

再生粒料環境用途溶出程序

Dissolution program for environmental use of recycled pellets

謝雨靜/正修科技大學環境毒物與新興污染物研究中心

楊嘉雯/正修科技大學環境毒物與新興污染物研究中心

再生粒料包括垃圾焚化爐燃燒後的底渣、煉鋼過程產生的爐渣（轉爐石、氧化渣、還原渣）。以往這些粒料之再利用流向未嚴格管控，造成廠商任意棄置或違法使用，因此環保署及經濟部分別就底渣及爐渣建立品質驗證制度，並從源頭到終端全程管理。以底渣為例，要求由各縣市環保局統一供料，並於每批再生粒料出廠時出具檢驗合格證明，確保所提供之底渣均為合格材料。

再生材料運用於公共工程已有許多先進國家廣泛使用，國內也有具體實證成效，例如各縣市公共工程將轉爐石運用於道路鋪面，可節省工程經費及延長使用年限 2.5 倍，且具有低磨損、高抗滑性、提升承载力與平坦度，減少噪音量等優點。正確使用再生材料，可兼顧環保及工程品質，達到愛護地球、妥善利用資源的目標。本文即是根據 NIEA R222/R317/M105 方法介紹本中心實驗室之檢驗技術及數據探討。



圖1 公共工程與循環經濟(圖片來源: 行政院公共工程委員會)

1. 儀器及藥品

1. 萃取容器：塑膠材質製成之含蓋圓筒狀容器。
2. 攪拌裝置：轉速 50 rpm 至 500 rpm，攪拌葉片為以不溶出或不吸附待測物之材質。
3. 濾膜：濾膜孔徑 0.45 μ m。
4. 微波消化系統
5. 感應耦合電漿質譜儀
6. 多元素金屬標準品
7. 萃取液製備：試劑水以 0.5% 鹽酸或 0.1N 氫氧化鈉調整 pH 值，使其介於 5.8 至 6.3 內。

2. 樣品前處理

1. 將混合均勻樣品通過 9.5 mm 標準篩網，再秤取約 100g 過篩後樣品薄鋪於萃取容器底部倒入 1000 mL 萃取液於萃取容器中以攪拌裝置攪拌 6 小時。萃取完成後再以 0.45 μ m 濾膜過濾，收集萃出液測量 pH 值並紀錄。
2. 取部分萃出液置於微波管中添加工適當比例之酸液混合均勻微波消化。微波消化完畢後取部分消化溶液以 0.45 μ m 濾膜過濾，即可以 ICP-MS 上機分析

3. 儀器分析條件

感應耦合電漿質譜儀法：

1. 樣品上機前：需先進行消化前處理，儀器調校，檢量線配製，初始檢量線查核與內標液配製。
2. 儀器開機前：需先開啟抽氣設備，氬氣以及冷卻循環機，點燃後暖機 30 分鐘以上，始可進行調機動作。
3. 儀器調校：根據儀器廠商建議之調校規範進行儀器調校。

4. 品管樣本分析結果

1. 空白樣本：分析結果如表 1，由 15 組空白樣品分析之平均值皆低於方法偵測極限。由表 1 與表 2 可知實驗室方法偵測極限亦遠低於管制標準。
2. 重複樣品：分析結果如表 3，由 15 組樣品所統計之重複相對差異百分比之平均值為 1.5~4.8%，RSD 為 1.0~3.5%。
3. 查核樣品回收率：分析結果如表 4，由 15 組樣品所統計之查核樣品回收率平均值為 94.7~102.9%，RSD 為 3.4~6.0%。由表可知汞元素(平均值為 94.7%)之準確度為最差，汞元素(RSD 為 6.0%)之精密度為最差。
4. 添加樣品回收率：分析結果見表 5，由 15 組樣品所統計之添加樣品回收率平均值為 94.3~103.2%，RSD 為 4.2~6.5%。由表可知汞元素(平均值為 94.3%)

之準確度為最差，鎘元素(RSD 為 6.5 %)之精密度為最差。

表1 空白樣品分析結果與方法偵測極限，N=15

	平均值 (mg/L)	MDL (mg/L)
鉻	0.00042	0.00068
鎳	0.00015	0.00330
銅	0.00022	0.00356
鋅	0.01331	0.03270
砷	0.00001	0.00020
鎘	0.00002	0.00014
汞	0.00003	0.00014
鉛	0.00016	0.00036

表2 再生粒料品質及環境用途標準

R222 再生粒料環境 用途溶出程序	水泥生料/衛生掩埋場 非構造物用材料	地基、級配、瀝青混 凝土
	第一級標準 (mg/L)	第二級標準 (mg/L)
Pb	0.010	0.100
Cd	0.005	0.050
Cr	0.050	0.500
Cu	1.00	10.0
As	0.050	0.500
Hg	0.002	0.020
Ni	0.100	1.00
Zn	5.00	50.0

表3 重複樣品相對差異百分比，數值單位 %，N=15

	平均值	相對 標準差	最小值	最大值
鉻	1.7	1.2	0.2	4.2
鎳	1.8	1.0	0.4	3.8

銅	1.5	1.6	0.1	5.3
鋅	2.3	3.1	0.1	10.3
砷	2.7	3.5	0.03	13.0
鎘	2.9	1.7	0.5	7.0
汞	4.8	3.5	0.6	13.1
鉛	2.4	2.5	0.04	9.3

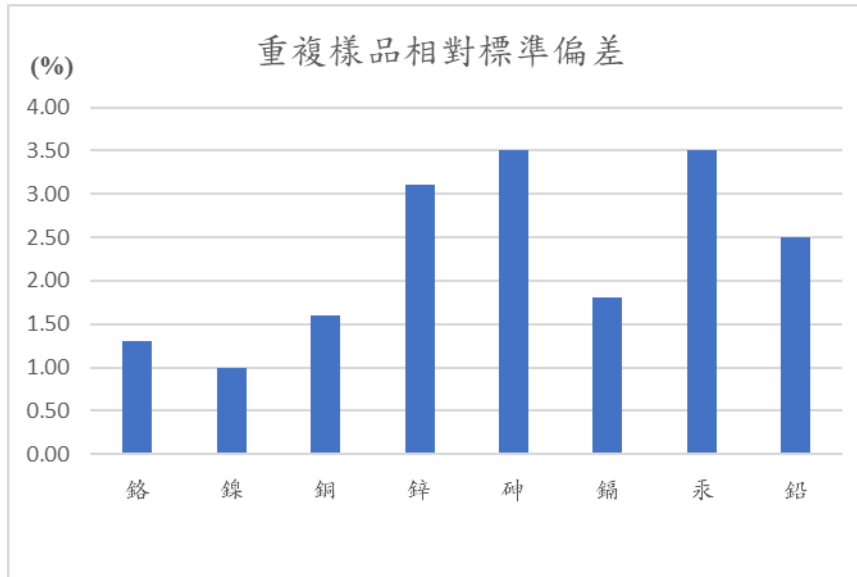


圖2 重複樣品相對標準偏差(N=15)

表 4 查核樣品回收率，數值單位 %，N=15

	平均值	相對標準差	最小值	最大值
鉻	100.1	3.9	91.1	106.4
鎳	99.4	3.7	91.8	106.8
銅	98.7	3.9	90.9	104.9
鋅	102.9	3.4	96.2	107.7
砷	96.6	4.3	89.5	103.7
鎘	98.6	4.6	90.1	104.8
汞	94.7	6.0	85.4	101.9
鉛	100.7	4.0	93.3	107.0

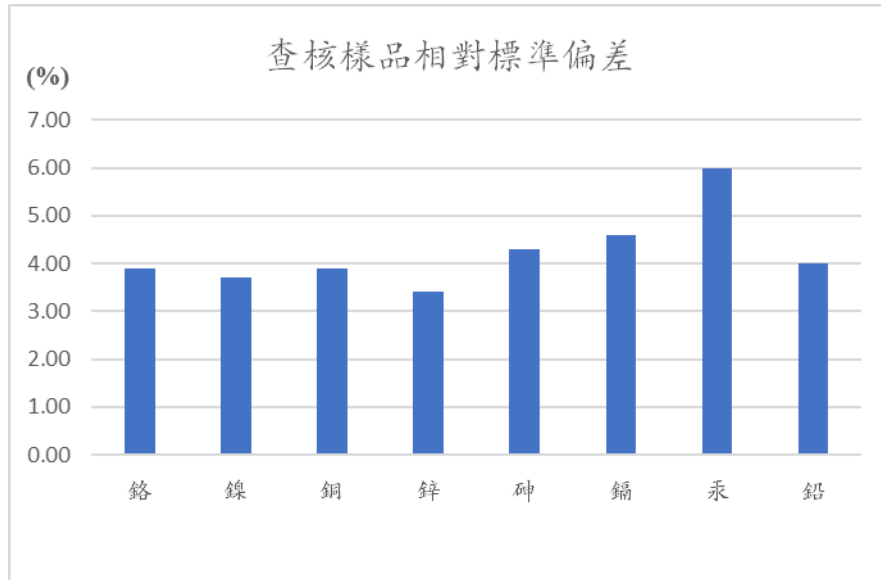


圖3 查核樣品相對標準偏差，(N=15)

表 4 添加樣品回收率，數值單位 %，N=15

	平均值	相對標準差	最小值	最大值
鉻	98.2	4.2	93.2	104.6
鎳	96.4	5.3	85.2	103.5
銅	97.7	6.3	83.3	109.0
鋅	103.2	6.4	92.6	115.8
砷	97.6	4.4	89.6	106.0
鎘	96.7	6.5	86.0	106.0
汞	94.3	6.3	82.9	105.0
鉛	99.0	4.7	90.3	106.6

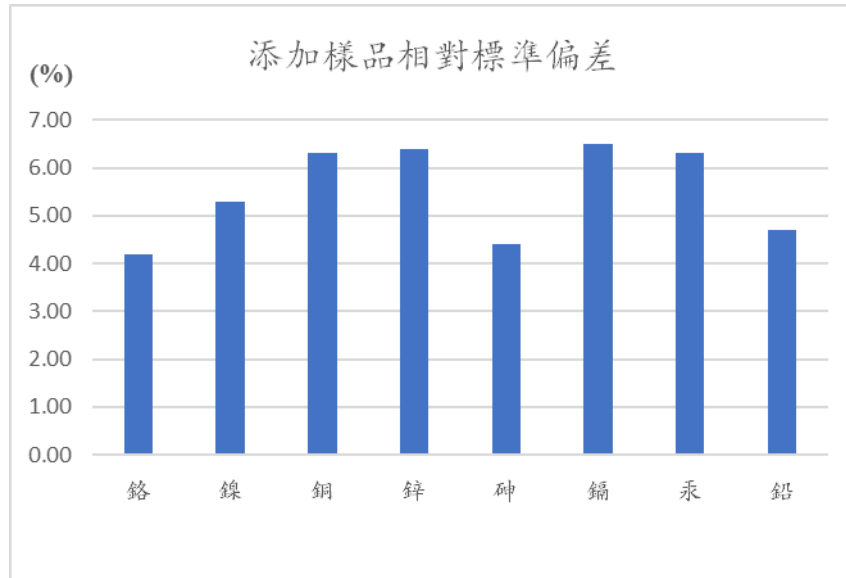


圖4 添加樣品相對標準偏差，(N=15)

本中心以感應耦合電漿質譜儀法分析再生粒料之優點:

1. 可以一次滿足所有管制元素的分析，無需分不同前處理方法及不同種類儀器分析。(例如:分析砷和汞元素須採用不同的前處理方法，其餘金屬再使用微波消化處理。且分析砷和汞元素必須採用 AA 分析，其他金屬再採用 ICP-OES 分析)
2. 因感應耦合電漿質譜儀法靈敏度高、動態範圍寬闊、測試速度快、低偵測極限，能滿足再生粒料品質及環境用途標準之第一級標準(見表 2)。

因此本中心採用感應耦合電漿質譜儀法分析再生粒料金屬含量能讓分析一次到位、節省時間成本與提高數據之準確度。

審稿者：廖珮君/正修科技大學環境毒物與新興污染物研究中心

參考文獻

- 再生粒料環境用途溶出程序：NIEA R222.10C。
 事業廢棄物萃出液中元素檢測方法－微波輔助酸消化法：NIEA R317.11C。
 感應耦合電漿質譜法：NIEA M105.01B。