

# 台化燃煤汽電共生廠對環境中 PM<sub>2.5</sub> 影響之研究成果報告

台化公司工務部

## 壹、前言

空氣污染物細懸浮微粒 (PM<sub>2.5</sub>) 與健康之關聯，為近年來民眾及環保團體所關注議題。為此，本部為因應 PM<sub>2.5</sub> 議題並掌握各廠排放對區域空氣品質之影響，委託宜蘭大學張章堂教授及景丰公司進行產學合作研究。本研究計畫已於二〇一七年六月完成，研究成果顯示本部燃煤汽電共生廠在既有各項防制設備下，其排放對區域 PM<sub>2.5</sub> 空氣品質之影響輕微。茲以本研究案執行重點主要有：

一、研究結果顯示，台化公司各廠之燃煤汽電共

生廠之排放，對周界測站 PM<sub>2.5</sub> 濃度影響比例平均值僅 0.262%、0.859%，極為輕微。故國內面對改善環境 PM<sub>2.5</sub> 之困境，管理單位更應以科學合理之論證為依據，提出更有效之管理策略。在目前迫切之缺電危機困境及民眾環境意識高漲的客觀情勢下，本研究採用方法及研究結果可提供學界、社會大眾及各級政府制定政策之參考。

二、本研究案引用 TEDS 九.0 (最新版二〇一六年十一月公布)，採用實際檢測資料為

基礎及美國環保署使用之CMAQ模擬分析方式，及我國秋冬氣候最嚴苛條件為情境，顯示本研究方法論及條件比國內相關研究更為嚴謹，故詳細全文也與環保署空保處發表之「我國細懸浮微粒管制策略（作者蔡鴻德、郭孟芸）」同時刊載於經濟部二〇一七年八月工業污染防治期刊，為產官學界所肯定。

## 貳、環境中 PM<sub>2.5</sub> 成因與來源分布

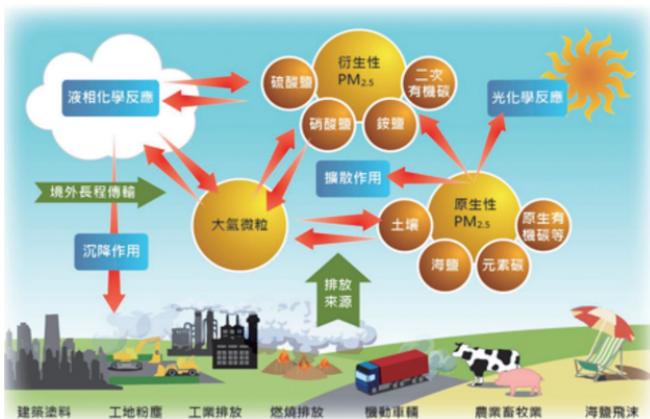
三、另本研究成果與其他電力業研究之結論，雖然影響比例略有不同，但濃度之影響均低於1%，也為本研究計畫客觀性之驗證。

環境中 PM<sub>2.5</sub> 來源並非為單一污染源造成，倘



圖一 本研究流程圖

若僅歸咎於單一污染源則過度簡化問題。環境中 PM<sub>2.5</sub> 濃度的來源，涵蓋人為與自然活動，包括了地表風蝕、河川揚塵、海水飛沫、餐飲烹飪、金紙及農廢燃燒、工業生產活動以及汽機車行駛排放等，如圖二所示。

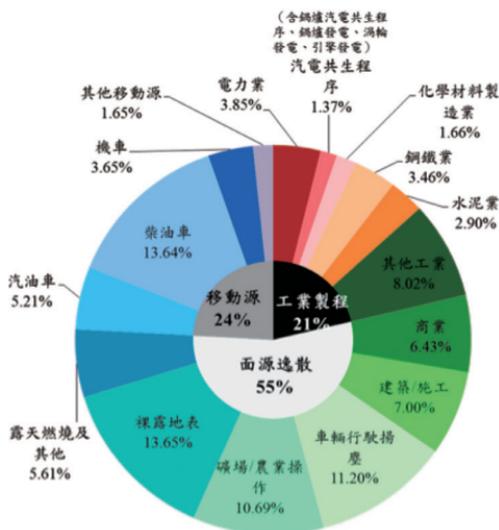


圖二 環境中 PM<sub>2.5</sub> 形成及排放來源

(參考來源：行政院環境保護署網頁)

就原生性 $PM_{2.5}$ 排放量結構而言，根據環保署臺灣排放量清冊資料庫 (Taiwan Emission Database, TEDS) 九·〇版統計，二〇一三年全國 $PM_{2.5}$ 排放量七十七，一百八十二公噸，工業製程 (二十一%) 與移動污染源 (二十四%) 相當，其他原生性來源以營建工程、道路揚塵及裸露地等 (合計五十五%) 為主，如圖三所示。全國發電相關製程之原生性 $PM_{2.5}$ 排放量僅佔五·二二%，其中屬電力業之發電共生相關程序 (包含鍋爐汽電共生程序、鍋爐發電、渦輪發電、引擎發電等) 則佔了近其中三成 (一·三七%)。另若以環保署資料， $PM_{2.5}$ 來源屬境外輸入部分) 由中國大陸長程傳輸) 佔二十七%計算，則 TEDS 九·〇電力業佔全部貢獻僅二·八一%，與 TEDS 八·一版所計算電力業二·九%亦已再下降。

由於 $PM_{2.5}$ 在大氣化學反應自然合成，以及生成後不易沉降的特性，來自境外傳輸所造成空氣品質影響不容小覷。根據環保署統計，來自中國大陸的境外傳輸對臺灣環境中的 $PM_{2.5}$ 貢獻比例均超過三十% (吳義林等，二〇一四年)。換言之，這些來自於鄰近的中國大陸、東亞各國與過境船舶所造成之污染，即便針對國內做再多的減排努力，也無助於國境外傳輸而來的影響，這是在進



圖三 臺灣原生性 $PM_{2.5}$ 排放量 (TEDS 9.0) 各污染源佔比

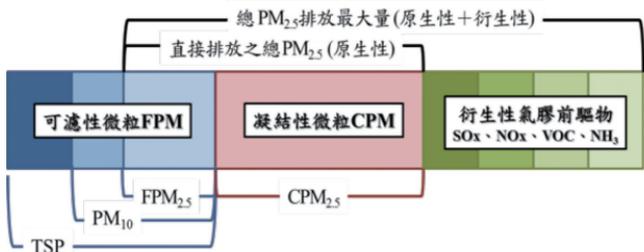
行特定污染源 $PM_{2.5}$ 貢獻評估時，必須考慮之處。因此，排放影響評估所採用之空氣品質模式，必須可同時處理原生性 $PM_{2.5}$ 及衍生性 $PM_{2.5}$ 前驅物 (硫氧化物、氮氧化物等) 排放、擴散及傳輸行為，模擬結果才足具代表性，而本研究所採用之模式—CMAQ空氣品質模式，除可考量大氣中污染物間化學反應、空間網格內的交互作用以及質量守恆等化學反應外，亦為美國國家環境保護局 (USEPA) 所認可之空氣品質模式之一。

## 參、固定源管道 PM<sub>2.5</sub> 排放量推估

### 一、固定源管道 PM<sub>2.5</sub> 排放量推估方法

一般燃燒性污染源管道，所排放污染物包含：粒狀污染物 (TSP、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>)、二氧化硫 (SO<sub>x</sub>)、氮氧化物 (NO<sub>x</sub>)、揮發性有機化合物 (VOCs) 等，如圖四所示。管道中所排放之粒狀污染物除 PM<sub>2.5</sub> 外，還包括了氣動粒徑大於 PM<sub>2.5</sub> 且 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub> 微粒，一般通稱為 TSP。

目前，國際上未見直接對於 PM<sub>2.5</sub> 進行限制之管道排放管制標準，而我國對於粒狀污染之濃度限值、許可證核發、排放量申報及空污費繳納等各類管制制度，也都是以 TSP 作為標的進行管理，因此長期以來，國內缺乏大



圖四 固定污染源排放污染物種類

量 PM<sub>2.5</sub> 檢測數據，對於汽電共生機組之 PM<sub>2.5</sub> 實際排放係數與排放量研究，也因此缺乏詳實之科學依據。

基於管道 PM<sub>2.5</sub> 檢測技術門檻及採樣成本較高，亦無法全國逐根管道進行檢測制定排放係數，因此，國際主流之 PM<sub>2.5</sub> 排放定量方法，為美國環保署與加州環保局採用之 PM<sub>2.5</sub> 比例推估法。該方法係指以已知的 TSP 排放量乘以 PM<sub>2.5</sub>/TSP 比例，計算 PM<sub>2.5</sub> 排放量，其推估公式為：

$$PM_{2.5} \text{ 排放量} = TSP \text{ 排放量} \times PM_{2.5}/TSP \text{ 比例}$$

### 二、本研究採樣方法及採樣結果

本研究主要以台化公司彰化廠、嘉義新港廠及宜蘭龍德廠，三廠共計九組燃煤汽電共生鍋爐機組，分別位於彰化縣彰化市北區、嘉義市西北方之新港鄉及宜蘭縣龍德工業區，採樣期間為二〇一五年十二月至二〇一六年五月。另外，本公司各燃煤汽電共生機組排放管道所採用之防制設備如圖五所示，在此需特別說明者，採樣及二〇一五年研究期間，本部超低排放之設備改善尚未完成，現今所有防制效率均已再大幅提升。

本研究採樣結果如表一所示，由於各鍋爐設計條件與操作狀況各有不同，故採樣檢測濃度或



圖五 台化各廠區汽電共生機組所採用之污染防制設備

表一 本計畫各廠管道 PM<sub>2.5</sub> 採樣成果

廠區	汽電共生機組	PM <sub>2.5</sub> 檢測濃度 (毫克 / 立方公尺)	該季 TSP 定檢 (毫克 / 立方公尺)
彰化廠	G6	8.05 *	7.0
	G7	1.13	9.0
	G8	3.23	4.0
嘉義 新港廠	SK1	3.4	4.0
	SK2	10.25*	13.0
	SK3	0.91	11.0
	SK4	1.22	8.0
宜蘭 龍德廠	LT2	2.21	11.0
	LT3	12.65*	13.0

\* 管道採樣同時包括 FPM<sub>2.5</sub> 及 CPM

有高低，採樣結果顯示，原生性 $PM_{2.5}$ 排放中，相較於 $EP_{M_{2.5}}$ ， $CPM$ 存在相當高比例。以不計 $CPM$ （僅含 $EP_{M_{2.5}}$ ）之檢測結果中，平均比例為三十六·九九%。而考量檢測同時含 $EP_{PM}$ 與 $CPM$ 之結果，平均比例為九十七·〇五%。其中，彰化廠 $CG$ 機組 $PM_{2.5}$ （ $CPM$ 與 $EP_{PM}$ 合計）之檢測濃度略高於 $TSP$ 濃度，除可能為該排放管道排放溫度較高導致較高濃度 $CPM$ 外，也有可能來自前 $CPM$ 檢測方法本身的限制所致。

#### 肆、本研究採最大影響潛勢之模擬情境

如前所述，以本研究所採用之 $CPM$ 標準檢測方法，已有數篇研究證實其採樣方法存在高估疑慮及高不確定性，但較適合之稀釋採樣法在國內有實務操作困難。但是，在評估國內實際汽電共生排放對環境影響貢獻時，以標準方法保守高估排放量之方式進行，不失為較謹慎之作法。

參考本研究實際採樣結果，台化公司之汽電共生鍋爐排放管道中 $EP_{PM}$ 與 $CPM$ 加總之於 $TSP$ 的平均比例九十七·〇五%，亦即有九十七·〇五%之 $TSP$ 皆為 $PM_{2.5}$ ，幾近一百%。因此，本研究後續假設汽電共生程序管道所排放之粒狀物 $TSP$ 皆為 $PM_{2.5}$ （即 $PM_{2.5}/TSP$ 比例為一），即採最大排放可能排放情境進行模擬。該情境所假設煙道中粒

狀污染物皆為 $PM_{2.5}$ ，此排放濃度假設應可視為燃煤汽電共生鍋爐之粒狀物濃度上限。此外，本研究基於最大影響考量，評估時選用的運轉時數不以特定單年操作時數做設定，而以各廠各機組未來最大可能運轉時數為評估分析條件，各廠各機組未來實際操作時數都將不超過此一上限。

以最大排放濃度、最大運轉時數的條件計算下，本研究三處燃煤汽電共生廠之排放量佔所在縣市之總排放量其實仍屬有限，以新港廠佔嘉義縣之比例近三%為最大，由此可知，若只單看原生性 $PM_{2.5}$ 排放量，本研究標的之三座燃煤汽電共生廠佔所有環境背景排放量並不算高。

本研究方法力求嚴謹，目的即為在最嚴苛之條件下，檢驗台化公司對於周遭環境之最大影響潛勢，相關研究設定情境及模式模擬設定如下：

- (一) 以 $EP_{PM}$ 與 $CPM$ 實際採樣以驗證台化汽電共生機組之 $PM_{2.5}/TSP$ 比例。
- (二) 各廠假設最大運轉時數條件及最大排放濃度排放，估算各廠汽電共生程序 $PM_{2.5}$ 排放量。
- (三) 使用美國環保署認可之 $CMAQ$ 空氣品質模式，可同時處理排放污染源之原生性 $PM_{2.5}$

及衍生性氣膠前驅物對環境  $PM_{2.5}$  造成的影響。

(四) 採用最新 TEDS 9.0 版排放資料庫做為環境背景資料庫。

(五) 針對污染物不易擴散之惡劣氣象條件下(十、十一月)進行模擬。

## 伍、研究成果及討論

一、本研究針對汽電共生燃煤鍋爐機組，以本部彰化廠、嘉義新港廠及宜蘭龍德廠之汽電共生燃煤鍋爐為例，並以全量生產之最大可能排放潛勢及惡劣之氣候條件，利用美國認可之 CMAQ 模式進行模擬，作為評估各廠原生性  $PM_{2.5}$  以及衍生性  $PM_{2.5}$  前驅物(硫氧化物及氮氧化物)排放對於鄰近環境  $PM_{2.5}$  濃度之貢獻影響。

二、研究結果顯示(詳如表二)，各廠對周界測站  $PM_{2.5}$  濃度平均影響比例為 0.262%、0.859%，測站最高影響比例為 1.102%、1.602%。其中，各廠影響特性不一，如彰化廠以原生性  $PM_{2.5}$  排放影響為主，嘉義新港廠則以衍生性  $PM_{2.5}$  前驅物排放影響為主，宜蘭龍德廠則有冬山地區背景濃

度較低之情況。故結果顯示排放量大小並非與環境影響比例成正比關係，亦即排放影響仍須考量背景濃度、氣候傳輸條件及地理環境而定。

三、本部以二〇一五年汽電共生燃煤鍋爐機組最嚴苛條件評估，結果對影響中  $PM_{2.5}$  影響相當有限；甚者，本部在二〇一六年起刻正推動消除白煙及超低排放改善，實績證明已可達到天然氣之排放標準，影響更為有限。因此，建議目前政府等單位面對  $PM_{2.5}$  改善之議題，應以科學合理之論證為依據，提出有效之管理策略，始為正辦。

表二 台化汽電共生程序對鄰近測站 PM<sub>2.5</sub> 影響指標  
(CMAQ 模擬十~十一月)

廠別	測站名稱	模擬 平均濃度 (微克 / 立方 公尺)	PM <sub>2.5</sub> 模擬結果 (最大情境)	
			增量濃度 (微克 / 立方公尺)	增量濃度 影響比例 (%)
彰化廠	彰化站	26.68	0.214	1.102
	二林站	22.63	0.009	0.056
	線西站	24.19	0.010	0.036
	西屯站	29.00	0.035	0.087
	埔里站	27.32	0.064	0.198
	平均	25.96	0.066	0.296
嘉義 新港廠	新港站	25.33	0.018	0.085
	朴子站	23.63	0.002	0.044
	嘉義站	37.61	0.099	0.154
	新營站	29.08	0.032	0.207
	善化站	33.11	0.046	0.250
	美濃站	43.59	0.115	1.130
	橋頭站	40.04	0.042	0.212
	仁武站	51.86	0.052	0.166
	鳳山站	48.15	0.063	0.171
	大寮站	51.48	0.080	0.235
	林園站	49.13	0.076	0.222
	楠梓站	44.19	0.055	0.270
	平均	39.77	0.057	0.262
宜蘭 龍德廠	宜蘭站	10.63	0.009	0.115
	冬山站	10.20	0.152	1.602
	平均	10.42	0.081	0.859