

高屏河口沈積物及水中多環芳香烴化合物之分布與來源

林秉憲、巫思佩、方孟德、李宗霖*
國立中山大學海洋環境及工程學系

摘要

本研究分析高屏溪及河口近岸表層沉積物及水樣中多環芳香烴之含量分布，以調查多環芳香烴污染情形、追蹤可能污染來源及其在水中的分配情形。高屏河口的表層沉積物、顆粒態及溶解態多環芳香烴濃度分別介於63.0~720 ng/g dw、290~1100 ng/g dw及5.5~46.0 ng/L之間，沉積物中濃度較高的區域主要集中在自來水幹管跟雙園大橋附近，在高屏溪攔沙壩下方因為水中懸浮顆粒被攔截在壩上，所以總多環芳香烴濃度低於攔沙壩上游沈積物濃度。懸浮顆粒中總多環芳香烴濃度(610±220 ng/g dw)高於表層沉積物中濃度(300±190 ng/g dw)，可能為懸浮顆粒中含有較多的有機質，易吸附疏水性有機污染物(Ko and Baker, 2004)，此結果亦可由總多環芳香烴濃度與顆粒態有機碳(POC)有良好的相關性得知(R=0.851,0.663)。而溶解態多環芳香烴當中，五環以上化合物因為其物化特性，使得在水中所偵測的濃度大多低於偵測極限，而三環和四環化合物溶解態總多環芳香烴濃度與溶解性有機碳(DOC)亦有良好的相關性(R=0.771)。

特定的多環芳香烴同分異構物之特徵比可以用來判定污染源，由圖一(a)及(b)顯示:高屏河口水中顆粒之多環芳香烴來源，在各個特徵比中均顯示主要來源為燃油燃燒所產生。至於沈積物中多環芳香烴來源由各個特徵比的結果看來卻較複雜，高屏溪下游測站以油污染為主要來源，而高屏溪上游測站則以燃油燃燒(輸水幹管至高屏大橋)或草、木、煤燃燒來源(高屏大橋至里嶺大橋)為主。主成份分析結果亦顯示出沈積物及水中顆粒之多環芳香烴來源之差異(圖二)，分析所得的pc1 表油污染來源，而由圖中可以看出部份沈積物具較高的油污染貢獻，pc2 負值則以 4,5-methylenephenanthrene 代表，該化合物為燃燒來源所產生之化合物，亦顯示水中顆粒態多環芳香烴來源以燃燒來源為主(圖二 a)。pc3 則以 perylene 為主，顯示沈積物中含較多由成岩作用(diagenesis)所產生之多環芳香烴。

由多環芳香烴的分配系數 (K_p =顆粒態濃度/溶解態濃度) 可得知疏水性有機污染物在水中固液相間的吸附情形，疏水性有機污染物吸附在顆粒上主要受到顆粒上有機碳的影響，將 K_p 對有機碳含量校正 ($K_{oc}=K_p/f_{oc}$) 後對正辛醇與水分配係數 (K_{ow}) 來做比較，可以得到兩者之間有一相關性 ($\log K_{oc}=a\log K_{ow}+b$)，便可利用 K_{ow} 來預測化合物在水中的 K_{oc} ，用來推估水中污染物可能濃度，將研究中所求出的值 ($\log K_{oc}=0.61\log K_{ow}+3.10$) 與文獻預測值比較 ($\log K_{oc}=\log K_{ow}-0.317$) (圖三)，本研究結果高於文獻預測值，表示多環芳香烴傾向吸附在水中懸浮顆粒上，主要應係環境中煤灰顆粒 (soot or soot-like) 對

於水中多環芳香烴有較強的吸附能力，而使已經吸附在顆粒上的多環芳香烴不易再釋放到水中(Zimmerman et al., 2004)。

如前述，本研究中各相之多環芳香烴與有機碳間具有良好的相關性，因此由實測數值可得下列關係式：

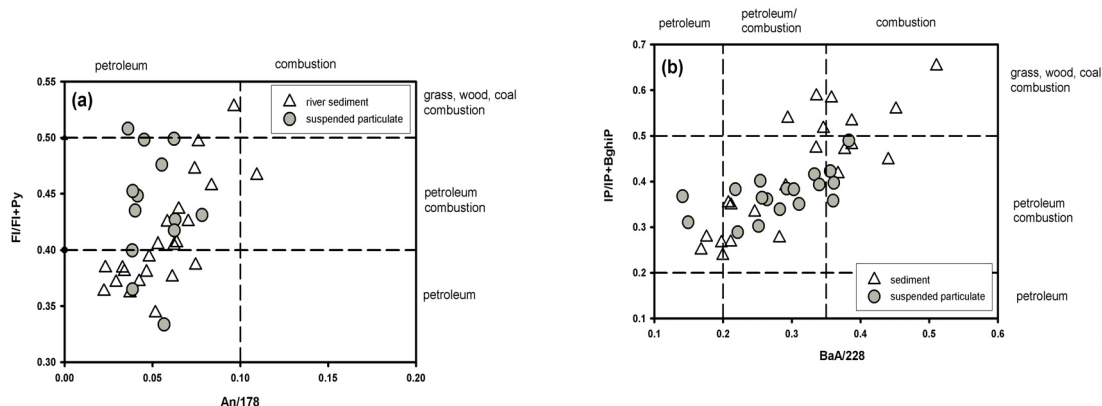
$$\text{PAHs}_{\text{顆粒相}} = 12.676[\text{POC}] + 3.513 \quad R^2 = 0.44 \quad (n=18)$$

$$\text{PAHs}_{\text{溶解相}} = 9.4147[\text{DOC}] + 0.4019 \quad R^2 = 0.60 \quad (n=8)$$

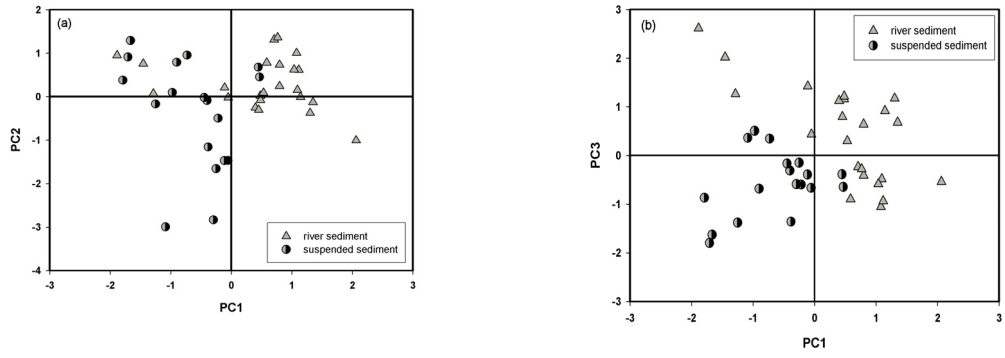
將其它未實測多環芳香烴濃度測站之POC和DOC分別代入上列方程式，便可求得其它未測量的多環芳香烴濃度，兩者相加為總多環芳香烴濃度。由圖四可以看出表層水濃度高於底層水的濃度，濃度分佈沒有上下游關係，但與鹽度有相似的分佈情形，顯示污染並非由上游輸入河口地區，可能是河口附近污染源進入河中，經潮汐作用及河、海水混合而向四周擴散。

參考文獻

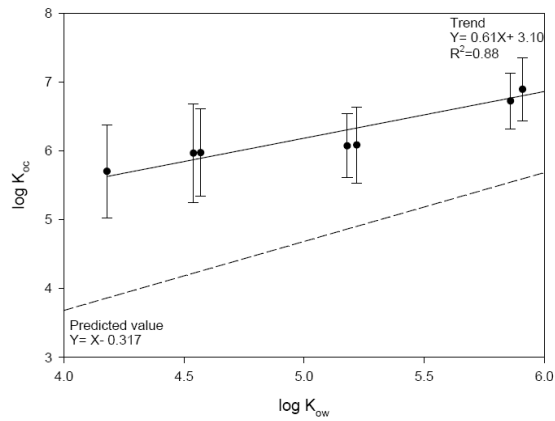
- Ko, F.C., Baker, J.E., 2004. Seasonal and annual loads of hydrophobic organic contaminants from the Susquehanna River basin to the Chesapeake Bay. *Marine Pollution Bulletin* 48, 840 - 851.
- Means, J.C., Wood, S.G., Hassett, J.J., Banwart, W.L., 1980. Sorption of polynuclear aromatic hydrocarbons by sediments and soils. *Environmental Science and Technology* 14, 1524 - 1528.
- Yunker, M.B., Macdonald, R. W., Vingarzan, R., Mitchell, R. H., Goyette, D., Sylvestre, S., 2002. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicator of PAHs source and composition. *Organic Geochemistry* 33, 489 - 515.
- Zimmerman J. R., Ghosh U, Millward R. N., Bridges T. S., and Luthy R.G., 2004. Addition of Carbon Sorbents to Reduce PCB and PAH Bioavailability in Marine Sediments: Physicochemical Tests. *Environmental Science and Technology* 38, 5458 - 5464.



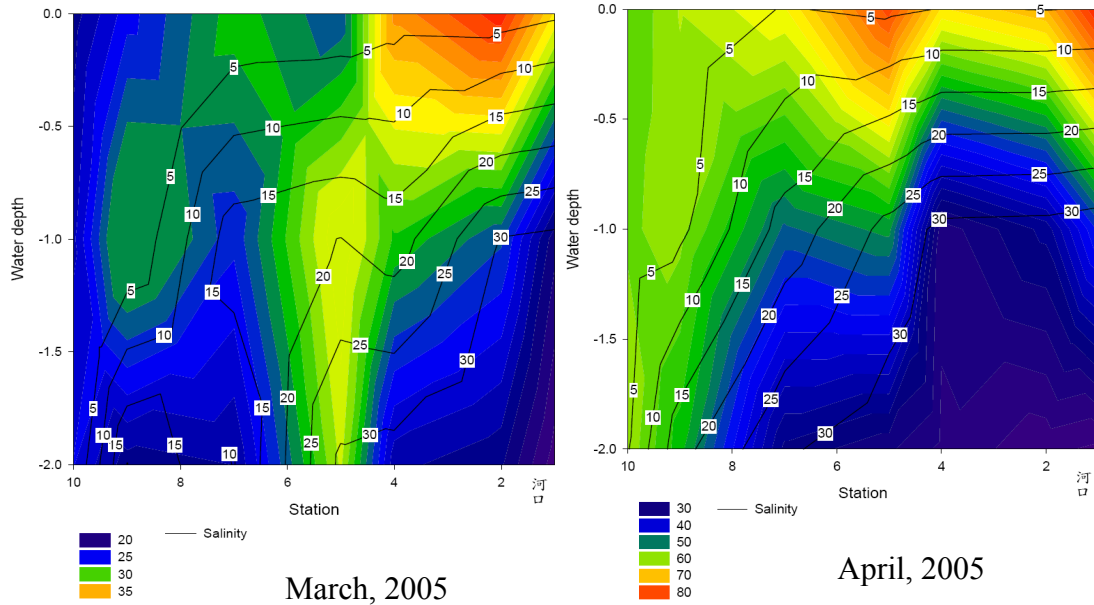
圖一、高屏溪表層沉積物及水中懸浮顆粒之多環芳香烴同分異構物特徵比 (a) An/178 vs. F1/F1+Py (b) IP/IP+BghiP vs. BaA/228



圖二、高屏溪表層沉積物及水中懸浮顆粒中多環芳香烴主成份分析之分數圖(a)PC1 vs PC2 (b)PC1 vs PC3



圖三、高屏溪口水樣中多環芳香烴在懸浮顆粒相及溶解相上之分配係數 ($\log K_{oc}$) 與 $\log K_{ow}$ 值關係圖，虛線表示文獻預測值 ($\log K_{oc} = \log K_{ow} - 0.317$, Means et al., 1980)



圖四、推估之總多環芳香烴濃度 (ng/L) 空間分布圖