

〔資料〕

## 降下物, 大気浮遊じん中のベリリウム-7及び鉛-210の変動と挙動 (第2報)

— 短時間の変動 —

石川県保健環境センター 環境科学部 内田 賢吾・河野 隆史・宮竹 智代  
 鶴谷 亮太・吉本 高志  
 石川県生活環境部 廃棄物対策課 内川 慎互・川畑 俊之

## 〔和文要旨〕

降下物, 大気浮遊じんの試料採取期間を数時間から数日間程度とすることで, ベリリウム-7, 鉛-210の濃度変動等と気象状況の変化との関係を検討した。

大気浮遊じん中ベリリウム-7, 鉛-210濃度は, 降雨や前線の通過, 空気塊の動きにより, 変動する傾向が見られたが, 変動が見られない時もあった。

また, 降下物中ベリリウム-7, 鉛-210濃度は, 降水量が少ないときに高く, 降水量は降水量が多いときに多くなる傾向が見られた。

大気中濃度と降水中濃度, 降水量は, 降雨・降雪や前線の通過, 空気塊の動きによる変動が観測されるが, 変動に時差があることから, 別の要因が影響しているものと考えられた。

キーワード: 大気浮遊じん, 降下物, ベリリウム-7, 鉛-210, 前線

## 1 はじめに

本県では, 「志賀原子力発電所周辺の安全確保及び環境保全に関する協定書」に基づき, 平成2年7月から志賀原子力発電所周辺の環境放射線モニタリング(以下「原電監視」という。)を実施している。この中で, 環境試料中の放射能調査の一環として, 降水等により地表面にもたらされる雨水・塵等を「降下物」として, 大気中に含まれる塵を「大気浮遊じん」として採取し放射能を測定している<sup>1)2)</sup>。

前報<sup>3)</sup>においては, これまでの結果をとりまとめ, 降下物, 大気浮遊じんに観測される宇宙線生成核種であるベリリウム-7(半減期53.29日)と地殻起源のラドン

-222の子孫核種である鉛-210(半減期22.3年)について, ・降下物中のベリリウム-7, 鉛-210については12月～2月に多く, 5月～9月に少ない一山型であり, 降水量は降水量よりも降水中濃度と密接な関係があること  
 ・大気浮遊じん中のベリリウム-7, 鉛-210濃度については, 2～3月, 10～11月に高く, 7～8月, 12月に低い二山型であり, 9月～6月は降水量が増えると濃度が減少する傾向が見られたこと  
 ・ベリリウム-7, 鉛-210の降水量や大気中濃度の季節変動は, 日本列島に影響を与えている気団の影響によるものと考えられたこと  
 の報告を行った。

この調査では降下物は1か月間毎, 大気浮遊じんは約

Variations and Behaviors of Beryllium-7 and Lead-210 in Fallout and Airborne Dust (2nd. Report) — Analysis of Short Time Variation —. by UCHIDA Kengo, KAWANO Takafumi, MIYATAKE Tomoyo, TSURUYA Ryota and YOSHIMOTO Takashi (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science), UCHIKAWA Shingo and KAWABATA Toshiyuki (Waste Management Division, Living and Environment Department, Ishikawa Prefecture)

Key words : Airbone Dust, Fallout, Beryllium-7, Lead-210, Weather Front

2週間毎（月2回）に試料を採取しているが、試料採取期間が長いため、大気中、降下物中のベリリウム-7や鉛-210が天候の変化や前線の通過などの気象状況の変化によりどのような影響を受けていたのかを把握するまでは至らなかった。

そこで、本報では試料採取期間を数時間から数日間程度とし、気象状況の変化とベリリウム-7、鉛-210の変動について検討した。

## 2 調査方法

### 2・1 調査対象

#### (1) 降下物

降下物（雨水、塵等）は、当センター（金沢市太陽が丘）屋上で「角型たらい」（面積0.48m<sup>2</sup>）を用い採取した。

#### (2) 大気浮遊じん

大気浮遊じんは、当センター屋上におい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1,200L/minで、ろ紙（Advantec製GB-100）に採取した。

#### (3) 気象要素

気象要素として、気温、風速、降水量及び感雨については、当センター屋上において気象観測装置（光進電気工業製）を用い、測定した。

### 2・2 調査期間

1日から数日単位の試料採取期間による調査を①②の期間で行った。

①令和元年7月1日～26日

②令和2年2月1日～29日

より詳細に気象状況の変化との関係を見るため、数週間単位の試料採取期間による調査を③④の期間で行った。

③平成31年1月29日～2月1日

④令和元年5月27日～5月29日

### 2・3 測定方法

#### (1) 試料の調製

角型たらいで採取した降下物をビーカーに入れ、加熱濃縮後、測定容器（U8容器）に入れ、乾固し、測定試料とした。

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。

#### (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可能）によるガンマ線核種分析とし、測定時間は80,000秒とした。ベリリウム-7や鉛-210の検出状況によっては80,000秒以上の長時間測定を一部実施した。

測定結果については、降下物、大気浮遊じん試料とも

採取開始、採取終了日時から算出した中間時刻を基に半減期補正した。

## 3 結果と考察

### 3・1 令和元年7月1日～26日の変動状況

#### (1) 気象概況

「石川県の気象概況」<sup>4)</sup>によると、当該期間中は梅雨前線や湿った空気の影響で曇りの日が多く、梅雨入りが6月7日、梅雨明けが7月24日とされており、調査期間中の大部分が梅雨の時期であった。

調査期間中に1mm/h以上の降雨が観測されたのが、7月4日、11日、13～14日、18日、23日の5回で、気象概況によると4日、13～14日は湿った空気の影響、11日は低気圧や湿った空気の影響、18日は梅雨前線北上に伴う暖かく湿った空気の影響、23日は寒気を伴った気圧の谷や湿った空気の影響で雨が降ったとされている。

このうち、4日、23日は1日の降水量が10mmを、18日は20mmを超えていた。

#### (2) ベリリウム-7及び鉛-210の調査結果

当該期間のベリリウム-7、鉛-210の大気浮遊じん中濃度（以下、大気中濃度という。）、降下物中濃度（降水強度が0.0mm/h以下除く。以下、降水中濃度という。）、降水量、放射能比と降水強度との比較を図1に示す。

大気中のベリリウム-7、鉛-210濃度は、降雨が観測された11日と18日は前日や前々日の濃度の1/3～1/5に、4日と23日は前日の濃度の約1/2に下がった。13日～14日は調査期間が長く濃度の変動は把握できなかった。

大気中濃度が大きく低下した18日は、ベリリウム-7、鉛-210とも前々日から徐々に大気中濃度が上昇し、その上昇は降雨が観測された初期段階でも続き、降雨終盤で急激に低下するという状況であった。急激に濃度が低下した時点は、天気図では梅雨前線が石川県上空付近にあり、気象台観測データ<sup>5)</sup>によれば風向が西から南に、センター屋上の風速が2m/sから6m/sに変化していることから、梅雨前線が通過したタイミングであったと推察できる。このことから、降雨によって大気中濃度が低下したのではなく、梅雨前線通過により空気塊が変わり、大気中濃度が低下したものと考えられた。このほか3回、大気中濃度の低下が観測されたが、降雨と試料採取とのタイミングが合わず、天気図や気象台観測データとの比較は行えなかった。

降水中濃度については、ベリリウム-7、鉛-210とも降水量が少なかった13日～14日が最も高く、降水中濃度が低かった11日と18日に比べると約10倍の濃度であった。

降下量は降水量が多かった 4 日, 18 日, 23 日に多かった。

鉛-210/ベリリウム-7放射能比については, 大気中放射能比が降水中放射能比よりも大きくなり, 月間値と比較した前報<sup>3)</sup>と同じ結果であった。また, 大気中放射能比は約 0.3 で, 前報<sup>3)</sup>の 7 月の月間値 0.26 と同程度であった。降水中放射能比も約 0.15 で, 前報<sup>3)</sup>の 7 月の月間値 0.18 と同程度であった。

大気中放射能比が上昇している 3 日, 16 日, 22 日は降雨を観測する前日あるいは前々日にあたり, 降雨をもたらす空気塊の動きと何らかの関係があると考えられたが, 原因の推察までは至っていない。

### 3・2 令和2年2月1日～29日の変動状況

#### (1) 気象概況

「石川県の気象概況」<sup>6)</sup>によると, 当該期間中は冬型の気圧配置や低気圧の影響で, 雨や雪の日が多く, 気温は

例年に比べかなり高かったとされている。また, 気象庁は, 記録的な暖冬で, 降雪量は全国的に少なく, 北・東日本日本海側で記録的な少雪となったとされている<sup>7)</sup>。

このような中, 調査期間中の 2 月 18 日に調査地点である当センター敷地内で 20cm 程度の積雪を観測した。

#### (2) ベリリウム-7及び鉛-210の調査結果

当該期間のベリリウム-7, 鉛-210の大気中濃度, 降水中濃度, 降下量, 放射能比と降水強度との比較を図 2 に示す。

3・1 ではベリリウム-7, 鉛-210について降雨との関係でとりまとめたが, 3・2 では調査期間中に降雨及び降雪がほぼ毎日観測されたことから, 降雨との関係ではなく天気図を基にした空気塊の流れとの関係で検討を行った。

大気中のベリリウム-7, 鉛-210濃度については, 濃度の低下が 2 月 4 日, 14 日, 18 日, 26 日の 4 回観測さ

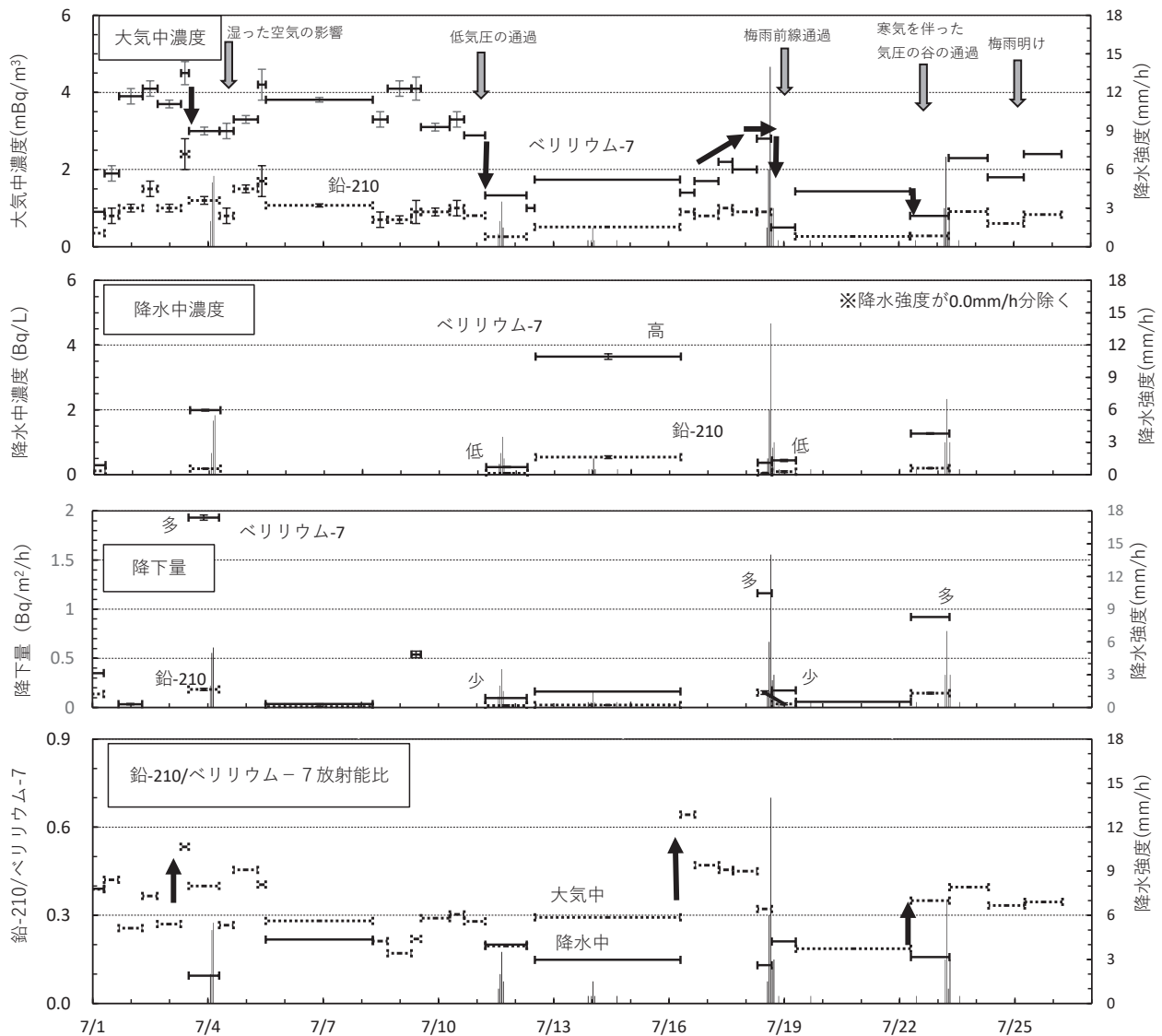


図 1 降下物・大気浮遊じん中のベリリウム-7, 鉛-210 (令和元年7月)

れた。

「石川県の気象概況」<sup>6)</sup>によると、4日は気圧の谷が通過したとき、14日は高気圧に覆われたとき、18日は降雪があり積雪が観測されたとき、26日は前線を伴った低気圧が日本列島南側を通過したときとされている。

14日は鉛-210濃度の変動はなかったが、ベリリウム-7濃度が大きく低下した。当該期間高気圧に覆われ、降雨・降雪も観測されていない期間であり、前線の通過もなかったことから、気象状況の変化との関連は不明であった。

この他大気中濃度が低下した4日、18日、26日は、前線や気圧の谷の通過という空気塊の動きによる濃度低下が示唆されたが、調査期間中、天気図から同様の空気塊の動きが観測されているにもかかわらず、大気中濃度の低下が観測されないときもあった。これらのことより、大気中濃度の変動要因については、今回検討した降雨・

降雪、前線通過、空気塊の動きだけでなく他の変動要因による影響の検討が必要であると考えられた。

降水中濃度については、3・1同様降水量が少なかった時に高い濃度が観測されている。

降下量は降水量が多い6日、18日に多かった。

鉛-210/ベリリウム-7放射能比については、大気中放射能比、降水中放射能比とも約0.2前後の比で推移し、前報<sup>3)</sup>の2月と同様の結果（大気中放射能比は0.22、降水中放射能比は0.19）となった。

2月13日～14日は大気中ベリリウム-7濃度のみが大きく低下したため、大気中放射能比が0.73と高くなった。

### 3・3 平成31年1月29日～2月1日の変動状況

#### (1) 気象概況

「石川県の気象概況」<sup>8)9)</sup>によると、1月30日から2月1日にかけて冬型の気圧配置となり、雨、雪、あられが観測されたとされている。

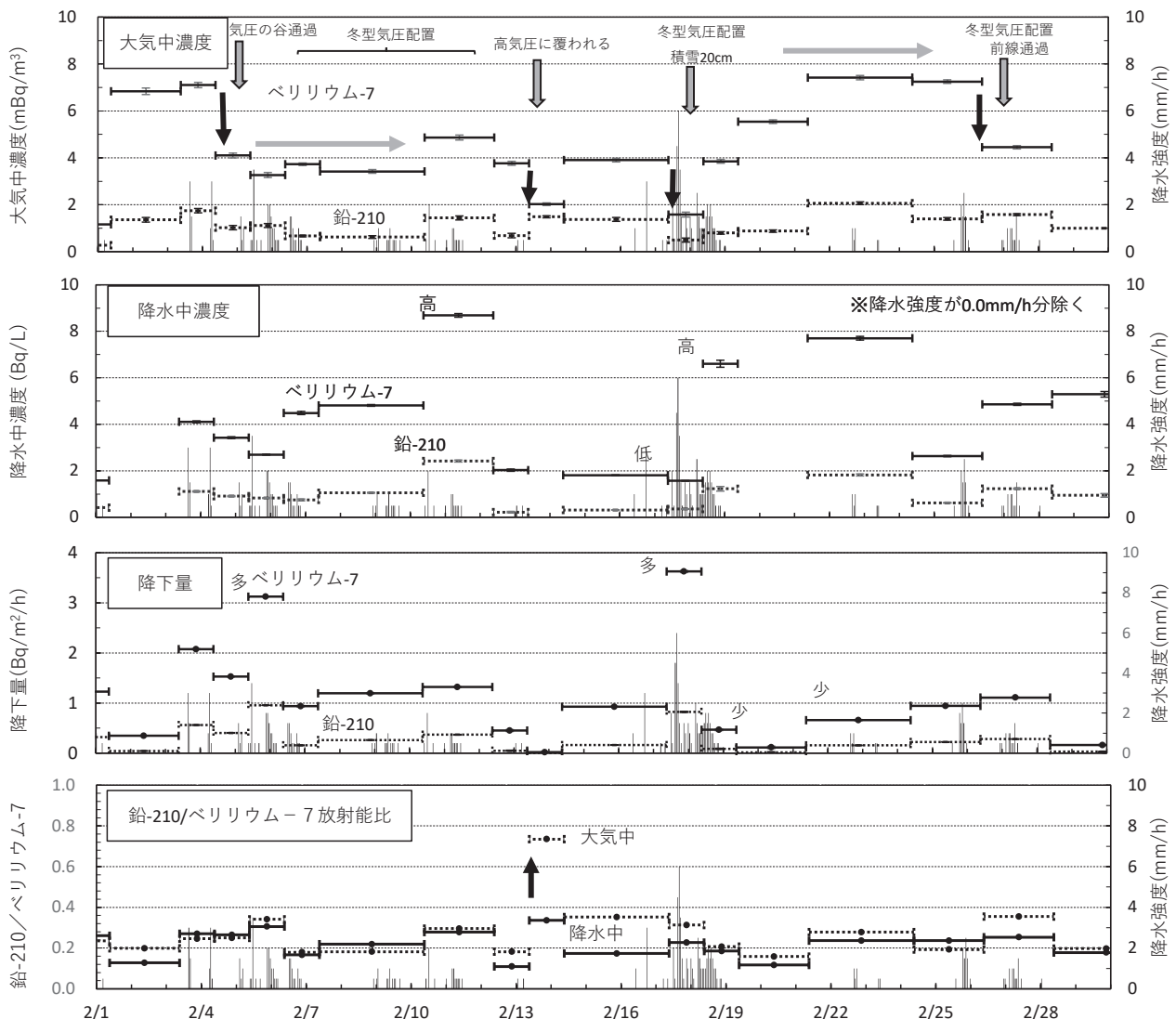


図2 降下物・大気浮遊じん中のベリリウム-7、鉛-210（令和2年2月）

(2) ベリリウム-7及び鉛-210の調査結果  
 当該期間の天気図<sup>10)</sup>、気象概況<sup>8)9)</sup>、降水強度、ベリリウム-7、鉛-210の大気中濃度、降水中濃度、降水量、放射能比との比較を図3に示す。  
 大気中のベリリウム-7、鉛-210濃度は、1月29日か

ら31日12時まで、途中で降雨が観測されているが、ほぼ一定の濃度で推移した。天気図、風速、気温から前線が通過したと考えられる31日13時以降、ベリリウム-7濃度が約1/2に、鉛-210が検出限界以下に低下し、17時頃に濃度が最も低くなった。

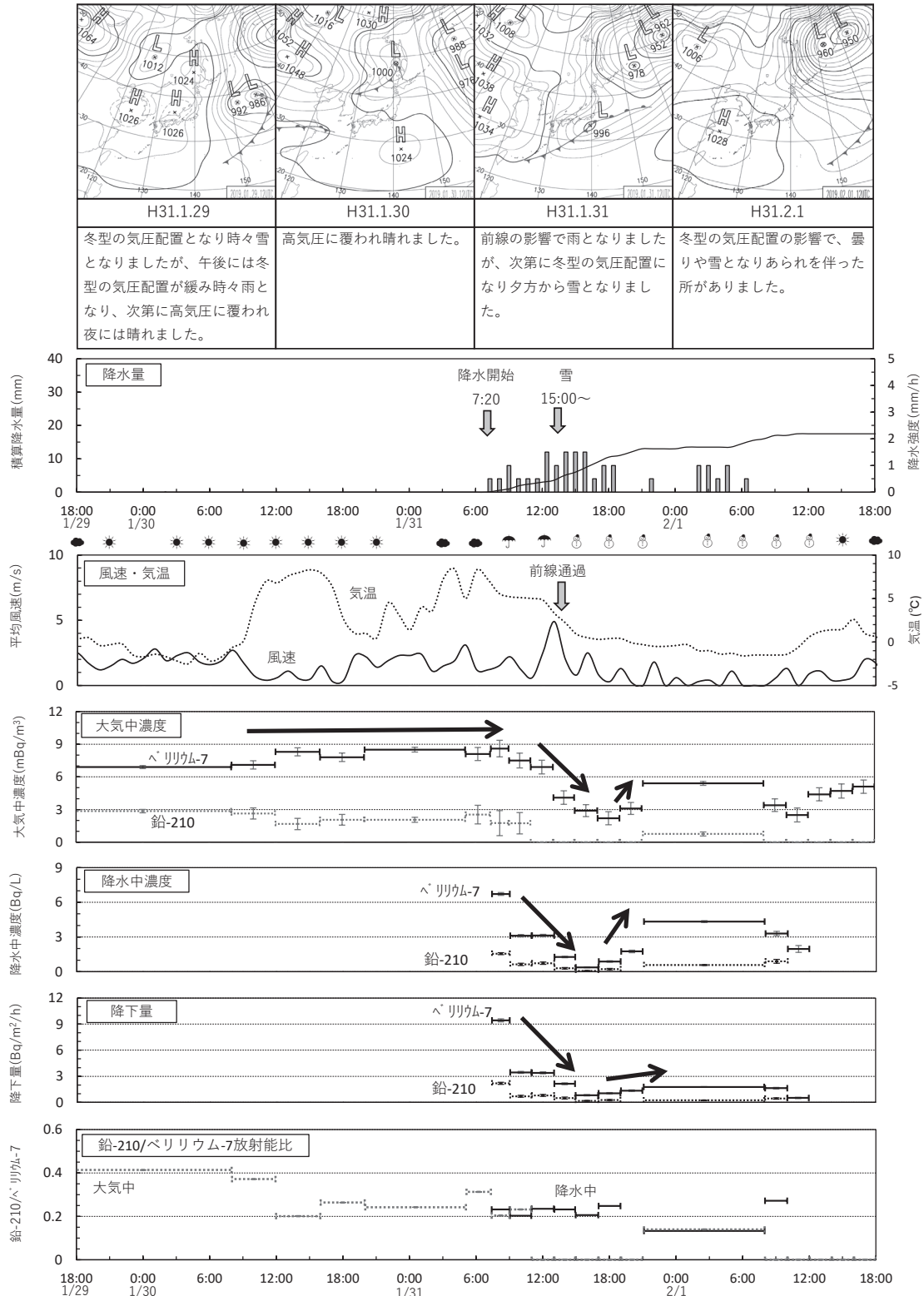


図3 降下物・大気浮遊じん中のベリリウム-7、鉛-210 (平成31年1月29日~2月1日)

ベリリウム-7、鉛-210降下量については、1月31日の降雨初期の午前7時頃に最も多くなった。9時頃から減少し、降水量が最も多くなった15時頃に最も少なくなった。

大気中濃度と降水中濃度、降下量との関係を見ると、

降雨・降雪の初期に多かった降下量は次第に減少したが、大気中濃度の低下はこれより少し遅れて始まった。その後、降下量が上昇に転じたが、大気中濃度の上昇もこれより少し遅れて上昇に転じるといった時差がみられた。このことから、大気中濃度と降水中濃度、降下量は前線

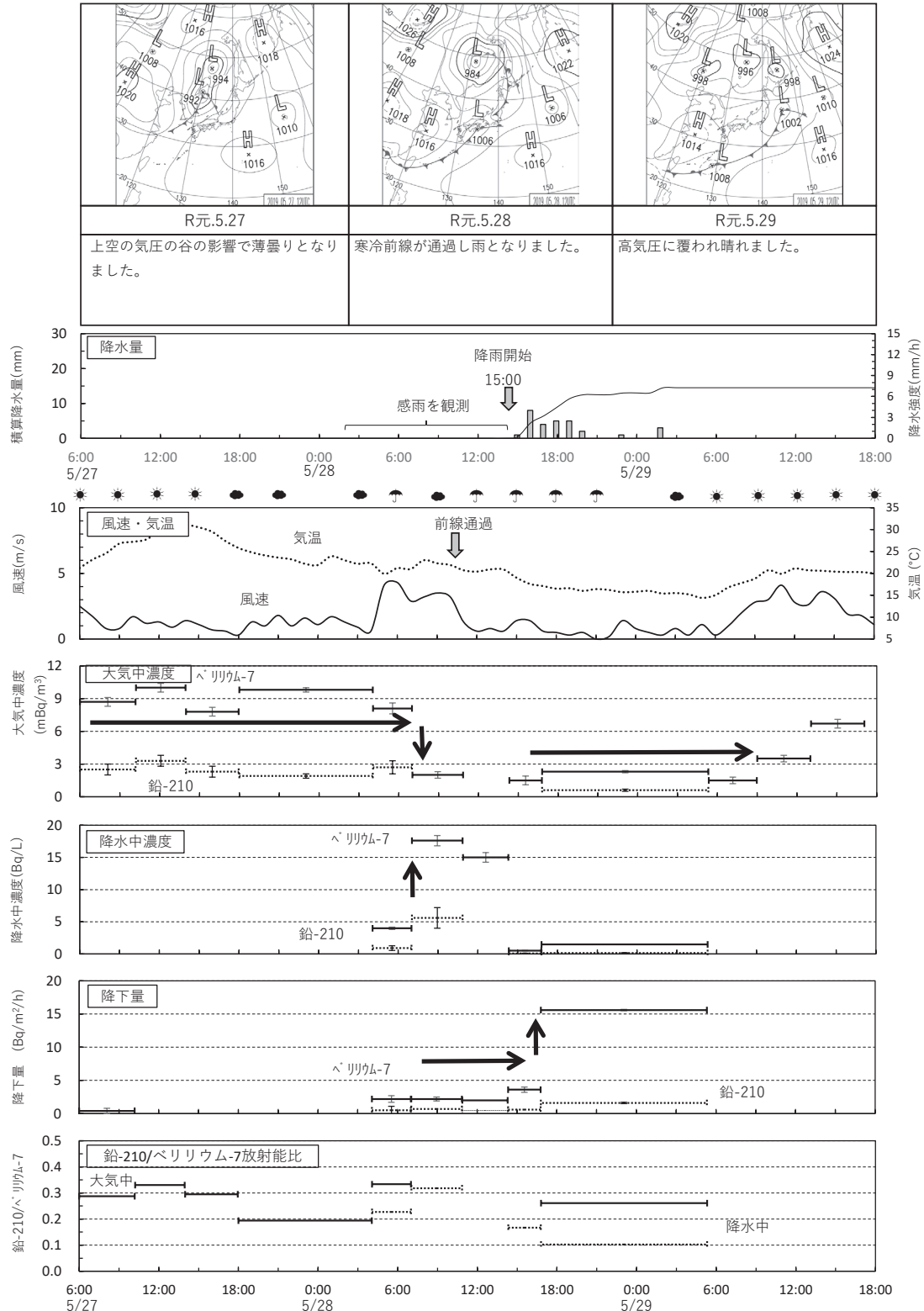


図4 降下物・大気浮遊じん中のベリリウム-7、鉛-210 (令和元年5月27日~29日)

の通過・空気塊の変化による変動の他に、別の要因が影響し、変動しているものと考えられた。

鉛-210/ベリリウム-7放射能比のうち、大気中放射能比については、調査開始時約0.4と高く推移したが、1月30日日中から低下し、約0.2となった。その後、降雨が観測されてから試料採取期間が短くなり、鉛-210が検出限界以下となったことから、放射能比は得られなかった。降水中放射能比については、降雨が観測されて以降、0.2前後で推移した。

### 3・4 令和元年5月27日～29日の変動状況

#### (1) 気象概況

「石川県の気象概況」<sup>11)</sup>において、5月28日に寒冷前線が通過し、雨となり、翌29日、高気圧に覆われ、晴れとなったとされている。

#### (2) ベリリウム-7及び鉛-210の調査結果

当該期間の天気図<sup>10)</sup>、気象概況<sup>11)</sup>、降水強度、ベリリウム-7、鉛-210の大気中濃度、降水中濃度、降下量、放射能比との比較を図4に示す。

大気中のベリリウム-7、鉛-210濃度は、5月27日の調査開始以降、28日早朝までは感雨が観測されてもほぼ一定の濃度で推移した。8時以降濃度が低下し、途中寒冷前線通過に伴う空気塊の変化もあったが、翌29日早朝まで濃度が低い状態のまま継続した。

ベリリウム-7、鉛-210降下量は、28日3時の感雨観測から18時まで、途中寒冷前線の通過に伴う空気塊の変化もあったが降下量は少ないまま推移し、18時以降増加した。

大気中濃度と降水中濃度、降下量との関係を見ると、3・3同様、降雨や前線通過に伴う空気塊の変化時に大気中濃度や降下量の変動が観測されているが連動しておらず、別の要因が影響し、変動しているものと考えられた。

鉛-210/ベリリウム-7放射能比のうち、大気中放射能比は、期間中0.2から0.3の間で推移した。降水中放射能比は試料採取期間が短かったため、28日の早朝と29日の夜間のみ得られており、いずれも大気中放射能比よりも低くなっていた。

## 4 まとめ

降下物中、大気浮遊じん中のベリリウム-7、鉛-210について、試料採取期間を数時間から数日間程度とし、気象状況の変化とベリリウム-7、鉛-210の変動につい

て検討した。

大気中ベリリウム-7、鉛-210濃度については、降雨・降雪や前線の通過、空気塊の動きにより変動する傾向が見られたが、変動が見られない時もあった。

降水中ベリリウム-7、鉛-210濃度については、降水量が少ないときに高くなり、降水量が多いときに低くなる傾向が見られた。

ベリリウム-7、鉛-210降下量は降水量が多い時に多くなる傾向が見られた。

大気中濃度と降水中濃度、降下量は、降雨・降雪や前線の通過、空気塊の動きによる変動が観測されるが、変動に時差があることから、別の要因が影響し、変動しているものと考えられた。

今回の調査において、気象状況の変化による変動は把握できておらず、今後も、継続して調査を行っていく必要があると考えている。

## 文 献

- 1) 石川県、志賀町、北陸電力：「志賀原子力発電所周辺環境放射線監視結果報告書」(平成2年度～令和元年度)
- 2) 石川県、志賀町、北陸電力：「志賀原子力発電所周辺環境放射線監視年度計画」(平成2年度～令和元年度)
- 3) 内田賢吾、宮竹智代、河野隆史、小林浩美、鶴谷亮太、山口麻美、吉本高志：降下物、大気浮遊じん中のベリリウム-7及び鉛-210の変動と挙動(第1報)、石川県保健環境センター研究報告書、57、8-18(2020)
- 4) 金沢地方気象台：石川県の気象概況(令和元年6月)
- 5) 気象庁：“過去気象データ検索”  
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>、(参照2020-04-01)
- 6) 金沢地方気象台：石川県の気象概況(令和2年2月)
- 7) 気象庁：“令和2年度報道発表資料>冬(12月～2月)の天候”  
<https://www.jma.go.jp/jma/press/2003/02b/tenko201202.html>、(参照2020-04-01)
- 8) 金沢地方気象台：石川県の気象概況(平成31年1月)
- 9) 金沢地方気象台：石川県の気象概況(平成31年2月)
- 10) 気象業務支援センター：気象庁天気図(2019年)
- 11) 金沢地方気象台：石川県の気象概況(令和元年5月)