

國際火力電廠 CO₂排放標準現況及我國推動作法之建議

潘子欽

工業技術研究院 綠能與環境研究所

2011 年 12 月 27 日

摘要

由於電力部門占各國 CO₂總排放量之比例甚高，故目前國際上已有多個國家或地區開始推動電廠之 CO₂排放標準(emission performance standard, EPS)，以逐步淘汰高 CO₂排放之發電方式。目前美國各州及歐盟所規劃之 EPS 為 500 gCO₂/kWh，而英國採取更嚴格之 450 gCO₂/kWh。對於現行之火力發電技術，燃煤發電即使提升效率至 55%，亦無法符合歐美所訂定之 500 g CO₂/kWh 標準，故為符合 EPS 之要求，改以天然氣發電或加裝碳捕捉與封存(CCS)裝置則為必要策略。然而，由於燃煤電廠為我國目前主要電力來源之一，不易於短期內調整，且 CCS 技術目前尚未成熟，因此，於我國推行 EPS 時，建議可分別設定近期及遠期兩階段之 CO₂排放標準。其中，近期之排放標準可依不同發電方式而不同，並在考量最佳可行技術下，以同類型全球優良電廠之排放強度作為標準值；而長期之排放標準則可如國外之 EPS，採用較嚴格之標準，以導引電力公司逐步採用低碳發電技術。

一、 背景

於 2011 年 12 月美國環保署之署長於新聞採訪中透露環保署將於明年初(2012 年)公布發電廠 CO₂之排放標準(emission performance standard, EPS)，此 EPS 原本預期於 2011 年 6 月公布，但目前已延後公布二次[1]。由於發電廠 CO₂ EPS 對於電廠之投資與規劃有重大之影響，透過 EPS 可提升能源永續及能源效率，並促進相關投資，逐步導引電力業者採行低碳發電技術。

目前我國 60%之溫室氣體排放量是來自於電力部門，因此，電廠 CO₂排放標準之設定，亦是值得我國探討之課題。因此，在本評析中，先收集及分析國際上已有之 EPS 制度，再探討各發電技術符合 EPS 之可行性，接著說明台灣電廠 CO₂排放強度現況，最後說明台灣未來於 EPS 上之可推動方式。

二、 各國推動情況

在電廠溫室氣體排放標準上，國際上以美國奧瑞岡州之規定為最早，於 1997 年規定天然氣基載電廠之 EPS 為 300 gCO₂/kWh [2]。其後，由於美國部分州開始加強溫室氣體排放之總量管制，過去電力公司常會向州境外之高排放發電廠購買電力，以規避州境內 cap and trade 規定。因此，於 2007 年後，如加州等州政府，開始研擬化石燃料電廠之 EPS，以同時規範州境內及州境外發電廠之 CO₂排放，以防止電力公司逃避減碳責任 [3]。

在 EPS 標準值上，加州之 EPS 要求任何新設或是更新合約在 5 年以上之電廠，其 CO₂排放強度(gCO₂/kWh)不得高於複循環燃氣渦輪機發電廠

(combined-cycle gas turbine plant, CCGT)之排放強度，而 CCGT 之排放強度為 1,100 lbs CO₂/MWh (約為 500 gCO₂/kWh)。此 EPS 標準僅針對基載之發電廠，而提供尖載或是輔助電力之電廠則不受此 EPS 限制。

美國目前除加州外，亦有華盛頓、奧瑞岡、伊利諾、蒙大拿等州開始推行 EPS。其中，華盛頓與奧瑞岡州之化石燃料電廠亦為 500 gCO₂/kWh，而蒙大拿及伊利諾兩州則採明確要求燃煤電廠採用碳捕捉技術(Carbon Capture and Storage, CCS)。伊利諾規定於 2016 年前新商轉燃煤電廠所排放之 CO₂，至少有 50% 需被碳捕捉，而蒙大拿則是規定 2007 年後所興建之燃煤電廠，亦進行 50% 之 CSS [2]。

除美國外，歐盟環境委員會曾在 2008 年投票通過以 500 gCO₂/kWh 為歐洲之電廠排放標準，並期望於 2015 年開始施行。雖然此 EPS 最後未被包含在 EU Climate Package 中，但近來關於 CCS 發展與適用性之討論興起，亦讓各界開始探討，EPS 之設定是否如美國由各地區或國家分別開始推動 [2]。

英國傾向各國各自擁有 EPS 設定之自治權，因此，英國為了達到 2050 年之碳排目標，英國能源與氣候變遷部(DECC)於 2011 年之電力市場改革白皮書提出在 2013 年開始以 450 gCO₂/kWh 作為新設化石燃料電廠之排放標準[4]，此 EPS 將會促使未來新建之燃煤電廠皆需要裝設 CCS。

表 1 各國火力發電排放標準

地區	EPS (gCO ₂ /kWh)	說明	
加州	500	2006 年後新設電廠	
美國	500	2009 年後新設電廠	
	300 (天然氣電廠)	1997 年後新設電廠	
	華盛頓州	500	2007 年後新設電廠
	伊利諾	至少 50% CCS	2007 年後新設電廠
	蒙大拿	至少 50% CCS	2016 年前商轉之電廠
歐盟	500	2008 年通過，尚未實施	
英國	450	2013 年後新設電廠	
澳洲	聯邦	860	商討中
	南澳地區	700	商討中
	維多利亞省	800	商討中

資料來源：[2]

三、技術可行性評估

在了解各國所訂立之排放標準後，接著應進一步了解目前國際上各火力發電技術所能達之 CO₂ 排放強度。圖 1 為 IEA 所分析之燃煤發電廠在不同發電效率下的 CO₂ 排放強度[5]，由圖中可看出藉由發電效率之提升，CO₂ 之排放強度會逐步下降，但即使發電效率達到 55% 且在無煙煤發電之情況下，CO₂ 排放強度亦只能達到 600 gCO₂/kWh，並無法低於前述各國常採用之 500 gCO₂/kWh。

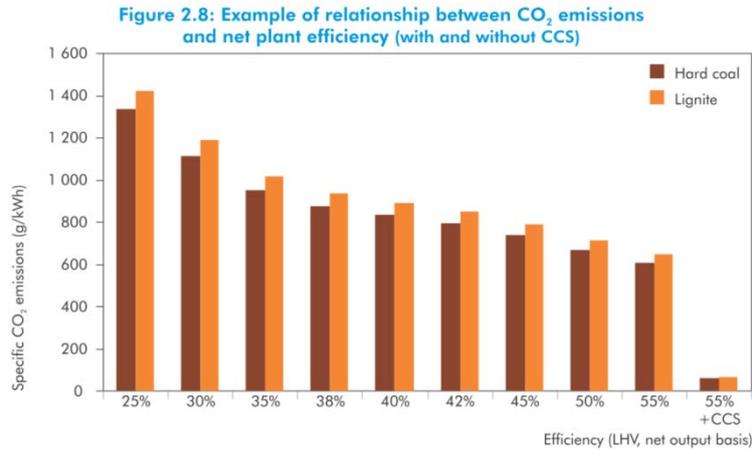


圖 1 燃煤電廠之效率與 CO₂排放強度 (資料來源：[5])

此外，如進一步比較不同火力發電方式之 CO₂排放強度，則其結果如表 2 所示，燃煤電廠即使是採取 氣化複循環發電技術(IGCC)，亦是無法達到 500 gCO₂/kWh 之標準，此外，如果是以天然氣為燃料，採用單循環燃氣渦輪機之方式發電，其 CO₂排放強度亦會高於標準。故為符合標準，則需採用以天然氣為燃料之複循環燃氣渦輪機，或是應用更先進之技術，如富氧燃燒或 CCS。

表 2 各火力發電方式之 CO₂排放強度

發電方式	燃料	排放強度 (gCO ₂ /kWh)
超臨界粉煤發電技術 (Supercritical pulverized coal)	褐煤	930 – 990
	無煙煤	840 – 880
超超臨界粉煤燃燒 (Ultra-supercritical pulverized coal, USCPC)	褐煤	830 – 860
	無煙煤	690 – 710
氣化複循環發電技術 (Integrated Gasification Combined Cycles, IGCC)	無煙煤	700
單循環燃氣渦輪機(Open cycle - gas turbine)	天然氣	620
複循環燃氣渦輪機(Combined cycle - gas turbine)	天然氣	370
富氧燃燒(Oxy combustion)	無煙煤	93
USCPC with CCS	無煙煤	60
IGCC with CCS		60

資料來源：[2]

四、 我國現況

我國環保署於 2011 年 6 月公告「電力業溫室氣體公告排放強度」。依據「溫室氣體先期專案暨抵換專案推動原則」，於溫室氣體減量法(以下簡稱溫減法)實施前，如火力電廠之實際排放強度低於環保署所公告之排放強度，則可獲得相對之碳信用額度。目前火力電廠第二階段(民國 100 年以後)之公告強度如表 3 所示。此排放強度公告將火力電廠之設置時間及發電方式納入考量，例如，此公告將發電廠之設置日期分為三個時段：1999 年以前設置、1999 年至溫減法開始施

行期間設置及溫減法施行後之新設排放源，早期設置之火力發電廠給予較寬鬆之排放強度標準值，而近期設置之標準則較嚴格。

表 3 電力業溫室氣體公告排放強度(第二階段)

製程別		排放強度		
		g CO ₂ /kWh (毛發電量)		
機組別	燃料別	既存排放源/商轉日期		新設排放源
		1999 年以前	1999 年(含)以後	
汽力機組	燃煤	868	823	761
	燃油	729	-	627
	燃氣	545	-	449
複循環機組	燃油	-	-	-
	燃氣	414	373	355

節錄於[6]

於環保署所公告排放強度中，電力部分是以毛發電量來計算，而國外之 EPS 則是以淨發電量計算。依據能源平衡表之火力發電資料，淨發電量與毛發電量之比例約為 0.95，如以此比例評估，環保署所設定之排放強度，在燃煤及燃油上還是較國外之 500 gCO₂/kWh 為高，因此，在目前國內所規劃之排放交易政策，並無法導引燃煤發電汰換成燃氣發電或裝設如 CCS 等低碳發電技術。

表 4 更新汰換前後，CO₂排放強度比較表

電廠 / 燃料	排放強度(g CO ₂ /kWh)	
	更新前	更新後
深澳/燃煤	930	789
林口/燃煤	919	789
大林/燃煤	886	789
通霄/燃氣	470	394

資料來源：[7]

此外，目前台電規劃更新汰換之火力電廠如表 4 所示，雖然各電廠在更新改善後之排放強度明顯低於改善前，但燃煤電廠之排放強度與國外 EPS 差距頗大。由於在台電之規劃中，燃煤發電將持續是我國電力供應之重要來源之一，於未來還有如彰工新火力等燃煤電廠之推動規劃，因此，應設定適當 EPS 以協助我國未來發展低碳經濟。

五、 我國推動 EPS 之建議

由於電廠興建或改善需要長時間之規劃及建設，且燃煤火力發電廠目前亦為我國主要發電來源，故不宜斷然廢止。因此，本研究建議我國在訂定 EPS 上，可採用近期與遠期兩階段標準進行管制。

- 近期標準：由於現階段燃煤發電廠還是我國發電主要來源之一，且目前 CCS 技術在國際上並未成熟，因此，於近期標準建議以提高操作效率為目標，可如環保署所公告之電力業排放強度，依不同燃料別來訂標準，但於標準值上，需在考量最佳可行技術下，採用目前國際上各型電廠最先進之操作值為標準，以促使電力公司持續改善，例如，對於燃煤電廠，則以全球最佳燃煤電廠之排放強度為標準。而對於未達到 EPS 之火力電廠，則可配合排放交易制度，強制其須購買減碳憑證，以符合 EPS。
- 遠期標準：為給予電力業者較充足之時間以更新發電方式或等待如 CSS 等減碳技術成熟，政府可以在近期標準公告時，同時公告長期標準及施行時程，此標準可以比照國際之 EPS 或更加嚴格，藉由設定明確之長期標準，以導引台電及民間電廠在發電之規劃上，採取如 CCS 或改以天然氣等低碳發電技術。

參考文獻

1. Gardner, T. 2011. EPA to propose utility carbon rules next year.
<http://www.reuters.com/assets/print?aid=USTRE7AG2EC20111118>
2. Talberg, A. and Nielson, L. 2011. Performance Standards to Reduce Energy Emissions. Department of Parliamentary Services, Parliament of Australia.
http://www.aph.gov.au/library/pubs/bn/sci/PerformanceStandards_emissions.pdf
3. UK Energy and Climate Committee, Emissions Performance Standards, House of Commons, UK.
<http://www.parliament.uk/business/committees/committees-a-z/commons-select/energy-and-climate-change-committee/inquiries/emissions-performance-standards>
4. Department of Energy & Climate Change (DECC), 2011, Electricity market reform white paper 2011. http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/legislation/white_papers/emr_wp_2011/emr_wp_2011.aspx
5. IEA, 2010, Power Generation from Coal – Measuring and Reporting Efficiency Performance and CO₂ Emissions.
6. 環保署，2011，電力業溫室氣體公告排放強度。
<http://w3.epa.gov.tw/epalaw/search/LordiDispFull.aspx?ltype=19&lname=4130>

7. 杜悅元，2008，台灣電力公司二氧化碳減量策略與成效分析，永續產業發產雙月刊，41期，66-77頁。

<http://www.ema.org.tw/monthlymgz/mail/41/mail41.htm#B2>