美國「潔淨電力計畫」簡介

—規範各州電力碳排放係數，使電力部門2030年CO_2排放量削減30%

趙家緯

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘要

美國環保署於2014年6月2日依據潔淨空氣法的授權，提出「潔淨電力計畫」。此計畫旨在藉由一系列針對各州電力碳排放係數的規範，促成2030年電力部門的二氧化碳排放量可較2005年削減30%。主要精神為由聯邦政府設定減量目標，而由各州自行提出電力部門的減量計畫。因此美國環保署於「潔淨電力計畫」中，主要提出的內容為「各州特定減碳目標」與「各州減碳計畫的研擬與施行指引」。然而減碳目標設定與減碳計畫上，均立基於美國環保署所提出的提升燃煤電廠熱效率、提升碳排放係數較低的火力電廠之容量因素、增加低碳與零碳能源的發電量、採行需求面管理措施抑低整體排放等四大減量基礎措施，所提出的最佳減量系統。此政策可使2030年時，燃煤火力發電占比可由基線情境的36%，降至30%、燃氣火力則由30.9%增加至 32.4%、再生能源則由 7.6% 微幅增加至 8.7%、總電力需求相較於基線情境可削減11%。綜合前述政策，其可使全美電力部門的二氧化碳排放量降至17億噸，可較基線情境削減5.5億噸的排放量，較2005年削減7.3億噸，降幅達30%。總計此法案的減碳效益為310億美元，健康共同效益為250～620億美元。施行成本則為73～88億美元，而對電價影響幅度約會使2030年時的平均電價較基線情境上漲2.7%～3.1%。美國環保署強調此法案每投資1美元，可獲得7美元的效益。因應企業界的訴求，此法案公開諮詢期展延至12月1日，預計於2015年年中正式生效。

一、背景

美國環保署於 2014 年 6 月 2 日依據潔淨空氣法（Clean Air Act）的授權，提出「潔淨電力計畫」（Clean Power Plan）。此計畫旨在藉由一系列針對各州電力碳排放係數的規範，促成 2030 年電力部門的二氧化碳排放量可較 2005 年削減 30%。此計畫被視為歐巴馬總統於去年度宣示要採用行政全力推動氣候行動計畫（Climate Action Plan）的具體作為。相較於過往提出的車輛燃料效率標準以及去年提出的電廠碳排放標準，此次的潔淨電力計畫為首次提出行政效力擴及既有電廠的管制政策，因此 UNFCCC 秘書長與歐盟氣候執委均認為此舉展現歐巴馬政府於減碳議題上的積極態度，將有助促成明年度氣候變化綱要公約巴黎會議的成功。

二、法案內容

「潔淨電力計畫」的主要精神為由聯邦政府設定減量目標，而由各州自行提出電力部門的減量計畫。因此美國環保署於「潔淨電力計畫」中，主要提出的內容為「各州特定減碳目標」（state goal）與「各州減碳計畫的研擬與施行指引」。然而減碳目標設定與減碳計畫上，均立基於美國環保署所提出的四大減量基礎措施（Building Blocks）所提出的最佳減量系統（best system of emission reduction）：

1. 提升燃煤電廠熱效率：現有燃煤火力發電機組的熱效率可藉由設備改善提升 6%；
2. 提升碳排放係數較低的火力電廠之容量因素：藉由電力調度原則的改變，將燃氣複循環機組的容量因數提升至 70%；
3. 增加低碳與零碳能源的發電量：藉由再生能源與核電廠的新增，增加潔淨能源的發電量；
4. 採行需求面管理措施抑低整體排放：每年需求面能源效率進步率達 1.5%。

表一、「潔淨電力計畫」四大減量基礎措施

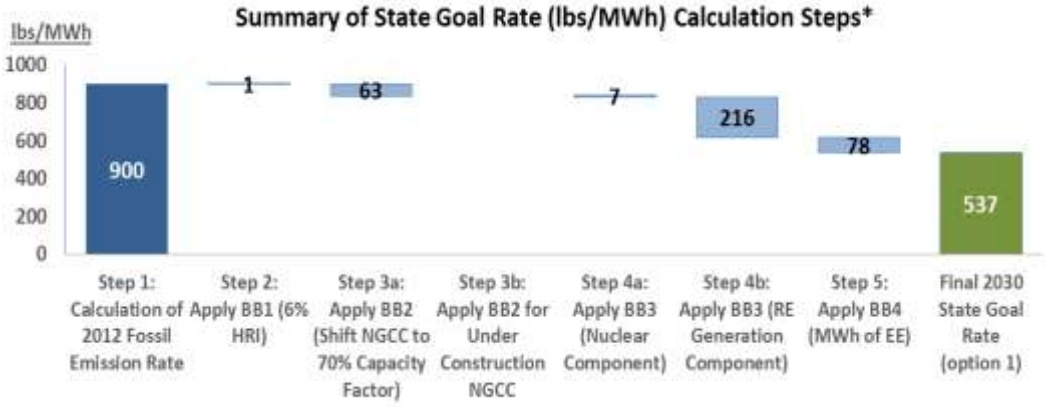
減量基礎措施	內容	減量成本（美元/噸）
改善燃煤電廠熱效率	現有燃煤火力發電機組的熱效率可藉由設備改善提升 6%	6~12
增加燃氣火力電廠運轉時數	藉由電力調度原則的改變，將燃氣複循環機組的容量因數提升至 70%	30
增加潔淨能源的發電量	藉由再生能源的新增與避免核電廠提早除役，增加潔淨能源的發電量	10~40
提升最終用戶之能源效率	年新增節電率達 1.5%	16~24

(整理自 NRDC 2014)

此法案授權環保署依據最佳減量系統原則，訂定「各州特定減碳目標」。此減量目標是採用「調整後單位電力碳排放係數」（adjusted output-weighted-average CO_2 emission rates）為指標（式 1），意即考量前述四大減量基礎措施施行後，各州的「調整後單位電力碳排放係數」是否可符合美國環保署所提出的中期（2020~2029 平均值）與最終（2030 年）減量目標。但此法案亦授予各州提出其他減碳目標的權力，如其允許各州可採用總排放量為該州指標，惟其各州需證明其所提出的減碳目標與聯邦政府的減量目標具有相同效力。

$$減量目標 = \frac{該州內所有化石燃料電廠的二氧化碳排放量}{化石燃料電廠發電量 + 再生能源發電量 + 核電發電量 + 能源效率提升計畫之節電量} \quad (1)$$

以下以加州為例，說明減量目標的推估邏輯以及流程。



圖一、「各州特定減碳目標」之估算步驟（以加州為例）(整理自 EPA 2014)

1. 估算 2012 年的電力碳排放係數：加州於 2012 年時，電力碳排放係數為 900 磅/千度。

2. 估算採用提升燃煤電廠熱效率後之碳排放係數：美國環保署分析加州燃煤電廠熱效率可提升 6%，因此其燃煤電廠的單位排放係數可由現行的 2,184 磅/千度，削減至 2,053 磅/千度，但因燃煤電廠於該州電力結構之占比僅有 0.9%，因此此舉僅可使整體碳排放係數些微降至 899 磅/千度。

3a. 估算既有燃氣複循環機組的容量因數提升至 70%後之碳排放係數：加州現有燃氣循環機組容量因數提升至 70%後，年發電量將超過現有化石燃料發電廠合計發電量，因此美國環保署就假定現有燃煤與燃油機組發電量均可被燃氣複循環機組取代，因此可使排放係數降至 836 磅/千度。

3b. 估算新增燃氣複循環機組的容量因數提升至 70%後之碳排放係數：環保署分析指出若未採取特定政策時，新增燃氣複循環機組的容量因數約為 55%，因此設定若可提升至 70%時，所增加的發電量可進一步替代現有的燃煤與燃油機組。而加州因採行既有燃氣複循環機組的容量因數提升至 70%策略後，已可充分替代其他燃煤與燃油機組的發電量，故此策略並未能削減碳排放係數。

4a. 估算新增核電廠與考量既有處於提早除役風險的核電廠之碳排放係數：EPA 分析指出全美既有核電廠中有 5.8%的裝置容量將因不具有經濟效益面臨提早除役的風險，故於估算碳排放係數時，須將此因素納入評估，於總發電量上增加該州既有核電裝置容量的5.8%在容量因數為 90%時可增加的發電量。因此加州無新增核電廠計畫，故僅考慮其既有 2,240MW 的核電裝置容量中的 5.8%處於提早除役風險的核電廠的發電量，則其碳排放係數可削減至 831 磅/千度。

4b. 估算各州若達到再生能源配比制度（Renewable Portfolio Standards, RPS）的政策目標下對碳排放係數的影響：EPA 將全美分為八個分區，估算各區域達到該區域平均 RPS 目標下的再生能源年平均成長率，以此成長率推算到 2030 年時各州的排除大型水力以外的再生能源總發電量。以加州為例，其所屬需西部供電分區的年均再生能源成長因子為 6%，因此加州在此計畫下的再生能源發電量目標則為 411 億度，較 2012 年的 299 億度成長 37%。而在達到此目標下，碳排放係數可削減至 615 磅/千度。

5. 以節能專案之最佳可行成果，設定各州可達到的節電目標，並估算其對碳排放係數之影響：EPA 彙整過往各研究機構對其境內節電專案的成效評估，訂定節電專案最佳可行績效水準(Best Practices Level of Performance)為年新增節電率 1.5%。故其假設各州每年最佳可行年新增節電率增加率為 0.2%，逐年進步至 1.5%後，就不再增加，因此各州 2030 年時的累計節電率約達 9%~13%。以加州為例，其累計節電率達 11.56%，因此可將其碳排放係數削減至 537 磅/千度。

本法案中要求各州需向環保署提出其州減量計畫（State Plan），減量計畫中應該包括減量目標、可達到減量目標的減量措施、追蹤與稽核方式等。而環保署會依據措施的可執行性、減量目標與時程是否符合環保署所訂定的標準、減量成果的可量化性與驗證性、兩年一度的進度回報的程序規劃等準則，審查各州所提送的州減量計畫。

因應企業界的訴求，此法案公開諮詢期展延至 12 月 1 日，預計

於 2015 年年中正式生效。各州需於 2016 年 6 月 30 日前提出州減量計畫，但若準備不及，各州可申請展延，展延期以兩年為限。而環保署會以四個月至一年的期間審查各州的減量計畫。環保署進一步指出各州最遲應於 2020 年起推動實質減量措施。

三、衝擊評估結果

美國環保署針對此法案進行法規衝擊評估，其指出對電力配比以及需求的影響如下：

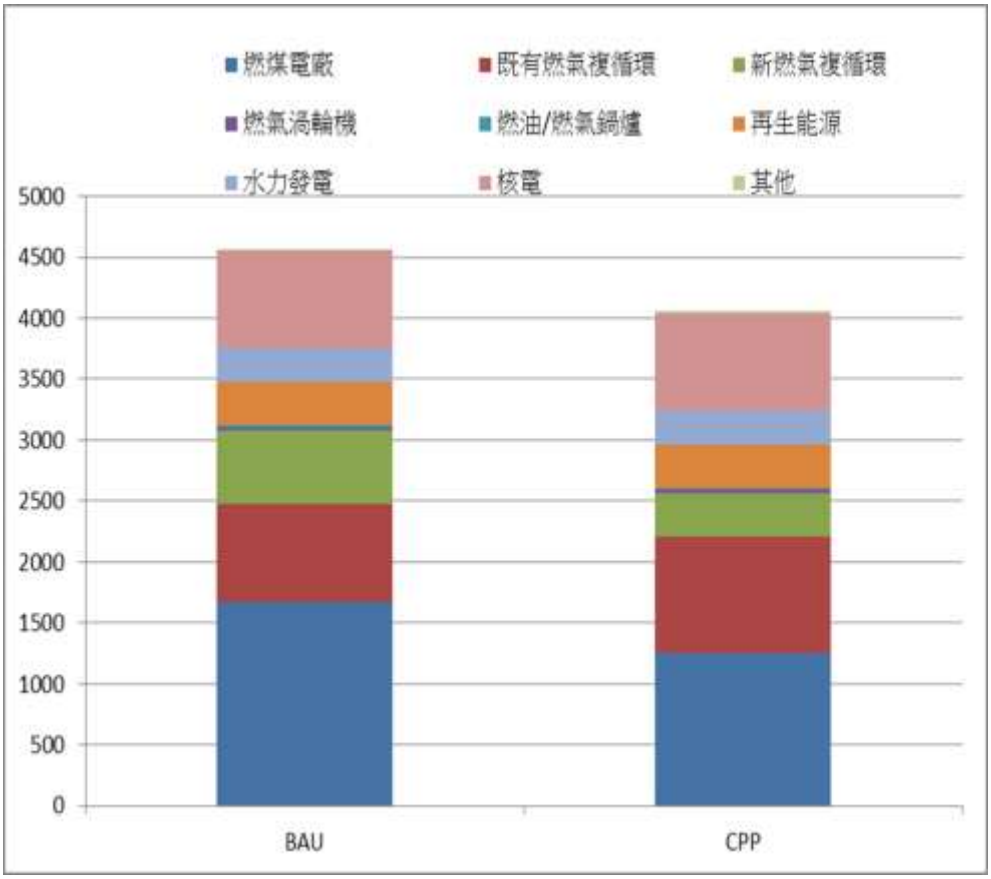
1. 電力結構：2030 年時，燃煤火力發電占比可由基線情境的 36%，降至 30%；燃氣火力則由 30.9%增加至 32.4%；再生能源則由 7.6% 微幅增加至 8.7%。
2. 容量因數：2030 年時，燃煤火力的容量因數由基線情境的 79%，降至 73%；燃氣複循環機組的容量因數則由基線情境的 42%，增加至 50%。
3. 需電量：總電力需求相較於基線情境可削減 11%。
4. 熱效率：2020 年時約有 90%以上的既有燃煤火力機組採行熱效率改善措施。

綜合前述政策，其可使全美電力部門的二氧化碳排放量降至 17 億噸，可較基線情境削減 5.5 億噸的排放量，較 2005 年削減 7.3 億噸，降幅達 30%。電力碳排放係數則可降至 0.419 kg/kWh，較 BAU 削減 15%，較 2010 年削減 30%。在此同時，因減少燃煤火力的發電量，故相較於基線情境，此政策可分別削減 SO_2、$PM_{2.5}$、NO_X 的排放量達 25%以上。故總計此法案的減碳效益為 310 億美元，健康共同效益為 250～620 億美元。

法規衝擊評估中，亦指出此法規的施行成本為 73～88 億美元，而對電價影響幅度約會使 2030 年時的平均電價較基線情境上漲 2.7%～3.1%。對就業方面，節電方面的政策可創造 7 萬 8 千名以上的就業

機會，而供給端方面，則可創造 2 萬 8 千名工作機會。

綜合前述分析結果，美國環保署強調此法案每投資 1 美元，可獲得 7 美元的效益。



圖二、潔淨電力計畫對電力結構之影響 (整理自 EPA 2014)

四、評析

此法案被視為歐巴馬政府所提出的影響最廣泛的減量計畫，預計將使 2030 年時的電力部門的二氧化碳排放量相較於 2005 年削減 7.3 億噸。但美國的環保團體與氣候變遷議題專業媒體雖多肯定其提出此具體政策，但也指出計畫的實質減量成效並未如政府所宣稱的積極。首先，美國 2013 年時電力部門的排放量已較 2005 年削減 2.8 億噸，因此此計畫所帶來的減量速率，並未較過往歷史趨勢為高。再者，此

計畫預估在 2020 年前，二氧化碳削減量就可以達到 6.5 億噸以上，後面十年增加的減碳量不足 1 億噸。但環保署卻預期 2020 年起各州始會依此法令採行具體減量行動，與整體減量趨勢相矛盾（The Carbon Brief）。另認為此計畫低估再生能源潛力，憂思科學家聯盟（Union of Concern Scientists）指出若以近年的再生能源成長率（1%~1.5%）作為目標設定依據時，2030 年時再生能源占比可為此政策的兩倍。

而針對此政策對於電力結構的影響，美國電力研究所（Electric Power Research Institute, EPRI）指出由此政策將大幅限縮燃煤電廠的運轉時數，而由燃氣電廠擔負起基載電力的角色，故其質疑燃氣電廠原本提供的彈性調度的功能，將會有所減損，對電力供應穩定與調度上具負面影響（EPRI, 2014）。而對於美國政府所提出的減碳政策多持抵制態度的美國商會，則是指出環保署的衝擊評估分析中低估電價上漲對整體經濟的影響，而其評估此政策的減碳效益時所採用碳的社會成本（social cost of carbon）尚未獲立法程序認可，而且大部分的政策效益是來自並非政策主要目標的其餘空氣污染物的削減。

我國與美國在行政權力上差異極大，然此潔淨電力計畫中，藉由碳排放係數標準的訂定，達到限制燃煤火力發電廠運轉時數的目的，與德國、丹麥等國直接限制燃煤電廠運轉時數的作為具有同等功用。再者，美國環保署在此政策中針對能源效率提升目標的制定，乃是立基過往節電專案最佳可行績效值，與國內現行推動節電 1%全民節電行動方案的計算方法相似，故其後續在效益評估、節電量稽核上的措施，可作為我國推動相關政策之借鏡。

參考文獻

1. EPRI. 2014. EPRI Comments on CAA § 111(d) Docket No. EPA-HQ-OAR-2013-0602. EPRI Report 3002004658, October 2014. http://www.epri.com/abstracts/Pages/ProductAbstract.aspx?ProductId=3002004658
2. Natural Resources Defense Council. 2014. NRDC Summary of EPA's Clean Power Plan. FS:14-06-A. http://www.nrdc.org/air/pollution-standards/files/pollution-standards-epa-plan-summary.pdf
3. Sierra Club. FAQs Clean Power Plan http://content.sierraclub.org/creative-archive/sites/content.sierraclub.org.creative-archive/files/pdfs/0800_CPP_FAQ_02_web_0.pdf
4. The Carbon Brief. Q&A: Obama's plan to cut coal and gas emissions. http://www.carbonbrief.org/blog/2014/06/qa-obama%E2%80%99s-plan-to-cut-coal-and-gas-emissions/
5. The U.S. Chamber of Commerce. 2014. Statement fort the record on the U.S. Environmental Protection Agency's Proposed "Clean Power Plan".
6. Union of Concern Scientists. Strengthening the EPA's Clean Power Plan (2014) http://www.ucsusa.org/our-work/global-warming/reduce-emissions/role-of-renewable-energy-in-epa-clean-power-plan
7. USEPA. Clean Power Plan Proposed Rule. http://www2.epa.gov/carbon-pollution-standards/clean-power-plan-proposed-rule