

# 石川県保健環境センター研究報告書

第 55 号

(平成29年度)

---

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



2 0 1 8

石川県保健環境センター

# 目 次

## (報 文)

石川県における微小粒子状物質 (PM <sub>2.5</sub> ) 中の多環芳香族炭化水素類の濃度について .....	河本 公威ほか	… ( 1 - 6)
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) .....	秋澤久美子ほか	… ( 7 - 11)
モニタリングカーによる石川県内の空間線量率調査 .....	鶴谷 亮太ほか	… (12 - 18)

## (短 報)

石川県で分離された結核菌の分子疫学解析 (第1報) .....	塩本 高之ほか	… (19 - 22)
石川県における呼吸器感染症起因ウイルスの流行状況 (第1報) ーヒトメタニューモウイルスの詳細解析ー .....	児玉 洋江ほか	… (23 - 26)
石川県における輸入感染例を発端とした麻しん患者発生事例について .....	倉本 早苗ほか	… (27 - 31)
石川県における過去5シーズンのノロウイルス遺伝子型について ー2012/13～2016/17シーズンー .....	中澤 柁哉ほか	… (32 - 36)
BPX-DXN及びRH-12msカラムを用いたダイオキシン類分析について ー2カラム2インジェクションによるダイオキシン類分析ー .....	安田 和弘ほか	… (37 - 42)

## (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 ー2017年度ー .....	木村恵梨子ほか	… (43 - 46)
石川県におけるインフルエンザの流行状況 ー2017/18シーズンー .....	成相 絵里ほか	… (47 - 51)
石川県で検出されたノロウイルスの遺伝子型 ー2017/18シーズンー .....	成相 絵里ほか	… (52 - 54)
微小粒子状物質捕集装置の遠隔監視について .....	牧野 雅英ほか	… (55 - 58)
石川県内における揮発性有機化合物による地下水汚染の経年変化について (平成20～29年度) .....	岡田真規子ほか	… (59 - 67)
志賀原子力発電所30km圏内における環境試料中放射能濃度の現状把握 (第4報) .....	内川 慎互ほか	… (68 - 74)
石川県における環境放射能水準調査 (平成29年度) .....	宮竹 智代ほか	… (75 - 77)
石川県保健環境センター研究報告書投稿規定 .....		(78 - 79)
石川県保健環境センター研究報告書原稿執筆要領 .....		(80 - 81)



〔報 文〕

## 石川県における微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) 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 環境科学部

河本 公威・牧野 雅英・宮田 朋子  
加藤 真美・太田 聡・初瀬 裕

## 〔和文要旨〕

PM<sub>2.5</sub>中における多環芳香族炭化水素類 (PAHs) 濃度の実態を把握するために、石川県内の輪島市西二又、輪島局、松任局の3地点で6-7月、11-12月、3月に試料の捕集を行った。11種類のPAHsを分析し、県内におけるPAHsの濃度レベルを求めた。その結果、PAHs濃度には季節変動が見られ、3月が最も高く、次いで11-12月が高かったが、PM<sub>2.5</sub>の質量濃度の季節変動とは一致しなかった。また、PAHsは微小粒子側に多く含まれる傾向があり、その偏在率には、暖候期よりも寒候期が高くなる季節変動が認められた。

キーワード：多環芳香族炭化水素類，微小粒子状物質，季節変動

### 1 はじめに

PM<sub>2.5</sub>は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。PM<sub>2.5</sub>の大気中の濃度を低減するには、発生源対策が必要であり、発生機構の解明や発生源を明らかにすることが求められている。また、地方自治体において質量濃度に加えてPM<sub>2.5</sub>の成分分析が行われており、国(環境省)への報告が求められている。これら成分分析の結果を解析することにより、PM<sub>2.5</sub>の健康影響調査に資する知見の充実が期待できる。

一方、PM<sub>2.5</sub>の有機エアロゾル中には多環芳香族炭化水素(以下、PAHsという。)が含まれている。PAHsは、化石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、PM<sub>2.5</sub>中におけるPAHsの成分情報は非常に有益な知見であると考えられる。しかし、PM<sub>2.5</sub>中のPAHsの従来の知見は、イオン成分、無機成分及び炭素成分と比較して非常に少ないのが現状である。今回、PM<sub>2.5</sub>中にお

けるPAHsの状況を把握するため、石川県内3地点(輪島市西二又、輪島局、松任局)におけるPM<sub>2.5</sub>中のPAHs濃度を調査し、いくつかの知見を得たので報告する。

### 2 調査方法

#### 2.1 調査地点及び調査期間

調査地点は、輪島市西二又(以下、西二又という。)輪島局及び松任局の3地点で試料採取を行った(図1)。

西二又は能登半島西端に位置し、金沢大学能登大気観測スーパーサイト(旧国設酸性雨測定所)が設

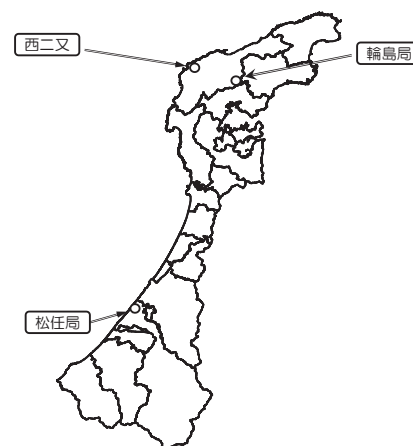


図1 調査地点

Concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons associated with PM<sub>2.5</sub> observed in Ishikawa Prefecture, Japan. by KAWAMOTO Tomotake, MAKINO Masahide MIYATA Tomoko, KATO Mami, OTA Satoshi, HATSUSE Yuh (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PM<sub>2.5</sub>, Seasonal Change

置されている地点で、周りは森林に囲まれ、周辺に住宅がなく、交通量もほとんどない地点である。輪島局は一般環境大気測定局であり、のり山空港敷地内に設置されており、周辺に事業所や民家が少ない地点である。西二又と輪島局は直線距離で16km離れている。一方、松任局は一般環境大気測定局であり、市街地に位置し、周辺は住宅地であり、近隣には交通量の多い道路も存在する。

調査期間は、2017年6月27日から7月10日、11月15日から29日、12月1日から14日、2018年3月1日から14日の4回実施したが、11月から12月にかけては、連続した1つの期間として取り扱った。

### 2・2 試料採取

サンプリング方法は、PM<sub>2.5</sub>成分分析マニュアル<sup>1)</sup>に準じて行った。試料採取装置には、Thermo scientific製シーケンシャルエアサンプラー Model 2025i, 2025i-Dを用い、捕集流量は16.7L/minとした。サンプリングフィルタには、Whatman製 QMA φ47mmの石英繊維フィルタを使用した。なお、試料の捕集時間は24時間とし、採取後は分析に供するまで冷凍保存(-20℃)した。

### 2・3 調査対象物質

分析対象としたPAHsは、フルオランテン (Flu)、ピレン (Pyr)、クリセン (Chr)、ベンツ[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)、ジベンツ[a,h]アントラセン (DBahA)、ベンゾ[ghi]ペリレン (BgPe)、インデノ[1,2,3-cd]ピレン (IDP) の11物質とした。それらの化学構造式を図2に示す。

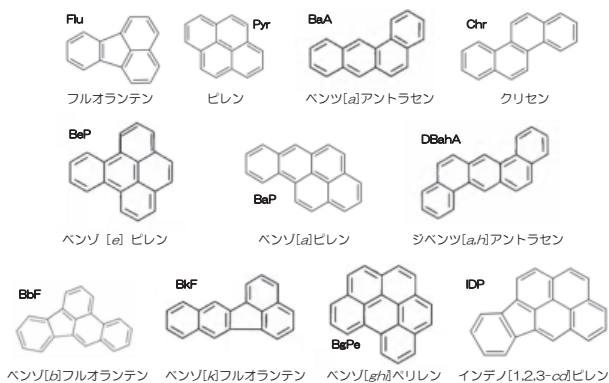


図2 調査対象11物質の化学構造式

### 2・4 分析方法

分析は、有害大気汚染物質測定方法マニュアル<sup>2)</sup>に準じて行った

#### (1) 試薬等

抽出溶媒にはジクロロメタン (残留農薬分析・PCB

試験用, 和光純薬), 定容溶媒及びHPLC分析の移動相にはアセトニトリル (高速液体クロマトグラフ用, 和光純薬) を用いた。また、標準物質は、シグマアルドリッチ製の混合標準溶液 (BePを除く10物質) 及び関東化学製のBeP標準溶液を用い、各10μg/mLをアセトニトリルで適宜希釈して、検量線用標準溶液を作成した。

#### (2) 前処理

抽出は、試料フィルタをセラミック製のハサミで細かく裁断した後、遠心沈殿管に入れ、ジクロロメタン20mLを加え30分間超音波抽出を行った。この抽出液を3000rpmで20分間遠心分離処理を行い、上澄み10mLを分取して、窒素気流下で乾固直前まで濃縮した後、自然乾固し、アセトニトリル1mLに再溶解し、0.45μmメンブレンフィルタでろ過したものを試験溶液とした。分析フローを図3に示した。

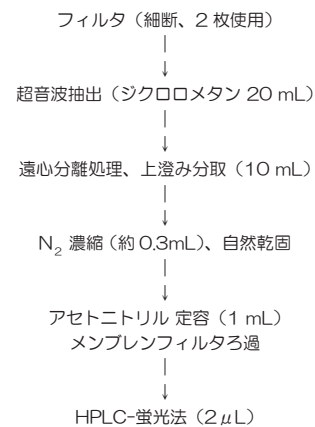


図3 PAHs分析方法

#### (3) HPLC分析

本調査では、HPLC-蛍光法で分析を行った。表1にHPLC条件を示した。HPLCは、Waters製のAquity UPLC H-class, 分離カラムにはInertsil ODS-P (3.0 mm i.d. × 250mm, 5μm, GLサイエンス製)を使用した。移動相条件は、超純水とアセトニトリルの混合比率を25:75から0:100まで、徐々に変化(グラジエント)させ、

表1 HPLC条件

• 使用機種	: Waters Aquity UPLC H-class
• カラム	: Inertsil ODS-P 3.0×250mm, 5μm
• 流量	: 0.8 mL/min
• 移動相	: A; H <sub>2</sub> O B; CH <sub>3</sub> CN 0-15 min A:B=25:75 15-20 min A:B=25:75~0:100 20-23 min A:B=0:100 23.01 min- A:B=25:75
• 温度	: 40℃
• 注入量	: 2μL

カラム温度は40℃，流速は0.8mL/min，注入量は2μlとした。蛍光検出器の測定波長条件を表2に示す。励起波長及び蛍光波長は1chのタイムプログラムにより切り替え，各5波長を使用した。分析条件の検討の結果，本分析では分析時間が約28分となり，環境省マニュアル<sup>2)</sup>よりも大幅に測定時間を短縮することができた。

表 2 蛍光検出器の測定波長条件

Time (min)	励起波長 Ex (nm)	蛍光波長 Em (nm)	分析対象化合物
0.00 - 6.45	360	435	Flu
6.45 - 9.00	320	391	Pyr
9.00 - 13.00	270	390	BaA Chr
13.00 - 21.00	290	430	BeP BbF BkF BaP DBahA
21.00 - 24.00	300	500	BgPe IDP

### 3 調査結果及び考察

#### 3・1 検量線及び定量下限値

各定量波長のクロマトグラムピーク面積を用いて，0.5～10ng/mLの範囲（標準溶液0.5，1，2，5，10ng/mL）で，絶対検量線法による検量線を作成した結果，11成分すべてにおいて， $r^2 = 0.999$ と良好な直線性が得られた。

また，定量下限値 (S/N=5) は，以下のとおりである。

- ・ BeP, BgPe : 0.5ng/mL
- ・ Flu, BbF : 0.2ng/mL
- ・ Pyr, BaA, Chr, BkF,  
BaP, DBahA, IDP : 0.05ng/mL

#### 3・2 クロマトグラム

11種のPAHs標準物質及び試料のクロマトグラムの一例を図4に示す。図4より，BeP及びBgPeの検出感度が低く，それらの保持時間近くに他の物質（BbF及びIDP）が確認できる。

このように，BePは検出感度が低く，保持時間近くに他物質があることから，PAHsの調査研究において解析対象から外されるケースが多く，また，DBahAについ

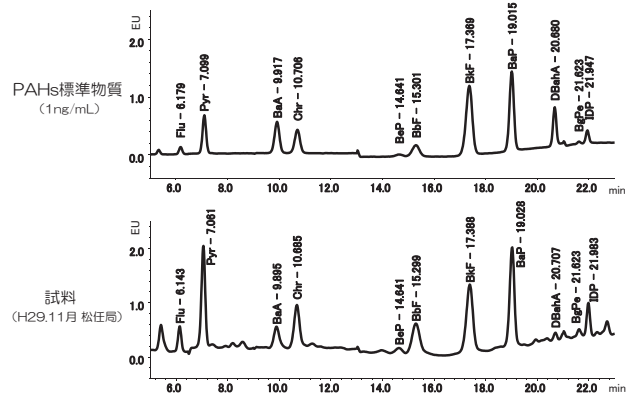


図 4 PAHs標準物質及び試料のクロマトグラム（一例）

ては検出濃度が低いため，同様に解析対象外となることが多かった。本調査研究では，分離カラムにInertsil ODS-Pを使い，HPLC分析条件を検討した結果，BeP，DBahA及びBgPeを単独で定量することが可能となった。また，試料についても妨害ピークが重なることなく分離することができた。

#### 3・3 フィルタの抽出枚数の検討

対象11物質がHPLCで測定可能な検出感度を得るためには，抽出するフィルタが何枚必要であるか検討した。輪島局及び松任局において，7日間試料を採取した。それらの試料から，フィルタ1枚（1日目），フィルタ2枚（2～3日目），フィルタ4枚（4～7日目）を一試料として抽出し，試料溶液中の濃度を比較した。結果を表3に示す。

フィルタ1枚では，11物質すべての濃度は定量下限値を上回っていたが，BeP，DBahA及びBgPeの3物質の濃度は定量下限値に近い値であった。フィルタ2枚では，BeP，DBahA及びBgPeの濃度は定量下限値の3倍以上となった。フィルタ4枚では，BeP，DBahA及びBgPeの濃度はフィルタ2枚の濃度と差はみられなかった。

以上より，BeP，DBahA及びBgPeが十分定量可能なフィルタ2枚を一つの試料として，分析に供することとした。

表 3 各フィルタ枚数を抽出した試料溶液中のPAHs濃度

場所	フィルタ枚数	Flu	Pyr	BaA	Chr	BeP	BbF	BkF	BaP	DBahA	BgPe	IDP
輪島	1	1.3	0.91	0.28	0.75	0.62	0.95	0.37	0.46	0.07	0.66	0.78
	2	3.0	2.2	0.69	1.9	1.7	2.5	1.0	1.3	0.17	2.3	2.1
	4	3.0	2.3	0.73	1.7	1.9	2.6	1.0	1.3	0.19	3.2	2.6
松任	1	1.2	0.84	0.26	0.79	0.80	1.1	0.41	0.50	0.06	1.2	0.94
	2	3.7	2.7	0.80	2.1	2.0	2.9	1.2	1.5	0.19	3.3	2.5
	4	3.7	3.0	1.1	2.4	2.5	3.4	1.4	1.9	0.25	4.3	3.3
定量下限値		0.2	0.05	0.05	0.05	0.5	0.2	0.05	0.05	0.05	0.5	0.05

単位 ng/mL

### 3・4 添加回収試験の結果

添加回収試験は、ブランクフィルタ2枚に11物質混合標準品溶液を各物質が40ng含まれるよう添加し、試料と同様に分析し、回収率を試行数12の平均値で求めた。その結果、4環化合物であるFlu及びPyrの回収率は77%と若干低めであり変動も大きかったが、他の9物質の回収率は、88～97%と良好な結果が得られた。環境大気中の多くのPAHsは、蒸気圧や気温によって気相と粒子相に分配しており、通常気温であれば、2, 3環のPAHsは気相、5環以上のPAHsは粒子相、4環のPAHsは両方の相に存在するが、気温が低いほど粒子相により多く分配すると言われている<sup>3)4)</sup>。FluとPyrの

回収率が若干低く変動が認められる理由として、これら物質は、試験操作中の窒素濃縮等で気相に移行する割合が多いためと推測される。

### 3・5 PAHs濃度及びPM<sub>2.5</sub>の質量濃度

PM<sub>2.5</sub>中のPAHs濃度の結果を表4に示す。調査地点別における年平均値を物質別に見ると、各調査地点ともFlu及びBgPeが高く、DBahAが最も低い値を示し、その濃度差は10倍程度であった。

次に、PM<sub>2.5</sub>中のPAHs濃度及びPM<sub>2.5</sub>の質量濃度を季節別、調査地点別に表したグラフを図5に示した。PAHs濃度を調査地点別に見ると、松任局が最も高く、西二又と輪島局は同程度であった。次に季節別に見ると、

表4 石川県内におけるPM<sub>2.5</sub>中のPAHs濃度

	4環				5環					6環	
	Flu	Pyr	BaA	Chr	BeP	BbF	BkF	BaP	DBahA	BgPe	IDP
西二又	74	55	13	33	37	47	17	21	6.5	55	41
輪島局	63	51	16	34	39	51	55	20	5.0	71	47
松任局	90	67	20	51	60	77	30	34	8.6	110	78
全体平均	76	58	16	39	45	58	34	25	6.7	79	56

測定値は年平均値，単位 pg/m<sup>3</sup>

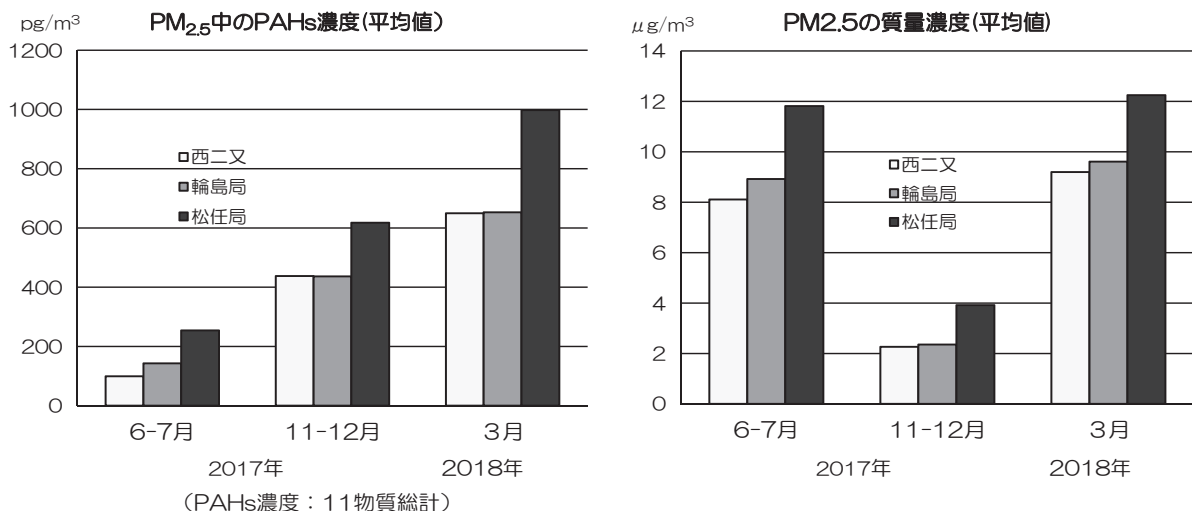


図5 PM<sub>2.5</sub>中のPAHs濃度及びPM<sub>2.5</sub>の質量濃度との比較

表5 PM<sub>2.5</sub>中とTSP中のPAHs濃度の比較

調査地点	本研究					Tang, N. et al., (2015)			Tang, N. et al., (2015) と本研究の比較			中村他 (2012)		
	輪島市西二又					TSP			PM <sub>2.5</sub> /TSP			長崎県大村市		
試料	PM <sub>2.5</sub>					TSP			PM <sub>2.5</sub> /TSP			PM <sub>2.5</sub>	TSP	PM <sub>2.5</sub> /TSP
採取年	2017-2018					2004-2014			—			2012		
採取月	6	11-12	3	寒候期 11, 12, 3	年間 平均	寒候期 11~5	暖候期 6~10	年間 平均	寒候期 11~5	暖候期 6~10	年間 平均	3/7~4/24		
試料数	7	14	7	21	28	280	175	455	—	—	—	49		
合計 11PAHs	99	438	650	508	406	—	—	—	—	—	—	1220	1580	77.2
合計 9PAHs	84	390	594	458	364	670	170	478	68.4	49.6	76.3	1020	1360	75.0
単位	平均値, pg/m <sup>3</sup>					平均値, pg/m <sup>3</sup>			(%)			平均値, pg/m <sup>3</sup>	(%)	



3月が最も高く、次いで11-12月が高く、6-7月が最も低くなった。PM<sub>2.5</sub>のPAHs濃度が高くなる時期は、中国で石炭やバイオマス燃料の使用が増大する時期(10月~3月)と一致していた。早川らが西二又で行った大気粉塵中のPAHsの調査において、中国の石炭暖房の使用期間に大気中の3~6環PAHsの濃度が上昇し、この濃度上昇のほとんどは中国東北部からの飛来によることが明らかとされており<sup>5)6)</sup>、本調査でもこれに合致する結果となり、大陸からの影響が大きいことが示唆された。

一方、PM<sub>2.5</sub>の質量濃度については、3月及び6-7月に高く、11-12月が最も低くなった。冬季に質量濃度が極端に低い理由としては、北陸の冬季は気候的に湿度が高く降雨が多いため、レインアウト及びウォッシュアウトにより総大気浮遊粒子状物質(以下、TSPという。)量が減少<sup>7)</sup>、PM<sub>2.5</sub>の質量濃度も低くなると考えられる。

PM<sub>2.5</sub>中のPAHs濃度とPM<sub>2.5</sub>の質量濃度を比較すると、これらに季節変動の一致は見られなかったことから、両者の関連は低いことが示唆された。なお、輪島局のPM<sub>2.5</sub>中のPAHs濃度は西二又とあまり差がなかったことにより、輪島局は越境汚染の影響を調査するのに適した場所であると考えられる。さらに、松任局のPAHs濃度は西二又及び輪島局と比較し濃度が高いことから、越境汚染に加え、地域的な汚染が影響していることが示唆された。

### 3・6 PM<sub>2.5</sub>中のPAHs濃度及び偏在率(PM<sub>2.5</sub>/TSP)の研究事例との比較

PM<sub>2.5</sub>中のPAHs濃度とTSP中のPAHs濃度との比較を行った(表5)。比較には、金沢大学環日本海域環境研究センターの唐らのデータ<sup>8)</sup>及び長崎県環境保健研究センターの中村らのデータ<sup>9)</sup>を用いた。また、比較した調査地点は、西二又と長崎県大村市である。

PM<sub>2.5</sub>中のPAHs濃度について、本研究の西二又(3月)と長崎県大村市(3-4月)とで比較すると、西二又は大村市の約半分の濃度と低い値であった。このことにより大村市は市の中心部であり、近隣の発生源の影響を受ける効果が効いていると思われる。

次に、西二又におけるPM<sub>2.5</sub>中のPAHs濃度(BeP、DBahAを除く9物質)とTSP中のPAHs濃度(9物質)を比較した(図6)。TSP中のPAHs濃度は唐ら<sup>8)</sup>による2004~2014年の平均値で、暖候期を6~10月、寒候期を11~5月とした。その結果、PAHsの微小粒子(PM<sub>2.5</sub>)への偏在率(PM<sub>2.5</sub>/TSP)は、暖候期で約50%、寒候期で約68%であった。さらに、西二又(寒候期)と長崎県大村市(3月)との偏在率を比較したところ、長崎県は75.0%であり、西二又と近い値であった。PAHsは微小粒子側に多く含まれる傾向があり、その偏

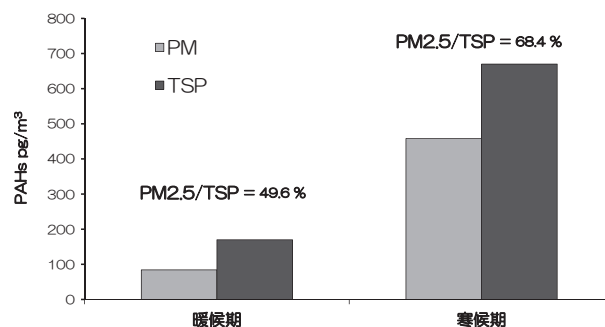


図6 西二又におけるPM<sub>2.5</sub>中とTSP中のPAHs濃度の比較

在率は暖候期よりも寒候期が高いという、季節変動が明らかとなった。

なお、唐ら<sup>8)</sup>によると、西二又のTSP中のPAHs濃度は、北京オリンピック(2008年)以前は増加傾向に、それ以降は減少傾向にあると報告されている。よって、2017~2018年のTSP中のPAHs濃度は、2004~2014年の平均値よりも低いものと考えられ、今回示したPAHsの偏在率は過小評価されており、実際には、より微小粒子側に偏在していると考えられる。

## 4 まとめ

- (1) PM<sub>2.5</sub>中におけるPAHs11物質について、分析法を検討した結果、良好な回収率が得られ、かつHPLCのクロマトグラム上の分離も良好な分析法を確立した。
- (2) 本県のPM<sub>2.5</sub>中におけるPAHs濃度レベルは、季節変動があり、3月に最も高く、次いで11-12月に高く、6-7月が最も低くなった。また、大気中PAHs濃度とPM<sub>2.5</sub>の質量濃度には、季節変動の一致は無かった。
- (3) 西二又におけるPAHsの微小粒子側への偏在率は、暖候期で約50%、寒候期で約68%となった。寒候期については、長崎県大村市と近い値であった。

本研究を実施するにあたり、西二又における試料採取場所の提供及び多環芳香族炭化水素類の分析全般についてご教授いただきました金沢大学環日本海域環境研究センターの早川和一教授、並びに唐寧准教授に深謝いたします。

## 文 献

- 1) 環境省水・大気環境局：大気中微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)成分測定マニュアル、平成25年6月
- 2) 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
- 3) 濱寛貴、徳田貴裕、伊崎陽彦、大野友子、渡辺有梨、神田哲雄、唐寧、亀田貴之、鳥羽陽、早川和一：金沢市内における大気粉塵中多環芳香族炭化水素およびニトロ多環芳香族炭化水素類の最近12年間の変遷、大



- 気環境学会誌, **47**, 1-8 (2012)
- 4) 吉岡秀俊, 秋山薫, 泉川碩雄: 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4報), 東京都環境科学研究所年報, 9-16 (1996)
- 5) 早川和一, 唐寧, 鳥羽陽, 亀田貴之: 東アジアの有害大気汚染, 日本分析化学会機関誌ぶんせき, **6**, 278-284 (2008)
- 6) Xiao-yang Yang, Yumi Okada, Ning Tang, Shiori MATsunaga, Kenji Tamura, Jin-Ming Lin, Takayuki Kameda, Akira Toriba, Kazuichi Hayakawa: Long-range transport of polycyclic aromatic hydrocarbons from China to Japan, *Atmos. Environment*, **41**, 2710-2718 (2007)
- 7) 石川県: 平成29年度環境大気調査報告書 (資料編), 31 (2018)
- 8) Ning Tang, Mariko Hakamata, Kousuke Sato, Yumi Okada, Xiao-yang Yang, Michiya Tatematsu, Akira Toriba, Takayuki Kameda, Kazuichi Hayakawa: Atmospheric behaviors of polycyclic aromatic hydrocarbons at a Japanese remote background site, Noto peninsula, from 2004 to 2014, *Atmos. Environment*, **120**, 144-151 (2015)
- 9) 中村心一, 田村圭, 山本重一, 山内康生: 長崎県大村市における2012年春季大気浮遊粉じん中の多環芳香族炭化水素類について, 長崎県環境保健研究センター所報, **58**, 39-44 (2012)

〔報文〕

## 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 環境科学部

健康・食品安全科学部

石川県危機対策課

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

### 〔和文要旨〕

石川県の河北潟では化学的酸素要求量（COD）の環境基準を未だに達成していない。河北潟におけるCODの負荷割合については、4～10月の平均で内部生産が約6割を占めていることがこれまでの県の調査で明らかになっている。内部生産の低減には潟に流入する栄養塩類の低減が課題である。そこで、本研究では、新たな水質浄化技術として考案した、河北潟に在来する植物プランクトンを用いて水中の栄養塩類を低減する実験装置による浄化実験を行い、水理的滞留時間（HRT）0.18日の場合、装置の水容量1Lあたり1日に硝酸態窒素（NO<sub>3</sub>-N）1.7mg、リン酸態リン（PO<sub>4</sub>-P）0.11mgを除去できることを確認した。

キーワード：河北潟，湖沼，植物プランクトン，水質浄化，除去速度

本報及びそれに先行する既報の内容については以下の学会等で発表した。

第30回全国環境研協議会東海・近畿・北陸支部研究会，2016/1/14～15，滋賀県大津市

第50回日本水環境学会年会，2016/1/16～18，徳島県徳島市，以上第1報

第31回全国環境研協議会東海・近畿・北陸支部研究会，2017/1/26～27，福井県福井市

第51回日本水環境学会年会，2017/3/15～17，熊本県熊本市，以上第2報

第52回日本水環境学会年会，2018/3/15～17，北海道札幌市 第3報

### 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<sup>1)</sup>。県の調査では，河北潟のCOD汚濁負荷の内訳は，4～10月の暖候期には内部生産が約6割になると報告している<sup>2)</sup>。

当センターがこれまでに実施した「浮葉植物による水質浄化と植栽・利用に関する研究」では，浮葉植物（ヒシ）を植えていない対照区であっても，植物プランクトンの増殖により，模擬湖沼水中のNO<sub>3</sub>-N及びPO<sub>4</sub>-P濃度が減少したと報告した<sup>3)</sup>。また，「河北潟における難分解性有機物に関する実態調査」では，春夏は易分解性の懸濁態有機物が多く，この成分と植物プランクトンの指標であるChl aとの相関が高いことから，内部生産を

---

Examinations of the Water Quality Improvement Technology with Utilizing an Intake of Nutrient Salts by Phytoplanktons (3rd Report). by AKIZAWA Kumiko, MAEDA Sorato, HARADA Yumiko, KAWABATA Ryosuke, YOSHIDA Syuichi and YASUDA Nobuhiro (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science), SHIMIZU Ryuji (Health and Food Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science), FURUSAWA Yuichi (Ishikawa Prefectural Crisis Management Division)

Key words : Kahokugata Lagoon, Lakes, Phytoplankton, Water Quality Improvement, Removal Speed

低減させることが水質浄化に重要であることを報告した<sup>4)</sup>。

内部生産は渦内部での植物プランクトンの増殖に起因し、その増殖は流入河川水中の窒素・リン等の栄養塩類に依存する。従って、内部生産の低減には流入河川水中の窒素・リンの低減が課題である。

そこで、前報（第1報及び2報）では、新たな水質浄化技術として、河北渦に在来する植物プランクトンを用いて、水中の栄養塩類を低減する実験装置を考案し、その性能を検討した<sup>5)6)</sup>。第1報<sup>5)</sup>では、栄養塩類を低減するために必要な培養槽の容量について検討し、容量10Lの培養槽を用いて、河北渦への流入河川の一つである森下川河川水中のNO<sub>3</sub>-N約0.3mg/Lを検出下限値（濃度0.01mg/L）未満まで低減できることを確認した。また、植物プランクトンがCOD濃度で75mg/LであればNO<sub>3</sub>-Nを低減することができた。第2報<sup>6)</sup>では、CODとChl a濃度を測定し、正の相関が認められたことから、植物プランクトンの量の目安としてChl aを用いることとした。第1報と同条件で実験を行った結果、Chl a 100μg/Lあたり0.04~0.09mg/LのNO<sub>3</sub>-Nを除去できることを確認した。また、Chl a 100μg/Lあたり約0.02mg/Lもしくはそれ以上のPO<sub>4</sub>-Pを除去できると考えられた。

本報では、本装置の性能を評価するため、第2報の栄養塩を添加した河川水の水質浄化実験の追加試験を行った（栄養塩添加試験）。次いで、分離膜からペリスタルティックポンプで吸引する速度（処理速度）を上げることにより水学的滞留時間（HRT）の短縮を検討した（HRT短縮試験）。また、これらの結果について除去速度を算出したので報告する。

## 2 実験装置と方法

### 2.1 実験装置

実験装置の概要を図1に示した。ペリスタルティックポンプは前報より流量の大きなものと交換し、その他は、第2報と同じ装置を使用した。装置の稼働条件（稼働時間、原水及び培養水に用いた水等）及び測定項目は、第

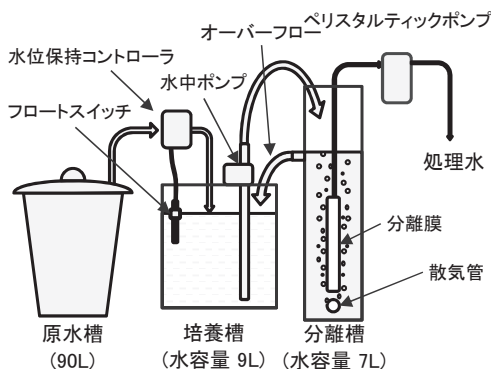


図1 実験装置の概略図

2報と同条件とした。処理速度は、栄養塩添加試験では第2報と同じ、HRT短縮試験では変化させて実験を行った。

### 2.2 浄化実験

#### (1) 栄養塩添加試験

第2報及び本報の栄養塩添加試験の実験条件を表1に示した。第2報の栄養塩添加試験（原水にNO<sub>3</sub>-N約3.0mg/L、PO<sub>4</sub>-P約0.1mg/L相当の硝酸及びリン酸を添加した森下川河川水を使用（表1の添加①））では、NO<sub>3</sub>-Nが約3割、PO<sub>4</sub>-Pが全量除去された。この時、NO<sub>3</sub>-Nの除去率が約3割にとどまった要因が、PO<sub>4</sub>-Pが全量除去されたことによりChl aの増殖が阻害されたためと考え、本試験ではリン酸の添加量を前報の10倍（PO<sub>4</sub>-P約1.0mg/L相当（表1の添加②））とした。

表1 実験条件（栄養塩添加試験）

条件項目	期 間	栄 養 塩 濃 度
添加なし	H28.4/7 ~4/27	森下川河川水 NO <sub>3</sub> -N濃度 0.3~0.5 mg/L PO <sub>4</sub> -P濃度 0.01~0.03 mg/L
添 加 ①	H28.5/16 ~5/24	森下川河川水に硝酸、リン酸を添加 NO <sub>3</sub> -N濃度 3.0 mg/L PO <sub>4</sub> -P濃度 0.1 mg/L
添 加 ②	H28.5/25 ~6/24	森下川河川水に硝酸、リン酸を添加 NO <sub>3</sub> -N濃度 3.0 mg/L PO <sub>4</sub> -P濃度 1.0 mg/L

#### (2) HRT短縮試験（1回目）

処理速度を変化させ、HRT短縮試験を行った。原水には森下川河川水を使用し、処理速度を2, 3, 5, 8L/hと変化させた。この場合のHRTは、それぞれ1, 0.6, 0.4, 0.25日となった。なお、処理速度を変更して3HRT経過後に採水した。

#### (3) HRT短縮試験（2回目）

(2)の再現性確認のため、処理速度以外を同条件で再試験を行った。(2)ではChl a濃度が十分でなかったと考え、Chl a濃度が500μg/L程になってから、試験を開始した。処理速度を2, 4, 8, 11L/hとし、この場合のHRTは1, 0.5, 0.25, 0.18日となった。11L/hは、本装置処理速度の最大値であった。なお、HRT 0.18日の条件においては、多量の原水が必要であったため、1日に2回（10時、16時）採水を行った。

### 2.3 除去速度

第1報の培養槽容量検討試験、第2報と本報の栄養塩添加試験及び本報のHRT短縮試験の結果について、装置の水容量（培養槽+分離槽の水容量）あたりの除去速度及びChl a重量あたりの除去速度を算出した。

装置の水容量あたりの除去速度は、装置の性能を評価する目的で、NO<sub>3</sub>-N又はPO<sub>4</sub>-Pの除去速度（mg/day）を装置の水容量で除して算出した。これは、除去濃度を

HRTで除したものと同一である。

装置の水容量当たりの除去速度 (mg/(L・day))

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{除去速度 (mg/day)}}{\text{装置の水容量 (L)}} \\
 &= \frac{\text{除去濃度 (mg/L)} \times \text{処理速度 (L/h)} \times \text{稼働時間 (h/day)}}{\text{装置の水容量 (L)}} \\
 &= \frac{\text{除去濃度 (mg/L)}}{\text{HRT (day)}}
 \end{aligned}$$

また、Chl a濃度とNO<sub>3</sub>-N又はPO<sub>4</sub>-P除去濃度との関係を検討する目的で、第2報ではChl a 100μg/LあたりのNO<sub>3</sub>-N又はPO<sub>4</sub>-P除去濃度を求めたが、本報ではChl a重量あたりの除去速度として検討した。Chl a重量あたりの除去速度は、装置の水容量当たりの除去速度(除去速度)をChl a濃度で除して、単位をμgに揃えて算出した。

Chl a重量あたりの除去速度 (μg/(μg-Chl a・day))

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{除去速度 (mg/day)} \times 1000}{\text{装置の水容量 (L)}} \times \frac{1}{\text{Chl a (}\mu\text{g/L)}} \\
 &= \frac{\text{除去濃度 (mg/L)} \times 1000}{\text{HRT (day)} \times \text{Chl a 濃度 (}\mu\text{g/L)}} \\
 &= \frac{\text{装置の水容量あたり除去速度 (mg/(L・day))} \times 1000}{\text{Chl a 濃度 (}\mu\text{g/L)}}
 \end{aligned}$$

なお、HRT短縮試験(1回目)については、Chl aの増殖が十分でなかったため、Chl a重量あたりの除去速度については検討していない。

### 3 結果と考察

#### 3・1 浄化実験

##### (1) 栄養塩添加試験(追加試験)

NO<sub>3</sub>-N又はPO<sub>4</sub>-Pの原水中濃度及び処理水中濃度並びにChl aの培養水濃度の推移を図2, 3に示した。添加なし及び添加①の結果については、第2報で述べたとおりである。添加②では、NO<sub>3</sub>-N約3割(除去濃度1.2mg/L)が、PO<sub>4</sub>-P約2割(除去濃度約0.15mg/L)が除去された。PO<sub>4</sub>-Pの添加量を上げてNO<sub>3</sub>-Nの除去濃度がほぼ変わらなかった要因として、栄養塩の添加量が過剰であったことが考えられた。このことから、本装置の適用

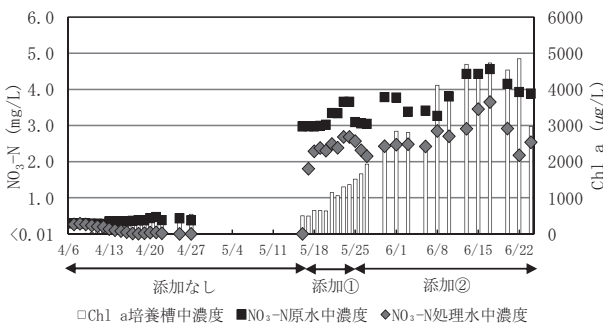


図2 NO<sub>3</sub>-N及びChl aの濃度推移(栄養塩添加試験)

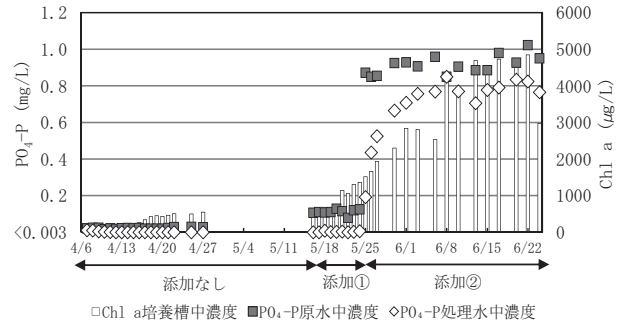


図3 PO<sub>4</sub>-P及びChl aの濃度推移(栄養塩添加試験)

範囲について、原水中濃度がNO<sub>3</sub>-N約1.2mg/L、PO<sub>4</sub>-P約0.15mg/Lが上限であることが示された。

##### (2) HRT短縮試験(1回目)

NO<sub>3</sub>-N又はPO<sub>4</sub>-Pの原水中濃度及び処理水中濃度並びにChl aの培養槽中濃度の推移を図4, 5に示した。処理速度を3L/h(HRT 0.6日)とした場合、NO<sub>3</sub>-Nは約8割、PO<sub>4</sub>-Pは全量除去された。この時、NO<sub>3</sub>-Nを完全に除去するにはChl aの濃度が十分ではなかったと考え、その後4日間培養させた後に、処理速度を8, 5L/hと変化させた。その結果、NO<sub>3</sub>-N及びPO<sub>4</sub>-Pはほぼ全量除去できた。

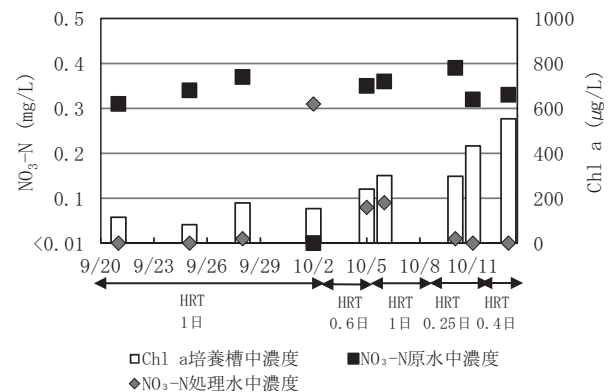


図4 NO<sub>3</sub>-N及びChl aの濃度推移(HRT短縮試験(1回目))

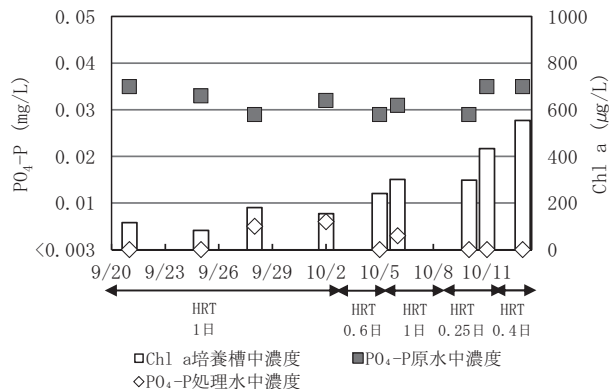


図5 PO<sub>4</sub>-PとChl aの濃度推移(HRT短縮試験(1回目))

##### (3) HRT短縮試験(2回目)

NO<sub>3</sub>-N又はPO<sub>4</sub>-Pの原水中濃度及び処理中濃度並びに

Chl aの培養槽中濃度の推移を図6, 7に示した。処理速度を11L/h (HRT 0.18日)とした場合であっても, NO<sub>3</sub>-N及びPO<sub>4</sub>-Pは全量除去できた。

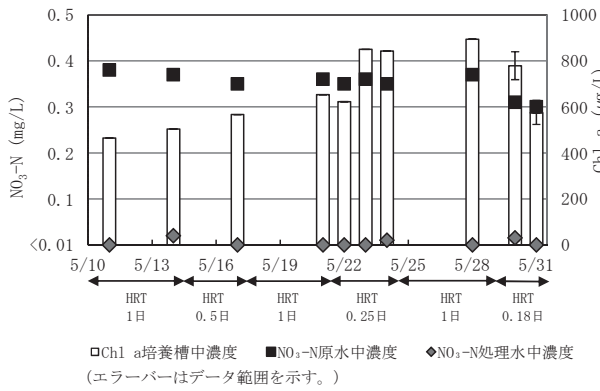


図6 NO<sub>3</sub>-N及びChl aの濃度推移 (HRT短縮試験 (2回目))

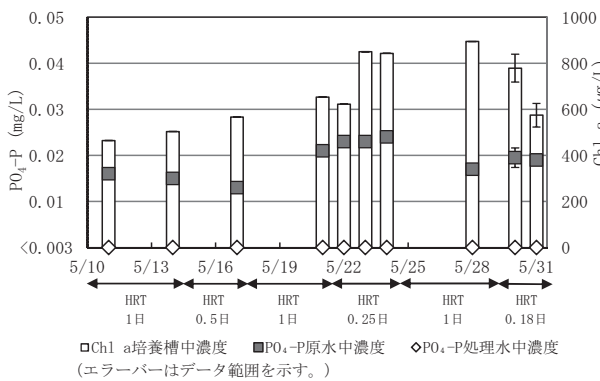


図7 PO<sub>4</sub>-PとChl aの濃度推移 (HRT短縮試験 (2回目))

### 3・2 除去速度

装置の水容量あたりの除去速度を図8に, Chl a重量あたりの除去速度を図9に示した。

装置の水容量あたりの除去速度について, 培養槽容量検討試験では, 容量を小さくするほど除去速度は大きくなり, 10LでNO<sub>3</sub>-N 0.3mg/(L・day), PO<sub>4</sub>-P 0.01mg/(L・day)となった。栄養塩添加試験では, 添加により除去速度は

大きくなり, 添加②でNO<sub>3</sub>-N 1.2mg/(L・day), PO<sub>4</sub>-P 0.15mg/(L・day)となった。HRT短縮試験では, HRTを短縮するほど除去速度は大きくなり, 1回目ではHRT 0.25日でNO<sub>3</sub>-N 1.4mg/(L・day), PO<sub>4</sub>-P 0.09mg/(L・day)となり, 2回目ではHRT 0.18日でNO<sub>3</sub>-N 1.7mg/(L・day), PO<sub>4</sub>-P 0.11mg/(L・day)となった。PO<sub>4</sub>-Pの除去速度が2回目に比べ, 1回目で大きくなったのは, 原水中PO<sub>4</sub>-P濃度が1回目の方が高かったためである。栄養塩添加試験及びHRT短縮試験において, 除去速度の最大値は同程度となった。

Chl a重量あたりの除去速度について, 培養槽容量検討試験では, 容量を小さくするほど除去速度は大きくなり, 10LでNO<sub>3</sub>-N 0.3µg/(µg-Chl a・day), PO<sub>4</sub>-P 0.01µg/(µg-Chl a・day)となった。栄養塩添加試験では, NO<sub>3</sub>-Nは添加なしと添加①で除去速度は同程度 (0.8µg/(µg-Chl a・day)), PO<sub>4</sub>-Pは添加①で除去速度は最大 (0.09µg/(µg-Chl a・day))となった。しかし, 添加②ではNO<sub>3</sub>-N及びPO<sub>4</sub>-Pともに除去速度は小さくなった。これは, Chl a濃度は栄養塩を添加するほどに増加した一方で, NO<sub>3</sub>-N及びPO<sub>4</sub>-Pの除去濃度は一定量以上にはならなかったため, 本装置条件下では, Chl aの増殖とNO<sub>3</sub>-N又はPO<sub>4</sub>-Pの除去濃度との間に, 単純な比例関係が成り立つわけではないことが示された。この要因として, 窒素及びリン以外の植物プランクトンの増殖に必要な鉄分やケイ素などの栄養成分が不足していたこと, 培養槽の容量に対して植物プランクトン量が過剰となったために水が濁り, 光が奥まで届かないために光合成の効率が悪くなったこと等が考えられたが, 詳細は不明である。HRT短縮試験 (2回目) では, HRTを短縮するほど除去速度は大きくなり, HRT 0.18日でNO<sub>3</sub>-N 2.5µg/(µg-Chl a・day), PO<sub>4</sub>-P 0.1µg/(µg-Chl a・day)となった。

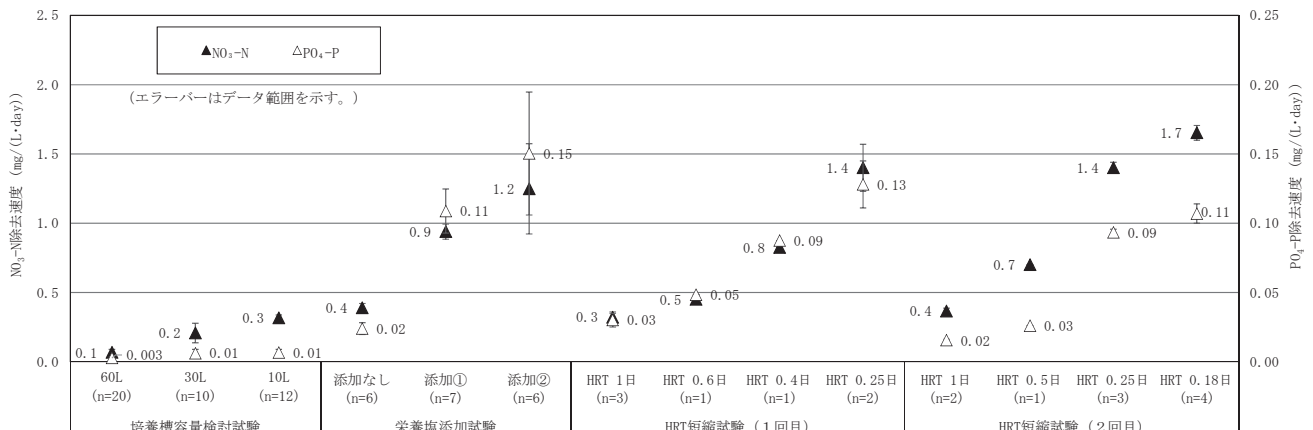


図8 装置の水容量あたりの除去速度



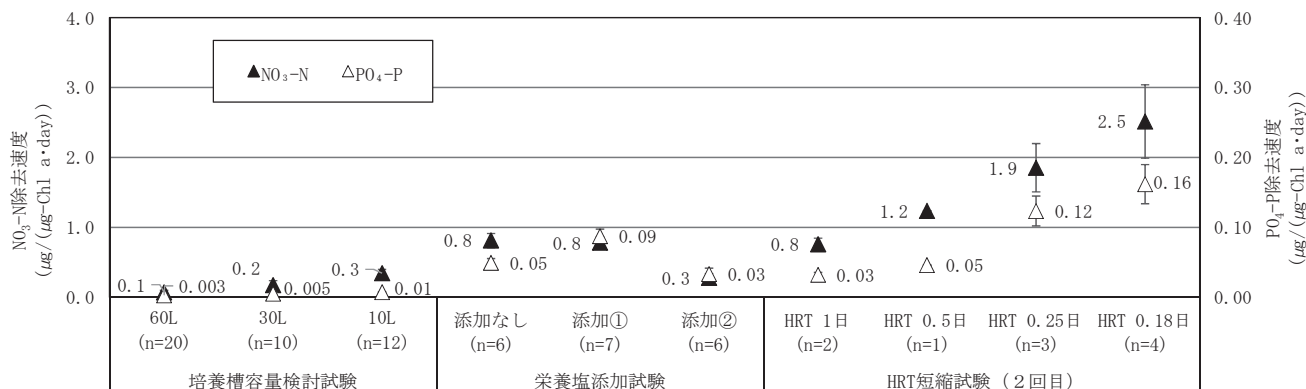


図 9 Chl a重量あたりの除去速度

#### 4 まとめ

- (1) 栄養塩添加試験の結果、本装置では装置の水容量 1Lあたり 1日にNO<sub>3</sub>-N約1.2mg、PO<sub>4</sub>-P約0.15mg除去できた。
- (2) HRT短縮試験の結果、処理速度を11L/h (HRT 0.18日)とした場合でも、森下川河川水中のNO<sub>3</sub>-N及びPO<sub>4</sub>-Pは全量除去できた。
- (3) HRT 0.18日とした場合、装置の水容量 1Lあたり 1日にNO<sub>3</sub>-N 1.7mg、PO<sub>4</sub>-P 0.11mg除去できた。
- (4) HRT 0.18日とした場合、Chl a重量 1μgあたり 1日にNO<sub>3</sub>-N 2.5μg、PO<sub>4</sub>-P 0.1μg除去できた。

#### 文 献

- 1) 石川県：平成28年度公共用水域及び地下水の水質測定の結果報告書 (2017)
- 2) 石川県環境安全部：河北潟水質保全対策検討調査報

告書 (2006)

- 3) 柿澤隆一, 小西秀則, 玉井徹, 亀井とし, 本田和子：浮葉植物による水質浄化と植栽・利用に関する研究 (中間報告) —模擬水路を用いた水質浄化の検討—, 石川県保健環境センター研究報告書, **47**, 1-6 (2010)
- 4) 安田能生弘, 古澤佑一, 川畑陵介, 牧野雅英, 谷村睦美, 亀井とし：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)
- 5) 古澤佑一, 川畑陵介, 安田能生弘, 清水隆二：植物プランクトンを活用した水質浄化技術の検討 (第1報), 石川県保健環境センター研究報告書, **53**, 14-17 (2016)
- 6) 原田由美子, 古澤佑一, 吉田秀一, 安田能生弘, 清水隆二：植物プランクトンを活用した水質浄化技術の検討 (第2報), 石川県保健環境センター研究報告書, **54**, 52-55 (2017)



〔報 文〕

## モニタリングカーによる石川県内の空間線量率調査

石川県保健環境センター 環境科学部放射線グループ 鶴谷 亮太・小浦 利弘・東海林 寛史  
内川 慎互・山口 麻美・河野 隆史  
宮竹 智代・中谷 光・川畑 俊之

### 〔和文要旨〕

石川県内全域の空間線量率のバックグラウンドデータを得るために、モニタリングカーによる走行測定を行った。さらに、GISによる県内の空間線量率マップを作成した。県内の空間線量率は能登北部で平均値より低く、白山麓では高くなるという傾向が見られた。県内の地質図と走行測定結果を比較したところ、平均値に近い空間線量率であった堆積岩上を走行測定した場合に比べ、中性岩・塩基性岩上では空間線量率が低くなり、酸性岩上では空間線量率が高くなるという傾向が見られた。

キーワード：空間線量率，走行測定，地質，GIS

### 1 はじめに

平成23年3月の東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故を受け、国は「原子力災害対策指針」<sup>1)</sup>や「原子力災害対策指針補足参考資料」<sup>2)</sup>の策定及び改定を実施し、本県においても「石川県緊急時モニタリング計画」<sup>3)</sup>や付随する「石川県緊急時モニタリング実施要領」<sup>4)</sup>の改定を行い、監視体制を強化してきた。

「石川県緊急時モニタリング計画」における、全面緊急事態における初期モニタリングでは、運用上の介入レベル(OIL)に基づく防護措置の実施の判断材料の提供のため、環境放射線観測局及び可搬型モニタリングポスト等による空間線量率(以下、「線量率」という。)の連続測定を行うが、この際、必要に応じてモニタリングカーによる走行測定も行って測定を補完することとなっている。

このため、原子力災害対策重点区域に当たる志賀原子力発電所30km圏内は当然ながら、圏外においても県民の安心に貢献するという観点から走行測定によるバックグラウンドデータの蓄積は重要である。

本県では、これまでも志賀原子力発電所周辺や能登地方を中心にモニタリングカーによる走行測定<sup>5)-8)</sup>を行ってきたが、今回の調査では走行範囲を県内全域に拡大し、全市町におけるバックグラウンドデータを得た。また、GIS(Geographic Information System)を活用することで、県内の線量率マップを作成するとともに、線量率マップを地質図と重ね合わせて解析することにより、地域間の線量率の差異について地質分布という観点から考察を行った。

### 2 調査方法

#### 2.1 走行測定の方法

走行測定は、図1及び表1に示すトヨタハイエースバン(ワイド・スーパーロング・ハイルーフ)を日立アロカメディカル(株)(現株日立製作所)が改造したモニタリングカーで行った。モニタリングカーは放射線測定器として、地上から2.4mの高さに検出器を鉛直上向きに設置した温度補償型2φ×2インチNaI(Tl)シンチレーション検出器及びSi半導体検出器を備えており、NaI(Tl)シンチレーション検出器の測定エネルギー範囲は、

Gamma Ray Radiation Dose Rate Measured by a Car-borne Survey in Ishikawa Prefecture. by TSURUYA Ryota, KOURA Toshihiro, SHOJI Hirofumi, UCHIKAWA Shingo, YAMAGUCHI Asami, KAWANO Takafumi, MIYATAKE Tomoyo, NAKATANI Mitsuru and KAWABATA Toshiyuki (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Gamma Ray Radiatoin Dose Rate, Car-borne Survey, Geological Features, GIS

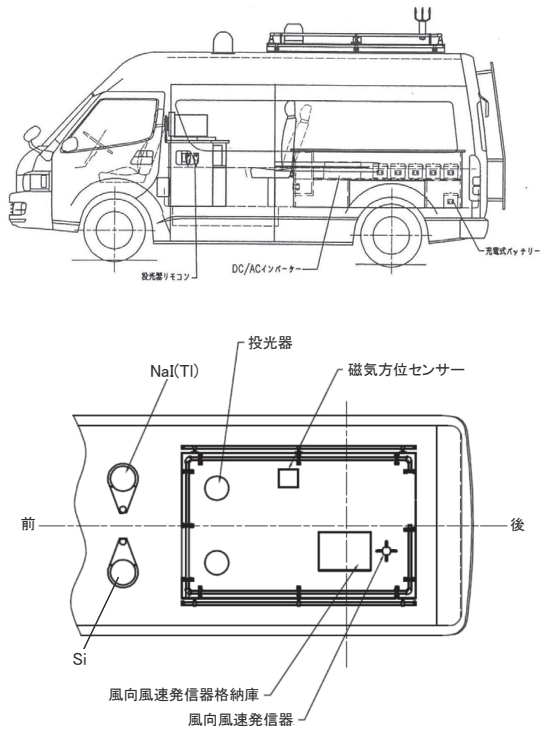


図 1 モニタリングカー全景図

表 1 モニタリングカー仕様

項目	仕様
<b>放射線測定器</b>	
低線量測定装置	
検出器のタイプ	NaI (Tl) シンチレーション検出器
結晶のサイズ	2φ×2インチ
温度への対応	温度補償型 (+5～45℃)
線量率の測定範囲	10 <sup>-10</sup> nGy/h
測定エネルギー範囲	50KeV～3MeV
分解能	10%以下 (Cs-137のピークに対して)
時定数 (τ)	τ = 1 / ((標準偏差 <sup>2</sup> ) × (計数率)) ※標準偏差設定10%
波高分析装置	逐次比較型 (1000ch以上)
高線量測定装置	
検出器のタイプ	Si 半導体検出器
線量率の測定範囲	10 <sup>4</sup> ～10 <sup>8</sup> nGy/h
測定エネルギー範囲	50keV以上
<b>気象観測装置</b>	
発信器	超音波風向風速発信器
測定範囲 (風速/風向)	0～75m/s以上/全方位 (16方位)
測定精度 (風速/風向)	6m/s以下0.3m/s以内, 6m/s以上3%以内/5度以内
駆動	車内操作による起動及び格納
<b>車両</b>	
車種	トヨタハイエースバン
車両改造	ワイド・スーパーロング相当 発電機, 商用電源入力, 防振台
<b>伝送システム</b>	
伝送形式	FTP
データ伝送	FOMA 回線
位置情報	GPS

50KeV から 3MeV となっている。

また、走行測定時は線量率に加えて、GPSによる位置情報(緯度、経度、高度)も同時に測定記録しており、車載のデータ収集装置によりFOMA回線を利用して保健環境センターのモニタリングカーサーバーに伝送が可

能となっている。

走行測定は2013年7月17日から2017年10月27日の期間で46回実施した。

測定時の走行速度はそれぞれの道路の法定速度に従って行い、一般道路では30～60km/h程度、北陸自動車道と能登里山海道では80km/h程度とした。また、降雨による線量率増加の影響を避けるため、降雨時のデータを除外して検討を行った。

なお、NaI (Tl) シンチレーション検出器の測定範囲である10μGy/h以下の環境レベルの線量率を測定することから、NaI (Tl) シンチレーション検出器の10秒間の線量率を1時間当たりの線量率に換算したものを測定値として採用した。

### 2・2 NaI (Tl) シンチレーション検出器の方向特性

図2のように車体の水平面に対して垂直上方向を0度とし、前後方向を回転軸とする様々な角度にセシウム-137線源を1mの等距離で設置して、車載のNaI (Tl) シンチレーション検出器の側面方向における方向特性を調べた。結果を表2に示す。側面方向における方向特性は、0度から110度までは感度の低下は認められなかったが、車体による遮蔽効果を受け始める120度の角度で感度が約18%低下した。また、セシウム-137線源がSi半導体検出器に隠れる-90度方向では、遮蔽の影響により感度が約18%低下した。よって、地表などの低い位置にある線源に対しては車体による遮蔽を受けて感度が低くなるが、車体上方にある線源に対しては感度低下

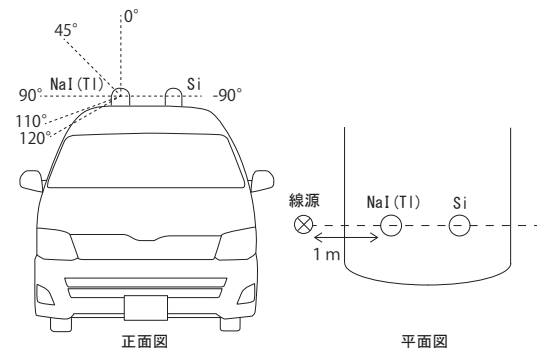


図 2 モニタリングカー検出器の方向特性調査の様子

表 2 モニタリングカー検出器の方向特性

	測定結果 (nGy/h)	BG (nGy/h)	Cs-137 寄与分 (nGy/h)	0°との比
0°	271.0	40.5	230.5	1.000
30°	271.6	40.5	231.1	1.003
45°	273.5	40.5	233.0	1.011
60°	277.8	40.5	237.3	1.030
90°	281.0	40.5	240.5	1.043
100°	278.4	40.5	237.9	1.032
110°	271.1	40.5	230.6	1.000
120°	229.0	40.5	188.5	0.818
-90°	229.2	40.5	188.7	0.819

の影響なく測定できると考えられた。

### 2・3 車体による遮蔽効果の補正

モニタリングカーの車体による遮蔽効果を調べるため、図3に示すように、日立アロカメディカル(株)製の可搬型3φ×3インチNaI(Tl)シンチレーション検出器を別途用意して車体の有無による線量率の変化を測定した。まず、車載のNaI(Tl)シンチレーション検出器の横に、可搬型NaI(Tl)シンチレーション検出器を車載検出器と同じ上向きに併設して線量率の測定を行った。その後、車載の検出器と同じ2.4m高さの空中にはしご及び脚立を用いて可搬型NaI(Tl)シンチレーション検出器を上向きに固定して測定した。

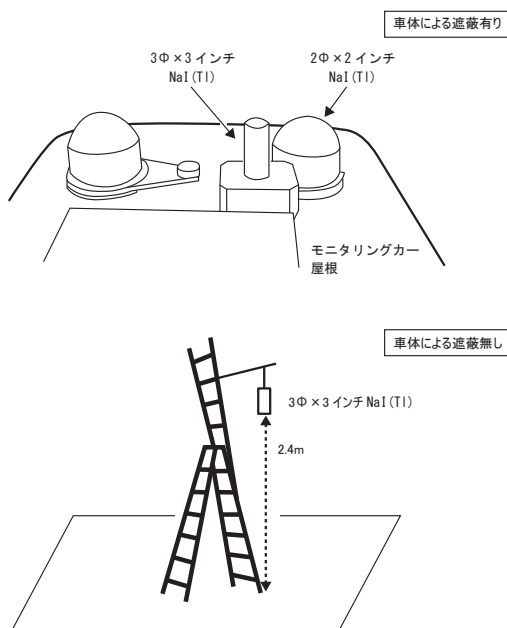


図3 車体による遮蔽効果の実験の状況

車体の有無毎に1分間の線量率を5回測定したところ、表3に示すように車体が無い状態では平均55.5nGy/h、車体が有る状態では平均44.4nGy/hとなり、車体による遮蔽効果は20.0%であることが判った。そこで、本報告では、車体による遮蔽効果を補正するために、走行測定で得た線量率に補正係数1.25を乗じた値を走行測定結果とした。

表3 車体による遮蔽効果

	測定結果 (nGy/h)					平均
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	
モニタリングカー有り	44.8	44.7	44.1	44.4	44.1	44.4
モニタリングカー無し	56.4	54.9	55.6	54.3	56.4	55.5
遮蔽効果 (%)	20.6	18.6	20.7	18.2	21.8	20.0

### 2・4 トンネル、崖及び建造物の影響

モニタリングカーがトンネルの中を通過する際、トンネル以外を走行する際と比較して、トンネルの壁面からの影響により線量率が増加する。そのため、今回の調査

では走行測定結果からトンネル通過中のデータは除外した。

トンネルほど顕著ではないものの、モニタリングカーが崖や建物の壁面の近傍を通過する際も線量率が増加するが、本調査では崖や建物近傍でモニタリングカーが停車し、位置情報が変わらないまま線量率の増加が明らかに継続していた場合を除いて測定値をそのまま使用した。また、モニタリングカーが橋の上を通過する際の測定値もそのまま使用した。

### 2・5 解析に用いたGISソフト

今回の調査では、米国Esri社の開発した地理情報ソフトであるArcGIS 10.4.1 for Desktop (Environmental Systems Research Institute, Inc.) (以下「ArcGIS」という。)を用いて走行測定結果を解析した。行政区域<sup>9)</sup>については国土数値情報ホームページからダウンロードしたデータを使用し、地質図は国立研究開発法人産業技術総合研究所(以下、「産総研」という。)が提供する20万分の1シームレス地質図<sup>10)</sup>を加工して使用した。

## 3 結果と考察

### 3・1 県内の走行測定結果

走行測定の結果、県内の線量率は最大値112.5nGy/h、最小値19.0nGy/h、平均値45.6nGy/h、標準偏差7.0nGy/h、中央値45.6nGy/hであった。また、市町別の線量率は表4に示すとおりである。

表4 市町別の走行測定結果

市町名	平均線量率 (nGy/h)	データ数
珠洲市	39.5 ± 5.1	1169
輪島市	42.1 ± 6.3	7488
能登町	39.6 ± 5.5	1197
穴水町	40.1 ± 5.8	5940
志賀町	44.0 ± 6.1	12050
七尾市	44.0 ± 6.0	13313
中能登町	49.4 ± 5.9	3717
羽咋市	48.9 ± 5.5	6163
宝達志水町	47.6 ± 5.1	4992
かほく市	46.9 ± 5.1	4895
津幡町	46.8 ± 5.6	2221
内灘町	45.4 ± 4.9	339
金沢市	49.6 ± 5.5	9214
白山市	53.3 ± 12.2	3149
野々市市	48.6 ± 4.2	324
川北町	44.9 ± 4.3	96
能美市	46.2 ± 4.4	992
小松市	45.5 ± 6.4	2675
加賀市	44.6 ± 5.5	1766

走行測定で得られた県内の線量率の出現頻度を図4に示す。階級は30nGy/h以上から70nGy/h未満までを5nGy/hごとに区切り、これに30nGy/h未満と70nGy/h以上を加えた10の階級とした。

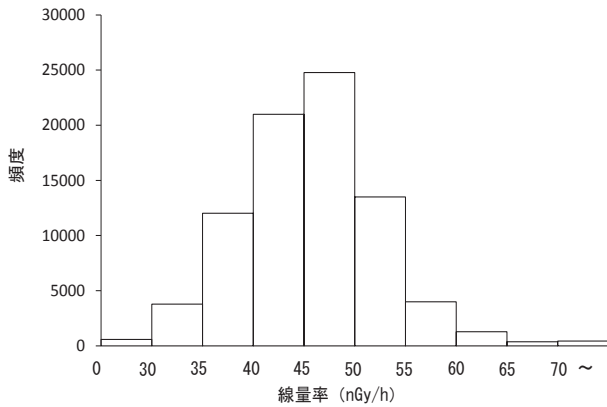


図 4 走行測定で得られた線量率の出現頻度

ArcGISを使用して石川県地図を1km<sup>2</sup>メッシュに区分けし、そこに含まれる走行測定データの線量率の平均値を上記階級毎に色分けすることで、県内の線量率マップを作成した。線量率マップを図5に示す。県内の線量率は、平均値より能登北部で低く、白山麓では高いという傾向が見られた。

今回の調査で得られた結果の妥当性について検討するために、過去に行われた地表からのガンマ線由来の線量率の分布調査<sup>11)-13)</sup>とその傾向を比較した。

阿部ら<sup>11)</sup>による調査は、主に校庭で行われた定点測定であることから客土の可能性が高く、単純な比較はできないものの、穴水町、七尾市、輪島市、能登町の旧内浦町で線量率が低く、白山市の旧吉野谷村で最も高くなっており、本調査と同様な傾向を示した。また、今井<sup>12)</sup>による全国の河川堆積物試料から作成した元素濃度分布を

もとに線量率を計算した調査でも輪島市、穴水町は他の地域に比べて線量率は低いという結果であった。中谷ら<sup>13)</sup>による可搬型Ge半導体検出器を用いた定点測定においても、能登北西部で線量率が低く、加賀南東部で線量率が高くなった。これらのことから、今回の調査の走行測定結果は県内における過去の報告と同傾向を示しており、妥当性があると考えられる。

### 3・2 県内の地質分布

岩石はその成り立ちにより大分して、火成岩、堆積岩、変成岩に分類される。

火成岩は結晶分化作用によりマグマ溜まりから岩石が生成される際に、まず鉄やマンガン等を含む有色鉱物が優先的に結晶化し、次第に二酸化ケイ素成分が増加していく。このとき、岩石に含まれる二酸化ケイ素の割合により、割合が大きいものから酸性岩、中性岩、塩基性岩と分類される<sup>14)</sup>。

岩石に含まれる主要な放射性物質であるウラン、トリウムおよび、カリウム-40は二酸化ケイ素と同様に結晶化しにくい成分であるため、二酸化ケイ素含有量と放射性物質含有量は概ね同傾向を示す。よって、火成岩の放射性物質含有量は塩基性岩、中性岩、酸性岩の順に大きくなる傾向にある。

堆積岩および変成岩については、前者は種々の風化作用や海や湖に溶けていたものが沈殿して形成され、後者は既存の岩石が高い圧力や温度条件により新しい組成となった岩石であり、全ての岩石を起源としていることから多くの標本を集めれば、様々な種類の鉱物が示す放射

表 5 石川県の地質分類(産総研シームレス地質図を加工して作成)<sup>10)</sup>

地質分類	地質説明	
酸性岩	火山岩類 前期中新世-中期中新世(N1)の非アルカリ珪長質火山岩類	約2200万年前～1500万年前に噴火した火山の岩石(デイサイト・流紋岩類)
	火山岩類 後期漸新世-前期中新世(PG4)の非アルカリ珪長質火山岩類	約3200万年前～2200万年前に噴火した火山の岩石(デイサイト・流紋岩類)
	火山岩類 暁新世-前期始新世(PG1)の非アルカリ珪長質火山岩類	約6500万年前～5200万年前に噴火した火山の岩石(デイサイト・流紋岩類)
	火山岩類 後期白亜紀(K2)の非アルカリ珪長質火山岩類	約1億年前～6500万年前に噴火した火山の岩石(デイサイト・流紋岩類)
	深成岩類 前期ジュラ紀(J)の船津花崗岩類	約2億年前～1億7000万年前にマグマが地下の深いところで冷えて固まった船津花崗岩
	深成岩類 中-後期三疊紀(TR2-3)の花崗岩類	約2億4600万年前～約2億年前にマグマが地下の深いところで冷えて固まった花崗岩類
中性岩・塩基性岩	火山岩類 完新世(H)の非アルカリ苦鉄質火山岩類	約1万8000年前～現在に噴火した火山の岩石(安山岩・玄武岩類)
	火山岩類 後期更新世-完新世(Q3-H)の非アルカリ苦鉄質火山岩類	約15万年前～現在に噴火した火山の岩石(安山岩・玄武岩類)
	火山岩類 中期更新世(Q2)の海成または非海成堆積岩類	約70万年前～15万年前に噴火した火山の岩石(安山岩・玄武岩類)
	火山岩類 前期更新世(Q1)の非アルカリ苦鉄質火山岩類	約170万年前～70万年前に噴火した火山の岩石(安山岩・玄武岩類)
	火山岩類 後期中新世-鮮新世(N3)の非アルカリ苦鉄質火山岩類	約700万年前～170万年前に噴火した火山の岩石(安山岩・玄武岩類)
	火山岩類 中期中新世-後期中新世(N2)の非アルカリ苦鉄質火山岩類	約1500万年前～700万年前に噴火した火山の岩石(安山岩・玄武岩類)
堆積岩	火山岩類 前期中新世-中期中新世(N1)の非アルカリ苦鉄質火山岩類	約2200万年前～1500万年前に噴火した火山の岩石(安山岩・玄武岩類)
	深成岩類 後期始新世-前期漸新世(PG3)の苦鉄質深成岩類	約4000万年前～3200万年前にマグマが地下の深いところで冷えて固まった斑れい岩質
	堆積岩類 後期更新世-完新世(H)の海成または非海成堆積岩類	約1万8000年前～現在までに形成された最も新しい時代の地層
	堆積岩類 中期更新世(Q2)の海成または非海成堆積岩類	約70万年前～15万年前に形成された地層
	堆積岩類 前期更新世(Q1)の海成または非海成堆積岩類	約170万年前～70万年前に形成された地層
	堆積岩類 後期中新世-鮮新世(N3)の海成または非海成堆積岩類	約700万年前～170万年前に形成された地層
	堆積岩類 中-後期中新世(N2)の海成または非海成堆積岩類	約1500万年前～700万年前に形成された地層
	堆積岩類 前期中新世-中期中新世(N1)の海成または非海成堆積岩類	約2200万年前～1500万年前に形成された地層
	堆積岩類 後期漸新世-前期中新世(PG4)の海成または非海成堆積岩類	約3200万年前～2200万年前に形成された地層
	堆積岩類 前期白亜紀(K1)の非海成堆積岩類	約1億4600万年前～1億年前に川や湖で形成された地層
	堆積岩類 中-後期ジュラ紀(J2-3)の海成または非海成堆積岩類	約1億7600万年前～1億4600万年前に形成された地層
	堆積岩類 後期更新世-完新世(H)の砂丘堆積物	約1万8000年前～現在までに砂丘で形成された地層
堆積岩類 後期更新世(Q3)の低位段丘堆積物	川沿いの低地に分布している約7万年前～1万8000年前に形成された段丘層	
堆積岩類 後期更新世(Q2)の中位段丘堆積物	川沿いのやや高い所に分布している約15万年前～7万年前に形成された段丘層	
堆積岩類 中期更新世(Q1)の高位段丘堆積物	川沿いのかなり高い所に分布している約70万年前～15万年前に形成された段丘層	
火山灰	火山岩類 中期更新世(Q2)の火山岩類(非アルカリ火砕流)	約70万年前～15万年前に爆発的噴火により高速で流れ下った軽石や火山灰(火砕流)
変成岩	変成岩類 飛騨変成岩類(mx/低-中圧型)	飛騨山地に分布する約2億5000万年前～約2億年前の変成岩
人工改変地	その他 完新世(H)の人工改変地	人工的に作られたり、改変された土地
水辺	その他 湖水・河川・海など	湖水・河川・海など



性物質含有量の平均的なレベルに近い値になると予想される。

以上をふまえ、産総研が提供しているシームレス地質図を加工して図6に示す石川県の地質図を作成した。また、地質分類は表5に示すとおりとした。

火成岩は15種類に分類されており能登北部と白山麓に広く分布している。火成岩の内訳は、塩基性岩にあたる玄武岩及び斑縞岩と中性岩にあたる安山岩を含むものが8種類、酸性岩にあたる流紋岩、デイサイト及び花崗岩が含まれるものが6種類、噴火によって発生した火砕流に含まれる火山灰や軽石から成る火山灰層が1種類となっている。火山灰層については、金沢市の戸室山の噴火に伴うもので、古い火山の名残りと考えられる戸室山の周辺にのみ分布している<sup>15)</sup>。

堆積岩は13種類が県内全域に広く分布しており、火成岩と堆積岩で県内の99%以上の面積を占める。変成岩は飛騨変成岩類の1種類が、白山市の手取川上流に広く分布するほか、加賀市の大聖寺川上流、七尾市と中能登町の県境に位置する石動山地区、能登北西部などの狭い範囲にも点在している。

その他の地質として、人工改変地として干拓地である河北潟、今江潟及び柴山潟と海岸埋立地を含む1種類と、湖や池、川の水辺に関係する場所に1種類が割り当てられている。

### 3・3 地質分類別の走行測定結果

県内の走行測定結果を地質毎にまとめた結果を表6、図7及び図8に示す。表6のデータ総数について、表4に示す県内の市町別の走行測定結果のデータ総数よりも460ポイント少ないが、これは沿岸部の埋立地等の一部が地質図には反映されていないことにより、走行データの位置情報が重ならない地域があるためである。

酸性岩、中性岩・塩基性岩、堆積岩上を走行した線量率は、それぞれ49.6nGy/h、40.1nGy/h、46.2nGy/hとなり、一元配置分散分析において、 $p < 0.001$ で有意差が認められた。また、酸性岩では線量率の平均値よりも高く、中性岩・塩基性岩では平均値よりも低く、堆積岩では平均値に近い線量率と放射性物質含有量から予想さ

表6 地質分類別の走行測定結果

地質分類	平均線量率 (nGy/h)	データ数
酸性岩	49.6 ± 13.2	3285
中性岩・塩基性岩	40.1 ± 6.0	9668
堆積岩	46.2 ± 6.2	67725
火山灰	46.8 ± 4.5	56
変成岩	58.4 ± 9.6	234
人工改変地	41.3 ± 3.4	209
水辺	43.7 ± 6.7	63

れる傾向と一致した。

火山岩では46.8nGy/hと平均値に近い結果となったが、変成岩では58.4nGy/hと平均値と比べて大きな線量率となった。これは県内の変成岩が分布する地域の中で走行測定を行ったのは石動山地区の中能登町側、手取川上流地域、大聖寺川上流地域であり、山間部を多く走行した結果、道路脇の崖により検出器との立体角が大きくなり線量率が増加したと考えられる。

本調査の結果は変性岩を除いて、中谷ら<sup>13)</sup>による県内の測定結果や、松田ら<sup>16)</sup>による全国の岩石そのものの放射能を測定した調査と同様の傾向を示した。

元々の地質とは関係ない後天的な特徴を持つと考えられる人工改変地について、県内ではほとんどの面積を干拓地である河北潟と柴山潟が占めている。それらの地域を測定した結果、41.3nGy/hと平均値より低い線量率となった。これは大地からのガンマ線の影響が少ない湖岸付近を一部走行していることや、地表が水に覆われていた時代の放射性物質の水中への流出や有機物の堆積などの影響で線量率が低くなったと考えられる。水辺の走行測定結果においても、橋上や湖岸の道路を走行しているため、水による遮蔽効果のため地表からのガンマ線の影響が小さくなり43.7nGy/hと線量率が低くなったと考えられる。

### 3・4 走行測定結果と地質分布の比較

地域間の線量率の差異に対して地質という観点から考察を行うにあたり、線量率別の各地質のデータ数と割合を表7に示す。地質の割合は以下の式を用いて算出した。

$$(\text{地質の割合}) = \frac{(\text{線量率別の各地質上を走行したデータ数})}{(\text{線量率別の走行測定データ数})}$$

表7 線量率別の各地質上を走行したデータ数と割合

線量率 (nGy/h)	データ数							
	酸性岩	中性岩・塩基性岩	堆積岩	火山灰	変性岩	人工改変地	水辺	合計
～ 30	17 ( 3.0)	311 (54.6)	240 (42.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (0.4)	570 (100)
30～ 35	163 ( 4.4)	1524 (40.7)	2049 (54.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (0.1)	6 (0.2)	3744 (100)
35～ 40	504 ( 4.2)	3257 (27.4)	8020 (67.6)	5 (0.0)	3 (0.0)	73 (0.6)	7 (0.1)	11869 (100)
40～ 45	756 ( 3.6)	2585 (12.4)	17333 (83.3)	10 (0.0)	10 (0.0)	104 (0.5)	20 (0.1)	20818 (100)
45～ 50	680 ( 2.8)	1431 ( 5.8)	22467 (91.0)	29 (0.1)	35 (0.1)	27 (0.1)	18 (0.1)	24687 (100)
50～ 55	433 ( 3.2)	448 ( 3.3)	12535 (93.0)	8 (0.1)	48 (0.4)	3 (0.0)	8 (0.1)	13483 (100)
55～ 60	185 ( 4.6)	79 ( 2.0)	3683 (92.2)	4 (0.1)	41 (1.0)	0 (0.0)	2 (0.1)	3994 (100)
60～ 65	119 ( 9.3)	27 ( 2.1)	1094 (85.4)	0 (0.0)	41 (3.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	1281 (100)
65～ 70	109 (29.7)	2 ( 0.5)	229 (62.4)	0 (0.0)	27 (7.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	367 (100)
70～	319 (74.7)	4 ( 0.9)	75 (17.6)	0 (0.0)	29 (6.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	427 (100)

※括弧内の数字は各地質の割合 (%)

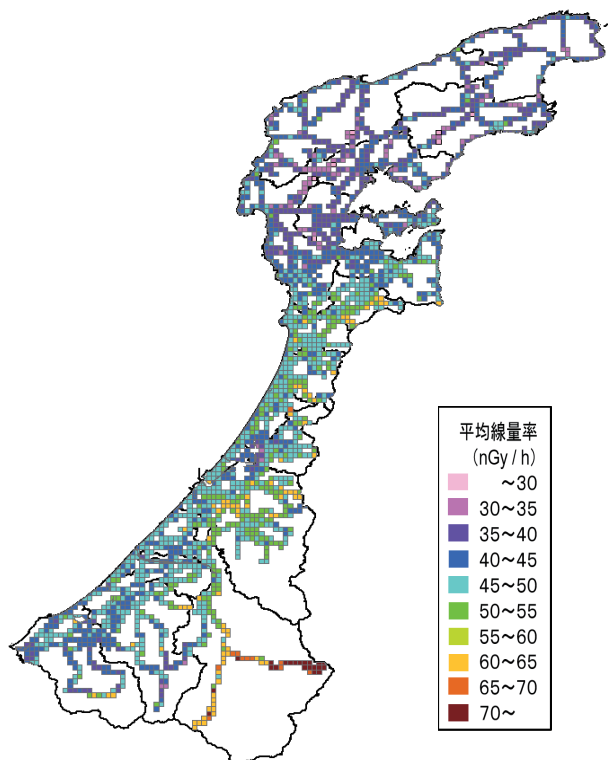


図 5 石川県の走行測定結果 (1kmメッシュ)

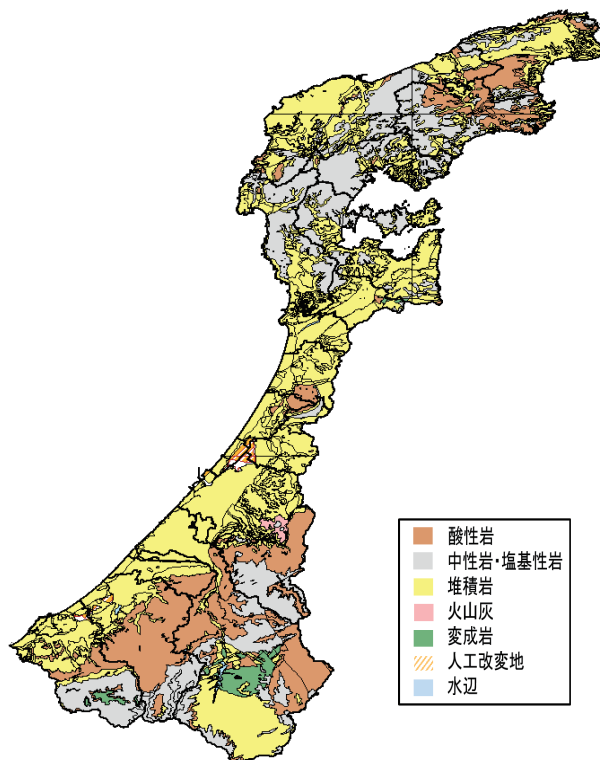


図 6 石川県の地質図(産総研シームレス地質図を加工して作成)<sup>10)</sup>

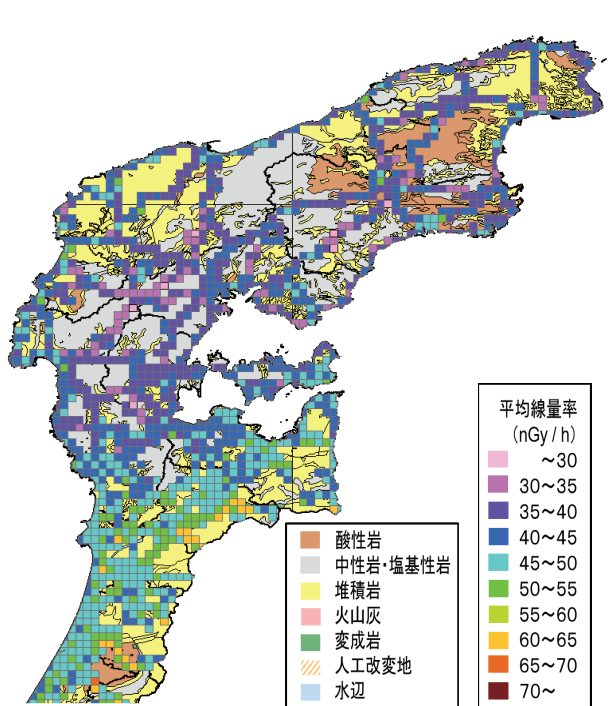


図 7 走行測定結果と地質の比較図(県北部)

県内の地質は火成岩と堆積岩で総面積の99%以上を占め、火成岩のうち火山灰の占める面積は全体の1.6%にすぎないことから、火成岩である酸性岩及び中性岩・塩基性岩に、堆積岩を加えた3種類の地質に注目して考

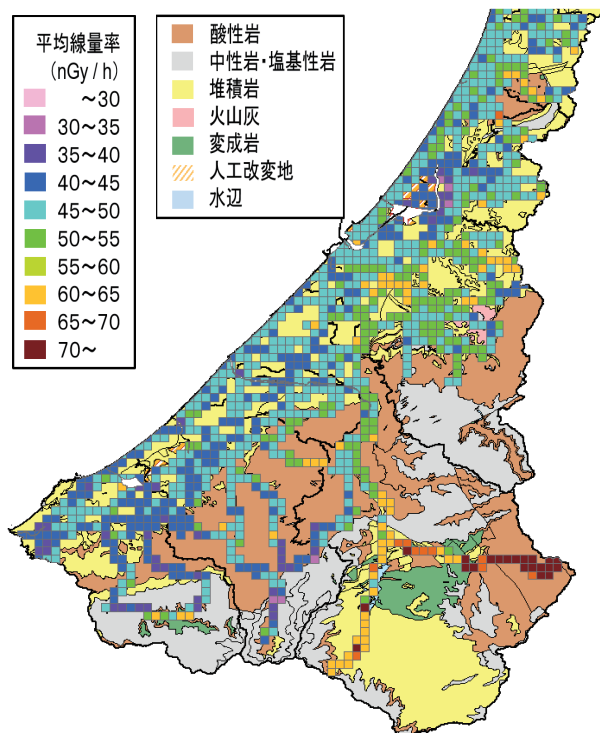


図 8 走行測定結果と地質の比較図(県南部)

察を行うこととし、図9に線量率別に走行した3つの地質の割合をプロットしたグラフを示す。

線量率が30nGy/h未満の範囲では、中性岩・塩基性岩の割合が54.6%と最も大きく、次いで堆積岩が42.1%



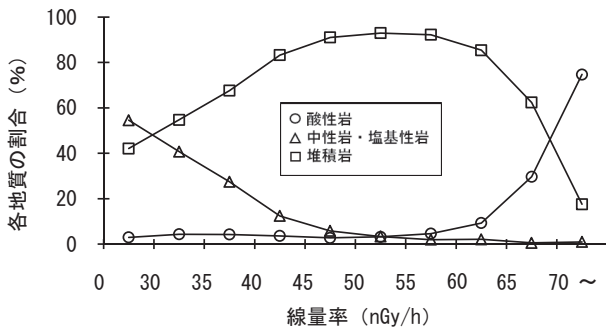


図9 線量率別の地質の割合

となっており、酸性岩は3.0%と小さな割合となった。

30nGy/hから45nGy/h未満の範囲では、酸性岩の割合は小さいままほとんど変化しなかったが、線量率の増加とともに堆積岩の割合が増加し、中性岩・塩基性岩の割合が同程度減少した。

45nGy/hから60nGy/h未満の範囲では、堆積岩の割合が90%以上であり、酸性岩及び中性岩・塩基性岩の割合はともに小さかった。

60nGy/h以上の範囲では、中性岩・塩基性岩の割合は小さいままであったが、線量率の増加とともに酸性岩の割合が増加して堆積岩の割合が同程度減少した。

以上から、堆積岩がほとんどの割合を占める地域の線量率と比較して、中性岩・塩基性岩の割合の大きい地域では線量率は低く、酸性岩の割合が大きい地域では、崖や建造物の影響が含まれているものの線量率は高く現れているものと考えられる。

#### 4 まとめ

モニタリングカーによる県内全域の走行測定を行い、全市町におけるバックグラウンドデータを得るとともに、GISを用いて県内の線量率マップを作成した。

県内の線量率は、能登北部で平均値よりも低く、白山麓では高くなっており、その傾向は過去の報告とも概ね一致しており妥当と考えられた。

地質分類別の走行測定結果は、全地質の平均値と比較して酸性岩では線量率が高く、中性岩・塩基性岩では低くなり、堆積岩では平均値と近い値を示した。変成岩については、線量率の高い結果となったが、変成岩が県内に分布する地域が山間部に集中しているため、道路脇の崖により立体角が大きくなり線量率が増加したと考えられた。

地域間の線量率の差異について、線量率別の地質の割合から考察したところ、線量率の減少には中性岩・塩基性岩が、線量率の増加については崖や建造物の影響が含

まれているものの、酸性岩が影響を与えていると考えられた。

#### 文 献

- 1) 原子力規制委員会：原子力災害対策指針，平成30年10月1日改訂
- 2) 原子力規制庁監視情報課：緊急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29年3月22日改訂
- 3) 石川県：石川県緊急時モニタリング実施計画
- 4) 石川県：石川県緊急時モニタリング実施要領，平成27年7月10日改訂
- 5) 中谷光，橋本桂輔，酒井道則，矢鋪満雄：石川県における空間線量調査結果（その4），石川県保健環境センター年報，**30**，194-207（1993）
- 6) 中谷光，橋本桂輔，酒井道則，竹野祐治：空間放射線の地理的分布に関する研究（その1），石川県保健環境センター年報，**31**，153-162（1994）
- 7) 深山敏明，中谷光，泉善博，矢鋪満雄：モニタリングカーでの環境放射線測定について，石川県保健環境センター年報，**33**，204-206（1996）
- 8) 深山敏明，橋田哲朗，竹野祐治，泉善博，矢鋪満雄，中谷光：空間線量率の地理的分布に関する研究（第3報），石川県保健環境センター年報，**34**，133-141（1997）
- 9) 国土交通省国土政策局国土情報課：国土数値情報ダウンロードサービス  
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>
- 10) 産業技術総合研究所地質調査総合センター：20万分の1日本シームレス地質図，2015年5月29日版（2015）
- 11) ABE Siro, FUJITAKA Kazunobu, ABE Michiko, FUJIMOTO Kenzo: Extensive Field Survey of Natural Radiation in Japan, Journal of Nuclear Science and Technology, **18**, 21-45（1981）
- 12) 今井登：日本の自然放射線量，日本地質学会，  
<http://www.geosociety.jp/hazard/content0058.html>
- 13) 中谷光，四月朔日富司子，酒井道則，矢鋪満雄：石川県における空間線量調査結果（その3），石川県衛生公害研究所年報，**29**，176-182（1992）
- 14) 平朝彦：地質学1 地球のダイナミクス，岩波書店（1999）
- 15) 紺野義夫：石川県地質図，石川（1993）
- 16) 松田秀晴，湊進：日本における主な岩石中の放射能，RADIOISOTOPES, **48**，760-769（1999）

〔短 報〕

## 石川県で分離された結核菌の分子疫学解析 (第1報)

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部

石川県健康福祉部健康推進課

塩本 高之・小坂 恵・木村 恵梨子  
谷村 睦美  
北川 恵美子

## 〔和文要旨〕

2016年～2017年度の2年間に石川県で分離された結核菌株128株について、Japan Anti-Tuberculosis Association (JATA) (12)-Variable Numbers of Tandem Repeat (VNTR) 分析法による解析と遺伝系統解析を行い、同一由来株による事例の有無、性別や患者年齢と遺伝系統との関連について検討した。その結果、18株6組においてVNTRプロファイルの一致が認められた。また、性別と遺伝系統との間に関連を示唆する傾向は認められなかった一方、患者年齢と遺伝系統の間には一定の傾向が認められ、低年齢層では北京新興型が、高年齢層では北京祖先型の割合が高かった。

キーワード：感染症、結核菌、北京株

## 1 はじめに

結核は、主に *Mycobacterium tuberculosis* を原因とした感染症で、「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」では二類感染症に指定されており、診断した医師は届出の義務がある。主な感染経路は空気感染で、感染者が生涯で結核を発症するリスクは通常5～10%である<sup>1)</sup>。現在、世界中に年間100万人以上の死亡者がいるとされており<sup>1)2)</sup>、その大半は低所得国および中所得国が占める。

わが国における結核の人口10万対罹患率（以下、罹患率）は、戦後の定期健診やBCG接種の普及等が功を奏し、激減した。近年も僅かながらも減少を続け、2017年時点では、13.3<sup>3)</sup>となった。しかし、低まん延国の指標「罹患率10以下」は果たせておらず、未だ、結核はわが国における最大の感染症の1つである<sup>4)</sup>。石川県（以下、本県）においては、結核罹患率は、2013年の13.1から減少が続き、2016年には10.9となったものの、2017年では増加に転じ、12.0となった<sup>3)</sup>。

分子疫学的解析は、低まん延化に向けた有用なリスク

分析法として位置付けられており、その手法の1つに Variable Numbers of Tandem Repeat (VNTR) 分析法がある。

当センターでは、2004年より、金沢市を除く県内で届出のあった患者から分離され、患者の協力が得られた結核菌株を県の事業として収集保管している。2016年4月からは、当センターで収集保管された結核菌株に加え、金沢市保健所管内にて分離された結核菌株の一部を対象に、調査研究事業としてVNTR解析を実施している。

今回、本研究における、2016年4月から2018年3月までの2年間の解析結果をまとめたので報告する。

## 2 材料と方法

## 2.1 材 料

供試菌株は、2016年4月から2018年3月までの2年間に県内医療機関で分離され、当センターへ搬入された結核菌株128株である。なお、患者年齢と性別に関する情報は県保健所および金沢市保健所から収集した。

## 2.2 方 法

結核菌VNTRハンドブック（以下、ハンドブック<sup>5)</sup>）に

---

A Molecular Epidemiological Analysis of *Mycobacterium tuberculosis* Isolated in Ishikawa, Japan (1st Report). by SHIOMOTO Takayuki, KOSAKA Megumi, KIMURA Eriko, KITAGAWA Emiko and TANIMURA Mutsumi (Health and Food Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Infectious Disease, *Mycobacterium tuberculosis*, Beijing Strain

則り、以下のとおり解析を実施した。

(1) DNA抽出

小川培地に発育した結核菌株をNuclease-Free Waterに懸濁し、95℃で10分間加熱した。その後、13,000rpmで10分間遠心し、上清をDNA抽出液として回収した。

(2) VNTR領域のPCR

JATA(12)-VNTRに用いたプライマーは、ハンドブックに記載されたものを用いた。PCR条件は、95℃で5分加熱後、95℃30秒、60℃30秒、72℃90秒のサイクルを40回実施し、72℃で7分加熱する方法とした。

(3) ゲル電気泳動

泳動用ゲルとして2%アガロースゲル(0.5×TBE buffer)、泳動用バッファーとして0.5×TBE buffer、泳動槽としてMupid<sup>®</sup>-One(Mupid社製)を用いた。電気泳動の条件は50V、80～120分間である。サイズマーカーにはO'RangeRuler 100bp+500bp DNA Ladder, ready to use(Thermo Fisher Scientific社製)を用いた。泳動後、ゲルをエチジウムブロマイドで約10分間染色し、十分に水洗した後、紫外線照射下で撮影した。

(4) リピート数の算出

各VNTR領域におけるリピート数は、サイズマーカーを指標とし、得られたバンドの大きさにより算出した。各領域のリピート数を列記した、12個の数字から成るパターンを各菌株のVNTRプロファイルとした。

2・3 解析

(1) VNTR解析

VNTRプロファイルを基に、菌株の相同性について検討した。検討には、宮城県保健環境センターより提供されたプログラムを用いた<sup>6)</sup>。

(2) 遺伝系統解析

VNTR解析によって得られたVNTRプロファイルから、山形県衛生研究所より提供されたプログラムを用いて、最大事後確率推定法による解析を行い、各菌株を北京祖先型(Ancient Bj型)/北京新興型(Modern Bj型)/非北京型(nBj型)の3遺伝系統に分類した<sup>6)7)</sup>。

2・4 倫理的配慮

本調査は平成27年度石川県保健環境センター医学倫理審査委員会の承認を得て実施した。

3 結 果

3・1 患者の性別および年齢構成

患者の男女別年齢分布を図1に示す。男女別の人数は、男性：75人、女性：53人であった。年齢の中央値は、男性：81歳、女性：84歳で、患者は高い年齢層に集中していた。男女での年齢分布の比較では目立った違いは見られなかった。

今回解析対象とした患者と本県における2016～2017

年度の結核届出患者(無症状病原体保有者および疑似症患者を除く)を各年齢層(20～29歳, 30～39歳, 40～49歳, 50～59歳, 60～69歳, 70～79歳, 80～89歳, 90～99歳)に分類し、年齢構成を図2に比較した。80～89歳の層が占める割合にやや違いがあったものの(前者：37.4%, 後者：48.4%), 今回解析対象とした患者の年齢構成は、本県における結核届出患者の年齢構成を概ね反映していると思われた。

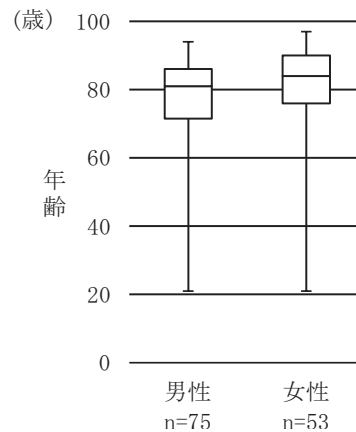


図1 患者の男女比とその年齢分布

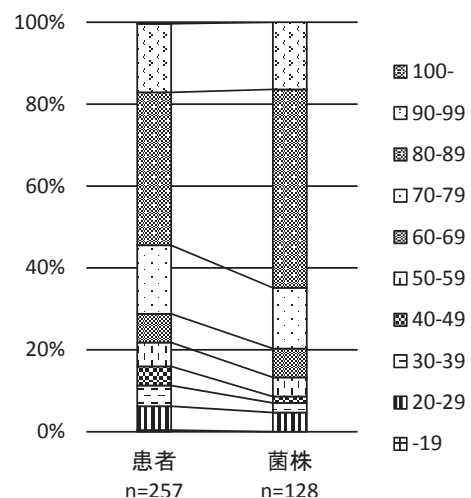


図2 2016～2017年度における本県での結核届出患者(無症状病原体保有者および疑似症患者を除く)と解析対象患者の各年齢構成割合

3・2 VNTR解析

128株のVNTR解析の結果、VNTRプロファイルが一致したのは、18株6組であった。一致した株間において、患者年齢や性別、分離地域についての偏りや傾向は認められなかった。

3・3 遺伝系統解析

(1) 全体および男女別の遺伝系統

128株の遺伝系統の内訳は、北京型(Bj型)：88株(68.8%), nBj型：40株(31.2%)であった(図3)。Bj型88株の内訳は、Ancient Bj型：72株(81.8%),

Modern Bj型：16株 (18.2%) であった。Bj型、特に Ancient Bj型が占める割合が他遺伝系統に比べて高い傾向がみられた。また、VNTRプロファイルが一致した 6 組の遺伝系統は、Ancient Bj型：5 組、Modern Bj型：1 組であった。

男女別では、男性では Ancient Bj型：44株 (58.7%)、Modern Bj型：8 株 (10.7%)、nBj型：23株 (30.6%) で、女性では Ancient Bj型：28株 (52.8%)、Modern Bj型：8 株 (15.1%)、nBj型：17株 (32.1%) であった (図 3)。Modern Bj型の割合が女性の方がやや高い傾向にあった。

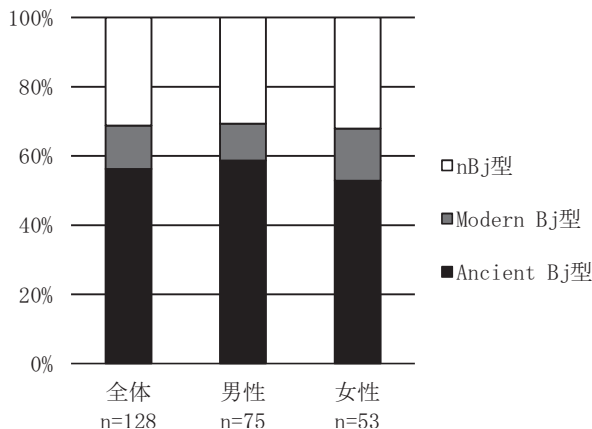


図 3 全体および男女別における各遺伝系統の割合

(2) 年齢と遺伝系統

各年齢層における各遺伝系統の菌株数並びに割合を図 4, 5 にそれぞれ示した。高い年齢層では Ancient Bj型の割合が高い傾向が認められた。Modern Bj型について、菌株数はどの年齢層においても概ね同程度であり、割合は低い年齢層にて高い傾向があった。一方、nBj型の割合は、30-39歳の層を除くと、どの年齢層においても概ね 30% を占める傾向がみられた。

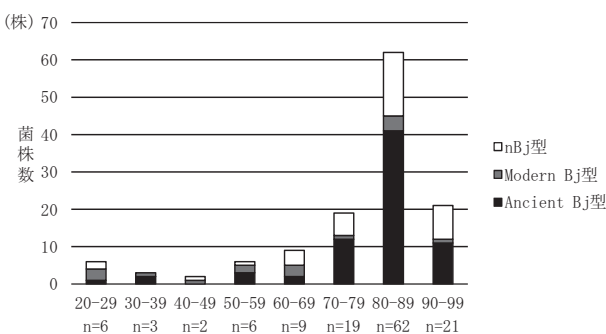


図 4 各年齢層における菌株数

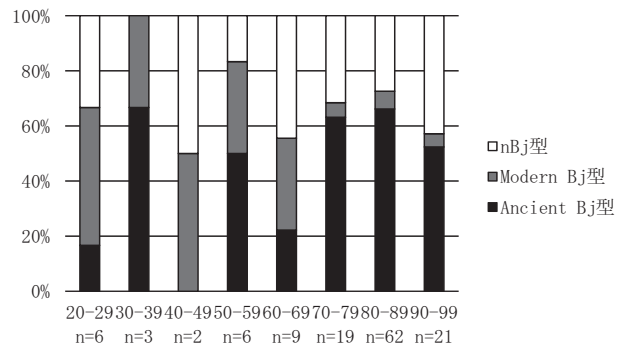


図 5 各年齢層における各遺伝系統の割合

4 考 察

今回の解析した 128 株のうち、18 株 6 組について VNTRプロファイルの一致が認められ、それぞれの組について同一由来株による感染が示唆された。しかし、今回は患者年齢や性別、分離地域以外の疫学的関連性については未検討であり、また、今回の解析に用いた VNTR領域は 12 領域のみであることから、菌株の相同性や未探知の疫学的関連性が存在する可能性については、VNTR領域を更に拡大した、より詳細な解析が必要であると思われる。

今回の結果において、Ancient Bj型が全 128 株のうち過半数 (56.3%) を占めていた。理由の 1 つに、高齢者からの分離株が多いことが挙げられた。また、70 歳以上の各年齢層において、Ancient Bj型の割合が過半数を占め、標本数の観点から更なる検討が必要であるが、70 歳以上の年齢層に比べ、70 歳未満の年齢層では Modern Bj型の割合が比較的高い傾向がみられた。これらのことから、概ね 70 歳を境界とし、遺伝系統の構成割合に変化が生じている可能性が示唆された。現在から 70 年前といえば、わが国で結核定期健診が義務化され、更に BCG 接種が普及し始めた頃と重なる。BCG 接種と Bj型の感染拡大の関連性については以前より報告されており<sup>8)-10)</sup>、標本数が少ないため言えることは限定的であるが、今回得られた結果からも、BCG 接種が Ancient Bj型或いは Modern Bj型の生存に対して何らかの影響を与えている可能性があると思われる。しかし、Bj型の広まりは BCG 接種開始より早期に始まったとする報告もあり<sup>10)11)</sup>、単純に現在と 70 年前とはまん延している遺伝系統が異なるという可能性を否定できない。更に、Modern Bj型は日本を除くアジア諸国に多い傾向があり<sup>9)</sup>、今回若い年齢層で比較的高い割合で認められた Modern Bj型は国外からの持ち込み例である可能性も考えられることから、患者の国籍や BCG 接種による影響の有無も含めた、更なる疫学および分子生物学的検討が必要である。



また、非常に興味深いことに、Modern Bj型とAncient Bj型の割合が患者年齢ごとに変化していることが示唆された一方、nBj型が、30-39歳の層を除く全ての年齢層において30%程度を占めていた。男女間の比較においても同様であった。Bj型が世界的な広がりをみせる中、nBj型が一定の割合を占める理由は不明であり、このことについても今後の検討が待たれる。

今回得られた結果の再現性確認も含め、今後も検討を続け、結核の予防および拡大防止のために結果を還元したいと考えている。

## 5 まとめ

- (1) 解析した結核菌128株のうち、約70%がBj型であり、そのうちの約80%がAncient Bj型で残りはModern Bj型であった。
- (2) VNTRプロファイルが一致したのは、128株中18株6組で、全てBj型であった。
- (3) 患者の性別と遺伝系統との間に関連を示唆する傾向は認められなかった。
- (4) 患者の年齢と遺伝系統との間に関連がある可能性が示唆された。

菌株の収集にご協力いただきました、県健康推進課、県保健所および金沢市保健所の皆様、解析にあたり解析プログラムを提供くださいました、宮城県保健環境センターおよび山形県衛生研究所の皆様にご心より感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) World Health Organization, Tuberculosis, <http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>, 2018年8月10日
- 2) ABEL Laurent, FELLAY Jacques, HAAS David W, SCHUN Erwin, SRIKRISHNA Geetha, URBANOWSKI Michael, CHATURVEDI Nimisha, SRINIVASAN Sudha, JOHNSON Daniel H, BISHAI William R. :Genetics of human susceptibility to active and latent tuberculosis: present knowledge and future perspectives. *Lancet Infect Dis.*, **18**(3), e64-e75 (2018)
- 3) 厚生労働省, 平成29年結核登録者情報調査年報集計結果について, [https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000175095\\_00001.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000175095_00001.html), 2018年12月7日
- 4) 厚生労働省健発1125第2号: 結核に関する特定感染症予防指針, 平成28年11月25日
- 5) 地研協議会保健情報疫学部会マニュアル作成ワーキンググループ編: 結核菌VNTRハンドブック (2012)
- 6) 加藤誠也, 瀧井猛将, 大角晃弘, 藤山理世, 玉井清子, 岩本朋忠, 村瀬良朗, 山本香織, 瀬戸順次, 阿彦忠之: 結核分子疫学調査の手引き第一版 (2017)
- 7) SETO Junji, WADA Takayuki, IWAMOTO Tomotada, TAMARU Aki, MAEDA Shinji, YAMAMOTO Kaori, HASE Atushi, MURAKAMI Koichi, MAEDA Eriko, OISHI Akira, MIGITA Yuji, YAMAMOTO Taro, AHIKO Tadayuki.: Phylogenetic assignment of *Mycobacterium tuberculosis* Beijing clinical isolates in Japan by maximum a posteriori estimation. *Infect Genet Evol.*, **35**, 82-88 (2015)
- 8) VAN SOOLINGEN Dick, QIAN Lishi, DE HAAS Petra E W, DOUGLAS James T, TRAORE Hamadou, PORTAELS Françoise, QING Huang Z, ENKHSAIKAN D, NYMADAWA P, VAN EMBDEN Jan D A.: Predominance of a Single Genotype of *Mycobacterium tuberculosis* in countries of east Asia. *J Clin Microbiol.*, **33**, 3234-3238 (1995)
- 9) 岩本朋忠: 結核菌北京型ファミリーの集団遺伝学的解析から推察される日本国内定着型遺伝系統群の存在と遺伝系統別薬剤耐性化傾向の違い, *Kekkaku*, **84** (12), 755-759 (2009)
- 10) PARWATI Ida, VAN CREVEL Reinout, VAN SOOLINGEN Dick.: Possible underlying mechanisms for successful emergence of the *Mycobacterium tuberculosis* Beijing genotype strains. *Lancet Infect Dis.*, **10**(2), 103-111 (2010)
- 11) WIRTH Thierry, HILDEBRAND Falk, ALLIX-BÉGUEC Caroline, WÖLBELING Florian, KUBICA Tanja, KREMER Kristin, VAN SOOLINGEN Dick, RÜSCH-GERDES Sabine, LOCHT Camille, BRISSE Sylvain, MEYER Axel, SUPPLY Philip, NIEMANN Stefan.: Origin, spread and demography of the *Mycobacterium tuberculosis* complex. *PLoS Pathog.*, **4**(9), e1000160 (2008)

〔短 報〕

# 石川県における呼吸器感染症起因ウイルスの流行状況(第1報)

— ヒトメタニューモウイルスの詳細解析 —

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部 ウイルスグループ

児玉 洋江・中澤 柁哉  
成相 絵里・倉本 早苗

## 〔和文要旨〕

小児急性呼吸器感染症患者から採取された159検体について呼吸器感染症起因ウイルスの検索を行った結果、119検体(74.8%)から152のウイルスが検出された。ヒトメタニューモウイルスは21検体(13.2%)から検出され、サブグループの内訳はA2bが4株、B1が14株、B2が3株であった。解析が可能であったA2b 3株はいずれもG遺伝子の同一部位に180塩基の重複配列挿入変異があった。検出ウイルスと下気道炎の有無について解析した結果、ヒトメタニューモウイルスが検出された患者のみが有意に下気道炎を呈していた。

キーワード：ヒトメタニューモウイルス，呼吸器感染症，下気道炎

本稿は第29回臨床微生物学会総会・学術集会(平成30年2月11日 岐阜県)において発表した。

## 1 はじめに

ヒトメタニューモウイルス(Human metapneumovirus 以下、hMPV)は、2001年に初めて発見されたウイルスであり、乳幼児の呼吸器感染症起因ウイルスの1つである<sup>1)</sup>。

hMPVはウイルス粒子表面のタンパク構造の違いから2つのグループ(A, B)に大別され、さらに5種類のサブグループ(A1, A2a, A2b, B1, B2)に分類される。このうちサブグループA2bについては、G遺伝子に重複配列挿入をもつ株が報告されている<sup>2)3)</sup>。

当センターでは、調査研究事業として小児における呼吸器感染症起因ウイルスの流行状況を把握することを目的に、インフルエンザ以外の小児急性呼吸器感染症患者の起因ウイルス検索を実施している。本報では、2016年4月から2017年6月に採取された検体における起因ウイルスの検索結果のうち、主にhMPVについて実施した詳細解析の結果を報告する。

## 2 材料と方法

### 2.1 材 料

2016年4月から2017年6月に、県内4カ所(病院2カ所、一般診療所2カ所)の協力医療機関に受診あるいは入院した、発熱、上気道炎、下気道炎等の症状を有するインフルエンザ以外の呼吸器感染症と診断された6歳以下の患者のうち、同意が得られた159人から採取された159検体の鼻咽頭ぬぐい液(以下、検体)を材料とした。

患児の臨床症状等については、検体とともに提出された調査表にて把握した。

### 2.2 検索ウイルス

ライノウイルス、hMPV、コクサッキーウイルス、コロナウイルス、ヒトパレコウイルス、パラインフルエンザウイルス、アデノウイルス、エコーウイルス、RSウイルス、ヒトボカウイルスを検索対象ウイルスとした。

Prevalence of the Virus causing the respiratory infection in Ishikawa Prefecture (1st. Report).

— Analysis of Human Metapneumovirus —

by KODAMA Hiroe, NAKAZAWA Masaya, NARIAI Eri and KURAMOTO Sanae (Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

**Key words** : Human Metapneumovirus, Respiratory infection, Lower respiratory inflammation



### 2・3 方法

#### (1) ウイルス検索

各ウイルスの検索については、病原体検出マニュアル<sup>4)</sup>等に準じて実施した。すなわち、QIAamp Viral RNA Mini kit (QIAGEN社)を用いて遺伝子の抽出を行い、PCR法による各ウイルス遺伝子の検出を行った。各ウイルスの遺伝子を検出したPCR増幅産物をQIAquick PCR Purification kit (QIAGEN社)により精製した後、BigDye Terminator v1.1 Cycle Sequence Kit (Life Technologies社 以下、LT社)を用いてサイクルシークエンス反応を行った。その後、反応産物をBigDye X Terminator (LT社製)で精製し、Applied Biosystems 3500 ジェネティックアナライザ (LT社)により塩基配列を決定しウイルスの同定を行った。なお、PCR法、サイクルシークエンス反応はともにGeneAmp PCR System 9700またはVeriti (LT社製)を用いた。

#### (2) hMPVの詳細解析

(1)にて決定したhMPVのF遺伝子領域の塩基配列について、系統樹解析によりサブグループの分類を行った。さらに、サブグループA2bに分類されたhMPVについては、Saikusaら<sup>2)</sup>の方法に基づき、G遺伝子領域の検出および解析を(1)と同様に実施し、重複配列挿入の有無を確認するとともに、公共のデータベースに登録された国内外で検出されたhMPVと相同性を比較した。

#### (3) 臨床症状とウイルス検出結果の解析

患者の臨床情報から肺炎や気管支炎などの下気道炎の有無を抽出し、各ウイルス検出結果との関係についてカイ二乗検定による解析を行った。なお、有意水準は5%とした。

### 2・4 倫理的配慮

本調査は石川県保健環境センター医学倫理審査委員会(平成27年12月18日開催)の承認を得て実施した。

## 3 成績

### 3・1 呼吸器感染症起因ウイルス検出状況

159検体について呼吸器感染症起因ウイルスを検索した結果、119検体(74.8%)から152のウイルスが検出された。このうち、26検体からは複数のウイルスが検出された。

検出ウイルスの内訳は、ライノウイルス58検体(36.5%)、hMPV 21検体(13.2%)、コクサッキーウイルス14検体(8.8%)、コロナウイルス12検体(7.5%)、ヒトパレコウイルス12検体(7.5%)、パラインフルエンザウイルス11検体(6.9%)、アデノウイルス10検体(6.2%)、エコーウイルス7検体(4.4%)、RSウイルス4検体(2.5%)、ヒトボカウイルス3検体(1.9%)であった(表1)。

表1 ウイルス別の検出患者数と下気道炎発症の有無

ウイルス	検出患者数 (%)	下気道炎発症		P値*
		有 (%)	無 (%)	
ライノウイルス	58 (36.5)	35 (60.3)	23 (39.7)	0.12
ヒトメタニューモウイルス	21 (13.2)	19 (90.5)	2 ( 9.5)	<0.01
コクサッキーウイルス	14 ( 8.8)	5 (35.7)	9 (64.3)	0.20
コロナウイルス	12 ( 7.5)	6 (50.0)	6 (50.0)	0.87
ヒトパレコウイルス	12 ( 7.5)	6 (50.0)	6 (50.0)	0.87
パラインフルエンザウイルス	11 ( 6.9)	8 (72.7)	3 (27.3)	0.16
アデノウイルス	10 ( 6.2)	7 (70.0)	3 (30.0)	0.24
エコーウイルス	7 ( 4.4)	2 (28.6)	5 (71.4)	0.2
RSウイルス	4 ( 2.5)	2 (50.0)	2 (50.0)	0.93
ヒトボカウイルス	3 ( 1.9)	2 (66.7)	1 (33.3)	0.61

\* : 各ウイルスの検出と下気道炎発症の有無に関する $\chi^2$ 検定  
P値が0.05未満の場合、当該ウイルスの感染が下気道炎発症と有意に関連していると推定される。

### 3・2 hMPVの詳細解析

解析の結果、21検体から検出されたhMPVのサブグループの内訳は、A2bが4株、B1が14株、B2が3株であった。なお、hMPVの検出時期は、検出数が少ないため明確ではないがほぼ通年であった(図1)。A2b 4株のうち、G遺伝子の解析が可能であったのは3株であり、それらの塩基配列は数塩基程度の違いであった。G遺伝子は、細胞膜内領域、膜貫通領域、膜外領域に分類されるが、前述の3株はいずれも膜外領域に180塩基の重複配列挿入があった。同様の変異をもつ株は、2014年から2016年に横浜市<sup>2)</sup>、2015年から2016年にスペイン<sup>3)</sup>で報告されている。今回解析が可能であった3株の塩基配列はこれらと10塩基程度の違いであった(図2)。

### 3・3 臨床症状とウイルス検出結果の解析

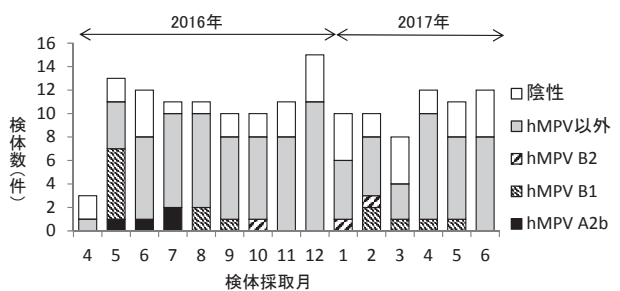


図1 月別hMPV検出状況(2016年4月~2017年6月)

ウイルスが検出された患者119人のうち、下気道炎を呈していたのは、69人(58.0%)であった。一方、いずれのウイルスも検出されなかった40人のうち、下気道炎を呈していたのは14人(35.0%)であった。

検出されたウイルス別に下気道炎を呈していた患者の割合をみると、hMPVは90.5%(21人中19人)と高く、このほかのウイルスについては、ライノウイルスは60.3%、コクサッキーウイルスは35.7%、コロナウイルスは50.0%、ヒトパレコウイルスは50.0%、パラインフルエンザウイルス72.7%、アデノウイルスは70.0%、エ

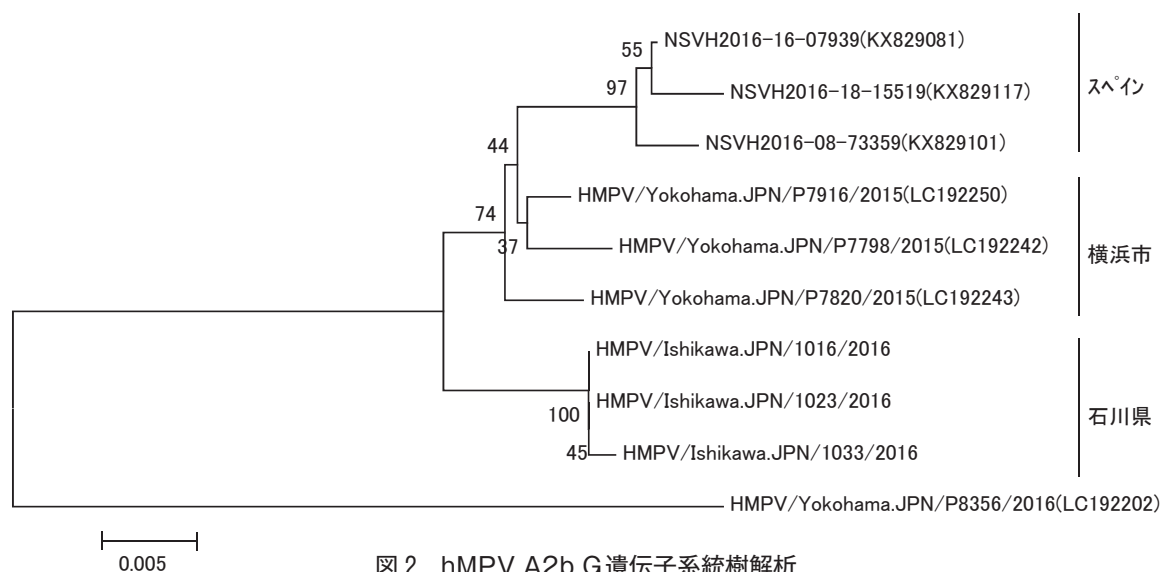


図 2 hMPV A2b G 遺伝子系統樹解析

コーウイルスは 28.6%，RSウイルスは 50.0%，ヒトボカウイルス 66.7% であった。

各ウイルスの検出と下気道炎の有無についてカイ二乗検定を行った結果，hMPV が検出された患者は有意に下気道症状を呈していたが，この他のウイルスが検出された患者に関しては有意差がみられなかった（表 1）。

また，hMPV が検出された患者について，下気道炎を呈していた患者数をサブグループ別にみると，A2b は 4 人全て（100.0%），B1 が 14 人中 13 人（92.9%），B2 が 3 人中 2 人（66.7%）であった

#### 4 考 察

今回の解析では，hMPV サブグループ A1 は検出されなかった。同様の調査を行った山形県<sup>5)</sup>や福井県<sup>6)</sup>においても，サブグループ A1 は検出されておらず，今回の解析結果は既報と同様の傾向であったと考えられる。一方，今回の解析では hMPV は検出数は少ないものの，ほぼ通年で検出された。前述の調査<sup>5)6)</sup>では年ごとに検出時期が異なっておりいることから，今後更に解析を継続し，経年的に hMPV の流行状況を把握する必要がある。

G 遺伝子の膜外領域に 180 塩基の重複配列挿入をもつサブグループ A2b の変異株は，これまでに横浜市とスペインで報告されている<sup>2)3)</sup>。G タンパク質の膜外領域は，宿主の免疫反応を回避する働きがあり，180 塩基の重複配列の挿入によりその効果がさらに増強する可能性があると考えられている<sup>2)</sup>。実際に Pinana ら<sup>3)</sup>は，180 塩基の重複配列をもつ hMPV に感染した小児の臨床症状をもとに，その株の病原性が増加していた可能性を示唆している。今回，我々の解析においては A2b 変異株が検出された患者は全て下気道炎を呈していたが，検出数が少なく，変異株の病原性について詳細な検討はできなかった。近年，横浜市では，G 遺伝子に 111 塩基の重複配列

をもつ A2b 変異株の検出も報告されており<sup>7)</sup>，hMPV に関してはウイルスの検出のみならず，塩基配列の解析による G 遺伝子の変異を把握することが重要であると考えられた。

乳幼児は hMPV 感染により下気道炎が高頻度にみられることが報告されており<sup>1)</sup>，今回の解析でも同様の傾向がみられた。近年では成人や高齢者においても hMPV が肺炎の起因ウイルスとなる例がみられ，一部では死亡例の報告もある<sup>8)</sup>。hMPV などのインフルエンザ以外の呼吸器感染症は感染症発生動向調査事業の対象感染症ではないことから，その流行状況や性状の把握が困難な状態にある。このため，今後も調査研究事業により小児における呼吸器感染症起因ウイルスの流行状況を把握するとともに，hMPV のみならず，検出されたウイルスの詳細な解析を継続する必要があると考えている。

#### 5 ま と め

##### (1) 呼吸器感染症起因ウイルス検出状況

159 検体について呼吸器感染症起因ウイルス検索を実施した結果，119 検体（74.8%）から 152 のウイルスが検出され，このうち，hMPV は 21 検体（13.5%）から検出された。

##### (2) hMPV の詳細解析

検出された hMPV のサブグループの内訳は，A2b が 4 株，B1 が 14 株，B2 が 3 株であり，G 遺伝子の解析が可能であった 3 株は，いずれも G 遺伝子の膜外領域に 180 塩基の重複配列挿入変異があった。

##### (3) 臨床症状とウイルス検出結果の解析

hMPV が検出された患者は有意に下気道炎を呈していたが，この他のウイルスが検出された患者に関しては有意差がみられなかった。

## 文 献

- 1) 菊田英明：ヒト・メタニューモウイルス，ウイルス，**56**, 173-182 (2006)
- 2) SAIKUSA Miwako, KAWAKAMI Chiharu, NAO Naganori, TAKEDA Makoto, USUKU Shuzo, SASAO Tadayoshi, NISHIMOTO Kimiko, TOYOZAWA Takahiro: 180-Nucleotide Duplication in the G Gene of Human metapneumovirus A2b Subgroup Strains Circulating in Yokohama City, Japan, since 2014, *Microbiol.*, **14**, 1-11 (2017)
- 3) PINANA Maria, VILA Jorgina, GIMFERRER Laura, VALLS Maria, ANDRES Cristina, RAMON Jevier, CODINA Maria, MARTIN Maria, FUENTES Francisco, SAIZ Rosario, ALCUBILLA Pilar, RODRIGO Carlos, PUMAROLA Tomas, ANTON Andres: Genetic variability of human metapneumovirus A strain circulating in Catalonia during the 2014–2015 and 2015–2016 seasons-A 180-nucleotide G gene duplication reported, *Abstracts of the 19th Annual Meeting of the European Society for Clinical Virology*, 125 (2016)
- 4) 国立感染症研究所：病原体検出マニュアル，<https://www.niid.go.jp/niid/ja/labo-manual.html>, 平成30年8月30日
- 5) MIZUTA Katsumi, ABIKO Chieko, AOKI Yoko, IKEDA Tatsuya, ITAGAKI Tsutomu, KATSUSHIMA Noriko, MATSUZAKI Yoko, HONGO Seiji, NODA Masahiro, KIMURA Hirokazu, AHIKO Tadayuki: Endemicity of human metapneumovirus subgenogroups A2 and B2 in Yamagata, Japan, between 2004 and 2009, *Microbiol. Immunol.*, **54**, 10 (2010)
- 6) NAKAMURA Masako, HIRANO Eiko, ISHIGURO Fubito, MIZUTA Katsumi, NODA Masahiro, TANAKA Ryota, TSUKAGOSHI Hiroyuki, KIMURA Hirokazu: Molecular epidemiology of human metapneumovirus from 2005 to 2011 in Fukui, Jpn. *J. Infect. Dis.* **66**, 56–59 (2013)
- 7) 七種美和子, 川上千春, 宇宿秀三, 笹尾忠由, 大久保一郎, 豊津隆弘, 直亨則, 竹田誠：G遺伝子に111塩基の重複配列をもつ株の流行について，第49回日本小児感染症学会総会・学術集会，243 (2017)
- 8) 国立感染症研究所：高齢者施設におけるヒトメタニューモウイルス感染症集団発生疑い事例，病原微生物検出状況，**38**, 248-250 (2017)

〔短 報〕

## 石川県における輸入感染例を発端とした 麻疹患者発生事例について

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部

倉本 早苗・中澤 柁哉・成相 絵里  
児玉 洋江・金戸 恵子

### 〔和文要旨〕

本県で約8年ぶりの輸入事例を発端とした麻疹患者発生があり感染者は4人であった。初発患者との接触者等46人(131検体)の麻疹ウイルス(MeV)遺伝子検索を行った結果、3人(8検体)からMeV遺伝子が検出された。遺伝子型はD8であり、国内外の同型と比較した結果、インド報告例と近似しており、初発患者は同国で感染したと考えられた。今回の事例が3人の二次感染で終息したのは、本県の9割以上のMRワクチン接種率と迅速なPCR検査体制等が要因であると思われる。本県では、久しく麻疹患者発生がなく、担当者の経験不足等から、関係機関等の連携や情報共有について若干課題が残った。また、当センターにおける検査人員の確保等についても再整備が必要と思われる。

キーワード：麻疹、麻疹ウイルス、インド、遺伝子型D8、輸入感染例

本稿は平成29年度日本公衆衛生学会総会(2017年10月31日 鹿児島市)および平成29年度石川県医学検査学会(2018年3月21日石川県内灘町)において発表した。

### 1 はじめに

麻疹は麻疹ウイルス(measles virus以下、MeV)によって起こる感染症で、発熱、発疹、カタル症状が3主徴である<sup>1)2)</sup>。空気感染(飛沫核感染)、飛沫感染、接触感染で伝播し、その感染力は極めて強く、感染拡大防止対策が非常に重要な疾患である。

麻疹は、MeVの自然宿主がヒトのみであること、正確な検査診断法があること、効果的なワクチンがあること等から、根絶が可能な疾患と考えられており、世界保健機関(以下、WHO)は天然痘、ポリオに続き麻疹の根絶を目指している<sup>1)</sup>。わが国では、2007年に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)に基づく「麻疹に関する特定感染症予防指針」<sup>3)</sup>を策定し、翌年から全数把握対象疾患に

するなど、様々な対策を講じており、2015年3月にWHO西太平洋地域麻疹排除認証委員会よりわが国が麻疹排除状態にあると認定を受けている<sup>1)2)</sup>。

一方、石川県(以下、本県)では、国に先駆け2002年から、県医師会と連携し「麻疹迅速対応事業」<sup>4)</sup>を実施し、麻疹の全数把握とPCR法による検査診断などの対策を講じてきた。これら国および県の対策の成果もあり、本県では2009年の1人を最後に麻疹患者の発生はなかったが、2017年4月、約8年ぶりに4人の麻疹患者が発生し、当センターにて麻疹検査を実施したので、その概要を報告する。

### 2 材料と方法

#### 2・1 初発患者の診断までの経緯

初発患者(以下、症例1)の診断までの経緯を図1に

---

A Measles Outbreak Triggered by an Imported Case of Infection in Ishikawa Prefecture. by KURAMOTO Sanae, NAKAZAWA Masaya, NARIAI Eri, KODAMA Hiroe and KANETO Keiko (Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : measles, measles virus, Republic of India, genotype D8, Imported Case of Infection



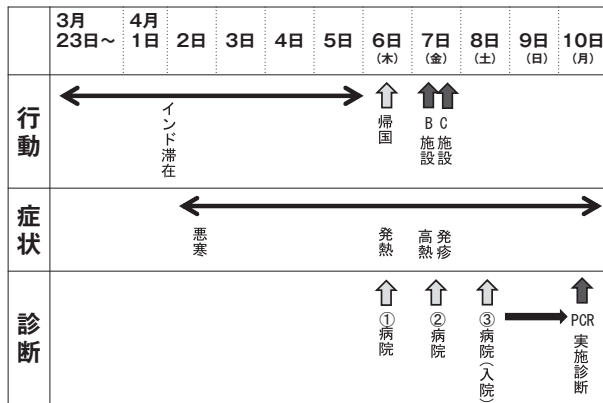


図1 初発患者(症例1)の診断までの経緯

示す。症例1は、A市在住の30歳代男性で、2017年3月23日から4月6日までインドに滞在していた。滞在中の4月2日に悪寒を認め、帰国後、発熱および発疹が出現し、4月8日に受診した医療機関(③病院)から10日に管轄保健所に麻疹疑いで報告があり、当センターにおけるMeV遺伝子検出により診断に至った。また、症例1は帰国から診断に至るまでに、複数の医療機関を受診しており(①病院, ②病院), 7日にBおよびC施設に立ち寄っていた。

### 2・2 接触者等の検査対象者

症例1が帰国後立ち寄った施設や医療機関にて、或いは症例1からの感染者が発症前日以降立ち寄った施設等にて、それぞれ感染者と接触或いは接触の可能性のある者のうち、症状等から受診医療機関医師と管轄保健所の判断で麻疹が疑われた46人(131検体)を検査対象者とした。検体は、原則「咽頭ぬぐい液」「血液」「尿」の3検体とした。

また、検査対象者の年齢、性別、患者接触歴、既往歴、ワクチン接種歴等の属性は、管轄保健所からのMeV遺伝子検査の依頼時の情報により把握した。

### 2・3 ウイルス学的検査

#### (1) MeV 遺伝子検査

症例1を含め47人(134検体)についてMeV遺伝子検査を行った。検出法は、病原体検出マニュアル「麻疹」(第3.4版)<sup>5)</sup>(以下、マニュアル)に基づき当センターで作成した病原体検査実施標準作業書に従い実施した。すなわち、検体からQIAamp Viral RNA Mini Kit(QIAGEN社製)を用いてRNAの抽出を行った後、TaqMan Probeを用いたリアルタイムRT-PCR法によりMeVのN遺伝子の検出を行った。また、リアルタイムRT-PCRは7500Fast(Life Technologies社以下、LT社製)を使用した。

なお、これらの検査は、感染症法第15条に基づく積極的疫学調査として実施した。

#### (2) MeV 遺伝子の塩基配列の決定および系統樹解析

(1)にてMeV遺伝子が検出された4症例(11検体)について、マニュアルに従い、MeV遺伝子型決定部位の塩基配列の決定および系統樹解析を行った。

すなわち、検体から抽出されたRNAを用いて、N遺伝子を標的としたConventional RT-PCR(以下、cRT-PCR)法にて遺伝子型決定部位(533bp)を増幅し、Applied Biosystems3500ジェネティックアナライザ(LT社製)を用いてダイレクトシーケンス法により塩基配列を決定し、遺伝子型を決定した。また、国内外の同一遺伝子型のMeV株と比較するため、得られた塩基配列のうち450塩基(以下、bp)について、Molecular Evolutionary Genetics Analysis(MEGA)6を用い、近隣結合法(Neighbor-joining method)により系統樹解析を実施した。なお、解析に用いた株の塩基配列情報は、DNA Data Bank of Japan(DDBJ)等から入手した。

#### (3) 血清学的検査

(1)にてMeV遺伝子が検出された4症例について、血液(血漿)を材料に、麻疹ウイルス抗体価測定用試薬「セロディア-麻疹」(富士レビオ社製)を用いて粒子凝集反応(Particle Agglutination Test以下、PA法)による麻疹ウイルス抗体価を測定した。

## 3 成績

### 3・1 検体搬入状況

症例1および接触者等のMeV遺伝子検査対象者47人の134検体(咽頭ぬぐい液47検体、血液47検体、尿40検体)が当センターに搬入された。

対象者の性別・年齢内訳は、男22人(1歳~77歳)、女25人(1歳~48歳)で、ワクチン接種歴は、「無し」が2人、「1回」が16人、「2回」が12人、「不明」が17人であった。

47人のMeV遺伝子検査状況を図2に示す。症例1の接触者から3人(症例2~4)の感染者が確認された4月24日以降、一時的に検査依頼が増加したが、最後の検体が搬入された5月15日まで断続的に1~3件程度

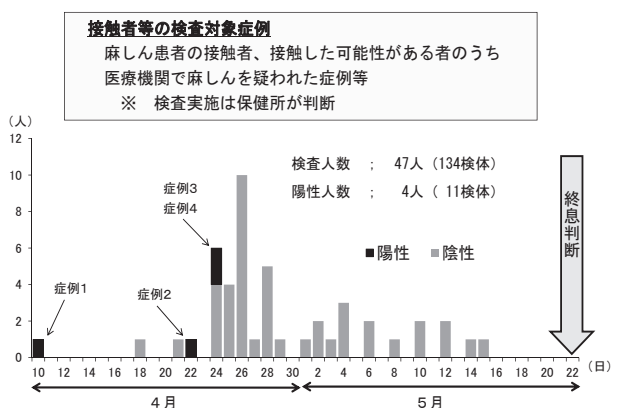


図2 症例1および接触者等のウイルス検査状況(結果判明日)

表 1 MeV 遺伝子検出症例の概要および検査結果

症例	年齢	性別	接触状況	ワクチン接種歴 (接種時年齢)	主症状	発症日	検体採取日	遺伝子検査結果*			抗体価 (PA 法)
								咽頭	血液	尿	
1	30代	男	初発患者	不明	発熱 咳 発疹	4月2日	4月8日	+	+	+	<16
2	40代	女	B施設 職員	1回 (1歳)	発熱 発疹	4月18日	4月22日	+	+	+	512
3	30代	男	B施設 職員	不明	発熱 咽頭痛 発疹	4月20日	4月23日	+	+	-	2048
4	10代	女	C施設 職員	2回 (1歳, 13歳)	発熱 鼻水	4月23日	4月24日	+	+	+	1024

\* + : MeV 遺伝子検出, - : MeV 遺伝子非検出

の依頼が続いた。

なお、国が示す「麻疹発生時対応ガイドライン（第二版：暫定改訂版）」<sup>6)</sup>に基づき、麻しん患者との最終接触者発生（4月24日）から4週間経過後の5月22日に、A市および県において本事例の流行が終息したと判断された。

### 3・2 ウイルス学的検査結果

MeV 遺伝子が検出された症例 1～4 の概要および検査結果を表 1 に示す。

#### (1) MeV 遺伝子検出結果

症例 1 の 3 検体について MeV 遺伝子検査を実施した結果、すべてから MeV 遺伝子が検出された（表 1）。

また、接触者等の疑い患者 46 人の 131 検体について MeV 遺伝子検査を実施した結果、3 人（8 検体；症例 3 の尿のみ非検出）から MeV 遺伝子が検出された。このうち、遺伝子が検出されなかった尿について、確認のため、cRT-PCR 法で MeV 遺伝子の検出を実施したが、MeV 遺伝子は検出されなかった。遺伝子が検出された 3 人のうち 2 人（症例 2, 3）は B 施設での接触者であり、残り 1 人（症例 4）は C 施設での接触者であった。なお、遺伝子が検出された 4 人のワクチン接種歴は、症例順に不明、1 回、不明、2 回であった（表 1）。

#### (2) MeV 遺伝子の塩基配列の決定および系統樹解析結果

(1)にて MeV 遺伝子が検出された 4 症例（11 検体）について、順次、MeV 遺伝子型決定部位の塩基配列の決定および系統樹解析を行った。

症例 1 から検出された MeV の遺伝子型は D8 であった（図 3）。D8 型は、近年の国内の輸入事例として数多く報告されており、また、インドでも主流を占める型であることから、当該患者と近年のインドを含めた国内外の報告例の塩基配列を系統樹解析により比較したところ、インドで分離・検出された D8 型（MVs/Bikaner. IND/50. 12/50, MVs/GrMumbai. IND/43. 15/2,

MVi/BangaloreUrban. IND/46. 16/45）と 99% 一致した（449bp/450bp）（図 4）。

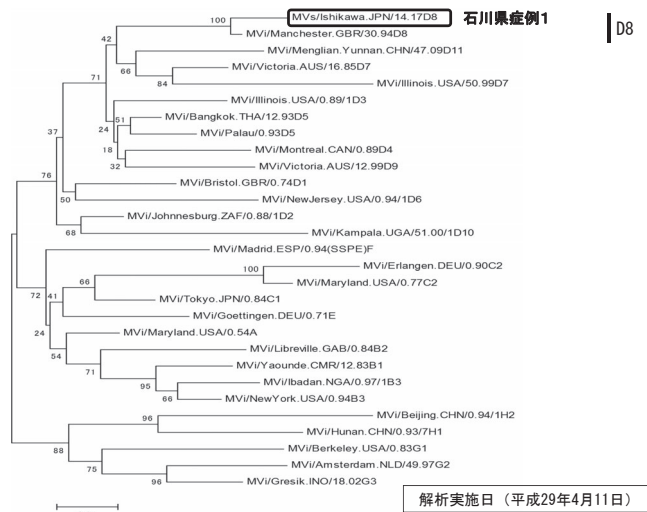


図 3 症例 1 MeV N 遺伝子領域の系統樹解析（遺伝子型特定）

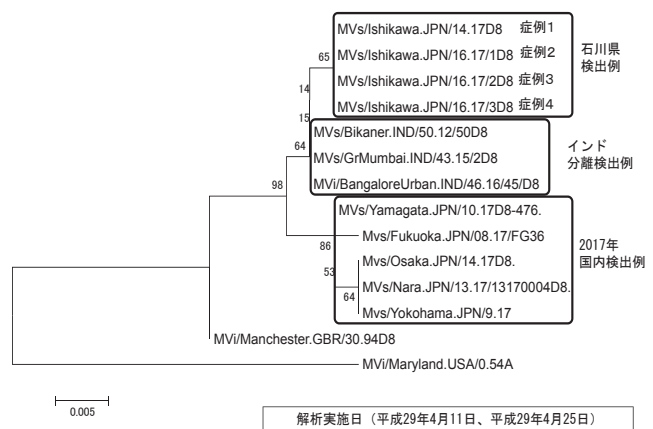


図 4 症例 1～4 MeV N 遺伝子領域の系統樹解析

また、症例 2～4 の 3 人から検出された MeV 遺伝子型は、解析の結果すべて D8 であり、その塩基配列を系統樹解析により症例 1 と同様に比較した結果、4 症例か



ら検出されたMeV遺伝子の解析部分(450bp)の塩基配列は100%一致した(図4)。

(3) 血清学的検査結果

(1)にてMeV遺伝子が検出された4症例の血液について、PA法によるMeV抗体価を測定した結果、症例順に16倍未満(陰性)、512倍、2048倍、1024倍で、症例1以外はいずれも高力価であった(表1)。

4 考 察

(1) 4症例のMeV検査結果等について

今回の症例1から検出されたMeV遺伝子型はD8であった。同型は、近年のインドならびに国内で多く報告されていること、また、症例1がインドに入国した時期が麻しんの潜伏期間(約10~12日)<sup>6)7)</sup>と重なることから、感染地の判断が難しかった。そこで、症例1から検出されたMeV遺伝子の塩基配列を、近年のインドを含めた国内外の報告例と比較したところ、インドで分離・検出された株と99%(449bp/450bp)一致したことから、症例1はインドにて感染したと考えられた。また、症例1~4の4人から検出されたMeV遺伝子の塩基配列が100%(450bp/450bp)一致し、症例2~4は症例1との接触者であることから、彼らは症例1の二次感染者であることが確定した。

4症例のMeV抗体価(PA法)について、症例1は16倍未満で陰性であり、それ以外は512倍以上の高力価であった。PA法は、急性期と回復期のペア血清の抗体価の有意上昇をもって、麻しんの診断に使用されることがあり、通常、麻しんを発症する患者は急性期は力価が低い。しかしながら、不十分な免疫がある状態で感染する修飾麻しんでは急性期において抗体価が著しく高い値を示す症例がある<sup>5)</sup>ことから今回の症例2~4の二次感染者は修飾麻しんであったと思われる。なお、修飾麻しんの場合は一般的に検体中のウイルス量が少なく<sup>1)2)</sup>、このことが症例3の尿からMeV遺伝子が検出されなかったことの一因と思われる。

(2) 麻しん患者発生状況

わが国は、様々な対策の成果もあり、表2に示すように、2008年には1万人以上の患者発生があったが、2015年には100人を下回り、同年WHOにより麻しん排除国と認定された。しかし、それ以降、全国各地で輸入事例を発端とする麻しんの集団発生が複数発生した<sup>2)</sup>こともあり、2017年にはまた200人弱の患者が発生してい

表2 全国および石川県の麻しん患者発生状況(2008年~2017年)

	2008年 (H20)	2009年 (H21)	2010年 (H22)	2011年 (H23)	2012年 (H24)	2013年 (H25)	2014年 (H26)	2015年 (H27)	2016年 (H28)	2017年 (H29)
全国	11,005	732	447	439	283	229	462	35	165	189
県	7	1	0	0	0	0	0	0	0	4

る。一方、本県では、今回の4人の患者発生は2009年の1人以来の約8年ぶりであった。

麻しんは発症前から感染力があることから1例目を迅速に把握できたとしても感染拡大は完全には防げない。国の施策として、感受性を極力減らすため定期的麻しん・風しん混合(以下、MR)ワクチン接種率を維持すると同時に、海外渡航者に向けMRワクチン接種の呼びかけ強化などによる輸入事例対策も重要と思われる。

(3) 今回の事例の感染拡大について

今回の事例において3人の二次感染で終息に至ったのは、本県の常に95%前後のMRワクチン接種率<sup>8)</sup>が背景にあったことに加え、当センターが実施した迅速なPCR検査体制により、その後の適切な感染拡大防止策に繋がったことも要因の一つと考える。また、二次感染者の3人はPA法の結果から修飾麻しんと推定され、修飾麻しんはウイルス排出量が少なく感染力が弱い<sup>1)2)</sup>ことも三次感染に至らなかった要因の一つと考えられた。

(4) 今後の課題について

今回の事例において、当センターにおけるMeV遺伝子検査等については、概ね的確かつ迅速に対応できたと思われる。しかしながら、近年患者が発生していなかったため、検体搬入時において氏名等の情報の齟齬や、搬入予定時間の連絡の行き違いなど、当センターと保健所担当職員等の連携において一部混乱した点があった。今後に向けて、情報共有や連携において若干の課題が残った。

さらに、今回の事例ではゴールデンウィークと重なり、検査人員のローテーションを組むうえでウイルス担当者のみでは対応が困難であった。そのため、他グループの協力を得て対応したが、日頃から大規模な健康危機管理事例時におけるセンター内の協力体制を今一度整備しておくことも必要と思われた。

5 ま と め

(1) 症例1との接触者等46人(131検体)のMeV遺伝子検索を行った結果、二次感染者として3人(8検体)からMeV遺伝子が検出され、計4人の感染者が確認された。検出された遺伝子型はD8であり、国内外のD8型株と系統樹解析にて比較した結果、インド報告例と近似していたことから症例1は同国で感染したと推定された。また、PA法の結果から、二次感染者の3人は修飾麻しんと推定された。

(2) 今回の事例は本県における約8年ぶりの麻しん患者発生となったが、3人の二次感染で終息させることができた。これは、本県ではMRワクチン接種率が常に約95%と高いことに加え、当センターにおける迅速なPCR検査体制によることと考えられた。今後は、

今回の事例を通してみえた関係機関との連携や情報共有等の課題を解決すべく努力するとともに、検査人員の確保やセンター内の協力体制を確認しておく必要がある。

## 文 献

- 1) 国立感染症研究所：麻疹 2018年 2月現在，病原微生物検出情報，**39**，49-51 (2018)
- 2) 国立感染症研究所：感染症のはなし「麻疹とは」(2018年 7月 5日) <https://www.niid.go.jp/niid/ja/kansennohanashi/518-measles.html>
- 3) 厚生労働省告示第442号：麻疹に関する特定感染症予防指針（平成19年12月28日策定，平成28年4月1日一部改正適用）
- 4) 石川県小児科医会「石川はしかゼロ作戦委員会」，石川県医師会：麻疹対応マニュアル（医療機関用）(2011)
- 5) 国立感染症研究所：病原体検出マニュアル「麻疹」（第3.4版）(2017)
- 6) 国立感染症研究所感染症疫学センター：麻疹発生時対応ガイドライン（第二版：暫定改訂版）(2016)
- 7) 国立感染症研究所感染症疫学センター：医療機関での麻疹対応ガイドライン（第七版）(2018)
- 8) 厚生労働省：麻疹風しん予防接種の実施状況(2018年 7月 13日)  
<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kekaku-kansenshou21/hashika.html>

〔短 報〕

# 石川県における過去5シーズンのノロウイルス遺伝子型について

— 2012/13～2016/17シーズン —

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部

中澤 柁哉・成相 絵里・児玉 洋江  
倉本 早苗

## 〔和文要旨〕

2012/13～2016/17シーズンに石川県で発生した感染性胃腸炎でノロウイルス遺伝子が検出された集団事例64事例、小児散発事例66事例についてカプシド領域の塩基配列による遺伝子解析を行い、5シーズンの遺伝子型等の動向を比較した。その結果、GII.4はいずれのシーズンにおいても主体の遺伝子型であったが、近年全国で流行しているGII.2の変異型やGII.17は集団事例と小児散発事例とでシーズンごとの検出割合に差がみられた。石川県では全国と比較し、新しいノロウイルスの流行の伝播が遅い可能性が示唆された。

キーワード：ノロウイルス、遺伝子型、GII.2、GII.4、GII.17、集団事例、小児散発事例

本稿は、第45回北陸公衆衛生学会（平成29年11月10日 福井市）において発表した。

## 1 はじめに

ノロウイルスは主に冬季における感染性胃腸炎や集団食中毒の原因となるウイルスであり、その種類は動物のノロウイルスを含めGI～GVの遺伝子群に分けられている。このうちヒトに感染するノロウイルスは大部分がGIやGIIであるが、遺伝学的に多様であり、少なくともGIには9、GIIには22の遺伝子型が存在する<sup>1)</sup>。

我々は、食中毒や感染症発生動向調査事業等におけるノロウイルスの検査において、検体中のウイルスの有無を迅速に判定するとともに、検出されたノロウイルスについては、遺伝子解析を行いウイルスの遺伝子型を明らかにし、地域におけるノロウイルスの流行や遺伝子型の動向の把握を行っており、既報<sup>2)–6)</sup>にて各シーズンの結果を報告している。

本報では、2012/13～2016/17シーズンの5年間についてのノロウイルスの遺伝子型等の動向を比較し、その経年的な特徴等について若干の知見を得たので報告する。

## 2 材料と方法

### 2.1 対象

#### (1) 集団事例

2012/13～2016/17シーズン（以下、5シーズン）の2012年第36週（9月）～2017年第35週（8月）に石川県（以下、本県）で発生した感染性胃腸炎の集団事例（食中毒および感染症）のうち、当センターにて糞便からリアルタイムPCR法<sup>7)</sup>またはRT-LAMP法<sup>8)</sup>によりノロウイルス遺伝子が検出された64事例の患者あるいは調理従事者（無症状）の糞便検体を対象としウイルス遺伝子解析を実施した。

#### (2) 小児散発事例

(1)と同期間に感染症発生動向調査事業における小児科病原体定点医療機関を受診した感染性胃腸炎患者から採取された糞便のうち、当センターにてRT-PCR法<sup>7)</sup>または蛍光-RTマルチプレックスPCR法<sup>9)</sup>によりノロウイルス遺伝子が検出された66事例の患者の糞便検体を

---

Genotype of Norovirus Detected in the Stool Specimens in Ishikawa Prefecture during the 2012/13-2016/17 Seasons. by NAKAZAWA Masaya, NARIAI Eri, KODAMA Hiroe and KURAMOTO Sanae (Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Norovirus, Genotype, GII.2, GII.4, GII.17, Group Case, Sporadic Case in Children

対象としウイルス遺伝子解析を実施した。

### 2・2 ウイルス遺伝子解析の方法

検体をPBS(-)で10%乳剤とし、RNA抽出はQIAamp Viral RNA Miniキット (Qiagen社製)を用いて行った。逆転写反応はPrimeScript<sup>®</sup>RT reagent Kit (Perfect Real Time) (タカラバイオ社製)、プライマーはカプシド領域を検出するG1-SKF/G1-SKRとG2-SKF/G2-SKRを用いてRT-PCR法<sup>7)</sup>を実施した。電気泳動で目的の大きさのバンドが確認された検体についてダイレクトシーケンスによりカプシド領域約300bpの塩基配列を決定し、ノロウイルス遺伝子型分類ツール (<http://www.rivm.nl/mpf/norovirus/typingtool>)<sup>10)</sup>を用いて遺伝子型を決定した。

また、遺伝子解析ソフトウェア;MEGA6を用いて近隣結合法により系統樹解析を行い国内外のそれぞれの同型と比較した。

### 2・3 遺伝子型の解析結果の比較

5シーズンの遺伝子型の解析結果について、遺伝子型別、検出時期別等で比較し、動向を検証した。

## 3 成績

### 3・1 集団事例

5シーズンの64事例について、検出された遺伝子型をシーズンごとに表1に示した。遺伝子型の内訳は、GIが7事例に対しGIIが49事例と圧倒的に多く、複数の遺伝子型の関与がみられた8事例全てからもGIIが検出されていた。また、5シーズンで最も多く検出された

表1 ノロウイルス遺伝子解析結果(集団事例)

遺伝子型	検出事例数					計
	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	
<b>GI遺伝子群(7事例)</b>						
GI.2			2	1		3
GI.3				2		2
GI.5		1				1
GI.6					1	1
小計			3	3	1	7
<b>GII遺伝子群(49事例)</b>						
GII.2					4	4
GII.3			1	1		2
GII.4	12	7	2	4	2	27
GII.6		3			2	5
GII.13	2					2
GII.17			2	5	1	8
GII型不明					1	1
小計	14	10	5	10	10	49
<b>複数検出事例<sup>*)</sup>(8事例)</b>						
GI.4, GII.4	1					1
GII.4, GII.13		2				2
GI.14 + GII.4 <sup>**)</sup>		1				1
GII.4, GII.14						
GII.4, GII.13		1				1
GI.2, GII.6		1				1
GII.4, GII.5			1			1
GII.2, GII.17					1	1
小計	1	5	1		1	8
計	15	15	9	13	12	64

\*1 1事例において複数の遺伝子型が検出

\*2 同一人においてGI.14, GII.4が検出

遺伝子型はGII.4で、GII.4のみの27事例、複数検出事例の6事例を合わせ33事例であった。

また、各シーズンにおいて検出されたGI, GIIの遺伝子型の内訳をそれぞれ表2, 表3に示した。なお、複数検出事例については1つの遺伝子型ごとに1株としてカウントした。

その結果、GIについては事例数が少なく遺伝子型の特徴をつかむには至らなかったが、GI.2が5シーズンで4株と比較的多く検出された(表2)。

表2 ノロウイルスGIの遺伝子型の検出株数(集団事例)\*1

遺伝子型	検出株数(%)					計
	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	
GI.2		1(50.0)	2(66.7)	1(33.3)		4
GI.3				2(66.7)		2
GI.4	1(100.0)					1
GI.5			1(33.3)			1
GI.6					1(100.0)	1
GI.14		1(50.0)				1
計	1	2	3	3	1	10

\*1 複数検出事例については、1つの遺伝子型ごとに1株としてカウント

GIIについては各シーズンで検出割合が高い遺伝子型が異なっていた。2012/13~2015/16はいずれもGII.4が高い割合で検出されており、その割合は2012/13では86.7%(13株/15株)、2013/14では55.0%(11株/20株)、2014/15では42.9%(3株/7株)、2015/16では40.0%(4株/10株)であった。また、近年全国で流行した新規遺伝子型のGII.17<sup>11)</sup>、GII.2の変異型<sup>12)13)</sup>については、2015/16にGII.17が50.0%(5株/10株)、2016/17にGII.2が41.6%(5株/12株)と高い割合で検出された(表3)。

表3 ノロウイルスGIIの遺伝子型の検出株数(集団事例)\*1

遺伝子型	検出株数(%)					計
	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	
GII.2					5(41.6)	5
GII.3			1(14.3)	1(10.0)		2
GII.4	13(86.7)	11(55.0)	3(42.9)	4(40.0)	2(16.7)	33
GII.5			1(14.3)			1
GII.6		4(20.0)			2(16.7)	6
GII.13	2(13.3)	3(15.0)				5
GII.14		1(5.0)				1
GII.17			2(28.5)	5(50.0)	2(16.7)	9
GII型不明		1(5.0)			1(8.3)	2
計	15	20	7	10	12	64

\*1 複数検出事例については、1つの遺伝子型ごとに1株としてカウント

5シーズンの64事例と、このうちGII.2およびGII.17の13事例における発生施設別割合を図1に示した。64事例の内訳は、飲食店関係26事例(40.6%)、ホテル・旅館18事例(28.1%)、小学校・保育所12事例(18.8%)、イベント3事例(4.7%)、その他(障害施設、社員寮、研修施設)3事例(4.7%)、不明2事例(3.1%)であった。一方、GII.2, GII.17の13事例については、飲食店関係9事例(69.2%)、ホテル・旅館3事例(23.1%)、イベ



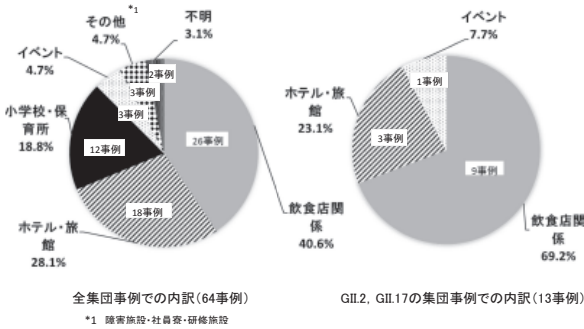


図1 2012/13～2016/17シーズンの集団事例での発生施設の内訳  
 イベント1事例(7.7%)であり、小学校・保育所などの小児関連施設はなかった。

### 3・2 小児散発事例

小児散発事例について検出された遺伝子型と検出割合をシーズンごとに表4に示した。小児散発事例では集団事例と異なり、複数の遺伝子型が検出された事例はなかった。遺伝子群の内訳は、GIが3事例に対しGIIが63事例と圧倒的に多かった。

表4 ノロウイルス遺伝子解析結果(小児散発事例)

遺伝子型	検出事例・株数(%)				計
	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	
<b>GI遺伝子群(3事例)</b>					
GI.3				1(100.0)	1
GI.4	1(100.0)				1
GI.6		1(100.0)			1
小計	1	1		1	3
<b>GII遺伝子群(63事例)</b>					
GII.2				1(10.0)	1
GII.3			3(60.0)	4(21.1)	7
GII.4	15(100.0)	8(57.1)	2(40.0)	13(68.4)	45
GII.6		6(42.9)		2(20.0)	8
GII.17				2(10.5)	2
小計	15	14	5	19	10
計	16	15	5	20	10

GIについては、事例数が少なく遺伝子型の特徴をつかむには至らなかった。

GIIについては、5シーズンいずれにおいてもGII.4が高い割合で検出されており、2012/13では100% (15株/15株)、2013/14では57.1% (8株/14株)、2014/15では40.0% (2株/5株)、2015/16では68.4% (13株/19株)、2016/17では70.0% (7株/10株)であった。また、集団事例で2015/16～2016/17に比較的検出割合の高かったGII.2, GII.17については、GII.2は2016/17に10.0% (1株/10株)、GII.17は2015/16に10.5% (2株/19株)検出された。

### 3・3 遺伝子群ごとの月別検出状況

集団事例、小児散発事例を合わせて、検出された遺伝子群ごとの月別株数を図2に示した。その結果、GII (127株)については、11月～3月の冬季に多くほぼ1年を通じて検出されていたが、GI (13株)は、少ないものの検出されたのは1月～5月のみであった。

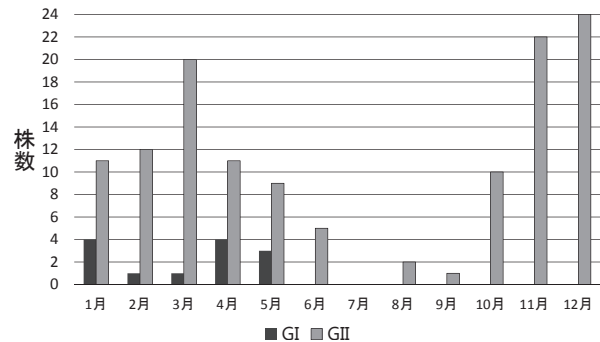


図2 2012/13～2016/17シーズンのノロウイルスGI, GIIの月別株数 (GI: 13株, GII: 127株)

### 3・4 検出遺伝子型の系統樹解析結果について

検出遺伝子型のうち、常に優位を占めたGII.4, 近年全国各地で流行した遺伝子型であるGII.2<sup>12)</sup>13)ならびにGII.17<sup>11)</sup>について系統樹解析の結果を図3～5に示す。集団事例と小児散発事例共に主体の遺伝子型であったGII.4については、2012/13では2006/07に全国で流行したDenHaag89/2006/NL類似株<sup>14)</sup>と、2012/13に全

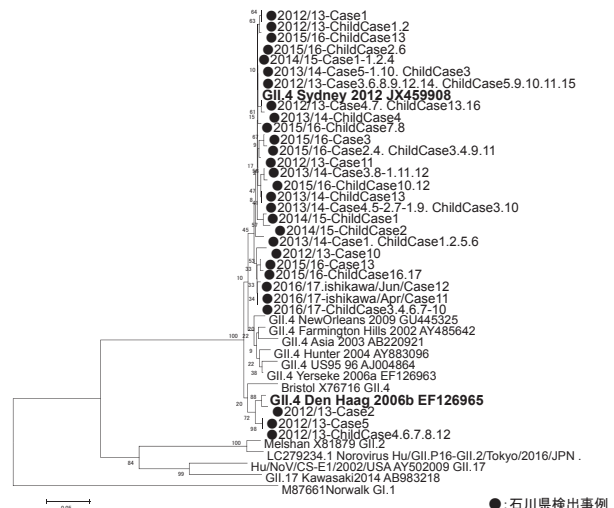


図3 ノロウイルスGII.4系統樹(カプシド領域)

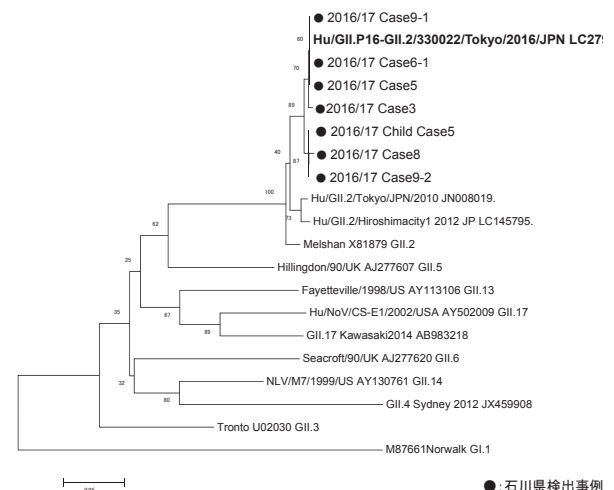


図4 ノロウイルスGII.2系統樹(カプシド領域)



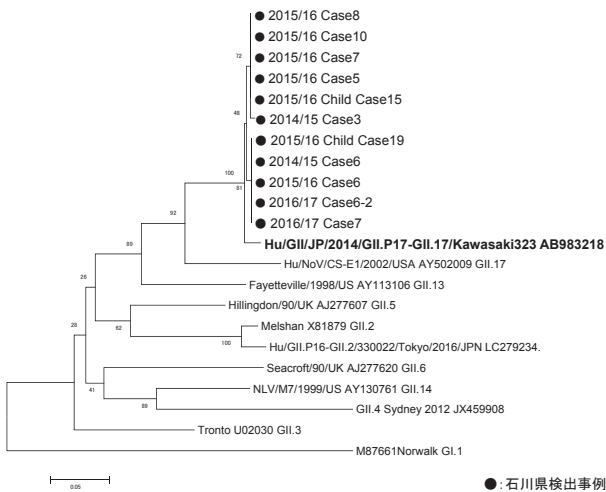


図 5 ノロウイルス GII.17 系統樹 (カプシド領域)

国で流行した Sydney/NSW0514/2012/AU 類似株<sup>15)</sup> の 2 つのクラスターに分かれたのに対し、2013/14 以降は いずれも Sydney/NSW0514/2012/AU 類似株であった (図 3)。

GII.2 については、いずれも 2016/17 に全国各地で流行した GII.2 変異型の GII.P16-GII.2/330022/Tokyo/2016 類似株<sup>12) 13)</sup> であった (図 4)。GII.17 については、いずれも 2014/15 ~ 2015/16 に川崎市をはじめ全国各地で流行した HU/GII/JP/2014/GII.P17\_ GII.17/Kawasaki 323 類似株<sup>11)</sup> であった (図 5)。

#### 4 考 察

##### (1) 5 シーズンの遺伝子型の動向

5 シーズンの、遺伝子型を解析した結果、集団事例、小児散発事例共にいずれのシーズンにおいても GII.4 が主体の遺伝子型であった。また、その遺伝子型の解析結果は、2013/14 を境に 2 つのクラスターから 1 つのクラスターのみとなった。この傾向は全国も同様で、以前から流行している Den Haag 89/2006/NL 類似株が 2012/13 以降新たに流行した Sydney/NSW0514/2012/AU 類似株に徐々に置き換わったことによると思われる。

一方、GII.2、GII.17 においては、シーズン毎で集団事例と小児散発事例とで検出割合に差がみられた。また、遺伝子型解析結果は、GII.2、GII.17 いずれも全て全国の流行株の類似株であった。

なお、GI では、小児散発事例、集団事例共に検出数が少なく遺伝子型の特徴をつかむには至らなかったが、月ごとの検出状況では、GI は全て 1 ~ 5 月に検出されており、春季に検出される傾向があった。

##### (2) 集団事例と小児散発事例の検出割合の違い

GII.2、GII.17 において集団事例と小児散発事例で検出割合に違いがみられたことについては、比較する事例数が少なく明確には検証できないが、全集団事例 64 事

例の発生施設のうち保育所等の小児関連施設が約 2 割であったのに対し、GII.2、GII.17 に関しては全て小学校や保育所以外の施設が原因であり患者の多くは成人であることから、年齢層の違いが要因の 1 つと考えられた。すなわち、成人については過去に暴露した遺伝子型に対する免疫がある程度得られていたために、GII.2 や GII.17 のような新規の遺伝子型に罹患する機会が相対的に増えたことが推測された。また、これら新規の遺伝子型の事例のうち、特に初期の事例 (2014/15 の GII.17 2 事例、2016/17 の GII.2 2 事例) は、県外の施設が原因の集団事例であった (表 5)。このように、集団事例の場合には県外から持ち込まれる遺伝子型があり、このことも、新しい遺伝子型が小児散発事例に比べ集団事例で多い要因の一つであると考えられる。

表 5 ノロウイルス GII.2、GII.7 における事例

シーズン	遺伝子型	発生日月	事例	発生施設	備考
2014/15	GII.17	2015. 3.13	集団事例	旅館	神奈川県関連
	GII.17	2015. 3.26	集団事例	飲食店	兵庫県関連
	GII.17	2016. 1.31	集団事例	イベント会場	
2015/16	GII.17	2016. 2. 4	小児散発事例	-	
	GII.17	2016. 3. 7	集団事例	旅館	
	GII.17	2016. 3.18	集団事例	飲食店	
	GII.17	2016. 3.20	集団事例	飲食店	
	GII.17	2016. 4.16	集団事例	飲食店	
	GII.17	2016. 6.13	小児散発事例	-	
	GII.2	2016.11.20	集団事例	弁当屋	東京都関連
2016/17	GII.2	2016.12.13	集団事例	飲食店	大阪府関連
	GII.2、GII.17	2016.12.27	集団事例	旅館	*1
	GII.17	2017. 1.28	集団事例	飲食店	
	GII.2	2017. 3.26	集団事例	飲食店	
	GII.2	2017. 4. 4	集団事例	飲食店	
GII.2	2017. 4.12	小児散発事例	-		

\*1 従業員と患者から GII.17 検出。GII.2 は従業員 1 人からのみ検出

##### (3) 全国の流行時期との比較

全国におけるこの間の GII の流行の特徴は、GII.4 は Sydney 類似株の流行により 2012 年秋頃から増加し<sup>15)</sup>、以降主体の遺伝子型となっている。また GII.2 は 2016/17 の特に 2016 年 11 月頃<sup>16)</sup> に、GII.17 は 2014/15 以降に流行している<sup>11)</sup>。これに対し本県の今回の解析では、GII.4 については全国の流行と同様であったが、GII.2、GII.17 については、県外関連の事例を考慮すると、GII.2 は 2017 年 3 月以降、GII.17 は 2016 年 1 月以降に侵入、流行したと推測され、全国と比較して新しいノロウイルスの流行が若干遅いことが示唆された。

#### 5 ま と め

- (1) ノロウイルス GII.4 はいずれのシーズンからも検出され、主体の遺伝子型であった。
- (2) 本県では全国に比べノロウイルス GII.17 や GII.2 など新しいノロウイルスの流行の伝播が遅い可能性が示唆された。
- (3) シーズンや事例によって主要な遺伝子型の違いがみ

られたことから、今後も継続してノロウイルス遺伝子型の詳細な解析を行い、地域におけるノロウイルスの流行や遺伝子型の動向に注目したい。

## 文 献

- 1) 国立感染症研究所：ノロウイルスの最新の分子疫学とワクチン開発，病原微生物検出情報月報，**38** (1)，15-17 (2017)
- 2) 成相絵里，児玉洋江，橋本喜代一：石川県におけるノロウイルスの流行状況－2012/2013シーズン－，石川県保健環境センター研究報告書，**50**，51-53 (2013)
- 3) 成相絵里，児玉洋江，崎川曜子：石川県で検出されたノロウイルスの遺伝子型－2013/2014シーズン－，石川県保健環境センター研究報告書，**51**，45-48 (2014)
- 4) 成相絵里，児玉洋江，崎川曜子：石川県で検出されたノロウイルスの遺伝子型－2014/2015シーズン－，石川県保健環境センター研究報告書，**52**，59-61 (2015)
- 5) 成相絵里，児玉洋江，崎川曜子：石川県で検出されたノロウイルスの遺伝子型－2015/2016シーズン－，石川県保健環境センター研究報告書，**53**，40-43 (2016)
- 6) 中澤柁哉，成相絵里，児玉洋江，倉本早苗：石川県で検出されたノロウイルスの遺伝子型－2016/2017シーズン－，石川県保健環境センター研究報告書，**54**，83-85 (2017)
- 7) 厚生労働省通知「ノロウイルスの検出法について（平成15年11月15日食安監発第1105001号）（最終改正平成25年10月22日食安監発第1022第1号）」
- 8) NOTOMI Tsugunori, OKAYAMA Hiroto, MASUBUCHI Harumi, YONEKAWA Toshihiro, WATANABE Keiko, AMINO Nobuyuki and HASE Tetsu: Loop-mediated isothermal amplification of DNA, *Nucleic Acids Research*, **28**, No12, e63 (2000)
- 9) 成相絵里，児玉洋江，崎川曜子：蛍光RT-マルチプレックスPCR法を利用した胃腸炎ウイルス検出法の検討，石川県保健環境センター研究報告書，**53**，1-7 (2016)
- 10) オランダ国立公衆衛生環境研究所：ノロウイルス遺伝子型分類ツール (2018年10月29日)  
<http://www.rivm.nl/mpf/norovirus/typingtool>
- 11) 松島勇紀：新規遺伝子型ノロウイルスGII.P17-GII.17の流行，病原微生物検出情報月報，**36** (9)，175-178 (2015)
- 12) 松島勇紀：茨城県と川崎市における2016/17シーズンに検出されたヒトノロウイルスGII.P16-GII.2の分子疫学，病原微生物検出情報月報，**38** (1)，19-20 (2017)
- 13) 植木洋：宮城県内で流行しているノロウイルス (Nov) の遺伝子型について，病原微生物検出情報月報，**38** (1)，17-18 (2017)
- 14) 国立感染症研究所：病原微生物検出情報月報，**28** (10)，277－278 (2007)
- 15) 田村務：ノロウイルスGII/4の新しい変異株の遺伝子解析と全国における検出状況，病原微生物検出情報月報，**33** (12)，333-334 (2012)
- 16) 国立感染症研究所：ノロウイルス等検出速報 (2018年8月23日)  
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/iasr-noro.html>

〔短報〕

# BPX-DXN及びRH-12msカラムを用いたダイオキシン類分析について

## －2カラム2インジェクションによるダイオキシン類分析－

石川県保健環境センター 環境科学部 安田 和弘・高田 啓子・山森 泰大  
川畑 俊之

### 〔和文要旨〕

ダイオキシン類測定において、当センターではSP-2331、DB-17ms及びHT8-PCBの3つのカラムを使用して測定してきた。今回はBPX-DXN及びRH-12msの2つのカラムを用いて測定する分析条件を検討した。その結果、2つのカラムを使用する場合、カラム交換及び機器の調整回数が少なくなることから、測定に係る時間を約2/3に短縮することができた。

また、試料の前処理において活性炭分散シリカゲル・リバースカラムクロマトグラフィの際に、PCDDs/PCDFsとDL-PCBsを分画しないことで、前処理の時間も短縮することができた。

キーワード：ダイオキシン類, BPX-DXN, RH-12ms

## 1 はじめに

当センターでは既報<sup>1)</sup>のとおり3種類のカラム(SP-2331, DB-17ms, HT8-PCB)を使用しダイオキシン類の測定を行ってきた。しかし、その測定方法には次の2つの問題点があった。

まず第1に、ガスクロマトグラフ高分解能質量分析装置(HRGC/HRMS)でダイオキシン類を測定する際、3種類のカラムを交換する毎に機器の調整に時間を要した。

第2に、SP-2331は高極性カラムであるためにカラム寿命が短く、ロットによっては20～30件の試料の測定で使用できなくなることがあり、カラム交換のたびにカラムのエージング及び機器の調整が必要であった。

そこで、松村らの報告<sup>2)</sup>をもとに高極性カラムではないBPX-DXN及びRH-12msの2種類のカラムを用いたダイオキシン類の測定方法を検討した。

また、前処理についても、ポリクロロジベンゾ-パラ-ジオキシン(以下、PCDDs)とポリクロロジベンゾフラン(以下、PCDFs)とダイオキシン様ポリクロロビフェ

ニル(以下、DL-PCBs)を分画せずに測定する方法についても検討したので報告する。

## 2 材料と方法

### 2・1 標準溶液及び試薬

シリンジスパイク(以下、SYR)は、Two column PCDDs/PCDFs Syringe SpikeとModified JIS Method DL-PCBs Syringe Spike(いずれもCambridge Isotope Laboratories社製、以下、CIL社製)を、クリーンアップスパイク(以下、CLN)はPDF-CL-A20(関東化学社製)を、検量線作成用の標準溶液はTwo column PCDDs/PCDFs+DL-PCBs定量分析用混合標準溶液(CIL社製、以下、本標準溶液をCIL標準溶液とする)を用いた。

試薬については既報<sup>3)</sup>のとおり。

### 2・2 分析操作

分析操作はJIS K0312:2008<sup>4)</sup>及び環境省のダイオキシン類に係る各調査マニュアル<sup>5)-7)</sup>(以下、JIS等)に準拠した。

---

An improved method of Dioxin Analysis using BPX-DXN and RH-12ms Columns. by YASUDA Kazuhiro, TAKADA Keiko, YAMAMORI Yasuhiro and KAWABATA Toshiyuki (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : dioxins, BPX-DXN, RH-12ms

表 1 BPX-DXN及びRH-12msにおける測定条件

測定対象	カラム	昇温条件
4～6塩素化物 PCDDs,PCDFs*	BPX-DXN** (長さ60m, 内径0.25mm, SGE社製)	150℃ (1min)→(20℃/min)→220℃ (0min)→(2℃/min) →260℃ (0min)→(5℃/min)→320℃ (4.5min)
7～8塩素化物 PCDDs,PCDFs DL-PCBs*	RH-12ms** (長さ60m, 内径0.25mm, INVENTEX社製)	150℃ (1min)→(10℃/min)→210℃ (0min)→(3℃/min) →280℃ (0min)→(20℃/min)→320℃ (11.7min)

注入法：スプリットレス法

注入口、接続管、イオン源温度：280℃

イオン化電圧：38eV

イオン化電流：500μA

カラムヘッド圧：255kPa (流速1.7mL/min, 34.8cm/s, コンスタントフロー)

\* 2, 3, 4, 7, 8-PeCDF及び1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDFについてはRH-12で2, 3, 3', 4, 4', 5-HxCB (#156)についてはBPX-DXNで測定を行った。PCDDs/PCDFsの総量 (Total値) は4～6塩素化物はBPX-DXNで、7塩素化物はRH-12msで定量を行った。

\*\* カラムの検出器側に約1mの不活性処理フェーズドシリカカラム (Agilent社製, 高温(400℃)対応) を接続し、その接続はSilTite™ μ-Union (SGE社製) で行った。

(1) 試料の前処理

抽出操作についてはJIS等に準拠し、濃縮後の前処理操作は既報<sup>3)</sup>のとおりとした。

(2) GC/MS測定装置及び条件

測定は高分解能GC/MS分析装置 (GC:Agilent社製7890B GCシステム, MS:日本電子株式会社製JMS-700D) を用いて分析を行った。

使用したカラムや昇温条件等については日本電子株式会社の推奨設定を参考とした。その概要を表1に示す。

(3) 溶出時間確認用測定条件

松村らの報告<sup>2)</sup>をもとに、表2及び表3の測定条件を設定し、これを溶出時間確認用測定条件とした。

(4) クロマトグラムの解析

測定で得られたクロマトグラムはDiok V4 (日本電子株式会社製) を用いて解析を行い、得られたピーク的面積値から定量計算等の解析を行った。

そこで、RH-12msカラムでSYRとCLNのピークが重ならない標準溶液としてCIL標準溶液を用いて測定条件の検討を行った。

3・2 グループ切り替え時間の検討

(1) BPX-DXNカラムについて

表2の測定条件でCIL標準溶液と燃え殻試料の測定をBPX-DXNカラムで行い検討した結果、グループの切り替え時間等の検討を行った。

より感度良く測定を行うため、1質量数あたりの測定時間は80ミリ秒以上、サロゲート物質は40ミリ秒程度とし、表4の条件をBPX-DXNカラムでの測定条件とした。

(2) RH-12msカラムについて

RH-12msカラムにおいても表3の測定条件でCIL標準溶液と燃え殻試料の測定を行い、表5の条件をRH-12msでの測定条件とした。

(3) 溶出時間が変動した時の対応

2カラムでの測定条件では、グループの切り替えが細かく設定されているため、溶出時間が変動した場合には、(1)及び(2)の測定を行い、グループ切り替え時間を変更する必要がある。

特に、図2-1及び図2-2のクロマトグラムにおいて、近接するピークの分離度が低下し、その改善のためにカラムの注入口側の切断を行った場合に、グループ切り替え時間の変更が必要となる。

3・3 単独で定量出来ないピークについて

BPX-DXNカラムでは2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDFと1, 2, 3, 6, 8, 9-HxCDFの溶出時間が同じである (図3-1)。しかし、RH-12msカラムでは1, 2, 3, 6, 8, 9-HxCDFは単独のピークとなっているため (図3-2)、RH-12msカラムで1, 2, 3, 6, 8, 9-HxCDFを定量し、BPX-DXNカラムで定量した2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDFの値から差し引くこととした。

なお、2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDFに隣接するピークが大きい場合等で2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDFが分離できない場合は、

3 結果と考察

3・1 標準溶液の選定

従来のSP-2331等の3種類のカラムを用いての測定で使用していた標準溶液DF-CVA-A10 (Wellington Laboratories社製) で測定条件の検討を行った。

DF-CVA-A10はBPX-DXNカラムでの測定では使用可能であったが、RH-12msカラムでは、図1のとおり、ヘキサクロロジベンゾフラン (以下、HxCDF) でSYRとCLNのピークが重なった。

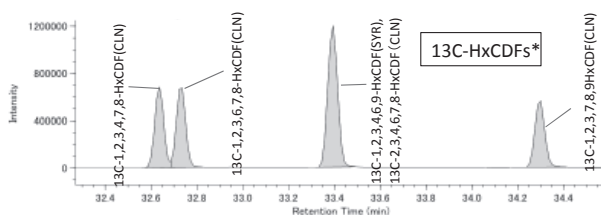


図1 RH-12msカラムにおける標準溶液 (DF-CVA-A10) のクロマトグラム

\* HxCDFs : 6 塩化ジベンゾフラン



表 2 BPX-DXN カラムでの溶出時間確認用測定条件

Group#1-Segment#1				
チャンネル番号	質量	デイレート時間 (ミリ秒)	サンプリング時間 (ミリ秒)	化合物名
1	303.9016	20	25	TeCDFs
2	305.8987	5	25	TeCDFs
3	315.9419	5	25	13C-TeCDFs
4	317.9389	5	25	13C-TeCDFs
5	319.8965	5	25	TeCDDs
6	321.8936	5	25	TeCDDs
7	330.9792	5	25	Lock Mass
8	330.9792	5	25	Lock Check
9	331.9368	5	25	13C-TeCDDs
10	333.9339	5	25	13C-TeCDDs
11	339.8597	5	25	PeCDFs
12	341.8568	5	25	PeCDFs
13	351.9000	5	25	13C-PeCDFs
14	353.8576	5	25	PeCDDs
15	353.8970	5	25	13C-PeCDFs
16	355.8546	5	25	PeCDDs
17	359.8415	5	25	HxCBs
18	361.8387	5	25	HxCBs
19	365.8978	5	25	13C-PeCDDs
20	367.8949	5	25	13C-PeCDDs
21	371.8817	5	25	13C-HxCBs
22	373.8207	5	25	HxCDFs
23	373.8788	5	25	13C-HxCBs
24	375.8178	5	25	HxCDFs
25	385.8610	5	25	13C-HxCDFs
26	387.8580	5	25	13C-HxCDFs
27	389.8156	5	25	HxCDDs
28	391.8127	5	25	HxCDDs
29	401.8559	5	25	13C-HxCDDs
30	403.8530	5	25	13C-HxCDDs

Group#2-Segment#1

チャンネル番号	質量	デイレート時間 (ミリ秒)	サンプリング時間 (ミリ秒)	化合物名
1	373.8207	20	30	HxCDFs_Gr2*
2	375.8178	5	30	HxCDFs_Gr2*
3	385.8610	5	30	13C-HxCDFs_Gr2*
4	387.8580	5	30	13C-HxCDFs_Gr2*
5	389.8156	5	30	HxCDDs_Gr2*
6	391.8127	5	30	HxCDDs_Gr2*
7	401.8559	5	30	13C-HxCDDs_Gr2*
8	403.8530	5	30	13C-HxCDDs_Gr2*
9	407.7818	5	30	HpCDFs
10	409.7788	5	30	HpCDFs
11	419.8220	5	30	13C-HpCDFs
12	421.8191	5	30	13C-HpCDFs
13	423.7767	5	30	HpCDDs
14	425.7737	5	30	HpCDDs
15	430.9729	5	30	Lock Mass
16	430.9729	5	30	Lock Check
17	435.8169	5	30	13C-HpCDDs
18	437.8140	5	30	13C-HpCDDs
19	441.7428	5	30	OCDF
20	443.7398	5	30	OCDF
21	453.7830	5	30	13C-OCDF
22	455.7801	5	30	13C-OCDF
23	457.7377	5	30	OCDD
24	459.7348	5	30	OCDD
25	469.7780	5	30	13C-OCDD
26	471.7750	5	30	13C-OCDD

\* JMS-700D 付属ソフトウェアでは同じ化合物名を別グループに設定できないため、化合物名を変えて設定した。

表 3 RH-12ms カラムでの溶出時間確認用測定条件

Group#1-Segment#1				
チャンネル番号	質量	デイレート時間 (ミリ秒)	サンプリング時間 (ミリ秒)	化合物名
1	289.9224	20	30	TeCBs
2	291.9195	5	30	TeCBs
3	301.9626	5	30	13C-TeCBs
4	303.9597	5	30	13C-TeCBs
5	325.8804	10	30	PeCBs
6	327.8775	5	30	PeCBs
7	330.9792	5	30	Lock Mass
8	330.9792	5	30	Lock Check
9	337.9207	5	30	13C-PeCBs
10	339.8597	5	30	PeCDFs
11	339.9177	5	30	13C-PeCBs
12	341.8568	5	30	PeCDFs
13	351.9000	5	30	13C-PeCDFs
14	353.8970	5	30	13C-PeCDFs
15	359.8415	5	30	HxCBs
16	361.8387	5	30	HxCBs
17	371.8817	5	30	13C-HxCBs
18	373.8788	5	30	13C-HxCBs
19	393.8025	10	30	HpCBs
20	395.7995	5	30	HpCBs
21	405.8428	5	30	13C-HpCBs
22	407.8398	5	30	13C-HpCBs

Group#2-Segment#1

チャンネル番号	質量	デイレート時間 (ミリ秒)	サンプリング時間 (ミリ秒)	化合物名
1	339.8597	20	30	PeCDFs_Gr2*
2	341.8568	5	30	PeCDFs_Gr2*
3	351.9000	5	30	13C-PeCDFs_Gr2*
4	353.8970	5	30	13C-PeCDFs_Gr2*
5	359.8415	5	30	HxCBs_Gr2*
6	361.8387	5	30	HxCBs_Gr2*
7	371.8817	5	30	13C-HxCBs_Gr2*
8	373.8209	5	30	HxCDFs
9	373.8788	5	30	13C-HxCBs_Gr2*
10	375.8179	5	30	HxCDFs
11	385.8612	5	30	13C-HxCDFs
12	387.8582	5	30	13C-HxCDFs
13	389.8158	5	30	HxCDDs
14	391.8128	5	30	HxCDDs
15	393.8025	5	30	HpCBs-Gr2
16	395.7995	5	30	HpCBs-Gr2
17	401.8561	5	30	13C-HxCDDs
18	403.8531	5	30	13C-HxCDDs
19	404.9760	5	30	Lock Mass
20	404.9760	5	30	Lock Check
21	405.8428	5	30	13C-HpCBs_Gr2*
22	407.8398	5	30	13C-HpCBs_Gr2*

Group#3-Segment#1

チャンネル番号	質量	デイレート時間 (ミリ秒)	サンプリング時間 (ミリ秒)	化合物名
1	373.8209	20	30	HxCDFs_Gr3*
2	375.8179	5	30	HxCDFs_Gr3*
3	385.8612	5	30	13C-HxCDFs_Gr3*
4	387.8582	5	30	13C-HxCDFs_Gr3*
5	389.8158	5	30	HxCDDs_Gr3*
6	391.8128	5	30	HxCDDs_Gr3*
7	401.8561	5	30	13C-HxCDDs_Gr3*
8	403.8531	5	30	13C-HxCDDs_Gr3*
9	407.7818	5	30	HpCDFs
10	409.7788	5	30	HpCDFs
11	419.8220	5	30	13C-HpCDFs
12	421.8191	5	30	13C-HpCDFs
13	423.7767	5	30	HpCDDs
14	425.7738	5	30	HpCDDs
15	430.9729	5	30	Lock Mass
16	430.9729	5	30	Lock Check
17	435.8169	5	30	13C-HpCDDs
18	437.8140	5	30	13C-HpCDDs
19	441.7431	5	30	OCDF
20	443.7400	5	30	OCDF
21	453.7830	5	30	13C-OCDF
22	455.7801	5	30	13C-OCDF
23	457.7380	5	30	OCDD
24	459.7350	5	30	OCDD
25	469.7783	5	30	13C-OCDD
26	471.7753	5	30	13C-OCDD

\* JMS-700D 付属ソフトウェアでは同じ化合物名を別グループに設定できないため、化合物名を変えて設定した。



表4 BPX-DXNでのグルーピング条件(測定用)

Group#1-Segment#1				
チャンネル番号	質量	デレイ時間(ミリ秒)	サンプリング時間(マイクロ秒)	化合物名
1	303.9016	20	90	TeCDFs
2	305.8987	5	90	TeCDFs
3	315.9419	5	40	13C-TeCDFs
4	317.9389	5	40	13C-TeCDFs
5	319.8965	5	90	TeCDDs
6	321.8936	5	90	TeCDDs
7	330.9792	5	30	Lock Mass
8	330.9792	5	30	Lock Check
9	331.9368	5	40	13C-TeCDDs
10	333.9339	5	40	13C-TeCDDs
11	339.8597	5	85	PeCDFs
12	341.8568	5	85	PeCDFs
13	371.8817	15	40	13C-HxCBs
14	373.8788	5	40	13C-HxCBs
Group#1-Segment#2				
チャンネル番号	質量	デレイ時間(ミリ秒)	サンプリング時間(マイクロ秒)	化合物名
1	330.9792	20	30	Lock Mass
2	330.9792	5	30	Lock Check
3	339.8597	5	85	PeCDFs
4	341.8568	5	85	PeCDFs
5	351.9000	5	40	13C-PeCDFs
6	353.8576	5	85	PeCDDs
7	353.8970	5	40	13C-PeCDFs
8	355.8546	5	85	PeCDDs
9	359.8415	5	85	HxCBs
10	361.8387	5	85	HxCBs
11	365.8978	5	40	13C-PeCDDs
12	367.8949	5	40	13C-PeCDDs
13	371.8817	5	40	13C-HxCBs
14	373.8788	5	40	13C-HxCBs
Group#1-Segment#3				
チャンネル番号	質量	デレイ時間(ミリ秒)	サンプリング時間(マイクロ秒)	化合物名
1	330.9792	20	30	Lock Mass
2	330.9792	5	30	Lock Check
3	339.8597	5	85	PeCDFs
4	341.8568	5	85	PeCDFs
5	353.8576	5	85	PeCDDs
6	355.8546	5	85	PeCDDs
7	373.8207	10	85	HxCDFs
8	375.8178	5	85	HxCDFs
9	385.8610	5	40	13C-HxCDFs
10	387.8580	5	40	13C-HxCDFs
11	389.8156	5	85	HxCDDs
12	391.8127	5	85	HxCDDs
13	401.8559	5	40	13C-HxCDDs
14	403.8530	5	40	13C-HxCDDs
Group#2-Segment#1				
チャンネル番号	質量	デレイ時間(ミリ秒)	サンプリング時間(マイクロ秒)	化合物名
1	407.7818	20	100	HpCDFs
2	409.7788	5	100	HpCDFs
3	419.8220	5	40	13C-HpCDFs
4	421.8191	5	40	13C-HpCDFs
5	423.7767	5	100	HpCDDs
6	425.7737	5	100	HpCDDs
7	430.9729	5	30	Lock Mass
8	430.9729	5	30	Lock Check
9	435.8169	5	40	13C-HpCDDs
10	437.8140	5	40	13C-HpCDDs
Group#2-Segment#2				
チャンネル番号	質量	デレイ時間(ミリ秒)	サンプリング時間(マイクロ秒)	化合物名
1	430.9729	20	30	Lock Mass
2	430.9729	5	30	Lock Check
3	441.7428	5	100	OCDF
4	443.7398	5	100	OCDF
5	453.7830	5	40	13C-OCDF
6	455.7801	5	40	13C-OCDF
7	457.7377	5	100	OCDD
8	459.7348	5	100	OCDD
9	469.7780	5	40	13C-OCDD
10	471.7750	5	40	13C-OCDD

表5 RH-12msでのグルーピング条件(測定用)

Group#1-Segment#1				
チャンネル番号	質量	デレイ時間(ミリ秒)	サンプリング時間(マイクロ秒)	化合物名
1	289.9224	20	100	TeCBs
2	291.9195	5	100	TeCBs
3	301.9626	5	40	13C-TeCBs
4	303.9597	5	40	13C-TeCBs
5	325.8804	10	100	PeCBs
6	327.8775	5	100	PeCBs
7	330.9792	5	50	Lock Mass
8	330.9792	5	30	Lock Check
9	337.9207	5	40	13C-PeCBs
10	339.9177	5	40	13C-PeCBs
Group#1-Segment#2				
チャンネル番号	質量	デレイ時間(ミリ秒)	サンプリング時間(マイクロ秒)	化合物名
1	325.8804	20	100	PeCBs
2	327.8775	5	100	PeCBs
3	330.9792	5	50	Lock Mass
4	330.9792	5	30	Lock Check
5	337.9207	5	40	13C-PeCBs
6	339.8597	5	100	PeCDFs-Gr1
7	339.9177	5	40	13C-PeCBs
8	341.8568	5	100	PeCDFs-Gr1
9	359.8415	10	100	HxCBs
10	361.8387	5	100	HxCBs
11	371.8817	5	40	13C-HxCBs
12	373.8788	5	40	13C-HxCBs
13	405.8428	5	20	13C-HpCBs-Gr1_Kakunin*
14	407.8398	5	20	13C-HpCBs-Gr1_Kakunin*
Group#1-Segment#3				
チャンネル番号	質量	デレイ時間(ミリ秒)	サンプリング時間(マイクロ秒)	化合物名
1	330.9792	20	50	Lock Mass
2	330.9792	5	30	Lock Check
3	339.8597	5	100	PeCDFs-Gr1
4	341.8568	5	100	PeCDFs-Gr1
5	351.9000	5	40	13C-PeCDFs
6	353.8970	5	40	13C-PeCDFs
7	359.8415	5	100	HxCBs
8	361.8387	5	100	HxCBs
9	371.8817	5	40	13C-HxCBs
10	373.8788	5	40	13C-HxCBs
11	393.8025	5	20	HpCBs-Gr1_Kakunin*
12	395.7995	5	20	HpCBs-Gr1_Kakunin*
13	405.8428	5	20	13C-HpCBs-Gr1_Kakunin*
14	407.8398	5	20	13C-HpCBs-Gr1_Kakunin*
Group#2-Segment#1				
チャンネル番号	質量	デレイ時間(ミリ秒)	サンプリング時間(マイクロ秒)	化合物名
1	339.8597	20	15	PeCDFs-Gr2_Kakunin**
2	341.8568	5	15	PeCDFs-Gr2_Kakunin**
3	373.8209	15	80	HxCDFs
4	375.8179	5	80	HxCDFs
5	385.8612	5	40	13C-HxCDFs
6	387.8582	5	40	13C-HxCDFs
7	389.8158	5	80	HxCDDs
8	391.8128	5	80	HxCDDs
9	393.8025	5	80	HpCBs-Gr2
10	395.7995	5	80	HpCBs-Gr2
11	401.8561	5	40	13C-HxCDDs
12	403.8531	5	40	13C-HxCDDs
13	404.9760	5	50	Lock Mass
14	404.9760	5	30	Lock Check
15	405.8428	5	40	13C-HpCBs-Gr2
16	407.7818	5	15	HpCDFs-Gr2_Kakunin**
17	407.8398	5	40	13C-HpCBs-Gr2
18	409.7788	5	15	HpCDFs-Gr2_Kakunin**
Group#3-Segment#1				
チャンネル番号	質量	デレイ時間(ミリ秒)	サンプリング時間(マイクロ秒)	化合物名
1	373.8209	20	20	HxCDFs-Gr3_Kakunin**
2	375.8179	5	20	HxCDFs-Gr3_Kakunin**
3	407.7818	15	100	HpCDFs
4	409.7788	5	100	HpCDFs
5	419.8220	5	50	13C-HpCDFs
6	421.8191	5	50	13C-HpCDFs
7	423.7767	5	100	HpCDDs
8	425.7738	5	100	HpCDDs
9	430.9729	5	50	Lock Mass
10	430.9729	5	30	Lock Check
11	435.8169	5	50	13C-HpCDDs
12	437.8140	5	50	13C-HpCDDs
Group#3-Segment#2				
チャンネル番号	質量	デレイ時間(ミリ秒)	サンプリング時間(マイクロ秒)	化合物名
1	430.9729	20	50	Lock Mass
2	430.9729	5	30	Lock Check
3	441.7431	5	100	OCDF
4	443.7400	5	100	OCDF
5	453.7830	5	50	13C-OCDF
6	455.7801	5	50	13C-OCDF
7	457.7380	5	100	OCDD
8	459.7350	5	100	OCDD
9	469.7783	5	50	13C-OCDD
10	471.7753	5	50	13C-OCDD

\* 13C-7Clは5本のピークが検出されるが溶出順序確認用として設定した。定量はGroup2で行う。  
 \*\* 溶出時間が変動して別のグループとなってもこれらのピークが確認できるように設定した。

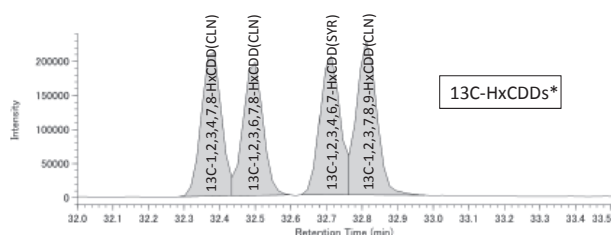


図2-1 BPX-DXNカラムによるサロゲート物質のHxCDDs クロマトグラム  
\* HxCDDs : 6 塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン

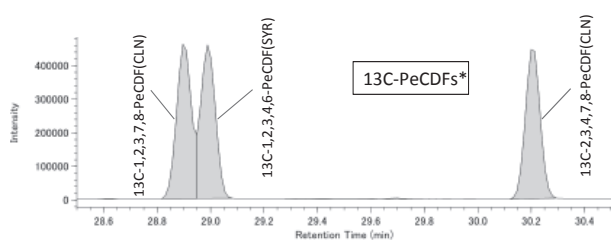


図2-2 RH-12msカラムによるサロゲート物質のPeCDFs クロマトグラム  
\* PeCDFs : 5 塩化ジベンゾフラン

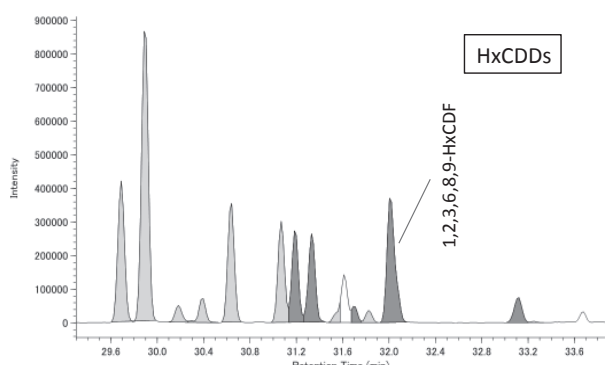


図3-1 BPX-DXNカラムによる底質試料のHxCDF クロマトグラム

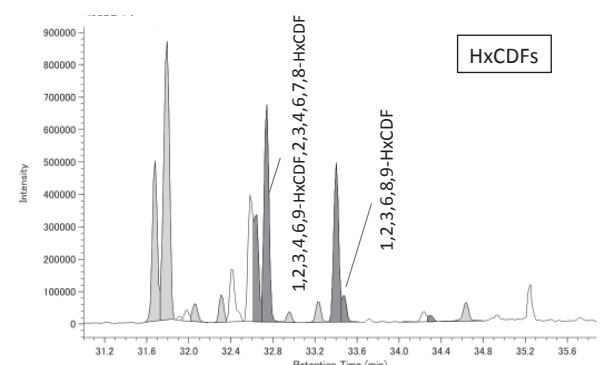


図3-2 RH-12msカラムによる底質試料のHxCDF クロマトグラム

CPS-1, DB-210, SP-2331, Rtx-2330 及び CP-SiL88 カラムで2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDF が単独のピークとなること が報告されていることから、これらのカラムで測定を行 うことも可能であると考えられる<sup>8)9)</sup>。

### 3・4 活性炭分散シリカゲル・リバースカラムの 溶出条件の検討

#### (1) 溶出条件の検討

従来のSP-2331等のカラムを用いた測定では既報<sup>7)</sup>の とおり、活性炭分散シリカゲル・リバースカラム (関東 化学社製, 以下, リバースカラム) に試料を添加後, ヘ キサン70mLで溶出させ (Fr1: 廃棄画分), 次にトルエ ン:ヘキサン1:3の溶液25mLで溶出させ (Fr2: DL- PCBs 溶出画分), 最後に, カラムを反転させ, トルエ ン40mLで溶出を行い (Fr3: PCDDs/PCDFs 溶出画 分), 得られたFr2, Fr3を濃縮してそれぞれ対応する カラムで測定を行っていた。

しかし, BPX-DXNカラム及びRH-12msカラムでの 測定では, DL-PCBsとPCDDs/PCDFsを同時に測定す ることにより, 分画の必要がないため, リバースカラム による前処理操作を次のとおりとした。

リバースカラムに試料を添加後に, 70mLのヘキサン で溶出を行った後 (Fr1: 廃棄画分), カラムの上下を 反転させ40mLのトルエンで溶出 (Fr2: DL-PCBs/ PCDDs/PCDFs 溶出画分) を行い, この溶液を濃縮し て測定に用いた。

#### (2) 実試料を用いての検討

実際の環境試料である大気, 水質, 底質, 土壌試料を 用いて分析を行った結果, 大気, 水質及び土壌試料の回 収率はJIS等で定められる分析精度の範囲内 (50~ 120%) に収まった。しかし, 底質試料のうち, 強熱減 量が比較的高い (10%前後) 一部の試料において, 7~ 8 塩素化物のPCDDs/PCDFsの回収率が数%~50%未 満となる場合があった。

通常分析操作では, 40gの底質試料の抽出液を濃縮 し, 10mLに定容する。そのうち5mLを分取し硫酸処 理→多層シリカゲルカラム処理→リバースカラム処理を 行い, 最終的に50μLに定容して測定を行っている。

回収率の低かった底質試料については濃縮液の分取量 を5mLから2mLに減らすことで, 回収率を50%以上 とすることができた。今後は, 回収率が低下する原因を 究明し, 前処理条件の検討を行いたい。

## 4 まとめ

(1) 3つのカラム (SP-2331, DB-17ms, HT8-PCB) を用いた測定から2カラム (BPX-DXN, RH-12ms) 2インジェクション測定に変更することで, 測定にか かる時間を2/3に短縮することができた。

(2) リバースカラムによる前処理において, DL-PCBs とPCDDs/PCDFsを分画する必要がなくなったため, 省力化が可能となった。ただし, 底質試料で有機物を 多く含む試料において, 7~8 塩素化物の回収率が低

くなる場合があった。

## 文 献

- 1) 岡秀雄, 柿本均, 原田由美子: ダイオキシン類測定におけるクロマトグラム上のピーク分離改善に関する検討, 石川県保健環境センター研究報告書, **39**, 101-106 (2002)
- 2) 松村徹, 関好恵, 増崎優子, 社本博司, 森田昌敏, 伊藤裕康: 新しい2種類のキャピラリーカラムによるPCDDs/PCDFs及びPCBs全溶出順位, 第11回環境化学討論会講演要旨集, 152-153 (2002)
- 3) 野口邦雅, 岡秀雄, 清水隆二, 塚林裕, 蔵本和夫: ダイオキシン類の水質環境基準超過事例について考察(その1), 石川県保健環境センター研究報告書, **45**, 23-31 (2008)
- 4) 「工業用水・工場排水中のダイオキシン類及びコプラナーPCBの測定方法」(JIS K0312:2008)
- 5) 環境省 水・大気環境局: ダイオキシン類に係る大気環境調査マニュアル, 平成20年3月
- 6) 環境省 水・大気環境局: ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル, 平成21年3月
- 7) 環境省 水・大気環境局: ダイオキシン類に係る土壌調査測定マニュアル, 平成21年3月
- 8) JOHN J. RYAN, HENRY B. S. CONACHER, LUZ G. PANOPIO, BENJAMIN P.-Y. LAU and JACQUES A. HARDY and YOSHITO MASUDA: Gas chromatographic separations of all 136 tetra- to octa-polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans on nine different stationary phases, *Journal of Chromatography*, **541**, 131-183 (1991)
- 9) 本多隆, 植野康成, 馬場強三, 益田宣弘: 各種キャピラリーカラムによるダイオキシン類分析の検討, 長崎県衛生公害研究所報, **49**, 20-30 (2003)

〔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

## - 2017年度 -

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部 木村 恵梨子・小坂 恵・塩本 高之  
谷村 睦美

### 〔和文要旨〕

2017年度に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) 感染症の発生状況および患者から分離された菌株の $\beta$ -ラクタマーゼ産生性を調べた。14株について検査を実施したところ、カルバペネマーゼ産生株は3株であり、シーケンス解析の結果、いずれもIMP-1  $\beta$ -ラクタマーゼ遺伝子を保有していた。クラスA  $\beta$ -ラクタマーゼ産生株は3株で、うち1株は基質特異性拡張型 $\beta$ -ラクタマーゼ (ESBL) 遺伝子のみを保有する株であったが、クラブラン酸およびスルバクタムによる阻害が確認されなかった。阻害剤が無効のESBLが報告されていることから、耐性遺伝子検出と阻害剤を用いた $\beta$ -ラクタマーゼ産生性確認の併用による試験検査の重要性が示唆された。

キーワード：薬剤耐性菌, カルバペネム耐性腸内細菌科細菌,  $\beta$ -ラクタマーゼ産生菌, カルバペネマーゼ

## 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, 診断した医師は届出の義務がある。本感染症は, メロペネム等のカルバペネム系抗菌薬および広域 $\beta$ -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は, カルバペネム系分解酵素であるカルバペネマーゼを産生する場合と, クラスC型や基質特異性拡張型 $\beta$ -ラクタマーゼ産生と細胞膜透過性低下変異の組み合わせにより獲得される場合があり, なかでもカルバペネマーゼ産生菌は広域 $\beta$ -ラクタム剤に汎耐性を示し, 同時に他の複数の系統の薬剤にも耐性を有することが多いため, 臨床的に問題となっている<sup>1)</sup>。

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の届出のあった際の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<sup>2)</sup>。

本報では, 2017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遺伝子等の試験検査結果について報告する。

## 2 材料と方法

### 2.1 CRE感染症の発生状況

2017年4月~2018年3月に感染症法に基づき本県に届出されたCRE感染症15事例に対し, 患者の症状, 分離された検体, 菌種名について集計した。

### 2.2 CRE検査

2.1で届出された事例から, 分離されたCREのうち

---

Prevalence of Carbapenem resistant Enterobacteriaceae from April, 2017 to March, 2018 in Ishikawa Prefecture. by KIMURA Eriko, KOSAKA Megumi, SHIOMOTO Takayuki and TANIMURA Mutsumi (Health and Food Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Antimicrobial Resistant Bacteria, Carbapenem Resistant Enterobacteriaceae,  $\beta$ -lactamase Producing Bacteria, Carbapenemase

通知に基づき搬入された14株を用いた。

(1) 阻害剤を用いた $\beta$ -ラクタマーゼ産生性の確認

14株全てについて、下記ア～エについて国立感染症研究所による薬剤耐性菌研修会資料<sup>3)</sup>および国立感染症研究所病原体検出マニュアル<sup>4)</sup>に従い実施した。

ア KPC型カルバペネマーゼの検出

イミペネム（以下、IPM）およびメロペネム（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- $\beta$ -ラクタマーゼの検出

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

ウ 基質特異性拡張型 $\beta$ -ラクタマーゼ（以下、ESBL）の検出

CAZ, セフォタキシム（以下、CTX）のディスクとクラブラン酸含有ディスク、スルバクタム含有ディスクを使用し、阻止円の拡張が見られたものを陽性とした。

エ AmpC  $\beta$ -ラクタマーゼ（以下、AmpC）の検出  
セフェム系のセフメタゾール（以下、CMZ）、セフミノクス（以下、CMNX）に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。

(2) カルバペネマーゼ産生性の確認

(1)のアおよびイにより、陽性と判定した株について、CLSI (Clonical and Laboratory Standard Institute) 2017 (M100-S27)<sup>5)</sup>に従い modified Carbapenem-inactivation method（以下、mCIM）でカルバペネマーゼ産生性の確認を行った。

(3) PCR法による $\beta$ -ラクタマーゼ遺伝子検出

14株全てについて国立感染症研究所による薬剤耐性菌研修会資料<sup>3)</sup>および国立感染症研究所病原体検出マニュアル<sup>4)</sup>に従い、PCR法により $\beta$ -ラクタマーゼ遺伝子の検出を試みた。その内訳は①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）、②ESBL遺伝子（TEM型、SHV型、CTX-M-1group、CTX-M-2group、CTX-M-9group）、③AmpC遺伝子（MOX型、CIT型、DHA型、ACC型、EBC型、FOX型）である。

(4)  $\beta$ ラクタマーゼ遺伝子シーケンス

(3)によりIMP-1型 $\beta$ -ラクタマーゼ遺伝子を検出した株については、シーケンス解析<sup>4)</sup>により遺伝子配列を確認し、*bla*<sub>IMP-1</sub>と*bla*<sub>IMP-6</sub>の鑑別を行った。

## 3 結 果

### 3・1 CRE感染症の届出状況

2017年4月～2018年3月までに届出があった15事例について表1に示す。症状は尿路感染症のみが5例、肺炎のみが3例、胆嚢炎・胆管炎、尿路感染症・肺炎、敗血症、腹膜炎、肺炎・菌血症、敗血症・胆管炎、その他（手術部位の感染症）がそれぞれ1例であった。分離検体は尿が5件、喀痰が4件、胆汁、血液がそれぞれ2件、腹水、膿がそれぞれ1件であった。菌種については、*Enterobacter aerogenes*（以下、*E.aerogenes*）が4件、*Enterobacter cloacae*（以下、*E.cloacae*）が4件、*Escherichia coli*（以下、*E.coli*）が2件、*Klebsiella pneumoniae*（以下、*K.pneumoniae*）が2件、*Enterobacter cloacae complex*（以下、*E.cloacae complex*）が1件、*Citrobacter braakii*（以下、*C.braakii*）が1件、*Serratia marcescens*が1件であった。

### 3・2 CRE検査

(1) 阻害剤を用いた $\beta$ -ラクタマーゼ産生性の確認

事例番号5, 12, 13の3株についてはSMAによる阻害がみられた。事例番号3, 4, 5, 12以外の10株には、セフェム系薬剤のAPBによる阻害がみられた。14株全てにおいて、クラブラン酸およびスルバクタムによる阻害はみられなかった（表1）。

(2) カルバペネマーゼ産生性の確認

阻害剤を用いた $\beta$ -ラクタマーゼ産生性確認において、SMAに阻止帯の形成が確認できた3株はいずれもmCIM陽性であり、カルバペネマーゼ産生であった。

(3) PCR法による $\beta$ -ラクタマーゼ遺伝子検出

事例番号5, 12, 13の3株からカルバペネマーゼ遺伝子を検出し、いずれもIMP-1型であった。そのうち事例番号12と13はそれぞれ、ESBL遺伝子であるSHV型遺伝子またはAmpC遺伝子であるEBC型遺伝子を併せて保有していた。その他、事例番号4からESBL遺伝子であるCTX-M-9 group 遺伝子、事例番号6と9からEBC型遺伝子、事例番号14からESBL遺伝子であるTEM型遺伝子とAmpC遺伝子であるCIT型遺伝子を検出した（表1）。

(4)  $\beta$ ラクタマーゼ遺伝子シーケンス

IMP-1型 $\beta$ -ラクタマーゼ遺伝子陽性3株についてシーケンス解析を行ったところ、いずれも*bla*<sub>IMP-1</sub>であった。

## 4 考 察

複数の $\beta$ -ラクタマーゼを産生する株は、阻害効果が確認できないことがあるとされ<sup>3)6)</sup>、ESBLとAmpC同時産生菌についてはクラブラン酸がAmpCの過剰産生を誘発し、ESBLの阻害効果をマスキングするという報



表 1 CRE 感染症発生状況及び薬剤耐性遺伝子検査結果 (2017年度)

事例番号	菌種名	症状	検体	性別	年齢	ディスク法*	薬剤耐性遺伝子	
							カルバペネマーゼ	その他
1	<i>Enterobacter aerogenes</i>	肺炎	喀痰	男	82		菌株搬入されず	
2	<i>Enterobacter aerogenes</i>	尿路感染症	尿	女	87	APB**	—	—
3	<i>Citrobacter braakii</i>	胆嚢炎・胆管炎	胆汁	女	80	—	—	—
4	<i>Escherichia coli</i>	尿路感染症	尿	女	93	—	—	CTX-M-9 group
5	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	肺炎	喀痰	男	62	SMA	<i>bla</i> <sub>IMP-1</sub>	—
6	<i>Enterobacter cloacae</i>	尿路感染症・肺炎	喀痰	女	90	APB**	—	EBC型
7	<i>Enterobacter aerogenes</i>	敗血症	血液	男	57	APB**	—	—
8	<i>Enterobacter aerogenes</i>	尿路感染症	尿	男	68	APB**	—	—
9	<i>Enterobacter cloacae</i>	肺炎	喀痰	女	80	APB**	—	EBC型
10	<i>Serratia marcescens</i>	尿路感染症	尿	女	90	APB**	—	—
11	<i>Enterobacter cloacae</i>	腹膜炎	腹水	男	72	APB**	—	—
12	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	肺炎・菌血症	血液	男	71	SMA	<i>bla</i> <sub>IMP-1</sub>	SHV型
13	<i>Enterobacter cloacae</i> complex	敗血症・胆管炎	胆汁	男	73	SMA, APB**	<i>bla</i> <sub>IMP-1</sub>	EBC型
14	<i>Escherichia coli</i>	尿路感染症	尿	女	87	APB**	—	TEM型, CIT型
15	<i>Enterobacter cloacae</i>	その他	膿	男	87	APB**	—	—

\*ディスク法により陽性と判定したものについてその阻害剤名を記載

\*\*セフェム系薬剤にて阻止円が拡張

告もある<sup>7)</sup>。今回の事例番号12及び14はESBL遺伝子を保有しているがクラブラン酸およびスルバクタムによる阻害がみられず、その報告<sup>7)</sup>を裏付ける結果となった。一方、事例番号4は、今回実施した阻害剤を用いた確認試験や遺伝子検査ではカルバペネマーゼやAmpCの産生が確認できず、CTX-M-9group遺伝子のみを保有し、ESBLであるにもかかわらず、クラブラン酸やスルバクタムによる阻害がみられなかった。

多くのESBLは、クラブラン酸やスルバクタムによって阻害されるが、複数のβラクタマーゼの同時産生以外にも阻害剤が無効のものがあるという報告もされており<sup>7)</sup>事例番号4はその可能性が考えられる。これらのことから、阻害剤を用いた確認法のみでは見逃しがあることが示唆されるが、遺伝子検査を追加することでより正確な耐性菌の検出が可能になると思われた。

また、TEM型、SHV型についてはESBLでなくプロトタイプのβラクタマーゼ遺伝子の可能性もあることから、今後シーケンス解析による詳細な遺伝子型別が可能な検査体制の整備をしていきたいと考えている。

搬入されたCRE14株のうち、カルバペネマーゼ産生株は3株(21.4%)であり、既報<sup>8)9)</sup>とほぼ同様の検出状況であった。カルバペネマーゼ遺伝子については、日本国内であっても地域によって流行している型が異なることが知られており、今回の検査では西日本を中心として報告されている*bla*<sub>IMP-6</sub>保有株<sup>5)</sup>は検出されなかった。*bla*<sub>IMP-6</sub>保有株は医療機関にて実施される日常的な薬剤感受性試験でイミペネムに「R:耐性」と判定されない場合が多く、見落とされる危険性があることから<sup>10)</sup>、今後も引き続き耐性菌出現の動向を注視する必要があると考えられた。

## 5 まとめ

- (1) 2017年度に届出されたCREは15株でそのうち1株を除く14株の遺伝子検出を実施したところ、カルバペネマーゼ産生株は3株であり、いずれも*bla*<sub>IMP-1</sub>遺伝子を保有していた。
- (2) CTX-M-9group遺伝子のみを保有し、クラブラン酸及びスルバクタムによる阻害試験において阻害を確認できない株が1株あった。阻害剤が無効のESBLも報告されていることから、耐性遺伝子の検出と阻害剤を用いたβラクタマーゼ産生性の確認の併用による試験検査の重要性が示唆された。

## 文 献

- 1) 国立感染症研究所：病原微生物検出情報, **35**, 281-282 (2014)
- 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, 2018年3月28日
- 3) 国立感染症研究所 薬剤耐性研究センター；平成29年度薬剤耐性菌研修会資料
- 4) 国立感染症研究所：病原体検出マニュアル 薬剤耐性菌, H28.12月改訂版 Ver.1.1
- 5) CLSI: Performances Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; Twenty-seventh Information Susceptibility Testing; Twenty-seventh Information Supplement, M100-S27, Jan. 2017.
- 6) 一般財団法人日本臨床微生物学会 多剤耐性菌検査の手引き, <http://www.jscm.org/tazaitaisei/54.html>, 2018年8月1日
- 7) David L. Paterson1 and Robert A. Bonomo:

Extended-Spectrum  $\beta$ -Lactamases: a Clinical Update, 10. 1128/CMR. 18. 4. 657-686. 2005

- 8) 鈴木里和：我が国におけるカルバペネム耐性腸内細菌科細菌（CRE）の現状，日本臨床微生物学雑誌，**27**，128（2017）
- 9) 範本志保，内田薫，金谷潤一，木全恵子，磯部順子，綿引正則：富山県におけるカルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症の患者発生動向と患者由来株のカルバペネマーゼ遺伝子保有状況について（2016年），富山県衛生研究所年報，**40**，120-121（2016）
- 10) 国立感染症研究所：病原微生物検出情報，**35**，283-284（2014）

〔資料〕

# 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 健康・食品安全科学部 成相 絵里・中澤 柁哉・児玉 洋江  
倉本 早苗

## 〔和文要旨〕

2017/18シーズンの集団かぜ発生施設数および患者数は、いずれも過去5シーズンと比較して3番目に少なかったが、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は昨シーズンに次いで多かった。また、病原体定点から提出された127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41検体、AH3亜型が28検体、B型山形が44検体から検出され、分離培養検査ではAH1pdm09亜型が36株、AH3亜型が24株、B型山形が39株分離された。このうちの一部についてHA遺伝子を解析した結果、国内の同シーズン流行株と類似した株であった。また、分離したAH1pdm09亜型にH275Y変異を有する株はなかった。

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、2017/18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。なお、本報ではシーズンの区切りを感染研にあわせ、例年と同様第36週から翌年の35週までとした。

## 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県内5カ所（小児科3カ所、内科2カ所）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

---

Prevalence of Influenza in Ishikawa Prefecture during the 2017-18 season. by NARIAI Eri, NAKAZAWA Masaya, KODAMA Hiroe and KURAMOTO Sanae (Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Influenza virus

計127検体を検査対象とした。

なお、検体は2017年第37週（9月11日～17日）から2018年第35週（8月27日～9月2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2017年第46週から2018年21週までが流行期であった。

(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3版）（以下、診断マニュアル<sup>1)</sup>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（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/Singapore/GP1908/2015(IVR-180)（AH1pdm09亜型）、A/Hong Kong/4801/2014(X-263)（AH3亜型）、B/Phuket/3073/2013(B型山形)、B/Texas/2/2013(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<sup>2)</sup>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 HA遺伝子部分塩基配列の解析

各亜型ウイルスが分離された検体の一部を無作為に抽

出し、診断マニュアルに従いインフルエンザウイルス分離株のHA遺伝子領域の塩基配列について解析を行った。すなわち、RT-PCR法により分離株のHA遺伝子全長を増幅し、ダイレクトシーケンス法により塩基配列を決定し、Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) 6を用い、近隣結合法(neighbor-joining method)により系統樹解析を実施した。なお、解析に用いた株の塩基配列情報は、The Global Initiative on Sharing All Influenza Data (<http://platform.gisaid.org>) から入手した。

エ 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 結果および考察

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2017年11月14日（第46週）に報告のあった1施設、17人であった。その後、2018年第5週（1月28日～2月3日）の37施設、728人をピークとし、第16週（4月15日～4月21日）まで発生は続いた（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く<sup>3)-7)</sup>、2016/17シーズン（以下、昨シーズン）とほぼ同時期であった<sup>3)</sup>。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138施設、2,362人となり、発生施設数、患者数ともに6シーズン中3番目に少なかった。

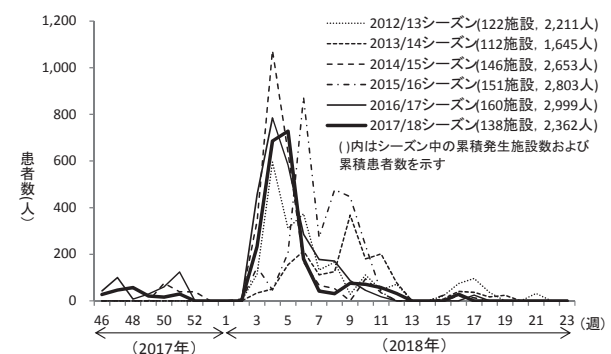


図1 集団かぜ患者発生状況（2012/13～2017/18シーズン）

(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、2017年第46週（11月13日～



19日)に流行開始の目安となる1.0を超え、2018年第5週(1月28日~2月3日)をピーク(定点あたり患者報告数50.5)に、その後減少した(図2)。なお、今シーズンの流行開始時期は、集団かぜ発生状況と同様に、過去5シーズンでは昨シーズンと並び最も早かった<sup>3)-7)</sup>。

また、今シーズンの累積患者報告数は16,872人であり、過去5シーズンと比較した結果、昨シーズンに次いで多かった。

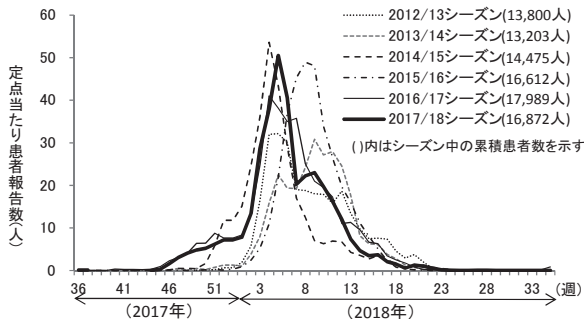


図2 感染症発生動向調査事業におけるインフルエンザ患者発生状況(2012/13~2017/18シーズン)

### 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127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、112検体(88.2%)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41検体(36.6%)、AH3亜型が28検体(25.0%)、B型山形が44検体(39.3%)であり、AH1pdm09亜型とB型山形の両方が検出された検体が1検体あった。B型ビクトリアは検出されなかった。

B型ウイルスについては、本県ではB型ビクトリアが全く検出されずB型山形のみであったが、全国的にはわずかではあるがB型ビクトリアも検出されていた<sup>2)</sup>。

検体提出週別に検出状況をみると、AH3亜型は2017年第37週(9月11日~17日)に提出された2検体から検出されて以降2018年第23週(6月4日~10日)まで検出が続いた(図3)。一方、AH1pdm09亜型は2017年第46週(11月13日~11月19日)から2018年第4週(1月22日~28日)までの間に、集中して検出された(図3)。

B型は2017年第46週(11月13日~19日)からB型山形が検出され、2018年第15週(4月9日~15日)まで検出が続いた(図3)。

2012/13シーズン以降はAH1pdm09亜型とAH3亜型が交互に主流となっていたが<sup>3)-7)</sup>、今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、B型山形が同時に流行していた。シーズン全体では、B型山形が最多となり、全国と同様の流行状況<sup>2)</sup>であっ

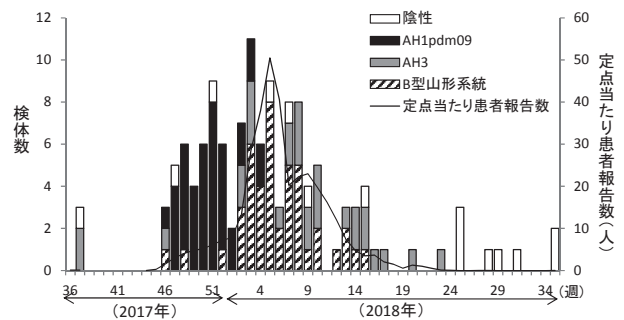


図3 インフルエンザウイルス亜型別検出状況(検体提出週別)

た。

例年はA型ウイルスが先行して流行し、遅れてB型ウイルスが流行する傾向であるが、今シーズンは全国と同様に混合流行であった<sup>2)</sup>。

インフルエンザウイルス遺伝子が検出されなかった15検体については、非流行期にも検体を収集していることから、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、15検体中、エンテロウイルスの1つであるライノウイルス遺伝子が6検体から、同じくエンテロウイルスの1つであるエコーウイルスが1検体から、パラインフルエンザウイルスが3検体から、ヒトパレコウイルス遺伝子が2検体から、アデノウイルス遺伝子、ヒトコロナウイルス遺伝子、ヒトメタニューモウイルス遺伝子がそれぞれ1検体から検出された。なお、1検体から複数のウイルス遺伝子が検出された検体は4検体あった。4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

127検体について分離培養検査を実施した結果、98検体(77.2%)から99株のインフルエンザウイルスが分離された。遺伝子検出法においてAH1pdm09亜型とB型山形の両方が検出された1検体については、通常のウイルス分離検査方法ではB型山形が分離されたため、同定用キットのB型山形の抗血清を前処理に用いてウイルス分離を試みたところ、AH1pdm09亜型が分離された。

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36株(36.4%)、AH3亜型が24株(24.2%)、B型山形が39株(39.4%)であった。なお、分離したAH3亜型のうち、赤血球凝集活性が低く、HI試験が実施できなかった4株については、培養上清の遺伝子検出法により亜型鑑別を行った。

分離された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2,560~10,240(ホモ価1,280)、



B型山形が160～640（ホモ価160）であった。

一方、分離されたAH3亜型のうち、HA価が8以上でありHI試験が実施できた20株の抗血清に対するHI価は80～1,240（ホモ価5,120）であり、ホモ価と大きく乖離しているものが多かった（表1）。

表1 分離ウイルスのHI試験結果

	AH1pdm09亜型 (n=36)		AH3亜型 (n=20)		B型山形系統 (n=39)	
抗血清 (ホモ価)	A/Singapore/GP1908/2015 (1,280)	A/Hong Kong/4801/2014 (5,120)	B/Phuket/3073/2013 (160)			
	10,240	6株 (16.7%)	1,280	7株 (35.0%)	640	9株 (23.1%)
	5,120	19株 (52.7%)	640	4株 (20.0%)	320	19株 (48.7%)
HI価	2,560	11株 (30.6%)	320	1株 (5.0%)	160	11株 (28.2%)
			160	6株 (30.0%)		
			80	2株 (10.0%)		

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<sup>2)</sup>。しかし、最近のAH3亜型は、MDCK細胞を用いて分離増殖させると、ノイラミニダーゼに特異的な変異が誘導され、赤血球凝集活性を示すようになりHI試験による詳細な抗原性解析が困難となることから、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<sup>2)</sup>。

今シーズンは、本県で分離された6株（AH1pdm09亜型2株、AH3亜型2株、B型山形2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、B型山形、B型ビクトリアのほとんどがワクチン株と抗原性が類似しており、AH3亜型は約半数がワクチン株と抗原的に類似していたことが報告されている<sup>2)</sup>。AH3亜型は本県のHI試験結果とは異なっていたが、これは、前述のノイラミニダーゼに特異的な変異が誘導された影響によるものと考えられた。

### (3) HA 遺伝子部分塩基配列の解析

分離されたインフルエンザウイルス99株のうち、14株（AH1pdm09亜型；3株、AH3亜型；7株、B型山形；4株）について、インフルエンザウイルスHA 遺伝子の塩基配列を決定し、系統樹解析を行った。

解析の結果、AH1pdm09亜型3株はいずれもK163Q, A256Tのアミノ酸置換を有するクレード6Bに属し、さらにその中のサブクレード6B.1（共通アミノ酸置換：S84N, S162N, I216T）に属していた（図4）。

AH3亜型7株はいずれもクレード3Cに属しており、さらにその中のサブクレード3C.2a（L3I, N144S, F159Y, K160T, Q311H, D489N）に属していた。このうち、4株は、3C.2a内のサブクレード3C.2a1（N121K, N171K, I406V, G484E）に属した。残りの3株は3C.2a内のサブクレード3C.2a2（T131K, R142K, R261Q）に属していた（図5）。

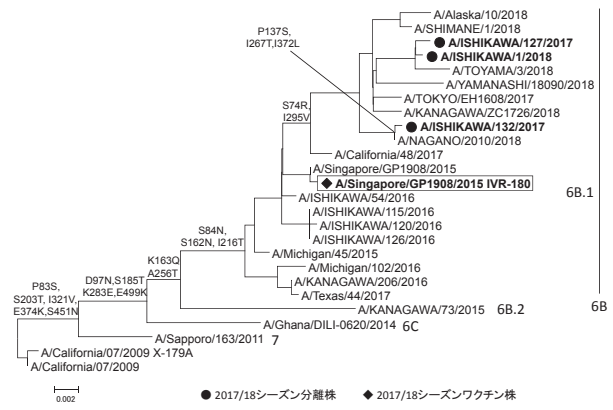


図4 AH1pdm09ウイルス HA 遺伝子分子系統樹

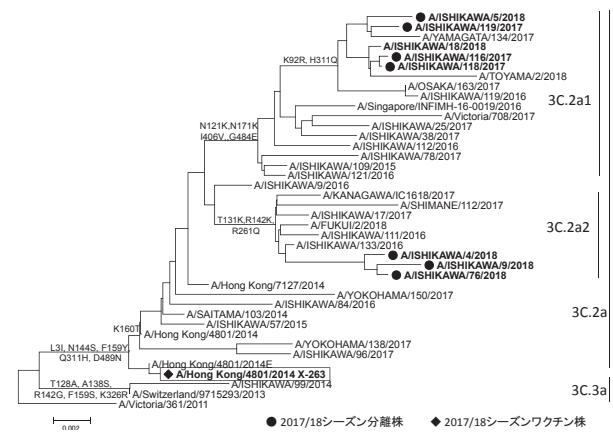


図5 AH3亜型ウイルス HA 遺伝子分子系統樹

B型山形4株は全て、S150I, N165Y, N202S, S229Dのアミノ酸置換を有する今シーズンのワクチン株であるB/Phuket/3073/2013と同じクレード3に属し、さらにN116K, K298E, E312Kのアミノ酸置換を有していた（図6）。

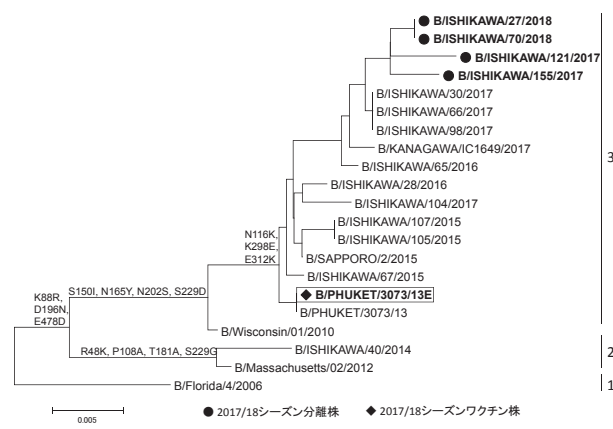


図6 B型山形系統ウイルス HA 遺伝子分子系統樹

AH1pdm09亜型、AH3亜型、B型山形の株はいずれも昨シーズンと同じクレードに属した<sup>3)</sup>。今シーズンは、昨シーズンと比べて流行の状況は変わったが、分離されたウイルスのHA 遺伝子系統樹には大きな変化はなかつ

た。また、今回我々が解析した株はいずれも、今シーズン国内で流行した株<sup>2)</sup>と同じクレードに属しており、類似していた。

#### (4) 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36株について、H275Y変異を検索した結果、H275Y変異を有する株は検出されなかった。一方、全国では、H275Y変異を有するAH1pdm09亜型が24株(1.6%)報告されている<sup>8)</sup>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昨シーズンと同時期で最も早かった。その累積患者報告数は、集団かぜでは3番目に少なかったが、感染症発生動向調査では昨シーズンに次いで多かった。
- (2) 今シーズンの本県における亜型別の流行状況は、混合流行となり、A型ウイルスはAH1pdm09亜型とAH3亜型の検出割合にあまり差がなく、B型ウイルスについてはB型山形のみが検出された。
- (3) HA遺伝子を解析した結果、AH1pdm09亜型はクレード6B.1に、AH3亜型はクレード3C.2a、B型山形はクレード3に属し、いずれも国内で流行していたウイルスに類似していた。また、分離したAH1pdm09

亜型にH275Y変異を有する株はなかった。

### 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3版)(2014)
- 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(2017/18シーズン)，平成30年6月15日
- 3) 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)
- 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) 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)
- 6) 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(2013/2014シーズン)，石川県保健環境センター研究報告書，51，39-44(2014)
- 7) 児玉洋江，成相絵里，橋本喜代一：石川県におけるインフルエンザの流行状況(2012/2013シーズン)，石川県保健環境センター研究報告書，50，45-50(2013)
- 8) 国立感染症研究所ホームページ：抗インフルエンザ薬剤耐性株サーベイランス(2018年10月3日)  
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/influ-resist.html>

〔資料〕

# 石川県で検出されたノロウイルスの遺伝子型

— 2017/18 シーズン —

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部

成相 絵里・中澤 柁哉・児玉 洋江  
倉本 早苗

## 〔和文要旨〕

2017/18シーズンに石川県で発生した感染性胃腸炎の集団事例および小児散発事例でノロウイルス遺伝子が検出された45検体についてカプシド領域の塩基配列による遺伝子解析を行った。その結果、集団事例ではGII.17の検出割合が約5割と最も多く、次いでGII.2が多かった。一方、小児散発事例では様々な遺伝子型が検出された。

キーワード：ノロウイルス，遺伝子型，感染性胃腸炎，GII.2，GII.17

## 1 はじめに

ノロウイルスは主に冬季における感染性胃腸炎や集団食中毒の原因となるウイルスであり、その種類は動物のノロウイルスを含めGI～GVの遺伝子群に分けられている。このうちヒトに感染するノロウイルスは大部分がGIやGIIであるが、遺伝学的に多様であり、少なくともGIには9，GIIには22の遺伝子型が存在する<sup>1)</sup>。

我々は、ノロウイルスの検査において検体中のウイルスの有無を迅速に判定するとともに、検出されたノロウイルスについては、遺伝子解析を行い検出ウイルスの遺伝子型を明らかにし、地域におけるノロウイルスの流行や遺伝子型の動向の把握を行ってきた<sup>2)-4)</sup>。

2017/18シーズン（以下、今シーズン）のノロウイルスの遺伝子解析の結果、主に流行した遺伝子型に関する知見を得たので、本報ではこれについて報告する。

## 2 材料と方法

### 2.1 対象

#### (1) 集団事例

今シーズン（2017年第36週（9月）～2018年第35週（8月））に石川県（以下、本県）で発生した感染性胃腸炎の集団事例（食中毒および感染症）のうち、当センター

にて糞便からリアルタイムPCR法<sup>5)</sup>によりノロウイルス遺伝子が検出された患者あるいは調理従事者等（無症状）の糞便40検体（13事例，事例あたり1～10検体）を対象とし、ウイルス遺伝子解析を実施した。

#### (2) 小児散発事例

(1)と同期間に感染症発生動向調査事業における小児科病原体定点医療機関を受診した感染性胃腸炎患者から採取された糞便のうち、蛍光RT-マルチプレックスPCR法<sup>6)</sup>によりノロウイルス遺伝子が検出された患者5人（0～3歳）の糞便5検体を対象にウイルス遺伝子解析を実施した。

### 2.2 ウイルス遺伝子解析の方法

検体をPBS(-)で10%乳剤とし、RNA抽出はQIAamp Viral RNA Miniキット（Qiagen社製）を用いて行った。逆転写反応はPrimeScript<sup>®</sup> RT reagent Kit (Perfect Real Time)（タカラバイオ社製）、プライマーはカプシド領域を検出するG1-SKF/G1-SKRとG2-SKF/G2-SKRを用いてRT-PCR法<sup>5)</sup>を実施した。電気泳動で目的の大きさのバンドが確認された検体についてダイレクトシーケンシングによりカプシド領域約300bpの塩基配列を決定し、ノロウイルス遺伝子型分類ツール（<http://www.rivm.nl/mpf/norovirus/typingtool>）を用いて遺伝子型を決定した。また、遺伝子解析ソフトウェアMEGA6を

Genotype of Norovirus Detected in the Stool Specimens in Ishikawa Prefecture during the 2017-18 Season. by NARIAI Eri, NAKAZAWA Masaya, KODAMA Hiroe and KURAMOTO Sanae (Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Norovirus, Genotype, Infectious Gastroenteritis, GII.2, GII.17

用いて近隣結合法により系統樹解析を行った。

### 3 成績

#### 3・1 集団事例について

13事例の40検体について、検出された遺伝子型とその検体数を事例ごとに表1に示した。今シーズンは2017年中には事例がなく、すべて2018年の事例であった。事例別にみると6事例(事例番号2, 3, 4, 6, 7, 8)からGII.17が、3事例(事例番号9, 10, 13)からGII.2が、2事例(事例番号1, 12)からGI.3が検出された。また、事例番号5ではGII.4が、事例番号8ではGI.7が、事例番号11ではGI.2が、検出された。事例番号8は複数の遺伝子型が検出された事例であった。表中のGII型不明の3検体はリアルタイムPCR法ではGII陽性と判定できたが、ダイレクトシーケンスによる遺伝子型別が不能であった。

表1 ノロウイルス遺伝子解析結果(集団事例)

事例番号	発生日月	発生・原因施設	遺伝子型( )*
1	2018.1.13	旅館	GI.3(4)
2	2.15	旅館	GII.17(1)
3	2.16	飲食店	GII.17(1)
4	2.16	飲食店	GII.17(1)
5	2.17	飲食店	GII.4(1)
6	2.21	飲食店	GII.17(10)
7	2.23	飲食店	GII.17(1)
8	3. 4	飲食店	GI.7(1), GII.17(1) GI.7 & GII型不明(1)
9	5. 3	旅館	GII.2(2)
10	5.12	旅館	GII.2(6), GII型不明(2)
11	5.19	飲食店	GI.2(3)
12	5.21	飲食店	GI.3(4)
13	7.14	不明	GII.2(1)
計			(検体数: 40)

\* 検出された遺伝子型と、( )は検体数

遺伝子群別にみると、GIが検出された事例は30.8% (4事例/13事例)、GIIが検出された事例は76.9% (10事例/13事例)であった。また、検出された遺伝子型の割合は、GII.17が46.2% (6事例/13事例)、GII.2が23.1% (3事例/13事例)、GI.3が15.4% (2事例/13事例)、GI.2, GI.7およびGII.4がそれぞれ7.7% (1事例/13事例)であった。なお、検出されたGII.17 (6事例の15検体)は系統樹解析の結果、すべて2014/15シーズンから2015/16シーズンに本県も含め全国で流行したHu/GII.P17-GII.17/Kawasaki323/2014/JP (Kawasaki323株)類似株<sup>7)</sup>であった(図1)。また、GII.2 (3事例の9検体)は、2016/17シーズン(以下、前シーズン)に本県も含め川崎市<sup>8)</sup>や愛知県<sup>9)</sup>など全国で検出されRNA依存性RNAポリメラーゼ(RdRp)領域がGII.P16に分類されたGII.P16-GII.2株に類似していた(図1)。

#### 3・2 小児散発事例について

集団事例と同様に、ノロウイルス遺伝子が検出された

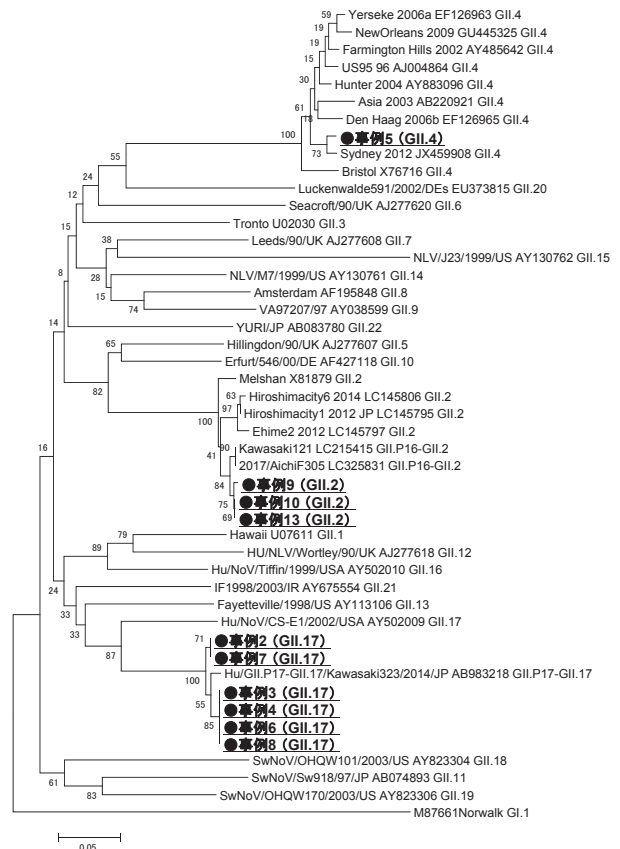


図1 集団事例ノロウイルスGII系統樹(カプシド領域)

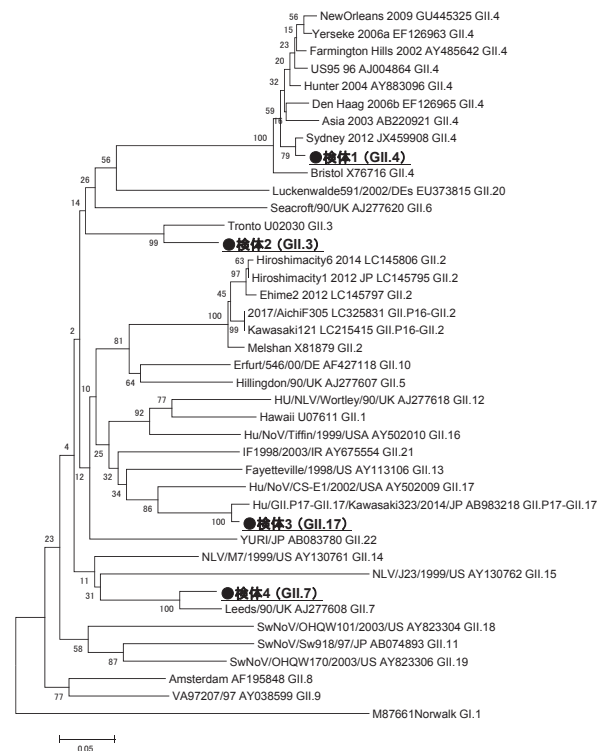


図2 小児散発事例ノロウイルスGII系統樹(カプシド領域)

5検体はすべて2018年に採取された検体であった。この5検体については、遺伝子型がすべて異なっており、GII.4, GII.3, GII.17, GII.7, GI.3が検出された(表2)。



GII.17は集団事例と同様にHu/GII.P17-GII.17/Kawasaki 323/2014/JP (Kawasaki323株) 類似株であった(図2)。

表2 ノロウイルス遺伝子解析結果(小児散発事例)

検体番号	検体採取日	年齢(歳)	遺伝子型
1	2018.1. 5	1	GII.4
2	1.17	3	GII.3
3	3.26	0	GII.17
4	4.27	0	GII.7
5	7. 6	0	GI.3

#### 4 考 察

今シーズンにノロウイルス遺伝子が検出された事例について、カプシド領域の遺伝子を解析した結果、集団事例ではGII.17が46.2%と最多であり、前シーズンの約17%(2事例/12事例)<sup>2)</sup>より大きく増加し、2015/16シーズン以来2シーズンぶりに<sup>3)</sup>主要な遺伝子型となった。また、系統樹解析の結果、Hu/GII.P17-GII.17/Kawasaki 323/2014/JP (Kawasaki323株) 類似株であった。集団事例でGII.17が検出された割合は、2014/15シーズンが約22%(2事例/9事例)<sup>4)</sup>、2015/16シーズンが約38%(5事例/13事例)<sup>3)</sup>、前シーズンが約17%、今シーズンが約46%であり、いずれのシーズンも検出されたGII.17は全て、Hu/GII.P17-GII.17/Kawasaki323/2014/JP (Kawasaki323株) 類似株であったことから、依然として、2014/15シーズンからの全国的なGII.17の流行<sup>7)</sup>の影響が残っていると考えられた。前シーズンに最多であったGII.2は、今シーズンは最多ではないものの23.1%とGII.17に次いで多かった。一方、小児散発事例では、今シーズンは検体数が少なく明確ではないが、遺伝子型がすべて異なっており、小児においては、様々な遺伝子型のウイルスが流行していたものと考えられた。

#### 5 ま と め

今シーズン、集団事例で検出された遺伝子型は、2シーズンぶりにGII.17が最多となり、次いでGII.2が多かった。一方、小児散発事例では様々な遺伝子型が検出された。

このように、シーズンにより主要な遺伝子型が入れ替わるなど、流行する遺伝子型がシーズン毎に変化することから、今後も継続してノロウイルス遺伝子の詳細な解析を行い、地域におけるノロウイルスの流行や遺伝子型の動向に注目したい。

#### 文 献

- 1) 国立感染症研究所：ノロウイルスの流行2010/11～2013/14シーズン、病原微生物検出情報月報, 35(7), 161-163 (2014)
- 2) 中澤 柁哉, 成相 絵里, 児玉 洋江, 倉本 早苗：石川県で検出されたノロウイルスの遺伝子型－2016/17シーズン－, 石川県保健環境センター研究報告書, 54, 83-85 (2017)
- 3) 成相 絵里, 児玉 洋江, 崎川 曜子：石川県で検出されたノロウイルスの遺伝子型－2015/2016シーズン－, 石川県保健環境センター研究報告書, 53, 40-43 (2016)
- 4) 成相 絵里, 児玉 洋江, 崎川 曜子：石川県で検出されたノロウイルスの遺伝子型－2014/2015シーズン－, 石川県保健環境センター研究報告書, 52, 59-61 (2015)
- 5) 厚生労働省通知「ノロウイルスの検出法について(平成15年11月5日食安監発第1105001号)(最終改正平成25年10月22日食安監発第1022第1号)」
- 6) 成相 絵里, 児玉 洋江, 崎川 曜子：蛍光RT-マルチプレックスPCR法を利用した胃腸炎ウイルス検出法の検討, 石川県保健環境センター研究報告書, 53, 1-7 (2016)
- 7) 松島 勇紀：新規遺伝子型ノロウイルスGII.P17-GII.17の流行, 病原微生物検出情報月報, 36(9), 175-178 (2015)
- 8) 松島 勇紀：茨城県と川崎市における2016/17シーズンに検出されたヒトノロウイルスGII.P16-GII.2の分子疫学, 病原微生物検出情報月報, 38(1), 19-20 (2017)
- 9) MAMI Hata, et al.: Emergence of New Recombinant Noroviruses GII.P16-GII.2 and GII.P16-GII.4 in Aichi, Japan, during the 2016/17 Season, J. Infect. Dis., 71(4), 319-322 (2018)



〔資料〕

## 微小粒子状物質捕集装置の遠隔監視について

石川県保健環境センター 環境科学部 牧野 雅英・河本 公威・野口 邦雅  
初瀬 裕  
石川県生活環境部 廃棄物対策課 橋場 久雄

### 〔和文要旨〕

微小粒子状物質捕集装置の稼働中、装置内のフィルタ自動交換の不具合等により、装置の停止が頻発したことから、遠隔監視等による装置の稼働状況の把握が必要となった。

そこで我々は、常時監視局では、大気汚染常時監視システムに捕集装置を接続することで、また、常時監視局以外の場所では、捕集装置のネットワーク化機能に着目し、捕集装置にパーソナルコンピュータ(PC)及び携帯電話を接続した遠隔監視システムを新たに構築することで、捕集装置の稼働状況の遠隔監視を行い、装置停止時の速やかな対応を可能とした。

キーワード：PM<sub>2.5</sub>捕集装置、遠隔監視、ネットワーク化、Python

### 1 はじめに

「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」が平成22年3月31日に一部改定され<sup>1)</sup>、微小粒子状物質(以下、「PM<sub>2.5</sub>」という。)の成分分析を実施することが定められた。これを契機に、本県では、平成24年度より常時監視局の松任局、平成25年度より同じく輪島局において成分分析を開始した。

環境省の「微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)の成分分析ガイドライン」<sup>2)</sup>(以下、「ガイドライン」という。)では、試料捕集期間は春夏秋冬の4季節において各季2週間程度の調査を実施することとしており、また、試料の捕集時間は24±1時間を基本としていることから、予備日、二重測定と合わせると捕集日数は各季20日、試料数は20件と考えられた。そこで本県は、試料の捕集装置として、最長2週間分の試料を捕集可能なThermo社製(東京ダイレック(株)取扱)2025-iD及び2025-i(以下、「捕集装置」という。)を導入した。

当該捕集装置の特徴は、24時間毎に試料捕集フィルタ交換を自動で行う機能であり、これにより石川県保健環境センター(以下、「当センター」という。)から離れた場所での試料の連続捕集を可能にすることとしていたが、実際には、捕集装置内にあるフィルタ自動交換部の調整具合などが原因で、フィルタ交換が停止し、試料の捕集が期間途中で行われないう事象が頻発した。

このような事象の発生は、例えば、担当者の1週間に1度の巡回直後にフィルタ交換が停止し、次回の巡回までの間試料捕集が行われないうなど、ガイドラインに沿った試料採取をしばしば困難なものとした。そこで、我々は、装置が停止したときに速やかに復旧が行えるよう捕集装置の稼働状況を遠隔で監視するという課題解決に着手した。

今回、我々は、大気汚染常時監視システム<sup>3)4)</sup>(以下、「監視システム」という。)に接続した方法と、捕集装置がネットワーク化対応であることに着目し、捕集装置をパーソナルコンピュータ(以下、「PC」という。)などに接続した方法により、捕集装置の稼働状況を遠隔監

---

A Remote Monitoring System for the Operating Situations of PM<sub>2.5</sub> Air Samplers. by MAKINO Masahide, KAWAMOTO Tomotake, NOGUCHI Kunimasa and HATSHSE Yuh (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science), HASHIBA Hisao (Waste Management Division, Living and Environment Department, Ishikawa Prefecture)

Key words : PM<sub>2.5</sub> air sampler, Remote Monitoring, Networking, Python

視し、この課題を概ね解決したので、報告する。

## 2 方法及び結果

### 2・1 監視システムによる捕集装置の遠隔監視

ガイドラインによれば、捕集装置は基本的にPM<sub>2.5</sub>の常時監視局に設置することとされており、本県では常時監視局の松任局及び輪島局に捕集装置を設置した。常時監視局には監視システムの子局が設置されていることから、捕集装置と子局を接続し、監視システムを利用して捕集装置の稼働状況を遠隔監視することを試みた。

平成26年度末に、捕集装置取扱業者らの技術協力のもと、監視システムを改良した。今回改良した内容は、捕集装置と子局をアナログ接続し、捕集装置の状態情報として、捕集装置から子局側に一定のアナログ電圧信号を出力するように設定（停止時DC 0V、稼働時DC 1V）し、監視システムがこの数値を認識出来るようにした。これにより、当センターで捕集装置の稼働状況をリアルタイムで遠隔監視できるようになった。装置自身が誤った判断をするなどの誤作動はなく、子局が発する信号により捕集装置の正常／異常のリアルタイム監視が適正に行われた。

### 2・2 PCによる捕集装置の遠隔監視

我々は調査研究の一環として、金沢大学能登大気観測スーパーサイト（輪島市西二又）に捕集装置を移設、試料を捕集した。しかし、当該サイトには監視システムの子局を設置していないため、2・1の方法による捕集装置の遠隔監視は従来不可能であった。

捕集装置の説明書には、捕集装置のネットワーク接続の方法として、捕集装置にPCをポート9881でTCP/IP接続すれば装置は状態情報を一定間隔で出力するとの記述があり<sup>5)</sup>、捕集装置の状態情報を表すフラグについての説明もあった<sup>6)</sup>。そこでこれらに着目し、捕集装置の稼働状況をメールで送信することとし、図1のようなPCを用いた簡易な遠隔監視システムを考案した。PM<sub>2.5</sub>捕集装置を常時監視局以外の観測地点にスタンドアロンで設置する場合の対応であり、本県独自の遠隔監視シ

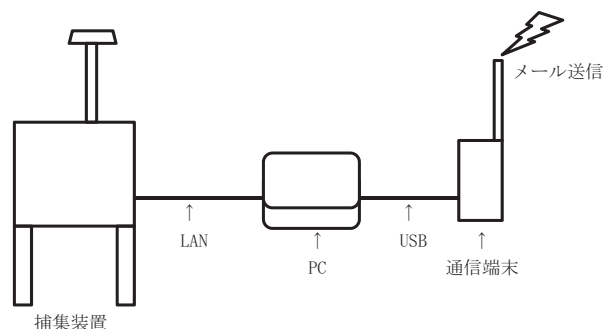


図1 遠隔監視システムの概略図

テムとなった。

PCはRaspberry Pi 3 Model Bを使用した。このPCは本体縦85.6mm横56.5mm重量45gの1つの基盤で構成されているものであり<sup>7)</sup>、捕集装置内に設置可能な大きさである。また、安価であり、USBなどの接続端子を備え、LinuxなどのOSを搭載できる特徴がある。今回、OSはLinux DebianベースであるRaspbian Jessieバージョン8.0を使用した。通信端末（携帯電話）はLG製のL-05Aを、通信プロバイダはソラコムを使用した。PCと通信端末はUSBで接続し<sup>8)</sup>、PCと捕集装置はクロスLANケーブルで接続した。なお、捕集装置からの状態情報の出力頻度は2秒に設定した。

遠隔監視システム稼働のためにリスト1のプログラムを作成した。言語はPythonバージョン3.4を使用した。Pythonは汎用のプログラミング言語であり、プログラマがすぐに使えるような標準ライブラリが充実しているため、プログラムを分かりやすく比較的少ない行数で書くことが可能であり、またRaspbianに標準で付属されている。これらの理由により、Pythonを採用した。プログラムの概要は、PCが捕集装置に接続、装置の状態情報を得た後<sup>9)10)</sup>、これを本文としたメールを担当者の

### リスト1 遠隔監視システム用プログラム

```
#!/usr/bin/python

import telnetlib
from subprocess import call
from time import sleep
from email.mime.text import MIMEText
import smtplib

class send_status:
    def myconnect():
        host = "xxx.xxx.xxx.xxx" # your machine's ip
        myuntil = "\n"
        myexit = "exit" + "\n"
        myuntil = myuntil.encode(encoding='utf_8',errors='strict')
        myexit = myexit.encode(encoding='utf_8',errors='strict')
        try:
            tn = telnetlib.Telnet(host,port=9881)
            output = tn.read_until(myuntil)
            tn.write(myexit)
            myoutput= str(output)
        except:
            myoutput = '////error////'
        return myoutput

    def net_pon():
        call(["sudo", "pon", "プロバイダ名"])
        sleep(10) #wait 10sec

    def mymsg(fromadd, toadd, myoutput):
        msg = MIMEText(myoutput)
        msg['Subject'] = 'メール題名'
        msg['From'] = fromadd
        msg['To'] = ", ".join(toadd)
        return msg

    def mysendmsg(fromadd, toadd, msg):
        mysmtplib = 'SMTP サーバ名'
        mypass = 'password'
        s = smtplib.SMTP(mysmtplib, portNO)
        s.ehlo(mysmtplib)
        s.login(fromadd, mypass)
        s.sendmail(fromadd, toadd, msg.as_string())
        s.quit()

    def net_poff():
        call(["sudo", "poff", "プロバイダ名"])

myoutput = myconnect()
net_pon()
fromadd = '送信元アドレス'
toadd = ['送信先アドレス1', '送信先アドレス2']
msg = mymsg(fromadd, toadd, myoutput)
mysendmsg(fromadd, toadd, msg)
net_poff()
```

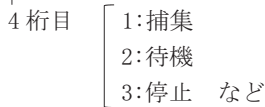
携帯電話等に送信するというものである<sup>11)12)</sup>。なお、リスト 1 に記載したプログラムは、平成 30 年 2 月 28 日から 3 月 16 日までの PM<sub>2.5</sub> 捕集期間に使用したものである。プログラムを PC に保存し、Linux の定時実行機能である cron で<sup>13)</sup>、フィルタ交換 10 分前の 9 時 50 分、フィルタ交換 10 分後の 10 時 10 分及びフィルタ交換から 3 時間後の 13 時に、当該プログラムを実行するように設定した。

その結果、設定した時刻に遠隔監視システムからリスト 2 に示す内容のメールが送信され、担当者の携帯電話で当該メールを受信することができた。下線部で示す数値が捕集装置の状態を示すフラグである。フラグの 4 桁目の値が 1 のときは捕集、2 のときは待機、3 のときは停止など<sup>6)</sup>、捕集装置の稼働状況を示している。フラグを確認することで捕集装置の稼働状況を把握することができた。

リスト 2 メール例

From: (テレメータのメールアドレス)  
 Date: Fri, 15 Dec 2017 10:10:14 +0900  
 To: (担当者の携帯電話のメールアドレス)  
 Subject: nisifutamata

b' 10:09:42 12-15-2017 00210000 16.691 3.851 6.174 0.149¥r¥n'



捕集装置の状態を表すフラグ

メールの送受信結果は表 1 のとおりであり、送受信率は平成 29 年 11 月 30 日から 12 月 15 日までの期間は 98%、平成 30 年 2 月 28 日から 3 月 16 日までの期間は 81% であった。3 月の送受信率が 12 月の送受信率より低い原因は不明であるが、メールを複数人あてに送信するなどのプログラムの変更を実施したため、エラーが多く生じ

るようになったためと考えられた。しかしながら、当センターから車で約 2 時間半の距離にある遠隔地に設置された捕集装置の稼働状況を監視することができた。

当該遠隔監視システムについては、プログラミングしたメールが送信されないことが時々発生する障害が残り、また、停電時に動作できないなどの未解決な点があるため、今後さらなる改良が必要と考える。

3 まとめ

環境省のガイドラインに沿った PM<sub>2.5</sub> の捕集、測定を行うに当たり、捕集装置の停止が頻発することから、捕集装置の稼働状況をリアルタイムで把握することにより、速やかな復旧のための一助とする目的でシステムを開発し、その運用を開始した。

常時監視局では、捕集装置を監視システムに接続し、装置が出力した自らの正常運転を意味する一定の電圧信号を、子局が数値化し発信するよう監視システムを改良し、また、常時監視局以外の場所では、捕集装置に PC 及び携帯電話を接続することにより、捕集装置の稼働状況を適宜把握してメールにて担当者の携帯電話等に送信することとした。これらにより、捕集装置停止時の復旧に要する時間を極力少なくすることが出来るようになった。

文 献

- 1) 環境省水・大気環境局:「大気汚染防止法第 22 条の規定に基づく大気の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
- 2) 環境省 水・大気環境局:微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) の成分分析ガイドライン、平成 23 年 7 月
- 3) 河本公威, 牧野雅英, 野口邦雅, 橋場久雄:大気環境監視システムの更新について、石川県保健環境センター研究報告書, 53, 44-47 (2015)

表 1 メール送受信結果

平成 29 年 11 月 30 日～12 月 15 日

	11/30	12/1	12/2	12/3	12/4	12/5	12/6	12/7	12/8	12/9	12/10	12/11	12/12	12/13	12/14	12/15
9:50	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10:10	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
13:00	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-

○: 44 回, ×: 1 回 → 送受信率 98%

平成 30 年 2 月 28 日～3 月 16 日

	2/28	3/1	3/2	3/3	3/4	3/5	3/6	3/7	3/8	3/9	3/10	3/11	3/12	3/13	3/14	3/15	3/16
9:50	-	○	○	×	○	○	○	○	○	×	×	×	○	○	○	○	○
10:10	-	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	×	×	×	○	○
13:00	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-

○: 39 回, ×: 9 回 → 送受信率 81%

凡例) ○: メールを送受信 ×: メールを送受信できず -: 捕集装置が作動していない

- 4) 山田 肇, 中山哲彦: 大気環境システムの更新について, 石川県保健環境センター研究報告書, **46**, 62-66 (2009)
- 5) Partisol 2025i Sequential Air Sampler/ Partisol 2025i-D Dichotomous Sequential Air Sampler Instruction Manual, <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/LSG/manuals/EPM-manual-Partisol-2025i-2025iD.pdf>, B-1, 2018年7月26日最終確認
- 6) Partisol 2025i Sequential Air Sampler/ Partisol 2025i-D Dichotomous Sequential Air Sampler Instruction Manual, <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/LSG/manuals/EPM-manual-Partisol-2025i-2025iD.pdf>, B-7, 2018年7月26日最終確認
- 7) 山本隆一郎: Interface **44**, 特別付録112-113 (2018)
- 8) akms道東, <http://akms.hateblo.jp/entry/2015/12/06/090000>, 2018年7月26日最終確認
- 9) Python 3.5.2ドキュメント, <http://docs.python.jp/3/library/telnetlib.html>, 2018年7月26日最終確認
- 10) oxdbのブログ, <http://oxdb.hateblo.jp/entry/20110704/1309789096>, 2018年7月26日最終確認
- 11) 池内孝啓, 鈴木たかのり, 石本敦夫, 小坂健二郎, 真嘉比愛: Pythonライブラリ厳選レシピ, 初版, 289, 技術評論社 (2015)
- 12) Pythonで電子メールする, <http://giraffe.topaz.ne.jp/wiki/doku.php/py:lesson17>, 2018年7月26日最終確認
- 13) 沓名亮典: Linuxシステム[実践]入門, 初版, 335-350, 技術評論社 (2013)

〔資料〕

## 石川県内における揮発性有機化合物による地下水汚染の 経年変化について（平成20～29年度）

石川県保健環境センター 環境科学部 岡田 真規子・川畑 陵介・吉田 秀一  
野口 邦雅

### 〔和文要旨〕

本県では水質汚濁防止法（昭和45年法律第138号）第16条第1項の規定に従い、毎年「石川県水質測定計画」を作成し、地下水の定期モニタリング調査を行い、県内の地下水の汚染状況を常時監視している。本稿はそのうち揮発性有機塩素化合物による汚染状況の平成20～29年度における経年変化についてまとめたものである。1,1-ジクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン、トリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンの調査項目で環境基準値を超過して検出した井戸数には減少傾向がみられた。

キーワード：揮発性有機塩素化合物，メッシュ，経年変化，地下水汚染

### 1 はじめに

本県では平成元年度より水質汚濁防止法（昭和45年法律第138号）第16条第1項の規定に従い、毎年「石川県水質測定計画」を作成し、概況調査、汚染井戸周辺地区調査、定期モニタリング調査<sup>1)</sup>を行い県内の地下水の汚染状況を常時監視してきた。

本報では、定期モニタリング調査において過去10年間で揮発性有機塩素化合物の検出が確認された井戸における検出項目の濃度レベルの経年変化をとりまとめた。

### 2 調査方法

#### 2・1 調査地点

「石川県水質測定計画」に従い、図1に示した概況調査図において県内を4kmメッシュに区分し、さらにこのメッシュを2kmメッシュに4分割し、4分割された区域を毎年順次変えて測定するローリング方式により調査井戸を選定し、『概況調査』を実施している。その結果、新たな汚染が発見された場合、『汚染井戸周辺地区調査』

を実施し、さらにそこで汚染が確認された井戸についてはその後汚染項目について『定期モニタリング調査』を継続的に実施している。本報告では定期モニタリング調査の井戸を調査の対象地点とする。

#### 2・2 調査項目

表1に年2回実施されている定期モニタリング調査において平成20年度から平成29年度の10年間に検出が確認された項目の検出状況を示す。検出項目は、クロロエチレン、ジクロロメタン、1,1-ジクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンの9項目であった。なお、ジクロロメタンの検出は、メッシュ35-⑤及び36-①の井戸であるが、採水所の室内汚染によるものであり地下水由来でないことが判明したため除外し、8項目を検出項目とした。

#### 2・3 分析法

試料の分析は「地下水の水質汚濁に係る環境基準」（平成9年3月環境庁告示第10号）に準じた。分析機器は、

---

Time Trend of Groundwater Pollution by Volatile Chlorinated Organic Compounds (VOCs) during the last ten years in Ishikawa Prefecture. by OKADA Makiko, KAWABATA Ryosuke, YOSHIDA Shuuichi and NOGUCHI Kunimasa (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Volatile chlorinated organic compounds, Mesh, Time trend, Groundwater pollution



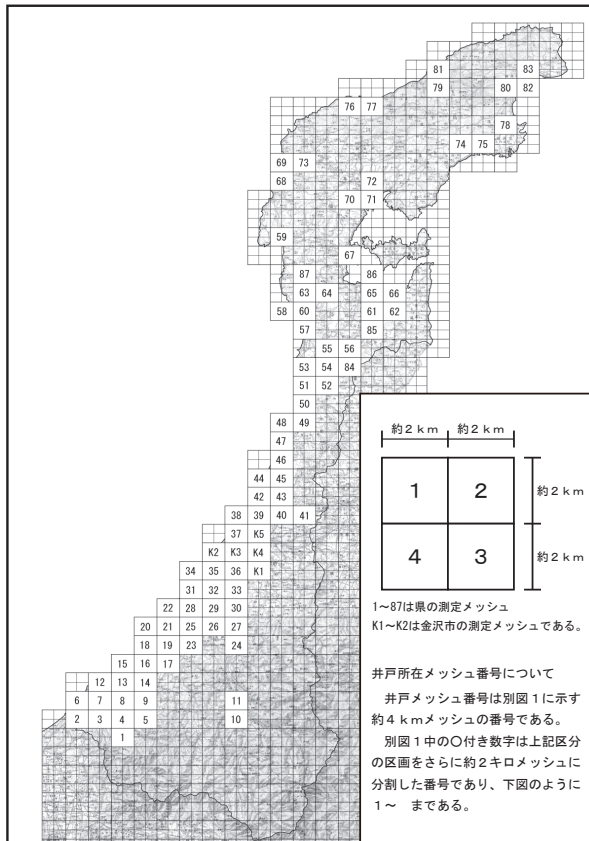


図1 概況調査区図

GC/MS (Thermo Fisher Scientific 製 Finnigan PolarisQ) を、パージ・トラップ濃縮導入装置 (AQUA PT 5000J) を用いた。

#### 2・4 数値の取扱い

##### (1) 報告下限値および環境基準値

報告下限値および環境基準値は表1に、地下水の水質汚濁に係る環境基準の改正による項目名及び環境基準値の変更等を表2に示す。

##### (2) 有効数字等

- ア 有効数字を2桁とし、3桁目以下を切り捨てる。
- イ 報告下限値の桁を下回る桁については切り捨てる。

### 3 調査結果

図2に調査項目が環境基準値を超過して検出したメッシュと環境基準値以下で検出したメッシュを示し、過去10年間と過去5年間の変化も比較した。クロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタンの3項目は、過去10年間と過去5年間で環境基準値を超過して検出した井戸を含むメッシュと環境基準値以下で検出したメッシュに変化はみられなかった。

図3から図9には、検出項目別に過去10年間に揮発性有機塩素化合物の検出があった井戸別に検出値の経年変化を示した。

表3に環境基準値超過井戸及び検出井戸の状況を過去

10年間と過去5年間についてとりまとめた。

シス-1,2-ジクロロエチレン及び1,2-ジクロロエチレンについては、平成22年度より調査項目のシス-1,2-ジクロロエチレンが削除され1,2-ジクロロエチレンが追加となったため、平成20年度と平成21年度にシス-1,2-ジクロロエチレンの検出値に0.02を加えた1,2-ジクロロエチレンの参考値を、平成22年度以降はシス-1,2-ジクロロエチレンの検出値を参考値として加えて表示した。ただし、いずれもトランス-1,2-ジクロロエチレンは検出下限値 (0.002mg/L) 未満で0.002mg/Lとして計算した。

筆者らの既報より<sup>2)</sup>、メッシュ14 (14-①: 1,1,1-トリクロロエタン、トリクロロエチレン) は1997年度から水槽活性炭吸着処理、メッシュ14 (14-②: 1,1-ジクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、トリクロロエチレン) は1998年度より簡易爆気等、メッシュ51 (51-①: シス-1,2-ジクロロエチレン) とメッシュ59 (59-①: クロロエチレン、1,1-ジクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン、トリクロロエチレン) は1998年度より揚水処理等の浄化処理対策が行われており、これらの対策の効果により汚染濃度に低下傾向がみられる場合もある。

#### 3・1 クロロエチレン

クロロエチレンの検出があるメッシュを図2に、井戸別の経年変化を図3に示した。過去8年間に検出があった井戸は19, 40, 51-②, 59-①でメッシュ別に各1井ずつの4井であった。そのうち過去8年間及び過去5年間に環境基準値 (0.002mg/L) を超過して検出があった井戸は19を除く3井であった。

#### 3・2 1,1-ジクロロエチレン

1,1-ジクロロエチレンの検出があるメッシュを図2に、井戸別の経年変化を図4に示した。過去10年間に検出があった井戸は14-②, 16, 51-③, 59-①でメッシュ別に各1井ずつの4井であった。そのうち環境基準値 (平成22年度より0.02mg/L→0.1mg/L) を超過して検出があった井戸は過去10年間に51-③の1井で、過去5年間にはなかった。

#### 3・3 シス-1,2-ジクロロエチレン及び1,2-ジクロロエチレン

シス-1,2-ジクロロエチレン及び1,2-ジクロロエチレンの検出があるメッシュを図2に、井戸別の経年変化を図5に示した。過去10年間に検出があった井戸は14-②, 19, 40, 59-①でメッシュ別に各1井ずつの4井、メッシュ51は51-(①, ②)、メッシュ77は77-(①, ②)、でメッシュ別に各2井ずつの4井で計8井であった。そのうち環境基準値 (平成21年度までシス-1,2-ジクロ

表 1-1 地下水定期モニタリングの検出状況 (揮発性有機塩素化合物)

井戸名	メッシュ	検出項目 <sup>1)</sup>	10年内5年内 超過超過	環境基準 <sup>2)</sup>	報告 下限値	A												B												C											
						H20前	H20後	H21前	H21後	H22前	H22後	H23前	H23後	H24前	H24後	H25前	H25後	H26前	H26後	H27前	H27後	H28前	H28後	H29前	H29後																
4	4	テトラクロロエチレン		0.01	<0.0005	0.0005	0.0006	<	0.0008	<	0.0005	0.0005	<	0.0005	<	0.0005	<	0.0009	0.0009	0.0012	0.0012	<	0.0013	0.0013	0.0006	0.0009															
14-①	14	1,1,1-トリクロロエタン		1	<0.0005	0.0079	0.0097	0.0040	0.0097	0.0045	0.0028	<	<	<	0.0006	0.0010	0.0008	<	0.0006	0.0006	0.0013	0.0006	0.0013	0.0006	0.0009	0.0013															
14-②	14	トリクロロエチレン	○	0.01(0.03)	<0.001	0.080	0.13	0.036	0.015	0.003	0.002	<	<	<	0.002	<	<	<	0.001	0.001	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001															
		1,1-ジクロロエチレン		0.1(0.02)	<0.002	<	0.004	<	<	0.002	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
		シス-1,2-ジクロロエチレン <sup>3)</sup>		0.04	<0.002	<	0.004	<	<	0.002	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
		1,2-ジクロロエチレン		0.04	<0.004	<	0.004	<	<	0.004	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
		1,1,1-トリクロロエタン		1	<0.0005	0.027	0.0057	0.0021	0.0023	0.0022	0.0023	0.0010	0.0010	0.0022	0.0032	0.0020	0.0013	0.0005	<	<	<	<	<	<	<	<															
		1,1,1-トリクロロエタン	○	0.01(0.03)	<0.001	0.018	0.017	0.005	0.009	0.010	0.003	0.003	0.003	0.002	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
14-③	14	トリクロロエチレン		0.01(0.03)	<0.001	0.006	0.004	<	<	0.005	0.006	0.004	0.004	0.006	0.006	0.005	0.003	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
		テトラクロロエチレン		0.01	<0.0005	<	<	<	<	<	0.0034	0.0022	0.0005	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
15	15	テトラクロロエチレン		0.01	<0.0005	0.0081	0.0078	0.0035	0.0015	0.0038	0.0050	0.0040	0.0040	0.0030	0.0038	0.0020	0.0015	0.0022	0.0027	0.0022	0.0020	0.0022	0.0021	0.0016	0.0012	0.0012															
16	16	1,1,1-トリクロロエタン		1	<0.0005	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
		1,1-ジクロロエチレン		0.1(0.02)	<0.002	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
19	19	クロロエチレン <sup>4)</sup>		0.002	<0.002	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
		シス-1,2-ジクロロエチレン <sup>3)</sup>		0.04	<0.002	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
		1,2-ジクロロエチレン		0.04	<0.004	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
		テトラクロロエチレン		0.01	<0.0005	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
31-①	31	1,1,1-トリクロロエタン		1	<0.0005	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
31-②	31	1,1,1-トリクロロエタン		1	<0.0005	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
32-①	32	テトラクロロエチレン		0.01	<0.0005	0.0024	0.0031	0.0018	0.0013	0.0011	0.0008	0.0009	0.0008	0.0009	<	0.0009	0.0006	0.0005	0.0009	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	<	<	<															
32-②	32	テトラクロロエチレン		0.01	<0.0005	0.0006	0.0006	<	0.0005	<	<	<	<	<	0.0005	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
32-③	32	テトラクロロエチレン		0.01	<0.0005	0.0032	0.0044	0.0021	0.0022	0.0019	0.0015	0.0014	0.0009	0.0020	0.0012	0.0009	0.0011	0.0006	0.0013	廃止	<	<	<	<	<	<															
32-④	32	テトラクロロエチレン		0.01	<0.0005	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
35-①	35	テトラクロロエチレン		0.01	<0.0005	0.0009	0.0012	0.0007	<	0.0008	0.0008	0.0006	0.0006	0.0005	0.0007	0.0006	0.0005	0.0006	0.0008	0.0011	0.0007	0.0010	0.0006	0.0008	0.0005	0.0005															
35-②	35	1,1,1-トリクロロエタン		1	<0.0005	0.0005	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
35-③	35	テトラクロロエチレン		0.01	<0.0005	0.0069	0.0068	0.0057	0.0065	0.0032	0.0033	0.0034	0.0022	0.0029	0.0022	0.0022	0.0024	0.0023	0.0023	0.0025	0.0021	0.0027	0.0019	0.0022	0.0021																
35-④	35	テトラクロロエチレン		0.01	<0.0005	0.0006	0.0009	0.0005	0.0012	0.0005	<	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005															
35-⑤	35	1,1,1-トリクロロエタン		1	<0.0005	0.0056	0.0027	0.0025	0.0012	0.0013	0.0011	0.0009	0.0007	0.0010	0.0007	0.0010	0.0007	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005															
35-⑥	35	ジクロロメタン		0.02	<0.002	0.004	<	0.002	<	0.010	<	<	<	<	<	0.0012	0.0008	0.0010	0.0009	0.0010	0.0011	0.0009	0.0011	0.0009	0.0008																
35-⑦	35	1,1,1-トリクロロエタン		1	<0.0005	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
35-⑧	35	テトラクロロエチレン		0.01	<0.0005	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
35-⑨	35	1,1,1-トリクロロエタン		1	<0.0005	0.0042	0.0040	0.0040	0.0043	0.0047	0.0030	0.0022	0.0015	0.0015	0.0070	0.0013	0.0013	0.0012	0.0008	0.0009	0.0011	0.0016	0.0012	0.0014	0.0010																
35-⑩	35	トリクロロエチレン		0.01	<0.0005	0.0009	0.0011	0.0013	0.0016	0.0009	0.0006	0.0008	0.0006	0.0007	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0005	0.0008	0.0007	0.0006	0.0006															
35-⑪	35	1,1,1-トリクロロエタン		1	<0.0005	0.0066	0.0032	0.0024	0.0012	0.0020	<	0.0008	0.0005	0.0005	0.0014	<	0.0005	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
35-⑫	35	トリクロロエチレン		0.01(0.03)	<0.001	0.005	0.004	0.003	0.004	0.002	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
35-⑬	35	1,1,1-トリクロロエタン		1	<0.0005	0.008	0.008	0.006	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.004	0.003	0.004	0.003	0.002	0.004	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002																
35-⑭	35	テトラクロロエチレン		0.01	<0.0005	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															
35-⑮	35	1,1,1-トリクロロエタン		1	<0.0005	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<															

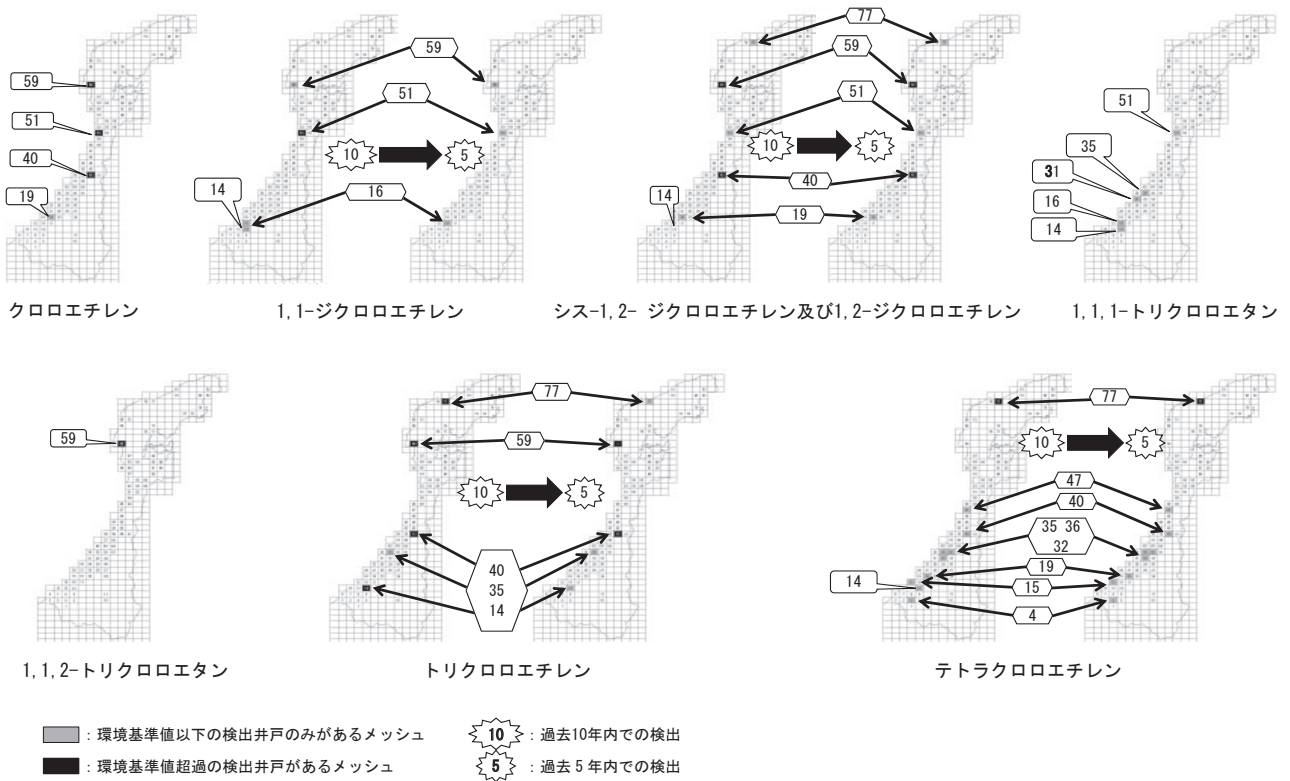
1), 2) : 地下水の水質汚濁に係る環境基準の改正による変更以前の項目名及び基準値の変更を( )内に示す。  
 3) : 地下水の水質汚濁に係る環境基準の改正による変更後の参考値を( )内に示す。  
 4) : 地下水の水質汚濁に係る環境基準の改正による変更があった項目  
 < : 検出下限未満  
 ○ : 塩化ビニルモノマーからクロロエチレンに名称変更 (H29.4.1)

環境基準値超過



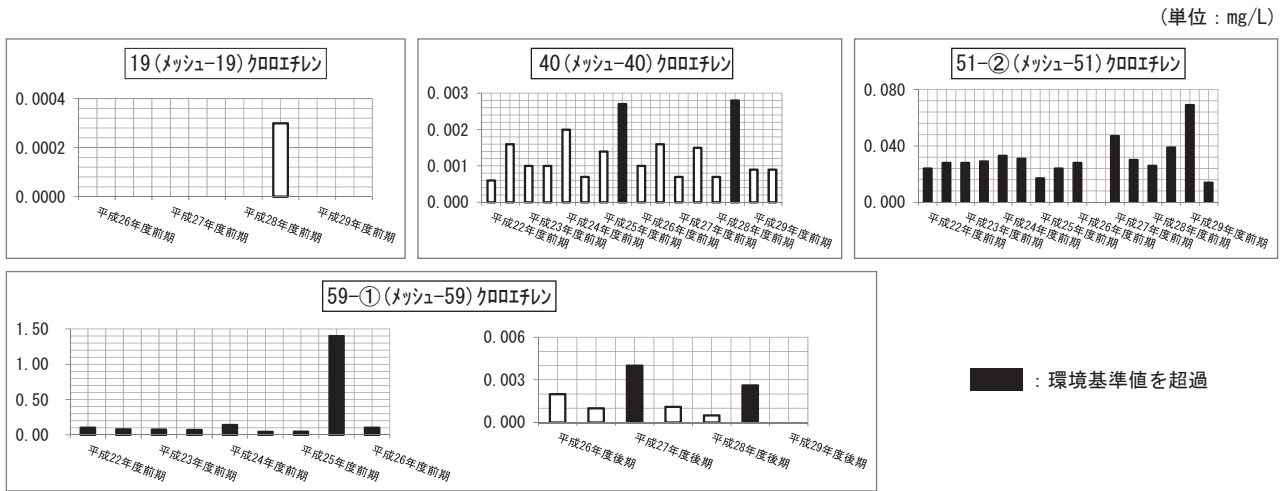
表 2 地下水の水質汚濁に係る環境基準の改正による項目名及び環境基準値の変更等

告示	施行日	変更の項目名	変更点	詳細
平成 21 年 11 月 30 日付け環境省告示第 79 号	平成 21 年 11 月 30 日	塩化ビニルモノマー 1,1-ジクロロエチレン 1,2-ジクロロエチレン シス-1,2-ジクロロエチレン	項目追加 環境基準値変更 項目追加 項目削除	[0.002mg/L] (環境基準値) [0.02mg/L] → [0.1mg/L] [0.04mg/L] (環境基準値) [0.04mg/L] (環境基準値)
平成 26 年 11 月 17 日付け環境省告示第 127 号	平成 26 年 11 月 17 日	トリクロロエチレン	環境基準値変更	[0.03mg/L] → [0.01mg/L]
平成 28 年 3 月 29 日付け環境省告示第 127 号	平成 29 年 4 月 1 日	塩化ビニルモノマー	項目名変更	塩化ビニルモノマー → クロロエチレン



注) クロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタンの検出があったメッシュでは、過去10年間で過去5年間で環境基準値超過検出と環境基準値以下の検出に変化はなかった。

図 2 揮発性有機化合物の検出項目の環境基準値超過検出と環境基準値以下の検出があったメッシュの過去10年間と過去5年間での変化



注) : 平成 22 年度より塩化ビニルモノマーとして新たな項目として追加され、平成 29 年度より名称がクロロエチレンに変更

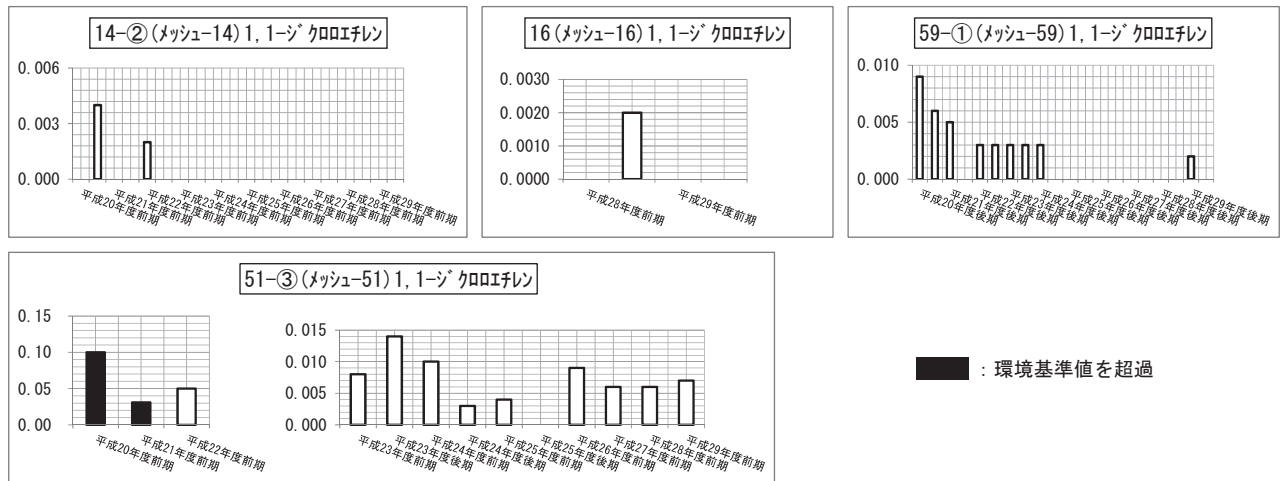
図 3 クロロエチレンの検出値の経年変化



表3 環境基準値超過井戸及び検出井戸の状況

	環境基準値超過井戸				検出井戸			
	過去10年間		過去5年間		過去10年間		過去5年間	
クロロエチレン	40, 51-②, 59-①	3井	40, 51-②, 59-①	3井	19, 40, 51-②, 59-①	4井	19, 40, 51-②, 59-①	4井
1,1-ジクロロエチレン	51-③	1井		0井	14-②, 16, 59-①, 51-③	4井	16, 59-①, 51-③	3井
シス-1,2-ジクロロエチレン 1,2-ジクロロエチレン	40, 51-①, 59-①, 77-①	4井	40, 59-①	2井	14-②, 19, 40, 51-①, 51-②, 59-①, 77-①, 77-②	8井	19, 40, 51-①, 51-②, 59-①, 77-①	6井
1,1,1-トリクロロエタン		0井		0井	14-①, 14-②, 16, 31-①, 31-②, 35-②, 35-④, 35-⑥, 35-⑦, 35-⑧, 35-⑪, 35-⑫, 35-⑬, 35-⑰, 35-⑱, 51-③	16井	14-①, 14-②, 16, 31-①, 31-②, 35-④, 35-⑥, 35-⑦, 35-⑧, 35-⑪, 35-⑫, 35-⑬, 35-⑰, 35-⑱, 51-③	15井
1,1,2-トリクロロエタン	59-②	1井	59-②	1井	59-②	1井	59-②	1井
トリクロロエチレン	14-①, 40, 59-①, 77-①	4井	40, 59-①	2井	14-①, 14-②, 14-③, 35-⑨, 35-⑩, 40, 59-①, 77-①	8井	14-①, 14-③, 35-⑨, 35-⑩, 40, 59-①, 77-①	7井
テトラクロロエチレン	77-①, 77-②	2井	77-①	1井	4, 14-③, 15, 19, 32-①, 32-②, 32-③, 32-④, 35-①, 35-②, 35-③, 35-④, 35-⑥, 35-⑦, 35-⑪, 35-⑫, 35-⑬, 35-⑭, 35-⑮, 35-⑯, 35-⑰, 35-⑱, 35-⑲, 35-⑳, 35-㉑, 36-①, 36-②, 36-③, 36-④, 40, 47, 77-①, 77-②, 77-③	34井	4, 15, 19, 32-①, 32-③, 32-④, 35-①, 35-②, 35-③, 35-④, 35-⑥, 35-⑦, 35-⑪, 35-⑫, 35-⑬, 35-⑭, 35-⑮, 35-⑯, 35-⑰, 35-⑱, 35-⑲, 35-⑳, 35-21, 36-①, 36-②, 36-③, 36-④, 40, 47, 77-①, 77-②, 77-③	32井

(単位 : mg/L)



注) 1,1-ジクロロエチレンの環境基準値は平成22年度より、0.02mg/Lから0.1mg/Lに変更

図4 1,1-ジクロロエチレンの検出値の経年変化

エチレンとして0.04mg/L, 平成22年度より1,2-ジクロロエチレンとして0.04mg/L)を超過して検出があった井戸は過去10年間に40, 51-①, 59-①, 77-①の4井で、過去5年間に40, 59-①の2井であった。51-①は、環境基準値(シス-1,2-ジクロロエチレンとして0.04mg/L)を超過して検出があったが平成22年度より廃止となった。

過去5年間に環境基準値を超過して検出があった40, 59-①は過去5年間にクロロエチレンの環境基準値を超過して検出があった井戸と同一井戸であった。

3・4 1,1,1-トリクロロエタン

1,1,1-トリクロロエタンの検出があるメッシュを図2に、井戸別の経年変化を図6に示した。過去10年間に検出があった井戸は、16, 51-③でメッシュ別に各1井ずつ

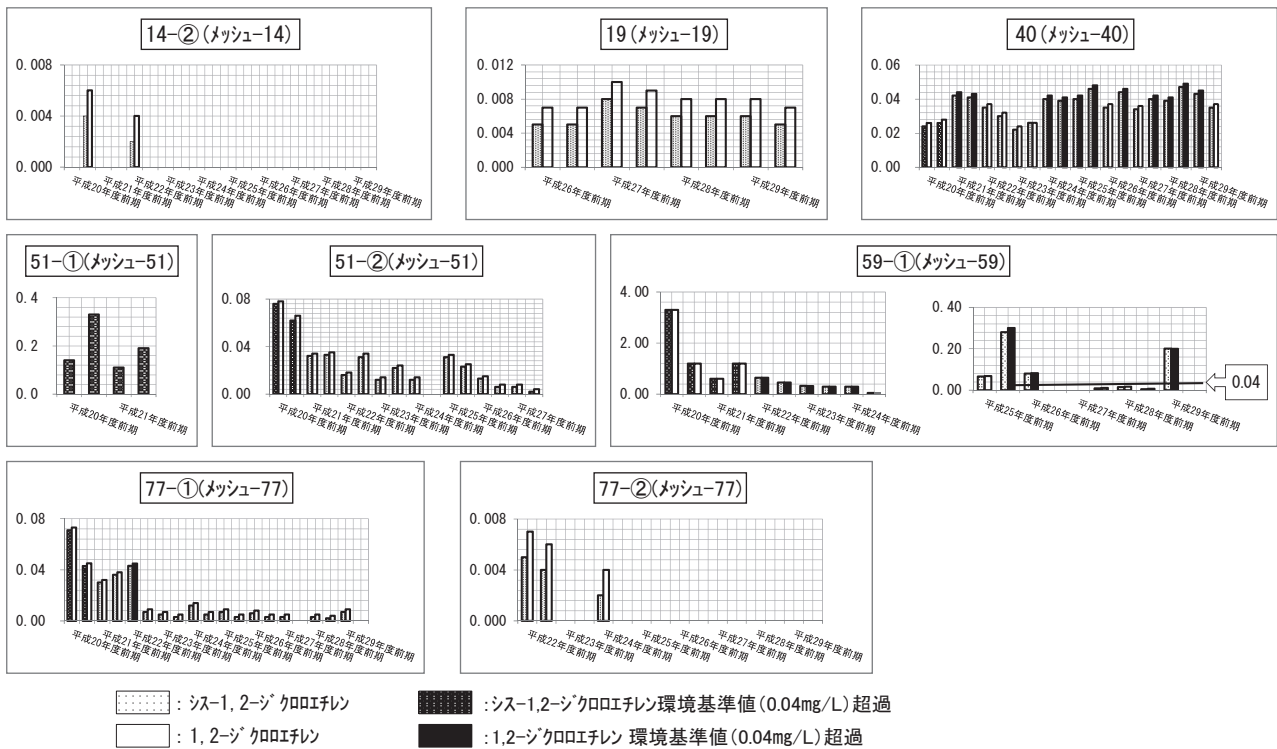
の2井、メッシュ14では14-(①, ②), メッシュ31では31-(①, ②)でメッシュ別に各2井ずつの4井、メッシュ35では35-(②, ④, ⑥, ⑦, ⑧, ⑪, ⑫, ⑬, ⑰, ⑱)の10井で計16井であった。環境基準値(1mg/L)を超過して検出した井戸はなかった。

3・5 1,1,2-トリクロロエタン

1,1,2-トリクロロエタンの検出があるメッシュを図2に、井戸別の経年変化を図7に示した。過去10年間に検出があった井戸は59-②の1井のみで平成28年度後期に環境基準値(0.006mg/L)を超過して検出したが、平成29年度に廃止となった。この井戸は、1,1,1-トリクロロエタンの検出により定期モニタリング調査の対象となった。同一メッシュにある59-①ではトリクロロエチレンが過去に高い値で環境基準値(平成27年度より0.03mg/L)



(単位: mg/L)



注) : 項目名は平成22年度からシス-1,2-ジクロロエチレンが廃止で、新たに1,2-ジクロロエチレンが追加され、グラフには参考値としてシス-1,2-ジクロロエチレンの値に0.002を加えた1,2-ジクロロエチレンとシス-1,2-ジクロロエチレンの値を追加した

図5 シス-1,2-ジクロロエチレン及び1,2-ジクロロエチレンの検出値の経年変化

Lから0.01mg/Lに変更)を超過して検出していたが、その関連性は不明である。

### 3.6 トリクロロエチレン

トリクロロエチレンの検出があるメッシュを図2に、井戸別の経年変化を図8に示した。過去10年間に検出があった井戸は40、59-①、77-①でメッシュ別に各1井ずつの3井、メッシュ35では35-(⑨、⑩)の2井、メッシュ14では14-(①、②、③)の3井で計8井であった。そのうち環境基準値(平成27年度より0.03mg/Lから0.01mg/Lに変更)を超過して検出があった井戸は過去10年間に14-①、40、59-①、77-①の4井で、過去5年間に40、59-①の2井であった。

過去5年間に環境基準値を超過して検出があった40、59-①は過去5年間にクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレンの環境基準値を超過して検出があった井戸と同一井戸であった。

### 3.7 テトラクロロエチレン

テトラクロロエチレンの検出があるメッシュを図2に、井戸別の経年変化を図9に示した。過去10年間に検出があった井戸は4、14-③、15、19、40、47でメッシュ別に各1井ずつの6井、メッシュ77では77-(①、②、③)の3井、メッシュ32では32-(①、②、③、④)、メッシュ36では36-(①、②、③、④)でメッシュ別に各4井ずつの8井、メッシュ35は35-(①、②、③、④、⑥、⑦、

⑪、⑫、⑬、⑭、⑮、⑯、⑰、⑱、⑲、⑳、㉑)の17井で計34井あった。そのうち環境基準値(0.01mg/L)を超過して検出した井戸は過去10年間に77-(①、②)の2井で、過去5年間に77-①の1井のみだった。

メッシュ35で1,1,1-トリクロロエタンの検出があった10井のうち35-⑧をのぞく35-②、④、⑥、⑦、⑪、⑫、⑬、⑰、⑱の9井でテトラクロロエチレンの検出があった。

## 4 まとめ

- (1) 過去5年間にクロロエチレンが環境基準値を超過したのは3井であり、このうち、2井は過去5年間にシス-1,2-ジクロロエチレンの環境基準値とトリクロロエチレンの環境基準値も超過して検出されていた。
- (2) 1,1-ジクロロエチレンと1,1,1-トリクロロエタンは、過去5年間に環境基準値を超過しての検出はなかつたが、過去10年間には、1,1-ジクロロエチレンが環境基準値を超過して検出した井戸が1井存在した。
- (3) シス-1,2-ジクロロエチレン及び1,2-ジクロロエチレンが環境基準値を超過した井戸は過去10年間に4井あり、過去5年間では2井に減少した。
- (4) メッシュ35では、過去10年間にテトラクロロエチレンが17井、1,1,1-トリクロロエタンが10井で環境基準値以下で検出された。1,1,1-トリクロロエタンが

(単位：mg/L)

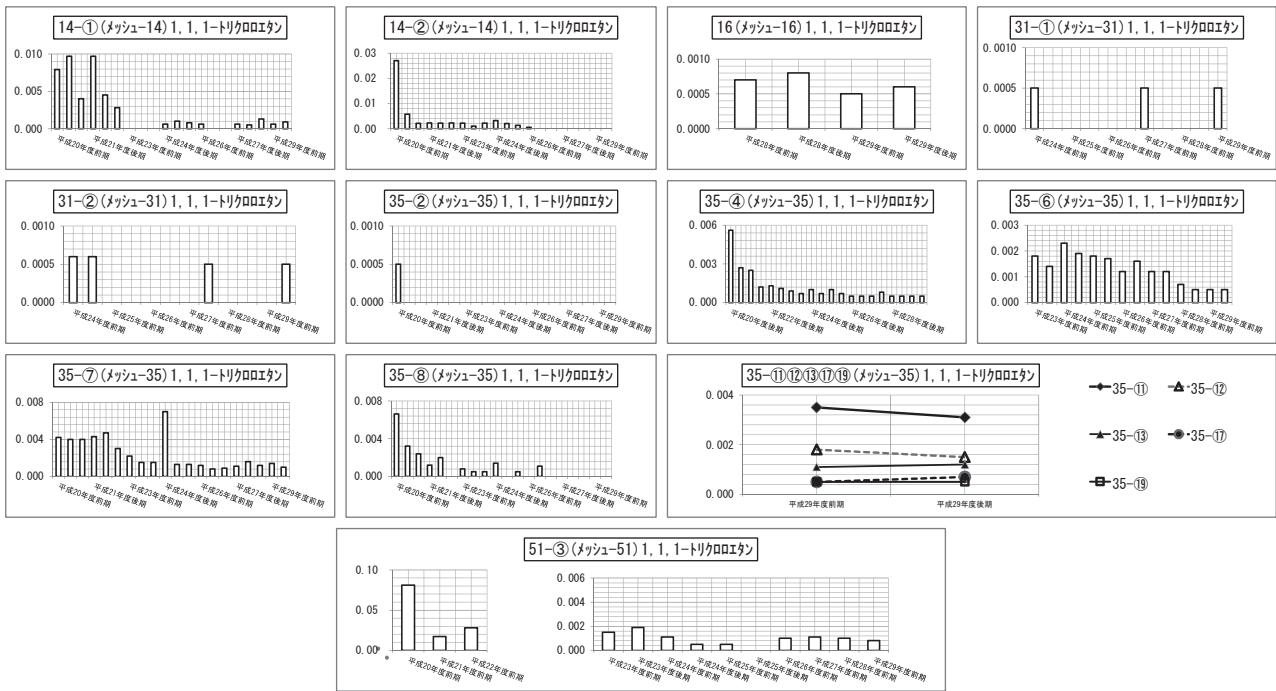


図6 1,1,1-トリクロロエタンの検出値の経年変化

(単位：mg/L)

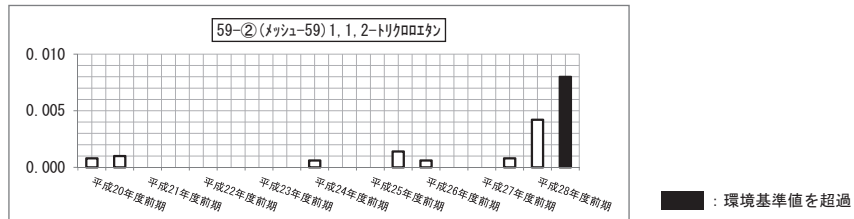
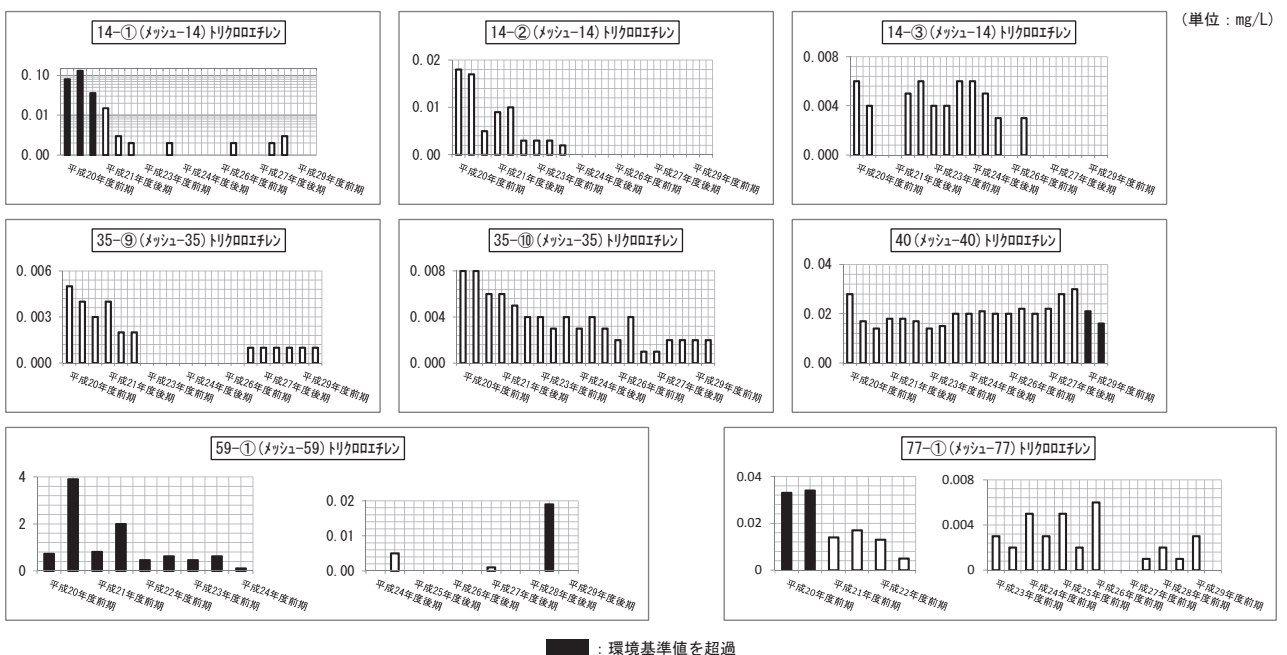


図7 1,1,2-トリクロロエタンの検出値の経年変化



注) トリクロロエチレンの環境基準値は平成29年度より0.03mg/Lから0.01mg/Lに変更

図8 トリクロロエチレンの検出値の経年変化

(単位: mg/L)

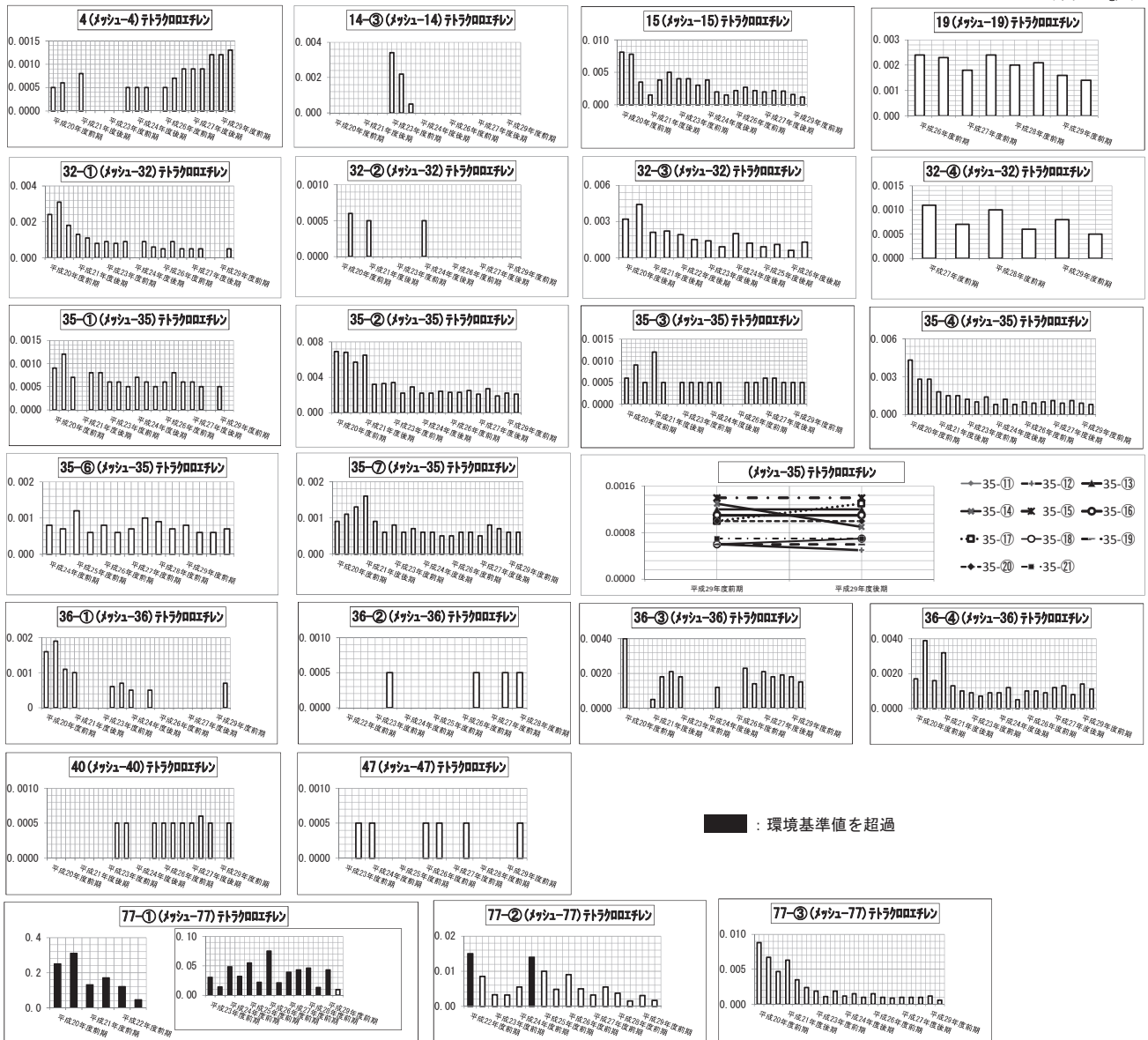


図 9 テトラクロロエチレンの検出値の経年変化

検出された10井のうち9井ではテトラクロロエチレンも検出されていた。

- (5) トリクロロエチレンが環境基準値を超過して検出があった井戸は過去10年間には4井であり、過去5年間には2井に減少した。
- (6) テトラクロロエチレンが環境基準値を超過して検出があった井戸は、過去10年間には2井であったが、過去5年間には1井に減少した。

## 文 献

- 1) 橋本潤子, 初瀬裕, 橋田哲郎, 柴野昭: 石川保環研報, 40, 103-108 (2003)
- 2) 岡田真規子, 杉森耕益, 山田肇, 小西秀則: 石川県の地下水汚染の現状及びその浄化対策について, 第33回環境保全・公害防止研究発表会講演要旨集, 74-75 (2006)

〔資料〕

## 志賀原子力発電所30km圏内における環境試料中 放射能濃度の現状把握（第4報）

石川県保健環境センター 環境科学部 内川 慎互・小浦 利弘・鶴谷 亮太  
河野 隆史・宮竹 智代・中谷 光

### 〔和文要旨〕

東京電力(株)福島第一原子力発電所事故を受けて、原子力発電所周囲のより広範囲の環境放射能監視調査が必要とされてきた中、本県では、平成2年度より実施している志賀原子力発電所10km圏内の調査に加え、平成25～29年度に志賀原子力発電所10～30km圏内における環境試料中放射能濃度の現状把握を目的とした調査を実施した。志賀原子力発電所30km圏内における環境試料中のセシウム-137（以下Cs-137とする。）及びストロンチウム-90（以下Sr-90とする。）の放射能濃度に特異的な傾向は見られず、いずれも全国の調査結果と同程度であることが確認された。この結果は、原子力発電所事故等の緊急事態における緊急時モニタリングの結果を評価するための有効な基礎資料になると考えられた。

キーワード：環境放射能, Cs-137, Sr-90

### 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10km圏内における環境試料中の放射能監視調査（以下「原電監視調査」という。）を実施してきた。一方、国では平成23年3月に発生した東京電力(株)福島第一原子力発電所事故を受け、平成24年10月に「原子力災害対策指針」<sup>1)</sup>を定め、同指針において原子力災害対策重点区域を原子力施設周辺30kmとしたところであるが、平成30年4月に「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）」<sup>2)</sup>が定められるまで環境試料中の放射能調査の方針については明確に示されていなかった。

そこで本県では、平成25～29年度に志賀原子力発電所周辺10～30km圏内において、環境試料中における放射能濃度の現状把握調査（以下、「バックグラウンド

調査」という。）を実施した<sup>3)-5)</sup>。調査の対象とした核種は、原電監視調査で対象としているものと同様とした（ガンマ線放出核種：Cr-51, Mn-54, Fe-59, Co-58, Co-60, Cs-134, Cs-137 ベータ線放出核種：Sr-90, H-3）。

これまでの調査で、海洋試料の魚からCs-137が検出され、Sr-90は検出されない傾向があること<sup>3)</sup>及び陸上試料の松葉及び海洋試料のホンダワラは、Cs-137, Sr-90ともに検出率が高く、優れた指標植物（海産物）となりうることが確認された<sup>4)</sup>。また、土壌中のSr-90の濃度は、Cs-137と比べ低いにも関わらず、穀類以外の多くの野菜試料から検出される傾向にあることが分かってきた<sup>5)</sup>。

調査した核種の中でも、長半減期核種であるCs-137（半減期：30.1年）及びSr-90（半減期：28.8年）は、過去に行われた大気圏内核実験等の影響により環境中に現在も残存しており、この2核種の環境試料中のバックグラ

---

Survey of Radioactivity Level of the Environmental Samples Collected within the 30km Zone around the Shika Nuclear Power Plant. by UCHIKAWA Shingo, KOURA Toshihiro, TSURUYA Ryota, KAWANO Takafumi, MIYATAKE Tomoyo and NAKATANI Mitsuru (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Environmental radioactivity, Cs-137, Sr-90



ウンドレベルを把握しておくことは原子力発電所事故等の緊急事態における緊急時モニタリングの結果を評価するために重要であると考えられる。

本報では、5年間のバックグラウンド調査の結果から、Cs-137及びSr-90の結果をとりまとめ、これまでの原電監視調査の結果<sup>6)-9)</sup>及び全国の原子力施設周辺環境放射線モニタリング調査結果<sup>10)</sup>と比較したので報告する。

## 2 調査方法

### 2.1 試料採取

調査は、陸上試料(穀類、果菜類、葉茎菜類、根菜類、その他野菜(果実的野菜、香辛野菜及び果実)、土壌及び水道水)を対象とした。なお、農産物の分類については、「農林水産省の生産出荷の統計」に基づき行った。

調査の対象とした農産物については、石川県原子力防災計画(資料編)の地区別環境試料(特産品)を参考に市町における地区ごとの農産物について収穫の状況等を考慮して選定した。調査の対象とした農産物の種類を表1に示す。

また、試料採取地点及び試料の種類を図1に示す。

表1 農産物の種類

分類	農産物の種類
穀類	精米、玄米
果菜類	大豆、冬瓜、とまと、なす、きゅうり、かぼちゃ
葉茎菜類	白菜、キャベツ、中島菜、ねぎ、玉ねぎ、アスパラガス、レタス、小松菜
根菜類	大根、蕪、赤大根、にんじん、じゃがいも、里芋、薩摩芋、自然薯
果実的野菜	すいか
香辛野菜	生姜
果実	こる柿、りんご、柚子、ぶどう

### 2.2 分析方法

農産物のうち大根及び蕪については根部及び葉部、その他の試料については可食部を分析に供した。土壌及び水道水については採取試料全体を分析に供した。

これらの試料について、ガンマ線核種分析及び放射化学分析により、それぞれガンマ線放出核種(Cs-137)及びベータ線放出核種(Sr-90)の分析を行った。

#### (1) ガンマ線核種分析

穀類、果菜類、葉茎菜類、根菜類、その他野菜(果実的野菜、香辛野菜及び果実)については、105℃で十分に乾燥後、灰化炉により450℃以下で灰化し分析に供した。土壌については、105℃で十分に乾燥後、2mmメッシュのふるいに通した後、乳鉢を用いて粉碎し250µmメッシュのふるいに通したものを分析に供した。水道水については、蒸発濃縮法<sup>11)</sup>により濃縮し寒天を加えて固めたものを分析に供した。

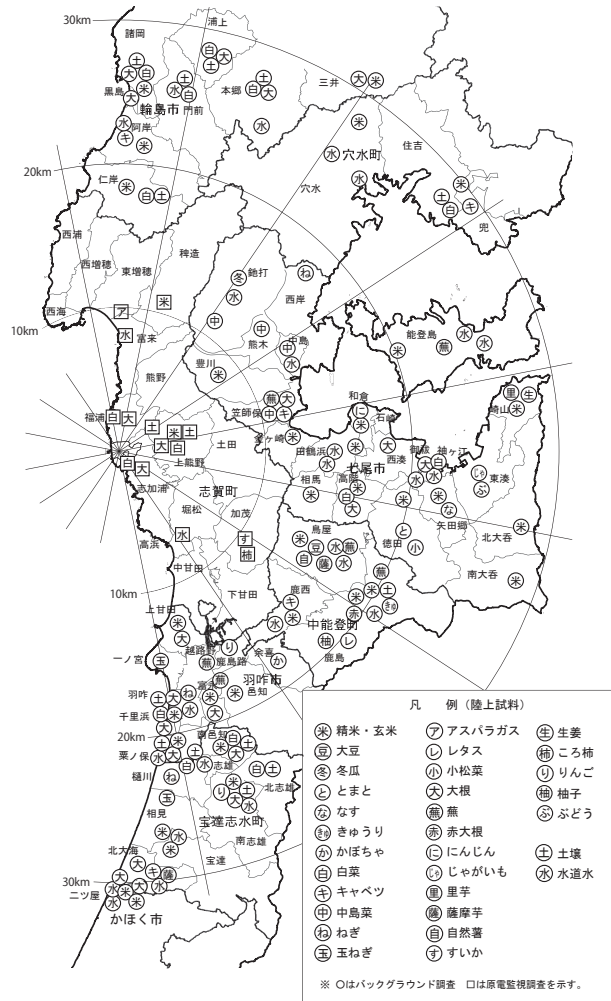


図1 環境試料採取地点図

分析は、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」<sup>12)</sup>に基づき、ゲルマニウム半導体検出器(CANBERRA製GC4519, GX4520又はGC4019)及び波高分析器(SEIKO EG&G製MCA7600)により行った。測定時間は80,000秒とし、Cs-137は、さらに詳細に確認するため必要に応じて最大で400,000秒まで測定時間を延長して測定した。

#### (2) 放射化学分析

文部科学省放射能測定法シリーズ「放射性ストロンチウム分析法」<sup>13)</sup>に基づき、低バックグラウンドβ線自動測定装置(日立アロカメディカル社製LBC-4202B)により分析を行った。

## 3 結果と考察

表2に志賀町を除く志賀原子力発電所周辺10~30km圏内における市町の地区ごとの環境試料とその調査結果を示す。なお、バックグラウンド調査ではCs-137及びSr-90以外の人工放射性核種については検出されなかった。原子力発電所事故等の緊急時には、空間線量率が一



表2-1 地区単位ごとの調査結果(輪島市)

市町	地区	分類	種類	検体数	Cs-137	Sr-90	単位
輪島市	三井	穀類	精米	1	0.024	ND	Bq/kg生
		根菜類	大根-根部	1	ND	0.021	Bq/kg生
	阿岸	穀類	精米	1	0.0059	ND	Bq/kg生
		葉茎菜類	キャベツ	1	ND	0.014	Bq/kg生
		水道水(原水)	表流水	1	ND	1.4	mBq/L
	仁岸	穀類	精米	2	ND~0.021	ND	Bq/kg生
		葉茎菜類	白菜	2	ND~0.022	0.053~0.20	Bq/kg生
		土壌(畑地)		1	8.4	0.52	Bq/kg乾土
	黒島	根菜類	大根-根部	1	ND	0.036	Bq/kg生
		根菜類	大根-葉部	1	0.016	0.093	Bq/kg生
		葉茎菜類	白菜	1	ND	0.026	Bq/kg生
	門前	土壌(畑地)		1	11	0.90	Bq/kg乾土
		水道水(浄水)		1	ND	1.2	mBq/L
	本郷	葉茎菜類	白菜	1	ND	0.014	Bq/kg生
		根菜類	大根-根部	1	ND	0.018	Bq/kg生
		土壌(畑地)		1	18	0.51	Bq/kg乾土
		水道水(原水)	表流水	1	ND	1.0	mBq/L
	浦上	葉茎菜類	白菜	1	ND	0.078	Bq/kg生
		根菜類	大根-根部	1	ND	0.068	Bq/kg生
		土壌(畑地)		1	11	2.0	Bq/kg乾土
諸岡	穀類	精米	1	0.0081	ND	Bq/kg生	
	葉茎菜類	白菜	1	0.016	0.12	Bq/kg生	
	根菜類	大根-根部	1	ND	0.055	Bq/kg生	
	根菜類	大根-葉部	1	ND	0.20	Bq/kg生	
	土壌(畑地)		1	3.8	0.83	Bq/kg乾土	

ND：不検出(測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

表2-2 地区単位ごとの調査結果(穴水町)

市町	地区	分類	種類	検体数	Cs-137	Sr-90	単位
穴水町	穴水	穀類	精米	1	ND	ND	Bq/kg生
		水道水(原水)	表流水	1	ND	1.3	mBq/L
		水道水(浄水)		1	ND	0.75	mBq/L
	住吉	穀類	精米	1	0.023	ND	Bq/kg生
		葉茎菜類	白菜	1	ND	0.018	Bq/kg生
		土壌(畑地)		1	ND	0.30	Bq/kg乾土
	兜	葉茎菜類	キャベツ	1	ND	ND	Bq/kg生

ND：不検出(測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

定の基準を超えた地区において飲食物中の放射性核種濃度の分析を行い、その結果により飲食物の摂取制限が行われる。このため、地区ごとにとりまとめたこれらのバックグラウンドデータは、緊急時における事故等の影響を評価する上で重要なものになると考えられる。

次にこれら地区単位ごとの環境試料の調査結果について、特異的な値がないかを確認するため、志賀原子力発電所周辺10km圏内における原電監視調査の結果と比較した。また、全国における同種類の環境試料と比較するため、全国の原子力施設周辺環境放射線モニタリング調査結果<sup>10)</sup>と比較した。なお、比較対象とした全国の調査結果については、石川県では福島第一原発事故の影響をほとんど受けていないことから、事故以前の平成20~

22年度の調査結果とした。

表3にCs-137の、表4にSr-90の各調査結果を並べて示す。

表3及び表4の結果から、バックグラウンド調査と原電監視調査の環境試料中の放射能濃度は同程度であり、30km圏内の放射能濃度に特異的な傾向はないことが確認された。また、調査したすべての試料において、Cs-137及びSr-90ともに全国の調査結果<sup>10)</sup>と同程度の濃度であることが確認された。なお、果菜類の大豆(乾燥)のCs-137濃度が、全国の調査結果の最大値である0.26Bq/kg生(小豆)<sup>10)</sup>と比較して0.35Bq/kg生とやや高い値となった。また、その他野菜(柚子)のSr-90濃度が、全国の調査結果の最大値である0.06Bq/kg生(ぼ

表2-3 地区単位ごとの調査結果(七尾市)

市町	地区	分類	種類	検体数	Cs-137	Sr-90	単位	
	袖ヶ江	水道水(浄水)		1	ND	0.83	mBq/L	
	御祓	葉茎菜類	白菜	1	ND	ND	Bq/kg生	
		根菜類	大根-根部	1	ND	0.013	Bq/kg生	
	徳田	穀類	精米	1	0.026	ND	Bq/kg生	
		果菜類	とまと	1	ND	ND	Bq/kg生	
		葉茎菜類	小松菜	1	ND	0.052	Bq/kg生	
	矢田郷	穀類	精米	1	0.029	ND	Bq/kg生	
		果菜類	なす	1	ND	0.010	Bq/kg生	
	東湊	水道水(原水)	地下水	1	ND	ND	mBq/L	
		根菜類	じゃがいも	1	0.073	0.036	Bq/kg生	
	西湊	果実	ぶどう	1	ND	0.029	Bq/kg生	
		根菜類	大根-根部	1	ND	ND	Bq/kg生	
	和倉	穀類	精米	2	0.012~0.34	ND	Bq/kg生	
		穀類	玄米	1	0.086	ND	Bq/kg生	
		根菜類	にんじん	1	ND	0.024	Bq/kg生	
	南大呑	穀類	精米	1	0.012	ND	Bq/kg生	
	北大呑	穀類	精米	1	ND	ND	Bq/kg生	
		穀類	精米	2	ND~0.0044	ND	Bq/kg生	
	崎山	穀類	玄米	1	0.015	ND	Bq/kg生	
		根菜類	里芋	1	0.049	ND	Bq/kg生	
		香辛野菜	生姜	1	ND	ND	Bq/kg生	
	高階	穀類	精米	2	0.012~0.022	ND	Bq/kg生	
		穀類	玄米	1	0.11	0.016	Bq/kg生	
		葉茎菜類	白菜	1	ND	0.017	Bq/kg生	
		根菜類	大根-根部	1	ND	ND	Bq/kg生	
	田鶴浜	水道水(原水)	地下水	1	ND	ND	mBq/L	
		水道水(浄水)		1	ND	ND	mBq/L	
	相馬	穀類	精米	1	0.017	ND	Bq/kg生	
	金ヶ崎	穀類	精米	1	0.014	ND	Bq/kg生	
		根菜類	蕪-根部	1	ND	0.014	Bq/kg生	
	能登島	穀類	精米	2	ND~0.011	ND	Bq/kg生	
		穀類	玄米	1	0.028	ND	Bq/kg生	
		水道水(原水)	地下水	1	ND	ND	mBq/L	
	西岸	水道水(浄水)		1	ND	0.79	mBq/L	
		葉茎菜類	ねぎ	1	ND	0.062	Bq/kg生	
	鈍打	果菜類	冬瓜	1	ND	0.011	Bq/kg生	
		葉茎菜類	中島菜	1	ND	0.018	Bq/kg生	
	熊木	水道水(原水)	表流水	1	ND	0.81	mBq/L	
		葉茎菜類	中島菜	1	ND	0.051	Bq/kg生	
	中島	葉茎菜類	中島菜	1	ND	ND	Bq/kg生	
		水道水(浄水)		1	ND	0.87	mBq/L	
	笠師保	豊川	穀類	精米	1	0.014	ND	Bq/kg生
		葉茎菜類	キャベツ	1	ND	ND	Bq/kg生	
		葉茎菜類	中島菜	1	ND	ND	Bq/kg生	
		根菜類	大根-根部	1	ND	0.025	Bq/kg生	
		根菜類	蕪-根部	1	ND	ND	Bq/kg生	

ND：不検出(測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

んかん)<sup>10)</sup>と比較して0.079Bq/kg生とやや高い値となった。これらについては、いずれも低い放射能濃度であり、全国の調査結果の最大値との大きな差はないことから、特に問題はないと考えられた。

以上のことから、表2、表3及び表4でとりまとめた

結果については、志賀原子力発電所周辺30km圏内における環境試料中のCs-137及びSr-90のバックグラウンドを示していると考えられ、原子力発電所事故等の緊急事態における緊急時モニタリングの結果を評価するための有効な基礎資料となると考えられた。

表2-4 地区単位ごとの調査結果(中能登町)

市町	地区	分類	種類	検体数	Cs-137	Sr-90	単位
中能登町	鳥屋	穀類	精米	1	0.010	ND	Bq/kg生
		穀類	玄米	1	0.049	ND	Bq/kg生
		果菜類	大豆(乾燥)	1	0.35	0.25	Bq/kg生
		根菜類	蕪-根部	1	ND	ND	Bq/kg生
		根菜類	薩摩芋	1	ND	0.022	Bq/kg生
		根菜類	自然薯	1	ND	0.030	Bq/kg生
		水道水(原水)	地下水	1	ND	ND	mBq/L
		水道水(浄水)		1	ND	ND	mBq/L
	鹿島	穀類	精米	2	ND	ND	Bq/kg生
		果菜類	きゅうり	1	ND	0.013	Bq/kg生
		葉茎菜類	レタス	1	ND	0.015	Bq/kg生
		根菜類	蕪-根部	1	ND	0.035	Bq/kg生
		根菜類	赤大根	1	ND	0.048	Bq/kg生
		果実	柚子	1	ND	0.079	Bq/kg生
		土壌(畑地)		1	5.3	0.67	Bq/kg乾土
	水道水(浄水)		1	ND	ND	mBq/L	
	鹿西	穀類	精米	1	ND	ND	Bq/kg生
		葉茎菜類	キャベツ	1	ND	0.027	Bq/kg生
		水道水(浄水)		1	ND	1.1	mBq/L

ND：不検出(測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

表2-5 地区単位ごとの調査結果(羽咋市)

市町	地区	分類	種類	検体数	Cs-137	Sr-90	単位
羽咋市	羽咋	穀類	精米	1	0.016	ND	Bq/kg生
		葉茎菜類	ねぎ	1	ND	0.016	Bq/kg生
		根菜類	大根-根部	1	ND	0.037	Bq/kg生
		土壌(畑地)		1	8.1	0.31	Bq/kg乾土
		水道水(浄水)		1	ND	1.1	mBq/L
	千里浜	葉茎菜類	白菜	1	ND	ND	Bq/kg生
		根菜類	大根-根部	1	ND	0.012	Bq/kg生
		根菜類	大根-葉部	1	0.033	0.028	Bq/kg生
		土壌(畑地)		1	2.5	0.10	Bq/kg乾土
	栗ノ保	穀類	精米	1	ND	ND	Bq/kg生
		根菜類	大根-根部	1	ND	0.099	Bq/kg生
		水道水(原水)	地下水	1	ND	ND	mBq/L
	富永	穀類	精米	1	0.050	ND	Bq/kg生
		根菜類	大根-根部	1	ND	0.014	Bq/kg生
	邑知	穀類	精米	1	ND	ND	Bq/kg生
		根菜類	蕪-根部	1	ND	ND	Bq/kg生
	余喜	果菜類	かぼちゃ	1	0.075	0.021	Bq/kg生
		果菜類	かぼちゃ(種)	1	0.11	ND	Bq/kg生
	鹿島路	果実	りんご	2	ND	ND	Bq/kg生
	越路野	根菜類	蕪-根部	1	ND	0.024	Bq/kg生
		根菜類	蕪-葉部	1	ND	0.045	Bq/kg生
	一ノ宮	葉茎菜類	玉ねぎ	1	ND	ND	Bq/kg生
	上甘田	穀類	精米	1	ND	ND	Bq/kg生
		根菜類	大根-根部	1	ND	0.035	Bq/kg生

ND：不検出(測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

なお、バックグラウンド調査における結果からは、穀類(米)におけるCs-137の検出数が43検体中30検体であり、Sr-90の検出数が43検体中1検体であるのと比較して検出数が多い結果となった。一方、葉茎菜類におけ

るCs-137の検出数は29検体中2検体であるのに対し、Sr-90の検出数は29検体中20検体と検出数が多い結果となった。また同様に根菜類でもCs-137の検出数が37検体中8検体であるのに対し、Sr-90の検出数は37検体

表2-6 地区単位ごとの調査結果 (宝達志水町)

市町	地区	分類	種類	検体数	Cs-137	Sr-90	単位
宝達志水町	北大海	葉茎菜類	キャベツ	1	ND	0.019	Bq/kg生
		根菜類	大根-根部	1	ND	0.037	Bq/kg生
		根菜類	大根-葉部	1	0.027	0.16	Bq/kg生
		根菜類	薩摩芋	1	0.11	0.022	Bq/kg生
		水道水 (原水)	地下水	1	ND	ND	mBq/L
	宝達	穀類	精米	1	ND	ND	Bq/kg生
		水道水 (浄水)		1	ND	0.97	mBq/L
	相見	穀類	精米	1	0.036	ND	Bq/kg生
		葉茎菜類	玉ねぎ	1	ND	ND	Bq/kg生
	樋川	葉茎菜類	ねぎ	1	ND	0.0074	Bq/kg生
		葉茎菜類	白菜	1	ND	0.0081	Bq/kg生
	志雄	土壌 (畑地)		1	2.6	0.27	Bq/kg乾土
		水道水 (浄水)		1	ND	ND	mBq/L
	南志雄	穀類	精米	1	0.022	ND	Bq/kg生
		根菜類	大根-根部	1	ND	0.086	Bq/kg生
		果実	りんご	1	ND	0.012	Bq/kg生
		土壌 (畑地)		1	4.4	0.28	Bq/kg乾土
		水道水 (原水)	地下水	1	ND	ND	mBq/L
	北志雄	葉茎菜類	白菜	1	ND	ND	Bq/kg生
		土壌 (畑地)		1	11	0.31	Bq/kg乾土
南邑知	穀類	精米	1	ND	ND	Bq/kg生	
	葉茎菜類	白菜	1	ND	0.072	Bq/kg生	
	根菜類	大根-根部	1	ND	0.020	Bq/kg生	
	土壌 (畑地)		1	4.7	0.19	Bq/kg乾土	

ND：不検出 (測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

表2-7 地区単位ごとの調査結果 (かほく市)

市町	地区	分類	種類	検体数	Cs-137	Sr-90	単位
かほく市	二ツ屋	穀類	精米	2	0.030~0.017	ND	Bq/kg生
		根菜類	大根-根部	2	0.014~0.017	0.022~0.043	Bq/kg生
		水道水 (原水)	地下水	1	ND	ND	mBq/L
		水道水 (浄水)		1	ND	0.59	mBq/L

ND：不検出 (測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

表3 環境試料中の放射能濃度の調査結果 (Cs-137)

環境試料	志賀原子力発電所 10~30km圏内 (バックグラウンド調査)		志賀原子力発電所 10km圏内 (原電監視調査)		全国の調査結果 (H20~22年度)	単位
	検出数/検体数	濃度範囲	検出数/検体数	濃度範囲	濃度範囲	
穀類 (精米・玄米)	30/43	ND~0.34	9/14	ND~0.068	ND~0.42	Bq/kg生
果菜類	3/7	ND~0.35			ND~0.26	Bq/kg生
葉茎菜類	2/29	ND~0.022	1/20	ND~0.012	ND~0.092	Bq/kg生
根菜類	8/37	ND~0.11	4/21	ND~0.054	ND~0.5	Bq/kg生
その他野菜	0/6	ND	0/10	ND	ND~0.073	Bq/kg生
土壌	12/13	ND~18	10/10	1.0~57.1	ND~150	Bq/kg乾土
水道水 (原水)	0/12	ND			ND	mBq/L
水道水 (浄水)	0/13	ND	0/40	ND	ND	mBq/L

ND：不検出 (測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

中31検体と検出数が多い結果となった。このことは、穀類 (米) はSr-90と比較してCs-137を吸収しやすい傾向に、また、葉茎菜類及び根菜類はCs-137と比較してSr-90を吸収しやすい傾向にあることを示唆していると

考えられる。これらの原因について詳細は不明であるが、栽培されていた畑地の土壌中のCs-137及びSr-90の濃度鉛直分布等との関係や植物の各部位への移行の傾向について、今後の調査で検討していく予定である。

表 4 環境試料中の放射能濃度の調査結果 (Sr-90)

環境試料	志賀原子力発電所 10～30km圏内 (バックグラウンド調査)		志賀原子力発電所 10km圏内 (原電監視調査)		全国の調査結果 (H20～22年度)	単位
	検出数/検体数	濃度範囲	検出数/検体数	濃度範囲	濃度範囲	
穀類 (精米・玄米)	1/43	ND～0.016	3/14	ND～0.023	ND～0.066	Bq/kg生
果菜類	5/7	ND～0.25				Bq/kg生
葉茎菜類	20/29	ND～0.20	13/17	ND～0.19	ND～0.35	Bq/kg生
根菜類	31/37	ND～0.20	19/21	ND～0.22	ND～0.23	Bq/kg生
その他野菜	3/6	ND～0.079	0/3	ND	0.03～0.06	Bq/kg生
土壌	13/13	0.10～2.0			ND～3.6	Bq/kg乾土
水道水 (原水)	4/12	ND～1.4			ND～17	mBq/L
水道水 (浄水)	9/13	ND～1.2	1/3	ND～1.6	ND～2	mBq/L

ND：不検出(測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

#### 4 まとめ

本県において平成25～29年度に行ったバックグラウンド調査及び原電監視調査では、志賀原子力発電所周辺30km圏内における環境試料中のCs-137及びSr-90の放射能濃度に特異的な傾向は見られず、また、全国の調査結果と同程度であった。

今回のバックグラウンド調査とこれまで継続してきた原電監視調査により、志賀原子力発電所周辺30km圏内における環境試料中のCs-137及びSr-90の分布状況に関するデータが得られた。この結果は、原子力発電所事故等の緊急事態における緊急時モニタリングの結果を評価するための有効な基礎資料となると考えられた。

#### 文 献

- 1) 原子力規制委員会：「原子力災害対策指針」, 平成24年10月31日
- 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
- 3) 東海林寛史, 小浦利弘, 堅田勉：志賀原子力発電所30km圏内における環境試料中放射能濃度の現状把握 (第1報), 石川県保健環境センター年報, 52, 101-104 (2015)
- 4) 小浦利弘, 東海林寛史, 初瀬裕, 中谷光：志賀原子力発電所30km圏内における環境試料中放射能濃度の

現状把握 (第2報), 石川県保健環境センター年報, 53, 51-59 (2016)

- 5) 小浦利弘, 東海林寛史, 河野隆史, 宮川茂樹, 中谷光：志賀原子力発電所30km圏内における環境試料中放射能濃度の現状把握 (第3報), 石川県保健環境センター年報, 54, 61-73 (2017)
- 6) 石川県：平成26年度年報「志賀原子力発電所周辺環境放射線監視結果報告書」
- 7) 石川県：平成27年度年報「志賀原子力発電所周辺環境放射線監視結果報告書」
- 8) 石川県：平成28年度年報「志賀原子力発電所周辺環境放射線監視結果報告書」
- 9) 石川県：平成29年度年報「志賀原子力発電所周辺環境放射線監視結果報告書」
- 10) 原子力規制庁：環境放射線データベース  
<http://search.kankyo-hosyano.go.jp/servlet/search>. (2018-09-01)
- 11) 文部科学省：放射能測定法シリーズ13, 「ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法」(1982年)
- 12) 文部科学省：放射能測定法シリーズ7, 「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」(1992年)
- 13) 文部科学省：放射能測定法シリーズ2, 「放射性ストロンチウム分析法」(2003年)



〔資料〕

## 石川県における環境放射能水準調査(平成29年度)

石川県保健環境センター 環境科学部 宮竹 智代・山岸 喜信・河野 隆史  
小浦 利弘・中谷 光

### 〔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、環境試料中のゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線核種分析及び空間放射線の測定を実施した。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核種分析の結果は、降下物、陸水、大気浮遊じん及び牛乳で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(サザエ、フクラギ)からはセシウム-137が検出された。空間放射線の測定結果は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、ビキニ環礁における核爆発実験(1954)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、チェルノブイリ原発事故(1986)や東京電力(株)福島第一原子力発電所事故(2011)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。

石川県においては環境放射能の水準を把握するため、ゲルマニウム半導体検出器による核種分析を中心に放射能レベルを調査している。ここでは、平成29年度環境放射能水準調査の結果(平成29年4月1日～平成30年3月31日)を述べる。

### 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)及び空間放射線である。なお、大気浮遊じんは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検体とした。

#### 2.2 測定方法

定時降水については、全ベータ放射能を測定し、全ベータ放射能の測定値が計数誤差の3倍を上回る検体については、ガンマ線核種分析を行った。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核種分析を行った。空間放射線は、モニタリングポストによる連続測定を行い、線量率で評価した。

##### (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JDC-3201(日立製作所製)により行った。校正線源には、八酸化三ウラン(U3O8, 500dps)を使用した。

##### (2) 環境試料中のガンマ線核種分析

文部科学省放射能測定法シリーズ「ゲルマニウム半導体

---

Survey Data of Fall-out in Ishikawa Prefecture, April 2017 to March 2018. by, MIYATAKE Tomoyo, YAMAGISHI Yoshinobu, KAWANO Takafumi, KOURA Toshihiro and NAKATANI Mitsuru (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Fall-out, Environmental radioactivity, The environmental radioactivity level by prefecture

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8年改訂)に基づき、モニタリングポストMAR-22(日立製作所製NaI(Tl)シンチレーション検出器)により行った。

### 3 調査結果

#### 3・1 定時降水の放射能測定

表1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161検体であり、全ベータ放射能が検出されたものは、そのうち16検体であった。これらの16検体についてガンマ線核種分析を行った結果、人工放射性核種は検出されなかった。

表1 定時降水中の全ベータ放射能測定結果

採取場所：金沢市太陽が丘				
採取年月	降水量(mm)	検出数/測定数	放射能濃度(Bq/L)	月間降水量(MBq/km <sup>2</sup> )
H29年4月	123.5	2/10	ND~4.8	30
5月	51.5	1/8	ND~16	8.2
6月	104.0	1/12	ND~4.1	6.1
7月	432.0	1/11	ND~4.4	18
8月	396.5	0/14	ND	ND
9月	185.0	0/9	ND	ND
10月	334.0	1/16	ND~1.9	0.0
11月	250.5	1/13	ND~2.6	83
12月	312.0	3/20	ND~5.8	230
H30年1月	286.0	3/19	ND~2.7	120
2月	180.5	3/16	ND~6.0	75
3月	183.0	0/13	ND	ND
年間値	2,838.5	16*/161	ND~16	ND~230
H26~28年度の測定結果		23/442	ND~12	ND~82

ND：不検出(測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)  
\*：ガンマ線核種分析の結果、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核種分析

##### (1) 降下物

表2に降下物試料中のガンマ線核種分析結果を示す。測定試料数は12検体であり、いずれも人工放射性核種は検出されなかった。

##### (2) 大気浮遊じん

表3に大気浮遊じん試料中のガンマ線核種分析結果を示す。測定試料数は4検体であり、いずれも人工放射性核種は検出されなかった。

##### (3) 牛乳試料中のヨウ素-131

表4に牛乳試料中のヨウ素-131濃度測定の結果を示す。牛乳試料中からヨウ素-131は検出されなかった。

##### (4) 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核種分析結果

表2 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)	採取場所：金沢市太陽が丘 核種別放射能降下量(MBq/km <sup>2</sup> )			
		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*
H29. 3.30~H29. 5. 1	124.0	ND	ND	ND	なし
H29. 5. 1~H29. 5.31	51.0	ND	ND	ND	なし
H29. 5.31~H29. 6.30	98.5	ND	ND	ND	なし
H29. 6.30~H29. 7.28	433.5	ND	ND	ND	なし
H29. 7.28~H29. 8.30	400.5	ND	ND	ND	なし
H29. 8.30~H29. 9.29	185.0	ND	ND	ND	なし
H29. 9.29~H29.10.31	334.0	ND	ND	ND	なし
H29.10.31~H29.11.30	242.0	ND	ND	ND	なし
H29.11.30~H29.12.26	281.0	ND	ND	ND	なし
H29.12.26~H30. 1.31	323.0	ND	ND	ND	なし
H30. 1.31~H30. 2.28	183.0	ND	ND	ND	なし
H30. 2.28~H30. 3.29	183.0	ND	ND	ND	なし
年間値	2,838.5	ND	ND	ND	なし

ND：不検出(測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)  
\*：クロム-51、マンガン-54、鉄-59、コバルト-58、コバルト-60 など

表3 大気浮遊じん試料中の核種分析結果

採取期間*1 年月日~年月日	吸引量 (m <sup>3</sup> )	採取場所：金沢市太陽が丘 核種別放射性物質濃度(MBq/m <sup>3</sup> )			
		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*
H29. 4.12~H29. 6.30	10,523.8	ND	ND	ND	なし
H29. 7.10~H29. 9.28	10,507.3	ND	ND	ND	なし
H29.10. 5~H29.12.26	10,505.4	ND	ND	ND	なし
H30. 1. 4~H30. 3.27	10,608.8	ND	ND	ND	なし
年間値	42,145.3	ND	ND	ND	なし

ND：不検出(測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)  
\*1：1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。  
\*2：クロム-51、マンガン-54、鉄-59、コバルト-58、コバルト-60 など

表4 牛乳試料中のヨウ素-131濃度測定結果

採取場所：羽咋郡宝達志水町坪山			
ヨウ素-131(Bq/L)			
採取年月日	検体数	測定結果	H26~28年度の測定結果
H29. 8. 7	1	ND	ND

ND：不検出(測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

表5 その他の環境試料中の核種分析結果

試料名	採取場所	採取年月日	セシウム-137		単位	
			測定結果	H26~28年度の測定結果		
陸水	上水(蛇口水)	金沢市太陽が丘	H29.6.12	ND	ND	mBq/L
土壌	0~5cm	金沢市末町	H29.7.10	20	21~23	Bq/kg乾土
			H29.7.10	12	13~16	
精米	河北郡津幡町湯涌	H29.9.10	ND	ND	Bq/kg生	
牛乳	羽咋郡宝達志水町坪山	H29.8. 7	ND	ND	Bq/L	
海産物	ワカメ	加賀市橋立漁港	H29.4.23	ND	ND	Bq/kg生
	サザエ		H29.7.20	0.042	ND	
	フクラギ		H29.9.27	0.13	0.13~0.18	

ND：不検出(測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

を示す。

土壌試料については、セシウム-137が表層(0~5cm)で20Bq/kg乾土、下層(5~20cm)で12Bq/kg乾土であり、過去の測定結果と同程度であった。

海産生物試料については、セシウム-137がサザエで0.042Bq/kg生、フクラギで0.13Bq/kg生であった。セシウム-137以外の人工放射性核種は検出されなかった。海水中のセシウム-137の濃度について、福島第一原子力発電所事故以降、各地の海域で若干の上昇が認められたとの報告もあり<sup>1)</sup>、今後の海産生物試料中の濃度変動を注視する必要がある。

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）について、人工放射性核種は検出されなかった。

### 3・3 空間放射線

表6に空間放射線の測定結果を示す。県内5地点の線量率は、16～141nGy/hの範囲であり、モニタリングポストによる空間放射線は、いずれの地点においても過去

表6 空間放射線の測定結果

測定地点	測定結果		H26～H28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	24～89	49	36～111	50
輪島市三井町	16～91	30	15～112	30
羽咋市大町	34～120	61	33～136	62
河北郡津幡町字中橋	32～124	60	44～138	62
小松市下粟津町	23～141	50	36～160	53

\*：測定された10分値6個の平均値を1時間値としている。

の測定結果と同程度であった。

## 4 まとめ

平成29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核種分析及び空間放射線の測定を行った。

定時降水の全ベータ放射能測定において、全ベータ放射能が検出されたものは16検体あったが、いずれも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核種分析において、土壌及び海産生物試料（サザエ、フクラギ）からセシウム-137が検出された。また、その他の環境試料（降下物、陸水、大気浮遊じん、農畜産物（精米、牛乳）及び海産生物（ワカメ）からは、人工放射性核種は検出されなかった。

空間放射線の測定では、県内5地点の線量率は16～141nGy/hの範囲であり、線量率の平均値は全ての測定地点で過去の測定結果と同程度であった。

## 文 献

- 1) 公益財団法人海洋生物環境研究所：平成29年度原子力施設等防災対策等委託費（海洋環境における放射能調査及び総合評価）事業調査報告書（平成30年3月）

## 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また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〕

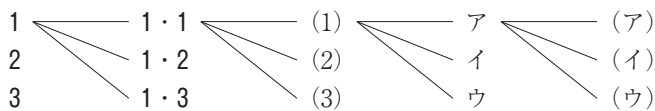
- 1 原稿は原則として新仮名遣い、新送り仮名、平仮名混じり国語文とし、簡潔で理解し易い表現にする。止むを得ぬ学術用語、地名、人名などのほかは常用漢字を用いる。
- 2 欧文はダブルスペースとする。

### 〔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語の和文また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。

#### 〔書体の指定〕

24 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〕

25 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。

26 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。

27 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。

28 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。

29 表や図に用いる文字は書体を指定することができる。

30 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。

31 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。

32 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。

33 図・表及び写真は原則として白黒とする。

34 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〕

35 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。

36 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。

37 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。

38 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。

39 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）

40 共著の場合は，原則として全員の姓名を記載する。

41 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。

42 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。

43 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〕

44 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。

45 付記は謝辞に引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〕

46 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。

47 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。

48 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また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。

49 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。

50 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55号）

平成31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：<http://www.pref.ishikawa.lg.jp/hokan/>

e-mail：[hokan@pref.ishikawa.lg.jp](mailto:hokan@pref.ishikawa.lg.jp)

---

