

出國報告（出國類別：開會）

美國空氣與廢棄物管理學會（A&WMA）  
2015 年年會暨研討會

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：江宗元 組長

派赴國家：美國

出國期間：104 年 6 月 21 日至 104 年 6 月 28 日

報告日期：104 年 8 月 25 日

## 出國報告審核表

出國報告名稱：美國空氣與廢棄物管理學會 (A&WMA) 2015 年年會暨研討會

出國人姓名	職稱	服務單位
江宗元	組長	台電公司環境保護處

出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 _____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)
------	---




出國期間：104 年 6 月 21 日至 104 年 6 月 28 日

報告繳交日期：103 年 8 月 25 日

出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 格式完整 (本文必須具備「目的地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3. 無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4. 內容充實完備。 <input type="checkbox"/> 5. 建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9. 本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會 (說明會)，與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 10. 其他處理意見及方式：
--------------	---

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人		審核	單位 主管		主管處 主管	總經理 副總經理	
-----	---	----	----------	---	-----------	-------------	---

  
 溫植正  
 林副

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：美國空氣與廢棄物管理學會（A&WMA）2015 年年會  
暨研討會

頁數 23 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

江宗元/台灣電力公司/環境保護處/組長/02-23667210

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他(開會)

出國期間：104/06/21 ~ 104/06/28

出國地區：美國

報告日期：104 年 8 月 25 日

分類號/目

關鍵詞：清潔電力計畫、碳捕捉及封存(CCS)、總量管制與交易、臭氧

內容摘要：(二百至三百字)

台電公司為美國空氣與廢棄物管理學會會員，該學會為一國際知名的環保學術性組織，每年皆舉辦年會暨研討會，會中由世界各國學者、專家、政府機關代表、業界發表有關空氣品質監測與污染控制技術、空氣品質模擬、廢棄物處理與再利用、氣候變遷策略、環保政策與法規、健康與風險評估及永續發展等學術研究及技術研發等論文，供各

會員研討交流分享資訊，俾使全世界邁向永續發展的目標。

該學會於 2015 年 6 月 22 日至 6 月 25 日在美國北卡羅萊納州羅利市(Raleigh, North Carolina)的 Raleigh Convention Center 舉辦第 108 屆年會暨研討會。台電公司特派員出席該會議，藉此機會了解先進的污染防治技術、經營管理方法及環保法規的加嚴趨勢與對策，俾供台電公司規劃及設置空氣污染防治設備與溫室氣體排放控制設施之參考。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

(<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

# 目 錄

<b>壹、行程及工作內容</b> .....	2
一、出國緣由與目的 .....	2
二、出國行程 .....	2
三、年會議程與重要會議 .....	3
<b>貳、參加會議內容</b> .....	9
一、美國火力電廠二氧化碳排放標準 .....	9
二、汞排放控制技術探討 .....	14
三、氮氧化物控制技術探討 .....	17
四、煤灰處置 .....	18
五、美國環保署 2015~2016 年優先處理事項 .....	20
<b>參、結論與建議</b> .....	22

# 壹、行程及工作內容

## 一、出國緣由與目的

美國空氣與廢棄物管理學會為一國際知名的環保學術性組織，每年皆舉辦年會暨研討會，會中由世界各國學者、專家、政府機關代表、業界發表有關空氣品質監測與污染控制技術、空氣品質模擬、廢棄物處理與再利用、氣候變遷策略、環保政策與法規、健康與風險評估及永續發展等學術研究及技術研發等論文，供各會員研討交流分享資訊，俾使全世界邁向永續發展的目標。

本次第 108 次年會暨研討會於 2015 年 6 月 22 日至 6 月 25 日在美國北卡羅萊納州羅利市(Raleigh, North Carolina)的 Raleigh Convention Center 舉辦。台電公司為該學會會員，特派員出席該會議，並藉此機會了解先進的污染防治技術、經營管理方法及環保法規(含有害空氣污染物)的加嚴趨勢與對策，俾供台電公司規劃及設置空氣污染防治設備與溫室氣體排放控制規劃之參考。

## 二、出國行程

104/6/21~104/6/22	台北-紐約-Raleigh
104/6/22~104/6/25	參加 A&WMA 會議
104/6/26~104/6/28	返程( Raleigh - 紐約-台北)

### 三、年會議程與重要會議

(一) 本年年會主要有三大主軸，包括論文發表會(約 420 篇)、論文海報展(共 40 篇論文)及展覽會(含顧問服務、監測設備、污染防治技術等廠商公司約 110 個攤位展示)。



大會會場報到處



展覽會場

(二) 本次大會主題為「Connecting the Dots: Environmental Quality to Climate」，探討氣候、空氣、廢棄物彼此間相互關連性。大會特別邀請美國環保署署長吉娜·麥卡錫女士(Gina McCarthy)擔任專



題主講人，另外安排北卡羅萊納州環境及自然資源廳長 Donald van der Vaar、杜克能源公司環境能源部部門副總 Cari P. Boyce、環境保護基金會總顧問 Vickie Patton 等 3 人舉行座談會。



美國環保署署長吉娜·麥卡錫女士專題演講

環保署署長吉娜·麥卡錫女士演講內容包括闡述即將公布之美國清潔電力計畫(Clean Power Plan)及該署剛完成之「氣候變遷的衝擊及風險分析報告」(Climate Change Impacts and Risks Analysis (CIRA) 內容。演講內容重點摘述如下：

● 清潔電力計畫(Clean Power Plan)

1. 2030 年美國全國發電廠的碳排放量相較 2005 年要減少 30%，發電業總共將減少 8.2 億噸的碳排放污染。
2. 至 2030 年，電廠的二氧化硫排放將較 2005 年減少 90%，氮氧化物的排放也可減少 72%。美國民眾因此將可減少 9 萬件氣喘發作病例，正常上班與上課的總天數也可望增加多達 30 萬日。此外，多達 3,600 個家庭也因此可免去親人早逝的悲傷。



3. 規定各州電廠必須減少的碳排放目標，但允許各州自訂計劃，各州必須在 2016 年提出計畫的初版，2018 年提出最終版。鼓勵各州利用州與州之間的總量管制與交易 (cap-and-trade) 制度，也就是創造碳交易市場。
4. 預計 2030 年時美國燃煤發電所占比例將下降為 27% (2014 年為 39%)，再生能源發電占比將可達 28%，平均每家戶全年度電費支出將可減少 85 美元。

● 氣候變遷的衝擊及風險分析報告

1. 如採行 global climate action，單是 2100 年在美國境內即至少可避免 57,000 個受害於空氣品質不良，而過早死亡之病患。
2. 在不採行任何行動因應氣候暖化的情況下，在 2050~2100 年間氣溫極高之天數將增加 3 倍。但如採行 global climate action，2100 年時可將因氣溫過熱之致死率大幅降低 93%，約 12000 人的生命獲得了保護。
3. 在不採行任何行動因應氣候暖化的情況下，到 2100 年時，因受暴風雪或熱浪或嚴重旱災等極端氣候衝擊，估計美國勞工每年損失 18 億工時。但如採行 global climate action，將可有效減少工時的損失，換算為工資約值 1100 億美元。
4. 採行 global climate action 可減輕道路及橋梁受洪水及極端氣候損壞之威脅，2100 年全美道路維護費用將可減少約 74 億美元，並使 2200 座橋梁結構免於遭受破壞。

5. 採行 global climate action 後可阻止 59%嚴重且極端乾旱之發生，省下了因缺水而造成之損失費用高達美金 1800 億元。全美食物供應的安全也獲得保障，以 2100 年全年農作物獲益計算，達美金 100 億元。同時到 2100 年時全美每年約有面積 790 萬英畝土地可免於發生森林野火。
6. 氣候變遷是我們這一代人面臨的最大挑戰，但 CIRA 報告顯示它亦同時激發我們該是採取對策的時候了。

(三)大會亦安排第 45 次之年度的重要議題評析，題目是「Air Quality and Climate Connections」，主講人為哥倫比亞大學地球環境科學系副教授 Dr. Arlene M.Fiore，並邀請遠見空氣顧問公司總經理 Mr.John D.Bachmann、北卡羅來納大學環境科學及工程系教授 Dr.J.Jason West、美國石油協會理事 Mr.Howard J.Feldman 及潔淨空氣任務小組 Mr.David McCabe 等人與談。

Dr. Arlene M. Fiore 評論內容重點如下：

空氣品質和氣候變化之間有多重連結關係。許多空氣污染源也排放佔溫室氣體中最大宗的的二氧化碳。臭氧 (O<sub>3</sub>) 及粒狀物 (PM) 是造成美國大部分地區未達國家空氣品質標準的兩個禍首，它們與太陽及地球輻射相互作用結果，迫使氣候發生變化。氣候變化會改變熱浪、降雨及其他氣象因子之發生頻率、強度及持續時間，這些會影響空氣污染物的累積情形。粒狀物受陽光照射變得溫暖 (如黑炭)，或因陽光消散而變冷 (如硫酸鹽)，並與雲交互作用；這些輻射及微物理相互作用可誘發降

雨和區域空氣流通模式的變化。因氣候變化、降雨、其他造成空氣污染氣象狀態（如通風和稀釋）去除過程之改變及對大氣化學、人為反應和自然來源所觸發之放大反應，預期將會降低污染地區的空气品質。綜合這些過程形成了臭氧和 PM 的分佈及極端事件。全球模型顯示當實施空氣污染改善方案降低二氧化硫排放，以符合健康及其他空氣品質目標的同時，因二氧化碳的增加引起之溫升效應亦使近期氣候暖化加速。控制空氣污染物甲烷（是主要的溫室氣體及臭氧的前驅物，並具有較高的黑色有機碳的比率的物質）可以抵消因二氧化硫減排引起的近期氣候暖化，同時亦可減少全球臭氧背景值和區域高濃度的粒狀物，暴露在臭氧與粒狀物下而發生之全球健康負擔及其他的環保費用，也因此減少了。降低暖化峯值需要減少大氣中的二氧化碳，也要減少共同排放的空氣污染物或它們的前驅物。替代氣候及空氣品質情境之模型預測顯示，美國地表臭氧及 PM<sub>2.5</sub> 濃度值範圍很廣，雖然各地區的預測可能受到年度到十年間的自然界氣候變化而混淆。多項研究顯示繼續對美國氮氧化物（NO<sub>x</sub>）的排放實施控制，將可有效抑制受氣候變化或全球排放量上升觸發而升高之臭氧污染。由排放量變化評估過去及未來氣候及空氣品質的衝擊，需要藉由可信度高並具備高品質量測、解析及估算功能之模式達成。



### Air quality and climate connections.

Notes: Anthropogenic and natural emitted species include Methane(CH<sub>4</sub>) Carbon monoxide (CO), non-methane volatile organic chemicals (NMVOC), nitrogen and sulfur oxides(NO<sub>x</sub>,SO<sub>2</sub>), ammonia(NH<sub>3</sub>), black and organic carbon particles (BC,OC), dimethyl sulfide(DMS), mineral dust, and sea salt. Orange text describes atmospheric processing (formation, removal, and transport) of air pollutants. Black text with black arrows indicates the sensitivity of individual processes to climate warming; thinner arrows denote lower confidence or regional variability in the sign of the change (increase is up; decrease is down; double-headed arrow implies no clarity on the sign of change) in response to a warming climate. Dual black symbols in the parentheses indicate how O<sub>3</sub> and PM respond to the change indicated for each process (for double-headed arrows, the (O<sub>3</sub>, PM) response denoted is for an increase in the process):++consistently positive, + generally positive, = weak or variable; - generally negative, -- consistently negative, ? Uncertainty in the sign of the response, \*the response depends on changing oxidant levels.

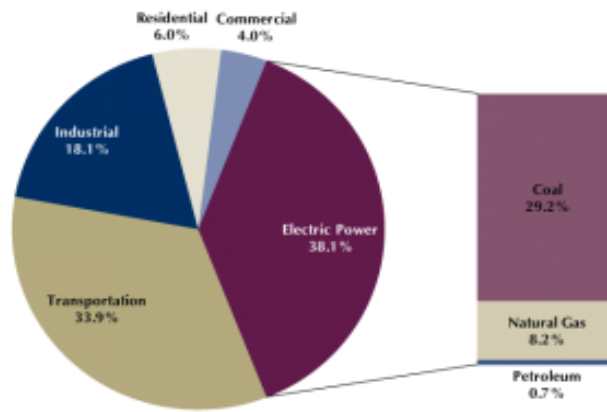
(四) 本年大會的論文發表會包含了多項主題，如氣候變遷、二氧化碳控制技術與策略、空氣品質與空污排放量測、空氣品質模擬、粒狀物與透光度、毒性物與室內空氣品質、能見度、空污防治技術、大氣化學、有害空氣污染物控制技術、人體健康影響、能源、法規、永續發展、廢棄物再利用、風險管理、交通、資源保育等。由於論文主題繁多，且同時分數個不同場，分別發表，因此僅能選擇參加其中與本公司電廠較有關係的議題，如美國空污法規之趨勢與公告情形、空氣污染防治技術之發

展、有害空氣污染物控制技術與溫室氣體排放控制技術等項。

## 貳、參加會議內容

### 一、美國火力電廠二氧化碳新排放標準

目前電力行業是美國溫室氣體排放最大的行業，其CO<sub>2</sub>排放量約佔全美國溫室氣體排放總量40%。



美國各行業溫室氣體排放佔比

(來源：美國能源資訊局 (Energy Information Administration, EIA))

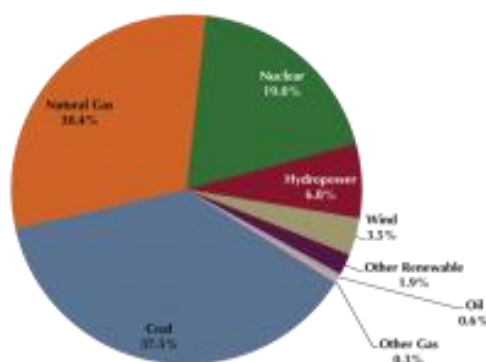
美國超過三分之二的發電量以煤炭 (37.5%) 和天然氣

(30.4%) 為燃料，然而其 CO<sub>2</sub> 排放量幾乎佔了電力行業溫

室氣體總排放量的 100%。自 2000 年以來，新建發電容量中

採用天然氣已經占 90% 以上，未來絕大部分新建發電廠將以

天然氣為主要燃料。



美國電力結構

(來源：美國能源資訊局 (Energy Information Administration, EIA))

### (一) 新排放標準

新標準草案與 2012 年標準草案第一版不同，對燃煤和燃氣發電廠規定不同的排放標準。新設電廠排放標準草案研訂作法以符合 CAA(Clean Air Act)第 111 節精神為原則，並以技術可行性、成本合理性、減量效益及後續技術發展空間等四點認定原則，鑑別「最佳減量系統」(Best system of emission reduction, BSER)，進而制訂排放標準數值。美國環保署依循 BSER 認定原則鑑別三種用於新設燃煤鍋爐或整合型煤炭氣化複循環 (IGCC) 機組控管技術之 BSER 候選組合，經分析後，著重以搭配完整 CCS 或部分 CCS 之新設超臨界粉煤燃燒 (Supercritical pulverized coal, 以下簡稱 SCPC) 或 IGCC 發電機組作為 BSER，並依國情考量下，排除無 CCS 技術配搭、單靠高效率發電技術之循環式流體化床發電鍋爐 (Circulating fluidized bed, 以下簡稱 CFB 鍋爐)、SCPC 及 IGCC 發電機組。

對於大型天然氣發電機組 (>850mmBtu/hr, 約 100MW 或更大) 標準為 1000 磅 CO<sub>2</sub>/MWh；規模較小的天然氣發電機組(≤

850mmBtu / hr)，由於效率較低和連續運轉較短，標準為 1100 磅 CO<sub>2</sub>/MWh。天然氣發電機組要符合標準，必須採用複循環 (combined cycle) 技術。對於新燃煤機組，必須採用碳捕獲與封存 (CCS) 技術才能符合標準。有兩個選擇：每年平均排放標準 1100 磅 CO<sub>2</sub>/MWh；7 年平均排放標準 1000~1050 磅 CO<sub>2</sub>/MWh。

針對既有電廠為促使電廠提升效率並減少碳排放與其他污染物排放，規劃總體目標為「2030 年達到較 2005 年減少 30% 之溫室氣體排放量 (預估減少 820 百萬公噸二氧化碳)」，不同於先前以單一新設電廠訂定排放標準之作法，該提案公布之排放標準為「直接訂定各州之總體減量目標」，由美國環保署設定各州之減量比例目標 (比例公式為『州內化石燃料電廠排放之溫室氣體總量』／『州內之總發電量《包含化石燃料電廠及其他低碳燃料電廠》』)，再依各州環境條件進行修正來訂定各州目標，範圍介於 228~1,783 磅 CO<sub>2</sub>/MWh，其中減量目標採行兩階段方式：

- 過渡目標 (Interim goal)：於 2020~2029 年採用一平均值作為過渡時期的目標。
- 最終目標 (Final goal)：於 2030 年必須達到的最後目標。



## (二) 符合標準之技術

新建天然氣發電廠要達到二氧化碳排放限值，須採用先進高效率發電技術，熱效率達60%以上。對於新建燃煤發電廠，EPA估計，即使採用最先進的超臨界鍋爐或集成煤氣化複循環技術，只能達到約1700磅CO<sub>2</sub>/MWh的排放率。因此，新建煤電廠必須採用CCS技術，始可達到1000-1050磅CO<sub>2</sub>/MWh的規定標準，並將捕獲電廠排放出的二氧化碳輸出注入地下，永久封存。這相當於需要再捕捉約40%的二氧化碳排放量。

## (三) 影響

從現在到2018年，根據美國能源情報署資料只有四個新建燃煤電廠。2014年只有南方公司的Kemper一家新建燃煤發電廠，而這家公司將採用CCS技術來削減碳排放。還有一家計劃在2015年新建的燃煤發電廠，採用熱電聯產(CHP)方式運營，豁免於新標準。而預計新建的天然氣發電廠則超過200家，新建發電廠將採用新一代的燃氣輪機發電技術，提高單位燃料的發電量而達到標準，無需增加額外的處理設施。這背後也要歸功於美國的頁岩氣革命，頁岩氣革命使得美國天然氣供過於求，近年來的天然氣價格急速下降，現在僅為歐洲市場價格的1/3左右。大量的廉價天然氣，使得天然氣發電成本降

低。對於現有的發電廠，由於發電機組將陸續退役，電廠的改擴建後將適用新的排放標準。為了達到新的二氧化碳排放標準，這些電廠將採用先進的天然氣燃氣渦輪發電技術。根據McIlvaine公司的估計，在2020年前，對天然氣發電機組的需求年增長速度達10至15%。例如，Ameren公司位於南St. Louis 840MW的Meramec燃煤電廠將退役，若要達到新的電廠二氧化碳排放標準，必須採用新的天然氣發電技術，這需要安裝至少四個複循環燃氣發電機組，投資至少20億美元。現有電廠由煤改氣後，原有發電設施能有多少可以繼續使用？實際上，採用新的天然氣發電機組後，現有的冷卻系統、鍋爐給水和排水系統已經不再需要了，新標準也可能對採用其他燃料或可再生能源造成影響。例如2018年當佛羅里達州Power Crystal River電廠第一台820 MW（總容量1640 MW）複循環發電機組建成後，除了原燃煤的1&2號機組將退役，一些石油發電廠也要退役，甚至還有一個生質電廠考慮改用天然氣作為燃料。這是一項影響極其重大的標準，在未來幾十年的過程中，不僅會給美國電力行業帶來系統性的變化，而且影響美國能源結構的轉型和技術提升。

## 二、汞排放控制技術探討

煤炭於鍋爐燃燒時，會產生微量的汞空氣污染物；在燃燒的高溫區，汞大多是呈現揮發性氣態的元素金屬型態( $\text{Hg}^0$ )，而一旦煙氣溫度逐漸下降，會產生一連串的複雜氧化反應變化，元素汞將轉化成二價汞離子( $\text{Hg}^{2+}$ )與/或固體的汞化合物( $\text{Hg}_p$ )。此時煙氣中依汞的種類區隔有 $\text{Hg}^0$ 、 $\text{Hg}^{2+}$ 、 $\text{Hg}_p$ 三個型態等，它們實質影響著汞去除的選擇方法；煙氣中的鹵素如鹽酸會與元素汞在鍋爐下游煙道內氧化形成氯化汞( $\text{HgCl}_2$ )，可由下列化學反應式表示：



氯化汞具易溶性，可利用下游的脫硫設備捕捉去除，至於固態的汞化合物或附著於粒狀物表面的汞化物均可被靜電集塵器或濾袋式集塵器捕獲下來。另亦可採用添加劑如活性碳協助除汞的製程；承上所述汞離子與粒狀物的汞化物可藉由集塵器與脫硫設備去除。因應日益嚴格的空污排放標準，故不論新舊燃煤機組必須設有空氣污染控制設備，其環保設備均或多或少會對汞排放和形成產生影響。因此，選擇適合的汞控制技術可考量既有之環保設施、煙氣中汞的組成型式及排放濃度決定。如氧化

態汞易溶解於水，可被WFGD 系統及WESP 所收集。元素汞因不溶於水，則可藉由吸附劑的注入來捕捉元素汞，如活性碳。汞被吸附劑吸收然後再被ESP 或BF 所收集。至於依附微粒汞僅佔所有汞組成中的少部份，可藉由BF 或ESP 與飛灰一同收集。

#### (一)注入活性碳 (Activated Carbon Injection, ACI)

依國外之運作實績顯示，活性碳為目前脫除元素汞技術中最有效的吸附劑，ACI是將乾粉狀活性碳送入煙氣管道在APH 及ESP/BF 之間，溫度在120~180 °C之間。汞可被活性碳吸收，然後被收集在ESP 及BF 上。若依此種製程，BF 比ESP 可達成較高的汞去除效率，係因活性碳會在BF 的濾袋上組成一個活性碳層，當煙氣進入BF通過濾布時，粉塵被阻留而使氣體得到淨化，因袋式集塵的特性是所有的煙流都必須經過該活性碳層，故比ESP 利用靜電原理捕集更具成效。以本公司既有之電廠而言，裝設SCR、乾式ESP及濕式FGD等相關之污染防制設備，其實已有相當部份之汞被捕集清除，惟若環保署一旦仿照美國增訂汞排放標準，則既有機組將因有限的空間而限制了安裝其他環保設備的改善，此時可以在靜電集塵器前後，以注入活性碳吸附劑方式解決。由於ESP對於汞的排除效率較差，未來若法規一旦

要求汞的排放標準，除既有電廠須考量增加使用活性炭法去除外，若ESP仍無法有效捕集，屆時或將須適時評估改為BF之可能性，俾增進對汞排放的效率。惟因活性炭法工作溫度在120~180°C之間，對於裝設低溫ESP之機組恐無法發揮功能。機組若在APH及ESP/BF之間注入活性炭，需考量灰中增加未燃碳（UBC）的含量不得超過5%時，或將活性炭注入點置於除塵設備之下游端，以避免煤灰增加未燃碳及重金屬汞含量，影響煤灰品質。

## (二)濕式淨電集塵器(WESP)

因氧化態汞易溶於水的特性，故濕式FGD可利用洗塵及溶解之機制去除大部分的依附微粒汞及氧化態汞，惟元素汞若未被氧化，且無相關的吸附機制，則元素汞將隨煙氣逸散至大氣。除此之外，研究顯示一些氧化態汞被FGD收集可能重新產生元素汞。即當氧化態汞被收集時，會被溶解及解離至FGD的石膏泥裡。一些離子在石膏泥中可能與其他成份反應，減少了氧化態汞而恢復為氣態的元素汞，重新進入煙氣流中。在溼度飽和環境中，WESP具有顯著的去除氧化態汞的能力，數據顯示在WFGD後之WESP的去除效率約為50~76%，另進入WESP後亦仍有少量的依附微粒汞會

在過程中被去除。

### 三、氮氧化物控制技術探討

摘述本次大會有關 SCR 論文中之二篇內容如下：

#### (一) 生質能燃燒對 SCR 設施脫氮作業的影響

隨著生質能運用在發電正逐漸地增加，觸媒生命週期顯著地減少，給了 SCR 設計者一個挑戰。產生觸媒劣化(catalyst deactivation) 的機制也一併討論，諸如在幾千小時之內鹼金屬的氣膠和亞磷酸能導致觸媒完全劣化。會中也曾詳述在歐洲和美國燃燒生質能電廠其 SCR 的經驗，包括從燃燒 100%生質能以及從與煤炭機組共燃的生質能機組的結果。這些經驗顯示，經由選擇正確的電廠配置和適當的觸媒配方，其負作用是有限的。20%生質能可以與煤炭共燃燒，不會對觸媒生命週期的引起衝擊。在 100%生質能燃燒的鍋爐，也許須有尾端設施使進入 SCR 的毒性物種數量減到最小。

#### (二) SCR 注氮量探討

SCR 之觸媒有去除多種污染物的功能；它在煙氣 570°F 的高溫與注氮 (NH<sub>3</sub>) 下，不只是有效地降低氮氧化物，它也會氧化揮發性有機化合物 (VOCs)，以及將元素汞 (Hg<sup>0</sup>, 氣態) 氧

化為氧化汞 ( $\text{Hg}^{2+}$ , 離子), 特別是煙氣中存有  $\text{HCl}$  或其它鹵素化合物的環境。因此觸媒的研發設計一直朝向提高前述反應, 及利於汞捕集的功能上。不幸的是, 煙氣通過觸媒時, 小量的二氧化硫( $\text{SO}_2$ )會進一步氧化成三氧化硫( $\text{SO}_3$ )。此時三氧化硫除非預先被去除, 否則將與汞爭奪被煙氣中的粉末活性炭 (Powdered Activated Carbon, PAC) 或其它吸附劑吸附。又脫硝設備注氨之氨逸失量增加時, 元素汞轉化為氧化汞之反應則會降低。造成這種結果是因過多的氨將會與元素汞爭奪和觸媒中的五氧化二釩 ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) 反應。因此脫硝設備的觸媒設計技術與取捨, 以兼顧去除氮氧化物與汞的功能, 須從技術面與經濟面詳細與審慎的評估。

#### 四、煤灰處置

雖然煤灰是美國第 2 大工業廢棄物, 美國環保署卻從未制定任何處置煤灰的聯邦法規, 只有部分州政府對煤灰處理有零星的規定。自從 2008 年 12 月美國田納西州金士頓電廠發生灰塘潰堤造成美國最大的煤灰洩漏污染河川事件後, 美國環保署才開始考慮制定一套聯邦法規, 訂定全國性標準, 欲將煤燃燒副產物視為危險廢棄物進行管理。環保署先研提兩個法規方案向公



眾徵求意見，第一個方案將把煤灰列為危險廢物，要接受聯邦相關法規管轄；另一個方案則把煤灰作為普通家庭垃圾，由各州提出相關規定。

2013年10月美國華盛頓特區地區法院裁定環保署有義務檢討及修訂「資源保護與再生法」下的廢棄物法規，2014年1月29日美國聯邦法院對環保署完成煤灰法規制定工作確定了最後期限，環保署與環保及公衛團體達成和解，共同簽署了一份《同意判決令》(Consent Decree)，述明2014年12月19日前，環保署須完成法規制定。2014年2月7日環保署發布了一項新的研究成果，再次證實了煤炭燃燒產物的利用在混凝土方面的利用和用於人造石膏牆板其兩個最主要的用途上不會對環境造成危害，是安全的。

2014年12月19日美國環保署公布第1個有關燃煤發電廠燃煤殘留物(煤灰)安全處置的國家法規，將煤灰劃歸為日常垃圾，此法規建立了保護社區免於遭受煤灰儲存場毀壞之危害，以及防止煤灰處置污染地下水和排放空氣污染物的保護措施。相關要求包括：

1. 關閉不符合工程和結構標準的地上儲存場和掩埋場。
2. 定期檢視地上儲存場的結構安全。

3. 限制新地上儲存場和掩埋場座落地點，禁止其興建於敏感地帶如溼地和地震區。
4. 為保護地下水，要求進行監測、污染立即清理及關閉正在污染地下水的未設襯底之地上儲存場。
5. 使用揚塵控制以減少被風吹起之煤灰粉塵。
6. 要求新儲存場裝設襯底隔離層，以及妥善關閉已不再接受煤灰的儲存場等。

此法規要求電廠業主和操作人員提供民眾和州政府詳細資訊，以便全盤瞭解社區可能受到的衝擊，新訂定的法規對透明度有特別要求，包括記錄和通報及每個設施須上傳特定資訊至公眾可及網站。此法規也藉由明訂煤灰係安全和有益利用的物質來支持煤灰的負責任回收利用。

美國由於幅員廣大，燃煤電廠煤灰處置大都採設置陸上灰塘(在廠區內)或運至廠外垃圾掩埋場或礦坑處理，至國內電廠採在海岸邊築堤填灰之方式，在美國並不常見。相較於美國，基本上國內對煤灰處置相關法規之制定堪稱已趨完備。

## 五、美國環保署 2015-2016 年優先處理事項

在接近美國歐巴馬總統第二任任期結束前一年，環保署持續努

力推動幾項在潔淨空氣法(Clean Air Act)下重要法令的制定工作；依據歐巴馬總統的氣候變化行政命令指示，環保署要完成訂定既有及新設電廠溫室氣體排放之標準；繼續檢討美國國家空氣品質標準，考慮提高臭氧標準的可能性；持續研擬有關PM2.5及SO<sub>2</sub>之全國實施計畫與新排放源檢討之準則；檢討修訂幾項有害空氣污染物排放標準。

## 參、結論與建議

本次 AWMA 第 108 次年會暨研討會共有政府機關、學者、專家、業者、研究生等約 600 餘人參加，大會以環境品質與氣候之連結為主題，特別邀請美國環保署長吉娜·麥卡錫女士(Gina McCarthy)做專題演講，適逢美國政府即將正式公布清潔電力計畫最終規則的前夕，署長演講內容也都環繞著與減少碳排放及減輕氣候變化措施有關之議題，讓人深深感受到美國政府目前對溫室氣體排放減量的重視與採取行動的決心。研討會中所研提的論文均與目前國際社會所關注的環境保護與永續發展議題有密切關連，且提供具體的解決對策，尤其是因應清空法及清潔電力計畫之加嚴，如何提升防治技術及氣候變遷的應變之道，藉由出席此次大會，個人深感獲益良多。我國溫室氣體減量及管理法業於 104 年 7 月 1 日經總統發布實施，後續各級政府將陸續訂定、「溫室氣體減量推動方案」、「中央目的事業主管機關訂定所屬部門溫室氣體排放管制行動方案」及「直轄市、縣（市）主管機關所訂修之溫室氣體管制執行方案」，預料本公司將逐漸面臨沉重之減碳壓力。美國政府亦於 2015 年 8 月 3 日由歐巴馬總統公布清潔電力計畫(Clean Power Plan)，將 2030 年全國減碳目標(較 2005 年減少碳排放之百分比)由 2014 年草案原訂 30%提高為 32%，並對新設及既有燃煤與燃氣發電機組分別訂定嚴

格的碳排放標準，新設燃煤機組即使是高效率超臨界機組，如未裝設 CCS，恐無法符合標準，預定 2022 年正式實施，業界或尚稍有些許緩衝調整時間。惟此次公布方案內容較具彈性，在符合 2030 年全國減碳目標前題下，允許各州自訂計劃，鼓勵各州利用州與州之間的總量管制與交易 (cap-and-trade) 制度，也就是創造碳交易市場。考量國內在「穩健減核、逐步非核」之新能源政策前提下，屆時本公司恐無法符合 2050 年排放量回到 2005 年排放量的一半以下之溫室氣體減量目標，勢須透過碳權經營以獲取排放額度，彌平減量缺口，此與美國政府鼓勵州與州之間利用總量管制與交易 (cap-and-trade) 精神頗為吻合，故及早建置碳權經營機制及人力應是本公司未來努力的重點。另新設燃煤機組即使是高效率超臨界機組，仍須裝設 CCS 始能符合標準，可能將迫使美國加速 CCS 大規模商業化的時程，未來本公司既有及新設燃煤機組恐亦須裝設 CCS，宜早為因應。