

# 探討颱風和氣流路徑對雨水鋇同位素影響

## Impacts of Typhoon and Air-Mass Pathways on Sr Isotopes in Rainwater

鄭妙靜、游鎮烽、鍾全雄

成功大學地球科學系，地球系統動力研究中心

### 摘要

鋇同位素不會受到蒸發、逸氣、沈澱、溫度、風化、傳輸或沈積等過程影響而產生同位素分化 (Kanayama et al., 2002)，因此是探討長程傳輸物質來源的良好示蹤劑。雖然已有許多使用鋇同位素做為大氣長程傳輸的追蹤劑並應用於大氣懸浮微粒、黃土和沙漠物質的研究 (Gallet et al., 1998; Kanayama et al., 2002)，然而雨水中鋇濃度甚低，其鋇同位素研究發展也因而受限。本研究成功發展及建立高精確度微量樣品的鋇同位素分析方法，利用 0.1 ml Sr<sup>SPEC</sup> 樹脂，少於 1 克雨水樣品 (約 10ng 鋇)，配合正熱游離子源質譜儀 (P-TIMS) 的高穩定性 (長期鋇同位素分析精度可優於 10 ppm, 2 $\sigma$ )，以台南市夏季雨水的鋇同位素變化討論颱風對於雨水中的鋇同位素的影響。

實驗結果顯示鋇通量的最高值出現在敏督利颱風來臨時 (20040702: 1676.4  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ )，20040620 單日的鋇通量為第二高 (389.3  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ )，第三高值出現在 20040909 (328.6  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ )，最後，海馬颱風雖然在海上發展時間較短且強度較弱，然而一形成颱風後立即侵襲台灣，因此也帶來高的鋇通量 (20040911: 91.1  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ )。當颱風強度較強時以及氣流路徑通過陸地時，鋇通量也會增高。

鋇同位素比值最高值在 20040909 的 0.711124；而最低值出現在 20040911 的 0.709626。鋇同位素比值與 Na/Sr 作圖可看到雨水鋇同位素在敏督利颱風及海馬颱風來臨時雨水主要受到海洋來源影響，但艾利颱風及蘭寧颱風的鋇同位素比值卻與平日 (無颱風日) 接近。海水源的鋇同位素比值約為 0.70919，亞洲沙塵中的方解石與石膏中的鋇同位素比值約為 0.7115，大崗山地區的碳酸鹽類鋇同位素比值約為 0.7096。因此由雨水中的鋇同位素比值可推論出台南夏季雨水主要受控於颱風、亞洲沙塵中的碳酸鹽類與大崗山的碳酸鹽類。

## 一、前言

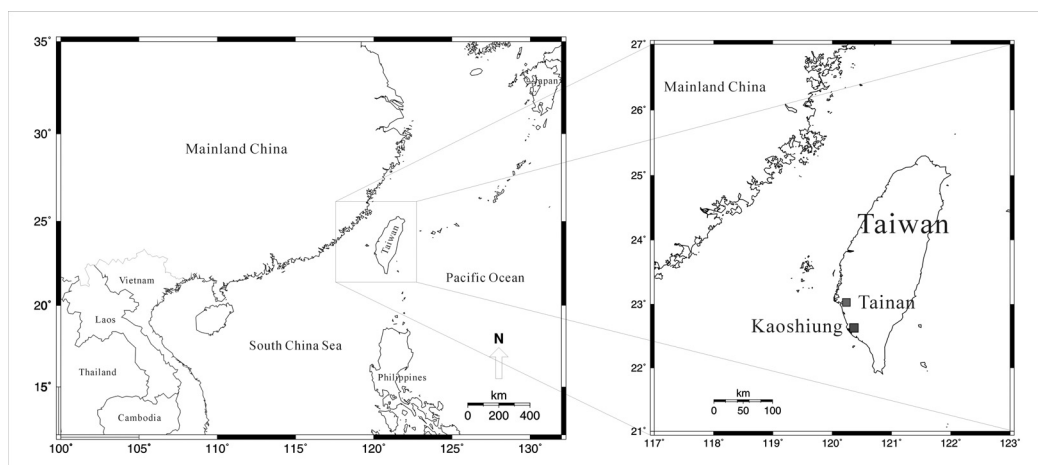
鋇同位素被廣泛的應用在許多地球化學研究上，如追蹤黃土、沙漠物質 (Gallet et al., 1996)、探討沈積物來源 (Asahara et al., 1999) 等。鋇同位素不會受到蒸發、逸氣、沈澱、溫度、風化、傳輸或沈積等過程影響而產生同位素分化 (Kanayama et al., 2002)，因此是探討長程傳輸物質來源的良好示蹤劑。而不僅做為示蹤劑，Jacobson 於 2004 年指出海洋的鋇同位素比值在過去 2.5 百萬年中也深受大氣懸浮微粒的影響。因此可知大氣來源的鋇補注的影響性。雖然已有許多使用鋇同位素做為大氣長程傳輸的追蹤劑並應用於大氣懸浮微粒、黃土和沙漠物質的研究 (Gallet et al., 1998; Kanayama et al., 2002)，然而雨水中鋇濃度甚低，其鋇同位素研究發展也因而受限。

利用雨水中的鋇同位素比值變化將可指出大氣微塵來源。本研究成功發展及建立高精確度微量樣品的鋇同位素分析方法，利用 0.1 ml Sr<sup>SPEC</sup> 樹脂，少於 1 克雨水樣品 (約 10ng 鋇)，配合正熱游離子源質譜儀 (P-TIMS) 的高穩定性 (長期鋇同位素分析精度可優於 10 ppm, 2 $\sigma$ )，以台南市夏季雨水的鋇同位素變化討論颱風對於雨水中的鋇同位素的影響。

## 二、研究區域和研究方法

### 2.1 研究區域

台南市位於台灣西南 (23.00N, 120.20E, 圖一)，人口約 76 萬人，距離台灣的第二大都市，也是高度工業發展都市高雄市約 50 公里。地處北迴歸線之南，屬於亞熱帶季風型氣候，年平均溫度 24.2°C，年平均降雨量 1675.3 公釐，每年 5-7 月為主要雨季，約佔全年降雨量 75% 以上，其中以 6 月梅雨季降雨最多。



圖一：雨水採樣地點為台南市。

## 2.2 採樣方法

雨水收集由南區氣象中心執行。採樣裝備架設於氣象中心樓頂。使用清洗乾淨之塑膠桶收集（深約 30 公分，截面積約 600 平方公分）。樣品為下雨日每日收集一次（混合乾濕沈降樣品），雨水樣品收集時間為當日早上八點至隔日早上八點。若當日無降雨則不收集。樣品收集後以  $0.45 \mu\text{m}$  濾紙過濾後以  $4^{\circ}\text{C}$  冰存。研究期間為 2004 年 6 月 20 日至 2004 年 9 月 15 日，共 20 個樣品。其間有四個颱風，分別為：敏督利、蘭寧、艾利及海馬。

## 2.3 氣流逆軌跡

本研究採用美國國家海洋與大氣總署（NOAA）環境資源研究室所建構的 HYSPLIT 模式（Hybrid Single-Particle Lagrangian Intergrated Trajectories）計算出氣流逆軌跡回推圖來討論雨水中所溶入的大氣懸浮微粒的傳輸路徑。在此模式中輸入採樣地點的經緯度、回推高度、採樣時間，及回推時間間距等參數即可得到氣流逆軌跡回推圖。氣流逆軌跡回推圖可配合化學分析資料來幫助我們瞭解氣流路徑是如何影響雨水中的化學組成。

## 三、實驗方法

由於雨水中鋇濃度甚低（0.5-100 ppb），因此我們使用 0.5 毫升微量滴管做為管柱。並以蠕動幫浦控制流速以協助管柱層析的進行。雨水則是樣品以 12N 硝酸酸化至 3N 後直接使用。

### 1、管柱層析法：

首先以 18M $\Omega$  milli-Q 沖洗空管柱，在管柱中加入 0.1ml 的 Sr<sup>SPEC</sup> 樹脂（避免空白值因此樹脂只使用一次）。加入樹脂後靜置一夜。再以 1.5ml 的 18M $\Omega$  milli-Q 沖洗管柱內的樹脂，加入 0.5ml 3N 硝酸調整樹脂的酸鹼值，樣品加入管柱中，接著以 3ml 的 3N 硝酸沖洗管柱，最後以 1ml milli-Q 沖提出鋇。將收集 1 ml 含鋇的水溶液置於加熱板上以  $65^{\circ}\text{C}$  蒸乾（約 3-4 小時）。

### 2、鋇同位素分析：

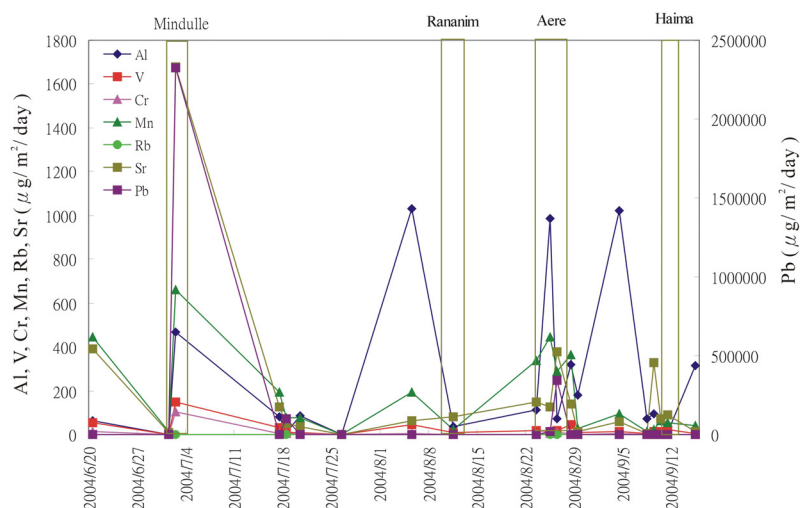
使用設置於成大地科系的新型熱游離質譜儀- Triton TI（Finnigan），以雙燈絲模式和正離子源熱游離質譜術（P-TIMS）分析鋇同位素。以國際標準品 NBS 987 進行長期測試，鋇同位素比值為 0.710288，且分析精確度優於 10 ppm（ $2\sigma$ ）。

## 四、結果與討論

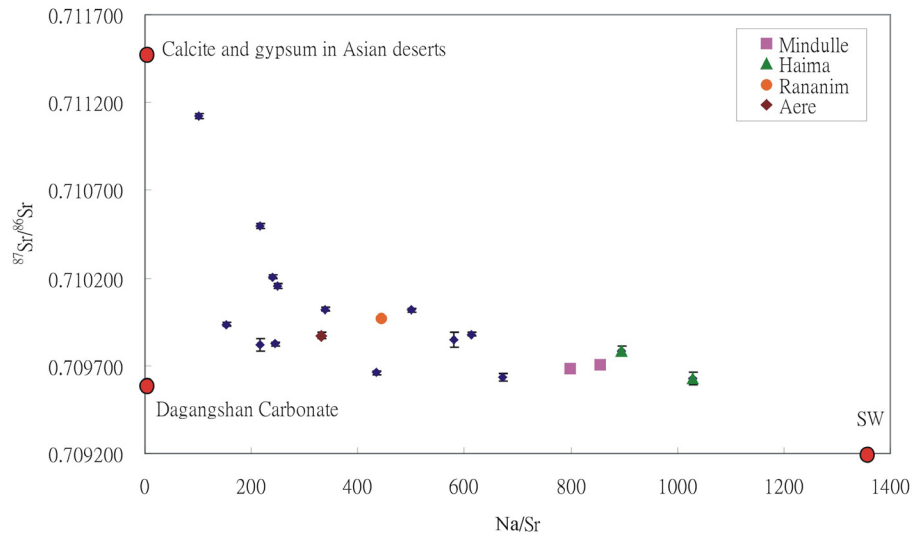
鋇元素通量最高值為 20040702 的  $1676.4 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ ，最低值為 20040726 的

0.6  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$  (圖二)。鋁通量的最高值出現在敏督利颱風來臨時 (20040702 : 1676.4  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ )，由於敏督利颱風在海上發展時間長，因此所攜帶的物質也會增多。20040620 單日的鋁通量為第二高 (389.3  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ )，是由於累積了 22 日未下雨因此大氣中累積了較多的物質。第三高值出現在 20040909 (328.6  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ )，雖然其氣流逆軌跡通過中南半島，然而其它也通過中南半島的下雨日並未有鋁通量增高現象出現，因此推估可能有其它來源。最後，海馬颱風雖然在海上發展時間較短且強度較弱，然而一形成颱風後立即侵襲台灣，因此也帶來高的鋁通量 (20040911 : 91.1  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ )。

鋁同位素比值最高值在 20040909 的 0.711124；而最低值出現在 20040911 的 0.709626。鋁同位素比值與 Na/Sr 作圖 (圖三) 可以看到台南夏季雨水鋁同位素在敏督利颱風及海馬颱風來臨時雨水主要受到海洋來源影響，但艾利颱風及蘭寧颱風的鋁同位素比值卻與平日 (無颱風日) 接近，推論這是由於艾利颱風及蘭寧颱風的強度較弱，且影響台灣較小。夏季時台南主要風向為西南季風，雨水大致主要由西南方來源，而亞洲沙塵中的方解石與石膏的鋁同位素比值約為 0.7115 (Nakano and Tanaka, 1997)，但大崗山地區的碳酸鹽類鋁同位素比值約為 0.7096 (蔡, 2003)。由鋁同位素比值推論，台南夏季雨水在颱風日時海水為主要來源，而平日則為亞洲沙塵中的方解石與石膏及台南附近的大崗山區碳酸鹽類為主要影響源。



圖二：金屬元素通量圖



圖三：雨水中銣同位素比值與 Na/Sr 作圖

## 五、參考文獻

- 1、Barak Herut, Avraham Starinsky and Amitai Katz., 1993, Strontium in rainwater from Israel: Sources, isotopes and chemistry. *Earth and Planetary Science Letters*, 120, 77-84
- 2、William C. Graustein and Richard L. Armstrong, 1983, The use of strontium-87 / strontium-86 ratios to measure atmospheric transport into forested watersheds. *Science*, Vol 21, 289-292
- 3、Takanori Nakano and Tadashi Tanaka, 1997, Strontium isotope constraints on the seasonal variation of the provenance of base cations in rain water at Kawakami, central Japan. *Atmospheric Environment*, Vol.31, No.24, 4237-4245
- 4、B. Dupre, PH. Negrel, F. Seimbille and C. J. Allegre, 1994,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio variation during a rain event. *Atmospheric Environment*, Vol.28, No.4, 617-620
- 5、Shinji Kanayama, Sadayo Yabuki, Fumitaka Yanagisawa, Remi Motoyama, 2002, The chemical and strontium isotope composition of atmospheric aerosols over Japan: the contribution of long-range-transported Asian dust (Kosa). *Atmospheric Environment*, Vol.36, 5159-5175
- 6、Yoshihiro Asahara, Tsuyoshi Tanaka, Hikari Kamioka, Akira Nishimura, and Toshitsugu, 1999, Provenance of the north Pacific sediments and process of source material transport as derived from Rb-Sr isotopic systematics. *Chemical Geology*, 158, 271-291
- 7、蔡望生，2003，台灣晚更新世洞穴碳酸鈣之銣同位素初步研究。國立成功大學地球科學系碩士論文，95 頁。