

本月專題

國際減煤聯盟發展現況與減煤策略

曾鈺雯¹

摘要

因應全球氣候變遷情勢，各締約國已於 COP21 會議達成溫室氣體減排共識，為符合巴黎協定要求，許多國家規劃調整能源結構，透過減少煤炭使用與提升再生能源占比等策略，降低溫室氣體排放。2017 年 11 月於德國波昂召開 COP 23 會議，國際間對於燃煤電廠未來趨勢更加重視，英國與加拿大率先成立「發電棄用煤炭聯盟」(Powering Past Coal Alliance)，主張停止興建未設置 CCS 之傳統燃煤電廠與發展潔淨能源電力等宣言，希冀於 2030 年前淘汰燃煤電廠等。

本研究係以帶頭發起聯盟國家之英國與加拿大安大略省為案例進行減煤背景與推動策略措施介紹，說明英國如何透過一系列低碳轉型之減煤策略，將原先 2012 年燃煤發電(占比 39%)降至 2016 年 9%，以及加拿大安大略省 2014 年成功淘汰燃煤電廠之成功案例，以作為我國政府部門推動能源轉型政策之減煤目標借鏡參考。

¹財團法人台灣綜合研究院 副研究員

一、前言

依據聯合國環境規劃署（UNEP）最新發布「2017 年排放差距報告」（The EmissionGap Report 2017），為達到氣候目標，未來全球高達 80%到 90%煤炭蘊藏量必須停止被開採使用，同時須避免新建燃煤電廠並逐步淘汰既有燃煤電廠，才能逐漸彌平碳排差距。鑑此，2017 年 11 月於德國波昂召開 COP 23 會議，國際間對於燃煤電廠之未來趨勢更加重視，英國與加拿大成立「發電棄用煤炭聯盟」（Powering Past Coal Alliance），主張發展清潔能源，希冀於 2030 年前淘汰燃煤電廠。

二、國際減煤聯盟發展現況

英國與加拿大率先發起「發電棄用煤炭聯盟」，截至目前為止共有 30 個國家及 16 個地方政府參加(詳見表 1)，另外重要企業與組織亦陸續加入聯盟(例如 Virgin Group、Unilever 及 EDF)，整體成員數已達 74 個。加入聯盟之夥伴共同簽署一份宣言，宣言重點如下：

- 承諾淘汰既有燃煤電廠，並停止興建無設置 CCS 之傳統燃煤電廠。
- 企業及其他非政府夥伴承諾其燃煤發電過程中不使用煤炭。
- 承諾透過政策與投資支持清潔電力，並限制財務援助沒有設置 CCS 之傳統燃煤電廠。

表 1 加入「棄用煤炭發電聯盟」之國家與地區(截至 2018 年 9 月 13 日)

	國家	地方政府
歐洲	英國、奧地利、比利時、丹麥、芬蘭、法國、義大利、盧森堡、荷蘭、葡萄牙、愛爾蘭、威爾斯、瑞士、瑞典、拉脫維亞、列支敦士登、立陶宛	➤ 荷蘭：鹿特丹
美洲	加拿大、墨西哥、哥斯大黎加、薩爾瓦多	➤ 加拿大：安大略、亞伯達、不列顛哥倫比亞、魁北克、溫哥華 ➤ 美國：華盛頓州、加州、奧勒岡州、夏威夷州、康乃狄克州、檀香山、明尼蘇達州、紐約州、洛杉磯
非洲	衣索匹亞、安哥拉	無

	國家	地方政府
小島 國家	馬紹爾群島、巴利亞利群島、斐濟、紐埃 (Niue)、吐瓦魯、萬那杜	無
其他	紐西蘭	坎培拉

資料來源：<https://www.gov.uk/government/publications>

三、國際減煤聯盟之減煤背景與策略措施

(一)英國

1.減煤背景說明

英國擁有相當豐富煤炭儲藏，煤炭資源稟賦造就工業革命蓬勃發展，然當時政府並未制定減煤相關政策法令，高度煤炭工業發展已對環境帶來高度地危害，引發 1952 年「倫敦大煙霧」事件，造成交通癱瘓多日及十萬人出現健康問題，讓政府與民眾嚴重意識到燃煤所帶來沉重環境危害，後續政府透過制定相關能源與氣候政策立法等(詳見表 2)，以因應氣候變遷帶來之衝擊挑戰。

根據國際能源總署(IEA)資料顯示，英國發電結構由 1990 年燃煤發電(占 64.6%)及燃氣發電(占 1.6%)，隨著北海天然氣開採量增加，2000 年燃氣發電占比大幅提升至 39.3%、燃煤發電下降至 32.4%；2008 年以後，由於北海天然氣開採減少，須進口成本較高液化天然氣，爰 2012 年燃氣發電占比復降低為 28%，燃煤發電則相對增加。

表 2 英國重要能源與氣候相關法規政策

年度	政策法規	重點摘要說明
1956 年	清潔空氣法 (Clean Air Acts)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 規定禁止排放黑煙、城鎮地區居民和工廠都必須改用無煙燃料、提供屋主補貼改用無煙燃料供暖及煤電廠遷出城市等
2008 年	能源法案 (Energy Act 2008)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 將能源政策白皮書內容法制化 ➢ 減少溫室氣體排放以減輕氣候變遷危害 ➢ 仰賴能源進口條件下，確保能源安全、低碳及價格穩定
2008 年	氣候變遷法 (Climate Change Act of 2008)	目標為 2050 年，較 1990 年減少溫室氣體排放 80%
2011 年	歐盟 2050 低碳經濟路線圖(Roadmap for Moving to a Competitive Low Carbon Economy in 2050)	目標為 2050 年，較 1990 年減少溫室氣體排放 80-95%
2011 年	電力市場改革白皮書(Electricity Market Reform, EMR)	<p>規劃電力部門四大低碳化與安全供應措施：</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 建立新電價收購制度：以提供更穩定、更長期並且可預期收益低碳能源投資環境； ➢ 設定碳價格下限：此價格下限將比歐盟現行交易制度的價格高出許多，提供穩定與可預期碳價格以刺激對低碳電力投資； ➢ 建立新設電廠二氧化碳排放標準：此標準將導致未整合碳捕獲與封存(Carbon Capture and Storage, CCS)技術化石燃料電廠無法興建； ➢ 建立策略型備用容量機制，以減緩未來供電緊縮之問題。

資料來源：英國政府近二十年來最大的能源改革法案(朱証達)，本研究整理。

2. 設定減煤目標與推動策略措施

(1) 減煤目標

英國商業、能源與產業策略部(Department for Business, Energy and Industrial Strategy, BEIS) 2015 年承諾要在 2025 年淘汰燃煤發電，將在限制燃煤電廠「排放績效標準」之新規定下達成此目標。

(2)推動策略措施

A.歐盟工業排放指令

歐盟 2010 年通過「工業排放指令」(Industrial Emissions Directive, IED)，意謂燃煤電廠將面臨更加嚴格之排放標準，燃煤電廠之廠商必須出具「最佳可行技術(Best Available Techniques, BAT)」，獲得許可證才可繼續營運，否則燃煤電廠將被迫關閉。

B.設定電廠排放績效標準

英國能源與氣候變遷部 (Department of Energy & Climate Change, DECC) 於 2011 年發布電力市場改革白皮書 (Electricity Market Reform, EMR)，提出 2013 年開始新設化石燃料電廠之排放績效標準 (Emission performance standard, EPS) 為 450 gCO₂/kWh，透過實施此標準，要求新建燃煤電廠皆須裝設 CCS 以減少碳排放量。

C.碳交易價格下限上調

英國政府宣布 2013 年導入碳交易價格下限 (Carbon Price Floor) 機制，碳排放價格下限遠高於歐盟碳排放交易體系 (EU-ETS) 之碳價格，針對化石燃料的發電業者，政府會額外徵收最低下限價格與 EU-ETS 碳價格間之差價。

D.生質能發電補助獎勵

英國政府透過將燃煤電廠轉化為生質能發電，提供補助獎勵措施，包括生質能資金援助方案與生質能基礎方案，補助投資生質能汽電共生之企業與中小型生質能發電廠，促進生質能應用與協助生質能所需之供應鏈發展，詳見表 3。

表 3 英國行動方案之生質能補助措施

補助措施名稱	補助期間	補助對象	預期效益
生質能資金援助方案	2002~2014.4	投資生質能汽電共生及生質能發電計畫之工商業與企業	補助生質能設備投資基金，促進生質能應用。
生質能基礎方案	2004~2010.2	中小型生質能發電廠	為汽電共生及電力終端使用者提供收集、加工與儲存之生質能所需之供應鏈，協助供應鏈發展。

資料來源：<http://www.biomassdesk.org/2017-main-biomass-market-uk>，本研究整理。

E. 電力供應與需求管理措施

a. 供應與需求面平衡儲備

英國承諾逐步關閉燃煤電廠之際，在新的燃煤機組尚未補足缺口，導致尖峰用電時期發生電力短缺，採取電力供應面與需求面之管理措施，藉以彌平電力缺口，維持電網平衡，相關措施包含(1)供應平衡儲備(Supplemental Balancing Reserve, SBR)，即國家電網與未運作之老舊燃煤與天然氣機組簽訂契約，支付電廠費用，做為緊急用電情況下之備載電源；(2)需求面平衡儲備(Demand Side Balancing Reserve, DSBR)，需量反應包含調升型 DSR(Turn-up DSR)、現場發電 DSR (DSR by on-site generation)，以及調降型 DSR(Turn-down DSR)。

b. 透過電網連接增加電力供給

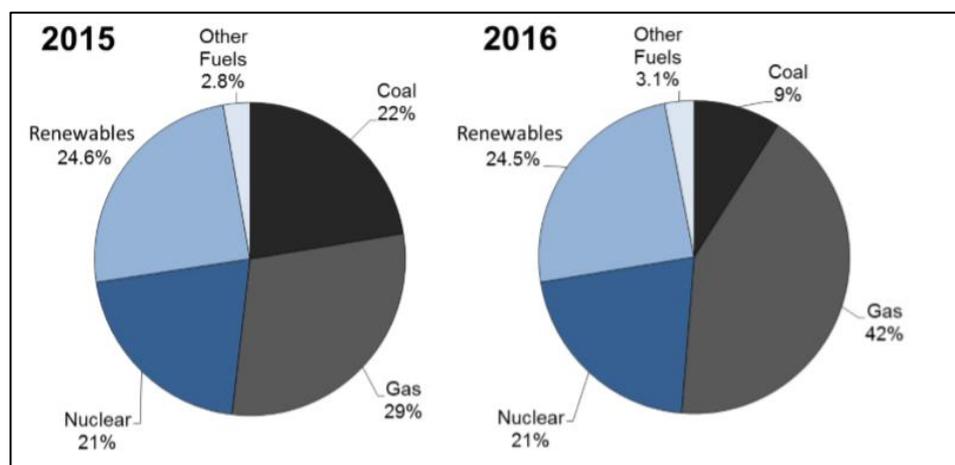
英國透過電網與法國、愛爾蘭和荷蘭等國連接，在必要時刻可提供自各國進口之電力流量，藉由電網與他國連接來調節國內電力供給。

F.公眾參與意見

英國減煤政策制定上充分徵求專家學者和社會公眾意見，2016年12月英國BEIS公開徵詢2025年減煤策略，方案一為要求既有燃煤電廠逐步裝置CCS技術以符合EPS標準；方案二為修改現行EPS標準以限制既有燃煤電廠排放。英國BEIS政府於2017年1月正式發布回應結果，以方案二(EPS標準為450 gCO₂/kWh)為後續減煤策略之作法。

(3)推動成果

英國電力市場於2012至2016年發生急劇之變化，燃煤發電占比由39%降至9%，燃煤電廠關閉一半以上。2015至2016年燃煤發電占比由22%降至9%；燃氣發電占比由29%上升至42%，顯示燃煤發電量減少一半以上，而燃煤發電減少之缺口主要由燃氣發電取代，詳見圖1。



資料來源:BEIS(2017),Digest of UK Energy Statistics.

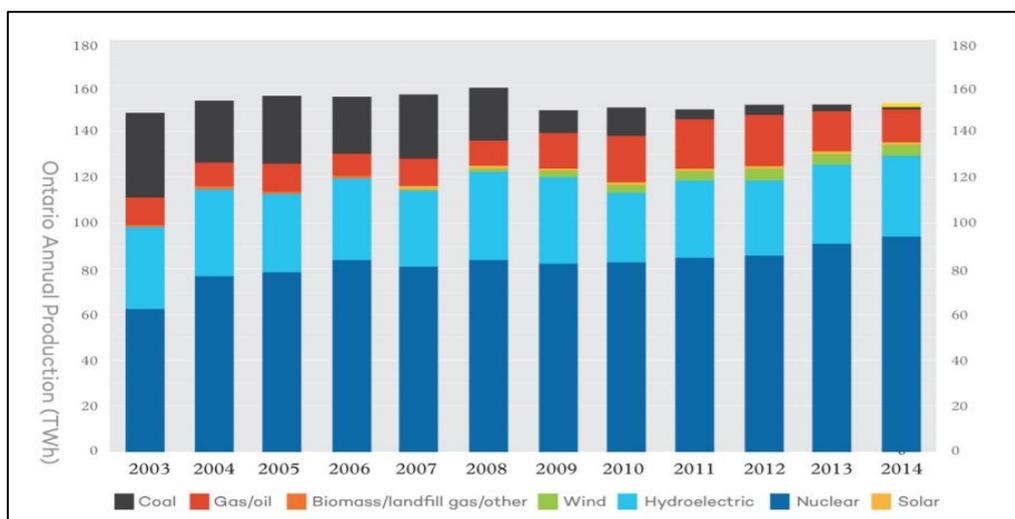
圖 1 英國發電結構占比(2015-2016)

(二)加拿大(安大略省)

1.減煤背景說明

加拿大安大略省過去曾大量依賴水力發電來滿足供電需求，經歷二次大戰後經濟蓬勃發展，僅靠水力發電無法滿足電

力需求，政府於 1960-1970 年之間大量投資燃煤電廠與核能來滿足電力需求。2003 年安大略省燃煤發電占比達 25%，甚至從美國進口煤炭。該省當地除生質能極為豐富外，太陽能與風能發電也極具潛力，電力部門能源結構變動情形詳見圖 2。



資料來源: The End of Coal: Ontario's coal phase-out(2015)

圖 2 安大略電力部門能源結構變動(2003-2014)

安大略省民眾對環境健康之影響深受 2000 年沃克頓事件影響，沃克頓飲用水供應受到大腸桿菌污染，鎮內約 2300 名居民受感染，當中 7 人死亡，為加拿大國內最嚴重之大腸桿菌感染事件。此事件提昇政府與民眾對環境與健康問題之高度重視。後續該省政府透過制定相關能源政策等(詳見表 4)，以因應氣候變遷帶來之衝擊挑戰。

表 4 加拿大安大略省重要能源政策法規

年度	政策法規	摘要說明
2006 年	綠色能源法 (Green Energy Act)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 該法核心為轉變能源使用方式，提高再生能源使用比例； ➤ 提供該省產生再生能源並加入電網之公司穩定的價格保證； ➤ 再生能源開發、工業創新和氣候保護方面位於世界領先地位。
2006 年	長期能源計劃	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 建設清潔與可靠電力來源，使該省逐步淘汰

	(Long-Term Energy Plan)	依靠燃煤發電，轉為使用清潔與再生能源。
2009 年	電網回購計劃 (Feed-in-Tariff)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 北美地區第一項對再生能源發電進行穩定價格補償綜合性計劃。 ➤ 該計劃適用於與政府簽有長期契約之發電項目，包括生質能發電、沼氣發電、風能發電、太陽能發電和水力發電等。

資料來源：<http://www.iwhr.com/zgskyww/ztd/canada/xinde/webinfo/2011/08/1311234317510706.htm>

2. 設定減煤目標與推動策略措施

(1) 減煤目標

加拿大安大略省電力局 (Ontario Power Authority, OPA) 於 2007 年公佈「整體電力系統計劃」(Integrated Power System Plan, IPSP)，計畫於 2014 年之前逐步淘汰燃煤電廠。該省希冀透過淘汰燃煤電廠，實現以下目標：

- 改變能源供給結構，有助於減少氮、硫氧化物以及溫室氣體排放量；
- 透過將兩個發電廠(由煤炭轉為生質能)，維持當地經濟發展和就業，並建立生質能研究中心；
- 淘汰煤炭有助於再生能源部門發展和成長，已有超過 30 家太陽能和風能製造公司於安大略省營運，並繼續成為加拿大再生能源產業發展之領導者。

(2) 推動策略措施

加拿大安大略省於 2014 年成功淘汰燃煤電廠，為北美洲首度實施淘汰煤炭成功之案例，相關減煤策略措施如下所述：

A. 電力部門重組

加拿大安大略省透過電力部門重組實現淘汰煤炭、節約能源與多方支持機制推廣再生能源技術之目標，相關事件如表 5。

表 5 安大略省電力部門重組之重要事件

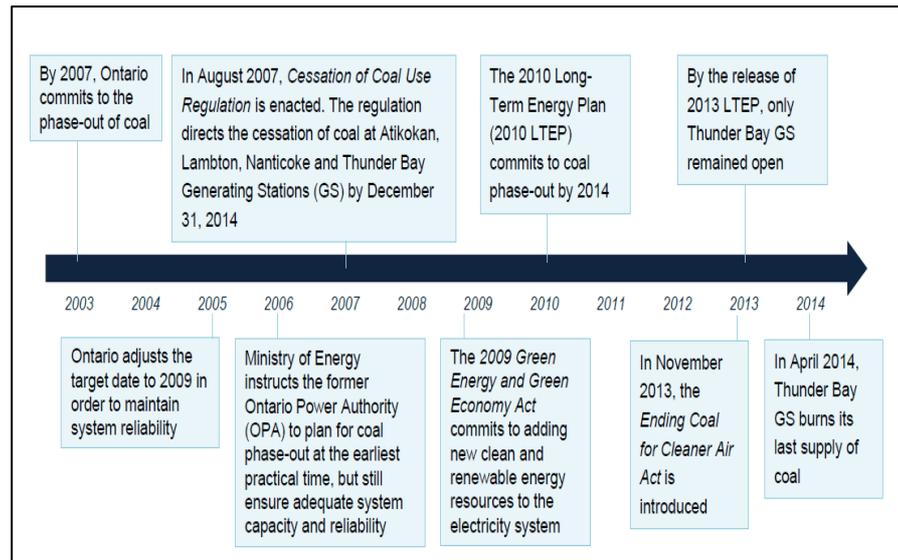
年度	事件
1998 年	通過能源競爭法，取消安大略省電力公司之壟斷特權
2002 年	正式開放電力市場，允許市場決定電費價格，惟市場不成熟造成電費上漲，政府取消市場價格機制
2004 年	政府成立安大略省電力局(OPA)，制定電力生產計畫及吸引電力投資
2015 年	電力局(OPA)併入獨立系統電力調度局(IESO)，IESO 為中立管理機構，不為電力市場中之任何參與者，監管省內發電、輸電和配電，亦須規劃省內電力能源之開發，連接電力公司與終端用戶，是省內電力系統之重要核心。

資料來源:<https://news.fx168.com/opinion/column/hujiajun/1610/2026870.shtml>，本研究整理。

B.制定淘汰煤炭時間表

加拿大安大略省針對淘汰燃煤電廠制定一系列汰煤時程表，有關時程細節詳見圖 3。

- 能源部長於 2006 年指示安大略省電力局(OPA)須於最早時間計劃淘汰煤炭，仍確保有足夠系統容量與穩定性。
- 2007 年頒布環境保護法(Environmental Protection Act)之淘汰煤炭規範，要求於 2014 年 12 月 31 日之前停止四座燃煤電廠(Atikokan, Lambton, Nanticoke and Thunder Bay)之煤炭使用。
- 2013 年 11 月提出終止燃煤發電空氣清潔法(The Ending Coal for Cleaner Air Act)；該法案於 2014 年重新提出，通過立法確保燃煤發電廠於 2014 年底停止營運，將永遠不使用煤炭發電。



資料來源:Coal Closure in Ontario (2015)

圖 3 加拿大安大略省之淘汰煤炭時間表

C. 電力調度系統考量安全穩定

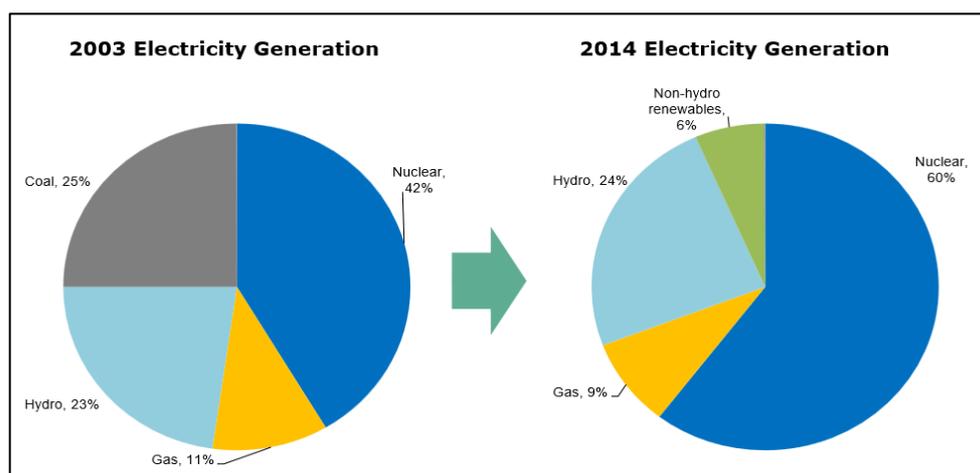
安大略省獨立系統電力調度局 (The Independent Electricity System Operator, IESO) 負責確保淘汰煤炭期間和淘汰煤炭後之系統可靠性和永續性。透過建造許多燃氣發電取代淘汰煤炭，惟 IESO 需克服(1)建立報告和監測新程序(2)提升對汽電協調之關注(3)適應新的操作特性等挑戰，才可使用非煤炭燃料類型之大量發電。

D. 補貼家庭與企業電費

安大略省因燃煤電廠於 2004-2013 年關閉期間，致平均發電成本增加 51%，使家庭和企業額外能源支出達到每年 50 億加元。安大略省政府 2011 年推出「清潔能源津貼」(Clean Energy Benefit)以減免家庭、農場和小企業 10% 電費，該津貼補貼持續至 2015 年；為了進一步降低電價，政府 2017 年初為家庭用電提供 8% 折扣，折扣部分將直接從消費者用電帳單中扣除。

(3)推動成果

2003 年與 2014 年發電結構主要變動為燃煤發電由 25% 降至 0%、非水力再生能源由 0% 增加至 6%，以及核能發電由 42% 上升至 60% 等，已於 2014 年成功關閉燃煤電廠，關閉燃煤電廠之缺口主要由非水力再生能源與核能發電取代，詳見圖 4。



資料來源:Coal Closure in Ontario (2015)

圖 4 2003 年與 2014 年安大略省發電結構變動占比

四、結語

參酌英國與加拿大安大略省制定減煤政策之策略措施，提出對我國的啟示如下：

(一)制定減煤路徑時程表

我國政府於 105 年啟動能源轉型，為確保能源安全與穩定供電，燃煤發電占比目標由 105 年 45% 提升至 109 年 50%，至 114 年降至 30%，燃煤發電占比先升後降之訂定目標與現今政府力推減少空污(包括 PM2.5)對環境之影響背道而馳。建議我國政府可以參考加拿大安大略省之制定淘汰煤炭時程表之作法，確保能源供電穩定與減少空氣污染之情況下，制定我國中長期減煤路徑時程表，逐步將燃煤退場機制具體化。

(二)加強電力供需平衡規劃，確保電力系統安全穩定

政府制定減煤政策時，亦須考量電力系統安全穩定問題，建議參酌英國與加拿大維持電力供需平衡作法，透過供給面容量市場機制與需求面需量反應措施，彌平電力缺口，以維持供電安全。

(三)減煤政策廣泛徵詢公眾意見

我國透過逐漸汰換老舊燃煤機組，建置高效率燃煤發電機組，目前已完成林口電廠超超臨界燃煤機組更新(機組效率高達 44.9%)，取代次臨界機組發電。建議我國未來訂定減煤政策，可參酌英國制定減煤政策充分徵求專家學者和社會公眾意見後，以現行 EPS 標準(450 gCO₂/kWh)限制既有燃煤電廠排放量，為政策成功實施之關鍵因素。英國透過訂定較高 EPS 標準(超過我國燃煤機組排放標準)，建議我國未來訂定減煤政策時，透過徵詢專家學者與民眾意見，逐步考量提升 EPS 排放標準，以兼顧環保與經濟發展同時，亦達到降低燃煤發電占比目標。

(四)受衝擊對象之補償措施

我國政府為達到 114 年非核家園，至 2025 年能源轉型配比為燃煤發電 30%、天然氣發電 50%及再生能源發電占比為 20%，期以逐步減少燃煤發電，提高燃氣與再生能源發電占比，以彌平達成非核家園之供電缺口。然透過此方式，未來勢必會面臨電價上漲之衝擊。建議我國可參考加拿大安大略省關閉燃煤電廠造成電價上漲之補償措施，透過清潔能源津貼減免家庭和企業 10% 電費之做法，降低能源轉型過程中，對民眾與企業所帶來之電價衝擊。

參考文獻

1. 朱証達，「英國政府近二十年來最大的能源改革法案」。
2. 朱証達，「英國近期核電發展與未來展望—英國核電政策發展、產業推動及核電除役與核廢料處置規劃之探討」。
3. 潘子欽(2011)，「國際火力電廠 CO₂ 排放標準現況及我國推動作法之建議」。
4. 鄭睿合、陳冠翰、林文祥(2017)，「因應電力短缺之服務業應變機制」，《台灣經濟》。
5. 2017 全球主要生質能市場概況—英國，BiomassDesk，2018 年 10 月 1 日查詢，連結網址：
<http://www.biomassdesk.org/2017-main-biomass-market-uk/>。
6. 加拿大各省電力市場的公有化管理，北極星電力網，2018 年 10 月 15 日查詢，連結網址：
<https://kknnews.cc/zh-tw/finance/mgkke46.html>。
7. 走進加拿大-加拿大各省電力市場的公有化管理，財經報社，2018 年 10 月 13 日查詢，連結網址：
<https://news.fx168.com/opinion/column/hujiajun/1610/2026870.shtml>
8. 安大略省長期能源計劃(Long-Term Energy Plan)介紹及啟示，iwahr，2018 年 10 月 13 日查詢，連結網址：
<http://www.iwahr.com/zgskyww/ztbd/canada/xinde/webinfo/2011/08/1311234317510706.htm>
9. 英國工業改革開始審查降低長期能源成本，避免因高電力成本損害工業競爭力，經濟部能源局能源知識庫，2018 年 10 月 12 日查詢，連結網址：
<https://km.twenergy.org.tw/Data/share?6m4sUjDgNuC7QLSgoA17og>
==。
10. 英國將在 2025 年結束燃煤發電，經濟部溫室氣體減量資訊網，2018 年 10 月 12 日查詢，連結網址：<https://www.go-moea.tw/>。
11. 倫敦 1952「大煙霧」禍兮福兮？，BBC，2018 年 10 月 5 日查詢，連結網址：
https://www.bbc.com/zhongwen/trad/uk/2013/01/130114_uk_london_fog.shtml。
12. 「禁煤」或「淨煤」？—解析國際煤電合作趨勢，APEC 能源國際合作資訊網，2018 年 10 月 1 日查詢，連結網址：
<https://apecenergy.tier.org.tw/report/article43.php>。
13. 歐美加強燃煤電廠排污打擊力度，人民網，2018 年 10 月 15 日查詢，連結網址：
http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2010-07/19/content_572817.htm。

14. Department for Business,Energy&Industrial Strategy(2017),“Digest of UK Energy Statistics”.
15. Department for Business,Energy&Industrial Strategy(2018), “Implementing the end of unabated coal by 2025-Government response to unabated coal closure consultation”.
16. Department for Business,Energy&Industrial Strategy(2016), “Coal Generation in Great Britain”.
17. David Robinson and Xin Li,2017,“Closing Coal in China: International experiences to inform power sector reform Working Paper”, Presentation at the University of Oxford, UK.
18. Electricity Information, IEA,from https://www.oecd-ilibrary.org/energy/electricity-information-2017_electricity-2017-en.
19. GOV.UK, from <https://www.gov.uk/government/publications>.
20. Ministry of Energy(2015), “Coal Closure in Ontario”.
21. Melissa Harris, Marisa Beck and Ivetta Gerasimchuk,2015,“The End of Coal: Ontario’s coal phase-out”, Published by the International Institute for Sustainable Development.
22. United Nations Environment Programme (2017), “The Emissions Gap Report 2017”.
23. WWF and Sandbag(2018), “Coal To Clean -How the UK phased out coal without a dash for gas”.