

岡山県環境保健センター年報  
第44号  
(令和元年度)

Annual Report  
of  
Okayama Prefectural Institute  
for Environmental Science and Public Health

No.44

2020



# ま え が き

岡山県環境保健センターは、県民の生活環境の保全及び健康の保持増進に資するため、昭和51（1976）年4月に、旧公害防止センターと旧衛生研究所を発展的に統合して設置されました。環境保全及び保健衛生に関する調査研究、試験検査、研修指導及び情報の提供等を行い、県民の安全・安心を科学的・技術的側面から保障する総合的な試験研究機関としての役割を担っております。

令和元年度は、環境分野では、5月下旬に高温等の気象条件が重なったため光化学オキシダントが高濃度となり、平成20年度に県内全域の監視体制を整備して以来初めて、県内の全市町村において光化学オキシダント情報又は注意報が発令されました。また、保健分野では、麻しん・風しんの全国的な流行や、令和元年の県内の梅毒の届出数が平成11年の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の施行以降最多となり、さらに年度末には県内でも新型コロナウイルス感染症の初発例が報告されるなど、大きな健康被害が懸念される事象が発生しました。当センターにおいては、このような県民の安全・安心が脅かされる状況に適切に対応すべく、検査・監視体制の強化や、県民・関係機関への情報提供に努めてきたところです。

本年報においては、令和元年度から3か年計画で取り組んでいる調査研究の初年度の結果や、試験検査や監視測定から得られた情報を取りまとめて掲載いたしました。

御高覧いただき、御意見をお寄せいただけましたならば幸いです。今後とも、当センターの活動につきまして、より一層の御支援を賜りますようお願いいたします。

令和3年3月

岡山県環境保健センター

所 長 望 月 靖



# 目 次

## 調査研究・資料

### 大気科

#### 【資 料】

- 1 岡山県における光化学オキシダント情報・注意報の広域発令の要因解析について（令和元年度）  
西村佳恵，平岡諒也，山田克明，赤木正章，野村 茂，小川 登，林 隆義 …… 1
- 2 新幹線鉄道騒音・振動調査事業報告（平成22～令和元年度）  
平岡諒也，山田克明，西村佳恵，赤木正章，野村 茂，林 隆義 …… 11

### 水質科

#### 【調査研究】

- 3 事故時等緊急時の化学物質の分析技術の開発に関する研究  
－県内三主要河川における河川水中農薬類濃度レベルの実態調査－  
大月史彦，山本浩司，橋本清美，吉岡敏行 …… 19

#### 【資 料】

- 4 魚のへい死事例の原因究明について  
山本浩司，大月史彦，吉岡敏行 …… 27
- 5 湖沼水質の簡易シミュレーション計算プログラムの作成と児島湖水質への適用  
藤田和男，藤本佳恵，林ひかる，小川知也，吉岡敏行 …… 33

### 放射能科

#### 【資 料】

- 6 人形峠周辺の環境放射線等測定に係る補完調査－野菜・精米－（第2報）  
中野拓也，蜂谷博郎，加藤大貴，小川 登，信森達也 …… 41

### 細菌科

#### 【調査研究】

- 7 感染症及び食中毒起因菌の汚染実態に関する研究  
狩屋英明，河合央博，森本晃司，仲 敦史，中嶋 洋 …… 45

#### 【資 料】

- 8 岡山県における腸管出血性大腸菌感染症の発生動向調査（2019年度）  
河合央博，森本晃司，仲 敦史，中嶋 洋，狩屋英明 …… 49
- 9 2019年8月に岡山県内で発生した4件の食中毒事例から分離された *Salmonella* Stanley の PFGE 解析について  
狩屋英明，河合央博，森本晃司，仲 敦史，中嶋 洋 …… 55

## ウイルス科

### 【調査研究】

#### 10 胃腸炎ウイルスの疫学的研究

－岡山県の散発胃腸炎患者から検出されたロタウイルスA遺伝子再集合体株の解析（2012-2017）－

松岡保博, 野宮加代子, 梶原香代子, 濱野雅子, 木田浩司, 井上 勝, 濃野 信, 金谷誠久 . . . . . 57

### 【資 料】

#### 11 岡山県におけるインフルエンザ流行の疫学的解析（2018/19年シーズン）

石井 学, 野宮加代子, 松岡保博, 長尾和彦, 濱野雅子, 橋本清美, 森重李南, 木田浩司,

北村雅美, 村上由美 . . . . . 63

#### 12 平成30年度感染症流行予測調査（ポリオ感染源調査）

松岡保博, 橋本清美, 石井 学, 長尾和彦, 濱野雅子, 森重李南, 木田浩司, 村上由美 . . . . . 67

## 衛生化学科

### 【調査研究】

#### 13 LC-MS/MSを用いた牛の筋肉及び腎臓中のアミノグリコシド系抗生物質に関する一斉分析法の検討

難波順子, 浦山豊弘, 池田和美, 金子英史, 繁田典子 . . . . . 71

#### 14 繊維製品に含まれるアゾ化合物由来の特定芳香族アミン類試験法の検討（第2報）

金子英史, 難波順子, 繁田典子, 浦山豊弘, 池田和美, 吉岡敏行 . . . . . 79

### 【資 料】

#### 15 GC-MS/MSを用いた野菜類及び果実類中残留農薬の一斉分析法の妥当性評価（第3報）

難波順子, 金子英史, 浦山豊弘, 池田和美, 繁田典子 . . . . . 87

## 感染症情報センター

### 【資 料】

#### 16 岡山県における感染症の患者発生状況について（2019年）

北村雅美, 二階堂日出伸, 望月 靖 . . . . . 95

他誌発表論文抄録 . . . . . 115

報告書等 . . . . . 121

学会発表 . . . . . 128

【資料】

# 岡山県における光化学オキシダント情報・注意報の広域発令の要因解析について (令和元年度)

About Factors Analysis of Wide Area Announcements of Photochemical Oxidants Prediction or Warning in Okayama Prefecture (FY2019)

西村佳恵, 平岡諒也, 山田克明, 赤木正章, 野村 茂, 小川 登, 林 隆義  
NISHIMURA Yoshie, HIRAOKA Ryouya, YAMADA Katsuaki, AKAKI Masaaki,  
NOMURA Shigeru, OGAWA Noboru, HAYASHI Takayoshi

## 要 旨

令和元年5月25日に、県内全域を光化学オキシダント（以下「Ox」という。）の発令対象とした平成20年度以降、初めて県内の全27市町村においてOx情報又は注意報が発令された。5月24日から5月26日の3日間にわたりOx濃度が高濃度となり、後方流跡線解析の結果から、大陸方向からの越境汚染の影響を受けていたと推測された。特に5月25日については、①前日の昼間から県南部及び県中部を中心にOx濃度が高濃度となっており、夜間にも高いところでは60 ppb前後の高濃度で推移していたこと、②当日は、地域的な汚染に加えて、大陸からの越境汚染の影響も受けて高濃度となった県南部のOxが、南寄りの風によって県南部から県中北部に移動したこと、③Oxの前駆物質である窒素酸化物濃度も前日から高くなっていったこと、④当日、県内では、日最高気温が平年値を大きく上回り、最高32.9℃を記録し真夏日となり、Oxが生成されやすい要因となったこと、⑤当日は、大気が安定し低層風が弱く、大気汚染物質が拡散しにくい気象条件であったこと等の複数の要因が考えられた。

[キーワード：光化学オキシダント、高濃度事例、後方流跡線解析、窒素酸化物]

[Key words : Photochemical Oxidants, High Concentration Cases, Back Trajectory Analysis, Nitrogen Oxides]

## 1 はじめに

光化学オキシダント（以下「Ox」という。）は、工場のばい煙や自動車の排気ガス等に含まれる窒素酸化物（以下「NOx」という。）及び揮発性有機化合物等の原因物質が、太陽の紫外線を受けて光化学反応を起こすことで生じる物質である。全国のOxの環境基準達成率（平成30年度）は、一般環境大気測定局で0.1%、自動車排出ガス測定局で0%と極めて低い水準で推移している<sup>1)</sup>。

本県では、平成20年度に県北部の3局（津山局、新見局及び久世局）、平成21年度に県中北部の4局（高梁局、美作局、熊山局及び吉備高原局）において、新たにOx自動測定機を増設し、県内全域では45局（岡山市所管分9局、倉敷市所管分16局、玉野市所管分2局及び県所管分18局）でOxの常時監視体制を整備しており、岡山県大気汚染緊急時対策実施要綱（昭和50年2月1日制定、以下「要綱」という。）<sup>2)</sup>に基づき、Ox濃度の1時間値が100 ppb以上かつ継続することが予想される場合には市町村がOx情報（倉敷市は要綱第12条の規定に基づき、環境基準を目安として、気象条件からみて上昇のおそれ

がある場合には「情報1」、1時間値が100 ppb以上となり、気象条件からみて継続するおそれがある場合に「情報2」を、Ox濃度の1時間値が120 ppb以上かつ継続することが予想される場合には県がOx注意報を発令している。

Ox注意報等の発令日数は、風向、風速及び日射量等の気象条件の影響を受けるが、平成30年度の本県のOx注意報の発令日数は12日と全国で最多であった<sup>3)</sup>。

平成20年度から令和元年度までの、Ox情報及び注意報の発令日数の経年変化を図1に、発令回数の経年変化を図2に示す。令和元年度の本県のOx注意報の発令日数は6日と前年より少なかったが、Ox注意報の発令回数は33回と増加傾向が見られた。

過去には平成29年5月30日に、16市町の広い地域でOx情報又は注意報が発令されたことはあったが、令和元年5月25日に、県内全域をOxの発令対象とした平成20年度以降、初めて県内の全27市町村においてOx情報又は注意報が発令された。また、その前後の5月24日及び5月26日にも、県内の広い地域でOx情報又は注意報

が発令されたことから、これら3日間のOx高濃度事例について要因を解析したので報告する。

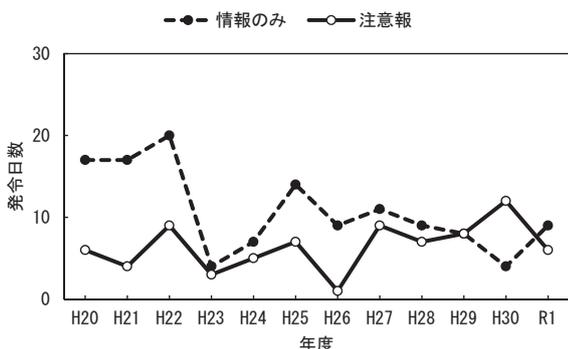


図1 県内のOx情報及び注意報の発令日数の経年変化

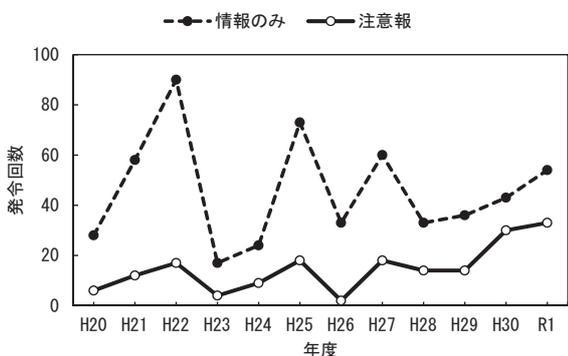


図2 県内のOx情報及び注意報の発令回数の経年変化

## 2 Ox情報及び注意報の発令状況

### 2.1 県内の発令状況

県内の市町村の位置を図3に、令和元年5月24日から5月26日までの県内のOx情報及び注意報の発令状況を表1に示す。



図3 県内の市町村の位置図

表1 県内のOx情報及び注意報の発令状況

年月日	時刻	Ox情報発令	Ox注意報発令
令和元年5月24日	11時10分	【県南部】玉野市, 井原市 【県中北部】赤磐市, 和気町	
	11時30分	【県南部】倉敷市 (情報1)	
	12時10分	【県南部】岡山市, 倉敷市 (情報2), 備前市	
	13時10分	【県南部】笠岡市, 総社市, 浅口市, 早島町	
	14時10分	【県南部】里庄町	【県南部】倉敷市, 浅口市
	16時10分	【県中北部】奈義町, 吉備中央町	
令和元年5月25日	11時10分	【県南部】倉敷市 (情報2), 玉野市, 井原市, 総社市, 備前市, 早島町 【県中北部】赤磐市, 和気町	
	12時10分	【県南部】岡山市, 笠岡市, 浅口市, 里庄町, 矢掛町 【県中北部】高梁市, 吉備中央町	【県南部】総社市
	13時10分	【県南部】瀬戸内市 【県中北部】美作市, 勝央町, 奈義町, 西粟倉村	【県南部】備前市 【県中北部】赤磐市, 和気町
	14時10分	【県中北部】津山市, 新見市, 鏡野町, 久米南町, 美咲町	【県中北部】吉備中央町
	15時10分	【県中北部】真庭市, 新庄村	【県南部】倉敷市, 浅口市, 早島町 【県中北部】津山市, 美作市, 鏡野町, 勝央町, 奈義町, 西粟倉村, 久米南町, 美咲町
	16時10分		【県南部】岡山市, 瀬戸内市 【県中北部】高梁市
	17時10分		【県南部】笠岡市, 里庄町 【県中北部】真庭市, 新庄村
令和元年5月26日	13時10分	【県南部】倉敷市 (情報1), 井原市	【県南部】浅口市
	13時50分	【県南部】倉敷市 (情報2)	
	14時10分	【県南部】岡山市, 笠岡市, 早島町, 里庄町	
	15時10分	【県南部】総社市	
	16時10分	【県南部】矢掛町 【県中北部】高梁市, 赤磐市, 和気町	【県南部】岡山市, 総社市
	17時10分		【県中北部】高梁市, 吉備中央町

令和元年5月24日、Ox情報は玉野市、井原市等14市町で、Ox注意報は倉敷市及び浅口市の2市で発令された。令和元年5月25日、Ox情報は県内全域の27市町村で、Ox注意報は総社市、備前市等23市町村で発令された。令和元年5月26日、Ox情報は倉敷市、井原市等11市町で、Ox注意報は浅口市、岡山市等5市町で発令された。

## 2.2 県際間措置が定められている地域の発令状況

本県では、要綱第11条の規定に基づく県際間措置で、笠岡・広島県福山地域、玉野・香川県直島地域及び備前・兵庫県赤穂地域の3地域における緊急時措置について定めている。これら3地域におけるOx情報（又は予報）の発令基準を表2に示す。各地域（本県分を除く。）における、令和元年5月24日から5月26日の発令状況について表3に示す。

令和元年5月24日、Ox情報（又は予報）が福山地域、直島地域及び赤穂地域で、Ox注意報が赤穂地域で発令された。令和元年5月25日、Ox情報が福山地域で、Ox注意報が赤穂地域で発令された。令和元年5月26日、福山地域でOx情報が発令された。

## 3 解析方法

### 3.1 Ox濃度等の時刻別推移及び風向

解析の対象は、本県所管の宇野局、茂平局、総社局、東片上局、早鳥局、熊山局、津山局、寄鳥局、高梁局、美作局、新見局、吉備高原局及び久世局、岡山市所管の出石局並びに倉敷市所管の松江局及び倉敷美和局の16測定局（以下「主な測定局」という。）とした。県内の主な測定局の位置を図4に示す。

また、Ox、NOx及び微小粒子状物質（以下「PM2.5」

という。）の濃度の時刻別推移及び風向は、岡山県大気汚染常時監視システムにより収集した1時間値データを使用した。

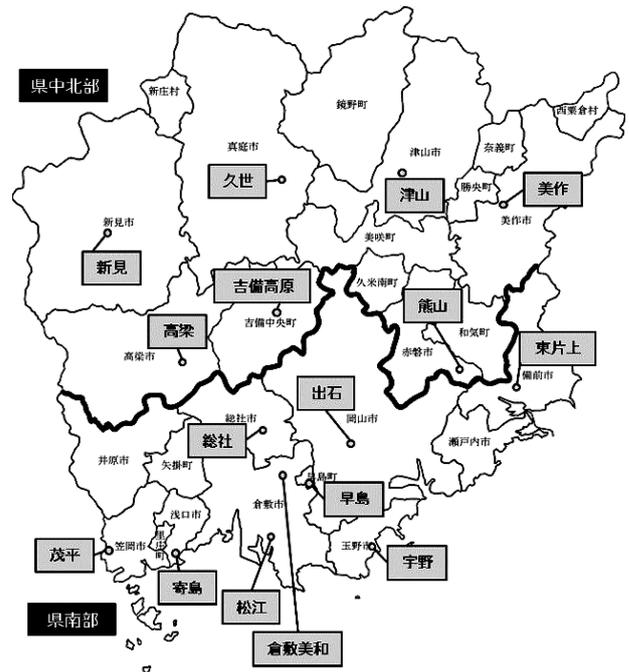


図4 県内の主な測定局の位置図

### 3.2 後方流跡線解析

気塊の移動軌跡については、NOAA（アメリカ海洋大気庁）のHYSPLIT Trajectory Model<sup>7)</sup>を用いて、解析の対象とした測定局の高度500 mを起点に72時間前までの後方流跡線解析を行った。

### 3.3 気象状況

天気図は、気象庁のホームページで提供されている「日々の天気図（令和元年5月標準版）」<sup>8)</sup>を使用した。

表2 県際間措置が定められている地域のOx情報（又は予報）の発令基準

地域	発令区分	発令基準
【広島県】福山地域	情報	1時間値が0.10 ppm以上となった場合 <sup>4)</sup>
【香川県】直島地域	予報	1時間値100万分の0.1以上である大気汚染状態になったとき <sup>5)</sup>
【兵庫県】赤穂地域	予報	オキシダント濃度が気象条件等から注意報の発令基準に達するおそれがあると判断したとき <sup>6)</sup>

表3 県際間措置が定められている地域のOx情報（又は予報）及び注意報の発令状況

年月日	時刻	Ox情報（又は予報）発令	Ox注意報発令
令和元年5月24日	11時15分	【広島県】福山地域	
	12時10分	【香川県】直島地域	
	13時45分	【兵庫県】赤穂地域	
	14時15分		【兵庫県】赤穂地域
令和元年5月25日	11時15分	【広島県】福山地域	
	14時15分		【兵庫県】赤穂地域
令和元年5月26日	14時15分	【広島県】福山地域	

気温は、気象庁のホームページで提供されている「過去の気象データ」から、アメダスの県内観測所（岡山地方気象台）の1時間値データ<sup>9)</sup>をダウンロードして使用した。

## 4 結果及び考察

### 4.1 5月24日のOx濃度の時刻別推移及び風向

令和元年5月24日の主な測定局におけるOx濃度の時刻別推移及び風向を表4に示す。11時から宇野局、東片上局及び熊山局、12時から倉敷美和局において、Ox濃度が100 ppb以上となり、13時には出石局、茂平局、総社局、早島局及び寄島局、14時から松江局において、Ox濃度が100 ppb以上となった。寄島局では、14時、16時及び17時に、Ox濃度が120 ppb以上となり、主に南西の風が卓越していた。その他、16時に津山局、美作局及び吉備高原局、18時に高梁局でOx濃度が100 ppb以上となっており、100 ppb以上のOx濃度を観測した測定局は、県南部だけではなく県中北部にも見られた。

令和元年5月24日の11時から19時までの、主な測定局の時刻別Ox濃度の最高値の推移を図5に示す。時刻別Ox濃度の最高値を示した測定局は、19時の倉敷美和局及び総社局を除いて、宇野局、東片上局及び寄島局であり、瀬戸内海沿岸付近に位置している測定局であった。また、近県の広島県福山地域、香川県直島地域及び兵庫県赤穂地域にもOx情報等が発令され、瀬戸内海沿岸付近の広い範囲に渡って高濃度のOxが観測された。また、この日の県内のOxの最高濃度は寄島局で17時に観測された123 ppbであった。

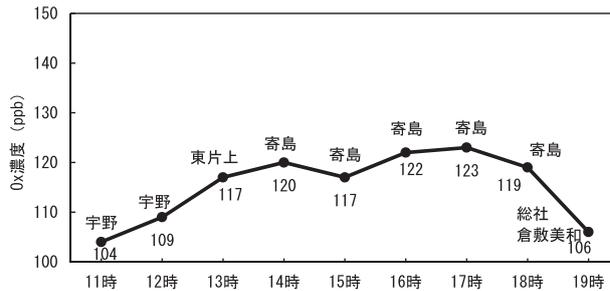


図5 時刻別Ox濃度の最高値推移 (令和元年5月24日)

### 4.2 5月24日の後方流跡線解析

令和元年5月24日、Ox濃度が最も高濃度となった寄島局の高度500 mを起点に、最も高濃度のOxを観測した5月24日17時（時刻は日本標準時（以下「JST」という。))から72時間前までの後方流跡線解析を行った結果を図6に示す。

後方流跡線は、大陸沿岸沖から東シナ海を抜けて、関門海峡付近から中国地方南部の瀬戸内海沿岸を通過し、寄島局上空に達していた。関門海峡付近に位置する福岡県北九州市門司区地域では前日の5月23日及び5月24日にOx注意報が発令され<sup>10)</sup>、また、山口県下関市でも、前日の5月23日にOx注意報が発令されていた<sup>11)</sup>。

この日、県内で注意報が発令されたのは水島臨海工業地帯の影響を受ける倉敷市及びその周辺地域である浅口市の2市であったこと、また、4.1で述べたように寄島局ではこの時間帯に南西の風であったことから、より大陸方向からの移流の影響を受けやすい状況であったと推測される。これらのことから、この日の高濃度は、地域

表4 Ox濃度の時刻別推移及び風向 (令和元年5月24日)

市町名	測定局	測定項目	測定項目: Ox 単位: ppb																							
			1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時
岡山市	出石	Ox	47	49	44	43	44	40	42	47	75	78	88	93	100	94	87	74	78	86	89	80	63	64	52	51
		WD	CALM	CALM	NNE	CALM	CALM	NNW	NE	NNW	W	SE	SSW	SSW	SSW	SSW	SW	WNW	SSW	NW	SSW	SSW	S	E	NE	NNE
倉敷市	松江	Ox	54	46	37	26	23	17	34	61	65	69	83	91	97	101	105	112	107	100	89	84	63	54	52	36
		WD	CALM	CALM	NNE	W	CALM	N	N	CALM	SW	SSW	SSE	SSW	SSW	GALM	CALM	CALM								
倉敷美和	倉敷美和	Ox	—	55	50	54	39	33	40	56	70	78	92	105	109	110	107	103	111	111	106	88	72	72	56	45
		WD	NNW	SW	WNW	NNE	FNE	NE	NNE	NNE	W	SSW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SSW	SSW	SSW	SSW	W	WNW	W	ENE
玉野市	宇野	Ox	95	89	65	55	36	36	32	57	86	94	104	109	112	113	110	110	104	108	105	100	92	73	62	61
		WD	W	WNW	NW	N	WNW	WNW	CALM	WSW	W	WSW	W	W	W	WSW	SW	SW	SSW	SSW	SSW	SSW	SE	WNW	WNW	NNW
笠岡市	茂平	Ox	51	32	35	48	29	25	40	55	61	77	90	91	100	100	101	108	110	100	96	84	72	65	41	36
		WD	N	N	N	N	N	N	NE	NE	SE	S	SSE	S	SSE	SSE	S	S	S	SSE	SE	CALM	NNE	N	N	N
総社市	総社	Ox	64	60	60	60	61	59	55	58	74	89	93	96	108	108	103	98	104	111	106	96	75	69	59	58
		WD	W	WNW	NW	WNW	NW	NW	NW	WNW	SW	S	SSW	SSW	S	SSW	W	NW	N	WNW						
備前市	東片上	Ox	34	29	25	17	13	12	17	34	57	96	103	107	117	112	98	84	83	78	70	58	48	50	48	46
		WD	ESE	E	ESE	ESE	ESE	ENE	ENE	SSW	W	SSW	E	SE	ESE	ESE	ESE	ESE								
早島町	早島	Ox	—	38	19	19	18	16	18	39	59	79	87	95	102	107	100	91	99	104	96	78	61	47	30	27
		WD	NW	WSW	WSW	E	SSE	CALM	CALM	W	SW	SW	SW	SW	SSW	NW	CALM	ENE	NNW							
赤磐市	熊山	Ox	38	35	30	28	22	23	26	37	52	86	103	107	107	98	96	88	79	74	74	62	43	46	44	38
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	F	SSW	NNE	CALM	N	NNE											
津山市	津山	Ox	43	42	35	27	30	31	36	51	63	83	79	86	86	87	93	105	107	101	92	70	63	53	45	41
		WD	WNW	WSW	CALM	CALM	CALM	CALM	SE	CALM	SSE	N	N	SE	SSE	SSW	S	S	SSE	SSE	SE	NNW	CALM	WSW	CALM	N
浅口市	寄島	Ox	77	75	66	63	70	70	69	71	76	84	96	99	115	120	117	122	123	119	103	81	67	61	69	61
		WD	WNW	W	NNE	SW	NNE	NW	NW	SE	S	S	S	SW	SW	SW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	CALM	ENE	NNW	N	W
高梁市	高梁	Ox	—	46	43	39	33	26	23	29	43	66	92	90	92	99	99	93	93	101	96	85	79	69	61	55
		WD	NNC	NE	N	N	NE	NNE	ENE	E	ESE	SE	SSW	SSW	SSW	S	S	SSW	SSW	SSW	SSW	NNW	NNW	CALM	NE	NE
美作市	美作	Ox	32	27	21	15	10	8	14	34	52	78	85	85	87	90	97	101	96	94	81	63	59	49	38	35
		WD	NNE	N	CALM	CALM	CALM	CALM	SE	CALM	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	S	WSW	SSW	SSW	SSW	SSW	CALM	CALM	CALM	N	CALM
新見市	新見	Ox	50	47	44	41	38	35	37	47	54	62	63	76	72	70	74	72	80	84	71	62	51	47	42	38
		WD	N	NE	NW	N	N	E	ESE	SW	SSW	S	FNE	WSW	WSW	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	CALM	CALM	N	NNW	NNE
吉備中央町	吉備高原	Ox	74	74	71	73	71	62	69	66	67	84	92	91	91	99	91	102	99	103	105	87	84	84	73	61
		WD	WNW	NW	NNW	NW	NNW	NW	ESE	ESE	ESE	SSW	SSW	SSW	SSW	S	S	SSW	SSW	SSW	SSW	NNW	CALM	N	NNW	NNE
真庭市	久世	Ox	22	23	23	14	15	16	33	44	55	65	79	80	77	76	81	84	87	93	71	56	48	40	31	33
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	NNW	NW	NW	NNW	NNW	W	W	SSE	WSW	W	SW	W	WNW	ENE	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM

「—」は欠測

的な汚染に加えて、大陸方向からの越境汚染の影響も受けていたと推測された。

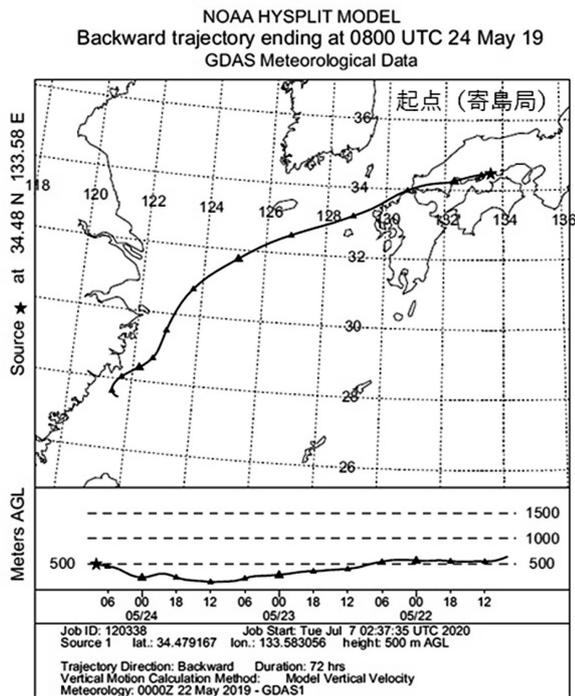


図6 後方流跡線（令和元年5月24日17時（JST））

### 4.3 5月25日のOx濃度の時刻別推移及び風向

令和元年5月25日の主な測定局におけるOx濃度の時刻別推移及び風向を表5に示す。11時から12時までに、県南部及び中部に位置する出石局、倉敷美和局、茂平局、総社局、東片上局、早島局、熊山局、寄島局、高梁局及び吉備高原局でOx濃度が100 ppb以上となり、12時に

総社局で120 ppb以上となった。13時には松江局及び美作局でOx濃度が100 ppb以上となり、東片上局、熊山局及び寄島局で120 ppb以上となった。14時に宇野局、県北部の津山局及び新見局でOx濃度が100 ppb以上、吉備高原局で120 ppb以上となった。15時に久世局でOx濃度が100 ppb以上、また、同時刻に倉敷美和局、早島局、津山局及び美作局で、16時に出石局及び高梁局で、17時に茂平局及び久世局でOx濃度が120 ppb以上となった。

令和元年5月25日の11時から19時までの、主な測定局の時刻別Ox濃度の最高値の推移を図7に示す。11時の早島局から16時の津山局までは、時刻別のOx濃度の最高値を示した測定局が、時間の経過とともに徐々に北上していった。また、17時以降も津山局及び吉備高原局のOx濃度は継続して高い値で推移していた。この日のOxの最高濃度は津山局で16時に観測された148 ppbであった。

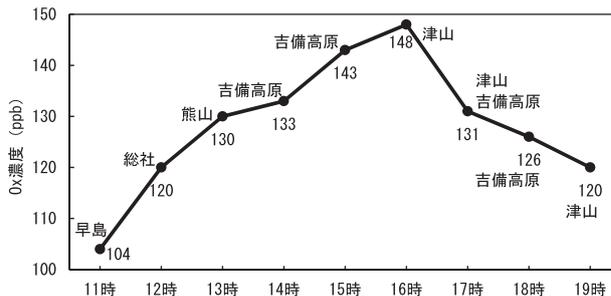


図7 時刻別Ox濃度の最高値推移（令和元年5月25日）

表5 Ox濃度の時刻別推移及び風向（令和元年5月25日）

市町名	測定局	測定項目	測定項目：Ox 単位：ppb																							
			1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時
岡山市	出石	Ox	51	54	48	43	44	42	41	49	64	75	91	107	107	105	118	120	100	92	90	92	88	79	68	64
		WD	CALM	CALM	CALM	NE	NE	CALM	CALM	NNW	S	ESE	SE	SW	SSE	SW	SE	ESE	SE	ESE	SE	ESE	NNE	NNE	NNE	NE
倉敷市	松江	Ox	29	33	31	24	31	31	32	41	54	96	98	90	103	91	96	102	105	104	91	91	72	59	51	48
		WD	NNW	N	N	N	NNW	N	NNE	NE	NE	S	SSW	SW	SSW	SW	S	S	S	SSE	NW	CALM	NNE	NNE	NNE	
倉敷美和	倉敷美和	Ox	48	41	34	38	33	34	37	50	67	88	103	112	113	119	120	120	106	91	97	83	64	63	53	44
		WD	NNE	NNE	NNE	E	E	E	E	E	E	ENE	ENE	SW	SW	SW	SW	SSW	S	SSE	CALM	CALM	E	E	E	E
玉野市	宇野	Ox	58	58	55	48	40	32	33	51	52	60	60	86	80	108	111	106	99	73	58	60	45	44	41	34
		WD	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	NNE	ENE	ESE	ESE	E	SSE	S	ESE	E	E	E	E	E	E	W	WNW	WNW	WNW
笠岡市	茂平	Ox	33	31	32	33	39	32	34	46	58	79	73	101	114	117	113	104	121	109	87	81	62	51	47	42
		WD	N	N	NNW	NNW	CALM	N	NNW	NNE	ESE	SSE	S	SSW	S	SSE	SE	SE	NNE	N	N	N	N	N	N	N
総社市	総社	Ox	63	61	56	50	51	46	41	48	64	90	102	120	120	125	126	125	123	108	100	92	70	66	60	63
		WD	WNW	CALM	W	NNE	NNW	NNE	W	WNW	NW	SSE	SSW	S	SSW	SSW	S	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	E	W	NW	NW
備前市	東片上	Ox	44	42	39	36	33	32	33	45	64	83	98	110	126	131	127	130	122	113	90	73	65	59	44	32
		WD	CALM	E	SE	E	ESE	ESE	E	SSE	S	SW	SE	SE	ESE	E	SE	SE	S	ENE	ESE	ESE	E	ESE	CALM	CALM
早島町	早島	Ox	22	16	16	26	21	15	23	38	61	79	104	106	108	114	120	119	104	101	95	91	73	48	49	39
		WD	CALM	ENE	CALM	ENE	CALM	CALM	ENE	ESE	ENE	NW	SSW	SW	SSW	SW	SW	S	SSE	SE	CALM	NE	E	CALM	CALM	CALM
赤磐市	熊山	Ox	32	33	37	30	35	37	35	40	56	82	100	114	130	123	116	120	120	115	85	84	78	72	66	61
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	N	NNE	CALM	CALM	ENE	SSW	S	SSW	S	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW
津山市	津山	Ox	38	33	30	29	22	21	23	39	53	73	97	94	96	106	123	148	131	124	120	105	76	75	69	58
		WD	SW	NE	N	E	N	SSE	SW	SSW	E	ENE	ENE	NNW	ESE	SE	SE	SE	SE	SE	ESE	NW	N	NW	NW	SSW
浅口市	寄島	Ox	65	63	58	56	53	50	44	50	68	90	96	112	127	116	120	119	117	117	110	90	83	80	74	71
		WD	NNW	NNW	NNW	N	NNW	NNW	N	E	S	S	SSE	SE	S	SE	S	SSW	S	NNW	NNW	NNW	N	NNW	N	N
高梁市	高梁	Ox	49	44	37	31	27	22	20	26	32	51	85	103	106	110	118	124	120	108	95	86	78	70	65	57
		WD	NE	NNE	N	NNE	CALM	NE	NE	SE	SE	S	SSE	S	S	SW	S	W	NNW	NNW	NNW	N	NNW	N	NNE	NNE
美作市	美作	Ox	27	21	18	13	11	10	15	29	44	69	91	93	102	112	132	146	127	113	106	91	82	74	59	50
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	NNE	CALM	CALM	WSW	SE	SE	NNE	SSW	S	SSW	SSW	SSW	SSE	ESE	NE	CALM	CALM	CALM	CALM
新見市	新見	Ox	36	33	29	28	24	23	24	33	38	56	74	91	96	101	105	110	117	105	88	83	71	64	56	54
		WD	N	NNW	N	NW	NNW	ENE	ENE	E	NE	NNW	SW	ENE	SW	ENE	NW	SSW	SSW	CALM						
吉備中央町	吉備高原	Ox	59	59	52	49	48	42	48	45	63	80	96	105	114	133	143	138	131	126	111	90	76	75	69	68
		WD	WNW	NW	WNW	NW	CALM	NW	CALM	SE	ESE	SSE	S	SW	SE	SE	SSE	SSE	SE	SE	SE	W	W	W	W	W
真庭市	久世	Ox	27	25	20	17	20	15	21	31	42	67	91	92	94	95	101	111	123	121	93	80	71	62	54	54
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	WNW	WNW	WNW	E	WNW	S	E	ESE	SE	SSE	SSE	E	E	NE	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM

この日、高濃度のOxを観測した4局（総社局、熊山局、吉備高原局及び津山局）の風配図を図8に示す。総社局及び熊山局は南南西の風が、津山局は南東～東南東の風が、吉備高原局は南東～南南東の風が卓越していた。これら4局の風向がいずれも南寄りの風であったことから、Ox濃度の高い気塊が、県南部から県中北部へ移動していったと考えられた。

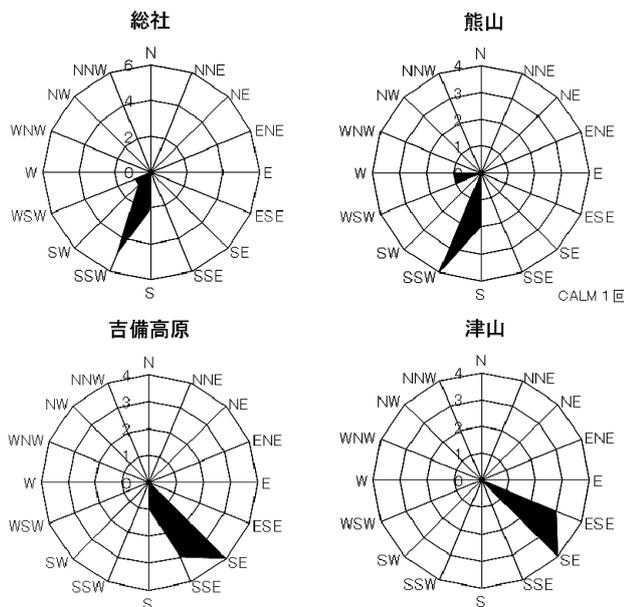


図8 総社局、熊山局、吉備高原局及び津山局における風配図（令和元年5月25日11時～19時）

#### 4.4 5月25日の後方流跡線解析

令和元年5月25日、Ox濃度が最も高濃度となった津山局の高度500 mを起点に、最も高濃度のOxを記録した5月25日16時から72時間前までの後方流跡線解析を行った結果を図9に示す。

後方流跡線は、大陸から東シナ海を抜けて、関門海峡付近から中国、四国地方の瀬戸内海沿岸及び海上を通過し、県南部を経て県中北部に達していた。また、県南部及び中北部ともに南寄りの風が多く観測されていた（表5）ことから、この日も、地域的な汚染に加えて、大陸からの越境汚染の影響も受けて高濃度となった県南部のOxが、南寄りの風によって県南部から県中北部に移動し、県内全域でOx濃度が高濃度となったと考えられた。

#### 4.5 5月26日のOx濃度の時刻別推移及び風向

令和元年5月26日の主な測定局におけるOx濃度の時刻別推移及び風向を表6に示す。12時までにOx濃度が100 ppb以上となった測定局はなかったが、13時に寄島局で120 ppb以上となった。14時に倉敷美和局、茂平局及び早島局で、15時に出石局、総社局及び吉備高原局で、

NOAA HYSPLIT MODEL  
Backward trajectory ending at 0700 UTC 25 May 19  
GDAS Meteorological Data

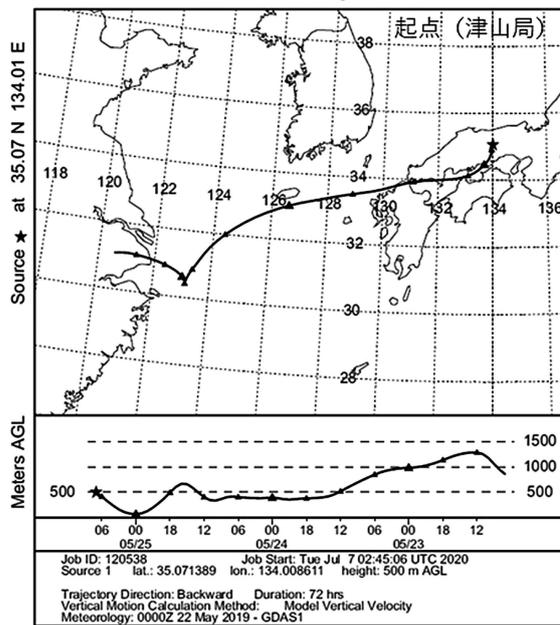


図9 後方流跡線（令和元年5月25日16時（JST））

16時に東片上局、熊山局及び高梁局で100 ppb以上、出石局及び総社局で120 ppb以上となった。17時には、新見局でOx濃度が100 ppb以上、高梁局及び吉備高原局で120 ppb以上となり、高濃度のOx濃度を観測した測定局は、県南部だけではなく県中北部にも見られた。

令和元年5月26日の11時から19時までの、主な測定局の時刻別Ox濃度の最高値の推移を図10に示す。13時から16時までは、寄島局及び総社局を中心にOx濃度が高濃度となり、17時から19時までは吉備高原局でOx濃度が高濃度で推移していた。この日のOxの最高濃度は吉備高原局で17時に観測された130 ppbであった。

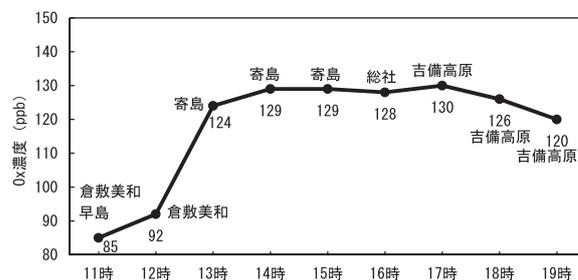


図10 時刻別Ox濃度の最高値推移（令和元年5月26日）

#### 4.6 5月26日の後方流跡線解析

令和元年5月26日、Ox濃度が最も高濃度となった吉備高原局の高度500 mを起点に、最も高濃度のOxを記録した5月26日17時から72時間前までの後方流跡線解析を行った結果を図11に示す。

表6 Ox濃度の時刻別推移及び風向（令和元年5月26日）

市町名	測定局	測定項目	測定項目：Ox 単位：ppb 測定項目：WD 単位：方位																							
			1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時
岡山市	出石	Ox	69	59	60	56	52	51	51	55	57	62	75	85	89	98	118	121	118	113	99	94	82	74	63	60
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	NNE	SE	SE	SW	NNE	CALM	SSE	E	SE	SE	ESE	ESE	SE	SE	E	NE	CALM	CALM
倉敷市	松江	Ox	41	34	37	46	43	41	53	55	60	74	56	66	88	78	95	72	85	97	93	87	78	65	48	40
		WD	NNW	CALM	NE	NNE	NNE	NNE	NE	CALM	SSW	S	SW	S	SSW	SW	SW	SSW	S	SSW	SSW	SSW	SSW	CALM	CALM	CALM
倉敷美和	倉敷美和	Ox	44	43	42	43	40	37	43	57	68	74	85	92	98	109	109	111	109	104	94	90	74	58	63	65
		WD	NE	E	NNE	NE	E	E	E	ENE	NE	NE	ESE	W	NNW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	CALM	CALM	CALM	CALM
玉野市	宇野	Ox	32	32	33	30	30	27	26	24	42	41	54	45	53	73	75	80	84	86	69	60	58	61	61	58
		WD	WNW	NNW	NNW	NNW	W	CALM	SE	SE	E	SE	ESE	SE	SE	ESE	ESE	ESE	ESE	E	ENE	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW
笠岡市	茂平	Ox	38	38	38	42	36	36	45	55	57	67	70	74	84	103	113	110	115	109	96	76	57	44	39	34
		WD	CALM	CALM	N	CALM	CALM	N	CALM	CALM	CALM	S	SSE	S	SSW	SSW	SSW	S	S	CALM	N	N	N	N	N	N
総社市	総社	Ox	60	60	59	55	54	44	46	49	64	75	83	88	89	96	118	128	123	112	107	111	100	78	70	66
		WD	W	NNW	NW	NNW	NW	W	W	W	SSE	S	WSW	SSW	SE	SE	SW	SSW	SSE	SSW	SSW	SSW	SSW	W	NNW	NNW
備前市	東片上	Ox	27	17	19	14	10	8	13	39	50	66	74	81	84	85	94	100	108	108	94	76	70	62	54	47
		WD	CALM	CALM	CALM	E	E	ESE	SSW	CALM	SE	SSE	SE	SE	S	SE	S	SSE	SSE	ESE	ESE	ESE	ESE	CALM	CALM	ESE
早島町	早島	Ox	35	33	31	27	20	23	35	54	64	72	85	91	99	110	107	110	113	93	91	84	78	63	36	28
		WD	CALM	NNE	CALM	CALM	CALM	CALM	SSE	ENE	E	NNW	SSW	S	SSW	SSW	SSW	S	S	S	SSW	SSW	CALM	CALM	E	E
赤磐市	熊山	Ox	53	45	30	27	34	40	41	47	56	61	76	82	84	90	94	104	108	103	97	64	67	58	57	54
		WD	N	CALM	SSW	SSW	SSW	S	S	S	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	CALM	CALM	NNE	N	N						
津山市	津山	Ox	57	49	44	39	34	28	35	53	63	75	81	87	89	84	94	93	97	99	77	70	60	61	49	
		WD	CALM	W	W	CALM	CALM	CALM	SSE	ESE	CALM	WSW	E	SSW	ESE	SE	NNE	SE	SSE	SSE	SE	NNW	NNW	N	NNE	SSE
浅口市	寄島	Ox	70	64	57	56	54	54	60	62	72	65	73	89	124	129	129	124	126	124	113	95	80	72	65	63
		WD	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	ENE	S	SSE	SSE	S	SSE	SSE	S	SSE	SSE	S	SE	NNW	SSW	N	NNW	CALM	NNW
高梁市	高梁	Ox	52	45	40	35	30	24	25	29	35	47	61	65	70	83	98	107	120	111	97	80	73	67	61	57
		WD	NE	CALM	CALM	ENE	ENE	CALM	CALM	E	CALM	E	CALM	W	S	SSW	SW	SSW	SSW	SSW	SSW	CALM	NNW	NNW	N	N
美作市	美作	Ox	43	39	30	22	24	25	38	44	50	58	62	72	75	79	85	93	94	96	88	67	56	52	45	36
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	NNE	ESE	CALM	NNW	NNW	NNW	NNW	ENE	W	S	WSW	SSW	SSW	SSW	CALM	NNW	NE	NE	CALM
新見市	新見	Ox	47	41	34	30	27	23	27	31	37	42	59	63	74	82	90	99	106	99	86	78	71	64	60	53
		WD	CALM	CALM	NW	CALM	NNW	WSW	W	ENE	W	WSW	SSE	SE	NW	E	N	W	W	SSW	SSW	NNW	NNW	NNW	NNW	N
吉備中央町	吉備高原	Ox	67	66	61	61	58	53	53	53	59	72	68	70	75	89	100	111	130	126	120	104	76	73	65	64
		WD	W	W	NNW	NW	NNW	NW	CALM	CALM	SE	ESE	ESE	SSW	S	SE	SE	SE	SSE	S	SSW	CALM	NNW	NNW	NNW	NNW
真庭市	久世	Ox	49	42	38	35	29	29	37	41	52	61	63	62	73	87	86	90	96	84	71	64	62	52	50	
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	W	CALM	W	WSW	W	NNW	E	NNW	SSE	SW	E	E	E	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM

後方流跡線は、東シナ海から、関門海峡付近、中国及び四国地方の瀬戸内海沿岸及び海上を通過し、県南部を経て県中部に達していた。また、この日も前日と同様に、南寄りの風が多く観測されていたことから、地域的な汚染に加えて、大陸方向からの越境汚染の影響も受けて高濃度となった県南部のOxが、南寄りの風によって県南部から県中北部に移動していったと考えられた。

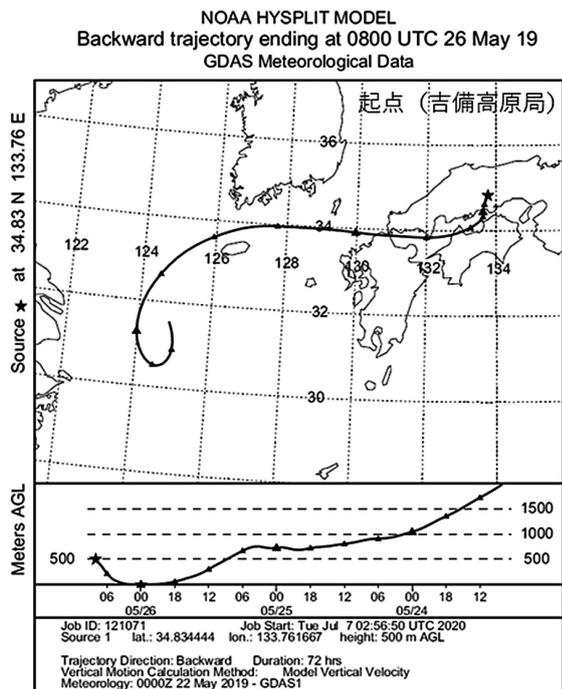


図11 後方流跡線（令和元年5月26日17時（JST））

4.7 寄島局等の風向

令和元年5月24日から5月26日までの3日間に連続し

てOx注意報が発令された寄島局における日ごと（11時から19時）の風配図を図12に示す。5月24日は南西の風が、5月25日は南の風が、5月26日は南南東の風が卓越していた。

また、この3日間の前後を含めた5月21日から5月27日までの1週間の11時から19時の寄島局における風向は、図13に示すとおり、南西～南の風が卓越していた。さらに比較として、1週間前の5月14日から5月20日までの1週間の11時から19時の寄島局における風向は、東～東北東の風が卓越していた（図13）。このことから、Ox注意報が発令された5月24日の3日前の21日から風向が南方向へ変化していた。また、他の測定局でも同様に、5月24日の3日前の21日から風向が東方向から南西～南方向へと変化している場合が多かった。



図12 寄島局風配図（各11時～19時）

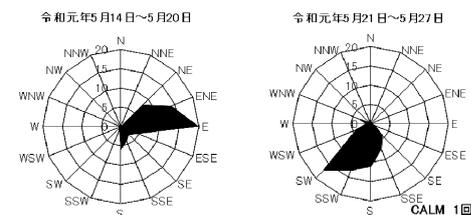


図13 寄島局風配図（各11時～19時）

県南部については、南寄りの風の日にはOx情報等の発令が多く、県南部の工業地域の影響が示唆されている<sup>12)</sup>ことから、この3日間に南寄りの風が吹いていたこともOxが高濃度となった要因の1つと考えられる。

#### 4.8 夜間のOx濃度時刻別推移

5月23日の夜間のOx濃度は、宇野局で21時に101 ppb、22時に100 ppb、翌日5月24日の2時まで80 ppb以上であり、高い濃度で推移していた。同時間帯に、総社局、寄島局及び吉備高原局でもOx濃度が60 ppb以上又は80 ppb以上の高い値で推移していた。5月24日夜間のOx濃度は、宇野局及び吉備高原局で24時まで60 ppb以上（表4）、総社局及び寄島局は翌日5月25日の2時まで60 ppb前後で推移していた（表4及び表5）。5月25日夜間のOx濃度は、翌日の2時まで総社局及び寄島局で、4時まで吉備高原局で60 ppb以上で推移していた（表5及び表6）。

5月24日から5月26日までの3日間連続してOx注意報が発令された寄島局、その他総社局では、5月23日21時から5月26日5時までの夜間のOx濃度が60～80 ppb前後の高い濃度で推移しており、昼間の光化学反応で生成したOxが加わることで更に高濃度になりやすい状況であった。

#### 4.9 NOxの濃度推移

Ox生成の原因となるNOx濃度について、県南部のほぼ中心に位置する測定局である早島局において、令和元年5月24日から5月26日のNOx濃度の1時間値を令和元年5月（5月24日から5月26日までを除く）の時刻別平均値と比較した（図14）。

5月24日のNOx濃度は、5月25日及び5月26日と比

べて高濃度となっている時刻が多かった。また、令和元年5月の時刻別平均値と比較しても約2倍前後の高濃度となっており、特に夜間に濃度上昇が見られた。5月25日は、1時、2時、10時及び17時を除いて、5月24日より低い値であったが、1時から13時までは、5月26日及び令和元年5月の時刻別平均値と比較して高い濃度で推移していた。

#### 4.10 Ox及びPM2.5濃度の推移

Ox濃度が高濃度となる時にPM2.5濃度も上昇することが報告されている<sup>13)</sup>ことから、令和元年5月18日から5月27日までの、早島局におけるOx及びPM2.5濃度の推移を図15に示す。今回Ox濃度の高濃度が観測された5月24日から5月26日までにおいても、Ox濃度に併せてPM2.5濃度の上昇が見られたことから、この時、PM2.5の二次生成（環境大気中での化学反応による生成）が進んでいたことが示唆された。

#### 4.11 天気図及び気温

令和元年5月24日から5月26日までの天気図を図16<sup>8)</sup>に示す。この3日間は、広く高気圧に覆われ全国的に晴れた。また、暖かい空気の流入に加えて強い日差しにより各地で気温が上昇した<sup>8)</sup>。アメダスの県内観測所（岡山地方气象台）の観測結果（気温1時間値データ）によると、この3日間の各日の最高気温は、5月24日に久世観測所で32.0℃、5月25日に高梁観測所で32.9℃、5月26日に久世及び高梁観測所で32.0℃を記録し<sup>9)</sup>、県内の最高気温は、5月25日が最も高かった。また、いずれの日も、日最高気温が平年値を大きく上回り<sup>14)</sup>、30℃を超えた観測所が多く、Oxが生成されやすい要因となった。

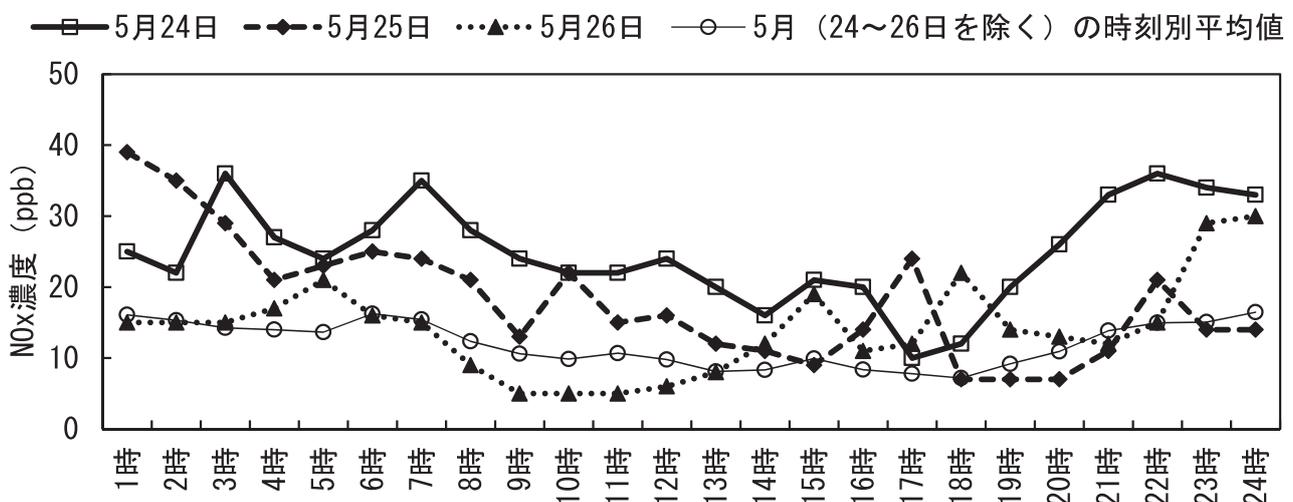


図14 早島局におけるNOx濃度の時刻別推移（令和元年）

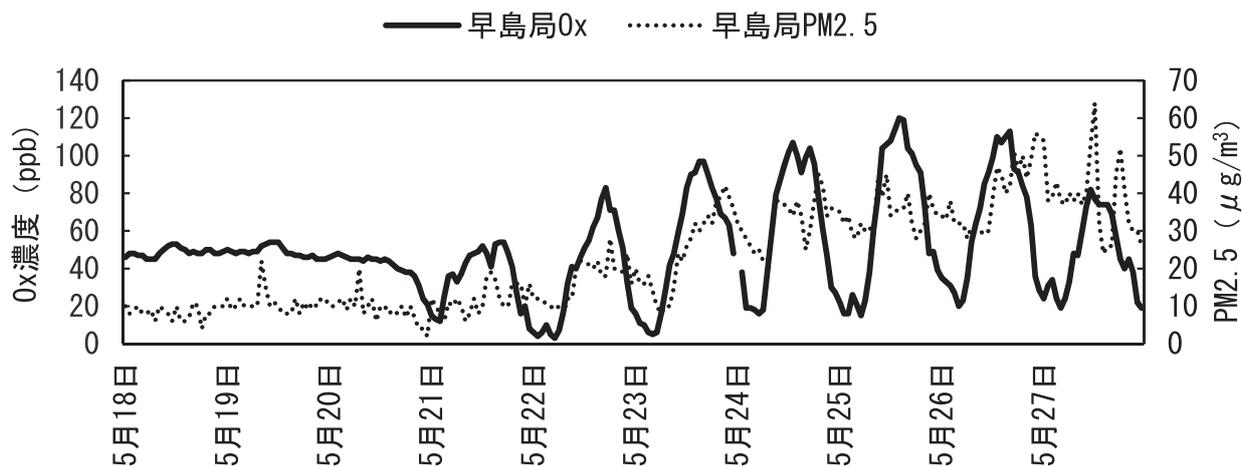


図15 早島局におけるOx及びPM2.5濃度の推移（令和元年5月18日～5月27日）

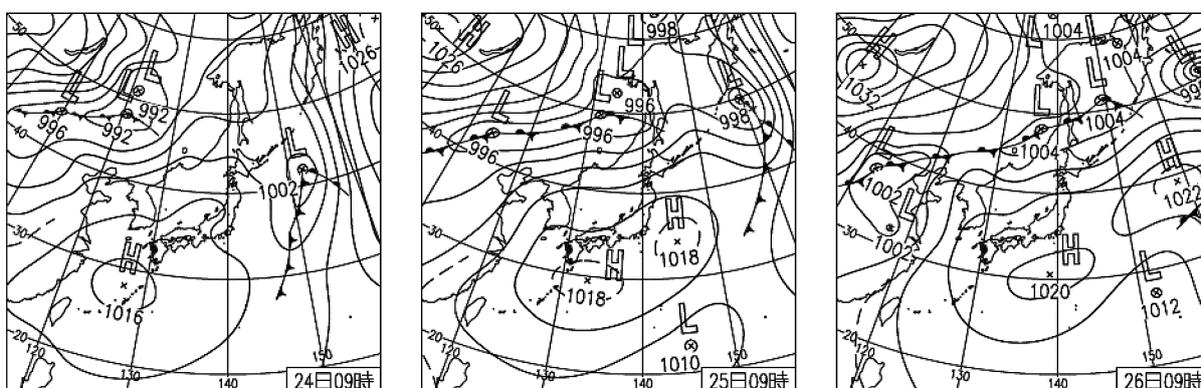


図16 天気図<sup>⑧</sup>（令和元年5月）

#### 4.12 岡山地方気象台の観測結果

令和元年5月24日から5月26日までの3日間、岡山地方気象台からスモッグ気象情報（光化学オキシダント）第2号から第5号（5月24日は10時に第2号，16時に第3号）が発表されており<sup>14)</sup>，Ox濃度が上昇しやすい気象条件であった。

さらに、岡山地方気象台から毎日提供される大気汚染気象通報の状況を表7に示す。岡山地方気象台での観測結果によると、この3日間、低層風は南又は南南西で、5月24日及び5月25日は「弱い」、5月26日は「やや強い」及び「強い」であった。低層風が弱い時は大気汚染物質が拡散しにくく、Oxが高濃度になりやすい傾向となることが示唆された。

表7 大気汚染気象通報（岡山地方気象台）

岡山地方気象台発表日時	視程	低層風
令和元年5月24日10時00分	15 km(当日9時観測)	SSW 弱い
令和元年5月24日16時30分	20 km(当日15時観測)	S 弱い
令和元年5月25日10時00分	10 km(当日9時観測)	S 弱い
令和元年5月25日16時30分	15 km(当日15時観測)	SSW 弱い
令和元年5月26日10時00分	10 km(当日9時観測)	SSW やや強い
令和元年5月26日16時30分	15 km(当日15時観測)	SSW 強い

#### 5 まとめ

今回の解析から以下のことが明らかとなった。

- 令和元年5月24日は、瀬戸内海沿岸付近の広い地域でOx濃度が高濃度となっていたが、100 ppb以上のOx濃度を観測した測定局は、県南部だけではなく県中北部にも見られた。5月25日は、主な測定局のOx濃度の推移から、11時から16時まで時間の経過とともに高濃度のOxが北上し、16時には県北部に位置する津山局でOx濃度が148 ppbと最高濃度に達した。5月26日も、高濃度のOx濃度を観測した測定局は、県南部だけではなく県中北部にも見られた。
- 5月24日から5月26日までの後方流跡線解析の結果から、この3日間は大陸方向からの越境汚染の影響を受けていたと推測された。また、5月25日及び5月26日の後方流跡線は、大陸方向から来た気塊が瀬戸内海沿岸を通過し、県南部を経て県中北部に達していた。さらに、この3日間は南寄りの風が多く観測されていたことから、地域的な汚染に加えて大陸方向からの越境汚染の影響を受けて高濃度となったOxが、時間の経過とともに

県南部から県中北部へと北上していったと考えられた。

(3) Oxの前駆物質であるNOx濃度について、5月24日は、5月25日及び5月26日と比べて高濃度となっている時刻が多く、これら3日間を除いた令和元年5月の時刻別平均値と比較しても約2倍前後の高濃度となっていた。

(4) 早島局において、5月24日から5月26日まで、Ox濃度の上昇に併せてPM2.5濃度の上昇が見られたことから、この時、PM2.5の二次生成（環境大気中での化学反応による生成）が進んでいたことが示唆された。

(5) 5月24日から5月26日までの3日間は、最高気温が30℃を超える真夏日となるとともに、岡山地方気象台からスモッグ気象情報が発表されるなど、Ox濃度が上昇しやすい気象条件であった。

(6) 以上のことから、5月25日に、県内全域を発令対象とした平成20年度以降、初めて県内の全27市町村においてOx情報又は注意報が発令されたことについては、①前日の昼間から県南部及び県中部を中心にOx濃度が高濃度となっており、夜間にも高いところでは60ppb前後の高濃度で推移していたこと、②当日は、地域的な汚染に加えて、大陸からの越境汚染の影響も受けて高濃度となった県南部のOxが、南寄りの風によって県南部から県中北部に移動したこと、③Oxの前駆物質であるNOx濃度も前日から高くなっていったこと、④当日、県内では、日最高気温が平年値を大きく上回り、最高32.9℃を記録し真夏日となり、Oxが生成されやすい要因となったこと、⑤当日は、大気が安定し低層風が弱く、大気汚染物質が拡散しにくい気象条件であったこと等の複数の要因が考えられた。

## 謝 辞

出石局におけるOx濃度の1時間値データの利用について御協力いただいた岡山市環境局環境部環境保全課、並びに松江局及び倉敷美和局におけるOx濃度の1時間値データの利用について御協力いただいた倉敷市環境リサイクル局環境政策課に、感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) 環境省：平成30年度 大気汚染物質（有害大気汚染物質等を除く）に係る常時監視測定結果，<http://www.env.go.jp/air/osen/matH30taikiosenjokyofull.pdf> (2020.6.12 アクセス)
- 2) 岡山県：大気汚染緊急時対策実施要綱集（令和2年4月）岡山県大気汚染緊急時対策実施要綱，[https://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/611412\\_](https://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/611412_)

- 5690979\_misc.pdf (2020.11.27 アクセス)
- 3) 環境省：平成30年光化学大気汚染の概要－注意報等発令状況，被害届出状況－，<http://www.env.go.jp/air/%20air/osen/mat.pdf> (2020.6.12 アクセス)
- 4) 広島県：広島県大気汚染緊急時措置要領（令和2年4月），<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/391704.pdf> (2020.10.15 アクセス)
- 5) 香川県：香川県大気汚染緊急時対策要綱に定める光化学オキシダント発令基準及び措置内容，[https://www.pref.kagawa.lg.jp/content/etc/web/upfiles/wynfxz200507091248\\_f01.pdf](https://www.pref.kagawa.lg.jp/content/etc/web/upfiles/wynfxz200507091248_f01.pdf) (2020.10.15 アクセス)
- 6) 兵庫県：関連資料 発令基準及び措置事項，[https://web.pref.hyogo.lg.jp/press/documents/20200417\\_5181\\_3.pdf](https://web.pref.hyogo.lg.jp/press/documents/20200417_5181_3.pdf) (2020.10.15 アクセス)
- 7) NOAA：HYSPLIT Trajectory Model，[https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT\\_traj.php](https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php) (2020.7.7 アクセス)
- 8) 気象庁：日々の天気図（令和元年5月標準版），<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/data/hibiten/2019/1905.pdf> (2020.6.3 アクセス)
- 9) 気象庁：過去の気象データ・ダウンロード，<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> (2020.6.3 アクセス)
- 10) 福岡県光化学オキシダント速報：福岡県内での最近の光化学オキシダント注意報等の発令，[http://www.fihes.pref.fukuoka.jp/taiki/hatsurei\\_rireki.html](http://www.fihes.pref.fukuoka.jp/taiki/hatsurei_rireki.html) (2020.10.28 アクセス)
- 11) 山口県：報道発表「光化学オキシダント注意報」の発令について（令和元年5月23日），<https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/press/201905/043552.html> (2020.10.28 アクセス)
- 12) 小川 登，深見武史，林 隆義，野村 茂，中桐未知代ら：光化学オキシダント情報・注意報の発令と気象測定局の風向の関係について，岡山県環境保健センター年報，36，17-20，2012
- 13) 山田克明，野村 茂，間野遼太，小川 登：平成29年度健康被害を伴った高濃度光化学オキシダントの主要因について，岡山県環境保健センター年報，42，9-12，2018
- 14) 岡山地方気象台：岡山県の気象月報（令和元年（2019年）5月），<https://www.jma-net.go.jp/okayama/guide/geppo/1905.pdf> (2020.6.12 アクセス)

【資料】

## 新幹線鉄道騒音・振動調査事業報告（平成22～令和元年度）

Report of Investigation with Noise and Vibration of Shinkansen  
(Fiscal Years 2010～2019)

平岡諒也, 山田克明, 西村佳恵, 赤木正章, 野村 茂, 林 隆義  
HIRAOKA Ryouya, YAMADA Katsuaki, NISHIMURA Yoshie, AKAKI Masaaki,  
NOMURA Shigeru, HAYASHI Takayoshi

### 要 旨

山陽新幹線沿線の騒音・振動について、環境基準や指針値への適合状況を調査するため、笠岡市有田、備前市伊部、備前市香登本及び浅口市鴨方町地頭上の合計4地点で平成22～令和元年度に年1回測定を実施した。騒音は、令和元年度は備前市伊部及び香登本の2地点で環境基準を達成した。平成22～令和元年度の測定結果について騒音の経年変化を見たところ、25 m地点では4地点中3地点（笠岡市有田、備前市伊部及び香登本）が、若干の減少を示唆する変化があるものと考えられた。騒音調査と同時期に行った振動は、平成22～令和元年度の全地点で指針値を達成した。振動の経年変化を見たところ、4地点中2地点（笠岡市有田及び浅口市鴨方町地頭上）が、わずかに増加傾向にあった。

[キーワード：新幹線鉄道騒音，新幹線鉄道振動，山陽新幹線，経年変化]

[Key words: Shinkansen Railway Noise, Shinkansen Railway Vibration, Sanyo Shinkansen, Aged Deterioration]

## 1 はじめに

新幹線鉄道騒音については、「新幹線鉄道騒音に係る環境基準について」（昭和50年7月29日付け環境庁告示第46号）により新幹線鉄道沿線の環境基準が定められ、岡山県では新幹線沿線の用途地域に応じて地域類型Ⅰ型（環境基準：70 dB以下、主として住居の用に供される地域。）及び地域類型Ⅱ型（環境基準：75 dB以下、主として商工業の用に供される地域。）に分類し、環境基準を当てはめている。また、振動については、「環境保全上緊急を要する新幹線鉄道振動対策について（勧告）」（昭和51年3月12日付け環大特32号）（以下「勧告」という。）により指針値（70 dB以下）が定められている。平成5年に山陽新幹線区間で新幹線「のぞみ」が運行開始したことを受けて、岡山県では平成5年から新幹線鉄道騒音・振動の実態把握に取り組み、測定を実施してきた。

本報では、平成22～令和元年度の10年間に実施した新幹線鉄道騒音・振動調査について測定結果を取りまとめるとともに、新幹線鉄道騒音・振動及び走行速度の相関について解析を行ったので報告する。

## 2 調査方法

### 2.1 調査地点及び調査期間

調査地点を図1に示す。調査は県、政令指定都市であ

る岡山市及び中核市である倉敷市で分担して実施しており、県は山陽新幹線沿線の笠岡市有田、備前市伊部、備前市香登本及び浅口市鴨方町地頭上の4地点で行った。

各調査地点の状況について、表1に示す。各調査地点について、平成22～令和元年度の間に新幹線鉄道線路

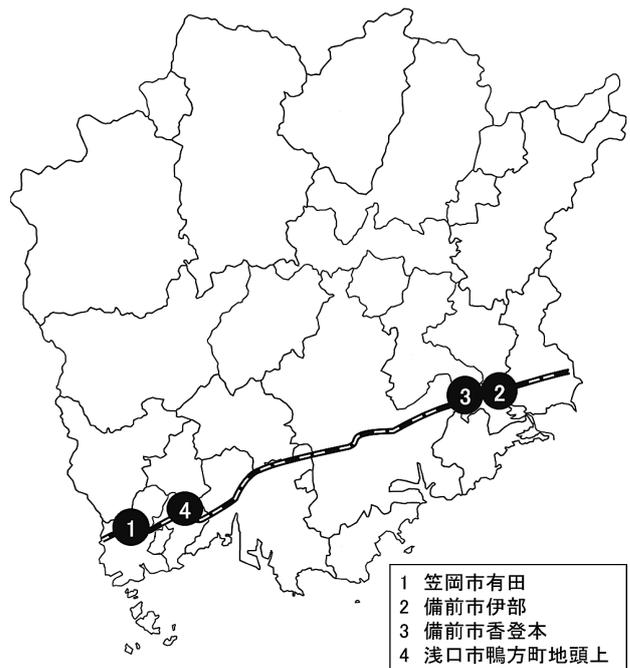


図1 新幹線鉄道騒音・振動の調査地点

の防音壁等の補修工事は行われたが、線路周辺の建築物等の環境の変化はなかった。

調査時期を表2に示す。調査は台風や豪雨等の特殊な気象条件にある時、事故、自然災害、その他の要因により列車速度が通常時よりも低いと認められる時及び動物の鳴き声などにより暗騒音レベルが高い時（測定値と暗騒音の差が10 dB以下）を避けて年1回行った<sup>1)</sup>。また、測定は環境基準が定められている時間帯のうち午前10時から午後6時までの間に行った。

## 2.2 騒音及び振動測定方法

騒音の測定は環境省が発行する「新幹線鉄道騒音・評価マニュアル（平成27年10月）」（以下「マニュアル」という。）<sup>1)</sup>に、振動の測定は勧告にそれぞれ従って行った。

騒音計のマイクロホン及び振動計のピックアップは、建築物等の反射物からなるべく3.5 m以上離し、各々地上1.2 m地点及び地表面に設置した（図2）。設置場所は

新幹線鉄道線路の近接側軌道中心から水平距離で12.5 m、25 m及び50 mの3地点とした。ただし、新幹線鉄道線路周辺の建築物の配置のため、調査地点のうち備前市香登本の50 m地点では、建物等からの距離は3.5 m以内であった。

騒音計の設定は、周波数重み付け特性をAに、時間重み付け特性を遅い動特性S（slow）とし、振動計は時間重み付け特性を遅い動特性S（slow）、測定モードを振動レベルLVとした。新幹線の上り又は下りの列車で、原則連続して通過する合計20本の列車について、列車ごとの最大騒音レベル（ $L_{A, Smax}$ ）及び最大振動レベル（補正加速度レベル、 $L_{max}$ ）を測定し、小数点以下第1位までの値で記録した。また、列車の速度を求めるため2台のストップウォッチを使用して、列車の先頭から最後尾の通過時間の平均時間を測定した。

使用した測定機器は、表3のとおり。

表1 新幹線鉄道騒音・振動の調査地点の状況

調査地点	用途地域	地域類型	路線構造	防音壁			測定機設置場所
				H22～H23	H24～H28	H29～R1	
笠岡市有田	無指定地域	I	高架橋	直防	逆L型	直型遮音板	上り
備前市伊部	第1種住居地域	I	盛土	直防	直防	直型遮音板	下り
備前市香登本	準工業地域	II	高架橋	直防	ラムダ型	直型ラムダ	上り
浅口市鴨方町地頭上	無指定地域	I	高架橋	直防	逆L型	直防	下り

表2 新幹線鉄道騒音・振動の調査時期

調査地点	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1
笠岡市有田	12/9	11/7	10/16	11/25	11/19	11/6	11/16	11/27	11/13	11/14
備前市伊部	12/8	11/4	10/18	11/20	11/18	11/27	11/10	11/16	11/14	11/13
備前市香登本	12/8	11/4	10/18	11/20	11/18	11/27	11/10	11/16	11/14	11/13
浅口市鴨方町地頭上	12/9	11/7	10/16	11/25	11/19	11/6	11/16	11/27	11/13	11/14

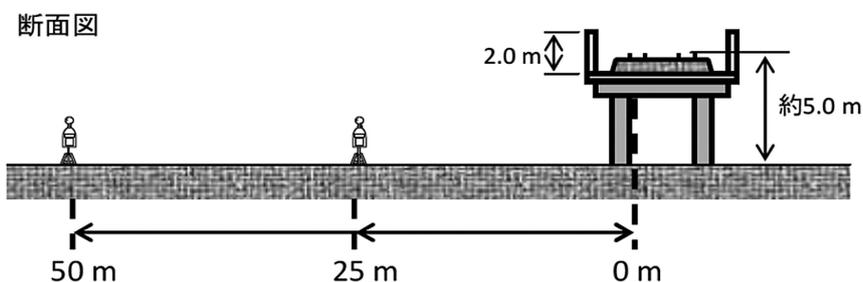


図2 騒音計・振動計の設置見取り図（参考例）<sup>1)</sup>

表3 測定機器

	騒音計 <sup>2)</sup>	振動計 <sup>3), 4)</sup>
平成22～29年度	リオン製 NL-22	リオン製 VM-51
平成29～令和元年度	リオン製 NL-22	リオン製 VM-53A

### 2.3 測定機関及び体制

測定機関は岡山県並びに沿線の笠岡市、備前市及び浅口市で、測定は4人以上（県職員2人以上、沿線市職員2人以上）の体制で実施した。

### 2.4 解析方法

騒音及び振動の評価範囲は、環境基準の地域類型が指定されている地域内で、対象路線の測定地点側の軌道中心から50 mまでの範囲に設定した。標準測定点として、評価範囲内のほぼ中央に相当する測定地点側の軌道中心から25 mの地点とし、環境基準及び指針値との比較評価を行った。また、12.5 m及び50 m地点は参考値として記録した。

騒音は軌道中心から25 m地点で測定した列車通過時の最大騒音レベルの上り又は下り合計20本から、レベルの大きさが上位10本のエネルギー平均値を次式によって計算し、小数点以下第1位まで求めた。これをマニュアルに従って、小数点以下第1位の四捨五入により整数値で表し、最大騒音レベルの平均値 ( $\bar{L}_{A, Smax}$ ) として、当該測定地点における評価量とした<sup>1)</sup>。

・最大騒音レベルの平均値 ( $\bar{L}_{A, Smax}$ ) の計算式

$$\bar{L}_{A, Smax} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} 10^{\frac{L_{A, Smax i}}{10}} \right\} \quad (\text{dB})$$

振動は軌道中心から25 m地点で測定した列車通過時の最大振動レベルの上り又は下り合計20本から、レベルの大きさが上位10本の平均値を次式によって計算し、小数点以下第1位まで求めた。騒音と同様に整数値で表し、最大振動レベルの平均値 ( $\bar{L}_{max}$ ) として、当該測定地点における評価量とした<sup>1)</sup>。

・最大振動レベルの平均値 ( $\bar{L}_{max}$ ) の計算式

$$\bar{L}_{max} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (L_{max i}) \quad (\text{dB})$$

また、列車速度は、次の式により求めた。

・列車速度 (V: km/h) の計算式

$$V = \frac{l}{t} \times 3.6 \quad (\text{km/h})$$

( l : 列車の長さ (m), t : 平均通過時間 (s) )

## 3 結果及び考察

### 3.1 最大騒音レベルの平均値の経年変化

平成22～令和元年度の4地点における25 m地点の最大騒音レベルの平均値の経年変化を見たところ、毎年ほぼ同様の値で推移しているものの、浅口市鴨方町地頭上

を除く3地点では、若干の減少を示唆する変化もあるものと考えられた (図3)。

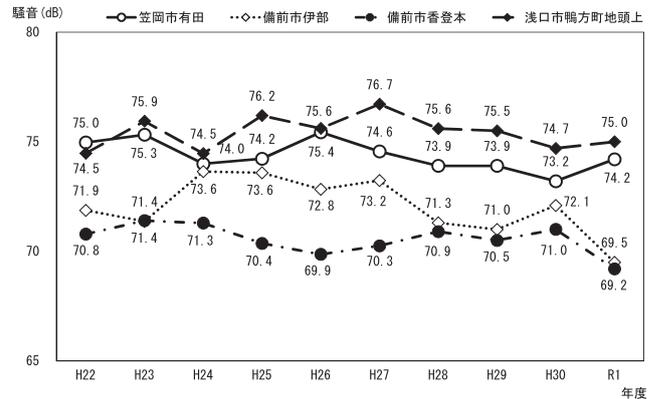


図3 最大騒音レベルの平均値の経年変化

### 3.2 最大振動レベルの平均値の経年変化

平成22～令和元年度の4地点における25 m地点の最大振動レベルの平均値の経年変化を見たところ、4地点のうち、備前市伊部及び備前市香登本は測定年により変動が大きく、一定の傾向は認められず、笠岡市有田及び浅口市鴨方町地頭上はわずかに増加傾向が認められた (図4)。

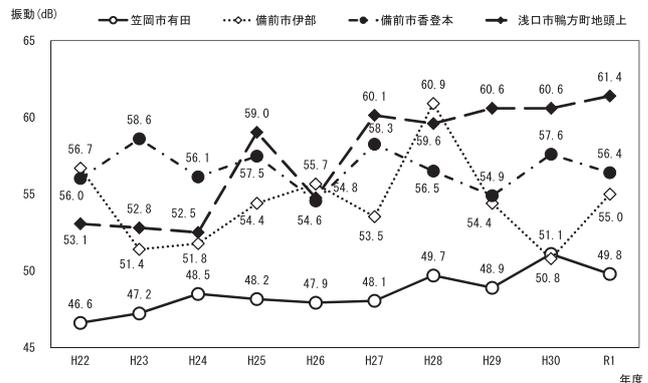


図4 最大振動レベルの平均値の経年変化

### 3.3 最大騒音レベルの平均値の令和元年度測定結果

2.4より求めた令和元年度の最大騒音レベルの平均値は、25 m地点において浅口市鴨方町地頭上 > 笠岡市有田 > 備前市伊部 > 備前市香登本の順であり、備前市伊部が70 dB、備前市香登本が69 dBで環境基準を達成した (表4)。備前市伊部は、平成11年度の調査開始以来、初めて環境基準を達成した。新幹線鉄道などの線音源の場合では、距離が2倍になると騒音レベルが約3 dB減衰することが知られており、12.5 m地点、25 m地点及び50 m地点の測定結果を比較したところ、備前市香登本の50 m地点を除く全ての地点で同程度の距離減衰が

認められた。備前市香登本の50 m地点は周辺の建築物とマイクロホンとの距離が近く、反射音が強く影響したため騒音レベルの減衰量が小さかったと考えられる。

### 3.4 最大振動レベルの平均値の令和元年度測定結果

勧告に従って2.4より求めた令和元年度の25 m地点の最大振動レベルの平均値は、浅口市鴨方町地頭上 > 備前市香登本 > 備前市伊部 > 笠岡市有田の順であり、全ての地点で指針値を達成した(表5)。12.5 m地点、25 m地点及び50 m地点の測定結果を比較したところ、距離による減衰量が一律では無く、単純な距離減衰を主な要因とするものとは認められなかった。このことは、振動では騒音と異なり土質、地層、地下水、振動数、振動方向及び障害物などの状況による影響を受けやすいことが原因と考えられる。

### 3.5 走行速度の平均値の経年変化

平成22～令和元年度の4地点における25 m地点の最大騒音レベル上位10本の列車について、走行速度の平均値の経年変化を見たところ、平成22～24年度の期間では、山陽新幹線の1日当たりの列車本数のうち新幹線「のぞみ」(最高走行速度300 km/h)が占める割合が増加し、新幹線「こだま」(最高走行速度285 km/h)の占める割合が減少していることから、走行速度の平均値の増加が認められるが、その他の期間では特段の列車速度の増加は認められなかった(図5)<sup>5)</sup>。また、平成25年度からN700系の改良型であるN700A系が導入され、既存のN700系についても平成25～28年度に車両改造が実施されN700Aタイプへと変更されているが、特段の列

車速度の増加は認められなかった<sup>6)</sup>。

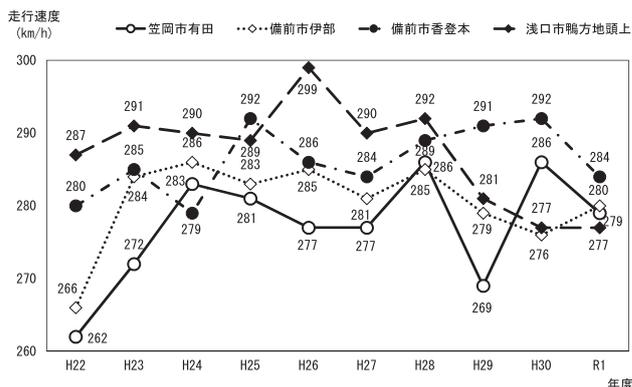


図5 新幹線鉄道の走行速度の平均値の経年変化

### 3.6 走行速度と最大騒音レベル及び最大振動レベルの相関

走行速度が最大騒音レベルに与える影響を把握するため、平成22～令和元年度の4地点における25 m地点の最大騒音レベル上位10本の列車について、走行速度と最大騒音レベルの相関を求め(図6)、有意水準5%でt検定を行った。その結果、浅口市鴨方町地頭上で有意差( $P < 0.05$ )のある弱い正の相関( $r = 0.544$ )が認められたが、他の地点は走行速度と最大騒音レベルに明らかな相関は認められなかった。このことは、調査期間中に新幹線車両がより低騒音タイプに更新されたことや、西日本旅客鉄道株式会社(以下「JR西日本」という。)が実施する防音壁の設置、レール削正及び弾性まくら木の敷設<sup>7)</sup>などが行われたことが影響したのではないかと推察された。

表4 令和元年度新幹線鉄道騒音レベル測定結果

単位: dB

軌道中心からの距離	12.5 m	25 m (標準測定点)	50 m	環境基準
笠岡市有田	77 (76.0~78.1)	74 (73.1~74.9)	70 (69.5~70.8)	I:70以下
備前市伊部	72 (70.3~73.3)	70 (68.2~71.3)	66 (64.6~67.4)	
備前市香登本	71 (68.8~71.5)	69 (68.3~70.0)	68 (67.5~69.2)	II:75以下
浅口市鴨方町地頭上	77 (75.0~79.4)	75 (72.0~76.9)	73 (71.0~74.0)	I:70以下

※数値は、平均値(最小値~最大値)で示す。

表5 令和元年度振動レベル測定結果

単位: dB

軌道中心からの距離	12.5 m	25 m (標準測定点)	50 m	指針値
笠岡市有田	56 (54.8~60.0)	50 (48.2~55.6)	47 (45.3~48.4)	70以下
備前市伊部	57 (56.2~58.6)	55 (53.9~55.8)	52 (51.3~52.3)	
備前市香登本	62 (61.5~62.8)	56 (54.3~60.6)	48 (46.6~49.2)	
浅口市鴨方町地頭上	65 (62.0~69.7)	61 (58.0~64.3)	54 (51.0~55.0)	

※数値は、平均値(最小値~最大値)で示す。

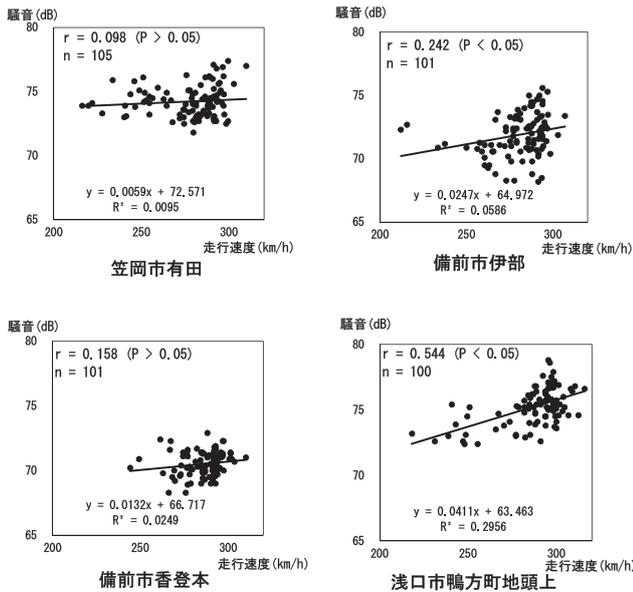


図6 走行速度と25 m地点の最大騒音レベルの相関

騒音と同様に、走行速度が最大振動レベルに与える影響を知るため、平成22～令和元年度の4地点における25 m地点の最大振動レベル上位10本の新幹線鉄道について、走行速度と最大振動レベルの相関を図7に示した。笠岡市有田で有意差 ( $P < 0.05$ ) のある弱い正の相関 ( $r = 0.533$ ) が認められたが、他の地点は走行速度と振動に明らかな相関は認められなかった。このことは、騒音と同様に、調査期間中の車両の更新やJR西日本が実施するレール削正及び弾性まくら木の敷設<sup>7)</sup>などが影響したのではないかと推察された。

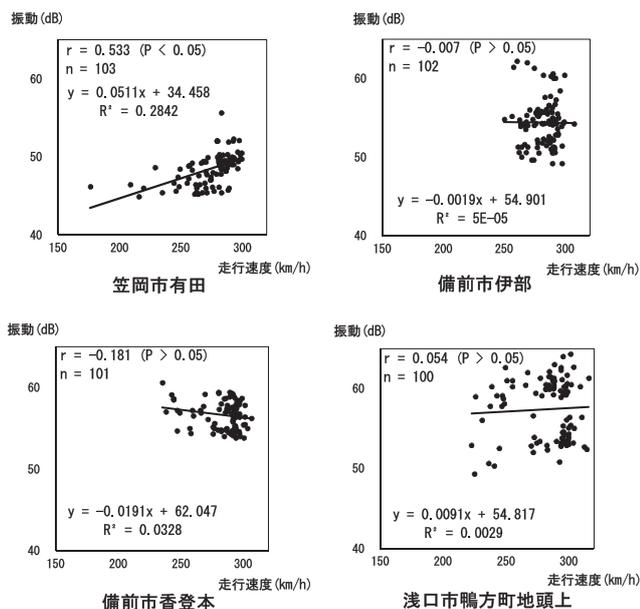


図7 走行速度と25 m地点の最大振動レベルの相関

### 3.7 最大騒音レベル及び最大振動レベルと測定場所の関係

平成22～令和元年度の25 m地点の最大騒音レベル上位10本については上り又は下り別に分類を行い表6に示した（ただし、10位の最大騒音レベルが同値となる場合があるので、10年間測定した列車の合計本数が100本以上となる場合がある。以下同様）。その結果、笠岡市有田及び備前市香登本では上りが、備前市伊部及び浅口市鴨方町地頭上では下りが占める割合が多く、いずれもマイクロホンを設置した軌道側で大きな値を示した。線路の軌道中心間隔は4.3 m以上であることから、騒音については、上り又は下りの軌道間の距離による減衰が測定値に影響していることが分かった。

表6 25 m地点の最大騒音レベル上位10本の上り又は下りの本数  
単位：本

	マイクロホン 設置場所	本数	
		上り	下り
笠岡市有田	上り	76	29
備前市伊部	下り	10	91
備前市香登本	上り	99	2
浅口市鴨方町地頭上	下り	15	85

平成22～令和元年度で25 m地点の最大振動レベル上位10本について上り又は下り別に分類を行い表7に示した。その結果、備前市伊部では上りが、笠岡市有田、備前市香登本及び浅口市鴨方町地頭上では下りが占める割合が多かった。最大振動レベルは、ピックアップを設置した軌道側が必ずしも大きな値を示すわけではなかった。最大振動レベルについては、地盤や障害物等の要素が加わるため、上り又は下りの軌道間の距離の影響は支配的でないと考えられた。

表7 25 m地点の最大振動レベル上位10本の上り又は下りの本数  
単位：本

	ピックアップ 設置場所	本数	
		上り	下り
笠岡市有田	上り	15	88
備前市伊部	下り	64	38
備前市香登本	上り	42	59
浅口市鴨方町地頭上	下り	9	91

### 3.8 最大騒音レベルと最大振動レベルの相関

最大騒音レベルと最大振動レベルの相関を求めるため、平成22～令和元年度の笠岡市有田、備前市伊部、備前市香登本及び浅口市鴨方町地頭上の合計4地点各

200本（ただし、笠岡市有田は、1本を除外した199本を対象とした。除外した1本は、新幹線鉄道騒音の測定値と暗騒音の差が10 dB以下であった。）について25 m地点の最大騒音レベルと最大振動レベルの相関を求めた。浅口市鴨方町地頭上で有意差（ $P < 0.05$ ）のある弱い正の相関（ $r = 0.630$ ）を認めたが、他の地点は明らかな相関は認められなかった（図8）。

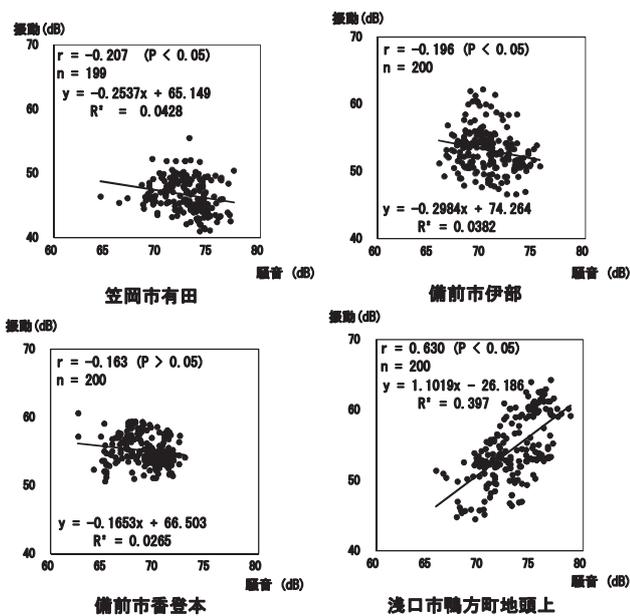


図8 最大騒音レベルと最大振動レベルの相関

#### 4 まとめ

平成22～令和元年度における県内4地点の新幹線鉄道騒音・振動の測定結果を取りまとめた。また、新幹線鉄道騒音・振動及び走行速度の相関について解析を行った。

(1) 新幹線鉄道騒音では、平成22～令和元年度における最大騒音レベルの平均値の経年変化を見たところ、毎年ほぼ同様の値で推移しているものの、笠岡市有田、備前市伊部及び備前市香登本の25 m地点では最大騒音レベルが若干の減少を示唆するものと考えられた。また、令和元年度、備前市伊部及び香登本の2地点で環境基準を達成した。

(2) 新幹線鉄道振動では、平成22～令和元年度における25 m地点の最大振動レベルの平均値の経年変化を見たところ、最大振動レベルは平成22～令和元年度の全地点で指針値を達成したが、笠岡市有田及び浅口市鴨方町地頭上では最大振動レベルの増加傾向が、わずかに認められた。また、令和元年度、4地点全てで指針値を達成した。

(3) 平成22～令和元年度の各年度の最大騒音レベル上位10本の走行速度の平均値を見たところ、顕著な増加は認められなかった。

(4) 平成22～令和元年度の新幹線鉄道騒音において、各年度の最大騒音レベル上位10本及び最大振動レベル上位10本を抽出し、各測定地点別に走行速度との相関を求めた。走行速度と最大騒音レベルでは浅口市鴨方町地頭上の弱い正の相関以外に、明らかな相関は認められなかった。また、走行速度と最大振動レベルも、笠岡市有田の弱い正の相関以外には、明らかな相関は認められなかった。このことは、調査期間中に新幹線がより低騒音タイプに更新されたこと及び防音壁の設置等により走行速度だけに依存しないようになったからと推察された。

(5) 各測定地点における、最大騒音レベル上位10本を上り又は下り別に分類を行ったところ、マイクロホン設置側の軌道を走行する列車で、最大騒音レベルの上位10本に入る割合が多く、騒音は上り又は下りの軌道間程度の距離による減衰効果が測定値に影響していることが分かった。

(6) 振動については、各測定地点における、最大振動レベル上位10本を上り又は下り別に分類を行ったところ、ピックアップ設置側の軌道を走行する列車で、最大振動レベルの上位10本に必ずしも入っていなかった。このことは、振動は距離だけでなく地質や障害物等の要因による影響が大きいと考えられた。

(7) 平成22～令和元年度の各測定地点での、25 m地点の各測定結果について最大騒音レベルと最大振動レベルは浅口市鴨方町地頭上で弱い正の相関が認められたが、他の地点には相関は認められなかった。これは最大騒音レベルが距離減衰の影響が大きいものに対して、最大振動レベルでは距離減衰だけでなく地盤や障害物等他の要因による減衰の影響が大きいからと考えられた。

#### 文 献

- 1) 環境省：新幹線鉄道騒音・評価マニュアル，<http://www.env.go.jp/air/noise/sinkansen/manual/full.pdf> (2020.10.12 アクセス)
- 2) JIS C 1509-1：2017電気音響-サウンドレベルメータ（騒音計）-第1部：仕様
- 3) JIS B 7760-1：2005電気音響-サウンドレベルメータ（騒音計）-第2部：型式評価試験
- 4) JIS B 7760-2：2004全身振動-第2部：測定方法及び評価に関する基本的要求
- 5) 西日本旅客鉄道株式会社：データで見るJR西日本、

<https://www.westjr.co.jp/company/info/issue/data/>  
(2020.10.12 アクセス)

- 6) 西日本旅客鉄道株式会社：東海道・山陽新幹線車両 N700A の投入および N700 系改造について, [https://www.westjr.co.jp/press/article/2012/12/page\\_3053.html](https://www.westjr.co.jp/press/article/2012/12/page_3053.html) (2020.10.12 アクセス)
- 7) 西日本旅客鉄道株式会社：地球環境の取り組み, <https://www.westjr.co.jp/company/action/env/eco/005/#sct01> (2020.10.12 アクセス)



【調査研究】

# 事故時等緊急時の化学物質の分析技術の開発に関する研究 －県内三主要河川における河川水中農薬類濃度レベルの実態調査－

Study on the development of analysis method of chemical substances at the time of water quality accidents  
－Survey of pesticide concentration levels in river water in three major rivers in Okayama prefecture－

大月史彦, 山本浩司, 橋本清美, 吉岡敏行

OTSUKI Fumihiko, YAMAMOTO Koji, HASHIMOTO Kiyomi, YOSHIOKA Toshiyuki

## 要 旨

県内三主要河川において水質環境試料の農薬類濃度レベルについて実態調査を実施した。調査対象の農薬類は、付着藻類への影響が大きく、多量に製造・使用され、河川への流出が起りやすいと考えられる水田除草剤を優先的に選定した。分析法は河川水を2種類の固相カートリッジで濃縮後、固相を水で洗浄し、アセトニトリル又はメタノールで溶出してLC-MS/MS (SRM法) で測定し、42種の農薬類の一斉分析法とした。農薬散布時期を主要期間とした環境試料を分析したところ、多種の農薬が様々なレベルで検出され、無影響濃度を超過した例も観測された。しかし、今回河川水中から検出された農薬の濃度レベルは付着藻類に対し、著しい悪影響を及ぼす状況にはないものと思料された。

[キーワード：農薬, LC-MS/MS, 実態調査, 河川水]

[Key words : Pesticide, LC-MS/MS, Fact-finding, River water]

## 1 はじめに

県内では例年、魚のへい死や油の流出事故等、水質汚濁事象が発生している。このような緊急時には、直ちに水質検査等を実施し、原因の解明及び汚染の拡大防止を図るとともに、適切な情報を県民等に提供することが求められている。このためには、県内河川の農薬類の平常時の存在状況を明らかにし、水質事故等の緊急時における農薬類が原因である可能性の判断や、原因物質の特定に資する知見の蓄積を図ることが必要である。本研究では付着藻類への影響が大きく、多量に製造・使用され、河川への流出が起りやすいと考えられる水田除草剤を主とする農薬類42種を調査対象として、当センターで開発したLC-MS/MS (SRM法) による一斉分析法を用いて、水質環境中の農薬類の濃度レベルを調査したので報告する。

## 2 分析方法

### 2.1 試薬

1 mol/L硝酸：富士フィルム和光純薬製

アセトニトリル, メタノール：富士フィルム和光純薬製

LC/MS用

精製水：Millipore製 Milli-Q Advantageにより調製

固相カートリッジ(活性炭系)：Waters製 Sep-Pak Plus AC-2

固相カートリッジ (逆相系)：GL Sciences製 InertSep

PLS-3 (200 mg)

ろ過フィルター：Millipore製 Millex FilterUnit (13 mm, 0.45 µm)

5 mmol/L酢酸アンモニウム水溶液：富士フィルム和光純薬製高速液体クロマトグラフ用

1 mol/L酢酸アンモニウム水溶液と精製水で調製

### 2.2 LC/MSの測定条件

LC/MSの測定条件を次に示す。

(LC条件)

使用機種：LC-20AD, 高圧グラジエント(Shimadzu製)

カラム：XTerra C18 150 mm × 2.1 mm, 3.5 µm

(Waters製)

移動相：A (5 mmol/L酢酸アンモニウム水溶液)：

B (メタノール)

0~1 min A : 90→50 B : 10→50 linear gradient

1~17 min A : 50→2 B : 50→98 linear gradient

17~23 min A : B = 2 : 98

23~23.1 min A : 2→90 B : 98→10 linear gradient

23.1~30 min A : B = 90 : 10

流量：0.2 mL/min

カラム温度：40℃

注入量：5 µL

(MS条件)

使用機種 : QTRAP 5500 (AB Sciex 製)  
 カーテングス流量 : 25 L/h  
 コリジョンガス流量 : 7 L/h  
 イオンスプレー電圧 : 5.5 kV (Positive モード), -4.5 kV (Negative モード)  
 イオン化温度 : 450 °C  
 イオン化法 : ESI Positive, ESI Negative  
 測定モード : SRM  
 イオン化条件等 : 表1のとおり

### 2.3 前処理法

前処理法は、既報<sup>1)~4)</sup>を基に、次の方法とした。

あらかじめアセトニトリル10 mL, 精製水20 mLの順で別々にコンディショニングした固相カートリッジを PLS-3 → AC-2の順に通水するよう連結し、1 mol/L 硝酸でpH 3.5に調節した水質試料100 mLを10 mL/minの速さで通水し、捕集した。精製水15 mLで使用器具を洗込みながら固相カートリッジを洗浄後、PLS-3とAC-2を分離してそれぞれ乾燥窒素を5分間通気した。PLS-3はアセトニトリル5 mL, AC-2はメタノール5 mLでそれぞれ溶出し、窒素気流下で1 mL以下に濃縮し、PLS-3はアセトニトリルで1 mLに、AC-2はメタノールで1 mLにそれぞれ定容し、試験液とした。なお、懸濁物がある場合には0.45 μmろ過フィルターでろ過を行い、試験液とした。試験液をLC-MS/MS(SRM法)で分析を行った。

なお、AC-2はメタミドホスとアセフェートを、PLS-3はそれ以外の農薬類を捕集対象としている。

### 2.4 添加回収試験, 保存性試験

調査に当たって試料中農薬類の添加回収試験と保存性試験を実施した。

添加回収試験, 保存性試験の試験水として、農薬類の濃度レベルが一年を通じて最も低下していると考えられる冬季(令和2年1月15日)に採取した県内三主要河川水を用いた。試験水に農薬類がそれぞれ100 ng/Lになるように添加し、当日, 9日後, 16日後及び34日後に前処理を行い分析した。当日以外の試験水は約4 °Cの冷暗所に保存した。また、当日の試験結果は、農薬類の添加回収試験として利用した。なお、当日の無添加試料をブランク試料として併せて分析し、各試験水の農薬類の測定値から差し引いて評価を実施した。

### 2.5 調査場所, 日時及び頻度

調査は県内三主要河川の高梁川, 旭川及び吉井川を対象とした。調査地点を図1に示す。

調査地点は農薬類の濃度レベルが最も高くなると想定

表1 イオン化条件等

名称	Q1 Mass (Da)	Q3 Mass (Da)	DwellTime (ms)	DP (Volts)	EP (Volts)	CP (Volts)	CXP (Volts)
Methamidophos	142	94	5	81	10	21	14
	142	125	5	81	10	19	20
Acephate	184	142.9	5	20	10	25	6
	184	125	5	20	10	31	6
Asulam	231	156	5	38	10	16	6
	231	92	5	38	10	30	6
Methomyl	163.1	106	5	15	10	13	6
	163.1	88.1	5	15	10	13	6
Tricyclazole	190	163	5	58	10	31	6
	190	136	5	58	10	37	6
DEP	256.9	109	5	58	8	19	14
	256.9	223	5	55	8	14	8
Flazasulfuron	408	182	5	45	10	27	6
	408	227	5	45	10	25	6
Imazosulfuron	415	156	5	80	4	25	4
	415	78	5	80	5.5	95	4
Halosulfuronmethyl	435	182	5	36	10	31	6
	435	83.1	5	36	10	73	6
Diuron	232.9	72	5	46	10	37	6
	233.1	46.1	5	46	10	31	6
Siduron	233.3	137.2	5	55	10	21	6
	233.3	94	5	55	10	31	6
Pendimethalin	282.2	212.1	5	41	10	15	6
	282.2	194.2	5	41	10	21	6
Tolclofos-methyl	301	269	5	51	10	23	10
	301	175	5	46	10	35	7
Cumyluron	303.1	185.1	5	56	10	17	6
	303.1	125.1	5	56	10	43	6
Isoxathion	314.1	105	5	64	10	21	6
	314	170	5	61	10	19	6
Pyrifthalid	319.1	139.2	5	86	11	39	4
	319.1	93	5	86	11	71	4
Thiodicarb	355	88	5	32	10	29	6
	355	108	5	32	10	21	6
Oxaziclomefone	376.1	190.1	5	51	10	21	6
	376.1	161.1	5	51	10	37	6
SAP	356.1	158.1	5	44	10	27	6
	356.1	218	5	44	10	18	6
Azoxystrobin	404.1	372.1	5	34	10	20	6
	372.1	344.1	5	67	10	27	6
Bensulfuron-methyl	411	149	5	42	10	30	6
	411	119	5	42	10	51	6
Benzofenap	431.1	105.1	5	76	10	45	6
	431.1	119.1	5	76	10	27	6
Pyrazolate	439.1	173	5	80	10	26	6
	439	91.1	5	80	10	50	6
Benzobicyclone	447	257	5	80	10	37	6
	447.2	229	5	80	10	51	6
Fipronil	453.9	368.1	5	54	10	29	10
	437	368.1	5	103	10	25	10
Carpropamid	334	139	5	56	4	25	4
	334	103.2	5	56	4	55	4
Carbofuran	222.1	165.2	5	51	8.5	17	4
	222.1	123.1	5	51	8.5	31	4
Dymuron	269.2	151.2	5	51	4	17	4
	269.2	91.1	5	51	4	51	4
Pencycuron	329	125	5	61	10	33	2
	329	88.9	5	51	12	91	4
Methylidymron	269.21	151.21	5	4	10	20	6
	269.21	134	5	4	10	20	6
MPP oxon	263	231.1	5	41	10	21	6
	263	216	5	41	10	32	6
MPP oxon sulfoxide	279.1	264.1	5	45	10	25	6
	279.1	104.1	5	45	10	38	6
MPP oxon sulfone	295	217.1	5	51	10	27	6
	295	109	5	50	10	45	6
MPP sulfoxide	295.1	280	5	50	10	24	6
	295.1	109	5	50	10	45	6
MPP sulfone	310.9	124.9	5	91	10	29	6
	310.9	109	5	91	10	41	6
Bentazone	238.9	131.9	5	-50	-10	-35	-6
	238.9	196.9	5	-50	-10	-30	-6
Pyrazosulfuron-ethyl	413	154	5	-60	-5.5	-34	-2
	413	232	5	-60	-5.5	-22	-2
MCPA	199	141	5	-50	-10	-22	-6
	199	104.9	5	-50	-10	-40	-6
MOPP	213	140.9	5	-50	-10	-20	-6
	213	70.9	5	-50	-8	-17	-6
Triclopyr	253.9	195.9	5	-17	-7	-16	-6
	253.9	217.9	5	-20	-11	-10	-6
Cyclosulfamuron	420	78	5	-45	-4.5	-50	-2
	420	265	5	-45	-5	-16	-2
2, 4-D	219	161	5	-55	-7.5	-18	-12
	220.9	124.9	5	-50	-10	-50	-3

※各農薬の上段: 定量イオン, 下段: 確認イオン

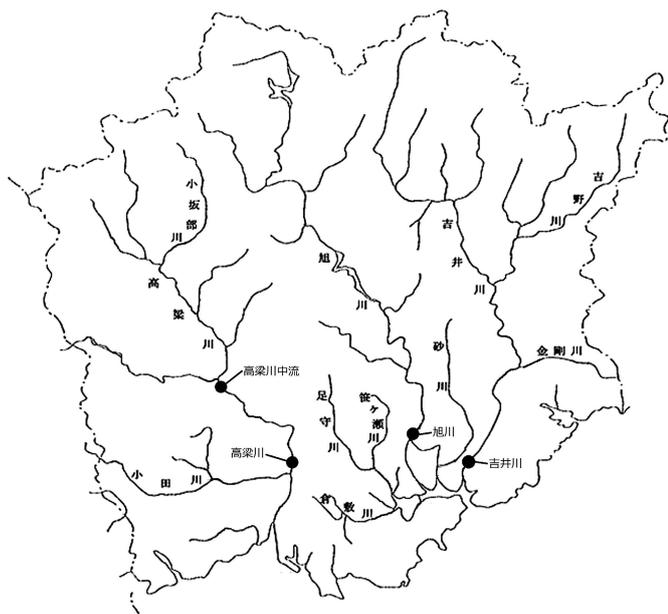


図1 調査地点図

される下流地点とし、検体採取の容易さも考慮に入れて、高梁川は河辺橋西岸、旭川は乙井手堰西岸、吉井川は鴨越堰西岸をそれぞれ選定した。なお、川の流れによる影響を確認するため、高梁川は中流の成羽川合流後西岸も併せて調査した。調査は河川が通常の状態である場合に実施し、降雨直後や著しく増水している時は避けるようにした。調査頻度は月1回以上とし、農薬散布時期の5月から7月は頻度を増やして実施した。

### 3 結果及び考察

#### 3.1 分析条件の検討結果

分析条件は既報<sup>2)</sup>を参考にし、新たに当センターに導入されたAB Sciex製5500QTRAPシステムに合致する条件を検討した。「2.2 LC/MSの測定条件」表1に示した条件で、42種の農薬類を同時に分析することができた。

#### 3.2 添加回収試験、保存性試験結果

各河川水での添加回収試験結果を図2-1から図2-3に、保存性試験結果を図3-1から図3-3にそれぞれ示す。添加

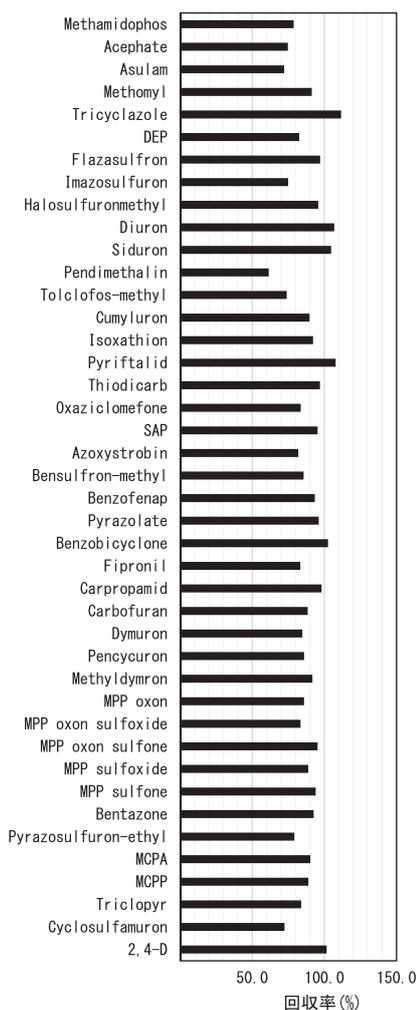


図2-1 高梁川回収率 (添加濃度 100 ng/L)

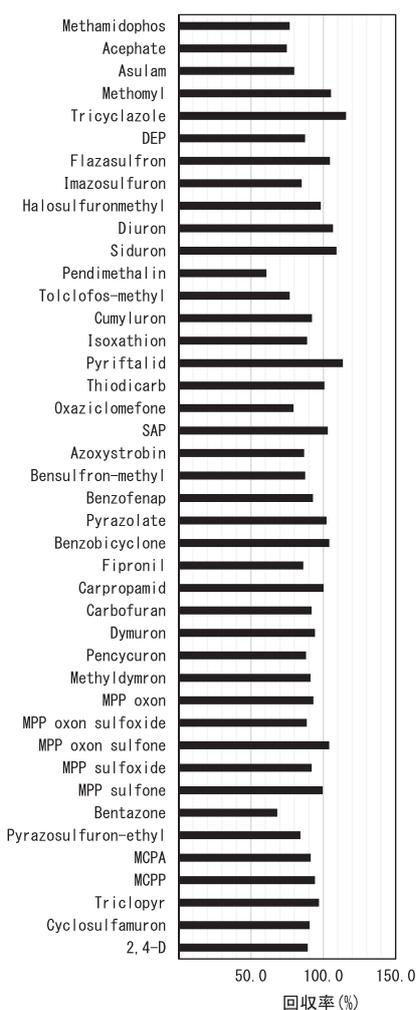


図2-2 旭川回収率 (添加濃度 100 ng/L)

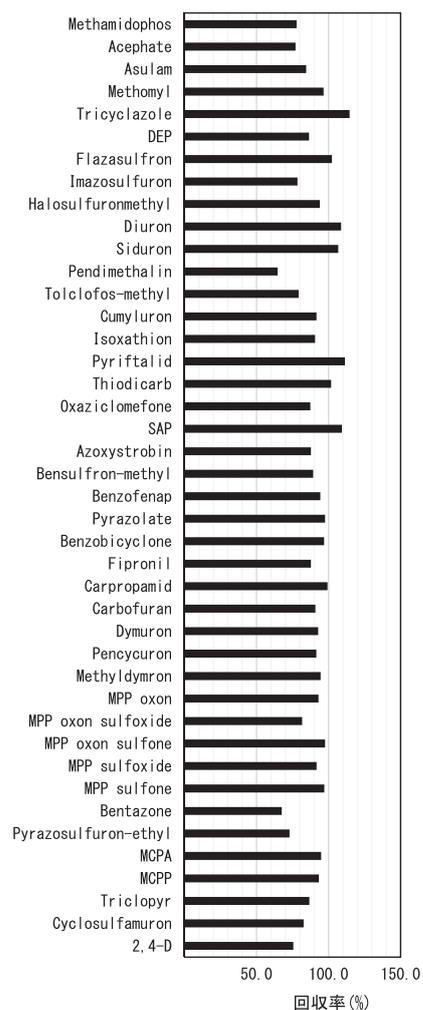


図2-3 吉井川回収率 (添加濃度 100 ng/L)

回収率は概ね70%から120%の範囲であり、農薬類の一斉スクリーニング検査として用いることには問題ないと考えられた。保存性は概ね良好なものの、チオジカルブ、ピラゾレート、ベンゾビシクロン等いくつかの農薬で分解性が高いものが見受けられ、これらの農薬を調査

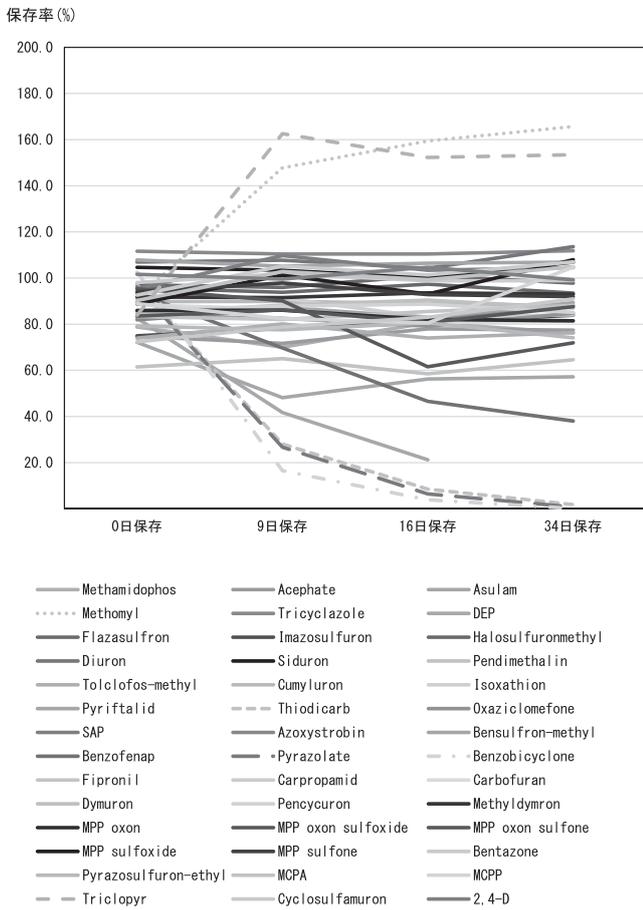


図3-1 高梁川保存性試験の結果 (添加濃度 100 ng/L)

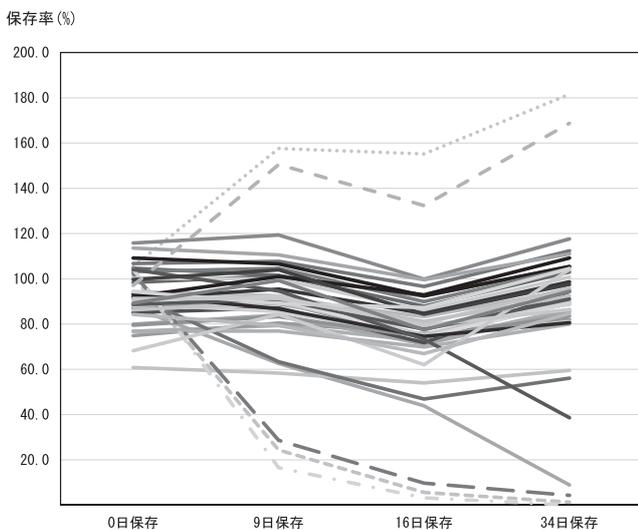


図3-2 旭川保存性試験の結果 (添加濃度 100 ng/L)

する場合は速やかな分析が必要であることが分かった。また、保存期間の経過により、濃度が上昇している農薬も見られるが、これは分解生成物等(例えばチオジカルブが分解してメソミルが生じる)によるものと考えられる。県内三主要河川水いずれの試料でも同様の傾向が見られた。なお、これらを踏まえ、試料は採取翌日までには前処理を実施し、分析を行った。

### 3.3 環境試料の分析結果

#### 3.3.1 河川水中試料から検出された農薬類の濃度

河川水中からは様々な農薬類が検出された。各地点における農薬類の濃度合計値を以下の図4-1~図4-4にそれぞれ示す。すべての地点において、5月から8月頃にかけて、種類・濃度が共に上昇していた。検出濃度が特に高い農薬として、ダイムロンとベンタゾンがあるが、ダイムロンは5月から6月頃に濃度ピークとなっているのに対し、ベンタゾンは6月から8月頃に濃度ピークとなっている。これは、ダイムロンを含む除草剤が、代掻きから田植え時の水田初期に使用される<sup>5)</sup>のに対し、ベンタゾンは育成時期に使用される<sup>6)</sup>ため、このような結果になったと推定される。また、イマズスルフロンやピラゾスルフロンエチルは中間期に主に使用<sup>7), 8)</sup>されている農薬であり、5月から7月にかけての濃度ピークとなっていることとも一致する。このように、河川水中の農薬濃度はそれぞれの農薬の使用時期等の特徴を反映していることが明らかとなった。高梁川では中流と下流で採水を実施したが、濃度に大きな違いは見られなかった。また各河川の濃度合計値を比較すると、高梁川と旭川は概ね同程度であり、吉井川はその3倍程度であった。

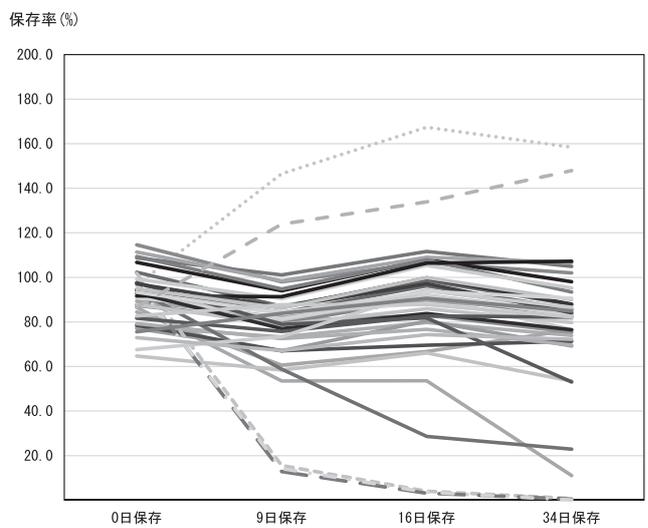


図3-3 吉井川保存性試験の結果 (添加濃度 100 ng/L)

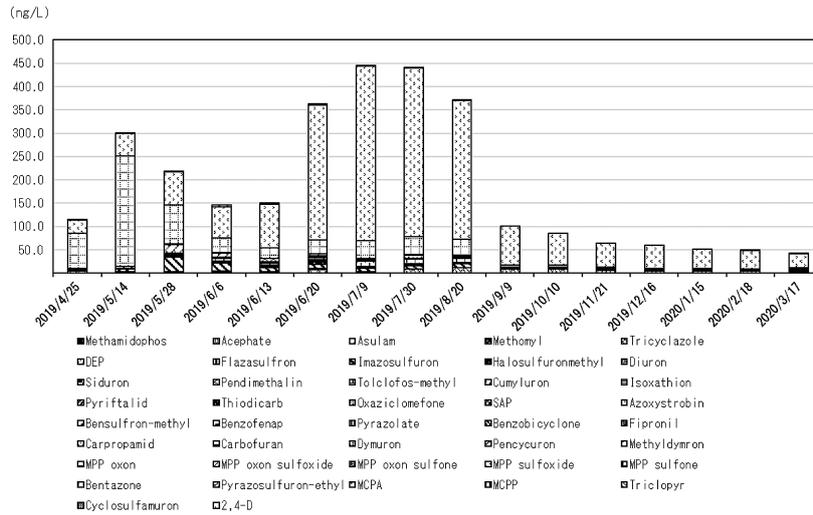


図4-1 農薬濃度の推移（高梁川中流）

（図4-1から図4-4の横軸はサンプリングごととしており、時間軸ではない。）

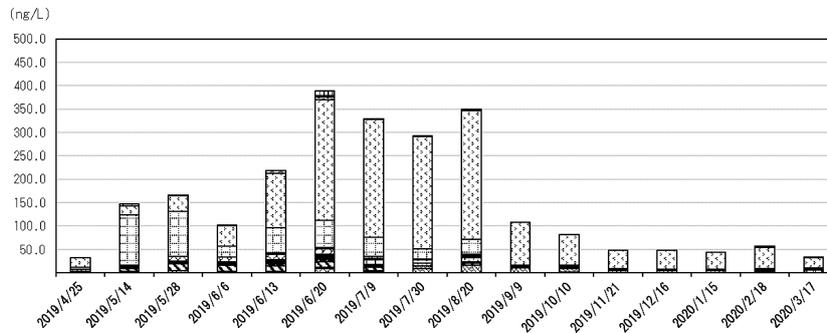


図4-2 農薬濃度の推移（高梁川下流）

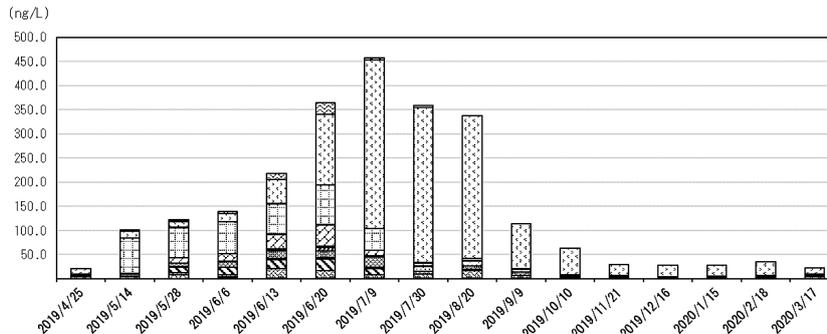


図4-3 農薬濃度の推移（旭川下流）

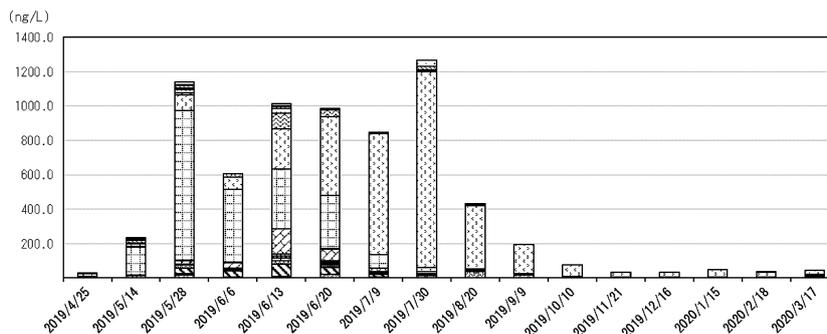


図4-4 農薬濃度の推移（吉井川下流）

### 3.3.2 河川水中試料からの農薬類検出数

河川水中からの農薬類検出数を図5に示す。5月から8月頃に種類のピークを迎え、それ以外の時期でも濃度は低いもののジウロン、アゾキシストロビン等いくつかの農薬が年間を通じて検出された。これらの農薬は、土壌改良剤や殺菌剤として通年で使用<sup>9), 10)</sup>されているため、このような結果になったと考えられる。いずれの河川においても、検出される農薬数は同程度で推移した。

### 3.3.3 河川水中試料から検出された農薬類の毒性評価

検出された農薬類の藻類に対する毒性評価結果を図6に示す。毒性評価は各農薬類の急性毒性値<sup>11)</sup>の1/100を無影響濃度とし、各河川において通年で最高濃度となった農薬濃度を無影響濃度で除した値を積算し、最も厳し

い条件で評価した。この結果、旭川下流と吉井川下流で積算値が1を超過したが、高い吉井川下流でも5程度であり、著しい悪影響を及ぼす状況にはないと考えられた。吉井川が最も高くなったのは、除草剤が使用されている流域水田面積が他の2河川と比較して大きい<sup>12)</sup>ことが一因として推定される。

また、この積算値は無影響濃度が他と比べて非常に低いピラゾスルフロンエチルの寄与が大きく、その他の農薬類の積算値はいずれの河川でも1未満であった。今回の結果から、各河川の農薬濃度は藻類に対し著しい悪影響を与えるレベルではないが、無影響濃度が低い一部の農薬が当該濃度を超過している場合があることが分かった。

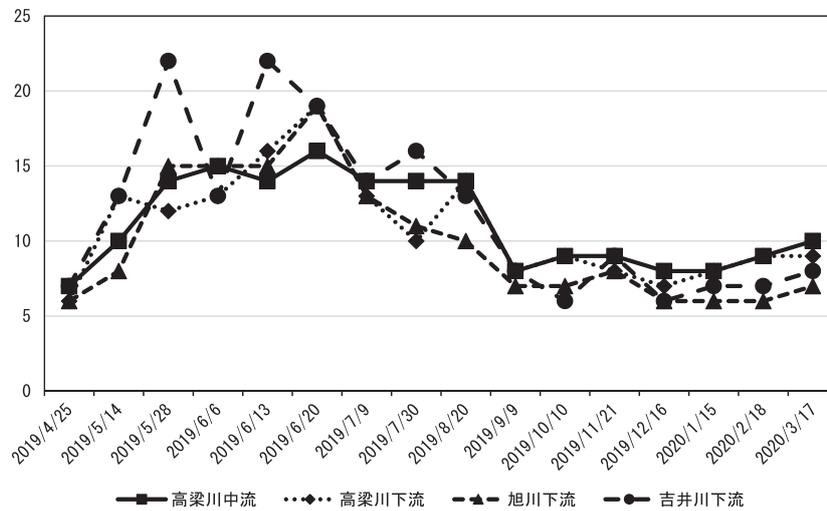


図5 河川水中試料からの農薬類検出数  
(横軸はサンプリングごととしており、時間軸ではない。)

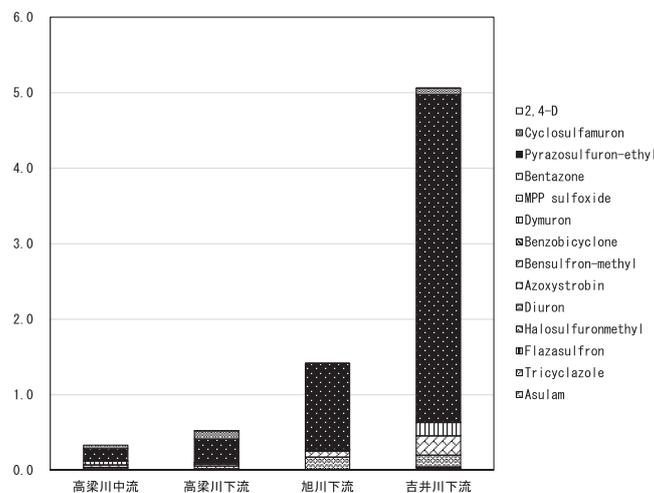


図6 検出された農薬類の毒性評価結果  
(検出農薬の(通年最高濃度 / 無影響濃度)比の積算値)

#### 4 まとめ

県内三主要河川において水質環境試料の農薬類濃度レベルについて実態調査を実施し、次の結果を得た。

- (1) 新たに導入されたAB Sciex製5500QTRAPシステムで、水田除草剤を主とした42種類の農薬類の一斉分析法を検討した。
- (2) 添加回収試験結果は概ね70%から120%の範囲と良好であった。
- (3) 試料中の大部分の農薬で保存性は概ね良好であったものの、いくつかの農薬で分解性が高いものや、分解生成物等により逆に濃度が上昇するものが見られたため、速やかな分析が必要であった。
- (4) 河川水からは様々な農薬類が検出され、5月から8月頃にかけてが、種類も多く濃度が高かった。また、河川水中の農薬濃度はそれぞれの農薬の使用時期等の特徴を反映していた。各河川の濃度合計値を比較すると、高梁川と旭川は概ね同程度であり、吉井川はその3倍程度であった。
- (5) 検出された農薬類の毒性評価を行ったところ、各河川の農薬濃度は著しい悪影響を与えるレベルではないが、無影響濃度が低い一部の農薬の寄与により、無影響濃度を超過している場合があった。

#### 文 献

- 1) 浦山豊弘, 剣持堅志, 藤原博一, 杉山広和, 鷹野洋: 環境中微量有害化学物質の分析, 検索技術の開発に関する研究, 岡山県環境保健センター年報, 29, 55-66, 2005
- 2) 浦山豊弘, 杉山広和, 剣持堅志, 藤原博一, 鷹野洋ら: 環境中超微量有害化学物質の分析, 検索技術の開発に関する研究, 岡山県環境保健センター年報, 30, 57-62, 2006
- 3) 浦山豊弘, 剣持堅志, 吉岡敏行, 藤原博一, 中桐基晴: 環境中微量有害化学物質の分析, 検索技術の開発に関する研究, 岡山県環境保健センター年報, 31, 69-75, 2007
- 4) 吉岡敏行, 剣持堅志, 藤原博一, 中桐基晴, 前田大輔ら: 有害化学物質の環境汚染実態の解明と分析技術の開発に関する研究, 岡山県環境保健センター年報, 33, 65-72, 2009
- 5) クミアイ化学工業株式会社: 製品情報, <https://www.kumiai-chem.co.jp/products/> (2020 May 15 閲覧), 2020
- 6) グリーンジャパン: 農薬情報, <http://www.greenjapan.co.jp/noyak.htm> (2020.5.15 アクセス)

- 7) 石田泰雄, 吉川治利, 太田一成, 熊崎安裏: 除草剤イマズスルフロンの開発, 日本農学学会誌, 21, 247-258, 1996
- 8) 山本 進, 縄巻 勤, 若林 猛, 葛西 豊: 水田用除草剤ピラゾスルフロンエチルの開発, 日本農学学会誌, 21, 259-268, 1996
- 9) OATアグリオ株式会社: 製品情報, <https://www.oat-agrio.co.jp/cgi/psearch/main.cgi> (2020.5.15 アクセス)
- 10) シンジェンタジャパン株式会社: 製品情報, [https://www.cp.syngenta.co.jp/cp/item\\_search/show/](https://www.cp.syngenta.co.jp/cp/item_search/show/) (2020.5.15 アクセス)
- 11) 社団法人日本植物防疫協会: 農薬ハンドブック, 2011年版, 2011
- 12) 国土交通省: 一級水系における流域等の面積, 総人口, 一般資産額等について (流域), <https://www.mlit.go.jp/common/001184133.pdf> (2020.1.11 アクセス)



【資 料】

## 魚のへい死事例の原因究明について

Investigating the cause of fish death cases

山本浩司, 大月史彦, 吉岡敏行

YAMAMOTO Koji, OTSUKI Fumihiko, YOSHIOKA Toshiyuki

### 要 旨

公共用水域等において発生した魚のへい死事例のうち農薬が原因と推定された3事例について報告する。各事例で水質試料と魚試料の農薬を迅速一斉分析法により分析した結果、それぞれの事例において水質試料と魚試料の両方からフェンプロパトリン、ペルメトリン又はエンドスルファンが検出され、それぞれの事例のへい死の原因物質と考えられた。

[キーワード：魚のへい死, 農薬, 迅速一斉分析法, GC-MS]

[Key words : Fish's death, Pesticide, Rapid simultaneous analysis method, GC-MS]

### 1 はじめに

河川や湖沼、海域の公共用水域において魚のへい死等の水質事故が発生した場合、住民や市町村又は管轄する県民局等（以下、「行政機関」という。）から迅速な原因究明が求められている。例年、岡山県が管轄する公共用水域において魚のへい死事例は10～20件程度発生しているが、魚のへい死原因の判明率は約50%程度であり、その中には農薬が原因であることもあった。そのため、当センターでは、平成12年度から水質試料中の約90農薬について迅速一斉分析法の開発を開始し、平成28年度末までに水質試料中294農薬、魚試料中214農薬を検体搬入後24時間以内に分析できる体制を構築して、魚のへい死等の水質事故時に活用している。今回、公共用水域において発生した魚のへい死事例について、当センターで開発した農薬の迅速一斉分析法を活用してその原因として疑われる物質の特定に至った3事例について報告する。

### 2 分析方法

#### 2.1 前処理方法

水質試料は、緊急時における化学物質調査マニュアル<sup>1)</sup>を参考に試料水に塩化ナトリウムを5%添加し、ジクロロメタンを用いて2回振とう抽出後、脱水・濃縮し、内標準物質を0.1 µg添加後、1 mLに定容した。

魚試料は、既報<sup>2)</sup>のとおり、えらの部分又は頭部を細切し、約2 gをジクロロメタン抽出後、アセトニトリル/ヘキサン分配及び連結カラム処理後、内標準物質を0.1 µg添加後、1 mLに定容した。

#### 2.2 GC-MSの測定条件

使用機種：GC：Agilent7890A, MS：JMS-Q1000GC Mk II

使用カラム：DB-5MS+DG（Agilent製, 30 m×0.25 mm, 0.25 µm）

カラム温度：50 °C (2 min) → 20 °C/min → 120 °C (0 min) → 7 °C/min → 310 °C (5 min)

注入方法：スプリットレス 注入口温度：250 °C

キャリアーガス：ヘリウム (1 mL/min)

インターフェース温度：240 °C イオン源温度：210 °C

イオン化電圧：70 eV 検出モード：SCAN(*m/z* 50～500)

質量スペクトル化合物ライブラリ：NIST08

### 3 結果及び考察

#### 3.1 事例1

平成30年10月に河川で大小100尾程度の魚やザリガニ等がへい死した事例が発生した。行政機関が周辺調査を実施し、当センターで水質試料5検体、へい死した魚試料（オイカワ）2検体を検査した。水質試料のpHと溶存酸素量に異常はなかったが、フェンプロパトリンが魚へい死地点の水質試料から0.18 µg/L、魚試料から0.08 µg/g-wet検出された。図1にクロマトグラム、図2にマススペクトルを示す。検出された農薬はGC-MS付属のNIST08で検索したところ、データベースのマススペクトルとほぼ一致した。

フェンプロパトリンは、ピレスロイド系殺虫剤で、魚類や甲殻類に強い毒性を示す魚毒性区分がC類の農薬で

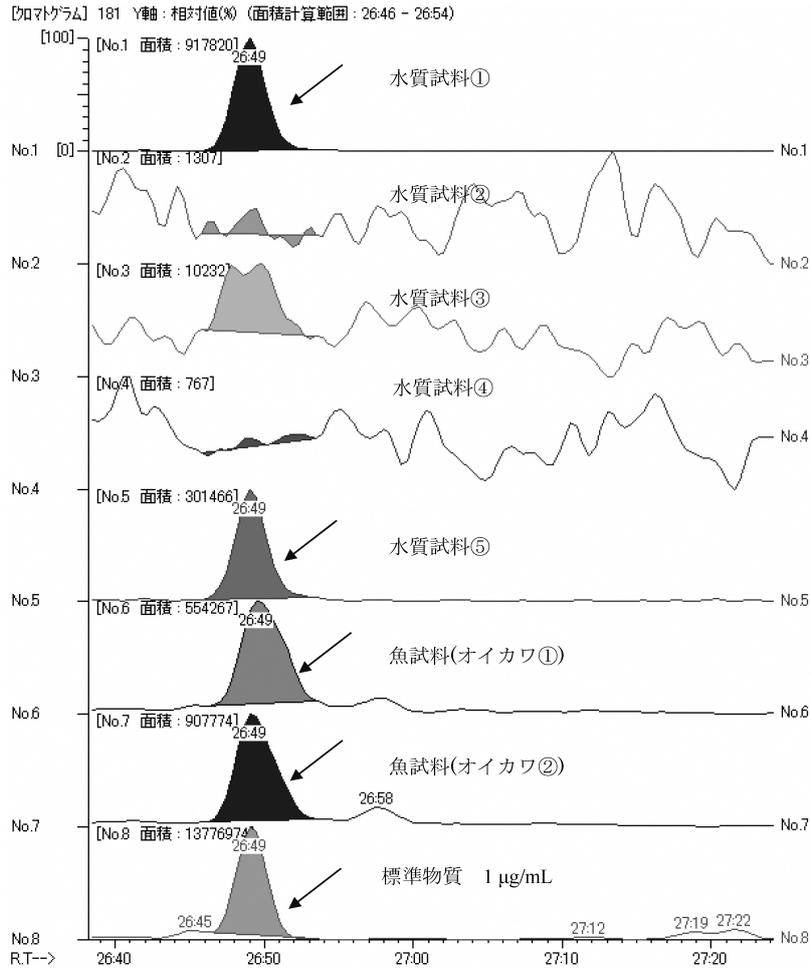


図1 フェンプロパトリンのクロマトグラム ( $m/z = 181$ )

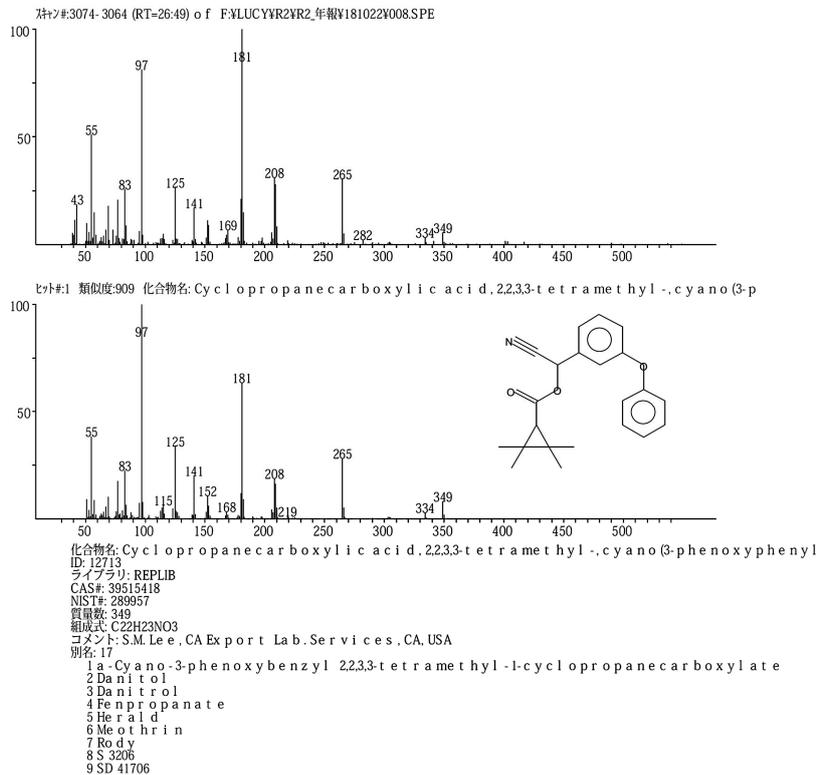


図2 フェンプロパトリンのマススペクトル (上: 水質試料①, 下: データベース)

あり、コイの96時間LC<sub>50</sub>が15 µg/L、ブルーギルの48時間LC<sub>50</sub>が1.95 µg/L、オオミジンコの48時間EC<sub>50</sub>が80 µg/L、緑藻のEbC<sub>50</sub>が>14.1 µg/Lである<sup>3)</sup>。水質試料の検出濃度は、ブルーギルの48時間LC<sub>50</sub>の10分の1未満であったが、へい死した魚試料からも検出されたこと及び試料採取が事例発生の翌日で、原因物質が相当程度流下した可能性があることを考慮すれば、フェンプロパトリンが魚のへい死原因である可能性が高いと考えられた。

### 3.2 事例2

平成30年10月に水路で小魚数百尾とエビ数百匹がへい死した事例が発生した。行政機関が周辺調査を実施し、当センターで水質試料2検体、へい死した魚試料（ムギツク、タナゴ）を検査した。水質試料のpHと溶存酸素量に異常はなかったが、ペルメトリンが水質試料から0.23 µg/L及び1.4 µg/L、魚試料から0.9 µg/g-wet検出された。図3にクロマトグラム、図4にマススペクトルを示す。検出された農薬はGC-MS付属のNIST08で検

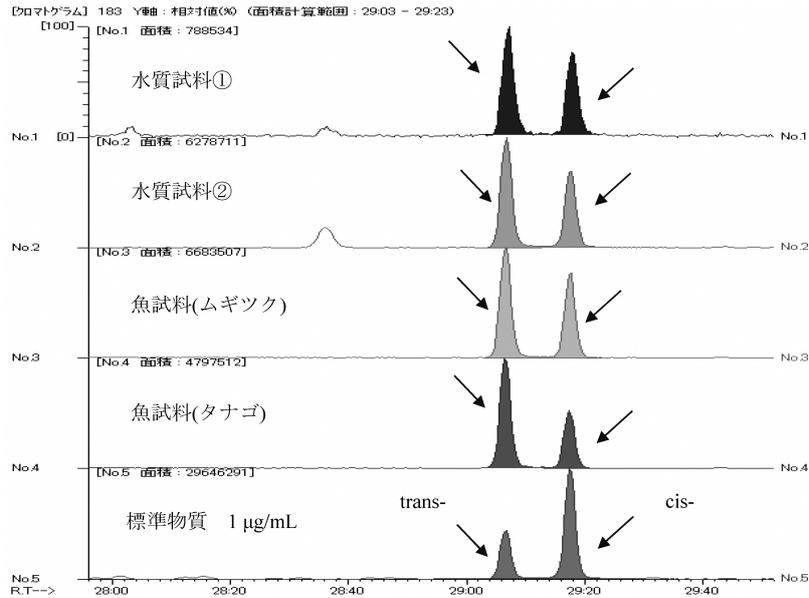


図3 ペルメトリンのクロマトグラム ( $m/z = 183$ )

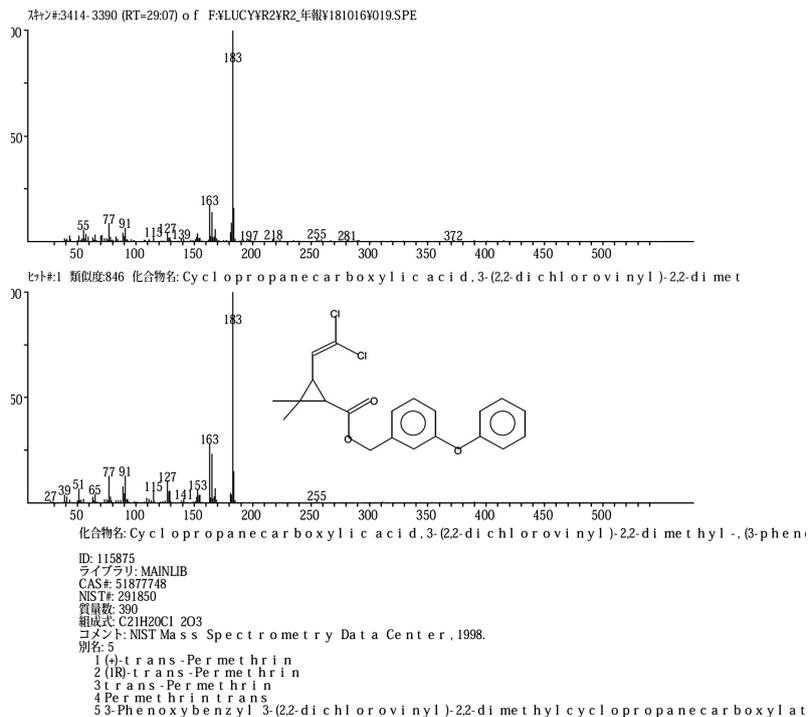


図4 ペルメトリンのマススペクトル (上：水質試料①，下：データベース)

索したところ、データベースのマススペクトルとほぼ一致した。なお、ペルメトリンには、cis-ペルメトリンとtrans-ペルメトリンの異性体があり、濃度は合計値である。

ペルメトリンは、ピレスロイド系の殺虫剤で、水産動物への急性毒性は、コイの96時間LC<sub>50</sub>が240 µg/L、ニジマスの96時間LC<sub>50</sub>が0.69 µg/L、ブルーギルの96時間LC<sub>50</sub>が5.81 µg/L、オオミジンコの48時間EC<sub>50</sub>が2.7 µg/L、緑藻の72時間EbC<sub>50</sub>が540 µg/Lである<sup>3)</sup>。ペルメトリンは、魚類と甲殻類に強い毒性を示す農薬であり、今回検出された水質試料濃度は、魚類と甲殻類の急性毒性値に近い値であったことから、ペルメトリンが魚とエビのへい死原因である可能性が極めて高いと考えられた。

### 3.3 事例3

令和元年8月に用水路で小魚10尾程度がへい死し、用水路から取水しているいけすでも大型のコイ2尾がへい死した事例が発生した。行政機関が周辺調査を実施し、当センターで水質試料3検体、へい死したコイ試料を検査した。水質試料のpHに異常はなかったが、エンドスルファンがいけす水質試料から52.4 µg/L、用水路下水質試料から16 µg/L検出され、いずれもエンドスルファンの魚類急性毒性値7.2 µg/L<sup>4)</sup>を超過していた。また、へい死したコイ試料からもエンドスルファンが1.3 µg/g-wet

検出された。エンドスルファンは、α-エンドスルファンとβ-エンドスルファンの異性体があるが、いずれの異性体も検出され、また、エンドスルファンの代謝成分であるエンドスルファンサルフェートも検出された。したがって、魚のへい死原因がエンドスルファンである可能性が極めて高いと考えられた。図5及び図6にクロマトグラム、図7及び図8にマススペクトルを示す。検出された農薬はGC-MS付属のNIST08で検索したところ、データベースのマススペクトルとほぼ一致した。

エンドスルファンは、POPs条約(残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約)の附属書A(廃絶)に指定され、製造・使用、輸出入が原則禁止されている<sup>5)</sup>。したがって、すでに国内においても農薬の販売及び使用が禁止されている。

また、イソプロチオランが全ての水質試料から0.3~0.4 µg/Lのごく微量の濃度で検出された。イソプロチオランは主に稲のイモチ病の殺菌剤として使用されており、水田に散布されたものが用水路に流出していたものと考えられた。検出された濃度は、イソプロチオランの魚類急性毒性値11.4 mg/L<sup>3)</sup>と比較して非常に低濃度であったため、魚のへい死原因がイソプロチオランである可能性は低いと考えられた。

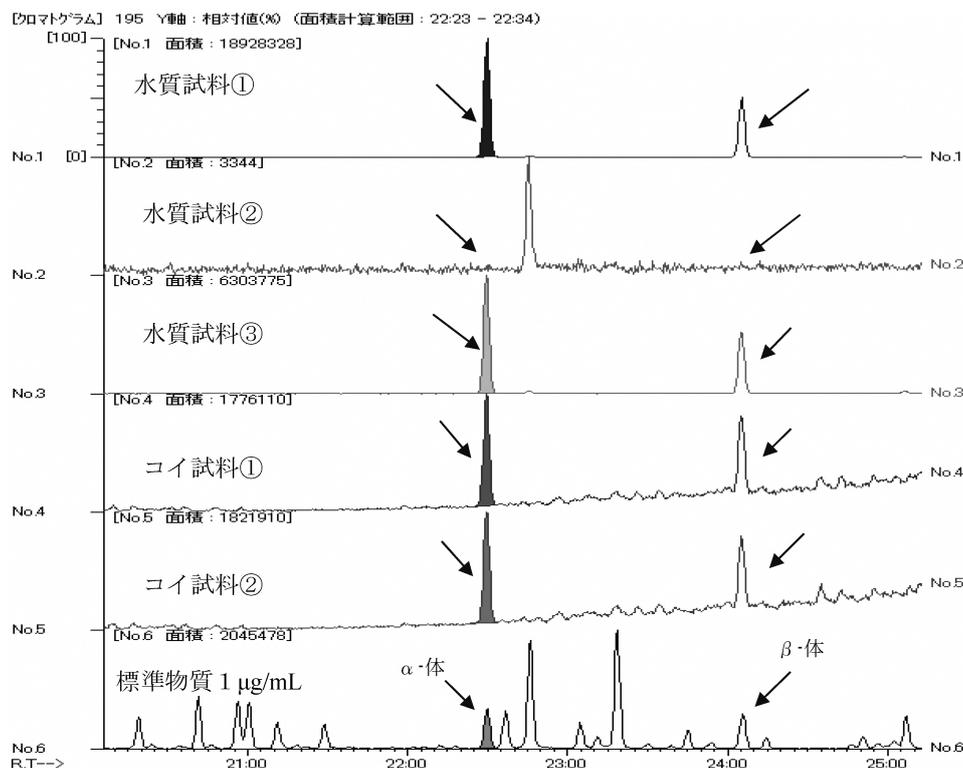


図5 エンドスルファンのクロマトグラム (m/z = 195)

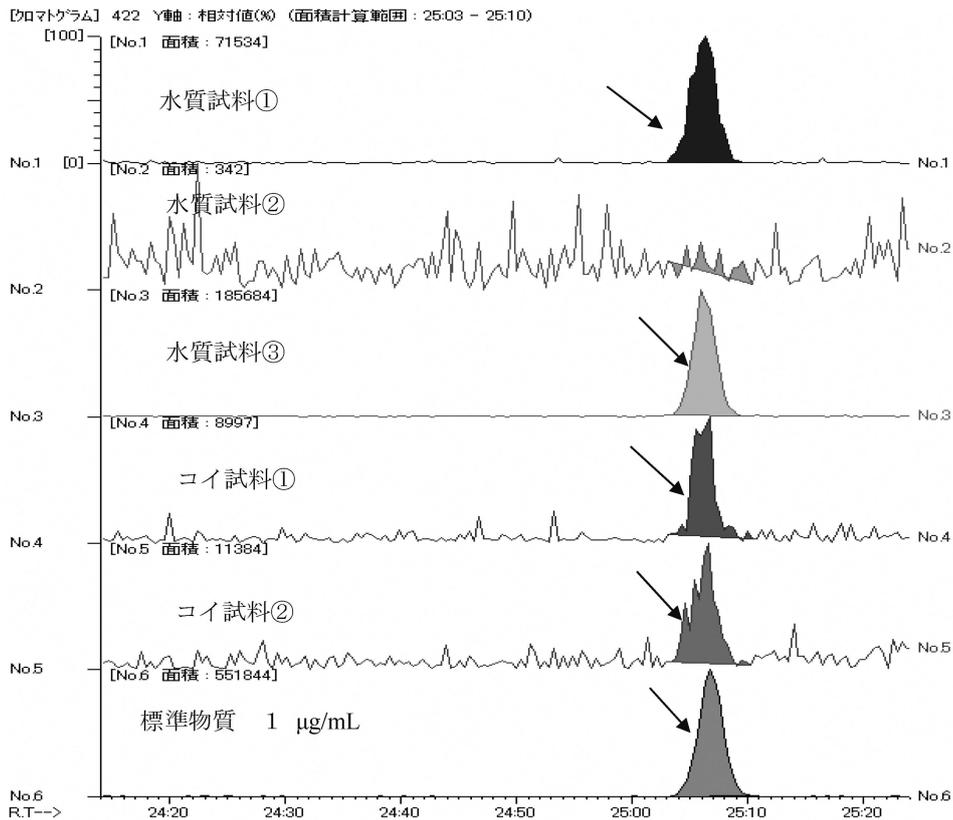


図6 エンドスルファンサルフェートのクロマトグラム ( $m/z = 422$ )

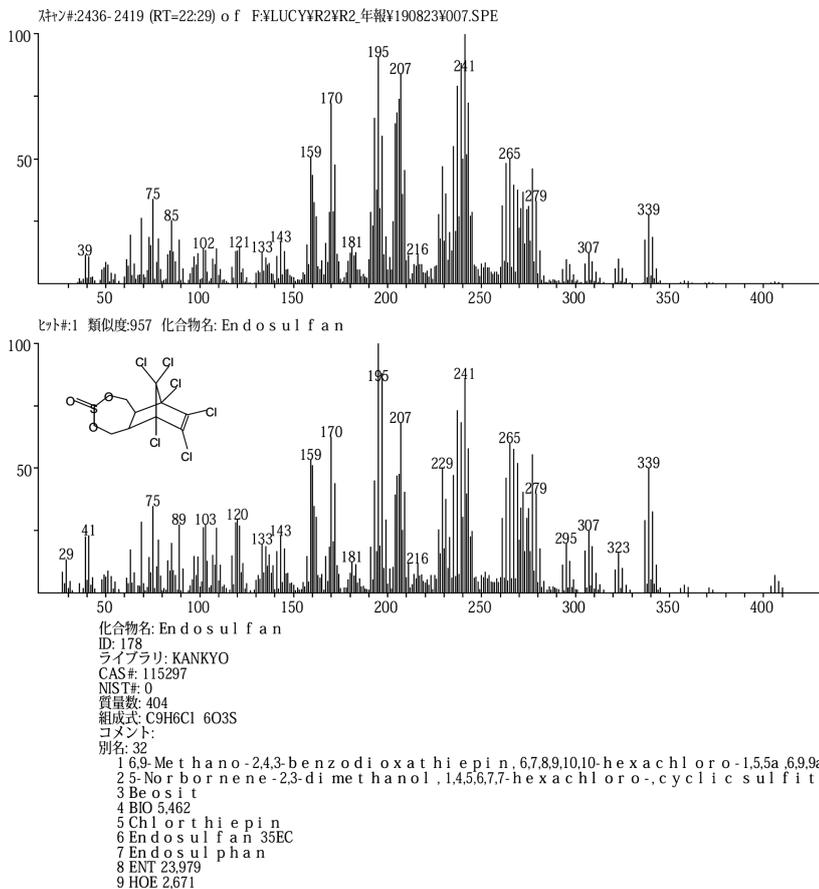


図7 エンドスルフানেরマススペクトル (上: 水質試料①, 下: データベース)

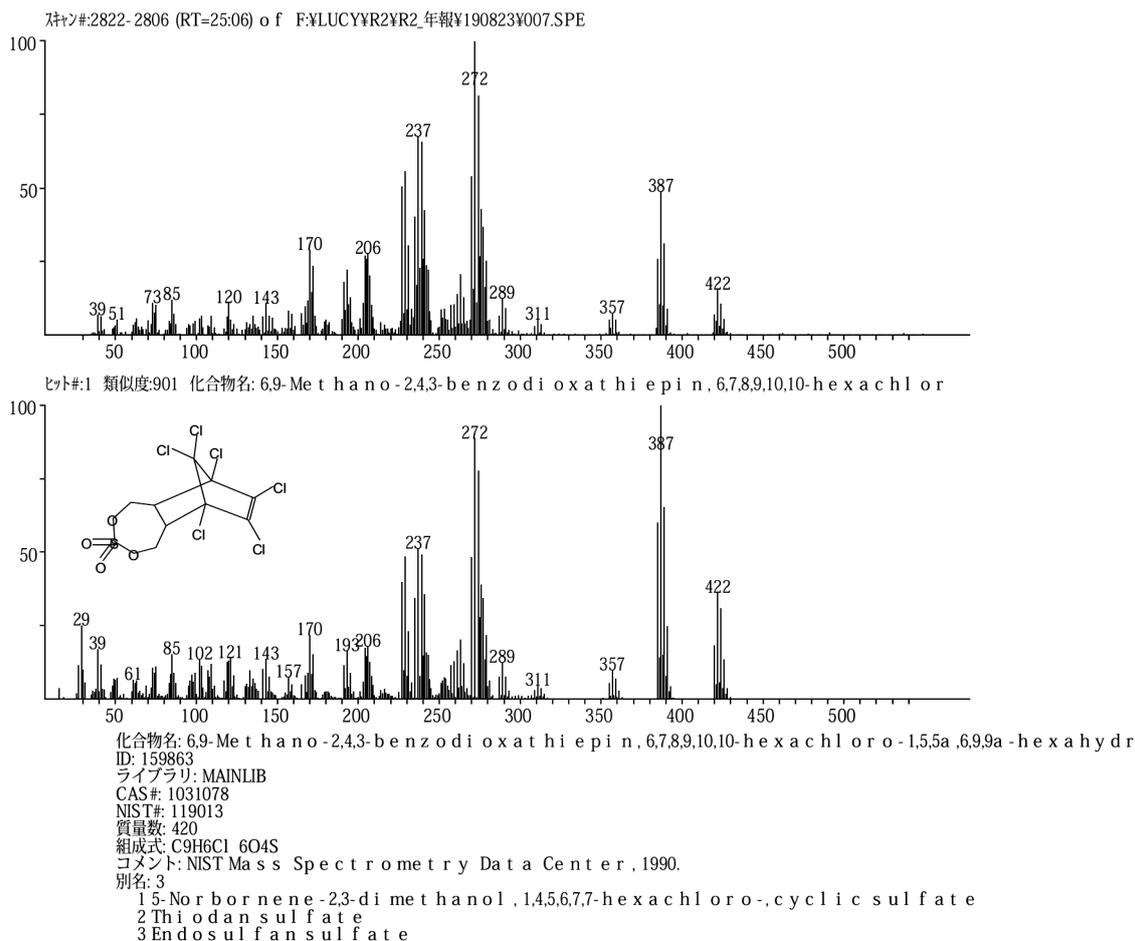


図8 エンドスルファンサルフェートのマススペクトル (上: 水質試料①, 下: データベース)

#### 4 まとめ

魚へい死事例の際に水質試料と魚試料の農薬を迅速一斉分析法により分析した結果、それぞれの事例において水質試料と魚試料の両方からフェンプロパトリン、ペルメトリン又はエンドスルファンが検出され、それぞれの事例のへい死の原因物質と考えられた。

魚のへい死等の水質事故発生時は、環境汚染を最小限に抑え、健康被害を未然に防ぐため、可及的に緊急対応を図ることが必要である。その原因調査において最も重要な点は、迅速な初動調査である。発生から時間が経過すると、原因物質が流下したり、原因物質の濃度が低下したりすることが考えられる。また、へい死した魚が腐敗し、魚に吸着した原因物質の濃度が低下するなど検出が困難になる可能性も考えられる。したがって、今後も、魚のへい死等の水質事故が発生した場合には、関係機関と連携を密にし、早期の試料確保に努めるとともに、農薬の迅速一斉分析法を活用し、適時適切な原因究明に努める。

#### 文 献

- 1) 財団法人日本食品分析センター：緊急時における化学物質調査マニュアル，6-16，1998
- 2) 吉岡敏行，浦山豊弘，山本浩司，肥塚加奈江，難波順子：事故時等緊急時の化学物質の分析技術の開発に関する研究－公共用水域における魚へい死時の農薬一斉分析法の検討－，岡山県環境保健センター年報，41，17-21，2017
- 3) 社団法人日本植物防疫協会：農薬ハンドブック2011年版，41-43，48-49，331-332，2011
- 4) 田中二良：水生生物と農薬－急性毒性資料編，サイエンティスト社，60-61，1995
- 5) 環境省：ストックホルム条約POPs，<https://www.env.go.jp/chemi/pops/treaty.html> (2020.5.20 アクセス)

【資料】

## 湖沼水質の簡易シミュレーション計算プログラムの作成と児島湖水質への適用

Creation of a Simple Simulation Calculation Program for Lakes and  
Application to the Water Quality of Lake Kojima

藤田和男, 藤本佳恵, 林ひかる, 小川知也, 吉岡敏行

FUJITA Kazuo, FUJIMOTO Kae, HAYASHI Hikaru, OGAWA Tomoya,  
YOSHIOKA Toshiyuki

### 要 旨

湖沼水質をシミュレーション計算する簡易なプログラムを作成し、児島湖水質への適用を検討した。本プログラムは市販の表計算ソフト上で動作し、利用者が容易に流入水質など変数を入力操作でき、様々なケースを試算、分析することができる。シミュレーションモデルの構成要素を藻類、溶存態成分、懸濁態成分及び底泥とし、児島湖水質のシミュレーション計算の正確度をMAE（平均絶対誤差）及びMAPE（平均絶対誤差率）により評価したところ、CODが0.26 mg/Lで3.6 %、全窒素が0.11 mg/Lで10 %、全りんが0.011 mg/Lで5.8 %であり、誤差は小さく、水質の再現性は良好であった。

[キーワード：COD, 窒素, りん, シミュレーション計算]

[Key words : COD, Nitrogen, Phosphorus, Simulation Calculation]

### 1 はじめに

湖沼水質の現状分析と将来予測のためにはシミュレーション計算が有効とされるが、特殊な数値計算プログラム等により構築されていることが多く、シミュレーション計算の知識を有する経験者でないと扱い難いという問題がある。水質の再現性を確保した上で、各汚濁要因が水質に影響する度合いについて把握することが可能であり、かつ、作成者以外の第三者が容易に操作できるシミュレーションプログラムの開発が期待されていた。

筆者らは、これまでに児島湖の水質を再現するプログラムを作成し報告してきた<sup>1-3)</sup>が、プログラムを専門の数値計算ソフト（フランス国立情報学自動制御研究所INRIA製、以下「Scilab」という。）上で動作させる必要があり、第三者が扱いにくいものであった。そこで今回、従来のものよりも使い易く、マイクロソフト社製エクセル2016 ©（以下「表計算ソフト」という）上で動作する、新たな簡易シミュレーション計算プログラムを作成することとした。作成に当たり、(1) 実測値と試算値の比較が容易にできるグラフの表示機能がある、(2) 利用者が流入水の水質など各変数を容易に変更でき、速やかに試算結果に反映できる、(3) プログラム独自の関数を使わず四則演算と三角関数を用いて計算する、などの機能面の改善を目指した。本プログラムにより児島湖水質の再

現を試みた結果、湖内水質の変動を季節変化も含めて誤差の少ない計算結果が得られたので、このプログラムの特徴やシミュレーション計算結果等を報告する。

### 2 材料及び方法

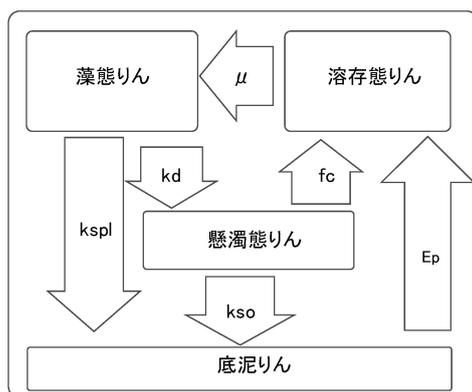
#### 2.1 プログラムの作成

シミュレーション計算する水質項目は、COD、全窒素及び全りんである。

まず、表1に示す定数値や変数に初期値を与えると行列に従って時々刻々と変化する様子を計算する基本的なプログラムを表計算ソフト上で作成した。また、これを、構成要素は藻類、溶存態成分、懸濁態成分及び底泥の4種類とする湖沼生態系シミュレーションモデル(以下「生態系モデル」という。)のシミュレーション計算に適用した。図1に、栄養塩をりんのみとし、外部からの流入水がないと仮定した簡易なモデルの試算結果を示す。りんを藻類が吸収して、増殖、死滅、分解、底泥への沈降、底泥からりんの溶出が起こる生態系モデルを想定し、生態系モデル中の4個の要素（溶存態りん、藻態りん、底泥りん、懸濁態りん）を、4行4列の行列を計算するプログラムに当てはめた。

生態系モデルと計算手順のフロー図を図1(a)に示す。初期値（溶存態りん、藻態りん、底泥りん、懸濁態りん）

(a) 簡易モデルと計算手順



① 上記のモデル中の各要素の変化速度は、以下の行列の式の左辺第1項に初期値をかけることで計算される。

$$\begin{pmatrix} 0 & -\mu & Ep & fc \\ 0 & \mu - k_{sp} - k_d & 0 & 0 \\ 0 & k_{sp} & -Ep & k_{so} \\ 0 & k_d & 0 & -k_{so} - f_c \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \text{溶存態りん} \\ \text{藻態りん} \\ \text{底泥りん} \\ \text{懸濁態りん} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{溶存態りん変化速度} \\ \text{藻態りん変化速度} \\ \text{底泥りん変化速度} \\ \text{懸濁態りん変化速度} \end{pmatrix}$$

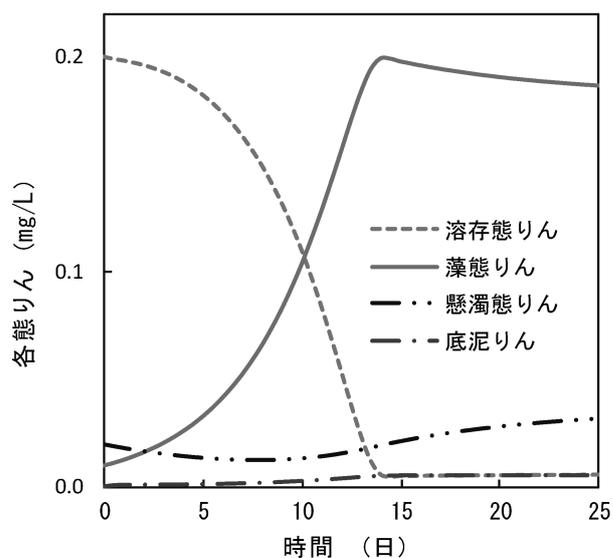
$\mu$  は  $\mu_{max} \cdot P / (K_p + P)$ ,  $P$ は溶存態りんとする。

② 変化速度に時間（1日）を掛けて1日当たりの変化量を求める。

③ 初期値に変化量を加えて1日後の値を求める。これを新たな初期値とする。

①～③の計算を繰り返す。

(b) 計算結果



計算条件		
初期値		
溶存態りん	(mg/L)	0.2
藻態りん	(mg/L)	0.01
底泥りん	(mg/L)	0
懸濁態りん	(mg/L)	0.02
定数値		
$\mu_{max}$	(1/day)	0.35
$k_p$	(mg/L)	0.02
$k_d$	(1/day)	0.02
$k_{sp}$	(1/day)	0.06
$k_{so}$	(1/day)	0.08
$f_c$	(1/day)	0.02
$E_p$	(1/day)	2.5

図1 簡易なモデル, 計算式及び試算結果

を与えると、各値の変化速度は行列の数式（図1 (a) ①）で計算され、これに時間（例えば1日）を掛けて変化量が求められる（図1 (a) ②）。この変化量を初期値に加えて1日後の値を求める（図1 (a) ③）。これを新たな初期値として同様の計算を繰り返し、各値（溶存態りん、藻態りん、底泥りん、懸濁態りん）の時々刻々の変化を試算する。

次に、シミュレーション計算を行うために、気温、日射量、平均滞留時間、水深、流入水の水質（COD、全窒素及び全りん。以下同じ。）及び水量の変化を表す数式等を書き加えた。このうち気温は藻類の増殖速度と死滅速度、底泥からの栄養塩の溶出速度に影響し、日射量は藻類の増殖に影響する。水深により水域の単位面積当たりの容積が決定され、底泥から溶出した栄養塩による水質への影響が計算される。また流入水により湖水の一

部が入れ替わるが、これによる水質への影響を流入水の水質と平均滞留時間から計算する。

設定項目は、表1に示す各定数（藻類の増殖や死滅に関する7定数、藻類や懸濁態成分の沈降に関する2定数、懸濁態成分の分解や無機態窒素の脱窒に関する2定数、底泥からの溶出に関する6定数）と変数（気温、日射量、平均滞留時間、水深及び流入河川水質）である。任意の数値を入力すると湖内の水質の変化が計算され、グラフが表示される。

生態系モデル中の構成要素は、図1と同様に藻類、溶存態成分、懸濁態成分及び底泥の4種類であり、図2に水中のCOD、全窒素及び全りんについてこれらの構成要素の関連等を示す。計算に伴う離散化誤差を低減するために4次のルンゲ・クッタ法<sup>4)</sup>を適用した。

表1 定数及び変数

(定数)

記号	項目名	設定値	参考値	
			文献 5)	文献 3)
(藻類の増殖や死滅に関する7定数)				
$\mu$ max	最大比増殖速度	0.35	0.35	0.35
kn	窒素飽和定数	0.3	0.3	0.014
kp	リン飽和定数	0.02	0.02	0.003
Ki	日射量飽和定数	100	100	100
Ts	増殖に最適な水温	15	12	15
kd	藻類死滅速度	0.02	0.02	0~0.24
$\theta$ d	死滅に係る温度係数	1.01	-	-
(藻類や懸濁態成分の沈降に関する2定数)				
kspl	藻類の沈降速度	0.06	0.01	0.06
kso	懸濁物の沈降速度	0.08	0.08	0.08
(懸濁態成分の分解や無機態窒素の脱窒に関する2定数)				
fc	懸濁態成分分解速度	0.02	0.02	0.02
KD	脱窒速度係数	0.08	0.08	0.045
(底泥からの溶出に関する6定数)				
Ec	COD溶出速度係数	70	-	-
$\theta$ c	COD溶出に係る温度補正係数	1.05	-	1.00
En	窒素溶出速度係数	82	-	-
$\theta$ n	窒素溶出に係る温度補正係数	1.03	-	1.03
Ep	りん溶出速度係数	2.5	-	-
$\theta$ p	りん溶出に係る温度補正係数	1.003	-	1.12

(変数)

気温

日射量

平均滞留時間

水深

流入河川の水質と水量

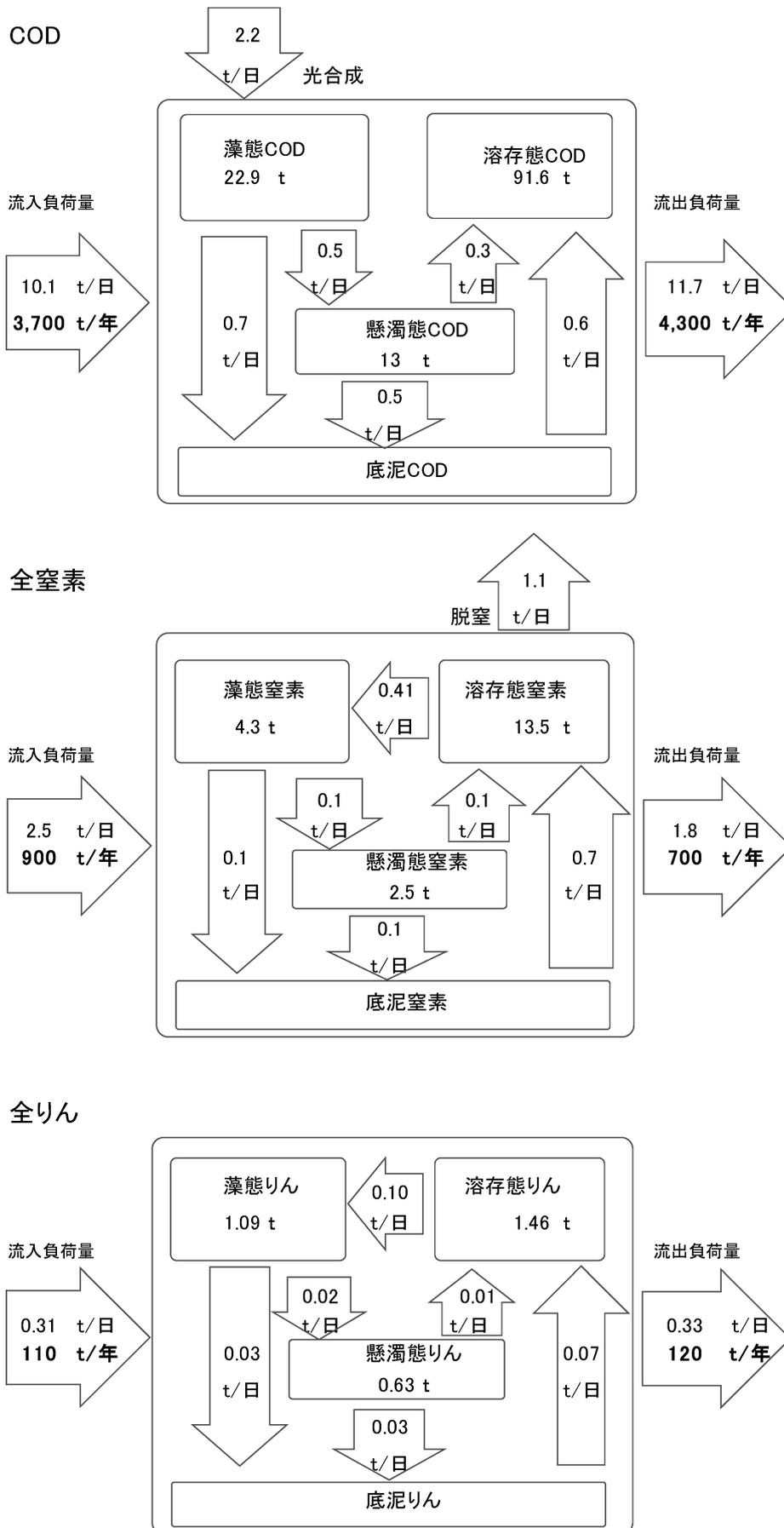


図2 生態系モデル及び物質収支

## 2.2 児島湖水質への適用

上述で作成したプログラムで、児島湖水質を現況再現するために、各定数と変数を以下のように設定した。

式中の各定数は、概ね文献値<sup>5), 6)</sup>を参考に表1のとおり設定した。底泥からの溶出速度に関する定数の一部で上記文献に示されていないものは、これまで行った溶出に関する調査<sup>7)</sup>を参考とした。また、底泥からの溶出速度に関する定数は、児島湖から流出する負荷量の試算に大きく影響する一方、この負荷量は実測値から推算されることから、物質収支の試算値が実測値とほぼ等しくなるように、溶出速度に関する定数値を設定した。例えば、表1に示す定数を用いる場合、COD溶出速度係数 $E_c$ の値が1増加すると、年間のCOD溶出量は3.0 t/年増加する。一方、CODの流出負荷量はCODの実測値と流量推計値<sup>4)</sup>から4,300 t/年(図2)と推計されており、推計値と試算結果が同値となるように $E_c$ を設定した。窒素とりんの溶出速度係数( $E_n$ と $E_p$ )も同様に設定した。これによりCOD、全窒素及び全りんの試算値の年平均値は実測値とほぼ同じ値となるが、月毎の増減のパターンはその他の定数値等にも依存するので、試算値と実測値の季節変化の形状は必ずしも同様となるとは限らないことに留意する必要がある。

気温、日射量、平均滞留時間、水深及び流入河川水質は、年度毎に似た増減を繰り返す傾向が見られることから、既報<sup>1), 9)</sup>と同様に年間の変動の様子を周期的なパターンの解析に用いられる次のフーリエ級数<sup>10)</sup>により近似した。

$$Y = a_0 + (c_1 + c_2 i) e^{ni\theta}$$

ここでYは気温、日射量、平均滞留時間、水深又は流入河川水質(COD、全窒素又は全りん)、 $a_0$ 、 $c_1$ 及び $c_2$ :係数、 $n$ :次数、 $i$ :虚数単位、 $\theta: 2\pi t$ で $t$ は時間(year)である。平均水深は、かんがい期2.1 m、非かんがい期1.8 m<sup>8)</sup>となるように近似した。水質(COD、全窒素又は全りん)の数式を図3中に示す。

シミュレーション計算の再現性は、MAE (Mean Absolute Error, 平均絶対誤差) 及びMAPE (Mean Absolute Percentage Error, 平均絶対誤差率)<sup>11)</sup>で評価した。MAEは誤差(個々の実測値と試算値の差)の平均値で、以下の式で計算され、この値が小さいほど試算値の再現性が高いと評価される。

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |C_i - M_i|$$

ここで $C_i$ : 試算値 (mg/L),  $M_i$ : 実測値 (mg/L),

$n$ : データ数である。

また、MAPEは誤差の大きさを、実測値に対する比率(%)で表し、以下の式で計算され、この値が小さい程、試算値の誤差の割合が小さいことを表す。

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{C_i - M_i}{M_i} \right|$$

## 3 結果及び考察

### 3.1 プログラム

本プログラムでは、表1の定数値一覧が表示され、これに基づいた物質収支、シミュレーション計算結果のグラフ(図2及び図3)が表示されるものとした。

表1の定数値を任意の値に書き換えると、これに応じて再計算され、図2中の物質収支の値や、図3中の水質シミュレーション計算のプロットが変化し、流入水の水質等の数式を任意の比率で増減させた場合も同様に再計算され、視覚的に容易に計算結果が理解できるものであった。

### 3.2 児島湖の水質試算結果

主な流入河川である笹ヶ瀬川と倉敷川の10年間(平成20~29年度)の水質の実測値と本プログラムにより求めた近似値の例を図3に示す。これらの変数を用いて児島湖の実測値の10年間の平均値を試算したところ、CODが7.2 mg/L、全窒素が1.2 mg/L、全りんが0.18 mg/Lであった。

COD、全窒素及び全りんの各試算(10年間の年度毎の平均値、 $n=10$ )の実測値からの誤差は、MAEで見るとCODが0.26 mg/L、全窒素が0.11 mg/L、全りんが0.011 mg/Lであった。誤差率をMAPEで評価したところ、CODが3.6%、全窒素が10%、全りんが5.8%で、誤差の小さい計算結果が得られた。同時期(平成20~29年度)の他の文献値<sup>4)</sup>(シミュレーション計算結果)についてMAEを計算すると、CODが0.34 mg/L、全窒素が0.070 mg/L、全りんが0.018 mg/Lで、MAPEはCODが4.7%、全窒素が6.5%、全りんが9.6%で、試算値は文献値とほぼ同等の値であった。

Scilabにより、今回とほぼ同じ条件で試算したところ、両プログラム間の10年間分の試算値( $n=3652$ )のMAPEはCODが0.3%、全窒素が1.6%、全りんが0.9%で、両試算値はほとんど同じ値を示し、季節変動のパターンに差はなく、2つのプログラムでは再現性の優劣は見られなかった。

更に本プログラムは、流入水の水質が変化した場合の、湖内の水質の変化を試算が可能であり、流入水の水質が変化した場合の湖内水質の変化の試算例を図4に示す。図中の実線（試算値1）は流入水の水質に変化がない場合、破線（試算値2）は主な流入河川である笹ヶ瀬川と倉敷川の全窒素と全りん濃度が50%低下した場合を表す。全りんの10年間の平均値は、試算値1で0.18 mg/Lに対し試算値2では0.13 mg/Lで、30%ほどの低下にとどまっているが、その主な理由は夏期の底泥からの溶

出の影響が大きいことと考えられる。全窒素についても同様に、試算値2では溶出の影響が大きく、20%ほどの低下にとどまっている。CODの10年間の年平均値は、試算値1で7.2 mg/Lに対し試算値2では6.7 mg/Lで、低下は10%程度と低かった。その理由は、全窒素及び全りんの低下により藻類の増殖は約40%低減するが、藻類や藻類由来の懸濁態CODのCOD全体に占める割合は20%程度であるため、COD全体への影響が小さくなったと考えられる。

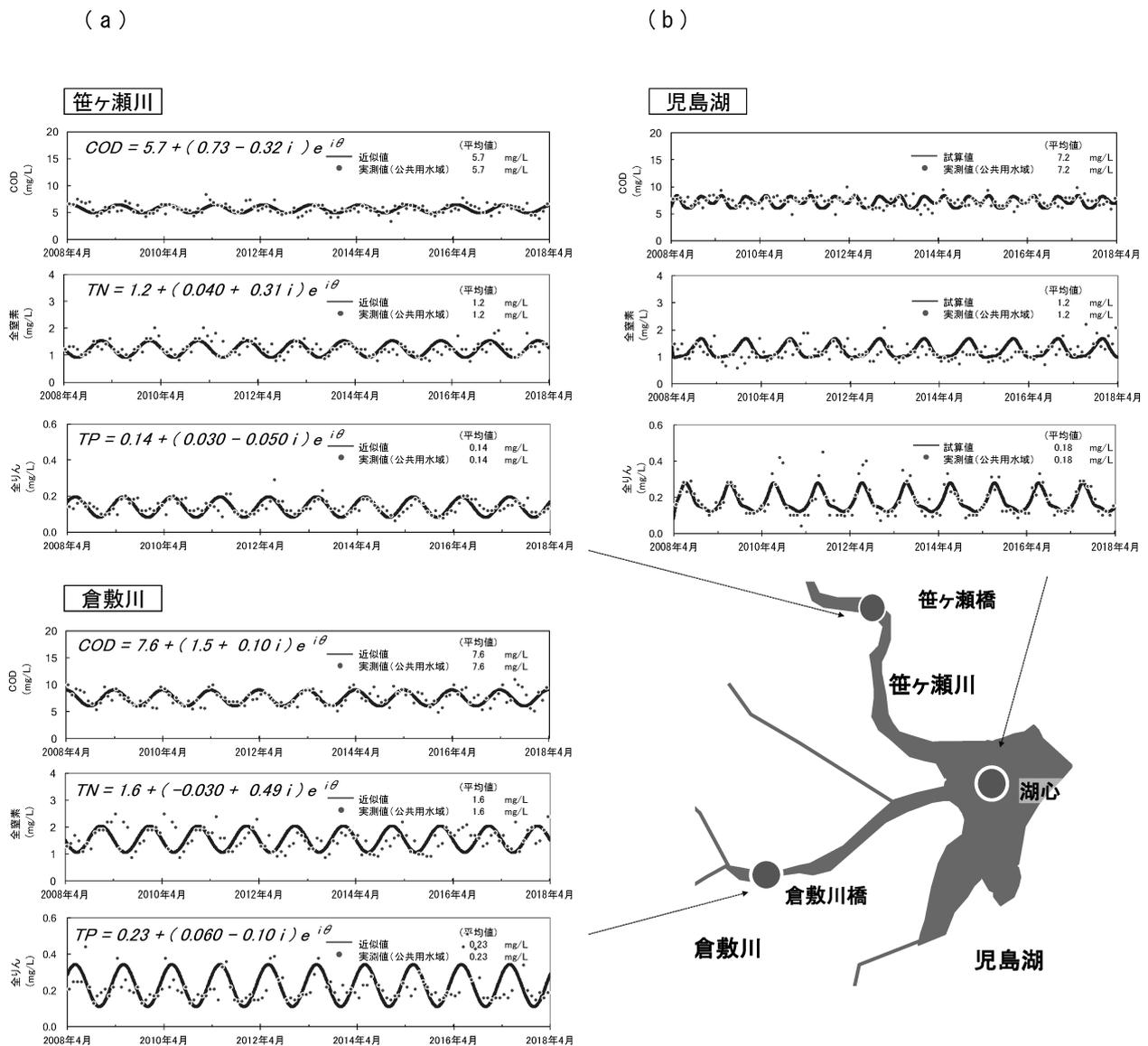


図3 流入河川水の水質（近似値）及び児島湖の水質（試算値）

(a) 笹ヶ瀬川と倉敷川 ●：実測値，－：近似値（図中の数式：近似式）

(b) 児島湖 ●：実測値，－：試算値

※（平均値）は10年間の平均値を示す。

生態系モデルの構成要素について、一般に栄養塩と藻類は必ず必要であるが、動物プランクトン、懸濁態成分、溶存態成分は湖沼の生態系での位置付けやモデルの簡便化等の観点から考慮される場合とされない場合がある<sup>12)</sup>。

今回の生態系モデルで構成要素に動物プランクトンを含めていない理由は、動物プランクトンは、汚濁の進んだ湖沼では水質への寄与が小さいこと<sup>13)</sup>、また過去の児島湖の報告<sup>4), 6)</sup>においても動物プランクトンを含めていないことと整合をとったものである。

しかし、本プログラムを他の湖沼や水域に適用するときに、動物プランクトンによる水質への影響が大きいと予想される場合や、動物プランクトン以上の高次生産者の解析を行う場合には、生態系モデルの構成要素を追加する必要があるものと考えられる。

本プログラムは、Scilabと同等のシミュレーション計算が可能な上、流入水の水質が変化した場合の試算にも対応できる。また、専用のプログラムソフトに依存する関数を使わず計算しているため、この計算手順を他のプ

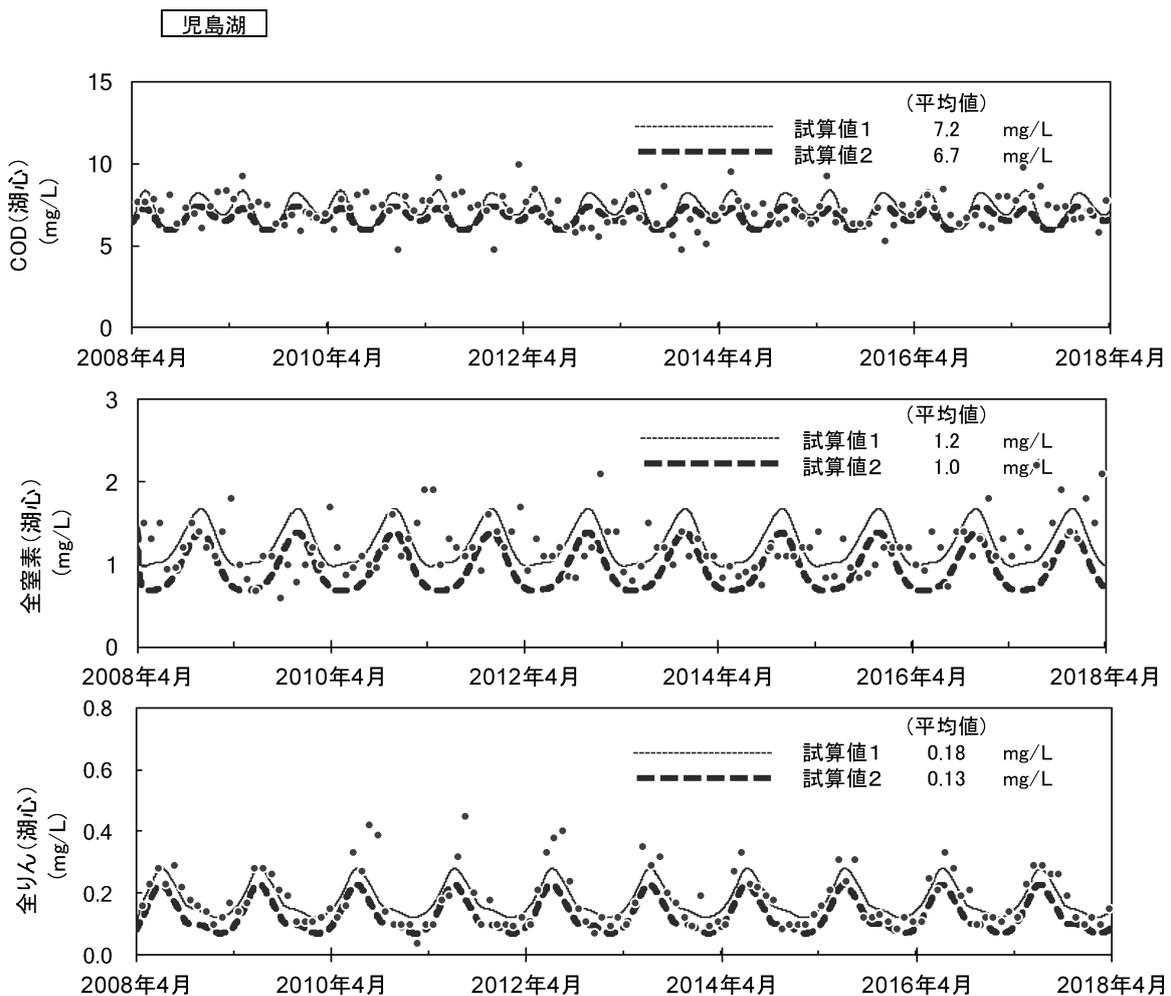


図4 シミュレーション計算例

- : 試算値1 (図3と同じ入力条件),
- : 試算値2 (流入河川の全窒素と全りん濃度を50%に低減した場合)
- : 実測値

※ (平均値) は10年間の平均値を示す。

プログラムソフトの書式に書き換えることにより、表計算ソフト以外のプログラムソフト上でも動作可能である。このことから、湖沼水質の評価に有用なツールとなるものと考えられる。更なる有効な活用について検討していくこととしている。

#### 4 まとめ

表計算ソフトを用いて湖沼水質のシミュレーション計算を行う簡易なプログラムを作成し、MAEとMAPEで評価した。生態系モデルの構成要素は、藻類、溶存態成分、懸濁態成分及び底泥とした。また、定数は、藻類の増殖や死滅に関する7定数、藻類や懸濁態成分の沈降に関する2定数、懸濁態成分の分解や無機態窒素の脱窒に関する2定数、底泥からの溶出に関する6定数とし、変数である気温、日射量、平均滞留時間、水深及び流入河川水質は、フーリエ級数により近似した。過去10年間(平成20~29年度)の児島湖水質のシミュレーション計算を評価したところ、MAEはCOD 0.26 mg/L、全窒素 0.11 mg/L、全りん 0.011 mg/L、MAPEは、COD 3.6 %、全窒素10 %、全りん5.8 %であり、本プログラムで誤差の小さい計算結果が得られた。

#### 文 献

- 1) 藤田和男, 難波あゆみ, 河野裕明, 山本 淳: 児島湖流域の水質シミュレーション計算(2), 岡山県環境保健センター年報, 37, 51-60, 2013
- 2) 藤田和男, 小川知也, 吉岡敏行, 児島湖流域の水質シミュレーション計算モデルについての考察, 第54回日本水環境学会年会講演集, 2020
- 3) 藤田和男, 難波 勉, 難波あゆみ, 鷹野 洋, 板谷 勉: 児島湖流域の水質シミュレーション計算, 岡山県環境保健センター年報, 36, 25-34, 2012
- 4) 川上一郎: 数値計算, 156, 岩波書店, 東京, 1989
- 5) 岡山県: 平成30年度指定湖沼汚濁負荷量削減状況調査報告書, 2019
- 6) 岡山県: 平成18年度指定湖沼汚濁負荷量削減状況調査報告書, 2007
- 7) 藤田和男, 難波あゆみ, 河野裕明, 中野拓也, 山本 淳: 児島湖及び流入河川底泥からのリンの溶出速度について, 岡山県環境保健センター年報, 38, 15-27, 2014
- 8) 岡山県: 児島湖ハンドブック, 2020
- 9) 藤田和男, 小川知也, 吉岡敏行: 児島湖流入河川の水質についての一考察 —水質データのモデル化と

汚濁負荷量の検討—, 全国環境研会誌, 44(2), 49-54, 2019

- 10) 櫻井鉄也: MATLAB/Scilabで理解する数値計算, 東京大学出版会, 東京, 2003
- 11) 西村宗倫, 川崎将生, 斎藤泰久, 橋本健志: 水循環解析におけるモデルの設定および再現性の検証事例の報告 -福井県大野盆地における事例-, 地下水学会誌, 59, (2), 125-158, 2017
- 12) 岩佐義朗: 湖沼工学, 305, 山海堂, 東京, 1990
- 13) 杓掛洋志: 湖沼における水質シミュレーションモデルの役割, i-net, 11, 2005

【資 料】

人形峠周辺の環境放射線等測定に係る補完調査－野菜・精米－（第2報）

Complement Survey of Environmental Radiation Level around Ningyotoge  
-Vegetables and Polished rice - (2nd Report)

中野拓也, 蜂谷博郎, 加藤大貴, 小川 登, 信森達也  
NAKANO Takuya, HACHIYA Hiroo, KATO Daiki, OGAWA Noboru,  
NOBUMORI Tatsuya

要 旨

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構人形峠環境技術センター周辺の環境放射線等測定結果を評価する上で参考となるデータの蓄積を目的として、平成30～令和2年度の3年間、県内で栽培された野菜（ホウレン草及びハクサイ）並びに精米を購入し、放射性核種（ウラン238、ラジウム226）及びふっ素濃度を調査する。令和元年度の調査では、ホウレン草のウラン238は人形峠周辺における監視測定結果の下限レベルと同程度であり、他の全ての試料のウラン238、ラジウム226及びふっ素濃度は人形峠周辺における監視測定結果と同程度であった。

[キーワード：環境放射能, ウラン238, ラジウム226, ふっ素]

[Key words : Environmental Radiation, U-238, Ra-226, Fluorine]

1 はじめに

岡山県では、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構人形峠環境技術センター（以下「人形峠センター」という。）周辺において環境放射線等の監視測定（以下「監視測定」という。）を昭和54年度から継続して行っている。監視測定対象項目である野菜や精米に含まれる放射性核種（ウラン238（以下「U-238」という。）、ラジウム226（以下「Ra-226」という。）及びふっ素濃度のデータは、人形峠センター周辺においては従来からの監視測定により十分な量のデータ蓄積があるが、他地域のデータ等については報告が少ない。

そこで、人形峠センター周辺における監視測定の結果を評価する上で参考となるデータを蓄積することを目的として、監視測定の対象としている野菜（ホウレン草及

びハクサイ）並びに精米に係る岡山県内の環境放射線等の濃度レベルの調査を実施したので、その結果を報告する。

2 材料と方法

2.1 試料入手方法、調査時期及び検体数

試料入手に当たっては、既報<sup>1)</sup>と同様に県内全域を対象とし、栽培地域が特定可能な農業協同組合直売所等から地域の偏りがないよう購入した。また、調査時期及び検体数については、上半期にホウレン草を7検体、下半期にハクサイ及び精米をそれぞれ7検体とした。

2.2 測定項目、測定方法等

測定項目、測定方法及び使用した測定機器を表1に示す。監視測定では、U-238、Ra-226及びふっ素濃度につ

表1 測定項目、測定方法、測定機器一覧

測定項目	測定方法	測定機器
U-238	TBP抽出分離法及びα線スペクトロメトリ法	α線波高分析装置 (CANBERRA製α-Analyst)
Ra-226	EDTA-4Na分解・BaSO <sub>4</sub> 再沈法及び全α計数法	2πガスフロー自動測定装置 (日立7047 <sup>g</sup> イカル製LBC-4311B)
ふっ素	ふっ素イオン電極法	ふっ素イオンメーター (サーモフィッシャーサイエンティフィック製VERSA STAR)

いて、文部科学省放射能測定法シリーズ<sup>2)</sup>に準拠して前処理を行った後、U-238及びRa-226濃度は同シリーズに、ふっ素濃度はふっ素イオン電極法<sup>3)</sup>に準拠してそれぞれ測定している。本調査においても同様の方法により行った。

### 2.3 試料の前処理

ハウレン草は根部を取り除いた葉部及び茎部を、ハクサイは根部及び芯を取り除いた葉部を分析対象試料とし、それぞれ水洗後に生重量を測定した。精米は生重量を測定した。

U-238及びRa-226の濃度測定に当たっては、105℃の熱風循環式乾燥装置（富士科学器械製 S7P）で試料を十分に乾燥させ、脱臭装置付電気炉（東京技術研究所製 TFF80-C）を用いて灰試料とした。

ふっ素濃度測定に当たっては、ハウレン草及びハクサイは、105℃の定常恒温器（ヤマト科学製 DK63）で試料を十分に乾燥させ、ウイレー型粉碎机（吉田製作所製 1029-A）で粉碎した。精米は、超遠心粉碎机（Retsch製 ZM200）で粉碎した後、105℃の定常恒温器で十分に乾燥させた。

### 2.4 放射性核種及びふっ素濃度の測定

U-238濃度測定については、 $\alpha$ 線波高分析装置（CANBERRA製  $\alpha$ -Analyst）を用いた。Ra-226濃度測定については、 $2\pi$ ガスフロー自動測定装置（日立アロカメディカル製 LBC-4311B）を用いた。これらの濃度については、灰化率から生重量当たりの放射能含有量への換算を行った（Bq/kg生）。

ふっ素濃度測定については、ふっ素イオンメーター（サーモフィッシャーサイエンティフィック製 VERSA STAR）を用いた。ふっ素濃度については、水分率から生重量当たりのふっ素濃度への換算を行った（mg/kg生）。

## 3 結果及び考察

各試料の測定結果と、比較のための人形峠周辺における監視測定結果<sup>4)~9)</sup>を表2~4に示す。

なお、放射線計測による測定結果については、測定値が計数誤差の3倍を超える場合を有意値とし、3倍以下の場合にはND（不検出）と表記した。

ハウレン草の放射性核種及びふっ素濃度測定結果（表2）について、各検体のU-238濃度はND~0.008 Bq/kg生、

表2 ホウレン草の放射性核種及びふっ素濃度測定結果

検体名		灰化率 (%)	U-238 (Bq/kg生)	Ra-226 (Bq/kg生)	ふっ素 (mg/kg)		
					乾	生 (換算値)	水分率 (%)
A		2.10	0.007±0.002	ND (0.04±0.02)	2.1	0.2	90.9
B		2.04	0.008±0.002	ND (0.01±0.01)	2.5	0.2	91.0
C		2.50	ND (0.001±0.001)	ND (0.02±0.02)	2.1	0.2	90.5
D		1.93	ND (0.002±0.001)	ND (0.02±0.01)	1.3	0.1	92.5
E		1.73	ND (0.004±0.001)	0.06±0.02	1.5	0.1	92.4
F		2.27	0.006±0.002	ND (0.01±0.02)	1.7	0.1	91.4
G		2.06	0.004±0.001	ND (0.01±0.01)	2.1	0.2	92.2
測定値の範囲			ND ~ 0.008	ND ~ 0.06	1.3 ~ 2.5	0.1 ~ 0.2	
調査地点		灰化率 (%)	U-238 (Bq/kg生)	Ra-226 (Bq/kg生)	ふっ素 (mg/kg)		
					乾	生 (換算値)	水分率 (%)
人形峠周辺 (R1)	天王	2.00	0.050 ± 0.005	ND (0.04±0.02)	5.7	0.4	93.5
	赤和瀬	1.76	0.045 ± 0.004	0.07±0.02	7.9	0.5	93.8
	中津河	2.08	0.003 ± 0.001	ND (0.01±0.01)			
【参考】過去5年の測定値の範囲 (H26~H30)			0.004 ~ 0.057	ND ~ 0.08	1.6 ~ 8.6	< 0.3 ~ 0.6	

表3 ハクサイの放射性核種及びふっ素濃度測定結果

検体	灰化率 (%)	U-238 (Bq/kg生)	Ra-226 (Bq/kg生)	ふっ素 (mg/kg)			
				乾	生 (換算値)	水分率 (%)	
A	0.75	ND (0.000±0.000)	0.03 ± 0.01	0.4	0.02	95.4	
B	0.59	ND (0.000±0.000)	ND (0.01±0.01)	2.0	0.08	95.8	
C	0.75	ND (0.000±0.000)	ND (0.01±0.01)	0.5	0.02	95.4	
D	0.59	ND (0.000±0.000)	ND (0.00±0.00)	0.4	0.02	95.5	
E	0.57	0.013 ± 0.001	ND (0.00±0.00)	0.6	0.03	95.4	
F	0.57	ND (0.000±0.000)	ND (0.00±0.00)	2.3	0.10	95.6	
G	0.58	ND (0.000±0.000)	0.02 ± 0.01	0.4	0.02	95.9	
測定値の範囲		ND ~ 0.013	ND ~ 0.03	0.4 ~ 2.3	0.02 ~ 0.10		
調査エリア	調査地点	灰化率 (%)	U-238 (Bq/kg生)	Ra-226 (Bq/kg生)	ふっ素 (mg/kg)		
					乾	生 (換算値)	水分率 (%)
人形峠周辺 (R1)	天王	0.77	ND (0.001±0.001)	0.04 ± 0.01	0.5	0.02	95.6
	赤和瀬	0.61	ND (0.000±0.000)	0.02 ± 0.01	0.4	0.01	96.7
【参考】過去5年の測定値の範囲(H26~H30)			ND ~ 0.003	ND ~ 0.04	0.4 ~ 2.8	0.01 ~ 0.10	

表4 精米の放射性核種及びふっ素濃度測定結果

検体	灰化率 (%)	U-238 (Bq/kg生)	Ra-226 (Bq/kg生)	ふっ素 (mg/kg)			
				乾	生 (換算値)	水分率 (%)	
A	0.47	ND (0.000±0.000)	ND (0.00±0.00)	< 0.3	< 0.3	14.1	
B	0.58	ND (0.000±0.000)	ND (0.00±0.00)	< 0.3	< 0.3	14.1	
C	0.63	ND (0.000±0.000)	ND (0.00±0.00)	< 0.3	< 0.3	12.3	
D	0.69	ND (0.001±0.001)	ND (0.01±0.01)	< 0.3	< 0.3	12.8	
E	0.55	ND (0.000±0.001)	ND (0.00±0.00)	< 0.3	< 0.3	14.0	
F	0.57	ND (0.000±0.001)	ND (0.00±0.00)	< 0.3	< 0.3	13.0	
G	0.71	ND (0.000±0.001)	ND (0.01±0.01)	< 0.3	< 0.3	12.7	
測定値の範囲		ND	ND	< 0.3	< 0.3		
調査エリア	調査地点	灰化率 (%)	U-238 (Bq/kg生)	Ra-226 (Bq/kg生)	ふっ素 (mg/kg)		
					乾	生 (換算値)	水分率 (%)
人形峠周辺 (R1)	天王	0.60	ND (0.000±0.000)	ND (0.00±0.00)	< 0.3	< 0.3	13.7
	赤和瀬	0.78	ND (0.000±0.000)	ND (0.01±0.00)	< 0.3	< 0.3	12.7
	中津河	0.61	ND (0.000±0.000)	ND (0.01±0.00)			
【参考】過去5年の測定値の範囲(H26~H30)			ND	ND	< 0.3	< 0.3	

Ra-226濃度はND～0.06 Bq/kg生, ふっ素濃度は0.1～0.2 mg/kg生であった。

ハクサイの放射性核種及びふっ素濃度測定結果(表3)については, 各検体のU-238濃度はND～0.013 Bq/kg生, Ra-226濃度はND～0.03 Bq/kg生, ふっ素濃度は0.02～0.10 mg/kg生であった。

精米の放射性核種及びふっ素濃度測定結果(表4)については, 各検体のU-238濃度, Ra-226濃度及びふっ素濃度はいずれも全ての検体で不検出のレベルであった。

今回の調査結果を人形峠周辺における監視測定結果と比較すると, ホウレン草では, いずれの検体もU-238濃度及びRa-226濃度は人形峠周辺における監視結果の平成26～令和元年度の測定値の範囲の下限值レベルと同程度であった。また, ふっ素濃度も同様のレベルであった。

ハクサイでは, U-238濃度はほとんど不検出のレベルであったが, 検体Eは0.013 Bq/kg生と人形峠周辺における監視結果の平成26～令和元年度の測定値の範囲と比較すると高い値となっていた。平成26年以前の結果では平成10年に天王で0.011 Bq/kg生が報告<sup>10)</sup>されているなど, 人形峠周辺で0.010 Bq/kg生程度の濃度が過去数回報告されていることから, 検体EのU-238濃度は人形峠周辺におけるこれまでの監視測定結果の範囲内にあるものと考えられる。なお, 検体EのU-238濃度が高値となった原因は不明であるが, 森上らの報告<sup>11)</sup>によると, 植物中のU-238濃度は, 施肥等を通じて生育土壌中に含まれるU-238濃度を反映させていることが示唆されている。よって, 今回の調査でU-238濃度が比較的高値であった検体Eについても, 施肥の影響を受けた可能性がある。Ra-226濃度及びふっ素濃度は人形峠周辺における監視測定結果の下限値レベルと同程度であった。

精米においてはU-238濃度, Ra-226濃度及びふっ素濃度は人形峠周辺における監視測定結果と同程度であった。

#### 4 まとめ

今回の調査結果を人形峠周辺における監視測定結果と比較すると, ハクサイでは, 7検体中1検体のU-238濃度が人形峠周辺における監視結果の平成26～令和元年度の測定値の範囲と比較すると高い値であった。過去に同程度の値が人形峠周辺で数回報告されているが, この点は継続を要すると考えられる。

ハクサイの残り6検体, ホウレン草, 精米においては, U-238濃度, Ra-226濃度及びふっ素濃度は人形峠周辺における近年の監視測定結果と同程度であった。

次年度も引き続き調査を実施し, 継続的にデータを蓄積する。

#### 文 献

- 1) 蜂谷博郎, 加藤大貴, 信森達也: 人形峠周辺の環境放射線等測定に係る補完調査-野菜・精米-(第1報), 岡山県環境保健センター年報, 43, 69-72, 2019
- 2) 文部科学省: 放射能測定法シリーズ [http://www.kankyo-hoshano.go.jp/series/pdf\\_series\\_index.html](http://www.kankyo-hoshano.go.jp/series/pdf_series_index.html) (2020.6.1 アクセス)
- 3) 柳沢三郎: 植物体中のフッ化物の測定法の検討, 環境保健レポート, 8, 33-37, 1972
- 4) 岡山県: 人形峠周辺の環境放射線等測定報告書, 37, 2015
- 5) 岡山県: 人形峠周辺の環境放射線等測定報告書, 38, 2016
- 6) 岡山県: 人形峠周辺の環境放射線等測定報告書, 39, 2017
- 7) 岡山県: 人形峠周辺の環境放射線等測定報告書, 40, 2018
- 8) 岡山県: 人形峠周辺の環境放射線等測定報告書, 41, 2019
- 9) 岡山県: 人形峠周辺の環境放射線等測定報告書, 42, 2020
- 10) 岡山県: 人形峠周辺の環境放射線等測定報告書, 21, 1999
- 11) 森上嘉亮, 道広憲秀, 清水光郎, 宮崎清: 土壌及び植物中のRa-226またはフッ素のU-238との濃度関係について, 岡山県環境保健センター年報, 32, 75-81, 2008

## 【調査研究】

## 感染症及び食中毒起因菌の汚染実態に関する研究

Investigation of Contamination Concerning Infectious Disease and Food Poisoning Related Bacteria

狩屋英明, 河合央博, 森本晃司, 仲 敦史, 中嶋 洋

KARIYA Hideaki, KAWAI Hisahiro, MORIMOTO Koji, NAKA Atsushi, NAKAJIMA Hiroshi

## 要 旨

レジオネラ, サルモネラ, エルシニアによる感染症の感染源となる食品等の汚染状況や流行株の汚染実態を把握するため調査を行った。レジオネラについて県内の道路水溜り47か所の汚染状況を調査したところ, その汚染率は53.8% (35/65検体) で189の分離株が得られ, レジオネラ症に関連する汚染源としての可能性が推測された。また, 令和元年5月に, 国内では岡山県でのみ分離されているレジオネラ遺伝子型sequence type 93による患者(11例目)が発生し, 患者が使用した加湿器の水を調べたが, レジオネラは分離されず, 感染源は不明だった。サルモネラについて, 県南3系列のスーパーで販売されている国産生食肉の汚染状況を調査したところ, 牛肉0% (0/9), 豚肉0% (0/18), 牛豚ミンチ0% (0/11), 鶏肉7.5% (3/40) の汚染率であった。前回の調査と同様に, 今回の調査においても, 鶏肉の汚染が認められた。エルシニア感染症の発生実態把握のため, 患者血清のエルシニア抗体価を測定した結果, エルシニア症を疑う患者29名のうち抗体価の上昇がみられたのは15名で, 11名は陰性であり, 3名は判定保留となった。

[キーワード: レジオネラ, 水溜り, サルモネラ, エルシニア, 抗体価]

[Key words: *Legionella*, Puddles, *Salmonella*, *Yersinia*, Antibody titer]

## 1 はじめに

レジオネラ症, 腸管出血性大腸菌(以下「STEC」という), サルモネラ等の感染症について, 患者の増加リスクに大きく寄与する感染源となる食品等の汚染状況や流行株の汚染実態を把握することは, 感染症や食中毒の発生予防及びまん延の防止のため重要と考えられる。そこで, 令和元年度は, レジオネラの県内道路水溜り等での汚染状況, ヒト由来STEC株の収集と血清型別等(ヒト由来STECについては別報にて報告), サルモネラの県南での市販国産生食肉等の汚染状況を調査した。また, 川崎病との関連が疑われるものの感染実態が不明であるエルシニア感染症の調査のため, 疑い患者の血清抗体価を測定した。なお, エルシニア抗体価調査は, 平成30年度に当センターの倫理委員会に諮り, 承認を得て実施した。

## 2 材料及び方法

## 2.1 検体

レジオネラは, 県内のアスファルト道路上の水溜り47か所の汚染状況を調査した。また, 県内医療機関で分離されたレジオネラ1検体の遺伝子型別等を調査するとともに, 感染源の特定のために, 当該患者の使用した

加湿器の水を検体とした。サルモネラの検査は, 岡山県南3系列のスーパーで販売された国産生食肉(牛肉9検体, 豚肉18検体, 牛豚ミンチ11検体, 鶏肉40検体), 市販国産ハチミツ3検体, ニホンヤモリのふん便5検体, 鳥のふん便10検体(ヒヨドリ9検体, サギ1検体), 野ネズミの腸内容物6検体(農業被害により駆除した野ネズミ), タヌキのふん便3検体を用いた。エルシニアの抗体価測定は, 全国の医療機関の小児科等の外来患者又は入院患者のうち, エルシニア感染症又は川崎病との鑑別のため, 抗体価測定の依頼があった29名の患者血清について実施した。

## 2.2 検査法

各菌種の検査は, 以下の方法で実施した。

## 2.2.1 レジオネラ

## 2.2.1.1 道路上の水溜り等からの分離

定法<sup>1)</sup>に準じて, GVPN培地等を用いて実施し, 分離株がレジオネラ属菌であることは, 血液寒天培地に発育しないこと, また斜光法における特徴的な外観構造を有することで確認した。水溜り検体は100 mL, 加湿器の水は約8 mLをそれぞれ, 直接塗抹及びろ過濃縮法による分離試験を行った。

### 2.2.1.2 PCR法によるレジオネラ菌種の同定

16S rRNA 遺伝子を標的としたレジオネラ属菌を特異的に検出するPCR法を実施した。また、陽性を示した株については、*mip* 遺伝子を標的とした *Legionella pneumophila* を特異的に検出するPCR法を実施した。

### 2.2.1.3 sequence-based typing

レジオネラ株の sequence-based typing (以下「SBT」という。)法を用いた sequence type (以下「ST」という。)型別は、国立感染症研究所細菌第一部に依頼して実施した。

## 2.2.2 サルモネラ属菌

### 2.2.2.1 分離

平成31年4月から令和2年1月まで分離試験を行った。食肉、サギのふん便、タヌキのふん便及び野ネズミの腸内容物はそれぞれ1g、ヒヨドリのふん便は複数をもとめた1g、ニホンヤモリのふん便は複数をもとめた0.2g~0.3gを使用し、定法<sup>2)</sup>に従いサルモネラ分離試験を行った。前増菌にBPW(OXOID)、選択増菌にRV培地(OXOID)、分離培地にDHL寒天培地(日水製薬)又はX-SAL寒天培地(日水製薬)を使用し、TSI寒天培地(日水製薬)及びLIM培地(栄研化学)で性状を確認し、同定キットで菌種同定し、血清型別試験を行った。なお、食肉等の食品以外の検体では前増菌は行わなかった。

### 2.2.2.2 血清型別

サルモネラ免疫血清「生研」(デンカ生研)及びサルモネラ相誘導用免疫血清「生研」(デンカ生研)を用いて血清型別試験を実施し、Kauffmann-Whiteの様式により血清型を確認した。

### 2.2.2.3 薬剤感受性試験

アンピシリン(ABPC)、カナマイシン(KM)、セフメタゾール(CMZ)、セフトキサシム(CTX)、セフェピム(CFPM)、セファゾリン(CEZ)、イミペネム(IMP)、メロペネム(MEPM)、ナリジクス酸(NA)、ST合剤、ノルフロキサシン(NFLX)、ホスホマイシン(FOM)、クロラムフェニコール(CP)、レボフロキサシン(LVFX)、ストレプトマイシン(SM)、テトラサイクリン(TC)の計16剤について、センシ・ディスク(日本ベクトン・ディッキンソン株式会社)を用いて寒天平板拡散法(ディスク法)で行った。

## 2.2.3 エルシニアの抗体価測定

患者血清を56℃、30分間非働化後、PBSで10倍希釈し、これを2倍段階希釈した希釈系列を、使用する抗原数と同数作成した。抗原液として、当センターが保有する *Y.pseudotuberculosis* 血清群1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 2c,

3, 4a, 4b, 5a, 5b, 6, 7, 10, 15株と *Y.enterocolitica* 血清群O3, O5, O8, O9株を25℃、2日間培養し、菌体をPBSに浮遊して121℃で1時間加熱し、洗浄後にマックファーランドNo.0.7の濃度に調整したものを使用した。各希釈系列にそれぞれ1種類の抗原液を同量ずつ加え、混和して50℃で2時間反応後、室温で1晩静置後に判定し、1:160以上を陽性とした。

## 3 結果及び考察

### 3.1 レジオネラ

県内の道路の水溜り47か所を調べたところ、レジオネラ汚染率は53.8%(35/65検体)であった。検体はアスファルト道路上の水溜りであり、アスファルト上の水溜りは重要な環境中の汚染源であるとの指摘もあり<sup>3)</sup>、今後も継続して、水溜り由来菌と患者由来株との関連を調査する必要があると考えられた。

令和元年5月に届出された患者の肺胞洗浄液から *Legionella pneumophila* 血清群3のST93が分離された。この遺伝子型は本県特有の型<sup>4)~6)</sup>であり、今回が11例目であった。患者が使用していた加湿器の水を検査したが、レジオネラは分離されず、感染源は不明であった。国内では本県でしか検出されたことのない患者由来のST93の感染源究明のため、継続した周辺環境調査の必要性があるものと考えられた。

### 3.2 サルモネラの食肉等の汚染状況

岡山県南で販売される市販国産生食肉のサルモネラ汚染状況を調べた。豚肉18、牛肉9、牛豚ミンチ11、鶏肉40の計78検体を調べた。豚肉及び牛肉並びに牛豚ミンチからはサルモネラは検出されず、国産鶏肉3検体(3/40 7.5%)から *Salmonella* Schwarzengrund(O4:d:1,7)が2株、S.Yovokome(O8:d:1,5)が1株分離された。以前

表1 サルモネラ汚染率

検体	検査数	サルモネラ陽性数	汚染率(%)
牛肉	9	0	0
豚肉	18	0	0
鶏肉	40	3 ※	7.5
牛豚ミンチ肉	11	0	0
ハチミツ	3	0	0
ニホンヤモリふん便	5	0	0
ヒヨドリふん便	9	0	0
サギふん便	1	0	0
野ネズミ腸内容物	6	0	0
タヌキふん便	3	0	0

※2検体S. Schwarzengrund陽性、1検体S. Yovokome陽性

の調査（平成29年4月～平成30年4月）では35検体の国産鶏肉から5検体5株（5/35 14.3 %）のサルモネラが分離され、全てS.Schwarzengrundであった。今回も鶏肉で高率に検出され、衛生管理の重要性が認識された。

分離されたS.SchwarzengrundはSM及びTCに耐性の1株とKM及びNAに耐性の1株であり、薬剤感受性パターンが異なっていた。これらは別々の系列のスーパーで販売されていた鶏肉から分離されており、菌株の由来は異なるものと思われた。食品由来のサルモネラはSM及びTCに耐性の株が多いことが知られており、今回の調査でも耐性を示したものが1株あった。

表2 S.Schwarzengrundの薬剤感受性パターン

薬剤	菌株No.	
	170	182
アンピシリン	S	S
カナマイシン	R	S
セフメタゾール	S	S
セフォタキシム	S	S
セフェピム	S	S
セファゾリン	S	S
イミペネム	S	S
メロペネム	S	S
ナリジクス酸	R	S
ST合剤	S	S
ノルフロキサシン	S	S
ホスホマイシン	S	S
クロラムフェニコール	S	S
レボフロキサシン	S	S
ストレプトマイシン	S	R
テトラサイクリン	S	R

S：感受性 R：耐性

ニホンヤモリ、ヒヨドリ、サギ、タヌキのふん便及び野ネズミの腸内容物からはサルモネラは検出されなかった。爬虫類が人のサルモネラ症に関与することも示されており<sup>7)~10)</sup>、今後は宿主の属性も考慮しつつ、より多くの検体を調査する必要があると考えられた。

### 3.3 エルシニアの抗体価

エルシニア症又は川崎病を疑う患者29名のうち抗体価の上昇がみられたのは15名（*Y.pseudotuberculosis* 14名、*Y.enterocolitica* 1名）で、11名は陰性であり、3名は3種類以上の抗原液に凝集したため判定保留となった。原因不明の川崎病との鑑別やエルシニア症の感染実態把握のために、今後も継続した調査を実施していく予定である。

## 謝 辞

本調査の実施に際して、レジオネラ患者関連検体を分与していただきました倉敷中央病院臨床検査技術部細菌ウイルス検査室の藤井寛之先生と大森章恵先生に、また、レジオネラのSBT法によるSTの型別解析を行っていただきました国立感染症研究所の前川純子先生に深謝いたします。その他、各種の菌株の分与や検体採取に御協力いただきました関係機関の先生方に深謝いたします。

## 文 献

- 1) 国立感染症研究所：病原体検出マニュアル レジオネラ症，平成23年10月7日改訂
- 2) 公益社団法人日本食品衛生協会：食品衛生検査指針微生物編，269～283，2015
- 3) Kanatani J, Isobe J, Kimata K, Shima T, Shimizu M, et al.: Close Genetic Relationship between *Legionella pneumophila* Serogroup 1 Isolates from Sputum Specimens and Puddles on Roads, as Determined by Sequence-Based Typing, *Appl. Environ. Microbiol.*, 79(13), 3959-3966, 2013
- 4) 中嶋 洋, 檀上博子, 河合央博, 大島律子：感染予防対策に向けたヒト及び環境等における感染症起因菌の調査（平成27年度）②岡山県内のレジオネラの疫学調査と小児科受診患者等のエルシニア抗体保有調査について，岡山県環境保健センター年報，40，57-61，2016
- 5) 西山明宏, 石田 直, 興紹陽平, 小西聡史, 坪内和哉ら： *Legionella pneumophila* serogroup 3による呼吸器感染症の4症例，*感染症誌*，85，373-379，2011
- 6) 中嶋 洋, 大島律子, 河合央博, 前川純子, 倉 文明ら：患者由来 *Legionella pneumophila* 血清群3 sequencetype 93 の疫学調査—岡山県，病原微生物検出情報（IASR），34(6)，164-165，2013
- 7) 亀山光博, 矢端順子, 富永 潔, 野村恭晴, 泉谷秀昌：山口県内のペットショップで販売されている爬虫類のサルモネラ保有状況及び薬剤感受性，*日獣会誌*，66，331-336，2013
- 8) 森田幸雄：世界的に注目される食中毒微生物の最先端研究-生態学的視点を中心に- 世界の畜産，環境，ヒトをめぐるサルモネラの最新動向，*日食微誌*，31(3)，148-152，2014
- 9) 土屋祐司, 秦 なな, 加藤和子, 山本安子, 小泉偉左夫ら：市内の保育施設で見られた *Salmonella*

Poona 散発事例について－浜松市，病原微生物検出  
情報（IASR），31(4)，105-107，2010

- 10) 長野則之，小穴愼二，長野由紀子，荒川宜親：ミシ  
シッピーアカミミガメ（ミドリガメ）との関連が強  
く疑われた小児重症サルモネラ感染症の2症例，病  
原微生物検出情報（IASR），26(12)，342-343，2005

【資料】

岡山県における腸管出血性大腸菌感染症の発生動向調査（2019年度）  
Epidemiological Study of Enterohemorrhagic *Escherichia coli* in Okayama Prefecture (FY2019)

河合央博, 森本晃司, 仲 敦史, 中嶋 洋, 狩屋英明

KAWAI Hisahiro, MORIMOTO Koji, NAKA Atsushi, NAKAJIMA Hiroshi, KARIYA Hideaki

要 旨

岡山県内で発生する腸管出血性大腸菌（以下「EHEC」という。）感染症の感染源や感染経路の究明、そして感染予防や感染拡大防止対策の構築の一助とすることを目的に、2019年度に県内で分離されたヒト由来EHEC株を収集し、疫学調査を行った。収集したヒト由来EHEC株56株のうち、O血清群では、O157が36株（64.3%）と最も多く、次いでO26及びO103がともに6株（10.7%）と続いた。反復配列多型解析法によるクラスター解析では11種類のクラスターが形成された。複数事例が同一クラスターに分類されたが、これらの共通の感染源や感染経路は解明できなかった。そのため、より多くの疫学情報を収集・共有化し、これらの情報を用いて分子疫学解析結果と併せた解析を行う体制の構築が課題と考えられた。

[キーワード：腸管出血性大腸菌, 疫学調査, 反復配列多型解析 (MLVA), 薬剤耐性]

[Key words : enterohemorrhagic *Escherichia coli*, epidemiological investigation, multiple-locus variable-number tandem-repeat analysis (MLVA), drug resistance]

1 はじめに

腸管出血性大腸菌（以下「EHEC」という。）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」で三類感染症に分類される全数把握対象疾患である。主な臨床症状として腹痛、下痢、血便が挙げられ、軽い症状や無症状で終わる場合もあるが、溶血性尿毒症症候群（以下「HUS」という。）や脳症などの重篤な疾患を併発し、さらには死に至る場合もある。EHEC感染症の全国における報告数は、感染症サーベイランスシステム（NESID）によると、2018年で3,854件と依然として多く、岡山県でも年間約70件程度の報告が続いており、未だ予断を許すことができない状況にある。EHEC感染症は感染源や感染経路の特定が困難なケースが多いが、これは事例の多くが散发事例であることが要因である。しかし、食品流通が発達した近年では、一見散发事例のように見えても、広域流通食品を感染源とした多くの自治体をまたぐ食中毒事例（diffuse outbreak（散在的集団発生））であることもあり、大きな問題となっている。当センターでは、EHEC感染症の感染源や感染経路の究明、集団事例やdiffuse outbreakの早期探知、さらには本感染症の効果的な感染予防や拡大防止対策を講じることを目的に、県内で発生したEHEC感染症の分離菌株を収集し、疫学調査を継続して実施している<sup>1)~3)</sup>。

今回、2019年度の県内におけるEHEC感染症の発生状況及び分離株の性状解析、そして反復配列多型解析法<sup>4)</sup>（multiple-locus variable-number tandem-repeat analysis）（以下「MLVA法」という。）による分子疫学解析の結果から、県内での本感染症の発生動向をとりまとめたので報告する。

2 材料及び方法

2.1 菌株及び疫学情報

保健所、医療機関、検査機関で県内のEHEC感染者から分離されたヒト由来EHEC株56株を収集し解析対象とした。患者の疫学情報については、保健所から提供を受けた。

2.2 検査法

2.2.1 血清型別試験

病原性大腸菌免疫血清（デンカ生研）を用いて血清型別試験を実施し、O血清群及びH血清型を決定した。また、市販血清で同定できなかった菌株の血清型別試験は、国立感染症研究所に依頼した。

2.2.2 志賀毒素遺伝子及びインチミン遺伝子検出試験

志賀毒素遺伝子（以下「*stx*」という。）及びインチミン遺伝子（以下「*eae*」という。）の検出は、井口らの方法<sup>5)</sup>に準拠し、*stx1*、*stx2*及び*eae*の3種類の遺伝子を対

象としたマルチプレックスPCR法により実施した。

### 2.2.3 *stx* サブタイプ型別試験

*stx* サブタイプ型別試験は、Scheutzらの方法<sup>6)</sup>に準拠し、*stx1* は3種類 (*stx1a*, *stx1c*, *stx1d*), *stx2* は7種類 (*stx2a*, *stx2b*, *stx2c*, *stx2d*, *stx2e*, *stx2f*, *stx2g*) を型別するPCR法により実施した。

### 2.2.4 薬剤感受性試験

センシ・ディスク (日本バクトン・ディッキンソン) を用い、Kirby-Bauer法により薬剤感受性試験を実施した。薬剤はアンピシリン (ABPC), セファゾリン (CEZ), セフメタゾール (CMZ), セフォタキシム (CTX), セフェピム (CFPM), イミペネム (IMP), メロペネム (MEPM), 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), レボフロキサシン (LVFX), スルファメトキサゾール・トリメトプリム合剤 (ST) の15種類を用いた。

### 2.2.5 MLVA法による分子疫学解析

O26, O103, O111及びO157株のMLVA法による分子疫学解析は国立感染症研究所に依頼し、解析結果から付与される菌株の記号 (以下「MLVA型」という。) 及びリピート数が1遺伝子座でのみ互いに異なる single locus variant等、関連性が推測されるMLVA型をまとめた様式 (以下「MLVAコンプレックス」という。) の提供を受けた。

### 2.2.6 ヒト由来EHEC株のクラスター解析

O26, O103, O111及びO157株について、MLVA型が一致又はMLVAコンプレックスが一致した株を同一クラスターとして分類した。

## 3 結果及び考察

ヒト由来EHEC株の月別検出状況を表1に示した。2019年度のヒト由来EHEC株は6月が最も多く検出され15株 (26.8 %) で、次いで9月の8株 (14.3 %), 5月の

表1 ヒト由来EHEC株の月別検出状況

月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計
株数	0	7	15	5	4	8	2	6	3	4	2	0	56
%	0.0	12.5	26.8	8.9	7.1	14.3	3.6	10.7	5.4	7.1	3.6	0.0	

表2 ヒト由来EHEC株の性状及び感染者の症状

血清型	Stx型	<i>stx</i> サブタイプ	<i>eae</i>	株数	分離率 (%)	症状			
						有症者			無症状病原体保有者数
						有症者数	重症者数	重症者数/有症者数 (%)	
O157:H7	Stx2	<i>stx2a</i>	+	6	10.7	6	5	83.3	0
		<i>stx2a+stx2c</i>	+	2	3.6	2	2	100.0	0
		<i>stx2c</i>	+	4	7.1	0	0	—	4
O157:H-	Stx1&2	<i>stx1a+stx2a</i>	+	16	28.6	12	9	75.0	4
		<i>stx2a</i>	+	1	1.8	0	0	—	1
		<i>stx2a+stx2c</i>	+	2	3.6	2	2	100.0	0
O26:H11	Stx1	<i>stx1a</i>	+	5	8.9	4	1	25.0	1
O26:H-	Stx1	<i>stx1a</i>	+	1	1.8	0	0	—	1
O103:H2	Stx1	<i>stx1a</i>	+	2	3.6	0	0	—	2
	Stx1&2	<i>stx1a+stx2a</i>	+	4	7.1	1	1	100.0	3
O111:H-	Stx1	<i>stx1a</i>	+	3	5.4	3	2	66.7	0
O8:H19	Stx2	<i>stx2e</i>	-	1	1.8	0	0	—	1
O28ab:H25	Stx2	<i>stx2a</i>	-	1	1.8	0	0	—	1
O115:H10	Stx1	<i>stx1a</i>	-	1	1.8	0	0	—	1
O130:H-	Stx1	<i>stx1a</i>	-	1	1.8	0	0	—	1
OUT:H-	Stx1	<i>stx1a</i>	-	1	1.8	0	0	—	1
計				56		34	23		22

\* 重症者：HUS、急性腎不全、血便を呈した有症者とした。

(内訳：HUS+血便：1名、急性腎不全+血便：1名、血便：21名)

7株（12.5 %）の順で、梅雨の時期から夏季の一般的なEHEC感染症流行時期に多い傾向が見られた。

ヒト由来EHEC株の血清型、志賀毒素（以下「Stx」という。）型、*stx*サブタイプ、*eae*の有無及びEHEC感染者の症状を表2に示した。ヒト由来EHEC株の検出数についてO血清群別で見ると、O157が36株（64.3 %）と最も多く、次いでO26及びO103がともに6株（10.7 %）であった。O157の検出数は例年どおり多かったが、O26は多数検出された昨年以外の近年とおおむね同様であった（2018年度28株、2017年度5株、2016年度9株）。その他のO血清群は、O8、O28ab、O111、O115、O130、O血清群別不能（以下「OUT」という。）が検出された。血清型及びStx型の組み合わせでは、O157: H7 (Stx1 & 2) が最も多く16株（28.6 %）、以下、O157: H7 (Stx2) が12株（21.4 %）、O157: H- (Stx1 & 2) 及びO26: H11 (Stx1) が5株（8.9 %）、O103: H2 (Stx1 & 2) が4株（7.1 %）と続いた。*stx*サブタイプは、Stx1型では14株すべてが*stx1a*であった。Stx2型の17株は、*stx2a*が8株、*stx2a+2c*が4株、*stx2c*が4株、*stx2e*が1株であった。さらに、Stx1 & 2型の25株では*stx1a+stx2a*が20株、*stx1a+stx2c*が5株であった。*eae*は51株（91.1 %）が保有しており、このうち有症者から分離された株は34株で、*eae*保有株中で66.7 %と約7割程度を占めた。一方、*eae*を保有しない残り5株は有症者からの分離株はなく、すべて無症状病原体保有者からの分離株であった。

2019年度に菌株を収集したEHEC感染者56名の内訳は、有症者が34名、無症状病原体保有者は22名であった。有症者のうち、HUS、HUS症状の一つと思われる急性腎不全、又は血便を呈した重症の有症者（以下「重症者」という。）は、23名（血便：21名、血便+HUS：1名、血便+急性腎不全：1名）で有症者の67.6 %を占めた。重症化について各EHECの有症者数に対する重症者の比率を算出すると、O157: H7 (Stx2; *stx2a+stx2c*)、O157: H- (Stx2; *stx2a+stx2c*)、及びO103: H2

(Stx1&2; *stx1a+stx2a*)が100.0 %、O157: H7 (Stx2; *stx2a*)が83.3 %、そしてO157: H7 (Stx1&2; *stx1a+stx2a*)が75.0 %と高く、これらの共通点としてはすべて*stx2a*を保有していた。

*eae*はEHECの腸管付着に関与する重要な病原因子で、HUSのリスク因子とされており<sup>7)</sup>、発症や重症化に関与すると考えられる。また、*stx*サブタイプでは、*stx2a*保有株が他のサブタイプ保有株に比べて病原性が高い可能性を示唆する報告<sup>8)</sup>がある。今回、有症者からの分離株の多くが*eae*を保有していたこと、そして*stx*サブタイプでは、*stx2a*を保有するEHECで重症者が多く見られたことから、これらにおおむね一致していた。この傾向はこれまでの当センターでの調査<sup>1)~3)</sup>でも示されており、ヒト由来EHEC株の*eae*保有や*stx*サブタイプの確認や把握は、感染防止対策や重症化を防止するためには重要であると考えられる。

ヒト由来EHEC株の薬剤感受性試験結果を表3に示した。15種類の薬剤のうち1剤以上に耐性を示した菌株が、56株中11株（耐性率：19.6 %）確認された。O血清群別での内訳は、O157は6株、O26は3株、O111及びO103は各1株であった。当センターでは2016年度からヒト由来EHEC株の薬剤感受性試験を継続的に実施しているが、耐性率は2016年度（28.1 %）、2017年度（10.4 %）、2018年度（17.1 %）と例年10~30 %付近で

表3 ヒト由来EHEC株の薬剤感受性試験結果（O血清群別）

O血清群	株数	耐性株数	血清型 (Stx型)	薬剤耐性パターン (株数)
O157	36	6	O157:H7 (Stx2)	ABPC・TC (1)
			O157:H7 (Stx2)	ABPC・CEZ・TC (1)
			O157:H7 (Stx2)	ABPC (1)
			O157:H7 (Stx1,2)	ABPC (1)
			O157:H7 (Stx1,2)	ABPC・ST (1)
			O157:H7 (Stx1,2)	TC (1)
O26	6	3	O26:H11 (Stx1)	ABPC・CEZ・KM・TC・CP・ST (1)
			O26:H11 (Stx1)	ABPC・KM・CP・ST (1)
			O26:H11 (Stx1)	TC (1)
O111	3	1	O111:H- (Stx1)	ABPC・CEZ・TC・CP (1)
O130	1	1	O130:H- (Stx1)	ABPC・TC (1)
O103	6	0		
O8	1	0		
O28ab	1	0		
O115	1	0		
OUT	1	0		
計	56	11		

あり2019年度もこの範囲内であった。耐性は6種の薬剤 (ABPC, TC, CEZ, ST, CP, KM) で確認されたが、そのうちABPC耐性は9株で確認され最も多く、次いでTC耐性が7株、CEZ, ST及びCP耐性がそれぞれ3株の順であった。EHEC感染症治療の第一選択薬とされるFOM, NFLX, KM, ニューキノロン系抗菌薬では、O26の2株がKM耐性であった。これまでの当センターの調査でもFOM及びKMの耐性株が少数であるが検出されている<sup>1), 3)</sup>。FOMをはじめとする第一選択薬に対する耐性菌は、EHEC感染症の早期治療に支障をきたすだけでなく、感染拡大防止にも影響を及ぼす可能性があるため、今後も継続して調査を行い、耐性株の動向を把握する必要がある。また、近年、EHECにおいても基質特異性拡張型β-ラクタマーゼ (以下「ESBL」という。) 産生株の報告がある<sup>9), 10)</sup>。本県では2019年度はESBL産生が

疑われる株はなかったが、過去には検出されている<sup>1), 2)</sup>。ESBL産生菌が起因菌となった場合、治療に苦慮することはもとより、ESBL産生遺伝子は同一菌種間だけでなく異なる菌種間でも伝達される等の問題があるため、ESBL産生株の発生動向にも注視していく必要がある。

ヒト由来EHEC株O26, O103, O111及びO157のMLVA法によるクラスター解析結果を表4に示した。MLVA法による解析では同一MLVA型に分類される菌株が見られ、O157 36株は22種類のMLVA型に分類され、O26 6株は5種類、O103 6株は4種類、O111 3株は3種類に分類された。そして、クラスターは、O157では9種類 (A～I)、O26及びO103は各1種類 (それぞれ J, K) 形成されたが、O111では見られなかった。2019年度は食中毒事例のような大きな集団事例は発生しなかったが、家族内感染等、疫学的関連性を認めたグループ事例が8件 (グ

表4 ヒト由来EHEC株のクラスター解析結果

クラスター	血清型 (Stx型)	菌株No.	菌検出月	居住地 (市町村別)	事例種	MLVA型	MLVAコンプレックス
A	O157:H7 (Stx2)	1	2019.5	a	グループ事例①	19m0074	
		2	2019.5	a			
B	O157:H7 (Stx2)	3	2019.9	b	散発事例	19m0251	
		4	2019.8	b	散発事例		
C	O157:H7 (Stx2)	5	2020.1	c	散発事例	19m0046	
		6	2020.1	c	散発事例		
		7	2020.2	c	散発事例		
D	O157:H7 (Stx1,2)	8	2019.5	c	グループ事例②	19m0050	
		9	2019.5	c			
E	O157:H7 (Stx1,2)	10	2019.6	d	グループ事例③	19m0145	
		11	2019.6	d			
		12	2019.6	d			
		13	2019.6	d	散発事例		
14	2019.8	d					
F	O157:H7 (Stx1,2)	15	2019.9	b	散発事例	19m0427	
		16	2019.9	c	グループ事例④		
		17	2019.10	c			
G	O157:H7 (Stx1,2)	18	2020.1	e	散発事例	20m0005	
		19	2020.2	c	散発事例		
H	O157:H- (Stx1,2)	20	2019.7	f	グループ事例⑤	19m0146	
		21	2019.7	f			
I	O157:H- (Stx1,2)	22	2019.6	b	グループ事例⑥	19m0147	19c015
		23	2019.6	b		19m0148	
		24	2019.6	b			
J	O26:H11 (Stx1)	25	2019.5	d	グループ事例⑦	19m2021	
		26	2019.5	d			
K	O103:H2 (Stx1,2)	27	2019.9	g	グループ事例⑧	19m4032	19c404
		28	2019.9	g		19m4033	19c404p
		29	2019.9	g			
		30	2019.9	g			

ループ事例①～⑧) 確認された。これらグループ事例では、O157によるグループ事例5件(グループ事例①～⑤)及びO26によるグループ事例1件(グループ事例⑦)は、各事例内の菌株間でMLVA型は完全に一致し、同一由来株に起因するものと考えられた。O157によるグループ事例⑥は、事例内でMLVA型が一致しない株が1株あったが、MLVAコンプレックスが一致しているため、株間には関連性を有しているものと考えられた。また、O103によるグループ事例⑧では、4株のMLVA型及びMLVAコンプレックスは、2株が「19m4032」及び「19c404」、残り2株が「19m4033」及び「19c404p」と異なったが、「19c404p」は「19c404」のサブコンプレックスであることや、グループ事例⑧は家族内感染を疑う事例であったことから、これら4株は同一由来株又は近縁株であると考えられた。一方で、複数の散発事例又は散発事例とグループ事例が同一クラスターに分類されたものが5種類見られた(クラスターB, C, E, F, G)。これらのクラスターの中には、異なる事例であっても菌検出時期が近く、かつEHEC感染者の居住地が同一の市町村である等、何らかの関連性が疑われるものもあったが、他に手がかりとなる疫学情報は得られず、いずれのクラスターにおいても事例間での関連性は解明できなかった。また、2019年度中に分離されたO26, O103, O111及びO157株について、食中毒調査支援システム(NESFD)(2020年3月27日時点)及び国立感染症研究所から提供された全国のMLVA型の情報を基に調査を行ったところ、本県分離EHECのMLVA型全34種類のうち12種類(35.3%)が、本県でEHECが分離された約1か月以内に他自治体でも分離されていた。その内訳は、本県分離O157のMLVA型22種類のうち10種類(45.5%)が他自治体でも分離され、O103は4種類のうち1種類(25.0%)、O111は3種類のうち1種類(33.3%)が分離されたが、O26は同一のMLVA型はなかった。他自治体分離EHECとMLVA型が一致した本県分離EHECについて、広域的なdiffuse outbreakを視野に入れ、得られた疫学情報を基に調査したが、いずれも関連性は不明であった。

集団事例や広域的なdiffuse outbreakの早期探知には、自治体、保健所等における詳細な疫学情報の収集及び共有が不可欠である。当センターでは収集したヒト由来EHEC株について、血清型、薬剤耐性等の菌株性状、MLVA法等による分子疫学解析結果、そして保健所等から得られた疫学情報を菌株データベースとしてまとめて一括管理し、このデータベースを活用することで感染

源や感染経路の究明に繋げることができないか検討しているが、現状では菌株間で同一のMLVA型になっても関連性が解明できず不明であることが多い。そのため、菌株収集後極力速やかに国立感染症研究所へ菌株送付することで、事例発生から保健所等関係機関に対するMLVA法検査結果還元までのタイムラグを少しでも減少させ、見えなかった感染源や感染経路の探索のための早期の追加調査等の実施に結びつけることを図った。新たな有益な疫学情報は得ることはできなかったが、引き続き早期の情報還元に努めることとしている。

今後は、自治体、保健所、そして食品衛生部門及び感染症部門との情報共有をはじめとして、疫学情報を更に多く網羅的に収集できる体制を構築し、さらに、分子疫学解析結果と疫学情報を併せた解析を継続して行うことで感染源や感染経路を1つでも多く究明することが、EHEC感染症感染拡大防止や感染予防のためには重要であり課題と考える。

## 謝 辞

本調査の実施に際して、MLVA法による解析をお願いしました国立感染症研究所の泉谷秀昌先生、伊豫田淳先生、そして菌株の分与にご協力いただきました関係機関の先生方に深謝いたします。

## 文 献

- 1) 河合央博, 仲 敦史, 畑ますみ, 中嶋 洋: 志賀毒素産生性大腸菌の疫学調査(平成28年度), 岡山県環境保健センター年報, 41, 51-57, 2017
- 2) 仲 敦史, 河合央博, 中嶋 洋, 狩屋英明: 志賀毒素産生性大腸菌の疫学調査(平成29年度), 岡山県環境保健センター年報, 42, 35-42, 2018
- 3) 森本晃司, 仲 敦史, 河合央博, 中嶋 洋, 狩屋英明: 志賀毒素産生性大腸菌の疫学調査(平成30年度), 岡山県環境保健センター年報, 43, 73-78, 2019
- 4) Izumiya H, Pei Y, Terajima J, Ohnishi M, Hayashi T et al.: New system for multilocus variable-number tandem-repeat analysis of the enterohemorrhagic *Escherichia coli* strains belonging to three major serogroups: O157, O26, and O111, *Microbiol. Immunol.*, 54, 569-577, 2010
- 5) 井口 純, 秋吉充子, 伊豫田淳, 大西 真: 腸管出血性大腸菌の主要なO血清群と病原性遺伝子を判定するOne-shotマルチプレックスPCR法の開発と評価: 日本食品微生物学会雑誌, 32(4), 215-218, 2015

- 6) Scheutz F, Teel L D, Beutin L, Piérard D, Buvens G et al. : Multicenter Evaluation of a Sequence-Based Protocol for Subtyping Shiga Toxins and Standardizing Stx Nomenclature, J. Clin. Microbiol., 50(9), 2951-2963, 2012
- 7) 仲西寿男, 丸山務 監修 : 食品由来感染症と食品微生物, 281-296, 中央法規出版, 東京, 2009
- 8) 永井佑樹, 小林隆司, 小林章人, 赤地重宏 : 三重県における腸管出血性大腸菌感染症について Stxバリエーション解析とO157株のクレード解析, 三重県保健環境研究所年報, 第18号, 44-50, 2016
- 9) 山口友美, 木村葉子, 矢崎知子, 後藤郁男, 畠山敬ら : 基質特異性拡張型 $\beta$ -ラクタマーゼを産生する腸管出血性大腸菌O15の遺伝子解析, 宮城県保健環境センター年報, 30, 27-30, 2012
- 10) 相原義之, 川又祐子, 増子京子 : ESBL産生性腸管出血性大腸菌O26感染症分離菌株の薬剤耐性遺伝子について, 茨城県衛生研究所年報, 54, 39-42, 2016

【資料】

2019年8月に岡山県内で発生した4件の食中毒事例から分離された  
*Salmonella* StanleyのPFGE解析について

PFGE Analysis of *Salmonella* Stanley Strains Isolated from 4 Food Poisoning Cases in August  
2019 in Okayama Prefecture

狩屋英明, 河合央博, 森本晃司, 仲 敦史, 中嶋 洋

KARIYA Hideaki, KAWAI Hisahiro, MORIMOTO Koji, NAKA Atsushi, NAKAJIMA Hiroshi

要 旨

2019年8月13日から15日にかけて、岡山県内で4件（事例A～D）の食中毒が発生し、保健所等の検査によって、全ての事例からサルモネラO4 *Salmonella* Stanley (O4,12:d:1,2) が分離された。そこで、当センターでは、事例Aの保存食由来4株及び従事者便由来3株、事例Dの従事者便由来1株並びに4事例（A～D）の患者由来19株について、パルスフィールドゲル電気泳動による解析を行った。その結果、全ての*Salmonella* Stanleyは同一バンドパターンを示し、4事例に共通の感染源があったことが示唆された。

[キーワード：サルモネラ, 食中毒, パルスフィールドゲル電気泳動, 血清型]

[Keywords : *Salmonella*, Food Poisoning, PFGE, Serotype]

1 はじめに

サルモネラを病因物質とする感染症又は食中毒が発生した場合、感染源究明のため、疫学関連とともに分子疫学のアプローチとして、主として、原因菌株のパルスフィールドゲル電気泳動（以下「PFGE」という。）による解析が利用される。2019年8月13日から15日にかけて、岡山県内で患者が下痢、発熱、腹痛等の症状を示す4件（事例A～D）の食中毒が発生し、保健所等の検査によって、全事例の患者等の便から*Salmonella* Stanley (O4,12:d:1,2) が分離された（表1）。また、事例Aでは、保存食4件からも*Salmonella* Stanley (O4,12:d:1,2) が分離された。当センターでは、これらの分離株について、血清型を再確認するとともに、PFGEを用いた分子疫学的解析を実施し、事例の関連性を調べた。

A, B, C, Dの各事例の概要は表1に示す。

2 材料及び方法

2.1 材料

4事例から分離された患者由来19株、従事者由来4株及び保存食由来4株の*Salmonella* Stanleyを使用した。

2.2 方法

2.2.1 血清型別試験

サルモネラ免疫血清「生研」（デンカ生研）及びサルモネラ相誘導用免疫血清「生研」（デンカ生研）を用いて血清型別試験を実施し、Kauffmann-Whiteの様式により血清型を確認した。

2.2.2 PFGE

制限酵素 *Xba* I を用いて、国立感染症研究所の方法<sup>1)</sup> に準拠して実施した。泳動条件は、電圧6.0 V/cm、パルスタイム2.2～54.2秒、泳動時間19時間、バッファー温度14℃とした。

表1 食中毒事例

食中毒事例	発生場所	発生年月日	患者数	原因施設
A	新見市	2019年8月15日	60名	仕出屋（新見市）
B	倉敷市	2019年8月13日	16名	飲食店（倉敷市）
C	倉敷市	2019年8月14日	5名	飲食店（倉敷市）
D	岡山市	2019年8月15日	11名	飲食店（岡山市）

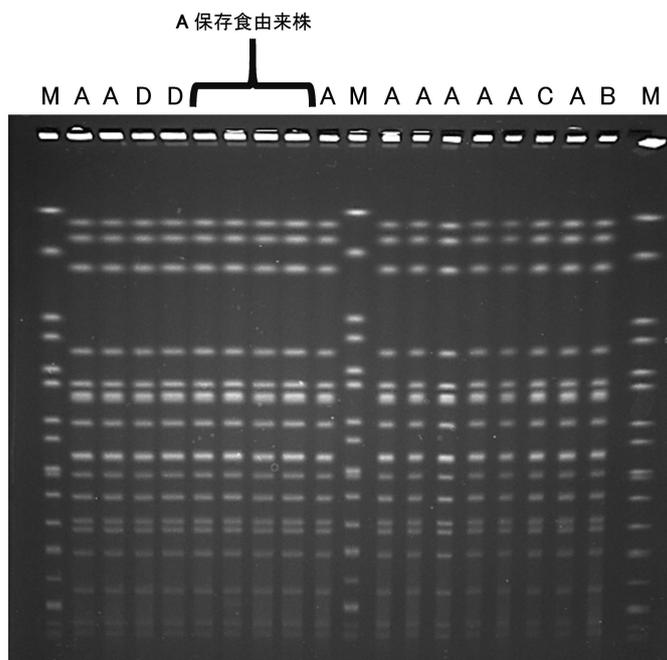


図1 患者便等由来 *Salmonella* Stanley の PFGE 解析結果 (制限酵素 *Xba* I 使用)

M: マーカー (*S. Braenderup*)

A~D: 事例

### 3 結果

#### 3.1 血清型別試験

供試した株は全て *Salmonella* Stanley (O4,12:d:1,2) であった。

#### 3.2 PFGE

患者株19株 (事例A~D), 従事者株4株 (事例A, D) 及び保存食由来株4株 (事例A) は, 制限酵素 *Xba* I で全て同じバンドパターンを示した。

図1に解析結果の一部を示す。

### 4 考察

事例A~Dは, 患者等から分離された *Salmonella* Stanley (O4,12:d:1,2) がPFGEによる解析で全て同じバンドパターンを示したことから, 共通する食材を感染源とする食中毒であったことが強く示唆された。保健所では食材の廻り調査を行ったが, 共通感染源の特定には至らなかった。

食中毒や感染症事例が発生した場合, 原因菌を可能な限り早く分子疫学的解析を行うことによって, 感染源を特定し, 感染拡大防止につなげることができる。今回, 4事例の感染源は特定できなかったものの, 実施したPFGEの結果は, サルモネラ等の食品由来感染症の病原体の有用な解析手法であることを示すものであった。

### 参考文献

- 1) 寺嶋 淳, 泉谷秀昌, 伊豫田 淳, 三戸部 治郎: 食品由来感染症の細菌学的疫学指標のデータベース化に関する研究, 平成15年度総括・分担研究報告書 (厚生労働科学研究費補助金 新興・再興感染症研究事業), 10-21, 2004

【調査研究】

胃腸炎ウイルスの疫学的研究  
—岡山県の散発胃腸炎患者から検出されたロタウイルス A 遺伝子再集合体株の解析  
(2012-2017) —

Epidemiological Studies on Viruses Causing Non-bacterial Gastroenteritis in Okayama  
— Molecular Characterization of Reassortant Rotavirus A Strains Detected from Sporadic  
Gastroenteritis in Okayama Prefecture (2012-2017) —

松岡保博, 野宮加代子\*, 梶原香代子\*\*, 濱野雅子, 木田浩司

井上 勝\*\*\*, 濃野 信\*\*\*\*, 金谷誠久\*\*\*\*\*

\*現 岡山県備前保健所, \*\*現 岡山県感染症情報センター,

\*\*\*岡山赤十字病院小児科, \*\*\*\*のうの小児科, \*\*\*\*\*国立病院機構岡山医療センター小児科

MATSUOKA Yasuhiro, NOMIYA Kayoko\*, KAJIHARA Kayoko\*\*, HAMANO Masako,

KIDA Kouji, INOUE Masaru\*\*\*, NOUNO Shin\*\*\*\*, KANADANI Tomohisa\*\*\*\*\*

要 旨

2018年に実施した, ヒトから検出されたロタウイルス A についての過去6シーズン (2011/12年~2016/17年) の遡り調査で, 動物由来株との遺伝子再集合体と考えられる株が30株検出された。今回, これらの株について, その由来や流行状況を明らかにするため, 系統樹解析やゲノム全11分節の遺伝子型別を実施した。その結果, 2017年に検出されたG8型株は, 2014年に北海道でアウトブレイクを起こした bovine-likeG8P[8]株 (ウシロタウイルス A との遺伝子再集合体) と DS-1-likeG1P[8]株の遺伝子再集合によって発生し, 既に国内に定着していると推察された。また, 国内で2016年頃から広く流行が認められている equine-likeG3型 (ウマロタウイルス A との遺伝子再集合体) が, 2012/13年シーズンには既に県内に侵淫していたことが明らかとなった。今後は, このような遺伝子再集合体の株の正確な流行把握のために, ゲノム全11分節の遺伝子解析が必要であると考えられた。

[キーワード: ロタウイルス A, 胃腸炎, 遺伝子再集合体, ワクチン, 系統樹解析]

[Key words : Rotavirus A, Gastroenteritis, Reassortant, Vaccine, Phylogenetic analysis]

1 はじめに

ロタウイルス A (以下「RVA」という。)は, レオウイルス科に属し, ゲノムに11分節の2本鎖RNAを有する<sup>1)</sup>。このうち第9分節にコードされた外殻糖たん白 (VP7) の塩基配列に基づき G 遺伝子型が, 第4分節にコードされた外殻スパイクたん白 (VP4) の塩基配列に基づき P 遺伝子型が分類されており, ヒトから検出される頻度が高いのは G1P[8], G2P[4], G3P[8], G4P[8] 及び G9P[8] である<sup>1), 2)</sup>。また, 近年では, 遺伝子解析機器の性能向上に伴い, 2008年に Matthijnsens ら<sup>3)</sup> が報告した, ゲノム全11分節の配列に基づく遺伝子型別法が広く活用されるようになった。

RVA は小児の主要な胃腸炎起因ウイルスであり, 重篤な症状を引き起こすこともあるため, 本ウイルスの感染制御を目的として, 生ワクチンの開発導入が世界的

に進められてきた<sup>4)</sup>。主なものとしては, ヒト RVA 株 (G1P[8]) 由来の単価ワクチンである Rotarix® (グラクソ・スミスクライン社製) 及びウシ RVA にヒト RVA の G1 から G4 型の VP7 遺伝子と P[8] の VP4 遺伝子を組み込んだ遺伝子組換え株に由来する5価ワクチンである RotaTeq® (メルク社製) が知られており, 我が国においては前者が2011年7月に, 後者が2012年1月にそれぞれ製造承認され導入が開始された。

これまで我々は, 県内における RVA 流行状況及び感染性胃腸炎患者を継続的に調査し, ワクチン導入前後の RVA 遺伝子検出率, G 遺伝子型, 感染性胃腸炎患者数等を比較解析することで, ワクチンの効果及び流行遺伝子型への影響を把握してきた<sup>5)~11)</sup>。しかしながら, 調査に利用していた G 型別用 Multiplex-PCR 法において誤判定が生じることが報告されたことから<sup>12)</sup>, 2018年に

過去6シーズン（2011/12年から2016/17年）の廻り調査を実施した<sup>13)</sup>。その結果、G3型をG1型と誤判定した29株、G8型をG3型と誤判定した1株の計30株の存在が明らかとなり、遺伝子解析の結果、全ての株が動物由来株との遺伝子再集合体であると考えられた。特に2016/17年シーズンに検出されたG8型は県内初の検出例であり、2014年に北海道でアウトブレイクを起こして以降、国内での拡大が注視されている。そこで今回我々は、これらの株について、他の国内検出株を含めた系統樹解析やゲノム全11分節の遺伝子型別を実施し、その由来や流行状況を推定した。

## 2 方法

### 2.1 対象

2018年に実施した調査<sup>13)</sup>で、Gouvea らの方法<sup>14)</sup>によりG遺伝子型が誤判定された2012/13年シーズンのG3型4株、2013/14年シーズンのG3型3株並びに2016/17年シーズンのG3型22株及びG8型1株を対象とした（表1）。

### 2.2 遺伝子型の決定と近縁株の推定

G3型株については、病原体検出マニュアル「ロタウイルス」<sup>15)</sup>に従い、VP7遺伝子の一部を標的としたPCR法を実施した。得られた増幅産物について、それぞれのPCRで使用したプライマーを用いたダイレクトシーケンス法により塩基配列を決定した。また、G8型株につ

表1 調査対象とした誤判定株

G遺伝子型	シーズン	株名
G3型	2012/13年シーズン	OH4037, OH4105, N2033, N2015
	2013/14年シーズン	OH4460, OH4521, NN621
	2016/17年シーズン	OH5633, OH5643, OH5658, OH5663, OH5665, OH5671, OH5685, OH5703, OH5718, OH5724, OH5725, OH5735, OH5749, OH5767, OH5781, N2789, N2791, N2808, N2816, N2824, N2825, N2838
G8型	2016/17年シーズン	N2793

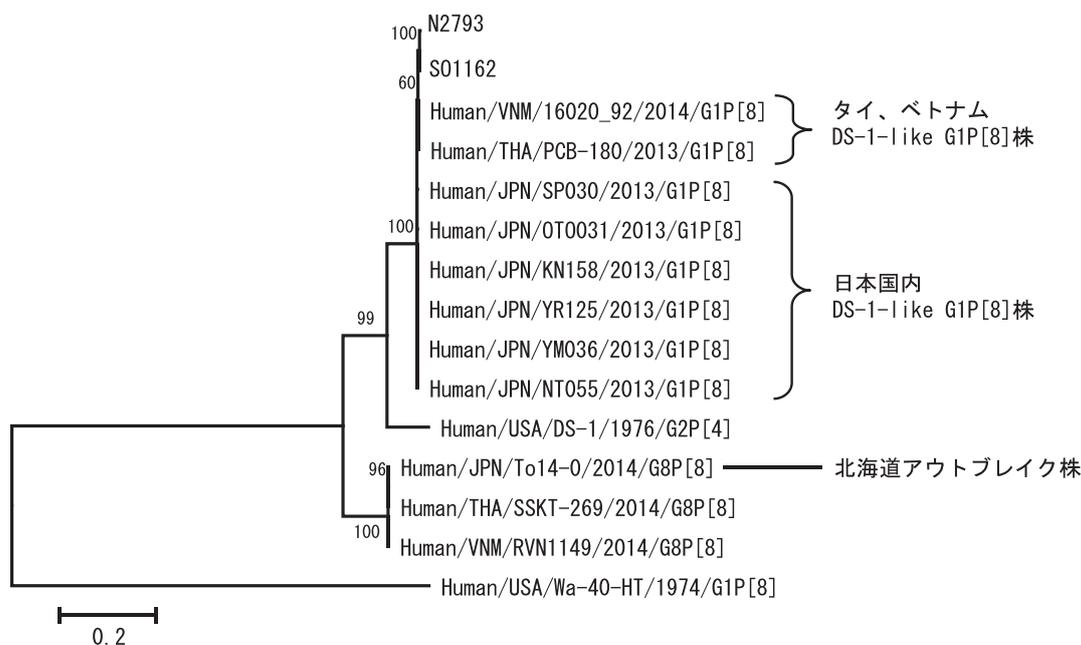


図1 N2793のVP1遺伝子系統樹

VP1遺伝子（3247bp）について、最尤法による系統樹解析を実施した（1000 bootstrap）。

いては、県内で初めて検出され、由来を詳細に解析する必要があることから、同様の方法でVP1遺伝子の全長の塩基配列を解読するとともに、その他10分節の一部の塩基配列（各500塩基以上）を解読し、RotaC v2.0 (<http://rotac.regatools.be/>) によりそれぞれの遺伝子型を決定した。さらに、近縁株を特定するため、BLAST検索 (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) も実施した。

### 2.3 系統樹解析

G3型株のVP7遺伝子の一部（660塩基）及びG8型株のVP1遺伝子の全長（3247塩基）について、MEGA7を用い、最尤法による系統樹解析を実施した。

## 3 結果

### 3.1 G8型株（N2793株）の遺伝子型の決定

2017年4月に検出されたG8型株（N2793株）についてゲノム全11分節の遺伝子型を調べた。その結果、遺伝子型構成は、G8-P[8]-I2-R2-C2-M2-A2-N2-T2-E2-H2であった。

### 3.2 BLAST検索によるN2793株の近縁株の確認

N2793株の塩基配列の変異や遺伝子再集合の可能性を探るため、ゲノム全11分節を対象としたBLAST検索を実施した。その結果、最も一致率が高かった株は、2017年3月に千葉県内の医療機関で感染性胃腸炎の2歳8か

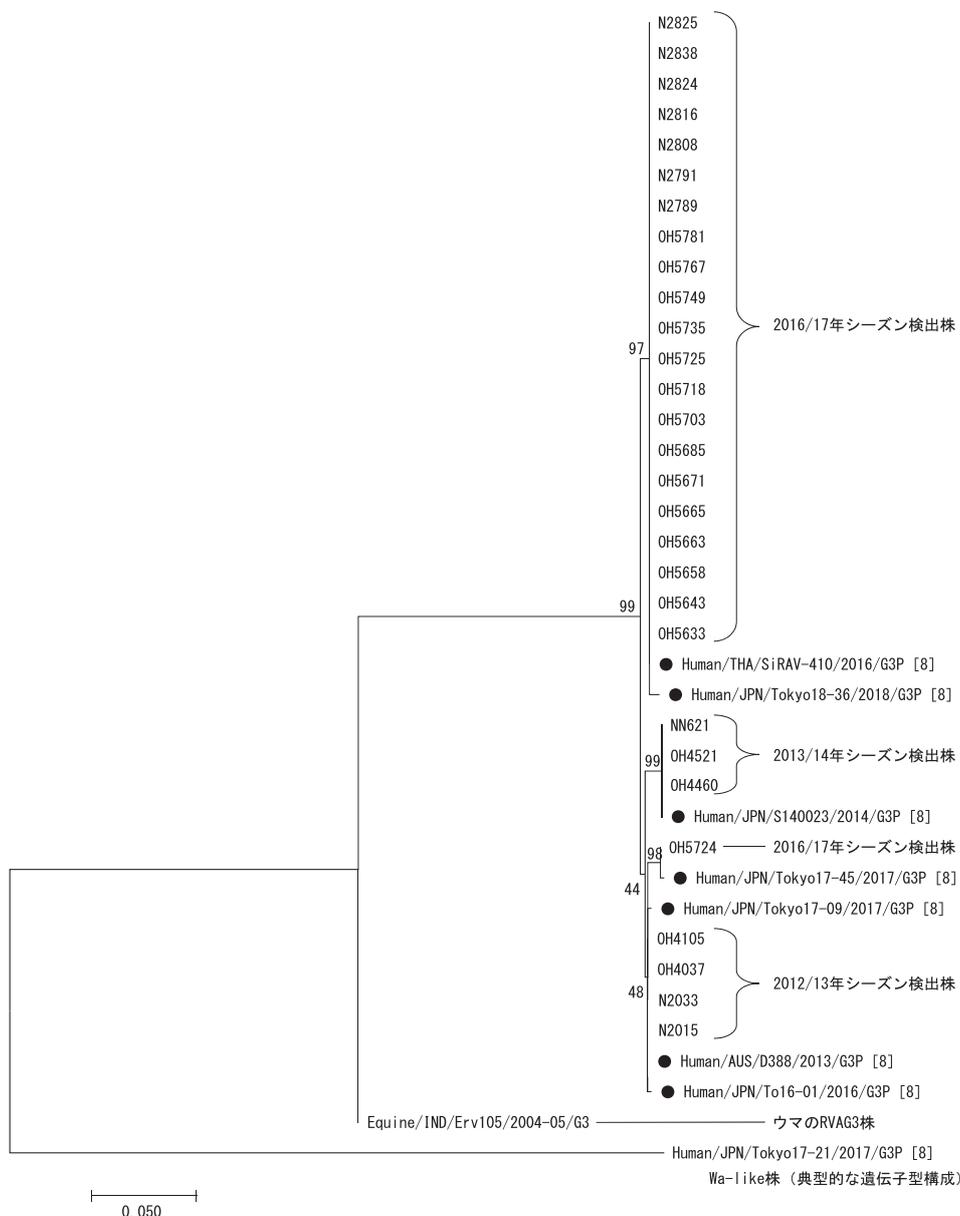


図2 G3型29株のVP7遺伝子領域系統樹

VP7遺伝子の一部（660塩基）について、最尤法による系統樹解析を実施した（1000 bootstrap）。

●: equine-likeG3P [8] 株

月の子供から検出されたG8型であるSO1162株<sup>16)</sup>であった。一方、2014年に北海道でアウトブレイクを起こしたbovine-likeG8P[8]株との一致率は、10分節はそれぞれ99%以上と高かったものの、VP1遺伝子をコードする分節は86.7%と低かった。

### 3.3 N2793株のVP1遺伝子の系統樹解析

N2793株のVP1遺伝子の由来を探るため、系統樹解析を実施した(図1)。その結果、N2793株は、タイ、ベトナム又は日本国内で検出されたDS-1-likeG1P[8]株と同じクレードに属しており、北海道でアウトブレイクを起こしたG8型株の属するクレードとは遺伝的に遠い場所にクラスターを形成していた。

### 3.4 G3型29株のVP7遺伝子の系統樹解析

G3型29株について、VP7遺伝子の系統樹解析を実施した(図2)。その結果、これらの株は、2016/17年シーズンのOH5724株を除いてシーズンごとに別クレードに属していた。また、典型的な遺伝子構成を持つWalikeG3P[8]株とは遺伝的に距離が認められ、29株が属するクレードが形成するクラスターにはequine-likeG3P[8]株が含まれていた。

## 4 考察

G8型は、以前はヒトからの検出は稀であったが、2014年、ウシRVAG8型が起源と推定されるVP7遺伝子を有する株(bovine-likeG8P[8]株)が北海道でアウトブレイクを起こし<sup>17)</sup>、現在は東南アジアを中心に流行している<sup>18)</sup>。今回解析したN2793株は、2017年4月に検出され、その遺伝子型構成はbovine-likeG8P[8]株と同じG8P[8]-I2-R2-C2-M2-A2-N2-T2-E2-H2であった。しかしながら、VP1遺伝子の塩基配列は両者間で異なっており、BLAST検索でN2793株との一致率が最も高かったのは、千葉県で2017年3月に検出されたSO1162株(G8型)<sup>16)</sup>であった。系統樹解析の結果、N2793株のVP1遺伝子は、タイ、ベトナム又は日本国内で検出されたDS-1-likeG1P[8]株と同じクレードに属していた。これらの結果を勘案すると、N2793株と同じ遺伝子構成を有する株は、bovine-likeG8P[8]株とDS-1-likeG1P[8]株の遺伝子再集合によって2014年以降に発生したと考えられる。また、VP1遺伝子の系統樹でDS-1-likeG1P[8]株と同じクレードに属するG8型株は、世界でもN2793株とSO1162株の2株のみしか報告されておらず、希少な遺伝子構成であると考えられるが、これらが地理的に距離のある千葉県と岡山県で同時期に検出されたことから、国内には既に定着していると推察される。

ウマRVAG3型が起源と推定されるVP7遺伝子を有する株(equine-likeG3型株)は、2015年頃から世界各地で報告されている<sup>19), 20)</sup>。国内では2016年頃から広く流行が認められるが<sup>21)</sup>、我々が2018年に実施した遡り調査により、2012/13年シーズンには、既に県内に侵淫していたことが明らかとなった。また、今回実施した系統樹解析により、2012/13年シーズンに県内で検出された4株と2017年に東京で検出されたTokyo17-09株が同じクレードに属していたことから、これらの株は長く国内に定着していると推察される。

2011年にRVAワクチンが導入されて以降、ロタウイルス胃腸炎の患者数は減少傾向にあるが<sup>22)~24)</sup>、一方でこれまで見られなかった遺伝子型構成を持つ株(DS-1-like株)や、動物由来株との遺伝子再集合体の発生が報告されている<sup>16), 21), 25), 26)</sup>。こうした株の発生がワクチンの影響によるものであるかは不明であるが、オーストラリアでは、導入したワクチンの種類によって流行株に違いがあったことが報告されている<sup>27)</sup>。また、国内では、2018/19年シーズンのG8型の検出割合が、前例のない増加を示している<sup>28)</sup>。今回解析したN2793株は、世界で2例目の報告となる希少な遺伝子型構成のG8型であるが、2018/19年シーズンの流行株には、同じ遺伝子型構成を有する株が含まれる可能性があり、今後の侵淫状況に注意を払う必要がある。RVAの正確な流行把握のためには、ゲノム全11分節の遺伝子型別解析が有用であり、検査実施体制の構築が必要である。

## 文 献

- 1) 小林宣道, 浦沢正三: ロタウイルス, ウイルス, 50, 157-172, 2000
- 2) Santos N, Hoshino Y: Global distribution of rotavirus serotypes/genotypes and its implication for the development and implementation of an effective rotavirus vaccine, *Med. Virol.*, 15, 29-56, 2005
- 3) Matthijnssens J, Ciarlet M, McDonald S M, Attoui H, Banyai K, et al.: Uniformity of rotavirus Classification Working Group (RCWG), *Arch. Virol.*, 156, 1397-1413, 2011
- 4) 中込 治, 中込とよ子: ワクチンによるロタウイルスの感染制御, *ウイルス*, 60, 33-48, 2010
- 5) 葛谷光隆, 濱野雅子, 藤井理津志, 小倉 肇, 金谷誠久ら: 岡山県におけるA群ロタウイルス検出状況と血清型分布の最近の動向, *病原微生物検出情報*, 26, 4-6, 2005

- 6) 葛谷光隆, 濱野雅子, 木田浩司, 藤井理津志, 岸本壽男ら：岡山県におけるA群ロタウイルスの検出状況と血清型分布の最近の動向, 病原微生物検出情報, 32, 71-72, 2011
- 7) 濱野雅子, 木田浩司, 藤井理津志, 岸本壽男, 葛谷光隆ら：岡山県におけるA群ロタウイルスの検出状況 (2010/11~2012/13シーズン), 病原微生物検出情報, 35, 68-69, 2014
- 8) 濱野雅子, 藤井理津志, 木田浩司, 葛谷光隆, 橋原幸二ら：胃腸炎ウイルスの疫学的研究－岡山県の散发胃腸炎患者におけるロタウイルスAの流行状況 (2012/2013シーズン)－, 岡山県環境保健センター年報, 38, 55-58, 2014
- 9) 藤原香代子, 藤井理津志, 濱野雅子, 磯田美穂子, 松岡保博ら：胃腸炎ウイルスの疫学的研究－岡山県の散发胃腸炎患者におけるロタウイルスAの流行状況 (2013/2014シーズン)－, 岡山県環境保健センター年報, 39, 119-123, 2015
- 10) 藤原香代子, 藤井理津志, 濱野雅子, 磯田美穂子, 松岡保博ら：胃腸炎ウイルスの疫学的研究－岡山県の散发胃腸炎患者におけるロタウイルスAの流行状況 (2014/2015シーズン)－, 岡山県環境保健センター年報, 40, 63-67, 2016
- 11) 梶原香代子, 濱野雅子, 木田浩司, 谷川徳行, 磯田美穂子ら：胃腸炎ウイルスの疫学的研究－岡山県の散发胃腸炎患者におけるロタウイルスAの流行状況 (2015/2016シーズン)－, 岡山県環境保健センター年報, 41, 67-72, 2017
- 12) 藤井克樹：ロタウイルスの遺伝子型別法に関する注意, 病原微生物検出情報, 38, 172-174, 2017
- 13) 木田浩司, 野宮加代子, 松岡保博, 梶原香代子, 濱野雅子ら：胃腸炎ウイルスの疫学的研究－岡山県の散发胃腸炎患者におけるロタウイルスAの流行状況 (2009-2017)－, 岡山県環境保健センター年報, 43, 99-105, 2019
- 14) Gouvea V, Glass R I, Woods P, Taniguchi K, Clark H F, et al. : Polymerase chain reaction amplification and typing of rotavirus nucleic acid from stool specimens, *J. Clin. Microbiol.*, 28, 276-282, 1990
- 15) 国立感染症研究所：病原体検出マニュアル「ロタウイルス」, 2019
- 16) Kamiya H, Tacharoenmuang R, Ide T, Negoro M, Tanaka T, et al. : Characterization of an Unusual DS-1-Like G8P[8] Rotavirus Strain From Japan in 2017: Evolution of Emerging DS-1-Like G8P[8] Strains Through Reassortment, *JPN. J. Infect. Dis.*, 72(4), 256-260, 2019
- 17) Kondo K, Tsugawa T, Ono M, Ohara T, Fujibayashi S, et al. : Clinical and Molecular Characteristics of Human Rotavirus G8P[8] Outbreak Strain, Japan, 2014, *Emerg. Infect. Dis.*, 23(6), 968-970, 2017
- 18) Tacharoenmuang R, Komoto S, Guntapong R, Ide T, Sinchai P, et al. : Full Genome Characterization of Novel DS-1-Like G8P[8] Rotavirus Strains That Have Emerged in Thailand: Reassortment of Bovine and Human Rotavirus Gene Segments in Emerging DS-1-Like Intergenogroup Reassortant Strains, *PLoS One*, 11(11), e0165826, 2016
- 19) Utsumi T, Wahyuni M R, Doan H Y, Dinana Z, Soegijanto S, et al. : Equine-like G3 Rotavirus Strains as Predominant Strains Among Children in Indonesia in 2015-2016, *Infect. Genet. Evol.*, 61, 224-228, 2018
- 20) Cowley D, Donato M C, Roczo-Farkas S, Kirkwood D C : Emergence of a Novel Equine-Like G3P[8] Intergenogroup Reassortant Rotavirus Strain Associated With Gastroenteritis in Australian Children, *J. Gen. Virol.*, 97(2), 403-410, 2016
- 21) Komoto S, Ide T, Negoro M, Tanaka T, Asada K, et al. : Characterization of Unusual DS-1-like G3P[8] Rotavirus Strains in Children With Diarrhea in Japan, *J. Med. Virol.*, 90(5), 890-898, 2018
- 22) Asada K, Kamiya H, Suga S, Nagao M, Ichimi R, et al. : Rotavirus Vaccine and Health-Care Utilization for Rotavirus Gastroenteritis in Tsu City, Japan, *Western Pac. Surveill. Response J.*, 7(4), 28-36, 2016
- 23) Fujii Y, Noguchi A, Miura S, Ishii H, Nakagomi T, et al. : Effectiveness of Rotavirus Vaccines Against Hospitalisations in Japan : *BMC Pediatr.*, 17(1), 156, 2017
- 24) Araki K, Hara M, Tsugawa T, Shimano C, Nishida Y, et al. : Effectiveness of Monovalent and Pentavalent Rotavirus Vaccines in Japanese Children, *Vaccine*, 36(34), 5187-5193, 2018
- 25) Fujii Y, Nakagomi T, Nishimura N, Noguchi A, Miura S, et al. : Spread and Predominance in Japan of Novel G1P[8] Double-Reassortant Rotavirus Strains Possessing a DS-1-like Genotype Constellation Typical of G2P[4] Strains, *Infect. Genet. Evol.*, 28,

426-33, 2014

- 26) Komoto S, Tacharoenmuang R, Guntapong R, Ide T, Haga K, et al. : Emergence and Characterization of Unusual DS-1-Like G1P[8] Rotavirus Strains in Children With Diarrhea in Thailand, PLoS One, 10 (11), e0141739, 2015
- 27) Roczo-Farkas S, Kirkwood D C, Cowley D, Barnes L G, Bishop F R, et al. : The Impact of Rotavirus Vaccines on Genotype Diversity: A Comprehensive Analysis of 2 Decades of Australian Surveillance Data, J. Infect. Dis., 218(4), 546-554, 2018
- 28) 国立感染症研究所感染症疫学センター：ロタウイルス 2004年9月～2019年8月, 病原微生物検出情報, 40, 201-203, 2019

【資料】

## 岡山県におけるインフルエンザ流行の疫学的解析（2018/19年シーズン）

Epidemiological Study of Influenza in Okayama Prefecture (2018/19)

石井 学, 野宮加代子\*, 松岡保博, 長尾和彦, 濱野雅子, 橋本清美, 森重李南,  
木田浩司, 北村雅美\*\*, 村上由美\*\*\*

\*現 岡山県備前保健所, \*\*岡山県感染症情報センター, \*\*\*岡山県保健福祉部  
ISHII Manabu, NOMIYA Kayoko\*, MATSUOKA Yasuhiro, NAGAO Kazuhiko,  
HAMANO Masako, HASHIMOTO Kiyomi, MORISHIGE Rina, KIDA Kouji,  
KITAMURA Masami\*\*, MURAKAMI Yumi\*\*\*

### 要 旨

2018/19年シーズンの岡山県におけるインフルエンザは、感染症発生動向調査における患者発生状況及び学校等の臨時休業施設数から、2018年第49週（12月上旬）に始まり、2019年第4週（1月下旬）をピークとし、2019年第18週（4月下旬から5月上旬）に終息した、一峰性の流行パターンであったと考えられる。当センターで患者から検出したインフルエンザウイルスは60株で、その内訳は、AH3亜型が36株、AH1pdm09が16株、B型ビクトリア系統が6株、B型山形系統が2株であった。検出状況から、2018/19年シーズンはA型が流行の主体であり、AH3亜型を主流型としたAH1pdm09との混合流行であったと考えられる。また、B型については、シーズン序盤に山形系統、終盤にビクトリア系統が検出されたが、特にビクトリア系統については検出された週が集中しており、小流行が疑われた。細胞で分離された12株のAH1pdm09についてオセルタミビル耐性マーカー遺伝子を検索したところ、11株からは検出されなかったが、1株は薬剤耐性マーカー遺伝子保有株と非保有株の混合株であった。しかしながら、混合株の分離材料からは薬剤耐性マーカー遺伝子が検出できなかったため、この結果は分離培養過程の突然変異によるものと推察された。

[キーワード：インフルエンザウイルス、感染症発生動向調査、疫学解析、薬剤耐性株サーベイランス]

[Key words: Influenza virus, National Epidemiological Surveillance of Infectious diseases (NESID),  
Epidemiological study, Antiviral resistance surveillance]

## 1 はじめに

2018/19年シーズン（2018/9/3～2019/9/1）の岡山県におけるインフルエンザの流行状況を明らかにするため、感染症発生動向調査の定点医療機関における患者発生状況及び学校等における集団事例の発生状況を解析した。また、患者から採取された咽頭拭い液等について、インフルエンザウイルス（以下「Inf.V」という。）の検索を行った。

## 2 材料及び方法

### 2.1 インフルエンザ患者発生状況

2018年9月～2019年8月の感染症発生動向調査における県内のインフルエンザ定点84医療機関の患者報告数から、1定点医療機関あたりのインフルエンザ患者報告数（1週間に1か所の定点医療機関を受診したインフルエンザ患者報告数の平均値。以下「定点あたり患者報告

数」という。）を算出した。また、学校等における集団事例の発生状況については、岡山県保健福祉部健康推進課が取りまとめた「インフルエンザとみられる学校等の臨時休業について」を基に臨時休業施設数を集計した。

### 2.2 ウイルス検索材料

2018年9月～2019年7月に、県内の指定提出機関及び保健所が実施する積極的疫学調査において、インフルエンザ又はそれを疑う患者69症例から採取された咽頭拭い液等を検索材料とした。

### 2.3 遺伝子検出によるウイルス検索

遺伝子検出によるInf.V検索は、国立感染症研究所から示された方法<sup>1)</sup>に従って実施した。

### 2.4 Inf.V AH1pdm09の薬剤耐性マーカー遺伝子の検索

Inf.V AH1pdm09のオセルタミビル耐性マーカー遺伝子の検索は、国立感染症研究所から示された方法<sup>2)</sup>に従って実施した。すなわち、Inf.V AH1pdm09の遺伝子

が検出された検体についてMDCK細胞によるウイルス分離培養を行い<sup>3)</sup>、培養上清から抽出したRNAを用いてリアルタイムPCRシステムによるSNPタイピングを実施した。

### 3 結果

#### 3.1 患者発生状況

2018/19年シーズンの感染症発生動向調査における県内の定点あたり患者報告数の推移を図1に示す。2018年第36週(9月上旬)に岡山市及び倉敷市から初めての患者が報告され、第46週(11月中旬)まで、県内各地域で散発的な報告が続いた。定点あたり患者報告数は、第47週(11月中旬から下旬)から増加し始め、第49週(12月上旬)には流行開始の指標である1.00人を超えた(1.17人)。その後、2019年1月中旬にかけて加速度的に増加し、第3週(1月中旬)には県内警報発令基準である30.0人を超え(45.33人)、第4週(1月下旬)に同シーズンのピークを迎えた(47.56人)。第5週(1月下旬から2月上旬)以降、定点あたり患者報告数は減少に転じ、第14週(4月上旬)には1.00人を下回った(0.94人)。その後、第16週及び第17週(4月中旬から下旬)に1.00人を超えた(1.43人及び1.08人)ものの、第18週(4月下旬から5月上旬)には再び1.00人を下回り(0.80人)、流行はほぼ終息した。

他方、2018/19年シーズンの臨時休業施設数の推移については、図1に示すとおり、臨時休業施設数の累計は660施設であり、内訳は、小学校383施設(58.0%)、中学校147施設(22.3%)、幼稚園80施設(12.1%)、高等

学校40施設(6.1%)、保育園3施設(0.5%)、その他7施設(1.1%)であった。シーズン初の臨時休業は、2018年第39週(9月下旬)に岡山市内の小学校から報告された。その後はしばらく報告がなかったが、第46週(11月中旬)以降は学校等の休暇期間を除いて継続的に報告された。特に第3週(1月中旬)以降は報告が急増し、第4週(1月下旬)にはシーズン最多となる196施設となった。臨時休業施設数の推移は、学校等の休暇期間を除き、シーズンを通して定点あたり患者報告数の動向とよく一致していた。

#### 3.2 Inf.V検出状況

インフルエンザ患者からの検体採取状況及びウイルス検出状況を表1に示す。検査した69症例からのウイルス検出数は60株で、AH3亜型が36株と最も多く、次いでAH1pdm09が16株、B型ビクトリア系統が6株、B型山形系統が2株であった。

感染症発生動向調査における県内の定点あたり患者報告数及び週別のウイルス検出状況を図2に示す。AH1pdm09はシーズン当初から検出され、2018年の検体から検出された14株のうち7株(50.0%)を占めるなどシーズン前半に多く検出されたが、2019年に入り、流行のピークを迎えた後は検出数が減少した。他方、AH3亜型は2018年第47週(11月中旬から下旬)から2019年第19週(5月上旬から中旬)まで検出された。B型は、シーズン序盤に山形系統、終盤にビクトリア系統が検出された。流行のピーク時に最も多く検出されたのは、AH3亜型であった。

検出されたAH1pdm09のうち分離株の得られた12株

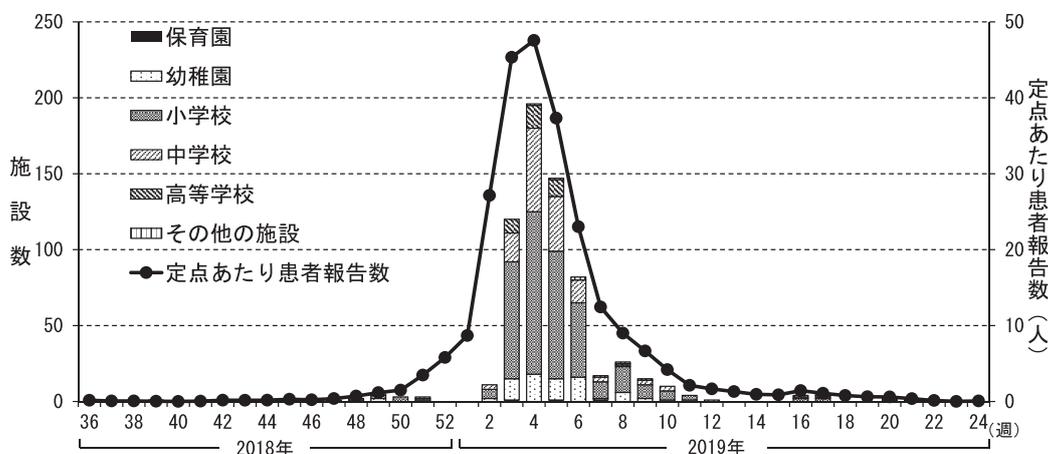


図1 定点あたり患者報告数及びインフルエンザによるとみられる学校等の週別臨時休業施設数  
カラムが施設別の臨時休業施設数を、折れ線が定点あたり患者報告数を示す。

表1 インフルエンザウイルス検出状況

検体採取状況		ウイルス検出・同定				
所管保健所名	検体採取年月日	検出*	同定			
			AH1pdm09	AH3亜型	B型 (ビクトリア系統)	B型 (山形系統)
備前保健所	2018.12.10 ~ 2018.12.18	2/2	1			1
備中保健所	2018.10.19 ~ 2019.3.19	7/7	2	4	1	
美作保健所		0/0				
岡山市保健所	2018.9.3 ~ 2019.7.6	36/44	11	20	4	1
倉敷市保健所	2018.12.11 ~ 2019.4.26	15/16	2	12	1	
合計		60/69 (87.0%)	16	36	6	2

\* 陽性症例数/検査症例数（本シーズンの美作保健所管内の検査症例数は0であった。）

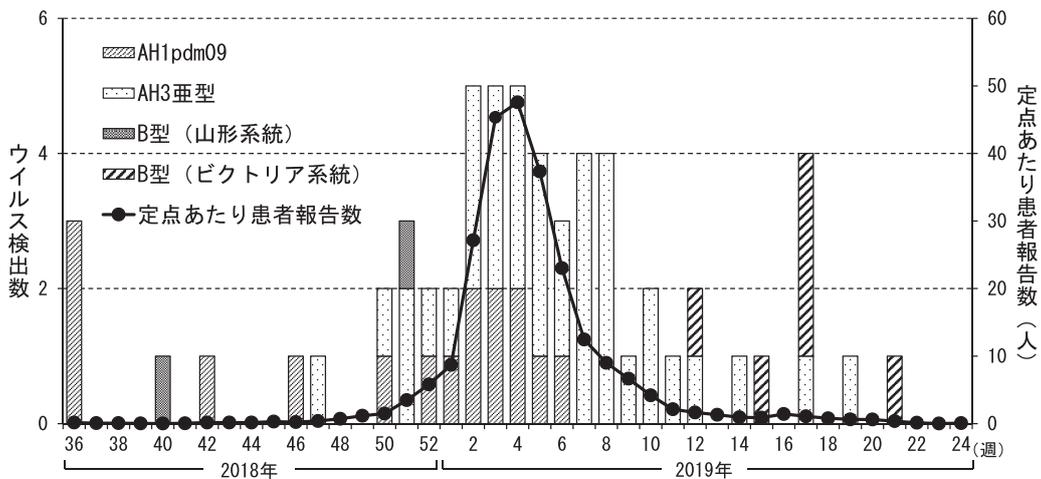


図2 定点あたり患者報告数及びウイルス検出状況  
 カラムが型別のウイルス検出数を、折れ線が定点あたり患者報告数を示す。

について、薬剤耐性マーカー遺伝子の検索を実施した。その結果、11株は薬剤耐性マーカー遺伝子を保有していなかったが、1株は薬剤耐性マーカー遺伝子の保有株と非保有株の混合株であった。混合株の分離材料である咽頭拭い液について同試験を実施したところ、薬剤耐性マーカー遺伝子は検出されなかった。

#### 4 考察

岡山県における2018/19年シーズンのインフルエンザは、感染症発生動向調査の患者報告数及び臨時休業施設数から、2019年第4週（1月下旬）をピークとした一峰性の流行パターンであったと考えられる。また、検出されたInf.Vから、流行の主体であったA型については、AH1pdm09の流行に始まり、後を追うように流行を開始したAH3亜型が、ピーク時頃に逆転して主流型となった混合流行であったと考えられる。シーズン終盤となる2019年第12週（3月中旬から下旬）以降に着目する

と、B型ビクトリア系統がAH3亜型の4株を上回って6株検出された。検出数自体が少なく、また同時期の患者報告数に大きな変化が認められなかったものの、検出された週が集中しており、B型ビクトリア系統による小流行が示唆される結果であった。他方、全国の流行状況<sup>4)</sup>を見ると、AH1pdm09に始まり、AH3亜型へと推移して主流型となった一峰性の流行パターンを示し、シーズン終盤には患者数の微増を伴うB型ビクトリア系統の小流行が認められたことから、岡山県の流行も全国と同様であったと考えられる。

Inf.V AH1pdm09の薬剤耐性マーカー遺伝子の検索では、薬剤耐性マーカー遺伝子保有株の混在が疑われる分離株を1株認めたが、分離材料である咽頭拭い液からは薬剤耐性マーカー遺伝子が検出されなかった。そのため、当該株はMDCK細胞による分離培養過程でゲノムに突然変異が生じたものと推察される。

インフルエンザの感染症発生動向調査については、体

制強化を目的として2016年に改正された「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」により、指定医療機関からの検体提出が義務付けられた。しかしながら、これまでに当センターに提出された検体数は、岡山県感染症発生動向調査事業実施要項で定める基準を大きく下回っており、流行解析に支障が生じている。今後は保健所等と協力して医療機関に啓発を行い、提出される検体数の改善を図るとともに、検出株については、より詳細な解析を実施し、正確な流行把握や薬剤耐性株の監視に努めたい。

## 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（平成26年9月）
- 2) 国立感染症研究所：A/H1N1pdm09 H275Y 耐性株 検出法実験プロトコール（2011年8月 ver.2）
- 3) 飛田清毅：MDCK細胞によるインフルエンザウイルスの分離，臨床とウイルス，4，58-61，1976
- 4) 国立感染症研究所 感染症疫学センター：インフルエンザ 2018/19シーズン，病原微生物検出情報，40，177-179，2019

【資 料】

平成30年度感染症流行予測調査（ポリオ感染源調査）

Epidemiological Surveillance of Vaccine-Preventable Diseases in Okayama Prefecture (2018-2019)  
- Surveillance of Poliovirus in Influent Sewage Water -

松岡保博, 橋本清美, 石井学, 長尾和彦, 濱野雅子, 森重李南, 木田浩司, 村上由美\*

\*岡山県保健福祉部

MATSUOKA Yasuhiro, HASHIMOTO Kiyomi, ISHII Manabu, NAGAO Kazuhiko,  
HAMANO Masako, MORISHIGE Rina, KIDA Kouji, MURAKAMI Yumi\*

要 旨

厚生労働省委託事業である感染症流行予測調査のうち、感染源調査の一環として、ポリオウイルス野生株の侵入及びワクチン由来ポリオウイルス株の伝播の監視を目的に、岡山県内の下水処理場1施設の流入下水におけるポリオウイルスサーベイランスを実施した。その結果、調査期間を通じてポリオウイルスは分離されなかった。一方で、ポリオウイルス以外のウイルスが63株分離され、その内訳は、コクサッキーウイルスB4型が4株、コクサッキーウイルスB5型が7株、エコーウイルス7型が1株、エコーウイルス11型が16株、ヒトアデノウイルス2型が2株、ヒトアデノウイルス5型が5株、ヒトアデノウイルス57型が2株、哺乳類オルソレオウイルスが26株であった。今年度の調査は、新規導入した細胞種（Hep2及びVeroE6）により、これまで分離できていなかった2種の腸管系ウイルス（HAdV及びMRV）を分離することができた点が昨年度までと異なる。今後もポリオウイルスの監視を継続するとともに、他種ウイルスについても個々に適した検出方法を検討して調査に活用することで、より有益な情報の収集に努めていきたい。

[キーワード：感染症, サーベイランス, ポリオウイルス, エンテロウイルス, 下水]

[Key words: Infectious disease, Surveillance, Poliovirus, Enterovirus, Sewage water]

1 はじめに

ポリオは急性灰白髄炎とも呼ばれ、エンテロウイルス属のポリオウイルスにより引き起こされる疾患である。免疫を持たないヒトがポリオウイルスに感染すると、多くは不顕性感染又はかぜ様症状を呈した後に回復するが、まれに麻痺性ポリオを発症する。現在のところ、ポリオに対する有効な治療薬は存在しないため、流行制御の基本はワクチンによる予防接種である。

厚生労働省委託事業である感染症流行予測調査は、予防接種が実施されている様々な感染症に対する集団免疫の把握（感受性調査）及び病原体の検索等の調査（感染源調査）を行うことで、総合的に感染症の流行を予測するとともに、予防接種事業の効果的な運用を図ることを目的としている。ポリオウイルスの感染源調査はその一環であり、流行地域からのポリオウイルス野生株の侵入及び国内でのワクチン由来ポリオウイルスの伝播を継続して監視するために実施されている。本調査は、下水処理場への流入下水を対象としていることから、顕性、不顕性感染に関わらず、地域のヒト集団で伝播しているポ

リオウイルスを効率よく検出することが可能である<sup>1)</sup>。また、付随して検出される他のウイルスについても疫学解析に利用できる。

今回我々は、平成30年（2018年）4月から平成31年（2019年）3月の期間に県内の下水処理場1施設から採取した流入下水を対象に、ポリオウイルスの感染源調査を実施した。

2 材料と方法

2.1 材料

平成30年4月から平成31年3月の期間に、県内のA下水処理場（処理人口約3万6千人）で毎月1回採取した流入下水500 mLを用いた。

2.2 ウイルスの分離及び同定

平成30年度感染症流行予測調査実施要領<sup>2)</sup>及び感染症流行予測調査事業検査術式（平成14年6月）<sup>3)</sup>に従い、材料の流入下水を陰電荷膜吸着誘出法により100倍濃縮したものを検体とし、試験に供した。24ウェルプレートに培養した4種類の細胞（L20B, RD-A, Hep2, VeroE6）

のそれぞれ4ウェルに検体を0.1 mLずつ接種し、常法どおり培養した。全てのウェルについて1週間ごとに継代し、2週間の観察期間中の細胞変性効果（cytopathic effect；以下「CPE」という。）の出現を指標として、ウイルス検索を行った。CPEが出現したウェルの培養上清液を回収し、CPEの形態からエンテロウイルス属であると推定されたものについて、病原体検出マニュアル「手足口病」<sup>4)</sup>に従い、ダイレクトシークエンス法により決定したVP1遺伝子領域の一部の塩基配列を、データベースの既知株と比較してウイルスの種及び遺伝子型を同定した。また、ヒトアデノウイルス（以下「HAdV」という。）であると推定されたものについて、病原体検

出マニュアル「咽頭結膜熱・流行性角結膜炎」<sup>5)</sup>に従い、ダイレクトシークエンス法により決定したヘキソン遺伝子領域の一部の塩基配列を、データベースの既知株と比較して遺伝子型別を実施した。分離された細胞種及びCPEの形態から哺乳類オルソレオウイルス（以下「MRV」という。）であると推定されたものについては、Learyらの方法<sup>6)</sup>に従い、RdRp領域の一部を増幅するPCRにより同定した。

### 3 結果及び考察

調査期間を通じてポリオウイルスが分離されなかったことから、A下水処理場の処理地域におけるポリオウイ

表1 流入下水からの採水月別ウイルス検出状況

検出ウイルス	採水月												合計
	2018.04	2018.05	2018.06	2018.07	2018.08	2018.09	2018.10	2018.11	2018.12	2019.01	2019.02	2019.03	
ポリオウイルス													0
コクサッキーウイルスB4型(CB4)									2	1		1	4
コクサッキーウイルスB5型(CB5)						5	2						7
エコーウイルス7型(E7)												1	1
エコーウイルス11型(E11)					3	1	3	4	4		1		16
ヒトアデノウイルス2型(HAdV2)									2				2
ヒトアデノウイルス5型(HAdV5)			2					1				2	5
ヒトアデノウイルス57型(HAdV57)		2											2
哺乳類オルソレオウイルス(MRV)		2	1		4	4	4			4	4	3	26
合計	0	4	3	0	7	10	9	5	8	5	5	7	63

表2 流入下水及び感染症患者からの月別ウイルス検出状況

検出ウイルス	検体採取月											
	2018.04	2018.05	2018.06	2018.07	2018.08	2018.09	2018.10	2018.11	2018.12	2019.01	2019.02	2019.03
流入下水からの検出						CB5	CB5		CB4	CB4		CB4
					E11	E11	E11	E11	E11		E11	
			HAdV5					HAdV5				HAdV5
		HAdV57										
		MRV	MRV		MRV	MRV	MRV			MRV	MRV	MRV
		CA2	CA2		CA2							
				CA4			CA4					
							CA6		CA6	CA6		CA6
			CA9	CA9			CA10	CA10				
					CA16	CA16	CA16	CA16	CA16			
感染症患者からの検出			CB2							CB4		
									E11	E11		
								E18				
						EV68						
									HAdV1			
							HAdV3					HAdV2
						HAdV5			HAdV5			
						HAdV31				HAdV31		
		HAdV41										
						HAdV54	HAdV54					
						HAdV56						
						HAdV85						

CA：コクサッキーウイルスA

EV：エンテロウイルス

■：流入下水、感染症患者双方から同月に検出

ルス野生株の侵入及びワクチン由来ポリオウイルス株の伝播はなかったと考えられる。一方、ポリオウイルス以外のウイルスが63株分離され、その内訳は、エンテロウイルス属については、コクサッキーウイルスB（以下「CB」という。）4型が4株、CB5型が7株、エコーウイルス（以下「E」という。）7型が1株、E11型が16株であり、その他のウイルスについては、HAdV2型が2株、HAdV5型が5株、HAdV57型が2株、MRVが26株であった（表1）。

本調査の分離株を、同期間の感染症発生動向調査の患者分離株と比較したところ、両調査ともに分離されたのはCB4型、E11型、HAdV2型及びHAdV5型であり、このうち同月に分離されたのはCB4型、E11型及びHAdV5型であった（表2）。これらのウイルスが分離された感染症発生動向調査の検体は、全て下水中に排出される可能性の高い感染性胃腸炎患者由来であることから、下水を検体とした本調査により、地域流行の一端を捕捉できたと考えられる。一方、感染症発生動向調査では、手足口病及びヘルパンギーナ患者からエンテロウイルス属の一血清群であるコクサッキーウイルスA（以下「CA」という。）が多く分離されたが、下水からは全く分離されなかった。この傾向は、過去の調査でも同様であり、下水から分離される主要なエンテロウイルス属は、E又はCBに偏っていた<sup>7), 8)</sup>。CAを分離することができない詳細な原因は不明であるが、株化細胞における分離効率の影響が大きいと考えられる。

本調査では、感染症発生動向調査では検出されなかったウイルスが、エンテロウイルス属以外にも多く検出された。その中でも、県内で初めて分離されたHAdV57型は、2001年にアゼルバイジャンで発見されたが、県内での患者報告例は未だなく、国内でも4例にとどまる。今回の結果は、既に県内に侵淫しているHAdV57型を、患者発生に先んじて探知したことを示唆している。また、MRVについては、ヒトへの病原性は極めて低いとされ、感染症発生動向調査の患者から検出されることは少ないが、今回の結果から、下水中に一年を通して排出されていることが明らかとなった。

今年度の調査は、新規導入した細胞種（Hep2及びVeroE6）により、これまで分離できていなかった2種の腸管系ウイルス（HAdV及びMRV）を分離することができた点が昨年度までと異なる。本事業の目的は、あくまでエンテロウイルス属の一種であるポリオウイルスの監視であるため、例年、付随して分離されたエンテロウイルスについてのみ流行解析を実施してきたが、今回の

結果は、下水中の他種ウイルスに応用することで、県内の感染症流行状況をより詳細に把握・推察できることを示唆するものであった。しかしながら、現段階では分離株の遺伝子型に偏りが見られるなど、改善すべき課題も多い。今後はポリオウイルスの監視を継続するとともに、他種ウイルスについても個々に適した検出方法を検討して調査に活用することで、より有益な情報の収集に努めていきたい。

## 文 献

- 1) 厚生労働省健康局結核感染症課・国立感染症研究所感染症疫学センター：平成26年度（2014年度）感染症流行予測調査報告書、8-15、2016
- 2) 厚生労働省健康局結核感染症課：平成30年度感染症流行予測調査実施要領、5-8、2018
- 3) 厚生労働省健康局結核感染症課・国立感染症研究所感染症流行予測事業委員会：感染症流行予測検査術式、2002
- 4) 国立感染症研究所：病原体検出マニュアル「手足口病」、17-35、2018
- 5) 国立感染症研究所：病原体検出マニュアル「咽頭結膜熱・流行性角結膜炎」、12-27、2017
- 6) Leary T P, Erker, J C, Chalmers M L, Cruz A T, Wetzel J D, et al. : Detection of Mammalian Reovirus RNA by Using Reverse transcription-PCR : Sequence Diversity Within the lambda3-encoding L1 Gene, J.Clin.Microbiol., 40, 1368-1375, 2002
- 7) 梶原香代子, 磯田美穂子, 木田浩司, 谷川德行, 松岡保博ら：平成28年度感染症流行予測調査（ポリオ感染源調査）、岡山県環境保健センター年報、42, 63-65, 2018
- 8) 橋本清美, 松岡保博, 野宮加代子, 濱野雅子, 木田浩司ら：平成29年度感染症流行予測調査（ポリオ感染源調査）、岡山県環境保健センター年報、43, 111-113, 2018



【調査研究】

# LC-MS/MSを用いた牛の筋肉及び腎臓中のアミノグリコシド系抗生物質に関する一斉分析法の検討

Study on a Method for Simultaneous Determination of Aminoglycoside Antibiotics in Cow Muscle and Kidney by LC-MS/MS

難波順子, 浦山豊弘, 池田和美, 金子英史, 繁田典子

NAMBA Junko, URAYAMA Toyohiro, IKEDA Kazumi, KANEKO Hidefumi, SHIGETA Noriko

## 要 旨

アミノグリコシド系抗生物質の迅速かつ高感度な分析方法の確立を目指し, 9物質を同時分析するため, 牛の筋肉及び腎臓を試料とし, 前処理方法の検討を行った。試料を5%トリクロロ酢酸及び0.2 mol/Lヘプタフルオロ酪酸水溶液で抽出し, 遠心分離後, 固相カラム(PS-2, Plexa)による精製を行い, LC-MS/MSで測定を行う分析法を構築した。本方法について基準値濃度の標準品を添加して妥当性評価を行ったところ, 6種類の物質で目標値を満たした。

[キーワード: アミノグリコシド系抗生物質, 牛の筋肉及び腎臓, 一斉分析法, 液体クロマトグラフタンデム質量分析計]

[Key words: Aminoglycoside Antibiotics, Cow Muscle and Kidney, Simultaneous Determination, LC-MS/MS]

## 1 はじめに

動物用医薬品は, 安定した高い生産性を得るために家畜や養殖魚等に用いられる医薬品であり, その畜水産物への移行・残留が懸念されている<sup>1)</sup>。このため, 動物用医薬品が畜水産物に残留し人の健康を損なうことのないよう, 食品衛生法の改正により, 農薬や飼料添加物, 動物用医薬品が一定の量を超えて残留する食品の販売等を原則禁止するポジティブリスト制度が平成18年5月29日に施行され, 食の安全確保が図られている。このポジティブリスト制度導入に伴い, 規制の対象となる農薬, 飼料添加物及び動物用医薬品が大幅に増加したため, 高感度かつ迅速に分析できる一斉分析法の開発が求められており, 各地方衛生研究所等において独自にLC-MS/MSを用いた一斉分析法の開発が行われている<sup>2)~5)</sup>。なお, 厚生労働省が定めた「食品中に残留する農薬等に関する試験法の妥当性評価ガイドラインについて」(平成19年11月15日付け食安発第1115001号。以下「ガイドライン」という。)により, 食品に残留する農薬, 飼料添加物及び動物用医薬品の分析を実施する場合において, 分析機関ごとに妥当性評価の実施が必要とされている。

岡山県では, 畜水産物中のサルファ剤等合成抗菌剤を主とする動物用医薬品についてはLC-MS/MSを用いた一斉分析法<sup>6)</sup>により実施しているが, 抗生物質等につい

ては理化学的分析法が確立されておらず, 微生物学的分析法で行っている状況である。そのため, マクロライド系等の複数の系統の抗生物質の分析法を, 合成抗菌剤との同時分析も含めて検討し, これまでにはちみつ及び牛の筋肉を用いて妥当性評価を行った結果を報告した。<sup>7), 8)</sup> 今回, 既報の一斉分析法では同時分析が出来ない抗生物質のうち, グラム陽性菌, グラム陰性菌, 結核菌などに対して有効で抗菌力も優れているため, 動物用医薬品や飼料添加物として汎用されており<sup>9)</sup>, 畜水産食品中への残留が懸念される抗生物質であるアミノグリコシド系抗生物質について一斉分析法を開発することとし, 前処理方法を牛の筋肉及び腎臓を用いて検討し, 妥当性評価を行ったので報告する。

## 2 方法

### 2.1 試料

厚生労働省から代表的な畜水産物であると示されている, 牛の筋肉(横隔膜等)及び腎臓を試料として使用した。添加回収試験に使用した試料は, 分析対象とする抗生物質が検出されないことを確認後, 使用した。また, 微生物学的検査法でアミノグリコシド系抗生物質が陽性であった検体は, 岡山県食肉衛生検査所から分与されたものを用いた。

## 2.2 標準品, 固相カラム及び試薬

標準品 : ストレプトマイシン (以下「SM」という。) はDr.Ehrenstorfer製, ジヒドロストレプトマイシン (以下「DHSM」という。) は林純薬製, スペクチノマイシン (以下「SPCM」という。), ネオマイシン (以下「NM」という。) 及びカナマイシン (以下「KM」という。) はLKT Labo製, ゲンタマイシン (以下「GEM」という。) はFluka製, アプラマイシン (以下「APM」という。) はLKT Labo製, トブラマイシン (以下「TOB」という。) はLKT Labo製, カスガマイシン (以下「KGM」という。) は富士フィルム和光純薬製の標準品を用いた。

標準原液 : 各標準品を, 精製水に溶解し, 標準原液 (1000 µg/mL) を調製した。

### 混合標準原液

: 標準原液 (1000 µg/mL) を混合し, 表1に示す筋肉の基準値の50倍及び腎臓の基準値の10倍の混合標準原液を作成した。なお, TOB及びKGMは試料への添加濃度が0.1 ppmとなるように, 筋肉では50倍の5 ppm, 腎臓では10倍の1 ppmとした。

### マトリックス添加混合標準溶液

: 筋肉及び腎臓の分析対象物質を含まない試料 (以下「ブランク試料」という。) を用いて作成した試験溶液に混合標準原液を添加し, 試料濃度でそれぞれ基準値 (TOB及びKGMは0.1 ppm) の1/10, 1/5, 1/2, 1, 2倍になるように作成した。

### 5%トリクロロ酢酸

: トリクロロ酢酸5 gを精製水で溶かし, 100 mLにメスアップした。

### 0.2 mol/L ヘプタフルオロ酢酸 (以下「HFBA」という。)

水溶液 : 0.5 mol/L HFBA水溶液20 mLを精製水で溶かし, 50 mLにメスアップした。

### 5%アンモニア水

: 濃アンモニア水18 mLを精製水で溶かし, 100 mLにメスアップした。

### 固相カラム

: Agilent製 Plexa 200 mg, 6 mL (以下「Plexa」という。)

Waters製 Sep-Pak Plus PS-2 265 mg (以下「PS-2」という。)

GL Sciences製 InertSep mini RP-1 230 mg (以下「RP-1」という。)

GL Sciences製 InertSep CBA 500 mg (以下「InertSep CBA」という。)

Agilent製 Bond Elut LRC CBA 500 mg (以下「LRC CBA」という。)

Waters製 OASIS MCX 500 mg, 6 mL (以下「MCX」という。)

### シリンジフィルター

: Millipore製 Millex-LCR 0.45 µm

### その他の試薬

: 残留農薬試験用, 特級試薬を用いた。

## 2.3 装置及び測定条件

### LC-MS/MS

#### 1) LC条件

HPLC : 島津製 LC-20A 高圧グラジエントシステム

カラム : Agilent社製 Poroshell 120 SB-C18 2.7 µm (2.1 mm I.D. x 100 mm) (以下「Poroshell」という。)

カラム温度 : 40 °C

移動相 : A液 : 20 mmol/L HFBA水溶液 : アセトニトリル = 95 : 5

B液 : 20 mmol/L HFBA水溶液 : アセトニトリル = 8 : 2

表1 MRM測定イオン

抗生物質名	precursor ion (m/z)	product ion (m/z)
SM	291.6	176.2
	291.6	263.2
DHSM	292.6	176.0
	292.6	263.3
SPCM	351.2	333.3
	351.2	207.3
NM	308.1	161.0
	308.1	163.1
KM	243.1	163.3
	243.1	162.3
GEM	322.1	160.2
	322.1	112.1
APM	270.7	162.1
	270.7	217.2
TOB	468.2	163.3
	468.2	324.2
KGM	380.2	112.2
	380.2	70.1

グラジエント条件：A/B = 100/0 (0 - 3 min) → 25/75  
(9.5 - 15 min) → 100/0 (18 - 22 min)

移動相流量：0.3 mL/min

分析溶液注入量：20 µL

## 2) MS条件

MS機種：Applied Biosystems製 API3200 QTrap

インターフェース：Turbo V source

測定法：MRMモード

MRM測定イオン：表1のとおり

イオン化モード：ESI positive モード

イオン源温度：650 °C

イオン化電圧：5500 V

## 2.4 試験溶液調製方法

分析フローを図1に示す。抽出法はアジレントの方法<sup>10)</sup>を参考にした。筋肉又は腎臓試料5 gを50 mLポリプロピレン製遠沈管に量り取り、5 %トリクロロ酢酸10 mLを加えてホモジナイズした後、6900 × gで4 °Cで5分間、遠心分離した。上層を分取し、沈殿を5 %トリクロロ酢酸10 mLで再抽出し、遠心分離後、上層を合わせた。沈殿を0.2 mol/L HFBA水溶液5 mLで再抽出し、遠心分離後、上層を合わせ、5 %アンモニア水でpH 4.0に調整し、精製水で30 mLに定容し、抽出溶液とした。

精製法は固相カラムを用いた。固相カラムPS-2, Plexaをアセトニトリル3 mL, 精製水5 mL, 20 mmol/L HFBA水溶液5 mLで順番にコンディショニングした。抽出溶液6 mL (1 g相当)をPS-2カラムに負荷し、精製水5

mLで洗浄後、遠心脱水した。下部にPlexaを連結した後、アセトニトリル：0.2 mol/L HFBA水溶液 (8:2) (以下「溶出液」という。) 3 mLで溶出させた。溶出液を窒素ガスで0.5 mLまで濃縮し、濃縮液を20 mmol/L HFBA水溶液で筋肉は1 mL, 腎臓は5 mLに定容後、0.45 µmメンブレンフィルターでろ過したものを試験溶液とした。

## 2.5 精製法の検討方法

固相カラムPlexa, PS-2, RP-1を用い、抽出溶液6 mLに標準品を筋肉の基準値になるように添加した後、コンディショニングしたカラムに負荷し、精製水5 mLで洗浄を行う場合又は洗浄を行わない場合に分けた後に、遠心分離で脱水し、溶出液3 mLで2回溶出 (合計6 mL) した後に濃縮、測定した。なお、TOBとKGMは定量限界を考慮して10 ng/mLになるように添加した。

次に、精製効果を高めるため、PS-2又はRP-1が上になるようにPlexaと連結したカラム (以下「連結カラム」という。)を用い、PS-2又はRP-1に抽出溶液6 mLに標準品を筋肉の基準値になるように添加し、精製水5 mLで洗浄後、遠心脱水し、溶出液3 mLで2回溶出 (合計6 mL) した液をPlexaに負荷し、溶出した後に濃縮、測定した。

## 2.6 妥当性評価の方法

ガイドラインに示された、分析者1名が2併行5日間実施する枝分かれ実験計画に基づき、ブランク試料にTOBとKGMを除く7種類の標準品を、基準値濃度になるように添加して添加回収試験を行い、定量限界、選択性、真度及び精度を評価した。また、TOBとKGMは基準が「含有してはならない」であるが、本装置の定量限界が0.01 ppmであるため、0.1 ppmになるように添加して添加回収試験を行った。

## 2.7 微生物学的検査法で陽性であった検体の分析

微生物学的検査法の簡易検査法で陽性となり、分別推定法でアミノグリコシド系抗生物質の残留が疑われる牛の腎臓検体を、検討した分析法に従って5併行で前処理を行い、定量を行った。

## 3 結果及び考察

### 3.1 LC-MS/MS条件

LCの分析カラムはPoroshellやTSK-gel VMpak25を用いた方法<sup>10), 11)</sup>が報告されている。これらについてそれぞれ報告されている条件で測定を行い、感度及びピーク形状を比較した。SPCMのピーク形状が両条件共に良好ではなかったため、移動相のグラジエント条件の検討を行った。KGM以外はPoroshellを用い、2.3に示す条件が

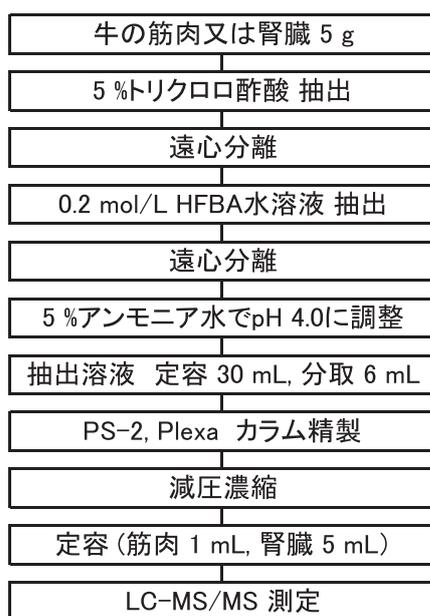


図1 分析フロー

最適であったため、採用した。なお、KGMはVMpak25を用いた条件<sup>11)</sup>の方が感度及びピーク形状が良好であった。

MSのイオン化法はESI positiveモードを選択して条件の検討を行った。測定された各測定物質の強度が強いイオンをプリカーサーイオンとした場合に得られるプロダクトイオンの中で、一番強度が強いイオンを定量イオン（上段）、次に強いイオンを定性イオン（下段）とし、表1に示す。プリカーサーイオンとして、SM, DHSM, NM, KM及びAPMは[M+2H]<sup>2+</sup>を、SPCMは[M+H<sub>2</sub>O+H]<sup>+</sup>、TOB及びKGMは[M+H]<sup>+</sup>を選択した。また、GMでは既報<sup>11)</sup>と同様に強度が強いm/z=322を選択した。

### 3.2 定量限界及び検量線

LC-MS/MSを用いた分析の問題点として、試料中のマトリックスにより、目的成分のイオン化に影響があることが報告されている<sup>5)</sup>。実試料におけるこの影響を補正するために、マトリックス添加混合標準液を用いて定量することとした。基準値及び測定結果を表2に示した。定量限界（S/N比が10以上）が、測定溶液濃度の1/10

より高い3物質を\*2と示し、定量限界を検量線の最低濃度とした。検量線で良好な直線性（相関係数0.99以上）が得られた物質を○、良好な直線性が得られない物質を×で示した。×であった物質は定量限界と検量線の最低濃度が同じであり、この濃度でのイオン化がばらつく傾向があった。なお、検量線で良好な直線性が得られなかったKGMは、カラムをVMpak25に変更する等のLC-MS/MS条件の更なる検討を行うこととしている。

### 3.3 精製法の検討

牛の筋肉及び腎臓はタンパク質や脂質などのマトリックスを多く含むので、固相カラムによる精製法の検討を行った。固相カラムはPlexa, PS-2, RP-1を用いた。<sup>10), 11)</sup>これらのカラムは、スチレンジビニルベンゼンポリマ重合体であり、サイズ排除と疎水性相互作用を組み合わせることにより、試料中のマトリックスを効果的に排除することができる。これら3カラムの検討結果を表3に示す。Plexaでは洗浄を行わない場合、PS-2では洗浄の有無にかかわらず、RP-1では洗浄を行う場合、回収率がKGMを除く8物質で70%以上であった。KGMは全て

表2 基準値及び測定結果

抗生物質名	牛の筋肉				
	基準値(ppm)	測定溶液濃度(ppm)	検量線範囲(ppm)	定量限界(ppm)	検量線 (≥0.99)
SM	0.6	0.3	0.03-0.6	0.01	○
DHSM		0.3	0.03-0.6	0.01	○
SPCM	0.5	0.5	0.05-1	0.01	○
NM	0.5	0.5	0.05-1	0.05	○
KM	0.04	0.04	0.04-0.08	0.04	×*2
GEM	0.1	0.1	0.01-0.2	0.005	○
APM	0.5	0.5	0.05-1	0.02	○
TOB	含有してはならない*1	0.1	0.01-0.2	0.01	×
KGM	含有してはならない*1	0.1	0.01-0.2	0.01	×

抗生物質名	牛の腎臓				
	基準値(ppm)	測定溶液濃度(ppm)	検量線範囲(ppm)	定量限界(ppm)	検量線 (≥0.99)
SM	1.0	0.1	0.01-0.2	0.01	○
DHSM		0.1	0.01-0.2	0.01	○
SPCM	5	1	0.1-2	0.01	○
NM	10	2	0.2-4	0.05	○
KM	13	2.6	0.26-5.2	0.04	○
GEM	5	1	0.1-2	0.005	○
APM	15	3	0.3-6	0.02	○
TOB	含有してはならない*1	0.02	0.01-0.04	0.01	×*2
KGM	含有してはならない*1	0.02	0.01-0.04	0.01	×*2

\*1: TOB及びKGMは試料濃度で0.1 ppmになるように添加

\*2: 定量限界以上の濃度で検量線を調製したが、良好な直線性（相関係数0.99以上）は得られず

の条件で回収されなかった。

次に、精製効果を高めるために行った連結カラムの検討結果を表4に示す。PS-2とPlexaの連結カラムではKGMを除く8物質が溶出液3 mLで70 %以上の回収率であり、良好な結果であった。同様に、RP-1とPlexaの

連結カラムではKMとKGMを除く7物質が70 %以上の回収率であった。よって、精製法はPS-2とPlexaの連結カラムを用い、溶出液3 mLで溶出することとした。

なお、KGMは、他のアミノグリコシド系抗生物質で良好な回収率が報告されているInertSep CBA<sup>13)</sup>、LRC

表3 カラム溶出率 (%)

洗浄ありの場合

カラム	Plexa					PS-2					RP-1					
	溶出溶媒 溶出液量(mL)	負荷液	洗浄液	溶出液		合計	負荷液	洗浄液	溶出液		合計	負荷液	洗浄液	溶出液		合計
		0-6	0-5	0-3	3-6		0-6	0-5	0-3	3-6		0-6	0-5	0-3	3-6	
SM		0	46	3	0	49	0	0	101	4	105	0	0	96	3	99
DHSM		0	112	0	0	112	0	0	97	6	103	0	0	83	4	87
SPCM		2	115	0	0	117	0	0	92	7	99	0	0	82	6	88
NM		0	0	69	3	72	0	0	81	5	85	0	0	104	6	110
KM		0	92	0	0	92	0	0	85	6	91	0	0	100	0	100
GEM		0	93	3	0	96	0	0	104	9	113	0	0	84	3	87
APM		0	3	73	0	76	0	0	93	5	98	0	0	87	7	93
TOB		0	0	56	5	61	0	0	89	7	96	0	0	73	5	78
KGM		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

洗浄なしの場合

カラム	Plexa				PS-2				RP-1				
	溶出溶媒 溶出液量(mL)	負荷液	溶出液		合計	負荷液	溶出液		合計	負荷液	溶出液		合計
		0-6	0-3	3-6		0-6	0-3	3-6		0-6	0-3	3-6	
SM		0	66	5	71	0	85	3	88	0	76	0	76
DHSM		0	98	2	100	0	80	4	83	0	97	4	101
SPCM		2	90	3	95	0	89	5	94	0	92	4	96
NM		0	106	0	106	0	87	2	88	0	115	5	120
KM		0	91	0	91	0	87	0	87	0	82	0	82
GEM		0	95	0	95	0	87	3	91	0	58	2	60
APM		0	94	3	97	0	81	4	85	0	115	3	118
TOB		0	100	3	103	0	87	4	90	0	85	4	89
KGM		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

 : 回収率 70 %以上

表4 RP1又はPS2とPlexa(下)連結カラム溶出率 (%)

カラム	PS-2 + Plexa			RP-1 + Plexa			
	溶出液量(mL)	0-3	3-6	合計	0-3	3-6	合計
SM		97	0	97	88	4	92
DHSM		98	0	98	82	11	93
SPCM		87	3	91	75	10	85
NM		79	4	84	73	9	83
KM		84	0	84	61	0	61
GEM		82	0	82	71	7	78
APM		85	4	88	75	12	86
TOB		89	3	92	67	12	79
KGM		0	0	0	0	0	0

 : 回収率 70 %以上

CBA及びMCX<sup>11)</sup>でも回収率が10～20%程度であり、良好な回収率が得られなかったため、引き続き精製法の検討を行うこととしている。

### 3.4 妥当性評価結果

#### 3.4.1 選択性

ブランク試料として使用する筋肉及び腎臓を2.4に従って前処理した後、LC-MS/MSで分析し、定量を妨害するピークの有無を確認したが、ガイドラインに示された選択性の目標値を超えるような妨害成分は認められなかった。

#### 3.4.2 真度及び精度

添加回収試験を行った真度及び精度の結果を表5に示す。筋肉及び腎臓にTOBとKGMを除く7物質の標準品を試料濃度で基準値になるように添加した添加回収試験では、真度及び精度の基準を全て満たした物質は、筋肉

でSM, DHSM, SPCM, NM, GEM, APMの6種類、腎臓でSM, DHSM, SPCM, NM, KM, APMの6種類であった。筋肉のKMは検量線で良好な直線性が得られず、腎臓のGEMは真度及び室内精度が目標値を満たさなかった。

TOBとKGMを試料濃度で0.1 ppmになるように添加した添加回収試験では、TOBが筋肉の真度と腎臓の真度及び精度において目標値を満たしていた。検討した分析法が、TOBを0.1 ppm程度含有する検体での確認検査としては有用であることが示された。

### 3.5 微生物学的検査法で陽性であった検体の分析結果

結果を表6に示す。KMが平均9.4 ppmと基準値(13 ppm)以下で検出された。相対標準偏差も5%以下と良好な結果であり、検討した分析法が実試料にも十分に対応できることが示された。

表5 筋肉及び腎臓の添加回収試験結果\*

抗生物質名	筋肉			腎臓		
	真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)	真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)
SM	110	5.6	5.6	85	6.3	15
DHSM	110	5.7	5.7	84	9.7	15
SPCM	88	3.6	3.6	86	7.8	7.8
NM	93	8.3	15	72	2.8	3.3
KM	-	-	-	81	9.3	9.3
GEM	100	9.0	11	63	6.1	22
APM	110	3.0	3.0	90	7.1	7.4
TOB	100	37	62	74	16	16
KGM	0	-	-	0	-	-

\* : TOB及びKGMは試料濃度で0.1ppm, 他は基準値量を添加

: 目標値を満たさず

表6 微生物学的検査で陽性となった腎臓検体からのKM検出値

検体番号	検出値 (ppm)	平均値 (ppm)	相対標準偏差 (%)
1	9.0	9.4	0.47
2	9.2		
3	9.0		
4	9.7		
5	10.0		

## 4 まとめ

LC-MS/MSを用いた牛の筋肉及び腎臓中のアミノグリコシド系抗生物質の一斉分析法を検討した。筋肉又は腎臓を試料とし、試料を5%トリクロロ酢酸及び0.2 mol/L HFBA水溶液で抽出し、遠心分離後、固相カラム (PS-2, Plexa) による精製を行い、LC-MS/MSで測定を行う分析法を構築した。妥当性評価を行ったところ、以下の結果を得た。

(1) LC-MS/MS測定で9種類のアミノグリコシド系抗生物質のMRMモードによる測定を行った。検量線溶液は試料濃度で基準値に相当する濃度の1/10, 1/5, 1/2, 1, 2倍の5点調製した。定量限界が検量線の最低濃度以下の物質は、筋肉でSM, DHSM, SPCM, NM, GEM, APM, TOB, KGMの8種類、腎臓でSM, DHSM, SPCM, NM, KM, GEM, APMの7種類であった。

(2) TOBとKGMを除く7種類の標準品を試料濃度で基準値になるように添加して添加回収試験を行ったところ、選択性は目標値を満たしていた。

(3) 上記の7物質において、真度及び精度の基準を全て満たした物質は、筋肉でSM, DHSM, SPCM, NM, GEM, APMの6種類、腎臓でSM, DHSM, SPCM, NM, KM, APMの6種類であった。

(4) 微生物学的検査法でアミノグリコシド系抗生物質の残留が疑われる牛の腎臓検体を、検討した分析法に従って5併行で前処理を行い、定量を行ったところ、KMが平均9.4 ppm検出された。相対標準偏差も5%以下と良好な結果であり、検討した分析法が実試料にも十分に対応できることが示された。

今後、牛の肝臓等を用いて検討を行い、アミノグリコシド系抗生物質の一斉分析法で分析可能な畜水産物の種類の追加を目指すこととしている。

## 謝 辞

本件の調査に際して、試料を提供して頂いた岡山県食肉衛生検査所の皆様に感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 日本薬学会編：衛生試験法・注解2015, 490-499, 金原出版, 東京, 2015
- 2) 中郡昭人：豚筋肉及び腎臓における限外ろ過膜を用いた動物用医薬品一斉分析法, 日本獣医師会雑誌, 68, 311-315, 2015
- 3) 藤井良昭, 西村一彦, 橋本 諭, 加賀岳朗：高速液体クロマトグラフィー／タンデム型質量分析法によ

る畜肉中のテトラサイクリン系及びβ-ラクタム系抗生物質の一斉分析, 分析化学, 66, 5, 369-374, 2017

- 4) 田頭宗幸, 渡邊利奈, 金丸和博：蜂蜜及び牛乳中の残留動物用医薬品の迅速分析試験法の検討, 宮崎県衛生環境研究所年報, 27, 81-85, 2015
- 5) 甲斐茂美, 小管教仁, 脇ますみ, 岸 弘子：LC-MS/MSを用いた畜水産物中の動物用医薬品一斉分析法の妥当性評価, 神奈川県衛生研究所研究報告, 44, 9-14, 2014
- 6) 浦山豊弘, 肥塚加奈江, 赤木正章, 山本 淳：厚生労働省ガイドラインによる残留動物用医薬品一斉試験法の妥当性評価 (第3報), 岡山県環境保健センター年報37, 137-144, 2013
- 7) 難波順子, 肥塚加奈江, 金子英史, 赤木正章, 吉岡敏行：LC-MS/MSを用いたはちみつ中の動物用医薬品に関する一斉分析法の検討, 岡山県環境保健センター年報, 42, 67-76, 2018
- 8) 難波順子, 筒井みちよ, 池田和美, 金子英史, 林隆義：LC-MS/MSを用いた牛の筋肉中の動物用医薬品に関する一斉分析法の検討, 岡山県環境保健センター年報, 43, 115-124, 2019
- 9) 内山万利子：—動物用抗菌性物質を取り巻く現状 (XIV) —動物用抗菌剤の各論 (その3) アミノグリコシド系抗生物質, 日本獣医師会雑誌, 70, 626-629, 2017
- 10) Agilent Bond Elut Plexa SPE, Agilent Poroshell 120カラム, LC/タンデムMSを使用したウシ筋肉中のアミノグリコシドの分析, <https://www.chem-agilent.com/appnote/applinote.php?pubno=5991-1321JAJP> (2020.5.28 アクセス)
- 11) 梶田弘子, 阿久津千寿子, 畠山えり子, 小向隆志：LC/MS/MSによる乳中のアミノグリコシド系抗生物質の一斉分析, 食品衛生学雑誌, 49, 3, 189-195, 2008
- 12) 雅楽川憲子, 蒲澤泰子, 丹治敏英：LC/MSを用いた食肉中のアミノグリコシド系抗生物質の検討, 新潟県保健環境化学研究所年報, 23, 70-74, 2008
- 13) 金井節子, 林 洋, 中島崇行, 神田真軌, 松島陽子ら：LC-MS/MSによるアミノグリコシド系抗生物質の分析, 第48回全国衛生化学技術協議会年会 講演集, 68-69, 2011



【調査研究】

## 繊維製品に含まれるアゾ化合物由来の特定芳香族アミン類試験法の検討（第2報）

Study of the testing method of specific aromatic amines derived from azo compounds contained in textile products (2)

金子英史, 難波順子, 繁田典子, 浦山豊弘, 池田和美, 吉岡敏行

KANEKO Hidefumi, NAMBA Junko, SHIGETA Noriko, URAYAMA Toyohiro, IKEDA Kazumi,  
YOSHIOKA Toshiyuki

### 要 旨

分散染料が使用されていない繊維製品を対象とした特定芳香族アミン類の計26物質について、前処理法及び確認試験を検討した。繊維製品を用いず添加回収試験を実施したところ、溶媒の流下速度を70滴/min (900 µL/min) 以下にすることにより、JIS L 1940-1で回収率の目標値が設定されている20物質全ての目標値を達成した。しかし、繊維製品を用いた添加回収試験では、カラム溶出溶媒量を増やしても、3物質がJIS L 1940-1の回収率の目標値を満たさなかった。また、HPLCの確認試験において、ピークが重なり分離及び確認が難しい物質が2物質あった。繊維製品を用いた場合の回収率の向上、及び確認試験での条件を今後検討していくこととする。

[キーワード：アゾ化合物, 特定芳香族アミン, 家庭用品, GC-MS]

[Key words : Azo compounds, Specific aromatic amines, Household products, GC-MS]

## 1 はじめに

アゾ染料は、繊維製品や革製品の染色に使用される合成染料の1つであり、世界で3000種類以上が広く使用されている。アゾ染料は、その化学構造中にアゾ結合(-N=N-)を有しており、腸内の細菌、肝臓等で還元分解され、芳香族アミンを生成する。

有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律第2条第2項の物質を定める政令（以下「政令」という。）が平成27年に一部改正され、芳香族アミンのうち、発がん性又はそのおそれが指摘されている24種類（以下「特定芳香族アミン」という。）が、新たに政令に指定された。このことから本県においてもアゾ染料を含む製品の検査体制を整えるための検討を行っている。

公定法は、有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律施行規則（昭和49年厚生省令第34号。）別表第1に示されているが、試験実施に当たっては、JIS L 1940-1<sup>1)</sup>（以下「JIS」という。）を参考に、特定芳香族アミンの回収率試験を予め実施し、JISに規定されている回収率を満たしていることを確認するなど、試験操作手順を確認することが求められている。

本報では、水酸化ナトリウム濃度、MTBEの量はJISから変更することなく操作手順の改良による回収率の向上を検討した。またGC-MS及びHPLCを用いた確認試

験についても分離状況を検証したので、その結果を報告する。

## 2 方法

### 2.1 試薬、標準品及び試験溶液調整方法

既報<sup>2)</sup>のとおり。なお、内部標準液添加量は、法施行規則のとおり50 µLに変更した。

### 2.2 装置及び測定条件

装置：ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC/MS)：既報<sup>2)</sup>のとおり

高速液体クロマトグラフ (HPLC)：日本ウォーターズ製 Alliance2695

GC/MS測定条件：既報<sup>2)</sup>のとおり

HPLC測定条件：表1のとおり

### 2.3 添加回収試験

繊維製品を用いず、標準品をクエン酸緩衝液に添加して回収率を求める方法（以下「添加回収試験1」という。）、及び繊維製品を用いた添加回収試験（以下「添加回収試験2」という。）の検討を行った。

#### 2.3.1 添加回収試験1

添加量は10 µL/mL、最終液量は5 mL、測定溶液中濃度は2 µL/mLとし、5回の併行試験を行った。あらかじめ加温したクエン酸緩衝液15 mLにメタノール2 mL

を加えた溶液に添加用標準混合液を添加し、既報<sup>2)</sup>に示した秤量後の操作を行った。

### 2.3.2 添加回収試験2

分散染料が使用されていない繊維製品（綿無着色）1.0 gを試料に用いた。添加量は10 µL/g、最終液量は10 mL、測定溶液中濃度は1 µg/mLとし、2回の併行試験を行った。試料に添加用標準混合液を添加し、あらかじめ加温したクエン酸緩衝液15 mLとメタノール2 mLを加えて、既報<sup>2)</sup>に示した秤量後の操作を行った。

## 3 結果及び考察

### 3.1 添加回収試験1

既報<sup>2)</sup>においてJISで規定する回収率を達成しなかった物質（2,4-diaminoanisole (No.12), 4,4'-diaminodiphenylether (No.17), 4,4'-methylenedianiline (No.18), benzidine (No.19), 4,4'-diaminodiphenylsulphide (No.23), 3,3'-dichlorobenzidine (No.24), 3,3'-dichloro-4,4'-diaminodiphenylmethane (No.25))があったため、クエン酸緩衝液の温度及び溶媒の流下速度の検討を行った。

まず、クエン酸緩衝液の温度低下による影響を確認す

るため、70 °Cに加温したクエン酸緩衝液を反応容器に加え、70 °Cの水浴中で一定時間加温後、水浴中の反応容器にメタノール及び添加用混合標準溶液を加えた場合の回収率と水浴外で同様の操作を行った場合の回収率を比較した。その結果を表2に示す。反応容器の温度を70 °Cに保つことによる回収率の向上は見られず、回収率に影響を与える要因は他にありと考えられた。

次に、溶媒の流下速度による影響を確認するため、流下速度による回収率の比較を行った。その結果を表3に示す。溶媒の流下速度が回収率に大きく影響していた。溶出速度は、味村ら<sup>3)</sup>の報告を参考に75滴/minより少し遅い70滴/minとした。70滴/min以下では、全ての物質の回収率がJISで規定する回収率を達成したのに対して、70滴/min超では、2,4-diaminoanisole (No.12), 4,4'-diaminodiphenylether (No.17), 4,4'-methylenedianiline (No.18), benzidine (No.19), 4,4'-diaminodiphenylsulphide (No.23)がJISで規定する回収率を満たさなかった。溶媒の流下速度が速すぎるとカラムから十分に溶出できず回収率が低下したと考えられたため、以下の検討は70滴/min以下で行った。

表1 HPLC 測定条件

カラム	Agilent 製 Zorbax Eclipse XDB-C18(4.6mm φ×150mm,3.5µm)
カラム温度	32°C
検出器	PDA
波長	240, 280, 305, 380nm
注入量	5 µL
移動相 A	リン酸二水素カリウム 0.68g を水に溶解し 1000mL とし、これにメタノール 150mL を加 えたもの
移動相 B	メタノール

#### 移動相割合

時間(分)	移動相 A (%)	移動相 B (%)
0~27.5	100→5	0→95
27.5~30.0	5	95
30.0~30.5	5→100	95→0
30.5~40.0	100	0

#### 流速

時間(分)	流速(mL/min)
0~27.5	0.6
27.5~30.0	0.6→2
30.0~31.5	2→0.6
31.5~40.0	0.6

表2 添加回収試験1 クエン酸温度比較結果

No.	物質名	回収率(%)		JIS回収率(%)
		水浴外の反応容器に添加	水浴中の反応容器に添加	
1	aniline	115	111	70
2	o-toluidine	117	109	50
3	2,4-dimethylaniline			
4	2,6-dimethylaniline	86	79	-
5	o-anisidine	89	81	70
6	p-chloroaniline	90	84	70
7	2-methoxy-5-methylaniline	88	80	70
8	2,4,5-trimethylaniline	89	79	70
9	4-chloro-2-methylaniline	90	81	70
10	1,4-phenylenediamine	6	0	-
11	2,4-diaminotoluene	57	42	50
12	2,4-diaminoanisole	11	13	20
13	2-naphthylamine	76	74	70
14	2-methyl-5-nitroaniline	0	0	-
15	4-aminobiphenyl	103	82	70
16	p-phenylazoaniline	2	3	-
17	4,4'-diaminodiphenylether	57	54	70
18	4,4'-methylenedianiline	74	62	70
19	benzidine	71	62	70
20	2-methyl-4-(2-tolylazo)aniline	3	3	-
21	4,4'-diamino-3,3'-dimethyldiphenylmethane	84	73	70
22	3,3'-dimethylbenzidine	85	76	70
23	4,4'-diaminodiphenylsulphide	72	55	70
24	3,3'-dichlorobenzidine	95	80	70
25	3,3'-dichloro-4,4'-diaminodiphenylmethane	94	82	70
26	3,3'-dimethoxybenzidine	89	78	70

未達成

表3 添加回収試験1 溶出速度比較結果

No.	物質名	回収率(%) (n=5)		JIS回収率(%)
		溶出速度 70滴/min 以上	溶出速度 70滴/min 以下	
1	aniline	113	124	70
2	o-toluidine	112	122	50
3	2,4-dimethylaniline			
4	2,6-dimethylaniline	80	91	-
5	o-anisidine	82	90	70
6	p-chloroaniline	85	94	70
7	2-methoxy-5-methylaniline	82	91	70
8	2,4,5-trimethylaniline	81	93	70
9	4-chloro-2-methylaniline	82	97	70
10	1,4-phenylenediamine	0	0	-
11	2,4-diaminotoluene	51	98	50
12	2,4-diaminoanisole	14	29	20
13	2-naphthylamine	73	92	70
14	2-methyl-5-nitroaniline	0	0	-
15	4-aminobiphenyl	84	97	70
16	p-phenylazoaniline	3	0	-
17	4,4'-diaminodiphenylether	57	75	70
18	4,4'-methylenedianiline	63	77	70
19	benzidine	66	74	70
20	2-methyl-4-(2-tolylazo)aniline	3	0	-
21	4,4'-diamino-3,3'-dimethyldiphenylmethane	75	95	70
22	3,3'-dimethylbenzidine	78	91	70
23	4,4'-diaminodiphenylsulphide	61	71	70
24	3,3'-dichlorobenzidine	84	95	70
25	3,3'-dichloro-4,4'-diaminodiphenylmethane	82	96	70
26	3,3'-dimethoxybenzidine	86	87	70

未達成

### 3.2 添加回収試験2

結果を表4に示す。4,4'-diaminodiphenylether(No.17), 4,4'-methylenedianiline (No.18), benzidine (No.19), 4,4'-diaminodiphenylsulphyde (No.23), 3,3'-dichlorobenzidine (No.24), 3,3'-dichloro-4,4'-diaminodiphenylmethane (No.25) が, JISで規定する回収率を満たさなかった。カラムからの溶出溶媒である MTBEを80 mLから90 mLに変更し, 再試験を実施したところ, 4,4'-diaminodiphenylether (No.17), 4,4'-methylenedianiline (No.18), benzidine (No.19) のみが目標値を満たさなかった。これらの3物質は, 溶出速度が70滴/min超の場合でも溶出が悪い物質であり, カラムに吸着しやすく, カラムから完全に溶出させることが難しいことが推測される。今後, 更に溶出速度を低下させる等の検討を行うこととする。

### 3.3 確認試験

#### 3.3.1 GC/MS試験法

標準品のScan測定のトータルイオンクロマトグラム(TIC)を図1に示す。添加回収試験2に用いた検体をScan測定したところ, 1,4-phenylenediamine (No.10), 2,4-diaminoanisole (No.12), 2-methyl-5-nitroaniline (No.14), p-phenylazoaniline (No.16), 2-methyl-4-(2-tolylazo) aniline (No.20) 以外の物質は標準品のマススペクトルと一致することが確認できた。確認できない2,4-diaminoanisole (No.12) は回収率が20%程度(JISで規定する回収率が20%)であり, 検体に基準値濃度である30 µg/mLが含まれている場合における前処理での回収率が悪い場合のためScan測定では感度不足となり, マススペクトルの一致を確認することが困難であった。今後

表4 添加回収試験2 結果

No.	物質名	回収率(%) (n=2) 溶出速度 70滴/min以下		JIS回収率 (%)
		MTBE 80mL	MTBE 90mL	
1	aniline	116	119	70
2	o-toluidine	117	119	50
3	2,4-dimethylaniline	87	90	-
4	2,6-dimethylaniline			
5	o-anisidine	87	91	70
6	p-chloroaniline	85	92	70
7	2-methoxy-5-methylaniline	89	92	70
8	2,4,5-trimethylaniline	88	91	70
9	4-chloro-2-methylaniline	80	90	70
10	1,4-phenylenediamine	27	32	-
11	2,4-diaminotoluene	75	77	50
12	2,4-diaminoanisole	21	21	20
13	2-naphthylamine	73	80	70
14	2-methyl-5-nitroaniline	0	0	-
15	4-aminobiphenyl	80	92	70
16	p-phenylazoaniline	0	0	-
17	4,4'-diaminodiphenylether	53	54	70
18	4,4'-methylenedianiline	53	53	70
19	benzidine	56	59	70
20	2-methyl-4-(2-tolylazo)aniline	0	0	-
21	4,4'-diamino-3,3'- dimethyldiphenylmethane	71	73	70
22	3,3'-dimethylbenzidine	70	74	70
23	4,4'-diaminodiphenylsulphyde	65	70	70
24	3,3'-dichlorobenzidine	56	74	70
25	3,3'-dichloro-4,4'- diaminodiphenylmethane	66	77	70
26	3,3'-dimethoxybenzidine	79	84	70

未達成

は、測定溶液の濃縮等の検討が必要と考えられる。次に、1,4-phenylenediamine (No.10) は、既報<sup>4),5)</sup>でもほとんど検出されておらず、前処理の操作で分解されている可能性が高いと考えられた。また、2-methyl-5-nitroaniline (No.14), p-phenylazoaniline (No.16), 2-methyl-4-(2-tolylazo) aniline (No.20) は、JISで回収率が定められていない物質であり、前処理で還元され分解されるため検出されないと推測される。なお、標準品を添加していない検体を前処理した後、基準値になるように標準品を添加後Scan測定したところ、全ての物質で標準品のマススペクトルと一致することが確認できた。

### 3.3.2 HPLC 試験法

測定条件は表1のとおり設定した。標準品のクロマトグラムを図2に示す。2-methoxy-5-methylaniline (No.7)

と 3,3'-dimethylbenzidine (No.22), 2,4-dimethylaniline (No.3)と 2,6-dimethylaniline (No.4), 2,4,5-trimethylaniline (No.8)と 4,4'-diamino-3,3'-dimethyldiphenylmethane (No.21) はピークが分離しなかった。保持時間を前後に動かして吸収スペクトルを確認したところ、2-methoxy-5-methylaniline (No.7)と 3,3'-dimethylbenzidine (No.22), 2,4,5-trimethylaniline (No.8) と 4,4'-diamino-3,3'-dimethyldiphenylmethane (No.21) はそれぞれ確認できた。2,4-dimethylaniline (No.3) と 2,6-dimethylaniline (No.4) は、メチル基1個のみが異なる構造異性体であり、クロマトグラム上での分離が困難な上に、スペクトルも相同性が高く、確認が難しかった。今後、移動相の割合及び流速条件を変更する等、ピーク分離のための検討を行うこととする。

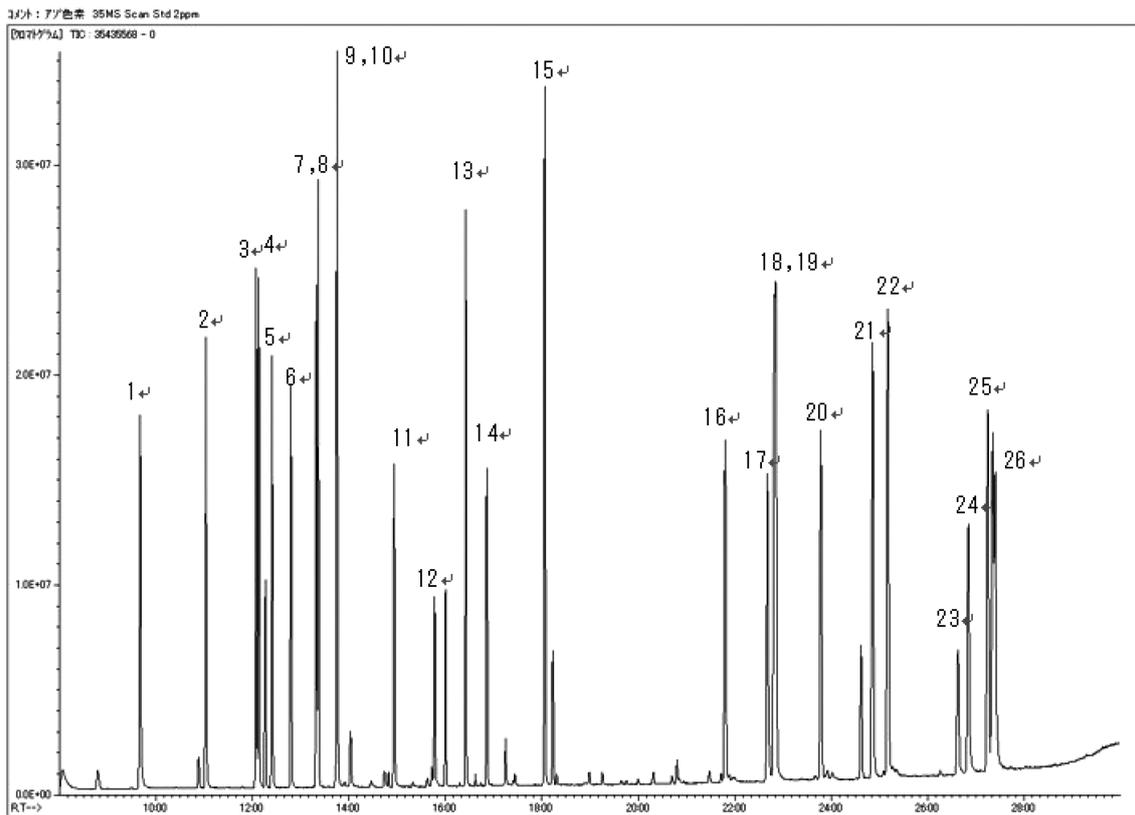


図1 2 µg/mL 混合標準液のGC/MS クロマトグラム (TIC)

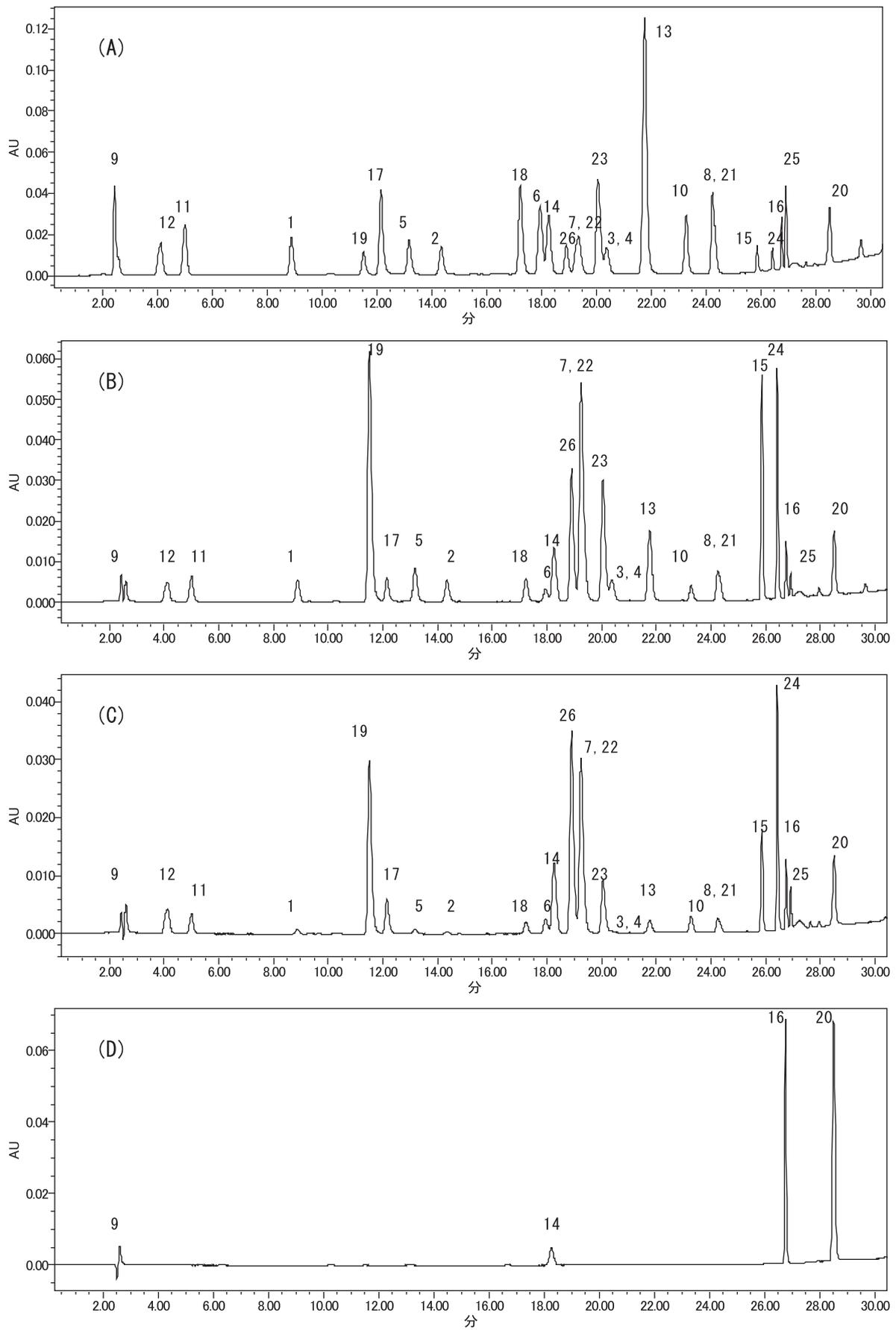


図2 10 μg/mL 混合標準液のHPLC クロマトグラム (A:240 nm , B:280 nm , C:305 nm , D:380 nm)

## 4 まとめ

繊維製品を用いない添加回収試験では、カラムからの溶出速度を70滴/min (900 µL/min) 以下にすることにより、JISで規定されている回収率を20物質全てで達成した。しかし、繊維製品を用いた添加回収試験では、6物質がJISの目標値を満たさず、カラムからの溶出溶媒を増やしても、3物質が目標値を満たさなかった。また、HPLCの確認試験において、ピークが重なり分離及び確認が十分でない物質が2物質あった。今後、前処理法の検討による回収率の向上、及び確認試験での全ピークの同定が可能になるよう、検討していくこととする。

## 文 献

- 1) JIS L 1940-1：2019繊維製品-アゾ色素由来の特定芳香族アミンの定量方法
- 2) 金子英史, 難波順子, 林 隆義, 筒井みちよ, 池田和美ら：繊維製品に含まれるアゾ化合物由来の特定芳香族アミン類試験法の検討, 岡山県環境保健センター年報, 43, 125-133, 2019
- 3) 味村真弓, 小泉義彦, 大山正幸, 吉田俊明：アゾ染料に由来する2種の特定芳香族アミンの分析における回収率の検討, 大阪健康安全基盤研究所年報, 1, 85-92, 2017
- 4) 大家寿彦：家庭用品のアゾ化合物の試験調査, 横須賀市健康安全科学センター年報, 19, 37-51, 2016
- 5) 衛藤加奈子, 御手洗広子, 嶋崎みゆき, 鈴木弘続, 伊東達也：新規指定有害物質「アゾ化合物」の測定方法の検討, 大分県衛生環境研究センター年報, 45, 37-41, 2017
- 6) 河上強志, 伊佐間和郎, 五十嵐良明：繊維および革製品中のアゾ染料由来の特定芳香族アミン類の高速液体クロマトグラフィーを用いた確認試験に関する検討, 国立医薬品食品衛生研究所報告, 132, 57-66, 2014



【資 料】

## GC-MS/MSを用いた野菜類及び果実類中残留農薬の一斉分析法の 妥当性評価（第3報）

Validation Study on a Method for Simultaneous Determination of Pesticide Residues in Vegetables  
and Fruits by GC-MS/MS (3)

難波順子, 金子英史, 浦山豊弘, 池田和美, 繁田典子

NAMBA Junko, KANEKO Hidefumi, URAYAMA Toyohiro, IKEDA Kazumi, SHIGETA Noriko

### 要 旨

残留農薬の一斉分析に用いるGC-MS/MSの更新に伴い、妥当性評価を行った。試料のマトリックス効果を低減するために、疑似マトリックスとしてD-グルコノ-1,5-ラクトン及びD-ソルビトールの混合溶液を注入した。妥当性評価のガイドラインの目標値を満たしたのは、検討した227種類の農薬項目のうち、ばれいしょで209種類、キャベツで212種類、ほうれん草で204種類、りんごで212種類、オレンジで202種類であり、5農産物全てで満たしたのは189種類であった。本試験法を用いて県内で市販されていた野菜類116検体、果実類19検体、合計135検体について実態調査を行ったところ、19検体から延べ24種類の農薬が、全て残留基準値以下であるが検出された。

[キーワード：残留農薬, 一斉分析法, 妥当性評価, ガスクロマトグラフタンデム  
質量分析計, 疑似マトリックス]

[Key Words : Pesticide Residues, Simultaneous Determination, Validation Study, GC-MS/MS, Analyte Protectant]

### 1 はじめに

平成18年に改正された食品衛生法により、残留農薬等のポジティブリスト制度が導入され、残留基準が設定されていない農薬等を含む食品については一律基準(0.01 ppm)が適用となり、基準に適合しない食品の販売等が禁止された。これに伴い、監視対象の農薬等が大幅に増加し、一斉分析法を用いた迅速かつ高感度な農産物中の残留農薬分析が求められるようになった。岡山県でも、厚生労働省が示す「食品に残留する農薬、飼料添加物又は動物用医薬品の成分である物質の試験法について」(平成17年1月24日付け食安発第0124001号。以下「通知試験法」という。)の試験溶液調製法に準拠した一斉分析法により、農産物中の残留農薬検査をGC-MS/MS及びLC-MS/MSを用いて実施している。

また、厚生労働省が示す「食品中に残留する農薬等に関する試験法の妥当性評価ガイドラインについて」(平成19年11月15日付け食安発第1115001号。以下「ガイドライン」という。)により、食品の多様性等にも配慮の上、分析機関ごとに妥当性評価を実施することが求められている。そのため、代表的な5種類の野菜・果実を用いて、当センターで行っているGC-MS/MSを用いた残留農薬の一斉分析法の妥当性評価をこれまで実施し報

告している<sup>1),2)</sup>。妥当性評価は測定機器ごとに実施することが求められており、今回、GC-MS/MSを更新したため、再度、妥当性評価を行った。その際、GC-MS/MSによる一斉分析法においては、試料のマトリックス効果を低減することが重要であることから、今回の評価では疑似マトリックスを採用して妥当性評価を実施したので報告する。

### 2 方法

#### 2.1 試料

ガイドラインに代表的な野菜・果実として例示されている、ばれいしょ、キャベツ、ほうれん草、りんご及びオレンジを用いた。なお、当該試料は、事前に分析対象とする農薬が検出されないことを確認後、使用した。

#### 2.2 標準品等

##### 2.2.1 標準品及び試薬

農薬標準品及び測定用混合標準液：既報<sup>1)</sup>のとおり  
固相カラム：既報<sup>1)</sup>のとおり

その他の試薬は、富士フィルム和光純薬製及び関東化学製の残留農薬試験用又は試薬特級を用いた。

##### 2.2.2 疑似マトリックス

D-グルコノ-1,5-ラクトン含有アセトニトリル-水混液

及びD-ソルビトール含有アセトニトリル-水混液をそれぞれの物質の最終濃度が20 mg/mL又は10 mg/mLになるように混合溶解し、要時アセトンで20倍希釈して用いた。

## 2.3 装置及び条件

装置：ガスクロマトグラフタンデム質量分析計 (GC-MS/MS)

Agilent 7010B, Agilent 7890B

GC-MS/MS測定条件

カラム：Agilent製 VF-5MS 30 m × 0.25 mm

膜圧0.25 μm

カラム温度：70 °C (2分) → 25 °C/分 → 150 °C (0分)  
→ 3 °C/分 → 200 °C → 8 °C/分 → 310 °C (15分)

注入口温度：250 °C

注入量：2 μL (パルスドスプリットレス)

イオン化法：EI (+) イオン化エネルギー：70 eV

インターフェース温度：300 °C

イオン源温度：280 °C, 四重極温度：150 °C

流量：キャリアーガス ヘリウム 定流量 1.1 mL/min

測定イオンモード：multiple reaction monitoring法 (以下「MRM法」という。)

MRM法測定条件：表1のとおり

## 2.4 定量

混合標準液をアセトン及びヘキサン (1:1) 混液で適宜希釈し、検量線用の1, 2, 4, 10, 20, 40 ng/mLの混合標準液を作成した。混合標準液又は試験溶液2 μLと共に疑似マトリックス0.5 μLをサンドイッチ注入機能を用いてGC-MS/MSに注入し、濃度とピーク面積から絶対検量線で定量した。

## 2.5 試験溶液調製法

通知試験法に示されている試験溶液調製法の(2)果実、野菜、ハーブ、茶及びホップの場合に準拠して既報<sup>1)</sup>のとおり抽出、精製を行った。既報<sup>1)</sup>でGC-MS/MS測定用試験溶液とした溶液100 μLを正確に分取してアセトン及びヘキサン (1:1) 混液で正確に1 mLとしてGC-MS/MS測定用試験溶液とした。

## 2.6 評価の方法

ガイドラインに示された分析者1名が2併行5日間実施する枝分かれ実験計画に基づき、添加濃度0.1 ppm及び0.01 ppmの2濃度で野菜・果実試料に対する添加回収試験を行い、定量限界、選択性、真度、精度を評価した。

## 3 結果及び考察

### 3.1 疑似マトリックスの検討

試料のマトリックス効果を低減するために、GC-MS/MSにサンドイッチ注入法で疑似マトリックスを注入する方法が報告されている<sup>3),4)</sup>。疑似マトリックスは、大久保らの報告<sup>3)</sup>を参考に、D-グルコノ-1,5-ラクトン及びD-ソルビトールの混合物を用い、アセトンで20倍希釈した溶液 (以下「AP」という。)として、0 ~ 0.6 μLで注入量の検討を行った。APを添加しない場合の標準溶液の面積を1として、APを添加した場合のピーク面積の感度比を求め、APを添加することによる面積の変化でAPグループ①~⑤に分析対象化合物ごとに分類した。APグループ①はBHC (γ) 等の面積の変化がない (比が0.9 ~ 1.1) 19化合物, APグループ②はクロルピリホス等の面積が増加した (比が1.1 ~ 3) 161化合物, APグループ③はシフルトリン等の面積が大幅に増加した (比が3以上) 69化合物, APグループ④はアジンホスメチル等の面積が増加後減少した10化合物, APグループ⑤はカルボフラン分解物等の面積が減少した (比が0.9以下) 3化合物とした。(表1) また、図1に代表的な化合物のピーク面積の変化を示す。APグループ②及び③に分類されるのは230化合物であり、APを添加することによってほとんどの化合物の面積が増加した。また、面積が増加した化合物の内、クロルピリホス等の多数の化合物はAP添加量が0.1 μLより増加しても面積の著しい増加は見られないが、シフルトリン等のピレスロイド系の一部の化合物は面積が注入量に依存して増加した。なお、注入量はメーカー推奨値等を参考にして、0.5 μLとした。

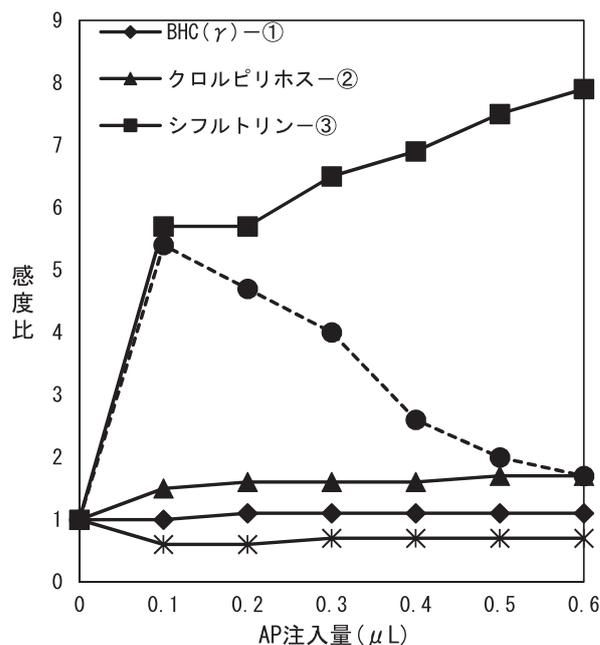


図1 AP注入量によるピーク面積の感度比の変化

表1 農薬の測定条件及び測定結果

項目No.	農薬名(分析対象化合物名)	定量イオン(m/z)		定性イオン(m/z)		CE(V)	APグループ	定量限界	検量線	項目No.	農薬名(分析対象化合物名)	定量イオン(m/z)		定性イオン(m/z)		CE(V)	APグループ	定量限界	検量線
		MS1	MS2	MS1	MS2							MS1	MS2	MS1	MS2				
1	α-BHC	217	> 181	219	> 183	6	②			54	クロルピリホス	314	> 258	316	> 260	14	②		
	β-BHC	217	> 181	219	> 183	6	①			55	クロルピリホスメチル	286	> 93	288	> 93	26	②		
	γ-BHC	217	> 181	219	> 183	6	①			56	クロルフェナピル	247	> 227	328	> 247	16	②		
	δ-BHC	217	> 181	219	> 183	6	②			57	クロルフェンソン	302	> 175	175	> 111	4	②		
2	DDD(4,4')	235	> 165	237	> 165	24	②			58	クロルフェンビンホス(E)	267	> 159	323	> 267	14	③		
	DDE(4,4')	246	> 176	248	> 176	30	①				クロルフェンビンホス(Z)	267	> 159	323	> 267	14	③		
	DDT(2,4')	235	> 165	237	> 165	24	②			59	クロルプロファミ	213	> 127	213	> 171	14	②		
	DDT(4,4')	235	> 165	237	> 165	24	②			60	クロルベンシド	268	> 125	270	> 125	14	②		
3	EPN	169	> 77	157	> 110	22	②			61	クロロベンジレート	251	> 139	253	> 141	12	②		
4	XMC	122	> 107	122	> 77	12	③			62	シアナジン	225	> 189	198	> 91	14	⑤		
5	アクリナトリン	289	> 93	208	> 181	2	③			63	シアノホス	243	> 109	243	> 116	10	②		
6	アザコナゾール	217	> 173	219	> 175	16	②			64	ジエトフェンカルブ	267	> 225	267	> 168	6	②		
7	アジンホスメチル	160	> 77	160	> 132	20	④			65	ジクロシメット I	277	> 221	277	> 155	8	②		
8	アセタミプリド	152	> 116	207	> 166	18	④				ジクロシメット II	277	> 221	277	> 155	8	②		
9	アセトクロール	223	> 132	223	> 147	22	②			66	ジクロトホス	127	> 109	193	> 127	10	②		
10	アトラジン	215	> 58	215	> 200	16	①			67	ジクロフェンチオン	279	> 223	279	> 205	16	②		
11	アニロホス	226	> 157	226	> 184	14	③			68	ジクロホップメチル	253	> 162	340	> 253	16	②		
12	アメトリン	227	> 185	227	> 170	2	②			69	ジクロラン	206	> 176	208	> 178	12	②		
13	アラクロール	188	> 160	237	> 160	8	②			70	ジコホール	139	> 111	251	> 139	14	④	x	x
14	アルドリン	263	> 193	255	> 220	34	①				ジコホール(分解物)	139	> 111	250	> 139	14	②		x
15	アレスリン I+II	123	> 81	136	> 93	6	③	x	x	71	ジスルホトン	186	> 97	274	> 88	18	②		
	アレスリン III+IV	123	> 81	136	> 93	6	③			72	シニドエチル	330	> 302	358	> 330	18	③		
16	イソゾホス	257	> 162	257	> 119	4	②			73	シハロトリン(γ)	197	> 161	197	> 141	2	③		
17	イソキサチオン	177	> 130	313	> 130	4	②				シハロトリン(λ)	197	> 161	197	> 141	2	③		
18	イソフェンホス	213	> 121	213	> 185	16	②			74	シハロホップブチル	256	> 120	357	> 256	8	②		
	イソフェンホスオキシソ	229	> 201	229	> 121	10	③			75	ジフェナミド	167	> 165	167	> 152	22	②		
19	イソプロカルブ	136	> 121	121	> 77	8	②			76	ジフェノコナゾール I+II	323	> 265	325	> 267	16	③		
20	イソプロチオラン	290	> 118	290	> 204	12	②			77	シフルトリン I+II+III+IV	163	> 127	266	> 206	2	③		
21	イプロベンホス	204	> 91	204	> 122	6	②			78	ジフルフェニカ	266	> 218	266	> 183	24	②		
	イマザメタベンズメチルエステル I	245	> 144	245	> 176	26	③			79	シプロコナゾール	222	> 125	222	> 82	22	②		
22	イマザメタベンズメチルエステル II	245	> 144	245	> 176	26	③			80	シベルメトリン	163	> 127	165	> 127	2	③		
	イミベンコナゾール	253	> 82	255	> 82	6	③			81	シマジ	201	> 173	186	> 91	2	②		
23	イミベンコナゾール脱ベンジル体	235	> 166	270	> 235	10	③			82	ジメタメトリン	212	> 94	212	> 122	22	②		
24	ウニコナゾール p	234	> 165	234	> 137	6	③			83	ジメチルビンホス(Z)	295	> 109	297	> 109	18	②		
25	エスプロカルブ	222	> 91	222	> 162	20	②			84	ジメテナミド	230	> 154	232	> 154	8	②		
26	エタルフルラン	276	> 202	316	> 276	14	②			85	ジメトエート	125	> 47	125	> 79	20	②		
27	エチオン	231	> 129	231	> 175	26	②			86	シメトリン	213	> 170	213	> 185	10	②		
28	エディフェンホス	310	> 109	310	> 173	28	③			87	ジメビレート	145	> 112	145	> 69	4	②		
29	エトキサゾール	300	> 270	300	> 285	26	②	x	x	88	スピロキサミン I	100	> 58	100	> 43	10	②		
30	エトフェンプロックス	163	> 107	163	> 135	20	②				スピロキサミン II	100	> 58	100	> 43	10	②		
31	エトフメセート	207	> 161	286	> 207	4	②			89	スピロジクロフェン	312	> 109	314	> 109	16	②		
32	エトプロホス	158	> 97	158	> 114	18	②			90	ゾキサミド	258	> 187	187	> 159	10	②		
33	エボキシコナゾール	192	> 138	194	> 140	14	②				ゾキサミド(分解物)	242	> 214	187	> 159	10	②		
34	エンドスルファン(α)	205	> 170	241	> 206	16	①			91	ターバシル	161	> 88	161	> 144	22	②		
	エンドスルファン(β)	205	> 170	241	> 206	16	①			92	ダイアジノン	304	> 179	199	> 93	8	②		
35	エンドリン	263	> 193	279	> 209	38	①			93	チオベンカルブ	257	> 100	257	> 72	2	②		
36	オキサジアゾン	175	> 112	258	> 175	12	②			94	ディルドリン	263	> 193	277	> 241	38	①		
37	オキサジキシル	163	> 132	163	> 117	4	②			95	テクナゼン	261	> 203	213	> 142	8	①		
38	オキシクロルデン	185	> 149	187	> 151	4	①			96	テトラクロルビンホス	331	> 109	329	> 109	24	②		
39	オキシフルオルフェン	300	> 223	361	> 300	20	②			97	テトラコナゾール	336	> 218	336	> 204	20	②		
40	オメトエート	156	> 110	156	> 79	4	②			98	テトラジホ	354	> 159	356	> 159	8	②		
41	カズサホス	159	> 97	158	> 97	18	②			99	テニルクロール	288	> 141	288	> 174	12	②		
42	カフェンストロール	188	> 82	188	> 119	22	③			100	テブコナゾール	250	> 125	250	> 153	30	②		
43	カルフェントラゾンエチル	340	> 312	330	> 310	8	②			101	テブフェンピラド	276	> 171	333	> 171	12	②		
44	カルボキシ	235	> 143	143	> 87	10	②			102	テフルトリン	177	> 127	177	> 137	16	②		
45	カルボフラン	164	> 103	164	> 149	28	③			103	デルタメトリン	255	> 174	253	> 172	2	③		
	カルボフラン(分解物)	164	> 131	164	> 149	16	⑤			104	テルブトリン	241	> 185	241	> 170	0	②		
46	キナルホス	146	> 118	146	> 91	12	②			105	テルブホス	231	> 129	231	> 175	26	②		
47	キノキシフェン	307	> 237	307	> 272	20	②			106	トラロメトリン	253	> 93	253	> 172	16	③		
48	キノクラミン	207	> 172	209	> 172	12	④			107	トリアジメノール I	168	> 70	128	> 65	6	③		
49	キントゼン	249	> 214	295	> 237	12	①				トリアジメノール II	168	> 70	128	> 65	6	③		
50	クレソキシムメチル	206	> 116	206	> 131	2	②			108	トリアジメホ	208	> 181	208	> 111	4	②		
51	クロマゾン	125	> 89	204	> 107	26	①			109	トリアゾホス	257	> 162	285	> 162	8	③		
52	クロロエトキシホス	153	> 97	229	> 173	10	①			110	トリアレート	268	> 184	270	> 186	22	②		
53	クロルタルジメチル	301	> 223	299	> 221	24	②			111	トリシクラゾール	189	> 162	189	> 161	10	③		
54	クロルデン(cis)	375	> 266	373	> 266	20	②			112	トリブホス	202	> 113	169	> 113	16	②		
	クロルデン(trans)	375	> 266	373	> 266	20	②			113	トリフルラン	306	> 264	306	> 206	4	②		

表1 農薬の測定条件及び測定結果の続き

項目No.	農薬名(分析対象化合物名)	定量イオン(m/z)		定性イオン(m/z)		CE(V)	APグループ	定量限界	検量線	項目No.	農薬名(分析対象化合物名)	定量イオン(m/z)		定性イオン(m/z)		CE(V)	APグループ	定量限界	検量線
		MS1	MS2	MS1	MS2							MS1	MS2	MS1	MS2				
114	トリフロキシストロピン	186	> 145	190	> 130	14	②			172	フルフェンビルエチル	408	> 345	321	> 286	14	②		
115	トルクロホスメチル	265	> 250	265	> 93	14	②			173	フルミオキサジン	287	> 259	354	> 312	12	③		
116	トルフェンピラド	383	> 171	383	> 145	32	③			174	フルミクロラックベンチル	423	> 318	423	> 308	10	③		
117	ナフタレンアセタミド	185	> 142	185	> 141	4	③			175	フルリドン	329	> 328	328	> 259	16	③		
118	ナプロバミド	271	> 72	271	> 128	12	②			176	ブレチラクロール	262	> 202	162	> 132	8	②		
119	ニトロタールイソプロピル	236	> 194	236	> 148	6	②			177	プロシミドン	283	> 96	285	> 96	6	②		
120	ノルフルラゾン	303	> 145	303	> 302	26	②			178	プロチオホス	267	> 239	309	> 239	6	②		
121	バクロブトラゾール	236	> 125	236	> 167	12	③			179	プロバクロー	196	> 120	176	> 120	10	②		
122	バラチオン	291	> 109	291	> 81	10	②			180	プロバジン	214	> 172	229	> 58	10	②		
123	バラチオンメチル	263	> 109	263	> 246	12	②			181	プロバニル	161	> 99	217	> 161	26	②		
124	ハルフェンブロックス	265	> 117	263	> 117	12	②			182	プロバホス	304	> 220	304	> 140	12	③		
125	ピコリナフェン	376	> 238	376	> 239	26	②			183	プロバルギット	173	> 135	135	> 107	16	②		
126	ビテルタノール I	170	> 115	170	> 141	36	③			184	プロピコナゾール I	259	> 69	259	> 173	10	②		
	ビテルタノール II	170	> 115	170	> 141	36	③				プロピコナゾール II	259	> 69	259	> 173	10	②		
127	ビフェノックス	341	> 310	341	> 311	8	②			185	プロピザミド	173	> 145	173	> 109	16	②		
128	ビフェントリン	181	> 165	181	> 166	28	②			186	プロヒドロジャスモン I	153	> 83	153	> 97	12	②		
129	ビペロホス	320	> 122	140	> 98	10	③				プロヒドロジャスモン II	153	> 97	153	> 83	6	②		
130	ピラクロホス	360	> 97	194	> 138	26	③			187	プロフェノホス	339	> 269	337	> 267	12	②		
131	ピラゾホス	221	> 193	232	> 204	8	③			188	プロボキスル	110	> 64	152	> 110	18	②		
132	ピラフルフェンエチル	412	> 349	349	> 307	8	②			189	プロマシル	205	> 188	207	> 164	10	②		
133	ピリダフェンチオン	340	> 199	340	> 109	6	③			190	プロメトリン	241	> 184	226	> 184	10	②		
134	ピリダベン	147	> 117	147	> 132	22	②			191	プロモブチド	296	> 120	298	> 120	14	②		
135	ピリフェノックス (E)	262	> 91	262	> 200	20	②			192	プロモプロピレート	341	> 183	341	> 185	16	②		
	ピリフェノックス (Z)	262	> 91	262	> 200	18	②			193	プロモホス	331	> 316	329	> 314	16	②		
136	ピリブチカルブ	165	> 108	165	> 93	6	②			194	プロモホスエチル	359	> 303	357	> 301	14	②		
137	ピリプロキシフェン	136	> 96	136	> 78	8	②			195	ヘキサクロロベンゼン	284	> 214	284	> 249	36	⑤		
138	ピリミノバックメチル (E)	302	> 256	302	> 230	14	②			196	ヘキサコナゾール	175	> 111	256	> 159	16	②		
	ピリミノバックメチル (Z)	302	> 256	302	> 230	14	②			197	ヘキサジノン	171	> 71	171	> 85	18	②		
139	ピリミホスメチル	290	> 125	305	> 180	26	②			198	ペナラキシル	266	> 148	206	> 132	8	②		
140	ピリメタニル	199	> 198	198	> 118	12	②			199	ペノキサコール	259	> 120	261	> 120	18	②		
141	ピロキロン	173	> 130	173	> 144	24	②			200	ヘプタクロル	272	> 237	274	> 239	18	①		
142	ピンクロゾリン	285	> 212	285	> 213	10	②			201	ヘプタクロルエポキシド(cis)	353	> 263	355	> 265	16	①		
143	フィプロニル	367	> 213	369	> 215	25	②				ヘプタクロルエポキシド(trans)	183	> 155	217	> 182	12	①		
144	フェナミホス	303	> 195	303	> 288	6	③			202	ペルタン	223	> 167	223	> 193	14	②		
145	フェナリモル	219	> 107	251	> 139	12	③			203	ペルメトリン (cis)	163	> 127	183	> 168	2	②		
146	フェントロチオン	277	> 260	277	> 109	2	②				ペルメトリン (trans)	163	> 127	183	> 168	2	②		
147	フェノキサニル	293	> 155	293	> 198	22	③			204	ペンコナゾール	248	> 157	250	> 157	26	②		
148	フェノチオカルブ	160	> 72	253	> 160	12	②			205	ペンディメタリン	252	> 162	252	> 191	8	②		
149	フェントリン I	183	> 153	183	> 168	12	②			206	ペンフルラリン	292	> 264	292	> 206	8	②		
	フェントリン II	183	> 153	183	> 168	12	②			207	ペンフレセート	256	> 163	163	> 121	8	②		
150	フェンアミドン	238	> 237	268	> 180	10	②			208	ホサロン	367	> 182	182	> 111	4	③		
151	フェンクロルホス	285	> 270	287	> 272	16	②			209	ホスチアゼート I	195	> 103	195	> 60	4	③		
152	フェンスルホチオン	293	> 97	293	> 125	28	③				ホスチアゼート II	195	> 103	195	> 60	4	③		
153	フェンチオン	278	> 109	278	> 169	22	②			210	ホスファミドン I	264	> 127	264	> 193	14	④		
154	フェントエート	274	> 121	274	> 125	10	②				ホスファミドン II	264	> 127	264	> 193	14	④		
155	フェンバレレート I	167	> 125	225	> 119	8	③			211	ホスマット	160	> 77	160	> 133	28	④		
	フェンバレレート II	167	> 125	225	> 119	8	③			212	ホルモチオン	170	> 93	198	> 93	2	④		
156	フェンブコナゾール	198	> 129	198	> 102	6	③			213	ホレート	260	> 75	231	> 175	10	①		
157	フェンプロバトリン	265	> 210	265	> 89	8	②			214	マラチオン	173	> 99	173	> 127	16	③		
158	フェンプロピモルフ	128	> 70	128	> 110	12	②			215	ミクロブタニル	179	> 125	179	> 152	16	②		
159	フサライド	243	> 215	241	> 213	16	②			216	メカルバム	329	> 131	329	> 159	12	③		
160	ブタクロール	237	> 160	238	> 162	6	②			217	メフェノキサム	234	> 146	249	> 190	20	②		
161	ブタミホス	286	> 202	286	> 185	14	③			218	メチダチオン	145	> 85	145	> 58	4	④		
162	ブピリメート	273	> 193	273	> 108	4	②			219	メトキシクロール	227	> 169	227	> 141	26	②		
163	ブプロフェジン	172	> 57	175	> 132	14	②			220	メトブレン I	153	> 111	191	> 135	0	③	×	×
164	フラムプロップメチル	276	> 105	230	> 170	4	②				メトブレン II	153	> 111	191	> 135	0	③		
165	フルアクリピリム	320	> 183	189	> 129	10	②			221	メトラクロール	238	> 162	238	> 133	12	②		
166	フルキンコナゾール	340	> 108	340	> 298	40	②			222	メジンホス	192	> 127	193	> 127	12	②		
167	フルシトリネート I	199	> 107	157	> 107	22	③			223	メフェナセット	192	> 136	192	> 109	10	③		
	フルシトリネート II	199	> 107	157	> 107	22	③			224	メフェンビルジエチル	253	> 189	253	> 190	28	②		
168	フルチアセットメチル	403	> 56	403	> 84	16	③			225	メブロニル	269	> 119	269	> 210	12	③		
169	フルトラニル	281	> 173	173	> 145	8	②			226	モノクロトホス	192	> 127	193	> 127	4	④		
170	フルトリアホール	123	> 95	123	> 75	14	②			227	レナシル	153	> 136	153	> 82	14	③		
171	フルバリネート-tau-I	250	> 55	250	> 200	16	③												
171	フルバリネート-tau-II	250	> 55	250	> 200	16	③												

### 3.2 定量限界及び検量線

227種類の農薬項目（260分析対象化合物）をMRM法により測定した。定量イオンと確認イオンのプリカーサーイオン（Q1）、プロダクトイオン（Q3）及びコリジョンエネルギー（CE）は、メーカー推奨値を参考にし、感度良く測定できる条件を設定した結果を表1に示す。前処理等を勘案すると、試料中濃度5 ng/gに相当する試験溶液中濃度1 ng/mLの定量感度を得られない化合物は3種類（アレスリン、ジコホール、メトブレン）であった。これら3化合物は、1 ng/mLの標準品のピーク形状が良好ではなく、S/N $\geq$  10を常に満たすことが難しかった。また、これら3化合物以外の各標準品の1～40 ng/mLアセトン及びヘキサン（1：1）溶液を6点調製し、GC-MS/MS測定を行った。検量線の相関係数が0.99未満の標準品は不合格（×）とした。（表1）1種類（ジコホール分解物）を除く化合物で良好な直線性（相関係数0.99以上）が得られた。なお、APを使用していない既報のGC-MS/MS条件での定量限界は、ほぼ全ての分析対象化合物において10 ng/mLであったので、GC-MS/MSを更新し、APを添加したことにより10倍程度感度が上昇した。

### 3.3 選択性

ブランク試料を試験法に従って測定し、定量を妨害するピークの有無を確認した。ガイドラインの許容範囲を超える妨害ピークが認められたのは、5種類全てのブランク試料においてオメトエートに相当するピークだけであった。なお、疑似マトリックスを用いず測定した場合は妨害ピークが認められず、疑似マトリックスのみを添加したアセトン及びヘキサン（1：1）溶液を測定した場合でも妨害ピークを認めたため、この妨害ピークは疑似マトリックス由来であることが推測された。

### 3.4 真度

定量限界、検量線及び選択性で目標値を満たす項目について真度及び精度の評価を行った結果、目標値を満たさなかった農薬項目を表2に示す。真度の目標値（70～120%）を両添加濃度で満たす農薬項目は、ばれいしょで209種類、キャベツで215種類、ほうれん草で206種類、りんごで213種類、オレンジで215種類であった。目標値を満たしていない項目は、ばれいしょ、キャベツ及びりんごでは70%未満の化合物が多く、ほうれん草及びオレンジでは120%を超える化合物が多かった。120%を超える化合物は疑似マトリックス注入量の検討でAPグループ③に分類され、その上、面積が注入量に依存して増加する化合物が多く、APによるマトリックス効果

の低減が十分ではないことが推測された。

### 3.5 精度

併行精度はいずれの農産物でも、数種類の化合物を除き目標値を満たす良好な結果が得られた。室内精度は併行精度よりも目標値を満たさない農薬が多かった。精度で目標値を満たさない化合物は、真度でも目標値を満たしていない場合が多く、これらの農薬は一斉分析法では定量性に問題があると考えられた。

### 3.6 妥当性評価結果

両添加濃度で真度及び精度の目標値を全て満たす農薬項目をA、0.01 ppm添加時のみ目標値を満たす農薬項目をB、0.1 ppm添加時のみ目標値を満たす農薬項目をC、両濃度添加時共に目標値を満たさない農薬項目をDに分類した。目標値を全て満たす農薬項目（A）の農産物ごとの数を表3に示す。ばれいしょ209種類、キャベツ212種類、ほうれん草204種類、りんご212種類、オレンジ202種類であり、妥当性を評価した227種類の89～93%であった。5農産物ともに合格であった農薬は189種類であり、妥当性を評価した227種類の83%であった。更新以前のGC-MS/MSを用いた結果を農薬項目ごとに集計したところ、目標値を全て満たす農薬項目（A）は、ばれいしょで218種類、キャベツで199種類、ほうれん草で201種類、りんごで192種類、オレンジで183種類であり、5農産物ともに合格した農薬は155種類であった。りんご及びオレンジの果実類の方が20種類程度大きく増加し、5農産物ともに合格した農薬も34種類と大幅に増加した。これは、機械の更新及びAP採用による感度の上昇とマトリックス効果の低減によるものと推測された。ばれいしょは9種類減少したが、これは、ばれいしょが他の農産物に比べてマトリックスが少ないことが影響していると推測された。

### 3.7 実態調査

監視業務の一環として、本法を用いて令和元年度に県内で市販されていた野菜類116検体、果実類19検体、合計135検体について実態調査を行った。GC-MS/MS測定での検体別検出結果を表4、農薬別検出結果を表5に示す。19検体から農薬が延べ24種類検出されたが、全て残留基準値以下であった。野菜類は7種類12検体から延べ15農薬検出され、1種類でも検出された検体は全体の10%であった。一方、果実類は3種類7検体から延べ9農薬検出され、1種類でも検出された検体は全体の37%と、野菜類よりも高頻度で検出された。また、農薬別では殺虫剤のペルメトリンがより高頻度で検出された。用途別では殺虫剤と殺菌剤及び殺ダニ剤が検出され、殺虫

剤が多くを占めていた。検出値の基準値に対する割合を表6に示す。基準値の1%以下が12農薬(50%), 1%より大きく5%以下が9農薬(38%)であった。10%

を超えたのは空心菜から検出されたダイアジノンが基準値の40%となった事例のみであり、検出される場合であっても一律基準程度のものが多かった。

表2 妥当性評価結果

No.	農薬名	ばれいしよ						判定	No.	農薬名	キャベツ						判定	No.	農薬名	ほうれん草						判定	
		0.1 ppm			0.01 ppm						0.1 ppm			0.01 ppm						0.1 ppm			0.01 ppm				
		真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)	真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)				真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)	真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)				真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)	真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)		
8	アセタミプリド	46	17	77	78	24	24	B	8	アセタミプリド	84	32	62	65	66	66	D	8	アセタミプリド	135	21	69	119	17	46	D	
44	カルボキシシ	22	28	83	28	7	11	C	44	カルボキシシ	26	6	78	32	12	46	D	44	カルボキシシ	11	18	108	23	13	63	D	
71	ジスルホトン	34	26	82	18	23	124	D	52	クロロエトキシホス	67	11	18	66	9	25	D	65	ジクロシメット I	90	3	9	94	4	16	C	
77	シフルトリン I+II+III+IV	128	6	30	154	7	20	D	71	ジスルホトン	52	12	51	42	18	46	D	65	ジクロシメット II	120	2	12	128	4	20	C	
95	テクナゼン	71	5	12	67	4	14	C	77	シフルトリン I+II+III+IV	144	8	21	147	8	33	D	71	ジスルホトン	31	22	66	31	20	70	D	
132	ピラフルフェンエチル	61	1	39	64	7	41	D	88	スピロキサミン I	98	7	14	89	6	19	D	76	ジフェノコナゾール I+II	117	3	16	153	12	43	C	
140	ピリメタニル	76	13	26	61	6	40	D	88	スピロキサミン II	96	10	21	82	6	43	D	77	シフルトリン I+II+III+IV	172	6	25	173	3	41	D	
144	フェナミホス	66	10	29	59	13	34	D	95	テクナゼン	68	10	18	66	6	23	D	80	シベルメトリン I+II+III+IV	112	5	17	125	5	38	C	
153	フェンチオン	68	8	26	62	15	28	D	117	ナフタレンアセタミド	97	8	19	91	5	30	C	88	スピロキサミン I	99	3	9	82	4	22	C	
156	フェンプロナゾール	134	3	34	162	7	25	D	156	フェンプロナゾール	135	5	25	154	12	39	D	88	スピロキサミン II	91	4	17	66	7	66	C	
168	フルチアセットメチル	60	8	44	71	15	42	D	175	フルリドン	102	8	26	113	20	23	B	116	トルフェンピラド	128	6	19	146	6	30	D	
172	フルフェンビルエチル	58	3	41	66	11	44	D	195	ヘキサクロロベンゼン	44	17	53	36	10	58	D	117	ナフタレンアセタミド	92	8	18	81	13	49	C	
182	プロバホス	65	9	29	65	11	26	D										124	ハルフェンプロックス	123	7	15	128	3	28	D	
195	ヘキサクロロベンゼン	44	11	38	35	5	48	D										126	ピテルタノール I	127	6	19	139	3	15	D	
213	ホレート	58	10	28	46	20	33	D										126	ピテルタノール II	101	8	13	87	8	46	D	
																			127	ビフェノックス	112	6	10	130	6	12	C
																			156	フェンプロナゾール	181	2	28	196	10	51	D
																			168	フルチアセットメチル	108	7	12	122	11	33	C
																			175	フルリドン	134	7	28	154	20	53	D
																			195	ヘキサクロロベンゼン	60	4	41	57	4	48	D
																			212	ホルモチオン	76	12	20	80	11	38	D
																			213	ホレート	68	6	7	65	7	25	D

No.	農薬名	りんご						判定	No.	農薬名	オレンジ						判定
		0.1 ppm			0.01 ppm						0.1 ppm			0.01 ppm			
		真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)	真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)				真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)	真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)	
8	アセタミプリド	76	24	54	81	33	79	D	8	アセタミプリド	163	5	49	66	77	88	D
44	カルボキシシ	43	28	63	46	7	37	D	23	イミベコナゾール	151	7	23	149	7	21	D
52	クロロエトキシホス	71	7	13	62	6	25	C		イミベコナゾール脱ベンジル体	100	5	11	97	2	10	D
71	ジスルホトン	62	23	39	56	8	31	D	72	シニドニエチル	135	6	14	139	7	23	D
77	シフルトリン I+II+III+IV	144	5	23	140	8	33	D	73	シハロトリン(γ)	106	5	11	106	6	11	C
88	スピロキサミン I	94	6	7	86	6	14	C	73	シハロトリン(ε)	118	5	9	123	6	13	C
	スピロキサミン II	87	7	8	67	29	66	C	76	ジフェノコナゾール I+II	133	7	12	137	7	16	D
95	テクナゼン	72	8	13	61	10	27	C	77	シフルトリン I+II+III+IV	174	6	27	177	6	28	D
132	ピラフルフェンエチル	141	5	9	132	9	12	D	88	スピロキサミン I	102	4	10	89	5	11	C
156	フェンプロナゾール	150	3	31	156	15	49	D		スピロキサミン II	98	4	11	45	12	59	C
195	ヘキサクロロベンゼン	29	28	28	20	57	80	D	116	トルフェンピラド	126	5	6	131	4	11	D
208	ホサロン	136	6	10	130	8	11	D	124	ハルフェンプロックス	129	6	12	132	4	18	D
									126	ピテルタノール I	167	6	13	184	7	17	D
									126	ピテルタノール II	125	4	21	128	7	17	D
									127	ビフェノックス	140	6	18	166	8	24	D
									137	ピリプロキシフェン	130	6	7	144	5	8	D
									156	フェンプロナゾール	160	6	30	165	7	34	D
									168	フルチアセットメチル	146	7	16	152	5	17	D
									175	フルリドン	156	8	13	168	6	15	D
									176	プレチラクロー	125	4	13	124	4	11	D
									178	プロチオホス	123	3	11	128	4	14	D
									195	ヘキサクロロベンゼン	76	6	23	69	12	22	D
									203	ベルメトリン (cis)	135	4	20	113	7	26	D
									203	ベルメトリン (trans)	131	6	14	131	7	23	D

判定

A	両添加濃度で真度及び精度の目標値を全て満たす農薬項目
B	0.01 ppm添加時のみ目標値を満たす農薬項目
C	0.1 ppm添加時のみ目標値を満たす農薬項目
D	両濃度添加時共に目標値を満たさない農薬項目

■ : 目標値を満たさず

表3 妥当性評価に適合した農薬数及び適合数

農産物の種類	適合数	適合割合 (%)
ばれいしょ	209	92
キャベツ	212	93
ほうれん草	204	90
りんご	212	93
オレンジ	202	89
5農産物全てに適合	189	83

表4 検体別検出結果

検出検体 (検出数/検体数)		検出農薬	検出値 (ppm)	基準値 (ppm)	産地
きゅうり	(3/10)	プロシミドン	0.02, 0.02	4	国産
		ペルメトリン	0.02	0.5	国産
トマト	(1/12)	エトフェンプロックス	0.02	2	国産
		ペルメトリン	0.03	1	国産
なす	(2/21)	クロルフェナピル	0.03, 0.03	1	国産
		クレソキシムメチル	0.02	3	国産
ピーマン	(3/3)	ペルメトリン	0.04, 0.02	4	国産
		エトフェンプロックス	0.04	5	国産
白菜	(1/6)	クロルフェナピル	0.01	2	国産
		メタラキシル及びメフェノキサム	0.02	0.3	国産
空心菜	(1/1)	ダイアジノン	0.08	0.2	国産
大根の根	(1/4)	エトフェンプロックス	0.01	0.2	国産
ぶどう	(3/5)	テブコナゾール	0.04, 0.03, 0.02	10	国産
		テブフェンピラド	0.01	0.5	国産
		クレソキシムメチル	0.01	15	国産
レモン	(1/1)	クレソキシムメチル	0.02	10	国産
りんご	(3/4)	フェンプロパトリン	0.40, 0.17, 0.09	5	国産

表5 農薬別検出結果

検出農薬	用途	検出数	検出値 (ppm)
ペルメトリン	殺虫剤	4	0.04, 0.03, 0.02, 0.02
エトフェンプロックス	殺虫剤	3	0.04, 0.02, 0.01
クレソキシムメチル	殺菌剤	3	0.02, 0.02, 0.01
クロルフェナピル	殺虫剤	3	0.03, 0.03, 0.01
テブコナゾール	殺菌剤	3	0.04, 0.03, 0.02
フェンプロパトリン	殺虫剤	3	0.40, 0.17, 0.09
プロシミドン	殺菌剤	2	0.02, 0.02
ダイアジノン	殺虫剤	1	0.08
テブフェンピラド	殺ダニ剤	1	0.01
メタラキシル及びメフェノキサム	殺菌剤	1	0.02

表6 検出値の基準値に対する割合

検出値の基準に対する割合 (%)	検出数
≤1	12
1< ~ ≤5	9
5<	3

## 4 まとめ

GC-MS/MSを用いた野菜類及び果実類中残留農薬の一斉分析法の妥当性評価を、厚生労働省の妥当性評価ガイドラインに従って行い、次の結果を得た。

(1) 227種類の農薬項目についてMRM法により測定を行ったところ、試料中濃度5 ng/gの定量感度を224種類の農薬項目で得られた。

(2) 選択性は、オメトエートが目標値を満たさなかった。

(3) 真度の目標値（70～120 %）を両添加濃度で満たす農薬項目は、ばれいしょで209種類、キャベツで215種類、ほうれん草で206種類、りんごで213種類、オレンジで215種類であった。

(4) 併行精度はいずれの農産物でもほぼ良好な結果が得られていた。室内精度は併行精度よりも目標値を満たさない農薬が多かった。精度で目標値を満たさない農薬は、真度でも目標値を満たしていない場合が多かった。

(5) 両添加濃度で真度及び精度の目標値を全て満たす農薬項目は、ばれいしょで209種類、キャベツで212種類、ほうれん草で204種類、りんごで212種類、オレンジで202種類であった。5農産物ともに適合であった農薬項目は189種類であり、妥当性を評価した227種類の83 %であった。

(6) 本試験法を用いて、実態調査を野菜類及び果実類135検体で行ったところ、19検体から延べ24種類の農薬が全て残留基準値以下であるが検出された。

今後、監視業務の一環として、今回妥当性を評価した試験法を用いた実態調査を継続して実施する予定である。

## 文 献

- 1) 難波順子, 浅田幸男, 赤木正章, 北村雅美, 肥塚加奈江: GC/MS/MSを用いた野菜類及び果実類中残留農薬の一斉分析法の妥当性評価 (第1報), 岡山県環境保健センター年報, 38, 69-81, 2014
- 2) 難波順子, 浅田幸男, 赤木正章, 北村雅美, 吉岡敏行: GC/MS/MSを用いた野菜類及び果実類中残留農薬の一斉分析法の妥当性評価 (第2報), 岡山県環境保健センター年報, 39, 143-152, 2015
- 3) 大久保祥嗣, 八木正博: GC-MS/MSによる食品の残留農薬分析におけるセルフクリーニングイオン源の効果について 第3報, 第113回日本食品衛生学会学術講演会講演要旨集, 125, 2017
- 4) 友澤潤子, 上田宜和: Analyte protectantsおよび複数の内標準物質を用いたGC-MS/MSによる農産

物中の残留農薬一斉分析法, 滋賀県衛生科学センター, 53, 42-66, 2018

【資料】

## 岡山県における感染症の患者発生状況について (2019年)

Epidemiological Surveillance of Infectious Diseases in Okayama in 2019  
(Okayama Infectious Disease Surveillance Center)

北村雅美, 二階堂日出伸, 望月 靖

KITAMURA Masami, NIKAIDO Hidenobu, MOCHIZUKI Yasushi

[キーワード: 感染症, サーベイランス, 全数把握感染症, 定点把握感染症]

[Key words: Infectious disease, Epidemiological surveillance, Notifiable disease surveillance, Sentinel surveillance]

### 1 感染症発生動向調査

#### 1.1 調査方法

感染症発生動向調査事業実施要綱(平成11年3月19日付け健医発第458号。以下「要綱」という。)に基づき、各関係機関から報告された患者情報を感染症サーベイランスシステムにより、国立感染症研究所感染症疫学センターへ報告しており、集計された全国の情報と比較しつつ、岡山県内の発生状況を解析した。

#### 1.2 届出対象感染症

対象となる感染症は、「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」(平成10年法律第104号。以下「感染症法」という。)により定められており、一類～五類感染症、新型インフルエンザ等感染症及び指定感染症に分類されている。一類～四類感染症、新型インフルエンザ等感染症及び指定感染症は全数把握対象に、五類感染症は、全数把握対象と定点把握対象に区分されている(表1)。

##### 1.2.1 全数把握感染症

全数把握感染症とは、発生数が希少、又は周囲への感染拡大防止を図るため、発生した全ての患者を把握することが必要な感染症で、医師は該当する患者を診断したときには、最寄りの保健所へ届出することが、感染症法上規定されている。

##### 1.2.2 定点把握感染症

定点把握感染症とは、発生動向の把握が必要な感染症のうち、患者数が多数で、その全てを把握する必要がないもので、指定された医療機関(定点)から発生状況が週単位又は月単位で届出されることになっている。定点医療機関は、要綱の基準に基づき選定されており、岡山県の場合、小児科定点54、内科定点30、眼科定点12、性感染症定点17、基幹定点5が設定され、小児科定点と内科定点をあわせて、インフルエンザ定点84となっ

ている。

定点把握感染症については、全国や過去のデータの比較においては、全ての定点医療機関から報告される患者数を定点医療機関数で割った値(以下「定点あたり報告数」という。)、又は年間の患者報告数を定点医療機関数で割った値(以下「定点あたり累積報告数」という。)を用いる。

#### 1.3 調査期間

全数把握感染症(表1-1)及び月報告の定点把握感染症(表1-2-②)の調査期間は、2019年1月1日～12月31日、週報告の定点把握感染症(表1-2-①)については、2019年第1週～第52週(2018年12月31日～2019年12月29日)とした。なお、インフルエンザについては、流行時期にあわせて、第36週～翌年第35週(2018年9月3日～2019年9月1日)とした。また、いずれの感染症も診断日を基準とした。

## 2 結果

### 2.1 全数把握感染症の発生状況(表2, 3)

#### 2.1.1 一類感染症

一類感染症の届出はなかった。

#### 2.1.2 二類感染症

二類感染症は、結核の届出があった。急性灰白髄炎、ジフテリア、重症急性呼吸器症候群(病原体がベータコロナウイルス属SARSコロナウイルスであるものに限る。)、中東呼吸器症候群(病原体がベータコロナウイルス属MERSコロナウイルスであるものに限る。)、鳥インフルエンザ(H5N1)、鳥インフルエンザ(H7N9)の届出はなかった。

##### i) 結核

結核は304例の届出があり、2017年から漸減傾向にあるが、毎年300例以上の届出が続いている(図1)。病型

は、患者181例、無症状病原体保有者116例、疑似症患者3例、死亡者3例、結核疑い死亡者1例で、無症状病原体保有者116例のうち17例が医療・介護関係者（医師、看護師、介護職など）であった。性別は男性172例、女性132例で、年齢階級別（図2）では60歳以上の高齢者が62%を占めていた。また、昨年と同様に、20歳代の男性で届出が多く見られた（29例）。なお、近年全国的に増加傾向にあった20歳代の若年層での新登録患者数は昨年と同様に多く（2018年は新登録患者15,590例中1,273例（8.2%）、2019年は14,460例中1,164例（8.0%））、引き続き、同年代における外国生まれの患者の発生（2018年、2019年の新登録患者における割合はそれぞれ70.4%、73.1%）が注目される<sup>1)</sup>。

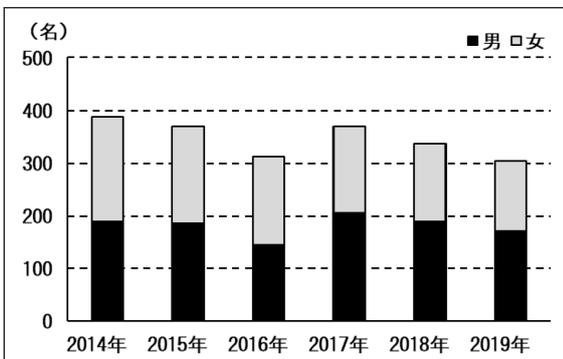


図1 結核 年次別発生状況

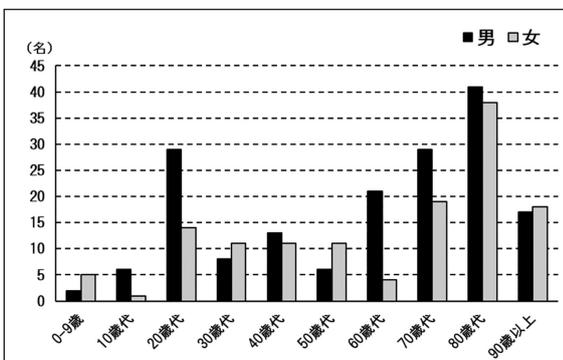


図2 結核 年齢階級別発生状況

### 2.1.3 三類感染症

三類感染症は、細菌性赤痢、腸管出血性大腸菌感染症の届出があった。コレラ、腸チフス、パラチフスの届出はなかった。

#### i) 細菌性赤痢

細菌性赤痢は4例の届出があり、性別は男性1例、女性3例で例年並みであった（図3）。年齢階級別では20歳代（2例）、30歳代及び40歳代（各1例）の順に多かった。推定感染地域は、国外が3例（インドネシア及びフィ

リピン）、国内が1例（都道府県不明）で、感染原因・経路は、国外感染においては経口感染（肉類、生野菜、果物等）によるものであった。

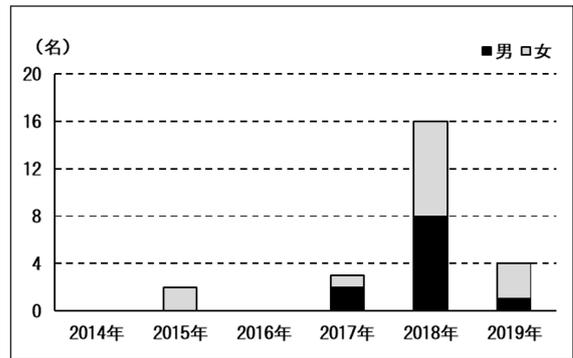


図3 細菌性赤痢 年次別発生状況

#### ii) 腸管出血性大腸菌感染症

腸管出血性大腸菌感染症は62例の届出があり、例年並みであった（図4）。病型は、患者37例、無症状病原体保有者25例であった。性別は男性18例、女性44例で、年齢階級別では、30歳代（12例）、0～9歳及び50歳代（各10例）の順に多かった。月別発生状況は6月（15例）、9月（10例）、5月及び7月（各8例）の順に多くなっており、春～秋にかけて多くの届出があった（図5）。血清群別の内訳は、図6のとおりであった。

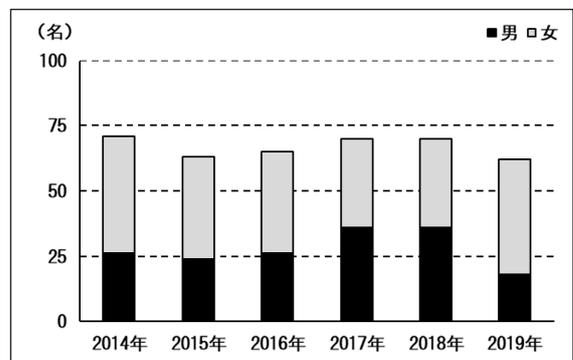


図4 腸管出血性大腸菌感染症 年次別発生状況

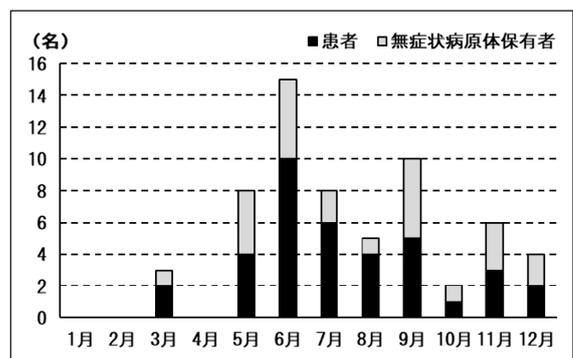


図5 腸管出血性大腸菌感染症 月別発生状況

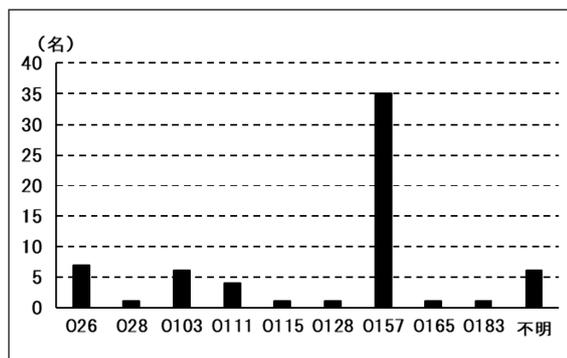


図6 腸管出血性大腸菌感染症 O血清群発生状況

#### 2.1.4 四類感染症

四類感染症は、E型肝炎、A型肝炎、重症熱性血小板減少症候群、つつが虫病、デング熱、日本紅斑熱、ポツリヌス症、ライム病、レジオネラ症の届出があった。その他の四類感染症の届出はなかった。

##### i) E型肝炎

E型肝炎は1例の届出があり、40歳代の男性であった。推定感染地域は、国内（都道府県不明）で、感染原因・経路は不明であった。

##### ii) A型肝炎

A型肝炎は1例の届出があり、50歳代の男性であった。推定感染地域は、国内（県内）で、感染原因・経路は不明であった。

##### iii) 重症熱性血小板減少症候群

重症熱性血小板減少症候群は3例の届出があり、前年（2例）とほぼ同数であった。2013年に感染症法で全数把握疾患となってからの累計は10例となった。4月、7月及び10月に届出があり、50歳代の男性1例と80歳代の女性2例であった。推定感染地域は全て国内（県内）で、感染原因・経路は、2例は動物・蚊・昆虫等からの感染が疑われ（1例は特にマダニと推定）、1例は不明であった。

##### iv) つつが虫病

つつが虫病は3例の届出があり、前年（2例）とほぼ同数であった。6月と10月に届出があり、30歳代、60歳代及び80歳代（各1例）の男性であった。推定感染地域は、全て国内（県内）であった。

##### v) デング熱

デング熱は7例の届出があり、前年（0例）から増加した。年齢階級別では30歳代（4例）、40歳代（2例）、50歳代（1例）の順に多かった。推定感染地域は、全て国外（カンボディア、ジャマイカ、タイ、バングラデシュ、ベトナム及びマレーシア）で、感染原因・経路は、動物・蚊・昆虫等からの感染（5例）、不明（2例）であった。

##### vi) 日本紅斑熱

日本紅斑熱は3例の届出があり、前年（5例）とほぼ同数であった。2009年10月の県内初の届出以来の累計報告数は34例となった。10月（2例）と5月（1例）に届け出があり、60歳代の男性と女性が各1例ずつ、80歳代の男性が1例であった。

推定感染地域は、全て国内（県内）で、マダニの刺し口が2例で確認された。

##### vii) ポツリヌス症

ポツリヌス症は1例の届出があり、乳児男性であった。感染原因・経路は経口感染であり、飲食物の種類は、野菜スープであった。

##### viii) ライム病

ライム病は、1例の届出があり、60歳代の男性であった。感染症サーベイランスシステムでの調査開始以来初めての届出となった。感染原因・経路（確定）はマダニで、感染地域（確定）は、スウェーデンであった。

##### ix) レジオネラ症

レジオネラ症は58例の届出があり、2年連続で例年（30例前後）の2倍程度の届出となった（図7）。病型は全て肺炎型であった。性別は男性52例、女性6例で、年齢階級別では70歳代（21例）、60歳代（19例）、50歳代（7例）の順に多かった（図8）。感染原因・経路は、水系感染20例、塵埃感染5例、その他1例、不明33例であった（重

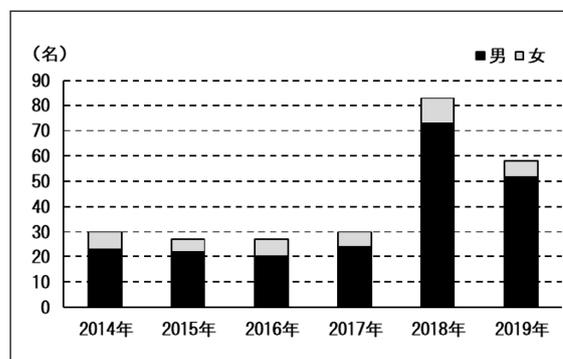


図7 レジオネラ症 年次別発生状況

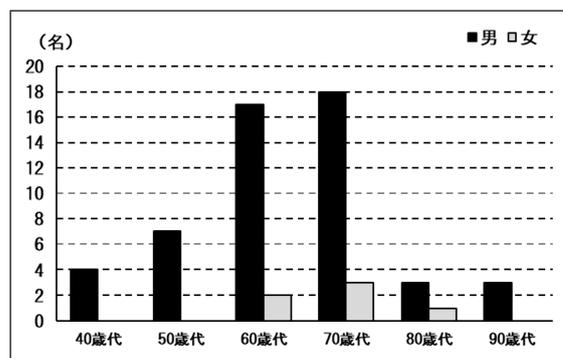


図8 レジオネラ症 年齢階級別発生状況

複あり)。水系感染のうち、入浴施設の利用が9例、加湿器の使用が2例で確認された。塵埃感染のうち、3例で家庭菜園等での農作業の履歴が確認された。

### 2.1.5 五類感染症（全数把握対象）

五類感染症では、17の感染症で届出があった。クリプトスポリジウム症、ジアルジア症、侵襲性髄膜炎菌感染症、先天性風しん症候群、バンコマイシン耐性黄色ブドウ球菌感染症、麻しん、薬剤耐性アシネトバクター感染症の届出はなかった。

#### i) アメーバ赤痢

アメーバ赤痢は14例の届出があり、前年（15例）とほぼ同数であった（図9）。病型は全て腸管アメーバ症であった。性別は男性13例、女性1例で、年齢階級別では50歳代（7例）、60歳代（4例）、30歳代、40歳代及び70歳代（各1例）の順に多く、患者は全て30歳以上の成人であった（図10）。推定感染地域は県内5例、都道府県不明4例、不明5例であった。感染原因・経路は性的接触3例、経口感染2例の他は不明であった。

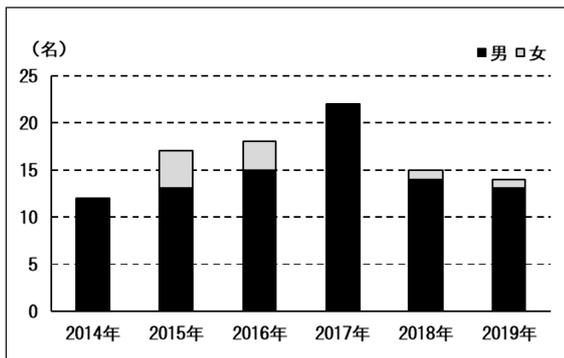


図9 アメーバ赤痢 年次別発生状況

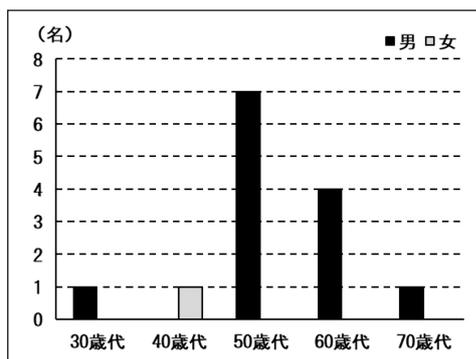


図10 アメーバ赤痢 年齢階級別発生状況

#### ii) ウイルス性肝炎（E型肝炎及びA型肝炎を除く）

ウイルス性肝炎は12例の届出があり、前年（5例）から増加した（図11）。性別は男性8例、女性4例であった。年齢階級別では20歳代（6例）、30歳代及び50歳代（各2例）の順に多かった（図12）。病型は、B型が9例、C

型が2例、その他（Epstein-Barr virus：EBウイルス）が1例であった。推定感染地域は国内が10例（県内7例、県外1例、都道府県不明2例）、国外（タイ）1例、不明が2例（重複あり）で、感染原因・経路は、性的接触7例（同性間1例、異性間4例、不明2例）、不明5例であった。

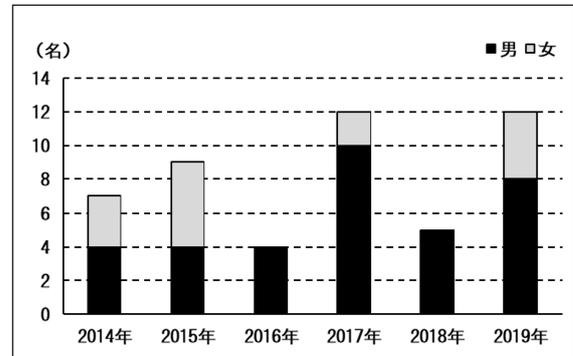


図11 ウイルス性肝炎 年次別発生状況

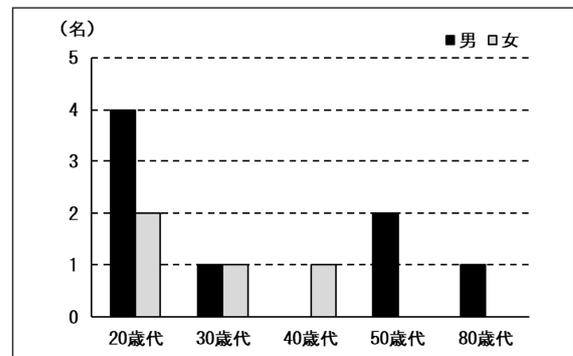


図12 ウイルス性肝炎 年齢階級別発生状況

#### iii) カルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症

カルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症は32例の届出があり、前年（26例）から増加した（図13）。性別は男性16例、女性16例で、年齢階級別（図14）では70歳代（14例）、60歳代（6例）、40歳代、80歳代（5例）の順に多く、60歳以上で81%を占めていた。感染原因・経路は、以前からの保菌（12例、うち腸管（5例）が最多）、医療器具関連（5例）、院内感染（3例）の順に多かった。

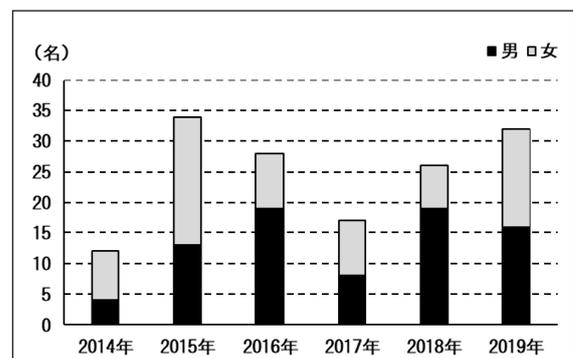


図13 カルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症 年次別発生状況

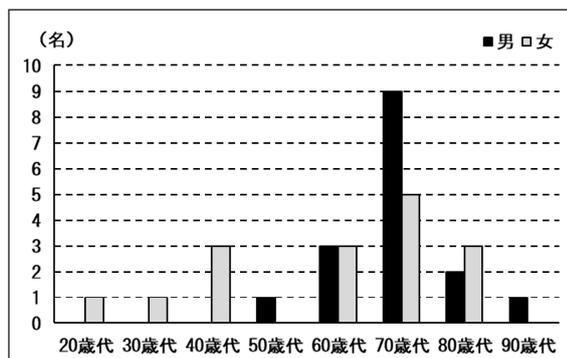


図14 カルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症 年齢階級別発生状況

iv) 急性弛緩性麻痺（急性灰白髄炎を除く。）

急性弛緩性麻痺は2例の届出があり、2歳以下の幼児男性であった。2例のうち1例は病原体不明（エンテロウイルス陰性）であったが、1例からコクサッキーウイルスA6が検出された。

v) 急性脳炎（ウエストナイル脳炎，西部ウマ脳炎，ダニ媒介脳炎，東部ウマ脳炎，日本脳炎，ベネズエラウマ脳炎及びリフトバレー熱を除く。）

急性脳炎は19例の届出があり、前年（6例）から増加した（図15）。検出された病原体は、インフルエンザウイルスA（6例），RSウイルス，エンテロウイルス，単純ヘルペスウイルス，ヒトヘルペスウイルス（HHV-6）及びヒトメタニューモウイルスが各1例ずつ，病原体不明8例であった。性別は男性6例，女性13例で，年齢階級別では10歳未満（13例），10歳代（2例），40歳代，60歳代，70歳代及び80歳代（各1例）の順に多かった。

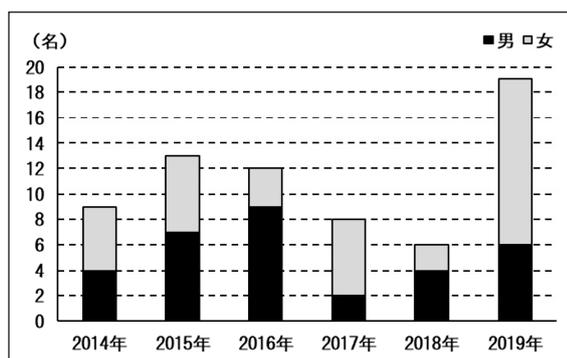


図15 急性脳炎 年次別発生状況

vi) クロイツフェルト・ヤコブ病

クロイツフェルト・ヤコブ病は5例の届出があった。性別は男性1例，女性4例で，年齢階級別では，60歳代及び80歳代（各2例），90歳代（1例）の順に多かった。病型は，孤発性プリオン病（古典型）4例，遺伝性プリオン病（家族性）1例であった。

vii) 劇症型溶血性レンサ球菌感染症

劇症型溶血性レンサ球菌感染症は6例の届出があり，過去5年間と比較して最も多かった2018年（14例）からは減少し，例年と同程度であった（図16）。性別は男性1例，女性5例で，年齢階級別では80歳代（2例），10歳未満，60歳代，70歳代及び90歳代（各1例）の順に多く，感染原因・経路は，創傷感染3例，飛沫・飛沫核感染1例，不明2例であった。

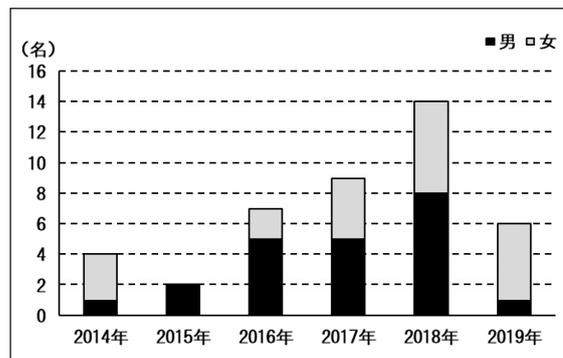


図16 劇症型溶血性レンサ球菌感染症 年次別発生状況

viii) 後天性免疫不全症候群

後天性免疫不全症候群は10例の届出があり，前年（18例）から減少し，過去5年間と比較して最も少なかった（図17）。性別は男性9例，女性1例で，年齢階級別では20歳代（5例），40歳代（2例）の順に多かった（図18）。病型はAIDS 2例，無症候性キャリア8例であった。

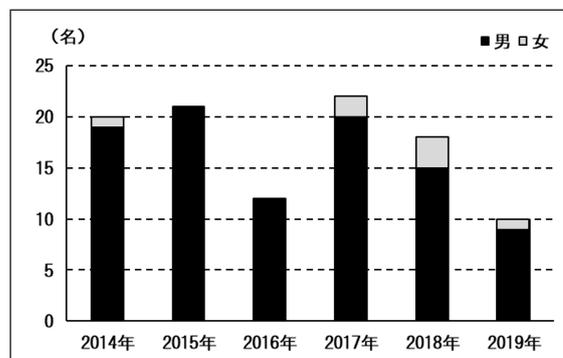


図17 後天性免疫不全症候群 年次別発生状況

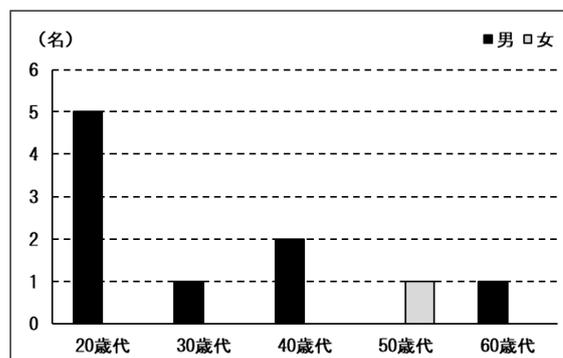


図18 後天性免疫不全症候群 年齢階級別発生状況

推定感染地域は、国内8例、国外（アメリカ合衆国）1例、不明1例であった。感染原因・経路は性的接触9例（異性間4例、同性間5例）、不明1例であった。

ix) 侵襲性インフルエンザ菌感染症

侵襲性インフルエンザ菌感染症は4例の届出があり、性別は男性3例、女性1例で、年齢階級別では60歳代から90歳代までの各1例ずつであった。感染原因・経路は、飛沫・飛沫核感染2例、不明2例であった。

x) 侵襲性肺炎球菌感染症

侵襲性肺炎球菌感染症は47例の届出があり、前年（43例）とほぼ同数であった（図19）。性別は男性27例、女性20例で、年齢階級別では、60歳代（11例）、70歳代（10例）、0～9歳（8例）の順に多かった（図20）。ワクチン接種歴別でみると、接種歴あり15例、接種歴なし13例、不明19例であった。

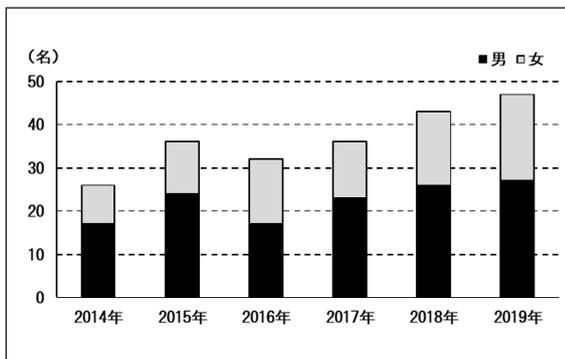


図19 侵襲性肺炎球菌感染症 年次別発生状況

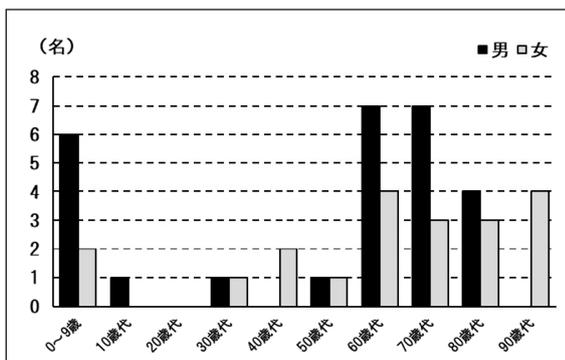


図20 侵襲性肺炎球菌感染症 年齢階級別発生状況

xi) 水痘（入院例に限る。）

水痘（入院例に限る。）は9例の届出があった。性別は男性7例、女性2例で、年齢階級別では、20歳代、60歳代、70歳代及び90歳代（各2例）、10歳代（1例）の順に多かった。感染原因・経路は、水痘患者との接触3例、その他2例、不明4例であった。

xii) 梅毒

梅毒は191例の届出があった。過去5年間で比較する

と、感染症法が施行された1999年以降で最多の届出数となった（図21）。病型は早期顕症梅毒Ⅰ期86例、早期顕症梅毒Ⅱ期61例、晩期顕症梅毒1例、無症状病原体保有者42例、先天梅毒1例であった。性別は男性124例、女性67例で、年齢階級別では、男性は30歳代（36例）、20歳代（34例）、40歳代（26例）の順、女性は20歳代（33例）、40歳代（11例）、10歳代（9例）の順に多かった（図22）。特に女性は10歳代及び20歳代で女性全体の63%を占めていた。10歳代及び20歳代の女性の届出数は、年々増加傾向を示している（図23）。推定感染地域は国内175例（県内131例、県外33例、都道府県不明11例）、国外1例（中華人民共和国）、不明17例であった（重複あり）。感染原因・経路は、性的接触174例（異性間151例、同性間7例、異性間及び同性間2例、詳細不明14例）、

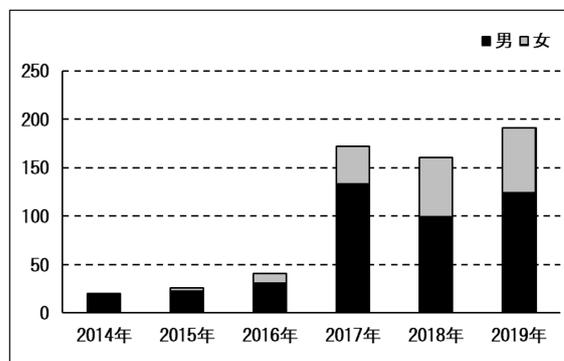


図21 梅毒 年次別発生状況

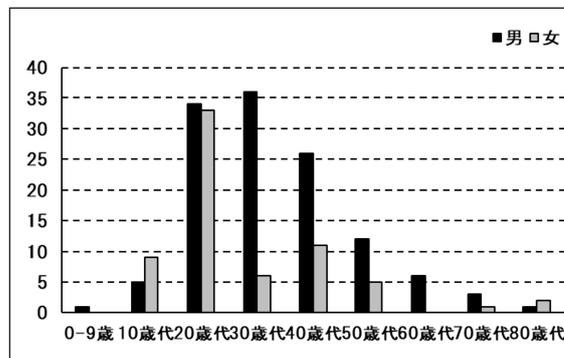


図22 梅毒 年齢階級別発生状況

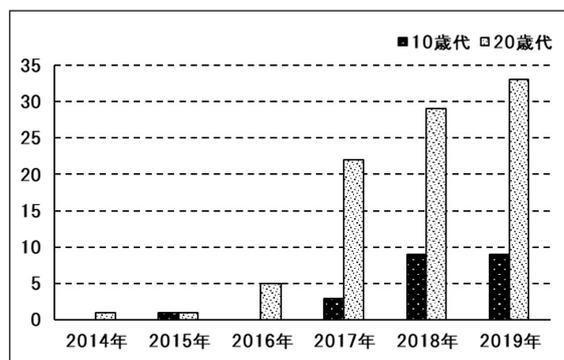


図23 梅毒 年次別発生状況（10歳代・20歳代女性）

胎内・出産時1例，不明16例であった。

なお，梅毒の感染症法に基づく届出様式については，平成31年1月1日から「性風俗産業の従事歴・利用歴の有無（直近6か月以内）」等が記載項目として新たに追加されており，男性感染者のうち48.8%（60例）が性風俗産業の利用歴があり，年齢階級別では，30歳代（23例）の利用が最も多く，次いで20歳代（18例），40歳代（9例）の順で多かった（図24）。また，女性感染者の17.9%（12例）が性風俗産業の従事歴があり，年齢階級別では，20歳代83.3%（10例）が最も多かった（図25）。

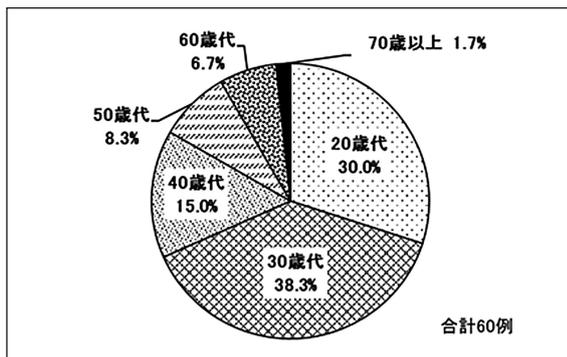


図24 梅毒 年齢階級別（男性・性風俗産業の利用歴有）

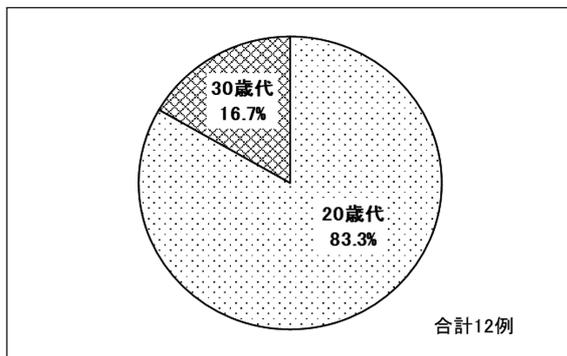


図25 梅毒 年齢階級別（女性・性風俗産業従事歴有）

xiii) 播種性クリプトコックス症

播種性クリプトコックス症は1例の届出があった。患者は70歳代の男性で，感染原因・経路は免疫不全，推定感染地域は国内（県内）であった。

xiv) 破傷風

破傷風は，3例の届出があった。性別は男性1例，女性2例で，年齢階級別では，40歳代，70歳代及び80歳代（各1例）であった。感染原因・経路は創傷感染，その他及び不明（各1例）であった。

xv) バンコマイシン耐性腸球菌感染症

バンコマイシン耐性腸球菌感染症は，3例の届出があった。性別は男性2例，女性1例で，年齢階級別では，70歳代（2例），50歳代（1例）の順に多かった。感染原

因・経路は，針等の鋭利なものの刺入による感染，その他，不明（各1例）であった。推定感染地域は国内（県内），国外（アメリカ合衆国），不明（各1例）であった。

xvi) 百日咳

百日咳は，428例の届出があり，昨年（187例）より増加した。性別は男性189例，女性239例で，月別の発生状況では，7月（69例），9月（65例），8月（59例）の順に多かった（図26）。年齢階級別では，小学生（195例），その他（107例），幼児（63例）の順に多く（図27），「その他」の中では30歳代及び40歳代が半分以上を占めていた。届出が多かった小学生の患者のうち，82%が遅くとも5歳までに百日咳ワクチンの接種を4回受けていた（図28）。また，重症化のリスクが高い6か月未満児では15例の届出があり，6例は同胞から，4例は

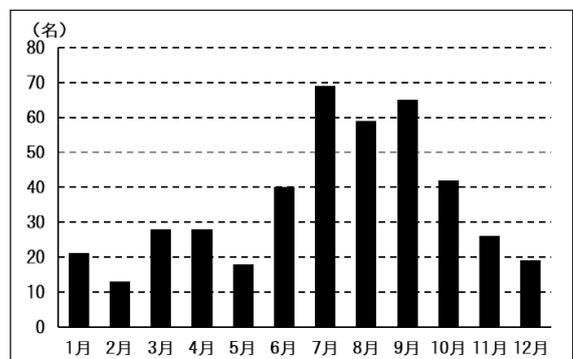


図26 百日咳 月別発生状況

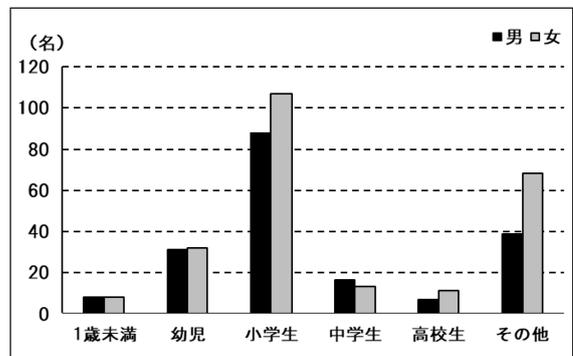


図27 百日咳 年齢階級別発生状況

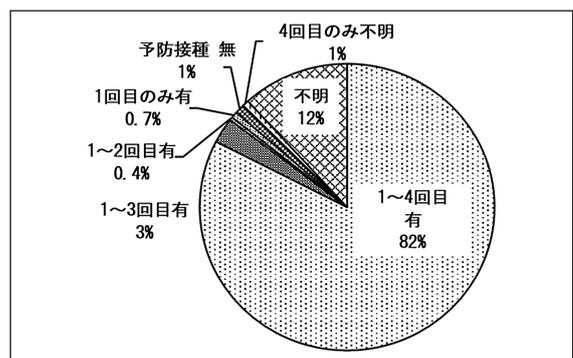


図28 百日咳 予防接種状況（小学生）

祖父母や両親からの感染が推定され、15例中5例が入院していた。6か月未満児の感染源の多くが同胞であったことから、全国のサーベイランス同様、学童期における百日咳含有ワクチンの追加接種等の対策の必要性が示唆された<sup>2)</sup>。

xvii) 風しん

風しんは、3例の届出があり、昨年(29例)より減少した(図29)。性別は全て男性で、年齢階級別では、20歳代、30歳代及び50歳代(各1例)であった。

2018年及び2019年の年齢階級別発生状況(図30)を見ると、40歳代(11例)、50歳代(8例)、30歳代(6例)の順に多く、全国的に風しんの抗体保有率が低い40歳代及び50歳代に加え、ワクチンが医療機関での1回のみ個別接種であったため接種率が低いとされている30歳代の感染も見られた。

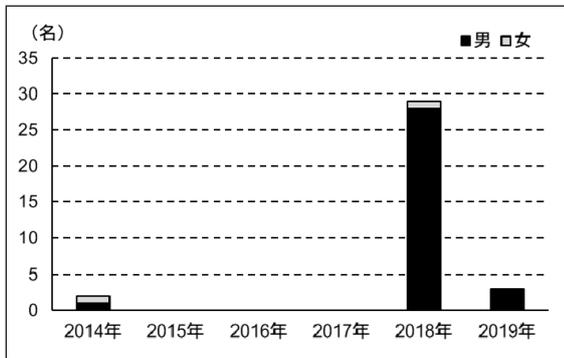


図29 風しん 年次別発生状況

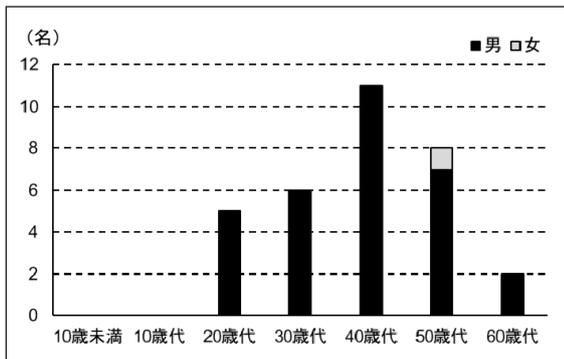


図30 風しん 年齢階級別発生状況(2018~2019年)

2.2 定点把握感染症(五類感染症)の届出状況

2.2.1 小児科・内科定点における週報告の感染症(表4)

小児科・内科定点における週報告の感染症のうち、主な感染症については、以下のとおりである。

i) インフルエンザ(2018/19年シーズン流行のまとめ)(図31)

2018/19年シーズン(2018/9/3~2019/9/1)、岡山県の患者報告数は、20,844人であった。これは、過去5シ

ズンと比較すると、2013/14年シーズンに次いで少なかった。2018年第36週(9/3~9/9)にシーズン初めての患者が報告され、第49週(12/3~12/9)には定点あたり報告数1.17人となり、過去5シーズンと比較すると、2016/17年シーズン、2017/18年シーズンに次いで3番目に早い流行シーズン入りとなった。その後、流行は拡大し、2019年第3週(1/14~1/20)に定点あたり報告数45.33人となり、警報発令基準の30.00人を上回り、2018/19年シーズンのピークを迎えた。なお、第4週に定点あたり報告数が47.56人となったが、これは、過去5シーズン中、2014/15年シーズンの第3週(59.21人)、第4週(58.98人)に次いで3番目に多かった。その後、第8週(2/18~2/24)に9.00人、第9週(2/25~3/3)に6.65人と2週連続して定点あたり10.00人を下回ったため、警報から注意報に切り替えた。第14週(4/1~4/7)に0.94人、第15週(4/8~4/14)に0.88人と、2週連続して1.00人を下回り、県内に発令していた「インフルエンザ注意報」を4月18日をもって解除した。注意報解除後の第16週(4/15~4/21)に1.43人、第17週(4/22~4/28)に1.08人と定点あたり1.00人を再び上回ったが、その後、患者数は徐々に減少し、2018/19年シーズンのインフルエンザの流行は終息した。年間を通して全国とほぼ同様に推移した。年齢階級別では4~6歳が14.9%と最も高かった。2017/18年シーズンと比較すると、20歳代及び30歳代での割合が増加した。

2018/19年シーズンに岡山県環境保健センターで検出されたインフルエンザウイルスは59株であった。その内訳は、AH3亜型36株(61%)が最も多く、次いでAH1pdm09型16株(27%)、B型7株[ビクトリア系統5株・山形系統2株](12%)であった。2017/18年シーズンは、A型とB型がほぼ同程度流行したが、2018/19年シーズンは1月初旬までは2種類のA型(AH1pdm09型及びAH3亜型)がほぼ同程度流行し、1月中旬以降はAH3亜型が主流となった。また、3月下旬からB型(ビクトリア系統)が増え始め、4月下旬まで検出された。

ii) RSウイルス感染症(図32)

RSウイルス感染症は、定点あたり累積報告数が30.96人であり、前年(23.70人)より増加した。第29週(7/15~7/21)から増加しはじめ、第37週(9/9~9/15)には定点あたり報告数3.09人となり、昨年と同時期にピークを迎えた。年間を通して全国とほぼ同様に推移した。年齢階級別では2歳以下の割合が全体の90%を占めた。

iii) 咽頭結膜熱(図33)

咽頭結膜熱は、定点あたり累積報告数が23.06人であ

り、前年（12.96人）から増加した。年間を通して全国とほぼ同様に推移した。年齢階級別では6歳以下の乳幼児の割合が全体の85%を占めた。

iv) A群溶血性レンサ球菌咽頭炎（図34）

A群溶血性レンサ球菌咽頭炎は、定点あたり累積報告数が68.46人であり、前年（82.83人）から減少した。全国と比較すると、ほぼ年間を通して低いレベルで推移した。年齢階級別では、6歳以下の乳幼児の割合が全体の

59%を占めた。

v) 感染性胃腸炎（図35）

感染性胃腸炎は、定点あたり累積報告数が295.50人であり、前年（340.35人）からわずかに減少した。1月にピークがあり（第2週，11.24人），その他はほぼ横ばいで推移した。全国と比較すると、年間を通して若干多めに推移した。年齢階級別では6歳以下の乳幼児の割合が全体の65%を占めた。

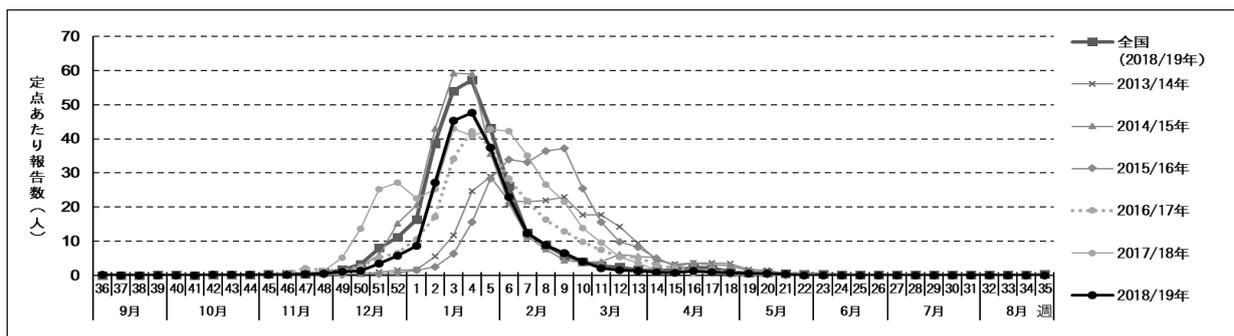


図31 インフルエンザ 発生状況

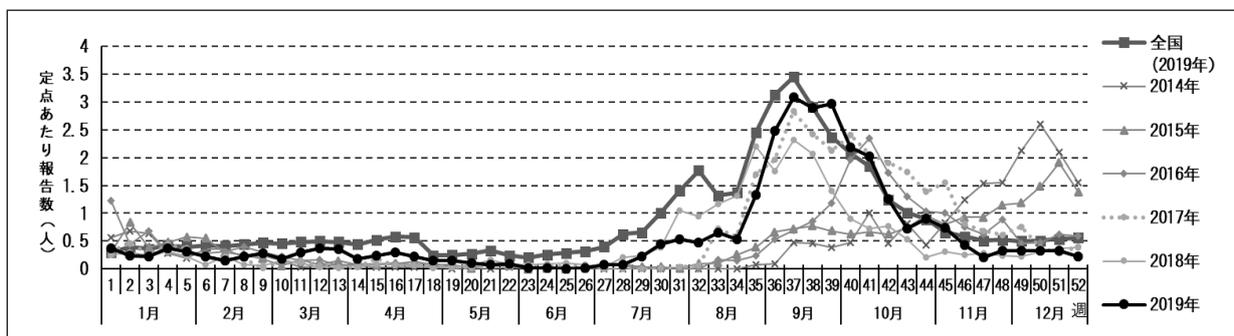


図32 RSウイルス感染症 発生状況

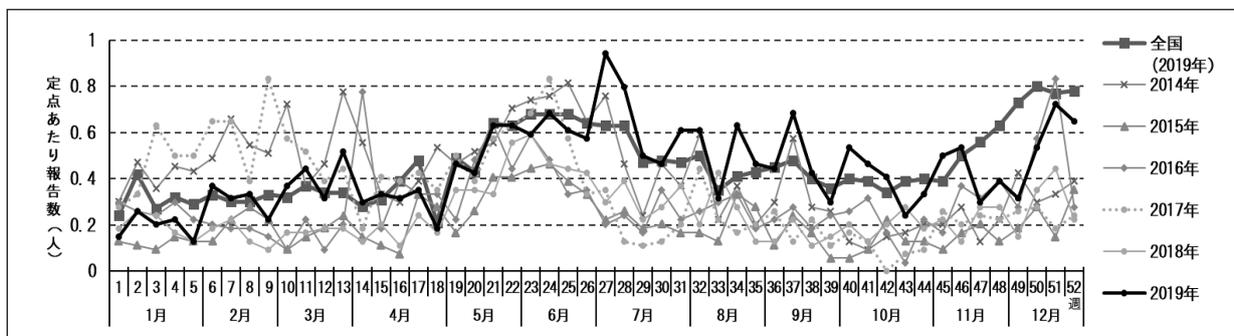


図33 咽頭結膜熱 発生状況

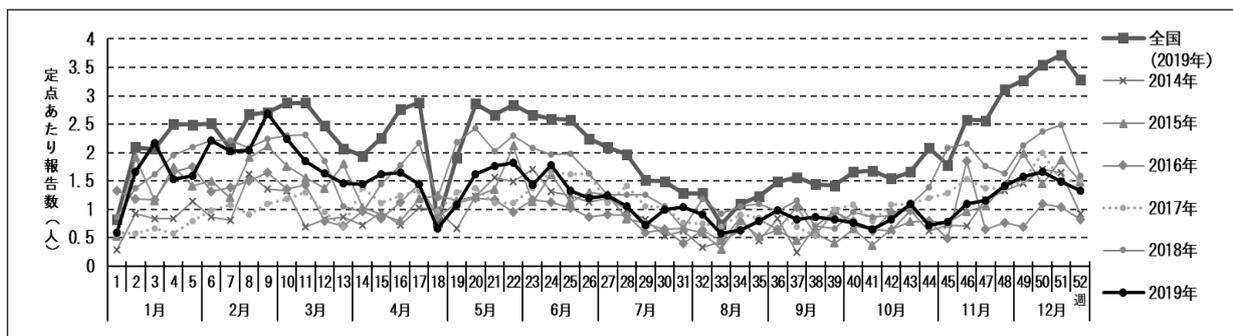


図34 A群溶血性レンサ球菌咽頭炎 発生状況

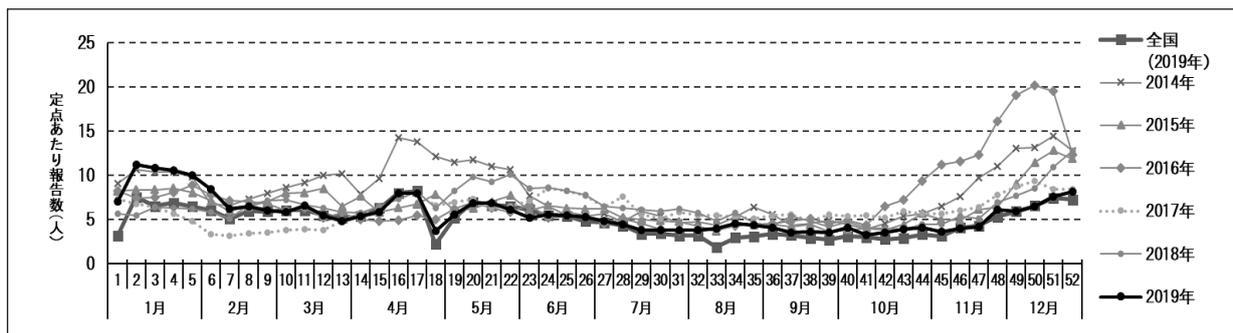


図35 感染性胃腸炎 発生状況

vi) 水痘 (図36)

水痘は、定点あたり累積報告数が11.69人であり、前年(14.43人)から減少した。過去5年間と比較すると、最も少なかった。年間を通して全国とほぼ同様に推移した。年齢階級別では6歳以下の乳幼児の割合が全体の45%を占めた。

vi) 手足口病 (図37)

手足口病は、定点あたり累積報告数が116.43人であり、前年(17.48人)から大きく増加した(手足口病は隔年で流行する傾向がある)。全国とほぼ同様に推移した。年齢階級別では1歳以下の割合が全体の45%を占めた。

vii) 伝染性紅斑 (図38)

伝染性紅斑は、定点あたり累積報告数が15.30人であり、前年(4.76人)から増加した。全国では、年間を通じて定点あたり報告数0.40~1.00人の間を推移したが、岡山県では9月にピークがあった(第36週, 0.94人)他は、年間を通して低いレベルで推移した。年齢階級別では6歳以下の乳幼児の割合が全体の71%を占めた。

viii) 突発性発しん (図39)

突発性発しんは、定点あたり累積報告数が13.94人であり、前年(19.33人)から減少した。年間を通して全国とほぼ同様に推移した。年齢階級別では1歳以下の割

合が全体の87%を占めた。

ix) ヘルパンギーナ (図40)

ヘルパンギーナは、定点あたり累積報告数が24.37人であり、前年(15.07人)から増加した。全国では、7月に流行のピーク(第30週, 2.98人)があったが、岡山県では6月に流行のピーク(第26週, 2.50人)があった。年齢階級別では1歳以下(44%), 2~3歳(29%), 4~5歳(14%)の順で多かった。

x) 流行性耳下腺炎 (図41)

流行性耳下腺炎は、定点あたり累積報告数が3.52人であり、前年(5.26人)から減少した。年間を通して全国とほぼ同様に推移した。年齢階級別では6歳以下の乳幼児の割合が全体の64%を占めた。

2.2.2 眼科定点における週報告の感染症 (表4)

i) 急性出血性結膜炎

急性出血性結膜炎は、定点あたり累積報告数が1.17人であり、前年(1.33人)からわずかに減少した。

ii) 流行性角結膜炎 (図42)

流行性角結膜炎は、定点あたり累積報告数が24.25人であり、前年(39.17人)から減少した。年齢階級別では9歳以下(25%), 30歳代(22%), 20歳代(16%)の順で多く、若年層の患者がより多く報告された。

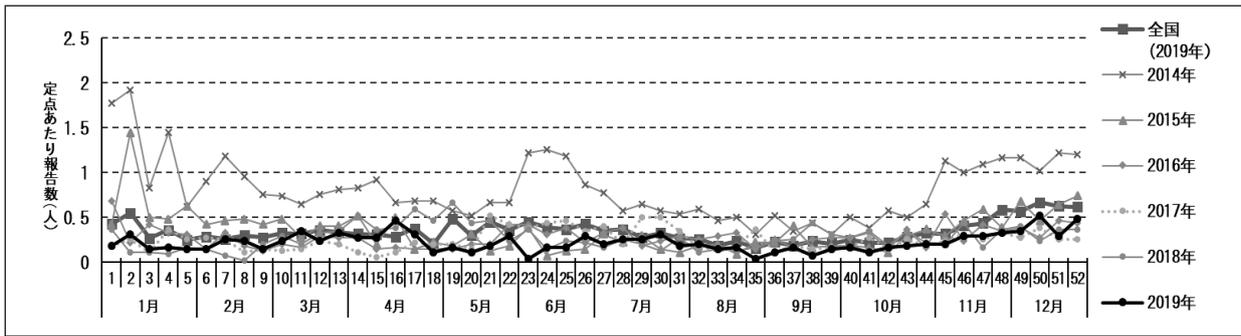


図36 水痘 発生状況

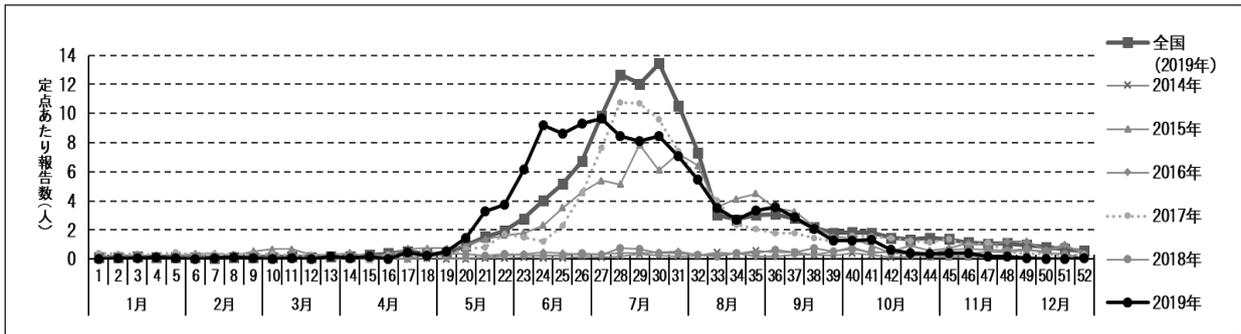


図37 手足口病 発生状況

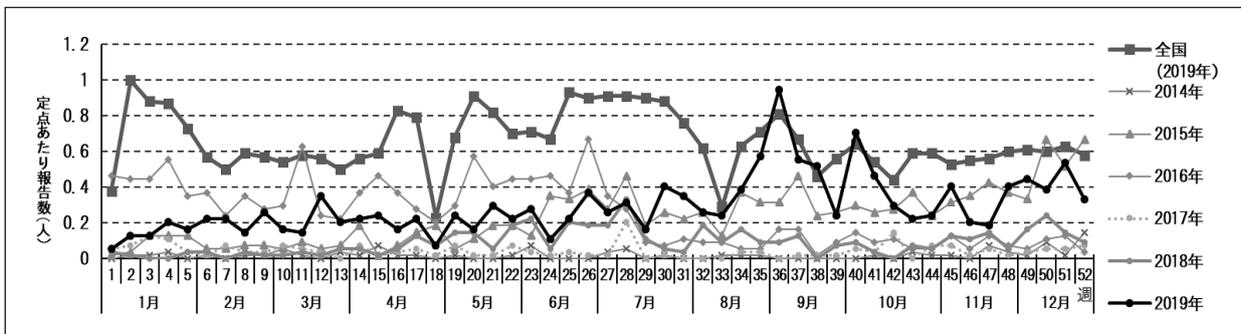


図38 伝染性紅斑 発生状況

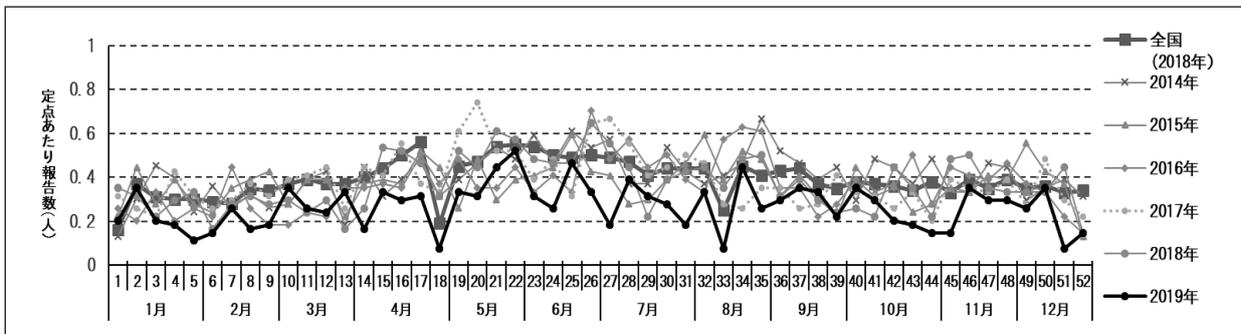


図39 突発性発しん 発生状況

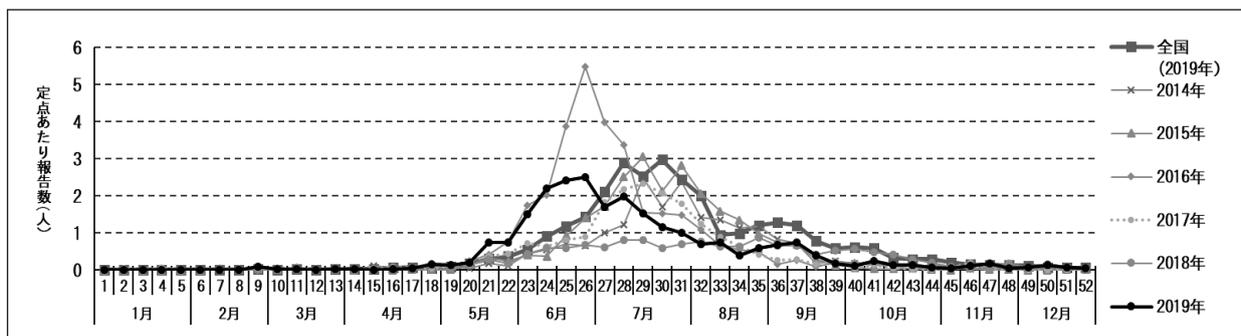


図40 ヘルパンギーナ 発生状況

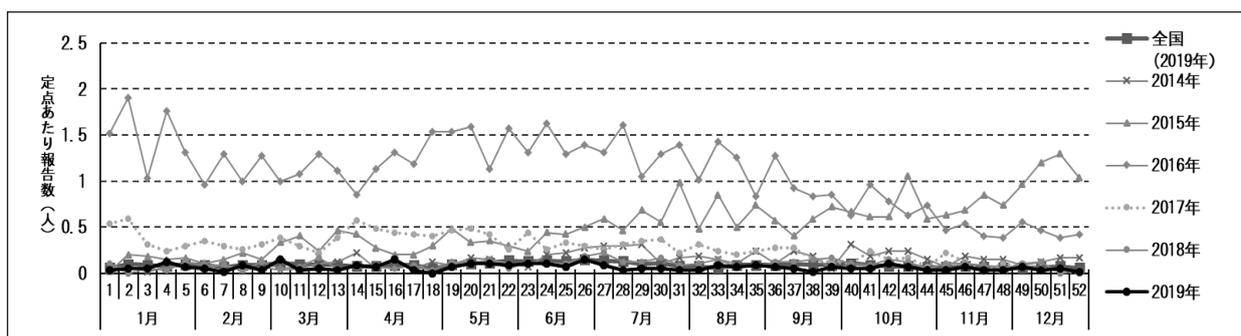


図41 流行性耳下腺炎 発生状況

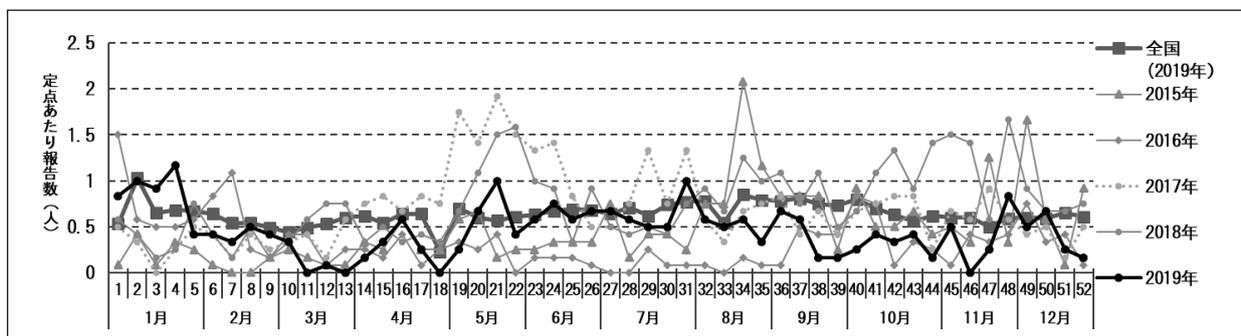


図42 流行性角結膜炎 発生状況

### 2.2.3 基幹定点における週報告の感染症 (表4)

i) 細菌性髄膜炎 (髄膜炎菌肺炎球菌, インフルエンザ菌を原因として同定された場合を除く。)

細菌性髄膜炎は, 定点あたり累積報告数が2.60人であり, 前年 (1.20人) から増加した。

ii) 無菌性髄膜炎

無菌性髄膜炎は, 定点あたり累積報告数が1.40人であり, 前年 (0.80人) から増加した。

iii) マイコプラズマ肺炎

マイコプラズマ肺炎は, 定点あたり累積報告数が5.60人であり, 前年 (4.60人) からわずかに増加した。

iv) クラミジア肺炎 (オウム病を除く。)

クラミジア肺炎 (オウム病を除く。 ) は, 定点あたり累積報告数が0.20人であり, 前年 (0人) から増加した。

v) 感染性胃腸炎 (病原体がロタウイルスであるものに限る。)

感染性胃腸炎 (病原体がロタウイルスであるものに限る。 ) は, 定点あたり累積報告数が9.20人であり, 前年 (5.40人) から増加した。

### 2.2.4 性感染症定点における月報告の感染症 (表5, 6)

i) 性器クラミジア感染症

性器クラミジア感染症は, 定点あたり累積報告数が

18.35人であり、前年（18.00人）とほぼ同数であり、昨年と同様、全国と比較して少ない報告数であった（図43）。性別では男性17%，女性83%で、女性の割合が高かった。年齢階級別では10～50歳代で報告されており、20歳代が最も多かった（図44）。

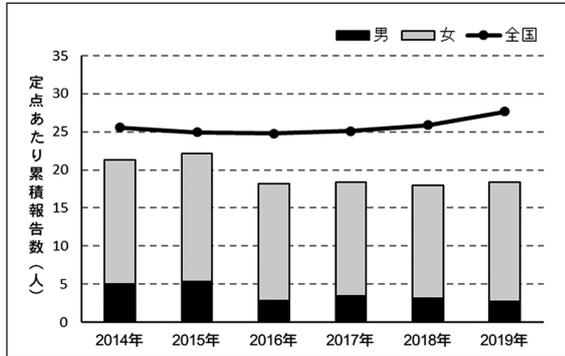


図43 性器クラミジア感染症 年次別発生状況

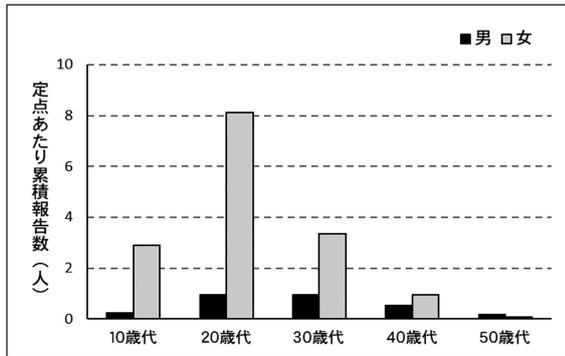


図44 性器クラミジア感染症 年齢階級別発生状況

ii) 性器ヘルペスウイルス感染症

性器ヘルペスウイルス感染症は、定点あたり累積報告数が3.88人で、前年（3.71人）とほぼ同数であった。全国と比較して少ない報告数であった（図45）。性別では男性2%，女性98%で、女性の割合が高かった。年齢階級別では20歳代が最も多かった（図46）。

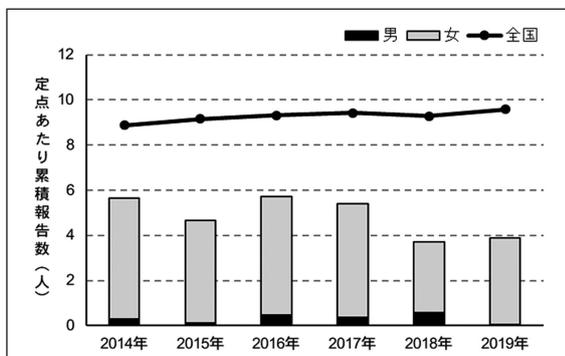


図45 性器ヘルペスウイルス感染症 年次別発生状況

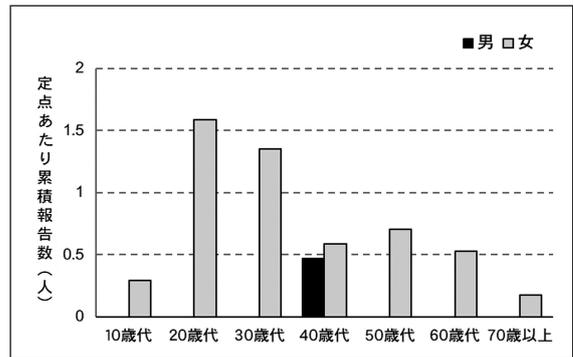


図46 性器ヘルペスウイルス感染症 年齢階級別発生状況

iii) 尖圭コンジローマ感染症

尖圭コンジローマ感染症は、定点あたり累積報告数が2.82人で、前年（6.24人）から減少した。過去5年間と比較して最も少なかった（図47）。性別では男性67%，女性33%で、男性の割合が多かった。年齢階級別では、20歳代～40歳代が多かった（図48）。

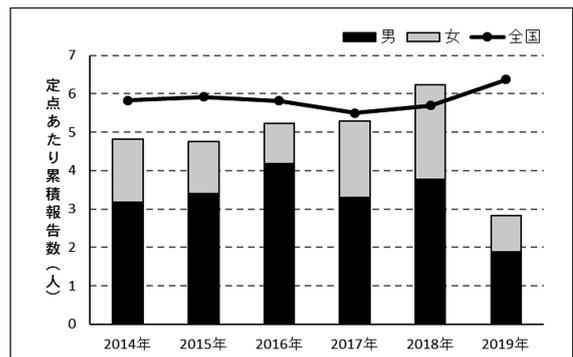


図47 尖圭コンジローマ感染症 年次別発生状況

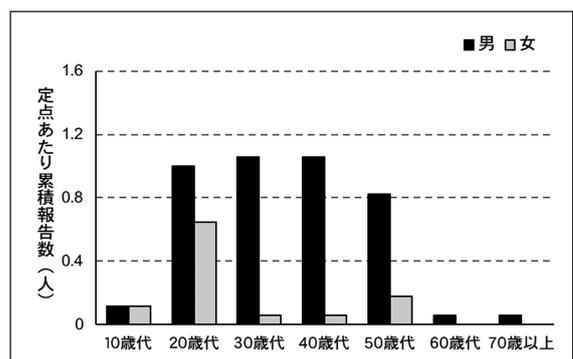


図48 尖圭コンジローマ感染症 年齢階級別発生状況

#### iv) 淋菌感染症

淋菌感染症は、定点あたり累積報告数が3.59人であり、前年（5.06人）から減少した（図49）。2014年から減少傾向にあり、全国と比べても少ない報告数であった。性別は男性57%、女性43%で、男性の報告数がやや多かった。年齢階級別では、20歳代が最も多かった（図50）。

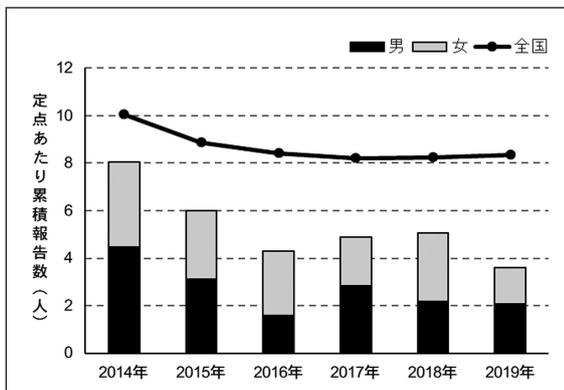


図49 淋菌感染症 年次別発生状況

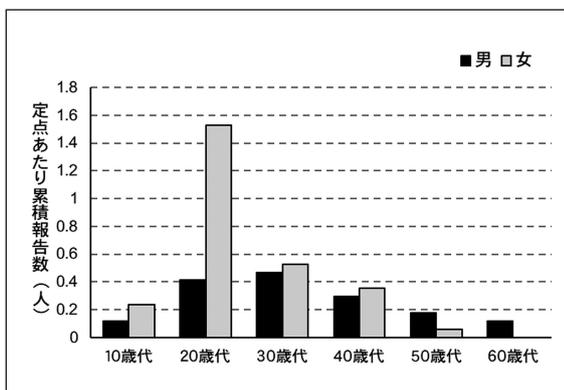


図50 淋菌感染症 年齢階級別発生状況

### 2.2.5 基幹定点における月報告の感染症（表5, 7）

#### i) メチシリン耐性黄色ブドウ球菌感染症

メチシリン耐性黄色ブドウ球菌感染症は、定点あたり累積報告数が17.60人であり、前年（18.40人）とほぼ同数であった。年齢階級別では50歳代以上で85%を占めていた。

#### ii) ペニシリン耐性肺炎球菌感染症

ペニシリン耐性肺炎球菌感染症は、定点あたり累積報告数が0人であり、前年（0.20人）より減少した。

#### iii) 薬剤耐性緑膿菌感染症

薬剤耐性緑膿菌感染症は、定点あたり累積報告数が0.40人であり、前年（0.40人）と同数であった。年齢階級別では70歳代以上で報告された。

### 3 まとめ

全数把握感染症のうち、結核の届出数は304例であり、2017年から漸減傾向にあるが、毎年300例以上の届出が続いている。年齢階級別では、60歳以上の高齢者が全体の62%を占めていた。50歳代以下では、20歳代が最も多かった。重症熱性血小板減少症候群は4月、7月及び10月に各1例ずつの届出があり、2013年に感染症法で全数把握疾患となってからの累計は10例となった。つつが虫病は6月に2例、10月に1例の届出があり、2006年からの累計は21例となった。日本紅斑熱は3例の届出があり、2009年からの累計は34例となった。レジオネラ症の届出数は58例であり、昨年に続き多い届出数が継続し、例年（30例前後）の2倍程度の届出数となった。感染原因・経路は、入浴施設の利用（9例）が最も多かった。梅毒の届出数は191例であり、感染症法が施行された1999年以降で最多の届出となった。全国の梅毒患者の届出数は2010年以降増加傾向にあり、岡山県でも2014年以降年々増加してきた。全国と比較しても届出数の増加が著しく、2018年に続き、2019年も人口100万人あたりの報告数で全国3位の報告数となった。特に若年女性を中心に今後の発生動向に十分注意する必要がある。

定点把握感染症に関して、2018/19年シーズンのインフルエンザは、過去5シーズンと比較すると、2013/14年シーズンに次いで少なかった。全国の流行状況とほぼ同様の推移であった。

今後も引き続き、岡山県感染症情報センターでは、県内の感染症情報の収集・分析を迅速に行い、全国の感染症発生動向にも注意を払いながら、感染症対策の一助となるよう広く情報発信をしていきたい。

### 文 献

- 厚生労働省：2019年 結核登録者情報調査年報集計結果について、  
[https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000175095\\_00003.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000175095_00003.html) (2020.8.27 アクセス)
- 国立感染症研究所：全数報告サーベイランスによる国内の百日咳報告患者の疫学（更新情報）-2019年疫学週第1週～52週-、  
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/pertussis-m/pertussis-idwrs/9463-pertussis-20200306.html> (2020.7.29 アクセス)

表1 感染症法に基づく届出対象感染症(2019年)

1. 全数把握感染症:全ての医師が、全ての患者発生について届出を行う感染症

<p>【 一類感染症 】 直ちに届出</p> <p>(1) エボラ出血熱 (2) クリア・コンゴ出血熱 (3) 痘そう (4) 南米出血熱 (5) ベスト (6) マールブルグ病 (7) ラッサ熱</p>
<p>【 二類感染症 】 直ちに届出</p> <p>(1) 急性灰白髄炎 (2) 結核 (3) ジフテリア (4) 重症急性呼吸器症候群(病原体がベータコロナウイルス属 SARS コロナウイルスであるものに限る。) (5) 中東呼吸器症候群(病原体がベータコロナウイルス属 MERS コロナウイルスであるものに限る。) (6) 鳥インフルエンザ(H5N1) (7) 鳥インフルエンザ(H7N9)</p>
<p>【 三類感染症 】 直ちに届出</p> <p>(1) コレラ (2) 細菌性赤痢 (3) 腸管出血性大腸菌感染症 (4) 腸チフス (5) パラチフス</p>
<p>【 四類感染症 】 直ちに届出</p> <p>(1) E型肝炎 (2) ウエストナイル熱(ウエストナイル脳炎含む) (3) A型肝炎 (4) エキノコックス症 (5) 黄熱 (6) オウム病 (7) オムスク出血熱 (8) 回帰熱 (9) キャサヌレ森林病 (10) Q熱 (11) 狂犬病 (12) コクシジオイデス症 (13) サル痘 (14) ジカウイルス感染症 (15) 重症熱性血小板減少症候群(病原体がフレボウイルス属 SFTS ウイルスであるものに限る。) (16) 腎症候性出血熱 (17) 西部ウマ脳炎 (18) ダニ媒介脳炎 (19) 炭疽 (20) チクングニア熱 (21) つつが虫病 (22) デング熱 (23) 東部ウマ脳炎 (24) 鳥インフルエンザ(H5N1 及び H7N9 を除く。) (25) ニパウイルス感染症 (26) 日本紅斑熱 (27) 日本脳炎 (28) ハンタウイルス肺症候群 (29) Bウイルス病 (30) 鼻疽 (31) ブルセラ症 (32) ベネズエラウマ脳炎 (33) ヘンドラウイルス感染症 (34) 発しんチフス (35) ボツリヌス症 (36) マラリア (37) 野兎病 (38) ライム病 (39) リッサウイルス感染症 (40) リフトバレー熱 (41) 類鼻疽 (42) レジオネラ症 (43) レプトスピラ症 (44) ロッキー山紅斑熱</p>
<p>【 五類感染症の一部 】 7日以内に届出(侵襲性髄膜炎菌感染症, 風しんおよび麻しんは直ちに届出)</p> <p>(1) アメーバ赤痢 (2) ウイルス性肝炎(E型肝炎及びA型肝炎を除く) (3) カルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症 (4) 急性弛緩性麻痺(急性灰白髄炎を除く。) (5) 急性脳炎(ウエストナイル脳炎, 西部ウマ脳炎, ダニ媒介脳炎, 東部ウマ脳炎, 日本脳炎, ベネズエラウマ脳炎及びリフトバレー熱を除く。) (6) クリプトスポリジウム症 (7) クロイツフェルト・ヤコブ病 (8) 劇症型溶血性レンサ球菌感染症 (9) 後天性免疫不全症候群 (10) ジアルジア症 (11) 侵襲性インフルエンザ菌感染症 (12) 侵襲性髄膜炎菌感染症 (13) 侵襲性肺炎球菌感染症 (14) 水痘(入院例に限る。) (15) 先天性風しん症候群 (16) 梅毒 (17) 播種性クリプトコックス症 (18) 破傷風 (19) バイコマイシン耐性黄色ブドウ球菌感染症 (20) バンコマイシン耐性腸球菌感染症 (21) 百日咳 (22) 風しん (23) 麻しん (24) 薬剤耐性アシネトバクター感染症</p>
<p>【 指定感染症 】 直ちに届出</p> <p>該当なし</p>

2. 定点把握感染症(五類感染症):指定した医療機関が、患者の発生について届出を行う感染症

①週単位報告

<p>【 小児科定点 】</p> <p>(1) RSウイルス感染症 (2) 咽頭結膜熱 (3) A群溶血性レンサ球菌咽頭炎 (4) 感染性胃腸炎 (5) 水痘 (6) 手足口病 (7) 伝染性紅斑 (8) 突発性発しん (9) ヘルパンギーナ (10) 流行性耳下腺炎</p>
<p>【 インフルエンザ定点 】</p> <p>(1) インフルエンザ(鳥インフルエンザ及び新型インフルエンザ等感染症を除く。)</p>
<p>【 眼科定点 】</p> <p>(1) 急性出血性結膜炎 (2) 流行性角結膜炎</p>
<p>【 基幹定点 】</p> <p>(1) 感染性胃腸炎(病原体がロタウイルスであるものに限る。) (2) クラミジア肺炎(オウム病を除く) (3) 細菌性髄膜炎(髄膜炎菌, 肺炎球菌, インフルエンザ菌を原因として同定された場合を除く。) (4) マイコプラズマ肺炎 (5) 無菌性髄膜炎</p>

②月単位報告

<p>【 性感染症定点 】</p> <p>(1) 性器クラミジア感染症 (2) 性器ヘルペスウイルス感染症 (3) 尖圭コンジローマ (4) 淋菌感染症</p>
<p>【 基幹定点 】</p> <p>(1) ペニシリン耐性肺炎球菌感染症 (2) メチシリン耐性黄色ブドウ球菌感染症 (3) 薬剤耐性緑膿菌感染症</p>

表2 全数把握感染症 月別患者発生状況

2019年

		総数	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
一類感染症	エボラ出血熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	クリミア・コンゴ出血熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	痘苗	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ベマールス病	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
二類感染症	ラッサ熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	急性灰白髄炎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	結核	304	24	31	39	25	24	24	24	19	11	33	22	28
	ジフテリア	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
三類感染症	重症急性呼吸器症候群	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	中東呼吸器症候群	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	鳥インフルエンザ(H5N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	鳥インフルエンザ(H7N9)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
四類感染症	コレラ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	細菌性赤痢	4	-	-	-	-	1	1	-	-	-	2	-	-
	腸管出血性大腸菌感染症	62	1	-	3	-	8	15	8	5	10	2	6	4
	腸チフス	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
五類感染症	パラボチフス	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E型肝炎	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	ウエストナイル熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	A型肝炎	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
六類感染症	E型肝炎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	エキノコックス症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	黄熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	オウムムスク出血熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
七類感染症	回帰熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	キヤサスル森林熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Q熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	狂犬病	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
八類感染症	コクシジオイデス症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ジカウイルス感染症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	重症熱性血小板減少症候群	3	-	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-
	腎症候群	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
九類感染症	西部ウマ脳炎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ダニ媒介脳炎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	炭疽	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	チクングニア熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
十類感染症	つが虫病	3	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-
	デング熱	7	1	-	-	-	1	-	2	2	-	-	1	-
	東部ウマ脳炎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	鳥インフルエンザ(鳥インフルエンザ(H5N1)を除く)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
十一類感染症	ニバウイルス感染症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	日本紅斑熱	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-
	日本脳炎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ハンタウイルス肺症候群	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
十二類感染症	Bウイルス	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	鼻疽	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ブルセラ脳炎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ベネズエラウマ脳炎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
十三類感染症	ヘンドラウイルス感染症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	発しんチフス	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ボツリヌス症	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	マラリア	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
十四類感染症	野兔病	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ライム病	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
	リッサウイルス感染症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	リフトバレー熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
十五類感染症	類レジオネラ症	58	2	5	4	5	4	5	5	9	10	4	3	2
	レプトスピラ症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ロッキン山紅斑熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	アロメーバ赤痢	14	1	1	-	3	1	-	1	4	-	1	-	2
十六類感染症	ウイルス性肝炎(E・Aを除く)	12	-	1	-	1	2	2	-	3	-	-	2	1
	カルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症	32	5	2	4	1	3	-	-	6	4	4	1	2
	急性弛緩性麻痺(急性灰白髄炎を除く。)*	2	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
	急性性脳炎	19	2	2	2	1	1	3	1	-	3	1	1	2
十七類感染症	クリプトスポリジウム症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	クロイツフェルト・ヤコブ病	5	1	-	-	1	-	-	-	2	-	-	1	-
	劇症型溶血性レンサ球菌感染症	6	-	1	-	2	-	-	1	-	2	-	-	-
	後天性免疫不全症候群	10	1	2	1	-	1	-	1	-	1	1	-	2
十八類感染症	ジニア症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	侵襲性インフルエンザ菌感染症	4	1	-	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-
	侵襲性髄膜炎菌感染症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	侵襲性肺炎球菌感染症	47	5	6	3	4	5	3	3	-	2	3	5	8
十九類感染症	水痘(入院例)	9	-	1	1	-	2	1	1	1	-	1	1	-
	先天性風しん症候群	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	梅毒	191	10	12	13	19	14	24	18	19	15	29	4	14
	播種性クリプトコックス症	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
二十類感染症	破傷	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1
	バンコマイシン耐性黄色ブドウ球菌感染症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	バンコマイシン耐性腸球菌感染症	3	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-
	百日咳	428	21	13	28	28	18	40	69	59	65	42	26	19
二十一类感染症	麻疹	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	麻しん	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	薬剤耐性アシネトバクター感染症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\*ウエストナイル脳炎、西部ウマ脳炎、ダニ媒介脳炎、東部ウマ脳炎日本脳炎、ベネズエラウマ脳炎及びリフトバレー熱を除く。

表3 全数把握感染症 年齢別患者発生状況

2019年

		総数	0~9歳	10歳代	20歳代	30歳代	40歳代	50歳代	60歳代	70歳代	80歳代	90歳~
一類感染症	エボラ出血熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	クリミア・コンゴ出血熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	痘苗	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ペーパー	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ラッ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
二類感染症	急性灰白髄炎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	結核	304	7	7	43	19	24	17	25	48	79	35
	ジフテリ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	重症急性呼吸器症候群	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
三類感染症	中東呼吸器症候群	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	鳥インフルエンザ(H5N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	鳥インフルエンザ(H7N9)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
四類感染症	コレラ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	細菌性赤痢	4	-	-	2	1	1	-	-	-	-	-
	腸管出血性大腸菌感染症	62	10	4	7	12	6	10	5	4	1	3
五類感染症	腸チフス	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	パラチフス	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E型肝炎	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
	ウエストナイル熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	A型肝炎	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
	エボラ出血熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	オーストラリア熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	オーストラリア出血熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	回廊熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	キヤサスル森林病	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Q熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	狂犬病	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	コウデス	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ジカウイルス感染症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	重症熱性血小板減少症候群	3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
	腎臓出血熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	西部ウマ脳炎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ダニ媒介脳炎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	炭疽	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	チングニア	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	つが虫病	3	-	-	-	1	-	-	1	-	-	1
	デング熱	7	-	-	-	4	2	1	-	-	-	-
	東部ウマ脳炎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	鳥インフルエンザ(鳥インフルエンザ(H5N1)を除く)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ニバウウイルス感染症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
日本紅斑熱	3	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	
日本脳炎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ハンタウイルス肺症候群	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B型肝炎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
鼻疽	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ブルセラ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ベネズエラウマ脳炎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ヘンドラウイルス感染症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
発しんチフス	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ボツリヌス症	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
マラリア	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
野兎病	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ライム病	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	
リッサウイルス感染症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
リフトバレー熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
類鼻疽	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
レジオネラ症	58	-	-	-	-	4	7	19	21	4	3	
レプトスピラ症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ロッキン山紅斑熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
六類感染症	アムニオニチ	14	-	-	-	1	1	7	4	1	-	-
	ウイルス性肝炎(E・Aを除く)	12	-	-	6	2	1	2	-	-	1	-
	カルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症	32	-	-	1	1	3	1	6	14	5	1
	急性弛緩性麻痺(急性灰白髄炎を除く。)	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	急性性脳炎*	19	13	2	-	-	1	-	1	1	1	-
	クリプトスポリジウム症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	クロイツフェルト・ヤコブ病	5	-	-	-	-	-	-	2	-	2	1
	劇症型溶血性レンサ球菌感染症	6	1	-	-	-	-	-	1	1	2	1
	後天性免疫不全症候群	10	-	-	5	1	2	1	1	-	-	-
	ジアルジア症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	侵襲性インフルエンザ菌感染症	4	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1
	侵襲性髄膜炎菌感染症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	侵襲性肺炎球菌感染症	47	8	1	-	2	2	2	11	10	7	4
	水痘(入院例)	9	-	1	2	-	-	-	2	2	-	2
	先天性風しん症候群	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
七類感染症	梅毒	191	1	14	67	42	37	17	6	4	3	-
	播種性クリプトコックス症	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
	破傷風	3	-	-	-	-	1	-	-	1	1	-
	バンコマイシン耐性黄色ブドウ球菌感染症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	バンコマイシン耐性腸球菌感染症	3	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-
	百日咳	428	197	125	15	22	36	13	8	5	7	-
	麻疹	3	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-
薬剤耐性アシネトバクター感染症	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

\*ウエストナイル脳炎、西部ウマ脳炎、ダニ媒介脳炎、東部ウマ脳炎日本脳炎、ベネズエラウマ脳炎及びリフトバレー熱を除く。

表4 定点把握対象感染症の発生状況

定点あたり報告数、週別(小児科定点、インフルエンザ(小児科・内科)定点、眼科定点、基幹定点)

2019年

	インフルエンザ	RSウイルス感染症	咽頭結膜熱	A群溶血性レンサ球菌咽頭炎	感染性胃腸炎	水痘	手足口病	伝染性紅斑	突発性発しん	ヘルパンギーナ	流行性耳下腺炎	急性出血性結膜炎	流行性角結膜炎	細菌性髄膜炎	無菌性髄膜炎	マイコプラズマ肺炎	クラミジア肺炎	(感染性胃腸炎(ロタウイルス))
総数	288.95	30.96	23.06	68.46	295.50	11.69	116.43	15.30	13.94	24.37	3.52	1.17	24.25	2.60	1.40	5.60	0.20	9.20
1週	8.69	0.37	0.15	0.59	7.04	0.19	0.04	0.06	0.20	—	0.04	—	0.83	—	—	—	—	—
2週	27.14	0.24	0.26	1.67	11.24	0.31	0.09	0.13	0.35	—	0.06	—	1.00	—	—	—	—	—
3週	45.33	0.22	0.20	2.17	10.85	0.15	0.09	0.13	0.20	—	0.06	—	0.92	—	—	—	—	0.20
4週	47.56	0.37	0.22	1.54	10.57	0.17	0.15	0.20	0.19	—	0.13	—	1.17	—	—	—	—	—
5週	37.32	0.31	0.13	1.59	10.04	0.15	0.09	0.17	0.11	0.02	0.07	—	0.42	—	—	—	—	0.20
6週	23.02	0.22	0.37	2.20	8.44	0.15	0.04	0.22	0.15	—	0.06	—	0.42	—	0.20	0.20	—	—
7週	12.45	0.15	0.31	2.02	6.20	0.26	0.06	0.22	0.26	—	0.02	—	0.33	0.20	—	—	—	0.20
8週	9.00	0.22	0.33	2.04	6.50	0.24	0.11	0.15	0.17	—	0.09	—	0.50	—	—	0.20	—	—
9週	6.65	0.28	0.22	2.69	6.07	0.15	0.06	0.26	0.19	0.09	0.04	—	0.42	—	—	—	—	0.40
10週	4.19	0.19	0.37	2.24	5.91	0.24	0.02	0.17	0.35	0.04	0.15	—	0.33	—	—	—	—	0.20
11週	2.13	0.30	0.44	1.85	6.56	0.35	0.07	0.15	0.26	0.04	0.04	—	—	—	—	0.20	—	0.20
12週	1.65	0.37	0.31	1.63	5.52	0.24	0.02	0.35	0.24	—	0.06	—	0.08	—	—	—	—	0.40
13週	1.31	0.35	0.52	1.46	4.81	0.33	0.19	0.20	0.33	0.04	0.04	—	—	—	—	0.20	—	0.40
14週	0.94	0.19	0.30	1.44	5.37	0.28	0.06	0.22	0.17	0.04	0.09	—	0.17	0.20	—	0.00	—	0.20
15週	0.88	0.24	0.33	1.61	5.91	0.28	0.19	0.24	0.33	0.02	0.07	—	0.33	—	—	0.20	—	1.00
16週	1.43	0.30	0.31	1.65	8.00	0.46	0.04	0.17	0.30	0.04	0.15	—	0.58	—	—	0.20	—	1.20
17週	1.08	0.22	0.35	1.44	8.00	0.31	0.50	0.22	0.31	0.06	0.04	—	0.25	—	—	—	—	1.20
18週	0.79	0.15	0.19	0.67	3.70	0.11	0.24	0.07	0.07	0.17	—	—	—	—	—	—	—	0.60
19週	0.63	0.15	0.46	1.07	5.56	0.17	0.54	0.24	0.33	0.15	0.07	—	0.25	—	—	—	—	1.40
20週	0.61	0.11	0.43	1.61	6.89	0.11	1.43	0.17	0.31	0.20	0.11	—	0.67	—	—	0.20	—	0.60
21週	0.37	0.07	0.63	1.76	6.87	0.19	3.30	0.30	0.44	0.74	0.11	0.08	1.00	—	—	—	—	—
22週	0.13	0.09	0.63	1.81	6.11	0.30	3.72	0.22	0.52	0.74	0.09	0.08	0.42	0.20	—	—	—	0.20
23週	0.01	0.02	0.59	1.43	5.24	0.04	6.15	0.28	0.31	1.52	0.11	0.25	0.58	—	—	0.40	0.20	0.20
24週	0.07	0.02	0.69	1.78	5.63	0.17	9.20	0.11	0.26	2.20	0.11	—	0.75	—	—	—	—	—
25週	0.02	0.00	0.61	1.33	5.48	0.17	8.63	0.22	0.46	2.43	0.07	—	0.58	—	—	0.20	—	0.20
26週	0.04	0.02	0.57	1.20	5.30	0.30	9.33	0.37	0.33	2.50	0.15	0.08	0.67	—	—	—	—	—
27週	0.05	0.07	0.94	1.24	4.83	0.20	9.65	0.26	0.19	1.70	0.09	0.08	0.67	0.20	—	—	—	—
28週	0.01	0.07	0.80	1.06	4.52	0.26	8.46	0.31	0.39	1.98	0.04	0.17	0.58	0.20	—	0.20	—	—
29週	0.02	0.22	0.50	0.72	3.81	0.26	8.09	0.17	0.31	1.54	0.06	0.08	0.50	—	0.20	0.20	—	—
30週	0.04	0.44	0.46	1.00	3.87	0.31	8.44	0.41	0.28	1.17	0.06	—	0.50	0.20	—	—	—	—
31週	—	0.54	0.61	1.04	3.87	0.19	7.07	0.35	0.19	1.02	0.04	—	1.00	—	—	—	—	—
32週	0.01	0.48	0.61	0.91	3.85	0.20	5.50	0.26	0.33	0.70	0.04	—	0.58	—	—	0.20	—	0.20
33週	0.01	0.65	0.31	0.57	3.98	0.15	3.54	0.24	0.07	0.76	0.09	—	0.50	—	0.20	0.20	—	—
34週	0.07	0.54	0.63	0.63	4.56	0.17	2.72	0.39	0.44	0.41	0.07	0.08	0.58	—	—	—	—	—
35週	0.01	1.33	0.46	0.80	4.37	0.04	3.37	0.57	0.26	0.59	0.09	—	0.33	—	—	0.40	—	—
36週	0.13	2.48	0.44	0.98	4.13	0.11	3.56	0.94	0.30	0.69	0.07	—	0.67	0.20	—	—	—	—
37週	0.10	3.09	0.69	0.81	3.52	0.17	2.91	0.56	0.35	0.74	0.06	—	0.58	0.20	0.20	0.40	—	—
38週	0.43	2.89	0.43	0.87	3.67	0.07	2.11	0.52	0.33	0.41	0.02	—	0.17	—	—	—	—	—
39週	0.38	2.96	0.30	0.81	3.54	0.15	1.28	0.24	0.22	0.19	0.07	—	0.17	—	—	—	—	—
40週	0.20	2.19	0.54	0.76	4.11	0.17	1.28	0.70	0.35	0.11	0.06	—	0.25	—	—	0.20	—	—
41週	0.20	2.02	0.46	0.65	3.28	0.11	1.35	0.46	0.30	0.24	0.06	—	0.42	—	—	0.20	—	—
42週	0.12	1.26	0.41	0.81	3.57	0.17	0.65	0.30	0.20	0.15	0.11	0.08	0.33	—	—	—	—	—
43週	0.26	0.72	0.24	1.09	3.89	0.19	0.44	0.22	0.19	0.15	0.07	—	0.42	0.20	—	—	—	—
44週	0.19	0.91	0.33	0.72	4.13	0.20	0.33	0.24	0.15	0.07	0.04	—	0.17	—	—	—	—	—
45週	0.35	0.74	0.50	0.78	3.67	0.20	0.41	0.41	0.15	0.06	0.04	—	0.50	0.40	0.40	0.20	—	—
46週	0.56	0.43	0.54	1.09	3.98	0.30	0.39	0.20	0.35	0.11	0.07	0.08	—	—	0.20	—	—	—
47週	1.15	0.20	0.30	1.15	4.19	0.30	0.17	0.19	0.30	0.19	0.04	0.08	0.25	—	—	0.60	—	—
48週	1.75	0.33	0.39	1.41	6.13	0.33	0.19	0.41	0.30	0.06	0.04	—	0.83	0.40	—	0.20	—	—
49週	4.61	0.33	0.31	1.57	5.96	0.35	0.07	0.44	0.26	0.07	0.07	—	0.50	—	—	0.20	—	—
50週	8.15	0.33	0.54	1.67	6.50	0.52	0.02	0.39	0.35	0.13	0.04	—	0.67	—	—	0.40	—	—
51週	13.24	0.33	0.72	1.48	7.57	0.30	0.04	0.54	0.07	0.07	0.06	—	0.25	—	—	—	—	—
52週	23.44	0.22	0.65	1.33	8.19	0.48	0.06	0.33	0.15	0.06	0.02	—	0.17	—	—	—	—	—

表5 月報告 定点把握感染症（性感染症定点、基幹定点） 月別、定点あたり報告数

2019年

疾患名		総計	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
性感染症定点	性器クラミジア感染症	計	18.35	2.00	1.24	1.59	1.65	1.53	1.59	1.47	1.53	1.18	1.94	0.88	1.76
		男	2.76	0.41	0.18	0.18	0.35	0.12	0.06	0.35	0.18	0.12	0.29	0.18	0.35
		女	15.59	1.59	1.06	1.41	1.29	1.41	1.53	1.12	1.35	1.06	1.65	0.71	1.41
	性器ヘルペスウイルス感染症	計	3.88	0.41	0.41	0.35	0.12	0.18	0.29	0.35	0.53	0.29	0.18	0.47	0.29
		男	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.06	—	—
		女	3.82	0.41	0.41	0.35	0.12	0.18	0.29	0.35	0.53	0.29	0.12	0.47	0.29
	尖圭コンジローマ	計	2.82	0.53	0.41	0.41	0.18	0.35	0.18	0.24	0.18	0.24	—	0.12	—
		男	1.88	0.47	0.29	0.29	0.06	0.18	0.12	0.12	0.12	0.18	—	0.06	—
		女	0.94	0.06	0.12	0.12	0.12	0.18	0.06	0.12	0.06	0.06	—	0.06	—
	淋菌感染症	計	3.59	0.41	0.53	0.35	0.35	0.24	0.12	0.24	0.35	0.47	0.18	0.18	0.18
		男	2.06	0.29	0.24	0.24	0.18	0.18	0.06	0.18	0.12	0.24	0.18	0.06	0.12
		女	1.53	0.12	0.29	0.12	0.18	0.06	0.06	0.06	0.24	0.24	—	0.12	0.06
基幹定点	メチシリン耐性黄色ブドウ球菌感染症	計	17.60	1.40	1.40	1.40	1.40	1.80	1.00	1.40	2.00	0.60	2.20	1.80	1.20
		男	10.40	0.60	0.60	1.00	0.80	1.40	0.60	0.60	1.00	0.60	1.00	1.40	0.80
		女	7.20	0.80	0.80	0.40	0.60	0.40	0.40	0.80	1.00	—	1.20	0.40	0.40
	ペニシリン耐性肺炎球菌感染症	計	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		男	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		女	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	薬剤耐性緑膿菌感染症	計	0.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.40	—	—
		男	0.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.40	—	—
		女	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表6 月報告 定点把握感染症（性感染症定点） 年齢階級別患者報告数

2019年

疾患名		0歳	1歳～	5歳～	10歳～	15歳～	20歳～	25歳～	30歳～	35歳～	40歳～	45歳～	50歳～	55歳～	60歳～	65歳～	70歳～	総計
性器クラミジア感染症	計	—	—	—	—	50	121	60	27	29	14	5	3	3	—	—	—	312
	男	—	—	—	—	6	14	8	4	6	2	2	3	2	—	—	—	47
	女	—	—	—	—	44	107	52	23	23	12	3	—	1	—	—	—	265
性器ヘルペスウイルス感染症	計	—	—	—	—	2	10	8	8	8	3	4	2	2	7	4	8	66
	男	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	女	—	—	—	—	2	10	8	8	7	3	4	2	2	7	4	8	65
尖圭コンジローマ	計	—	—	—	—	1	9	5	9	10	2	6	2	2	—	2	—	48
	男	—	—	—	—	—	4	2	6	9	1	4	2	2	—	2	—	32
	女	—	—	—	—	1	5	3	3	1	1	2	—	—	—	—	—	16
淋菌感染症	計	—	—	—	—	12	13	13	2	4	5	4	5	1	1	1	—	61
	男	—	—	—	—	5	6	9	1	3	4	2	3	—	1	1	—	35
	女	—	—	—	—	7	7	4	1	1	1	2	2	1	—	—	—	26

表7 月報告 定点把握感染症（基幹定点） 年齢階級別患者報告数

2019年

疾患名	0歳	1歳～	5歳～	10歳～	15歳～	20歳～	25歳～	30歳～	35歳～	40歳～	45歳～	50歳～	55歳～	60歳～	65歳～	70歳～	総計
メチシリン耐性黄色ブドウ球菌感染症	3	4	—	—	—	1	—	1	—	1	3	4	5	4	4	58	88
ペニシリン耐性肺炎球菌感染症	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
薬剤耐性緑膿菌感染症	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2



## 他誌発表論文抄録

### 児島湖流入河川の水質についての一考察 －水質データのモデル化と汚濁負荷量の検討－

藤田和男，小川知也，吉岡敏行

全国環境研究会誌，44(2)，16-21，2019

児島湖の主な流入河川である笹ヶ瀬川と倉敷川について、過去10年間の水質（化学的酸素要求量（COD）、全窒素、全りん）を数式でモデル化したところ、周期的な増減の様子が再現された。この水質と水量から負荷量を推算し、別途統計データから負荷量を推計し、両者を比較したところ高い相関があった。発生源毎（生活系、産

業系の合計（点源）、農地・自然系（面源）の水質への影響を推計し、足守川では点源の影響が小さく、笹ヶ瀬川では点源の影響が大きく、倉敷川では点源、面源の両方の影響が大きいと推察された。月毎の汚濁負荷量を検討する際には点源の変動パターンの設定が課題と考えられた。

## Complete Genome Sequences of the *p1* Gene Type 2b and 2c Strains *Mycoplasma pneumoniae* KCH-402 and KCH-405

Tsuyoshi Kenri, Masato Suzuki, Atsuko Horino, Tsuyoshi Sekizuka, Makoto Kuroda,  
Hiroyuki Fujii, Toru Hashimoto, Hiroshi Nakajima, Hitomi Ohya, Keigo Shibayama

Microbiology Resource Announcements (MRA) (online-only),  
Vol.5(24): e00513-17, 2017

Here, we present the complete genome sequences of *Mycoplasma pneumoniae* KCH-402 and KCH-405, which are *p1* gene type 2b and 2c strains, respectively. These

strains harbor variations in the *orf6* gene, which encodes the cytoadherence-related proteins P40 and P90.

## A Case of Community-Acquired Pneumonia Due to *Legionella pneumophila* Serogroup 9 Wherein Initial Treatment with Single-Dose Oral Azithromycin Appeared Useful

Akihiro Ito, Tadashi Ishida, Hiromasa Tachibana, Yuhei Ito, Takuya Takaiwa,  
Hiroyuki Fujii, Toru Hashimoto, Hiroshi Nakajima, and Junko Amemura-Maekawa

Japanese Journal of Infectious Diseases, Vol.70, 660-662, 2017

*Legionella* species are important causative pathogens for severe community-acquired pneumonia (CAP). Most cases of *Legionella* pneumonia are due to *Legionella pneumophila* serogroup 1, and CAP due to *L. pneumophila* serogroup 9 is rare. A fourth case of CAP due to *L. pneumophila* serogroup 9 has been reported, and initial treatment using single-dose oral azithromycin appeared

useful. Azithromycin or fluoroquinolone injection is usually recommended for the treatment of *Legionella* pneumonia, and no previous reports have shown the effectiveness of single-dose oral azithromycin. This case report is therefore valuable from the perspective of possible treatment for mild to moderate *Legionella* pneumonia using single-dose oral azithromycin.

## LAMP-based assay can rectify the diagnosis of *Yersinia pseudotuberculosis* infections otherwise missed by serology

Atsushi Kato, Ippei Miyata, Yuhei Tanaka, Tomohiro Oishi, Hideto Teranishi, Hiroto Akaike,  
Naoki Ohno, Hiroshi Nakajima, Yutaka Kouguchi, Kazunobu Ouchi

Journal of Medical Microbiology, Vol.68, 143-147, 2019

**Background.** Despite being a well-known but seldom encountered zoonotic pathogen, diagnosis of *Yersinia pseudotuberculosis* is not necessarily easy. Infected patients occasionally present with various symptoms resembling Kawasaki disease; thus discriminating the two in the acute phase is challenging. In addition to bacterial culture and serology, novel detection methods based on loop-mediated isothermal amplification (LAMP) are reported in the literature. However, the clinical utility of LAMP-based methods in comparison with the other methods is scarcely documented in the literature.

**Aim.** To clarify the clinical utility of a LAMP-based method in the diagnosis of *Yersinia pseudotuberculosis* infection.

**Methodology.** Inpatients admitted due to suspected *Yersinia pseudotuberculosis* infection during April 2008 through March 2015 were enrolled. Results of the LAMP-

based method as well as culture and serology were collected and compared.

**Results.** Among 16 eligible cases, serology proved positive in 13 (81.3 %) cases, LAMP in eight (50 %) cases, and bacterial culture in four (25 %) cases. No significant difference among the three methods could be proved statistically. Although serology was the most sensitive method, it is known to miss cases such as young patients, whereas LAMP could complement all three cases missed by serology. Furthermore, LAMP can return the test result within a few hours from specimen receipt, whereas serology and bacterial culture requires days to weeks of time.

**Conclusion.** Although second to serology in sensitivity, the LAMP-based method proved its utility in making rapid diagnosis, and serving a complementary role to serology.

# Nationwide Molecular Epidemiology of Measles Virus in Japan Between 2008 and 2017

Fumio Seki, Masahiro Miyoshi, Tatsuya Ikeda, Haruna Nishijima, Miwako Saikusa,  
Masae Itamochi, Hiroko Minagawa, Takako Kurata, Rei Ootomo, Jumboku Kajiwara,  
Takashi Kato, Katsuhiko Komase, Keiko Tanaka-Taya, Tomimasa Sunagawa, Kazunori Oishi, Nobuhiko  
Okabe, Hirokazu Kimura, Shigeru Suga, Kunihisa Kozawa, Noriyuki Otsuki, Yoshio Mori, Komei Shirabe,  
Makoto Takeda, the Measles Virus Surveillance Group of Japan  
and the Technical Support Team for Measles Control in Japan

Frontiers in Microbiology, doi:10.3389/fmich.2019.01470, 2019

Genotyping evidence that supports the interruption of endemic measles virus (MV) transmission is one of the essential criteria to be verified in achieving measles elimination. In Japan since 2014, MV genotype analyses have been performed for most of the measles cases in prefectural public health institutes nationwide. With this strong molecular epidemiological data, Japan was verified to have eliminated measles in March, 2015. However, even in the postelimination era, sporadic cases and small outbreaks of measles have been detected repeatedly in Japan. This study investigated the nationwide molecular epidemiology of MV between 2008 and 2017. The 891 strains in the total period between 2008 and 2017 belonged to seven genotypes (D5, D4, D9, H1, G3, B3, and D8) and 124 different MV sequence variants, based on the 450-nucleotide sequence region of the N gene (N450). The 311 MV strains in the postelimination era between 2015 and 2017 were classified into 1, 7, 8, and 32 different N450 sequence variants in D9, H1, B3, and D8 genotypes,

respectively. Analysis of the detection period of the individual N450 sequence variants showed that the majority of MV strains were detected only for a short period. However, MV strains, MVs/Osaka.JPN/29.15/ [D8] and MVi/Hulu Langat.MYS/26.11/ [D8], which are named strains designated by World Health Organization (WHO), have been detected in many cases over 2 or 3 years between 2015 and 2017. The WHO-named strains have circulated worldwide, causing outbreaks in many countries. Epidemiological investigation revealed repeated importation of these WHO-named strains into Japan. To demonstrate the elimination status (interruption of endemic transmission) in situations with repeated importation of the same strains is challenging. Nevertheless, the detailed sequence analysis of individual MV strains and chronological analysis of these strains provided sufficient evidence to show that Japan has still maintained its measles elimination status in 2017.

## A Case of Cat-to-Human Transmission of Severe Fever with Thrombocytopenia Syndrome Virus

Kouji Kida, Yasuhiro Matsuoka, Tetsuya Shimoda, Hiroaki Matsuoka, Haruto Yamada,  
Takashi Saito, Osamu Imataki, Norimitsu Kadowaki, Keita Noguchi, Ken Maeda, Yasushi Mochizuki,  
and Toshio Kishimoto

Japanese Journal of Infectious Diseases, Vol.72 (5), 356-358, 2019

## 報告書等

### 3-クロロ-2-プロペン酸の水質分析法

浦山豊弘, 山本浩司, 大月史彦

環境省環境安全課：平成30年度化学物質分析法開発調査報告書, 261-300, 2020

### 3-ベンジリデンカンファーの水質分析法

大月史彦

環境省環境安全課：平成30年度化学物質分析法開発調査報告書，773-779，2020

## 人形峠周辺の環境放射線等測定報告（令和元年度）

信森達也，中野拓也，小川 登，加藤大貴，二階堂日出伸，望月 靖

岡山県：人形峠周辺の環境放射線等測定報告書（第42号）

## 中四国ブロックにおける食品由来感染症の病原体の解析手法及び共有化システムの構築のための研究（令和元年度）

狩屋英明，河合央博，森本晃司，仲 敦史，中嶋 洋 他

（厚生労働科学研究費補助金 新興・再興感染症及び予防接種政策推進研究事業）

食品由来感染症の病原体の解析手法及び共有化システムの構築のための研究

令和元年度 総括・研究分担報告書，80-109，2020

食品由来感染症の広域事例発生時には，症例間の関連性を明らかにするため，各症例由来株の分子疫学解析結果等を各自治体が共有し，病原体分離株の比較・解析を行うことが有用である。地方衛生研究所（地衛研）が実施した分子疫学解析結果を用いて各自治体保健衛生部局が適正に解析等を行うには，地衛研における病原体分離株の分子疫学解析手法の技術維持や解析精度・解析能力の向上による精度管理体制の強化が不可欠であり，また，重要となる。そこで，中四国ブロック内の施設を対象に，腸管出血性大腸菌（EHEC）O157菌株を用いたIS-printing System，パルスフィールドゲル電気泳動法（PFGE法）及びmultiple-locus variable-number tandem-repeat analysis（MLVA法）による精度管理を実施した。その結果，一部の施設を除いて，ほとんどの施設で良好な結果が得られたが，一部の施設では技術の習熟，改善及び工夫が必要と思われた。また，MLVA法については，現状，MLVA法を導入している地衛研は少ないが，MLVA法を導入する地方衛生研究所が増加傾向にあり，更に全国的な普及が予想されることから，MLVA法を導入する施設に

対して，技術研修及び本研究成果に基づくMLVA法導入に係る技術的支援及び導入後の継続的な精度管理の実施が，中四国ブロックにおける検査精度管理体制の強化のためにも必要と考えられた。

令和元年度に中四国ブロックで発生したEHECによる感染事例について，分子疫学解析結果や疫学情報を収集し，食品保健総合情報処理システム（NESFD）の全国のMLVA情報も参考としながら比較調査した結果，同一のMLVA型や同一のISコードのEHEC菌株による感染事例が複数の自治体で確認されたが，全国的に有症者が発生した焼肉チェーン店が原因施設として疑われるO157VT2による集団発生を除いて，中四国ブロック内では同一汚染源による広域的な腸管出血性大腸菌食中毒は認められなかった。

本研究により，菌株解析をおこなう中四国ブロックの地衛研の技術向上が図られたものとする。更には，EHEC分子疫学解析手法の精度管理実施により，IS-printing System，PFGE法，MLVA法によるサーベイランス技術水準の向上に貢献したものとする。

# 地研ネットワークを利用した食品およびヒトから分離されるサルモネラ、大腸菌、カンピロバクター等の薬剤耐性の動向調査

四宮博人, 狩屋英明 他

(厚生労働科学研究費補助金 食品の安全確保推進研究事業)

食品由来薬剤耐性菌のサーベイランスのための研究

平成31～令和元年度 分担研究報告書, 9-37, 2020

薬剤耐性菌を制御するためには、環境—動物—食品—ヒトを包括するワンヘルス・アプローチが重要である。昨年度に引き続き、地研ネットワークの協力により、ヒト及び食品由来サルモネラ、大腸菌、カンピロバクターについて薬剤耐性状況を調査した。今期（2019年）分離株と合わせ、サルモネラに関しては、2015年～2019年に分離されたヒト由来1,755株中の699株（39.8%）、及び食品由来583株中の527株（90.4%）が、17剤中の1剤以上に耐性を示した。年次毎の耐性率はほぼ同様であり、現在の日本の状況を反映していると考えられる。2015年～2019年分離のサルモネラについて血清型別の詳細な解析を行ったところ、食品由来株では血清型別の耐性傾向に共通する部分が多いがそれぞれに特徴的な点も認められ、ヒト由来株においては血清型別に特徴的な耐性傾向が認められた。また、ヒト由来株のうち食品からも分離された血清型、S.Infantis, S.Schwarzengrund, S. Manhattanではヒト由来株と食品由来株の耐性傾向に強い類似性があり、食品由来耐性菌とヒト由来耐性菌との関連が強く示唆された。一方、大腸菌については、2015年～2019年分離のヒト由来1,488株中の535株（36.0%）、及び食品由来75株中の43株（57.3%）が1剤以上に耐性を示した。腸管出血性大腸菌（EHEC）以外の下

病原性大腸菌の耐性率がEHECよりも2倍以上高かったが、多剤耐性状況は両者で類似していた。その他の大腸菌（病原因子陰性株など）は6剤以上の多剤耐性株が多く、下病原性大腸菌よりも高度の多剤耐性傾向を示した。カンピロバクターについては、昨年度の本研究班で作成した全国地研で共通のプロトコル及び判定表を基に、感受性検査と判定を行った。2018年～2019年分離の*C. jejuni*と*C.coli*はともにヒト由来株と食品由来株の耐性傾向に強い類似性があり、食品由来耐性菌とヒト由来耐性菌との関連が強く示唆された。以上の薬剤感受性検査に加えて、2015年～2018年分離のサルモネラと大腸菌を対象に、基質特異性拡張型β-ラクタマーゼ（ESBL）産生遺伝子、AmpC型β-ラクタマーゼ（AmpC）遺伝子、コリスチン耐性遺伝子（*mcrI-10*）の検出を行った。食品由来菌の薬剤耐性調査に関して、統一された方法による組織だった全国規模の調査は、本研究班で実施されている。これらのデータは、我が国の「薬剤耐性ワンヘルス動向調査年次報告書」及びWHOのGLASSに提供されている。また、JANISやJVARMなど既存の薬剤耐性データベースと統合し一元化することも本研究班で可能となり、ワンヘルス・アプローチに基づく感染制御に繋がることが期待される。

## 地方衛生研究所における HIV 検査マニュアル普及のための研修会の実施

貞升健志, 長島真美, 森重李南 他

(厚生労働科学研究費補助金 エイズ対策政策研究事業)  
HIV 検査体制の改善と効果的な受検勧奨のための研究  
平成 31 年度 総括・分担研究報告書, 150-155, 2020

2019年12月に国立感染症研究所の病原体検査マニュアル「後天性免疫不全症候群」の普及を目的とした研修会を実施し、全国34の地方衛生研究所（衛研）のHIV検査担当者が参加した。研修会ではHIV検査総論として、最新のHIV/AIDS発生動向、精度管理調査の結果、統計学的手法による日本のHIV/AIDS発生状況推計の講義を実施し、HIV検査各論として、新たなHIV抗体確認検査試薬の特徴、核酸増幅検査、HIV抗体確認検査の実習等を実施した。研修前のアンケート調査では、参

加者は衛研での勤務歴3年以下が70.6%を占め、2018年にHIV検査陽性例を経験した施設は58.8%であった。

研修会後のアンケート調査の結果では、研修会の講義に満足、やや満足が多くを占めた。新たなHIV確認検査試薬に対する印象は、簡単であるとの意見が多くを占めたが、試薬の導入を考えている施設は76.5%、専用機器の導入について予算要求を考えている施設は29.4%に過ぎなかった。

## 麻しん・風しん研修会【岡山県からの情報提供】

木田浩司

岡山県医師会報, 第1510号, 27-28, 2019

## 学会発表

題 名	学会名	発表者
環境水サーベイランスで分離されたヒトアデノウイルス57型	第60回日本臨床ウイルス学会	松岡保博、野宮加代子、濱野雅子、木田浩司
LC/MSによる化学物質分析法の基礎的研究 (76) (2) 水質試料中の3-ベンジリデンカンファーの分析 (3) 水質試料中の3-クロロ-2-プロペン酸の分析	第28回環境化学討論会	山本浩司、浦山豊弘、大月史彦
岡山県で初めて検出されたG8型ロタウイルスA	令和元年度岡山県獣医三学会	松岡保博、木田浩司、石井 学、長尾和彦、森重李南
岡山県内における河川等の白濁事象について	第65回中国地区公衆衛生学会	山本浩司、藤田和男、吉岡敏行、浦山豊弘
岡山県における魚介類中の有機スズ実態調査結果について	第65回中国地区公衆衛生学会	浦山豊弘、赤木正章、林 隆義、難波順子
岡山県で初めて検出されたG8型ロタウイルスA	令和元年度獣医学術中国地区学会	松岡保博、木田浩司、石井 学、長尾和彦、森重李南
岡山県における環境水サーベイランスによるノロウイルスGⅡ 遺伝子型の流行把握	第78回日本公衆衛生学会総会	木田浩司、吉田 弘、望月 靖
岡山県における化学物質環境モニタリング調査の実施状況について	第46回環境保全・公害防止研究発表会	藤本佳恵、吉岡敏行、大月史彦、山本浩司
3-ベンジリデンカンファー（水質）の分析	令和元年度化学物質環境実態調査環境科学セミナー	大月史彦
岡山県における微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析結果について（平成28～30年度）	第26回岡山県保健福祉学会	赤木正章、林 隆義
県内河川における <i>Vibrio cholerae</i> 等に関する調査	第26回岡山県保健福祉学会	仲 敦史、狩屋英明
岡山県の患者、公衆浴場の浴槽水等から分離されたレジオネラの性状について（平成28年度～平成30年度）	第26回岡山県保健福祉学会	狩屋英明
岡山県で発生した植物性自然毒による食中毒事例への対応について	第26回岡山県保健福祉学会	難波順子



---

## 岡山県環境保健センター年報 第44号

(令和元年度)

令和3年3月1日発行

編集・発行 岡山県環境保健センター  
〒701-0298 岡山県岡山市南区内尾739-1  
TEL 総務課 086-298-2681 企画情報室 086-298-2682  
大気科 086-298-2683 水質科 086-298-2684  
放射能科 086-298-2685 細菌科 086-298-2686  
ウイルス科 086-298-2687 衛生化学科 086-298-2688  
FAX 086-298-2088  
ホームページ <https://www.pref.okayama.jp/soshiki/185/>

---