

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

以固定化菌體反應器處理養殖場廢氣(硫化氫及氨)之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 90-2317-B-009-001

執行期間： 90年 08月 01日至 91年 07月 31日

計畫主持人：曾慶平 教授

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學生物科技研究所

中 華 民 國 91年 10月 28日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

以固定化菌體反應器處理養殖場廢氣(硫化氫及氨)之研究

Biotreatment of H₂S and NH₃ Containing Waste Gases By Immobilized Cell Reactor

計畫編號：NSC 90-2317-B-009-001

執行期限：90 年 08 月 01 日至 91 年 07 月 31 日

主持人：曾慶平教授 交大生物科技研究所

一、中文摘要

本年度為多年期研究計畫之第三年，乃依據模場之研究結果，設計實場系統，並進行長時間操作，以了解實場操作可能遭遇之問題或本系統優越之處。研究結果顯示，硫化氫(0.15~17.5 ppm)與氨氣(0.5~5.0 ppm)之去除率分別可達 100%和 97%，而大部分之有機硫與有機氮廢氣亦可併同去除。此外根據系統之 pH 變化、壓損、溼度、優勢菌相穩定度與生物氣膠產量，顯示本系統已可實際應用在不同實場以去除臭味。

關鍵詞：硫化氫、氨、生物滴濾床

Abstract

This project is the third year of multi-years project. The field-scale system was designed according to the results of pilot-scale system. The experimental results indicated that the removal efficiency for H₂S and NH₃ achieved to 100% and 97%, respectively, and most organic sulfur and nitrogen compounds were simultaneously removed. In addition, the changes in pH, pressure drop, moisture content, bacterial communities and bioaerosol also showed that the system was available for the further commercial application.

Keywords: Hydrogen sulfide, Ammonia, Biotrickling filter

二、緣由與目的

本計劃屬於「農業生物技術國家型科技計畫」中環境保護之範疇，目前計畫之重點乃是應用於農產事業之除臭，並建立本土化除臭生物技術。過去兩年本實驗室已完成實驗室內與模場規模之除臭研究，其成果豐碩(自營性系統：適用於中高濃度 NH₃/H₂S 之產業如堆肥場、橡膠加工業。異營性系統：適用於中低濃度 NH₃/H₂S 之產業如畜殖場、污水處理場)。本年度依據過去所累積之實驗結果，設計實場系統，並實際以養豬場之固液分離槽之惡臭為廢氣源，採用異營性固定化系統進行長期除臭效果之評估，以滿足現在及將來趨嚴之固定污染源排放標準與周界標準。

三、結果與討論

本研究實場操作時間共 288 天，圖一顯示氨氣之處理狀況。由空白研究可知生物濾料對於氨氣之吸附貫穿時間約為 11 天，但從圖中可知直至第 25 天後才在出氣口處偵測到極微量的氨氣(0.001 ppm)，此現象代表在這 25 天操作期間，微生物亦具有分解能力，同時反應系統之物理吸附與生物氧化作用已達動態平衡，因此才延長了氨氣在整個系統的貫穿時間。整個操作期平均去除效率可達 97%，因此本系統在去除氨氣上具有相當不錯的去除效果。

圖二表示不同氣體停留時間對氨氣去除效率之影響。結果顯示，當氣體之停留

時間愈長，氨氣的去除效果也會愈好，停留時間控制在 40 秒時，氨氣之去除效率可以達到 99.2% 以上的去除效率。

圖三顯示硫化氫之處理狀況。結果顯示在此操作流速下，僅需第一段的生物滴濾床系統即可完全達到 100% 除硫效率，表示此系統對於低濃度(0.2~17.5 ppm)之硫化氫有極佳的除臭效果。

圖四為長期操作下生物滴濾床各取樣口之 pH 值變化。結果顯示整個操作期間，反應槽上下呈現 pH 值由高至低之梯度現象，此乃因為愈接近入氣口未被分解之氨離子或有機胺愈多所造成，雖然系統中有此梯度現象，但在長達 288 天操作期中，pH 值之範圍仍維持在 6.8~8.0 之間，系統沒有嚴重的酸化現象發生。長期操作下原植種菌株於生物滴濾床內之分佈比例變化，從微生物之比例變化情形可發現，取樣口 2 所植種的菌株維持較大之優勢(84%±3%)，其次是取樣口 1 (77%±2%)，最後是取樣口 3 (73%±4%)，顯示所植種之菌株雖然處於實場環境，但依然可維持相對之優勢。

圖五為長期操作下生物滴濾床之濾料水含量變化。由於在長期操作下，系統中的水氣將會隨氣體而釋出，因此系統的水含量將可能隨氣體流速之增加而逐漸降低，但本研究結果顯示，本系統生物濾料的保濕能力相當穩定，平均保持 41.5±0.7% 的含水量，因此除了可提供微生物生長外，且能因而產生較少之壓損。

生物處理系統已成為未來去除臭氣之主要趨勢，然而生物處理系統中包含著大量微生物，因此在處理高流量的廢氣時，必須考慮到固定化效果，以防止微生物從生物系統中釋出，進而對環境造成衝擊的可能性。在長期操作後期，我們檢測生物氣膠之產量，由實驗結果得知出流氣體中含有微生物約 $2.9 \times 10^3 \sim 1.2 \times 10^4$ CFU/m³，這些生物氣膠的濃度都低於一般傳統泥炭土生物濾床(1.4×10^5 CFU/m³)和養豬場之豬舍內空氣(3.3×10^5 CFU/m³)所釋出的濃度。因此本系統將來可安全無慮地應用於人口稠密之都會區。

圖六顯示進行填充前之菌體固定化於顆粒活性濾料表面之電顯圖(9,000×)，可發現此時尚未有生物膜形成。連續操作 90 天後，生物活性濾料表面菌相變化如圖七(9,000×)，生物濾料表面上已有明顯形成生物膜之現象。操作 250 天後，生物活性濾料表面菌相變化如圖八(4,500×)，可發現經由長時間操作，生物濾料表面微生物附著程度仍相當良好及穩定，生物膜外觀和活性濾料皆無崩解現象發生，微生物依然可以持續進行生長與降解污染物。

圖九為儲存槽內含硫化合物之代謝產物變化。由結果得知硫酸根之濃度隨操作時間的增加而遞增，而不完全氧化產物硫離子之濃度沒有明顯的累積趨勢。

圖十為儲存槽內含氮化合物之代謝產物變化。由結果得知氨離子與亞硝酸之濃度皆隨操作時間的增加而遞增。而硝酸根之濃度則沒有明顯的累積趨勢，顯然此系統所代謝硫化物與氮化物之主產物以硫酸與亞硝酸為主。

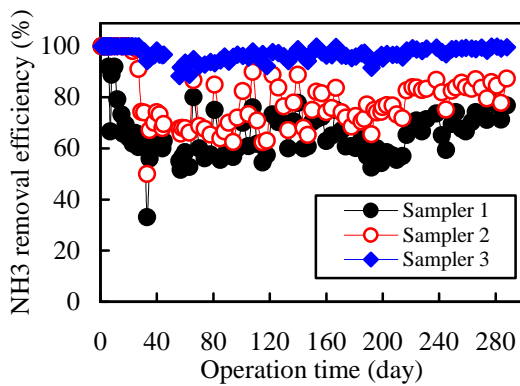
圖十一流速和系統壓損之關係，由此可看出流速和壓損呈現相當良好之線性關係，流速愈大壓損也愈大。本生物滴濾床系統之壓損介於 10~45 mm H₂O/m 之間，遠低於傳統生物濾床之壓損值。本實驗亦於第 45~55 天，進行 10 天之停工期，並觀察去除效率、pH、微生物及產物之變化，其結果請參見圖一、三、四、五、九及十。對於硫化氫與氨氣之處理，停工期對於本系統之操作幾乎沒有影響，同時微生物之數量也未因系統停工而大量死亡。顯見本系統極適合運用於實場操作。

四、計畫成果自評

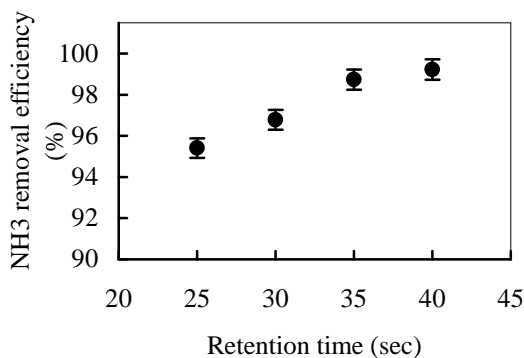
本研究計劃已依原計畫提案之內容及時完成，並另行評估去除有機氮與有機硫之可行性。研究結果整體顯示，系統各種操作參數皆符合工程化標準，而經濟性評估亦符合商業化條件，目前正進一步進行產學合作之構想研擬與計畫申請中。

五、參考文獻

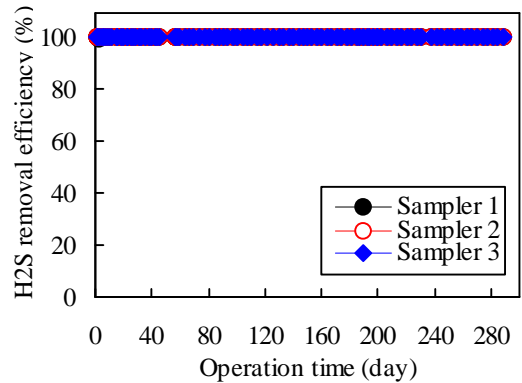
- [1] T. Hartikainen, J. Ruuskanen, M. Vanhatalo and P.J. Martikainen, Removal of ammonia from air by a peat biofilter, *Environmental Technol.*, 17, 45-53, 1996.
- [2] Chun-Chieh Huang and Keh-Perng Shen, Technology review for vapor phase biofiltration part II: Technological development and applications, *Journal of the Environmental Engineering*, 8(3), 181-196, 1998.
- [3] F. G. Edwards and N. Nirmalakhandan, Biological treatment of airstreams contaminated with VOCs: An overview, *Wat. Sci. Tech.*, 34(3-4), 565-571, 1996.
- [4] Ying-Chien Chung, Chihpin Huang and Ching-Ping Tseng, Biological elimination of H₂S and NH₃ from wastegases by biofilter packed with immobilized heterotrophic bacteria, *Chemosphere*, 43, 1043-1050, 2001.



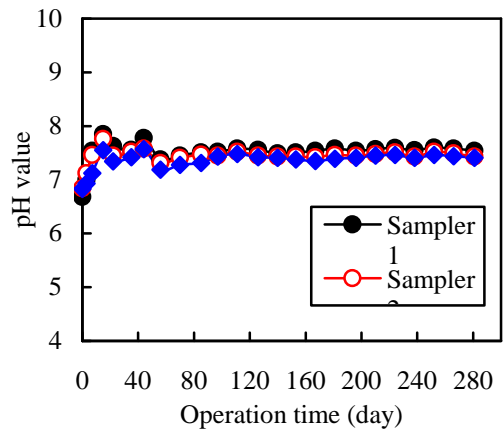
圖一 氨氣之去除效果變化



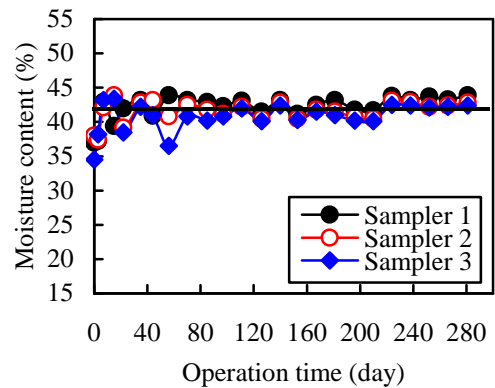
圖二 停留時間對氨氣去除效率之影響



圖三 硫化氫之去除效果變化



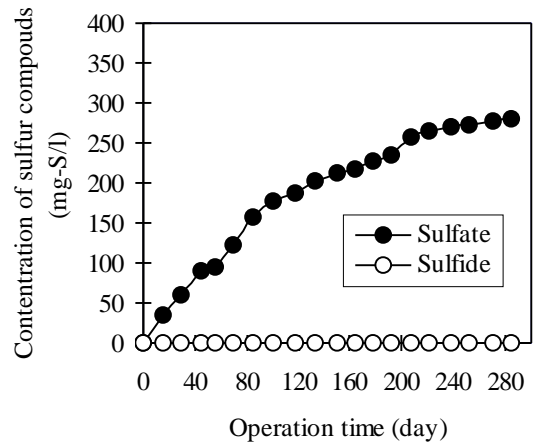
圖四 長期操作下滴濾床各取樣口 pH 值變化



圖五 生物滴濾床各取樣口濾料之水含量變化



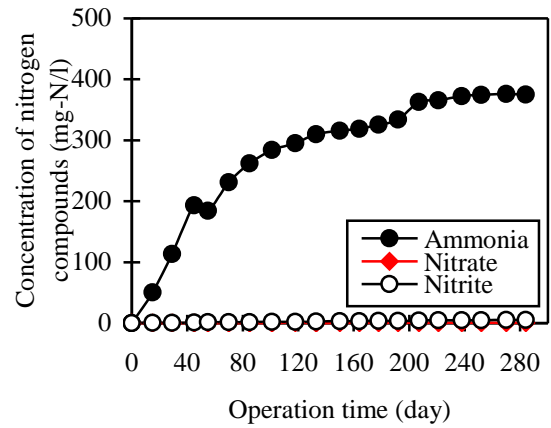
圖六 填充前之菌體固定化顆粒活性濾料表面電顯圖(9,000×)



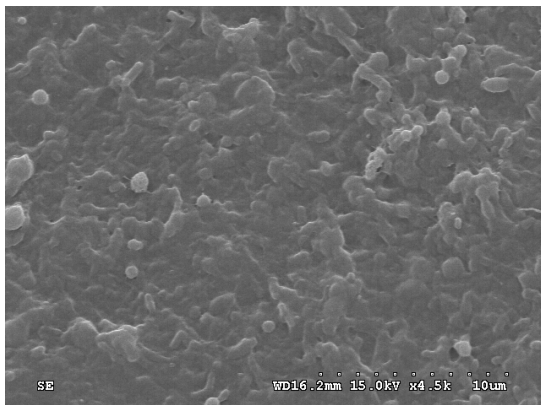
圖九 儲存槽內含硫化合物之變化



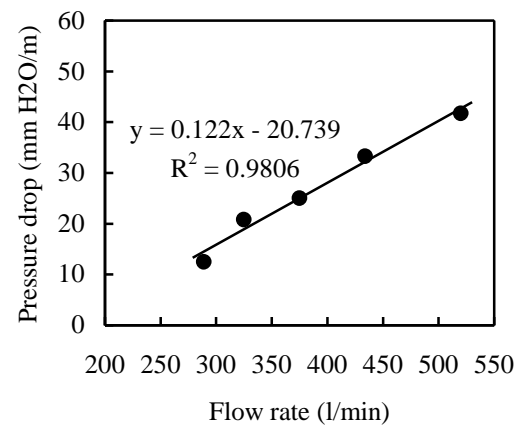
圖七 連續操作 90 天後, 生物活性濾料表面菌相(9,000×)



圖十 儲存槽內含氮化合物之變化



圖八 連續操作 250 天後, 生物活性濾料表面菌相(4,500×)



圖十一 不同流速下和系統壓損的關係