

# 論文と報告



# 仙台市における感染症発生動向調査について（2020年）

千田 恭子, 管野 敦子, 奈良 美穂, 毛利 淳子, 相原 篤志

キーワード：感染症法, 感染症発生動向調査, 報告数, サーベイランス

## はじめに

感染症発生動向調査は、「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律」（以下、感染症法）に基づき、対象となる感染症の発生動向を迅速に収集、分析、提供または公開し、有効かつ確かな感染症対策に資することを目的に行われている。

感染症法では、対象となる感染症を感染力やり患した場合の重篤性等により、一類から五類、新型インフルエンザ等感染症、指定感染症等に類型化し、診断した医師が届出を行うよう規定している。

本報では、この届出を基に、2020年の仙台市における各疾病の発生状況をまとめたので報告する。

## 調査方法

### 1 対象疾病

2020年の本調査における対象疾病を、表1に示す。

#### 1) 全数把握対象

一類から五類感染症（定点把握対象疾病を除く）及び新型インフルエンザ等感染症、指定感染症が対象であり、すべての医師に届出が義務づけられている。2020年2月1日に新型コロナウイルス感染症が指定感染症として定められ、2021年2月13日から新型インフルエンザ等感染症に追加された。

#### 2) 定点把握対象

定点には、患者情報を把握する患者定点と病原体情報を把握する病原体定点があり、患者定点には、インフルエンザ定点（内科、小児科）、小児科定点（小児科定点は、インフルエンザ定点を兼ねる。）、眼科定点（眼科）、性感染症（以下、STD）定点（皮膚科、泌尿器科、婦人科）、基幹定点（内科と小児科を持つ300床以上の病院）、疑似症定点がある。定点は、感染症法に基づき宮城県が選定しており、市内の定点については、表2のとおり。

五類感染症のうち25疾患が定点対象疾患であり、市内定点医療機関から対象疾患により毎週または毎月報告されている。

### 2 調査期間

全数把握対象疾病及び月報報告対象疾病については、

2020年1月1日から2020年12月31日までの、週報告の対象疾病については、2020年第1週から第53週（2020年1月1日から2020年12月30日まで）をそれぞれ調査期間とし、いずれの疾病も診断日を基に集計した。

## 結果及び考察

### 1 全数把握対象疾病の発生状況

二類～四類及び五類感染症の全数報告対象疾病の発生状況を表3-1～表3-7及び表4に示す。

一類感染症の報告はなかった。

二類感染症は、結核111例の報告があった。推定感染地域は国内97例、ネパール3例、ベトナム1例、中華人民共和国1例、ミャンマー1例、ブータン1例、国内/国外（渡航先不明）7例で、国内感染が多数（87.4%）を占め、前年（2019年84.7%）と同程度であった。

結核報告数の年次推移をみると、前年（2019年163例）より減少した（図1-1）。2020年の報告数を月別にみると、毎月報告があり、7月の報告が多かった（図1-2）。年代別にみると、70代が25例、80代が32例と多く、10代が1例と少なかった。また、類型別にみると、患者は69例（62.2%）、無症状病原体保有者は42例（37.8%）であった。10代未満は全て無症状病原体保有者であるのに対し、90代以上は全て患者であった。（図1-3）。職業別では、無職・不詳を除く45例中、学生や教員等が16例でもっとも多く、次いで医療・介護従事者が11例（医療職6例、介護職5例）であった。なお、無症状病原体保有者については、接触者健診において判明したものが42例中17例と多く、次いで入院時及び他疾病治療時の検査において判明したものが11例であった。2020年の報告を病型別でみると、「肺結核」及び「肺結核及びその他の結核」は111例中47例で、全体の42.3%を占め、前年（2019年41.1%）と同程度であった。（図1-4）。

三類感染症は、腸管出血性大腸菌感染症28例及び腸チフス1例の報告があった。

腸管出血性大腸菌感染症報告数の年次推移をみると、前年（2019年44例）より減少した（図2-1）。2020年の報告数を月別にみると、8及び9月が各々9例と報告

が多く(図2-2)、年代別にみると20代が8例ともっとも多かった(図2-3)。全28例をO抗原血清型別に分類すると、O157が8例、O103が7例、O26が3例、O111が2例、O91、O121、O148が各1例、O血清型不明が5例であった。そのうち患者16例では、7例がO157で半数近くを占めた。なお、溶血性尿毒症症候群(HUS)の発症はなかった。また、無症状病原体保有者は12例で、その内訳はO103が6例、O26・O157が各1例、O血清型不明が4例であった。(図2-4)。

腸チフスは前年(2019年)には報告がなかった。また、本症例の感染地域は国外であった。

四類感染症は、A型肝炎1例、コクシジオイデス症1例、レジオネラ症25例の報告があった。

A型肝炎の報告数は1例で、前年(2019年4例)より減少した。

コクシジオイデス症は、市内で初めての報告であった。国内では輸入感染症として例年数例の報告があるが、本症例も感染地域は国外であった。

レジオネラ症の報告数は25例で、前年(2019年32例)より減少した(図3-1)。月別にみると、7月の報告が7例ともっとも多かった(図3-2)。年代別では、全症例が40代以上で、70代が10例ともっとも多く、性別でみると男性が22例(88.0%)と大半を占めた(図3-3)。

五類感染症は、アメーバ赤痢7例、ウイルス性肝炎2例、カルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症18例、急性脳炎2例、劇症型溶血性レンサ球菌感染症8例、後天性免疫不全症候群7例、侵襲性インフルエンザ菌感染症1例、侵襲性髄膜炎菌感染症1例、侵襲性肺炎球菌感染症17例、水痘(入院例)2例、梅毒49例、バンコマイシン耐性腸球菌感染症1例、百日咳21例、薬剤耐性アシネトバクター感染症1例の報告があった。

アメーバ赤痢の報告数は7例で、前年(2019年10例)より減少した。

ウイルス性肝炎は2例で、病型はいずれもその他(E・Bウイルス)であった。

カルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症の報告数は18例で、前年(2019年27例)より減少した。診断時の分離菌は、*Klebsiella aerogenes*(旧名 *Enterobacter aerogenes*) 12例、*Enterobacter cloacae* 4例、*Escherichia coli* 2例であった。

劇症型溶血性レンサ球菌感染症の報告数8例の血清群は、G群が5例、A群が2例、B群が1例であった。

後天性免疫不全症候群の報告数は7例で、前年(2019年16例)より減少した。年代別にみると、20代から60

代まで散見され、全症例が男性であった。推定感染地域は国内6例、不明が1例であった。また、7例中4例が無症候性キャリアであり、AIDS患者は2例であった。

侵襲性肺炎球菌感染症の報告数は17例で、前年(2019年21例)より減少した(図4-1)。年代別にみると、10歳未満もしくは50代以上と年齢分布に偏りがみられ、性別では、女性が11例(64.7%)と男性より多かった(図4-2)。肺炎球菌ワクチン接種歴をみると、10歳未満は9例全て接種歴有であるのに対し、50代以上は8例中6例が接種歴無・不明であった。

水痘(入院例)の報告数は2例で、前年(2019年6例)より減少した。

梅毒の報告数は49例と、前年(2019年55例)に引き続き減少傾向にあった。(図5-1)。1年を通して報告があり、月別による大きな違いはなかった。(図5-2)。年代別では20代が14例、40代が13例と多く、性別をみると、男性が28例(57.1%)、女性が21例(42.9%)とやや男性が多かった(図5-3)。病型別では、早期顕症梅毒(I期)が15例(31%)、早期顕症梅毒(II期)が11例(22%)、晩期顕症が1例(2%)、無症候が22例(45%)であった(図5-4)。推定感染原因としては、性的接触48例(同性間3例、異性間42例、不明3例)、不明1例であった。

百日咳の報告数は21例で、百日咳含有ワクチン接種歴をみると、接種歴有が17例(81.0%)と半数以上を占め、接種歴無が3例(14.3%)、不明が1例(4.8%)であった。

新型コロナウイルス感染症については、市内では2月29日に1例目の報告があり、12月までで1,463例となった。報告数は、秋以降急増し、10月、11月は各月とも200例を超え、12月には600例を超える程であった。

## 2 定点把握対象疾病の発生状況

### 1) 週報告対象疾病

報告数の推移を図6-1～2、図7及び表5に示す。

週報告対象感染症について、2019年と2020年の報告数を比較した結果は、以下の通りであった。

R Sウイルス感染症の報告数は、1,509例から201例へと著しく減少(13.3%)した。

咽頭結膜熱の報告数は、689例から348例へ半減(50.5%)した。

A群溶血性レンサ球菌咽頭炎の報告数は、3,064例から1,346例へ減少(43.9%)した。

感染性胃腸炎(小児科)の報告数は、8,194例から

3,373例へ減少(41.2%)した。流行期のピークは緩やかで、例年より報告数が少なかった。

手足口病の報告数は、5,315例から212例へと著しく減少(4.0%)した。例年夏季に流行のピークがあるが、一年を通して流行は見られなかった。

伝染性紅斑の報告数は、1,044例から40例へ著しく減少(3.8%)し、一年を通して流行が見られなかった。

ヘルパンギーナの報告数は、601例から26例へ著しく減少し(4.3%)、一年を通して流行が見られなかった。

インフルエンザの報告数は、19,831例から3,119例へ著しく減少(15.7%)し、2020年4月以降の報告数はほぼゼロであった。

流行性角結膜炎の報告数は、117例から28例へ減少(24.0%)した。

また、仙台市と全国<sup>1)</sup>の定点当たり報告数を総数で比較したところ、多かったのは、RSウイルス感染症、咽頭結膜熱、手足口病、突発性発しん、流行性耳下腺炎などであるが、1.30倍程度とわずかに多い程度であった。

## 2) 月報告対象疾病

報告数の推移を図8、図9及び表6に示す。

STDについては、性器クラミジア感染症の報告数が、2019年の273例から285例と同程度であった。性器ヘルペスウイルス感染症の報告数は、2019年の153例から111例へと減少した(72.6%)。尖圭コンジローマの報告数は、2019年の122例から134例へと1.10倍に増加した。淋菌感染症の報告数は、2019年の68例から66例と同程度だった。また、全国<sup>1)</sup>のSTD報告数との比較では、性器クラミジア感染症及び性器ヘルペスウイルス感染症について、仙台市女性が全国女性より報告数が多かった。尖圭コンジローマについては、仙台市男性が全国男性より報告数がかなり多かった。STDを年代別で見ると、どの疾患も20代に多く、加えて性器ヘルペスウイルス感染症及び尖圭コンジローマは50代にも多い傾向が見られた。

薬剤耐性菌感染症については、メチシリン耐性黄色ブドウ球菌感染症の報告数が、2019年の71例から77例へ僅かに増加し、ペニシリン耐性肺炎球菌感染症の報告数は、2019年の2例から報告数ゼロとなった。薬剤耐性緑膿菌感染症は、2018年に1例、2019年3例、2020年1例と報告が続いている。

## まとめ

2020年の仙台市における感染症発生動向調査の全数報告では、腸管出血性大腸菌感染症が2019年と比べて4割減少、レジオネラ症は2割減少、カルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症は3割減少、梅毒は1割減少、百日咳は7割減少など、報告された全ての疾病で前年より減少した。

また、新型コロナウイルス感染症については、これまでにない報告数となっており、本所内にある感染症情報センターでは、患者報告に付随した膨大な情報処理のため対応に苦慮した。2020年5月29日以降、新型コロナウイルス感染症等情報把握・管理支援システム(HER-SYS)への届出に切り替わってからは、保健所と連携を図り、業務の主体を保健所に置きつつ情報を共有していく事で現在に至っている。

週報の報告数は、2019年と比べて、ほとんどの疾患で減少している。中でも手足口病、伝染性紅斑、ヘルパンギーナが2019年と比べて著しく減少した。

一方、月報のSTDでは、多少の増減はあるものの2019年と比べて同程度の報告数であり、薬剤耐性感染症も、2019年と比べて同程度の報告数であった。

今後とも引き続きデータの収集・解析を行うと共に、全国的な発生動向を踏まえつつ、情報発信を継続していきたい。

## 参考データ

- 1) 厚生労働省、国立感染症研究所：感染症発生動向調査システム(NESID)のWISH公開データ(週報)2020年第1週～2020年第53週、WISH公開データ(月報)2020年1月～2020年12月及びWISH公開データ(年報)2020年



表2 各定点の医療施設数（区毎）

区	小児科	インフルエンザ	眼科	STD	基幹	疑似症	病原体
青葉	7	11	2	2	1	4	1
宮城野	5	8	1	1	1	1	2
若林	4	7	1	1	0	2	1
太白	6	10	1	2	2	1	3
泉	5	8	1	2	1	1	3
仙台市	27	44	6	8	5	9	10

表3-1 全数把握対象疾病発生状況（疾病毎）

分類	疾病名	報告数	2019年 報告数	診断(検案)した者(死体)の類型	病型	診断週	支所名	性別	年齢	推定感染地域	推定感染原因
二類	結核	111	163	無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	2	泉	女	69	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	2	泉	男	81	国内	その他
				患者	肺結核	2	若林	女	85	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	その他の結核(頸部リンパ節炎)	3	青葉	女	83	国内	その他
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	3	泉	女	87	国内	飛沫・飛沫核感染
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	3	泉	女	70	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	その他の結核(頸部リンパ節炎)	3	太白	女	33	ネパール	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	4	泉	男	81	国内	飛沫・飛沫核感染
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	4	泉	男	81	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	4	太白	男	76	国内	不明
				患者	肺結核	4	若林	男	84	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	その他の結核(結核性胸膜炎)	5	青葉	女	41	国内	不明
				患者	肺結核	5	泉	男	89	国内	不明
				患者	肺結核及びその他の結核(粟粒結核)	6	太白	女	87	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	6	宮城野	男	31	国内	その他
				患者	肺結核	6	若林	女	22	ベトナム	その他
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	7	青葉	男	87	国内	不明
				患者	肺結核	8	泉	男	83	国内	飛沫・飛沫核感染
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	8	太白	男	74	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	8	宮城野	男	24	国内	不明
				患者	その他の結核(結核性胸膜炎)	9	泉	男	71	国内	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	9	泉	女	54	国内	不明
				患者	肺結核	9	太白	女	80	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	10	泉	男	55	国内	不明
				患者	肺結核	10	宮城野	男	61	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	10	若林	男	71	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	12	青葉	女	36	国内	飛沫・飛沫核感染
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	12	泉	男	20	国内	不明
				患者	肺結核	13	泉	女	47	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	16	青葉	女	28	ミャンマー	不明
				患者	肺結核	16	青葉	男	89	国内	その他
				患者	肺結核	16	太白	男	68	国内	不明
				患者	肺結核	16	宮城野	女	82	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	17	若林	女	78	国内	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	17	若林	男	70	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	18	青葉	男	22	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	18	宮城野	男	70	国内	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	20	泉	男	5	国内	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	20	宮城野	女	5	国内	飛沫・飛沫核感染
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	20	宮城野	女	10か月	国内	飛沫・飛沫核感染
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	21	泉	男	44	国内	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	21	宮城野	男	85	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	22	宮城野	男	38	国内	飛沫・飛沫核感染
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	23	宮城野	男	35	国内	飛沫・飛沫核感染
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	24	青葉	男	65	国内	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	24	若林	女	71	国内	飛沫・飛沫核感染
患者	その他の結核(結核性リンパ節炎)	25	青葉	女	24	ネパール	その他				
無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	25	青葉	男	44	国内	不明				
患者	肺結核及びその他の結核(気管支結核)	26	泉	女	68	国内	不明				
無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	26	太白	女	72	国内	飛沫・飛沫核感染				

表3-2 全数把握対象疾病発生状況（疾病毎）

分類	疾病名	報告数	2019年 報告数	診断(検案)した者(死体)の類型	病型	診断週	支所名	性別	年齢	推定感染地域	推定感染原因
二類	結核	111	163	無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	27	泉	男	71	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	27	泉	男	84	国内	その他
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	27	宮城野	男	83	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	その他の結核(結核性胸膜炎)	28	若林	女	23	ネパール	飛沫・飛沫核感染
				患者	その他の結核(結核性心膜炎)	29	太白	男	80	国内	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	29	太白	女	7	国内	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	30	泉	女	77	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	31	宮城野	男	31	国内/国外(渡航先不明)	飛沫・飛沫核感染
				患者	その他の結核(結核性胸膜炎)	31	若林	男	79	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	その他の結核(結核性リンパ節炎)	31	若林	女	28	国内	飛沫・飛沫核感染
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	32	泉	男	87	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	その他の結核(結核性イールズ病)	32	太白	女	47	国内	その他
				患者	肺結核	32	太白	男	64	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	32	宮城野	男	64	国内	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	33	青葉	男	8	国内/国外(渡航先不明)	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	33	泉	女	89	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	33	泉	男	89	国内	不明
				患者	肺結核及びその他の結核(粟粒結核、尿路結核)	33	泉	女	76	国内	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	33	宮城野	男	32	国内	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	33	宮城野	女	24	国内	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	34	太白	男	57	国内	その他
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	34	太白	男	80	国内	その他
				患者	肺結核	35	青葉	男	55	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	35	青葉	男	47	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	35	青葉	男	68	国内	その他
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	36	泉	男	70	国内	飛沫・飛沫核感染
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	36	太白	女	35	国内	飛沫・飛沫核感染
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	36	太白	男	74	国内	不明
				患者	その他の結核(結核性リンパ節炎)	36	宮城野	女	94	国内	飛沫・飛沫核感染
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	37	青葉	女	59	国内/国外(渡航先不明)	不明
				患者	肺結核	37	泉	男	88	国内	不明
				患者	その他の結核(腸結核)	37	宮城野	男	10	中華人民共和国	不明
				患者	その他の結核(結核性胸膜炎)	39	青葉	男	84	国内/国外(渡航先不明)	その他
				患者	肺結核	39	宮城野	女	64	国内	不明
				患者	肺結核	40	青葉	男	77	国内	不明
				患者	その他の結核(結核性胸膜炎)	40	青葉	男	74	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	40	青葉	男	27	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	その他の結核(腸結核)	40	泉	男	82	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	40	太白	男	78	国内	不明
				患者	その他の結核(播種性結核)	40	宮城野	女	82	国内	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	41	泉	男	76	国内	不明
				患者	肺結核及びその他の結核(結核性胸膜炎)	42	青葉	女	94	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	その他の結核(結核性胸膜炎)	42	太白	女	81	国内	その他
				患者	その他の結核(右結核性胸膜炎疑い)	42	宮城野	女	83	国内/国外(渡航先不明)	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	43	青葉	男	31	ブータン	不明
				患者	肺結核	44	青葉	女	69	国内	飛沫・飛沫核感染
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	45	青葉	男	44	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	45	太白	男	78	国内	飛沫・飛沫核感染
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	46	宮城野	男	74	国内/国外(渡航先不明)	不明
				患者	その他の結核(中耳結核)	47	宮城野	女	80	国内	不明
				無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	48	青葉	女	89	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核及びその他の結核(粟粒結核)	49	宮城野	女	90	国内	飛沫・飛沫核感染
				患者	肺結核	49	宮城野	男	78	国内/国外(渡航先不明)	不明
患者	その他の結核(粟粒結核)	50	青葉	女	100	国内	不明				
無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	50	宮城野	男	71	国内	不明				
患者	その他の結核(結核性胸膜炎)	51	泉	男	81	国内	不明				
患者	その他の結核(結核性胸膜炎)	51	若林	男	92	国内	不明				
患者	肺結核	52	泉	女	91	国内	その他				
患者	肺結核	52	太白	女	90	国内	飛沫・飛沫核感染				
患者	肺結核	52	若林	男	81	国内	不明				
無症状病原体保有者	無症状病原体保有者	53	宮城野	女	73	国内	不明				

表 3-3 全数把握対象疾病発生状況（疾病毎）

報告数	2019年 報告数	診断(検案)した者(死体)の種類	診断週	保健所名	性別	年齢	感染地域(内容)	推定感染原因
1	0	患者	14	太白	男	41	国外(スリランカ/パキスタン)	経口感染
28	44	患者(O148:H型不明 VT1VT2)	2	宮城野	男	47	国内/国外(バングラデシュ)	経口感染
		患者(O111 VT1)	11	若林	男	43	国外(インドネシア)	経口感染
		患者(O103 VT型不明)	21	青葉	男	85	国内	不明
		患者(O111 VT1)	21	青葉	女	72	国内	不明
		無症状病原体保有者(O型不明 VT1VT2)	21	青葉	女	46	国内	不明
		患者(O121:H型不明 VT型不明)	24	青葉	男	24	国内	経口感染
		患者(O157 VT2)	28	宮城野	女	86	国内	不明
		患者(O型不明:H型不明 VT型不明)	29	青葉	女	73	国内	不明
		患者(O91 VT1)	32	泉	女	23	国内	不明
		無症状病原体保有者(O103:H型不明 VT1)	33	青葉	女	33	国内	不明
		無症状病原体保有者(O103 VT1)	33	宮城野	男	29	国内	不明
		無症状病原体保有者(O103 VT1)	33	宮城野	男	23	国内	不明
		無症状病原体保有者(O103 VT1)	33	宮城野	男	26	国内	不明
		患者(O157 VT1VT2)	34	青葉	女	30	国内	不明
		無症状病原体保有者(O103 VT1)	34	宮城野	男	20	国内	経口感染
		患者(O26 VT1)	35	宮城野	男	2	国内	不明
		無症状病原体保有者(O26 VT1)	35	宮城野	女	4	国内	不明
		患者(O157 VT1VT2)	36	太白	女	26	国内	不明
		患者(O157 VT1VT2)	37	青葉	女	14	国内	経口感染
		無症状病原体保有者(O103 VT1)	37	青葉	男	28	国内	経口感染
		患者(O26 VT1)	37	宮城野	女	4	国内	不明
		患者(O157 VT1VT2)	38	宮城野	女	34	国内	経口感染
		無症状病原体保有者(O型不明 VT2)	38	宮城野	男	15	国内	不明
無症状病原体保有者(O型不明 VT2)	38	宮城野	女	4	国内	不明		
患者(O157 VT1VT2)	38	若林	女	67	国内	不明		
無症状病原体保有者(O157 VT1VT2)	38	泉	女	38	国内	不明		
患者(O157:H型不明 VT1VT2)	42	青葉	女	55	国内	経口感染		
無症状病原体保有者(O型不明:H型不明 VT2)	45	泉	女	65	国内	不明		

表 3-4 全数把握対象疾病発生状況（疾病毎）

分類	疾病名	報告数	2019年 報告数	病型	診断週	支所名	性別	年齢	感染地域(内容)	推定感染原因	
四類	A型肝炎	1	4		38	青葉	男	61	国内	経口感染	
	コクシジオイデス症	1	0		38	青葉	男	48	国外（アメリカ合衆国）	塵埃感染	
	レジオネラ症		25	32	肺炎型	4	青葉	男	83	国内	不明
					肺炎型	4	太白	女	65	国内	水系感染
					肺炎型	5	太白	男	63	国外（アメリカ合衆国）	水系感染
					肺炎型	5	太白	男	70	国内	水系感染
					肺炎型	8	宮城野	女	61	国内	不明
					肺炎型	10	青葉	男	74	国内	不明
					肺炎型	23	太白	男	43	国内	水系感染
					肺炎型	24	泉	男	58	国内	不明
					肺炎型	27	太白	男	61	国内	水系感染
					肺炎型	28	青葉	男	67	国内	不明
					肺炎型	29	青葉	女	64	国内	不明
					肺炎型	30	宮城野	男	45	国内	水系感染
					肺炎型	30	宮城野	男	65	国内	水系感染
					肺炎型	30	宮城野	男	63	国内	不明
					肺炎型	31	青葉	男	70	国内	不明
					肺炎型	32	宮城野	男	78	国内	不明
					肺炎型	33	青葉	男	58	国内	不明
					肺炎型	34	青葉	男	77	国内	水系感染
					肺炎型	36	太白	男	78	国内	塵埃感染
肺炎型	40	太白	男	78	国内	水系感染					
肺炎型	41	太白	男	77	国内	不明					
肺炎型	43	青葉	男	79	国内	不明					
肺炎型	43	若林	男	59	国内	水系感染					
肺炎型	48	太白	男	71	国内	不明					
肺炎型	51	宮城野	男	67	国内	不明					

表 3-5 全数把握対象疾病発生状況（疾病毎）

分類	疾病名	報告数	2019年 報告数	病型	診断週	支所名	性別	年齢	推定感染地域	推定感染原因	ワクチンの接種歴
五類	アメーバ赤痢	7	10	腸管アメーバ症	1	青葉	女	58	国内	経口感染	
				腸管アメーバ症	9	青葉	男	65	国内	不明	
				腸管及び腸管外アメーバ症	29	青葉	男	63	国内	不明	
				腸管アメーバ症	37	青葉	女	46	国内	不明	
				腸管アメーバ症	10	太白	男	88	国内	不明	
				腸管アメーバ症	31	太白	男	55	国内	不明	
				腸管外アメーバ症	23	宮城野	男	50	国内	性的接触（同性間）	
	ウイルス性肝炎	2	7	その他(EBウイルス)	38	青葉	男	29	国内	性的接触（異性間）	不明
				その他(EBV感染症)	41	青葉	女	16	国内	性的接触（異性間）	不明

表3-6 全数把握対象疾病発生状況（疾病毎）

分類	疾病名	報告数	2019年 報告数	病型	診断週	支所名	性別	年齢	推定感染地域	推定感染原因	ワクチンの接種歴	
五類	カルバペネム耐性腸内細菌感染症	18	27		7	青葉	男	68	国内	医療器具関連感染		
					10	青葉	女	65	国内	その他		
					23	青葉	男	17	国内	以前からの保菌		
					24	青葉	女	34	国内	医療器具関連感染		
					52	青葉	男	78	国内	医療器具関連感染		
					27	青葉	男	54	国内	手術部位感染		
					28	青葉	男	38	国内	以前からの保菌		
					29	青葉	男	57	国内	以前からの保菌		
					31	青葉	女	31	国内	その他		
					36	青葉	男	88	国内	医療器具関連感染		
					37	青葉	男	73	国内	以前からの保菌		
					42	青葉	女	60	国内	その他		
					47	青葉	男	69	国内	医療器具関連感染		
					2	太白	女	86	国内	その他		
					5	太白	男	87	国内	その他		
					11	太白	男	93	国内	医療器具関連感染		
					20	太白	男	11	国内	医療器具関連感染		
		27	太白	女	89	国内	以前からの保菌					
		急性脳炎	2	1	その他(ヘルペスウイルス)	2	太白	女	1カ月	国内	不明	
					その他(ヒトヘルペスウイルス)	11	太白	男	0カ月	国内	その他	
		劇症型溶血性レンサ球菌感染症	8	10		16	青葉	男	68	国内	その他	
					50	青葉	女	80	国内	創傷感染		
					25	泉	女	87	国内	不明		
					40	泉	男	86	国内	創傷感染		
					52	泉	男	84	国内	不明		
					3	宮城野	女	59	国内	接触感染		
					36	宮城野	男	77	国内	その他		
	後天性免疫不全症候群	7	16	AIDS	12	青葉	男	61	国内	同性間性的接触		
				無症候性キャリア	15	宮城野	男	55	国内	異性間性的接触		
				無症候性キャリア	24	宮城野	男	34	国内	異性間性的接触		
				無症候性キャリア	25	宮城野	男	35	国内	異性間性的接触		
				その他(急性期)	38	宮城野	男	61	国内	同性間性的接触		
				AIDS	41	宮城野	男	52	不明	不明		
				無症候性キャリア	49	宮城野	男	23	国内	同性間性的接触		
	侵襲性インフルエンザ菌感染症	1	3		2	青葉	女	95	国内	不明	不明	
	侵襲性髄膜炎菌感染症	1	0		46	青葉	男	21	国内	飛沫・飛沫核感染	無	
	侵襲性肺炎球菌感染症	17	21		1	青葉	女	53	国内	不明	無	
				8	青葉	男	86	国内	飛沫・飛沫核感染	無		
				10	青葉	女	65	国内	不明	不明		
				18	青葉	女	1	国内	不明	ワクチン接種4回		
				45	青葉	男	80	国内	不明	不明		
				49	青葉	女	66	国内	不明	ワクチン接種1回		
				4	泉	女	90	国内	不明	不明		
				5	泉	女	65	国内	不明	ワクチン接種1回		
				7	太白	女	86	国内	接触感染	不明		
				13	太白	女	4	国内	不明	ワクチン接種2回		
				24	太白	男	1	国内	飛沫・飛沫核感染	ワクチン接種4回		
				34	太白	女	11カ月	国内	接触感染	ワクチン接種3回		
				41	太白	男	1	国内	接触感染	ワクチン接種4回		
	45	太白	男	4	国内	飛沫・飛沫核感染	ワクチン接種4回					
	16	宮城野	男	1	国内	不明	ワクチン接種3回					
	35	宮城野	女	11カ月	国内	飛沫・飛沫核感染	ワクチン接種3回					
	42	宮城野	女	4	国内	その他	ワクチン接種4回					
	水痘（入院例）	2	6	検査診断例	40	青葉	男	25	国内	飛沫・飛沫核感染	無	
				臨床診断例	32	太白	女	85	国内	不明	不明	

表3-7 全数把握対象疾病発生状況（疾病毎）

分類	疾病名	報告数	2019年 報告数	病型	診断週	支所名	性別	年齢	推定感染地域	推定感染原因	ワクチンの接種歴				
五類	梅毒	49	55	早期顕症梅毒(7、I期)	2	青葉	女	21	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	3	青葉	男	52	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	5	青葉	女	56	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	7	青葉	男	49	国内	1 不明					
				早期顕症梅毒(7、I期)	7	青葉	男	30	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	8	青葉	男	40	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	11	青葉	女	35	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	11	青葉	女	22	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	11	青葉	女	30	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	12	青葉	男	40	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(7、I期)	15	青葉	女	45	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(4、II期)	16	青葉	女	41	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	18	青葉	女	24	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(7、I期)	22	青葉	女	35	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	23	青葉	男	23	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(7、I期)	24	青葉	男	53	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	51	青葉	女	40	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(4、II期)	52	青葉	男	47	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	53	青葉	男	74	国内	性的接触					
				早期顕症梅毒(7、I期)	27	青葉	男	17	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(4、II期)	28	青葉	女	23	国内	性的接触					
				早期顕症梅毒(7、I期)	31	青葉	男	26	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(7、I期)	31	青葉	男	49	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(7、I期)	33	青葉	男	29	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	35	青葉	男	50	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(4、II期)	40	青葉	男	58	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(4、II期)	41	青葉	男	67	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	41	青葉	女	22	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(7、I期)	41	青葉	男	57	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	39	青葉	男	70	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(7、I期)	42	青葉	女	60	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(4、II期)	44	青葉	女	28	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(4、II期)	44	青葉	女	22	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	45	青葉	女	40	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(4、II期)	48	青葉	女	38	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	48	青葉	男	41	国内	性的接触（異性間）					
				晩期顕症梅毒	50	青葉	男	24	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(4、II期)	35	泉	男	45	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(4、II期)	7	太白	男	24	国内	性的接触（同性間）					
				早期顕症梅毒(7、I期)	8	太白	男	44	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	16	太白	女	29	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(4、II期)	25	太白	女	25	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(7、I期)	39	太白	男	47	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	40	太白	男	53	国内	性的接触（異性間）					
				早期顕症梅毒(7、I期)	52	太白	男	70	国内	性的接触（異性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	5	宮城野	女	78	国内	性的接触					
				無症候（無症状病原体保有者）	28	宮城野	男	30	国内	性的接触（同性間）					
				無症候（無症状病原体保有者）	32	宮城野	男	33	国内	性的接触（同性間）					
				早期顕症梅毒(7、I期)	22	若林	女	32	国内	性的接触（異性間）					
								23	太白	男	79	国内	その他		
					バンコマイシン耐性腸球菌感染症	1	0								
					百日咳	21	77		8	青葉	女	3カ月	国内	家族内感染	無
								10	青葉	女	10	国内	不明	ワクチン接種4回	
								10	青葉	女	1カ月	国内	家族内感染	無	
								17	青葉	女	8	国内	家族内感染	ワクチン接種4回	
	7	泉	男	4カ月				国内	家族内感染	ワクチン接種2回					
	9	太白	女	3カ月				国内	家族内感染	無					
	2	宮城野	女	13				国内	不明	ワクチン接種4回					
	4	宮城野	男	7				国内	家族内感染	ワクチン接種4回					
	6	宮城野	女	11				国内	家族内感染	ワクチン接種4回					
	5	宮城野	男	53				国内	不明	不明					
	6	宮城野	男	7				国内	家族内感染	ワクチン接種4回					
	6	宮城野	女	11				国内	家族内感染	ワクチン接種4回					
	6	宮城野	女	11				国内	家族内感染	ワクチン接種4回					
	6	宮城野	女	11				国内	家族内感染	ワクチン接種4回					
	7	宮城野	男	11				国内	家族内感染	ワクチン接種4回					
	7	宮城野	男	9				国内	不明	ワクチン接種4回					
	8	宮城野	男	11				国内	家族内感染	ワクチン接種4回					
	7	宮城野	女	8				国内	家族内感染	ワクチン接種4回					
	8	宮城野	女	12				国内	家族内感染	ワクチン接種4回					
	31	宮城野	女	12				国内	不明	ワクチン接種4回					
	14	若林	女	10	国内	不明	ワクチン接種4回								
	薬剤耐性アシネトバクター感染症	1	0		30	青葉	男	38	国内	不明					

表4 全数把握対象疾病発生状況（保健所支所毎，時系列）

月	青葉	宮城野	若林	太白	泉
1	結核 レジオネラ症 アメーバ赤痢 侵襲性インフルエンザ菌感染症 侵襲性肺炎球菌感染症 梅毒	2 腸管出血性大腸菌感染症 1 劇症型溶血性レンサ球菌感染症 1 梅毒 1 百日咳	1 結核 1 結核 2	2 結核 レジオネラ症 CRE感染症 急性脳炎	2 結核 3 侵襲性肺炎球菌感染症 2 1
2	結核 アメーバ赤痢 CRE感染症 劇症型溶血性レンサ球菌感染症 侵襲性肺炎球菌感染症 梅毒 百日咳	1 結核 1 レジオネラ症 1 百日咳	2 結核 1 11	1 結核 1 侵襲性肺炎球菌感染症 1 梅毒 1 百日咳	3 結核 1 百日咳 2 1
3	結核 レジオネラ症 CRE感染症 後天性免疫不全症候群 侵襲性肺炎球菌感染症 梅毒 百日咳	1 結核	1 結核 腸管出血性大腸菌感染症	1 腸チフス 1 アメーバ赤痢 1 CRE感染症 1 急性脳炎 1 侵襲性肺炎球菌感染症	1 結核 1 1 1 1
4	結核 侵襲性肺炎球菌感染症 梅毒 百日咳	3 結核 1 後天性免疫不全症候群 3 侵襲性肺炎球菌感染症 1	2 結核 1 百日咳 1	2 結核 1 梅毒	1 1
5	腸管出血性大腸菌感染症 梅毒	3 結核 1	4 梅毒	1 CRE感染症	1 結核
6	結核 腸管出血性大腸菌感染症 CRE感染症 梅毒	3 結核 1 アメーバ赤痢 2 後天性免疫不全症候群 2	1 結核 1 2	1 結核 1 レジオネラ症 1 侵襲性肺炎球菌感染症 1 梅毒 1 VRE感染症	1 結核 1 レジオネラ症 1 劇症型溶血性レンサ球菌感染症 1
7	腸管出血性大腸菌感染症 レジオネラ症 アメーバ赤痢 CRE感染症 梅毒 薬剤耐性アシネトバクター感染症	1 結核 3 腸管出血性大腸菌感染症 1 レジオネラ症 4 梅毒 4 百日咳 1	2 結核 1 3 1 1	3 結核 レジオネラ症 アメーバ赤痢 CRE感染症	2 結核 1 1 1
8	結核 腸管出血性大腸菌感染症 レジオネラ症 梅毒	4 結核 2 腸管出血性大腸菌感染症 2 レジオネラ症 2 侵襲性肺炎球菌感染症 1 梅毒	3 6 1 1 1	結核 侵襲性肺炎球菌感染症 水痘（入院例）	4 結核 1 腸管出血性大腸菌感染症 1 梅毒
9	結核 腸管出血性大腸菌感染症 A型肝炎 コクシジオイデス症 アメーバ赤痢 ウイルス性肝炎 CRE感染症 水痘（入院例） 梅毒	3 結核 2 腸管出血性大腸菌感染症 1 劇症型溶血性レンサ球菌感染症 1 後天性免疫不全症候群	4 腸管出血性大腸菌感染症 4 1 1	1 結核 腸管出血性大腸菌感染症 レジオネラ症 梅毒	2 結核 1 腸管出血性大腸菌感染症 1 1
10	結核 腸管出血性大腸菌感染症 レジオネラ症 ウイルス性肝炎 CRE感染症 梅毒	5 結核 1 後天性免疫不全症候群 1 侵襲性肺炎球菌感染症 1 1 1 6	1 レジオネラ症 1 1	1 結核 レジオネラ症 1 侵襲性肺炎球菌感染症 1 梅毒	2 結核 2 劇症型溶血性レンサ球菌感染症 1 1
11	結核 CRE感染症 侵襲性髄膜炎菌感染症 侵襲性肺炎球菌感染症 梅毒	2 結核 1 1 1 3	3	1 結核 レジオネラ症 1 侵襲性肺炎球菌感染症	1 腸管出血性大腸菌感染症 1 1
12	結核 CRE感染症 劇症型溶血性レンサ球菌感染症 侵襲性肺炎球菌感染症 梅毒	1 結核 1 レジオネラ症 1 劇症型溶血性レンサ球菌感染症 1 後天性免疫不全症候群 4	3 結核 1 1 1	2 結核 1 梅毒	1 結核 1 劇症型溶血性レンサ球菌感染症 1

※CRE:カルバペネム耐性腸内細菌科細菌  
※VRE:バンコマイシン耐性黄色ブドウ球菌

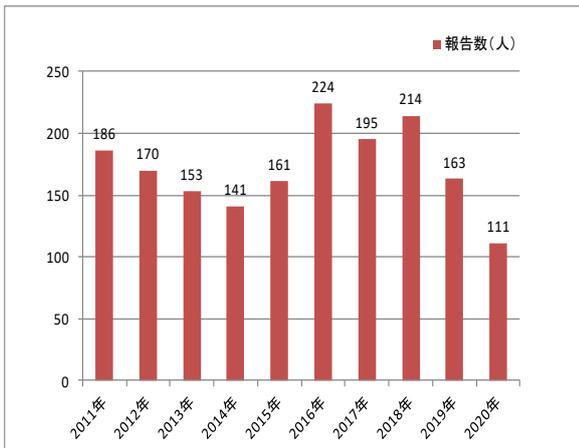


図 1-1 結核報告数（年別）

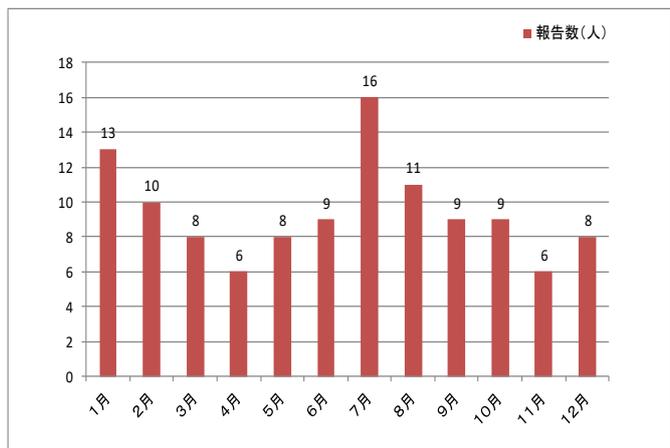


図 1-2 2020年結核報告数（月別）

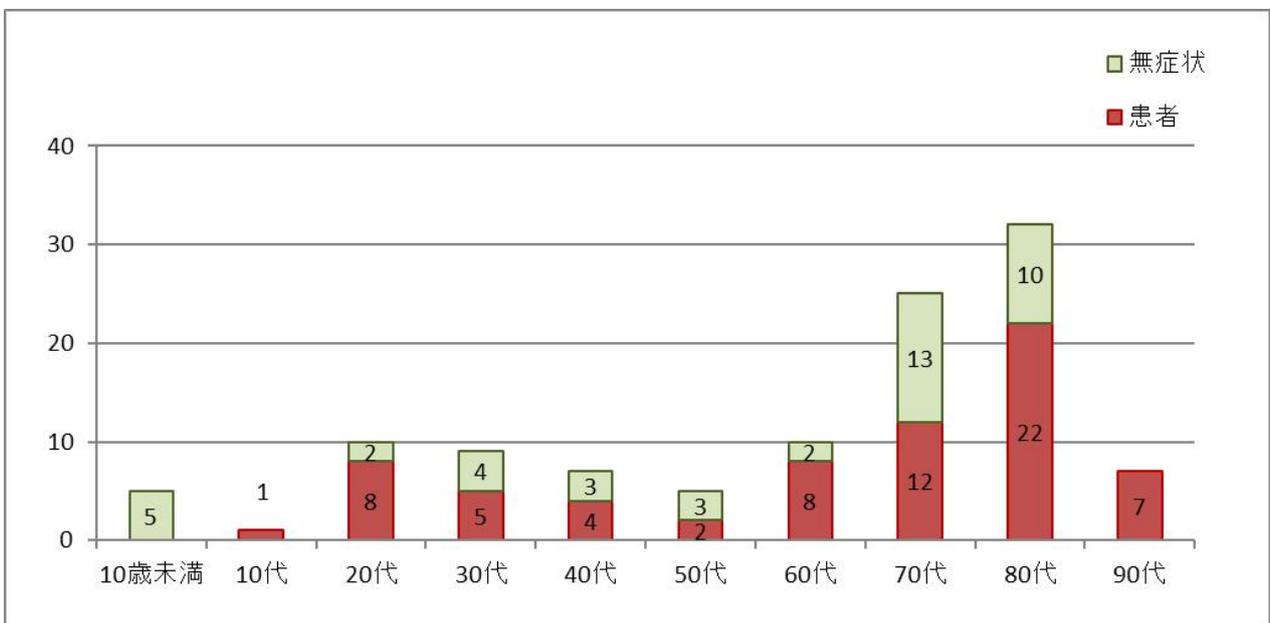


図 1-3 2020年結核報告数（年代別・類型別）

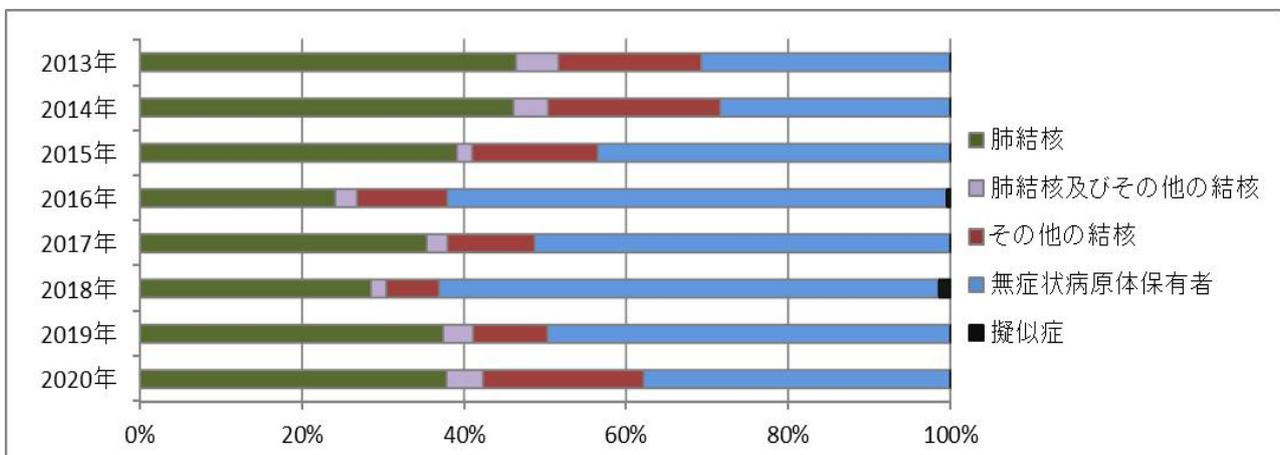


図 1-4 結核病型別の報告割合（年別）

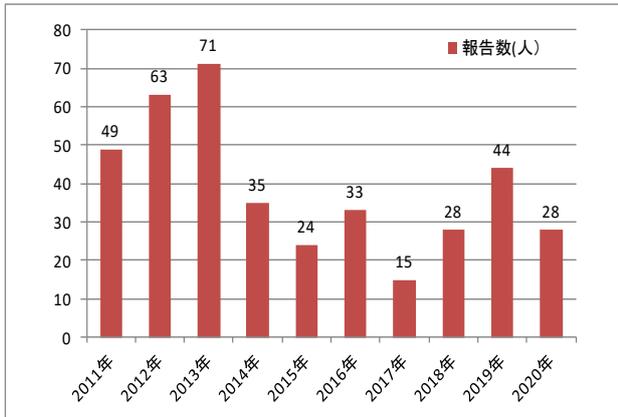


图 2-1 腸管出血性大腸菌感染症報告数（年別）

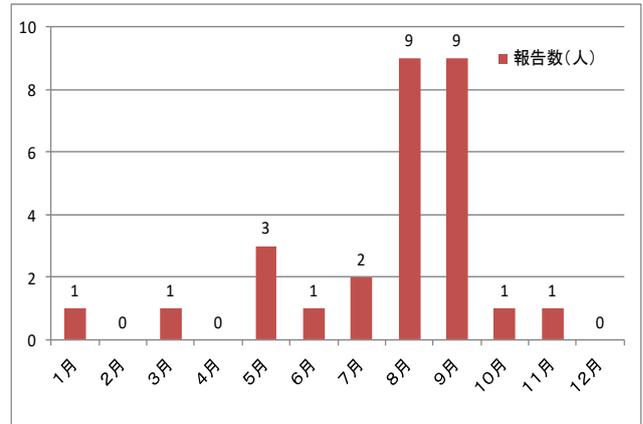


图 2-2 2020 年腸管出血性大腸菌感染症報告数（月別）

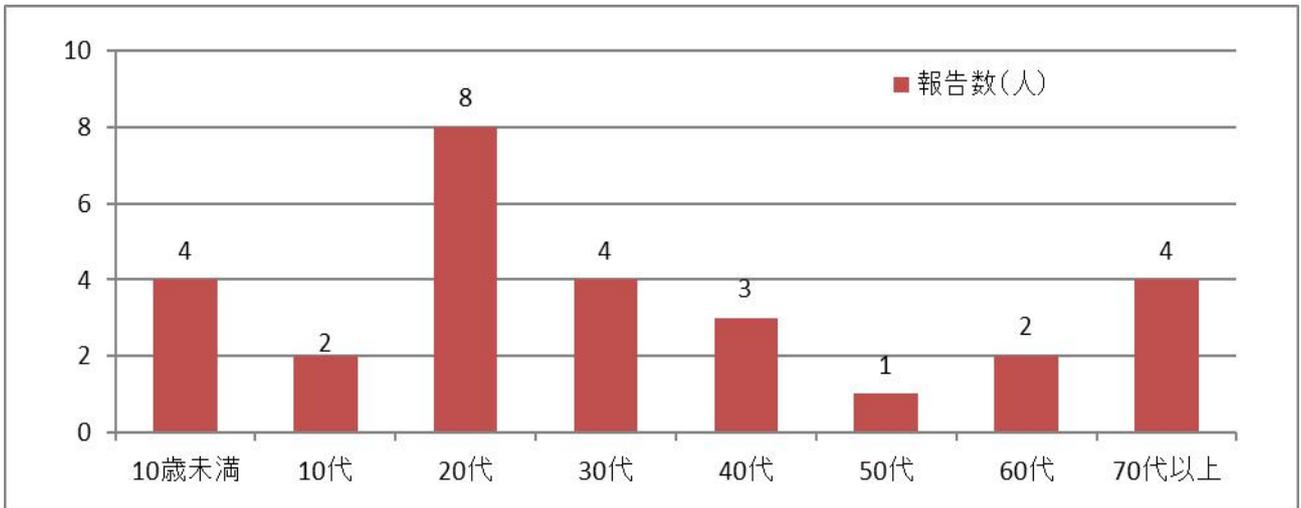


图 2-3 2020 年腸管出血性大腸菌感染症報告数（年代別）

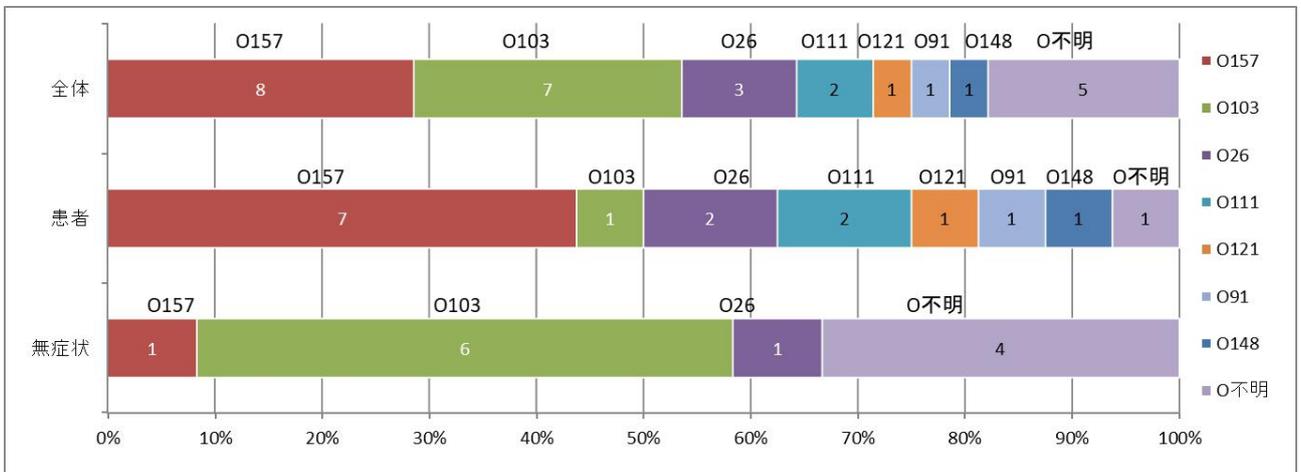


图 2-4 2020 年腸管出血性大腸菌感染症 O 抗原血清型割合（病型別）

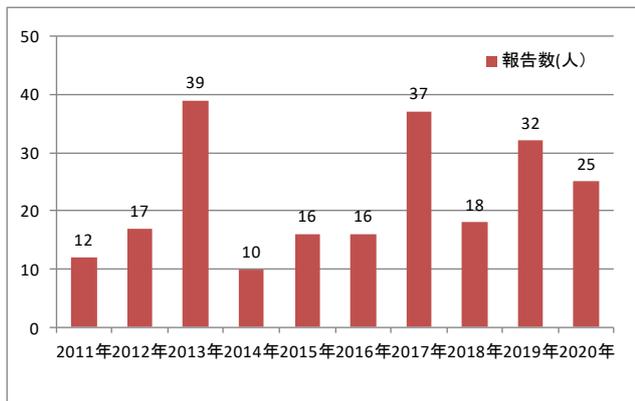


図3-1 レジオネラ症報告数（年別）

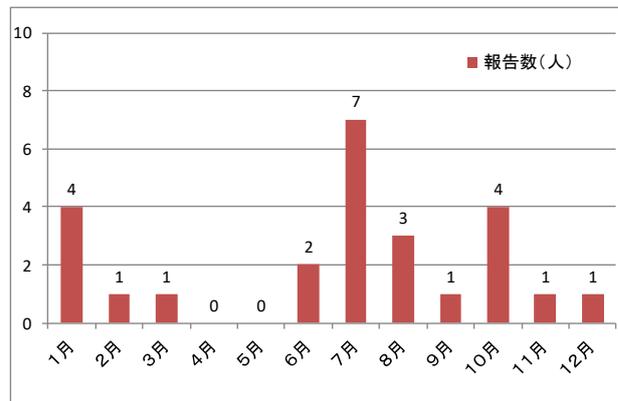


図3-2 2020年レジオネラ症報告数（月別）

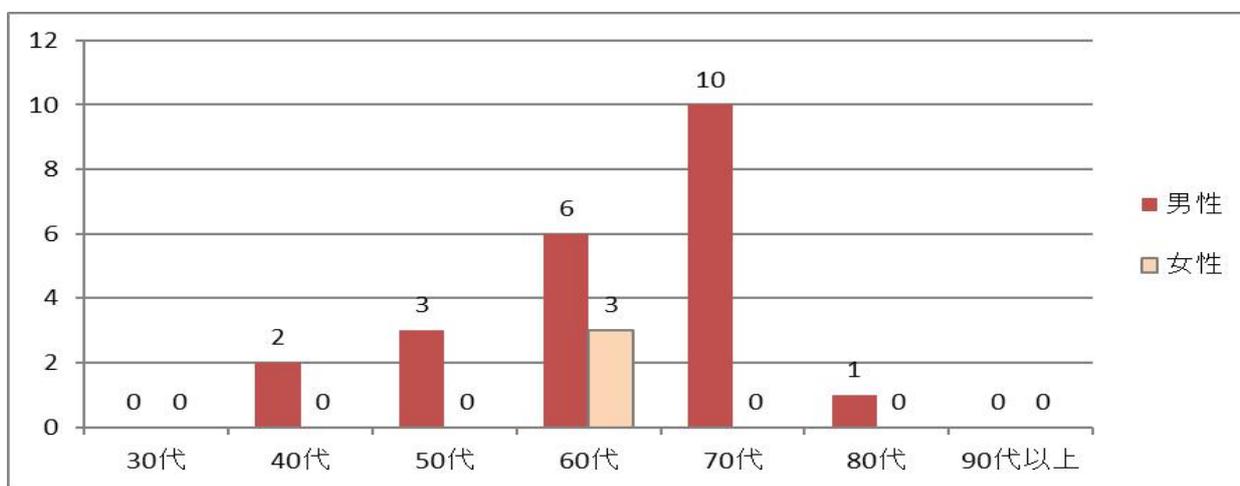


図3-3 2020年レジオネラ症報告数（年代別）

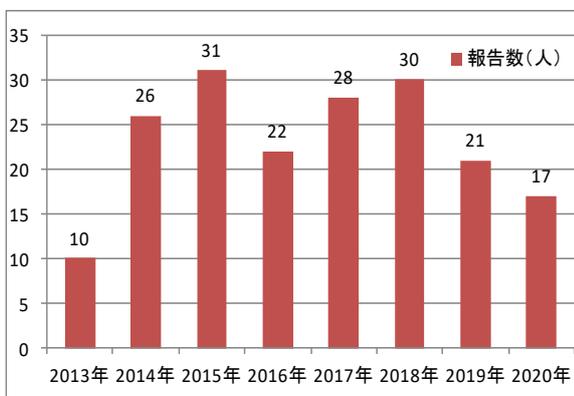


図4-1 侵襲性肺炎球菌感染症報告数（年別）

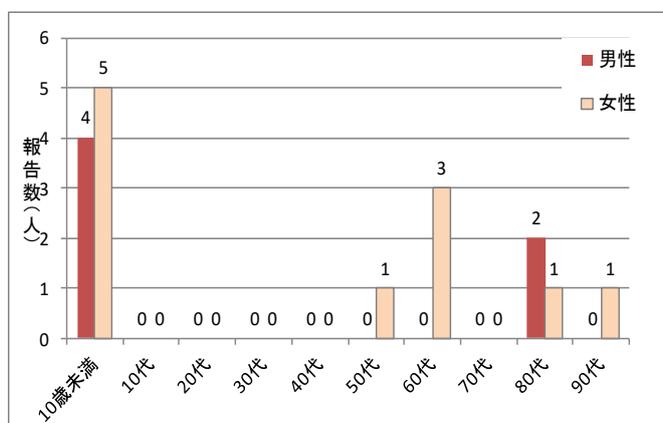


図4-2 2020年侵襲性肺炎球菌感染症報告数（年代別）

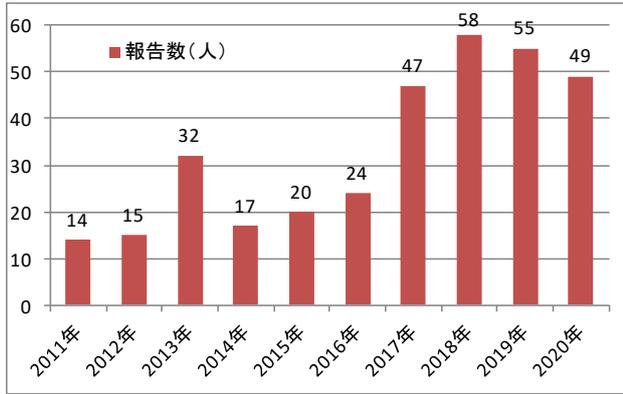


图 5 - 1 梅毒報告数 (年別)

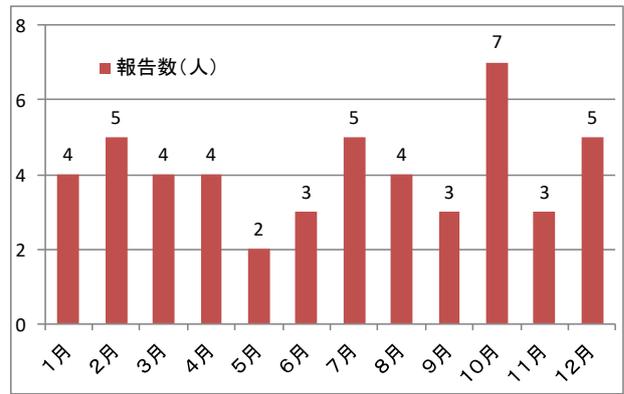


图 5 - 2 2020年梅毒報告数 (月別)

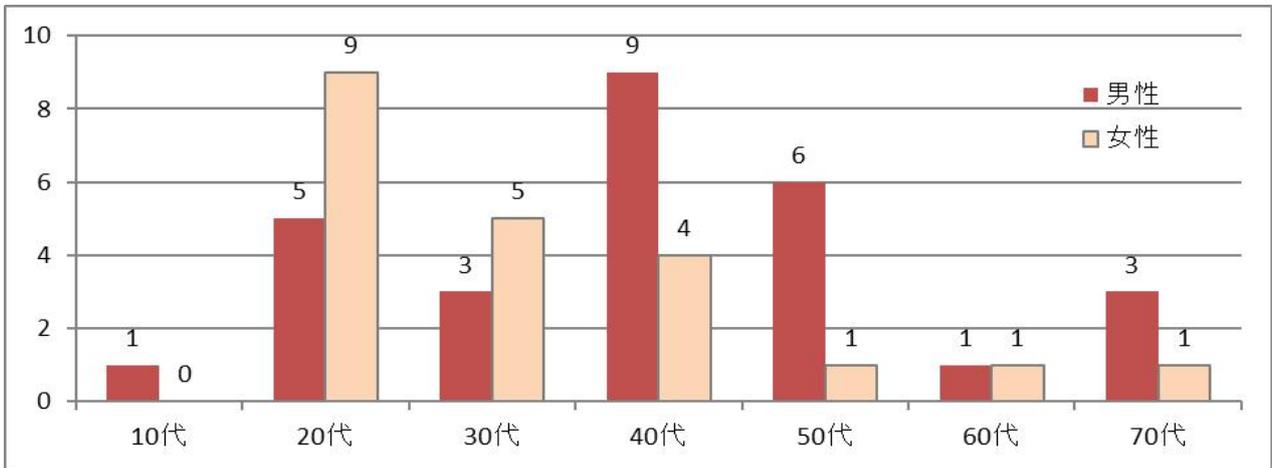


图 5 - 3 2020年梅毒報告数 (年代別)

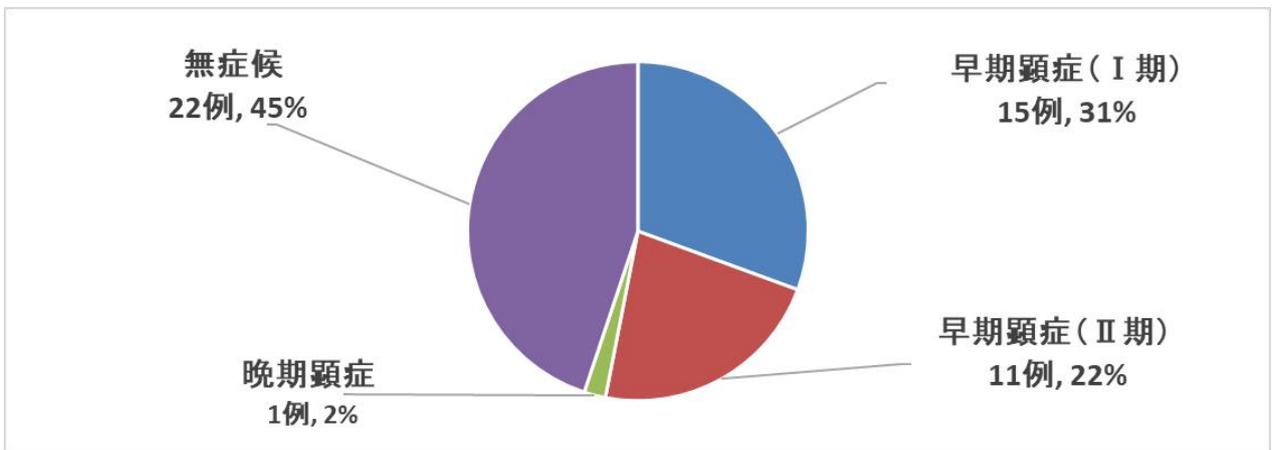


图 5 - 4 2020年梅毒報告数 (病型別)

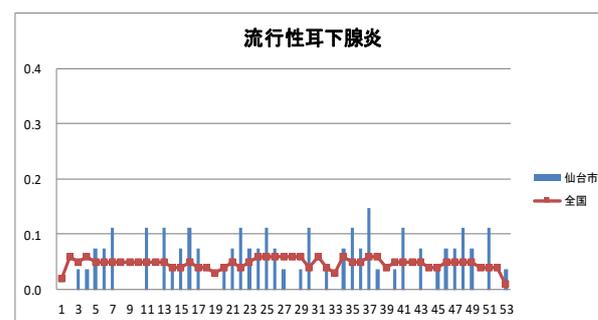
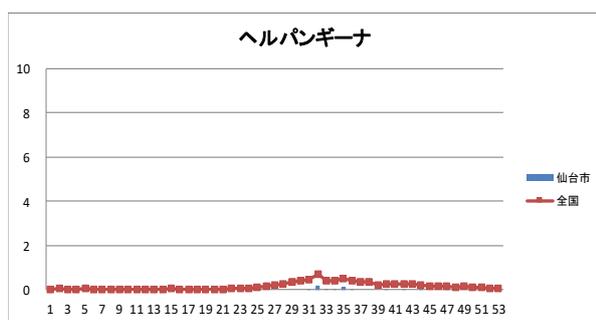
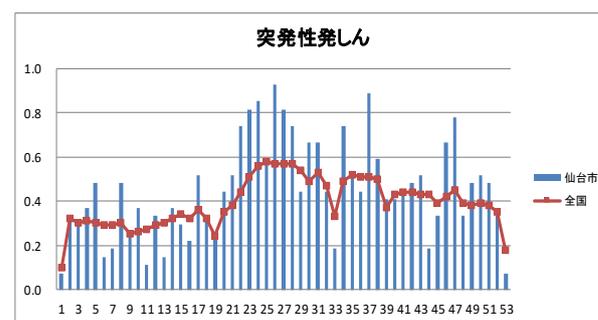
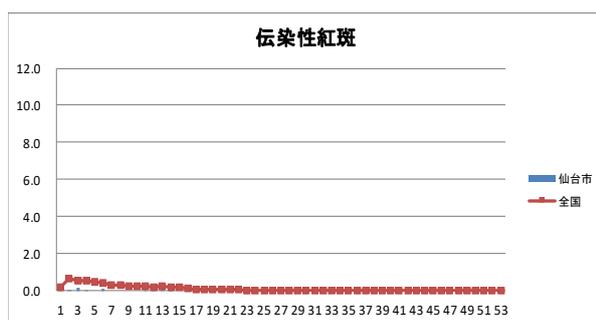
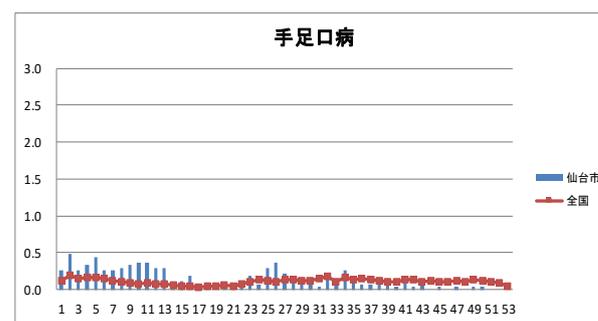
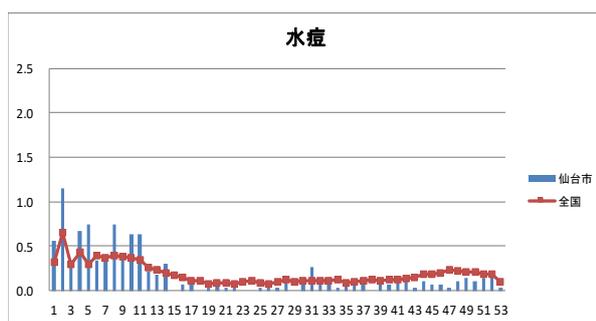
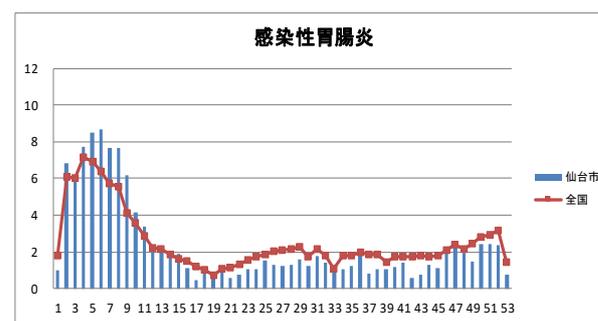
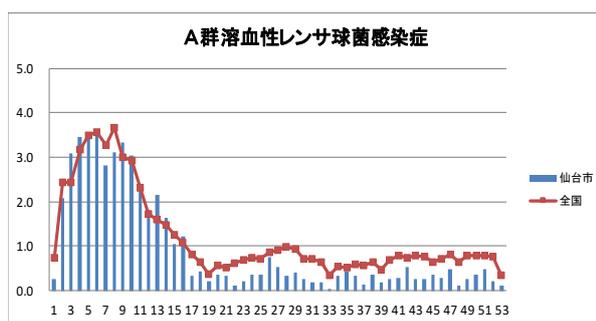
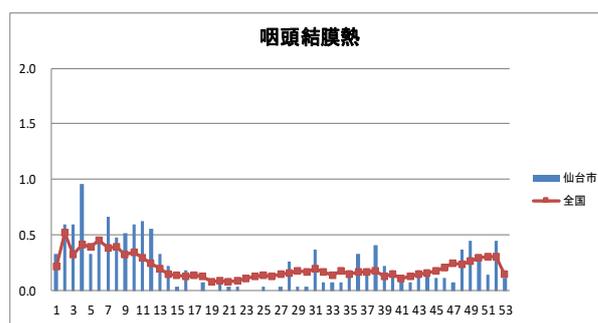
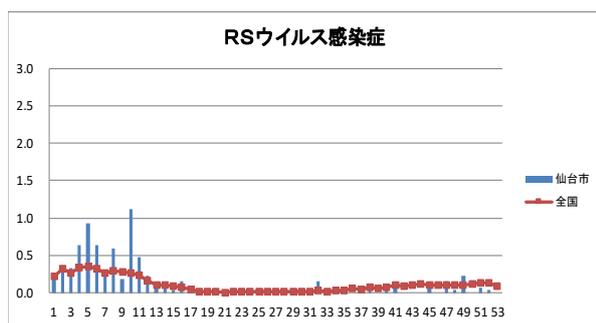


図 6 - 1 週報告対象疾病定点当たり報告数推移 (全国との比較)

※縦軸：定点当たり報告数 横軸：診断週

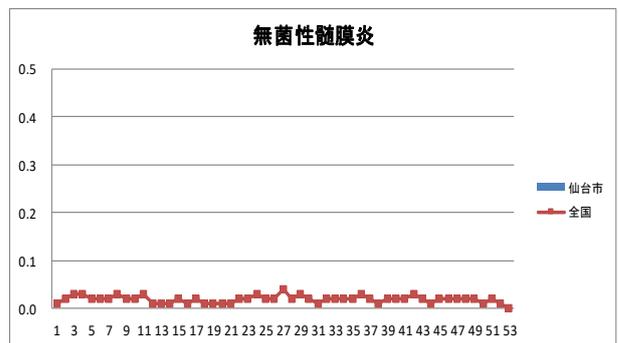
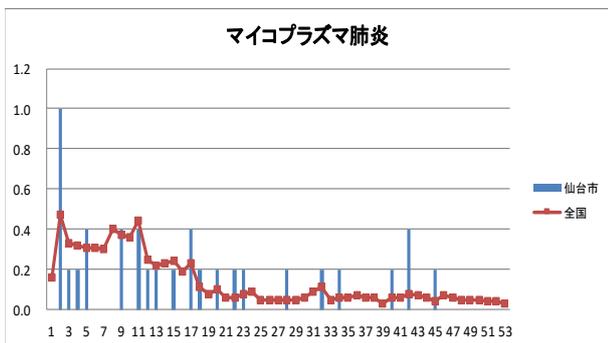
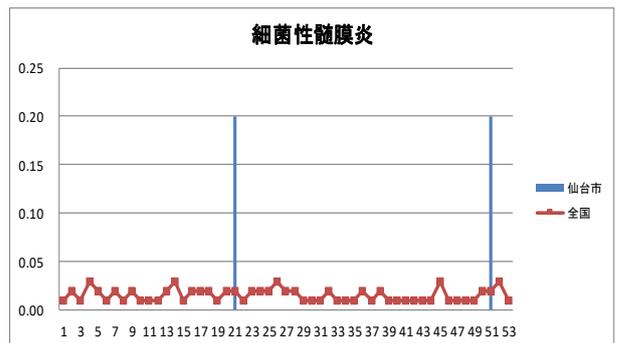
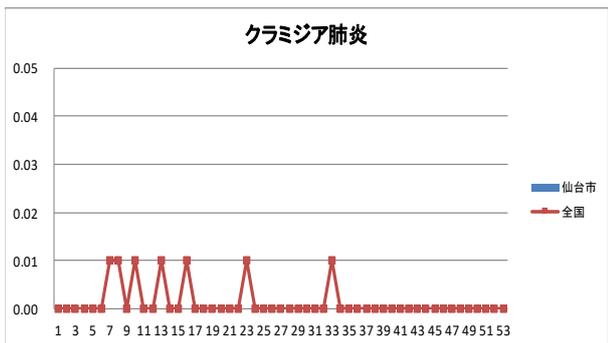
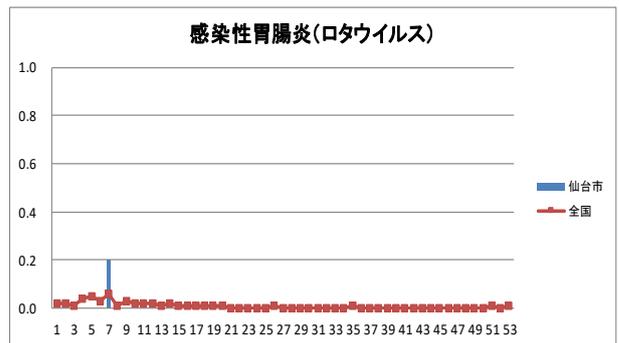
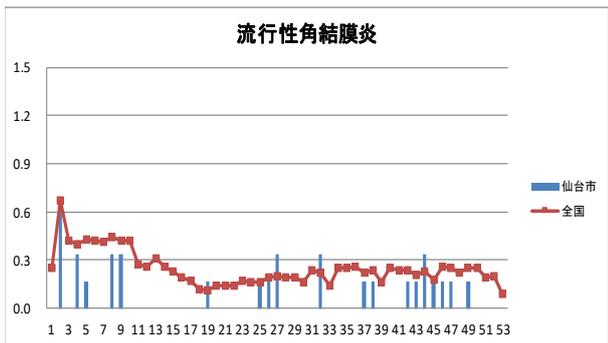
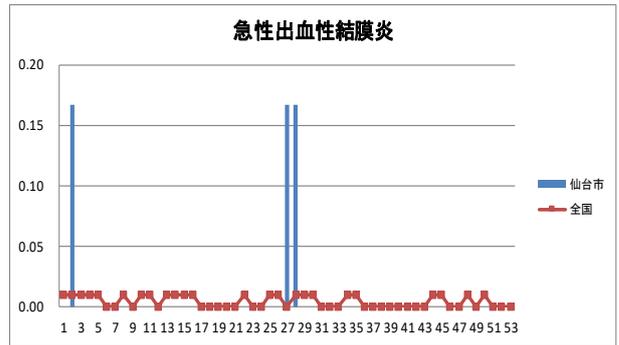
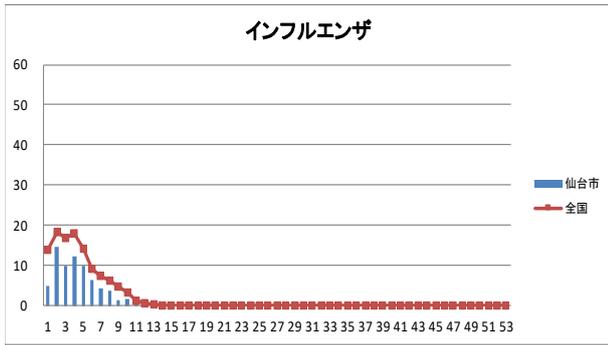


図6-2 週報告対象疾病定点当たり報告数推移（全国との比較）

※縦軸：定点当たり報告数 横軸：診断週

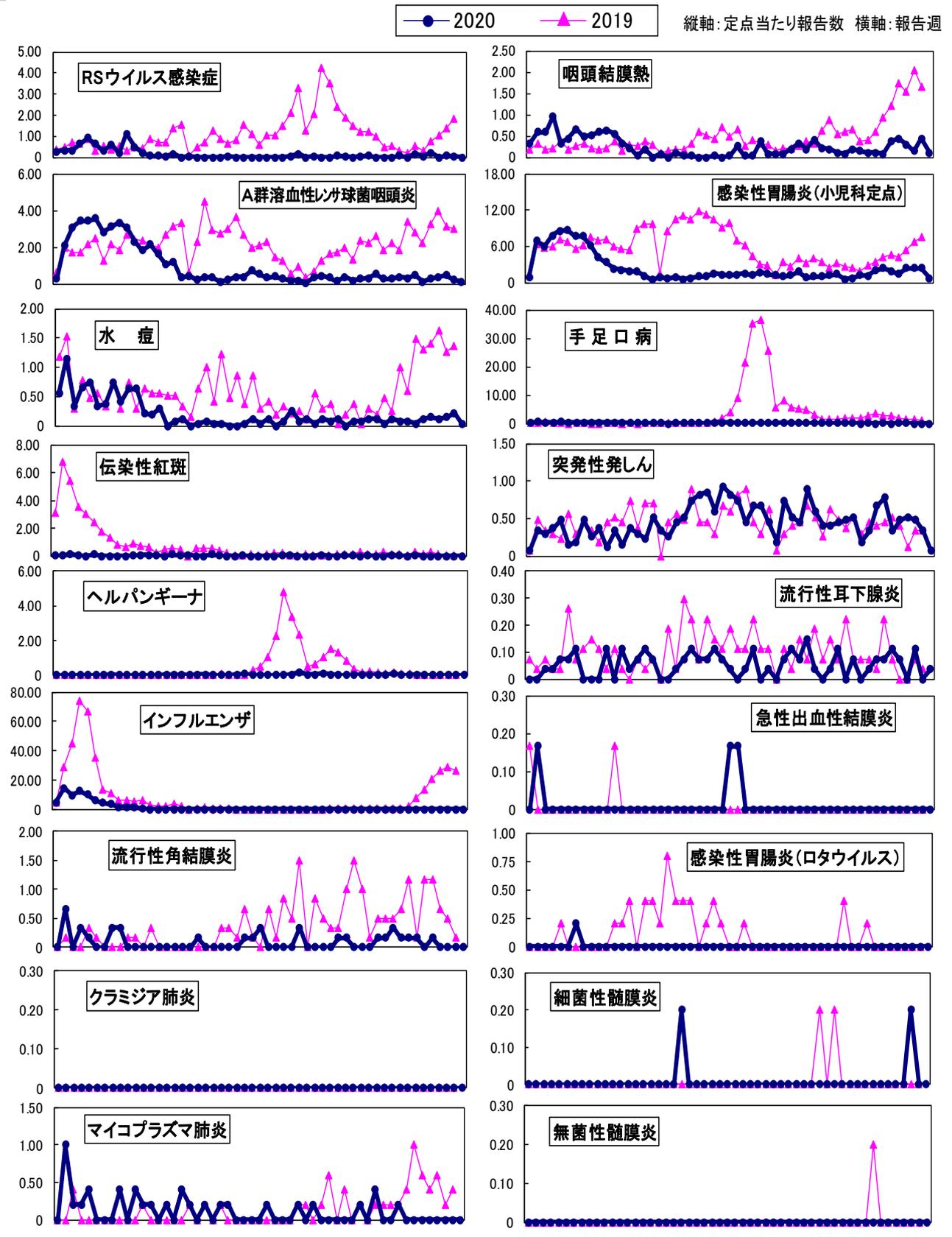


図7 週報告対象疾病定点当たり報告数推移 (前年との比較)

表5 週報告対象疾病報告数

感染症名	週							週							週							週							合計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
RSウイルス感染症	7	9	9	17	25	17	8	16	5	30	13	6	2	2	1	4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
咽頭結膜炎	9	16	16	26	9	12	18	13	14	16	17	15	9	6	1	5	0	2	0	3	1	1	0	0	1	0	1		
A群溶血性レンサ球菌咽頭炎	7	56	83	93	93	96	76	84	90	82	62	49	58	44	28	33	9	12	6	10	9	3	6	10	10	20	14		
感染性胃腸炎（小児科）	26	185	162	209	230	234	207	207	166	112	91	62	58	51	50	30	12	25	17	26	15	20	28	29	41	35	33		
水痘	15	31	9	18	20	9	10	20	11	17	17	6	5	8	0	2	3	0	1	2	1	1	0	0	1	3	1		
手足口病	7	13	7	9	12	7	7	8	9	10	10	8	8	1	3	5	2	1	0	1	2	1	5	2	8	10	6		
伝染性紅斑	1	1	4	1	0	3	0	0	0	0	0	1	2	2	1	0	3	1	2	0	0	3	1	0	0	1	0		
突発性発しん	2	9	8	10	13	4	5	13	7	10	3	9	4	10	8	6	14	9	7	12	14	20	22	23	16	25	22		
百日咳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ヘルパンギーナ	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	2	0	0		
流行性耳下腺炎	0	0	1	1	2	2	3	0	0	0	3	0	3	1	2	3	2	0	0	1	2	3	2	2	3	2	1		
インフルエンザ	211	646	434	543	436	274	190	161	66	77	62	9	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
急性出血性結膜炎	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
流行性角結膜炎	0	4	0	2	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
感染性胃腸炎（ロタウイルス）	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
クラミジア肺炎	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
細菌性髄膜炎	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
マイコプラズマ肺炎	0	5	1	1	2	0	0	0	2	0	2	1	1	0	1	0	2	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0		
無菌性髄膜炎	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

感染症名	週							週							週							週							合計
	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
RSウイルス感染症	0	0	0	1	4	0	1	0	0	2	1	0	1	2	0	0	0	2	0	4	1	6	0	2	1	0	201		
咽頭結膜炎	7	1	1	10	2	2	2	5	9	5	11	6	5	3	2	5	4	3	3	2	10	12	8	4	12	3	348		
A群溶血性レンサ球菌咽頭炎	9	11	7	5	5	1	9	12	9	4	10	5	7	8	14	7	7	10	8	13	3	7	10	13	6	3	1,346		
感染性胃腸炎（小児科）	35	42	33	47	38	32	28	33	49	22	29	28	32	38	15	21	34	30	55	64	52	39	66	65	64	21	3,373		
水痘	3	0	2	7	2	3	1	3	2	3	0	2	2	3	1	3	1	3	2	2	1	3	4	3	4	6	1	277	
手足口病	5	3	3	1	4	4	7	4	2	2	2	2	1	3	1	2	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	212		
伝染性紅斑	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	1	1	0	1	0	0	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	40		
突発性発しん	20	12	18	18	12	5	20	14	12	24	16	11	11	12	13	14	5	9	18	21	9	13	14	13	9	2	650		
百日咳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ヘルパンギーナ	0	0	0	1	5	1	1	3	1	0	0	0	1	0	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	26		
流行性耳下腺炎	0	1	3	0	1	0	2	3	2	4	1	0	1	3	0	2	0	1	2	2	3	2	0	3	0	1	76		
インフルエンザ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,119		
急性出血性結膜炎	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
流行性角結膜炎	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	1	1	1	0	1	0	0	0	0	28		
感染性胃腸炎（ロタウイルス）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
クラミジア肺炎	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
細菌性髄膜炎	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
マイコプラズマ肺炎	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2		
無菌性髄膜炎	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

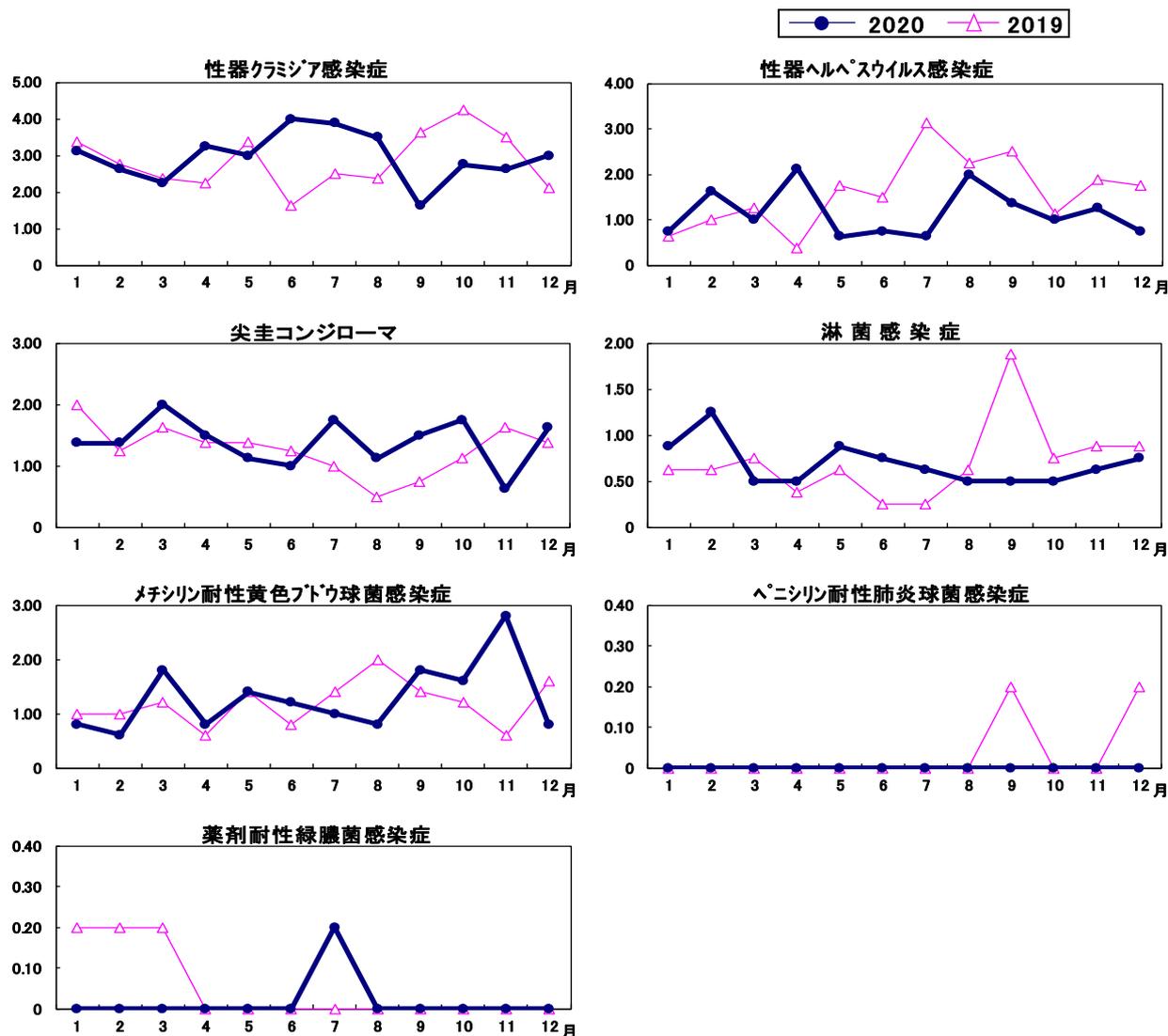
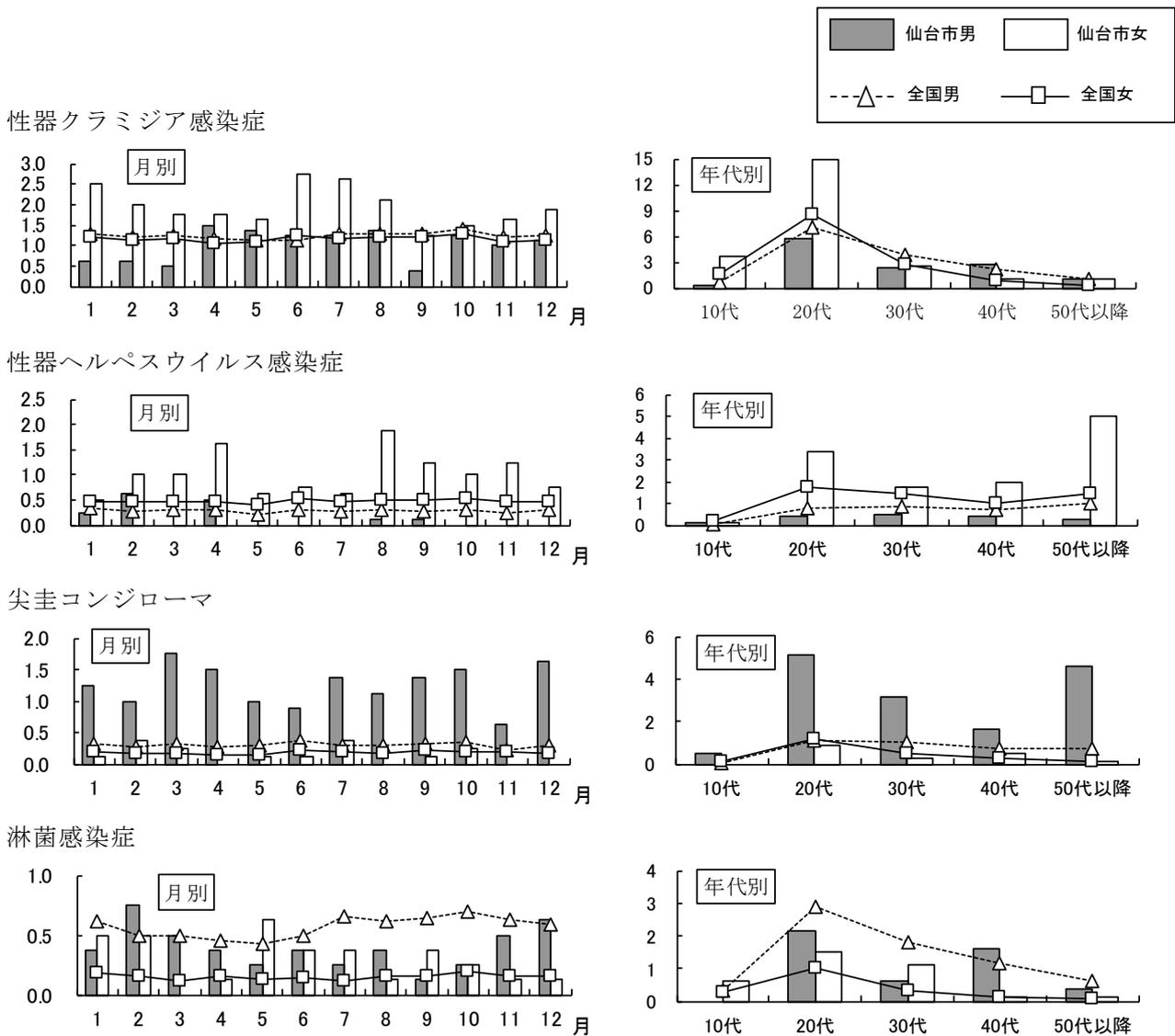


図8 月報告対象疾病定点当たり報告数推移（前年との比較）

表6 月報告対象疾病報告数

感染症名	患者数	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
性器クラミジア感染症	計	25	21	18	26	24	32	31	28	13	22	21	24	285
	男女	5 20	5 16	4 14	12 14	11 13	10 22	10 21	11 17	3 10	10 12	8 13	9 15	98 187
性器ヘルペスウイルス感染症	計	6	13	8	17	5	6	5	16	11	8	10	6	111
	男女	2 4	5 8	0 8	4 13	0 5	0 6	0 5	1 15	1 10	0 8	0 10	0 6	13 98
尖圭コンジローマ	計	11	11	16	12	9	8	14	9	12	14	5	13	134
	男女	10 1	8 3	14 2	12 0	8 1	7 1	11 3	9 0	11 1	12 2	5 0	13 0	120 14
淋菌感染症	計	7	10	4	4	7	6	5	4	4	4	5	6	66
	男女	3 4	6 4	4 0	3 1	2 5	3 3	2 3	3 1	1 3	2 2	4 1	5 1	5 1
メチシリン耐性黄色ブドウ球菌感染症	計	4	3	9	4	7	6	5	4	9	8	14	4	77
	男女	4 0	1 2	8 1	2 2	5 2	5 1	5 0	4 0	6 3	5 3	9 5	1 3	55 22
ペニシリン耐性肺炎球菌感染症	計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	男女	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
薬剤耐性緑膿菌感染症	計	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	男女	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0



縦軸：定点当たり報告数 横軸：報告月

縦軸：定点当たり報告数 横軸：年代

図9 STD定点当たり報告数（月別・年代別，全国との比較）

# SARS-CoV-2 陽性者の検体から検出された SARS-CoV-2 のゲノム解析結果

～ 2020 年 2 月から 2021 年 1 月まで ～

勝見正道 松原弘明 成田美奈子 川村健太郎 田村志帆 石田ひろみ  
狩野真由子 鹿野耀子 山田香織 橋本修子 上野真理子 相原篤志

キーワード SARS-CoV-2 ゲノム解析

## はじめに

COVID-19 の積極的疫学調査については「新型コロナウイルス感染症における積極的疫学調査について」（令和 2 年 3 月 16 日付 健感発 0316 第 3 号）において、厚生労働省健康局結核感染症課長名で検体（精製 RNA の残余液）の提供が依頼されている。仙台市衛生研究所ではこの通知に基づき、SARS-CoV-2 の遺伝子が確認された陽性 595 検体からの遺伝子抽出産物を国立感染症研究所病原体ゲノム解析センターに送付し、全ゲノム解析を依頼した。その結果をもとに、ウイルスゲノム解析結果から見た仙台市内の COVID-19 流行状況を調査した。

## 遺伝子群毎の流行状況

2021 年 1 月までの仙台市内での COVID-19 の流行は 2020 年 3 月末～4 月（第 1 期）、6 月中旬～10 月中旬（第 2 期）、10 月下旬～11 月上旬（第 3 期）、11 月～2021 年 1 月（第 4 期）の大きく 4 期に分かれ、各期間において流行している遺伝子群が異なっていた（図 1, 2, 3）。

第 1 期は B 群によるもので、初めて検出されたのは 2020 年 3 月下旬（第 13 週）であった。その直後に発生した飲食店でのクラスターの感染者から同じ系統のゲノムを有するウイルスが検出された。次いで、4 月上旬（第 15 週）には別の 2 施設でクラスターが発生したが、ゲノム解析の結果、この施設での感染者から検出されたウイルスも最初のクラスターの原因となったウイルスと同一系統であった。この流行は終息までに 4 週間を要した。

第 2 期は C1 群による流行であった（表 1）。C1 群の SARS-CoV-2 が初めて検出されたのは 2020 年 6 月中旬（第 25 週）で、その直後に発生した飲食店でのクラスターの感染者から同じゲノムを有するウイルスが検出された。その後、同一系統のウイルスにより、複数の施設でのクラスターが続発し、流行の終息までに 7 週間を要した。

その後、8 月中旬まで陽性者の減少傾向が続いたが、8 月下旬の飲食店でのクラスター発生から新たな流行が始まった。ゲノム解析の結果、このクラスターでは同時に 2 系統のウイルス【C1-2, C1-3】が別々の感染者で確認された。この 2 系統のウイルスは仙台市内およびその周辺地域の飲食店や職場で発生したクラスターにおいても、同一の施設での発生ではあるが異なる感染者から見つかっており、2 系統による混合感染が疑われた。この系統の流行の終息までに 6 週間を要した（表 1）。

第 3 期は E 群によるもので、10 月中旬に専門学校で発生し初期段階から感染者が続出し大規模なクラスターとなったが、市中での感染の広がりは見られず、12 月上旬の感染者を最後に仙台市内では検出されなくなった。国立感染症研究所病原体ゲノム解析センターで行ったゲノム解析結果では、南アジアで流行していた株に近似しているとされたが、感染経路は不明であった。

第 4 期は D1 群（表 2）によるもので、これまでに 5 つのサブグループ【D1-1～5】が確認されている。D1 群は 9 月下旬に最初の感染者が確認され、その後、散発的な発生が続いたが、10 月中旬（第 42 週）から

飲食店、福祉施設等でのクラスターが続発した。ゲノム解析の結果、この流行の原因は【D1-2】のウイルスで、飲食店や職場で発生したクラスターの感染者、さらには福祉施設等で発生した大規模クラスターでの感染者から検出された。この系統の流行の終息までに6週間を要した。その後、11月中旬から福祉施設を中心にクラスターが発生し、陽性者から【D1-4】が検出されるようになり、2021年1月現在もその傾向が続いているが、加えて【D1-5】、【C1-4】系統のウイルスも検出されており、同時に複数の系統が流行することにより、感染経路の探索を難しくしている。

### 考察

仙台市内で続発したクラスターの原因となったウ

イルスの多くは、初期に侵入したウイルスから独自の変異を繰り返して伝播していく傾向がみられた。また、ウイルスの侵入の初期段階でクラスターが発生すると、その系統は終息までに1ヶ月以上を要した。さらに、ゲノム解析の結果から、ほぼ同時期に発生したクラスターは同じ系統により発生していること、クラスターの連鎖は効果的な対応ができないと飲食店→職場・家族→福祉施設等へと伝播していく場合があると推測された。今回の調査でゲノム解析により、疫学調査では見えなかった感染経路や感染パターンの推測が可能となり疫学調査の補完としての分子疫学調査の有用性が改めて確認できた。

本調査は、厚生労働行政推進調査事業費補助金(厚生労働科学特別研究事業)の助成により実施しました。

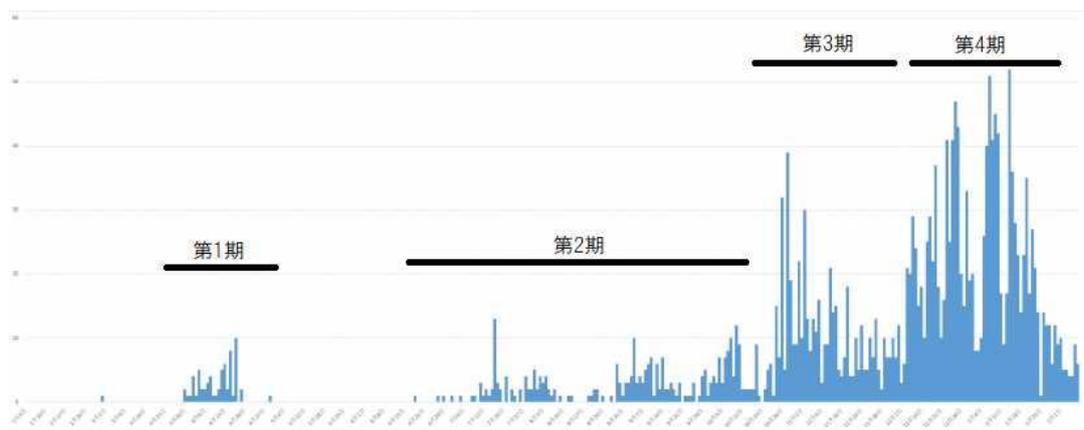


図1 仙台市におけるCOVID-19発生状況

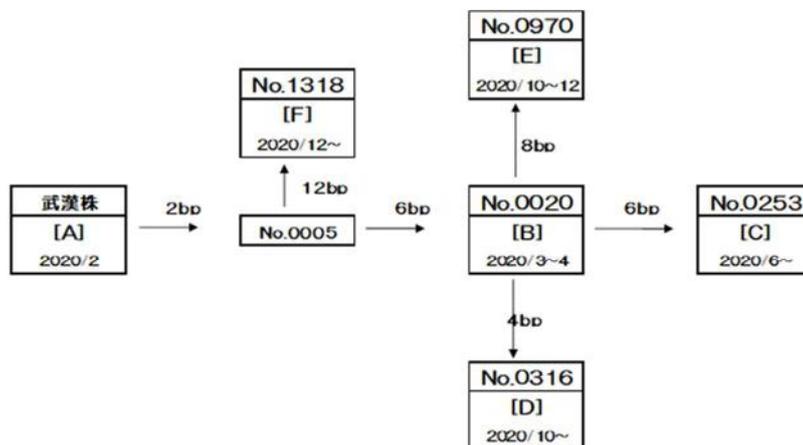


図2 COVID-19陽性者から検出されたSARS-CoV-2のゲノム解析結果(ネットワーク図)

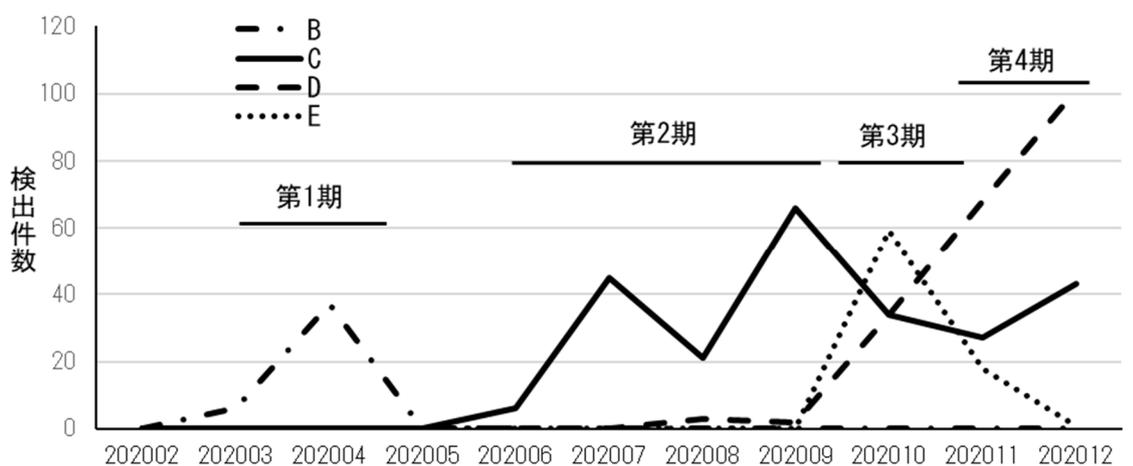


図3 SARS-CoV-2遺伝子群別発生状況 (年月)

表1 C1サブグループによる発生状況(2020年 月別)

月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
C1					6	7	4	1	1	3	2	24
C1-1						34	6					40
C1-2							5	31	27	4		67
C1-3								32	2			34
C1-4									1	20	31	52
計	0	0	0	0	6	41	15	64	31	27	33	217

表2 D1サブグループによる発生状況(2020年 月別)

月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
D1-1								2	6	2	6	16
D1-2									25	30		55
D1-3									1	14	3	18
D1-4										6	65	71
D1-5										1	16	17
計	0	0	0	0	0	0	0	2	32	53	90	177

# 仙台市内で発生した A 群溶血性レンサ球菌咽頭炎および劇症型溶血性

## レンサ球菌感染症から分離された *Streptococcus pyogenes*

### の遺伝子性状について

勝見 正道, 星 俊信, 山田 香織, 橋本 修子

キーワード *Streptococcus pyogenes*, T 型, *spe* 遺伝子, *emm* 型, MLST 解析

#### はじめに

A 群溶血性レンサ球菌 (*Streptococcus pyogenes* GAS) は、化膿性疾患（幼児を中心に発症する咽頭炎や扁桃炎）、産生する毒素に起因する疾患（猩紅熱や劇症型溶血性レンサ球菌感染症）、免疫機序が関与する疾患（急性糸球体腎炎やリウマチ熱）など様々な疾病を引き起こす。このうち GAS 咽頭炎は感染症法の 5 類感染症定点把握疾病として小児科定点医療機関から毎週患者数が報告されている。また、GAS は 5 類感染症全数報告対象疾患である劇症型溶血性レンサ球菌感染症の主原因とされ、発症者数は年々増加の一途をたどっている。本研究では、仙台市内における劇症型溶血性レンサ球菌感染症と GAS 咽頭炎の発生状況を調査した。また、仙台市衛生研究所で保管していた劇症型溶血性レンサ球菌感染症由来 GAS と病原体定点（小児科）で GAS 咽頭炎と診断された患者から分離・同定した GAS との関連性をさぐるため、発赤毒素遺伝子 (*spe*) の保有状況と複数の方法による遺伝子解析を実施した。

#### 材料と方法

##### 1 菌株

仙台市衛生研究所で保管していた劇症型溶血性レンサ球菌感染症由来 GAS 14 株および 2009 年～2018 年に仙台市内の小児科病原体定点で GAS 咽頭炎と診断された患者から分離・同定した後保存していた GAS 176 株を試験に供した。

##### 2 T 型別

マニュアルに従い、デンカ生研の型別キットを用いた T 型別を行った。

##### 3 *spe* 遺伝子

菌からの DNA 抽出は「シカジーニクス DNA 抽出試薬」（関東化学）を用い標準プロトコールにしたがって行い、*spe* の増幅は A 群溶血性レンサ球菌 (*Streptococcus pyogenes*) 検査マニュアル<sup>1)</sup>、林らの方法<sup>2)</sup>、Luca-Harari らの方法<sup>3)</sup> により 9 種類の *spe* 遺伝子 (A, B, C, F, G, H, I, J, saa) について保有状況を調査した。

##### 4 *emm* 型

CDC Streptococcus Laboratory Home の M Protein Gene (*emm*) Typing (<https://www.cdc.gov/streplab/groupa-strep/emm-background.html>) のプロトコールに従い *emm* 遺伝子解析を行い、Blast-*emm* & *emm* Databases の検索により *emm* 型を決定した。

##### 5 MLST 解析

*Streptococcus pyogenes* MLST Databases (<https://pubmlst.org/spyogenes/>) のプロトコールに従い、7 領域をプライマーで増幅し得られた産物の遺伝子配列を決定し、*Streptococcus pyogenes* locus/sequence definitions database の検索により MLST type を決定した。

## 結果

### 1 発生状況

2012年7月～2019年12月に仙台市内の医療機関で劇症型溶血性レンサ球菌感染症と診断された患者は39人にのぼり、2018年までは年5人前後の報告数であったが、2019年は11人と急激な増加がみられた(図1)。性別では男性17人に対し、女性22人で(図2)、年齢別では80歳以上が14人と最も多く、次いで60歳～70歳10名、70歳～80歳6名と続き、高齢者での発生が77%を占めていた(図3)。血清群別ではA群が18人と半数を占め、次いで、G群14人、B群4人であった(図4)。

一方、GAS咽頭炎の仙台市内における小児科定点からの患者報告数は冬季に多く、夏季に少ない傾向を示していきだが、最近では数か月おきに患者発生数のピークを形成する傾向に変化した(図5)。

### 2 T型別結果

仙台市衛生研究所で保管していた176株のGAS咽頭炎由来株のT型はT4が47株(26.7%)と最も多く、次いでT12が43株(24.4%)、T1が25株(14.2%)と続き、T25とTB3264が13株、T3とT28が9株、T6型が7株、型別不能10株であった。年別のT型別結果では、2010年T3、2011年T4、2012年T1、2013年TB3264、2014年T4、2015年と2016年T12、2018年T1が一番多く分離され、年によって流行する型が異なっていた(表1)。一方、劇症型溶血性レンサ球菌感染症由来GAS14株のT型はT1型が7株(50%)と最も多く、T28が2株、T6、TB3264が1株、型別不能株3株であり、T型による分離時期の偏りは見られなかった(表3)。

### 3 *spe* 遺伝子の保有状況

GAS咽頭炎由来株の*spe*遺伝子の保有状況調査では、検査した全ての株で*speF*遺伝子が検出されたが、他の*spe*遺伝子の保有状況はT型ごとに異なっていた(表2)。これに対し、劇症型溶血性レンサ球菌感染症由来14株全てで*speB*、*speF*、*speG*遺伝子が検出された(表3)。また、劇症型溶血性レンサ球菌感染症由来GASとGAS咽頭炎由来株の比較では、同じT型の株間での違いは見られなかった(表2、3)。

### 4 *emm* 型

GAS咽頭炎由来株の*emm*型別では、47株が、*emm*-cluster E1の*emm*4.0に型別され、これらの株のT型は全てT4であった。*emm*-cluster A-C4の*emm*12.0が23株、*emm*12.7が20株に型別され、これらの株のT型は全てT12であった。*emm*-cluster A-C3 25株のうち、*emm*1.0が24株、*emm*1.14が1株と型別されたが、これら全ての株のT型はT1であった。*emm*-cluster E6の*emm*75.0と型別された13株のT型は全てT25、*emm*-cluster E4の*emm*89.0と型別された13株のT型は全てTB3264、*emm*28.0と型別された4株および*emm*28.10と型別された5株のT型は全てT28であった。一方、劇症型溶血性レンサ球菌感染症由来GASの*emm*型は7株が*emm*1.0(T1型)で、他に*emm*28.0(T28)、*emm*28.1(T28)、*emm*6.4(T6)、*emm*89.0(TB3264)が1株ずつ検出された(表4)。

### 5 MLST 解析

MLST解析については、劇症型溶血性レンサ球菌感染症由来GASのT型はT1が多かったことから、GAS咽頭炎由来株についてもT1のみを対象とした。劇症型溶血性レンサ球菌感染症由来GAS7株とGAS咽頭炎由来25株の増幅した各領域(*gki* *gtr* *murI* *mutS* *recP* *xpt* *yqiL*)のTypeはそれぞれ28, 4, 3, 4, 4, 2, 4となり、ST28と同定され、違いは見られなかった。

## 考察

感染症発生動向調査事業におけるGAS感染症は、小児科定点把握の5類感染症であるGAS咽頭炎と全数把握の5類感染症である劇症型溶血性レンサ球菌感染症の2疾患が対象となっている。小児を中心に発生するGAS咽頭炎に対し、劇症型溶血性レンサ球菌感染症は毒素に起因するとされ、60歳以上の高齢者での発生が多く、死亡率も29%と高いことが報告されている<sup>4)</sup>。

今回、検討したGAS咽頭炎由来株のT型別結果では、T4型とT12型が多く分離されたのに対し、劇症型溶血性レンサ球菌感染症由来株からはこの2つの

型は検出されず，T1型が多く検出された。国立感染症研究所感染症疫学センターの調査においても，劇症型溶血性レンサ球菌感染症由来株の約4割がT1型であり，A群溶血性レンサ球菌咽頭炎由来株とのT型分布に差が見られることが報告されており<sup>5)</sup>，仙台市においても同様の傾向が示された。

一方，*spe* 遺伝子の保有状況調査ではGAS咽頭炎由来株では全ての株で*speF* 遺伝子が検出されたが，T型ごとに*spe* 遺伝子の保有状況は異なっていた。一方，劇症型溶血性レンサ球菌感染症由来株の*spe* 遺伝子の保有状況では全ての株で*speB*，*speF*，*speG* 遺伝子の保有が認められ，GAS咽頭炎と異なっていた。GASの病原因子として*spe*が知られており，数多くの*spe* 遺伝子検出法が報告されている。中でも*speA*と*speC*を産生するGASによる感染症は重症化する恐れがあり注意を要するとされている<sup>1)</sup>。今回調査したGAS咽頭炎由来のT1型とT6型の全ての株は*speA* 遺伝子を，T4，T6，T28型の全ての株は*speC* 遺伝子を保有しており，劇症型溶血性レンサ球菌感染症由来株と同じ結果であった。

各菌株におけるT型別，*emm*型別，MLST解析による解析を組み合わせでは，A群溶血性レンサ球菌咽頭炎由来株と劇症型溶血性レンサ球菌感染症由来株の違いは見られなかった。今後は，*spe*以外の病原因子の検索やパルスフィールド電気泳動等により

細な分子疫学解析を進めていく必要がある。

## まとめ

仙台市衛生研究所で保管していた劇症型溶血性レンサ球菌感染症由来GASと病原体定点（小児科）でGAS咽頭炎と診断された患者から分離・同定したGASとの関連性をさぐるため，発赤毒素遺伝子（*spe*）の保有状況と複数の方法で遺伝子型を調査したが，本研究で用いた方法では由来株の違いによる差は認められなかった。

## 謝辞

本研究は，令和元年度宮城県公衆衛生研究振興基金の助成により実施しました。深く感謝いたします。

## 文献

- 1) A群溶血レンサ球菌（*Streptococcus pyogenes*）検査マニュアル 国立感染症研究所
- 2) 平成24年度愛媛衛環研年報 15（2012）：1-7
- 3) Harari, B, et al. JCM 46:79-86(2008)
- 4) IASR Vol. 36 No. 8（2015）：1-2
- 5) IASR Vol. 36 No. 8（2015）：3-4

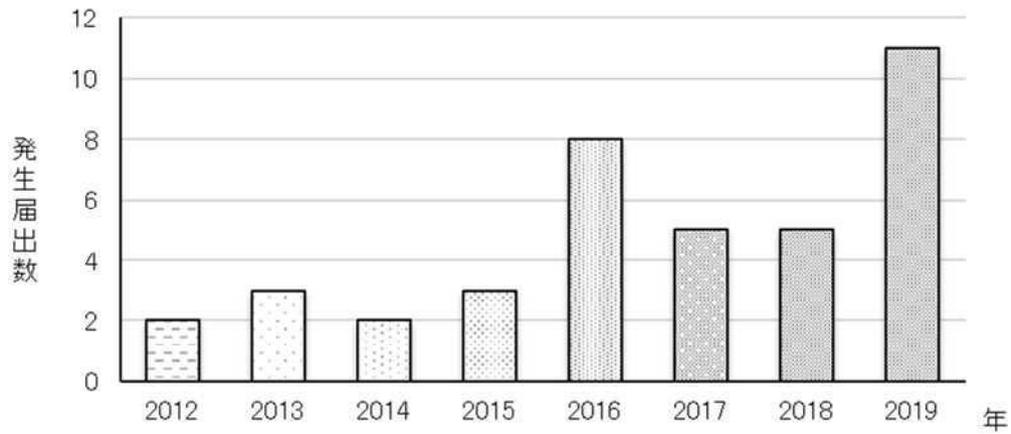


図1 劇症型溶血性レンサ球菌感染症患者の年別発生届け出数

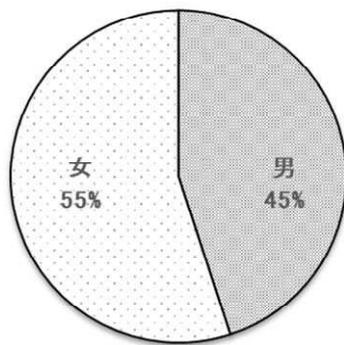


図2 劇症型溶血性レンサ球菌患者の性別

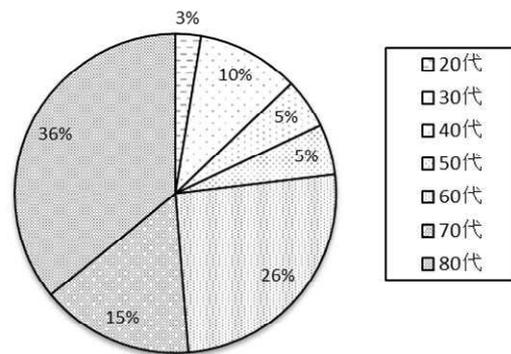


図3 劇症型溶血性レンサ球菌感染症患者の年齢

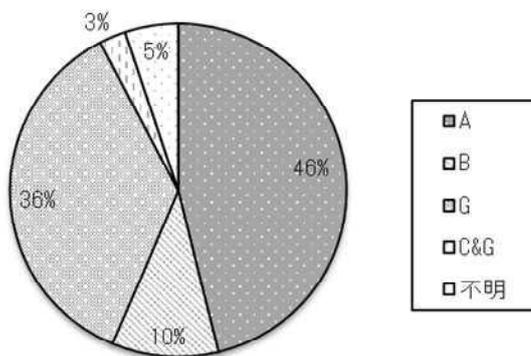


図4 劇症型溶血性レンサ球菌感染症原因菌の血清群

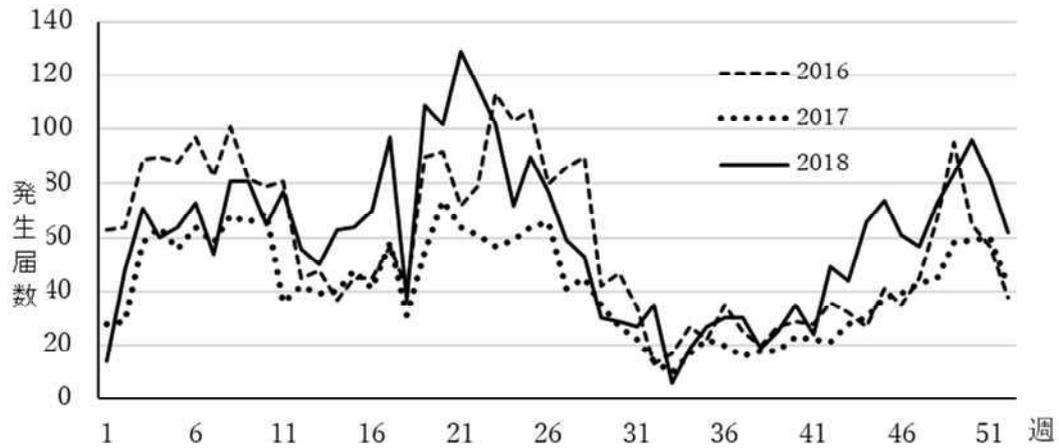


図5 GAS咽頭炎の週発生別報告数（仙台市 小児科定点 27医療機関）

表1 GAS咽頭炎由来株のT型別結果

年	T型別								
	T1	T3	T4	T6	T12	T25	T28	TB3264	ut
2009	2		2		1				
2010		7	4		3	3			1
2011	3		10		5	2	3		1
2012	8		6		5	4	1	1	
2013	1		5	1	2		4	8	2
2014	1		12	3	6			2	1
2015	3	1	5	2	11		1	1	2
2016	1	1	1	1	4				1
2017					2				
2018	6		2		4	4		1	2
計	25	9	47	7	43	13	9	13	10

表 2 GAS 咽頭炎由来株の T 型別と *spe* 遺伝子保有状況

T型	株数	<i>spe</i> 保有状況 (%)								
		<i>speA</i>	<i>speB</i>	<i>speC</i>	<i>speF</i>	<i>speG</i>	<i>speH</i>	<i>speI</i>	<i>speJ</i>	<i>Saa</i>
T1	25	25(100)	25(100)	6(24)	25(100)	25(100)	0(0)	0(0)	23(92)	0(0)
T3	9	8(89)	8(89)	0(0)	9(100)	9(100)	0(0)	0(0)	9(100)	0(0)
T4	47	0(0)	46(98)	47(100)	47(100)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	47(100)
T6	7	7(100)	7(100)	7(100)	7(100)	5(71)	3(43)	3(43)	0(0)	0(0)
T12	43	0(0)	43(100)	38(88)	43(100)	42(98)	43(100)	43(100)	3(7)	0(0)
T25	13	0(0)	13(100)	12(92)	13(100)	13(100)	12(92)	13(100)	0(0)	0(0)
T28	9	0(0)	9(100)	9(100)	9(100)	7(78)	0(0)	0(0)	9(100)	0(0)
TB3264	13	0(0)	13(100)	11(84.6)	13(100)	10(76.9)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)

\* この他、10 株は T 型別が不能であった。

表 3 劇症型溶血性レンサ球菌感染症由来 14 株の T 型と *spe* 遺伝子保有状況

菌株 No.	T型別	<i>spe</i>								
		<i>speA</i>	<i>speB</i>	<i>speC</i>	<i>speF</i>	<i>speG</i>	<i>speH</i>	<i>speI</i>	<i>speJ</i>	<i>Saa</i>
1	T1	+	+	-	+	+	-	-	+	-
2	T1	+	+	-	+	+	-	-	+	-
3	T1	+	+	-	+	+	-	-	+	-
4	T28	-	+	+	+	+	-	-	+	-
5	T1	+	+	-	+	+	-	-	+	-
6	T28	-	+	+	+	+	-	-	+	-
7	ut	+	+	+	+	+	-	-	-	-
8	T1	+	+	-	+	+	-	-	-	-
9	TB3264	-	+	+	+	+	-	-	-	-
10	ut	-	+	+	+	+	+	+	-	-
11	T1	+	+	-	+	+	-	-	+	-
12	T6	+	+	+	+	+	+	+	-	-
13	ut	-	+	-	+	+	+	+	-	+
14	T1	+	+	-	+	+	-	+	-	-

表4 *emm*型とT型の相関性

cluster	<i>emm</i> 型	T型	GAS咽頭炎由来株	劇症型溶血性レンサ球菌 感染症由来株
AC-3	1.0	T1	24	7
	1.1	T1	1	0
AC-5	3.95	T3	9	0
E1	4.0	T4	47	0
M6	6.0	T6	3	0
	6.4	T6	4	1
AC-4	12.0	T12	23	0
	12.7	T12	20	0
E6	75.0	T25	13	0
E4	28.0	T28	4	1
	28.1	T28	5	1
	89.0	TB3264	13	1

\* : T型別できなかつた株は除外した

# 検体中の SARS-CoV-2 ウイルスコピー数とウイルス力価に係る考察

勝見正道 山田香織 松原弘明 成田美奈子 川村健太郎 田村志帆 千田恭子  
大森恵梨子 大下美穂 村上未歩 石田ひろみ 狩野真由子 相原篤志

キーワード SARS-CoV-2, ウイルスコピー数, ウイルス力価

## はじめに

仙台市における最初の COVID-19 感染者は 2020 年 2 月 29 日に確認され、それ以降 9 月 30 日までに 261 名の新規患者が確認されている。そこで、SARS-CoV-2 の遺伝子が検出された検体について、ウイルス分離を試み、ウイルスコピー数との相関性を考察した。

## 方法

検体からの SARS-CoV-2 遺伝子検出およびコピー数の算出は、病原体検出マニュアル 2019-nCoV(国立感染症研究所)に記載された「TaqMan プローブを用いたリアルタイム one-step RT-PCR 法による 2019-nCoV の検出」に従って N2 セットで行った。ウイルス分離は 2020 年 2 月から 9 月までに当所で SARS-CoV-2 遺伝子が検出された 193 検体(鼻腔拭い液 189 検体、唾液 4 検体)を用い、VeroE6 細胞をシートさせた 24 穴プレートに検体 100  $\mu$ l を 3 穴ずつ接種し、30 分以上感作後検体を除去し、2%FCS 加 MEM を 0.5ml 上層し 1 週間 CPE を観察して行った。

## 結果

### 陽性検体中のウイルスコピー数

COVID-19 と診断された人の年齢分布と初回検査時の検体 1  $\mu$ l 当たりのウイルスコピー数を表 1 に示した。陽性者は 20~30 歳が 98 人と一番多く、次いで 30~40 歳で 49 人、20 歳未満での陽性者は 29 人と少なかった。初回検査時のウイルスコピー数は、60 歳以上が平均 700,000 コピーを超えて最も多く、次いで 20~30 歳、40~50 歳、30~40 歳と続き、10 歳未満は平均で約 20,000 コピーと少なかった。なお、陽性者のうち 67 人は検体採取時、無症状であっ

たため除外した

図 1 に発症日から検査日までの日数とウイルスコピー数の関係を示した。相関性は見られなかった ( $R^2=0.3905$ ) が、ウイルスコピー数は発症後 2 日目が一番多く、発症後 15 日前後で 1 コピー未満まで減少する傾向が見られた。

### 検体からの SARS-CoV-2 の分離

検体からの SARS-CoV-2 の分離には VeroE6 細胞を用い、その結果を表 2 に示した。10,000 コピー以上のウイルスが認められた 95 検体中 89 検体(93.7%)で SARS-CoV-2 が分離されたのに対し、100 コピー未満の 14 検体では 1 検体(7.1%)しかウイルス分離はできず、分離できた検体のウイルスコピー数の下限値は 81 コピーであった。

### 検体中のウイルス力価の測定

SARS-CoV-2 が分離できた陽性検体 46 検体(全て鼻腔拭い液)について、2%FCS 加 MEM で  $10^6$  から  $10^0$  まで 10 倍段階希釈系列を作成し、VeroE6 細胞をシートさせた 96 穴プレートに各希釈液 50  $\mu$ l を 4 穴ずつ接種し、1 週間 CPE を観察した。ウイルス力価の計算は KarBer の式によって TCID<sub>50</sub>/50  $\mu$ l として算出した。さらに、各段階希釈液について、リアルタイム PCR 法によりウイルスコピー数/検体 1  $\mu$ l を測定した。得られたデータをもとに散布図を作成したところ、累乗近似曲線は  $Y=943.86X^{0.7711}$  となり、相関性が認められ ( $R^2=0.7503$ )、1 TCID<sub>50</sub> は約 944 コピー/検体 1  $\mu$ l であると算出された(図 2)。

## 考察

陽性検体のウイルスコピー数は20～30歳と60歳以上の高齢者で増加し、また、発症後2日目の検体が最も多く、発症日数の経過とともに減少していく傾向が見られた。ウイルス分離は概ね10,000コピー以上の検体では高率であったが、コピー数の減少とともに分離率も低下し、分離できた検体中のウイルスコピー数の下限値は81コピー/μlであった。また、検体中のウイルスコピー数とウイルス力価の比較から検体の1TCID<sub>50</sub>は約944コピー/μlであったことから、検体中の感染粒子数は1μl当たり100～1,000コピーに1個程度と推定された。しかし、この推定からはみ出す検体も見られたことから、ウ

ルス力価を検討していく場合は、検体の採取時期、採取方法、検体の保管法、輸送用培地使用の有無など様々な要因を考慮していく必要があると考えられる。

COVID-19の流行は続いており、仙台市内においても継続してSARS-CoV-2陽性者が見出されている。SARS-CoV-2の検体中の動態や病原体ゲノム解析は、早期診断、感染拡大防止、予防及び治療法の確立にとって重要であり、今後も調査を継続していく予定である。

本調査は、厚生労働行政推進調査事業費補助金（厚生労働科学特別研究事業）の助成により実施した。

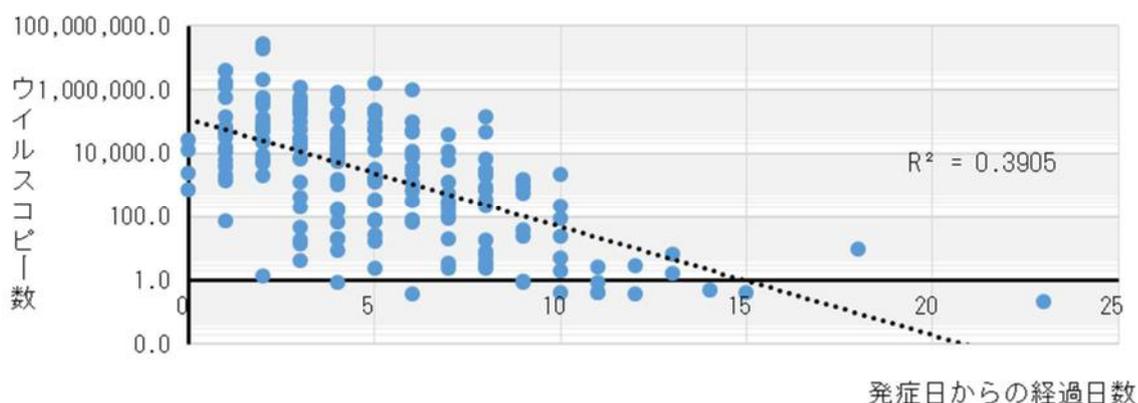


図1 COVID-19発症者検体中のウイルスコピー数（193検体）

表1 COVID-19患者のウイルスコピー数（年代別）

年齢層	～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～
陽性者数	11	18	98	49	30	24	30
ウイルスコピー数	18,647	30,673	438,069	136,611	161,150	59,494	765,162

ウイルスコピー数：検体1μl中のウイルスコピー数の平均

表2 ウイルスコピー数とウイルス分離の相関性

ウイルスコピー数	～10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup> ～10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> ～10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> ～10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup> ～10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup> ～10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> ～	計
供試検体数	14	35	49	48	36	9	2	193
分離検体数	1	9	29	44	34	9	2	128
分離率(%)	7.1	25.7	59.2	91.7	94.4	100.0	100.0	66.3

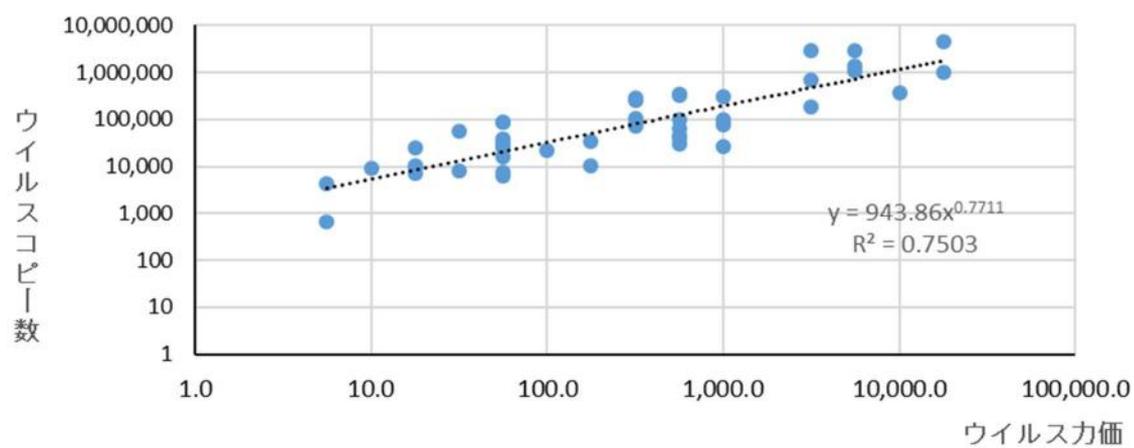


図2 検体 1 μl 中のウイルスコピー数とウイルスカ価 (TCID50/50 μl)

# 当所における新型コロナウイルスの検査体制について

## ～2020年9月から2021年10月までの報告～

鹿野耀子，丹野光里，神鷹望，狩野真由子<sup>1</sup>，田村志帆，川村健太郎，阿藤美奈子，石田ひろみ<sup>2</sup>，  
成田美奈子<sup>3</sup>，松原弘明，毛利淳子，相原篤志

キーワード：新型コロナウイルス，仙台市，変異株，次世代シーケンサー，全ゲノム解析

### はじめに

2019年12月に中国で原因不明のウイルス性肺炎が初めて確認され，その後世界的に感染が拡大していった。国内では2020年1月16日に初めて感染者が確認され，その後感染者数の増減を繰り返しながら今なお収束には至っていない。

2020年12月25日，国内初となる変異株が空港検疫にて確認され，その後次々に新たな変異株が出現した。それを受け，当所では新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）のリアルタイムPCR検査に加え，変異株のリアルタイムPCR検査も行うこととなった。また，2021年8月には次世代シーケンサーを導入し，それまで国立感染症研究所（以下「感染研」と略して表記）に依頼していた全ゲノム解析を当所で行うこととなった。国内の状況と合わせて，当所の動きを報告する。

### 経過

新型コロナウイルスにおける国内および宮城県の主な出来事と当所の動きを表1に示した。当所の検査についての特記事項は以下の通りである。

#### 1. 2020年9月

23，24日に全自動核酸抽出増幅検査システムBDマックス（日本BD社）を2台設置した（写真1）。この検査機器は1日当たり鼻咽頭拭い液192検体の処理能力（核酸抽出～PCR検査）を有し，既存の機器と合わせると1日当たり240検体のPCR検査が可能となった。

#### 2. 2020年10月

1日付でウイルス系の人員が1名増員され，5名体制となった。

#### 3. 2021年2月

12日，リアルタイムPCR法にてN501Y変異株の検査を開始した。25日，当所から感染研へ全ゲノム解析を依頼していた検体からE484K変異株が初めて検出された。

#### 4. 2021年4月

14日，当所において初めてN501Y変異株を検出した。

27日，感染研から次世代シーケンサーMinION Mk1C（Oxford NANOPORE社）（写真2）が貸与され，同日，感染研の主催でMinION Mk1Cの実演を含む次世代シーケンサーウェブ研修が開催された。

#### 5. 2021年5月

当所職員の新型コロナワクチン接種が開始された。17～19日の3日間にわたりMinION Mk1C研修がウェブ開催された。検査件数が減り，検査業務対応の応援勤務が5月末で打ち切りとなった。

#### 6. 2021年6月

7日，リアルタイムPCR法によるL452R変異株検査を開始。18日付でウイルス系の人員が2名増員され，7名体制となった。30日，これまで個別に行ってきたN501Y変異株検査とL452R変異株検査を同時に行う検査系で検査を開始。これにより試薬や消耗品，労力の削減が図られた。

#### 7. 2021年7月

6～7日，当所で導入予定である次世代シーケンサーMiSeq（illumina社）（写真3）と同社製同系列機種であるiSeqに関する感染研主催の研修がウェブで開催された。14日，当所において初めてL452R変異株を検出した。

#### 8. 2021年8月

1日，次世代シーケンサー導入に備えて当所での全ゲノム解析実施に向けて準備を進めるとともに，昨年から行ってきた感染研への検体送付を終了した。3～5日には，MiSeqが搬入された。6日，国の通知に基づきN501Y変異株検査を終了しL452R変異株の単独検査に切り替えた。10～12日，illumina社によるMiSeqの実地トレーニングが実施された。18日，MiSeqでの全ゲノム解析を開始した。

#### 9. 2021年10月

MiSeqでの解析に加え，4日からMinION Mk1Cでの全ゲノム解析も開始した。

### まとめ

当所では，2020年1月に新型コロナウイルスの検査体

1 現 食肉衛生検査所    2 現 衛生研究所理化学課    3 現 青葉区保健福祉センター管理課

制を構築し、以来現在に至るまで 365 日体制で検査を行ってきた。係員は 4 名から 7 名に増員され、検査系はリアルタイム PCR 検査に加え各種変異株検査、次世代シーケンサーによる全ゲノム解析と多岐にわたり複雑化した。全ゲノム解析は担当者が中心となって行っているが、今後は全係員が行えるよう技術習得を進めていく予定である。

新型コロナウイルスを取り巻く状況はいまだに予測不能である。ワクチン接種が進んでいるものの、免疫逃避性のある変異株の出現も懸念されており、収束の見込みはたっていない。手指消毒の徹底、マスクの着用、会食の自粛等によりインフルエンザ等多くの感染症の発生数が減少しているものの RS ウイルスの大流行もあり、今後他のウイルスによる感染症の流行にも気を配っていきたいと考える。



写真2 次世代シーケンサーMinION Mk1C



写真1 全自動核酸抽出増幅システムBD マックス



写真3 次世代シーケンサーMiSeq

表1 新型コロナウイルスにおける国内および宮城県の主な出来事と当所の動き

年	月	国内	宮城県	当所の動き			
				変異株検査	次世代シーケンサー		
R2	10	10/1～11/27 GoToイート					
	11						
	12	12/25 空港検疫にて英国滞在歴のある患者（羽田2名、関空3名）からN501Y変異株を国内初検出					
R3	2	2/17 医療従事者のワクチン接種開始		2/12～ 6/29  N501Y  6/30～8/5 N501Y, L452R 同時検査  8/6～  L452R			
	3	3/15～21 宮城県の人口10万人あたりの感染者数が27.32人となり全国最多	2/23～ 3/16 GoToイート				
	4	4/5～5/11 緊急事態宣言				4/27 MinION Mk1C 借用開始, ウェブ研修	
	5					5/17～19 MinION Mk1C ウェブ研修	
	6					6/7～29 L452R	
	7					7/6, 7 iSeqウェブ研修	
	8	7/24～8/8 東京オリンピック開催全国42会場中3県5会場のみが有観客開催	有観客にてサッカー10試合を開催			6/30～8/5 N501Y, L452R 同時検査	8/3～5 MiSeq 搬入
						8/10～12 MiSeqトレーニング	
	9	8/24～9/5 東京パラリンピック開催	8/20～26 まん延防止等重点措置 8/27～9/12 緊急事態宣言 9/13～30 まん延防止等重点措置			8/18～ MiSeq 全ゲノム 解析	
	10	1日あたりの感染者数が減少 10/1：1440人 10/31：227人	1日あたりの感染者数が10人を下回った			10/4～ MinION Mk1C 全ゲノム 解析	

# 新型コロナウイルスの検査状況について（第2報）

～令和2年第5週から令和3年第43週まで～

松原弘明, 鹿野耀子, 丹野光里, 神鷹望, 狩野真由子<sup>1</sup>, 田村志帆, 石田ひろみ<sup>2</sup>, 川村健太郎,  
阿藤美奈子, 成田美奈子<sup>3</sup>, 勝見正道<sup>4</sup>, 毛利淳子, 相原篤志

キーワード：新型コロナウイルス, PCR検査, 変異株

## はじめに

令和元年に発生した新型コロナウイルス感染症に対応して、当所においても令和2年2月から新型コロナウイルスの検査を行ってきた。

令和2年第5週から令和3年第43週までに行った検査の状況について報告する。

## 検査実施状況

### 1 PCR法による陽性確定検査

当所で行った、週あたりの陽性確定検査数および陽性検体数状況を、図1に示す。

第1報（令和2年第42週まで）では、週あたりの陽性確定検査数はピーク時においても450～500検体程度に留まっていたが、その後はクラスター対応の検査に伴って、ピーク時の検査数が750検体程度に増大した。

その後、第3波が終息した令和3年第6週には、検査数は一旦93検体まで減少したが、E484K変異を持つR.1株による第4波の発生に伴い急激に増加し、第12週には1,125検体まで達した。

第4波以降、当所における陽性確定検査の他に、民間検査機関による委託検査や医療機関における検査体制が整備され、L452R変異を持つデルタ株による第5波発生時には、当所における検査数だけ見れば、最大でも598検体と、第4波の最大値の半分程度に留まった。

### 2 変異株検査

当所における新型コロナウイルス変異株検査および全ゲノム解析の実施状況を図2に示す。

令和3年第5週から、当時発生が懸念されていたアルファ株の探知を目的に、新たにN501Y変異株検査を開始した、その後、第22週にはデルタ株の探知を目的としたL452R変異株検査を並行して実施した。（N501Y変異株検査の実施は第30週まで。）

第4波発生当時のN501Y変異株検査は、週あたり最大184検体であったが、第5波発生当時のL452R変異株検査については、検体が処理しきれず、週あたり約250検体を第34週から3週連続で検査する必要があった。

### 3 全ゲノム解析

新型コロナウイルス発生当時から国立感染症研究所に陽性検体の遺伝子を送付して行ってきた全ゲノム解析を、令和3年第33週から当所において整備した次世代シーケンサーにより開始した。

一度に多数の検体を解析できる反面、前処理に丸二日を要することから定期的に安定して実施することが困難で、結果として週あたりの解析数の増減が激しく、平均すると週あたり50検体程度解析するのが限度であった。

### 4 医療機関等からの陽性検体の収集

週あたりの新型コロナウイルス陽性検体の収集状況を図3に示す。

陽性確定検査の民間委託や医療機関での実施が進むに伴い、当所の陽性確定検査実施分の検査全体に占め

1 現 食肉衛生検査所 2 現 衛生研究所理化学課 3 現 青葉区保健福祉センター管理課 4 現 細菌係

る割合が減少したため、市内の医療機関や検査機関に協力を求めて陽性検体の収集を行い、変異株検査や全ゲノム解析を行うための検体の確保に努めた。

当時、厚生労働省からの通知により、変異株の発生状況を正確に探知するため、各自治体における陽性検体の10%以上の変異株検査の実施を求められていたことによるものである。

第4波発生時は当所で変異株検査を行った検体の1割程度が医療機関等から収集したものであったが、第5波発生時には、一気に5割以上まで増大した。

### まとめ

新型コロナウイルス感染症への対応が長期化するに従い、流行が発生するたびに陽性確定検査数は増大し、医療機関や民間検査機関での検査なくしてPCR検査等の陽性確定検査体制を維持することは困難になった。

一方、第4波のアルファ株、第5波のデルタ株などの変異株の出現により、変異株検査や全ゲノム解析という新たな検査を実施する必要に迫られることとなった。

地方衛生研究所は、多くの機関が対応できる陽性確定検査については、なるべく委託を行い、変異株検査や全ゲノム解析など、重要かつ実施可能な機関が限られる検査へと、業務の中心を移行する必要があった。

今後、新型コロナウイルスのような新種のウイルスによるパンデミックが発生した場合、同様の経緯を辿ることが予想される。陽性確定検査については、民間検査機関等の検査体制が整い次第、順次委託し、地方衛生研究所は変異株検査、全ゲノム解析を着実にこなしていく体制づくりが求められる。また、陽性検体の収集について、医療機関、民間検査機関および検体搬送業者等と、早めに調整を行っておく必要がある。

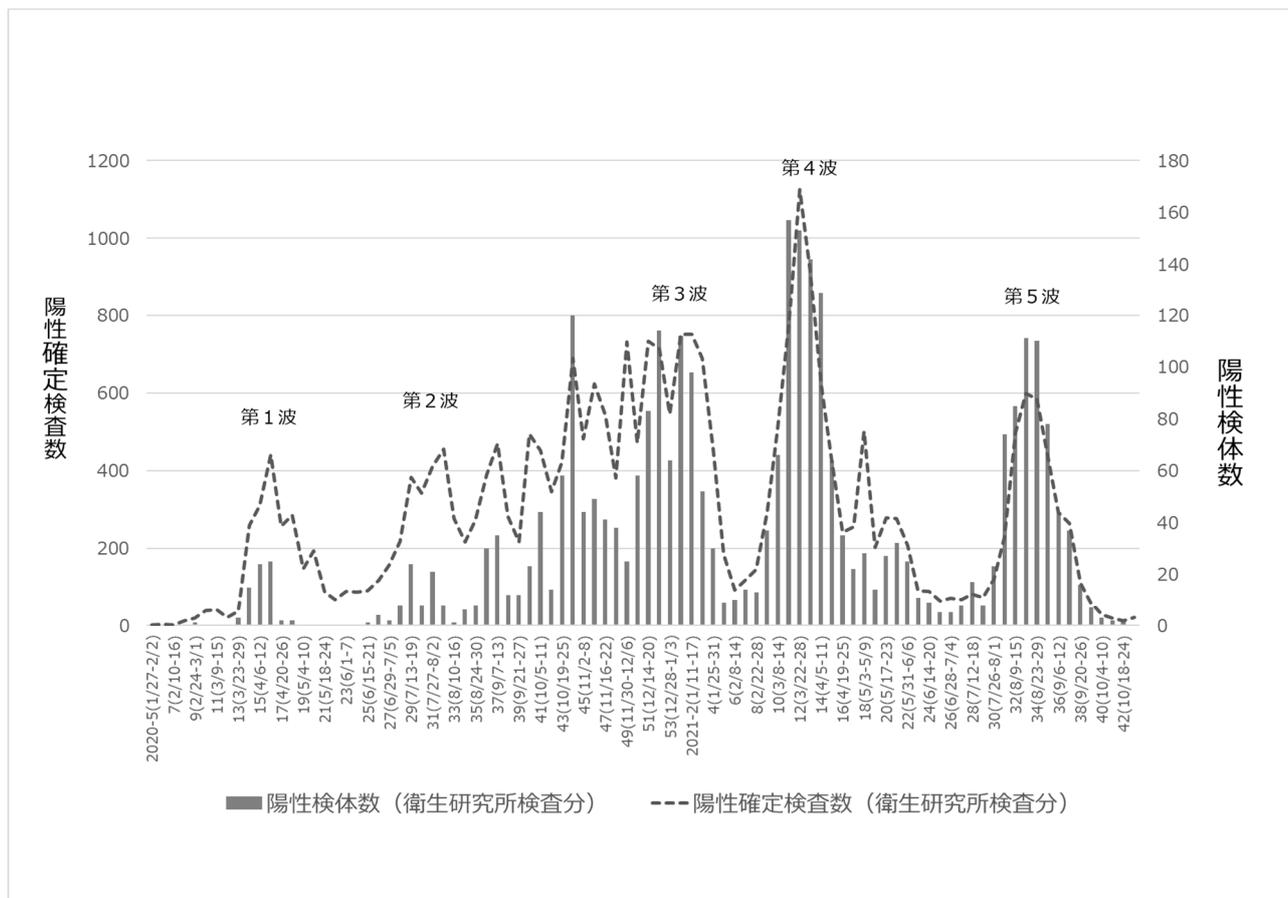


図1 当所における新型コロナウイルス陽性確定検査状況 (令和2年第5週～令和3年第43週)

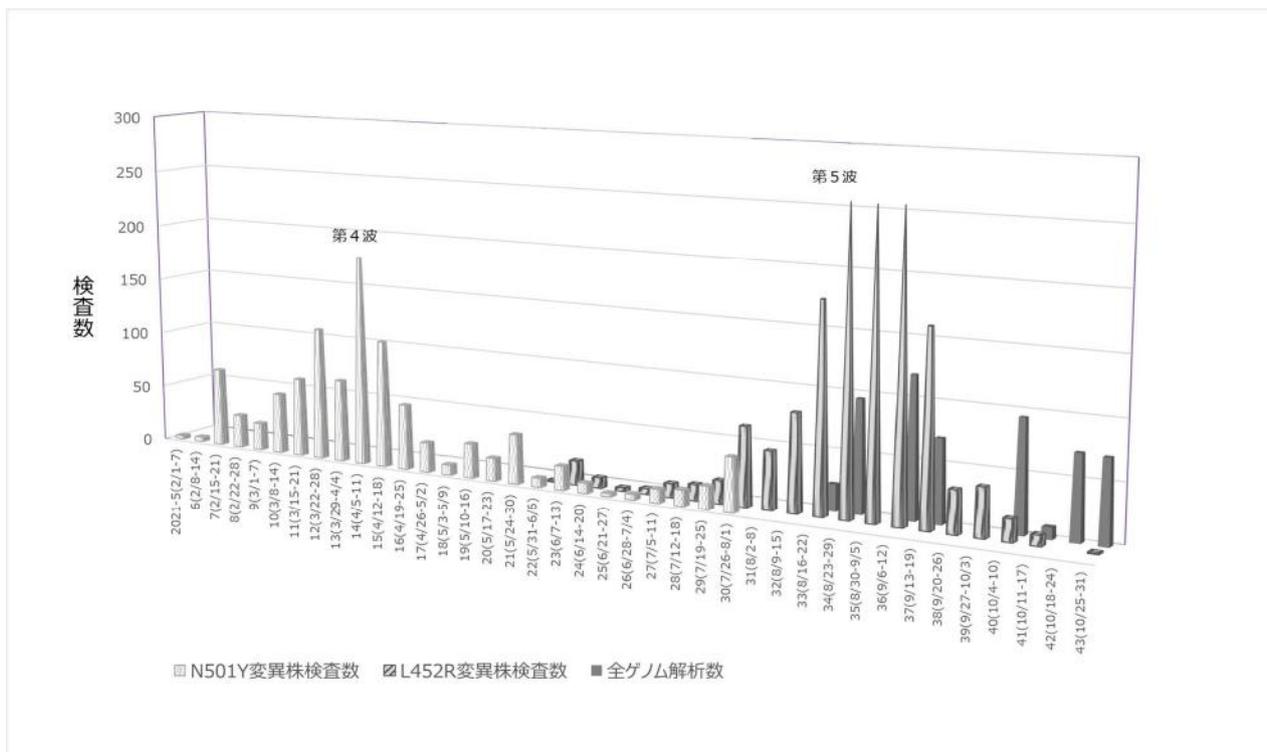


図2 当所における新型コロナウイルス変異株検査および全ゲノム解析状況  
(令和3年第5週～第43週)

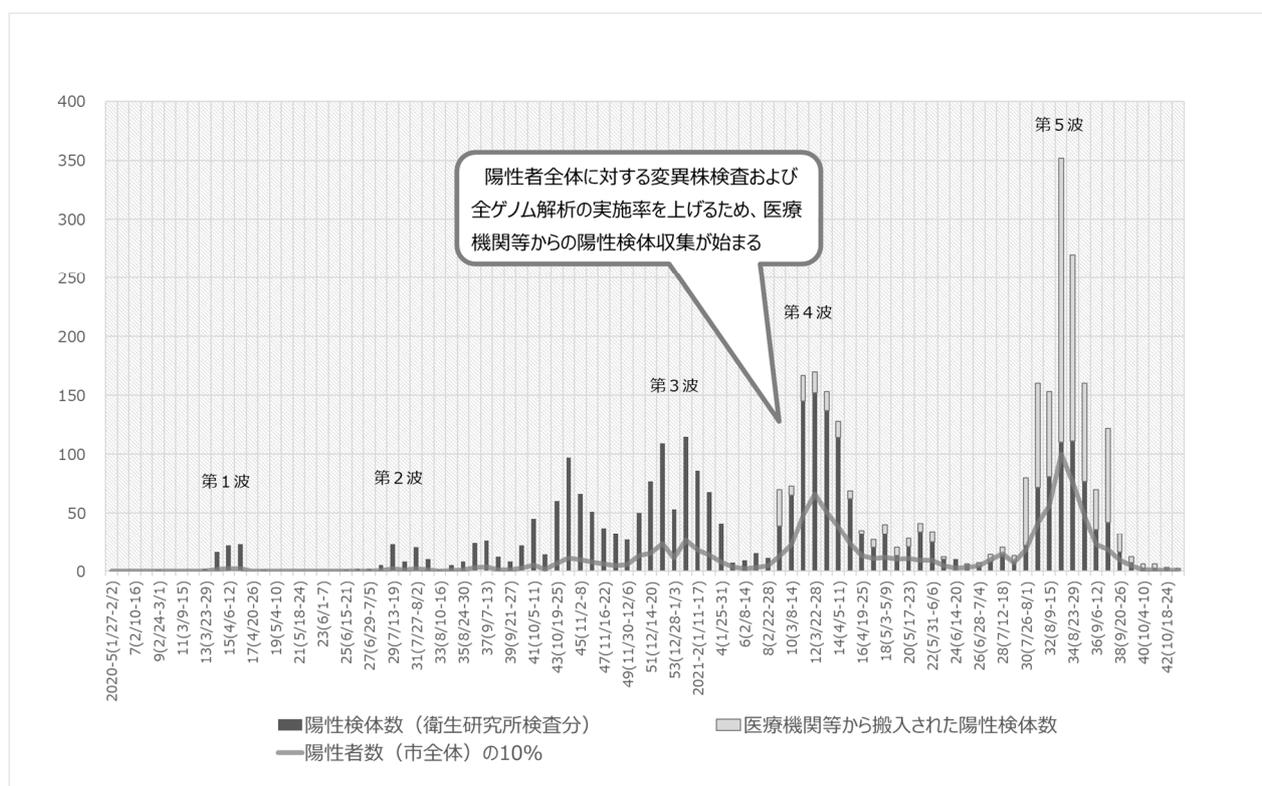


図3 当所における医療機関等からの新型コロナウイルス陽性検体の収集状況  
(令和2年第5週～令和3年第43週)

# 公共用水域等における要監視項目の追加について

## — PFOS 及び PFOA の測定方法の検討 —

東海敬一，包 智子，佐藤修一<sup>1</sup>

キーワード：PFOS，PFOA，公共用水域，要監視項目

### はじめに

令和2年5月28日付，「水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準等の施行等について(通知)」<sup>1)</sup>

(以下「環境省通知」という)により，公共用水域等の要監視項目にペルフルオロオクタンスルホン酸(以下「PFOS」とする)及びペルフルオロオクタン酸(以下「PFOA」とする)が追加され，指針値(暫定)としてPFOS及びPFOAの合計値50ng/L(0.00005mg/L)が設定された。

PFOS及びPFOAは化学的に安定した性質を持つことから，これまで撥水剤や泡消火剤等に広く使用されてきたが，環境中で分解されにくく，高残留性であること等が問題となっている。現在は，残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約(POPs条約)の対象物質となっており，国際的に製造・輸入・使用等が禁止されるなどの規制がとられている。

本稿では，環境省通知による河川水中のPFOS及びPFOAの測定方法について，検討結果を報告する。

### 試験方法

#### 1 試薬・標準液

##### 1) 試薬

使用した試薬は表1のとおりである。また，精製水には超純水(Sartorius arium pro UV)を使用した。

表1 使用試薬

メタノール	LC/MS用 関東化学製
アセトニトリル	LC/MS用 富士フイルム和光純薬製
1 mol/L酢酸アンモニウム溶液	HPLC用 富士フイルム和光純薬製
ギ酸	HPLC用 関東化学製
アンモニア水(28%)	試薬特級 富士フイルム和光純薬製

#### 2) 標準液

##### ① PFOS・PFOA 混合標準液

Wellington Laboratories 社製 L-PFOS(Sodium perfluoro-1-octanesulfonate) 50 µg/mL 及び

PFOA(Perfluoro-n-octanoic acid) 50 µg/mL をメタノールで希釈し，混合標準液(0.5 µg/mL)を調整した。なお，PFOS，PFOAには炭素鎖が直鎖状に結合したもの(直鎖体)と炭素鎖が分岐した構造異性体(分岐異性体)が存在する。環境省通知では直鎖体の検量線により分岐異性体を定量することとしており，今回使用した標準品は，直鎖体である。

また，PFOS 分岐鎖異性体確認のため AccuStandard 社製 Perfluorooctane Sulfonic Acid 100 µg/mL(構造異性体混合)を使用した。

##### ② サロゲート混合標準液

Cambridge Isotope Laboratories 社製 Perfluorooctanesulfonate(PFOS), Sodium Salt(<sup>13</sup>C<sub>8</sub>) 50 µg/mL 及び Perfluorooctanoic Acid(PFOA), (<sup>13</sup>C<sub>8</sub>) 50 µg/mL をメタノールで希釈し，サロゲート混合標準液(0.01 µg/mL)を調整した。

### 2 装置・分析条件

LC/MS/MSの測定条件は表2のとおりである。LC由来のブランク・夾雑成分等の分離のため，ディレイカラムをLCオートサンプラーの手前(溶離液ミキサー出口)に装着している。また，オートサンプラーバイアルはPP製のものを使用した。

固相送液装置はアクアローダーAL898(GLサイエンス製)を用い，ブランク対策としてPFAS抽出吸引送液キットを組み込んでいる。

固相カラムにはAutoprep PS@Liq(昭和電工製)を用いた。

### 3 操作

使用する器具類(ピペット，メスフラスコ，試験管，バイアル等)はメタノールによりあらかじめ洗浄した。

#### 1) 検量線作成用標準溶液

メタノール/水(1:1)少量を入れた共栓試験管にPFOS・PFOA混合標準液0.002~0.5mLを段階的にとり

<sup>1</sup> 現 環境局環境対策課

サロゲート混合標準液 1mL を加え、メタノール/水 (1:1) で 10mL とした。今回作成した検量線濃度範囲は PFOS 0.1~5ng/mL 及び 0.5~25ng/mL, PFOA 0.2~10ng/mL 及び 0.5~25ng/mL である。

表 2 LC/MS/MS 測定条件

LC	Prominence20A (島津製作所製)		
MS	API-3000 (SCIEX製)		
分析カラム	L-column2 ODS, 2.1×100mm, 3μm (化学物質評価研究機構製)		
カラム温度	40°C		
ディレイカラム	Delay Column for PFAS (GLサイエンス製)		
注入量	10μL		
流速	0.3mL/min		
溶離液	A: 10mM酢酸アンモニウム, 0.01%ギ酸 B: アセトニトリル		
グラジエント条件	Time(min)	A	B
	0	60	40
	1.5	60	40
	10	0	100
	12	0	100
	12.1	60	40
	17	60	40
測定モード	MRM (Negative)		
測定イオン(m/z)	PFOS	499	> 80
	PFOA	413	> 369
	PFOS- <sup>13</sup> C <sub>8</sub>	507	> 80
	PFOA- <sup>13</sup> C <sub>8</sub>	421	> 376
検出時間(min)	PFOS	8.6(直鎖), 7.8~8.3(分岐鎖)	
	PFOA	5.1(直鎖), 4.4(分岐鎖)	
	PFOS- <sup>13</sup> C <sub>8</sub>	8.6	
	PFOA- <sup>13</sup> C <sub>8</sub>	5.1	

## 2) 操作ブランク, 添加回収試験

図 1 に操作フローシートを示す。溶出には 0.1% アンモニア-メタノール溶液を用いた。なお、今回は試料のろ過, pH 調整は行っていない。

操作ブランクは精製水を用いた。添加回収試験として、3 地点の河川水を PP 製容器 (1L) に採取し、PFOS・PFOA 混合標準液 10μL を添加した。

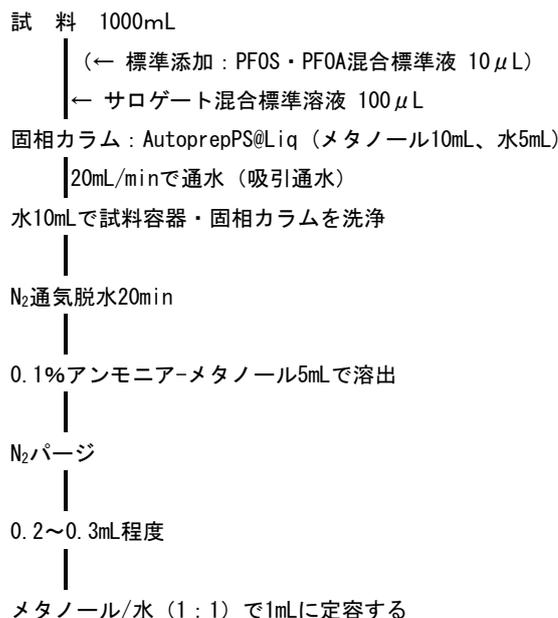


図 1 操作フローシート

## 結果及び考察

### 1 検量線

環境省通知による検量線の最低濃度は 0.5ng/mL となっているが、環境省による「令和 2 年度有機フッ素化合物全国存在状況把握調査」<sup>2)</sup> における報告下限値 PFOS 0.1ng/L, PFOA 0.2ng/L を参考とし、最低濃度を PFOS 0.1ng/mL, PFOA 0.2ng/mL として検量線の検討を行った。

図 2 に PFOS 及び PFOA の 0.5~25ng/mL の検量線を示す。r<sup>2</sup> は PFOS 0.9982, PFOA 0.9994 と良好な直線性が見られた。また、図 3 に PFOS 0.1~5ng/mL, 図 4 に PFOA 0.2~10ng/mL の検量線を示す。いずれも r<sup>2</sup> は 0.999 以上と良好な直線性が見られた。

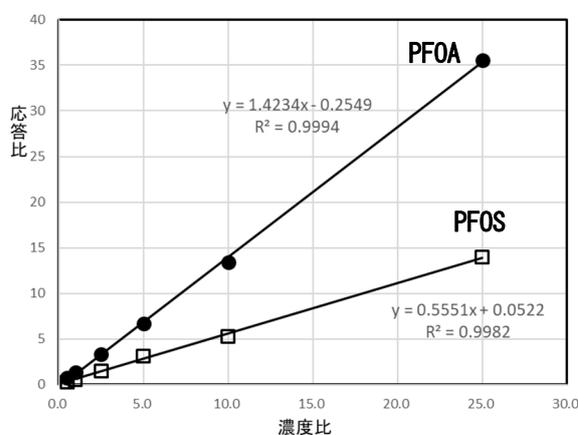


図 2 検量線 PFOS 及び PFOA 0.5~25ng/mL

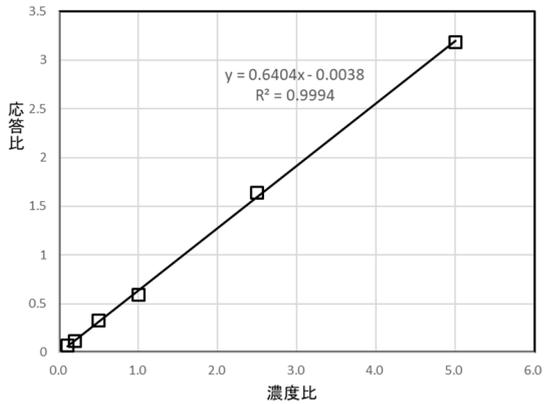


図3 検量線 PFOS 低濃度 0.1~5ng/mL

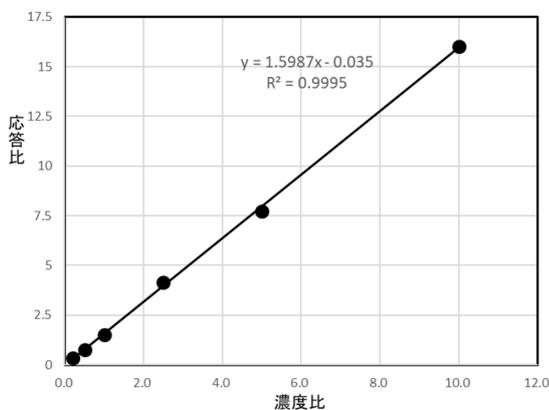


図4 検量線 PFOA 低濃度 0.2~10ng/mL

図5にPFOS 0.1ng/mL, PFOA 0.2ng/mLのクロマトグラムを示す。十分な感度が得られている。

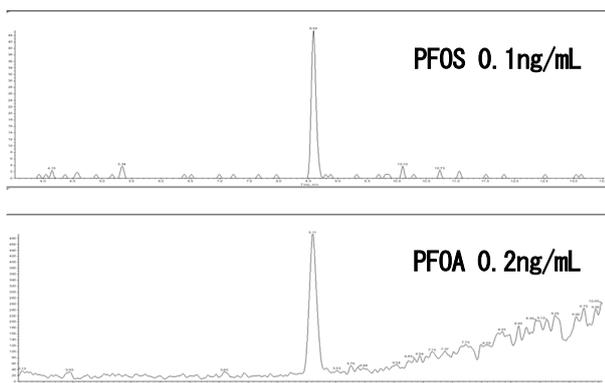


図5 PFOS 0.1ng/mL, PFOA 0.2ng/mL のクロマトグラム

## 2 操作ブランク, 添加回収試験結果

図6に操作ブランクのクロマトグラムを示す。PFOS, PFOAともに検出されなかったが(S/N比2未満), クロマトグラム上には, 直鎖異性体と思われるピークがわずかに認められた。

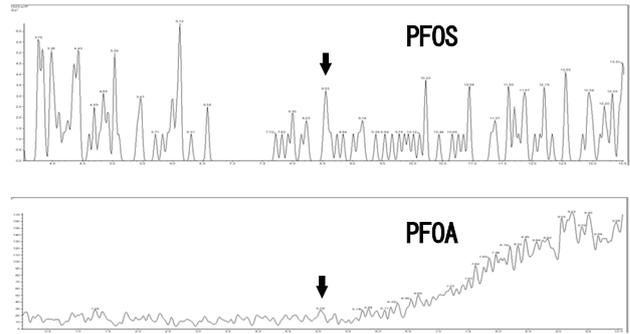


図6 操作ブランク PFOS, PFOAのクロマトグラム

河川水を用いた添加回収試験の結果を表3に示す。回収率はPFOS 92.0~94.8%, PFOA 82.5~87.2%, PFOS及びPFOA 88.7~90.7%であった。PFOSと比較してPFOAの回収率がやや低い傾向が見られたが, 概ね良好な結果が得られた。なお, 今回の試験は直鎖体によるものである。また, PFOSはナトリウム塩として定量している。

表3 添加回収試験結果

PFOS 添加回収 (ng/L)				
	河川水濃度 ※1	添加濃度 ※2	PFOS定量結果	PFOS回収率 (%)
添加試料1	0.02	2.40	2.23	92.0
添加試料2	0.04	2.40	2.30	94.3
添加試料3	0.08	2.35	2.31	94.8
				平均 93.7

PFOA 添加回収 (ng/L)				
	河川水濃度 ※1	添加濃度 ※2	PFOA定量結果	PFOA回収率 (%)
添加試料1	0.13	2.40	2.20	86.2
添加試料2	0.19	2.40	2.28	87.2
添加試料3	0.14	2.35	2.08	82.5
				平均 85.3

PFOS及びPFOA 添加回収 (ng/L)				
	河川水濃度 ※1	添加濃度 ※2	PFOA及びPFOS 定量結果	PFOS及びPFOA 回収率 (%)
添加試料1	0.15	4.80	4.43	89.1
添加試料2	0.23	4.79	4.58	90.7
添加試料3	0.22	4.70	4.39	88.7
				平均 89.5

※1: 河川水濃度は検量線の最低濃度未満であるが, 定量結果算出時に差し引いている。

※2: 添加量はPFOS(Na) 2.5ng, PFOA 2.5ngであるが, 試料によって容量が若干異なるため, 添加濃度に差がある。

図7に河川水, 図8に添加河川水のクロマトグラムを示す。河川水にはPFOS, PFOAともに直鎖及び分岐鎖異性体のピークが認められたが, いずれも検量線の

最低濃度未満であった。

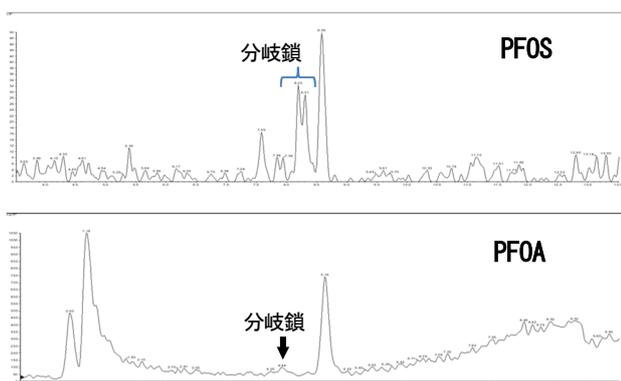


図7 河川水 PFOS, PFOA のクロマトグラム

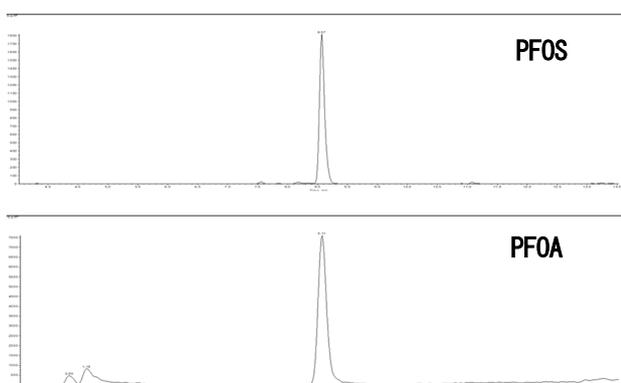


図8 添加河川水 PFOS, PFOA のクロマトグラム

図9にPFOSの河川水と異性体混合標準液のクロマトグラムを示す。河川水には分岐鎖異性体ピーク付近に不明ピークが見られており、定量時には注意が必要である。

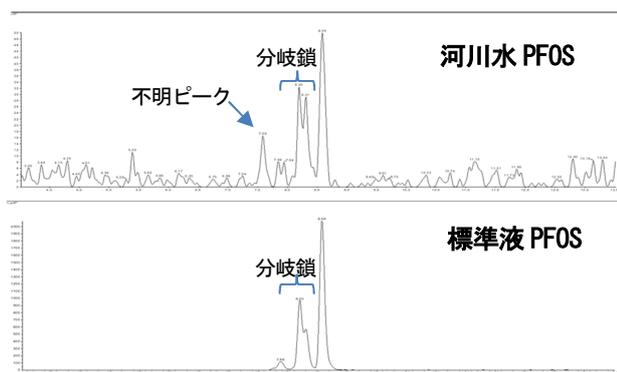


図9 PFOS 河川水と異性体混合標準液の比較

### まとめ

今回、環境省通知によるPFOS及びPFOAの分析方法の検討を行ったところ以下の結果が得られた。

### 1 検量線の検討結果

PFOS及びPFOA 0.5~25ng/mL, PFOS 0.1~5ng/mL, PFOA 0.2~10ng/mLの検量線について、いずれも良好な直線性が得られた。

### 2 操作ブランク、添加回収試験結果

操作ブランクは不検出であったが、クロマトグラム上にわずかにピークが認められており、操作時のコンタミネーションには十分な注意が必要である。

添加回収試験は、回収率がPFOS平均93.7%、PFOA平均85.3%、PFOS及びPFOA平均89.5%と概ね良好な結果が得られた。

今後、分岐鎖異性体を含む添加回収試験等のさらなる分析方法の検討を行い、市内の環境調査等を実施していきたいと考えている。

### 文献

- 1) 水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準等の施行等について(通知) 令和2年5月28日付け、環水大土発第2005281号 環水大土発第2005282号
- 2) 令和2年度有機フッ素化合物全国存在状況把握調査の結果について 令和3年6月22日 環境省HP

# トリカブトの混入が疑われたモミジガサおひたしによる有症苦情事例 —第1報 LC/MS/MSによる毒素の分析によるアプローチ—

関根百合子, 石田ひろみ, 茂野 悟<sup>1</sup>, 高橋 愛<sup>1</sup>, 黒井公江<sup>2</sup>, 山田信之<sup>3</sup>, 佐藤修一<sup>4</sup>

キーワード：トリカブト, モミジガサ, シドケ, 食中毒, 自然毒, アコニチン, LC/TOF-MS,

## はじめに

仙台市太白区内でモミジガサのおひたしを食べた市民が、舌と喉に強烈なしびれを感じる食中毒様症状を呈した。モミジガサ（地方名：シドケ）は芽生えがトリカブトと似た葉であるため、春に誤食事例が多い。この事例でもトリカブトによる症状と似ていたことから混入していた可能性が考えられた。しかし、1)発症者はおひたしを3回に分けて喫食しているが、その3回目ですべて症状を呈したことから、2)喫食者は発症者を含めて2名いたが、もう1名は発症しなかったこと、の2点により喫食した山菜と発症との因果関係が明確ではなく食中毒と断定するには至らなかった。

“おひたし”として、また残りの半分はだししょう油とマヨネーズによる“和え物”とし、各々長さ1～2cmに刻まれた残品が存在した。それらは一つ一つの個体が小さいため、形態から特定するには限界があったことから、毒素成分の分析および遺伝子的な調査を行うことにより、発症との因果関係を明確にすることを試みた。本報では、毒素成分の理化学分析結果について報告する。

## 目的

トリカブトの混入が疑われたため、トリカブトが持つ毒素であるアコニチン系アルカロイドの検出を行うこととした。複数回に分けて喫食したうちの1回のみ、また軽い症状で発症したことから、トリカブトが混入していたとしても極微量であると推測されたため、分析対象試料の採取方法については取りこぼしなく、また網羅的に行うよう留意し、アコニチン系アルカロイドに目的を絞って高速液体クロマトグラフ質量分析装置を用いた分析を行い、毒素成分の検出を試みることをとした。

## 調査方法

### 1 外観による鑑別

太白区保健福祉センター衛生課において、おひたしと和え物の各々の残品を水中にできるだけ広げて観察し、明らかにモミジガサと思われるものと判別が困難

なものに分け、以下の4つの分類とした。

- A：おひたしの判別困難なもの
- B：おひたしのモミジガサと思われるもの
- C：和え物の判別困難なもの
- D：和え物のモミジガサと思われるもの

当所においてもさらに鑑別を試み、トリカブトの可能性がありそうな葉を別に分けた。なお、葉を広げて観察するために使用した精製水については、全量を採取した。

### 1) 対象試料

#### ①残品

A～Dの各々1～2gを採取して秤量し、メタノールを加えてホモジナイズし上清をろ過した。残渣にメタノールを加えてホモジナイズし上清をろ過し、はじめの抽出液と合わせ溶媒留去後、採取した試料と等倍になるようメタノールで定容した。なおAおよびCの試料（外観で判別困難なもの）は、すべての個体の一部を少量ずつ採取し、取りこぼしのないようにした。

#### ②参考品及びその他

参考として、

E：モミジガサ（しどけ）として販売されていた購入品

F：過去に当課職員が山で採取したトリカブトの冷凍保存品を残品と同様にメタノールで抽出した。

G：形態を確認する際に葉を広げるために使用した水146mLは、精製用固相カラム（Waters製 Oasis HLB3cc）により精製及び濃縮し、最終1mLとした。

### 2 高速液体クロマトグラフ質量分析法(LC/MS/MS)による分析

#### 1) 分析条件

- ・分析装置：高速液体クロマトグラフ質量分析装置  
エービーサイエックス社製 QTRAP4500
- ・分析カラム：Imtakt Scherzo SM-C18  
(粒子径 3.0 μm, 内径 2.0mm, 長さ 150mm)

<sup>1</sup> 太白区衛生課 <sup>2</sup> 太白区衛生課（現 泉区衛生課） <sup>3</sup> 太白区衛生課（現 理化学課） <sup>4</sup> 現 環境局環境対策課

- ・溶離液：A) 10mM ギ酸アンモニウム水溶液  
B) メタノール
- ・流速：0.2mL/min
- ・注入量：5 $\mu$ L
- ・カラム温度：40 $^{\circ}$ C
- ・イオン化法：ESI
- ・測定モード：ポジティブ
- ・MRM モニターイオン(m/z)：

成分名	Precursor	Product1	Product2	Product3	Product4
アコニチン	646.2	586.3	77.1	368.1	105.0
メサコニチン	633.2	573.1	77.0	355.1	104.9
ジェサコニチン	676.2	616.3	135.1	556.2	368.1
ヒパコニチン	616.3	556.2	524.2	338.1	105.0

## 2) 結果

A：おひたしの判別困難なもの、F：トリカブト冷凍保存品、G：鑑別に利用した水 からアコニチンを検出したが、A から検出されたアコニチンの濃度は0.5ppbを下回っていた。

アコニチンの致死量は2～5 mgといわれていること、また他の食中毒事例における残品についての分析結果(メサコニチン 0.415 $\mu$ g/g, アコニチン0.153 $\mu$ g/g)<sup>1)</sup>と比較しても、本事例での検出濃度0.5ppb(ng/g)は1/1000以下であり、発症を裏づけることは困難であると思われた。さらに、メサコニチン、ジェサコニチン、ヒパコニチンは検出されなかったため、トリカブトの混入には懐疑的な結果となった。

## 3 飛行時間型質量分析法(LC/TOF-MS)による分析

### 1) 分析概要・条件

2の2)のLC/MS/MSによる分析に加え、正確性を担保するため、精密質量でより高い定性能力を持つ飛行時間型質量分析法による検証を行うこととした。当所では所有していない機器であるため、使用しているLC/MS/MSのメーカーに分析を依頼した。

- ・分析装置：エービーサイエックス社製  
X500R QTOF System
- ・分析カラム：Imtakt Scherzo SM-C18  
(粒子径 3.0 $\mu$ m, 内径 2.0mm, 長さ 150mm)
- ・溶離液：A) 10mM ギ酸アンモニウム水溶液  
B) メタノール
- ・流速：0.2mL/min

- ・注入量：10 $\mu$ L
- ・カラム温度：40 $^{\circ}$ C
- ・イオン化法：ESI
- ・測定モード：ポジティブ MS+Product Ion, IDA(Information Dependent Acquisition)
- ・MSレンジ：MS：100-1000, MS/MS：50-1000
- ・DP：60V, CE：50V
- ・モニター時間：30min

## 2) 結果

マスペクトルの精度、保持時間、同位体比、MS/MSのライブラリーサーチの判定結果より、A：おひたしのうち判別困難なもの、の抽出液からアコニチンが検出された(図1)。

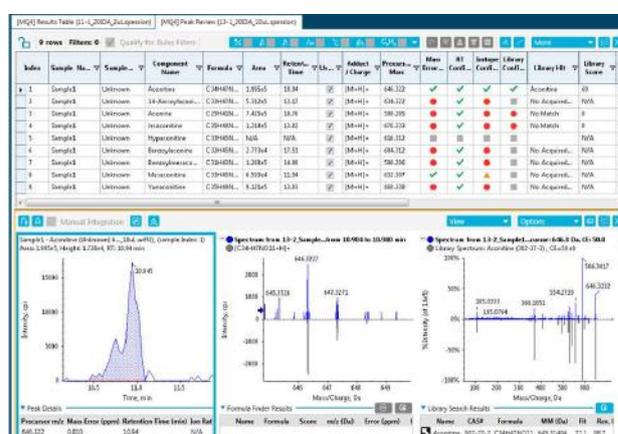


図1 アコニチンの確認(XIC)

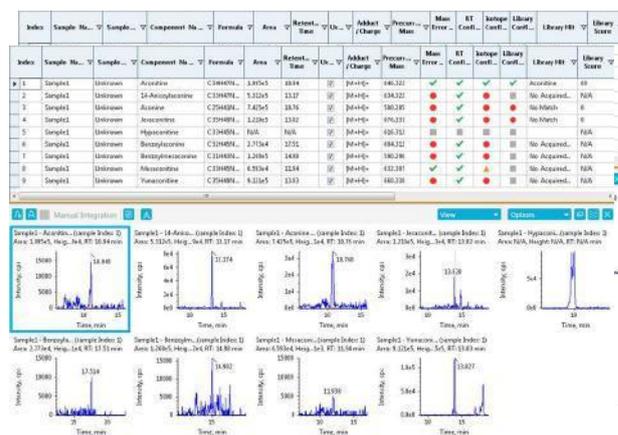


表1 構造推定された化合物

Name	m/z	Rt (min)
Loss of C2H4 and C7H4O2	498.27	10.8
Loss of C2H4 and C7H4O2+Demethylation	484.25	10.1
Loss of C2H2O and C7H4O+Demethylation	486.27	14.0
Loss of CH2O and CH2O+Glucose Conjugation	748.36	13.5
Loss of C2H4 and Demethylation+Glucose Conjugation	766.33	5.9
Loss of CH2O and C7H4O2+Glucose Conjugation	658.34	18.2
Loss of O and C7H4O2+Glucose Conjugation	672.35	17.3
Parent (Aconitine)	646.32	11.0

表1に示すように、植物生体内においてアコニチン由来で生成されたと考えられる数種の化合物が検出された。脱ベンゾイル、脱エチル、脱メチル体の組合せ、さらにそれらの配糖体と考えられる複数の成分と推定された。

### 考察

当所におけるLC/MS/MSによる分析、およびメーカーによるLC/TOF-MS分析の結果、苦情品残品にはわずかにアコニチンが含まれていた。また、アコニチンやその脱離体の配糖体が複数検出されたことから、アコニチン単体の何らかの汚染ではなく、トリカブト生体が混入していたことが裏づけられた。

発症に至った状況と、ごくわずかなトリカブトの摂取があったことには矛盾がなく、発症の原因がわずかなトリカブトの混入だった、と推定された。

残品は細切されたものであったため形態的に鑑別することができなかった。また、当所のLC/MS/MSにより検出した成分は、トリカブト毒として知られている成分のうち一成分のみであり、残品のほんの一部にしか検出されなかった上、その濃度も低かった。そのため、トリカブトの混入を裏づけることは困難であった。しかし、TOF-MSを使用できたことで、精密質量による高い定性能力と高感度分析が可能となり検出できたことは、トリカブトの混入を示す根拠となった。また、調理過程でアコニチンが分解すると言われている<sup>2)</sup>が、今回アコニチンの複数の脱離体が検出されたことは、トリカブトの生体内で生成されたことのほか、調理過程で脱離した可能性も示唆された。今後TOF-MSの整備等により、同様の事例において多角的な

データが得られることが望ましいと、改めて認識させられた。

天然の植物には、含有されていることがよく知られている成分が存在しない一方、同様の中毒症状を呈する類縁体が存在する個体がある<sup>3) 4) 5)</sup>など、複数成分の詳細な分析が必要である。多角的な成分の分析にはTOF-MSの併用が望ましい。今後もさまざまな手法を用いて原因究明に貢献していきたい。

なお、分子生物学的なアプローチについて第2報で報告する。

### 文献

- 1) 食品衛生学雑誌, Vol.37, No.4, 202-209(1996)
- 2) 宮崎県衛生環境研究所年報, 30, 107-111(2018)
- 3) 日本救急医学会雑誌, 20, 31-36(2009)
- 4) 名古屋市衛生研究所報, 66, 57-59(2020)
- 5) 令和元年度「地域保健総合推進事業」地方衛生研究所北海道・東北・新潟ブロック「精度管理事業」報告書

# トリカブトの混入が疑われたモミジガサおひたしによる有症苦情事例

## —第2報 PCR法による分子生物学的アプローチ—

石田ひろみ, 関根百合子, 川村健太郎, 茂野悟<sup>1</sup>, 高橋愛<sup>1</sup>, 黒井公江<sup>2</sup>, 山田信之<sup>3</sup>, 佐藤修一<sup>4</sup>

キーワード: トリカブト, モミジガサ, PCR法, マルチプレックスPCR, 塩基配列解析

### はじめに

山菜のモミジガサを「おひたし」にして食べたところ、舌と喉に強烈な痺れを感じ、医療機関を受診したという食中毒様の事例が仙台市太白区内で発生した。

モミジガサ(地方名シドケ)は毒草のトリカブトと外観が似ているため、誤食事例が多い。当該事例もトリカブトによる症状と類似していたことから、「おひたし」の中にトリカブトが混入していた可能性が示唆された。

搬入された残品は、加熱調理後、細かく刻まれた大量の断片であり、1個体ずつ選別することや、形態から判断することは困難であった。そこで、毒素成分の分析及びPCR法による分子生物学的な調査を行うことにより発症との因果関係を明確にすることを試みた。第2報では、このうちPCR法について述べる。

PCR法は、残品が少ない場合や加熱や調理により形態が保持されていない場合でも有効な方法である。当所においてPCR法でトリカブトの鑑別をすることは初めてであったため、はじめに参考品を用いた予備実験で条件検討を行ったのち、実際の試験品(残品)について調べた。本報では、予備実験から得られた知見と、試験品での分析結果について報告する。

### 材料と方法

#### 1 参考品を用いた予備実験

モミジガサ、トリカブトをPCR法で鑑別する方法は門間ら<sup>1)</sup>により報告されている。まずこの方法で、個体ごとの鑑別が可能であることを確認した。次に、今回の試験品を想定した模擬試料を調製し、混合物の中に存在するトリカブトを検出する方法や検出感度について検討した。

##### 1) 参考品

モミジガサ 購入品

トリカブト 2008年採取、当所冷凍保存品

##### 2) 装置

分光光度計はUV-2450(島津製作所)、サーマルサ

イクラーはGeneAmp PCRシステム9700(Applied Biosystems)、電気泳動装置はMupid-2plus(アドバンス)、UV照射装置はFAS-IVフルシステム(日本ジェネティクス)、キャピラリー電気泳動装置は3500 Genetic Analyzer(Applied Biosystems)を用いた。

#### 3) プライマー

既報<sup>1)</sup>のモミジガサ用のプライマー対(TMOMI-DDF5/TMOMI-DDR6)と、トリカブト用のプライマー対(TTORIDF1/TTORI-DR2)を用いた(日本遺伝子研究所に合成委託した精製品)。

#### 4) DNAの抽出

参考品のモミジガサ、トリカブトの葉をそれぞれ0.2g採取して乳鉢で磨砕し、CTAB法でDNAを抽出した。抽出したDNAは波長260nmの吸光度を分光光度計で測定して濃度を算出した。

#### 5) PCR

PCR反応液の組成、条件は既報<sup>1)</sup>のとおりEXTaqHS(タカラバイオ)を使用し、サーマルサイクラーで98°C10秒間、60°C30秒間、72°C60秒間を1サイクルとして40サイクルで増幅を行った。増幅反応は、モミジガサ用、トリカブト用のプライマー対をそれぞれ単独で用いる方法と、両者のプライマー対を混合して一つの反応系で行う方法(マルチプレックスPCR)で行った。

#### ① 個体のモミジガサとトリカブトの鑑別

[鋳型DNA]

- ・モミジガサDNA: 2.5ng/μl
- ・トリカブトDNA: 2.5ng/μl
- ・モミジガサDNA+トリカブトDNA: 各々1.25ng/μl

[PCR反応系: 25μl容]

鋳型DNAとしてそれぞれ1.0μlを添加した。

#### ② 模擬試料を用いたモデル実験

[鋳型DNA]

- ・モミジガサDNA: 2.5ng/μl
- ・トリカブトDNA: 2.5ng/μl~2.5×10<sup>-6</sup>ng/μl  
(TE緩衝液で10倍段階希釈により調製)

<sup>1</sup> 太白区衛生課、<sup>2</sup> 太白区衛生課(現 泉区衛生課)、<sup>3</sup> 太白区衛生課(現 理化学課)、<sup>4</sup> 現 環境局環境対策課

[PCR 反応系：25 $\mu$ l 容]

鋳型 DNA としてモミジガサ DNA 1.0 $\mu$ l + 各濃度のトリカブト DNA 1.0 $\mu$ l を添加した。

## 6) 電気泳動

PCR 反応液 5 $\mu$ l をゲルローディング緩衝液 2 $\mu$ l と混合後、3%アガロースゲル (0.5 $\mu$ g/ml エチジウムブロマイド含有) にて、TBE 緩衝液中 100V 定電圧で 40 分間電気泳動を行った。泳動後、UV 照射装置上で予想される増幅長のバンド (モミジガサ 136bp, トリカブト 254bp) が検出されることを確認した。分子量マーカーは 50bp Ladder (タカラバイオ) を使用した。

## 2 試験品(残品)からのトリカブトの検出

予備実験の成果を元に、試験品(残品)中から DNA を抽出し、PCR 法によるトリカブトの検出を試みた。一方、今回用いたプライマー対は植物種間で特異性が高い ITS 領域でデザインされていることを利用し<sup>2)</sup>、PCR 法でトリカブトと推定されるバンドが検出された場合は PCR 産物の塩基配列解析を行い、植物種の同定を試みた。

### 1) 試験品(残品)

太白区保健福祉センター衛生課に搬入された試験品は、モミジガサをゆでた「おひたし」(図 1) と、その一部をマヨネーズで和えた「和え物」の残品であった。苦情主は「和え物」を食べて食中毒様症状を呈した。各々の残品を水中に広げて観察し、明らかにモミジガサと思われるものと判断が困難なものに分け、以下の 4 つの分類とした。このとき、トリカブトと思われる断片は見つからなかった。

- A: おひたしの判別困難なもの 46.26g
- B: おひたしのモミジガサと思われるもの 53.63g
- C: 和え物の判別困難なもの 16.61g
- D: 和え物のモミジガサと思われるもの 28.23g  
(各重量は毒素成分の分析後の残量)



図 1 搬入された試験品(おひたし)

加熱調理後 1~2cm に刻まれており、形態では判別不能

## 2) DNA の抽出

太白区保健福祉センター衛生課で分別した A から D の試料について、毒素成分の分析に用いた試料の残り全量に、それぞれ等量の滅菌水を加えてホモジナイズし試料液とした。この試料液からそれぞれ 0.4g (残品 0.2g 相当) を採取し、CTAB 法で DNA を抽出した。DNA の抽出操作は各 2 連で行い、サンプル名は A-1, A-2, B-1, B-2, C-1, C-2, D-1, D-2 とした。抽出した DNA は、それぞれ 2.5ng/ $\mu$ l になるように TE 緩衝液で希釈した。

## 3) PCR

A-1, A-2, B-1, B-2, C-1, C-2, D-1, D-2 について、トリカブトの単独 PCR と、マルチプレックス PCR を行った。陽性対照には、モミジガサ、トリカブトの個体での単独 PCR の際に得られた PCR 産物を用いた。

## 4) 塩基配列解析

3) の PCR 産物を NucleoSpin Gel and PCR Cleanup (タカラバイオ) で精製後、BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems) で標識し、塩基配列をキャピラリー電気泳動装置で解析した。得られた塩基配列について DNA データベース (GenBank/NCBI) の BLAST 相同性検索を実施し、植物種の同定を行った。

## 結果と考察

### 1 参考品を用いた予備実験

#### 1) 個体のモミジガサとトリカブトの鑑別

モミジガサ用のプライマー対を単独で用いた PCR (図 2A) では、モミジガサ由来の DNA (Lane1), 混合 DNA (Lane3) で 136 bp のバンドが検出され、トリカブト由来の DNA (Lane2) では検出されなかった。トリカブト用プライマー対を単独で使用した場合 (図 2B) は、トリカブト DNA (Lane2), 混合 DNA (Lane3) で 254 bp のバンドが検出され、モミジガサ DNA (Lane1) では検出されなかった。両者のプライマー対を混合して一つの反応系で行うマルチプレックス PCR (図 2C) では、モミジガサ DNA で 136 bp (Lane1), トリカブト DNA (Lane2) で 254 bp, 混合 DNA (Lane3) で 136 bp, 254 bp の二つのバンドが検出された。いずれの場合も陰性対照 (Lane4) ではバンドは検出されなかった。

これらの結果から、単独プライマー対での PCR, またはマルチプレックス PCR のいずれの方法でも、個体であればモミジガサとトリカブトを鑑別できることがわかった。また、2 種類の DNA が混在している場合でも、その割合が同程度であれば、それぞれの DNA の存在を確認することができ、マルチプレックス PCR では

モミジガサ由来の 136bp, トリカブト由来の 254bp のバンドが明確に区別され, 1 回の PCR で両方の DNA の存在を確認できる可能性が示唆された。

## 2) 模擬試料を用いたモデル実験

### (モミジガサ中に混入しているトリカブトの検出)

先に実施した毒素成分の分析結果や, 苦情主の症状が比較的軽症であったことから, 試験品中に混入して

いるトリカブトは非常に少ないことが予想された。そこで, 大量のモミジガサ DNA の存在下で僅かに存在するトリカブト DNA を検出する条件を検討するため, モミジガサ DNA の量に対して等量, 1/10, …, 1/10<sup>6</sup> 量のトリカブト DNA を混入させた模擬試料を調製し, PCR 反応に用いた。PCR 後の電気泳動の結果を図 3 に示した。

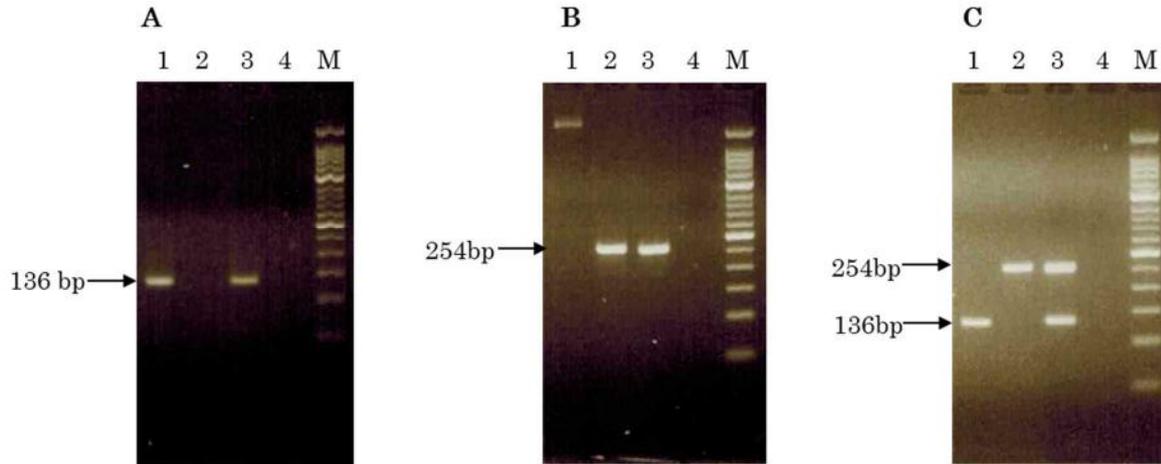


図 2 モミジガサ, トリカブトの個体から抽出した DNA の PCR 結果

A: モミジガサプライマー B: トリカブトプライマー C: マルチプレックス PCR

Lane1: モミジガサ由来 DNA, Lane2: トリカブト由来 DNA,

Lane3: 混合 DNA (モミジガサ DNA とトリカブト DNA を等量混合したもの)

Lane4: 陰性対照 (DNA を加えなかったもの), M: 分子量マーカー (50bp Ladder)

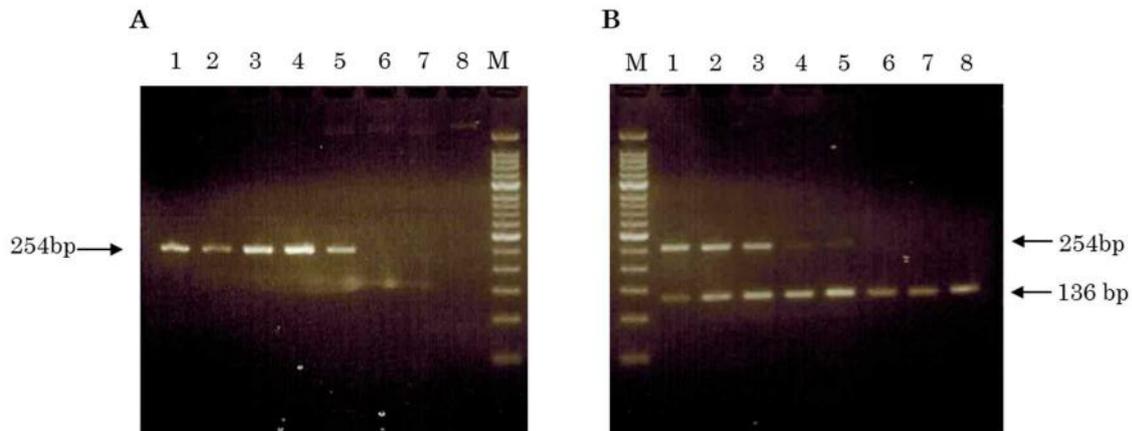


図 3 モミジガサ DNA 中に混入しているトリカブト DNA の検出限界

A: トリカブト用プライマー対での単独 PCR B: マルチプレックス PCR M: 分子量マーカー (50bp Ladder)

モミジガサ DNA の濃度は一定, トリカブト DNA の濃度は 1→7 Lane で順に 1/10 ずつ下げて添加 (モミジガサと等量→1/10<sup>6</sup>量)

Lane No.	1	2	3	4	5	6	7	8
モミジガサ DNA 終濃度 (一定)	0.1ng/μl (全て同じ)							
トリカブト DNA 終濃度 (10 倍段階希釈)	0.1ng/μl	0.1ng/μl ×10 <sup>-1</sup>	0.1ng/μl ×10 <sup>-2</sup>	0.1ng/μl ×10 <sup>-3</sup>	0.1ng/μl ×10 <sup>-4</sup>	0.1ng/μl ×10 <sup>-5</sup>	0.1ng/μl ×10 <sup>-6</sup>	添加せず

トリカブト用プライマー対を単独で使用した場合（図3A）は、モミジガサ DNA の量に対して等量 $\sim 1/10^4$ 量のトリカブト DNA を混入させた試料でトリカブト由来の 254 bp のバンドが検出され（Lane1 $\sim$ 5）、 $1/10^5$ 量以下（Lane6 $\sim$ 8）では検出されなかった。一方、マルチプレックス PCR（図3B）では、等量 $\sim 1/10^2$ 量のトリカブト DNA を混入させた試料で 254 bp のバンドが検出された（Lane1 $\sim$ 3）。 $1/10^3$ 、 $1/10^4$ 量（Lane4、5）では薄くバンドが見えるが、 $1/10^5$ 量以下では検出されなかった（Lane6 $\sim$ 8）。モミジガサ由来の 136 bp のバンドはトリカブト DNA の添加量に関わらず検出された。

これらの結果から、モミジガサ DNA の量を 1 としたとき、トリカブトのプライマー対を単独で用いた PCR では  $1/10,000$ 、マルチプレックス PCR では  $1/100$  程度のトリカブト DNA の混入を鑑別できる可能性が示唆された。マルチプレックス PCR は二つのバンドを同時に検出できる点では有効であるが、単独プライマーよりも検出感度が低く、少量のトリカブトの混入を確認するためには、単独プライマー対を用いる方法が適し

ていると考えられた。

## 2 試験品(残品)からのトリカブトの検出

### 1) PCR による検出

試験品は細切された大量の断片であり、1 個体ずつ選別して DNA を抽出することは困難であった。そこで、試験品 A $\sim$ D の毒素成分分析後の残りをそれぞれ全量ホモジナイズして均一化し、混合試料とした。この試料から DNA を抽出し、PCR 法によりトリカブト DNA を検出した。

トリカブト用プライマー対を単独で使用した場合（図4A）は、サンプル A1（Lane 1）と D1（Lane7）でトリカブト由来と思われる 254 bp のバンドが検出され、他のサンプルからは検出されなかった。一方、マルチプレックス PCR（図4B）では、すべてのサンプルで 254 bp のバンドは検出されず、モミジガサ由来と思われる 136 bp のバンドのみ検出された。これらの結果と予備実験の結果から、サンプル A1 と D1 には、モミジガサ DNA の  $1/100\sim 1/10,000$  程度の割合でトリカブト DNA が混入している可能性が示唆された。

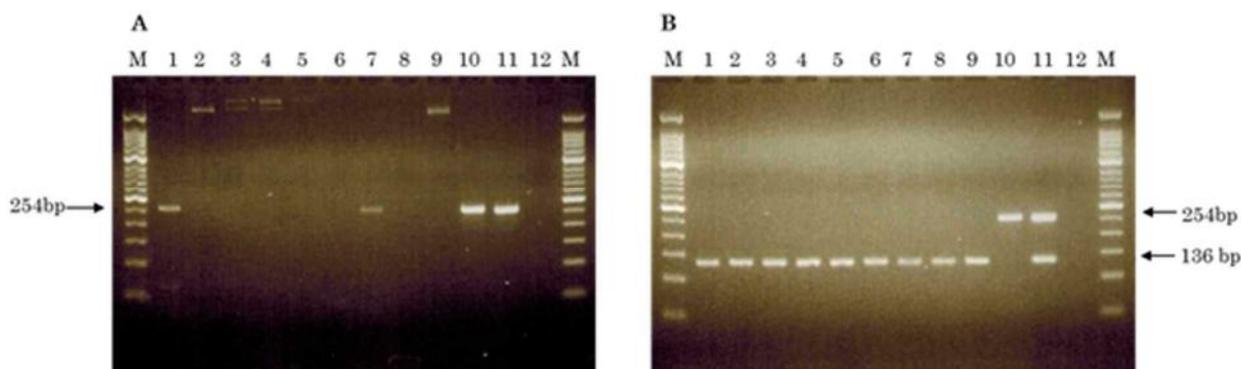


図4 試験品から抽出した DNA の PCR 結果

- A : トリカブトプライマー単独の PCR B : マルチプレックス PCR  
 Lane1 : A1, Lane2 : A2, (おひたしの判別困難なもの由来)  
 Lane3 : B1, Lane4 : B2, (おひたしのモミジガサと思われるもの由来)  
 Lane5 : C1, Lane6 : C2, (和え物の判別困難なもの由来)  
 Lane7 : D1, Lane8 : D2, (和え物のモミジガサと思われるもの由来)  
 Lane9 $\sim$ 11 : 陽性対照 (Lane9 モミジガサ, 10 トリカブト 11 混合 DNA)  
 Lane12 : 陰性対照 (DNA を加えなかったもの)  
 M : 分子量マーカー (50bp Ladder)

## 2) 塩基配列解析

1) の PCR の結果、サンプル A1, D1 でトリカブト由来と推定される 254bp のバンドが検出された。この PCR 産物について塩基配列解析を行った結果、A1 と

D1 の塩基配列は一致した。解析した塩基配列について BLAST 相同性検索を行った結果（表 1）、トリカブト属 (*Aconitum*) との相同性が高いことがわかった。このことから、サンプル A1, D1 にはトリカブト属

の DNA が存在していたことが強く示唆された。

**表 1 サンプル A1 と D1 の BLAST 相同性検索結果 (上位 5 位まで)**

No.	適合候補遺伝子	Accession number	配列類似性 (%)
1	<i>Aconitum kusnezoffii</i> (トリカブト属)	MH712656.1	99.6
2	<i>Aconitum kusnezoffii</i> (トリカブト属)	MH447360.1	99.6
3	<i>Aconitum okuyamae</i> (ウゼントリカブト)	LC382377.1	99.6
4	<i>Aconitum sachalinense subsp. yezoense</i> (エゾトリカブト)	LC382376.1	99.6
5	<i>Aconitum jaluense</i> (トリカブト属)	MH259807.1	99.6

## まとめ

### 1 予備実験から得られた知見

予備実験では PCR 法によるトリカブトの鑑別について検証した。個体の場合は、単一の DNA が抽出されるため、1 回の PCR で両方の DNA の存在を確認できるマルチプレックス PCR が有効であると考えられた。例えば 1 枚の葉から DNA を抽出して PCR を行うとき、マルチプレックス PCR であれば、検出されたバンドサイズを元に、その葉がモミジガサであるかトリカブトであるかを一度で鑑別することができる。どちらのバンドも検出されない場合には、どちらでもない別の植物種であると推定できる。

一方、今回の試験品のように、細かな断片が大量に存在する試料の場合、そこから葉を 1 枚ずつ選別し、それぞれを 1 個体として扱い、各々 DNA を抽出して PCR を行い、葉一枚ごとにモミジガサであるかトリカブトであるかを鑑別するのは現実的な方法ではない。そこで、試料全体を均一化した混合試料中に存在するトリカブト DNA を PCR 法により検出する方法を考えた。

既報<sup>1)</sup>では個体のトリカブトから抽出した DNA での検出限界については確認されていたが、混合物での検出限界についての報告はなかった。そこで、モミジガサ DNA に様々な濃度のトリカブト DNA を加えた模擬試料を調製し、混合物での検出限界について調べた。その結果、トリカブトの単独プライマーを用いた場合には、モミジガサ DNA の 1/10,000、マルチプレックス PCR ではモミジガサ DNA の 1/100 程度の割合で混入しているトリカブト DNA を検出できることがわかった。従って、PCR 法は、混合試料中に僅かに混入しているトリカブトを検出する方法としても有効であると考えられた。

### 2 試験品(残品)からのトリカブトの検出

試験品(残品)での PCR と塩基配列解析の結果、試験品 A「おひたしの判別困難なもの」と、D「和え物のモミジガサと思われるもの」からトリカブト属の DNA が検出された。また、マルチプレックス PCR では検出されず単独プライマーでの PCR でのみ検出されたこと、トリカブトが検出されたのは 2 連の操作のうち一方のみであったことを考えると、トリカブトの混入率は検出限界程度であった可能性が高く、1/10,000 程度か、さらに低いと考えられる。

以上のことから、「おひたし」と「和え物」のいずれの残品中にも極微量のトリカブト DNA が確かに存在しており、摂食した当時、トリカブトが含まれていた可能性がある。苦情主が実際に食べて症状を呈した「和え物」の残品である D からトリカブト DNA が検出されたことから、発症の原因となった可能性は十分に考えられる。

## 文献

- 1) 門間公夫 大石充男：マルチプレックス PCR によるトリカブト、ニリンソウ及びモミジガサの鑑別，東京健康安全研究センター年報，68，109-115 (2017)
- 2) 武内伸治 高橋正幸 菅野陽平 高野敬志 佐藤正幸 藤本啓：ITS1 領域塩基配列を用いたトリカブト関連植物及びクサウラベニタケ判別法の検討，道衛研所報，68，23-27 (2018)

# 令和2年度食品添加物一日摂取量調査（成人）

## ー加工食品中のプロピオン酸についてー

林柚衣，梶直貴，石田ひろみ，木村雅子，佐藤睦実，根岸真奈美，関根百合子，佐藤修一<sup>1</sup>

キーワード：プロピオン酸，食品添加物，一日摂取量，マーケットバスケット方式，保存料，ガスクロマトグラフ  
タンデム質量分析装置

### はじめに

当所では，昭和55年度より厚生省（現 厚生労働省）の委託によりマーケットバスケット方式<sup>1) 2)</sup>を用いた食品添加物一日摂取量調査に参加し，食品添加物の摂取実態調査を実施してきた。現在は，国立医薬品食品衛生研究所（以下，「国衛研」という）が中心となり，全国8都府市の地方衛生研究所が参加し調査を行っている。令和2年度は成人（20歳以上）における保存料及び着色料の一日摂取量を算出することを目的とし，表1のとおり各機関で調査項目を分担して，表2に示す加工食品群第1群から第7群の摂取量調査を実施した。各機関はマーケットバスケット方式により，表2に示す食品群ごとに試料を調製し，その分析結果から各食品添加物の一日摂取量を算出した。また，調査対象添加物の表示がある食品については別途個別に分析し，成人（20歳以上）の喫食量に基づいて一日摂取量を求めた。

本報では，当所が分析を担当したプロピオン酸の調査結果を報告する。

### 調査方法

#### 1 試料調製

##### 1) 試料の購入

表1の各機関（東京都健康安全研究センター，千葉県衛生研究所及び広島県立総合技術研究所保健環境センターを除く）は，地元のスーパーマーケット，小売店等で，表2に示すとおり7群に分けた189種類286品目の加工食品を購入した。なお，この表は，平成22年度に独立行政法人国立健康・栄養研究所が行った「食品摂取頻度・摂取量調査の特別集計業務」の報告書（平成23年1月28日）の結果に基づいて作成されたものである。

表1 調査項目及び担当機関

	調査項目	担当機関
保存料	パラオキシ安息香酸エステル類	札幌市衛生研究所
	プロピオン酸	仙台市衛生研究所
	亜硫酸塩類（二酸化硫黄）	香川県環境保健研究センター
	安息香酸	長崎市保健環境試験所
ソルビン酸		
デヒドロ酢酸		
着色料	タール色素	千葉県衛生研究所
	カンタキサンチン	(混合試料) 広島県立総合技術研究所保健環境センター (個別試料) 東京都健康安全研究センター
	β-アポ-8'-カロテナール	
	ノルピキシン	(混合試料) 沖縄県衛生環境研究所 (個別試料) 国立医薬品食品衛生研究所
	ピキシン	

表2 食品群別分類及び喫食量

群番号	食品群	食品数	品目数	喫食量 (g/日)
				20歳以上
第1群	調味嗜好飲料	41	63	706.4
第2群	穀類	27	40	120.3
第3群	いも類	7	13	49.8
	豆類	16	18	74.6
	種実類	5	5	2.6
第4群	魚介類	12	18	29.3
	肉類	4	8	11.6
	卵類	1	3	2.5
第5群	油脂類	9	11	13.4
	乳類	14	26	48.5
第6群	砂糖類	4	4	2.5
	菓子類	23	51	27.4
第7群	果実類	3	3	0.9
	野菜類	20	20	23.1
	海藻類	3	3	0.2
	総計	189	286	1113.1

1 現 環境局環境部環境対策課

## 2) 分析試料の調製

試料の調製は、食品添加物測定用マーケットバスケット方式による試料調製方法<sup>1)</sup>に準拠した。すなわち、購入した加工食品を表2の食品群に分類し、各食品の成人(20歳以上)の平均喫食量を基にした規定量を採取後、第1群はそのまま、第2～7群は等量の水を加え、群別にホモジナイザーで粉碎混合し、均一化して試料を調製した(以下、「混合試料」という)。混合試料は、合成樹脂製容器に100gずつ分注し、各群2本ずつ分析担当機関に冷凍状態で送付した。また、調査対象食品添加物の表示がある食品(以下、「個別試料」という)については別途購入し、混合試料送付時に併せて必要量を当該添加物の分析担当機関あてに送付した。

## 2 分析方法

当所における平成28年度食品添加物一日摂取量調査に関する報告<sup>3)</sup>のプロピオン酸分析法及び、令和元年6月28日付け薬生食基発0628第1号・薬生食監発0628第1号厚生労働省医薬・生活衛生局食品基準審査課長、厚生労働省医薬・生活衛生局食品監視安全課長通知のプロピオン酸確認試験法を参考にした。分析方法を図1、測定条件を表3に示した。

## 3 添加回収試験

国衛研が調製した各群の混合試料に、試料中濃度が4.0µg/gとなるようにプロピオン酸を添加し、回収率を求めた(n=3)。回収率は、83.2%(第1群)～128%(第7群)(n=3の平均)であった(表4)。なお、本法における試料の検出下限はJIS K0123(ガスクロマトグラフィー質量分析通則)に従って算出した値とし、定量下限は検出下限の5倍とした。この方法により、定量下限値を0.351µg/gとした。

試料採取 混合試料 第1群:15g, 第2～7群:30g  
(実試料として15gに相当)

+水 150mL  
+塩化ナトリウム 約80g  
+リン酸(1→10) 数mL (pH2～2.5に調整)  
+シリコーン樹脂 数滴

水蒸気蒸留 水酸化ナトリウム(1→100)20mLを受器に入れ、冷却管の先端を浸し捕集

定容 留液を280～290mL採取し、水で300mLに定容

分取 100mL容ナスフラスコに30mL分取

減圧濃縮 約2mLに濃縮(湯浴温度:約45～50℃)

定容 水で洗い込んで、4mLとする

イオン交換

+強酸性イオン交換樹脂<sup>注1)</sup> 0.5g

振とう 5min

ろ過 あらかじめ、ギ酸(1→50)0.3mLを入れた試験管にメンブレンフィルター0.45µmでろ過

定容 水で6mLにする

試験溶液

ガスクロマトグラフタンデム質量分析計

注1) オルガノ(株)製アンバーライトCG-120を1N塩酸で処理し、H型にしたもの

図1 プロピオン酸分析方法

表3 測定条件

機種:Agilent GC:7890B/MS:7000D

カラム:Agilent DB-HeavyWAX  
(長さ30m×内径0.25mm×膜厚0.25µm)

注入口温度:250℃

インターフェース温度:250℃

カラム温度:100℃(2min)→10℃/min 155℃  
→30℃/min 230℃(1min)

キャリアーガス:ヘリウム 流量2.4mL/min

試料注入法:パルスドスプリットレス(パルス圧210kPa,  
パルス時間1.0min)

注入量:1µL

イオン化法:EI(70eV)

測定方法:Scan/MRM 同時測定

MRM測定イオン(m/z):74.0→73.0(定量用)  
74.0→56.0, 74.0→55.0(定性用)

**表4 混合試料の食品群別 添加回収率(%)，検出限界，定量限界**

	食品群						
	1 調味嗜好飲料	2 穀類	3 いも類・豆類・種実類	4 魚介類・肉類・卵類	5 油脂類・乳類	6 砂糖類・菓子類	7 果実類・野菜類・海藻類
検出下限値 (μg/g)	0.0702	0.0702	0.0702	0.0702	0.0702	0.0702	0.0702
定量下限値 (μg/g)	0.351	0.351	0.351	0.351	0.351	0.351	0.351
添加量 (μg/g)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
回収率 (%)	69.2	92.5	83.6	115	101	87.7	115
	84.6	87.5	90.1	121	116	96.2	138
	95.7	86.7	96.6	112	101	103	130
平均値 (%)	83.2	88.9	90.1	116	106	95.6	128

**結果及び考察**

**1 混合試料の分析結果**

**1) プロピオン酸の含有量**

機関別及び食品群別のプロピオン酸の含有量の結果を表5に示した。プロピオン酸は、全ての機関・食品群から検出された。食品群別でみると、含有量が最も高かったのは第4群で、6機関の平均値は4.86μg/gであった。機関別・食品群別の含有量の最高値は、香川県の第2群で14.9μg/gであったが、第2群は沖縄県の1.05μg/gから香川県の14.9μg/gと含有量に差がみられた。

各機関が購入した食品の中でプロピオン酸の表示があるものはなかったが、プロピオン酸は種々の微生物の代謝物として発酵食品(みそ、しょう油、パン生地、ブドウ酒、バター、チーズなど)に含まれる<sup>4)</sup>ことから、これら天然由来のプロピオン酸が検出されたものと推測された。また、プロピオン酸は着香目的での使用が可能であることから、香料として使用されていたプロピオン酸が検出された可能性も考えられる。なお、

香料として使用した場合の添加物表示は、物質名を表記せず、使用目的を表す「一括名」による表示が認められているため、表示から使用の有無の判別は出来ない。

**2) 試料含有量から算出した一日摂取量**

各機関別・食品群別のプロピオン酸一日摂取量の算出結果を表6に示した。これは、機関別・食品群別プロピオン酸含有量に、表2の20歳以上の群別喫食量を乗じて算出したものである。成人のプロピオン酸一日総摂取量(各機関の全食品群の摂取量を合算したものの平均値)は2.33mg/人/日であった(表6)。

今回の結果は、当所で調査した平成28年度のプロピオン酸一日総摂取量の結果(1.74mg/人/日;20歳以上)と比較すると、やや増加した。これは、全機関の一日総摂取量が平成28年度よりも増加したことに起因するものと考えられた。

食品群別では、摂取量が最も多かったのは第1群で1.17mg/人/日であった。

**表5 混合試料の機関別・食品群別プロピオン酸含有量 20歳以上 (n=3)**

(単位: μg/g)

機関名	食品群						
	第1群	第2群	第3群	第4群	第5群	第6群	第7群
札幌市衛生研究所	2.29	1.77	2.63	7.89	1.23	1.34	2.31
仙台市衛生研究所	1.89	2.97	1.40	5.23	1.22	1.90	3.35
国立医薬品食品衛生研究所	1.64	1.21	1.78	2.92	1.18	1.14	1.53
香川県環境保健研究センター	0.972	14.9	1.40	5.63	0.823	1.17	1.68
長崎市保健環境試験所	1.40	7.02	1.72	4.69	1.10	1.45	2.01
沖縄県衛生環境研究所	1.73	1.05	1.18	2.76	0.552	2.10	2.45
平均値	1.65	4.81	1.68	4.86	1.02	1.52	2.22

表6 混合試料の機関別・食品群別プロピオン酸一日摂取量 20歳以上

(単位: mg/人/日)

機関名	食品群							総摂取量
	第1群	第2群	第3群	第4群	第5群	第6群	第7群	
札幌市衛生研究所	1.62	0.212	0.334	0.342	0.0762	0.0401	0.0559	2.68
仙台市衛生研究所	1.34	0.357	0.177	0.227	0.0753	0.0569	0.0809	2.31
国立医薬品食品衛生研究所	1.16	0.145	0.227	0.127	0.0730	0.0340	0.0371	1.80
香川県環境保健研究センター	0.686	1.79	0.178	0.244	0.0510	0.0350	0.0406	3.02
長崎市保健環境試験所	0.986	0.844	0.218	0.204	0.0679	0.0432	0.0487	2.41
沖縄県衛生環境研究所	1.22	0.127	0.149	0.120	0.0342	0.0637	0.0593	1.77
平均値	1.17	0.579	0.214	0.211	0.0629	0.0453	0.0538	2.33

## 2 プロピオン酸摂取への食品群別寄与率

プロピオン酸一日総摂取量に対する食品群別の寄与率を図2に示した。寄与率が最も高かったのは、第1群で50.1%、次いで第2群の24.8%、第3群の9.2%であった。平成28年度の調査結果においても、第1群の寄与率(44.9%)が最も高かった。

今回の調査及び平成28年度の調査ともにプロピオン酸の表示のある食品はなかった。第1群には醤油やワインなどの発酵食品が含まれるため、それらの製造過程でプロピオン酸が生成することが想定されるが、突出して含有量が多いとは言えなかった(表5)。そのため、第1群の寄与率が最も高かった理由としては、全喫食量の63.5%を第1群が占めていることが考えられた(表2)。

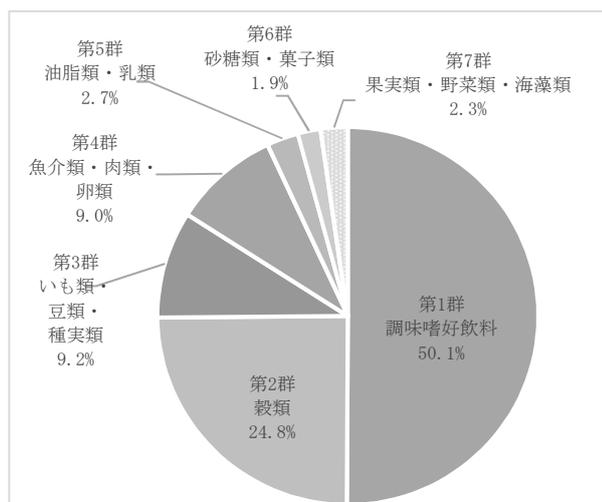


図2 プロピオン酸一日総摂取量に対する食品群寄与率 (20歳以上)

## まとめ

プロピオン酸の20歳以上の一日総摂取量は、平均2.33mg/人/日であった。これは前回調査の平成28年度より、やや増加した。なお、プロピオン酸の一日摂取許容量(ADI)は、FAO/WHO合同食品添加物専門家会議(JECFA)では、食品添加物としての使用については安全性に懸念はないため「制限しない」とされている。

今回、各機関で購入した食品の中でプロピオン酸の表示のあるものはなかったが、全ての機関・食品群でプロピオン酸は検出された。これは、発酵食品などに含まれる天然由来のものや、香料の成分の一つとして配合されたプロピオン酸が検出されたものと推測された。

プロピオン酸摂取への食品群寄与率については、第1群が50.1%と最も高かった。これは、全喫食量の63.5%を第1群が占めていることに起因するものと考えられた。

## 文献

- 1) 厚生省環境衛生局食品化学課編:食品添加物の一日摂取量調査に関する研究,厚生省食品化学レポートシリーズNo.58, p45-46 (1994)
- 2) 食品添加物研究会編:あなたが食べている食品添加物-食品添加物一日摂取量の実態と傾向-総合版(本編・資料編), p5-10 (2001)
- 3) 小野寺和子ほか:仙台市衛生研究所報 Vol.46, p92-95
- 4) 第9版食品添加物公定書解説書〈下〉D-1970-D-1974 (2019)

# 仙台市における大気中微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）成分調査

## —令和2年度調査結果報告—

林英和, 伊勢里美, 赤間博光, 赤松哲也, 庄司岳志, 佐藤修一<sup>1</sup>

キーワード：PM<sub>2.5</sub>, 微小粒子状物質, 成分調査

### はじめに

平成21年9月9日に「微小粒子状物質による大気汚染に係る環境基準について」が告示され、環境基準（長期基準：質量濃度の1年平均値が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下、かつ、短期基準：1日平均値の年間98%タイル値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下）が定められた。平成22年3月31日には、「大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準について」が改正された。

これにより各地方公共団体は、自動測定機による質量濃度測定の実施が求められ、さらに地域の実情に応じた効果的なPM<sub>2.5</sub>対策の検討を行う目的で成分調査の実施が求められることとなった。

仙台市では平成23年度から自動測定機による質量濃度の測定を開始し、現在大気汚染防止法に基づく常時監視測定局21箇所のうち計15箇所で行っている。またこれと併行して平成24年度から市内2箇所で行って成分調査を開始している。

この調査をもとに、仙台市におけるPM<sub>2.5</sub>の発生状況を把握するとともに、その発生源及び発生機構を推定し、また継続的に実施することで発生源の経年的な推移及び健康影響に関する知見を蓄積したいと考えている。本報では、令和2年度に行った成分調査結果について報告する。

### 調査方法

調査は「大気中微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）成分測定マニュアル」（環境省、令和元年5月）、「微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）の成分分析ガイドライン」（環境省、平成23年7月）及び「環境大気常時監視マニュアル 第6版」（環境省、平成22年3月）に従って実施した。

#### 1 測定地点と調査期間

図1に測定地点の位置、表1に測定地点の概要、表2に調査期間について示した。

測定地点は、令和元年度に引き続き中野測定局（一般局）と秋保測定局（一般局）の2地点を選定した。測定期間は環境省によって統一捕集期間として示されている年4期、各期連続した14日間において、各日概

ね午前10時または11時から24時間採取を行っている。



図1 測定地点

表1 測定地点の概要

No.	測定地点	測定局種別	地域区分
1	中野測定局	一般環境大気	第一種住居地域
2	秋保測定局	一般環境大気	都市計画区域外

表2 調査期間

季節	統一試料捕集期間
春	令和2年 5月13日（水） ～ 5月27日（水）
夏	令和2年 7月23日（木） ～ 8月6日（木）
秋	令和2年10月22日（木） ～ 11月5日（木）
冬	令和3年 1月21日（木） ～ 2月4日（木）

#### 2 測定項目及び測定方法

表3に測定項目及び測定方法、表4には各測定項目の使用フィルタ及び使用機器を示した。測定項目に今後測定対象となる可能性がある項目として、カドミウムとスズを追加した。

ナトリウム、カリウム、カルシウムの3物質については、水抽出によるイオン成分と全分解による無機元素成分とで重複して測定しているが、質量濃度の計算

等には全分解による無機元素成分の値を用いている。なお両者の値は概ね一致しており、この3物質については水溶性の寄与が大きい。

表3 測定項目及び測定方法

区分	測定項目	測定方法
質量濃度		フィルタ捕集-質量法
イオン成分 (8項目)	Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Na <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup>	イオンクロマトグラフ法 (第3版)
無機元素 (25項目)	Na, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Mo, Sb, Cs, Ba, W, Pb, Cd, Sn	酸分解-ICP/MS法
炭素成分 (9項目)	有機炭素 (OC1, OC2, OC3, OC4) 元素状炭素 (EC1, EC2, EC3) 炭素補正量 (OCpyro)	サーマルオプテカル・リフレクタンス法(第3版)
	水溶性炭化水素 (WSOC)	NPOC法

\*実施推奨項目、\*\*今後測定対象となる可能性がある項目、印なしは実施必須項目

表4 使用フィルタ及び使用機器

区分	使用フィルタ	使用機器
試料採取	PTFE: Pall Teflo φ47mm 石英: Pall 2500QAT-UP φ47mm	・Thermo Scientific PLUS-2025i
質量濃度	PTFE	・Sartorius SE 2-F
イオン成分	石英	・Dionex ICS-5000
無機元素	PTFE	・Anton Perl Multiwave 3000 ・Agilent Technologies 7800 ICP-MS ・Sunset Laboratory
炭素成分	石英	・Lab Instrument Model 5 ・島津製作所 TOC-V CPH

## 調査結果及び考察

### 1 令和2年度調査結果及び考察

#### 1) 自動測定機調査結果

過去5年間における自動測定機による測定値を図2に示した。図からわかるように、仙台市におけるPM<sub>2.5</sub>質量濃度は大きく見ると、春から夏にかけて高くなり冬は低くなるという波状の動きを示し、約5~20 μg/m<sup>3</sup>の濃度で推移している。1年のうち短期基準値(35 μg/m<sup>3</sup>)を超過する高濃度日が見られることがあり、令和2年度においては数回観測されている。また、日平均値は変動はあるものの概ね20 μg/m<sup>3</sup>を下回っており、長期基準である15 μg/m<sup>3</sup>を達成していた。

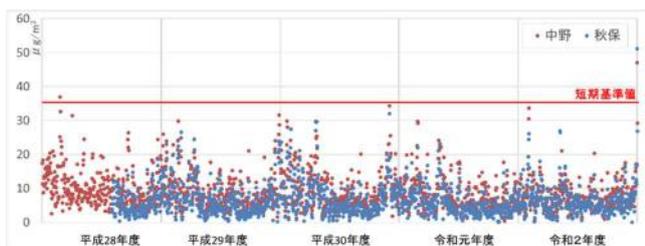


図2 過去5年間の自動測定機の質量濃度結果

### 2) 成分調査結果

各測定局における令和2年度の測定データは成分調査結果一覧として文末の表5、表6に示した。成分調査期間中の各測定局の主要な成分について、各日のデータを図3に示した。図の構成は、棒グラフ全体が質量濃度を示しており、各成分濃度をその内訳として示している。ただし、低濃度であった無機元素成分、塩化物イオン及びマグネシウムイオンはまとめて「微量成分」として示した。また、質量濃度と各成分濃度の合計との差は「その他」として示している。

両局の主成分は、これまでの調査と同様に、硫酸イオン、アンモニウムイオン、硝酸イオン等のイオン成分、有機炭素、元素状炭素であった。

各成分濃度を比較すると、2局ともほぼ同様の傾向を示したが、自動車関連の排出源から検出される成分の一部(道路粉じん (Al, Ca, Ti, Fe), ブレーキ粉じん (Ti, Fe, Cu, Sb, Ba), 自動車排気 (EC))については、中野局の方がやや高い傾向にあった。また、中野局周辺には鉄鋼工業の事業場が存在しており、秋保局と比較して、Cr, Mn, Ni, Znも高くなる傾向にあった。また、今回、夏季の採取期間に秋保局の質量濃度が顕著に高くなる事象を観測している。これについては考察を含め後述する。

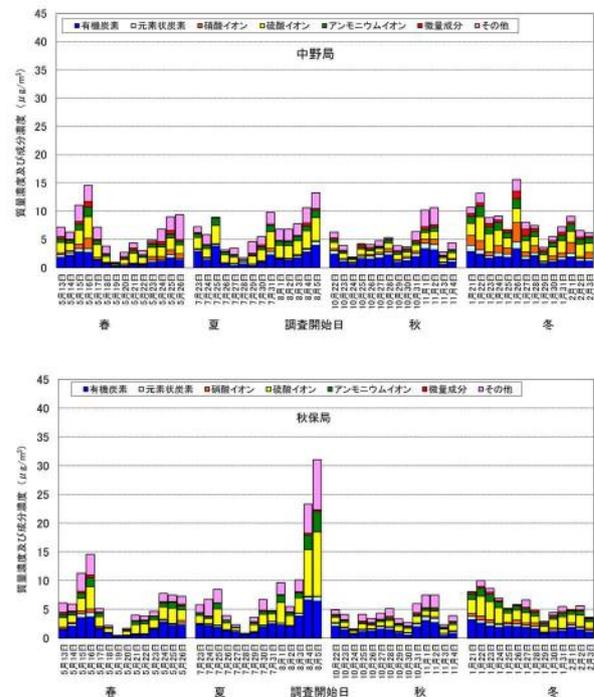


図3 中野局、秋保局の成分濃度結果

### 3) 季節ごとの傾向と考察

令和2年度の季節ごとの平均濃度を図4に示した。

例年、春、夏季には硫酸イオン、アンモニウムイオン、「その他」成分が増加する傾向がある。気温が上がると光化学反応が活発化し、排出されたガス状物質が大気中で反応して粒子となる二次生成が促進されるほか、春は黄砂が飛来しやすい気象条件であり、これらのことが影響していると考えられる。

秋、冬季は硝酸イオンが増加する傾向があり、これは二次生成粒子である硝酸アンモニウム塩が、ガスと粒子の間で平衡関係にあり、気温の低下により粒子生成方向に反応が進むためと考えられる。秋保局は中野局と比較して硝酸イオンの増加が小さく、これは、秋保局が山間部に位置しているため地域的な発生源が少なく、大気中の窒素酸化物濃度が低いためと考えられた。

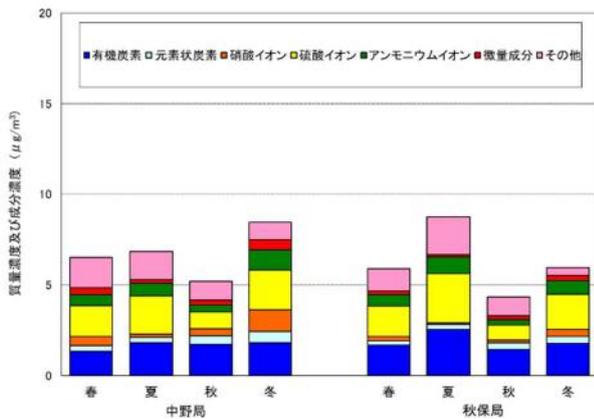


図4 季節ごとの平均質量濃度及び成分濃度

### 4) 夏季高濃度事象の考察

秋保局では、8月4日～8月6日にかけて質量濃度が上昇し、最大  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (8月6日11時) を記録した。成分濃度をみると、質量濃度の増加は、有機炭素、硫酸イオン、アンモニウムイオンの寄与が大きい(図3)。中野局も同様に質量濃度が上昇したものの、秋保局ほど大きくはない。

図5に秋保局、中野局の質量濃度の推移、および仙台気象台における日射量、風向、風速の推移を示す。各日とも日射量の増加に伴い、質量濃度が上昇しており、光化学反応による硫酸塩粒子の生成が盛んに行われたことが推察された。また、両地点の濃度差は8月4日12時以降に拡大し、8月6日20時ころまで続いたことがわかる。風向は、昼間は東南よりの風向、早朝、夜間は北寄りの風向であり、海陸風の影響を受けやすい状況であった。

本市西側に位置する秋保局と東側の中野局で差がみられたことから、各日12時における市内測定局の質量

濃度を経度順に示した(図6)。8月4日12時時点では、測定局間に東西方向の差はみられなかったが、8月5日12時、8月6日12時においては、各地点の局地的な発生源によると思われる例外はあるものの、概ね西側が高く、東側は低いという傾向がみられた。

本市への広域的な汚染気塊の流入を考え、全国の状況を調査したところ、8月2日に九州各地で煙霧および高濃度の  $\text{PM}_{2.5}$  が観測されており、その原因は小笠原諸島、西之島の噴火活動によるとの報告<sup>1)</sup> が確認できた。

本市の南方1,200kmに位置する西之島は、6月中旬より噴火活動を活発化させており、7月30日にも濃灰色の噴煙が高度約3,000mまで上昇する様子が確認されている<sup>2)</sup>。噴出した火山ガス中の二酸化硫黄ガス及び生成した硫酸塩粒子が本市へも流入し、質量濃度増加の原因となったと考えられたことから、図7に人工衛星による二酸化硫黄ガスの観測結果<sup>3)</sup> を、図8に後方流跡線解析結果<sup>4)</sup> を示した。

8月1日、西之島より南へ扇状に噴出し西へ広がった高濃度の二酸化硫黄ガスは、沖縄地方を覆い、8月2日には九州地方へ到達した。8月3日～4日にかけて中国地方、北陸地方と列島の日本海側を沿うように北上し、8月5日～6日には東北地方へ広がった様子が確認できる。

また、8月5日12時を起点とする後方流跡線から、当時、仙台市上空を通過した気塊の経路は、二酸化硫黄ガスの経路と地理的にも経時的にも概ね一致していることがわかる。

以上より、8月4日～8月6日に本市で観測された高濃度事象は、西之島の噴火活動より発生した二酸化硫黄ガスが長距離輸送の末、その一部が活発な光化学反応の結果、高濃度の硫酸塩へと粒子化し、本市西側より流入したためと考えられた。また、汚染気塊の流入方向である西側と、太平洋上からの比較的清浄な空気の流入を受けやすい東側で、測定局間に濃度差が生じたと考えられた。

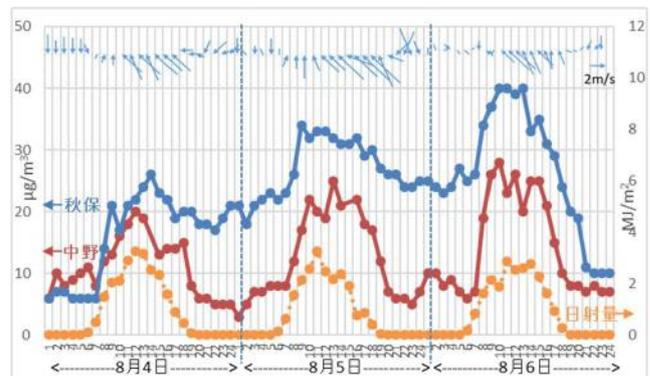


図5 質量濃度の推移及び日射量、風向、風速

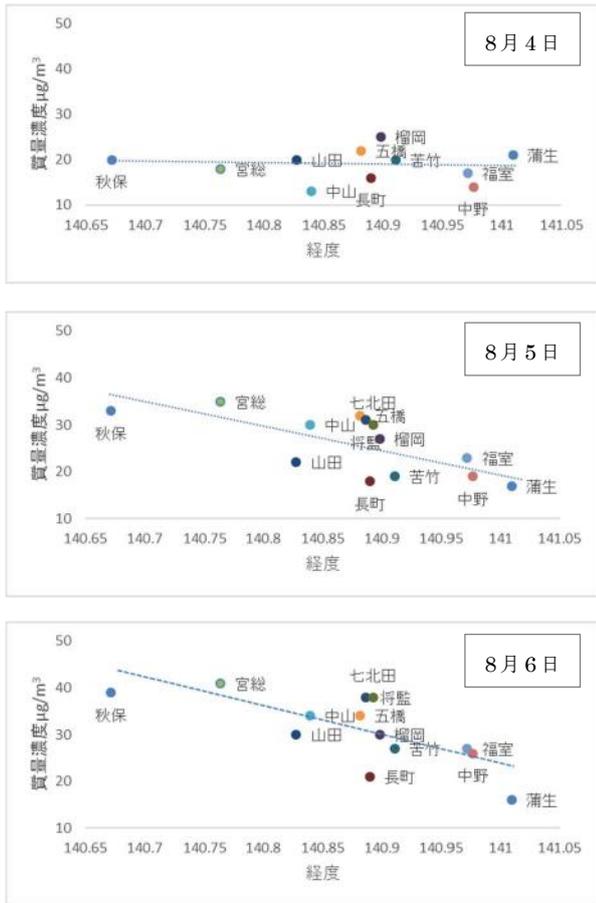


図6 各日12時の経度別 質量濃度 (破線は近似曲線を示す。)

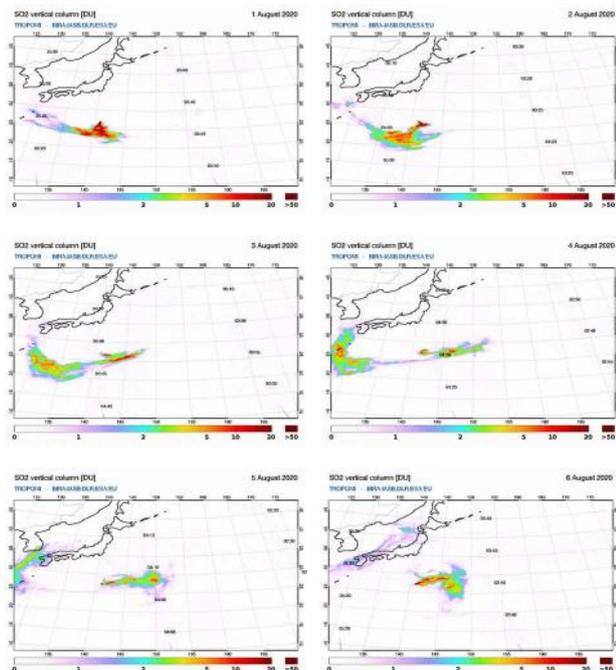


図7 人工衛星による二酸化硫黄観測

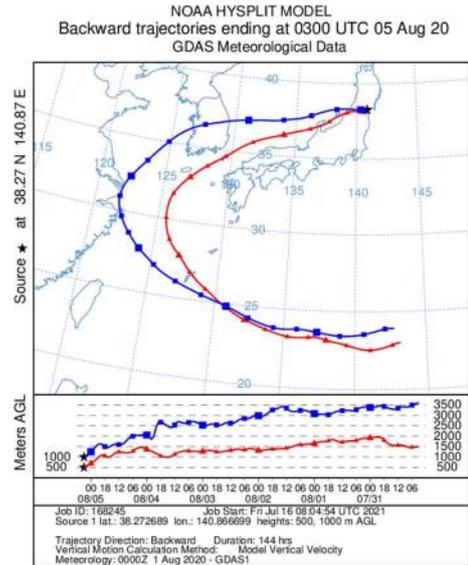


図8 後方流跡線解析

まとめ

令和2年度の常時監視結果では、日平均値は概ね  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  をほぼ下回っており、環境基準の短期基準及び長期基準ともに達成した。例年同様、春季から夏季にかけて濃度が高くなり、秋季から冬季にかけて低くなる傾向が見られた。

成分調査結果では、主成分が例年と同様に、有機炭素、元素状炭素、硝酸イオン、硫酸イオン、アンモニウムイオンの5成分であった。

秋保局は中野局と比べ秋、冬季の硝酸イオン濃度が低い傾向がみられ、市街地と山間部での窒素酸化物による地域的な大気汚染の違いの影響によることが推察された。

8月4日～6日に観測された高濃度の硫酸イオン、アンモニウムイオン等は、西之島の噴火活動より発生した二酸化硫黄ガスが一部粒子化し、本市西側より流入したためと考えられた。

参考文献

- 1) 福岡大学 : [https://www.fukuoka-u.ac.jp/fukudaism\\_coalition\\_20\\_08\\_15933](https://www.fukuoka-u.ac.jp/fukudaism_coalition_20_08_15933)
- 2) 気象庁 : 西之島の火山活動解説資料 (令和2年7月)
- 3) Royal Belgian Institute for Space Aeronomy (BIRA-IASB) : Support to Aviation Control Service (SACS) , [https://sacs.aeronomie.be/nrt/index\\_NRT.php](https://sacs.aeronomie.be/nrt/index_NRT.php) ?, 最終アクセス 2020/11/20
- 4) 米国 NOAA Air Resources Laboratory (ARL) ホームページ : HYSPLIT Trajectory Model

表5 令和2年度 中野測定局における成分調査結果一覧

測定項目	採取期間	春 R2.5.13~5.27			夏 R2.7.23~8.6			秋 R2.10.22~11.5			冬 R3.1.21~2.4		
		単位		測定範囲	平均	測定範囲		平均	測定範囲		平均	測定範囲	
質量濃度	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.9 ~	14.6	6.5	1.8 ~	13.3	6.7	1.9 ~	10.6	5.2	3.6 ~	15.6	8.4
イオン成分	Cl <sup>-</sup>	0.0222 ~	0.233	0.0829	0.0031 ~	0.0804	0.0176	0.0375 ~	0.173	0.0791	0.107 ~	0.499	0.217
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.0336 ~	1.88	0.518	0.075 ~	0.591	0.183	0.088 ~	0.963	0.372	0.179 ~	3.41	1.2
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.192 ~	3.77	1.68	0.224 ~	4.06	2.12	0.423 ~	1.39	0.928	1.1 ~	4.21	2.21
	Na <sup>+</sup>	0.044 ~	0.45	0.202	0.014 ~	0.328	0.131	0.0503 ~	0.215	0.102	0.08 ~	0.342	0.16
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.0863 ~	1.73	0.602	0.062 ~	1.34	0.69	0.144 ~	0.788	0.39	0.413 ~	1.97	1.09
	K <sup>+</sup>	0.0059 ~	0.0907	0.0303	0.006 ~	0.052	0.0281	0.0194 ~	0.0975	0.052	0.0334 ~	0.162	0.0834
	Mg <sup>2+</sup>	0.0045 ~	0.0588	0.0251	<0.0027 ~	0.043	0.0137	0.003 ~	0.027	0.0106	0.0095 ~	0.0441	0.0199
	Ca <sup>2+</sup>	0.006 ~	0.049	0.0212	<0.0007 ~	0.025	0.014	0.0064 ~	0.11	0.0207	0.0118 ~	0.112	0.0392
無機元素成分	Na	23.5 ~	342	138	7 ~	265	80.2	14 ~	174	65.4	66.8 ~	360	143
	Al	<3 ~	42.7	14.5	<1 ~	9	3.69	<1.5 ~	28	11.7	5 ~	53	23.1
	K	<6 ~	82.9	26.5	<1.6 ~	42	16.6	6 ~	80	34.6	21.7 ~	156	63.6
	Ca	<7 ~	37	16.4	<7 ~	27	7.92	<4 ~	67	23.4	8 ~	61	27.6
	Sc	<0.017 ~	<0.017	0.0075	<0.028 ~	<0.028	0.0095	<0.023 ~	<0.023	0.0095	<0.019 ~	0.014	0.00586
	Ti	<0.6 ~	4.38	1.4	<0.23 ~	2.2	0.696	0.5 ~	2.8	1.48	0.7 ~	6.2	2.26
	V	0.025 ~	0.865	0.371	0.117 ~	1.14	0.423	0.039 ~	0.399	0.146	0.066 ~	0.627	0.252
	Cr	<0.15 ~	0.86	0.268	<0.09 ~	1.04	0.263	<0.16 ~	0.6	0.286	<0.14 ~	1	0.429
	Mn	0.066 ~	5.38	2	0.206 ~	1.54	0.822	0.36 ~	3.56	1.32	0.65 ~	8.54	2.61
	Fe	<0.8 ~	101	35.2	4.6 ~	45.3	18.2	6 ~	57	21.4	10 ~	99	37.9
	Co	<0.004 ~	0.054	0.0174	<0.006 ~	0.24	0.0332	<0.01 ~	0.018	0.00825	<0.005 ~	0.061	0.0223
	Ni	<0.022 ~	1.1	0.375	<0.03 ~	0.93	0.317	<0.03 ~	0.98	0.191	0.06 ~	0.96	0.302
	Cu	<0.3 ~	4.33	1.24	0.19 ~	6.52	1.88	0.52 ~	5.9	1.46	<0.29 ~	6.1	1.59
	Zn	<0.17 ~	140	27.9	1.7 ~	111	25.5	1.3 ~	164	18.4	3.4 ~	97.4	18.8
	As	0.016 ~	3.68	0.822	0.048 ~	3.67	0.925	0.123 ~	0.826	0.282	0.198 ~	1.32	0.535
	Se	0.039 ~	0.889	0.28	0.053 ~	0.595	0.275	0.05 ~	0.44	0.172	0.102 ~	0.55	0.238
	Rb	<0.016 ~	0.277	0.0765	<0.012 ~	0.093	0.0377	0.016 ~	0.161	0.0671	0.057 ~	0.327	0.152
	Mo	0.019 ~	0.781	0.231	0.04 ~	0.809	0.228	0.051 ~	0.353	0.128	0.072 ~	0.869	0.226
	Sb	0.016 ~	0.838	0.296	0.021 ~	1.88	0.412	0.045 ~	0.868	0.306	0.117 ~	4.53	0.664
	Cs	<0.008 ~	0.028	0.00943	<0.009 ~	0.012	0.00462	<0.006 ~	0.014	0.00504	0.005 ~	0.028	0.0134
Ba	<0.15 ~	1.42	0.642	<0.03 ~	2.11	0.786	<0.05 ~	2	0.893	0.34 ~	3.34	1.41	
W	0.006 ~	0.451	0.0964	<0.005 ~	0.27	0.095	0.015 ~	0.406	0.12	<0.006 ~	2.29	0.399	
Pb	0.101 ~	20.4	5.81	0.398 ~	15.9	4.91	0.26 ~	8.96	1.82	0.947 ~	8.86	3.96	
Cd	<0.01 ~	0.306	0.0756	<0.02 ~	0.487	0.124	<0.011 ~	0.134	0.0346	0.026 ~	0.126	0.0712	
Sn	0.018 ~	1.3	0.358	0.069 ~	3.16	0.633	<0.04 ~	0.74	0.199	0.083 ~	3.44	0.555	
炭素成分	OC1	<0.011 ~	0.022	0.0109	<0.011 ~	0.009	0.00507	<0.012 ~	0.071	0.0395	0.04 ~	0.214	0.0996
	OC2	0.13 ~	0.99	0.516	0.14 ~	1.26	0.579	0.32 ~	1.18	0.692	0.31 ~	1.58	0.826
	OC3	0.08 ~	0.89	0.414	0.19 ~	1.65	0.55	0.17 ~	1.08	0.47	0.17 ~	0.66	0.302
	OC4	0.054 ~	0.322	0.154	0.074 ~	0.392	0.197	0.07 ~	0.45	0.206	0.098 ~	0.331	0.17
	OCpyro	<0.04 ~	0.69	0.256	<0.04 ~	1.15	0.47	<0.04 ~	0.76	0.315	0.13 ~	0.68	0.416
	EC1	<0.029 ~	0.81	0.291	0.05 ~	1	0.38	0.13 ~	1.081	0.483	0.24 ~	1.141	0.625
	EC2	0.096 ~	0.52	0.26	0.116 ~	0.753	0.354	0.102 ~	0.564	0.297	0.137 ~	0.695	0.364
	EC3	<0.011 ~	0.028	0.0139	<0.017 ~	0.06	0.0322	<0.008 ~	0.028	0.0171	<0.011 ~	0.06	0.0343
	OC	0.314 ~	2.77	1.34	0.404 ~	3.97	1.79	0.586 ~	3.41	1.72	0.758 ~	3.41	1.81
	EC	0.104 ~	0.64	0.309	0.096 ~	0.653	0.301	0.245 ~	0.919	0.488	0.267 ~	1.18	0.605
WSOC	0.79 ~	2.88	1.6	0.33 ~	2.5	1.06	0.58 ~	2.46	1.21	0.5 ~	1.98	1.21	

表6 令和2年度 秋保測定局における成分調査結果一覧

測定項目	採取期間	春 R2.5.13~5.27			夏 R2.7.23~8.6			秋 R2.10.22~11.5			冬 R3.1.21~2.4		
		測定範囲		平均	測定範囲		平均	測定範囲		平均	測定範囲		平均
質量濃度	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.3 ~ 14.6	5.9	0.8 ~ 31	8.7	1.5 ~ 7.5	4.3	2.9 ~ 10	5.9				
イオン成分	$\text{Cl}^-$	<0.0021 ~ 0.0379	0.018	<0.0015 ~ 0.011	0.0045	0.0171 ~ 0.141	0.0529	0.034 ~ 0.268	0.0981				
	$\text{NO}_3^-$	0.0088 ~ 0.659	0.235	0.0212 ~ 0.139	0.0791	0.0613 ~ 0.292	0.137	0.107 ~ 0.666	0.381				
	$\text{SO}_4^{2-}$	0.054 ~ 3.87	1.67	0.063 ~ 11.1	2.73	0.419 ~ 1.1	0.846	1.02 ~ 3.43	1.95				
	$\text{Na}^+$	<0.0004 ~ 0.209	0.1	<0.003 ~ 0.146	0.0468	0.042 ~ 0.185	0.0879	0.051 ~ 0.315	0.119				
	$\text{NH}_4^+$	0.0213 ~ 1.58	0.62	0.0271 ~ 3.63	0.899	0.13 ~ 0.397	0.298	0.367 ~ 1.41	0.742				
	$\text{K}^+$	<0.0006 ~ 0.0977	0.0323	<0.0012 ~ 0.06	0.0303	0.02 ~ 0.082	0.0524	0.0301 ~ 0.116	0.0685				
	$\text{Mg}^{2+}$	<0.0005 ~ 0.0289	0.0131	<0.0011 ~ 0.0134	0.00488	0.003 ~ 0.021	0.00893	0.0048 ~ 0.0422	0.0144				
	$\text{Ca}^{2+}$	<0.0006 ~ 0.042	0.0153	<0.0007 ~ 0.036	0.00929	0.005 ~ 0.025	0.00886	0.006 ~ 0.0514	0.0203				
無機元素成分	Na	3.8 ~ 161	72.8	<1.1 ~ 123	44.9	19 ~ 79	47.9	46.4 ~ 132	78.1				
	Al	<5 ~ 54.1	18.4	<2.2 ~ 29	9.5	<1.5 ~ 46	11.8	6 ~ 41	15.8				
	K	<1.7 ~ 87.4	28.1	<1.6 ~ 49	22.8	8 ~ 50	31.9	21 ~ 81.4	49.5				
	Ca	<6 ~ 43	17.2	<6 ~ 40	13.7	5 ~ 130	26.8	5 ~ 49	21.5				
	Sc	<0.017 ~ <0.017	0.0075	<0.028 ~ <0.028	0.0095	<0.023 ~ <0.023	0.0095	<0.019 ~ 0.01	0.00446				
	Ti	<0.23 ~ 3.58	1.28	<0.3 ~ 1.9	0.8	0.4 ~ 2.3	0.964	0.5 ~ 2.6	1.16				
	V	0.007 ~ 0.528	0.199	0.016 ~ 0.611	0.216	0.038 ~ 0.18	0.0871	0.05 ~ 0.33	0.178				
	Cr	<0.14 ~ 0.61	0.231	<0.3 ~ 0.58	0.238	<0.16 ~ <0.16	0.2	<0.17 ~ 1.5	0.412				
	Mn	0.08 ~ 3.39	1.08	0.044 ~ 2.49	0.727	0.19 ~ 1.5	0.584	0.41 ~ 2.63	1.05				
	Fe	1.6 ~ 57.2	19.9	<2 ~ 51.2	13.8	<1.5 ~ 15	8.57	6 ~ 43	16.8				
	Co	<0.004 ~ 0.03	0.0119	<0.006 ~ 0.029	0.00929	<0.01 ~ 0.013	0.00457	<0.005 ~ 0.024	0.0118				
	Ni	0.06 ~ 0.959	0.254	<0.04 ~ 0.61	0.226	<0.03 ~ 0.26	0.0789	0.05 ~ 0.43	0.169				
	Cu	<0.24 ~ 1.9	0.571	<0.3 ~ 2.62	0.941	<0.4 ~ 0.6	0.25	<0.22 ~ 1.28	0.575				
	Zn	<0.24 ~ 34	7.07	<0.4 ~ 14.5	6.93	<0.4 ~ 10.1	4.16	1.9 ~ 12.4	6.43				
	As	<0.01 ~ 2.45	0.604	0.057 ~ 3.53	0.819	0.086 ~ 0.562	0.284	0.207 ~ 1.07	0.41				
	Se	<0.013 ~ 0.679	0.219	0.012 ~ 0.569	0.213	0.06 ~ 0.19	0.119	0.087 ~ 0.473	0.206				
	Rb	<0.016 ~ 0.258	0.0844	<0.012 ~ 0.114	0.0538	0.021 ~ 0.112	0.0626	0.062 ~ 0.229	0.125				
	Mo	<0.007 ~ 0.35	0.104	<0.011 ~ 0.355	0.115	0.015 ~ 0.107	0.0505	0.038 ~ 0.19	0.0913				
	Sb	0.01 ~ 0.722	0.241	0.014 ~ 1.31	0.263	<0.012 ~ 0.396	0.144	0.04 ~ 0.383	0.193				
	Cs	<0.008 ~ 0.025	0.0101	<0.009 ~ 0.012	0.00457	<0.006 ~ 0.009	0.00439	0.006 ~ 0.027	0.0122				
Ba	<0.03 ~ 1.25	0.374	<0.11 ~ 2.22	0.684	<0.05 ~ 1	0.329	<0.16 ~ 0.91	0.396					
W	<0.004 ~ 0.393	0.0812	<0.008 ~ 0.966	0.158	<0.01 ~ 0.246	0.0474	<0.01 ~ 0.269	0.0947					
Pb	0.077 ~ 7	2.16	0.042 ~ 6.04	1.73	0.33 ~ 2.91	1.04	0.85 ~ 4.24	2.21					
Cd	<0.01 ~ 0.182	0.0602	<0.02 ~ 0.852	0.151	<0.011 ~ 0.137	0.0395	0.022 ~ 0.107	0.0577					
Sn	<0.023 ~ 0.605	0.159	<0.011 ~ 0.655	0.215	<0.028 ~ 0.28	0.0911	0.055 ~ 0.287	0.154					
炭素成分	OC1	<0.011 ~ 0.027	0.00914	<0.011 ~ 0.024	0.00971	<0.023 ~ 0.062	0.0289	0.049 ~ 0.268	0.142				
	OC2	0.13 ~ 1.33	0.659	0.32 ~ 2.47	0.96	0.27 ~ 0.94	0.556	0.41 ~ 1.24	0.799				
	OC3	0.09 ~ 1.12	0.486	0.15 ~ 1.55	0.674	0.16 ~ 0.99	0.404	0.11 ~ 0.69	0.281				
	OC4	0.039 ~ 0.342	0.158	0.053 ~ 0.511	0.243	0.073 ~ 0.396	0.18	0.068 ~ 0.376	0.165				
	OCpyro	<0.028 ~ 1.03	0.383	<0.08 ~ 2.32	0.66	<0.03 ~ 0.68	0.278	0.105 ~ 0.742	0.372				
	EC1	<0.015 ~ 1.01	0.337	<0.029 ~ 1.43	0.453	0.125 ~ 0.932	0.42	0.176 ~ 0.893	0.498				
	EC2	0.042 ~ 0.669	0.274	0.072 ~ 1.386	0.452	0.052 ~ 0.47	0.208	0.077 ~ 0.425	0.252				
	EC3	<0.011 ~ 0.033	0.0168	<0.017 ~ 0.089	0.0308	<0.008 ~ 0.024	0.0106	<0.012 ~ 0.05	0.0257				
	OC	0.289 ~ 3.7	1.69	0.523 ~ 6.65	2.54	0.503 ~ 3.03	1.43	0.742 ~ 3.16	1.76				
	EC	0.042 ~ 0.682	0.246	0.091 ~ 0.78	0.278	0.177 ~ 0.741	0.373	0.148 ~ 0.616	0.4				
WSOC	0.44 ~ 3.08	1.62	0.76 ~ 5.67	2.16	0.47 ~ 2.02	1.01	0.4 ~ 1.57	0.989					

# 令和2年度有害大気汚染物質モニタリング調査結果について

赤間博光, 伊勢里美, 林英和, 赤松哲也, 庄司岳志, 佐藤修一<sup>1</sup>

キーワード：有害大気汚染物質モニタリング, 有害大気モニタリング, 優先取組物質

## はじめに

平成8年5月に大気汚染防止法が改正され, 長期暴露によって健康を損なうおそれのある有害大気汚染物質の対策について制度化された。平成9年度より「大気汚染防止法」に基づき行っている仙台市内有害大気汚染物質モニタリング調査の令和2年度結果を報告する。

## 調査方法

調査方法は, 「大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準」(環境省水・大気環境局 平成13年5月策定, 平成28年9月最終改正。以下, 「事務処理基準」という。)の「IV 有害大気汚染物質等に係る常時監視」に従った。

測定方法については「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」(環境省水・大気環境局 平成9年2月策定, 平成31年3月最終改正)に従った。

### 1 測定地点

測定地点は事務処理基準に基づき「一般環境」, 「固定発生源周辺」, 「沿道」, 「沿道かつ固定発生源周辺」のいずれかの属性に区分される。仙台市では一般環境及びベンゼンのみ固定発生源周辺として各1地点, 沿道として2地点の計4地点で, 毎月1回の頻度で測定を行った。

表1に測定地点及び地点属性, 図1に測定局の位置を示した。

表1 測定地点及び地点属性

測定地点	地点属性
① 榴岡測定局	一般環境
② 中野測定局	ベンゼンのみ固定発生源周辺
③ 五橋測定局	沿道
④ 将監測定局	沿道

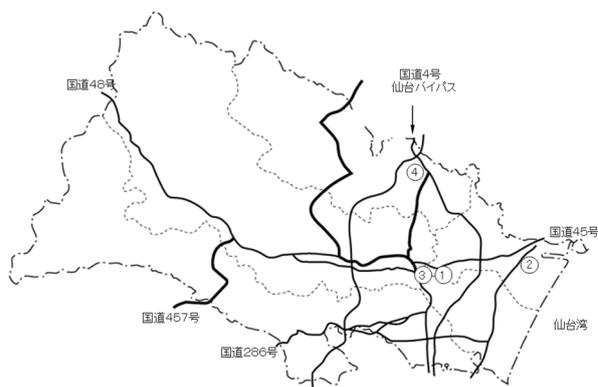


図1 測定局位置図

### 2 測定項目

事務処理基準で測定対象としている優先取組物質22物質のうち, ダイオキシン類と測定方法の確立していない1物質を除いた20物質に加え, ガス状水銀について測定を実施した(表2)。なお, ガス状水銀は水俣条約を受け有害大気汚染物質から除かれたが, 条約の趣旨に則った取り組み推進のため, 状況把握が重要であることから引き続き常時監視の対象となっている。

表2 測定物質及び測定方法

物質名	捕集方法	分析方法
塩化ビニルモノマー 1,3-ブタジエン ジクロロメタン アクリロニトリル クロロホルム 1,2-ジクロロエタン ベンゼン トリクロロエチレン テトラクロロエチレン 塩化メチル トルエン	キャニスター (容器捕集)	濃縮導入 GC-MS
酸化エチレン	固相捕集	溶媒溶出 GC-MS
ベリリウム クロム マンガン ニッケル化合物 ヒ素	ハイボリューム エアサンプラー PTFEろ紙捕集	圧力容器分解 ICP-MS
ホルムアルデヒド アセトアルデヒド	固相捕集	溶媒溶出 HPLC
ベンゾ[a]ピレン	ハイボリューム エアサンプラー PTFEろ紙捕集	溶媒溶出 HPLC
水銀	金アマルガム捕集	加熱気化 冷原子吸光法

金属類はその化合物も含む

表3 令和2年度 有害大気汚染物質モニタリング調査結果

	単位	検出下限値	定量下限値	福岡測定局		中野測定局		五橋測定局		将監測定局		令和元年度 全国調査 平均値	環境基準値 及び指針値	
				最小値～最大値	平均値	最小値～最大値	平均値	最小値～最大値	平均値	最小値～最大値	平均値			
塩化ビニルモノマー	μg/m <sup>3</sup>	0.010	0.030	ND～0.036	ND	ND～0.030	ND	ND～0.036	ND	ND～0.034	ND	0.041	指針値	10
1,3-ブタジエン	"	0.010	0.030	ND～0.16	0.037	ND～0.064	0.032	(0.021)～0.14	0.056	(0.019)～0.16	0.060	0.081	指針値	2.5
ジクロロメタン	"	0.020	0.060	0.44～1.5	0.74	0.56～1.1	0.76	0.35～1.2	0.82	0.52～1.8	0.95	1.6	環境基準	150
アクリロニトリル	"	0.010	0.030	ND～0.042	(0.019)	ND～0.030	(0.018)	(0.011)～0.037	(0.022)	(0.010)～0.049	(0.026)	0.064	指針値	2
クロホルム	"	0.010	0.030	0.078～0.21	0.14	0.062～0.18	0.11	0.060～0.45	0.23	0.076～0.19	0.13	0.22	指針値	18
1,2-ジクロロエタン	"	0.010	0.030	0.079～0.23	0.13	0.074～0.23	0.13	0.078～0.23	0.13	0.082～0.22	0.12	0.15	指針値	1.6
ベンゼン	"	0.010	0.030	0.19～1.1	0.54	0.14～1.0	0.50	0.23～1.4	0.60	0.23～1.6	0.67	0.86	環境基準	3
トリクロロエチレン	"	0.020	0.060	ND～0.11	(0.035)	ND～0.18	(0.031)	ND～0.25	0.060	ND～0.071	(0.026)	1.2	環境基準	130
テトラクロロエチレン	"	0.020	0.060	ND～(0.038)	ND	ND～(0.058)	(0.022)	ND～(0.046)	(0.022)	ND～(0.033)	ND	0.10	環境基準	200
塩化メチル	"	0.020	0.060	1.0～1.5	1.2	0.98～1.6	1.2	1.0～1.7	1.2	1.1～1.5	1.2	1.4	指針値	94
トルエン	"	0.020	0.060	0.70～5.3	2.0	0.56～4.1	1.8	0.92～3.9	1.9	1.1～7.9	3.4	7.1	-	-
酸化エチレン	μg/m <sup>3</sup>	0.0020	0.0060	0.034～0.076	0.051	0.034～0.088	0.052	0.035～0.084	0.053	0.035～0.086	0.056	0.078	-	-
ベリリウム	ng/m <sup>3</sup>	0.020	0.060	ND～0.066	ND	ND～(0.051)	ND	ND～0.077	(0.020)	ND～0.068	ND	0.016	-	-
クロム	"	0.4	1.2	ND～3.3	(0.8)	(0.4)～2.5	(1.0)	(0.6)～4.0	1.6	(0.4)～3.4	1.3	4.5	-	-
マンガン	"	0.20	0.60	1.4～33	6.5	2.6～33	7.4	3.3～55	17	0.99～42	8.6	22	指針値	140
ニッケル	"	0.4	1.2	ND～1.7	(0.6)	ND～1.4	(0.5)	ND～2.6	(0.8)	ND～1.8	(0.6)	3.2	指針値	25
ヒ素	"	0.020	0.060	0.11～2.4	0.70	0.11～2.1	0.69	0.22～2.7	0.98	(0.050)～2.5	0.75	1.2	指針値	6
ホルムアルデヒド	μg/m <sup>3</sup>	0.20	0.60	0.79～4.0	1.9	(0.55)～3.2	1.5	0.91～4.9	2.2	(0.50)～3.5	1.4	2.6	-	-
アセトアルデヒド	"	0.08	0.30	0.81～2.2	1.3	0.65～2.6	1.4	0.88～4.3	1.9	0.66～2.9	1.4	2.2	指針値	120
ベンゾ[a]ピレン	ng/m <sup>3</sup>	0.0020	0.0060	0.0086～0.095	0.045	0.0093～0.12	0.060	(0.0047)～0.13	0.069	0.010～0.23	0.078	0.16	-	-
水銀	ng/m <sup>3</sup>	0.20	0.60	1.3～1.8	1.5	1.3～2.0	1.6	1.1～1.9	1.5	1.3～1.9	1.5	1.8	指針値	40

注1：検出下限値未満は検出下限値の1/2の値にて、年間平均値算出を行っている。  
 注2：すべての数値は有効数字2桁で示し、定量下限値の桁まで表記した。  
 注3：検出下限値未満の値はND、検出下限値以上定量下限値未満の値は括弧書きで表記した。  
 注4：金属類はその化合物を含む。

### 調査結果

有害大気汚染物質は長期暴露による健康リスクが懸念されている物質であるため、モニタリング調査においては年平均濃度を求めることとしている。令和2年度における各測定局の測定値の範囲及び年平均値を表3に示し、各測定値及び年平均値の経年変化を図2-1～図2-5に示した（中野測定局は震災後に測定局を移設し平成24年度より高砂中学校で測定を開始、将監測定局は事務処理基準の改正に合わせ平成25年度より測定を開始）。図2-1～図2-5において、令和2年度測定結果のグラフ中、棒グラフは年平均値を表し、各月の測定値のばらつきを見るため、実測値を○で示した。また、比較として令和元年度全国調査結果の年平均値、環境基準値又は指針値についても表3に記載した<sup>1)</sup>。各図における測定結果及び年平均値の算出にあたっては、検出下限値未満の場合は検出下限値の1/2の値を用い、検出下限値以上の場合には有効数字2桁とした。

以下、地点属性から見る測定結果について考察する。

#### 1 一般環境

福岡測定局は福岡公園内に位置し、固定発生源及び沿道の直接的な影響を受けにくい地点として、「一般環境」として調査している。各測定値の年平均値は他の測定局と比較して概ね同程度か低い傾向を示し、令和

元年度の全国平均値と比較すると、すべての項目で平均値以下であった。経年変化をみると、令和元年度と比較しほぼ横ばい傾向であった。

経月変化では図6に示すとおり9月に1,3-ブタジエン、ベンゼン及びトルエンが突発的に高くなった。これは試料採取時、公園内にて除草作業が行われており、エンジン式の草刈機等の使用に伴う排出ガスの影響を受けたものと考えられる。なお、公園内での除草作業は定期的に行われていることから異常値とはしていない。

#### 2 固定発生源周辺

中野測定局は複数の工場が立地する仙台港周辺に位置しており、ベンゼンのみ「固定発生源周辺」その他の項目については「一般環境」として調査している。

これまで他の測定局と比較し、金属類がやや高い傾向にあったが、令和2年度については五橋測定局を除く他の測定局とほぼ同程度の値となった。令和2年度は五橋測定局の金属類が他の測定局と比べてやや高い値となったが、その詳細については後述する。

酸化エチレンは、令和元年度の11月および12月にそれぞれ高い値が観測された(0.37 μg/m<sup>3</sup>, 0.18 μg/m<sup>3</sup>)<sup>2)</sup>が、令和2年度については最大値が0.088 μg/m<sup>3</sup>であり、高濃度の値は観測されず他の測定局と同程度の値であった。

### 3 沿道

交通量の多い道路周辺における大気環境は自動車排出ガスの影響を受けやすい。本市においては市内中心部の国道4号線上の主要な交差点に五橋測定局、国道4号線及び県道22号線が交わる交差点に将監測定局が位置しており、いずれも「沿道」として調査している。

全国平均値と比較すると、五橋測定局においてクロロホルム及びベリリウムが全国平均値をわずかに上回った以外は、全て全国平均値を下回った(表3)。

五橋測定局では測定を開始した平成11年度からクロロホルムが他測定局より常に高い濃度で観測されている。仙台市内のPRTR届出事業所のうち、過去10年間でクロロホルムについての届出がなされた事業所は、五橋測定局近傍では高等教育機関1事業所だけであり西方約1kmに位置している。経年変化をみると他の測定局との差は減少傾向にあるが、引き続きこの事業所による影響の有無も含めて調査を継続していくこととする<sup>2)</sup>。

自動車排出ガスの指標と考えられる1,3-ブタジエン、ベンゼンは一般環境である榴岡測定局と比較して2測定局とも高い傾向を示しているものの、経年変化でみるとその差は年々減少し、濃度も減少傾向にある(図2-1、図2-2、表3)。全国的にも十数年前から比較して自動車保有台数がほぼ横ばいの中、燃料消費量は減少し、それに伴って自動車排出ガスの指標となる成分も概ね減少傾向にあり、本市も同様の傾向である(図3、図4)。

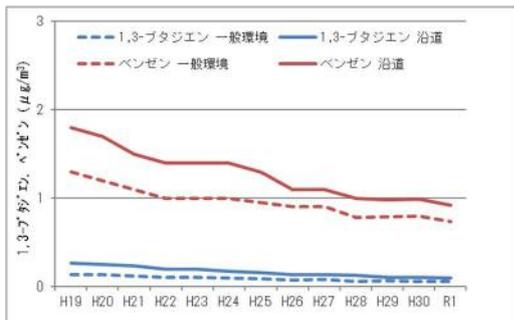


図3 自動車排出ガス指標成分の経年変化<sup>1)</sup>  
(全国年平均値)

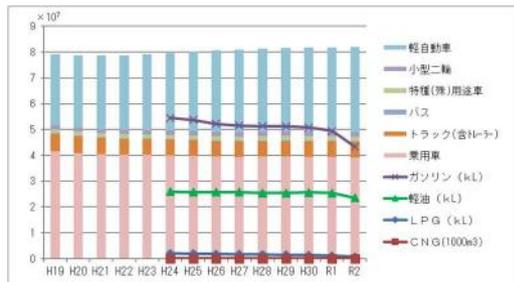


図4 全国における自動車保有台数と  
自動車燃料消費量の推移<sup>3, 4)</sup>

また、五橋測定局では令和元年度と比較してベリリウムやマンガンといった金属類濃度の上昇が見られ、他の測定局と比較しても年間平均値が高く、前述のとおりベリリウムは全国平均値をわずかに上回った(表3、図2-5)。

図5に示した経月変化により5月、8月及び10月に粉じん濃度の上昇とともに金属類濃度の上昇が見られた。5月は他の測定局でも同程度の金属類濃度であったが、8月及び10月は他の測定局に比べて高い値であった(表4)。

5月の試料採取時は各測定局とも晴れたうえ仙台管区気象台における気象状況(表5)より、8月及び10月に比べて湿度が低く乾燥し、風も強く吹いていたことから砂じん等が飛散しやすい状況にあったため、各測定局において周辺地域の砂じん等の影響を受けたと考えられる。

一方、8月及び10月は五橋測定局に隣接する旧市立病院建屋にて、当該建屋の解体工事や当該作業において発生し堆積されたがれきや土砂の搬出作業等を行っており、同時に測定しているカルシウム、アルミニウム及び鉄の含有量も上昇していた(表6)。これらは砂じん<sup>5)</sup>やコンクリート原料であるセメント<sup>6)</sup>の主成分元素であり、測定局付近にこれらの金属類を対象としたPRTR届出事業所も存在しないことから<sup>2)</sup>、隣接する作業現場のがれきや土砂から発生した粉じんの影響を受けたと考えられる。その後、解体工事が概ね終了した冬季には金属類濃度は低減した。

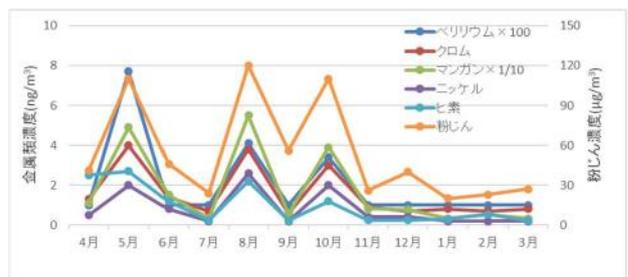


図5 五橋測定局における金属類濃度と粉じん濃度の経月変化

表4 5月、8月及び10月の金属類濃度

	五橋測定局			他の測定局(最小値~最大値)		
	5月	8月	10月	5月	8月	10月
ベリリウム	(0.077)	(0.041)	(0.034)	(0.051)~(0.068)	ND	ND
クロム	4.0	3.8	3.0	2.5~3.4	0.9~1.9	0.5~1.3
マンガン	49	55	39	33~42	5.1~11	3.2~8.2
ニッケル	2.0	2.6	2.0	1.4~1.8	0.7~1.5	0.2~0.6
ヒ素	2.7	2.2	1.2	1.9~2.5	0.86~1.1	0.51~0.66

単位: ng/m<sup>3</sup>, 数値表記は表3における注3参照

表5 5月、8月及び10月の測定期間中の気象状況<sup>7)</sup>

	5月	8月	10月
平均湿度(%)	38	79	66
平均風速(m/S)	4.4	2.3	3.2
最大風速(m/S)	12	4.4	6.0

注1：平均湿度及び平均風速は各1時間値の平均値

注2：最大風速は1時間値の最大値

表6 五橋測定局における金属類捕集ろ紙内の含有量比(※)

アルミニウム	4.07	(※) (8月及び10月の平均値) (その他の月の平均値)
カルシウム	4.61	
鉄	4.28	

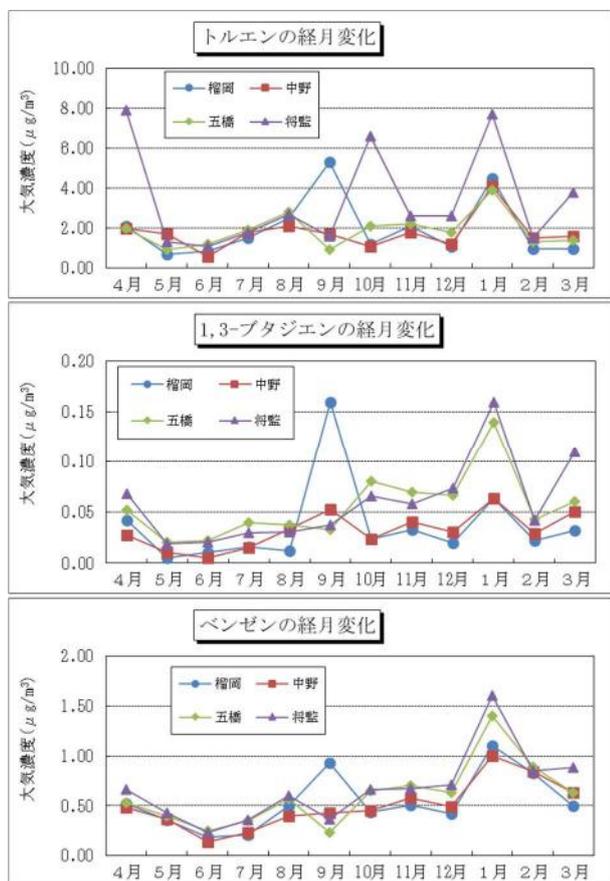


図6 各測定局におけるトルエン、1,3-ブタジエン及びベンゼンの経月変化

#### 4 将監測定局におけるトルエン濃度について

将監測定局における各測定値の年平均値は、トルエンが令和元年度より若干高くなった以外はほぼ横ばいであった(図2-1~図2-5)。

図6に示した経月変化よりトルエン濃度が比較的高かったのは4月、10月及び1月で、このうち試料採取日に自動測定局にて非メタン炭化水素(以下、「NMHC」という。)が測定されていた4月及び1月の状況を見ると(図7)、いずれもNMHC濃度が高い時間帯が見られたが、その時間帯は異なっていた。

1月は18時頃をピークに23時頃ぐらいまで及び8時頃から11時頃と概ね通勤時間帯にかけてNMHC濃度が高かった。また、自動車排出ガスの指標と考えられる1,3-ブタジエン及びベンゼンの濃度も他の月と比べ高い値となっていた(図6)ことから、1月は自動車排出ガス成分がトルエン濃度に大きく寄与したと考えられる。

一方4月は、NMHC濃度は22時頃に一度上昇し、深夜帯にかけて再度高い状態となり、夕方及び朝の通勤時間帯は高くなかった。また、1,3-ブタジエン及びベンゼンの濃度は1月と比べて低いことから、自動車排出ガスだけでなく他の要因も影響した可能性が考えられた。

図8に当所で測定しているVOC成分の総量及び比率を示した。VOC成分の総量は4月の方が1月に比べて低かったが、VOC成分の比率をみるとイソブタン、ノルマルブタン、イソペンタン及びノルマルペンタンの割合は4月の方が1月に比べて高かった。これらは自動車排出ガス中にも含まれる<sup>8)</sup>が、ガソリンの給油ロス等に伴って排出される蒸気ガスの上位成分でもあり<sup>9)</sup>、将監測定局では周辺にガソリンスタンドを含む給油施設が点在している<sup>2)</sup>ことから、4月は1月に比べてタンクローリー受入時における受入ロスやガソリン給油時における給油ロス等に伴うガソリン蒸気成分のトルエン濃度への寄与割合が高かった可能性が考えられた。

以上のことから、4月と1月のように同程度で比較的高濃度のトルエンが測定された場合であっても、NMHCのピーク時間帯の違いなどからトルエン濃度に寄与する要因の影響度合いが異なる可能性が示唆された。

なお、10月は1,3-ブタジエン及びベンゼンの濃度やVOC成分の組成比が4月と類似していることから、1月よりも4月に近い状況下にあったと推察される。

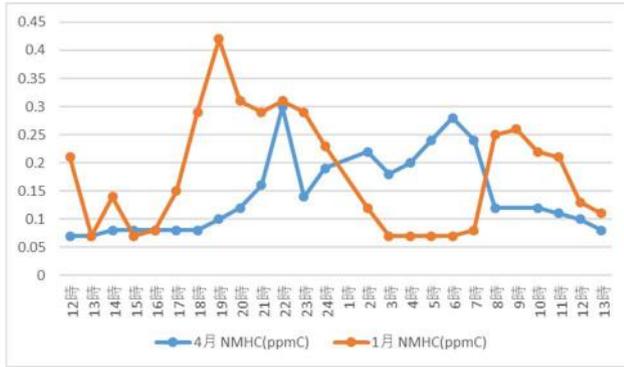


図7 将監測定局の測定期間におけるNMHCの経時変化

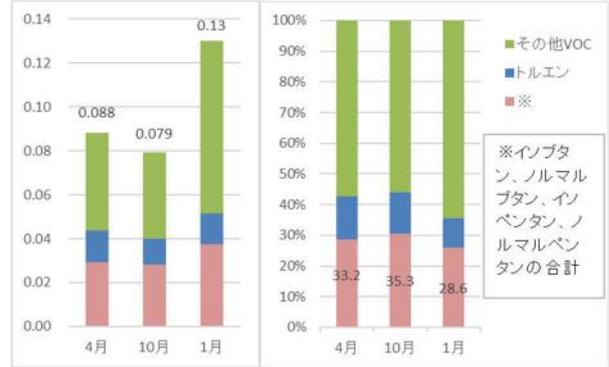


図8 4月、10月及び1月の将監測定局におけるVOC成分の総量(ppmC)(左)及び比率(右)

### まとめ

令和2年度の有害大気汚染物質モニタリング調査結果は、すべての測定地点において環境基準値又は指針値より十分に低かった。環境基準値又は指針値が設定されていない項目についても、多くの項目で令和元年度の全国調査年平均値を下回っていた。

沿道に分類される五橋測定局と将監測定局では自動車排出ガスの指標と考えられる成分が一般環境測定局より高い傾向を示したが、これまでの結果と比較すると濃度は減少傾向にあった。

また、五橋測定局では、隣接する建物の解体工事等に伴う粉じん発生の影響を受け、他の測定局より金属類の濃度が高い傾向を示したが、解体工事が概ね終了した冬季には低減した。

将監測定局におけるトルエン濃度については、NMHC濃度のピークとなる時間帯が異なっていたことや1,3-ブタジエン及びベンゼンの濃度の違いなどから、同程度で比較的高濃度のトルエンが測定された場合でも、トルエン濃度に寄与する要因の影響度合いが異なっていた可能性が示唆された。

### 参考文献

- 1) 環境省：令和元年度有害大気汚染物質モニタリング調査結果
- 2) 環境省、国土交通省：平成22年度～令和元年度PRTRデータ
- 3) 国土交通省：自動車保有車両数月報
- 4) 国土交通省：自動車燃料消費量調査年報
- 5) 石川千晶, 多田有佑, 宇部仁美, 川野辺潤, 庄司岳志, 佐藤修一：衛生研究所報第46号2016, p. 119-127
- 6) 一般社団法人セメント協会ホームページ：技術と用途 <https://www.jcassoc.or.jp/cement/1jpn/jd1.html>
- 7) 気象庁ホームページ：過去の気象データ検索 <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 8) 木下輝昭ら：最新規制適合の使用過程車から排出される揮発性有機化合物(VOC)の実態(年次報告), 東京都環境科学研究所年報2006, p. 25-32
- 9) 横田久司ら：給油時のガソリン蒸発成分及びガソリン乗用車からのVOC排出量推定, 第52回大気環境学会年會講演要旨集2011, p. 465

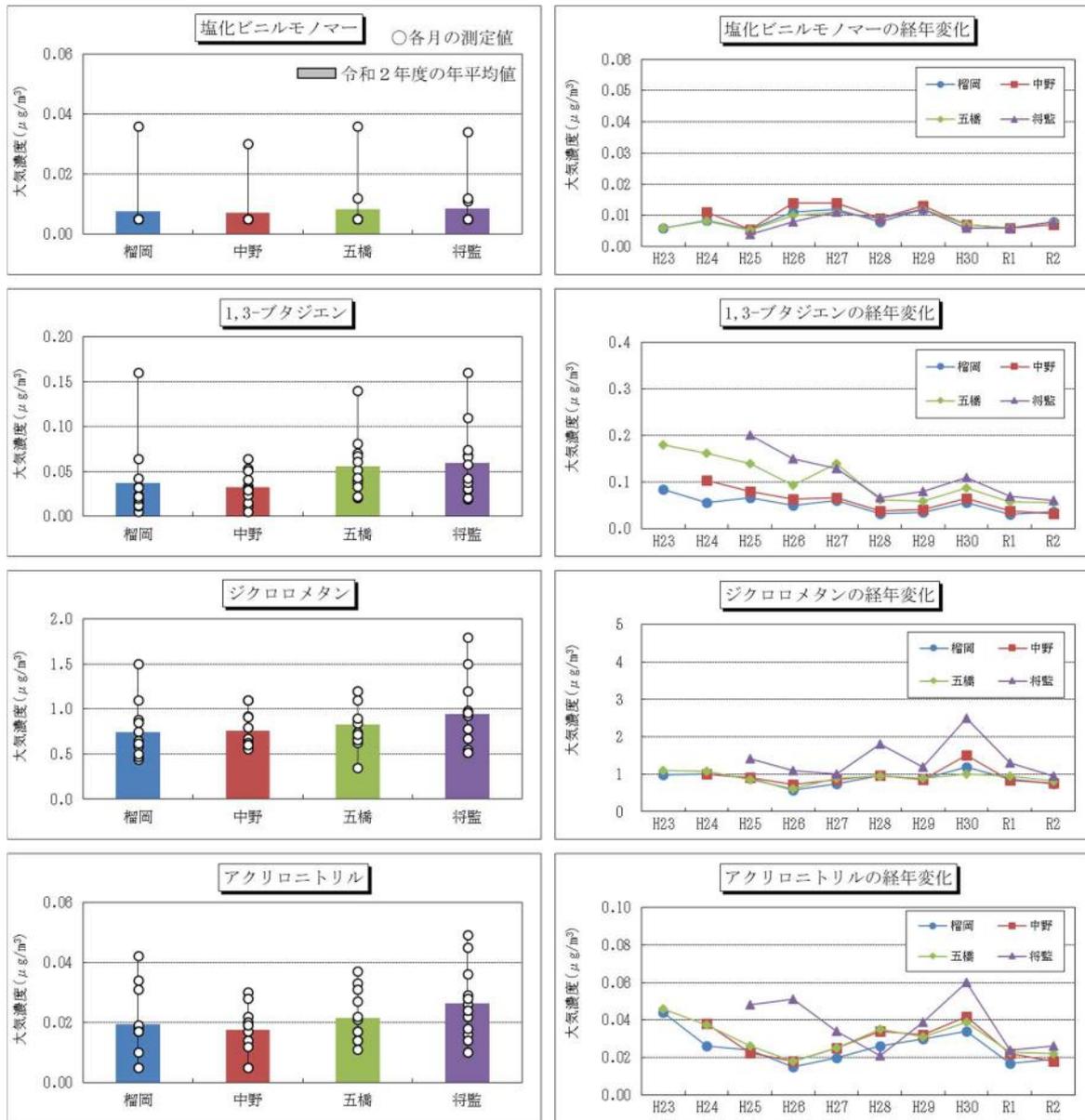


図2-1 測定局ごとの年平均値経年変化および令和2年度測定結果

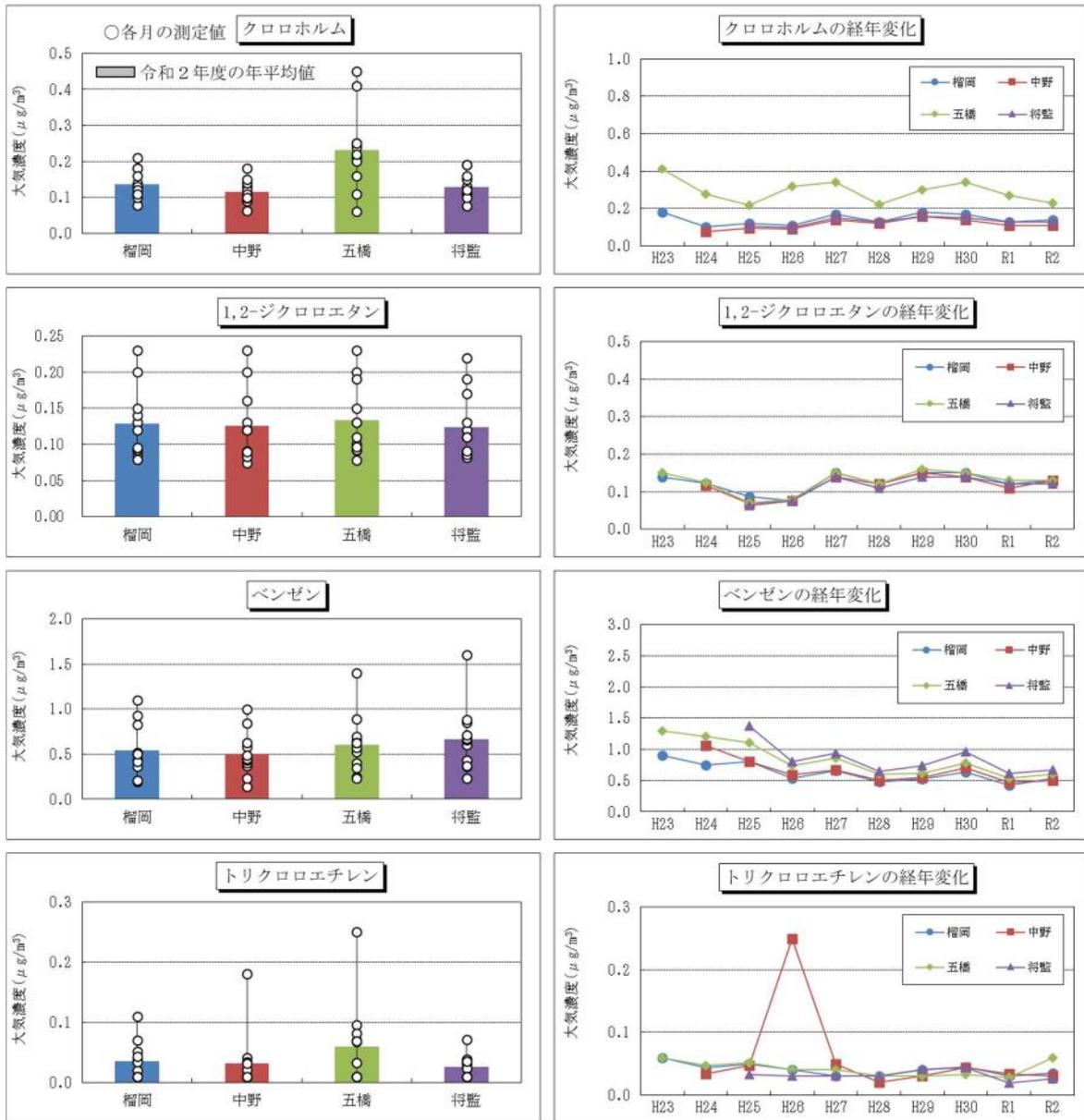


図2-2 測定局ごとの年平均値経年変化および令和2年度測定結果

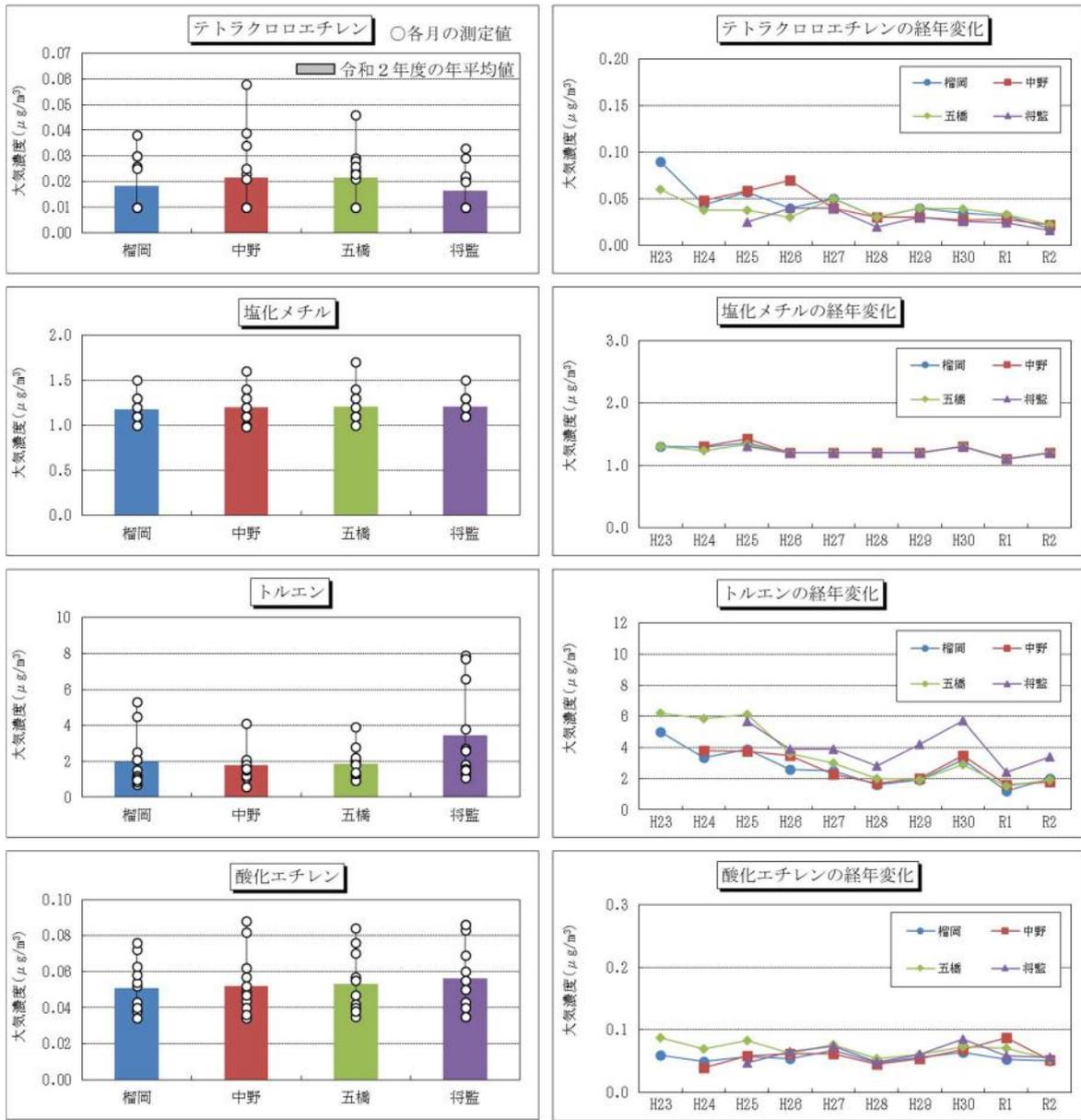


図 2-3 測定局ごとの年平均値経年変化および令和2年度測定結果

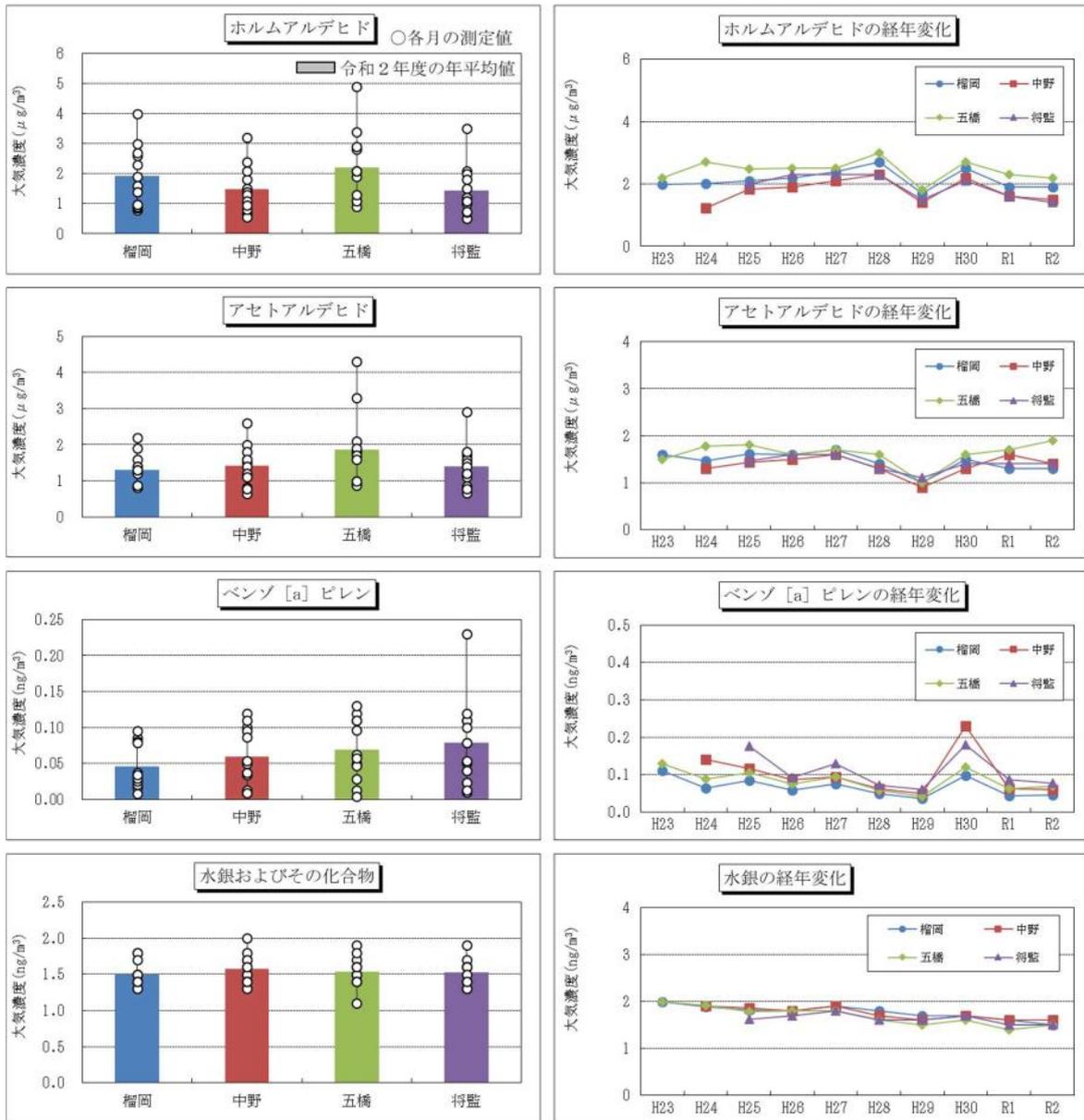


図2-4 測定局ごとの年平均値経年変化および令和2年度測定結果

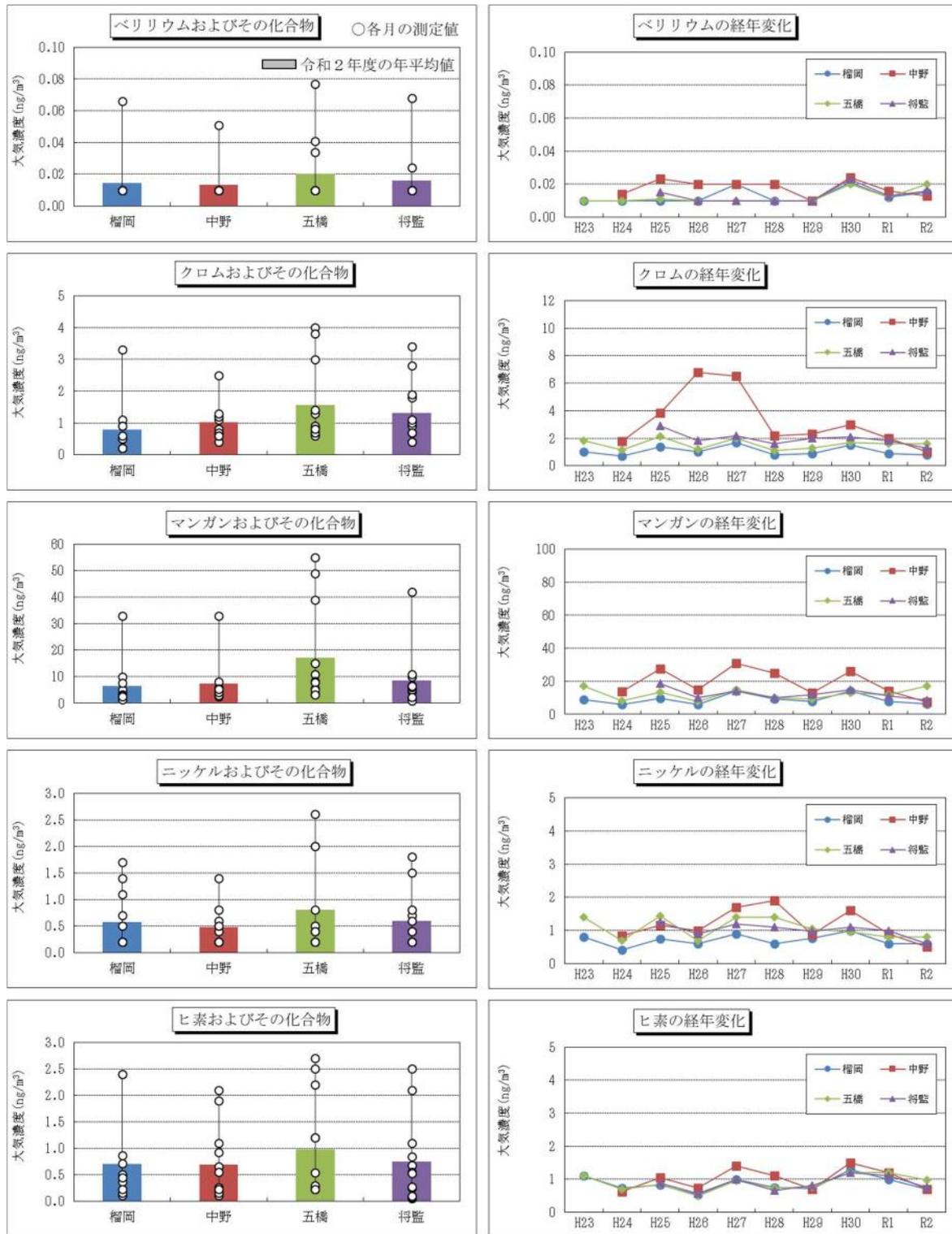


図2-5 測定局ごとの年平均値経年変化および令和2年度測定結果

# 仙台市将監測定局の非メタン炭化水素高濃度現象について

赤松哲也, 伊勢里美, 林英和, 赤間博光, 庄司岳志, 佐藤修一<sup>1</sup>

キーワード：非メタン炭化水素, 高濃度現象, ガソリン蒸気, 受入ロス

## はじめに

自動車排出ガス測定局(以下, 自排局)である将監測定局では, 常時監視項目の一つで光化学オキシダントの生成に関係するとされる非メタン炭化水素(以下, NMHC)濃度が時折突発的に高くなることがある。

図1に示すように将監測定局においてNMHCが高濃度になる現象は年間を通じて起きているが, 秋から冬にかけて頻度が顕著となる傾向が認められる。2017年11月の突発的高濃度時には, 月に1度行っている有害大気汚染物質モニタリング調査の際中に高濃度現象が起き, トルエン濃度が著しく高く検出されるなどの影響を受けた。

2017年11月の突発的高濃度現象を受けて, 2018年1月にNMHC高濃度現象発生時間帯の大気を採取し揮発性有機化合物の分析を行った。2017年11月の突発的高濃度現象時も2018年1月調査時もトルエン, イソペンタン, イソブタンなど化石燃料成分が多く検出された。しかし, 自動車整備工場やガソリンスタンド, 自動車販売店, バス・タクシー会社など発生源として疑われる事業場が周囲に多数あるため発生源は不明のままである。

そこで, 今回, 2020年夏から冬にかけて長期にわたって風向風速等気象条件を主に調査し, 発生源の存在する方角の絞り込みを行った。また, NMHCの常時監視データと有害大気汚染物質モニタリング調査の結果の解析から発生原因の推定を試みた。

## 調査方法

2020年7月3日から12月21日まで将監測定局屋上で気象測器 Davis ヴァンテージプロ2 (Davis instruments 社製) によるデータ採取を行い, 常時監視を行っているNMHC, 窒素酸化物(NO<sub>x</sub>), 一酸化炭素(CO)データと合わせて解析を行った。また, 過去にNMHCの高濃度現象と有害大気汚染物質モニタリング調査時にNMHCの高濃度現象が起きた事例について解析を行った。

## 1 調査地点

将監測定局は有害大気汚染物質モニタリング調査を実施している4地点のうちの一つで, 表1に示すように地点属性としては沿道に属する。図2に示すように国道4号線仙台バイパス沿いに位置している(図中④)。令和元年度のNMHC年平均濃度は0.14ppmCであり, 市内他測定局である榴岡測定局(0.08ppmC), 中野測定局(0.06ppmC)より高く, 光化学オキシダントの生成防止のための大気中炭化水素濃度の指針に係る午前6時から午前9時までの3時間平均値は0.15ppmCであり, 自排局全国平均の0.13ppmCを上回っている<sup>1) 2)</sup>。

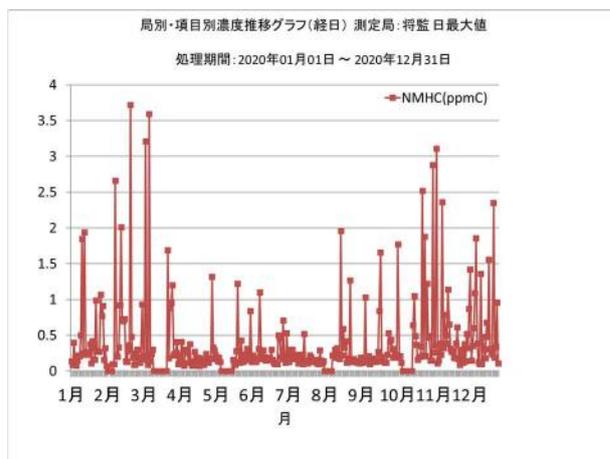


図1 将監測定局におけるNMHC日最大値 (2020年1月~12月)

表1 有害大気汚染物質モニタリング測定地点及び地点属性

測定地点	地点属性
① 榴岡測定局	一般環境
② 中野測定局	ベンゼンのみ固定発生源周辺
③ 五橋測定局	沿道
④ 将監測定局	沿道

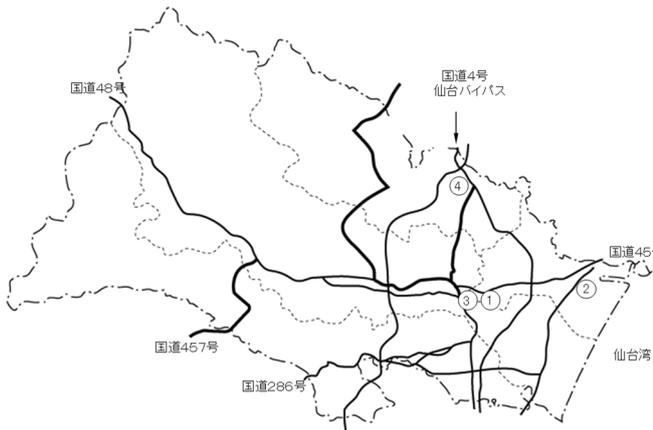


図2 測定局位置図

## 2 調査項目

風向, 風速, 気温, 湿度: 気象測器 (Davis) による  
 NMHC, NO<sub>x</sub>, CO: 自動測定局 (将監測定局)  
 八木山測定局 (気象局) 気温: 逆転層生成確認の参考

## 3 測定方法

気象測器 Davis を将監測定局屋上に設置し, 調査期間中 15 分ごとに気象項目の連続測定を行った。

### 調査結果及び考察

#### 1 高濃度時の風向風速

7月3日から12月21日まで調査した結果を表2に示す。なお, 将監測定局の NMHC 濃度は通常時 1 時間平均は 0.1ppmC 程度であるので, 0.2ppmC 以上を高濃度とした。誌面の都合上表2には 0.5ppmC 以上の事例を示した。高濃度現象は, 調査期間の7月から12月のいずれの月にも発生し, 発生する間隔や一時間値濃度は不規則であった。

図3に調査期間の時間帯別の NMHC 濃度をプロットしたものを示す。午前9時から午後4時頃までは落ち着いているが, 午前3時前後に急激に高濃度になる傾向と, 午後5時以降夜中にかけて高濃度が数時間持続する傾向が見られた。

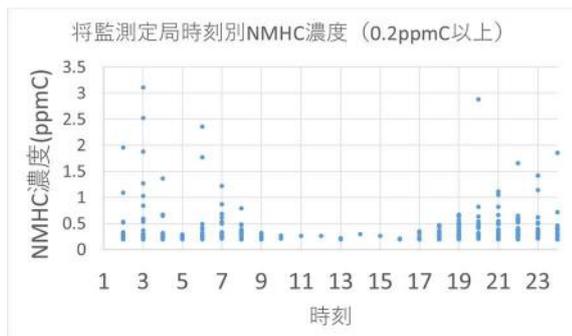


図3 将監測定局 NMHC 時刻別濃度 (0.2ppmC 以上)

図4に NMHC 濃度が 0.2ppmC 以上の時の風向を示した。風向が NNW (北北西) である頻度が突出しており, 図5に示したように NMHC が 0.5ppmC 以上の場合も同様の傾向が見られた。また 0.5ppmC 以上の高濃度現象時の平均風速は 0.4 未満~0.9m/s と風が弱い傾向が見られた。

突発的高濃度現象は午前3時頃に起こる頻度が高かった。そこで, 午前3時に NMHC 濃度が 0.5ppmC 以上になった時の風向について調べたところ, NNW の頻度が最も高くなった (図6)。

これらのことから, NMHC 濃度の高濃度現象発生時の風向は NNW である場合が多く, 主な発生源は将監測定局から NNW を中心とした方角にあると推定される。

NNW の方角に主な発生源があるとすれば, 秋から冬にかけて突発的高濃度現象の頻度が高くなることは, 同時期に北寄りの季節風が卓越することと整合する。

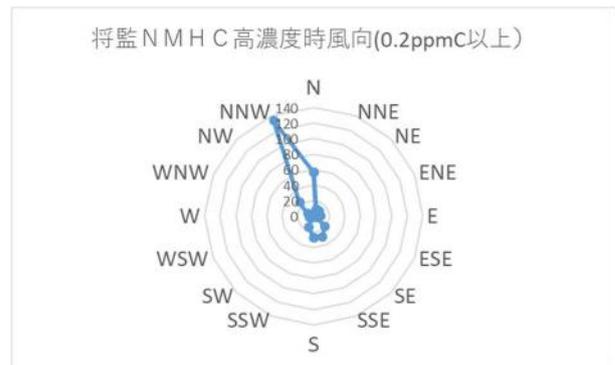


図4 高濃度時風向 (0.2ppmC 以上)

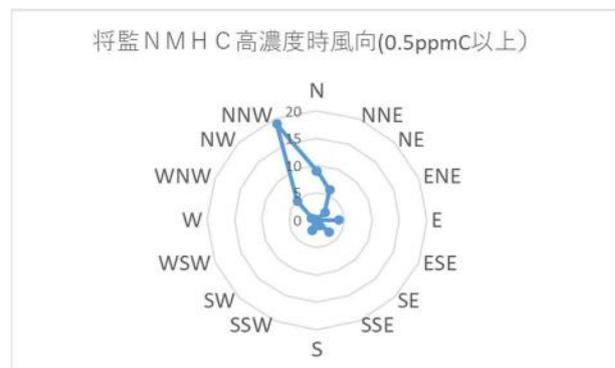


図5 高濃度時風向 (0.5ppmC 以上)

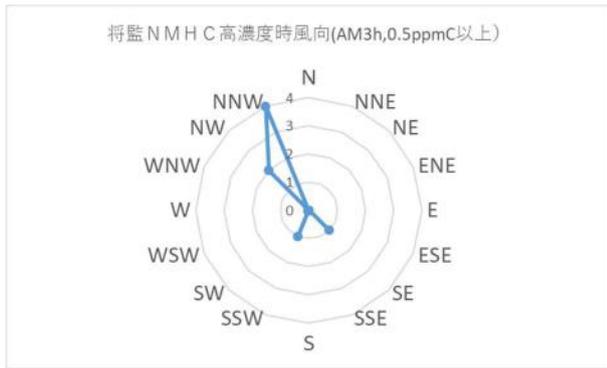


図6 高濃度時風向（午前3時、0.5ppmC以上）

## 2 高濃度現象発生時の逆転層の有無

高濃度現象に気象条件として気温の逆転層の生成が関係しているかどうか調べるため、将監測定局で NMHC が 0.2ppmC 以上の高濃度現象が起きた日時（八木山測定局（仙台市内で唯一逆転層の生成を観測している気象局）の温度データを確認したところ、多くの場合八木山測定局で逆転層が発生している状況であった。特に午前3時頃の高濃度現象の場合、ほぼ全てのケースで逆転層が発生している状況であった。将監測定局でも逆転層が生じていた可能性が高く、将監測定局で高濃度現象が起こる一つの要因として逆転層の生成によって大気拡散が妨げられることが推察された。

## 3 高濃度現象時の NOx（窒素酸化物）濃度と CO（一酸化炭素）濃度

将監測定局で NMHC が突発的に高濃度になる場合と数時間継続して高濃度になる場合とでは NOx 及び CO の濃度に違いがある。午前3時頃に突発的に1時間だけ NMHC が高濃度になる場合は NOx と CO は高濃度にならない傾向にある。道路が渋滞する朝と晩に NMHC が数時間継続して高濃度になる場合は NOx と CO も高濃度になり、NMHC 濃度 (ppmC) は CO 濃度 (ppm) より低い場合が多い。このことから突発的高濃度現象は自動車等の燃焼排ガスによるものではないことが示唆される。

燃焼排ガスが原因ではない場合、化石燃料そのものの揮発による可能性が考えられる。そのことを確かめるため、NMHC が突発的に高濃度になった場合（平成2018年7月と2020年7月）と燃焼排ガスによって NMHC 濃度が上昇したと考えられる場合（2018年12月）について、有害大気汚染物質モニタリング調査の際に測定した揮発性有機化合物成分のうちガソリンに含まれる成分と文献値のガソリン蒸発成分組成<sup>3)</sup>との相関を調べた（図7、図8、図9）。なお、相関を取る

にあたり、採取月の直近の月で NMHC 濃度の上昇が見られなかった月の結果をバックグラウンド値として差し引いた。

その結果、突発的に NMHC が高濃度だった場合にガソリン蒸発成分組成と相関が良く、燃焼排ガスによる NMHC 濃度上昇時はガソリン蒸発成分組成と相関があまり良くないことが分かった。燃焼排ガスによる高濃度時にはノルマルブタンが最も高くなる傾向にあったが、突発的高濃度ではイソペンタン濃度が最も高くなり、ついでノルマルブタンとノルマルペンタンが高濃度となる傾向となり、レギュラーガソリン燃料蒸気と類似していた<sup>4)</sup>。

これらのことから突発的な高濃度現象は、燃焼排ガスではなく、ガソリン燃料蒸気の排出によって起きている可能性が示唆された。

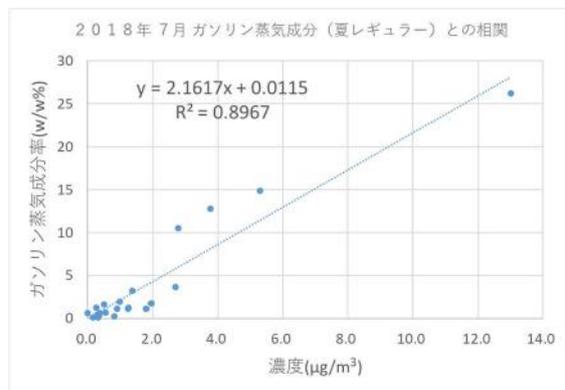


図7 ガソリン蒸発成分組成との比較（平成2018年7月 突発的高濃度時）

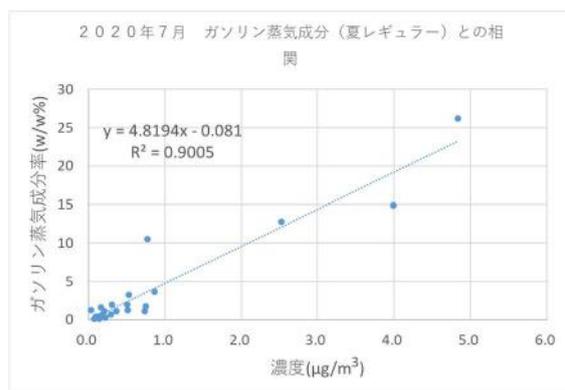


図8 ガソリン蒸発成分組成との比較（2020年7月 突発的高濃度時）

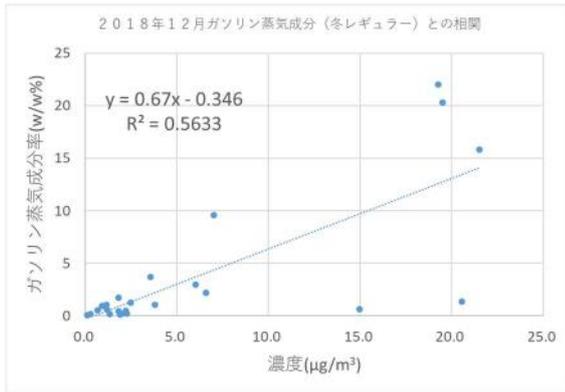


図9 ガソリン蒸気成分組成との比較（2018年12月 燃焼排ガスによる高濃度時）

#### 4 高濃度現象が起こる曜日について

発生源を絞るための試みとして、午前3時に突発的高濃度現象が起きる曜日に偏りが無いかなどを調べた（図10）。今回の調査期間においては特定の曜日に集中する傾向を見出すことはできなかった。

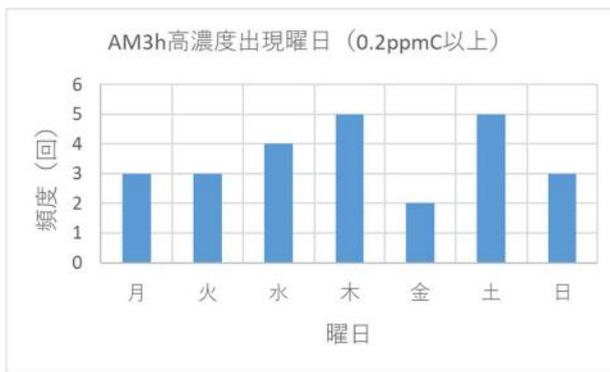


図10 高濃度出現曜日（0.2ppmC以上）

#### 5 突発的高濃度現象時のガソリン蒸気排出量の推定

常時監視データの1分間値を取得し、午前3時に突発的に高濃度になった代表的なケースについて、NMHCがガソリン燃料蒸気由来と仮定してどの程度の排出によって高濃度現象が起きているのか推定を行った。

2020年10月27日、11月8日にそれぞれ、1時間値として2.52ppmC、3.11ppmCを記録している。各日の最大1分間値を調べたところ、それぞれ13.8ppmC、9.0ppmCであった。最大濃度の継続時間はいずれも6分間であった（図11～12）。

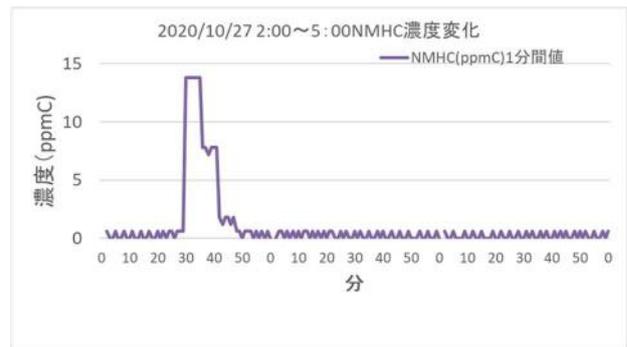


図11 突発的 NMHC 高濃度時濃度変化（2020年10月27日）

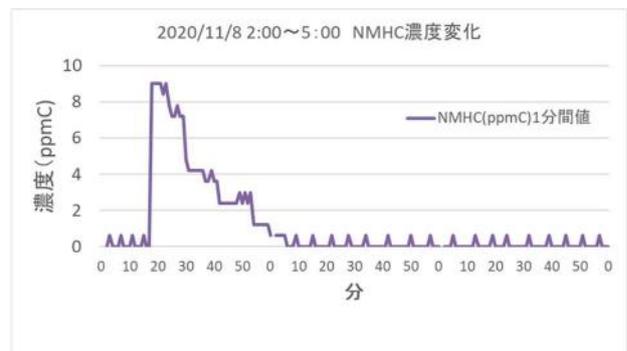


図12 突発的 NMHC 高濃度時濃度変化（2020年11月8日）

ガソリン蒸気排出量を推定するにあたり、風速について、10月27日は計測下限値0.4m/s未満であったので計測下限値の半分0.2m/sとした。また、発生源からの距離は将監測定局の北北西の直近に位置するガソリンスタンドからの距離500mと仮定した。さらに、将監測定局までのガソリン蒸気の拡散については、一般的にブルーム拡散式に用いられるパスキルの安定度分類を用いてパスキル拡散幅から水平拡散幅を30m、鉛直拡散幅を15mとした。これらの数値を用いてNMHC1分間値最高濃度継続時の排出量を推定した。その結果、ガソリン蒸気量（液体換算として）はそれぞれ338ml、441mlと推定された（表3）。

上野らによれば、ガソリンスタンドがタンクローリーから地下タンクに燃料を受け入れる際の地下タンク通気管から逃げていく受入ロスは液体換算で200～600mlであると報告している<sup>5)</sup>。

これらの数値と比較すると、今回の推定排出量は、受入ロスで排出されるガソリン蒸気による排出量の範囲内の結果となった。参考までに2017年度の高濃度事例である11月7日について計算すると最高濃度継続時間は12分であったが、推定排出量は235mlとなり、やはり受入ロスによる排出量の範囲であった（表

3)。

また、上野らの文献によれば地下タンクへのガソリン受入に要する時間は10分前後と短いものであり、将監測定局の突発的高濃度の継続時間に矛盾しないものであった。

### まとめ

今回、将監測定局で NMHC が突発的に高濃度になる現象について、気象測器を用いて発生時の気象条件を調べ、常時監視データと合わせ解析した。その結果、逆転層の生成により大気拡散が抑制された条件時に起きていることが多かった。また、風向が NNW で風が弱い時に現象が発生する頻度が高いことが分かった。このことから将監測定局から NNW の方角に主な発生源があることが示唆された。

さらに、NMHC の突発的濃度上昇は NO<sub>x</sub> と CO の濃度上昇をほとんど伴わず発生することやガソリン蒸発成分のデータから、化石燃料の燃焼排ガスではなく、ガソリン燃料そのものの蒸気排出による可能性があることが推察された。

今後も突発的高濃度現象の推移を監視し、調査していく必要があると考える。

ガソリン蒸気の排出は、ガソリンスタンドの受入れロスのみならず、自動車の駐車時、給油時などでも生じている。それぞれの排出を抑える技術の進展や規制の推進により、大気中への化石燃料由来 NMHC の排出状況が改善されていくと考える。

### 参考文献

- 1) 仙台市環境局：公害関係資料集令和2年版（令和元年度測定結果）
- 2) 環境省：令和元年度大気汚染物質（有害大気汚染物質等を除く。）に係る常時監視測定結果
- 3) 横田久司，上野広行，石井康一郎，内田悠太，秋山薫：ガソリン給油ロスによるVOCの排出について，大気環境学会誌第47巻第5号，p.231-239(2012)
- 4) 武田麻由子，小松宏昭，十河孝夫：給油時におけるガソリン蒸発ガスの環境中濃度について，神奈川県環境科学研究センターNo.39，p.32-36(2016)
- 5) 上野広行，秋山薫，佐々木啓行：ガソリンスタンド地下タンクからの蒸気排出量調査，東京都環境科学研究所年報，p.99-102(2008)
- 6) 環境省：揮発性有機化合物（VOC）排出インベントリ検討会（第30回）参考資料6

表2 NMHC高濃度時(0.5ppmC以上)の日時, 風向風速, 湿度, NOx, CO濃度

曜日	月日	時刻	NMHC濃度 (ppmC)	風向	平均風速 (m/s)	最大風速 (m/s)	湿度 (%)	NOx(ppb)	CO(ppm)
金	7月3日	3	0.53	NNW	0.4	1.8	84	24	0.1
土	7月18日	2	0.52	S	<0.4	<0.4	99	19	0.1
火	8月18日	2	1.96	NE	<0.4	0.4	83	20	0.2
木	8月20日	3	0.59	NNW	<0.4	0.9	85	21	0.2
水	8月26日	3	1.27	SSW	<0.4	0.4	90	26	0.3
水	8月26日	4	0.67	SSW	<0.4	0.9	91	39	0.2
火	9月8日	3	1.03	SE	<0.4	0.4	87	31	0.1
日	9月20日	3	0.84	NW	<0.4	0.4	79	13	0.2
月	9月21日	22	1.66	NNW	<0.4	0.4	79	31	0.4
月	9月28日	7	0.53	NNW	0.9	2.2	90	80	0.4
火	10月6日	6	1.77	NNE	0.4	2.2	72	65	0.3
月	10月19日	19	0.64	N	<0.4	0.4	85	86	0.8
火	10月20日	21	1.05	NNW	<0.4	0.4	77	91	0.5
火	10月20日	22	0.65	NNW	0.4	1.3	80	76	0.5
火	10月27日	3	2.52	NNW	<0.4	0.9	91	87	0.3
木	10月29日	2	0.53	NW	<0.4	1.3	91	54	0.3
木	10月29日	3	1.88	NW	<0.4	0.4	92	67	0.3
土	10月31日	7	1.22	SE	0.4	1.3	91	115	0.5
木	11月5日	20	2.88	N	<0.4	<0.4	75	114	0.8
木	11月5日	21	1.11	N	<0.4	0.9	80	65	0.5
日	11月8日	3	3.11	NNW	0.4	1.8	94	17	0.2
金	11月13日	6	2.36	N	<0.4	0.9	90	114	0.3
金	11月13日	19	0.51	SSE	<0.4	0.4	87	98	0.8
金	11月13日	20	0.54	NNW	<0.4	0.9	88	101	0.8
金	11月13日	21	0.66	NNW	0.4	1.8	91	137	1.0
日	11月15日	4	0.65	NE	<0.4	0.9	88	70	0.4
日	11月15日	8	0.79	NNW	<0.4	0.4	88	120	0.7
日	11月15日	19	0.67	NW	<0.4	<0.4	81	85	0.8
日	11月15日	20	0.63	NW	<0.4	0.4	83	99	0.9
月	11月16日	7	0.50	NNW	<0.4	0.9	91	126	0.5
水	11月18日	7	0.68	NNW	<0.4	0.4	92	234	0.7
水	11月18日	23	1.14	NNW	<0.4	0.9	84	53	0.4
木	11月19日	22	0.65	NNW	<0.4	0.9	92	139	0.9
木	11月19日	23	0.62	NNW	<0.4	0.9	93	149	0.9
木	11月26日	7	0.61	SE	<0.4	1.3	92	104	0.4
金	12月4日	22	0.52	NNW	0.9	2.2	82	154	1.0
日	12月6日	7	0.87	NNW	0.4	0.9	95	80	0.4
日	12月6日	19	0.65	NNE	<0.4	0.4	78	102	0.9
日	12月6日	20	0.82	NNE	<0.4	0.4	82	136	1.2
日	12月6日	21	0.82	NNE	<0.4	0.4	85	151	1.1
日	12月6日	22	0.57	NNE	<0.4	<0.4	86	125	0.9
日	12月6日	23	0.5	NNE	<0.4	<0.4	88	119	0.9
月	12月7日	23	1.42	N	<0.4	0.4	87	67	0.5
月	12月7日	24	0.72	N	<0.4	<0.4	87	38	0.4
木	12月10日	21	0.55	N	<0.4	0.4	86	156	0.9
木	12月10日	22	0.6	N	<0.4	<0.4	89	179	0.9
金	12月11日	2	1.09	N	<0.4	0.9	91	99	0.3
金	12月11日	19	0.57	E	<0.4	<0.4	86	134	1.0
金	12月11日	21	0.52	E	<0.4	<0.4	88	143	1.1
金	12月11日	22	0.55	E	<0.4	<0.4	89	162	1.2
金	12月11日	23	0.52	E	<0.4	<0.4	90	147	1.0
土	12月12日	24	1.86	NNW	<0.4	<0.4	78	38	0.4
水	12月16日	4	1.36	WNW	<0.4	<0.4	91	81	0.2

**表3 代表的な突発的高濃度 NMHC 時の排出量の推定 (1 分間値最高濃度継続時)**

NMHC 高濃度発生日	2020年10月27日	2020年11月8日	2017年11月7日
1 時間平均値(ppmC)	2.52	3.11	3
最大 1 分間値 (ppmC)	13.8	9.0	4.8
ppmC→ppmへの換算 (平均炭素数 5 として)	2.8	1.8	1.0
最大濃度継続時間 (分)	6	6	12
平均風速(m/s)(<0.4m/sの場合0.2m/sとする)	0.2	0.4	0.2
水平方向拡散幅(m) (大気安定度 E で発生源からの距離を500mとしてパスキル拡散幅より算出)	30	30	30
鉛直方向拡散幅(m) (大気安定度 E で発生源からの距離を500mとしてパスキル拡散幅より算出)	15	15	15
推定排出ガソリン蒸気量(100%) (L)	89	117	62
ガソリン蒸気の平均分子量を68 <sup>6)</sup> とした時のガソリン蒸気の重量(g)	253	330	176
ガソリン蒸気を比重0.75の液体とした時のガソリン蒸気の液量(ml)	338	441	235

# 2019年5月27日に宮城県内で観測された 高濃度光化学オキシダント事象の要因別評価について

林英和, 赤松哲也, 庄司岳志, 佐藤修一<sup>1</sup>

キーワード：光化学オキシダント, 成層圏オゾン, ベリリウム-7, 比湿, 最大オゾン生成能

## はじめに

宮城県内では、2019年5月26日より27日にかけて、比較的高濃度の光化学オキシダント（以下、Ox）が観測された。注意報発令には至らなかったものの、市内測定局では、中山局で最大105ppbを記録し、一時間値としては、2019年度の市内最高値となった。

全国においても、5月22日から5月27日にかけて120ppb超の地点が続出し、首都圏、東海、近畿、瀬戸内海、九州等で注意報等が断続的に発令された。この期間中の被害届出人数は、全国で9県337人にのぼり、2018年の13人（1県）と比較し大幅増となった<sup>1)</sup>。

宮城県内では、平成13年以降、注意報発令はないものの、Oxの常時監視では維持されることが望ましいとされる環境基準を達成できないでいる。今後、温暖化と大気汚染の複合影響によるOx濃度上昇及び健康被害の増加が想定されるなか<sup>2)</sup>、本市におけるOx高濃度事象を解析することは濃度上昇抑制の方策を考えるうえで意義があると思われる。

Oxの上昇要因としては、地域内生成、成層圏オゾンの降下、移流があげられる<sup>3)</sup>。そこで本稿では、高濃度期間中の全国、県内のOx濃度及び気象状況等を整理し、各上昇要因が5月27日の高濃度事象にどの程度寄与したか考察を行った。

## 高濃度事象の概況

### 1 全国のOx濃度推移

5月24日～5月28日の各15時における全国の概況を図1-1～5に示す。5月24日、九州北部、瀬戸内海地域、近畿地方で観測されたOxの高濃度域は、25日、26日と東へ移動し、東海、関東地方へ広がりを見せた。5月27日は、西日本は天気が崩れOx濃度は低下したが、東海、関東地方は依然として高く、東北地方でも高濃度が観測された。5月28日は全国的に天気が崩れ、一連の高濃度事象は終了した。

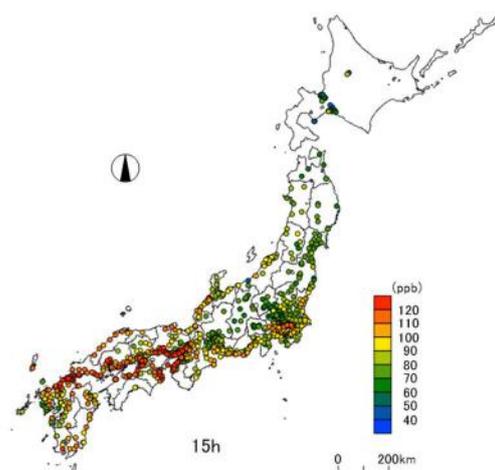


図1-1 Ox濃度（5月24日15時）

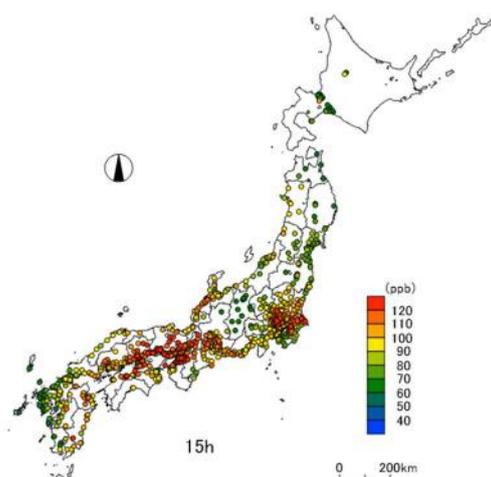


図1-2 Ox濃度（5月25日15時）

1 現 環境局環境部環境対策課

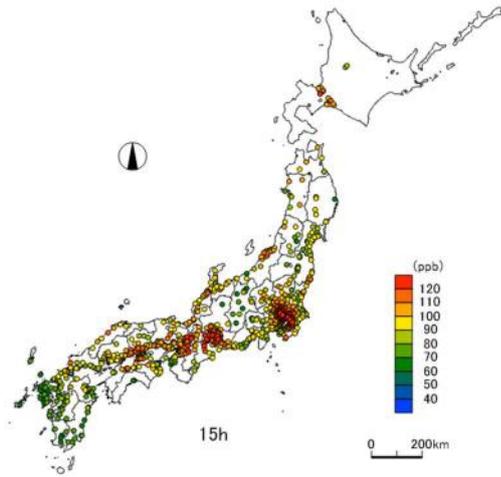


図1-3 O<sub>3</sub>濃度 (5月26日15時)

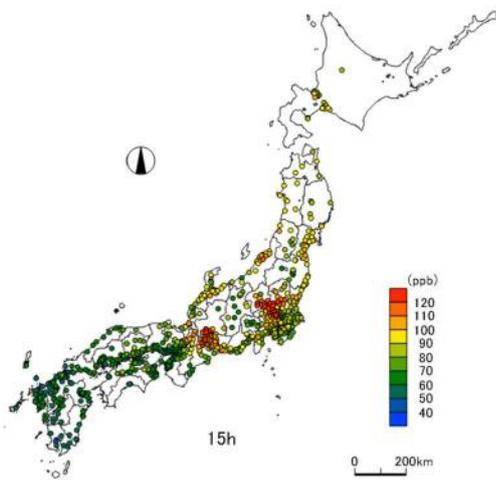


図1-4 O<sub>3</sub>濃度 (5月27日15時)

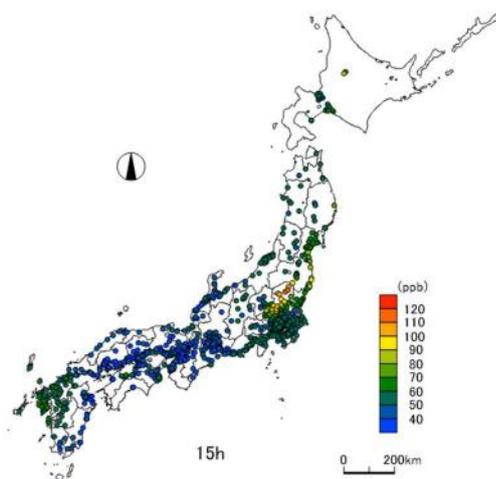


図1-5 O<sub>3</sub>濃度 (5月28日15時)

## 2 宮城県内のO<sub>3</sub>濃度推移

宮城県内で高濃度が観測された5月26日～5月28日における県内26測定局のO<sub>3</sub>濃度推移を箱ひげ図として図2-1に示す。また、仙台市内で最高濃度を記録した中山局のO<sub>3</sub>濃度推移を図2-2に示す。

期間中、県内多くの測定局で昼間の時間帯にO<sub>3</sub>濃度が上昇しており、特に5月27日13時～15時においては、90ppb超を記録した測定局が多くみられた。

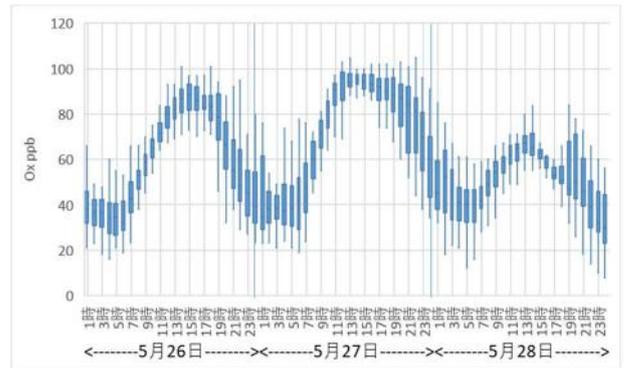


図2-1 宮城県内26局O<sub>3</sub>濃度 (箱ひげ図)

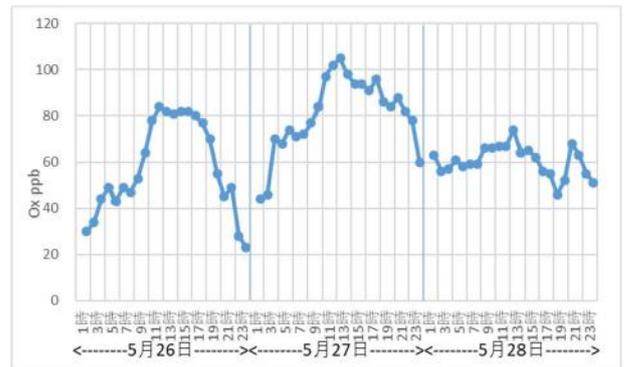


図2-2 中山局O<sub>3</sub>濃度

## 3 気象状況

5月26日～28日の天気図を図3-1に示す。5月26日、日本付近は広く高気圧に覆われて晴れ、各地で気温が上昇し、全国で真夏日566地点、猛暑日53地点と、5月としては記録的な暑さとなった<sup>4)</sup>。5月27日は、西日本は前線や湿った空気の影響で曇りや雨となったが、東日本は引き続き高気圧に覆われ晴れて気温が上昇した。5月28日は、東進した前線の影響により全国的に雨となった。

この期間における仙台管区気象台の観測データを図3-2～4に示す<sup>5)</sup>。期間中の最高気温は30℃を超え、全天日射量は、各日とも11時～13時に最大となった。降雨があった5月28日は気温、全天日射量は、前二日より低くなった。風向は、5月26日～27日は、昼間に海から陸への東南の風、夜間は陸からの海への北西の

風と海陸風の影響がみられた。5月28日の昼間は、前線の通過に伴い、北寄りの風が支配的であった。風速は、風向が変化する午前8時ごろと午後9時ごろに低下する傾向がみられた。

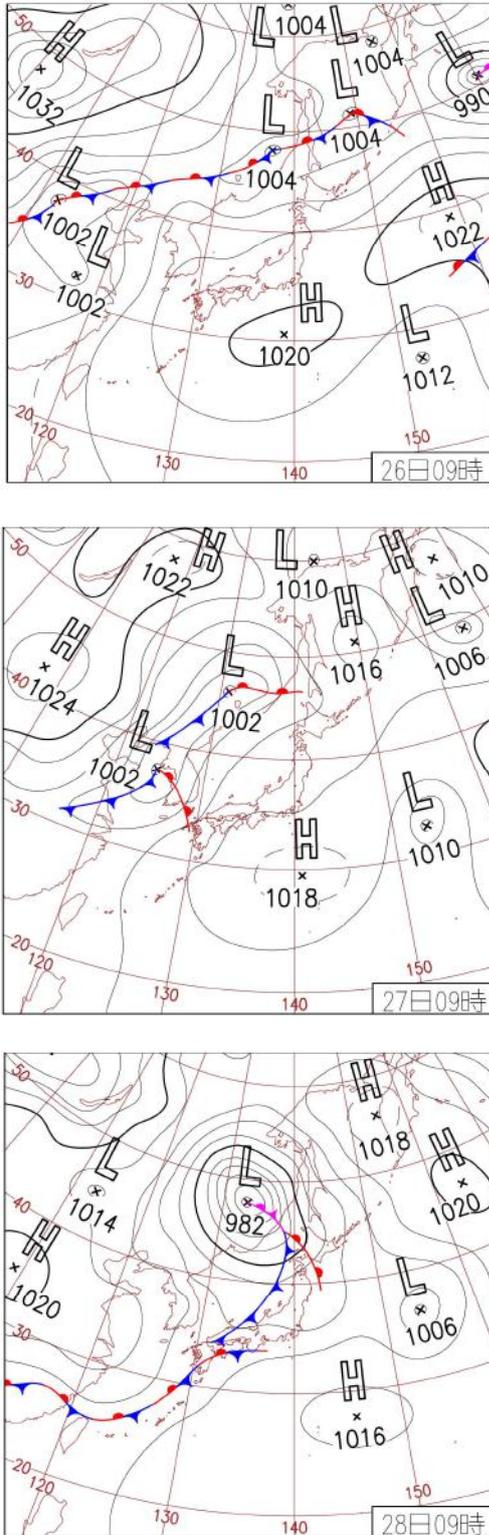


図3-1 天気図(5月26日~28日)<sup>4)</sup>

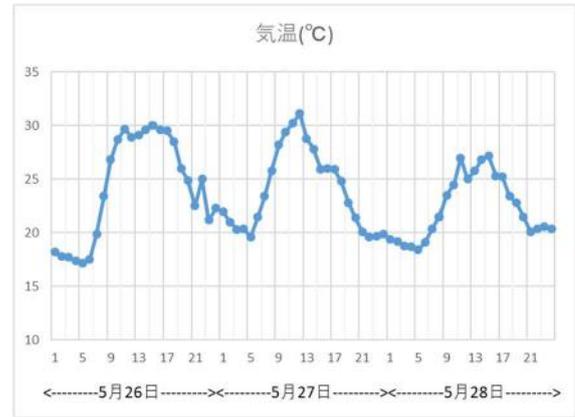


図3-2 気温

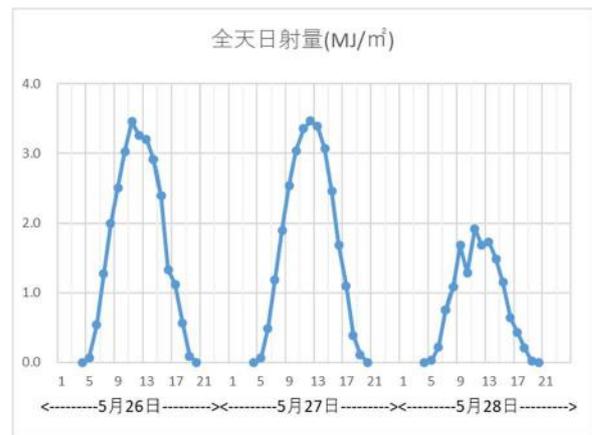


図3-3 全天日射量

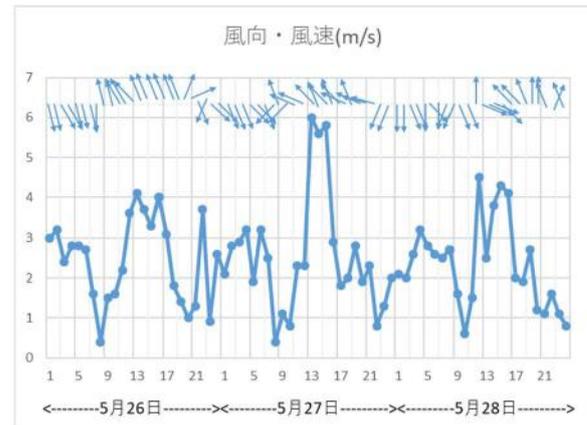


図3-4 風向, 風速

#### 0x 濃度の要因別評価

0x 濃度の上昇には、地域汚染による地域内生成、成層圏オゾンの降下、他地域からの移流が関係しているといわれている<sup>3)</sup>。以下では、当市において特に未把握であった成層圏オゾン降下の影響を中心に、0x 高濃度事象の要因別評価を行った。

## 1 成層圏オゾン降下の影響

赤道域で生成されたオゾンは、成層圏の大気の流れによって中高緯度に輸送され、日本においては冬季から春季にかけて上空のオゾン全量が極大となる<sup>6)</sup>。

成層圏オゾンの降下の指標として、成層圏に存在するベリリウム-7（以下、<sup>7</sup>Be という。）濃度の地上付近での増加、比湿の低下、後方流跡線の起点高度などが用いられている<sup>3) 7)</sup>。

### 1) <sup>7</sup>Be 濃度を用いた考察

<sup>7</sup>Be 濃度のデータは、原子力規制庁が公開しているデータ<sup>8)</sup>を利用した。データは、暦月ごとに概ね 30 日程度連続採取されたサンプルの分析値であり、日別の観測値ではないため、ここでは月間値として扱い、Ox 濃度との関係や季節変化、経年変化を整理した。利用したデータの地点は、利用可能なもののうち、仙台市近傍の県内地点である「石巻市」を利用した。期間は 2012～2019 年度の 8 年度分、試料種別は「大気浮遊じん」の計 96 データを用いた。Ox 濃度は市内中山局のデータより月平均値を利用した。

図 4-1 に中山局の Ox 濃度及び <sup>7</sup>Be 濃度の月別推移グラフを、図 4-2 に暖候期（3月～8月）における散布図を示す。

図 4-1 から、中山局における Ox 濃度は、冬季から春季にかけて上昇し、4 月及び 5 月に最大値を示し、7 月と 8 月に低下、9 月、10 月に再び上昇後、冬季にかけて低下する動きを繰り返している。<sup>7</sup>Be 濃度も概ね同様の挙動を示しており、これらの挙動は既往の研究結果<sup>9)</sup>と一致する結果となった。2019 年 5 月においても、<sup>7</sup>Be 濃度及び Ox 濃度が高いことから、当該月も成層圏オゾン降下の影響を受けていたと推定された。

図 4-2 から、期間を暖候期（3月～8月）とした場合、Ox 濃度と <sup>7</sup>Be 濃度の間に正の相関がみられ、その関係式は  $Ox (ppb) = 5.81 \times ^7Be (mBq/m^3) + 20.88$  であった。地表面で観測される <sup>7</sup>Be のほとんどが成層圏由来と考えられることから<sup>10)</sup>、この一次式の切片は、<sup>7</sup>Be 濃度が 0 mBq/m<sup>3</sup>、つまり、降下の影響を受けないと仮定した場合の Ox 濃度を示し、その濃度は 20.88ppb であった。

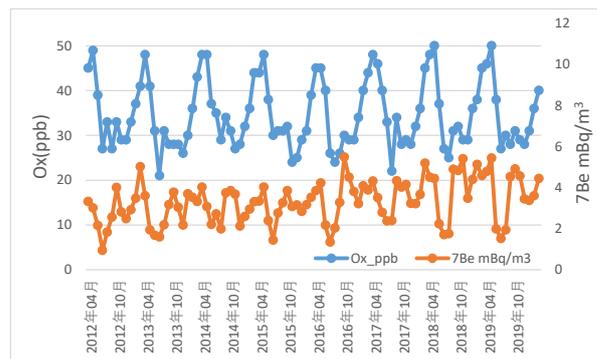


図 4-1 <sup>7</sup>Be 及び Ox 濃度の経月変化

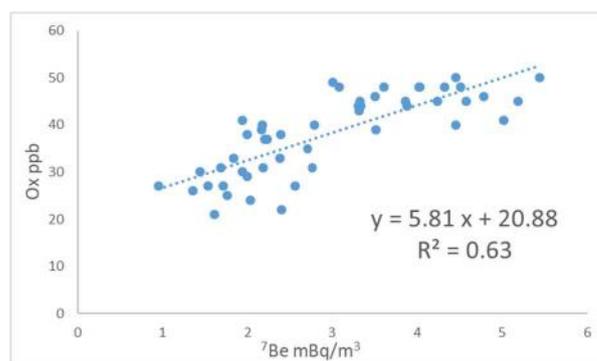


図 4-2 <sup>7</sup>Be 及び Ox 濃度の散布図

### 2) 比湿を用いた考察

比湿による考察では、既往の研究<sup>10)</sup>では、800hPa 面における比湿を用いていることから、高層気象台のデータのうち、仙台市に最も近い地点である「館野」の 800hPa 面における気温、相対湿度を利用し、2012～2019 年度の各日 9 時及び 21 時における比湿(g/kg)を算出した。これを月ごとに平均し、月別の推移として示したグラフを図 5-1 に、暖候期（3月～8月）における中山局 Ox 濃度との散布図を図 5-2 に示す。また、2019 年 5 月における日別の推移を図 5-3 に示す。

図 5-1 から、比湿は 12 月～3 月にかけ極小を示し、7 月～8 月に極大を示すという周期を繰り返している。月別 Ox 濃度の極大と比湿の極小の時期は、必ずしも一致していないものの、Ox 濃度が極大となる 3 月～5 月は、比湿は年間の変動範囲の中では低い水準であった。また、暖候期（3月～8月）においては、比湿と Ox 濃度の間に良好な相関関係がみられた（図 5-2）。日別推移（図 5-3）では、全国的に高濃度 Ox が観測された 5 月 24 日～5 月 27 日は、比湿は比較的低下水準で推移しており、比湿の観点からも成層圏オゾン降下の影響が示唆された。前線を伴った低気圧が通過した 5 月 28 日は比湿が上昇していることが確認された。

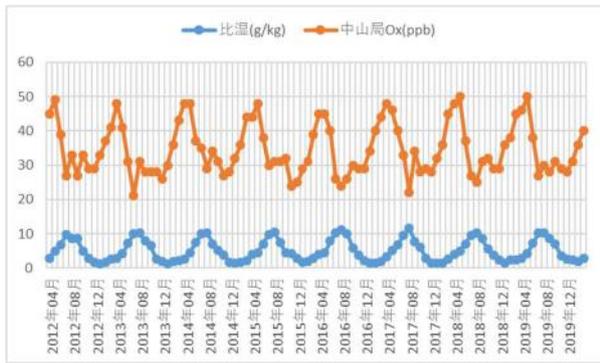


図5-1 比湿及びOx濃度の経月変化

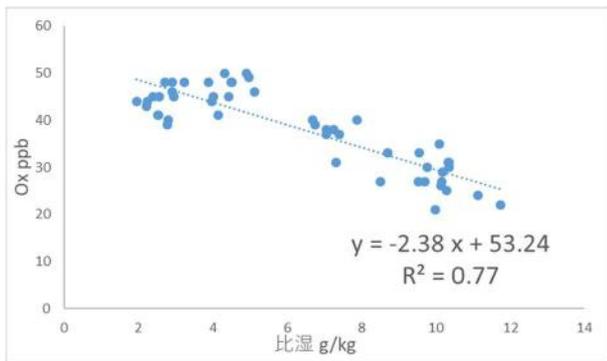


図5-2 比湿及びOx濃度の散布図

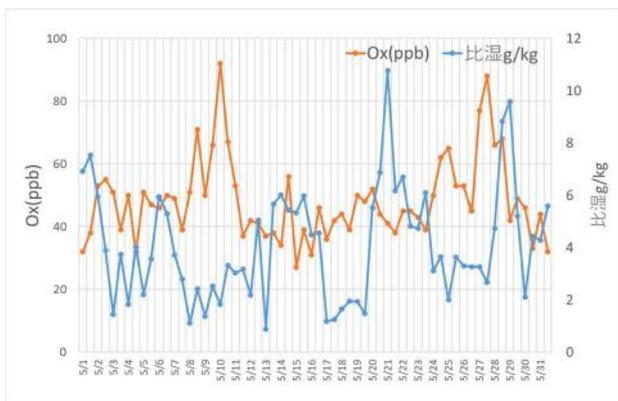


図5-3 2019年5月における比湿及びOx濃度の推移

### 3) <sup>7</sup>Be濃度及び比湿を用いた考察

2012～2019年度における月別<sup>7</sup>Be濃度及び月別比湿の暖候期(3月～8月)における散布図を示す(図6)。両者の間には<sup>7</sup>Be (mBq/m<sup>3</sup>) = -0.3比湿 (g/kg) + 4.85の関係式が認められた。5月27日の比湿が日平均で2.96g/kgであったことから、当該日における<sup>7</sup>Be濃度を前述の月別平均値より求めた関係式より算出すると、3.96mBq/m<sup>3</sup>と計算された。

ここで、1)で得られた関係式  $Ox (ppb) = 5.81^{7}Be (mBq/m^3) + 20.88$  における傾きは、単位<sup>7</sup>Be濃度上昇あたりの成層圏オゾン降下量と解されることから、これに5月27日の推

定<sup>7</sup>Be濃度 3.96mBq/m<sup>3</sup>を乗ずると 23.01ppb となった。<sup>7</sup>Be、比湿、Oxの測定地点が異なることや、各回帰式の決定係数が高くないことから、必ずしも正確な計算とはいえないものの、当該日における成層圏オゾンの寄与は 23.01ppb と推定された。

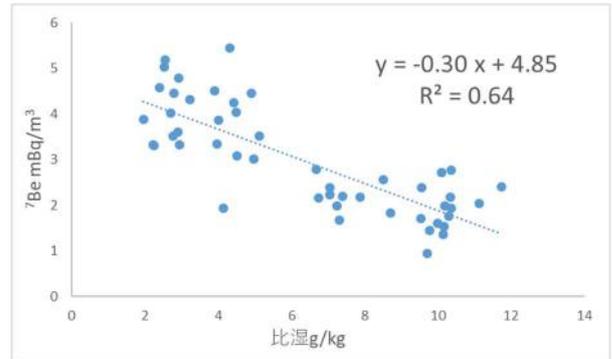


図6 <sup>7</sup>Be濃度及び比湿の散布図

### 4) 後方流跡線解析の起点高度を用いた考察

後方流跡線解析を用いた解析では、既往の研究<sup>3)</sup>では起点高度が3kmを超える場合を成層圏オゾン降下の目安としている。図7に、5月25日～28日の各15時(5月28日のみ9時)を起点とした後方流跡線を示す<sup>11)</sup>。ここで、計算時間は96時間、高度は500m、1000m、1500mとした。結果、高度3km超を通過した気塊が各日次々に流入しており、後方流跡線解析からも成層圏オゾンの影響を受けやすい状況であったと推測された。

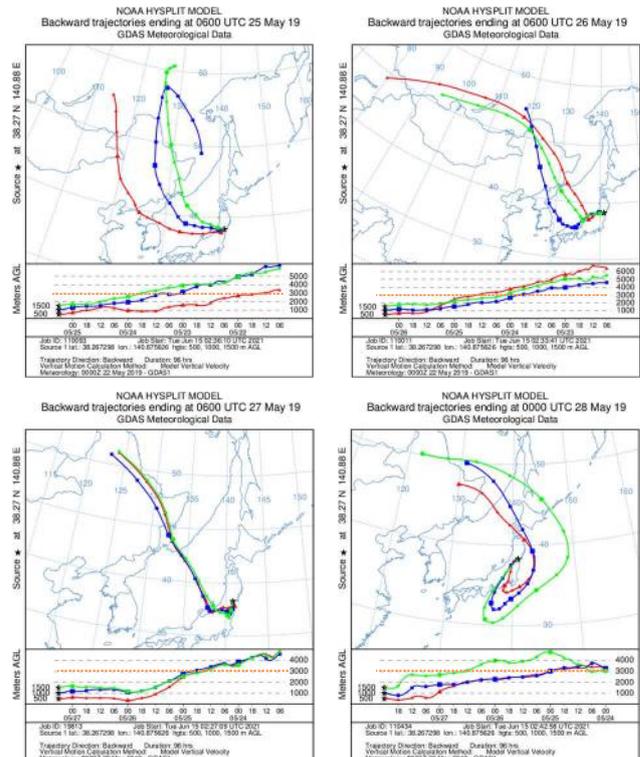


図7 5月25日～28日を起点とした後方流跡線解析

## 2 移流の影響

移流の影響の考察にあたっては、県内  $O_x$  濃度のピーク時間帯であった5月27日15時を対象に、当該時刻を起点とした後方流跡線解析と、当日における国内  $O_x$  濃度の整理を行った。後方流跡線は、前述図7のほか、国内における拡大図を図8に示した。また、図9-1～5に近畿～関東～東北南部における当日の3時間ごとの  $O_x$  濃度の推移を示す。

図7～8から、5月27日15時に仙台に到達した気塊は、5月23日～5月24日にかけて中国東北部を通過し、5月25日に新潟県、5月26日に福島県を通過、5月27日に南方より宮城県に流入した気塊であることがわかった。このことから、大陸影響を受けた可能性が考えられたが、前述の成層圏オゾンとの切り分けが困難であることや、発生源が少ない国内オフサイト地点との比較が得られなかったことから、今回の調査では大陸からの移流の影響は確認できなかった。

国内他地域からの移流については、図9から気塊の流入方向に位置する関東地域に着目すると、 $O_x$  の高濃度域は、12時に東京湾周辺で観測され、15時、18時には東京湾の北西方向である埼玉県、群馬県で観測されている。これは、既往の研究<sup>12)</sup>で報告があるように、臨海部の工業地帯で発生した高濃度のVOC成分が、海風により内陸部へ運ばれる過程で光化学反応を起こし、 $O_x$  濃度の上昇をもたらした結果と考えられた。しかしながら、この高濃度域が栃木県、茨城県、福島県と北東へ移動、拡散する様子はみられず、このことから、5月27日のピーク時間帯は、国内他地域からの移流の影響は確認されなかった。

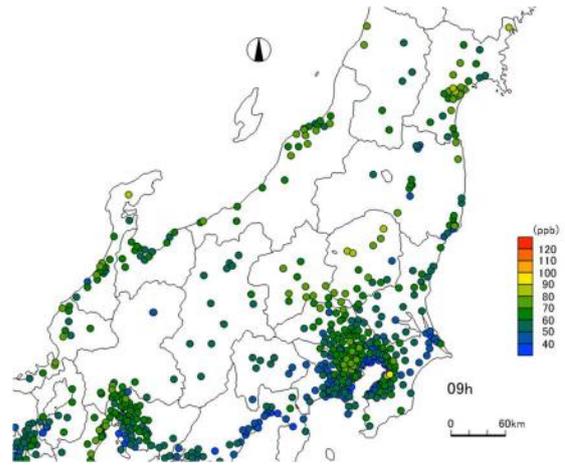


図9-1  $O_x$  濃度 (5月27日9時)

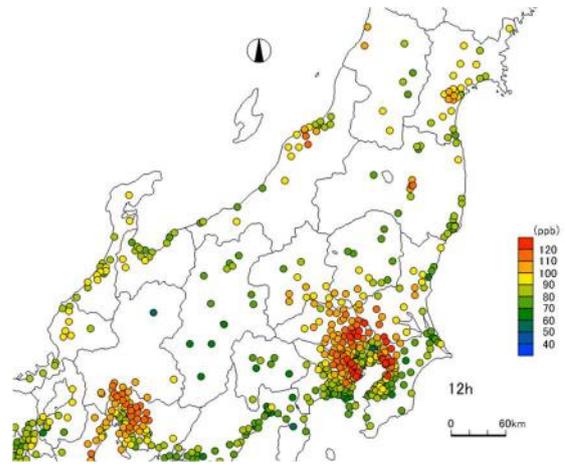


図9-2  $O_x$  濃度 (5月27日12時)

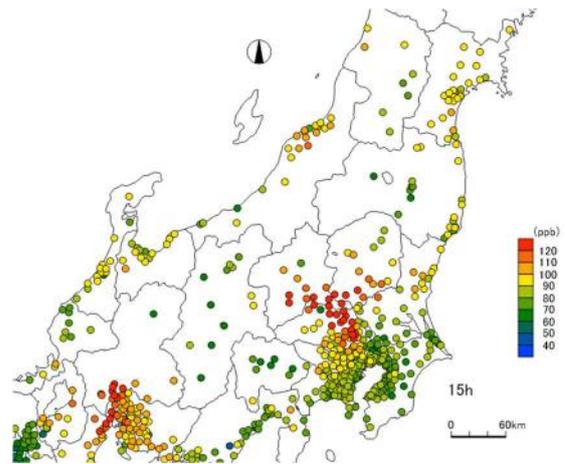


図9-3  $O_x$  濃度 (5月27日15時)

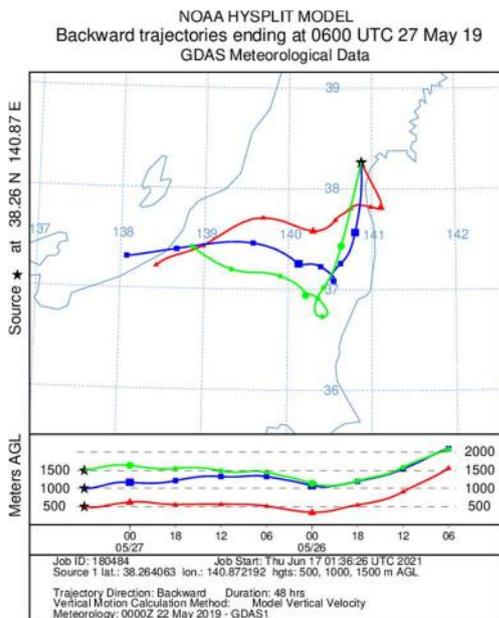


図8 5月27日15時を起点とした後方流跡線解析

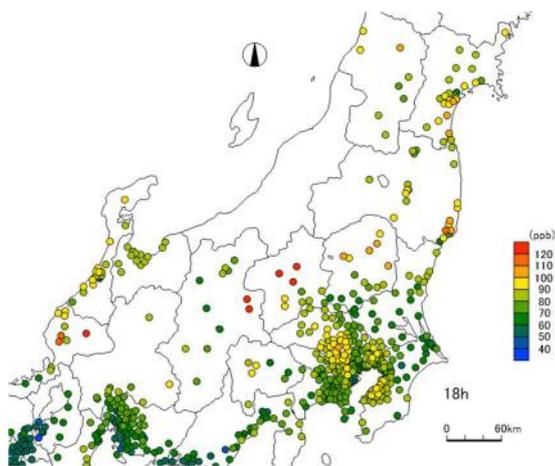


図9-4 O<sub>x</sub>濃度 (5月27日18時)

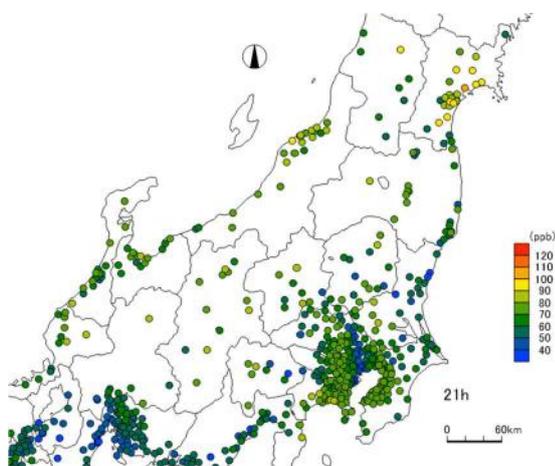


図9-5 O<sub>x</sub>濃度 (5月27日21時)

### 3 地域内生成

地域内生成によるO<sub>x</sub>の高濃度は、その地域で排出される窒素酸化物、揮発性有機化合物（以下、VOC）の高濃度や日射量の強さなどが関与していると考えられている<sup>3)</sup>。ここでは5月27日前後における県内のVOC濃度の推移をもとに、地域内生成の影響を考察することとした。

VOC測定データは、環境省が国設筧岳局で実施している定期測定結果<sup>13)</sup>を利用した。環境省は、全国5地点で、1日2回、2時と14時にHAPs、PAMS等のVOC成分56項目を測定しており、国設筧岳局はそのうちのひとつである。

利用したデータの期間は、O<sub>x</sub>濃度が特に高濃度であった5月27日の前後として、5月23日～5月29日の7日間とした。データ数は各日の2時及び14時の計14データ、VOC成分数は利用可能であった54項目を使用した。比較に用いたO<sub>x</sub>濃度は筧岳局のデータを利用した。

VOC濃度の推移を図10-1に示す。VOCは種類により光化学反応性が異なることが知られ、その評価に広く用いられている手法に大気濃度に最大オゾン生成能（Maximum Incremental Reactivity:以下、MIR値）を乗じる方法がある<sup>14)</sup>。MIR値は、VOC増加量に対するオゾンの最大増加量の比で表される。これをもとに算出した最大オゾン生成推計濃度（以下、推計濃度）の推移を図10-2に示す。図10-1～2とも、VOC成分は、上位8成分と、その他46項目をまとめた「その他46」として集計した。

図10-1より、O<sub>x</sub>濃度が最高を記録した5月27日前後において、VOC濃度の総和が期間中では大きく上昇していたことがわかる。しかしながら、5月24日14時～5月25日14時のように、VOC濃度が比較的低いにも関わらず、O<sub>x</sub>濃度が80ppb程度と、比較的高い水準にあったケースも見受けられる。時刻別では、14時においてイソプレン濃度が増加していることが特徴的である。イソプレンは、主に広葉樹より放出されるVOCで、葉が生育する夏に盛んに放出され、また、その多くが日射の強い昼間に放出されることが知られている。毎月市内で実施している有害大気汚染物質モニタリング調査でもその季節特性が観測されている。（図10-3）

図10-2より、推計濃度では、イソプレンの寄与が他の項目より大きく、14時の時間帯では主要な成分であることが分かる。前述と同様、推計濃度も、必ずしもO<sub>x</sub>濃度と相関を示すわけではなかったが、5月27日前後において期間中では高い水準にあり、このことから、VOC濃度及び推計濃度の上昇が、O<sub>x</sub>の高濃度化に一定の寄与をもたらしたと推測された。なお、5月28日14時の高いイソプレンの推計濃度は、当日、植物により排出されたイソプレンが、その後天気の影響により光化学反応をせず、大気中に残存したためと推測された。

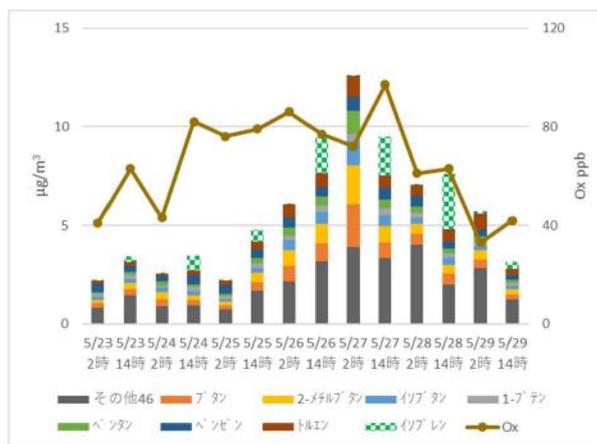


図10-1 筧岳局VOC (5月23日～5月29日)

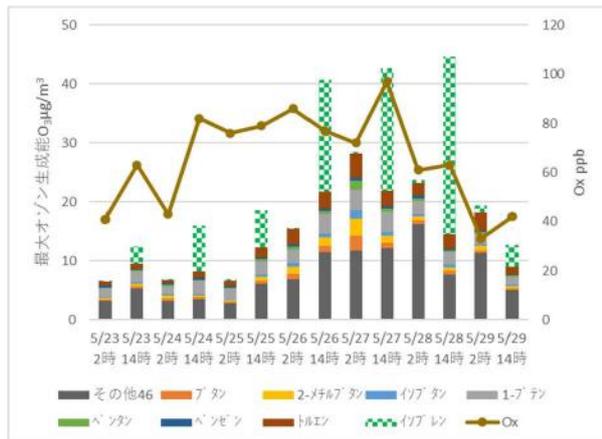


図 10-2 最大オゾン生成能  
(5月23日～5月29日)

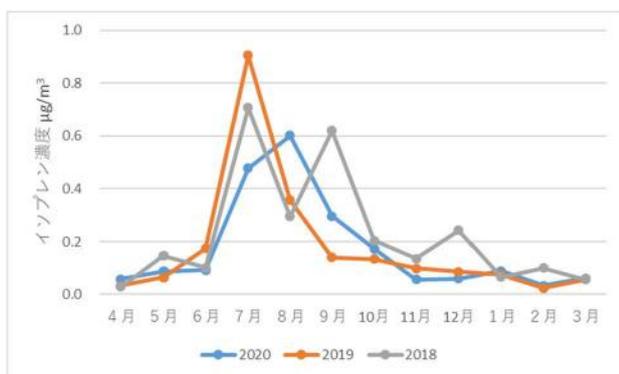


図 10-3 市内4地点における月別イソプレン  
平均濃度(24時間採取, 2018～2020年度)

### まとめ

2019年5月27日に宮城県内で観測されたOx高濃度事象について上昇要因別に考察を行った。

成層圏オゾン降下を示唆する<sup>7</sup>Be濃度、比湿、後方流跡線解析を解析したところ、当該日において比湿が低く、流跡線の起点高度が3kmを超えていたことから成層圏オゾンの影響を受けたと推定された。

国内外からの移流の影響をみるため、後方流跡線と国内Ox濃度の時間推移を解析したが、移流の明確な影響は確認されなかった。

地域内生成の観点からは、県内麓岳局のVOC定期測定結果を用いて、高濃度日前後におけるVOC濃度及び最大オゾン生成推計濃度の推移を解析した。結果、5月27日前後において、VOC濃度及び最大オゾン生成推計濃度は高い水準にあり、Oxの高濃度化へ一定の寄与があったと推定された。

Ox高濃度事象は、種々の上昇要因が複合的に影響し発生しているとみられ、今後も多角的な解析を継続する。

### 参考文献

- 1) 環境省：令和元年光化学大気汚染関係資料（令和2年3月），p.1(2020)
- 2) 環境省：気候変動適応計画（平成30年11月27日閣議決定，p.67(2018)
- 3) 岩本ら：福岡県における光化学オキシダントの高濃度要因の分類，大気環境学会誌，第43巻第3号，p.173（2008）
- 4) 気象庁：日々の天気図，No.208，（2019）
- 5) 気象庁：過去の気象データダウンロード，  
<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/>，  
（2021年6月17日最終アクセス）
- 6) 気象庁：オゾンの世界分布と季節変化，  
[https://www.data.jma.go.jp/gmd/env/ozonehp/3-20ozone\\_avemap.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/env/ozonehp/3-20ozone_avemap.html)，（2021年7月2日最終アクセス）
- 7) 独立行政法人国立環境研究所：日本における光化学オキシダント等の挙動解明に関する研究（国立環境研究所と地方環境研究所とのC型共同研究平成16～18年度最終報告），p.137(2007)
- 8) 原子力規制庁：環境放射線データベース，  
<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/data/database/>，  
（2021年4月13日最終アクセス）
- 9) 土井ら：つくばにおける大気中のオゾンとベリリウム-7の濃度変化，天気40(11)，p.42(1993)
- 10) 杉原ら：新潟県における<sup>7</sup>Be濃度による成層圏オゾンの降下量評価，新潟県保健環境科学研究所年報第26巻，p.87(2011)
- 11) アメリカ海洋大気庁（NOAA）：Air Resources Laboratory，  
<https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>，（2021年7月1日最終アクセス）
- 12) 福崎ら：横浜市と東京都における夏季の揮発性有機化合物（VOC）同時観測調査，大気環境学会誌第53巻第1号，p.13(2018)
- 13) 環境省：揮発性有機化合物（VOC）成分自動測定結果，  
<http://www.env.go.jp/air/osen/voc/monitoring.html>，（2021年6月15日最終アクセス）
- 14) 遠藤ら：仙台市における光化学オキシダント生成に係るVOC調査，仙台市衛生研究所報，No.47，p.87(2017)