

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

台灣西南港尾及新塭岩心孔隙水及沈積物地球化學特性研究

Geochemical characteristics of porewater and sediments from Kang-wei and Sin-wen,
southwestern Taiwan

計畫編號：NSC-89-2116-M-002-010

執行期限：88 年 08 月 01 日至 89 年 07 月 31 日

主持人：劉聰桂 liutk@ccms.ntu.edu.tw 國立台灣大學地質科學研究所

共同主持人：

計畫參與人員：呂鋒洲、翁榮南、陳冠宇、彭佩雯、李民、張繡慧、李志威

一、中文摘要

台灣西南海岸平原地區文獻記載地下水中含高濃度砷和腐植物質，本研究以新塭及港尾兩地岩心，分析沈積物萃取液金屬離子、總有機碳及孔隙水中所含各種離子與螢光強度，探討嘉南地區地下水中高砷與高腐植物質的可能來源。結果顯示沈積物中總有機碳、鐵、錳和砷的關係為顯著正相關，顯示總有機碳、鐵、錳、砷在沈積物中的富集機制可能相同。宅港、義竹、港尾沈積物砷的最高值都出現在全新世海侵形成的潟湖相沈積物中。沈積物中豐富的有機質會消耗環境中的氧氣而導致厭氧環境（還原環境）的形成。在厭氧環境下，鐵的氧化物或氫氧化物還原及有機物分解成水溶性腐植物質，並釋放出所含的砷，造成高砷、高腐植物質的地下水。

關鍵字：孔隙水、砷、螢光強度

Abstract

The southwestern coastal plain area of Taiwan was well known for its high concentrations of arsenic and humic substances in deep groundwater. In order to explain the origin of arsenic and humic substances, cations and total organic carbon (TOC) of sediments, and cations, anions and

fluorescence intensity of porewater of sediments cores from Sin-wen and Kang-wei were analyzed. The good correlation among TOC, As, Fe and Mn contents of sediments suggests that they may have the same enrichment mechanism. Sediments with the highest arsenic concentration from Kang-wei, occur at the horizon deposited in the marine (lagoon) environment during the Holocene transgression. It is proposed that the strongly anoxic environment shown by the deeper part of the sediment column underneath the coastal area of southwestern Taiwan was induced by oxygen-consuming organic matters. The high concentrations of groundwater might be attributed to the reduction of iron oxides and the mineralization of organic matters.

Keywords: porewater, arsenic, fluorescence intensity.

二、動機與目的

台灣的西南沿海地區曾於 1950 年前後，經發生嚴重地方性烏腳病疫情，依據高等(高等,1954；王等,1983)研究，乃居民長期飲用地下水所致，經地下水水質調查，當地深處地下水中所含的高砷及腐植物質為最可能的致病因素。目前對該地區深處井水中

為何含有高濃度的砷及腐植物質尚未有合理的解釋。本研究藉港尾及新塭孔隙水、沈積物的各項分析，對嘉南平原地下水中砷的來源、傳輸方式及富集機制提供一個可能的解釋，以期對於該地區特殊的地下水化學環境能有更進一步的了解。

三、研究方法：

研究樣品取於嘉義布袋新塭國小及港尾，取回之岩心以岩心孔隙水壓取器，150 psi (10 kg/cm²) 氮氣壓取六小時以上。取得之孔隙水逕置入取樣瓶中(陳,1996)，分別進行陽、陰離子及螢光強度之測定。壓取過之沈積物，取 0.5 克烘乾、研磨，以 Aqua regia (Hall et al., 1997) 萃取沈積物中之金屬元素。樣品以離子層析儀(IC:Dionex,DX-1200 分析 Na⁺、K⁺，原子吸收光譜儀(Perkin elmer 3300)測定 Ca²⁺、Mg²⁺、Fe、Mn；利用感應耦合電漿質譜儀(ICP-MS: Perkin Elmer, ELAN-5000)測定 As、Se、Cu、Pb、Zn。Cl⁻,HNO₃⁻,SO₄²⁻，則利用離子層析儀 (IC: Dionex, DX-100 檢測。螢光強度以螢光分光光譜儀(Hitachi F-2000)分析，並換算為奎寧硫酸鹽(QE)之相對濃度(行政院環保署，1992a 與 b)。

四、結果與討論

當淡水進入海相地層時，會產生 Na⁺ 脫附而 Ca²⁺、Mg²⁺ 被吸附或置換之情形，同時水中鈣、鎂濃度的降低，也會促成碳酸鹽溶解，使水中碳酸根增加，Na⁺ 與 Ca²⁺、Mg²⁺ 應該為負相關(Forster,1950；Pucci, 1992)。

重金屬離子在黏土礦物為主，重金屬離子越容易積聚且保存下來(Forstner and Wittmann, 1981; Chunguo and Zihui, 1988; Brook and Moore, 1988; Evans, 1989)，且有機物對於金屬離子有較強的吸附能力，是沈積物或水體中出現高含量重金屬的因素(Elderfield, 1981; Douglas et al., 1986)。

沈積物中含越高濃度的 Fe 與 TOC，砷則越富集(Brannon and Patrick, 1987; Mok and Wai, 1989, 1990; Thanabalasingam and Pickering, 1986; Faust et al., 1987a,b,c)。因此沈積物的 TOC 會影響 Fe、Mn 和 As 的含量，而 As 含量也與沈積物 Fe 含量有關。

螢光強度和 As、Fe 做相關分析結果顯示螢光強度和 Fe 呈負相關，但與 As 則沒有顯著相關性。沈積物中的有機物在還原環境下進行礦化作用，會形成水溶性腐植物質而進入水中(Buckau et al, 2000)，會和沈積物中有機物所含的砷一起形成錯合物，導致孔隙水中的砷濃度升高，使孔隙水中腐植物質與砷濃度具正相關(Wageman, 1978; Borg, 1987; Iren et al., 1991; Xu et al., 1991)。

淺處海相氧化環境之岩心孔隙水，螢光強度與 As 含量並沒有相關性，沈積物中有機碳含量亦較低，因此此處孔隙水之有機碳來源應該是沈積時原生水所有，非由沈積物中的有機物所分解。

新塭岩心孔隙水螢光強度與 As 亦如港尾呈現顯著正相關，但 Fe、Mn、As、螢光強度彼此的相關性不高，孔隙水中 As 含量可能來自沈積物有機物因礦化作用分解而來，而 As 與 Fe 的氫氧化物或氧化物共沈澱、共釋出的部份較不明顯。

沈積物萃取液分析顯示 TOC、As、Fe、Mn 彼此都為顯著正相關，沈積物 Fe、Mn 氧化物或是 TOC 都是影響沈積物 As 含量的重要因子。

五、參考文獻

(一) 中文部份：

王榮德、胡賦強、江錦輝、吳新英(1983)飲用水改善前後，烏腳病發生率之研究。烏腳病之研究報告，台灣省烏腳病防治中心。第 18 輯，頁 21~25。

行政院環境保護署公報(1992a)自然水體中腐植物質螢光強度之檢驗方法。行政院環境保護署，第五卷，第六號，頁 24~27。

行政院環境保護署公報(1992b)自然水體中腐植物質螢光強度之檢驗方法。行政院環境保護署，第五卷，第九號，頁 7~13。

呂鋒洲等(1989)烏腳病流行區井水中螢光強度、砷濃度、pH 值和總溶解固體彼此之相關性及烏腳病流行度之探討。經濟部中央地質調查所水文

地質研討會論文專輯，頁 151 164。

林義棟(1996)台南縣宅港及三寮灣鑽探岩心沈積環境分析。國立成功大學地球科學研究所碩士論文。

高聰明、高尚榮(1954)考察特發性脫疽的原因。台灣醫學會雜誌，第 53 卷，頁 272。

陳冠宇(1996)台灣西南宅港與三寮灣地層孔隙水地球化學研究。國立台灣大學地質學研究所碩士論文。

黃奇瑜(1999)岩心有孔蟲化石分析及地層對比研究。台灣地區地下水觀測網第二期計畫---八十八年度報告。中央地質調查所，共 119 頁。

劉聰桂(1992)台灣西南部新期地體構造之研究：行政院國科會研究計畫報告，計畫編號：NSC79-0202-M002-12，NSC80-0202-M002-01，NSC81-0202-M002-01。

劉聰桂(1995)台灣西南海岸變遷(北港至二仁溪)台灣西南海岸平原地下水地球化學研究及與大陸地方性砷中毒病區環境地球化學之對比研究。行政院國科會研究計畫報告。

(二)英文部份

Brannon, J.M. and W.H.Patrick (1987) Fixation, Transformation, and Mobilization of Arsenic in sediments. *Environ. Sci. Technol.*, v21, n5, pp450-459.

Brook, E. J. and Moore, J. N. (1988) Particle-size and chemical control of As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn in bed sediment from the Clark Fork River, Montana (U.S.A.) *Sci. Total Environ*, v76, pp247~266.

Buckau G, Artinger R., Geyer S., Wolf M., Fritz P., Kim J.J. (2000) Groundwater in-situ generation of aquatic humic and fulvic acids and mineralization of sedimentary organic carbon. *Applied Geochemistry* vol.15 819-832.

Chunguo, C. and Zihui, L. (1988) Chemical speciation and distribution of arsenic in water, suspended solids and sediment of Xiangjing River, China. *Sci. Total Environ*, v77, pp69~82.

Douglas, G.S., Mills, G.L., and Quinn, J.G. (1986) Organic copper and chromium complexes in the interstitial waters of Narragansett Bay sediments. *Marine Chemistry*, v19, pp161~174.

Elderfield, H. (1981) Metal-organic associations in interstitial waters of Narragansett Bay sediments. *American Journal of science*, v281, pp1184~1196.

Evans, L. J. (1989) Chemistry of metal retention by soils. *Sci. Technol*, v23, pp1046~1056.

Faust, S. D., Winka, A. J. and Belton, T. (1987a) An assessment of chemical and biological significance of arsenical species in the Maurice River Drainage Basin (N. J.) Part . Distribution in water and river and lake sediments. *J. Environ. Sci. Health. A22*, pp209~237.

Faust, S. D., Winka, A. J. and Belton, T. (1987b) An assessment of chemical and biological significance of arsenical species in the Maurice River Drainage Basin (N. J.) Part . Partitioning of arsenic into bottom sediments. *J. Environ. Sci. Health, A22*, pp239~262.

Faust, S. D., Winka, A. J. and Belton, T. (1987c) An assessment of chemical and biological significance of arsenical species in the Maurice River Drainage Basin (N. J.) Part . Transformation in aerobic and anaerobic conditions. *J. Environ. Sci. Health, A22(3)*, pp263~282.

Foster, M.D. (1950) The origin of high sodium bicarbonate water in the Atlantic and Gulf Coastal Plains. *Geochim Cosmochim Acta.*, v1, pp33~48.

Forstner, U. and Wittmann, G. T. W. (1981) *Metal Pollution in the Aquatic Environment*, 2nd ed. Springer-Verlag, New York.

Hall G.E.M., MacLaurin A.I., Pelchat J.C., Gauthier G., 1997. Comparison of the techniques of atomic absorption spectrometry and inductively coupled plasma mass spectrometry in the determination of Bi, Se and Te by hydride generation. *Chemical Geology*, v137, pp79-89

Mok, W. M. and Wai, C. M. (1989) Distribution and mobilization of arsenic species in the Blackbird Mining Area, Idaho. *Water Res*, v23, pp7~13.

Mok, W. M. and Wai, C. M. (1990) Distribution and mobilization of arsenic and antimony species in the Coeur D'Alene River System, Idaho. *Environ. Sci. Technol.* v24, pp102~108.

Pucci, A.A.Jr., Ted A.Ehlke, and J.P.Owens (1992) Confining Unit Effects on Water Quality in the New Jersey Coastal Plain. *Ground Water*, v30, n3, pp415-427.

Thanabalasingam, P., and Pickering, W. F. (1986) Arsenic sorption by humic acids. *Environ. Pollut.* v12, pp 233~246.

Wagemann, R. (1978) Some theoretical aspects of stability and solubility of inorganic arsenic in the freshwater environment. *Water Research*, v12, pp139~145.