

[2024104106]

放射化分析法による環境試料の元素組成定量 II Elemental Compositions of Environmental Samples by Activation Analysis Methods II

大浦泰嗣 #A, 風間秀人 A
Yasuji Oura #A), Shuto Kazama^{A)}

^{A)} Department of Chemistry, Tokyo Metropolitan University

Abstract

This study focuses on the elemental analysis of PM2.5 particles collected in Hachioji, Tokyo, using neutron activation analysis (INAA) and prompt gamma-ray analysis (PGA). We attempted fluorine determination using INAA for the first time, but F was not detected, and an upper limit of 400 ng/m³ for total F was obtained.

Keyword: PM2.5, PGA, INAA, fluorine

1. はじめに

放射化分析法は、様々な分野で元素濃度定量に用いられているが、特に環境試料や地球科学試料の非破壊多元素分析によく利用されている。最近、大気中に浮遊する微小粒子、PM2.5 が注目され、しばしばその大気中濃度が話題になる。これらは様々な起源を持つが、元素組成はその起源を推定する目安になる。2018 年より東京都八王子市にて PM2.5 粒子の捕集し、元素組成をモニタリングしている。

2024 年度は、JRR-3 ビームホールにて 2024 年に捕集した PM2.5 試料の即発 γ 線分析(PGA)を実施し、ホウ素濃度を定量した。また、JRR-3 PN3 と PN2 を利用して、2024 年の PM2.5 試料とともに、未分析の 2022 年ならびに 2023 年に捕集した PM2.5 試料の中性子放射化分析(INAA)を実施した。

最近、水道水中の PFOA 等有機フッ素化合物濃度が話題となっている。そこで、ルーチン的分析とともに、PM2.5 試料中のフッ素の定量を INAA で試みた。大気浮遊塵試料に対して、水溶性のフッ化物イオンの定量や、特定の有機フッ素化合物の定量などある化学形をもつフッ素の定量が報告されているが、INAA を用いることにより化学形にとらわれず全フッ素濃度を得ることができる。

2. 実験方法

大気微小粒子状物質(PM2.5)の捕集は、東京都立大学南大沢キャンパス 8 号館屋上で実施した。NIEL フィルタホルダーに、粒径 10 μ m 以下の粒子を通過させるインパクター、粒径 2.5 μ m 以下の粒子を通過させるインパクター、ならびに孔径 0.2 μ m のポリカーボネート製ニュークリポアメンブレンフィルターをカスケードで設置し、流量 6.7 L/min で大気を吸引して、PM2.5 粒子をフィルター上に捕集した。また、石英フィルターを用いて流量 16.7 L/min でも捕集した。原則として月曜日朝から土曜日朝までの約 5 日間の捕集をそれぞれ隔週で実施した。捕集の前後でフィルターを秤量し、その差から捕集した PM2.5 粒子の質量を得た。

PM2.5 粒子を捕集したフィルターは 1/2 に切断し、その 1/2 片を捕集面を内側にして 1 cm 四方に折りたたみ、FEP フィルム製の袋に密封した。これを、JRR-3 実験ホール内の PGA 装置にて、熱中性子を約 6 時間～7 時間照射しながら、 γ 線を測定した。次に、JRR-3 PN-3 で 5 分間中性子を照射し、照射後ただちに γ 線を測定した。なお、フッ素定量用には、高純度カプセルを用いて 10 秒間照射し、照射カプセルごと γ 線を 10 秒間測定した。さら、JRR-3 PN-2 にて 20 分間照射し、東京都立大学 RI 研究施設にて γ 線を測定した。

3. 結果と考察

フッ素の定量を初めて試みた。定量に利用する ²⁰F の半減期は 11 秒と非常に短いため、照射カプセルごと γ 線を測定した。そのため、カプセルは希硝酸に 1 晩つけて洗浄した。カプセルのみを照射したが本実験条件では ²⁰F は検出されなかった。また、試料の包装に使用した高純度ポリエチレン、ならびに捕集に用いたポリカーボネートフィルタでも ²⁰F は検出されなかった。2024 年 3 月に捕集した PM2.5 試料を照射したが、²⁰F は検出できなかった。²⁰F が放出する γ 線のエネルギーである 1634 keV 付近では γ 線がほとんど検出されなかった(≈ 0 カウント)ので 10 カウント検出されたとして上限値を計算したところ、400 ng/m³ となった。来年度は、繰り返し照射による定量を試みた。

石英フィルターに捕集した PM2.5 は光量子放射化分析法(IPAA)による F と C の定量に用いたが、INAA でも F の定量を試みた。10 mm ϕ で 2 枚切り抜き、捕集面で重ねて 20 秒間照射した。石英フィルターには約 3 μ g の F が含まれていることが分かった。2024 年 6 月および 7 月に捕集した試料では、フィルタブランクを補正すると有意な値を得ることができなかった。F 定量には、ポリカーボネートフィルタの方が有効と考えられる。

2024 年に捕集した PM2.5 試料における同族の Cl、Br、I の濃度は、それぞれ 10～62 ng/m³、2～12 ng/m³、0.8～5 ng/m³ であった。

oura-yasuji@tmu.ac.jp