

富士山体を利用した福島原発起源の放射線核種の輸送に関する調査研究

(NPO) 富士山測候所を活用する会 鴨川 仁

1. はじめに

2011年3月の福島第一原発事故によって、放射性核種が環境へ放出された。350 km以上離れた静岡においても、新茶に沈着した ^{134}Cs 、 ^{137}Cs など原発事故起源の放射性核種が問題になった。しかし、これらの放射性核種の輸送経路はまだ完全にはわかっていない。なぜならば、多くの輸送モデル計算が提出されているにもかかわらず、それを検証するための実測データ、特に鉛直分布に関するものが不足しているからである。

我々は2007年以来、旧富士山測候所の一部を気象庁から借用し、夏期2ヶ月間管理運営して研究者が滞在して研究活動を行い、富士山頂および東南東山麓1300 mの御殿場口太郎坊において観測データを蓄積している。

本報告ではNPO法人富士山測候所を活用する会に所属する研究者が事故当時および事故後に入手した放射性核種に関するデータを、他地点の調査を加えて鉛直分布の観点から整理を行い、放射能の鉛直分布に関していくつかの興味深い知見を得ることができた。

2. 調査研究

下記の項目について調査研究を行った。

① 富士山南東麓における大気微粒子、雨水、雲水中放射性核種の調査

富士山東南東山麓1300 mの太郎坊において2011年3月～5月に採取した大気中微粒子、雨水、霧水に関する放射性核種の分析を行った。

② 富士山を用いた空間線量率の鉛直分布の調査

2011年7月9日早朝4時30分から18時間かけて、登山道(河口湖ルートおよび須走ルート)を2名で登山しながら地上1 mの空間線量率を計測した。

③ 富士山頂における積雪断面放射性核種の調査

2011年6月28日に採取した山頂付近の積雪(2011年3月から6月にかけて積もったもの)について、表面から20 cmずつの4層のサンプルを採取し、放射性核種を計測した。同時に主要無機イオン成分、水銀、電気伝導度などを測定した。

④ 富士山頂における高エネルギー放射線の調査

2008年より山頂測候所内において毎年夏季にNaIシンチレータを用いて雷雲から生じる高エネルギー放射線の連続測定を行っており、2010-2011年のデータを解析して放射性セシウムが検出されているかどうか調査した。

⑤ 他機関データの情報収集

他の研究機関による富士山を用いた観測や富士山以外の観測データとの比較検討を行った。

3. 調査研究の結果(主要なもの)

① 富士山南東麓における大気微粒子、雨水、雲水中放射性核種の調査

ア) 富士山南東麓における大気微粒子の放射性核種濃度

図1に太郎坊における大気微粒子中 ^{137}Cs および ^{134}Cs 合計濃度を示す。2011年3月29日から2011年5月17日まで、大気中エアロゾル中放射性セシウム濃度は幾何級数的に減少を示した。この期間の大気微粒子の $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比は0.6-1.0であり、福島原発事故由来の報告値(1.0)に近いことから、富士山南東麓まで福島原発事故の汚染気塊(放射能雲)が輸送されていたことが明らかになった。

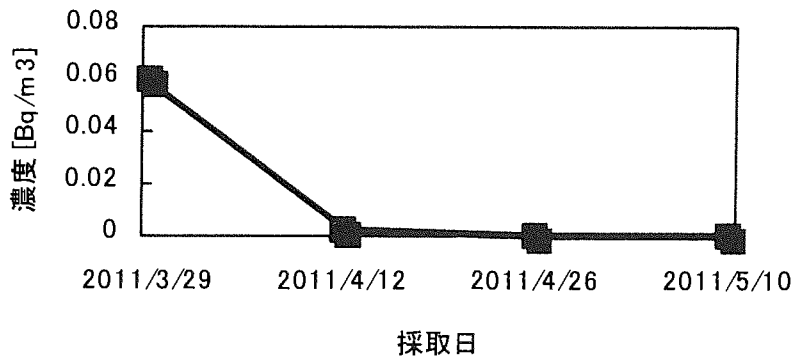


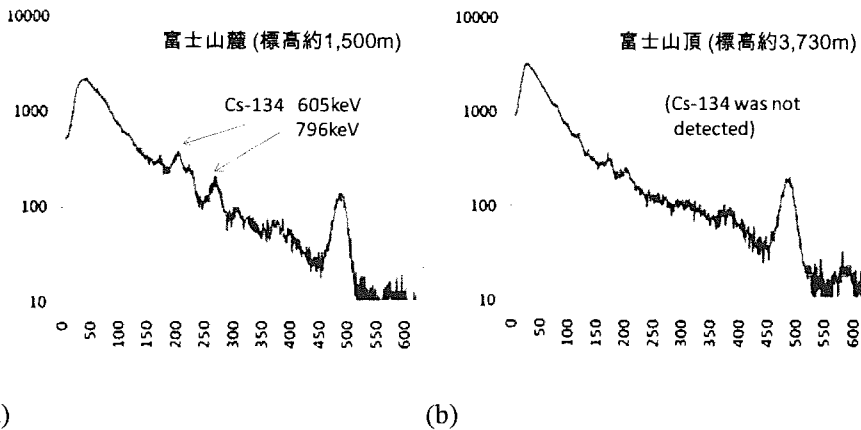
図1 太郎坊エアロゾルの放射性セシウム(Total)の濃度の変遷

イ) 富士山南東麓における雨水および霧水に含まれる放射性核種濃度

太郎坊における雨水および霧水中 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 濃度を調べた。雨水では低濃度であり、4月26日から5月10日の雨水で微量の ^{137}Cs が検出された以外は検出限界以下であった。霧水では3試料で ^{134}Cs (平均 0.021 Bq/ml), ^{137}Cs (平均 0.025 Bq/ml) が検出された。霧水の $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比は 0.81-0.84 であり、大気微粒子に比較してすべての試料で狭い範囲で一致していた。この期間の雨水および霧水に含まれていた放射性セシウムは、福島から輸送されてきた大気微粒子が富士山南東麓近傍で雲内および雲底下洗浄により取り込まれたものと考えられる。

② 富士山を用いた空間線量率の鉛直分布の調査

測定は本NPOが夏季観測をはじめるのに先立ち、登山道の安全性を確認することを兼ねて7月9日に行った。図 3(a), (b) に登山しながら測定したガンマ線のエネルギースペクトルを示す。(a)は河口湖口 1500m のもので、(b)は富士山頂 3730m のものである。1500 m で検出された ^{134}Cs および ^{137}Cs のピークが山頂では検出されていない。なお、1500m における空間線量は 0.03~0.05 $\mu\text{Sv/h}$ でバックグラウンドレベルであった。



(a) (b)
図2 富士山麓(河口湖口)および山頂で登山中に測定したガンマ線スペクトル(2011年7月9日)。横軸は計測チャンネル値(エネルギー)。(a)富士山麓(標高約 1,500m)、(b)富士山頂 (標高約 3,730 m)。

③ 富士山頂における積雪断面放射性核種の調査

富士山頂 2 か所で採取した積雪断面の放射性セシウム濃度を国立環境研究所で測定しところ、すべて

のサンプルで ^{134}Cs , ^{137}Cs ともに検出限界以下であった。また、同じ試料について若狭湾エネルギー研究センターで計測したものについても検出限界以下であった。

④ 富士山頂における高エネルギー放射線の調査

2010-11 年に山頂で測定した 7-8 月のガンマ線測定のスเปクトルにも ^{134}Cs , ^{137}Cs の存在は認められなかった。

⑤ 他機関データの情報収集

2011 年秋に富士山表面のスコリアの測定を行った斎藤啓ほか(阪大)によると、1500 m 付近の富士山表層スコリアにはおよそ 1000 Bq/m^2 の ^{134}Cs , ^{137}Cs が含まれていた。両者の比は 1 であり、福島原発由来の放射性セシウムであると報告している。2500m 付近までは有意に検出されたが、2700m を超えると ^{134}Cs が極端に低下することから、放射性雲の上限を 2500 m 付近と推定した。この結果は我々の観測結果と整合する。

福島第一原発と富士山の間位置するつくばでは、事故以来、大気微粒子の精密な測定が行われた。土井妙子ほか(国立環境研)によると、2011 年 3 月 27 から 29 日に ^{134}Cs , ^{137}Cs のピークが認められた。関東地方では茨城県東海村、千葉市で同時期に大気微粒子で高濃度が報告されている。

2011 年 3 月 27-29 日の富士山頂および太郎坊の大気に関して後方流跡線解析を行ったところ、空気塊はほとんど北西からの輸送であった。この期間、富士山は偏西風および北西季節風の影響下にあったことになる。SPEEDI モデルなどによると、福島原発事故由来の放射性雲が静岡まで輸送されており、大気境界層下層部を短時間に移動した可能性が考えられる。

まとめ

福島第一原発事故によって大気中に放出された放射性核種の鉛直分布に関して整理した NPO 研究者の観測データ、他の研究者や自治体の公表したデータを総合すると下記のようにまとめられる。

- 1) 富士山南東麓における通年観測から、福島原発事故後の比較的早い時期に、放射性雲が 1300 m の高度に到達していた。
- 2) 富士山頂 2 か所で採取した積雪 4 層試料の精密測定、富士山を用いた空間線量率の鉛直分布観測、および夏季富士山頂における高エネルギー調査から、福島原発事故由来の放射性核種は富士山頂が位置する標高 3000 m を超える自由対流圏高度まで輸送されていない。これは、高度別スコリアの放射性核種濃度を行った他研究機関の観測と整合している。
- 3) つくばおよび関東地方のエアロゾルなどの濃度変化、新茶の放射性セシウム濃度の地域的分布から、丹沢および富士山の東側と西側では明瞭な差がある。

以上まとめると、福島原発由来の放射性雲は 2011 年 3 月後半に富士山を含む中部山岳域に到達したが、輸送高度は 2500m 以下の低高度に限られ、富士山での放射性核種の沈着は東側斜面に集中していた。このように、放射性核種の輸送挙動を解明する上で、富士山など山岳を利用した鉛直分布観測が有効であることを示すことが出来た。