

出國報告（出國類別：開會）

## 2018 美國空氣與廢棄物管理學會 (A & WMA)年會暨研討會

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：謝瑋師 主管

派赴國家/地區：美國

出國期間：107年6月23日至107年6月30日

報告日期：107年8月27日







## 出國報告審核表

出國報告名稱：2018 美國空氣與廢棄物管理學會(A&WMA)年會暨研討會

出國人姓名 (2人以上, 以1人為代表)	職稱	服務單位
謝瑋師	主管	台灣電力公司環境保護處
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"/> 開會 <input type="checkbox"/> 其他_____ (請依出國任務填列, 例如業務接洽、海外承攬、駐外等)	

出國期間：107年6月23日至107年6月30日      報告繳交日期：107年8月27日

出國人員 自我檢核	計畫主辦 機關審核	審核項目
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1. 依限繳交出國報告
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2. 格式完整 (本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3. 無抄襲相關資料
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4. 內容充實完備
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5. 建議具參考價值
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6. 送本機關參考或研辦
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7. 送上級機關參考
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8. 退回補正, 原因:
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9. 本報告除上傳至公務出國報告資訊網外, 將採行之公開發表:
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 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"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 其他 _____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10. 其他處理意見及方式:

報告人：(2人以上, 得以1人代表)  單位主管：   主管處主管：  總經理：  副總經理： 

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「公務出國報告資訊網」為原則。

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

2018 美國空氣與廢棄物管理學會（A&WMA）年會暨研討會

頁數 18 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司人力資源處/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

謝瑋師/台灣電力公司/環境保護處/主管/02-23668624

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 開會 6 其他

出國期間：107/06/23~ 107/06/30

派赴國家/地區：美國

報告日期：107 年 08 月 27 日

關鍵詞：

空氣污染物、氣候變遷、溫室氣體、電動車

內容摘要：(二百至三百字)

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，每年均定期舉辦年會暨研討會；會中討論議題相當多元化，由世界各國學者、專家、政府機關代表、業界與會發表有關空氣品質與污染控制技術、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 111 次年會暨研討會於 2018 年 6 月 25 日至 6 月 28 日在美國康乃迪克州哈特福 convention center 舉辦。台電公司為該學會會員，應邀出席該項會議，並藉此機會了解先進的環保技術、及環保法規含有害空氣污染物的管制趨勢與對策，俾供台電公司規劃火力發電廠、空氣污染防治與管理、溫室氣體管理策略擬定之參考。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網（<http://report.gsn.gov.tw>）

# 目 錄

壹、 行程及工作內容 .....	1
一、 出國緣由與目的 .....	1
二、 出國行程 .....	1
三、 年會議程與重要會議心得 .....	2
貳、 參加會議心得 .....	10
一、 加州年度研究計畫發表 .....	10
二、 空氣品質與污染管制 .....	11
三、 運輸能源發展與污染排放 .....	14
四、 溫室氣體管制政策方向 .....	15
參、 結論與建議 .....	17

# 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，每年均定期舉辦年會暨研討會；會中討論議題相當多元化，由世界各國學者、專家、政府機關代表、業界與會發表有關空氣品質與污染控制技術、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 111 次年會暨研討會於 2018 年 6 月 25 日至 6 月 28 日在美國康乃狄克州哈特福 convention center 舉辦。台電公司為該學會會員，應邀出席該會議，並藉此機會了解先進的環保技術、經營管理方法及及環保法規加嚴趨勢與對策，俾供台電公司空氣污染防治及火力電廠規劃之參考。

## 二、出國行程

107/6/23~107/6/24	去程(台北-西雅圖-哈特福)
107/6/25~105/6/28	參加 A&WMA 會議
107/6/28~107/6/30	返程(哈特福-西雅圖-台北)

### 三、年會議程與重要會議心得

- (一) 本年年會主要有四大主軸，包括小組討論、論文發表會(約 228 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 70 個攤位展示)(圖 1~圖 3)。



圖 1 大會會場及報到處

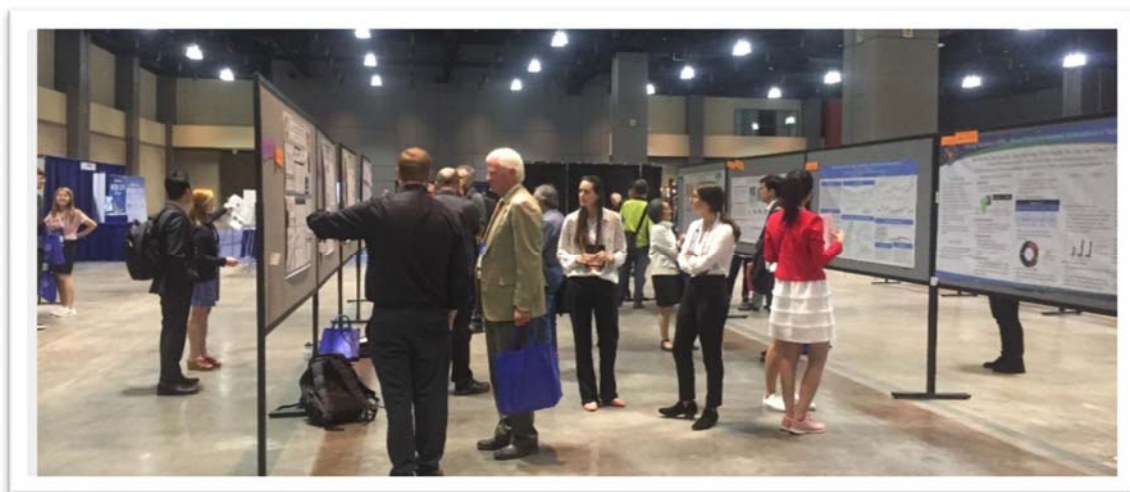


圖 2 論文海報展區



圖 3 展覽會場

(二) 本次大會主題為「Charting the Future」，探討能源、環境和健康之間平衡下所需妥協的認知，會議聚焦於哪些技術進步將導致更好地管理未來面臨的環境和健康問題、車輛排放污染物的控制程度、溫室氣體減排相關議題等，大會特別邀請美國環保署空氣與輻射辦公室助理署長 Bill Wehrum 擔任今年度專題主講人，另外安排印第安納大學麥金尼法學院教授/環境復原學院政策與實施助理主任 Janet McCabe 與 Eversource 能源策略與政策公司副總裁 Roger Kranenburg 等 2 人與談，美國環保署空氣與輻射辦公室助理署長 Bill Wehrum 闡述了美國新的氣候變遷法案，演講內容整理摘述如下：

美國自 2012 年以來，已花費高達 1,000 億美元在處理氣候變遷產生的天災上面，因此也宣誓對抗氣候變遷的決心，依據美國環保署的調查報告指出，每年約有 6,200 至 7,300 百萬公噸的二氧化碳排出，其中以電力業為最大排放源，每年約產生 1,800 至 2,400 百萬噸。2015 年 8 月美國環保署宣布的「清潔電力計畫」(Clean Power Plan, CPP)，原本即希望能進一步制定美國電力碳排放標準，促使電力部門至 2030 年達成 CO<sub>2</sub> 排放量能較 2005 年降低 32% 之目標。然而，



此法案在 2015 年時 11 月受到各州、企業與工會向美國最高法院提出訴訟，認為 CPP 所規範排放限制量為任何現行發電業者無法透過現行科技或流程改善單獨達成，將迫使整個電力產業作出轉變。並指出淘汰既有電廠與建立新的再生能源計畫皆須長時間的努力來執行，無法在既定期程內達成相關目標。2016 年 2 月，美國最高法院以暫時處分裁定 CPP 在訴訟期間暫緩實施。

而今，由於現任美國總統的環保理念與過往不同，美國環保署表示歐巴馬政府所制定的 CPP 違法，認定 CPP 管制所有美國境內的電廠而非僅燃煤電廠，認為要達到 CPP 所設定的目標所付出的成本過高。2017 年 10 月美國環保署提出將擬定新法案以取代 CPP，且預計將在今(2018)年正式完成新法案，在近期公布的新法案，將會給予各州政府更大的自由裁量權，擬定管制各州內燃煤電廠的法案。該草案目前已通過白宮管理與預算辦公室的審查，並送回美國環保署，新法案可讓各州政府管制單一電廠的排放量，讓燃煤電廠能以更具效率的方式燃煤，以更少的煤炭量產生同樣的發電量。同時美國環保署亦模擬了 2025、2030 與 2035 年不同情境下各州執行該法案的成果，預估最快可能在 2025 年之前施行。

- (三) 大會亦安排今年度(第 48 屆)重要議題評析(圖 4)，今年題目是「Trends in Onroad Transportation Energy and Emissions」，主講人為 H. Christopher Frey 博士，是 A&WMA 和風險分析協會 (SRA) 的研究員，研究領域為運輸方面的能源使用與排放之研究，大會並邀請五位專家與談，分別是 Sacramento 都會空氣品質管理區的 Alberto Ayala、豐田汽車工程與製造部北美區的 Susan Collet、健康影響研究所的 Rashid Shaikh、海灣地區空氣質量管理區 Eric Stevenson 及清淨運輸國際理事會獨立顧問 Michael P. Walsh，評析及討論內容整理如下：

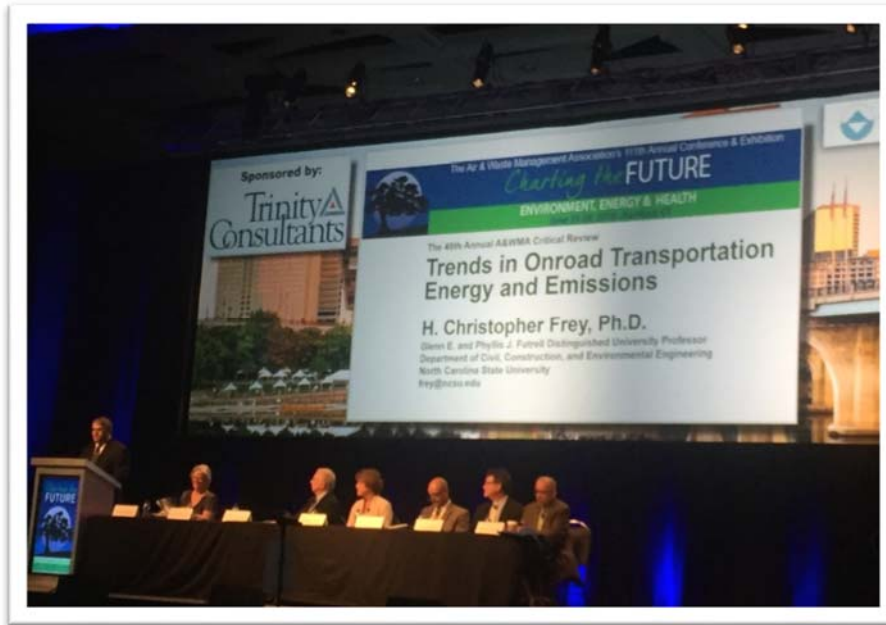


圖4 年度議題評析演講

過去100年間，汽車對於社會及經濟發展仍主導很大的角色，根據美國當局的統計資料，汽車數量在1900年代僅有8,000輛的登記數目，到了2015年，已攀升至2.68億輛；自1950年至2016年，道路延伸的里程數僅增加了25%，但車輛行駛的里程數(Vehicle Miles Traveled, VMT)卻大幅增加了690%(圖5)，顯示了越來越多的人住在近郊區並使用汽車代步，造成了道路壅堵情況。

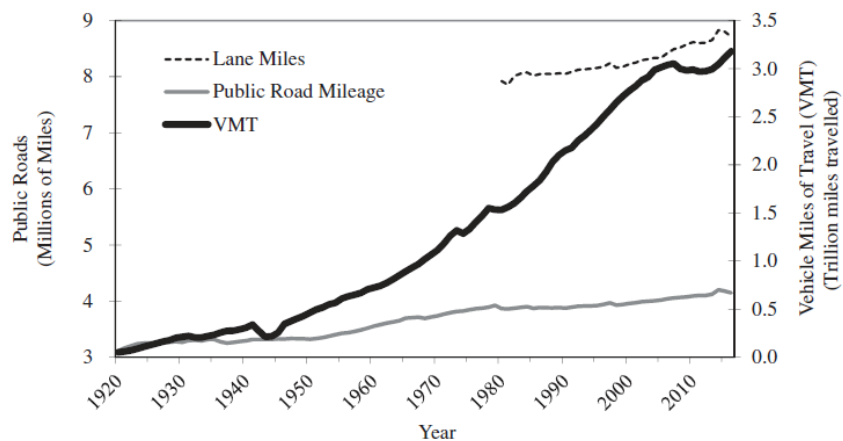


圖5 從1920年到2016年美國境內里程增長趨勢圖

此外，交通運輸亦是美國境內三種空氣污染物排放的主要貢獻者，在1970年代，計有35%的氮氧化物(NO<sub>x</sub>)、68%的一氧化碳(CO)與42%的揮發性有機化合物(VOCs)是來自於車輛所貢獻，總排放量為740萬噸的氮氧化物、8,800萬噸的一氧化碳與1,300萬噸的揮發性有機物。隨著能源損耗與污染排放問題，社會大眾越益重視公路交通運輸對環境產生的影響，爰美國當局於1970年代訂定的清淨空氣法案(Clean Air Act)中首度納入了國家車輛排放標準。儘管在過去二十年中，這些污染物和粒狀物的排放量已逐步下降，但在2015年平均每1,000人擁有821輛汽車，遠超過其他國家的個人擁車率，顯見VMT仍持續成長。

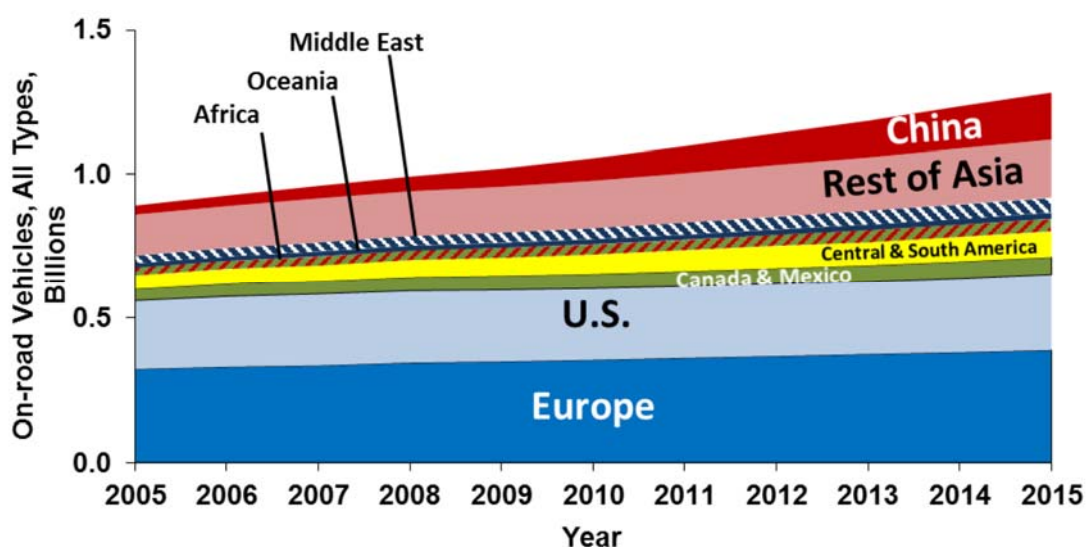


圖6 世界主要區域的使用車輛數量

在2015年，全球因為化石燃料燃燒所造成的二氧化碳排放量已達到約32.3千兆公噸(1990年約20.5千兆公噸)，其中在道路運輸造成的碳排約為全球排放量的18%，1990年因道路運輸的排放量為3.3千兆公噸，到了2015年也成長至5.7千兆公噸，成長了近73%。圖7為美國1990年到2015年的道路運輸溫室氣體排放趨勢，可顯示出溫室氣體排放量是逐年穩步上升的，僅在2008年受到全球金融風暴的影響而暫時減少。

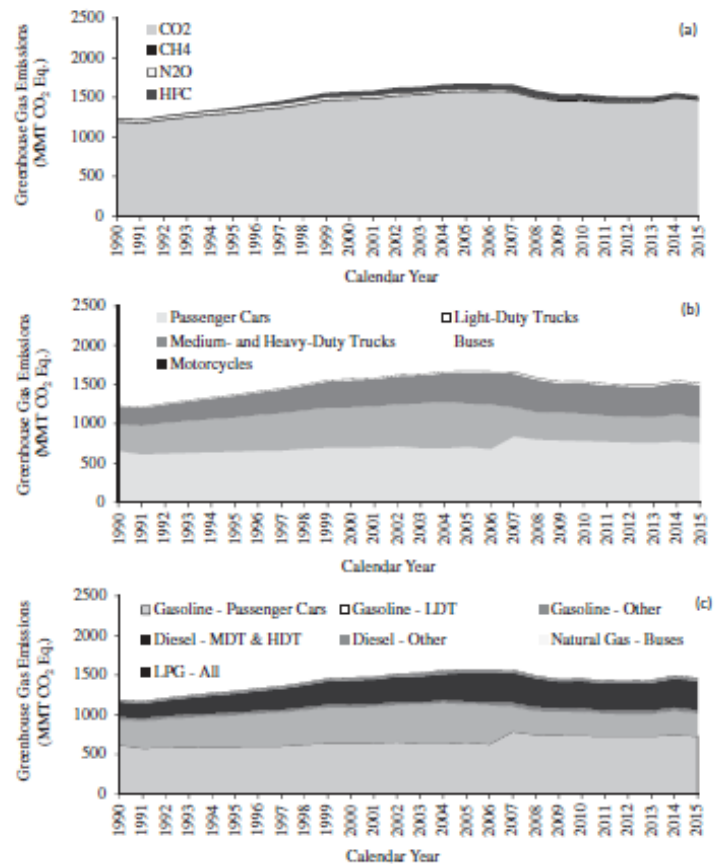


圖 7 美國 1990 年到 2015 年的道路運輸溫室氣體排放趨勢

依據相關研究指出，從2010年到2050年，由於LDV新科技的發展，尤其是電動汽車方面，在OECD組織中的北美地區、歐洲、中國大陸的碳排減量分別降至54-65%、39-76%、51-55%，未來全球將發展的整合型物流運輸也有助於減少溫室氣體排放。然而，依照MARKAL混合能源分析模式，電動車發展而導致產生的溫室氣體減量，必須和降低發電的碳排強度情境相結合，才能產生實質性的影響，CCP的最終規則原先是預計達成在聯邦層級下嘗試減少發電所產生的溫室氣體排放，而最近政府當局提出更換此計畫的監管行動，可能會降低自2012年之後溫室氣體車輛排放標準的效益-即是電動車使用量增加的效益。

在Dr. Frey的演講中提到了幾個趨勢，歸類並分述如後:

1. 能源消耗面:

近幾十年來較顯著的車輛數量增長和油耗發生在中國和亞洲區域的國家，雖然目前已逐步發展電動車，且由於車輛燃料經濟性的演變過程，用於運輸方面的化石燃料需求成長步調稍趨緩步，惟在過去 20 年的陸地運輸工具仍是以汽油車為主。而氣候變遷的影響也反映在制定法律規定上，美國環保署於 2009 年認為溫室氣體可能會造成危害大眾健康，因此，自 2012 年起，亦提升了更嚴格的燃油經濟性並促使政府訂定新的溫室氣體排放標準，燃油經濟性的標準亦正同時在許多國家進行討論並持續改進中。

2. 廢氣排放面:

體認到運輸相關所排放的空氣污染物，包括法規內限制的污染物及其前驅物質、移動源毒性污染物(Mobile Source Air Toxic, MSATs)等，將對公眾健康及社會福祉構成威脅，因此，過去四十年來法規也訂的越來越嚴格，故車輛廢氣排放量也隨之大幅減少(圖 8)。

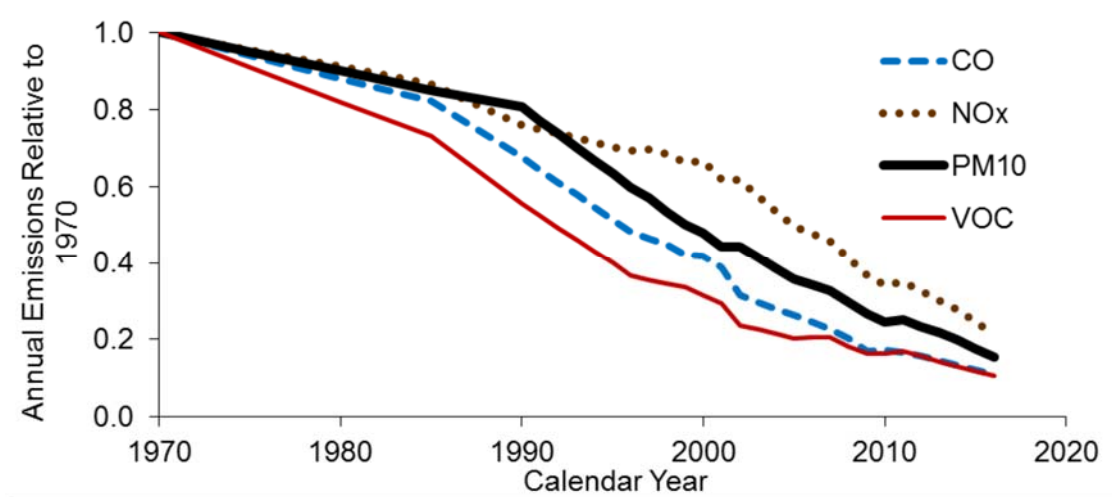


圖 8 1970 年以來美國公路車輛排放的相對趨勢

### 3. 技術發展與法規面:

美國從 1970 年清潔空氣法案起，陸續實施強制性的法令標準，導致相對應的技術也逐步發展以符合相關法規，1981 年起，汽車配備的觸媒轉化器由雙向發展成三元觸媒轉換器 (Three-Way Catalyst, TWC)，使得汽車排放的一氧化碳、氮氧化物與揮發性有機化合物等空氣污染物可降低十倍之多，1985 年起，美國加州大氣資源委員會（簡稱 CARB）亦制定法規要求車廠自 1988 年於加州販售的車輛，必須裝置車載診斷系統 (On-Board Diagnostic, OBD) 監控汽車引擎的運轉效能，以簡化車輛維修程序與時間外，更降低汽車廢氣排放所造成的空氣污染，進而減緩氣候暖化。

車輛排放廢氣對大眾健康造成之重大威脅，可用暴露及風險評估來分析與車輛直接相關的關聯性。但是，尚存在部分不確定性和懸而未決的問題，如目前的評估效果是針對車輛排放模型和源起於流行病學研究來進行，以及評估的濃度是來自於所有社區範圍的排放濃度而非單一針對車輛來源，故仍需要持續性的研究工作進行。未來仍需要鑑別空間與時間尺度的暴露變化，以確定道路上及近道路環境中車輛排放廢氣的組成成分。

#### 未來持續發展改進

儘管 SCR、DOC、DPF 等柴油引擎燃燒後控制技術儼然成為 21 世紀最重要的環境科技發展，但仍有一些衍生議題持續產生，如 DPF 循環再生造成的排放問題、SCR 的排氣溫度影響效率及氨氣洩漏等問題，但就如同前述提及的 TWC 技術一樣，這些技術的發展及成功與否取決於政府單位的政策推動及市場監管力度，從上游的 Top-down 制定政策，過程中的法規制訂，再引領到終端的技術發展，三者必須是緊密結合且相輔相成的，才能促使科技發展以致政策到位。

## 貳、參加會議心得

### 一、加州年度研究計畫發表

加州空氣資源委員會(California Air Resources Board, CARB)擬議的 2017-2018 年度研究計畫亦在本會場上提出報告，包括了該會目前及未來預計執行的計畫，包括 PM2.5 與臭氧的暴露度與健康風險、發展有毒金屬的即時可攜式監測方法、經濟面、環境正義面，以支持及符合空氣品質標準與氣候目標(圖 9、圖 10)。由此可看出，加州當局為了制訂相關的環境政策，從健康風險、暴露評估、氟化氣體、甲烷和 SLCP、重型車輛、輕型車輛、建築物、能源、一氧化二氮、燃料、建設環境、道路相關、化學機制及其反應性、田野調查、車輛庫存研究等 15 個面向進行了 113 項研究計畫，並持續滾動檢討，運用科學研究數據支持未來可能制定的政策或法規。



圖 9 ARB 的計畫目標



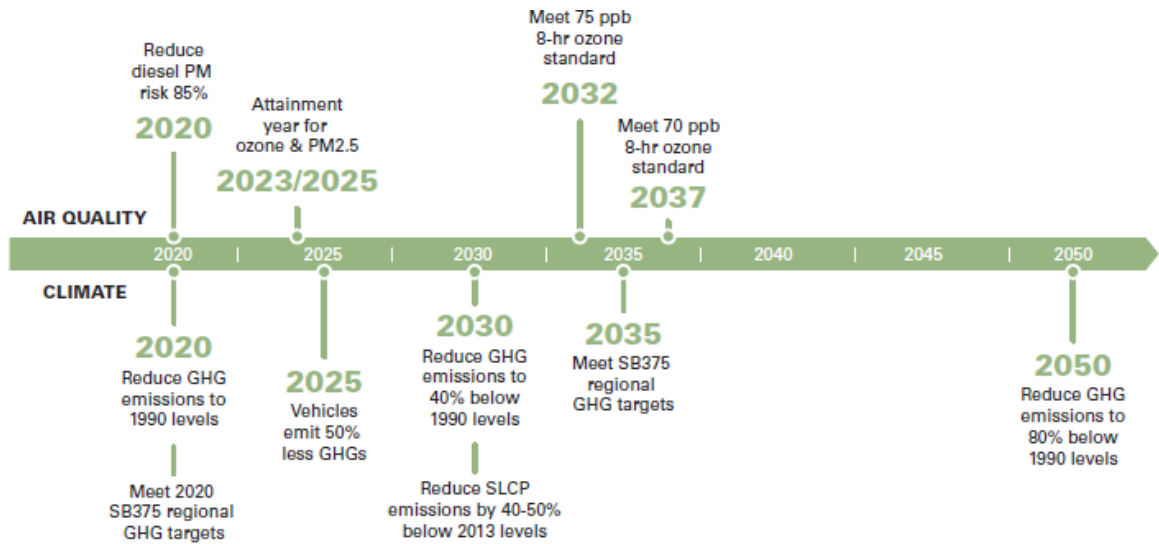


圖 10 加州於 2050 年前的空氣品質與氣候變遷目標

## 二、空氣品質與污染管制

### (一) 氮濃度之累積

會場亦有報告提出，全球因人類活動而產生的「反應性氮(reactive nitrogen)」，在許多地區已超過了警戒值，環境中過量的氮對全球氮循環(nitrogen cycle)造成了巨大衝擊，其「氮串聯(nitrogen cascade)」效應，產生各種水體污染，造成了海洋死亡區(coastal dead zones)等生態衝擊，亦加遽了全球氣候變遷以及對人類健康之影響。目前各國政府已於 2011 年同意「全球養份管理伙伴關係(Global Partnership of Nutrient Management, GPNM)」，其目標在於促進有效氮管理並確保糧食安全，亦逐漸發展了一系列工具，如氮計算用以計算氮足跡、氮匯等。

氮整合性管理(integrated nitrogen management)是未來趨勢與目標，內容包括將氮循環進行整體分析、建立國際統一目標、聚焦於天然「固氮(nitrogen fixing)」，限制反應性氮之流動、重複利用氮，以及將反應性氮轉化為「非反應性氮」的技術開發。



## (二) 重金屬汞之污染控制

依據我國「空氣污染防治法」規定，火力電廠之空氣污染排放濃度須符合「固定污染源空氣污染物排放標準」外，亦須符合管制發電業空氣污染物之「電力設施空氣污染物排放標準」，目前我國主要關注空氣污染物多聚焦於細懸浮微粒、硫氧化物、氮氧化物等，各項污染物亦皆有相關管制標準，而近年來因電廠之汞排放在國際上備受關注，故國人及環保團體等外界亦開始注重煙氣中重金屬物質之排放濃度，環保署 103 年修正發布之「電力設施空氣污染物排放標準」亦將汞納入汽力機組之管制項目，明定新設污染源之汞排放應小於 2 微克/Nm<sup>3</sup>、既存污染源應小於 5 微克/Nm<sup>3</sup>。

煤為火力電廠使用之主要燃料，由於煤炭中含有一定濃度的汞，主要以硫化汞(HgS)、金屬汞和有機汞化合物的形式存在，根據資料顯示，煤燃燒後汞的分布，飛灰中約佔 23~27%，煙氣中佔 56~70%，進入底灰的汞約佔 2%，顯示氣態汞是燃燒汞排放的主要形式，近幾年亦有研究指出煙氣中汞形態分布主要與燃煤中氯元素含量及溫度的影響有關。空氣污染物的防治措施，可以從燃燒前、燃燒階段與燃燒後三階段來著手，概述如下

### 1. 燃燒前:

燃燒前的控制手段主要為選擇煤料或洗煤，汞是親硫化物的元素，煤炭中汞和硫分及灰分呈現顯著正相關，因此選擇低硫分及灰份的燃料為控制汞排放的措施之一，隨著硫份及灰份的脫除，可獲得約 37%的汞去除率。而洗煤方式在目前我國並沒有相關作法，且成本相對較高，此技術較不易作為燃煤汞污染控制的主要技術；美國目前正研擬微生物選煤已減少汞含量的技術，預計藉此能脫除原煤中 50%的汞。

### 2. 燃燒階段

燃燒階段採取的控制方式大多為選擇適合的燃燒環境和注入適當的吸附劑，目前已有研究發表指出採用流體化床可以增加飛灰顆粒的停留時間與

凝聚小顆粒的作用，可提高汞的物理吸附能力及減少細懸浮微粒的排放，或是可將含碘的活性碳噴入到流體化床中，進一步提高汞的去除率。

### 3.燃燒後

由於煙氣中的氣相元素汞很難捕捉，因此較有效率的控制方法是在燃燒過程中利用汞的形態轉化將 Hg 轉化為  $Hg^{2+}$ ，再利用控制設備去除。目前本公司既有燃煤電廠大多使用靜電集塵器(ESP)作為粒狀物之控制設備，僅更新改建後之林口電廠及大林電廠採用袋式集塵器，而傳統的乾式靜電集塵器常產生粉塵沉積於集塵板表現與極線上造成收集效率降低、逆電暈以及粉塵再揚起等現象，溼式靜電集塵器(WESP)不會有傳統 ESP 敲擊清灰時粒狀物再逸散的問題，根據研究結果指出，WESP 能有效改善傳統 ESP 長時間在高電阻微粒下集塵板負載的問題。

此外，溼化後之粒狀物帶電性能增加，亦對於  $PM_{2.5}$  有較佳之處理效率，WESP 主要特點在於能加強溼度及清洗兩大部分，基本原理與 ESP 相同，只不過不是用機械振動敲打集塵板，而是用噴溼及清洗兩種程序移除至水體中，省去了必須敲灰的程序，但會有供應水及廢水處理等問題。

隨著燃煤機組大量採用 SCR 裝置用以脫硝控制，然其中的催化劑會與  $NO_x$  反應將部分的  $SO_2$  轉化為  $SO_3$ ，且  $SO_3$  於後續的靜電除塵和溼式脫硫裝置對  $SO_3$  去除率極低，直接排放將會使煙氣得不透光率增加，於大氣環境中造成酸雨現象。因此，目前部分先進國家已開始注重於  $SO_3$  的排放，我國目前仍沒有強制要求，但是隨著燃煤機組大量採用 SCR 裝置後， $SO_3$  排放勢必會增加，將成為污染物控制之目標之一，並且，近來外界已針對煙氣中的重金屬排放多所關注，對於汞及汞的氧化物的排放也會有更進一步的規範。鑑此，WESP 對於處理煙氣中的酸露有較佳的效果。

WESP 系統至今已使用了 30 多年，以控制硫酸和硫酸微粒排放。目前，全球有數千個 WESP 模塊在商業化操作。WESP 可以在潮濕後安裝在燃煤電

廠中 FGD 後(見圖 11)作為最後的「拋光」階段，去除細懸浮微粒、硫酸和任何其他物質薄霧。

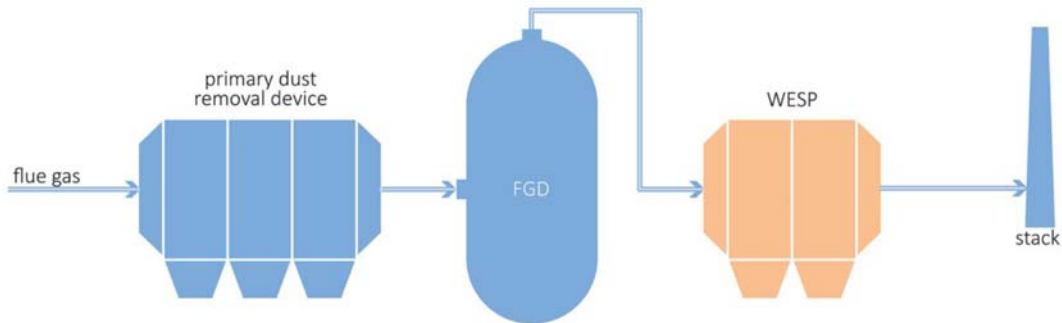


圖 11 增設 WESP 於 FGD 設備後之示意圖

### 三、運輸能源發展與污染排放

全球統計有將近 13 億的車輛使用了 79 千萬億 BTU 的能源(主要是汽油和柴油燃料)，以及排放了 5.7 億噸二氧化碳及其他污染物，因車輛排放污染問題造成每年約有 20 萬人口過早死亡。因此，提高車輛的能源使用效率與控制污染排放有助於抵減上述因使用車輛所帶來的負面影響。為了達成這些目標，許多新技術的發展正如火如荼的進展當中，如改變車輛運作條件、測量方法的提升、燃料改變等諸多研究仍需要進行實證評估，而燃料經濟性與排放法規的限制可有效減少主要污染物的排放總量。值得注意的是，車輛排放了幾種重要的形成二次污染物的前驅物質，包括臭氧和二次有機氣膠等，這些都需要複合式的污染物排放與空氣品質管理策略。此外，汽油和柴油仍持續為本世紀中之前的關鍵能源，除非各國能配合並提出有效改變發電組合的政策，否則提高電動汽車的使用將不會對溫室氣體減排產生太大的貢獻。

而隨著老舊車輛淘汰以及更高燃料效率的車款上市，空污排放量明顯降低，但亦須要政府祭出市場的干預措施，否則空污排放速度仍會超過減排速度，以致

整體排放量仍會增加。而關於溫室氣體的排放，假使沒有更強而有力的政策情勢，如推動電動車及提高再生能源發電方式等策略，近期將不會有太大進展。目前美國當局已推翻歐巴馬時期所制定的清潔能源計畫，故普遍預測依照目前化石燃料的情勢下，二氧化碳的排放量將不可避免的持續增加。縱使目前有部分使用氫氣燃料電池車輛的研究發表，然而，相關的基礎設備以及目前技術發展都仍有相當大的挑戰需要克服，如氫氣的製造、壓縮及運輸，在現有技術條件下，這三個步驟的能源利用率都不高，研究結果亦顯示傳統的充電式電動車比燃料電池汽車更節省能源，因此，目前看來，充電式的電動車發展對於二氧化碳減排仍較具效益。

#### 四、溫室氣體管制政策方向

2017年6月1日，美國宣布退出巴黎協定，巴黎協定成效必然大不如前，使原本就艱鉅的全球氣候減緩工作更顯艱辛，雖然依據巴黎協定之「生效日起三年內禁止締約國退出，且退出前有1年預告期」規定，即使美國(排放占比 17.89%)於2017年8月正式向聯合國遞交退出巴黎協定意向書，尚需至2020年底方能正式退出巴黎協定，短期內巴黎協定將不受影響。然而，全球氣候治理可能引發骨牌效應並進入低潮期，值得未來持續觀察。

至於美國當局擬用來取代歐巴馬時期提出 CPP 新法案的爭議點之一，為美國環保署讓各州政府自行決議當工廠要擴廠時，是否要啟動污染評估審查，現有的法規是限制若既有工廠在擴廠時會造成更多污染，則不可限制擴廠；新法案則對於二氧化碳排放量較無強硬的管制，讓企業、各州政府較不會因此提起訴訟。此舉與目前世界各國對於氣候變遷在致力於溫室氣體減緩的努力背道而馳。縱使美國部分州亦不認同此項政策，

儘管川普當局已推翻CPP計畫與退出巴黎協定，美國各州經濟型態、礦產資源差異極大，導致各州政府因應氣候變遷的立場差異甚大。以西維吉尼亞州為首之主要石油、煤炭和天然氣產區，不僅仰賴化石燃料發電，且較重視因應氣候變遷帶來的經濟損失，從歐巴馬時代即反對清潔電力計畫及甲烷排放標準；而加州、

紐約等州，因重視氣候變遷議題，支持清潔電力計畫及甲烷排放標準之氣候減緩行動與策略，如表1所示。

表1 美國各州對清潔電力計畫及甲烷排放標準之態度

項目	反對派	贊成派	中立未定派
清潔電力計畫	西維吉尼亞州、德州與奧克拉荷馬州以及其他26州，為仰賴化石燃料發電或是產煤的州	加州等17個州與哥倫比亞特區，其中9州為參與RGGI之地區	蒙大拿州和亞利桑那州等
甲烷排放標準	以西維吉尼亞州為首的15州為主要的石油和天然氣產區	加州、紐約等9州，重視氣候變遷	-

對於川普總統退出巴黎協定之舉，重視氣候變遷議題之加州、紐約等各州的批評聲浪不斷，並成立以達成巴黎協定為目標之氣候行動聯盟(United States Climate Alliance)，其占美國碳排放的17.8%；夏威夷州州長也簽署兩項支持巴黎協定承諾與目標的法案。種種作為皆顯示，美國許多州不僅重視氣候變遷議題，也正串聯對抗川普之舉，進而演變由地方政府層級對抗氣候變遷。美國對於氣候變遷議題關心之民眾約占50-70%，未來，美國仍將繼續參與國際氣候談判與會議，在國際間會議尋求重新談判，磋商對美國所謂「公平」的條件。

## 參、 結論與建議

- 一、本次 A&WMA 第 111 次年會暨研討會共有產官學界等約近千人參加，所研提發表的論文均與目前國際間所關注的環境保護、永續發展議題有密切關聯，部分議題亦提出相當實務的對策，包括溫室氣體議題、空污防制技術、空氣品質、美國法規加嚴規劃趨勢等，亦有循環經濟、永續環境等專題報告，出席此次大會廣增見聞，獲益良多。
- 二、AWMA 每年皆固定舉辦年會及 MEGA Symposium 兩場大型會議，規模甚大，所提報之論文分別在不同會議室同時舉行，相對而言，MEGA Symposium 主要針對於火力電廠污染於排放控制之探討，而 AWMA 之年會議題較為廣泛，且兩者之論文發表皆分布於不同會議室，故建議為能確實掌握與本公司相關議題之內容，應增派乙員參加 MEGA Symposium，如此應可切實掌握與本公司電力設施有關之議題及相關防治技術發展趨勢，俾適時應用於既有或新設電力設施中之環境保護管理措施上，而 AWMA 年會可每三年派赴人員與會，蒐集國際間發展情勢，適時反映於政府機關於訂定相關法規之排放標準。
- 三、本公司在空氣污染物排放方面如傳統氮氧化物、硫氧化物及粒狀污染物等空污排放物，經過多年來的努力已較能有所掌控，惟未來外界關注焦點即可能由細懸浮微粒轉變為重金屬排放、健康風險等議題，雖然環保署目前對於重金屬汞之排放濃度亦已制定規範，然未來亦可能提出加嚴標準，因此，本公司應提前研擬降低重金屬排放之相關計畫，以因應後續衍生之議題。
- 四、相較於空氣污染物質之防制策略，溫室氣體之減排策略尚較無新穎的控制設備或技術發表，因此目前國際間之論文發表僅能在策略管制及軌跡追蹤有產出貢獻。然而，溫室氣體尺度範圍甚大且影響全球，本公司仍應持續蒐集國際溫室氣體相關資訊，對氣候變遷主動做出貢獻。
- 五、本次會議年度議題及諸多論文發表皆提及運輸部門能源耗損及污染與碳排等問題，而台灣空氣污染源主要 1/3 來自移動污染源，溫室氣體排放量亦逐

年上升，因此日前行政院亦已宣示預計在 2040 年前，分階段推動全面以電動車取代汽柴油車，藉此改善我國空污及碳排情形。目前電動機車在現行技術下，與傳統燃油機車相比，已有明顯之減碳效益，並具有多元的充電方式，不僅便利性高，對於都會區空氣品質提升亦有幫助，而目前電動汽車之減碳效益及技術仍持續發展中，且充電模式如何與電網整合，未來應持續瞭解各國發展電動汽車之趨勢及技術發展，俾利參考。