

令和 2 年 9 月 1 6 日

大熊町夫沢における大気浮遊じん中の Cs-137 放射能濃度の上昇に係る
原因等調査結果報告

福島県環境創造センター環境放射線センター

1 調査概要

平成 30 年度第 4 四半期の大熊町夫沢地点のモニタリングポストにおいて、大気浮遊じん中の Cs-137 放射能濃度が前年度同四半期より 6 ～10 倍の高濃度で検出されたことから、同地点の降下物及び周辺土壌中の Cs-137 放射能濃度を測定し、上昇した原因等について調査した結果を報告する。

2 調査内容

(1) 周辺環境調査

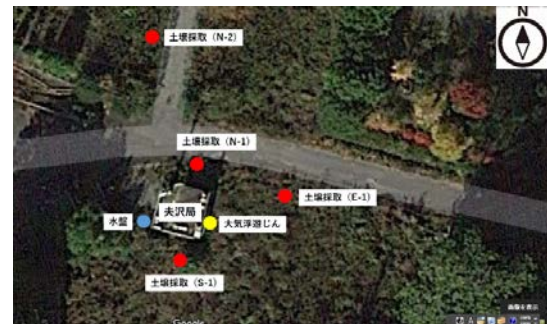
- ア 周辺の植生変化
- イ 大気浮遊じん調査 (モニタリングポスト内ダストサンプラーにて採取)
- ウ 風速調査 (モニタリングポスト観測値)

(2) 降下物調査

- ア 設置した水盤
 - (ア) 受水面積 0.085m²
 - (イ) 設置高さ 1 m
- イ 調査期間
令和元年 6 月 24 日～令和 2 年 6 月 30 日
- ウ 採取頻度
1 ヶ月ごとに採取
- エ 調査項目
 - (ア) 核種濃度分析
 - (イ) 降下物試料蒸発乾固後の残留物 (以下「蒸発残留物」という。) の顕微鏡観察

(3) 土壌調査

- ア 採取地点
図 1 のとおり。夫沢地点のモニタリングポスト周辺 4 箇所にて採取。
- イ 採取した試料
表土 0 ～ 1 cm の土壌を採取。
- ウ 採取日
令和 2 年 2 月 3 日及び 3 月 2 日
- エ 調査項目
 - (ア) 核種濃度分析
 - (イ) 粒径分布



(出典:Google マップ 地図データ©2020 日本)

図 1 土壌採取地点

3 調査結果及び考察

(1) 周辺の植生及び大気浮遊じん中の Cs-137 放射能濃度の変化

- ・ 夫沢地点のモニタリングポスト周辺では平成 30 年 8 月下旬より土木工事が開始され、それに伴い草木の伐採や表土が剥ぎ取られ、土地が整地、裸地化された。その後、令和 2 年 2 月 14 日よりモニタリングポスト南側及び東側において覆土後、砂利敷作業が行われた。

東方向（海側）の画像（平成25年（2013年）



出典：Googleマップ 地図データ©2020 日本

東方向（海側）の画像（令和2年8月（2020年）



図 2 夫沢局周辺の状況（上図：平成 25 年（2013 年）、下図：令和 2 年（2020 年）8 月）

- その結果、土木工事に進捗に伴い、Cs-134 及び Cs-137 による放射能の自然減衰を大幅に上回る空間線量率の低下が見られ、8,210nGy/h(平成 30 年 8 月月間平均値)から 2,670nGy/h (令和 2 年 6 月月間平均値)と約 7 割低下していた。(図 3 上図参照)
- 平成 29 年度から令和 2 年度の大気浮遊じん中の Cs-137 放射能濃度を比較した結果、平成 30 年 11 月より上昇する傾向が見られ、平成 31 年 2 月にピークに達した後低下するも平成 29 及び平成 30 年の同時期より高く、令和元年 11 月に再びピークを迎え、一旦令和 2 年 1 月に低下するも、平成 29 年同月の 3 倍程高い濃度であり、以降再び上昇し、3 月に令和元年 11 月と同値の高い濃度となっている。

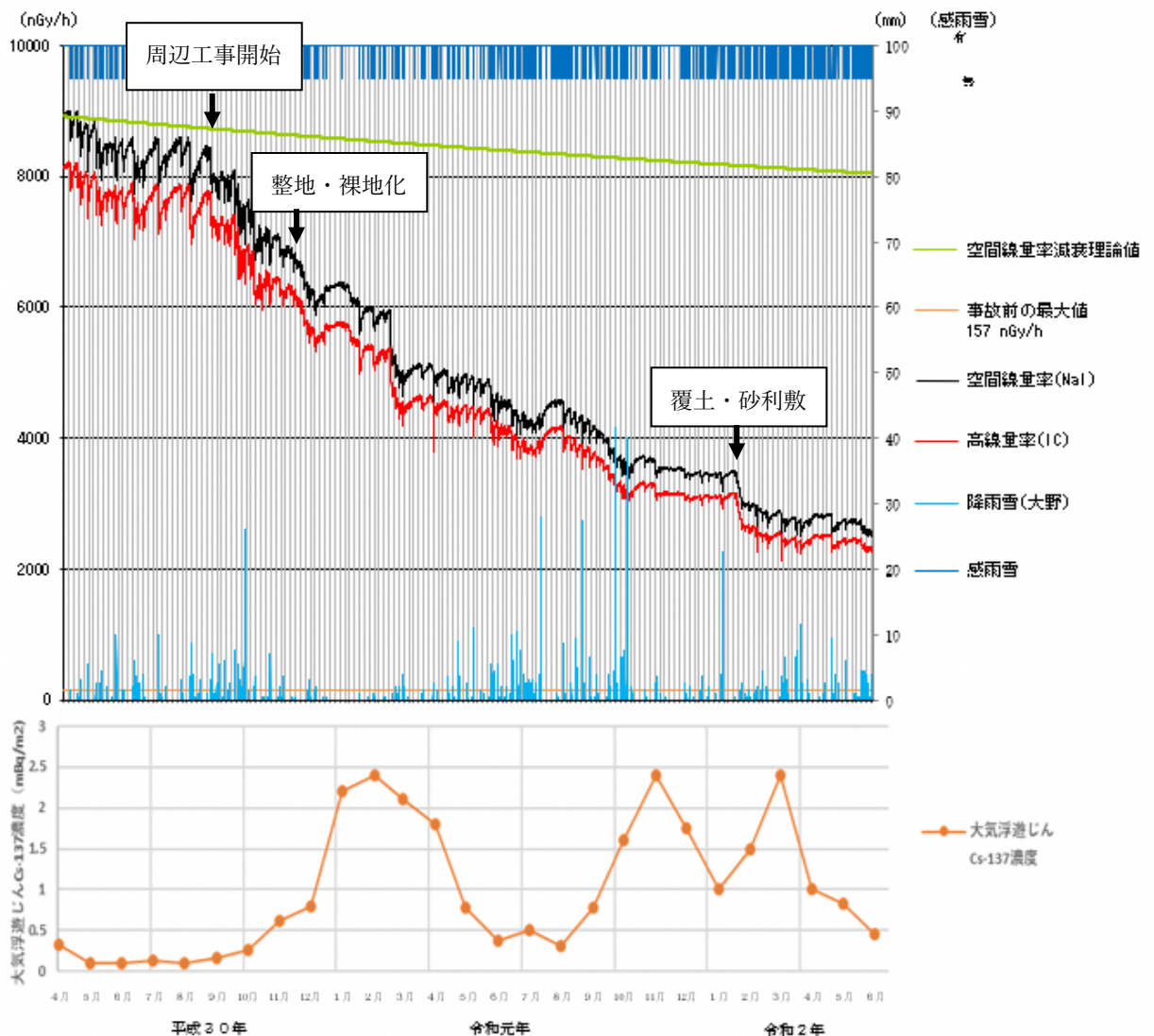


図 3 上図：夫沢地点空間線量率変動推移
 下図：夫沢地点大気浮遊じん Cs-137 放射能濃度変動推移

(2) 大気浮遊じんと降下物及び蒸発残留物量の関係

- ・ 図 4 左図に大気浮遊じんと降下物中の Cs-137 放射能濃度について比較した結果を示す。両者は異なる推移を示しており、相関は見られなかった ($R^2=0.1507$)。
- ・ 右図に大気浮遊じん中の Cs-137 放射能濃度と蒸発残留物量に比較した結果を示す。両者には強い相関が見られた ($R^2=0.8011$) が、近隣他地点 (大野地点 (夫沢地点より西へ約 4.4km)、郡山地点 (夫沢地点より北へ約 4.3km)) では相関は見られなかった。

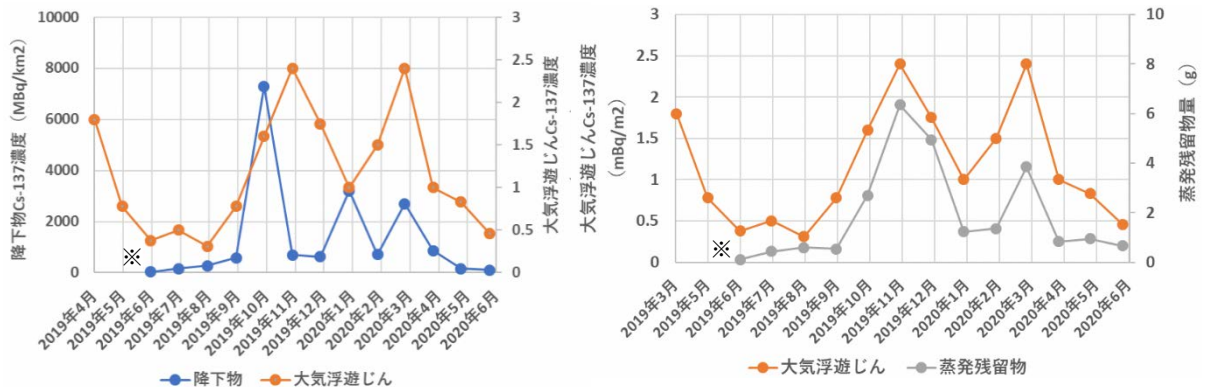


図 4 降下物及び大気浮遊じん中の Cs-137 濃度測定結果 (左)
 大気浮遊じん中の Cs-137 放射能濃度と蒸発残留物量の関係 (右)
 ※ 降下物は令和元年 6 月 24 日より測定開始。

(3) 蒸発残留物中の Cs-137 放射能濃度と蒸発残留物量の比較

- ・ 蒸発残留物中の Cs-137 放射能濃度と蒸発残留物量を比較した結果、両者に相関はみられなかった ($R^2=0.0228$)。
- ・ 近隣他地点 (大野地点 (夫沢地点より西へ約 4.4km)、郡山地点 (夫沢地点より北へ約 4.3km)) も同様に相関は見られなかった。

(4) 風速と Cs-137 放射能濃度の関係

ア 大気浮遊じんと風速の関係

- ・ 夫沢地点では気象観測を行っていないため、大野地点の風速 (月平均風速、月最大日平均風速、月最大 1 時間値風速 (正時ごとの最大 10 分間平均風速)) と降下物及び大気浮遊じん中の Cs-137 放射能濃度の関係を比較したところ、月最大 1 時間値風速と大気浮遊じん中の Cs-137 放射能濃度に相関が見られた。(図 5 左図参照。 $R^2=0.7278$)
- ・ また平成 29 年 4 月まで遡って相関を確認したところ、平成 30 年 10 月頃より相関が見られ始めた。これは夫沢地点で土木工事が開始され、周囲が裸地化され始めた時期と概ね一致している。(図 5 右図参照)
- ・ 大野地点及び郡山地点においては、相関は見られなかった。

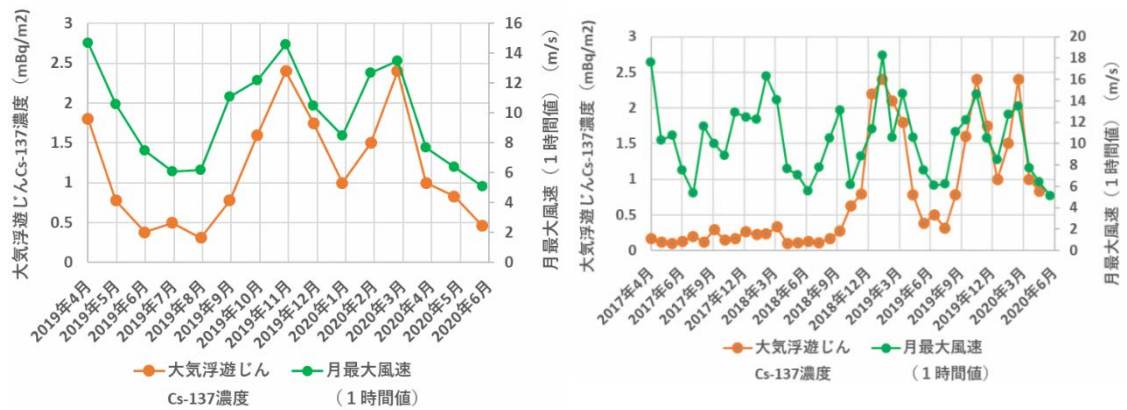


図5 夫沢地点における月最大1時間値風速と大気浮遊じん中のCs-137放射能濃度の比較(左)、平成29年4月以降の夫沢地点における月最大1時間値風速と大気浮遊じん中のCs-137放射能濃度の比較(右)

イ 降下物と風速の関係

- ・降下物中のCs-137放射能濃度と月最大1時間値風速を比較したところ、両者に相関はみられなかった ($R^2=0.144$)。
- ・また蒸発残留物量と月最大1時間値風速を比較した結果を図6に示す。こちらはやや強い相関がみられた ($R^2=0.5399$)

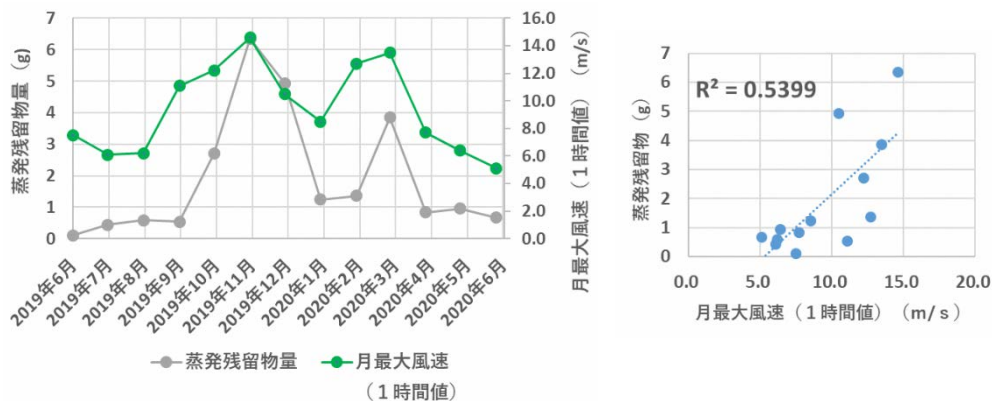


図6 蒸発残留物量と月最大1時間値風速の関係

(5) 夫沢地点の土壌中のCs-137放射能濃度

- ・上記(1)から(4)の結果を踏まえ、降下物や大気浮遊じん中のCs-137放射能濃度の上昇は、強風によって浮遊した、周囲に沈着しているCs-137を捕集したことによるものと考えた。
- ・夫沢地点周辺は裸地となっていることから、大気浮遊じん中のCs-137放射能濃度上昇の原因は浮遊した土壌びよる影響と考え、モニタリングポスト周辺の4地点で表土(0~1cm)を採取し、乾燥細土(ふるい2mm以下)としてから放射能濃度の測定を行った。その後、ふるい分けを行い、粒径クラス別のCs-137放射能濃度を測定した。
- ・その結果、おおむね粒径が小さいほど放射能濃度が高くなる傾向にあったが、これは粒径が小さいほど比表面積が大きいためと推測される。

表 1 土壌中と蒸発残留物の Cs-137 放射能濃度の比較

採取月	Cs-137 放射能濃度 (Bq/kg)				
	N-1	N-2	E-1	S-1	蒸発残留物
R2.2月分		5,300	26,000	160,000	45,000
R2.3月分	78,000	5,500	—※1	—※1	61,000

※1 覆土及び整地（砂利敷）作業実施のため採取できず。

※2 有効数字は2桁で記載。

表 2 粒径クラス別の Cs-137 放射能濃度

粒径クラス※1 (mm)	推計 平均 粒径 (mm)	推計 比表 面積※5 (cm ² /g)	N-2		E-1		S-1	
			重量組 成割合 (%)	Cs-137 放射能濃度 (Bq/kg)	重量組 成割合 (%)	Cs-137 放射能濃度 (Bq/kg)	重量組 成割合 (%)	Cs-137 放射能濃度 (Bq/kg)
<0.046	0.046※2	260	1.0%	14,000	3.3%	34,000	0.9%	230,000
0.046-0.150	0.098※3	120	5.2%	13,000	8.4%	26,000	5.6%	180,000
0.150-0.500	0.325※3	37	37.8%	5,500	28.3%	24,000	24.5%	160,000
0.500-1.0	0.75※3	16	30.9%	4,200	26.6%	24,000	27.6%	110,000
1.0<	1.0※4	12	25.0%	4,200	33.3%	21,000	41.4%	200,000

粒径クラス※1 (mm)	推計 平均 粒径 (mm)	推計 比表 面積※5 (cm ² /g)	N-1		N-2	
			重量組 成割合 (%)	Cs-137 放射能濃度 (Bq/kg)	重量組 成割合 (%)	Cs-137 放射能濃度 (Bq/kg)
<0.046	0.046※2	260	2.6%	87,000	1.3%	15,000
0.046-0.150	0.098※3	120	11.4%	77,000	6.3%	13,000
0.150-0.500	0.325※3	37	32.7%	67,000	37.0%	6,600
0.500-1.0	0.75※3	16	34.0%	74,000	40.8%	4,200
1.0<	1.0※4	12	19.3%	59,000	14.7%	350

※1 ふるい分けにより分画。

※2 平均粒径は粒径クラスの最大値とした。

※3 平均粒径は粒径クラスの中央値とした。

※4 平均粒径は粒径クラスの最小値とした。

※5 密度は土壌粒子の平均的な密度 2.5g/cm³を用いた。

※6 放射能濃度は有効数字2桁で記載。

(6) 蒸発残留物の粒子観察結果

- 双眼実体顕微鏡により Cs-137 放射能濃度が高かった令和元年 10 月分と Cs-137 放射能濃度が低かった令和元年 11 月分の蒸発残留物の含有物を調査した結果を図 7 に示す。
- 令和元年 10 月分の蒸発残留物には数 μm 程度未満の微細粒子で構成されていた。一方、令和元年 11 月分の蒸発残留物には数十 μm 程度の微粒子が多く見られ、令和元年 10 月分とは様相が大きく異なっていた。また希塩酸分散後の蒸発残留物を確認したところ、令和元年 11 月分のみ液面に黒色の浮遊物が見られた。令和元年 11 月の降下物回収用水盤には落ち葉や枯草といった植物の混入が見られたことから、この黒色の浮遊物は植物由来の物質と推測され、蒸発残留物量の増加の一因と考えられる。
- Cs-137 放射能濃度が高い蒸発残留物には粒子状物質が多数確認され、特に微細粒子が多数混入している場合 Cs-137 放射能濃度が高くなる傾向があった。これは微細粒子ほど強風によって浮遊しやすいためと考えられる。

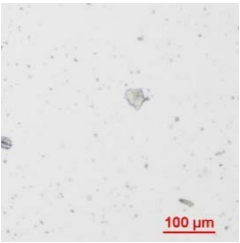
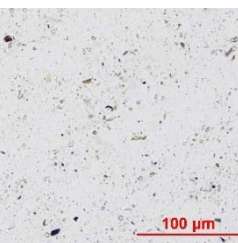
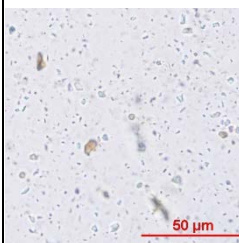
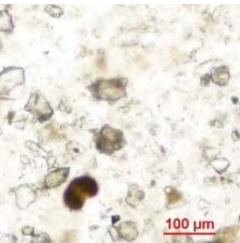

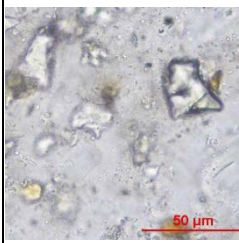
倍率 月	$\times 10$	$\times 20$	$\times 40$	上段：降下物 Cs-137 放射能濃度 (蒸発残留物量)
				下段：大気浮遊じん Cs-137 放射能濃度 希塩酸分散後の蒸発残留物写真
10 月				7,300 MBq/km ² (2.7 g) 1.6 mBq/m ³
11 月				690 MBq/km ² (6.35g) 2.4 mBq/m ³

図 7 蒸発残留物拡大写真

※ 蒸発残留物に希塩酸 (1+100) を 40mL 加え、超音波洗浄機で 5 分間分散させてから観察。

5 まとめ

- 平成 30 年及び令和元年度の秋期～冬期にかけて大気浮遊じん中の Cs-137 放射能濃度が上昇した要因は、強風により浮遊した土壌粒子が捕集された影響が考えられる。
- 土壌粒子の輸送形態については、0.1mm 以下の粒子は浮遊しやすいという報告がされており (Hudson(1973))、夫沢地点の周辺は平成 30 年 8 月下旬より土木工事が始まった結果、樹木等が伐採され裸地となり表土が露出しており、風によって微細な土壌粒子が浮遊しやすい環境にあったと考えられる。
- 大気浮遊じんや降下物中の Cs-137 放射能濃度は、周辺環境に大きく影響を受けることから、数値の変動原因の把握に努めていく。