

長野県における放射性セシウムの降下量調査

齊藤憲洋¹・中込和徳¹・細井要一¹

東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故により放出された放射性セシウムについて、長野県における降下（沈着）量の調査を行った。長野県内の平地 10ヶ所で調査を行ったところ、東北側の地域で、放射性セシウムの降下（沈着）が観測された。一方、南西側の地域では降下（沈着）が見られない地点が多く、検出された地点でも降下（沈着）量は微量であった。また、長野県北部（北信地方）に位置する飯綱山周辺の調査を行ったところ、放射性セシウム降下（沈着）量は標高に応じて変動しており、標高 1100～1200m 付近で最大値を示した。得られた結果について、気象条件等を勘案し考察を行った結果、放射性セシウムが移送される際、長野県の山が多い複雑な地形の影響を受けたことが示唆された。

キーワード：放射性セシウム, ^{134}Cs , ^{137}Cs , 降下量

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故によって、大気中に放射性物質が放出され、広範囲に拡散し各地に影響を及ぼしている。当所（長野県長野市安茂里）のモニタリングポストでも3月15日の夜から空間放射線量率の値が増加したことから、長野県も事故の影響を受けたと考えられる。放出された放射性物質のうち現在も環境中に残留しているのは、 ^{134}Cs （半減期約2年）と ^{137}Cs （半減期約30年）の比較的半減期の長い2核種である。この事故を受け、文部科学省は、日本国内の航空機モニタリングを実施し各地域における空間放射線量率や放射性セシウム（ ^{134}Cs 及び ^{137}Cs ）の降下（沈着）量の分布状況について調査を行っている¹⁾。しかし、この調査で長野県については、東側の一部を除き、放射性セシウム沈着量は10,000 (Bq/m²)以下であるという情報が得られるのみで²⁾、県内の地域ごとの差を見ることはできない。そこで本報では、航空機モニタリングで判別することが困難な県内の地域ごとの差を明確にし、長野県における放射性セシウムの降下（沈着）量の実態を把握することを目的とした。

降下した放射性セシウムは土壌の表層付近に留まっていると考えられる³⁾。そこで、長野県内10地域の平地で土壌を採取し、ゲルマニウム半導体核

種分析装置を用いて放射能濃度を測定し、放射性セシウムの降下（沈着）量を算出した。また、山地への放射性セシウムの降下について調査するため、長野県北部（北信地方）に位置する飯綱山周辺で空間放射線量率の測定を行うと共に、平地と同様に降下（沈着）量調査を行った。得られたデータについて、気象条件等を勘案し考察を行った。本報では、これらの結果についてあわせて報告する。

2. 調査方法

2.1 長野県内10地域の平地の調査

2.1.1 土壌の採取と放射能濃度測定

長野県内10地点（北信、長野、上小、佐久、大北、松本、諏訪、上伊那、木曾、飯伊）の平地で土壌を採取した。長野は、当所の敷地内である。ここで言う平地とは、できるだけ周囲に樹木や斜面がない開けた場所（公園、グラウンド等）で、1地点5カ所を選び（原則、中心と東西南北に5m離れた点）、2011年11月4～24日に次に示す方法で採取した。すなわち直径約5cm（断面積約18cm²）の容器を約5cmの深さまで土壌に打ち込み、中の土壌が落ちないように回収し、均一化したものを測定試料とした。試料の放射能濃度測定は、ゲルマニウム半導体核種分析装置（キャンペラ製 GC2018-7500S-2002C, セイコー・イージアンドジー製 GEM20-70,

1 長野県環境保全研究所 大気環境部 〒380-0944 長野市安茂里米村1978

GEM25-70) により行なった (2011 年 4 月 1 日に減衰補正). 1m × 1m × 深さ 5cm の土壤に含まれる放射性セシウムの量を算出し, 単位面積 (m²) 当たりの降下 (沈着) 量とした.

2.1.2 空間放射線量率の測定

土壤採取地点で土壤採取と同時に空間放射線量率を測定した. 測定にサーベイメータ (日立アロカメディカル製 TCS-166) を用い, 高さ約 1m で行なった.

2.1.3 大型水盤による降下物の採取と放射能濃度測定

放射能測定法シリーズ 16「環境試料採取法⁴⁾」に記載の方法に準拠し, 当所の屋上に設置した直径約 80cm (受水面積約 5000cm²) の大型水盤に 2011 年 3 月 1 日～11 月 1 日の期間に受けた降下物を 1 ヶ月ごとに回収し, 蒸発乾固したものを測定試料とした. 放射能濃度測定は, 2.1.1 と同様に行い, 単位面積当たりの放射性セシウム降下量を算出した.

2.2 飯綱山周辺の調査

2.2.1 土壤の採取と放射能濃度測定

飯綱山周辺の土壤は, 標高 600 ～ 1,150m の林の中の 5 地点を選定し, 1 地点 5 カ所で, 2012 年 7 月 23 日及び 9 月 6 日に採取した. 採取地点が林の中であるため, 土壤表面には堆積物が見られたが, 堆積物も含めて直径約 5cm (断面積約 18cm²) の容器を約 5cm の深さまで打ち込み, 採取し均一化したものを測定試料とした. 試料の放射能濃度測定は, 2.1.1 と同様に行った.

2.2.2 空間放射線量率の測定

2012 年 6 月 28 日に, 飯綱山の南側斜面で, 標高 600 ～ 1900m の範囲 (概ね 100m 間隔) の調査を行った. サーベイメータ (日立アロカメディカル製 TCS-166) を用いて測定した. 測定高さは, 約 1m で行った.

3. 結果および考察

3.1 長野県内 10 地域の平地の調査結果

3.1.1 放射性セシウムの降下 (沈着) 量

長野県内の平地 10 ヶ所で降下 (沈着) 量調査を行った結果を図 1 に示す. 長野県の東北側の地域 (北信, 長野, 上小, 佐久) の土壤で, 放射性セシウム

が検出された. 今回の調査地点では, 降下 (沈着) 量はいずれの地域でも ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 単独で 2000 (Bq/m²) 未満であった. 一方, 南西側の地域 (大北, 松本, 諏訪, 上伊那, 木曾, 飯伊) では, 微量の検出または不検出 (検出下限値は約 70 (Bq/m²)) であり, 東北側の地域とは極端な差が見られた.

長野 (当所敷地内) の土壤の放射能濃度から算出した降下 (沈着) 量と当所屋上に設置した大型水盤に受けた降下物の放射能濃度から算出した降下量を比較した結果を表 1 に示す. 大型水盤の値は土壤の値とおおむね対応していた. しかし, ¹³⁴Cs と ¹³⁷Cs の降下量を比較すると, 大型水盤ではほぼ同じ値であったが, 土壤では ¹³⁷Cs のほうが若干高い値を示した. この原因として, 過去に行なわれた核実験等により発生し降下した半減期の長い ¹³⁷Cs が, 土壤中に残留していた可能性が考えられる.

放射性セシウム降下 (沈着) 量と土壤採取地点の空間放射線量率を併記したデータを表 2 に示す. 放射性セシウム沈着量の空間放射線量率上昇への寄与については, IAEA-TECDOC-1162 に係数が示されている⁵⁾. その係数により計算すると, 今回の測定地点の中で降下 (沈着) 量が多かった長野の値を用いて計算しても空間放射線量率の上昇は約 0.01 (μ

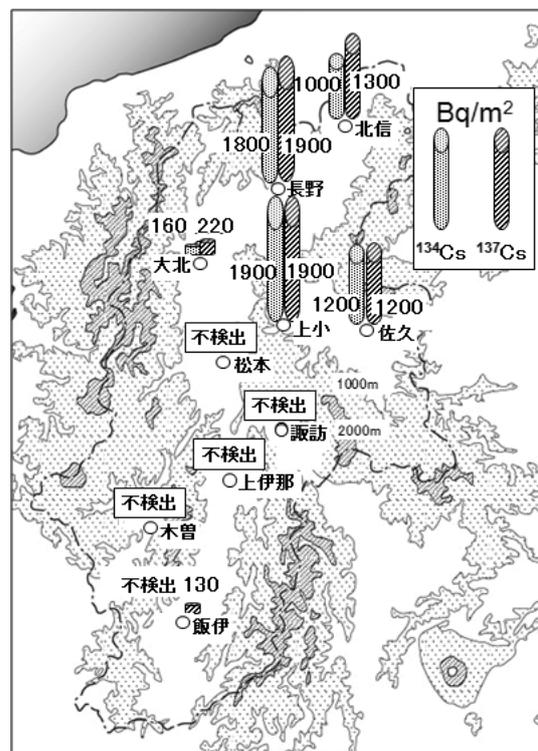


図 1 単位面積あたりの放射性セシウム降下 (沈着) 量 (2011 年 4 月 1 日に減衰補正)

表1 放射性セシウムの単位面積当たりの降下量の比較 (2011年4月1日に減衰補正)

	¹³⁴ Cs(Bq/m ²)	¹³⁷ Cs(Bq/m ²)
大型水盤から求めた降下量	1300	1300
土壌表層濃度から計算した降下量	1800	1900

表2 単位面積当たりの放射性セシウム降下(沈着)量と土壌採取地点の空間放射線量率 (降下(沈着)量は2011年4月1日に減衰補正)

	降下(沈着)量(Bq/m ²)		空間放射線量率 (μ Gy/h)	備考
	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs		
北信(ランド)	1000	1300	0.06	東北側
長野(環保研)	1800	1900	0.06	
上小(ランド)	1900	1900	0.06	
佐久(ランド)	1200	1200	0.04	
大北(ランド)	160	220	0.08	南西側
松本(ランド)	不検出	不検出	0.06	
諏訪(公園)	不検出	不検出	0.05	
上伊那(ランド)	不検出	不検出	0.04	
木曾(公園)	不検出	不検出	0.11	
飯伊(公園)	不検出	130	0.07	

Gy/h)であるため、福島原発の事故による線量率への影響は少ないと考えられる。また、大北、木曾、飯伊の地域は、東北側の地域(平均値0.06(μ Gy/h))と比較して、空間放射線量率が高い傾向が見られた。放射性物質が比較的多い花崗岩を多く含んだ地層では線量率が高くなることが知られている⁶⁾。長野県の地質図⁷⁾によると大北、木曾、飯伊の地域には花崗岩類が分布しており、この3地点の空間放射線量率が他地域と比較して高いのは、地質の影響を受けている可能性が示唆される。

3.1.2 放射性セシウム降下時の気象

放射性セシウムは移送される際に大気中で粒子として存在しており、降下と沈着は、放射性セシウムを含んだ気流が通過している最中に降雨があるとおこる(湿性沈着)と考えられている⁸⁾。当所のモニタリングポストが最大値を示した時点の3月15日21時及び22時の風向(アメダスデータ)を図2に示す。21時の風向を見ると、当所のある長野市周辺に向かって、東南、南及び西から風が吹き込んでいたことが示されている。22時には、長野市周辺から出ていく風向も観測されているが、南には向かいにくい状況であった。このことから、南西側の地域で放射性セシウムの降下量が少ないのは、風向が影響した可能性が考えられる。また、降水につい

て土壌採取地点の最寄りのアメダスデータで確認したところ、3月15日15時から16日9時の間にすべての地点で降水が見られた。この時間帯の降水量は、東北側の4地点では平均3.9mm、南西側の6地点では平均2.9mmで地域による降水量に差は見られなかった。今回は、降水量による放射性セシウム沈着量への影響は認められなかった。

3.2 飯綱山周辺の調査結果

飯綱山は長野市の北西に位置している。2012年6～9月に飯綱山の南側の斜面で、標高ごとに空間放射線量率及び放射性セシウム降下(沈着)量を調査した結果を図3に示す。標高600mから標高が上がるにつれて空間放射線量率及び放射性セシウム降下(沈着)量が増大し、1100～1200m付近で最大値を示し、それ以上の標高では空間放射線量率が低下する傾向が観測された。

3.3 後方流跡線解析を利用した放射性セシウム移送に関する考察

後方流跡線解析は、ある地点を任意の時刻に通過する空気塊がどこから来たのか、風速や気温などの気象データをもとに、時間をさかのぼって算出する手法である。この手法を適用し、3月15日22時に、当所の上空を通過した空気塊がどこから来たのか解

析を行った。解析には、国立環境研究所地球環境センターのMETEXを使用した。解析結果を図4に示す。高度500mの大気は東南側から、高度1500mの大気は西側から流入しているという解析結果であった。福島第一原子力発電所は、長野市から見ると東北東の方角である。今回の震災に伴って文部科学省が実施した航空機モニタリングの結果を見ると、栃木県と群馬県を通過した放射性セシウムの痕跡が見られ²⁾、その一部が長野県に流入したと考えられる。後方流跡線解析の結果と併せて考えると、東の方角から長野県内に入った放射性セシウムは、比較的低い高度で移送されたものと推察される。このことから、次のような現象があったことが推定される。

長野県の東北側と南西側の地域の間には山地があるため、①比較的低い高度（海拔数百m）で、放射性セシウムを含んだ湿った空気が風により移送される②山にぶつかって空気が上昇し、冷やされる③結

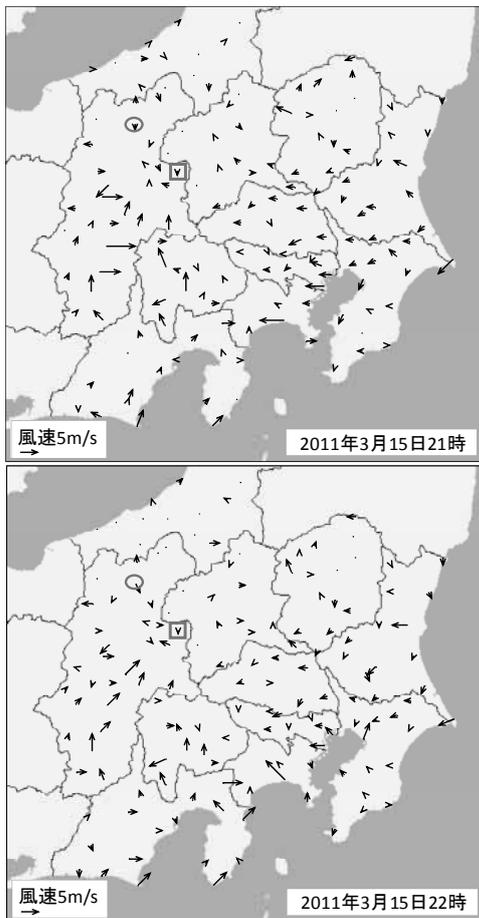


図2 3月15日21時と22時の風向
(アメダスデータ、○長野市、□軽井沢町、地図：カシミール3D)

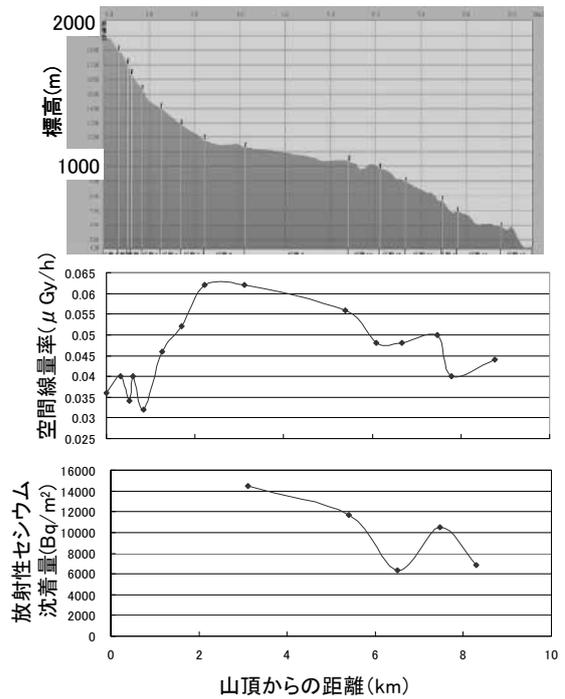


図3 飯綱山南斜面の空間放射線量率（2012年6月）及び放射性セシウム降下（沈着）量
(2011年4月1日に減衰補正) (地図：カシミール3D)

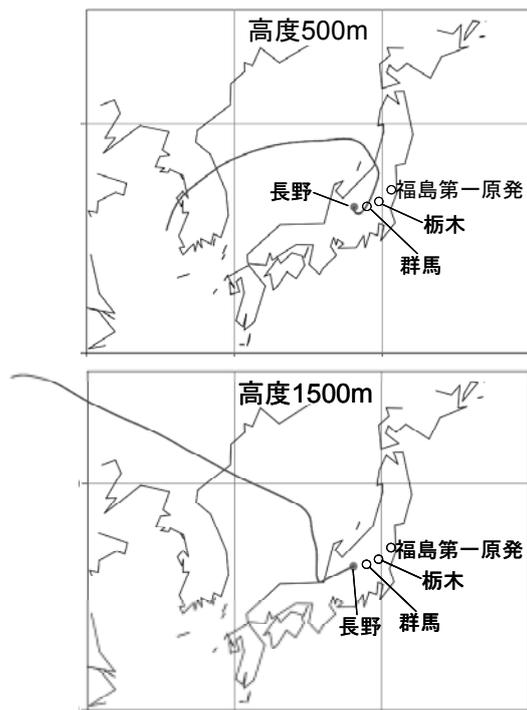


図4 2011年3月15日22時の長野市の後方流跡線解析
(国立環境研究所地球環境センターMETEX使用) トラジェクトリー長さ72時間

露して雨が降り同時に放射性セシウムが降下する。その結果山を越えた南西側の地域へ移送される放射性セシウムの量は減る。この推定と3.1で述べた長野県内の放射性セシウム降下（沈着）の傾向は一致していた。また、3.2で述べた飯綱山で1100～1200m付近で放射性セシウム降下（沈着）量が最大値を示す現象とも合致した。このことから放射性セシウムが移送される際、長野県の山が多い複雑な地形の影響を受けたことが示唆された。

4. まとめと今後の課題

長野県における放射性セシウムの降下量調査を行い、以下の結果を得た。

- (1) 長野県内の平地10ヶ所で調査を行ったところ、東北側の地域で、放射性セシウムの降下（沈着）が観測された。一方、南西側の地域では降下（沈着）が検出されない地点が多く、検出された地点でも降下（沈着）量は微量であった。
- (2) 飯綱山周辺の調査を行ったところ、放射性セシウム降下（沈着）量は標高に応じて変動しており、標高1100～1200m付近で最大値を示した。
- (3) 気象条件等を勘案し考察を行った結果、放射性セシウムが移送される際、長野県の山が多い複雑な地形の影響を受けたことが示唆された。

^{137}Cs の半減期は約30年と長く、ある地域に降下したものが、今後、これまで影響が少なかった地域に移動していく可能性も考えられる。このため放射性セシウムが、環境中でどのように移動し減衰していくか調査を継続することが重要と考えられる。

文 献

- 1) 文部科学省, 航空機モニタリング結果：
<http://radioactivity.mext.go.jp/ja/list/191/list-1.html> (2012年11月確認)
- 2) 文部科学省, 文部科学省による, 岩手県, 静岡県, 長野県, 山梨県, 岐阜県, 及び富山県の航空機モニタリングの測定結果, 並びに天然核種の影響をより考慮した, これまでの航空機モニタリング結果の改訂について：
http://radioactivity.mext.go.jp/ja/contents/5000/4899/24/1910_111112.pdf (2012年11月確認)
- 3) 村松康行 (2011) 放射性物質の環境での挙動と飲食物への移行, 日本放射化学会誌別冊, 12:20
- 4) 文部科学省科学技術・学術政策局原子力安全課防災環境対策室, 環境試料採取法 (日本分析センター: 13-16)
- 5) International Atomic Energy Agency, Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency: 99
- 6) (財)放射線影響協会, 放射線の影響がわかる本
- 7) 長野県, 新版長野県地質図 ver.1 (2010):
http://www.pref.nagano.lg.jp/xseikan/khozen/sizen/geomap/geomap_nagano_pref.pdf (2012年11月確認)
- 8) 大原利真 (2012) 放射性物質の大気中での挙動とシミュレーション, 全国環境研会誌, 37:10-12

Survey of radioactive cesium level of fallout in Nagano Prefecture

Norihiro SAITO ,Kazunori NAKAGOMI and Youichi HOSOI

*Nagano Environmental Conservation Research Institute, Atmospheric Environment Division,
1978 Komemura Amori, Nagano 380-0944, Japan*