

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

灰渣掩埋滲出水返送之污染物削減特性

Pollutant reduction characteristics of leachate circulation in incinerator ashes landfill

計畫編號：NSC 89-2211-E-032-002

執行期限：88年8月1日至89年7月31日

主持人：高思懷 淡江大學水資源及環境工程學系

共同主持人：周錦東 萬能技術學院環境工程系

一、中文摘要

台灣地區焚化已成為主要的垃圾中間處理方式。然而焚化後所產生的灰渣卻是需要進一步處理的廢棄物。其中底灰雖然可以再利用但仍需要前處理，所以目前仍是以掩埋為主要處理方式。

本研究利用焚化底灰掩埋實驗管柱，配合以底灰滲出水淋滲，探討在滲出水返送程序中，底灰掩埋層中的吸脫附作用及生物分解作用對污染物去除的影響程度。進而以質量不滅、Langmuir 等溫吸附方程式及掩埋層生物作用等理論所推得之有機污染物模式進行模擬。

由實驗結果得知，BOD、COD 及氨氮在返送過程中，會因為生物分解作用及吸脫附作用而去除，氯鹽及重金屬則是單純的以吸脫附為去除機制。而在模式模擬方面，滲出水中有機物之模擬結果是可令人接受的，三層較單層模擬結果更趨近於實際實驗值，而當掩埋深度過淺時模擬結果會產生較大之差異。整體而言，雖然模擬值與實測值仍有些許差異，但已可以描述出滲出水有機物滲出特性。

關鍵詞：焚化底灰、掩埋、滲出水返送、滲出水水質模式

Abstract

Although incineration can evidently reduce the mass and volume of municipal

solid waste, however the residuals need to be treated further. Due to the characteristics of the bottom ash, it is possible to be recycling but needs to be pretreated, so the majority handling method is still landfilling now.

In the study, the leachate circulation was taken to explore the influences that adsorption, desorption, and biological degradations in the landfill may have on its leachate quality.

The results showed that, adsorption and biological reactions are able to reduce of COD, BOD and $\text{NH}_3\text{-N}$ of the leachate. The organic acids produced in the biological degradation resulting in decreased pH. The heavy metals in the leachate depend on the behavior of adsorption/desorption on the ashes. These data are processed with the model that established by Gau and Chow (1998); they showed that the leachate quality is approximately similar to the results of the model simulations.

Keywords: incinerator bottom ash, landfill, leachate circulation, leachate modeling

二、緣由與目的

由於全球人口增加，垃圾量亦隨之增加。預計至民國九十年台灣地區垃圾資源回收(焚化)廠興建工程計畫全部完工後，焚化處理率為台灣地區總垃圾量之 70%。屆時亦將會約有 2000 噸/年以上之灰渣必須處理與處置。垃圾經焚化後，其重量可減為原來之 10~ 20%，而體積可減為原來之 10%。而垃圾焚化後所成生的底灰雖然可以回收再利用，但因為產量過於龐大，無法完全加以再利用。所以掩埋仍是主要的處理方法。

根據研究指出，滲出水返送具有使養分及微生物均勻分佈、調整掩埋層的 pH、對抑制性物質進行稀釋作用、所產生的甲烷可回收利用、掩埋層可作為滲出水儲存槽、藉由蒸發或是垃圾本身的吸附作用以減少滲出水量、減少掩埋層穩定化所需的時間等優點。而底灰本身表面具多孔性。所以對底灰掩埋層進行滲出水返送程序，可藉由底灰本身的吸附能力而減少滲出水中污染物的濃度。

三、研究方法

3-1 研究方法

圖一為掩埋管柱構造圖。本研究是利用三截掩埋管柱分別代表掩埋深度 0-60、61-120 及 121-180 cm。並以底灰滲出水加以淋滲，以求在滲出水返送的過程中，污染物削減的狀況。並以數值分析進行水質模式模擬，經修正有關的係數，提高模式的適用性。

3-2 水質模式建立

1989 年，日本京都大學寺島氏與內藤氏以 Langmuir 等溫吸附方程式為基礎^[1]，以吸附、脫附來解釋掩埋層中有機物的分佈。雖然結果與實際掩埋場之滲出水水質仍舊有所差異，但相當值得加以深入探討。本研究即是以此為基礎，再參考 Ehrig 所使用的質量平衡方法^[2]、吳氏與王氏所推導的生物分解模式^[3]、兼具考慮可能發生的吸脫附作用，導引出下列的方程式：

$$\frac{\partial C}{\partial t} + V_z \frac{\partial C}{\partial Z} = D \frac{\partial^2 C}{\partial Z^2} + \frac{Y}{n} (K_{a..a} + K_{b..b}) - K_d C - \dots [(K_1 K_2 - K_1 q) K (C - C_0) - K_1 K_q (q - q_0)] \Lambda \quad (1)$$

其中

C : 滲出水有機物濃度(mg/l)

t : 掩埋時間(day)

D : 擴散係數(cm^2/day)，取 0.864

Y : 固體有機物以 COD 或 BOD 表示之轉換值

$\dots a$: 固相中易分解有機物密度(g/cm^3)

$\dots b$: 固相中難分解有機物密度(g/cm^3)

k_a : 固相中易分解有機物被分解進入液相之速率(1/day)

k_b : 固相中難分解有機物被分解進入液相之速率(1/day)

k_d : 液相中 COD 或 BOD 之降解速率(1/day)

n : 掩埋層中含水率

k_1 : 與吸脫附鍵強度有關之常數 (1/mg)

k_2 : 吸脫附之最大量 (g/g)

C_0 : 平衡時液相的有機物濃度 (mg/l)

q_0 : 平衡時固相有機物的濃度 (g/g)

而此一方程式為一可充分考慮物化作用及生物作用的基礎模式。

四、結果與討論

4-1 污染物削減特性

在底灰掩埋滲出水返送的過程中，底灰對污染物的吸脫附作用，是影響返送後滲出水質的關鍵因素^{[4][5]}。

在本研究的水質分析項目中，BOD、COD、氮氮具生物分解性，而氯鹽及重金屬則是屬於生物不可解性物質。根據此一特性，我們可以做出下列假設：

生物可分解部分：

$$\text{進流的污染物總量} - \text{吸脫附去除量} = \text{實測總值} + \text{被分解總量}$$

生物不可分解部分：

進流的污染物總量 - 吸脫附去除量
= 實測總值

依照上面兩式計算顯示，BOD、COD 及氨氮三者的實測值與模式推估值之間有一段差距，顯示在灰渣掩埋層進行滲出水返送的過程中，上述三種污染物除了底灰本身的吸脫附之外，底灰掩埋層內的微生物對污染物也會有一定的削減作用。而在氯鹽及重金屬方面，其實測值與模式推估值之間幾乎無明顯差距，顯示在返送的過程中，僅底灰的吸脫附作用會影響上述二者的削減。

4-2 模式驗證

圖二至圖五為 BOD 及 COD 之模擬結果。由圖中可發現，單層或者三層掩埋的模式，其模擬之結果幾乎均為令人可接受的；且三層的模擬結果比單層的模擬結果更趨近於實驗分析值，分析其原因應為單層掩埋之掩埋深度較淺、淋滲水在管中停留時間較短，及實驗設計與設備相關變數大等因素所造成。

表一為模擬過程中敏感度分析所得之 k_a 、 k_b 及 k_d 值，其中 COD 模式之 $k_a=0.015\sim 0.029\text{ day}^{-1}$ 、 $k_b=0.001\text{ day}^{-1}$ 、 $k_d=0.12\sim 0.25\text{ day}^{-1}$ ，BOD 模式之 $k_a=0.011\sim 0.02\text{ day}^{-1}$ 、 $k_b=0.001\text{ day}^{-1}$ 、 $k_d=0.11\sim 0.31\text{ day}^{-1}$ ；三層較單層掩埋模擬結果更趨近於實驗分析值，而當掩埋深度過淺時模擬結果會產生較大之差異。整體而言，雖然模擬值與實測值仍有些許差異，但已可以描述出滲出水有機物滲出特性。

五、結論與建議

1. 底灰經過長時間的掩埋，並配合滲出水返送程序，pH 值會降至中性範圍，約在 8 左右；而其含水率並不會有明顯的改變，仍在 10% 以上。在滲出水返送過程中，因為掩埋層中之底灰對 COD、BOD 等有機物具有吸附的效果，故在實驗過程底灰的灼燒減量自 6.6 增加至 7% 以上。
2. 底灰中重金屬銅因為沸點較高，在焚化

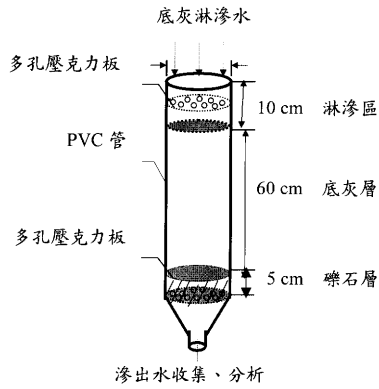
過程中不易揮發，而大量存在於底灰中，在本研究中，底灰中的含量為 5,000 mg/kg。

3. 經由生物培養實驗，發現底灰掩埋在經過長時間之滲出水返送後會有維生物之繁殖，此現象在進行滲出水返送程序時，將有助於分解滲出水中的 COD、BOD 及氨氮。
4. 由於生物分解有機物產生有機酸形成一緩衝系統，而使滲出水的 pH 值漸漸降至中性的範圍。而 ORP 則漸漸上升至適合好氧菌生長的範圍。
5. 掩埋層達穩定化之後，在滲出水返送初期，對污染物具有良好的吸附效果。並可減少重金屬的釋出量。
6. 氯鹽及重金屬等生物不可分解性物質，僅依靠底灰的吸脫附加以去除，極容易使底灰掩埋層達到飽和而失去處理效果。
7. 雖然模擬值與實測值仍有些許差異，但已可以描述出返送滲出水之有機物滲出特性。

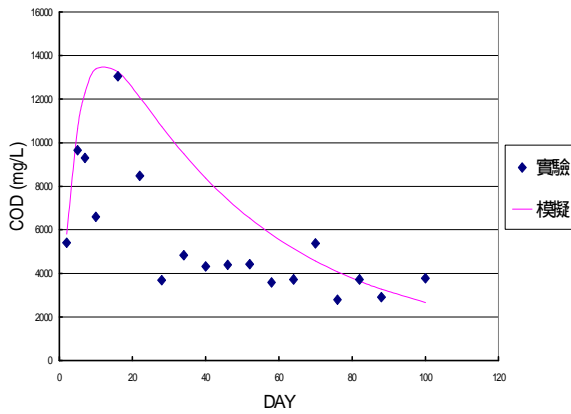
六、參考文獻

1. 寺島 泰、內藤 茂喜，“Behavior and Prediction of Water and Pollutant in a Solid Waste Bed-as a Basis for Predicting the Leachate Quantity and Quality in a Landfill Site”，衛生工程研究論文集，25 卷，1989。
2. Ehrig, H. J., “Quality and Quantity of Sanitary Landfill Leachate”，Waste Management & Research, Vol. 1, pp. 53~68, 1983.
3. 吳先琪、王美雪，「垃圾滲出水滲出強度之預測模式」，第二屆廢棄物處理技術研討會論文集，1988。
4. 高思懷、陳志雄，「都市垃圾焚化底灰對灰渣滲出水處理能力之研究」，第十三屆廢棄物處理技術研討會，pp. 470-477, 1998。

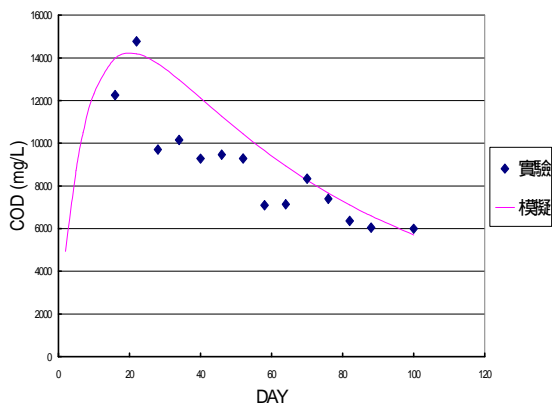
5. 高思懷、周錦東、全以仁，「不同掩埋齡之焚化底灰吸脫附基本特性」，第十四屆廢棄物處理技術研討會，pp. 7-23~7-29，1999。



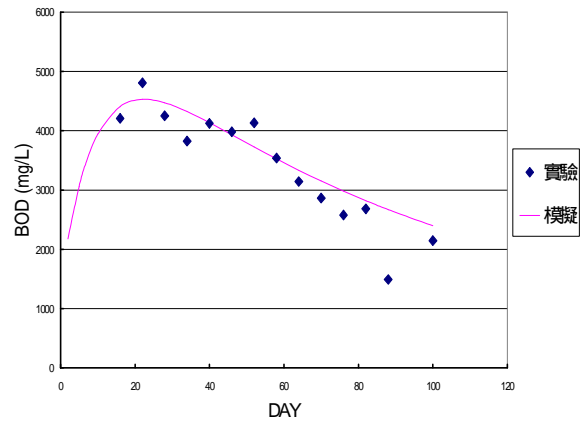
圖一 掩埋管柱結構示意圖



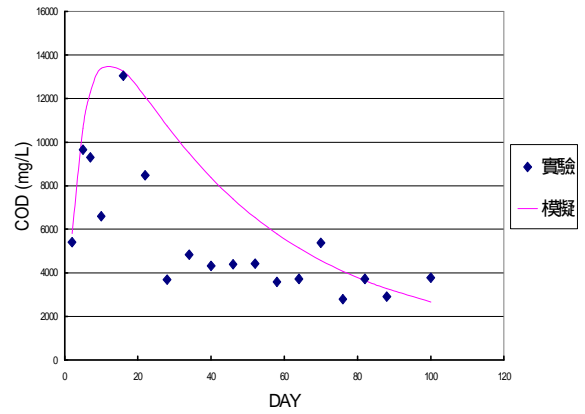
圖二 單層掩埋 COD 之模擬結果



圖三 三層掩埋 COD 之模擬結果



圖四 單層掩埋 BOD 之模擬結果



圖五 三層掩埋 BOD 之模擬結果

表一 滲出水 COD 與 BOD 模式分解係數之模擬結果

		k_a	k_b	k_d
COD	單層	0.023	0.001	0.19
	三層	0.015	0.001	0.12
BOD	單層	0.017	0.001	0.30
	三層	0.011	0.001	0.11

Unit: day⁻¹

