

### 3 論文と報告

3-1	仙台市における感染症発生動向調査について（2024年）	3-1
3-2	仙台市衛生研究所における収去検査実施状況	3-13
3-3	急性呼吸器感染症（ARI）病原体定点医療機関における ウイルス検出状況	3-20
3-4	愛宕大橋付近で発生した広瀬川赤水に関する調査について	3-25
3-5	令和6年度有害大気汚染物質モニタリング調査結果について	3-30
3-6	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	3-38

# 3-1 仙台市における感染症発生動向調査について（2024年）

吉住 美奈, 包 智子, 松原 弘明

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罹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、2024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

2024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。

#### 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る。

患者定点には、インフルエンザ/ COVID-19 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/ COVID-19 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。

病原体定点は、必要に応じて採取した定点把握対象疾病の検体を提供している。

定点は、感染症法に基づき宮城県が選定しており、市内の定点医療機関数については、表2のとおりである。

定点把握対象疾病は、疾病の種類により集計期間が異なるため、市内患者定点医療機関から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、2024年1月1日から2024年12月31日までを、週報告の対象疾病については、2024年第1週から第52週（2024年1月1日から2024年12月29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

全数報告対象疾病の発生状況を表3に示す。

一類感染症の報告はなかった。

二類感染症は、結核134例の報告があり、前年（2023年108例 ※届出遅延1例含む）より増加した。病型別では、肺結核58例、その他の結核17例、肺結核及びその他の結核1例、無症状病原体保有者57例、疑似症患者1例であった。肺結核の報告数が最も多く、全体の43.3%を占め、次いで無症状病原体保有者が42.5%を占めたが、その差は1例であり、概ね同程度であった。前年と比較すると、肺結核の割合が増加した一方、無症状病原体保有者の割合が減少している（図1）。年代別の報告では80代が41例と最も多く、次いで70代が22例、20代が19例、50代が13例と続いた。70代以上に偏りが見られるものの、20代の若い世代でも一定の報告数が確認されている（表4）。なお20代の多くは外国籍の患者であった。また、推定感染地域は国内69例、国外13例（ミャンマー5例、ネパール4例、インド、インドネシア、パキスタン、フィリピン各1例）、不明52例であった。

三類感染症は、細菌性赤痢1例、腸管出血性大腸菌感染症36例の報告があった。

このうち腸管出血性大腸菌感染症は、前年（2023年27例）よりも報告数が増加した。類型別にみると、患者が24例、無症状病原体保有者が12例であり、各々が占める割合は前年（患者18例、無症状病原体保有者9例）と変わらなかった。なお、患者24例において、溶血性尿毒症症候群（HUS）の発症が1例（10代女性）確認されている。また、O抗原血清型別の分類で

は、O157が18例と最も多く全体の50.0%を占め、次いでO111が6例16.7%を占めた。その他、O103及びO型別不明が各4例で11.1%、O8、O26、O91、O121が各1例で2.8%であった(図2)。

四類感染症は、E型肝炎6例、A型肝炎3例、つつが虫病6例、デング熱1例、マラリア1例、レジオネラ症33例の報告があった。主な報告状況は以下のとおりである。

つつが虫の報告は2018年以来であり、2024年は6例の報告があった。感染地域は全て宮城県で(確定2例、推定4例)、うち4例では野外における活動が確認されている。

マラリアは2017年以来の報告であり、推定感染地域はナイジェリアであった。

レジオネラ症の報告数は33例で、前年(2023年24例)よりも増加した。病型別にみると、肺炎型が29例と全体の87.9%を占め、次いでポンティアック熱型が3例、無症状病原体保有者1例であった。患者の年代は30代~90代で、なかでも70代が11例と特に多く、次いで80代が9例、60代が5例、50代が4例と続いた。また、性別では男性が24例(72.7%)と大半を占めた。前年も70代の報告数が最多かつ男性の占める割合が高く、市内報告例においては同様の傾向が続いていることが確認された。

五類感染症は、アメーバ赤痢3例、ウイルス性肝炎(E型肝炎及びA型肝炎を除く)3例、カルバペネム耐性腸内細菌目細菌感染症42例、急性脳炎1例、クリプトスポリジウム症1例、クロイツフェルト・ヤコブ病3例、劇症型溶血性レンサ球菌感染症19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3例、侵襲性髄膜炎菌感染症1例、侵襲性肺炎球菌感染症24例、水痘(入院例)2例、梅毒125例、播種性クリプトコックス症4例、破傷風1例、バンコマイシン耐性腸球菌感染症1例、百日咳5例の報告があった。なお、麻しん及び風しんの報告はなかった。主な報告状況は以下のとおりである。

カルバペネム耐性腸内細菌目細菌感染症の報告数は42例で前年(2023年57例)よりも減少した。診断時の主な分離菌は、*Klebsiella aerogenes*(旧名*Enterobacter aerogenes*)で、26例と全体の61.9%を占めた。以降は*Enterobacter cloacae*8例、*Klebsiella pneumoniae*3例、*Citrobacter braakii*、*Enterobacter cloacae complex*が各2例、*Serratia marcescens*が1例であった。

劇症型溶血性レンサ球菌感染症の報告数は19例と前年(2023年8例)の2倍を超える報告数となった。

血清群は、A群が10例と最も多く、次いでG群が5例、B群が1例、検査未実施が3例であった。

侵襲性肺炎球菌感染症の報告数は24例で、前年(2023年20例)より増加した。年代別にみると、10歳未満が6例、20代、30代及び50代が各1例、60代2例、70代及び80代が各5例、90代が3例であった。10歳未満の子供と70代以上で多く、年齢分布にやや偏りがみられた。肺炎球菌ワクチン接種歴をみると、5歳未満の全例で接種歴有であるのに対し、その他の年代で接種歴があったのは60代と70代の各1例のみであった。

梅毒の報告数は125例で、過去最多であった前年(2023年126例)と同程度の報告数であった。年代別では(表5)30代が32例と最も多かったが、次いで20代が31例、40代が30例と概ね同程度であり、年齢分布に偏りがみられた。また、各年代における性別の割合をみると(図3-1)、男性は20代から50代に集中し男性全体の85.7%を占め、中でも30代及び40代が特に多かった。一方、女性は20代及び30代が27例と女性全体の65.9%を占めていた。全体的には男性が84例、女性が41例と男性が多かった。また病型別では(図3-2)、早期顕症梅毒(I期)が65例(52.0%)と全体の半数以上を占め、次いで早期顕症梅毒(II期)が30例(24.0%)、無症候が29例(23.2%)、晩期顕症梅毒が1例(0.8%)で、先天梅毒の報告はなかった。昨年と比較すると早期顕症I期の割合が増加し、一方でその他の病型は減少した。確定及び推定感染原因としては、性的接触が117例と93.6%を占め、その他は不明が8例であった。

百日咳の報告は5例と、前年(2023年2例)から増加した。

## 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4及び表6に示す。

週報告対象感染症について、2023年と2024年の報告数を比較した結果は、以下の通りであった。

RSウイルス感染症の報告数は、1,694例から1,053例へ減少した。前年は5月から9月にかけて増加傾向がみられたが、2024年は5月から9月に若干上昇したが、低い水準で推移した。

A群溶血性レンサ球菌咽頭炎の報告数は、1,520例から3,924例へ増加したが、明確なピークは認められず警報レベルに達することはなかった。

感染性胃腸炎(小児科)の報告数は、6,324例から5,568例と減少し、1年を通じて低い水準であった。

手足口病の報告数は、642例から7,975例に著しく増加した。例年夏に流行がみられるが、2024年は秋以降も感染が拡大し、7月から12月まで警報レベルで推移した。

伝染性紅斑の報告数は、28例から229例へ著しく増加した。秋以降増加傾向を示したが、年内に警報レベルに到達することはなかった。

ヘルパンギーナの報告数は、3,246例から513例へ著しく減少し、1年を通じて低い水準での推移が続いた。

インフルエンザの報告数は、21,066例から16,285例に減少した。定点当たり報告数は1月に注意報レベル、2月に警報レベルに達し、シーズンが切り替わった第36週以降においても12月に報告数が急増し警報レベルに到達し、急激な増加傾向を示した。

新型コロナウイルス感染症の報告数は1月から3月、及び7月から9月に増加傾向がみられたが、2023年と比較するとピークは低かった。

マイコプラズマ肺炎の報告数は、17例から144例に増加し、8月から12月まで報告数が多い状況が続いた。

## 2) 月報告対象疾病

報告数の推移を図5、表7及び図6に示す。

STDについて2023年と2024年の報告数を比較した結果は、以下の通りであった。

性器クラミジア感染症の報告数は、394例から397例となり、概ね横ばいであった。性器ヘルペスウイルス感染症の報告数は、134例から143例に増加した。尖圭コンジローマの報告数は、174例から192例に増加した。淋菌感染症の報告数は、132例から118例に減少した(表7)。STDを年代別でみると(図6)、いずれの疾患も20代に多い傾向があるが、性器ヘルペスウイルス感染症は30代から50代、尖圭コンジローマは40代においても多く、これは前年と同様の傾向であった。また男女別では(表7)、性器クラミジア感染症は女性、尖圭コンジローマは男性の報告数が著しく多く、性別による偏りがみられ、これも前年と同様の結果であった。

薬剤耐性菌感染症の報告数は、メチシリン耐性黄色ブドウ球菌感染症が2024年は119例と2023年の118例から概ね横ばいの結果となった。ペニシリン耐性肺炎球菌感染症及び薬剤耐性緑膿菌感染症は、いずれも前年と同様、1年を通じて低い水準で推移した。

### まとめ

仙台市における2024年の感染症発生動向調査の全数報告では、梅毒が過去最多となった前年と概ね横ばいの報告数となり、依然として多い状況が続いている。その他、劇症型溶血性レンサ球菌感染症の報告数の増加がみられた。2024年は国内でも報告数が増加し、1999年に統計を取り始めて以降最多であった。増加の原因は明らかではないが、厚生労働省は2023年の夏以降、A群溶血性レンサ球菌による急性咽頭炎の患者数が増加していることを可能性の一つとして挙げている。

定点報告(週報)において、特徴的な傾向を示したものについて以下にまとめる。A群溶血性レンサ球菌咽頭炎は、警報レベルに達することはなかったものの、前年よりも高い水準で推移し、総数は著しく増加した。前述のとおり、全数把握疾患の劇症型溶血性レンサ球菌感染症の報告数が増加した要因と関係している可能性が考えられる。また、手足口病は定点当たり報告数が夏から冬の長期間に渡り警報レベルで推移し、例年とは異なる発生動向を示した。伝染性紅斑は国内で冬に流行拡大がみられ、同時期に市内でも定点当たり報告の増加傾向がみられたが、大規模な流行には至らなかった。一方、前年の夏に急増したヘルパンギーナは2024年における報告数が著しく減少し、1年を通じて流行がみられなかった。インフルエンザは2月

(2023/24シーズン)と12月(2024/25シーズン)に警報開始基準値を超え警報レベルに達したが、総数では前年から減少した。新型コロナウイルス感染症は2月に報告数の増加がみられた。前年は夏に流行のピークが確認されたが、2024年は前年に比べ低い水準の増加に留まった。新型コロナウイルス感染症は警報や注意報の基準値が未だ示されていないため、報告数から流行状況のレベルを判断することは難しいが、引き続き、国際的な変異株発生の情報と併せて監視していきたい。加えて、前年流行がみられなかったマイコプラズマ肺炎が冬に増加し、国内でも流行の拡大が確認されている。

定点報告(月報)のSTDでは、多少の増減はあるものの2023年と比較して概ね同程度の報告数であった。また、薬剤耐性菌感染症も前年から大きな変動はなかった。

本報は2023年5月に新型コロナウイルス感染症が五類感染症に移行してから、初めて1年間を通じて発生動向調査を実施した報告である。新型コロナウイルス感染症流行期には、その他の疾病がほとんど流行していなかったことから、様々な疾病に対する集団免疫の低下が示唆されており、このことが感染症発生動向に少なからず影響を及ぼしている可能性がある。また、

新型コロナウイルス感染症のように、病原体の変異等によって想定を超える流行の波が突然引き起こされる場合もある。そのような状況下において、市内の感染症発生動向を注意深く監視していくことは、今後も感染症情報センターが担う重要な役割であると考えている。市内の感染症対策を所管する本庁（保健所）と連携を図りながら、引き続き市民や医療機関へ迅速かつ分かりやすい感染症情報を還元できるように努めていきたい。

### 参考データ

- 1) 厚生労働省，国立健康危機管理研究機構（JIHS）  
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）2024 年第 1 週～2024 年第 52 週，WISH 公開データ（月報）2024 年 1 月～2024 年 12 月及び WISH 公開データ（年報）2024 年
- 2) 厚生労働省 感染症情報
- 3) 国立健康危機管理研究機構（JIHS）病原微生物検出情報（IASR），感染症発生動向調査感染症週報（IDWR）

表1 対象疾病表(2024 年末時点)

1類感染症	2類感染症	3類感染症	4類感染症	5類感染症 (全数把握対象)	5類感染症 (定点把握対象)
1 エボラ出血熱 2 クリミア・ コンゴ出血熱 3 痘そう 4 南米出血熱 5 ベスト 6 マールブルグ病 7 ラッサ熱	1 急性灰白髄炎 2 結核 3 ジフテリア 4 重症急性呼吸器 症候群 (病原体がペー タコロナ ウイルス属 SARS コロ ナウイルスである もの に限る。) 5 中東呼吸器症 候群 (病原体がペー タコロナ ウイルス属 MERS コロ ナウイルスである もの に限る。) 6 鳥インフルエン ザ (H5N1) 7 鳥インフルエン ザ (H7N9)	1 コレラ 2 細菌性赤痢 3 腸管出血性 大腸菌感染症 4 腸チフス 5 パラチフス	1 E型肝炎 2 ウエストナイル熱 (ウエストナイル 脳炎を含む。) 3 A型肝炎 4 エキノコックス 症 5 エムボックス 6 黄熱 7 オウム病 8 オムスク出血熱 9 回帰熱 10 キャサヌル森 林病 11 Q熱 12 狂犬病 13 コクシジオイデ ス症 14 ジカウイルス感 染症 15 重症熱性血小 板減少症候群 (病原体がフレ ボウイルス属 SFTS ウイルスである ものに限る。) 16 腎症候性出血 熱 17 西部ウマ脳炎 18 ダニ媒介脳炎 19 炭疽 20 チクングニア熱 21 つつが虫病 22 デング熱 23 東部ウマ脳炎 24 鳥インフル エンザ (H5N1 及び H7N9 を除く。) 25 ニバウイルス感 染症 26 日本紅斑熱 27 日本脳炎 28 ハンタウイル ス肺症候群 29 Bウイルス病 30 鼻疽 31 ブルセラ症 32 ベネズエラウ マ脳炎 33 ヘンドラウイル ス感染症 34 発しんチフス 35 ポツリヌス症 36 マラリア 37 野兔病 38 ライム病 39 リッサウイル ス感染症 40 リフトバレー熱 41 類鼻疽 42 レジオネラ症 43 レプトスピラ症 44 ロッキー山麻 斑熱	1 アメーバ赤痢 2 ウイルス性肝炎 (E型肝炎及びA 型肝炎を除く。) 3 カルバペネム耐 性腸内細菌目 細菌感染症 4 急性弛緩性麻痺 (急性灰白髄炎 を除く。) 5 急性脳炎 (ウエストナイル 脳炎、西部ウマ 脳 炎、ダニ媒介脳 炎、東部ウマ脳 炎、日本脳炎、 ベネズエラウマ 脳 炎及びリフトバ レー熱を除く。) 6 クリプトスポリ ジウム症 7 クロイツフェルト ・ヤコブ病 8 劇症型溶血性 レンサ球菌感 染症 9 後天性免疫不全 症候群 10 ジアルジア症 11 侵襲性インフル エンザ菌感 染症 12 侵襲性髄膜炎 菌感染症 13 侵襲性肺炎球 菌感染症 14 水痘 (患者が入院を 要すると認めら れるものに限る。) 15 先天性風しん 症候群 16 梅毒 17 播種性クリプト コックス症 18 破傷風 19 パンコマイシン 耐性黄色ブドウ 球菌感染症 20 パンコマイシン 耐性腸球菌感 染症 21 百日咳 22 風しん 23 麻しん 24 薬剤耐性アシネ トバクター感 染症	【把握対象】 小児科定点 1 RSウイルス感 染症 2 咽頭結膜熱 3 A群溶血性レン サ球菌咽頭炎 4 感染性胃腸炎 5 水痘 6 手足口病 7 伝染性紅斑 8 突発性発しん 9 ヘルパンギーナ 10 流行性耳下腺炎 【把握対象】 インフルエンザ/ COVID-19 定点 11 インフル エンザ (鳥インフル エンザ及び新 型インフル エンザ等感 染症を除く。) 12 新型コロナ ウイルス感 染症 (病原体がペ ータコロナ ウイルス属の コロナ ウイルス[令 和2年1月に 中華人民共 和国から世 界保健機関 に対して、人 に伝染する 能力を有す ることが新 たに報告さ れたもの に限る。]で あるもの に限る。) 【把握対象】 眼科定点 13 急性出血性 結膜炎 14 流行性角 結膜炎 【把握対象】 STD 定点 15 性器クラミ ジア感 染症 16 性器ヘル ペスウイ ルス感 染症 17 尖圭コン ジローマ 18 淋菌感 染症 【把握対象】 基幹病院定 点 19 感染性胃 腸炎 (病原体が ロタウイル スのもの に限る。) 20 クラミ ジア肺 炎 (オウム 病を除く。) 21 細菌性 髄膜炎 (髄膜炎 菌、肺炎 球菌、 インフル エンザ 菌を原 因として 同定され た場合 を除く。) 22 ペニ シリン耐 性肺炎 球菌感 染症 23 マイ コプラズ マ肺炎 24 無菌 性髄膜炎 25 メチ シリン耐 性黄色 ブドウ 球菌感 染症 26 薬剤 耐性緑 膿菌感 染症
<p>新型インフルエンザ等感染症</p> <p>【把握対象】 全医療機関</p> <p>該当なし</p>					
<p>厚生労働省令で定める疑似症</p> <p>【把握対象】 疑似症定点</p> <p>1 摂氏 38 度以上の発熱及び呼吸器症状 (明らかな外傷又は器質的疾患に起因するものを除く。)</p> <p>2 発熱及び発しん又は水疱</p>					
<p>指定感染症</p> <p>【把握対象】 全医療機関</p> <p>該当なし</p>					

表2 各定点の医療機関数（区毎）

区	小児科	インフルエンザ/COVID-19	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	3	3
若林	4	7	1	1	0	0	2
太白	6	10	1	2	2	1	2
泉	5	8	1	2	1	1	2
仙台市	27	44	6	8	5	9	10

表3 仙台市全数報告感染症の発生状況（過去5年間の報告数との比較）

※医師の診断日による分類，2023年の結核は届出遅延1例を含む

類型	疾病名	2024年	2023年	2022年	2021年	2020年	2019年
二類	結核	134	108	112	119	111	163
三類	細菌性赤痢	1	1	0	0	0	2
三類	腸管出血性大腸菌感染症	36	27	39	28	28	44
三類	腸チフス	0	0	0	0	1	0
四類	E型肝炎	6	9	6	2	0	6
四類	A型肝炎	3	0	2	0	1	4
四類	エキノкокクス症	0	0	0	0	0	1
四類	コクシジオイデス症	0	0	0	0	1	0
四類	チクングニア熱	0	1	0	0	0	0
四類	つつが虫病	6	0	0	0	0	0
四類	デング熱	1	0	1	0	0	2
四類	マラリア	1	0	0	0	0	0
四類	レジオネラ症	33	24	39	28	25	32
五類	アメーバ赤痢	3	6	6	7	7	10
五類	ウイルス性肝炎 (E型肝炎及びA型肝炎を除く。)	3	4	5	3	2	7
五類	カルバペネム耐性 腸内細菌目細菌感染症	42	57	42	33	18	27
五類	急性弛緩性麻痺	0	1	0	0	0	0
五類	急性脳炎	1	3	1	0	2	1
五類	クリプトスポリジウム症	1	0	0	0	0	0
五類	クロイツフェルト・ヤコブ病	3	1	2	2	0	0
五類	劇症型溶血性レンサ球菌感染症	19	8	9	10	8	10
五類	後天性免疫不全症候群	7	11	8	9	7	16
五類	侵襲性インフルエンザ菌感染症	3	3	0	1	1	3
五類	侵襲性髄膜炎菌感染症	1	0	0	0	1	0
五類	侵襲性肺炎球菌感染症	24	20	16	12	17	21
五類	水痘(入院例に限る)	2	3	2	3	2	6
五類	梅毒	125	126	94	83	49	55
五類	播種性クリプトкокクス症	4	1	0	1	0	0
五類	破傷風	1	4	0	1	0	2
五類	バンコマイシン耐性腸球菌感染症	1	0	0	0	1	0
五類	百日咳	5	2	3	2	21	77
五類	風しん	0	0	1	0	0	3
五類	麻疹	0	0	0	0	0	4
五類	薬剤耐性アシネトバクター感染症	0	0	0	0	1	0

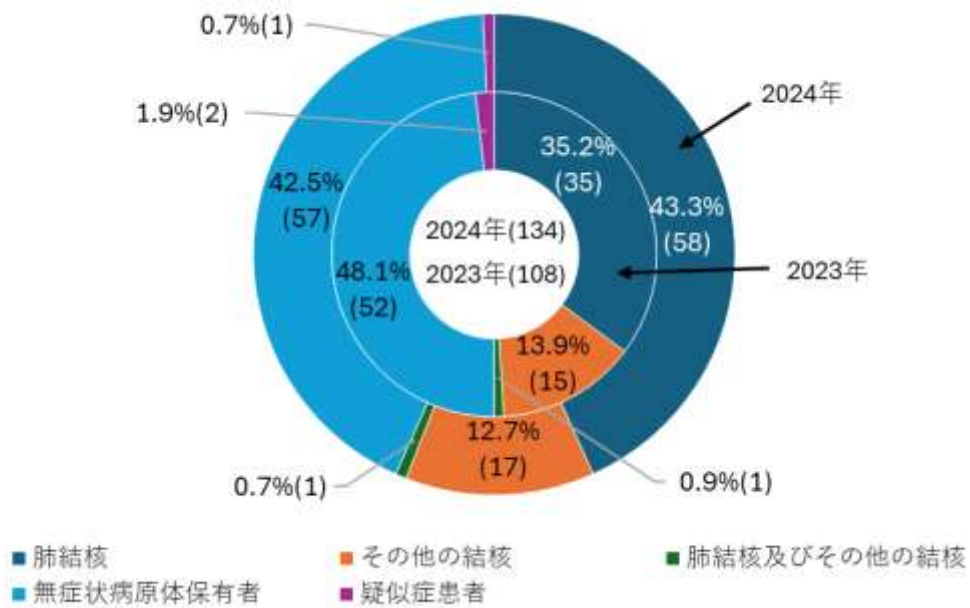


図1 結核報告数（病型別）

表4 結核類型別報告数（性・年代別）

類型／性別／年代	男	女	10歳未満	10代	20代	30代	40代	50代	60代	70代	80代	90歳以上	計
患者	42	34	0	1	13	3	4	5	3	9	29	9	76
無症状病原体保有者	28	29	4	1	6	5	4	8	2	13	12	2	57
疑似症患者	1	—	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
感染症死亡者の死体	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
感染症死亡疑い者の死体	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
合計	71	63	5	2	19	8	8	13	5	22	41	11	134

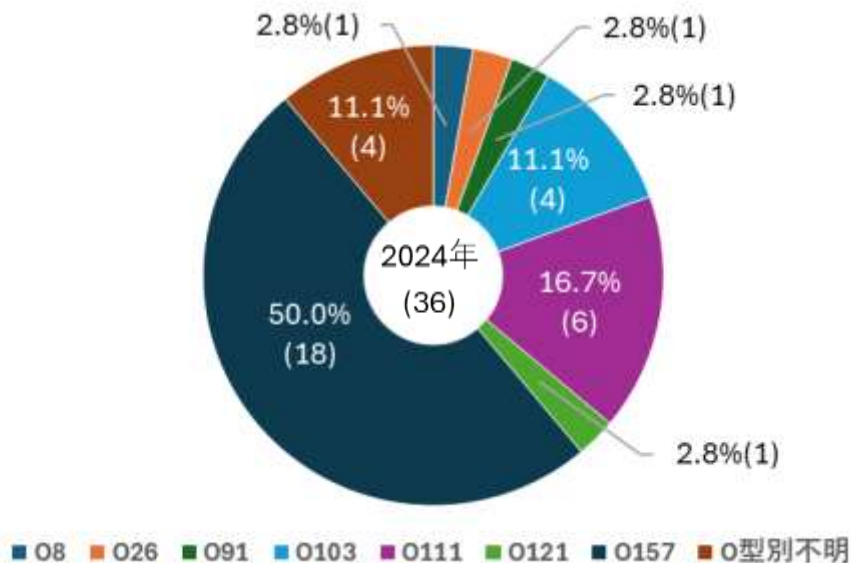


図2 腸管出血性大腸菌感染症報告数（血清型別）

表5 梅毒病型別報告数（性・年代別）

病型/性別/年代	男	女	10歳未満	10代	20代	30代	40代	50代	60代	70代	80代	90歳以上	計
早期顕症梅毒（Ⅰ期）	58	7	0	5	13	17	21	5	3	1	0	0	65
早期顕症梅毒（Ⅱ期）	11	19	0	1	10	10	5	3	1	0	0	0	30
晩期顕症梅毒	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
先天梅毒	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
無症候	14	15	0	1	8	5	4	6	3	1	1	0	29
合計	84	41	0	7	31	32	30	15	7	2	1	0	125

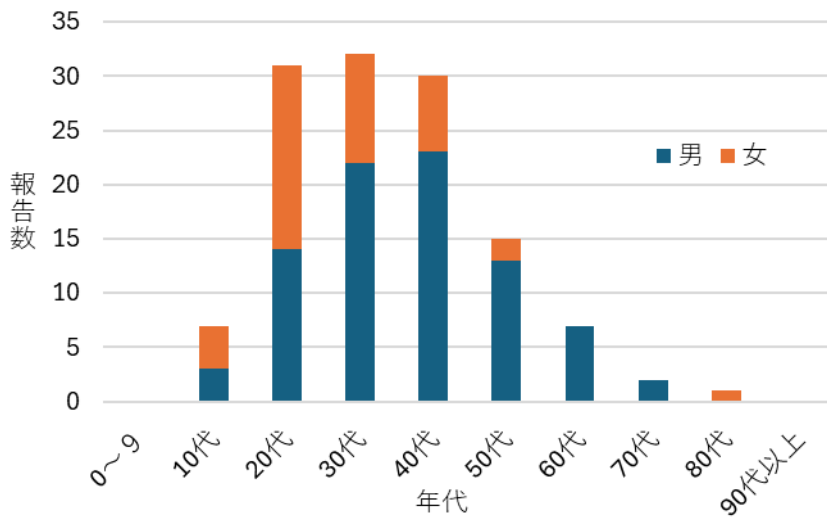


図3-1 梅毒報告数（性・年代別）

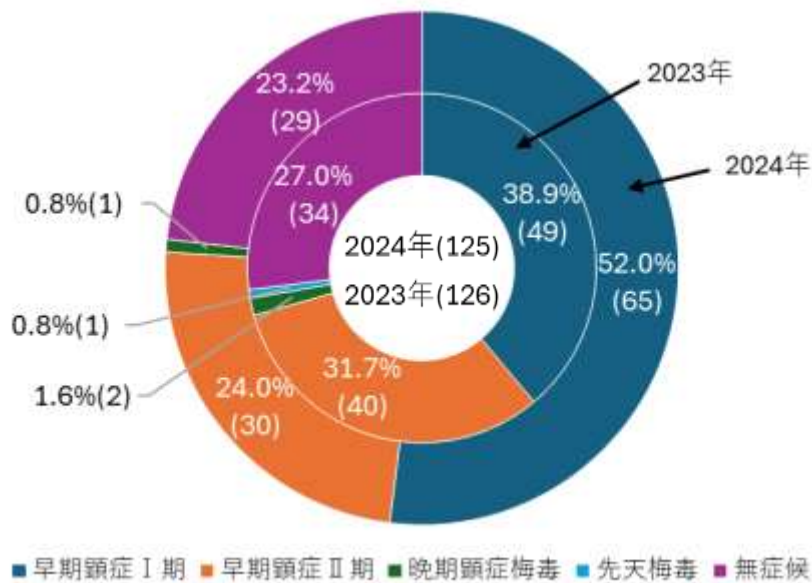


図3-2 梅毒報告数（病型別）

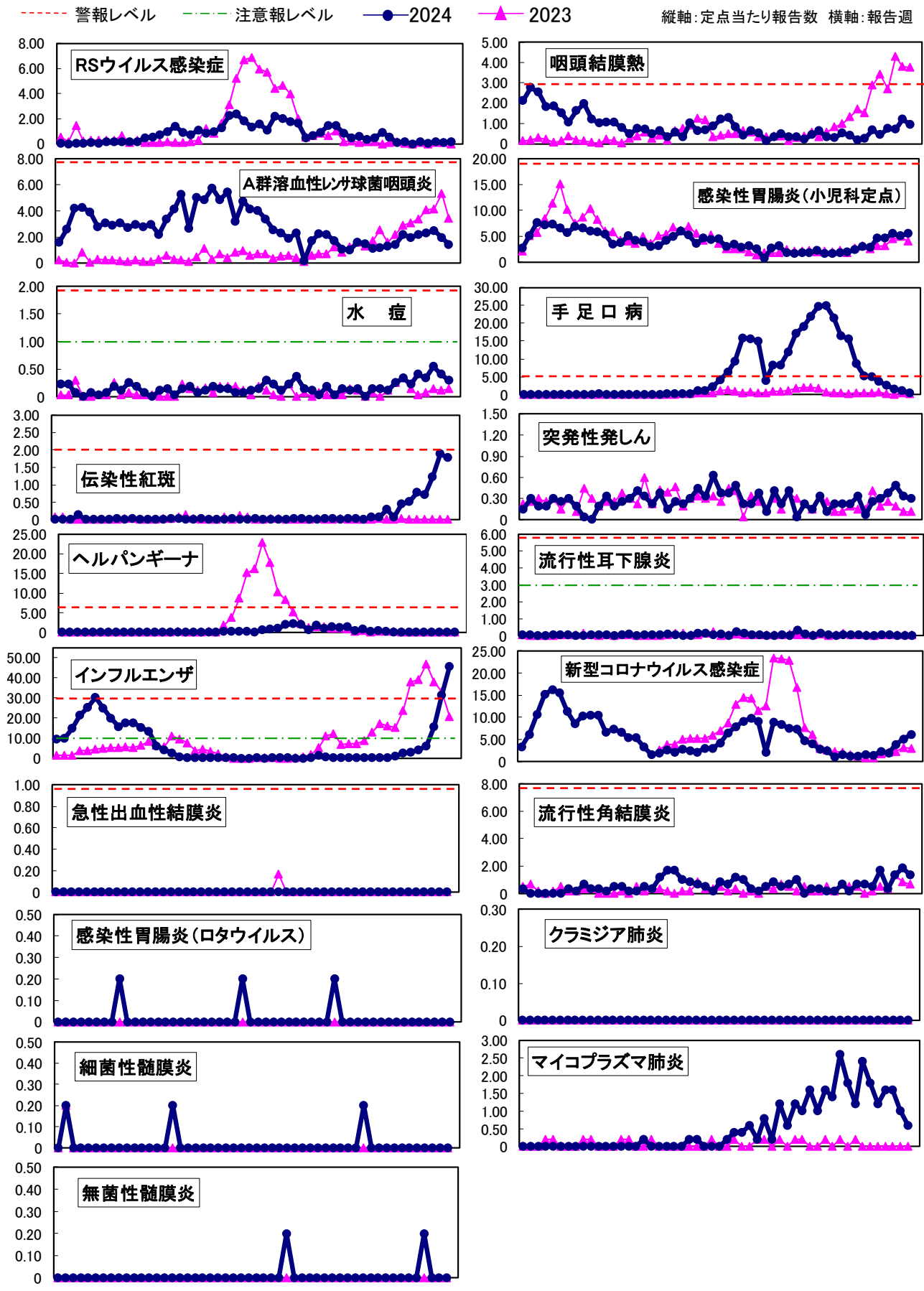


図4 週報告対象疾病 定点当たり報告数推移 (前年との比較)

表6 週報告対象疾病報告数

感染症名	R S ウイルス感染症	咽頭結核熱	レンサ球菌咽頭炎	A群溶血性(小児科)	感染性胃腸炎	水痘	手足口病	伝染性紅斑	突発性発しん	ヘルパンギーナ	流行性耳下腺炎	インフルエンザ	新型コロナウイルス感染症	急性出血性結核膜炎	流行性角結膜炎	(ロタウイルス)	感染性胃腸炎	クラミジア肺炎	細菌性髄膜炎	マイコプラズマ肺炎	無菌性髄膜炎
参考(2023年累計)	1,694	1,150	1,520	6,324	131	642	28	368	3,246	77	21,066	10,772	1	101	0	0	1	17	0		
2024年合計	1,053	1,194	3,924	5,568	232	7,975	229	377	513	72	16,285	13,089	0	180	3	0	2	144	2		
1	1/1	1	57	43	73	6	3	0	4	0	1	415	146	0	2	0	0	0	0	0	
2	1/8	0	0	70	135	6	3	0	8	0	2	446	269	0	0	0	0	1	0	0	
3	1/15	1	69	114	207	2	1	0	5	0	0	664	468	0	0	0	0	0	0	0	
4	1/22	1	49	115	193	0	0	4	5	0	0	940	666	0	0	0	0	0	0	0	
5	1/29	2	50	106	199	2	3	0	8	1	1	1120	714	0	0	0	0	0	0	0	
6	2/5	1	41	75	176	1	3	0	7	0	1	1333	683	0	0	0	0	0	0	0	
7	2/12	4	28	83	153	2	1	0	8	0	2	1099	502	0	2	0	0	0	0	0	
8	2/19	5	44	78	184	5	1	0	5	0	0	887	374	0	1	0	0	0	0	0	
9	2/26	4	53	84	175	3	0	1	1	0	0	694	455	0	4	1	0	0	0	0	
10	3/4	5	33	74	159	7	0	0	0	0	1	775	463	0	2	0	0	0	0	0	
11	3/11	4	27	81	158	5	5	1	5	0	1	785	463	0	2	0	0	0	0	0	
12	3/18	13	28	76	146	2	1	0	9	2	1	684	296	0	1	0	0	0	0	0	
13	3/25	15	28	80	92	0	1	0	5	0	0	600	320	0	3	0	0	0	0	0	
14	4/1	20	21	59	98	3	0	0	7	0	1	276	295	0	3	0	0	0	0	0	
15	4/8	26	13	91	136	4	1	0	8	0	3	179	236	0	1	0	0	0	0	0	
16	4/15	38	20	113	112	1	0	1	11	2	0	111	236	0	1	0	0	0	0	0	
17	4/22	25	19	143	106	4	0	1	9	0	1	42	150	0	3	0	0	0	0	1	
18	4/29	20	13	72	79	5	1	0	6	0	1	16	69	0	2	0	0	0	0	0	
19	5/6	29	17	137	85	2	2	0	10	0	1	12	87	0	7	0	0	0	0	0	
20	5/13	22	9	132	111	3	5	1	4	0	3	10	119	0	10	0	0	0	0	0	
21	5/20	26	15	155	133	5	5	0	7	2	1	15	94	0	10	0	0	0	0	0	
22	5/27	35	9	132	159	4	8	0	6	4	0	9	126	0	6	0	0	0	0	0	
23	6/3	61	27	147	139	4	10	0	8	6	0	15	110	0	5	0	0	0	0	1	
24	6/10	64	17	86	96	2	30	1	12	7	4	10	96	0	4	0	0	0	0	1	
25	6/17	50	18	128	125	2	32	0	9	3	4	5	134	0	3	1	0	0	0	0	
26	6/24	36	23	112	116	3	63	0	17	2	2	0	130	0	1	0	0	0	0	0	
27	7/1	43	33	109	121	4	110	1	10	14	3	10	189	0	5	0	0	0	0	0	
28	7/8	29	35	91	78	8	174	0	10	22	0	7	284	0	4	0	0	0	0	1	
29	7/15	59	22	69	93	6	255	0	13	25	6	10	347	0	7	0	0	0	0	2	
30	7/22	54	11	63	76	3	427	0	6	54	4	12	404	0	6	0	0	0	0	2	
31	7/29	47	17	52	84	6	424	0	6	59	1	15	435	0	2	0	0	0	0	3	
32	8/5	45	14	63	68	10	402	1	10	51	1	7	401	0	1	0	0	0	0	1	
33	8/12	12	4	5	21	4	106	1	3	18	0	2	97	0	3	0	0	0	0	4	
34	8/19	18	9	46	73	3	224	0	11	46	0	14	389	0	5	0	0	0	0	1	
35	8/26	25	13	61	83	1	223	0	6	28	2	65	368	0	3	0	0	0	0	6	
36	9/2	39	9	59	47	5	324	1	11	37	0	26	331	0	4	0	0	0	0	3	
37	9/9	39	9	46	43	1	461	1	1	32	9	14	324	0	6	1	0	0	0	6	
38	9/16	23	6	29	46	4	513	0	6	35	3	11	207	0	0	0	0	0	0	5	
39	9/23	12	12	28	47	3	592	1	4	11	0	20	179	0	2	0	0	0	0	8	
40	9/30	16	17	44	60	4	665	1	9	23	4	16	121	0	2	0	0	0	0	5	
41	10/7	9	9	40	42	0	671	0	3	8	1	13	107	0	1	0	0	0	1	8	
42	10/14	12	8	30	43	4	582	2	6	11	0	15	50	0	1	0	0	0	0	7	
43	10/21	24	14	33	48	4	448	2	6	3	2	25	68	0	4	0	0	0	0	13	
44	10/28	15	11	36	53	3	425	8	6	2	1	22	53	0	1	0	0	0	0	9	
45	11/4	2	5	39	64	7	235	2	9	0	1	51	52	0	4	0	0	0	0	6	
46	11/11	4	7	60	78	9	140	12	2	1	0	111	70	0	4	0	0	0	0	12	
47	11/18	0	18	53	76	6	136	14	7	1	0	127	59	0	3	0	0	0	0	9	
48	11/25	5	12	60	123	11	101	21	8	1	2	187	101	0	10	0	0	0	0	6	
49	12/2	1	20	63	125	9	69	19	10	0	1	275	89	0	2	0	0	0	0	8	
50	12/9	4	19	68	148	15	45	33	13	0	0	698	170	0	8	0	0	0	0	8	
51	12/16	3	32	53	135	11	28	51	9	1	0	1382	220	0	11	0	0	0	0	5	
52	12/23	5	25	38	148	8	16	48	8	1	0	2008	273	0	8	0	0	0	0	3	

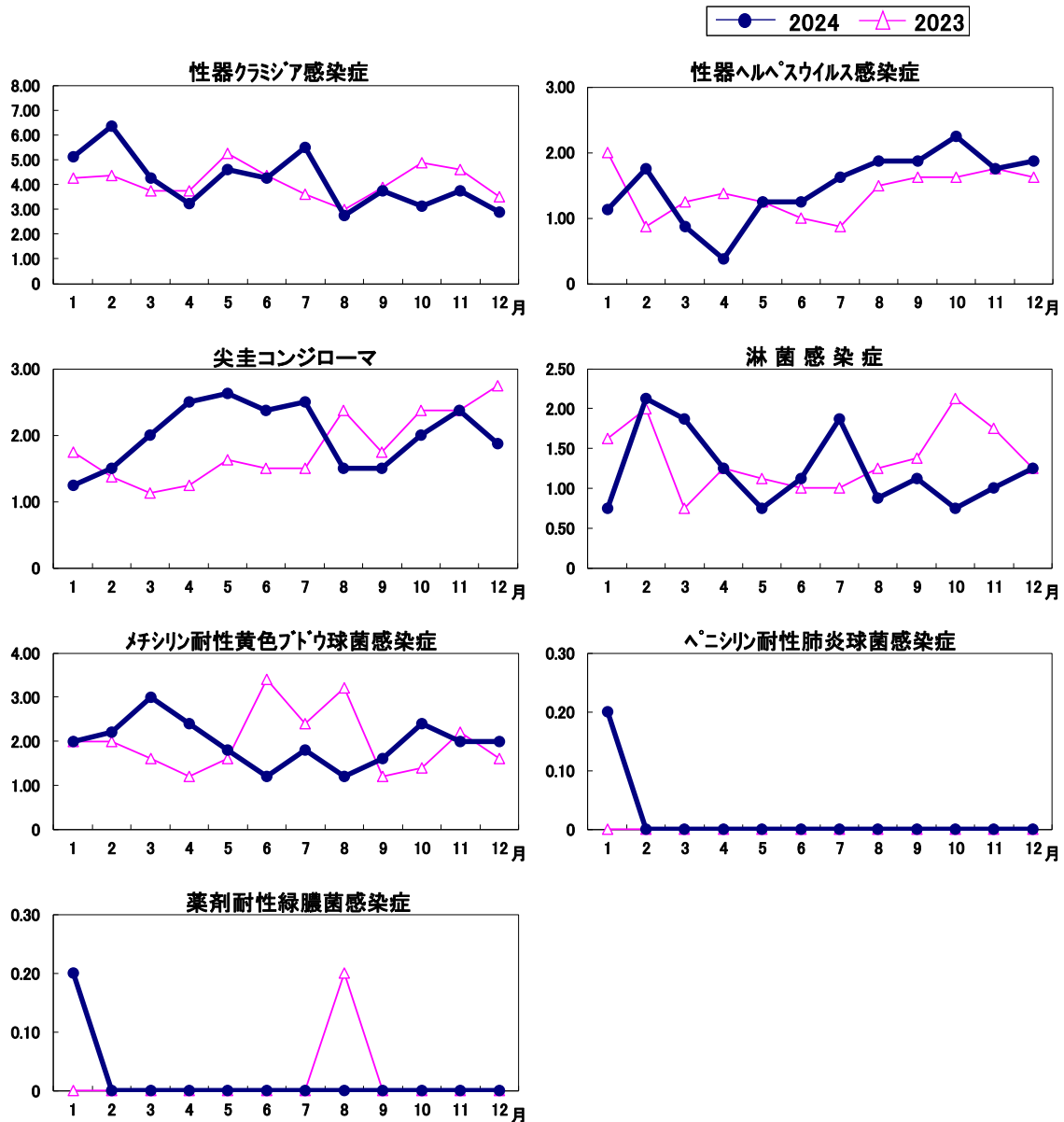


図5 月報告対象疾病 定点当たり報告数推移 (前年との比較)

表7 月報告対象疾病報告数

感染症名	報告数	参考 (2023年累計)	2024年 合計	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
性器クラミジア感染症	計	394	397	41	51	34	26	37	34	44	22	30	25	30	23
	男	132	128	13	14	12	5	12	11	17	11	12	4	9	8
	女	262	269	28	37	22	21	25	23	27	11	18	21	21	15
性器ヘルペスウイルス感染症	計	134	143	9	14	7	3	10	10	13	15	15	18	14	15
	男	88	89	8	9	4	1	6	7	3	10	11	13	6	11
	女	46	54	1	5	3	2	4	3	10	5	4	5	8	4
尖圭コンジローマ	計	174	192	10	12	16	20	21	19	20	12	12	16	19	15
	男	142	149	8	7	10	15	16	14	15	12	10	12	15	15
	女	32	43	2	5	6	5	5	5	5	0	2	4	4	0
淋菌感染症	計	132	118	6	17	15	10	6	9	15	7	9	6	8	10
	男	68	63	4	8	7	3	6	4	11	3	4	4	4	5
	女	64	55	2	9	8	7	0	5	4	4	5	2	4	5
メチシリン耐性黄色ブドウ球菌感染症	計	119	118	10	11	15	12	9	6	9	6	8	12	10	10
	男	72	74	8	6	8	9	7	5	4	4	5	8	5	5
	女	47	44	2	5	7	3	2	1	5	2	3	4	5	5
ペニシリン耐性肺炎球菌感染症	計	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	男	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	女	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
薬剤耐性緑膿菌感染症	計	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	男	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	女	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

男 ■ 女 ■

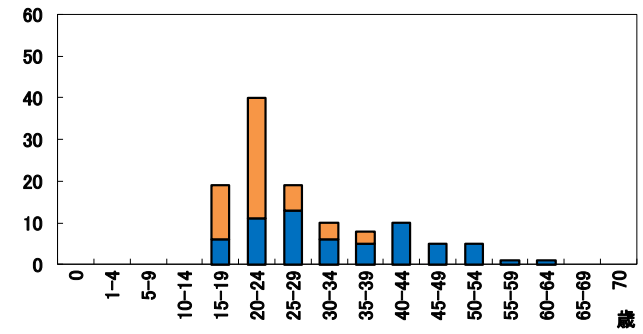
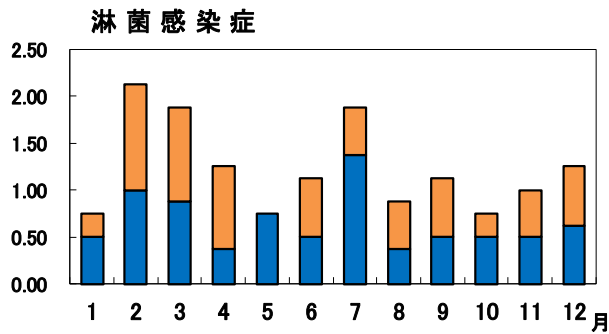
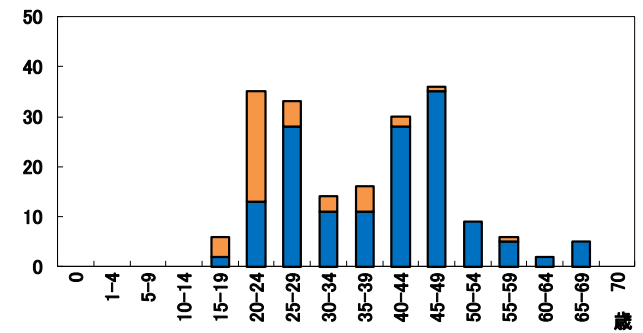
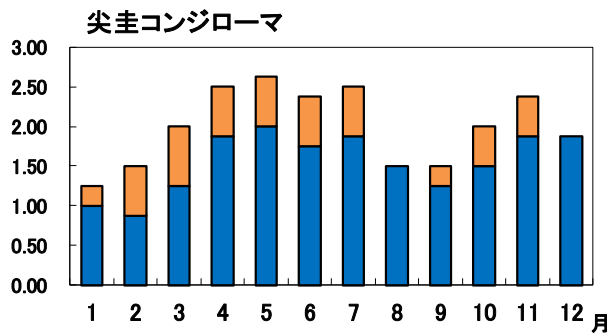
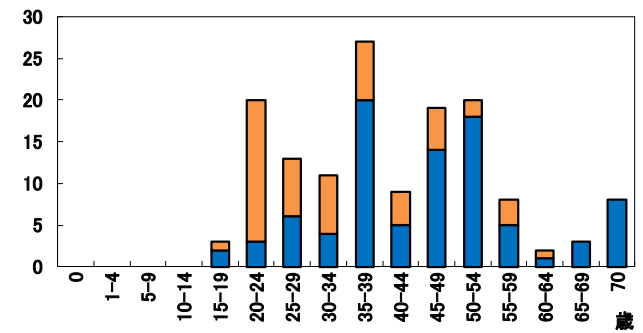
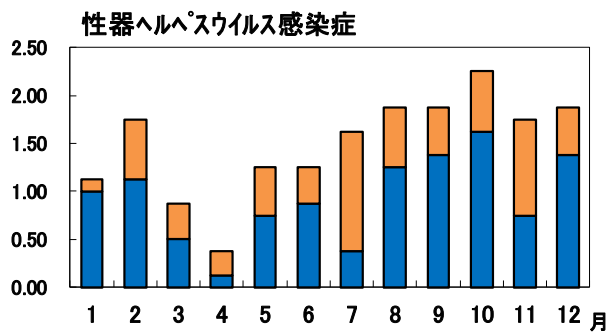
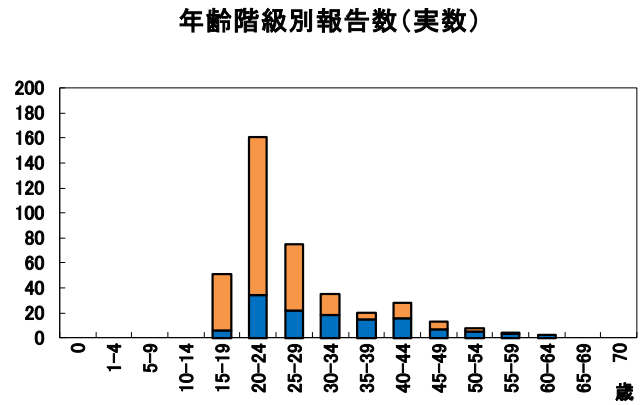
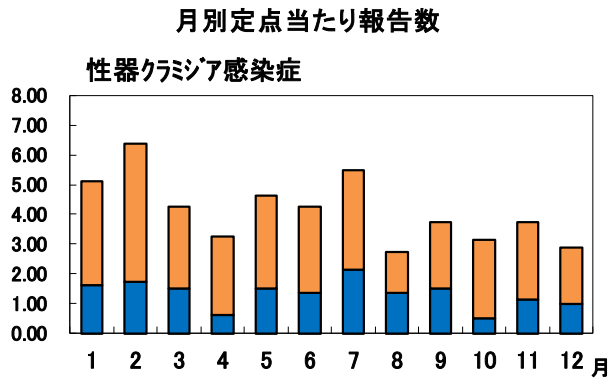


図6 月報告対象疾病（性感染症） 月別病定点当たり報告数及び年齢階級別報告数（実数）の推移

## 3-2 仙台市衛生研究所における収去検査実施状況

(令和4年度～令和6年度)

高橋愛, 木下やよい

千田恭子, 大森恵梨子<sup>※1</sup>, 神鷹望, 大下美穂<sup>※2</sup>, 久野未歩, 齋藤浩唯, 松原弘明

※1 現食肉衛生検査所 ※2 現太白区保健福祉センター管理課

キーワード 収去検査, ふきとり, *astA* 保有大腸菌, *Salmonella* Schwarzengrund, *Campylobacter jejuni*, *Staphylococcus aureus*, コアグララーゼ型, 毒素遺伝子

### はじめに

仙台市では、仙台市食品衛生監視指導計画に基づき、食の安全性確保を目的として市内で製造・販売されている食品や施設等のふきとり検査を実施している。これらの食品等は、各区保健福祉センター衛生課が主として採取・搬入し、仙台市衛生研究所において微生物検査、理化学検査を実施している。

令和4年度から令和6年度まで搬入された検体のうち、細菌検査を行ったものについて報告する。

### 材料と方法

#### 1 収去検査実施状況

食品別の成分規格や仙台市の収去指導基準に対する不適状況をまとめた。また、検出された病原菌等についてまとめた。

#### 1) 検査項目及び検査方法

##### ①成分規格が定められた食品

「食品、添加物等の規格基準」の各条、乳及び乳製品の成分規格等に関する命令に従い検査した。

##### ②一般食品及びふきとり

#### ア 細菌数

食品衛生検査指針 微生物編 (2018) に示されているスパイラル・プレーティング法にて細菌数を測定した。食品は10倍希釈液を、ふきとりは原液を標準寒天培地平板に塗抹、35±1℃で48±3時間培養した後、菌数を測定した。

#### イ 大腸菌群

細菌数と同様のスパイラル・プレーティング法を準用し大腸菌群数を測定した。培地はデスオキシコーレイト寒天培地平板を用い、35±1℃で20±2時間培養した後、菌数を測定した。典型コロニーが検出されなかった場合は陰性と報告している。

#### ウ E. coli

食品は、冷凍食品と同様の方法で実施、100倍希釈液1 mLを各3本EC発酵管に接種して44.5±0.2℃で24±2時間培養した。培養後ガス発生が認められた発酵管についてEMB寒天培地平板で分離培養、さらには確認試験による培養を行い、乳糖分解グラム陰性無芽胞桿菌が確認されればE. coli陽性と判定した。

ふきとりは*Escherichia coli*を対象とし、ペトリフィルム™大腸菌選択用プレート (SECプレート) にふきとり原液1 mLを接種して、42±1℃で24±2時間培養した後、菌数を測定した。

#### エ 黄色ブドウ球菌

食品は10倍希釈液1 mLを、ふきとりは原液を7.5% NaCl・1%ピルビン酸ナトリウム加TSB培地10mLに添加し、35±1℃で22±2時間培養したのち、卵黄加マンニット食塩寒天培地に画線塗抹し、35±1℃で48±2時間培養した。黄色ブドウ球菌の同定はVP試験およびウサギ血漿を用いたコアグララーゼ試験にて行った。

#### オ サルモネラ属菌

食品について、食品微生物標準検査法NIHSJ-01:2019により実施した。菌体抗原(O)、鞭毛抗原(H)については、「サルモネラ免疫血清(デンカ株式会社)」を用いて実施し、サルモネラの血清型を決定した。

#### カ カンピロバクター

食品について、食品微生物標準検査法NIHSJ-02:2019に準じて実施、プレストン培地にて42℃、48時間微好気培養した後、mCCDA培地及びスキロー寒天培地に画線塗抹して42℃、48時間微好気培養した。定型集落を釣菌し、PCR<sup>1)</sup>により*C. jejuni*/*C. coli*の判別を行った<sup>1)</sup>。

#### キ 腸内細菌科菌群

ふきとりについて、ペトリフィルム™腸内細菌科菌群数測定用プレート (EBプレート) を用いて実施、ふき取り原液1 mLをEBプレートに接種して37±1℃で24±2時間培養した後、菌数を測定した。

なお、その他の細菌検査は当所で策定した検査実施標準作業書により実施した。

## 2 黄色ブドウ球菌のコアグララーゼ型別および毒素遺伝子保有状況

一般食品及びふきとり検体より分離された黄色ブドウ球菌保管菌株 56 株について、調査を行った。

### 1) DNA の抽出

BHI 寒天平板上に生育した菌をアルカリ熱抽出法にて DNA の抽出を行い、以下すべての試験のテンプレート DNA とした。

### 2) コアグララーゼ型別

供試菌株すべてに対して、コアグララーゼ I～VIII型の遺伝子検出を行った<sup>3) 4) 5)</sup>。

### 3) 毒素遺伝子型別

供試菌株すべてに対して、令和3年度所報<sup>2)</sup>で報告した内容と同様の方法により、ブドウ球菌エンテロトキシン A～E 遺伝子 (SEA～SEE) の検出を行った。

なお、コアグララーゼ型別および毒素遺伝子型別において黄色ブドウ球菌の同定遺伝子である *femA* もしくは *femB* も同時に PCR を行った<sup>3) 4) 5)</sup>。

## 結果および考察

### 1 収去検査実施状況

食品分類ごとの検査実施状況を表1に示した。なお、食品、添加物等の規格基準、乳及び乳製品の成分規格等に関する命令で定められた食品以外のものについては表2の基準を参考に適不適を判断している。

令和4年度から令和6年度までに食品及びふきとりについて3,096検体の検査を実施したうち、173検体が不適であった。不適率が最も高い食品は、菓子類であり20.5%であった。この菓子類はほとんどが生菓子に該当する。次いで、アイスクリーム類および氷菓が18.2%、弁当・そうざい(未加熱のもの)が6.5%、弁当・そうざい(加熱処理したもの)が5.5%、魚肉ねり製品が4.8%であった。

不適の内容に着目すると、菓子類では大腸菌群陽性が最も多かったが、それらのうち3分の1以上の検体で重複して細菌数超過や黄色ブドウ球菌が検出された。アイスクリーム類および氷菓では、不適であった2検体とも大腸菌群陽性となったが、そのうち1検体は細菌数も超過していた。この2検体は同一施設によるものではないが、比較的小規模な施設で製造されたものである。

弁当・そうざいについては、加熱・未加熱に係わらず細菌数超過が最も多かったが、一方で67.5%は定量下

限(4,000)未満であった。細菌数の分布は図1のとおりである。

魚肉ねり製品では、大腸菌群陽性となった3検体の菌種同定を行ったところ、*Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter amnigenus*, *Enterobacter cloacae*であった。3検体とも異なる施設で製造されたものであり、比較的小規模な施設で製造されたものである。うち2検体は厚みのある焼き蒲鉾や、表面に具材が張り付けてある蒲鉾など、加熱工程の管理に工夫が必要な形態であった。

肉卵類およびその加工品においては、加熱調理前の鶏の肝臓11検体より、*astA* 遺伝子保有大腸菌が検出、サルモネラは10検体が陽性で、血清型は *S. Schwarzengrund* が8検体と最も多く、次いで *S. Infantis* 4検体であった。カンピロバクターは3検体が陽性で、いずれも *C. jejuni* 及び *C. coli* が分離された(表3)。11検体中10検体が *astA* 遺伝子保有大腸菌とサルモネラ属菌の両方が検出され、うち3検体はカンピロバクターも検出された。これは加熱不足もしくは生で鶏レバーを喫食することの危険性を改めて示している。また、サルモネラは食品中で増加するため、低温調理や保管時の温度管理にも注意が必要である。

ふきとりでは、1,424検体のうち55検体が基準を逸脱し、不適率は3.9%であった(表1)。不適内容については、細菌数超過が最も多く、次いで黄色ブドウ球菌の検出であった。細菌数超過及び黄色ブドウ球菌検出となった検体について、ふきとりを実施した施設の業種別内訳を表4に示した。ふきとりを行った施設は飲食店営業(寿司、居酒屋、旅館、中華、自動車、一般食堂、そうざい)が最も多かったが、不適率が高かったのは、細菌数では、漬物製造業が11.1%、次いで豆腐製造業10.5%、麺類製造業10%、魚介類販売業5.5%、アイスクリーム類製造業が4.5%と、製造業が上位を占めた。黄色ブドウ球菌では、魚介類販売業が11%、豆腐製造業が5.3%であった。

ふきとり箇所別の不適数を表5に示した。細菌数及び黄色ブドウ球菌のいずれにおいてもシンクレバー及び冷蔵庫類取手で不適が多かった。

ふきとりにおいて複数の項目で不適、もしくは重複して *E. coli* が検出あるいは腸内細菌科菌群が100を超えるものについて表6に示した。いずれの検体も、食品が直接触れる調理器具や機器、あるいは調理工程の仕上げや冷菜の盛り付けに使用する作業台で不適が多かった。これらの箇所は衛生管理上重要なポイントである。*E. coli* の検出は比較的新しい糞便汚染の可能性を示唆し、また、黄色ブドウ球菌の検出は手洗い方法や身だしなみ等に不備があった可能性を示唆するものであることから、これ

らと重複して不適となった場合はさらに注意が必要である。

## 2 黄色ブドウ球菌のコアグララーゼ型別および毒素遺伝子保有状況

令和4年度から令和6年度の3年間において黄色ブドウ球菌陽性であった検体は56検体であり、陽性率は1.9%であった(表7)。検体種別でみると、菓子類(3.7%)、未加熱の弁当・そうざい(3.1%)、魚介類(2.9%)、の割合が高かった。なお、成分規格が定められた食品からの分離はなかった。

陽性となった検体から分離した菌株について、PCR法を用いてI～VIII型のコアグララーゼ型別とA～E型の毒素遺伝子保有状況を調査した。

コアグララーゼ型別分布を調べた結果、I型2株(3.6%)、II型1株(1.8%)、III型11株(19.6%)、IV型1株(1.8%)、V型6株(10.7%)、VI型6株(10.7%)、VII型25株(44.6%)、VIII型1株(1.8%)、型不明3株(5.4%)であった(表7)。III型、V型、VII型で75%を占めており、過去に当所で報告した内容と類似する結果となった<sup>2)</sup>。

毒素遺伝子A～Eについては、黄色ブドウ球菌陽性菌株56株中22株(39.3%)が保有していた(表8)。このうちエンテロトキシンAが最も多く16.1%、次いでCが12.5%であった。黄色ブドウ球菌による食中毒ではエンテロトキシンAによるものが多いことが報告されているおり、食中毒のリスクが身近に潜んでいることが伺える。

検体種別では、加熱処理済の弁当・そうざい及び魚介類の毒素遺伝子保有率が75%と高率であった。その他、菓子類やふきとりからも毒素遺伝子を保有する黄色ブドウ球菌がまんべんなく検出された。

### まとめ

令和4年度から令和6年度までに当所で実施した収去検査結果について、検体種別ごとにまとめた。不適率は全体的には5.6%と高くはないものの、一部の食品分類や施設業種で不適率が高く、継続して不適となっている事例もあった。これらの営業施設は小規模な製造施設が多く、HACCPに沿った衛生管理において手厚い支援が必要と推察される。また、継続的な支援・指導により市の全体的な食品衛生の底上げにつながると考える。

黄色ブドウ球菌については、過去の報告と同様、概ね2%前後の陽性率で推移し、コアグララーゼ型別はIII、V、VII型が多かった。また、毒素遺伝子保有率は、検出された黄色ブドウ球菌の約40%であった。A～E以外のエンテロトキシンによる食中毒も報告されていることから<sup>6)</sup>、本菌による食中毒と疑われるが毒素遺伝子が検出されない場合、さらなる精査が必要である。

今後も市内の流通食品および営業施設の細菌汚染状況について傾向をまとめ、保健所へ還元することで効果的な指導につながるよう努めたい。

### 文献

- 1) Colony Multiplex PCR Assay for Identification and Differentiation of *Campylobacter jejuni*, *C. coli*, *C. lari*, *C. upsaliensis*, and *C. fetus* subsp. *fetus*, Journal of clinical microbiology, Dec. 2002, p. 4744-4747
- 2) 仙台市衛生研究所報第51号 p53-p57
- 3) Fumihiko Sakai et al. Multiplex PCRs for assignment of Staphylocoagulase types and subtypes of type VI Staphylocoagulase. Journal of Microbiological Methods 75(2008) 312-317.
- 4) Karsten Becker et al. Rapid and Specific Detection of Toxigenic *Staphylococcus aureus*: Use of Two Multiplex PCR Enzyme Immunoassays for Amplification and Hybridization of Staphylococcal Enterotoxin Genes, Exfoliative Toxin Genes, and Toxic Shock Syndrome Toxin 1 Gene. Journal of Clinical Microbiology 36(1998), 2548-2553.
- 5) 狩野真由子ほか. ブドウ球菌エンテロトキシンを網羅的に検出する multiplex PCR. 岩獣会報 (Iwate Vet.), Vol. 35 (No. 2), 43-48 (2009)
- 6) 食品安全委員会ホームページ: 黄色ブドウ球菌の概要

表1 収去検査実施状況(令和4年度～令和6年度)

食品分類	検体数	不適検体数	不適率(%)	違反・基準超過の内容, 検出菌 ※1	
<b>規格基準が定められた食品</b>					
魚肉ねり製品	62	3	4.8	大腸菌群陽性 ( <i>Klebsiella pneumoniae</i> / <i>Enterobacter amnigenus</i> / <i>Enterobacter cloacae</i> )	
生食用カキ	33	1	3.0	E.coli最確数	
食肉製品	56	1	1.8	E.coli陽性( <i>E.coli</i> )	
牛乳・加工乳	32	0	0.0		
乳製品	12	0	0.0		
アイスクリーム類および氷菓	11	2	18.2	大腸菌群陽性 ( <i>Klebsiella pneumoniae</i> / <i>Klebsiella oxytoca</i> ) 1検体のみ細菌数も超過	
清涼飲料水	30	0	0.0		
冷凍食品	41	0	0.0		
生食用鮮魚介類・生食用冷凍鮮魚介類	4	0	0.0		
容器包装詰加圧加熱殺菌食品	3	0	0.0		
<b>一般食品</b>					
弁当・そうざい	加熱処理済 ※2	438	24	5.5	細菌数17, 黄ブ6, E.coli2
	未加熱 ※3	353	23	6.5	細菌数11, 大腸菌群9, 黄ブ9
魚介類(生食用魚介類)		136	6	4.4	細菌数2, 黄ブ4
魚介類加工品		10	0	0.0	
肉卵類およびその加工品		18	0	0.0	<i>astA</i> 保有大腸菌 <i>Salmonella</i> Schwarzengrund <i>Salmonella</i> Infantis <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Campylobacter coli</i> } ※4
穀類およびその加工品		46	0	0.0	
豆腐		28	1	3.6	細菌数1, 大腸菌群1
野菜果実およびその加工品		63	2	3.2	細菌数1, 黄ブ1
菓子類		268	55	20.5	細菌数28, 大腸菌群41, 黄ブ10
その他の食品		28	0	0.0	
ふきとり		1424	55	3.9	細菌数27, 大腸菌群5, 黄ブ26, 腸ビ1, セレ1 (指導基準以外: <i>E.coli</i> 陽性4, EB100超過17)
合計		3096	173	5.6	

【略語】黄ブ:黄色ブドウ球菌, 腸ビ:腸炎ビブリオ, セレ:セレウス菌, EB:腸内細菌科菌群

※1 1検体で複数項目の基準超過, 菌検出がある場合を含む。不適項目横の数字は不適検体数を示す

( )内の菌種及び肉卵類の*E.coli*はapi20Eによる菌種同定結果

※2 例: 揚げ物, 煮物, ご飯, これらを組み合わせたもの

※3 例: 寿司, サンドイッチ, 和え物, ポテトサラダ等

※4 鶏の肝臓由来11検体。調理前の原材料であるため指導基準対象外。菌検出状況の詳細は表3のとおり

表2 収去検体における適・不適の判断基準(抜粋)

対象	細菌数(cfu/g)	大腸菌群(cfu/g)※1	E.coli	黄ブ・その他食中毒菌
弁当・そうざい(加熱処理したもの)	100,000以下	—	陰性	陰性
弁当・そうざい(未加熱のもの)	1,000,000以下	—	—	陰性
生菓子	100,000以下	陰性	—	陰性
豆腐	100,000以下	陰性	—	陰性
漬物(浅漬)	—	—	陰性	陰性
食品全般 ※2	1,000,000以下	100,000以下	—	陰性
ふきとり	100,000以下	10,000以下	—	陰性

※1 大腸菌群は定性試験だが参考値として数を報告している。

※2 個別に基準がないものについて指導の目安としたもの。

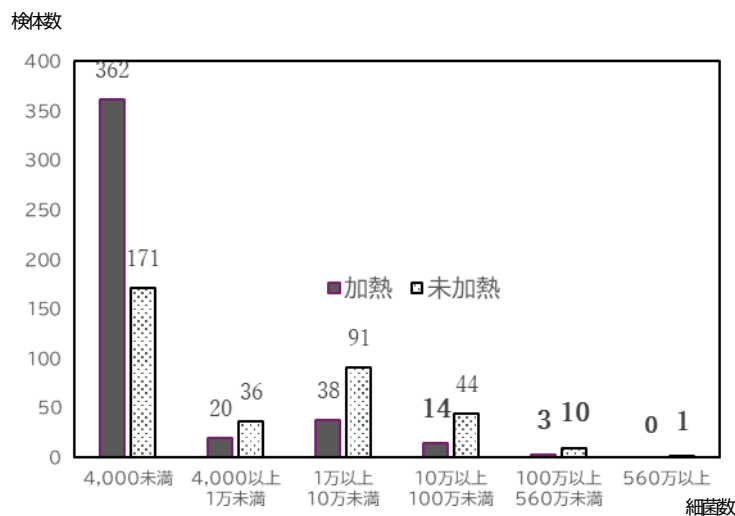


図1 弁当・そうざいの細菌数分布

※太字の数値は指導基準超過

表3 鶏の肝臓における病原体検出状況(令和4年度)

検体No.	検体採取月	検出病原体※
1	6月	astA保有大腸菌, S. Schwarzengrund
2	7月	astA保有大腸菌, S. Schwarzengrund, C. jejuni, C. coli
3		astA保有大腸菌, S. Schwarzengrund, C. jejuni, C. coli
4	8月	astA保有大腸菌, S. Schwarzengrund, C. jejuni, C. coli
5	9月	astA保有大腸菌
6	10月	astA保有大腸菌, S. Schwarzengrund
7		astA保有大腸菌, S. Schwarzengrund, S. Infantis
8	11月	astA保有大腸菌, S. Schwarzengrund
9		astA保有大腸菌, S. Infantis
10		astA保有大腸菌, S. Infantis
11	1月	astA保有大腸菌, S. Schwarzengrund, S. Infantis

※病原大腸菌、サルモネラ属菌、カンピロバクター以外の食中毒菌は検査依頼なし

表4 ふきとり検査における細菌数超過および黄色ブドウ球菌検出状況(業種別)

施設業種	ふきとり数	細菌数超過数	不適合率(%)	黄ブ陽性数	黄ブ陽性率(%)
飲食店営業	873	14	1.6	13	1.5
魚介類販売業	73	4	5.5	8	11.0
菓子製造業	241	2	0.8	4	1.7
豆腐製造業	19	2	10.5	1	5.3
アイスクリーム類製造業	22	1	4.5	0	0.0
そうざい製造業	97	1	1.0	0	0.0
漬物製造業※	9	1	11.1	0	0.0
食肉製品製造業	34	1	2.9	0	0.0
麺類製造業	10	1	10.0	0	0.0
その他(魚肉ねり製品製造業、給食)	46	0	0.0	0	0.0
合計	1424	27	1.9	26	1.8

※従来のつけもの加工業を含む

表5 ふきとり検査における細菌数超過および黄色ブドウ球菌検出状況(ふきとり箇所別)

細菌数超過	検体数	黄色ブドウ球菌検出	検体数
シンクレバー	10	冷蔵庫取っ手	7
冷蔵冷凍庫取っ手	5	シンクレバー	7
調理器具	4	調理器具	5
作業台	3	エプロン	2
その他	5	その他	5

表6 複数の項目で指導対象もしくは菌検出したふきとり検体一覧

No.	業種	ふきとり箇所	検査結果
1	飲食店	手洗いレバー	細菌数 220,000
			黄色ブドウ球菌 陽性
			<i>E.coli</i> 2
			腸内細菌科菌群 >100
2	飲食店	作業台(冷菜用)	<i>E.coli</i> 9
			腸内細菌科菌群 >100
3	豆腐製造業	エアプレスレバー(豆腐)	細菌数 170,000 黄色ブドウ球菌 陽性
4	飲食店	トンブ	細菌数 150,000 黄色ブドウ球菌 陽性
5	アイスクリーム類製造業	充填機ノズル	細菌数 200,000 大腸菌群 陽性(130,000) 腸内細菌科菌群 >100
6	魚介類販売業	刺身用まな板	細菌数 180,000 大腸菌群 陽性(30,000)
7	飲食店	盛付台	細菌数 140,000 腸内細菌科菌群 >100
8	飲食店	盛付台(前菜)	細菌数 140,000 腸内細菌科菌群 >100
9	飲食店	手洗いレバー	細菌数 290,000 腸内細菌科菌群 >100

表7 検体種別の黄色ブドウ球菌検出状況およびコアグラエゼ型別検体数

コアグラエゼ型	弁当・そうざい		魚介類	菓子類	ふきとり	その他	合計	割合(%)
	加熱処理済	未加熱						
黄ブ検査数	437	353	136	268	1420	302	2916	/
陽性数	4	11	4	10	26	1	56	
陽性率(%)	0.9	3.1	2.9	3.7	1.8	0.3	1.9	
I	1				1		2	3.6
II					1		1	1.8
III	1	1	3	1	5		11	19.6
IV		1					1	1.8
V		2		2	2		6	10.7
VI			1	3	2		6	10.7
VII	2	6		4	12	1	25	44.6
VIII		1					1	1.8
型不明					3		3	5.4

表8 検体種別の黄色ブドウ球菌毒素遺伝子保有検体数

毒素型	弁当・そうざい		魚介類	菓子類	ふきとり	その他	合計	割合(%)
	加熱処理済	未加熱						
A	1	2	2	1	3		9	16.1
B	1			1	3		5	8.9
C	1	1		1	4		7	12.5
D			1				1	1.8
E							0	0.0
A~E不検出	1	8	1	7	16	1	34	60.7
毒素遺伝子保有率	75.0	27.3	75.0	30.0	38.5	0.0	56	39.3

## 3-3 急性呼吸器感染症 (ARI) 病原体定点医療機関における ウイルス検出状況

阿藤 美奈子, 上野 真理子, 松原 弘明

キーワード: 急性呼吸器感染症, ARI, サーベイランス

### はじめに

呼吸器感染症の発生状況の動向を把握し, 新興・再興感染症が発生し増加し始めた場合に, 迅速に対応することを目的として, 2025年4月7日より急性呼吸器感染症(以下ARI)が感染症法上の5類感染症に位置付けられ, 定点サーベイランスの対象となった。ARIとは, 急性の上気道炎(鼻炎, 副鼻腔炎, 咽頭炎, 喉頭炎)又は下気道炎(気管支炎, 細気管支炎, 肺炎)を指す病原体による症候群の総称である。

仙台市内の病原体定点医療機関(3か所)において採取された検体の検査を行い, 2025年4月(第15週)から12月(第52週)までのARIサーベイランスのウイルスの検出状況をまとめ, 報告する。

### 材料と方法

2025年第15週(4月7日)から第52週(12月26日)までの期間で, 病原体定点医療機関(小児科定点2か所, ARI定点1か所)の患者から採取された咽頭ぬぐい液401検体を使用した。

検出対象は, ARIサーベイランス対象病原体であるインフルエンザウイルス(A型およびB型), 新型コロナウイルス(SARS-CoV-2), RSウイルス(A型およびB型), パラインフルエンザウイルス(1~4型), ヒトメタニューモウイルス, ライノ/エンテロウイルス, アデノウイルスの12項目とした。

検体からはQIAmp Viral RNA Mini QIAcube Kit(QIAGEN)を使用し, QIAcube Connect(QIAGEN)を用いて核酸を抽出した。

リアルタイムRT-PCR法については, TaqPath 1-Step Multiplex Master Mix(Themofisher Scientific), プライマー, プローブ, ROXを混合し, 5 $\mu$ Lの核酸を加えた20 $\mu$ Lの反応系で, FAM, HEX/VIC, Cy5の3蛍光を検出する方法とした。使用したプライマーおよびプローブの最終濃度を表1に示した。QuantStudio 5(Themofisher

Scientific)により測定し, 52 $^{\circ}$ C 15分, 95 $^{\circ}$ C 2分の後に, 95 $^{\circ}$ C 15秒と55 $^{\circ}$ C 30秒を45サイクルとした。

インフルエンザウイルスについてはリアルタイムRT-PCR法により, A型は亜型同定検査(AH1pdm09, A香港型), B型は系統同定検査(ビクトリア系統, 山形系統)を行った。

ライノ/エンテロウイルス, アデノウイルスについては, PCR-シーケンス法により型を同定した。

### 結果と考察

図1に1検体から何種類のウイルスが検出されたかをまとめた。

今年度から12項目のウイルスの同定検査を開始したことに加え, 検査機器の更新によりウイルスの検出感度が向上し, 一度に複数種類のウイルスを検出することが多くなった。

全401検体中, 不検出が83件(20.7%), ウイルス1種類検出が216件(53.9%), 2種類検出が80件(20.0%), 3種類検出が19件(4.7%), 4種類検出が3件(0.7%)であった。小児科定点の検体から複数のウイルスが検出される事例が多く, 2種類以上が検出された検体は, 小児科定点216検体中87件(40.3%), ARI定点185検体中15件(8.1%)という顕著な差があった。

表2に月ごとの検体数, 陽性数, ウイルスの検出数をまとめた。

最も数多く検出されたのは, ライノウイルス, 次いでパラインフルエンザウイルスであった。この2種類のウイルスは, 増減はあるものの全期間を通じて数多く検出された。

図2に月ごとの陽性検体中におけるウイルスの検出率を示した。

ライノウイルスは特に4月~11月, パラインフルエンザウイルスは4月~7月に数多く検出された。SARS-CoV-2は8月~10月に検出率が増大し, 9月のピークには陽性検体48件中半数の24件からウイルスが検出された。SARS-CoV-2の検出率が低下し始めた10月から,

インフルエンザウイルスの検出率が増加し、11月12月は特に高い検出率であった。RSウイルス、アデノウイルスとも検出のピークは8月で、10月～12月の検出率は低率であった。

表1 プライマーおよびプローブ

	ウイルス	オリゴ名	塩基配列 5'→3'	終濃度 /nM
Mix1	FLU A	MP-39-67For	CCMAGGTCGAAACGTAYGTTCTCTCTATC	600
		MP-183-153Rev	TGACAGRATYGGTCTTGCTTTAGCCAYTCCA	600
		MP-96-75ProbeAs	(FAM)-ATYTCGGCTTTGAGGGGGCCTG-(MGB)	600
	RSV A/B	HRSV-F primer	ATGGCTCTTAGCAAAGTCAAGT	600
		HRSV-R primer	TGCACATCATAAATRGGAGTRTCA	600
		HRSV A probe※3	(HEX)-ACACTCAACAAAGA[T]CAACTTCTRTCATCCAGCA-リン酸	600
HRSV B probe※4		(Cy5)-ACATTAATAAGGA”T”CAGCTGCTGTCATCCAGCA-リン酸	600	
Mix2	HPIV3	HPIV-3 F	ATGGACATGGCATAATGTGCTAT	600
		HPIV-3 R	AATGCTYCTGTGGGATTGAG	600
		HPIV-3 Probe	(FAM)-TCCCATGGACATTCATTGTTTCTGGTCT-(BHQ-1)	600
	HPIV4	HPIV-4 F	CAAAYGATCCACAGCAAAGATTC	600
		HPIV-4 R	ATGTGGCCTGTAAGGAAAGCA	600
		HPIV-4 Probe※5	(HEX)-GTATCATCA/ZEN/TCTGCCAAATCGGCAATTAACA-(IBFQ)	600
	HPIV1	HPIV-1 F	CCATCCTTTTCTGCAATGTATCC	600
		HPIV-1 R	ATTGCAAACACTCTGATTAACATTGG	600
		HPIV-1 Probe	(Cy5)-CGGTGGCTTAACAACTCCGCTCCAAGG-(BHQ-3)	600
Mix3	hMPV	hMPV NL-N2 F	CATAYAARCATGTATATTAAGAGTCTC	600
		hMPV NL-N2 R	CCTATYTCWGCAGCATATTTGTAATCAG	600
		hMPV NL-N2 Probe	(FAM)-CAACHGACGTRACACCCYTCATCATRCA-(BHQ-1)	600
	HRV/HEV	Panenterhino/Ge/08 F1	AGCCTGCGTGGCKGCC	375
		Panenterhino/Ge/08 F2	CYAGCCTGCGTGG	225
		Panenterhino/Ge/08 R	GAAACACGGACACCCAAAGTAGT	600
		Panenterhino/Ge/08 Probe※5	(HEX)-CTCCGGCCC/ZEN/CTGAATGYGGCTAA-(IBFQ)	600
	HPIV2	HPIV-2 F	GGACGCCTAAATATGGACCTCTC	600
		HPIV-2 R	GTGAGTGTAAACCAATGGGTCT	600
		HPIV-2 Probe	(Cy5)-CCAGCTTTATCCCTCAGCAACATCTCCC-(BHQ-3)	600
Mix4	FLU B	NIID-TypeB TMPrimer-F1	GGAGCAACCAATGCCAC	600
		NIID-TypeB TMPrimer-R1	GTKTAGGCGGTCTTGACCAG	600
		NIID-TypeB Probe2	(FAM)-ATAAACTTYGAGCAGGAAT-(MGB)	600
	HAdV	HAdV F	GCCACGGTGGGTTTCTAAACTT	600
		HAdV R	GCCCCAGTGTCTTACATGCACATC	600
		HAdV Probe※5	(HEX)-TGCACCAGA/ZEN/CCCGGGCTCAGGTACTCCGA-(IBFQ)	600
	SARS-CoV-2	SARS-CoV-2_NIID_N2_F2	AAATTTGGGGACCAGGAAC	600
		SARS-CoV-2_NIID_N2_R2-2	TGGCACCTGTGTAGTCAAC	600
		SARS-CoV-2_NIID_N2_P2	(Cy5)-ATGTCGCGCATTGGCATGGA-(BHQ-3)	600

※3 [T]は、BHQ-1 修飾する

※4 “T” は、BHQ-2 修飾する

※5 9 と 10 塩基の間に ZEN クエンチャー、3' 末端は Iowa Black FQ quencher

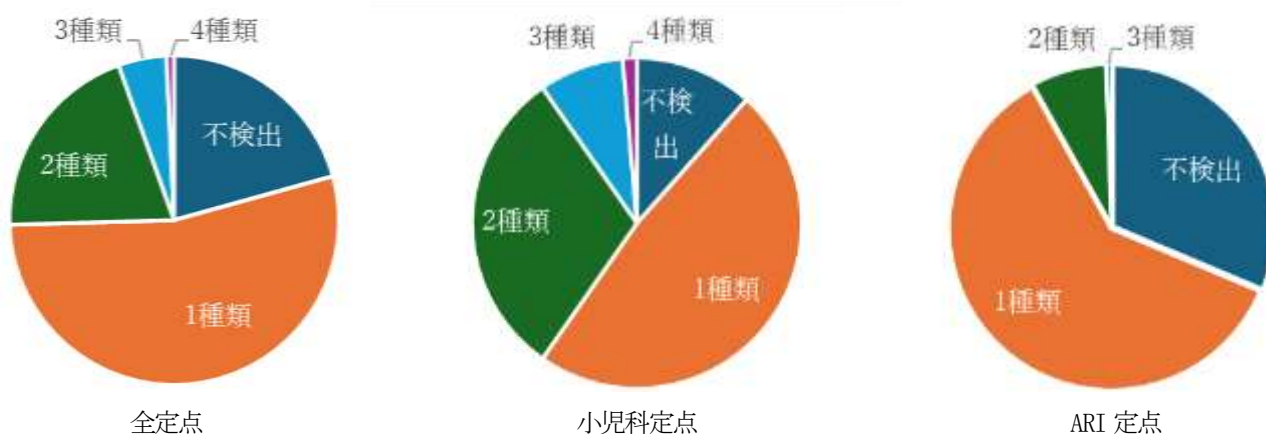


図1 1検体から検出されたウイルスの種類数

表2 月ごとの検体数、陽性数、ウイルスの検出数

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
検体数	53	59	56	49	38	57	32	26	31	401
陽性数	43	47	45	39	27	48	22	23	30	324
ライノウイルス	11	23	20	16	10	9	6	11	3	109
パラインフルエンザウイルス	19	22	24	17	3	8	4	0	5	102
SARS-CoV-2	11	2	1	3	7	24	9	2	2	61
インフルエンザウイルス	5	0	3	0	1	0	8	13	16	46
RS ウイルス	4	6	6	9	10	8	1	0	1	45
アデノウイルス	5	7	9	4	7	3	0	1	1	36
ヒトメタニューモウイルス	4	3	0	2	0	2	0	0	1	10
コクサッキーウイルス	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
エコーウイルス	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2

図3に2025/26シーズンにおけるインフルエンザウイルスの型別の検出数を示した。今シーズンは特にA香港型が多く検出され、検出されたインフルエンザウイルス35件中26件がA香港型であった。AH1pdm09は、41週に2件検出された後はしばらく検出されなかったが、51週に1件検出された。B型（ビクトリア系統）は、47週から検出され始め、51週に3件検出された。

### まとめ

今回は、陽性検体中のそれぞれのウイルスの検出率から、流行の動向をまとめた。最も多く検出されたのは、ライノウイルスおよびパラインフルエンザウイルスで、他のウイルスの検出率が低率時に、特に検出率が高い傾

向にあった。RSウイルス、アデノウイルスとも検出のピークは8月で、10月～12月の検出率は低率であった。SARS-CoV-2は8月～10月に数多く検出され、9月がピークであった。SARS-CoV-2は夏と冬に流行しやすい傾向にあり、11月12月の検出率は低率であったが、今後の流行が懸念されるので注視が必要である。

インフルエンザウイルスは例年12月から3月にかけて流行し、とくに1月末から3月上旬に感染者数がピークを迎える傾向がある。2025/26シーズンは例年より早く10月から検出率が増大しており、11月12月に多数検出された。その大部分がA香港型であるが、47週からB型（ビクトリア系統）が検出され始めており、今後も継続したサーベイランスが必要である。

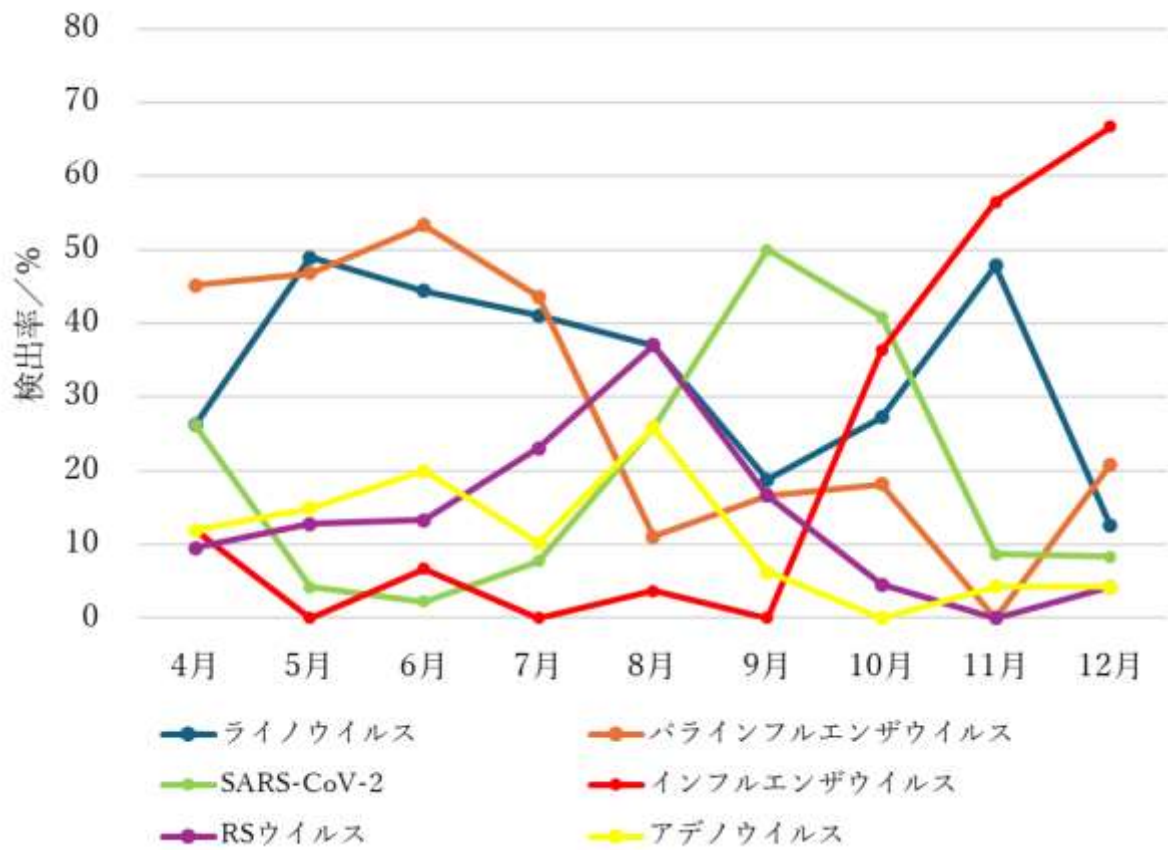


図2 月ごとの陽性検体中におけるウイルスの検出率

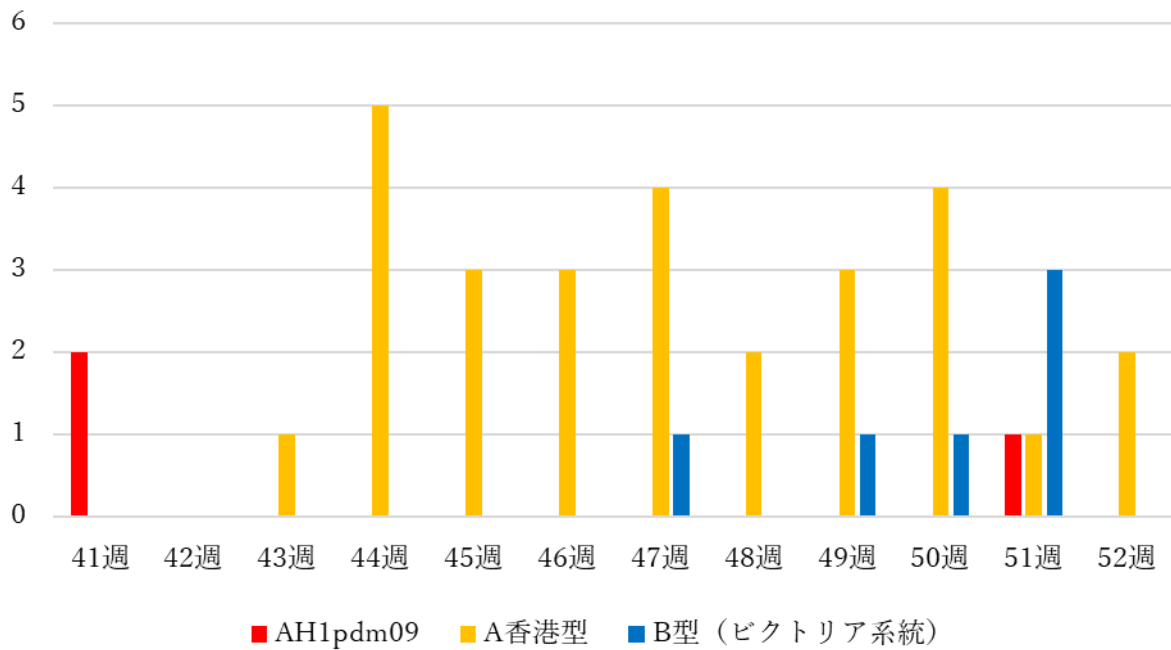


図3 2025/26 シーズンにおけるインフルエンザウイルスの検出数

### 参考文献

- 1 国立感染症研究所, 急性呼吸器感染症サーベイランス 遺伝子検査マニュアル 第1版 令和7年3月
- 2 国立感染症研究所, 病原体検出マニュアル インフルエンザ 第6版 2025年9月
- 3 国立感染症研究所, 咽頭結膜熱・流行性角結膜炎 検査・診断マニュアル 第4版 改訂第1版 令和7年1月
- 4 国立感染症研究所, 手足口病 病原体検査マニュアル Ver.2 令和5年6月

### 3-4 愛宕大橋付近で発生した広瀬川赤水に関する調査について

遠藤 由紀<sup>1</sup>, 山田谷 導幸, 東海 敬一, 鈴木 聖子, 白寄 りか, 根岸 真奈美, 氏家 澄香<sup>2</sup>, 山田 信之<sup>3</sup>  
 キーワード：広瀬川, 赤水, 河川水, 雨水吐口, 鉄バクテリア, 溶解性鉄

#### はじめに

令和6年10月30日、市内を流れる広瀬川の愛宕大橋付近で河川水が広範囲に赤く濁る事案（以降赤水）が発生した。10月31日、建設局下水道南管理センターより当該事案に係る調査協力依頼があり、連携して調査を行ったのでその結果を報告する。

#### 分析試料及び分析内容

本事案は赤水発生の翌日に影響調査とその後の排出源の探索を目的とし、以下の調査を行った。分析試料の採取場所を表1及び図1に示す（以降、分析検体は図1の番号で示す）。

番号	日付	検体の種類	採取場所
1	R6.10.31	底質	霊屋橋下
2	R6.10.31	底質	米ケ袋
3	R6.10.31	土壌（堆積物）	鹿落坂雨水吐口内
4	R6.11.13	水質（河川水）	向山
5	R6.11.13	水質（河川水）	愛宕堰
6	R6.11.13	水質	鹿落坂雨水吐口内

#### 1 広瀬川底質及び堆積物

赤水発生の翌日、赤水の原因と思われる堆積物が、太白区の鹿落坂雨水吐口内に確認されたとの情報に基づき、その堆積物の性状と近傍流域の底質（試料1～

3）の調査を行った（なお、この調査の段階で赤水は消失していた）。

分析試料は、当該堆積物及び流域の底質で、各試料は風乾したのち底質調査方法（平成24年8月環境省）により主な有害金属について試料中の含有量を調べる全量試験と溶液に溶出する量を調べる溶出試験の分析を行った。また、試料3の雨水吐口堆積物の環境等への影響を調べるため、土壌汚染対策法第二種特定有害物質（重金属等）について、土壌溶出量調査に係る測定方法を定める件（平成15年3月環境省告示第18号）により分析を行った。

全量試験に用いた広瀬川底質を静置して得た上澄み液及び堆積物について、光学顕微鏡により観察を行った。また、広瀬川底質及び堆積物を風乾後105℃で乾燥したものを試料として、当課大気係の協力のもと電子顕微鏡による観察と元素分析を行った。

#### 2 広瀬川河川水

赤水事案が解消した後の流域の水質回復を確認するため、排出源と思われた鹿落坂雨水吐口の upstream と下流の河川水（試料4、5）の水質を調査した。

#### 3 鹿落坂雨水吐口流出水

赤水の排出源と思われた鹿落坂雨水吐口からの流出水（試料6）について水質分析を行った。



図1 分析試料の採取場所および分析内容

<sup>1</sup> 現 太白区保健福祉センター衛生課 <sup>2</sup> 現 若林区保健福祉センター衛生課 <sup>3</sup> 現 宮城野区保健福祉センター衛生課

## 分析結果及び考察

### 1 広瀬川底質等

#### 1) 全量試験

分析結果を表2に示す。令和6年10月31日には赤水は消失していたが、赤水の排出源より下流の川岸では赤褐色の沈殿物も見られた。採取に当たっては、極力赤褐色の沈殿物のみをとるように努めたが採取量が少なく（砂の割合が多い）、赤水の発生の上流（霊屋橋下）と下流（米ヶ袋）では分析結果に差は読み取ることができなかった。

鹿落坂雨水吐口内堆積物（以下堆積物）は土砂等が混じっており、握るともろく崩れるような性状であった。全量試験では有害な金属を特に多く含むことはないが、乾燥重量の約43%が鉄（430000mg/kg-Dry）と特異的であった。

鉄は自然界に豊富にあり、酸化鉄は赤色の顔料として古くから使用されてきた。べんがらは酸化鉄を原料とする塗料で、伝統的な製法では原料となる土から不純物を取り除き、水分を取り除くことでつくられ、現在では工業的に生産され、塗料、プラスチック、化粧品など幅広い分野で着色料として使用されている。

今回採取した堆積物は、加熱しただけで、きれいな赤色の粉末状となったことから非常に純度の高いことが推察された。

#### 2) 溶出試験

分析結果は表3のとおり。当該堆積物はあくまで吐口内に溜まったものであり土壌としての基準は適用されないものの有害性を確かめるために土壌汚染対策法第二種特定有害物質（重金属等）について、溶出試験を行った。いずれの項目も基準値未満または不検出であった。

表2 底質等全量試験結果（令和6年10月31日採取）

項目	単位	1 霊屋橋下（底質）	2 米ヶ袋（底質）	3 鹿落坂雨水吐口内堆積物
含水率	%	27.9	26.3	59.5
強熱減量	%	2.2	2.3	26.2
ひ素	mg/kg-Dry	5	5	27
セレン	mg/kg-Dry	5未満	5未満	5未満
鉛	mg/kg-Dry	5	5未満	5未満
カドミウム	mg/kg-Dry	1未満	1未満	1未満
銅	mg/kg-Dry	11	10未満	10未満
亜鉛	mg/kg-Dry	60	51	10未満
鉄	mg/kg-Dry	16000	16000	430000
マンガン	mg/kg-Dry	230	360	19
クロム	mg/kg-Dry	10未満	10未満	10未満
ほう素	mg/kg-Dry	50未満	50未満	50未満

表3 鹿落坂雨水吐口内堆積物溶出試験結果

項目	単位	結果	参考基準値*
水銀及びその化合物	mg/L	0.0005 未満	0.0005 以下
カドミウム及びその化合物	mg/L	0.001 未満	0.003 以下
鉛及びその化合物	mg/L	0.005 未満	0.01 以下
六価クロム化合物	mg/L	0.02 未満	0.05 以下
砒素及びその化合物	mg/L	0.005 未満	0.01 以下
シアン化合物	mg/L	不検出	検出されないこと
ふっ素及びその化合物	mg/L	0.08 未満	0.8 以下
セレン及びその化合物	mg/L	0.002 未満	0.01 以下
ほう素及びその化合物	mg/L	0.02 未満	1 以下

※土壌汚染対策法における第2種特定有害物質(重金属等)の土壌溶出量基準

## 2 広瀬川河川水

分析結果は表4のとおり。赤水発生時から2週間ほど経過しているが、赤水流入箇所の上流で特に差は見られず、カドミウム、鉛、砒素、全クロムなどの有害な重金属類は定量下限値未満であった。

また、環境対策課で行っている公共用水域測定結果（公害関係資料集令和6年度版）における愛宕橋の測定結果と比較したがpH（平均8.0）や窒素関連（全窒素平均0.38mg/L）など特段の異常は見られなかった。

表4 広瀬川河川水水質検査結果

項目	単位	4	5
		R6.11.13 向山	R6.11.13 愛宕堰
水素イオン濃度(pH)	—	8.7	8.9
生物化学的酸素要求量	mg/L	0.8	0.8
浮遊物質	mg/L	1	1 未満
溶解性鉄	mg/L	0.2	0.1
溶解性マンガン	mg/L	0.04	0.02 未満
全鉄	mg/L	0.1	0.1
全マンガン	mg/L	0.02 未満	0.02 未満
アンモニア性窒素	mg/L	0.07	0.05 未満
亜硝酸性窒素	mg/L	0.005	0.005 未満
硝酸性窒素	mg/L	0.34	0.30

## 3 鹿落坂雨水吐口流出水

赤水発生の原因と思われる鹿落坂雨水吐内の流出水の水質試験結果を表5に示す。鉄、マンガンの値が表3の2つの河川水と比較してしく高く、ほぼ溶解した状態であることがわかる。この鹿落坂雨水吐口流出水が

いずれかの段階で酸化されて、赤水の原因となる不溶性の酸化鉄（赤茶色、 $Fe_2O_3$ ）が生成されたものと思われる。

なお、当該雨水吐が位置する広瀬川右岸の丘陵地帯では、過去に亜炭の採掘が行われており、市内の一般家庭では、昭和30年ころまでこの亜炭を燃料として使用していたと伝えられている。関係部署の調査では、この採掘跡から湧出する水が雨水吐に流れ込んでいるものと推定している

表5 鹿落坂雨水吐口流出水水質試験結果

項目	単位	6 R6.11.13 鹿落坂雨水吐口流出水
水素イオン濃度(pH)	—	5.3
生物化学的酸素要求量	mg/L	0.7
浮遊物質	mg/L	1 未満
溶解性鉄	mg/L	6.6
溶解性マンガン	mg/L	1.3
全鉄	mg/L	6.9
全マンガン	mg/L	1.3
アンモニア性窒素	mg/L	0.09
亜硝酸性窒素	mg/L	0.005 未満
硝酸性窒素	mg/L	0.04

鹿落坂雨水吐の構造を図2に示す。ボックスカルバートを4段積み重ね、水が上から流れ落ちるようになっている。晴天時はごく少量しか流れていないため空気との接触が多く、滞留時間が長いという溶解性鉄が酸化されて不溶性の酸化鉄が生成される条件が整っていると推察された。

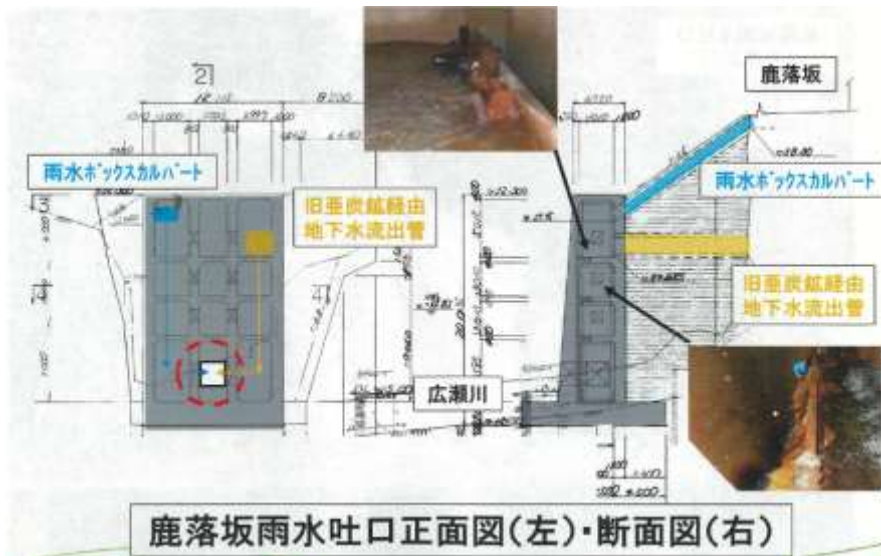


図2 鹿落坂雨水吐の構造（下水道南管理センター提供資料より）

#### 4 鉄バクテリア定性試験

鉄バクテリアは、鉄を酸化しエネルギーとして利用し、不溶性の酸化鉄を生成する微生物の総称である。この鉄バクテリアの存在を確認するため光学顕微鏡で観察した際の画像を図3から図5に示す。赤水発生より上流の霊屋橋下(試料1)(図3)では、鉄バクテリアとみられる外形の細胞は認められなかった。米ヶ袋(試料2)上澄み(図4)及び堆積物(図5)で鎖状の外形の細胞が多数認められ、ガリオネラ属(*Gallionella*)の鉄バクテリアと推定された。同時に、微生物が活発に活動する様子も観察された。

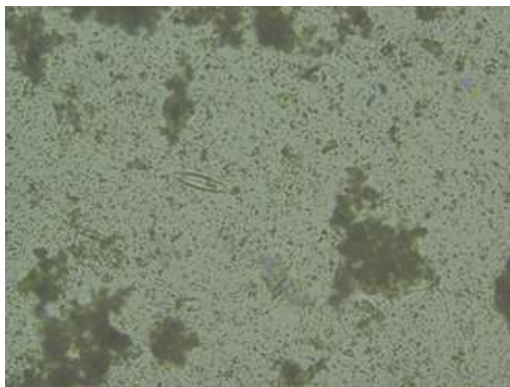


図3 霊屋橋下(底質)上澄み液(400倍)

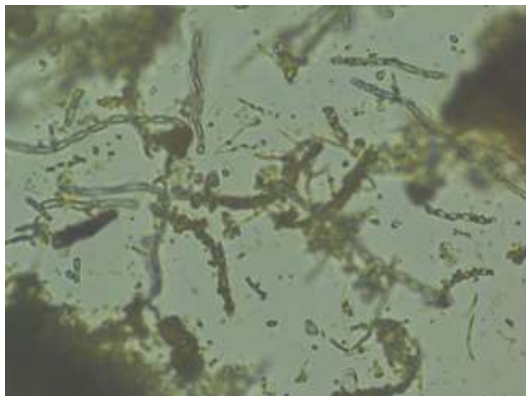


図4 米ヶ袋(底質)上澄み液(400倍)

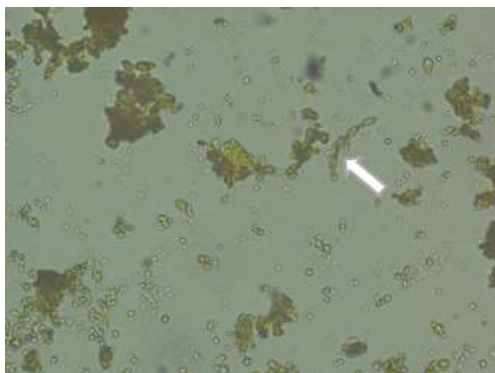


図5 鹿落坂雨水吐口内堆積物(400倍)

#### 5 電子顕微鏡による形態観察及び元素分析

広瀬川底質(試料2)及び堆積物(試料3)について走査型電子顕微鏡での観察を行ったが映像(図6, 7)からは特段の知見は得られなかった。当初、電子顕微鏡を想定していなかったため、採取、試料調整に工夫の余地があったものと思われる。

また、同電子顕微鏡に備えられている元素分析により、底質の鉄の質量割合を調べたところ、堆積物のあった鹿落坂を境に、上流域(霊屋)よりも下流域(米ヶ袋)の方が多くなっている傾向がみられた。鉄の質量%は米ヶ袋(底質)4.47%、堆積物12.20%、霊屋橋(底質)1.83%であった。試料採取場所の位置関係をみると、霊屋橋(底質)採取場所から約400m下流に鹿落坂雨水吐口があり、米ヶ袋(底質)採取場所はさらに約300m下流である。

水質試験では電子顕微鏡を使用する機会はないものの、未知の成分を調査するには当該電子顕微鏡や赤外分光(FT-IR)の活用が非常に有効であるため、日頃より修練しておくことが重要と感じた。

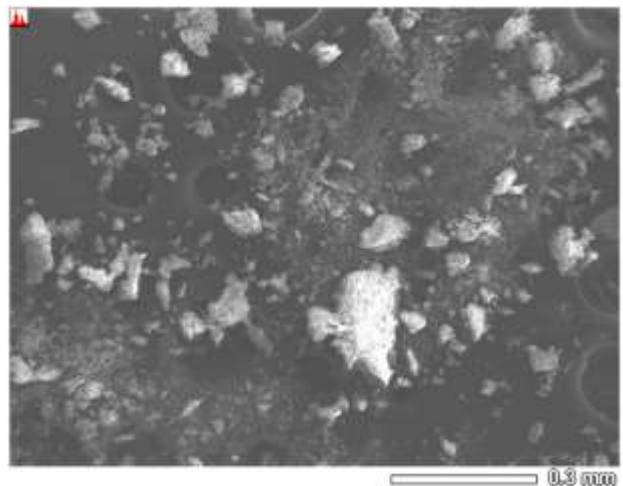


図6 米ヶ袋底質 電子顕微鏡観察像

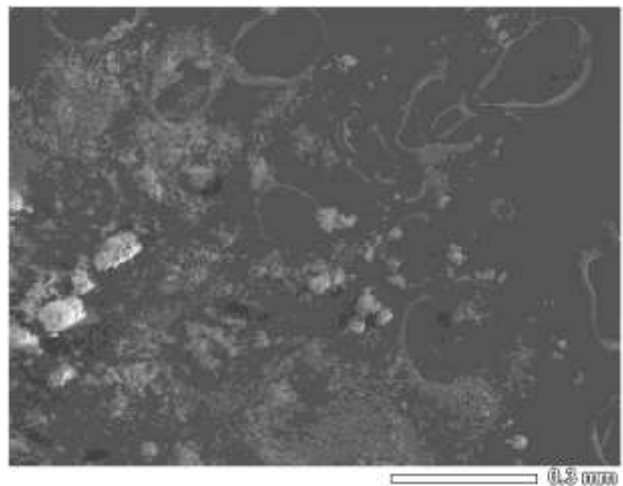


図7 鹿落坂雨水吐口内堆積物 電子顕微鏡観察像

## まとめ

以上の分析結果から、令和6年10月30日に広瀬川で発生した赤水の原因としては次のように考えられる。

全量試験及び電子顕微鏡による元素分析の結果から、鉄分(Fe(Ⅱ), Fe(Ⅲ))を豊富に含んだ地下水が旧亜炭坑に流れ込み、その鉄分が空気や鉄バクテリアにより酸化され不溶性の赤褐色沈殿(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, いわゆる赤さび)が作られ、長い時間をかけて大量に堆積し、雨水吐口から広瀬川へ流出した。落坂雨水吐口内の堆積物には多量の不溶性鉄が含まれているが、赤水発生時から現在まで広瀬川霊屋橋下流域で魚類へい死がないこと、光学顕微鏡での観察時に微細生物の活動が見られたこと、堆積物溶出試験結果で土壤汚染対策法第二種特定有害物質(重金属等)のいずれの項目も基準値未満であったことから、赤水及び赤水の原因と考えられる堆積物に生物毒性はないと考える。

また、当該流域の河川水の親水利用や農業用水としての利用の可能性はあるものの、一時的に発現した事象であったことから環境上特に影響は無いと考える。広瀬川は「杜の都仙台」のシンボルであり市民生活に身近で関心が高く多くの人の目に触れることから、再度の赤水流出が無いよう何らかの対策が講じられることが望ましい。なお、雨水吐を管理している下水道南管理センターでは雨水吐内の清掃の頻度をあげる対策を講じている。

## 文献

- 1) JIS K 0350-80-10:2005, 工業用水中の鉄細菌試験方法, 環境測定Ⅱ

## 3-5 令和6年度有害大気汚染物質モニタリング調査結果について

伊勢里美, 赤間博光, 相田英輝, 佐藤皓, 庄司岳志, 山田信之<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。本市では, 平成9年度より仙台市内有害大気汚染物質モニタリング調査を実施しており, 今回は令和6年度の調査結果について報告する。

### 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の汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準について」(平成13年5月21日, 環管大第177号, 環管自第75号, 令和5年11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。

測定方法は「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」(平成9年2月12日, 環大規第27号, 令和6年3月最終改訂)に従った。

### 1 測定地点

令和6年度は, 地点分類として「一般環境」の榴岡測定局, 「一般環境」及び「固定発生源周辺(ベンゼン)」の中野測定局, 「道路沿道」の五橋測定局の3地点において月1回の頻度でモニタリング調査を行った。表1に測定地点と属性, 図1に測定局の位置を示した。

各地点の特徴としては, 榴岡測定局は, 仙台駅の東約1.5kmに位置する桜の名所としても知られる榴岡公園内にある。公園の北側200mには交通量の多い国道45号線があり, 公園周辺には住宅も多く立ち並んでいる。公園内は植栽が配されており, 測定局近傍にもシラカバなどの広葉樹が植えられている。本調査を開始してから継続して測定を行ってきた地点であり, 環境省の化学物質環境実態調査(エコ調査)においても定点として調査を行っている地点である。

中野測定局は, 仙台市の東部, 七北田川を3kmほど遡った左岸にある高砂中学校内に位置している。周辺を住宅に囲まれた一般環境地点であるが, 市内では比

較的規模の大きい工場や事業場が立ち並ぶ仙台港から5km圏内に位置している。仙台港周辺には600kg/年を超えてベンゼンを排出する工場や事業者があるため, 地点選定ガイドライン(平成25年8月30日, 環水大発第1308304号)の定義により, ベンゼンの固定発生源周辺という地域分類になっている<sup>1)</sup>。

五橋測定局は, 市街地中心部の主要幹線道路の交差点に位置し, 車両の発進時の排ガスや, 停止中に滞留する排気ガスの影響も見ることができる調査地点である。隣地には, 令和4年9月に竣工した地上16階の高層型大学キャンパスや地下鉄駅があり, 周辺には飲食店なども多い商業地区となっている。

表1 測定地点及び地点属性

測定地点	地域分類
① 榴岡測定局	一般環境
② 中野測定局	一般環境 固定発生源周辺(ベンゼン)
③ 五橋測定局	沿道



図1 測定局位置図<sup>2)</sup>

<sup>1</sup>現 宮城野区保健福祉センター衛生課

## 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を除いた 21 物質に加え、ガス状水銀を追加して測定した（表 2）。なお、ガス状水銀は、水俣条約において包括的な規制を策定することとなったため優先取組物質から除かれたが、事務処理基準の中では継続して常時監視の対象とされている。

なお、測定項目のうち、六価クロム化合物に関しては、令和 5 年 11 月の事務処理基準改正により、当面全量測定としていたクロムの形態別測定が求められることとなったが、本市では先行して令和 2 年度より検査方法及び試料採取方法の確認と検討に着手し、令和 4 年度より測定を開始している。

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 ヒ素	ハイボリウム 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	ハイボリウム 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
六価クロム化合物	ローボリウム エアサンプラー ろ紙捕集	水抽出 ポストカラムHPLC

\* 金属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されている。令和 6 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、各測定値及び年平均値の経年変化を図 3-1 から図 3-4 に示した。なお、六価クロム測定において還元性物質による影響（過小評価）を確認するため、浮遊粒子状物質（SPM）濃度についても併せて示した。各図表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は有効数字 2 桁とした。図 3-1 から図 3-4 において、令和 6 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、各月の測定値を○印で示した。

以下、地点属性毎に測定結果について考察する。

## 1 一般環境

### 1) 榴岡測定局

全ての項目で環境基準値及び指針値を下回っていた。令和 5 年度の全国平均値と比較すると、同程度かそれ以下となっていた。

近年は、各項目ともに横ばい状況であり、昨年度と比較して塩化ビニルモノマーを除き全ての項目で同程度かやや減少状況であった。

塩化ビニルモノマーについては、10 月に突出して高い値を観測しており、年平均値を押し上げる結果となった。詳細については、後述する。

### 2) 中野測定局

全ての項目で環境基準値及び指針値を下回っていた。塩化ビニルモノマーのみ令和 5 年度の全国平均値を上回る結果となったが、それ以外の項目は全て下回っていた。塩化ビニルモノマーについては、10 月に突出して高い値を観測しており、年平均値を押し上げる結果となった。

例年と同様に、金属類の濃度が榴岡測定局より若干高く、ばらつきも大きいように見える。特にクロムやニッケルについては度々高濃度が観測されている。PRTR の届出からは、中野測定局周辺にベンゼン以外の排出源は認められていないが、仙台港周辺には鉄鋼製造関連の事業所が点在しており、それらの影響を受けている可能性が考えられる。

## 2 固定発生源周辺

### 1) 中野測定局

中野測定局は定義上ベンゼンの固定発生源周辺として調査しているが、ベンゼンは他の測定局と同程度の測定値であり、固定発生源の影響は見られていない。また、令和 5 年度の全国平均値と比較しても下回っていた。

## 3 沿道

### 1) 五橋測定局

全ての項目で環境基準値及び指針値を下回っていた。令和 5 年度の全国平均値と比較すると、同程度かそれ以下となっていた。また五橋測定局でも 10 月に高濃度の塩化ビニルモノマーを観測しており、年平均値を押し上げる結果となった。

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、トルエン等は一般環境である榴岡測定局、中野測定局と比較して高い傾向を示しているものの、経年変化で見るとその差は減少している。

クロロホルムは、調査開始当初の平成11年度から継続して他測定局より高い濃度で観測されている。平成30年度から減少傾向にあったが、近年は横ばい状況にある(図3-1)。

また、3月の測定で六価クロムが0.53 ng/m<sup>3</sup>と比較的高い値が検出された。六価クロムには環境基準値や指針値は設定されていないが、WHO 欧州事務局のガイドラインでは年平均値0.25 ng/m<sup>3</sup>が発がんリスク管理

の目安とされており、この目安を超えたため、翌日追加調査を実施した。追加調査時は0.032ng/m<sup>3</sup>と、通常の濃度範囲内であったことから一過性の原因と考えられる。六価クロムは以前から五橋測定局のみで度々高濃度が観測されているが、いずれも追加調査時には通常の濃度範囲内であり、発生源の特定、原因解明には至っていない。環境省のマニュアルには測定値に影響を及ぼす誤差についての記述があり、過大評価については高温が原因とされているが、過去高濃度であったときも、今回の高濃度時にもその条件には当てはまらず、高濃度となる原因は不明である。

表3 令和6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	榴岡測定局		中野測定局		五橋測定局		令和5年度 全国調査 平均値 <sup>3)</sup>	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			
塩化ビニルモノマー	μg/m <sup>3</sup>	0.010	0.030	ND～0.24	(0.027)	ND～0.46	0.045	ND～0.22	(0.025)	0.037	指針値	10
1,3-ブタジエン	μg/m <sup>3</sup>	0.010	0.030	ND～0.039	(0.019)	(0.010)～0.048	(0.021)	(0.014)～0.056	(0.029)	0.074	指針値	2.5
ジクロロメタン	μg/m <sup>3</sup>	0.020	0.060	0.46～1.6	0.80	0.47～1.3	0.74	0.45～1.6	0.85	1.5	環境基準	150
アクリロニトリル	μg/m <sup>3</sup>	0.010	0.030	(0.010)～0.035	(0.020)	(0.010)～0.045	(0.022)	(0.014)～0.041	(0.023)	0.052	指針値	2
クロロホルム	μg/m <sup>3</sup>	0.010	0.030	0.075～0.20	0.12	0.058～0.17	0.096	0.090～0.40	0.19	0.24	指針値	18
1,2-ジクロロエタン	μg/m <sup>3</sup>	0.010	0.030	0.056～0.27	0.11	0.058～0.29	0.10	0.053～0.27	0.11	0.20	指針値	1.6
ベンゼン	μg/m <sup>3</sup>	0.010	0.030	0.13～0.73	0.37	0.14～0.73	0.37	0.20～0.89	0.47	0.73	環境基準	3
トリクロロエチレン	μg/m <sup>3</sup>	0.020	0.060	ND～(0.048)	(0.020)	ND～(0.054)	(0.025)	ND～(0.040)	(0.020)	0.91	環境基準	130
テトラクロロエチレン	μg/m <sup>3</sup>	0.020	0.060	ND～(0.042)	(0.021)	ND～(0.054)	(0.022)	ND～(0.042)	(0.020)	0.084	環境基準	200
塩化メチル	μg/m <sup>3</sup>	0.020	0.060	0.95～1.3	1.1	0.94～1.3	1.1	0.93～1.4	1.1	1.4	指針値	94
トルエン	μg/m <sup>3</sup>	0.020	0.060	0.54～2.3	1.1	0.64～2.2	1.2	0.47～4.2	1.7	5.3	-	-
酸化エチレン	μg/m <sup>3</sup>	0.0020	0.0060	0.023～0.065	0.045	0.026～0.066	0.047	0.025～0.073	0.052	0.075	-	-
ベリリウム	ng/m <sup>3</sup>	0.020	0.060	ND～ND	ND	ND～(0.035)	ND	ND～ND	ND	0.019	-	-
クロム	μg/m <sup>3</sup>	0.4	1.2	ND～(0.9)	(0.6)	ND～22	3.1	ND～2.0	1.2	4.0	-	-
マンガン	μg/m <sup>3</sup>	0.20	0.60	1.8～11	5.2	2.0～14	8.7	1.7～13	7.2	20	指針値	140
ニッケル	μg/m <sup>3</sup>	0.4	1.2	ND～(0.7)	(0.4)	ND～2.6	(1.0)	ND～1.3	(0.6)	2.5	指針値	25
ヒ素	μg/m <sup>3</sup>	0.020	0.060	0.13～1.1	0.48	0.15～1.4	0.58	0.16～1.2	0.51	1.2	指針値	6
ホルムアルデヒド	μg/m <sup>3</sup>	0.20	0.60	(0.58)～2.4	1.5	0.61～2.6	1.5	0.64～3.0	1.8	2.5	-	-
アセトアルデヒド	μg/m <sup>3</sup>	0.08	0.30	0.59～1.7	1.1	0.72～2.3	1.4	0.61～2.0	1.3	2.1	指針値	120
ベンゾ[a]ピレン	ng/m <sup>3</sup>	0.0020	0.0060	0.0086～0.073	0.028	0.010～0.11	0.043	0.011～0.075	0.032	0.13	-	-
水銀	ng/m <sup>3</sup>	0.20	0.60	1.1～1.5	1.3	1.2～1.9	1.4	1.2～1.7	1.5	1.7	指針値	40
六価クロム	ng/m <sup>3</sup>	0.024	0.080	ND～0.11	(0.049)	ND～0.14	(0.067)	(0.025)～0.53	0.11	-	-	-
SPM	μg/m <sup>3</sup>	-	-	3.5～12	8.0	4.0～14	10	2.5～11	8.0	-	-	-

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。  
 注5：六価クロムは令和4年度から測定を開始している。  
 注6：SPMは自動測定機による1時間値の試料捕集時間帯平均値である。

#### 4 塩化ビニルモノマー高濃度事例について

10月に全ての測定局において、0.22 μg/m<sup>3</sup>～0.46 μg/m<sup>3</sup>と高濃度の塩化ビニルモノマーが観測された。仙台市内においては、過去10年以上0.10 μg/m<sup>3</sup>を超過したことがなく、かなりの高濃度であった。後日、追加調査を実施したが、検出下限値未満～0.010 μg/m<sup>3</sup>と、通常の濃度範囲内であったことから、一過性の原因

であったと考えられる。

高濃度となった10月2日～3日の各測定局の結果と採取時の気象条件を表4に示す。塩化ビニルモノマー濃度は測定局によって差があり、中野測定局が他の測定局よりも2倍程度高い値であった。中野測定局周辺には工場等の事業場が比較的多く存在していることから、中野測定局近郊に発生源があり拡散した可能性

が考えられた。しかし、当日の主風向が北～北西であったことから、中野測定局よりも西側に位置している他の測定局へは拡散しにくく中野測定局近郊に発生源が存在した可能性は低いと考えられた。

また、通常時と比較すると全ての測定局において高濃度であったことから広域的な汚染が考えられた。後方流跡線解析では、当日仙台市上空を通過した気塊は大陸から太平洋の海岸沿いを南下してきたものであると計算された(図2)。しかし、北海道から宮城県までの仙台市以北の地域には、塩化ビニルモノマーを排出している事業場は確認できず<sup>1)</sup>、発生源の特定には至らなかった。

表4 10/2～3の測定結果および採取時の気象条件

測定局	榴岡測定局	中野測定局	五橋測定局
塩化ビニルモノマー測定値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.24	0.46	0.22
天候(設置時/回収時)	晴/雨	晴/雨	晴/雨
平均気温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	22.5	22.4	23.2
平均湿度 (%)	71	75	66
総雨量 (mm)	0.4	2.4	0.2
主風向	N	N	NW
平均風速 (m/s)	0.6	1.8	1.5

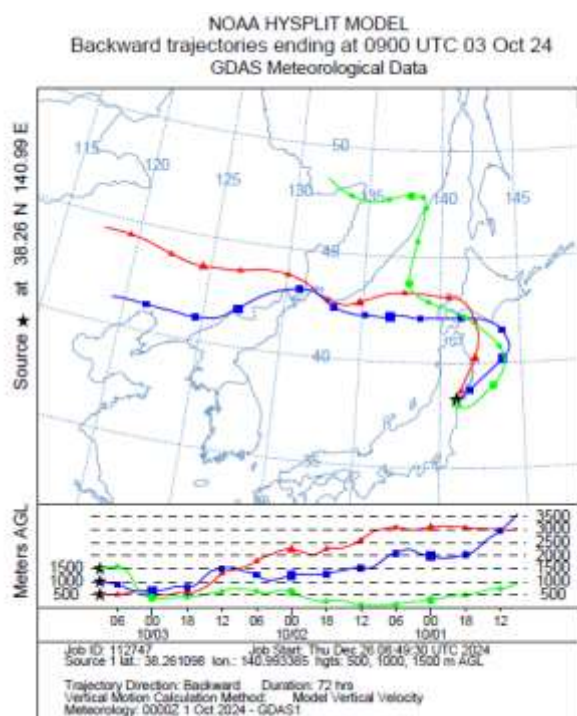


図2 後方流跡線解析(10月3日9時(UTC)起点)<sup>4)</sup>

## まとめ

令和6年度の有害大気汚染物質モニタリング調査結果は、全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、年平均値は令和5年度の全国調査年平均値を下回っていた。

中野測定局は榴岡測定局より金属類が若干高い傾向が見られ、鉄鋼製造関連の事業所の影響を受けた可能性が考えられた。また、沿道に分類される五橋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、経年変化で見るとその差は減少している。

10月に全測定局において塩化ビニルモノマーが高濃度となり追加調査を行ったが、追加調査時は検出下限値未満 $\sim 0.010 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と、通常の濃度範囲内であり、発生源の特定や原因究明には至らなかった。高濃度となった際でも、追加調査時には通常時の濃度に下がっていることが多く、原因の解明が難しい。このような高濃度事例のデータを蓄積していくことで、今後、高濃度となった際の発生源特定や原因究明へとつなげたい。

## 参考文献

- 1) 環境省，経済産業省：令和5年度PRTRデータ
- 2) 国土地理院ウェブサイト  
<https://maps.gsi.go.jp/vector/#10.849/38.252968/140.834462/&ls=vstd&disp=0>，地理院地図Vectorを加工して作成，最終アクセス 2025/12/12
- 3) 環境省：令和5年度有害大気汚染物質モニタリング調査結果
- 4) NOAA：HYSPLIT Trajectory Model,  
<https://ready.arl.noaa.gov/hypub-bin/trajtype.pl>，最終アクセス 2024/12/26

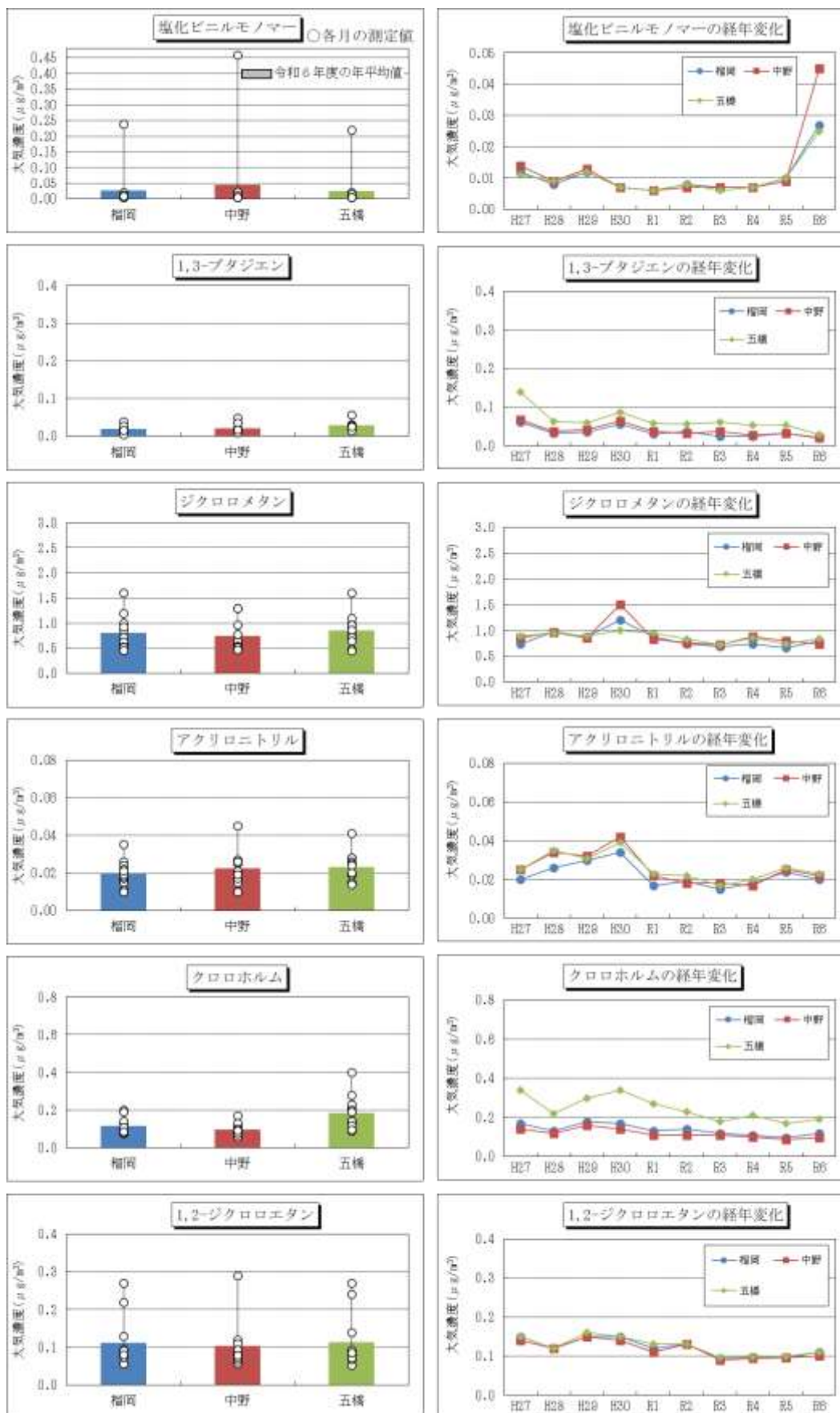


図3-1 令和6年度 年平均値と各月測定値 及び 各測定局における年平均値の経年変化

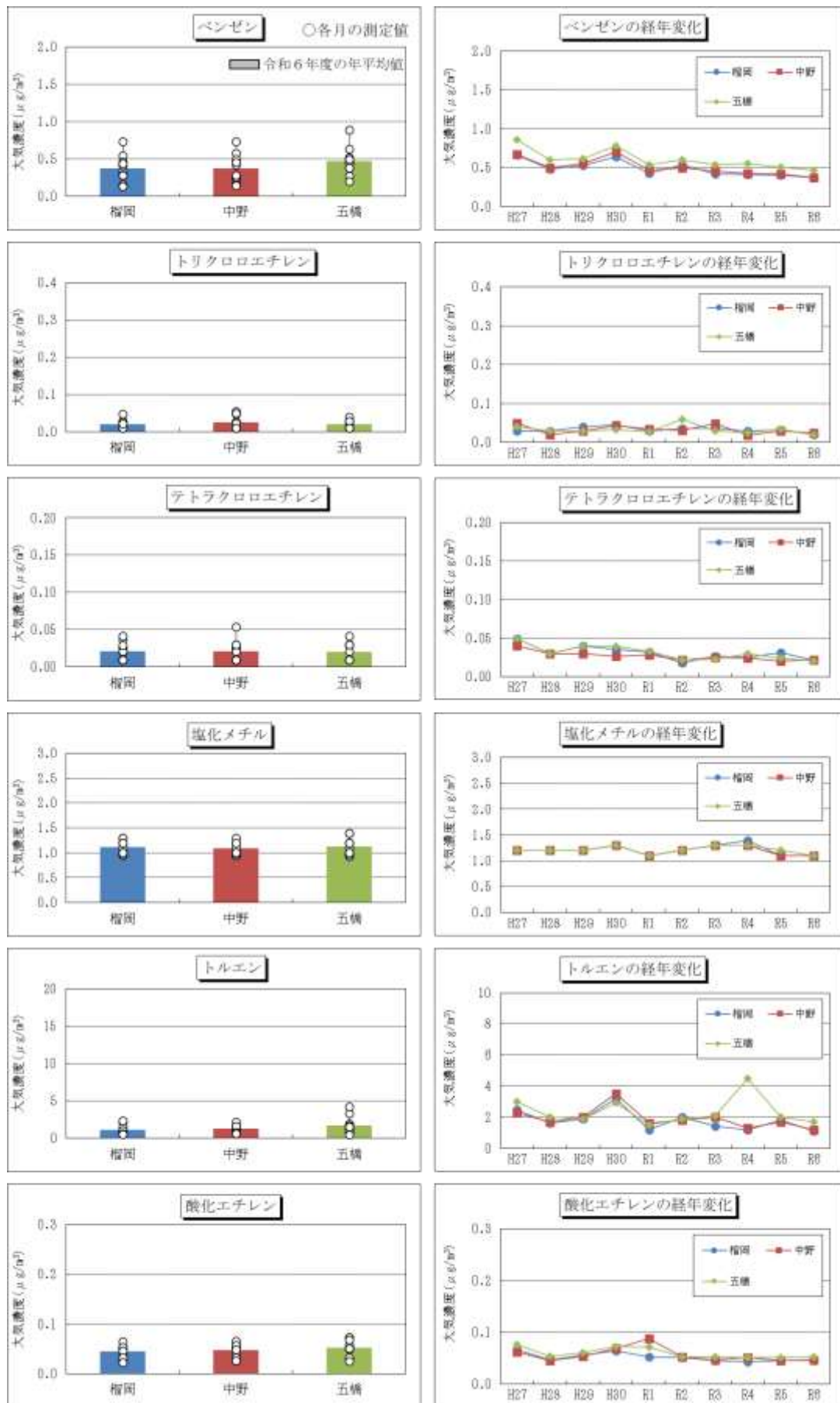


図3-2 令和6年度 年平均値と各月測定値 及び 各測定局における年平均値の経年変化

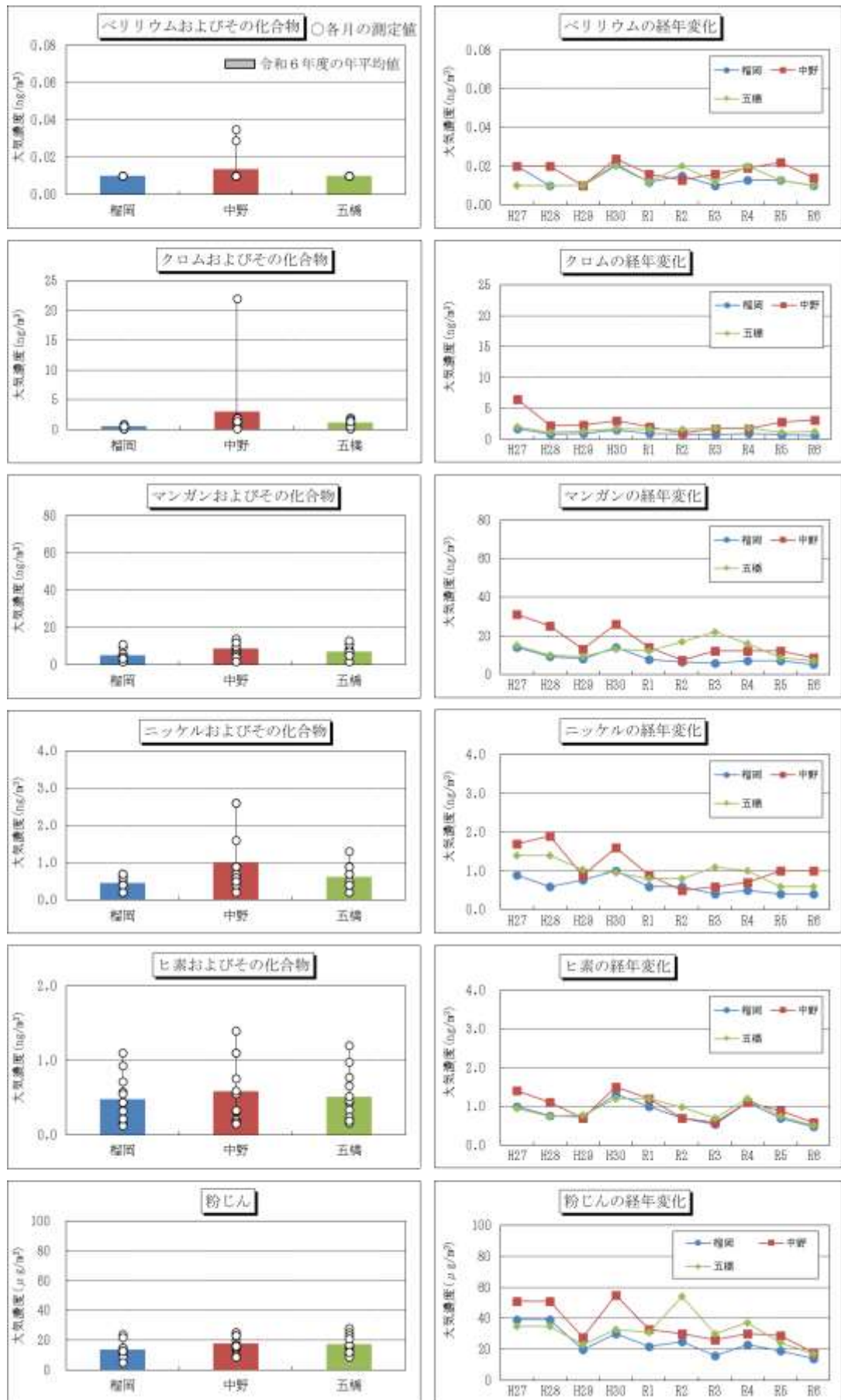


図3-3 令和6年度 年平均値と各月測定値 及び 各測定局における年平均値の経年変化

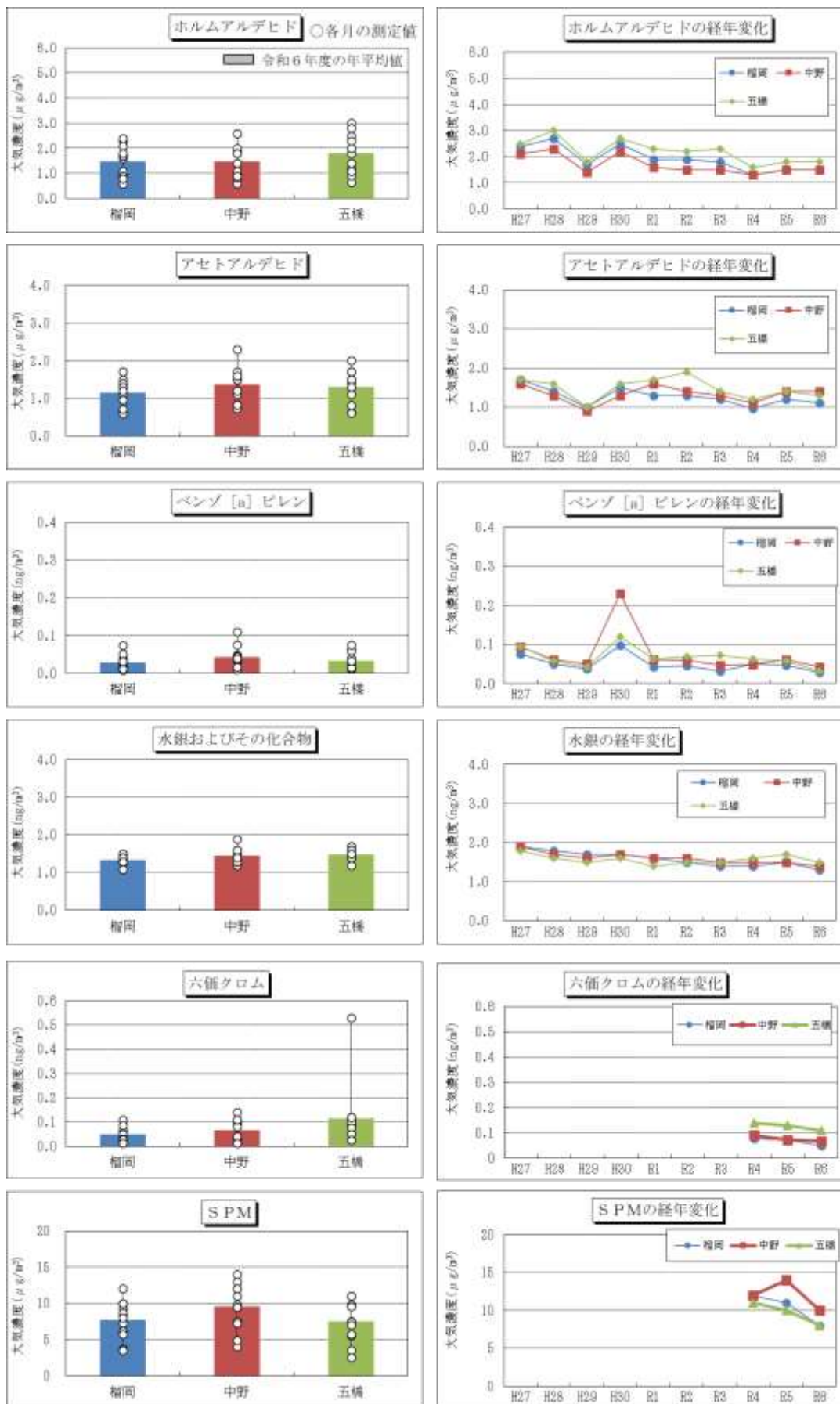


図3-4 令和6年度 年平均値と各月測定値 及び 各測定局における年平均値の経年変化

## 3-6 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6年度調査結果報告—

佐藤皓, 赤間博光, 伊勢里美, 相田英輝, 庄司岳志, 山田信之<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

大気中の微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) については、「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」(平成21年9月9日, 環境省告示33号)により環境基準(長期基準: PM<sub>2.5</sub>質量濃度の1年平均値が15 $\mu$ g/m<sup>3</sup>以下, かつ, 短期基準: 1日平均値の年間98パーセンタイル値が35 $\mu$ g/m<sup>3</sup>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」(平成13年5月21日, 環管大第177号, 環管自第75号)が改正され, 各地方公共団体は, 自動測定機によるPM<sub>2.5</sub>質量濃度の測定が求められることとなった。また, 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も求められることとなった。

仙台市では平成23年度より2地点で自動測定機によるPM<sub>2.5</sub>質量濃度測定を開始し, 現在では15地点で測定している。また, 成分調査については, 平成24年度より2地点で調査を開始し, 市内全域の状況を把握するため数年おきに測定地点を変え調査を行っている。

この調査をもとに, 仙台市におけるPM<sub>2.5</sub>の発生状況を把握し, その発生源及び発生機構を推定するとともに, 継続的に実施することで発生源の経年的な推移に関する知見を蓄積したいと考えている。本報では, 令和6年度に行った成分調査結果について, 自動測定機による測定結果を交えて報告する。

#### 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)に従い実施した。

#### 1 測定地点と調査期間

令和6年度の調査は, 令和4年度及び令和5年度に引き続き, 一般環境地点である中野測定局, 道路沿道地点である五橋測定局の2地点で実施した。平成29年度より調査を継続している中野測定局は, 仙台港周辺

の工業地帯から約5kmの位置にあり, 事業場などの発生源の影響を注視している。令和4年度から測定を開始した五橋測定局は, 仙台駅近傍の主要幹線道路の交差点に位置し, 地下鉄駅と高層の大学キャンパスに隣接していることから人や自動車の往来が多く, 周辺は商業地域で飲食店も多い地域となっている。

調査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日間とし, 各日概ね午前10時または11時から24時間採取を行った。

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。



図1 測定地点<sup>1)</sup>

表1 測定地点の概要

No.	測定地点	地点分類	用途地域
1	中野測定局	一般環境	第一種住居地域
2	五橋測定局	道路沿道	商業地域

表2 調査期間

季節	試料捕集期間
春	令和6年5月9日(木) ~ 5月23日(木)
夏	令和6年7月18日(木) ~ 8月1日(木)
秋	令和6年10月17日(木) ~ 10月31日(木)
冬	令和7年1月16日(木) ~ 1月30日(木)

1 現 宮城野区保健福祉センター衛生課

## 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、平成29年度からカドミウムとスズを追加して実施している。

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物質については元素全量のうち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
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) 水溶性炭化水素(WSOC)	サーマルオプテカル・リ フレクタンズ法 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 PerI Multiwave 5000 ・Agilent Technologies 7800 ICP-MS
炭素成分	石英	・Sunset Laboratory Lab Instrument Model 5 ・島津製作所 TOC-V CPH

## 調査結果及び考察

### 1 令和6年度調査結果及び考察

#### 1) 自動測定機測定結果

過去5年間における中野測定局及び五橋測定局の自動測定機による測定値を図2に示した。

仙台市におけるPM<sub>2.5</sub>質量濃度を年単位で見ると、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5~20μg/m<sup>3</sup>の濃度で推移している。

近年は環境基準の短期基準である日平均値 35μg/m<sup>3</sup>を超過する事例は少なくなっているが、令和6年度は黄砂飛来の影響<sup>2)</sup>を受け、基準を超過する日が1度あった。なお、短期基準は年間98パーセンタイル値で評価することから、評価結果としては短期基準を達成していた。また、年平均値は中野測定局で6.3μg/m<sup>3</sup>、五橋測定局で6.0μg/m<sup>3</sup>となり、長期基準である年間平均値15μg/m<sup>3</sup>以下も達成していた。

#### 2) 成分調査結果

各測定局における令和6年度の測定データを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3の構成は、棒グラフ全体がPM<sub>2.5</sub>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」として示している。また、PM<sub>2.5</sub>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。「その他」成分は未測定成分で大気中における挙動も不明であるが、一定程度の濃度割合がある。また、これまで黄砂飛来時に濃度が上昇していること等から、土壌成分である二酸化ケイ素等が含まれていると考えられる。今後、「その他」に含まれる成分の特定について検討が必要である。

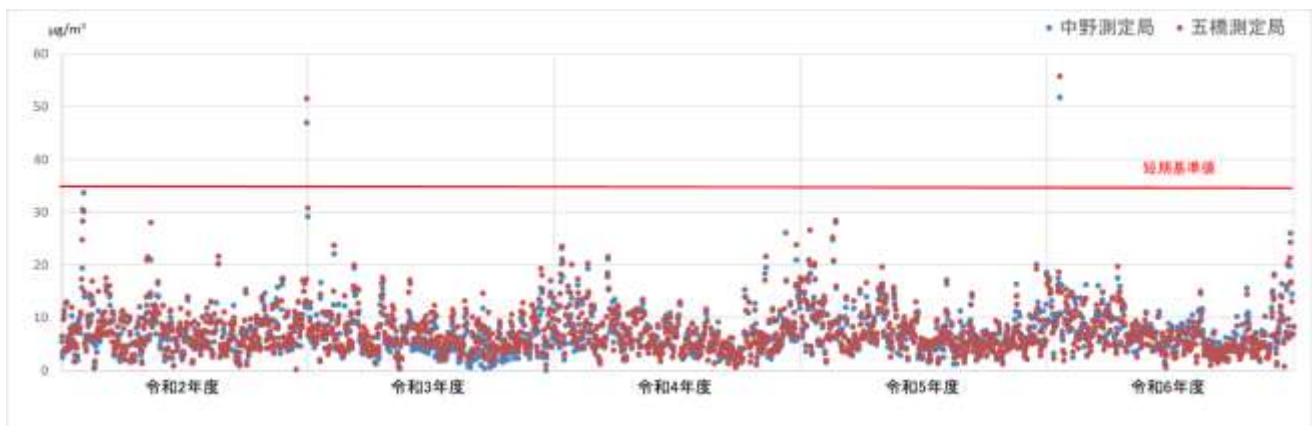


図2 過去5年間の自動測定機のPM<sub>2.5</sub>質量濃度結果(日平均値)

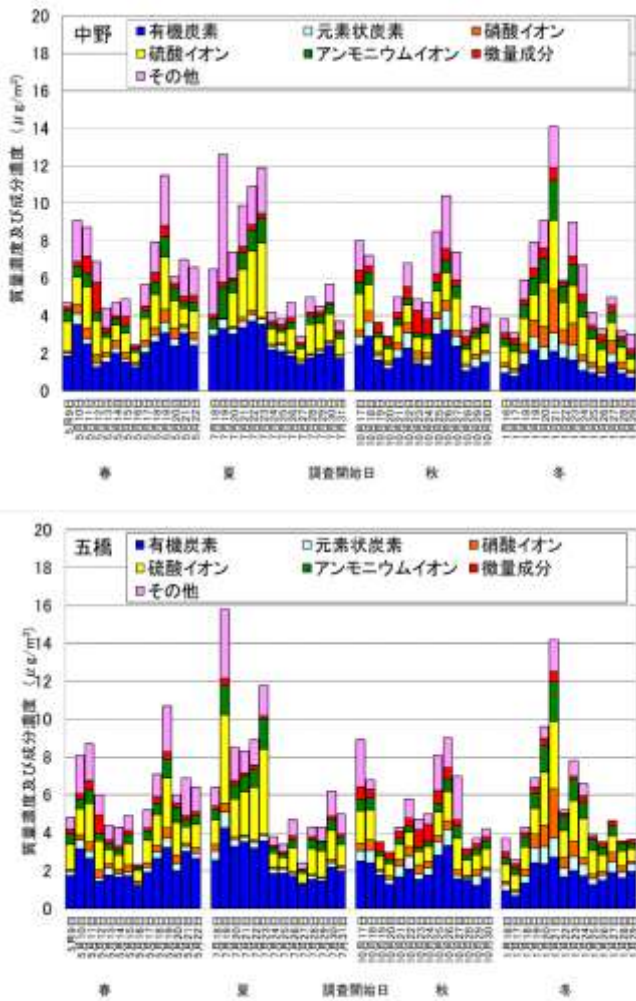


図3 中野測定局、五橋測定局の成分濃度結果

両測定局の主要な成分は、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。

各測定局における成分濃度を比較すると、中野測定局周辺には鉄鋼工業等の金属を扱う事業場が存在しており、コバルト、ニッケル、亜鉛、タンゲステン等の金属元素が五橋測定局と比較して高くなる傾向にあった。また、中野測定局の方が沿岸部に位置していることから、ナトリウムイオン、塩化物イオン、マグネシウムイオンといった海塩粒子由来成分も高い傾向にあった。

道路沿道に位置する五橋測定局は、自動車関連由来成分のうち、いわゆる非排気性粒子であるブレーキ粉じん由来の鉄やバリウムの濃度が中野測定局より高い傾向があった。一方、排ガス由来成分の指標とされる元素状炭素については中野測定局と同程度の結果となり、近年の排ガス浄化対策の普及による影響が示唆された。

また、令和4年度、令和5年度の調査において、五橋測定局のカリウムイオン、カリウム、ルビジウムの濃度が中野測定局と比較し高い傾向が見られていたが、令和6年度の調査では両測定局は同程度の濃度であった(図4)。原因の特定には至っていないが、五橋測定局周辺に存在した発生源が消失した可能性が考えられた。

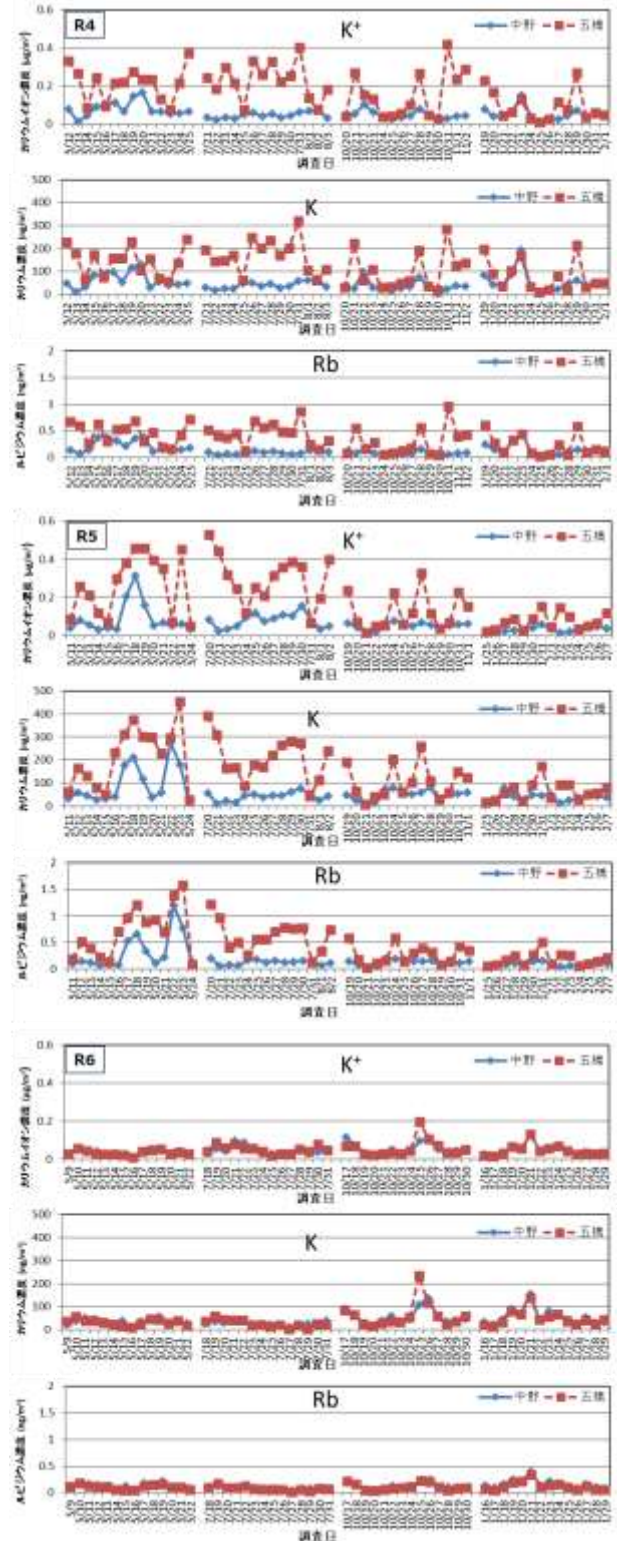


図4 各測定局におけるK<sup>+</sup>、K、Rbの濃度推移

### 3) 季節ごとの傾向と考察

令和6年度の季節ごとの平均質量濃度及び成分濃度を図5に示した。

例年と同様、春・夏季には硫酸イオンが増加する傾向が見られた。これは、気温と紫外線量の上昇に伴い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ためだと考えられる。

一方、冬季は硝酸イオンが増加する傾向があり、こちらも例年と同様の傾向であった。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。

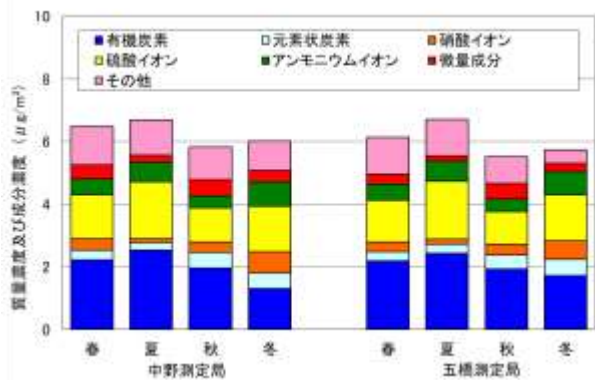


図5 季節ごとの平均質量濃度及び成分濃度

### 2 冬季の高濃度事例についての考察

前述のとおり冬季にはPM<sub>2.5</sub>質量濃度が低くなる傾向があるが、1月21日に両測定局とも比較的高い値が観測された(図3)。

図6に1月21日前後の自動測定機によるPM<sub>2.5</sub>質量濃度及びSPM質量濃度の推移を示す。どちらも1月21日の早朝から徐々に質量濃度が上昇し、夜間も高い濃度が維持されていた。また、PM<sub>2.5</sub>とSPMの質量濃度が同程度であったことから、SPMに占める微小粒子の割合が高い状況であったと考えられる。このため、比較的粗大な粒子となる一次粒子の寄与よりも、微小粒子として生成される二次粒子の影響を受けて濃度が上昇したと推察できる。

図7に光化学オキシダント濃度の推移を示す。五橋測定局では光化学オキシダントの測定を行っていないため、近隣の榴岡測定局での測定データを示した。通常、光化学オキシダントは日中に上昇し、夕方以降には低下する傾向がある。しかし、1月21日は日中上昇した濃度が夜間も下がらず維持されていた。この結果より、日中に光化学反応により二次粒子の生成が促進され、夜間に滞留した可能性が考えられた。

この間の気象条件を見ると、平均風速は1m/s程度と、比較的弱い風であった(図8)。また、気象測定局である八木山測定局の温度データを調べたところ、1月21日の夜間から早朝にかけて逆転層が形成されていた(図9)。これらのことから、1月21日は風がほとんどなく、また逆転層も形成されていたことから、空気の流れが滞り、汚染物質が拡散しにくい状況が続いていたと考えられる。

その結果として、日中に生成した二次粒子が滞留したことにより、PM<sub>2.5</sub>の高濃度が観測されたと考えられた。

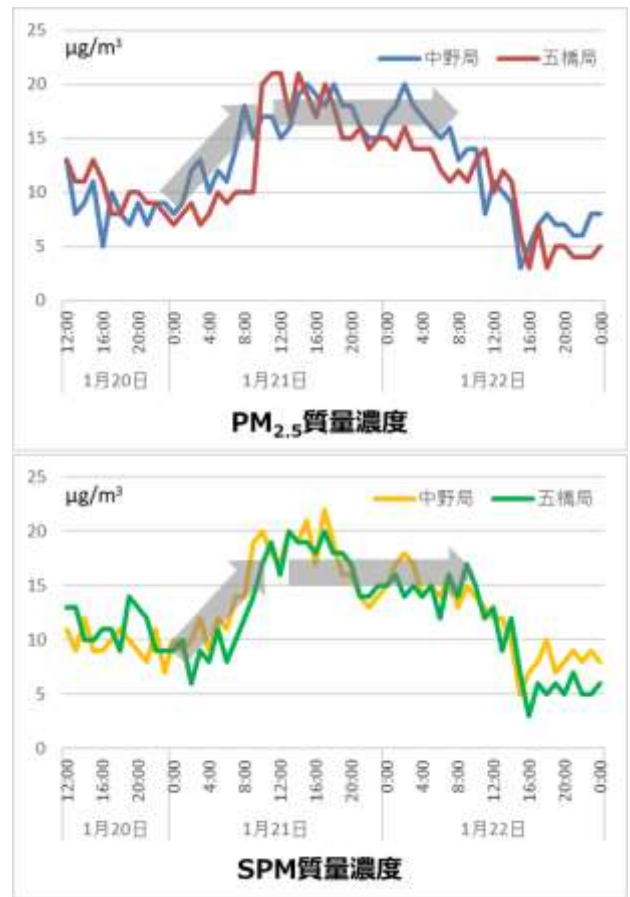


図6 PM<sub>2.5</sub>質量濃度及びSPM質量濃度の推移

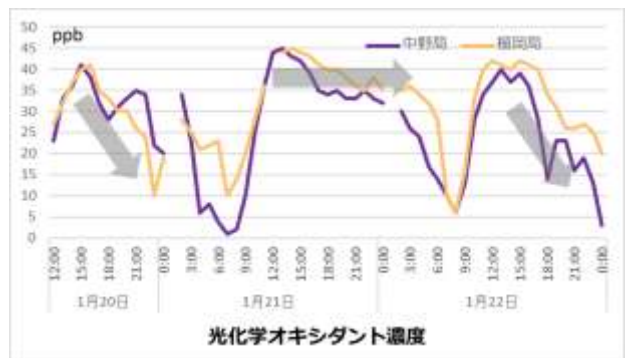


図7 光化学オキシダント濃度の推移

### 参考文献等

- 1) 国土地理院ウェブサイト  
<https://maps.gsi.go.jp/vector/#10.849/38.252968/140.834462/&ls=vstd&disp=0>, 地理院地図 Vector を加工して作成, 最終アクセス 2025/12/19
- 2) 日本気象協会  
<https://tenki.jp/forecaster/motoasa/2024/04/18/28412.html>, 最終アクセス 2025/12/19



図8 風速の推移



図9 八木山測定局温度データにおける上空と地上との気温差

### まとめ

令和6年度の自動測定機によるPM<sub>2.5</sub>質量濃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。PM<sub>2.5</sub>質量濃度は例年と同様に、春季から夏季にかけて高くなり、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。

令和4年度及び令和5年度には、中野測定局と比較して五橋測定局でカリウムイオン、カリウム、ルビジウムの濃度が高かったが、令和6年度には両局で同程度となり、五橋測定局周辺に存在した発生源が消失した可能性が考えられた。

冬季に発生したPM<sub>2.5</sub>質量濃度の高濃度事例について考察した結果、光化学反応により二次生成された粒子が、気象状況により拡散が妨げられ滞留したことによるものと推察された。

表5 令和6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 R6.5.9~5.23			夏 R6.7.18~8.1			秋 R6.10.17~10.31			冬 R7.1.16~1.31		
		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	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2.4 ~	11.5	6.5	2.9 ~	12.6	6.7	2.9 ~	10.4	5.8	3 ~	14.1	6
イオン成分	Cl <sup>-</sup>	0.035 ~	0.712	0.146	0.01 ~	0.081	0.0291	0.018 ~	0.59	0.147	0.038 ~	0.242	0.115
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.108 ~	0.678	0.373	0.079 ~	0.357	0.156	0.139 ~	0.55	0.331	0.192 ~	2.34	0.667
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.531 ~	2.8	1.39	0.574 ~	4.59	1.83	0.674 ~	1.94	1.08	0.596 ~	3.67	1.46
	Na <sup>+</sup>	0.072 ~	0.621	0.18	0.056 ~	0.157	0.0996	0.07 ~	0.52	0.208	0.0441 ~	0.138	0.0844
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.182 ~	1.09	0.513	0.169 ~	1.65	0.619	0.189 ~	0.634	0.396	0.274 ~	2.14	0.773
	K <sup>+</sup>	0.006 ~	0.054	0.0321	0.018 ~	0.096	0.0444	0.0169 ~	0.116	0.054	0.0177 ~	0.129	0.0437
	Mg <sup>2+</sup>	0.0078 ~	0.082	0.0239	0.005 ~	0.0202	0.012	0.0067 ~	0.0683	0.0252	0.0042 ~	0.0164	0.00916
	Ca <sup>2+</sup>	0.008 ~	0.057	0.0271	0.015 ~	0.043	0.0209	0.008 ~	0.067	0.0261	<0.003 ~	0.025	0.013
無機元素成分	Na	37.2 ~	618	158	25.5 ~	118	65.7	50 ~	463	188	47 ~	131	93.7
	Al	<4 ~	34	17.1	3.4 ~	17	9.13	<5 ~	31	12.6	<6 ~	40.7	12.5
	K	9.9 ~	57.5	33.8	10 ~	39	27.5	16.9 ~	138	57	22.7 ~	155	56.8
	Ca	<1.9 ~	34	14.1	<5 ~	23	11	7 ~	33	17	9 ~	38	22.8
	Sc	0.008 ~	0.013	0.0101	<0.007 ~	0.024	0.00868	<0.009 ~	0.013	0.007	<0.014 ~	0.023	0.0115
	Ti	<0.6 ~	7.8	2.26	<0.6 ~	2.2	1.1	<0.6 ~	5.1	2.02	0.8 ~	3.5	1.78
	V	0.083 ~	1.36	0.401	0.193 ~	2.37	0.614	0.047 ~	0.755	0.258	0.062 ~	0.462	0.198
	Cr	<0.18 ~	0.71	0.32	<0.27 ~	5.8	0.7	<0.4 ~	0.49	0.198	<0.4 ~	0.78	0.249
	Mn	0.44 ~	4.09	1.62	0.27 ~	3.01	1.48	0.67 ~	5.77	2.52	0.68 ~	7.25	2.79
	Fe	9.2 ~	81.5	28.1	8 ~	54	24.1	11.3 ~	70.1	29.2	9.6 ~	70.1	30.2
	Co	0.013 ~	0.181	0.0419	0.008 ~	0.083	0.0241	<0.007 ~	0.038	0.016	0.004 ~	0.055	0.0225
	Ni	<0.05 ~	1.61	0.366	0.15 ~	6.96	0.945	0.06 ~	0.48	0.218	<0.16 ~	0.69	0.225
	Cu	0.59 ~	3.7	1.68	0.53 ~	31.1	3.93	0.45 ~	4.02	1.5	0.73 ~	3.17	1.74
	Zn	<0.5 ~	70	15.7	1 ~	71	19.7	1.7 ~	64	13.5	1.1 ~	63.4	11.9
	As	0.158 ~	2.3	0.881	0.174 ~	2.73	0.833	0.196 ~	3.86	0.863	0.152 ~	2.95	0.691
	Se	0.098 ~	1.18	0.432	0.107 ~	0.971	0.345	0.12 ~	0.397	0.262	0.086 ~	0.964	0.281
	Rb	0.059 ~	0.219	0.126	0.042 ~	0.139	0.0848	0.052 ~	0.251	0.125	0.066 ~	0.399	0.163
	Mo	0.098 ~	0.918	0.36	0.112 ~	1.17	0.412	0.077 ~	0.773	0.218	0.07 ~	0.932	0.253
	Sb	0.114 ~	0.626	0.303	0.097 ~	2.67	0.476	0.153 ~	1.51	0.617	0.229 ~	2.24	0.775
	Cs	0.02 ~	0.043	0.0275	<0.0029 ~	0.03	0.0119	<0.006 ~	0.023	0.0146	<0.005 ~	0.044	0.0192
Ba	<0.11 ~	1.3	0.756	0.34 ~	4.57	1.76	0.53 ~	4.38	1.52	0.82 ~	2.46	1.67	
W	0.049 ~	2.06	0.544	0.036 ~	1.18	0.256	0.074 ~	11.6	2.3	0.032 ~	6.66	1.14	
Pb	0.36 ~	14.7	4.2	0.849 ~	9.25	3.59	0.65 ~	20.6	4.31	0.473 ~	9.52	2.91	
Cd	0.02 ~	0.256	0.0963	<0.014 ~	0.295	0.0878	<0.015 ~	0.209	0.069	0.017 ~	0.303	0.0916	
Sn	0.088 ~	1.31	0.539	0.08 ~	2.65	0.695	0.07 ~	1.63	0.456	0.09 ~	1.04	0.434	
炭素成分	OC1	<0.018 ~	0.46	0.143	<0.012 ~	0.1	0.0239	<0.025 ~	0.11	0.0295	<0.026 ~	0.104	0.0475
	OC2	0.59 ~	1.3	0.851	0.59 ~	1.8	1.19	0.381 ~	1.09	0.684	0.34 ~	0.75	0.552
	OC3	0.2 ~	0.89	0.515	0.35 ~	0.7	0.511	0.29 ~	1.03	0.578	0.13 ~	0.54	0.276
	OC4	0.108 ~	0.307	0.218	0.193 ~	0.337	0.265	0.162 ~	0.436	0.278	0.1 ~	0.3	0.157
	OCpyro	0.2 ~	0.89	0.491	0.24 ~	1.04	0.549	0.19 ~	0.77	0.399	0.07 ~	0.66	0.274
	EC1	0.11 ~	0.876	0.408	0.15 ~	0.72	0.347	0.177 ~	1.12	0.444	0.125 ~	1.02	0.376
	EC2	0.16 ~	0.5	0.314	0.165 ~	0.703	0.38	0.142 ~	0.575	0.355	0.13 ~	0.52	0.329
	EC3	0.035 ~	0.114	0.081	0.039 ~	0.109	0.0754	0.039 ~	0.143	0.0982	0.04 ~	0.11	0.0764
	OC	1.25 ~	3.52	2.22	1.42 ~	3.7	2.52	1.06 ~	3.25	1.96	0.699 ~	2.16	1.3
	EC	0.13 ~	0.6	0.312	0.119 ~	0.507	0.254	0.188 ~	1.04	0.499	0.215 ~	0.97	0.507
WSOC	0.62 ~	2.45	1.43	0.73 ~	2.24	1.44	0.58 ~	2.87	1.33	0.61 ~	2.12	1.16	

表6 令和6年度 五橋測定局における成分調査結果一覧

測定項目	採取期間	春 R6.5.9~5.23		夏 R6.7.18~8.1		秋 R6.10.17~10.31		冬 R7.1.16~1.31		
		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	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2.3 ~ 10.7	6.1	2.4 ~ 15.8	6.7	2.9 ~ 9	5.4	2.4 ~ 14.2	5.6	
イオン成分	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Cl <sup>-</sup>	0.023 ~ 0.333	0.0808	0.005 ~ 0.042	0.0163	0.0181 ~ 0.373	0.134	0.0253 ~ 0.129	0.0742
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.118 ~ 0.571	0.311	0.064 ~ 0.466	0.15	0.136 ~ 0.567	0.339	0.125 ~ 2.62	0.591
		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.538 ~ 2.62	1.33	0.512 ~ 4.68	1.85	0.668 ~ 1.71	1.05	0.638 ~ 3.55	1.47
		Na <sup>+</sup>	0.0516 ~ 0.427	0.134	0.029 ~ 0.132	0.0854	0.066 ~ 0.396	0.194	0.0438 ~ 0.138	0.089
		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.18 ~ 1.03	0.51	0.18 ~ 1.56	0.649	0.209 ~ 0.678	0.399	0.246 ~ 2.1	0.743
		K <sup>+</sup>	0.01 ~ 0.057	0.0333	0.019 ~ 0.088	0.05	0.0216 ~ 0.196	0.0575	0.0152 ~ 0.129	0.0453
		Mg <sup>2+</sup>	0.0067 ~ 0.0592	0.0184	0.0049 ~ 0.0167	0.0101	0.0068 ~ 0.05	0.0249	0.0038 ~ 0.014	0.00814
		Ca <sup>2+</sup>	0.008 ~ 0.095	0.0292	0.009 ~ 0.064	0.0213	0.011 ~ 0.046	0.0248	0.0066 ~ 0.027	0.0138
無機元素成分	(ng/m <sup>3</sup> )	Na	39 ~ 412	102	2.5 ~ 124	55.1	58.2 ~ 388	173	8 ~ 98	61.5
		Al	<4 ~ 25	15.4	<4 ~ 15.2	7.7	<5 ~ 39.3	15.5	<6 ~ 37	9.64
		K	9 ~ 58	32.1	<1.2 ~ 59	26.4	15.3 ~ 235	62.2	14 ~ 140	49.1
		Ca	<5 ~ 32	12.3	<5 ~ 38	11.1	9 ~ 42	24.1	7 ~ 32	16.5
		Sc	<0.015 ~ 0.012	0.00493	<0.007 ~ <0.007	0.0075	<0.009 ~ 0.017	0.00836	<0.014 ~ 0.023	0.00929
		Ti	0.6 ~ 2.8	1.81	<0.4 ~ 1.4	0.621	0.8 ~ 4.2	2.11	0.6 ~ 4.2	1.74
		V	0.051 ~ 0.844	0.289	0.071 ~ 1.76	0.409	0.057 ~ 0.372	0.188	0.05 ~ 0.435	0.178
		Cr	<0.11 ~ 0.5	0.286	<0.27 ~ 0.4	0.243	<0.4 ~ 1	0.31	<0.4 ~ 0.6	0.262
		Mn	0.43 ~ 2.99	1.38	<0.06 ~ 3.72	1.39	0.541 ~ 4.06	2.02	0.44 ~ 5.52	1.67
		Fe	9 ~ 50	28.9	<2.7 ~ 77	32.5	19.5 ~ 83	42.6	8.5 ~ 85.7	33.6
		Co	<0.006 ~ 0.027	0.00921	<0.007 ~ 0.04	0.0109	<0.007 ~ 0.033	0.0143	<0.005 ~ 0.036	0.0149
		Ni	<0.06 ~ 0.66	0.231	<0.05 ~ 1.12	0.361	0.08 ~ 0.51	0.222	<0.16 ~ 0.63	0.229
		Cu	0.7 ~ 2.19	1.44	0.2 ~ 4.51	1.79	0.88 ~ 8.74	2.33	0.39 ~ 4.02	1.77
		Zn	1.9 ~ 13.7	6.64	<2 ~ 27.5	7.71	0.9 ~ 66.4	10.8	<2.2 ~ 14.1	3.64
		As	0.13 ~ 1.31	0.603	0.101 ~ 2.56	0.701	0.119 ~ 3.74	0.769	0.103 ~ 2.64	0.578
		Se	0.062 ~ 0.793	0.296	0.068 ~ 0.974	0.305	0.108 ~ 0.4	0.234	0.08 ~ 0.827	0.239
		Rb	0.043 ~ 0.184	0.106	0.013 ~ 0.172	0.0753	0.039 ~ 0.231	0.112	0.053 ~ 0.339	0.128
		Mo	0.067 ~ 0.515	0.199	0.015 ~ 0.61	0.212	0.071 ~ 0.338	0.172	0.058 ~ 0.452	0.191
		Sb	0.07 ~ 5.12	0.589	0.036 ~ 0.761	0.295	0.159 ~ 0.701	0.37	0.092 ~ 2.98	0.609
		Cs	0.009 ~ 0.027	0.0168	<0.0029 ~ 0.019	0.00721	<0.006 ~ 0.023	0.0113	<0.005 ~ 0.029	0.0116
Ba	0.42 ~ 2.06	1.18	0.23 ~ 4.02	1.94	1.45 ~ 14.2	3.44	0.69 ~ 4.96	2.25		
W	0.023 ~ 1.08	0.249	0.019 ~ 0.664	0.16	0.028 ~ 3.8	0.887	0.018 ~ 4.02	0.461		
Pb	0.49 ~ 3.92	2.01	0.076 ~ 11.7	2.56	0.406 ~ 10.5	2.54	0.27 ~ 8.01	2.02		
Cd	0.011 ~ 0.145	0.0646	<0.014 ~ 0.274	0.0692	<0.015 ~ 0.198	0.0546	0.015 ~ 0.257	0.071		
Sn	0.09 ~ 0.64	0.302	<0.006 ~ 1.49	0.451	0.19 ~ 0.85	0.419	0.09 ~ 0.91	0.406		
炭素成分	(μg/m <sup>3</sup> )	OC1	<0.018 ~ 0.25	0.0918	<0.022 ~ 0.08	0.0421	<0.025 ~ 0.092	0.0369	0.025 ~ 0.179	0.0716
		OC2	0.48 ~ 1.06	0.748	0.457 ~ 1.77	1.02	0.41 ~ 0.99	0.73	0.35 ~ 1.01	0.649
		OC3	0.3 ~ 0.9	0.557	0.22 ~ 0.86	0.502	0.26 ~ 1.11	0.526	0.08 ~ 0.81	0.374
		OC4	0.146 ~ 0.316	0.237	0.174 ~ 0.383	0.277	0.162 ~ 0.456	0.266	0.063 ~ 0.307	0.221
		OCpyro	0.224 ~ 0.991	0.56	0.27 ~ 1.29	0.593	0.17 ~ 0.77	0.37	0.117 ~ 0.725	0.397
		EC1	0.122 ~ 0.844	0.435	0.13 ~ 1.19	0.4	0.166 ~ 0.943	0.378	0.116 ~ 0.997	0.409
		EC2	0.158 ~ 0.547	0.34	0.16 ~ 0.83	0.396	0.172 ~ 0.531	0.341	0.13 ~ 0.64	0.411
		EC3	0.042 ~ 0.107	0.0827	0.041 ~ 0.12	0.0831	0.051 ~ 0.175	0.103	0.046 ~ 0.14	0.0998
		OC	1.2 ~ 3.21	2.19	1.19 ~ 4.26	2.43	1.23 ~ 3.32	1.93	0.655 ~ 2.7	1.71
		EC	0.118 ~ 0.487	0.299	0.091 ~ 0.826	0.286	0.109 ~ 0.849	0.452	0.175 ~ 1.0	0.523
WSOC	0.63 ~ 2.24	1.43	0.73 ~ 3.21	1.58	0.6 ~ 2.1	1.18	0.3 ~ 1.94	1.02		