

環境研資料

No. 198

横浜市環境科学研究所報

第 43 号

ANNUAL REPORT OF
YOKOHAMA ENVIRONMENTAL SCIENCE
RESEARCH INSTITUTE
No.43

2019年3月

横浜市環境科学研究所

YOKOHAMA ENVIRONMENTAL SCIENCE RESEARCH INSTITUTE

はじめに

横浜市環境科学研究所が昭和 51 年（1976 年）に磯子区滝頭に公害研究所として設置されて以来 40 年、神奈川区恵比須町に移転してから 5 年が経過しました。

今年度には、長い間研究所として活躍した旧庁舎は解体されました。

横浜市環境科学研究所規則第 1 条には、「環境保全等に関する総合的かつ科学的な調査研究及び技術開発を行い、市民の健康の保護並びに生活環境の保全及び改善を図るため、環境創造局政策調整部に横浜市環境科学研究所を置く。」とあり、平成 27 年（2015 年）の国の中央環境審議会答申では、「地方環境研究所は地域の実情を熟知し、地域に根ざした研究・技術開発の重要な担い手であり、地域の環境問題の解決において大きな役割を果たす主体である。」とされています。

このような設置目的を達成するために、環境科学研究所は、

- ① 法令・条例等に基づく環境測定
- ② 安全・安心な生活環境の確保に向けた調査
- ③ 新たな懸念事項に関する測定・調査
- ④ 科学的根拠に基づく施策立案に向けた提言・課題解決支援

の四つの役割を担っていると認識しております。

市民の皆様にとって身近な問題から広域的な環境問題について、広く試験検査・調査研究を行い科学的知見を得ること、その知見を各部署との連携を行い本市の各種計画・施策や新たな懸念事項への対策などに活用するとともに、市民の安全・安心の確保に向けて今後も積極的に情報発信していきます。

また、他都市・大学などの研究所等との情報交換や共同研究などについても引き続き推進していきます。

このような設置目的、役割、基本姿勢などに基づいて取り組んだ平成 29 年度（2017 年度）の試験検査・調査研究の成果をこの所報にとりまとめました。皆様方に御高覧いただき、御指導、御鞭撻いただければ幸いに存じます。

これからも、市民生活や健康に係る事象の把握、生物多様性の保全、より良い生活環境の創出など市民生活に係る様々な課題の中から必要性や有効性などを検討・評価しながら、試験検査・調査研究のテーマを設定していくことが重要であると考えております。

2019 年 3 月

横浜市環境科学研究所長

百瀬 英雄

目 次

はじめに

I 業務報告編

業務報告	1
研究概要	2

II 調査研究編

報文

・ 2014から2016年度における神奈川県内のPM _{2.5} 高濃度事象の解析	8
・ 水質試料中の2-エトキシエタノールの分析方法について	22
・ 横浜市内のマイクロプラスチック調査（第1報） ー沿岸のマイクロプラスチックの漂着状況ー	26
・ 横浜市内のマイクロプラスチック調査（第2報） ー海岸に漂着したマイクロプラスチックのダイオキシン類濃度ー	31
・ 熱線再帰フィルムを用いた暑熱緩和効果の調査	36
・ 横浜市内の池における魚類・甲殻類(十脚目)相の調査結果	45
・ 横浜市内樹林地におけるクリハラリスの防除について	58

III 資料編

1 人員及び組織	67
2 主要機器一覧表	68
3 学会等研究発表	69
4 雑誌等投稿	71
5 記者発表一覧	72
6 環境科学研究所発行資料目録	73
7 施設見学者等一覧	78
8 講師派遣一覧	78
9 イベント出展等一覧	79

編集後記	80
------------	----

I 業 務 報 告 編

業務報告

1 環境科学研究所の沿革

横浜市環境科学研究所は、1976年4月に横浜市公害研究所として設立され、1991年6月に名称を横浜市環境科学研究所としました。大気、騒音・振動、水質、地盤沈下、社会科学の各部門に分かれ、各種調査研究をはじめ、市の規制・指導等に反映させるための試験検査業務や環境監視に用いる自動測定機等の精度管理などさまざまな事業を行ってきました。

1998年5月には複雑多様化する環境問題に柔軟に対応できるよう、今までの、大気や水質部門などの現象対応型組織から、ヒートアイランド対策研究や化学物質対策研究などの機能対応型組織とするため、研究調整、調査研究(基礎研究・プロジェクト研究)、試験検査などに組織を整備しました。

2005年4月には、環境保全局、緑政局、下水道局の3局再編による環境創造局発足に伴い、環境監視センター及び下水道技術開発担当を統合し、機能を拡充するとともに、調査研究テーマに基づく組織編成としました。

2009年4月には、市の環境政策との連携を推進するため、環境科学研究所は環境創造局企画部に組織再編し、環境監視センターは、環境保全部環境管理課の所管となりました。

2011年4月には、環境科学研究所は組織再編のため、環境創造局企画部から環境創造局政策調整部に名称変更し、下水道技術開発担当は下水道計画調整部下水道事業推進課に再編されました。

2015年4月には、設立時から使用してきた研究所施設の老朽化に伴い、磯子区滝頭から神奈川区恵比須町の民間賃貸施設に移転しました。

2 試験検査業務

2017年度の試験検査業務の概要は次のとおりです。

- ◇事業所排水等の試験検査
- ◇有害大気汚染物質モニタリング調査
- ◇VOC(揮発性有機化合物)調査
- ◇アスベストモニタリング調査
- ◇PM2.5(浮遊粒子状物質)調査
- ◇酸性雨モニタリング調査
- ◇化学物質の環境リスクに関する調査研究
- ◇ダイオキシン類モニタリング調査
- ◇放射能測定
- ◇マイクロプラスチック調査

3 調査研究業務

2017年度の調査研究業務の概要は次のとおりです。

- ◇都市の暑さ対策調査研究
- ◇地盤環境の研究および環境情報提供事業
- ◇生物多様性横浜行動計画推進事業
 - ・生物生息状況モニタリング調査 ー海域生物相調査ー
 - ・生物生息状況モニタリング調査 ー陸域生物調査ー
 - ・市内全域における小学生生き物調査
 - ・生物環境情報整備事業

・河川の多自然型水・緑整備事業による事業効果に関する研究

◇きれいな海づくり事業

・沿岸域等の生物生息環境改善に関する共同研究

4 環境教育活動

4-1 こどもエコフォーラム

市内の児童生徒が自ら行った環境に関する調査や活動報告などを発表する「第13回こどもエコフォーラム」を開催しました。このフォーラムは、2005年度に第1回を開催し、児童生徒が日頃から良好な環境について考え、環境に対する豊かな感性を育むとともに、主体的に環境活動を実践できるようにすることを目的として、教育委員会指導企画課と共催で実施しています。

2015年度からは横浜市資源リサイクル事業協同組合主催の「環境未来都市・環境絵日記展」の中で「ステージ発表」と「ブース展示」を実施することとし、市内小中学校の児童生徒が身近な環境に関する発表やポスター展示を行っています。

期 日/2017年12月10日(日)

会 場/横浜港大さん橋国際客船ターミナル

大さん橋ホール

内 容/ステージ発表(2校)、ポスター発表(2校)

参加児童・生徒数/100人

4-2 第41回環境研究合同発表会

横浜市環境科学研究所、神奈川県環境科学センター及び川崎市環境総合研究所で組織する神奈川県環境研究機関協議会主催による「第41回環境研究合同発表会」を開催しました。

環境科学研究所からは、「横浜市におけるアスベスト分析について」及び「山下公園前海域の水質浄化に向けた公民連携の取組(横浜市とJFEスチール株式会社の共同研究)」の研究発表を行いました。

期 日/2017年6月7日(水)

会 場/横浜市技能文化会館 多目的ホール

内 容/研究発表(6編)、

特別講演:「アスベスト問題の現在と今後の対応」

村山 武彦 氏

(国立大学法人 東京工業大学

環境・社会理工学院 教授)

参加者/157人

4-3 施設見学、出前講座等

環境科学研究所施設公開を8月に開催し、多くの市民の皆様にも研究所の研究業務や横浜の環境などを紹介することができました。

また、随時、学校や市民団体等の施設見学を受け入れ、研究業務、研究所施設の紹介を行いました。区役所、学校、市民団体等からの依頼を受けて、出前講座や自然観察会への講師派遣も行いました。

研究概要

事業名

試験検査・環境危機管理対策

1. 事業所排水等の試験検査

[目的]

安全で豊かな水辺環境の維持・回復のため、規制部局と連携し水質汚濁の防止に関する試験・検査を行う。

[方法]

- ・規制指導に必要な事業所排水の試験・検査を行う。
- ・ゴルフ場の農薬調査を行う。
- ・汚染井戸及びその周辺地域における水質調査を行う。
- ・事故検体等緊急時の対応を行う。
- ・外部精度管理調査へ参加する。

[結果]

2017年度の試験・検査実績は次の表のとおり。

事故検体としては、河川の白濁、油浮遊事故、魚浮上事故等があった。

外部精度管理調査（水質：ほう素、COD、VOC）に参加した。

内 容	検体数
事業所等排水検査	483
ゴルフ場農薬調査	10
汚染井戸調査	77
事故検体（生物試験検体含）	40
外部精度管理試料	2

2. 有害大気汚染物質モニタリング調査

[目的]

大気汚染防止法で規定される有害大気汚染物質の排出を抑制するため、大気環境の測定を実施する。

[方法]

- ・有害大気汚染物質（14物質）について月1回5地点（鶴見区潮田交流プラザ、中区本牧、緑区三保小学校、戸塚区矢沢交差点、磯子区滝頭）で測定する（県下一斉）。

[結果]

- ・有害大気汚染物質の測定結果は環境省へ報告し、ホームページ（環境省、監視センター）で公表した。

3. VOC（揮発性有機化合物）調査（東京都環境科学研究所との共同）

[目的]

光化学オキシダント及びPM2.5の原因物質となるVOCの大気環境濃度の把握を行う。

[方法]

- ・VOC約100成分について月1回5地点（鶴見区潮田交流プラザ、中区本牧、緑区三保小学校、戸塚区矢沢交差点、磯子区滝頭）で測定する。
- ・3～8月にかけて局地的に海陸風の発生しやすい日に、東京湾岸地域においてVOC大気環境中濃度の1日の推移をみる。

[結果]

- ・東京は海側からの風のとときアルケン、陸側からの風のととき芳香族が高い傾向だった。
- ・横浜は陸側からの風のとときオゾン生成能が高く、特に芳香族が高い傾向だった。
- ・具体的にオゾン生成能が高い成分は、エチレン、プロピレン、トルエン、m, p-キシレンだった。

4. アスベストモニタリング調査

[目的]

大気環境中アスベスト濃度の定期的モニタリングを継続し、市民への迅速な情報提供を行う。

横浜市所管公共建築物のアスベスト含有調査を行い、被害を未然に防ぐ。

[方法]

- ・市内測定局7地点（一般環境測定局6、自動車排ガス測定局1）で年4回のアスベスト濃度を測定する。
- ・公共建築物（横浜市所管）のアスベスト含有確認を行う。

[結果]

- ・市内測定局のアスベスト濃度は全て10本/L（*）を大幅に下回っており、濃度が急上昇するような地点・期間は見られなかった。一般環境測定局については記者発表を行った。
（*）WHOの環境保健クライテリアによると「世界都市部の一般環境中のアスベスト濃度は1本から10本程度であり、この程度であれば健康リスクは検出できないほど低い」とされている。
- ・横浜市所管公共建築物のアスベスト含有確認試験（112検体）を行った。

5. PM2.5（浮遊粒子状物質）調査

[目的]

PM2.5の実態について、広域連携して調査し、対策の検討に必要な情報を環境規制部局へ提供する。

[方法]

- ・神奈川県公害防止推進協議会 PM2.5 等対策検討部会（推進協 PM2.5 等対策検討部会）として、高濃度日（四季・連続 5 日）における気象・常時監視測定値等を用いて汚染気塊の移流・地域内汚染状況を共同調査する。
- ・関東地方大気環境対策推進連絡会浮遊粒子状物質調査会議（関東 SPM 調査会議）においては、参加 17 都県市で成分分析期間及び高濃度事象発生期間の解析を行う。

[結果]

- ・推進協 PM2.5 等対策検討部会において、2016 年度調査結果の取りまとめを行っている。
- ・関東 PM 調査会議については、各自治体の分析結果（夏季高濃度事象）の解析を分担し報告書を作成した。

6. 酸性雨モニタリング調査

[目的]

大気汚染による酸性雨の影響は、近年の東アジア地域における急速な工業化の進展により、広範囲に渡ると懸念されている。横浜は以前から都市・工業地帯の汚染の影響を受け、日本の中ではやや強いレベルの酸性雨となっていたが、2000 年 9 月からは三宅島火山ガス（SO₂ガス）の影響が加わったため、急速に酸性度が強まり、世界で最も酸性雨が強い東欧、北米、中国重慶等の地域と同じレベルとなった。そこで、酸性雨のモニタリングを継続して現状の把握を行うとともに、基礎的な環境データとして蓄積を行う。

[方法]

- ・横浜市神奈川区（環境科学研究所屋上）にて、初期 1mm 降水及び一降水全量の pH と電気伝導度（EC）を測定する。
- ・外部精度管理調査へ参加する。

[結果]

- ・2017 年度の平均値（67 回測定）は、初期 1mm 降水 pH が 5.48、一降水全量は 5.52 であった。
- ・火山ガス放出前 10 年間の平均 pH は、初期 1mm 降水 4.33、一降水全量 4.73 であったが、火山ガス放出後 1 年間の平均 pH は、初期降水 3.88、一降水全量 4.31 に降下した。
- ・外部精度管理調査（pH、EC、イオン成分）に参加した。

7. 化学物質の環境リスクに関する調査研究

[目的]

未規制や残留性の高い化学物質の環境実態を調査し、環境汚染の未然防止や環境影響評価の基礎資料を得る。

[方法]

環境省が実施する化学物質環境実態調査に参加する。

- ・分析法開発検討調査（水質試料中の 2-エトキシエタノールの分析法開発）を行う。
- ・初期・詳細環境調査（鶴見川、横浜港の水質調査及び横浜港の底質調査）を行う。
- ・モニタリング調査（横浜港の水質・底質・生物調査、神奈川区の大気調査）を行う。

[結果]

- ・水質試料を用いた再現性、定量下限の算出、添加回収試験、保存性試験による 2-エトキシエタノールの分析法の検討を行い、2018 年度に環境省より、分析法開発調査報告書として刊行予定である。
 - ・水質試料（24 種類）、底質資料（3 種類）、大気試料（1 種類）中の未規制物質を調査した。
 - ・鶴見川・横浜港の水質試料及び精度管理試料等について、2,4-ジニトロアニソンの分析を行った。
 - ・磯子区の大気試料及び精度管理資料等についてニトロベンゼンの調査を実施した。
 - ・横浜港の水質、底質、生物試料（横浜港：ムラサキガイ）、神奈川区大気試料を用いて、PCB 類、HCH 類、ペルフルオロオクタ酸等の残留性調査を実施した。
- 上記結果は環境省が取りまとめ、製本しホームページ上で公開している。

8. ダイオキシン類モニタリング調査

[目的]

市民の安全・安心を確保するため、ダイオキシン類対策特別措置法に基づいて、環境試料のダイオキシン類濃度をモニタリングする。

[方法]

- ・環境大気は 6 地点を 4 季にかけて調査する。3 年ごとのローテーションで全 18 区を調査するように地点を選択する。
- ・底質は河川 6 地点と海域 6 地点を隔年で調査する。
- ・土壌は毎年異なった 10 地点を調査する。
- ・地下水は毎年異なった 6 地点を調査する。

[結果]

2017 年度の測定実績は次の表のとおり。全ての地点において、ダイオキシン類濃度は環境基準値未満であった。

内 容	検体数
環境大気 (4季×6地点)	24
河川底質	6
土壌	10
地下水	6

9. 放射能測定

[目的]

東日本大震災に起因する放射能の影響に対する市民の不安を解消し、より一層の安全・安心を確保するため、放射能測定装置を用いて、環境中の放射能濃度を測定する。

[方法]

放射能測定装置（ゲルマニウム半導体検出器）により、環境中の放射性物質を測定する。

[結果]

庁内で測定要望のあった下水汚泥焼却灰、下水流入水・処理水や横浜港内の海水などの測定を行った。

2017年度の測定実績は次の表のとおり。

内 容	検体数
下水流入水・処理水、下水汚泥焼却灰等	118
横浜港海水	102
その他	1

10. マイクロプラスチック調査

[目的]

施策や啓発活動への反映を見据え、市内の環境中のマイクロプラスチックの実態把握を行う。マイクロプラスチック及びマイクロプラスチックに吸着する化学物質の影響を把握する。

[方法]

- ・沿岸におけるマイクロプラスチックの漂着状況の調査を行う。
- ・野島海岸に漂着したマイクロプラスチック（ペレット）に吸着するダイオキシン類濃度の分析を行う。

[結果]

- ・市内沿岸6地点のマイクロプラスチックの漂着状況を調査したところ、野島海岸で最も多く観察された。
- ・野島海岸に漂着したペレットから周辺の砂よりも高い濃度のダイオキシン類が検出された。

事業名

都市の暑さ対策調査研究

[目的]

市内温暖化及びヒートアイランド現象の原因・対策について、科学的手法を用いた現状把握・対策手法により、熱環境を緩和し、市民の快適環境の創出につながる施策の提示を行う。

[方法]

- (1) 気温観測調査
市内44地点（小学校）で気温観測を行い、横浜市内の夏季（7、8月）の気温分布図を作成する。
- (2) 熱環境測定
保育園・小学校における人工物の熱環境緩和効果をWBGT計等を使用して測定する。
- (3) ヒートアイランド対策事業の効果測定・技術支援
各局区の暑さ対策事業（緑のカーテン・打ち水等）に対して、赤外線サーモグラフィを使用した効果測定等の技術支援を行う。サーモグラフィ貸出・説明会、施設公開・見学会対応・イベント出展を行う。

[結果]

- (1) 気温観測調査
2017年夏季は、過去10年間の平均と同程度の最高気温・平均気温だった。日中は市内の北東部で高温となり、夜間は横浜港周辺が高温となるなど、過去数年と同様の傾向だった。観測データは神奈川県、川崎市と情報共有している。
また、強制通風式気温観測システム及び超高密度気象観測・情報提供サービスによる気温観測を試験的に導入し、従来法との比較・検証を実施した。
- (2) 熱環境測定
フラクタル日除けを導入した都筑区2保育園で効果を検証した。また、熱線再帰フィルムを用いて鶴見区1小学校で調査を実施した。
- (3) 暑さ対策事業の効果測定・技術支援
各局区のヒートアイランド対策事業に赤外線サーモグラフィの貸出及び操作・解析方法の説明を実施した。
また、栄第一水再生センターと「気象データ補正制御による送風機の省エネ」に関する共同研究を実施し、気温・湿度の観測と解析を実施した。

<p>事業名</p> <p>地盤環境の研究および環境情報提供事業</p>
<p>[目的]</p> <p>地盤・地下水環境に関する情報を環境保全や各種公共事業に役立てるため、横浜市の地質や地盤構造、地下水に関する調査研究を行う。</p> <p>[方法]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・横浜市の各種事業で行われた地盤調査結果の集約、情報提供 ・地盤沈下、地下水位のモニタリング <p>[結果]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2017年度に市内で実施した土質調査の報告書を集約（委託件数：25件、柱状図本数：197本）、整理した。土質調査データは市内等の依頼に基づき、情報提供（件数：66件、柱状図本数：212本）した。地盤Viewへのアクセス件数は65,926件、問合せ件数は65件だった。 ・地盤沈下観測所（7箇所）、地下水位観測井（10箇所）のデータ回収および保守点検を行った。

<p>事業名</p> <p>生物多様性横浜行動計画推進事業</p>
<p>1. 生物生息状況モニタリング調査 — 海域生物相調査 —</p> <p>[目的]</p> <p>環境に関する施策を立案、遂行、評価するための基礎資料として、市内水環境における生物生息状況調査を行う。横浜市では1973年以来3～4年毎に、市内河川および海域において生物生息状況のモニタリングを実施している。これらデータの蓄積は、横浜市の水環境における生物の変遷を記録する貴重な資料となっており、生物生息環境の変化や新しい問題点を把握するためにも重要である。</p> <p>[方法]</p> <p>2017年度は次の要領で春季と夏季の海域生物相調査を実施した。</p> <p>調査地点：河口・海岸域7地点（鶴見川河口、山下公園、堀割川河口、海の公園、野島公園、野島水路、夕照橋）内湾3地点（横浜港沖、根岸湾沖、金沢湾沖等）</p> <p>調査項目：河口・海岸域3項目（魚類、海岸動物、海草・海藻）、内湾3項目（魚類、底生動物、プランクトン）</p> <p>調査時期：春季（4月）、夏季（7月）</p> <p>[結果]</p> <p>2016年度から2017度にかけて実施した四季の調査では、河口・海岸域調査は、海草・海藻類57種類、海岸動物（岸壁）174種類、海岸動物（干潟）200種類、魚類54種類が確認された。レッドリスト等掲載種は、海草・海藻類に3種、貝類やカニ類等の海岸動物（岸壁及び干潟）に17種、魚類に7種が含まれていた。確認した魚類は稚魚もしくは未成魚が多く、魚の産卵、育成の場としての河口・海岸域の環境を反映していた。岸壁及び干潟の7地点全てで、生物からみた水質は「きれい」と評価された。</p> <p>内湾調査では、魚類47種、底生動物88種類、プランクトン124種類が確認された。生物指標による水質評価では、3地点とも「きれい」と評価された。一方で、底生動物と底質の有機物量等から底質環境を評価すると、3地点では根岸湾が最も良好であり、横浜港が最も有機汚濁が進んだ状態であった。</p> <p>2. 生物生息状況モニタリング調査 — 陸域生物調査 —</p> <p>[目的]</p> <p>市域における陸域生物生息状況について調査を行い、環境変化や地域特性による生物相の違いについて、解析・検討を行う。生物多様性に関する科学的データは、政策決定や取組の出発点、基礎となることが生物多様性国家戦略2012-2020に謳われているところであるが、近年、陸域生物に関する広域調査は行われておらず、生物多様性横浜行動計画でも調査の必要性について触れられている。本調査は、2012年度に開始したモニタリング調査である。</p> <p>[方法]</p> <p>市内3地域（新治市民の森・新横浜公園・獅子ヶ谷市民の森）において、植物、哺乳類、鳥類、爬虫類、両生類、昆虫類の調査を実施した。</p> <p>[結果]</p> <p>3地域全体で、植物838種、動物961種、合計1,799種の生物を確認した。地域間で外来種やレッドリスト等掲載種の割合に違いが見られたほか、3地域すべてにおいて確認された種、1地域のみで確認された種などが抽出され、それぞれの地域の特性が明らかとなった。</p>

3. 市内全域における小学生生き物調査

[目的]

ヨコハマbプラン（生物多様性横浜行動計画）では、次世代を担うこどもがメインターゲットとなっている。本調査は、市民協働の1つとして市内小学生を対象に、委託調査では難しい市内広域の生物生息状況を把握するとともに、調査の実施や結果の公表を通じて生物多様性の主流化を図る。

[方法]

市立小学校の主に5年生を対象に、生き物アンケート調査を実施した。

[結果]

小学生対象生き物アンケート調査に189校13,095名が参加した。南方系のチョウであるアオスジアゲハが市内東側の臨海都市部で多く確認されていること、多くの地域でホタルが見られ、全体として約4割の児童が「かけた」と回答していることなど貴重な情報を得ることができた。

4. 生物環境情報整備事業

[目的]

ヨコハマbプラン（生物多様性横浜行動計画）に掲げている、生き物情報に関するデータの蓄積・一元化に向け、市民、活動団体、企業、横浜市等が実施した様々な調査について、データや報告書の収集を行い、環境に関する基礎情報として活用する。

[方法]

- ・生物モニタリングの結果のうち、河川の魚類・底生動物、海域の魚類・海岸動物に関する生息情報のデータベースを承認申請方式により提供する。
- ・環境創造局内各部署において実施された生物関連調査の報告書（委託調査結果）等について、メタデータを収集し、庁内での共有化を行う。

[結果]

生息情報データベースや報告書等メタデータは随時更新し、提供、共有化を行った。今後の生物環境情報の一元化については、国の動向（環境省「いきものログ」）を踏まえながら進める。

5. 河川の多自然型水・緑整備事業による事業効果に関する研究

[目的]

多自然河川整備、河川構造物の改変、魚道設置等の水・緑整備事業が多く展開されているが、より効果的な事業とするために、事業によって創出された環境について生物面から適切な評価を行い、新たな事業や効率的な管理に反映させるとともに、地域住民等に対して事業効果の適切な情報提供を行うための基礎資料とする。

[方法]

- ・帷子川を対象にアユの分布調査を行い、落差工、魚道等の河川構造物との関係について考察する。
- ・繁殖生態を明らかにするため、踏査によって産卵場を特定するとともに、物理的環境調査等によって産卵場選択条件を解析する。

[結果]

2017年度においても引き続き、帷子川におけるアユの流程分布を調査した。

過年度までの調査で、本川におけるアユの産卵場は、淡水域最下流部（感潮域より上流）の横浜新道下から上流1.2kmの区間で確認されているが、2016年度は、横浜新道下とその100m上流の平和橋を調査した結果、両地点で卵を確認した。

事業名

「きれいな海づくり」事業

[目的]

市民が親しみを持ち、生き物が多様で浄化能力の高い海の保全・再生・創造を推進するため、市民、企業と協働での海づくりを進める。

山下公園：都心臨海部の魅力づくりとして、山下公園前面海域における環境改善に取り組み、海が身近に感じられるよう施策を進める。

野島海岸：横浜に現存する唯一の自然海浜である野島海岸において活動する市民団体等と連携し、海に関する啓発活動を進める。

[方法]

山下公園：民間企業との共同研究による、水質浄化能力の回復を目的とした生物生息環境改善手法の検討を行う。4季のモニタリング調査を実施し、生物の生息環境の改善効果を検証する。また、透明度による定量化、下水処理の観点から費用対効果について検証し、より具体的な効果検証を実施する。さらに、毎年横浜で開催されている世界トライアスロンシリーズ横浜大会関連イベントに出展し、市民に対して横浜の海への関心・環境意識向上のための普及啓発を実施する。

野島海岸：市民団体が主催する市民と野島海岸を学ぶためのイベントに出展し、横浜の海への関心・環境意識向上のための普及啓発を実施する。

[結果]

山下公園：2013 年秋の基盤設置当初に比べ、魚類、ナマコ、二枚貝、ゴカイ、ホヤなど、生物種の増加が見られた。これら濾過性の生物が、水質改善に寄与していることが推察されることから、これらの生物の濾水量を算定して水質浄化能力を定量化するとともに海域の整備方法、費用便益の算出や順応的管理手法について検討した。また、世界トライアスロンシリーズ横浜大会関連イベントへの出展を行った。

野島海岸：市民団体が主催するイベントへ出展し、野島海岸に生息する二枚貝による水質浄化実験、海づくり事業のアピール及び横浜の海の生き物について知るきっかけとなるような工作を行うなど、身近な海に興味を持ってもらえるような取組を実施した。

Ⅱ 調 査 研 究 編

2014 から 2016 年度における神奈川県内の PM_{2.5} 高濃度事象の解析

榎原正敬、福崎有希子（横浜市環境科学研究所）、
白砂裕一郎（横浜市環境創造局）、
武田麻由子（神奈川県）、
高垣勇介、田中佑典（川崎市）

Analysis of high concentration of PM_{2.5} in Kanagawa from 2014 to 2016

Masataka Umehara, Yukiko Fukusaki (Yokohama Environmental Science Research Institute),
Yuichiro Shirasuna (Yokohama Environmental Planning Bureau),
Mayuko Takeda (Kanagawa Prefectural Government),
Yusuke Takagaki, Yusuke Tanaka (City of Kawasaki)

キーワード：PM_{2.5}、光化学反応、成分分析、発生源寄与解析、後方流跡線解析

要 旨

PM_{2.5} の環境基準のうち達成率が低い短期基準の達成率向上のため、実態把握の一環として神奈川県、川崎市及び横浜市で広域的な PM_{2.5} 成分分析調査・解析を行った。3 か年の調査により、春季では黄砂等による広域的な汚染気塊の移流や有機炭素（OC）及び硫酸塩による地域的な汚染、夏季では光化学反応によって二次粒子が生成することや、硫酸塩による汚染気塊の循環、秋季では OC 及び硝酸塩による地域的な汚染、冬季では硝酸塩による地域的な汚染が主な原因であると推察された。

1. はじめに

微小粒子状物質（PM_{2.5}）に関しては、環境基準が2009年に告示され、大気汚染常時監視に関する事務処理基準が2010年に改正された。これに基づき本市では2011年からPM_{2.5}の常時監視を開始している。微小粒子状物質に係る環境基準の設定についての答申では、従来の浮遊粒子状物質（SPM）のように質量濃度測定のみではなく、体系的に成分分析も行う必要があるとされている。これは、PM_{2.5}やその原因物質の排出状況の把握及び排出インベントリの作成、大気中の挙動や二次生成機構の解明を進め、より効果的な削減対策を検討するためには、成分分析が必要との考えに基づいている¹⁾。

一方で、本市ではより広域での調査のため、1968年に神奈川県及び川崎市と共同で、神奈川県公害防止推進協議会（以下、推進協と呼ぶ。）を組織し、2001年からPM_{2.5}について共同で調査解析を実施している。

また、本調査を開始した2014年の全国の一般局におけるPM_{2.5}の環境基準達成状況は37.8%であり、内訳としては長期基準（年平均値15 μg/m³）が60.3%、短期基準（日平均値35 μg/m³）が40.6%と短期基準の達成率が低い結果となっている²⁾。これは、年間の平均値で評価する長期基準に対して、短期基準は1日の平均値で評価することから、気象条件などにより短い間でも高濃度化してしまうと、基準を容易に超過してしまうためである。

そこで、推進協では環境基準のうち短期基準の達成率向上を目標とし、対策に必要な実態把握の一環として、2014年度から2016年度の3年間で季節ごとに成分分析調査を行った。今回、広域的に詳細な解析を同時に行った

ところ、神奈川県内での高濃度の要因について知見が得られたので報告する。

2. 方法

2-1 調査日及び調査地点

九州大学応用力学研究所のSPRINTARS³⁾等により、神奈川県内でPM_{2.5}濃度が高濃度となると予測された日に、神奈川県及び川崎市と共同採取を行った。調査地点は高濃度と予測された時点で使用可能な地点とし、本調査期間内に一度でも測定した地点を図1に示す。

2-2 調査方法

原則として午前10時から翌日午前10時までを1日とし、1日ごとにフィルタ捕集によりPM_{2.5}を採取した。サンプリング条件を表1に示す。

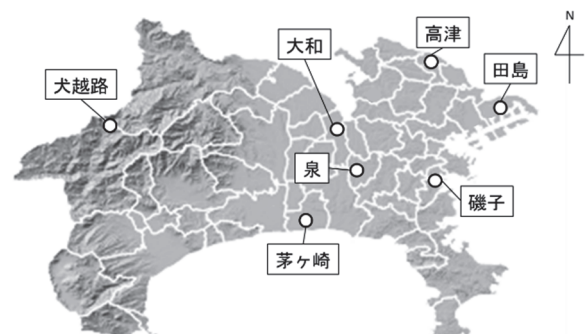


図1 調査地点

表1 調査地点ごとのサンプリング条件

		神奈川県	川崎市	横浜市
調査地点		大越路、茅ヶ崎、大和	高津、田島	泉 磯子
PTFE	サンプラー	メーカー Thermo Scientific	FRM 2025※1	FRM 2025i※1
	型式	FRM 2025※1	FRM 2025i※1	FRM 2025
石英	サンプラー	メーカー Thermo Scientific	FRM 2025i	MCAS-SJ※2
	型式	FRM 2025	FRM 2025i	MCAS-SJ
Pall	メーカー	Pall	MCAS-SJ※2	MCAS-SJA
	品名	Teflo 47mmΦ 2.0μm		
Pall	メーカー	Pall	MCAS-SJ※2	MCAS-SJA
	品名	2500QAT-UP 47mmΦ		

※1 吸引ガス量 16.7 L/分
※2 吸引ガス量 30 L/分

表2 分析項目及び分析装置

項目	分析装置
イオン成分	Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻
	Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺
金属成分	Na, Al, Si, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Mo, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Hf, W, Ta, Th, Pb
炭素成分	有機炭素 (OC)、元素炭素 (EC)
水溶性有機炭素 (WSOC)	

DIONEX ICS-2100
DIONEX ICS-1600
Agilent 7700 x
Sunset Carbon Analyzer
Analytikjene multi N/C 3100

2-2-1 成分分析

成分測定マニュアル⁴⁾に基づき、成分分析を行った。分析した項目、及び分析装置を表2に示す。

2-2-2 発生源寄与解析

発生源を推定するため、レセプターモデルの一種である Positive Matrix Factorization (PMF) 法と Chemical Mass Balance (CMB) 法の2種類を用いて解析を行った⁵⁾。CMB 法については東京都微小粒子状物質検討会の発生源プロファイルを用いて解析し、硫酸塩、硝酸塩、有機炭素、自動車排出ガス、重油燃焼、鉄鋼業、土壌、海塩、ブレーキ粉じん、廃棄物焼却、植物質燃焼の11因子に分離して寄与率を推定した。

2-2-3 その他

気象概況として気象庁公開データから横浜地方気象台(中区山手町)の1時間値データを、広域的な大気汚染の状況として大気汚染物質広域監視システム(そらまめ君)から神奈川県内の一般環境大気測定局常時監視データを用いた。

また、コンター図の作成は地図作成ソフト Surfer を用いた。

3. 結果と考察

3-1 春季(3~5月)

共同採取した期間は2014年4月16日から20日、2015年4月27日から30日、2016年5月25日から31日である。3か年の結果は概ね同一であるため、代表して2014年度の結果について詳しくまとめる。

3-1-1 気象概況及び常時監視

2014年春季の観測では、4月16日及び17日に神奈川県内においてPM_{2.5}高濃度事象が発生した。今回は特に、4月16日について記す。

4月16日の気象概況を図2に示す。横浜地方気象台によると、4月16日は晴れ、最高気温22.5℃、最低気温12.7℃であった。湿度は朝晩で高く、特に夜は80%程度まで上昇した。最大風速は約7.5 m/sと強かったが朝晩は比較的穏やかであった。風向は未明に北東風が入ったが、その後は南風が卓越した。

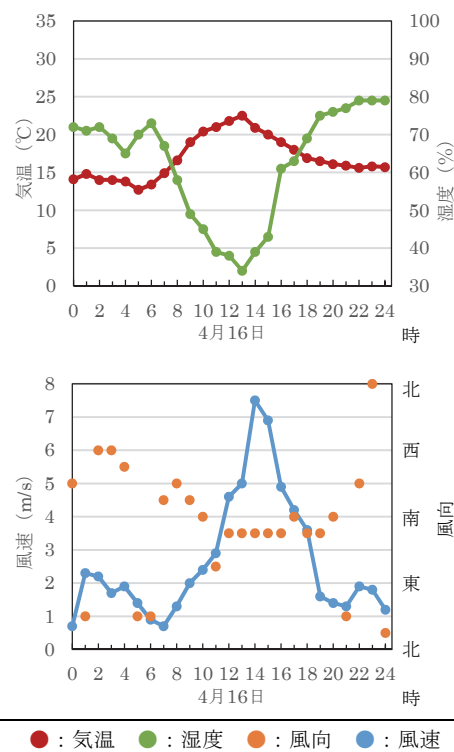


図2 横浜地方気象台における2014年4月16日の気温・湿度及び風向・風速の推移

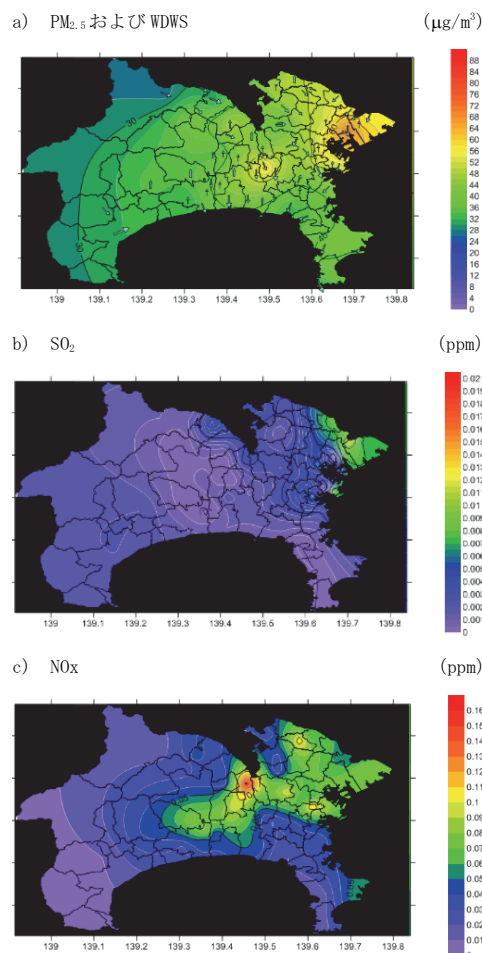
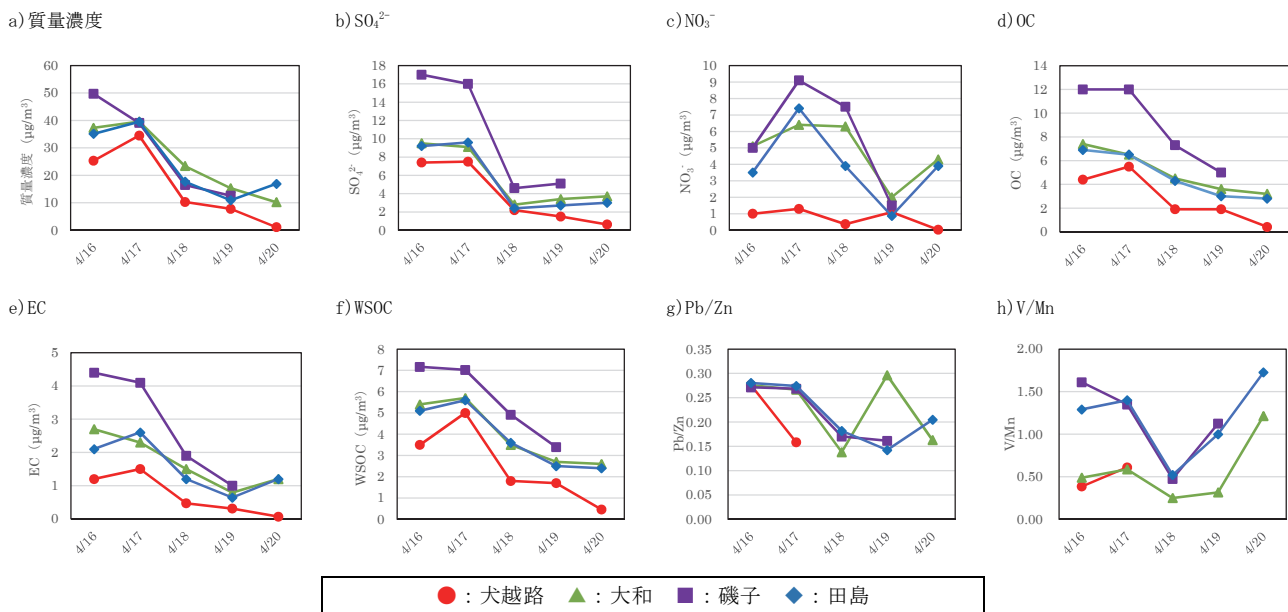


図3 2014年4月16日24時における分布



● : 犬越路 ▲ : 大和 ■ : 磯子 ◆ : 田島

図4 2014年度春季における各成分の濃度推移

神奈川県内の常時監視データから作成した、大気汚染物質の濃度分布及び風向風速(WDWS)分布を図3に示す。横浜市及び川崎市の東京湾沿岸部を中心に前駆物質であるSO₂及びNO_x濃度が高かった。

3-1-2 成分分析

期間中の各成分濃度及び金属比の推移を図4に示す。特に磯子において、SO₄²⁻、OC、EC、WSOC濃度が高かった。また、質量濃度及びSO₄²⁻、WSOC濃度が山間地である犬越路においても都市部と同等レベルの濃度があったことから、広域的な汚染の影響があったことが示唆された。

Pb/Zn比は、大陸からの長距離輸送の指標として利用されている⁶⁾。PM_{2.5}が高濃度となった4月16日のPb/Zn比は他の日と比べて大きいことから、大陸からの越境汚染の可能性が示唆された。

また、V/Mn比は発生源によって濃度比の差が大きく、発生源の推定に有効な指標とされ、特に人為起源としては石油燃焼の指標とされている⁷⁾。PM_{2.5}が高濃度となった4月16日は、磯子及び田島でV/Mn比が1.4前後と他の日と比べて高くなっていることから、石油燃焼の影響もあったと考えられる。

PM_{2.5}が高濃度となった4月16日の犬越路、大和、磯子、田島の成分組成を図5に示す。すべての地点でSO₄²⁻が35%前後、OCが20%前後と高い結果となった。また、大和と田島についてはNO₃⁻の影響も一定程度見られる。

3-1-3 発生源寄与解析

2014年度四季成分分析期間及び高濃度採取期間のデータを用い、PMF解析を実施したところ、重油燃焼を含む硫酸塩、塩化物、硝酸塩、有機炭素+ディーゼル排気+植物質燃焼+廃棄物焼却、土壌、鉄鋼業、海塩の7因子に分離された。算出した4月16日の犬越路、大和、磯子及び田島の発生源寄与率を図6に示す。

PMF法では磯子で重油燃焼を含む硫酸塩の寄与が42.9%と大きく、海岸に近い田島、磯子で海塩の影響が9%前後と大きい。また、犬越路も含め土壌の寄与が3~8%と大きいのは、土壌指標成分のAlが犬越路で130 ng/m³、

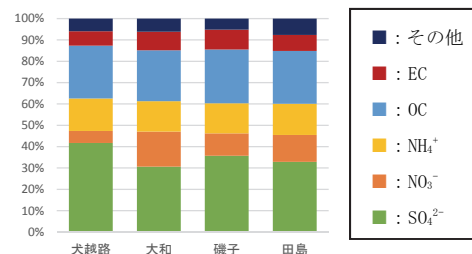


図5 2014年4月16日におけるPM_{2.5}の成分組成

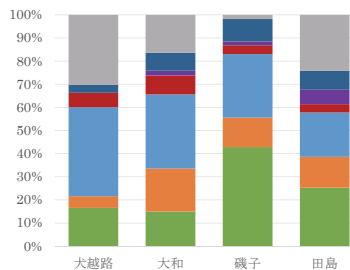


図6 PMF法による発生源寄与率

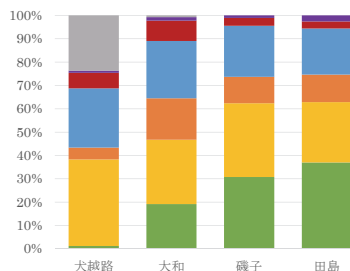


図7 CMB法による発生源寄与率

大和で 230 ng/m³、磯子で 150 ng/m³、田島で 120 ng/m³と高かったことと一致する。

CMB法で算出した4月16日の犬越路、大和、磯子及び田島の発生源寄与率を図7に示す。PMF法との比較のため、有機炭素、自動車排出ガス、ブレーキ粉じん、植物質燃焼、廃棄物焼却を合計して示す。PMF法と比較すると、CMB法では重油燃焼と硫酸塩の和の寄与は最大63%と大きく、逆に海塩の寄与は見られなかった。硝酸塩や有機炭素+自動車排出ガス+ブレーキ粉じん+植物質燃焼+廃棄物焼却は、PMF法と大きな違いはなかった。

3-1-4 後方流跡線解析

Pb/Zn比が他の日と比べて高く国外からの越境汚染の影響が示唆されたため、後方流跡線解析を行った。解析には、米国海洋大気庁 (NOAA) の HYSPLIT MODEL を利用した⁸⁾。起点は、この期間中神奈川県内で最も高濃度となった横浜市の潮田局とし、起点高度は1,500 m、遡及時間は72時間とした。最も高濃度となったのは16日24時(72 µg/m³)、17日23時(90 µg/m³)であったが、この時刻では計算上の不具合により、後方流跡線を得ることができなかったため、16日及び17日の15時の後方流跡線とした。結果を図8に示す。16日15時の後方流跡線

はモンゴルから中国の華北地域及び東北地域を経由してきており、成分分析と後方流跡線の双方から黄砂の影響が疑われる。17日15時の後方流跡線は中国の山東省～韓国を経由してきており、国外からの越境汚染の影響も考えられる。

3-1-5 2014年度春季まとめ

2014年4月16日及び17日にPM_{2.5}高濃度が発生した。成分分析の結果、磯子を中心にSO₄²⁻、WSOC濃度が高く、質量濃度及びSO₄²⁻、WSOC濃度が山間地である犬越路においても都市部と同等レベルであったことに加えて、成分比の推移からも、広域汚染が示唆された。さらに同日は、金属成分分析、発生源寄与解析、後方流跡線解析の結果からこのときの大気は大陸からの移流成分を含み、国外からの汚染気塊の移流の影響が示唆された。また、気象概況や常時監視データ解析において、夜間に湿度が高いこと、風速が小さいこと、東京湾岸地域を中心にSO₂やNO_xが高濃度であったことから、地域汚染由来のPM_{2.5}が滞留したことによって高濃度化したと考えられる。これらのことから汚染気塊の移流に地域汚染が重なったものと推測される。

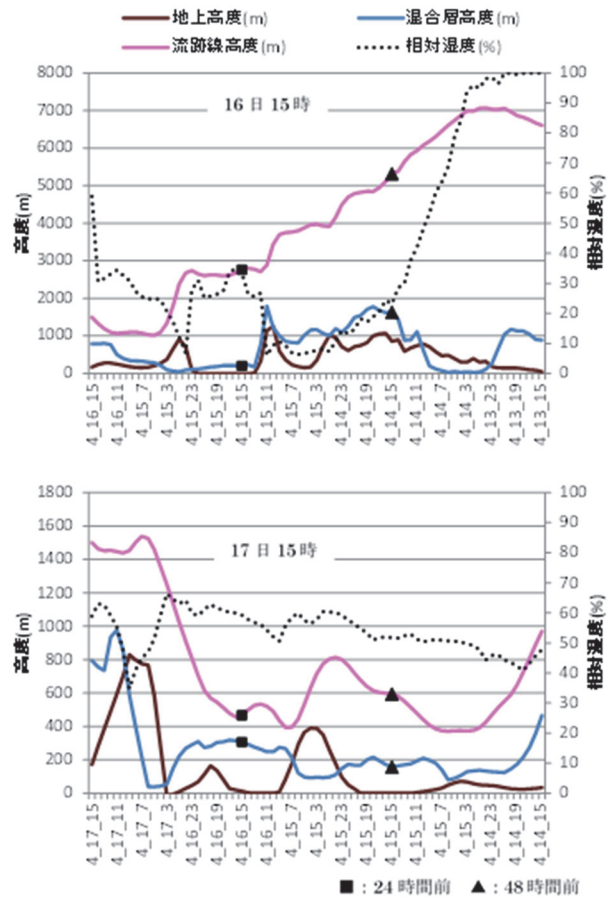
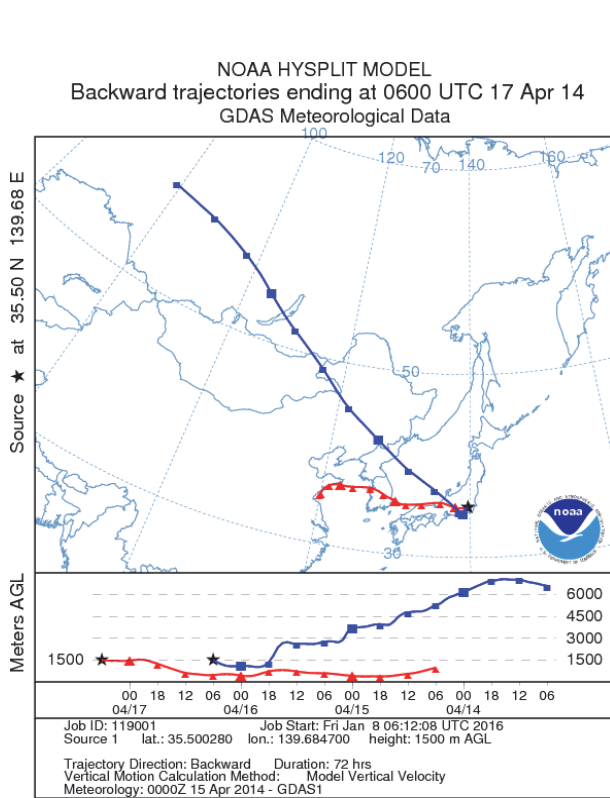


図8 4月16日及び17日の15時の後方流跡線解析

3-2 夏季

共同採取した期間は2014年7月23日から27日、2015年6月11日から16日及び7月25日から8月4日、2016年7月7日から20日である。この中で夏季に特徴的な事例であった2015年7～8月期の結果について詳しくまとめる。

3-2-1 気象概況及び常時監視

7～8月期では7月26日及び31日、8月1日に神奈川県内においてPM_{2.5}高濃度事象が発生した。7月26日及び8月1日について記す。

7月26日及び8月1日の気象概況を図9に示す。26日から27日は関東地方で猛暑日となり、28日から30日にかけても雲が出るが暑い日が続き、31日から3日にかけては再び猛暑日となった。26日は夜間は北風で風が弱まり、昼間は南風で風が強まる傾向にあった。1日は一日中南風であった。

大気汚染物質の濃度分布及び風向風速分布を図10及び図11に示す。

7月26日は日中、東京湾と相模湾からの海風の流入により、O_x濃度が最大0.196 ppm (13時、川崎市高津局)まで上昇するとともにPM_{2.5}質量濃度が同時に上昇した。夕方以降は、南風によって高濃度域が北へと移動していった。東京湾からの海風が吹いた日中は、SO₂だけでなく非メタン炭化水素(NMHC)も東京湾岸地域で高くなる(最大0.90 ppmC、7時、川崎市大師局)傾向だった。

8月1日は相模湾からの海風が弱まり、湿度が90%を超過した7月31日から8月1日にかけての夜間に、神奈川県東部を中心にPM_{2.5}質量濃度が上昇した。午前中には、東京湾と相模湾からの海風が流入し、沿岸部からPM_{2.5}質量濃度が上昇した。午後になって相模湾からの海風が強まると、高濃度域が北部へと移動していった。その後、夜間は高湿度かつ弱風になったため、PM_{2.5}質量濃度は高いまま継続した。

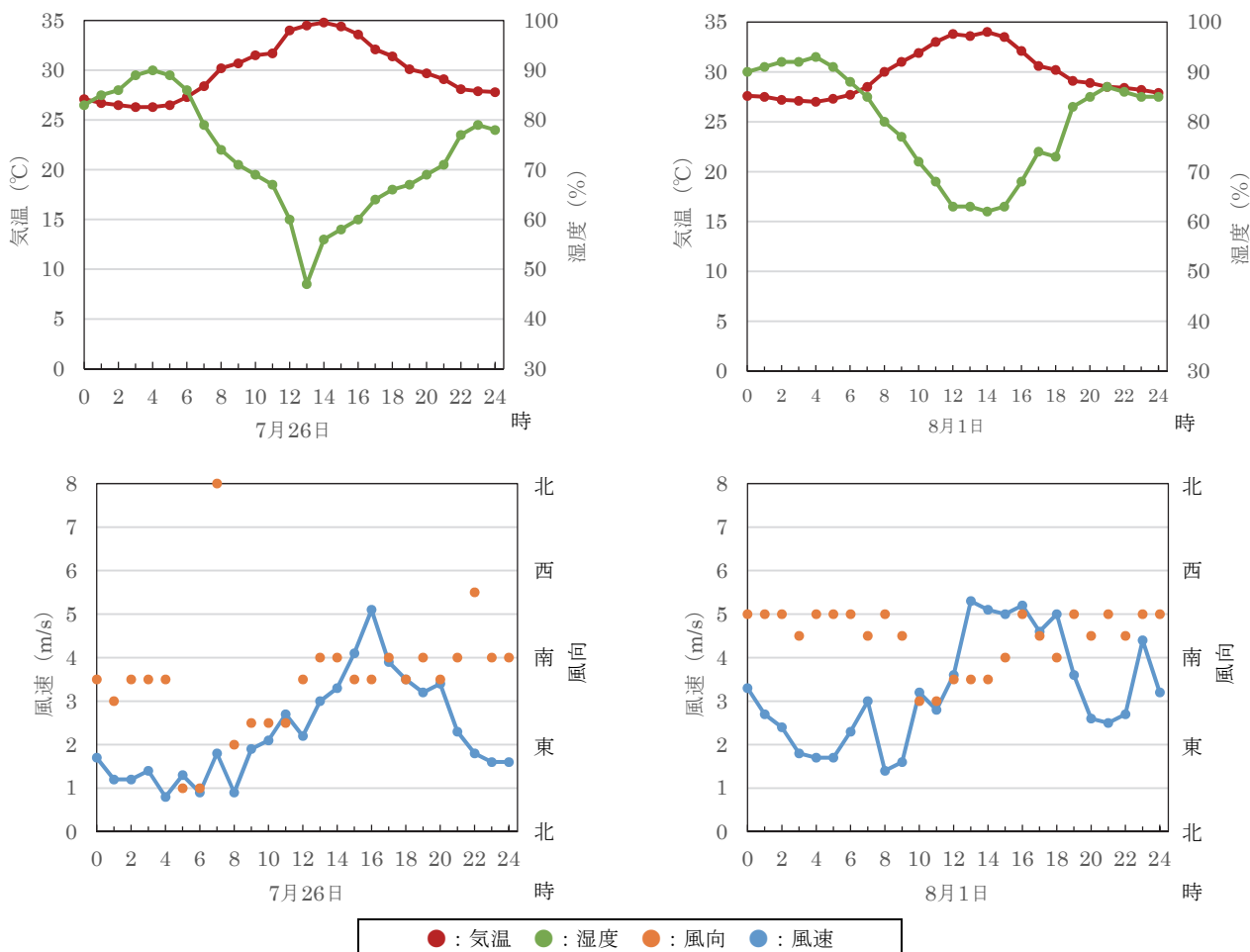


図9 横浜地方気象台における2015年7月26日及び8月1日の気温・湿度及び風向・風速の推移

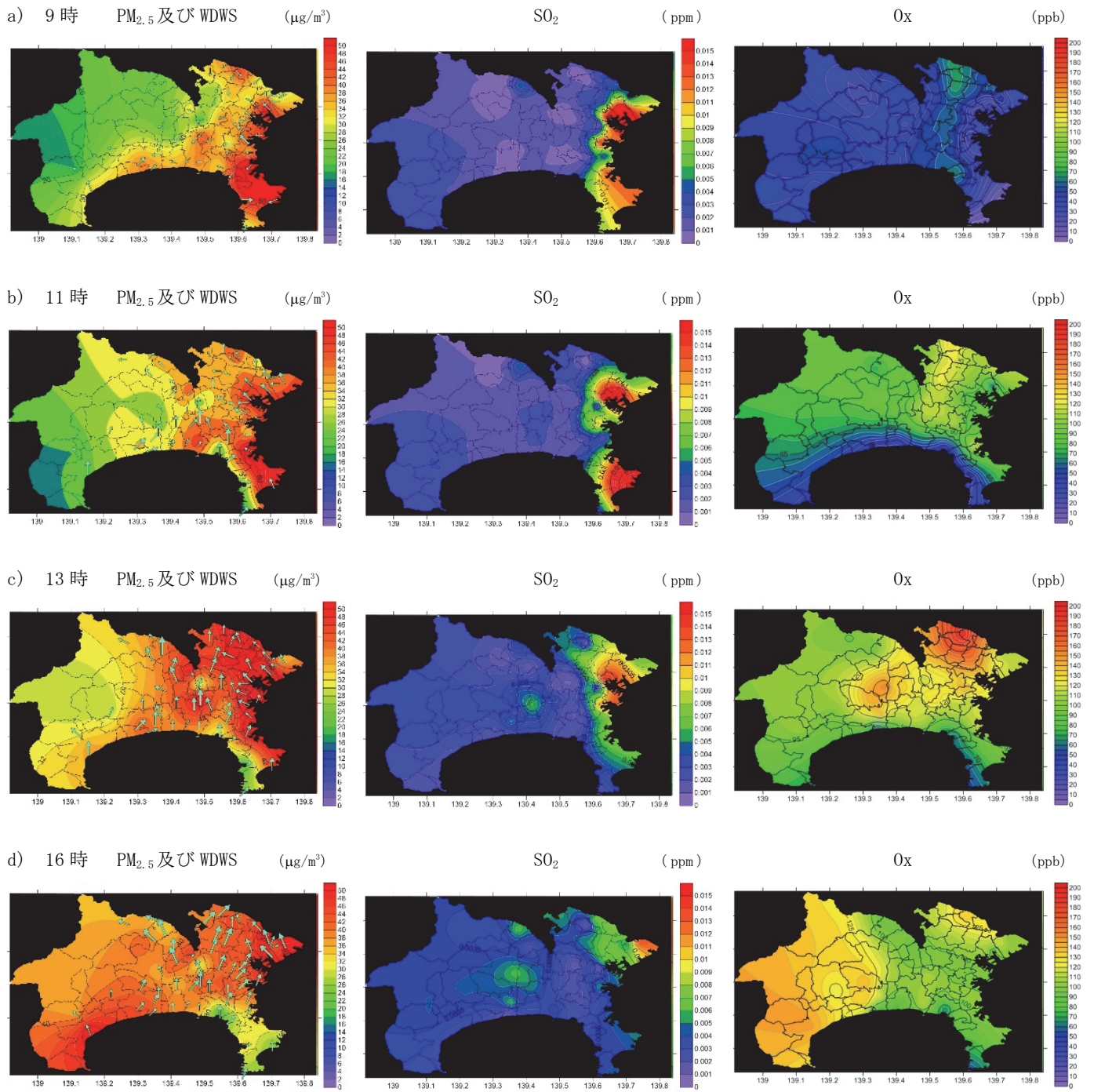


図10 2015年7月26日の $PM_{2.5}$ 及びWDWS、 SO_2 、 O_3 分布

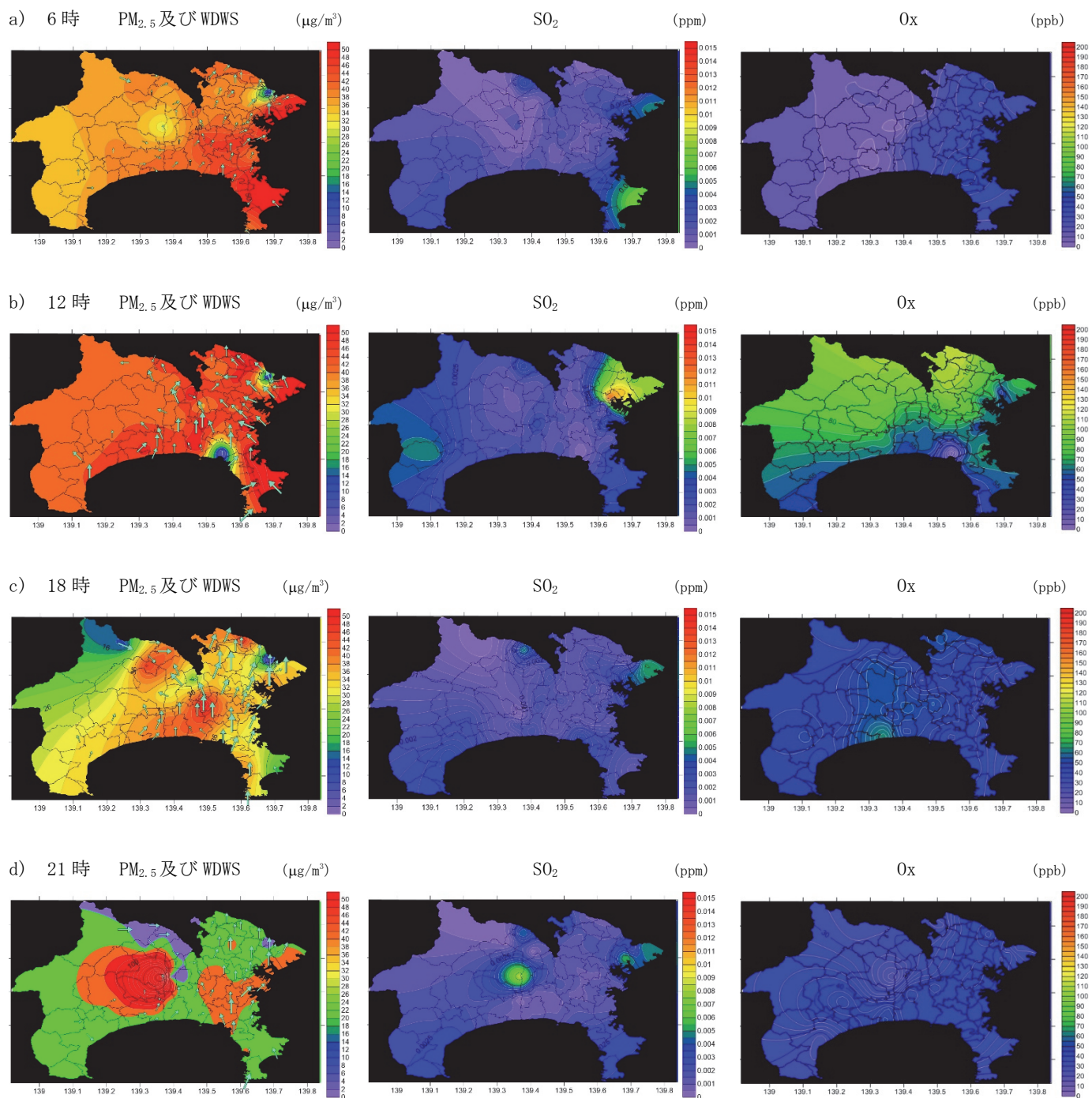
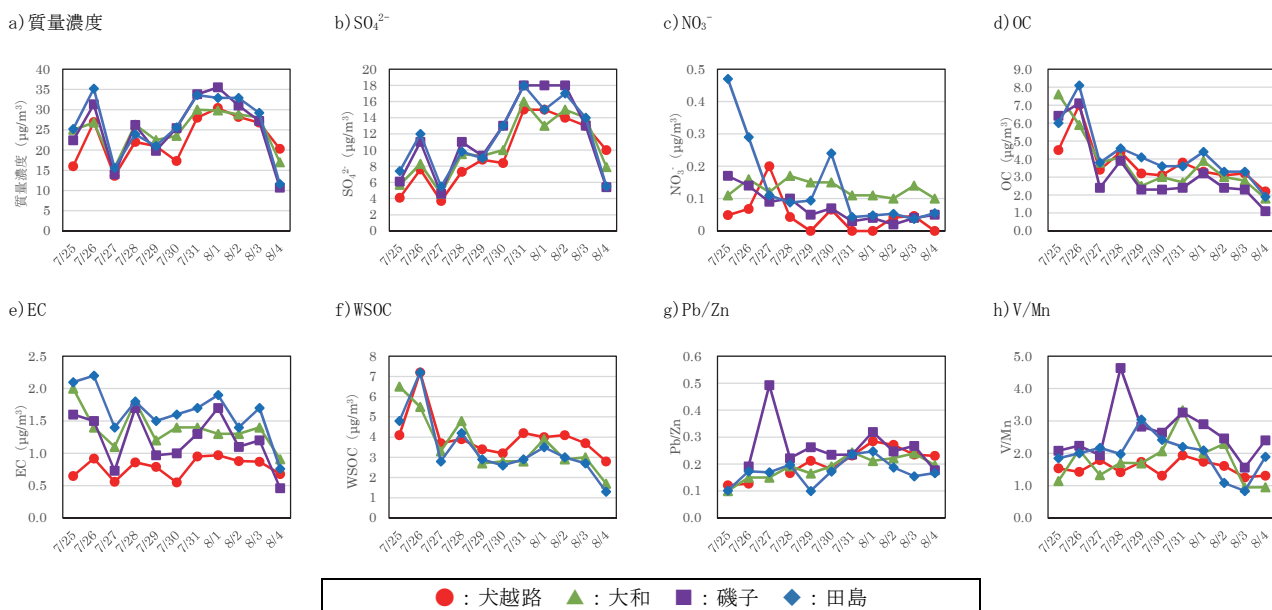


図 11 2015 年 8 月 1 日の $PM_{2.5}$ 及び WDWS、 SO_2 、 O_3 分布



● : 犬越路 ▲ : 大和 ■ : 磯子 ◆ : 田島

図 12 2015 年度夏季における各成分の濃度推移

3-2-2 成分分析

期間中の各成分濃度及び金属比の推移を図 12 に、また 7 月 26 日と 8 月 1 日の犬越路、大和、磯子及び田島の成分組成を図 13 に示す。PM_{2.5} 質量濃度は、4 地点で同じような濃度推移を示した。成分分析から 7 月 26 日は SO₄²⁻ と OC が、8 月 1 日は SO₄²⁻ が主成分だった。

7 月 26 日は O_x 濃度が高く (図 10)、OC 及び WSOC が高いことから、光化学反応によって PM_{2.5} 質量濃度が上昇したと考えられる。対して、8 月 1 日は OC の上昇が見られないことから、光化学反応の影響は小さいと考えられる。また、SO₄²⁻ が 40~50 % と PM_{2.5} の主成分であったが、SO₂ 濃度は上昇していないことから、東京湾近郊やその他の地域で排出された SO₂ が酸化されて粒子化した気塊が、東京湾周辺で循環して神奈川県内に流入したと考えられる⁹⁾。

3-2-3 発生源寄与解析

2015 年度四季成分分析期間及び高濃度採取期間のデータを用い、PMF 解析を実施したところ、重油燃焼を含む硫酸塩、石炭燃焼を含む硫酸塩+廃棄物焼却、硝酸塩+塩化物、有機炭素+ディーゼル排気、土壌、鉄鋼業、海塩の 7 因子に分離された。PM_{2.5} が高濃度となった 7 月 26 日、8 月 1 日の犬越路、茅ヶ崎、磯子、田島の PMF 法及び CMB 法による発生源寄与率を図 14 及び図 15 に示す。CMB 法では、PMF 法との比較のため硫酸塩と廃棄物焼却を、有機炭素と自動車排出ガスとブレーキ粉じん+植物質燃焼をそれぞれ合計して示した。

7 月 26 日は、PMF 法では重油燃焼を含む硫酸塩が最大 38 %、石炭燃焼を含む硫酸塩+廃棄物焼却が最大 14 %、CMB 法では重油燃焼が最大 39 %、硫酸塩+廃棄物焼却が最大 36 %、有機炭素+自動車排出ガス+ブレーキ粉じん+植物質燃焼が最大 30 % と寄与率が高かった。

PM_{2.5} の主成分である SO₄²⁻ が前日と比べて上昇していることから、光化学反応だけでなく SO₂ の粒子化の影響もあったと考えられる。

8 月 1 日は、PMF 法では重油燃焼を含む硫酸塩が最大

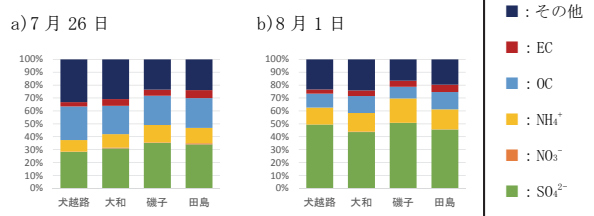


図 13 PM_{2.5} の成分組成

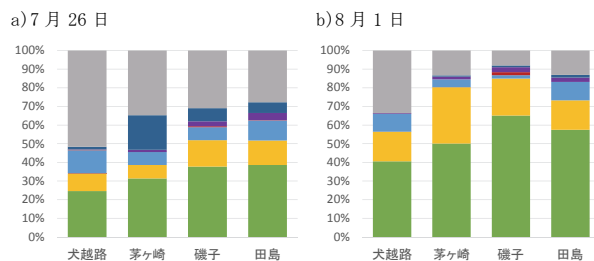


図 14 PMF 法による発生源寄与率

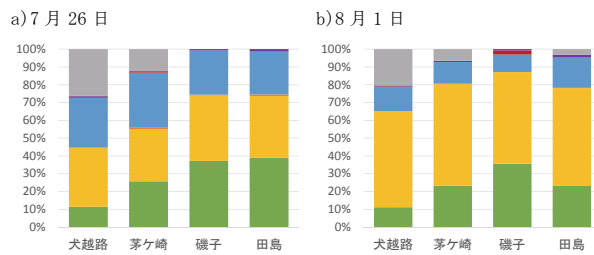


図 15 CMB 法による発生源寄与率

65 %、CMB 法では硫酸塩+廃棄物焼却が最大 57 %と寄与率が高かった。硫酸塩に汚染された気塊の循環による PM_{2.5} の高濃度化が示唆された成分分析結果と合致する。

3-2-4 2015 年度（7～8 月期）まとめ

2015 年 7 月 26 日及び 8 月 1 日に PM_{2.5} 高濃度が発生した。いずれの地点においても似たような PM_{2.5} 質量濃度推移を示した。

7 月 26 日については、O_x 濃度と PM_{2.5} 質量濃度の上昇がほぼ同時であったことから、光化学反応による影響が大きいことが示唆された。日中、東京湾岸地域において高濃度の SO₂、NMHC の排出があったことから、光化学反応により SO₄²⁻と OC が生成することで、PM_{2.5} 質量濃度が高濃度化したと考えられる。

8 月 1 日については、常時監視データ解析や成分分析、発生源寄与と解析から、SO₂ 濃度が上昇していないにも関わらず SO₄²⁻が PM_{2.5} の高濃度化に寄与していることが示唆された。これは、海風循環により SO₂ が SO₄²⁻に変化しながら、神奈川県内に流入したためと推察される。

3-3 秋季

共同採取した期間は 2014 年 10 月 29 日から 11 月 2 日、2016 年 11 月 19 日から 22 日である。実際に PM_{2.5} が高濃度となった 2014 年度の結果について詳しくまとめる。

3-3-1 気象概況及び常時監視

2014 年秋季の観測では、10 月 31 日に神奈川県内において PM_{2.5} 高濃度事象が発生した。10 月 31 日の気象概況を図 16 に示す。

前日の 10 月 30 日は高気圧に覆われて晴天であったが、31 日は早朝と夕方以降に弱い雨が降った。また、11 月 1 日早朝にも弱い雨が降った。風は夜から午前中にかけては北風であり、日中は東風、南風、西風と風向が変化した。風速も最大 3 m/s 程度であり、全体を通して穏やかな風であった。

大気汚染物質の濃度分布及び風向風速分布を図 17 に示す。前日の 10 月 30 日は夜間になって風が弱まると、

神奈川県東部を中心に NO_x と NMHC の濃度が上昇した。風が弱いため、10 月 31 日 10～12 時に神奈川県東部で PM_{2.5} 質量濃度が上昇し始め、13 時～17 時は前日同様、東京湾からの海風により、東京湾岸地域で NO_x 及び SO₂ とともに、PM_{2.5} 質量濃度も上昇した。15 時に相模湾からの海風が吹き始めると、PM_{2.5}、NO_x、SO₂ いずれも北へ押し流され、濃度が減少していった。22 時に海風から陸風へ変化すると、北から徐々に PM_{2.5} 高濃度域が南下してきて、10 月 31 日 23 時から 11 月 1 日の明け方まで神奈川県東部で PM_{2.5} の高濃度状態が続いた。

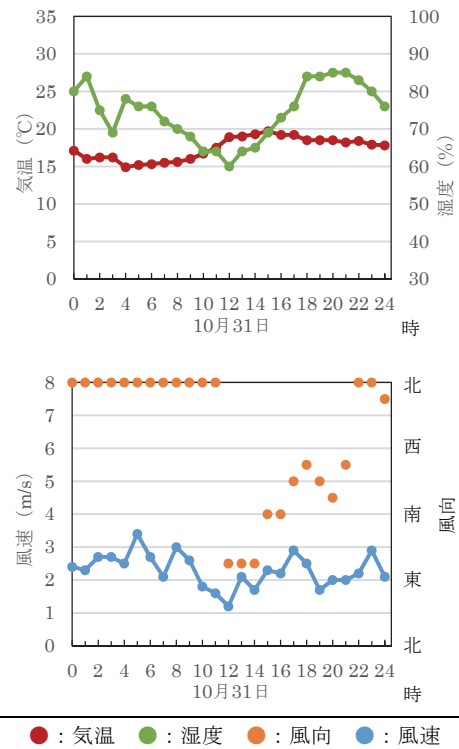


図 16 横浜地方気象台における 2014 年 10 月 31 日の気温・湿度及び風向・風速の推移

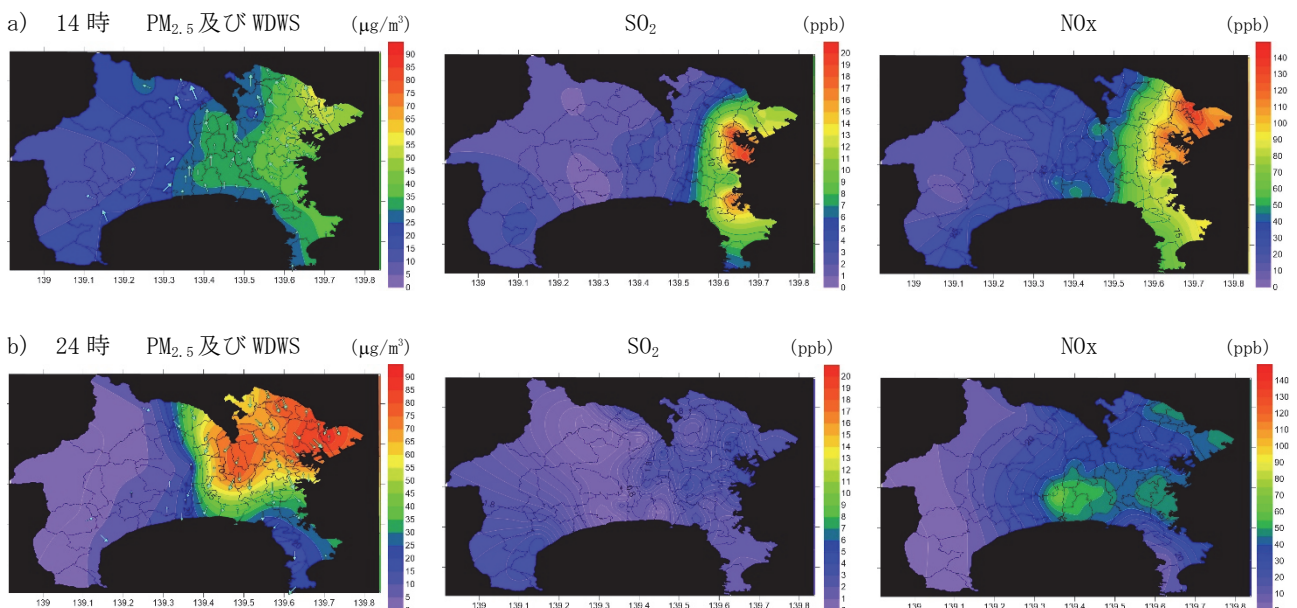


図 17 2014 年 10 月 31 日の PM_{2.5} 及び WDS、SO₂、NO_x 分布

3-3-2 成分分析

期間中の各成分濃度及び金属比の推移を図 18 に示す。また、PM_{2.5} が高濃度となった 10 月 31 日の犬越路、大和、磯子及び田島の成分組成を図 19 に示す。

沿岸部の田島、磯子で PM_{2.5} 質量濃度が約 50 μg/m³ と高く、OC が 30 % 前後、NO₃⁻ が 29 % と主成分だった。犬越路では他地点と比較して質量濃度が低かったことから、地域汚染の影響が大きかったことが示唆された。

また、夜間に湿度が高かったことから、昼間に排出された NO_x より生成した NO₃⁻ の粒子化反応が進行したと考えられる。このような地域内で排出された汚染物質を含む気塊が、海陸風によって移動している間に PM_{2.5} が高濃度化したと考えられる。

3-3-3 発生源寄与解析

2014 年度四季成分分析期間及び高濃度採取期間のデータを用い、PMF 解析を実施したところ、重油燃焼を含む硫酸塩、塩化物、硝酸塩、有機炭素+ディーゼル排気+植物質燃焼+廃棄物焼却、土壌、鉄鋼業、海塩の 7 因子に分離された。犬越路、大和、磯子、田島の PMF 法及び CMB

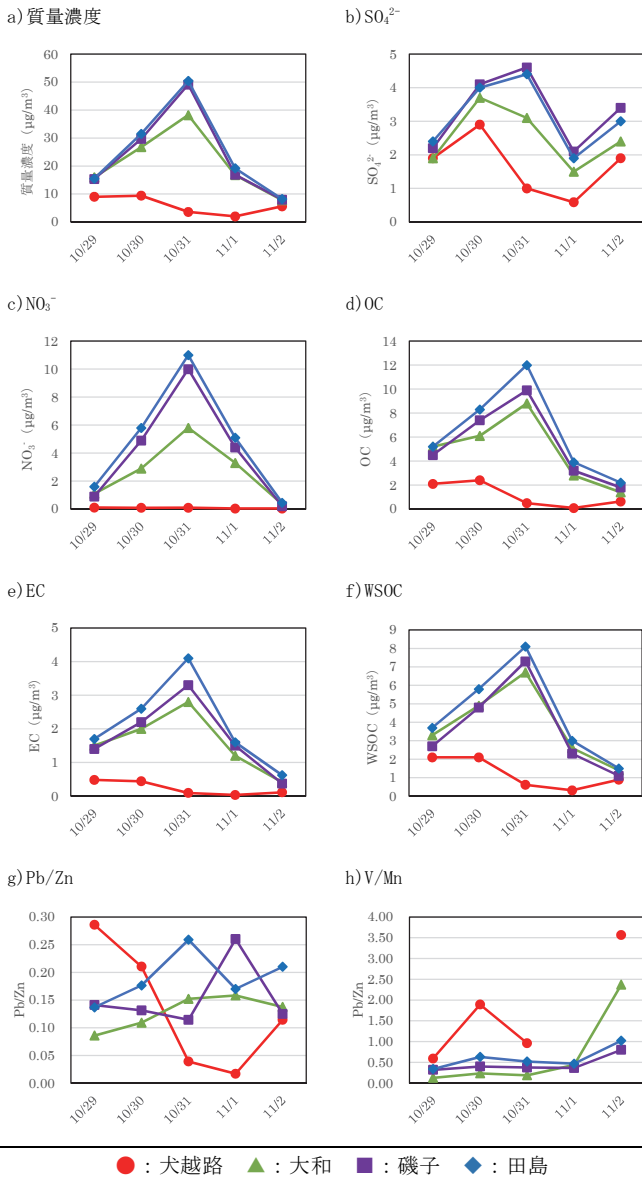


図 18 2014 年度秋季における各成分の濃度推移

法による発生源寄与率を図 20 及び図 21 に示す。

PMF 法、CMB 法のいずれにおいても、犬越路を除いて、硝酸塩が 20~30 %、有機炭素系成分が 20~40 % と寄与割合が高かった。これは、成分分析で示唆された NO_x や OC の粒子化による PM_{2.5} の高濃度化と合致する。

3-3-4 2014 年度秋季まとめ

2014 年 10 月 31 日に PM_{2.5} 高濃度事象が発生した。山間地の犬越路では、他地点と比べて濃度が低かったことから、地域汚染の影響が大きかったことが示唆された。

成分分析から 3 地点の主成分は NO₃⁻ と OC であり、気象概況や常時監視データ解析から、東京湾岸地域で排出された SO₂、NO_x、NMHC を含む汚染気塊が、海陸風により関東平野内を移動する間、湿度が高かったため PM_{2.5} が高濃度化したと考えられる。また発生源寄与解析からも、硝

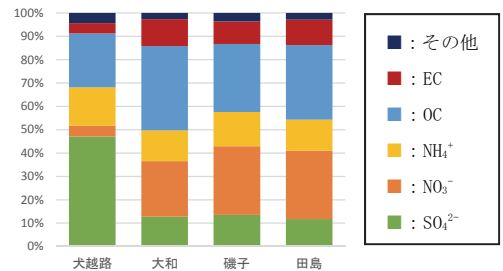


図 19 2014 年 10 月 31 日における PM_{2.5} の成分組成

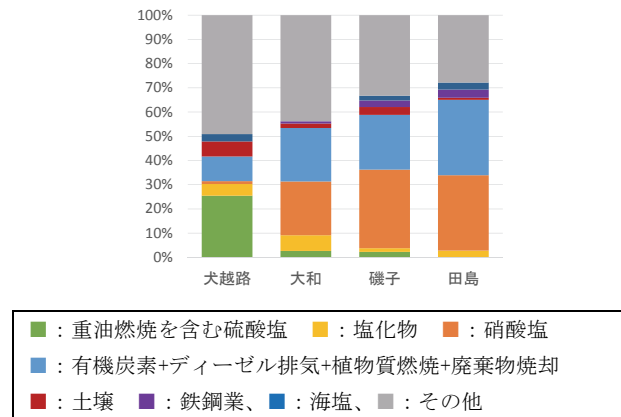


図 20 PMF 法による発生源寄与率

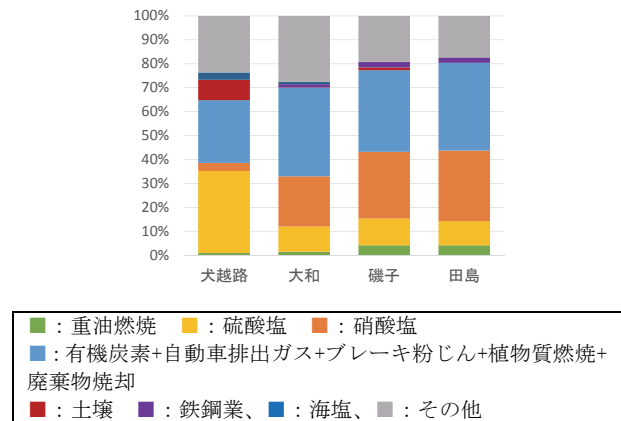


図 21 CMB 法による発生源寄与率

酸塩や有機炭素系成分の寄与が大きく、二次生成による高濃度化を支持していた。

3-4 冬季

共同採取した期間は2015年3月15日から19日、2016年2月26日から3月9日、2016年12月20日から22日である。実際にPM_{2.5}が高濃度となった2014年度の結果について詳しくまとめる。

3-4-1 気象概況及び常時監視

2014年度冬季の観測では、2015年3月15日から19日まで観測を行い、3月16日に神奈川県内においてPM_{2.5}高濃度事象が発生した。3月16日について記す。

3月16日の気象概況を図22に示す。3月16日は低気圧が南岸を通過したため、夕方以降に雨が降った。午前

中は北風であり、日中は東風、南風、西風と風向が変化した。また、風速も最大3m/s程度であり、一日を通して穏やかな風であった。

大気汚染物質の濃度分布及び風向風速分布を図23に示す。16日はPM_{2.5}濃度が昼頃に一度ピークを迎え、夜間に一時濃度が低下したものの、17日未明まで県北西部を除いた全域でPM_{2.5}の高い状態が継続した。この間、PM_{2.5}が高かった地域ではNO_xも高い傾向にあった。

当該期間は天気が曇り又は雨であったことから、日射が遮られて高湿度な環境となったことによりNO_xからNO₃⁻が生成したことで高濃度となったと考えられる。また、風もそれほど強くなかったことから、生成したNO₃⁻を中心とするPM_{2.5}が滞留したため、PM_{2.5}の高濃度状態が継続したと考えられる。

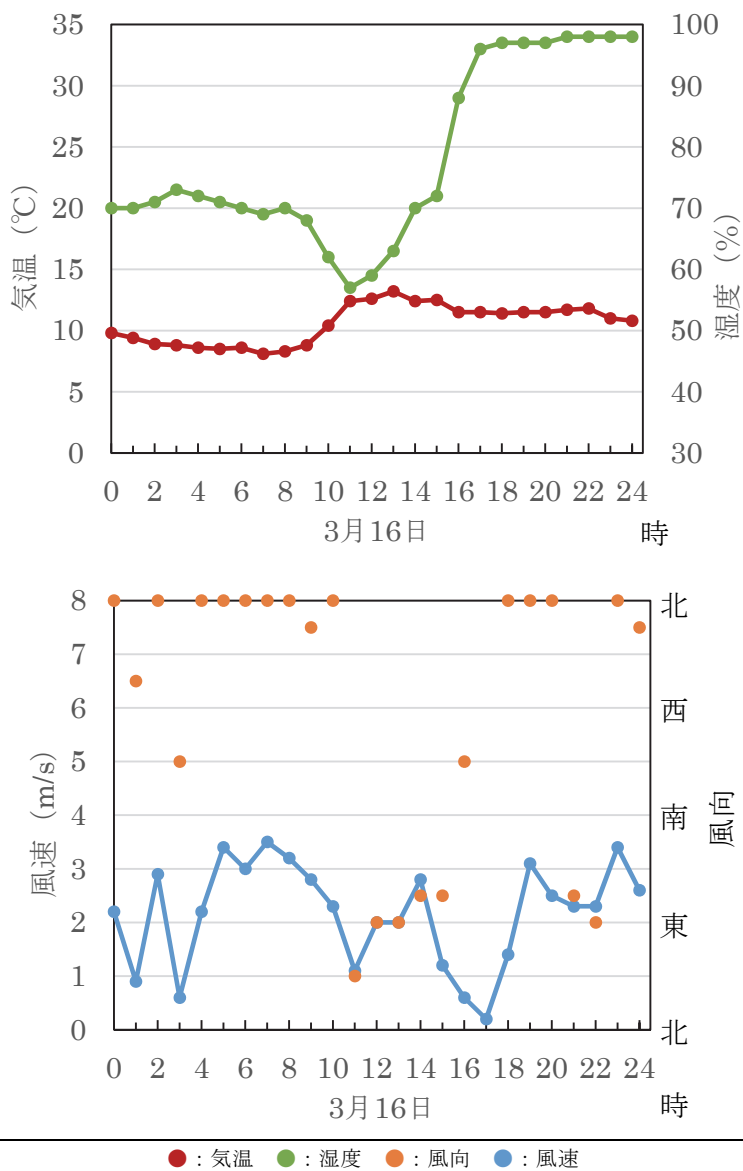


図22 横浜地方気象台における2015年3月16日の気温・湿度及び風向・風速の推移

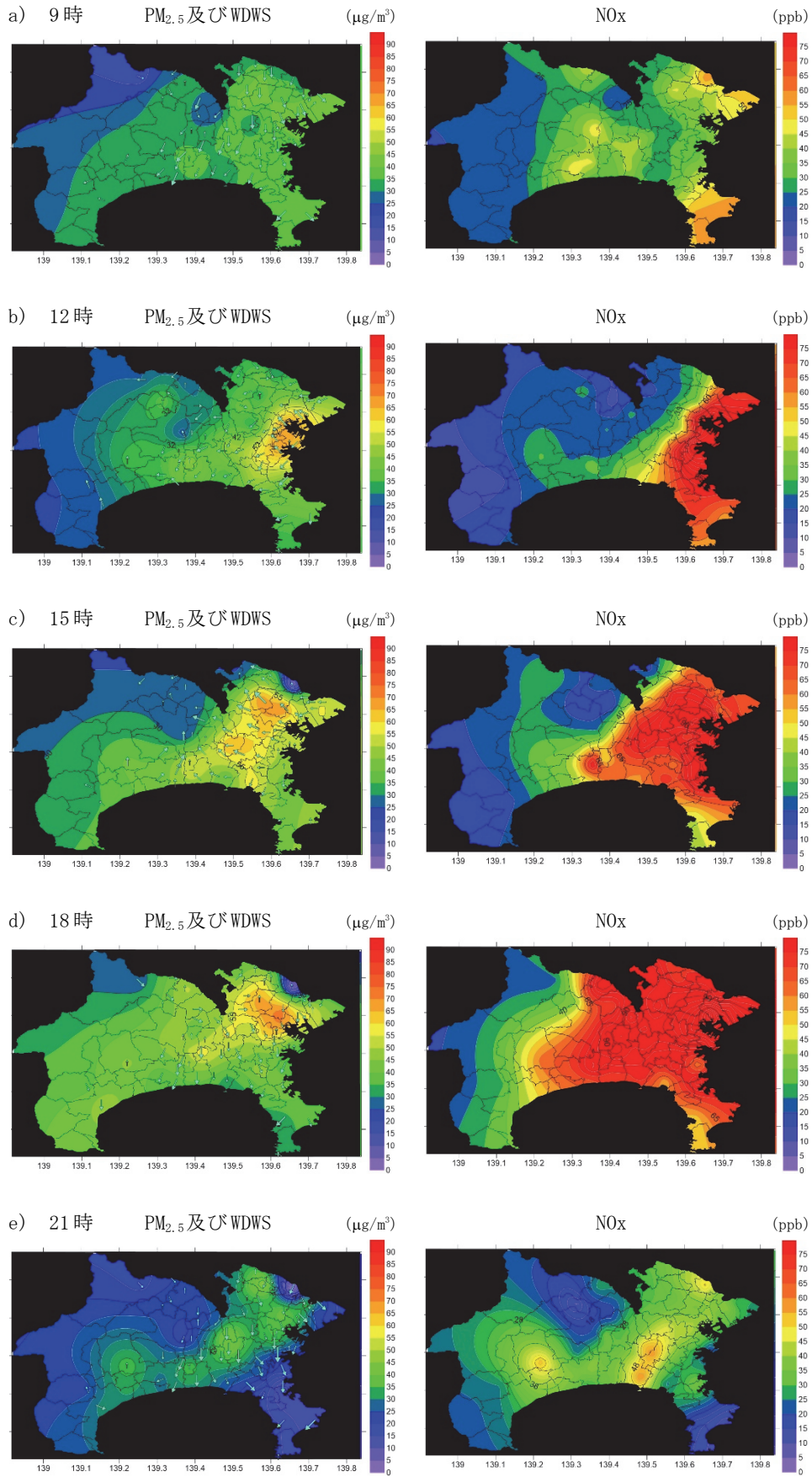


図 23 2015 年 3 月 16 日の PM_{2.5} 及び WDWS、NO_x 分布

3-4-2 成分分析

期間中の各成分濃度及び金属比の推移を図 24 に示す。また、PM_{2.5} が高濃度となった 3 月 16 日の茅ヶ崎、高津及び田島の成分組成を図 25 に示す。

茅ヶ崎、高津、田島の 3 地点では、PM_{2.5} と NO₃⁻ の濃度が同じ挙動を示しており、成分組成でも NO₃⁻ の割合が 40 % 以上と最も大きかった。更に、越境汚染の指標とされる Pb/Zn 比が PM_{2.5} 高濃度時に上昇しなかったことも合わせると、今回の高濃度事例は、主に地域汚染による NO₃⁻ の上昇により引き起こされたと考えられる。また、重油燃焼の指標である V/Mn 比についても、PM_{2.5} 高濃度時に上昇しなかったため、重油燃焼は今回の PM_{2.5} 高濃度化の主要因ではないと考えられる。

3-4-3 発生源寄与解析

2014 年度四季成分分析期間及び高濃度採取期間のデータを用い、PMF 解析を実施したところ、重油燃焼を含む硫酸塩、塩化物、硝酸塩、有機炭素+ディーゼル排気+植物質燃焼+廃棄物焼却、土壌、鉄鋼業、海塩の 7 因子に分離された。茅ヶ崎、田島の PMF 法及び CMB 法による発

生源寄与率を図 26 及び図 27 に示す。

PMF 法、CMB 法ともに PM_{2.5} 濃度が最も高かった 16 日を中心に、その濃度と似た傾向で硝酸塩の寄与が上昇していた。PMF 法では、京浜工業地帯に近接し、海岸に近い田島において、茅ヶ崎ではほとんど見られない鉄鋼業の寄与や、茅ヶ崎と比較して大きな海塩の寄与がみられ、観測点周辺の環境による影響を受けていることが示唆された。

3-4-4 後方流跡線解析

成分分析から地域汚染が示唆されたが、実際に越境汚染がなかったのか調べるため、後方流跡線解析を行った。起点は、期間中神奈川県内で最も高濃度となった横浜市の潮田局とした。最も高濃度となったのは 16 日 11 時(90

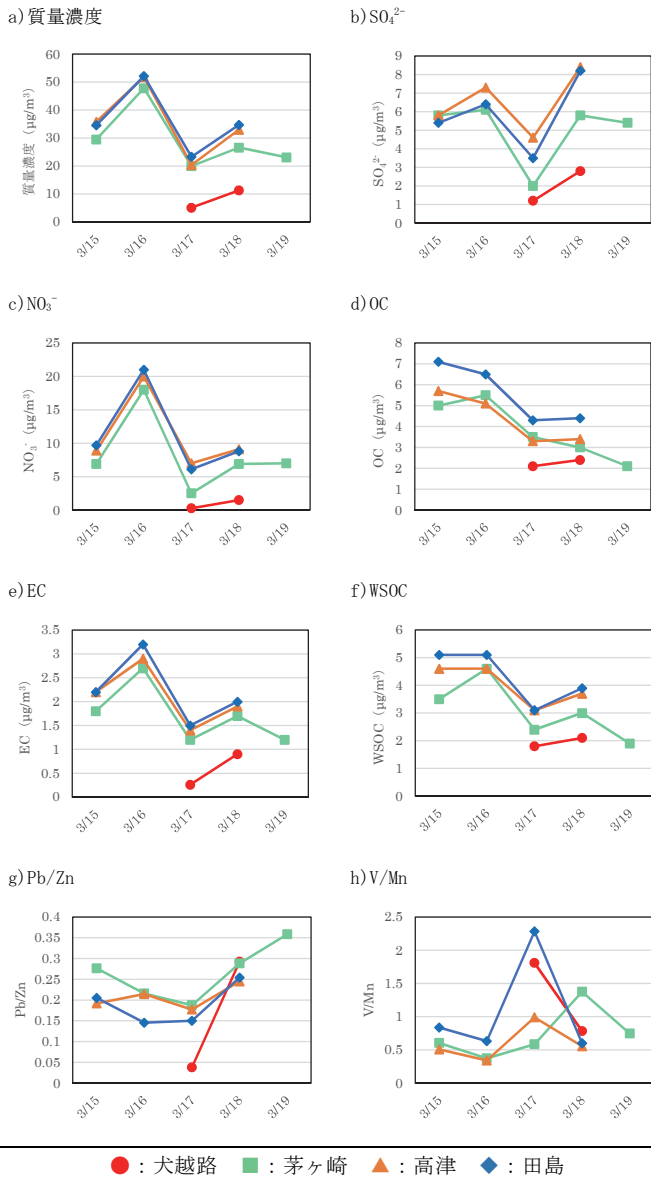


図 24 2014 年度冬季における各成分の濃度推移

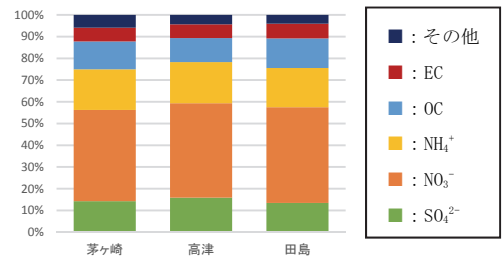


図 25 2015 年 3 月 16 日における PM_{2.5} の成分組成

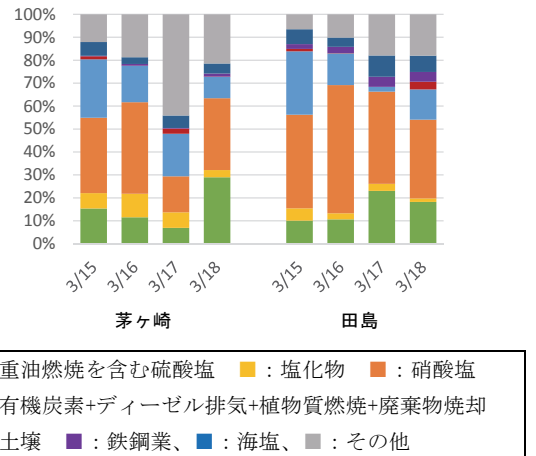


図 26 PMF 法による発生源寄与率

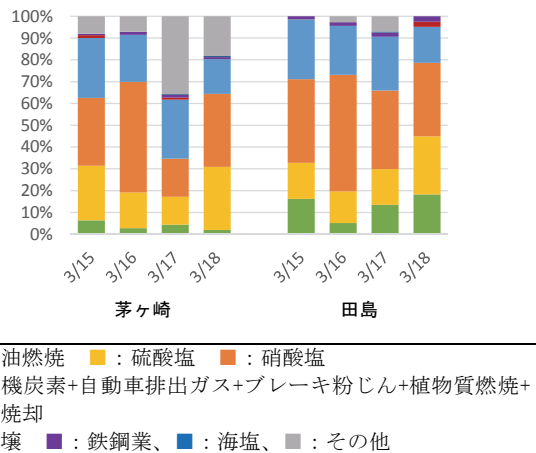


図 27 CMB 法による発生源寄与率

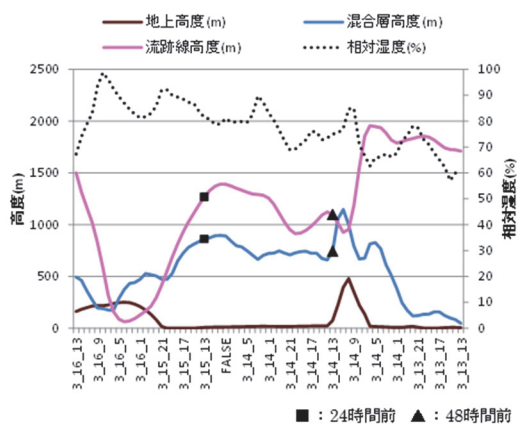
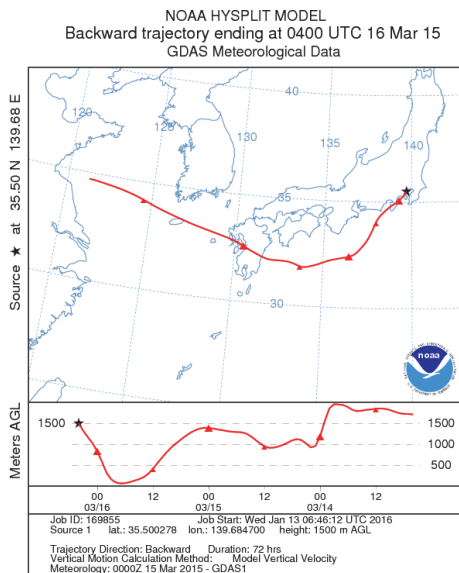


図 28 3月16日13時の後方流跡線解析

$\mu\text{g}/\text{m}^3$)であったが、この時刻では計算上何らかの不具合が生じ、後方流跡線を得ることができなかったため、16日13時の後方流跡線を図28に示す。16日13時の後方流跡線は九州を經由し、西日本の南海上を經由していたこと、一部で流跡線高度が混合層高度よりも低くなっていることから、越境汚染の影響はなかったと考えられる。

3-4-5 2014年度冬季まとめ

2015年3月16日にPM_{2.5}高濃度が発生した。気象概況や常時監視データから、天気が曇りや雨であったため日照時間が少なく高湿度であり、また東京湾岸地域を中心にNO_xが高濃度であった。そのため、NO₃⁻の生成が促進され、風もそれほど強くなかったことから、生成したPM_{2.5}が長時間滞留したことにより高濃度となったと考えられた。成分分析結果から、Pb/Zn比が上昇しなかったこと、後方流跡線解析により越境汚染の影響が見られなかったことにより、主に地域汚染に起因するものであったと推測された。また、発生源寄与解析からも、高濃度化に寄与する成分が異なり、観測点の周辺環境の影響を受けていることが示唆された。

4. おわりに

2014年度から2016年度の3か年にわたり、神奈川県

内のPM_{2.5}高濃度事象について、県、川崎市と共同で調査し、季節ごとの特徴について整理した。

春季では、主に広域的な汚染気塊の移流によってPM_{2.5}が高濃度となる傾向があり、時には地域汚染の影響が加わることが確認された。

夏季では、風が弱く湿度の高い日には、光化学反応による二次生成物により高濃度を示す傾向が見られた。また、気象条件によっては硫酸塩による汚染気塊が循環することでPM_{2.5}が高濃度になると推察された。

秋季では、地域汚染によってPM_{2.5}が高濃度となる傾向が見られた。汚染物質としては、NO₃⁻やOCが主であることが示唆された。

冬季では、主に地域汚染によってPM_{2.5}が高濃度となる傾向が見られた。また、汚染物質の多くは硝酸塩であり、二次生成反応が促進される風が弱く湿度の高い日に高濃度化する傾向にあることが分かった。

今回の調査で、高濃度化に寄与した成分やその発生場所が季節ごとに異なることが分かった。今後は、地域汚染の詳細な原因調査や原因物質の特定等を進めたい。

文献

- 1) 環境省：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（通知）、5pp(2009)
- 2) 環境省：2014年度 大気汚染状況について（一般環境大気測定局、自動車排出ガス測定局の測定結果報告）（お知らせ）、<http://www.env.go.jp/press/102152.html>（2018年8月時点）
- 3) Takemura, T., T. Nozawa, S. Emori, T. Y. Nakajima, and T. Nakajima: *Journal of Geophysical Research*, **110**, D02202(2005)
- 4) 環境省：大気中微小粒子状物質（PM_{2.5}）成分測定マニュアル、<https://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/manual.html>（2018年8月時点）
- 5) 豊永悟史、出納由美子、北岡宏道、村岡俊彦：レセプターモデルを用いた熊本県におけるPM_{2.5}発生源寄与の推定-離島との比較による越境/地域汚染の影響の解析-、大気環境学会誌、**52**、150-165（2017）
- 6) 辻昭博、日置正：大気エアロゾル中のイオン成分および無機元素成分の粒径別高時間分解能観測による黄砂と人為起源物質の越境輸送の詳細解析、大気環境学会誌、**48**、82-91(2013)
- 7) 日置正、紀本岳志、長谷川就一、向井人史、大原利真、若松伸司：松山、大阪、つくばで観測した浮遊粉じん中金属元素濃度比による長距離輸送と地域汚染特性の解析、大気環境学会誌、**44**、91-101(2009)
- 8) 米国海洋大気庁（NOAA）：Air Resources Laboratory - HYSPLIT - Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory model、<https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>（2018年8月時点）
- 9) 石井宏明、神田学、森脇亮、奥園孝二：東京湾上空の大気環境計測、水工学論文集、**43**、233-238（1999）

水質試料中の2-エトキシエタノールの分析方法について

酒井 学 (横浜市環境科学研究所)

Determination method of 2-ethoxy ethanol in aqueous samples

Manabu Sakai (Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：2-エトキシエタノール、水質、GC/MS

要 旨

2-エトキシエタノールは、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（化管法）」の第1種指定化学物質であるが環境中の実測例が少なく、実態把握の必要性が高い物質の一つである。しかし、水環境中の2-エトキシエタノールについては、40年以上前に水素炎イオン化検出器/ガスクロマトグラフを用いた分析方法が報告されているものの、物質の選択制や検出感度の面で課題が残されている。そこで、新たな分析方法を検討した結果、水試料にサロゲート物質を添加し、活性炭カートリッジで抽出後、ガスクロマトグラフ質量分析装置を用いて測定することにより、0.5 μg/L レベルまで定量可能と考えられた。

1. はじめに

2-エトキシエタノール（別名：エチルグリコール、エチルセロソルブ、エチレングリコールモノエチルエーテル）（図1）は、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（化管法）」の第1種指定化学物質に指定され、人や生態系への有害性を有し、暴露の可能性があるとされている。2-エトキシエタノールは、横浜市内においても環境中へ排出実績があり（平成27年度の神奈川県による横浜市内の排出量は、3960 kg）¹⁾、市内の環境リスクを評価する上で重要な化学物質の一つである。

しかし、水環境中の2-エトキシエタノールの分析方法は、40年以上前にガスクロマトグラフ/水素炎イオン化検出器(GC/FID)を用いた方法が報告されているものの²⁾、物質の選択制や検出感度の面で課題が残されている。

そこで、環境調査を行う前段として、水試料中の2-エトキシエタノールについて、分析方法の検討、開発を行うこととした。

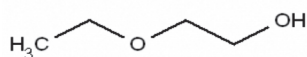


図1 2-エトキシエタノール

2-エトキシエタノールの物理化学的性質を表1に示す。分配係数(log Pow)が-0.32と小さく、極性溶媒に溶けやすいことから、ヘキサン等の非極性溶媒を用いた溶媒抽出ではなく、活性炭による抽出とした。以前の方法では、GC/FIDを用いたが、今回は定性面、定量面での分析精度を確保するため、ガスクロマトグラフ質量分析装置(GC/MS)とサロゲート物質(エトキシエタノール-d₄)を用いる方法とした。

表1 2-エトキシエタノールの物理化学的性質³⁾

沸点 (°C)	比重 (g/m ³)	蒸気圧 (Pa)	水溶解度 (mg/L)	分配係数 log(オクタ ノール/水)
135	0.9297 (20°C)	708 (25°C)	自由混和	-0.32

2. 分析

2-1 試薬類

アセトン、和光純薬工業製の残留農薬・PCB試験用を用い、2-エトキシエタノールは和光純薬工業製の試薬特級、2-エトキシエタノール-d₄は、C/D/N Isotopes製を用いた。また、4-ブロモフルオロベンゼンは関東化学製標準液(1 mg/mL)、硫酸銅 5水和物は和光純薬工業製試薬特級を使用した。

活性炭カートリッジは、セップパック AC-2 Plus (400 mg, Waters製)を使用し、妨害物質除去のための固相カートリッジは、セップパック PS-2 Plus (225 mg, Waters製)、OASIS HLB Plus (230 mg, Waters製)を用いた。

2-2 GC/MS

GC/MSは、島津製作所製のGC/MS QP2010 Plusを用い、分析条件を表2に示す。定量分析は、選択イオンモニタリング法(SIM)で行い、マススペクトルの採取は、スキヤン法とした。

2-3 検量線

2-エトキシエタノールの濃度(10~250 ng/mL)の標準液各1.0 mLに対して2-エトキシエタノール-d₄を50 ng、4-ブロモフルオロベンゼンを100 ng加えた後、GC/MSを用いて測定を行った。検量線は、10~150 ng/mLまで

の低濃度用と、50~250 ng/mL までの高濃度用の 2 種類を作成した。

表 2 GC/MS の測定条件

使用カラム	: J&W製、DB-WAX 30 m × 0.25 mm × 0.50 μ m
カラム温度	: 40° C (4 min) → 5° C/min → 95° C(0 min) → 10° C/min → 210° C (5 min) → 10° C/min → 225° C(0 min)
試料導入方法	: スプリットレス (パージ開始 0.8 min)
注入口温度	: 200° C
キャリアーガス	: ヘリウム、線速度一定 40 cm/s
注入量	: 1.0 μ L
インターフェイス温度	: 230° C
イオン源温度	: 200° C
検出モード	: SIM
モニターイオン	
2-エトキシエタノール	: m/z 72.0 (定量用)、m/z 59.0 (確認用)
2-エトキシエタノール- d_4	: m/z 76.0 (定量用)、m/z 61.0 (確認用)
4-プロモフルオロベンゼン	: m/z 174.0 (定量用)、m/z 176.0 (確認用)

2-4 2-エトキシエタノールの抽出及び分析

2-エトキシエタノールの抽出操作から分析までは、以下の操作に従った。

(1) 水質試料 100 mL に 2-エトキシエタノール- d_4 を 250 ng 添加した溶液を調製する。

(2) アセトン 20 mL 及び精製水 20 mL で洗浄した 2 連の固相カートリッジ(セップパック PS-2 Plus 又は OASIS HLB Plus を試料側、セップパック AC-2 Plus を排出側になるように連結したもの) を用意し、(1) で調製した溶液を通水する (写真 1)。

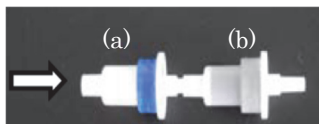


写真 1 2 連の固相抽出カートリッジ

(a) セップパック PS-2、(b) セップパック AC-2

矢印は試料の通水方向

(3) 2 連の固相カートリッジからセップパック AC-2 Plus のみを取り出し、精製水 10 mL を流して洗浄する。

(4) あらかじめアセトンで洗浄して乾燥したセップパック AC-2 Plus (汚染防止用) を通水したセップパック AC-2 Plus の先端に接続して 2 連とする。

(5) 2 連のセップパック AC-2 Plus を吸引ポンプにより 30 分以上空気を通気して脱水・乾燥させる。ここで、乾燥状態の確認は、重量を測定することとする。

(6) 乾燥後、汚染防止用のセップパック AC-2 Plus をはずし、試料を通水したセップパック AC-2 Plus にアセトン 6 mL を流し、2-エトキシエタノールを溶出させる。

(7) 溶出液を窒素ガス吹付けで、正確に 5.0 mL とする。

(8) 溶出液 5.0 mL から 1.0 mL を分取し、4-プロモフルオロベンゼン 100 ng (20 μ g/mL の溶液を 5 μ L) を添加してから GC/MS による測定を行う。

2-5 空試験

精製水を用いて、2-4(2)-(8) の操作に従って、濃縮後、GC/MS 測定を行った。

2-6 分析方法の検出下限値

分析方法の検出下限値 (MDL) は、横浜市内の海水試料 (横浜市神奈川区・宝運河) 100 mL に 2-エトキシエタノール 50 ng、2-エトキシエタノール- d_4 250 ng を添加後、2-4(2)-(8) の操作に従い測定した。この操作を 7 回繰り返し、得られた結果の標準偏差より MDL を算出した⁴⁾。

2-7 添加回収試験

海水については、検出下限値を求めた際の結果を用いた。河川水については、平成 30 年 2 月、横浜市内を流れる大岡川の上流部・横浜市磯子区水取沢で河川水を採取し、2-エトキシエタノール無添加試料 (n=2)、及び河川水 100 mL に対して 2-エトキシエタノールを 197 ng 添加した試料 (n=6) を調製した後、2-4 の操作に従って GC/MS による分析を行い、回収率 (=検出量/添加量) を求めた。

2-8 河川水を用いた保存性試験

平成 30 年に河川水 (大岡川の上流部・横浜市磯子区水取沢及び中流部・横浜市港南区上大岡) を採取し、2-エトキシエタノールを添加した試料を調製するとともに、中流部・港南区上大岡については、更に生物分解を防ぐために硫酸銅を 1L あたり 10mg 加えた試料を調製し、冷暗所に保存して 7 日後の残存率を 2-4 の操作に従って測定した (n=2)。

3. 結果

3-1 2-エトキシエタノールのマススペクトル

濃度 100 ng/mL の 2-エトキシエタノールのマススペクトルを図 2(a) に、2-エトキシエタノール- d_4 のマススペクトルを図 2(b) に示した。定量イオンの選択は、(m/z=59, 61) と (m/z=72, 76) の組合せが考えられる。m/z=59, 61 の方が m/z=72, 76 よりも強度が大きく、m/z=72, 76 より低濃度まで測定可能と考えられた。しかし、m/z=61 は、2-エトキシエタノール- d_4 のみならず、2-エトキシエタノールも小さなピークを有しており、今回用いた分離カラムや測定条件では、2-エトキシエタノール- d_4 と 2-エトキシエタノールのピークは一部重なってしまった。そこで、定量イオンには、2-エトキシエタノール (m/z=72)、2-エトキシエタノール- d_4 (m/z=76) を用いることとした。

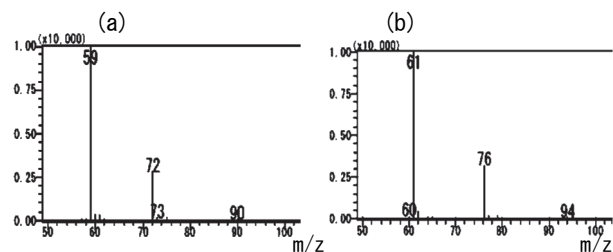


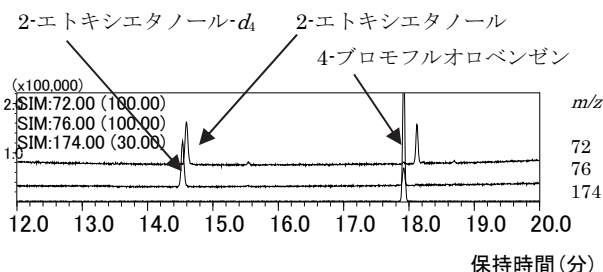
図 2 2-エトキシエタノールのマススペクトル

(a) 2-エトキシエタノール、(b) 2-エトキシエタノール- d_4

3-2 検量線

今回の分析条件で標準液を測定したところ、2-エトキシエタノール、2-エトキシエタノール-*d*₄ は保持時間 14.5 分~14.6 分にピークが認められた。図 3 に標準液 (50 ng/mL) の GC/MS クロマトグラムを示す。

[定量イオン]



[確認イオン]

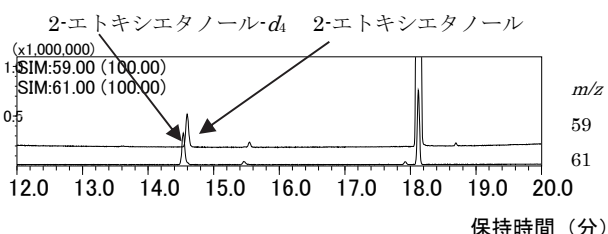


図 3 標準液の GC/MS クロマトグラム

次に、2-エトキシエタノール (m/z=72) と 2-エトキシエタノール-*d*₄ (m/z=76) の濃度比及び面積比より検量線を作成した。

低濃度用の検量線 (図 4) 及び高濃度用の検量線 (図 9) は、いずれも相関係数 $R^2 > 0.99$ の一次直線となった。

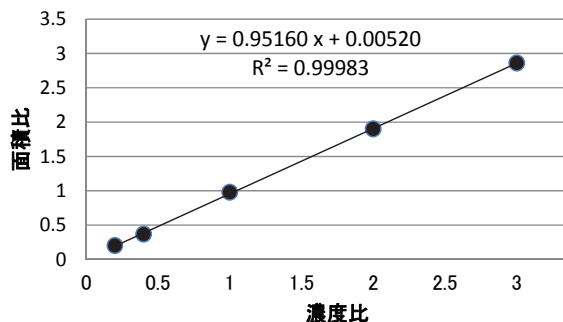


図 4 低濃度領域の検量線

(対象物質濃度 10~150 ng/L)

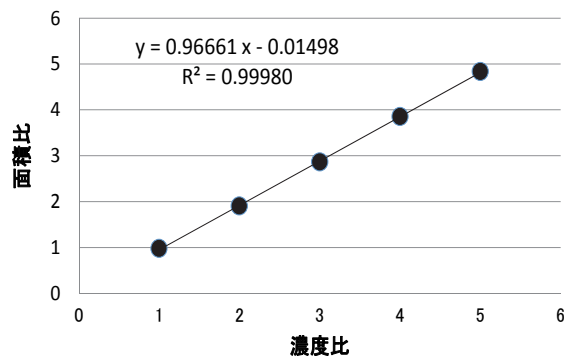


図 5 高濃度領域の検量線
(対象物質濃度 50~250 ng/mL)

3-4 空試験

空試験の結果、2-エトキシエタノールは 0.095 μ g/L (MDL) 未満であった。

3-5 検出下限値及び定量下限値

MDL (検出下限値) の結果を表 3 に示した。今回の方法による MDL は 0.095 μ g/L となった⁴⁾。また、定量については、検量線の最低濃度より換算して、0.5 μ g/L 相当まで可能と考えられた。

表 3 MDL 測定結果

対象物質名	2-エトキシエタノール	
試料	海水 (宝運河)	
試料量 (L)	0.1	
標準添加量 (ng)	50	
最終液量 (mL)	5	
試料換算濃度 (μ g/L)	0.5	
注入量 (μ L)	1.0	
操作ブランク (μ g/L) ^{*1}	< 0.095	
無添加試料 (μ g/L) ^{*2}	< 0.095	
		サロゲート回収率 (%)
結果1 (μ g/L)	0.500	93
結果2 (μ g/L)	0.571	94
結果3 (μ g/L)	0.504	94
結果4 (μ g/L)	0.537	98
結果5 (μ g/L)	0.511	98
結果6 (μ g/L)	0.529	100
結果7 (μ g/L)	0.518	87
平均 (μ g/L)	0.524	95
標準偏差	0.024	
MDL (μ g/L) ^{*3}	0.095	
CV	4.7	
S/N	9.0	

*1: 空試験液を測定した値の平均値 (n=2)

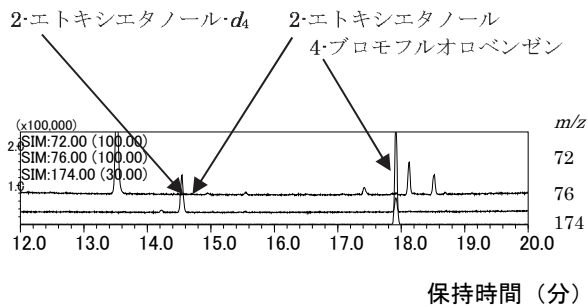
*2: MDL 算出用試料に標準を添加していない状態に含まれる濃度の平均値 (n=2)

*3: $MDL = t(n-1, 0.05) \times \sigma_{n-1} \times 2$

3-6 添加回収試験

添加回収試験の結果、2-エトキシエタノールの回収率及びサロゲートの回収率は80%を超えており、回収率は河川水、海水いずれも良好であった。図6に無添加・海水試料、図7に海水100 mLに2-エトキシエタノールを50 ng 添加した試料のGC/MS クロマトグラムを示す。無添加の海水試料では、該当物質のピークが認められないが、標準を添加した試料では、ピークが認められ、海水の場合の回収率は104%であった。

[定量イオン]



[確認イオン]

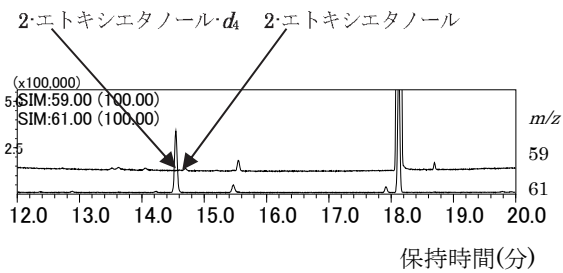
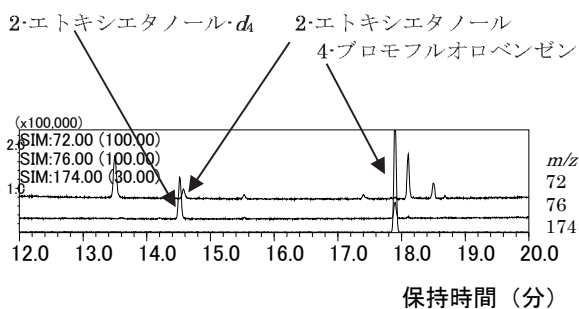


図6 無添加試料(海水)のクロマトグラム

[定量イオン]



[確認イオン]

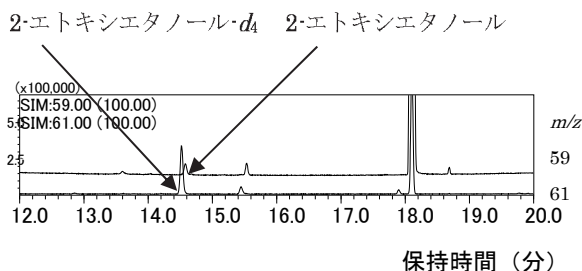


図7 添加試料(海水)のクロマトグラム

3-7 保存性試験

2-エトキシエタノールを添加した試料を冷暗所に保存した場合、河川上流部の氷取沢の河川水では分解がほとんど認められず、7日後90%の残存率を示したが、河川中流部の上大岡の河川水では残存率が低下し、7日後に50%以下となった。一方で、微生物分解を防ぐために硫酸銅を1Lあたり10 mg 添加した試料では7日後90%以上の残存率を示した。このことから、試料採取後に速やかに分析することが難しい場合は、硫酸銅を添加してから冷暗所に保存する必要があると考えられた。

表4 保存性試験結果

試料名	試料中の濃度 $\mu\text{g/L}$ (残存率)		
	当日	3日後	7日後
河川水 (上流・氷取沢)	0.88		0.80 (90)
河川水 (中流・上大岡)	1.10	0.81 (74)	0.27 (25)
河川水 (中流、硫酸銅添加)	1.10	1.11 (101)	1.09 (99)

4. まとめ

水質試料中の2-エトキシエタノールについて検討を行った結果、2-エトキシエタノール- d_4 を添加し活性炭カートリッジ(セップパック AC-2 Plus)で固相抽出した後、通気乾燥してアセトンで溶出した溶液をGC/MSで測定することで分析可能と判断した。

海水に標準を添加した試料を分析した結果(n=7)及び検量線の最低濃度から、今回用いた方法で、 $0.5 \mu\text{g/L}$ 相当まで定量可能であると考えられた。

なお、試料によっては冷暗所に保存しても残存率の低下が認められることから、速やかな分析が困難な場合は、硫酸銅の添加が必要と考えられた。

補 足

ここで示した分析法の検討は、環境省化学物質環境実態調査の一環として横浜市が実施したものである⁵⁾。

文 献

- 神奈川県：神奈川県のPRTRデータ(詳細)、<http://www.pref.kanagawa.jp/docs/b4f/prtr/index.html> (2019年1月時点)
- 環境庁環境保健部保健調査室：昭和52年版環境における化学性物質の存在(1977)
- 環境省環境保健部環境リスク評価室：化学物質の環境リスク評価第4巻、36-56(2005)
- 環境省総合環境政策局環境保健部環境安全課：化学物質環境実態調査実施の手引き(平成27年度版)、127pp.(2015)
- 環境省総合環境政策局環境保健部環境安全課、平成29年度化学物質分析法開発調査報告書(2019)

横浜市内のマイクロプラスチック調査（第1報）

－沿岸のマイクロプラスチックの漂着状況－

蝦名紗衣、加藤美一、堀美智子（横浜市環境科学研究所）

Microplastic survey in Yokohama City (Part1)

－Microplastics washed ashore on the coasts－

Sae Ebina, Yoshikazu Kato, Michiko Hori (Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：マイクロプラスチック、東京湾、海洋環境、漂着ごみ

要 旨

近年マイクロプラスチックによる海洋汚染が国内外で注目を浴びており、汚染の実態把握が進められている。横浜市環境科学研究所では、2017年度から横浜市内の環境中に存在するマイクロプラスチックの実態調査を行っている。2017年度は、4月～6月に市内の沿岸6地点でマイクロプラスチックの漂着状況を調査し、さらに、そのうち3地点で12月に追加調査を行った。マイクロプラスチックの漂着量は0.16 m²あたり1～1,000個と地点差が見られ、野島海岸で最も多く観察された。形状別では、5地点で元のプラスチックが環境中で細片化した2次マイクロプラスチックが2/3以上を占めていた。4月と12月では個数等に差があったが、季節変動か地点内の偏りなのか今回の調査だけでは判断が難しく、偏り等を考慮しモニタリングしていく必要がある。

1. はじめに

近年、マイクロプラスチックによる海洋汚染が国際的な問題となっている。2015年に採択された国連の持続可能な開発のための2030アジェンダ(SDGs)では海洋汚染の防止と大幅な削減が目標に掲げられており、2017年に開催されたG7環境大臣会合ではマイクロプラスチックに対する懸念が表明されている¹⁾。

環境省の2015年度の調査では、東京湾・駿河湾・伊勢湾の計20地点で漂流している5mm以下のマイクロプラスチックをサンプリングし、個数を求めている。横浜市の鶴見川河口域では、多摩川河口域に次いで2番目に多い個数のマイクロプラスチックが見つかっており、中でも洗顔料等に含まれる、サイズの小さいマイクロビーズは最も多く見つまっている。また人口の多い都市圏でマイクロプラスチックが多く観察される傾向があった²⁾。

海洋に存在するプラスチックは、海を漂流しているもの、海底に沈降しているもの、海岸に漂着しているものなどが考えられるが、海岸に存在するプラスチックは海岸からの熱や紫外線の影響により劣化が進みやすく、細片化しやすい。そのため海岸がマイクロプラスチックの生成の場となっている可能性が高いと考えられている³⁾。

横浜市環境科学研究所では、横浜市内の環境中に存在するマイクロプラスチックの実態を詳細に把握するために、2017年度から調査を開始した。2017年度はマイクロプラスチック生成の場として考えられる海岸や、河口の沿岸に存在するマイクロプラスチックを対象に調査を行った。本論文では、東京湾に面している横浜市内の沿岸6地点でマイクロプラスチックの漂着状況を調査した結果を報告する。

2. 調査方法

2-1 調査概要

マイクロプラスチックの定義は研究者によって異なるが、5mm以下のプラスチックを総称することが多く³⁾、本調査でも概ね5mm以下のものを対象とした。

今回の調査概要を図1に示す。公定法がないため、調査方法は研究者によって様々であるが⁴⁾、神奈川県内での個数の比較データにできるように、概ね神奈川県環境科学センターの方法⁵⁾に準じて行った。

4月～6月は同一地点で1点のみ、12月は2点のサンプリングを行った。その後の人工物の分離・マイクロプラスチックの分類についてはどちらの調査も共通である。

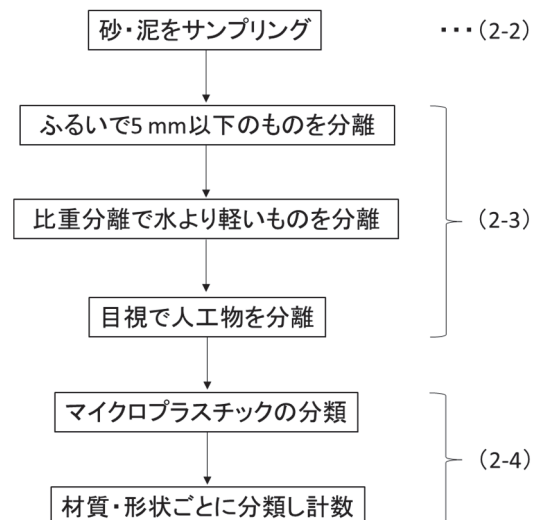


図1 調査概要

2-2 サンプリング

2-2-1 4月～6月の調査

2017年4月～6月に横浜市内の沿岸6地点でサンプリングを行った。サンプリング地点を図2に、写真を図3に、調査日を表1に示す。①は干潟、②は河口の護岸、③は山下公園内の橋の下にある小さな砂浜、④～⑥は海岸である。①～③については、岩などの障害物がなく、サンプリングが可能な任意の一点、④～⑥は満潮線が確認できたので、満潮線上の一点でサンプリングを行った。

砂または泥の上に40 cm四方のコドラートを設置し、表層3 cmをスコップで採取した(図4)。



図2 サンプリング地点の地図

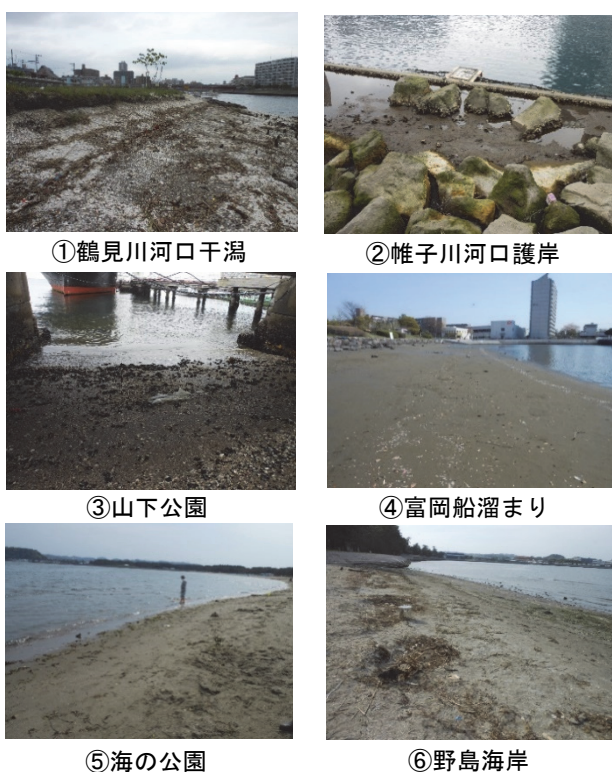


図3 サンプリング地点の写真

表1 2017年4月～6月の調査場所と調査日

地点名	特徴	調査日	天候	潮位 [cm]
① 鶴見川河口干潟	干潟	5月15日	晴	30
② 帷子川河口護岸	護岸	6月8日	雨	45
③ 山下公園	砂浜	6月8日	雨	30
④ 富岡船溜まり	海岸	4月13日	晴	60
⑤ 海の公園	海岸	4月20日	晴	90
⑥ 野島海岸	海岸	4月20日	晴	70



図4 サンプリングの様子

2-2-2 12月の調査

2017年12月に、4月～6月に調査した地点のうち、満潮線が確認できる海岸3地点において追加で同様の調査を行った。サンプリング地点及び調査日を表2に示す。4月～6月の調査では1地点につき1点のみのサンプリングであったが、12月の調査では、比較的場所による組成の差が小さかった神奈川県「最大ベース」の調査方法⁵⁾に準じてサンプリングを行った。満潮線上のうち、目視で漂着物が多い2点でサンプリングを行い、平均値を算出した。

表2 2017年12月の調査場所と調査日

地点名	特徴	調査日	天候	潮位 [cm]
④ 富岡船溜まり	海岸	12月4日	晴	100
⑤ 海の公園	海岸	12月4日	晴	100
⑥ 野島海岸	海岸	12月4日	晴	95

2-3 人工物の分離

まずサンプリングした砂または泥を、4.76 mmメッシュのふるいでふるった。

その後比重分離をするため、ふるい通過物を水道水で攪拌し、10分ほど静置した後、浮遊物を0.063 mmメッシュで掬った。この工程では水より軽いものと、水より重い砂などを分離することができる。浮遊物がなくなるまで、この作業を繰り返した。水より軽いプラスチックが雨に流されて海を漂流するため、今回は水より軽いものを対象とした。

分離した浮遊物を乾燥させ、目視で人工物のみピンセットで分取した。そのため、目視で確認できるサイズ(概ね100 μm以上)のマイクロプラスチックが対象となっている。

2-4 マイクロプラスチックの分類

分離した浮遊物を赤外分光光度計 (FT-IR) にかけて、材質判定を行った。使用した装置は、Thermo Fisher製のNicolet 380である。マイクロプラスチック全体の個数密度、並びに材質及び形状(破片・粒子・繊維・ペレット)ごとに組成を求めた。

3. 結果と考察

3-1 マイクロプラスチックの個数

各地点において、観察されたマイクロプラスチックの個数、材質・形状別の割合を表3に、また個数をグラフにしたものを図5に示す。帷子川河口護岸や山下公園では0.16 m²あたり3個以下と少なかった。野島海岸では143~1,000個ものマイクロプラスチックが観察され、他地点と比べ存在するマイクロプラスチックの個数に顕著な差が見られた。また2017年5月の神奈川県内の久里浜海岸(東京湾)における満潮線上の平均個数⁵⁾(223個)と比較しても、同時期の野島海岸の1,000個は多い結果となった。多かった理由として海岸の形状や海流が関係している可能性がある。稲垣らの野島海岸付近の表層流の測定結果(1996年7月2日)によると、下げ潮時に東京湾の海水が金沢湾に入り込み、八景島の周りに還流を形成することが分かっている(図6)⁶⁾。また野島海岸付近の表層流を計算しており、周期的な潮汐に対し定常状態になるまで計算を行うと、図7(a)のように北東風が吹いているときに野島の両側の2本の水路から回り込んで海岸に向かう流れがあることが分かる⁷⁾。このような特徴的な流れから、野島海岸は東京湾や河川からのマイクロプラスチックが漂着しやすい場所であると考えられる。

4月の個数と12月の2点の平均値を比較すると、④富岡船溜まりでは12月が多く、⑤海の公園・⑥野島海岸では4月の方が多結果となった。季節変動か同一地点内のサンプリング場所による偏りが判断が難しく、場所による偏り等考慮してモニタリングしていく必要がある。

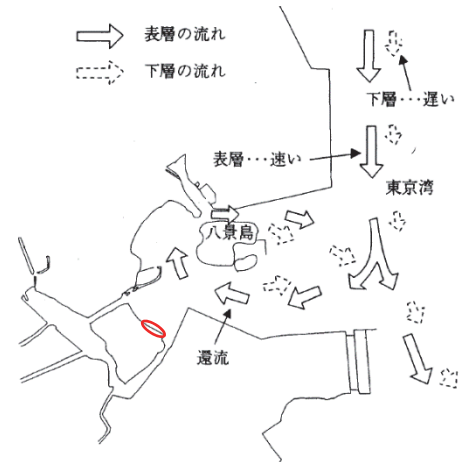


図6 金沢湾表層の還流の形成⁶⁾
(野島海岸は赤丸で示している)

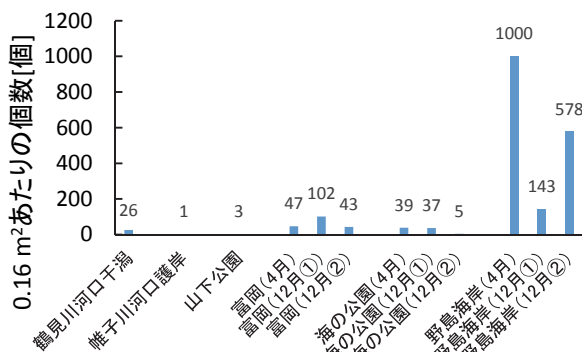


図5 各地点のマイクロプラスチック個数

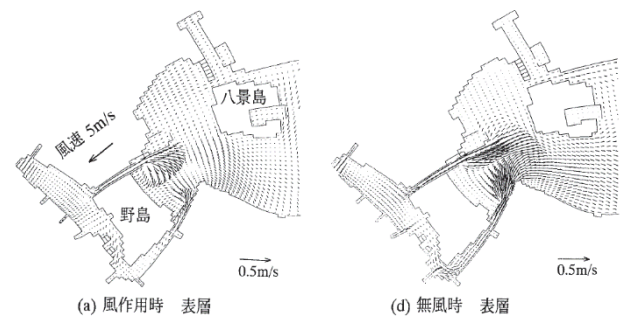


図7 野島海岸付近の表層流の計算結果⁷⁾

表3 マイクロプラスチックの0.16 m²あたりの個数と材質・形状別の割合

	地点名	調査月	個数 [個]	材質別割合 [%]				形状別割合 [%]			
				PE	PP	PS	その他	破片	粒子	繊維	ペレット
①	鶴見川河口干潟	5月	26	19	7.7	69	3.8	23	73	3.8	0
②	帷子川河口護岸	6月	1	100	0	0	0	100	0	0	0
③	山下公園	6月	3	33	33	0	33	67	0	33	0
④	富岡船溜まり	4月	47	72	21	6.4	0	85	6.4	6.4	2.1
		12月①	102	44	27	27	1.0	72	21	7.9	0
		12月②	43	35	28	37	0	74	26	0	0
		12月平均	73	41	28	30	0.69	72	22	5.5	0
⑤	海の公園	4月	39	51	18	31	0	90	10	0	0
		12月①	37	43	24	32	0	70	14	0	16
		12月②	5	60	20	20	0	80	20	0	0
		12月平均	21	45	24	31	0	71	14	0	14
⑥	野島海岸	4月	1,000	81	14	3.4	1.5	86	5.6	4.5	4.3
		12月①	143	38	24	37	0	76	5.6	0	19
		12月②	578	39	17	43	1.6	71	23	2.6	3.8
		12月平均	360	39	18	42	1.2	72	19	2.1	6.8

3-2 材質・形状別の割合

特徴的に多く観察されたマイクロプラスチックの個数と割合を表4に示す。発泡スチロール由来と思われる白い破片(図8)・ポリスチレン(PS)の1mm程度の粒子(図9)・人工芝由来と思われるポリエチレン(PE)破片(図10)が多く観察された。PS粒子は神奈川県調査でも観察されている⁵⁾。中でも人工芝由来と思われるPE破片(図10)が多く、④富岡船溜まり・⑤海の公園・⑥野島海岸の地点では4月は44~59%、12月は19~40%を占めていた(表4)。

また材質別の割合を表3及び図11に示す。比重分離によって水面に浮遊したものを分離しているため、比重が1より小さいポリエチレン(PE)とポリプロピレン(PP)が多く観察された。またポリスチレン(PS)は材料の比重が1.09と水よりも大きい、構造上比重が軽い、発泡スチロール由来と思われる白い破片(図8)や、1mm程度のPS粒子(図9)が観察された。鶴見川河口干潟ではPSが69%と高く、PE・PPは低かった。比重が1以下のPE・PPが沖合に流されやすく、河口に残らなかった可能性がある。富岡船溜まりでは4月はPEが72%、12月はPSが30%と高かった。海の公園では4月も12月もPEが約半数でPP・PSについてもほとんど変動がなかった。野島海岸では4月はPEが81%と高く、12月はPSが42%と高い結果で、富岡船溜まりと同様の傾向が見られた。野島海岸ではポリメタクリル酸メチル(PMMA)の粒子(図12)が数個観察された。

また形状別の割合を表3及び図13に示す。4月の④富岡船溜まり、12月の⑤海の公園・⑥野島海岸ではプラスチック製品の原料であるペレットが観察された。また鶴見川河口干潟以外の地点では、破片状のものが2/3以上を占めており、破片状のものが多という結果は神奈川県の調査結果⁵⁾とも一致していた。元々5mm以下である1次マイクロプラスチック(粒子・ペレット)よりも、プラスチックが環境中で細片化した2次マイクロプラスチック(破片・繊維)の割合が多いことが分かった。

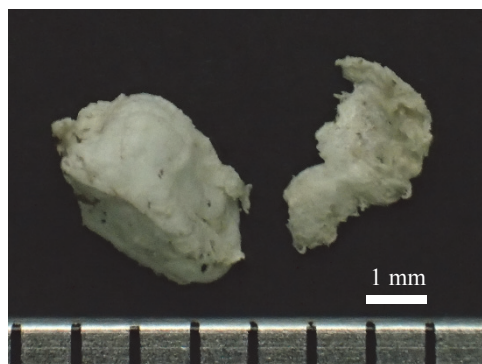


図8 発泡スチロール由来の破片

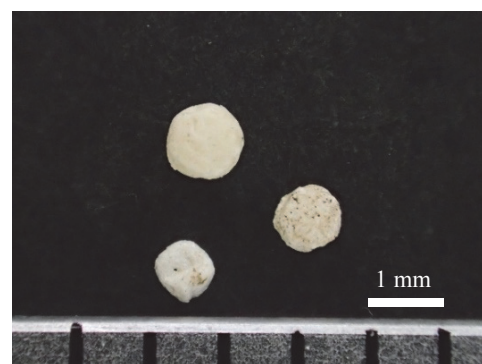


図9 PS粒子

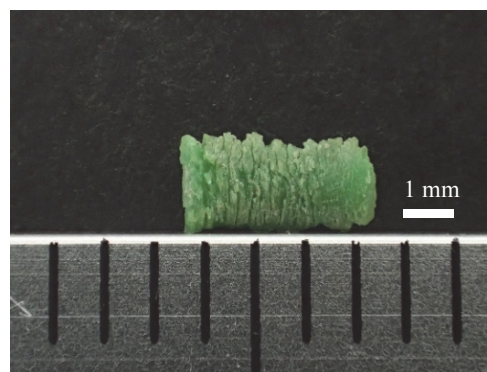


図10 人工芝由来の破片

表4 多く観察されたマイクロプラスチックの0.16 m²あたりの個数と割合

	地点	調査月	発泡スチロール破片		PS粒子		人工芝破片	
			個数[個]	割合[%]	個数[個]	割合[%]	個数[個]	割合[%]
①	鶴見川河口干潟	5月	1	3.8	17	65	3	12
②	帷子川河口護岸	6月	0	0	0	0	0	0
③	山下公園	6月	0	0	0	0	1	33
④	富岡船溜まり	4月	0	0	2	4.3	22	47
		12月①	6	5.9	19	19	32	31
		12月②	6	14	10	23	8	19
⑤	海の公園	4月	未算出	未算出	2	5.1	17	44
		12月①	6	16	5	14	8	22
		12月②	0	0	1	20	2	40
⑥	野島海岸	4月	未算出	未算出	22	2.2	588	59
		12月①	44	31	7	4.9	21	15
		12月②	110	19	120	21	116	20

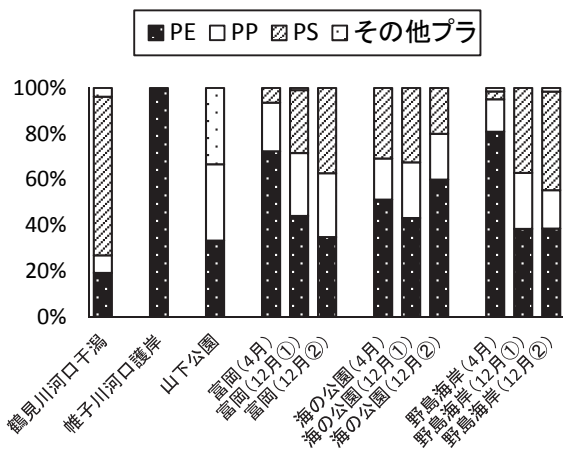


図 11 材質別の割合

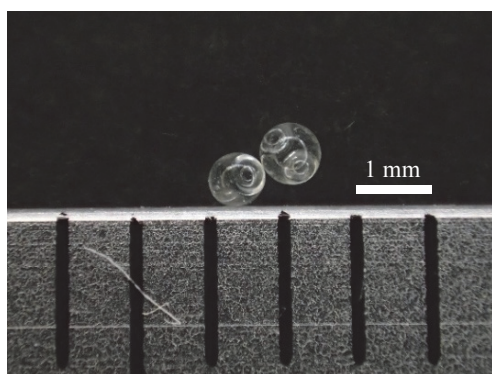


図 12 PMMA 粒子

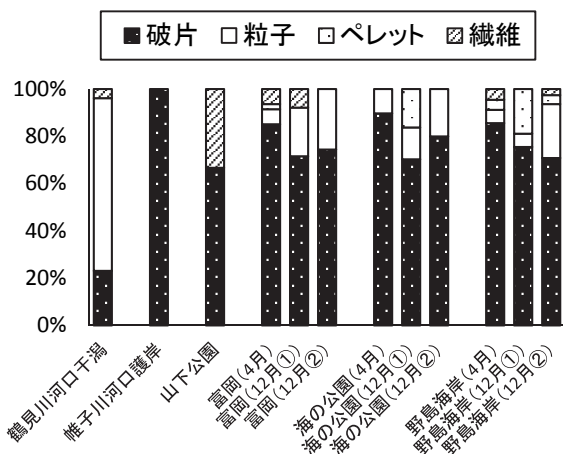


図 13 形状別の割合

4. まとめ

2017年4月～6月にかけて横浜市内の沿岸6地点におけるマイクロプラスチックの漂着状況の調査、さらに、そのうち3地点で12月に追加調査を行った。漂着量を調査したところ、4月の野島海岸で0.16 m²あたり1,000個と最も多く観察された。また形状別では、多くの地点で破片状の2次マイクロプラスチックが2/3以上を占めていることが分かった。4月と12月では個数等に差があったが、季節変動か地点内の偏りなのか今回の調査だけでは判断が難しく、偏り等を考慮しモニタリングしていく必要がある。

謝 辞

沿岸での分布調査を行うにあたり、神奈川県環境科学センターに調査方法をご教授いただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

文 献

- 1) 環境省：海洋ごみに関する国際動向について、https://www.env.go.jp/water/marine_litter/conf/c02-12.html (2018年6月時点)
- 2) 環境省：平成27年度沿岸海域における漂流・海底ごみ実態調査委託業務報告書、IV33-54 (2016)
- 3) Andrady, A.L. : Microplastics in the marine environment, *Marine Pollution Bulletin*, **62**, 1596-1605 (2011)
- 4) Valeria H. R., Lars G., Richard C. T., Martin T. : Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification, *Environ. Sci. Technol.*, **46**, 3060-3075 (2012)
- 5) 池貝隆宏、長谷部勇太、三島聡子、小林幸文：海岸漂着量の評価のためのマイクロプラスチック採取方法、*全国環境研会誌*, **42(4)**, 54-59 (2017)
- 6) 稲垣聡、田中昌宏、秋山真吾、棚瀬信夫、林文慶：閉鎖性海域の流動・密度構造に関する現地観測-神奈川県金沢八景海域を対象として-、*海岸工学論文集*, **44**, 376-380 (1997)
- 7) 稲垣聡、田中昌宏、秋山真吾、棚瀬信夫、林文慶：密度成層を形成する閉鎖性湾の流動及び水質の特性、*海岸工学論文集*, **43**, 1096-1100 (1996)

横浜市内のマイクロプラスチック調査（第2報）

—海岸に漂着したマイクロプラスチックのダイオキシン類濃度—

蝦名紗衣、加藤美一（横浜市環境科学研究所）

Microplastic survey in Yokohama City (Part2)

—Dioxins' concentration in microplastics washed ashore on the coasts—

Sae Ebina, Yoshikazu Kato (Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：マイクロプラスチック、ダイオキシン類、海洋環境、残留性有機汚染物質（POPs）

要 旨

近年マイクロプラスチックによる海洋汚染が国内外で注目を浴びており、横浜市環境科学研究所でも、2017年度から横浜市内のマイクロプラスチックの実態調査を行っている。2017年6月に、海岸に漂着しているマイクロプラスチック（ペレット）に吸着するダイオキシン類調査を行ったところ、白ペレットが42 pg-TEQ/g、環境中に長時間存在していると考えられる黄変ペレットが380 pg-TEQ/gとなり、海岸の砂0.093 pg-TEQ/gと比較してペレットの方が極めて高かった。またダイオキシン類の実測濃度は、DL-PCBsの占める割合が海岸の砂は76%であるのに対し、白ペレットは98%、黄変ペレットは95%と大部分を占めていた。同様に塩素数の低い異性体についてもペレットの方が高い結果となった。

1. はじめに

近年、マイクロプラスチックによる海洋汚染が国際的な問題となっている。2015年に採択された国連の持続可能な開発のための2030アジェンダ(SDGs)では海洋汚染の防止と大幅な削減が目標に掲げられており、2017年に開催されたG7環境大臣会合ではマイクロプラスチックに対する懸念が表明されている¹⁾。

ペレットなどのマイクロプラスチックは親油性であることから、環境中の残留性有機汚染物質(POPs)を吸着する性質があり、海を漂流することでPOPsの輸送媒体となっている²⁾。さらに、海洋生物がPOPsの吸着したマイクロプラスチックに曝露されることにより、POPsが生体移行し、生物への影響が出ることが室内実験で分かっている³⁾。このまま海へのプラスチックの流入が増え続けると、マイクロプラスチックを経由したPOPs曝露の寄与が大きくなる可能性がある⁴⁾。

横浜市環境科学研究所では、横浜市内の環境中に存在するマイクロプラスチックの実態を把握するために、2017年度から調査を開始した。2017年度は沿岸のマイクロプラスチックの分布状況調査⁵⁾と併せて、海岸に漂着しているマイクロプラスチック(ペレット)に吸着するPOPsの調査を行うことにした。POPsの中でもダイオキシン類(DXNs)は毒性の高さから化学物質排出把握管理促進法の特定第一種指定化学物質に指定されており、生体への影響が大きいと考えられるため、今回はDXNsを分析対象とした。本論文ではペレットに吸着するDXNsの調査について報告する。

2. 調査方法

2-1 分析サンプル

マイクロプラスチックの定義は研究者によって異なるが、5 mm以下のプラスチックを総称することが多く⁶⁾、本調査でも5 mm以下のものを対象とした。またPOPs分析の既往の研究²⁾がある、ペレットを選択した。

2017年6月27日(天候：晴)に野島海岸砂上表面にある5 mm以下のペレットをピンセットで採取した。サンプリング地点を図1に示す。その後、ペレットを赤外分光光度計(FT-IR)で測定し、材質判定を行った。使用した装置は、Thermo Fisher製のNicolet 380である。漂着しているペレットはポリエチレン(PE)とポリプロピレン(PP)のものが多かったが、PEの方がPPよりも疎水性物質の吸着能が高いため⁷⁾、PEペレットを分析対象とした。

プラスチックは環境中で添加剤の酸化によって黄変する性質がある。そのため、環境中に出て時間が経つとと考えられる黄変ペレットと、環境中に出て日が浅い

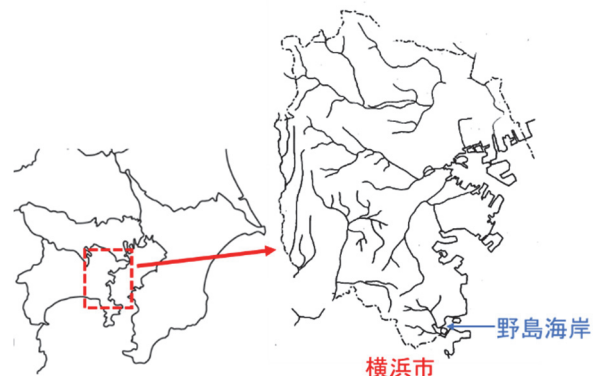


図1 野島海岸の位置

と考えられる白ペレットに吸着する DXNs を分析し、濃度を比較した。分析したペレットの写真を図 2 に示す。さらに、バックグラウンドとして野島海岸の砂も測定した。砂の測定については、公定法⁸⁾ に準じて行った。



図 2 (上) 白ペレット (下) 黄変ペレット

2-2 分析

環境試料中の DXNs の分析は、抽出、精製、濃縮、測定という工程で行われる。精製後の操作については、どの媒体も共通であるため、今回はペレットでの抽出条件のみを検討し、あとの操作は公定法に従った。

既往の研究ではペレットに吸着する POPs (PCBs, DDTs, HCHs) が測定されており、抽出溶媒にヘキサンが用いられているが⁹⁾、環境試料中の DXNs の抽出には通常トルエンが用いられるため、抽出溶媒にトルエンを選定した。また、環境試料ではトルエンでの加熱抽出を行うが、プラスチックは融ける恐れがあるため、常温での攪拌抽出を行った。

三角フラスコにペレット 10 粒とトルエン 50 mL を入れてスターラーで攪拌した。黄変ペレットについては時間ごとの抽出状況を確認するために、24 h ごとにトルエンを新しいものに交換し、~24 h、24~48 h、48~72 h それぞれの抽出液の DXNs 濃度を測定した。白ペレットについては、同じ溶媒で合計 72 h の攪拌抽出を行った。

抽出後、抽出液を多層シリカゲルカラム (SUPELCO 製)・2 層式カーボンリバーシブルカラム (SUPELCO 製) に通し、不純物を取り除いた。その後、25 μL のノナン溶液に調整し測定用の検体とした。

測定は二重収束型質量分析計 (JEOL 製 JMS-800D Ultra FOCUS) を用い、ダイオキシン類対策特別措置法で規制されている異性体 29 種類について定量した。DXNs は PCDDs、PCDFs、DL-PCBs の総称であり、それぞれ塩素の数と位置によって異性体が存在する (図 3)。濃度測定の結果は、3 物質についてそれぞれ異性体の合計値で示している。

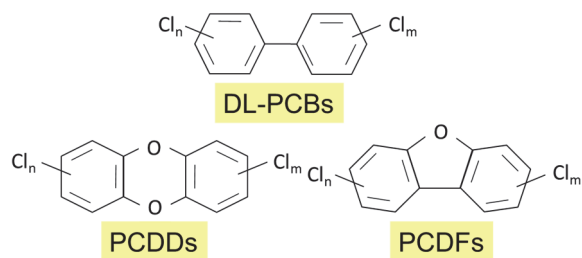


図 3 DXNs の化学構造

3. 結果と考察

3-1 抽出条件

黄変ペレットについて、24 h ごとの抽出液の DXNs 濃度を測定した。抽出時間と抽出された実測濃度の結果を表 1 に示す。濃度はペレット単位重量あたりの値である。

表 1 24 h ごとの抽出液の DXNs 実測濃度

抽出液	PCDDs+PCDFs [pg/g]	DL-PCBs [pg/g]
~24h	8,400	280,000
24-48h	390	14,000
48-72h	47	910
累積	8,800	290,000

PCDDs+PCDFs と DL-PCBs について抽出時間に対して累積抽出濃度をプロットし、濃度が一定の値に収束するという前提のもと最小二乗法で近似式を作成した。PCDDs+PCDFs の近似式が式 (1)、DL-PCBs の近似式が式 (2) である。

$$y = 8,800 \times \left[1 - e^{-\left(\frac{x}{2.5}\right)^{0.45}} \right] \quad (1)$$

$$y = 290,000 \times \left[1 - e^{-\left(\frac{x}{7.5}\right)^{0.94}} \right] \quad (2)$$

(y: 累積抽出濃度、x: 抽出時間)

累積抽出濃度の実測値と近似式をグラフに示したものをそれぞれ図 4、5 に示す。またそれぞれの近似式から得られた収束濃度を 100 %としたときの、24 h ごとの回収率を求めた結果を表 2 に示す。表 2 の結果より、この抽出方法では合計 72 h の抽出でほぼ 100 %回収できており、十分な抽出時間であると考えられる。

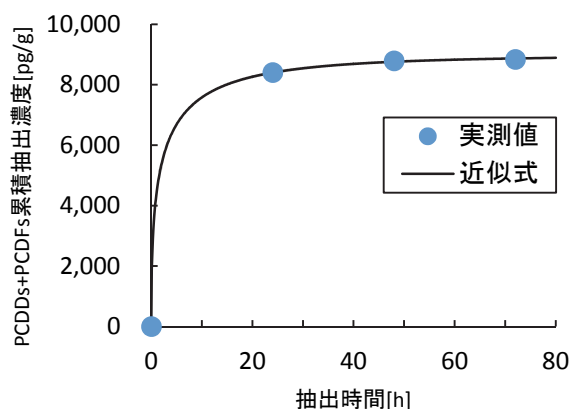


図 4 PCDDs+PCDFs の累積抽出濃度

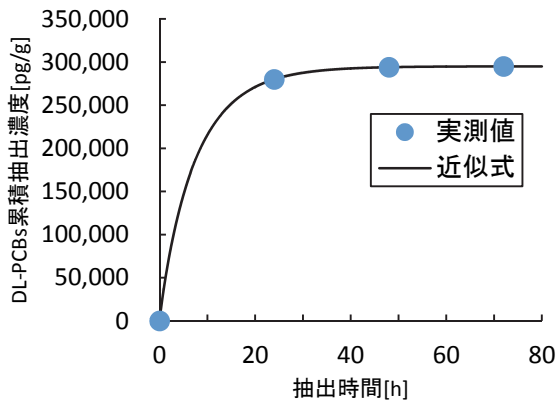


図5 DL-PCBsの累積抽出濃度

表2 24 hごとのDXNs回収率

抽出液	PCDDs+PCDFs [%]	DL-PCBs [%]
~24h	94	95
24-48h	4.3	4.7
48-72h	0.50	0.31
累積	99	100

3-2 濃度の比較

野島海岸の砂、白ペレット、黄変ペレットについて、DXNsの実測濃度及び毒性等量を求めた結果を表3に示す。さらに近辺の環境試料と比較するために、2016年8月3日の横浜市平潟湾内（野島海岸付近の海域）の底質・水質のデータを載せた。毒性等量は各異性体の毒性等価係数と実測濃度の積を合計した値であり、通常DXNs濃度は毒性等量の値で評価されている。

周辺環境試料とペレットに吸着するDXNs濃度（毒性等量）を比較したところ、砂が0.093 pg-TEQ/g、底質が15 pg-TEQ/g、水質が0.062 pg-TEQ/gであるのに対し、白ペレットは42 pg-TEQ/g、黄変ペレットは380 pg-TEQ/gとペレットの方が高かった。ペレットの材質であるPEは疎水性物質との親和性が高いため、周辺環境中のDXNsを吸着していると推察される。マイクロプラスチックの御食が懸念される魚類については、例えば2014年度の東京湾（隅田川河口）の魚類のDXNs平均濃度は1.86 pg-TEQ/gであり¹⁰⁾、これと比較しても高いことが分かる。

また、白ペレットと黄変ペレットの毒性等量を比較したところ、黄変ペレットの方が約10倍高かった。これには2つの要因が考えられる。1点目は環境中での劣化によるPEの材質変化である。既往の研究では、PEペレットへのフェナントレン（POPと同様に疎水性物質）の吸

着実験を行ったところ、新しいものより劣化したペレットへの吸着量が多いという結果が得られている。劣化によってPEの結晶化度が増加し、有機物質との親和性が高くなったと考察している¹¹⁾。本研究でも同様に、黄変ペレットの方が、白ペレットよりもDXNsを吸着しやすくなっている可能性がある。2点目として、黄変ペレットは長い期間環境中に曝露されており、それだけ周辺環境からの吸着量が多いと考えられる。

3-3 組成の比較

今回測定した野島海岸の砂・白ペレット・黄変ペレット、2016年度の横浜市平潟湾内の底質・水質について、実測濃度のDXNs・PCDDs・PCDFs・DL-PCBsの組成を求めたものを表4に、またそれぞれグラフにしたものを図6~9に示す。（塩素数についてTeが4、Peが5、Hxが6、Hpが7、0が8である）

DXNsの組成について、DL-PCBs（図6）は平潟湾底質が61%、平潟湾水質が60%、海岸の砂が76%であるのに対し、白ペレットは98%、黄変ペレットは95%と高かった。疎水性物質について、PE-水分分配係数（ K_{PE-W} ）は、オクタノール-水分分配係数（ K_{OW} ）と概ね比例関係があることが分かっている¹²⁾。DL-PCBsの K_{OW} （平均で $\log K_{OW}=6.9$ ）は、PCDDs（4~8塩素の平均 $\log K_{OW}=7.3$ ）・PCDFs（4~8塩素の平均 $\log K_{OW}=7.0$ ）と比較すると低い傾向があり¹³⁾、PEとの親和性も低いはずであるが、今回はペレット中のDL-PCBsの組成が高いという結果が得られている。

PCDDs（図7）の塩素数の低い異性体の組成についても、TeCDDsに注目すると平潟湾底質が7.5%、平潟湾水質が11%、海岸の砂が24%であるのに対し、白ペレットが91%、黄変ペレットが36%と高かった。

PCDFs（図8）についても塩素数の低いTeCDFsに注目すると平潟湾底質が15%、平潟湾水質が11%、海岸の砂が24%であるのに対し、白ペレットが62%、黄変ペレットが28%とペレットの方が高い結果となった。TeCDDs・TeCDFsはどちらも高塩素の異性体よりも K_{OW} が低く¹³⁾、ペレットは、塩素数が小さく K_{OW} の低い異性体が比較的多く吸着していることが分かった。

東京都環境科学研究所の調査では、東京湾に生息する生物試料についても同様にDL-PCBsや低塩素のものが環境試料中よりも濃縮されているという結果が報告されており¹⁴⁾、ペレットと生物試料がDXNs吸着に関して似たような挙動を示す可能性がある。ただし本調査は1回のみの測定であり、今後同一地点でのペレット間のDXNs濃度の偏りなども考慮して評価していく必要がある。

表3 ペレットと環境試料のDXNs実測濃度・毒性等量

		野島海岸の砂	白ペレット	黄変ペレット	平潟湾底質	平潟湾水質
実測濃度 [pg/g] (水質はpg/L)	PCDDs+PCDFs	13	300	8,800	2,100	7.8
	DL-PCBs	38	13,000	290,000	3,200	11
毒性等量 [pg-TEQ/g] (水質はpg-TEQ/L)	PCDDs+PCDFs	0.057	2.5	45	13	0.056
	DL-PCBs	0.036	40	340	1.9	0.0056
	DXNs合計	0.093	42	380	15	0.062

表4 ペレットと環境試料のDXNs・PCDDs・PCDFs・DL-PCBsの組成

		野島海岸の砂	白ペレット	黄変ペレット	平潟湾底質	平潟湾水質
DXNsの各物質の割合 [%] (図6)	PCDDs	19	1.7	3.3	23	10
	PCDFs	5.1	0.60	1.6	16	30
	DL-PCBs	76	98	95	61	60
PCDDsの各塩素数の異性体の割合 [%] (図7)	TeCDDs	24	91	36	7.5	11
	PeCDDs	1.3	5.0	4.6	4.6	0
	HxCDDs	0.50	2.0	7.2	8.7	9.5
	HpCDDs	21	0	16	18	20
PCDFsの各塩素数の異性体の割合 [%] (図8)	OCDF	53	2.6	36	62	60
	TeCDFs	24	62	28	15	11
	PeCDFs	14	38	39	28	48
	HxCDFs	0	0	23	35	34
DL-PCBsの各塩素数の異性体の割合 [%] (図9)	HpCDFs	46	0	6.5	15	6.9
	OCDF	16	0	3.0	6.2	0
	TeCBs	5.6	22	4.8	7.6	8.8
	PeCBs	80	69	77	82	81
	HxCBs	14	7.2	17	10	9.7
	HpCBs	0.90	0.30	1.3	0.80	0

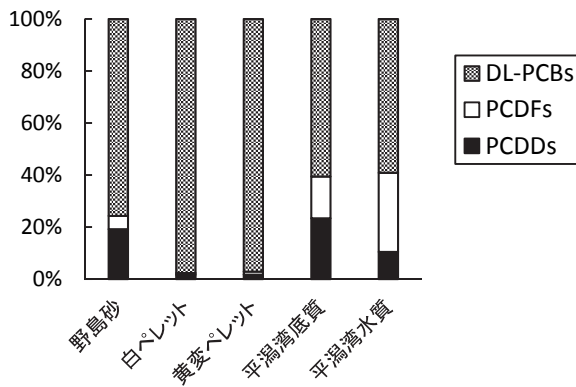


図6 ペレットと環境試料中のDXNs組成

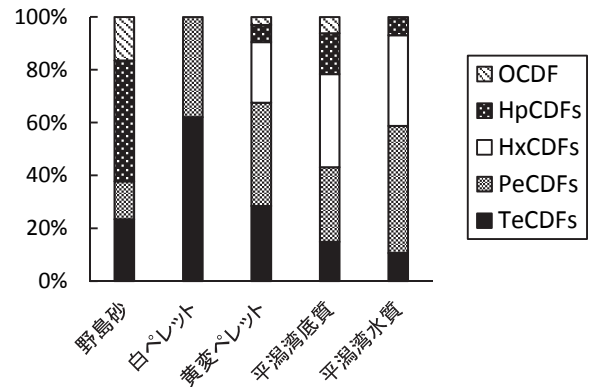


図8 ペレットと環境試料中のPCDFs組成

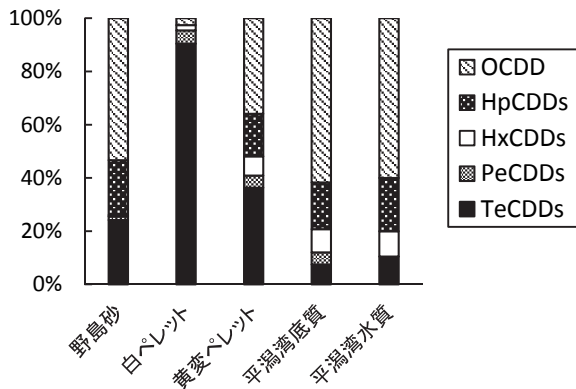


図7 ペレットと環境試料中のPCDDs組成

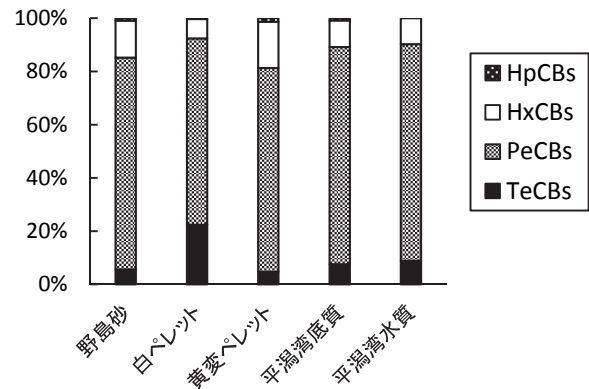


図9 ペレットと環境試料中のDL-PCBs組成

4. まとめ

横浜市内の野島海岸に漂着しているペレットに吸着する DXNs 濃度を測定したところ、白ペレットが 42 pg-TEQ/g、環境中に長時間存在していると考えられる黄変ペレットが 380 pg-TEQ/g となり、海岸の砂 0.093 pg-TEQ/g と比較してペレットの方が極めて高かった。またダイオキシン類の実測濃度は、DL-PCBs の占める割合が海岸の砂は 76 %であるのに対し、白ペレットは 98 %、黄変ペレットは 95 %と大部分を占めていた。同様に塩素数の低い異性体についてもペレットの方が高い結果となった。

謝 辞

ペレットに吸着するダイオキシン類調査を行うにあたり、東京農工大学の高田秀重教授に抽出のアドバイスをいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

文 献

- 1) 環境省：海洋ごみに関する国際動向について、https://www.env.go.jp/water/marine_litter/conf/c02-12.html (2018年6月時点)
- 2) Y. Mato, T. Isobe, H. Takada, H. Kanehiro, C. Ohtake, T. Kaminuma: Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment, *Environ. Sci. Technol.*, **35**, 318-324 (2001)
- 3) Rochman C. M., Hoh E., Kurobe T. & The s. j.: Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress, *Sci. Rep.*, **3**, 3263;DOI:10.1038/srep03263 (2013)
- 4) 高田秀重：プラスチックと化学物質汚染、水環境におけるマイクロプラスチックに関する最新の動向講演資料集、日本水環境学会、1-27 (2017)
- 5) 蝦名紗衣、加藤美一、堀美智子：横浜市内のマイクロプラスチック調査（第1報）－沿岸のマイクロプラスチックの漂着状況－、環境科学研究所報、**43**、26-30 (2019)
- 6) Andrady, A.L.: Microplastics in the marine environment, *Marine Pollution Bulletin*, **62**, 1596-1605 (2011)
- 7) 間藤ゆき枝、高田秀重、モハマドパウジザカリア、栗山雄司、兼広春之：海岸漂着プラスチック粒（レジンペレット）中の有機汚染物質－汚染物質含有量の地域差と樹脂種による相違－、環境科学会誌、**15 (6)**、415-423 (2002)
- 8) 環境省：ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル、51pp. (2009) <https://www.env.go.jp/chemi/dioxin/guide.html> (2018年6月時点)
- 9) Y. Ogata, H. Takada, K. Mizukawa, H. Hirai, S. Iwasa, S. Endo, Y. Mato, M. Saha, K. Okuda, A. Nakashima, M. Murakami, N. Zurcher, R. Booyatumanondo, M. P. Zakaria, L. Q. Dung, M. Gordon, C. Miguez, S. Suzuki, C. Moore, H. K. Karapanagioti, S. Weerts, T. McClurg, E. Burres, W. Smith, M. V. Velkenburg, J. S. Lang, R. C. Lang, D. Laursen, B. Danner, N. Stewardson, T.C. Thompson: International Pellet Watch: Global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal waters. 1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs, *Marine Pollution Bulletin*, **58**, 1437-1446 (2009)
- 10) 東京都：平成26年度東京湾産魚介類の化学物質汚染実態調査結果、101-109 (2015)
- 11) Hrisi K. K., Irene K.: Testing phenanthrene distribution properties of virgin plastic pellets and plastic eroded pellets found on Lesvos island beaches (Greece), *Marine Environmental Research*, **65 (4)**, doi: 10.1016/j.marenvres.2007.11.005 (2007)
- 12) Sarah E. H., Timothy J. M., Kai-Uwe G., Hans P. H. A., David W.: Partitioning of organochlorine pesticides from water to polyethylene passive samplers, *Environmental Pollution*, **158**, 2511-2517 (2010)
- 13) 環境省：ダイオキシン類挙動モデルハンドブック、76-78 (2004) <http://www.env.go.jp/chemi/dioxin/hand/> (2018年6月時点)
- 14) 飯村文成、佐々木裕子、津久井公昭、吉岡秀俊、東野和雄、武田宜人、葛西孝司、飯淵幸一：東京湾におけるダイオキシン類汚染、東京都環境科学研究所年報 2001、112-120 (2001)

熱線再帰フィルムを用いた暑熱緩和効果の調査

小田切幸次（横浜市環境科学研究所）、関浩二（横浜市環境創造局）、
山中修、太田栄治、播磨龍哉（デクセリアルズ株式会社）

Study on thermal environment mitigation effect using infrared retroreflective film

Koji Otagiri (Yokohama Environmental Science Research Institute),
Koji Seki (Yokohama Environmental Planning Bureau),
Osamu Yamanaka, Eiji Ohta, Tatsuya Harima (Dexerials Corporation)

キーワード：ヒートアイランド、熱線再帰フィルム、微気象観測、放射空気温度

要旨

横浜市環境科学研究所では、環境省が策定した「まちなかの暑さ対策ガイドライン」に基づき、暑さ対策技術の効果検証を行っている。2017年7～8月にかけて、市内小学校の教室（室内）とグラウンド（屋外）で、教室の窓に貼り付けた熱線再帰フィルムと従来の遮熱フィルムによる暑熱緩和効果を調査した。晴天時、室内の調査では、熱線再帰フィルム及び従来の遮熱フィルムを貼った教室は、フィルムを貼らない教室と比較すると平均で室内の温度が0.3～0.4℃、SAT（放射空気温度）が10.6～12.2℃低かった。また屋外の調査では、教室の窓面で反射して地面に到達する日射の影響について、フィルムを貼らない場合と比較すると従来の遮熱フィルムを貼った場合では平均で日射量が11%、SATが2.9℃増加していた一方、熱線再帰フィルムを貼った場合では日射量、SATともに増加していなかった。晴れて日射のある条件下では、熱線再帰フィルムは、室内では暑熱環境を緩和する効果があり、屋外については暑熱環境を悪化させないことが認められた。

1. はじめに

地球温暖化の影響に加え都市部でのヒートアイランド現象の影響により、大都市で生活する人々が夏に感じる暑さは年々厳しさを増している。環境省では、まちなかの暑さ対策の推進を目的として、人が感じる暑さに関する科学的な情報や効果的な暑さ対策方法を示した「まちなかの暑さ対策ガイドライン」（以下、ガイドラインという）を作成し、関連する技術情報等を紹介している¹⁾。

ガイドラインに示された新たな暑さ対策技術の1つに“窓面等の再帰反射化”がある。従来の遮熱フィルムは建物の窓面の反射率を高めて、外部から建物内へ取り込む熱を抑制するものであるが、フィルムを貼ることにより窓面で反射した日射が歩行者空間の暑熱環境を悪化させるとの懸念がある（図1(b)）²⁾。

一方、熱線再帰フィルムはフィルム内部にプリズム状の構造体を形成し、この構造体表面に反射層を設け、日射のエネルギーを上空方向に反射させる技術を取り入れているため、歩行者空間への日射の照り返しを防ぎ、歩行者空間の暑熱環境を悪化させないと言われている（図1(c)）³⁾。

横浜市環境科学研究所では“窓面等の再帰反射化”による暑さ対策に着目し、公共施設での導入に向けた科学的基礎資料としての活用を視野に入れ、2017年7～8月にかけて実測調査を行った。

今回、いくつかの知見が得られたので報告する。

2. 方法

2-1 調査地点

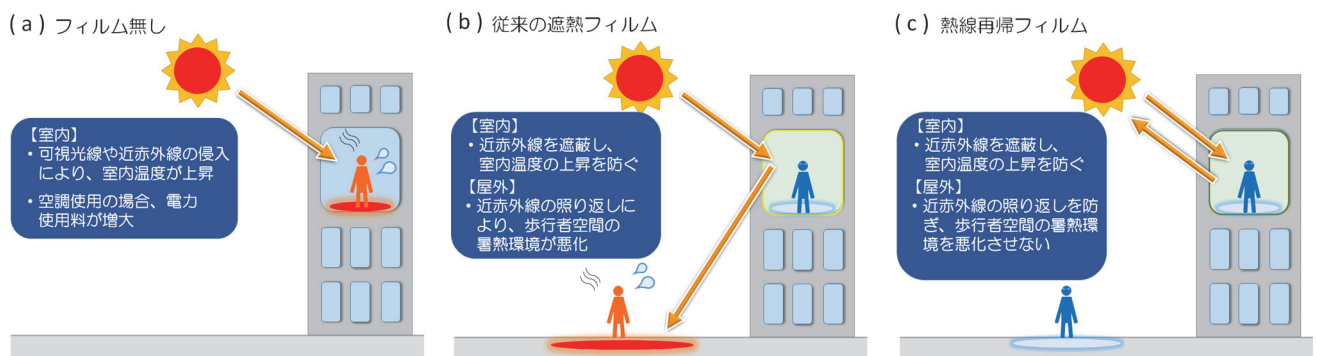


図1 フィルム対策の有無による室内と屋外の暑熱環境のイメージ

従来の遮熱フィルム及び熱線再帰フィルムを公共施設の窓面に貼り付けた場合の暑熱緩和効果を調べるため、横浜市鶴見区にある横浜市立上末吉小学校（地理院地図（電子国土 Web）⁴⁾）をもとに作成の南東向き校舎3階の3教室（熱線再帰フィルムを貼った教室、熱線再帰フィルムと遮蔽係数が同程度の従来の遮熱フィルムを貼った教室、フィルムを貼らない教室とグラウンドで、実測調査を行った（図2、3）。



図2 上末吉小学校の位置



図3 調査を行った教室の外観

2-2 測定項目・期間・方法

測定項目と測定期間を表1に示す。室内の温度・相対湿度・黒球温度は、2017年7月22日～8月24日の34日間に3教室内の各2か所（教室の教壇側と後壁側）で5分間隔で測定した。教室内部での測定条件が可能な限り同じになるよう、カーテン等の障害物をできるだけ排除するとともに扉や窓を閉めた状態で、エアコンは使用せずに測定を行った。

なお、黒球温度とは黒色に塗装された薄い銅板の球（中は空洞、直径約15cm）の中心に温度計を入れ、直射日光にさらされた状態での球の中の平衡温度を観測したものである。

また日射量及びSAT（Sol-Air-Temperature、放射空気温度）、以下SATという）は、3教室内の後方窓際と校舎南側のグラウンドで2017年7月28日及び8月21日～24日の計5日間、10秒間隔で測定した。測定のイメージを図4に示す。グラウンドでの測定は、各教室からの反射光の位置を事前にシミュレーションで計算し、現地での太陽の動きに合わせて測定器を移動させた（図5、6）。

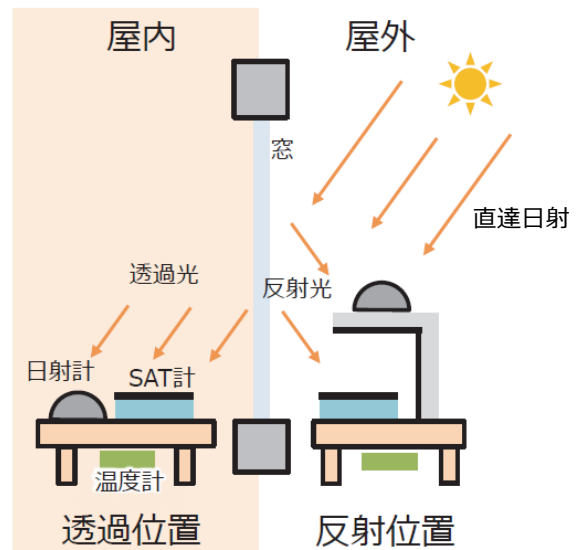


図4 日射計及びSAT計の測定イメージ

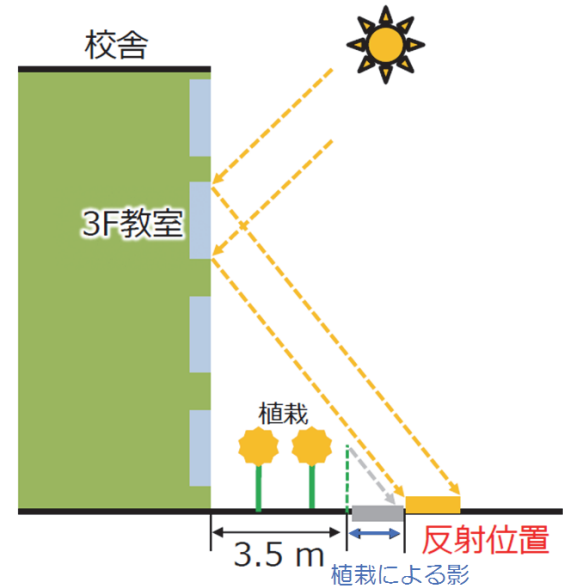


図5 日射の反射位置の選定イメージ

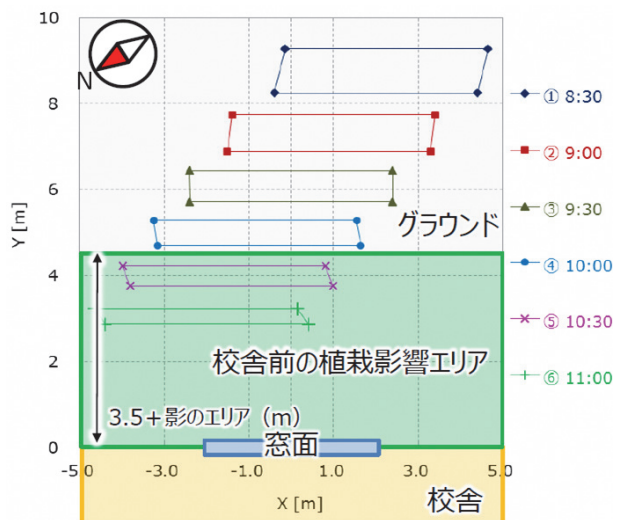


図6 2017年8月23日における
反射位置の時間変化のイメージ
(午前10時以降は反射光が植栽の影に来る)

表 1 室内と屋外での測定項目と測定期間

	温度・相対湿度・黒球温度			日射量・SAT (放射空気温度)		
	測定の有無	測定間隔	測定日	測定の有無	測定間隔	測定日
室内	有	5分	2017年7月22日 ～8月24日	有	10秒	2017年7月28日、 8月21～24日
屋外	無	—	—	有	10秒	2017年7月28日、 8月21～24日

なお、SATとは気温に日射や長波放射の影響を温度として加味した仮想の空気温度（放射が無ければ、気温と同等）である。

温度及び相対湿度は、測定器のセンサーを自作の自然風通式シェルターに格納し、気象庁での温度計設置の基準⁵⁾に準拠して、床面の高さから約1.5mの位置で測定を行った。黒球温度は、センサー部を直径約15cmの黒球（株）安藤計器製CK-150）に格納し、床面の高さから約1.5mの位置で測定を行った。

本調査に使用した測定器の形式及び仕様を表2、測定器の外観及び観測状況を図7、8に示す。

表 2 調査に使用した測定器の型式・仕様

測定項目	室内の温度（乾球温度）、黒球温度 ^{*1}	相対湿度
メーカー	（株）ティアンドデイ	
形式	TR-52i	TR-72wf
測定範囲	-60～155℃（-20～80℃において）	10～95% RH（25℃、50% RHにおいて）
測定精度	±0.3℃	±5% RH
測定分解能	0.1℃	1% RH

測定項目	日射量	SAT (放射空気温度) ^{**2}
メーカー	英弘精機（株）	JSTM J 6110 (SAT計による建物周壁の放射空気温度測定方法)に準拠
型式	MS-402	
測定範囲	305～2800 nm	
測定精度	±0.5% (安定性)	
測定分解能	—	



図 8 グラウンドでの測定の様子

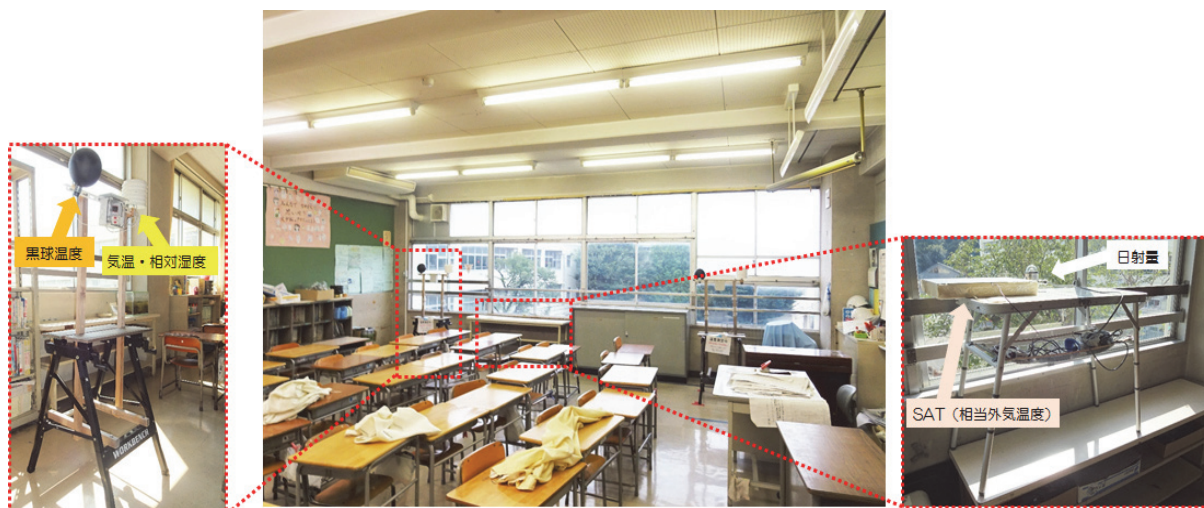


図 7 教室内での測定の様子

2-3 暑さ指数の算出

暑さ指数 (WBGT) は、熱中症を予防することを目的として、1957 年に Yaglou と Minard⁶⁾ によって提案された指標である。この指標は人体と外気との熱のやりとり (熱収支) に着目した指標で、人体の熱収支に与える影響の大きい湿度、日射・放射などの周辺の熱環境、気温の 3 つを取り入れたものである。

暑さ指数は労働環境や運動環境の指針として有効であると考えられている。日本生気象学会が 2013 年に「日常生活における熱中症予防指針 (Ver. 3)」⁷⁾ を公表しており、(公財) 日本体育協会が「熱中症予防運動指針」⁸⁾ を運動に関する指針として公表している。また、労働環境における暑さ指数 (WBGT) について、国際的には ISO 7243⁹⁾、国内では JIS Z 8504¹⁰⁾ として規格化されている。

暑さ指数 [°C] は、湿球温度を t_w [°C]、黒球温度を t_g [°C]、乾球温度を t_d [°C] とすると、式 (1) で与えられる。

$$WBGT = 0.7 t_w + 0.2 t_g + 0.1 t_d \quad (1)$$

本調査では、乾球温度 t_d 及び黒球温度 t_g については実測値、湿球温度 t_w については乾球温度及び相対湿度から算出した計算値を用いて、暑さ指数を算出した。

また湿球温度 t_w の算出には Sprung の式¹¹⁾ を使用し、水の飽和蒸気圧の近似式には Tetens のパラメータ値¹²⁾ による August-Roche-Magnus の式^{13), 14)} を使用した。

なお、室内での暑さ指数の計算には本来、湿球温度と黒球温度のみを用いるが、今回は室内でも日射の影響を加味するため、式 (1) を用いて暑さ指数を求めた。

2-4 SAT

SAT とは、気温に日射や長波放射の影響を温度として加味した仮想の空気温度であり、温熱指標の 1 つとして建築環境分野で用いられている。SAT [°C] は、気温、日射、外部からの赤外放射の 3 つからなり、式 (2) で与えられる。また日射や外部からの赤外放射の影響が全く無い場合、放射空気温度は気温となる。

$$SAT = \theta_a + \frac{\alpha_s J}{h_{se}} + \frac{\varepsilon_s J_n}{h_{se}} \quad (2)$$

- SAT : 放射空気温度(°C)
- θ_a : 気温(°C)
- α_s : 日射吸収率
- J : 日射量(W・m²)
- ε_s : 放射率
- J_n : 長波放射量(W・m²)
- h_{se} : 外気側表面熱伝達率(W・m⁻²・K⁻¹)

SAT は通常、屋外で用いられることが多いが、室内であっても、空気温度 θ_a を室温とし、屋外と同様に放射を加味すれば、室内の放射空気温度が得られるため、今回の室内の調査では SAT 計を用いた。

また屋外の調査では、窓ガラスからの反射光を捕捉するため、SAT 計は断熱材で囲い、直達日射を遮断した。

3. 結果と考察

3-1 調査期間中の気象概況

調査期間中の気象概況と測定日を表 3 に示す。調査期間中は平年に比べると曇りや雨の日が多かったが、屋外での調査を実施した 2017 年 7 月 28 日及び 8 月 21 日～24 日の計 5 日間は、快晴ではないが晴れ間のある天気となった。

3-2 教室での測定結果

遮熱フィルムによる室内での暑熱環境の違いを調査するため、温度、相対湿度、黒球温度、日射量、SAT を測定した。

3-2-1 室内の温度

屋外での調査を行った日のうち、日照時間が少なかった日を代表して 2017 年 8 月 22 日、日照時間が長かった日を代表して 2017 年 8 月 23 日の各日における日照時間 (横浜地方気象台) の 10 分値と室内の温度の 5 分値の変化を図 9 に示す。なお 2017 年 8 月 22 日、23 日の横浜地方気象台地点付近での日の出が午前 5 時 6 分～5 時 7 分であることから、解析対象時間を午前 5 時から正午までとした¹⁵⁾。

表 3 調査期間中の測定日と気象概況 (横浜地方気象台)

測定日 室内 屋外	年月日	日降水量(mm)	日照時間(h)	天気概況	
				(昼:06時~18時)	(夜:18時~翌日06時)
○	2017/7/22	0	10.2	薄曇時々晴	薄曇時々晴
○	2017/7/23	0	0.2	曇後時々雨	曇
○	2017/7/24	0	4.6	曇	曇後一時晴
○	2017/7/25	0	6.4	曇	曇後一時雨
○	2017/7/26	8.5	0	雨時々曇	曇時々雨
○	2017/7/27	0.5	0	曇一時雨	曇時々雨
○	2017/7/28	0.5	8.5	薄曇一時晴	曇
○	2017/7/29	18.5	4.3	曇後一時雨	雨後一時曇
○	2017/7/30	0.5	1.2	曇	晴時々曇
○	2017/7/31	0	10.8	晴	晴後曇
○	2017/8/1	17.5	1	曇後雨、雷を伴う	雨後曇
○	2017/8/2	2	0	曇時々雨	曇一時雨
○	2017/8/3	0	2.5	曇	曇時々雨
○	2017/8/4	1.5	0.5	曇	曇時々雨
○	2017/8/5	0	6.8	曇時々晴	曇時々晴
○	2017/8/6	0	9.5	晴	晴
○	2017/8/7	2.5	4.8	曇一時晴	曇時々雨
○	2017/8/8	0	5.1	曇後晴	曇後晴
○	2017/8/9	0	9.8	晴後一時曇	曇時々雨
○	2017/8/10	3.5	1.4	曇時々雨	雨一時曇
○	2017/8/11	7	0	雨一時曇	雨時々曇
○	2017/8/12	7	3.1	曇時々雨後一時晴	晴後一時薄曇
○	2017/8/13	0	4.7	晴時々曇	曇一時雨
○	2017/8/14	15.5	0	曇時々雨	曇時々雨
○	2017/8/15	32.5	0	大雨一時曇	雨時々曇
○	2017/8/16	18	0	雨	雨後時々曇
○	2017/8/17	0.5	0	曇	曇時々雨
○	2017/8/18	0	3.2	曇時々晴一時雨	曇一時晴
○	2017/8/19	31	4.9	晴時々曇一時雨、雷を伴う	大雨時々曇、雷を伴う
○	2017/8/20	5	0	曇	曇一時雨
○	2017/8/21	0	3.1	曇時々晴一時雨	薄曇時々晴
○	2017/8/22	0	3.2	曇	晴時々曇 ※
○	2017/8/23	0	10.6	晴後曇	薄曇時々晴 ※
○	2017/8/24	0	8.2	曇時々晴	晴時々薄曇

※比較対象日

8 月 22 日は、午前 5 時から室内の温度は 28 °C を超えていたが、午前 5 時～正午の日照時間は 1 時間強と少なかったため、午前 5 時～正午にかけての室内の温度は最大で 32 °C 台に留まっていた。熱線再帰フィルムを貼った教室と従来の遮熱フィルムを貼った教室のいずれも、室内の温度はフィルムを貼らない教室と比較すると、午前 5 時～正午の平均で 0.1 °C 低かった。

一方 8 月 23 日は、午前 5 時から室内の温度は 29 °C を超えており、午前 5 時～正午の日照時間は 6 時間強と長かったため、室内の温度は最大で 36 °C を超えた。熱線再帰フィルムを貼った教室と従来の遮熱フィルムを貼った教室のいずれも、室内の温度はフィルムを貼らない教

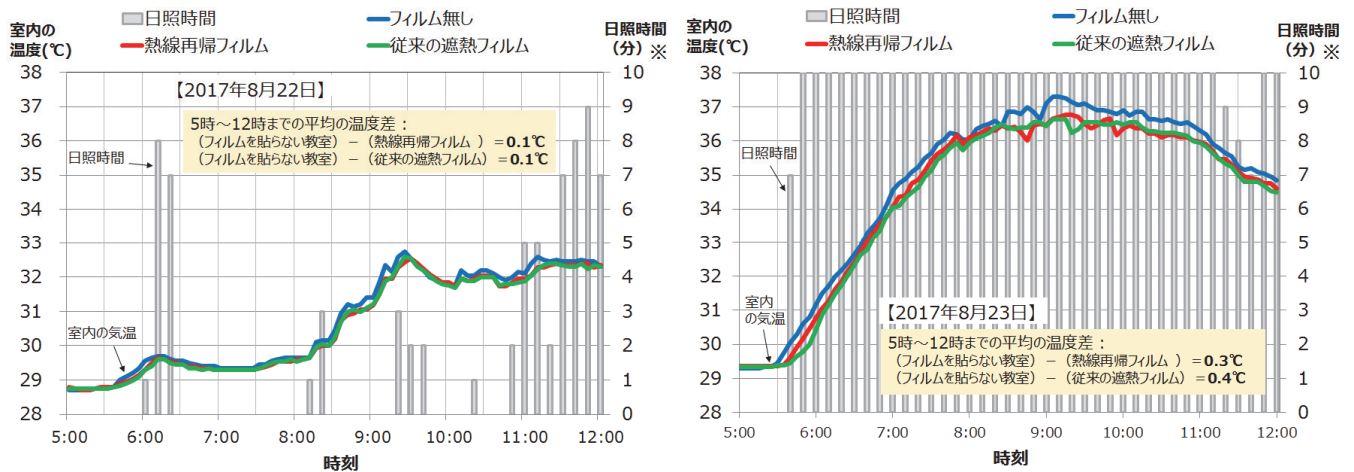


図9 日照時間と室内の温度の変化
 ※日照時間は横浜地方気象台（中区山手）の10分毎のデータ（最大で10分）を使用

室と比較して、午前5時～正午の平均で0.3～0.4℃低かった。

このことから、十分な日照時間がある場合、フィルムを貼らない教室は日射の影響を受けて室内の温度が上がる一方、熱線再帰フィルムや従来の遮熱フィルムを貼った教室では、室内へ侵入する近赤外線が遮蔽され、室内の温度の上昇が抑制されていること、従来の遮熱フィルムと再帰反射フィルムの遮熱の性能はほぼ同等であることを確認した。

3-2-2 暑さ指数

2017年8月22日と23日の暑さ指数の変化を図10に示す。

8月22日は、3教室ともに午前5時から暑さ指数は25℃以上（警戒ランク）を記録し、午前9時前には28℃以上（厳重警戒ランク）となったが、その後は正午にかけて31℃以上（危険ランク）には至らなかった。

8月23日は、3教室ともに午前5時から暑さ指数は25℃以上（警戒ランク）を記録し、午前6時過ぎには28℃以上（厳重警戒ランク）、午前9時～10時には31℃（危険ランク）前後を記録した。

3教室の暑さ指数を比較すると、日照が少なかった8月22日では、熱線再帰フィルムと従来の遮熱フィルムを

貼った教室の暑さ指数はいずれも、フィルムを貼らない教室と比較して、平均で0.0～0.1℃低かった。

また日照が多かった8月23日では、熱線再帰フィルムと従来の遮熱フィルムを貼った教室の暑さ指数はいずれも、フィルムを貼らない教室と比較して、平均で0.1～0.2℃低かった。

日照が多かった8月23日においても、3教室間の暑さ指数に差が見られなかった原因として、湿球温度の上昇による寄与が大きいと考えられる。

表4は熱線再帰フィルムを貼った教室とフィルムを貼らない教室での温度、黒球温度、湿球温度の暑さ指数への寄与を調べた結果であるが、熱線再帰フィルムを貼った教室での室内の温度及び黒球温度の低下による暑さ指数の低下と湿球温度の上昇による暑さ指数の上昇が相殺されている（±0.0℃）ことから、結果として暑さ指数に違いが見られなかったと推察される。

3-2-3 日射量

2017年8月22日、23日のうち、日射量の測定開始から屋外で植栽による影の影響を受けるまでの午前9時～午前10時の間、教室内で測定した日射量の変化を図11に示す。

雲が多く日照時間が短かった8月22日は、午前9時

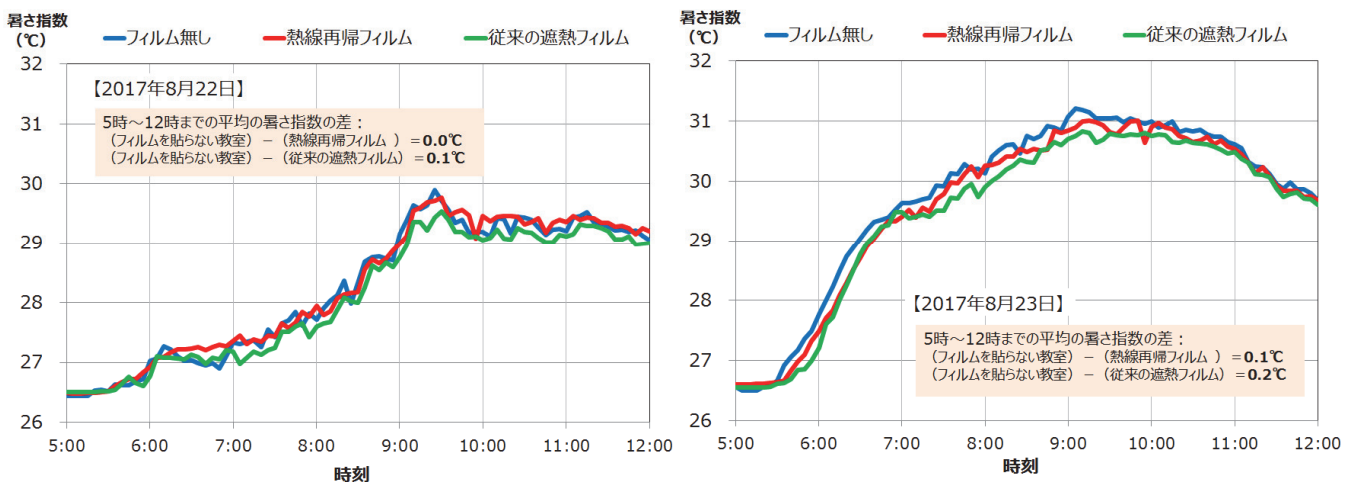


図10 暑さ指数の変化

表4 熱線再帰フィルムとフィルムなしの場合の各項目の暑さ指数への寄与

	平均値 (2017年8月23日 5~12時)				計(°C)
	室内の温度(°C)	相対湿度(%)	黒球温度(°C)	湿球温度(°C) ※	
(A) フィルムなし	34.8	53.7	38.0	26.7	
(B) 熱線再帰フィルム	34.5	56.1	36.9	26.9	
(B) - (A) の差分	-0.3	2.5	-1.1	0.2	
差分の暑さ指数への寄与	0.0		-0.2	0.2	±0.0

※湿球温度は計算値

～午前9時25分頃までは、時々日が差した影響で日射量が大きく変動しており、日射量の平均は、フィルムを貼らない教室で319 W/m²、従来の遮熱フィルムを貼った教室で202 W/m²、熱線再帰フィルムを貼った教室で165 W/m²であった。午前9時25分以降は曇りとなったため、日射量は低く推移しており、午前9時25分～午前10時までの日射量の平均は、フィルムを貼らない教室で93 W/m²、従来の遮熱フィルムを貼った教室で61 W/m²、熱線再帰フィルムを貼った教室で48 W/m²であった。

また教室間の日射量を比較すると、8月22日午前9時～午前10時の日射量は平均で、フィルムを貼らない教室と比べて、熱線再帰フィルムを貼った教室では49%低く、従来の遮熱フィルムを貼った教室では36%低い結果となった。

一方、よく晴れた8月23日は、午前9時25分前後に一時的に日射量が低下したほかは、大きな変動がなく推移した。なお、熱線再帰フィルムを貼った教室の日射量計は、動作不良による計器の交換作業を行ったため、午前9時～午前9時33分まで欠測である。午前9時33分～午前10時の日射量の平均は、フィルムを貼らない教室で319 W/m²、従来の遮熱フィルムを貼った教室で202 W/m²、熱線再帰フィルムを貼った教室で165 W/m²であった。

また教室間の日射量を比較すると、8月23日午前9時33分～午前10時の日射量は平均で、フィルムを貼らない教室と比べて、熱線再帰フィルムを貼った教室では49%低く、従来の遮熱フィルムを貼った教室の日射量では37%低い結果となった。

このことから天候にかかわらず、従来の遮熱フィルム及び熱線再帰フィルムは一定割合の日射量を抑える効果

があることが分かった。

3-2-4 SAT

2017年8月22日、23日のうち、SATの測定開始から屋外で植栽による影の影響を受けるまでの午前9時～午前10時の間、教室内で測定したSATの変化を図12に示す。

8月22日は、午前9時25分頃までは時々日が差した影響で、SATが一時的に高くなっており、午前9時～午前9時25分までのSATの平均は、フィルムを貼らない教室で53.7°C、従来の遮熱フィルムを貼った教室で45.9°C、熱線再帰フィルムを貼った教室で44.8°Cであった。午前9時25分以降は曇りとなったため、SATは下がり、午前9時25分～午前10時までのSATの平均は、フィルムを貼らない教室で43.5°C、従来の遮熱フィルムを貼った教室で39.6°C、熱線再帰フィルムを貼った教室で39.1°Cであった。

また教室間のSATを比較すると、午前9時～午前10時のSATは平均で、フィルムを貼らない教室と比べて、熱線再帰フィルムを貼った教室では6.3°C低く、従来の遮熱フィルムを貼った教室では5.6°C低い結果となった。

一方、よく晴れた8月23日は、雲の影響で午前9時25分前後に一時的にSATが低下したほかは、高い値で推移しており、午前9時～午前10時までのSATの平均は、フィルムを貼らない教室で72.5°C、従来の遮熱フィルムを貼った教室で61.9°C、熱線再帰フィルムを貼った教室で60.3°Cであった。

また教室間のSATを比較すると、午前9時～午前10時のSATは平均で、フィルムを貼らない教室と比べて、熱線再帰フィルムを貼った教室では12.2°C低く、従来の遮熱フィルムを貼った教室では10.6°C低かった。

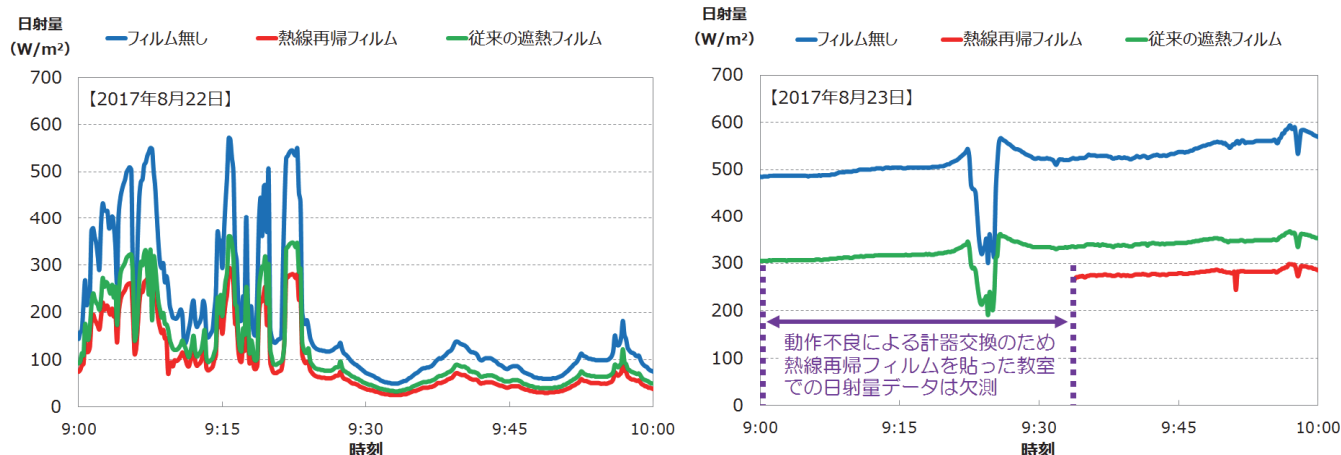


図11 室内での日射量の変化

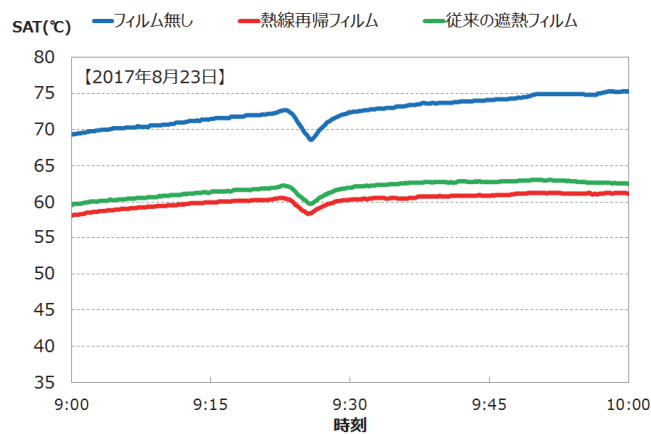
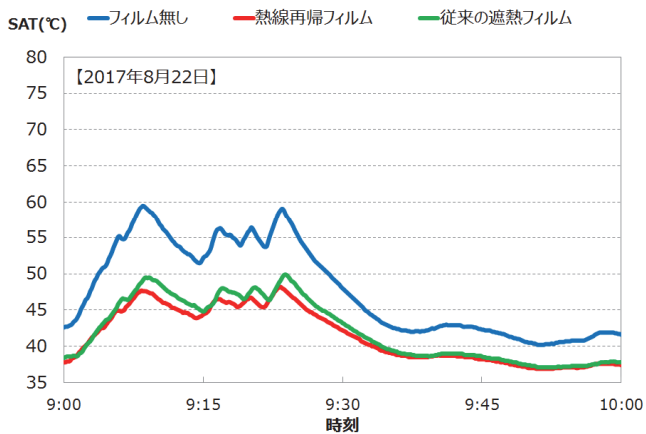


図 12 室内での SAT の変化

このことから晴れて日射量や近赤外線量が多いほど、従来の遮熱フィルムと熱線再帰フィルムはいずれも、SAT の低減効果が大きいことが分かった。

3-3 グラウンドでの測定

遮熱フィルムによる外部の歩行空間への暑熱影響を調査するため、日射量と SAT を測定した。

3-3-1 日射量

2017年8月22日、23日のうち、測定開始から屋外で植栽による影の影響を受けるまでの午前9時～午前10時の間、屋外のグラウンドで測定した日射量の変化を図13に示す。なお、グラウンドで測定した日射量は直達日射量と教室の窓面からの反射による日射量との和である。

雲が多く日照時間が短かった8月22日は、午前9時～午前9時25分頃までは、時々日が差した影響で日射量が大きく変動していた。また午前9時25分以降は機器の動作不良により、従来の遮熱フィルムを貼った場合とフィルムを貼らない場合での測定結果は欠測となった。

午前9時～午前9時25分の日射量の平均は、フィルムを貼らない場合で588 W/m²、従来の遮熱フィルムを貼った場合で594 W/m²、熱線再帰フィルムを貼った場合で599 W/m²であった。測定地点によってグラウンドでの直達日射量は差がないと仮定すると、各教室の窓に反射して地面に到達する日射量に、明確な差は見られなかった。

一方、よく晴れた8月23日は、日射量は小刻みな変動があるものの、高い値で推移しており、午前9時～午前10時の日射量の平均は、フィルムを貼らない場合で773 W/m²、従来の遮熱フィルムを貼った場合で860 W/m²、熱線再帰フィルムを貼った場合で764 W/m²であった。測定地点によってグラウンドでの直達日射量は差がないと仮定すると、各教室の窓に反射して地面に到達する日射量は午前9時～午前10時の平均で、フィルムを貼らない場合と比べて、従来の遮熱フィルムを貼った場合では11%高く、熱線再帰フィルムを貼った場合では1%低かった。

このことから十分な日射量がある場合、従来の遮熱フィルムでは窓面での照り返しによる地面への日射量を増加させる一方で、熱線再帰フィルムでは窓面での照り返しによる地面への日射量の増加が抑えられていることを確認した。

3-3-2 SAT

2017年8月22日、23日のうち、SATの測定開始から屋外で植栽による影の影響を受けるまでの午前9時～午前10時の間、屋外のグラウンドで測定したSATの変化を図14に示す。

なお、教室内で用いたSAT計は全方向からの日射の影響を加味している一方、グラウンドで用いたSAT計は窓ガラスからの反射光を捕捉するため、断熱材で囲い、直

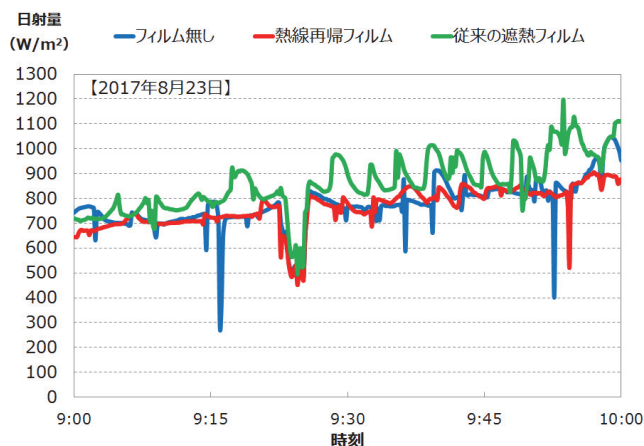
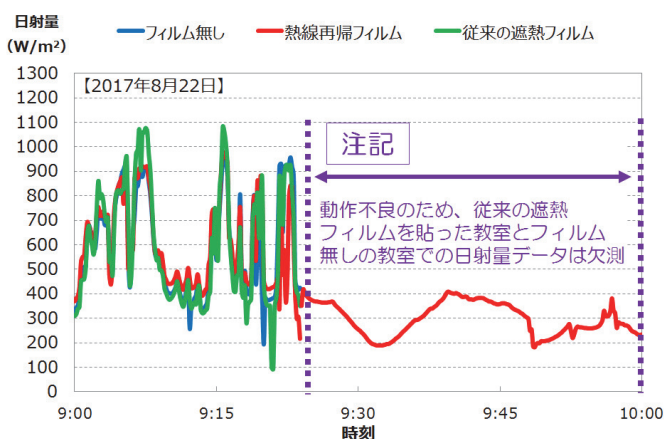


図 13 グラウンドでの日射量の変化

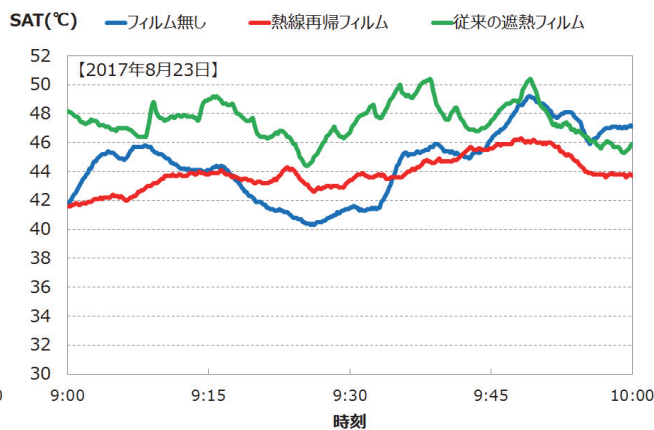
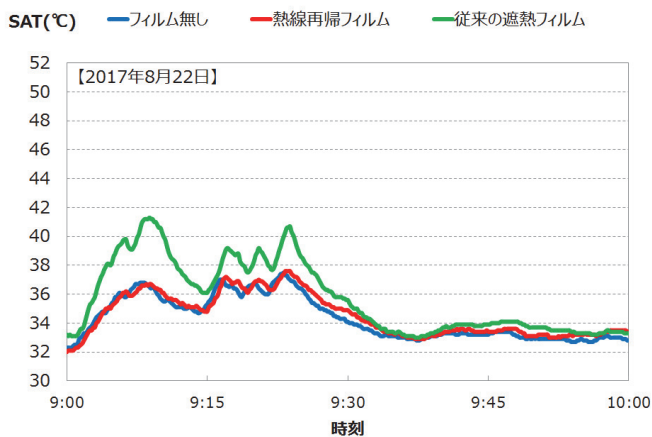


図 14 グラウンドでの SAT の変化

達日射を遮断したことから、教室内での SAT と比べると、グラウンドでの SAT は相対的に値が低くなっている。

8月22日は、午前9時25分頃までは時々日が差した影響で、SAT が一時的に高くなっており、午前9時～午前9時25分までのグラウンドでの SAT の平均は、フィルムを貼らない場合で35.7℃、従来の遮熱フィルムを貼った場合で38.0℃、熱線再帰フィルムを貼った場合で35.7℃であった。

フィルムを貼らない場合と比べると、SAT は午前9時～午前9時25分の平均で、従来の遮熱フィルムを貼った場合では2.3℃高かったが、熱線再帰フィルムを貼った場合では差がなかった。

午前9時25分以降は曇りとなったため、SAT は下がり、午前9時25分～午前10時までのグラウンドでの SAT の平均は、フィルムを貼らない場合で33.4℃、従来の遮熱フィルムを貼った場合で34.1℃、熱線再帰フィルムを貼った場合で33.7℃であった。

フィルムを貼らない場合と比べると、SAT は午前9時25分～午前10時の平均で、従来の遮熱フィルムを貼った場合では0.7℃高く、熱線再帰フィルムを貼った場合では0.3℃高かった。

一方、よく晴れた8月23日は、午前9時25分前後に一時的に SAT が低下したほかは、高い値で推移しており、午前9時～午前10時までのグラウンドでの SAT の平均は、フィルムを貼らない場合で44.6℃、従来の遮熱フィルムを貼った場合で47.5℃、熱線再帰フィルムを貼った場合で43.9℃であった。

フィルムを貼らない場合と比べると、SAT は午前9時～午前10時の平均で、従来の遮熱フィルムを貼った場合では2.9℃高かったが、熱線再帰フィルムを貼った場合では0.7℃低かった。

このことから、日射のある条件下では、熱線再帰フィルムを貼った場合、窓から受ける照り返しの影響を軽減し、SAT の上がり幅をフィルムを貼らない場合と同じ程度に抑える効果があることが分かった。

4. まとめ

横浜市立上末吉小学校において、窓面に熱線再帰フィルムを貼った教室、従来の遮熱フィルムを貼った教室、

フィルムを貼らない教室を用意し、フィルムによる暑熱緩和効果を調査した。

室内において、十分な日射のある条件下では、熱線再帰フィルムを貼った教室と従来の遮熱フィルムを貼った教室いずれも、フィルムを貼らない教室と比較して、室内の温度が0.3～0.4℃、日射量が37～49%、SAT が5.6～6.3℃低かった。

このことから、室内においては従来の遮熱フィルムと熱線再帰フィルムは暑熱環境を緩和する効果があることを確認できた。

また屋外のグラウンドにおいて、十分な日射のある条件下では、フィルムを貼らない場合と比較して従来の遮熱フィルムを貼った場合、日射量は11%、SAT は2.9℃高かった。一方、熱線再帰フィルムを貼った場合、日射量は1%、SAT は0.7℃低かった。

このことから、屋外では十分な日射量がある場合、従来の遮熱フィルムでは窓面での照り返しによる地面への日射量を増加させ、SAT も上がってしまうが、熱線再帰フィルムではそれらの影響を抑える効果があることを確認できた。

なお、本調査は横浜市環境科学研究所、熱線再帰フィルムの製造・販売を行っているデクセリアルズ株式会社、熱線再帰フィルムの販路開拓・検証を支援する株式会社 JVC ケンウッドの三者が連携して、取組を進めたものである。

謝 辞

本調査の実施に当たり、横浜市教育委員会事務局教育施設課及び横浜市立上末吉小学校に調査場所の提供に関してご協力をいただきました。また、株式会社 JVC ケンウッド及び横浜市共創推進室共創推進課に調査の企画や実施の際にご協力をいただきました。この場を借りてお礼申し上げます。

文 献

1) 環境省：まちなかの暑さ対策ガイドライン 改訂版、76pp. (2018)

- 2) 高橋悠、井上隆、榎本正他：波長選択性を有する再帰反射フィルムによる都市熱環境改善への効果、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、2011. 2(0)、1615-1618 (2011)
- 3) デクセリアルズ株式会社：熱線再帰フィルム、<https://www.dexerials.jp/products/dl/index.html> (2019年3月時点)
- 4) 国土地理院：地理院地図（電子国土 Web）、<http://maps.gsi.go.jp/> (2019年3月時点)
- 5) 気象庁：気象観測の手引き、81pp. (1998)
- 6) C. P. Yaglou and D. Minard：Control of heat casualties at military training centers, *A. M. A. Arch. Ind. Health*, 16, 302-316 (1957)
- 7) 日本生気象学会：日常生活における熱中症予防指針 Ver. 3 確定版、<http://seikishou.jp/pdf/news/shishin.pdf> (2019年3月時点)
- 8) 公益財団法人日本体育協会：スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック（平成 25 年度改定版）、52pp. (2013)
- 9) International Organization for Standardization : ISO 7243:1989 Hot environments—Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature) (1989)
- 10) 日本工業規格：JIS Z 8504:1999 人間工学—WBGT（湿球黒球温度）指数に基づく作業者の熱ストレスの評価—暑熱環境（1999）
- 11) 日本工業規格：JIS Z 8806:2001 湿度—測定方法（2001）
- 12) O. Tetens:Über einige meteorologische Begriffe, *Z. Geophys.*, 6, 297-309 (1930)
- 13) O. A. Alduchov and R. E. Eskridge : Improved Magnus form approximation of saturation vapor pressure, *J. Appl. Meteor.*, 35, 601-609 (1996)
- 14) M. G. Lawrence : The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 86, 225-233 (2005)
- 15) 国立天文台:各地のこよみ、<https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/2017/s1508.html> (2019年3月時点)

横浜市内の池における魚類・甲殻類（十脚目）相の調査結果

市川竜也、七里浩志、渾川直子、堀美智子、潮田健太郎、
川村顕子、浦垣直子、紺野繁幸（横浜市環境科学研究所）

Distributions of freshwater fish and Crustacea (Decapoda) of ponds in Yokohama City

Tatsuya Ichikawa, Hiroshi Shichiri, Naoko Nigorikawa, Michiko Hori, Kentaro Ushioda, Akiko Kawamura,
Naoko Uragaki, Shigeyuki Konno (Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：生物多様性、魚類、甲殻類、池

要旨

横浜市内の池9地点において魚類および甲殻類（十脚目）を対象とした生物相調査を実施し、現在の生物生息状況を把握するとともに、過去に横浜市環境科学研究所が行った池の生物相調査結果と比較し、生物相の変化を調べた。

調査の結果、約20年前の調査と同様にモツゴ、クロダハゼ、スジエビおよびヌカエビが多数確認され、横浜に生息する在来種が健在であることが認められた。一方で、ブルーギル、オオクチバス、アメリカザリガニなど、生態系に対し影響の大きい国外外来種も確認されており、今後も池の生態系を注視する必要がある。

1. はじめに

環境科学研究所では、樋口ら¹⁾が1994～1997年にかけて市内全域の池を対象として80地点で調査（以下、「80地点調査」）を実施している。また、2010～2011年にかけて市内4地点の池を調査し結果を「横浜の池の生物」としてまとめており²⁾、旧来より市内の池における生物相調査を実施してきた。

しかしながら、その後は大規模な調査を実施しておらず、市内の池における生物生息状況に関する知見は不足している。そこで、過去に調査した池において魚類および甲殻類（十脚目）を対象とした生物相調査を実施し、現在の生物生息状況を把握するとともに、この20年間における生物相の変化を比較した。

2. 方法

2-1 調査項目

調査項目を表1に示す。生物調査では、魚類および甲殻類（十脚目）を主な調査対象としたが、調査対象外の種が調査中に確認された場合は、それも付表1に示した。

表1 調査項目

調査名	調査項目
水質調査	気温、水温、pH、電気伝導率（EC）、溶存酸素量（DO）、透視度、平均水深、底質
生物調査	魚類、甲殻類（十脚目）、その他の生物（両生類、哺乳類、鳥類、水生植物等）

2-2 調査地点および日時

調査地点を図1に、地点名および調査日時を表2に示す。調査は2017年6月5日から8月24日の期間に、鶴見川流域に位置する5地点の池、白幡池、自然観察の森内に位置する3地点の池の計9地点において実施した。なお、大場第一2号雨水調整池を除く8地点は、80地点調査の調査地点である。

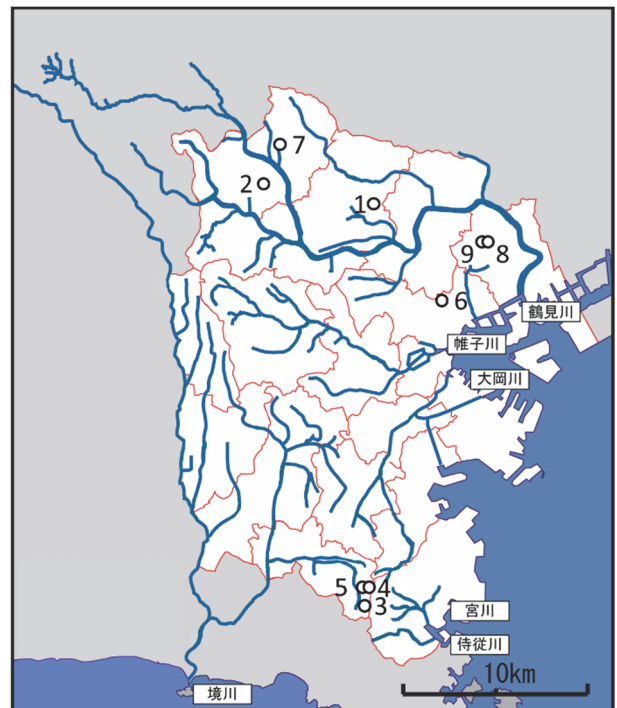


図1 調査地点

表2 地点名および日時

No.	地点記号	地点名	所在地	調査日	調査時間
1	SE	せせらぎ公園池	都筑区新栄町	2017/6/5	10:30~13:00
2	MO	もえぎ野公園池	青葉区もえぎ野	2017/6/12	10:20~13:00
3	MT	ミズキの谷	栄区上郷町	2017/6/22	10:40~13:00
4	MZ1	水鳥の池1	栄区上郷町	2017/6/29	12:25~13:45
5	MZ3	水鳥の池3	栄区上郷町	2017/6/29	10:40~12:00
6	SR	白幡池	神奈川区白幡町	2017/7/26	9:25~11:30
7	OB	大場第一2号雨水調整池	青葉区大場町	2017/8/9	10:30~12:30
8	FTL	二ツ池東(駒岡池)	鶴見区駒岡	2017/8/23	9:40~13:00
9	FTR	二ツ池西(獅子ヶ谷池)	鶴見区獅子ヶ谷	2017/8/24	9:45~11:30

2-3 調査方法

水質調査の測定項目と分析方法を表3に、調査地点ごとの生物調査方法と作業内容を表4に、調査範囲を図2に示す。生物調査では投網、タモ網およびかご罟による捕獲調査を実施したほか、コイ等の大型個体について目視による確認を行った。また、ミズキの谷では、常設されている小型漁礁³⁾も調査に用いた。種の同定は、原則として現地で実施したが、現地での同定が困難な種類については研究所に持ち帰り同定した。なお、捕獲された個体は原則として記録後に放流し、特定外来生物は殺処分とした。

3. 結果と考察

3-1 水質環境

水質調査の結果を表5に示す。今回の調査では、二ツ池西のDOが一般に生物の生存に必要とされる3 mg/Lより低い値を示し、水鳥の池1、水鳥の池3および白幡池においては、DOが一般に良好な状態を保つために必要とされる5 mg/Lより低い値となった。80地点調査では、二ツ池西のDOは7.8 mg/L、水鳥の池1のDOは12.0 mg/L、白幡池のDOは6.0 mg/Lであったことから、この20年間でこれらの池における生物生息環境が悪化した可能性がある。

pHは多くの調査地点において湖沼の水産用水基準である6.7~7.5付近の値であったが、せせらぎ公園池がやや酸性、二ツ池東が弱アルカリ性を示した。二ツ池東は調査当日の透視度が非常に低く、色相から植物プランクトンの多量発生が示唆されたことから、光合成がpHに影響したと考えられる。

透視度は80地点調査からの低下は認められなかったものの、全体的に低い値であった。透視度が低い理由として、底泥の堆積による巻き上がり並びに植物プランクトンの過剰な増殖による赤潮・アオコの発生などがある。透視度の低下は水草の生育を阻害する要因となるため、市内の池にあまり水草が見られないことの一因として透視度の低さが関係していることも考えられる。

因みに、多くの調査地点において水底に泥の堆積が確認されており、底質が嫌気状態となることが懸念された。

表3 測定項目と分析方法

測定項目	分析方法
気温	携帯型デジタル温度計 CUSTOM CT-280WR (サーミスタ)
水温	携帯型デジタル温度計 CUSTOM CT-280WR (サーミスタ)
pH	携帯型pH計 東亜ディーケーケー(株) HM-20P (ガラス電極法)
電気伝導率 (EC)	携帯型EC計 東亜ディーケーケー(株) CM-14P (交流2電極法)
溶存酸素量 (DO)	ポータブル型溶存酸素計 堀場製作所 OM-71 (隔膜式ガルバニ電池法)
透視度	透視度計 (100 cm)

表4 調査方法と作業内容

地点記号	調査方法					作業時間 (分)		人数
	目視	投網	タモ網	かご罟	漁礁	網	罟	
SE	○	○	○	4個		60	120	5人
MO	○	○	○	4個		60	120	5人
MT	○	○	○	4個	○	60	120	5人
MZ1	○		○	1個		60	35	5人
MZ3	○		○	無し		60	-	5人
SR	○	○	○	4個		60	60	5人
OB	○		○	2個		45	60	5人
FTL	○	○	○	4個		60	120	6人
FTR	○	○	○	4個		60	90	6人

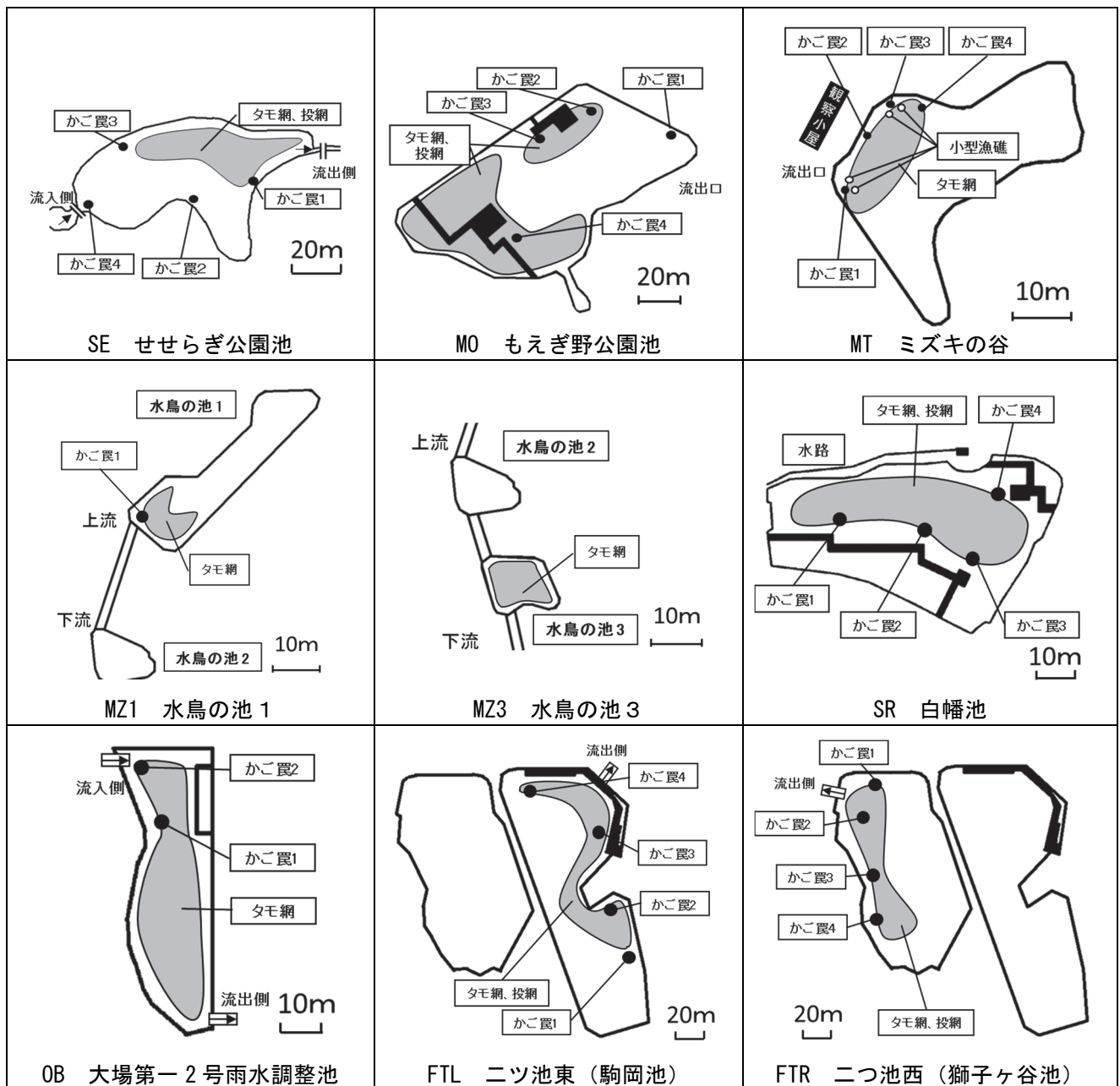


図2 調査範囲

表5 水質調査結果

地点 記号	天候	気温 (°C)	水温 (°C)	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	D0 (mg/L)	透視度 (cm)	平均水深 (cm)	底質
SE	晴れ	24.7	21.9	6.1	252	5.0	35	120	小礫+泥
MO	曇り	22.5	24.2	7.6	343	7.1	65	62	泥
MT	晴れ	23.6	22.3	7.2	318	5.6	37	63	泥
MZ1	曇り	25.0	23.7	6.8	338	4.1	48	16	泥
MZ3	曇り	25.2	24.5	7.1	291	4.3	32	12	泥
SR	雨	25.4	29.0	6.8	203	4.6	22	35	泥
OB	晴れ	29.5	22.8	7.1	506	7.1	58	20	砂+コンクリート
FTL	晴れ	32.8	31.2	8.6	437	7.4	15	62	泥
FTR	曇り	32.1	30.2	6.6	363	1.3	41	59	泥

3-2 魚類および甲殻類の生物相

80 地点調査で調査している 8 地点を対象とし、過去に実施した調査および今回の調査における、魚類および甲殻類の種類別出現地点数ならびに確認個体数を表 6 に示す。また、確認された生物の種類名、学名、種の由来を表 7 に示す。なお、学名は中坊⁴⁾の資料を参考にした。

魚類および甲殻類（十脚目）の池別確認個体数を付表 1 に示す。付表中にはタモ網、投網およびかご罟の合計確認個体数ならびに、コイ等の大型個体については目視確認の結果を記載した。なお、確認種類数を計数する際、ゲンゴロウブナもしくはギンブナが確認された調査地点ではフナ属を確認種類数に含めていない。同様に、クロダハゼが確認された調査地点ではヨシノボリ属（稚魚）を確認種類数に含めず、過去の調査結果も同様の表記に変更した。魚類・甲殻類以外の確認生物に関しては、鳥類および植物については主に確認された種類を記載した。

調査地点別の調査結果を付表 2~9 に示す。付表中には、捕獲方法ごとの確認個体数を示し、過去の調査結果を併記した。

3-2-1 魚類

今回の調査では、魚類は在来種 7 種類、国内外来種 2 種類、特定外来生物 2 種類を含んだ国外外来種 3 種類、品種 2 種類の計 14 種類が確認された。なお、在来種のコイとミナミメダカについては放流由来の可能性⁵⁾がある。

コイもしくはイロゴイが確認された池は、80 地点調査では白幡池のみであったが、今回の調査においては 4 地点に増えていた。これらの地点においては、放流等によってコイおよびイロゴイが新たに持ち込まれたと考えられる。

80 地点調査でギンブナもしくはフナ属が確認された

池では、今回の調査でもいずれかの種類が確認された。市内の河川では近年ギンブナが減少傾向にある⁵⁾が、池においては河川と異なる傾向が見られた。なお、白幡池では遊漁目的でゲンゴロウブナの放流が行われている（白幡池公園釣り愛好会私信）ことから、ギンブナがゲンゴロウブナに置き換わっている可能性もある。

モツゴは 80 地点調査と同様に、今回の調査においても確認地点数、確認個体数ともに魚類では最多であった。特に白幡池では 1,000 尾以上が採集されたほか、5 地点で魚類の優占種となった。しかしながら、もえぎ野公園では 80 地点調査でモツゴが多数確認され、少なくとも 2010 年まで引き続き確認されていた²⁾が、2014 年、2015 年および今回の調査ではモツゴが確認されなかった。当公園で 2015 年にかいぼりを行った際に、近隣の桜台公園と藤ヶ丘公園の個体群が導入された⁶⁾が、その後の調査結果から導入個体は定着しなかった可能性がある。

クロダハゼの確認地点数はモツゴに並び魚類では最多であったが、個体数全体に占める割合は 80 地点調査に比べて大きく低下し、ブルーギル以下であった。クロダハゼはモツゴとともに市内の池においては生態系を代表する魚類であり、今回の調査において確認個体数が 80 地点調査と比べ大幅に減少したせせらぎ公園池およびもえぎ野公園池では、今後の変化が注目される。

特定外来生物のブルーギルは 3 地点、オオクチバスは 2 地点で確認され、8 地点での魚類確認個体数全体に占める割合はブルーギルが 5.4%、オオクチバスが 2.1%であった。これらの魚種は、もえぎ野公園池においてはオオクチバスが、二ツ池東においてはブルーギルが優占種となっており、池の生態系への影響が懸念される。

表 6 今回と過去調査の出現種類数および地点数、確認個体数

	種類名	1994-1997					2017				
		出現種 ※1	地点数	出現率 (%)	個体数 ※2	優占率 (%)	出現種 ※1	地点数	出現率 (%)	個体数 ※2	優占率 (%)
魚類	コイ	○	1	12.5	1	0.2	○	3	37.5	+	
	イロゴイ		0	0.0	0	0.0	○	3	37.5	+	
	ゲンゴロウブナ	○	1	12.5	+	0.0	○	1	12.5	+	
	ギンブナ	○	2	25.0	2+	0.5	○	1	12.5	1	0.1
	フナ属	○	2	25.0	2	0.5	○	3	37.5	1+	0.1
	キンギョ		0	0.0	0	0.0	○	1	12.5	1	0.1
	タイリクバラタナゴ		0	0.0	0	0.0	○	1	12.5	2	0.1
	モツゴ	○	7	87.5	215	49.5	○	6	75.0	1509	85.1
	ドジョウ		0	0.0	0	0.0	○	2	25.0	2	0.1
	カダヤシ	○	1	12.5	1	0.2		0	0.0	0	0.0
	ミナミメダカ	○	2	25.0	3	0.7	○	2	25.0	18	1.0
	ブルーギル	○	5	62.5	40+	9.2	○	3	37.5	96	5.4
	オオクチバス	○	3	37.5	4	0.9	○	2	25.0	38	2.1
	ヌマチチブ		0	0.0	0	0.0	○	1	12.5	35	2.0
	クロダハゼ	○	4	50.0	166	38.2	○	6	75.0	67	3.8
ヨシノボリ属(稚魚)		0	0.0	0	0.0	○	2	25.0	3	0.2	
計		9	8	-	434	-	13	8	-	1773	-
甲殻類	ヌカエビ	○	3	37.5	27	18.1	○	3	37.5	541	38.0
	スジエビ	○	1	12.5	37	24.8	○	5	62.5	700	49.2
	テナガエビ	○	3	37.5	35	23.5	○	2	25.0	22	1.5
	カワリヌマエビ属		0	0.0	0	0.0	○	3	37.5	51	3.6
	アメリカザリガニ	○	6	75.0	50	33.6	○	7	87.5	108	7.6
	計		4	8	-	149	-	5	8	-	1422

※1 出現種の合計にフナ属、ヨシノボリ属(稚魚)は含まない。

※2 個体数の+は目視もしくは聞き取りによる確認を示し、個体数および優占率の計算には含まない。

表7 魚類・甲殻類の採集リスト

綱・目・科	種類名	学名	種の由来
硬骨魚綱		Osteichthyes	
コイ目		Cypriniformes	
コイ科		Cyprinidae	
	1 コイ	<i>Cyprinus carpio</i>	在来種※1
	2 イロゴイ	<i>Cyprinus carpio</i>	品種
	3 ゲンゴロウブナ※2	<i>Carassius cuvieri</i>	国内外来種
	4 ギンブナ	<i>Carassius</i> sp.	在来種
	フナ属	<i>Carassius</i> sp.	不明
	5 キンギョ	<i>Carassius auratus auratus</i>	品種
	6 タイリクバラタナゴ	<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>	国外外来種
	7 モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>	在来種
ドジョウ科		Cobitidae	
	8 ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	在来種
ダツ目		Beloniformes	
メダカ科		Adrianichthyidae	
	9 ミナミメダカ	<i>Oryzias latipes</i>	在来種※1
スズキ目		Perciformes	
サンフィッシュ科		Centrarchidae	
	10 ブルーギル	<i>Lepomis macrochirus</i>	特定外来生物
	11 オオクチバス	<i>Micropterus salmoides</i>	特定外来生物
ハゼ科		Gobiidae	
	12 ヌマチチブ	<i>Tridentiger brevispinis</i>	在来種
	13 カワヨシノボリ	<i>Rhinogobius flumineus</i>	国内外来種
	14 クロダハゼ	<i>Rhinogobius kurodai</i>	在来種
	ヨシノボリ属 (稚魚)	<i>Rhinogobius</i> sp.	不明
軟甲綱 (エビ綱)		Malacostraca	
十脚目		Decapoda	
コエビ下目		Caridea	
ヌマエビ科		Atyidae	
	1 カワリヌマエビ属	<i>Neocaridina</i> sp.	国外外来種
	2 ヌカエビ	<i>Paratya compressa improvisa</i>	在来種
テナガエビ科		Palaemonoidea	
	3 テナガエビ	<i>Macrobrachium nipponense</i>	在来種
	4 スジエビ	<i>Palaemon paucidens</i>	在来種
ザリガニ下目		Astacidea	
アメリカザリガニ科		Cambaridae	
	5 アメリカザリガニ	<i>Procambarus clarkii</i>	国外外来種

※1 市内のコイとミナミメダカは放流由来の可能性がある。

※2 ゲンゴロウブナは品種のヘラブナと思われる。

3-2-2 甲殻類

今回の調査では、甲殻類は在来種 3 種類、国外外来種 2 種類の計 5 種類が確認された。

ヌカエビは 80 地点調査と同様に、自然観察の森における 3 か所の池で確認された。2015 年に実施した河川生物相調査⁵⁾では、池の下流の稲荷川（地点名：杉之木橋上流）において、ヌカエビとの競合が指摘される外来種のカワリヌマエビ属が確認されていたが、今回の調査では池にカワリヌマエビ属は確認されず、ヌカエビが多数確認された。

スジエビは地点数および個体数全体に占める割合が共に 80 地点調査に比べ増加した。今回の調査で新たに確認された地点のうち、自然観察の森の池では、自然観察センターからの情報によると、2004 年までは確認されていなかったが、少なくとも 2012 年以前には侵入したと思われる、人為的に持ち込まれた可能性が示唆された。また、二ツ池東では、2003 年⁸⁾にスジエビが初確認され、その後従来生息していたテナガエビと個体数の比率が逆転しており、当池においても人為的な持ち込みの可能性が考えられる。

カワリヌマエビ属は、80 地点調査においては確認されておらず、1999 年に福嶋ら⁷⁾が横浜市北東部の入江川において確認したものが市内で初めての確認事例である。当初は、西日本に生息するミナミヌマエビ (*Neocaridina denticulata*) と考えられていたが、横浜市の河川生物相調査⁵⁾ではカワリヌマエビ属 (*Neocaridina* spp.) としており、今回もそれに倣った。カワリヌマエビ属はその後、市内各地の河川や池で確認されており⁵⁾、今回の調査でも 4 地点で確認された。

アメリカザリガニは今回の調査では魚類および甲殻類の中で最も確認地点数が多い種であった。個体数全体に占める割合は 80 地点調査と比べ減少していたが、5 地点で確認個体数が 16~52 尾を記録しており、減少傾向にあるとは断定できなかった。

3-3 ニツ池東の経年変化

二ツ池東では 1996 年¹⁾、2003 年⁸⁾、2010 年⁹⁾、2014 年⁶⁾ および 2017 年の 5 回にわたり生物相調査が実施されたが、その間に池の生物相は大きく変化している（付表 6）。この変化に関し、競合が起こり得るモツゴとブルーギル、クロダハゼとヌマチチブ、テナガエビとスジエビとアメリカザリガニという 3 つの組合せについて比較した（図 3~5）。

今回の調査では、二ツ池東で最も多く確認された魚類は特定外来生物のブルーギルで、在来種のモツゴを上回った。モツゴはブルーギルによる捕食圧を受けやすく、ブルーギルが侵入すると顕著な減少傾向を示すとされている¹⁰⁾。二ツ池東における両者の関係を明らかにするため、上記の調査においてモツゴとブルーギルの間で、確認個体数の比率がどのような変遷を示すか確認した（図 3）。ブルーギルは 1996 年の時点で既に二ツ池東に定着していたとみられるが、個体数比率はモツゴがブルーギルを上回っていた。しかしながら、その後両者の比率は逆転し、2017 年にはブルーギルの確認個体数がモツゴの 2 倍以上となった。

クロダハゼとヌマチチブは、共に横浜市における在来のハゼ科魚類であるが、二ツ池東における両者の変遷（図 4）

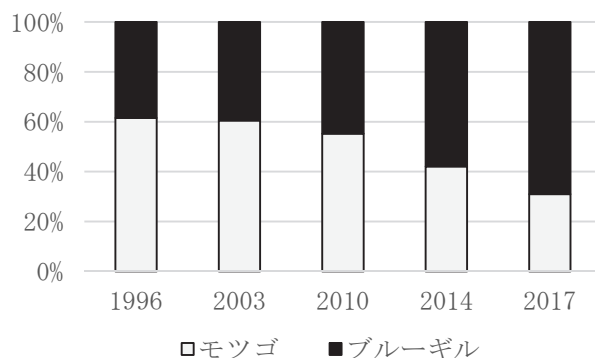


図 3 モツゴとブルーギルの個体数比率

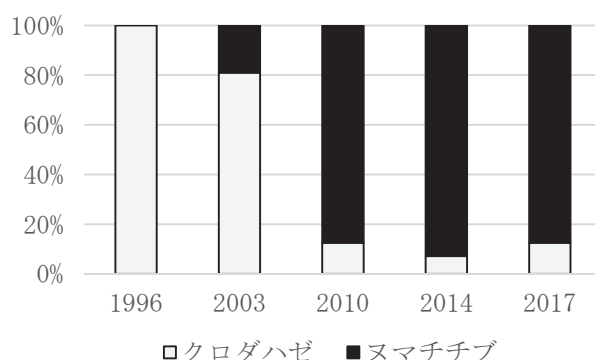


図 4 クロダハゼとヌマチチブの個体数比率

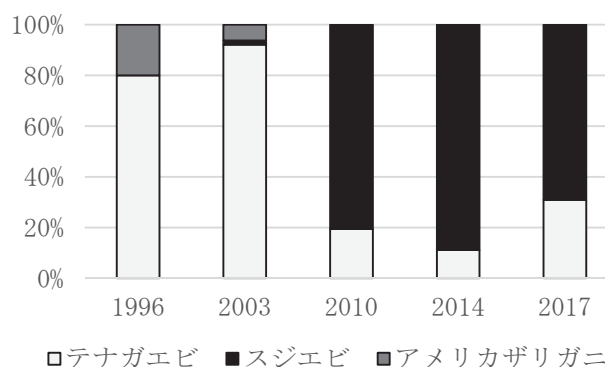


図 5 甲殻類の個体数比率

を見ると、ヌマチチブは 1996 年の時点では確認されておらず、2003 年に初めて確認した際もクロダハゼに比べて個体数比率が非常に低かった。そのため、クロダハゼは従来二ツ池東に生息していたが、ヌマチチブは 1996 年以降に侵入した可能性が示唆された。2010 年以降の調査では、ヌマチチブとクロダハゼの比率は逆転しており、今回の調査でもヌマチチブはクロダハゼの 7 倍以上の個体数が確認された。ヌマチチブは海に近い河川中・下流域に生息する通し回遊魚であるが、容易に陸封されることが知られており¹¹⁾、本来の生息域ではない芦ノ湖、琵琶湖および奥多摩湖などでヌマチチブの陸封個体群が確認されている¹¹⁾。このように本来の生息域以外に侵入したヌマチチブが、クロダハゼ等の従来生息していたハゼ科魚類と競合することによる生態的影響が懸念されており、滋賀県ではヌマチチブ

を中影響外来種に選定している¹²⁾。二ツ池東においても両者が競合し、確認個体数比率の逆転が起きた可能性が考えられる。

スジエビ、テナガエビおよびアメリカザリガニは、いずれも肉食性の甲殻類で、生態的地位の類似した種であると考えられる。二ツ池東におけるこれら3種の変遷(図5)をみると、1996年の調査時には甲殻類の大半をテナガエビが占め、わずかながらアメリカザリガニの生息が確認された。2003年の調査では、スジエビが2%に満たない比率ながら出現した。スジエビは1996年には全くいなかったか、いてもごく少数であったと考えられる。しかしながら、2010年以降の調査では、テナガエビの比率は30%以下に低下し、アメリカザリガニは確認されず、スジエビが大半を占めるようになった。

二ツ池東においては、スジエビとヌマチチブが確認されるようになった時期が同じであることから、これら2種が同時期に二ツ池東に侵入した可能性もある。

このような競合が起こり得る種間における確認個体数比率の変遷をみると、池の生物相が従来とは大きく変化したことが示される。ブルーギルに代表される国外外来種の生態系に対する影響については周知のとおりであるが、今回の調査ではヌマチチブやスジエビのように、市内における在来種とされる生き物であっても、今まで生息していなかった場所に侵入することで、その場所の生物相に大きな影響を与える可能性が示唆された。一方、生態系の変化には多数の種間相互作用や環境からの影響が関係しており、今回の結果をもって生態系への影響について断定することはできない。今後、その他の池においても同様の事例が確認されるのか精査を重ね、生態系の保全に資する情報を蓄積していく必要がある。

4. おわりに

現在の横浜市内における池の生物生息状況を把握するため、市内の池9地点を対象に魚類・甲殻類の生物相調査を実施した結果、在来種であるモツゴやヌカエビが健在であることが確かめられた。一方で、外来種としてアメリカザリガニやブルーギルなどの20年前に確認された種が引き続き確認されたうえ、カワリヌマエビ属のような新たな種類も確認されており、市内の池に侵入・定着する外来種は今後さらに増加していくことが予想される。二ツ池東の調査結果から、ヌマチチブやスジエビのように国外外来種ではない種であっても、新たに侵入することで生物相に大きな影響を与えることが示唆された。

2017年は横浜自然観察の森に位置する池、鶴見川流域に位置する池および白幡池を対象に調査を実施したが、今後は異なる流域の池についても調査を実施し、流域ごとの生物相の特色を比較することが重要である。

謝辞

調査にあたり、横浜市環境創造局北部公園緑地事務所、都筑土木事務所、神奈川土木事務所、青葉土木事務所、横浜自然観察の森、白幡池公園釣り愛好会、白幡池公園愛護会の皆様に協力を頂いた。本報告をまとめるにあたり、厚く御礼申し上げる。

文献

- 1) 樋口文夫、水尾寛己、福嶋悟、前川渡、阿久津卓、梅田孝：横浜市内の池における水環境と魚類相、甲殻類(十脚目)相の調査報告、横浜市環境科学研究所報、26、22-37(2002)
- 2) 横浜市環境科学研究所：横浜の池の生物、203pp。(2011)
- 3) 神奈川県水産技術センター：ギバチのログハウス・・・間伐材を用いた小型漁礁の効果、水技センター情報、150、3-4(2013)
- 4) 中坊徹次編：日本産魚類検索 全種の同定 第三版、東海大学出版会、2428pp。(2013)
- 5) 横浜市環境科学研究所：横浜の川と海の生物(第14報・河川編)、184pp。(2016)
- 6) 七里浩志、市川竜也、渾川直子、堀美智子、村岡麻衣子、岩崎美佳、本田昌幸：横浜市内止水域における外来種侵入状況について～2池における魚類、エビ・カニ類の変遷～、第39回環境研究合同発表会講演要旨集、21-24(2015)
- 7) 福嶋悟、樋口文夫、小市佳延、下村光一郎、神保健次、中村明世：小雀公園の水域生態系—公園管理のための基礎資料—、横浜市環境科学研究所報、32、73-78(2008)
- 8) 横浜市環境科学研究所：二ツ池(鶴見区)生物調査報告書、179pp。(2004)
- 9) 横浜市環境創造局：二ツ池生物生息環境調査委託報告書、163pp。(2011)
- 10) 片野修、中村智幸、山本祥一郎：実験水槽におけるブルーギルによるモツゴの捕食、日本水産学会誌、69(5)、733-737(2003)
- 11) 向井貴彦、西田睦：ヌマチチブ非在来個体群におけるミトコンドリアDNAの地理的変異、魚類学会誌、52(2)、133-140(2005)
- 12) 滋賀県：滋賀県外来種リスト2015、18pp。(2016)
- 13) 樋口文夫、水尾寛己、福嶋悟、倉林輝世：池改修による魚類・甲殻類(十脚目)相の変化に関する研究、横浜市環境科学研究所報、26、38-46(2002)

付表1 池別の確認個体数

	種類名	地点記号	SE※1	MO	MT	MZ1	MZ3	SR※2	OB	FTL	FTR
		調査日	2017/6/5	2017/6/12	2017/6/22	2017/6/29	2017/6/29	2017/7/26	2017/8/9	2017/8/23	2017/8/24
魚類	コイ		目視					目視		目視	
	イロゴイ		目視	目視				目視			
	ゲンゴロウブナ※1							聞き取り			
	ギンブナ									1	
	フナ属		1					目視			目視
	キンギョ							1			
	タイリクバラタナゴ										2
	モツゴ		17		121	24	54	1254		39	
	ドジョウ		1	1					4		
	ミナミメダカ		9		9				37		
	ブルーギル		5					4		87	
	オオクチバス			37						1	
	ヌマチチブ									35	
	カワヨシノボリ								7		
クロダハゼ		1				2	6	52		5	1
ヨシノボリ属(稚魚)		2	1								
種類数計		8	4	2	2	2	2	7	3	7	3
甲殻類	ヌカエビ				189	38	314				
	スズエビ				142	10	1	500		47	
	テナガエビ									21	1
	カワリヌマエビ属		46	4					213		1
	アメリカザリガニ		32	33	17	5	3	2	52		16
	種類数計		2	2	3	3	3	2	2	2	3
昆虫類 ※3	カゲロウ目					1					
	イトトンボ科		1			1					3+成虫
	ギンヤンマ			成虫					4		成虫
	ヤブヤンマ						成虫				
	ショウジョウトンボ		成虫	成虫							成虫
	シオカラトンボ								3+成虫		成虫
	コシアキトンボ		成虫	成虫	13+成虫	9	成虫			11	5
	チョウトンボ										成虫
	トンボ科										4
	ヒメアメンボ					10					
	ヤスマツアメンボ					10					
	アメンボ科							3			
	マツモムシ					11	22				
	マメゲンゴロウ							1			
ガムシ科							1				
ガガンボ								1			
貝類	カワニナ			1					13		
	ヒメタニシ			5							
	モノアラガイ科					22					
	タイワンシジミ			3							
両生類 ※4	ウシガエル		1			4	6			29	○
	ヤマアカガエル						2				
	シュレーゲルアオガエル						2				
爬虫類	ミシシippアカミミガメ		○	○				○			
	クサガメ							○			
鳥類	コジュケイ					○	○				
	カルガモ		○	○				○			
	カイツブリ		親子								
	キジバト			○							
	バン			親子				○		○	
	ツミ		○								
	カワセミ					○	○				
	オナガ		○								
	ハシブトガラス		○								
	シジュウカラ					○	○				
	ヒヨドリ					○	○				
ムクドリ		○	○								
ガビチョウ					○	○					
哺乳類	ネズミの仲間			○							
植物	ヒメガマ			○							○
	ハンゲショウ			○				○			
	スイレン			○				○			

※1 せせらぎ公園池の種類数計はクロダハゼとヨシノボリ属(稚魚)を合わせて1種とする。

※2 白幡池の種類数計はゲンゴロウブナとフナ属を合わせて1種とする。

※3 トンボ類については採集したヤゴの個体数を数字で記載した。

※4 カエル類については採集した幼生の個体数を数字で記載した。

付表2 せせらぎ公園池の調査結果

調査日		1994/6/13 ¹⁾	2017/6/5				合計
調査方法			目視	タモ網	投網	かご罟	
魚類	コイ		○				目視
	イロゴイ		○				目視
	ギンブナ	2					
	フナ属※1	1		1			1
	モツゴ	4		17			17
	ドジョウ			1			1
	ミナミメダカ			9			9
	ブルーギル	23			5		5
	オオクチバス	2					
	クロダハゼ※2	87		1			1
	ヨシノボリ属(稚魚)※3			2			2
採集個体数計		119	0	31	5	0	36
種類数計		5	2	5	1	0	8
甲殻類	カワリヌマエビ属			46			46
	テナガエビ	2					
	アメリカザリガニ	2		31		1	32
	採集個体数計	4	0	77	0	1	78
種類数計		2	0	2	0	1	2

※1 1994年の確認種類数はギンブナとフナ属を合わせて1種類とした。

※2 過年度にトウヨシノボリと記録された種については、クロダハゼとして記載した。

※3 ヨシノボリ属(稚魚)はクロダハゼの可能性が高いが、稚魚のため断定しなかった。

2017年の確認種類数はクロダハゼとヨシノボリ属(稚魚)を合わせて1種類とした。

付表3 ミズキの谷の調査結果

調査日		1997/5/21 ¹⁾	2017/6/22				合計
調査方法			目視	タモ網	かご罟	小型漁礁	
魚類	モツゴ	7		3	116	2	121
	ミナミメダカ	2		9			9
採集個体数計		9	0	12	116	2	130
種類数計		2	0	2	1	1	2
甲殻類	ヌカエビ	21		144	2	43	189
	スジエビ			62	57	23	142
	アメリカザリガニ	7			4	13	17
採集個体数計		28	0	206	63	79	348
種類数計		2	0	2	3	3	3

付表4 水鳥の池の調査結果

水鳥の池 1

調査日		1997/5/21 ¹⁾	2017/6/29			
調査方法			目視	夕毛網	かご罟	合計
魚類	モツゴ	7		22	2	24
	ミナミメダカ	2				
	クロダハゼ			2		2
採集個体数計		9	0	24	2	26
種類数計		2	0	2	1	2
甲殻類	ヌカエビ	21		38		38
	スジエビ			9	1	10
	アメリカザリガニ	7		4	1	5
	採集個体数計	28	0	51	2	53
種類数計		2	0	3	2	3

水鳥の池 3

調査日		1997/5/21 ¹⁾	2017/6/29		
調査方法			目視	夕毛網	合計
魚類	モツゴ	20		54	54
	クロダハゼ			6	6
採集個体数計		20	0	60	60
種類数計		1	0	2	2
甲殻類	ヌカエビ	3		314	314
	スジエビ			1	1
	アメリカザリガニ	3		3	3
	採集個体数計	6	0	318	318
種類数計		2	0	3	3

※1 水鳥の池2は湿地化して水量が少なかったため、調査を行わなかった。

付表5 大場第一2号雨水調整池の調査結果

調査日		2017/8/9			
調査方法		目視	夕毛網	かご罟	合計
魚類	ドジョウ		4		4
	ミナミメダカ		35	2	37
	カワヨシノボリ		7		7
採集個体数計		0	46	2	48
種類数計		0	3	1	3
甲殻類	カワリヌマエビ属		207	6	213
	アメリカザリガニ		52		52
採集個体数計		0	259	6	265
種類数計		0	2	1	2

付表6 ニツ池東（駒岡池）の調査結果

調査日 調査方法		1996/5/7 ¹⁾	2003 ⁸⁾ ※1	2010 ⁹⁾ ※2	2014 ⁶⁾ ※3	2017/6/5				合計
						目視	タモ網	投網	かご罟	
魚類	コイ			目視	目視	○				目視
	ゲンゴロウブナ		3	1						
	ギンブナ		1					1		1
	キンギョ			1						
	フナ属※4	1	2	1	2					
	タイリクバラタナゴ		1	20	5					
	モツゴ	16	655	42	8				39	39
	ブルーギル	10	428	34	11		68	6	13	87
	オオクチバス	1	27		5			1		1
	ヌマチチブ		32	21	13		32	2	1	35
	クロダハゼ※5	4	136	3	1		5			5
	ヨシノボリ属(稚魚)※6		58							
	カムルチー(ライギョ)		3	1						
	ポリプテルス属			目視						
採集個体数計	32	1346	124	45	0	105	10	53	168	
種類数計	5	9	9	8	1	3	4	3	7	
甲殻類	スジエビ		4	79	48		46	1		47
	テナガエビ	28	221	19	6		15	2	4	21
	アメリカザリガニ	7	15							
	採集個体数計	35	240	98	54	0	61	3	4	68
種類数計	2	3	2	2	0	2	2	1	2	

※1 2003年の結果は6/4、8/6、11/5、2/4の4回の調査の合算値。

※2 2010年の結果は、魚類は6/1、9/9の2回の調査の合算値、甲殻類は6/2、8/12、1/28の3回の調査の合算値。

※3 2014年の結果は、9/10の4回の調査結果に7/3、7/23、8/8の目視調査の結果を加えたもの。

調査担当者の情報から、ゲンゴロウブナ2個体をフナ属に変更した。

※4 2003年と2010年のフナ属は種類数には含めなかった。

※5 過年度にトウヨシノボリと記録された種については、クロダハゼとして記載した。

※6 2003年のヨシノボリ属(稚魚)は種類数には含めなかった。

付表7 ニツ池西（獅子ヶ谷池）の調査結果

調査日 調査方法		1996/5/7 ¹⁾	2003 ⁸⁾ ※1	2010 ⁹⁾ ※2	2014 ⁶⁾ ※3	2017/6/5				合計
						目視	タモ網	投網	かご罟	
魚類	コイ			目視						
	ゲンゴロウブナ			10						
	ギンブナ		1							
	フナ属※4		41	8	8	○				○
	タイリクバラタナゴ				目視		2			2
	モツゴ		38	14						
	コイ科				目視					
	ドジョウ		5							
	ブルーギル	5	16	1						
	オオクチバス	1	31	6						
	クロダハゼ※5		10				1			1
	ヨシノボリ属(稚魚)※6		3							
	カムルチー(ライギョ)		3	2	目視					
	採集個体数計	6	148	41	8	0	3	0	0	3
種類数計	2	7	6	4	1	2	0	0	3	
甲殻類	カワリスヌエビ属						1			1
	スジエビ		1	15						
	テナガエビ		17	10			1			1
	アメリカザリガニ	11	95	11	16		7		9	16
	モクズガニ		1							
採集個体数計	11	114	36	16	0	9	0	9	18	
種類数計	1	4	3	1	0	3	0	1	3	

※1 2003年の結果は6/4、8/6、11/5、2/4の4回の調査の合算値。

※2 2010年の結果は、魚類は6/1、9/9の2回の調査の合算値、甲殻類は6/2、8/12、1/28の3回の調査の合算値。

※3 2014年の結果は、9/10の4回の調査結果に7/3、7/23、8/8の目視調査の結果を加えたもの。

調査担当者の情報から、ゲンゴロウブナ8個体をフナ属に変更した。

※4 2003年、2010年、2014年のフナ属は種類数には含めなかった。

※5 過年度にトウヨシノボリと記録された種については、クロダハゼとして記載した。

※6 2003年のヨシノボリ属(稚魚)は種類数には含めなかった。

付表 8 もえぎ野公園池の調査結果

調査日 調査方法※1	1994/6/6 ¹⁾	1997/8/27 ¹³⁾	1997/12/14 ¹³⁾	1998/7/5 ¹³⁾	1998/8/27 ¹³⁾	2001/9/6 ¹³⁾	2010/7/15 ²⁾	2014/6/4 ※8	2015 ⁶⁾ ※3 かいぼり	2015 ⁶⁾ ※4 再放流	2015/6/18 ※8	2017/6/12		合計	
			かいぼり※2	再放流								目視	タモ網		投網
魚類															
コイ		1	++				○		14						
イロゴイ			++						3			○		目視	
ゲンゴロウブナ			+		2	7									
ギンブナ		2	++	100	3				74 ※5	22 ※5					
キンギョ									2						
フナ属					174										
タイリクバラタナゴ			++	10		2									
コクレン			+												
オイカワ			+												
ソウギョ			+												
ウグイ			+												
モツゴ	58	52	+++	40	43	14	193			95					
タモロコ			+												
ニゴイ									1				1	1	
ドジョウ					1										
ナマズ			+												
カダヤシ	1														
ブルーギル	2	10	++			4	1	8	384		○				
オオクチバス			++				1	8	92		7		37	37	
クロダハゼ※6	68	37	+	10	20	52	21		6	6	6				
ヨシノボリ属(稚魚)※7													1	1	
カムルチー			+												
採集個体数計	129	102	不明	160	243	79	216	16	576	123	13	0	39	0	39
種類数計	4	5	16	4	5	5	5	2	8	3	3	1	3	0	4
カワリヌマエビ属								1	5		2		4		4
ヌカエビ						8									
スジエビ						9									
テナガエビ	5	18	+++	10	2	2	3		5	5					
アメリカザリガニ							○	1	6		18		23		10
モクズガニ									2						
採集個体数計	5	18	不明	10	2	19	12	2	18	5	20	0	27	0	37
種類数計	1	1	1	1	1	3	3	2	4	1	2	0	2	0	2

※1 調査方法に【かいぼり】と示したものはかいぼりに伴う調査結果、【再放流】と示したものはかいぼり実施後に再放流した種、個体数の記録である。

※2 +~+++は個体数の多寡を示す。

※3 2015/1/22~23

※4 2015/2/10~4/6

※5 2015年確認、放流のゲンゴロウブナ、ギンブナについては、2種の形態による同定が難しく、混在している可能性があるため、まとめて表記した。

※6 過年度にトウヨシノボリ属と記録された種については、クロダハゼとして記載した。

※7 ヨシノボリ属(稚魚)はクロダハゼの可能性が高いが、稚魚のため断定しなかった。

※8 環境科学研究所の過年度調査より。

付表9 白幡池の調査結果

調査日 調査方法※1	1996/6/5 ¹⁾	1997/2/8 ¹³⁾ かいぼり※2	1997/6/14 ¹³⁾ 再放流	1997/7/2 ¹³⁾	1997/8/19 ¹³⁾	1998/8/19 ¹³⁾	2001/9/12 ¹³⁾	2017/7/26		合計
								目視	タモ網+投網	
ウナギ		+	1							
コイ	1	+		聞き取り	2			○		目視
イロゴイ		+						○		目視
ゲンゴロウブナ	聞き取り		+	聞き取り			2			聞き取り
ギンブナ	聞き取り		+	聞き取り						
フナ属※3		+		98	230	112		○		目視
キンギョ									1	1
タイリクバラタナゴ		+			1					
ソウギョ		+								
ウグイ		+								
モツゴ	53	++	400	3	101	43	1		104	1150
ナマズ		+	1							
カダヤシ					2					
グッピー				聞き取り	5					
ブルーギル	聞き取り	+					28		4	4
オオクチバス		+				2				
クロダハゼ※4	7	+	19		22		48		48	4
採集個体数計	61	不明	421	101	363	157	79	0	157	1154
種類数計	6	12	6	5	7	3	4	3	4	2
カワリヌマエビ属※5							24			
スジエビ	37	+	10		1		5		166	334
アメリカザリガニ		+				2			2	2
採集個体数計	37	0	10	0	1	2	29	0	168	334
種類数計	1	2	1	0	1	1	2	0	2	1

※1 調査方法に【かいぼり】と示したものはかいぼりに伴う調査結果、【再放流】と示したものはかいぼり実施後に再放流した種、個体数の記録である。

※2 1997年について +～++++は個体数の多寡を示す。

※3 ゲンゴロウブナ、ギンブナについては、2種の形態による同定が難しいため、2017年調査ではまとめてフナ属として記載した。

また、1997年、2017年のフナ属は種類数には含めなかった。

※4 過年度にトウヨシノボリと記録された種については、クロダハゼとして記載した。

※5 過年度にミナヌマエビと記載された種については、カワリヌマエビ属として記載した。

横浜市内樹林地におけるクリハラリスの防除について

七里浩志、小森昌史、川村顕子（横浜市環境科学研究所）、
堀 哲（旭区）、松岡良樹、真部大数、本多冬磨（環境創造局）

Controlling alien Pallas's squirrel in tree-covered area in Yokohama

Hiroshi Shichiri, Masashi Komori, Akiko Kawamura (Yokohama Environmental Science Research Institute),
Satoru Hori (Yokohama Asahi Ward Administration Office),
Yoshiki Matsuoka, Hirokazu Manabe, Toma Honda (Yokohama Environmental Planning Bureau)

キーワード：外来種、タイワンリス、ルートセンサス、捕獲、除去法

要 旨

比較的規模の大きな樹林地を擁する公園等において、ルートセンサス法によるクリハラリス生息状況の把握、捕獲による被害の低減などの取組を実施した。センサス調査の結果、近年リスが定着したことも自然公園と比較的早くに定着した舞岡公園で推定生息密度に有意な差はなかった。また、舞岡公園における確認頻度は、およそ5年前と同程度であった。捕獲調査では、除去法による個体数推定の結果、ワナ有効範囲内にいた個体の41~86%が捕獲できたと考えられた。調査期間中、マツの樹皮剥ぎが頻繁に確認された時期があり、衰弱マツの枯死を早める可能性がある。

1. はじめに

クリハラリス *Callosciurus erythraeus* (タイワンリス *C. e. taiwanensis* を含む。以下「リス」と略す) は外来生物法に基づく特定外来生物に指定されており、果樹への被害や樹皮剥ぎによる樹木の枯死、小鳥の巣や卵を襲うといった被害が報告されている^{1)~3)}。

横浜市内では南部を中心に生息していると考えられるが、北部でも数件の目撃情報があり⁴⁾、また、生息範囲が拡大傾向にあることが指摘されている⁴⁾。

本市には神奈川県西部などに分布する在来種のニホンリス *Sciurus lis* は生息していないが、市民の生活被害対策として、2008年度から民有地におけるリスの捕獲支援を行ってきた(表1、図1)。本事業で捕獲されるエリア(区)も拡大傾向にあり、主要な生息・繁殖地と考えられる樹林地での対策が課題となっている。

本稿では、比較的規模の大きな樹林地を擁する公園等において実施した、ルートセンサス法によるリス生息状況の把握、捕獲による被害の低減などの取組によって得られた知見を報告する。

2. 方法

2-1 センサス調査

2-1-1 概要

横浜市北部(緑区)に位置する新治市民の森、中部(旭区)に位置することも自然公園、および南部(戸塚区)に位置する舞岡公園の3地域(図2)において、定期的な踏査(ルートセンサス)によるリスのカウントを行った。

2-1-2 対象地域

センサス調査を行った3地域の概要、リス生息状況および選定根拠は次のとおりである。

表1 民有地におけるリス捕獲数の推移

年度	2008	2009	2010	2011	2012
捕獲個体数	15	34	111	60	134
年度	2013	2014	2015	2016	2017
捕獲個体数	144	216	203	262	184

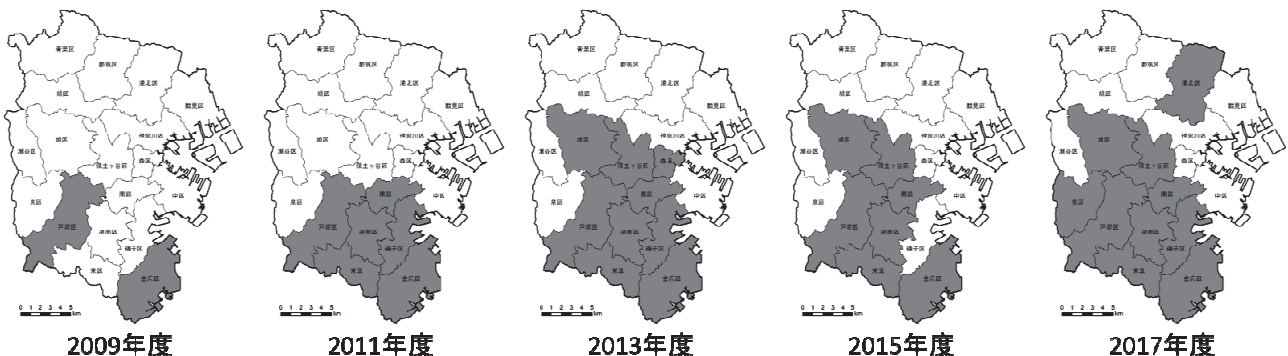


図1 民有地におけるリス捕獲エリア(区別)の推移

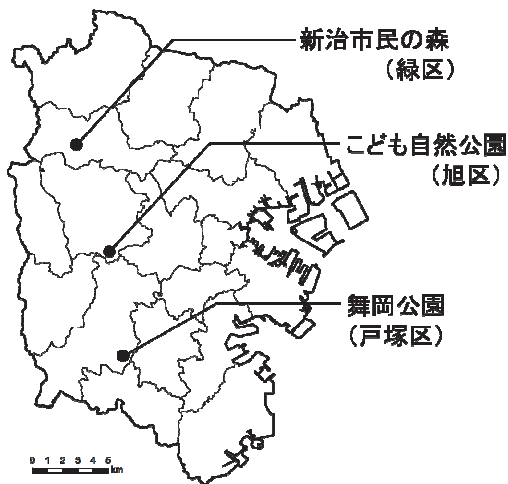


図2 リス調査対象地域

(1) 新治市民の森

横浜市北部の緑区に位置する市民の森で、面積は隣接公園区域を含め約70haである。そのうち約85%が樹林、植栽地で⁵⁾、スギ・ヒノキ植林が約36%、コナラ群落が約33%を占める。

これまで数件のリス目撃情報⁴⁾があるが、恒常的に確認される状況とはなっていない地域である。前述のとおり、市内では、南部の方がリスの生息密度が高いと考えられ、当該地では、未定着あるいは侵入初期段階と判断した。

今後、生息密度が高くなる可能性があることから、選定した。

(2) こども自然公園

横浜市中部の旭区に位置する広域公園で、面積は約46.4haである。そのうち約81%が樹林、植栽地で、コナラ群落が約32%、植栽地(高木)が約24%、スギ・ヒノキ・サワラ植林が約17%を占めるほか、クロマツ植林が約3%ある⁶⁾。

公園管理者によると、ここ数年(調査開始の2013年時点)、リスによる園内樹木の樹皮剥ぎ等の被害が目立つようになってきたとのことである。当該地へのリスの侵入は比較的新しく、生息数(密度)を増大させている過渡期であると仮定した。

後述の捕獲調査と併せ、公園内での被害軽減、分布域の拡大(市内北上)阻止、生息数増大期における対応手法の検討等を目的に選定した。

(3) 舞岡公園

横浜市南部の戸塚区に位置する広域公園で、面積は約28.5haである。そのうち約76%が樹林、植栽地で、コナラ群落が約22%、ヤマザクラ群落が約17%を占めるほか、スギ植林が約1%、クルミ植栽林が約0.4%ある⁷⁾。

戸塚区は2001年の時点でリスが生息し、当時の県内分布北限となっていた⁸⁾。当該地へのリスの侵入は比較的古く、生息数(密度)は比較的安定している状況と仮定した。

当該地ではリスに関する調査や捕獲ワナの開発・検討も実施されており²⁾、後述の捕獲調査と併せ、公園内での被害軽減、リスが広く定着している南部地域における対応手法の検討等を目的に選定した。

2-1-3 実施期間

センサス調査は、こども自然公園、および舞岡公園において、2013年11月～2017年3月に、月1回の頻度で実施した(2013年12月のこども自然公園では月2回、2013年11月の舞岡公園では月3回)。2017年4月～2018年10月は、年2回(4月と10月)の頻度で実施した。

また、新治市民の森において、2016年4月～2018年10月に、年2回(4月と10月)の頻度で実施した。調査日時の詳細については、調査結果とともに付表1に示す。

本稿では、2018年10月までの結果を取り扱い、平均値や季節別の比較にはそれぞれ調査頻度の揃った期間のデータを使用した。

2-1-4 センサス調査方法詳細

各公園に約1kmのセンサスルート2本(ルートAおよびB)を設定し(図3)、時速約2kmの速度で歩行し、周囲片側50m、左右合わせて100mの範囲で目視または鳴き声によって確認されたリスの個体数、行動等を記録した。

調査は、各公園とも約2kmの距離を1時間かけて行い、日没90分前に開始し、30分前に終了することとした。

リスのセンサス調査にあたり、田村、宮本⁹⁾は、「日中も活動したり、日の入り直前に活動ピークがあったりすることもあるが、これは季節によって異なるため、早朝1～2時間が適している。」としている。しかし、本調査では、金田ら²⁾の報告において2008年11月27日～12月24日に舞岡公園で実施されたセンサーカメラを用いたリス撮影回数が、早朝より夕方(日没90分前～30分前)の方が多かったことに基づき、夕方に実施することとした。

2-2 捕獲調査

2-2-1 概要

こども自然公園、および舞岡公園において、主に冬季にカゴワナを用いたリスの捕獲を行った。

2-2-2 対象地域

捕獲は、センサス調査を行った3地域のうち、恒常的にリスが目撃されているこども自然公園、および舞岡公園の2地域で実施した。2地域の概要、リス生息状況および選定根拠は、2-1-2に示したとおりである。

2-2-3 実施期間

捕獲は、2013年度以降、毎年継続して主に冬季に実施した。捕獲期間の詳細については、捕獲結果とともに後に示す(表4)。

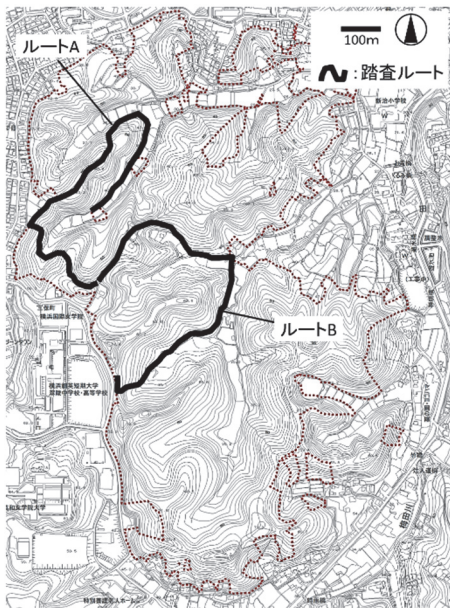
本稿では、2017年度(2018年3月)までの結果を取り扱う。

2-2-4 捕獲方法詳細

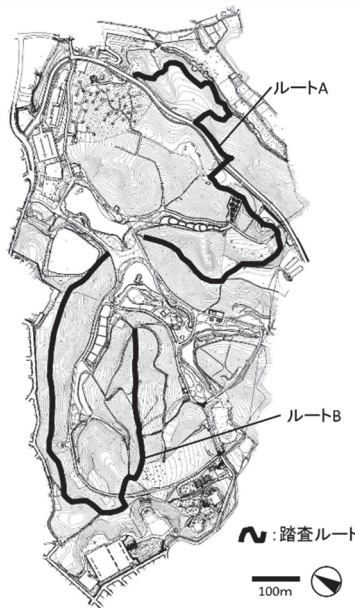
捕獲には、調査地域ごとに10個のトリガー式カゴワナ(図4)を使用した(ただし、2016年度のこども自然公園では9か所で14個使用)。

ワナは地上1～3m程度の高さとなるように樹木等に固定し、誘因餌には殻付き落花生またはかりんとうを使用した。

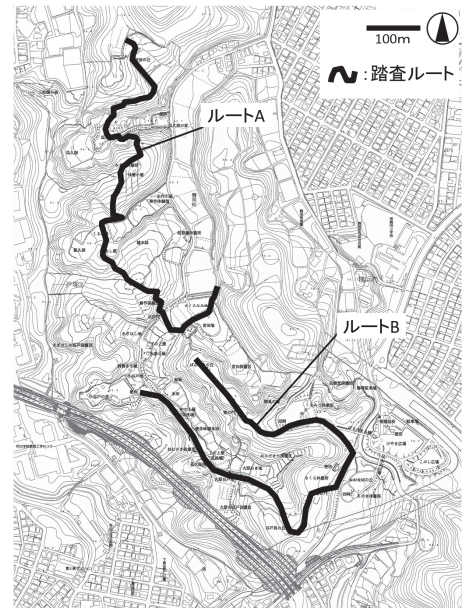
ワナの設置場所は、その年の目撃状況や設置期間中の捕獲状況に応じて移動させたが、おおむね、こども自然公園では10個のワナを比較的広い範囲に分散させて配



新治市民の森



こども自然公園



舞岡公園

図3 各調査地域におけるセンサスルート



図4 捕獲に使用したカゴワナ

置し、舞岡公園では10個のワナを比較的狭い範囲に近接させて配置した。設置場所はいずれの公園も一部がセンサス調査の対象範囲に入ったが、完全には重複していない。

これらのワナは1日1回以上の点検を行い、リスが捕獲された場合は速やかに回収、ワナを再設置した。点検の行えない土曜日および日曜日は、ワナのフタを閉じ、捕獲は行わなかった。

3. 結果

3-1 センサス調査

3-1-1 確認個体数の推移

新治市民の森では、2016～2018年ののべ6回の調査中にリスを確認することはできなかった。

こども自然公園、および舞岡公園におけるリス確認個体数の推移(2km、1時間の実際のカウント数。複数回実施した月はその平均。)を図5、付表1に示す。

リス確認個体数は大きく変動し、冬季にあたる1、2月や夏季にあたる7、8月に確認個体数が少ないことがあったが、例外も見られた。また、舞岡公園では毎年6月に確認個体数が多いようであった。

こども自然公園では、2013年12月～2016年11月の3年間、36か月の調査によるリスの平均確認個体数±標準誤差は、 5.89 ± 0.36 個体/1kmであった。同様に、舞岡公

園では、2013年12月～2016年11月の3年間、36か月の調査によるリスの平均確認個体数±標準誤差は、 4.90 ± 0.40 個体/1kmであった。

また、12月～翌年11月の1年ごとに1kmあたりの平均確認個体数を算出したところ(表2)、こども自然公園では、2013年12月～2014年11月(以下、1年目): 5.17 ± 0.61 個体、2014年12月～2015年11月(以下、2年目): 6.25 ± 0.60 個体、2015年12月～2016年11月(以下、3年目): 6.25 ± 0.68 個体となり、1年目と2年目、2年目と3年目の間に有意な差は見られなかった(*t*-検定, *ns*)。

同様に、舞岡公園では、1年目: 4.00 ± 0.54 個体、2年目: 5.42 ± 0.87 個体、3年目: 5.29 ± 0.58 個体となり、1年目と2年目の間に有意な差が見られたが(*t*-検定, $P < 0.05$)、2年目と3年目の間に有意な差は見られなかった(*t*-検定, *ns*)。

表2 年別確認個体数の比較

こども自然公園

期間	平均確認個体数 ±標準誤差 (個体/1km)	
2013年12月～2014年11月	5.17 ± 0.61	} <i>ns</i>
2014年12月～2015年11月	6.25 ± 0.60	
2015年12月～2016年11月	6.25 ± 0.68	
<i>t</i> -検定 <i>ns</i> : 有意差なし		

舞岡公園

期間	平均確認個体数 ±標準誤差 (個体/1km)	
2013年12月～2014年11月	4.00 ± 0.54	} *
2014年12月～2015年11月	5.42 ± 0.87	
2015年12月～2016年11月	5.29 ± 0.58	
<i>t</i> -検定 <i>ns</i> : 有意差なし * : $P < 0.05$		

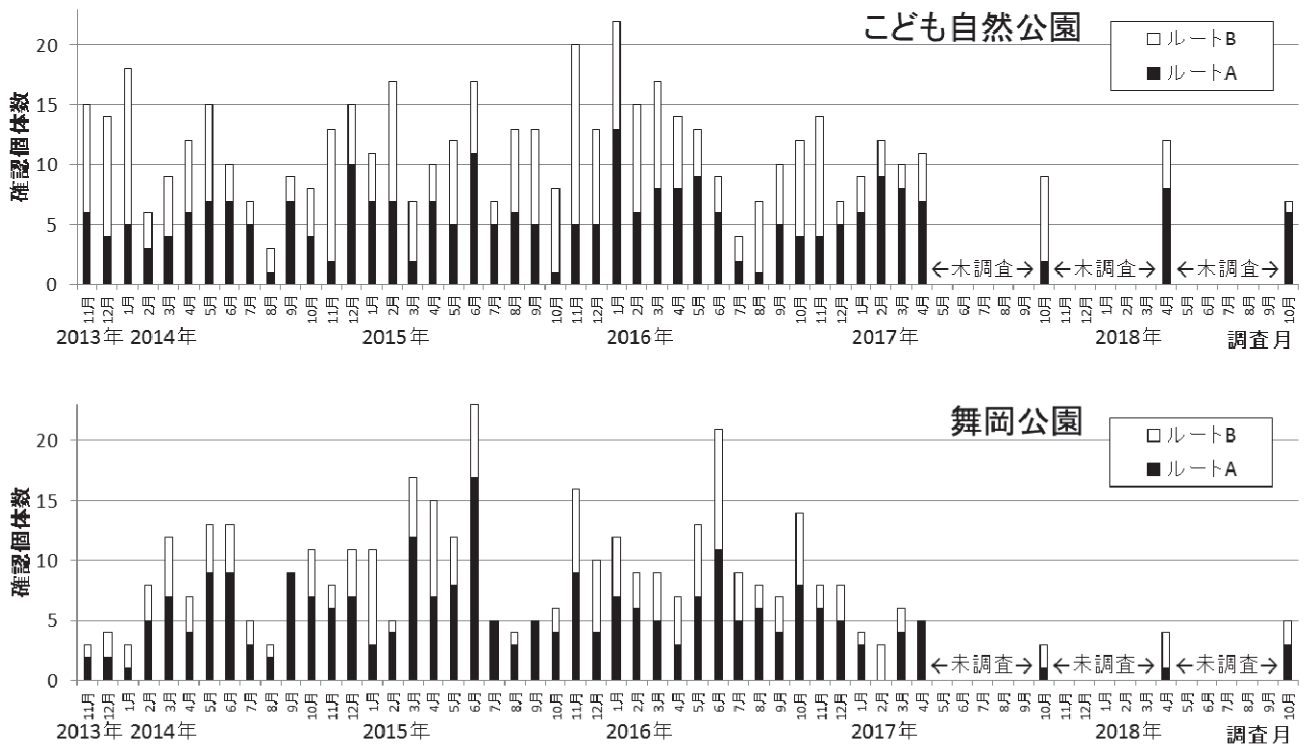


図5 センサス調査におけるリス確認個体数の推移

さらに、2013年12月～2017年2月のデータを用いて、季節ごと（冬：12月～翌年2月、春：3月～5月、夏：6月～8月、秋：9月～11月）に確認個体数の平均を比較したところ（図6）、いずれの公園も季節による有意差は見られなかった（一元配置分散分析；こども自然公園 $F(3, 35) = 3.35, ns$ ，舞岡公園 $F(3, 35) = 1.55, ns$ ）。

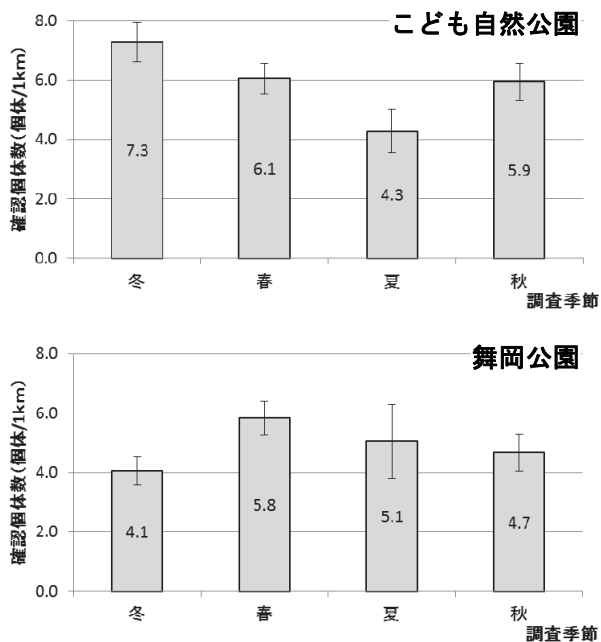


図6 季節別確認個体数の比較

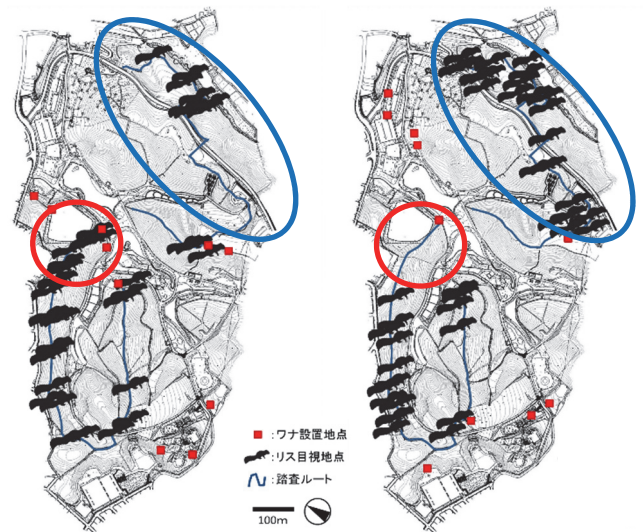
3-1-2 個体数密度の推定

前述のとおり、センサス調査では、約1kmのセンサスルート2本の周囲片側50m、左右合わせて100mの範囲を

調査範囲としている。センサスルートが曲線であることを考慮し、GIS上にて調査範囲の面積を算出したところ、こども自然公園では21.9ha、舞岡公園では19.1haであった。3-1-1で示した3年間の調査で確認された平均確認個体数をこれらの面積で割ると、個体数密度は、こども自然公園では 0.54 ± 0.03 個体/ha、舞岡公園では 0.51 ± 0.04 個体/ha となり、2地域間の平均個体数密度に有意な差は見られなかった（ t -検定, ns ）。

3-1-3 確認位置の推移

こども自然公園では、リスが高頻度に確認される位置が変化した事例があった。図7に、2013年12月～2014年2月およびその1年後の2014年12月～2015年2月のリス確認位置を示す。



左：2013年12月～2014年2月 右：2014年12月～2015年2月
図7 こども自然公園におけるリス確認位置の変化

図7の赤い円で示したエリアでは、当初、リスの確認個体数が多かったが、1年後にはほとんど確認されなくなった。こども自然公園では、2013年12月～2014年2月に26頭、2014年11月～2015年3月に73頭のリスを捕獲しており、赤い円で示したエリアにもワナが設置されている。

一方で、青い円で示したエリアでは、当初、リスの確認個体数が少なかったが、1年後には比較的多く確認されるようになった。ここでは、ワナは設置されていない。

3-1-4 食性・樹木等への加害に関する知見

リスの食性や樹木等への加害については、目視による確認事例^{1)～3)}や捕獲個体の胃内容物分析事例^{10)、11)}が報告されているが、本センサス調査中にも数例の採餌行動、樹皮剥ぎ等が確認された(表3)。

こども自然公園で確認されたリスによるテラニシシリアゲアリの捕食については、リスが枯れたササの茎をかじり、中にいる生物を食べているような行動が見られたため、直後にリスのかじり跡を確認したところ、茎空洞内に営巣するアリが見られたものである。

表3 確認された主な採餌行動、樹皮剥ぎ等

対象生物	行動	確認日
こども自然公園		
テラニシシリアゲアリ	ササ内の成虫を捕食	2016/12/19
マンサク 果実	種子を摂食か	2018/10/10
エゴノキ 果実	種子を摂食か	2015/7/15
ムクノキ 果実	摂食	2016/1/15
スダジイ 堅果	摂食	2014/11/21
コナラ 堅果	摂食	2014/10/24
コナラ	樹皮剥ぎ	2017/3/16
ミズキ 果実	摂食	2016/7/25
ミズキ	樹皮かじる	2014/5/19ほか
ケヤキ	樹皮剥ぎ(その後枯死)	2015/1/25ほか
エノキ	樹皮かじる	2015/2/19ほか
マツ類 球果	摂食	2016/11/18
マツ類	樹皮剥ぎ	2015/3/17、 2016/12/19、 2017/2/24、4/27、 2018/4/10 2017/1/17
クロマツ	樹皮剥ぎ	2017/1/17
スギ	樹皮剥ぎ	2014/12/19
シュロ	巣材としてか繊維を集める。	2016/5/19
舞岡公園		
カキノキ 果実	摂食	2013/11/8
クルミ 堅果	摂食	2014/8/18、9/17 2015/9/15、 2016/2/18、7/19
クズ 果実	摂食	2014/10/27
キブシ 果実	摂食	2014/10/27
ミズキ 果実	摂食	2016/7/19
ミズキ	樹皮かじる	2016/11/26ほか
ヤマザクラ つぼみ・花	摂食	2014/3/28、 2015/3/24、4/16、 2017/3/23
ヤマザクラ 果実	摂食	2014/5/23、6/23
ハゼノキ 果実	摂食	2015/11/24
ヤマグワ 果実	摂食	2014/6/23、 2016/6/23
カラスザンショウ 果実	摂食	2014/11/19、 2016/11/26
ムクノキ 果実	複数個体で摂食	2015/11/24
ツバキ 花	摂食	2017/3/23
ケヤキ	樹皮剥ぎ(その後枯死)	2014/1/24
シュロ	巣材としてか繊維を集める。	2015/4/16

また、同じくこども自然公園で確認されたリスによるマツ類の樹皮剥ぎ(図8)は、本調査では、2015年3月に初めて確認され、2016年12月以降、頻繁に確認されるようになった。当該地では近年、松枯れが著しく、2017年度はマツ以外を含め、225本の樹木を伐採している。

その他、リスが枯れ木をかじる行動、ユリノキやサワラの樹皮剥ぎ跡、地上に散乱するクロマツ球果の食痕などが確認された。



図8 リスによるマツの樹皮剥ぎ跡
(こども自然公園 2017年2月24日)

3-2 捕獲調査

3-2-1 捕獲数の推移

表4に、こども自然公園、および舞岡公園における年度別捕獲結果を示す。

捕獲数は公園、実施年度により大きくばらついた。捕獲従事者は、公園、実施年度により異なることもあったが、少なくとも、2013年度に舞岡公園でワナの設置場所や固定方法などを確認した際には、設置に関して大きな問題点は見受けられなかった。

2015年度以降、誘因餌を落花生からかりんとうに変更したところ、捕獲数が増加した。

表4 リス捕獲結果

こども自然公園					
年度	2013	2014	2015	2016	2017
捕獲期間	12/2～ 2/22	11/30～ 3/20	11/20～ 3/15	12/12～ 3/15	1/24～ 3/14
捕獲個体数	26	73	21	104	39
誘因餌	落花生	落花生・ バナナ	落花生・ かりんとう	かりんとう	かりんとう
舞岡公園					
年度	2013	2014	2015	2016	2017
捕獲期間	12/2～ 3/25	12/22～ 3/19	12/10～ 3/11	12/19～ 3/15	2/15～ 3/15
捕獲個体数	12	1	91	59	18
誘因餌	落花生・ ゆず	落花生	落花生・ かりんとう	かりんとう	かりんとう

比較的捕獲個体数の多かった年について、捕獲個体の性比、平均体重を求めた（表 5）。

使用したデータの範囲において、捕獲個体の性比は、メス 1 に対して、こども自然公園ではオスが 2.5 および 0.9 であり、性比に一定の傾向は見受けられなかった。舞岡公園ではオスが 1.5 および 1.4 で、いずれもオスが多く捕獲された。オスの捕獲数が相対的に少なかった 2016 年度のこども自然公園ではワナを 9 か所に 14 個設置している。同一地点で同日に 2 個体が捕獲されたこともあり、性比に影響を与えている可能性がある。

表 5 捕獲されたリスの性比および平均体重

こども自然公園				
年度	性別	捕獲数	体重±標準誤差(g)	備考
2014	♂	50	334.4±7.1	計量は 10g単位
	♀	23	333.9±6.5	
	計	73		
2016	♂	50	370.7±5.9	計量は 1g単位
	♀	54	339.1±7.2	
	計	104		

舞岡公園				
年度	性別	捕獲数	体重±標準誤差(g)	備考
2015	♂	54	321.5±5.4	計量は 10g単位
	♀	37	299.5±7.9	
	計	91		
2016	♂	34	377.1±8.4	計量は 1g単位
	♀	25	356.4±10.5	
	計	59		

3-2-2 個体数密度の推定

外来種防除の現場では一般に、ある捕獲面積のなかで 1 日または単位時間あたりの捕獲数を縦軸にとり、累積捕獲数を横軸にとって、捕獲データを用いた個体数の減少過程を推定する方法（除去法）がとられている⁹⁾。同じ場所で捕獲を継続した場合、単位時間あたり（例えば 1 週間あたり）に捕獲されるリスの個体数は、徐々に減少する。捕獲される数が 0 となった時を地域のリスがすべて捕獲された時と考え、関係式から捕獲前の生息個体数の推定ができる。

比較的捕獲個体数の多かったこども自然公園における 2014 年度、2016 年度の捕獲データ、舞岡公園における 2015 年度、2016 年度の捕獲データを用いて、除去法による個体数の推定を行ったところ、捕獲開始前の推定個体数は、順に、こども自然公園で 115.5 個体、255.2 個体、舞岡公園で 120.7 個体、68.7 個体と算出された。算出には、年末年始の非捕獲期間を除外し、1 週間あたりの捕獲数を用いた。また、2015 年度舞岡公園は、1 月以降に誘因餌を変更したため、1 月以降の捕獲データを使用した。図 9 に例として 2015 年度の舞岡公園における捕獲数の推移を示す。

捕獲開始前の推定個体数およびその後の捕獲実績から、ワナによって、順に、こども自然公園で 63%、41%、舞岡公園で 73%（1 月以降の 88 頭で算出）、86%が捕獲されたことになる。

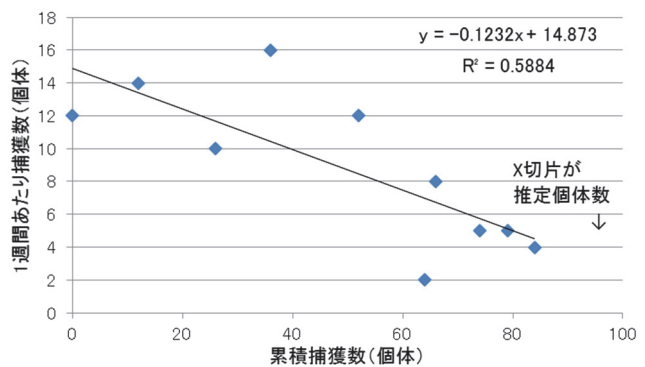


図 9 除去法による個体数の推定
(2015 年度 舞岡公園)

算出された推定個体数は配置された全てのワナの有効範囲（捕獲効力が及ぶ範囲）における数値となる。既往のリス行動圏等から 1 個のワナの有効範囲をいくつか仮定し、配置した 10 個のワナ全体の有効範囲を求めた（2016 年度こども自然公園は 14 個）。

リスの行動圏は、メスで 0.72ha、オスで 3.83ha と報告されている¹²⁾。行動圏を円と仮定すると、行動半径は、メスで 47.9m、オスで 110.4m となる。したがって、1 個のワナの有効範囲は、半径 45m～100m と仮定できる。

また、田村ら¹³⁾は、Tamura *et al.*¹²⁾ によるテレメトリー調査において、行動圏の最大径がメスで 163m、オスで 475m であったことを引用し、100～400m の範囲の移動は日常的に起こりうると考えられる、としている。したがって、この数値を用いると、ワナの有効範囲は、半径 50m～200m と仮定できる。

さらに、金田ら²⁾は、2008 年 12 月～2009 年 1 月に舞岡公園で捕獲調査を実施した際、捕獲後、半径約 200m の範囲でリスが確認されなくなったとの観察事例を報告している。

以上から 1 個のワナの有効範囲を半径 45m、100m、200m の円と仮定し、各捕獲年度のワナの設置場所をもとに、全ワナの有効範囲を求めた。求めた有効範囲（面積）と除去法による推定個体数から算出される個体数密度は表 6 のとおりとなった。

全ワナの有効範囲は、ワナ同士が近接して設置された場合、それぞれのワナの有効範囲が重なるため、小さくなる。また、ワナが公園敷地境界付近などに設置された場合、公園敷地外のエリアが有効範囲となることがある。さらに、ワナ設置期間中、一部のワナの配置を変更したこともあったが、誤差の範囲と考え、考慮に入れなかった。

2016 年度のこども自然公園は 1 週間単位での捕獲推移が特に大きくばらつき、除去法による個体数推定において近似式の決定係数は最も低かった（表 6）。前述のとおり、こども自然公園ではこの年のみ 9 か所に 14 個のワナを設置しており、同一地点で同日に 2 個体が捕獲されたこともあるため、それらが影響している可能性もある。少なくとも捕獲期間後半は捕獲される個体数が少ない週が続いた。

表 6 捕獲結果を用いた個体数密度の推定

こども自然公園				
年度	除去法による 推定個体数 (個体)	1ワナの 有効範囲 半径(m)	全ワナの 有効範囲 (ha)	個体数密度 (個体/ha)
2014	115.5	45	5.4	21.4
		100	22.0	5.3
		200	64.3	1.8
R ² =0.13				
2016	255.2	45	5.3	48.3
		100	20.3	12.6
		200	57.0	4.5
R ² =0.09				

舞岡公園				
年度	除去法による 推定個体数 (個体)	1ワナの 有効範囲 半径(m)	全ワナの 有効範囲 (ha)	個体数密度 (個体/ha)
2015	120.7	45	4.7	25.4
		100	18.5	6.5
		200	50.6	2.4
R ² =0.59				
2016	68.7	45	5.6	12.3
		100	20.3	3.4
		200	53.7	1.3
R ² =0.45				

※ R²は得られた近似式の決定係数

4. 考察

4-1 確認個体数の推移

センサス調査から、リスの確認個体数は、こども自然公園では2013年12月～2016年11月の3年間（1年目～3年目）で増加あるいは減少している様子は見られなかった。また、舞岡公園では1年目から2年目にかけて増加したことが示唆された。

いずれの公園も、冬季に捕獲を実施している中での評価であるが、ワナの設置位置とセンサスルートは完全に重なるものではなく、今回の調査方法においては、捕獲により確認個体数が大きく減少する様子は見受けられなかった。舞岡公園での捕獲個体数は1年目（2013年度末）に12個体、2年目（2014年度末）に1個体といずれも比較的少なく、センサス調査による確認個体数が増加した年と一致したが、捕獲が個体数にどの程度影響を与えたかは不明である。

センサス調査は夕方に実施したが、こども自然公園の5.89±0.36個体/1km（3年平均）や、舞岡公園の4.90±0.40個体/1km（3年平均）という数値は、早朝に調査を実施した横浜市金沢区の横浜自然観察の森での3.57±0.73個体/1km（2017年）¹⁴⁾や、5.25±0.87個体/1km（2016年）¹⁵⁾という報告と比較して、著しくかけ離れた数値ではなかった（当該地では、約2.3kmのコースを時速約2kmの速度で歩行し、周囲片側50m、左右合わせて100mの範囲を、夏を除く年14回調査。2013年～2017年において、2016年は最大値、2017年は最小値）。

また、金田ら²⁾は、2008年度に舞岡公園で実施したランダム・センサスにおいて1時間あたりの生息確認頻度は12.0個体（2008年12月18日、125分間調査）および11.9個体（2009年1月23日、101分間調査）であったと報告している。この調査では時速約2kmの速度で歩行しており、範囲は不明であるが、1kmあたりの確認個体数は6.00個体および5.95個体ということになる。同調査の詳細について記述のある報告書¹⁶⁾によると調査時

間帯は、両日ともおおむね15時～16時（二手に分かれて実施）で、今回の調査時間帯とはほぼ同じである。調査方法の微妙な違い、調査者の違い、誤差等を考慮する必要があるが、舞岡公園での確認個体数は、2008年度末と今回（2013～2017年度）は、同程度と推察された。

調査を行う季節に関しては、亜熱帯地域原産であるリスは温度の低い日には活動性が低くなること¹⁷⁾、冬季と夏季は暴露率（リスを確認する頻度）が低いこと¹⁸⁾などが報告されているが、今回の調査では、季節間の平均確認個体数に有意な差は見られなかった。特に冬季は、気温の低い早朝より、夕方の方が、確認頻度は高いのかもしれない。

4-2 個体数密度の推定

今回、リスの生息密度についてセンサス調査および捕獲調査の2つの結果からの推定を試みた。

センサス調査における周囲片側50m、左右合わせて100mという調査範囲については、特に、葉の生い茂る初夏～秋の樹林地においては見通しが効かず、鳥のように飛翔することのないリスの調査においては、過小評価となっていると考えられる。2008年度に舞岡公園で調査した結果をまとめた前述の報告書¹⁶⁾は、ランダム・センサスと同様の調査で2個体が視認できた時に、そのまま地点にとどまって観察を続けると6個体が観察できたことを挙げ、定点観察で視野内のほぼ全個体を確認できたと仮定しても、踏査での発見率は高くても30%程度と考えられた、としている。

除去法（捕獲）による生息個体数の推定は、ワナの設置方法や餌となるドングリの豊凶などにより大きく変化すると考えられる捕獲結果をもとに算出しており、今回の捕獲、計算方法では近似式の決定係数は低めであった。

ワナの有効範囲については、実際の捕獲性比から見ても、行動圏の狭いメスを想定した有効範囲半径45mでは狭過ぎ、オスを想定した100m～200mでは捕獲できないメスがあり、広過ぎると言える。雌雄別々に密度を推定することも考えられるが、様々な不確定要素を含むなか、ここでは大きな傾向をみるための試みとして、雌雄区別なく算出した数値を示すにとどめたい。

また、調査範囲内には、池、駐車場や水田など、リスの生息に適さない土地利用も含む。そのため、樹林部分（あるいは林縁）で捕獲して推定した個体数を用いた場合、密度は過大評価となっている可能性がある。

以上からセンサス調査による生息密度の推定は過小評価であるものの、同一条件下での比較は可能と考えられる。捕獲調査による推定は除去法による生息個体数の推定値の妥当性（相関）を高めることが必要である。

4-3 リスによる食害

採餌行動の確認はセンサス中やその前後の確認によるもので、全体の一部を示すものに過ぎないが、こども自然公園におけるマツ類の樹皮剥ぎはマツの枯死につながる行動として注目される。確認頻度が2016年12月以降高くなったことから樹皮剥ぎはマツの樹勢が衰えたことに伴う行動とも考えられるが、少なくとも衰弱マツの枯

死を早める可能性がある。

4-4 捕獲効果の検証

前述のとおり、ワナの設置位置とセンサスルートは完全に重なるものではないが、捕獲の前後でセンサス調査範囲全体の個体数が大きく減少するような傾向は見受けられなかった。

こども自然公園では、公園内の局所的なエリアにおいて、ワナを設置した付近でのリス確認個体数が減少したが、捕獲の影響かどうかは不明である。一方で、公園関係者からは、捕獲しても樹皮剥ぎ等の被害が減った印象がない（2017年）といった声も聞かれた。

舞岡公園では、公園関係者から、捕獲実施後に付近のリスの鳴き声確認および目撃の頻度が明らかに減少した（2016年）等の声も聞かれた。

いずれの公園でも、比較的捕獲個体数の多かった年では、1週間単位で捕獲されるリスの個体数が、週を追うごとに徐々に減少し、ワナ設置エリアにおけるリスの個体数が着実に減少している様子が見られた。このことから、捕獲してもすぐに他地域から新規に入り込む個体がいるために一向に個体数が減少しない、という状況ではないと言えそうである。

以上から、捕獲の効果が公園全体に及ぶか否かは、公園の広さや生息集団の大きさ（個体数）によるが、少なくともワナの有効範囲においては、一定期間、リスによる被害軽減、個体数低減につながっていると考えられる。

5. おわりに

すでに神奈川県に広く分布しているリスを根絶することはかなり困難と言われており⁹⁾、個体数増加の抑制には捕獲が必要とされている⁹⁾。リスによる被害軽減、分布拡大抑制のためにも樹林地での捕獲や効果的な捕獲手法の検討を続ける必要がある。

横浜市内には現在、リスが生息していないエリアが残っており、また、定着したエリアにおいても生息密度には違いや変化がみられるようである。今後も生息状況をモニタリングし、対策に資する科学的知見を収集することも重要と言える。

謝辞

調査、捕獲の取組開始にあたって、国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所の林典子氏に助言をいただいた。また、神奈川県 環境農政局 水・緑部 自然環境保全課の鉄谷龍之氏（当時）には、舞岡公園での捕獲ワナ設置に関し現地にて助言をいただいた。

リスの捕獲は、業務受託業者や公園指定管理者、各公園職員に実施していただいた。

本調査は、環境創造局動物園課、北部公園緑地事務所、南部公園緑地事務所および環境科学研究所の連携事業として実施したものであり、各年度の担当者には捕獲に関する手続きや調整を行っていただいた。また、環境科学研究所職員にはセンサス調査に同行いただいた。

以上の方々に心より感謝申し上げます。

文献

- 1) 小野衛：鎌倉のタイワンリス、かながわの自然、**63**、12-13 (2001)
- 2) 金田正人、村石健一、伊藤晴康、川道美枝子：タイワンリス (*Callosciurus erythraeus*) の新捕獲装置-ギガント-の試用、リスとムササビ、**24**、7-13 (2010)
- 3) 東陽一：タイワンリスによるメジロの巣の卵の捕食、*Strix*、**16**、175-176 (1998)
- 4) 小森昌史、潮田健太郎、七里浩志、堀美智子：横浜市内におけるタイワンリス等の分布変化、横浜市環境科学研究所報、**42**、29-33 (2018)
- 5) 横浜市環境科学研究所：平成 25 年度陸域生物多様性に関する調査業務報告書、22-23 (2014)
- 6) 横浜市環境科学研究所：平成 26 年度陸域生物多様性に関する調査業務報告書、18-19 (2015)
- 7) 横浜市環境科学研究所：平成 27 年度陸域生物多様性に関する調査業務報告書、17-19 (2016)
- 8) 園田陽一、田村典子：神奈川県における土地利用とリス類 3 種（ムササビ、ニホンリス、タイワンリス）の環境選択性、神奈川県自然環境保全センター自然情報、**2**、13-17 (2003)
- 9) 田村典子、宮本麻子：神奈川県におけるタイワンリスの分布拡大の現状と拡大防止対策について、神奈川自然誌資料、**26**、57-60 (2005)
- 10) 塚本拓也、須田知樹：鎌倉市に生息するタイワンリス (*Callosciurus erythraeus taiwanensis*) 有害駆除個体の胃内容物分析、地球環境研究、**14**、41-47 (2012)
- 11) 重昆達也、御手洗望、金田正人、山崎文晶、森崎将輝、津田朋香、小野晋、繁田祐輔、繁田真由美、草出諒、田村典子：埼玉県入間市で野生化しているクリハラリス *Callosciurus erythraeus* の初期防除の試み、埼玉県立自然の博物館研究報告、**8**、19-32 (2014)
- 12) Noriko Tamura, Masatoshi Nakane, Shintarou Satou, Fumio Hayashi: Home Range Size of the Formosan Squirrel, *Callosciurus erythraeus taiwanensis*, Estimated by Radio Tracking, *J. Mamm. Soc. Japan*, **12**(1・2), 69-72 (1987)
- 13) 田村典子、宮本麻子、美ノ谷憲久、高嶋紀子：市街地における移入種タイワンリスの生息分布と林分環境、応用生態工学、**6**(2)、211-218 (2004)
- 14) 奴賀俊光：タイワンリス個体数変化調査 (2017 年度)、横浜自然観察の森調査報告、**23**、85-86 (2018)
- 15) 掛下尚一郎：タイワンリス個体数変化調査 (2016 年度)、横浜自然観察の森調査報告、**22**、62-63 (2017)
- 16) 株式会社愛植物設計事務所：舞岡公園タイワンリス捕獲調査報告書、45pp. (2009)
- 17) 山本成三、田村典子：亜熱帯産外来種クリハラリスの活動に及ぼす冬季温度の影響、森林野生動物研究会誌、**32**、16-19 (2006)
- 18) 山本成三、田村典子：タイワンリスの目撃頻度の季節変化、横浜自然観察の森調査報告、**8**、46-47 (2002)

付表1 センサ調査結果

こども自然公園

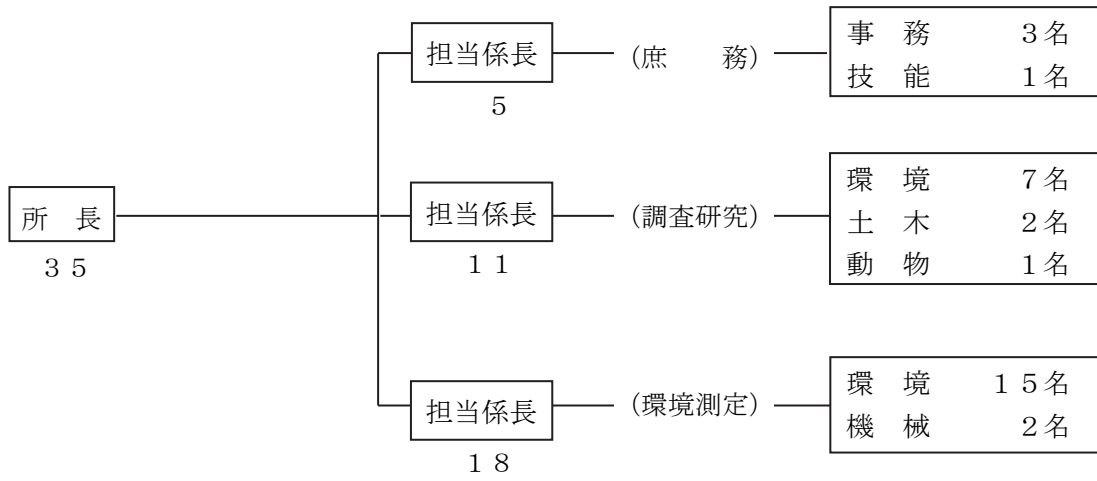
調査日	調査時間	天候	風	確認 個体数	ルート A	ルート B	人の数	備考	日入り 時刻	開始 時気温 (℃)
2013/11/21(木)	14:50-15:20 15:27-15:57	晴	無	15	-	-	20	真設置前	16:32	13.5
2013/12/2(月)	14:50-15:20 15:25-15:55	晴	無	13	5	9	14	真固定開放	16:29	13.0
2013/12/23(月)	14:50-15:20 15:25-15:55	曇	無	15	3	12	36	捕獲期間中 (前日までに15頭捕獲)	16:33	6.5
2014/1/23(木)	15:28-15:58 15:59-16:29	晴	無	18	5	13	19	捕獲期間中 (前日までに20頭捕獲)	17:00	9.5
2014/2/21(金)	15:50-16:20 16:25-16:55	晴	無~弱	6	3	3	0	捕獲期間中 (前日までに25頭捕獲)	17:29	7.9
2014/3/24(月)	16:21-16:51 16:54-17:24	晴	弱~中	9	4	5	39	すでに捕獲終了 (前日までに26頭捕獲)	17:56	15.0
2014/4/25(金)	16:45-17:15 17:20-17:50	晴	微	12	6	6	3	-	18:22	17.8
2014/5/19(月)	17:10-17:40 17:43-18:13	晴	微	15	7	8	0	-	18:42	20.5
2014/6/26(木)	17:25-17:55 18:00-18:30	晴	無	10	7	3	2	-	19:01	23.9
2014/7/23(水)	17:22-17:52 17:54-18:24	晴	微	7	5	2	2	-	18:53	28.3
2014/8/19(火)	16:50-17:20 17:25-17:55	晴	微~中	3	1	2	17	-	18:26	29.1
2014/9/18(木)	16:13-16:43 16:45-17:15	曇	無~微	9	7	2	2	-	17:45	20.9
2014/10/24(金)	15:24-15:54 15:56-16:26	晴	無	8	4	4	1	-	16:56	17.8
2014/11/21(金)	15:30-16:00 15:30-16:00	晴	微	13	2	11	12	捕獲期間中 (前日までに9頭捕獲)	16:32	14.8
2014/12/19(金)	14:57-15:27 15:30-16:00	晴	無	15	10	5	3	捕獲期間中 (前日までに37頭捕獲)	16:31	8.1
2015/1/25(日)	15:34-16:04 16:05-16:35	晴	無	11	7	4	6	捕獲期間中 (前日までに44頭捕獲)	17:01	欠測
2015/2/19(木)	15:55-16:25 16:27-16:57	晴	無	17	7	10	4	捕獲期間中 (前日までに59頭捕獲)	17:27	10.0
2015/3/17(火)	16:20-16:50 16:52-17:22	晴	中	7	2	5	13	捕獲期間中 (前日までに72頭捕獲)	17:50	16.8
2015/4/27(月)	16:52-17:22 17:24-17:54	快晴	微	10	7	3	8	-	18:24	欠測
2015/5/21(木)	17:10-17:40 17:43-18:13	晴	弱~中	12	5	7	9	-	18:43	19.4
2015/6/11(木)	17:24-17:54 17:56-18:26	曇~晴	弱	17	11	6	3	-	18:56	22.2
2015/7/15(水)	17:25-17:55 17:59-18:29	晴	弱~中	7	5	2	6	-	18:57	26.0
2015/8/21(金)	16:50-17:20 17:24-17:54	晴	微	13	6	7	8	-	18:24	27.0
2015/9/28(月)	16:00-16:30 16:31-17:01	晴	無~弱	13	5	8	13	-	17:31	23.6
2015/10/15(木)	15:35-16:05 16:07-16:37	晴	無	8	1	7	9	-	17:07	20.0
2015/11/16(月)	15:30-15:30 15:25-16:05	曇後晴	無~微	20	5	15	19	捕獲前	16:35	20.0
2015/12/16(水)	15:30-15:30 15:30-16:00	晴	微	13	5	8	3	捕獲期間中 (前日までに5頭捕獲)	16:30	17.5
2016/1/15(金)	15:20-15:50 15:52-16:22	晴	微	22	13	9	7	捕獲期間中 (前日までに11頭捕獲)	16:51	8.9
2016/2/26(金)	16:05-16:35 16:37-17:07	快晴	欠測	15	6	9	13	捕獲期間中 (前日までに18頭捕獲)	17:33	9.4
2016/3/17(木)	16:23-16:53 16:55-17:25	晴	微	17	8	9	27	捕獲期間中 (前日までに21頭捕獲)	17:51	16.9
2016/4/18(月)	16:45-17:15 17:17-17:47	曇	無	14	8	6	3	-	18:17	20.0
2016/5/19(木)	17:13-17:43 17:44-18:14	晴	弱	13	9	4	12	-	18:42	20.2
2016/6/20(月)	17:30-18:04 18:05-18:35	晴	無	9	6	3	5	途中、4分中断あり	19:00	26.0
2016/7/25(月)	17:22-17:52 17:54-18:24	晴	無	4	2	2	3	-	18:51	25.0
2016/8/24(水)	16:48-17:18 17:20-17:50	晴	無	7	1	6	3	-	18:19	26.5
2016/9/27(火)	16:00-16:30 16:31-17:01	晴	無~微	10	5	5	12	-	17:31	27.7
2016/10/14(金)	15:36-16:06 16:08-16:38	晴	無	12	4	8	4	-	17:08	18.8
2016/11/18(金)	15:30-15:30 15:31-16:01	晴	無	14	4	10	3	-	16:33	15.0
2016/12/19(月)	15:30-15:30 15:31-16:01	晴	微	7	5	2	16	捕獲期間中 (前日までに2頭捕獲)	16:32	14.8
2017/1/17(火)	15:22-15:52 15:58-16:28	快晴	無	9	6	3	2	捕獲期間中 (前日までに34頭捕獲)	16:54	10.0
2017/2/24(金)	16:00-16:30 16:34-17:04	曇~晴	微	12	9	3	7	捕獲期間中 (前日までに39頭捕獲)	17:32	9.4
2017/3/16(木)	16:20-16:50 16:52-17:22	曇	無	10	8	2	14	すでに捕獲終了 (前日までに104頭捕獲)	17:50	11.0
2017/4/27(木)	16:54-17:24 17:27-17:57	曇	無~弱	11	7	4	5	-	18:24	14.0
2017/10/24(火)	15:23-15:53 15:57-16:27	曇	微	9	2	7	17	-	16:55	16.2
2018/4/10(火)	16:35-17:05 17:10-17:40	晴	微	12	8	4	2	-	18:10	17.5
2018/10/10(水)	15:46-16:16 16:18-16:48	晴	無	7	6	1	15	-	17:14	22.8

舞岡公園

調査日	調査時間	天候	風	確認 個体数	ルート A	ルート B	人の数	備考	日入り 時刻	開始 時気温 (℃)
2013/11/8(金)	14:55-15:25 15:31-16:01	晴	無	4	2	2	9	真設置前	16:40	20.3
2013/11/20(木)	14:50-15:20 15:28-15:58	晴	強	3	3	0	15	真設置前	16:32	13.0
2013/11/22(金)	14:50-15:20 15:26-15:56	晴	無	2	1	1	35	真設置前	16:31	14.0
2013/12/25(水)	14:50-15:20 15:28-15:58	晴	無~微	4	2	2	15	捕獲期間中 (前日までに捕獲なし)	16:35	8.0
2014/1/24(金)	15:29-15:59 16:02-16:32	晴	微~弱	3	1	2	3	捕獲期間中 (前日までに捕獲なし)	17:01	12.0
2014/2/25(火)	16:00-16:30 16:34-17:04	晴	無~微	8	5	3	3	捕獲期間中 (前日までに2頭捕獲)	17:33	16.5
2014/3/28(金)	16:28-16:58 17:00-17:30	晴	弱~中	12	7	5	13	すでに捕獲終了 (前日までに12頭捕獲)	17:59	16.2
2014/4/24(木)	16:45-17:15 17:20-17:50	晴	弱~中	7	4	3	13	-	18:21	17.4
2014/5/23(金)	17:10-17:40 17:45-18:15	晴	微~弱	13	9	4	9	-	18:45	18.0
2014/6/23(月)	17:23-17:58 18:03-18:33	曇	微~弱	13	9	4	2	途中、5分中断あり	19:00	23.1
2014/7/22(月)	17:20-17:50 17:55-18:25	晴	無~微	5	3	2	11	-	18:53	26.5
2014/8/18(月)	16:57-17:27 17:33-18:03	晴	微~中	3	2	1	7	-	18:28	26.3
2014/9/17(水)	16:16-16:46 16:50-17:20	曇	微	9	9	0	7	-	17:46	23.0
2014/10/27(月)	15:50-16:20 15:55-16:25	晴	無	11	7	4	15	-	16:52	20.0
2014/11/19(水)	15:07-15:37 15:40-16:10	晴	微	8	6	2	69	-	16:33	13.0
2014/12/18(木)	14:55-15:25 15:30-16:00	晴	微~弱	11	7	4	19	-	16:41	7.6
2015/1/19(月)	15:22-15:52 15:55-16:25	晴	晴	11	3	8	16	捕獲期間中 (前日までに捕獲なし)	16:55	欠測
2015/2/16(月)	15:50-16:20 16:25-16:55	晴	無~微	5	4	1	26	捕獲期間中 (前日までに1頭捕獲)	17:25	10.2
2015/3/24(火)	16:24-16:54 16:58-17:28	曇	無~微	17	12	5	5	すでに捕獲終了 (前日までに1頭捕獲)	17:56	11.0
2015/4/16(木)	16:42-17:12 17:16-17:46	曇	無~弱	15	7	8	8	-	18:15	欠測
2015/5/18(火)	17:05-17:35 17:41-18:11	曇	微~弱	12	8	4	12	-	18:41	21.0
2015/6/10(水)	17:21-17:51 17:56-18:26	晴	無	23	17	6	7	-	18:56	22.5
2015/7/21(火)	17:22-17:52 18:00-18:30	晴	弱~中	5	5	0	4	-	18:54	27.8
2015/8/19(水)	17:00-17:30 17:35-18:05	曇	無	4	3	1	6	-	18:27	26.0
2015/9/15(水)	16:23-16:53 16:57-17:27	晴	弱	5	5	0	17	-	17:50	23.5
2015/10/22(木)	15:25-15:55 16:00-16:30	晴後曇	微~弱	6	4	2	26	-	16:58	20.0
2015/11/24(火)	15:00-15:30 15:34-16:04	晴	欠測	16	9	7	32	-	16:31	16.0
2015/12/18(金)	15:01-15:31 15:35-16:05	晴	無	10	4	6	14	捕獲期間中 (前日までに2頭捕獲)	16:31	欠測
2016/1/14(木)	15:19-15:49 15:55-16:25	晴	無	12	7	5	7	捕獲期間中 (前日までに20頭捕獲)	16:50	10.5
2016/2/18(木)	15:57-16:27 16:34-17:04	晴	欠測	9	6	3	16	捕獲期間中 (前日までに70頭捕獲)	17:26	9.7
2016/3/18(金)	16:24-16:54 16:58-17:28	晴	中~強	9	5	4	10	すでに捕獲終了 (前日までに91頭捕獲)	17:52	16.8
2016/4/15(金)	16:46-17:16 17:20-17:50	晴	微~弱	7	3	4	14	-	18:14	17.6
2016/5/23(月)	17:12-17:42 17:46-18:16	晴	微	13	7	6	6	-	18:45	23.7
2016/6/23(木)	17:30-18:00 18:07-18:37	晴	無~微	21	11	10	8	-	19:00	24.6
2016/7/19(火)	17:21-17:51 17:57-18:27	晴	微~弱	9	5	4	4	-	18:55	26.8
2016/8/18(木)	16:55-17:25 17:30-18:00	曇	無	8	6	2	5	-	18:33	28.2
2016/9/21(水)	16:15-16:45 16:50-17:20	晴後曇	微~弱	7	4	3	9	-	17:40	20.4
2016/10/24(月)	15:25-15:55 16:03-16:33	晴	無	14	8	6	9	-	16:55	16.0
2016/11/26(土)	15:30-15:30 15:35-16:05	晴	無~微	8	6	2	38	-	16:30	11.6
2016/12/15(木)	15:00-15:30 15:35-16:05	晴	微	8	5	3	14	-	16:30	9.3
2017/1/18(水)	15:22-15:52 15:57-16:27	晴	無	4	3	1	9	-	16:55	9.0
2017/2/22(火)	16:00-16:30 16:37-17:07	晴	微	3	0	3	13	すでに捕獲終了 (前日までに3頭捕獲)	17:30	10.5
2017/3/23(木)	16:25-16:55 17:02-17:32	晴	無	6	4	2	7	-	17:55	13.2
2017/4/28(金)	16:58-17:28 17:32-18:02	晴	無	5	5	0	9	-	18:24	16.2
2017/10/18(水)	15:30-16:00 16:05-16:35	曇	弱~中	3	1	2	18	-	17:03	15.2
2018/4/12(木)	16:37-17:07 17:12-17:42	晴	微~弱	4	1	3	10	-	18:	

III 資料編

1. 人員及び組織



(2018年3月現在)

2. 主要機器一覧表

品 名	規 格	数 量
ガスクロマトグラフ質量分析計	JEOL 製 JMS-800D Ultra FOCUS	1 式
ガスクロマトグラフ質量分析計	島津 GC/MS-QP2010 Ultra	1 式
ガスクロマトグラフ質量分析計	島津 GC/MS-QP2010 Plus	2 式
ガスクロマトグラフ質量分析計	島津 GC-2014	1 式
液体クロマトグラフ質量分析計	Waters 2695 Quattro Premier XE	1 式
高速液体クロマトグラフ	Agilent 1260 Infinity	1 式
イオンクロマトグラフ	DIONEX ICS-1600	1 式
走査型電子顕微鏡	カルツァイスマイクロスコピー-SIGMA500	1 式
同上用 X 線分析装置	Oxford AZTEC Energy Advanced X-MAX20	1 式
水銀分析計	日本インスツルメンツ RA-3	1 台
水銀分析計	日本インスツルメンツ RA4300	1 台
水素化物原子吸光度計	バリアンスペクトラ 220	1 式
高周波プラズマ発光分光分析装置	PerkinElmer Optima8300	1 式
分光光度計	島津 UV-1800	1 式
ゲルマニウム半導体検出器	SEIKO EG&G GEM25-70	1 式
遠心沈降式粒度分布測定装置	島津 SA-CP3L	1 台
自動雨水採取装置	小笠原計器製作所 US-330+300 型	1 式
超純水製造装置	Milli-Q Int. 3	1 式
純水製造装置	ADVANTEC RFS432PC	1 式
赤外線サーモグラフィ	日本アビオニクス InfReC R500S	1 式

(2018 年3月現在)

3. 学会等研究発表

学会大会名	年月	題名	発表者・共同研究者
第41回（平成29年度）環境研究合同発表会（神奈川県・横浜市・川崎市）	2017.6	横浜市におけるアスベストの分析について 横浜市×JFEスチール株式会社 共同研究 山下公園前海域の水質浄化に向けた公民連携の取組	○永井敬祐、加藤美一、蝦名紗衣 ○堀美智子、浦垣直子、市川竜也、潮田健太郎
平成29年度 スキルアップセミナー関東	2017.7	横浜市内における気温観測及び暑さ対策の調査結果 横浜市内における明治期植生図のGIS化	○小田切幸次、松島由佳、関浩二、内藤純一郎、小倉智代、岩崎満 ○小森昌史、潮田健太郎、七里浩志
日本ヒートアイランド学会 第12回全国大会	2017.7	フラクタル日除けを用いた屋外及び屋内での暑さ対策効果の調査 横浜市内における暑さ指数（WBGT）の調査 2016年夏季における横浜市内の気温観測と緑地による気温上昇緩和効果	○関浩二、内藤純一郎、松島由佳、岩崎満、小倉智代、石原充也、村上徹也（水道局公民連携推進課）、堀越彩織（水道局公民連携推進課）、菊池由紀子（水道局）、保清人（株式会社ロスフィー） ○関浩二、小倉智代、内藤純一郎、山下理絵、岩崎満、石原充也 ○小田切幸次、松島由佳、関浩二、内藤純一郎、石原充也
第23回環境毒性学会研究発表会	2017.9	横浜市南部地域の河川における農薬調査とオオミジンコを用いた試験について	○酒井学、多田満（国立環境研究所）、小神野豊（国立環境研究所）
第58回大気環境学会年会	2017.9	キャニスター採取-GCMS法を用いた含酸素化合物の分析条件検討 中区本牧測定局における夏季の揮発性有機化合物調査	○福崎有希子、小宇佐友香 ○福崎有希子、小宇佐友香
2017日本放射化学学会年会・第61回放射化学討論会	2017.9	東京湾底質中の鉄の化学状態を指標とした海水中の溶存酸素量の推定方法に関する研究	○小森昌史、小豆川勝見（東京大学大学院総合文化研究科）、松尾基之（東京大学大学院総合文化研究科）
平成29年度 全国環境研協議会関東甲信静支部水質専門部会	2017.10	横浜市内の海洋におけるマイクロプラスチック汚染 横浜市における水質事故検体の分析事例	○蝦名紗衣、加藤美一 ○小森陽昇、酒井学、上石英文、吉澤真人、猪俣好美
平成29年度環境創造局業務研究改善事例発表会	2017.10	環境科学研究所における健康管理講座について 油浮遊事故の原因究明のための判定方法の研究 LC/MS/MSを用いたゴルフ場排水中のホセチル分析法の開発 横浜市の酸性雨の状況について	○川上進 ○吉澤真人 ○小森陽昇 ○北代哲也

学会大会名	年月	題名	発表者・共同研究者
		<p>キャニスター採取-GCMS法を用いた含酸素化合物の分析条件検討</p> <p>中区本牧測定局における夏季の揮発性有機化合物調査</p> <p>平成29年夏季の市内気温観測結果と新規気象観測システムの導入</p> <p>川上川の化学物質調査について</p> <p>環境科学研究所におけるアリの簡易同定について</p> <p>都筑区内保育園でのフラクタル日除け導入による暑さ対策効果の実測調査</p> <p>ICP発光分光分析法における、高塩濃度試料に対する前処理方法（溶媒抽出）の検討</p> <p>横浜市内における水域生物多様性に関する調査</p> <p>横浜市内におけるスジエビによく似た外来エビについて</p> <p>市民協働による生物調査 ” こども「いきいき」生き物調査” 結果報告</p>	<p>○福崎有希子、小宇佐友香</p> <p>○志村徹、福崎有希子、小宇佐友香</p> <p>○小田切幸次、関浩二</p> <p>○酒井学</p> <p>○川村颯子</p> <p>○関浩二、川部葉子（都筑区こども家庭支援課）</p> <p>○猪俣好美</p> <p>○潮田健太郎</p> <p>○七里浩志</p> <p>○堀美智子</p>
第20回自然系調査研究機関連絡会議（NORNAC20）	2017.10	小学校と連携した横浜市内生物調査	○七里浩志、堀美智子、小森昌史、潮田健太郎、川村颯子
平成29年度 全国環境研協議会関東甲信静支部大気専門部会	2017.11	本牧測定局における夏季のVOC調査	○福崎有希子
第33回全国環境研究所交流シンポジウム	2018.2	<p>横浜市と東京都における夏季のVOC同時観測調査</p> <p>フラクタル日除け及び熱線再帰フィルムを用いた暑さ対策の効果検証</p>	<p>○福崎有希子、石倉淳士（東京都環境局）、星純也（（公財）東京都環境公社 東京都環境科学研究所）、志村徹、小森陽昇、上野広行（（公財）東京都環境公社 東京都環境科学研究所）</p> <p>○小田切幸次、関浩二、松島由佳、石原充也</p>
横浜市環境技術協議会技術研修会	2018.2	横浜市における水質事故検体の分析事例	○小森陽昇、酒井学、上石英文、吉澤真人、猪俣好美

4. 雑誌等投稿

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
環境化学	2017.9	酒井学、多田満（国立環境研究所）、小神野豊（国立環境研究所）	横浜市磯子区における殺虫剤の大気から水への移動量に係る検討について

[要旨]

2014年、横浜市磯子区の環境科学研究所において、大気中に存在する殺虫剤のジクロロボス及びフェニトロチオンの屋外に静置した水への移動量を求めた。7回の調査の平均値は、ジクロロボスが、7.0 ng/m²/hr、フェニトロチオンが、6.3 ng/m²/hr といずれも 10 ng/m²/hr 以下であった。屋外に静置した水の中の殺虫剤の濃度は 0.05 μg/L 以下とオオミジンコの 24 時間 LC50 より低い濃度であることから、急性的な影響は少ないものと考えられた。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
大気環境学会誌	2018.1	福崎有希子	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

[要旨]

横浜市と東京都において、VOC 濃度組成及び海風による大気塊の移流前後における VOC 濃度組成変化から首都圏における高濃度 O_x に大きく寄与している VOC 成分を特定するため、2014年と2015年の夏季に VOC 同時観測調査を実施した。その結果、都内よりも横浜市内で VOC 濃度及び最大オゾン生成能が高く、都内ではアルデヒド類、横浜市内ではアルカン・芳香族のオゾン生成能組成割合が高いことが分かった。移流前後での O_x 濃度及びオゾン生成能の増減から、m, p-キシレン、m, p-エチルトルエン、1, 2, 4-トリメチルベンゼン、1, 2, 3-トリメチルベンゼンといった芳香族の減少率が高く、これらの成分が首都圏における高濃度 O_x 生成に大きく寄与している可能性が示唆された。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
日本冷凍空調学会「冷凍」	2018.2	関浩二、村上徹也（水道局公民連携推進課）	フラクタル日除けを用いた屋内外での空調負荷低減

[要旨]

株式会社ロスフィー製のフラクタル日除けを用いて、横浜赤レンガ倉庫（屋外）および横浜市水道局倉庫（屋内）での暑さ対策効果の調査を実施した。横浜赤レンガ倉庫のイベント広場にフラクタル日除けを設置し、2016年7月20日及び24日に温度や日射量等を測定したところ、フラクタル日除けの下の地点では、日なたの地点に比べて、温度や日射量等の暑さに関連する測定項目が有意に低下していた。横浜市水道局倉庫の屋根にフラクタル日除けを設置し、2016年7月29日～8月19日に倉庫内の温度等を測定したところ、倉庫内の日除けのある地点の温度が、日除けのない地点の温度よりも有意に低下していた。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
放射化学	2018.3	小森昌史、小豆川勝見（東京大学大学院総合文化研究科）、松尾基之（東京大学大学院総合文化研究科）	東京湾底質中の鉄の化学状態を指標とした海水中の溶存酸素量の推定方法に関する研究

[要旨]

東京湾における、過去から現在までの溶存酸素量を推定することを目的に、横浜沖および幕張沖で底質コア試料を採取し、メスバウアー分光法を用いて鉄の化学状態を分析した。幕張沖に比べ横浜沖試料において、また他層コアに比べ最表層コア試料において、2価鉄が少なく（反）強磁性の鉄が多いという酸化的環境下にあったことを示すデータが得られた。この結果は東京湾海水中の溶存酸素量の観測データと合致し、底質コア中の鉄の化学状態が、海水中の溶存酸素量の良い指標となることが示唆された。

5. 記者発表一覧

発表日	発表内容
2017年4月25日	「第41回 環境研究合同発表会」を開催します！ ～身近な環境問題や環境技術をテーマに研究成果を発表～
2017年7月3日	横浜市環境科学研究所 施設公開
2017年7月20日	熱線再帰フィルムを使用した暑さ対策の実測調査を市立小学校で実施 ～横浜市・デクセリアルズ(株)・(株)JVCケンウッドによる公民連携の取組～
2017年9月27日	平成29年夏の横浜市内の気温観測結果
2018年1月22日	アオスジアゲハは都市部に多い!? 小学生1万人調査で明らかに ～こども「いきいき」生き物調査2017 調査結果のお知らせ～

6. 環境科学研究所発行資料目録

資料番号	件名	発行年月	体裁等
公害研資料 No.	明日の都市を照らす	1977. 3	A4. 16頁 (パンフレット)
	1 窒素酸化物特殊発生源調査報告書(環境庁大気保全局委託調査)	1977. 3	B5. 49頁
	2 横浜市公害研究所報創刊号	1977. 11	B5. 56頁
	3 公募論文・クルマ社会をどうするか —明日の都市環境を考える—	1977. 11	B5. 136頁
	4 第1回公害セミナー会議録・クルマ社会をどうするか —明日の都市環境を考える—	1978. 3	B5. 96頁
	5 昭和52年度環境庁委託業務結果報告書 非特定重大障害物質発生源等対策調査(アスベスト発生施設)	1978. 3	B5. 36頁
	6 横浜市公害研究所報第2号	1978. 8	B5. 236頁
	7 中間報告横浜市における自動車公害に関する基礎研究	1978. 8	B5. 195頁
	8 横浜市公害研究所報第3号	1978. 12	B5. 156頁
	9 第2回公害セミナー会議録・合成洗剤	1979. 3	B5. 89頁
	10 自動車公害に関する意識調査 —国道一号線三ツ沢・松本地区, 1978年3月実施 単純集計結果(第1報)—	1979. 3	B5. 112頁
	11 大気中の炭化水素濃度調査及び各種発生源施設からの排出実態調査結果	1979. 3	B5. 66頁
	12 第3回公害セミナー論文集・川, よこはまに水辺をもとめて	1979. 8	B5. 85頁
	13 横浜市における自動車公害に関する基礎研究	1979. 9	B5. 201頁
	14 横浜市公害研究所報第4号	1980. 3	B5. 204頁
	14 第3回公害セミナー会議録・川, よこはまに水辺をもとめて	1980. 5	B5. 72頁
	15 横浜市地域環境大気調査報告書(昭和54年度環境庁委託調査)	1980. 3	B5. 72頁
	16 非特定重大障害物質発生源等対策調査(ベンゼン取扱施設)	1980. 3	B5. 31頁
	17 沿道環境整備対策のための基礎調査報告書—三ツ沢地区対象—	1980. 12	B5. 84頁
	18 魚類の健康評価に関する研究(1)(昭和53年度)	1981. 2	B5. 20頁
	19 魚類の健康評価に関する研究(2)(昭和54年度)	1981. 2	B5. 51頁
	20 横浜市公害研究所報第5号	1980. 12	B5. 236頁
	21 帯水層層序確定のための地質調査	1981. 3	B5. 32頁 付図4枚
	22 第4回公害セミナー資料提言要旨	1981. 3	B5. 18頁
	23 第4回公害セミナー資料・調査研究事業のあらまし	1981. 3	B5. 41頁
	24 —		
	25 地域交通環境に関する意識調査 —金沢4区, 1980年11月実施—	1981. 3	B5. 46頁
	26 第4回公害セミナー会議録・80年代の環境対策の課題	1981. 3	B5. 115頁
	27 低周波空気振動実態調査報告書	1981. 3	B5. 163頁
	28 有機ハロゲン化合物の分解と消長 —有機塩素化合物特にPCBの環境中における動態について—	1981. 3	B5. 98頁
	29 第5回公害セミナー公募論文集・よこはまに自然をもとめて	1981. 8	B5. 150頁
	30 横浜市公害研究所報第6号	1981. 12	B5. 211頁
	31 横浜市自動車問題研究会第二報告書 —横浜の物流と自動車公害に対する調査研究—	1981. 12	B5. 227頁
	32 排水処理技術維持管理マニュアル—凝集処理編—	1982. 3	B5. 116頁
	33 固定発生源から排出されるばいじん(粒度分布)調査報告書	1982. 3	B5. 133頁
	34 第5回公害セミナー会議録・よこはまに自然をもとめて	1982. 3	B5. 123頁
	35 魚類の健康評価に関する研究(3)	1982. 3	B5. 34頁
	36 魚類指標による排水評価のための技術要領	1982. 3	B5. 30頁
	37 横浜市深層地下水調査中間報告書	1982. 3	B5. 44頁 付図2枚
	38 横浜市自動車問題研究会第一報告書 —地域交通環境とまちづくり—	1982. 3	B5. 124頁
39 横浜市緑区及び戸塚区における道路交通騒音と交通量調査報告書	1982. 3	B5. 440頁	
40 会下谷の雑木林の生物相とその季節変化(横浜の旧市街に残る小雑木林)	1982. 3	B5. 11頁	

資料番号	件名	発行年月	体裁等
公害研資料			
No. 41	自動車騒音公害対策模型実験－車線内遮音壁－	1982. 7	B5. 87 頁
42	第 6 回公害セミナー資料 大気汚染－青空はよみがえったか、この横浜に－	1982. 8	B5. 31 頁
43	会下谷の雑木林の生物相とその季節変化 (横浜の旧市街に残る小雑木林)	1982. 12	B5. 143 頁
44	横浜市公害研究所報第 7 号	1982. 11	B5. 105 頁
45	第 6 回公害セミナー会議録 大気汚染－青空はよみがえったか、この横浜に－	1983. 1	B5. 99 頁
46	浮遊粉じん・ばいじんに関する総合調査報告書	1983. 1	B5. 187 頁
47	南関東地域での光化学大気汚染に関する総合調査報告書	1983. 2	B5. 177 頁
48	こども自然公園環境調査報告書	1983. 2	B5. 155 頁 付図 4 枚
49	道路周辺の植樹帯による物理的及び心理的騒音効果に関する研究 －中間報告－	1983. 3	B5. 106 頁
50	横浜市南部沿岸地域の軟弱地盤調査図 付図 1-5	1983. 3	B2.
51	調査研究事業のあらまし	1983. 3	B5. 34 頁
52	都市自然に関する社会科学研究 よこはま「都市自然」行動計画	1983. 11	B5. 226 頁
53	第 7 回公害セミナー公募論文集 身近な水辺とまちづくり－「よこはまの川と池」再発見－	1983. 11	B5 149 頁
54	横浜市公害研究所報第 8 号	1983. 12	B5. 157 頁
55	排水処理技術維持管理マニュアル－生物処理編－	1983. 12	B5. 132 頁
56	魚類の健康評価に関する研究(4)	1984. 1	B5. 67 頁
57	円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書	1984. 2	B5. 183 頁
58	第 7 回公害セミナー会議録 身近な水辺とまちづくり－「よこはまの川と池」再発見－	1984. 2	B5. 135 頁
59	横浜市南部沿岸地域軟弱地盤調査報告書	1984. 2	B5. 56 頁 付図 6 枚
60	横浜のホタル生息地(1983 年度版)	1984. 3	B5. 49 頁
61	第 8 回公害セミナー公募論文集 いま 横浜の海は－水質、生物、水ぎわ……－	1984. 11	B5. 105 頁
62	横浜市公害研究所報第 9 号	1984. 12	B5. 193 頁
63	横浜市南部丘陵 舞岡川源流域の水分調査	1984. 12	B5. 120 頁
64	排水処理施設維持管理マニュアル－イオン交換処理編－	1985. 3	B5. 134 頁
65	第 8 回公害セミナー会議録 いま 横浜の海は－水質、生物、水ぎわ……－	1985. 1	B5. 133 頁
66	道路周辺の植樹帯による物理的及び心理的減音効果に関する研究 －総合報告－	1985. 3	B5. 173 頁
67	横浜市公害研究所報第 10 号	1985. 12	B5. 190 頁
68	平潟湾・金沢湾周辺水域環境調査報告	1986. 3	B5. 149 頁
69	魚類指標による工場排水規制手法に関する研究	1986. 2	B5. 192 頁
70	第 9 回公害セミナー会議録 静かなまちづくりをめざして－道路緑化と騒音－	1986. 2	B5. 179 頁
71	ホテルの生息環境づくり～技術マニュアル試案～	1986. 2	B5. 121 頁
72	第 10 回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち……	1986. 11	B5. 174 頁
73	横浜市公害研究所報第 11 号	1987. 3	B5. 216 頁
74	円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第 2 報	1987. 3	B5. 275 頁
75	排水処理施設維持管理マニュアル－汚泥処理編－	1987. 3	B5. 132 頁
76	10 年のあゆみ・横浜市公害研究所設立 10 周年記念誌	1987. 3	B5. 203 頁
77	第 10 回公害セミナー会議録 調べてみよう、身近な環境－水、みどり、まち……	1987. 3	B5. 127 頁
78	横浜市軟弱地盤層調査報告書(土地質試験データ図) 横浜市地盤環境図 横浜市地盤環境図	1987. 3	B5. 217 頁 B2. (付図 1) A0. (付図 2-10)
79	横浜市公害研究所資料室図書目録	1987. 3	B5. 328 頁

資料番号	件名	発行年月	体裁等
公害研資料 No. 80	第11回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…－	1987. 11	B5. 89頁
81	横浜市公害研究所報第12号	1988. 3	B5. 161頁
82	第11回公害セミナー会議録 調べてみよう, 身近な環境－水, みどり, まち…－	1988. 3	B5. 139頁
83	横浜市軟弱地盤層調査報告書(軟弱地盤構造と地盤沈下特性)	1988. 3	B5. 103頁
84	横浜市軟弱地盤層調査報告書(縦断面地質柱状図, 水準点変動図集)	1988. 3	B5. 162頁
85	植樹帯による歩道環境改善効果に関する調査研究 －横浜市磯子区産業道路沿道植樹帯設置事業のケーススタディー－	1988. 3	B5. 148頁
86	第12回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…－	1988. 11	B5. 133頁
87	横浜市公害研究所報第13号	1989. 3	B5. 210頁
88	水域生物指標に関する研究報告	1989. 3	B5. 348頁
89	浮遊粉じんの発生源推定に関する調査報告書	1989. 3	B5. 195頁
90	第12回公害セミナー会議録 調べてみよう, 身近な環境－水, みどり, まち…－	1989. 3	B5. 39頁
91	魚の死亡事故の原因究明に関する研究報告書	1989. 3	B5. 125頁
92	第13回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…－	1989. 12	B5. 137頁
93	横浜市公害研究所報第14号	1990. 3	B5. 212頁
94	円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第3報	1990. 3	B5. 166頁
95	第14回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…－	1990. 11	B5. 102頁
96	横浜市公害研究所報第15号	1991. 3	B5. 226頁
97	自然観察ワークシート～横浜の都市自然を調べる～	1991. 3	B5. 115頁
98	トンボ生息環境づくり調査報告書	1991. 3	B5. 210頁
99	第15回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…－	1991. 11	B5. 174頁
環境研資料 No. 100	横浜市環境科学研究所報第16号	1992. 3	B5. 164頁
101	環境科学研究所業務案内リーフレット	1992. 2	B5. 4頁
102	横浜港の水質・底質汚濁に関する調査報告書	1992. 3	B5. 133頁
103	第16回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…－	1992. 12	B5. 108頁
104	横浜市環境科学研究所報第17号	1993. 3	B5. 232頁
105	横浜市の陸域生物による環境モニタリング調査報告書	1993. 3	B5. 77頁
106	鶴見川・帷子川水系生態調査報告書	1993. 3	B5. 268頁
107	酸性雨に関する調査研究報告書	1993. 3	B5. 218頁
108	第17回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…－	1993. 12	A4. 105頁
109	横浜市環境科学研究所報第18号	1994. 3	A4. 164頁
110	エコロジカル・ライフスタイルの政策科学的研究	1994. 3	A4. 118頁
111	キショウブによる水質浄化法－実験報告書－	1994. 3	A4. 121頁
112	第18回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…－	1994. 12	A4. 71頁
113	エコロジカル・ライフスタイルの政策科学的研究 パートII	1994. 12	A4. 175頁
114	横浜市環境科学研究所報第19号	1995. 3	A4. 153頁
115	横浜市民の音環境に関する意識調査	1995. 3	A4. 136頁
116	横浜港, 生物と環境の変遷－底質柱状試料中の生物化石調査－	1995. 3	A4. 87頁
117	東京湾の富栄養化に関する調査報告書	1995. 3	A4. 133頁
118	第2回陸域生物による環境モニタリング調査	1995. 3	A4. 55頁
119	第19回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…－	1995. 12	A4. 117頁
120	横浜市環境科学研究所報第20号	1996. 3	A4. 83頁
121	エコロジカルライフスタイルの政策科学的研究(III)	1995. 3	A4. 84頁

資料番号	件名	発行年月	体裁等
環境研資料			
No. 122	多環芳香族炭化水素（PAHs）に関する調査研究報告書	1996. 3	A4. 130 頁
123	大岡川・境川水系生態調査報告書	1996. 3	A4. 200 頁
124	横浜の酸性雨 ーよりよい環境をめざしてー	1996. 6	A4. 6 頁
125	酸性雨のはなし	1996. 12	A4. 8 頁
126	第 20 回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境ー水・みどり・まちー	1996. 12	A4. 91 頁
127	横浜市環境科学研究所報第 21 号	1997. 3	A4. 141 頁
128	短期曝露用拡散型サンプラーを用いた環境大気中の NO, NO2 及び SO2 濃度の測定方法（YERI METHOD - 1996）	1997. 3	A4. 13 頁
129	酸性雨に関する調査研究報告書（II）ー酸性雨による器物影響ー	1997. 3	A4. 88 頁
130	長期曝露用拡散型サンプラーを用いた環境大気中の NO, NO2 及び SO2 濃度の測定方法（YERI METHOD - 1997-1）	1997. 7	A4.
131	有害大気汚染物質の沿道実態調査報告書 ー環境庁委託報告書ー	1996. 3	A4. 60 頁
132	第 21 回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境ー水・みどり・まち・・・ー	1997. 1	A4. 109 頁
133	横浜市環境科学研究所報第 22 号	1998. 3	A4. 115 頁
134	第 22 回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境ー水・みどり・まち・・・ー	1999. 1	A4. 104 頁
135	酸性雨に関する調査研究報告書（II） ー酸性雨による器物影響ー（改訂版）	1998. 12	A4. 142 頁
136	横浜市環境科学研究所報第 23 号	1999. 3	A4. 65 頁
137	エコシティ研究報告書	1999. 3	A4. 頁
138	第 23 回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境ー水・みどり・まち・・・ー	2000. 1	A4. 76 頁
139	横浜市環境科学研究所報第 24 号	2000. 3	A4. 116 頁
140	揮発性有機塩素化合物による地下水汚染に関する調査研究報告書	2000. 3	A4. 98 頁
141	第 24 回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境ー水・みどり・まち・・・ー	2001. 1	A4. 112 頁
142	横浜市環境科学研究所報第 25 号	2001. 3	A4. 110 頁
143	新騒音化技術の適用研究	2001. 3	A4. 66 頁
144	第 25 回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境ー水・みどり・まち・・・ー	2002. 1	A4. 135 頁
145	横浜市環境科学研究所報第 26 号	2002. 3	A4. 192 頁
146	横浜型エコシティ研究報告書 花鳥風月のまちづくり	2002. 3	A4. 118 頁
147	第 26 回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境ー水・みどり・まち・・・ー	2003. 1	A4. 141 頁
148	横浜市環境科学研究所報第 27 号	2003. 3	A4. 90 頁
149	環境ホルモンに関する環境調査報告書 横浜市地盤環境調査報告書（ボーリング柱状図集、地質断面図・土質試験データ・地下水位観測データ集、ボーリング調査位置及び軟弱地盤分布図、地形地質図）	2003. 3	A4. 550 頁 A4. 243 頁 A0. 2 枚
150	第 27 回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境ー水・みどり・まち・・・ー	2004. 2	A4. 114 頁
151	横浜市環境科学研究所報第 28 号	2004. 3	A4. 87 頁
152	第 28 回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境ー水・みどり・まち・・・ー	2005. 2	A4. 141 頁
153	横浜市環境科学研究所報第 29 号	2005. 3	A4. 153 頁
154	横浜市環境科学研究所報第 30 号	2006. 3	A4. 86 頁
155	第 1 回子どもエコフォーラム公募作品集 ーつなごう!広げよう!環境を守る力ー	2006. 2	A4. 83 頁
156	第 2 回子どもエコフォーラム公募作品集 ーつなごう!広げよう!環境を守る力ー	2007. 2	A4. 72 頁
157	横浜市環境科学研究所報第 31 号	2007. 3	A4. 155 頁
158	横浜市環境科学研究所報第 32 号	2008. 3	A4. 150 頁

資料番号	件名	発行年月	体裁等
環境研資料 No. 159	第3回こどもエコフォーラム公募作品集 —つなごう!広げよう!環境を守るカー	2008. 2	A4. 49頁
160	第4回こどもエコフォーラム公募作品集 —つなごう!広げよう!環境を守るカー	2009. 2	A4. 50頁
161	横浜市環境科学研究所報第33号	2009. 3	A4. 116頁
162	横浜の源流域環境	2009. 3	A4. 140頁
162-2	横浜の源流域環境 概要版	2009. 3	A4. 12頁
163	第5回こどもエコフォーラム公募作品集 —つなごう!広げよう!環境を守るカー	2010. 2	A4. 56頁
164	第6回こどもエコフォーラム公募作品集 —つなごう!広げよう!環境を守るカー	2011. 2	A4. 45頁
165	第7回こどもエコフォーラム作品集 —つなごう!広げよう!環境を守るカー	2012. 2	A4. 52頁
166	壁面緑化マニュアル	2005. 3	A4. 54頁
167	横浜の川と海の生物(第11報・河川編)	2006. 3	A4. 200頁
168	短期暴露用拡散型サンプラーを用いた環境大気中のNO、NO ₂ 、SO ₂ 、O ₃ およびNH ₃ 濃度の測定方法(マニュアル)	2010. 8	A4. 21頁
169	平成16年度源流域水環境基礎調査報告書概要版(鶴見川)	2005. 12	A4. 27頁
170	平成17年度源流域水環境基礎調査報告書概要版(帷子川)	2006. 3	A4. 27頁
171	平成18年度源流域水環境基礎調査報告書概要版(円海山)	2007. 3	A4. 27頁
172	平潟湾の干潟域の生物相調査(平成9年度～平成15年度の経年変化) 総括報告書	2005. 3	A4. 6頁
173	横浜の川と海の生物(第11報・海域編)	2006. 3	A4. 188頁
173-2	横浜の川と海の生物(第11報・海域編) 概要版	2006. 3	A4. 34頁
174	平成19年度源流域水環境基礎調査報告書概要版(舞岡・野庭)	2008. 3	A4. 10頁
175	地球観測衛星データを利用した東京湾の水質モニタリング手法開発に関する共同研究 成果報告書	2001. 7	A4. 88頁
177	横浜の川と海の生物(第12報・河川編)	2009. 2	A4. 91頁
177-2	横浜の川と海の生物(第12報・河川編) 概要版	2009. 2	33頁
178	横浜の川と海の生物(第12報・海域編)	2010. 3	A4. 188頁
178-2	横浜の川と海の生物(第12報・海域編) 概要版	2010. 3	A4. 19頁
179	横浜市環境科学研究所報第34号	2010. 3	A4. 88頁
180-2	横浜の池の生物 概要版	2011. 3	A4. 23頁
181	横浜市環境科学研究所報第35号	2012. 3	A4. 63頁
182	横浜市環境科学研究所報第36号	2012. 3	A4. 63頁
183	横浜の川と海の生物(第13報・河川編)	2012. 3	A4. 287頁
183-2	横浜の川と海の生物(第13報・河川編) 概要版	2012. 3	A4. 40頁
184	横浜市環境科学研究所報第37号	2012. 10	A4. 79頁
185	横浜市河川冷気マップ	2012. 12	A1. 1枚
186	第8回こどもエコフォーラム作品集 —つなごう!広げよう!環境を守るカー	2013. 2	A4. 45頁
187	横浜市インナーハーバー地区海岸風冷気マップ	2013. 3	A3. 1枚
188	第9回こどもエコフォーラム作品集 —つなごう!広げよう!環境を守るカー	2014. 2	A4. 46頁
189	横浜市環境科学研究所報第38号	2014. 2	A4. 42頁
190	横浜の川と海の生物(第13報・海域編)	2014. 1	A4. 266頁
190-2	横浜の川と海の生物(第13報・海域編) 概要版	2014. 1	A4. 43頁
191	第10回こどもエコフォーラム作品集 —つなごう!広げよう!環境を守るカー	2015. 2	A4. 40頁
192	横浜市環境科学研究所報第39号	2015. 3	A4. 42頁
193	横浜市環境科学研究所報第40号	2016. 3	A4. 51頁
194	横浜の川と海の生物(第14報・河川編)	2016. 3	A4. 459頁
194-2	横浜の川と海の生物(第14報・河川編) 概要版	2016. 3	A4. 43頁
195	横浜市環境科学研究所報第41号	2017. 3	A4. 73頁
196	横浜市環境科学研究所報第42号	2018. 3	A4. 73頁
197	横浜の川と海の生物(第14報・海域編)	2018. 3	A4. 332頁

7. 施設見学者等一覧

日付	団体名等	内 容	人数
2017年6月15日	環境保全部転入・新採用職員研修	研究所紹介、水質分析について、化学物質について、測定分析エリア見学	10
2017年7月5日	石川県金沢市議会議員視察	研究所紹介、横浜市の生物多様性について	8
2017年7月13日	横浜国立大学教育人間科学部	生物相調査等についての講義と施設見学	12
2017年7月19日	資源循環局職員研修	研究所紹介、水質分析について、固形物分析（アスベスト、ダイオキシン、放射能等）について、測定分析エリア見	15
2017年8月6日	環境科学研究所施設公開	河川と海の生き物、うちわを作って涼しさを体感しよう！、ぼけつと☆すいぞくかんをつくろう！、アオダイショウの部屋、分析装置紹介 等	288
2017年8月17日	市内中・高・大 合同施設見学	研究所紹介、生物多様性（川の生物）について、水質分析について、測定分析エリア見学	18
2017年11月1日	入江地区シニアクラブ	研究所紹介、きれいな海づくりについて、測定分析エリア見学	15
2017年11月2日	東京都市大学	研究テーマ意見交換、横浜市の生物相調査について、こども「いきいき」生き物調査について	19
2017年12月11日	岡山県立岡山工業高校	研究所紹介、大気分析について、水質分析について、都市の暑さ対策について、きれいな海づくりについて、地盤調査について、測定分析エリア見学	42
合 計			427

8. 講師派遣一覧

日付	団体名等	内 容	人数
2017年6月24日	はまっこアユと川遊びin帷子川	帷子川の生き物調査・観察、水質調査	38
2017年6月26日	井土ヶ谷小学校 放課後キッズクラブ	横浜の海と海の生き物たち	28
2017年7月17日	梅田川「こども川の日」	梅田川の生き物調査・観察	301
2017年7月23日	阿久和川生き物観察会	阿久和川生き物調査：お魚捕獲指導、捕れた魚の解説	80
2017年8月1日	永田小学校 放課後キッズクラブ	横浜の海と海の生き物たち	96
2017年8月22日	菊名小学校 放課後キッズクラブ	横浜の海と海の生き物たち	43
2017年8月26日	第2回 見て！知って！考える！ワーキング	帷子川の生き物調査・観察	30
2017年9月10日	「一緒に遊ぼう！！柏尾川で」	魚捕りの指導・補助、捕まえた魚の説明	—
2017年9月26日	瀬谷さくら小学校 個別支援学級	横浜の海と海の生き物たち	15
2017年10月29日	竹山池「生き物捕獲大作戦」（かいぼり）	生物の捕獲、同定	50
2017年11月24日	横浜市立大学「環境保全学」	マイクロプラスチック	—
2018年2月1日	神奈川小学校	・アカミミガメについて ・外来種について	31
2018年2月12日	横浜自然観察の森	横浜の淡水性外来エビ等についての講義と、カワリヌマエビ属の見分け方の実習	12
合 計			724

9. イベント出展等一覧

日付	団体名等	内 容	人数
2017年4月～9日	よこはま花と緑の春フェア 2017	生物多様性、きれいな海づくり、化学物質、大気、水質	—
2017年4月15日	2017 世界トライアスロンシリーズ横浜大会	きれいな海づくり：水中実況中継、魚釣りゲーム、二枚貝による水質浄化	7,000
2017年5月14～15日	世界トライアスロンシリーズ横浜大会 EXPO	きれいな海づくり、生物多様性（海域）：魚釣りゲーム、海中模型展示、パネル展示	305,000
2017年7月22日	第32回 東京湾クリーンアップ大作戦 きれいな海をまもる船大公開 in 横浜港	きれいな海づくり、生物多様性（海域）：魚釣りゲーム、海中模型展示、パネル展示	—
2017年8月5日	海洋都市横浜うみ博 2017	きれいな海づくり：パネル展示	—
2017年8月17～18日	子どもアドベンチャー 2017	化学物質を調べてみよう。（17日） 横浜の川にはどんな生き物が住んでいるのかな。（18日）	475
2017年10月21～22日	東京湾大感謝祭	きれいな海づくり、生物多様性（海域）：魚釣りゲーム、パネル展示	25,000
2017年11月19日	金沢水の日	きれいな海づくり、生物多様性（海域）：魚釣りゲーム、パネル展示	100
2017年12月10日	こどもエコフォーラム	市内の小中学生が環境に関する調査や活動を、毎年行われる「環境絵日記展」の中で発表する。「ステージ発表」・「ポスター発表」（教育委員会との共催）	—
2017年12月15～28日	市民広場パネル展示	こども「いきいき」生き物調査パネル4枚を展示	—
2018年3月3日	動物たちのSOS展	増える外来種	—
合 計			337,575

◇編集後記◇

ここに、横浜市環境科学研究所報第43号を無事とりまとめることができました。掲載した研究成果が環境の保全や創造に貢献することを期待しながら、原稿の編集を行いました。

多様化する環境問題に対応し研究成果を効果的に環境施策につなげていくためには、社会現象に則した時宜を得た調査研究が求められています。一方、現在の環境問題を考えるときに、永年にわたり積み上げてきた環境情報が貴重な財産となっていることも改めて認識することができました。

今後も、環境科学研究所の研究成果を伝える手段として所報の充実を図り、積極的に情報発信を行い、皆さんに活用していただきたいと考えております。

所報第43号編集委員会

蓮野 智久

宮本 千鶴子

橋本 あゆみ

蝦名 紗衣

小倉 智代

小市 佳延

小宇佐 友香

川上 進

川田 攻

七里 浩志

横浜市環境科学研究所報・第43号

2019年3月

編集・発行 横浜市環境科学研究所

〒221-0024 横浜市神奈川区恵比須町1
澁澤ABCビルディング1号館5階

電話 045-453-2550

FAX 045-453-2560

Eメール ks-kanken@city.yokohama.jp

<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/mamoru/kenkyu/>