

半室內環境灰塵中內分泌干擾活性及輪胎磨損物質之檢測

國立成功大學環境工程學系 曾俊瀚
指導老師：國立成功大學環境工程學系/研究所，周佩欣教授

摘要

本研究針對臺灣半室內環境（停車場及機車行）灰塵進行分析，以評估內分泌干擾物質與輪胎磨損顆粒（TRWPs）之含量與健康風險。研究透過基因轉殖酵母菌報導基因試驗檢測樣本之類(抗)雄激素、類(抗)雌激素、類(抗)甲狀腺激素及類芳香烴活性，並以氧化鋅密度分離與尼羅紅染色結合螢光顯微鏡定量 TRWPs。結果顯示所有樣本均具有類芳香烴活性，濃度範圍為0.82-2.47 β -NF-EQ $\mu\text{g/g dust dw}$ ，且活性與TRWPs濃度相關；僅少數樣本呈現微弱抗甲狀腺激素活性，未檢測到顯著的類(抗)雄激素與類(抗)雌激素活性。TRWPs 含量介於20.7-42.9 particles/g，粒徑主要在100 μm 至1 mm。健康風險評估結果顯示目前暴露風險仍在可接受範圍內，但長期累積效應不容忽視。

關鍵字：半室內環境、灰塵、輪胎磨損顆粒、內分泌干擾活性、健康風險評估。

研究動機與目的

- 動機：TRWPs 與內分泌干擾物質對環境與健康的潛在風險
- 目的：檢測灰塵中之活性與 TRWPs 含量

結果與討論

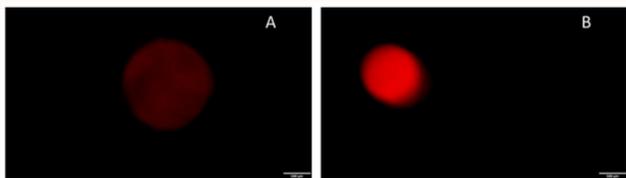


圖1 (A) TRWPs-GF與 (B) TRWPs-ZQ的鏡檢影像

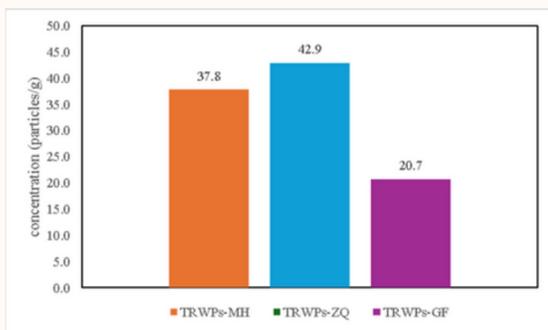


圖2 懸浮樣本中輪胎磨損顆粒之含量

根據過往文獻中的測量結果，可以發現路面中TRWPs的含量與車流量、氣候條件，高濃度區域多與高車流量區域一致；降水較少的城市TRWPs更易在道路灰塵中累積，TRWPs-GF是三處中最為開放容易有雨水沖刷且有淹水紀錄的地點，其TRWPs的含量亦低於其他兩處，再來是雖然車流量最小但含量第二多的TRWPs-MH，可能因為機車行之環境較為封閉，而含量最高之檢出處為車流量較大的TRWPs-ZQ。

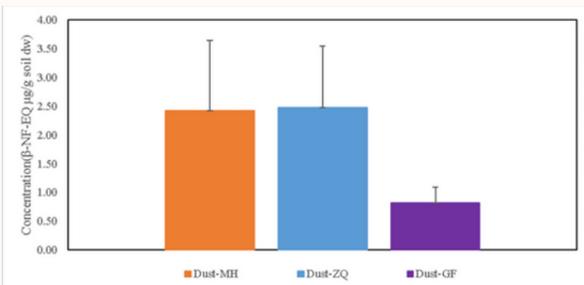
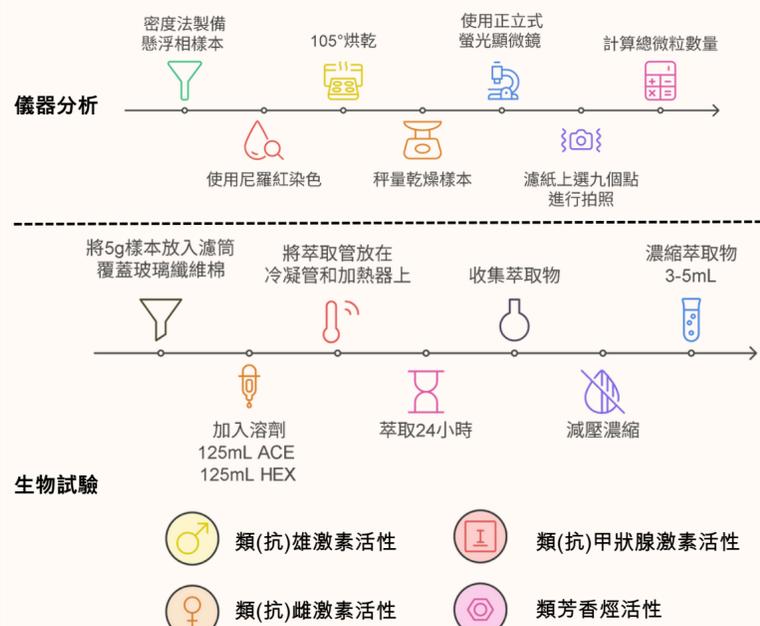


圖3 灰塵樣本之類芳香烴當量濃度

地點	β -NF-EQ	文獻來源
臺灣停車場灰塵樣本	0.82-2.47 $\mu\text{g/g}$	本研究
臺灣機車行灰塵樣本	2.42 $\mu\text{g/g}$	本研究
臺灣廟宇灰塵樣本	1.84-9.10 $\mu\text{g/g}$	(趙洗穎, 2023)
臺灣無燃香室內灰塵	0.93 $\mu\text{g/g}$	(趙洗穎, 2023)
臺灣家庭室內灰塵	0.14-12.75 $\mu\text{g/g}$	(李振華, 2017)
越南城市房屋灰塵	6.46-108.76 ng/g	(Hoang., 2021)

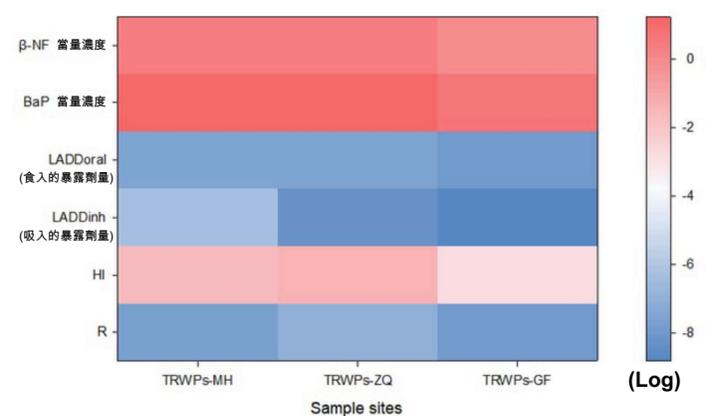
與過往的研究比較可以發現臺灣半室內環境（停車場和機車行）灰塵中的類芳香烴活性高於無燃香的室內環境和越南城市房屋灰塵，但低於臺灣廟宇灰塵，並且處於臺灣家庭室內灰塵範圍的中低水平，這可能與採樣地點的特性有關，停車場和機車行中輪胎磨損和車輛排放可能釋放具有類芳香烴活性物質，但相較於燃香等直接污染源，其影響程度可能較低，同時半室內環境具有一定的通風性，有助於降低污染物的累積。

研究方法



健康風險評估

危害指數(HI) ≤ 1 為可接受非致癌風險上限；總致癌風險(R) $\leq 10^{-6}$ 為可接受致癌風險上限。計算結果如下：



結果顯示，在目前採集的三个半室內環境灰塵樣本中，由類芳香烴物質引起的非致癌風險和致癌風險均在可接受範圍內。

結論與建議

本研究探討了半室內環境灰塵中的輪胎磨損顆粒含量、其內分泌干擾活性及其健康風險。研究結果顯示，所有灰塵樣本皆具有類芳香烴活性。然而，由於本研究選擇的環境通風性較佳，且空間較大、流動性較高，因此其類芳香烴活性明顯低於文獻中其他室內環境的數據。此外，類芳香烴活性在輪胎磨損顆粒濃度較高的樣本中尤為明顯。

由於輪胎磨損顆粒廣泛存在於環境中，其衍生化學成分對環境與健康仍可能具有潛在風險，未來將進一步評估其添加物的釋出狀況並探討其與類芳香烴活性之關聯。