
石川県保健環境センター研究報告書

第 53 号

(平成27年度)

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



2 0 1 6

石川県保健環境センター

目 次

(報 文)

- 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 …………… 成相 絵里ほか … (1-7)
- 環境中の化学物質の体系的分析方法について …………… 畷 幹夫ほか … (8-13)

(短 報)

- 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)…………… 古澤 佑一ほか … (14-17)
- 熱ルミネセンス線量計を用いた積算線量測定に係る留意点について (その2) …………… 小浦 利弘ほか … (18-24)

(資 料)

- 2007～2015年に石川県で分離された腸管出血性大腸菌について
-O26、O111の発生状況及び細菌学的性状- …………… 北川恵美子ほか … (25-29)
- 石川県における性感染症患者の発生動向について
-2006年から2015年- …………… 木村恵梨子ほか … (30-34)
- 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-…………… 児玉 洋江ほか … (35-39)
- 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-…………… 成相 絵里ほか … (40-43)
- 大気環境監視システムの更新について …………… 河本 公威ほか … (44-47)
- 石川県におけるフォールアウト調査 (平成27年度) …………… 東海林寛史ほか … (48-50)
- 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)
…………… 小浦 利弘ほか … (51-59)

(抄 録)

- 石川県民の「心の健康」に関する調査
-10年前との比較検討- …………… 安田 優子ほか … (60)
- 石川県保健環境センター研究報告書投稿規定 …………… (61-62)
- 石川県保健環境センター研究報告書原稿執筆要領 …………… (63-65)

〔報 文〕

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 健康・食品安全科学部 成相 絵里・児玉 洋江・崎川 曜子

〔和文要旨〕

蛍光RT-マルチプレックスPCR法を用いて胃腸炎ウイルス一斉検出法の検討を行った。その結果、異なるアニーリング温度を設定することができるサーマルサイクラーで、2組の蛍光RT-マルチプレックスPCR法を同時に実施することにより、ノロウイルスGI、ノロウイルスGII、サポウイルス、アストロウイルス、アデノウイルス及びパレコウイルスの6種類の遺伝子を一斉に検出することが可能であった。従来実施していた単一のウイルス毎の検出法に比べ、大幅な省力化と検査に要する時間の短縮が可能となり、特に感染症発生动向調査事業における検査に有用であった。

キーワード：蛍光RT-マルチプレックスPCR法、胃腸炎ウイルス

1 はじめに

食中毒や感染症発生時には、事例をいかに早期に探知し、病因物質の特定等の原因究明を行い、その対策をとるかが行政の重要な課題である。胃腸炎の原因となるウイルスはノロウイルスをはじめサポウイルス、ロタウイルス、アストロウイルス、アデノウイルス、パレコウイルスなど様々である。これらのウイルスのうち主なウイルス数種類を一斉に検出できれば、原因ウイルス特定までに要する時間の大幅な短縮が可能となり、迅速かつ的確な行政対応に非常に有用である。

マルチプレックスPCR法は、複数の対象を同時に検出する方法であり、これに蛍光標識プライマーを用いることにより増幅産物の色とサイズで数種類の識別を可能とする、蛍光RT-マルチプレックスPCR法を用いたウイルスの一斉検出法が報告されている¹⁾。

我々は、この方法を参考に、6種類のウイルス（ノロウイルスGI、ノロウイルスGII、サポウイルス、アストロウイルス、アデノウイルス、パレコウイルス）を一斉に検出する方法を確立したので、本報ではこれについて報告する。

2 材料と方法

2・1 試料及び検討内容

(1) 蛍光RT-マルチプレックスPCR法の検討
既知検体を用いて、蛍光RT-マルチプレックスPCR法のウイルスの組み合わせ、最適条件、検出感度等の検討を行った。

なお、使用した既知検体は、平成24～27年度に感染症発生动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、(RT-) PCR法²⁾⁻⁴⁾によりノロウイルスGI、ノロウイルスGII、サポウイルス、アストロウイルス、アデノウイルス、パレコウイルス遺伝子が検出された検体、各1検体(計6検体)である。

ア ウイルスの組み合わせの検討

事前検討において、既報¹⁾に基づきMultiplex PCR Assay Kit Ver.2(タカラバイオ)を用いてノロウイルスGI、ノロウイルスGII、サポウイルス、アストロウイルスの4種類の一斉検出を試みたが、青色蛍光(Alexa Fluor 350)標識したアストロウイルスの検出が難しく、プライマーの変更によっても改善しなかった。そのため、使用する蛍光を3種類とし、この組み合わせ(Aセット)

Study on Detection Method of Enteric Virus Using a Reverse Transcription Fluorescent Multiplex PCR Assay. by NARIAI Eri, KODAMA Hiroe and SAKIKAWA Yoko (Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : reverse transcription fluorescent multiplex PCR assay, enteric virus

表1 蛍光RT-マルチプレックスPCR法で使用するプライマーセット

セット	対象ウイルス	プライマー	蛍光標識	プライマー配列 (5'→3')	増幅産物のサイズ
A	ノロウイルスGI	G1-SKF	Alexa Fluor 488 (緑)	CTGCCCGAATTYGTAAATGA	330
		G1-SKR	なし	CCAACCCARCCATTRTACA	
	ノロウイルスGII	G2-SKF G2-SKR	Alexa Fluor 594 (赤) なし	CNTGGGAGGGCGATCGCAA CCRCCNGCATRHCCRTTRTACAT	344
B	サポウイルス	SV-F2 SV-R2	なし Alexa Fluor 532 (黄)	TAGTGTTTGARATGGAGGGC GWGGGRTCAACMCCWGGTGG	433
	アストロウイルス	Mon244 82b	Alexa Fluor 594 (赤) なし	GGTGTACAGGACCAAAACC GTGAGCCACCAGCCATCCCT	410
	アデノウイルス	AdnU-S'2 AdnU-A2	Alexa Fluor 532 (黄) なし	TTC CCC ATG GCN CAC AAY AC TGC CKR CTC ATR GGC TGR AAG TT	554
	パレコウイルス	F2 (nt 313-335) R2 (nt 556-534)	Alexa Fluor 488 (緑) なし	YCACACAGCCATCCTCTAGTAAG GTGGGCCTTACAACACTAGGTTTG	243

からアストロウイルスを除くこととした。Aセットから除いたアストロウイルスは、アデノウイルス、パレコウイルスとともに新たな組み合わせ (Bセット) に組換え、6種類のウイルスを2つのセット (A, B) に分け (表1)、最適条件の検討等を行うこととした。

イ 最適条件の検討

Aセット (ノロウイルスGI, ノロウイルスGII, サポウイルス) については、既報とほぼ同一のプライマーを用いていることから、既報と同条件とし、最適条件の検討は省略し、94℃・1分の熱変性後、94℃・30秒、57℃・1分30秒、72℃・1分30秒を40サイクル行い、最後に72℃・10分の最終伸長を行った。

Bセット (アストロウイルス, アデノウイルス, パレコウイルス) については、1台のサーマルサイクラーでA, B両セットの検査ができるようAセットと同条件とする方向で検討を進めることとし、使用するプライマーにより最適温度が異なるアニーリング温度について、55℃~65℃の間で最適条件の検討を行った。すなわち、

94℃・1分の熱変性後、94℃・30秒、55℃~65℃・1分30秒、72℃・1分30秒を40サイクル行い、最後に72℃・10分の最終伸長を行った。

ウ 検出感度等の検討

感度及び有用性検討の比較対照法 (以下、対照法) として、TaKaRa Ex Taq® Hot Start Version (タカラバイオ) を用い、表2に示す条件で各々のウイルスを対象に個別にPCRを実施した。

(2) 食中毒・感染症事例における有用性検討

平成27年4月から平成28年3月に石川県で発生した感染性胃腸炎の集団事例 (食中毒及び感染症) のうち、4事例の患者または調理従事者等 (無症状) の糞便34検体 (事例あたり3~14検体) を用いて、(1) で検討した最適条件における有用性を検討した。

(3) 小児散発事例における有用性検討

前記(2)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50検体を用いて、(1) で検討した最

表2 対照法で使用するプライマーとPCR条件

対象ウイルス	プライマー	PCR条件
ノロウイルスGI	G1-SKF/G1-SKR	98℃・1秒 (98℃・10秒→50℃・30秒→72℃・1分) ×40サイクル 72℃・5分
ノロウイルスGII	G2-SKF/G2-SKR	98℃・1秒 (98℃・10秒→50℃・30秒→72℃・1分) ×40サイクル 72℃・5分
サポウイルス	SV-F2/SV-R2	98℃・1秒 (98℃・10秒→46℃・30秒→72℃・1分) ×40サイクル 72℃・5分
アストロウイルス	Mon244/82b	98℃・1秒 (98℃・10秒→59℃・30秒→72℃・1分) ×40サイクル 72℃・5分
アデノウイルス	AdnU-S'2/AdnU-A2	98℃・1秒 (98℃・10秒→50℃・30秒→72℃・1分) ×40サイクル 72℃・5分
パレコウイルス	F2 (nt 313-335) /R2 (nt 556-534)	98℃・1秒 (98℃・10秒→55℃・30秒→72℃・1分) ×40サイクル 72℃・5分

適条件における有用性を検討した。

2・2 ウイルスRNA抽出と逆転写反応

糞便をPBS (-) で10%乳剤とし、RNA抽出はQIAamp Viral RNA Mini キット (Qiagen) を用いて行った。逆転写反応はPrimeScript® RT reagent Kit (Perfect Real Time) (タカラバイオ) を用いてcDNA合成を行った。

2・3 マルチプレックスPCR反応

マルチプレックスPCR反応は、Multiplex PCR Assay Kit Ver.2 (タカラバイオ) を用い、表1に示す3色のAlexa蛍光で標識したプライマーを終濃度0.2μMになるように加えた反応液22.5μlにcDNAを2.5μl 加えて行った。

機器は、GeneAmp PCR System 9700 (アプライドバイオシステムズ) またはVeriti (アプライドバイオシステムズ) を使用した。

2・4 電気泳動条件

蛍光RT-マルチプレックスPCR法の電気泳動は、1.5%アガロースゲルを用い、マルチプレックスPCR反応液5μLに6 x Loading Buffer Orange G (ニッポンジーン) 1μLを混合しアプライした。サイズマーカーには100 bp DNA Ladder (Bioneer) 5μLにEZ-Vision® One (AMRESCO) を1μL混合したものを使用した。

なお、対照法は、PCR反応液5μLにEZ-Vision® One (AMRESCO) を1μLを混合しアプライした。サイズマーカーは蛍光RT-マルチプレックスPCR法と同様に100 bp DNA Ladder (Bioneer) 5μLにEZ-Vision® One (AMRESCO) を1μL混合したものを使用した。

電気泳動後にUVトランスイルミネーター上で蛍光RT-マルチプレックスPCR法はUV (312nm) を、従来法はUV (365nm) を照射して、増幅産物の蛍光バンドまたは単色バンドを観察した。アガロースゲルの撮影には、STAGE-2000 (アムズシステムサイエンス) を使用

し、カラー撮影には紫外線吸収フィルター SC-46 (富士フィルム) を、モノクロ撮影にはSTAGE-2000付属のエチジウムプロマイド用フィルターを使用した。

3 成 績

3・1 蛍光RT-マルチプレックスPCR法の検討

(1) Aセット (ノロウイルスGI, ノロウイルスGII, サボウイルス)

Aセットの各ウイルスの陽性検体をテンプレートとして、蛍光RT-マルチプレックスPCR法を実施した結果、既報と同条件で想定したサイズと色のバンドが確認でき、非特異反応もみられなかった (図1)。

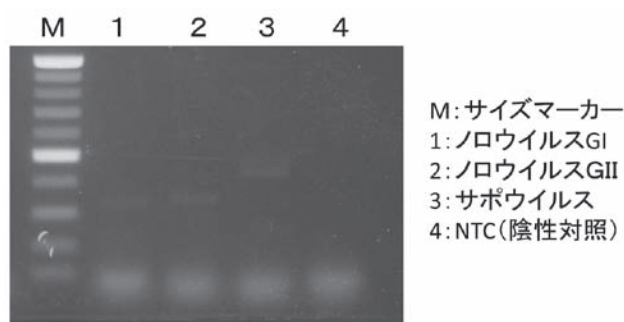


図1 蛍光RT-マルチプレックスPCR法 (Aセット) 陽性検体アガロースゲル電気泳動写真

次に各ウイルスの陽性検体由来cDNAの10倍段階希釈シリーズをテンプレートとして、蛍光RT-マルチプレックスPCR法と対照法を比較した。いずれのウイルスも感度は対照法と同じか、それ以上であった (表3)。

さらに、既知検体を混合し、Aセットのウイルスのうち2種類を含む模擬検体を作成し、それぞれのウイルスを検出できるか確認した。ノロウイルスGIとノロウイルスGIIの組み合わせは、増幅産物のサイズがあまり変わらないため、蛍光が重なるものの、いずれの組み合わせ

表3 蛍光RT-マルチプレックスPCR法と対照法の比較

セット	対象ウイルス	検査法	検体希釈率							
			10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸
A	ノロウイルスGI	蛍光RT-マルチプレックスPCR	+	+	+	+	+	-	NT	NT
		対照法	+	+	+	-	-	-	NT	NT
	ノロウイルスGII	蛍光RT-マルチプレックスPCR	+	+	+	+	+	-	NT	NT
		対照法	+	+	+	+	+	-	NT	NT
	サボウイルス	蛍光RT-マルチプレックスPCR	+	+	+	+	-	-	NT	NT
		対照法	+	+	+	+	-	-	NT	NT
B	アストロウイルス	蛍光RT-マルチプレックスPCR	+	+	+	+	+	+	+	-
		対照法	+	+	+	+	+	+	-	-
	アデノウイルス	蛍光RT-マルチプレックスPCR	+	+	-	-	-	-	NT	NT
		対照法	+	+	+	-	-	-	NT	NT
	パレコウイルス	蛍光RT-マルチプレックスPCR	+	+	+	+	+	-	NT	NT
		対照法	+	+	+	+	+	-	NT	NT

+ : 陽性, - : 陰性, NT : not tested

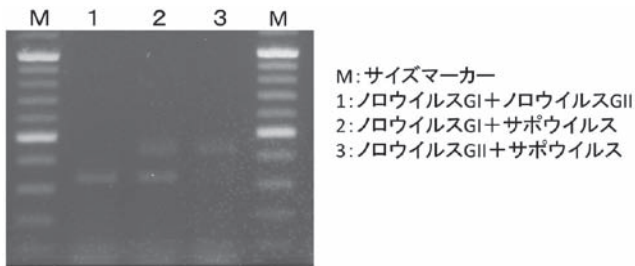


図2 蛍光RT-マルチプレックスPCR法（Aセット）
混合検体アガロースゲル電気泳動写真

も2種類のウイルスを検出することが可能であった（図2）。

(2) Bセット（アストロウイルス，アデノウイルス，パレコウイルス）

Bセットの各ウイルスの陽性検体をテンプレートとし、アニーリング温度を変えて蛍光RT-マルチプレックスPCR法を実施した。その結果、アニーリング温度は59℃が最適であり、想定したサイズと色のバンドが確認でき、非特異反応もみられなかった（図3）。

次に各ウイルスの陽性検体由来cDNAの10倍段階希釈シリーズをテンプレートとして、蛍光RT-マルチプレックスPCR法と対照法を比較した。アデノウイルスは蛍光RT-マルチプレックスPCR法が対照法に比べ若干感度が劣るが、それ以外のウイルスの感度は対照法と同じか、それ以上であった（表3）。

さらに、既知検体を混合し、Bセットのウイルスのう

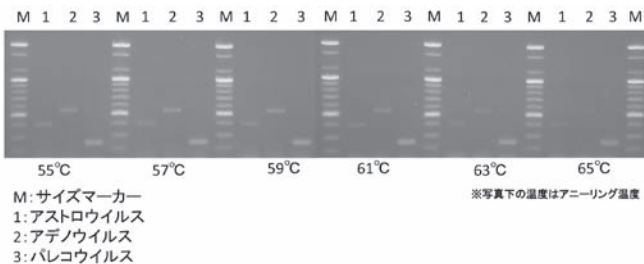


図3 蛍光RT-マルチプレックスPCR法（Bセット）
陽性検体アガロースゲル電気泳動写真

ち2種類を含む模擬検体を作成し、それぞれのウイルスを検出できるか確認した。いずれの組み合わせも2種類のウイルスを検出することが可能であった（図4）。

これらの結果、Bセットの最適なアニーリング温度がAセットと異なったことから6種類のウイルスを同時に検出するため、以後、本研究では、1台の機器で異なる温度設定が可能なVeriti（アプライドバイオシステムズ）を使用することとした。

3・2 食中毒・感染症事例の検討

今回対象とした4事例のうち、2事例（事例番号1, 2）からノロウイルスGIIが、1事例（事例番号3）からノロウイルスGIが検出され（表4）、当該事例発生時の検査結果とすべて一致した。なお、事例発生時のノロウイルス検出法はリアルタイムPCR法⁵⁾またはLAMP法⁶⁾であり、ノロウイルスが検出されたこれら3事例については、当該時にはノロウイルス以外のウイルス検出は実施していない。

また、ノロウイルスが検出されなかった1事例（事例番号4）では、2組の蛍光RT-マルチプレックスPCR法に含まれる6種類のウイルスはいずれも陰性であった。この事例は、A群ロタウイルスが検出された事例であった。

3・3 小児散発事例の検討

50検体について蛍光RT-マルチプレックスPCR法を実施した結果、30検体（60.0%）から、6種類のいずれか

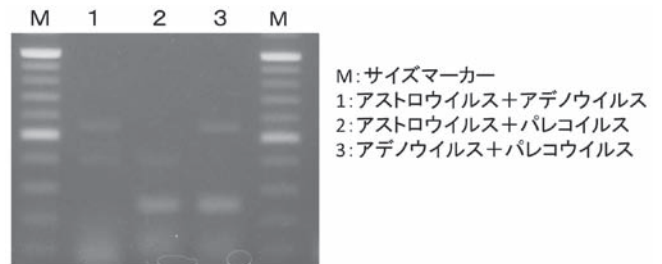


図4 蛍光RT-マルチプレックスPCR法（Bセット）
混合検体アガロースゲル電気泳動写真

表4 食中毒・感染症事例の検査結果

事例番号	検査検体数	蛍光RT-マルチプレックスPCR法						事例発生時			
		Aセット			Bセット			リアルタイムPCR法		LAMP法	
		ノロウイルスGI	ノロウイルスGII	サポウイルス	アストロウイルス	アデノウイルス	パレコウイルス	ノロウイルスGI	ノロウイルスGII	ノロウイルスGI	ノロウイルスGII
1	3	陰性	陽性(3)	陰性	陰性	陰性	陰性	陽性(3)	NT	NT	
2	12	陰性	陽性(8)	陰性	陰性	陰性	陰性	陽性(8)	NT	NT	
3	14	陽性(10)	陰性	陰性	陰性	陰性	陽性(10)	陰性	NT	NT	
4	5	陰性	陰性	陰性	陰性	陰性	NT	NT	陰性	陰性	

NT: not tested
 () は陽性となった検体数

のウイルスが検出された (表5)。このうちノロウイルスGIIは15検体 (30.0%) から、パレコウイルスが10検体

表5 小児散発事例の検査結果

検体番号	蛍光RT-マルチプレックスPCR法 (Aセット)	蛍光RT-マルチプレックスPCR法 (Bセット)	従来法* (個別の (RT-)PCR法)
1	陰性	陰性	陰性
2	陰性	陰性	陰性
3	陰性	陰性	陰性
4	陰性	陰性	陰性
5	陰性	陰性	陰性
6	陰性	陰性	陰性
7	陰性	陰性	陰性
8	ノロウイルスGII	陰性	ノロウイルスGII
9	陰性	アストロウイルス	アストロウイルス
10	陰性	陰性	陰性
11	陰性	アストロウイルス	アストロウイルス
12	陰性	陰性	陰性
13	サボウイルス	陰性	サボウイルス
14	陰性	陰性	陰性
15	陰性	陰性	陰性
16	陰性	アデノウイルス	アデノウイルス
17	陰性	陰性	陰性
18	陰性	陰性	陰性
19	陰性	陰性	陰性
20	ノロウイルスGII	陰性	ノロウイルスGII
21	陰性	アデノウイルス パレコウイルス	アデノウイルス パレコウイルス
22	陰性	アストロウイルス パレコウイルス	アストロウイルス パレコウイルス
23	陰性	陰性	陰性
24	陰性	アデノウイルス	アデノウイルス
25	陰性	陰性	陰性
26	ノロウイルスGII	陰性	ノロウイルスGII
27	陰性	パレコウイルス	パレコウイルス
28	ノロウイルスGII	パレコウイルス	ノロウイルスGII パレコウイルス
29	ノロウイルスGII	パレコウイルス	ノロウイルスGII パレコウイルス
30	陰性	アデノウイルス	アデノウイルス
31	ノロウイルスGII	アデノウイルス	ノロウイルスGII アデノウイルス
32	ノロウイルスGII	陰性	ノロウイルスGII
33	陰性	パレコウイルス	パレコウイルス
34	ノロウイルスGII	パレコウイルス	ノロウイルスGII パレコウイルス
35	ノロウイルスGII	陰性	ノロウイルスGII
36	ノロウイルスGII	パレコウイルス	ノロウイルスGII パレコウイルス
37	ノロウイルスGII	陰性	ノロウイルスGII
38	陰性	アデノウイルス	アデノウイルス
39	陰性	アストロウイルス	アストロウイルス
40	ノロウイルスGII	陰性	ノロウイルスGII
41	ノロウイルスGII	陰性	ノロウイルスGII
42	陰性	陰性	陰性
43	陰性	アデノウイルス	アデノウイルス
44	ノロウイルスGII	パレコウイルス	ノロウイルスGII パレコウイルス
45	ノロウイルスGI	陰性	ノロウイルスGI
46	陰性	陰性	陰性
47	陰性	陰性	陰性
48	ノロウイルスGII	陰性	ノロウイルスGII
49	陰性	パレコウイルス	パレコウイルス
50	陰性	陰性	陰性

*対象ウイルス:ノロウイルスGI、ノロウイルスGII、サボウイルス、アストロウイルス、アデノウイルス、パレコウイルス

※結果は陽性となったウイルスのみ記載

(20.0%), アデノウイルスが7検体 (14.0%), アストロウイルスが4検体 (8.0%), ノロウイルスGI及びサボウイルスが各1検体 (2.0%) から検出された (表6)。また、複数のウイルスが検出された検体が8検体あり、うち5検体 (5/8, 62.5%) はノロウイルスGIIとパレコウイルスが検出されたものであった。なお、いずれの結果も当該時の検査結果との齟齬は無かった。

表6 小児散発事例の蛍光RT-マルチプレックスPCR法検査結果 (まとめ)

検出されたウイルス	検体数
ノロウイルスGI	1
ノロウイルスGII	9
サボウイルス	1
アストロウイルス	3
アデノウイルス	5
パレコウイルス	3
ノロウイルスGII + パレコウイルス	5
ノロウイルスGII + アデノウイルス	1
アデノウイルス + パレコウイルス	1
アストロウイルス + パレコウイルス	1
陰性	20
合計	50

*対象ウイルス:ノロウイルスGI、ノロウイルスGII、サボウイルス、アストロウイルス、アデノウイルス、パレコウイルス

4 考 察

今回検討した2組の蛍光RT-マルチプレックスPCR法は対照法とほぼ同等以上の感度であった。アニーリング温度が57℃と59℃で異なっているが、当センターで保有しているブロック毎に異なる温度設定が可能な機能を有する機器であれば、1台で2組の蛍光RT-マルチプレックスPCR法を同時に実施でき、一度に6種類のウイルスを検出できることから、有用な検出法であった。

しかしながら、食中毒・感染症事例において検出されるウイルスは、圧倒的にノロウイルスが多く、事例発生の際は、まずノロウイルスについて迅速に結果が判明するリアルタイムPCR法またはLAMP法により検査を行い、その結果により他のウイルス検査実施の判断がなされることが多い。今回検討に用いた4事例についても、その結果と齟齬は無かったが、ノロウイルスに次いで事例の多いA群ロタウイルスが入っていないこともあり、実際には、食中毒・感染症事例において蛍光RT-マルチプレックスPCR法を導入するには課題がある。今後、ノロウイルス以外のウイルスによる事例での検証や新たな組み合わせの検討が必要であるが、これら有事の際の一つの選択肢としての活用は可能であり、また、蛍光RT-マルチプレックスPCR法は、陽性または陰性の判定の後、引き続き遺伝子型解析を行うことが可能な方法で、

この点はリアルタイムPCR法やLAMP法にはない利点である。

一方、感染症発生动向調査事業において感染性胃腸炎患者糞便を検査する場合には、様々なウイルスが検出され、また、複数のウイルスが同一検体から検出されることもあることから、2組の蛍光RT-マルチプレックスPCR法は、大幅な省力化と検査にかかる時間の短縮が可能で有用であった。また、同事業の病原体サーベイランスにおいて感染性胃腸炎患者から検出されたウイルスの約7割は、今回検討した6種類のウイルスが占めており⁷⁻⁸⁾、2種以上のウイルスを保有する例においてもそれぞれ検出が可能である点からも蛍光RT-マルチプレックスPCR法は非常に有用であった。

注意すべき点としては、蛍光RT-マルチプレックスPCR法のアガロースゲル電気泳動では、サイズマーカーにDNA染色試薬 (EZ-Vision® One) を混合して使用するため、泳動槽の泳動用バッファーを繰り返し使用すると検体のバンドの蛍光色が変わってしまうことから、毎回新しい泳動用バッファーを使用する必要がある。

今後、特に食中毒や感染症事例における蛍光RT-マルチプレックスPCR法の有用性を高めるため、事例の検証を重ねつつ他の組み合わせの検討等を行っていきたい。

5 ま と め

- (1) 蛍光RT-マルチプレックスPCR法は、一度に複数のウイルスを検出できる優れた検査法であり、検査に要する労力と時間の大幅な削減が可能となった。
- (2) 食中毒・感染症事例において蛍光RT-マルチプレックスPCR法を活用する場合は、対象ウイルスの追加や組み合わせの再検討など、さらに工夫する必要があると思われた。
- (3) 感染症発生动向調査事業においては、今回検討した2組の蛍光RT-マルチプレックスPCR法は大変有用であり、今後はこれらを常法として使用していくこととしたい。

※図1～4のカラー写真を7頁に再掲

文 献

- 1) SHIGEMOTO Naoki, FUKUDA Shinji, TANIZAWA Yukie, KUWAYAMA Masaru, OHARA Sachiko, SENO Masato: Detection of norovirus, sapovirus, and human astrovirus in fecal specimens using a multiplex reverse transcription-PCR with fluorescent dye-labeled primers. , *Microbiol Immunol*, **55**, 369-372 (2011)
- 2) 国立感染症研究所, ウイルス性下痢症検査マニュアル (第3版), (2003)
- 3) MIURA-OCHIAI Rika, SHIMADA Yasushi, KONNO Tsunetada, YAMAZAKI Shudo, AOKI Koki, OHNO Shigeaki, SUZUKI Eitaro, ISHIKO Hiroaki: Quantitative detection and rapid identification of human adenoviruses., *J. Clin. Microbiol*, **45**, 958-967 (2007)
- 4) HARVALA Heli: Epidemiology and clinical associations of human parechovirus respiratory infections., *J Clin Microbiol*, **46**, 3446-3453 (2008)
- 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) 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**, No.12, e63 (2000)
- 7) ウイルス検出状況, 臨床診断名別2013年1月～6月累計: 病原微生物検出情報月報, **34** (7), 218 (2013)
- 8) ウイルス検出状況, 臨床診断名別2013年7月～12月累計: 病原微生物検出情報月報, **35** (1), 30 (2014)

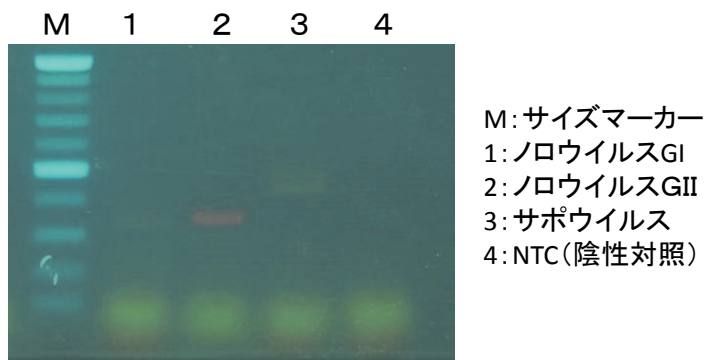


図1 蛍光RT-マルチプレックスPCR法 (Aセット) 陽性検体アガロースゲル電気泳動写真

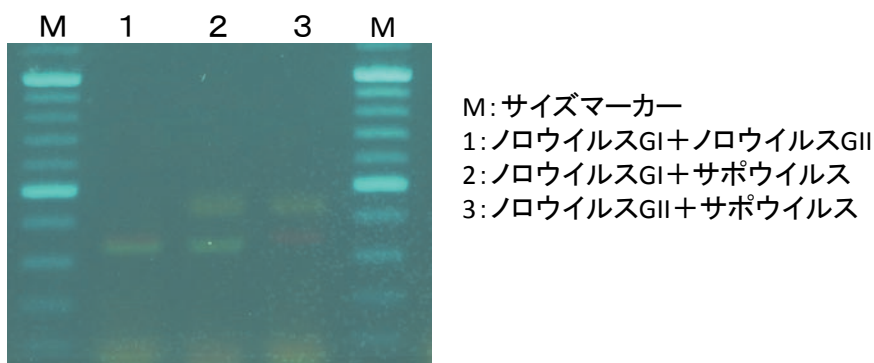
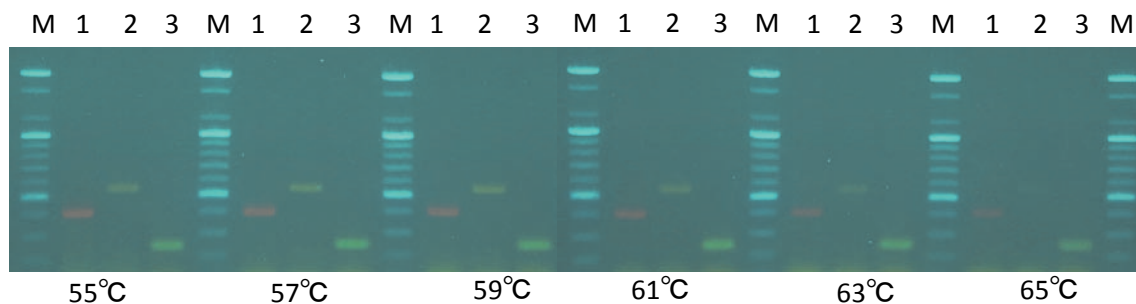


図2 蛍光RT-マルチプレックスPCR法 (Aセット) 混合検体アガロースゲル電気泳動写真



M: サイズマーカー
 1: アストロウイルス
 2: アデノウイルス
 3: パレコウイルス

※写真下の温度はアニーリング温度

図3 蛍光RT-マルチプレックスPCR法 (Bセット) 陽性検体アガロースゲル電気泳動写真

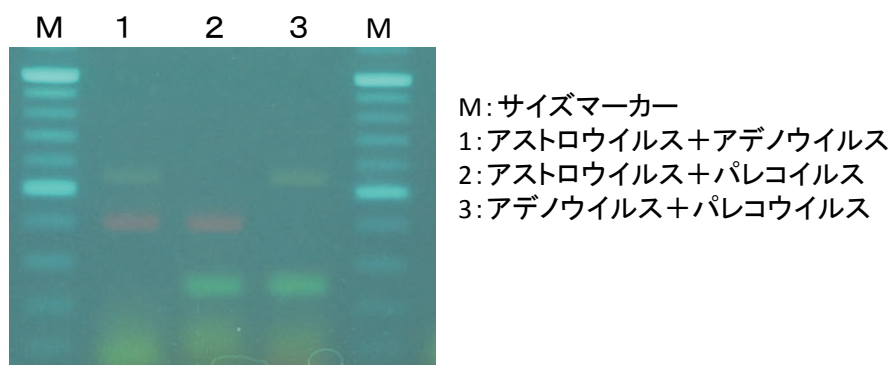


図4 蛍光RT-マルチプレックスPCR法 (Bセット) 混合検体アガロースゲル電気泳動写真

〔報 文〕

環境中の化学物質の体系的分析法について

石川県保健環境センター 環境科学部 齣 幹夫・安田 和弘
石川県環境部廃棄物対策課 吉本 高志

〔和文要旨〕

水質事故、特に魚類へい死事故の原因究明に迅速に対応し、県民の安全安心に直接寄与することを目的に、多種多様な有機化学物質を対象にした体系的分析方法の開発を行った。近年注目を集めているキャッチャーズ法に準拠した手法を採用し、生物（魚類）の各部位に有機化学物質を添加した試料を対象として検討を行い、事故の際、最も影響を受けるであろうエラ部について県内流通農薬を含む約100物質について検出を可能とした。

キーワード：水質事故，魚類，農薬，化学汚染物質，キャッチャーズ法

1 はじめに

河川で大量に魚が死亡した（浮いた）といった水質事故は全国各地で毎年数百件起っているが、その内の大部分は原因不明となっている事が多い^{1) 2)}。また水質事故の原因究明に時間がかかるとその対応も後手後手になる可能性があり、その究明には迅速性が要求される。そのため、水質事故発生時に、迅速に事故原因を究明する方法について検討した。水質事故発生時、河川の場合には時間の経過とともに原因物質は下流域に移動拡散するため、状況によってはそれが含まれた水が得られない場合がある。今回は魚が持ち込まれた場合を想定し、魚から原因物質を推定するための方法について検討した。

分析にあたり以下の3点に着目して実施することとした。

- ・対象は魚類とする。
- ・迅速性に重きを置くため定性試験とする。
- ・分析時間の短縮とコストの削減を考慮する。

2 材料と方法

2・1 検査対象

(1) 検査対象魚類

魚類へい死事故として考えられる魚類としては、県内においては、アユ、ウグイ、フナ、コイなどが考えられる。この中で一番水質変化に敏感であろうアユを対象魚類として選択した。入手したアユは、頭部を除去後3枚におろし、筋肉、内臓、エラ、皮・ひれの4部位に分けホモジナイズしたものを使用した。

(2) 検査対象化学物質

県内流通農薬及び化学物質のうちガスクロマトグラフ質量分析法により分析可能とされている化学物質159物質を対象とした。

2・2 標準液及び試薬

(2) 試薬

農薬の標準品は、関東化学(株)、林純薬工業(株)又は和光純薬工業(株)のものをを用いた。他の化学物質標準品については以前に化学物質環境実態調査において環境省より提供を受けたものを使用した。

アセトン、アセトニトリル、塩化ナトリウム、n-ヘキサンは残留農薬試験用を、硫酸マグネシウムは試薬特級

Development of Rapid, Simultaneous and Systematic Analysis of Many Chemicals, probably Causing Water Pollution Accidents. by ITOH Mikiyo, YASUDA Kazuhiro (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science), YOSHIMOTO Takashi (Waste Management Division, Environment Department, Ishikawa Prefecture)

Key words : Water Pollution Accident, Fishes, Pesticides, Chemical Pollutant, QuEChERS method

を用いた。

オクタデシルシリル化シリカゲルカラム, (以下「C18カラム」という。)はSep-Pak Plus C-18 360mg (waters社製)を, スチレン-ジビニルベンゼン共重合体カラム (以下「PS2カラム」という。)はSep-Pak Plus PS-2 360mg (waters社製)を, シリカゲルカラム (以下「シリカカラム」という。)はSep-Pak Plus Silica 690mg (waters社製)を用いた。

2・3 分析方法

分析に迅速性が求められることから試料の前処理 (抽出)にはキャッチャーズ (QuEChERS)法に準拠した手法を用いることとした³⁾⁴⁾。また, 試験対象は生物試料であるため, 対象となる化学物質を抽出・精製するために大量のマトリックスを除去する必要がある。そのため抽出した抽出液からの精製方法についても検討を加えた。

2・4 装置及び測定条件

(1) ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC/MS)

(株)島津製作所のGCMS-QP2010又は(株)日本電子のJMS-AMsunを使用した。

(2) 測定条件

データ取得範囲は, 未知物質の解析のため可能な限り広い範囲 (取得時間3.5-38min間隔0.5s/scan イオン範囲50-430)で行うこととした。以下にガスクロマトグラフの分析条件を示す。

微極性カラム: DB-5 MS (J&W社製), 長さ30m, 内径0.25mm, 膜厚0.25 μ m

カラム温度: 50°C (2min) - 10°C /min - 300°C (13min)

注入口温度: 250°C

インターフェイス温度: 250°C

注入方式: スプリットレス

注入量: 1 μ L

高極性カラム: TR-WAX (サーモフィッシャー社製), 長さ30m, 内径0.25mm, 膜厚0.25 μ m

カラム温度: 50°C (5min) - 10°C /min - 250°C (15min)

注入口温度: 250°C

インターフェイス温度: 250°C

注入方式: スプリットレス

注入量: 1 μ L

また, 水質事故発生時にはマトリックス等の影響でカラムの劣化が激しく同じカラムを使用し続けることが困難となる可能性もあるため, 保持時間の指標となるC13,C14,C15のアルカンも同時に測定した。

3 実験及び考察

3・1 使用カラムの選択

カラムは微極性のDB-5MSおよび高極性のTR-WAXの2種類について検討したが, 今回用いた測定条件 (注入した標準物質の濃度100ng/mL)ではDB-5MSは159化学物質中130物質, TR-WAXは80物質しか標準物質のピークを確認できなかった。そのため本法における使用カラムをDB-5MSとした。DB-5MSで測定可能であり, 今回の試験法に用いた化学物質を表1に示す。

表1 検討対象化学物質の保持時間及びモニターイオン

化学物質名	保持時間 (min)	テトラデカンの保持時間との比	モニターイオン		化学物質名	保持時間 (min)	テトラデカンの保持時間との比	モニターイオン	
			定量イオン	定性イオン				定量イオン	定性イオン
1e,3e,5a-トリフェニルシクロヘキサン	26.333	2.086	317	130	チオベンカルブ	19.658	1.557	125	257
1-メチルナフタレン	11.484	0.910	142	141	テトラコナゾール	19.858	1.573	336	171
1-メトキシ-2-ニトロベンゼン	11.950	0.947	153	123	テトラデカン*	12.625	1.000	85	71
2-(チオシアナートメチルチオ)-1,3-ベンゾチアゾール	21.500	1.703	180	136	テブコナゾール	23.617	1.871	250	125
2,3-ジクロロアニリン	12.017	0.952	161	163	テブフェンピラド	24.533	1.943	318	333
2,4,6-トリクロロフェノール	12.117	0.960	196	-	テフルトリン	17.865	1.415	177	197
2,4-キシレノール	8.925	0.707	107	122	トリデカン*	11.183	0.886	85	127
2,4-ジクロロアニリン	11.725	0.929	161	163	トリフルラリン	16.110	1.276	306	264
2,5-ジクロロアニリン	11.783	0.933	161	163	トリフロキシストロピン	23.058	1.826	116	222
2,6-ジ-tert-ブチル-4-sec-ブチルフェノール	15.592	1.235	233	247	トルフェンピラド	29.750	2.356	383	197
2,6-ジクロロアニリン	10.342	0.819	161	163	ノニルフェノール	16.342	1.294	163	107
2,6-ジニトロトルエン	13.500	1.069	165	148		16.617	1.316	135	220
2-アミノ-4,6-ジメトキシピリミジン	11.458	0.908	154	155		16.558	1.312	149	191
2-ニトロアニリン	12.850	1.018	138	92		16.708	1.323	149	191
2-ヒドロキシビフェニル	14.340	1.136	170	141		16.900	1.339	149	107
2-メチルナフタレン	11.249	0.891	142	141		16.925	1.341	163	-
3,4-ジクロロアニリン	13.175	1.044	161	163		17.175	1.360	135	107
3,5-ジクロロアニリン	12.800	1.014	161	163		17.092	1.354	177	163
3-メチルピリジン	3.842	0.304	93	66		17.267	1.368	149	107

4-プロモフルオロベンゼン	4.792	0.380	174	95	パラチオンメチル	18.760	1.486	263	93
6,6'-ジ-tert-ブチル-4,4'-ジメチル-2,2'-メチレンジフェノール	23.775	1.883	340	288	ハルフェンブロックス	27.100	2.147	265	183
EPN	24.275	1.923	157	169	ビスフェノールA	21.500	1.703	213	228
m-ニトロアニリン	13.900	1.101	138	92	ピリダベン	26.317	2.085	147	309
N,N-ジシクロヘキシル-2-ベンゾチアゾールスルフェンアミド	27.650	2.190	180	98	ピリブチルカルブ	23.925	1.895	165	181
o m p クレゾール	6.966	0.552	108	79	ピリミノバックメチル(E)	22.992	1.821	302	330
	7.747	0.614	108	79	ピリミノバックメチル(Z)	22.358	1.771	302	330
o-クロロニトロベンゼン	10.391	0.823	111	157	ピリミホスメチル	19.210	1.522	290	305
o-トルイジン	7.558	0.599	106	107	フィプロニル	20.250	1.604	367	351
p-t-オクチルフェノール	15.142	1.199	135	107	フェニトロチオン	19.292	1.528	260	277
Pプロチオホス	21.525	1.705	309	267	フェノブカルブ	10.742	0.851	121	150
p-安息香酸 n プロピル	15.742	1.247	121	138		15.425	1.222	121	150
アゾキシストロビン	29.325	2.323	344	388	フェンチオン	19.708	1.561	278	169
アトラジン	17.207	1.363	200	215	フェントエート	20.625	1.634	274	246
アメトリン	19.058	1.510	227	212	フェンプロバトリン	24.425	1.935	181	125
アラクロール	18.758	1.486	269	160	フサライド	20.033	1.587	243	272
アントラキノ	19.534	1.547	208	180	ブタクロール	21.108	1.672	176	160
イソキサチオン	22.092	1.750	105	177	ブタミホス	21.292	1.686	286	200
イソプロカルブ	14.542	1.152	121	136	ブプロフェジン	21.842	1.730	172	175
イソプロチオラン	21.545	1.707	231	290	フルオランテン	20.733	1.642	202	101
イソプロピルベンゼン	4.717	0.374	120	105	フルトラニル	21.467	1.700	173	281
イブジオン	24.217	1.918	314	187	プレチラクロール	21.533	1.706	262	238
エトフェンブロックス	27.383	2.169	163	135	プロパルギット	23.625	1.871	350	173
オキサジクロメホン	13.800	1.093	187	189	プロピコナゾール	23.275	1.844	173	-
オクタクロロスチレン	20.275	1.606	380	343	プロピザミド	17.573	1.392	173	175
カズサホス	16.375	1.297	158	159	プロフェノホス	21.625	1.713	339	337
カルバリル	14.383	1.139	144	115	プロモブチド	18.606	1.474	119	232
	18.901	1.497	144	115	ヘキサクロロ-1,3-ブタジエン	9.775	0.774	223	225
キャプタン	20.583	1.630	79	107	ベルメトリン	26.250	2.079	183	163
クロルピリホス	19.606	1.553	197	314	ベンシクロン	16.417	1.300	180	209
クロロタロニル	17.741	1.405	266	264	ベンジルアルコール	6.958	0.551	79	108
クロロフェナピル	21.883	1.733	408	247	ベンゾフェノン	15.792	1.251	182	105
シアナジン	19.709	1.561	225	240	ペンタデカン*	13.992	1.108	155	168
ジイソプロピルナフタレン	16.208	1.284	212	197	ペンディメタリン	20.292	1.607	252	281
	16.308	1.292	212	197	マラソン	19.467	1.542	173	127
	16.792	1.330	212	197	マイクロブタニル	21.817	1.728	179	152
	16.858	1.335	212	197	メソミル	14.758	1.169	105	58
	16.917	1.340	212	197	メチダチオン	20.958	1.660	145	125
ジエトフェンカルブ	19.667	1.558	267	225	メチル=ドデカノアート	14.308	1.133	214	171
ジクロシメット	20.675	1.638	277	221	メチレンビス(4,1-シクロヘキシレン)=ジイソシアネート1	20.908	1.656	81	139
	21.017	1.665	277	221		21.433	1.698	81	139
ジクロルボス	10.375	0.822	109	185		21.533	1.706	81	139
シハロホップブチル	25.133	1.991	357	256	メトキサレン	20.308	1.609	216	201
ジフェノコナゾール	28.683	2.272	233	265	メトラクロール	19.558	1.549	162	238
シマジン	17.110	1.355	201	186	メフェナセット	25.233	1.999	192	120
ジメトエート	16.917	1.340	229	93	メプロニル	22.850	1.810	119	91
シメトリン	18.896	1.497	213	170	酢酸2-エトキシエチル	4.417	0.350	72	59
ダイアジノン	17.567	1.391	304	179					

*保持時間の指標物質

3・2 抽出条件

キャッチャーズ法を用いた抽出条件について検討を行った。試料(筋肉部) 10gに標準物質を各々 100ng, 水10mL, 塩化ナトリウム 1gを添加し, ラボミキサーを用い試料をスラリー状にした後, アセトニトリル 20mL, 硫酸マグネシウム 8gを添加し振とう機にて振とうを行った。振とう後, 遠心分離器により3,000rpm 15分間の遠心分離を行い分離したアセトニトリル層を分取した。残さをラボミキサーで再度スラリー状にした後ア

セトニトリル10mL, 硫酸マグネシウム 4gを添加し振とう機にて振とうを行った。

図1に振とう時間が10分の場合の抽出回数が1回と2回を比較したものを示す。なおここでは, 抽出溶液の精製を行っていないため確認できた対象物質の一部について検討を行った。

抽出回数が1回と2回を比較すると1回より2回の方がより多く抽出されたことから抽出回数は2回とした。また3回以上については分析時間が長くなることから検

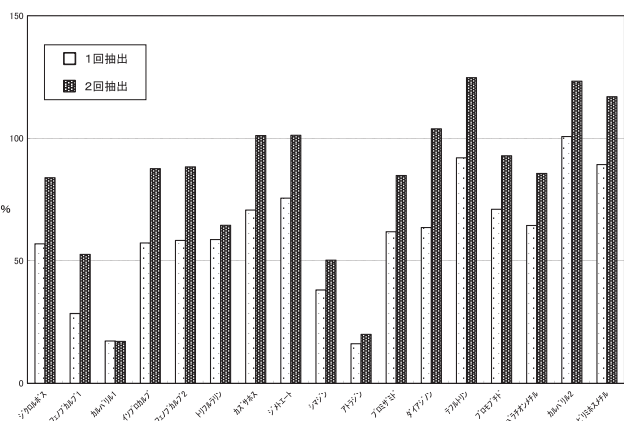


図1 抽出回数と回収率の関係

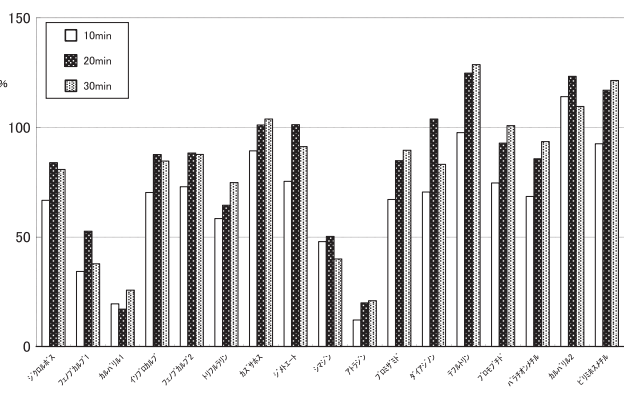


図2 抽出時間と回収率の関係

討しなかった。

図2に、抽出回数2回で、振とう時間10分、20分、30分としたとき（延べ振とう時間は20分、40分、60分）の抽出時間と抽出率との関係を示す。

抽出時間が長くなると抽出率も上がるが20分と30分にあまり差が見られなかったことから、以下の操作では抽出時間については短い方の20分とした。

3・3 精製条件

粗抽出液ではマトリックスが大きすぎてそのままでは対象物質を検出することはできない。そのために精製が

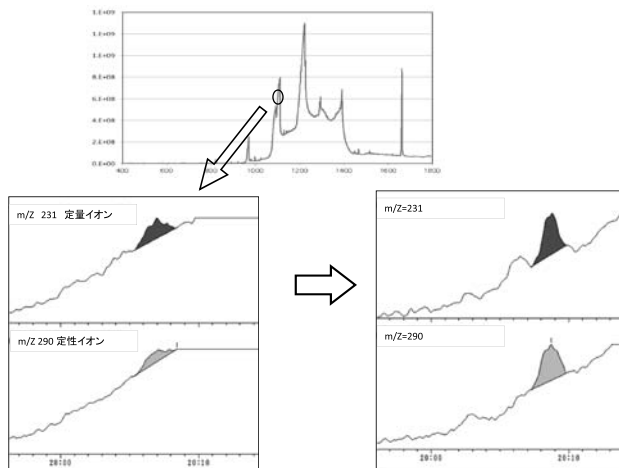


図3 C18カラムによる精製（例：イソプロチオラン）

必要となる。なるべく多くの化学物質を検出するために、特殊な前処理を行わず、固相カラムによるマトリックス成分除去について検討した。

生物試料からのアセトニトリル抽出物に含まれる不純物の多くは脂肪であると考えられることからC18カラムによる精製を行った。アセトニトリル10mLでコンディショニングしたC18カラムに抽出したアセトニトリル溶液1mLを添加しアセトニトリル10mLで溶出、窒素ガスを吹きつけ1mLまで濃縮、測定試料とした。

図3にイソプロチオランのC18カラムによる精製前後のピーク形状の変化を示す。上段は定量イオンm/z 231 下段は確認イオンm/z=290のスペクトルの一部である。

イソプロチオランに関してはC18カラムを通すことによりマトリックスの低減は図られているが、他の化学物質について十分ではなかったため追加の精製として、C18カラムの追加、PS2カラム、シリカカラムによる精製を検討した。精製手法はC18カラムと同様とした。

図4にC18カラム、C18カラム2段、C18カラム2段+PS2カラム、C18カラム2段+PS2カラム+シリカカ

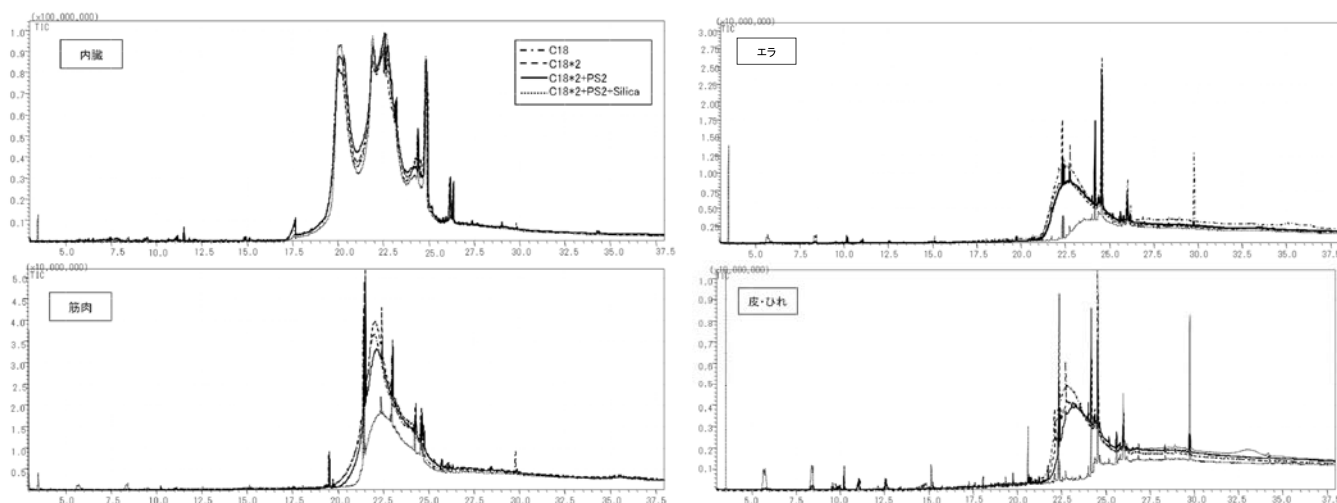


図4 前処理方法の違いによるTICの変化

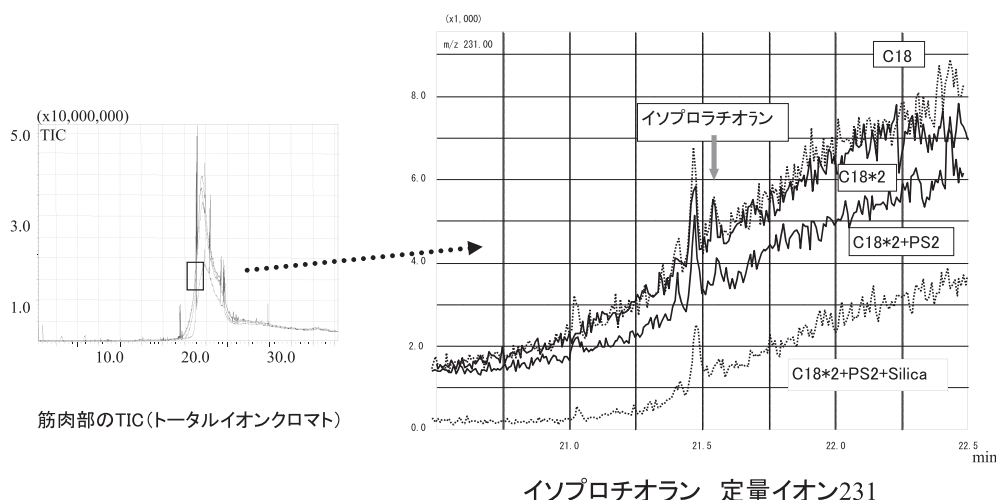


図5 前処理方法の違いによるクロマトの変化

ムと順次精製カラムを追加した場合の筋肉, 内臓, エラ, 皮・ひれのクロマト全体を示す。

内臓部や筋肉部ではカラムを追加しても顕著なクロマト形状の変化が認められないが, エラ部や皮・ひれ部ではC18カラム, C18カラム2段, C18カラム2段+PS2カラム, C18カラム2段+PS2カラム+シリカカラムとカラムを追加するにつれクロマト全体の強度が低くなりマトリックスが低減されていることがわかる。これは内臓部や筋肉部はエラ部や皮・ひれ部に比べ含まれる脂肪が多いため今回の精製方法により十分に除去されていないと

考えられる。

図5にイソプロチオランについて, それぞれの前処理を施した場合の定量イオンm/z 231のピーク形状の変化を示す。

C18カラムを2段にしてもピーク形状に変化が見られないことからイソプロチオランの精製に関してはC18カラムの追加が不要であることがわかる。さらにPS-2カラムを追加した場合マトリックスの低減が認められた。さらにシリカカラムを追加した場合は著しくマトリックスの低減が認められたが, 対象物質のピークも消失した

表2 部位・精製法による定性可能性の違い

		回収率					定性可能
部位	精製方法	不検出	-50%	50-150%	150-200%	200%以上	
エラ	C18	21	27	58	6	18	85
	C18*2	18	23	63	3	23	86
	C18*2+PS2	26	89	14	0	1	103
	C18*2+PS2+Silica	28	95	7	0	0	102
皮	C18	16	21	60	16	17	81
	C18*2	14	29	66	8	13	95
	C18*2+PS2	15	90	21	1	3	111
	C18*2+PS2+Silica	33	91	6	0	0	97
内臓	C18	46	9	28	3	44	37
	C18*2	48	19	14	2	47	33
	C18*2+PS2	47	58	18	0	7	76
	C18*2+PS2+Silica	49	65	10	1	5	75
筋肉	C18	20	7	43	13	47	50
	C18*2	33	16	56	9	16	72
	C18*2+PS2	24	74	25	2	5	99
	C18*2+PS2+Silica	26	95	7	0	2	102

定性可能

ことからシリカカラムはイソプロチオランの精製に関しては不適であることがわかった。

対象部位、精製の違いによる測定可能な化学種の数を表2に示す。マトリックスの除去が十分でないためそれらを対象化学種と誤認識し回収率が200%を超える化学物質が多いが、150%以下の回収率のものを定性可能と考え、C18カラム2段+PS2カラムでの精製がよいと判断した。C18カラム2段+PS2カラム+シリカカラムの場合、200%以上の割合は低下し150%以下の回収率の化学物質が増加するが不検出の化学物質が増加することから不適と判断した。

3・4 事故を想定した場合の適用に関する留意点

図6に水質事故時の魚類からの化学物質の測定までの分析法を示す。本法を用いると検体搬入から4時間以内に解析までを行い結果を出すことができるようになった。また今回検討した159種の化学物質の内、約100種について測定が可能となった。

しかし本分析法では前節でふれたようにマトリックス成分を十分に除去できず、ガスクロマトグラフ質量分

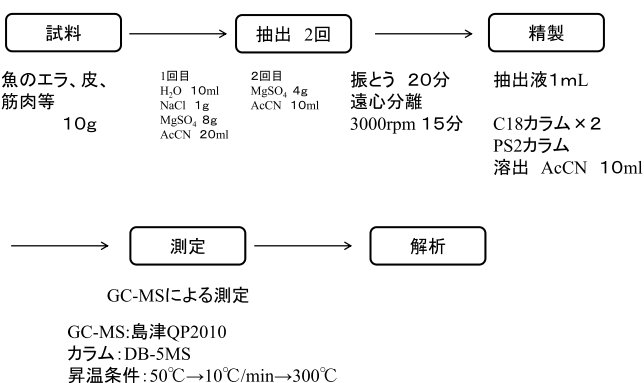


図6 魚類に含まれる化学物質の分析方法

析装置がマトリックス成分による汚染の蓄積と考えられるノイズの上昇が見られた。そのため、本法を用いて分析を行った後は、測定器内部の洗浄等、通常業務の測定に支障がないか確認が必要である。

4 まとめ

- (1) キャッチャーズ法を用いることにより、短時間で抽出を行うことができるようになった。
- (2) C18カラム、PS2カラムによる精製で、検討した159種の化学物質の内約100種について検出を可能とした。
- (3) 本法ではマトリックス成分が十分に除去しきれないため、使用した測定装置を通常業務に使用するためには性能確認を行い、必要があれば装置の洗浄等が必要である。

文 献

- 1) 中央環境審議会大気環境・水環境合同部会 公害防止取組促進方策小委員会 (第4回) 会議資料 資料4 公共用水域における水質事故について <https://www.env.go.jp/council/41air-wat/y411-04.html> (2009年11月20日)
- 2) 水質汚濁事故発生状況 静岡県環境局生活環境課HP <https://www.pref.shizuoka.jp/kankyoku/ka-050/sui/suisutujiko.html> (2012年4月)
- 3) 仲谷 正, 宮本伊織, 清水 充: QuEChERS法キットを用いた食品中の合成香料の分析について, 大阪市立環科研報告, 74, 29-36 (2012)
- 4) CVUA Stuttgart: QuEChERS法ホームページ <http://quechers.cvua-stuttgart.de/> (2012年4月)

〔短 報〕

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 環境科学部 古澤 佑一・川畑 陵介・安田 能生弘
清水 隆二

〔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、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装置を考案した。浄化実験を行った水試料として河北潟湖水や潟への流入河川水を用いて装置を稼働させたところ、0.3～0.5mg/Lの硝酸性窒素濃度が検出下限値（0.01mg/L）未満まで低減できることを確認した。また、植物プランクトンの培養槽の容量を60Lから30L、10Lと変えても硝酸性窒素濃度を低減することができた。

キーワード：河北潟，湖沼，植物プランクトン，水質浄化，化学的酸素要求量，水理学的滞留時間

1 はじめに

石川県の河北潟，木場潟及び柴山潟の3湖沼においては、昭和49年及び52年に環境基準を当てはめてから未だに化学的酸素要求量（COD）の環境基準を達成していない¹⁾。県の調査によると河北潟における年平均のCOD汚濁負荷量の内訳は内部生産と流入負荷量がほぼ同じであるが、4～10月の暖候期については内部生産が約6割と優勢になることが報告されている²⁾。著者らがこれまでに実施した「河北潟における難分解性有機物に関する実態調査」でも、河北潟湖水中の有機物のうち、春夏は易分解性の懸濁態成分が多く、この成分と植物プランクトンの指標であるクロロフィル a（Chl a）との相関が高いことから、内部生産を低減させることが水質浄化に重要であると指摘した³⁾。

内部生産は潟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・燐（りん）等の栄

養塩類に依存するので、内部生産の低減には流入河川水中の窒素・燐の低減が課題である。

また、筆者らは「浮葉植物による水質浄化と植栽・利用に関する研究」において、浮葉植物であるヒシを用いて水中の窒素・燐の低減を検証した。硝酸性窒素（NO₃-N）濃度1.5mg/Lと燐酸態燐（PO₄-P）濃度0.15mg/Lの模擬湖沼水を、ヒシを植えた水路に16日間滞留させることでこれら両物質の濃度が検出下限値（NO₃-N濃度0.01mg/L、PO₄-P濃度0.003mg/L）未満に低減できることを確認している⁴⁾。一方、ヒシを植えていない対照水路でもやや遅れて、NO₃-N濃度、PO₄-P濃度が減少し、それに伴いChl a濃度が増加したことから、この減少は植物プランクトンの増殖によるものと考えられた⁴⁾。

以上のことから、窒素・燐を吸収し増殖した植物プランクトンを効率的に除去することができれば、水中の窒素・燐が低減できるのではないかと考えた。

そこで、新たな水質浄化技術として、河北潟に在来す

Examinations of the Water Quality Improvement Technology with Utilizing an Intake of Nutrient Salts by Phytoplanktons (1st Report). by FURUSAWA Yuichi, KAWABATA Ryosuke, YASUDA Nobuhiro and SHIMIZU Ryuji (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Kahokugata Lagoon, Lakes, Phytoplankton, Water Quality Improvement, Chemical Oxygen Demand, Hydraulic Retention Time

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浄化装置を考案し、その特性を検討したので報告する。

2 実験装置と実験方法

2・1 浄化実験装置の概要

河北潟湖水のプランクトンメッシュ等を用いた分画試験によると、Chl aはメッシュサイズ25~1 μ m画分の割合が77%を占めており、河北潟における植物プランクトンは多くがこのサイズであることが分かっている⁵⁾。この植物プランクトンを効率的、かつ連続で簡単に水中から分離することが本研究の必要条件である。しかし、分離法として、自然沈降法では植物プランクトンが小さいため越流の恐れがあり、遠心分離法では、エネルギーコストが高いものと思われた。そこで、下水道での普及が進みつつある膜分離活性汚泥法(MBR)の分離膜⁶⁾を用いることでこれらの条件を解決できるのではないかと考えた。具体的には窒素・燐を吸収させる植物プランクトンの培養槽とMBRの分離膜を用いた分離槽の2槽式の浄化装置を考案した。図1に、その概要を示す。

容量90Lのポリバケツに試料(原水)を満たして原水槽とした。窒素・燐を吸収させる植物プランクトンの培養槽には市販のガラス水槽(容量60L, 30L, 10L)を用い、フロートスイッチ付水位保持コントローラで原水を汲み上げ、一定の水位になるように調整した。分離槽はアクリル製(容量8L)とし、分離膜にはクボタ社製の浸透型有機平膜(A4サイズ両面張り、公称孔径0.4 μ m, 平均孔径0.2 μ m)を用いた。培養槽の水(培養水)を水中ポンプで分離槽へ汲み上げ、オーバーフローを培養槽に戻して循環させた。分離膜からは、ペリスタリックポンプで吸引し、そのろ液は系外に排出した。膜の目詰まり防止のため、ペリスタリックポンプは9分吸引、1分休止の間欠運転をすると共に分離槽下部の散気管から曝気し、分離膜表面の洗浄を行った。

光合成によって窒素・燐を吸収させるため、日照時間

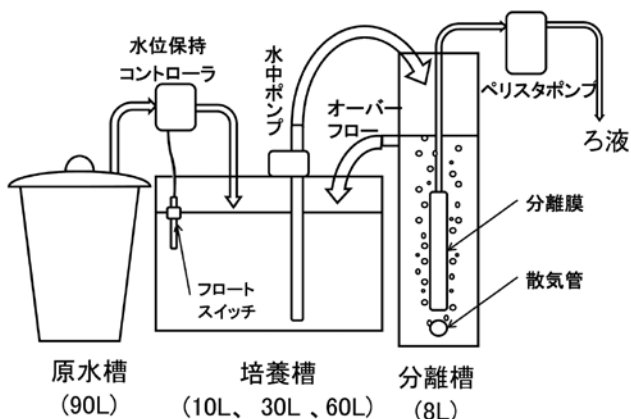


図1 実験装置の概要

を考慮して装置の稼働時間は午前9時から午後5時までとした。

2・2 水質浄化実験

2・2・1 浄化実験に用いた水試料

4~6月は河北潟の在来プランクトンを増殖させるために潟流出口付近の大根布放水路で採取した水(河北潟の湖水)を、7月以降は過去の調査で河北潟流入河川中溶存性の窒素・燐の濃度が比較的高かった森下川の森本大橋で採取した水(森本川の河川水)を原水とした。

河北潟の湖水や森本川の河川水は概ね7日から10日ごとに採取し、原水槽に補充した。入りきらない分は4 $^{\circ}$ Cで保管し、後日、温度変化の影響がないように午後5時の浄化装置運転停止後に原水槽に補充した。

2・2・2 測定項目と方法

原水、培養水、ろ液の3試料について、CODとNO₃-NをJIS K0102に則りそれぞれ酸性高温過マンガン酸法と銅・カドミウムカラム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法で測定した。試料採取時刻については浄化装置の運転時間を考慮して、安定していると考えられる午後1時半頃とした。

3 結果と考察

窒素・燐の低減を検討するにあたり、全窒素や全燐には懸濁成分が含まれるため、植物プランクトンによる吸収なのか分離膜による懸濁物の除去なのか判断が難しいことから、溶存成分、特にNO₃-Nについて検討することとした。同時に、植物プランクトン量の目安としてCODを測定した。また、培養槽の容量を変えて増殖した植物プランクトンによるNO₃-Nの吸収についても検討したので、以下にその結果について考察する。

3・1 60L培養槽での変動

培養槽に容量60Lの水槽を用い、原水槽及び培養槽に河北潟の湖水を満たして実験を開始した。60L培養槽での浄化装置の水理学的滞留時間(HRT)は稼働中の平均で1.25日、休止も含めた全平均で3.75日となる。図2

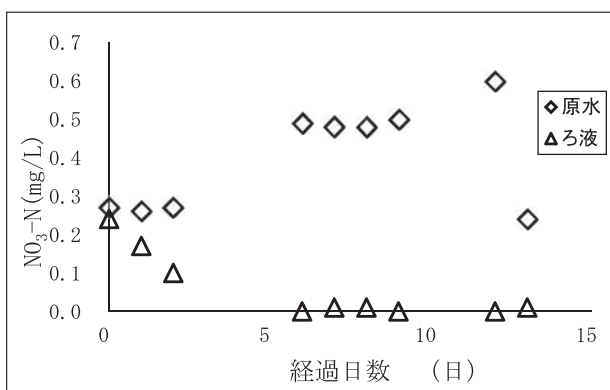


図2 60L培養槽の場合のNO₃-N濃度の経時変化

が実験開始から15日間のNO₃-N濃度の経時変化、図3がCOD濃度の経時変化を表したグラフである。NO₃-N濃度の変化をみると装置を稼働後、約1週間であろ液のNO₃-Nが検出されなくなった(図2)。このことから60L培養槽で稼働させた場合、COD濃度で10~15mg/Lの植物プランクトンがあれば低減できることを確認できた(図3)。また、COD濃度の変化をみると、培養水のCOD濃度が右肩上がりに増加し続けているが、一方でろ液のCOD濃度はほぼ一定であった(図3)。これはCODのほとんどが懸濁態として存在しているためと考えられた。

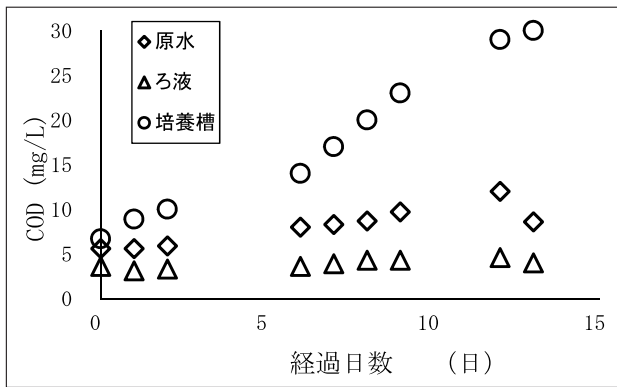


図3 60L培養槽の場合のCOD濃度の経時変化

3・2 30L培養槽での変動

原水槽には森本川の河水水を満たし、培養槽に容量30Lの水槽を用いて3・1の実験に用いた培養水を満たし

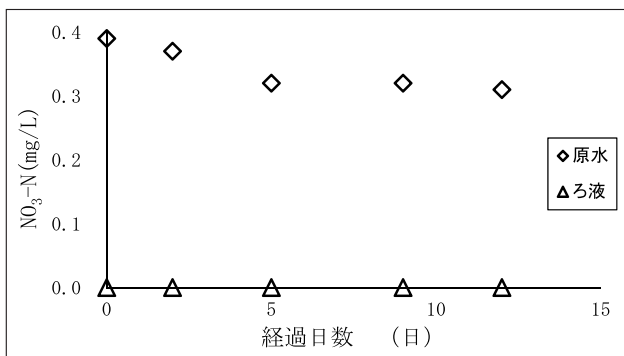


図4 30L培養槽の場合のNO₃-N濃度の経時変化

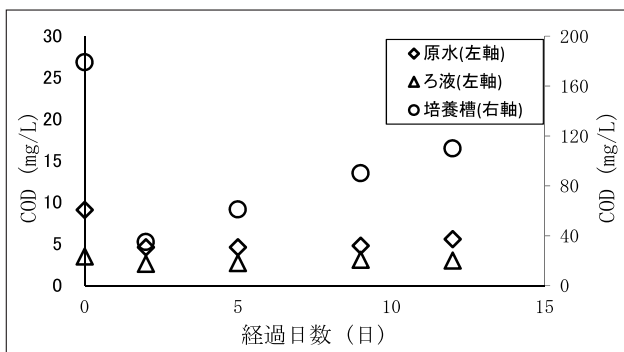


図5 30L培養槽の場合のCOD濃度の経時変化

て実験を行った。30L培養槽での浄化装置のHRTは稼働中の平均で16時間、休止も含めた全平均で2日となる。図4は30L培養槽に移行してから15日間のNO₃-N濃度の経時変化、図5はCOD濃度の経時変化を表したグラフである。この実験では60L培養槽で植物プランクトンを増殖させた培養水を用いているので0日目のCOD濃度が高い状態から開始している(図5)。30L培養槽移行翌日に培養水が流出するアクシデントがあり植物プランクトン量が約20%に減少したが、ろ液にNO₃-Nは検出されなかった(図4)。このことから30L培養槽で稼働させてもCOD濃度で約35mg/Lの植物プランクトンがあればNO₃-Nを低減できることを確認できた。

3・3 10L培養槽での変動

原水槽に森本川の河水水を満たし、培養槽に容量10Lの水槽を用いて3・2の実験に用いた培養水を満たして実験を行った。10L培養槽での浄化装置のHRTは稼働中の平均で8時間、休止も含めた全平均で1日となる。図6は10L培養槽に移行してから15日間のNO₃-N濃度の経時変化、図7はCOD濃度の経時変化を表したグラフである。この実験においても30L培養槽で植物プランクトンを増殖させた培養水を用いているので0日目のCOD濃度が高い状態から開始しているが(図7)、0日目からろ液のNO₃-Nは検出されなかった(図6)。このことから、10L培養槽で稼働させてもCOD濃度で約75mg/Lの植物

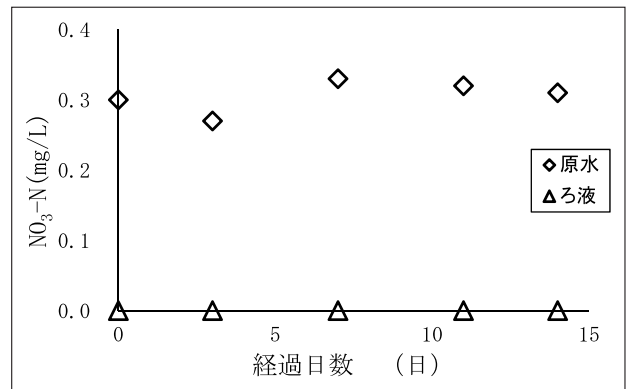


図6 10L培養槽の場合のNO₃-N濃度の経時変化

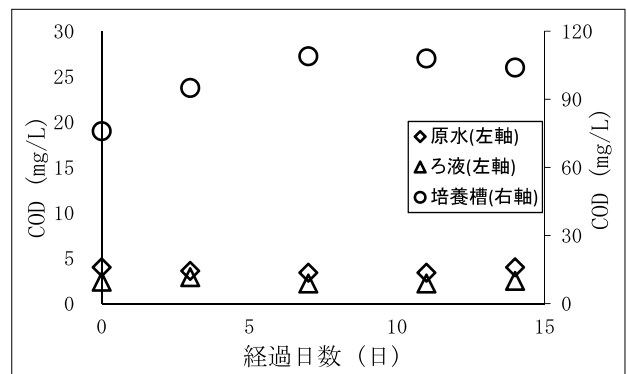


図7 10L培養槽の場合のCOD濃度の経時変化

プランクトンがあればNO₃-Nを低減できることを確認できた。

4 ま と め

- (1) 植物プランクトンを活用した水質浄化装置を考案した。
- (2) 考案した浄化装置を用いて試料中の0.3～0.5mg/LのNO₃-Nを検出下限値(濃度0.01mg/L)未満の濃度まで低減できることを確認した。
- (3) 植物プランクトンがCOD濃度で60L培養槽では10～15mg/L, 30L培養槽では約35mg/L, 10L培養槽では約75mg/Lあれば, NO₃-Nを検出下限値未満の濃度まで低減できることを確認した。

文 献

- 1) 石川県：平成26年度公共用水域及び地下水の水質測

定の結果報告書(2015)

- 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) 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)
- 4) 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)
- 5) 橋田哲郎, 澤田道和, 小森正樹, 柿本均, 東海林寛史, 本田和子：タマミジンコの食餌による水質浄化, 石川県保健環境センター研究報告書, 45, 61-66(2008)
- 6) 国土交通省 下水道膜処理技術会議：下水道への膜処理技術導入のためのガイドライン[第2版](2011)

〔短 報〕

熱ルミネセンス線量計を用いた積算線量測定に係る留意点について (その2)

石川県保健環境センター 環境科学部放射線グループ 小 浦 利 弘・東海林 寛史
初 瀬 裕・中 谷 光

〔和文要旨〕

本県では平成2年7月から志賀原子力発電所の周辺環境放射線監視を実施しており、監視項目の1つである積算線量による測定は、熱ルミネセンス線量計（以下「TLD」という。）を用いて3ヶ月値を測定してきた。本報告ではTLDによる積算線量測定において素子による測定結果のばらつきや、読取装置に起因する感度の変動等、日常業務を通じて明らかになったいくつかの問題点について整理し、検証を行った。

「熱ルミネセンス線量計を用いた環境 γ 線量測定法」によると、TLD素子のばらつきは相対標準偏差で4～5%の範囲内と示されており、本県で使用している素子についても検証を行ったところ、示された範囲内に入ることが確認された。

また、読取装置内のリーダの温度変化が原因と思われる感度の変動について、読み取りを連続的にを行い、リーダを使用し続けた際の影響について検証を行った結果、最大14%の感度の変動が確認された。さらに、測定間にインターバルが空くことでリーダの温度が変動すると考えられることから、インターバルを変動させて検証を行った結果、5分のインターバルで最大28%の感度の変動があることが確認された。

このほか、電源を入れた状態での読取装置の長期的な安定性について検証を行った結果、長期的な安定性については問題がないことが確認された。

キーワード：積算線量，熱ルミネセンス線量計，環境放射線

1 はじめに

本県では平成2年7月から志賀原子力発電所の周辺環境放射線監視（以下「原電監視」という。）を実施しており、監視項目の1つである積算線量は、熱ルミネセンス線量計（以下「TLD」という。）を用いて測定している¹⁾。TLDは、宇宙線と大地や空气中に存在する放射性物質から放出される γ 線を同時に測定することができることや、電源を必要としないため、原子力災害時にお

る長期間の被ばく線量の評価を行うことができる特徴があり、これまで県内全域でTLDを用いた空間線量の調査が行われ、大辻らにより報告された例がある²⁾。

TLD測定は、まずTLD素子の汚れを拭き取った後に加熱処理（以下「アニーリング」という。）することで、素子に記録された放射線量の情報を初期化する。アニーリング後の素子に残存する放射線量の測定（以下「プレドーズ測定」という。）を行い、放射線量の情報が初期化されたことを確認し、TLD素子を各観測地点に設置

A few Points to Take Notice for the Integral Radiation Dose Measurement with Using a Thermoluminescent Dosimeter. by KOURA Toshihiro, SHOJI Hirofumi, HATSUSE Yuh and NAKATANI Mitsuru (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Integral Radiation Dose, Thermoluminescent Dosimeter, Environmental Radiation

するまでの間、鉛容器に保管する。鉛容器に保管したまま運搬を行い、各観測地点にTLD素子を8素子設置し、3ヶ月後に回収し、鉛容器に保管して読取装置のある試験室（保健環境センター）まで運搬する。

また、保健環境センターと観測地点との間の運搬時に受ける線量を評価するために、運搬時に使用する鉛容器にはバックグラウンド（以下「BG」という。）測定用のTLD素子も入れておき、運搬時に受ける線量として評価している。測定値の補正は、 2π 型 γ 線照射装置（以下「照射装置」という。）による標準照射により行っている。

この手順の中で、保管する鉛容器の種類によるTLD素子への影響及び標準照射時におけるTLD素子への方向依存性についての検証は、既に筆者らが報告した。³⁾

本報告では日常の積算線量測定業務において明らかとなったTLD素子による測定結果のばらつきや、読取装置の感度変動などについて定量的に評価した。

「熱ルミネセンス線量計を用いた環境 γ 線量測定法」⁴⁾（以下「測定法シリーズ」という。）によると、「TLD素子のばらつきは相対標準偏差で4～5%の範囲内」と示されており、本県で使用している素子についてどの程度のばらつきを持っているかを検証した。

また、測定法シリーズによると、「読取装置内のリーダの温度上昇が原因と思われる感度低下が認められている」と示されていることから、本県が所有する読取装置についてどの程度の感度の変動が見られるのか検証を行った。検証は、リーダ感度を内部基準線源（C-14）により補正する係数であるCAL補正係数の変動を調査することで行った。CAL補正係数は読み取り値に乗じることによってリーダ感度の変動を補正する係数であり、リーダの使用時間が長いとリーダの温度上昇による感度低下が生じ、感度低下によりCAL補正係数が上昇することになる⁴⁾。

さらに、電源を入れ続けた状態での読取装置の長期的な安定性について検証を行った。

2 調査方法

2.1 測定方法

測定は測定法シリーズに準じて行った。TLD素子はパナソニック製UD-200S（CaSO₄（Tm））、読取装置は、パナソニック製TLD（放射線熱蛍光線量計）用リーダUD-5160Pを用いた。

TLD素子はアニーリングを行い、プレドーズ測定を行って線量情報が初期化されたことを確認した後に使用した。素子に既知量の放射線量を照射する標準照射には、コリメートされた千代田テクノロ製の照射装置（Amersham製セシウム-137線源（2.22GBq、基準日：

平成3年9月19日、再校正日：平成20年6月17日）、平成28年2月末まで使用）又は日立アロカメディカル製の照射装置（QSA GLOBAL製セシウム-137線源（3.70GBq、基準日：平成27年4月29日、校正日：平成28年3月11日）、平成28年3月11日以降使用）を使用した。

2.2 TLD素子のばらつき

TLD素子のばらつきを評価するため、TLD 88素子アニーリングした後、プレドーズ測定を行った。次に、80素子について200 μ Gy/hの標準照射を行い鉛厚5cmの容器に測定までの間保管し、標準照射を行わなかった残りの8素子についてはBG測定用素子として同様に保管した。

標準照射したTLD素子を8素子で1セットとして読み取りを行い、8素子の読み取り値から最小値と最大値を除外し、平均した値から同様の方法で平均したBG値を差し引いた値を測定値とした。

2.3 CAL補正係数の連続測定時における変動

連続的な使用により、読取装置のリーダ温度が変動することで、CAL補正係数に対して影響を与えると考えられる。本県の読取装置はTLD素子の自動連続測定機能を有しており、最大200素子を1度にセットして読み取りでき、1セット毎に読み取り前に読取装置内部に設置されている内部基準線源を用いてリーダの感度補正を行い、CAL補正という形で読み取り値に反映させる仕組みとなっている。

そこで、連続測定によるリーダ感度の変動状況を把握するため、TLD 8素子を1セットとした読み取りを繰り返して行い、その都度CAL補正係数を算出することで検証したほか、積算線量の監視業務で通常行う48素子を1セットとした読み取りを繰り返し行うことで検証した。

2.4 CAL補正係数のインターバルによる変動

連続的な使用により、読取装置のリーダ温度が変動するほかに、インターバルが空くことにより、リーダの温度が低下し、CAL補正係数が低下する影響が考えられることから、インターバルによるCAL補正係数の変動について検証を行った。

検証はTLD 8素子を1セットとして、インターバル前のCAL補正係数が概ね 1.15 ± 0.01 及び概ね 1.18 ± 0.01 程度となるまで繰り返し読み取りを行った後、2～60分のインターバルを空けてCAL補正係数を算出することで検証した。

2.5 読取装置の長期的な安定性

読取装置の電源を入れ続けた状態での長期的な装置の安定性について以下のような検証を行った。

まず、176素子についてアニーリングを行い、プレドーズ測定を行った後、そのうちの88素子について同時に標準照射を行った上で鉛厚5cmの容器に読み取りまでの

間保管した。標準照射を行わなかった残りの88素子についてはBG測定用素子として同様に保管した。

TLD素子を8素子で1セットとし、8素子の読み取り値から最小値と最大値を除外し、平均した値からBGを差し引いた値を測定値とした。

標準照射した素子とBG用素子を各1セットずつ、最初は数時間程度毎、それ以降は1日1回程度読み取りを行った。

3 結果と考察

3.1 TLD素子のばらつき

2.2に示す方法で検証した結果を表1～3に示す。

1回目の80素子の読み取り値の範囲は228.2～287.6 μ Sv, 相対標準偏差4.45%, 2回目の範囲は226.9～279.3 μ Sv, 相対標準偏差4.65%, 3回目の範囲は220.5～279.6 μ Sv, 相対標準偏差4.35%であり、読み取り値のばらつきは相対標準偏差で4.35～4.65%であり、測定法シリーズにおいて示されている4～5%の範囲内となった。

読み取り値から算出した測定値の範囲は、1回目246.9～261.7 μ Sv, 相対標準偏差2.13%, 2回目242.4～

264.5 μ Sv, 相対標準偏差2.50%, 3回目249.6～264.1 μ Sv, 相対標準偏差1.93%であり、測定値のばらつきは相対標準偏差で1.93～2.50%であり、読み取り値と比較して半分程度となっていた。よって、TLD8素子の読み取り値から最小値と最大値を除外し、平均した値からBGを差し引いた値を測定値とすることで、測定値の相対標準偏差が2～3%となることが確認された。

3.2 CAL補正係数の連続測定時における変動

2.3に示す方法で検証した結果を表4に示す。

繰り返し測定の結果、0素子時点のCAL補正係数は1.022～1.037であるが、8素子時点で1.079～1.081, 16素子時点で1.105～1.122, 48素子時点で1.131～1.159まで上昇した。

8素子を1セットとした読み取りでは、80素子から192素子時点までのCAL補正係数の範囲が1.171～1.188, 平均値が1.179, 96素子から192素子時点までの範囲が1.172～1.188, 平均値が1.180, 112素子から192素子時点までの範囲が1.172～1.186, 平均値が1.180であり、1.18を中央として概ね ± 0.01 程度の範囲で安定する結果となった。

表1 TLD素子のばらつき(1回目)

	1セット	2セット	3セット	4セット	5セット	6セット	7セット	8セット	9セット	10セット	BG	全読取値の集計値		
読取値 (μ Sv)	245.9	261.6	260.5	240.4	271.9	231.3	248.1	252.4	271.1	268.3	2.8	平均值(μ Sv)	257.5	
	255.0	248.4	268.0	264.9	274.0	256.6	265.6	267.2	271.3	259.6	2.5	標準偏差	11.5	
	228.2	240.3	263.4	262.8	251.0	271.2	271.9	263.6	264.9	241.8	2.5	CV(%)	4.45	
	240.0	251.0	266.6	271.4	270.2	259.5	265.9	244.4	255.2	253.1	2.7	測定値の集計値		
	249.2	241.5	274.0	254.0	255.1	266.6	263.1	287.6	238.2	238.6	2.8	平均值(μ Sv)	255.2	
	261.6	247.2	264.6	263.0	268.8	261.2	257.9	253.5	254.0	265.2	3.3	標準偏差	5.43	
	248.5	262.9	249.0	250.5	253.6	245.8	254.8	243.0	255.7	269.2	2.7	CV(%)	2.13	
	259.5	250.9	263.6	267.6	267.2	259.3	275.9	238.0	247.1	252.4	3.0			
	測定値 (μ Sv)	246.9	247.4	261.7	257.7	261.7	255.4	260.4	251.2	255.2	254.0	2.8		

※lot21-3000番台を使用

表2 TLD素子のばらつき(2回目)

	1セット	2セット	3セット	4セット	5セット	6セット	7セット	8セット	9セット	10セット	BG	全読取値の集計値		
読取値 (μ Sv)	230.2	261.6	255.8	256.4	271.0	261.3	254.1	255.5	250.0	244.6	2.9	平均值(μ Sv)	253.3	
	238.0	255.8	266.9	261.5	259.4	279.3	250.7	258.2	261.2	263.8	3.1	標準偏差	11.8	
	249.4	250.5	255.4	256.4	246.9	271.8	245.7	249.6	260.6	244.4	2.9	CV(%)	4.65	
	240.6	257.5	235.1	265.4	262.5	244.7	266.5	234.1	226.9	237.3	3.5	測定値の集計値		
	248.2	234.2	239.9	259.0	232.3	273.5	249.9	266.1	244.3	273.3	3.3	平均值(μ Sv)	253.7	
	246.3	247.4	247.2	275.4	243.0	239.6	246.7	246.5	244.9	262.7	3.5	標準偏差	6.35	
	233.5	249.5	271.4	250.2	262.2	272.5	252.2	243.5	250.1	273.4	3.7	CV(%)	2.50	
	247.5	252.7	250.5	267.7	261.7	263.1	249.8	242.2	254.3	257.3	3.3			
	測定値 (μ Sv)	242.4	252.2	252.6	261.1	256.0	264.5	250.6	249.2	250.7	257.7	3.3		

※lot35-5000番台を使用

表3 TLD素子のばらつき(3回目)

	1セット	2セット	3セット	4セット	5セット	6セット	7セット	8セット	9セット	10セット	BG	全読取値の集計値		
読取値 (μ Sv)	253.5	245.6	233.3	258.5	230.4	245.2	263.1	254.4	268.8	244.6	3.9	平均值(μ Sv)	256.1	
	266.0	246.2	255.0	267.9	246.6	261.5	247.4	256.8	268.7	259.2	3.7	標準偏差	11.1	
	249.1	245.0	267.5	258.5	261.3	268.1	265.6	264.8	266.1	260.9	3.7	CV(%)	4.35	
	220.5	257.6	249.9	248.2	251.0	261.4	271.9	264.5	275.1	265.8	4.5	測定値の集計値		
	258.9	241.8	242.9	257.3	274.7	256.4	264.3	258.8	254.9	269.3	4.3	平均值(μ Sv)	257.0	
	247.3	256.7	264.7	247.8	267.1	255.1	265.3	267.4	243.5	263.0	4.2	標準偏差	4.96	
	258.0	253.1	238.2	240.5	267.3	261.3	256.3	257.2	279.6	262.4	4.0	CV(%)	1.93	
	255.9	250.9	254.9	257.3	241.4	251.7	269.8	228.8	249.8	247.9	4.0			
	測定値 (μ Sv)	253.8	249.6	250.9	254.6	255.8	257.9	264.1	259.4	263.9	259.8	4.0		

※lot35-5000番台を使用

表 4 読取素子数とCAL補正係数

読取素子数	CAL補正係数				CAL補正係数の変動(%)			
	8素子毎 1回目	8素子毎 2回目	48素子毎 1回目	48素子毎 2回目	8素子毎 1回目	8素子毎 2回目	48素子毎 1回目	48素子毎 2回目
0	1.032	1.037	1.022	1.031	4.4	4.1	9.6	9.9
8	1.079	1.081			2.4	3.7		
16	1.105	1.122			1.7	1.7		
24	1.124	1.141			0.8	0.1		
32	1.134	1.142			1.1	0.8		
40	1.146	1.151			0.1	0.7		
48	1.147	1.159	1.131	1.144	0.5	0.2	1.5	0.8
56	1.153	1.161			0.3	0.1		
64	1.157	1.162			-0.3	0.5		
72	1.154	1.168				0.3		
80		1.171				0.2		
88		1.173				0.2		
96		1.175	1.148	1.153		1.1	0.1	1.3
104		1.188				-0.4		
112		1.183				-0.8		
120		1.174				0.8		
128		1.184				-0.5		
136		1.178				0.3		
144		1.181	1.149	1.168		-0.1		0.8
152		1.180				0.3		
160		1.183				0.3		
168		1.186				-0.3		
176		1.183				-0.3		
184		1.179				-0.6		
192		1.172		1.178				-0.4
240				1.173				0.7
288				1.181				0.2
336				1.183				0.0
384				1.183				0.0
432				1.183				-0.8
480				1.174				

48素子を1セットとした読み取りでは、192素子から480素子時点までのCAL補正係数の範囲が1.173～1.183、平均値が1.179、288素子から480素子時点までの範囲が1.174～1.183、平均値が1.181であり、8素子の場合と同様に1.18を中央として概ね±0.01程度の範囲で安定する結果となり、CAL補正係数の安定状態の値は概ね1.18±0.01であることが判明した。

よって、8素子を1セットとした読み取りを行う場合は空読み取りを80素子（所要時間約70分）、48素子を1セットとした読み取りを行う場合は空読み取りを192素子（所要時間約90分）行うことで安定した測定が可能となることが判明した。

空読み取りを行うことで安定的な測定が可能となるが、測定に多くの時間を要することとなる。そこで分析に要する時間を短縮する手法について検討し、その結果を図1に示す。CAL補正係数の変動幅に着目すると48素子を1セットとした読み取りでは48素子から96素子時点までのCAL補正係数の変動が0.8～1.5%、96素子から144素子時点までの変動が0.1～1.3%、144素子から192素子時点までの変動が0.8%となっており、48素子時点以降の48素子測定毎の変動は1.5%以下となっていた。この変動幅は安定状態と考えられる概ね1.18±0.01に到達した時点での変動幅である1.7%（算出根拠：(1.19-1.17)/1.19×100）よりも小さい。このことから、49素子から

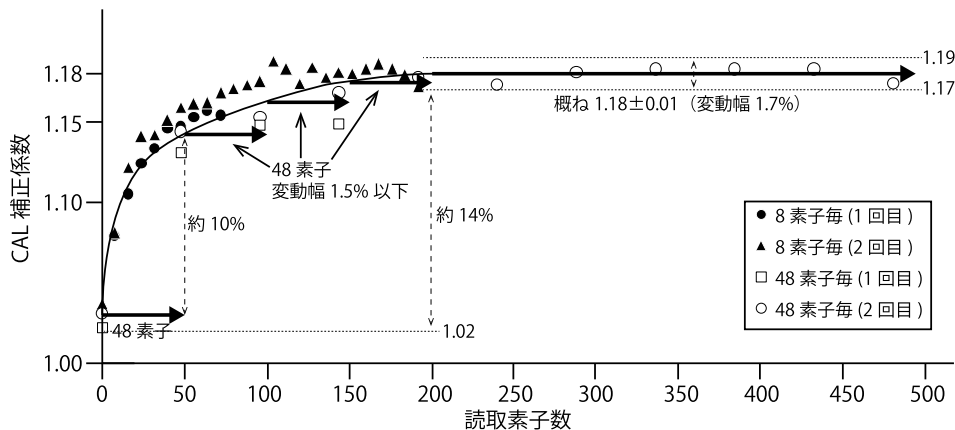


図 1 CAL補正係数の連続測定時における変動

表5 セット間インターバルにおけるCAL補正係数の変動

インターバル前CAL補正係数 概ね1.15±0.01								
インターバル(min)	3	5	5	10	15	20	30	60
インターバル前CAL補正係数	1.148	1.161	1.150	1.144	1.148	1.144	1.153	1.154
インターバル後CAL補正係数	1.143	1.134	1.126	1.095	1.088	1.074	1.071	1.044
CAL補正係数の変動幅(%)	0.44	2.33	2.09	4.28	5.23	6.12	7.11	9.53

インターバル前CAL補正係数 概ね1.18±0.01					
インターバル(min)	3	5	10	30	60
インターバル前CAL補正係数	1.176	1.179	1.187	1.171	1.178
インターバル後CAL補正係数	1.163	1.146	1.122	1.073	1.058
CAL補正係数の変動幅(%)	1.11	2.80	5.48	8.37	10.2

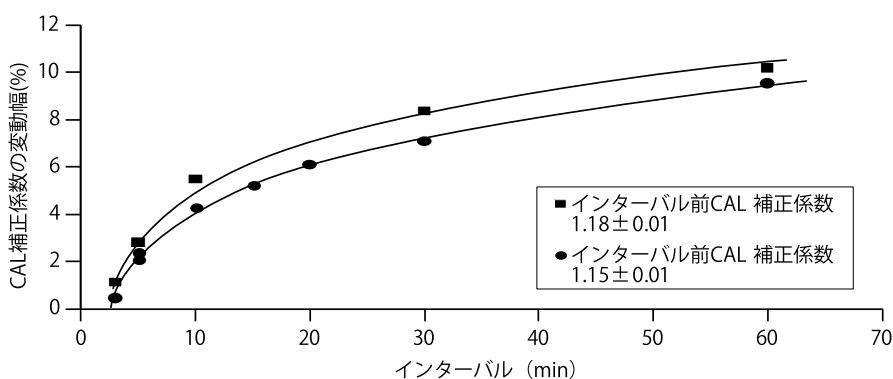


図2 インターバルとCAL補正係数の変動幅の関係

測定を開始し、以降、CAL補正係数が概ね1.18±0.01に達するまでの間、48素子毎にCAL補正を行うことで精度を保ちながら、分析時間の短縮をすることが可能であることが判明した。

また、読取装置は各セット測定開始時点のCAL補正係数を用いて当該セットの測定値全て（最大で200素子）を補正することから、安定する前のCAL補正係数が測定結果に反映された場合、今回の結果では、本来CAL補正係数が1.188であるにもかかわらずCAL補正係数1.022で計算される可能性があることから、最大で14%

もの読み取り値のずれを生じさせる可能性があり（図1参照）、十分な注意が必要であることが示された。

3.3 CAL補正係数のインターバルによる変動

2.4に示す方法で読み取りセット間のインターバルに対するCAL補正係数の変動を検証した結果を表5及び図2に示す。

インターバル前CAL補正係数が概ね1.15±0.01となった後のインターバルが3分であればCAL補正係数の低下幅は0.44%であるが、5分で2.09～2.33%、10分で4.28%、60分では9.53%となり、3.2で示した0素子時点と同程

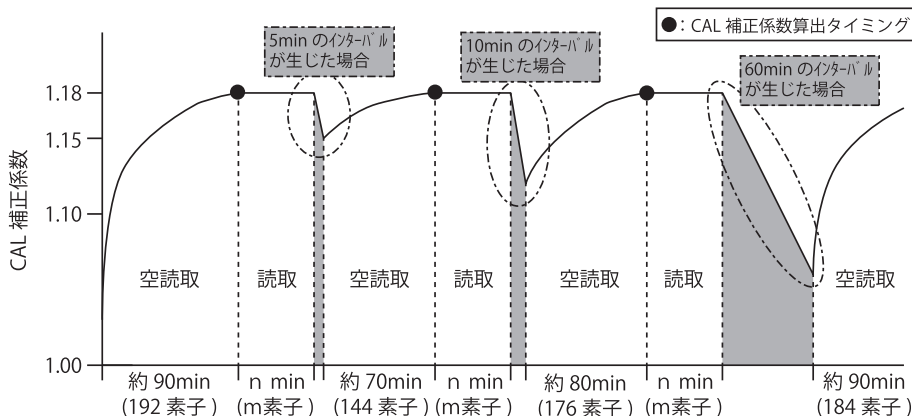


図3 CAL補正係数 概ね1.18±0.01での読み取り方法

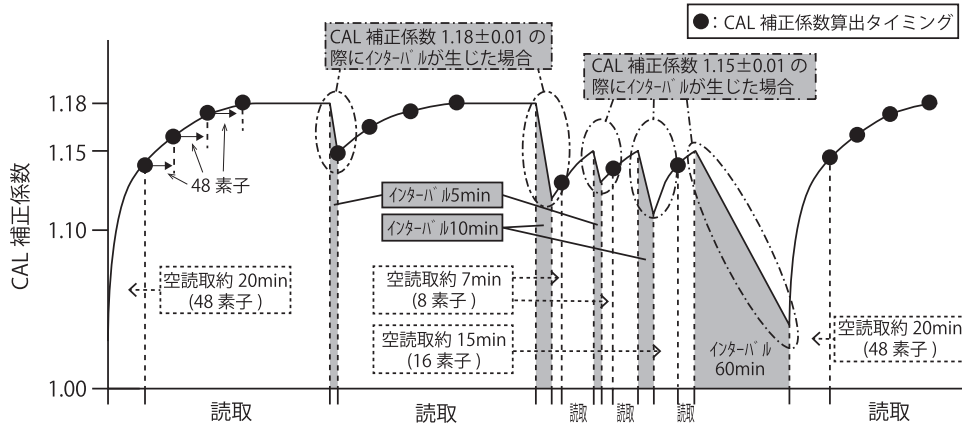


図4 CAL補正係数 概ね1.15±0.01以上の読み取り方法

度のCAL補正係数となった。

インターバル前CAL補正係数が概ね1.18±0.01となった後のインターバルが3分の場合は1.11%, 5分で2.80%, 10分で5.48%, 60分では10.2%となり、インターバル前補正係数が概ね1.15±0.01の時と比較してインターバルによる影響が大きくなる結果となった。

インターバル5分でのCAL補正係数の変動は2～3%程度で、3.1に示したTLD素子そのもののばらつきと同程度であることからそれほど大きな変動では無いと捉えることもできるが、CAL補正係数の変動はばらつきではなく、測定値に対して一定のずれを発生させるものであり、大きな影響を与える。

リーダ感度が安定するCAL補正係数が概ね1.18±0.01で行う場合の読み取り方法について、3.2に示した結果を含めて図3のとおり取りまとめた。その結果、90分間空読み取りを行うことで安定した測定が可能となるが、インターバルが5分空いてしまうと再度空読み取りが70分必要となり、10分空いてしまうと80分必要となり、わずかなインターバルを生じるだけで当初の空読み取りに近い時間が必要となる。

実際の読み取り操作の際、インターバル3分以下で分析を継続するのは困難であるか、リーダ感度を安定させるための空読み取りを行った直後にインターバルが空い

た場合でも同様の変動をすることから、CAL補正係数概ね1.18±0.01での連続した読み取り操作は現実的な方法とは言えない。

そこで、3.2に示した結果も踏まえて図4のとおり読み取り方法を構築した。

CAL補正係数が概ね1.15±0.01を超えるまでの20分間は空読み取りを行い、その後、概ね1.18±0.01に達するまでの間は48素子程度毎にCAL補正を行い、概ね1.18±0.01に達した後はインターバルを生じない限り連続した読み取りを行う。インターバルを生じた場合、概ね1.15±0.01に達するまでは空読み取りを行うが、CAL補正係数が概ね1.18±0.01に達した後のインターバルが5分程度であれば、CAL補正係数は1.15程度で、空読み取りは不要となり、10分の場合は、約7分の空測定を実施することで読み取りを再開できることから、図4に示す方法で読み取りを行うという現実的な手法を確立できたと考えられた。

3.4 読取装置の長期的な安定性

読取装置の電源を入れ続けた状態での読取装置の長期的な安定性の検証のために、最初に測定した読み取り時刻を基準として定期的に読み取った結果を表6に示す。

測定値は、232.3～246.3 μSv、相対標準偏差1.59%であり、測定値の平均値に対するずれは-2.57～3.31%で

表6 読取装置の長期的な安定性

経過時間	0	12	15	18	21	24	81	105	129	153	177
読取値 (μSv)	233.0	243.4	240.6	233.6	257.2	221.9	230.3	236.8	247.9	248.9	258.7
	233.5	241.3	251.5	256.7	249.1	254.4	248.9	250.2	252.3	253.1	240.2
	237.9	233.0	243.2	238.0	235.4	252.6	244.7	234.8	236.4	229.6	246.7
	243.5	231.1	252.2	248.1	257.1	240.8	237.4	231.6	227.6	249.9	225.8
	240.7	240.4	241.9	242.1	250.3	251.6	242.7	256.4	241.8	238.6	231.9
	253.9	239.7	236.1	239.9	247.0	246.5	236.8	235.5	242.5	244.5	240.9
	238.2	244.9	239.8	240.5	248.3	228.7	233.8	233.4	240.9	253.6	249.5
	239.9	243.7	241.1	250.0	242.6	240.9	244.0	214.9	233.0	240.9	243.1
測定値 (μSv)	237.1	237.8	240.5	240.3	246.3	241.0	235.8	232.3	235.3	240.4	235.7
測定値の平均値 に対するずれ(%)	-0.55	-0.25	0.86	0.78	3.31	1.07	-1.08	-2.57	-1.29	0.83	-1.12

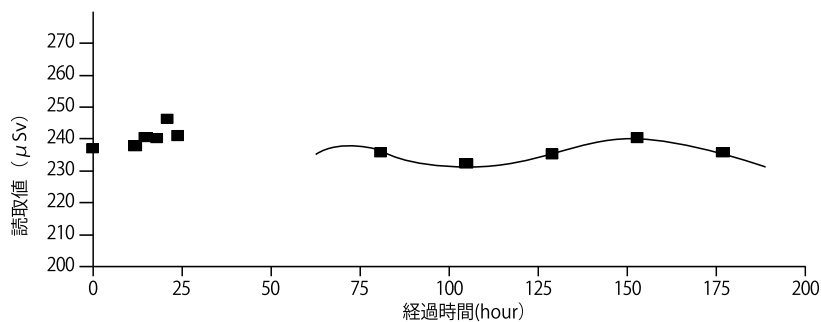


図5 経過時間と読取値の関係

あった。経過時間と測定との関係は図5のとおりとなり、長期的な揺らぎが見られるが、3.1のとおり測定値のばらつきが2～3%あることを考慮すると、差があるとは言えず、読取装置の長期的な安定性について、測定値に影響を与えるような変動は無いことが確認された。

4 ま と め

今回の検証結果から、TLD素子の読み取り値のばらつきは相対標準偏差で4～5%あり、8素子の値を用いて測定値を算出することで相対標準偏差が2～3%となることが確認された。

読取装置は各セット測定開始時点のCAL補正係数を用いて当該セットの測定値全てを補正することから、リーダが安定する前のCAL補正係数が測定結果に反映された場合、大きなずれを発生させることになる。よって、CAL補正係数が概ね 1.15 ± 0.01 を超えるまでの間は空読み取りを行い、その後、概ね 1.18 ± 0.01 に達するまでの間は48素子程度毎にCAL補正を行い、概ね 1.18 ± 0.01 に達した後はインターバルを生じない限り連続した読み

取りを行う。インターバルを生じた場合でも同様の操作を行うことで誤差を最小限に抑えながら読み取り時間を短縮できる手法を確立した。

そのほか、読取装置の長期的な安定性については測定値に影響を与えるような変動はないことが確認された。

文 献

- 1) 石川県：平成25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」
- 2) 大辻真紀子，小森正樹，中谷光，今井利夫，安井嘉朗：石川県における空間線量調査結果（その2），石川県衛生公害研究所年報，27，349-356（1990）
- 3) 小浦利弘，東海林寛史，堅田勉：熱ルミネセンス線量計を用いた積算線量測定に係る留意点について，石川県保健環境センター年報，52，105-108（2015）
- 4) 文部科学省：放射能測定法シリーズ18，「熱ルミネセンス線量計を用いた環境γ線量測定法」（1990）

〔資料〕

2007～2015年に石川県で分離された腸管出血性大腸菌について — O26, O111の発生状況及び細菌学的性状 —

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部 北川 恵美子・小坂 恵・加藤 真美
木村 恵梨子・崎田 敏晴

〔和文要旨〕

2007～2015年に石川県で分離された腸管出血性大腸菌O26, O111の発生状況及び細菌学的性状を調べた。その結果、O26については、2012年以降はそれ以前に比べて報告数が半分程度に減少していた。O111については、2009年及び2011年に集団発生等による一時的な増加がみられたが、その他の年では発生数が少ないために傾向をみることはできなかった。年齢階級別では、10歳未満の報告数が一番多く、保育園等での集団発生が大きな要因であった。*stx*サブタイプ型別では、*stx1*のサブタイプは全て*stx1a*で、*stx2*のサブタイプは全て*stx2a*であった。薬剤耐性については、治療に用いられることの多いホスホマイシンに対する耐性株がO26で1株検出された。またO111において、プラスミド性の可能性のあるAmpC β -ラクタマーゼ産生菌が検出された。EHECにおいても臨床問題となる薬剤耐性遺伝子が伝播している可能性が示唆されたことから、今後も薬剤耐性の動向に注視する必要があると考えられた。

キーワード：腸管出血性大腸菌, O26, O111, 薬剤感受性

1 はじめに

腸管出血性大腸菌 (Enterohemorrhagic *Escherichia coli*: 以下, EHEC) 感染症は、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) において三類感染症であり、診断した医師は全数届出する義務がある。本感染症は無症状から腹痛, 下痢, 出血性大腸炎 (血便) さらには溶血性尿毒症症候群 (Hemolytic Uremic Syndrome: 以下HUS) などの合併症によって死に至るものまで様々な臨床症状を呈する¹⁾。

石川県 (以下, 当県) においては、毎年、本菌による感染者が報告されており、我々は、前報において、EHEC感染症の中で分離頻度が高いEHEC O157 (以下, O157) の発生状況及び細菌学的性状について報告した²⁾。

今回、O157に次いで分離頻度の高いEHEC O26 (以下, O26), EHEC O111 (以下, O111) について、2007～2015年までの発生状況及び細菌学的性状の動向を調べたので報告する。

2 材料と方法

2・1 EHEC感染症の発生状況

2007年1月～2015年12月までの9年間に感染症法に基づき当県に届出されたEHEC感染者の関連情報等について集計を行った。感染者の報告数, O血清群, 年齢等の属性は、感染症発生動向調査システムに報告された情報により把握した。

(1) 集団発生事例

感染症発生動向調査システムに報告された情報及び県薬事衛生課より提供された情報により把握した。

(2) O血清群別EHEC感染者報告数

発生年毎にO血清群に分けて集計を行った。

(3) 年齢階級別O26, O111感染者報告数

O26及びO111発生例について年齢階級別 (0～9歳から80歳以上まで10歳刻み) に分けて集計を行った。

2・2 EHEC O26, O111の細菌学的性状

O26, O111感染者のうち、1事例1人 (初発者) から

Recent Situation of Enterohemorrhagic *Escherichia coli* O26 and O111 Detected in Ishikawa Prefecture.
by KITAGAWA Emiko, KOSAKA Megumi, KATOH Mami, KIMURA Eriko and SAKIDA Toshiharu
(Health and Food Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Enterohemorrhagic *Escherichia coli*, O26, O111, Antimicrobial Susceptibility

分離されたEHEC O26の41株, O111の8株を使用し, 以下の細菌学的性状を調べた。

(1) *stx* サブタイプ

デンマーク国立血清学研究所 (Statens Serum Institut: SSI) の方法³⁾に従い実施した。

(2) 病原遺伝子

対象とした病原遺伝子は, 腸管付着因子 (*eae*, *aggR*) 凝集付着性大腸菌耐熱性毒素 (*astA*) の3種類である。国立感染症研究所感染症情報センター第5室の検査方法⁴⁾に従いマルチプレックスPCRで検出した。

(3) 薬剤耐性関連検査

ア 薬剤感受性試験

米国臨床検査標準化協会 (Clinical and Laboratory Standard Institute) 第24版の実施基準⁵⁾に従い, 12薬剤についてKirby-Bauer法で試験し判定した。供試薬剤は, アンピシリン (ABPC), セフォタキシム (CTX), セフトジジム (CAZ), カナマイシン (KM), テトラサイクリン (TC), クロラムフェニコール (CP), ホスホマイシン (FOM), ナリジクス酸 (NA), ノルフロキサシン (NFLX), スルフィソキサゾール・トリメトプリム合剤 (ST), ストレプトマイシン (SM), メロペネム (MEPM) である。FOM以外の11薬剤については, センシディスク (バクtonデッキンソン: BD) を用いた⁶⁾。FOMについては, CLSIの実施基準にあるFOM200 μ gにグルコース-6-リン酸 (G6P) 50 μ gを含有するディスクの市販品がなかったため, 滅菌蒸留水で溶解した20mg/mLのFOM (和光純薬) と5mg/mLのG6P溶液 (Sigma) を直径6mmの抗生物質検定用ディスク (アドバンテック) に各々10 μ L滴下し, 自家調製した。

イ FOM不活化酵素 (グルタチオン-S-トランスフェラーゼ, 以下GST) 産生菌の検出

上記2・2(3)アの結果, FOMに耐性であった株について, Nakamuraら⁷⁾の方法に従い, ホスホノギ酸 (GST

阻害剤) (Sigma) 含有ディスクによるGST産生試験を実施した。

ウ β -ラクタマーゼ産生菌関連試験

上記2・2(3)アの結果, CTX及びCAZに耐性であった株については, 基質拡張型 β -ラクタマーゼ (ESBL) 及びAmpC β -ラクタマーゼ産生菌を疑い, 以下の試験を追加した。

(ア) ディスク拡散法による β -ラクタマーゼ産生試験
 クラブラン酸, スルバクタム含有ディスク (BD) によるESBL産生試験及びボロン酸 (東京化成) 含有ディスクによるAmpC β -ラクタマーゼ産生試験を実施した。実施方法は国立感染症研究所細菌第二部の方法⁸⁾に従った。

(イ) PCR法による β -ラクタマーゼ遺伝子の検出

上記(ア)の結果, ボロン酸含有ディスクによるAmpC β -ラクタマーゼ産生試験が陽性であった株について, Pérez-Pérezら⁹⁾の報告したPCR法により, AmpC β -ラクタマーゼ遺伝子 (MOX型, CIT型, DHA型, ACC型, EBC型, FOX型) の検出を行った。

(ウ) *bla*_{CMY-2}遺伝子の塩基配列の決定

上記(イ)の結果, β -ラクタマーゼ遺伝子のCIT型が陽性となった株について, 檜尾ら¹⁰⁾の*bla*_{CMY-2}遺伝子のORF全長を増幅するプライマーを用いてPCRにより増幅されたDNA断片を精製した後, ダイレクトシーケンスにより増幅断片のDNAシーケンスを決定し, BLAST検索を行い, *bla*_{CMY-2}遺伝子と一致するかを確認した。

3 結果および考察

3・1 EHEC感染症の発生状況

(1) 集団発生事例

2007~2015年に県内で発生した集団発生事例を表1に示す。この間の集団発生事例は13件で, そのうち7件はO157, 5件はO26, 1件はO111によるものであった。

表1 EHECによる食中毒及び感染症集団発生事例

発生年*1	O血清群	感染者数*2	原因食品	原因施設	分類
2007年	O157	2	牛レバー刺し (推定)	飲食店 (焼肉屋)	食中毒
	O157	1	牛レバー刺し (推定)	飲食店 (焼肉屋)	食中毒
	O157	10	不明	飲食店 (焼肉屋)	食中毒
	O26	9	-	幼稚園	感染症
2008年	O157	9	不明	飲食店 (焼肉屋)	食中毒
	O26	11	-	保育園	感染症
2009年	O26	11	-	保育園	感染症
	O26	5	-	保育園	感染症
2011年	O26	1	千切りキャベツ	野菜加工施設	食中毒
	O157	18	大根おろし大葉	老健施設 (給食)	食中毒
	O26	3	不明	飲食店 (給食)	食中毒
	O111	11	-	保育園	感染症
2013年	O157	2	不明	飲食店 (焼肉屋)	食中毒
	O157	2	不明	飲食店 (焼肉屋)	食中毒

*1: 2010年, 2012年, 2014年, 2015年の発生はなし

*2: 患者及び無症状病原体保有者の人数 (石川県在住者)

そのうちO26の3件とO111の1件は乳幼児施設内の感染症事例（ヒト-ヒト感染）であった。EHECは微量の菌でも感染が成立するため、ヒトからヒトの経路で感染が拡大しやすい。全国においても毎年保育園での集団感染症が多く発生している^{11)~13)}。石川県においては、2012年以降発生していないが、今後も予防のための手洗いの励行、施設内の衛生管理の指導教育¹⁴⁾が重要と考える。

(2) O血清群別EHEC感染者報告数

2007~2015年に感染症発生動向調査により報告されたEHEC感染者の報告数をO血清群に分けて集計した結果を図1に示す。前報のとおり、O157の報告数はEHEC報告数の減少とともに減少していた²⁾。O26については、2012年以降は2011年以前に比べて報告数が半分程度に減少していた。O111については、2009年に7人、2011年に集団発生による11人の報告がみられたが、その他の年

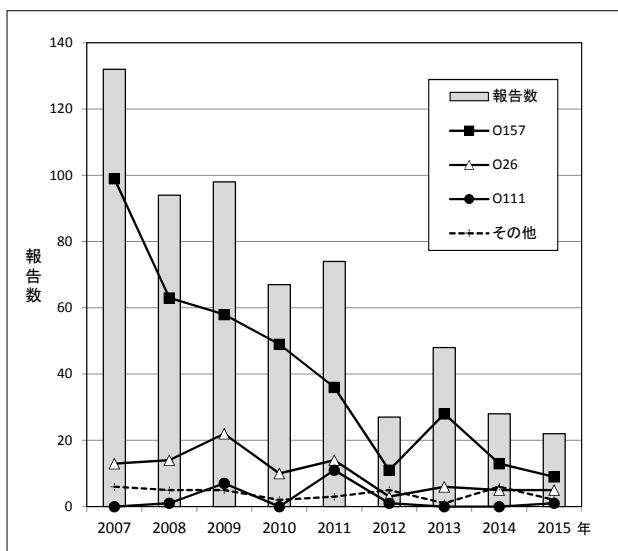


図1 O血清群別EHEC感染者報告数

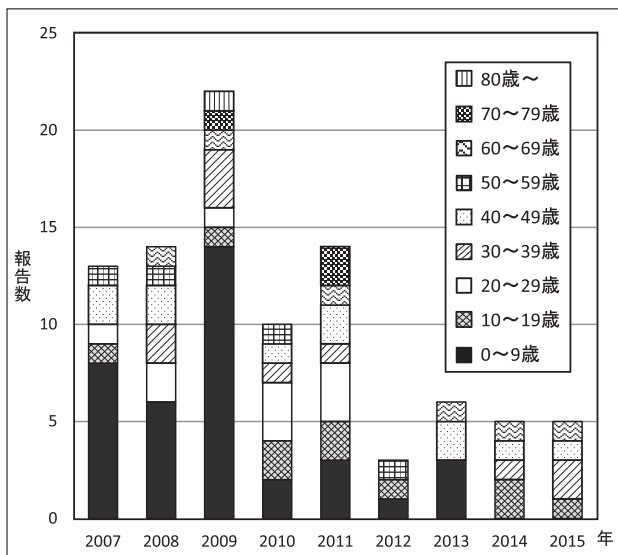


図2 年齢階級別EHEC O26感染者報告数

では発生数が少ない（0~1人）ために傾向をみることはできなかった。

(3) 年齢階級別O26, O111感染者報告数

O26, O111の感染者の報告数を年齢階級別に集計した結果を図2, 3に示す。O26, O111ともに、10歳未満の報告数が一番多く、幼稚園、保育園での集団発生が大きな要因であった。

3・2 EHEC O26, O111の細菌学的性状

(1) stxサブタイプ

O26の41株についてstxサブタイプ型別を実施した結果、stx1aが40株、stx1a+stx2aが1株であった。O111の8株についてはstx1aが6株、stx1a+stx2aが2株であった。stx1のサブタイプは全てstx1aで、stx2のサブタイプは全てstx2aであった。前報のとおりO157のstx1サブタイプは、O26, O111同様に全てstx1aであった。一方、O157のstx2サブタイプはstx2a, stx2a+stx2c, stx2cの3パターンに型別された²⁾のに対して、O26, O111はstx2aの1パターンであった。

(2) 病原遺伝子

O26の41株、O111の8株について、3種類の腸管附着等に関与する遺伝子（*eae*, *aggR*, *astA*）の保有について調べた結果、*eae*は全ての菌株が、*astA*はO26の8株（2011~2015年分離株）が保有していた。そのうち3株は集団発生事例の株であった。*aggR*は全ての菌株が保有していなかった。

(3) 薬剤耐性関連試験

O26の41株について、12剤の薬剤感受性試験を実施した結果を表2に示す。31株が全ての薬剤に感受性を示し、10株がいずれかの薬剤に耐性または中間（低感受性）を示した（耐性率：24%）。耐性株は2008年から2011年にかけて複数みられたが、2012年以降はみられなかった。

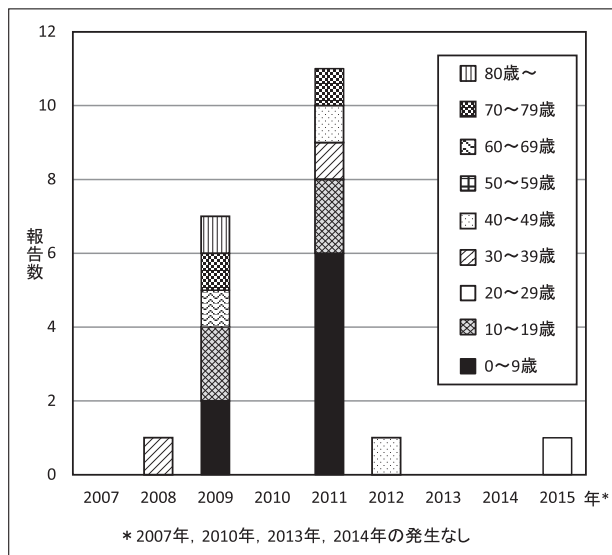


図3 年齢階級別EHEC O111感染者報告数

表2 EHEC O26 年別薬剤耐性株数

耐性薬剤名	年										計
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
6剤 ABPC, KM, TC, CP, ST, SM		1									1
4剤 ABPC, KM, TC, SM			1								1
4剤 ABPC, CP, ST, SM					1						1
3剤 ABPC, ST, SM			1*								1*
2剤 ABPC, SM					1						1
1剤 ABPC				2							2
1剤 FOM					1						1
1剤 NA					1						1
1剤 SM		1									1
なし	3	2	4	4	2	3	4	4	5		31

* SMが中間（低感受性）と判定された株

FOM耐性の1株については、FOM不活化酵素（GST）産生を疑い、さらにホスホノギ酸（GST阻害剤）含有ディスクによるGST産生試験を実施した。その結果、ホスホノギ酸による阻害が認められなかったことから、GST産生による耐性ではなく、それ以外の機序¹⁵⁾によるものと思われた。一方、薬剤感受性試験の実施時にFOM耐性変異株が出現しやすいという報告¹⁵⁾もあり、今回の株は耐性変異株である可能性も考えられた。FOMはEHEC感染症の治療に用いられることが多く、なかでも感染者の菌陰性化が難しい事例では特にFOM耐性の有無が議論になることから、引き続きFOMに対する耐性機構及び解析方法の新しい知見に留意していきたい。

O111の8株について、12剤の薬剤感受性試験を実施した結果を表3に示す。6株が全ての薬剤に感受性を示し、2株がいずれかの薬剤に耐性を示した（耐性率：25%）。このうち8剤に耐性を示した1株については、CTX及びCAZに耐性であったことから、β-ラクタマーゼ産生菌を疑い、ディスク拡散法によるβ-ラクタマーゼ産生試験を行った。その結果、クラブラン酸、スルバクタム含有ディスクによる阻害は認められなかったが、ボロン酸含有ディスクによる阻害が認められたため、AmpC β-ラクタマーゼ産生菌と判定した。次に、PCR法でAmpC β-ラクタマーゼ遺伝子の検出を行った結果、CIT型が陽性となった。さらに、*bla*_{CMY-2}遺伝子のORF部分について、塩基配列を決定したところ、*bla*_{CMY-2}の塩基配列と100%一致した。

AmpC β-ラクタマーゼは、ペニシリン系薬とセファロスポリン系薬を加水分解する酵素であり、コードする遺伝子の所在から染色体性とプラスミド性のものがある¹⁶⁾。プラスミド性AmpC β-ラクタマーゼ遺伝子は染色体上に存在する遺伝子がプラスミドに転移したと考えられており、*C. freundii*由来のCIT型、*M. morgani*由来のDHA型、*H. alvei*由来のACC型、*Enterobacter*属由来のEBC型及び*Aeromonas*属由来のMOX型とFOX型の6種類が報告されている^{9) 17)}。今回検出されたAmpC β-ラクタマーゼ遺伝子はCIT型の*bla*_{CMY-2}であったことから、プラスミド性の遺伝子である可能性が考えられる。プラスミド性のAmpC β-ラクタマーゼ遺伝子は染色体性のものに比べ、菌株、菌種間を超えて伝播しやすく、今回検出された菌株も他の*E. coli*菌株または他の菌種から*bla*_{CMY-2}遺伝子を獲得したと考えられる。AmpC β-ラクタマーゼ遺伝子のうち*bla*_{CMY-2}については、臨床における分離頻度が高いとされる^{10) 18)}ことから、今後もEHECにおける薬剤耐性の動向に注視する必要があると考えられた。

4 ま と め

(1) 2007～2015年に石川県で分離された腸管出血性大腸菌O26、O111の発生状況及び細菌学的性状を調べた結果、O26については、2012年以降はそれ以前に比べて報告数が半分程度に減少していた。O111については、2009年及び2011年に集団発生等による一時的な増加が

表3 EHEC O111 年別薬剤耐性株数

耐性薬剤名	年*					計
	2008	2009	2011	2012	2015	
8剤 ABPC, CTX, CAZ, KM, TC, CP, ST, SM					1	1
4剤 ABPC, KM, TC, SM				1		1
なし	1	4	1			6

* 2007年、2010年、2013年、2014年の発生なし

みられたが、その他の年では発生数が少ないために傾向をみることはできなかった。年齢階級別では、10歳未満の報告数が一番多く、保育園等での集団発生が大きな要因であった。

- (2) *stx*サブタイプ型別では、*stx1*のサブタイプは全て*stx1a*で、*stx2*のサブタイプは全て*stx2a*であった。
- (3) 薬剤耐性については、治療に用いられることの多いFOM耐性株がO26で1株検出された。またO111において、プラスミド性の可能性があるAmpC β -ラクタマーゼ産生菌が検出された。EHECにおいても臨床問題となる薬剤耐性遺伝子が伝播している可能性が示唆されたことから、今後も薬剤耐性の動向に注視する必要があると考えられた。

本研究を実施するにあたり、EHEC菌株の分与に御協力いただきました医療機関、登録衛生検査所、保健所等各位に深謝いたします。また、薬剤耐性菌について御教示いただいた国立感染症研究所細菌第二部の松井先生に深謝いたします。

文 献

- 1) 中西寿男, 丸山務: 食品由来感染症と食品微生物, 144-146, 中央法規出版 (2009)
- 2) 北川恵美子, 小坂恵, 加藤真美, 川上慶子: 2007~2014年に石川県で分離された腸管出血性大腸菌について - O157の発生状況及び細菌学的性状 -, 石川県保健環境センター研究報告書, **52**, 49-53 (2015)
- 3) SCHEUTZ Flemming, Teel Louise D., BEUTIN Lothar, PIÉRDARD Denis, BUVENS Glenn, KARCH Helge, MELLMANN Alexander, Caprioli Alfred, TOZZOLI Rosangela, MORBITO Stefano, STROCKBINE Nancy A., MELTON-CELSA Angela R., SANCHEZ Maria, PERSON Soren and O'BRIEN Alison D.: Multicenter Evaluation of a Sequence-Based Protocol for Subtyping Shiga Toxin and Standardizing Stx Nomenclature, *Journal of Clinical Microbiology*, **50**, 2951-2963 (2012)
- 4) 国立感染症研究所感染症情報センター第5室 (国立保健医療科学院併任 伊藤健一郎): 平成24年度新興・再興感染症技術研修 遺伝子検査法, 8-12 (2012)
- 5) 日本臨床微生物学会国際委員会: 日本語版「抗菌薬感受性検査のための標準法 - 第24版 (M100-S24), 41-49 (2014)
- 6) バクトンデッキンソン: センシディスク添付文書, 2013年9月 (第4版)
- 7) NAKAMURA Genki, WACHINO Jun-ichi, SATO Natsumi, KIMURA Kouji, YAMADA Keiko, JIN Wanchun, SHIBAYAMA Keigo, YAGI Tetsuya, KAWAMURA Kumiko and ARAKAWA Yoshichika: Practical Agar-Based Disk Potention Test for Detection of Fosfomycin-Nonsusceptible *Escherichia coli* Clinical Isolates Producing Glutathione S-Transferases, *Journal of Clinical Microbiology*, **52**, 3175-3179 (2014)
- 8) 国立感染症研究所細菌第二部第1室: 平成27年度薬剤耐性菌研修会資料, 1-10 (2014)
- 9) PÉREZ-PÉREZ F. Javier and HANSON Nancy D.: Detection of plasmid-mediated AmpC β -lactamases genes in clinical isolated by using multiplex PCR, *Journal of Clinical Microbiology*, **40**, 2153-2162 (2002)
- 10) 樫尾拓子, 熊谷優子, 今野貴之, 高橋志保, 和田恵理子, 八柳潤: 秋田県内の医療機関におけるAmpC型 β ラクタマーゼ産生菌の分離状況と薬剤感受性の解析結果, 秋田県健康環境センター年報, **9**, 21-25 (2013)
- 11) 国立感染症研究所: 病原微生物検出情報, **35**, 117-118 (2014)
- 12) 国立感染症研究所: 病原微生物検出情報, **36**, 73-74 (2015)
- 13) 国立感染症研究所: 病原微生物検出情報, **37**, 85-86 (2016)
- 14) 厚生労働省雇用均等・児童家庭局保育課長: 2012年改訂版保育所における感染症対策ガイドライン, 平成24年11月
- 15) 小原康治, 橋本一: 臨床分離株を中心としたホスホマイシンの耐性機序, *THE JAPANESE JOURNAL OF ANTIBIOTICS*, **49**, 533-543 (1996)
- 16) 石井良和: β -ラクタマーゼの起源と分類, *臨床と微生物*, **42**, 291-296 (2015)
- 17) PHILIPPON Alain., ARLET Guillaume, JACOBY George A.: Plasmid-Determined AmpC-Type β -lactamases, *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, **46**, 1-11 (2002)
- 18) 山崎勝利, 小松方, 福田砂織, 豊川真弘, 西功, 幸福知己, 中井依砂子, 戸田宏文, 佐藤かおり, 小野保, 西尾久明, 末吉範行, 木田兼似, 折田環, 中村竜也, 直本拓己, 木下承皓, 和田恭直: 2011年に臨床材料から分離したプラスミド性AmpC β -Lactamase産生腸内細菌の調査, *日本臨床微生物学雑誌*, **23**, 20-28 (2013)

〔資料〕

石川県における性感染症患者の発生動向について

— 2006年から2015年 —

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・北川 恵美子
加藤 真美・崎田 敏晴

〔和文要旨〕

近年、全国的に梅毒感染者報告数の増加が指摘されていることから、石川県における発生動向を解析したところ、全国同様増加傾向がみられ、特に20代～50代の男性の早期顕症梅毒の増加がみとめられた。また、他の性感染症の動向を確認するため、定点把握対象疾患である性感染症4疾患について、定点報告数と石川県が独自で行っている医師会委託事業による全数報告の両面から解析したところ、いずれも明らかな増加は認められなかったが、全体的に定点報告数では全数に比べ女性の割合が少なかった。特に性器クラミジア感染症、性器ヘルペスウイルス感染症、尖圭コンジローマの3疾患において、定点報告数と全数で、男女比に違いがみられたことなどから、地域の性感染症患者の発生動向を正確に把握するためには定点の選定の重要性が示唆された。

キーワード：梅毒、性感染症、定点医療機関

1 はじめに

梅毒は、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に定められており、診断した医師は7日以内に最寄りの保健所に届出ることが義務付けられている。国立感染症研究所感染症週報（IDWR）¹⁾や病原微生物検出情報（IASR）²⁾によると、1948年以降大きく減少した報告数が2010年以降増加傾向に転じ、中でも若年女性の増加が指摘されている。そこで、石川県（以下、当県）における2006年～2015年の梅毒発生動向について解析を行った。

一方、感染症法において5類定点把握対象疾患の性感染症4疾患（性器クラミジア感染症、性器ヘルペスウイルス感染症、尖圭コンジローマ、淋菌感染症）の患者発生状況は、当県は10カ所、全国では980カ所（2015年）の定点からの患者届出により把握されている。また、当

県では独自に性感染症予防事業における石川県医師会委託事業により「全数把握事業」としても報告がされている。そこで、定点医療機関からの報告数と医師会委託事業による報告数の集計を行い、当県における性感染症の発生状況の傾向を定点報告数と全数の両面から解析したので、梅毒の解析結果とあわせて報告する。

2 材料と方法

2・1 梅毒の発生状況

2006年1月～2015年12月までの10年間に感染症法に基づき当県に届出された梅毒感染者について、感染症発生動向調査システムに報告された情報により以下の項目について解析した。

- (1) 感染者報告数
- (2) 性別・年齢階級別報告数
- (3) 病型別報告数
- (4) 感染経路別報告数

The Occurrence Trend of the Recent Syphilis and Sexually Transmitted Diseases in Ishikawa Prefecture. by KIMURA Eriko, KITAGAWA Emiko, KOSAKA Megumi, KATO Mami and SAKIDA Toshiharu (Health and Food Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : syphilis, sexually transmitted diseases, medical agency fixed point

2・2 性感染症4疾患の発生状況

性感染症4疾患については2006年1月～2015年12月までの10年間に感染症法に基づき定点医療機関（2011年3月までは泌尿器科6，産婦人科3，皮膚科1，2011年4月より泌尿器科5，産婦人科4，皮膚科1）から当県に届出された感染者報告数（以下，定点報告数）及び当県が性感染症予防事業として独自に実施している「全数把握事業」（石川県医師会委託事業）による報告数の情報により以下の項目について解析した。

なお，上記「全数把握事業」は県内産婦人科・泌尿器科が中心となり，2003年8月より定点以外の性感染症を扱う医療機関を対象に実施しているもので，本報ではこれに定点報告数を加えたものを全数としている。

- (1) 性器クラミジア感染症報告数，性別報告数
- (2) 性器ヘルペスウイルス感染症報告数，性別報告数

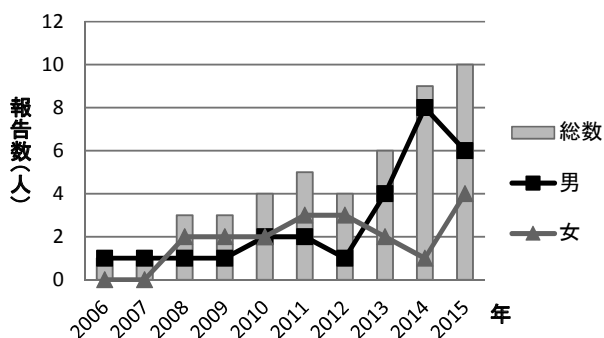


図1 梅毒感染者報告数推移

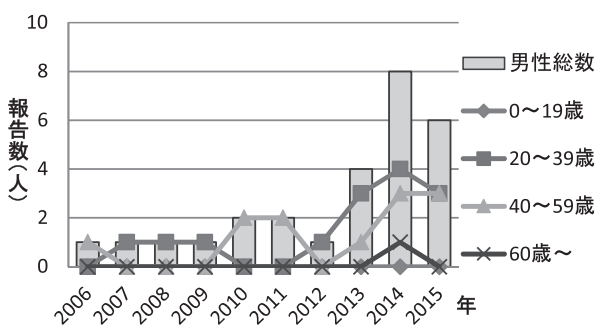


図2-1 梅毒年齢階級別報告数推移 (男)

- (3) 尖圭コンジローマ報告数，性別報告数
- (4) 淋菌感染症報告数，性別報告数

3 結 果

3・1 梅毒の発生状況

- (1) 感染者報告数

2006～2015年に感染症発生動向調査により報告された梅毒感染者の報告数を図1に示す。報告数は少ないながらも2008年以降増加傾向を示した。2015年の報告数は10人で2000年以降，一番多い報告数であった。

- (2) 性別・年齢階級別報告数

男性は総数の増加がみられ，20代～50代の報告数が目立ってきた。女性は報告数自体が少ないこともあり，増加の目立つ年齢層はみとめられなかった（図2）。

- (3) 病型別報告数

男性の感染者報告数は10年を通して顕症梅毒が多数を占めており，感染者報告数の増加は早期顕症梅毒の増加によるものであった。女性の感染者報告数は2011年までは無症候梅毒が多数を占めていたが，2012年より早期顕症梅毒の報告がみられるようになり，2015年は届出のあった4例全てが早期顕症梅毒であった（図3）。

- (4) 感染経路別報告数

不明が多く，明確な傾向をつかむには至らなかったが，男性においては近年，異性間性的接触によるものが増えつつある（図4）。

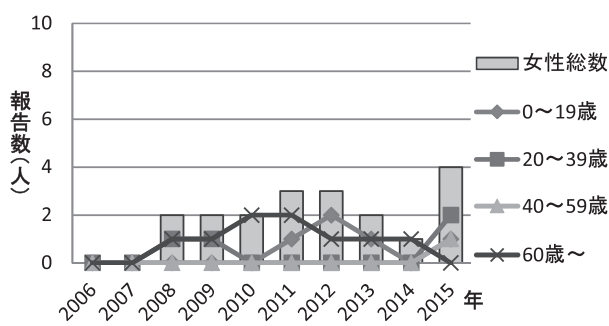


図2-2 梅毒年齢階級別報告数推移 (女)

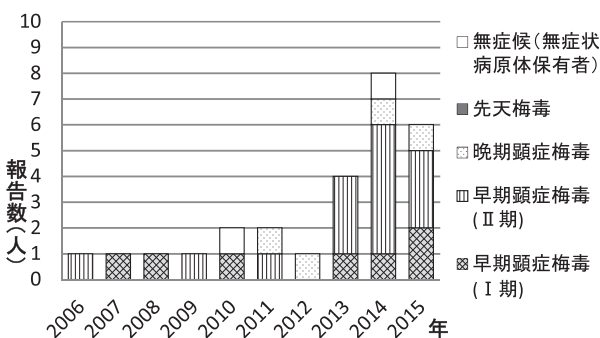


図3-1 梅毒病型別報告数推移 (男)

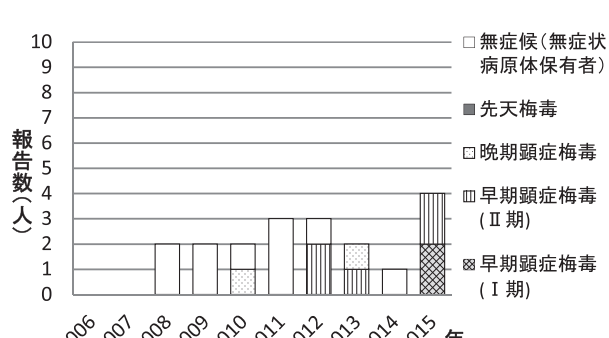


図3-2 梅毒病型別報告数推移 (女)

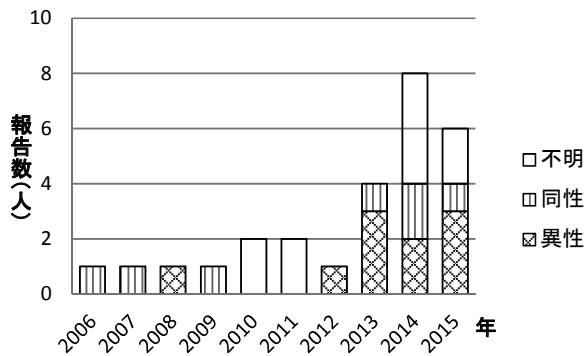


図4-1 梅毒感染経路別報告数推移（男）

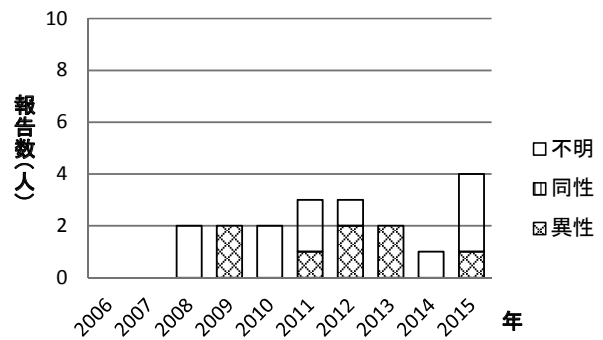


図4-2 梅毒感染経路別報告数推移（女）

3・2 性感染症4疾患の発生状況

(1) 性器クラミジア感染症報告数，性別報告数
 定点報告数は男性が多かったが，徐々にその差は縮ま

り，2011年を境に女性が男性を上回った。一方全数では，常に女性が男性の約2倍の報告数であり，女性の報告数にやや減少傾向がみられた。（図5）

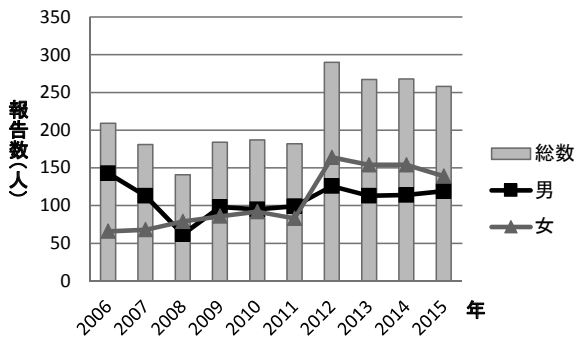


図5-1 性器クラミジア感染症報告数推移（定点報告数）

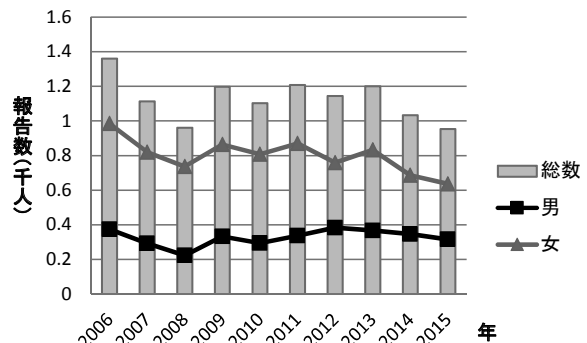


図5-2 性器クラミジア感染症報告数推移（全数）

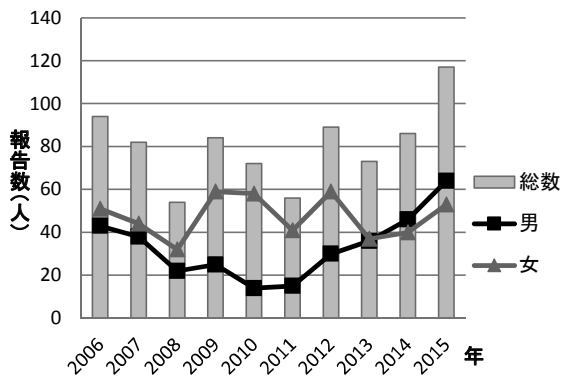


図6-1 性器ヘルペスウイルス感染症報告数推移（定点報告数）

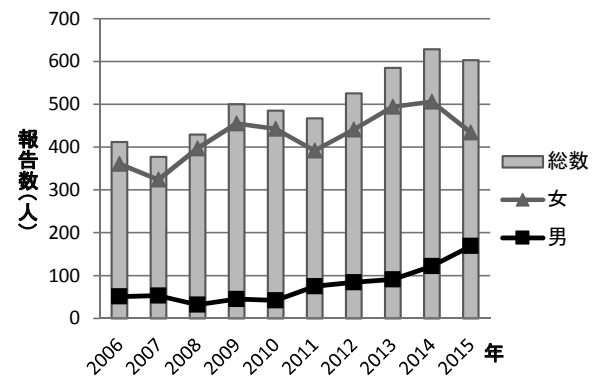


図6-2 性器ヘルペスウイルス感染症報告数推移（全数）

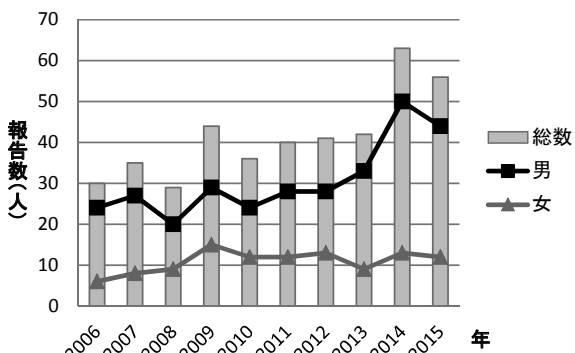


図7-1 尖圭コンジローマ報告数推移（定点報告数）

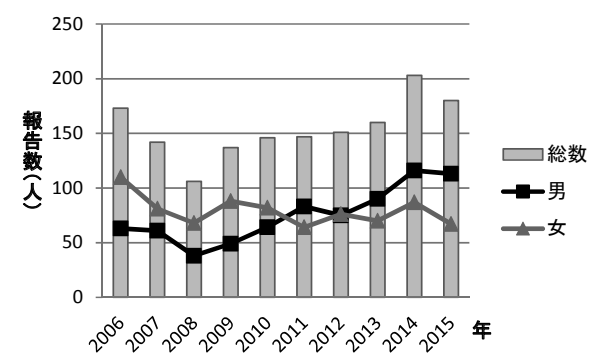


図7-2 尖形コンジローマ報告数推移（全数）

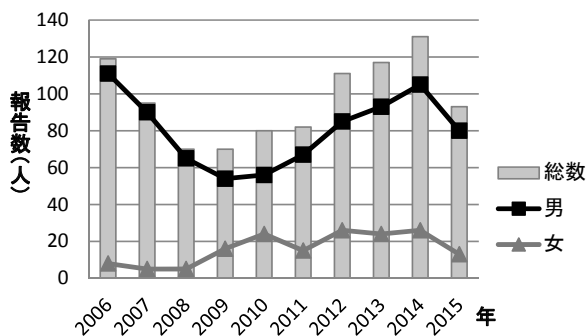


図8-1 淋菌感染症報告数推移 (定点報告数)

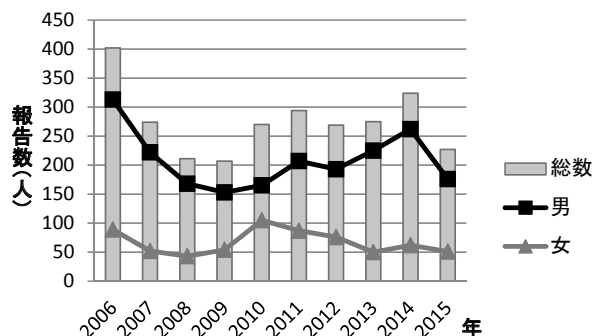


図8-2 淋菌感染症報告数推移 (全数)

(2) 性器ヘルペスウイルス感染症報告数, 性別報告数
 定点報告数は男女ともに増減がみられ, 2014年以降男性の報告数が女性の報告数を上回った。しかし, 全数は明らかに女性の報告数が男性の報告数より多かった。また, 2011年以降定点報告数・全数ともに男性の報告数に増加傾向がみられた。(図6)

(3) 尖圭コンジローマ報告数, 性別報告数

定点報告数は男性が多いのに対し, 全数ではほぼ同程度であった。また, 2009年以降定点報告数, 全数ともに男性の報告数に増加傾向がみられた。(図7)

(4) 淋菌感染症報告数, 性別報告数

定点報告数及び全数共に, ほぼ毎年男性の報告数が女性の報告数の約3~4倍であった。(図8)

4 考 察

IDWR, IASRによると, 全国における梅毒報告数は2008年以降男性の同性間性的接触による感染の増加が続いていたが, 2012年以降, 異性間性的接触による感染が急増し, 2015年には同性間性的接触による感染の約1.5倍となっている²⁾³⁾。また, 女性の報告数及び男女共にみられる早期顕症梅毒の増加が顕著であり, 2015年には前年の約2倍となっている¹⁾³⁾⁴⁾。当県では報告総数の増加は顕著ではないが, 男性における20~50代感染者の増加, 男女ともに早期顕症梅毒の増加, 感染経路に異性間性的接触が報告されるようになる等, 全国と同様の傾向がみられつつある。

性感染症は, 一般的に女性は婦人科系, 男性は泌尿器科あるいは皮膚科に受診することが多いため, 定点の場合, 標榜科の内訳で性別割合などに影響を及ぼす可能性があると考えられる。しかし, 性感染症の定点は, 感染症発生動向調査事業実施要綱により, 定点数及び標榜科の種類(婦人科, 泌尿器科等)は定められているが, その割合は定められていない。厚生労働省医療施設調査・病院報告(2014年)⁵⁾によると婦人科系医療機関と泌尿器科医療機関の比率は, 全国では, 全数, 定点いずれにおいても約1.2:1とほぼ同率であるのに対し, 当県のコ

れらの比率は, 全数が約1.6:1, 定点が0.8:1であり, 泌尿器科との割合において婦人科系医療機関が全国よりも多い一方, 定点の標榜科は婦人科系が少ない。

当県の性感染症4疾患において, 全数と定点の報告数の男女比を比較すると, 全体的に定点の女性の報告割合が全数に比べ少ない傾向があり, 特に女性に感染者が多くみられる性器クラミジア感染症, 性器ヘルペス感染症, 尖圭コンジローマに顕著であった。この理由が, 前述した当県の婦人科定点が少ないことに由来するかどうかは明確ではないが, なんらかの影響を及ぼしていると考えられる。

また, 当県では, 2011年4月に10の定点医療機関のうち, 1定点の診療科が泌尿器科から産婦人科に変更された。性器クラミジア感染症において, 全数では大きな変動がないのに対し, 定点報告数が2011年を境に女性が男性の報告数を上回り, 男女比が全数に近くなったのは定点の割合がより適切なものになったためと考えられ, このことから当県の定点において婦人科系が少ない事が報告数に影響していることが推測される。

以上のことから, 地域の性感染症患者の発生動向を正確に把握するためには, 定点の選定の重要性が示唆されたが, 定点の標榜科を変更することは容易ではないことから, 今後も全数と定点の両面から評価していきたい。

全国における梅毒感染症報告数の増加の傾向を鑑みると, 当県においても今後さらなる増加が危惧される。また, 性器ヘルペスウイルス感染症と尖圭コンジローマにおいて男性の報告数の増加傾向がみられることから, 5類定点把握対象疾患の性感染症4疾患の動向もあわせ, 今後も引き続き性感染症の動向を注視し, 当県の状況の発信をしていく必要があると考える。

5 ま と め

- (1) 2006年~2015年の当県における梅毒の発生状況は発生数が少ないながらも増加傾向で, 近年, 特に20代~50代男性の早期顕症梅毒の報告が増加している。
- (2) 2006年~2015年の当県における性感染症4疾患の発

生状況について集計した結果、性器ヘルペス感染症と尖圭コンジローマにおいて男性の報告数に増加傾向がみられた。

- (3) 性感染症 4 疾患について定点報告数と全数を比較したところ、定点構成に診療科別の偏りがあること、性器クラミジア感染症、性器ヘルペスウイルス感染症、尖圭コンジローマの 3 疾患に定点報告数と全数で男女比に違いがみられたことなどから、地域の性感染症患者の発生動向を正確に把握するためには、定点の選定の重要性が示唆された。

文 献

- 1) 国立感染症研究所：感染症発生動向調査 感染症週報2015年第44週, 17 (44), 7-8 (2015)
- 2) 国立感染症研究所：病原微生物検出情報月報, 36(2), 17-19 (2015)
- 3) 国立感染症研究所：感染症発生動向調査感染症週報2016年第2週, 18 (2), 1-3 (2016)
- 4) 厚生労働省：性感染症報告数, <http://www.mhlw.go.jp/topics/2005/04/tp0411-1.html>, 2016年8月1日
- 5) 厚生労働省：医療施設（静態・動態）調査・病院報告の概況, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/iryosd/14/>, 2016年8月1日
- 6) 石川県健康福祉部：石川県医療・薬局機能情報提供システム, <http://i-search.pref.ishikawa.jp/>, 2016年8月1日
- 7) 独立行政法人統計センター：e-Stat 政府統計の総合窓口, <https://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortal.do>, 2016年8月1日

〔資料〕

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 健康・食品安全科学部 児玉 洋江・成相 絵里・崎川 曜子

〔和文要旨〕

2015/16シーズンの集団かぜの発生施設数および患者数、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、いずれも2011/12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115検体について、インフルエンザウイルスの遺伝子検査を実施した結果、AH1pdm09亜型が39検体、AH3亜型が7検体、B型山形が38検体、B型Victoriaが23検体から検出され、分離培養検査ではAH1pdm09亜型が37株、AH3亜型が6株、B型山形が34株、B型Victoriaが21株分離された。このうちの一部についてHA1遺伝子を解析した結果、国内の同シーズン流行株と遺伝学的に類似した株であった。また、分離したAH1pdm09亜型のうち1株が275H/Y mixtureであった。

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、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患者（インフルエンザ様患者を含む）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、県内関係機関や国立感染症研究所（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、2015/2016シーズン（以下、今シーズン）の石川県（以下、当県）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、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カ所（小児科29カ所、内科19カ所）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（インフルエンザ様疾患を含む）患者から採取された咽頭ぬぐい液または鼻腔ぬぐい液の計115検体を検査対象とした。

なお、検体は2015年第48週（11月23日～29日）から2016年第21週（5月23日～29日）までの間に採取された。これらの検体は、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を超える

Prevalence of Influenza during 2015–2016 Season in Ishikawa Prefecture. by KODAMA Hiroe, NARIAI Eri and SAKIKAWA Yoko (Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Influenza virus

までは病原体定点を受診した全てのインフルエンザ患者から、1.0を超えた後は病原体定点ごとに1週間に2～3人から採取された。

(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), Victoria系統ウイルス (以下, B型Victoria)) 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) 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)¹⁾ に従い実施した。なお、RNAの抽出にはQIAamp Viral RNA Mini Kit (QIAGEN社) 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ウイルス株は、今シーズンのワクチン株であるA/California/7/2009 pdm (AH1pdm09亜型), A/Switzerland/9715293/2013 (NIB-88) (AH3亜型), B/Phuket/3073/2013 (B型山形), B/Texas/02/2013 (B型Victoria) の計4株である。一方、抗血清はAH1pdm09亜型, AH3亜型, B型Victoriaについては上記各ワクチン株に対するウサギ免疫抗血清であり、B型山形については、上記ワクチン株に対するフェレット感染抗血清である。

また、AH3亜型については、近年の流行株であるclade3C. 2aに属するウイルスの大部分はHA価が低くHI試験が実施できない²⁾ことから、これらの培養上清の型・亜型別の同定については、上記HI試験に加え、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HA1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HA1

遺伝子を増幅し、得られたPCR増幅産物をQIAquick PCR Purification kit (QIAGEN社) で精製した後、BigDye Terminator v1.1 Cycle Sequence Kit (LT社製) を用いて、GeneAmp PCR System 9700 (LT社製) によりサイクルシーケンス反応を行った。その後、反応産物をBigDye XTerminator (LT社製) で精製し、Applied Biosystems 3500 ジェネティックアナライザ (LT社製) 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、ワクチン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剤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 (以下, NA遺伝子) のH275Y変異の検出を行った。さらに、H275Y変異を保有するウイルスについては、診断マニュアルに従い、NA遺伝子の部分シーケンス法を用いて波形の重複を確認した。なお、詳細な解析方法はウと同様に行った。

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2016年1月19日 (火) (第3週) に報告のあった5施設、87人であり、同週には合計8施設、145人の報告があった。その後、第6週 (2月8日～14日) の34施設、874人をピークとし、第17週 (4月25日～5月1日) まで発生は続いた (図1)。なお、初発の報告日は、過去5シーズンと比較した結果、最も遅かった³⁻⁷⁾。

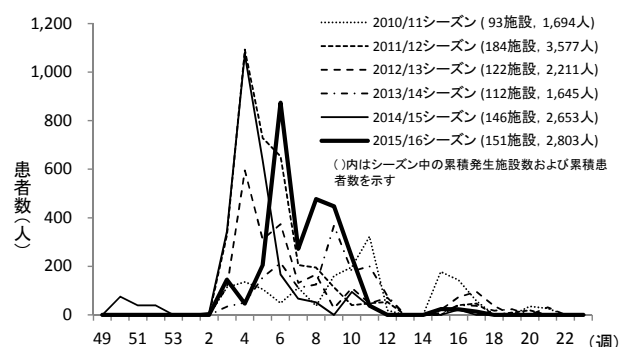


図1 集団かぜ患者発生状況(2010/11～2015/16シーズン)

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151施設、2,803人であった。これを過去5シーズンと比較した結果、施設数、患者数ともに2011/12シーズンに次いで多かった³⁻⁷⁾。

(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、2015年第50週(12月7日~13日)から増加し、2016年第2週(1月11日~17日)に流行開始の目安となる1.0を超え、2016年第8週(2月22日~28日)をピーク(定点あたり患者報告数48.9)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シーズンで最も遅かった³⁻⁷⁾。

また、今シーズンの累積患者報告数は16,612人であり、過去5シーズンと比較した結果、2011/12シーズンに次いで多かった³⁻⁷⁾。

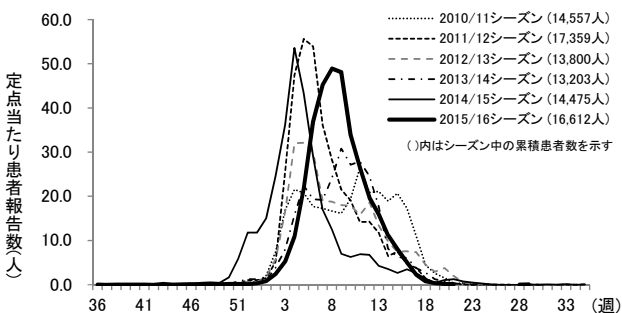


図2 感染症発生動向調査事業におけるインフルエンザ患者発生状況 (2010/11 ~ 2015/16シーズン)

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115検体について遺伝子検出を実施した結果、107検体(93.0%)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・亜型別の検体数(割合)は、AH1pdm09亜型が39検体(36.4%)、AH3亜型が7検体(6.5%)、B型山形が38検体(35.5%)、B型Victoriaが23検体(21.5%)であった。

A型ウイルスの主流はAH1pdm09亜型であり、2014/15シーズンの主流であったAH3亜型の検出は少なかった。一方、B型ウイルスについては、2012/13シーズン以降、B型山形が優勢であり、B型Victoriaが分離および検出される割合はいずれも10.0%以下であった^{3),6-7)}が、今シーズンはB型Victoriaの検出割合が21.5%と比較的多かった。なお、全国的にも今シーズンのB型ウイルスは、B型山形とB型Victoriaが拮抗した比率で混合流行していた⁸⁾。

検体提出週別に検出状況を見ると、2015年第48週(11月23日~29日)および第52週(12月21日~27日)に各1検体提出され、AH3亜型が検出されたが、2016年第2週(1月11日~17日)以降に提出された検体からは、主に

AH1pdm09亜型およびB型ウイルスが検出された(図3)。

なお、国内におけるインフルエンザウイルスの検出状況においても、ほぼ同様の傾向が報告されている⁸⁾。

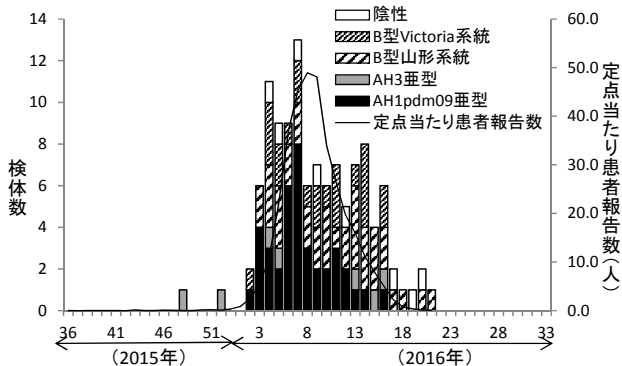


図3 インフルエンザウイルス検出数 (検体提出週別)

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ことが一般的であるが、今シーズンは全国的に流行が遅れたことにより、A型とB型ウイルスがほぼ同時に流行したと推測される。

インフルエンザウイルス遺伝子が検出されなかった8検体の医療機関における迅速診断キットの結果は、B型陽性が5検体、A型およびB型陽性が2検体、不明が1検体であった。遺伝子検出および迅速診断キットの結果が不一致となった理由の一つとして、迅速診断キットの非特異反応による偽陽性の可能性が示唆され、その傾向はB型で多くみられた。

なお、これらの検体について、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、ヒトパレコウイルス、ヒトメタニューモウイルスについて遺伝子検出を試みた結果、ライノウイルス遺伝子が3検体から、アデノウイルス、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。

(2) 分離および型別結果

115検体について分離培養検査を実施した結果、98検体(85.2%)からインフルエンザウイルスが分離された。分離されたウイルスの型・亜型別の株数は、AH1pdm09亜型が37株(37.8%)、AH3亜型が6株(6.1%)、B型山形が34株(34.7%)、B型Victoriaが21株(21.4%)であった。

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640~1,280(ホモ価1,280)、B型山形が160~320(ホモ価320)、B型Victoriaが640~1,280(ホモ価1,280)であり、いずれもホモ価とほぼ一致していた。

一方、分離されたAH3亜型のうち、HA価が8以上でありHI試験による同定が実施できたのは1株(A/Ishikawa/9/2016)のみで、本株の抗血清に対するHI価は80(ホモ価2,560)であり、ホモ価と大きく乖離して

いた。なお、HA価が8未満であった5株については、いずれも培養上清を用いたインフルエンザウイルス遺伝子検出により同定した。

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、フェレット感染抗血清を用いたHI試験により詳細な抗原解析を実施している。しかし、近年分離されるAH3亜型については、分離培養検査によりNA遺伝子に151D変異が生じ、本来は赤血球凝集活性をもたないNA遺伝子による蛋白が活性を示し、正確なHA価およびHI価の測定ができないことから、その影響を受けない中和試験により詳細な抗原性解析を実施している。

その結果、今シーズンはAH1pdm09亜型およびB型ウイルスの大部分はワクチン株に類似していたが、AH3亜型はワクチン株から抗原性が大きく変化していたことを報告している⁸⁾。

なお、当県で分離されたAH3亜型のうち、唯一HI試験が可能であったA/Ishikawa/9/2016について感染研が中和試験による抗原解析を行ったところ、ワクチン類似株と判定された。これは、前述の理由からHI試験では正確なHA価およびHI価の測定ができなかったことが要因と考えられる。

(3) HA遺伝子部分塩基配列の解析

インフルエンザウイルスが分離された98検体のうち、無作為に抽出した18検体（AH1pdm09亜型：4検体、AH3亜型：4検体、B型山形：5検体、B型Victoria：6検体）について、インフルエンザウイルスHA1遺伝子の部分塩基配列を決定し、系統樹解析を行った。

解析の結果、AH1pdm09亜型 4株はいずれもK163Q, A256Tのアミノ酸置換を有するclade 6Bに属し、このうち3株はS84N, S162N, I216Tのアミノ酸置換を有する6B.1に、1株はV152T, V173Iのアミノ酸置換を有する6B.2に属していた（図4）。

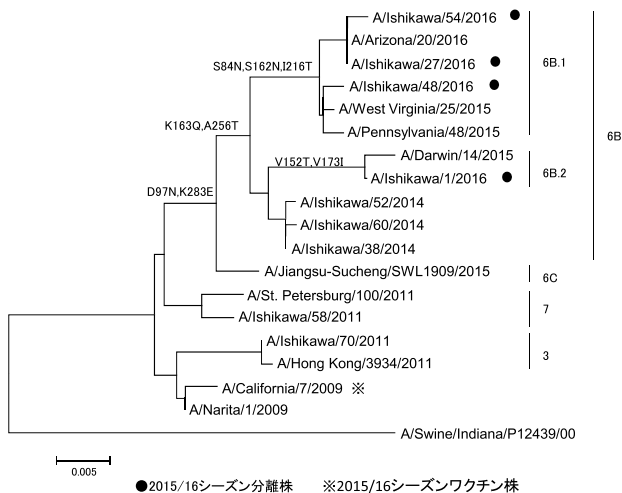


図4 AH1pdm09亜型ウイルス HA遺伝子の系統樹解析

AH3亜型 4株はいずれもVictoria/208 clade内で、今シーズンのワクチン株であるA/Switzerland/9715293/2013と同じQ33R, N278Kのアミノ酸置換を有するsubclade 3Cに属し、さらにL3I, N144S, F159Y, N225D, Q311Hのアミノ酸置換を有する3C.2aに属していた（図5）。

B型山形 5株は、いずれも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clade 3に属し、さらにL172Q, M251Vのアミノ酸置換を有していた（図6）。

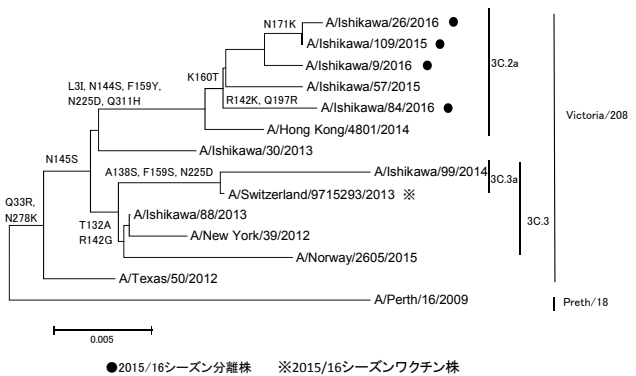


図5 AH3亜型ウイルス HA遺伝子の系統樹解析

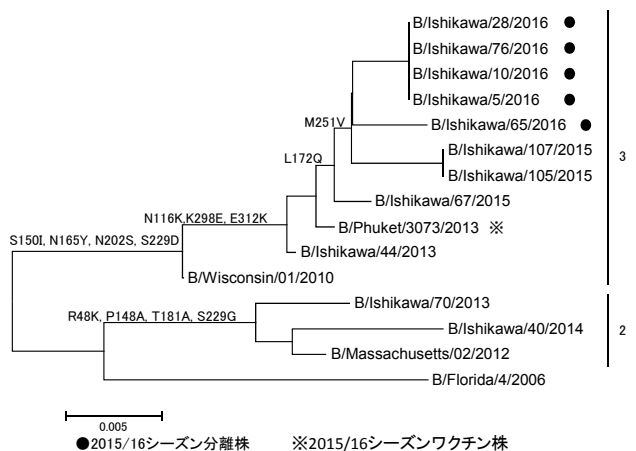


図6 B型山形系統ウイルス HA遺伝子の系統樹解析

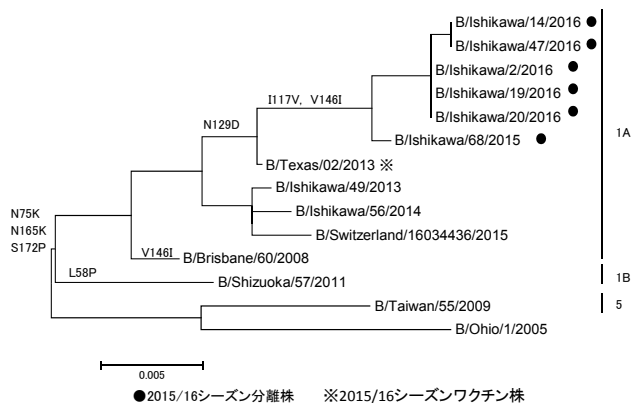


図7 B型Victoria系統ウイルス HA遺伝子の系統樹解析

B型Victoria 6株は、いずれもN75K, N165K, S172P, N129D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/Texas/02/2013cladeと同じclade1Aに属し、さらにI117V, V146Iのアミノ酸置換を有していた(図7)。

なお、今回我々が解析した株はいずれも、昨シーズンと同様のcladeに属しており、また国内外で流行した株と遺伝学的に類似していた⁸⁾。

(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 37株について、H275Y変異を検索した結果、Y275およびH275の混合株である275H/Y mixture が1株(2.7%)検出された。また、本株が分離された検体についても同様に検索した結果、275H/Y mixtureが検出された。

本株は、医療機関にてオセルタミビルを投与されてから4日後に採取された検体から分離されたウイルスであり、薬剤の選択圧により散発的に耐性変異株が発生したと推測された¹¹⁾。

抗インフルエンザ薬耐性サーベイランス事業に基づき、各地方衛生研究所にてAH1pdm09亜型のH275Y変異の検索を行うと同時に、感染研にて国内で分離された各亜型の一部について感受性試験が実施されている。その結果、今シーズンはすべての亜型で抗インフルエンザ薬耐性株の検出が散発的であったことが報告されている⁸⁾。しかしながら、2013/14シーズンには札幌市およびその周辺地域で抗インフルエンザ薬耐性株の流行がみられた¹⁰⁾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られる。

4 ま と め

今シーズンの当県における集団かぜ患者発生状況および感染症発生動向調査事業におけるインフルエンザ患者発生状況を過去5シーズンと比較した結果、いずれも流行開始時期は最も遅く、また、最終的にこれらの累積患者数等は、いずれも2011/12シーズンに次いで多かった。

A型ウイルスの主流はAH1pdm09亜型であり、B型ウイルスについてはB型山形が優勢であったが、B型Victoria検出割合の増加がみられた。

HA遺伝子を解析した結果、AH1pdm09亜型はclade6B.1および6B.2に、AH3亜型はclade 3C.2a, B型山形はclade3, B型Victoriaはclade1Aに属し、いずれも国内外で流行したウイルスに遺伝学的に類似していた。

分離したAH1pdm09亜型 37株についてH275Y変異を検索した結果、275H/Y mixture が1株検出された。

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(2014/15シーズン), 平成27年5月14日
- 3) 児玉洋江, 成相絵里, 崎川曜子：石川県におけるインフルエンザ流行状況(2014/15シーズン), 石川県保健環境センター研究報告書, **52**, 54-58(2015)
- 4) 児玉洋江, 谷村睦美, 橋本喜代一：石川県におけるインフルエンザ流行状況(2010/2011シーズン), 同上誌, **48**, 35-41(2011)
- 5) 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流行状況(2011/12シーズン), 同上誌, **49**, 53-58(2012)
- 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流行状況(2012/13シーズン), 同上誌, **50**, 54-58(2013)
- 7) 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流行状況(2013/14シーズン), 同上誌, **51**, 39-44(2014)
- 8) 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(2015/16シーズン), 平成28年8月31日
- 9) CHAMBERS Benjamin, LI Yang, HODINKA Richard, Hensleya Scott: Recent H3N2 Influenza Virus Clinical Isolates Rapidly Acquire Hemagglutinin or Neuraminidase Mutations When Propagated for Antigenic Analyses, *J Virol*, **88**, 10986-10989(2014)
- 10) TAKASHITA Emi, EJIMA Miho, ITOH Reiko, MIURA Mai, OHNISHI Asami, NISHIMURA Hidekazu, ODAGIRI Takato, TASHIRO Masato: A community cluster of influenza A (H1N1) pdm09 virus exhibiting cross-resistance to oseltamivir and peramivir in Japan, November to December 2013. *Euro Surveill*. **19**:pii: 20666(2014).
- 11) 国立感染症研究所：新型インフルエンザ(A/H1N1pdm)オセルタミビル耐性株(H275Y)の国内発生状況[第1報], 病原微生物検出情報, **31**, 49-53(2010年)

〔資料〕

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 健康・食品安全科学部 成相 絵里・児玉 洋江・崎川 曜子

〔和文要旨〕

2015/2016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77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、検出割合が最多であった遺伝子型は、集団事例ではGII.17、小児散発事例ではGII.4と異なっていた。また、GIは前シーズンと同様に主に春季に検出される傾向がみられた。

キーワード：ノロウイルス、GII.17、GII.4

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¹⁾。

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²⁾。

2015/2016（以下、2015/16）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

2015/16シーズン（2015年第36週・9月～2016年第35週・8月）に石川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、糞便からRT-LAMP法³⁾

または、リアルタイムPCR法⁴⁾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57検体（13事例、事例あたり1～13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

前記（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、RT-PCR法⁴⁾によりノロウイルス遺伝子が検出された患者20人（0～16歳）の糞便20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® 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⁴⁾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>）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った。

Genotype of Norovirus Detected in Ishikawa Prefecture in 2015–2016 Season. by NARIAI Eri, KODAMA Hiroe and SAKIKAWA Yoko (Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Norovirus, GII.17, GII.4

3 成 績

3・1 集団事例について

13事例の57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。事例別にみると5事例（事例番号5, 6, 7, 8, 10）からGII.17が、4事例

表1 ノロウイルス遺伝子解析結果（集団事例）

事例番号	発生年月日	発生・原因施設	遺伝子型 ()*
1	2015.10.30	小学校	GII.3 (4)
2	12.18	保育園	GII.4 (2)
3	12.19	飲食店	GII.4 (6)
4	2016.1.10	旅館	GII.4 (3)
5	1.31	イベント会場	GII.17 (3)
6	3.7	旅館	GII.17 (13)
7	3.18	飲食店	GII.17 (3)
8	3.20	飲食店	GII.17 (8)
9	3.23	飲食店	GI.3 (10)
10	4.16	飲食店	GII.17 (1)
11	4.30	旅館	GI.3 (1)
12	5.8	飲食店	GI.2 (2)
13	8.3	旅館	GII.4 (1)

*検出された遺伝子型と、()は検体数

（事例番号2, 3, 4, 13）からGII.4が、2事例（事例番号9, 11）からGI.3が検出された。また、事例番号1ではGII.3が、事例番号12ではGI.2が検出された。複数の遺伝子型が検出された事例はなかった。検出された遺伝子型の事例の割合は、GII.17が38.5%（5事例/13事例）、GII.4が30.8%、GI.3が15.4%、GII.3およびGI.2が7.7%であった。なお、検出されたGII.17（5事例の28検体）は系統樹解析の結果すべて2014/2015（以下、2014/15）シーズンに川崎市をはじめ全国で流行したHu/GII/JP/2014/GII.P17_GII.17/Kawasaki 323類似株⁵⁾であった。また、GII.4（4事例の12検体）は、いずれも2012/2013（以下、2012/13）シーズンに流行したSydney/NSW0514/2012/AU類似株⁶⁾であった（図1）。

3・2 小児散発事例について

ノロウイルス遺伝子が検出された20検体について、13検体からGII.4が、4検体からGII.3が、2検体からGII.17が、1検体からGI.3が検出された（表2）。検出された遺伝子型の割合は、GII.4が65.0%（13検体/20検体）、GII.3が20.0%、GII.17が10.0%、GI.3が5.0%であった。なお、検出されたGII.4（13検体）はすべてSydney/NSW0514/2012/AU類似株であった。また、GII.17（2

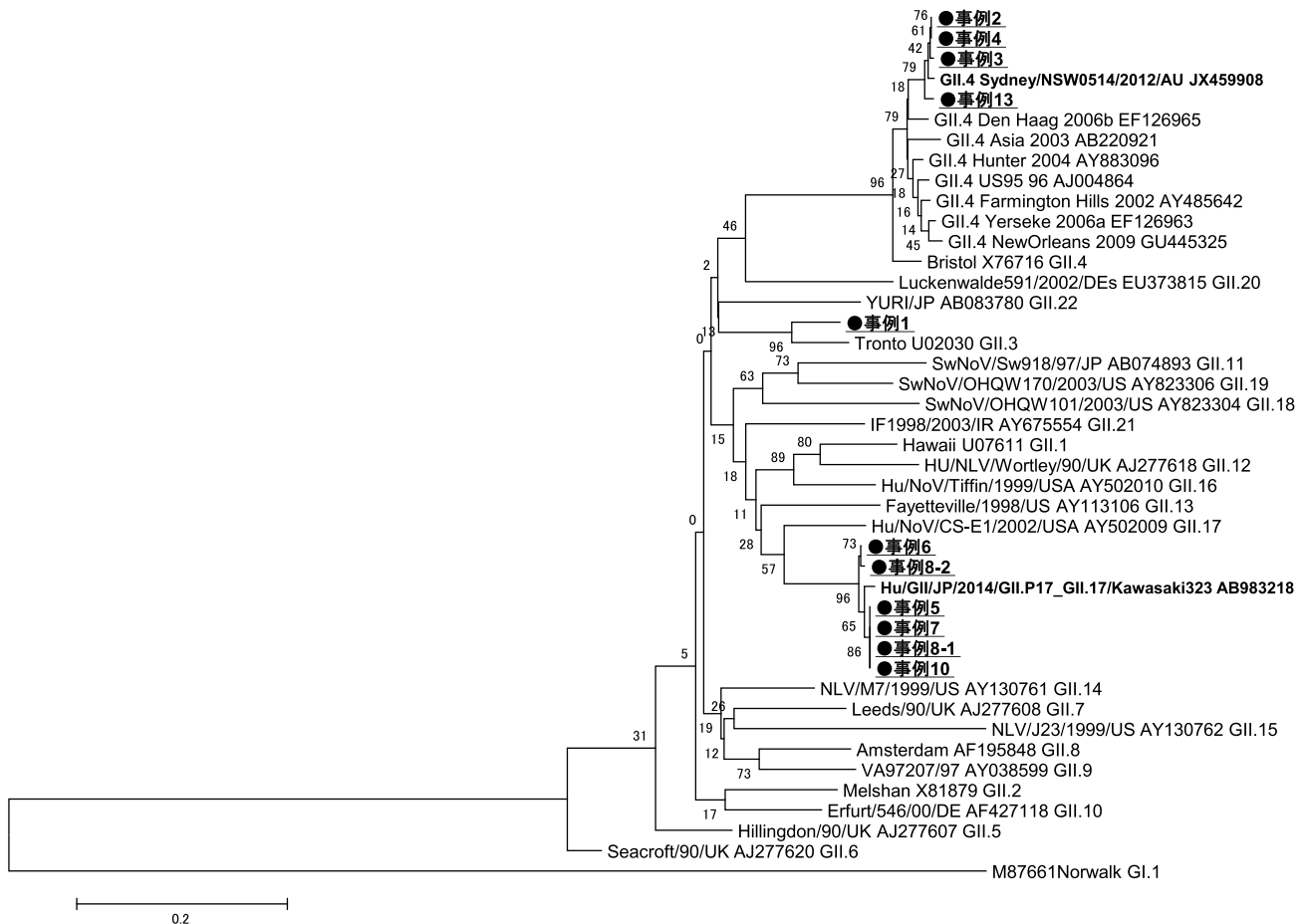


図1 集団事例ノロウイルスGII系統樹（カプシド領域）

検体) はいずれもHu/GII/JP/2014/GIIP17_GII.17/Kawasaki 323類似株であった。(図2)。

4 考 察

2015/16シーズンにノロウイルス遺伝子が検出された77検体について、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38.5% (5事例/13事例)と最多であり、検出割合は前シーズンの約22% (2事例/9事例)²⁾より大きく増加した。これらのGII.17はすべて2014/15シーズンから全国的に流行したHu/GII/JP/2014/GIIP17_GII.17/Kawasaki 323類似株であり、前シーズンから引き続き流行していたと考えられた。一方、小児散発事例では、GII.4が65.0% (13検体/20検体)と最多であり、依然として、2012/13シーズンからの全国的なGII.4 (Sydney/NSW0514/2012/AU類似株) 流行の影響が残っていると考えられた。

検出割合が最も高かった遺伝子型が集団事例と小児散発事例で異なっていた。

また、GIが検出された集団事例3事例 (23.1%)はすべて2016年3月以降に発生しており、前シーズンと同様にGIは主に春季に検出される傾向であった。

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	2015. 10. 28	0	GII. 3
2	11. 24	0	GII. 4
3	12. 4	1	GII. 4
4	12. 4	0	GII. 4
5	12. 5	0	GII. 3
6	12. 7	1	GII. 4
7	12. 11	1	GII. 4
8	12. 14	0	GII. 4
9	12. 15	1	GII. 4
10	12. 15	1	GII. 4
11	12. 26	1	GII. 4
12	12. 28	1	GII. 4
13	2016. 1. 19	2	GII. 4
14	1. 21	6	GI. 3
15	2. 4	16	GII. 17
16	5. 28	1	GII. 4
17	5. 31	2	GII. 4
18	6. 5	1	GII. 3
19	6. 13	7	GII. 17
20	6. 17	0	GII. 3

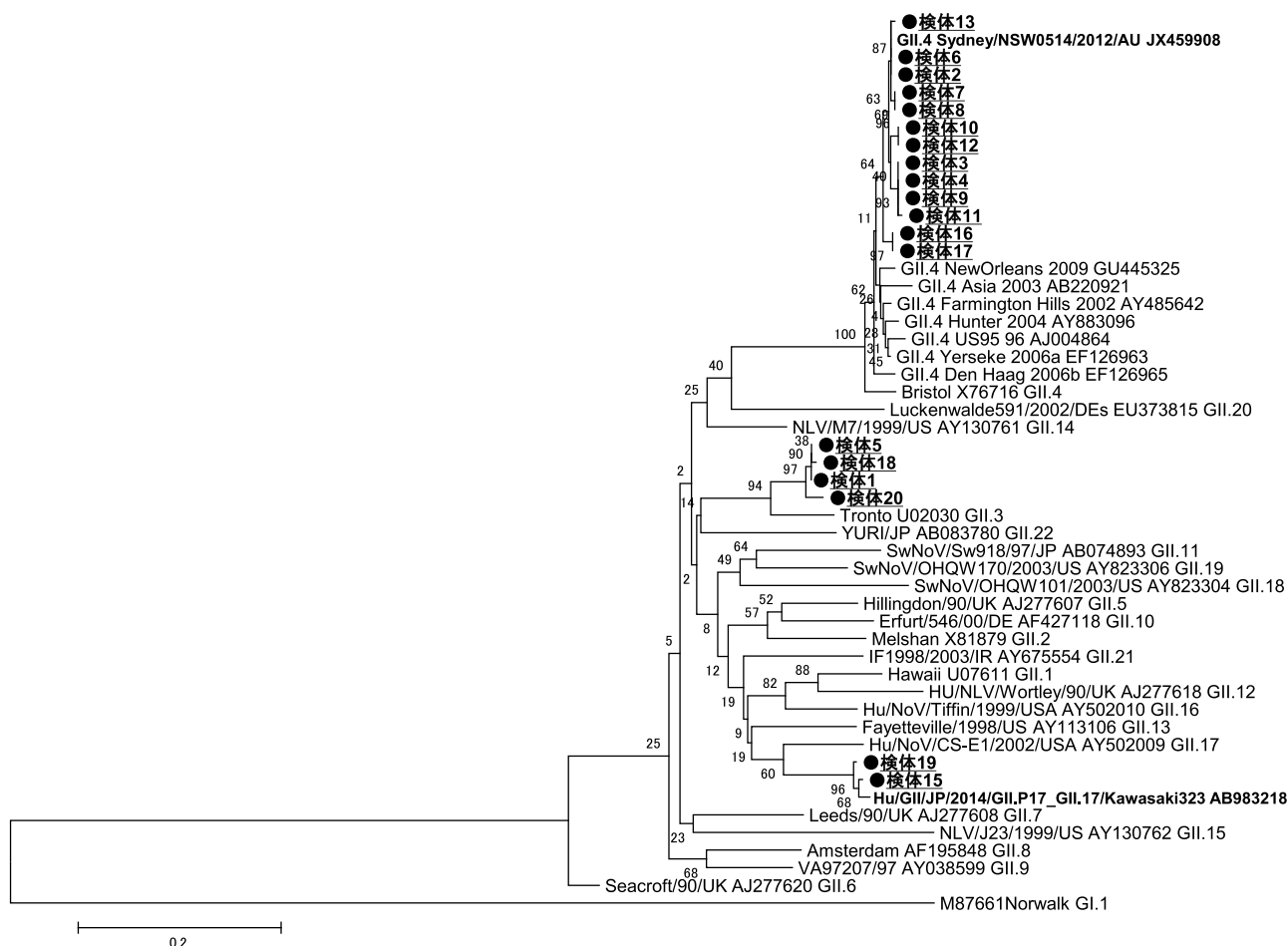


図2 小児散発事例ノロウイルスGII系統樹 (カプシド領域)

5 ま と め

2015/16シーズンは前シーズンから検出されるようになったGII.17の検出割合が増加し、集団事例においては最多であったが、小児散発事例ではGII.4が依然として高い割合で検出されていた。このように主要な遺伝子型の違いが見られたことから、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) 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) 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)
- 3) 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**, No.12, e63(2000)
- 4) 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)」
- 5) 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)
- 6) 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)

〔資料〕

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 環境科学部 河本 公威・牧野 雅英・橋場 久雄

石川県 環境部 環境政策課 野口 邦雅

〔和文要旨〕

石川県では、平成28年1月に大気環境監視システムの更新を行った。今回の更新では、Webシステムの採用、デジタルテレメータ仕様への対応、ホームページの強化や微小粒子状物質に関する統計処理機能の強化等を行った。その結果、デジタル出力対応測定機に関して、精度管理情報の把握や測定値の信頼性向上を実現した。また、微小粒子状物質の統計処理に関する機能を強化することで、業務の効率化に寄与すると共に、県民に分かりやすい情報を発信することが可能となった。

キーワード：大気環境システム、デジタルデータ通信、PM2.5

1 はじめに

石川県では、昭和46年から大気汚染の常時監視を行っており、昭和49年2月に環境監視制御システムを導入した。その後、数回の更新を経て^{1), 2)}、平成20年にデータ収集のスピード化やダウンサイジングを目的に、汎用機のシステムからPCサーバのシステムへと更新した³⁾。

今回、前システムのリース期間（7年）満了に伴い、Webシステムの採用、デジタルテレメータ仕様への対応、ホームページの強化や微小粒子状物質（以下、PM2.5という。）に関する統計処理機能の強化等を図るため、新しいシステムへ更新することとした。ここでは、その概要について報告する。

2 新システムの構成

前システムでは、Windowsのリモートデスクトップ機能を利用し、端末からサーバ上の大気環境監視システムを操作していたが、今回の更新では、Webブラウザを利用して大気環境監視システムを操作するWebシステムとした。これにより、システムの操作性が向上し、監視業務の作業効率が上がった。

新しいシステムの基本的な構成を図1に示した。

2・1 サーバ（親局）

サーバは4台構成とし、各サーバに個別の無停電電源装置が接続、OSはWindows Server2012 R2とした。4台のサーバはそれぞれ以下の機能を有している。

データ収集サーバは、NTT VPNワイド及び県独自のIMS (Ishikawa Multimedia Superhighway) 回線を通じ、各測定局（七尾市管轄の石崎局含む）からのデータ、北陸電力七尾大田火力発電所からの煙源局データ及び金沢市が管理している測定局からのデータを収集している。さらに、過去データも含めて測定データの蓄積・管理を行っており、システムの帳票作成や統計処理も担っている。

管理サーバは、収集サーバの予備として配置している。

通信サーバは、機器が持つ時計を正しい時刻へ同期するためのNTP (Network Time Protocol) 機能と、毎正時、担当者への警報メール送信のための通信制御を行っている。

ターミナルサーバは、保守業者がネットワークを通じて、システムの保守管理を行うための、リモートメンテナンス用として配備している。

Renewal of the Air Pollution Monitoring System. by KAWAMOTO Tomotake, MAKINO Masahide and HASHIBA Hisao (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science), NOGUCHI Kunimasa (Environmental Policy Division, Environmental Department, Ishikawa Prefecture)

Key words : Air Pollution Monitoring System, Digital data communication, PM2.5

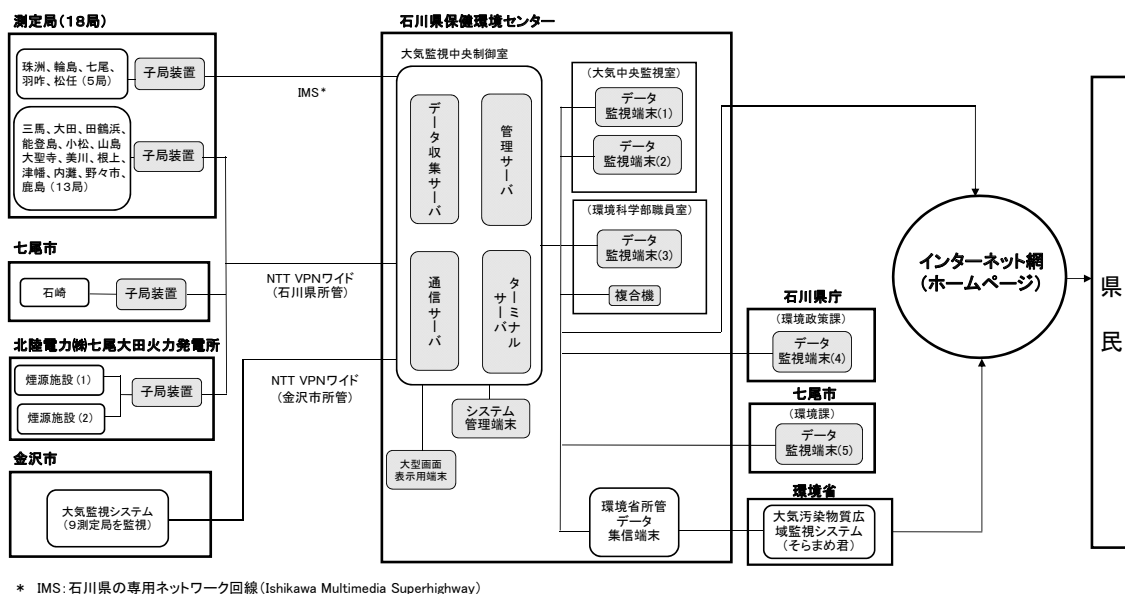


図1 石川県大気環境監視システムの全体構成

2・2 子局

子局装置はイーサネットを搭載し、ルータ、モデムを介して、ネットワークに接続できる機種（環境計測（株）製DATAC9）を採用した。また、安定した連続運用を図るためFANレス、HDDレスの構造になっている。

2・3 大気自動測定機

近年、通信技術は光ケーブルネットワークの普及など、技術の向上が進む一方、環境大気自動測定機（以下「測定機」という。）の入出力信号は測定値（アナログ信号）とアラーム情報（接点出力）のみであった。

そこで国（環境省）は平成27年3月に「環境大気自動測定機のテレメータ取り合いの共通仕様」⁴⁾（以下「共通仕様」という。）を改訂し、測定機とテレメータ装置間のデータ通信方法を、アナログ出力とデジタル出力の併記とし、デジタルテレメータ仕様への対応（以下「デジタル化」という。）を推進した。

本県に平成27年度迄に配備済のデジタル出力対応測定機（以下「デジタル機」という。）23台については、測定機とテレメータ装置間の伝達方式を、アナログ出力からデジタル出力へと変更した。

2・4 通信回線

システム更新時に、NTTネットワーク回線の契約内容を見直し、ISDN及びADSL回線から光回線へと移行した。

その結果、安定した通信を確保するとともに、通信費用の削減を実現した。

3 新システムの特徴

3・1 システムのデジタルテレメータ仕様への対応

本県のシステムは、共通仕様改訂直後に更新したこと

で、全国に先駆けてデジタル化を図ることが出来た。

当該システムは平成28年1月より運用を開始しているが、デジタル化により前システムより向上したメリットと、これまでに遭遇したトラブルについて述べる。

(1) メリット

メリットとしては、以下の二つが挙げられる。

- ・精度管理情報（流量や温調等）の収集が可能になった。これにより、現地確認する前に不具合の原因を推測し、不測な事故に対して、迅速な対応が期待できる。特に珠洲、輪島等の遠隔地に設置された測定機について有効である。

- ・測定値の信頼性が向上した。アナログ出力における測定データは、測定機内でデジタル処理されているにもかかわらず、測定値を0～1Vの電圧に変換してテレメータ装置へ伝送しているため、電圧のわずかな揺らぎにより記録計の測定値と誤差が生じていた。しかし、デジタル出力においては、測定値は電圧に変換されることなく、数値としてテレメータ装置へと伝送されるため、原理的に誤差を生じない。従来は、職員が毎月以下の確認作業、

- ① 記録紙の測定値とシステムの測定値に相違がないかのチェック

- ② 測定機に異常がないかチャートをチェックを行っていたが、①の作業が不要となり、業務の削減が可能となった。

(2) トラブル

デジタル化後に発生した代表的なトラブルは、以下の三つが挙げられる。

- ・測定機の単位を変更した際、テレメータ側が変更を認識せず、変更前の単位で測定値が公表される事案（SPM0.017mg/m³のところを⁵⁾、17mg/m³と表示）が発

生した。新システムの単位データの自動判別がなされていなかったことが原因であった。

・システムが要求する時間内に測定機が応答せず、テレメータ装置がデータを取得できない現象（以下「無応」という。）が、頻繁に発生している。これは、デジタル機のみに見られる現象である（システム帳票では「無応」、ホームページ上では「***」と表示）。データ取得時間のタイミング等を調整して対処したが、根本的な現象の解決には至っていない。

・SPM及びPM2.5の1時間値が、実際の測定値と異なり「0mg/m³, 0μg/m³」と出力される現象が発生した。メーカーの検証により、測定機を制御するプログラムのバグが原因であることが判明した。現在対象機器は、すべて新しいプログラムに更新している。

新システム稼働から10ヶ月が経過し、当初よりトラブルの頻度は減少してきているが、今後もシステム帳票や

ホームページ上の測定値について、注視していく必要がある。

3・2 ホームページ表示の機能強化

本県は、インターネットを利用して平成16年度より観測データ等を県ホームページ上に公表してきたが、その様式は簡易的で、表形式による数値の羅列が主であった。

今回の更新では、地図上での表示を刷新し、同時に測定データのグラフ表示も可能とした。その結果、前システムより分かりやすい情報を県民に提供することが可能となった。（図2）

3・3 PM2.5基準超過への迅速な対応

PM2.5は、前システム導入時点では、大気汚染防止法に規定されていない項目であった。平成21年度に国が環境基準を設定し、平成22年3月に「環境大気常時監視マ

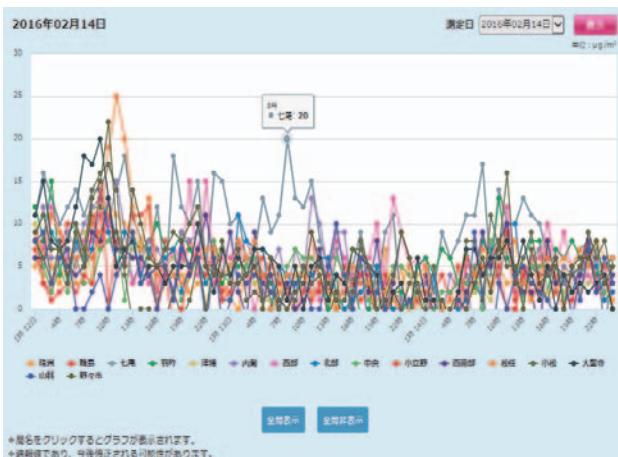


図2 石川県の大気環境情報ホームページ
(http://ishikawa-taiki.jp/index.php)

前システムホームページ例



新システムホームページ例

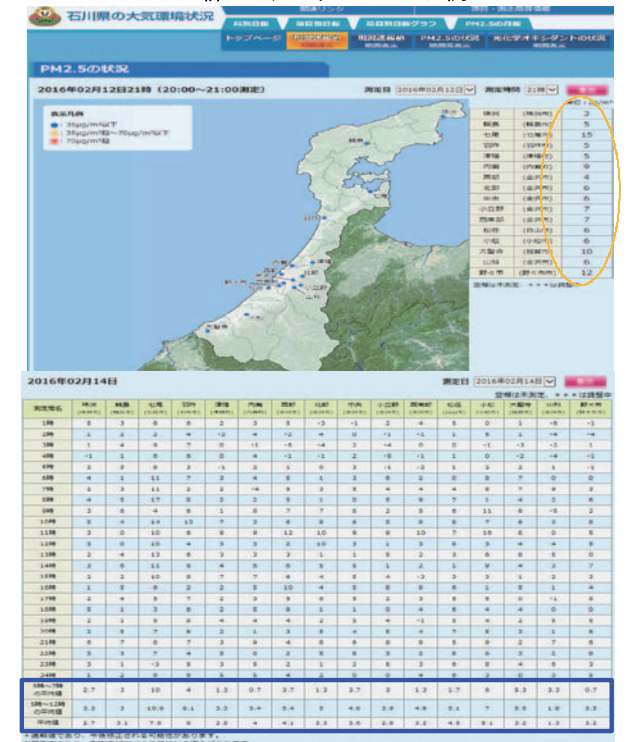


図3 前システムと新システムとのPM2.5ホームページの比較

ニュアル（第6版）⁵⁾を改正した。PM2.5の監視測定体制の整備促進が記載されたことを受け、本県では平成22年度からPM2.5の観測体制を充実させ、現在16の測定局が存在する。

平成25年2月に「注意喚起のための暫定的な指針」⁶⁾が制定された。平成26年2月、輪島局において注意喚起情報の発表基準である80 μg/m³を超過したため、県として初めて「PM2.5の注意喚起情報」の発表を行った。

その際、前システムではデータ収集の機能しかなく、PM2.5に関する統計処理等には対応していなかったため、県のホームページには測定値のみが公表されていた。そのため、日平均値などの必要な情報は、毎日職員が表計算ソフトを用いて集計し、ホームページへアップロードして対応していた。

そこで、新しいシステムでは、PM2.5に関する統計処理機能等を強化した。これにより、注意喚起情報の発表について迅速な対応が可能となった。

また、ホームページ上に注意喚起情報発表の判断基準になる5～7時、5～12時の1時間値の平均値をリアルタイムで公表すること、及び月報や年報のページを新設したことにより、県民が必要とする情報へ容易にアクセスできるようにした（図3）。その他、機能強化した事項の一覧を表1に示した。

表1 PM2.5についての機能強化一覧

統計処理機能	・日平均値,指定時間帯の1時間平均値, 98%値及び年平均値の処理 ・帳票出力対応
表示機能	・地図による表示 ・過去1か月間のデータ表示（1時間値及び日平均値） ・グラフ化（1時間値の3日間分） ・PM2.5の月報及び年報 ・PM2.5の日平均値,指定時間帯の1時間値平均値, 各測定局における指定時間帯の1時間値の平均値の中央値及び最大値

4 今後への課題

- ・ 配備済みのデジタル機については、デジタル出力へと変更を行ったが、いまだアナログ出力で運用している測定機が多く、各測定局で混在しているため、速やかなデジタル機への更新が必要である。
- ・ 「無応」現象について、原因を究明して解決するとともに、無応になった際に、自動でデータを再取得し補

填する機能が必要である。

- ・ 夜間や休日の緊急時対応に係る携帯サイトの他に、測定値の経時変化や精度管理情報を確認できる機能を持った「職員専用ホームページ」やリモート端末の導入を検討する必要がある。

5 まとめ

大気環境監視システムによる大気汚染常時監視を適切に実施するため、システムの更新を行い、平成28年1月より運用を開始した。

今回の更新にあたっては、

- ① Webシステムの採用
- ② デジタルテレメータ仕様への対応
- ③ ホームページの強化
- ④ PM2.5に関する統計処理機能の強化

が主な変更点である。

その結果、デジタル化に伴い発生した課題は残るものの、PM2.5等の測定値のデータ処理やホームページへの反映に係る一連の業務について、効率化を図ることができた。

また、ホームページ上で地図やグラフによる表現を用いた情報量を充実させることで、県民に視覚的で分かりやすい情報を提供することが可能になった。

文 献

- 1) 山原 敏, 前川龍介: 石川県環境監視制御システムにおけるソフトウェアの開発—ホストシステムのソフトウェア—, 石川県衛生公害研究所年報, 21, 110-125 (1984)
- 2) 山原 敏, 東 浩一, 若林数夫, 桐元俊武, 泉善博, 湯浅道世: 石川県における七尾大気環境システム, 石川県保健環境センター年報, 30, 176-193 (1993)
- 3) 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)
- 4) 公益社団法人日本環境技術協会: 環境大気自動測定機のテレメータ取り合いの共通仕様に係る検討業務, 平成25年度環境省請負業務結果報告書, 平成26年3月
- 5) 環境省水・大気環境局: 環境大気常時監視マニュアル(第6版), 平成22年3月
- 6) 環境省水・大気環境局: 最近の微小粒子状物質(PM2.5)による大気汚染への対応, 平成25年2月

〔資料〕

石川県におけるフォールアウト調査（平成27年度）

石川県保健環境センター 環境科学部 東海林 寛史・山岸 喜信・小浦 利弘
初瀬 裕・中谷 光

〔和文要旨〕

石川県におけるフォールアウト等による環境放射能の水準を把握するとともに、東京電力（株）福島第一原子力発電所事故の影響を評価するため、定時降水中の全ベータ放射能調査や、降下物、大気浮遊じん、陸水、土壌、農畜産物等の環境試料中のゲルマニウム半導体検出器による核種分析を実施した。分析の結果、定時降水、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（フクラギ）からはセシウム-137がわずかに検出され、土壌については過去の測定結果と同程度であったが、海産生物（フクラギ）では過去3年間の測定範囲を超過した。定時降水中の全ベータ放射能及び空間放射線量率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

1 はじめに

フォールアウト調査は、昭和29年のビキニ環礁における核爆発実験を契機として、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ものであるが、昭和61年4月に起きたチェルノブイリ原子力発電所事故時の放射能調査を踏まえ、現在、全都道府県にて「環境放射能水準調査」として実施されている。石川県では昭和34年度から毎年実施している。

石川県におけるフォールアウト等による環境放射能の水準を把握するとともに、東京電力（株）福島第一原子力発電所事故（以下「原発事故」という。）の影響を評価するため、平成24年度から、空間放射線量率の測定地点として従来の金沢市太陽が丘に加え、輪島市三井町、羽咋市大町、津幡町字中橋及び小松市下栗津町の4地点を追加し、またゲルマニウム半導体検出器による核種分析試料として大気浮遊じん（金沢市太陽が丘）を追加した。ここでは平成27年度の原子力規制庁委託調査の結果（平成27年4月1日～平成28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、大型水盤による降下物（1ヶ月毎採取）、陸水（毎日採取）、陸水（年1回採取）、大気浮遊じん（3ヶ月毎採取）、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）、空間放射線量率である。なお、陸水（毎日採取）は毎日一定量（1.5L）の水道水採取し3ヶ月分をまとめて1試料とした。また、大気浮遊じんは1ヶ月に3日分採取してこれを3ヶ月分すなわち9日分をまとめて1試料とした。

2・2 測定方法

定時降水は全ベータ放射能を測定し、降下物、陸水、大気浮遊じん、土壌、農畜産物及び海産生物はゲルマニウム半導体検出器による核種分析を行った。空間放射線量率はモニタリングポストによる連続測定を行った。

（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

Survey Data of Fall-out in Ishikawa Prefecture, April 2015 to March 2016. by SHOJI Hirofumi, YAMAGISHI Yoshinobu, KOURA Toshihiro, HATSUSE Yuh and NAKATANI Mitsuru (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Fall-out, Environmental radioactivity

装置 JDC-3201 (日立アロカメディカル (株) 製) により行った。校正線源としては、八酸化三ウラン (U₃O₈, 500dps) を使用した。

(2) 核種分析

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

(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(日立アロカメディカル(株)製)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。採取試料数は144検体であり、全ベータ放射能が検出さ

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 ²)
H27年4月	142.5	0/12	ND	ND
5月	90.5	0/5	ND	ND
6月	172.0	0/12	ND	ND
7月	129.0	0/11	ND	ND
8月	128.5	0/7	ND	ND
9月	273.5	0/15	ND	ND
10月	110.5	1/9	ND ~ 4.3	0.0
11月	218.0	1/13	ND ~ 3.7	7.3
12月	316.5	1/14	ND ~ 1.9	82
H28年1月	228.5	0/18	ND	ND
2月	207.0	0/15	ND	ND
3月	61.0	3/13	ND ~ 8.6	12
年間値	2,077.5	6/144 ⁽¹⁾	ND ~ 8.6	ND ~ 82
H24~26年度の測定結果	21/429		ND ~ 11	ND ~ 199

ND：不検出(測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)
*1：核種分析の結果、人工放射性核種は検出されなかった。

表2 降下物(1ヶ月毎採取)試料中の核種分析結果

採取場所：金沢市太陽が丘

採取期間 年月日~年月日	降水量 (mm)	核種別放射能降下量 (MBq/km ²)			
		ヨウ素-131	セシウム-134	セシウム-137	その他の人工 放射性核種
H27. 3.30 ~ H27. 4.30	142.5	ND	ND	ND	なし
H27. 4.30 ~ H27. 5.29	90.5	ND	ND	ND	なし
H27. 5.29 ~ H27. 6.30	172.0	ND	ND	ND	なし
H27. 6.30 ~ H27. 7.31	129.0	ND	ND	ND	なし
H27. 7.31 ~ H27. 8.31	128.5	ND	ND	ND	なし
H27. 8.31 ~ H27. 9.30	273.5	ND	ND	ND	なし
H27. 9.30 ~ H27.10.30	110.5	ND	ND	ND	なし
H27.10.30 ~ H27.11.30	218.0	ND	ND	ND	なし
H27.11.30 ~ H27.12.25	272.0	ND	ND	ND	なし
H27.12.25 ~ H28. 1.29	273.0	ND	ND	ND	なし
H28. 1.29 ~ H28. 2.29	207.0	ND	ND	ND	なし
H28. 2.29 ~ H28. 3.30	60.5	ND	ND	ND	なし
年間値	2,077.0	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)

れたものは、そのうち6検体であった。これらの6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。

3・2 核種分析

(1) 降下物

表2に降下物試料中の核種分析結果を示す。測定試料は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) 陸水(毎日採取)

表3に陸水試料中の核種分析結果を示す。測定試料は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。

表3 陸水(毎日採取)試料中の核種分析結果

採取場所：金沢市太陽が丘

採取期間*1) 年月日~年月日	核種別放射能降下量 (mBq/L)			
	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
H27. 4. 1 ~ H27. 6.30	ND	ND	ND	なし
H27. 7. 1 ~ H27. 9.30	ND	ND	ND	なし
H27.10. 1 ~ H27.12.28	ND	ND	ND	なし
H28. 1. 4 ~ H28. 3.31	ND	ND	ND	なし
年間値	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：毎日1.5Lの水道水を採取し、3ヶ月分をまとめて1試料とした。

(3) 大気浮遊じん

表4に大気浮遊じん試料中の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。

表4 大気浮遊じん試料中の核種分析結果

採取場所：金沢市太陽が丘

採取期間*1) 年月日~年月日	吸引量 (m ³)	核種別放射能降下量 (mBq/m ³)			
		ヨウ素-131	セシウム-134	セシウム-137	その他の人工 放射性核種
H27. 4. 6 ~ H27. 6.30	10,495.2	ND	ND	ND	なし
H27. 7. 9 ~ H27. 9.30	10,223.2	ND	ND	ND	なし
H27.10. 8 ~ H27.12.25	10,447.5	ND	ND	ND	なし
H28. 1. 7 ~ H28. 3.31	10,563.6	ND	ND	ND	なし
年間値	41,729.5	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)
*1：1ヶ月に3日分採取し、これを3ヶ月分すなわち9日分をまとめて1試料とした。

(4) 牛乳試料中のヨウ素-131

表5に牛乳試料中のヨウ素-131濃度測定の結果を示す。牛乳からヨウ素-131は検出されなかった。

表5 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

採取年月日	検体数	ヨウ素-131 (Bq/L)	
		測定結果	H24~26年度の 測定結果
H27. 8. 10	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6 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		その他の人工放射性核種	単位	
			測定結果	H24～26年度の測定結果			
陸水	上水(蛇口水)	金沢市太陽が丘	H27. 6. 9	ND	ND	なし	mBq/L
土壌	0～5cm	金沢市末町	H27. 8.10	23	21～27	なし	Bq/kg 乾土
				950	880～1100	なし	MBq/km ²
	5～20cm	金沢市末町	H27. 8.10	15	13～22	なし	Bq/kg 乾土
				2500	1700～2800	なし	MBq/km ²
精米		河北郡津幡町潟端	H27. 9.25	ND	ND	なし	Bq/kg 生
牛乳		羽咋郡宝達志水町坪山	H27. 8.10	ND	ND～0.12	なし	Bq/L
海産生物	ワカメ		H27. 4.28	ND	ND	なし	
	サザエ	加賀市橋立漁港	H27. 8. 3	ND	ND	なし	Bq/kg 生
	フクラギ		H27.10.22	0.18	0.10～0.13	なし	

ND：不検出（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

(5) その他の環境試料

表6に上記以外の環境試料中の核種分析結果を示す。

土壌については、セシウム-137が表層（0～5cm）で23Bq/kg乾土、下層（5～20cm）で15Bq/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（フクラギ）でセシウム-137が0.18Bq/kg生と検出され、過去3年間の測定範囲（0.10～0.13Bq/kg生）を超過した。海水中のセシウム-137の濃度については、石川県沖を含む各地の海域で若干の上昇が認められるとの報告もあり¹⁾、今後の濃度変動を注視する必要がある。

平成23年度の調査でセシウム-137及びセシウム-134が、平成24年度の調査でセシウム-137が検出された牛乳では、人工放射性核種は検出されず、原発事故の影響は見られなかった。

その他の試料については人工放射性核種は検出されなかった。

3・3 空間放射線量率

表7に空間放射線量率の測定結果を示す。モニタリングポストによる空間放射線量率の値はいずれの地点においても過去の測定結果と同程度であった。

4 まとめ

平成27年度の石川県におけるフォールアウト調査の結果では、定時降水、降水物、陸水、大気浮遊じん及び牛

表7 空間放射線量率の測定結果

測定地点	H27年度の測定結果		H24～H26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	36～111	50	36～104	50
輪島市三井町	15～90	30	18～105	31
羽咋市大町	33～115	62	49～125	66
河北郡津幡町字中橋	44～122	62	45～130	62
小松市下栗津町	36～130	53	39～143	54

乳から人工放射性核種は検出されなかった。

その他の環境試料中の核種分析の結果は、土壌及び海産生物（フクラギ）からセシウム-137がわずかに検出され、土壌については過去の測定結果と同程度であったが、海産生物（フクラギ）については、過去3年間の測定範囲を超過した。

定時降水中の全ベータ放射能及び空間放射線量率は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27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28年3月）

〔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2報）

石川県保健環境センター 環境科学部 小浦 利弘・東海林 寛史・初瀬 裕
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年度から志賀原子力発電所30km圏内における環境試料中放射能濃度の現状把握を目的とした調査を実施している。

その結果、陸上試料中のセシウム-137については、精米及び松葉で検出された事例が多く見られたが、それ以外の試料ではほとんど検出されなかった。ストロンチウム-90については、葉菜類、根菜類、牛乳、松葉等多くの試料で検出されたが、精米では検出されなかった。

海洋試料中のセシウム-137については、魚類では全ての検体で検出されたが、貝類では検出されなかった。藻類のうち、ワカメ及び岩ノリからは検出されなかったが、ホンダワラからは検出された。また、ストロンチウム-90については、藻類のホンダワラのみから検出された。

キーワード：環境放射能

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において、10km圏内の環境試料中放射能監視調査（以下「原電監視調査」という。）を実施してきた。一方、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、国では平成24年10月に「原子力災害対策指針¹⁾」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、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い。

そこで本県では、平成25年度から志賀原子力発電所周辺10～30km圏内において、県独自で環境試料中放射能濃度の現状把握調査を実施している。筆者ら²⁾は、平成

25年度から平成26年度に実施した調査結果の一部について報告した。ここでは、その結果に加え、平成25年度から平成26年度に採取した松葉、ホンダワラ等について追加で分析を行った結果及び平成27年度に実施した調査結果について併せて報告する。

2 調査方法

2・1 試料採取

調査は、陸上試料（農畜産物、松葉及び水道水）及び海洋試料（魚類、貝類及び藻類）を対象とした。松葉及び藻類（ホンダワラ）については採取試料全体、大根及びかぶについては根部の可食部、その他の試料については可食部を分析に供した。原電監視調査において志賀町内で採取している試料についても追加の分析を実施し、

Survey of Radioactivity Level of the Environmental Samples Collected within the 30km Zone around the Shika Nuclear Power Plant. by KOURA Toshihiro, SHOJI Hirofumi, HATSUSE Yuh and NAKATANI Mitsuru (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Environmental radioactivity

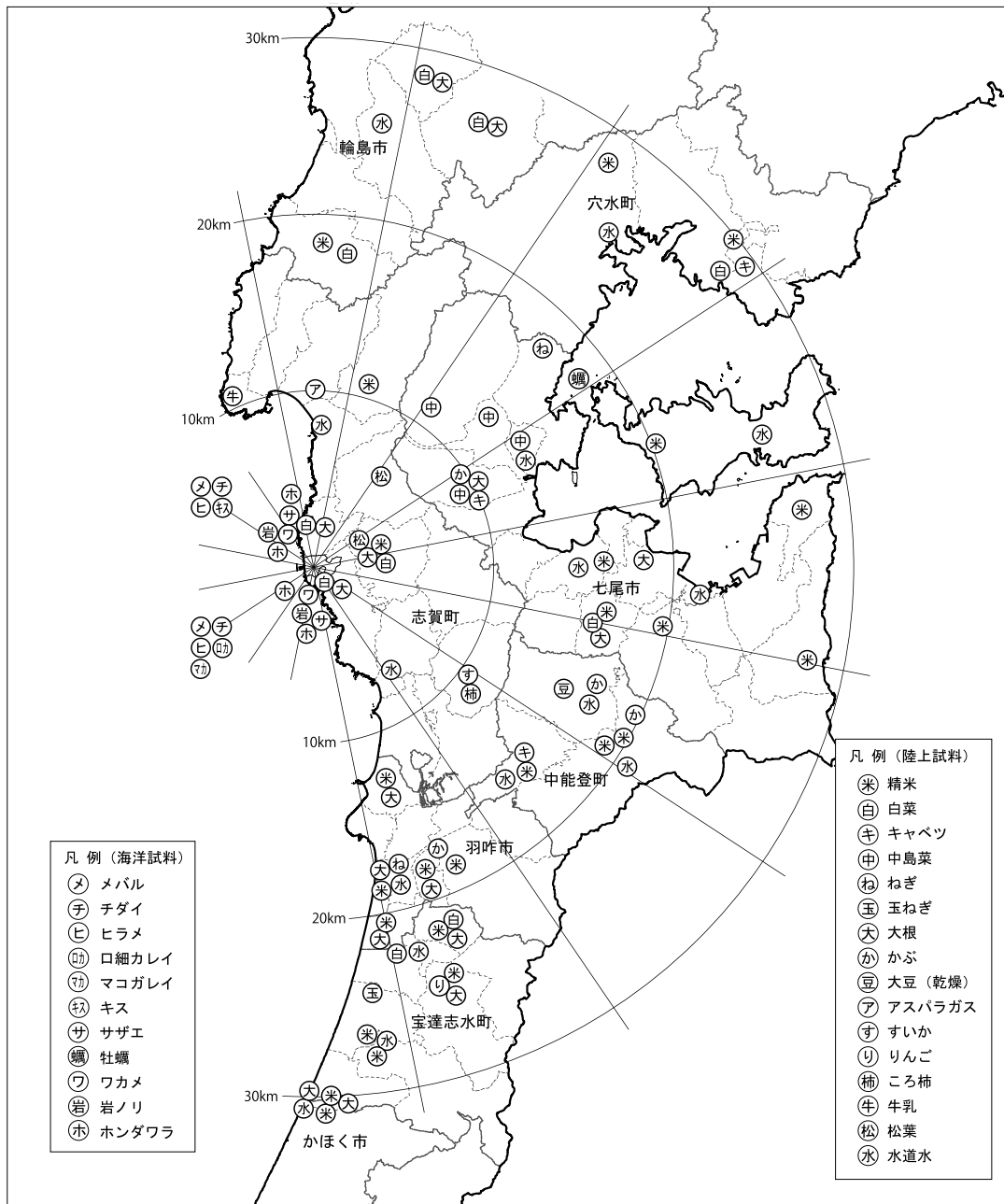


図1 環境試料採取地点図

調査結果に追加した^{3,4)}。試料採取地点及び試料種類を図1に示す。採取場所について地区単位で示しており、同一地区であっても必ずしも同一地点の試料であることを示してはない。

2・2 分析方法

すべての試料について、ゲルマニウム半導体検出器による核種分析及びストロンチウム-90の分析を行った。加えて、水道水についてはトリチウムについても分析を行った。

(1) 核種分析

文部科学省放射能測定法シリーズ「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」⁵⁾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) により分析を行った。測定時間は80,000秒とし、セシウム-137の痕跡が確認された場合については、最大で400,000秒まで適宜測定時間を変更して測定を行った。

(2) ストロンチウム-90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」⁶⁾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。なお、水道水については、公益財団法人日本分析センターに分析を委託した。

(3) トリチウム分析

文部科学省放射能測定法シリーズ「トリチウム分析

表1 穀類（精米）の分析結果

(単位：Bq/kg生)

採取市町	地区	採取年月日	セシウム-137	ストロンチウム-90	ベリリウム-7	カリウム-40
輪島市	仁岸	H25.12. 3	ND	ND	ND	21 ± 0.21
輪島市	仁岸	H26. 9.20	0.021 ± 0.0045	ND	ND	30 ± 0.28
穴水町	穴水	H26.10.26	ND	ND	ND	22 ± 0.24
穴水町	住吉	H26.12. 3	0.023 ± 0.0042	ND	ND	21 ± 0.22
志賀町	上熊野	H26.10.21	0.018 ± 0.0036	ND	ND	24 ± 0.21
志賀町	上熊野	H27.10. 1	0.027 ± 0.0043	ND	ND	20 ± 0.21
志賀町	稗造	H26.10.21	ND	ND	ND	31 ± 0.27
志賀町	稗造	H27.10. 2	ND	ND	ND	22 ± 0.20
七尾市	高階	H27. 9.20	0.012 ± 0.0039	ND	ND	20 ± 0.22
七尾市	崎山	H27. 9.20	ND	ND	ND	26 ± 0.26
七尾市	田鶴浜	H27. 9.20	0.043 ± 0.0048	ND	ND	22 ± 0.24
七尾市	徳田	H26. 9.20	0.026 ± 0.0050	ND	ND	38 ± 0.34
七尾市	能登島	H26. 1.20	ND	ND	ND	27 ± 0.23
七尾市	北大呑	H27. 9.20	ND	ND	ND	27 ± 0.26
中能登町	鹿西	H27.10. 7	ND	ND	ND	35 ± 0.33
中能登町	鹿島	H25.11.11	ND	ND	ND	20 ± 0.19
中能登町	鹿島	H26. 9.22	ND	ND	ND	23 ± 0.27
羽咋市	粟ノ保	H27. 9.10	ND	ND	ND	18 ± 0.21
羽咋市	羽咋	H26. 9. 7	0.016 ± 0.0043	ND	ND	33 ± 0.29
羽咋市	上甘田	H27. 8.25	ND	ND	ND	26 ± 0.23
羽咋市	富永	H27. 8.30	0.050 ± 0.0049	ND	ND	28 ± 0.26
羽咋市	邑知	H25.11.11	ND	ND	ND	22 ± 0.22
宝達志水町	相見	H25. 9.25	0.036 ± 0.0036	ND	ND	24 ± 0.20
宝達志水町	南志雄	H27. 9.10	0.022 ± 0.0046	ND	ND	27 ± 0.27
宝達志水町	南邑知	H27. 9. 1	ND	ND	ND	18 ± 0.20
宝達志水町	宝達	H26. 9.15	ND	ND	ND	35 ± 0.33
かほく市	二ツ屋	H25.12.17	0.030 ± 0.0030	ND	ND	22 ± 0.17
かほく市	二ツ屋	H26. 9.15	0.017 ± 0.0047	ND	ND	29 ± 0.28
検出率			13/28 46%	0/28 0%	0/28 0%	28/28 100%
範囲			ND ~ 0.050	ND	ND	18 ~ 38

ND：不検出（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

表2 野菜（葉菜類）の分析結果

(単位：Bq/kg生)

種類	採取市町	地区	採取年月日	セシウム-137	ストロンチウム-90	ベリリウム-7	カリウム-40
白 菜	輪島市	仁岸	H25.12. 3	ND	0.053 ± 0.0060	0.53 ± 0.039	69 ± 0.34
	輪島市	仁岸	H26.12. 2	0.022 ± 0.0064	0.20 ± 0.0098	3.3 ± 0.088	91 ± 0.48
	輪島市	本郷	H27.12. 2	ND	0.014 ± 0.0026	0.25 ± 0.037	67 ± 0.33
	輪島市	浦上	H27.12. 3	ND	0.078 ± 0.0041	0.30 ± 0.028	65 ± 0.28
	穴水町	住吉	H26.12. 5	ND	0.018 ± 0.0039	4.3 ± 0.087	84 ± 0.47
	志賀町	志加浦	H26.11.17	ND	0.040 ± 0.0053	0.50 ± 0.037	61 ± 0.33
	志賀町	志加浦	H27.11.26	ND	0.041 ± 0.0031	0.27 ± 0.030	57 ± 0.28
	志賀町	上熊野	H26.11.12	ND	0.0095 ± 0.0028	1.3 ± 0.049	69 ± 0.37
	志賀町	上熊野	H27.11.10	ND	0.0081 ± 0.0025	2.1 ± 0.059	69 ± 0.34
	志賀町	福浦	H26.11.19	ND	0.057 ± 0.0044	2.4 ± 0.061	82 ± 0.39
	志賀町	福浦	H27.11.16	ND	0.19 ± 0.0085	1.6 ± 0.054	69 ± 0.39
	七尾市	高階	H27.11.30	ND	0.017 ± 0.0030	0.51 ± 0.037	66 ± 0.33
	宝達志水町	志雄	H26.12.11	ND	0.0081 ± 0.0023	0.74 ± 0.041	55 ± 0.32
	宝達志水町	南邑知	H27.12. 4	ND	0.072 ± 0.0053	2.0 ± 0.063	87 ± 0.42
検出率				1/14 7.1%	14/14 100%	14/14 100%	14/14 100%
範囲				ND ~ 0.022	0.0081 ~ 0.20	0.25 ~ 4.3	55 ~ 91
キャベツ	穴水町	兜	H25.12. 3	ND	ND	0.34 ± 0.040	79 ± 0.37
	七尾市	笠師保	H27.11.30	ND	ND	0.23 ± 0.068	75 ± 0.58
	中能登町	鹿西	H27.12. 2	ND	0.027 ± 0.0030	0.21 ± 0.031	57 ± 0.28
中島菜	七尾市	熊木	H26.12. 8	ND	0.051 ± 0.0051	36 ± 0.25	110 ± 0.60
	七尾市	中島	H26.12. 8	ND	ND	2.4 ± 0.083	130 ± 0.63
	七尾市	鈍内	H26.12. 8	ND	0.018 ± 0.0048	1.4 ± 0.18	120 ± 0.68
	七尾市	笠師保	H27.11.30	ND	ND	1.9 ± 0.37	210 ± 1.5
検出率				0/4 0%	2/4 50%	4/4 100%	4/4 100%
範囲				ND	ND ~ 0.051	2.4 ~ 36	110 ~ 210
ねぎ	七尾市	中島	H26. 1.20	ND	0.062 ± 0.0062	1.8 ± 0.050	65 ± 0.34
	羽咋市	羽咋	H26.12. 8	ND	0.016 ± 0.0040	1.5 ± 0.046	49 ± 0.28
玉ねぎ	宝達志水町	相見	H25. 6.18	ND	ND	ND	33 ± 0.15
検出率				1/24 4.2%	19/24 79%	23/24 96%	24/24 100%
範囲				ND ~ 0.022	ND ~ 0.20	ND ~ 36	33 ~ 210

ND：不検出（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

法⁷⁾に基づき、低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタ（日立アロカメディカル社製LSC-LB5）により分析を行った。

3 結果と考察

3.1 陸上試料

3.1.1 穀類（精米）

表1に穀類（精米）の分析結果を示す。

精米のセシウム-137については、28検体中13検体で検出（0.012～0.050Bq/kg生）された。ストロンチウム-90及びベリリウム-7については検出されなかった。

3.1.2 野菜（葉菜類）

表2に野菜（葉菜類）の分析結果を示す。

セシウム-137については、24検体中1検体で検出（0.022Bq/kg生）された。

ストロンチウム-90について、24検体中19検体で検出され、そのうち、白菜では14検体全てで検出（0.0081～0.20Bq/kg生）された。その他の試料では、キャベツ（3検体中1検体、0.027Bq/kg生）、中島菜（4検体中2検体、0.018～0.051Bq/kg生）、ねぎ（2検体中2検体、0.016～0.062Bq/kg生）で検出され、玉ねぎについては不検出

であった。

ベリリウム-7については、玉ねぎを除く全ての検体で検出（0.21～36Bq/kg生）された。

野菜（葉菜類）中の人工放射性核種について、セシウム-137は一部の検体を除き検出されなかったが、ストロンチウム-90は大部分の検体で検出される結果となり、セシウム-137よりもストロンチウム-90の検出率が高い傾向が確認された。

3.1.3 野菜（根菜類）

表3に野菜（根菜類）の分析結果を示す。

セシウム-137については、23検体中2検体で検出（0.014～0.017Bq/kg生）された。

ストロンチウム-90について、大根では19検体中15検体で検出（0.014～0.099Bq/kg生）され、かぶでは4検体中1検体（0.035Bq/kg生）された。かぶと比較して大根で多く検出される結果となったが、かぶの検体数が少ないことから、今後、検体数を増やして評価する予定としている。

ベリリウム-7について、大根では19検体全てで検出（0.090～1.9Bq/kg生）され、かぶでは、4検体中3検体で検出（0.32～2.3Bq/kg生）された。

表3 野菜（根菜類）の分析結果

（単位：Bq/kg生）

種類	採取市町	地区	採取年月日	セシウム-137	ストロンチウム-90	ベリリウム-7	カリウム-40
大根	輪島市	本郷	H27.12. 2	ND	0.018 ± 0.0032	0.25 ± 0.029	70 ± 0.27
	輪島市	浦上	H27.12. 3	ND	0.068 ± 0.0060	0.61 ± 0.029	60 ± 0.26
	志賀町	志加浦	H26.11.17	ND	0.075 ± 0.0062	0.090 ± 0.014	29 ± 0.15
	志賀町	志加浦	H27.11.26	ND	0.029 ± 0.0032	1.9 ± 0.031	45 ± 0.26
	志賀町	上熊野	H26.11.12	ND	ND	0.23 ± 0.029	53 ± 0.27
	志賀町	上熊野	H27.11.10	ND	ND	0.21 ± 0.028	56 ± 0.26
	志賀町	福浦	H26.11.19	ND	0.041 ± 0.010	0.29 ± 0.052	89 ± 0.49
	志賀町	福浦	H27.11.16	ND	0.066 ± 0.0059	0.22 ± 0.046	81 ± 0.43
	七尾市	高階	H27.11.30	ND	ND	0.26 ± 0.080	110 ± 0.75
	七尾市	笠師保	H27.11.30	ND	0.025 ± 0.0071	0.43 ± 0.090	150 ± 0.84
	七尾市	西湊	H27.12. 3	ND	ND	0.22 ± 0.036	72 ± 0.36
	羽咋市	羽咋	H26.12. 8	ND	0.037 ± 0.0063	0.59 ± 0.037	53 ± 0.29
	羽咋市	粟ノ保	H27.11.27	ND	0.099 ± 0.0084	0.24 ± 0.056	68 ± 0.44
	羽咋市	上甘田	H27.11.27	ND	0.035 ± 0.0051	0.12 ± 0.031	56 ± 0.30
	羽咋市	富永	H27.11.25	ND	0.014 ± 0.0035	0.39 ± 0.038	69 ± 0.36
	宝達志水町	南志雄	H27.12. 7	ND	0.086 ± 0.0070	0.50 ± 0.048	85 ± 0.42
	宝達志水町	南邑知	H27.12. 7	ND	0.020 ± 0.0044	0.61 ± 0.037	82 ± 0.33
	かほく市	二ツ屋	H25.12.17	0.014 ± 0.0037	0.022 ± 0.0042	1.4 ± 0.042	58 ± 0.29
かほく市	二ツ屋	H26.12.12	0.017 ± 0.0052	0.043 ± 0.0043	0.31 ± 0.043	66 ± 0.37	
				検出率	2/19 11%	15/19 79%	19/19 100%
				範囲	ND～0.017	ND～0.099	0.090～1.9
かぶ	七尾市	笠師保	H27.11.30	ND	ND	ND	92 ± 0.71
	羽咋市	邑知	H25.11.11	ND	ND	0.32 ± 0.046	90 ± 0.44
	中能登町	鳥屋	H25.12.17	ND	ND	2.3 ± 0.067	80 ± 0.43
	中能登町	鹿島	H26.12. 6	ND	0.035 ± 0.0047	1.2 ± 0.053	74 ± 0.39
					検出率	0/4 0%	1/4 25%
				範囲	ND	ND～0.035	ND～2.3
				検出率	2/23 8.7%	16/23 70%	22/23 96%
				範囲	ND～0.017	ND～0.099	ND～2.3

ND：不検出（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

3・1・4 野菜（その他）

表4に葉菜類及び根菜類以外の野菜の分析結果を示す。
セシウム-137及びストロンチウム-90ともに、大豆（乾燥）で検出（0.35Bq/kg生及び0.25Bq/kg生）され、アスパラガスでは検出されなかった。

ベリリウム-7については検出されなかった。

3・1・5 果実（加工品を含む）

表5に加工品を含む果実の分析結果を示す。

セシウム-137については全ての検体で検出されなかった。

ストロンチウム-90について、りんごで検出（0.012Bq/kg生）され、すいか及びころ柿では検出されなかった。

ベリリウム-7について、りんごで検出（1.5Bq/kg生）され、すいか及びころ柿では検出されない結果となった。これは、ベリリウム-7は対流圏上層や成層圏に存在する炭素、窒素及び酸素が宇宙線との核破砕反応で生成される核種の1つであり、浮遊じんや降水とともに地表に降下することから、果実の皮に付着し、可食部では検出されなかったため（りんごについては、皮ごと検体としている。）と考えられる。

3・1・6 牛乳

表6に牛乳の分析結果を示す。

セシウム-137については全ての検体で検出されなかった。

ストロンチウム-90については、8検体中7検体で検出（0.0088～0.016Bq/L）された。

ベリリウム-7について検出されなかった。

3・1・7 松葉

表7に松葉の分析結果を示す。

セシウム-137については、16検体中8検体で検出（0.027～0.062Bq/kg生）された。上熊野でND若しくは検出限界に近い値となっているのは、松葉の採取地点の土壤中セシウム-137濃度が非常に低い地点^{3,4)}であることが原因と考えられる。

ストロンチウム-90については、16検体中15体で検出（0.025～0.42Bq/kg生）された。

ベリリウム-7については全ての検体で検出（13～73Bq/kg生）された。

原電監視調査において、松葉は指標植物とされており、人工放射性核種であるセシウム-137及びストロンチウム

表4 野菜等（その他）の分析結果

（単位：Bq/kg生）

種類	採取市町	地区	採取年月日	セシウム-137	ストロンチウム-90	ベリリウム-7	カリウム-40
大豆（乾燥）	中能登町	一青	H26.11.12	0.35 ± 0.035	0.25 ± 0.015	ND	570 ± 2.7
アスパラガス	志賀町	東増穂	H26. 4.29	ND	ND	ND	79 ± 0.42
	志賀町	東増穂	H27. 5.31	ND	ND	ND	77 ± 0.40

ND：不検出（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

表5 果実類の分析結果

（単位：Bq/kg生）

種類	採取市町	地区	採取年月日	セシウム-137	ストロンチウム-90	ベリリウム-7	カリウム-40
すいか	志賀町	加茂	H26. 7.30	ND	ND	ND	49 ± 0.26
	志賀町	加茂	H27. 7.29	ND	ND	ND	41 ± 0.18
りんご	宝達志水町	南志雄	H27.11.23	ND	0.012 ± 0.0020	1.5 ± 0.030	31 ± 0.16
ころ柿	志賀町	矢駄	H26.12. 2	ND	ND	ND	180 ± 0.84

ND：不検出（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

表6 牛乳の分析結果

（単位：Bq/L）

採取市町	地区	採取年月日	セシウム-137	ストロンチウム-90	ベリリウム-7	カリウム-40
志賀町	西海久喜	H26. 5. 1	ND	0.0092 ± 0.0028	ND	49 ± 0.36
志賀町	西海久喜	H26. 8.11	ND	0.0088 ± 0.0029	ND	52 ± 0.37
志賀町	西海久喜	H26.11. 7	ND	0.0090 ± 0.0025	ND	51 ± 0.37
志賀町	西海久喜	H27. 2. 3	ND	0.011 ± 0.0032	ND	51 ± 0.39
志賀町	西海久喜	H27. 5.13	ND	0.0094 ± 0.0029	ND	52 ± 0.33
志賀町	西海久喜	H27. 8.21	ND	ND	ND	51 ± 0.33
志賀町	西海久喜	H27.11. 2	ND	0.013 ± 0.0027	ND	50 ± 0.34
志賀町	西海久喜	H28. 2. 9	ND	0.016 ± 0.0031	ND	50 ± 0.33
検出率			0/8 0%	7/8 88%	0/8 0%	8/8 100%
範囲			ND	ND～0.016	ND	49～52

ND：不検出（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

-90の検出率が高く、原子力発電所の監視を行うための指標植物として優れていることが確認された。

3・1・8 水道水

表8に水道水の分析結果を示す。

セシウム-137については、16検体全てで検出されなかった。

ストロンチウム-90については、16検体中10検体で検出(0.59～1.6mBq/L)された。

トリチウムについては、16検体全てで検出されなかつ

た。

ベリリウム-7については16検体中1検体で検出(20mBq/L)された。

3・2 海洋試料

3・2・1 魚類

表9に魚類の分析結果を示す。

セシウム-137については、16検体全てで検出(0.056～0.14Bq/kg生)された。

ストロンチウム-90及びベリリウム-7については、16

表7 松葉の分析結果

(単位：Bq/kg生)

採取市町	地区	採取年月日	セシウム-137	ストロンチウム-90	ベリリウム-7	カリウム-40
志賀町	上熊野	H26. 5. 2	0.027 ± 0.0069	0.033 ± 0.0094	32 ± 0.25	66 ± 0.47
志賀町	上熊野	H26. 8.21	0.039 ± 0.0079	0.080 ± 0.014	13 ± 0.16	100 ± 0.58
志賀町	上熊野	H26.11. 4	ND	0.092 ± 0.013	32 ± 0.25	83 ± 0.55
志賀町	上熊野	H27. 2.16	ND	ND	29 ± 0.25	60 ± 0.47
志賀町	上熊野	H27. 5.26	ND	0.12 ± 0.011	34 ± 0.27	86 ± 0.61
志賀町	上熊野	H27. 8.27	ND	0.031 ± 0.0075	26 ± 0.19	87 ± 0.50
志賀町	上熊野	H27.11. 3	ND	0.031 ± 0.0077	47 ± 0.30	95 ± 0.59
志賀町	上熊野	H28. 2.18	ND	0.025 ± 0.0077	46 ± 0.28	72 ± 0.50
志賀町	熊野	H26. 5. 7	0.040 ± 0.0079	0.19 ± 0.014	45 ± 0.32	72 ± 0.56
志賀町	熊野	H26. 8.19	0.045 ± 0.0082	0.18 ± 0.012	18 ± 0.18	84 ± 0.52
志賀町	熊野	H26.11.10	0.056 ± 0.0045	0.25 ± 0.016	50 ± 0.31	82 ± 0.58
志賀町	熊野	H27. 2.24	ND	0.10 ± 0.011	47 ± 0.29	68 ± 0.47
志賀町	熊野	H27. 5.28	0.051 ± 0.0088	0.30 ± 0.018	65 ± 0.37	93 ± 0.63
志賀町	熊野	H27. 8.25	0.062 ± 0.0072	0.18 ± 0.014	14 ± 0.15	88 ± 0.49
志賀町	熊野	H27.11. 5	0.051 ± 0.0072	0.25 ± 0.015	46 ± 0.26	90 ± 0.50
志賀町	熊野	H28. 2.22	ND	0.42 ± 0.019	73 ± 0.38	69 ± 0.52
検出率			8/16 50%	15/16 94%	16/16 100%	16/16 100%
範囲			ND ~ 0.062	ND ~ 0.42	13 ~ 73	60 ~ 100

ND：不検出(測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

表8 水道水の分析結果

(単位：mBq/L)

市町	地区	採取年月日	セシウム-137	ストロンチウム-90	トリチウム	ベリリウム-7	カリウム-40
輪島市	門前	H27. 1.14	ND	1.2 ± 0.23	ND	ND	26 ± 6.9
穴水町	穴水	H27. 1.14	ND	0.75 ± 0.22	ND	ND	24 ± 6.2
志賀町	富来	H27.10.14	ND	1.6 ± 0.23	ND	ND	38 ± 6.4
志賀町	高浜	H27. 1.14	ND	ND	ND	ND	110 ± 9.7
志賀町	高浜	H27.10.14	ND	ND	ND	ND	100 ± 8.2
七尾市	袖ヶ江	H27. 1. 8	ND	0.83 ± 0.18	ND	ND	24 ± 5.9
七尾市	中島	H27.12. 3	ND	0.87 ± 0.20	ND	ND	21 ± 5.8
七尾市	田鶴浜	H27.12. 3	ND	ND	ND	ND	160 ± 9.9
七尾市	能登島	H27.12. 3	ND	0.79 ± 0.19	ND	ND	70 ± 7.0
中能登町	鳥屋	H27. 1. 8	ND	ND	ND	ND	49 ± 6.9
中能登町	鹿西	H27.12. 3	ND	1.1 ± 0.20	ND	ND	28 ± 5.4
中能登町	鹿島	H27.12. 3	ND	ND	ND	ND	47 ± 6.6
羽咋市	羽咋	H27. 1. 8	ND	1.1 ± 0.19	ND	20 ± 6.2	53 ± 7.5
宝達志水町	押水	H27.12. 3	ND	0.97 ± 0.20	ND	ND	30 ± 6.6
宝達志水町	志雄	H27. 1. 8	ND	ND	ND	ND	91 ± 8.5
かほく市	二ツ屋	H27. 1. 8	ND	0.59 ± 0.17	ND	ND	66 ± 8.9
検出率			0/16 0%	10/16 63%	0/16 0%	1/16 6.3%	16/16 100%
範囲			ND	ND ~ 1.6	ND	ND ~ 20	21 ~ 160

ND：不検出(測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

検体全てで検出されなかった。

3・2・2 貝類

表10に貝類の分析結果を示す。

セシウム-137及びストロンチウム-90とも、17検体全てで検出されなかった。

ベリリウム-7については、17検体全てで検出(0.51~13Bq/kg生)され、特にサザエの内臓で高い傾向(4.2~13Bq/kg生)にあった。これは、上空から降下してきたベリリウム-7がホンダワラなどの海藻類に付着、吸

取され、サザエがこれらの海藻類を餌としているため、筋肉より内臓に蓄積する傾向にあったと考えられた。この傾向は、プランクトンなどを海水とともに吸い込むホッキガイについて報告⁸⁾されており、貝類の取込の形態よりも部位による差が大きいと考えられた。また、サザエと同様に浅い海に生息する牡蠣については、サザエの筋肉よりも高く、内臓よりも低い濃度となっており、これは筋肉と内臓を分離せずに試料としたことが原因と考えられた。

表9 魚類の分析結果

(単位: Bq/kg生)

種別	市町	地区	採取年月日	セシウム-137	ストロンチウム-90	ベリリウム-7	カリウム-40
メバル	志賀町	志加浦沖	H26. 4.21	0.12 ± 0.0090	ND	ND	120 ± 0.64
	志賀町	志加浦沖	H27. 4.14	0.13 ± 0.0092	ND	ND	110 ± 0.59
	志賀町	福浦沖	H26. 4.17	0.12 ± 0.011	ND	ND	120 ± 0.76
	志賀町	福浦沖	H27. 4.27	0.13 ± 0.0087	ND	ND	120 ± 0.59
チダイ	志賀町	志加浦沖	H26. 7.22	0.11 ± 0.012	ND	ND	150 ± 0.78
	志賀町	志加浦沖	H27. 7.27	0.14 ± 0.0097	ND	ND	140 ± 0.68
	志賀町	福浦沖	H26.10. 3	0.12 ± 0.011	ND	ND	150 ± 0.72
	志賀町	福浦沖	H27.10. 6	0.14 ± 0.0091	ND	ND	150 ± 0.67
ヒラメ	志賀町	志賀浦沖	H26. 8.28	0.10 ± 0.0092	ND	ND	140 ± 0.68
	志賀町	志賀浦沖	H27.10.15	0.12 ± 0.0094	ND	ND	130 ± 0.67
	志賀町	福浦沖	H26. 7.14	0.087 ± 0.010	ND	ND	130 ± 0.75
	志賀町	福浦沖	H27. 5.19	0.11 ± 0.010	ND	ND	140 ± 0.74
口細カレイ	志賀町	志賀浦沖	H26. 9.29	0.058 ± 0.0078	ND	ND	120 ± 0.59
マコガレイ	志賀町	志賀浦沖	H27. 9.14	0.068 ± 0.0069	ND	ND	130 ± 0.56
キス	志賀町	福浦沖	H26. 7.15	0.056 ± 0.0094	ND	ND	130 ± 0.68
	志賀町	福浦沖	H27. 7. 1	0.090 ± 0.0095	ND	ND	140 ± 0.68
検出率				16/16 100%	0/16 0%	0/16 0%	16/16 100%
範囲				0.056 ~ 0.14	ND	ND	110 ~ 150

ND: 不検出 (測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

表10 貝類の分析結果

(単位: Bq/kg生)

種別	市町	地区	採取年月日	セシウム-137	ストロンチウム-90	ベリリウム-7	カリウム-40
サザエ (筋肉)	志賀町	百浦地先	H26. 5.30	ND	ND	1.1 ± 0.11	93 ± 0.75
	志賀町	百浦地先	H26. 7.22	ND	ND	1.5 ± 0.10	83 ± 0.70
	志賀町	百浦地先	H27. 5.20	ND	ND	0.51 ± 0.092	76 ± 0.63
	志賀町	百浦地先	H27. 7.31	ND	ND	1.0 ± 0.10	75 ± 0.60
	志賀町	吉良地先	H26. 5.20	ND	ND	1.2 ± 0.096	87 ± 0.66
	志賀町	吉良地先	H26. 8. 1	ND	ND	0.90 ± 0.10	83 ± 0.66
	志賀町	吉良地先	H27. 5.25	ND	ND	1.0 ± 0.11	79 ± 0.67
	志賀町	吉良地先	H27. 8. 5	ND	ND	0.95 ± 0.093	81 ± 0.65
サザエ (内臓)	志賀町	百浦地先	H26. 5.30	ND	ND	13 ± 0.31	85 ± 0.94
	志賀町	百浦地先	H26. 7.22	ND	ND	12 ± 0.24	66 ± 0.73
	志賀町	百浦地先	H27. 5.20	ND	ND	4.2 ± 0.15	58 ± 0.62
	志賀町	百浦地先	H27. 7.31	ND	ND	8.5 ± 0.25	63 ± 0.74
	志賀町	吉良地先	H26. 5.20	ND	ND	11 ± 0.24	74 ± 0.75
	志賀町	吉良地先	H26. 8. 1	ND	ND	7.7 ± 0.21	60 ± 0.68
	志賀町	吉良地先	H27. 5.25	ND	ND	9.2 ± 0.25	73 ± 0.81
	志賀町	吉良地先	H27. 8. 5	ND	ND	7.9 ± 0.23	54 ± 0.69
牡蠣	七尾市	中島	H28. 1.25	ND	ND	3.8 ± 0.093	50 ± 0.40
検出率				0/17 0%	0/17 0%	17/17 100%	17/17 100%
範囲				ND	ND	0.51 ~ 13	50 ~ 93

ND: 不検出 (測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

3・2・3 藻類（食用）

表11に藻類（食用）の分析結果を示す。

セシウム-137及びストロンチウム-90のいずれも、8検体全てで検出されなかった。

ベリリウム-7については、8検体中7検体で検出(0.70～5.1Bq/kg生)された。

3・2・4 藻類（ホンダワラ）

表12に藻類（ホンダワラ）の分析結果を示す。

セシウム-137については、24検体中5検体で検出(0.046～0.053Bq/kg生)された。

ストロンチウム-90については、24検体中14検体で検出(0.032～0.081Bq/kg生)された。

ベリリウム-7については、24検体全てで検出(1.0～14Bq/kg生)された。

4 ま と め

陸上試料中のセシウム-137について、精米及び松葉で検出事例が多く見られたが、それ以外の試料ではほとんど検出されなかった。また、ストロンチウム-90について、精米では検出されなかったが、葉菜類、根菜類、牛

表11 藻類（食用）の分析結果

(単位：Bq/kg生)

種別	市町	地区	採取年月日	セシウム-137	ストロンチウム-90	ベリリウム-7	カリウム-40
ワカメ	志賀町	赤住地先	H26. 4.24	ND	ND	ND	230 ± 1.3
	志賀町	赤住地先	H27. 4.26	ND	ND	0.70 ± 0.16	230 ± 1.3
	志賀町	吉良地先	H26. 4. 9	ND	ND	2.0 ± 0.14	190 ± 1.1
	志賀町	吉良地先	H27. 4.28	ND	ND	0.97 ± 0.15	190 ± 1.2
岩ノリ	志賀町	赤住地先	H27. 1.29	ND	ND	1.4 ± 0.17	180 ± 1.3
	志賀町	赤住地先	H27.12.21	ND	ND	0.87 ± 0.14	190 ± 1.1
	志賀町	吉良地先	H27. 1.14	ND	ND	1.2 ± 0.15	170 ± 1.1
	志賀町	吉良地先	H27.12.31	ND	ND	5.1 ± 0.11	86 ± 0.56
検出率				0/8 0%	0/8 0%	7/8 88%	8/8 100%
範囲				ND	ND	ND ~ 5.1	86 ~ 230

ND：不検出（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

表12 藻類（ホンダワラ）の分析結果

(単位：Bq/kg生)

種別	市町	地区	採取年月日	セシウム-137	ストロンチウム-90	ベリリウム-7	カリウム-40
ホンダワラ	志賀町	赤住	H26. 4.22	ND	ND	5.9 ± 0.30	290 ± 2.0
	志賀町	赤住	H26. 7. 1	ND	ND	1.7 ± 0.24	190 ± 1.6
	志賀町	赤住	H26.10.20	ND	ND	2.3 ± 0.29	390 ± 2.4
	志賀町	赤住	H27. 4.23	0.047 ± 0.013	ND	4.8 ± 0.27	370 ± 2.2
	志賀町	赤住	H27. 7.23	0.053 ± 0.014	0.036 ± 0.012	3.0 ± 0.29	330 ± 2.3
	志賀町	赤住	H27.10. 6	0.046 ± 0.014	0.037 ± 0.0087	1.7 ± 0.24	340 ± 2.0
	志賀町	百浦	H26. 4.21	ND	ND	3.5 ± 0.25	280 ± 2.0
	志賀町	百浦	H26. 7. 2	ND	ND	4.5 ± 0.33	470 ± 2.5
	志賀町	百浦	H26.10.23	ND	0.071 ± 0.015	14 ± 0.38	290 ± 2.0
	志賀町	百浦	H27. 4.24	0.053 ± 0.013	0.038 ± 0.010	5.5 ± 0.27	290 ± 2.0
	志賀町	百浦	H27. 7.21	ND	0.081 ± 0.014	8.8 ± 0.36	280 ± 2.1
	志賀町	百浦	H27.10.19	ND	0.033 ± 0.0089	3.5 ± 0.32	420 ± 2.4
	志賀町	丹和	H26. 4.17	ND	ND	6.5 ± 0.28	300 ± 1.9
	志賀町	丹和	H26. 7.16	ND	ND	1.0 ± 0.20	220 ± 1.6
	志賀町	丹和	H26.10.20	ND	0.043 ± 0.011	2.2 ± 0.27	330 ± 1.9
	志賀町	丹和	H27. 4.30	ND	ND	2.9 ± 0.25	340 ± 2.0
	志賀町	丹和	H27. 7.22	ND	0.049 ± 0.013	5.8 ± 0.30	220 ± 1.8
	志賀町	丹和	H27.10.16	ND	ND	2.7 ± 0.29	450 ± 2.6
	志賀町	水之澗	H26. 4.17	ND	0.043 ± 0.012	1.7 ± 0.24	290 ± 2.0
	志賀町	水之澗	H26. 7.16	ND	0.039 ± 0.0090	1.8 ± 0.20	220 ± 1.6
	志賀町	水之澗	H26.10.20	ND	0.050 ± 0.011	5.2 ± 0.34	350 ± 2.4
	志賀町	水之澗	H27. 4.30	ND	0.032 ± 0.0083	5.7 ± 0.27	290 ± 1.8
	志賀町	水之澗	H27. 7.22	ND	0.036 ± 0.0090	2.5 ± 0.27	330 ± 2.2
	志賀町	水之澗	H27.10.16	0.046 ± 0.013	0.039 ± 0.0088	3.2 ± 0.28	420 ± 2.4
検出率				5/24 21%	14/24 58%	24/24 100%	24/24 100%
範囲				ND ~ 0.053	ND ~ 0.081	1.0 ~ 14	190 ~ 470

ND：不検出（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

乳及び松葉で多く検出され、陸上試料ではストロンチウム-90が多く検出される傾向となった。また、松葉については両核種とも検出率が高く、原電監視調査の監視項目ではないが、陸上試料中のストロンチウム-90を監視するにあたり、松葉は優れた指標植物となりうる事が確認された。

海洋試料中のセシウム-137について、魚類では全ての検体で検出されたが、貝類では全ての検体で検出されなかった。藻類では、食用のワカメや岩ノリからは検出されないが、指標海産物であるホンダワラでは検出される結果となり、藻類の種類により濃縮傾向が異なる事が確認された。また、ストロンチウム-90については、ホンダワラからのみ検出される結果となり、原電監視調査の監視項目ではないが、海洋試料中のストロンチウム-90を監視するにあたり、ホンダワラは優れた指標海産物となりうる事が確認された。

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) 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)
- 3) 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」
- 4) 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」
- 5) 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リー」(1990年)
- 6) 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)
- 7) 文部科学省：放射能測定法シリーズ9, 「トリチウム分析法」(2002年)
- 8) 福田一義, 佐藤千鶴子, 横山裕之, 青柳直樹：ホタテガイ及びホッキガイに含まれるベリリウム-7について, 道衛研所報, 55, 27-30 (2005)

〔抄 録〕

石川県民の「心の健康」に関する調査 — 10年前との比較検討 —

石川県保健環境センター 企画情報部 安田 優子・初瀬 裕

キーワード：こころの健康，比較検討，自殺

北陸公衆衛生学会誌，41（2），32-38，（2015）

平成10年以降の全国的な自殺者数急増を受けて，当センターでは平成14年に県内居住の一般住民2,000人を対象に，自殺の関連要因であるストレス等の現状調査を行った。平成26年は新たに精神疾患に関する意識調査項目を追加し再調査を行った。

2回共通の調査内容は属性に関する6項目，精神健康度測定のための30項目，生活状況把握のための21項目であり，平成26年の今回は，精神疾患に関する10項目を追加して実施した。なお，精神健康度測定のための項目は日本語版GHQ30を使用した。

その結果，平成14年に比較して県民の心の健康状態は

やや改善の傾向が見られた。また，精神疾患に関する意識調査では男性に対し女性の方が心の健康問題に関心が高く，関連講座への参加意欲も高いこと，男性は日常的にぐちをこぼす相手が少なく，他者に助けを求めることにためらいを感じるものが多いなどいくつかの項目で男女間に差が見られた。また，症状があっても医療機関を受診しない理由として「行くのが面倒」，「放っておけば治る」の回答が多く，ゲートキーパーの認知度は低い値に留っていた。これらのことから，早期発見早期治療の大切さを周知するなど一般県民に対する一層の普及啓発活動が必要であると思われた。

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。

1	└───	1・1	└───	(1)	└───	ア	└───	(ア)
2	└───	1・2	└───	(2)	└───	イ	└───	(イ)
3	└───	1・3	└───	(3)	└───	ウ	└───	(ウ)

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「。」、かっちは「()」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53号）

平成 29 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
