

利用振動式包埋式生物濾床處理揮發性有機物之去除機制研究

徐明藤¹ 徐兆慶² 熊智翔² 張章堂³

- 1、國立宜蘭技術學院人文及科學教育中心助教
- 2、國立宜蘭技術學院環境工程系學生
- 3、國立宜蘭技術學院環境工程系副教授

摘要

由於工業生產所排放逸散揮發性有機物及臭味物質，因易察覺而演變成國內公害糾紛是時有所聞，又因近年的經濟不景氣，遂使廠商處理廢氣更裹足不前，而政府也不得不重視與處理。就設備、操作成本、處理效果及衍生問題而言，以生物處理方式遠比傳統物理、化學方法（如洗滌法、吸附法、焚化法、臭氣氧化法）佳；在早期，濾料是以固定材質為介質，但易造成系統操作與維護不便，以致發展成以固定式濾料為主，利用可包埋優勢菌種為主要微生物，來增加系統去除效率，而本實驗目的則是加入振動預防生物膜累積處理，並觀察其處理之效益。本實驗所採用之生物濾床反應器，為一高 36cm，內徑 14.5cm 的壓克力管柱，內部上方有一灑水器，自頂部往下算起 13.5cm 及 26cm 處各裝一壓克力篩板，並將包覆污泥的固定式濾料膠體填入其中，反應器外接紅外線分析儀，分析處理前後濃度，其操作條件參數包括污染物濃度（分別控制在 200、300、400、500、600、700、800ppm 下）、污染物種類（如甲苯、二甲苯）以及 5 種灑水量（液氣比為 20、27、33、40、47 L/m³），並探討在各種操作條件（如污染物種類、濃度、用水量）與處理效率的關係。

結果顯示，使用振動式生物濾床和控制一定灑水量，對濾料之吸著處理效率會隨進流之甲苯濃度增加而提升。另加裝振動比未加入振動處理效率更好，如用水量 300cc/min（液氣比為 20 L/m³），800ppm 時，加入振動之吸著效率為 85%；而在尚未使用振動式生物濾床於同一條件下，吸著效率僅 66%。且加入振動後濾料的吸著效率隨入流污染物的濃度增加而提升，而有助於生物處理效率。隨著加入振動與未振動以及控制用水量的增加，對甲苯與二甲苯吸著處理效率各有不同結果，如甲苯 300ppm 且液氣比為 47 L/m³ 時，加入振動與未振動各測得吸著效率為 95% 與 45%，於二甲苯 700ppm 且液氣比為 47 L/m³，加入振動與未振動各測得吸著效率為 45% 與 15%，可得知加入振動後甲苯與二甲苯

之吸著效率都有提升趨勢。

關鍵詞：包埋式生物濾料、振動式生物濾床、揮發性有機物、吸著

Study on the VOCs Control with EMMC Biofilter under Vibration

Ming-Teng Hsu¹ Chao-Ching Hsu² Ji-Xang Hsiung² Chang-Tang Chang³

1、Assistant, Humanities and Science Education Center, National I-Lan Institute of Technology

2、Student, Department of Environmental Engineering, National I-Lan Institute of Technology

3、Associate Professor, Department of Environmental Engineering, National I-Lan Institute of Technology

ABSTRACT

The aim of this study is to use an improved entrapped mixed microbial cells (EMMC) biofilter for removal of Toluene or Xylene-containing waste gases. Generally, traditional control equipment, including incinerators, scrubbers, adsorbers, need high cost to treat odors and volatile organic compounds (VOCs). Recently, the EMMC biofilter was established to control pollutants with low cost. However, the efficiency of biofilter is low for treatment of VOCs. In this study, the sludges from waste water and wine factory were packed into an EMMC reactor to degrade VOCs. Furthermore, the vibrator was used to regenerate the activity of biomass in EMMC. Several concentrations, ranged from 200 to 800 ppm, and liquid/gas ratios, ranged from 20 to 47 L/m³, were examined to assess the performance of biofilter. The results showed that the treatment efficiency of biofilter with vibration was 10 ~ 30 % higher than that without vibration. The improved vibrational biofilter has good performance even under high concentration. The efficiency increases with an increase in liquid/gas ratios and inlet concentrations. For example, the efficiency of treating Toluene is only 40% under 600 ppm and 27 L/m³. In contrast, the value is increased to 95% under 800 ppm and 47 L/m³. In this study, it is better to treat Toluene than Xylene. Additionally, the biofilter

with waste water sludge EMMC has better performance than that with wine sludge EMMC.

Keywords: Biofiltration, Entrapped mixing microbial cell (EMMC), Vibration, VOCs

一、前言

因為工業發展的迅速，像是石化工業、積體電路、樹脂合成、煤焦油與橡膠煉製等...使得大氣中存在越來越多的揮發性有機物(Volatile Organic Compounds, VOCs), 而苯、甲苯、乙苯、二甲苯，合稱 BTEX，即工業常用之揮發性有機溶劑，因為成本或技術上的關係，只有少部分有回收再使用，基本上絕大部分則會因其揮發性高之性質而逸散進入大氣中；這幾年醫學界證實，長時間曝露在含 BTEX 等揮發性有機物之下對人體健康會造成極大的影響，尤其是肝臟的負擔[1]。因此，目前行政院環保署所列管之有機性有害空氣污染物名單中，BTEX 分別就為建議優先列管名單中的 1、5、7、8 名，有鑑於此，發展出一套既經濟又有效的揮發性有機氣體之處理與控制技術是刻不容緩的事。其中，以生物濾床法處理低濃度之揮發性有機氣體成效最佳[2, 3, 4]。

如國內朱文昌等人 (1996) [5]利用傳統生物濾床法處理含 BTEX 廢氣。在固定各濾床有機體積負荷條件下，對不同的程序控制因子進行最佳化試驗。在 pH 值試驗方面，發現生物濾床控制在微鹼性的情形下，生物濾床對基質的利用率較高，其中以進流營養源 pH 7.5-8.0 之間可以得到最佳的去除效率。

黃世傑等人 (1998) [6]則探討應用生物濾床處理含揮發性有機化合物 (VOCs)廢氣之成效，並以三組堆肥/矽藻土為填充濾料之生物濾床處理甲苯與丙酮兩者混合的廢氣。實驗主要操作變數為甲苯與丙酮之濃度及兩者之比例，探討穩定狀態下進氣條件對污染物去除率的影響，並推導出單成分污染物動力模式為主，考慮污染物之間的交互作用，由質量平衡建立之動力模式。

但現行市面所採用的生物濾床之濾料大多以鬆散狀為主，除了易使系統不易操作維護外，亦無經濟效益考量[7, 8]；本實驗乃利用包埋式生物濾料處理方法再加上機械震動方式來探討兩者在整體去除效率上有何差異，且以 VOCs 之吸著效率來說明實驗結果，而吸著效率是以吸附效率加上吸收效率而成的。

二、實驗設備與方法

1. 實驗設備

本實驗所採用之生物濾床反應器，為一高 36cm，內徑 14.5cm 的壓克力管柱，內部上方有一灑水器，自頂部往下算起 13.5cm 及 26cm 處各裝一壓克力篩板，並將包覆完成的固定式濾料膠體填入其中，於反應器加入振盪器外接紅外線分析儀（廠牌為 HORIBA；型號為 EXA-44IGE），利用空氣壓縮機打入空氣與進流污染物質混合稀釋至所要量測之濃度，由反應器底部通入，觀察濾料吸附情形並記錄實驗數值以探討生物濾床之吸附作用，當濾料吸附作用趨近一穩定狀態時，打開蠕動壓縮機將設定流量後進行灑水及連續迴流，以探討生物濾料之吸收作用，再整理不同條件下（如時間、濃度、水量）與處理效率的關係（處理流程如圖 1 所示）。

2. 濾料製作方法

本實驗係利用 EMMC (Entrapped Mixed Microbial Cells) 技術來製作包埋式生物濾床濾料，其製作流程如圖 2 所示。

- (1) 首先以 1 : 10 的比例將三醋酸纖維素緩慢加入二氯甲烷中。
- (2) 配製 20g 濃度為 20 % (w/v) 的生物污泥，以 15000rpm 離心 10 分鐘並攪拌。
- (3) 將步驟 (1) 與 (2) 中物質混合並緩慢加入 20ml 的蒸餾水，再攪拌使其成乳膠狀態。
- (4) 製成球形，用甲苯浸泡至濾料硬化定型為止。
- (5) 以水沖洗濾料，蔭乾後生物濾料製作完成。

3. 操作條件參數

VOCs 經濾料吸附與吸收與微生物處理作用之操作參數如表 1 所示，其操作條件參數包括污染物濃度分別控制在 200、300、400、500、600、700 與 800 ppm 下；生物濾球種類為廢水污泥生物濾球與酒糟污泥生物濾球；污染物種類為甲苯與二甲苯；灑水量設定於 300、400、500、600 與 700cc/min (即液氣比分別為 20、27、33、40、47 L/min)；振盪器頻率固定為每分鐘 85dB (A)【乃因當振動器之振動值調在此值時，生物濾床中濾料可正常平穩翻轉位移，以避免生物膜累積】；溫度：25 ~35 (一般而言生物濾床中之好氧微生物大都是以適中溫性細菌為主)；並探討在各種不同條件 (污染物、濃度、用水量) 與處理效率的關係。

三、結果與討論

1. 振動與未振動作用對吸著效率之影響

對甲苯處理而言，採用振動方式並控制一定用水流量，在液氣比為 27 L/m³ 且入流濃度為 800ppm 時，其吸著效率為 85%；而未採用振動方式，且同樣條件下吸著效率僅約為 70%，如圖 3 所示。使用振動式生物濾床對二甲苯處理而言，在同樣上述條件下，其採用振動方式之吸著效率約為 18%，而未採用振動方式之吸著效率僅約為 3%；乃二甲苯較不易溶解水，無法進一步被生物所分解，如圖 4 所示；比較之下可知對生物濾床中的濾料產生振動，對甲苯與二甲苯之吸著效率增加。此情形有可能是因為加入振動可使反應器中濾料有互相摩擦，致使生物膜較不易累積發生，並可以增加微生物進行生物處理時與揮發性有機物的接觸面積，所以處理濃度效率隨振動加入而提升。

2. 用水量(液氣比)對吸著效率之影響

隨著用水量的增加，對甲苯與二甲苯吸著處理效率則會隨之增加，如當處理 300ppm 甲苯，用水量 700cc/min (液氣比為 47 L/m³) 時，濾床加入振動與未振動各測得吸著效率分

別為 95 % 與 45 % ,如圖 5 所示;另處理 700ppm 二甲苯,用水量 700 cc/min(液氣比為 47 L/m³) 時,濾床加入振動與未振動各測得吸著效率分別為 45 % 與 15 % ,如圖 6 所示;可得知處理甲苯與二甲苯之用水量增加,對效率增加幅度尚較濾床加入振動作用為大,乃因振動作用加入後,生物膜作用代謝作用較佳,不易飽和,隨用水量增加,使吸收作用增加,另濾料也與污染物甲苯與二甲苯因灑水而有接觸,增加濾料接觸面積,致使吸著效率增加。

3.入流濃度對吸著效率影響

整體評估生物濾床之效率,可知對生物濾料施以振動時,針對甲苯各種入流濃度吸著效率介於 39~85%之間,遠高於未對生物濾料施予振動其對甲苯之吸著效率僅介於 10~11%之間,如圖 7 所示;同樣條件下,振動式生物濾床對二甲苯吸著效率僅介於 40~65%之間,而未施予振動之生物濾床對二甲苯的吸著效率介於 2~3%之間,如圖 8 所示,乃因甲苯之溶解度較二甲苯佳,致使吸著(吸附與吸收)處理效率較大。兩者(甲苯與二甲苯)處理效率皆隨入流濃度之增加而增大,有可能是因為污染物溶入洗滌液後,致使洗滌液中有機物濃度不斷增加,導致氣流中甲苯與二甲苯易於傳送至洗滌液內,因而處理效率隨之增加。

4 生物濾球種類對吸著效率之影響

當比較各生物球種類對二甲苯的吸著效率時,可得知採用廢水所研製之生物污泥濾球其吸著效率介於 45%~70%之間,其中以 200ppm 時吸著效率可達到 70%;而採用酒糟所研製生物濾球吸著效率介於 40%~30%之間,其中以 400ppm 時吸著效率可達到 40%,如圖 9 所示;可知廢水污泥生物濾球比酒糟生物濾球吸著效率較佳。

當控制於一定用水流量與入流濃度時,若採用廢水污泥生物濾球處理二甲苯,其吸著效率介於 58%~78%之間;若採用酒糟所研製生物濾球進行處理,其吸著效率介於 40%~60%之間,如圖 10 所示;可知廢水污泥生物濾球比酒糟生物球種吸著效率較佳,乃廢水污泥來自處理含各種有機物之污泥原有污泥對甲苯與二甲苯之分解能力較強,也可能酒糟生物濾球來自處理乙醇之污泥僅適合處理醇類有機物所致,對芳香族處理效果較差。

5 各生物濾床之在吸附與吸收效率影響

為整體評估生物濾床中生物濾球效率,以利得知生物濾床之處理機制,乃進行生物濾床吸附與吸收效率研求,如圖 11 可知使用廢水污泥生物濾球,於 300ppm 時吸附效率為 40%,吸收效率為 27%,而 400ppm 時吸附效率為 36%,吸收效率為 30%;反之酒糟生物濾球,於 300ppm 時吸附效率為 25%,吸收效率為 20%,而 400ppm 時吸附效率為 35%,吸收效率為 25%,如圖 12 所示;兩者比較而得知兩種生物濾球之吸附效率皆大於吸收效率,乃生物濾球孔隙較多,吸附的能力較強且甲苯與二甲苯不易溶解於水,以致吸附效率略大於吸收效率。

四、結論

- 1.使用振動式生物濾床和處理效率較傳統生物濾床之處理效率佳，至少可提升一成以上。
- 2.處理效率隨入流濃度增加而加大，對處理甲苯而言，入流濃度為 800ppm 時較入流濃度為 600ppm 時，處理效率增加近兩倍。
- 3.實驗結果顯示隨著用水量的增加，對甲苯與二甲苯吸著處理效率則會隨之增加，如當 300ppm 甲苯用水量 700 cc/min (液氣比為 47L/m³) 時，較 20 L/m³ 吸著效率增約兩倍
- 4.以廢水污泥生物濾球處理二甲苯之吸著效率較使用酒糟生物濾球之吸著效率不佳，兩者相差約兩成至三成之間。
- 5.使用廢水污泥生物濾球與酒糟生物濾球兩種濾料之吸附效率皆大於吸收效率，吸附效率較吸收效率大約 2~3 成。

五、參考文獻

1. Chang, M.K., T. C. Voice and C. S. Criddle (1993), "Kinetics of Cometabolism in the Biodegradation of Benzene, Toluene, and p-Xylene by Two Pseudomonas Isolates", Biotech. & Bioeng., 41, pp.1057-1065.
2. Ergas, S. J. Kinnery, M.E. Fuller & K. M. Scow (1994), "Characterization of a Compost Biofiltration System Degrading Dichloromethane", Biotechnol. Bioeng., 44, pp.1048-1054.
3. R. L Corsi and L. Seed, "Biofilter of BTEX: Media, Substrate and Loading Effect", Environment Progress, 14, pp.151-158 (1995).
4. 李春樹、高銘木 (1996), 「堆肥生物濾床去除苯、甲苯、二甲苯混合廢氣之研究」, 第十三屆空氣污染控制技術研討會論文集, 第 143-150 頁。
5. 朱文昌、盧重興、林明瑞、朱振華 (1996), 「以生物濾床法處理含 BTEX 廢氣之研究」, 第十三屆空氣污染控制技術研討會論文集, 第 167-172 頁。
6. 黃世傑、古淑媛、呂東璿 (1998), 「生物濾床處理含揮發性有機物之廢氣」, 第十五屆空氣污染控制技術研討會論文集, 第 366-372 頁。
7. 許惠怡、陳枋萱、陳忠璋、方柏鈞、徐依聖、張章堂、鄭福田 (2000), 「利用酒糟污泥研製生物濾料處理臭味物質之研究」, 第十七屆空氣污染控制技術研討會論文集, 第 661-665 頁。
8. 盛家鳳、徐明藤、熊開磊、張章堂 (2001), 「利用包埋式生物濾床處理揮發性有機物之去除機制研究」, 第(十八)屆空污染控制技術研討會論文集。

六、圖表

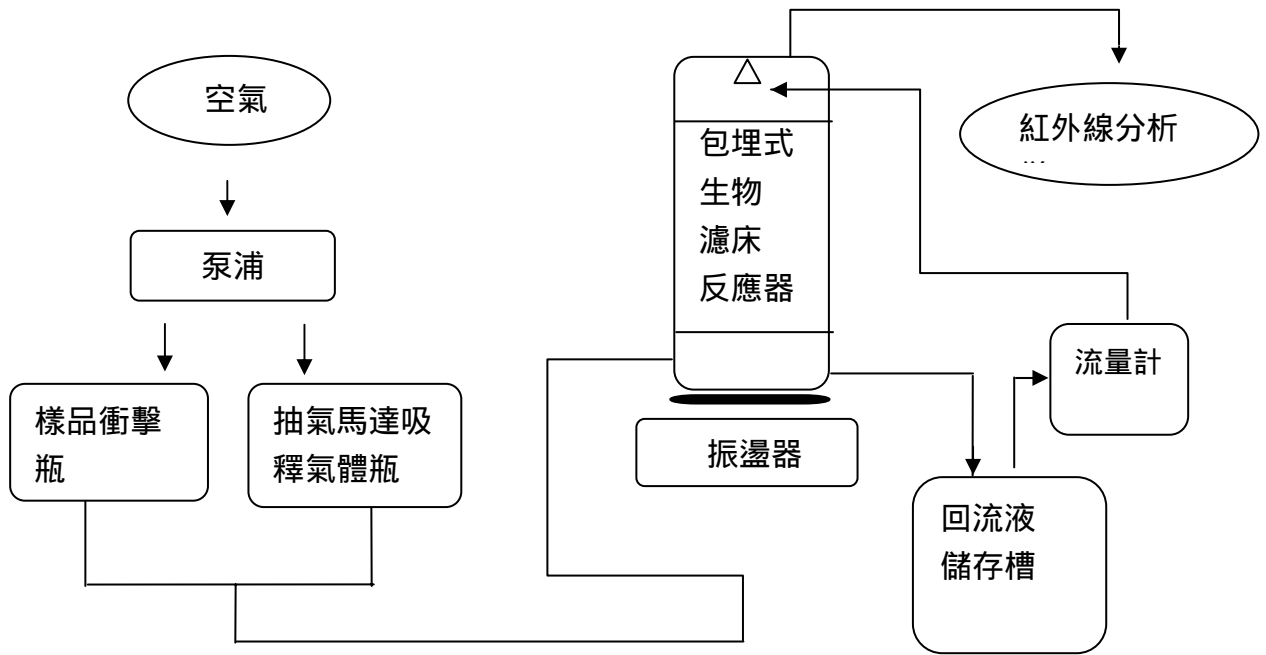


圖 1 包埋式生物振動濾床處理流程

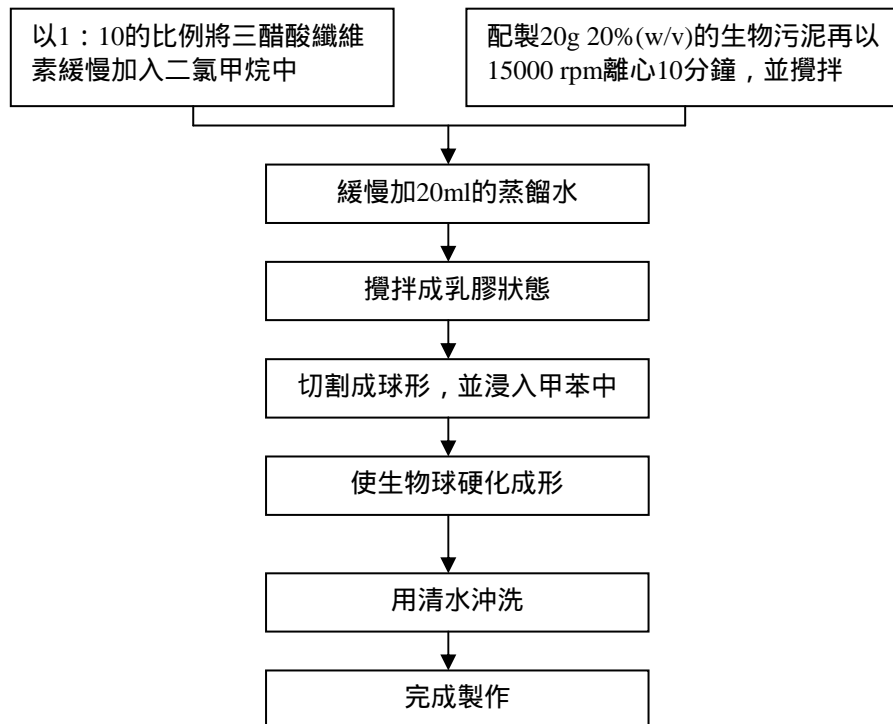


圖 2 包埋式生物濾料製作流程

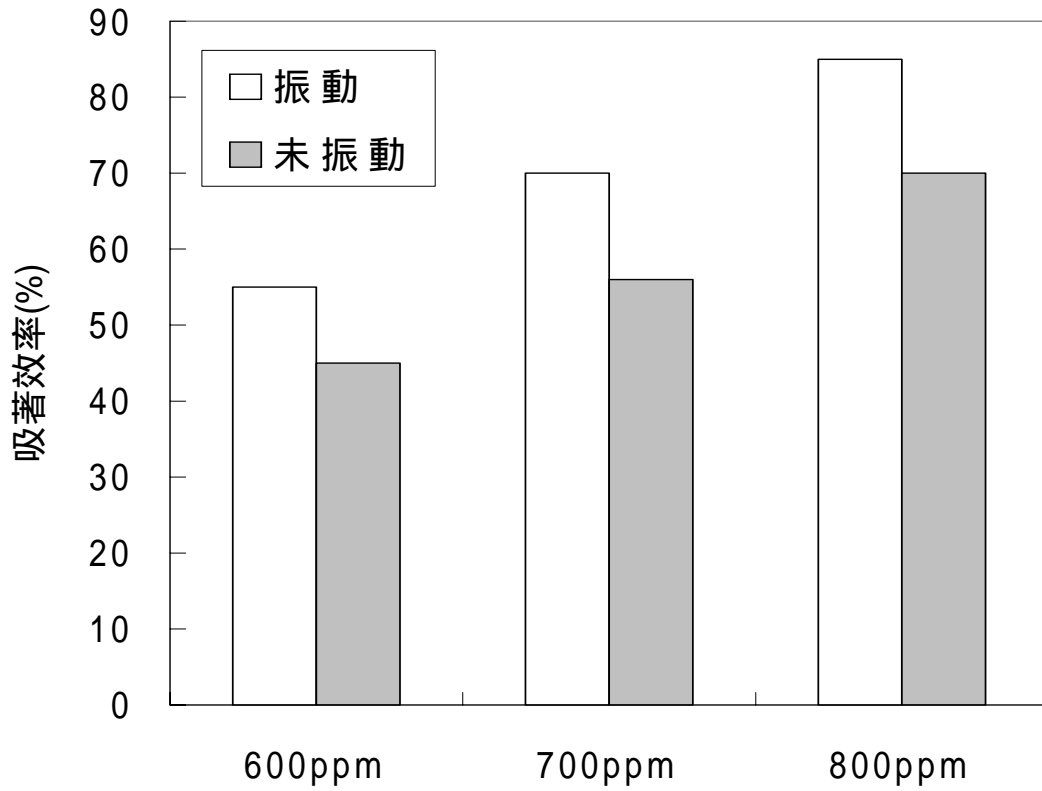


圖 3 對甲苯在液氣比為 27 L/m³時振動對吸著效率之影響

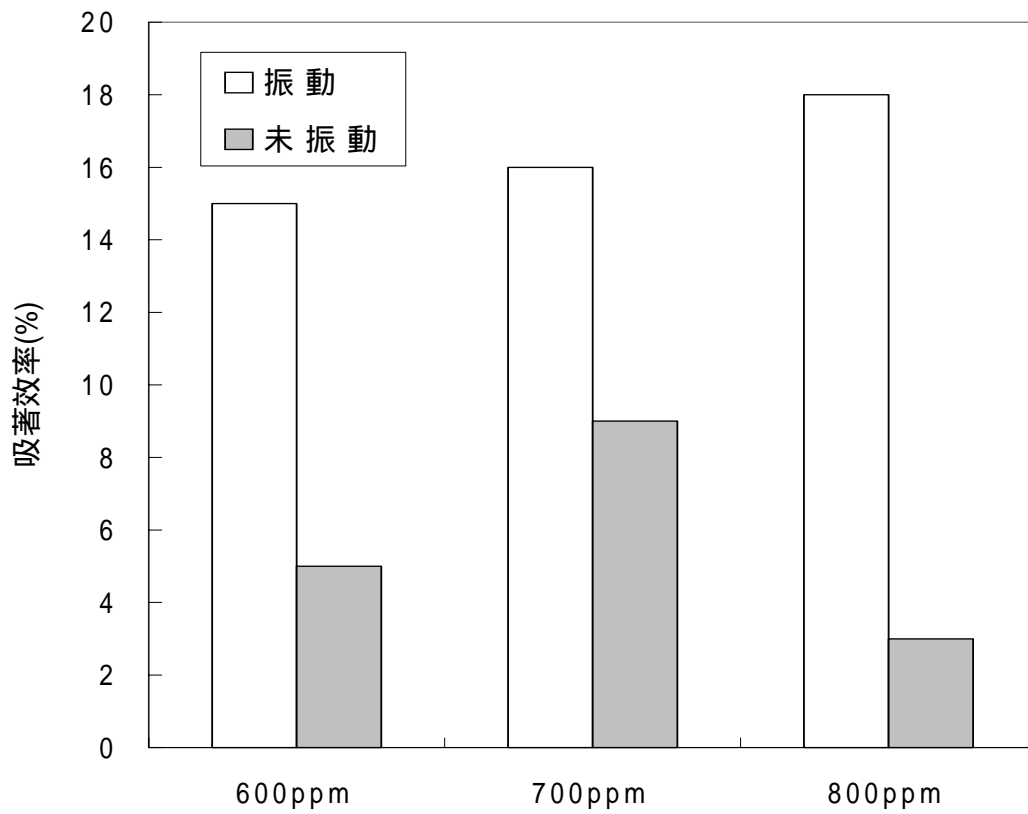


圖 4 對二甲苯在液氣比為 27 L/m³時振動對吸著效率之影響

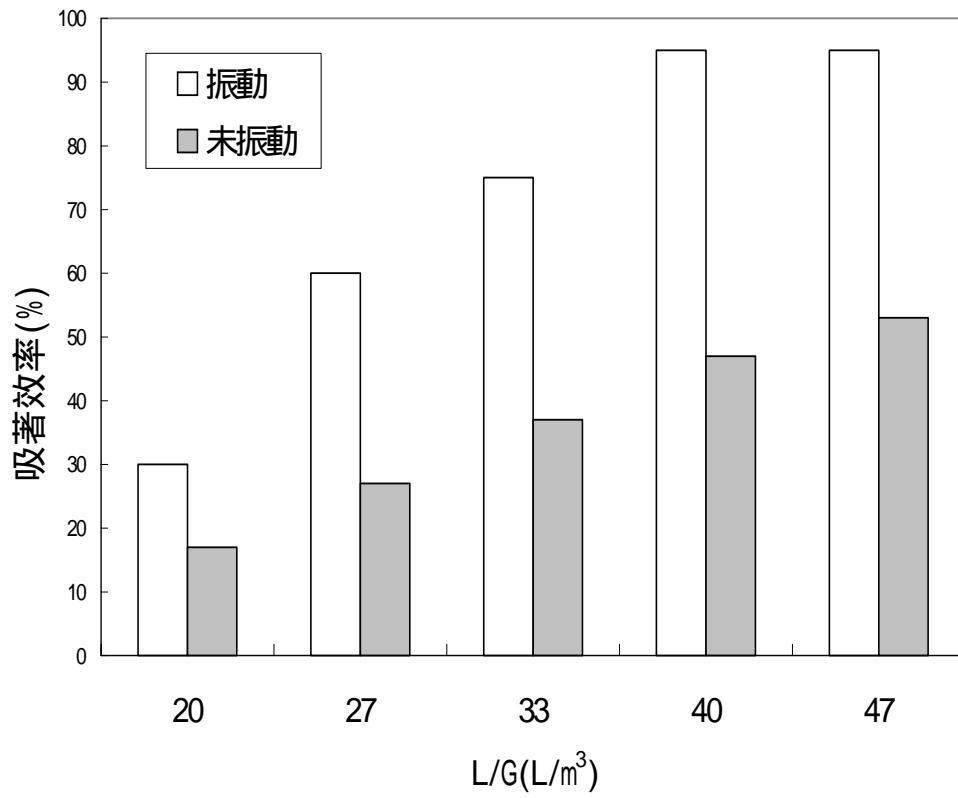


圖 5 甲苯在 300ppm 下液氣比與吸著效率關係

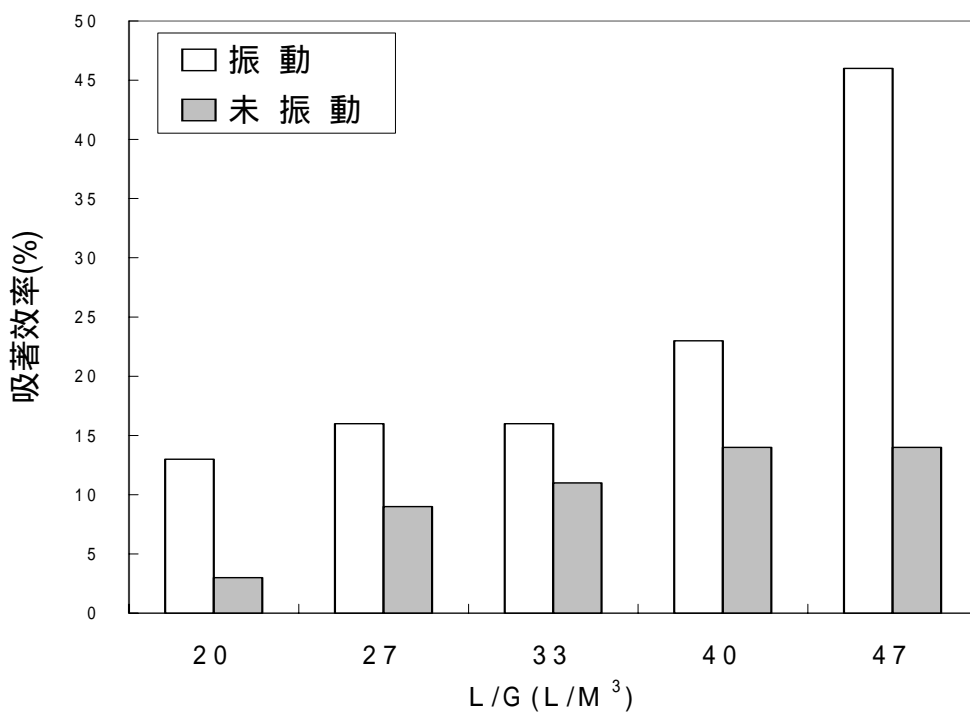


圖 6 二甲苯在 700ppm 下液氣比與吸著效率關係

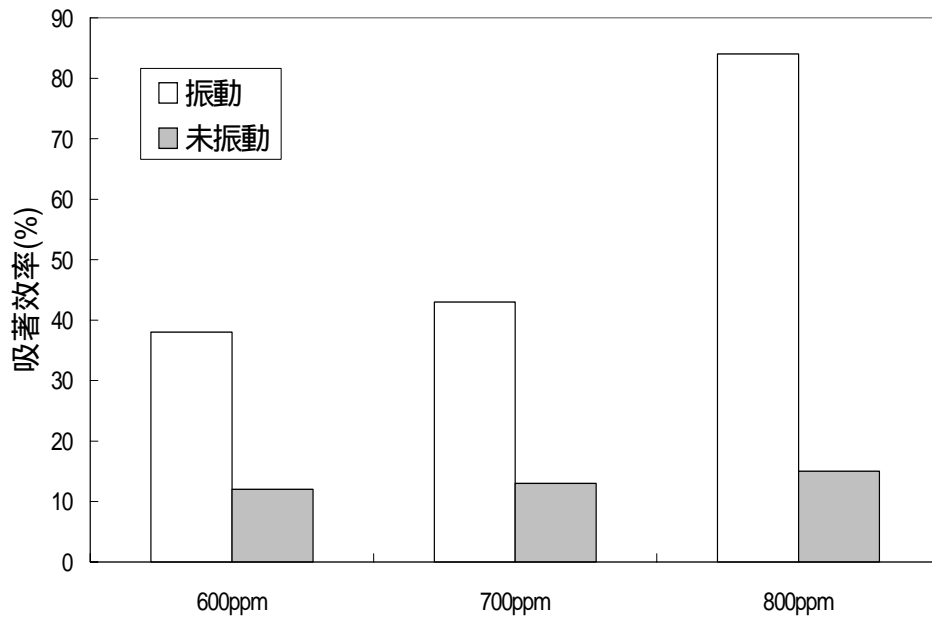


圖 7 液氣比為 47 L/m³ 時各種甲苯入流濃度與吸著效率關係

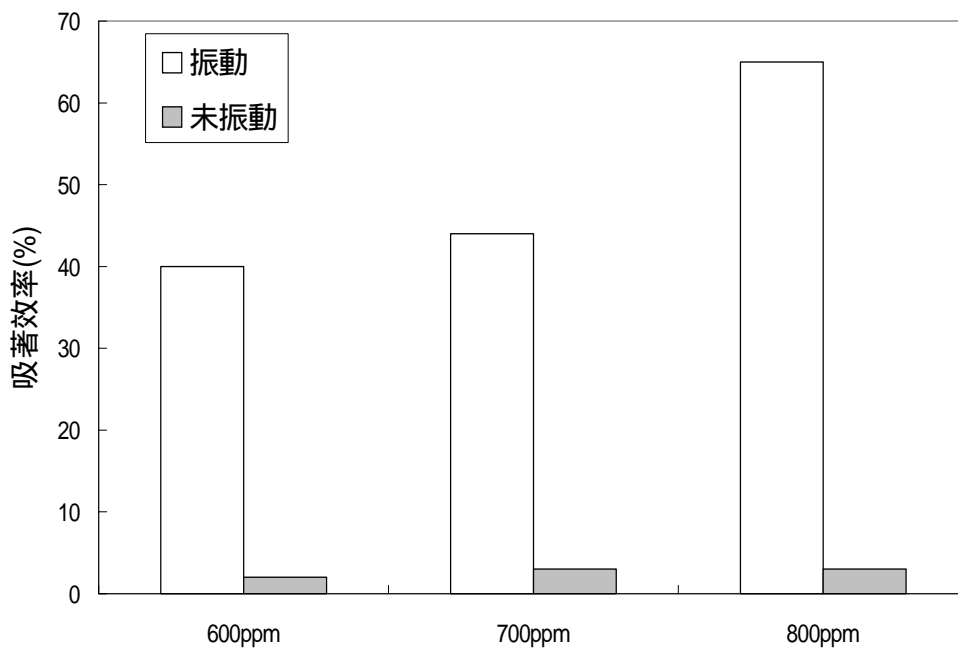


圖 8 液氣比為 47 L/m³ 時各種二甲苯入流濃度與吸著效率之關係

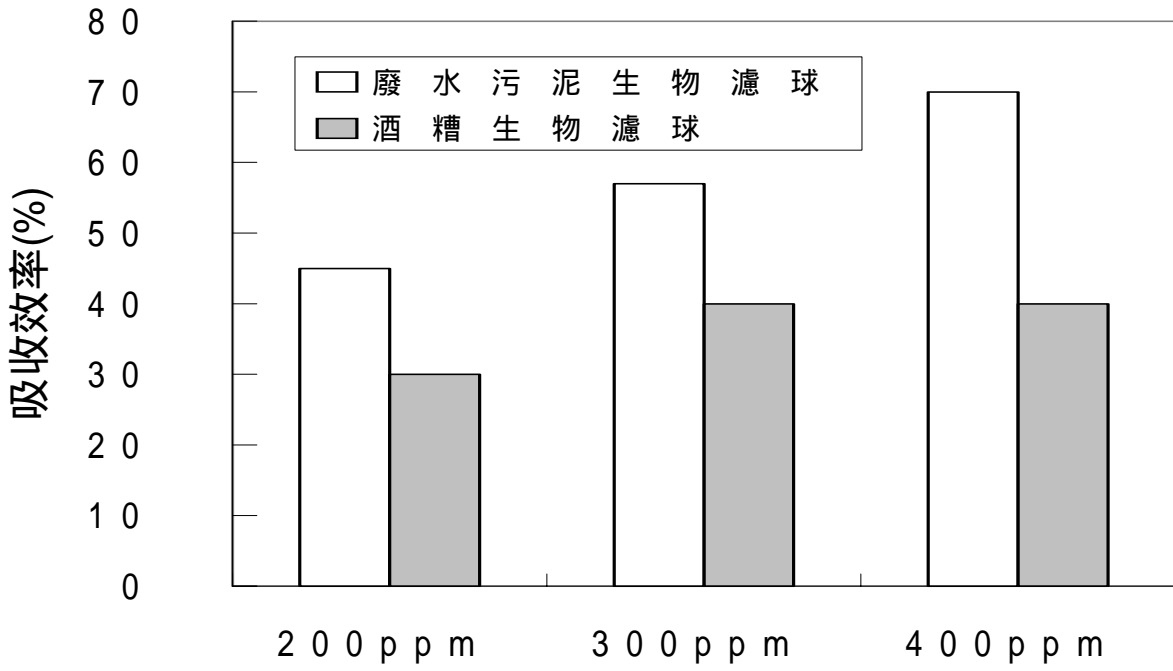


圖 9 各種生物濾球對吸著效率之關係 (二甲苯液氣比為 27 L/m³)

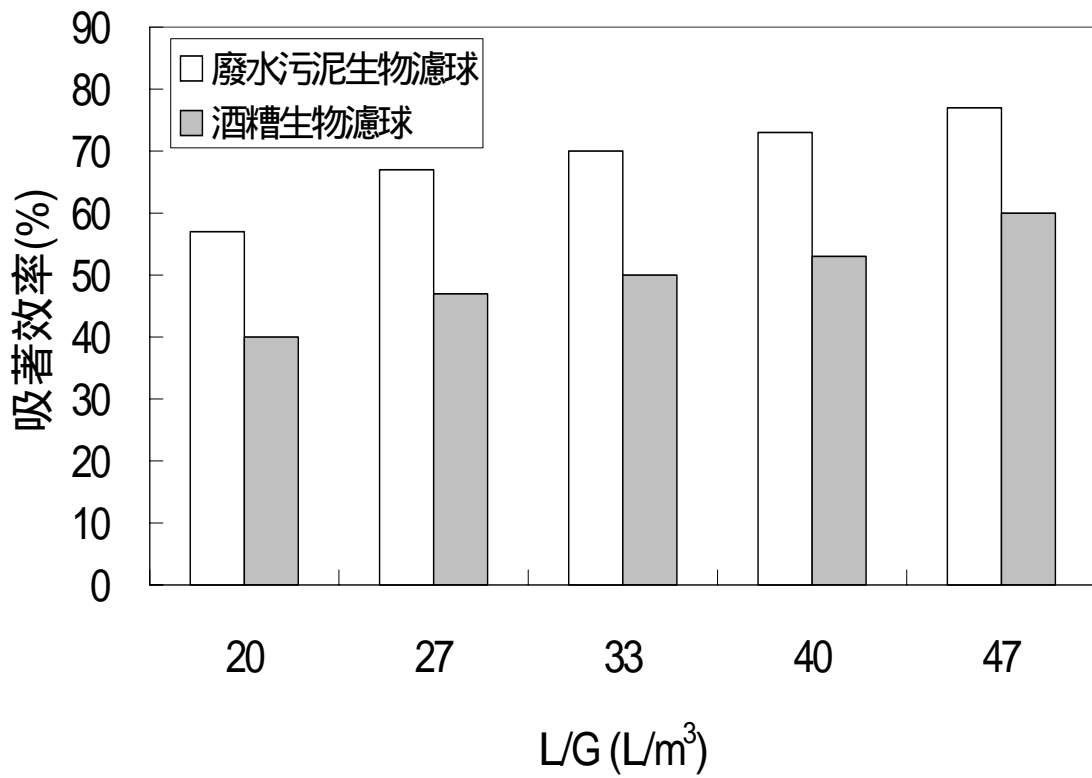


圖 10 各種生物濾球對吸著效率之影響 (二甲苯 300ppm)

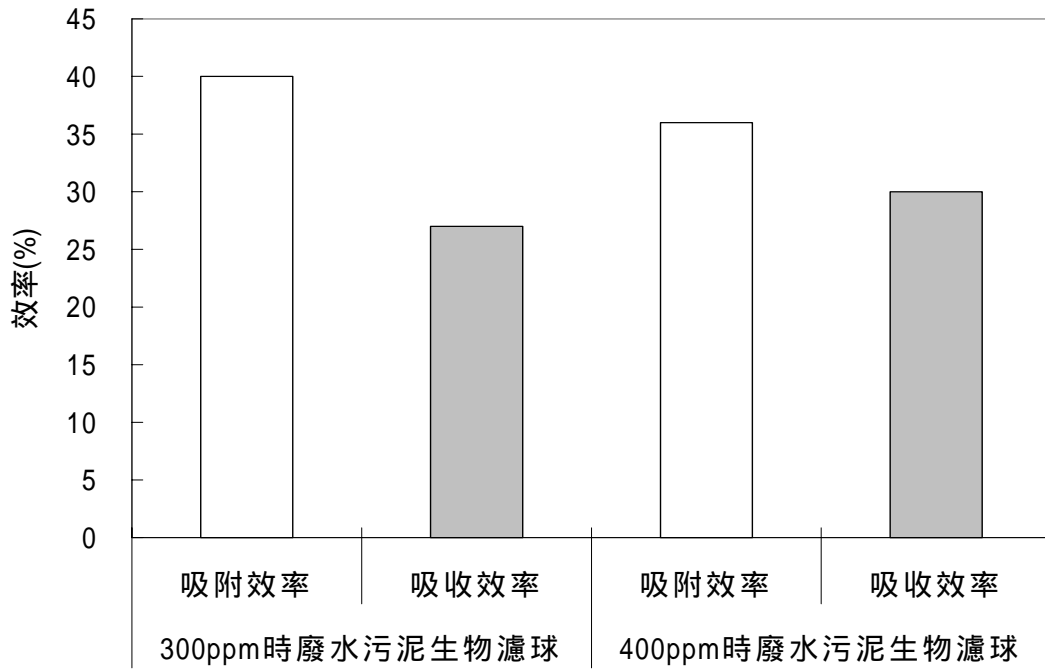


圖 11 廢水污泥生物濾床處理二甲苯之各吸附與吸收效率之比較 (液氣比為 33 L/m³)

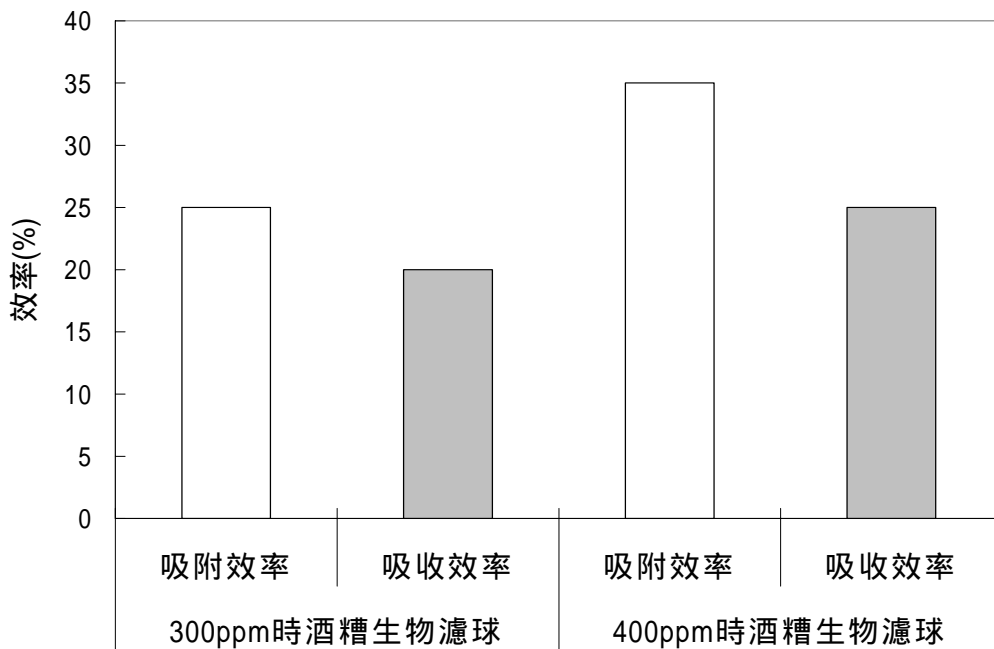


圖 12 酒糟生物濾床處理二甲苯之各吸附與吸收效率之比較 (液氣比為 33 L/m³)

表 1 生物濾床處理 VOCs 參數表

參數	條件
濃度 (ppm)	200、300、400、500 、600、700、800
生物濾球種類	廢水污泥生物濾球 酒糟污泥生物濾球
污染物	甲苯、二甲苯
液氣比 (L/G) L/m ³	20、27、33、40、47
生物濾床種類	振動式生物濾床 傳統固定化生物濾床