

英國溫室氣體減量相關政策分析

環科工程顧問股份有限公司

【摘要】

英國是全球第一個啟動溫室氣體排放交易制度與將「碳預算(Carbon Budget)」制度入法的國家，2016年溫室氣體排放量已較1990年減少41.1%，能源部門(如電力業、煉油業等)較1990年減少56.7%，其中又以電力業減碳貢獻為最大。煤炭一直是19世紀以來英國最主要的發電來源，然而英國透過複循環燃氣機組及再生能源之發展、碳底價制度與差價合約等政策之施行，在多數超過25年之老舊燃煤機組順勢退役下，促使了燃氣取代燃煤及低碳能源的電力轉型，自2016年煤炭發電已較1990年減少87.4%。此外，英國更於2017年4月21日首次打破24小時皆未使用煤炭發電的紀錄，且於今年(2018年)9月中再超越2017年全年度624小時之無煤發電，來至1000小時之紀錄，可謂是歐盟中對抗氣候變遷最具行動力的國家，故本文透過綜整分析英國溫室氣體減量相關政策與其效益，以作為回饋我國能源部門之減碳策略經驗。

關鍵字：溫室氣體減量、再生能源、電力市場改革

壹、英國溫室氣體減量路徑

自 1997 年《京都議定書(Kyoto Protocol)》通過(於 2005 年生效)，在第一期承諾期間(2008-2012 年)英國被分配到的減量目標為六種溫室氣體排放量(CO₂、CH₄、N₂O、SF₆、HFCs 與 PFCs)須較 1990 年基準減少 12.5%，而英國政府為因應京都議定書規範，在 2000 年通過《英國氣候變遷計畫(United Kingdom's Climate Change Programme)》，以規劃國家整體減量策略，並在 2006 年修正版中制訂較嚴謹的減量目標，即 2010 年碳排放量須較 1990 年基準減少 15-18%。在 2002 年 4 月，英國啟動全球第一個溫室氣體排放交易制度-United Kingdom Emissions Trading Scheme (UK ETS)，其屬自願參與形式，而後歐盟為履行《京都議定書》之承諾，亦於 2003 年通過歐盟排放交易指令(Directive 2003/87/EC)作為施行總量管制與排放交易之法源依據，並於 2005 年正式啟動具強制性之歐盟排放交易制度(European Union Emissions Trading Scheme, EU ETS)，以分階段方式逐步達成減排目標，即 2020 年較 1990 年基準減少 20%，2030 減少 40%及 2050 年減少 80-95%。英國於 2006 年起與 EU ETS 制度接軌，於 2008 年再通過《氣候變遷法(Climate Change Act)》，設立氣候變遷委員會(Committee on Climate Change, CCC)負責規劃整體氣候策略與進度報告，更推出全球第一個具法律形式的「碳預算」制度，為自 2008 年起透過五年為一期的碳預算制度作為全國減量路徑藍圖，且明定 2050 年前包含於《京都議定書》之六種溫室氣體排放量須較 1990 年基準減少至少 80%。目前碳預算已來到第三期，目標為較 1990 年基準排放量減少 37%，碳預算將溫室氣體排放源分成兩類：

一、交易部門(Traded Sector):

為 EU ETS 所規範之部門，主要為電力與工業部門下的能源密集產業，如煉油廠、汽電共生裝設(CHP installations)、離岸油氣(offshore oil and gas)產業等。交易部門之排放交易量是依據 EU ETS 分配給英國的排

放額決定，其自 1990 年以來已減少了 44%，預期至 2020 年可比 1990 年的基準減少 60%。

二、非交易部門(Non-traded Sector):

為交易部門外未規範之部門，如交通、農業與建築。此是依據實際排放量並以 2050 年該法案目標的成本效益路徑進行推估，其自 1990 年以來已減少 29%，預期至 2020 年可比 1990 年減少 35%。

貳、英國電力部門減量策略

依據英國六大主要部門(能源(Energy supply)、含商業、公共或住宅之建築(Business, Public, Residential)、運輸(Transport)、農業與土地利用(變化)(Agriculture, LULUCF)、工業(Industrial process)、廢棄物管理(Waste management))之溫室氣體排放量，則能源部門(包含發電廠，煉油廠及其它能源供應，如石油、天然氣、固體燃料之開採生產等)為主要的溫室氣體排放源，在 1990-2016 間約佔 35.0-25.7%，且在 2016 年較 1990 年減少約 56.7%的 CO₂e 排放，其中以電力業減碳貢獻最大，有關電力部門相關減量策略如下述說明：

一、氣候變化捐 (Climate Change Levy, CCL)

英國於 2001 年 4 月實施 CCL，旨在鼓勵提高能源效率，分成主稅率與碳價格支持率(CPS)兩種。

(一) 主稅率：

主要針對使用電、天然氣、液化石油氣與煤炭等其它應稅能源的部門(包括工業、商業、農業、公共行政及其它服務部門)，依其使用量進行課稅，但家庭能源用戶、運輸用燃料、非營利的慈善機構或極小規模能源使用的企業則不在課徵範圍內。另外，使用具良好品質的汽電共生及再生能源所產生的電力亦可免於賦稅。為減輕對能源密集產業的影響，產業可與政府簽訂《氣候變化協議(Climate Change Agreements, CCA)》，若達到協議中

提升能源效率或降低碳排放的目標，則政府將給予優惠稅率。

(二) 碳價格支持率(CPS):

主要針對使用化石燃料如天然氣、液化石油氣、煤炭和其他固體化石燃料之發電業所課徵之碳稅，為「碳底價(CPF)」的一部分，以此制定出英國高於歐盟 ETS 碳價格之 CPF 制度。

二、再生能源義務 (Renewables Obligation, RO)

2002 年英國通過一項推展大型(5 MW 以上)再生能源發電廠的法案-「再生能源義務」，要求電力供應商須透過購買自具再生能源之電力生產商中經認可的「再生能源義務證書(Renewables Obligation Certificates, ROCs)」，以促使再生能源可達總電量中之一定比例。有關電力供應商的再生能源義務比例係由英國商業、能源及工業策略部(Department for Business, Energy and Industrial Strategy, BEIS)於各義務執行時段(每年的 4 月 1 日到次年的 3 月 31 日)前公布，而 ROCs 整體交易體系的運作與管控則為英國電業主管單位-天然氣暨電力市場管制局(Office of Gas and Electricity Markets, Ofgem)中的 E-Serve 部門負責。電力供應商透過 ROCs 證明其已履行的義務，然而若獲取的 ROCs 超過其履約義務時，則可至二級市場上進行出售或將證書保留至下一年度提交。相反的，若獲取的 ROCs 不足以完全履行義務時，則可透過二級市場上購買或選擇支付罰鍰，所有罰鍰收入將進入特定基金中，再依電力供應商完成的再生能源義務比例進行分配，返還給電力供應商。然而，此制度因缺乏市場機制與受 ROCs 價格波動的影響，導致再生能源發/供電成本過高，故 2013 年起英國政府推行電力市場改革(Electricity Market Reform, EMR)，其中一項為將 RO 逐步朝向差價合約制(CfD)，目前 RO 已於 2017 年 3 月 31 日結束。

三、再生能源戰略 2009

概述英國將如何實現其具有法律約束力之目標，並確保至 2020 年 15% 的能源可來自再生能源之白皮書。至 2020 年之三個主要目標：超過 30% 的電力來自再生能源、12% 的熱能來自再生能源與 10% 的運輸能源來自再生能源，並承諾將部分 4.05 億英鎊的資金用於發展新興再生能源技術，如波浪/潮汐發電、離岸風電和先進的生物燃料。

四、躉購費率 (Feed-in Tariff, FIT)

2010 年 4 月英國引入 FIT 制度，旨在促進家庭、企業和社區安裝的各種小規模（不超過 5 MW）再生能源和低碳發電技術。該計劃於 2010 年 4 月 1 日推行，要求電力供應商對符合要求之再生能源以固定電價優惠費率進行收購，FIT 將可持續 10 至 25 年且定期做調整。

五、電力市場改革 (Electricity Market Reform, EMR)

(一) 碳底價 (Carbon Price Floor, CPF)

在 EU ETS 體制下因有無法能穩定碳交易價格波動的問題存在，以至於無法有效地帶動低碳產業之發展，故英國於 2013 年 4 月引入 CPF，積極推動低碳轉型。此主要針對化石燃料的發電業者，制定出英國高於歐盟 ETS 碳價格之 CPF。該制度主要係以每噸二氧化碳的「碳價格支持率(CPS)」和 EU ETS 購自政府拍賣或碳市場的單位二氧化碳價格為基礎，並計劃每年上升，預估至 2020 年碳底價將可達到 £30/t CO₂。2015 年英國的碳價格已來到 £18/t CO₂，然而能源密集產業因 CFP 所導致不斷上漲的能源價格而面臨競爭劣勢，為減低產業的競爭劣勢並減少消費者的能源費用，CPF 從 2016 年到 2021 年最高限額凍結在 £18/t CO₂。

(二) 差價合約制 (Contract for Difference, CfD)

2013 年電力市場改革逐步以「差價合約(CfD)」取代「再生能源義務(RO)」制度，採多退少補並包含競標之概念，旨在透過減少批發電價的波動並提供一具成本效益的穩定價格，合約通常簽訂 20 年以上，可有利於低碳電力的投資。

再生能源發電業者將與國有的 CfD Counterparty Company Ltd (CfD Counterparty) 簽訂契約後，直接向市場兜售電力，若市場價格低於合約設定價 (strike price)，則由 CfD Counterparty 支付差額予再生能源生產商；反之，若市場價格高於合約設定價，則由再生能源生產商向 CfD Counterparty 支付金額。

(三) 新電廠排放標準 (Emission Performance Standard, EPS)

制定所有超過 50 MWe 並於 2014 年 2 月 18 日 EPS 生效後獲得開發許可之新建化石燃料電廠的瞬時排放標準須為 450 g CO₂/kWh，並規定新建的燃煤電廠必須搭配 CCS 技術。然而，基於安全供應的考量，此限制僅限於基載的電力系統上，讓非用於基載的電力系統保有彈性。

六、潔淨成長策略

2017 年頒布潔淨成長策略係為加速減碳步伐，以期望達到未來第四、五期碳預算目標。此策略立基在氣候變遷之前提下，以提供產業和消費者可負擔的能源，在全國收入提高的同時亦能達成減少溫室氣體排放之目的，其中有關電力部門之相關策略如下：

(一) 2025 年前逐步關閉燃煤電廠。

(二) 藉由 Hinkley Point C 新核能電廠提供電力，並規劃如何使其保有價格競爭力。

(三) 發展再生能源技術，如離岸風電：

1. 投入最高 5.57 億英鎊用於後續的第二期差價合約競標，下一階段預期於 2019 年春天進行。

2. 與制訂具企圖心的離岸風電協議之企業合作，若有成本效益，將在 2020 年起設置 10 GW 裝置並尋求機會進行額外佈設。

(四) 電力部門設置整體碳價格，使企業了解每噸碳需支付之費用。

(五) 投入約 9 億英鎊的公共資金，包括：

1. 智能系統之開發 (2.65 億英鎊)-降低電力儲存成本，以

- 智能系統平衡電網等。
- 2.核能相關研究(4.6 億英鎊)-如新核能製造技術、回收再處理及反應爐設計。
 - 3.再生能源成本之降低(1.77 億英鎊)-如離岸風電渦輪葉片技術和基礎的創新。

參、政策效益

根據 2018 年 01 月 BEIS 所發布的 UPDATED ENERGY AND EMISSIONS PROJECTIONS 2017 資料顯示，英國於 2008-2012 年期間總排放量較第一期碳預算目標(3,018 Mt CO₂e，較 1990 年基準減少排放 25%)減少 36 Mt CO₂e，已達成京都議定書規範之 12.5%減量目標。英國發電組合歷經兩階段之轉型，第一階段(1973-1990 年)為核能自 10%提高至 21%，取代燃油發電，從 26%降低至 11%；自第二階段(1990 年起)，因多數老舊燃煤機組面臨屆齡且順勢接軌複循環燃氣機組技術之發展，及在北海發現豐富之天然氣資源，使燃氣逐漸取代燃煤。由於燃煤為電力業最主要的 CO₂ 排放源，英國再透過再生能源之發展、碳底價制度等政策之施行，使多數超過 25 年之老舊燃煤機組順勢退役，在擱置資產少的情況下，有利電力逐步朝向潔淨能源轉型。在 2016 年已陸續關閉 Longannet、Ferrybridge C 與 Rugeley 三個發電廠，目前英國國內僅剩 8 座燃煤發電廠，預計在今年(2018 年)下半年開始，將再關閉 Eggborough 與 Kilroot 燃煤電廠，以持續加快脫煤速度。燃氣發電與低碳能源(核能、再生能源)比例的增加為英國帶來了更潔淨的能源結構，2016 年煤炭發電已較 1990 年減少 87.4%，從 71.9%降低至 9.0%，而燃氣發電從 0.1%提高至 42.2%；低碳能源(核能與再生能源)占比從 21.6%增加到 45.7%，而自 2002 年 RO 制度啟動，近 15 年間再生能源發電亦已成長了 7 倍之多。

目前英國電力整體發電量最大的為天然氣，而在逐步邁向電力脫煤與低碳轉型的同時，能源價格與清潔能源發展之

發電成本提高亦不免會反映在電價上，根據國際能源署 (International Energy Agency, IEA) 之數據顯示，2016 年英國住宅與工業用電價皆已較 1990 年上漲一倍之多，並較 IEA 28 個成員國之中位數分別高出 6.7% 和 27.5%。

肆、結語

英國因複循環燃氣機組的上線順勢接軌部分老舊燃煤機組之退役，及再生能源義務、碳底價制度與差價合約制等政策的推動，有效促使燃煤發電逐步降低並使得整體電力結構朝向燃氣與再生能源發展之低碳轉型，然而這些發電成本之提升亦不免反映至電價上。此外，根據 2017 年 06 月氣候變遷委員會 (CCC) 所提出的 Meeting Carbon Budgets: Closing the policy gap 2017 Report to Parliament 報告中建議，未來 CCS 技術的發展亦將會是英國達成 2050 年長期減碳目標的關鍵之一。

伍、參考文獻

1. Committee on Climate Change (2017), Meeting Carbon Budgets: Closing the policy gap 2017 Report to Parliament.
2. Committee on Climate Change (2015), The Fifth Carbon Budget -Executive Summary.
3. Department of Energy and Climate Change (2014), 2012 UK Greenhouse Gas Emissions, Final Figures, Retrived from https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/277021/20140204_2012_UK_Greenhouse_Gas_Emissions_Final_Figures.pdf
4. Department for Business, Energy and Industrial Strategy (2018), Domestic electricity prices in the IEA.
5. Department for Business, Energy and Industrial Strategy (2018), Industrial electricity prices in the IEA.
6. Department for Business, Energy and Industrial Strategy (2018), Final UK greenhouse gas emissions national statistics 1990-2016.
7. Department for Business, Energy and Industrial Strategy (2018), Fuel used in electricity generation and electricity supplied.

8. Department for Business, Energy and Industrial Strategy (2018), 2017 UK GREENHOUSE GAS EMISSIONS, PROVISIONAL FIGURES.
9. GOV.UK, Electricity Market Reform: CFD Supplier Obligation, Retrieved from <https://www.gov.uk/government/collections/electricity-market-reform-cfd-supplier-obligation>
10. GOV.UK, Environmental taxes, reliefs and schemes for businesses, Retrieved from <https://www.gov.uk/green-taxes-and-reliefs/climate-change-levy>
11. HM Government (2017), The Clean Growth Strategy: Leading the way to a low carbon future.
12. House of Commons Library (2018), Carbon Price Floor (CPF) and the price support mechanism.
13. International Energy Agency (IEA) (2006), Energy Policies of IEA Countries: THE UNITED KINGDOM.
14. International Energy Agency (IEA) (2012), Energy Policies of IEA Countries: THE UNITED KINGDOM.
15. International Energy Agency (IEA), Policies and Measures Databases, Retrieved from <https://www.iea.org/policiesandmeasures/climatechange/>
16. Legislation.gov.uk, DRAFT EXPLANATORY MEMORANDUM TO THE EMISSIONS PERFORMANCE STANDARD REGULATIONS, Retrieved from <https://www.legislation.gov.uk/ukdsi/2015/9780111127186/memorandum/contents>
17. Office of Gas and Electricity Markets (Ofgem), Feed-In Tariff (FIT) rates, Retrieved from <https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/fit/fit-tariff-rates>
18. THE GUARDIAN (2018), UK passes 1,000 hours without coal as energy shift accelerates, Retrieved from <https://www.theguardian.com/business/2018/jul/12/uk-to-pass-1000-hours-without-coal-as-energy-shift-accelerates>