

國立臺灣大學工學院環境工程學研究所

碩士論文

Graduate Institutes of Environmental Engineering

National Taiwan University

Master Thesis

底渣實場應用之監測與半揮發性有機物檢測

The Environmental Monitoring of a Road Application and
Detection of sVOC with Incineration Bottom Ash



Shan-chieh Tsai

指導教授：童心欣 博士

Advisor: Hsin-Hsin Tung Ph.D.

中華民國 98 年 6 月

June, 2009

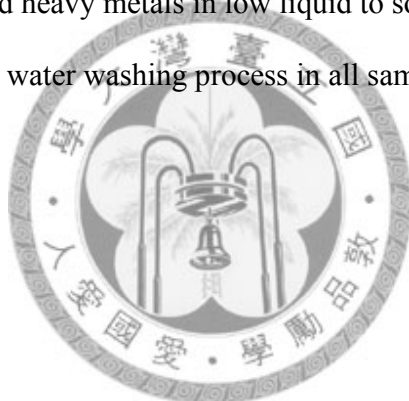
摘要

隨著環保技術的演進，廢棄物的處理方式已由傳統的掩埋法轉為焚化處理。本研究針對焚化底渣再生製成的底渣骨材為研究對象，追蹤偵測底渣骨材再生使用對環境的長期性影響、底渣骨材的基本特性及水洗試驗的溶出特性。再生影響中顯示氯鹽及溶出性有機物在初期會有大量溶出的情形，隨使用時間增加、溶出量已減少並漸漸趨於穩定。底渣基本特性檢測顯示底渣再生之流程具有足夠的能力使重金屬形成穩定化合物並減少重金屬的溶出量。水洗的溶出特性顯示溶解性有機物及重金屬會在低液固比時溶出量減低，應是受到水洗液中氯鹽濃度提高而抑制溶出。水溫部分對於高液固比的水洗實驗有較大的影響。但整體而言仍以 20°C 液固比 20 的條件對去除有機物、氯鹽及重金屬有最好的效果。在水洗液的半揮發性有機物檢測中，測得 triphenylphosphine oxide 出現於目前所有的樣品中。



Abstract

In this study, we evaluate the safety from monitoring of a road application with incineration bottom ash. On the environmental monitoring of road application, there are high concentrations of dissolved organic carbon and chloride in sample at first. Despite the concentration reduce after three years, the construction of chemical bonding may become unstable because of low pH value. The elemental properties of bottom ash show the reprocessing of bottom ash has good ability in fixing heavy metal with stable chemical bonding. The water washing experiments showed a low concentration of dissolved organic carbon and heavy metals in low liquid to solid ratio. We also detect the triphenylphosphine oxide in water washing process in all samples.



致謝

在研讀碩士的這兩年，無論是在學術、課業或生活上都承蒙身邊許多人的照顧。感謝指導教授童心欣老師在這段期間的教導使我獲益良多，也讓我對研究領域及學術研究這條路有更加深入的認識。口試委員林正芳老師及顏秀慧老師在口試階段給予諸多指導，使論文內容更加完整，由衷感謝。

除此之外也感謝身邊一路相挺的同學、學長姐及實驗室夥伴，在實驗過程、藥品及技術上提供大力的幫助，並在苦惱無奈的時候適時點醒。

當然也少不了父母這些年來的支持，使我能夠在生活上無所顧慮，安心的完成學業。

無論如何，感謝一路上有你們。



目錄

第一章 前言.....	1
1.1 研究源起.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究項目.....	2
第二章 文獻回顧.....	3
2.1 底渣骨材來源.....	3
2.1.1 焚化廠簡介.....	3
2.1.2 焚化底渣骨材及飛灰.....	4
2.2 底渣骨材特性概論.....	5
2.2.1 物理成分.....	5
2.2.2 物理特性.....	6
2.2.3 化學組成.....	6
2.3 底渣再利用相關法規.....	7
2.4 底渣再生.....	8
2.5 底渣再利用的影響.....	11
第三章 工作內容及方法.....	14
3.1 實場設計及研究對象.....	14
3.2 研究及監測方法.....	16
3.2.1 試驗道路現場環境水樣監測.....	16
3.2.2 再利用材料之基本特性.....	19
3.2.3 再利用材料之水洗樣品研究.....	21
第四章 結果與討論.....	24
4.1 現場採樣資料.....	24
4.1.1 pH 值.....	24
4.1.2 導電度.....	25
4.1.3 氯鹽.....	27
4.1.4 溶解性有機碳.....	27
4.1.5 含氯有機物.....	28
4.1.6 現場水樣重金屬.....	29
4.1.7 雨量.....	34
4.2 底渣骨材基本特性.....	36
4.2.1 底渣骨材水分.....	36
4.2.2 TCLP.....	37
4.2.3 總重金屬.....	38
4.3 底渣骨材水洗特性.....	40
4.3.1 溶解性有機碳比較.....	40
4.3.2 氯鹽比較.....	44

4.3.3 重金屬.....	47
4.3.4 水洗溶出的有機物.....	56
第五章 結論.....	63
5.1 再利用道路現場採樣.....	63
5.2 底渣骨材基本特性.....	64
5.3 底渣骨材水洗特性.....	65
5.4 建議.....	66
文獻.....	67

表目錄

表一 2004 年台北縣底渣骨材之物理組成.....	5
表二 一般細骨材與垃圾焚化底渣骨材之物理性質比較表.....	6
表三 台灣現行底渣再生之 TCLP 溶出標準.....	8
表四 溶出總量估算.....	36
表五 台北縣底渣骨材含水率.....	37
表六 TCLP 溶出量在總重金屬中的比例.....	40
表七 水洗底渣骨材溶出的半揮發性有機物.....	57



圖目錄

圖一 鹵素與環境反應為含鹵有機物.....	12
圖二 萬里現場道路材料結構.....	16
圖三 現場水樣分析流程.....	17
圖四 底渣骨材實驗流程.....	22
圖五 萬里現場水樣 pH 值.....	25
圖六 萬里現場水樣導電度.....	26
圖七 萬里現場水樣氯鹽.....	27
圖八 萬里現場水樣溶解性有機碳.....	28

圖九 萬里現場水樣的含鹵有機物總量.....	29
圖十 萬里環境水樣 As 濃度.....	30
圖十一 萬里環境水樣 Ba 濃度.....	31
圖十二 萬里環境水樣 Cd 濃度.....	31
圖十三 萬里環境水樣 Cr 濃度.....	32
圖十四 萬里環境水樣 Cu 濃度.....	32
圖十五 萬里環境水樣 Pb 濃度.....	33
圖十六 萬里環境水樣 Se 濃度.....	33
圖十七 萬里環境水樣 Zn 濃度.....	34
圖十八 萬里雨量.....	35
圖十九 樹林、新店、八里底渣骨材的 TCLP 檢測結果.....	39
圖二十 樹林、新店、八里底渣骨材的總重金屬檢測結果.....	40
圖二十一 台北縣三廠水洗液 DOC 比較.....	42
圖二十二 台北縣三廠單位底渣骨材 DOC 比較.....	42
圖二十三 新店廠不同溫度水洗出的 DOC.....	43
圖二十四 新店廠不同溫度單位底渣骨材洗出的 DOC.....	43
圖二十五 台北縣三廠水洗液氯鹽比較.....	45
圖二十六 台北縣三廠單位底渣骨材氯鹽比較.....	45
圖二十七 新店廠不同溫度水洗出的氯鹽.....	46
圖二十八 新店廠不同溫度單位底渣骨材洗出的氯鹽.....	46
圖二十九 不同焚化廠底渣骨材洗出的 As.....	49
圖三十 不同焚化廠底渣骨材洗出的 Ba.....	49
圖三十一 不同焚化廠底渣骨材洗出的 Cd.....	50
圖三十二 不同焚化廠底渣骨材洗出的 Cr.....	50
圖三十三 不同焚化廠底渣骨材洗出的 Cu.....	51
圖三十四 不同焚化廠底渣骨材洗出的 Pb.....	51
圖三十五 不同焚化廠底渣骨材洗出的 Zn.....	52
圖三十六 不同焚化廠底渣骨材洗出的 Se.....	52

圖三十七 不同溫度水洗新店廠底渣骨材洗出的 As	53
圖三十八 不同溫度水洗新店廠底渣骨材洗出的 Ba	53
圖三十九 不同溫度水洗新店廠底渣骨材洗出的 Cd	54
圖四十 不同溫度水洗新店廠底渣骨材洗出的 Cu	54
圖四十一 不同溫度水洗新店廠底渣骨材洗出的 Pb	55
圖四十二 不同溫度水洗新店廠底渣骨材洗出的 Zn	55
圖四十三 不同溫度水洗新店廠底渣骨材洗出的 Se	56
圖四十四 20ppm 的鄰二氯苯標準品	58
圖四十五 空白組	58
圖四十六 三月份的樹林廠底渣骨材	59
圖四十七 三月份的新店廠底渣骨材	59
圖四十八 三月份的八里廠底渣骨材	60
圖五十 五月份的新店廠底渣骨材	61
圖五十一 五月份的八里廠底渣骨材	61
圖五十二 triphenylphosphine oxide	62



第一章 前言

1.1 研究源起

近年來由於環保意識的興起以及資源回收的落實，由台灣行政院環境保護署統計得知，全台每年的廢棄物處理量由 588 萬噸下降至 440 萬噸。廢棄物處理方法中，焚化處理的比例由 2003 年的 74% 上升至 2008 年的 93%。由於土地資源有限，加上廢棄物焚化技術的普遍，都市廢棄物的處理重心也漸由「掩埋土地的尋求」轉向為「焚化操作的完全」以及「底渣骨材的後續處理」問題。

對於廢棄物焚化底渣骨材的後續處理方式，伴隨回收意識日漸增，除了最原始的掩埋之外，也產增加了多種廢棄物焚化底渣骨材的再利用方式，包括燒結、熔融、作為建築、道路鋪設骨材等。其中又以作為建築、道路骨材等處理成本較低的再利用方式、已落實部分實際使用、並有具體的法律規範其檢測標準及使用條件。


而焚化底渣骨材成分以知由 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 等主要成分，以及 CaO 、 MgO 、 SO_3 、 K_2O 、 Cl 等次要成分，並伴隨 Mg 、 Ti 、 Mn 、 Ba 、 Zn 、 Cu 、 Pb 、 Cr 等重金屬及其氧化物(陳韋伶 2004)。與目前所使用的建築骨材成分相近；但氯鹽和重金屬在實際使用後是否會造成其他對環境不良的影響則尚在保留階段。

在萬里一帶底渣骨材作為道路路基的場址，收集路面逕流水、道路底渣骨材滲出水、以及當地地下水建立 pH、導電度、溶解性有機碳(DOC, dissolved organic carbon)、氯鹽、含氯有機物(COCs, chlorinated organic compounds) 等測項，並建立資料庫、以監測底渣骨材鋪設為路面骨材後，在實場的溶出情形，並評估其影響性。

1.2 研究目的

依據荷蘭、德國以及瑞典的再生流程中，經過一定程序的破碎、穩定化、熟化等程序後，可大幅降低重金屬及氯鹽的溶出，但對於長期使用的影響卻尚無充分的監測資料作為評估依據。因此本研究便希望利用長期監測試驗場址對當地水體的影響，以及針對溶出產物的部份建立實際應用的資料庫，協助未來制定底渣骨材再生相關的規範標準，能有更加完備的後續評估資料。

1.3 研究項目



本研究將針對底渣骨材實際應用的影響及底渣骨材水洗相關特性進行研究測試。應用的影響部份，採台北縣萬里鄉加投段的底渣骨材試驗道路為監測對象，藉由對環境水體的 pH 值、導電度、溶解性有機碳、氯鹽、含氯有機物及重金屬進行長期性的監測，以記錄底渣骨材對再生環境的影響。底渣骨材水洗特性部份，採用 20°C、45°C、70°C 三種溫度及 5、10、20 (l/kg) 三種液固比，對台北縣的新店、樹林及八里三座焚化廠底渣骨材所製成的再生骨材進行水洗測試，研究溶解性有機碳、氯鹽及重金屬的溶出特性，以找尋最佳溶出條件。並檢測水洗液內的半揮發性有機物種類，以測定隨水溶出的半揮發性有機物中，是否帶有對環境及人體造成負面影響的物質。並配合含水率、毒性溶出試驗及總重金屬為基本測定項目討論樹林、新店及八里的底渣骨材在實際作為建材上是否有安全上的疑慮。

第二章 文獻回顧

2.1 底渣骨材來源

2.1.1 焚化廠簡介

廢棄物焚化乃是利用高溫、燃料、通氣等燃燒條件，將廢棄物完全氧化的技術。完全燃燒的程序，可將有機物質轉換為水、二氧化碳、NO_x、SO_x等氧化產物；然而不完全的燃燒程序，將導致物質氧化不完全或再度合成他種物質，產生戴奧辛、呋喃等副產物。因此理想的焚化溫度須在 850°C 以上，以將上列的燃燒副產物完全氧化或避開有害物質的生成溫度(工業污染防治技術服務團 1996)。

以台灣地區而言，現今採用的焚化系統皆屬混燒式焚化爐。所謂混燒式焚化爐又稱作機械式爐床焚化爐，爐體本身可利用燃燒時的熱度促使未燃燒的廢棄物乾燥及燃燒，其特色為廢棄物不需經過前處理便可送入爐體燃燒。但也因此在廢棄物焚燒的過程中，若不可燃物質或水分太多造成燃燒熱不足時，需要以燃油等助燃成份才能達到理想的焚化溫度(經濟部工業局 March 1996)。

本研究所採用的底渣骨材來源，其中樹林及新店焚化廠採用逆摺動式爐床 (Reverse Acting grate) ，而八里焚化廠使用的則是往復階梯式爐床系統。

2.1.2 焚化底渣骨材及飛灰

在焚化過程中，一般廢棄物經高溫焚燒後的產物分為兩大類：

A. 飛灰

在焚化的過程中，劇烈的氧化作用可將有機物和可燃物轉為 NO_x 、 SO_x 、 HCl 、水分以及二氧化碳外，也會伴隨著大量的餘燼灰渣和熔點較低的重金屬；藉由靜電集塵器、旋渦集塵器、化學吸附或是洗煙塔等裝置，可有效的去除焚化排氣中大部分的酸性氣體以及粒狀污染物，經過冷卻收集後的產物，稱之為飛灰。由於上列物質在收集下來後依然具有危險性，因此飛灰在廢棄物分類上屬於事業性廢棄物，須經由完整的減毒和穩定化程序後，對掩埋地區做長期性的監控管理。



B. 底渣骨材

B-1 灰渣 (combined ash)

又稱作細渣或篩灰，乃是廢棄物在爐體燃燒的過程中，從爐床縫隙所落下之物質，通常包括熔融金屬、玻璃碎片等，其大小一般小於 1.3 cm，其中 80% 小於 #60mesh。

B-2 爐渣 (bottom ash)

又稱作爐灰，係廢棄物經過完整經過爐體焚化後，會在爐床末端排出，包括燃燒完全與不可燃或不易燃燒之物質，如鐵絲、玻璃等。

而灰渣及爐渣性質會依做條件和硬體設備的不同而有差異，常見的如灼燒減量或是焚化後的體積都可作為焚化設計理想與否的判別標準。一般而言假使操作不良、燃燒控制不佳或廢棄系統處理不當等，也會使底渣骨材再利用的品質降低，如重金屬溶出量過多、有機物燃燒不完全產生臭味等，甚至可能因此帶有有害的含鹵有機物質(如戴奧辛、呔喃)(經濟部工業局 March 1996)。

2.2 底渣骨材特性概論

2.2.1 物理成分

為 2004 年對樹林、新店、八里的焚化底渣骨材所做的物理組成研究，玻璃在焚化底渣骨材中佔有 20~36% 不等，推測是由於台灣目前並未將玻璃納入回收制度當中，民眾缺乏玻璃回收習慣。而著磁物部分，因底渣骨材在資源化初期階段水分較多，故分離效果僅限於 6 mm 以上之可磁化物品，因此在底渣骨材中仍有 20~26% 的著磁物。底渣骨材含量普遍在 40~47%，殘餘的陶瓷、瓦片等佔 4~5%(陳韋伶 2004)。

表一 2004 年台北縣底渣骨材之物理組成(陳韋伶 2004)

	玻璃	著磁物	陶瓷、磚瓦	底渣骨材
樹林	20	26	7	47
新店	27	21	5	47
八里	36	20	4	40
北縣底渣骨材水洗後	19	29	4	48

2.2.2 物理特性

而物理特性部份，如表二所示，由於小於#200 篩的部份較多，因此樹林、新店、以及八里廠底渣骨材的比重只有一般砂石的 70%，而吸水率部份為一般砂石 9~10 倍，並造成孔隙率變低(郭同宇, 蘇育立 et al.)。

表二 一般細骨材與垃圾焚化底渣骨材之物理性質比較表(郭同宇, 蘇育立 et al.)

骨材種類		比重 (%)	吸水率 (%)	未壓實細粒料 空孔隙 (%)	細度模數	骨材中小於#200 篩 之粒料含量試驗(%)
一般砂石	台灣中部砂	2.560	1.8	44.7	2.86	-
垃圾焚化 底渣骨材	新店廠A	1.815	16.5	42.8	3.03	12.5
	新店廠B	1.781	18.3	41.4	3.14	19.7
	樹林廠	17.81	17.6	44.5	2.97	19.9
	八里廠	1.832	16.3	35.7	3.16	19.5
	水洗處理	2.283	6.0	54.4	3.22	3.2
	平均值	1.897	14.9	43.8	3.10	15.0
	規範值	-	-	≥40	2.3-3.1	-

2.2.3 化學組成

成分已知由 SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃ 等主要成分，以及 CaO、MgO、SO₃、K₂O、Cl 等次要成分，並伴隨 Mg、Ti、Mn、Ba、Zn、Cu、Pb、Cr 等重金屬及其氧化物(陳韋

伶 2004)。在 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 的部份，與目前所使用的建築骨材成分相近；但氯鹽和重金屬在實際使用後是否會造成其他對環境不良的影響則尚在保留階段。

2.3 底渣再利用相關法規

台灣行政院環保署於 2007 年 7 月修正「一般廢棄物-垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」，並配合「一般廢棄物回收清除處理辦法 (96.05.28)」制訂一系列標準作為底渣再生利用的相關規範。再生的底渣分別依據重金屬及有害物質溶出情形將再生用途分為三類(表三)。分別依照重金屬、氯鹽及戴奧辛的含量標準，以再生後對環境的影響由小到大分為一到三類型。第一類型用途，可用應用於多種回填料及添加料。第二類型用途則無氯鹽溶出量限制，可作為級配粒料基層、基地及路堤及控制性低強度回填料、無筋混凝土、瀝青及磚品添加料。第三類型用途在 Cr^{6+} 、總砷以及戴奧辛的標準較前兩者寬鬆，其用途僅得作為基地及路堤填築，且大量再利用場所，使用前須先設置隔絕、控制及監測及主管機關核准後才可使用(行政院環境保護署 2007)。

表三 台灣現行底渣再生之 TCLP 溶出標準

品質分類標準 \ 類型		第一類型	第二類型	第三類型
溶出試驗 TCLP	總鉛 Pb (mg/l)	≤5.0		
	總鎘 Cd (mg/l)	≤1.0		
	總鉻 Cr (mg/l)	≤5.0		
	總硒 Se (mg/l)	≤1.0		
	總銅 Cu (mg/l)	≤15.0		
	總鋇 Ba (mg/l)	≤100.0		
	六價鉻 Cr ⁺⁶ (mg/l)	≤0.25	≤0.25	≤2.5
	總砷 As (mg/l)	≤0.50	≤0.50	≤5.0
	總汞 Hg (mg/l)	≤0.02	≤0.02	≤0.2
水溶性氯離子含量 CNS 13407	≤0.024%	-	-	
戴奧辛含量 (Dioxins) (ng-TEQ/g)	≤0.1	≤0.1	≤1.0	


前項戴奧辛分類標準值之濃度以毒性當量 (TEQ) 表示，係由測得附表所列各項戴奧辛污染物濃度乘以其國際毒性當量因子 (I-TEF) 之總和計算之。

2.4 底渣再生

由於底渣除了相似於骨材的SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃等主要成分外，也含有大量的重金屬及氯鹽。廢棄物中的Cu有93.1%存在於底渣。Zn則有53.1%伴隨廢氣離開爐體，經空污設備收集於飛灰中，46.1%進入底渣。Cd在底渣中的含量為Cd總量的10.2%。

44.3%的Pb留存在底渣，64.5%則隨空污系統集中於飛灰(Morf and Brunner 2000)。

因此在底渣再生利用前，需經過破碎、穩定化、以及熟化的過程。常見的穩定化除了以高溫燒結、熔融之外，化學方法中以碳酸及磷酸較為常見，也就是所謂的「無機系重金屬穩定劑」與「有機系液體螯合劑」(林育丞 2003)，磷酸及磷酸鹽在穩定化過程中，主要是由磷酸根離子與底渣中的重金屬結合，形成 $Pb_5(PO_4)_3OH$ 、 $Ca_5(PO_4)_3OH$ 、 $Cu_5(PO_4)_3Cl$ 等穩定物質或多種金屬同時結合磷酸根及其他鹽類，以達到穩定化之目的(林育丞 2003; 范文彬, 陳鴻亮 et al. 2006)。所謂穩定化，簡單來說便是利用螯合能力使重金屬形成穩定的錯鹽型態，使其不易溶出、封存在底渣內。



重金屬的鍵結類型主要分為五大類，分別是可交換態(Exchangeable)、碳酸鍵結態(Bound to Carbonates)、鐵錳氧化物鍵結態(Bound to Iron and Manganese Oxides)、有機物鍵結態(Bound to Organic Matter)及殘餘態(Residual)。可交換態的鍵結對象主要以氫氧基、腐植酸為主，而碳酸鍵結態則是和碳酸根離子鍵結，這兩類鍵結型態會因環境中鹽類濃度及pH值變化變化而失去鍵結能力。和鐵錳氧化物結合的鍵結型態較上列兩者穩定，主要是由鐵錳氧化物為礦物核心，使重金屬包覆於外，但在厭氧(低氧化還原電位)環境下，是較不穩定的。有機物鍵結態則是由有機物質包覆無機物，形成錯合或膠體結構，但鍵結的重金屬可能因有機物氧化而溶出。殘餘態則是一般自然條件下最為穩定的，主要是由氧化矽等礦物晶格包覆，在一般環境或有機溶劑中皆不溶出，須以王水或氫氟酸等能破壞礦物晶格的方式才會被溶出(Bruder-Hubscher, Lagarde et al. 2002; Tessier, Campbell et al. 2002)。

對經過碳酸鹽處理的底渣作序列萃取實驗(Sequential extraction)，可以發現重金屬Pb中，與碳酸鹽化合的產物佔有最高的比例，而粒徑對Cu的溶出量分布與粒徑大小，無顯著趨勢；而Zn部分，和碳酸鹽化合的比例也有30%~75%，在離子交換態時並無任何溶出，但有底渣粒徑越大、殘留態比例越多的趨勢；但碳酸鹽的結合態中，比例最大的是鐵錳氧化態，佔有50%以上的溶出量(孫常榮, 高思懷 et al. 2005; 孫常榮, 高思懷 et al. 2005)。

對經過磷酸鹽處理的底渣作萃取試驗，Pb經過經磷酸 (H_3PO_4) 及磷酸鹽 (Na_2HPO_4) 穩定化之後，鍵結型態有從結合型態趨向於有機物鍵結態與殘留態的趨勢，而有機鍵結態和殘留態在穩定性上是比較高的。此外，磷酸穩定化處理的效果比使用磷酸鹽的效果還好，其原因可能是磷酸穩定液的pH值較低，提高重金屬化合物溶解度，有利於重新與磷酸根鍵結，促進溶解度低或不溶之磷酸鹽類及磷礦石物種的形成，使底渣達到更好的穩定化效果(孫常榮, 高思懷 et al. 2005; 孫常榮, 高思懷 et al. 2005)。

Crannella 在2000年的實驗中，以 $0.38\text{mol-PO}_4^{3-}/\text{kg}$ 的濃度與底渣反應後，檢測未溶出的重金屬成分測得 $AlPO_4$ 、 $Al_2(PO_4)(OH)_3 \cdot H_2O$ 、 $Cu_4O(PO_4)_2$ 、 $CuMg(PO_4(OH)_2 \cdot 5H_2O$ 、 $Cu_5(PO_4)_2(OH)_4$ 、 $Pb_4O(PO_4)_2$ 、 $Pb_3(PO_4)_2$ 、 $Pb_5(CrO_4)_2(PO_4)_2 \cdot H_2O$ 以及 $Zn_3(PO_4)_2 \cdot XH_2O$ ，其中 $AlPO_4$ 、 $Zn_3(PO_4)_2$ 也出現在可滲出(Leaching)的重金屬成分(Crannella, Eighmya et al. 2000)。

將底渣經過兩段水草及不同濃度磷酸溶液穩定處理後，重金屬鍵結型態Cu、Cd、Pb之鍵結型態隨磷酸濃度增加，鐵錳氧化態、有機物氧化鍵結態及殘餘態則逐漸增加；

而Cr 在低濃度磷酸穩定下，發現鍵結型態有鐵錳氧化態、有機物氧化鍵結態增加及殘餘態減少之現象，但於高濃度時 (2M,4M) 則殘餘態增加至15%與32%左右，顯示高濃度磷酸穩定處理對於重金屬Cr 較佳；Zn穩定效果則不明顯(李志偉, 李明國 et al. 2007)。

若將樣品以磷酸二氫鈣 ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 處理並熟化兩個月後，在DTPA溶出試驗中，磷酸鹽和重金屬的莫耳比在0.6以上時，Pb和Cd分別可得到60%及40%的穩定效果， PO_4/M 達到1.5時，則可達到75%及60%的穩定效果。在TCLP溶出試驗中， PO_4/Pb 大於0.6即可使Pb的溶出量從34.3 mg/l降到5 mg/l以下。Cd則從1.06 mg/l降到0.41 mg/l以下(Theodoratos, Papassiopi et al. 2002)。



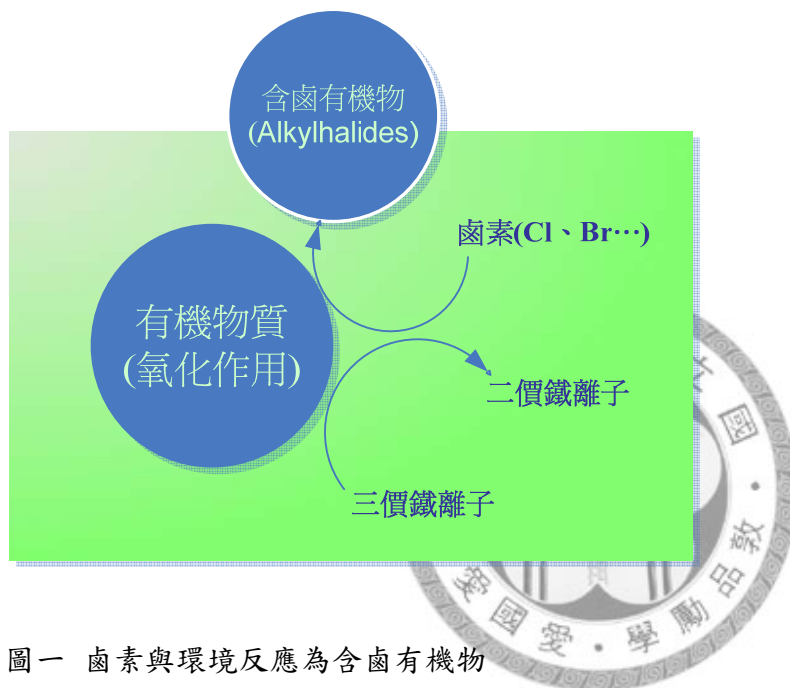
2.5 底渣再利用的影響

含有PVC、PP、HDPE成分的塑化廢棄物，在焚化過程中，會產生PAHs(polycyclic aromatic hydrocarbons)，而PAHs生成量已證實和焚化環境中的CO濃度成正相關，和過量空氣比成負相關(Li 2001)，飛灰及底渣皆曾有驗出PAHs的紀錄(Purushothama 1997; Johansson and van Bavel 2003; Shui-Jen Chena 2003)。

在焚化過程中，操作不當或是其他物理因素 (如顆粒粒徑) 所造成的燃燒不完全，會使殘存的有機物質於再利用之後，可能因為雨水或其他外力進入自然環境中，進而影響當地微生物的代謝及生長方式(Belevi, Stämpfli et al. 1992; Birgisdottir, Pihl et al. 2006; Ore, Todorovic et al. 2007)。除了燃燒不完全的有機物之外，實際應用的底

渣再與水體沖刷後，也會帶出大量的氯鹽和重金屬。進而影響再生環境的水體成份。

Keppler 在2000年指出，在有電子接受者（如 Fe^{3+} ）的環境下，鹵素離子可能會在有機物的氧化過程中和烷類有機物形成鍵結（圖一）；而此過程並不需要光催化或微生物反應，便可使鹵素離子烷基化（alkylated）。



圖一 鹵素與環境反應為含鹵有機物

目前已知高氯鹽環境可能產生的化合物有 CH_3Cl 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ 、 $\text{C}_3\text{H}_7\text{Cl}$ 以及 $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$ ，而其他種類鹵素在高濃度的環境條件，則可能生成 CH_3Br 和 CH_3I (Keppler, Eiden et al. 2000)。

除此之外，底渣中也曾被檢驗出含有戴奧辛 (Polychlorinated dibenzo-p-dioxin、dioxin-like Polychlorinated biphenyl) 及呔喃，而此類物質結構穩定、低揮發性、高

脂溶性且具有長期性的生物毒性(Rappe 1992)，而氨基酸類 (amino acids) 和有機物結合後，溶出率可達40~60%(Degens E.T. and Mopper 1976.)。底渣中的總碳可分為四類，分別為元素碳 (elemental carbon)、可水洗出的碳成分 (water extractable organic carbon)、二氯甲烷可萃取的碳成分 (dichloromethane extractable organic carbon)、以及不可萃取的碳成分 (non extractable organic carbon)。而底渣中，碳元素佔總碳的70%以上，而可水洗出的碳成分約10%，可以二氯甲烷萃取的碳成分佔7%以下，不可萃取的碳成分則佔20~32%(Ferrari, Belevi et al. 2002)。其中戴奧辛及呔喃屬於二氯甲烷可萃取的碳成分，親水性隨氯個數增加而降低，但由本身結構穩定，因此經食物鏈進入人體，便可能會因生物累積達到高於環境的濃度(Connett and Webster 1987)。

Calmano在1994年的文獻中提到，重金屬在自然環境中的移動能力，主要受到pH值及氧化還原電位為主，而pH 4.5以上，pH值為重金屬移動性(mobilization)主要參數。氧化環境中，缺乏酸中和能力的自然水體pH值下降，對Zn及Cd的移動性提高能力勝過Cu和Pb。而相較於還原環境，pH值在氧化環境的影響相對明顯(Calmano, Hong et al. 1994)。

綜合以上可知，針對實際再生環境，若欲降低氯鹽及重金屬對再生環境的影響，使其封存在厭氧或還原性的環境，可使含鹵有機物的生成及重金屬的移動性降低。酸鹼度部份，避免底渣接觸到酸性物質或水體，以避免重金屬移動性提高或是影響穩定化結構。

第三章 工作內容及方法

3.1 實場設計及研究對象

本研究所監測的實際鋪設場地是位於台北縣萬里鄉加投段。本試驗道路完工於民國 2005 年 3 月份，並分別於 2005 年 3 月及 6 月份委託中央大學進行成效檢驗，檢測項目包括抗滑試驗、現地密度試驗及平坦度，檢測結果皆達法定標準。惟底渣骨材做為道路鋪設骨材在後續環境影響尚待評估，故本研究將以檢測結果，探討底渣骨材做為道路骨材的長期影響。本研究道路為寬 5 公尺，以 A 路段 50 公尺，B、C、D 各 150 公尺路段分為四種路段，計長 500 公尺，四種路段及相關之研究對象，道路之基本資料如下。



(1) 對照路段 (A):

面層-密級配瀝青混凝土面層 (10 cm)。

底層-天然級配料 (15 cm)。

基層-天然級配料 (25 cm)。

(2) 試驗路段 (B):

面層-密級配瀝青混凝土面層，10%e 級配砂 (10 cm)。

底層-e 級配料 20%、天然級配料 80% (15 cm)。

基層-e 級配料 100% (25 cm)。

(3) 試驗路段 (C)：

面層-密級配瀝青混凝土面層，20%e 級配砂 (10 cm)。

底層-e 級配料 20%、天然級配料 80% (15 cm)。

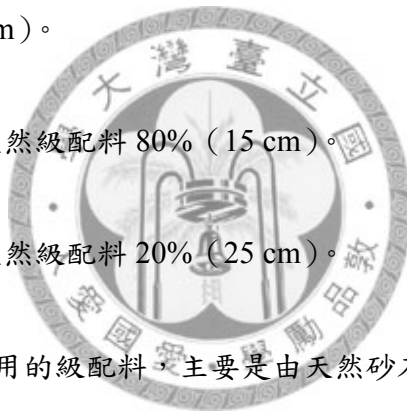
基層-e 級配料 80%、天然級配料 20% (25 cm)。

(4) 試驗路段 (D)：

排水瀝青混凝土 (10 cm)。

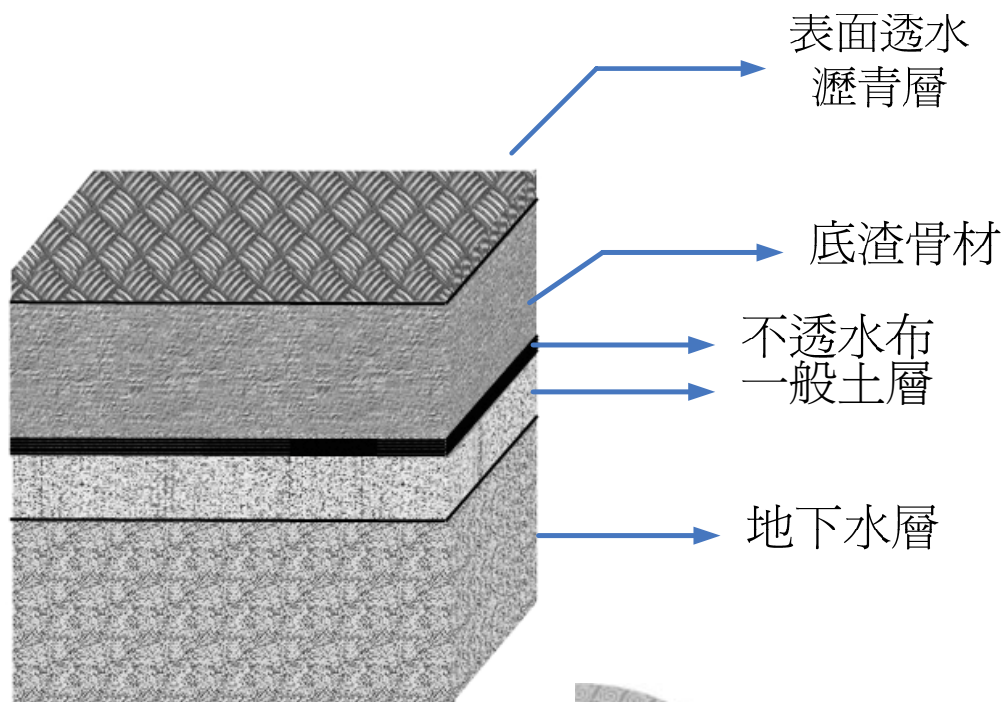
底層-e 級配料 20%、天然級配料 80% (15 cm)。

基層-e 級配料 80%、天然級配料 20% (25 cm)。



天然級配料為一般工程所使用的級配料，主要是由天然砂石及礫石所組成。e 級配料則是以台北縣的樹林、新店及八里三處廢棄物焚化廠的焚化底渣再生而成。從焚化廠排出的底渣經過篩選、磁選及風選去除金屬及未燃物後，加入磷酸鹽進行穩定化、熟化的安定化反應。並依經濟部水利署的規範，以篩分析結果判別為 e 級級配。

本研究的監測對象為 D 路段，該試驗路段之結構如圖二所示，由透水瀝青之表面結構覆蓋，下層則為夯實之底渣骨材為基底，向下則為排水格網及不透水布排除及收集滲入路面的水分。



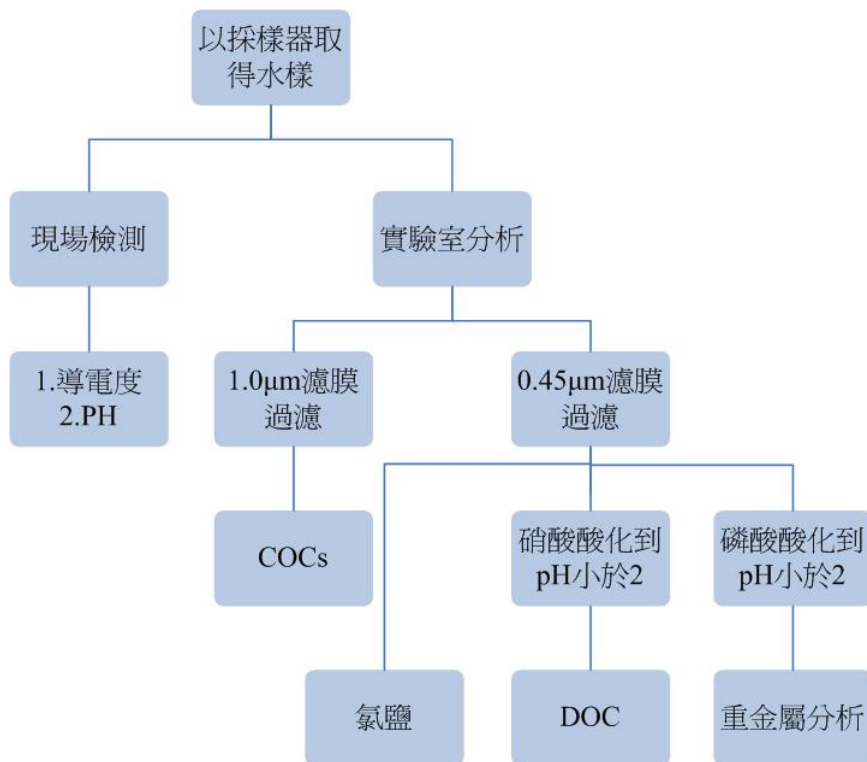
圖二 萬里現場道路材料結構

3.2 研究及監測方法

3.2.1 試驗道路現場環境水樣監測



現場水樣的監測對象取自於試驗路段的表面逕流水、骨材滲出水以及地下水。骨材滲出水部份，採用該試驗路段設有的集水井，收集當地因降雨而滲入底渣骨材層的水樣，並設置表面逕流水收集裝置，利用當地坡度及道路的排水機制達到表面逕流水的收集功能；地下水部分則採用道路建設時期所建造的地下水取水口，配合採樣工具採集。採得的水樣分別檢測其 pH 值、導電度、溶解性有機碳、氯鹽濃度以及含氮有機物。實驗流程如圖三所示：



圖三 現場水樣分析流程

採樣依實際降雨情形而定，基本上每月取降雨過後的時機作為採樣點。採樣之基本測項及方法如下

- a. 實驗容器的準備：氯鹽及重金屬測項所使用的器皿，以 5% 硫酸溶液酸洗後用清水沖洗乾淨，並經二段水潤洗之基本清洗程序洗淨，烘乾後方可使用。萬里場址水體採樣以及 DOC 前處理使用的器具，皆須以酸洗及二段水沖洗的方式清洗乾淨；玻璃器皿的部分需以 400°C 烘一個小時去除有機成分；鐵弗龍材質的部份則在清洗完後以 100°C 烘一個小時備用。有機物種檢測部分，使用的器皿依基本清洗程序洗淨烘乾後，以丙酮潤洗後，倒置風乾後使用。

b. 氯鹽：以離子層析儀 (IC, Ion Chromatograph, DIONEX, DX-120) 進行分析。實驗方法為，將 0.5 μ m 濾膜過濾後的水樣，以純水稀釋至 10 mg/l 以下，直接置入自動進樣器專用的容器內。依照離子層析儀的使用方式設定 sequence 檢測樣品。

c. 溶解性有機碳 (DOC)：使用濕式氧化法總有機碳分析儀進行分析。實驗方法為，取 2.1254 g 的無水鄰苯二甲酸氫鉀加純水定量到 1 l，並以濃磷酸酸化至 pH=2，保存於 4 $^{\circ}$ C，完成標準溶液製備。並分別配置 0 mg/l、2 mg/l、4 mg/l、6 mg/l 及 8 mg/l 的檢量線溶液。連同待測水樣及清洗的空白純水，置於自動進樣器中，以總有機碳分析儀(O.I. Analytical, Model 1010 Total organic carbon analyzer) 分析檢測。開啟氣體及儀器後，熱機兩小時待其紅外線數值穩定，便可設定 SEQUENCE，並開始檢測。

d. 含氯有機物 (COCs)：以美國 Standard Method for Examination of Wastewater (SMEW) 20th Edition 中的溶解性有機鹵素 (DOX)」、美國環保署 (MSEPA) 9020b 方法「總有機鹵素 (TOX)」檢測方法配合我國環檢所「廢棄物中硫、氯元素含量檢測方法—燃燒管法」等檢測方法為藍圖與現有資源作配合。將活性碳，以 105 $^{\circ}$ C 烘乾 8 小時、去除水分及其他吸附性有機物，稱取 5 g 的活性碳、記錄其重量至小數點第三位。將活性碳倒入 0.8 mm 的玻璃管內，雙邊以玻璃棉封口，將玻璃管接上鐵弗龍管線，並在分液瓶中裝入待測水樣 2 e，打開蠕動泵調整流速至 3 ml/min；並輕搖裝有活性碳的管柱以去除活性碳間的氣泡。待水樣抽取完畢後，加入硝酸鉀溶液 (取 8.2 g 硝酸鉀溶於水，並定量至 1

升) 沖洗活性碳，本步驟需注意不可讓空氣進入管柱內。沖洗完成後，將玻璃管取下，以蠕動泵將管內的活性碳吹出於收集瓶內。灰化前，將活性碳完全刮出置於石英舟上，置入灰化爐中；在灰化爐排氣端接上氣體收集瓶，瓶內分別裝有入 3% 的過氧化氫 30 ml，以氧化通過的氯氣。以 132 ml/min 的速度對灰化管通氣，並調整加溫入度加溫到 800°C，加熱 1 小時。降溫後便可取出石英舟，拆除收集瓶、取出收集瓶內的吸收液 (過氧化氫)，定量到 100 ml。吸收液以 IC 測定其氯鹽濃度即可。

3.2.2 再利用材料之基本特性

本研究將針對工廠產生之 e 級級配再利用材料，研究其基本溶出相關特性及差異度，評估未來再利用於實場可能的溶出特性。

分析項目包括：再利用材料之含水率、總重金屬、毒性物質溶出試驗。

a. 現場底渣骨材採取：以鏟子將底渣骨材表層的部分挖除，以避免長期與空氣接觸受到影響而造成誤差。在採樣瓶口套上鋁製的漏斗以利收集底渣骨材，並將底渣骨材加入漏斗中。若在採樣過程中，發生堵塞情形，以鐵製藥勺攪拌或搖晃瓶身即可

b. 含水率：土壤水分含量測定方法—重量法 (NIEZ S280.1C)。實驗方法為，將 40 ml 的玻璃瓶至於 105°C 的烘箱烘乾八小時，以去除玻璃瓶表面附著的水分。烘乾後，將玻璃瓶取出置於乾燥箱中待其降至室溫。精秤並紀錄玻璃瓶重量到

0.001 g，加入底渣骨材於玻璃瓶，精秤並紀錄總重量到 0.001 g。將盛裝底渣骨材的玻璃瓶放到 105°C 烘箱中烘乾八小時，取出後置於乾燥箱中待其降溫到室溫，精秤紀錄烘乾後的重量。

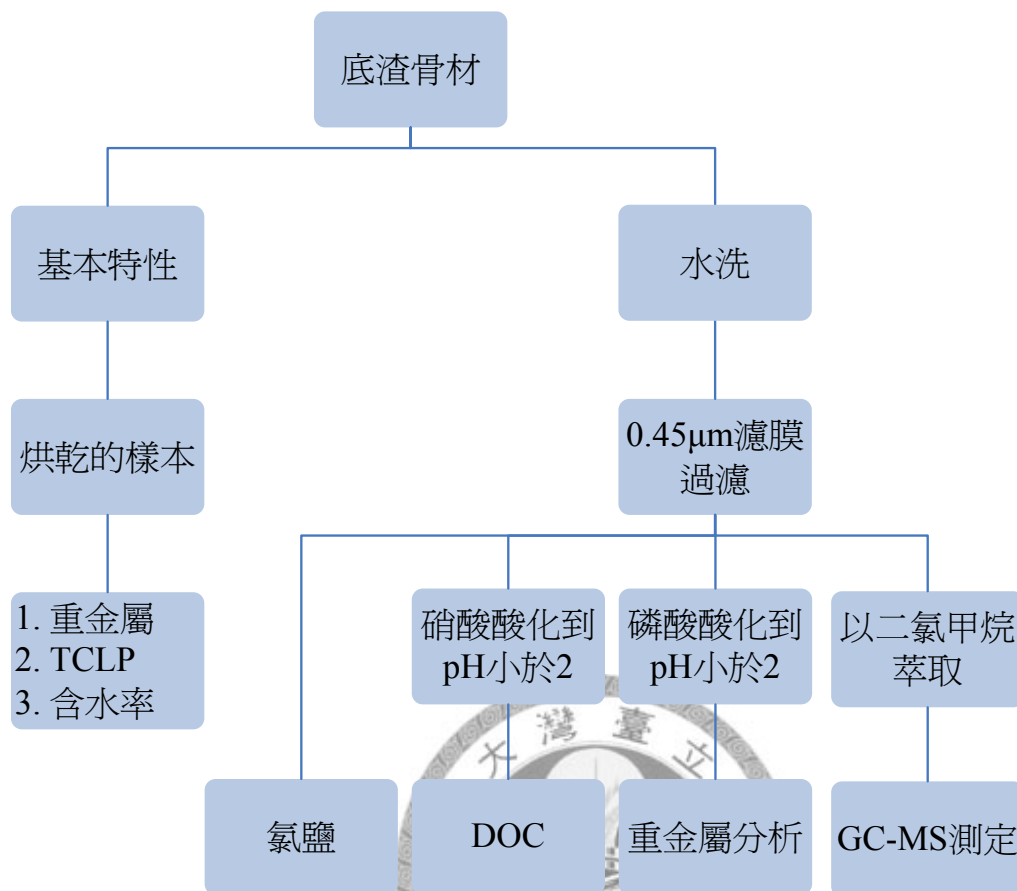
c. 重金屬總量檢測方法：土壤中以重金屬檢測方法—王水消化法 (NIEA S321.63B)，以 ICP-AES (Inductively coupled plasma - atomic emission spectroscopy) 檢測溶出結果。實驗方法為，採取底渣骨材樣品約 3 g (精秤至 1 mg) (須以 105°C 烘乾 8 小時)，置於 100 ml 燒杯中，並紀錄重量後。先以 0.5 至 1 ml 二段水潤濕樣品。再緩慢加入 21 ml 濃鹽酸，以及 7 ml 濃硝酸，搖盪充分混合均勻 (加入過程中會產生氣泡，小心逐滴加入)。蓋上錶玻璃後，在室溫下靜置 16 小時，可適時將反應瓶搖晃使充分反應之。(以上步驟須在抽風除櫥進行)。以加熱板緩慢加熱溶液至滾沸，使溶液在沸騰狀態下維持約 2 小時。在過程中需控制溫度，以防止樣品在加熱的過程中乾燒。加熱完後，待樣品冷卻至室溫後，以約 10 ml 0.5 M 稀硝酸沖洗錶玻璃、燒杯內部、以及底渣骨材，並收集於乾淨的瓶中。將溶液倒入 100 ml 定量瓶中，以 0.5 M 稀硝酸反復沖洗燒杯內的殘渣，並將溶液定量到 100 ml，加蓋並搖勻，以火焰吸收光譜 (AA) 測定分析。

d. 毒性物質溶出試驗 (TCLP, Toxicity Characteristic Leaching Procedure)：事業廢棄物毒性溶出程序 (NIEA R201.11C)，以 ICP-AES 檢測溶出結果。實驗方法為，先將底渣骨材以 105°C 烘乾 8 小時，秤取 100 g 已乾燥的底渣骨材樣品，記錄其重量 (準確到 0.001 g)。萃取液部分，取 5.7 ml 冰醋酸加二段水定

量至 1 l；放置 8 小時後確定 pH 值落在 2.88 ± 0.05 的範圍內，若未達標準則需重新配製。於萃取容器中，緩慢加入萃取液及底渣骨材樣品，旋緊容器瓶蓋，置於旋轉裝置，以每分鐘 30 ± 2 之轉速旋轉 18 ± 2 小時，室溫維持在 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 。萃取完成後，使用玻璃纖維濾紙($0.5\mu\text{m}$)過濾，分離固相及液相，並收集濾液。萃出液須以硝酸酸化，使其 $\text{pH} < 2$ ，並儲存於 4°C 下儘快分析。

3.2.3 再利用材料之水洗樣品研究

為了解底渣骨材再生材料應用於道路鋪設實場的溶出可能性，以水洗方式將可能於水相溶出之重金屬、氯鹽、溶解性有機碳以及有機物質分析，並研究不同水洗溫度以及液固比對水洗結果的影響差異。參照環檢所「毒性物質溶出試驗」方法，採用重量液固比 20 為基礎，在此階段採用液固比 20、10、5 為水洗條件；在溫度部分，則取 20 度為預設的常溫溫度，45 度為受到日晒影響後的環境溫度，並以 70 度作為異常高溫時的水洗結果比較。實驗流程如圖四所示：



圖四 底渣骨材實驗流程

a. 底渣骨材水洗液萃取：本實驗採用的玻璃瓶，除了酸洗、二段水清洗外，在使用前須以丙酮潤洗以清除不溶於水的有機物，並風乾備用。取 20°C 的純水 2 公升，分別以 L/S 為 5、10、20 的比例加入 400 g、200 g、100 g 的底渣骨材（底渣骨材不可烘乾、實驗前須以乾淨玻璃瓶及鐵氟龍瓶蓋密封保存）。將裝有純水和底渣骨材的瓶子架設於 TCLP 的旋轉裝置，以 30±2rpm 的速度運轉 10 分鐘。將水樣以 0.5μm 的濾紙過濾收集即可。收集後的水樣則依其不同檢測需求加酸或作其他調整。水溫 45°C、70°C 的部份，則是將純水置入血清瓶密封，並

以恆溫水浴槽調整水溫；分別以 L/S 為 5、10、20 的比例加入底渣骨材，並將裝有純水和底渣骨材的血清瓶置入水浴槽待整體達到溫度平衡後，架設於 TCLP 的旋轉裝置，以 30 ± 2 rpm 的速度運轉 10 分鐘；過濾前再度以水浴槽保持水溫，使用 $0.5\mu\text{m}$ 的濾紙過濾水洗液、收集於採樣瓶。

b. 水中半揮發性有機物的液相萃取：將 1000 ml 的純水及 200g 的底渣骨材置入 1000 ml 之血清瓶（本實驗採用的玻璃容器及鐵氟龍瓶蓋，除了酸洗及二段水清洗外，在使用前須以丙酮潤洗清除不溶於水的有機物），密封後以 TCLP 旋轉裝置用 30 ± 2 rpm 的速度運轉一小時後，靜置並以 $0.5\mu\text{m}$ 的濾膜加壓過濾並收集於血清瓶中。在水洗液中，加入 $30\mu\text{g}$ 的鄰二氯苯搖晃均勻以確定萃取動作的回收率，再量取 100 ml 二氯甲烷倒入血清瓶，以 TCLP 旋轉裝置用 30 ± 2 rpm 的速度運轉一小時。收集的萃取液需通過裝有硫酸鈉的玻璃管柱（約 5 cm 高）以去除水分。去水後的萃取液以減壓濃縮裝置（ 820 ± 25 bar、底部水浴 40°C ）濃縮至近乾，並滴定到 1.5 ml，封裝入密閉容器後，保存於 -20°C 。

GC-MS 的操作條件採用氮氣為移動相，Column 採用 HP1MS 管柱（30m（長度）， $250\mu\text{m}$ （孔徑）， $0.25\mu\text{m}$ （膜厚）），流速 0.8 ml/min，Inlet split 採用 8:1，進量 $1\mu\text{L}$ 。升溫採用四階段加溫：初始溫度為 50°C ，維持 4 分鐘；接著以 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速度加溫到 160°C ，維持 1 分鐘；再以 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 加溫到 280°C ，維持 4 分鐘；最後以 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 升溫到 300°C ，維持 10 分鐘，完成一次樣品分析流程。

第四章 結果與討論

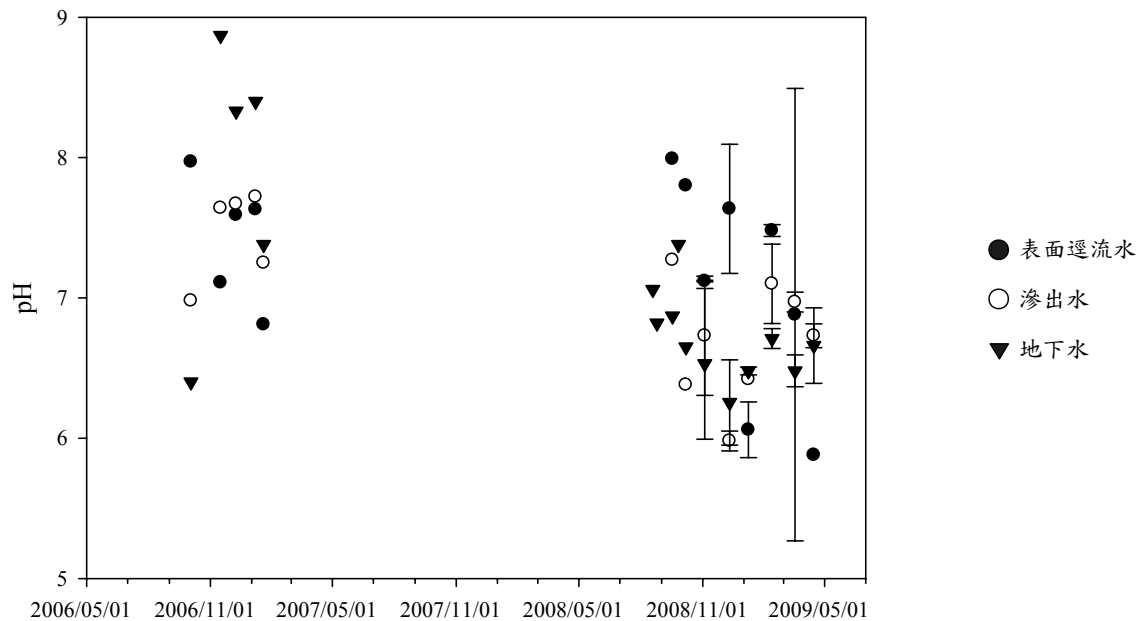
4.1 現場採樣資料

4.1.1 pH 值

萬里場址中，三種環境水體的 pH 值分別受到不同因素影響 (圖五)。表面逕流水部份，pH 值的影響因素多來自於大氣組成，人為可能造成影響的部份為空氣污染，在雨水落下的過程中影響其 pH 值。

地下水的來源來自於上游入滲到土壤中的雨水，受到低透水性的地質影響而封存，並沿著低透水層的分布向下緩速流動，因此地下水的 pH 值受到當地雨水以及土壤的影響較多，從圖五資料得知，從道路建設初期至今，pH 值有漸漸下降的趨勢，反應出當地的雨水和土壤相互平衡後的 pH 值有降低的趨勢。





圖五 萬里現場水樣 pH 值 (詳細數值見附錄表一、二、三)

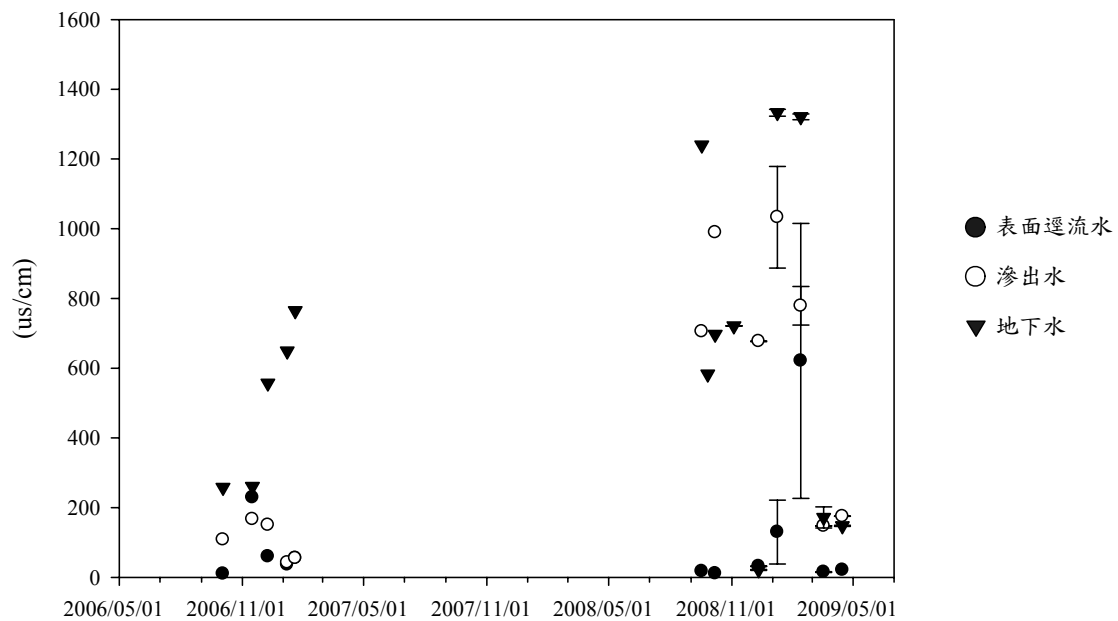


4.1.2 導電度

導電度變化對時間做圖可得圖六。表面逕流水的導電性物質主要來自於大氣，資料顯示其導電度多低於 $60\mu\text{s}/\text{cm}$ ，但在 2006/11/16、2009/1/8 和 2009/2/12 分別為 $229\mu\text{s}/\text{cm}$ 、 $129.85\mu\text{s}/\text{cm}$ 、 $621\mu\text{s}/\text{cm}$ 。2006/11/16 和 2009/2/12 的導電度推測是受到路面局部汙染影響，2009/1/8 可能受到當月氣鹽量較高的影響。

底渣骨材滲出水的導電度受到底渣骨材影響，一般多會帶有高量的氯鹽及重金屬成分，故導電度明顯較高，相對於道路鋪設初期，2008 年後半有增高的情形，但在 2009 年下降至 $200\mu\text{s}/\text{cm}$ 以下；同期間內，滲出水中檢測到的氯鹽和重金屬也有增加的趨

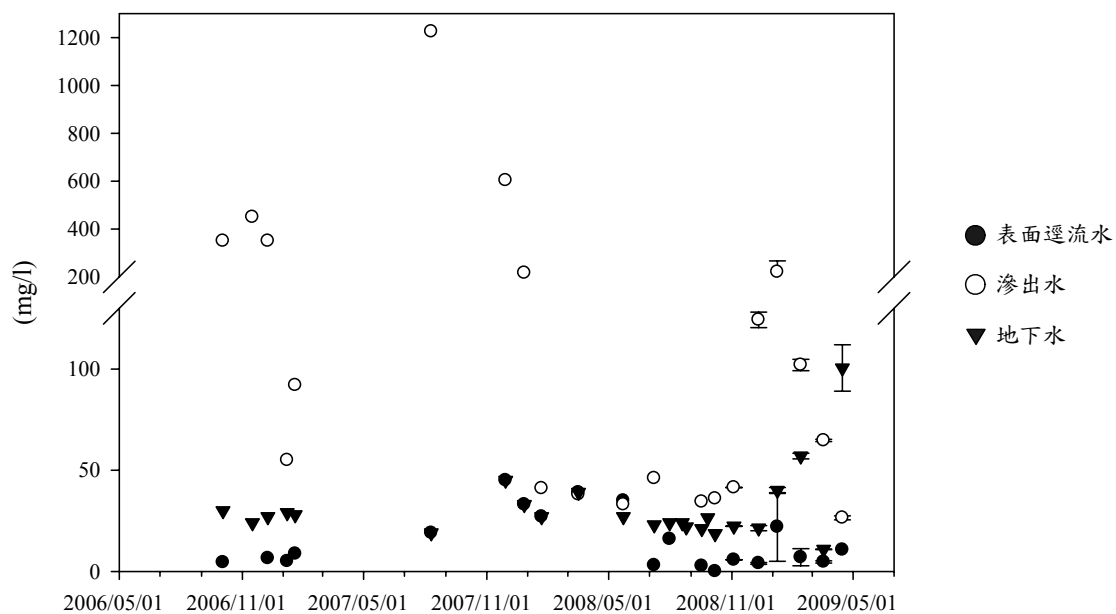
勢，這兩項因素已知為導電度增加的可能原因。地下水由於和當地土壤長時間接觸，帶有大量礦物質，九十七年下半年度的導電度明顯增加，可能是受到 pH 值下降影響；自然界中的礦物多以鋁氧化物及矽氧化物為主，重金屬在土壤中，會經由氫氧基的交換作用吸附在黏土礦物表面；矽氧化物和鋁氧化物間生成的氫鍵也具有強大的吸引力，與陽離子形成同晶取代現象後，使土壤膠體帶負電，具有吸附重金屬的能力。然而以上兩種機制都容易受到 pH 值的影響，推測環境中的氫離子可能導致氫氧基失去陽離子的固定能力。此外碳酸鍵結態的重金屬，也有可能因環境 pH 值降低導致重金屬溶出，而使得較多的導電性物質進入地下水體、使地下水導電度增加。



圖六 萬里現場水樣導電度 (詳細數值見附錄表一、二、三)

4.1.3 氯鹽

氯鹽在自然界並無特定主要來源，在大多數情形中不易出現在大氣成分中，因此表面逕流水和地下水體的氯鹽含量明顯不高，多在 30 mg/l 以下（圖七）。滲出水部份，受到流經底渣骨材的影響，在 2005 及 2006 年明顯濃度較高。隨著使用時間增加，氯鹽溶出量在 2008 年漸趨穩定，維持在 100 mg/l 以下，僅在 2009 年 12 月、2009 年 1 月及 2009 年 2 月溶出量超過 100 mg/l，隔月的氯鹽再度降回 64.7 mg/l。

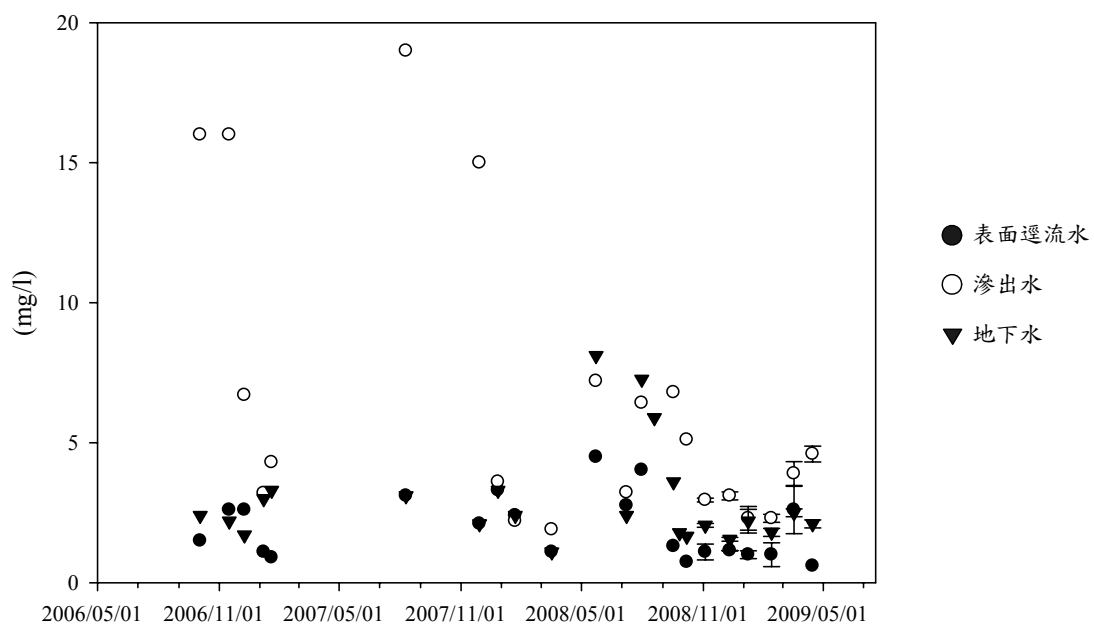


圖七 萬里現場水樣氯鹽 (詳細數值見附錄表一、二、三)

4.1.4 溶解性有機碳 (DOC)

溶解性有機碳在自然界的來源不多，除了動植物的生命現象外，並無其他來源。因

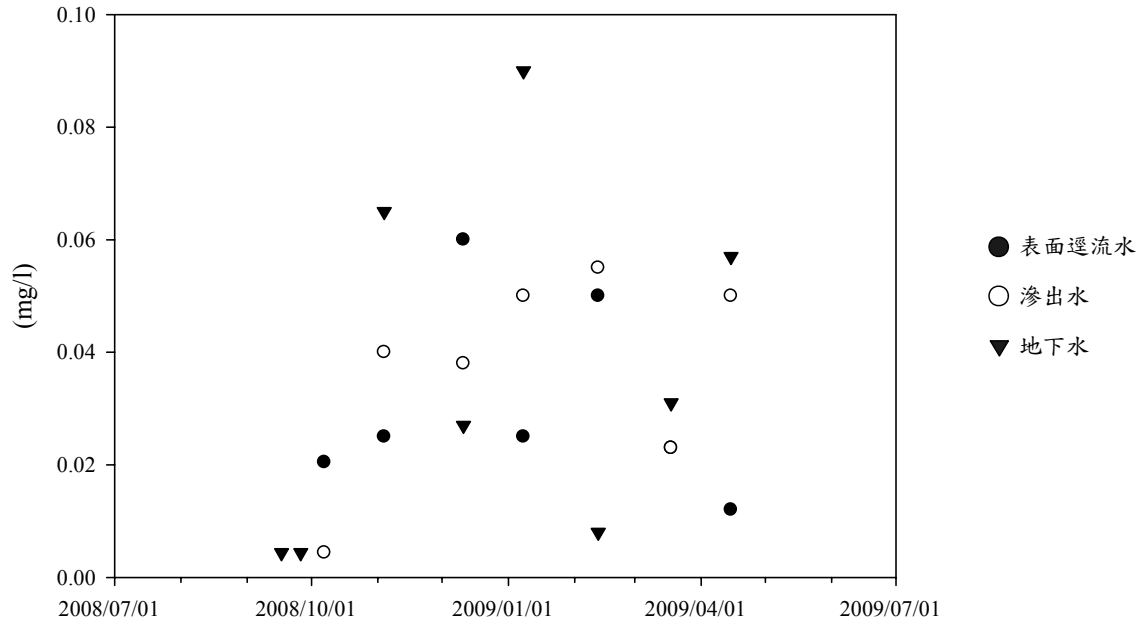
此表面逕流水及地下水資料中 (圖八) , 明顯可知溶解性有機碳含量皆不高, 一般都在 50 mg/l 以下。但受到底渣骨材的影響, 骨材滲出水的溶解性有機碳在鋪設初期高達 2000 mg/l, 經過當地雨水兩年的淋洗以及平衡後, 溶解性有機碳濃度下降至 10 mg/l 以下。



圖八 萬里現場水樣溶解性有機碳

4.1.5 含氯有機物 (COCs)

含鹵有機物在三種水體中, 並無其中一種產量特別高 (圖九), 而含氯有機物是否和當地氯鹽濃度有直接關係目前尚無法證明, 需要更長時間的監測資料才可斷定。



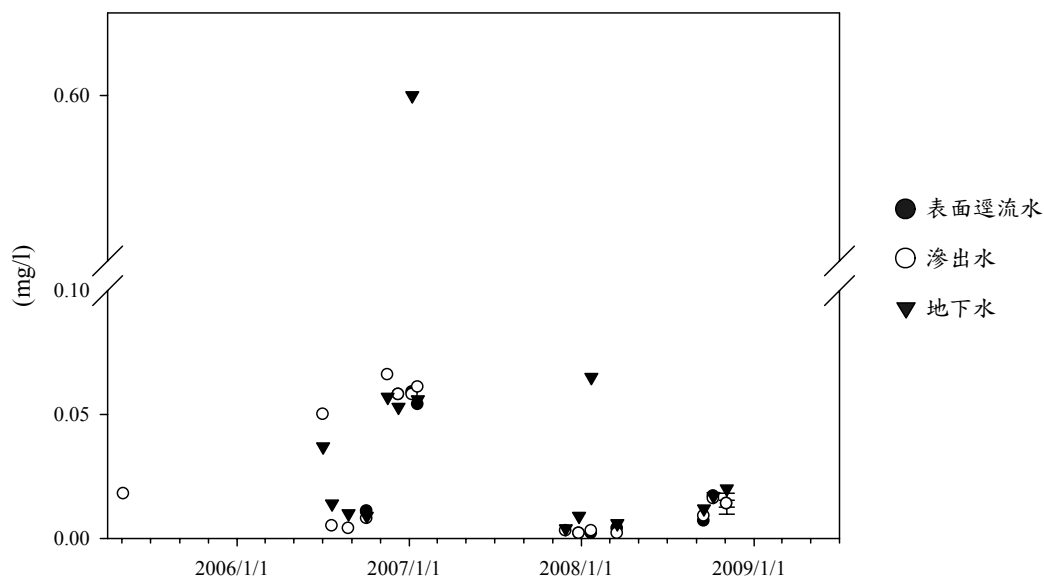
圖九 萬里現場水樣的含鹵有機物總量 (詳細數值見附錄表一、二、三)



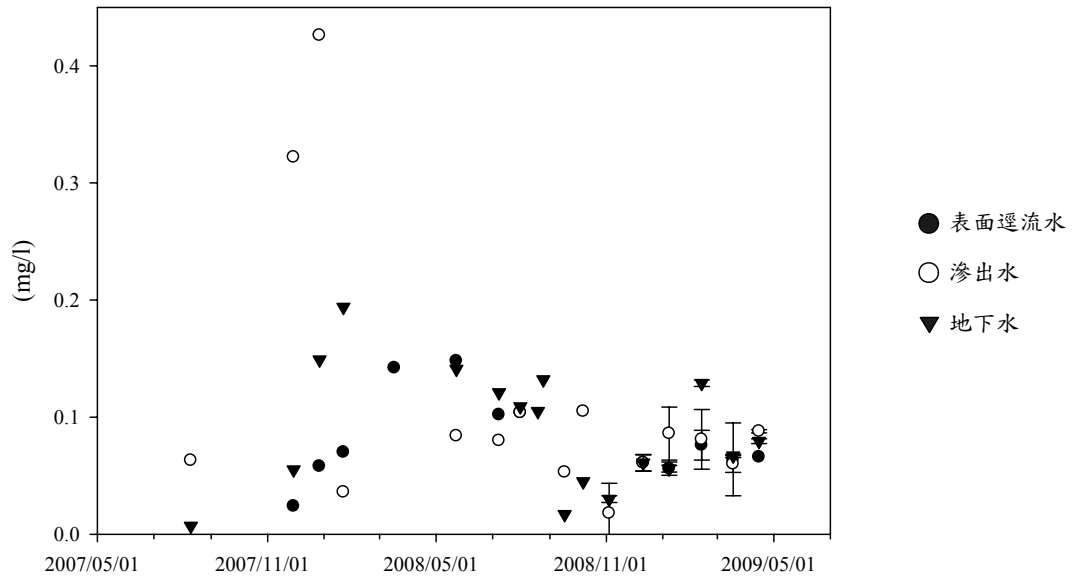
4.1.6 現場水樣重金屬

現場水樣之重金屬 As 濃度普遍低於 0.001 mg/l，唯有 2007/1/17 在地下水及滲出水測到較高含量 (圖十)。Ba 和 Cd 則是前期在滲出水中明顯較高的濃度，隨時間增加，濃度已有下降的趨勢 (圖十一及圖十二)。Cu、Pb、Se 除了在 2008/10/7、2008/11/4 有較高的濃度外，趨勢上是隨時間漸降 (圖十四、圖十五及圖十六)。2008 年底部分重金屬增加的原因推測是受到雨水 pH 值降低，使得氫離子濃度增加為 2005 年的十倍甚至百倍，可能和影響重金屬穩定化之化合物結構；底渣骨材內的錯合物包括磷酸根錯合物，而鹼性的氫氧基在此一過程中亦為錯合物的官能基之一，

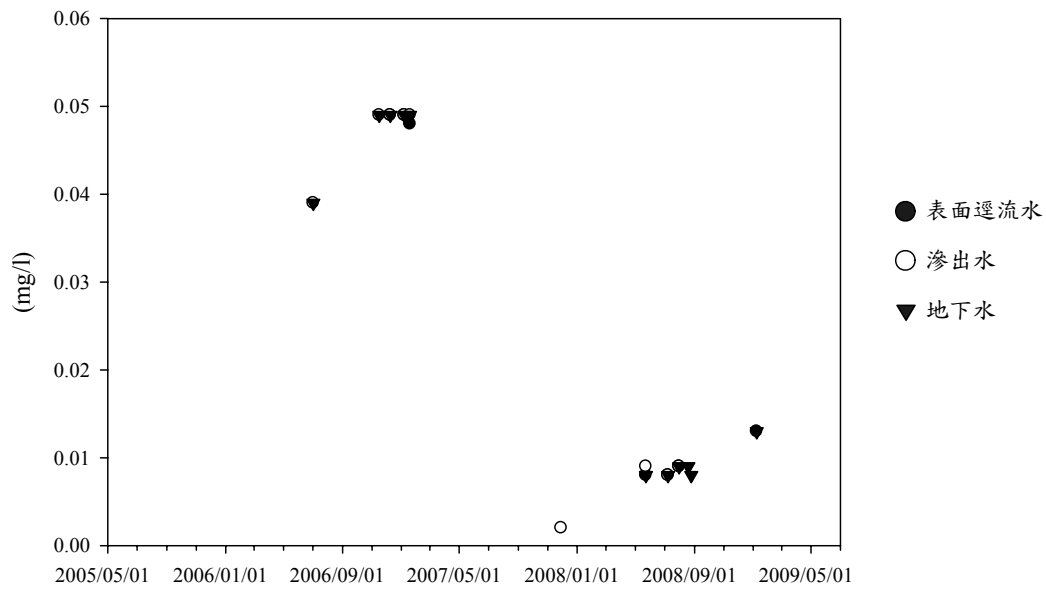
故整體環境的 pH 值降低可能間接造成重金屬在近期依然會不定期溶出量增加；連帶導電度也受到影響。以我國「一般廢棄物-垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」作為法規表準，後續的溶出量皆比法定值低；其中危害性較大的 Cr^{6+} ，也在 Cr 總量上小於規定中的 0.25 mg/l，因此並無過量疑慮（圖十三）。



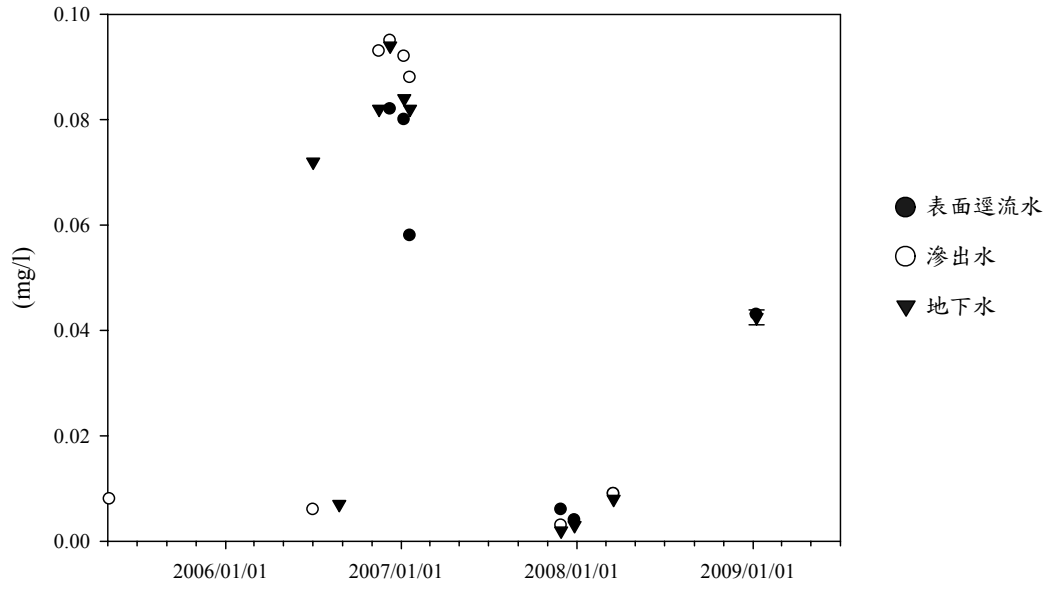
圖十 萬里環境水樣 As 濃度 (詳細數值見附錄表四、五、六)



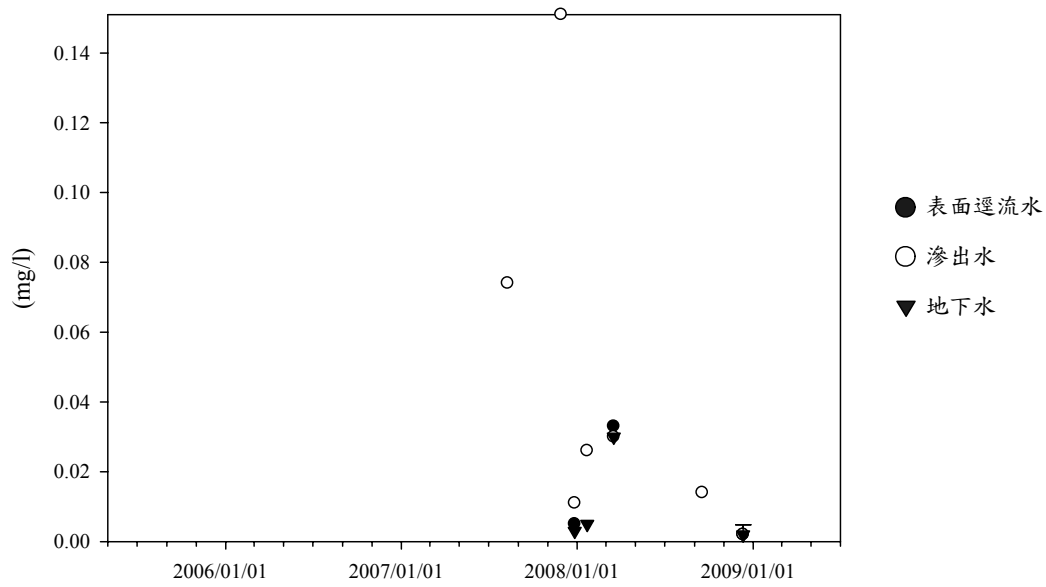
圖十一 萬里環境水樣 Ba 濃度 (詳細數值見附錄表四、五、六)



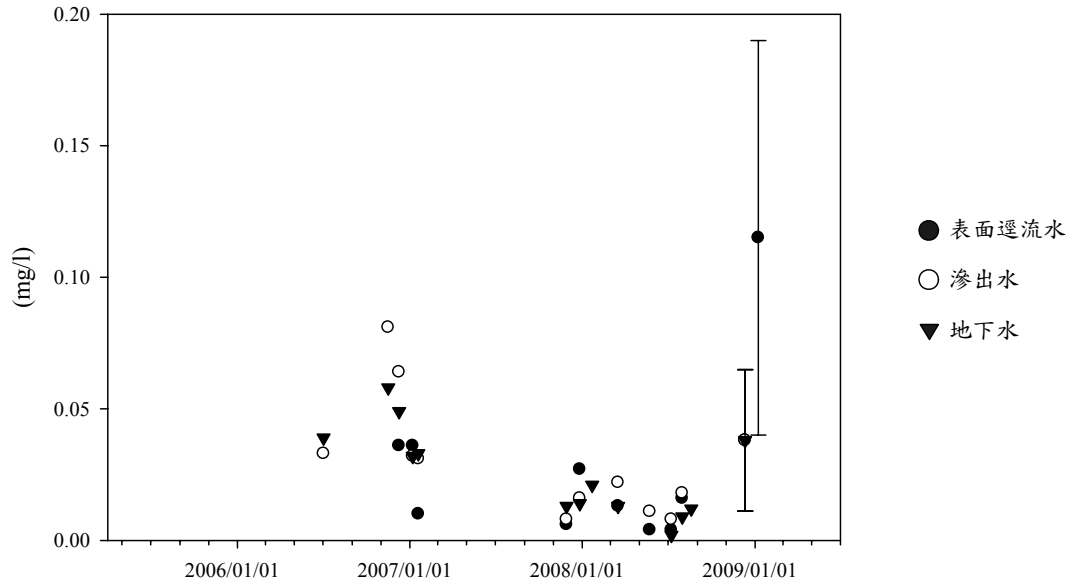
圖十二 萬里環境水樣 Cd 濃度 (詳細數值見附錄表四、五、六)



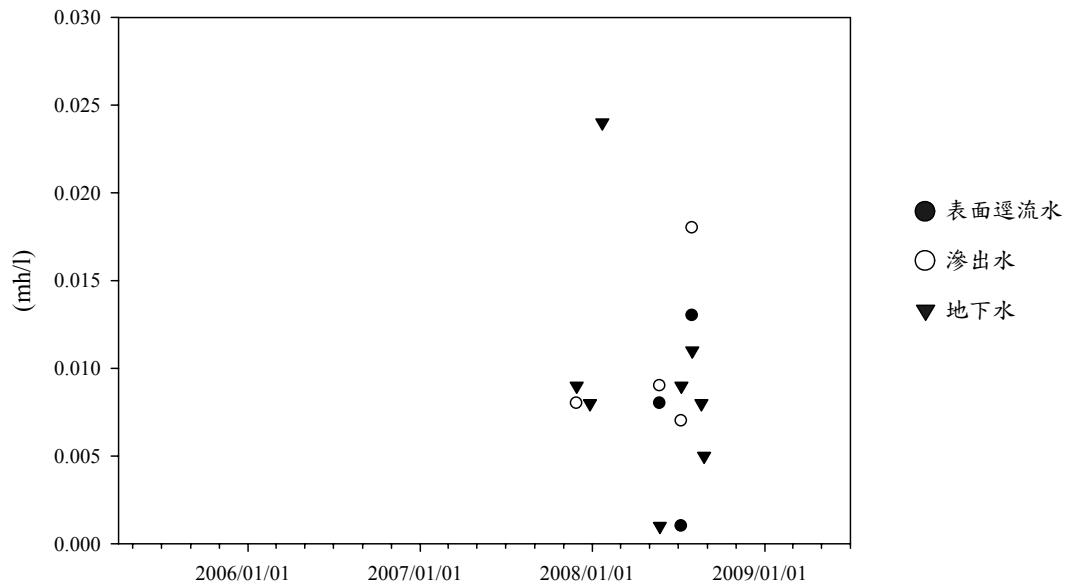
圖十三 萬里環境水樣 Cr 濃度 (詳細數值見附錄表四、五、六)



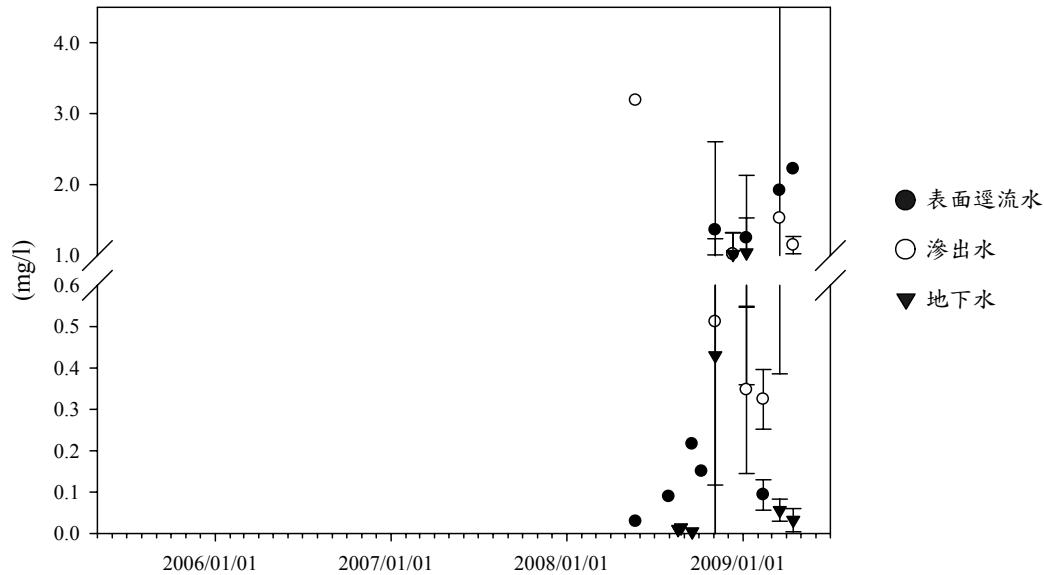
圖十四 萬里環境水樣 Cu 濃度 (詳細數值見附錄表四、五、六)



圖十五 萬里環境水樣 Pb 濃度 (詳細數值見附錄表四、五、六)



圖十六 萬里環境水樣 Se 濃度 (詳細數值見附錄表四、五、六)



圖十七 萬里環境水樣 Zn 濃度 (詳細數值見附錄表四、五、六)



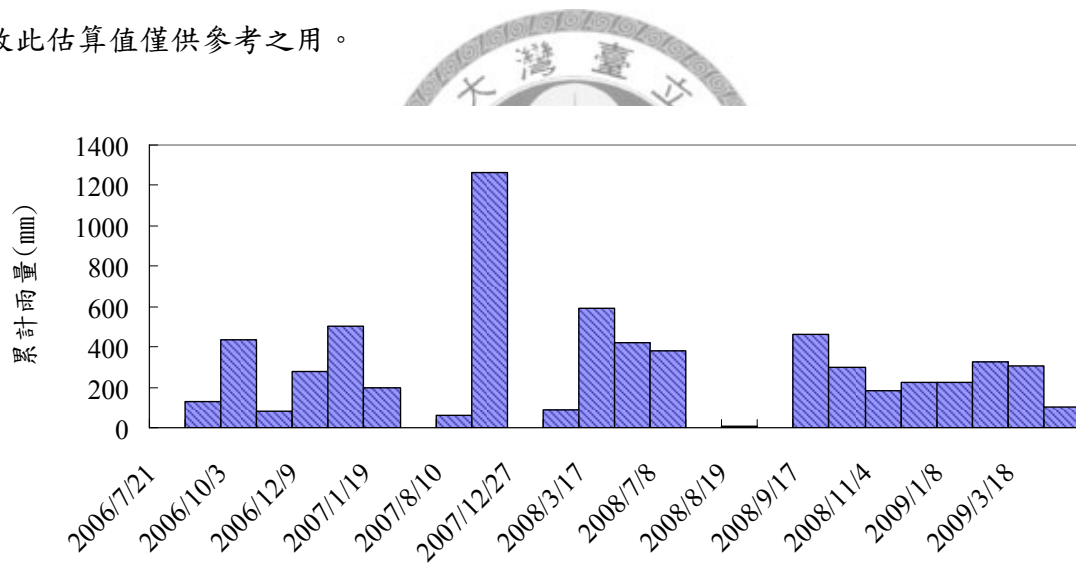
4.1.7 雨量

萬里地區雨量特性介於淡水及基隆之間。資料收集方式為在萬里場址設置一組雨量偵測裝置，此一裝置每測得 0.2 mm 的雨量便會紀錄一次時間並累計雨量。圖十八為 2006 年至 2009/4/15 的累計雨量紀錄。

80%底渣 20%天然砂的路基，最大比重採 1.940 計算，20%底渣 80%天然砂的路基最大比重為 2.045(雷揚中 2004)。道路工程夯實度的最低要求為最大值的 95%，故 D 路段路基的底渣骨材使用量共計 384.194 噸。以路面作為總集水面積的累計雨量計算，目前的總溶出量如表四所示，除 As 及 Cd 的溶出量佔 TCLP 溶出量的 27%

及 45% 外，其餘皆低於 11%。王水溶出量部份，除了 As 溶出占總量 4%，Cd 佔總量 2% 之外，Ba、Cr、Cu、Pb、Zn 及 Se 的現場總溶出量皆低於王水溶出試驗值的 1%。DOC 及氯鹽分別溶出 58g 及 1507kg，若採用盧宥宇在 2007 年所作的灼燒減量結果，4.77% 計算(盧宥宇 June, 2008)，可得底渣內未完全燃燒的有機物有應有 19 噸，而目前的溶出量不到總量的 0.01%。

以現場滲出水近期的重金屬溶出顯示，Ba 及 Zn 以外的重金屬在近四個月內的溶出量皆低於偵測極限，應已進入穩定狀態。因此在溶出總量的評估中，受到完工後的十四個月內缺乏監測資料的影響，且在滲出水收及裝置中並未設置流量監測設備，故此估算值僅供參考之用。



圖十八 萬里雨量

表四 溶出總量估算

	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Pb	Se	Zn
現場溶出總量(g)	75.16	563.30	55.16	96.03	194.04	77.18	14.91	2995.97
TCLP 理論溶出量(g)	281.63	4917.75	555.72	211.76	25348.54	3031.74	497.65	230598.09
溶出量相對於 TCLP 理論值的比例	27%	11%	10%	45%	1%	3%	3%	1%
王水理論溶出量(g)	1870.77	142557.36	3394.02	44925.30	2129001.56	239084.39	9460.18	903195.16
溶出量相對於王水理論值的比例	4%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%

4.2 底渣骨材基本特性

4.2.1 底渣骨材水分

台北縣三廠底渣骨材含水率如表五所示，其中新店和八里的含水量相當穩定，皆在 15~16%，而樹林廠部分變化較大，不同批次的底渣骨材從 9~17% 不等，但每一梯次的重複樣本中，異變數皆小於 0.0003，因此斷定是不同批次之間品質差異較大所造成的。



表五 台北縣底渣骨材含水率

底渣骨材來源	採樣梯次	平均含水量 (%)
樹林	2008/12/15	13.96
	2009/2/5	17.03
	2009/3/24	9.93
新店	2009/2/5	15.56
	2009/3/24	15.39
八里	2009/2/5	16.35
	2009/3/24	16.01

4.2.2 TCLP

圖十九為樹林、新店、八里三廠底渣骨材的 TCLP 檢測結果。As 在 2009/2/5 的樹林、八里的單位底渣骨材溶出量較其他批次高；Cd 則是在 2009/2/5 的樹林、新店、八里廠底渣骨材以及 2009/3/15 的樹林廠底渣骨材中有較高的溶出量；Cr 僅在 2009/2/5 的樹林廠及八里廠分別測得 0.032 mg/l 和 0.025 mg/l 得濃度，其他樣本則無偵測到 Cr，皆低未達法規的 Cr⁶⁺ 標準的 15%，並無 Cr⁶⁺ 過量的疑慮；Pb 除 2009/3/15 的新店廠底渣骨材高達 1.9 mg/l 之外，其他採樣皆低於 0.2 mg/l；Se 值則分別在 2009/2/5 的樹林及八里廠測得 0.1 mg/l 以上的濃度外，其他皆在 0.5 以下。

TCLP 的檢測結果中，皆無超過法定標準。As 的溶出量皆在 0.095 mg/l 以下，Ba 在 0.8 mg/l 以下，Cd 皆低於 0.136 mg/l，Cr 在 0.032 mg/l 以下，多數的 Pb 在 0.15 mg/l

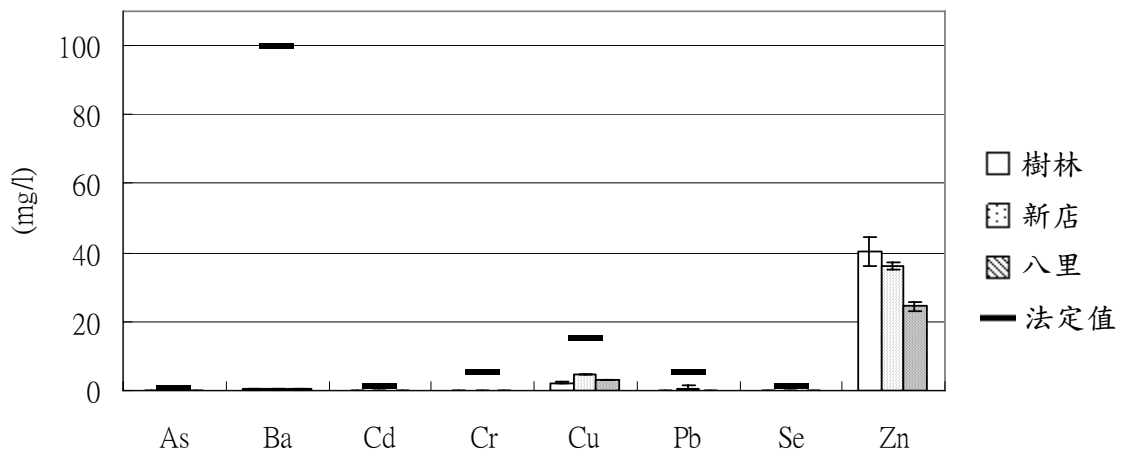
以下，溶出量較高的有 Cu 和 Zn，分別達 5 mg/l 及 50 mg/l。但相對於總重金屬溶出實驗的結果，可知道 Zn、Cu 溶出量是受到底渣骨材本身就有較高含量的影響，Cu 的在 TCLP 的溶出量是總重金屬結果中的 4% 以下，Zn 穩定效果較差，溶出量是總重金屬結果的 30%。以 Lind 在 2008 年的實驗中顯示，相較於天然骨材，Zn 可被氧化溶出量的比例確實比一般礫石高出一倍(Lind, Norrman et al. 2008)。

4.2.3 總重金屬

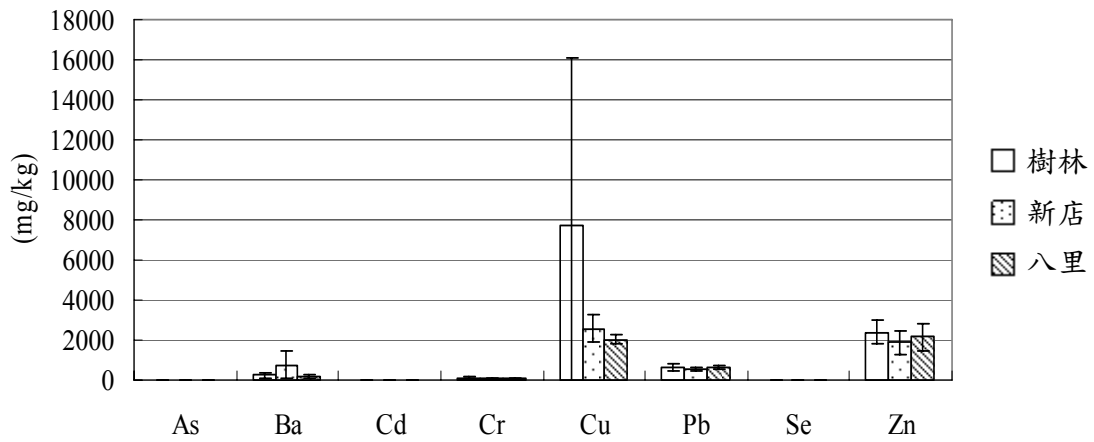
從圖二十所顯示的總重金屬資料。樹林的重金屬含量中，As、Cd、Cr、Cu、Se、Zn 都是三個廠中最高的。其中 As 的 5 mg/kg 比新店及八里廠多出 40~66%。Cd 的 19 mg/kg 則是另外兩廠的 6~7 倍。Cu 的量測數值則是受到一月份樣品中，可能含有大量 Cu 的影響，而使整體平均值提高到 7749 mg/kg。Cr、Se、及 Zn 部分，雖然數值較高，但與另外兩廠的差距皆在 20% 之內。新店廠的檢測結果中，則是 Ba 的 764 mg/kg 明顯為新店及八里的三倍。但以上重金屬含量乃是受到進入焚化廠廢棄物的組成影響，而底渣骨材前處理階段，磁選過程會受到底渣骨材潮濕或是金屬物質體積過小而降低回收效率，使得底渣骨材在重金屬溶出量增加。

總重金屬的檢測結果反應出 TCLP 溶出量受到底渣骨材穩定化效果及總重金屬含量的影響(表六)。As 在 2009/2/5 的樹林、八里底渣骨材中，單位 TCLP 的溶出量分別佔總 As 含量的 28 及 40%，相較於其他樣品的 2~6% 明顯高出許多。Cd 則是 TCLP 的溶出量佔總 Cd 量的 30% 以下，部份樣品 TCLP 的含量將近總量的 500%，可能是

由於樣品不均所造成。Cu 部分，則是由於底渣骨材內本身含量就高達 2000~7000 mg/Kg 不等，因此儘管 TCLP 溶出量僅佔總量的 4%以下，TCLP 的溶出量仍達 5 mg/l。Se 值在 2009/2/5 的樹林及八里廠的 TCLP 實驗中分別溶出總量的 10%及 12%，明顯比其他樣品的 1~4%高出一倍以上。Chimenosy 在 1999 年實驗顯示玻璃及陶片在 2mm 以下的比例明顯減少 10%，無機礦物的比例比 4mm 以上的高出一倍，而 Fe、Zn、Sn、Cu 主要集中在 2mm 以下的顆粒，尤其以 Zn 有粒徑越小，有含量越高的趨勢(Chimenos, Segarra et al. 1999)。而北縣底渣級配中，可通過 2mm 試驗篩的比例將近 40%(國賓大地環保事業股份有限公司 2006)，因此級配粒徑較小可能是 Cu 及 Zn 偏高的原因。



圖十九 樹林、新店、八里底渣骨材的 TCLP 檢測結果(詳細數值見附錄圖十六)



圖二十 樹林、新店、八里底渣骨材的總重金屬檢測結果(詳細數值見附錄圖十七)

表六 TCLP 溶出量在總重金屬中的比例(w/w)

	2009/1/15	As(%)	Ba(%)	Cd(%)	Cr(%)	Cu(%)	Pb(%)	Se(%)	Zn(%)
樹林	2009/2/5	28.24%	3.52%	21.66%	0.57%	2.89%	0.43%	9.91%	12.41%
	2009/3/15	2.16%	4.85%	7.79%	N.D.	0.56%	0.15%	4.13%	39.35%
	2009/2/5	4.10%	3.73%	18.52%	N.D.	2.80%	0.49%	1.60%	29.89%
新店	2009/3/15	6.25%	9.43%	499.02%	N.D.	3.57%	6.67%	3.00%	47.00%
	2009/2/5	39.09%	3.26%	29.26%	0.45%	2.78%	0.37%	12.31%	12.31%
八里	2009/3/15	3.55%	8.73%	15.66%	N.D.	3.03%	0.23%	1.90%	27.64%

4.3 底渣骨材水洗特性

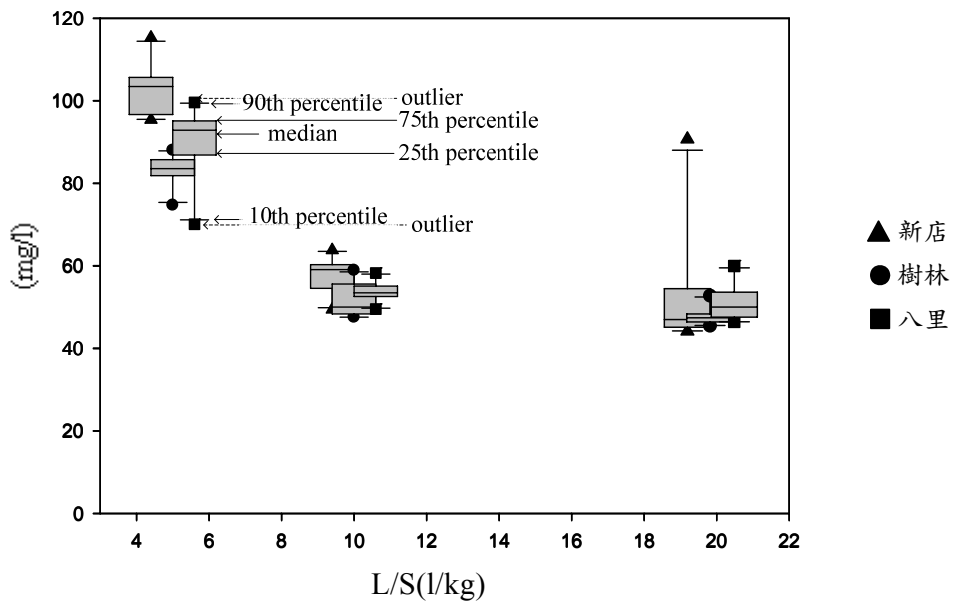
4.3.1 溶解性有機碳比較

以 20°C 的純水分別以液固比 5、10 及 20 對新店、樹林及萬里焚化場底渣骨材製作的骨材水洗後，結果如圖二十一所示，三廠的溶解性有機碳溶出量並無太大差異，當液固比為 20 及 10 時，溶出的溶解性有機碳總量相當接近，皆在 50~60 mg/l；但

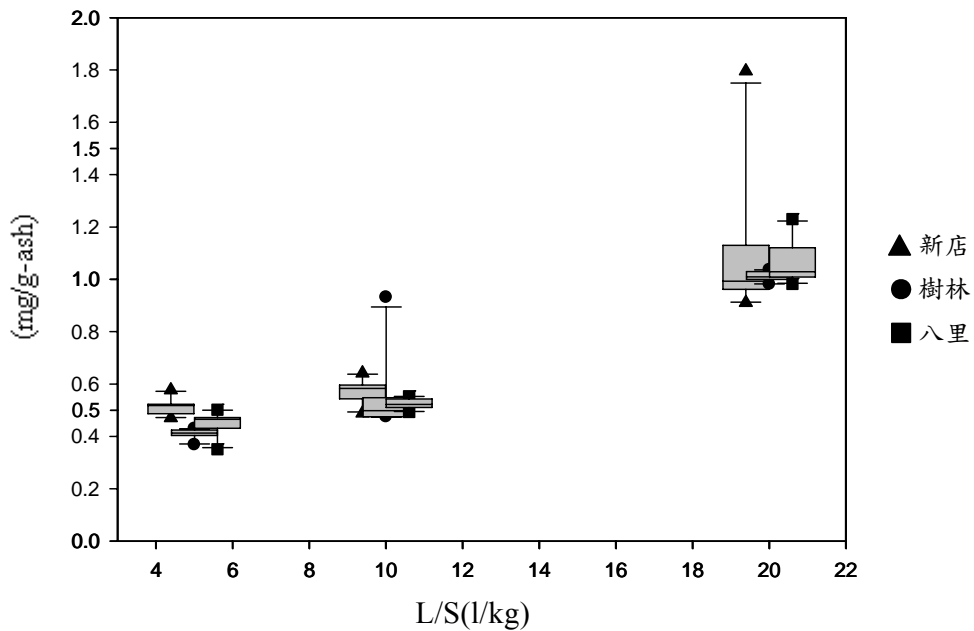
液固比減低到 5 時，水洗液的溶解性有機碳濃度卻增加到 80~120 mg/l。若將底渣骨材溶出量除以使用的底渣骨材重量可得到圖二十二，資料顯示，每單位底渣骨材在不同液固比的溶出量，呈現正相關，但液固比 5 和 10 的單位溶出量相當接近。

在溫度影響部分，採用的是新店廠底渣骨材，分別以 20°C、45°C、70°C 的純水作水洗試驗 (圖二十三)(圖二十四)，70°C 水溫在低液固比時明顯有比較高的溶解性有機碳濃度，若換算為單位底渣骨材所溶出的溶解性有機碳時，高液固比的溶出量在 9~10 mg/g-ash，明顯高於低液固比的結果，但高溫水洗在高液固比的溶出量反而是最少的。因此單位底渣骨材的溶解性有機碳溶出量，液固比 20 的溶出量大於 5 和 10 近 80%到 120%不等，溫度影響方面，由實驗結果可知溫度對單位底渣骨材的溶解性有機碳量並無明顯影響。

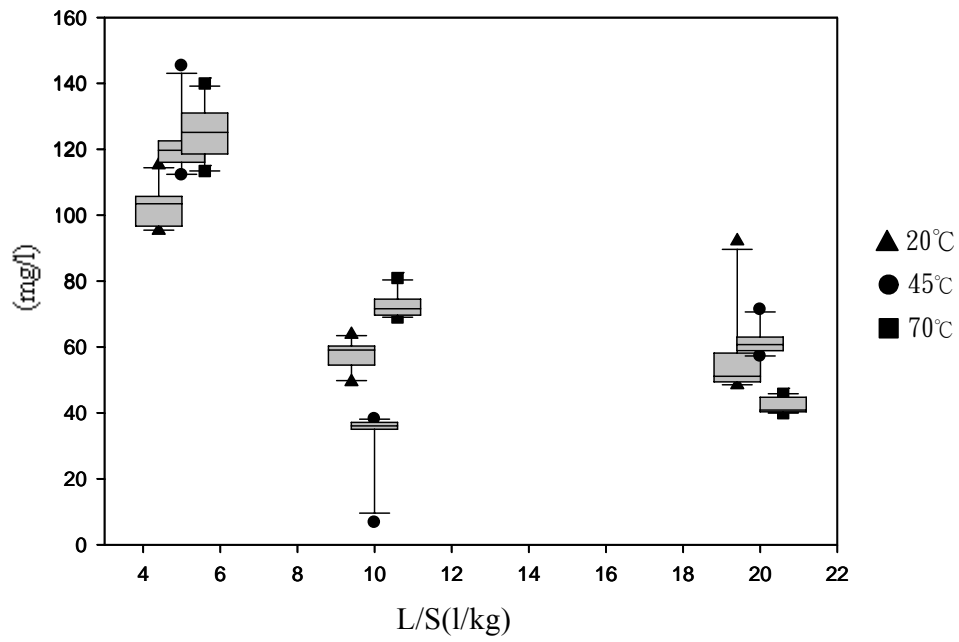
李忠文在 2004 年的實驗中也提出，底渣水洗效率隨液固比增加而提昇(李忠文 2004)。而溶液中的氯鹽濃度增加會導致被底渣吸附的物質不易溶出(高思懷, 周錦東 et al. 1999)。故推測是由於氯鹽溶出受液固比的影響較小，因此在總氯鹽隨液固比減少而增加的溶出環境中，導致有機物溶出能力降低。



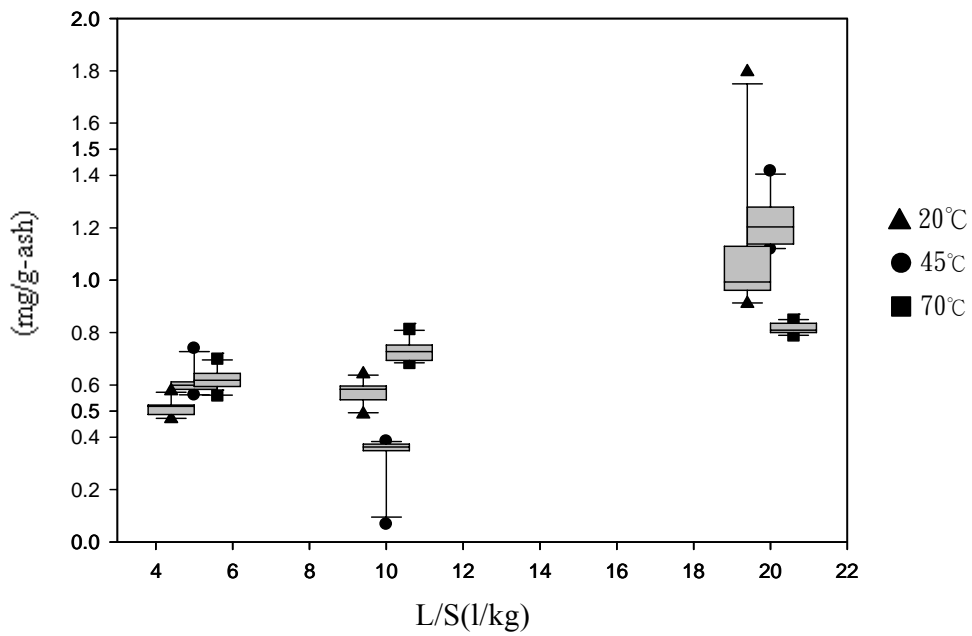
圖二十一 台北縣三廠水洗液 DOC 比較 (詳細數值見附錄表七、八、九) (圖二十一
一圖四十三皆採用 Standard percentile method)



圖二十二 台北縣三廠單位底渣骨材 DOC 比較 (詳細數值見附錄表七、八、九)



圖二十三 新店廠不同溫度水洗出的 DOC (詳細數值見附錄表八)

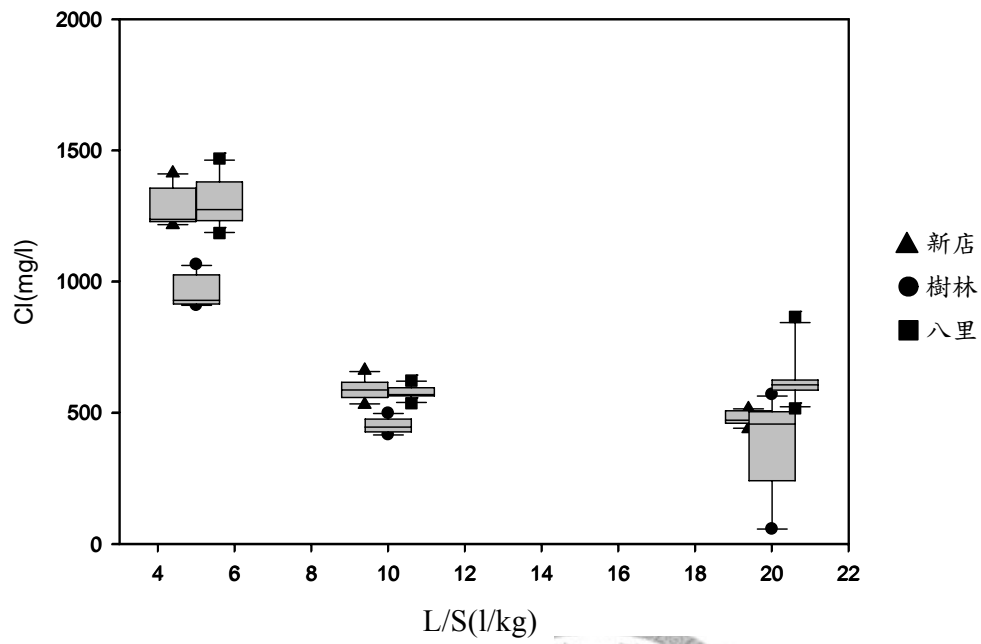


圖二十四 新店廠不同溫度單位底渣骨材洗出的 DOC (詳細數值見附錄表八)

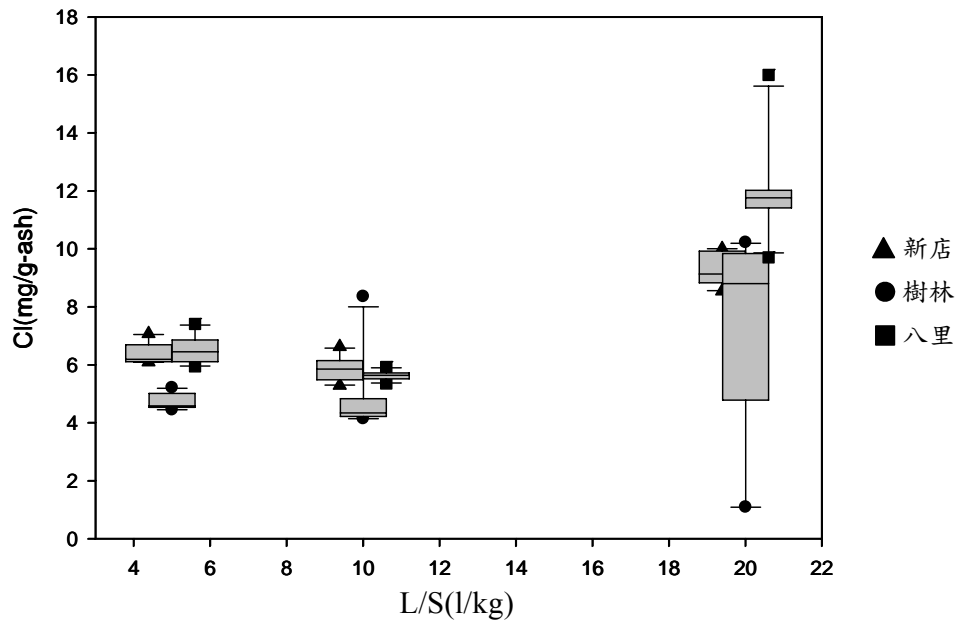
4.3.2 氯鹽比較

分別以新店、樹林、八里的底渣骨材做水洗測試，結果如圖二十五及圖二十六所示，八里廠水洗試驗的氯鹽溶出明顯較多樹林廠最少，而三廠皆在液固比 5 的溶出量最高。若換算為單位底渣骨材溶出的氯鹽，液固比對新店廠及樹林廠的變化不大；但八里廠 變化量則從液固比 10 的 5.6 mg/g-ash 增加到 12 mg/g-ash。

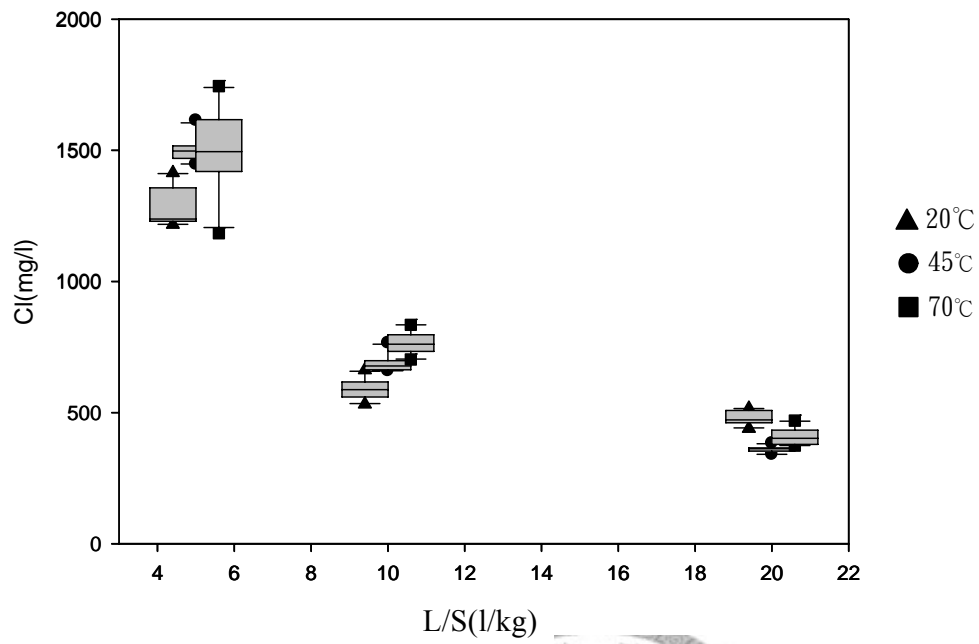
溫度影響部份，以不同水溫對新店廠骨材做水洗後可知氯鹽溶出在低液固比的環境中，70°C 的溶出量比起 20°C，高出 200 mg/l。而液固比對單位底渣骨材溶出氯鹽量作圖，可得到圖二十七，由圖表顯示，70°C 的結果在低液固比的時候對氯鹽的溶出量影響有限。除了樹林廠之外，溶出量皆在 7~9 mg/g-ash。整體而言，高溫 70°C 的結果僅比中低溫度 20°C 及 45°C 高出 1~2 mg/g-ash，而液固比對單位底渣骨材的氯鹽溶出量在 20°C 時影響最大，可達 4 mg/g-ash (圖二十八)。在氯鹽溶出的影響因素中，除了溶出外亦包括錯合及沉澱(Wozniak and Huang 1982)，而氯鹽及重金屬在溶出後可能形成錯合物並沉降(EPA 1976)。高溫能加快多數的溶出及反應速度，因此推測高溫水洗時，水洗液中的溶出及沉降等反應皆已達到平衡，故液固比的影響不大。



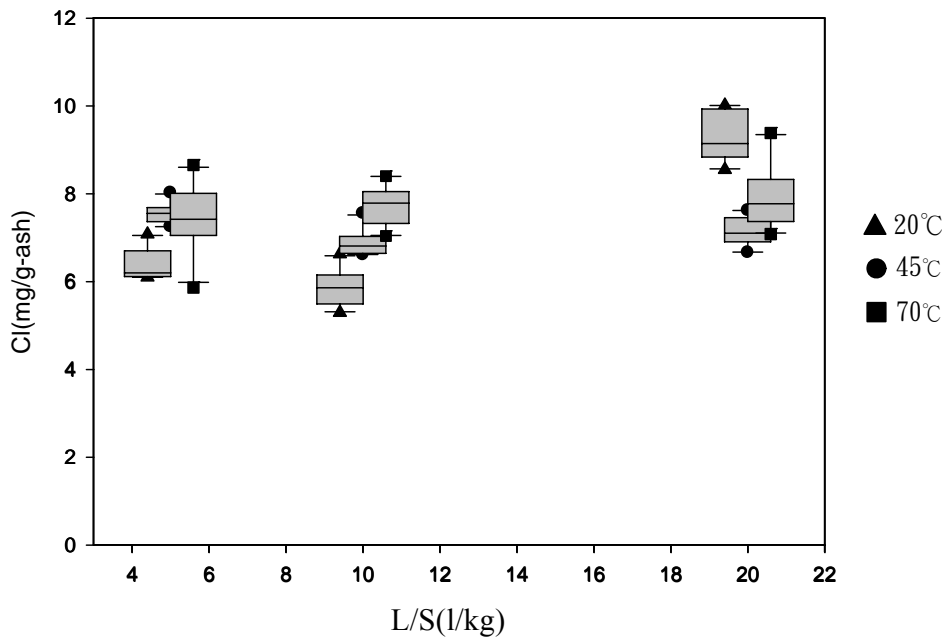
圖二十五 台北縣三廠水洗液氯鹽比較 (詳細數值見附錄表七、八、九)



圖二十六 台北縣三廠單位底渣骨材氯鹽比較 (詳細數值見附錄表七、八、九)



圖二十七 新店廠不同溫度水洗出的氯鹽 (詳細數值見附錄表八)



圖二十八 新店廠不同溫度單位底渣骨材洗出的氯鹽 (詳細數值見附錄表八)

4.3.3 重金屬

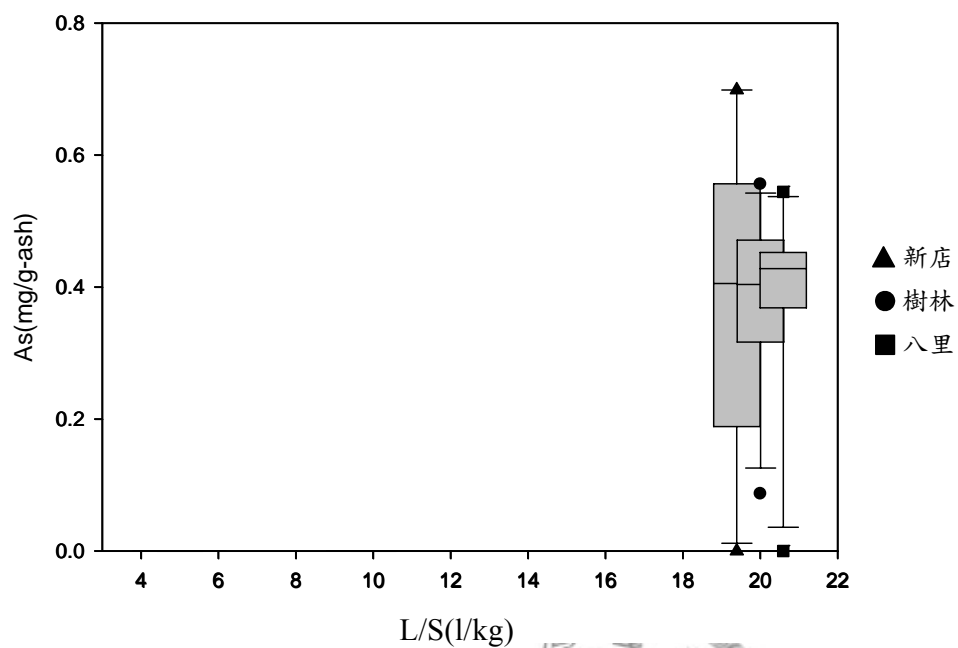
以 20°C 的純水對台北縣三個焚化廠底渣骨材進行水洗實驗後，其 As、Ba、Cd、Cr、Cu、Se、Zn 的濃度分別圖二十九-圖三十六所示。

分別取新店、樹林、八里三廠底渣骨材，以 20°C 水洗的重金屬結果如圖三十七至圖四十三所示。其中 As 部分，在液固比 20 時溶出量都在 0.4~0.5 mg/g-ash，但當液固比向下調整後，幾乎沒有溶出量。三個廠之中，以樹林廠的 10 組數據變化量最大。Ba 的溶出量在新店、樹林廠中，液固比 20 時單位底渣骨材所能洗出的 Ba 量是最高的，但八里廠在 Ba 的溶出量皆在 5 mg/g-ash 以下。Cd 和 Cr 在重金屬中，對人體的傷害程度高，在水洗底渣骨材樣本中，溶出量皆在 0.011 mg/g-ash 以下，但樹林廠的樣本中，有一個的 Cd 含量高達 21 mg/g-ash，八里廠則是其中一份樣品 Cr 值達到 0.7 mg/g-ash，此一結果反應出底渣骨材成分分布不均的問題。Cu、Pb 和 Zn 的部份，由於磷酸固定效果較有限，溶出量 Cu 高達 25 mg/g-ash，Pb 有 30 mg/g-ash，Zn 則有 16 mg/g-ash。這三種重金屬的溶出性質，液固比 20 依然是明顯高於 10 和 5 一倍以上，Zn 的部份甚至可達三倍。Se 的溶出量在液固比 5 和 10 的部份是偵測不到的，除了八里廠中，有一份樣品偵測的數值達 6 mg/g-ash，液固比 20 的樣本中，溶出量皆在 2 mg/g-ash 以下。由以上資料可知，高液固比 (20) 的單位底渣骨材溶出量都是最高的，隨著液固比降低，溶出量皆大幅減少，其中 As、Cd、Cr 及 Se 甚至在低液固比時偵測不到溶出量。而樹林廠在 Cd、Pb 及 Zn 的溶出量高於新店廠及八里廠，八里廠則是 Cr 及 Se 的溶出量較另外兩廠高。

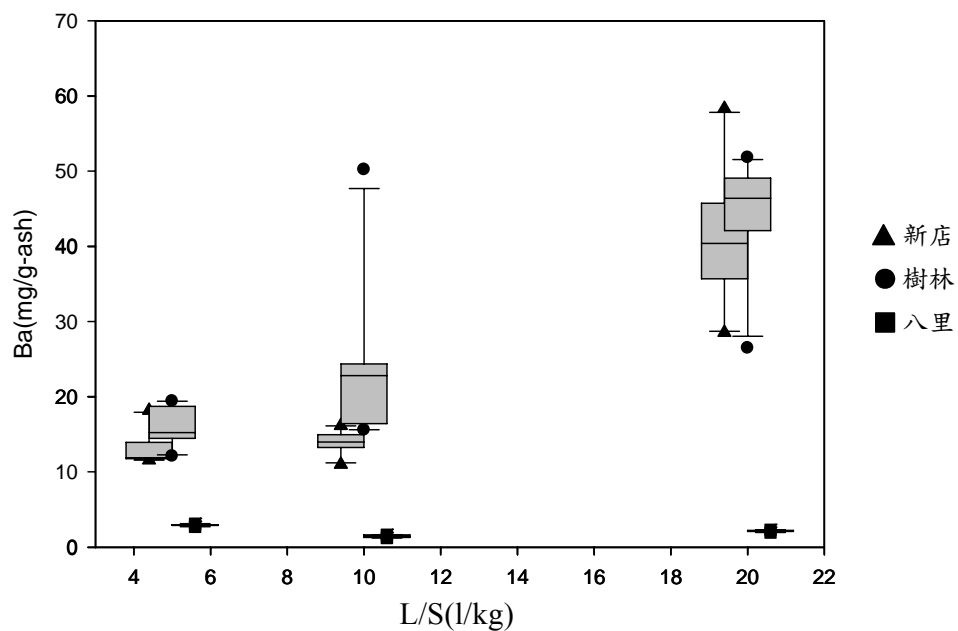
不同溫度影響部分，在液固比為 20 的實驗結果中，Ba、Cd、Cu、Pb 及 Zn 的溶

出量隨水溫增加而減少，70°C水洗的溶出量減少到20°C的50%以下、甚至低於偵測極限。As和Se在液固比20時，則是45°C的4.227 mg/g-ash及4.133 mg/g-ash溶出量最多，20°C及70°C的溶出量皆低於45°C的15%。Cr的溶出量在各溫度、液固比皆低於偵測極限。隨著液固比下降，As、Ba、Cd及Se的單位底渣骨材溶出量皆隨著減低。Cu和Pb在20°C及45°C時，溶出量在隨液固比降低而減少，但70°C水洗卻出現溶出量在低液固比時溶出量提高的情形。Zn的單位底渣骨材溶出量除了在70°C隨液固比降低而增加外，45°C在液固比為10的時候溶出量高於液固比5及20。推測是由於底渣在磷酸處理後，可溶出的成分包括 $\text{Cd}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ 、 $\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ 、 $\text{Cd}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ 、 $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ 及 $\text{Zn}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ ，且 K_{sp} (Solubility product constant) 皆在 10^{-37} 以下(Eighmy, Crannell et al. 1997; Crannella, Eighmy et al. 2000)，而水洗液中的氯鹽濃度隨液固比下降而增加，抑制重金屬化合物溶出。

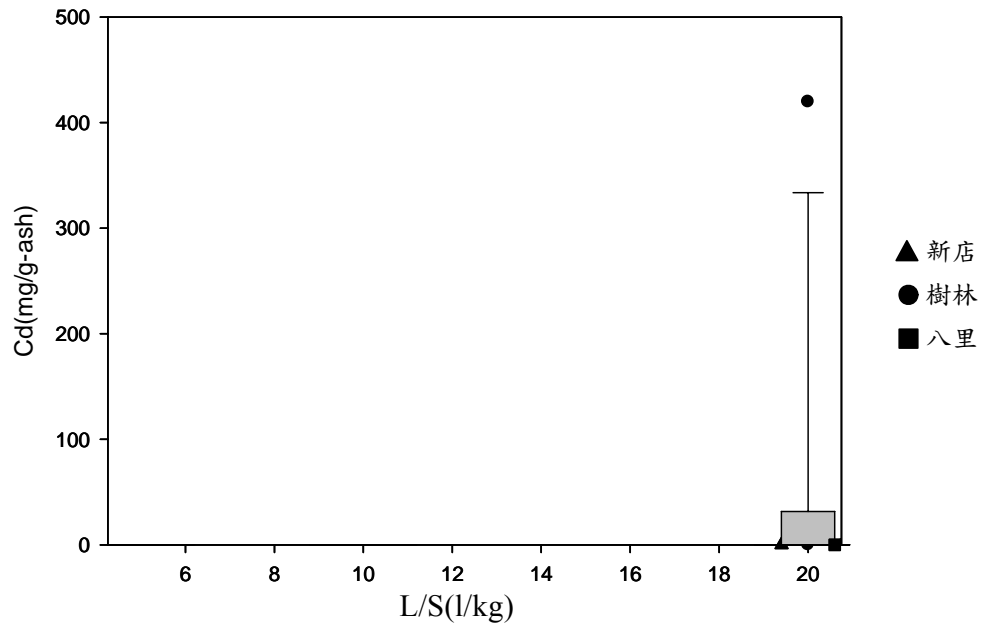
整體而言，在20°C液固比20的條件下可溶出最高的As、Ba、Cr、Cd、Cu、Pb、Zn及Se總量，88 mg/g-ash。Ba、Cd、Cu、Pb及Zn皆在20°C液固比20的條件下有最高的單位溶出量，As及Se則是在45°C液固比20的條件下可達到最高的單位溶出量。



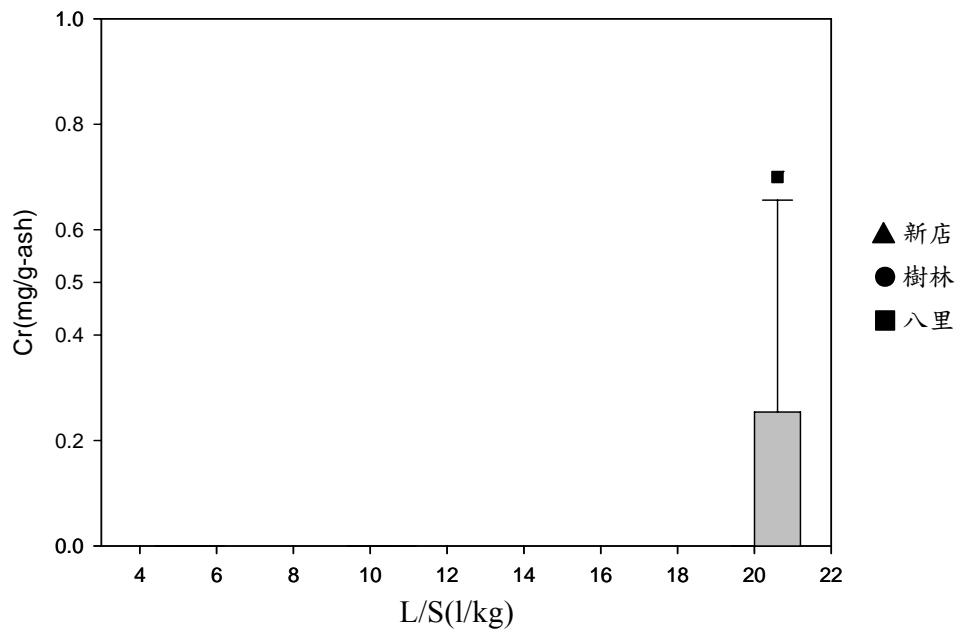
圖二十九 不同焚化廠底渣骨材洗出的 As (詳細數值見附錄表十一、十三、十五)



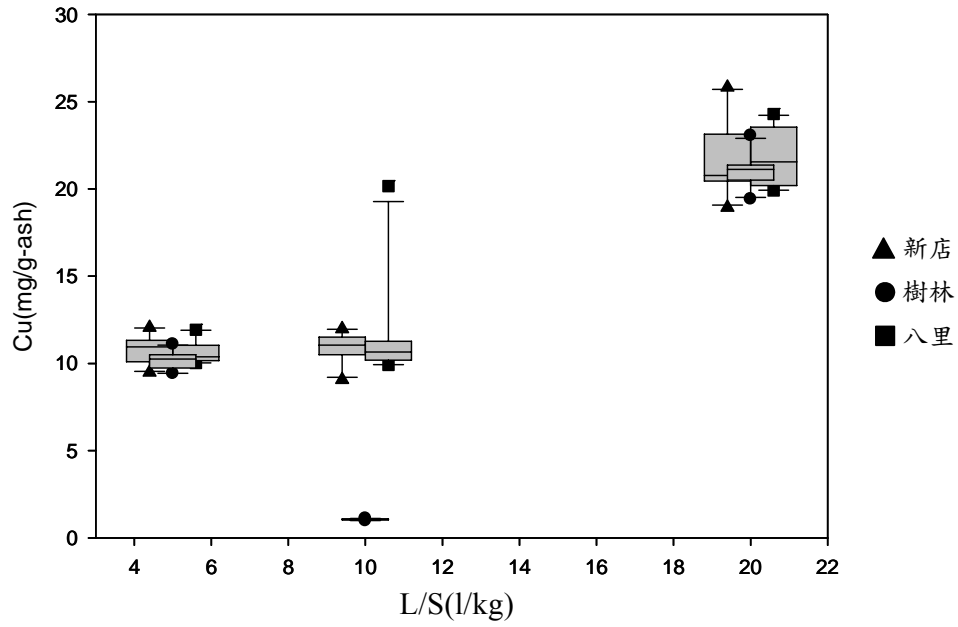
圖三十 不同焚化廠底渣骨材洗出的 Ba (詳細數值見附錄表十一、十三、十五)



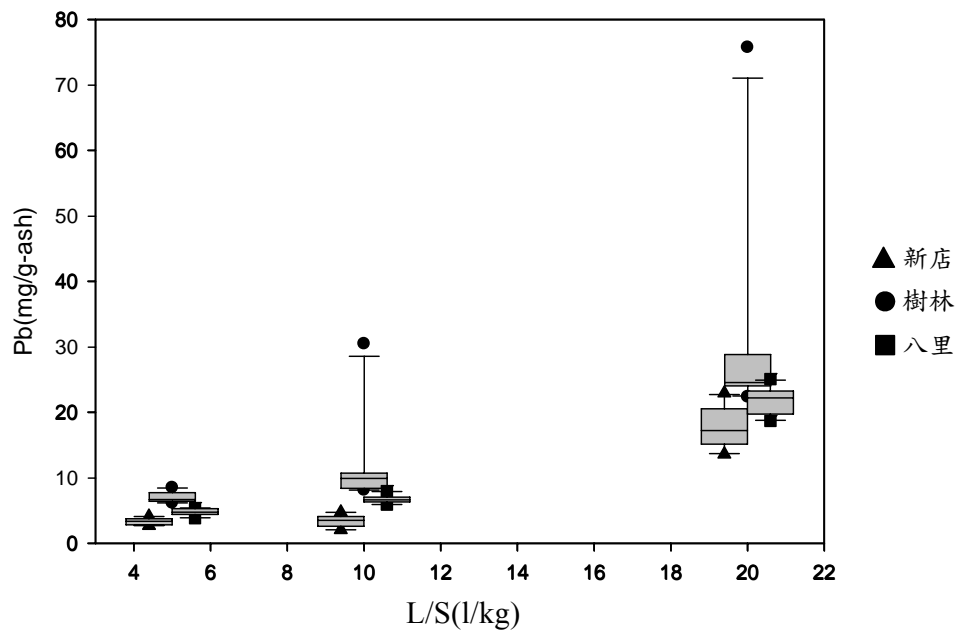
圖三十一 不同焚化廠底渣骨材洗出的 Cd (詳細數值見附錄表十一、十三、十五)



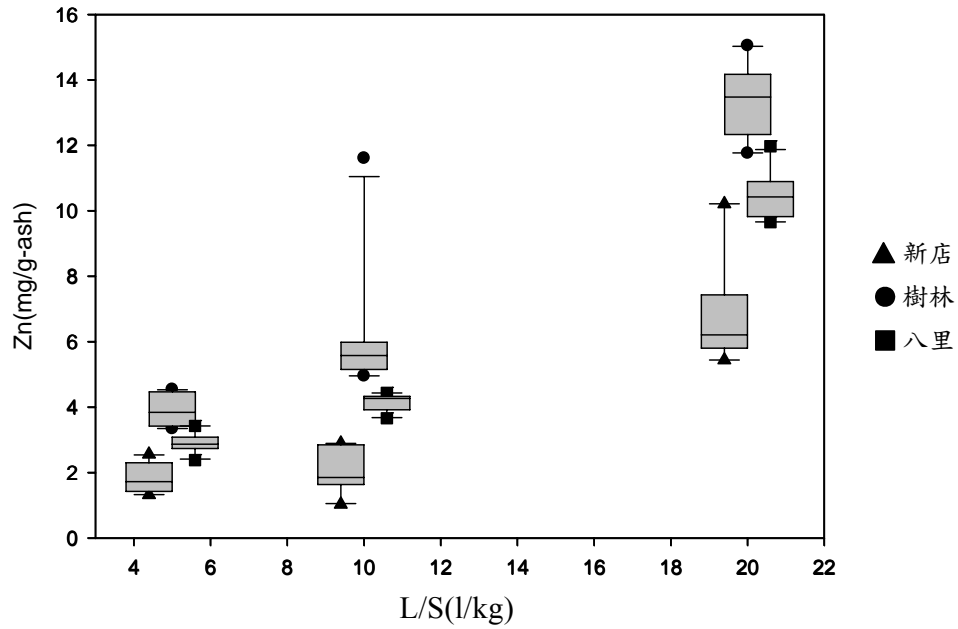
圖三十二 不同焚化廠底渣骨材洗出的 Cr (詳細數值見附錄表十一、十三、十五)



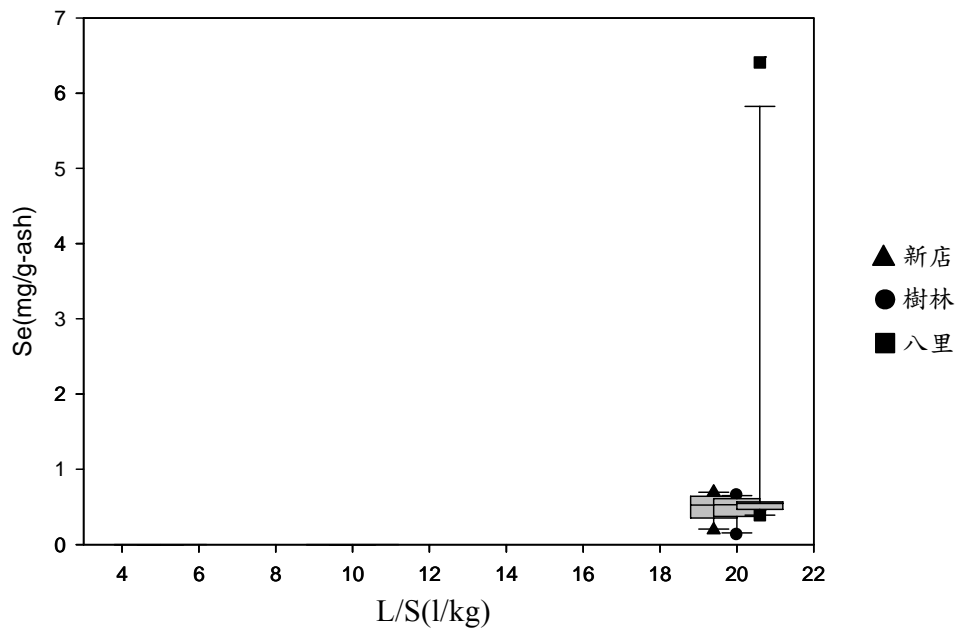
圖三十三 不同焚化廠底渣骨材洗出的 Cu (詳細數值見附錄表十一、十三、十五)



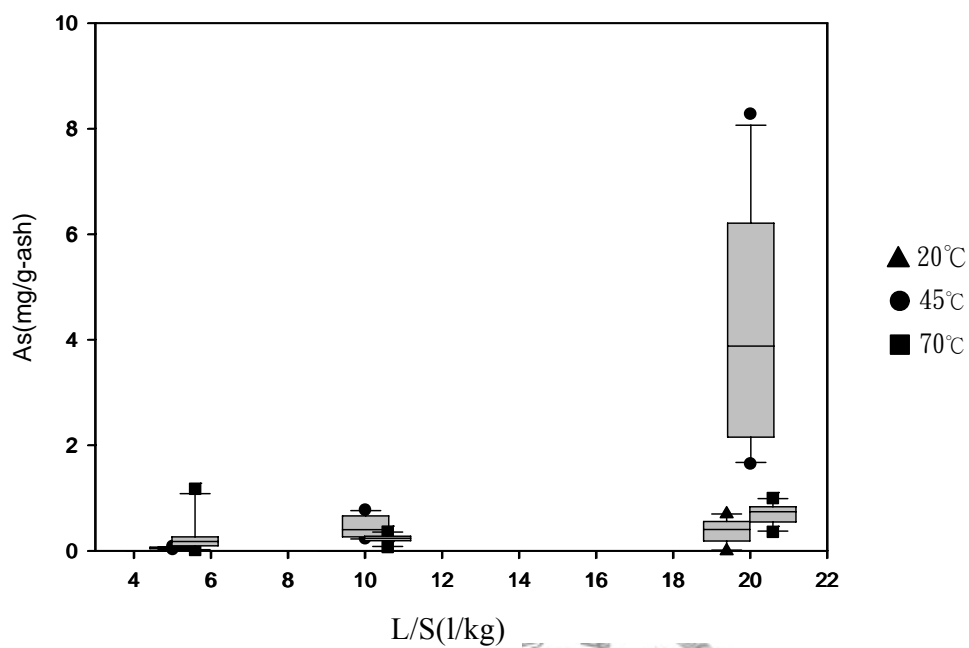
圖三十四 不同焚化廠底渣骨材洗出的 Pb (詳細數值見附錄表十一、十三、十五)



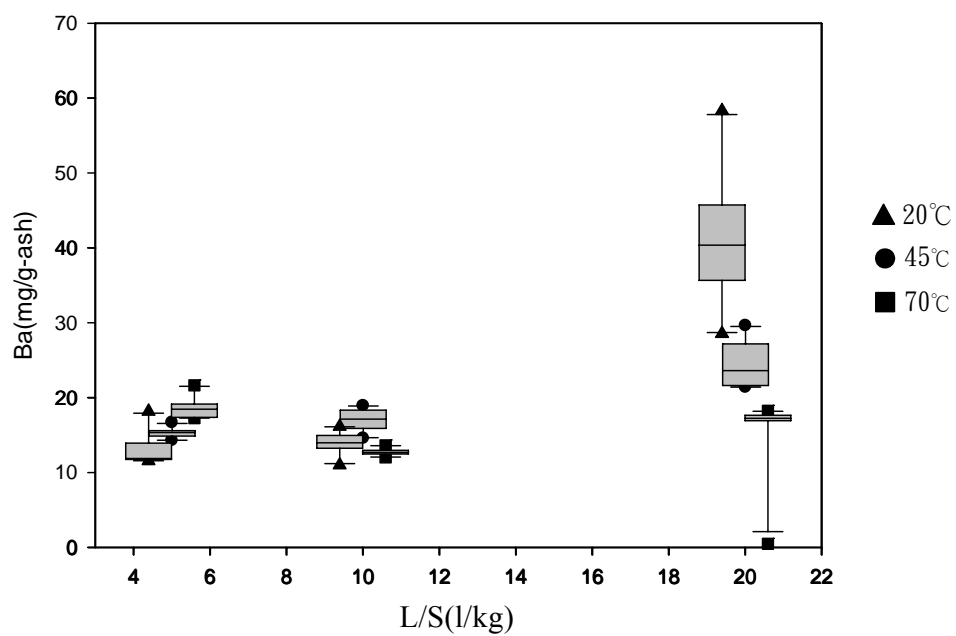
圖三十五 不同焚化廠底渣骨材洗出的 Zn (詳細數值見附錄表十一、十三、十五)



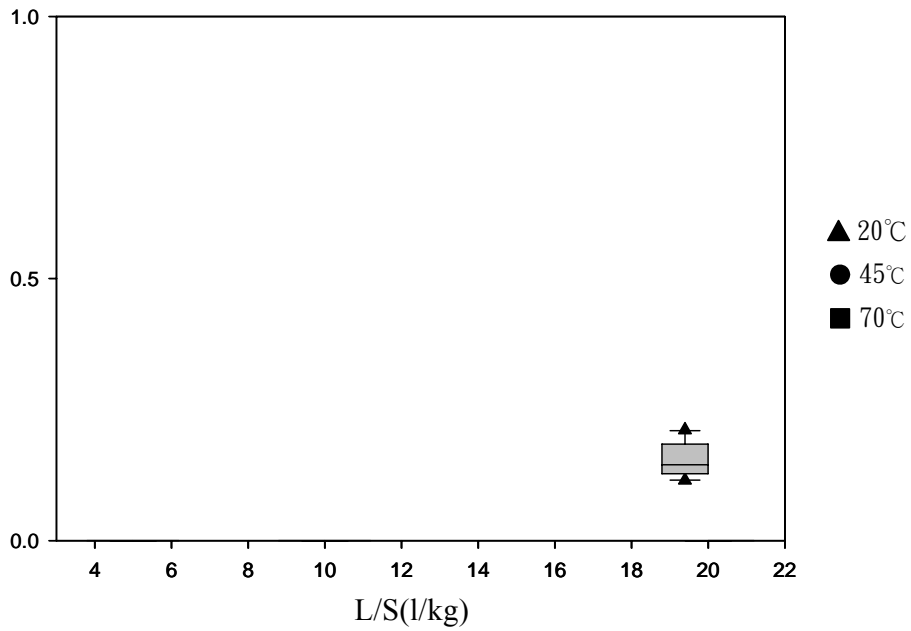
圖三十六 不同焚化廠底渣骨材洗出的 Se (詳細數值見附錄表十一、十三、十五)



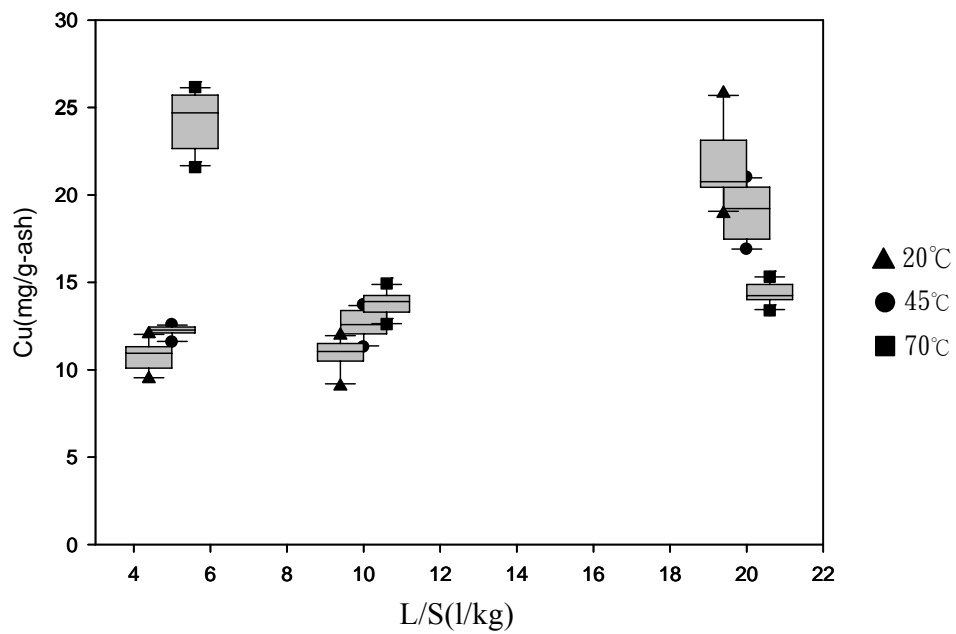
圖三十七 不同溫度水洗新店廠底渣骨材洗出的 As (詳細數值見附錄表十二)



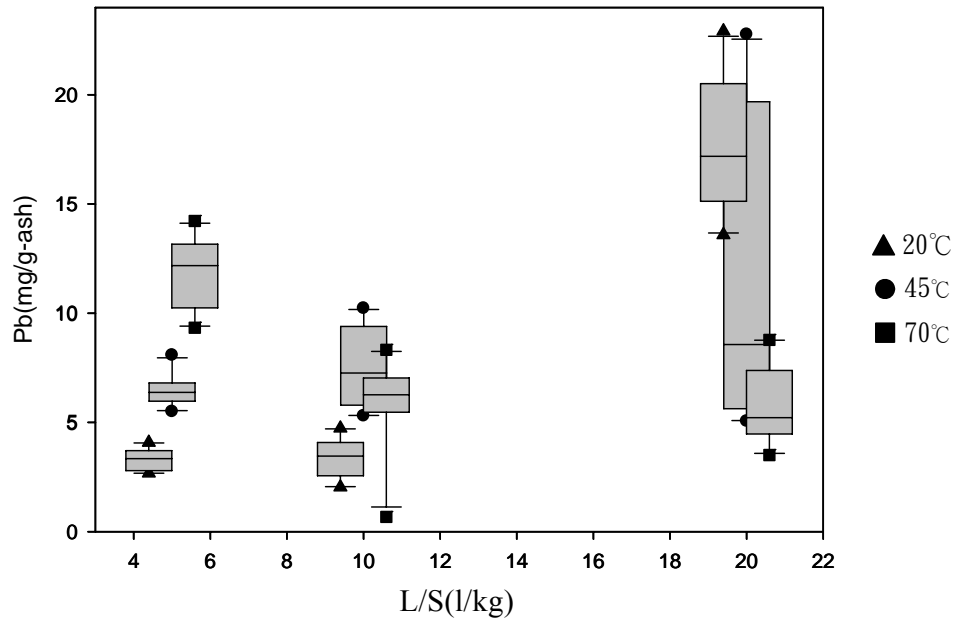
圖三十八 不同溫度水洗新店廠底渣骨材洗出的 Ba (詳細數值見附錄表十二)



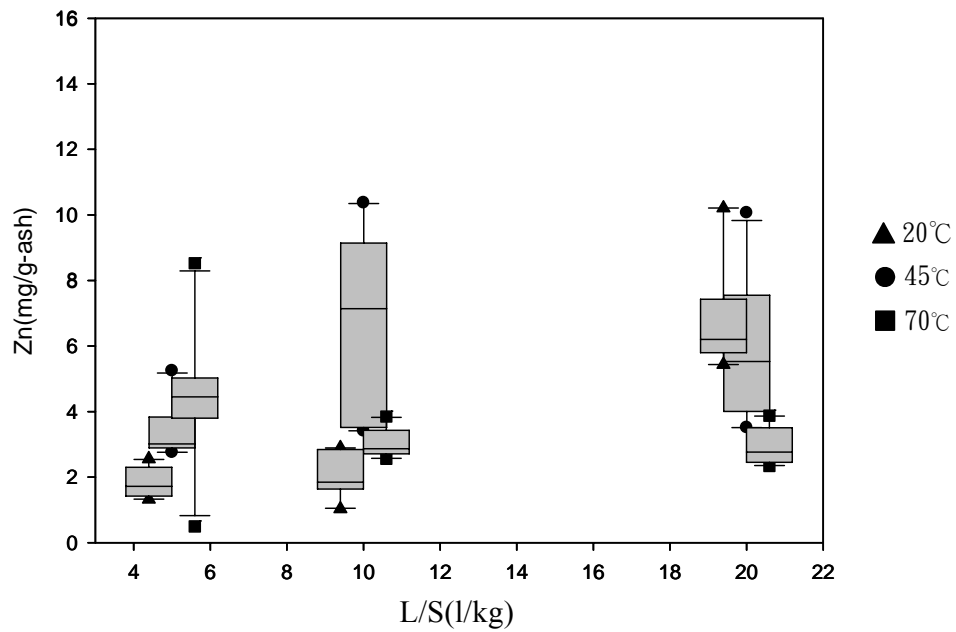
圖三十九 不同溫度水洗新店廠底渣骨材洗出的 Cd (詳細數值見附錄表十二)



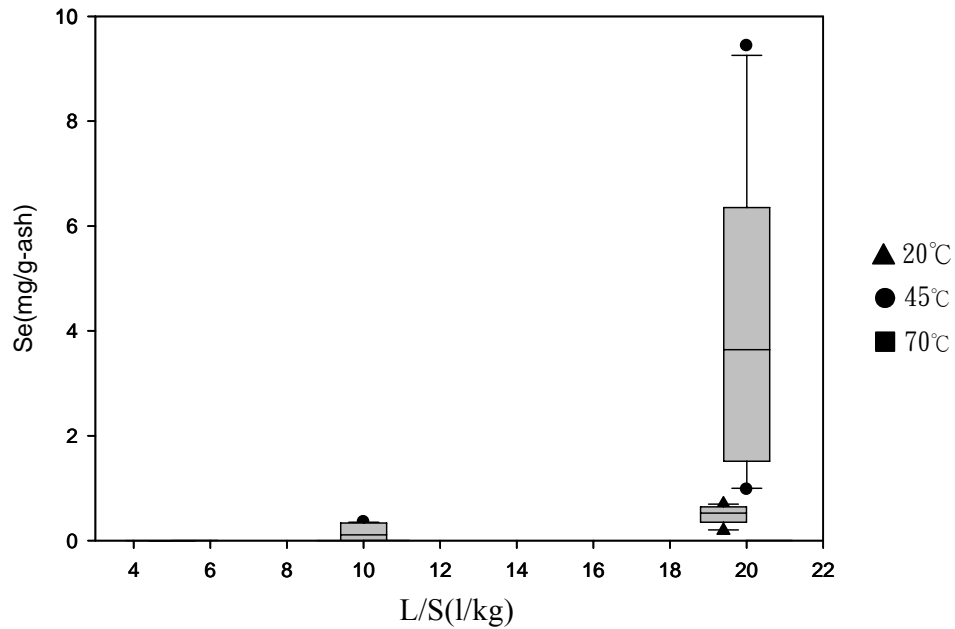
圖四十 不同溫度水洗新店廠底渣骨材洗出的 Cu (詳細數值見附錄表十二)



圖四十一 不同溫度水洗新店廠底渣骨材洗出的 Pb (詳細數值見附錄表十二)



圖四十二 不同溫度水洗新店廠底渣骨材洗出的 Zn (詳細數值見附錄表十二)



圖四十三 不同溫度水洗新店廠底渣骨材洗出的 Se (詳細數值見附錄表十二)



4.3.4 水洗溶出的有機物

取樹林、新店、八里底渣骨材以液固比 5、20°C 的條件水洗，並以二氯甲烷液相萃取。共測得兩種半揮發有機物(表七)，分別為 3,9-Diazatricyclo[7.3.0.0.(3,7)] Dodecan-2,8-Dione(CAS No. 019943-27-2)及 Triphenylphosphine oxide (CAS No. 791-28-6)。其中 3,9-Diazatricyclo[7.3.0.0.(3,7)] Dodecan-2,8-Dione 僅在三月份採集的樹林廠底渣骨材內驗出。Triphenylphosphine oxide 則是在三月及五月的三廠底渣骨材樣本中都有偵測到。GC/MS 圖譜如圖四十六—圖五十一所示。

3,9-Diazatricyclo[7.3.0.0.(3,7)] Dodecan-2,8-Dione 為焦油產物的一種(張正弘

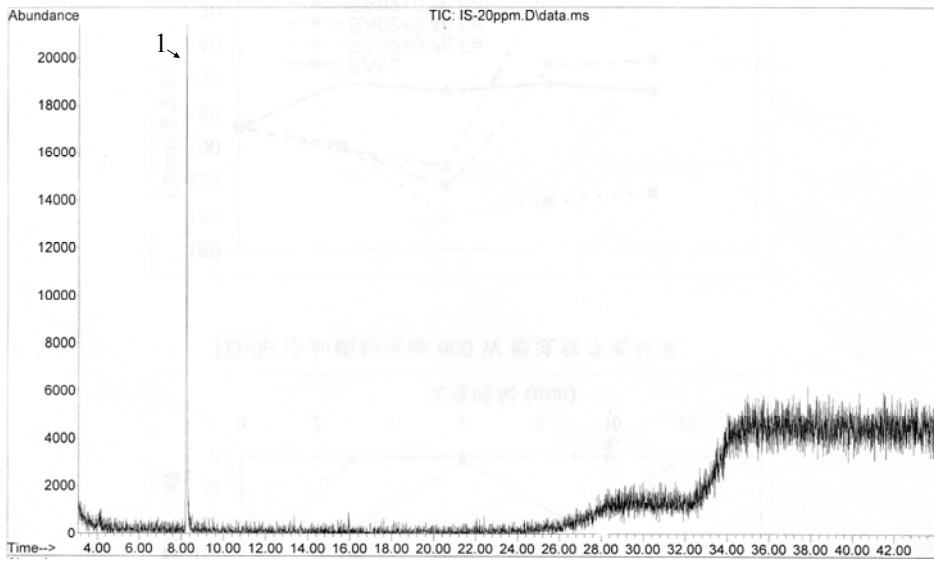
2006)，尚未有文獻明確指出此化合物對人體有害。

Triphenylphosphine Oxide 的化學結構如圖五十二所示。為 Wittig 反應中的副產物，在生產過程中可使順式烯類化合物的生產率增加(Kim and Kwak 2006; Mahdavi, Amani et al. 2008)，可用於螢光添加劑(王家麟 2008)，也曾在昆蟲的費洛蒙中發現。在多種 Triphenylphosphine 是屬於毒性比較強的，LC50(50% Lethal Concentration) 為 12.2µg/mL，LC90 為 29.5µg/mL(Lo and Hsieh 2000)，大鼠的食入性 LD50(50% Lethal Dose)為 685 mg/kg，對黏膜及皮膚具有刺激性。

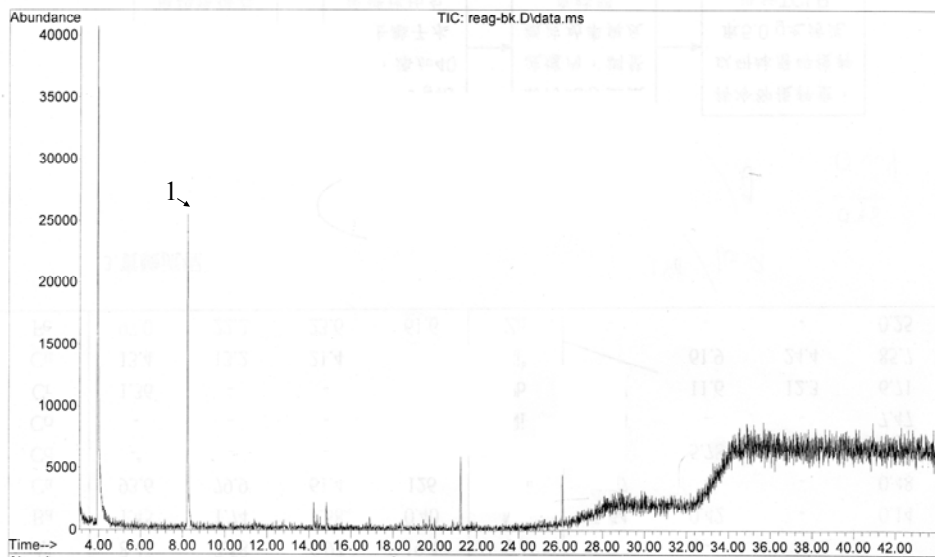
這兩種有機物中，3,9-Diazatricyclo[7.3.0.0.(3,7)] Dodecan-2,8-Dione 僅在特定梯次的底渣骨材中發現，故暫不須列入長期監測對象。而 triphenylphosphine oxide 在三月份及五月份底渣骨材中皆有驗出，但三月份到五月份的濃度大幅增加，且五月份的不同廠間，濃度差異皆在 5%之內，不排除是受到處理過程內加藥或機具的影響。因此對於此化合物是否常態的存在底渣骨材中，仍須加以追蹤。

表七 水洗底渣骨材溶出的半揮發性有機物

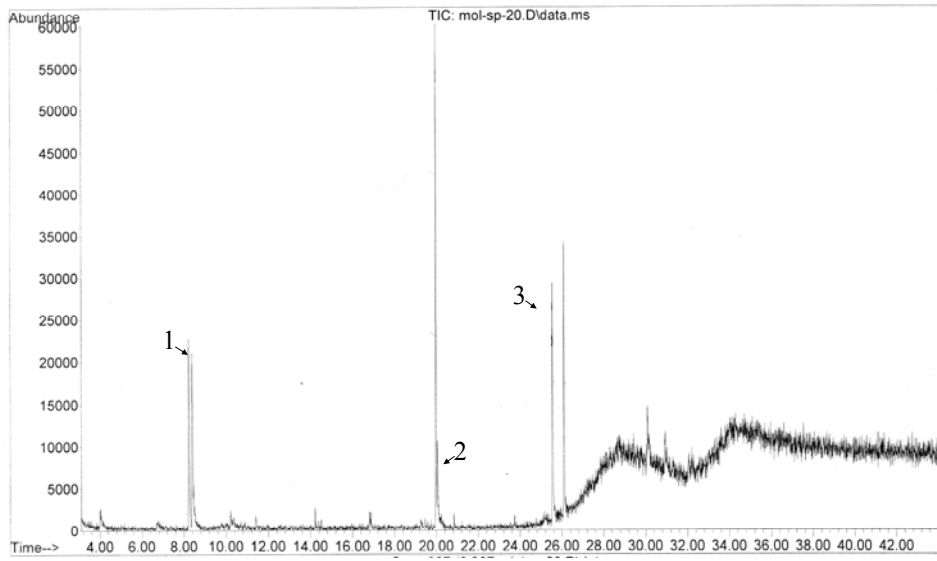
	編號	空白	樹林 三月	新店 三月	八里 三月	樹林 五月	新店 五月	八里 五月
鄰-二氯苯回收率(%)	1	110.3	100.54	105.06	87.19	79.84	108.19	103.10
3,9-diazatricyclo [7.3.0.0. (3,7)] dodecan-2,8-dione	2		●					
triphenylphosphine oxide (µg/g)	3		0.063	0.070	0.027	0.431	0.454	0.433



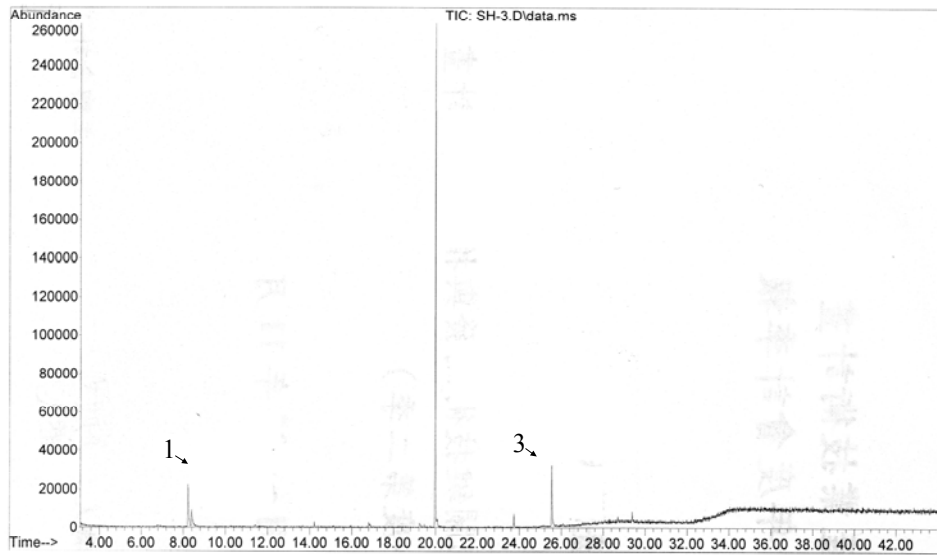
圖四十四 20ppm 的鄰二氯苯標準品



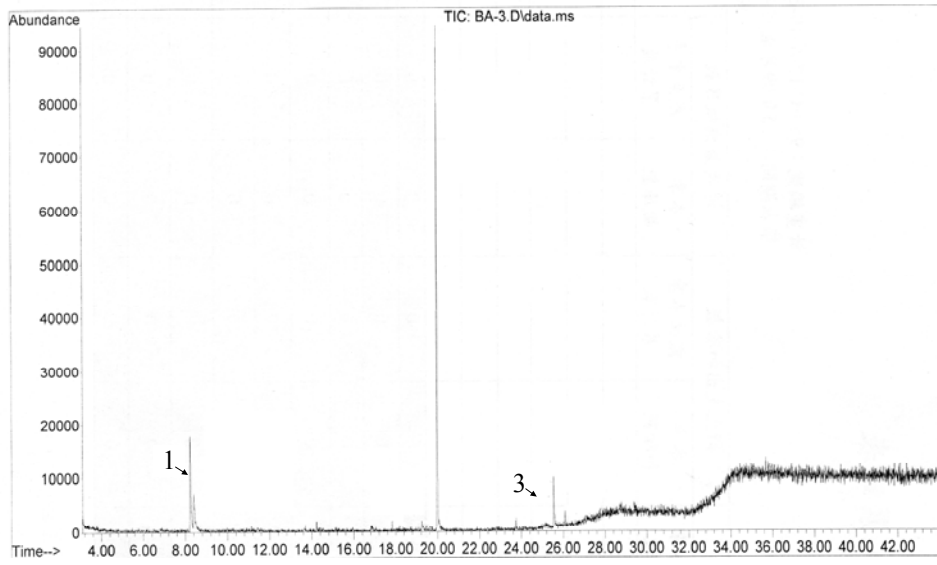
圖四十五 空白組



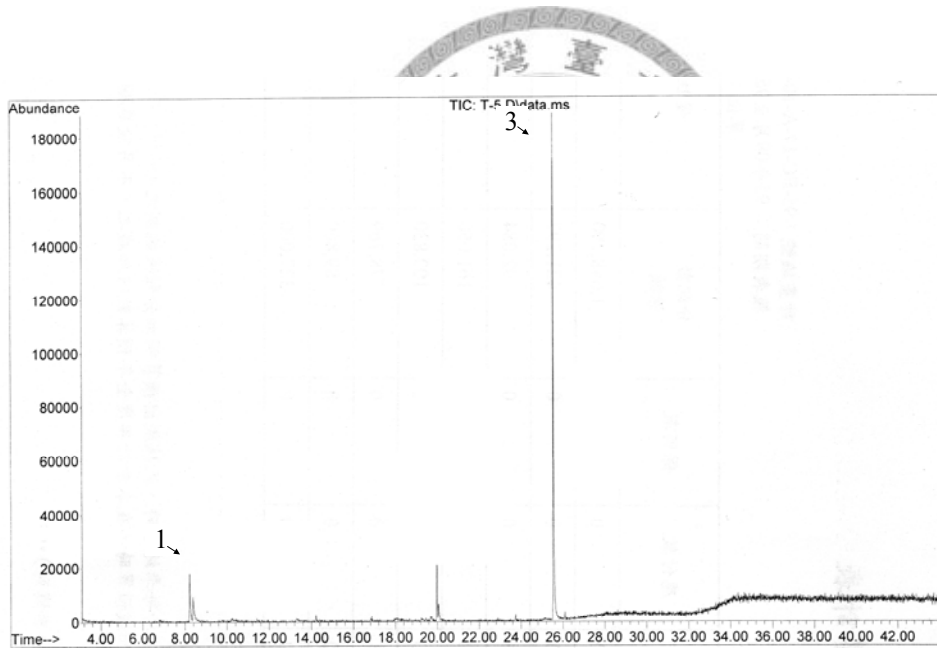
圖四十六 三月份的樹林廠底渣骨材



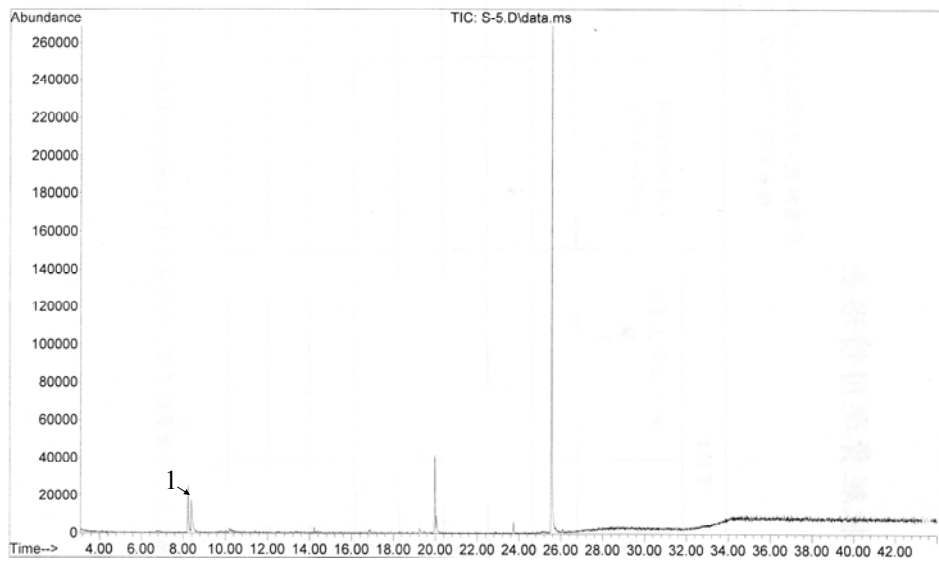
圖四十七 三月份的新店廠底渣骨材



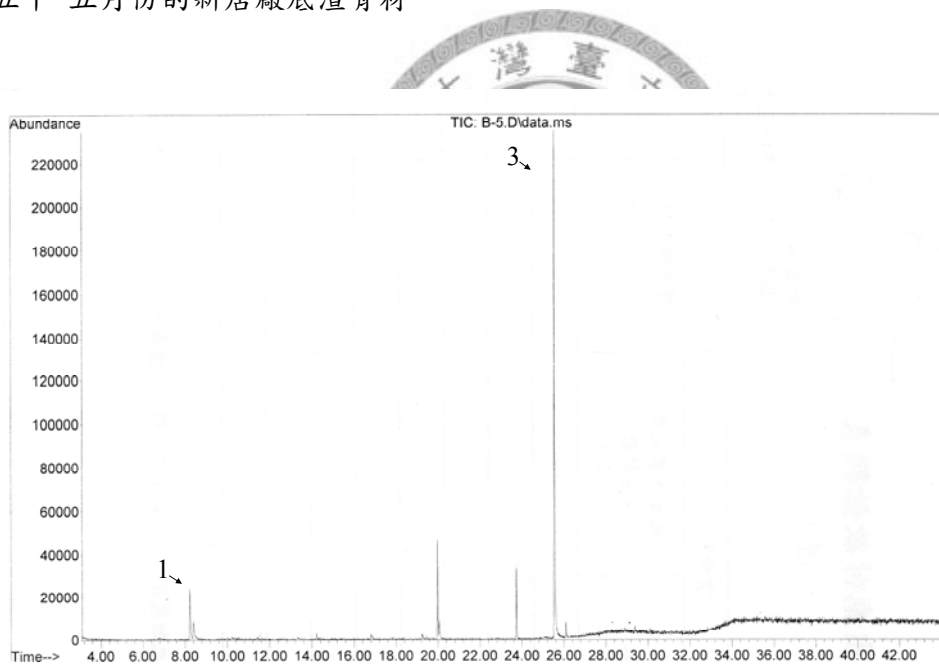
圖四十八 三月份的八里廠底渣骨材



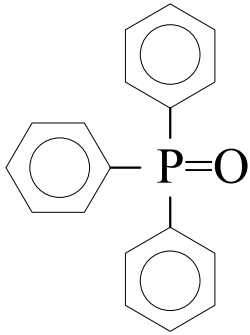
圖四十九 五月份的樹林廠底渣骨材



圖五十 五月份的新店廠底渣骨材



圖五十一 五月份的八里廠底渣骨材



圖五十二 triphenylphosphine oxide



第五章 結論

5.1 再利用道路現場採樣

在溶解性有機碳及氯鹽部份，以三年來的整體情形來看是已經有明顯下降的趨勢，溶解性有機碳從道路鋪設初期的 48 mg/l 降到 7 mg/l 以下；氯鹽則由一開始的 1350 mg/l 降低到 220 mg/l 以下。重金屬的溶出量皆低於我國「一般廢棄物-垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」中所制定的毒性溶出試驗標準，其中危害性較大的 Cr^{6+} ，也在 Cr 總量上小於規定中的 0.25 mg/l，因此並無過量疑慮。pH 值部份相較於鋪設初期，由於底渣骨材的鹼性物質因長期淋洗而流失，使得近期的 pH 值相較於鋪設初期降低將近 2，但 pH 值的降低可能間接降低底渣骨材內的重金屬穩定能力。底渣骨材內的錯合物多為磷酸根錯合物，而鹼性的氫氧基也是磷酸根錯合物的官能基之一，故整體環境的 pH 值降低可能間接造成重金屬及氯鹽的溶出情形不穩定；連帶導電度也受到影響。

因此在實場應用部分，應注意底渣骨材與周圍水體的接觸，尤其在雨水 pH 值偏低的地區，可能因此導致底渣骨材內的重金屬溶出量或移動性增加。

另一部分便是底渣骨材再生初期的大量溶出問題，儘管法定標準中有限定重金屬的溶出標準，但在有機物及氯鹽的部份尚顯不足。氯鹽僅在法定第一類型中有限制，第二及第三類型則無溶出上限，過量的氯鹽可能造成土壤鹽化，使土地利用價值減低。而有機物在法定標準中僅針對戴奧辛的含量做限制，但研究結果證實底渣骨材在經過處理後，依然帶有他種未完全燃燒的有機物種，且以純水即可溶出，故建議法定規範應針對有底渣骨材內的有機物種及氯鹽含量作更加審慎的評估及規範。

5.2 底渣骨材基本特性

含水率部份，新店、八里兩場的含水率在不同批樣品間的差異甚小，皆在 2% 以下，惟樹林廠的差異較大，高達近 40%。TCLP 的檢測結果中，皆無超過法定標準，As 在 2009/2/5 的樹林及八里的單位底渣骨材溶出量較其他批次高；Cd 則是在 2009/2/5 的樹林、新店及八里廠底渣骨材以及 2009/3/15 的樹林廠底渣骨材中有較高的溶出量；Cr 僅在 2009/2/5 的樹林廠及八里廠分別測得 0.032 mg/l 和 0.025 mg/l 得濃度，其他樣本則無偵測到 Cr，依照法規的 Cr^{6+} 標準為 0.25 mg/l，測試的總 Cr 結果也未超過 Cr^{6+} 標準的 15%，因此並無毒性顧慮；Pb 除 2009/3/15 的新店廠底渣骨材高達 1.9 mg/l 之外，其他採樣皆低於 0.2 mg/l；Se 值則分別在 2009/2/5 的樹林及八里廠測得 0.1 mg/l 以上的濃度外，其他皆在 0.5 以下。

總重金屬的檢測結果反映出 TCLP 溶出量受到穩定化效果及總重金屬含量的影響。As 在 2009/2/5 的樹林、八里底渣骨材中，單位重量底渣骨材的溶出量分別佔總 As 含量的 28 及 40%，相較於其他樣品的 2~6% 明顯高出許多。Cd 在 TCLP 中的溶出量皆在總量的 30% 以下。Cu 部分，則是由於底渣骨材內本身含量就高達 2000~7000 mg/Kg 不等，因此儘管 TCLP 溶出量僅佔總量的 4% 以下，TCLP 的溶出量仍達 5 mg/l，此情形應是受到 2mm 以下顆粒較多的影響。Se 值在 2009/2/5 的樹林及八里廠則分別溶出總量的 10% 及 12%，明顯比其他樣品的 1~4% 高出一倍以上。

由 TCLP 及總重金屬的檢測結果可知，以目前所採用的處理技術，對重金屬的穩定化能力已有相當成效，大多數的重金屬在酸環境下皆不溶出，應屬穩定的殘餘態鍵結，在自然環境下並無溶出之虞。

5.3 底渣骨材水洗特性

單位底渣骨材的溶解性有機碳溶出量部分，液固比 20 的溶出量大於 5 和 10 近 80%到 120% 不等，溫度影響方面，由實驗結果可知溫度對單位底渣骨材的溶解性有機碳溶出量並無明顯影響。

氯鹽部分，高溫 70°C 的結果僅比中低溫度 20°C 及 45°C 高出 1~2 mg/g-ash，而液固比對單位底渣骨材的氯鹽溶出量在 20 度時影響最大，可達 4 mg/g-ash。高溫水洗則因溶出及沉降已達平衡，較不受液固比影響。

鑑於實場監測發現，氯鹽及有機物在底渣骨材再生使用初期，皆有大量的溶出情形，建議底渣骨材再生流程中，應加入水洗程序，以補足一般再生流程不足有機物及氯鹽處理程序。以液固比 20 的常溫條件水洗，可降低每單位底渣骨材最多的溶解性有機碳及氯鹽。

重金屬的溶出情形中，高液固比 (20) 的單位底渣骨材溶出量都是最高的，隨著液固比降低，推測受到氯鹽濃度增加影響，溶出量皆大幅減少，其中 As、Cd、Cr、Se 甚至在低液固比時偵測不到溶出量。

可溶出的半揮發性有機物中，共測得兩種化合物存在於底渣骨材內。其中 3,9-Diazatricyclo [7.3.0.0.(3,7)] Dodecan-2,8-Dione 僅在特定梯次的底渣骨材中發現，故暫不須列入長期監測對象。而 triphenylphosphine oxide 在三月份及五月份底渣骨材中皆有驗出，且已證實具有食入性毒性，因此對於此化合物是否常態的存在底渣骨材中，仍須加以追蹤。

在水洗試驗中，半揮發性有機物的含量佔總溶解性有機碳極少部分，故推測溶解性有機碳

中，應以非揮發性有機物為主。因此在安全性評估中，尚須對非揮發性有機物的部份做更深入的了解，以避免對環境或人體有危害疑慮的有機物質隨水溶出，進入周圍水體。而法定規範中，也建議加入有機物質的評估程序，對於含有的有機物質採專業性的安全評估，以保障使用的安全。

5.4 建議

從現場水樣的監測結果可知，高量的氯鹽及重金屬可能影響再生環境及附近水體，儘管在鋪設三年後溶出量已大幅降低，且在 TCLP 試驗溶出的重金屬比例在總重金屬中頗低，但受到水體 pH 值下降的影響，可能造成重金屬及氯鹽的溶出情形不穩定。此外，在水洗試驗中發現的 triphenylphosphine oxide 實際的生成原因尚不明確，但該化合物的存在可能隨再生使用而進入環境，須追蹤觀察。

DOC 的成分中，非揮發性有機物應佔大多數，其中是否帶有具危害性的物質尚待檢測。在往後的再生使用上需追蹤尚未被納入法定規範的有機成分檢測及初期氯鹽溶出問題。

因此建議在再生程序中加入水洗流程，以降低氯鹽、重金屬及部分有機物的溶出。溶出條件則以 20°C、液固比 20l/kg 最佳，並配合適當的淨水流程，以將再生使用的不當影響降到最低。並避免接觸低 pH 值的環境，避免底渣穩定化的化學結構被破壞，使重金屬或其他成分流出或移動性提高。

文獻

- . "行政院環境保護署環境資料庫網頁." from <http://edb.epa.gov.tw/envdb2/>.
- Belevi, H., D. M. Stämpfli, et al. (1992). "Chemical Behaviour of Municipal Solid Waste Incinerator Bottom Ash in Monofiles." Waste Management & Research **10**: 53-167.
- Birgisdottir, H., K. A. Pihl, et al. (2006). "Environmental assessment of roads constructed with and without bottom ash from municipal solid waste incineration." Transportation Research Part D: Transport and Environment **11**(5): 358-368.
- Bruder-Hubscher, V., F. Lagarde, et al. (2002). "Application of a sequential extraction procedure to study the release of elements from municipal solid waste incineration bottom ash." Analytica Chimica Acta **451**(2): 285-295.
- Calmano, W., J. Hong, et al. (1994). "Binding and mobilization of heavy metals in contaminated sediments affected by pH and redox potential." Waste & Science Technology **28**: 223-235.
- Chimeno, J. M., M. Segarra, et al. (1999). "Characterization of the bottom ash in municipal solid waste incinerator." Journal of Hazardous Materials **64**(3): 211-222.
- Connett, P. and T. Webster (1987). "An estimation of the relative human exposure to 2,3,7,8-TCDD emission via inhalation and ingestion of cow's milk." Chemosphere **16**: 2079-2084.
- Crannella, B. S., T. T. Eighmy, et al. (2000). "Heavy metal stabilization in municipal solid waste combustion bottom ash using soluble phosphate." Waste Management **20**: 135-148.
- Degens E. T. and K. Mopper, Eds. (1976.). Factors controlling the distribution and early diagenesis of organic material in marine sediments. J. P., CRC/Taylor & Francis.
- Eighmy, T. T., B. S. Crannell, et al. (1997). "Heavy Metal Stabilization in Municipal Solid Waste Combustion Dry Scrubber Residue Using Soluble Phosphate." Environmental Science & Technology **31**(11): 3330-3338.
- EPA (1976). "Environmental Hazard Assessment Report: Major One and Two-Saturated Fluorocarbons."
- Ferrari, S., H. Belevi, et al. (2002). "Chemical speciation of carbon in municipal solid waste incinerator residues." Waste Management **22**: 303-314.
- Johansson, I. and B. van Bavel (2003). "Polycyclic aromatic hydrocarbons in weathered bottom ash from incineration of municipal solid waste." Chemosphere **53**(2): 123-128.
- Keppler, F., R. Eiden, et al. (2000). "Halocarbons produced by natural oxidation processes during degradation of organic matter." Nature **403**: 298-301.

- Kim, S. S. and J. M. Kwak (2006). "Asymmetric addition of trimethylsilyl cyanide to ketones catalyzed by Al(salen)/triphenylphosphine oxide." Tetrahedron **62**(1): 49-53.
- Li, C. T. (2001). "PAH emission from the incineration of three waste." Environment International **27**: 61-67.
- Lind, B. B., J. Norrman, et al. (2008). "Geochemical anomalies from bottom ash in a road construction - Comparison of the leaching potential between an ash road and the surroundings." Waste Management **28**(1): 170-180.
- Lo, C.-C. and T.-T. Hsieh (2000). "Acute Toxicity to the Golden Apple Snail and Estimated Bioconcentration Potential of Triphenylphosphine Oxide and Series of Related Compounds." Bull. Environ. Contam. Toxicol **65**: 104-111.
- Mahdavi, H., J. Amani, et al. (2008). "Triphenylphosphine oxide on non-cross-linked maleimide-styrene copolymer support: As a novel stable phase transfer catalyst." Catalysis Communications **9**(15): 2532-2535.
- Morf, L. S. and P. H. Brunner (2000). "Effect of operating conditions and input variations on." Waste Management & Research **18**: 4-15.
- Ore, S., J. Todorovic, et al. (2007). "Toxicity of leachate from bottom ash in a road construction." Waste Management **27**(11): 1626-1637.
- Purushothama, S. (1997). "Analysis of PAH from coal fly ash." Fuel Processing Technology **53**: 235-242.
- Rappe, C. (1992). "Sources of PCDDs PCDFs. Introduction, reactions, levels, patterns, profiles and trends." Chemosphere **25**: 41-44.
- Shui-Jen Chena, Lien-Te Hsieha, Shui-Chi Chiu (2003). "Characteristics of the PAH emissions from the incineration of livestock wastes with/without APCD."
- Tessier, A., P. G. C. Campbell, et al. (2002). "Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals." Analytical Chemistry **51**(7): 844.
- Theodoratos, P., N. Papassiopi, et al. (2002). "Evaluation of monobasic calcium phosphate for the immobilization of heavy metals in contaminated soils from Lavrion." Journal of Hazardous Materials **B94**: 135 - 146.
- Wozniak, D. J. and J. Y. C. Huang (1982). "Variables Affecting Metal Removal from Sludge." Journal (Water Pollution Control Federation) **54**(12): 1574-1580.
- 工業污染防治技術服務團, Ed. (1996). 事業廢棄物焚化爐設計與選用手冊. 臺北市, 工業污染防治技術服務團.
- 王家麟. (2008). "次世代白光LED用紅色發光Eu(III)螢光體." from http://www.asia-info.net/detail_elec.asp?id=7370.
- 行政院環境保護署. (2007). "一般廢棄物-垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式." from <http://w3.epa.gov.tw/epalaw/docfile/074082.pdf>.
- 吳佩勳 (2007). "都市焚化廠底渣再利用於鋪面工程及現地環境監測" 國立臺灣大學環境工程學研究所碩士論文.
- 李志偉, 李明國, et al. (2007). 都市垃圾焚化底渣以水草及磷酸穩定為資源再利用前處

- 理程序之研究. 第22屆廢棄物處理技術研討會.
- 李忠文 (2004). "焚化底渣水洗前處理及應用之探討." 國立中央大學土木工程學系碩士論文.
- 林育丞 (2003). "垃圾焚化底渣與水泥拌合後之潛在問題探討." 國立中央大學土木工程研究所碩士論文.
- 范文彬, 陳鴻亮, et al. (2006). 垃圾焚化底渣粒徑與重金屬總量及溶出量之探討」. 中華民國環境工程學會第二十一屆廢棄物處理技術研討會.
- 孫常榮, 高思懷, et al. (2005). 磷酸穩定都市垃圾焚化底渣之研究(II)—銅、鋅之穩定」. 第十屆海峽兩岸環境保護學術研討會.
- 孫常榮, 高思懷, et al. (2005). 磷酸穩定都市垃圾焚化底渣之研究(I)—鉛之穩定. 第十屆海峽兩岸環境保護學術研討會.
- 高思懷, 周錦東, et al. (1999). "都市垃圾焚化底灰對有機物質吸脫附特性之探討." 第十四屆廢棄物處理技術研討會: 7-15~7-22.
- 國賓大地環保事業股份有限公司 (2006). "焚化爐底渣於道路工程之應用." 綠營建材料再利用再生研討會.
- 張正弘 (2006). "感應加熱技術熱解處理生物污泥." 嘉南藥理科技大學環境工程與科學系碩士論文.
- 郭同宇, 蘇育立, et al. (2004). "應用於瀝青混凝土之垃圾焚化底渣材料特性探討." 第六屆鋪面材料再生學術研討會 E(15-1~8).
- 陳韋伶 (2004). "不同焚化爐底渣物化性質比較分析." 國立中央大學土木工程研究所, 碩士論文.
- 經濟部工業局 (March 1996). "事業廢棄物焚化爐設計與選用手冊."
- 雷揚中 (2004). "垃圾焚化爐底渣應用於道路基底層之研究." 國立中央大學土木工程研究所碩士論文.
- 盧宥宇 (June, 2008). "焚化底渣再利用於道路工程之長期環境監測." 國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文.

附錄

附錄表一 表面逕流水測項資料(吳佩勳 2007; 盧宥宇 June, 2008)

	pH	導電度 (µs/cm)	氯鹽量 (mg/l)	DOC (mg/l)	COCs (mg/l)
2006/10/3	7.97	10	4.5	1.5	-
2006/11/16	7.11	229	-	2.6	-
2006/12/9	7.59	59.7	6.5	2.6	-
2007/1/7	7.63	36.4	5.0	1.1	-
2007/1/19	6.81	55.4	8.7	0.9	-
2007/8/10	-	-	19.0	3.1	-
2007/11/29	-	-	45.0	2.1	-
2007/12/27	-	-	33.0	3.3	-
2008/1/22	-	-	27.0	2.4	-
2008/3/17	-	-	39.0	1.1	-
2008/5/23	-	-	35.0	4.5	-
2008/7/8	-	-	3.0	2.8	-
2008/7/31	-	-	16.0	4.0	-
2008/8/19	-	-	-	-	-
2008/8/25	-	-	-	-	-
2008/9/17	7.99	17.6	2.7	1.3	<0.004
2008/9/26	-	-	-	-	-
2008/10/7	7.80	11.1	0.0	0.7	0.020
2008/11/4	7.12 ± 0.01	- ±	5.8 ± 0.07	1.1 ± 0.28	0.025
2008/12/11	7.64 ± 0.46	31.75 ± 0.78	4.0 ± 0.42	1.2 ± 0.01	0.060
2009/1/8	6.06 ± 0.20	129.85 ± 91.57	22.0 ± 16.97	1.0 ± 0.14	0.025
2009/2/12	7.48 ± 0.04	621 ± 394.57	7.0 ± 4.24	1.0 ± 0.42	0.050
2009/3/18	6.88 ± 1.61	15.06 ± 1.36	4.7 ± 0.57	2.6 ± 0.85	0.023
2009/4/15	5.88	20.8	10.7	0.6	0.012

附錄表二 滲出水測項資料(吳佩勳 2007; 盧宥宇 June, 2008)

	pH	導電度 (μs/cm)	氯鹽量 (mg/l)	DOC (mg/l)	COCs (mg/l)
2005/5/5	8.66	-	-	-	-
2006/7/2	8.46	528	1350.0	48.0	-
2006/7/21	7.62	257	550.0	39.0	-
2006/8/25	7.52	732	2199.0	82.0	-
2006/10/3	6.98	108	350.0	16.0	-
2006/11/16	7.64	167.0	450.0	16.0	-
2006/12/9	7.67	150.0	350.0	6.7	-
2007/1/7	7.72	42.0	55.0	3.2	-
2007/1/19	7.25	55.0	92.0	4.3	-
2007/8/10	-	-	1225.0	19.0	-
2007/11/29	-	-	603.0	15.0	-
2007/12/27	-	-	216.0	3.6	-
2008/1/22	-	-	41.000	2.2	-
2008/3/17	-	-	38.0	1.9	-
2008/5/23	-	-	33.0	7.2	-
2008/7/8	-	-	46.0	3.2	-
2008/7/31	-	-	-	6.4	-
2008/8/19	-	-	-	-	-
2008/8/25	-	-	-	-	-
2008/9/17	7.27	705	34.4	6.8	<0.004
2008/9/26	-	-	-	-	-
2008/10/7	6.38	989	36.0	5.1	0.0
2008/11/4	6.73 ± 0.42	±	41.5 ± 0.21	3.0 ± 0.07	0.040
2008/12/11	5.98 ± 0.07	677 ± 1.41	124.3 ± 3.82	3.1 ± 0.14	0.038
2009/1/8	6.42 ± 0.00	1033 ± 145.66	220.0 ± 46.67	2.3 ± 0.42	0.050
2009/2/12	7.10 ± 0.28	779 ± 55.15	102.0 ± 2.83	2.3 ± 0.14	0.055
2009/3/18	6.97 ± 0.07	147.55 ± 0.07	64.7 ± 0.57	3.9 ± 0.42	0.023
2009/4/15	6.73 ± 0.08	175.2 ± 0.24	26.5 ± 0.99	4.6 ± 0.28	0.050

附錄表三 地下水測項資料(吳佩勳 2007; 盧宥宇 June, 2008)

	pH	導電度 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	氯鹽量 (mg/l)	DOC (mg/l)	COCs (mg/l)
2006/7/2	8.12	443	27.0	4.0	-
2006/7/21	7.61	307	25.0	4.5	-
2006/8/25	7.14	273	25.0	4.8	-
2006/10/3	6.40	258	30.0	2.4	-
2006/11/16	8.87	261.0	24.0	2.2	-
2006/12/9	8.33	557.0	27.0	1.7	-
2007/1/7	8.40	649.0	29.0	3.0	-
2007/1/19	7.38	765.0	28.0	3.3	-
2007/8/10	-	-	19.0	3.1	-
2007/11/29	-	-	45.0	2.1	-
2007/12/27	-	-	33.0	3.3	-
2008/1/22	-	-	27.000	2.4	-
2008/3/17	-	-	39.0	1.1	-
2008/5/23	-	-	27.0	8.1	-
2008/7/8	-	-	23.0	2.4	-
2008/7/31	-	-	24.0	7.3	-
2008/8/19	7.06	-	24.0	5.9	-
2008/8/25	6.82	-	22.0	-	-
2008/9/17	6.87	1240	21.1	3.6	0.0
2008/9/26	7.38	583	26.5	1.8	0.0
2008/10/7	6.65	697	18.7	1.7	<0.04
2008/11/4	6.53 \pm 0.54	721 \pm 0.21	22.4 \pm 0.14	2.1 \pm 0.07	0.065
2008/12/11	6.26 \pm 0.30	723 \pm 1.27	21.4 \pm 1.27	1.6 \pm 0.07	0.027
2009/1/8	6.48 \pm 0.03	1333 \pm 9.90	40.0 \pm 1.41	2.2 \pm 0.42	0.090
2009/2/12	6.71 \pm 0.07	1321 \pm 8.49	57.0 \pm 1.41	1.8 \pm 0.14	0.008
2009/3/18	6.48 \pm 0.11	171.85 \pm 30.19	10.9 \pm 0.14	2.5 \pm 0.14	0.031
2009/4/15	6.66 \pm 0.27	147.7 \pm 1.70	100.5 \pm 11.46	2.1 \pm 0.14	0.057

附錄表四 表面逕流水重金屬資料(吳佩勳 2007; 盧宥宇 June, 2008)

	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Pb	Se	Zn
2006/10/3	0.011	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-
2006/11/16	-	-	-	-	-	-	-	-
2006/12/9	0.058	-	0.049	0.082	N.D.	0.036	-	-
2007/1/7	0.059	-	0.049	0.080	N.D.	0.036	-	-
2007/1/19	0.054	-	0.048	0.058	N.D.	0.010	-	-
2007/8/10	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-
2007/11/29	N.D.	0.024	N.D.	0.006	N.D.	0.006	N.D.	-
2007/12/27	0.002	0.058	N.D.	0.004	0.005	0.027	N.D.	-
2008/1/22	0.002	0.070	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-
2008/3/17	0.004	0.142	N.D.	0.009	0.033	0.013	N.D.	-
2008/5/23	N.D.	0.148	0.008	N.D.	N.D.	0.004	0.008	0.029
2008/7/8	N.D.	0.102	0.008	N.D.	N.D.	0.004	0.001	N.D.
2008/7/31	N.D.	0.104	0.009	N.D.	N.D.	0.016	0.013	0.089
2008/8/19	-	-	-	-	-	-	-	-
2008/8/25	-	-	-	-	-	-	-	-
2008/9/17	0.007	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.216
2008/10/7	0.017	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.150
2008/11/4	0.014 ± 0.001	N.D. ±	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.360 ± 1.243
2008/12/11	N.D.	0.061 ± 0.007	N.D.	N.D.	0.002 ± 0.003	0.038 ± 0.027	N.D.	1.017 ± 0.304
2009/1/8	N.D.	0.056 ± 0.003	0.013 ± 0.000	0.043 ± 0.000	N.D.	0.115 ± 0.075	N.D.	1.245 ± 0.885
2009/2/12	N.D.	0.076 ± 0.013	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.093 ± 0.037
2009/3/18	N.D.	0.064 ± 0.031	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.917 ± 2.584
2009/4/15	N.D.	0.066	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2.219

附錄表五 滲出水重金屬資料(吳佩勳 2007; 盧宥宇 June, 2008)

	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Pb	Se	Zn
2005/5/5	0.01 8	-	N.D.	0.00 8	N.D.	N.D.	-	ND
2006/7/2	0.05	-	0.03 9	0.00 6	N.D.	0.03 3	-	-
2006/7/21	0.00 5	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-
2006/8/25	0.00 4	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-
2006/10/3	0.00 8	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-
2006/11/1 6	0.06 6	-	0.04 9	0.09 3	N.D.	0.08 1	-	-
2006/12/9	0.05 8	-	0.04 9	0.09 5	N.D.	0.06 4	-	-
2007/1/7	0.05 8	-	0.04 9	0.09 2	N.D.	0.03 2	-	-
2007/1/19	0.06 1	-	0.04 9	0.08 8	N.D.	0.03 1	-	-
2007/8/10	N.D.	0.06 3	N.D.	N.D.	0.07 4	N.D.	N.D.	-
2007/11/2 9	0.00 3	0.32 2	0.00 2	0.00 3	0.15 1	0.00 8	0.00 8	-
2007/12/2 7	0.00 2	0.42 6	N.D.	N.D.	0.01 1	0.01 6	N.D.	-
2008/1/22	0.00 3	0.03 6	N.D.	N.D.	0.02 6	N.D.	N.D.	-
2008/3/17	0.00 2	N.D.	N.D.	0.00 9	0.03 0	0.02 2	N.D.	-
2008/5/23	N.D.	0.08 4	0.00 9	N.D.	N.D.	0.01 1	0.00 9	3.18 6
2008/7/8	N.D.	0.08 0	0.00 8	N.D.	N.D.	0.00 8	0.00 7	0.87 9
2008/7/31	N.D.	0.10 4	0.00 9	N.D.	N.D.	0.01 8	0.01 8	0.85 5
2008/8/19	-	-	-	-	-	-	-	-
2008/8/25	-	-	-	-	-	-	-	-
2008/9/17	0.00 9	0.05 3	N.D.	N.D.	0.01 4	N.D.	N.D.	0.71 3
2008/10/7	0.01 6	0.10 5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.77 7
2008/11/4	0.01 ± 0.00 4 4	0.01 ± 0.02 8 5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.51 ± 0.72 2 3
2008/12/1	N.D.	0.06 ± 0.00	N.D.	N.D.	0.00 ± 0.00	0.03 ± 0.02	N.D.	1.01 ± 0.30

1		1 7			2 3	8 7		7 4
2009/1/8	N.D.	0.08 ± 0.02 6 3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.34 ± 0.20 7 2
2009/2/12	N.D.	0.08 ± 0.02 1 5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.32 ± 0.07 4 2
2009/3/18	N.D.	0.06 ± 0.00 0 7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.52 ± 0.00 5 0
2009/4/15	N.D.	0.08 ± 0.00 8 1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.14 ± 0.12 6 2



附錄表六 地下水重金屬資料(吳佩勳 2007; 盧宥宇 June, 2008)

	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Pb	Se	Zn
2006/7/2	0.03 7	-	0.03 9	0.07 2	ND	0.03 9	-	-
2006/7/21	0.01 4	-	ND	ND	ND	ND	-	-
2006/8/25	0.01	-	ND	0.00 7	ND	ND	-	-
2006/10/3	0.00 9	-	ND	ND	ND	ND	-	-
2006/11/1 6	0.05 7	-	0.04 9	0.08 2	ND	0.05 8	-	-
2006/12/9	0.05 3	-	0.04 9	0.09 4	N.D.	0.04 9	-	-
2007/1/7	0.60 0	-	0.04 9	0.08 4	N.D.	0.03 2	-	-
2007/1/19	0.05 6	-	0.04 9	0.08 2	N.D.	0.03 3	-	-
2007/8/10	N.D.	0.00 7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-
2007/11/2 9	0.00 4	0.05 5	N.D.	0.00 2	N.D.	0.01 3	0.00 9	-
2007/12/2 7	0.00 9	0.14 9	N.D.	0.00 3	0.00 3	0.01 4	0.00 8	-
2008/1/22	0.06 5	0.19 4	N.D.	N.D.	0.00 5	0.02 1	0.02 4	-
2008/3/17	0.00 6	N.D.	N.D.	0.00 8	0.03 0	0.01 3	N.D.	-
2008/5/23	N.D.	0.14 1	0.00 8	N.D.	N.D.	N.D.	0.00 1	N.D.
2008/7/8	N.D.	0.12 1	0.00 8	N.D.	N.D.	0.00 2	0.00 9	N.D.
2008/7/31	N.D.	0.10 9	0.00 9	N.D.	N.D.	0.00 9	0.01 1	N.D.
2008/8/19	N.D.	0.10 5	0.00 9	N.D.	N.D.	0.01 2	0.00 8	0.01 0
2008/8/25	N.D.	0.13 2	0.00 8	N.D.	N.D.	N.D.	0.00 5	0.01 4
2008/9/17	0.01 2 ±	0.01 7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.00 4
2008/10/7	0.01 7 ±	0.04 5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2008/11/4	0.03 0 ± 0.00 3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.43 0 ± 0.58 0	0.03 0 ± 0.00 3
2008/12/1 1	0.06 1 ± 0.00 7	N.D.	N.D.	0.00 2 ± 0.00 3	0.03 8 ± 0.02 7	N.D.	1.01 7 ± 0.30 4	0.06 1 ± 0.00 7
2009/1/8	0.05 6 ± 0.00 6	0.01 3 ± 0.00 0	0.04 3 ± 0.00 1	N.D. ±	N.D.	N.D.	1.03 9 ± 0.49 2	0.05 6 ± 0.00 6
2009/2/12	0.12 9 ± 0.00 3	N.D.	N.D.	N.D. ±	N.D.	N.D.	N.D.	0.12 9 ± 0.00 3
2009/3/18	0.06 7 ± 0.00 1	N.D.	N.D.	N.D. ±	N.D.	N.D.	0.05 6 ± 0.02 7	0.06 7 ± 0.00 1
2009/4/15	0.08 0 ± 0.00 2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.03 2 ± 0.02 8	0.08 0 ± 0.00 2



附錄表七水洗樹林底渣骨材之 DOC 及氯鹽資料

編號	液固比	底渣骨材重量 (g)	水洗液 DOC (mg/l)	水洗液 Cl (mg/l)	單位底渣骨材的 DOC (mg/g-ash)	單位底渣骨材洗出的氯鹽 (mg/g-ash)
1	20	10.128	51.4	415	1.02	8.19
2	20	10.005	50.8	300	1.02	6.01
3	20	10.352	51.8	56	1.00	1.08
4	20	11.381	57.0	568	1.00	9.97
5	20	10.595	54.5	484	1.03	9.13
6	20	10.098	52.4	515	1.04	10.21
7	20	10.18	51.2	498	1.01	9.79
8	20	10.071	50.2	456	1.00	9.06
9	20	10.137	52.4	55	1.03	1.08
10	20	10.637	52.2	454	0.98	8.54
平均			52.4	380.1	1.0	7.3
標準差			2.0	185.0	0.0	3.5
1	10	20.59	55.6	436	0.54	4.24
2	10	19.96	47.5	414	0.48	4.15
3	10	20.168	48.5	417	0.48	4.13
4	10	19.817	50.4	451	0.51	4.55
5	10	20.08	47.7	428	0.47	4.26
6	10	20.735	49.3	467	0.48	4.51
7	10	20.354	49.6	432	0.49	4.25
8	10	20.593	52.6	496	0.51	4.82
9	10	20.483	55.6	496	0.54	4.84
10	10	20.802	58.8	458	0.57	4.41
平均			51.5	449.6	0.5	4.4
標準差			3.9	29.8	0.0	0.3
1	5	40.902	88.0	916	0.43	4.48
2	5	40.206	81.9	914	0.41	4.55
3	5	39.803	85.4	912	0.43	4.58
4	5	40.527	74.6	920	0.37	4.54
5	5	39.578	81.6	950	0.41	4.80
6	5	40.739	84.2	1027	0.41	5.04
7	5	40.894	82.6	908	0.40	4.44
8	5	40.952	82.8	1023	0.40	5.00
9	5	40.91	86.6	934	0.42	4.57
10	5	40.89	85.4	1063	0.42	5.20
平均			83.3	956.8	0.4	4.7
標準差			3.7	58.2	0.0	0.3

附錄表八 水洗新店底渣骨材之 DOC 及氯鹽資料
20 度

編號	液固比	底渣骨材重量 (g)	水洗液 DOC (mg/l)	水洗液 Cl (mg/l)	單位底渣骨材的 DOC (mg/g-ash)	單位底渣骨材溶出的氯鹽 (mg/g-ash)
1	20	10.148	50.2	508	0.99	10.01
2	20	10.432	55.3	517	1.06	9.91
3	20	10.595	49.7	462	0.94	8.71
4	20	10.359	51.7	464	1.00	8.96
5	20	10.276	92.3	514	1.80	10.00
6	20	10.105	49.0	486	0.97	9.62
7	20	10.424	50.8	473	0.97	9.08
8	20	10.674	48.6	474	0.91	8.88
9	20	10.039	67.2	462	1.34	9.21
10	20	10.306	53.2	441	1.03	8.55
平均			56.8	480.0	1.1	9.3
標準差			13.6	25.5	0.3	0.6
1	10	20.134	54.9	533	0.55	5.30
2	10	20.6	60.7	562	0.59	5.45
3	10	20.46	59.4	610	0.58	5.96
4	10	20.14	60.3	618	0.60	6.13
5	10	19.912	63.9	618	0.64	6.21
6	10	20.053	53.7	591	0.54	5.89
7	10	20.261	49.5	558	0.49	5.50
8	10	20.018	59.5	664	0.59	6.63
9	10	20.124	59.0	587	0.59	5.83
10	10	20.321	58.6	561	0.58	5.52
平均			57.9	590.0	0.6	5.8
標準差			4.1	38.5	0.0	0.4
1	5	40.359	101.3	1231	0.50	6.10
2	5	40.364	105.0	1235	0.52	6.12
3	5	39.623	96.6	1244	0.49	6.28
4	5	40.582	95.5	1381	0.47	6.80
5	5	39.916	96.8	1218	0.49	6.10
6	5	39.793	103.3	1235	0.52	6.20
7	5	40.516	106.7	1351	0.53	6.67
8	5	39.981	115.4	1416	0.58	7.08
9	5	40.84	105.5	1265	0.52	6.20
10	5	39.791	103.8	1226	0.52	6.16
平均			103.0	1280.1	0.5	6.4
標準差			5.9	73.2	0.0	0.3

45 度

編號	液固比	底渣骨材重量 (g)	水洗液 DOC (mg/l)	水洗液 Cl (mg/l)	單位底渣骨材的 DOC (mg/g-ash)	單位底渣骨材洗出的氯鹽 (mg/g-ash)
1	20	10.034	60.8	362	1.21	7.21
2	20	10.088	57.2	340	1.13	6.75
3	20	10.128	60.6	358	1.20	7.07
4	20	10.072	71.3	382	1.42	7.59
5	20	9.634	62.6	356	1.30	7.40
6	20	10.419	59.4	362	1.14	6.95
7	20	9.728	61.9	370	1.27	7.61
8	20	10.251	57.4	364	1.12	7.09
9	20	10.227	59.6	340	1.17	6.66
10	20	10.234	64.0	363	1.25	7.09
平均			61.5	359.8	1.2	7.1
標準差			4.1	12.5	0.1	0.3
1	10	19.603	35.8	680	0.36	6.93
2	10	20	35.0	663	0.35	6.63
3	10	20.353	35.0	675	0.34	6.63
4	10	20.278	38.1	765	0.38	7.55
5	10	20.051	36.4	716	0.36	7.14
6	10	19.706	36.8	661	0.37	6.71
7	10	19.952	36.1	659	0.36	6.60
8	10	19.736	37.9	672	0.38	6.81
9	10	19.815	6.7	692	0.07	6.98
10	10	20.21	35.9	686	0.36	6.79
平均			33.4	686.8	0.3	6.9
標準差			9.4	32.3	0.1	0.3
1	5	39.892	114.5	1448	0.57	7.26
2	5	39.949	112.2	1447	0.56	7.24
3	5	39.959	121.3	1475	0.61	7.38
4	5	39.45	122.7	1519	0.62	7.70
5	5	39.766	118.3	1505	0.60	7.57
6	5	40.124	120.9	1495	0.60	7.45
7	5	40.044	117.3	1516	0.59	7.57
8	5	39.104	116.6	1499	0.60	7.67
9	5	39.315	145.3	1478	0.74	7.52
10	5	40.259	122.5	1614	0.61	8.02
平均			121.2	1499.5	0.6	7.5
標準差			9.2	47.4	0.0	0.2

70 度

編號	液固比	底渣骨材重量 (g)	水洗液 DOC (mg/l)	水洗液 Cl (mg/l)	單位底渣骨材的 DOC (mg/g-ash)	單位底渣骨材洗出的氯鹽 (mg/g-ash)
1	20	10.78	45.8	419	0.85	7.78
2	20	10.008	40.3	469	0.81	9.37
3	20	10.192	41.6	374	0.82	7.33
4	20	10.776	45.8	428	0.85	7.94
5	20	10.272	40.5	415	0.79	8.08
6	20	10.948	44.4	387	0.81	7.07
7	20	9.9	41.2	446	0.83	9.02
8	20	10.024	40.3	389	0.80	7.75
9	20	9.872	39.9	378	0.81	7.66
10	20	10.276	40.6	378	0.79	7.37
平均			42.0	408.3	0.8	7.9
標準差			2.3	32.5	0.0	0.7
1	10	20.388	69.7	753	0.68	7.39
2	10	19.968	68.9	737	0.69	7.38
3	10	19.308	73.5	767	0.76	7.95
4	10	19.788	71.7	782	0.72	7.90
5	10	19.88	80.9	834	0.81	0.84
6	10	19.964	69.3	702	0.69	7.03
7	10	20.356	74.2	784	0.73	7.70
8	10	20.06	75.2	834	0.75	8.31
9	10	18.764	69.8	737	0.74	7.85
10	10	20.28	71.4	722	0.70	7.12
平均			72.5	765.1	0.7	6.9
標準差			44.4	216.4	0.0	2.2
1	5	20.388	130.6	1697	1.28	16.64
2	5	19.968	128.6	1534	1.29	15.37
3	5	19.308	125.1	1183	1.30	12.25
4	5	19.788	132.3	1744	1.34	17.63
5	5	19.88	122.8	1404	1.23	14.13
6	5	19.964	113.4	1423	1.14	14.26
7	5	20.356	113.7	1455	1.12	14.29
8	5	20.06	120.2	1434	1.20	14.30
9	5	18.764	125.1	1553	1.33	16.55
10	5	20.28	139.9	1590	1.38	15.68
平均			125.2	1501.7	1.3	15.1
標準差			8.2	160.7	0.1	1.6

附錄表九 水洗八里底渣骨材之 DOC 及氯鹽資料

編號	液固比	底渣骨材重量 (g)	水洗液 DOC (mg/l)	水洗液 Cl (mg/l)	單位底渣骨材的 DOC (mg/g-ash)	單位底渣骨材洗出的氯鹽 (mg/g-ash)
1	20	10.329	50.8	581	0.98	11.25
2	20	10.289	57.0	604	1.11	11.75
3	20	10.71	54.7	642	1.02	11.99
4	20	10.3	53.2	606	1.03	11.76
5	20	10.148	52.0	594	1.03	11.71
6	20	10.802	56.0	864	1.04	16.00
7	20	10.324	63.5	613	1.23	11.88
8	20	10.217	51.4	586	1.01	11.46
9	20	10.616	53.7	515	1.01	9.70
10	20	10.212	59.2	617	1.16	12.09
平均			55.2	622.2	1.1	12.0
標準差			3.9	91.2	0.1	1.6
1	10	20.993	53.7	600	0.51	5.71
2	10	20.256	51.7	578	0.51	5.71
3	10	21.002	58.2	621	0.55	5.92
4	10	20.019	49.5	535	0.49	5.35
5	10	20.519	52.8	565	0.51	5.51
6	10	20.125	53.0	565	0.53	5.61
7	10	19.963	54.2	564	0.54	5.65
8	10	20.504	53.1	559	0.52	5.45
9	10	20.482	56.0	593	0.55	5.79
10	10	20.251	54.8	570	0.54	5.63
平均			53.7	574.9	0.5	5.6
標準差			2.4	24.2	0.0	0.2
1	5	40.077	90.5	1248	0.45	6.23
2	5	39.827	70.0	1184	0.35	5.94
3	5	40.479	88.7	1239	0.44	6.12
4	5	40.087	93.2	1206	0.47	6.02
5	5	39.383	81.0	1298	0.41	6.59
6	5	39.617	92.9	1247	0.47	6.30
7	5	40.171	97.3	1369	0.48	6.82
8	5	39.76	92.7	1347	0.47	6.78
9	5	40.341	94.3	1404	0.47	6.96
10	5	39.631	99.6	1468	0.50	7.41
平均			90.0	1301.1	0.5	6.5
標準差			8.6	92.8	0.0	0.5

附錄表十 樹林廠底渣骨材水洗的重金屬資料

編號	液固比	底渣骨材重量 (g)	As (mg/l)	Ba (mg/l)	Cd (mg/l)	Cr (mg/l)	Cu (mg/l)	Pb (mg/l)	Se (mg/l)	Zn (mg/l)
1	20	10.128	N.D.	2.43	0.009	N.D.	1.23	1.215	0.019	0.687
2	20	10.005	0.021	2.268	21	N.D.	1.075	3.79	0.026	0.753
3	20	10.352	0.018	2.25	0.017	N.D.	1.139	1.503	0.028	0.721
4	20	11.381	0.023	2.398	0.014	N.D.	1.34	1.377	0.021	0.763
5	20	10.595	0.015	2.23	0.013	N.D.	1.144	1.51	0.007	0.695
6	20	10.098	0.016	2.4	0.013	N.D.	1.188	1.455	0.025	0.751
7	20	10.18	0.024	2.499	0.012	N.D.	1.04	1.246	0.031	0.599
8	20	10.071	0.028	2.611	0.008	N.D.	1.013	1.244	0.033	0.629
9	20	10.137	0.02	2.494	0.01	N.D.	1.009	1.222	0.028	0.707
10	20	10.637	0.026	1.411	0.011	N.D.	1.075	1.191	0.033	0.632
平均			0.021	2.299	2.111	0.000	1.125	1.575	0.025	0.694
標準差			0.004	0.335	6.637	0.000	0.105	0.788	0.008	0.057
1	10	20.59	N.D.	2.593	N.D.	N.D.	1.169	1.199	N.D.	0.603
2	10	19.96	N.D.	2.304	N.D.	N.D.	0.989	0.965	N.D.	0.568
3	10	20.168	N.D.	2.435	N.D.	N.D.	1.039	1.055	N.D.	0.611
4	10	19.817	N.D.	2.718	N.D.	N.D.	1.09	1.649	N.D.	0.628
5	10	20.08	N.D.	2.273	N.D.	N.D.	1.017	1.052	N.D.	0.551
6	10	20.735	N.D.	2.446	N.D.	N.D.	1.057	1.062	N.D.	0.619
7	10	20.354	N.D.	1.742	N.D.	N.D.	1.071	0.83	N.D.	0.505
8	10	20.593	N.D.	1.703	N.D.	N.D.	1.12	0.877	N.D.	0.537
9	10	20.483	N.D.	1.661	N.D.	N.D.	1.151	0.918	N.D.	0.553
10	10	20.802	N.D.	1.625	N.D.	N.D.	1.121	0.851	N.D.	0.519
平均			0.000	2.150	0.000	0.000	1.082	1.046	0.000	0.569
標準差			0.000	0.423	0.000	0.000	0.059	0.241	0.000	0.044
1	5	40.902	N.D.	3.144	N.D.	N.D.	2.05	1.324	N.D.	0.696
2	5	40.206	N.D.	2.948	N.D.	N.D.	2.082	1.38	N.D.	0.804
3	5	39.803	N.D.	2.935	N.D.	N.D.	2.067	1.31	N.D.	0.702
4	5	40.527	N.D.	2.843	N.D.	N.D.	2.06	1.453	N.D.	0.697
5	5	39.578	N.D.	3.039	N.D.	N.D.	2.052	1.293	N.D.	0.797
6	5	40.739	N.D.	3.096	N.D.	N.D.	2.206	1.257	N.D.	0.753
7	5	40.894	N.D.	2.482	N.D.	N.D.	2.068	1.295	N.D.	0.685
8	5	40.952	N.D.	3.984	N.D.	N.D.	2.442	1.745	N.D.	0.931
9	5	40.91	N.D.	3.802	N.D.	N.D.	2.195	1.572	N.D.	0.915
10	5	40.89	N.D.	3.965	N.D.	N.D.	2.381	1.645	N.D.	0.917
平均			0.000	3.224	0.000	0.000	2.160	1.427	0.000	0.790
標準差			0.000	0.514	0.000	0.000	0.145	0.170	0.000	0.100

附錄表十一 樹林廠單位底渣骨材洗出的重金屬 (測項資料請參照附錄表十)

編號	液固比	底渣骨材重量 (g)	As (mg/Kg)	Ba (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Se (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
1	20	10.128	N.D.	47.986	0.178	N.D.	24.289	23.993	0.375	13.566
2	20	10.005	0.420	45.337	419.790	N.D.	21.489	75.762	0.520	15.052
3	20	10.352	0.348	43.470	0.328	N.D.	22.005	29.038	0.541	13.930
4	20	11.381	0.404	42.140	0.246	N.D.	23.548	24.198	0.369	13.408
5	20	10.595	0.283	42.095	0.245	N.D.	21.595	28.504	0.132	13.119
6	20	10.098	0.317	47.534	0.257	N.D.	23.529	28.818	0.495	14.874
7	20	10.18	0.472	49.096	0.236	N.D.	20.432	24.479	0.609	11.768
8	20	10.071	0.556	51.852	0.159	N.D.	20.117	24.705	0.655	12.491
9	20	10.137	0.395	49.206	0.197	N.D.	19.907	24.110	0.552	13.949
10	20	10.637	0.489	26.530	0.207	N.D.	20.212	22.394	0.620	11.883
平均			0.409	44.525	42.184	N.D.	21.713	30.600	0.487	13.404
標準差			0.087	7.108	132.677	N.D.	1.604	16.041	0.157	1.125
1	10	20.59	N.D.	25.187	N.D.	N.D.	11.355	11.646	N.D.	5.857
2	10	19.96	N.D.	23.086	N.D.	N.D.	9.910	9.669	N.D.	5.691
3	10	20.168	N.D.	24.147	N.D.	N.D.	10.303	10.462	N.D.	6.059
4	10	19.817	N.D.	27.431	N.D.	N.D.	11.001	16.642	N.D.	6.338
5	10	20.08	N.D.	22.639	N.D.	N.D.	10.129	10.478	N.D.	5.488
6	10	20.735	N.D.	23.593	N.D.	N.D.	10.195	10.244	N.D.	5.971
7	10	20.354	N.D.	17.117	N.D.	N.D.	10.524	8.156	N.D.	4.962
8	10	20.593	N.D.	16.540	N.D.	N.D.	10.877	8.517	N.D.	5.215
9	10	20.483	N.D.	16.218	N.D.	N.D.	11.239	8.964	N.D.	5.400
10	10	20.802	N.D.	15.623	N.D.	N.D.	10.778	8.182	N.D.	4.990
平均			0.000	21.158	0.000	0.000	10.631	10.296	0.000	5.597
標準差			0.000	4.334	0.000	0.000	0.494	2.507	0.000	0.465
1	5	40.902	N.D.	15.373	N.D.	N.D.	10.024	6.474	N.D.	3.403
2	5	40.206	N.D.	14.664	N.D.	N.D.	10.357	6.865	N.D.	3.999
3	5	39.803	N.D.	14.748	N.D.	N.D.	10.386	6.582	N.D.	3.527
4	5	40.527	N.D.	14.030	N.D.	N.D.	10.166	7.171	N.D.	3.440
5	5	39.578	N.D.	15.357	N.D.	N.D.	10.369	6.534	N.D.	4.027
6	5	40.739	N.D.	15.199	N.D.	N.D.	10.830	6.171	N.D.	3.697
7	5	40.894	N.D.	12.139	N.D.	N.D.	10.114	6.333	N.D.	3.350
8	5	40.952	N.D.	19.457	N.D.	N.D.	11.926	8.522	N.D.	4.547
9	5	40.91	N.D.	18.587	N.D.	N.D.	10.731	7.685	N.D.	4.473
10	5	40.89	N.D.	19.393	N.D.	N.D.	11.646	8.046	N.D.	4.485
平均			0.000	15.895	N.D.	0.000	10.655	7.038	0.000	3.895
標準差			0.000	2.441	N.D.	0.000	0.650	0.797	0.000	0.478

附錄表十二 新店廠底渣骨材水洗的重金屬資料
20 度

編號	液固比	底渣骨材重量 (g)	As (mg/l)	Ba (mg/l)	Cd (mg/l)	Cr (mg/l)	Cu (mg/l)	Pb (mg/l)	Se (mg/l)	Zn (mg/l)
1	20	10.148	0.023	2.959	0.01	N.D.	1.247	1.043	0.032	0.518
2	20	10.432	0.024	2.769	0.011	N.D.	1.347	1.195	0.035	0.532
3	20	10.595	0.027	1.99	0.008	N.D.	1.106	0.875	0.024	0.324
4	20	10.359	0.011	1.958	0.009	N.D.	1.067	0.851	0.01	0.306
5	20	10.276	0.006	2.119	0.007	N.D.	1.062	1.053	0.029	0.319
6	20	10.105	0.022	2.186	0.007	N.D.	1.145	0.902	0.016	0.321
7	20	10.424	0.017	2.135	0.006	N.D.	1.087	1.009	0.019	0.339
8	20	10.674	0.02	2.124	0.007	N.D.	1.083	0.819	0.026	0.291
9	20	10.039	0.035	1.506	0.009	N.D.	1.029	0.725	0.035	0.311
10	20	10.306	0.036	1.471	0.006	N.D.	0.976	0.7	0.029	0.28
平均			0.022	2.122	0.008	0.000	1.115	0.917	0.026	0.354
標準差			0.009	0.468	0.002	0.000	0.108	0.156	0.008	0.092
1	10	20.134	N.D.	1.626	N.D.	N.D.	1.206	0.476	N.D.	0.286
2	10	20.6	N.D.	1.631	N.D.	N.D.	1.174	0.462	N.D.	0.293
3	10	20.46	N.D.	1.322	N.D.	N.D.	1.074	0.228	N.D.	0.128
4	10	20.14	N.D.	1.444	N.D.	N.D.	1.151	0.345	N.D.	0.18
5	10	19.912	N.D.	1.391	N.D.	N.D.	1.166	0.356	N.D.	0.189
6	10	20.053	N.D.	1.34	N.D.	N.D.	1.063	0.267	N.D.	0.178
7	10	20.261	N.D.	1.114	N.D.	N.D.	0.918	0.206	N.D.	0.104
8	10	20.018	N.D.	1.354	N.D.	N.D.	1.129	0.305	N.D.	0.176
9	10	20.124	N.D.	1.407	N.D.	N.D.	1.088	0.351	N.D.	0.268
10	10	20.321	N.D.	1.489	N.D.	N.D.	1.064	0.401	N.D.	0.294
平均			0.000	1.412	0.000	0.000	1.103	0.340	0.000	0.210
標準差			0.000	0.152	0.000	0.000	0.082	0.091	0.000	0.070
1	5	40.359	N.D.	3.191	N.D.	N.D.	2.382	0.823	N.D.	0.48
2	5	40.364	N.D.	3.668	N.D.	N.D.	2.253	0.773	N.D.	0.417
3	5	39.623	N.D.	2.336	N.D.	N.D.	1.995	0.532	N.D.	0.262
4	5	40.582	N.D.	2.49	N.D.	N.D.	2.222	0.732	N.D.	0.392
5	5	39.916	N.D.	2.353	N.D.	N.D.	1.893	0.564	N.D.	0.292
6	5	39.793	N.D.	2.361	N.D.	N.D.	2.011	0.629	N.D.	0.272
7	5	40.516	N.D.	2.344	N.D.	N.D.	2.125	0.541	N.D.	0.291
8	5	39.981	N.D.	2.658	N.D.	N.D.	2.186	0.638	N.D.	0.301
9	5	40.84	N.D.	2.429	N.D.	N.D.	2.259	0.712	N.D.	0.463
10	5	39.791	N.D.	2.31	N.D.	N.D.	2.398	0.73	N.D.	0.508
平均			0.000	2.614	0.000	0.000	2.172	0.667	0.000	0.368
標準差			0.000	0.456	0.000	0.000	0.166	0.102	0.000	0.095

45 度

編號	液固比	底渣骨材重量 (g)	As (mg/l)	Ba (mg/l)	Cd (mg/l)	Cr (mg/l)	Cu (mg/l)	Pb (mg/l)	Se (mg/l)	Zn (mg/l)
1	20	10.034	0.082	1.086	N.D.	N.D.	0.847	0.292	0.049	0.211
2	20	10.088	0.1	1.08	N.D.	N.D.	0.862	0.271	0.061	0.177
3	20	10.128	0.119	1.096	N.D.	N.D.	0.891	0.29	0.082	0.21
4	20	10.072	0.111	1.149	N.D.	N.D.	1.009	0.255	0.095	0.181
5	20	9.634	0.147	1.07	N.D.	N.D.	1.004	0.333	0.122	0.2
6	20	10.419	0.245	1.273	N.D.	N.D.	1.058	0.534	0.248	0.357
7	20	9.728	0.275	1.441	N.D.	N.D.	1.021	0.797	0.26	0.334
8	20	10.251	0.319	1.467	N.D.	0.008	1.031	0.993	0.304	0.384
9	20	10.227	0.317	1.366	N.D.	0.019	0.941	1.056	0.39	0.396
10	20	10.234	0.423	1.28	N.D.	0.014	0.938	1.165	0.483	0.515
平均			0.214	1.231	0.000	0.014	0.960	0.599	0.209	0.297
標準差			0.118	0.155	0.000	0.006	0.075	0.367	0.151	0.116
1	10	19.603	0.026	1.57	N.D.	N.D.	1.232	0.576	N.D.	0.34
2	10	20	0.022	1.457	N.D.	N.D.	1.128	0.531	N.D.	0.341
3	10	20.353	0.033	1.726	N.D.	N.D.	1.226	0.567	N.D.	0.36
4	10	20.278	0.025	1.76	N.D.	N.D.	1.36	0.67	N.D.	0.388
5	10	20.051	0.039	1.566	N.D.	N.D.	1.207	0.621	0.006	0.637
6	10	19.706	0.04	1.65	N.D.	N.D.	1.229	0.782	0.017	0.781
7	10	19.952	0.052	1.783	N.D.	N.D.	1.255	1.021	0.016	0.835
8	10	19.736	0.075	1.867	N.D.	N.D.	1.316	0.891	0.033	0.868
9	10	19.815	0.062	1.807	N.D.	N.D.	1.357	0.965	0.034	1.011
10	10	20.21	0.076	1.886	N.D.	N.D.	1.351	0.939	0.036	1.048
平均			0.045	1.707	0.000	0.000	1.266	0.756	0.024	0.661
標準差			0.020	0.142	0.000	0.000	0.077	0.186	0.012	0.285
1	5	39.892	0.003	3.101	N.D.	N.D.	2.443	1.249	N.D.	0.603
2	5	39.949	0.011	3.03	N.D.	N.D.	2.443	1.196	N.D.	0.6
3	5	39.959	0.007	2.93	N.D.	N.D.	2.495	1.394	N.D.	1.048
4	5	39.45	0.01	2.997	N.D.	N.D.	2.447	1.335	N.D.	0.684
5	5	39.766	0.012	3.318	N.D.	N.D.	2.497	1.295	N.D.	0.905
6	5	40.124	0.007	3.129	N.D.	N.D.	2.464	1.2	N.D.	0.722
7	5	40.044	0.012	3.133	N.D.	N.D.	2.488	1.102	N.D.	0.552
8	5	39.104	0.012	3.037	N.D.	N.D.	2.373	1.218	N.D.	0.548
9	5	39.315	0.014	2.939	N.D.	N.D.	2.36	1.305	N.D.	0.574
10	5	40.259	0.013	2.877	N.D.	N.D.	2.328	1.627	N.D.	0.592
平均			0.010	3.049	0.000	0.000	2.434	1.292	0.000	0.683
標準差			0.003	0.128	0.000	0.000	0.060	0.144	0.000	0.168

70 度

編號	液固比	底渣骨材重量 (g)	As (mg/l)	Ba (mg/l)	Cd (mg/l)	Cr (mg/l)	Cu (mg/l)	Pb (mg/l)	Se (mg/l)	Zn (mg/l)
1	20	10.78	0.047	0.947	N.D.	N.D.	0.8257	0.189	N.D.	0.136
2	20	10.008	0.041	0.859	N.D.	N.D.	0.709	0.227	N.D.	0.149
3	20	10.192	0.042	0.875	N.D.	N.D.	0.716	0.355	N.D.	0.1752
4	20	10.776	0.034	0.982	N.D.	N.D.	0.817	0.473	N.D.	0.2
5	20	10.272	0.041	0.905	N.D.	N.D.	0.734	0.442	N.D.	0.199
6	20	10.948	0.055	0.946	N.D.	N.D.	0.809	0.346	N.D.	0.128
7	20	9.9	0.018	0.023	N.D.	N.D.	0.732	0.229	N.D.	0.121
8	20	10.024	0.025	0.852	N.D.	N.D.	0.711	0.213	N.D.	0.123
9	20	9.872	0.034	0.819	N.D.	N.D.	0.686	0.24	N.D.	0.144
10	20	10.276	0.029	0.907	N.D.	N.D.	0.688	0.286	N.D.	0.134
平均			0.037	0.812	0.000	0.000	0.743	0.300	0.000	0.151
標準差			0.011	0.281	0.000	0.000	0.054	0.100	0.000	0.030
1	10	20.388	0.024	1.301	N.D.	N.D.	1.374	0.7	N.D.	0.293
2	10	19.968	0.028	1.244	N.D.	N.D.	1.444	0.632	N.D.	0.271
3	10	19.308	0.024	1.244	N.D.	N.D.	1.368	0.507	N.D.	0.259
4	10	19.788	0.022	1.229	N.D.	N.D.	1.33	0.613	N.D.	0.253
5	10	19.88	0.027	1.353	N.D.	N.D.	1.484	0.0669	N.D.	0.279
6	10	19.964	0.019	1.286	N.D.	N.D.	1.259	0.663	N.D.	0.384
7	10	20.356	0.029	1.274	N.D.	N.D.	1.41	0.767	N.D.	0.343
8	10	20.06	0.037	1.318	N.D.	N.D.	1.412	0.835	N.D.	0.36
9	10	18.764	0.007	1.182	N.D.	N.D.	1.308	0.519	N.D.	0.268
10	10	20.28	0.02	1.217	N.D.	N.D.	1.301	0.598	N.D.	0.306
平均			0.024	1.265	0.000	0.000	1.369	0.590	0.000	0.302
標準差			0.008	0.051	0.000	0.000	0.070	0.210	0.000	0.046
1	5	20.388	0.011	1.764	N.D.	N.D.	2.634	0.951	N.D.	0.386
2	5	19.968	0.028	1.817	N.D.	N.D.	2.403	1.319	N.D.	0.0494
3	5	19.308	0.022	1.806	N.D.	N.D.	2.526	1.269	N.D.	0.823
4	5	19.788	0.026	1.706	N.D.	N.D.	2.508	1.001	N.D.	0.46
5	5	19.88	0.01	1.861	N.D.	N.D.	2.295	1.045	N.D.	0.45
6	5	19.964	0.026	2.026	N.D.	N.D.	2.269	1.188	N.D.	0.453
7	5	20.356	0.12	1.769	N.D.	N.D.	2.197	1.046	N.D.	0.387
8	5	20.06	0.002	1.873	N.D.	N.D.	2.248	1.249	N.D.	0.427
9	5	18.764	0.008	2.028	N.D.	N.D.	2.408	1.334	N.D.	0.577
10	5	20.28	0.013	1.837	N.D.	N.D.	2.567	1.278	N.D.	0.443
平均			0.027	1.849	0.000	0.000	2.406	1.168	0.000	0.446
標準差			0.034	0.106	0.000	0.000	0.150	0.143	0.000	0.190

附錄表十三 新店廠單位底渣骨材洗出的重金屬 (測項資料請參照附錄表十二)

20 度

編號	液固比	底渣骨材重量 (g)	As (mg/Kg)	Ba (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Se (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
1	20	10.148	N.D.	58.317	0.197	N.D.	24.576	20.556	0.631	10.209
2	20	10.432	0.460	53.087	0.211	N.D.	25.824	22.910	0.671	10.199
3	20	10.595	0.510	37.565	0.151	N.D.	20.878	16.517	0.453	6.116
4	20	10.359	0.212	37.803	0.174	N.D.	20.600	16.430	0.193	5.908
5	20	10.276	0.117	41.242	0.136	N.D.	20.670	20.494	0.564	6.209
6	20	10.105	0.435	43.266	0.139	N.D.	22.662	17.853	0.317	6.353
7	20	10.424	0.326	40.963	0.115	N.D.	20.856	19.359	0.365	6.504
8	20	10.674	0.375	39.798	0.131	N.D.	20.292	15.346	0.487	5.453
9	20	10.039	0.697	30.003	0.179	N.D.	20.500	14.444	0.697	6.196
10	20	10.306	0.699	28.546	0.116	N.D.	18.940	13.584	0.563	5.434
平均			0.426	41.059	0.155	N.D.	21.580	17.749	0.494	6.858
標準差			0.197	9.132	0.034	N.D.	2.128	3.018	0.164	1.798
1	10	20.134	N.D.	16.152	N.D.	N.D.	11.980	4.728	N.D.	2.841
2	10	20.6	N.D.	15.835	N.D.	N.D.	11.398	4.485	N.D.	2.845
3	10	20.46	N.D.	12.923	N.D.	N.D.	10.499	2.229	N.D.	1.251
4	10	20.14	N.D.	14.340	N.D.	N.D.	11.430	3.426	N.D.	1.787
5	10	19.912	N.D.	13.971	N.D.	N.D.	11.712	3.576	N.D.	1.898
6	10	20.053	N.D.	13.365	N.D.	N.D.	10.602	2.663	N.D.	1.775
7	10	20.261	N.D.	10.996	N.D.	N.D.	9.062	2.033	N.D.	1.027
8	10	20.018	N.D.	13.528	N.D.	N.D.	11.280	3.047	N.D.	1.758
9	10	20.124	N.D.	13.983	N.D.	N.D.	10.813	3.488	N.D.	2.663
10	10	20.321	N.D.	14.655	N.D.	N.D.	10.472	3.947	N.D.	2.894
平均			N.D.	13.975	N.D.	N.D.	10.925	3.362	N.D.	2.074
標準差			N.D.	1.466	N.D.	N.D.	0.837	0.893	N.D.	0.689
1	5	40.359	N.D.	15.813	N.D.	N.D.	11.804	4.078	N.D.	2.379
2	5	40.364	N.D.	18.175	N.D.	N.D.	11.163	3.830	N.D.	2.066
3	5	39.623	N.D.	11.791	N.D.	N.D.	10.070	2.685	N.D.	1.322
4	5	40.582	N.D.	12.271	N.D.	N.D.	10.951	3.608	N.D.	1.932
5	5	39.916	N.D.	11.790	N.D.	N.D.	9.485	2.826	N.D.	1.463
6	5	39.793	N.D.	11.866	N.D.	N.D.	10.107	3.161	N.D.	1.367
7	5	40.516	N.D.	11.571	N.D.	N.D.	10.490	2.671	N.D.	1.436
8	5	39.981	N.D.	13.296	N.D.	N.D.	10.935	3.192	N.D.	1.506
9	5	40.84	N.D.	11.895	N.D.	N.D.	11.063	3.487	N.D.	2.267
10	5	39.791	N.D.	11.611	N.D.	N.D.	12.053	3.669	N.D.	2.553
平均			N.D.	13.008	N.D.	N.D.	10.812	3.321	N.D.	1.829
標準差			N.D.	2.229	N.D.	N.D.	0.793	0.492	N.D.	0.465

45 度

編號	液固比	底渣骨 材重量 (g)	As (mg/Kg)	Ba (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Se (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
1	20	10.034	1.634	21.646	N.D.	N.D.	16.883	5.820	0.977	4.206
2	20	10.088	1.983	21.412	N.D.	N.D.	17.090	5.373	1.209	3.509
3	20	10.128	2.350	21.643	N.D.	N.D.	17.595	5.727	1.619	4.147
4	20	10.072	2.204	22.816	N.D.	N.D.	20.036	5.064	1.886	3.594
5	20	9.634	3.052	22.213	N.D.	N.D.	20.843	6.913	2.533	4.152
6	20	10.419	4.703	24.436	N.D.	N.D.	20.309	10.251	4.761	6.853
7	20	9.728	5.654	29.626	N.D.	N.D.	20.991	16.386	5.345	6.867
8	20	10.251	6.224	28.622	N.D.	0.156	20.115	19.374	5.931	7.492
9	20	10.227	6.199	26.714	N.D.	0.372	18.402	20.651	7.627	7.744
10	20	10.234	8.267	25.015	N.D.	0.274	18.331	22.767	9.439	10.064
平均			4.227	24.414	0.000	0.267	19.059	11.832	4.133	5.863
標準差			2.290	3.023	0.000	0.108	1.573	7.170	2.942	2.240
1	10	19.603	0.265	16.018	N.D.	N.D.	12.570	5.877	N.D.	3.469
2	10	20	0.220	14.570	N.D.	N.D.	11.280	5.310	N.D.	3.410
3	10	20.353	0.324	16.961	N.D.	N.D.	12.047	5.572	N.D.	3.538
4	10	20.278	0.247	17.359	N.D.	N.D.	13.414	6.608	N.D.	3.827
5	10	20.051	0.389	15.620	N.D.	N.D.	12.039	6.194	0.060	6.354
6	10	19.706	0.406	16.746	N.D.	N.D.	12.473	7.937	0.173	7.927
7	10	19.952	0.521	17.873	N.D.	N.D.	12.580	10.235	0.160	8.370
8	10	19.736	0.760	18.920	N.D.	N.D.	13.336	9.029	0.334	8.796
9	10	19.815	0.626	18.239	N.D.	N.D.	13.697	9.740	0.343	10.204
10	10	20.21	0.752	18.664	N.D.	N.D.	13.370	9.292	0.356	10.371
平均			0.451	17.097	0.000	0.000	12.681	7.579	0.238	6.627
標準差			0.204	1.399	0.000	0.000	0.768	1.880	0.124	2.868
1	5	39.892	0.015	15.547	N.D.	N.D.	12.248	6.262	N.D.	3.023
2	5	39.949	0.055	15.169	N.D.	N.D.	12.231	5.988	N.D.	3.004
3	5	39.959	0.035	14.665	N.D.	N.D.	12.488	6.977	N.D.	5.245
4	5	39.45	0.051	15.194	N.D.	N.D.	12.406	6.768	N.D.	3.468
5	5	39.766	0.060	16.688	N.D.	N.D.	12.558	6.513	N.D.	4.552
6	5	40.124	0.035	15.597	N.D.	N.D.	12.282	5.981	N.D.	3.599
7	5	40.044	0.060	15.648	N.D.	N.D.	12.426	5.504	N.D.	2.757
8	5	39.104	0.061	15.533	N.D.	N.D.	12.137	6.230	N.D.	2.803
9	5	39.315	0.071	14.951	N.D.	N.D.	12.006	6.639	N.D.	2.920
10	5	40.259	0.065	14.292	N.D.	N.D.	11.565	8.083	N.D.	2.941
平均			0.051	15.328	0.000	0.000	12.235	6.494	0.000	3.431
標準差			0.017	0.651	0.000	0.000	0.288	0.705	0.000	0.835

70 度

編號	液固比	底渣骨 材重量 (g)	As (mg/Kg)	Ba (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Se (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
1	20	10.78	0.872	17.570	N.D.	N.D.	15.319	3.506	N.D.	2.523
2	20	10.008	0.819	17.166	N.D.	N.D.	14.169	4.536	N.D.	2.978
3	20	10.192	0.824	17.170	N.D.	N.D.	14.050	6.966	N.D.	3.438
4	20	10.776	0.631	18.226	N.D.	N.D.	15.163	8.779	N.D.	3.712
5	20	10.272	0.798	17.621	N.D.	N.D.	14.291	8.606	N.D.	3.875
6	20	10.948	1.005	17.282	N.D.	N.D.	14.779	6.321	N.D.	2.338
7	20	9.9	0.364	0.465	N.D.	N.D.	14.788	4.626	N.D.	2.444
8	20	10.024	0.499	16.999	N.D.	N.D.	14.186	4.250	N.D.	2.454
9	20	9.872	0.689	16.592	N.D.	N.D.	13.898	4.862	N.D.	2.917
10	20	10.276	0.564	17.653	N.D.	N.D.	13.390	5.566	N.D.	2.608
平均			0.707	15.674	0.000	0.000	14.403	5.802	0.000	2.929
標準差			0.194	5.362	0.000	0.000	0.599	1.824	0.000	0.562
1	10	20.388	0.235	12.762	N.D.	N.D.	13.479	6.867	N.D.	2.874
2	10	19.968	0.280	12.460	N.D.	N.D.	14.463	6.330	N.D.	2.714
3	10	19.308	0.249	12.886	N.D.	N.D.	14.170	5.252	N.D.	2.683
4	10	19.788	0.222	12.422	N.D.	N.D.	13.442	6.196	N.D.	2.557
5	10	19.88	0.272	13.612	N.D.	N.D.	14.930	0.673	N.D.	2.807
6	10	19.964	0.190	12.883	N.D.	N.D.	12.613	6.642	N.D.	3.847
7	10	20.356	0.285	12.517	N.D.	N.D.	13.853	7.536	N.D.	3.370
8	10	20.06	0.369	13.141	N.D.	N.D.	14.078	8.325	N.D.	3.589
9	10	18.764	0.075	12.599	N.D.	N.D.	13.942	5.532	N.D.	2.857
10	10	20.28	0.197	12.002	N.D.	N.D.	12.830	5.897	N.D.	3.018
平均			0.237	12.728	0.000	0.000	13.780	5.925	0.000	3.032
標準差			0.077	0.442	0.000	0.000	0.709	2.060	0.000	0.427
1	5	20.388	0.108	17.304	N.D.	N.D.	25.839	9.329	N.D.	3.787
2	5	19.968	0.280	18.199	N.D.	N.D.	24.069	13.211	N.D.	0.495
3	5	19.308	0.228	18.707	N.D.	N.D.	26.165	13.145	N.D.	8.525
4	5	19.788	0.263	17.243	N.D.	N.D.	25.349	10.117	N.D.	4.649
5	5	19.88	0.101	18.722	N.D.	N.D.	23.089	10.513	N.D.	4.527
6	5	19.964	0.260	20.297	N.D.	N.D.	22.731	11.901	N.D.	4.538
7	5	20.356	1.179	17.381	N.D.	N.D.	21.586	10.277	N.D.	3.802
8	5	20.06	0.020	18.674	N.D.	N.D.	22.413	12.453	N.D.	4.257
9	5	18.764	0.085	21.616	N.D.	N.D.	25.666	14.219	N.D.	6.150
10	5	20.28	0.128	18.116	N.D.	N.D.	25.316	12.604	N.D.	4.369
平均			0.265	18.626	0.000	0.000	24.222	11.777	0.000	4.510
標準差			0.333	1.390	0.000	0.000	1.657	1.621	0.000	2.002

附錄表十四 八里廠底渣骨材水洗的重金屬資料

編號	液固比	底渣骨材重量 (g)	As (mg/l)	Ba (mg/l)	Cd (mg/l)	Cr (mg/l)	Cu (mg/l)	Pb (mg/l)	Se (mg/l)	Zn (mg/l)
1	20	10.329	0.026	2.077	0.003	0.013	1.099	1.169	0.028	0.552
2	20	10.289	0.028	2.201	0.009	0.036	1.075	1.289	0.029	0.536
3	20	10.71	0.023	2.227	0.009	0.014	1.097	1.197	0.026	0.641
4	20	10.3	0.02	2.311	0.006	0.001	1.107	1.194	0.33	0.564
5	20	10.148	0.024	2.072	0.008	N.D.	1.063	1.063	0.029	0.499
6	20	10.802	0.023	2.223	0.007	N.D.	1.245	1.059	0.03	0.521
7	20	10.324	0.023	2.086	0.006	N.D.	1.099	1.137	0.02	0.538
8	20	10.217	0.019	2.096	0.006	N.D.	1.048	0.953	0.025	0.524
9	20	10.616	0.019	2.12	0.006	N.D.	1.132	1.047	0.022	0.577
10	20	10.212	0.022	1.935	0.006	N.D.	0.991	1.192	0.028	0.499
平均			0.023	2.135	0.007	0.016	1.096	1.130	0.057	0.545
標準差			0.003	0.107	0.002	0.015	0.065	0.098	0.096	0.042
1	10	20.993	N.D.	1.623	N.D.	N.D.	1.047	0.618	N.D.	0.45
2	10	20.256	N.D.	1.642	N.D.	N.D.	1.044	0.615	N.D.	0.431
3	10	21.002	N.D.	1.648	N.D.	N.D.	1.111	0.713	N.D.	0.453
4	10	20.019	N.D.	1.212	N.D.	N.D.	0.987	0.643	N.D.	0.4
5	10	20.519	N.D.	1.336	N.D.	N.D.	1.038	0.687	N.D.	0.375
6	10	20.125	N.D.	1.31	N.D.	N.D.	1.058	0.654	N.D.	0.386
7	10	19.963	N.D.	1.557	N.D.	N.D.	1.078	0.792	N.D.	0.434
8	10	20.504	N.D.	1.255	N.D.	N.D.	1.038	0.652	N.D.	0.404
9	10	20.482	N.D.	1.432	N.D.	N.D.	1.107	0.752	N.D.	0.437
10	10	20.251	N.D.	1.445	N.D.	N.D.	1.079	0.698	N.D.	0.449
平均			0.000	1.446	0.000	0.000	1.059	0.682	0.000	0.422
標準差			0.000	0.165	0.000	0.000	0.037	0.058	0.000	0.028
1	5	40.077	N.D.	2.967	N.D.	N.D.	1.914	0.874	N.D.	0.572
2	5	39.827	N.D.	2.885	N.D.	N.D.	1.876	0.927	N.D.	0.544
3	5	40.479	N.D.	2.705	N.D.	N.D.	2.089	0.772	N.D.	0.481
4	5	40.087	N.D.	3.032	N.D.	N.D.	2.004	1.044	N.D.	0.545
5	5	39.383	N.D.	2.941	N.D.	N.D.	2.063	1.039	N.D.	0.561
6	5	39.617	N.D.	2.965	N.D.	N.D.	1.939	0.874	N.D.	0.58
7	5	40.171	N.D.	2.965	N.D.	N.D.	2.121	0.963	N.D.	0.596
8	5	39.76	N.D.	2.862	N.D.	N.D.	2.022	1.049	N.D.	0.68
9	5	40.341	N.D.	2.915	N.D.	N.D.	2.11	1.082	N.D.	0.58
10	5	39.631	N.D.	3.11	N.D.	N.D.	2.199	0.927	N.D.	0.675
平均			0.000	2.935	0.000	0.000	2.034	0.955	0.000	0.581
標準差			0.000	0.108	0.000	0.000	0.102	0.099	0.000	0.060

附錄表十五 八里廠單位底渣骨材洗出的重金屬 (測項資料請參照附錄表十四)

編號	液固比	底渣骨材重量 (g)	As (mg/Kg)	Ba (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Se (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
1	20	10.329	N.D.	40.217	0.058	0.252	21.280	22.635	0.542	10.688
2	20	10.289	0.544	42.784	0.175	0.700	20.896	25.056	0.564	10.419
3	20	10.71	0.430	41.587	0.168	0.261	20.486	22.353	0.486	11.970
4	20	10.3	0.388	44.874	0.117	0.019	21.495	23.184	6.408	10.951
5	20	10.148	0.473	40.836	0.158	N.D.	20.950	20.950	0.572	9.834
6	20	10.802	0.426	41.159	0.130	N.D.	23.051	19.607	0.555	9.646
7	20	10.324	0.446	40.411	0.116	N.D.	21.290	22.026	0.387	10.422
8	20	10.217	0.372	41.030	0.117	N.D.	20.515	18.655	0.489	10.257
9	20	10.616	0.358	39.940	0.113	N.D.	21.326	19.725	0.414	10.870
10	20	10.212	0.431	37.897	0.118	N.D.	19.409	23.345	0.548	9.773
平均			0.430	41.073	0.127	N.D.	21.070	21.754	1.097	10.483
標準差			0.056	1.833	0.034	N.D.	0.926	1.991	1.867	0.692
1	10	20.993	N.D.	15.462	N.D.	N.D.	9.975	5.888	N.D.	4.287
2	10	20.256	N.D.	16.212	N.D.	N.D.	10.308	6.072	N.D.	4.256
3	10	21.002	N.D.	15.694	N.D.	N.D.	10.580	6.790	N.D.	4.314
4	10	20.019	N.D.	12.108	N.D.	N.D.	9.861	6.424	N.D.	3.996
5	10	20.519	N.D.	13.022	N.D.	N.D.	10.117	6.696	N.D.	3.655
6	10	20.125	N.D.	13.019	N.D.	N.D.	10.514	6.499	N.D.	3.836
7	10	19.963	N.D.	15.599	N.D.	N.D.	10.800	7.935	N.D.	4.348
8	10	20.504	N.D.	12.242	N.D.	N.D.	10.125	6.360	N.D.	3.941
9	10	20.482	N.D.	13.983	N.D.	N.D.	10.809	7.343	N.D.	4.267
10	10	20.251	N.D.	14.271	N.D.	N.D.	10.656	6.893	N.D.	4.434
平均			0.000	14.161	0.000	0.000	10.375	6.690	0.000	4.133
標準差			0.000	1.522	0.000	0.000	0.344	0.603	0.000	0.258
1	5	40.077	N.D.	14.806	N.D.	N.D.	9.552	4.362	N.D.	2.855
2	5	39.827	N.D.	14.488	N.D.	N.D.	9.421	4.655	N.D.	2.732
3	5	40.479	N.D.	13.365	N.D.	N.D.	10.321	3.814	N.D.	2.377
4	5	40.087	N.D.	15.127	N.D.	N.D.	9.998	5.209	N.D.	2.719
5	5	39.383	N.D.	14.935	N.D.	N.D.	10.477	5.276	N.D.	2.849
6	5	39.617	N.D.	14.968	N.D.	N.D.	9.789	4.412	N.D.	2.928
7	5	40.171	N.D.	14.762	N.D.	N.D.	10.560	4.795	N.D.	2.967
8	5	39.76	N.D.	14.396	N.D.	N.D.	10.171	5.277	N.D.	3.421
9	5	40.341	N.D.	14.452	N.D.	N.D.	10.461	5.364	N.D.	2.875
10	5	39.631	N.D.	15.695	N.D.	N.D.	11.097	4.678	N.D.	3.406
平均			0.000	14.699	0.000	0.000	10.185	4.784	0.000	2.913
標準差			0.000	0.605	0.000	0.000	0.509	0.504	0.000	0.311

附錄表十六 台北縣底渣骨材酸洗出的重金屬 (TCLP)

	As (mg/l)	Ba (mg/l)	Cd (mg/l)	Cr (mg/l)	Cu (mg/l)	Pb (mg/l)	Se (mg/l)	Zn (mg/l)
樹林廠底渣骨材								
2009/2/5	0.095 ± 0.005	0.694 ± 0.067	0.072 ± 0.001	0.032 ± 0.004	2.614 ± 0.122	0.142 ± 0.008	0.129 ± 0.018	12.025 ± 1.242
2009/3/15	0.004 ± 0.001	0.414 ± 0.053	0.136 ± 0.029	N.D.	2.246 ± 0.034	0.041 ± 0.011	0.049 ± 0.017	49.576 ± 9.840
新店廠底渣骨材								
2008/2/23	0.017 ± 0.000	0.789 ± 0.133	0.088 ± 0.000	N.D.	3.982 ± 0.388	1.869 ± 2.307	0.026 ± 0.009	40.936 ± 2.593
2009/3/15	0.015 ± 0.008	0.674 ± 0.004	0.064 ± 0.005	N.D.	5.057 ± 0.530	0.108 ± 0.033	0.023 ± 0.015	34.724 ± 0.732
八里廠底渣骨材								
2009/2/5	0.095 ± 0.001	0.572 ± 0.046	0.112 ± 0.011	0.024 ± 0.000	3.002 ± 0.042	0.145 ± 0.006	0.147 ± 0.004	17.908 ± 3.770
2009/3/15	0.005 ± 0.004	0.728 ± 0.045	0.013 ± 0.004	N.D.	3.039 ± 0.325	0.070 ± 0.031	0.019 ± 0.003	26.560 ± 0.909

附錄表十七 台北縣單位底渣骨材溶出的總重金屬

日期	As (mg/kg)	Ba (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Zn (mg/kg)
樹林廠	7.208 ± 2.093	122.985 ± 6.352	14.622 ± 3.486	205.781 ± 18.493	25311.208 ± 32022.449	846.672 ± 176.885	39.858 ± 0.856	3503.886 ± 617.990
2009/1/15	6.657 ± 1.683	391.953 ± 1.963	6.567 ± 1.192	110.691 ± 7.820	1797.044 ± 228.629	653.529 ± 343.826	25.793 ± 1.498	1927.262 ± 365.748
2009/2/5	3.656 ± 0.897	167.508 ± 0.372	34.140 ± 38.544	122.822 ± 18.877	7847.911 ± 608.662	534.068 ± 59.421	23.440 ± 0.312	2472.788 ± 60.617
2009/3/15								
新店廠	7.258 ± 3.451	358.782 ± 56.578	6.808 ± 0.261	101.714 ± 36.547	3588.303 ± 183.330	437.739 ± 42.894	27.881 ± 2.250	2306.805 ± 38.163
2009/2/5	2.715 ± 0.523	900.080 ± 1032.745	0.176 ± 0.249	116.596 ± 29.270	2230.270 ± 271.607	559.712 ± 177.508	17.006 ± 0.197	1743.452 ± 930.671
2009/3/15								
八里廠	4.794 ± 0.345	347.777 ± 8.675	7.560 ± 0.051	106.012 ± 5.497	2140.234 ± 569.182	764.632 ± 358.606	23.684 ± 0.909	2886.987 ± 1074.697
2009/2/5	2.769 ± 0.408	164.731 ± 3.758	1.574 ± 0.240	84.420 ± 8.076	1985.936 ± 332.872	615.546 ± 4.906	19.776 ± 1.152	1898.763 ± 752.679
2009/3/15	7.208 ± 2.093	122.985 ± 6.352	14.622 ± 3.486	205.781 ± 18.493	25311.208 ± 32022.449	846.672 ± 176.885	39.858 ± 0.856	3503.886 ± 617.990