

〔資料〕

令和3年3月29日黄砂飛来時の大気浮遊じん、 降下物中の放射能

石川県保健環境センター 環境科学部 井上 和幸・吉本 高志・鳥屋子やまと・
岡田 真規子・内田 賢吾

〔和文要旨〕

令和3年3月29日に県内に飛来した黄砂の影響を調査するため、令和3年3月29日から4月2日にかけて大気浮遊じん、降下物中の放射能及び空間放射線量率を測定した。

その結果、大気浮遊じんにおいて、セシウム-137が 0.0056mBq/m^3 、カリウム-40が 0.068mBq/m^3 検出された。これは、セシウム-137が 43Bq/kg 、カリウム-40が 520Bq/kg に相当し、志賀町で採取した土壌の検出レベルと同程度であった。

同期間、黄砂の飛来により、空間線量率の変動は見られず、降下物からセシウム-137及びカリウム-40は検出されなかった。

キーワード：黄砂、大気浮遊じん、降下物

1 はじめに

黄砂は、冬から春にかけてユーラシア大陸から偏西風に乗って越境し、国内に飛来する粒子状の物質であり、アレルギー症状や呼吸器疾患など健康被害を生ずるおそれがある物質である¹⁾。

黄砂の飛来は、国内はもとより、本県においてもほぼ毎年観測され^{2) 3)}、日本まで到達する粒径は $4\mu\text{m}$ 付近のものが多く、黄砂が飛来すると、環境大気中のSPM ($10\mu\text{m}$ 以下) やPM2.5 ($2.5\mu\text{m}$ 以下) の濃度が上昇することがある。

また、放射能との関連については、1980年代以前の大気圏内核実験や1986年のチェルノブイリ発電所事故によって放出されたセシウム-137が黄砂とともに飛来したとの報告^{4) 5)}があるほか、県内において平成21年12月及び平成22年3月に金沢で黄砂が観測された際、降下物からセシウム-137が検出された⁶⁾。

そこで、本調査では黄砂飛来による空間線量率の変

動や人への健康影響を把握するため、黄砂の飛来が予測された令和3年3月に、保健環境センター（金沢市太陽が丘。以下、「当センター」という。）屋上で、大気浮遊じん及び降下物を採取し、重量や放射能濃度の調査を実施した。

更に、本県では、令和2年2月から当センター屋上で大気浮遊じん及び降下物を継続して採取し、重量や放射能濃度の調査（以下、「年間調査」という。）を実施しており、その結果と比較したので併せて報告する。

2 調査方法

2・1 調査対象

(1) 大気浮遊じん

大気浮遊じんは、当センター屋上にてハイボリウムエアサンプラー（紀本電子工業(株)製120SL）を用い、流速 800L/min （年間調査は $1,200\text{L/min}$ ）で、ろ紙（Advantec製GB-100）に採取した。

(2) 降下物

Radioactivity in Fallout and Airborne Dust when Asian Dust Event Came on the March 29, 2021. by INOUE Kazuyuki, YOSHIMOTO Takashi, TOYANAGO Yamato, OKADA Makiko and UCHIDA Kengo (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Asian dust, Airborne dust, Fallout

降下物（雨水、塵等）は、当センター屋上1mの高さに「角型たらい」（新輝合成(株)120型、面積0.48m²）を設置し採取した。

(3) 空間放射線量率

空間放射線量率は、原子力規制庁委託事業「環境放射能水準調査」において、放射能測定法シリーズ⁷⁾に基づき設置したモニタリングポスト（MAR-22(株)日立製作所製NaI (TI) シンチレーション検出器）（当センター屋上にて屋上床から3mの高さ。地上から17m）のデータを用いた。

2・2 調査期間

気象庁等における黄砂の飛来予測などから、令和3年の3月16日から19日まで、及び3月29日から4月2日までの間、大気浮遊じん、降下物を継続して採取した。なお、この間、毎日9時及び16時に試料の回収を行った。

令和3年3月29日15時の気象庁黄砂予測図（図1）⁸⁾と、3月28日から4月2日にかけて金沢地方気象台で観測した視程⁹⁾及び県内大気環境測定局18局のSPM濃度の値¹⁰⁾（図2）から、令和3年3月29日から3月31日までの間、県内に黄砂の飛来があったと考えられた。

そこで、黄砂調査として、3月29日から4月2日まで行った。

また、年間調査では、週2回（主に月、金曜の9時）試料を回収した。

2・3 測定方法

(1) 試料の調製

大気浮遊じんを採取したろ紙は6.5cm×5.5cmに折り畳み、アクリル製測定容器に詰め、測定試料とした。

採取した降下物はビーカーに移した後、採取に用いた角型たらいを塩酸（1+100）及びイオン交換水で洗浄し、洗液と降下物を合わせて蒸発濃縮後、U-8容器に入れて、乾固させ、測定試料とした。

(2) 放射能分析（ガンマ線核種分析）

測定は、ゲルマニウム半導体検出器（SEIKO EG&G製GEM-C7080-LB-C-HJ-S、相対効率45%程度、分解能2keV未満、鉛-210などの低エネルギーガンマ線測定が行えるもの）によるガンマ線核種分析とし、測定時間は80,000秒とした（検出状況によっては80,000秒以上の長時間測定を実施）。

測定結果については、採取開始から採取終了までの中間日時で半減期補正した。

3 結果及び考察

3・1 大気浮遊じん

(1) 大気浮遊じんの濃度

ア 年間調査

年間調査のうち、令和2年度の大気浮遊じんの積算流量に対する重量（以下、「大気浮遊じんの濃度」という。）のグラフを図3に示す。なお、グラフ上の各データの横線の長さはそれぞれの採取期間を示す（以下同じ）。

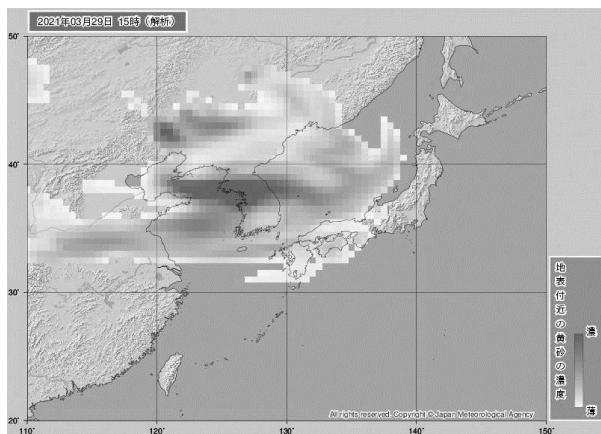


図1 気象庁黄砂予測図（令和3年3月29日15時）

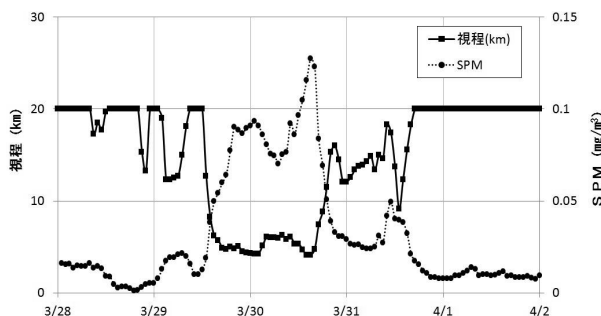


図2 金沢の視程と測定局18局のSPM（令和3年3月28日～4月2日）

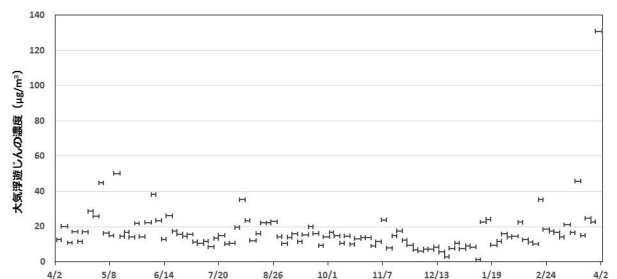


図3 大気浮遊じんの濃度（年間調査、令和2年4月3日～令和3年4月2日）

大気浮遊じんの濃度の値は1.2～131 μg/m³の範囲であり、同期間の全重量から全積算流量を除いて求めた濃度の平均値は17.5 μg/m³であった。最も高濃度となった期間は、黄砂が飛来した令和3年3月29日から4月2日までの期間で、他の期間に比べ突出して高い値を示した。

イ 黄砂調査

黄砂調査の大気浮遊じんの濃度を図4に示す。

大気浮遊じんの濃度の値は12～264 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲であり、平均値は103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。期間中最も高濃度となったのは、気象庁黄砂予測図で本県への到達が予測された3月29日の翌日となる30日の9時から16時までの間で、SPM濃度が3月30日15時に最高値を示した(図2)ことと整合する結果となった。

(2) 大気浮遊じん中の放射能濃度及び空間線量率

年間調査のうち、令和3年3月15日から4月9日までの間における大気浮遊じん中の放射能濃度及び空間線量率の結果を表1に、黄砂調査の結果を表2に示す。

ア 年間調査

年間調査では、黄砂が飛来した令和3年3月29日から4月2日の間に採取した試料のみからセシウム-137が0.0056 mBq/m^3 、カリウム-40が0.068 mBq/m^3 検出された。これを重量あたりの濃度に換算すると、セシウム-137が43 Bq/kg 、カリウム-40が520 Bq/kg となり、令和2年8月に志賀町直海で採取した土壌(0～5 cm)の放射能と同程度(セシウム-137:46.3 Bq/kg 、カリウム-40:413 Bq/kg)であった。

また、ベリリウム-7及び鉛-210について、3月29日から4月2日の間の結果と、その他の期間と比較したが、大きな濃度変化は見られなかった。

イ 黄砂調査

黄砂調査では、セシウム-137及びカリウム-40のいずれも不検出であった。

年間調査の採取間隔は3日間又は4日間である一方、黄砂調査の採取間隔は7時間又は17時間と短く、採取量が少なかったため検出されなかったと推定された。

ウ 空間線量率

黄砂調査の期間における空間線量率の結果を図5に示す。空間線量率はほぼ一定の値を示し、黄砂の飛来による影響は見られなかった。

3・2 降下物

(1) 降下量

年間調査の降下量を図6に示す。降下量の値は0～0.40 $\text{g}/\text{日}$ の範囲であり、平均値は0.07 $\text{g}/\text{日}$ であった。このうち降雨が観測された期間に採取した降下量の平均値は0.08 $\text{g}/\text{日}$ であり、降雨が無い期間では0.02 $\text{g}/\text{日}$ であった。黄砂が飛来した期間は降雨が無かったものの降下量は0.08 $\text{g}/\text{日}$ と多かった。

黄砂調査の降下量を図7に示す。降下量の値は0.01～0.31 $\text{g}/\text{日}$ であり、平均値は0.08 $\text{g}/\text{日}$ と、高い値となっている。

(2) 降下物の放射能濃度

降下物の放射能濃度の結果について、年間調査のうち令和3年3月15日から4月9日までの間に採取した降

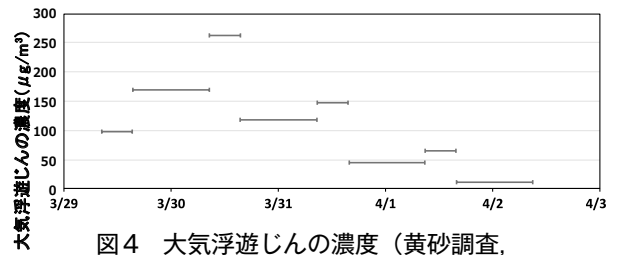


図4 大気浮遊じんの濃度(黄砂調査, 令和3年3月29日～4月2日)

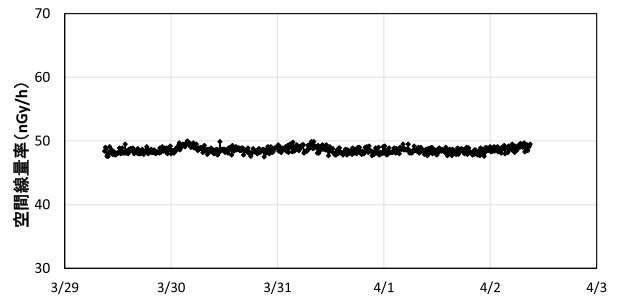


図5 保健環境センターにおける空間線量率(黄砂調査, 令和3年3月29日～4月2日)

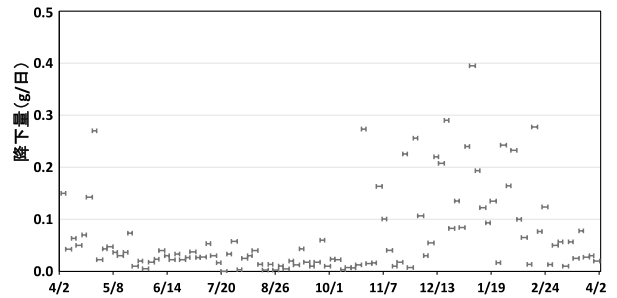


図6 降下量(年間調査, 令和2年4月3日～令和3年4月2日)

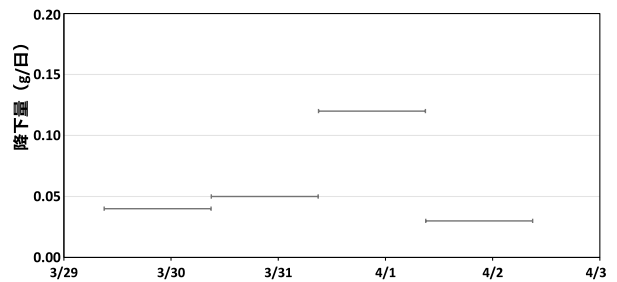


図7 降下量(黄砂調査, 令和3年3月29日～4月2日)

下物の結果を表3に、黄砂調査の間に採取した結果を表4に示す。

表3及び表4のいずれもすべての期間でセシウム-137及びカリウム-40が不検出であった。このことから、黄砂の飛来により、セシウム-137及びカリウム-40の降下物への影響は見られなかった。

(3) 令和3年3月16日から19日までの間の調査
黄砂の飛来が観測されなかった令和3年3月16日から

19日までの間も、黄砂調査と同様に調査を実施したが、大気浮遊じんの濃度は最高が97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、降水量は最大0.07g/日であり、放射能では、セシウム-137やカリウム-40が全ての試料で検出されなかった。

3.3 健康影響

黄砂が飛来した期間で、最も高い濃度の放射能を検出した3月29日9時～4月2日9時の大気浮遊じんのセシウム-137によるヒトへの健康影響を評価した。

セシウム-137を検出した大気浮遊じんの放射能の値0.0056mBq/m³と、成人の実効線量係数(吸入摂取, セシウム-137: $3.9 \times 10^{-2} \mu\text{Sv}/\text{Bq}$), 呼吸率 $22.2 \times 10^6 \text{cm}^3/\text{d}$ を用いて^{11) 12)}、内部被ばく線量を算出すると、 $1.8 \times 10^{-6} \text{mSv}/\text{年}$ ($0.0056 \text{mBq}/\text{m}^3 \times 3.9 \times 10^{-2} \mu\text{Sv}/\text{Bq} \times 22.2 \times 10^6 \text{cm}^3/\text{d} \times 365 \text{d}/\text{y}$) と算出された。これは、一般の人々の健康を守るための基準である公衆被ばくの線量限度(年間1mSv)と比べると、ごくわずかな値であった。

4 まとめ

気象庁の黄砂飛来情報をもとに、大気浮遊じんと降下物への影響を調査するため、令和3年3月29日から4月2日にかけて、当センター屋上にて黄砂調査を実施し、令和2年4月から実施している年間調査のうち、令和2年度の結果と比較した。

(1) 大気浮遊じんの濃度

年間調査では、令和2年度の大気浮遊じんの濃度の平均値は17.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。最も高濃度となった期間は、黄砂が飛来した3月29日9時から4月2日9時までの間で131 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また、黄砂調査では、平均値が103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、最も高濃度となったのは3月30日9時から16時までの間で264 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

(2) 大気浮遊じん中の放射能濃度

年間調査では、令和3年3月29日から4月2日に採取した大気浮遊じんからセシウム-137が0.0056mBq/m³、カリウム-40が0.068mBq/m³検出されたが、同時期に実施した黄砂調査では、採取量が少なかったため不検出となった。

黄砂が飛来した期間の大気浮遊じんの放射能はセシウム-137が43Bq/kg、カリウム-40が520Bq/kgであり、志賀町で採取した土壌のレベルと同程度であった。

また、空間線量率から、黄砂の飛来による影響は見られなかった。

(3) 降水量

年間調査の降水量の平均値0.07g/日であり、雨が無い期間の平均値は0.02g/日であった。黄砂が飛来した期間は降雨が無かったものの0.08g/日と多かった。

(4) 降下物の放射能

表1 大気浮遊じんの濃度、放射能濃度及び空間線量率(年間調査、令和3年3月15日～4月9日を抜粋)

採取日時	積算流量	重量	濃度	Cs-137	K-40	Be-7	Pb-210	空間線量率
	(m ³)	(g)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
3月15日 9:00～3月19日 8:58	7,114	0.326	46	N.D.	N.D.	8.0 ±0.062	1.6 ±0.038	48.93
3月19日 9:00～3月22日 7:58	5,259	0.079	15	N.D.	N.D.	5.5 ±0.060	0.86±0.038	51.57
3月22日 8:00～3月26日 8:58	7,190	0.177	25	N.D.	N.D.	8.1 ±0.061	1.3 ±0.035	48.54
3月26日 9:00～3月29日 8:58	5,331	0.121	23	N.D.	N.D.	6.8 ±0.064	1.1 ±0.041	49.68
3月29日 9:00～4月2日 8:58	7,108	0.930	131	0.0056±0.0012	0.068±0.020	7.0 ±0.060	1.6 ±0.037	48.58
4月2日 9:00～4月5日 8:58	5,330	0.156	29	N.D.	N.D.	6.6 ±0.067	0.93±0.038	50.63
4月5日 9:00～4月9日 8:58	7,113	0.107	15	N.D.	N.D.	9.3 ±0.071	0.97±0.032	48.10

表2 大気浮遊じんの濃度、放射能及び空間線量率(黄砂調査、令和3年3月29日～4月2日)

採取日時	積算流量	重量	濃度	Cs-137	K-40	Be-7	Pb-210	空間線量率
	(m ³)	(g)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
3月29日 9:00～3月29日 15:58	337	0.033	98	N.D.	N.D.	6.8 ±0.33	2.3 ±0.29	48.34
3月29日 16:00～3月30日 8:58	819	0.139	170	N.D.	N.D.	7.0 ±0.16	1.6 ±0.13	48.71
3月30日 9:00～3月30日 15:58	338	0.089	264	N.D.	N.D.	7.6 ±0.33	1.7 ±0.28	48.61
3月30日 16:00～3月31日 8:58	821	0.098	119	N.D.	N.D.	10 ±0.21	1.7 ±0.13	48.72
3月31日 9:00～3月31日 15:58	338	0.050	148	N.D.	N.D.	9.4 ±0.37	2.3 ±0.29	48.48
3月31日 16:00～4月1日 8:58	821	0.037	45	N.D.	N.D.	3.0 ±0.23	1.1 ±0.12	48.46
4月1日 9:00～4月1日 15:58	339	0.022	66	N.D.	N.D.	6.5 ±0.53	1.7 ±0.29	48.39
4月1日 16:00～4月2日 8:58	820	0.010	12	N.D.	N.D.	3.2 ±0.24	1.2 ±0.20	48.62

表3 降水量及び降下物の放射能濃度（年間調査、令和3年3月15日～4月9日を抜粋）

採取日時	採取量		降水量		Cs-137	K-40	Be-7	Pb-210
	(L)	(g)	(g/日)	(g/日)				
3月15日 9:00～3月19日 8:58	1.6	0.10	0.03		N.D.	N.D.	0.16 ±0.0030	0.034±0.0020
3月19日 9:00～3月22日 7:58	18.7	0.23	0.08		N.D.	N.D.	0.79 ±0.0073	0.14 ±0.0036
3月22日 8:00～3月26日 8:58	0.0	0.11	0.03		N.D.	N.D.	0.16 ±0.0029	0.025±0.0018
3月26日 9:00～3月29日 8:58	1.3	0.09	0.03		N.D.	N.D.	0.11 ±0.0029	0.016±0.0022
3月29日 9:00～4月2日 8:58	0.0	0.08	0.02		N.D.	N.D.	0.006±0.0009	0.003±0.0010
4月2日 9:00～4月5日 8:58	20.4	0.40	0.13		N.D.	N.D.	0.74 ±0.0070	0.066±0.0029
4月5日 9:00～4月9日 8:58	0.2	0.07	0.02		N.D.	N.D.	0.065±0.0021	0.009±0.0016

表4 降水量及び降下物の放射能濃度（黄砂調査、令和3年3月29日～4月2日）

採取日時	採取量		降水量		Cs-137	K-40	Be-7	Pb-210
	(L)	(g)	(g/日)	(g/日)				
3月29日 9:00～3月29日 15:58	0.0	0.01		0.04	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
3月29日 16:00～3月30日 8:58	0.0	0.03			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
3月30日 9:00～3月30日 15:58	0.0	0.02		0.05	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
3月30日 16:00～3月31日 8:58	0.0	0.03			N.D.	N.D.	0.020±0.0067	N.D.
3月31日 9:00～3月31日 15:58	0.0	0.09		0.12	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
3月31日 16:00～4月1日 8:58	0.0	0.03			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
4月1日 9:00～4月1日 15:58	0.0	0.02		0.03	N.D.	N.D.	N.D.	0.049±0.016
4月1日 16:00～4月2日 8:58	0.0	0.01			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

セシウム-137及びカリウム-40とも全て不検出であった。

(5) 健康影響

セシウム-137を検出した大気浮遊じん放射能の値と、成人の実効線量係数、呼吸率を用いて、内部被ばく線量を算出すると、 1.8×10^{-6} mSv/年と算出された。

これは、一般の人々の健康を守るための基準である公衆被ばく線量限度（年間1mSv）と比べると、ごくわずかな値であった。

文 献

- 1) 環境省：黄砂とその健康影響について（2019年3月発行）
- 2) 環境省：令和元年度黄砂飛来状況調査報告書（令和3年3月）
- 3) 石川県：令和元年度環境大気調査報告書（令和2年9月）
- 4) 五十嵐康人：⁹⁰Srと¹³⁷Csを用いたダスト輸送過程と再飛散、エアロゾル研究, 17 (4), 252-258 (2002)
- 5) Hideshi Fujiwara：Atmospheric deposition of radioactive cesium (¹³⁷Cs) associated with dust events in East Asia, Bull. Natl. Inst. Agro-Environ. Sci., 27, 85-115 (2010)

- 6) 中村能則, 藤井明洋, 小浦利弘, 吉本高志, 柿本均：金沢市太陽が丘における放射性降下物の年間変動について、石川県保健環境センター研究報告書, 47, 84-87 (2010)
- 7) 原子力規制庁監視情報課：放射能測定法シリーズ No.17 連続モニタによる環境γ線測定法, 平成29年12月改訂
- 8) 気象庁, 黄砂情報, <https://www.data.jma.go.jp/env/kosa/fcst/>, (参照2021-04-01)
- 9) 気象庁, 過去の気象データ・ダウンロード, <https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/>, (参照2021-04-01)
- 10) 石川県, 石川県の大気環境状況, <http://ishikawa-taiki.jp/index.php>, (参照2021-04-01)
- 11) 原子力規制庁監視情報課：平常時モニタリングについて（原子力災害対策指針補足参考資料）（平成30年4月4日）
- 12) ICRP: ICRP PUBLICATION 72, Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients, Annals of the ICRP Volume 26 No.1, International Commission on Radiological Protection (1996)