

# 垃圾資源回收廠排放戴奧辛採樣關鍵：等速吸引

曹國田

一般所稱之戴奧辛類化合物包含多氯戴奧辛 (PCDDS)、多氯呋喃 (PCDFS) 等，在生態環境中，戴奧辛是非常穩定化合物，生物分解幾乎是微乎其微，要加熱到攝氏 800 °C 才能分解，且抗酸、耐鹼、難溶於水、易溶於脂肪幾乎無法自體內排出，依據美國環保署的估計，人體受戴奧辛類化合物污染途徑包括了受污染的土壤，不同土地處置狀況及都市廢棄物焚化爐等。

戴奧辛類化合物污染途徑經由食物鏈、空氣等，戴奧辛類化合物可能影響人體免疫系統，而長時間攝入戴奧辛亦會使致癌機率增加、產生基因毒性作用、影響發育作用及傷害肝臟等，因此稱戴奧辛為世紀之毒。目前已有非常多研究結果指出，戴奧辛之產生源主要來自原料/燃料成分，因此垃圾資源如含有包括氯之塑膠物、殺蟲劑、除草劑，再加上若垃圾資源燃燒狀況不良，尤其混合不夠、或垃圾燃燒停留時間太短，都將增加垃圾燃燒排放戴奧辛之可能。

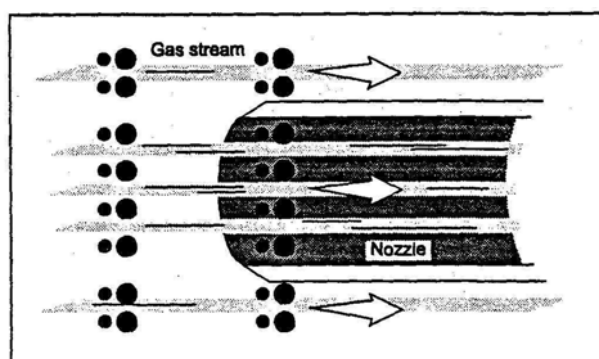
因此環保署自 86 年開始管制大型廢棄物焚化爐戴奧辛污染排放，現行我國對於每天 300 ton/day 或 10 ton 之大型廢棄物焚化爐其戴奧辛排放標準為 0.1 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>，從台北市木柵垃圾資源回收廠、內湖垃圾資源回收廠，以及最南屏東崁頂焚化爐、東部宜蘭利澤焚化爐等，全台灣有 20 座大型垃圾資源回收廠之大型焚化爐，為確實管制焚化爐排放戴奧辛能符合排放標準，自 93 年 1 月 1 日起，依規定焚化爐每年應定期檢測排放管道排氣中戴奧辛污染物 2 次。

由於在大型垃圾資源回收廠排放管道排氣中之戴奧辛污染物含量極低，相對地在採樣及分析的技術上即需要具備專業之知能，始能採集到正確與代表性之樣品，以及得到具參考性之數據，以提供環保主管機關管制之依據。

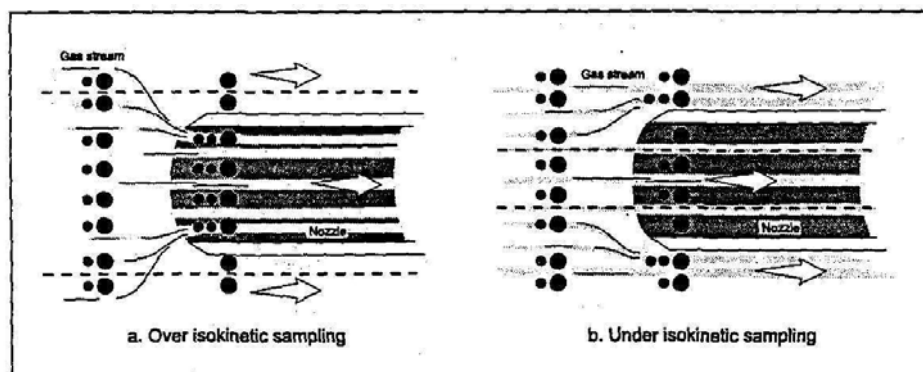
而排放管道中戴奧辛採樣方法之簡要測定原理，欲採取排放管道排氣中之戴奧辛及呋喃時，先選擇適當之排放管道高度，決定測定點數以及測定點位置。將採樣之吸氣嘴及採樣管由測定孔插入排放管道內部，吸氣嘴之前端置於預定的測定點，以等速吸引 (Isokinetic suction) 法採樣，排放管道中顆粒狀戴奧辛及呋喃

化合物被截留在濾紙上，而氣狀戴奧辛及呋喃被 XAD-2 吸附劑吸附，採樣後濾紙及吸附劑樣品進行後續分析。

等速吸引是在採樣系統動量沒有任何改變之情形下進行採樣，其中最關鍵須依據各採樣點之流速，能以相同流速將煙道氣導引至採樣管內，以避免粒狀物因慣性改變造成之誤差，採由濾紙採樣前後秤重之差值，除以採樣隻標準氣體積，求得粒狀物濃度。



1.等速採樣示意圖



2.非等速採樣示意圖：a.採樣速度太快，收集到之大顆粒數量太少。b. 採樣速度太慢，收集到之大顆粒數量較多。

而煙道中排氣如有渦流（Cyclonic flow）現象（亂流），將是影響等速吸引最大因素，因此為採集到煙道中排氣戴奧辛之穩流情況下真實粒徑濃度，而非於煙道中排氣有渦流時採集，因此為確認排放管道之採樣點是否為穩流情況，環境檢驗所於 96 年度起參考美國之Method 2 方法之執行戴奧辛採樣程序時，納入採樣時必要之執行程序，是目前國內戴奧辛採樣較特殊且關鍵程序，而如何執行，即是執行戴奧辛採樣程序中，於煙道內每一測定點測量流速之同時，為確認有無

渦流現象，採樣程序增加將S型皮托管與主機或斜背式壓力計連接並確認無漏氣之虞，深入排放管道至預定各採樣點，將S型皮托管開口面轉向管道壁（亦開口面與排放管道橫段面垂直），理論上主機或斜背式壓力計壓差讀值應為 0（亦稱為 0°參考）；若非為零值需左右轉動S型皮托管（最大至±90° yaw angle），直至主機或斜背式壓力計壓差讀值為 0，記錄該值以度（degree）數表示，計算各測點角度絕對值之平均值，角度若小於 20°則煙囪排氣無渦流現象，排氣於穩流情況下，等速吸引執行戴奧辛採樣樣品即為真實樣品。

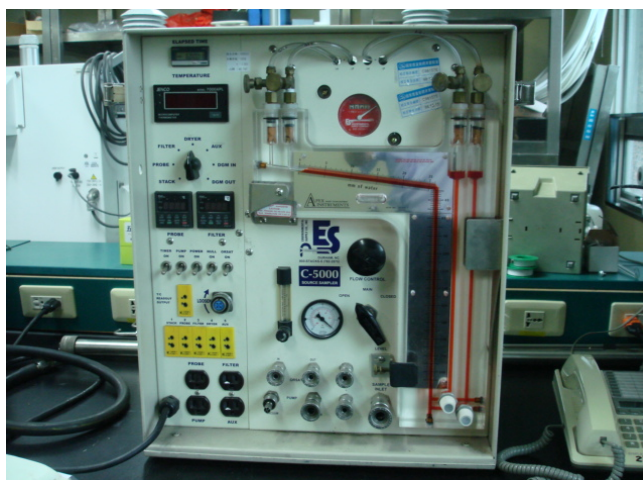


圖 1：現行國內執行焚化爐煙囪排放戴奧辛採樣使用之主要儀器為排放管道粒狀物手動採樣設備，儀器設備主要包括（一）斜臂式雙管壓差計（二）流量控制閥（三）乾式氣體流量計（四）真空壓力計（五）溫度指示器等



圖 2：執行焚化爐煙囪排放戴奧辛採情形，採樣管經傳輸線連結採樣箱（內含吸收排氣中氣狀戴奧辛之吸附劑 XAD-2 及吸收排氣中粒狀戴奧辛之濾紙）經圖 1 主機等速吸引約 3 小時以取得焚化爐戴奧辛樣品。

排放管道中戴奧辛(PCDDs)及呋喃(PCDFs)收集於包含XAD-2 吸附管、玻璃纖維濾紙，另相關之採樣管、玻璃器皿於採樣完成後，依序以丙酮、二氯甲烷及甲苯清洗，執行樣品回收，洗滌溶劑樣品中，前述樣品再經由萃取濃縮淨化完全後，利用<sup>13</sup>C-同位素標幟稀釋法(Isotope dilution method)，經氣相層析儀/高解析質譜儀(HRGC/HRMS)分析，測定十七種含 2,3,7,8-氯化戴奧辛及呋喃同源物之濃度並計算其總毒性當量濃度。

近期以 100 年初之部分大型焚化爐排放戴奧辛檢測結果，台北市木柵廠：0.019 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>、台中市后里廠：0.038 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>、宜蘭縣利澤廠：0.034 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>、高雄市區廠：0.008 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>、高雄市岡山廠：0.019 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>，前述 5 座大型焚化爐排放戴奧辛檢測結果平均為 0.024 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>，均符合廢棄物焚化爐排放及管制標準：0.1 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>之規定。

#### 科學小辭典

等速吸引 (Isokinetic suction)	等速吸引是在採樣系統動量沒有任何改變之情形下進行採樣，採樣用吸氣嘴正對煙道氣流方向時，採樣口之採氣流速等於煙道之氣流速度。
Yaw angle (偏航角)	排氣流向偏離穩流方向角度
渦流 (Cyclonic flow)	排氣流速形成微小質團轉動的流動