
石川県保健環境センター研究報告書

第 57 号

(令和元年度)

RESEARCH REPORT FROM ISHIKAWA PREFECTURAL INSTITUTE
OF PUBLIC HEALTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE



2 0 2 0

石川県保健環境センター

目 次

(短 報)

河北潟沿岸透明度向上技術の検討（第1報）	前田 空人ほか	… (1 - 7)
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）	内田 賢吾ほか	… (8 - 18)
石川県内の福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質の影響割合	内田 賢吾	… (19 - 22)
石川県における空間線量率の時間的・地域的変動についての解析	吉本 高志ほか	… (23 - 30)

(資 料)

保健環境センターにおける調査研究評価実施状況

-外部評価に関するとりまとめ-	安田 優子	… (31 - 35)
石川県の温室効果ガス排出量推計結果	深山 敏明ほか	… (36 - 43)
石川県におけるカルババネム耐性腸内細菌科細菌感染症の発生状況について		
- 2018年度及び2019年度 -	塩本 高之ほか	… (44 - 47)
石川県におけるインフルエンザの流行状況		
- 2019/20 シーズン -	中村 幸子ほか	… (48 - 51)
石川県におけるPM _{2.5} 成分組成について	初瀬 裕ほか	… (52 - 60)
日常食中の放射能調査（福島第一原子力発電所事故後）	小林 浩美ほか	… (61 - 64)
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 -	内田 賢吾ほか	… (65 - 71)
電子式積算線量計D-シャトルと空間放射線測定装置の性能比較	河野 隆史ほか	… (72 - 75)
石川県における環境放射能水準調査（令和元年度）	小林 浩美ほか	… (76 - 78)
放射性医薬品被投与者による環境放射線の変動事例	吉本 高志ほか	… (79 - 81)

(抄 録)

最終処分場における1,4-ジオキサンの挙動調査と活性炭による除去効果の検討	野口 邦雅ほか	… (82)
石川県保健環境センター研究報告書投稿規定		(83 - 84)
石川県保健環境センター研究報告書原稿執筆要領		(85 - 86)

〔短 報〕

河北潟沿岸透明度向上技術の検討 (第 1 報)

石川県保健環境センター 環境科学部 前田 空人・原田 由美子・中山 哲彦
堅田 勉

〔和文要旨〕

平成 27 年の中央環境審議会において、沿岸透明度を地域環境目標として設定することが適当とされた。石川県の河北潟は透明度が 0.2m～0.5m と年間を通して低く、透明度改善のためには主な原因物質と考えられる懸濁物質 (SS) の性質及び濃度傾向を把握する必要がある。そこで、本研究では、流入河川及び河北潟の計 7 地点において、SS と透明度に関する実態調査を行った。調査の結果、流入河川及び河北潟の無機態 SS の増加に伴って河北潟の透明度は低下する傾向が見られた。一方で、河北潟の透明度に対する有機態 SS の寄与は低かった。

キーワード：河北潟，湖沼，透明度，懸濁物質

本報の内容については以下の学会で発表した。

令和元年度日本水環境学会中部支部研究発表会 令和元年 11 月 16 日 静岡県
第 54 回日本水環境学会年会 講演要旨集 (紙面発表)

1 はじめに

石川県の河北潟、木場潟及び柴山潟の 3 湖沼においては、昭和 49 年及び 52 年に環境基準を当てはめてから未だに化学的酸素要求量 (COD) の環境基準を達成していない¹⁾。このような経緯から、これまで河北潟を対象として、「難分解性有機物に関する実態調査」²⁾や「植物プランクトンを活用した水質浄化技術の検討」³⁾といった、湖沼の有機汚濁改善対策に重点を置いた調査研究を行ってきた。

一方で、平成 27 年の中央環境審議会において水質汚濁に係る環境基準の見直しが審議された。その答申において、COD や全窒素、全リンといった従来の有機汚濁指標のみでは、水生生物の生育環境を表すのに不十分であるとされ、水生生物の保全・再生の観点から、底層溶存酸素量 (底層 DO) を生活環境基準項目として設定すると共に、沿岸透明度を地域環境目標として設定することが適当であるとされた²⁾。

底層 DO の低下によって生ずる貧酸素水塊は水生生物の生息を困難にさせる。また、透明度の低下は水中光量の減少を引き起こし、水生植物の生育を阻害する。平成 29 年度の県調査⁴⁾では、河北潟中央の底層 DO は 7.1mg/L～14mg/L で、貧酸素状態 (底層 DO が 4.0mg/L 未満) は観測されていない。一方で、河北潟中央の透明度は 0.2m～0.5m と年間を通して低く、河北潟における水生動物や沈水植物の生息を困難にしているおそれがある。従って、透明度改善のための対策が必要であると考えられる。

一般的に、透明度低下の主な原因物質は水中に含まれる懸濁物質であり、その量は浮遊物質 (SS) として測定されている。湖水中の SS の低減・除去により透明度の向上が期待されるが、その手法を検討するためには、湖沼流域における SS の性質及び濃度傾向を把握し、透明度との関係性を明らかにする必要がある。「難分解性有機物に関する実態調査」では、河北潟の SS に対して易分解性粒子状有機炭素 (易分解性 POC) 及びクロロ

An Examination of Technology to Improve Water Transparency at Kahokugata Lagoon (First Report)
by MAEDA Sorato, HARADA Yumiko, NAKAYAMA Tetsuhiko, KATADA Tsutomu (Environmental
Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Kahokugata Lagoon, Lakes, Water Transparency, Suspended Substance

フィルa (Chl a) が相関を示さないことを報告した²⁾。また、末永らは、河北潟の低い透明度は藻類増殖よりも無機懸濁物質によるところが大きいと推定している⁵⁾。しかし、SSの組成や透明度との関係に関する知見は乏しく、新たに調査が必要である。

そこで、本研究では沿岸透明度を向上させる手法の検討を目的とし、河北潟及びその流入河川でSSと透明度に関する実態調査を行った。本報では、調査結果に基づきSS組成と透明度との関係性等についていくつかの知見が得られたので報告する。

2 実験方法

2・1 調査地点の選定及び試料採取

調査地点を図1に示した。まず、過去の石川県調査結果^{6),7)}を用いて、河北潟における主要流入河川(宇ノ気川、能瀬川、津幡川、森下川及び金腐川)によるSS負荷量を試算したところ、東部承水路に接続する3河川のSS負荷量の合計が主要流入河川によるSS負荷量の約6割を占めていた。本試算結果を踏まえて、宇ノ気川(St.1:宇ノ気川橋)、能瀬川(St.2:浦能瀬橋)及び津幡川(St.3:住ノ江橋)の流入河川3地点、東部承水路上流(St.4:宇ノ気川河口付近)、中流(St.5:湖北大橋)及び下流(St.6:才田大橋)の東部承水路3地点、並びに河北潟(St.7:河北潟中央)の1地点、計7地点を調査地点とした。平成31年4月から令和2年3月を通して、1月を除く毎月の計11回の試料採取を行った。

2・2 試料の分析

分析項目と分析方法について表1に示した。

水温、気温、透視度及び透明度は試料採取時に現場測定し、その他の項目については試料を試験室に持ち帰った後に前処理及び分析を行った。なお、流入河川の透明



図1 調査地点

表1 各項目の分析方法

分析項目	分析方法
水温	JIS K0102 7.2 水温(ベッテンコーヘル水温計)
気温	JIS K0102 7.1 気温(ガラス棒状温度計)
透視度	JIS K0102 9 透視度(30cm透視度計), 参考(100cm透視度計)
透明度	上水試験方法(2011) VI-1.5 透明度(セッキ円板)
濁度	上水試験方法(2011) VI-1.3 濁度 3.3.1 透過光測定法(吸光度計: HITACHI U-2900)
pH	JIS K0102 12.1 ガラス電極法 (pHメーター: HORIBA F-54)
電気伝導率 (EC)	JIS K0102 13 電気伝導率 (電気伝導率計: HORIBA DS-52)
浮遊物質 (SS)	ろ紙にガラス繊維ろ紙(Millipore AP400470, 孔径1μm)を用い、昭和46年環境庁告示第59号付表9に準じて測定
有機態SS	下水試験方法(上巻)(2012) 第2編 第1章 第12節付 浮遊物質の強熱減量(1)ガラス繊維ろ紙法(SS測定後のろ紙を使用)
無機態SS	SS-有機態SS
粒子状有機炭素 (POC)	SS測定後のろ紙を、炭素・窒素同時定量装置(Yanaco CNコーダー MT-700Mark2)により測定
粒子状有機窒素 (PON)	同上
溶溶性有機炭素 (DOC)	試料ろ液をJIS K0102 22.2 燃焼酸化-赤外線方式 TOC自動計測法により測定(TOC計: Shimadzu TOC-V)
全有機炭素 (TOC)	DOC+POC
クロロフィルa (Chl a), クロロフィルb (Chl b), クロロフィルc (Chl c)	セルロース混合エステルメンブレン(MF-Millipore, 孔径0.45μm)でろ過後、ろ紙を90%アセトン10mL中でスターラー攪拌30分、超音波処理5分、4℃抽出2時間、遠心分離(10,000rpm (Rmax=15,400×g), 30分)し、上澄みを上水試験方法(2011) IV-2.25に準じて測定
粒度分布	JIS R1629 レーザー回折・散乱光法(粒度分布計: HORIBA LA-300)

注) JIS: 日本産業規格

度については水深が浅く正確な測定が困難であったため、東部承水路及び河北潟のみで測定を行った。透視度については4月から6月までの調査では測定上限30cmの透視度計を、7月以降は測定上限100cmの透視度計を用いて測定を行った。また、透視度の測定上限値を上回る値については、30cm又は100cmとして数値を取り扱うこととした。

3 結果及び考察

3・1 透視度及び透明度と無機態SSの関係

各地点における透視度、透明度及びSS成分の年間推移について図2で示した。流入河川(St.1, St.2, St.3)におけるSS中の無機態比率は、年平均でそれぞれ48%, 59%及び62%とSSの半分程度であった。また、St.2及びSt.3において無機態SSが比較的高い6月、10月、11月及び3月で透視度の低下が見られた。

東部承水路(St.4, St.5及びSt.6)及び河北潟(St.7)についてみると、SS中の無機態比率は年平均でそれぞれ54%, 55%, 63%及び64%とSSの半分以上であった。

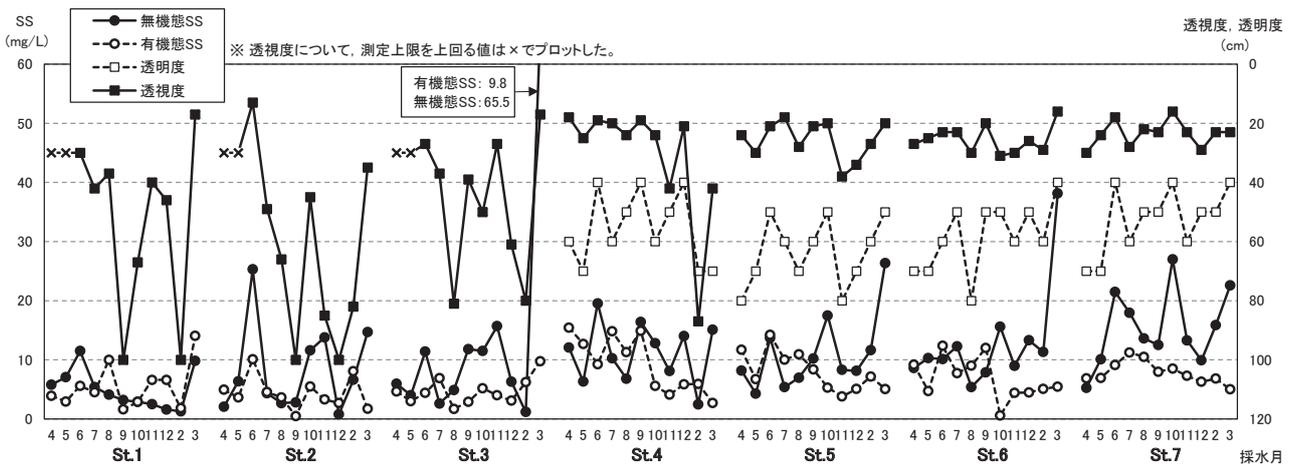


図 2 透視度、透明度及びSS成分の年間推移

表 2 無機態SSと降水量の決定係数R²

観測所 調査地点	調査前日			調査前々日			調査3日前		
	かほく	金沢	医王山	かほく	金沢	医王山	かほく	金沢	医王山
St.1	0.43	0.32	0.48	0.00	0.25	0.15	0.05	0.08	0.11
St.2	0.60	0.51	0.59	0.02	0.52	0.25	0.03	0.05	0.08
St.3	0.01	0.01	0.00	0.01	0.09	0.48	0.62	0.72	0.84
St.4	0.26	0.17	0.32	0.26	0.41	0.28	0.00	0.00	0.01
St.5	0.04	0.02	0.02	0.04	0.41	0.72	0.60	0.68	0.72
St.6	0.01	0.03	0.01	0.01	0.14	0.63	0.69	0.80	0.88
St.7	0.16	0.08	0.10	0.16	0.58	0.65	0.12	0.16	0.19

注) 表中、灰色部分は決定係数R²が0.7以上のものを示す。

また、St.5、St.6及びSt.7において、無機態SSが比較的高い6月、10月及び3月で透視度及び透明度の低下が見られた。

次いで、無機態SSへの降雨の影響を調べるため、各地点における無機態SSと調査日3日前までの降水量との決定係数を計算し、その結果を表2に示した。なお、降水量については気象庁かほく観測所、金沢観測所及び医王山観測所の日降水量データ⁸⁾を用いて計算した。また、地点間における無機態SSの連動性を調べるため、各地点の無機態SSを用いて地点間の決定係数を計算し、その結果を表3に示した。St.3、St.5及びSt.6の無機態SSについて、特に医王山観測所における調査日前々日及び3日前の降水量と高い相関を示し、それぞれの地点間でも高い相関を示した。このことから、降雨によって津幡川から東部承水路下流に無機態SSが流入していたことが考えられる。しかし、東部承水路中流の調査地点

表 3 無機態SSの地点間の決定係数R²

	st.2	st.3	st.4	st.5	st.6	st.7
St.1	0.46	0.20	0.27	0.16	0.12	0.07
St.2		0.15	0.17	0.28	0.10	0.42
St.3			0.14	0.70	0.86	0.18
St.4				0.18	0.08	0.08
St.5					0.72	0.49
St.6						0.26
St.7						

注) 表中、灰色部分は決定係数R²が0.7以上のものを示す。

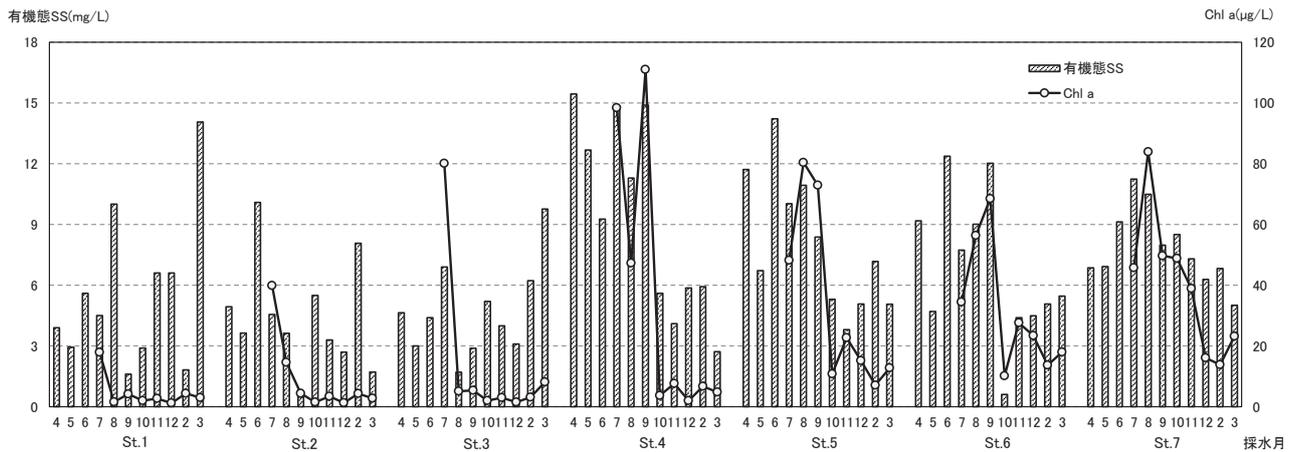


図3 有機態SSとChl aの年間推移

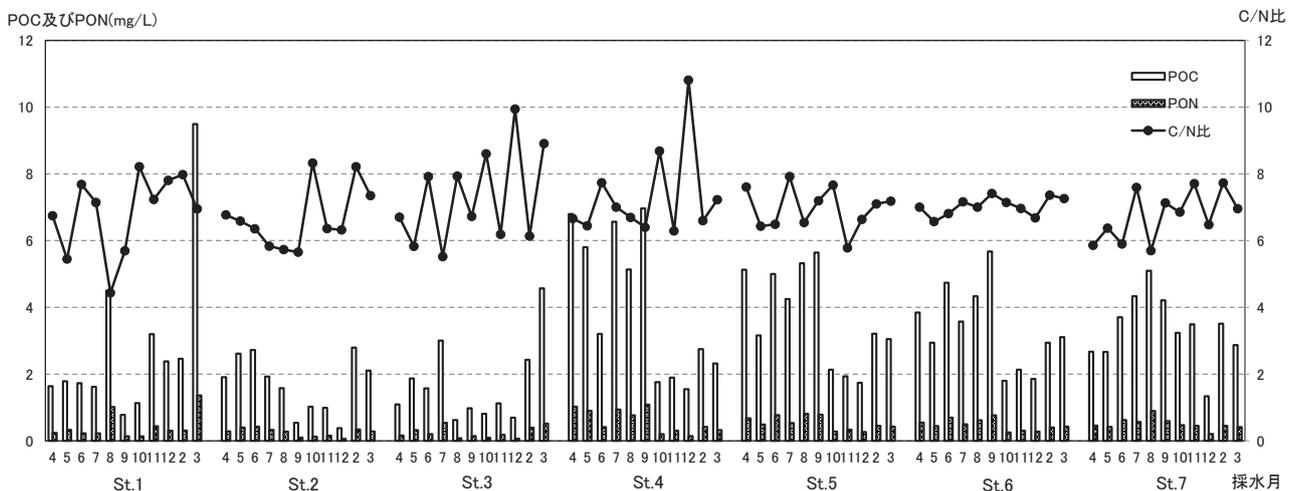


図4 POC, PON及びC/N比の年間推移

である湖北大橋は津幡川河口から約400m上流に位置しており、津幡川の流入がSt.5の無機態SSに影響を及ぼしていたとは考えにくい。より信頼度の高い結果を得るため、今後も継続して調査を実施していく必要があると考えられる。一方で、St.7の無機態SSは前述のSt.3、St.5及びSt.6の場合と比較して降水量との相関は低く、他の地点との相関も低かった。これは、金腐川及び森本川からの流入や底質の巻き上げなど、別の発生源による負荷が影響を及ぼしたためと考えられる。

3・2 有機懸濁物質の由来

有機態SSとChl aの関係について図3で示した。St.5、St.6及びSt.7において、Chl a及び有機態SSは8月又は9月にピークが見られ、10月以降は減少傾向となるものの、両項目ともに一定濃度存在していた。一方で、流入河川のSt.1、St.2及びSt.3のChl aは7月をピークとして急激に減少し、8月以降はほとんど存在していなかった。しかし、有機態SSは8月以降も高く検出された月もあり、両項目の増減の一致は乏しかった。過去

の調査結果⁴⁾においても、河北潟及び東部承水路のChl aは8月以降も一定濃度存在しているのに対し、津幡川は8月以降Chl aがほとんど存在せず、本調査結果と類似した傾向が見られる。

次いで、各調査地点におけるPOCとPONの比(C/N比)を図4で示した。流入河川におけるC/N比は4.4～9.9の範囲にあり、年間平均値は6.7～7.3であった。東部承水路及び河北潟におけるC/N比は5.8～10.8の範囲にあり、年間平均値は6.8～7.3であった。一般にC₃陸上高等植物のC/N比は20以上⁹⁾であることから、陸上植物由来のデトリタスの寄与は少ないと考えられる。一方で、一般に植物プランクトンのC/N比は5～10程度¹⁰⁾であり、本調査で得られたC/N比と近い範囲にあった。以上のことから、東部承水路及び河北潟の有機態SSは植物プランクトンの増殖による有機物増加、つまり内部生産による寄与が大きいと考えられる。

一方で、流入河川の有機態SSについては、C/N比は植物プランクトンのC/N比に近い値にあるものの、8

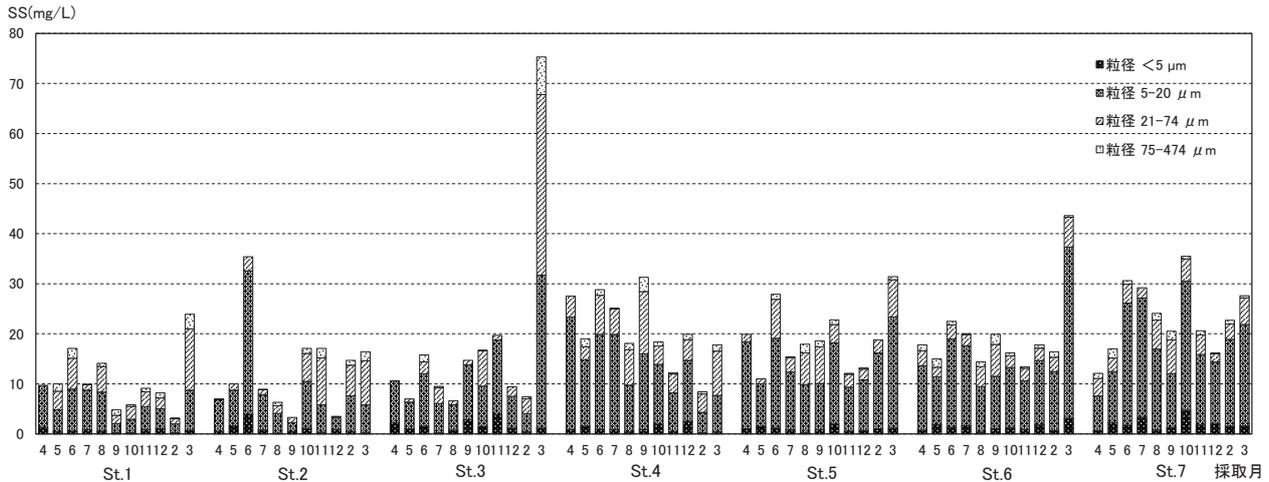


図 5 粒度別 SS の年間推移

月以降についてはChl aがほとんど存在しておらず、植物プランクトンは表層水中にほとんど残っていないことが考えられる。このことから、8月以降の流入河川の有機態SSについては植物プランクトンや陸上植物以外の比較的低いC/N比を持つ有機物に由来していることが示唆されるが、詳細は不明である。

3・3 懸濁物質の粒度組成

各地点における粒度別のSSの年間推移について図5に示した。全ての地点において、JIS A1204「土の粒度試験方法」で規定されている粒径区分のシルト（粒径5-74μm）に相当する粒子が懸濁物質の大半を占めていた。特に粒径5-20 μmの比較的微細な粒子が多くを占めており、河北潟の懸濁物質は沈降速度が小さいことが考えられる。無機懸濁物質については一般的に有機物よりも粒子密度が大きく、Stokes式による沈降速度の関係から粒径は小さいと想定される。また、過去の河北潟に関する調査¹¹⁾では、河北潟湖水を粒度別に分画したところ、粒径1-25 μm画分に含まれるChl aが全体の

77%であったことを報告している。後述の通り、東部承水路及び河北潟の有機態SSとChl aは相関が高いことから、東部承水路及び河北潟の有機態SSは粒径5-20μmの懸濁粒子に多く含まれていることが推定される。しかし、本調査結果の粒度組成だけではSS成分を粒径で区別することが出来なかった。SSを一定の粒径範囲毎に分画してSS成分の同定を行うことや、SSの沈降実験を行う等、今後さらなる調査が必要であると考えられる。

3・4 SS成分と各項目間の相関関係

各地点における有機態SS及び無機態SSと各項目間の相関係数について表4に示した。Pooleらによれば、透明度は消散係数の逆数に比例する¹²⁾。水中における消散係数とは、水中に入射した光の減衰する割合を表す値であり、中村らは、湖沼における消散係数について光を吸収・散乱させる各成分濃度（有機懸濁物質・無機懸濁物質・有色溶存有機物）の1次式として示している¹³⁾。そこで、透視度及び透明度の逆数はSS成分と良好な相関が得られると考え、透視度及び透明度の逆数についても

表 4 SS成分と各項目間の相関係数

	有機態SS							無機態SS							
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	
SS	0.71	0.73	0.52	0.70	0.27	0.09	0.44	0.81	0.97	1.00	0.74	0.86	0.91	0.97	
有機態SS	-	-	-	-	-	-	-	0.33	0.53	0.51	0.03	-0.25	-0.33	0.19	
無機態SS	0.33	0.53	0.51	0.03	-0.25	-0.33	0.19	-	-	-	-	-	-	-	
粒度別SS	< 5 μm	0.47	0.67	-0.37	-0.02	-0.15	-0.24	0.02	0.68	0.10	0.32	0.40	0.86	0.64	
	5 - 20 μm	0.43	0.81	0.42	0.74	0.18	0.01	0.65	0.82	0.97	0.51	0.81	0.93	0.93	
	21 - 74 μm	0.67	0.04	0.59	0.19	0.32	0.42	0.04	0.69	0.56	0.96	0.60	0.55	0.41	0.23
	75 - 474 μm	0.60	-0.14	0.60	0.17	0.30	0.36	-0.05	0.74	0.36	0.96	0.37	0.24	-0.43	-0.45
透視度	-0.57	-0.46	0.23	-0.52	-0.45	-0.42	-0.18	-0.62	-0.52	-0.51	-0.61	-0.44	-0.61	-0.76	
1/透視度	0.76	0.64	0.17	0.71	0.52	0.31	0.20	0.74	0.73	0.63	0.59	0.44	0.73	0.78	
透明度	-	-	-	-0.13	-0.08	0.23	-0.01	-	-	-	-0.57	-0.69	-0.68	-0.79	
1/透明度	-	-	-	0.11	0.08	-0.23	-0.04	-	-	-	0.60	0.75	0.79	0.82	
濁度	0.59	0.82	0.56	-0.40	-0.38	-0.35	-0.29	0.55	0.84	0.92	0.37	0.72	0.87	0.65	
POC	0.81	0.64	0.40	0.96	0.90	0.95	0.75	0.37	0.39	0.70	-0.04	-0.12	-0.22	0.24	
DOC	0.83	0.32	-0.34	0.59	0.74	0.63	0.78	0.57	0.25	-0.42	0.34	-0.12	-0.32	0.41	
TOC	0.82	0.61	0.25	0.97	0.87	0.93	0.88	0.49	0.44	0.51	0.07	-0.23	-0.32	0.17	
PON	0.68	0.59	0.21	0.94	0.92	0.95	0.74	0.37	0.38	0.41	-0.09	-0.15	-0.24	0.15	
Chl a	-0.15	0.01	0.64	0.94	0.82	0.92	0.90	-0.03	-0.37	0.75	0.31	-0.46	-0.49	0.00	

注) 表中、灰色部分は相関係数Rの絶対値が0.60以上 (Chl aについては0.71以上) のものを示す。

表5 重回帰分析で得られた統計値

目的変数	$Y_{1/透視度}$	$Y_{1/透明度}$
重相関係数R	0.812	0.723
重決定係数 R^2	0.660	0.523
補正決定係数 R^2	0.643	0.500
F検定値	2.51×10^{10}	2.57×10^7
p検定値	X_1	0.259
	X_2	4.33×10^{-8}

相関関係を調べた。サンプル数11（自由度9）で無相関検定を行った結果、5%有意水準での棄却域は $|R| < 0.602$ であった。また、Chl aについてはサンプル数8（自由度6）のため、5%有意水準での棄却域は $|R| < 0.707$ であった。よって、相関係数の絶対値が0.60以上（Chl aについては0.71以上）ならば有意な相関とし、灰色で強調して示した。流入河川について、St.1及びSt.2の有機態SSはPOC及びTOCに対して正の相関を示したが、Chl aとは相関を示さなかった。また、St.3の有機態SSはPOC、TOC及びChl aに対して相関を示さなかった。前述の通り、流入河川については8月以降Chl aがほとんど存在していなかったことを踏まえると、流入河川の有機態SSには植物プランクトン以外の有機物が影響を及ぼしていると考えられる。また、St.1及びSt.2では透視度の逆数に対して有機態SS及び無機態SSは共に正の相関を示し、St.3では無機態SSのみ正の相関を示した。次いで、東部承水路及び河北潟について、いずれの地点でも有機態SSに対してPOC、TOC、PON及びChl aがそれぞれ正の相関を示しており、有機態SSは植物プランクトンと関連性が高いことが考えられる。また、St.4では透視度の逆数に対して有機態SSのみ正の相関を示し、St.6及びSt.7では無機態SSのみ正の相関を示した。一方で、透明度の逆数に対してSt.4～St.7で有機態SSには相関を示さず、無機態SSについては正の相関を示した。

粒度別SSとSS成分の相関関係に着目すると、流入河川については、St.1及びSt.3で両成分ともに比較的大きい粒径と相関が見られた。St.2では両成分ともに比較的小さい粒径と相関が見られた。次いで、東部承水路及び河北潟についてはSt.4を除くSt.5～St.7で有機態SSと粒径の相関は見られなかった。これは、SSと無機態SSの相関が特に高いことから、St.5～St.7におけるSSの変動に対しては無機態SSの変動が支配的で、有機態SSの変動は比較的小なかったためと考えられる。一方で、St.5～St.7の無機態SSは比較的小さい粒径の粒子、特に粒径5-20 μm と強い相関が見られた。

透視度及び透明度の変動に対する有機態SS及び無機態SSの寄与率を調べるため、St.4～St.7における透視度、

透明度、有機態SS及び無機態SSの調査結果を用いて重回帰分析を行った。なお、本来であれば消散係数を目的変数に設定して重回帰分析を行い、成分毎に得られた回帰係数で寄与率を評価すべきであるが、本調査では消散係数を測定していないため、透視度の逆数及び透明度の逆数を用いて寄与率を評価した。透視度の逆数及び透明度の逆数を目的変数（ $Y_{1/透視度}$ 、 $Y_{1/透明度}$ ）に、有機態SS及び無機態SSを説明変数（ X_1 、 X_2 ）に設定し重回帰分析を行った結果、①、②の重回帰式を得た。また、重回帰分析により得られた統計値を表5に示した。

$$Y_{1/透視度} = 0.0016X_1 + 0.0010X_2 + 0.015 \dots \textcircled{1}$$

$$Y_{1/透明度} = 0.014X_1 + 0.042X_2 + 1.2 \dots \textcircled{2}$$

①式における X_1 の回帰係数は X_2 の約1.6倍の値を示し、②式の X_2 の回帰係数は X_1 の約3倍の値を示した。また、p検定より①式の X_1 と X_2 はともに1%有意水準で有意（ $p < 0.01$ ）であった。一方で、②式の X_2 は1%有意水準で有意であったが、 X_1 は有意でなかった（ $p = 0.259$ ）。これらの結果から、東部承水路及び河北潟における透視度の変動に対しては植物プランクトンと無機態SSの両方が寄与しているが、透明度の変動に対しては植物プランクトンの寄与は少なく、無機態SSの寄与が比較的大きいと考えられる。

4 まとめ

- (1) いずれの地点でもSS中の無機態比率は年平均で半分程度であり、ほとんどの地点で無機態SSの増加に伴って透視度及び透明度が低下する傾向にあった。
- (2) 有機態SS、Chl a及びC/N比の関係から、東部承水路及び河北潟の有機態SSは内部生産による寄与が大きいと考えられた。
- (3) 懸濁物質の粒度組成から、河北潟の懸濁物質には粒径5-20 μm の比較的微細な粒子が多くを占めていることが分かった。
- (4) 東部承水路及び河北潟において、透明度の逆数に対して有機態SSは相関を示さなかったが、無機態SSは正の相関を示し、無機態SSが透明度に影響を及ぼしていると考えられた。
- (5) 重回帰分析等の結果から、東部承水路及び河北潟の透明度の変動に対して植物プランクトンの寄与は少なく、無機態SSの寄与が大きいと考えられた。

以上から、河北潟の透明度には無機態SSが影響を及ぼしていることを示した。今後は、無機態SSの性状や発生源、気象による影響について調査することにより、最終目標としている沿岸透明度向上技術の検討に繋げていきたい。

文 献

- 1) 石川県：平成30年度公共用水域及び地下水の水質測定結果報告書 (2018)
- 2) 安田能生弘, 古澤佑一, 川畑陵介, 牧野雅英, 亀井とし, 谷村陸美：河北潟における難分解性有機物に関する実態調査 (最終報), 石川県保健環境センター研究報告書, **52**, 1-6 (2015)
- 3) 秋澤久美子, 前田空人, 原田由美子, 川畑陵介, 吉田秀一, 安田能生弘, 清水隆二, 古澤佑一：植物プランクトンを活用した水質浄化技術の検討 (第3報), 石川県保健環境センター研究報告書, **55**, 7-11 (2018)
- 4) 中央環境審議会：水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の見直しについて (答申) (2015)
- 5) 末永遼, 小杉優佳, 高野典礼, 本田了, 池本良子：EEM-PARAFAC解析による河北潟流域の溶存態有機物の動態調査, 土木学会論文集G (環境), **73**, 229-239 (2017)
- 6) 石川県：平成29年度公共用水域及び地下水の水質測定結果報告書 (2017)
- 7) 石川県：平成17年度第2回河北潟水質汚濁負荷量調査検討会資料 (2005)
- 8) 気象庁：過去の気象データ・ダウンロード CSVデータ (<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>) (2019/4/1-2020/3/31参照)
- 9) HARMELIN, Mireille., DIEKING, Jan., BĂNARU, Daniela., FONTAINE, M F., ARLHAC, Denise. : Seasonal variation in stable C and N isotope ratios of the Rhone River inputs to the Mediterranean Sea (2004-2005), *Biogeochemistry*, **100**, 139-150 (2010)
- 10) HEDGES, John I., CLARK, Wayne A., QUAY, Paul D., RICHEY, Jeffrey E., DEVOL, Allan H., SANTOS, M. : Compositions and fluxes of particulate organic material in the Amazon River, *Limnology and Oceanography*, **31**, 717-738 (1986)
- 11) 橋田哲郎, 澤田道和, 小森正樹, 柿本均, 東海林寛史, 本田和子：タマミジンコの食餌による水質浄化, 石川県保健環境センター研究報告書, **45**, 61-66 (2008)
- 12) POOLE, Horace, H., ATKINS, William R G. : Photo-electric measurements of submarine illumination throughout the year, *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, **16**, 297-324 (1929)
- 13) 中村剛也, 相崎守弘：霞ヶ浦に入射した光の減衰に対する懸濁物質の影響, *陸水学会誌*, **77**, 13-23 (2016)

〔短 報〕

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)

内田 賢吾・宮竹 智代・河野 隆史
石川県保健環境センター 環境科学部 小林 浩美・鶴谷 亮太・山口 麻美
吉本 高志

〔和文要旨〕

降下物, 大気浮遊じん中に観測される宇宙線生成核種のベリリウム-7と地殻起源の鉛-210の季節変動について検討を行った。

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った。

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った。

ベリリウム-7, 鉛-210の降下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や季節風の影響によるものと考えられた。

[降下物中鉛-210/ベリリウム-7比] / [大気浮遊じん中鉛-210/ベリリウム-7比] は1未満であった。これはベリリウム-7, 鉛-210の起源が異なるためと考えられた。

キーワード：大気浮遊じん, 降下物, ベリリウム-7, 鉛-210, 気団

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¹⁾²⁾。

これまで降下物, 大気浮遊じんからは過去の核実験やチェルノブイリ原発事故, 福島第一原発事故の影響により, 人工放射性核種のセシウム-137(半減期30.08年)

等が検出されたことがあるほか, 成層圏・対流圏での宇宙線による窒素・酸素原子の核破砕反応により生成された宇宙線生成核種であるベリリウム-7(半減期53.29日)や, 地殻起源のラドン-222(半減期3.824日)の子孫核種の鉛-210(半減期22.3年)が検出されている¹⁾。

降下物中, 大気浮遊じん中のベリリウム-7や鉛-210については, ほかに検出される放射性核種(鉛-214(半減期26.8分)やビスマス-214(半減期19.9分)などよりも半減期が長いことから, 環境中のトレーサーとしても活用できるとし, 多くの研究者により研究が行われてきた³⁾⁻⁷⁾。

既報⁸⁾⁻¹⁰⁾において, ベリリウム-7の降下量は11～3月で多く, 太平洋側とは異なる傾向を示すことや, ベリ

Variations and Behaviors of Beryllium-7 and Lead-210 in Fallout and Airborne Dust (1st. Report).
by UCHIDA Kengo, MIYATAKE Tomoyo, KAWANO Takafumi, KOBAYASHI Hiromi, TSURUYA Ryota, YAMAGUCHI Asami and YOSHIMOTO Takashi (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Airborne Dust, Fallout, Beryllium-7, Lead-210, Air Mass

リウム-7が太陽活動（黒点）と逆相関があること、黄砂の飛来時にセシウム-137が検出されることなどを明らかにした。

今回、平成25年度から令和元年度までの過去7年間の降水物、大気浮遊じん中のベリリウム-7や鉛-210の調査結果をとりまとめ、そこから観測されるデータをもとに、大気中及び降水物中の放射性物質の季節変動について検討を行った。

2 調査方法

2.1 調査対象

(1) 降水物

試料採取地点を図1に示す。

志賀原子力発電所周辺の志賀町安部屋（以下「志賀局」という。）、志賀町福浦港（以下「福浦局」という。）及び約60km離れた金沢市太陽が丘（以下、「金沢」という。）で大型水盤（面積0.5024m²、高水位時蒸発濃縮機能及び低水位時給水機能付き）を用い、1か月毎に降水物を採取した。（使用するデータ：平成25年4月から令和2年3月）

より広範囲に調査を行うため追加調査地点として、発電所から南東方向に約18km離れた中能登町末坂（以下「末坂局」という。）と北方向に約25km離れた輪島市門

前（以下「門前局」という。）でデポジットゲージ（面積0.07m²）を用い1か月毎に降水物を採取した。（使用するデータ：末坂局 平成25年4月から令和2年3月、門前局 平成30年4月から令和2年3月）

(2) 大気浮遊じん

試料採取地点を図1に示す。

志賀局、福浦局、末坂局、門前局、金沢においてハイボリウムエアサンプラー（紀本電子工業㈱製120SL又は柴田科学㈱製HV-RW）を用い、流速800L/minで、ろ紙（Advantec製GB-100）に大気浮遊じんを約2週間毎（月2回）に採取した。

2.2 測定方法

(1) 試料の調製

降水物を採取後、試料1Lにつき濃塩酸1mLを添加し、磁性皿へ移し入れ電気コンロで加熱濃縮した。その後、測定容器（U8容器）に入れ、寒天で固化し、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（CANBERRA社製GX4520、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。

測定結果については、降水物、大気浮遊じんとも採取開始から採取終了までの中間の日時に半減期補正した。また、大気浮遊じんは1か月分を2回に分けて採取しているため、2回分の測定結果を採取期間の重み付きの平均を求めて1か月分の濃度とした。

3 結果と考察

3.1 降水物

(1) 降水量

ベリリウム-7及び鉛-210の測定結果について過去7年間の月別平均値を表1に、変動状況を図2-1、2-2に示す。

ベリリウム-7の年間降水量（地点別平均）は、2,487～5,446Bq/m²・年（全地点平均3,610Bq/m²・年）であった。金沢の降水量（5,446Bq/m²・年）は能登地域4地点（志賀局、福浦局、末坂局、門前局）（2,487～3,597Bq/m²・年（平均3,151Bq/m²・年））の約1.7倍であった。

鉛-210の年間降水量（地点別平均）は、422～919Bq/m²・年（全地点平均599Bq/m²・年）であった。金沢の降水量（919Bq/m²・年）は能登地域4地点（422～608Bq/m²・年（平均519Bq/m²・年））の約1.8倍であった。

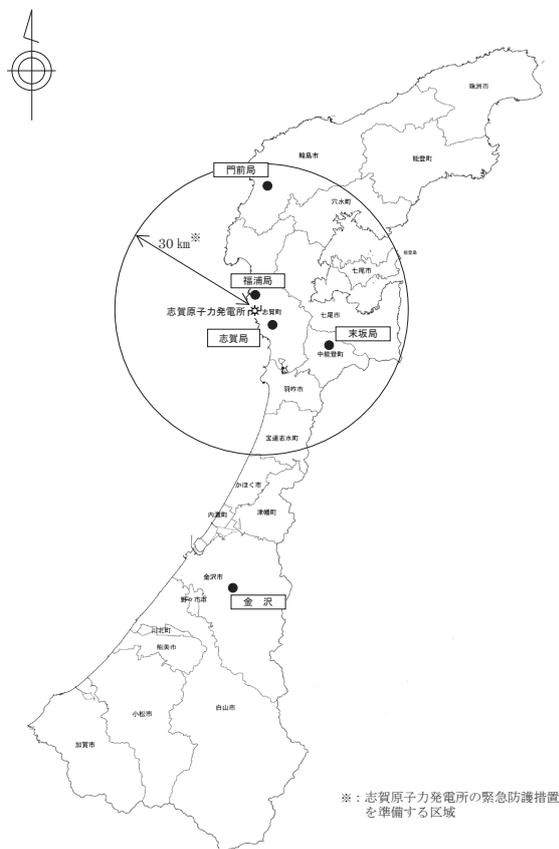


図1 採取地点図

表1 降下物中のベリリウム-7, 鉛-210降下量 (月別平均値) (平成25年度~令和元年度)

	志賀局 ^{*1}			福浦局 ^{*1}			末坂局 ^{*1}			門前局 ^{*2}			金沢 ^{*1}			全地点		
	ベリリウム-7	鉛-210	降水量	ベリリウム-7	鉛-210	降水量	ベリリウム-7	鉛-210	降水量	ベリリウム-7	鉛-210	降水量	ベリリウム-7	鉛-210	降水量	ベリリウム-7	鉛-210	降水量
	Bq/m ² ・月	Bq/m ² ・月	mm/月	Bq/m ² ・月	Bq/m ² ・月	mm/月	Bq/m ² ・月	Bq/m ² ・月	mm/月	Bq/m ² ・月	Bq/m ² ・月	mm/月	Bq/m ² ・月	Bq/m ² ・月	mm/月	Bq/m ² ・月	Bq/m ² ・月	mm/月
4月	220	36	116	168	29	111	222	34	123	242	20	133	317	55	149	234	35	126
5月	152	16	76	138	22	66	108	18	83	150	14	98	187	29	98	147	20	84
6月	146	15	128	105	21	118	175	33	130	139	18	168	172	23	150	147	22	139
7月	117	22	149	87	17	158	102	21	173	103	13	90	142	26	200	110	20	154
8月	122	17	240	83	17	223	84	21	229	150	19	288	174	22	225	123	19	241
9月	144	17	170	103	15	198	119	20	184	238	29	220	227	28	266	166	22	208
10月	160	22	153	116	19	122	183	26	162	232	36	118	332	41	220	205	29	155
11月	397	56	161	260	41	135	443	47	138	383	58	92	747	108	187	446	62	142
12月	595	97	247	469	72	200	547	72	228	492	97	137	1,091	186	275	639	105	218
1月	584	101	164	491	82	141	675	110	180	697	150	145	1,033	206	246	696	130	175
2月	378	80	111	293	54	96	393	72	101	475	109	90	612	114	155	430	86	111
3月	208	47	103	176	32	99	245	49	113	297	46	89	411	81	130	267	51	107
月平均値	269	44	151	207	35	139	280	45	154	300	51	137	454	77	192	302	50	155
標準偏差	168	31	49	137	22	46	186	27	45	172	43	59	325	62	54	195	36	46
最低値 ^{**3}	46	8	25	37	7	27	32	7	40	91	6	35	47	3	52	32	3	25
最高値 ^{**3}	1,107	160	460	786	144	432	1,037	163	524	873	192	403	1,552	275	541	1,552	275	541
年間降下量	3,224	525	1,818	2,487	422	1,668	3,296	522	1,845	3,597	608	1,667	5,446	919	2,302	3,610	599	1,860
	Bq/m ² ・年	Bq/m ² ・年	mm/年	Bq/m ² ・年	Bq/m ² ・年	mm/年	Bq/m ² ・年	Bq/m ² ・年	mm/年	Bq/m ² ・年	Bq/m ² ・年	mm/年	Bq/m ² ・年	Bq/m ² ・年	mm/年	Bq/m ² ・年	Bq/m ² ・年	mm/年

※1) 平成25年度~令和元年度 ※2) 平成30年度~令和元年度 ※3) 全データの範囲

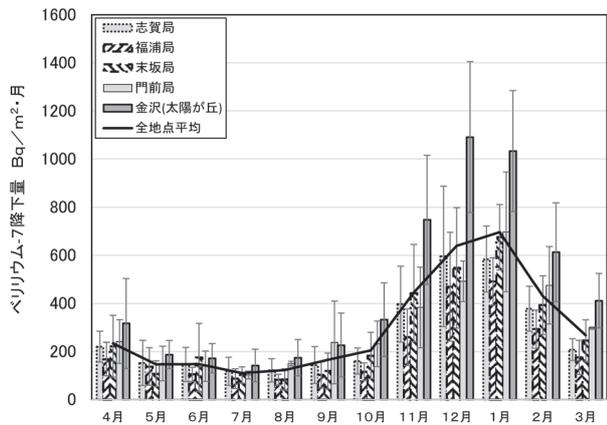


図2-1 ベリリウム-7降下量 (月別平均値)

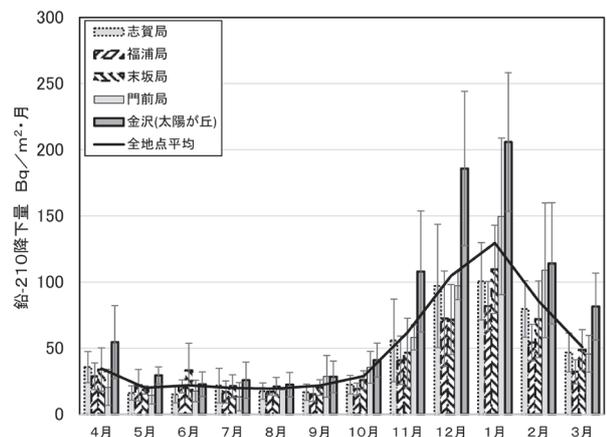


図2-2 鉛-210降下量 (月別平均値)

ベリリウム-7の月間降下量(全地点平均)は、11月～2月(430～696Bq/m²・月)が多く、5月～9月(110～166Bq/m²・月)が少なかった。月間降下量の幅は最も少ない月(7月)に比べ、最も多い月(1月)が約6.3倍であった。

鉛-210の月間降下量(全地点平均)は、12月～2月(86～130Bq/m²・月)が多く、5月～10月(19～29Bq/m²・月)が少なかった。月間降下量の幅は最も少ない月(8月)に比べ、最も多い月(1月)が約6.8倍であった。

図2-1、2-2からベリリウム-7、鉛-210とも全地点ではほぼ同様の季節変動となっており、12月～2月に多く、5月～9月に少ない一山型であった。

山本ら⁴⁾は日本海側の当県能美・輪島、秋田、札幌、稚内において冬高夏低の一山型の降下量となっているが、石垣や、福岡、大阪、東京、仙台、釧路は低い濃度であり変動がない状況であったとし、石川県は日本で降下量が最も多い地域であるとしている。

今回の調査結果は、山本らの日本海側の調査結果と同様であった。

ベリリウム-7、鉛-210の月間降下量(地点別平均)の相関関係について、図2-3に示す。相関係数は0.94～0.99と高く、ベリリウム-7と鉛-210の降下量は相関関係があることが示唆される結果となった。

(2) 降水量

降下量と密接な関係にあると考えられる降水量について

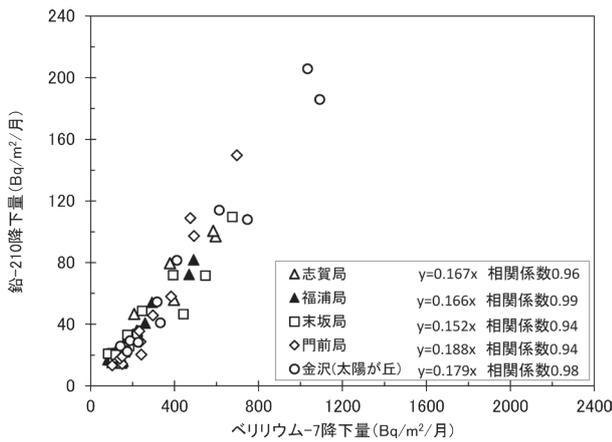


図 2-3 ベリリウム-7, 鉛-210 月間降下量の相関関係

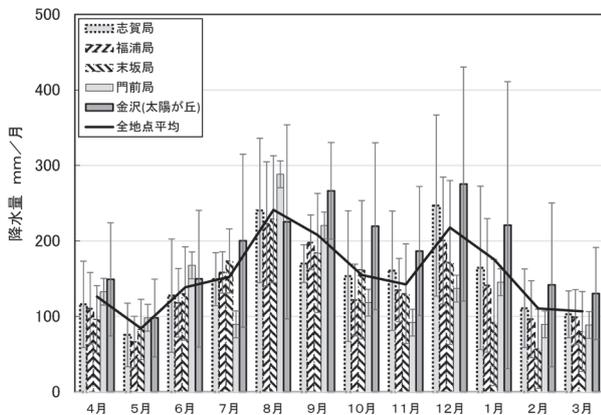


図 3 降水量の変動状況

表 2 降水中のベリリウム-7, 鉛-210 濃度 (月別平均値) (平成 25 年度～令和元年度)

	志賀局 ^{※1}		福浦局 ^{※1}		末坂局 ^{※1}		門前局 ^{※2}		金沢 ^{※1}		全地点	
	ベリリウム-7 Bq/L	鉛-210 Bq/L	ベリリウム-7 Bq/L	鉛-210 Bq/L	ベリリウム-7 Bq/L	鉛-210 Bq/L	ベリリウム-7 Bq/L	鉛-210 Bq/L	ベリリウム-7 Bq/L	鉛-210 Bq/L	ベリリウム-7 Bq/L	鉛-210 Bq/L
4 月	1.95	0.31	1.59	0.27	1.81	0.25	2.18	0.19	2.17	0.38	1.94	0.28
5 月	2.06	0.22	2.19	0.35	1.73	0.30	1.64	0.16	2.11	0.34	1.95	0.27
6 月	1.22	0.13	1.11	0.23	1.14	0.37	0.94	0.12	1.23	0.17	1.13	0.20
7 月	1.00	0.17	0.78	0.15	1.06	0.24	1.95	0.32	0.78	0.14	1.11	0.20
8 月	0.61	0.09	0.47	0.11	0.40	0.10	0.63	0.08	0.79	0.10	0.58	0.10
9 月	1.09	0.14	0.64	0.11	0.68	0.14	1.93	0.27	0.98	0.16	1.06	0.17
10 月	1.14	0.17	1.18	0.22	1.27	0.18	1.97	0.30	1.54	0.21	1.42	0.21
11 月	2.83	0.38	2.25	0.35	2.99	0.37	4.70	0.79	4.53	0.66	3.46	0.51
12 月	2.44	0.39	2.39	0.37	2.80	0.41	3.71	0.74	4.34	0.72	3.14	0.53
1 月	3.71	0.66	3.74	0.64	4.29	0.73	4.83	1.04	4.28	0.84	4.17	0.78
2 月	3.68	0.75	3.15	0.59	4.11	0.81	5.53	1.22	4.02	0.72	4.10	0.82
3 月	2.42	0.53	1.86	0.36	2.51	0.54	3.97	0.62	3.34	0.68	2.82	0.55
平均値	2.01	0.33	1.78	0.31	2.17	0.40	2.83	0.49	2.51	0.43	2.26	0.39
標準偏差	1.00	0.21	0.97	0.16	1.23	0.21	1.57	0.37	1.43	0.27	1.20	0.23
最低値 ^{※3}	0.30	0.04	0.24	0.04	0.23	0.04	0.36	0.04	0.28	0.02	0.23	0.02
最高値 ^{※3}	5.43	1.04	4.86	0.95	6.44	1.50	6.16	1.35	6.52	1.14	6.52	1.50

※1) 平成 25 年度～令和元年度 ※2) 平成 30 年度～令和元年度 ※3) 全データの範囲

て、過去 7 年間の月別平均値を表 1 に、変動状況を図 3 示す。

年間降水量 (地点別平均) は、1,667～2,302mm/年 (平均降水量 1,860mm/年) であった。金沢の降水量 (2,302mm/年) は能登地域 4 地点 (1,667～1,845mm/年 (平均 1,750mm/年)) の約 1.3 倍であった。

月間降水量 (全地点平均) は、8～9 月 (208～241mm)、12 月 (218mm) が多く、2～5 月 (84～126mm) が少なかった。月間降水量の幅は最も少ない月 (5 月) に比べ、最も多い月 (8 月) が約 2.9 倍であった。

図 3 から降水量の季節変動は、8～9 月、12 月に多く、2～5 月に少ない二山型であった。

(3) 降水中濃度

降水中のベリリウム-7, 鉛-210 濃度の月別平均値を表 2 に、変動状況を図 4-1, 4-2 に示す。

ベリリウム-7 の降水中濃度 (地点別年平均) は、1.78～2.83Bq/L (全地点平均 2.26Bq/L) であった。門前局の降水中濃度 (2.83Bq/L) が最も高く、福浦局の降水中濃度 (1.78Bq/L) の約 1.6 倍であった。

鉛-210 の降水中濃度 (地点別年平均) は、0.31～0.49Bq/L (全地点平均 0.39Bq/L) であった。門前局の降水中濃度 (0.49Bq/L) が最も高く、福浦局の降水中濃度 (0.31Bq/L) の約 1.6 倍であった。

ベリリウム-7 の降水中濃度 (全地点月別平均) は、11～2 月 (3.14～4.17Bq/L) が高く、6～10 月 (0.58

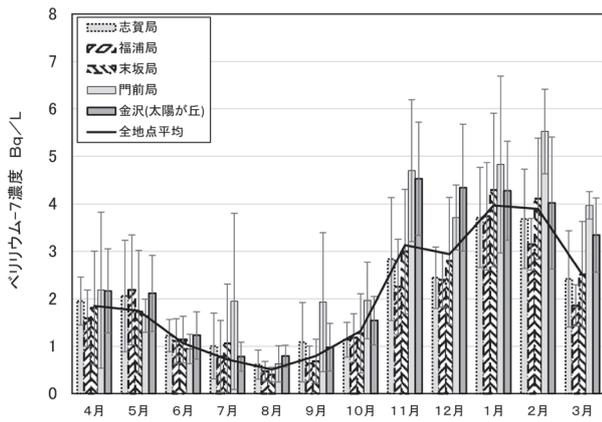


図 4-1 降水中ベリリウム-7濃度 (月別平均値)

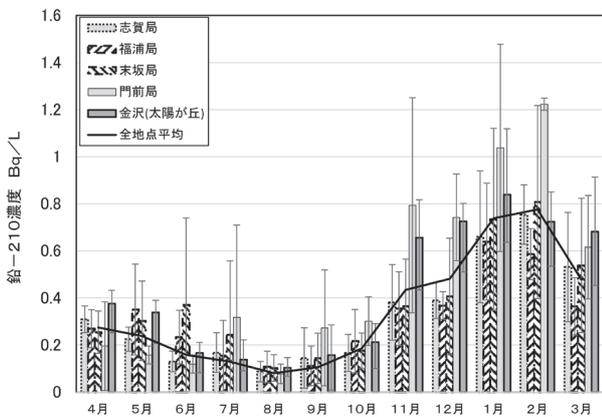


図 4-2 降水中鉛-210濃度 (月別平均値)

～1.42Bq/L) が低かった。月別降水中濃度の幅は最も低い月(8月)に比べ、最も多い月(1月)が約7.2倍であった。

鉛-210の降水中濃度(全地点月別平均)は、11～3月(0.51～0.82Bq/L)が高く、5～10月(0.10～0.27Bq/L)が低かった。月別降水中濃度の幅は最も低い月(8月)に比べ、最も多い月(2月)が約8.2倍であった。

図4-1、4-2からベリリウム-7、鉛-210とも全地点ではほぼ同様の季節変動となっており、11～2月に高く、6月～10月に低い一山型であった。

(4) ベリリウム-7、鉛-210の降下量と降水量との関係

ベリリウム-7、鉛-210の降下量と降水量との関係を地点ごとの月間平均値を用い図5-1、5-2に示す。

ベリリウム-7、鉛-210の降下量と降水量の分布から、①11月～3月、②4月～10月の2つのグループに分け、それぞれのグループから求めた近似式を図中に示す。

①はベリリウム-7、鉛-210とも傾きが正となっていることから、降水量の増加に伴い、降下量が増加する傾向であった。

②は傾きは正であるが、①に比べて小さく、降水量が

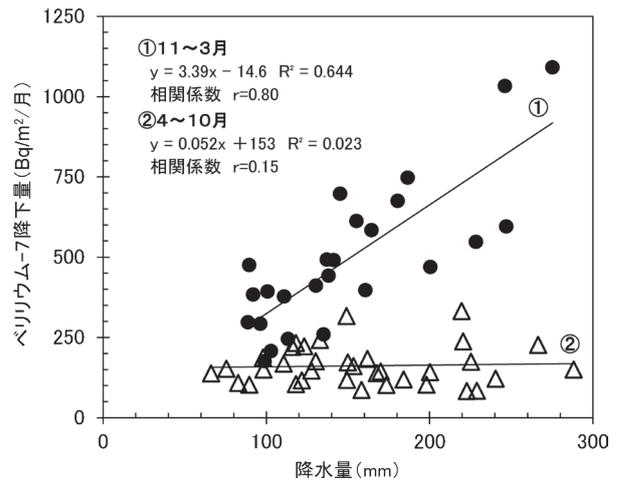


図 5-1 降水量とベリリウム-7降下量

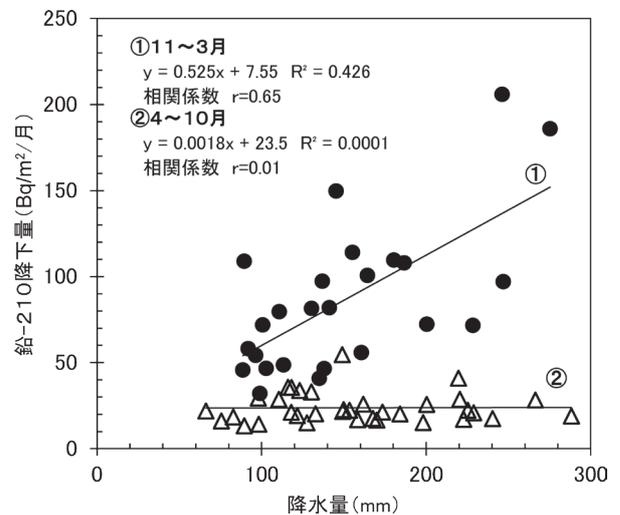


図 5-2 降水量と鉛-210降下量

増加しても降下量に変化は見られなかった。

降水量と降下量との相関関係について、相関係数は①が0.80,0.65であり、②は0.15,0.01であり、①の方が相関関係がある結果となった。

西尾ら¹¹⁾は、熊本県において、降下量と降水量の相関性について検討を行い、降水量が増えると降下量が増加すると報告している。

今回の調査では、①11月～3月は同様に降水量が増加すると降下量が増加する傾向となったが、②4月～10月は異なる傾向となった。

異なる傾向となった理由について、ベリリウム-7、鉛-210の降下量と降水中濃度との関係を検討した。その結果を図5-3、5-4に示す。図中の①②は降下量と降水量の関係で用いたグループとしている。

ベリリウム-7、鉛-210の①②とも、降下量が増加すると降水中濃度も上昇する傾向となっている。

図2の降下量の季節変動が図4の降水中濃度の季節変動と似ていることや図3の降水量の季節変動とは似てい

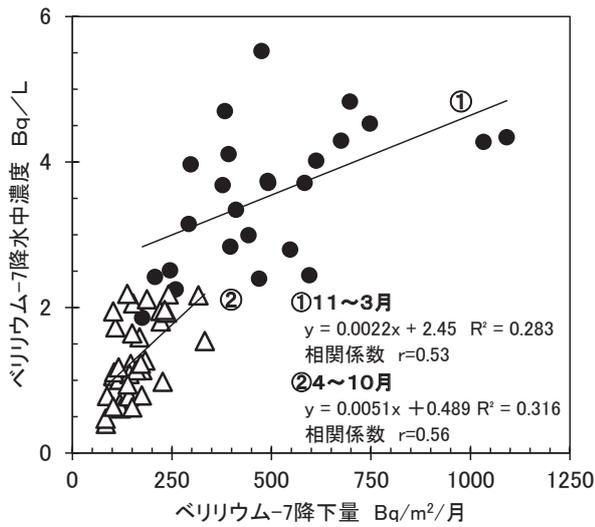


図 5-3 ベリリウム-7降下量と降水中濃度

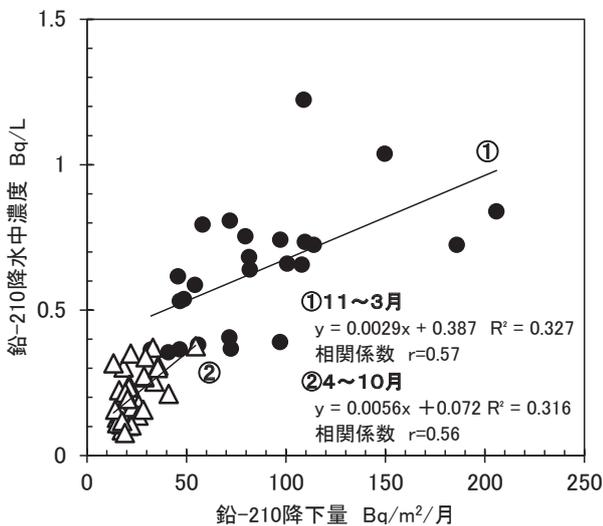


図 5-4 鉛-210降下量と降水中濃度

ないこと、図 5-3、5-4 に示すように降水量が多い時は降水中濃度も高いことから、降水量は降水量よりも降水中濃度の方がより密接な関係にあると考えられた。

3・2 大気浮遊じん

(1) 大気中濃度

ベリリウム-7及び鉛-210の測定結果について過去7年間の月別平均値を表3に、変動状況を図6-1、6-2に示す。

ベリリウム-7の大気中濃度(地点別平均)は、4.10~5.52mBq/m³(平均濃度4.72mBq/m³)であった。金沢の大気中濃度(4.69mBq/m³)は能登地域4地点(4.10~5.52mBq/m³(平均4.73mBq/m³))とほぼ同程度であった。

鉛-210の大気中濃度(地点別平均)は、0.84~1.02mBq/m³(平均濃度0.92mBq/m³)であった。金沢の大気中濃度(0.89mBq/m³)は能登地域4地点(0.84~1.02mBq/m³(平均0.93mBq/m³))とほぼ同程度であった。

ベリリウム-7の大気中濃度(全地点月別平均)は、3~5月(5.63~5.94mBq/m³)、10~11月(5.55~5.60mBq/m³)が高く、6~8月(2.33~4.10mBq/m³)が低かった。月別平均値の幅は最も低い月(7月)に比べ、最も高い月(3月)が約2.5倍であった。

鉛-210の大気中濃度(全地点別平均)は、2~3月(1.15~1.26mBq/m³)、10~11月(1.02mBq/m³)が高く、7~8月(0.60~0.70mBq/m³)、12月(0.84mBq/m³)が低かった。月別平均値の幅は最も低い月(7月)に比べ、最も多い月(3月)が約2.1倍であった。

図6-1、6-2からベリリウム-7、鉛-210とも全地点でほぼ同様の季節変動となっており、2~3月、10~

表 3 大気浮遊じん中のベリリウム-7、鉛-210濃度(月別平均値)(平成25年度~令和元年度)

	志賀局*1		福浦局*1		末坂局*1		門前局*2		金沢*1		全地点	
	ベリリウム-7 mBq/m ³	鉛-210 mBq/m ³										
4月	5.60	1.02	5.36	0.89	4.75	0.79	6.91	0.95	6.03	0.93	5.73	0.92
5月	5.61	0.83	5.16	0.88	4.59	0.76	6.91	0.94	5.86	0.88	5.63	0.86
6月	3.95	0.91	3.64	0.82	3.65	0.81	5.15	0.97	4.12	0.88	4.10	0.88
7月	2.40	0.62	2.23	0.57	2.16	0.55	2.50	0.64	2.36	0.59	2.33	0.60
8月	2.59	0.72	2.52	0.68	2.31	0.67	2.54	0.70	2.60	0.73	2.51	0.70
9月	4.60	0.84	4.25	0.77	4.16	0.85	5.57	0.97	4.23	0.79	4.56	0.85
10月	5.81	1.03	5.50	0.96	5.06	0.95	6.29	1.19	5.36	0.94	5.60	1.02
11月	5.41	1.02	5.49	1.02	4.67	0.89	6.82	1.23	5.35	0.94	5.55	1.02
12月	4.90	0.88	4.69	0.84	4.00	0.74	5.65	0.98	4.62	0.77	4.77	0.84
1月	4.72	1.06	4.75	1.02	3.94	0.90	5.29	1.06	4.66	0.93	4.67	0.99
2月	5.34	1.18	5.29	1.16	4.60	1.03	5.96	1.33	5.24	1.05	5.29	1.15
3月	6.00	1.38	5.88	1.30	5.33	1.17	6.63	1.21	5.86	1.22	5.94	1.26
平均値	4.74	0.96	4.56	0.91	4.10	0.84	5.52	1.02	4.69	0.89	4.72	0.92
標準偏差	1.15	0.20	1.14	0.19	0.95	0.16	1.47	0.20	1.16	0.15	1.16	0.17
最低値**3	1.64	0.36	1.48	0.37	1.43	0.33	2.31	0.53	1.70	0.40	1.43	0.33
最高値**3	7.94	1.63	7.88	1.56	7.81	1.52	7.61	1.47	8.17	1.45	8.17	1.63

*1) 平成25年度~令和元年度 *2) 平成30年度~令和元年度 *3) 全データの範囲

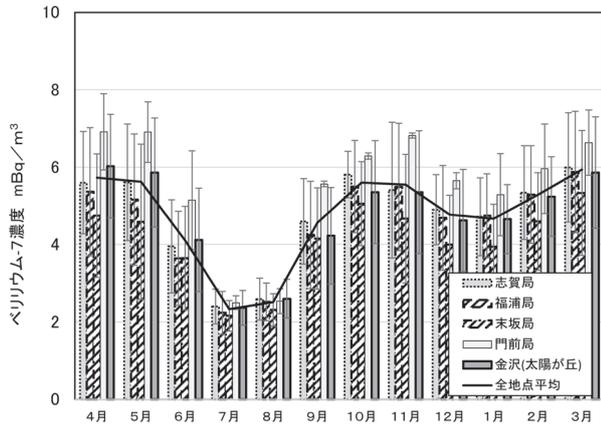


図 6-1 大気浮遊じん中のベリリウム-7濃度 (月別平均値)

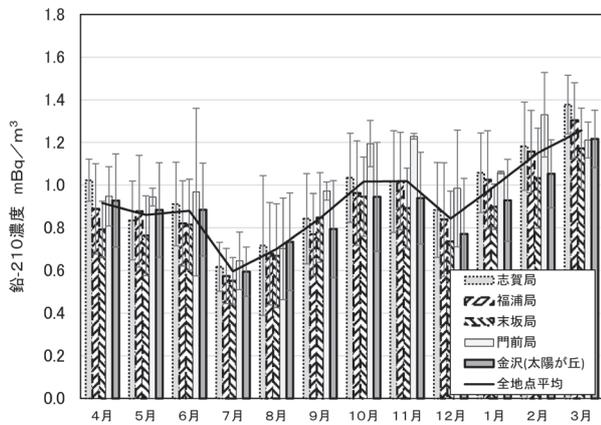


図 6-2 大気浮遊じん中の鉛-210濃度 (月別平均値)

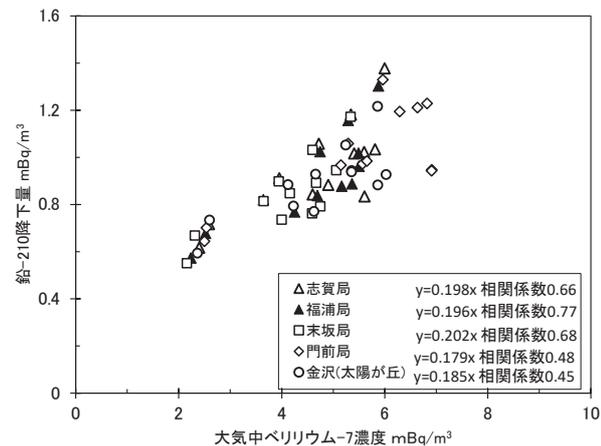


図 6-3 大気中ベリリウム-7, 鉛-210濃度の相関関係

11月に高く、7～8月、12月に低い二山型であった。
今回と同様の結果は、山口ら⁵⁾の本県能美市及び獅子吼高原(白山市)での観測や土井ら¹²⁾のつくば市での観測でも得られている。

ベリリウム-7, 鉛-210の大気中濃度(地点別平均値)の相関関係について、図6-3に示す。相関係数は0.45～0.77であり、降下量よりも相関関係が低い結果となった。

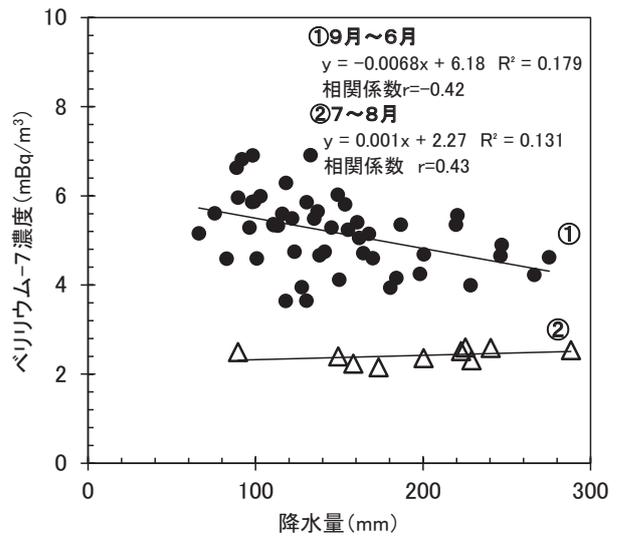


図 7-1 降水量と大気中ベリリウム-7濃度

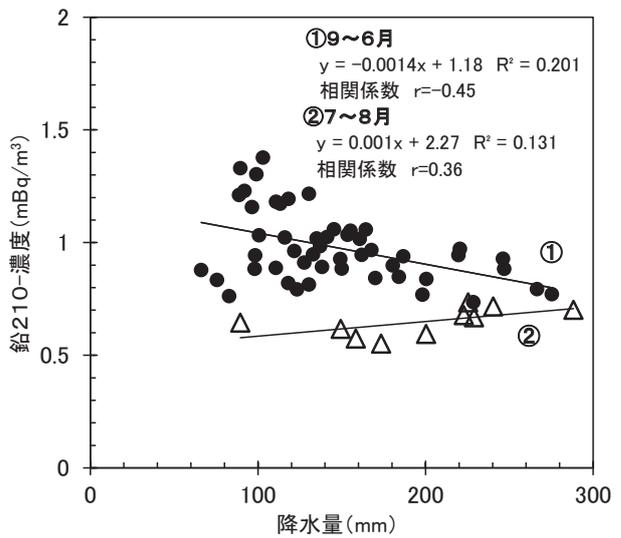


図 7-2 降水量と大気中鉛-210濃度

(2) 大気中濃度と降水量との関係

ベリリウム-7, 鉛-210の大気中濃度と降水量の関係を図7-1, 7-2に示す。

ベリリウム-7, 鉛-210の大気中濃度と降水量の分布から、①9月～6月, ②7月～8月の2つのグループに分け、それぞれのグループから求めた近似式を図中に示す。

①はベリリウム-7, 鉛-210とも傾きが負となっており、降水量の増加に伴い、大気中濃度が減少する傾向であった。

②はベリリウム-7, 鉛-210とも、降水量が増えても大気中濃度の変化は見られなかった。

降水量と大気中濃度との相関関係について、相関係数は①が-0.42, -0.45であり、②は0.43, 0.36であった。

西尾ら¹¹⁾も今回の結果同様、7月, 8月を除き降雨の

表 4 降下物中、大気浮遊じん中ベリリウム-7、鉛-210の変動状況及び変動要因

季節	石川県内の降水量	降下物		大気浮遊じん		新潟地方気象台HP ¹⁴⁾	特徴的な気団
		ベリリウム-7	鉛-210	ベリリウム-7	鉛-210	北陸の気候の特徴	
春	4月	少ない		高い		低気圧と高気圧が交互に日本付近を西から東へ通過。低気圧の通過後には北からの冷たい空気が流れ込み、気温が下降。	揚子江気団
	5月	特に少ない	少ない	少ない	高い		
	6月		少ない	少ない	低い		
夏	7月		少ない	少ない	特に低い	梅雨の時期。梅雨末期には、しめった空気が梅雨前線に流れ込み、局所的に大雨となる。	梅雨時期 オホーツク海気団 小笠原気団
	8月	特に多い	少ない	少ない	特に低い		
	9月	特に多い	少ない	少ない	特に低い		
秋	10月		少ない	高い	高い	低気圧と高気圧が交互に日本付近を西から東へ通過。雨の日と晴れの日が交互になる。	揚子江気団
	11月		多い	高い	高い		
	12月	特に多い	特に多い	特に多い	低い		
冬	1月		特に多い	特に多い		11月頃になると低気圧の通過後に一時的に冬型の気圧配置となり、寒気の影響でくもりや雨の日が増える。	シベリア気団
	2月	少ない	多い	多い	特に高い		
	3月	特に少ない			特に高い		

※全地点平均値と標準偏差の関係から
 1σ以上違いがあるものを「特に多い」「特に少ない」「特に高い」「特に低い」と記載
 0.5σ～1σ以上違いがあるものを「多い」「少ない」「高い」「低い」と記載

増加により大気中濃度が低下する傾向を確認したと報告している。

3・3 季節変動の要因

(1) ベリリウム-7、鉛-210の生成要因からの特徴

ベリリウム-7は成層圏・対流圏で生成されたもの(宇宙線生成核種)であり、成層圏下部及び対流圏上部では濃度が高く、生成率は高緯度が高く赤道付近では極小になることが知られている⁴⁾⁷⁾。従って、低緯度よりも高緯度の空気塊に多く含まれていると考えられる。

鉛-210は地面から大気中に放出された地殻起源のラドン-222の子孫核種である。降下物、大気浮遊じん中の鉛-210の起源については、遠方起源として広大な面積を持つユーラシア大陸と近傍起源として日本列島内がある。ラドン-222から鉛-210が成長するまでに時間を有することからほとんどが遠方起源であるユーラシア大陸で放出されたラドン-222の子孫核種であると考えられる。

(2) ベリリウム-7、鉛-210の季節変動の要因

3・1及び3・2から得られたベリリウム-7、鉛-210、降水量の月別平均値及び標準偏差から得られた傾向を表4に示す。あわせて、北陸の気候の特徴¹⁴⁾や季節ごとに特徴づけられる気団も併せて示す。

ア 降下物

ベリリウム-7の降下量は、表4に記載のとおり、11～2月に多く、5月～9月に少なくなった。

この要因について、その季節と関係がある気団との関係から、11月～2月はベリリウム-7が高濃度の高緯度の気団(シベリア気団)からの影響を受けるため多くな

り、6月～9月はベリリウム-7が低濃度である低緯度の気団(小笠原気団・赤道気団)の影響を受けるため少なくなったと考えられた。

鉛-210の降下量は、表4に記載のとおり、12月～2月に多く、5月～10月に少なくなった。

この要因について、その季節と関係がある気団との関係から、5月～10月は鉛-210が低濃度である海洋性の気団(オホーツク海気団・小笠原気団・赤道気団)の影響を受けるため少なく、12月～2月は鉛-210が高濃度の大陸性の気団(シベリア気団)からの影響を受けるため高くなったと考えられた。

ベリリウム-7、鉛-210の降下量が12月から2月に多くなった原因について、山本ら⁴⁾は、高緯度のベリリウム-7濃度が高い極気団の流れ(冬期時の偏西風南下によるシベリアやモンゴルの高気圧の日本海への流れ込み)や大陸表層付近で高濃度になっている大気中鉛-210の季節風による日本海への吹き出しが日本海での上昇気流・対流雲の発生、それに伴う降雪の一連のプロセスによるものと考えられるとしている。

イ 大気浮遊じん

大気浮遊じん中ベリリウム-7濃度は、表4に記載のとおり、10月～11月、3月～5月に高く、6～8月に低くなった。

10月～11月、3月～5月に高くなった要因は、山口ら⁵⁾は同時期に成層圏から対流圏への大気の流入が活発になること¹⁵⁾や流入したベリリウム-7が偏西風により日本列島へ運ばれるため高くなるとしている。

6月～8月に濃度が低くなった要因は、ベリリウム-7

表5 降下物中・大気中の鉛-210/ベリリウム-7比 (平成25年度～令和元年度)

	志賀局 ^{*1}			福浦局 ^{*1}			末坂局 ^{*1}			門前局 ^{*2}			金沢 ^{*1}			全地点		
	大気中	降下物中	降下物/大気	大気中	降下物中	降下物/大気	大気中	降下物中	降下物/大気	大気中	降下物中	降下物/大気	大気中	降下物中	降下物/大気	大気中	降下物中	降下物/大気
4月	0.18	0.17	0.94	0.17	0.17	1.03	0.17	0.15	0.91	0.14	0.08	0.61	0.15	0.17	1.12	0.16	0.15	0.93
5月	0.15	0.16	1.05	0.17	0.16	0.94	0.17	0.17	1.03	0.14	0.09	0.69	0.15	0.16	1.04	0.15	0.15	0.96
6月	0.23	0.13	0.57	0.23	0.20	0.89	0.22	0.19	0.85	0.19	0.13	0.68	0.21	0.13	0.62	0.22	0.16	0.72
7月	0.26	0.18	0.71	0.26	0.19	0.76	0.26	0.21	0.81	0.26	0.13	0.50	0.25	0.18	0.72	0.26	0.18	0.70
8月	0.28	0.13	0.46	0.27	0.21	0.77	0.29	0.25	0.86	0.28	0.13	0.46	0.28	0.13	0.45	0.28	0.17	0.60
9月	0.18	0.12	0.68	0.18	0.15	0.82	0.20	0.17	0.83	0.17	0.12	0.69	0.19	0.12	0.66	0.19	0.14	0.74
10月	0.18	0.12	0.69	0.18	0.17	0.95	0.19	0.14	0.76	0.19	0.15	0.81	0.18	0.12	0.70	0.18	0.14	0.78
11月	0.19	0.14	0.77	0.19	0.16	0.85	0.19	0.11	0.55	0.18	0.15	0.84	0.18	0.14	0.82	0.18	0.14	0.76
12月	0.18	0.17	0.95	0.18	0.15	0.86	0.18	0.13	0.71	0.17	0.20	1.13	0.17	0.17	1.02	0.18	0.16	0.93
1月	0.22	0.20	0.89	0.22	0.17	0.77	0.23	0.16	0.71	0.20	0.21	1.07	0.20	0.20	1.00	0.21	0.19	0.88
2月	0.22	0.19	0.84	0.22	0.19	0.85	0.22	0.18	0.81	0.22	0.23	1.03	0.20	0.19	0.93	0.22	0.19	0.89
3月	0.23	0.20	0.86	0.22	0.18	0.82	0.22	0.20	0.90	0.18	0.15	0.84	0.21	0.20	0.95	0.21	0.19	0.88
平均値	0.21	0.16	0.78	0.21	0.18	0.90	0.22	0.16	0.76	0.19	0.15	0.80	0.20	0.16	0.87	0.21	0.16	0.79
標準偏差	0.04	0.03	0.16	0.03	0.02	0.08	0.03	0.04	0.12	0.04	0.04	0.21	0.04	0.03	0.20	0.04	0.02	0.11
最低値 ^{**3}	0.12	0.06	0.33	0.12	0.05	0.32	0.12	0.05	0.25	0.13	0.06	0.27	0.09	0.07	0.27	0.09	0.05	0.25
最高値 ^{**3}	0.38	0.34	1.35	0.37	0.37	2.17	0.43	0.31	1.45	0.31	0.25	1.32	0.36	0.32	1.88	0.43	0.37	2.17

※1) 平成25年度～令和元年度 ※2) 平成30年度～令和元年度 ※3) 全データの範囲

が低濃度である低緯度の気団（小笠原気団・赤道気団）の影響を受けるため低くなったと考えられた。

大気浮遊じん中の鉛-210は、表4に記載のとおり、10月～11月、2月～3月に高くなり、7月～8月、12月に低くなった。

この要因について、その季節と関係がある気団との関係から、10月～11月、2月～3月は鉛-210が高濃度の大陸性の気団（揚子江気団、シベリア気団）からの影響を受けるため高くなったと考えられた。7月～8月は鉛-210が低濃度である海洋性の気団（オホーツク海気団・小笠原気団・赤道気団）の影響を受けるため低くなったと考えられた。

なお、3・2(2)において、9月～6月に降水量増加に伴い大気中濃度が低下する傾向が観測されている。気団や季節風の影響の他に降雨が大気中濃度の季節変動の要因になっている可能性もあるが、阿部は当県と同様に二山型となる季節変動は世界中の中緯度地帯で見られる⁷⁾としていることから、降雨が大気中濃度の季節変動に与える影響は小さいと考えられた。

3・4 鉛-210/ベリリウム-7放射能比

降下物中及び大気浮遊じん中の鉛-210/ベリリウム-7放射能比（以下「放射能比」という。）を比較した結果を表5に、変動状況を図8-1、8-2に示す。

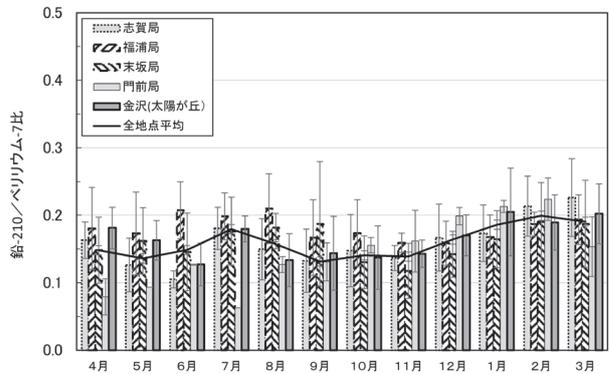


図8-1 降下物中の鉛-210/ベリリウム-7比(月別平均値)

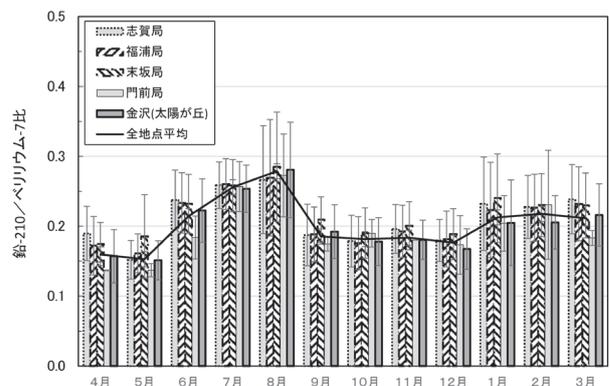


図8-2 大気浮遊じん中鉛-210/ベリリウム-7比(月別平均値)

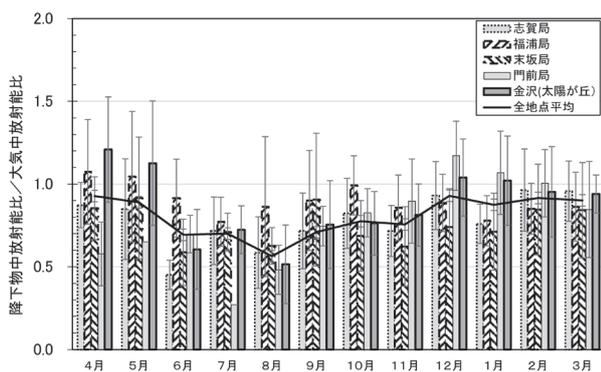


図 8-3 降下物中放射能比／大気中放射能比(月別平均値)

(1) 降下物中及び大気浮遊じん中の放射能比

降下物中の放射能比(地点別平均)は、0.15～0.18(平均0.16)であり、1月～3月(全地点平均0.19)が高く、9月～11月(全地点平均0.14)が低くなった。

大気浮遊じん中の放射能比(地点別平均)は、0.19～0.22(平均0.21)であり、6月～8月(全地点平均0.22～0.28)に高く、4月～5月(全地点平均0.15～0.16)に低くなった。

この変動は、図 2-1, 2-2, 6-1, 6-2に見られるようにベリリウム-7, 鉛-210の季節による変動の増減度合いが異なることが原因であると考えられた。

(2) 降下物中放射能比／大気浮遊じん中放射能比

[降下物中鉛-210／ベリリウム-7放射能比](以下「降下物中比」という。)／[大気浮遊じん中鉛-210／ベリリウム-7放射能比](以下「大気浮遊じん中比」という。)の比較を行った結果を表 5 に、変動状況を図 8-3 示す。

降下物中比／大気浮遊じん中比(地点別平均)は0.76～0.90(平均0.79)であり、1未満であった。

ベリリウム-7は宇宙線生成核種であり、鉛-210は地殻起源の核種であることから、ベリリウム-7, 鉛-210の鉛直分布は高度が高いほどベリリウム-7は高く、鉛-210は低くなり、比については高度が高いほど下がるのが予想される。

このことから、地上で試料を採取している大気浮遊じん中比に比べ、上空から降ってくる降下物中比は小さく、降下物中比／大気浮遊じん中比が1未満になったものと考えられた。

4 まとめ

降下物, 大気浮遊じん中に観測される宇宙線生成核種であるベリリウム-7と地殻起源核種である鉛-210の季節変動について検討を行った。

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、金沢の降下

量が能登地域4地点に比べて多かった。降水量と降水中濃度の季節変動は似ており、降水量の季節変動とは似ていないことから、降水量は降水量よりも降水中濃度と密接な関係があると考えられた。

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った。地点間の違いは見られなかった。9月～6月に降水量増加に伴い濃度が低下する傾向が見られたが、他の月では見られなかった。

ベリリウム-7, 鉛-210の降下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や季節風の影響によるものと考えられた。なお、降水量増加に伴い大気中濃度が低下する傾向が見られたが、同様の季節変動が世界中の中緯度地帯で見られることから、降雨が大気中濃度の季節変動に与える影響は小さいと考えられた。

降下物中比／大気浮遊じん中比は1未満であった。これは、ベリリウム-7, 鉛-210の起源が異なるためと考えられた。

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」
- 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」
- 3) 天野光, 笠井篤:東海村における地表面大気中⁷Be濃度と降下量, 保健物理, 16, 99-103 (1981)
- 4) 山本政儀, 坂口綾, 五十嵐康人, 広瀬勝巳, 青山道夫, C.K.Kim: Pb-210及びBe-7降下量の長期(1991-2002)・広域(2000-2001)観測-日本海域の特徴-, Proceedings of the Fourth Workshop on Environmental Radioactivity, 101-108 (2003)
- 5) 山口芳香, 阿部琢也, 村田祥全, 田中究, 中野佑介, 小村和久:大気中²¹⁰Po, ²¹⁰Pb及び⁷Beをトレーサーとした日本海沿岸地域における環境動態計測, Proceedings of the Ninth Workshop on Environmental Radioactivity, 102-111 (2008)
- 6) 五十嵐康人, 吉岡勝廣, 澤庸介, 小村和久, 高橋宙, 堤之智, 土器屋由紀子, 松枝秀和:⁷Beと²²²Rnを大気トレーサーとして利用した富士山頂での大気科学観測, Proceedings of the Fifth Workshop on Environmental Radioactivity, 124-136 (2004)
- 7) 阿部道子:大気中⁷Beの時間的変動と滞留時間, エアゾール研究, 10 (4), 283-288 (1995)
- 8) 橋本桂輔, 堀秀朗, 山岸喜信, 中山哲彦, 榎田武史, 泉善博:降下物中のベリリウム-7とカリウム-40について, 石川県保健環境センター研究報告書, 37, 57-68 (2000)

- 9) 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)
- 10) 小谷口久美子, 浜道啓太, 藤井明洋, 吉本高志, 小浦利弘, 浅田尚久, 中村能則, 横山暢, 翫幹夫, 柿本均, 堅田勉: 石川県における大気降下物中の放射性核種詳細調査(平成21~24年度), 石川県保健環境センター研究報告書, **50**, 15-21 (2013)
- 11) 西尾宗馬, 草野祐也, 百島則幸: 熊本市におけるBe-7及びPb-210の季節変化と除去過程について, Proceedings of the Fourth Workshop on Environmental Radioactivity, 95-100 (2003)
- 12) 土井妙子, 佐藤深, 佐藤純: 東アジアの大気中²¹⁰Pb濃度, Proceedings of the Fourth Workshop on Environmental Radioactivity, 78-86 (2003)
- 13) 山形武靖, 池田祐一郎, 檜崎幸範, 永井尚生, 松崎博之: 大気中Be-7, Be-10濃度と太陽活動, Proceedings of the Tenth Workshop on Environmental Radioactivity, 89-92 (2009)
- 14) 新潟地方気象台: “北陸地方の天候” <https://www.jma-net.go.jp/niigata/menu/kisetsu/tenkou/>, (参照2020-04-01)
- 15) ABE Takuya, YAMAGUCHI Yoshiko, TANAKA Kiwamu, NAKANO Yusuke, and KOMURA Kazuhisa: Highly Time-Resolved Measurements of Airborne Radionuclides by Extremely Low Background α -ray Spectrometry, Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences, **8**, 5-9 (2007)

〔短 報〕

石川県内の福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質の影響割合

石川県保健環境センター 環境科学部 内田 賢吾

〔和文要旨〕

石川県内における環境試料中に観測されるセシウム-137のうち、福島第一原子力発電所事故の影響の割合を検討した。

過去の核実験等からのセシウム-137の総降下量は、核実験前から人の手が加えられていない志賀町直海の土壌の調査結果から、約3,700Bq/m²（平成24年度換算）であった。また、福島第一原子力発電所事故からのセシウム-137の降下量は、平成23年3月から平成25年3月までの志賀町内の降下物の調査結果から約32Bq/m²であった。

これらから、セシウム-137中の福島第一原子力発電所事故の影響割合は約0.9%と試算され、石川県内における環境試料中に観測されるセシウム-137のほとんどが過去の核実験やチェルノブイリ原子力発電所事故によるものであると考えられた。

キーワード：福島第一原子力発電所事故，セシウム-137，影響割合

1 はじめに

平成23年3月の福島第一原子力発電所事故（以下「福島第一原発事故」という。）により環境中へ大量の放射性物質が放出され、発電所周辺地域は帰還困難区域などで立ち入りが制限されることとなった。

事故から約10年が経過し、ヨウ素-131（半減期8.03日）などの短い半減期の人工放射性核種は検出されなくなっているが、比較的長い半減期のセシウム-137（半減期30.08年）が現在でも環境中に残っており、発電所周辺には依然として高い空間線量率が観測されている場所がある¹⁾。

本県においても、福島第一原発事故直後はヨウ素-131、セシウム-134（半減期2.07年）、137が検出²⁾されたが、現在検出されているのはセシウム-137のみ³⁾となっている。このセシウム-137については、福島第一原発事故以前から、過去の大気圏内核実験やチェルノブイリ原子力発電所事故（以下「チェルノブイリ原発事故」とい

う。）によるものが検出³⁾されていることから、福島第一原発事故の影響割合は明らかではない。

過去の検討において、県内のキノコ中に観測されたセシウム-134、137の測定結果から、チェルノブイリ原発事故由来のセシウム-134/137比が約0.5⁴⁾であったことをもとに、過去の大気圏内核実験に対するチェルノブイリ原発事故由来のセシウム-137の割合を0.15～0.20と見積もっている⁵⁾。

福島第一原発事故当時にはチェルノブイリ原発事故由来のセシウム-134が検出されていなかったことから、福島第一原発事故以降、セシウム-134が検出されれば、福島第一原発事故由来のものと考えられる。また、検出されたセシウム-134の結果を元に、福島第一原発事故により環境中に放出されたセシウム-134/137比が1であった⁶⁾ことから、事故当時のセシウム-137を算出し、福島第一原発事故の影響割合の試算が可能であると考えられる。

しかしながら、事故後約10年が経過しており、セシ

Influence Ratio of Radioactive Material Released from Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident in Ishikawa Prefecture. by UCHIDA Kengo (*Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science*)

Key words : Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident, Cesium137, Influence Ratio

ウム-134が減衰し、志賀原子力発電所周辺環境放射線監視事業（以下「監視事業」という。）や環境放射能水準調査による環境試料中の放射能の測定において検出されていないことから、従来のようにセシウム-134からセシウム-137を算出する手法は用いることができない。

そこで、今回は監視事業で行っている過去の核実験前から人の手が加わっていない土壌中のセシウム-137の測定結果に着目し、福島第一原発事故後の降下物中のセシウム-137の測定結果を用い、本県で観測されるセシウム-137の福島第一原発事故の影響の割合について検討した。

2 調査方法

2・1 試料及び採取地点

試料は、平成2年度から行っている監視事業において図1に示す採取地点で採取している降下物（雨水、ちり）と土壌とした。

降下物は、志賀局（志賀町安部屋）、福浦局（志賀町福浦港）及び金沢市（当センター庁舎屋上）の3か所に大型水盤（面積0.5024m²）を設置し1か月毎に採取した。

土壌は、志賀町直海にて、土壌採取用治具（8地点分面積0.353m²）を用い、表層0～5cm、下層5～25cmの2つの深度で採取した。

2・2 測定方法

(1) 試料の調整

降下物は、採取後、試料1Lにつき濃塩酸1mLを添

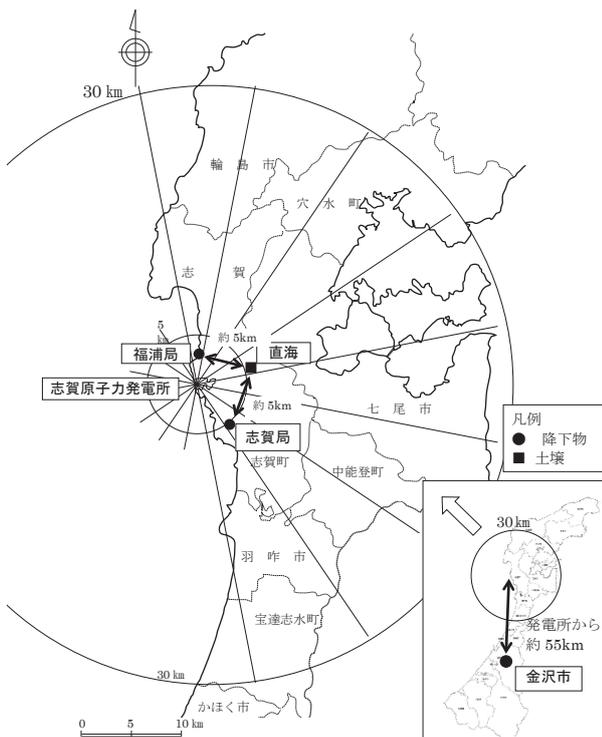


図1 試料採取地点図

加して磁性皿を用い、電気コンロで濃縮する。その後、測定容器（U8容器）に移し、寒天を加えて固化し、測定試料とした。

土壌は、乾燥機で105℃24時間以上乾燥後、2mmメッシュのふるいを用いて、ふるい分けする。2mmメッシュ以下のものを測定容器(U8容器)に入れ、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（Ortec社製又はCanberra社製、相対効率45%程度、分解能2keV未満）を用いたガンマ線核種分析とし、測定時間は80,000秒とした。

3 調査結果及び検討

調査結果については、平成2年度から令和元年度の志賀原子力発電所周辺環境放射線監視報告書³⁾により公表されており、以下はこれらの結果をとりまとめ取り扱う。

3・1 セシウム-137の降下量について

(1) セシウム-137の蓄積状況

現在土壌中に観測されるセシウム-137については、過去の核実験やチェルノブイリ原発事故由来のセシウム-137に、福島第一原発事故由来のセシウム-137が加わったものであるが、降雨や地形による流出や流れ込み等により攪乱されているため、場所によって濃度が大きく異なっている。

監視事業で行っている土壌調査のうち、核実験前から人の手が加わっていない土地の土壌（志賀町直海）のセシウム-137調査結果の経年変化を図2に示す。同図には0～5cm、5～25cmの2層を足し合わせた単位面積当たりの総降下量も併せて示す。

総降下量は時間とともに減少し、見かけ上の半減期は約30.1年となった。セシウム-137の半減期30.08年と同程度であったことから、志賀町直海の試料採取地点は、降雨等による流出などの影響がほとんどない地点であり、核実験以降のセシウム-137の蓄積状況を把握することが可能な地点と判断した。

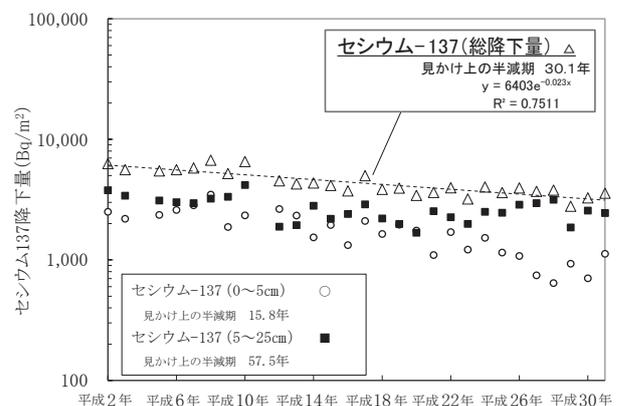


図2 土壌中セシウム-137の経年変化（志賀町直海）

表 1 降下物中のセシウム-134,137

		単位: Bq/m ²						
		志賀局(志賀町安部屋)		福浦局(志賀町福浦港)		金沢市太陽が丘		
		セシウム-134	セシウム-137	セシウム-134	セシウム-137	セシウム-134	セシウム-137	
平成 23 年	3月	0.14	0.20	0.24	0.23	0.09	0.15	
	4月	28.6	27.6	27.3	25.5	13.2	12.4	
	5月	2.55	2.49	3.38	3.13	1.91	1.96	
	6月	0.88	0.89	0.47	0.53	0.34	0.34	
	7月	0.27	0.29	0.64	0.61	0.17	0.61	
	8月	0.16	0.21	0.26	0.25	0.11	0.11	
	9月	0.11	0.11	0.12	0.14	0.10	0.12	
	10月	N.D.	0.05	N.D.	0.06	N.D.	N.D.	
	11月	0.11	0.14	0.10	0.12	N.D.	0.08	
	12月	0.12	0.09	0.09	0.09	N.D.	N.D.	
	平成 24 年	1月	N.D.	N.D.	0.09	0.08	N.D.	N.D.
		2月	0.08	0.09	N.D.	N.D.	0.08	0.07
3月		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
4月		N.D.	0.05	0.15	0.15	N.D.	0.09	
5月		N.D.	N.D.	N.D.	0.06	N.D.	N.D.	
6月		N.D.	N.D.	N.D.	0.12	N.D.	N.D.	
7月		N.D.	0.05	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
8月		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
9月		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
10月		N.D.	0.07	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
11月		N.D.	0.07	N.D.	0.07	N.D.	N.D.	
12月		N.D.	0.07	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
平成 25 年	1月	N.D.	0.07	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	2月	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	3月	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
計		33.0	32.5	32.8	31.1	16.0	15.9	
志賀町内分平均		セシウム-134	33	セシウム-137	32	1.00		
志賀町内分平均		1.01		1.05		1.00		

(2) 福島第一原発事故由来のセシウム-137の降下量
 福島第一原発事故後の降下量を見積もるため、監視事業の降下物調査³⁾のうち、セシウム-134、137が観測された平成23年3月から平成25年3月までの結果を表1に示す。

降下量は志賀局でセシウム-134が33.0Bq/m²、セシウム-137が32.5Bq/m²、福浦局でセシウム-134が32.8Bq/m²、セシウム-137が31.1Bq/m²であった。地点ごとのセシウム-134/137の比が1.01、1.05であり、事故時に放出された比の1⁶⁾とほぼ一致していることから、この間の降下物中に観測されたセシウム-134、137は福島第一原発事故由来のものと考えられた。

志賀局、福浦局のセシウム-137の降下量に差がないことから、両地点から約5km離れた志賀町直海のセシウム-137の降下量も2地点と同程度の約32Bq/m²と見積もった。

3・2 セシウム-137の原因別影響割合の検討

(1) 福島第一原発事故の影響割合

図2のセシウム-137総降下量の近似式から、平成24年度の志賀町直海の土壌のセシウム-137の単位面積当たりの総降下量は約3,700Bq/m²であった。そのうち福島第一原発事故由来のセシウム-137の降下量は3・1(2)より約32Bq/m²であるので、事故の影響割合は約0.9%と試算できる。

表 2 セシウム-137の原因別影響割合

	過去の核実験由来	チェルノブイリ原子力発電所事故由来	福島第一原子力発電所事故	総降下量
セシウム-137降下量		約3,668Bq/m ²	約32Bq/m ²	約3,700Bq/m ²
影響割合①		99.1%	0.9%	
影響割合②	79.4~84.3%*	14.9~19.9%*	0.9%	

※)チェルノブイリ/過去の核実験⁴⁾=0.15~0.20

この結果から、志賀町で観測されるセシウム-137のほとんどが過去の核実験やチェルノブイリ原発事故によるものであり、福島第一原発事故の影響は僅かであったと考えられる。

一方、福島第一原発事故後の金沢市でのセシウム-137の降下量は15.9Bq/m²である。この降下量は、志賀町内の約1/2であり、福島第一原発事故由来の降下量は志賀町より少なかったことが示唆されるが、金沢市内での福島第一原発事故前の総降下量が不明であることから、影響割合までは試算できなかった。

(2) 過去の大気圏内核実験及びチェルノブイリ原発事故等の影響割合

過去の検討において、平成5年までの金沢市における降下量を用い、石川県内では[チェルノブイリ原発事故由来のセシウム-137]/[過去の核実験由来のセシウム-137]が0.15~0.20⁵⁾であると見積もっている。

これをもとに、現在土壌中に観測されているセシウム-137の影響割合を試算した結果を表2に示す。

1963年以前の降下量が不明であったり、地点によって降下量にばらつきがあるなど問題はありますが、石川県内での影響割合は過去の大気圏内核実験が8割前後、チェルノブイリ原発事故が2割弱で、福島第一原発事故は約0.9%と、ごく僅かであった。

4 まとめ

環境試料中に観測されるセシウム-137は過去の大気圏内核実験やチェルノブイリ原発事故により放出されたセシウム-137に、福島第一原発事故由来のセシウム-137が加わったものである。セシウム-137の福島第一原発事故の影響の割合について検討を行なった。

過去の核実験等により放出されたセシウム-137の総降下量は、核実験前から人の手が加えられていない志賀町直海の土壌の調査結果から、約3,700Bq/m²(平成24年度換算)と求められた。

福島第一原発事故由来のセシウム-137の降下量は、平成23年3月から平成25年3月までの志賀町内の降下

物の調査結果から約32Bq/m²であった。

これらから、セシウム-137中の福島第一原発事故の影響割合は約0.9%と試算され、石川県内における環境試料中に観測されるセシウム-137のほとんどが過去の核実験やチェルノブイリ原発事故によるものと考えられた。

文 献

- 1) 原子力規制委員会：“放射線モニタリング情報”，<https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/>, (参照2020-04-01)
- 2) 浜道啓太, 小谷口久美子, 藤井明洋, 横山暢, 柿本均：石川県における福島第一原子力発電所事故の影響, 石川県保健環境センター研究報告書, **49**, 27-32 (2012)
- 3) 石川県：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年度から令和元年度）
- 4) 小森正樹, 中谷 光, 加藤充哉：ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故の石川県における影響, 石川県衛生公害研究所年報, **24**, 285-296 (1987)
- 5) 内田賢吾：チェルノブイリ事故由来のCs-137の割合－キノコ中のCs-134, 137より－, 石川県保健環境センター年報, **33**, 221-222 (1996)
- 6) 小森昌史, 小豆川勝見, 野川憲夫, 松尾基之：¹³⁴Cs/¹³⁷Cs放射能比を指標とした福島第一原子力発電所事故に由来する放射性核種の放出原子炉別汚染評価, 分析化学, **62**, No.6, 475-483 (2013)

〔短 報〕

石川県における空間放射線量率の時間的・地域的変動についての解析

石川県保健環境センター 環境科学部 吉本 高志・鶴谷 亮太・内田 賢吾

〔和文要旨〕

2013年度から2018年度までの志賀原子力発電所周辺の24観測局における空間放射線量率のバックグラウンドレベルの変動状況、年最高値及び月最高値の出現状況、「過去3年間の平均値+3×標準偏差」を超えた時の線量率増加量について解析した。大町局、直海局及び赤住局において周辺環境の変化によるバックグラウンドレベルの変動が認められた。年最高値は、全体の約半数が12月に出現した。月最高増加量の変動状況は、11月から2月にかけて12月をピークとする一山型を示した。過去3年間の平均値+3×標準偏差を超えた時の線量率増加量については、地域差がある可能性が示唆された。

キーワード：空間放射線量率，時間的変動，地域的変動

1 はじめに

石川県では、志賀原子力発電所（以下「発電所」という。）周辺30km圏内の24地点に環境放射線観測局（以下「観測局」という。）を設置し、環境中ガンマ線による空間放射線量率（以下「線量率」という。）の常時監視を行っている（図1）。観測局による発電所の監視は1990年度に5地点で開始し、その後2001年度に4地点、2013年度に15地点を追加し、現在の24地点の監視体制となっている。

平常時において観測される線量率は、土壤中の天然放射性核種であるウラン系列、トリウム系列及びカリウム40からの放射線によるものが大部分であり、測定地点周辺のバックグラウンドレベルとなっている。観測される線量率は常に一定というわけではなく、降雨等の気象状況の変化による数時間から数日の変動¹⁾や測定地点周辺の環境の変化によるバックグラウンドレベルの変動²⁾などが観測されている。また、「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）」³⁾では、過去3年間の平均値+3×標準偏差を超える線量率（以

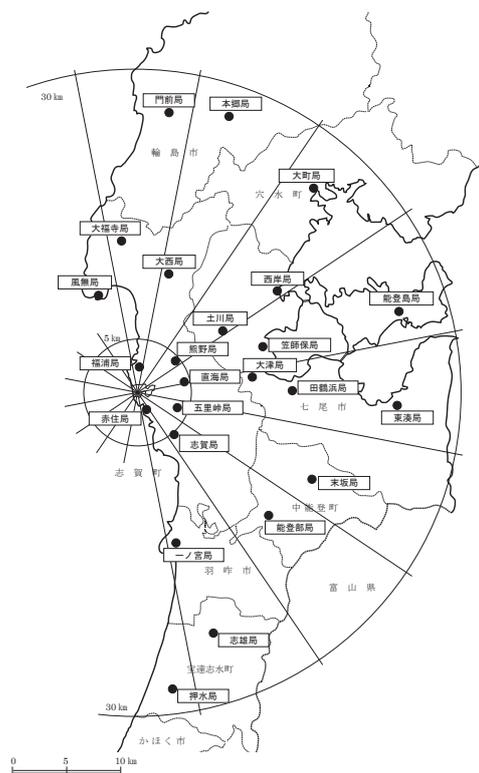


図1 環境放射線観測局設置地点図

A Study on Temporal and Regional Variations of Dose Rate in Ishikawa Prefecture. by YOSHIMOTO Takashi, TSURUYA Ryota and UCHIDA Kengo (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Dose Rate, Temporal Variation, Regional Variation

表1 観測局の属性

自治体名	観測局	北緯 (°)	東経 (°)	標高 (m)	測定開始 年度	観測局周辺の状況
輪島市	門前	37.288014	136.766803	11	2013	草地
	本郷	37.284803	136.826977	55	2013	草地
穴水町	大町	37.226543	136.908689	3	2013	アスファルト舗装の駐車場
志賀町	大福寺	37.189818	136.717042	51	2013	アスファルト舗装の駐車場, 草地
	大西	37.155220	136.760621	13	2013	アスファルト舗装の駐車場, 草地
	風無	37.140836	136.686746	25	2001	住宅地
	熊野	37.090612	136.765881	47	1990	アスファルト舗装の駐車場, 住宅地
	福浦	37.081854	136.727772	29	1990	草地, 下りの急斜面
	直海	37.070479	136.779546	29	1990	アスファルト舗装の駐車場, コンクリート建屋, 水田
	五里峠	37.050429	136.766430	89	2001	アスファルト舗装の駐車場, コンクリート建屋
	赤住	37.049058	136.731740	13	1990	アスファルト舗装の駐車場, 住宅地
	志賀	37.026243	136.763041	57	1990	草地
	七尾市	西岸	37.141948	136.872316	10	2013	アスファルト舗装の駐車場, 草地
能登島		37.124846	136.996322	15	2013	アスファルト舗装の駐車場
土川		37.111361	136.811211	33	2001	草地
笠師保		37.095364	136.857731	2	2013	草地
大津		37.069645	136.846415	1	2001	土のグラウンド, 畑
田鶴浜		37.059488	136.891797	17	2013	林, コンクリート建屋
東湊		37.047075	136.998478	6	2013	コンクリート建屋
中能登町	末坂	36.988879	136.901484	24	2013	草地
	能登部	36.956767	136.866916	8	2013	コンクリート建屋
羽咋市	一ノ宮	36.935005	136.762723	43	2013	土のグラウンド, 下りの急斜面
宝達志水町	志雄	36.859638	136.804500	25	2013	草地, テニスコート
	押水	36.816345	136.763946	20	2013	アスファルト舗装の駐車場

表2 線量率測定器の仕様と測定項目

型式	アロカ株式会社製 ASM-R22-21553&B
検出器	3"φ×3" NaI(Tl) シンチレーション検出器
検出器の位置	地上1.8m
測定エネルギー範囲	50keV～3MeV
測定項目	線量率, ガンマ線スペクトル, 計数率, 通過率

下、「3σ超線量率」という。)が観測された場合はその原因を究明することとなっている。このため、緊急時における発電所からの人工放射性物質や放射線の放出による周辺環境への影響の評価に資する観点から、平常時における線量率の変動状況を整理し把握しておくことが重要である。

本報では、現在の24地点の監視体制となった2013年度から2018年度までの線量率の測定値を用い、各観測局における線量率のバックグラウンドの変動状況、年最高値及び月最高値の出現状況、3σ超線量率出現時の線量率増加量について解析したので報告する。

2 調査方法

(1) 測定方法

各観測局の属性を表1に、線量率測定器の仕様を表2に示す。測定値は1分毎に当センターに送信され、1分値10個の平均から10分値を算出している。本報では、

この10分値を用いて年平均値等の統計値を求めた。

降雨の状況については、各観測局に設置されている雨量計及び感雨雪計の測定値を使用した。

(2) 解析方法

線量率のウラン系列寄与分、トリウム系列寄与分及びカリウム40寄与分については、ガンマ線スペクトルを10分毎に取得し、キャンベラジャパン株式会社製のスペクトル解析ソフトである「空間線量管理センター」を用いて算出した。

3 結果と考察

2013年度から2018年度までにおいて、発電所は1号機、2号機ともに停止しており、観測された線量率に発電所の影響はなく、線量率の年最高値、月最高値及び3σ超線量率は全て降雨・降雪によるものであった。

3・1 バックグラウンドレベルの変動状況

平常時における線量率、即ちバックグラウンドレベルは、土壤中の天然放射性核種からの放射線によるものが大部分であることから、気象状況が安定しているときには土壌の入れ替えや地形等の地理的状況の変化が無い限りほとんど変動がなく一定となる。線量率は、降雨・降雪による増加や、積雪によって地面からの放射線が遮へいされることによる減少など、気象状況により変動するが、これらは一時的なものであり、長期間に渡る平均値

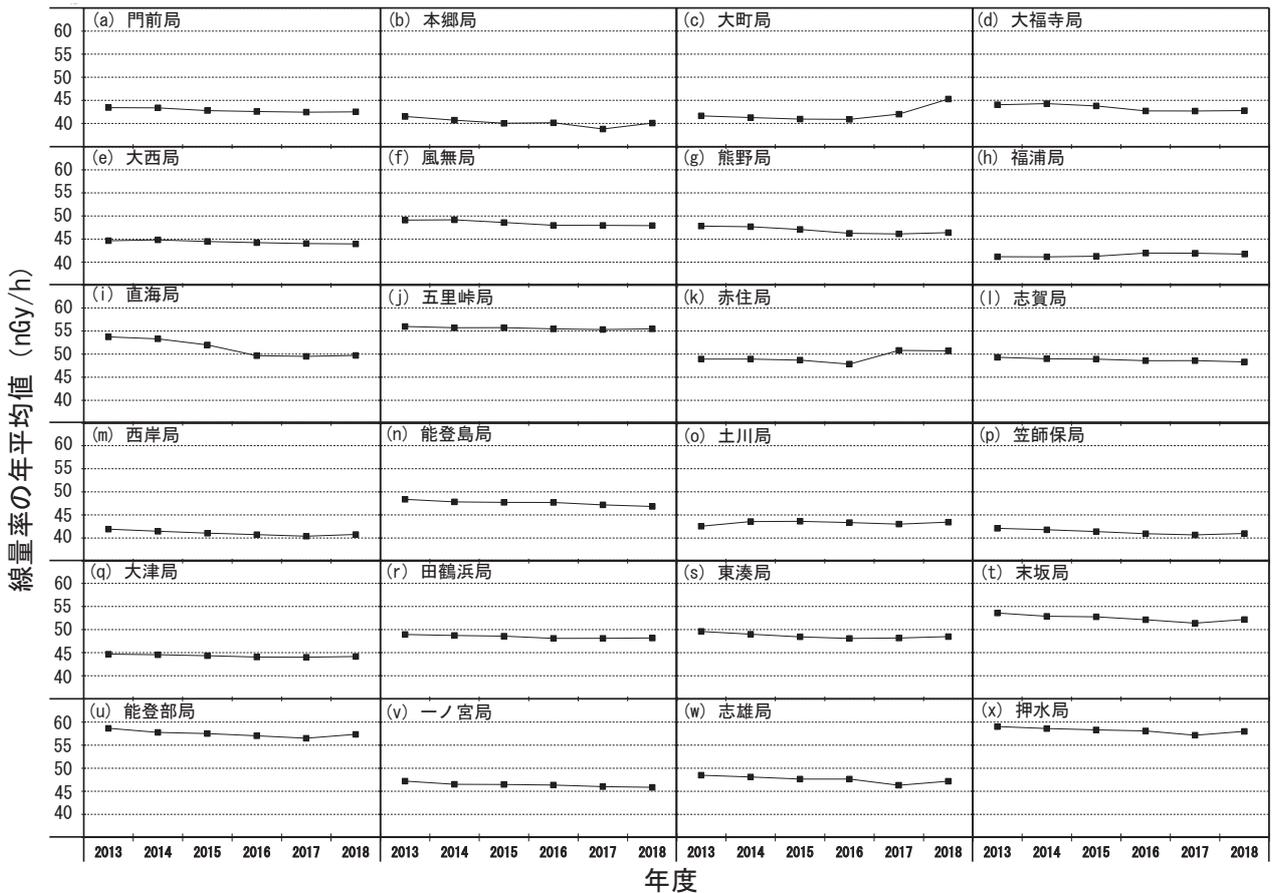


図 2 2013年度から2018年度までの線量率の年平均値の経年変化

にはほとんど影響を与えない。従って、年平均値の変動状況を見ることで、観測局周辺のバックグラウンドレベルの変動を把握できると考えられる。

図 2 に、2013年度から2018年度までの線量率の年平均値の経年変化を示す。一部の観測局を除き、この期間中に年平均値の大きな変動は観測されず、これらの観測局周辺のバックグラウンドレベルに大きな変動はなかったと考えられた。

他の観測局に比べて年平均値の大きな変動が観測されたのは、大町局 (図 2 (c))、直海局 (図 2 (i)) 及び赤住局 (図 2 (k)) であり、これらの3局について、年平均値の変動が観測された原因を調査した。変動状況を詳細に調査するため、図 3 に大町局、直海局及び赤住局における月平均値の経年変化を、表 3 に変動前後の月平均値の期間平均値を、表 4 に線量率の月平均値の変動前後のウラン系列寄与分、トリウム系列寄与分及びカリウム40寄与分をそれぞれ示す。

(1) 大町局

大町局における月平均値の経年変化を図 3 (a) に示す。図中の破線は、表 3 の期間平均値である。大町局では、2017年10月から2017年11月にかけて、月平均値が約 4nGy/h 増加した。なお、2018年1月から2月の線量率

の減少は、積雪による遮へいの影響によるものであり、変動後の期間平均値については、積雪による影響を除くため、2018年3月以降を期間とした。

変動の原因を調べるため周辺の状況を調査したところ、2017年10月に大町局周辺でアスファルト舗装工事が行われていた。

変動前の2017年5月と変動後の2018年5月の線量率寄与分 (表 4 (a)) を比較したところ、ウラン系列寄与分が 2.3nGy/h 増加、トリウム系列寄与分が 0.8nGy/h 増加及びカリウム40寄与分が 1.4nGy/h 増加していた。

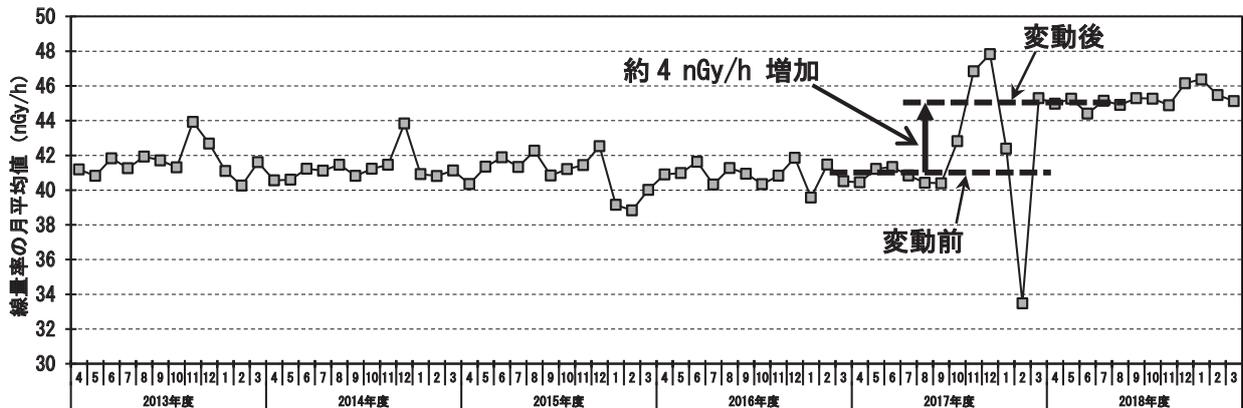
このことから、2017年11月以降の月平均値の約 4nGy/h の増加は、アスファルト舗装工事により周辺の地面のウラン系列、トリウム系列及びカリウム40濃度が増加したことによるものと推定された。

(2) 直海局

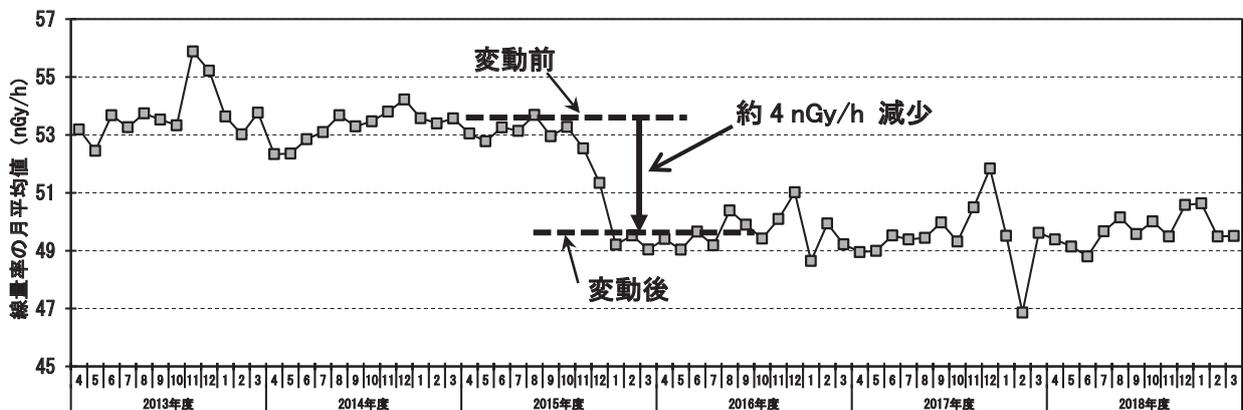
直海局における月平均値の経年変化を図 3 (b) に示す。図中の破線は、表 3 の期間平均値である。直海局では、2015年10月から2016年1月にかけて月平均値が約 4nGy/h 減少した。

変動の原因を調べるため周辺の状況を調査したところ、2015年11月13日から20日まで、線量率測定器の近傍に設置している観測局用非常用発電装置の燃料タンク増

(a) 大町局



(b) 直海局



(c) 赤住局

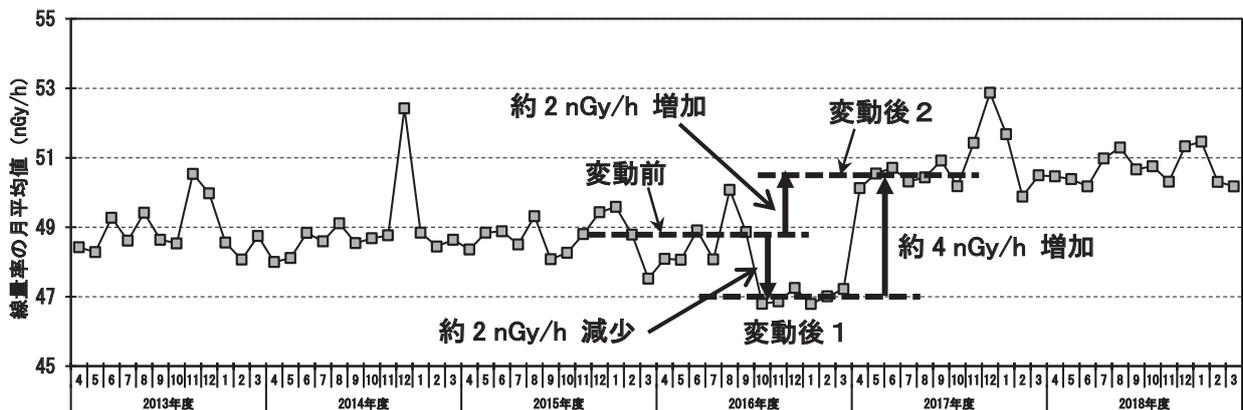


図3 2013年度から2018年度までの大町局、直海局及び赤住局における線量率の月平均値の経年変化

量に伴う大型化改造作業が行われていた。

変動前の2015年10月と変動後の2016年5月の線量率寄与分(表4(b))を比較したところ、すべての寄与分が減少していた。大型化改造作業に伴う周辺のアスファルト舗装工事や土壌の入れ替えは行われておらず、周辺の土質に変化は無かった。

2015年11月20日以降、直海局周辺の環境の変化が見

られなかったため、2015年12月の月平均値は2016年1月の月平均値と同程度になると考えられるが、実際の月平均値は変動前後の中間程度の値となった。これは降雨等による線量率の増加の影響である可能性が考えられたため、2015年12月及び2016年1月について、降雨等が無い時の月平均値を算出し比較した。なお、2016年1月については、積雪のあった期間を除外した。降雨等が

表 3 大町局、直海局及び赤住局における線量率の月平均値の変動前後の期間平均値

観測局		期間	期間平均値 (nGy/h)	変動前後の増減 (nGy/h)
大町局	変動前	2013年4月～2017年9月	41.1	—
	変動後	2018年3月～2019年3月	45.3	4.2
直海局	変動前	2013年4月～2015年10月	53.4	—
	変動後	2015年12月～2019年3月	49.6	-3.8
赤住局	変動前	2013年4月～2016年9月	48.8	—
	変動後1	2016年10月～2017年3月	47.0	-1.8
	変動後2	2017年4月～2019年3月	50.7	3.7

表 4 大町局、直海局及び赤住局における線量率の月平均値の変動前後のウラン系列寄与分、トリウム系列寄与分及びカリウム40寄与分

(a) 大町局 単位：nGy/h			
	変動前 2017年5月	変動後 2018年5月	変動量
ウラン系列寄与分	8.9	11.2	+2.3
トリウム系列寄与分	11.6	12.4	+0.8
カリウム40寄与分	17.2	18.6	+1.4
(b) 直海局 単位：nGy/h			
	変動前 2015年10月	変動後 2016年5月	変動量
ウラン系列寄与分	11.5	10.7	-0.8
トリウム系列寄与分	14.4	13.4	-1.0
カリウム40寄与分	22.5	21.0	-1.5
(c) 赤住局 単位：nGy/h			
	変動前 2016年9月	変動後 2017年5月	変動量
ウラン系列寄与分	11.2	11.6	+0.4
トリウム系列寄与分	14.0	13.5	-0.5
カリウム40寄与分	19.1	20.6	+1.5

無い時の月平均値は、2015年12月が48.6nGy/h、2016年1月が48.5nGy/hであり同程度であったことから、2015年12月の月平均値が2016年1月以降ほど減少しなかったのは、降雨による増加の寄与が大きいためと推定された。

これらのことから、2015年10月から2016年1月にかけての月平均値の約4nGy/hの減少は、観測局用非常用発電装置が大型化したことで地面からの放射線の遮へいの影響が大きくなったことによるものと推定された。

(3) 赤住局

赤住局における月平均値の経年変化を図3(c)に示す。図中の破線は、表3の期間平均値である。赤住局では、2016年10月から2017年3月までの間、線量率が2016年9月以前と比べて約2nGy/h減少し、その後2017年4月以降、2016年10月から2017年3月までと比べて約4nGy/h増加した。正味として、2017年4月以降の線量率は、2016年9月以前と比べて、約2nGy/h増加した。

2016年10月から2017年3月までの赤住局周辺の状況を調査したところ、2016年10月から2017年3月まで、

赤住局近傍のコンクリート建屋の建替え工事及び周辺のアスファルト舗装工事が行われており、工事期間中、測定器近傍に仮設事務所が設置されていた。

このことから、工事期間である2016年10月から2017年3月までの線量率の減少は、仮設事務所建屋による地面からの放射線の遮へいの影響によるものと推定された。

変動前の2016年9月と変動後の2017年5月の線量率寄与分(表4(c))を比較したところ、ウラン系列寄与分が0.4nGy/h増加、トリウム系列寄与分が0.5nGy/h減少及びカリウム40寄与分が1.5nGy/h増加していた。このことから、2017年4月以降に月平均値が約2nGy/h増加したのは、アスファルト舗装工事に伴い周辺の土質が変化し地面のカリウム40濃度が増加したことによるものと推定された。

以上から、大町局、直海局及び赤住局のバックグラウンドレベルの変動の原因は、いずれも観測局周辺の環境の変化であることが判った。

以降の解析では、観測局のバックグラウンドレベルとして年平均値を用いる。

3・2 年最高値及び月最高値の出現状況

線量率は、降雨・降雪によって増加する。これは大気中のラドン子孫核種が降雨雪によって地表面に降下してくるためであり、大気中のラドン子孫核種の濃度や雨・雪の降り方等によって線量率の増加量は異なる。藤波ら⁴⁾は、1994年度から2004年度までの全国の線量率データを用いて地域別の年最高値の月別出現状況を調査し、日本海側では年最高値は11月から1月に集中して出現していることを報告している。また木立ら⁵⁾は後方流跡線解析を行い、晩秋から冬季にかけて、大陸性気団により大陸を発生源とするラドン子孫核種が日本に輸送され、降雨雪時に線量率が大きく増加することが多いと報告している。

本県における線量率の増加量の季節的な傾向を把握するため、年最高値の出現状況及び月最高値の変動状況について解析した。

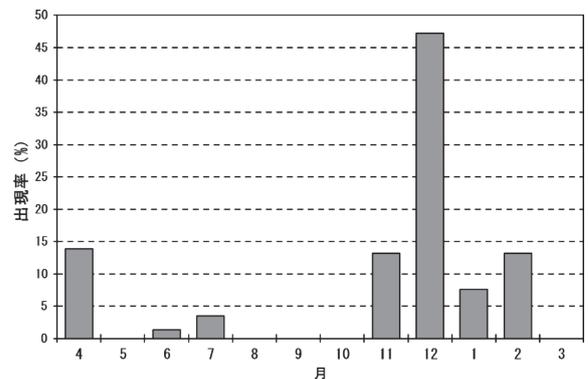


図 4 2013年度から2018年度までにおける線量率の年最高値が出現した月の頻度

表5 2013年度から2018年度までの24観測局における年最高値が出現した時刻と年最高増加量

2013年度				2014年度				2015年度			
時刻		年最高増加量 (nGy/h)		時刻		年最高増加量 (nGy/h)		時刻		年最高増加量 (nGy/h)	
風 無	2013 6/19 04:10	42.0		五里峠	2014 12/1 13:20	46.9		西 岸	2015 11/26 10:40	48.9	
能登島	2013 6/21 16:10	64.1		志 雄	2014 12/1 13:50	61.7		門 前	2015 12/3 10:00	53.4	
五里峠	2013 7/29 09:40	48.4		末 坂	2014 12/1 14:00	51.0		本 郷	2015 12/4 12:40	64.2	
東 湊	2013 11/10 14:40	40.8		能登部	2014 12/1 14:00	51.7		大 町	2015 12/4 13:20	55.1	
末 坂	2013 11/10 14:40	48.8		本 郷	2014 12/1 14:20	63.9		土 川	2015 12/4 13:30	61.6	
志 賀	2013 11/19 11:20	73.4		押 水	2014 12/7 00:50	71.8		笠師保	2015 12/4 13:30	62.8	
大 津	2013 11/19 11:30	45.7		一ノ宮	2014 12/14 15:00	55.3		能登島	2015 12/4 13:40	71.6	
大 町	2013 11/19 12:30	49.9		大 町	2014 12/17 06:20	49.9		大福寺	2015 12/17 11:30	53.4	
熊 野	2013 11/19 12:50	60.0		大 西	2014 12/17 07:00	64.3		熊 野	2015 12/17 12:10	65.7	
福 浦	2013 11/19 12:50	53.0		風 無	2014 12/17 07:00	49.0		福 浦	2015 12/17 12:10	72.4	
土 川	2013 11/19 12:50	57.3		熊 野	2014 12/17 07:10	53.8		五里峠	2015 12/17 12:10	60.4	
笠師保	2013 11/19 13:00	64.2		直 海	2014 12/17 07:10	48.9		大 西	2015 12/17 12:20	82.2	
大 西	2013 11/19 13:30	56.4		赤 住	2014 12/17 07:10	42.4		風 無	2015 12/17 12:20	70.9	
西 岸	2013 11/19 13:30	56.2		土 川	2014 12/17 07:10	56.9		志 賀	2015 12/17 12:20	77.3	
一ノ宮	2013 11/19 15:20	80.1		笠師保	2014 12/17 07:20	57.3		能登部	2015 12/17 12:20	45.5	
能登部	2013 11/19 15:30	43.8		田鶴浜	2014 12/17 10:30	52.4		直 海	2015 12/17 12:30	54.4	
門 前	2013 11/20 03:30	75.0		東 湊	2014 12/17 10:40	53.0		赤 住	2015 12/17 12:30	55.6	
本 郷	2013 11/20 10:50	58.6		西 岸	2014 12/17 11:10	50.2		大 津	2015 12/17 12:30	59.0	
田鶴浜	2013 11/25 24:00	65.4		能登島	2014 12/17 11:20	49.1		末 坂	2015 12/17 12:30	60.1	
大福寺	2013 12/12 09:10	46.2		大 津	2014 12/17 12:50	49.4		田鶴浜	2015 12/17 12:40	58.4	
直 海	2013 12/12 10:40	56.8		福 浦	2014 12/21 10:30	60.9		東 湊	2015 12/17 12:40	52.5	
赤 住	2013 12/12 10:40	43.5		志 賀	2014 12/30 21:40	72.9		一ノ宮	2015 12/17 16:10	116.8	
押 水	2014 2/3 16:40	60.0		門 前	2014 12/31 20:20	55.7		志 雄	2015 12/17 17:20	113.7	
志 雄	2014 2/3 16:50	56.2		大福寺	2014 12/31 22:20	60.3		押 水	2015 12/17 17:20	106.8	

2016年度				2017年度				2018年度			
時刻		年最高増加量 (nGy/h)		時刻		年最高増加量 (nGy/h)		時刻		年最高増加量 (nGy/h)	
門 前	2016 4/7 16:30	72.6		熊 野	2017 7/24 15:00	55.3		熊 野	2018 4/15 06:20	46.8	
本 郷	2016 4/7 16:40	84.4		五里峠	2017 7/24 15:00	56.9		福 浦	2018 4/15 06:20	38.8	
風 無	2016 4/7 16:50	43.0		末 坂	2017 7/24 15:10	59.6		直 海	2018 4/15 06:20	42.5	
大 町	2016 4/7 17:00	64.5		能登部	2017 7/24 16:20	41.6		門 前	2018 4/15 07:00	54.3	
大 西	2016 4/7 17:00	66.9		一ノ宮	2017 12/16 13:50	62.5		五里峠	2018 4/15 08:10	46.7	
西 岸	2016 4/7 17:10	57.2		風 無	2017 12/17 00:10	37.0		志 賀	2018 4/15 08:10	42.2	
能登島	2016 4/7 17:20	56.3		大 西	2017 12/17 00:20	56.6		一ノ宮	2018 11/19 02:30	59.2	
田鶴浜	2016 4/7 17:20	62.6		門 前	2017 12/17 01:10	65.2		赤 住	2018 12/7 23:20	38.9	
東 湊	2016 4/7 17:30	53.5		本 郷	2017 12/17 01:10	60.8		志 雄	2019 1/15 17:30	52.6	
末 坂	2016 4/7 17:30	68.0		大 町	2017 12/17 01:20	54.2		本 郷	2019 2/4 02:20	63.2	
一ノ宮	2016 4/7 17:30	74.7		大福寺	2017 12/17 04:30	50.6		大 町	2019 2/4 02:20	55.8	
能登部	2016 4/7 17:40	66.5		押 水	2017 12/17 10:00	70.5		大福寺	2019 2/4 02:20	43.3	
志 雄	2016 4/7 18:10	75.3		志 雄	2017 12/17 10:50	64.2		大 西	2019 2/4 02:20	55.7	
押 水	2016 4/7 18:10	74.7		直 海	2018 1/2 22:30	62.2		風 無	2019 2/4 02:20	40.7	
熊 野	2016 12/22 22:30	59.7		大 津	2018 1/2 22:40	66.2		土 川	2019 2/4 02:20	46.1	
福 浦	2016 12/22 22:30	47.0		赤 住	2018 1/2 22:50	42.6		西 岸	2019 2/4 02:30	44.6	
直 海	2016 12/22 22:30	55.6		田鶴浜	2018 1/2 22:50	67.4		笠師保	2019 2/4 02:40	49.8	
五里峠	2016 12/22 22:30	59.6		東 湊	2018 1/2 23:00	60.2		大 津	2019 2/4 02:40	45.5	
土 川	2016 12/22 22:30	59.0		西 岸	2018 1/9 19:10	52.9		田鶴浜	2019 2/4 02:40	49.1	
笠師保	2016 12/22 22:30	66.0		土 川	2018 1/9 19:10	61.4		末 坂	2019 2/4 02:40	54.0	
赤 住	2016 12/22 22:40	40.8		笠師保	2018 1/9 19:20	79.1		押 水	2019 2/4 02:40	45.4	
大 津	2016 12/22 22:40	57.2		能登島	2018 1/9 19:30	58.4		能登島	2019 2/4 02:50	48.7	
志 賀	2016 12/22 22:50	60.2		福 浦	2018 2/5 16:30	43.0		東 湊	2019 2/4 02:50	50.4	
大福寺	2017 1/30 05:30	51.6		志 賀	2018 2/5 16:40	54.3		能登部	2019 2/4 02:50	46.8	

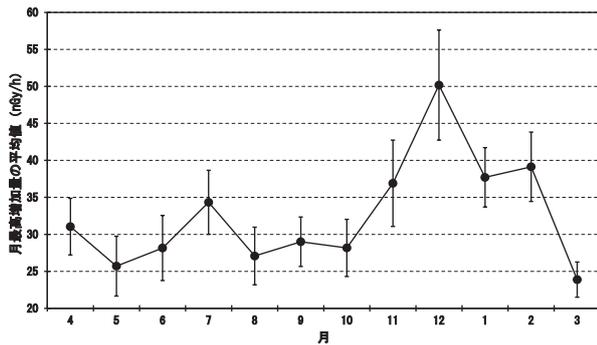


図 5 2013年度から2018年度までにおける月最高増加量の月別平均値

(1) 年最高値の出現状況

図 4 に、2013年度から2018年度までの、24観測局の年最高値が出現した月の回数を出現率として示す。年最高値は11月から2月にかけて多く出現しており、12月に最大の47%を示し全体の約半数が12月に出現していた。一方、5月から10月にかけては、出現頻度が4%程度とほとんど出現しなかった。これらの結果は藤波ら⁴⁾が示した日本海側の結果と同様であった。

表 5 に、年最高値が出現した時刻と年最高増加量を示す。ここで、年最高増加量は年最高値と年平均値の差とした。全ての年度において、複数の観測局で同じ日の同一の時間帯に集中して年最高値が出現する傾向が見られたが、年最高増加量は、同じ日の同一の時間帯であっても観測局によって異なっていた。これらは、年最高値をもたらす高濃度のラドン子孫核種を含む気団が広く能登半島を覆っており、かつ、地域によって降雨・降雪の状況が異なっていることを示唆していると考えられた。

表 6 2016年度から2018年度までの3σ超増加量の観測局毎の平均値

観測局	自治体名	期間平均値 (nGy/h)	標準偏差 (nGy/h)	3σ超増加量の数
風無	志賀町	16.6	5.7	2856
福浦	志賀町	17.2	5.4	3273
東湊	七尾市	18.7	5.8	3052
能登部	中能登町	19.2	5.7	2625
西岸	七尾市	19.4	7.0	3015
大津	七尾市	19.5	6.5	3005
五里峠	志賀町	19.6	6.4	3004
土川	七尾市	19.8	6.0	3227
熊野	志賀町	19.8	6.7	2712
大福寺	志賀町	20.1	6.1	2511
能登島	七尾市	20.2	7.3	3162
田鶴浜	七尾市	21.0	5.9	3229
末坂	中能登町	21.7	6.5	2737
志賀	志賀町	21.8	6.7	2902
笠師保	七尾市	22.2	7.3	2994
大西	志賀町	22.6	6.8	2910
一ノ宮	羽咋市	22.6	7.5	3162
門前	輪島市	23.1	7.2	3173
押水	宝達志水町	24.3	8.4	2779
志雄	宝達志水町	25.1	8.2	2782
本郷	輪島市	25.5	5.9	2460

(2) 月最高値の変動状況

24観測局全体の傾向を見るため、月最高増加量の24観測局の平均値を月別に求めた。ここで、月最高増加量は月最高値と年平均値の差とした。図 5 に、月最高増加量について、月別に24観測局で平均した値を示す。図のバーは標準偏差である。最低値は3月の23.9nGy/h、最高値は12月の50.2nGy/hであり、変動は11月から2月にかけて12月をピークとする一山型を示した。これらの結果は、木立ら⁵⁾の報告と同様であり、本県においても冬季に大陸性気団により輸送されたラドン子孫核種の影響を受けていると考えられた。

3・3 3σ超線量率出現時の線量率増加量

年最高増加量が、同じ日の同一の時間帯であっても観測局によって異なっていたことから、線量率増加量に地域差があるかを確認するため、3σ超線量率出現時の線量率増加量（以下「3σ超増加量」という。）について、観測局間で比較を行った。ここで、3σ超増加量は3σ超線量率と年平均値の差とした。なお、バックグラウンドレベルの変動があった大町局、直海局及び赤住局は比較対象から除外し、対象局数は21局である。

表 6 に、2016年度から2018年度までの3σ超増加量の観測局毎の平均値を昇順に並べたものを示す。21局の平均値は21.0nGy/h、最低値は風無局の16.6nGy/h、最高値は本郷局の25.5nGy/hであり、最高値と最低値の差は8.9nGy/hであった。地域別に見ると、志賀町北部の海岸沿い（能登半島西部）の観測局（風無局、福浦局）で増加量が低く、輪島市（能登半島北部）の観測局（本郷局、門前局）及び宝達志水町（能登半島南部）の観測局（志雄局、押水局）で増加量が高くなる傾向が見られた。これらの結果は、降雨・降雪時の線量率増加量に地域差がある可能性を示唆しており、今後、気象状況や地形等の影響を含めて詳細に検討する必要がある。

4 まとめ

2013年度から2018年度までの24観測局における線量率の測定値を用い、各観測局における線量率のバックグラウンドの変動状況、年最高値及び月最高値の出現状況、3σ超線量率出現時の線量率増加量について解析した。

ほとんどの観測局でバックグラウンドに変動は見られなかったが、大町局、直海局及び赤住局において周辺環境の変化によるバックグラウンドレベルの変動が認められた。

年最高値は11月から2月にかけて多く出現しており、全体の約半数が12月に出現した。一方、5月から10月にかけては、年最高値はほとんど出現しなかった。また、全ての年度において、複数の観測局で同じ日の同一の時

間帯に集中して年最高値が出現する傾向が見られたが、増加量は、同じ日の同一の時間帯であっても観測局によって異なっていた。月最高増加量の変動状況は、11月から2月にかけて12月をピークとする一山型を示した。

過去3年間の平均値+3×標準偏差を超えた時の線量率増加量について、志賀町北部の海岸沿い（能登半島西部）の観測局で増加量が低く、輪島市（能登半島北部）及び宝達志水町（能登半島南部）の観測局で増加量が高くなる傾向が見られた。これらの結果は、降雨・降雪時の線量率増加量に地域差がある可能性を示唆しており、今後、気象状況や地形等の影響を含めて詳細に検討する必要がある。

文 献

- 1) 土田大輔, 矢口廉大奈, 山澤弘実, 檜崎幸範: 梅雨期における温帯低気圧の東進に伴う空間放射線量率の上昇機構, 保健物理, 55, 5-14 (2020)
- 2) 中谷光, 榊田武史, 小森正樹: 空間線量率の変動要因に関する研究 (第4報) - 熊野局の平成13年度~14年度 -, 石川県保健環境センター研究報告書, 41, 11-18 (2004)
- 3) 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
- 4) 藤波直人, 渡辺哲也, 前田高志, 荒木智徳, 山川和彦: 日本の気候区別空間線量率の年間最大値の月別出現頻度, RADIOISOTOPES, 54, 569-573 (2005)
- 5) 木立博, 石川陽一, 佐々木俊行: 放射性物質の広域的拡散に関する基礎的解析 (第1報) - 環境ガンマ線線量率に影響を与える天然放射性核種の発生源と移動経路のバックトラジェクトリー解析 -, 宮城県原子力センター年報, 20, 10-17 (2002)

〔資料〕

石川県保健環境センターにおける調査研究評価実施状況

－外部評価に関するとりまとめ－

石川県保健環境センター 企画情報部 安田 優子

〔和文要旨〕

平成16年の試験研究評価事業開始後、評価の対象となった33題、延べ96件の評価結果について集計を行った。その結果、33題のうち28題が事後評価でA（予想以上の成果を上げた）と判定され、当センターにおける調査研究は良好に実施されていると判断できるが、調査研究の新規性、独創性、研究成果の普及等についての課題もあり、今後も調査研究の更なる向上のため評価制度の適正な運用が必要である。

キーワード：研究評価制度，外部評価

1 はじめに

平成14年12月に策定された「石川県新行財政改革大綱」¹⁾の中で、県立試験研究機関が実施する調査研究について、県民ニーズに応える成果と効率を重視した経営管理手法を導入することが定められた。本大綱を受け、研究課題の設定から研究成果に関し、適切な評価を実施する仕組みを整備するため、「石川県試験研究評価指針」²⁾が策定された。当センターにおいても本指針に基づき、「石川県保健環境センター研究評価実施要領」³⁾、「石川県保健環境センター研究評価外部評価委員会設置要領」⁴⁾を制定し、平成16年度から調査研究課題の評価を実施している。今般、令和という新しい時代を迎え、調査研究の更なる発展につなげるため、平成30年度までに実施した研究課題の外部評価結果について取りまとめを行った。

2 保健環境センター研究評価事業の概要

2・1 研究評価委員会

当センターの所長を委員長に、県庁関係課の担当者と当センターの次長、部長を構成員とした内部評価委員会と外部の有識者から成る外部評価委員会を設置している。外部評価委員の内訳は保健衛生分野の専門家3名、環境

分野の専門家2名、市民団体の代表者1名の計6名である。

2・2 研究課題の外部評価

評価は、新規の調査研究を対象とし、調査研究の必要性、目標達成の可能性等について評価する「事前評価」、3年以上の研究期間を有する調査研究を対象とし、1年経過後において、継続実施の可否を判断するため、計画の妥当性、進捗度等について評価する「中間評価」、終了した調査研究を対象とし、終了時点における計画の妥当性、達成度等について評価する「事後評価」の3種類がある。各評価項目について5段階評価を行い、全項目の合計得点で研究課題の総合評価を決定する。

(1) 事前評価

評価項目はア～エの4項目であり、それぞれ5点満点とし、合計したものを総合評価の得点として評価する。その得点とランクの区分はオのとおりである。

ア 研究開発の必要性

- ・諸計画等、政策上重要であるか
- ・県民等のニーズに応えるものか
- ・県の関与の必要及び公共性の高いものか

イ 目標達成の可能性

- ・目標設定は明確か
- ・目標達成のための実施体制（研究人員、産学連携等）

Implementation status of research evaluation in Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science. -Report about the external valuation- by YASUDA Yuko (Information Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Research evaluation system, External evaluation

は十分であるか

・研究期間・予算規模は適切か（後年度負担を含めた主な経費の内容について、金額や積算根拠が具体的に示されているか）

・研究手法は適切か

ウ 新規性・独創性

・新分野を開拓していく可能性があるか

・従来技術と比べて優れているか

エ 成果の発展性

・成果の利用（技術移転・普及、応用研究等）が見込まれるか

・社会・経済等への貢献に見込みがあるか（数値指標の説明は妥当か）

オ 総合評価

A：20～17点 優先的に実施することが適当（人員、予算の重点配分等）

B：16～14点 実施することが適当

C：13～11点 計画等を改善して実施することが適当

D：10～8点 実施の必要性が低い（計画等の熟度が低い）

E：7点以下 実施の必要性が認められない

(2) 中間評価

評価項目はア～ウの3項目であり、それぞれ5点満点とし、合計したものを総合評価の得点として評価する。

その得点とランクの区分はエのとおりである。

ア 計画の妥当性

・県民等のニーズに合っているか

イ 進捗度

・計画どおり進んでいるか

ウ 成果の実現性、普及の可能性

・成果の利用（技術移転・普及、応用研究等）が見込まれるか、社会・経済等への貢献に見込みがあるか（数値目標は妥当か）

エ 総合評価

A：15～13点 優先して継続していくべきである（人員、予算の重点配分等）

B：12～9点 継続していくべきである

C：8～6点 継続には、計画変更（課題の整理、予算の縮小等）が必要である

D：5点以下 継続の必要性は低く、中止すべきである

(3) 事後評価

評価項目はア～ウの3項目であり、それぞれ5点満点とし、合計したものを総合評価の得点として評価する。

その得点とランクの区分はエのとおりである。

ア 計画の妥当性

・計画は妥当であったか（研究期間、費用、目標、実施体制等）

イ 達成度

・目標の達成度はどうか

ウ 普及の可能性

・成果の利用見通しは立っているか（技術移転、新規研究開発への発展等）

エ 総合評価

A：15～11点 予想以上の成果をあげた

B：10～9点 当初の目的をほぼ達成した

C：8点以下 目的の達成は不十分であった

3 対象の研究課題と集計方法

3・1 対象の研究課題

研究評価事業開始後、事前評価の対象となり、平成30年度までに調査研究を終え、事後評価を受けた33題とした。内訳は企画情報部が2題、健康・食品安全科学部が16題、環境科学部が15題である。企画情報部の2題は保健衛生分野と環境分野がそれぞれ1題ずつであった。評価の件数は事前評価が33件、中間評価が30件、事後評価が33件の合計96件である。中間評価は実施期間が2年以下である場合は対象とならないため事前評価及び事後評価の数字とは一致しない。

3・2 集計の方法

事前評価、中間評価、事後評価の結果についてそれぞれ総合評価、総合得点、評価項目ごとの得点及び得点率について集計を行った。更に、保健衛生分野と環境分野に分けて集計するとともにこれら2分野の集計結果について比較検討を行った。

4 結果と考察

4・1 全体集計結果

事前評価、中間評価、事後評価それぞれについての結果を表1及び図1に示す。評価件数96件のうち総合評価Aが43件、Bが53件でありC、D、Eはなかった。

事前評価がAであった研究課題は5件（15.2%）と少なかったが、中間評価では10件と倍増し、事後評価では28件と、8割を超えた。

事前評価、中間評価、事後評価のそれぞれの総合得点と評価項目の得点及び得点率を表2に、評価項目得点率のレーダーチャートを図2に示す。

総合得点の得点率は、事前評価78.1%、中間評価、事後評価が77.4%と同等であった。各項目の得点率は、事前評価で「研究開発の必要性」が85.1%、中間評価と事後評価では「計画の妥当性」が82.9%、78.9%と他の項目の評価よりも高くなっている。これは、当センターが地方衛生研究所及び地方環境研究所として、県民ニーズを踏まえた視点で県民の安全・安心を守ることを目的とした研究課題を選定していることが評価されたと考えら

表 1 評価結果 (全体)

総合評価		事前評価	中間評価	事後評価	合計
A	件数 (件)	5	10	28	43
	比率 (%)	15.2	33.3	84.8	44.8
B	件数 (件)	28	20	5	53
	比率 (%)	84.8	66.7	15.2	55.2
件数計 (件)		33	30	33	96

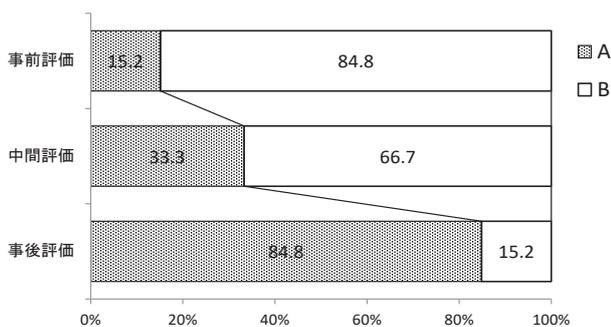


図 1 評価結果 (全体)

れる。一方、事前評価の「新規性・独創性」の項目は73.3%と他の評価項目よりも低くなっており、これは当センターの研究内容が全国的に問題となっている事案に対しての石川県における検証や分析等が多いためではないかと考えられる。

4・2 保健衛生分野の集計結果

事前評価、中間評価、事後評価それぞれについての結果を表3及び図3に示す。評価件数48件のうち総合評価Aが28件、B評価が20件であった。

事前評価がAのものは4件(23.5%)であったが、中間評価では8件(57.1%)と半数を超えた。事後評価ではBであった1件を除く16件でAの評価を受けた。

事前評価、中間評価、事後評価のそれぞれの総合得点と評価項目の得点及び得点率を表4に、各項目得点率のレーダーチャートを図4に示す。

総合得点の得点率は、事前評価79.4%、中間評価81.9%、事後評価80.7%といずれも8割程度を達成した。各項目の得点率は、事前評価で「研究開発の必要性」が86.2%、中間評価では「計画の妥当性」が87.6%と他の項目の評価よりも高くなっている。一方、事前評価の「新規性・独創性」の項目は73.4%と他の項目の評価より低くなっている。

4・3 環境分野の集計結果

事前評価、中間評価、事後評価それぞれについての結果を表5及び図5に示す。評価件数48件のうちAが15件、Bが33件であった。

総合評価がAであったものは、事前評価で1件(6.3%)、中間評価で2件(12.5%)のみであったが、事後評価では12件(75%)に増えた。これは中間評価

表 3 評価結果 (保健衛生分野)

総合評価		事前評価	中間評価	事後評価	合計
A	件数 (件)	4	8	16	28
	比率 (%)	23.5	57.1	94.1	58.3
B	件数 (件)	13	6	1	20
	比率 (%)	76.5	42.9	5.9	41.7
件数計 (件)		17	14	17	48

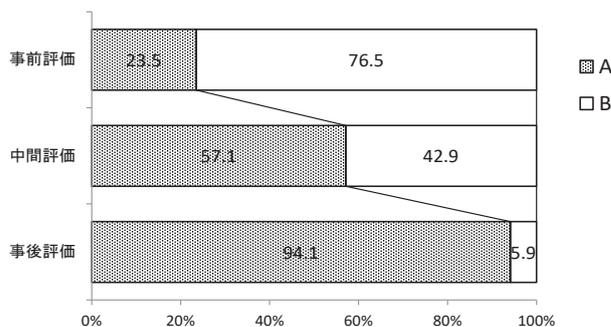


図 3 評価結果 (保健衛生分野)

表 5 評価結果 (環境分野)

総合評価		事前評価	中間評価	事後評価	合計
A	件数 (件)	1	2	12	15
	比率 (%)	6.3	12.5	75.0	31.3
B	件数 (件)	15	14	4	33
	比率 (%)	93.8	87.5	25.0	68.8
件数計 (件)		16	16	16	48

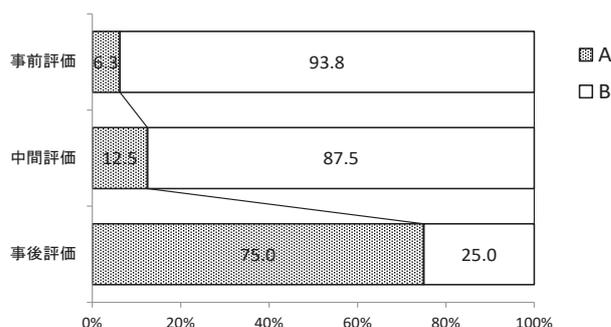


図 5 評価結果 (環境分野)

の結果を受けた担当者が外部及び内部評価委員からのコメント等を参考に研究手法に改善を加えるなど適切な修正を行った結果ではないかと考えられる。

事前評価、中間評価、事後評価のそれぞれの総合得点と各評価項目の得点及び得点率を表6に、各項目得点率のレーダーチャートを図6に示す。

総合得点の得点率は、事前評価76.7%、中間評価73.5%、事後評価73.8%であった。各項目の得点率は、事前評価で、「研究開発の必要性」が83.9%と他の項目の評価よりも高くなっている。一方、事前評価の「目標達成の可能性」の項目は72.1%、中間評価の「進捗度」

表2 総合得点及び各項目の得点と得点率（全体）

	事前評価					中間評価				事後評価			
	総合得点	研究開発の必要性	目標達成の可能性	新規性・独創性	成果の発展性	総合得点	計画の妥当性	進捗度	成果の実現性、普及の可能性	総合得点	計画の妥当性	達成度	普及の可能性
平均得点	15.6	4.3	3.8	3.7	3.9	11.6	4.1	3.7	3.8	11.6	3.9	3.9	3.7
得点率(%)	78.1	85.1	75.4	73.3	78.9	77.4	82.9	73.5	75.9	77.4	78.9	78.8	73.9

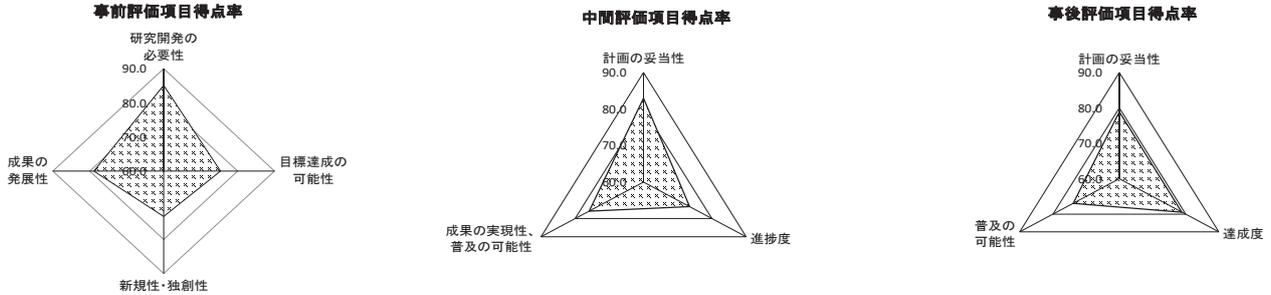


図2 各項目の得点率（全体）

表4 総合得点及び各項目の得点と得点率（保健衛生分野）

	事前評価					中間評価				事後評価			
	総合得点	研究開発の必要性	目標達成の可能性	新規性・独創性	成果の発展性	総合得点	計画の妥当性	進捗度	成果の実現性、普及の可能性	総合得点	計画の妥当性	達成度	普及の可能性
平均得点	15.9	4.3	3.9	3.7	4.0	12.3	4.4	3.9	4.0	12.1	4.1	4.1	3.9
得点率(%)	79.4	86.2	78.5	73.4	80.1	81.9	87.6	77.9	80.9	80.7	81.9	81.5	77.9

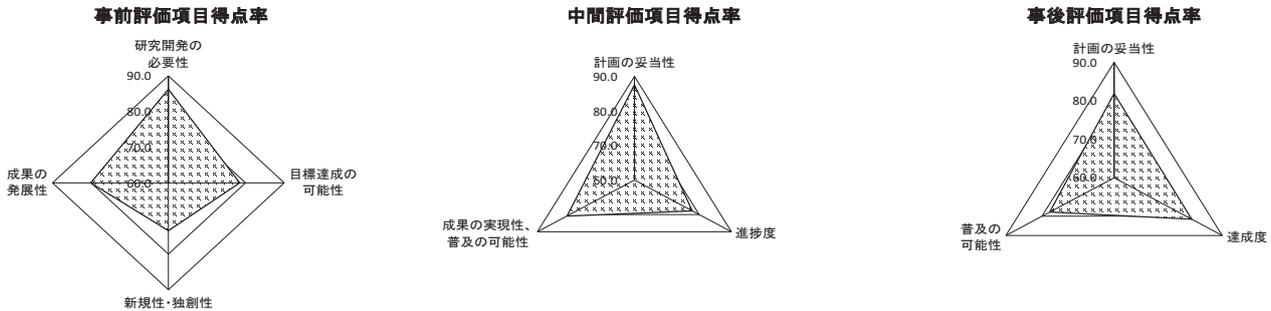


図4 各項目の得点率（保健衛生分野）

表6 総合得点及び各項目の得点と得点率（環境分野）

	事前評価					中間評価				事後評価			
	総合得点	研究開発の必要性	目標達成の可能性	新規性・独創性	成果の発展性	総合得点	計画の妥当性	進捗度	成果の実現性、普及の可能性	総合得点	計画の妥当性	達成度	普及の可能性
平均得点	15.3	4.2	3.6	3.7	3.9	11.0	3.9	3.5	3.6	11.1	3.8	3.8	3.5
得点率(%)	76.7	83.9	72.1	73.1	77.6	73.5	78.9	69.6	71.6	73.8	75.8	76.0	69.6

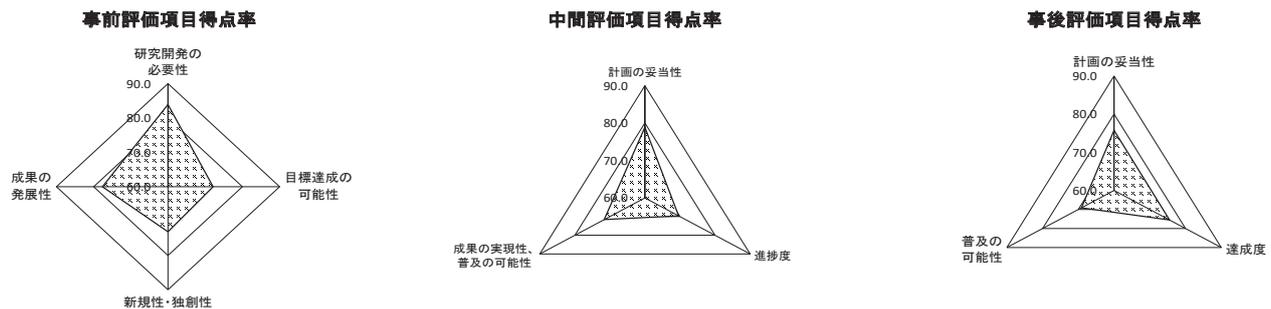


図6 各項目の得点率（環境分野）

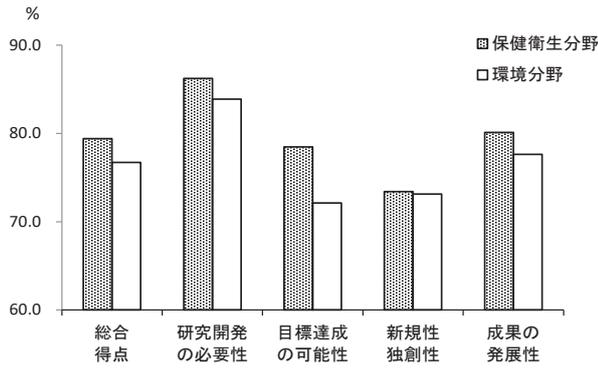


図 7-1 保健衛生分野と環境分野の総合得点と項目の得点率(事前評価)

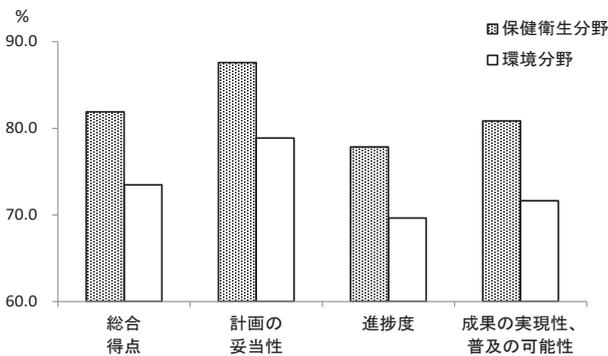


図 7-2 保健衛生分野と環境分野の総合得点と項目の得点率(中間評価)

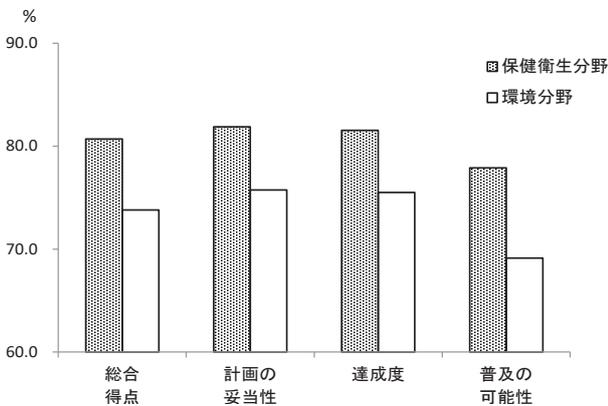


図 7-3 保健衛生分野と環境分野の総合得点と項目の得点率(事後評価)

の項目は 69.6%、「成果の実現性」、「普及の可能性」の項目が 71.6%、事後評価の「普及の可能性」の項目が 69.6%と他の項目の評価よりも低くなっている。

4・4 保健衛生分野と環境分野の比較

保健衛生分野は、事前評価、中間評価、事後評価の総合得点と各項目の得点率のすべてが環境分野を上回った(図 7)。特に中間評価の総合得点と各項目、事後評価の

「普及の可能性」の項目で得点率は約 8～9 ポイントの顕著な差がみられた。「進捗度」については、保健衛生分野で研究対象となる細菌、ウイルスの病原体や食品の検体は入手経路が安定しているが、環境分野においては、検体の採取は周辺環境や天候等に影響されやすく、計画どおりに進まない場合があり、また、「普及の可能性」については一定の方向性は示せたものの、コスト面や技術的問題などで実フィールドでの活用が困難な場合もあったためと考えられる。

5 まとめ

- (1) 評価件数 96 のうち総合評価 A が 43 件、B が 53 件であり C, D, E と評価されたものはなかった。
- (2) 保健衛生分野では評価件数 48 のうち総合評価 A が 28 件、B が 20 件であった。特に事後評価では B であった 1 件を除く 16 件が A の評価を受けた。
- (3) 環境分野では評価件数 48 のうち総合評価 A が 15 件、B が 33 件であった。事前評価で A であったものは 1 件のみであったが、事後評価では 12 件 (75%) に増えた。
- (4) 保健衛生分野において、事前評価、中間評価、事後評価の総合得点と各項目の得点率のすべてが環境分野を上回った。
- (5) 評価の対象となった 33 題のうち 28 題が事後評価で総合評価 A (予想以上の成果を上げた) と判定されており、当センターにおける調査研究課題は良好に実施されていると判断できる。しかしながら、調査研究の新規性、独創性、研究成果の普及等について課題もあり、今後も県民ニーズを踏まえた効果的・効率的な研究の実施とその更なる向上のため研究評価制度の適正な運用に努める必要がある。

文 献

- 1) 石川県新行財政改革大綱 平成 14 年 12 月策定、平成 17 年 3 月一部改訂
- 2) 石川県試験研究評価指針 平成 16 年 3 月策定、平成 30 年 10 月改訂
- 3) 石川県保健環境センター研究評価実施要領 平成 16 年 6 月策定、平成 25 年 2 月最終改訂
- 4) 石川県保健環境センター研究評価外部評価委員会設置要領 平成 16 年 6 月策定、平成 19 年 6 月改訂

〔資料〕

石川県の温室効果ガス排出量推計結果

石川県保健環境センター 企画情報部 深山 敏明・柿澤 隆一・橋場 久雄

〔和文要旨〕

2017年4月改訂の「地方公共団体実行計画（区域施策編）策定・実施マニュアル」に準拠して推計方法を見直し、2013～2017年度における本県の温室効果ガス排出量を推計した。2017年度の温室効果ガス総排出量は1,163万トンで直近5年間は概ね横ばい、ガス種別では、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素は5年間で横ばい、フロン類は2014年度以降増加傾向であった。排出部門別では、産業部門は増加、業務部門は横ばい、家庭部門、運輸部門は減少傾向であった。推計値を全国と比較すると、本県は全国の概ね100分の1程度であったが、その内訳は二酸化炭素では業務部門と家庭部門の割合が、メタンでは稲作による排出の割合が、一酸化二窒素では燃料燃焼による排出の割合が大きかった。

キーワード：温室効果ガス、排出量、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、フロン類

1 はじめに

2020年3月、本県は環境総合計画を改訂し、新たに2030年度までに温室効果ガス総排出量を2013年度比で30%削減するとの目標を掲げた¹⁾。

当センターでは、これまで温室効果ガス排出量を把握するため、1990年度、1995年度及び2001年度からは毎年度分の推計を行ってきた^{2)~4)}。2009年度以降は、地球温暖化対策地方公共団体実行計画（区域施策編）策定・実施マニュアル（第1版）⁵⁾（以下「旧マニュアル」という。）の方法に準拠して温室効果ガス排出量の推計を実施してきた。

今般、2017年4月に改訂された「地方公共団体実行計画（区域施策編）策定・実施マニュアル」⁶⁾⁷⁾（以下「新マニュアル」という。）に準拠して推計方法の見直しを行い、本県における2013～2017年度の温室効果ガス排出量を推計した。また、この推計結果と国が取りまとめた全国の温室効果ガス排出量の推計結果⁸⁾⁹⁾を比較し、若干の考察を行ったので、その概要を報告する。

2 推計方法

2・1 温室効果ガス排出量の算定対象

(1) 算定対象期間

推計の対象期間は、京都議定書が発効された当初の基準年である1990年度、IPCC第3次評価報告書がまとめられた2001年度及び推計に必要な最新の統計値が公表されている2017年度より直近5年間の2013～2017年度とした。

(2) 算定対象ガス

地球温暖化対策の推進に関する法律施行令第3条第1項に掲げる二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、代替フロン等4物質（HFCs、PFCs、SF₆及びNF₃、以下「フロン類」という。）を対象とした。

(3) 算定対象部門・分野

二酸化炭素の排出は、エネルギー起源として産業部門、業務部門、家庭部門、運輸部門（自動車、鉄道、船舶及び航空）、発電所等を、非エネルギー起源として、廃棄物部門（焼却）を算定対象とした。

メタン及び一酸化二窒素の排出は、燃料の燃焼分野、

Estimation of Greenhouse Gases (GHGs) Emission in Ishikawa Prefecture. by MIYAMA Toshiaki, KAKIZAWA Ryuichi and HASHIBA Hisao (Information Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Greenhouse Gases (GHGs), Estimation, Carbon dioxide, Methane, Nitrous oxide, Freons

表 1 統計値出典一覧(二酸化炭素)

部 門 等	統 計 値	旧マニュアル統計資料	新マニュアル統計資料
エネルギー使用(産業部門)	産業部門のエネルギー消費量	都道府県別エネルギー消費統計 (資源エネルギー庁HP)	同左
エネルギー使用(業務部門)	業務部門のエネルギー消費量		
エネルギー使用(家庭部門)	家庭部門のエネルギー消費量		
燃料燃焼(自動車走行)	自動車のエネルギー消費量(ガソリン)	資源エネルギー統計年報(石油連盟)	自動車燃料消費量統計年報 (国土交通省HP)
	自動車のエネルギー消費量(軽油, LPG)	総合エネルギー統計(資源エネルギー庁HP)	
	都道府県車種別燃料種別走行キロ	交通関連統計資料集(国土交通省HP)	-
	全国, 都道府県の車種別自動車保有台数		
	全国, 都道府県の燃料別車種別自動車保有台数	-	自動車保有車両数統計書 (一財)自動車検査登録情報協会発行書籍)
燃料燃焼(鉄道)	鉄道旅客人員数, 貨物運送トン数	交通経済統計要覧((一財)運輸総合研究所)	-
	住民基本台帳に基づく人口・世帯数	-	総務省統計(総務省統計局HP)
	鉄道, 船舶のエネルギー消費量	総合エネルギー統計(資源エネルギー庁HP)	同左
燃料燃焼(船舶)	船舶のエネルギー消費量	内航船舶輸送統計年報(国土交通省)	総合エネルギー統計 (資源エネルギー庁HP)
	内航船舶総トン数		港湾統計年報(国土交通省HP)
燃料燃焼(航空機)	着陸回数, 航空機ジェット燃料供給量	空港管理状況調書(国土交通省HP)	同左
廃棄物(焼却処分)	一般廃棄物の焼却量(石川県)	石川の廃棄物処理(石川県HP)	同左
	産業廃棄物の焼却量(石川県)	石川県産業廃棄物排出量実態調査報告書 (石川県HP)	同左
発電所等 (エネルギー転換部門)	燃料由来の二酸化炭素排出量	ばい煙発生施設燃原料調査(石川県)	事業者から提出された書類

注) 旧マニュアル統計資料及び新マニュアル統計資料の()は出所

工業プロセス分野, 農業分野(耕作, 畜産, 農業廃棄物)及び廃棄物分野(焼却, 埋立, 排水処理)を算定対象とした。

2・2 推計方法

推計は, 新マニュアルに準拠して行った。ただし, 1990, 2001年度については, 新マニュアルでの推計に必要な統計値が入手できないため, 旧マニュアルに準拠して推計した。新旧マニュアルによる推計に用いた統計値の出典を表1及び表2に示した。

また, 推計に用いた地球温暖化係数及び温室効果ガスの排出係数は, 地球温暖化対策の推進に関する法律第5条及び同法施行令第4条に規定する値を用いた。

フロン類の排出は, 温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度の特定事業所届出の報告量及び2015年度からフロン類使用の合理化及び管理の適正化に関する法律の改正によって報告義務となったフロン類の算定漏洩量のほか, 家庭用冷蔵庫, 家庭用エアコン及びカーエアコンの使用時の漏洩に伴う排出量から算出した。

3 結 果

3・1 排出量推計結果と推移

旧マニュアルに準拠して推計した1990年度及び2001年度の推計結果と, 新マニュアルに準拠して推計した

2013～2017年度の推計結果を図1及び図2に示した。本県における最新の2017年度の温室効果ガス総排出量は, 1,163万トン(二酸化炭素(CO₂)換算。以下同じ)であり, 1990年度からの長期的には増加の傾向であったが, 2013～2017年度の直近5年間では概ね横ばいであった(図1)。

さらに, 温室効果ガスの種類ごとの時系列推移では, 二酸化炭素, メタン, 一酸化二窒素は横ばい, フロン類は2014年度以降で増加の傾向が見られた(図1)。なお, 国の温室効果ガス排出量算定公表制度による報告¹⁰⁾によれば, フロン類のうちNF₃については, 本県には対象となる排出事業者がなかった。

また, 部門別では, 産業部門は増加, 業務部門は横ばい, 家庭部門, 運輸部門は減少傾向であった(図2)。

3・2 新旧マニュアルによる排出量推計値の比較

新旧マニュアルで推計方法又は使用する統計値が変更となった部門・分野について, 2013～2017年度の推計値の比較を行った。対象となる部門・分野について, 変更内容と推計値の相違を表3, 4に示した。その結果, 旧マニュアルに比べ新マニュアルによる排出量は, 二酸化炭素では, 家庭部門で40万トン程度, メタンでは農業分野で16万トン程度の増加となった。

表2 統計値出典一覧(メタン, 一酸化二窒素)

分野等	統計値	旧マニュアル統計資料	新マニュアル統計資料	ガス種
燃料燃焼(焼却)	炉の施設種別, 燃原料種ごとの燃料使用量	大気汚染排出量総合調査	同左	CH ₄ , N ₂ O
	炉の施設種別, 燃原料種ごとの燃料使用量	ばい煙発生施設燃原料調査(石川県)	ばい煙発生施設燃原料調査(石川県, 金沢市)	CH ₄ , N ₂ O
燃料燃焼(自動車走行)	走行キロ当たりのCH ₄ , N ₂ O排出係数	日本国温室効果ガスインベントリ報告書(地球環境研究センター・国環研)	同左	CH ₄ , N ₂ O
	自動車のエネルギー消費量(ガソリン)	資源エネルギー統計年報(石油連盟)		CH ₄ , N ₂ O
	自動車のエネルギー消費量(軽油, LPG)	総合エネルギー統計(資源エネルギー庁HP)	自動車燃料消費量統計年報(国土交通省HP)	CH ₄ , N ₂ O
	都道府県車種別燃料種別走行キロ	自動車燃料消費量統計年報(国土交通省HP)		CH ₄ , N ₂ O
	全国, 都道府県の車種別自動車保有台数	交通関連統計資料集(国土交通省HP)	-	CH ₄ , N ₂ O
	全国, 都道府県の燃料別車種別自動車保有台数	-	自動車保有車両数統計書((一財)自動車検査登録情報協会発行書籍)	CH ₄ , N ₂ O
農業(耕作)	水稲作付面積	作物統計(農林水産関係市町村別統計)(農林水産省HP)	同左	CH ₄
	水管理割合	日本国温室効果ガスインベントリ報告書(地球環境研究センター・国環研)	同左	CH ₄
農業(耕作, 施肥)	作物別耕地作付面積	作物統計調査(農林水産関係市町村別統計)(農林水産省HP)	同左	N ₂ O
	作物別耕地作付面積	作物統計調査(面積調査及び作況調査)(農林水産省HP)	同左	N ₂ O
農業(耕作, すき込み)	農作物の種類ごとの年間生産量	作物統計調査(農林水産関係市町村別統計)(農林水産省HP)	同左	CH ₄ , N ₂ O
	農作物の種類ごとの平均残差率	作物統計調査(面積調査及び作況調査)(農林水産省HP)	同左	CH ₄ , N ₂ O
	残渣の焼却割合(野焼き率)(稲)	温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(環境省・経済産業省HP)	同左	CH ₄ , N ₂ O
	残渣の焼却割合(野焼き率)(稲以外)	平成18年度温室効果ガス排出量算定に関する検討結果(環境省・経済産業省HP)	同左	CH ₄ , N ₂ O
	残渣の焼却割合(野焼き率)(稲以外)	日本国温室効果ガスインベントリ報告書(地球環境研究センター・国環研)	同左	CH ₄ , N ₂ O
農業(畜産, 排泄物管理)	家畜の飼養頭数(乳用牛, 肉用牛, 豚)	畜産統計(農林水産省HP)	同左	CH ₄
	家畜の飼養頭数(馬)	馬関係資料(農林水産省HP)	同左	CH ₄
	家畜の飼養頭数(めん羊, 山羊, 水牛)	都道府県別飼養推移((公社)畜産技術協会HP)	同左	CH ₄
	家畜1頭当たりの年間排泄物量	家畜の排せつ物量推定プログラム(HP)	同左	CH ₄
	家畜種ごとの排せつ物中の有機物含有率			CH ₄
	家畜種ごとの排せつ物分離・混合処理割合	日本国温室効果ガスインベントリ報告書(地球環境研究センター・国環研)	同左	CH ₄
	家畜種ごとの排せつ物管理区分割合			CH ₄
農業(農産物焼却)	農作物の種類ごとの年間生産量	作物統計調査(農林水産関係市町村別統計)(農林水産省HP)	同左	N ₂ O
	農作物の種類ごとの平均残差率	作物統計調査(面積調査及び作況調査)(農林水産省HP)	同左	N ₂ O
	農作物の種類ごとの平均残差率	温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(環境省・経済産業省HP)	同左	N ₂ O
	残渣の焼却割合(野焼き率)(稲)	平成18年度温室効果ガス排出量算定に関する検討結果(環境省・経済産業省HP)	同左	N ₂ O
	残渣の焼却割合(野焼き率)(稲以外)	日本国温室効果ガスインベントリ報告書(地球環境研究センター・国環研)	同左	N ₂ O
廃棄物(焼却処分)	焼却施設の区分ごとの一廃焼却量	一般廃棄物処理実態調査結果(環境省HP)	同左	CH ₄ , N ₂ O
	一般廃棄物の直接処分量(全国)			CH ₄
廃棄物(埋立処分)	一般廃棄物の直接処分量(石川県)	石川の廃棄物処理(一般廃棄物)(石川県HP)	同左	CH ₄
	産業廃棄物の直接処分量(石川県)	石川県産業廃棄物排出量実態調査報告書(石川県HP)	同左	CH ₄
廃棄物(排水処理)	終末処理場における処理下水量	下水道統計((公社)日本下水道協会頒布CD-ROM)	同左	CH ₄ , N ₂ O
	流入廃水中のBOD・窒素濃度	日本国温室効果ガスインベントリ報告書(地球環境研究センター・国環研)	同左	CH ₄ , N ₂ O
廃棄物(焼却処分)	生し尿及び浄化槽汚泥の量	一般廃棄物処理実態調査結果(環境省HP)	同左	CH ₄ , N ₂ O
	生活排水処理施設ごとの年間処理人口			CH ₄ , N ₂ O

注) 旧マニュアル統計資料及び新マニュアル統計資料の()は出所

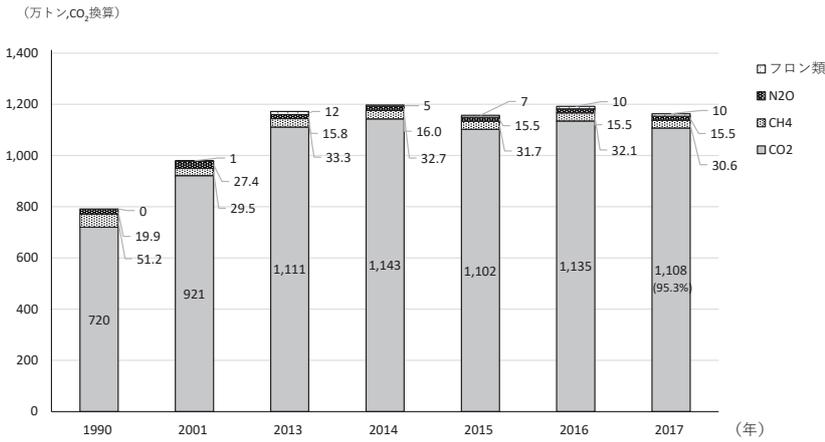


図 1 石川県の温室効果ガス総排出量の推移 (種類別)

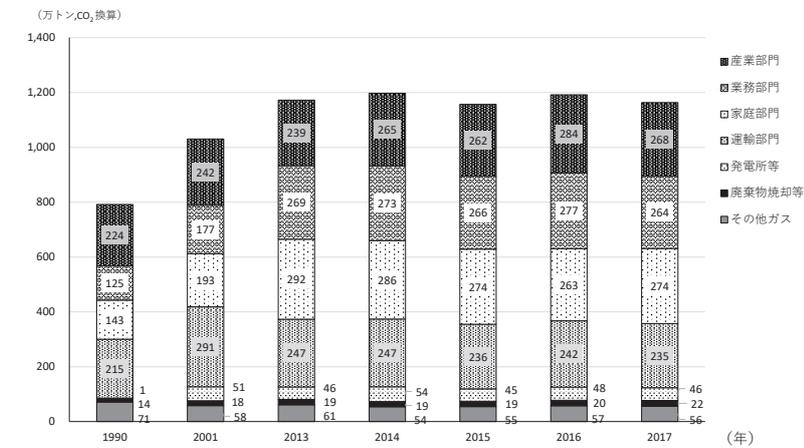


図 2 石川県の温室効果ガス総排出量の推移 (部門別)

4 考 察

4・1 主な増減理由

2013～2017年度における温室効果ガス排出の増減理由について、都道府県別エネルギー消費統計等を用いて主な部門別について考察した。

産業部門は、全体としてはエネルギー消費が増加する傾向であった。その約9割を占める製造業のうち、エネルギー消費が大きいのは繊維工業、機械製造業であったが、繊維工業がほぼ横ばいに対し、機械製造業は製造品出荷額が増加傾向であり¹¹⁾、需要増によるものと考えられた。

業務部門は、全体としてはエネルギー消費が横ばいの傾向であった。卸売業・小売業と宿泊業・飲食サービスのエネルギー消費割合が多いが、どちらも横ばい又は減少傾向であった。

家庭部門は、2013～2016年度は減少傾向であり、家電製品の省エネ化などが寄与していると考えられた。しかし、2017年度は主に石油製品を中心に、前年度比4%の増加に転じた。この理由としては、2017年度は前年

表 3 新旧マニュアル推計値比較 (CO₂)

部門	旧マニュアル推計方法 (推計値トン(CO ₂ 換算))	新マニュアル推計方法 (推計値トン(CO ₂ 換算))
家庭部門	都道府県別エネルギー統計を電灯(石川県)統計値で加工(2,200,000～2,500,000)	都道府県別エネルギー統計の数値をそのまま利用(2,600,000～2,900,000)
運輸部門(自動車)	ガソリン：販売量－産業のガソリン消費量 軽油、LPG：総合エネルギー統計のエネルギー使用量を自動車保有台数で按分(2,100,000～2,300,000)	自動車燃料消費統計(ガソリン、軽油、LPG)のエネルギー使用量と走行距離で推計(2,100,000～2,200,000)
運輸部門(鉄道)	県/全国の旅客輸送人員又は貨物輸送トン数で按分(10,000～20,000)	県/全国の人口で按分(70,000～100,000)
運輸部門(船舶)	県/全国の旅客輸送人員又は貨物輸送トン数で按分(10,000)	県/全国の内航海運入港船舶トン数で按分(20,000～30,000)

注) 2008年以降、電気のコ₂排出原単位は、クレジット反映済を使用していたが、今回、すべて実排出係数に変更したことから、電気に係る排出量はやや上方修正される。

表 4 新旧マニュアル推計値比較 (CO₂以外)

分野	旧マニュアル推計方法 (推計値トン(CO ₂ 換算))	新マニュアル推計方法 (推計値トン(CO ₂ 換算))	摘 要
燃料燃焼分野(自動車走行)	総合エネルギー統計のエネルギー消費量を車種・燃料別走行距離で按分(CH ₄ : 2,200) (N ₂ O: 60,000)	自動車燃料消費量統計の燃料別・都道府県別・車種別の燃料消費量と走行距離で推計(CH ₄ : 1,200～1,400) (N ₂ O: 16,000～18,000)	走行距離データは、旧マニュアルでは燃費からの推計 新マニュアルではアンケートから母集団を推計
廃棄物分野(埋立)	管理型処分場への埋立 不法投棄等の不法処分* 有機性廃棄物のコンポスト化*	管理型処分場への埋立のみ対象	※集計対象外
農業分野(耕作による排出)	対象：稲、麦 (CH ₄ : 101,200～106,800)	対象：稲、麦、野菜類等17作物 (CH ₄ : 247,000～270,000)	新マニュアルでは、稲の推計式に水管理割合の項を追加し、排出係数を細分化 野菜類等17作物による排出を追加
農業分野(残渣すき込み)	対象外	(追加)	
代替フロン等4ガス	使用時の漏洩について集計	フロン法による漏洩報告	新マニュアル推計方法に、使用時漏洩を加算
NF ₃	対象外	(追加)	本県には該当事業所なし

表5 2017年度における全国と石川県の温室効果ガス排出量及び比率

(単位 全国：百万トン，石川県：万トン)

部門・分野	全国①	対総排出量(%)	石川県②	対総排出量(%)	比率②/①
総排出量	1289.2	100.0%	1163.2	100.0%	0.9%
二酸化炭素計	1186.9	92.1%	1107.6	95.2%	0.9%
産業部門	460.3		268.3		0.6%
業務部門	207.0		263.8		1.3%
家庭部門	186.0		273.5		1.5%
運輸部門	213.0		234.5		1.1%
発電所等	91.8		45.9		0.5%
廃棄物焼却等	28.8		21.6		0.7%
メタン計	30.1	2.3%	30.6	2.6%	1.0%
燃料の燃焼（運輸除く）	0.9		0.8		0.9%
燃料の燃焼（運輸）	0.1		0.1		1.0%
工業プロセス及び製品の使用	0.0		0.1		2.4%
消化管内発酵	7.5		1.5		0.2%
家畜排せつ物の管理	2.3		0.7		0.3%
稲作	13.6		24.7		1.8%
農作物残渣の野焼き	0.1		0.0		0.0%
廃棄物	4.8		2.6		0.5%
一酸化二窒素計	20.5	1.6%	15.5	1.3%	0.8%
燃料の燃焼（運輸除く）	4.6		8.3		1.8%
燃料の燃焼（運輸）	1.7		1.7		1.0%
工業プロセス及び製品の使用	1.0		0.1		0.1%
家畜排せつ物の管理	3.9		1.8		0.5%
農用地の土壌	5.4		1.0		0.2%
農作物残渣の野焼き	0.0		0.0		0.0%
廃棄物	3.7		2.6		0.7%
フロン類	50.9	3.9%	9.5	0.8%	0.2%

全国の一酸化二窒素の排出量は、「2017年度（平成29年度）温室効果ガス排出量（2019）」から、メタン及び一酸化二窒素の排出量は、「日本国温室効果ガスインベントリ報告書（2020）」から抜粋して掲載した。

注1）端数処理のため合計が合わない場合がある。

注2）メタン、一酸化二窒素の排出量（トン）は、二酸化炭素換算したものである。

度に比べ全国的に冬の気温が低かった¹²⁾¹³⁾ことから、暖房によるエネルギー消費が増加したものと考えられた。

なお、これら3部門については、電力によるエネルギー消費が減少しており、電力排出係数が年々小さくなっている¹⁴⁾ことも総排出量減少の要因の一つとなっていた。

運輸部門は、自動車がほとんどを占めているが、燃料であるガソリン、軽油、LPGの消費量が全て減少傾向であることから、燃費向上技術の開発等による燃費の改善がその原因と推察された。

4・2 全国との比較

2017年度における本県の温室効果ガス排出量推計結果と、国が公表している全国の温室効果ガス排出推計量の比較を行った。全国の温室効果ガス総排出量に対する

本県の温室効果ガス総排出量の割合を表5に示した。本県の総排出量は全国の0.9%であった。一般的に、全国に対する本県の割合を概括する際、人口や面積等の規模からおおよそ100分の1を目安とすることが多いが、今回の結果も、同様の傾向であった。また、温室効果ガスの種類別では、本県は95.2%、全国は92.1%と、いずれも二酸化炭素の割合が最も大きく、かつ本県は全国よりもその割合がやや大きかった。

その内訳を部門・分野別で見ると、二酸化炭素排出量では、産業部門は全国の38.5%に対し本県は24.2%、発電所等は全国の7.7%に対し本県は4.1%とやや小さめであったのに対し、業務部門は全国の17.7%に対し本県は23.8%、家庭部門は全国の15.7%に対し本県は24.7%と

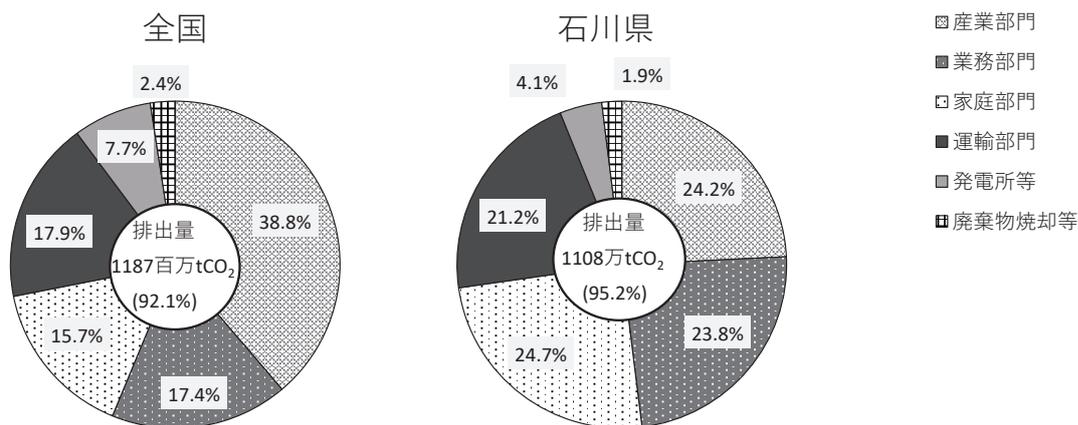


図3 二酸化炭素排出量と各部門ごとの割合 (全国・石川県)

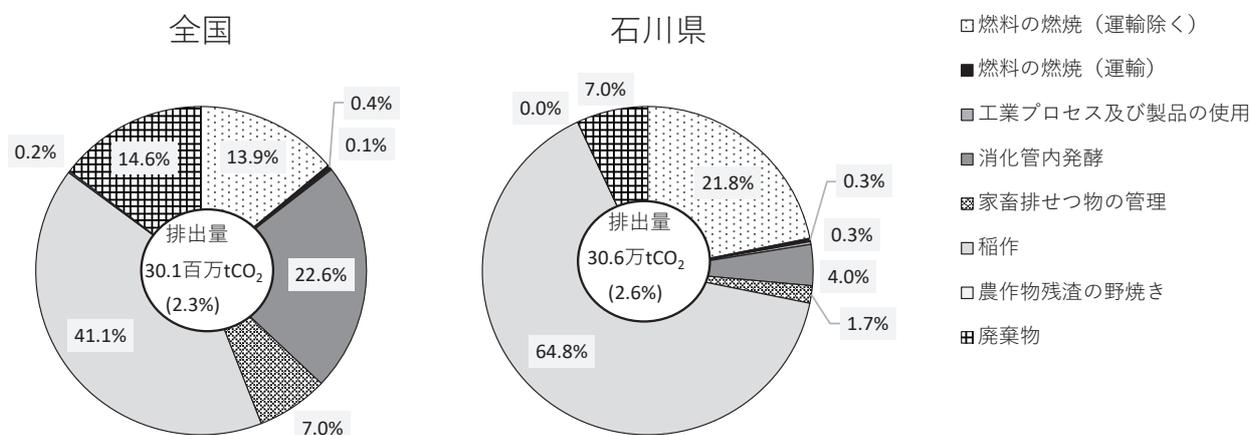


図4 メタン排出量 (二酸化炭素換算) と各分野ごとの割合 (全国・石川県)

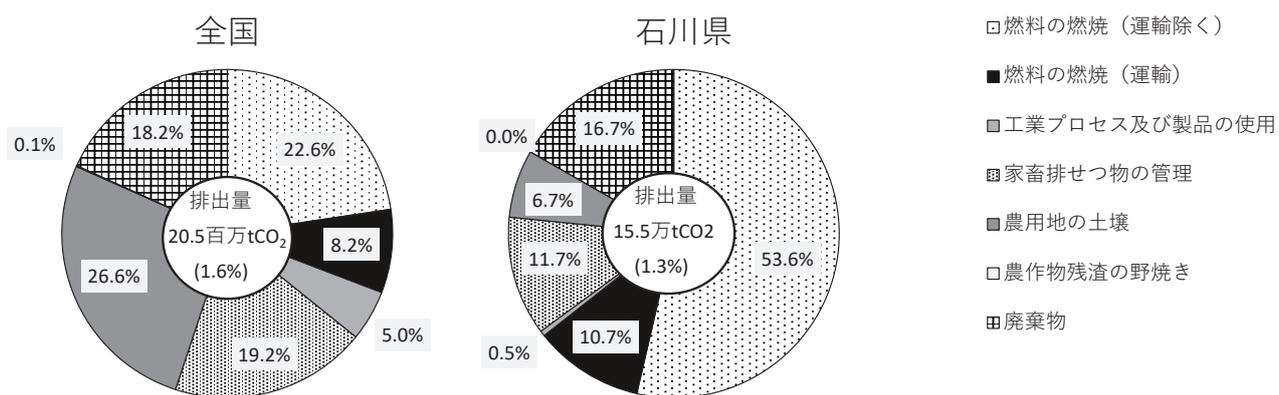


図5 一酸化二窒素排出量 (二酸化炭素換算) と各分野ごとの割合 (全国・石川県)

やや大きめであった (図3)。

メタンでは、稲作によるメタン排出の割合が全国、本県ともに最も大きかったが、その割合は、全国の41.1%と比較して本県では64.8%と著しく大きかった (図4)。なお、水田からの発生抑制対策として、稲わらの秋すき込みの励行、稲わらのすき込みから堆肥施用への転換、

中干し期間の延長などの知見が報告されている¹⁵⁾。

一酸化二窒素では、本県は、運輸分野を除く燃料の燃焼による排出割合が53.6%で全国の22.6%に比べて大きかった (図5)。全国では農用地の土壌からの排出が26.6%と最も大きかったが、本県は6.7%と小さかった。

本県の環境総合計画では、温室効果ガス排出量の削減

目標を掲げているが、産業部門に加え、業務部門及び家庭部門でのエネルギー消費に係る二酸化炭素排出についての対策も重要と考えられた。その他、メタンについては稲作による排出、一酸化二窒素については燃料燃焼による排出についての対策が重要と考えられた。

4・3 推計の改善点と留意点

2015年以降、国の総合エネルギー統計を構成する一次統計の見直し等がなされ、把握できなくなった項目があることから、総合エネルギー統計は推計や他の統計値により補足する形に改訂されている¹⁶⁾。

旧マニュアルでは、可能な限り積み上げ法により推計する旨の記載となっており、当センターでも、積み上げ法により推計を行ってきた。しかし、この方法は、統計値の出典先が多岐にわたり、公表時期も様々な上、統計方法の変更等で統計値の継続的収集が困難になるなどの問題点があった。このため、推計結果の算出には相当な期間を要していた。一方、旧マニュアルによる推計を行うことにより、排出量の多い部門・分野と、排出量が少なく簡易な推計方法を用いても集計結果への重大な影響を及ぼさない部門・分野が判明するなどの知見も得られた。

新マニュアルで使用する統計値については、統計値の収集方法や体系等が旧マニュアルに比べて整理され、ウェブ上からダウンロードできるなど入手も容易となったことから、より迅速かつ精度良く推計することが可能となった。

そこで、一部の推計項目については、統計値の入手の容易さと推計の迅速性の観点から、新マニュアルの方法のうち、エネルギー消費統計の全国値について、関連する統計値の全国値における本県の割合で按分するなどの推計方法を選択した。例えば、船舶のエネルギー消費の場合では、全国のエネルギー消費量を、入港トン数の全国に占める本県の割合で按分し、排出量の推計を行った。

一方で、新マニュアルによる推計に必要な統計値は、遡及して公表されていないものがあることから、1990年度、2001年度など過去の推計には旧マニュアルに従って推計を行った。そのため、時系列変化について評価を行う場合には、推計方法が異なることに留意する必要がある。

また、運輸部門（自動車）における二輪車のエネルギー消費に伴う排出や、報告義務となったフロン類の算定漏洩量などのように、従来は、統計値が整備されていなかったため推計できなかったものの、マニュアル改訂やエネルギー統計の修正に伴い推計可能となり追加された項目もある。そのため、統計値の整備に伴う新たな要因の追加を反映し推計精度が上がった結果、推計値の増加が見られる場合があることにも留意する必要がある。

5 まとめ

- (1) 新マニュアルに準拠し、推計した2017年度の本県における温室効果ガス総排出量は1,163万トンであった。
- (2) 時系列変化については、総排出量は1990年度からの長期的には増加、直近5年間では概ね横ばいの傾向であり、温室効果ガスの種類別では、二酸化炭素、メタン及び一酸化二窒素では横ばいの傾向であったが、フロン類は2014年度以降で増加傾向が見られた。温室効果ガスの主な排出部門別では、直近5年間では産業部門は増加、業務部門は横ばい、家庭部門、運輸部門は減少傾向であった。
- (3) 新旧マニュアルで推計方法等が変更となった部門・分野について排出量の比較を行ったところ、旧マニュアルに比べ新マニュアルによる排出量は、二酸化炭素では、家庭部門で40万トン程度、メタンでは農業分野で16万トン程度の増加となった。
- (4) 2017年度の全国の温室効果ガス総排出量の推計値に対する本県の割合は0.9%であった。
- (5) 推計値の内訳を全国と比較すると、温室効果ガスの種類別では全国、本県とも二酸化炭素の割合が最も大きく、かつ本県は全国よりもその割合がやや大きかった。部門別では、全国に比べ、本県では二酸化炭素は業務部門と家庭部門の割合が、メタンは稲作による排出の割合が、一酸化二窒素は燃料燃焼による排出の割合が大きかった。
- (6) 新マニュアルで使用する統計値については、統計値の収集方法や体系等が旧マニュアルに比べて整理され、ウェブ上からダウンロードできるなど入手も容易となったことから、より迅速かつ精度良く推計することが可能となった。
- (7) 時系列変化について評価を行う際には、統計値の整備に伴う新たな要因の追加を反映して、推計値の増加が見られる場合もあることに留意する必要がある。

文 献

- 1) 石川県：石川県環境総合計画（2020）
- 2) 山原敏，横山暢：全国公害研究会誌，24(2)，2-11(1999)
- 3) 横山暢：石川県内における温室効果ガスの排出量の試算について—メタン，一酸化二窒素及びフロン類の排出量の推計—，石川県保健環境センター研究報告書，44，4-14（2007）
- 4) 初瀬裕，小西秀則：石川県における温室効果ガス排出量の推計について，石川県保健環境センター研究報告書，49，33-44（2012）
- 5) 環境省：地球温暖化対策地方公共団体実行計画（区域施策編）策定マニュアル（第1版）（2009）

- 6) 環境省：地方公共団体実行計画(区域施策編)策定・実施マニュアル(本編) Ver1.0 (2017)
- 7) 環境省：地方公共団体実行計画(区域施策編)策定・実施マニュアル(算定手法編) Ver1.0 (2017)
- 8) 環境省：2017年度(平成29年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について(2019),
<https://www.env.go.jp/press/111337.pdf>, 2020年12月25日
- 9) 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス：日本国温室効果ガスインベントリ報告書(2020)
- 10) 環境省：地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度による平成28(2016)年度温室効果ガスの排出量の集計結果(2020)
- 11) 石川県：石川県の工業(2020)
- 12) 金沢地方気象台：石川県気象年報(2017)
- 13) 金沢地方気象台：石川県気象年報(2018)
- 14) 北陸電力株式会社：FACT BOOK 2019データで見る北陸電力(2019)
- 15) (独)農業環境技術研究所：水田メタン発生抑制のための新たな水管理技術マニュアル(2012)
- 16) 資源エネルギー庁：総合エネルギー統計の改訂内容(2017),
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/pdf/stte_171117_rev1.pdf, 2020年8月31日

〔資料〕

石川県におけるカルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症の発生状況について

— 2018年度及び2019年度 —

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部

塩本 高之・児玉 洋江・木村 恵梨子
谷村 睦美

〔和文要旨〕

2018年度及び2019年度において、石川県に届出されたカルバペネム耐性腸内細菌科細菌（CRE）感染症の発生状況及び患者から分離された菌株51株についてのカルバペネマーゼ産生性を調べた。カルバペネマーゼ産生株は3株で、それぞれカルバペネマーゼ遺伝子（*bla*_{IMP-1}、*bla*_{IMP-6}及び*bla*_{NDM-5}）を保有していた。3株中1株は、海外型とされるカルバペネマーゼを産生しており、当該株が分離された患者に90日以内の海外渡航歴がなかったことから、地域における侵淫状況等の動向を注視していくことが重要と思われた。

キーワード：感染症，薬剤耐性菌，カルバペネム耐性腸内細菌科細菌，カルバペネマーゼ

本報の一部は以下で発表した。

第30回日本臨床微生物学会総会・学術集会 平成31年2月2日 東京都

1 はじめに

カルバペネム耐性腸内細菌科細菌（以下、CRE）感染症は、2014年9月19日より「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律」（以下、感染症法）において5類全数把握対象疾患となり、診断した医師は発生届提出の義務がある。本感染症は、メロペネム等のカルバペネム系抗菌薬及び広域β-ラクタム剤に対して耐性を示す腸内細菌科細菌による感染症の総称である。

腸内細菌科細菌におけるカルバペネム耐性機序は、カルバペネマーゼ産生性の有無により2つに大別される¹⁾。カルバペネマーゼ産生腸内細菌科細菌（以下、CPE）はほとんどのβ-ラクタム剤を加水分解するカルバペネマーゼを産生することから、β-ラクタム剤に汎

耐性となることが多い¹⁾。また、カルバペネマーゼ産生に寄与するカルバペネマーゼ遺伝子はプラスミド上に存在することが多く、菌種を越えて水平伝播しうるため¹⁾、臨床的或いは公衆衛生学的なリスクになると考えられる。2017年3月28日には、地域における薬剤耐性菌のまん延などの流行状況を把握するためCRE感染症の届出のあった際は地方衛生研究所等において耐性遺伝子等の試験検査を実施する旨、厚生労働省健康局結核感染症課長より通知（以下、通知）されたところである²⁾。

本報では、2018年度及び2019年度の石川県（以下、本県）におけるCRE感染症患者発生状況と、患者由来株を対象に実施したカルバペネマーゼ産生性等の試験検査結果について報告する。

Prevalence of Carbapenem Resistant Enterobacteriaceae in Ishikawa Prefecture, April 2018 to March 2020. by SHIOMOTO Takayuki, KODAMA Hiroe, KIMURA Eriko and TANIMURA Mutsumi (Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Infectious Disease, Antimicrobial Resistant Bacteria, Carbapenem Resistant Enterobacteriaceae, Carbapenemase

2 材料と方法

2・1 CRE 感染症の発生状況

2018年4月～2020年3月の2年間に、感染症法に基づき本県に届出されたCRE感染症54事例（2018年度：33事例，2019年度：21事例）に対し、菌種名、患者の症状、分離された検体、90日以内の海外渡航歴の有無について集計した。菌種名に関し、*Enterobacter aerogenes*で届出されていた事例については、*Klebsiella aerogenes*（以下、*K. aerogenes*）として集計した。

2・2 CRE の検査

2・1で届出された事例から分離され、通知に基づき搬入されたCRE51株（2018年度：33株，2019年度：18株）を供試菌株とした。

(1) カルバペネマーゼ産生性の確認

ア 阻害剤を用いたカルバペネマーゼ産生性の確認

下記(ア)、(イ)について国立感染症研究所病原体検出マニュアル³⁾に従い実施した。

(ア) KPC型カルバペネマーゼ産生性のスクリーニング

イミペネム及びメロペネム（以下、MEPM）ディスクに3-アミノフェニルボロン酸（以下、APB）を添加し、いずれかの薬剤ディスクにおいて、阻止円の拡張が見られたものを陽性とした。

(イ) メタロ-β-ラクタマーゼ（以下、MBL）産生性のスクリーニング

MEPM及びセフトジジムディスクとメルカプト酢酸ナトリウム（以下、SMA）ディスクを使用し、阻止円の拡張が見られたものを陽性とした。

イ modified Carbapenem Inactivation Method（以下、mCIM）を用いたカルバペネマーゼ産生性の確認

Clinical and Laboratory Standard Institute 2018 M100-S28⁴⁾に従い実施した。

(2) PCR法によるカルバペネマーゼ遺伝子の検出

国立感染症研究所病原体検出マニュアル³⁾に従い、PCR法によるカルバペネマーゼ遺伝子（IMP-1型、IMP-2型、NDM型、KPC型、OXA-48型、VIM型、GES型）の検出を試みた。

(3) シークエンス解析によるカルバペネマーゼ遺伝子の型別

IMP-1型MBL遺伝子を検出した株については、国立感染症研究所病原体検出マニュアル³⁾に従い実施したシークエンス解析により遺伝子配列を確認し、*bla*_{IMP-1}と*bla*_{IMP-6}の鑑別を行った。

NDM型MBL遺伝子については、国立感染症研究所薬剤耐性研究センターに解析を依頼し、同病原体ゲノム解析研究センターにて詳細解析を実施した。

3 結果

3・1 CRE 感染症の発生状況

2018年4月～2020年3月までに届出があった54事例（2018年度：33事例，2019年度：21事例）について表に示す。

2018年度分において、症状別では、尿路感染症のみが17例、肺炎のみが6例、創感染のみ、敗血症のみがそれぞれ2例、胸腔内膿瘍、胆管炎、腹腔内膿瘍、腹膜炎、菌血症・胆管炎、腸炎・敗血症がそれぞれ1例だった。分離検体別では、尿が16例、血液が6例、喀痰（吸引痰含む）が5例、膿が4例、胆管チューブ、腹水がそれぞれ1例だった。菌種別では、*K. aerogenes*が15例（45.5%）、*Enterobacter cloacae* complex (*Enterobacter asburiae*を含む)が13例（39.4%）、*Escherichia coli*が2例（6.1%）、*Enterobacter* sp., *Klebsiella pneumoniae*, *Providencia rettgeri*がそれぞれ1例（各3.0%）であった。

2019年度分において、症状別では、肺炎のみが5例、尿路感染症のみが4例、菌血症のみが2例、外耳道炎、胆管炎、中耳炎、肺化膿症、尿路感染症・前立腺炎、尿路感染症・敗血症、胆管炎・菌血症、胆管炎・胆嚢症、腹膜炎・腹腔内膿瘍、肺炎・菌血症・敗血症がそれぞれ1例だった。分離検体別では、喀痰（吸引痰含む）、血液がそれぞれ6例、尿が5例、耳漏が2例、胆汁、膿がそれぞれ1例だった。菌種別では、*K. aerogenes*が11例（52.4%）、*Enterobacter cloacae* complexが6例（28.6%）、*Citrobacter freundii* complex, *Enterobacter* sp., *Escherichia coli*, *Serratia marcescens*がそれぞれ1例（各4.8%）だった。

2018年度，2019年度共に、90日以内の海外渡航歴がある事例はなかった。

3・2 CRE の検査

検査の結果について表に示す。事例番号37，45及び54については、菌株の搬入がなかったため、検査が実施できなかった。

(1) 阻害剤を用いたカルバペネマーゼ産生性の確認

事例番号4，6，31の3株において、SMAによる阻害が認められ、APBによる阻害は認められなかった。

事例番号49，51の2株では、APBのみで阻害が認められた。これら2株は、後述するが、mCIMの結果は陰性であり、また、APBは、カルバペネマーゼとして分類されないAmpC型β-ラクタマーゼも阻害することから¹⁾、AmpC型β-ラクタマーゼ産生株と推測された。

残りの46株については、SMAとAPBいずれにおいても阻害は認められなかった。

(2) mCIMを用いたカルバペネマーゼ産生性の確認

事例番号4，6，31の3株のみが陽性で、残り48株

は全て陰性であった。陽性であった3株は、前述のとおり、SMAにて阻害が認められた3株であり、メタロβ-ラクタマーゼ産生菌であると思われた。

(3) PCR法によるカルバペネマーゼ遺伝子の検出

事例番号4, 6, 31の3株からカルバペネマーゼ遺伝子を検出し、内訳は、事例番号4：NDM型、事例番号6及び31：IMP-1型であった。残り48株からはカルバ

ペネマーゼ遺伝子は検出されず、(1)及び(2)の結果との齟齬は認められなかった。

(4) シークエンス解析によるカルバペネマーゼ遺伝子の型別

IMP-1型が検出された2株についてシークエンス解析を行ったところ、事例番号6は bla_{IMP-6} で、事例番号31は bla_{IMP-1} であった。

表 CRE感染症発生状況及び薬剤耐性遺伝子検査結果 (2018年度及び2019年度)

年度	事例番号	菌種名	症状	検体	90日以内の海外渡航歴	阻害試験*	mCIM	カルバペネマーゼ遺伝子	備考
2018	1	<i>Enterobacter cloacae</i>	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
	2	<i>Escherichia coli</i>	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
	3	<i>Enterobacter sp.</i>	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
	4	<i>Klebsiella aerogenes</i>	尿路感染症	尿	-	SMA	+	bla_{NDM-5}	
	5	<i>Providencia rettgeri</i>	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
	6	<i>Escherichia coli</i>	尿路感染症	尿	-	SMA	+	bla_{IMP-6}	
	7	<i>Enterobacter cloacae</i>	敗血症	血液	-	-	-	-	
	8	<i>Klebsiella aerogenes</i>	菌血症, 胆管炎	血液	-	-	-	-	
	9	<i>Klebsiella aerogenes</i>	肺炎	血液	-	-	-	-	
	10	<i>Klebsiella aerogenes</i>	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
	11	<i>Enterobacter cloacae</i> complex	肺炎	喀痰	-	-	-	-	
	12	<i>Klebsiella aerogenes</i>	敗血症	血液	-	-	-	-	
	13	<i>Klebsiella aerogenes</i>	創感染	膿	-	-	-	-	
	14	<i>Klebsiella aerogenes</i>	胸腔内膿瘍	膿	-	-	-	-	
	15	<i>Enterobacter cloacae</i> complex	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
	16	<i>Enterobacter cloacae</i>	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
	17	<i>Klebsiella aerogenes</i>	肺炎	喀痰	-	-	-	-	
	18	<i>Klebsiella aerogenes</i>	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
	19	<i>Klebsiella aerogenes</i>	肺炎	喀痰	-	-	-	-	
	20	<i>Enterobacter cloacae</i> complex	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
	21	<i>Klebsiella aerogenes</i>	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
	22	<i>Enterobacter asburiae</i>	腹腔内膿瘍	膿	-	-	-	-	
	23	<i>Enterobacter cloacae</i>	腹膜炎	腹水	-	-	-	-	
	24	<i>Enterobacter cloacae</i>	肺炎	喀痰	-	-	-	-	
	25	<i>Klebsiella aerogenes</i>	尿路感染症	血液	-	-	-	-	
	26	<i>Klebsiella aerogenes</i>	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
	27	<i>Enterobacter cloacae</i>	肺炎	吸引痰	-	-	-	-	
	28	<i>Klebsiella aerogenes</i>	創感染	膿	-	-	-	-	
	29	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	胆管炎	胆管チューブ	-	-	-	-	
	30	<i>Enterobacter cloacae</i>	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
	31	<i>Enterobacter cloacae</i>	腸炎, 敗血症	血液	-	SMA	+	bla_{IMP-1}	
	32	<i>Enterobacter cloacae</i>	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
	33	<i>Klebsiella aerogenes</i>	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
2019	34	<i>Enterobacter cloacae</i>	肺炎	喀痰	-	-	-	-	
	35	<i>Enterobacter cloacae</i>	菌血症	血液	-	-	-	-	
	36	<i>Enterobacter cloacae</i> complex	肺炎	喀痰	-	-	-	-	
	37	<i>Enterobacter cloacae</i>	肺化膿症	喀痰	-	実施なし	実施なし	実施なし	菌株搬入なし
	38	<i>Klebsiella aerogenes</i>	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
	39	<i>Klebsiella aerogenes</i>	肺炎	喀痰	-	-	-	-	
	40	<i>Klebsiella aerogenes</i>	尿路感染症, 前立腺炎	尿	-	-	-	-	
	41	<i>Klebsiella aerogenes</i>	尿路感染症	尿	-	-	-	-	
	42	<i>Enterobacter sp.</i>	胆管炎, 菌血症	血液	-	-	-	-	
	43	<i>Klebsiella aerogenes</i>	肺炎	喀痰	-	-	-	-	
	44	<i>Klebsiella aerogenes</i>	菌血症	血液	-	-	-	-	
	45	<i>Klebsiella aerogenes</i>	尿路感染症	尿	-	実施なし	実施なし	実施なし	菌株搬入なし
	46	<i>Klebsiella aerogenes</i>	肺炎	吸引痰	-	-	-	-	
	47	<i>Citrobacter freundii</i> complex	胆管炎, 胆嚢炎	胆汁	-	-	-	-	
	48	<i>Enterobacter cloacae</i>	中耳炎	耳漏	-	-	-	-	
	49	<i>Klebsiella aerogenes</i>	尿路感染症	尿	-	APB	-	-	
	50	<i>Klebsiella aerogenes</i>	尿路感染症, 敗血症	血液	-	-	-	-	
	51	<i>Escherichia coli</i>	腹膜炎, 腹腔内膿瘍	膿	-	APB	-	-	
	52	<i>Klebsiella aerogenes</i>	外耳道炎	耳漏	-	-	-	-	
	53	<i>Serratia marcescens</i>	肺炎, 菌血症, 敗血症	血液	-	-	-	-	
	54	<i>Enterobacter cloacae</i>	胆管炎	血液	-	実施なし	実施なし	実施なし	菌株搬入なし

※：阻害試験にて陽性と判定したものについてその阻害剤名を記載

NDM型が検出された1株については、次世代シーケンサーを用いた詳細解析の結果、*bla*_{NDM-5}であることが判明した。

4 考 察

2018年度及び2019年度におけるCRE感染症の発生届出数は33事例及び21事例で、2017年度(15事例)⁵⁾に比べ、共に増加しており、また、起炎菌の菌種別では、*K. aerogenes*の割合が、2017年度(26.7%)⁵⁾に比べて、2018年度(45.5%)及び2019年度(52.4%)共に増加していた。2018年は全国的にCRE感染症の事例数が多く、また、*K. aerogenes*を起炎菌とする事例の割合が増えた年であり⁶⁾、本県においては単年での事例数が少ないことから、単純な比較は難しいものの、同様の傾向がみられた。

2018年度は、CPEによる事例が3事例あり、うち1事例は、2017年の通知によりCREの検査を開始して以降、本県では初めての検出となる*bla*_{IMP-6}保有株によるものであった。*bla*_{IMP-6}は主に西日本で検出される遺伝子型で、*bla*_{IMP-6}保有株はイミペネムに感性を示す特徴があることから、見逃される可能性があるため⁷⁾⁸⁾、臨床現場においては*bla*_{IMP-6}の存在を念頭においた検査の実施が重要と思われた。

また、2018年度は、NDM型MBL産生*K. aerogenes*を起炎菌とした事例があり、前述の*bla*_{IMP-6}保有株による事例と同様、本県では初めての*bla*_{NDM-5}保有株による事例であった。患者に90日以内の海外渡航歴はなく、国内での感染と推測されたが、詳細な感染経路は不明であった。NDM型カルバペネマーゼは主に海外で検出されることから、KPC型やOXA-48型と同様、海外型カルバペネマーゼとして認識されている⁶⁾。海外型カルバペネマーゼ産生株はカルバペネムのみならず他の抗菌薬にも耐性を示すことが多い⁶⁾。近年、海外渡航歴がない患者や下水処理場放流水から海外型カルバペネマーゼ産生株が検出されており⁶⁾⁹⁾、潜在的な広がりの可能性が示唆される。観光等を目的とした海外からの渡航者が増加している背景を踏まえると¹⁰⁾¹¹⁾、渡航者を介して海外型カルバペネマーゼ産生株が国内へ持ち込まれ、定着及び拡散する可能性が否定できないことから、今後も地域における侵淫状況等の動向を注視していくことが重要と思われた。

5 ま と め

(1) 2017年度に比べ、2018年度及び2019年度共に、CRE感染症の事例数が増加し、*K. aerogenes*を起炎菌とする報告の割合が増加した。

(2) 2018年度はCPEによる事例が3事例あり、うち2事例は、本県では初めてのカルバペネマーゼ遺伝子(*bla*_{IMP-6}、*bla*_{NDM-5})保有株によるものであった。2019年度はCPEによる事例はなかった。

(3) 海外渡航歴がない患者から海外型カルバペネマーゼ産生株が検出されたことから、地域における侵淫状況等の動向を注視していくことが重要と思われた。

文 献

- 1) 国立感染症研究所：病原体検出マニュアル 薬剤耐性菌、令和2年6月改訂版Ver.2.0
- 2) 厚生労働省健康局結核感染症課長通知健感発0328第4号：カルバペネム耐性腸内細菌科細菌(CRE)感染症等に係る試験検査の実施について、平成29年3月28日
- 3) 国立感染症研究所：病原体検出マニュアル 薬剤耐性菌、平成28年12月改訂版Ver.1.1
- 4) CLSI 2018. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; M100-S28
- 5) 木村恵梨子, 小坂恵, 塩本高之, 谷村陸美：石川県におけるカルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症の発生状況について－2017年度－, 石川県保健環境センター研究報告書, 55, 43-46 (2018)
- 6) 国立感染症研究所：病原体微生物検出情報, 40 (2), 17-18 (2019)
- 7) 中野竜一：カルバペネム耐性腸内細菌科(CRE)における薬剤耐性機序の実態解明と耐性獲得機構の解明, THE JAPANESE JOURNAL OF ANTIBIOTICS, 69 (2), 81-89 (2016)
- 8) YANO Hisakazu, KUGA Akio, OKAMOTO Ryoichi, KITASATO Hidero, KOBAYASHI Toshimitsu, INOUE Matsuhisa : Plasmid-Encoded Metallo- β -Lactamase (IMP-6) Conferring Resistance to Carbapenems, Especially Meropenem, ANTIMICROBIAL AGENTS AND CHEMOTHERAPY, 45 (5), 1343-1348 (2001)
- 9) SEKIZUKA Tsuyoshi, YATSU Koji, INAMINE Yuba, SEGAWA Takaya, NISHIO Miho, KISHI Norimi, KURODA Makoto : Complete Genome Sequence of a *bla*_{KPC-2}-Positive *Klebsiella pneumoniae* Strain Isolated from the Effluent of an Urban Sewage Treatment Plant in Japan., mSphere, 3 (5), e00314-18 (2018)
- 10) 石川県観光戦略推進部：統計からみた石川県の観光 平成30年
- 11) 国土交通省：観光白書 令和2年版

〔資料〕

石川県におけるインフルエンザの流行状況

— 2019/20 シーズン —

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部 中村 幸子・中澤 柁哉・成相 絵里
倉本 早苗

〔和文要旨〕

2019/20シーズンは、過去5シーズンと比較して集団かぜは発生施設数・患者ともに最も少なく、感染症発生動向調査事業のインフルエンザ累積患者報告数も最も少なかった。また、インフルエンザ病原体定点医療機関から提出された95検体について、インフルエンザウイルス遺伝子検査を実施した結果、AH1pdm09亜型が74検体、AH3亜型が6検体、B型ビクトリアが11検体から検出され、分離培養検査ではAH1pdm09亜型が62株、AH3亜型が3株、B型ビクトリアが9株分離された。また、分離したAH1pdm09亜型62株のうち59株はH275Y変異がなく、残りの3株は感染研にて確認中である。

キーワード：インフルエンザウイルス

1 はじめに

当センターでは、1981年より開始された感染症発生動向調査事業において、インフルエンザの患者数調査のほか、病原体検査としてインフルエンザ（インフルエンザ様疾患を含む）患者（以下、インフルエンザ患者等）からのインフルエンザウイルスの遺伝子検出、分離・同定等の検査を実施している。また、そこで得られた結果は県ホームページでの公表や、県内関係機関および国立感染症研究所（以下、感染研）に報告するとともに、分離したウイルスの一部は、ワクチン開発、研究等に供するため感染研へ提供している。

本報では、2019/20シーズン（以下、今シーズン）の石川県（以下、本県）におけるインフルエンザの流行状況と検出および分離されたウイルスの性状解析結果等について報告する。シーズンの区切りは感染研にあわせ、例年と同様第36週から翌年の第35週までとした。

なお、今シーズンは2020年に入り流行した新型コロナウイルス感染症そのものや、流行に対する個人の行動

や公衆衛生上の対応により、インフルエンザの発生動向等に影響が生じていた可能性もあり、その解釈には注意が必要である。

2 材料と方法

2・1 患者発生状況

(1) 集団かぜ患者発生状況

県健康推進課が実施している学校などを対象とした「インフルエンザ様疾患発生報告」により、インフルエンザ様疾患による欠席等で学級閉鎖等の措置をとった施設数および患者数を把握した。

(2) インフルエンザ患者発生状況

感染症発生動向調査事業に基づく県内48か所（小児科29か所、内科19か所）のインフルエンザ定点医療機関（以下、定点）におけるインフルエンザ患者報告数により把握した。

2・2 ウイルス検査

(1) 検体の採取

感染症発生動向調査事業に基づく上記48か所の医療

Prevalence of Influenza in Ishikawa Prefecture during the 2019-20 season. by NAKAMURA Sachiko, NAKAZAWA Masaya, NARIAI Eri and KURAMOTO Sanae (Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Influenza virus

機関のうち 5 か所（小児科 3 か所，内科 2 か所）のインフルエンザ病原体定点医療機関（以下，病原体定点）を受診したインフルエンザ患者等から採取された咽頭ぬぐい液または鼻腔ぬぐい液の計 95 検体を検査対象とした。

検体は 2019 年第 36 週（9 月 2 日～8 日）から 2020 年第 35 週（8 月 24 日～8 月 30 日）までの間に採取された。また検体は，原則，感染症発生動向調査事業におけるインフルエンザ患者報告数が定点あたり 1.0 を超えてから，1.0 を下回るまで（以下，流行期）は 1 機関あたり週 1 検体以上，それ以外の期間（非流行期）は 1 機関あたり月 1 検体以上採取することとなっており，今シーズンは 2019 年第 37 週から 2020 年第 12 週までが流行期であった。なお，2020 年第 10 週から 13 週までは新型コロナウイルス検査対応のため検体の採取を休止していた。

(2) 検査方法

ア インフルエンザウイルスの遺伝子検出および同定
インフルエンザウイルスの遺伝子検出および同定は，TaqMan Probe を用いたリアルタイム RT-PCR 法により，A 型ウイルスの M 遺伝子および亜型（A(H1N1)pdm09 ウイルス（以下，AH1pdm09 亜型），A(H3N2) ウイルス（以下，AH3 亜型）ならびに B 型ウイルス 2 系統（山形系統ウイルス（以下，B 型山形），ビクトリア系統ウイルス（以下，B 型ビクトリア））の赤血球凝集素遺伝子（以下，HA 遺伝子）の同時検出により行った。

リアルタイム RT-PCR 法は 7500Fast (Life Technologies 社製) を使用し，インフルエンザ診断マニュアル（第 4 版）（以下，診断マニュアル）¹⁾ に従い実施した。なお，RNA の抽出には QIAamp Viral RNA Mini Kit (QIAGEN 社製) を用いた。

イ インフルエンザウイルスの分離および同定

インフルエンザウイルスの分離培養検査は，トリプシン添加 MDCK 細胞を用いて実施した。分離ウイルスの型・亜型別の同定は，培養上清の赤血球凝集価（以下，HA 価）（0.75% モルモット赤血球使用）が 8 以上の検体について，それを抗原として，感染研より分与された今シーズンのインフルエンザウイルス同定用キット（以下，同定用キット）の抗血清との赤血球凝集抑制試験（以下，HI 試験）によった。

なお，同定用キットに含まれる株は，今シーズンのワクチン株である A/Brisbane/02/2018 (AH1pdm09 亜型)，A/Kansas/14/2017 (AH3 亜型)，B/Phuket/3073/2013 (B 型山形)，B/Maryland/15/2016 (B 型ビクトリア) の計 4 株であり，抗血清は上記各ワクチン株に対するウサギ免疫血清である。

また，AH3 亜型については，近年の流行株の多くは HA 価が低く HI 試験が困難である²⁾ ことから，培養上清の HA 価が 8 未満の分離ウイルスについては，増殖確

認および型・亜型別の同定は，全てアと同様にインフルエンザウイルスの遺伝子検出法により行った。

ウ 薬剤耐性インフルエンザウイルスの検索

感染研による抗インフルエンザ薬耐性株サーベイランス事業に基づき，分離した全ての AH1pdm09 亜型について薬剤耐性遺伝子の検索を実施した。すなわち，2 種類の異なる蛍光色素（FAM：耐性株 Y275，VIC：感受性株 H275）で標識された TaqMan Probe を用いたリアルタイム RT-PCR 法を行い，Allele Discrimination 解析によるノイラミニダーゼ遺伝子の H275Y 変異の検出を行った。

3 結果と考察

3・1 患者発生状況

(1) 集団かぜ患者発生状況

今シーズンの集団かぜの初発は 2019 年 9 月 10 日（第 37 週）に報告のあった 1 施設，37 人であった。その後，2019 年第 51 週（12 月 16 日～22 日）の 17 施設，355 人をピークとし，第 10 週（3 月 2 日～3 月 8 日）まで断続的に発生は続いた（図 1）。なお，初発の報告日は，過去 5 シーズンと比較して最も早かった³⁾⁻⁷⁾。最終的に今シーズンの集団かぜ発生施設数および患者数の合計は 127 施設，2,147 人となり，6 シーズン中発生施設数・患者数ともに最も少なかった。

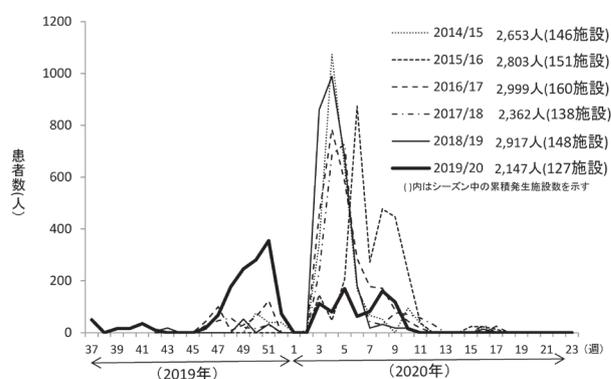


図 1 集団かぜ患者発生状況 (2014/15～2019/20 シーズン)

(2) インフルエンザ患者発生状況

感染症発生動向調査事業における定点あたりのインフルエンザ患者報告数は，2019 年第 37 週（9 月 9 日～15 日）に流行開始の目安となる 1.0 を超え，2019 年第 52 週（12 月 23 日～12 月 29 日）をピーク（定点あたり患者報告数 25.04）に，その後減少した（図 2）。ピーク時における定点あたりの患者報告数は 6 シーズン中最も低かった³⁾⁻⁷⁾。また，今シーズンの累積患者報告数は 11,201 人であり，6 シーズン中最も少なかった。

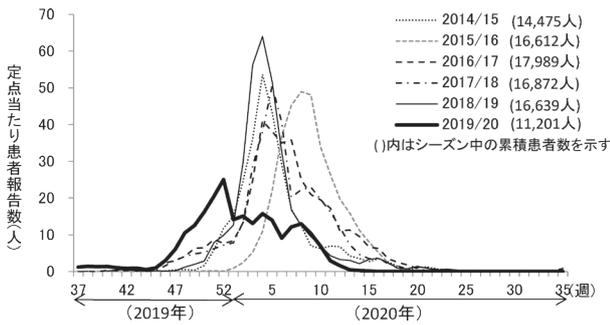


図2 感染症発生動向調査事業におけるインフルエンザ患者発生状況 (2014/15～2019/20シーズン)

3・2 ウイルス検査

(1) 遺伝子検出結果

各病原体定点から提出された95検体についてインフルエンザウイルス遺伝子検査を実施した結果、91検体(95.8%)からインフルエンザウイルス遺伝子が検出された。検出されたウイルスの型および亜型別の検体数(割合)は、AH1pdm09亜型が74検体(81.3%)、AH3亜型が6検体(6.6%)、B型ビクトリアが11検体(12.1%)であり、B型山形は検出されなかった。

検体提出週別に検出状況をみると、AH1pdm09亜型は2019年第37週(9月9日～15日)に提出された1検体から検出されて以降2020年第9週(2月24日～3月1日)まで検出が続いた(図3)。また、AH3亜型は2019年第48週(11月25日～12月1日)から2020年第9週(2月24日～3月1日)まで検出された。

B型は2019年第51週(12月16日～22日)からB型ビクトリアが検出され、2020年第8週(2月17日～23日)まで検出が続いた(図3)。

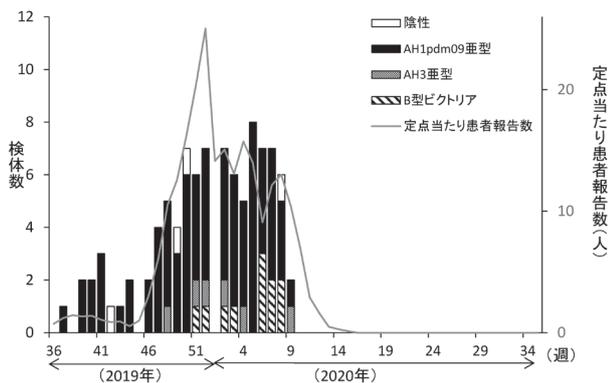


図3 インフルエンザウイルス亜型別検出状況(検体提出週別)

2016/17シーズンまではAH3亜型とAH1pdm09亜型が交互に主流となっていたが、2017/18シーズンと2018/2019シーズンは時期により検出割合は異なるもののAH1pdm09亜型、AH3亜型がほぼ同時に流行していた³⁾⁻⁷⁾。今シーズンはAH1pdm09亜型が主流となり、これらは全国と同様の流行状況²⁾であった。

インフルエンザウイルス遺伝子が検出されなかった4検体については、呼吸器感染症起因ウイルスであるアデノウイルス、RSウイルス、エンテロウイルス、ヒトコロナウイルス、ヒトパレコウイルス、ヒトメタニューモウイルス、ヒトボカウイルス、パラインフルエンザウイルス、C型インフルエンザウイルスについて遺伝子検査を実施した。その結果4検体中1検体から、エンテロウイルスの1つであるエコーウイルス遺伝子が検出され、3検体はいずれのウイルス遺伝子も検出されなかった。

(2) 分離および型別結果

提出された95検体のうち、インフルエンザウイルス遺伝子が検出された91検体について分離培養検査を実施した。結果、74検体(81.3%)からインフルエンザウイルスが分離された。

分離されたウイルスの型および亜型別の株数は、AH1pdm09亜型が62株(83.8%)、AH3亜型が3株(4.1%)、B型ビクトリアが9株(12.2%)であった。また、同定用キットの抗血清に対するHI価は、AH1pdm09亜型が640～10,240(ホモ価5,120)であり、B型ビクトリアは40～80(ホモ価640)であった(表1)。なお、分離したAH3亜型3株は全て赤血球凝集活性が低くHI試験が実施できなかったため、培養上清の遺伝子検出法により亜型鑑別を行った。

表1 分離ウイルスのHI試験結果

	AH1pdm09亜型 (n=62)		B型ビクトリア系統 (n=9)	
抗血清 (ホモ価)	A/Brisbane/02/2018 (5,120)		B/Maryland/15/2016 (640)	
	10,240	1株 (1.6%)	80	3株 (33.3%)
	5,120	14株 (22.6%)	40	6株 (66.7%)
HI価	2,560	33株 (53.2%)		
	1,280	10株 (16.1%)		
	640	4株 (6.5%)		

感染研では、国内で分離されたインフルエンザウイルスの一部について、フェレット感染血清を用いたHI試験により詳細な抗原性解析を実施している²⁾。しかし、最近のAH3亜型は、HAによる赤血球凝集活性が極めて低くHI試験による詳細な抗原性解析が困難であるため、感染研ではAH3亜型のみ抗原性解析には中和試験を用いている²⁾。

今シーズンは、本県で分離された10株(AH1pdm09亜型3株、AH3亜型3株、B型ビクトリア4株)を感染研へ送付し、国内の他の地域で分離された株と合わせて解析が行われた。その結果、今シーズンの国内流行株はAH1pdm09亜型の9割以上がワクチン株と抗原的に類似していたが、N156K変異を持つ群はワクチン株に対する血清との反応性の低下がみられた。一方、AH3

亜型のひとつがワクチン株と抗原的に乖離していたことが報告されている²⁾。B型ビクトリアは、ワクチン株に対する抗血清との反応性がよくなかった一方、南半球用ワクチン推奨株に対する血清とは良く反応したとの報告がされている²⁾。

AH3亜型については本県ではHI検査が実施できなかったが、この他の2つの亜型については、感染研と本県の結果は概ね一致していた。

(3) 薬剤耐性インフルエンザウイルスの検索

分離したAH1pdm09亜型62株についてH275Y変異を検索した結果、59株はH275Y変異が検出されなかった。残る3株については、同法ではH275Y変異の有無が判定できなかった。そのため感染研に株を送付し、解析中である。一方、全国ではH275Y変異を有するAH1pdm09亜型が2,489株中40株(1.6%)報告されている⁸⁾。

また、キャップ依存性エンドヌクレアーゼ阻害薬(ゾフルーザ)に対する耐性株の検索は当センターでは実施していないが、感染研にて全国から収集されたインフルエンザ株について解析した結果、AH1pdm09亜型で831株中1株(0.12%)からエンドヌクレアーゼ阻害薬耐性変異株が報告されている⁸⁾。なお、この解析には本県から送付したAH1pdm09亜型3株、AH3亜型3株、B型4株も含まれているが、エンドヌクレアーゼ阻害薬耐性は認められなかった⁸⁾。

これらのことから、今後も継続的な薬剤耐性インフルエンザウイルスのモニタリングが必要であると考ええる。

4 ま と め

(1) 今シーズンの本県における集団かぜ患者発生状況および感染症発生動向調査事業におけるインフルエンザ患者発生状況を過去5シーズンと比較した結果、いずれも流行開始時期は最も早く、集団かぜ発生施設数、ピーク時の定点当たりの患者報告数、累積患者報告数は最も少なかった。

(2) 今シーズンの本県における亜型別の流行状況はA型ウイルスはAH1pdm09亜型が主流となり、B型ウイルスについてはB型ビクトリアのみが検出された。

(3) 分離ウイルスの、同定用キットの抗血清に対するHI価は、AH1pdm09亜型が640~10,240(ホモ価5,120)であり、B型ビクトリアは40~80(ホモ価640)であった。

(4) 分離したAH1pdm09亜型62株のうち59株はH275Y変異がなく、残りの3株は感染研にて解析中である。

文 献

- 1) 国立感染症研究所：インフルエンザ診断マニュアル(第4版)(2018)
- 2) 国立感染症研究所、厚生労働省：今冬のインフルエンザについて(2019/20シーズン)、令和2年8月27日
- 3) 児玉洋江, 成相絵里, 崎川曜子：石川県におけるインフルエンザの流行状況(2014/2015シーズン), 石川県保健環境センター研究報告書, **52**, 54-58 (2015)
- 4) 児玉洋江, 成相絵里, 崎川曜子：石川県におけるインフルエンザの流行状況(2015/2016シーズン), 石川県保健環境センター研究報告書, **53**, 35-39 (2016)
- 5) 成相絵里, 中澤柁哉, 児玉洋江, 倉本早苗：石川県におけるインフルエンザの流行状況(2016/17シーズン), 石川県保健環境センター研究報告書, **54**, 78-82 (2017)
- 6) 成相絵里, 中澤柁哉, 児玉洋江, 倉本早苗：石川県におけるインフルエンザの流行状況(2017/18シーズン), 石川県保健環境センター研究報告書, **55**, 47-51 (2018)
- 7) 中村幸子, 中澤柁哉, 成相絵里, 倉本早苗：石川県におけるインフルエンザの流行状況(2018/19シーズン), 石川県保健環境センター研究報告書, **56**, 49-54 (2019)
- 8) 国立感染症研究所ホームページ：抗インフルエンザ薬耐性株サーベイランス(2020年8月11日) <https://www.niid.go.jp/niid/ja/influ-resist.html>

〔資料〕

石川県におけるPM_{2.5}成分組成について

石川県保健環境センター 環境科学部 初瀬 裕・河本 公威・太田 聡
牧野 雅英・柿本 均

〔和文要旨〕

平成30年度6-7月, 9月, 12月, 2-3月の4期に, 石川県内の2地点(輪島局, 松任局)においてPM_{2.5}試料を採取し, 11種類の多環芳香族炭化水素類(PAHs)及び炭素成分, イオン成分を定量した。

PM_{2.5}質量濃度の季節変動は, 輪島局及び松任局ともに, 2-3月が最も高く, 次いで6-7月が高く, 9月と12月が低くなった。炭素成分濃度及びイオン成分濃度は, 輪島局より松任局で高い傾向であった。

PM_{2.5}の成分組成割合では, 輪島局及び松任局とも主成分は有機炭素(OC)とSO₄²⁻であり, OCの割合は, 全国測定結果と比べてやや高かった。

PM_{2.5}質量濃度とPAHs濃度及び気象データの間は有意な相関はなかった。PAHs濃度と気温が有意な負の相関を示した。常時監視項目とPAHs濃度では, 輪島局で自動車排ガス及び固定発生源双方の指標であるNO₂と, 松任局で自動車排ガス汚染の指標であるCOと有意な正の相関を示した。

キーワード: 微小粒子状物質, 多環芳香族炭化水素類, 炭素成分, イオン成分

1 はじめに

微小粒子状物質(以下, 「PM_{2.5}」という)は, 大気中に浮遊している粒子状物質のうち, 粒径2.5μmで50%分粒された小粒径側の粒子状物質で, 微小粒子のため肺の奥まで到達しやすく, 呼吸器系や循環器系への健康が懸念されている有害大気汚染物質である¹⁾²⁾。また, 「大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準について」において, 地方自治体は質量濃度に加えてPM_{2.5}の成分分析調査(以下, 「成分分析調査」という)を年4回行い, その結果を国(環境省)へ報告することとされている³⁾⁴⁾。

一方, 多環芳香族炭化水素類(以下, 「PAHs」という)は化石燃料やバイオマス燃料等の燃焼により発生し, 人体への毒性(発がん性, 変異原性)を有する物質が多く存在することから, これまでにさまざまな地域で大気中

の動態調査が実施されてきた⁵⁾⁻⁸⁾。

これまでの研究において国内のPAHsの最大の発生源は自動車(特にディーゼル車)排ガスであること⁹⁾⁻¹¹⁾, また中国大陸における石炭燃料の燃焼により発生したPAHsが越境輸送により国内で観測されていること等¹²⁾¹³⁾が明らかとなってきた。

本県では, PM_{2.5}中のPAHs濃度や炭素成分, イオン成分等を調査し, その結果からPM_{2.5}の発生源を明らかにすることを目的に調査研究を実施している。本報告では, H30年度の調査結果から, PM_{2.5}質量濃度及び成分組成, PAHs濃度について調査を行ったので報告する。

2 調査方法

2.1 調査地点及び調査期間

調査地点は, 輪島局及び松任局の2地点とした(図1)。輪島局は, 一般環境大気測定局であり, のと里山空港敷

Investigation of the Component of PM_{2.5} in Ishikawa Prefecture. by HATSUSE Yuh, KAWAMOTO Tomotake, OHTA Satoru, MAKINO Masahide, KAKIMOTO Hitoshi (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : PM_{2.5}, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons(PAHs), Carbonic components, Ionic components



図 1 地点図

地内に設置されており、周辺には空港以外の事業所や民家が少ない地点であるため、人為的汚染の少ないバックグラウンド地点として選定した。一方、松任局は、一般環境大気測定局であり、白山市の市街地に近く、周辺は住宅街であり南南東約 1km の所に交通量の多い国道 8 号線が存在する地点で一般環境地点として選定した。

試料の採取は、平成 30 年 6 月 28 日～7 月 12 日（輪島局）、6 月 29 日～7 月 13 日（松任局）、9 月 11 日～9 月 25 日、12 月 3 日～12 月 17 日、平成 31 年 2 月 28 日～3 月 14 日の 4 期間（14 日/期間）で実施した。

2・2 試料採取方法

試料の採取は、PM_{2.5}成分測定マニュアル¹⁴⁾に準じて行った。採取装置には、Thermo scientific 製シーケンシャルエアサンプラー Model 2025i（輪島局）、2025i-D（松任局）を用いた。サンプリングフィルタには、Pallflex 社製 2500 QAT-UP φ47mm の石英繊維フィルタ及び Whatman 社製の PTFE 製フィルタを使用した。

試料の捕集時間は 24 時間とした。採取後のフィルタは、分析に供するまで遮光・冷凍保存（-20℃）した。

2・3 PM_{2.5}質量濃度の分析方法

PM_{2.5}成分測定マニュアル¹⁴⁾に準じて行った。試料採取前及び採取後の PTFE 製フィルタ（6-7 月のみ石英繊維フィルタ）を恒温恒湿（温度 21.5 ± 1.5℃、相対湿度 35 ± 5%）の条件下に 24 時間以上放置し、精密天秤

で秤量した。

2・4 PAHs の対象物質及び分析方法

PAHs は、4 環のフルオランテン (Flu)、ピレン (Pyr)、クリセン (Chr)、5 環のベンゾ [a] アントラセン (BaA)、ベンゾ [e] ピレン (BeP)、ベンゾ [a] ピレン (BaP)、ベンゾ [b] フルオランテン (BbF)、ベンゾ [k] フルオランテン (BkF)、ジベンゾ [a,h] アントラセン (DBahA)、6 環のベンゾ [ghi] ペリレン (BgPe)、インデノ [1,2,3-cd] ピレン (IDP) の 11 物質を対象とした。

分析は、有害大気汚染物質測定方法マニュアル¹⁵⁾に準じた既報¹⁶⁾の方法で行った。また、感度の低い化合物を定量可能とするため、2 日分のフィルタをコンポジットして分析に供した。

2・5 炭素成分及びイオン成分の対象物質及び分析方法

炭素成分は、有機炭素 (Organic Carbon; OC)、元素状炭素 (Elemental Carbon; EC) を、イオン成分は、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺ を対象とした。

炭素成分及びイオン成分の分析は、環境省の PM_{2.5} 成分測定マニュアル¹⁴⁾に準じた。

2・6 常時監視項目及び気象データ

大気の常時監視項目（二酸化硫黄 SO₂、一酸化窒素 NO、二酸化窒素 NO₂、メタン CH₄、非メタン炭化水素 NMHC、浮遊粒子状物質 SPM、オキシダント O_x）は調査地点の自動測定機データを使用した（CO は松任局のみ）。

気温、風速、相対湿度、日射量、日照時間、降水量の気象データは、松任局については、自動測定機のデータを使用した（日照時間は金沢地方気象台のデータを使用した）。輪島局については、輪島特別地域気象観測所及び三井のアメダスのデータを使用した（日射量は松任局のみ）。

なお、これら常時監視項目及び気象データは PM_{2.5} の採取時間帯に合わせて 1 時間値を抽出し、PAHs の分析に合わせ 2 日間の算術平均値を算出して解析に使用した。

3 結果及び考察

3・1 PM_{2.5} の質量濃度、成分濃度及び成分組成

(1) 質量濃度及び成分濃度

質量濃度及び成分濃度を表 1、図 2 に示す。質量濃度は、輪島局及び松任局ともに、2-3 月が最も高く、次いで 6-7 月が高く、9 月と 12 月が低くなった。既報¹⁷⁾の結果と同様であった。

平成 30 年度大気汚染物質に係る常時監視測定結果（環境省¹⁸⁾（以下、「常時監視測定結果」という）によると、PM_{2.5} 質量濃度の季節別の傾向は「平成 30 年度は晩夏から秋季の濃度が低く、9 月の月平均値が最も低かった。一方、平成 30 年 4～5 月の全国、平成 30 年 7 月の西日本、平成 31 年 2～3 月の北日本において、日平均値が

表 1 PM_{2.5}成分濃度及び割合

単位 上段 (μg/m³)
中段 (%)
下段 (%)

採取月	採取地点	PM _{2.5} 質量濃度	TC					付成分											other
			OC		PAHs		EC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	NH ₄ ⁺ 以外	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺			
			PAHs	PAHs以外	OC	OC													
6-7月	輪島	平均値	8.56	2.75	2.50	0.05	2.46	0.25	1.86	0.04	0.18	1.22	0.19	0.23	0.13	0.01	0.02	0.07	3.94
		割合	100.0	32.2	29.2	0.5	28.7	3.0	21.7	0.5	2.1	14.2	2.3	2.7	1.6	0.1	0.2	0.8	46.1
		各成分中の割合	---	100.0	90.8	1.7	89.1	9.2	100.0	2.1	9.6	65.6	10.4	12.3	7.2	0.4	0.9	3.8	---
	松任	平均値	10.44	3.19	2.77	0.14	2.63	0.42	3.32	0.06	0.34	2.08	0.30	0.55	0.37	0.05	0.03	0.09	3.93
		割合	100.0	30.6	26.5	1.3	25.2	4.0	31.8	0.6	3.3	19.9	2.8	5.2	3.5	0.5	0.3	0.9	37.6
		各成分中の割合	---	100.0	86.8	4.4	82.4	13.2	100.0	1.8	10.2	62.6	8.9	16.5	11.1	1.6	0.9	2.8	---
9月	輪島	平均値	4.36	1.55	1.40	0.14	1.26	0.15	1.50	0.00	0.02	1.07	0.33	0.07	0.04	0.02	0.00	0.01	1.31
		割合	100.0	35.6	32.1	3.3	28.8	3.5	34.4	0.1	0.5	24.6	7.7	1.6	0.9	0.5	0.0	0.1	30.0
		各成分中の割合	---	100.0	90.1	9.3	80.8	9.9	100.0	0.3	1.4	71.4	22.3	4.6	2.6	1.5	0.1	0.4	---
	松任	平均値	5.85	2.53	2.17	0.28	1.89	0.36	2.14	0.01	0.10	1.43	0.42	0.18	0.08	0.07	0.01	0.02	1.17
		割合	100.0	43.2	37.1	4.8	32.3	6.1	36.7	0.2	1.7	24.5	7.2	3.1	1.4	1.3	0.2	0.3	20.1
		各成分中の割合	---	100.0	85.8	11.1	74.7	14.2	100.0	0.5	4.5	66.9	19.6	8.5	3.8	3.4	0.5	0.7	---
12月	輪島	平均値	4.06	1.19	0.99	0.57	0.42	0.20	1.60	0.04	0.06	1.07	0.31	0.11	0.07	0.04	0.01	0.00	1.27
		割合	100.0	29.2	24.3	14.0	10.3	4.9	39.5	1.1	1.6	26.4	7.6	2.8	1.7	0.9	0.2	0.0	31.3
		各成分中の割合	---	100.0	83.2	48.0	35.2	16.8	135.2	3.8	5.5	90.3	26.0	9.7	6.0	3.0	0.6	0.1	---
	松任	平均値	4.44	1.63	1.25	0.82	0.44	0.37	1.90	0.12	0.15	1.11	0.30	0.23	0.14	0.07	0.01	0.01	0.91
		割合	100.0	36.6	28.3	18.4	9.8	8.4	42.8	2.7	3.3	25.0	6.7	5.1	3.2	1.5	0.3	0.1	20.6
		各成分中の割合	---	100.0	77.2	50.3	26.9	22.8	100.0	6.2	7.7	58.5	15.7	11.9	7.4	3.4	0.8	0.3	---
2-3月	輪島	平均値	12.54	3.99	3.47	0.68	2.79	0.52	4.48	0.01	0.49	2.72	0.98	0.28	0.09	0.16	0.01	0.02	4.06
		割合	100.0	31.8	27.7	5.5	22.2	4.2	35.7	0.1	3.9	21.7	7.8	2.2	0.7	1.3	0.1	0.1	32.4
		各成分中の割合	---	100.0	86.9	17.1	69.8	13.1	100.0	0.2	11.0	60.7	21.9	6.2	2.0	3.5	0.3	0.4	---
	松任	平均値	13.46	3.96	3.35	1.02	2.33	0.60	5.80	0.05	1.11	3.04	1.23	0.37	0.18	0.14	0.02	0.03	3.70
		割合	100.0	29.4	24.9	24.9	24.9	4.5	43.1	0.4	8.3	22.6	9.1	2.7	1.3	1.0	0.2	0.2	27.5
		各成分中の割合	---	100.0	84.7	25.8	59.0	15.3	100.0	0.9	19.2	52.3	21.2	6.4	3.0	2.4	0.4	0.5	---
全データ	輪島	平均値	7.38	2.37	2.09	0.36	1.73	0.28	2.36	0.02	0.19	1.52	0.45	0.17	0.08	0.06	0.01	0.02	2.65
		割合	100.0	32.1	28.3	4.9	23.4	3.8	32.0	0.3	2.6	20.6	6.1	2.3	1.1	0.8	0.1	0.3	35.9
		各成分中の割合	---	100.0	88.1	15.2	72.9	11.9	100.0	1.0	8.0	64.4	19.2	7.3	3.5	2.4	0.4	1.0	---
	松任	平均値	8.48	2.81	2.37	0.58	1.79	0.44	3.25	0.06	0.41	1.90	0.54	0.33	0.20	0.08	0.02	0.04	2.42
		割合	100.0	33.1	28.0	6.8	21.1	5.1	38.3	0.7	4.8	22.4	6.4	3.9	2.3	1.0	0.2	0.4	28.6
		各成分中の割合	---	100.0	84.5	20.7	63.8	15.5	100.0	1.9	12.7	58.4	16.8	10.3	6.0	2.5	0.6	1.1	---

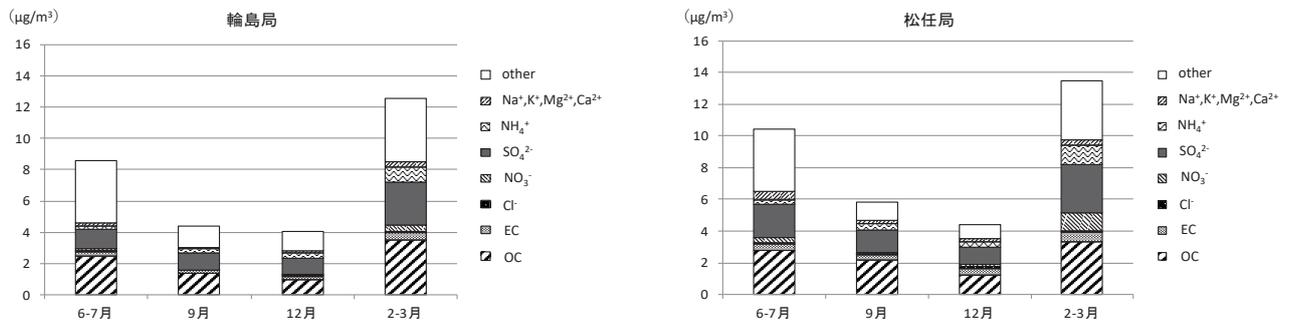


図 2 採取月別成分濃度

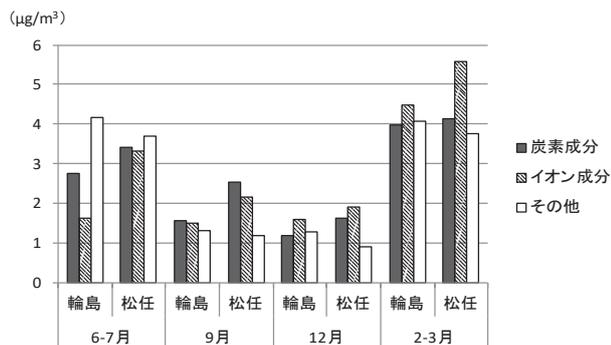


図 3 PM_{2.5}の炭素成分及びイオン成分の濃度

35 μg/m³を超過した延べ日数が多かった。」とされており、今回の結果はこの報告と一致していた。

また、地点別の炭素成分とイオン成分の濃度を図3に示す。輪島局、松任局ともに、6-7月、9月は炭素成分濃度 ≥ イオン成分濃度、12月、2-3月は炭素成分濃度 ≤ イオン成分濃度となった。炭素成分濃度及びイオン成分濃度はともに輪島局より松任局で高い傾向であった。

(2) 成分組成

PM_{2.5}の中の成分組成を表1、図4に示す。

平均値で比較すると、輪島局では炭素成分が32.1%、イオン成分が32.0%、松任局では炭素成分が33.1%、イ

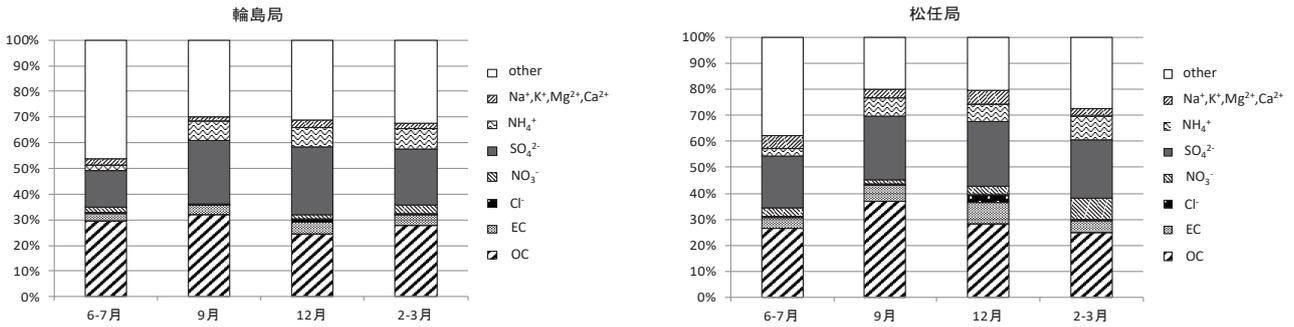


図 4 採取月別成分組成

表 2 H30年度全国の成分組成との比較

区分	採取地点	OC	EC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺	other
バックグラウンド	輪島	28.3	3.8	0.3	2.6	20.6	6.1	2.3	35.9
	全国値	18.0	4.0	1.0	3.0	31.0	10.0	3.0	30.0
一般環境	松任	28.0	5.1	0.7	4.8	22.4	6.4	3.9	28.6
	全国値	23.0	6.0	1.0	6.0	26.0	10.0	2.0	26.0

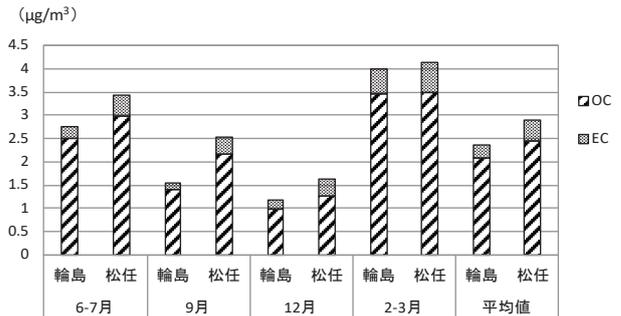


図 5 採取月別炭素成分濃度

オン成分が38.3%であった。

PM_{2.5}の平均組成とH30年度全国測定結果¹⁸⁾を表2に示す。輪島局及び松任局の平均組成は、主にOC(輪島28.3%, 松任28.0%)とSO₄²⁻(輪島20.6%, 松任22.4%)が占め、次いでNH₄⁺が高くなっていた。これは全国測定結果と同様の傾向であり、OCの割合は全国測定結果と比べてやや高かった(松任局:一般環境, 輪島局:バックグラウンド)。

(3) 炭素成分

ア 季節変動

炭素成分の濃度を表1, 図5に示す。輪島局及び松任局ともに、2-3月が最も高く、次いで6-7月が高く、9月と12月が低くなり既報¹⁷⁾と同様の傾向であった。

イ 成分組成

炭素成分に対する有機炭素(以下、「OC」という)及び元素炭素(以下、「EC」という)の割合を表1, 図6に示す。OCの割合は77.2%~90.8%, ECの割合は9.2%~22.8%であり、炭素成分の約80%~90%がOCであった。炭素成分に占めるOCの割合は、12月に低く、他の時期は同程度で、ECの割合は、12月に高く、他の時期は同程度であった。

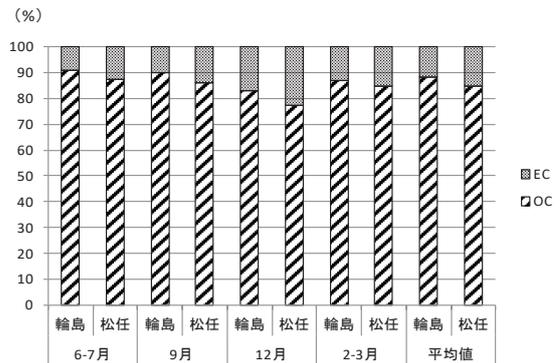


図 6 OCとECの組成比

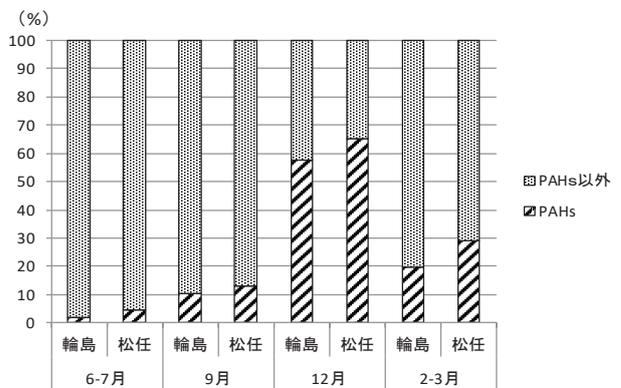


図 7 OC中のPAHsの割合

PAHsはOCの中に含まれ、その割合を図7に示す。PAHsの割合が最も高くなったのは、12月で約60%(輪島局57.7%, 松任局65.2%)を占めていた。北陸では、冬季に降雨・降雪が多くなる気象条件からPM_{2.5}の発生が抑制され、一方で国内外において暖房等のため各種燃料の使用が増大することからPAHs濃度が高くなるこ

と¹⁹⁾により相対的に割合が高くなると考えられる。

(4) イオン成分

ア 季節変動

採取月別イオン成分濃度を図8に示す。輪島局では

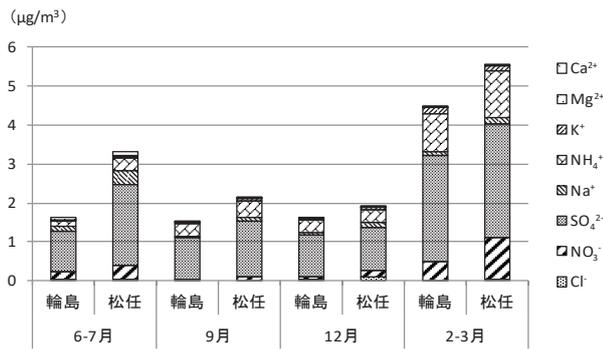


図8 採取月別イオン成分濃度

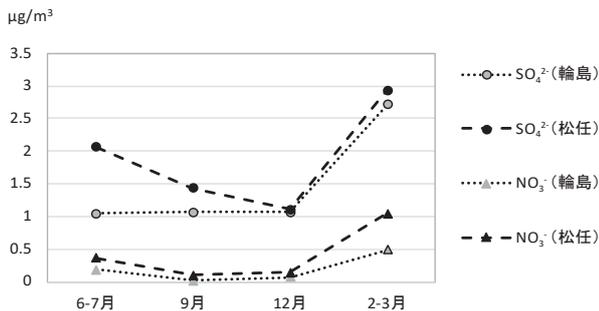


図9 採取月別のSO₄²⁻、NO₃⁻

2-3月が最も高く、他は同程度であった。松任局では2-3月が最も高く、次いで6-7月が高く、9月、12月は同程度であった。この傾向は既報の季節変動¹⁷⁾と同様であった。6-7月で輪島局と松任局で異なる傾向となったが、理由はわからなかった。

PM_{2.5}には、事業活動や自動車から排出されたSO_x、NO_x、NH₄等から二次生成された硫酸アンモニウム、硝酸アンモニウムが含まれているとされている¹⁾²⁰⁾。SO₄²⁻とNO₃⁻の季節変動を図9に示す。SO₄²⁻と比較しNO₃⁻濃度は非常に低く、気温が低い2-3月に濃度が高

くなっている。田中ら²¹⁾は大気中のアンモニア、塩化水素、硝酸ガスは、低温では粒子状の塩として存在し、高温ではガスとして存在しやすいためとしている。

全ての期間でSO₄²⁻及びNO₃⁻の濃度は、松任局が輪島局より高かった。

イ 濃度及び割合

イオン成分の濃度及び割合を表1に示す。イオン濃度の平均値では、SO₄²⁻が輪島局で1.52 µg/m³、松任局で1.90 µg/m³、NO₃⁻が輪島局で0.19 µg/m³、松任局で0.41 µg/m³、NH₄⁺が輪島局で0.45 µg/m³、松任局で0.54 µg/m³であり、これら3種のイオンで全イオンの約90%（輪島局91.7%、松任局87.9%）であった。

輪島局及び松任局について、SO₄²⁻ + NO₃⁻のイオン当量とNH₄⁺のイオン当量の相関を図10に示す。SO₄²⁻ + NO₃⁻のイオン当量とNH₄⁺のイオン当量は強い相関があり、イオンのバランスがとれていた。この結果は、既報²²⁾と同様で、主として硫酸アンモニウム、硝酸アンモニウムとして存在していると考えられた。

ウ 海塩の影響

海塩の影響を見るために、Mg²⁺とNa⁺の相関とMg²⁺/Na⁺の比を表3に示す。Mg²⁺とNa⁺の間には、強い相関があり、6-7月と輪島局の9月を除き、危険率1%で有意であった。また、Mg²⁺/Na⁺の比は、輪島局で6-7月は0.116、9月は0.052、12月は0.097、2-3月は0.142で、松任局で6-7月は0.082、9月は0.141、12月は0.105、2-3月は0.133であった。海塩のMg²⁺/Na⁺ = 0.120²³⁾と比較すると、輪島の9月を除き、ほぼ類似した値であった。このことから、Mg²⁺とNa⁺は、主に海塩の影響であると考えられた。なお、輪島局の9月において、Mg²⁺とNa⁺の間に有意な相関がなく、Mg²⁺/Na⁺が0.052と低くなったが、理由はわからなかった。

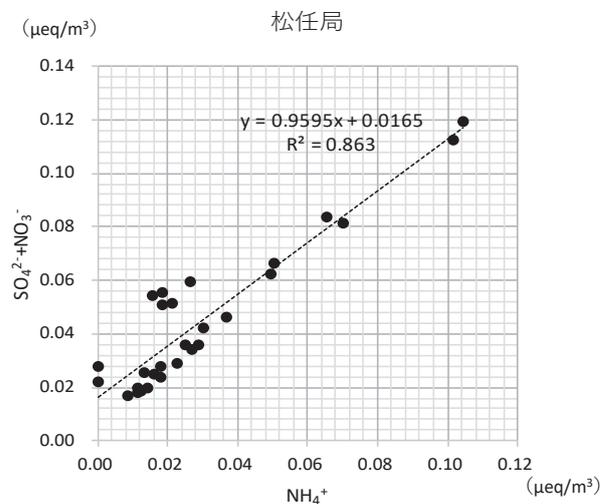
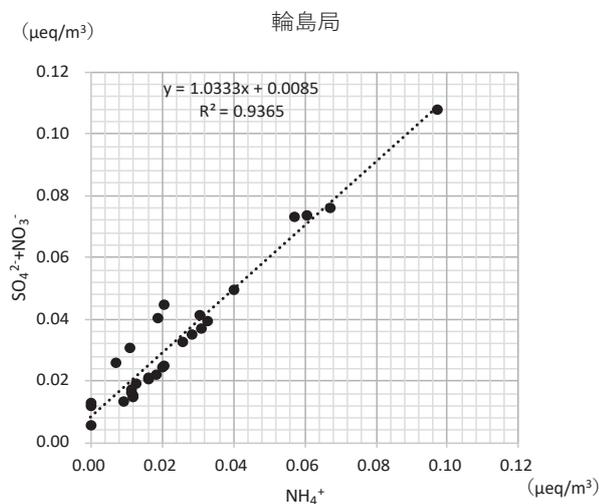


図10 (SO₄²⁻ + NO₃⁻)とNH₄⁺との相関(イオン当量濃度)

表 3 Mg²⁺ と Na⁺ との相関係数と Mg²⁺/Na⁺

項目	調査地点	6-7月	9月	12月	2-3月
相関係数	輪島局	0.85 *	0.67	0.95 **	0.91 **
	松任局	0.85 *	0.95 **	0.97 **	0.90 **
Mg ²⁺ /Na ⁺	輪島局	0.116	0.052	0.097	0.142
	松任局	0.082	0.141	0.105	0.133

** p < 0.01 * p < 0.05

3・2 PM_{2.5}質量濃度・PAHs濃度と各種データとの相関関係

PM_{2.5}質量濃度及びPAHs濃度と常時監視項目、気象データ、炭素成分及びイオン成分との間の相関を調べた。無相関の検定を行い、データ数が少ないため、危険率1%で有意の場合、「有意な相関がある」と判定した。

(1) PM_{2.5}質量濃度とPAHs濃度との相関

PM_{2.5}質量濃度とPAHs濃度との相関係数を表4に示す。相関係数は、輪島局で0.45、松任局で0.44であり、有意な相関を示さなかった。このことは、既報¹⁸⁾の結果と同様であった。また、採取期間ごとの相関を見ると輪島局では12月に有意な正の相関を示し、松任局は輪島局と比較して相関が高い傾向があった。

(2) 気象データとの相関

気象データとの相関係数を表5に示す。

表 4 PM_{2.5}質量濃度とPAHs濃度との相関係数

調査地点	全期間	6-7月	9月	12月	2-3月
輪島局	0.45 *	0.51	0.50	0.93 **	0.69
松任局	0.44 *	0.74	0.78 *	0.76 *	0.80 *

** p < 0.01 * p < 0.05

表 5 気象データとの相関係数

輪島	PM _{2.5} 質量濃度	PAHs	風速	気温	相対湿度	日射量	降水量
PAHs	0.45 *						
風速	-0.19	0.15					
気温	-0.11	-0.72 **	-0.34				
相対湿度	-0.30	-0.65 **	-0.09	0.48 *			
日射量	...	...	...	...	...
降水量	-0.16	-0.18	0.35	0.08	0.51 **	...	
日照時間	0.46 *	-0.02	-0.46 *	0.31	-0.36	...	-0.45 *

松任	PM _{2.5} 質量濃度	PAHs	風速	気温	相対湿度	日射量	降水量
PAHs	0.44 *						
風速	-0.19	0.26					
気温	-0.02	-0.74 **	-0.55 **				
相対湿度	-0.33	-0.25	0.12	-0.03			
日射量	0.08	-0.44 *	-0.65 **	0.75 **	-0.36		
降水量	-0.25	-0.24	0.13	0.11	0.48 **	-0.25	
日照時間	0.36	-0.11	-0.44 *	0.44 *	-0.72 **	0.65 **	-0.33

** : p < 0.01 * : p < 0.05

PM_{2.5}質量濃度と気温、風速、相対湿度、日射量、日照時間、降水量の間には、有意な相関を示す項目はなかった。

また、PAHs濃度との相関を見ると、輪島局で気温と相対湿度の間に有意な負の相関があり、松任局では気温と有意な負の相関があった。

PAHs濃度と気温との相関は、PAHsの環数別に見ても有意な負の相関があり(表6)、採取期間ごとに見ると、相関係数は輪島局、松任局ともに6-7月は正となり、他の期間は負となった。これは既報¹⁷⁾の輪島市西二又(金沢大学環日本海域環境研究センター能登大気観測スーパーサイト)と同様の傾向であった。

また、PM_{2.5}質量濃度と気温との相関は、6-7月の輪島局では有意な正の相関となり、他の期間では有意な相関を示さなかった(表7)。データ数が少ないことからデータ数を増やし今後さらなる検討が必要と考える。

(3) 常時監視項目との相関

常時監視項目との相関係数を表8に示す。

PM_{2.5}質量濃度との相関では、輪島局でSO₂、NO、NO₂、SPMが、松任局ではSPMが有意な正の相関があった。

また、PAHs濃度との相関を見ると、輪島局でNO₂、Ox、CH₄が、松任局ではCO、Ox、CH₄との間に有意な正の相関があった。

松任局のPAHs濃度は、自動車排ガス汚染の指標であるCOと有意な相関があり、これは地理的に交通量の多い国道8号線が近いことから、PAHsの発生源として自動車排ガスが寄与しているためと考えられた。

また、輪島局では、PM_{2.5}質量濃度に関して、NO、NO₂と有意な相関があり、PAHs濃度に関して、NO₂との間に有意な相関があった。NO、NO₂は、自動車排ガス及

表6 PAHs濃度と気温との相関係数

		4環	5環	6環	PAHs計
全期間	輪島局	-0.73 **	-0.71 **	-0.71 **	-0.72 **
	松任局	-0.71 **	-0.74 **	-0.76 **	-0.74 **
6-7月	輪島局	0.89 **	0.90 **	0.79 *	0.88 **
	松任局	0.31	0.39	0.43	0.40
9月	輪島局	-0.79 *	-0.46	-0.22	-0.50
	松任局	-0.79 *	-0.85 *	-0.79 *	-0.83 *
12月	輪島局	-0.20	-0.12	-0.07	-0.14
	松任局	-0.35	-0.31	-0.32	-0.34
2-3月	輪島局	-0.40	-0.39	-0.41	-0.40
	松任局	-0.22	-0.08	-0.08	-0.13

** : p < 0.01 * : p < 0.05

表7 PM_{2.5}質量濃度と気温との相関係数

調査地点		全期間	6-7月	9月	12月	2-3月
PM _{2.5} 質量濃度	輪島局	-0.11	0.83*	0.07	0.20	-0.17
	松任局	-0.02	0.54	-0.48	0.23	-0.33

** p < 0.01 * p < 0.05

び固定発生源双方の指標であるが、輪島局周辺の交通量は少なく、近隣に固定発生源は存在しない。越境汚染の影響も考えられるが、今後さらなる検討が必要である。

(4) 炭素成分との相関

炭素成分との相関係数を表9に示す。

PM_{2.5}質量濃度との相関では、輪島局及び松任局ともにOC、ECと有意な正の相関があった。また、PAHs濃度との相関を見ると、輪島局及び松任局ともにECと有

意な正の相関があった。

OCは主にVOCから二次生成され、ECは化石燃料の燃焼等によって排出される。このことから、輪島局及び松任局ともに化石燃料の燃焼等の影響を受けていることが示唆された。しかし、輪島局周辺の交通量は少なく、近隣に固定発生源は存在しない。越境汚染の影響も考えられるが、今後さらなる検討が必要である。

4 まとめ

(1) PM_{2.5}質量濃度の季節変動は、2-3月が最も高く、次いで6-7月が高く、9月と12月が低くなり、国のH30年度常時監視測定結果の報告と一致していた。

炭素成分濃度及びイオン成分濃度は、輪島局より人為的な影響が大きいと考えられる松任局で高い傾向であった。

輪島局及び松任局の平均組成は、主にOCとSO₄²⁻が占めていた。OCの割合は、全国測定結果と比べてやや高かった。

炭素成分の季節変動は、輪島局及び松任局ともに、PM_{2.5}質量濃度の季節変動と同様であった。炭素成分の約80%~90%がOCであり、ECの割合は12月に高くなった。OC中に占めるPAHsは、12月に約60%と高い値となった。

イオン成分の季節変動は、輪島局では2-3月が最も高く、他の時期は同程度であったが、松任局ではPM_{2.5}質量濃度の季節変動と同様であった。PM_{2.5}中のイオン成分としては、主として硫酸アンモニウム、硝

表8 常時監視項目との相関係数

輪島	PM _{2.5} 質量濃度	PAHs	SO ₂	NO	NO ₂	CO	Ox	NMHC	CH ₄	SPM
PAHs	0.45 *									
SO ₂	0.60 **	0.47 *								
NO	0.62 **	0.35	0.36							
NO ₂	0.52 **	0.64 **	0.53 **	0.74 **						
CO	...	...	...	...	...
Ox	0.33	0.63 **	0.48 *	0.37	0.69 **	...				
NMHC	0.47 *	0.23	0.22	0.64 **	0.58 **	...	0.31			
CH ₄	0.04	0.70 **	0.31	0.29	0.68 **	...	0.85 **	0.24		
SPM	0.90 **	0.44 *	0.58 **	0.67 **	0.61 **	...	0.42 *	0.51 **	0.15	
PM _{2.5} 自動測定機	0.94 **	0.51 **	0.63 **	0.68 **	0.64 **	...	0.49 **	0.51 **	0.23	0.96 **

松任	PM _{2.5} 質量濃度	PAHs	SO ₂	NO	NO ₂	CO	Ox	NMHC	CH ₄	SPM
PAHs	0.44 *									
SO ₂	0.00	-0.28								
NO	0.17	0.15	-0.10							
NO ₂	0.37	0.44 *	0.00	0.79 **						
CO	0.10	0.68 **	-0.18	0.23	0.51 **					
Ox	0.33	0.62 **	-0.04	-0.10	0.11	0.72 **				
NMHC	0.19	-0.47 *	0.22	0.43 *	0.25	-0.46 *	-0.71 **			
CH ₄	0.29	0.73 **	-0.11	0.00	0.41 *	0.85 **	0.77 **	-0.58 **		
SPM	0.95 **	0.34	-0.04	0.16	0.29	0.14	0.29	0.27	0.24	
PM _{2.5} 自動測定機	0.82 **	0.61 **	-0.11	0.20	0.46 *	0.51 **	0.55 **	-0.04	0.54 **	0.84 **

** p < 0.01 * p < 0.05

表 9 炭素成分との相関係数

輪島	PM _{2.5} 質量濃度	PAHs	OC	EC
PAHs	0.45 *			
OC	0.87 **	0.40 *		
EC	0.92 **	0.62 **	0.83 **	
TC	0.89 **	0.43 *	1.00 **	0.86 **

松任	PM _{2.5} 質量濃度	PAHs	OC	EC
PAHs	0.44 *			
OC	0.92 **	0.42 *		
EC	0.84 **	0.62 **	0.84 **	
TC	0.92 **	0.46 *	1.00 **	0.88 **

** : p < 0.01 * : p < 0.05

酸アンモニウムとして存在していると考えられ、Mg²⁺とNa⁺は、主に海塩の影響であると考えられた。

(2) PM_{2.5}質量濃度とPAHs濃度との間には、有意な相関は見られず、気象データとの間にも、有意な相関は見られなかった。PAHs濃度と気温の間には、輪島局、松任局ともに有意な負の相関があった。

常時監視項目との相関では、松任局でPAHs濃度と自動車排ガス汚染の指標であるCOと、輪島局でPM_{2.5}質量濃度と自動車排ガスおよび固定発生源双方の指標であるNO、NO₂と、PAHs濃度とはNO₂と有意な正の相関を示した。

炭素成分との相関では、輪島局及び松任局ともに、PM_{2.5}質量濃度とOC、ECの間に有意な正の相関があり、PAHs濃度はECと有意な正の相関があった。ECは化石燃料の燃焼等によって排出されることから、輪島局及び松任局ともに化石燃料の燃焼等の影響を受けていることが示唆された。

しかし、輪島局周辺の交通量は少なく、近隣に固定発生源は存在しない。越境汚染の影響も考えられたが、今後さらなる検討が必要である。

PM_{2.5}質量濃度に加えて、各成分についても季節間の差が見られた。今後はデータの蓄積を図るとともに無機元素のデータを加えて、季節間の差をPM_{2.5}発生源と絡めて検討することを考えている。

文 献

- 1) 微小粒子状物質 (PM_{2.5}) に関する情報 (環境省)
<http://www.env.go.jp/air/osen/pm/info.html#ABOUT>
 - 2) 「PM_{2.5}」による大気汚染健康に及ぼす影響と日常生活における注意点 (政府広報オンライン)
<https://www.gov-online.go.jp/useful/article/201303/5.html>
 - 3) 「大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気汚染
- の状況の常時監視に関する事務の処理基準について」の一部改正について (平成22年3月31日環水大発第100331001号、環水大自発第100331002号)
- 4) 環境省 水・大気環境局：微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の成分分析ガイドライン、平成23年7月
 - 5) 久保 隆, 小野敏路, 浦野紘平：多環芳香族炭化水素類による大気汚染特性. 大気環境学会誌, **37**(2), 131-140, 2002.
 - 6) 吉岡秀俊, 泉川碩雄, 秋山 薫, 渡邊武春, 鎌滝裕輝, 早福正孝, 清宮隆治, 菅 邦子, 潮来野国彦：環境大気における多環芳香族炭化水素の濃度推移と挙動 (第2報). 東京都環境科学研究所年報, 1993年度, 53-60, 1994.
 - 7) 小川佳美, 兼保直樹, 佐藤 圭, 高見昭憲, 林 政彦, 原圭一郎, 畠山史郎：長距離輸送された多環芳香族炭化水素とn-アルカン—2009年春季及び秋季の沖縄辺戸岬, 福江島, 福岡での測定から— . 大気環境学会誌, **47**(1), 18-25, 2012.
 - 8) HAYAKAWA Kazuichi Editor : Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Environmental Behavior and Toxicity in East Asia, 59-63, Springer (2018)
 - 9) KAKIMOTO Hitoshi, KITAMURA Moritsugu, MATSUMOTO Yutaka, SAKAI Shigekatsu, KANO H Fumio, MURAHASHI Tsuyoshi, AKUTSU Kazuhiko, KIZU Ryoichi, HAYAKAWA Kazuichi: Comparison of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons and nitropolycyclic aromatic hydrocarbons in Kanazawa, Sapporo and Tokyo. Journal of Health Science, **46**, 5-15, 2000.
 - 10) KAKIMOTO Hitoshi, MATSUMOTO Yutaka, SAKAI Shigekatsu, KANO H Fumio, ARASHIDANI Keiichi, TANG Ning, AKUTSU Kazuhiko, NAKAJIMA Atsuko, AWATA Yukie, TORIBA Akira, KIZU Ryoichi, HAYAKAWA Kazuichi: Comparison of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons and nitropolycyclic aromatic hydrocarbons in an industrialized city (Kitakyushu) and two commercial cities (Sapporo and Tokyo) .Journal of Health Science., **48**, 370-375, 2002.
 - 11) HAYAKAWA Kazuichi Editor : Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Environmental Behavior and Toxicity in East Asia, 65-74, Springer (2018)
 - 12) TANG Ning, HATTORI Tetsuyuki, TAGA Rina, IGARASHI Kazuhiko, YANG Xiaoyang, TAMURA Kenji, KAKIMOTO Hitoshi, MISHUKOV Vasilii F., TORIBA Akira, KIZU Ryoichi, HAYAKAWA

- Kazuichi: Polycyclic aromatic hydrocarbons and nitropolycyclic aromatic hydrocarbons in urban air particulates and their relationship to emission sources in the Pan-Japan Sea countries. *Atmospheric Environment*, **39**, 5817-5826, 2005.
- 13) YANG Xiao-yang, OKADA Yumi, TANG Ning, MATSUNAGA Shiori, TAMURA Kenji, LIN Jin-Ming, KAMEDA Takayuki, TORIBA Akira, HAYAKAWA Kazuichi: Long-range transport of polycyclic aromatic hydrocarbons from China to Japan. *Atmospheric Environment*, **41**, 2710-2718, 2007.
- 14) 環境省水・大気環境局：大気中微小粒子状物 (PM_{2.5}) 成分測定マニュアル，令和元年5月14日改訂。
- 15) 環境省水・大気環境局：有害大気汚染物質測定方法マニュアル，平成26年3月
- 16) 河本公威，牧野雅英，宮田朋子，加藤真美，太田聡，初瀬 裕：石川県における微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 中の多環芳香族炭化水素類の濃度について，石川県保健環境センター研究報告書，**55**，1-6 (2018)
- 17) 河本公威，初瀬 裕，太田 聡，牧野雅英，加藤真美，里見良二，柿本 均：第46回環境保全・公害防止研究発表会「石川県における微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 中の多環芳香族炭化水素類の特徴について」
- 18) 平成30年度 大気汚染物質 (有害大気汚染物質等を除く) に係る常時監視測定結果 環境省HP
- 19) 河本公威，牧野雅英，加藤真美，宮田朋子，太田聡，初瀬 裕，柿本 均：石川県内で採取されたPM_{2.5}中の多環芳香族炭化水素類の濃度変動について，全国環境研会誌，**43**(4)，51-59 (2018)
- 20) 若松伸司，岡崎友紀代，神田 勲：二次生成大気汚染物質 (オゾン，PM_{2.5}) に関する近年の研究の状況，日本マリンエンジニアリング学会誌，**49**(6)，54-59 (2014)
- 21) 田中 茂，駒崎雄一，山縣勝弘，橋本芳一：大気中の塩化アンモニウムおよび硝酸アンモニウムの挙動とその解離平衡，日本化学会誌，**12**，2338-2343，(1987)
- 22) 宮田朋子，野口邦雅，堀 秀朗，柿澤隆一：石川県における微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の成分測定結果について (平成24～25年度)，石川県保健環境センター研究報告書，**51**，49-56 (2014)
- 23) 酸性雨調査法，酸性雨調査法研究会 (1993)，268

〔資料〕

日常食中の放射能調査(福島第一原子力発電所事故後)

石川県保健環境センター 環境科学部 小林 浩美・山口 麻美・宮竹 智代
内田 賢吾

〔和文要旨〕

本県では国委託事業である環境放射能水準調査として県民が食する日常食中の放射能調査を昭和38年度から平成20年度まで実施し、さらに県単独で食品に関連した調査研究を行ってきた。しかし、平成23年3月の福島第一原子力発電所事故以降、日常食中の放射能調査を行っていないことから、今回、福島第一原子力発電所事故の影響が、どの程度県内の食品に見られるのか確認するため調査を実施した。

調査対象は、過去の日常食の調査に近似した食品として県内の弁当店及びスーパーマーケットで販売されている弁当とした。また、個別食品としてジビエ肉、市販の牛肉、豚肉についても調査した。

調査の結果、弁当からはセシウム-137は検出されず、ジビエ肉からは1Bq/kg生程度、市販の牛肉、豚肉からは0.02Bq/kg生程度のセシウム-137が検出され、ジビエ肉は市販肉より約50倍高い濃度であった。検出されたセシウム-137は、ほとんどが過去の核実験又はチェルノブイリ原子力発電所事故によるものと考えられた。

キーワード：放射能調査、日常食、ジビエ肉、セシウム-137

1 はじめに

石川県が過去に実施した日常食中の放射能調査(以下「日常食調査」という。)には、国委託事業の環境放射能水準調査¹⁾(以下、「水準調査」という。)と県単独の調査研究²⁻⁴⁾がある。

水準調査における日常食調査は、昭和38年度から平成20年度まで行われ、大気圏内核実験(以下「核実験」という。)やチェルノブイリ原子力発電所事故(以下「チェルノブイリ事故」という。)の影響が大きく残っていた昭和38年度から昭和63年度までのセシウム-137摂取量は0.067~2.05Bq/人日であった。平成元年度から平成10年度までの摂取量はND(<0.015)~0.31Bq/人日、平成11年度から平成20年度までの摂取量はND(<0.015)~0.17Bq/人日であり、徐々に減少していることが明らかとなった。

この他、本県では、調査研究「日常食中の放射能調査」として、平成2年度から平成12年度にかけて、陰膳方式及び食品群別に個別食品調査を行なうマーケットバスケット方式で日常食調査を行った²⁻⁴⁾。平成2年度から平成7年度までの陰膳方式の調査では、セシウム-137摂取量はND(<0.04)~0.78Bq/人日であった。食品群別の個別食品調査及び国民栄養調査の摂取量から試算したセシウム-137の摂取量は0.10Bq/人日となり、陰膳方式の方がセシウム-137摂取量が高くなった。この原因は、摂取食品のアンケート調査から自生した「きのこ類」を摂取したのものによるものと考えられた。平成16年度から平成19年度にかけ、自生・栽培した食用きのこに含まれるセシウム-137の比較調査⁵⁾を行なったところ、自生の方が栽培よりも100倍セシウム-137濃度が高いことが明らかとなった。

この日常食調査については、水準調査での調査が平成

Radioactivity in Diet (after Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident). by KOBAYASHI Hiromi, YAMAGUCHI Asami, MIYATAKE Tomoyo and UCHIDA Kengo (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Radioactivity investigation, Diet, Gibier meat, Cesium-137

20年度で終了して以降、当県では調査を行なっておらず、その後の平成23年3月の福島第一原子力発電所事故（以下「福島第一原発事故」という。）の影響がどの程度、県内の食品に影響を与えているか把握されていない。このことから、今回、日常食調査を行ない、福島第一原発事故の影響がどの程度県内の食品に見られるのか調査を行った。

また、福島第一原発周辺自治体における野生鳥獣の肉（ジビエ肉）の放射能調査においてセシウム-134、137が高い濃度で検出されていることから、個別食品調査としてジビエ肉の調査を行った。

2 調査対象

2・1 調査対象

(1) 日常食調査

調査対象は、市販の弁当とし、県内の弁当店及びスーパーマーケット計4店舗から、1店舗あたり3検体、全12検体を購入した。

検体を購入するにあたり、食材の種類（肉類、魚介類、卵類など）や弁当の形態（幕の内、丼、麺類、お寿司など）が重複しないよう配慮した。

また、それぞれの検体は重量が1kg以上となるよう、1検体あたり3～4個の同じ弁当を購入した。

(2) 個別食品調査

調査対象は、ジビエ肉及び比較対象として市販の牛肉、豚肉とした。

ジビエ肉についてはジビエ肉加工販売所にて県内で捕獲された野生動物のイノシシ、シカ、クマの肉（ジビエ肉）を1検体あたり1kgずつ購入した。

また、スーパーマーケットで牛肉、豚肉を県内産、国内産1検体あたり1kgずつ購入した。

2・2 測定方法

(1) 試料の調製

購入した検体は磁性皿に移し、ハサミで細かく切断後、乾燥機（105℃）で数日間乾燥（乾燥が均一になるよう途中で天地返しを実施）し、更に灰化炉（450℃）で48時間灰化した。灰はU8容器に詰め、ガンマ線核種分析用試料とした。

(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（Ortec社製又はCanberra社製、相対効率45%程度、分解能2keV未満）によるガンマ線核種分析とし、測定時間は80,000秒とした。一部80,000秒測定で痕跡レベルのセシウム-137が検出された試料については、200,000秒測定を行った。

3 結果と考察

3・1 市販弁当中の放射能

市販弁当中の放射能調査結果を表1に示す。

いずれの検体からもセシウム-137は検出されず、福島第一原発事故の影響は確認されなかった。

天然放射性核種であるカリウム-40は3.6～17.4Bq/個（平均8.7Bq/個）となった。1個あたりのカリウム-40が最も高い値を示したのは煮込みハンバーグ弁当であり、最も低い値を示したのは焼きうどんであった。煮込みハンバーグ弁当は同じ肉類が入った弁当よりもカリウム-40が高くなっており、大量にかかったソースが原因と考えられた。

今回調査した弁当のカリウム-40の平均値が8.7Bq/個であることから、この平均値の弁当を1日3個摂取した場合、1日のカリウム-40摂取量は、

$$8.7\text{Bq/個} \times 3\text{個} = 26.1\text{Bq/日}$$

となる。

平成30年「国民健康・栄養調査報告」(厚生労働省)⁶⁾によると、40代の1日のカリウム摂取量は2,077mg/日である。

カリウムの原子量が39.96、カリウム-40の天然の存在比が0.0117%、半減期が1,248×10⁹年であることから、

$$\text{カリウム 1gの放射能} = \lambda N \div 31\text{Bq/g}$$

λ ：壊変定数

N：カリウム1gあたりのカリウム-40原子数

となる。

40代の1日のカリウム-40摂取量は

$$(2,077\text{mg/日}) / (1,000\text{g/mg}) \times 31\text{Bq/g} = 64.39\text{Bq/日}$$

となり、今回調査した弁当から試算したカリウム-40の摂取量は国民健康・栄養調査報告から試算した値と比べると小さかった。

これは、実際の飲食には弁当以外にも、果物や飲み物、味噌汁なども摂取していることが原因と考えられた。

表1 市販弁当中の放射能

検体種類	重量	K-40	Cs-137	Cs-134	K-40	Cs-137	Cs-134
	kg生/個	Bq/kg生			Bq/個		
能登牛すき焼き弁当	0.350	15.7±0.3	N.D.	N.D.	5.5	N.D.	N.D.
能登豚生姜焼き弁当	0.371	25.5±0.4	N.D.	N.D.	9.5	N.D.	N.D.
ハントライス弁当	0.370	24.1±0.4	N.D.	N.D.	8.9	N.D.	N.D.
幕の内弁当	0.417	28.7±0.4	N.D.	N.D.	12.0	N.D.	N.D.
秋の野菜たっぷり弁当	0.356	40.8±0.5	N.D.	N.D.	14.5	N.D.	N.D.
笹寿司	0.319	19.0±0.4	N.D.	N.D.	6.1	N.D.	N.D.
助六寿司	0.231	22.7±0.4	N.D.	N.D.	5.2	N.D.	N.D.
わっぱ飯	0.280	17.3±0.4	N.D.	N.D.	4.8	N.D.	N.D.
銀鮭弁当	0.378	31.4±0.5	N.D.	N.D.	11.9	N.D.	N.D.
煮込みハンバーグ弁当	0.431	40.3±0.5	N.D.	N.D.	17.4	N.D.	N.D.
鶏そぼろ弁当	0.213	24.0±0.4	N.D.	N.D.	5.1	N.D.	N.D.
焼うどん	0.326	11.1±0.3	N.D.	N.D.	3.6	N.D.	N.D.
平均	0.337	25.1	N.D.	N.D.	8.7	N.D.	N.D.

N.D.検出されず

3・2 ジビエ肉及び市販の牛肉・豚肉中の放射能

福島第一原発事故以降、福島第一原発周辺の自治体において、ジビエ肉でセシウム-134、137が比較的高い濃度で検出され、現在も継続調査が行われている^{7)~9)}。

近年、県内でも野生動物のジビエ肉が加工・販売されるようになったことから、ジビエ肉の放射能レベルがどの程度か調査を行なった。また、比較対象として、スーパーマーケットで市販されている牛肉、豚肉の調査を行った。

ジビエ肉中の調査結果を表 2 に、市販の牛肉、豚肉中の調査結果を表 3 に示す。

ジビエ肉のセシウム-137については、0.84~1.26Bq/kg生となり、全ての検体から検出された。イノシシ、シカ、クマではそれぞれ食性が異なるが、ほぼ同程度の濃度であり、福島第一原発事故後の放射性セシウムの一般食品の流通基準値¹⁰⁾である 100Bq/kg と比べると十分低い濃度であった。

表 2 ジビエ肉中の放射能

検体種類	重量 kg生	K-40	Cs-137		Cs-134
			Bq/kg生		
イノシシ (ランプ)	1.1201	111.6±0.8	0.84±0.02		N.D.
シカ (ランプ)	1.0064	96.0±0.7	1.26±0.02		N.D.
クマ (内モモ)	1.1080	79.0±0.6	0.91±0.02		N.D.
平均	1.0782	95.5	1.00		N.D.

表 3 市販牛肉、豚肉中の放射能

検体種類	重量 kg生	K-40	Cs-137		Cs-134
			Bq/kg生		
牛肉 (県内産)	1.0175	66.5±0.4	0.020±0.006		N.D.
牛肉 (国産)	1.0140	73.8±0.4	0.025±0.006		N.D.
豚肉 (県内産)	1.0938	70.0±0.4	0.017±0.006		N.D.
豚肉 (国産)	1.1204	91.0±0.4	0.040±0.006		N.D.
平均	1.0614	75.3	0.026		N.D.

表 4 肉類 (市販) 中の放射能 (平成 7~10 年度調査)

検体種類	K-40	Cs-137		Cs-134
		Bq/kg生		
牛肉 (フィレ)	93.1±0.4	0.027±0.006		N.D.
牛肉 (ロース)	57.7±0.7	0.030±0.006		N.D.
牛肉 (バラ)	36.1±0.4	N.D.		N.D.
牛肉 (レバー)	89±1	N.D.		N.D.
鶏肉 -	90.1±0.3	0.017±0.003		N.D.
鶏肉 (もも)	73.5±0.8	0.022±0.006		N.D.
豚肉 -	61.7±0.4	0.096±0.005		N.D.
豚肉 (ロース)	62.5±0.7	0.115±0.006		N.D.
豚肉 (バラ)	83.5±0.9	0.022±0.007		N.D.
平均	72.0	0.047*		N.D.

※平均に N.D. は含めていない

市販の牛肉、豚肉中のセシウム-137については、牛肉で 0.020~0.025Bq/kg生、豚肉で 0.017~0.040Bq/kg生となり、ジビエ肉と比べると 1/50 程度であった。また、県内産、国内産を比較したが、両者に大きな違いは認められなかった。

福島第一原発事故以前の状況と比較するため、平成 7 年度~平成 10 年度に本県が行なった肉類中の放射能調査結果を表 4 に示す。

牛肉で ND (<0.02) ~0.030Bq/kg生、豚肉で 0.022~0.115Bq/kg生、鶏肉で 0.017~0.022Bq/kg生であり、豚肉の一部で高めのセシウム-137が検出されていたが、今回調査を行なった市販の牛肉、豚肉と同程度であった。

また、今回データをとりまとめるにあたり、肉の部位が不明なものもあったため、参考に平成 10 年度に行なった県内産牛の同一個体中の部位別の放射能調査結果を表 5 に示す。

部位別に濃度の違いはあるが、0.028~0.062Bq/kg生の範囲にあり、今回行なった市販の牛肉と同程度となっている。

今回調査したジビエ肉のセシウム-137が市販の牛肉、豚肉よりも約 50 倍高い濃度であったことから、検出されたセシウム-137が福島第一原発事故によるものかどうか検討を行なった。

我々は、志賀原子力発電所周辺の土壌及び降下物の調査結果から、セシウム-137のほとんどが過去の核実験又はチェルノブイリ事故によるものであり、福島第一原発事故によるものは約 0.9% であると試算¹¹⁾した。

このことから、今回ジビエ肉から検出されたセシウム-137は、福島第一原発事故由来ではなく、過去の核実験又はチェルノブイリ事故によるものと考えられた。

なお、ジビエ肉のセシウム-137が市販の牛肉、豚肉よりも高くなった原因については、摂取した餌に起因すると考えられるが、調査には至っていない。

表 5 県内産牛の同一個体中の部位別放射能 (平成 10 年度調査)

検体種類	K-40	Cs-137		Cs-134
		Bq/kg生		
牛肉 (ウデ)	88 ± 1	0.053 ± 0.006		N.D.
牛肉 (リブロース)	61.1 ± 0.7	0.038 ± 0.005		N.D.
牛肉 (肩ロース)	65.9 ± 0.7	0.037 ± 0.007		N.D.
牛肉 (バラ)	56.6 ± 0.7	0.033 ± 0.002		N.D.
牛肉 (ランプ)	85.5 ± 0.9	0.056 ± 0.006		N.D.
牛肉 (レバー)	92 ± 1	0.038 ± 0.008		N.D.
牛肉 (脾臓)	106 ± 1	0.028 ± 0.006		N.D.
牛肉 (肺)	88.6 ± 1.0	0.044 ± 0.007		N.D.
牛肉 (腎臓)	68.1 ± 0.8	0.062 ± 0.009		N.D.
牛肉 (心臓)	61.4 ± 0.7	0.028 ± 0.005		N.D.
平均	77.3	0.042		N.D.

4 ま と め

今回、福島第一原発事故後初めて日常食中の放射能調査として、県内弁当屋及びスーパーマーケット計4店舗の弁当中の放射能調査を行なったが、セシウム-137は検出されず、福島第一原発事故の影響は確認されなかった。

また、他県の調査においてジビエ肉でセシウム-134, 137が比較的高い濃度で検出されていることから、ジビエ肉及び市販の牛肉、豚肉の調査を行った。ジビエ肉から市販の牛肉、豚肉の約50倍のセシウム-137が検出された。検出されたセシウム-137については、福島第一原発事故の影響はごく僅かであり、ほとんどが過去の核実験又はチェルノブイリ事故によるものと考えられた。

文 献

- 1) 原子力規制庁：“環境放射線データベース”, <https://search.kankyo-hoshano.go.jp/servlet/search.top>, (参照2020-04-01)
- 2) 内田賢吾, 玉井徹, 堀秀朗, 翫幹夫, 牛島茂: 日常食中の放射能調査, 石川県保健環境センター年報, **33**, 132-144 (1996)
- 3) 内田賢吾, 玉井徹, 堀秀朗: 日常食中の放射能調査 (第2報), 石川県保健環境センター年報, **34**, 94-97 (1997)
- 4) 堀秀朗, 橋本桂輔, 翫幹夫, 玉井徹, 内田賢吾: 各種食品のガンマ線核種分析調査結果, 石川県保健環境センター研究報告書, **38**, 126-130 (2001)
- 5) 小浦利弘: 環境放射能のキノコへの挙動について, 石川県環境放射線変動の予兆に関する調査研究報告書, 133-172 (2008)
- 6) 厚生労働省: 平成30年国民健康・栄養調査報告, 60-61 (2020)
- 7) 福島県: 野生鳥獣の放射線モニタリング調査結果, <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/wildlife-radiationmonitoring1.html>, (参照2020-04-01)
- 8) 山形県: 野生鳥獣の肉における放射性物質検査について, https://www.pref.yamagata.jp/kurashi/shizen/seibutsu/7050011copy_of_work_of_copy2_of_wildanimaltest2012.html (参照2020-04-01)
- 9) 埼玉県: 野生獣肉の放射性物質調査の結果について, <https://www.pref.saitama.lg.jp/a0508/wildmeat.html>, (参照2020-04-01)
- 10) 平成24年厚生労働省告示第130号
- 11) 内田賢吾: 石川県内の福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質の影響割合, 石川県保健環境センター研究報告書, **57**, 19-22 (2020)

〔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¹⁾²⁾。

前報³⁾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0.48m²）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」⁴⁾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⁵⁾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。

降水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³⁾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³⁾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³⁾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」⁶⁾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⁷⁾。

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, 降水量, 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

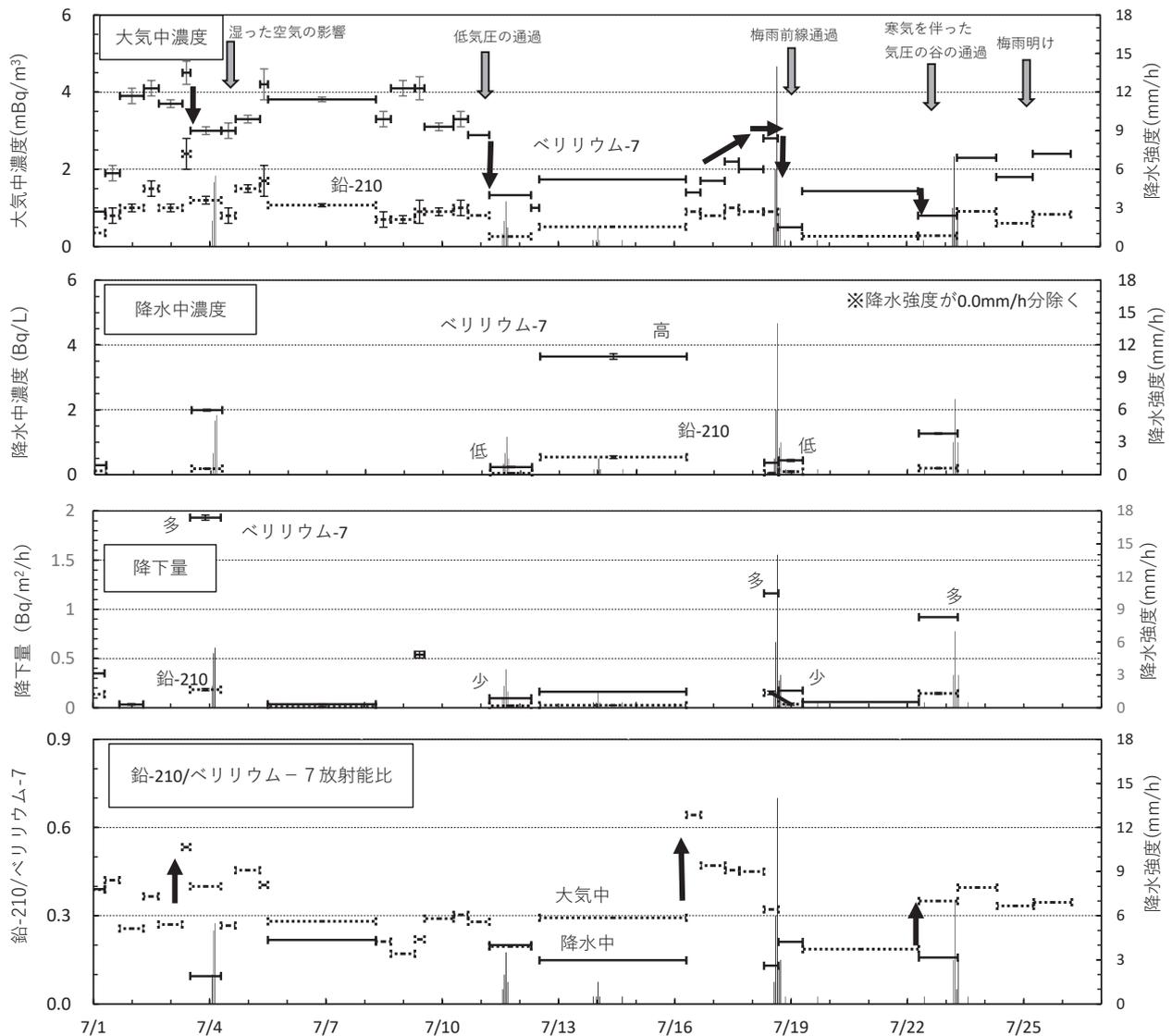


図 1 降下物・大気浮遊じん中のベリリウム-7, 鉛-210 (令和元年7月)

れた。

「石川県の気象概況」⁶⁾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。当該期間が高気圧に覆われ、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。

降水量は降水量が多い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³⁾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」⁸⁾⁹⁾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。

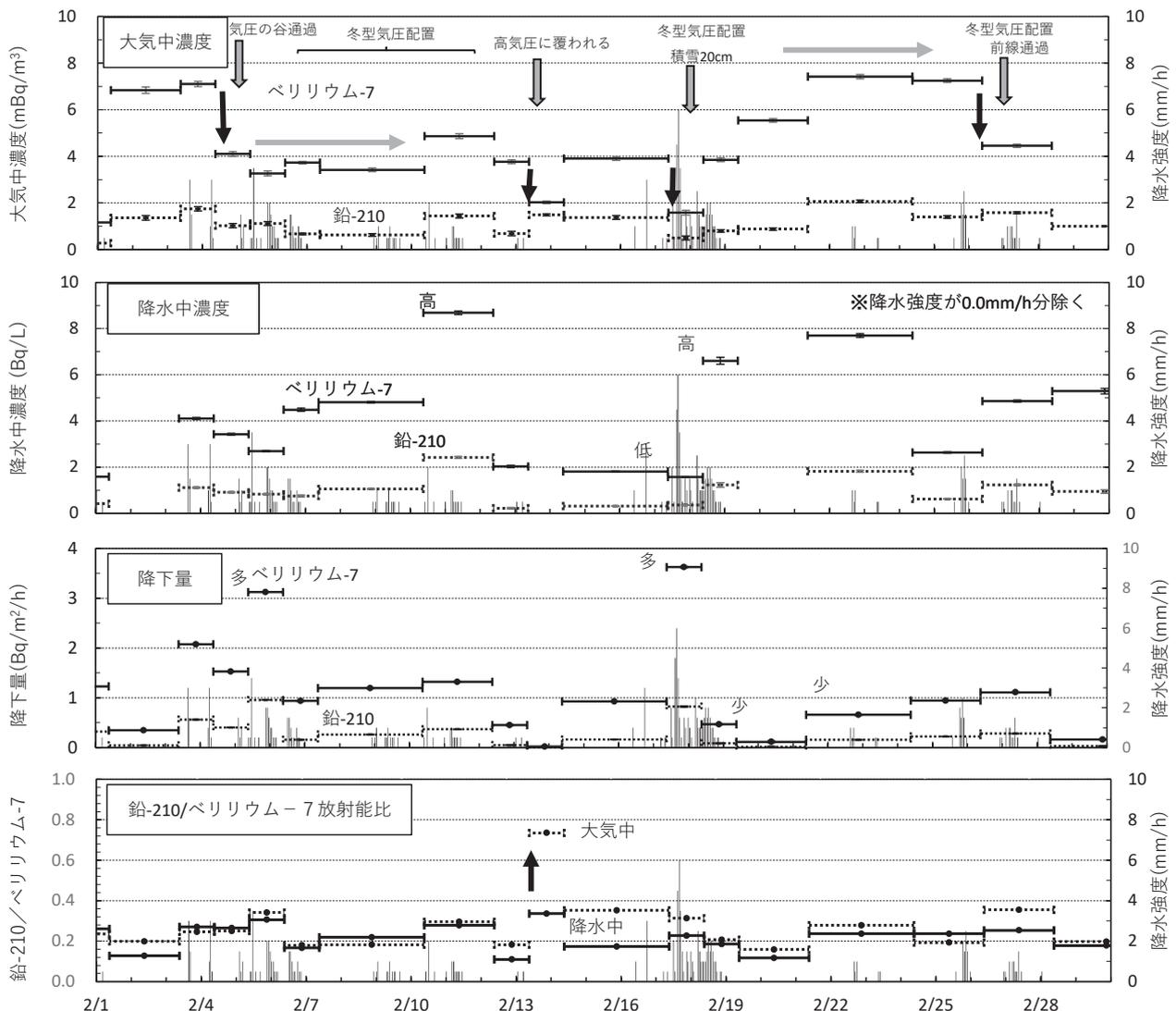


図2 降下物・大気浮遊じん中のベリリウム-7、鉛-210 (令和2年2月)

(2) ベリリウム-7及び鉛-210の調査結果
 当該期間の天気図¹⁰⁾、気象概況⁸⁾⁹⁾、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。

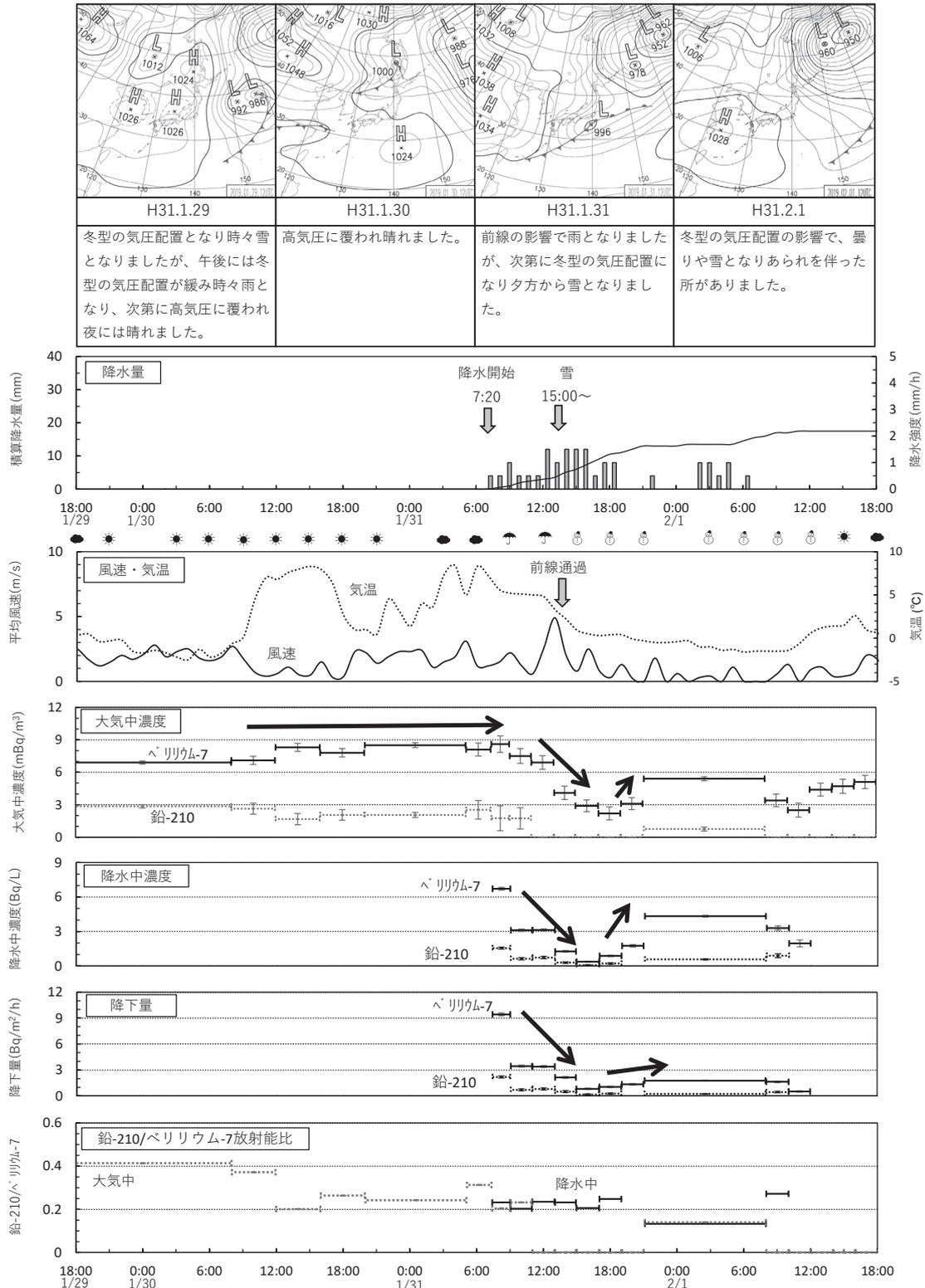


図3 降下物・大気浮遊じん中のベリリウム-7、鉛-210 (平成31年1月29日~2月1日)

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

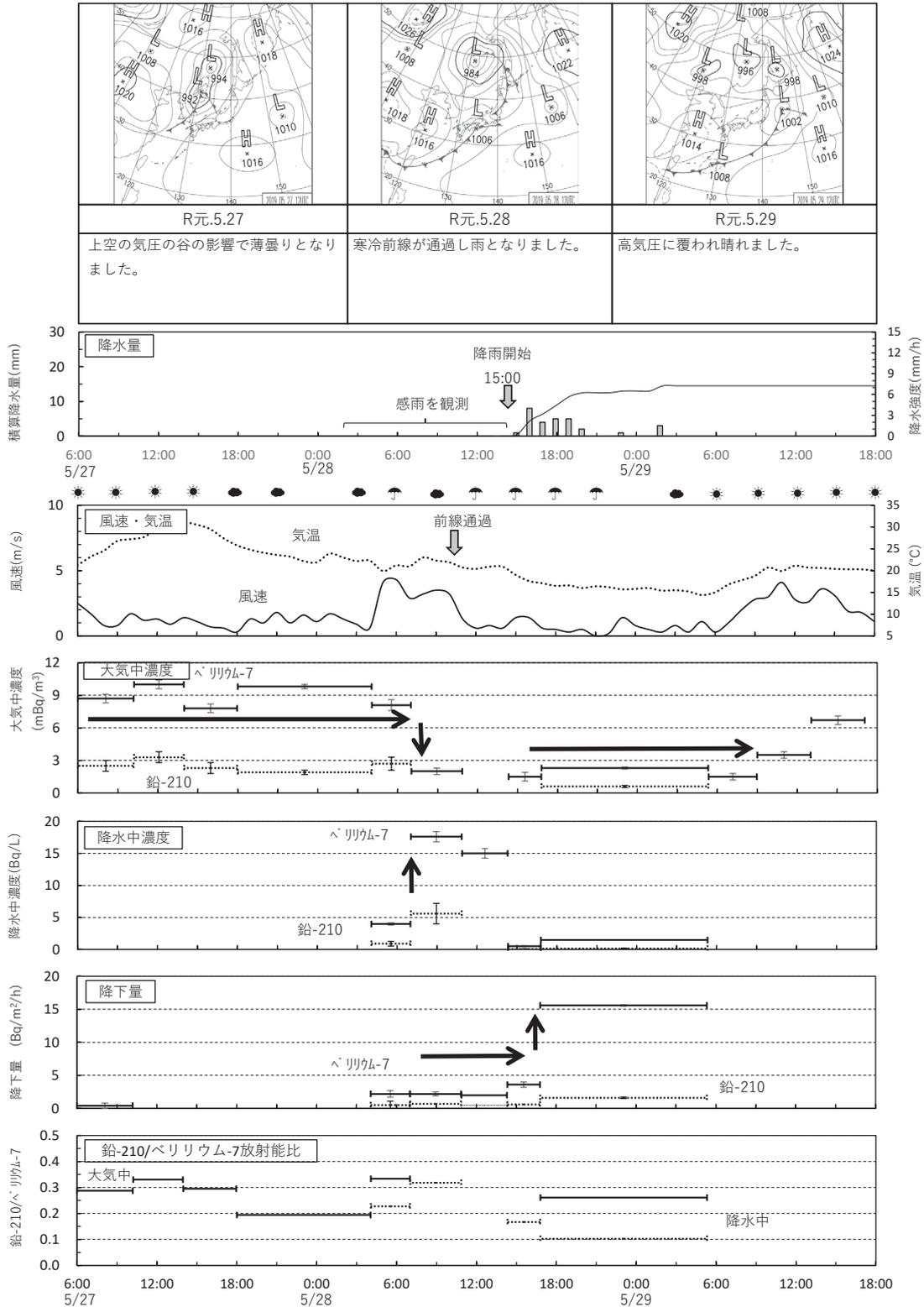


図4 降下物・大気浮遊じん中のベリリウム-7、鉛-210 (令和元年5月27日~29日)

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」¹¹⁾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¹⁰⁾、気象概況¹¹⁾、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降水量は、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水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、降水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水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降水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、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)

〔資料〕

電子式積算線量計 D-シャトルと空間放射線測定装置の性能比較

石川県保健環境センター 環境科学部 河野 隆史・鶴谷 亮太・吉本 高志
内田 賢吾

〔和文要旨〕

電子式積算線量計である D-シャトルを県内の環境放射線観測局に設置し、空間放射線測定装置 (NaI (TI) シンチレーション検出器 (以下「NaI」という。)) 及び電離箱式検出器 (以下「IC」という。)) と並行測定を行い、測定結果を比較した。年間を通して、D-シャトルは NaI と比べて 1.37 倍、IC と比べて 0.83 倍程度の値を示した。D-シャトルの変動の傾向は、NaI、IC に比べ、ばらつきが大きく、NaI、IC との間に相関はみられなかった。D-シャトルでは、降雨等の線量上昇事象を 1 時間積算線量で年 2 回程度捕捉でき、原子力施設の事故等により放射性物質が放出された場合には、より高い線量の上昇となることから、線量上昇事象を十分に捕捉できるものと考えられた。

キーワード：空間線量率、積算線量、電子式積算線量計、D-シャトル

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の一環として、3 か月毎の積算線量測定を行っている。

既報¹⁾で述べたように本県では、積算線量計として熱ルミネセンス線量計 (以下「TLD」という。) を用いており、測定装置及びアニーリング用熱処理炉の生産中止を受けて、TLD 以外の方法への移行を検討している。

「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)²⁾」によると、積算線量の測定に使用する測定機器の例として、TLD や蛍光ガラス線量計 (以下「RPLD」という。)、電子式積算線量計が記載されており、電子式積算線量計については、TLD や RPLD と異なり、放射能測定法シリーズが作成されておらず使用実績が少ない。

しかしながら、アニーリング等の前処理が不要で、測定も事前準備がいらす簡便であり、測定結果を損なわずに何度も読み取ることが可能である。加えて、イニシャルコストが安価で、機種によっては総積算線量だけでな

く、1 時間積算線量 (正時から正時までの 1 時間の測定値) 及び 1 日積算線量のトレンドを確認することが可能である。

そこで、当センターでは、電子式積算線量計である D-シャトルが、TLD の代替として使用可能であるか検討するために、平成 29 年度から TLD との並行測定を行っている。既報では、D-シャトル及び TLD による四半期毎の積算線量の測定結果が、概ね一致することを報告した¹⁾。

本報では、D-シャトルが 1 時間及び 1 日積算線量のトレンドを確認できることに着目し、県内の環境放射線観測局設置の空間放射線測定装置 (NaI (TI) シンチレーション検出器 (以下「NaI」という。)) 及び電離箱式検出器 (以下「IC」という。)) で測定した線量率から算出した積算線量との比較を行った。また、トレンドから、降雨等による線量率上昇を捉えることが可能であるか検討を行った。

2 調査方法

2.1 使用機器

電子式積算線量計として、(株)千代田テクノ製 D-シャ

Comparison of Poparty of Electronic Dosimeter “D-shuttle” and Air Dose Rate Measuring Devices.
by KAWANO Takafumi, TSURUYA Ryota, YOSHIMOTO Takashi and UCHIDA Kengo (Environmental
Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Air Dose Rate, Integration Dose, Electronic Dosimeter, D-shuttle

トル（検出部には、Si-PIN ダイオードが用いられ、80keV～1.25MeVのエネルギー範囲において、エネルギー特性が±30%）を用いた³⁾。また、D-シャトルには測定のために応じて環境用と個人用の2種類が存在するが、本調査では環境放射線の測定が目的であるので、環境用を使用した⁴⁾。測定は、表示器を用いることにより、総積算日数、総積算線量及び前日1日分の積算線量の直読みが可能である。さらに、管理機を使用すれば、計測した全期間の1時間及び1日積算線量のデータをCSV形式で取得できる。（1時間及び1日積算線量の分解能はそれぞれ、0.01μSv、0.1μSvである。）

環境放射線観測局の空間放射線測定装置は、低線量率用の3"φ×3" NaI（測定エネルギー範囲：50keV～3MeV）と、高線量率用のIC（測定エネルギー範囲：50keV～）の2つの測定装置を用いている。

2・2 測定地点

本県が設置する環境放射線観測局のうち、多種類の機器が設置されている志賀局（石川県志賀町）において並行測定を行った。

2・3 測定期間

期間は、平成30年3月22日から平成31年3月14日とした。

2・4 測定結果の取り扱い

NaI及びICの測定単位はグレイ(Gy)、D-シャトルの測定単位はシーベルト(Sv)であるので、比較するためにD-シャトルの測定単位をGyに換算する必要がある。そこで、D-シャトルの測定値は、素子毎にセシウム-137線源(662keV)による標準照射から求めたSvからGyへの換算係数を用いてGyに換算し、さらに既報²⁾に示した式により、志賀局で測定している気温を用いて温度補正を行った。

3 結果と考察

3・1 測定機器毎の積算線量の比較

D-シャトルとNaI、ICの1日積算線量の平均値等を表1に、四半期毎の変動状況を図1-1から1-4に示す。

表1 機器毎の1日積算線量とD-シャトルとの比(平成30年度)

	1日積算線量 (μGy)		
	D-シャトル	NaI	IC
平均値	1.58	1.16	1.91
最高値	1.91	1.38	2.15
最低値	1.26	1.03	1.80
標準偏差	0.11	0.05	0.06
変動係数 (%)	7.19	4.49	2.90
NaI, IC に対する D-シャトルの比	—	1.37	0.83

1日積算線量は、年間を通して、IC>D-シャトル>NaIの順となった。D-シャトルとNaI、ICの1日積算線量の比は、平均でD-シャトル/NaIが1.37、D-シャトル/ICが0.83となった。変動係数は、D-シャトルが7.19%、NaIが4.49%、ICが2.90%となり、D-シャトルの変動が大きかった。

D-シャトルとNaI、ICの1日積算線量の相関を図

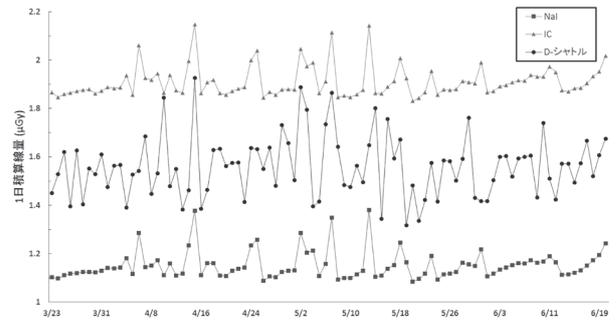


図1-1 第1四半期の積算線量の変動状況

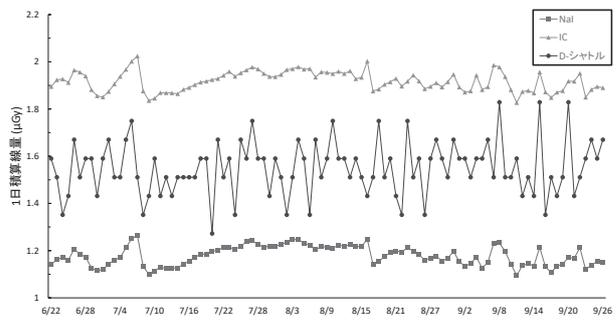


図1-2 第2四半期の積算線量の変動状況

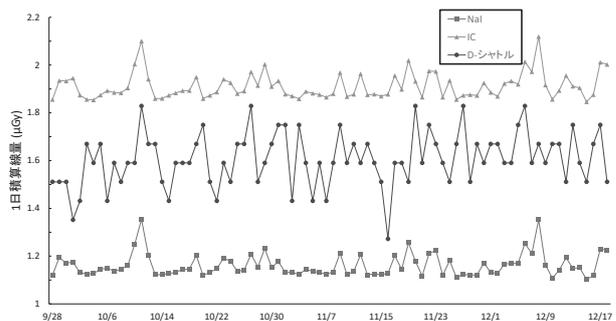


図1-3 第3四半期の積算線量の変動状況

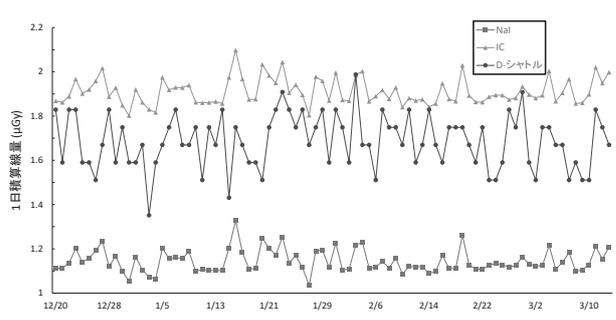


図1-4 第4四半期の積算線量の変動状況

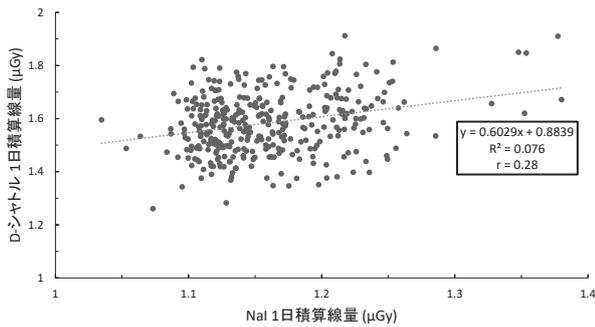


図 2-1 NaIとD-シャトルの1日積算線量の相関図

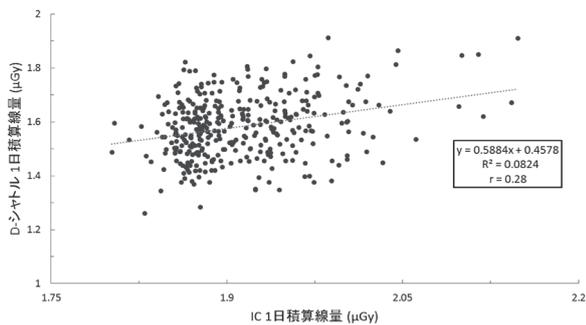


図 2-2 ICとD-シャトルの1日積算線量の相関図

表 2 機器毎の1時間積算線量とD-シャトルとの比較(平成30年度)

	1時間積算線量 (nGy)		
	D-シャトル	NaI	IC
平均値	66	48	80
最大	180	89	121
最小	0	41	72
標準偏差	23	3.8	4.0
変動係数 (%)	35	7.9	5.0
NaI, ICに対する D-シャトルの比	—	1.4	0.8

2-1, 2-2 に示す。相関係数はD-シャトルとNaI, D-シャトルとICでともに0.28であり、相関はみられなかった。

D-シャトルとNaI, ICの1時間積算線量の平均値等を表2に、変動状況の一部を図3に示す。1時間積算線量においても年間を通して、IC>D-シャトル>NaIの順となったが、NaI, ICの変動係数は7.9%, 5.0%と1日積算線量での変動係数と大きな違いがなかった。しかし、D-シャトルの1時間積算線量は降雨の有無によらず大きく変動しており、変動係数は35%と、1日積算線量のそれと比較して大きかった。

D-シャトルとNaI, ICの1時間積算線量の相関を図4-1, 4-2に示す。相関係数はD-シャトルとNaI, D-シャトルとICでともに0.12であり、相関はみられなかった。

以上より、D-シャトルはNaI, ICに比べて、1時間

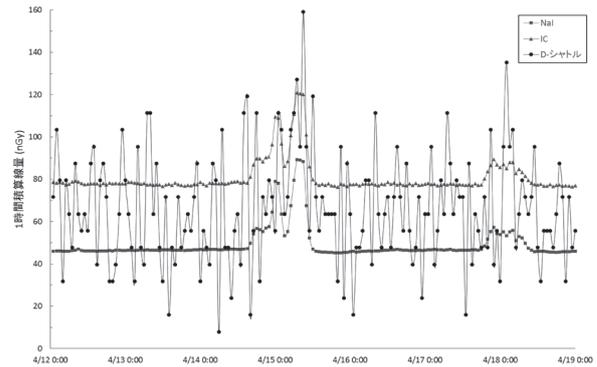


図 3 降雨時を含めた1時間積算線量の変動状況

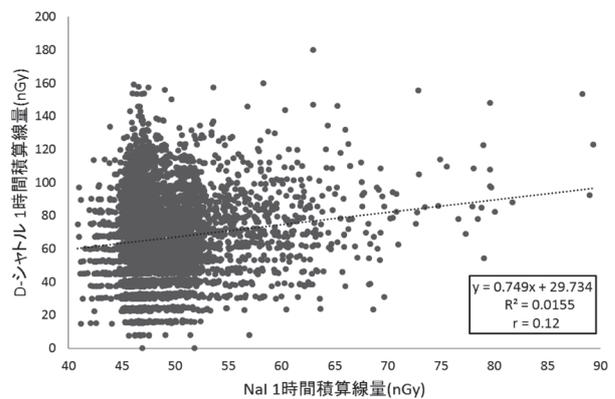


図 4-1 NaIとD-シャトルの1時間積算線量の相関図

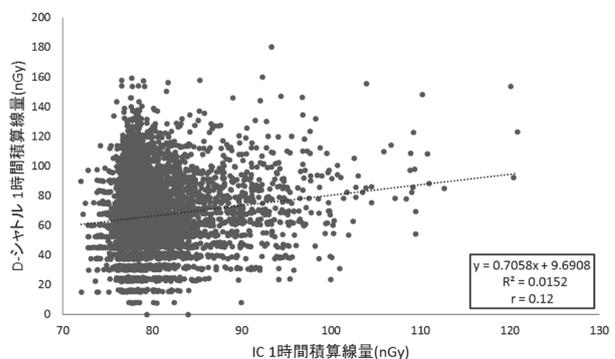


図 4-2 ICとD-シャトルの1時間積算線量の相関図

及び1日積算線量ともばらつきが大きく、NaI, ICに対して相関はみられなかった。

3・2 D-シャトルによる線量上昇事象の捕捉

「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)²⁾」では、空間線量率の「平常の変動幅」として、過去数年間の測定値の平均値±(3×標準偏差σ)を設定するとされ、この変動幅の上限値を超過した場合(以下「線量上昇事象」という。)に、要因調査を行うこととされている。このことから、D-シャトルによる線量上昇事象の捕捉について、検討を行った。

(1) 1日積算線量による検出

D-シャトルの1日積算線量の平均値は1.58μGyで、標準偏差σは0.11μGyであった。このことから、1日

積算線量の平常の変動幅は $1.58 \pm 0.33 \mu\text{Gy}$ となり、1 日積算線量が $1.91 \mu\text{Gy}$ を超えた事象が D-シャトルにおける線量上昇事象となる。

これまでの環境放射線観測局での観測結果から、NaI による線量上昇事象の事例の原因は、線量率、雨量、ガンマ線スペクトル等の結果より、全て降雨によるものと確認している。また、降雨による空間線量率の上昇は長時間継続しないことから、1 時間あたりの上昇量を用いて検討を行った。

D-シャトルの 1 日積算線量が $1.91 \mu\text{Gy}$ を観測するためには、1 日積算線量が平均値で推移していたとすると、1 日の上昇が $0.33 \mu\text{Gy}$ 、NaI に換算して $0.24 \mu\text{Gy}$ の上昇が必要である。降雨による線量率上昇量は、NaI で $0.01 \sim 0.05 \mu\text{Gy/h}$ ²⁾程度であることから、NaI において $0.05 \mu\text{Gy/h}$ の線量率上昇であっても 5 時間程度の断続的な上昇が必要である。しかしながら、これまで環境放射線観測局において $0.05 \mu\text{Gy/h}$ の上昇が 1 日の間に 5 時間以上観測された事例はない。

このことから、D-シャトルの 1 日積算線量では、通常の降雨による線量上昇事象を捕捉できないと考えられる。

(2) 1 時間積算線量による検討

D-シャトルの 1 時間積算線量の平均値は $0.066 \mu\text{Gy}$ で、標準偏差 σ が $0.023 \mu\text{Gy}$ であることから、1 時間積算線量が $0.135 \mu\text{Gy}$ を超えた事象が線量上昇事象となる。

D-シャトルの 1 時間積算線量 $0.135 \mu\text{Gy}$ を NaI の 1 時間積算線量に換算すると $0.099 \mu\text{Gy}$ となる。志賀局における平成 2 年度から令和元年度までの観測結果において、NaI の 1 時間積算線量で $0.099 \mu\text{Gy}$ を超過した回数は 61 回 (全体の 0.02%、年平均約 2 回) であり、D-シャトルでは降雨による線量上昇事象を年 2 回程度捕捉することがあると考えられる。

なお、福島県内での立ち入り禁止区域近傍 (空間線量率が $1 \sim 3 \mu\text{Sv/h}$) では、D-シャトルの 1 時間積算線

量で約 $2 \mu\text{Sv}$ ($1.6 \mu\text{Gy}$ 程度) の明らかな線量上昇が観測されている⁵⁾ことから、原子力施設の事故等により放射性物質が放出された場合には、平常の変動幅を大きく超え、線量上昇事象を捕捉できると考えられた。

4 まとめ

D-シャトルが、1 時間及び 1 日積算線量のトレンドを確認できることに着目し、環境放射線観測局の空間放射線測定装置で測定した線量率から算出した積算線量と比較した。

各測定装置の 1 時間及び 1 日積算線量は、年間を通して IC>D-シャトル>NaI であった。また、D-シャトルと NaI 及び IC との間に相関はみられなかった。

D-シャトルでは、降雨等による線量上昇事象を 1 時間積算線量で年 2 回程度捕捉できることが分かった。また、原子力施設の事故等により放射性物質が放出された場合には、より高い線量の上昇となることから、線量上昇事象を十分に捕捉できるものと考えられた。

文 献

- 1) 鶴谷亮太, 河野隆史, 宮竹智代, 内川慎互, 吉本高志, 川畑俊之: 電子式線量計 D-シャトルの特性調査, 石川県保健環境センター研究報告書, **56**, 38-42 (2019)
- 2) 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 日改訂
- 3) 鈴木良一, 大口裕之: 個人向け放射線線量計 “D-シャトル” の開発, RADIOISOTOPES, **67**, 447-452 (2018)
- 4) 桃山賢太郎: D-シャトルの概要とその応用について, RADIOISOTOPES, **67**, 453-460 (2018)
- 5) 宮崎真, 早野龍五: 福島個人線量測定のいま -D-シャトルと BABYSCAN をめぐって-, Isotope News, **726**, 28-32 (2014)

〔資料〕

石川県における環境放射能水準調査（令和元年度）

石川県保健環境センター 環境科学部 小林 浩美・山口 麻美・宮竹 智代
山岸 喜信・河野 隆史・内田 賢吾

〔和文要旨〕

石川県における環境放射能の水準を把握するため、定時降水中の全ベータ放射能調査、ゲルマニウム半導体検出器による環境試料中のガンマ線放出核種分析及びモニタリングポストによる空間放射線量率の測定を実施した。定時降水中の全ベータ放射能は、過去の測定結果と同程度であった。環境試料中のガンマ線放出核種分析において、陸水、大気浮遊じん及び牛乳については、人工放射性核種は検出されなかった。土壌及び海産生物（フクラギ）についてはセシウム-137が検出されたが、過去の測定結果と同程度であった。空間放射線量率の測定結果も過去の測定結果と同程度であった。

キーワード：フォールアウト，環境放射能，環境放射能水準調査

1 はじめに

フォールアウト調査は、昭和29年（1954年）のビキニ環礁における核爆発実験を契機に、関係行政機関における放射性降下物の調査として開始された。その後、昭和61年（1986年）のチェルノブイリ原子力発電所事故や平成23年（2011年）の東京電力(株)福島第一原子力発電所事故もあり、継続的な環境放射能調査の必要性から、現在では「環境放射能水準調査」として、原子力規制庁委託により全都道府県で実施している。

石川県（以下、「本県」という。）においては、昭和34年（1959年）から本調査に参画し、定時降水中の全ベータ放射能調査、ゲルマニウム半導体検出器による環境試料中のガンマ線放出核種分析、モニタリングポストによる空間放射線量率の測定を行っている。本報では令和元年度環境放射能水準調査の結果（平成31年4月1日～令和2年3月31日）をまとめた。

2 調査方法

2・1 調査対象

調査対象は、定時（午前9時）採取の降水（以下「定

時降水」という。）、大型水盤による降下物（1か月毎採取）、陸水（年1回採取）、大気浮遊じん、土壌（表層0～5cm、下層5～20cm）、農畜産物（精米、牛乳）、海産生物（ワカメ、サザエ、フクラギ）及び空間放射線量率とした。大気浮遊じんについては、1か月につき3日間採取し、これを3か月分（9日間採取）まとめたものを1試料とした。各試料の採取地点、各空間放射線量率の測定地点を表1に示す。

表1 試料の採取地点、測定地点

試料名	採取地点 測定地点
定時降水 降下物	
陸水	上水 (蛇口水)
大気浮遊じん	金沢市太陽が丘
土壌	0～5cm 5～20cm
精米	金沢市末町
牛乳	河北郡津幡町湯端 羽咋郡宝達志水町坪山
海産生物	ワカメ サザエ フクラギ
	加賀市橋立漁港
空間放射線量率	金沢市太陽が丘 輪島市三井町洲衛 羽咋市大町 河北郡津幡町中橋 小松市下栗津町

Survey Data of Fall-out in Ishikawa Prefecture, April 2019 to March 2020. by KOBAYASHI Hiromi, YAMAGUCHI Asami, MIYATAKE Tomoyo, YAMAGISHI Yoshinobu, KAWANO Takafumi and UCHIDA Kengo (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Fall-out, Environmental Radioactivity, Environmental Radioactivity Level Survey

2・2 測定方法

定時降水については、全ベータ放射能測定を行い、そのうち測定値が計数誤差の3倍を上回る試料について、ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線放出核種分析を行った。環境試料（降下物、陸水、大気浮遊じん、土壌、農畜産物及び海産生物）については、ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線放出核種分析を行った。空間放射線量率についてはモニタリングポストによる連続測定を行い、1時間値で評価した。

(1) 全ベータ放射能測定

文部科学省放射能測定法シリーズ「全ベータ放射能測定法」（昭和51年改訂）に基づき、ベータ線自動測定装置（DS-PA218153セイコーEG&G(株)製）を用いた。校正線源には、八酸化三ウラン（ U_3O_8 、500dps）を使用した。

(2) ガンマ線放出核種分析

文部科学省放射能測定法シリーズ「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」（平成4年改訂）に基づき、ゲルマニウム半導体検出器（GC-4518キャンベラ社製）及び波高分析器（DSA1000キャンベラ社製）により測定時間80,000秒で測定を行った。

(3) モニタリングポストによる空間放射線量率測定

文部科学省放射能測定法シリーズ「連続モニタによる環境 γ 線測定法」（平成29年改訂）に基づき、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）を用いた。

3 調査結果

3・1 定時降水の放射能測定

表2に定時降水中の全ベータ放射能測定結果を示す。測定試料数は142試料で、全ベータ放射能測定により検出となったものは、1試料であった。この1試料について

表2 定時降水中の全ベータ放射能測定結果

採取年月	降水量 (mm)	検出数/測定数	採取地点：金沢市太陽が丘	
			放射能濃度 (Bq/L)	月間降水量 (MBq/km ²)
H31年 4月	119.0	0/12	ND	ND
R元年 5月	115.0	0/5	ND	ND
6月	142.0	0/8	ND	ND
7月	165.0	0/9	ND	ND
8月	186.0	0/13	ND	ND
9月	94.0	0/9	ND	ND
10月	226.0	0/10	ND	ND
11月	89.0	0/11	ND	ND
12月	170.5	0/17	ND	ND
R2年 1月	190.0	0/16	ND	ND
2月	156.5	0/17	ND	ND
3月	151.5	1 ¹ /15	ND~3.3	5.0
年間値	1,804.5	1 ¹ /142	ND~3.3	ND~5.0
H28~30年度の測定結果		36/472	ND~16	ND~266

ND：不検出（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

*1：ガンマ線放出核種分析の結果、ベリリウム-7が検出され、人工放射性核種*2は検出されなかった。

*2：ヨウ素-131、セシウム-134、セシウム-137など

てガンマ線放出核種分析を行った結果、ベリリウム-7が検出されたが、人工放射性核種は検出されなかった。

3・2 環境試料中のガンマ線放出核種分析

(1) 降下物

表3に降下物試料中のガンマ線放出核種分析結果を示す。測定試料数は12試料で、いずれも人工放射性核種は検出されなかった。

表3 降下物（1か月毎採取）試料中の核種分析結果

採取期間 年月日~年月日	降水量 (mm)	採取地点：金沢市太陽が丘 核種別放射能降下量 (MBq/km ²)			
		ヨウ素-131	セシウム-134	セシウム-137	その他の人工 放射性核種
H31. 3.29 ~ H31. 4.25	105.0	ND	ND	ND	ND
H31. 4.25 ~ R元. 5.31	129.0	ND	ND	ND	ND
R元. 5.31 ~ R元. 6.28	142.0	ND	ND	ND	ND
R元. 6.28 ~ R元. 7.31	165.0	ND	ND	ND	ND
R元. 7.31 ~ R元. 8.29	134.0	ND	ND	ND	ND
R元. 8.29 ~ R元. 9.30	146.0	ND	ND	ND	ND
R元. 9.30 ~ R元.10.31	226.0	ND	ND	ND	ND
R元.10.31 ~ R元.11.29	89.0	ND	ND	ND	ND
R元.11.29 ~ R元.12.26	154.0	ND	ND	ND	ND
R元.12.26 ~ R 2. 1.31	206.5	ND	ND	ND	ND
R 2. 1.31 ~ R 2. 2.28	156.5	ND	ND	ND	ND
R 2. 2.28 ~ R 2. 3.30	151.5	ND	ND	ND	ND
年間値	1,804.5	ND	ND	ND	ND

ND：不検出（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

(2) 大気浮遊じん

表4に大気浮遊じん試料中のガンマ線放出核種分析結果を示す。測定試料数は4試料で、いずれも人工放射性核種は検出されなかった。

表4 大気浮遊じん試料中の核種分析結果

採取期間* 年月日~年月日	吸引量 (m ³)	採取地点：金沢市太陽が丘 核種別放射性物質濃度 (mBq/m ³)			
		ヨウ素-131	セシウム-134	セシウム-137	その他の人工 放射性核種
H31. 4. 8 ~ R元. 6.28	10,535.2	ND	ND	ND	ND
R元. 7. 8 ~ R元. 9.18	10,738.7	ND	ND	ND	ND
R元.10. 8 ~ R元.12.25	10,385.2	ND	ND	ND	ND
R 2. 1.15 ~ R 2. 3.18	10,406.1	ND	ND	ND	ND
年間値	42,065.2	ND	ND	ND	ND

ND：不検出（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

*：1か月につき3日間採取し、これを3か月分(9日間採取)まとめたものを1検体とした。

(3) その他の環境試料

表5に上記以外の環境試料中のガンマ線放出核種分析結果を示す。

土壌試料については、セシウム-137が表層（0~5cm）で18Bq/kg乾土、下層（5~20cm）で17Bq/kg乾土であり、いずれの層も過去の測定結果と同程度であった。セシウム-137以外の人工放射性核種は検出されなかった。

海産生物試料については、フクラギでセシウム-137が0.12Bq/kg生検出されたが、過去の測定結果と同程度であった。セシウム-137以外の人工放射性核種は検出されなかった。

表5 その他の環境試料中の核種分析結果

試料名	採取地点	採取年月日	セシウム-137		その他人工放射性核種		単位
			測定結果	H28～30年度の測定結果	測定結果	H28～30年度の測定結果	
陸水 上水 (蛇口水)	金沢市太陽が丘	R元. 6. 5	ND	ND	ND	ND	mBq/L
土壌	金沢市末町	R元. 7.30	18	20～21	ND	ND	Bq/kg乾土
		R元. 7.30	17	12～18	ND	ND	
精米	河北郡津幡町湯端	R元. 9. 6	ND	ND	ND	ND	Bq/kg生
牛乳	羽咋郡宝達志水町坪山	R元. 8.20	ND	ND	ND	ND	Bq/L
海産生物	ワカメ	H 31. 4.17	ND	ND	ND	ND	Bq/kg生
	サザエ	R元. 7. 3	ND	ND～0.042	ND	ND	
	フクラギ	R元.10. 2	0.12	0.13～0.15	ND	ND	

ND：不検出（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

陸水，農畜産物試料（精米，牛乳）及びその他の海産生物試料（ワカメ，サザエ）については，人工放射性核種は検出されなかった。

3・3 空間放射線量率

表6に空間放射線量率の測定結果を示す。県内5地点の線量率は26～118nGy/hの範囲であり，いずれの地点も過去の測定結果と同程度であった。

表6 空間放射線量率の測定結果

測定地点	測定結果		H28～30年度の測定結果	
	1時間値* (nGy/h)	平均値 (nGy/h)	1時間値* (nGy/h)	平均値 (nGy/h)
金沢市太陽が丘	42～86	50	24～105	49～50
輪島市三井町洲衛	26～98	31	16～112	30～31
羽咋市大町	55～118	61	34～136	61～61
河北郡津幡町中橋	56～112	62	32～138	60～62
小松市下粟津町	48～110	54	23～160	50～52

*：測定された10分値6個の平均値を1時間値としている。

4 まとめ

令和元年度の石川県における環境放射能水準調査として，定時降水中の全ベータ放射能測定，環境試料中のガンマ線放出核種分析及び空間放射線量率の測定を行った。

定時降水の全ベータ放射能測定において，測定値が計数誤差の3倍を上回ったものは1試料あったが，人工放射性核種は検出されなかった。

環境試料中のガンマ線放出核種分析において，土壌及び海産生物試料（フクラギ）からセシウム-137が検出されたが，過去の測定結果と同程度であった。また，その他の環境試料（降下物，大気浮遊じん，陸水，農畜産物（精米，牛乳）及び海産生物（ワカメ，サザエ）からは，人工放射性核種は検出されなかった。

空間放射線量率の測定では，県内5地点の線量率は26～118nGy/hの範囲であり，全ての測定地点で過去の測定結果と同程度であった。

〔資 料〕

放射性医薬品被投与者による環境放射線の変動事例

石川県保健環境センター 環境科学部 吉本 高志・鶴谷 亮太・内田 賢吾

〔和文要旨〕

令和元年 5 月に環境放射線観測局の一つにおいて、放射性医薬品被投与者の接近によるものと推定される線量率の変動が観測された。線量率が上昇したときのガンマ線スペクトルのピーク位置及びピーク面積の時間変化より推定した半減期から、使用された核種をテクネチウム 99m と推定した。線量率が上昇した時間帯に測定器に接近した人影は確認されなかったが、観測局周辺 20～25 m の範囲に民家が複数あることから、これらの民家の住民の中にテクネチウム 99m の被投与者がいたと推定した。また、被投与者は投与された当日に医療機関から帰宅したものと推定した。

キーワード：環境放射線，放射性医薬品，テクネチウム 99m

1 はじめに

石川県では、志賀原子力発電所（以下「発電所」という。）周辺 30 km 圏内の 24 地点に環境放射線観測局（以下「観測局」という。）を設置し、環境中ガンマ線による放射線量率（以下「線量率」という。）の常時監視を行っている（図 1）。平成 2 年 7 月の測定開始以来、これまで発電所に起因する線量率の変動は観測されていない。しかしながら線量率レベルは常に一定というわけではなく、降雨等の気象状況や測定地点周辺の地理的状況の変化等により変動している^{1)~3)}。

線量率の変動要因の一つとして、放射性医薬品被投与者の測定器への接近がこれまでに報告されている^{4)~6)}。石川県においても、放射性医薬品被投与者がグラウンドゴルフをプレイ中に放射線測定器に接近し線量率が上昇した事例⁵⁾がある。

本報では、令和元年 5 月に観測局の一つで観測された放射性医薬品被投与者によるものと推定された線量率の変動について報告する。

2 測定方法

線量率測定器の仕様と測定項目を表 1 に示す。通過率

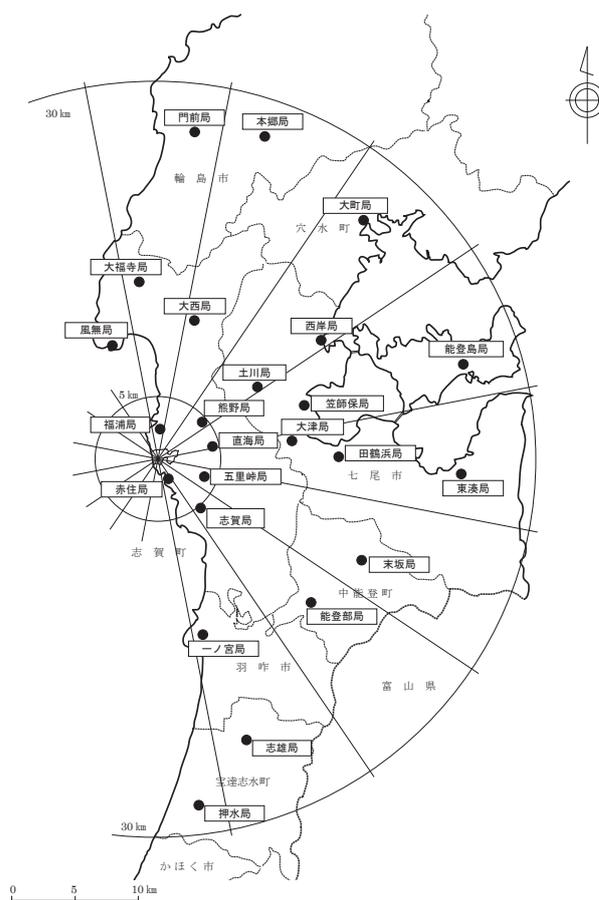


図 1 環境放射線観測局設置地点図

A Case Report of Variation of Environmental Radiation by a Patient Administered Radiopharmaceutical.
by YOSHIMOTO Takashi, TSURUYA Ryota and UCHIDA Kengo (Environmental Science Department,
Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Environmental Radiation, Radiopharmaceutical, Technetium-99m

表1 線量率測定器の仕様と測定項目

型式	アロカ株式会社製 ASM-R22-21553&B
検出器	3"φ×3" NaI(Tl)シンチレーション検出器
検出器の位置	地上1.8m
測定エネルギー範囲	50keV～3MeV
測定項目	線量率, 計数率, 通過率

は、測定器のエネルギー特性を反映した量であり、通過率 \propto エネルギー補償後の計数/エネルギー補償前の計数である。使用している検出器はガンマ線のエネルギーが低くなるにつれてレスポンスが高くなるエネルギー特性を持っているため、低いエネルギーのガンマ線の割合が増えると通過率は低下する。

測定値は1分毎に当センターに送信され、1分値10個の平均から10分値を算出している。また、ガンマ線スペクトル(10分間の積算)を併せて連続測定している。

観測局には、防犯カメラを設置しており、測定器周辺の映像をリアルタイムで当センターに送信している。

3 結果

図2に、令和元年5月9日9:00から5月10日21:00までの、観測局の一つにおける線量率及び通過率の10分値の変動状況を示す。測定期間中に発電所は稼働しておらず、外部への線量率の影響はなかった。また、降雨は観測されなかった。図中の下矢印が観測された線量率の上昇である。5月9日14:00に最初の線量率の上昇及び通過率の低下が観測された。線量率の上昇量は約6nGy/hであった。その後、17:00、18:30、21:00、5月10日7:30にも同様の変動が観測された。通過率の低下は、低エネルギーのガンマ線の割合が増加したことを示している。

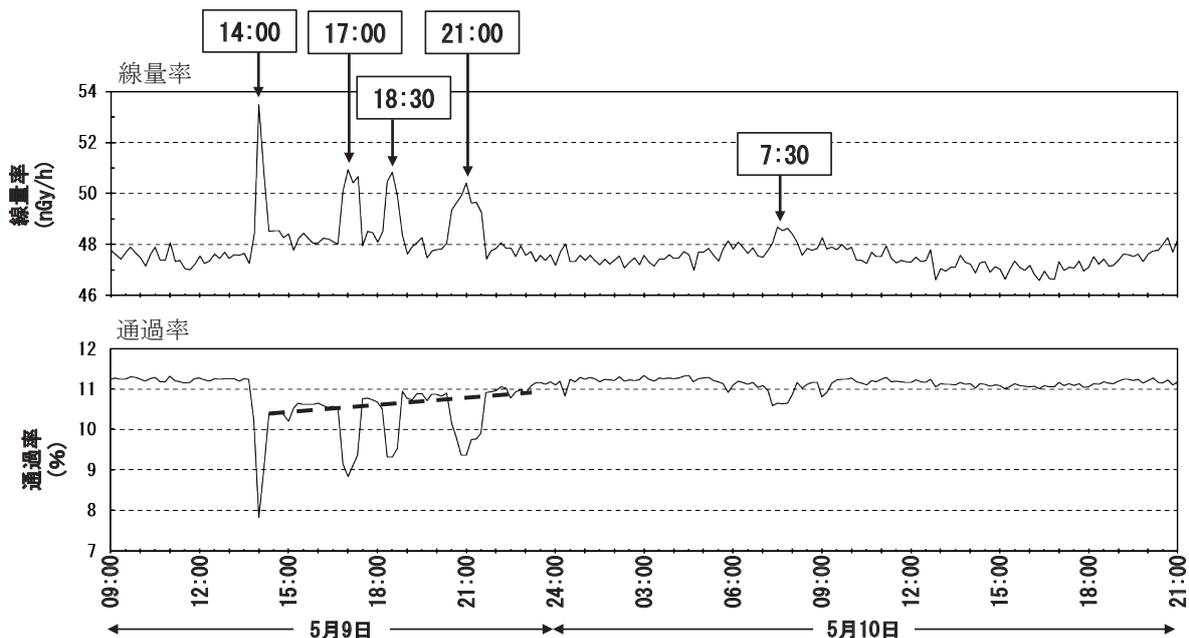


図2 令和元年5月9日9:00から5月10日21:00までの線量率(上図)及び通過率(下図)の10分値の変動状況

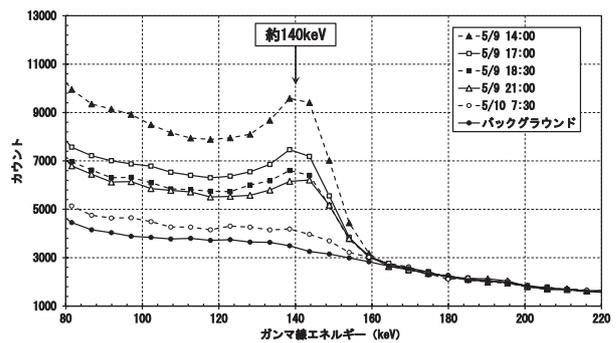


図3 線量率上昇時及びバックグラウンドのガンマ線スペクトル

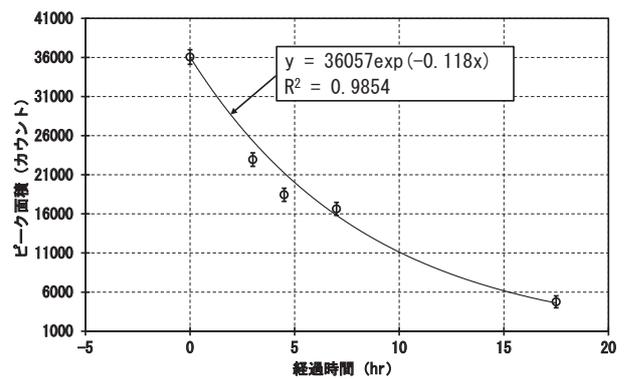


図4 ピーク面積の時間変化

線量率の上昇及び通過率の低下は、時間経過に伴って小さくなっていった。また、線量率の上昇が見られない時間帯でも通過率は最初の線量率の上昇前の値に戻らず低下しており、低下量は時間が進むにつれて小さくなっていった(図2下図の太破線)。

図3に、線量率上昇時とバックグラウンド(5月9日

9:00) のガンマ線スペクトルを示す。線量率上昇時のガンマ線スペクトルでは、約 140keV 付近にピークが確認された。図 4 にガンマ線スペクトルのピーク面積の時間変化を示す。半減期 T を推定するため、最小二乗法により

$$y = N \exp(-\lambda x)$$

でフィッティングし、壊変定数 λ を求めた。N は 5 月 9 日 14:00 におけるピーク面積値とした。 λ の値は 0.118 となり、

$$T = \ln 2 / \lambda$$

から、半減期の推定値は 5.9 時間となった。以上のことから、線量率の上昇はテクネチウム 99m (放出ガンマ線エネルギー: 141keV, 半減期: 6.01 時間) からのガンマ線によるものと推定した。テクネチウム 99m は、天然に存在しない放射性同位体である。また、放射性医薬品として、前立腺がんの骨シンチグラム等に使用されている。

今回の事象は、テクネチウム 99m を含有した放射性医薬品を投与された人が測定器に接近したことによるものと考えられたことから、防犯カメラの映像を確認したが、線量率が上昇した時間に測定器に近づく人影は認められなかった。しかし通過率は、図 2 下図の太破線のように、最初のスパイク状の低下後直ちに元の値に戻らず、時間の経過とともに元の値に戻っていく変動を示しており、テクネチウム 99m の影響を受け続けていたと考えられたことから、テクネチウム 99m 被投与者が観測局の近傍に居続けたと推定した。このため観測局周辺の状況を確認したところ、観測局の周辺 20～25m の範囲に民家が複数あり、これらの民家の住民の中にテクネチウム 99m 被投与者がいたと推定した。線量率がスパイク状に上昇したのは、テクネチウム 99m 被投与者が、測定器との間の遮へい物が少ない場所に移動したためと考えられた。

最初に観測された約 6nGy/h の上昇を基に、テクネチウム 99m を投与されてからの経過時間を推定した。推定値の計算条件として、被投与者が測定器から 25m の位置にいたと仮定し、建屋等による遮へいを無視した。テクネチウム 99m からのガンマ線の空気衝突カーマ率定数⁷⁾ $0.0141 \mu \text{ Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 、及び 20℃ における 150keV のガンマ線の線減衰係数⁷⁾ 0.01616m^{-1} を用いて、約 6nGy/h 上昇時におけるテクネチウム 99m 放射能は、 $0.006 [\mu \text{ Gy} \cdot \text{h}^{-1}] \times (25[\text{m}])^2 \times \exp(0.01616[\text{m}^{-1}] \times 25[\text{m}]) / 0.0141 [\mu \text{ Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] = 398[\text{MBq}]$ となった。平成 10 年 6 月 30 日付け厚生省医薬安全局安全対策課事務連絡⁸⁾ (以下「厚生省事務連絡」という。) では、テクネチウム 99m の典型的な投与量を 740MBq としていることから、今回の被投与者は 740MBq 投与されたと仮定し、投与後 1 半減期、すなわち 6 時間程度経過していたと推定した。建屋等による遮へいがあるこ

とを考慮すると実際の放射能はさらに高く、投与されてからの経過時間は推定よりも短くなると考えられることから、被投与者は投与された当日に帰宅したものと推定した。なお、厚生省事務連絡⁸⁾ によれば、典型的な投与量である 740MBq のテクネチウム 99m を投与された患者については、投与後直ちに帰宅させることが可能であるとされている。

4 まとめ

令和元年 5 月に観測局の一つにおいて、放射性医薬品被投与者の接近によるものと推定される線量率の変動が観測された。線量率が上昇したときのガンマ線スペクトルのピーク位置とピーク面積の時間変化から、使用された核種を、放射性医薬品として前立腺がんの骨シンチグラム等に使用されている、テクネチウム 99m であると推定した。線量率が上昇した時間帯に測定器に接近した人影は確認されなかったが、観測局周辺 20～25m の範囲に民家が複数あることから、これらの民家の住民の中にテクネチウム 99m 被投与者がいたと推定した。また、被投与者は投与された当日に医療機関から帰宅したと推定した。

文 献

- 1) 原子力規制庁監視情報課：連続モニタによる環境 γ 線測定法 (平成 29 年 12 月改訂)
- 2) 榊田武史, 小森正樹：直海観測局における空間放射線の変動に関する検討, 石川県保健環境センター研究報告書, 40, 121-123 (2003)
- 3) 中谷光, 榊田武史, 小森正樹：空間線量率の変動要因に関する研究 (第 4 報) - 熊野局の平成 13 年度～14 年度 -, 石川県保健環境センター研究報告書, 41, 11-18 (2004)
- 4) 藤波直人, 渡辺哲也, 荒木智徳, 水本美佳, 筒井剛毅：環境放射線モニタによる放射性医薬品 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 被投与患者からのガンマ線の検出例, 保健物理, 38, 248-253 (2003)
- 5) 吉本高志, 中谷光, 小森正樹：RI 投与者の環境放射線観測局接近に伴う空間放射線への影響, 石川県保健環境センター研究報告書, 43, 38-42 (2006)
- 6) 富士栄聡子, 小西浩之, 鈴木俊也, 保坂三継：放射性医薬品が原因と考えられる空間放射線量率の上昇事例, 東京都健康安全研究センター年報, 67, 269-276 (2016)
- 7) 公益社団法人日本アイソトープ協会：アイソトープ手帳 (11 版 7 刷), 丸善 (2017)
- 8) 厚生省医薬安全局安全対策課：放射性医薬品を投与された患者の退出について, 平成 10 年 6 月 30 日

〔抄 録〕

最終処分場における1,4-ジオキサンの挙動調査と活性炭による除去効果の検討

石川県保健環境センター 環境科学部 野口 邦雅・吉田 秀一・石本 聖
石川県消費生活支援センター 岡田 真規子・柿本 均
川畑 陵介

キーワード：1,4-ジオキサン，最終処分場，浸出液及び放流水，活性炭，吸着等温線

全国環境研会誌，44 (4)，64-69，(2019)

県内の3か所の最終処分場における1,4-ジオキサンの挙動を調査した結果，浸出液中の1,4-ジオキサンと降水量の関係は処分場ごとに大きく異なっていた。一部の処分場の浸出液では，1,4-ジオキサンと相関が高い項目が見られた。調査した処分場の放流水において，1,4-ジオキサンの濃度が大きく減少する事象が見られ，活性炭吸着塔の活性炭の交換による影響と考えられた。市販の活性炭を用いて放流水中における1,4-ジオキサンの吸着等温線を求め，活性炭による1,4-ジオキサンの除去効果について検討した結果，一時的ではあるが活性炭により1,4-ジオキサンの除去が可能であることが確認できたが，除去効果の持続は短かった。

Key words : 1,4-Dioxane, Landfills, Leachate and Discharge Samples, Activated Carbone, Adsorption Isotherm

石川県保健環境センター研究報告書投稿規定

石川県保健環境センター（以下「センター」という。）研究報告書の投稿規定を次のとおり定める。

1 編集

センター研究報告書の編集は、年報等編集委員会（以下「編集委員会」という。）が行う。

2 編集委員会の構成

編集委員会は所長を委員長とし、技監、次長、部長、副部長及び総務課長を委員とする。

委員長は、必要に応じ委員長代理を指名し、その職務を委任することができる。

3 投稿者の規定

投稿者は原則としてセンター職員とする。

4 報告書の内容

センター職員が行った調査研究で、印刷物として未発表のものとする。ただし、抄録についてはこの限りではない。

5 報告の種類

報告は、総説、報文、短報、資料及び抄録の 5 種類とする。投稿申込者は希望する投稿区分を示して申し込み、編集委員会が投稿区分を指定して投稿者に通知する。

1) 総説

複数年にわたる連続した研究報告を総合的にまとめたもの、複数の部門で行われた研究報告を総合的にまとめたもの又はひとつの主題に関する内外の研究報告を総括的にまとめたもののいずれかで、形式は自由とし、和文要旨及び英文タイトルを付記する。

2) 報文

新知見を含むまとまった研究報告で、形式はおおむね、はじめに、材料と方法、成績、考察、まとめ、謝辞、付記及び文献の順とし、和文要旨及び英文タイトルを付記する。

3) 短報

断片的な研究であっても、新しい事実で価値のあるデータを含む報告で、形式は報文に準じ、和文要旨及び英文タイトルを付記する。

4) 資料

既知の方法による調査、試験検査の結果又は統計等をまとめたもので、形式は報文に準じ、和文要旨及び英文タイトルを付記する。

5) 抄録

当該年度に他誌に掲載された論文の抄録で、表題名、著者名、所属名、掲載誌名、巻（号）、始ページ終ページ、発行年及び紹介文の順に掲載する。

6 投稿

本誌に原稿の投稿を希望する者は、その原稿を本投稿規定ならびに「研究報告書原稿執筆要領」に従って作成しなければならない。

投稿原稿の長さは、原則として表 1 に示すページ数（図、表などを含む刷り上がりページ数）以内とする。ただし、編集委員会が認めた場合は、この限りではない。

表 1 原稿の最大ページ数

原稿の種類	総説	報文	短報	資料	抄録
ページ数	12	8	4	6	1

7 原稿の提出及び審査

原稿は所属のグループリーダー（執筆者がグループリーダー以上の職位の者である場合は部長）の校閲を経て、編集委員会に提出する。

提出された原稿は、次項に定める複数の査読員によって審査され、その採否、掲載区分及び掲載順序は編集委員会が決定する。

原稿の表現、用語等の統一化は編集委員会で行い、必要な場合には投稿者に内容の変更、表現の統一化のための作業あるいは内容の確認などを求めることがある。

8 査読員

原稿の査読員は、次に定める職員をもって充て、審査原稿の割当は、査読員の専門分野及び経験を考慮して編集委員会で決定する。

- 1) 編集委員のうち、技監、技術総括次長、技術職の部長及び副部長
- 2) センター職員の中から編集委員会が選任し、編集委員長が委嘱した職員若干名。

なお、本項に該当する査読員の任期は委嘱の日から当該年度の研究報告書発行の日までとし、再任を妨げない。

9 校正

初校は著者校とし、誤植の訂正に止め、内容の変更をしてはならない。ただし、編集委員会が認めた場合はこの限りではない。

10 その他

その他必要な事項は編集委員会で協議する。

この投稿規定は、昭和54年4月1日から適用する。

昭和57年4月1日一部改正
昭和62年7月1日一部改正
平成6年6月1日一部改正
平成10年7月2日一部改正
平成15年4月1日一部改正
平成16年4月1日一部改正
平成20年4月21日一部改正
平成21年3月2日一部改正
平成26年3月31日一部改正
平成26年4月8日一部改正

石川県保健環境センター研究報告書原稿執筆要領

研究報告書投稿規定第 6 項に基づく原稿執筆要領を、次のとおり定める。

〔はじめに〕

この「原稿執筆要領」は、報告の投稿に当たり原稿執筆の際に従うべき必要最小限の約束が記されている。これに従わない原稿は受理されない場合があるので注意すること。

投稿原稿として具備すべき条件として、正確かつ客観的であり、内容、記述が十分に推敲され、つじつまのあった読みやすく理解しやすい文章であることが求められる。原稿の審査は内容の妥当性、正確さ、学術的価値に重点が置かれるもので、理解しやすく読みやすい文章の推敲は、投稿者の執筆時及びグループリーダー校閲時に予め行っておくべき義務と考えられる。

〔原稿の執筆〕

原稿の執筆は、原則として編集委員会が指定した電子媒体上での執筆とし、具体的な方法は別途定める。

ただし、編集委員会が認めた場合は紙面による投稿も可能とする。この場合、原稿は A4 判でワープロによる左横書き (25 字×46 行、左詰め、2 ページで仕上がり 1 ページに相当) とする。

〔文 体〕

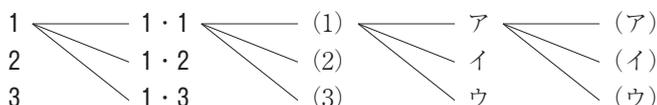
- 1 原稿は原則として新仮名遣い、新送り仮名、平仮名混じり国語文とし、簡潔で理解し易い表現にする。止むを得ぬ学術用語、地名、人名などのほかは常用漢字を用いる。
- 2 欧文はダブルスペースとする。

〔表題等〕

- 3 表題はなるべく短くまとめ、本文とは別の頁に書く。続報の場合は必ず副題を付ける。
- 4 表題又は副題の下に 1 行あけて所属名 (部まで) と著者名を連記する。
- 5 総説、報文、短報及び資料には、英文の表題、副題、著者名及び所属名を和文の下へ 1 行あけて記載する。
- 6 英文表題は、冠詞、前置詞、副詞、接続詞以外の単語の第 1 文字を大文字とする。
- 7 英文著者名及び所属名はイタリック体 (斜体) とし、英文著者名は、ファミリーネームを先にすべて大文字で記載し、ファーストネームは頭文字のみを大文字とする。
- 8 総説、報文、短報、資料及び抄録には、報告の内容を的確に示す 3～5 語の和文又は英文のキーワードを付記する。
- 9 総説、報文、短報及び資料には、和文要旨を付ける。要旨は表題、著者名の次に字数 200～300 字の範囲で記載し、本文を読まなくても内容の要点が理解できるように作成する。
- 10 報告の一部若しくは全部を学会等に発表した場合には、最下段に発表学会名、発表年月日及び開催地名を明記する。

〔本 文〕

- 11 本文は表題とは別の頁に新しく書き出す。
- 12 本文の構成はおおむね 1 はじめに、2 材料と方法、3 成績、4 考察、5 まとめ の順とし、1 行あけて謝辞及び付記を記載する。文献は別の用紙に書き出す。ただし、総説の形式はこれらにとらわれず自由とする。
- 13 項目を細別するときの見出し符号は、次の順序で用いる。



ただし、考察とまとめはポイントシステムをとらず、(1)、(2)、(3) とする。

- 14 ポイントシステムとその見出しはゴシック体とする。
- 15 文の書き出しは 1 字あける。行を改めるときも同じ。
- 16 句読点は「、」及び「。」、かっこは「()」を用いることとし、それぞれ 1 字に数える。ただし、句読点が行の頭に出る場合は、前の行の右欄外に書く。
- 17 数字は成語となっているもの以外はアラビア数字を用い、1 こま 2 字とする。小数点、コンマ等の記号も数字に準じて記載する。
- 18 数量の単位は原則として国際単位系 (SI 単位) により、記号は国際的に慣用されているものを用いる。「リットル」は「L」 (半角大文字) を用いる。特殊な記号は脚注に説明を加える。
- 19 物質名、術語等で慣用されているものはそれに従う。物質名には化学式を用いない。
- 20 生物名 (和名) はカタカナ書きとし、その学名はイタリック体とする。
- 21 外国語の地名、人名は原則として欧語を用いる。

22 本文中の人名は姓のみとする。なお、人名が複数の場合は列記しないで、最初の人名のあとに「ら」を付け、年号は原則として省く。

23 用語を略記するときは、最初に必ず正式な名称を共に示す。

24 倫理審査を受けた場合は、材料と方法の項に倫理審査委員会の名称及び承認年月日を明記する。

〔書体の指定〕

25 印刷時の書体を原稿中で指定するときは、ゴシック体は必要ある文字の下に~~~~線を、イタリック体は——線を、スモールキャピタル体は——線をそれぞれ朱書する。

〔表と図〕

26 表と図は重複を避け、本文の論旨展開に必要な最小限なものに留める。これ以外の基礎資料となる表や図は、著者の責任において適当な媒体で保管することとし、研究報告には掲載又は添付をしない。

27 表や図は、それぞれ本文とは別の頁に書き、番号と表題を付ける。

28 番号と表題は、表では表の上部に、図では図の下部に表示し、説明、注釈は表や図の下部に記載する。

29 番号、表題、説明及び注釈は和文、欧文のいずれでもよいが、欧文の場合は本文での引用にも欧文の番号を用いる。

30 表や図に用いる文字は書体を指定することができる。

31 表や図の本文中への挿入位置は、原稿用紙の右欄外に「←表1」、「←図1」のように朱書する。

32 表や図は原則として、その幅を刷り上り8cm（半ページ幅）又は16.6cm（全ページ幅）とするが、特に大きさを指定したいときは、表や図の原稿の右下に刷り上りの大きさを朱書する。

33 表の周囲は枠で囲まないのを原則とし、縦、横の罫は差し支えない限り省く。

34 図・表及び写真は原則として白黒とする。

35 電子媒体による原稿とは別に、図はそのまま製版に使用できるもの1部を提出する。

〔引用文献〕

36 文献は本文の引用個所の右肩に1)、2)3)、4)-6)のように記載し、本文とは別の頁に一括して引用番号順に1文献ごとに行を改めて記載する。

37 文献の略名は、邦文誌は日本自然科学学術雑誌総覧、欧文誌は、Chemical Abstract 及び Cumulative Indexed Medicus に従って記載する。上記に指示のないものは、原則として略名を用いない。

38 雑誌の場合は、著者名：論文表題、雑誌名、巻（ゴシック体で記載）（号）、始ページ-終ページ（発行年）の順に記載する。

39 単行本の場合は、著者名：書名、版（編者名）始ページ-終ページ、発行所名（発行年）の順に記載する。

40 著者名は姓名を記載する。欧文名はファミリーネームを先にすべて大文字で記載し、ファーストネームは頭文字のみを大文字とする。（例：PAULING, Linus C., DING Yunchung）

41 共著の場合は、原則として全員の姓名を記載する。

42 巻数は、ゴシック体にする。

通巻ページのあるものは、号を省略する。

ページは原則として通巻ページを記載する。

43 重版又は改訂版のない単行本は版の記載を省略する。単行本の全内容を総括的に引用した場合は、ページの記載を省略する。

44 インターネット・ホームページを引用する場合は、掲載者（機関）名、ホームページ名、ホームページアドレス、参照年（西暦）月日を記載する。

〔謝辞と付記〕

45 謝辞は本文の最後に1行の余白をあけて書き出す。見出しは付けない。

46 付記は謝辞に引き続き行を改めて記載する。見出しは付けない。

〔原稿の査読及び修正〕

47 原稿の査読は、原則として電子媒体を用いて行う。ただし、査読員から申し出があった場合は紙面によりこれを行う。

48 複数の査読員からの査読意見は、編集委員会事務局がこれを一括して投稿者に通知する。

49 投稿者は、査読員から修正意見を受けた場合、その指示に従って修正した原稿又は修正できない旨とその理由を付した意見書を編集委員会事務局へ提出しなければならない。

50 複数の査読員間で大きな意見の相違があった場合は、当該査読員間で意見を調整の上、執筆者に通知する。

51 前項において当該査読員間で合意が得られなかった場合、及び査読員と執筆者との間での見解の相違により修正に関する合意が得られなかった場合は、編集委員会においてこれを調整し、その取り扱いを決定する。

石川県保健環境センター研究報告書（第57号）

令和3年3月発行

金沢市太陽が丘1丁目11番地（〒920-1154）

発行所 石川県保健環境センター

TEL (076) 229-2011

FAX (076) 229-1688

ホームページ：<https://www.pref.ishikawa.lg.jp/hokan/>

e-mail：hokan@pref.ishikawa.lg.jp
