

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

工業廢水污泥與垃圾焚化灰渣共熔資材化影響因子之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-002-031-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立臺灣大學環境工程學研究所

計畫主持人：李公哲

計畫參與人員：鄧志夫、李欣樺

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 11 月 1 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 工業廢水污泥/焚化底渣共同熔融處理之資材化研究

計畫編號：NSC 92-2211-E-002-031

執行期限：92年8月1日至93年7月31日

主持人：李公哲 國立臺灣大學環境工程學研究所

計畫參與人員：鄧志夫 國立臺灣大學環境工程學研究所

一、摘要

氟化鈣污泥/垃圾焚化底渣最適配比為4:6，其鹽基度值接近1，可得最低熔流溫度1079。當添加10%碳酸鈉作為添加劑可使熔流溫度降低51；此外添加1%碳酸鉀則可較低20，但添加超過1%時降溫效果逐漸降低。透過不同之操作溫度(1100~1300)與操作時間(10~50min)可有效提升熔渣細骨材之物裡性質。經由MIP、DSC、NMR、XRD、SEM分析均證實熔渣具有卜作嵐活性(90~98%)。透過合成污泥之熔流溫度比較分析，可證實實廠污泥中之次要成分(如B、Mg、K)可有效降低熔流溫度約245。

關鍵字：氟化鈣污泥、焚化底渣、熔流溫度、添加劑、操作溫度與時間、熔渣、卜作嵐活性、合成污泥

Abstract

Based on the experimental results, when calcium Fluoride sludge mixed with MSWI bottom ash under the ratio 4:6, it showed the lowest pouring temperature 1079 accompanied by the basicity value closed to 1. Besides, the pouring temperature decreased 51 with 10% of Na_2CO_3 added into the mixed sludge. The temperature decreased 20 with 1% K_2CO_3 addition, but more than 1% was added into the mixed sludge would effect caused adverse. Under different operating temperatures (1100~1300) and times(10~50min), it

showed that both parameters could enhance the physical properties of slags. Moreover, all the slags demonstrated pozzolanic activity (90~98% of SAI) by the analysis of MIP, DSC, NMR, XRD, SEM. By comparing the pouring temperature of synthetic sludge to on-site sludge, it showed that the minor ingredients (e.g. B, Mg, K) could reduce the pouring temperature substantially about 245.

Keywords: calcium fluoride sludge, incinerator bottom ash, pouring temperature, additives, operating temperature and time, slag, pozzolanic, artificial sludge

二、計畫緣由與目的

污泥之處置主要是以「減量化」、「安定化」、「無害化」及「資源化」為基本原則，本實驗之目的欲透過熔融處理使污泥成為再生之材料，而將其運用於取代水泥，使其資源化；種類不同之無機污泥亦可經由不同之配比混合燒結，以符合最大經濟效益。目前台灣對於熔融已有了些許的研究，大都先對於各項廢棄污泥採用熔融處理，在探討其在利用性與相關成本，處理對象包括淨水污泥、工業污泥、焚化底渣、焚化飛灰等，但對於共同熔融處理的研究較少，因此本研究將對於半導體工業之氟化鈣污泥與垃圾焚化底渣進行共熔，並討論其卜作嵐反應 (pozzolanic reaction)，尋出在利用與共同處置之最佳條件。

本研究希望能對於氟化鈣污泥與垃圾焚化底渣進行共熔後之混合污泥熔渣再利用，欲達成之目的如下：

1. 將兩種污泥/灰渣以不同配比混和，尋出兩種污泥/灰渣混合(以下簡稱混合污泥)後所需最低熔流溫度之混和配比以降低能源需求。
2. 將最低溫配比之混和污泥加入不同種類之添加劑，並探討添加量與降低熔融溫度之關係。
3. 以人工調製方法依混合污泥主要成分混合，並量測其軟化、熔融、熔流溫度與實場污泥/灰渣作一對照比較。
4. 對於最低溫配比污泥進行熔融後所產生之水冷熔渣進行水泥漿體之製作，並探討其作為細骨材之物理性質，以及取代部分水泥後之水泥漿體抗壓強度與卜作嵐反應之影響。

三、 結果與討論

由文獻中可知鹽基度(CaO/SiO₂)接近 1 時可使熔流溫度降至最低溫(村上, 1998)^[1]，故本實驗利用將含較高鈣量之氟化鈣污泥與含較高矽含量之垃圾焚化底渣加以混合彼此調質以驗證其應用於混合污泥熔融後再利用之可行性，結果如表 1 及圖 1 所示：

表 1：混和污泥之鹽基度與熔流溫度關係

配比。重 (重量比)	鹽基度	軟化溫度	熔融溫度	熔流溫度
10	0	159.97	1321	1370
9	1	10.43	1189	1296
8	2	4.98	1131	1226
7	3	3.07	1046	1110
6	4	2.10	1016	1102
5	5	1.51	1011	1074
4	6	1.12	1006	1066
3	7	0.83	1008	1065
2	8	0.62	1027	1075
1	9	0.45	1030	1115
0	10	0.32	1119	1158

由圖 1 可知在鹽基度值為 1 之附近

時，確實可得最低熔流溫度(以 FT 表示)，故最適配比為氟化鈣：底渣 = 4：6(重量比)；相關研究指出在相同鹽基度情況下，若氧化鋁含量越高則黏滯度提升、熔流溫度提高，與另一研究中，將氟化鈣污泥與淨水污泥以 4：6 混和之最低溫混和污泥比較(熊, 2003)^[2]，可知與其研究結果相同。

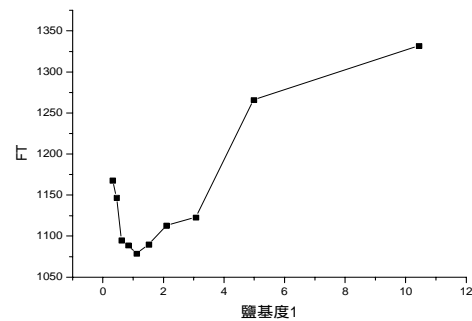


圖 1：混和污泥不同配比與熔流溫度之關係

研究中利用添加劑取代部分之混和污泥以測定其降溫效果與鹽基度之變化情形，結果如圖 2、3 所示：

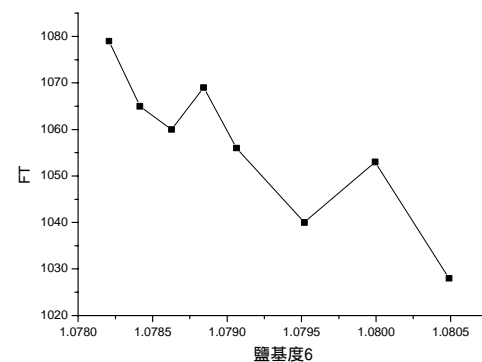


圖 2：碳酸鈉之添加量與實廠污泥熔流溫度之關係

當碳酸鈉取代至 10%，可降低 51 而減少能源的耗費；而前人研究中則將碳酸鈉添加於污水污泥、垃圾灰渣，其對於熔流溫度的降溫效果亦呈現上下起伏的情形(蕭, 1992)^[3]，與本實驗結果相同。

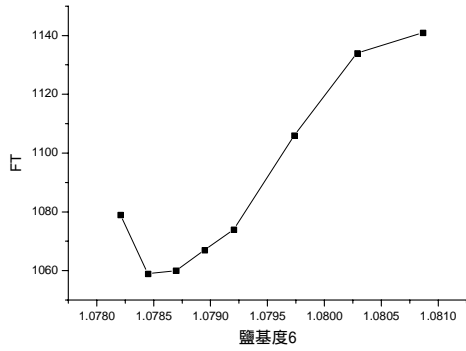


圖 3：碳酸鉀之添加量與實廠污泥熔流溫度之關係

當碳酸鉀取代 1% 的混和污泥，可使熔流溫度降低約 20 °C，而隨著取代量之增加，熔流溫度卻持續上升甚至超過了原先混和污泥之熔流溫度而造成反效果；由兩種添加劑之比較可知碳酸鈉之降溫效果較為明顯。

經由不同之操作時間及溫度所得之熔渣進行破碎以符合 CNS 1240 規範如圖 4 所示：

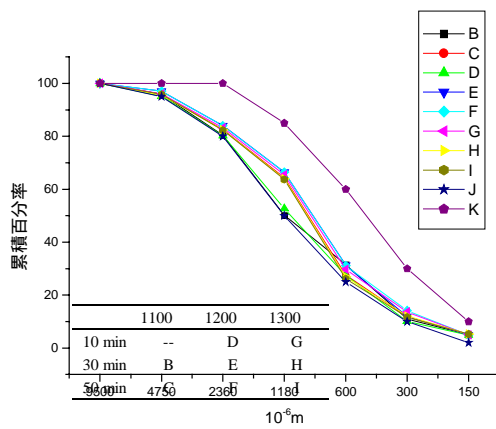


圖 4：各熔渣骨材之級配粒徑分析圖

* 註：J、K 為規範之容許上限、下限值

由試驗結果顯示，各操作熔渣細骨材之比重、吸水率、單位質量、空隙率及毒性溶出率均能符合一般土木建築材料之標準，且操作溫度與時間可有效改變其性質。

分別選用經 1200 °C -30 min、1200 °C -50 min、1300 °C -30 min (即 E、F、H) 等三種熔融程序後之水冷熔渣，前人研究中指出材料細度較組成成分更易影響其水化過程之卜作蘭反應

(Monzo, 1998) [4] 及水化產物生成量 (Sekulic, 1998) [5]，故本研究熔渣經人工研磨至 200 號篩並烘乾後進行抗壓試驗如圖 5 所示。

由試驗結果顯示以 H 熔渣 10% 的水泥取代率可因卜作嵐反應而提升抗壓強度。將三種熔渣以 20% 取代率製作之水泥漿體進行卜作嵐活性分析，結果如圖 6、7、8、9、10 所示，均證實熔渣具有卜作嵐活性可消耗氫氧化鈣 (CH) 而產生大量之 C-S-H 膠體。

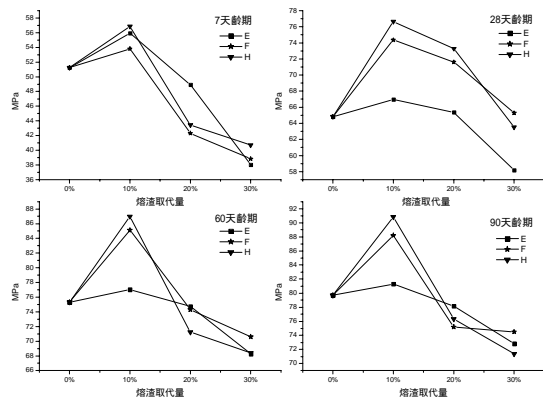


圖 5：操作熔渣取代率及各齡期之抗壓強度

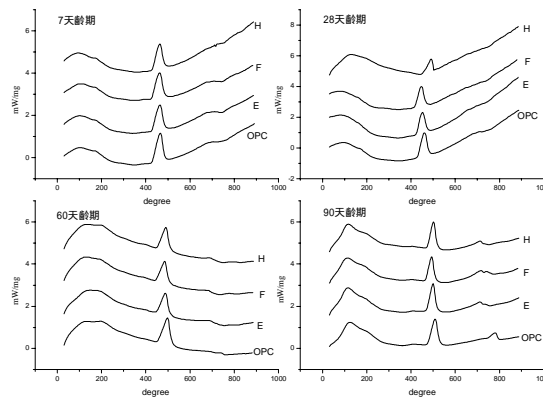


圖 6：各操作熔渣與齡期之 DSC 分析

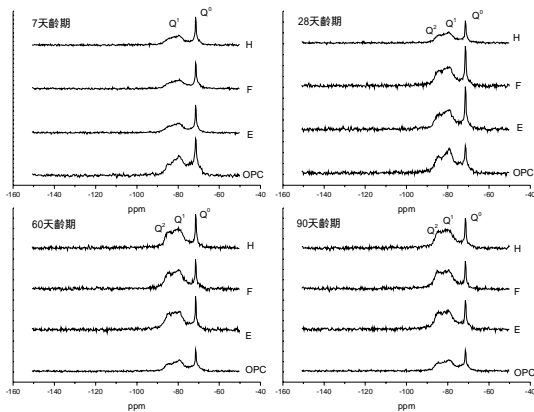


圖 7：各操作熔渣與齡期之 NMR 分析

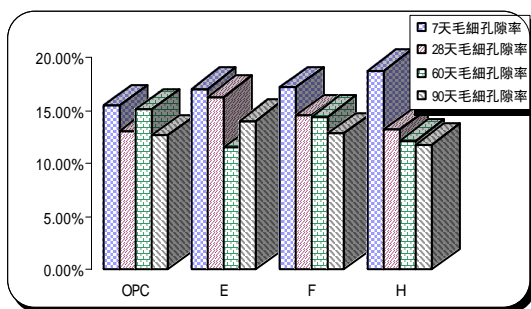


圖 8：各操作熔渣與齡期變化之毛細孔隙綜合比較

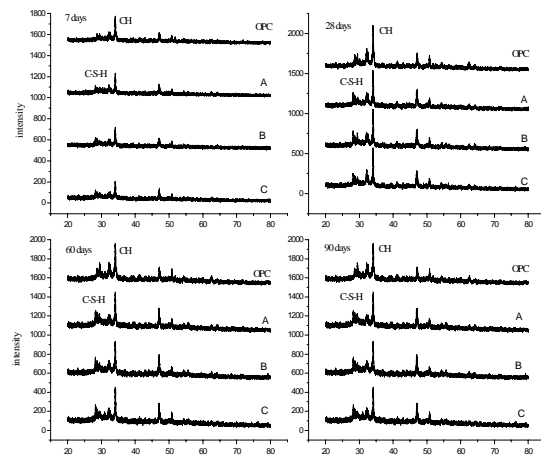


圖 10：各操作熔渣於齡期 90 天之 XRD 分析

以人工合成方法利用純物質依氟化鈣及焚化底渣兩種主要成分合成；並將合成之污泥及灰渣依不同比例混和進行熔流溫度試驗，如圖 11 所示（部分值已高於儀器最高溫而無法得值）：

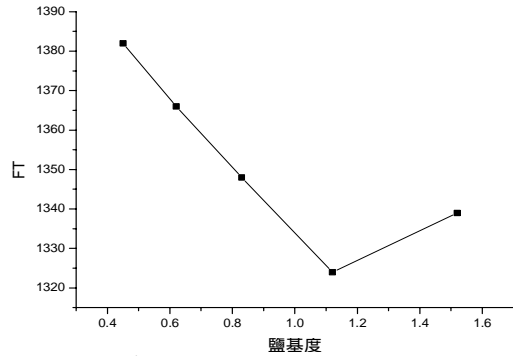


圖 11：合成污泥熔流溫度與鹽基度之關係

由圖 11 可知最低熔流溫度之鹽基度值仍接近 1，最低溫混和配比亦為合成氟化鈣：合成底渣 = 4：6(重量比)之情況下，但與圖 1 比較可知，以合成污泥及灰渣在各階段配比下之熔流溫度皆大於原實廠污泥及灰渣各配比之熔流溫度，故可知兩實廠污泥/灰渣中之其他次要成分(如 B、Mg、K)對於熔流溫度的降低有明顯之助益。

四、自評

本研究得到之結論如下：

1. 由 XRD、DSC、NMR 等分析結果顯示，三種不同熔融操作溫度及時間，而由氟化鈣污泥與垃圾焚化灰渣(重量比 4:6)所形成之熔渣在水泥漿體的水化過程中均產生卜作嵐反應，隨著齡期的增加而使得 CH 量減少 C-S-H 膠體增加。
2. 由 MIP 的孔隙分析可知，三種熔渣所產生之膠體會填充大量毛細孔隙，提升水泥漿體之耐久性並降低透水性，而試驗結果亦顯示操作溫度比操作時間更具影響性。
3. 由合成污泥及灰渣之熔流溫度試驗得知，污泥及焚化灰渣中之次要成分(如 B、Mg、K)對於熔流溫度之降低有明顯的影響。

謝誌

本研究承蒙國家科學委員會 NSC922211E002031 之協助。

五、 參考文獻

- [1] 村上忠弘、石田貴、鈴木和美、角田幸二，「下水污泥灰份の熔融特性に関する考察」，下水道協會誌，第 26 卷，第 296 號第 12-18 頁（1989）
- [2] 熊正琇，「工業廢水污泥/淨水污泥共同熔融處理之操作參數及資源化研究」，碩士論文，國立台灣大學環境工程學研究所（2003）
- [3] 蕭炳欽，「都市垃圾灰渣及下水污泥灰渣共同熔融高溫處理操作溫度特性之研究」，碩士論文，國立中央大學環境工程學研究所（1992）
- [4] Monzo, J., Paya, J., Borrachero, M.V., Peris-Mora, E., 1997, Mechanical behavior of mortars containing sewage sludge ash (SSA) and portland cements with different tricalcium aluminate content, Cement and Concrete Research 29, pp. 87-94
- [5] Sekulic, Z., Popov, S., Duricic, M., Rosic, A. 1999, Mechanical activation of cement with addition of fly ash, Materials Letters 39, pp. 115-121