就是碳權外加性的考量。以自願性碳權市場為例，一般而言，單純的減碳作為如風力或太陽能發電的價格會較低，能提供更多就業機會或生物多樣性之減碳作為如林地管理的改善等，因具備外加的共同利益

(Co-benefits)，碳權的價格較高(圖 2)。圖 3 則顯示，非洲、大洋洲與拉丁美洲區的碳權相對較高，基本上除了反映碳權專案開發的成本之外，亦包含了對這些地區相對開發中地區更多的協助與支持的人道關懷。

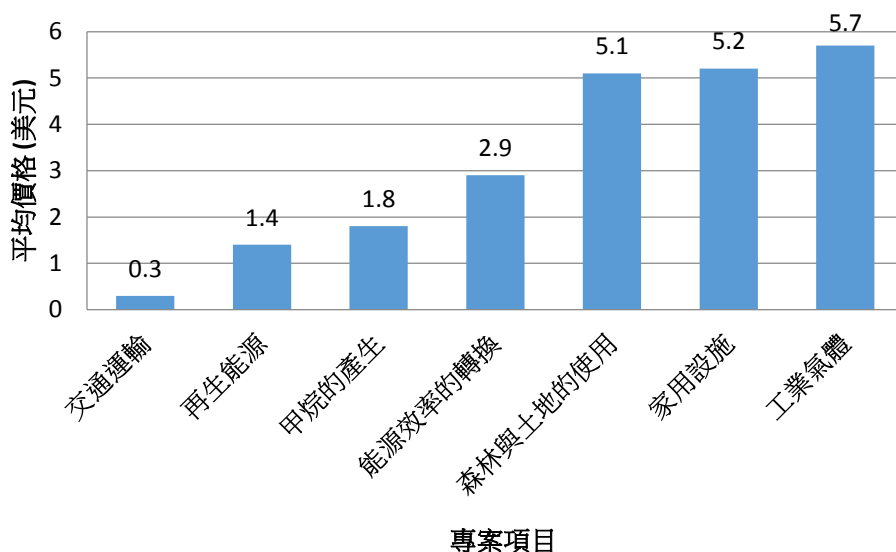


圖 2 2016 年自願性碳權依專案計畫類別分類的平均價格[7]

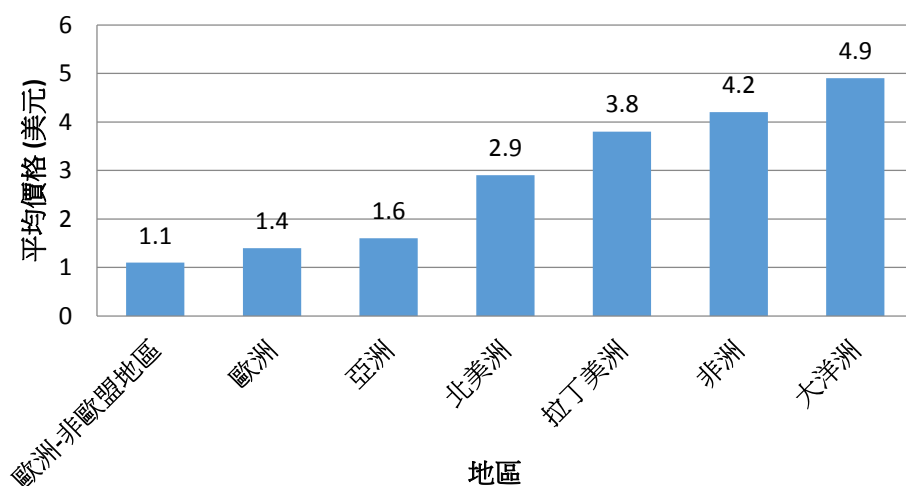


圖 3 2016 年自願性碳權依專案計畫產出之地區分類的平均價格[7]

三、再生能源憑證介紹

什麼是憑證?

過去的發電廠只負責一件事：提供電力。因此，不論是哪一種發電廠，只看電力本身(以度為單位)，火力、核能、水力等發出的電力價格均一，例如，每度電 3 元。然而，由於二氧化碳排放議題，以火力為例，因其造成二氧化碳的排放是不符合永續發展的目標，不但沒有環境效益，甚至，對環境造成影響，故環境效益可視為零(無效益)。在這樣的思維下，發電業進入了”後電力時代”，發電不再僅只是電力的提供，亦包含是否產生環境效益的考量(表 4)。

如果有種發電是不會產生二氧化碳排放的，將被視為對環境有益，具備環境效益。再生能源便是後電力時代的代表性電力。因此，當我們要證明我們使用的電力是由再生能源產生時，就需要一份證明，我們稱之為再生能源憑證，以做為電力來源是由再生能源產生之證明，指稱其能源來源具備環境效益。因此，再生能源憑證制度是使再生能源之設備及電量經查驗證後，透過憑證來證明兩件事：一、該電力來源為再生能源及二、該電力所具備之環境效益。以簡單的方程式(1)說明如下：

$$\text{電力} = \text{電(以度為單位)} + \text{環境效益(以憑證呈現)} \quad (1)$$

對火力發電而言，環境效益為 0，故不存在憑證概念。核能發電因為核能的爭議性，雖然它屬零碳排放，但目前全球並無憑證的發行。

表 4 後電力時代中，電力所代表的內容與差異

電力	特性	可量測性	計量單位	政策導向
電	客觀的物理性存在	直接可計量	KWh	1 度電要多少錢？
環境效益	主觀的”共識”	間接可計量	相對應 CO ₂ 的排放量	1 公斤 CO ₂ 多少錢？

為何需要憑證？

電力的傳輸是透過電網在進行，任何形式的發電廠最終都需將產生的電力送入電網。由於電網內的電力來源非常多元，為能確認使用的電力是由再生能源產生，再生能源憑證很必然的會是共用電網(最有效率的使用方式)的必要產物。換個角度而言，生質柴油也是再生能源的一種，當直接使用於低碳運輸時，很顯然的並不需要透過複雜的憑證制度。原因是生質柴油用於交通運輸屬於可直接計量的初級能源，故不須透過憑證制度。換言之，憑證制度是用於無法直接計量的次級能源的使用。

因此，再生能源憑證可針對特定單位數量的再生電力提供身份資料並保證其來自某個特定的再生能源發電來源。可提供的資料包含：發電設施地點、設施擁有者、發電方式、發電容量、發電設施開始運轉日期及電力產生之時間等。因此，再生能源憑證可視為再生電力這項產品的身分證明，同時，也清楚地點出了再生能源所提供的零碳排放這項環境效益。再生能源發電廠能提供大家所需的電力(所有電廠最基本的功能)，以及透過憑證制度所給予的身分證明，且由於這項身分證明同時包含了對環境效益的認證，因此，在歐盟，再生能源憑證是可與電力本身切割，單獨進行憑證交易的(也就是交易減碳的環境效益)。以下就幾項國內外的再生能源憑證作簡單介紹[8]：

1. T-REC(台灣再生能源憑證)

台灣再生能源憑證(Taiwan Renewable Energy Certificate，簡稱 T-REC)是由國家再生能源憑證中心推動的再生能源憑證制度，已於今年(2017 年)5 月發出第一批憑證。透過第三方公正單位驗證再生能源設備及發電量作為綠色電力的身分證明，目的在提高再生能源使用及促進溫室氣體減量。

2. REC(Renewable Energy Certificate)

於美國再生能源市場所採用的再生能源憑證制度，憑證代表電力的環境效益與其他非電力的屬性。一單位 REC 代表 1MWh 再生電力的環境效益，並可以藉由憑證追溯電力之發電方式與發電來源。

3. Guarantee of Origin (GoO)

是一種應用於歐盟的自願性制度，對於特定單位數量的綠色電力提供保證其來自可再生性電力的發電來源。GoO 是由歐盟指令 Directive 2001/77/EC 所制定，規範歐盟成員可基於此指令訂定其 GoO 系統，並提供再生電力之相關證明如電力來源、發電日期、地點等。

4. IREC(International Renewable Energy Certificate)

在缺乏 REC 與 GoO 電力憑證之地區所使用的一種可交易的契約型工具，一單位 IREC 代表每一 MWh 再生電力的環境效益，是電力消費者用來宣告使用再生電力的工具。再生電力的發電與使用資料都可以經由公開的系統追溯確認。

再生能源憑證需依附於電網的使用，因此，受限於電網的範圍，再生能源憑證一定是使用在電網範圍內的特定地區，屬本土性地區性使用，目的之一是確認使用之電力來源為再生能源，故以促進地區再生能源發展的角度而言，憑證屬基礎建設，讓再生能源能快速發展。

什麼人需要憑證？

當政府的政策導向採用剩餘混合電力排放係數時，想取得使用再生能源證明之企業一定需要取得憑證。有關剩餘混合電力排放係數之內涵，將於後續作進一步之說明。因此，再生能源憑證是一種有價的資產。依 GHG Protocol Scope 2 Guidance 對再生能源的定義是：代表由再生電力產生之環境、社會、及其他非電力屬性的一種財產權[9]。

四、兩種工具之比較與企業有哪些選擇

在對碳權與再生能源憑證有了基本的了解之後，我們知道兩者都是用以做為減碳之證明，且都可以被量化與計價。接下來，我們可以進一步的來比較兩者間的異同與關係。本文主要依：功能性、使用區域、總量管理、目標、來源、定價方式、查確證成本、價格、外加性、碳洩漏疑慮(Security)、場域等幾個方面進行說明(表 5)。

就減碳目標而言，碳權的框架是全球性的，全球的總體減量是其終極目標，故在 CDM 的設計上，採用跨區合作的模式進行(對地區而言，產生實質減量與名目減量之別)。再生能源憑證則是配合地區再生能源電力政策規劃，所採用之減量工具。透過再生能源憑證的導入，協助國家電力結構轉型，減碳成為他在這過程中必然的產物。進一步的來看，這兩種不同策略的減碳工具，在使用場域上便明顯出現差異，對碳權而言，它可以是跨國性的如 CDM，也可以是區域性本土碳權的如 VCS；然而，再生能源憑證只會存在於同一區域內之電網範圍內。

再生能源憑證具備總量概念，可與電力使用總量勾稽，進行碳排總量管制，可視為封閉性系統(以地區電網為基礎，在意的是區域的實質(物理上可計量的)減量)，故減碳的管理容易到位，不易發生碳洩漏情事。碳權不具備總量概念，屬開放性系統(以全球為基礎設計，在意

的是全球總量的減少)。對區域的實質(物理上可計量的)(物理上可計量的)減量不見然有幫助，會產生實質減量與名目減量上的落差(但可以透過制度設計規範)。例如，依溫管法可購入 10% 境外碳權如 CDM。假設台灣二氧化碳實質排放量 100 單位，對外自非洲購入 10 單位 CDM，則名目排放量為 90 單位(100-10)。對全球減碳有幫助，但對台灣這範疇，無實體減碳的幫助(百姓較無感)。

由於過去碳權多以專案型為基礎，透過以基線為基礎的情境規劃、查確證程序，確保能達到規劃之減碳量。然而，這類做法對減碳量是採未來預期式的方式計算，換言之，持續性的查確證是確保減碳的重要因素。確證與查證成本高(每個專案的方法學皆不同)，當執行不確實的時候，會有碳洩漏風險疑慮(憑證具備明確的可勾稽性，風險低)。

此外，就價格而言，一公噸二氧化碳當量的自願性碳權在 2016 年的平均價格為 3 美元[7]。而一單位 IREC 為例，依台電提供之 105 年度電力排放係數計算，相當於 529 公斤的二氧化碳當量的減排量。換言之，一公噸二氧化碳當量的減量相當於 1.89 單位的 IREC，以 2016 年的均價為 5 美元計算，約為 9 美元。這顯示，同樣是減少一公噸二氧化碳當量的排放，再生能源憑證有較高的市場價格。值得一提的是，Greenhouse gas protocol corporate standard 於 2015 年修訂版中，將範疇二間接排放的企業可透過再生能源憑證(包括 RECs, IRECs, TIGRs, GOs)抵減其二氧化碳排放量，但由再生能源專案產生的碳權無法適用於扣減[7, 9]。

表 5 碳權與再生能源憑證比較彙整表

	碳權	再生能源憑證
功能性	減碳證明	減碳證明
使用區域限制	具跨國性，例如 CDM 適用於參與京都議定書之國家；自願性碳權如(VCS、GS)同時提供跨國與本土市場需求	僅限用於電力產生國，或電網可相互支援之區域
總量管理	不具備總量概念，屬開放性系統(以全球為基礎設計，在意的是全球總量的減少)。對區域的實質(物理上可計量的)(物理上可計量的)減量不見然有幫助，會產生實質減量與名目減量上的落差(但可以透過制度設計規範)	具備總量概念，可與電力使用總量勾稽，進行碳排總量管制，可視為封閉性系統(以地區電網為基礎，在意的是區域的實質(物理上可計量的)減量)，故減碳的管理容易到位，不易發生碳洩漏情事
目標	全球減碳 屬終極目標	協助國家電力政策的再生電力配比之達成；協助國家電力轉型 屬階段性目標
產出來源	多元(方法學)	單一(再生能源)
計算模式	以情境比較為基礎，對應未來	以實體的發生(產出電力)為基礎

定價方式	依碳權來源之種類與地區而異；由市場機制決定	由憑證所在國或地區之市場機制決定
查確證成本	高	低
價格	約 3 美元/噸[7]	約 9 美元/噸
外加性	具備外加性	高度外加性
碳洩漏疑慮 (Security)	風險高	風險低
場域	跨國性：CDM、VCS、GS 在地性：VCS、GS	限制於同一區域內之電網

在計算範疇二的排放量時，需使用電力排放係數作電力與二氧化碳間的轉換因子，簡化的公式可用以下方程式說明：

$$\text{電力排放係數} = \frac{\text{二氧化碳排放總量}}{\text{總發電量}} \quad (2)$$

當一個國家沒有推動 REC 制度時，電力排放係數的大小，是反映該國整體再生能源比例的關鍵係數。由於再生電力可增加電量，但 CO₂ 排放不變，因此，電力係數將會下降，也代表該國的再生能源比重越高。這種電力係數的下降，會誘導出一種迷思，誤以為達到減碳的成效。我們可以利用下列的情境分析，以範疇二為討論基礎，套入碳權概念去了解。假設一個地區的有火力發電與再生能源發電，其產生之發電量與碳排量情況如表 6 所示：

表 6 情境模擬之數據設定與分析

	火力發電		再生能源		電力排放係數	剩餘混合電力 排放係數
	發電量 (單位)	碳排量 (單位)	發電量 (單位)	碳排量 (單位)		
情境一	100	100	20	0	100/120 = 0.83	100/100=1
情境二	100	100	30	0	100/130 =0.77	100/100=1

在碳權的計算裡，基本的假設是使用 1 單位再生電力可以”取代”1 單位火力發電的碳排量，故可達到減碳的效果。因此，在情境一的條件下，再生能源產生的碳權就相當於 20 單位火電的碳排量。然而，在情境二時，當再生能源電力提高至 30 單位時，火力仍然是 100 單位，理論上，如果發生取代效應，此時的火力發電只要 90 單位即可(總電量 120 單位)。在這種情境下，雖然碳權是 30 單位，但並未達到減碳的目的，只是造成一種減碳的”假象”。這是碳權的盲點，建立在一個不是那麼穩固的假設基礎之下。

另一方面，就電力排放係數而言，數值下降了，但碳排量並未減少。在經濟條件不變動的前提下，因低電價所造成的浪費，發越多用越多，能源使用效率不佳等可能都是原因之一。

除非，經濟條件發生變動，例如生產量提高，此時，火力電力並未增加，僅再生電力增加，確實發生取代效果(不然就需更多火電)，這時就滿足碳權的先驗假設，10 單位(30-20)的碳權就是貨真價實的減碳效益。由於常常無法確認上述假設是否真實發生(例如經濟因素)，因此，僅僅依靠電力排放係數也無法判斷真正減碳的效果。

故此，當推動再生能源憑證制度時，配套之一是導入剩餘混合電力排放係數的概念[9]：

$$\text{剩餘混合電力排放係數} = \frac{\text{二氧化碳排放總量}}{\text{總發電量}-\text{REC}} \quad (3)$$

其中，REC=當年度再生能源憑證發行量所相應之發電量。

採用剩餘電力混合電力排放係數會產生”識別效果”，使擁有 REC(環境減碳效益)與沒有 REC 的企業區別出來。對沒有 REC 的企業，大家都使用剩餘電力混合電力排放係數，去分攤所有二氧化碳的排放量；對有 REC 的企業，它們的實質減碳成效可以被計量，也就是它們擁有具備實質減碳成效的”真實的碳權”。換言之，這是 REC 制度的好處，不像碳權，受限於一個假設的基礎去計算減碳量，其產生之碳權可能與實質減量無關，REC 所對應的減碳量(碳權)絕對是可以被計量的實質減碳，因為沒有持有 REC 企業只能共用真實反映二氧化碳排放量的剩餘電力混合電力排放係數。當一個國家有 REC 制度時，電力排放係數，在最佳情況下(不含核能時)，可完全與再生能源脫鉤，成為一個單一以火電為基礎的係數。

五、案例模擬

綠色電力憑證與碳權皆用於表達減碳之環境效益的量化工具。因此，以再生能源發電為例，其環境效益可以碳權形式呈現，亦可以憑證形式呈現，但原則上，只能擇一呈現，否則會造成重複計算(double counting)問題。以下，以太陽能自發自用的電子業為例，作情境分析說明減碳、T-REC、碳權三者之關係。

情境設定：

範疇二製造業，於廠區自設太陽能發電系統，年產出再生電力 100 單位，自發自用，未併入台電的躉購電價收購系統內。另，假設 1 單位火力發電之電力產生 1 單位二氧化碳排放。對這家企業而言，他是否有減碳？他是否有碳權？他是否有 T-REC？答案是：有；有；有。但碳權與 T-REC 只能擇一，且僅有 T-REC 可用於範疇二溫室氣體的抵減。

如圖 4 所示，同樣是設立太陽能發電系統，透過 CDM 的跨國機制可產出 CER 碳權；如果在台灣本土，則可以透過自願性碳權系統產出 VCS 或 GS 碳權，或者透過台灣再生能源憑證制度，產出 T-REC。對自發自用的廠商而言，可以將它的太陽能電力減碳效益轉成 T-REC。對該廠而言，本身未使用火電，即零碳排，故在碳揭露申報上，此部分之用電量的排碳就是 0。但當企業把減碳的效益轉換成 T-REC 時，就表示，企業的減排環境效益(相對火電)將隨他的 T-REC 交易出去時，同時交給購買者。換言之，企業原本自發自用產生的電力，將被視為是火電電力，而不再是再生電力(即使物理上它仍是太陽能發電)。另一方面，如果廠商把它的 T-REC 保留不賣出，自然，T-REC 的環境效益仍為原廠商所有，也就是他因為持有 T-REC，所以也保有了這部分的減碳量[10]。以台灣現況而言，企業自發自用的原始目的多是減碳為

主，也就是要再生能源發電之環境效益。如此，自發自用的 T-REC 的”願意交易性”將非常低，或者說，可預期得未來，在市場上的流動性將非常低，因為，企業好不容易減下來的碳排放量，已經不夠內部的減碳需求，更遑論要售出。這種情形的原始持有者(自發自用業主)，既使用其電力，也保有其環境效益，他本身擁有的 T-REC 其實就是”個人專屬的”bundle 的再生能源憑證。如果原始持有者(自發自用業主)，願意售出其 T-REC，則這種情形是他使用了再生能源產生之電力，但放棄其環境效益，此時的 T-REC 就是典型的 unbundle 的再生能源憑證 [10]。

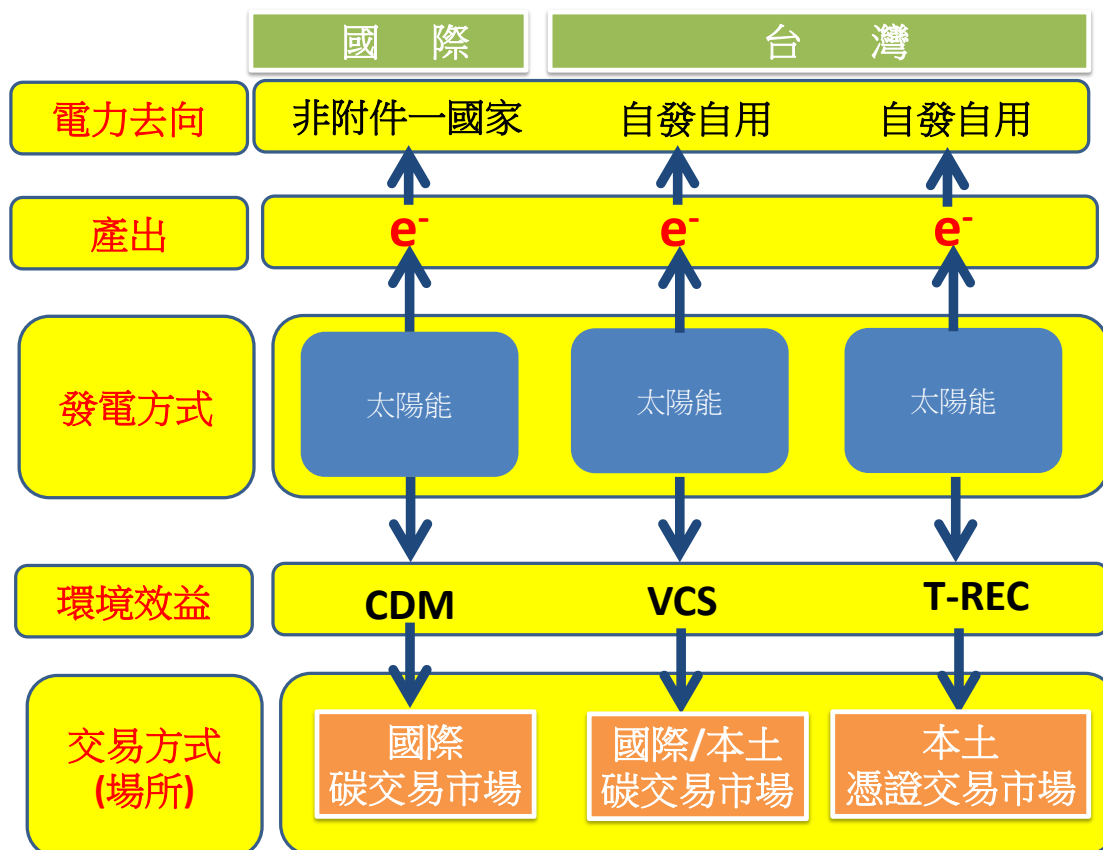


圖 4 以再生能源電力作為減碳基礎所開發之碳權與再生能源憑證之比較

六、結論

1. 為了達到碳減量目標，《京都議定書》的清潔發展機制(Clean Development Mechanism, CDM)提供了具有減量目標的國家(也就是已開發國家)可以藉由購買 CER 碳權產生的抵換額度(offsets)來達成減量承諾。目前，由於政策驅動的誘因已經消失，碳權的交易價格已急遽下降。2016 年在亞洲自願性碳權的平均交易價是每噸二氧化碳當量 0.7 美元，在非洲的造林與再造林碳權可達 6.7 美元，然而，全年均價僅有 3.0 美元。
2. 一般而言，單純的減碳作為如風力或太陽能發電的價格會較低，能提供更多就業機會或生物多樣性之減碳作為如林地管理的改善等，因具備外加的共同利益(Co-benefits)，碳權的價格較高。非洲、大洋洲與拉丁美洲區的碳權相對較高，基本上除了反映碳權專案開發的成本之外，亦包含了對這些相對開發中的地區更多的協

助與支持的人道關懷。

3. 再生能源憑證制度是使再生能源之設備及電量經查驗證後，透過憑證來證明兩件事：該電力來源為再生能源及該電力所具備之環境減碳效益。電力的傳輸是透過電網在進行，任何形式的發電廠最終都需將產生的電力送入電網。為能確認使用的電力是由再生能源產生，再生能源憑證很必然的會是共用電網(最有效率的使用方式)的必要產物。目前國內外主要的再生能源憑證有： T-REC(台灣再生能源憑證)、REC(Renewable Energy Certificate)、Guarantee of Origin (GoO)、IREC(International Renewable Energy Certificate)等。
4. 就減碳目標而言，碳權的框架是全球性的，故在 CDM 的設計上，採用跨區合作的模式進行(對地區而言，產生實質減量與名目減量之別)。再生能源憑證則是配合地區再生能源電力政策規劃，所採用之減量工具。這兩者在使用場域上有明顯差異，對碳權而言，它可以是跨國性的如 CDM，也可以是區域性本土碳權的如 VCS；然而，再生能源憑證只會存在於同一區域內之電網範圍內。
5. 再生能源憑證具備總量概念，可與電力使用總量勾稽，進行碳排總量管制，可視為封閉性系統(以地區電網為基礎，在意的是區域的實質(物理上可計量的)減量)，故減碳的管理容易到位，不易發生碳洩漏情事。碳權不具備總量概念，屬開放性系統(以全球為基礎設計，在意的是全球總量的減少)。對區域的實質(物理上可計量的)(物理上可計量的)減量不必然有直接幫助，會產生實質減量與名目減量上的落差。
6. 由於一般碳權以專案型為基礎，透過以基線為基礎的情境規劃、查確證程序，確保能達到規劃之減碳量。由於確證與查證成本高(每個專案的方法學皆不同)，當執行不確實的時候，會有碳洩漏風險疑慮(憑證具備明確的可勾稽性，風險低)。
7. 當推動再生能源憑證制度時，需導入剩餘混合電力排放係數而非延續過去使用的簡單平均電力排放係數。透過剩餘混合電力排放係數，可使再生能源憑證產生識別作用，但碳權則不具識別作用，故可能產生無效減碳的情況。透過 REC 制度產生的識別作用，就可以認定使用再生能源電力者具實質減碳成效。當一個無核能國家有 REC 制度時，電力排放係數，在最佳情況下，可完全與再生能源脫鉤，成為一個單一以火電為基礎的係數。

參考文獻

1. RE100 <http://there100.org/companies>
2. 我國燃料燃燒二氧化碳排放統計 經濟部能源局 105 年 7 月
3. The Mechanisms under the Kyoto Protocol: Clean development mechanism, joint implementation and emissions trading http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/items/1673.php
4. Stuart, M., Lundgren, A., Morozova, S., Kashyap, A., Husain, K., Caballero, V., Dankers, A., & Jusen, A. (2003) "The Clean Development Mechanism: A User's Guide," UNDP .
5. United Nations, Framework Convention on Climate Change. (2016), CDM Methodology

Booklet (8ed).

6. 行政院國家氣體登錄平台 <http://ghgregistry.epa.gov.tw/offset/firstchg4.aspx>
7. State of Voluntary Carbon Markets 2017.
8. 連興隆、莊昇勳 (2017)，淺談再生能源憑證與品質標籤，再生能源憑證中心
<https://www.trec.org.tw/news/2017-07-14%2012-49-46>
9. Mary Sotos. (2015), GHG Protocol Scope 2 Guidance. World Resources Institute.
10. 連興隆、莊昇勳 (2017)，電力排放係數與再生能源憑證之關係：Free Rider Effect 與 Outsider Effect 標準與檢驗月刊(審查中)。