

2009年川崎大気粒子状物質中の $^{210}\text{Pb}$ ,  $^7\text{Be}$ 及び  
微量元素の定量とその挙動  
牧内秋恵\*・本多照幸\*

Determination and behavior of  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^7\text{Be}$  and trace elements  
in airborne particulate matters at Kawasaki in 2009  
Akie Makiuchi\* and Teruyuki Honda\*

\* 東京都市大学大学院工学研究科, Graduate School of Engineering, Tokyo City University Graduate Division

### 1. 緒言

大気粒子状物質(APM)は、太陽光を吸収・反射することにより、地球の放射収支に大きな影響を与え、さらに雲の凝結核として働き、雲を生成することによって間接的に地表を冷却する。また、日本はアジア地域に含まれるため、この地域の大陸の土壌を発生起源とするAPMやこの地域の急速な都市化や工業化に伴う人為的なAPMの影響を受けていると考えられている。

本研究では、採取したAPM試料に含まれる放射性核種である $^{210}\text{Pb}$ ,  $^7\text{Be}$ 及び微量元素を中性子放射化分析等にて定量し、発生起源や由来、挙動を解明することを目的とする。

### 2. 実験方法

#### 2.1 試料

東京都市大学原子力研究所内に設置したハイボリューム・エア・サンプラーにシリカ製のフィルタ(203×254×1.5[mm])を取り付け、2008年11月4日から2009年11月24日迄、ほぼ1週間単位で連続して採取したAPMを試料とする。サンプラーの吸引流量は700[l/min]に設定した。得られた試料の質量を測定し、試料の一部を中性子放射化分析用試料とし、所定の手順で比較標準試料、標準堆積物試料(JLK-1)と共に日本原子力研究開発機構JRR-3を用いて中性子照射を行い、残りの部分を $\gamma$ 線放出核種分析用試料とし、専用プレス機で圧縮成型した。

#### 2.2 $\gamma$ 線の測定

$^{210}\text{Pb}$  (46.5keV) 及び $^7\text{Be}$  (477.6keV) の $\gamma$ 線測定には検出器に広範囲エネルギー用高純度Ge半導体検出器と多チャンネル波高分析器(MCA)を用いて行った。中性子照射した試料の $\gamma$ 線測定も同様に、測定を行った。

#### 2.3 データの解析

$\gamma$ 線スペクトルデータの解析にはSEIKO EG&G製のSpectrum Navigatorの環境分析プログラム及び放射化分析プログラムを用いて、それぞれ必要な補正を行った後にデータの解析を行い、最終的な定量値を決定した。

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 質量測定

2009年3月16日から24日(以下、3月試料と表記)と2009年4月7日から15日(以下、4月試料と表記)に採取したAPM試料(それぞれ562.9mg, 527.1mg)が例年と比較して約1.5倍から1.6倍重いことがわかった。従って、これらは何らかの影響を強く受けていると考え、調査、検証を行うことにした。

#### 3.2 APM濃度

APM濃度と降水量や平均気温などの各気象因子との相関を調べるために、相関係数(R)を求めた結果、APM濃度は見かけ上、降水量及び平均風速とあまり相関(それぞれ $R=-0.11$ ,  $R=0.11$ )を示さなかった。また、降水量データの検証からwash-out効果は積算降水量によるのではなく、ある程度の量の雨がサンプリング期間を通じて降ること、つまり降水時間が重要な要素であることが判明した。

#### 3.3 $^{210}\text{Pb}$ 放射能と $^7\text{Be}$ 放射能

$^{210}\text{Pb}$ ,  $^7\text{Be}$ の両核種の関係及び両核種の放射能濃度とAPM濃度の関係を調べるために、それぞれ相関係数を求めた結果、両核種は高い相関( $R=0.82$ )があり、APM濃度とも中程度の相関( $R=0.49\sim 0.55$ )があることがわかった。また、両核種の放射能濃度とAPM濃度を降水量と風速で規格化した上で、同様に相関係数を求めたところ、各々が規格化前よりも高い相関(降水量 $R=0.96\sim 0.98$ , 風速 $R=0.55\sim 0.66$ )を示した。

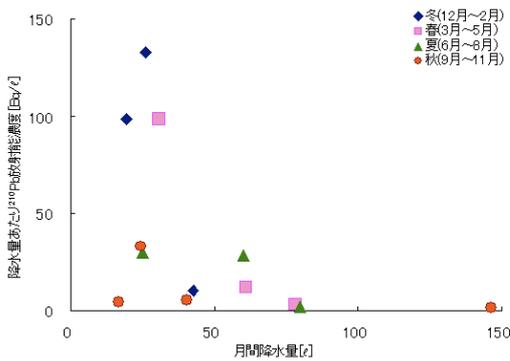


図1  $^{210}\text{Pb}$ 放射能濃度の季節変動 (2008年11月~2009年11月)

特に降水量で規格化した場合は非常に高い相関を示した。この結果から、APM濃度、 $^{210}\text{Pb}$ 放射能濃度、 $^7\text{Be}$ 放射能濃度は降水現象と風速に支配されていることが判明した。

### 3.4 季節変動

$^{210}\text{Pb}$ 、 $^7\text{Be}$ 放射能濃度の季節変動を調べるために、降水現象と風（風速・風向）との関係を利用する。まず、降水現象による季節変動を調べるために、図1に月間の降水量あたりの $^{210}\text{Pb}$ 放射能濃度と月間降水量の関係を示す。図1より、降水量の少ない冬に放射能濃度が高くなる傾向を示した。図1において、春に高い値を示すプロットがある。これは3月のデータであり、2009年3月は例年と比較して、降水量が大幅に少なかったため、冬の時期と似た傾向を示した。次に風との関係による季節変動を調べる。まず、風速については、大きな季節変動は示さず、 $^{210}\text{Pb}$ と $^7\text{Be}$ の

関係でも季節変動は確認できなかった。風向については、北風が吹いた時は南風が吹いた時よりも、放射能濃度が約1.2倍から1.3倍高い値を示した。よって、両核種の季節変動は降水現象や風向と密接に関係していることが判明した。

### 3.5 APMの長距離輸送

APMの長距離輸送は気団によって行われるため、気団の流跡線（トラジェクトリ）を調べることでAPMの運ばれてきた経路やその起源を推定することができる。図2、図3に示した3月試料と4月試料のトラジェクトリ分析及び高度分析の結果から、両試料は異なる地域、異なる高度(3月試料は3 km以上、4月試料は3 km以下)を通過し日本に飛来していることがわかった。黄砂は発生地域で平均高度約3 km以上に舞上がり、発生から約3日から4日後に日本まで到着すると言われている。従って、3月試料は黄砂の影響が極めて大きいと考えられる。

次に、4月試料についての1つの影響予測として、2009年4月14日午前7時32分に浅間山にて極小規模の噴火が発生した影響を考える。

浅間山の標高(2568m)を考慮し、トラジェクトリ分析を行ったところ、降灰の影響の可能性を示唆する結果が得られた。また、浅間山の降灰は噴火発生後、約2時間で東京多摩地域に到着すると言われている。従って、4月試料は降灰影響の可能性があると考えられる。

### 3.6 中性子放射化分析の定量結果と発起源

2003年2月から5月(13期間)において10種類の

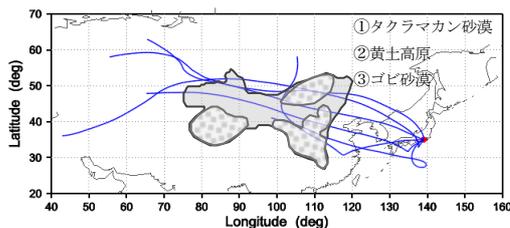


図2(a) 3月試料の飛来経路

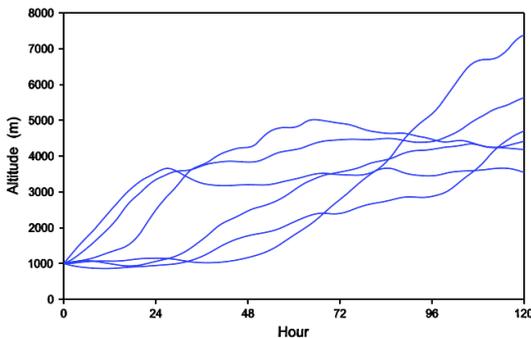


図2(b) 3月試料の飛来高度

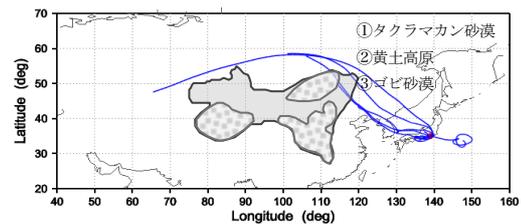


図3(a) 4月試料の飛来経路

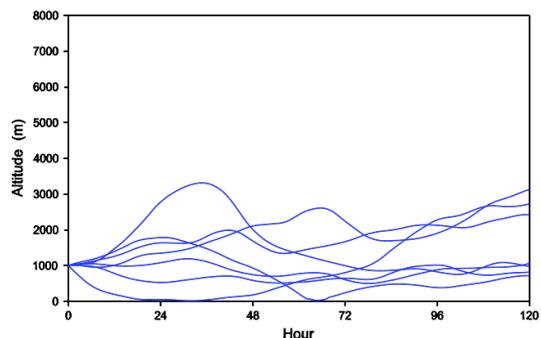


図3(b) 4月試料の飛来高度

元素, 2008年及び2009年2月から5月(13期間)において17種類の元素が定量できた. なお,  $\gamma$ 線測定誤差はおおむね20%以下である. これらの元素の発生活源を推察するために, 濃縮係数(Enrichment Factor: E.F.)を求めた. E.F.値は以下の式で定義され, この値が1.0に近いほど自然起源の寄与が大きいことを意味する. ScはAPM試料中で土壌以外の起源の寄与が小さいと考えられているため, 基準元素として用いた.

$$E.F. = \frac{[X/Sc]_{APM}}{[X/Sc]_{地殻}}$$

X: 注目する元素濃度  
Sc: Scの元素濃度

E.F.値を求めた結果を図4に示す. 図4より, 平均値からのずれ等を考慮してE.F.値9.0未満を自然起源元素, 9.0以上を人為起源元素とした. 求めた結果から, 自然起源元素の発生活源については, 土壌と海塩に分けることができた. 土壌起源元素はSc, Feやランタノイド等が挙げられ, 特にSc, Fe, Ceは相互に高い相関( $R=0.81\sim 0.93$ )を示し, Ce以外のランタノイドとも相関( $R=0.34\sim 0.64$ )を示した.

海塩起源元素はNaが挙げられる. Naは土壌起源元素と正の相関が見られない( $R=-0.38$ )ことから主に海塩起源であると言える. 一方, 人為起源元素の発生活源については, 主に燃焼系粒子(As, Sb, Br)や肥料(U)等の影響が示唆された.

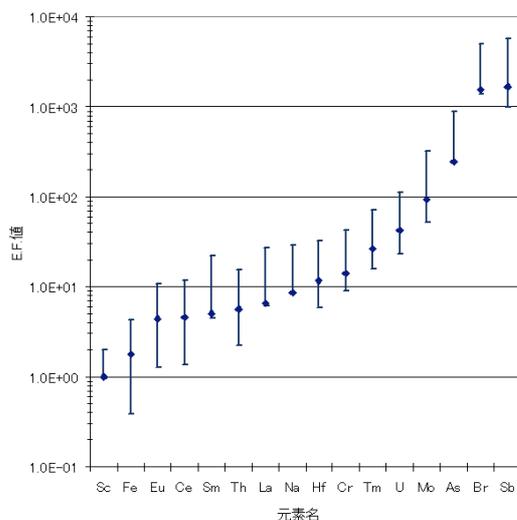


図4 濃縮係数(2009年2月から5月)

#### 4. 結論

2009年川崎大気粒子状物質において, APM濃度,  $^{210}\text{Pb}$ 及び $^7\text{Be}$ 放射能濃度は相互に高い相関を示した. また, APM濃度,  $^{210}\text{Pb}$ 及び $^7\text{Be}$ 放射能濃度は降水現象と風速に支配されていること, 両核種の放射能濃度の季節変動は降水現象や風向と密接に関係していることが確認できた.

3月試料(2009年3月16日~24日)と4月試料(2009年4月7日~15日)は, 異なる地域, 異なる高度を通過し, 日本に飛来していることがわかった. このことから, 3月試料は黄砂の影響が極めて大きいこと, 4月試料は降灰の影響の可能性があることが判明した.

2003年, 2008年, 2009年の2月から5月に採取したAPM試料において, 微量元素の定量結果より, 濃縮係数や相関係数等を用いて, 発生活源をおおよそ推定できた. 自然起源元素については, 土壌起源元素が相互に高い相関を示した.

#### 参考文献

- 1)岩坂泰信ほか: 黄砂の長距離輸送と粒子の変質, 地球環境Vol.7 (No.2), 159-170(2002)
- 2)金井豊: 風送ダストプロジェクトの概要と地質・地球化学におけるエアロゾル研究, 地質ニュース565号, 11-23(2001).