

# 微量元素物種分析－環境檢測的趨勢

郭季華

微量元素分析除了總濃度的檢測外，近年來，對於物種含量的分析亦越發重視。元素物種的分類至少包括化學物種（不同價態）與物理化學物種（同一化學物種與不同分子結合）兩種，而不同的物種對環境的衝擊及對人體的危害不盡相同，所以唯有了解樣品中各元素物種的型態才能正確評估其對環境及人體健康所產生之衝擊。在環境科學領域之物種研究中，砷及鉻物種的相關探討最為廣泛，而在物種分析技術方面，則以 ICP-MS 串連技術之發展最為快速。

## 砷及鉻物種

環境中砷的化學型態相當複雜，一般常以砷酸、亞砷酸、單甲基砷及雙甲基砷之型式存在。由於有機砷與無機砷常共存於環境中，且其具有在氧化態與有機金屬型式間轉換的能力，使砷的毒理現象非常複雜，一般研究顯示，無機砷的毒性大於有機砷。三價砷毒性約為五價砷毒性的 10 倍，更為單甲基砷與雙甲基砷毒性的 70 倍，國際癌症研究中心認定無機砷為致癌金屬之一，美國環保署及國家毒理研究計畫已將砷歸類為已知的人類致癌物。砷中毒依暴露時間的長短可分為慢性毒及急性毒兩種，急性砷中毒嚴重者會出現語言障礙、臉部水腫、呼吸困難、心悸、腸胃道不適、腹部絞痛、腹瀉、血尿、嘔吐及神經系統受阻等病變。長期暴露於較低濃度砷環境中時，會造成慢性砷中毒，1961~1985 年間台灣西南沿海地區曾發生飲用水井遭砷污染事件，大約有 14 萬居民長期暴露於砷污染環境中，並引發烏腳病之流行。

在環境中，鉻通常僅以三價及六價兩種氧化態穩定存在，三價鉻

爲人體所需之微量元素，其能增進醣類和脂質的代謝，促進胰島素的作用，使胰島素細胞膜接受體之數目及親合力增加，提高其生理活性。而六價鉻易於滲透細胞膜及高氧化態的性質卻對生物體具有很大毒性，爲一種已知的致癌物質，皮膚接觸會導致刺激作用及潰爛作用，也會引起過敏性濕疹；由空氣吸入則會造成鼻腔的刺激作用及鼻中隔穿孔，亦可能引起支氣管癌；口服攝入則會造成嚴重腸道刺激、嘔吐及腹瀉，因此安全衛生和環境保護的相關法規中經常將六價鉻物種列爲管制項目。

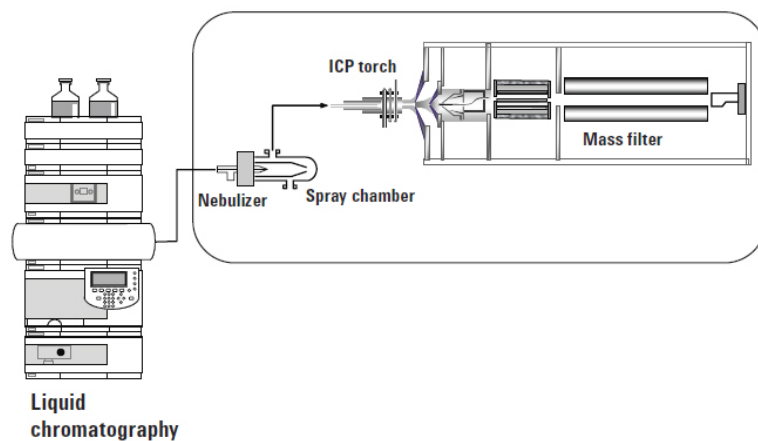
### 物種分析的利器—ICP-MS 串連技術

ICP-MS 串聯技術是將 ICP-MS 和層析分離技術結合，藉由層析分離技術將環境樣品中不同型態之物種分離後，再進入 ICP-MS 進行檢測（圖一）。最常用的層析分離技術包含氣相層析（GC）、高效率液相層析（HPLC）或離子層析（IC），其他的分離技術如毛細管電泳（CE）或場流分離（FFF）亦有人使用。

### HPLC-ICP-MS 簡介

高效率液相層析（HPLC）係利用待測物於移動相與管柱上靜相間之交互作用而達到分離之目的，包含了逆相及正相 HPLC、大小排除層析（Size exclusion chromatography）及離子層析。HPLC-ICP-MS（圖一）主要使用於溶液中非揮發性化合物或離子的檢測，溶液可以爲水溶液、有機溶劑或混合溶液。由於可靈活改變移動相與靜相種類，並配合梯度沖提技術，使得 HPLC 爲一強大分離技術，在與 ICP-MS 串聯後，融合了 HPLC 高效分離特點及 ICP-MS 之低偵測極限、高動態範圍及能提供多元素同位素信號變化等優點，目前被廣泛應用於環境、食品、藥物及生物樣品中 As、Cr、Hg、Se、Sb 及 I

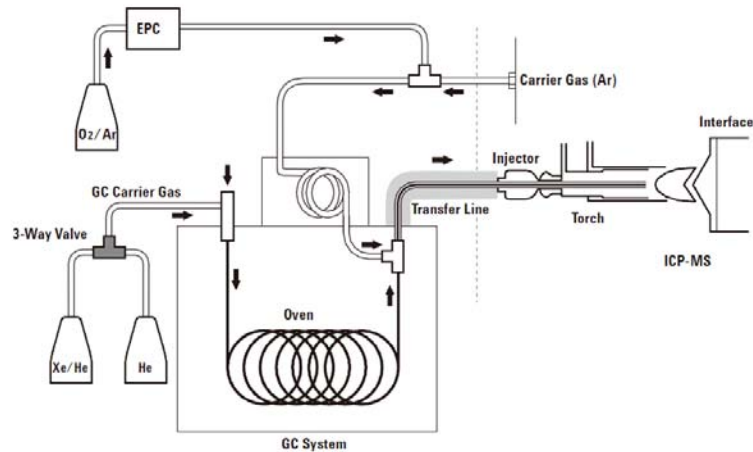
物種之分析。



圖一 HPLC-ICP-MS 串聯系統圖

## GC-ICP-MS 簡介

氣相層析（GC）具有分辨率高、分離速度快及效率高等優點，與 ICP-MS 串聯後，在一定程度上解決了 ICP-MS 在物種分析時的困難。GC-ICP-MS（圖二）應用上真正的突破是在毛細管層析管柱真正商品化後，由於使用了毛細管層析管柱，大大提高分離效率及分辨率。GC-ICP-MS 直接將氣態樣品導入 ICP-MS，無需使用霧化器，因樣品從 GC 至 ICP-MS 的傳輸率接近 100%，可獲致極低之偵測極限及良好之回收率；GC-ICP-MS 主要應用於臨床、營養、醫藥、環境領域樣品中揮發性、半揮發性金屬（如 Hg 等）或有機金屬化合物（如有機錫、有機汞等）之物種分析，此外亦可應用於油品中硫含量分析，農藥中硫、磷與鹵素等物質分析。



圖二 GC-ICP-MS 串聯系統圖

ICP-MS 串聯技術為元素型態分析的有效途徑，其融合 GC 或 HPLC 高效分離及 ICP-MS 低偵測極限、寬廣動態範圍及同時多元素同位素訊號偵測的優點，藉由元素物種分析，將有助於進一步研究各元素在環境、食品及生物中的作用原理及轉化機制。由於其獨特的分析性能，ICP-MS 串聯技術正將微量元素的物種分析推向生物代謝研究、毒理學研究及元素與生物分子相互作用研究等領域，隨著各界對於微量元素問題更進一步的關注及分析技術不斷提升，ICP-MS 串聯技術將向著智能化及全面化方向發展，其前景也將更為廣闊。