

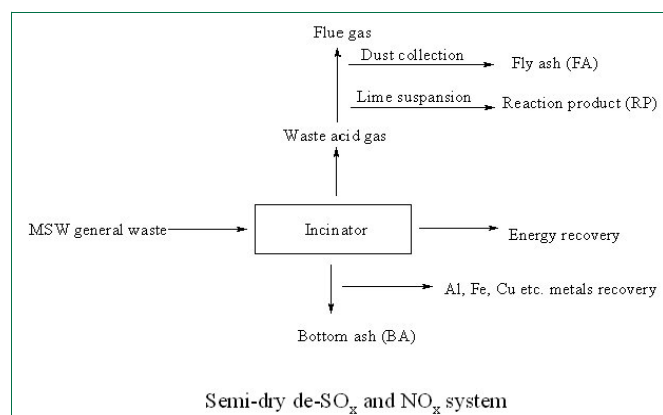
探討都市垃圾焚化飛灰的毒性與再利用性

政府於 80 年代開始提倡「焚化為主、掩埋為輔」政策，並著手規劃興建二十餘座都市垃圾焚化廠 (municipal solid waste incineration plant, MSWI；又稱資源回收廠) 及推動資源回收及分類，時至今日全臺已有 21 座大型垃圾焚化廠。焚化的過程中，約有 80% 的固體廢棄物被燃掉，無法燃燒的部份則轉換成殘留物，例如飛灰

及底渣等。圖一為垃圾焚化廠中的廢氣處理流程與灰渣產出點，其中飛灰因含有戴奧辛及重金屬，而被認定為有害事業廢棄物。此外，底渣因符合毒性溶出標準，而被認定為一般事業廢棄物。現在全臺底渣的再利用率約 52%。表一為洗煙塔底灰的化學組成份分析結果，由結果可知臺灣的垃圾焚化廠中

環境工程與科學系 黃武章

所產生的洗滌灰屬於低含鈣量的飛灰，且二氧化矽與氧化鋁的含量也高，經比對我們發現其與高鋁水泥的成份接近。表二是袋式集塵器的集塵灰的化學組成份分析結果，由結果可以知道其成份中主要以氧化鈣為主，



圖一 垃圾焚化廠中的廢氣處理流程與灰渣產出點

表 1 洗滌灰的化學組成分析

Plant	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	CaO/SiO ₂	CaO/Al ₂ O ₃
1	32.20	12.0	38.45	1.19	3.20
2	20.60	39.31	26.71	1.30	0.68
3	19.60	46.31	32.20	1.64	0.69
4	36.48	32.63	26.25	0.72	0.80
5	21.08	44.71	26.14	1.24	0.58
6	24.28	33.59	38.28	1.58	1.14
7	36.68	24.61	28.16	0.77	1.14

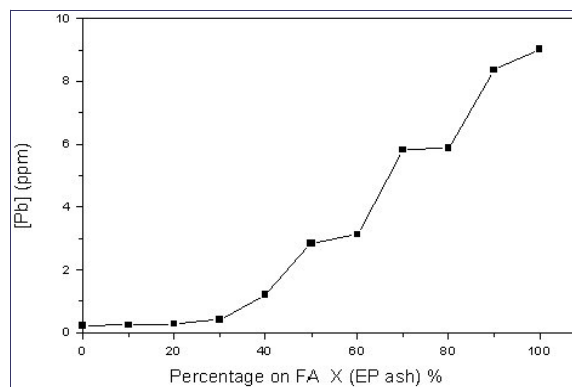
表 2 集塵灰的化學組成分析

Plant	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	CaO/SiO ₂	CaO/Al ₂ O ₃
1	9.26	26.33	55.21	5.96	0.35
2	9.12	16.15	50.75	5.56	0.56
3	17.57	32.30	42.36	2.41	0.54
4	3.12	42.82	41.39	13.27	0.19
5	3.76	37.48	45.65	12.14	0.10
6	6.80	16.40	55.20	8.12	0.41
7	3.91	37.93	42.60	10.90	0.10

圖二為將現場所採集到純集塵灰與純洗滌灰的混合灰，以不同混合比混合後以 TCLP 測其萃取液之重金屬鉛溶出值。結果發現其溶出行為不是一個直線，而是一個拋物線。將所得數據以程式進行調和(fitting)，可得式[1]之經驗式，我們曾將該式子應用在不同焚化廠所產出之純集塵灰與純洗滌灰的混合灰上，發現絕大多數的實驗數據都能以該經驗式進行描述。

在現場的資深操作員經常會告訴資淺操作員，廠中產出的垃圾焚化飛灰是純集塵灰與純洗滌灰線上生成後經輸送帶即時混合的，且其溶出值是無法預期得到的。如果從此一角度來看，要解

決線上的實務問題，只需將線上生成的純集塵灰與純洗滌灰分別儲存，再以適當比例混合，應能於廠中產出符合法規要求的垃圾焚化飛灰。但是無論如何混合，純集塵灰的生成量一定比純洗滌灰大，加上混合時純集塵灰的添加比需低於 50wt%，所以長期運作下來應會得到許多的純集塵灰。故這種混合方法只能治標無法治本，未來仍應發展能直接將純集塵灰去毒的低成本方法。至於純洗滌灰，根據我們的研究結果，其各種重金屬溶出值除了部份焚化廠產出的有六價鉻超過標準外，其餘均低於法規標準，應公告為一般事業廢棄物並積極研究其再利用用途。



圖二 不同集塵灰(X)與洗滌灰的混合灰之重金屬鉛溶出值

$$[Pb]_{mixture} = [Pb]_{0,FA} \times [0.5 \times (-0.0692) + 0.0263 \times \left(\frac{CaO\%}{SiO_2\%}\right)_{mixture}] + [Pb]_{0,EP} \times [-0.0162 + 0.0342 \times \left(\frac{CaO\%}{Al_2O_3\%}\right)_{mixture}]$$

式 [1]

參考文獻:

1. Wu-Jang Huang* and Chung-Chien Li, "Co-leaching Mechanism of Baghouse Ash/Scrubber Residue Binary Mixtures", Journal of Environmental Engineering and Management, 2007, 17(3), pp. 157-162.
2. Wu-Jang Huang*, Shuen-Yuan Chang, In-Po Wang, Je- Yang Lin, and Wei-Chiuan Chen, "An Opportunity for Recycling Semi-dry Scrubber Residues Directly from Municipal Solid Waste

- Incineration Plants without Concern of Leaching Toxicity", Journal of Chinese Chemical Society, 2005, 52, pp. 1137-1143.
3. Wu-Jang Huang* and Suey-Chun Chu, "Co-leaching behavior of lead of incineration ash wastes mixtures", Cement and Concrete Research, 2005, Vol 35(6), pp. 1038-1041.
4. Wu-Jang Huang* Wei-Cheng Chen, Guan-Chang Chou and Suey-Chun Chu, "Chemical Speciation

- of Amphoteric Ions on Semi-dry Scrubber Residue and Bag-house Ash from MSWI", Journal of Chinese Chemical Society, 2004, 51 (2), pp. 233-237.
5. Wu-Jang Huang* and Suey-Chun Chu, "A Study on the Cementlike Properties of Municipal Waste Incineration Washes", Cement and Concrete Research, 2003, Vol 33(9), pp. 1795-1799.

