



行政院環境保護署

Environmental Protection Administration
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

固定污染源汞排放管制 與空品監測成果說明

報告單位：空氣品質保護及噪音管制處

報告日期：109年12月2日

簡報大綱

壹

管制架構

貳

排放結構

參

排放研究

肆

空品監測

伍

法規研訂

陸

未來方向



管制架構

管制架構

- 有害空氣污染物(HAPs) 排放管制為本署施政重點
- 汞排放管制四大執行重點工作：

空品監測調查

排放特性調查

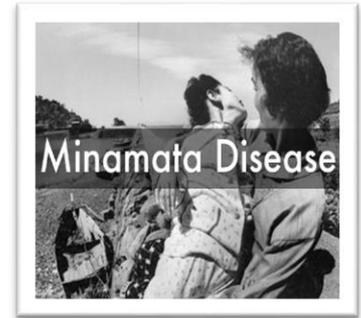
排放清冊建立

排放標準研訂

與國際趨勢接軌

● 汞為國際間共同管制重金屬

- 2013年10月UNEP在日本簽署《水俣公約》
- **淘汰、減少、降低汞危害**
- 主要管制對象：**焚化爐、燃煤鍋爐、水泥窯**



淘汰汞生產與使用 (日常生活)

- 2020年禁止生產及進口含汞產品
- 燈管、電子儀器用品逐步淘汰汞
- 減少牙科使用汞合金

製程減少汞使用 (工業、製程)

- 2018年逐步禁止乙醛製程使用汞
- 2025年前逐步禁止氯鹼製程使用汞
- VCM、聚氨酯、甲醇鉀逐步淘汰汞依賴，研發無汞催化劑

降低汞排放 (固定污染源管制)

- 確立**金礦及燃煤電廠**汞主要來源
- 合約生效三年內禁止開採金礦使用汞
- 加強**燃煤鍋爐、廢棄物焚化爐及水泥旋窯**排放管制



排放結構

排放清冊架構

● 排放資料庫架構 → 參採USEPA架構建置

- 主要排放源以燃燒源、金屬冶煉及化學製程為主
- 移動污染源、露天燃燒也納入推估範圍

移動及逸散源

燃燒源

- (一) 逸散性排放源
 - 農廢燃燒
 - 稻草燃燒
 - 紙錢燃燒
- (二) 移動污染源

燃燒源

- (一) 焚化設施
 - 廢棄物、火化場
- (二) 電力/能源產源
 - 所有燃料鍋爐
- (三) 其他高溫產源
 - 水泥窯
 - RDF製程等

金屬冶煉/製程排放

- (一) 鋼鐵冶煉
 - 一貫作業煉鋼
 - 電弧爐
- (二) 非鐵金屬冶煉
 - 鉛二級冶煉
 - 鋅二級冶煉
 - 銅二級冶煉
 - 鋁二級冶煉

其他

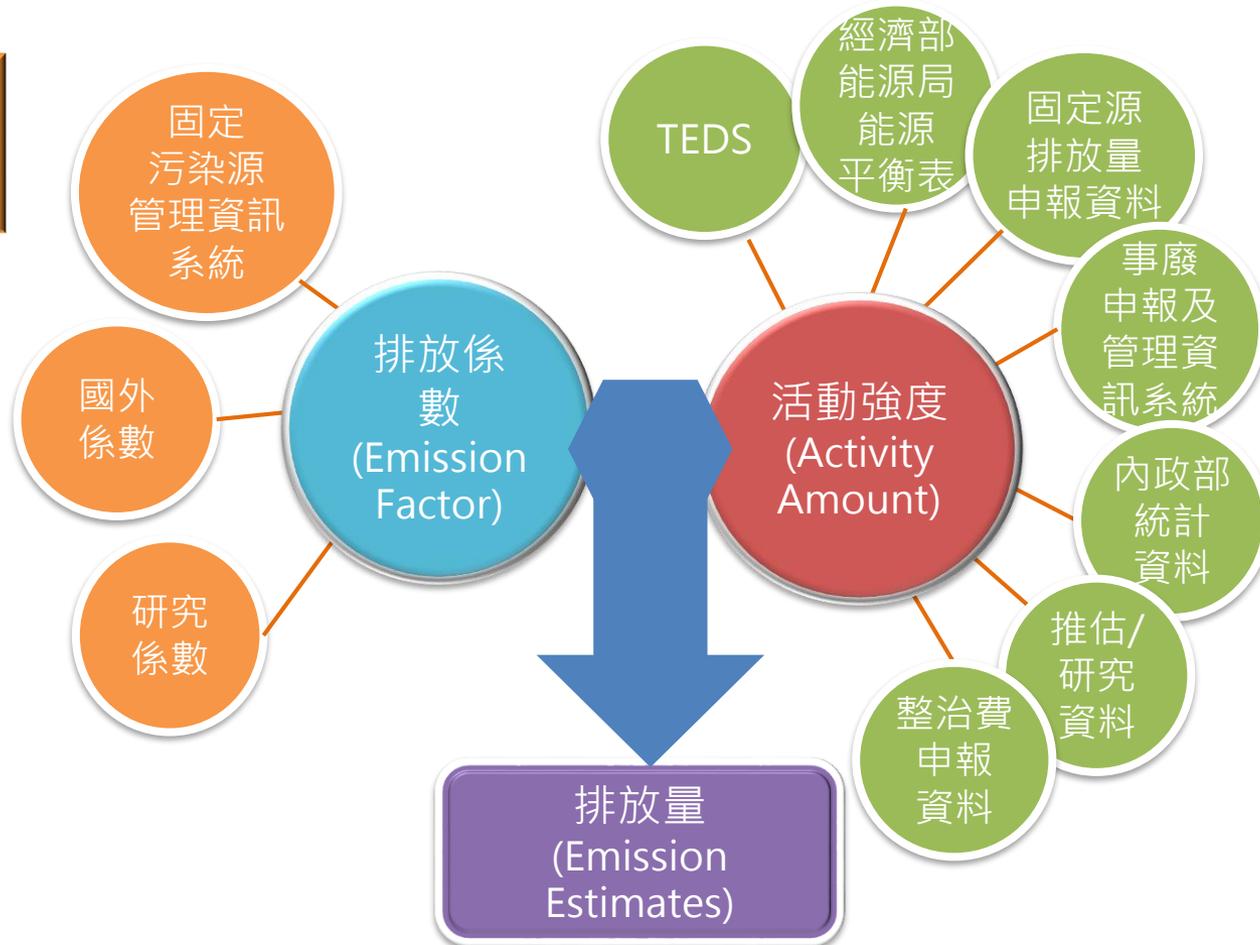
- (一) 半導體 (砷)
- (二) 光電業 (砷)

固定源

排放量推估方法

● 排放量 = 排放係數 × 活動強度

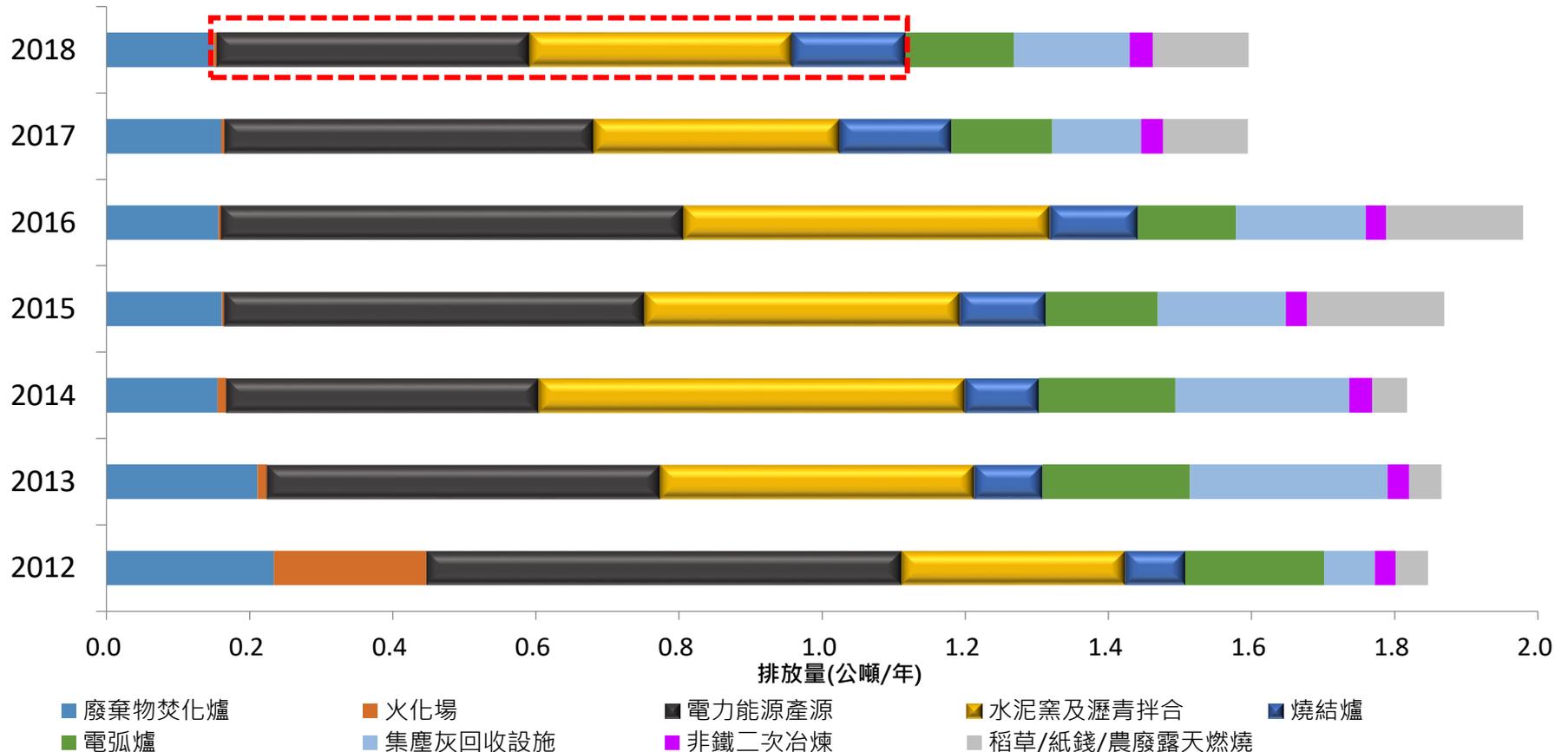
係數選擇：
國內優先，
國外為輔



汞排放量結構

●2018年汞排放量為1.61公噸

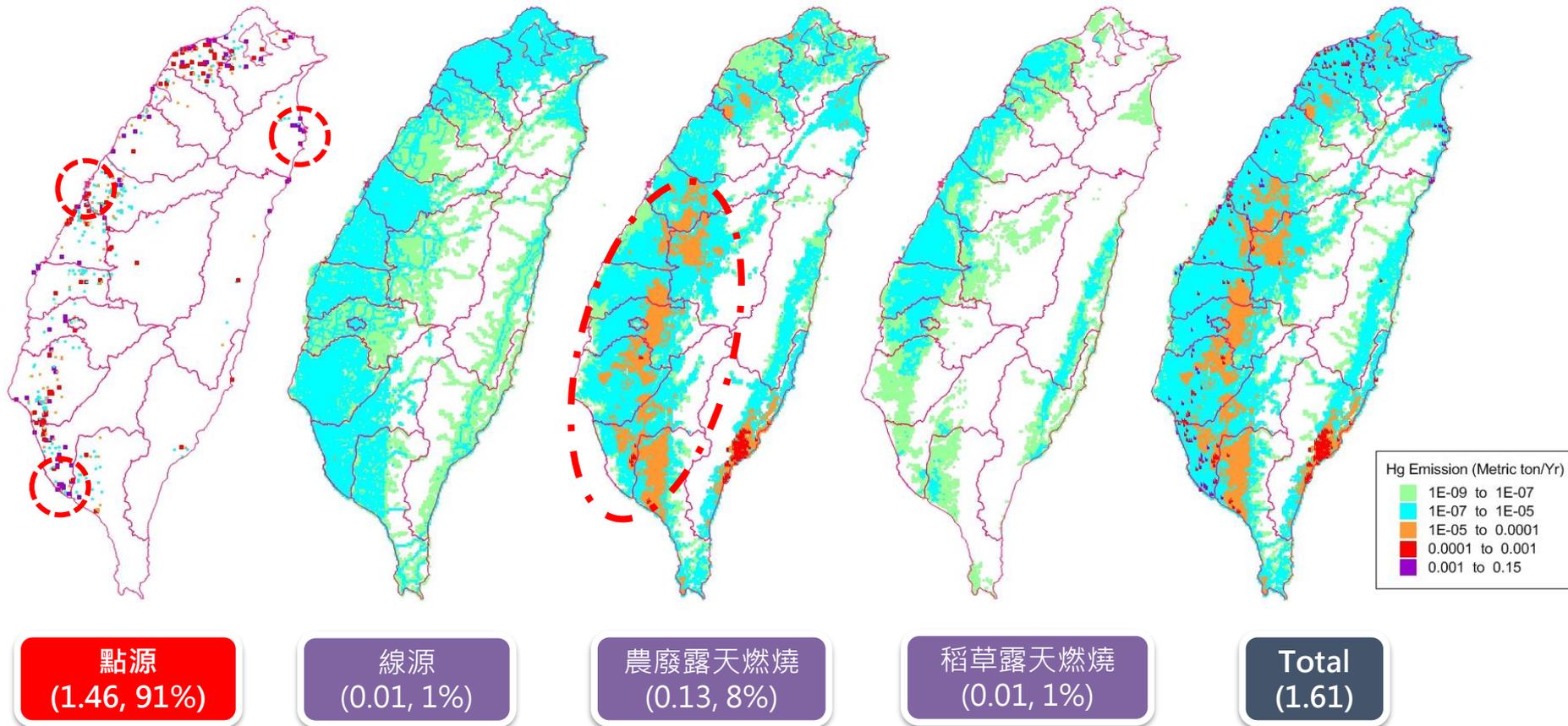
- 主要排放業別：電力能源、水泥窯、燒結爐
- 廢棄物焚化爐回收再利用成效佳，排放量逐年降低



汞排放量結構與分布

● 汞排放量分布-2018年

- 國內汞排放以固定源為主 → 90% 以上
- 逸散源主要來自農廢露天燃燒





排放研究

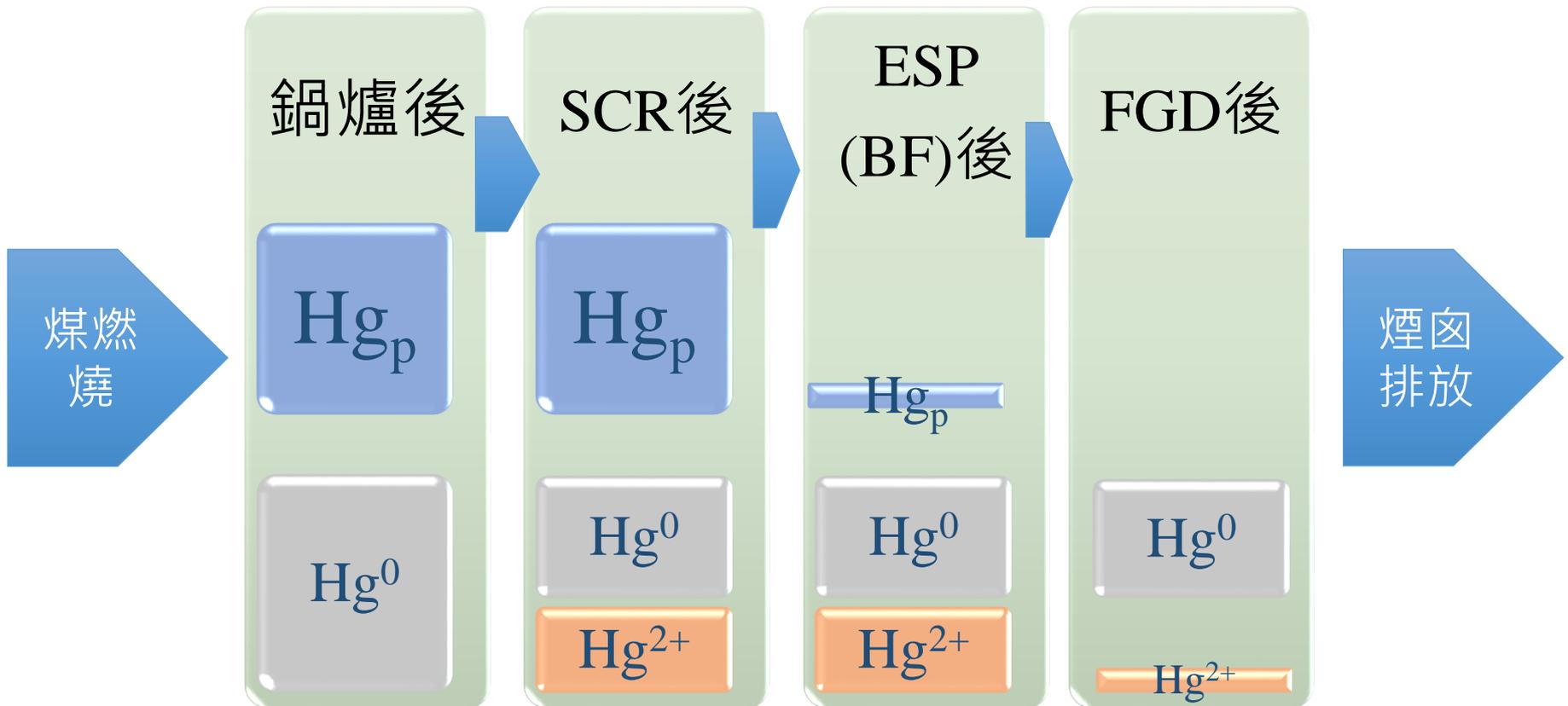
汞排放型態

Hg_p(粒狀汞)

Hg⁰(元素汞)

Hg²⁺(離子汞)

- 汞經高溫燃燒後，以三種不同型態相互轉換
 - 減量策略、控制技術可依物種特性決定



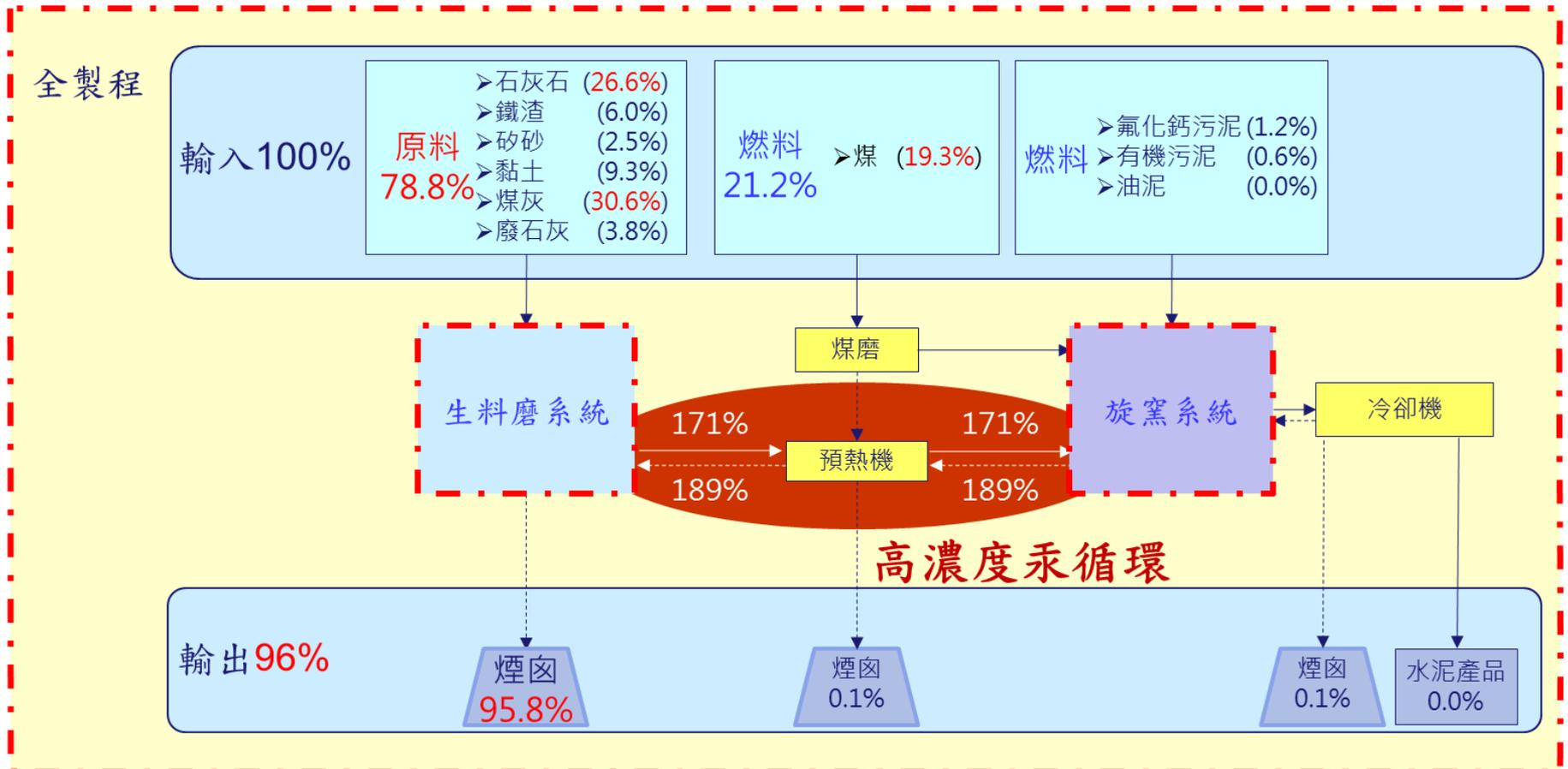
排放特性研究-燃煤發電鍋爐

- 總汞排放濃度 $< 1.0 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，可符合排放標準
 - 煤源汞濃度低(平均 $0.046 \text{ mg}/\text{kg}$)有絕對相關性
 - 最後排放大氣以 Hg^0 為主
 - 汞最終主要存在於飛灰中，煙囪排氣約占 $12.3\% \sim 14.3\%$
- 控制效率分析
 - ESP對粒狀汞(PHg)去除率將近 99% ，效果良好
 - 總汞去除效率分別為 87.3% 、 87.8%
 - 汞排放濃度高低與污染防制設備完善、煤源含量高低有關

排放特性調查-水泥窯

● 水泥廠汞排放特性分析

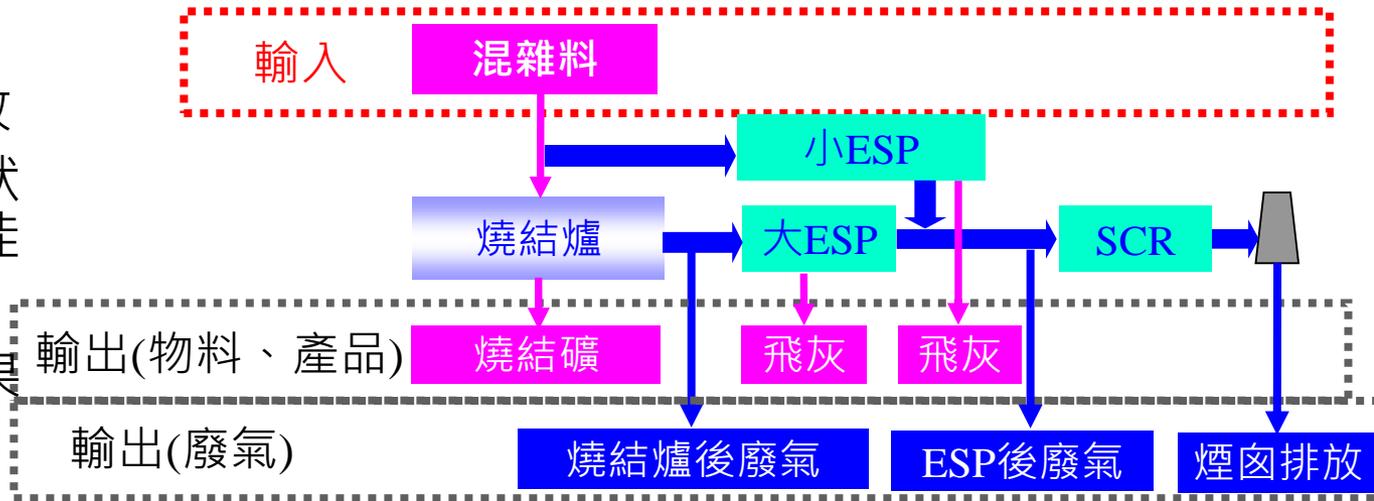
- 因廢氣循環預熱使用，使製程系統內汞濃度持續累積
- 96%的汞由煙囪排放→降低原物料、添加物為最佳策略



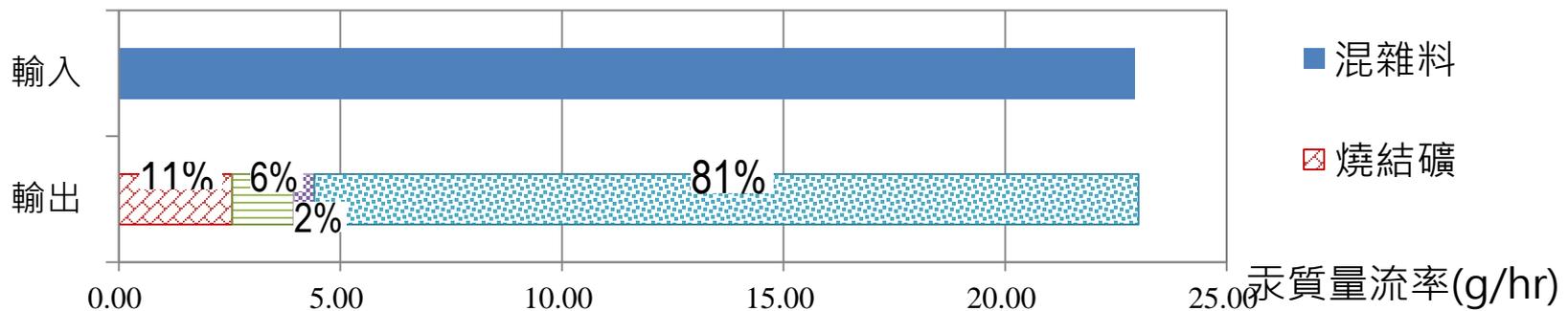
排放特性調查-燒結爐

● 排放特性

- 81%由煙囪排放
- 製程特性，氣狀汞捕集效率不佳
- 飛灰比例為8%
- 安裝FGD後效果會顯著



- ✓ 燒結爐床後廢氣高比例 Hg^{2+}
- ✓ ESP後新增FGD，對部分 Hg^{2+} 會有去除效果
- ✓ 建議亦可搭配源頭減量工作，有效降低汞排放





肆 空品監測

重金屬環境空品標準

●WHO及日本針對汞空品標準分別為1,000和40 ng/m³

國家/組織	項目	重金屬	標準/基準值	單位	計算基準	備註
我國	空品標準	Pb	0.15	ng/m ³	三個月移動平均值	-
WHO	空品基準值(Guideline Values)_針對非致癌物質	Cd	5		-	
		Pb	500			
		Mn	150			
		Hg	1,000			
		V	1,000			
歐盟	空品限值(Limit value)	Pb	500		24小時值	-
	空品目標值 (Target values)	As	6		年平均值	2005/01/01起
		Cd	5			
日本	有害大氣污染物指針值	Hg	40		年平均值	2003/7起
		Ni	25			
		As	6			
		Mn	140			

一般空品站

●自96年起於國內一般空品站進行空品監測

- 監測頻率：半年一次，手動式採樣
- 監測項目：氣態汞、粒狀汞
 - ✓ 採樣設備：氣態汞使用汞齊捕集器、粒狀汞使用玻璃纖維濾紙
 - ✓ 分析設備：冷蒸氣原子螢光光譜儀 (CVAFS)

環檢所公告方法

大氣汞
採樣裝



採樣設備



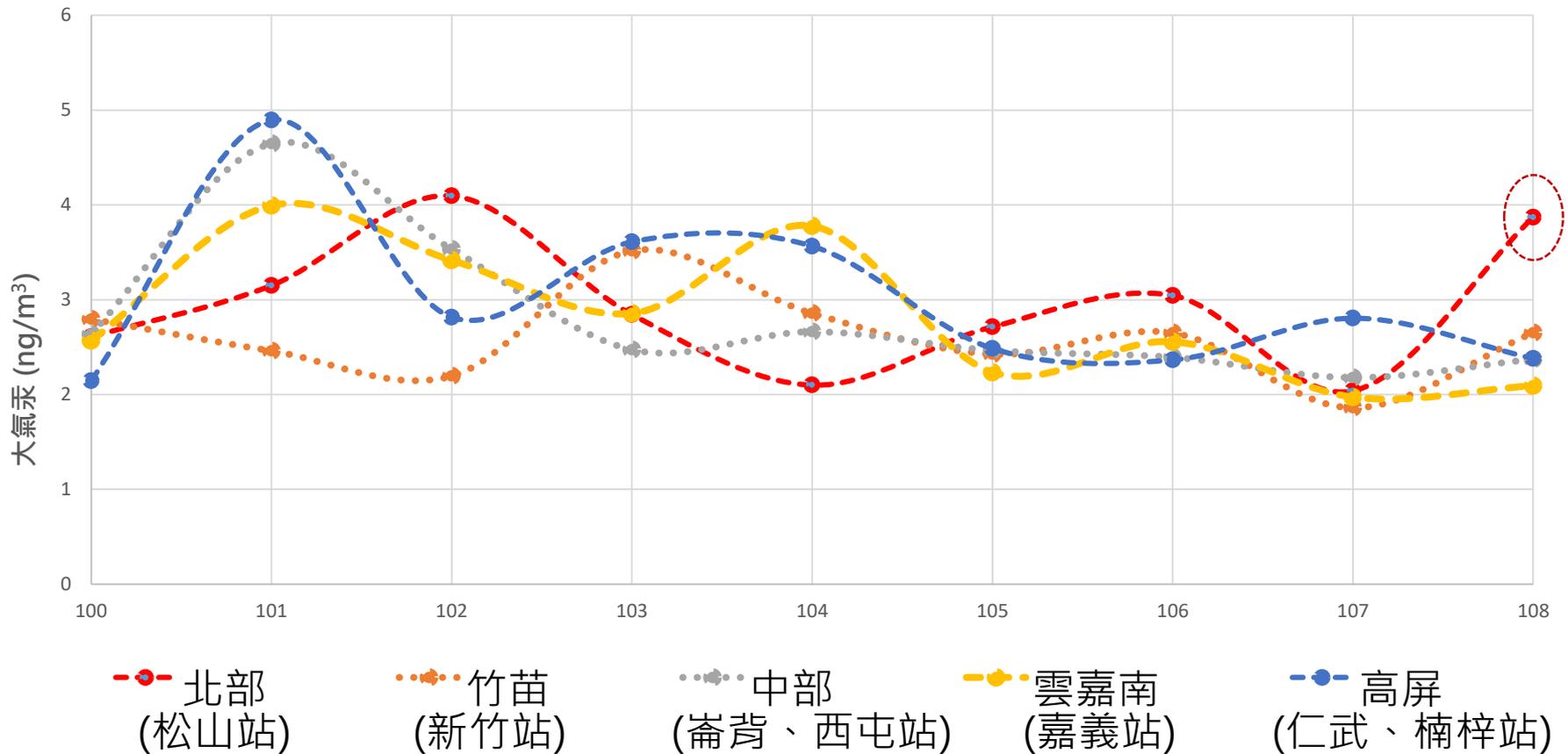
分析儀器：CVAFS

一般空品站歷年監測結果

● 一般空品站平均濃度介於 2 ~ 3 ng/m³

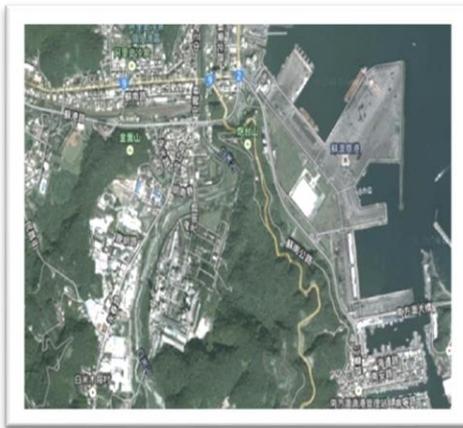
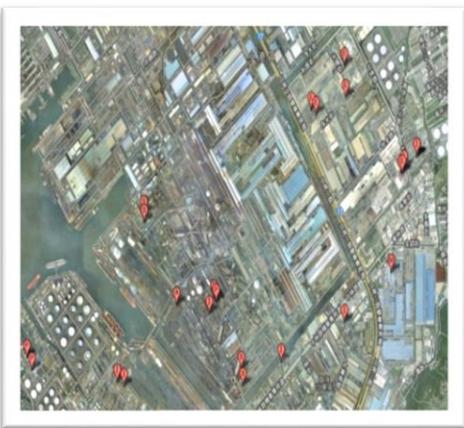
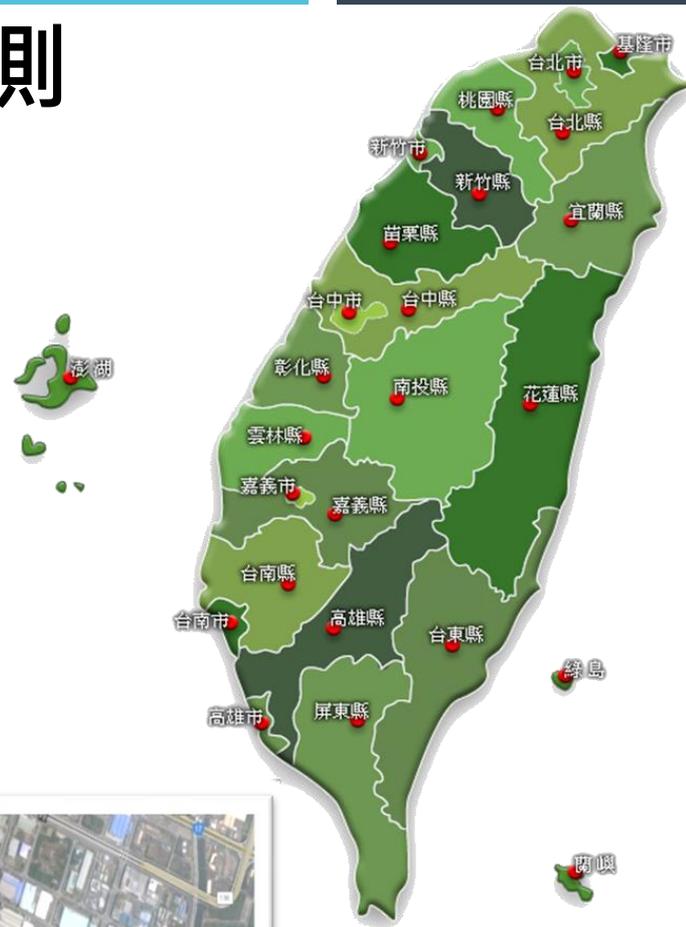
➤ 汞濃度有逐部改善趨勢

➤ 108年第二季北部松山站採樣時為空品惡化日



汞自動連續監測

- 執行期間：2013年－2015年
- 監測期程：至少2個月以上
- 監測地點：
 - ✓2013：高雄市臨海工業區內
 - ✓2014：宜蘭縣台泥蘇澳廠附近
 - ✓2015：台中港工業區內

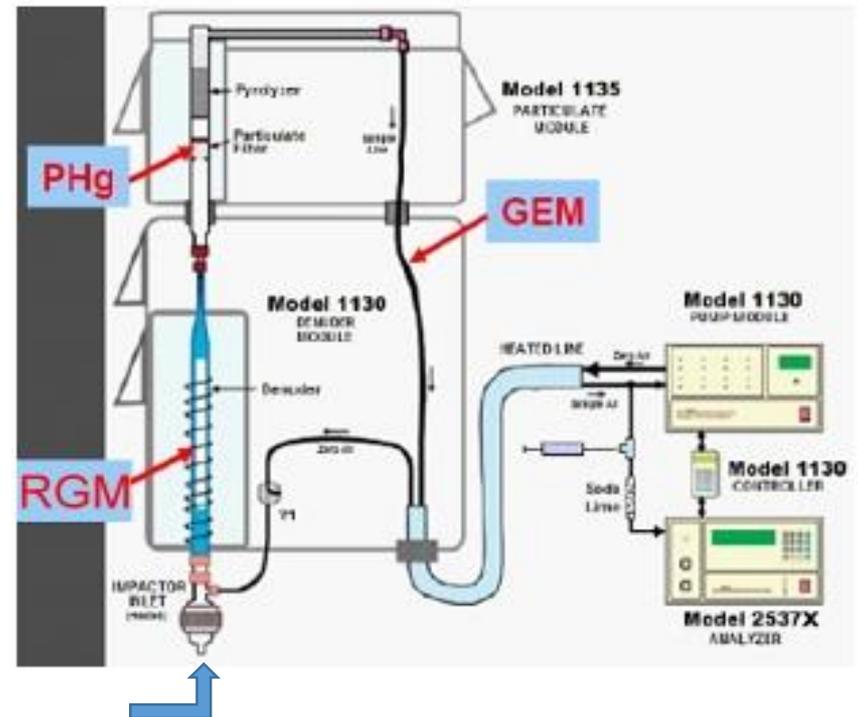


汞自動連續監測

● 使用Tekran 2537X 汞自動連續監測設備

- 可監測氣態汞(GEM, Hg^0)、氧化汞(RGM, Hg^{2+})、粒狀汞(PHg)

汞物種	Tekran系統	樣品數量	偵測極限 (ng/m^3)
GEM	Model 2537X	每5分鐘一筆數據	< 0.1
PHg	Model 1135	1或2小時一筆數據	< 0.001
RGM	Model 1130	1或2小時一筆數據	< 0.001



汞自動連續監測

● 監測結果比較

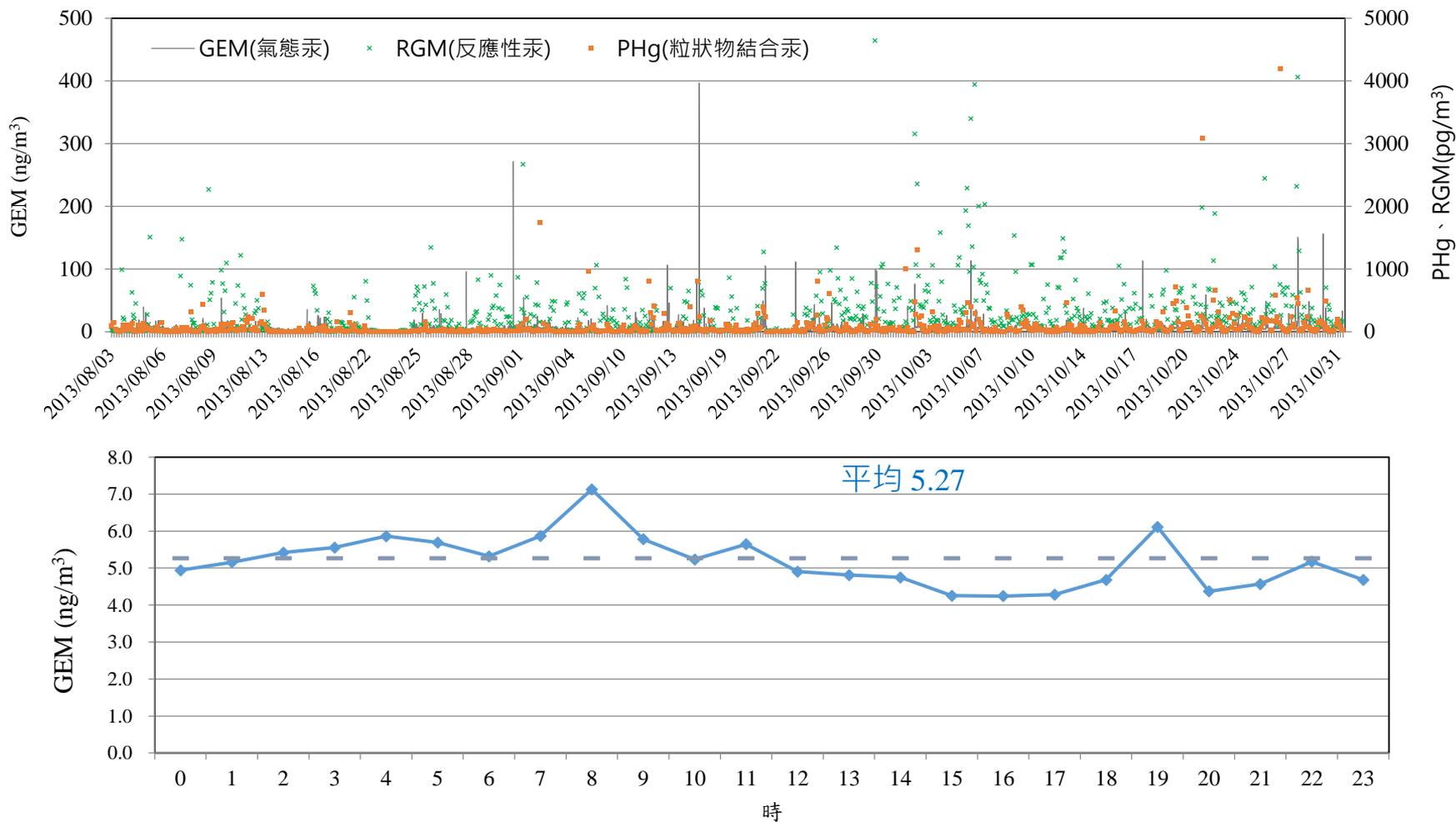
➤ 臨海工業區因 Hg^0 濃度較高，其它地區差異不大

監測地點	高雄臨海工業區	宜蘭蘇澳地區	臺中港區附近	鹿林山測站 (海拔2,862m)	台灣北部 水源保護區
監測時間	2013/08 ~ 10	2014/07 ~ 11	2015/06~08	2004 ~ 2007	2015~2016
汞物種	GEM	GEM	GEM	GEM	GEM
資料筆數	11,586	11,952	15,182	65,679	34,872
單位	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
最小值	1.62	0.48	0.54	0.24	0.73
中位數	4.45	2.79	2.29	1.62	2.01
最大值	111	31.6	135	5.75	62.8
平均值	5.27	3.57	2.60	1.73	2.15
標準差	4.81	2.90	2.48	0.61	0.89

資料來源：1. 固定污染源戴奧辛及重金屬排放調查及管制計畫，2013年，EPA-102-FA12-03-A096
 2. 固定污染源戴奧辛及重金屬排放調查及管制計畫，2014年，EPA-103-FA12-03-A054
 3. 固定污染源戴奧辛及重金屬管制策略與調查計畫，2015年，EPA-104-FA12-03-A109
 4. 鹿林山測站資料來源：Guey-Rong Sheu, Neng-Huei Lin, Jia-Lin Wang, Chung-Te Lee, Chang-Feng OuYang, Sheng-Hsiang Wang, "Temporal distribution and potential sources of atmospheric mercury measure data high-elevation background station in Taiwan," Atmospheric Environment 44, 2010
 5. 台灣北部地區水源保護區：Jui-Chi Wang, Hsing-Cheng Hsi "Monitoring the variation of atmospheric mercury at a clean water reservoir in northern Taiwan," 台大環境工程學研究所，Feb. 2016

臨海工業區物種分析

●GEM(氣態汞)明顯高於RGM(反應性汞)、PHg(粒狀汞)





伍 法規研訂

汞排放管制標準

- 已發布三項行業別 **汞** 排放管制標準
 - 2006年修訂發布廢棄物排放標準
 - 2014年「電力設施空氣污染物排放標準」增訂汞排放標準
 - 其他固定污染源排放標準依排放管道高度計算之

法規名稱	發布日期	適用條件		汞排放標準 (mg/Nm ³)
固定污染源	1992.04.10	所有污染源		依排放管道高度計算
廢棄物焚化爐	2006.12.25 (修正發布)	2007.01.01 以後設立	處理量 ≥ 4.0 公噸/小時	0.05
			處理量 < 4.0 公噸/小時	0.05
		2007.01.01 以前設立	處理量 ≥ 4.0 公噸/小時	0.05
			處理量 < 4.0 公噸/小時	0.1
燃煤發電鍋爐	2014.12.01	新設污染源		0.002
		既存污染源		0.005

汞排放管制標準

●與國外排放管制業別比較

- 廢棄物焚化爐：各國均已立法管制
- 燃煤電廠：目前最主要管制對象
- 水泥旋窯：肩負循環經濟責任，審慎評估中

行業	廢棄物焚化爐	燃煤電廠	水泥窯	煉鋼燒結爐	金屬冶煉
1.日本	✓		✓		✓
2.美國	✓	✓	✓		
3.韓國	✓	✓	✓	✓	✓
4.加拿大	✓	✓			✓
5.德國	✓	✓	✓		
6.中國大陸	✓	✓	✓		✓
<u>7.我國</u>	<u>✓</u>	<u>✓</u>		<u>✓</u>	

燃煤發電鍋爐汞標準

- 美國2011年公告燃煤電廠HAPs排放標準➤納入汞標準
 - 依據煤熱值高低訂定管制標準，新設標準值最為嚴格
- 我國2014年「電力設施空氣污染物排放標準」增訂
 - 我國排放標準值與國外相較屬嚴格

國家	類別	管制對象	汞排放標準($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
美國* (MATS, 2011)	既存	煤源熱值 $>8,300\text{Btu}/\text{lb}$	2*
		煤源熱值 $<8,300\text{Btu}/\text{lb}$	未使用活性碳
			裝設活性碳
	新設	煤源熱值 $>8,300\text{Btu}/\text{lb}$	0.4
煤源熱值 $<8,300\text{Btu}/\text{lb}$		5	
德國		大型燃燒裝置法(GFAVO, 2004年)	30
中國		火電廠大氣污染物排放標準(2011年)	30
歐盟		燃煤電廠	50
我國		新設污染源	2.0
		既存污染源	5.0

註：美國標準單位為 lb/Gwh (發電)， $1\text{ lb}/\text{Gwh}$ 約 $0.13\text{mg}/\text{m}^3$

水泥窯排放管制標準

● 擬加嚴水泥旋窯業別排放標準

- 新設污染源 → 參考國外管制趨勢、嚴格標準管制
- 既存污染源 → 源頭管控

空氣污染物	固定污染源		現行標準
粒狀污染物 (mg/Nm ³)	新設污染源	旋窯預熱機、生料磨 、熟料冷卻機	25~250 (排氣量指數 函數計算公式)
	既存污染源	旋窯預熱機、生料磨 、熟料冷卻機	
NO _x (ppm)	新設污染源	旋窯	350
	既存污染源	旋窯	450

研擬
加嚴



未來方向

未來方向

- 一. 大氣汞空品監測結果顯示均符合國際基準值，將持續辦理監測，掌握環境現況
- 二. 國內主要汞排放源為電力業和水泥窯，燃煤鍋爐標準已發布，將審慎評估水泥旋窯汞減量策略及規範
- 三. 將持續掌握國內排放狀況，掌握國際管制趨勢，作為後續研擬相關管制策略參考



敬請
指教

