

環境研資料
-------

No. 196
---------

# 横浜市環境科学研究所報

第 42 号

ANNUAL REPORT OF  
YOKOHAMA ENVIRONMENTAL SCIENCE  
RESEARCH INSTITUTE  
No.42

2018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 年に公害研究所として設置されて以来 40 年が経過しましたが、これからも、市民生活や健康に関係する事象の把握、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関係す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。

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。

そして、これらの役割を果たしていくため、市民の皆様にとって身近な問題から広域的な環境問題や市政の環境問題に対する基礎的な事項について、広く試験検査・調査研究を行うことと、研究所から積極的に各部署に働きかけ、科学的根拠に基づく施策立案に向けた提言・課題解決支援を行うことを基本的姿勢としています。

さらに、試験検査・調査研究の結果について、本市の各種計画・施策や新たな懸念事項への対策・施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 28 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。

平成 30 年 3 月

横浜市環境科学研究所長

武田 正善

# 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

・ 横浜市における有機スズ(モノブチルスズ、ジブチルスズ、ジメチルスズ)化合物について .....	8
・ 横浜市における水質事故検体の分析事例(2016年度) .....	12
・ 横浜赤レンガ倉庫でのフラクタル日除けを用いた暑さ対策効果の調査 .....	17
・ 市が尾駅前における遮熱性舗装の熱環境調査結果 .....	23
・ 市民協働生き物調査から明らかになった横浜市内におけるタイワンリス等の分布変化 .....	29
・ グランモール公園における鳥類・昆虫類調査結果について(第2報) .....	34
・ 宮川源流域の在来種ヌカエビと外来種カワリヌマエビ属の生息について .....	39
・ 横浜市沿岸域の赤潮発生状況 .....	46
・ 野島海岸における砂浜面積の長期変動(1973～2012年) .....	54

### III 資料編

1 人員及び組織 .....	60
2 主要機器一覧表 .....	61
3 学会等研究発表 .....	62
4 雑誌等投稿 .....	64
5 記者発表一覧 .....	65
6 環境科学研究所発行資料目録 .....	66
7 施設見学者等一覧 .....	71
8 講師派遣一覧 .....	71
9 イベント出展等一覧 .....	72

編集後記 .....	73
------------	----

# 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、昭和51年4月に横浜市公害研究所として設立され、平成3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。

平成10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。

平成17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の発足に伴い、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。

平成21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。

平成23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。

平成27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

平成28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
- ◇有害大気汚染物質のモニタリング調査
- ◇アスベスト分析
- ◇浮遊粒子状物質(PM2.5)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
- ◇放射能測定

### 3 調査研究業務

平成28年度の調査研究業務の概要は次のとおりです。

- ◇地盤・地下水水位観測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
  - ・市民協働による生き物調査
  - ・生物環境情報整備事業
  - ・多自然水・緑整備事業の環境への効果に関する研究
- ◇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12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、平成17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。

平成27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／平成28年10月30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(3校)、ブース展示(4校)

参加児童・生徒数／89人

#### 4-2 第40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40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、「横浜市の『地盤View』(横浜市地盤地図情報)について」及び「横浜港における水質、底質、生物試料の化学物質調査について」の研究発表を行いました。

期 日／平成28年6月15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：「環境分析の新たな展開一分離手法／分析指標の多次元化ー」

柴田 康行

(国立研究開発法人 国立環境研究所 環境計測研究センター フェロー)

参加者／125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、多くの市民の方に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。
- ・環境中のダイオキシン類の分析を行う。
- ・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し、精度管理を行う。

[結果]

平成 28 年度の試験・検査実績は次の表のとおり。

内 容	検体数
事業所等排水検査	496
ゴルフ場農薬調査	10
ダイオキシン類分析	48
汚染井戸調査	40
事故検体（生物試験検体含）	37
外部精度管理試料	1

- ・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（底質ダイオキシン類）に参加した。

#### 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. 揮発性有機化合物（VOC）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。
- ・夏季の光化学オキシダント高濃度日に VOC 大気環境濃度の経時変化をみる。

[結果]

- ・東京より横浜の方がオゾン生成能の高い大気質であることがわかった。
  - ・横浜におけるオゾン生成能の高い物質は、芳香族とアルカン類であった。
- これらの結果は、大気環境学会年会で発表した。

#### 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（57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都県市で夏季の2週間、PM2.5（及びPM<sub>(10-2.5)</sub>）質量濃度、成分濃度及びガス状物質濃度を一斉調査する。

##### [結果]

- ・推進協PM2.5等対策検討部会において、平成28年度調査結果の取りまとめを行っている。
- ・関東SPM調査会議については、各自治体の分析結果（春季高濃度事象）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、平成12年9月からは三宅島火山ガス（SO<sub>2</sub>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。

##### [結果]

- ・平成28年度の平均値（75回測定）は、初期1mm降水pHが5.35、一降水全量は5.47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。
- ・その後、火山活動の沈静化に伴い、pHは徐々に回復傾向にあり、28年度の結果は27年度よりも改善された。これらのデータはホームページに掲載した。

#### 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、添加回収試験による2-エトキシエタノールの分析法の検討を行ったが、妨害物質に起因すると考えられるピークが出現したため、分析法の追加検討が必要となった。
  - ・水質試料（31種類）、底質資料（3種類）、生物試料（3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、優先評価物質の安息香酸ベンジルの分析を行った。
  - ・磯子区の大気試料中のp-ジクロルベンゼン類の調査を実施した。
  - ・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. 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。

平成 28 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	240
横浜港海水	100
マイクロスポット汚泥等	30
合 計	370

## 事業名

### ヒートアイランド対策に係る技術支援研究

### [目的]

市内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

公園や道路等の人が集まる場所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

各局区のヒートアイランド対策事業（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。

#### (4) 風環境シミュレーション

横浜市立大学と共同研究（文部科学省「地（知）の拠点整備事業」平成 25～28 年）を行う。都市計画部門にヒアリングし、街区レベルでの風環境シミュレーションを実施する。

### [結果]

#### (1) 気温観測調査

平成 28 年夏季は、横浜地方気象台で統計開始（1896 年）から最も高い最高気温（37.4℃）を観測し、本調査でも市内で 40.2℃を観測し、神奈川新聞・日本経済新聞や tvk でも報道された。

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。観測データは神奈川県、川崎市と情報共有している。

#### (2) 熱環境測定

フラクタル日除けを用いた調査を実施した。赤レンガ倉庫・水道局中村町倉庫での熱環境緩和効果を確認した。調査結果を庁内に PR し、平成 29 年度に都筑区 2 保育園に導入予定。

#### (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・解析方法の説明会を実施した。

#### (4) 風環境シミュレーション

関内地区における街区レベルシミュレーションから、再整備への環境配慮について施策への反映を視野に検討している。都市計画・建築部門と平成 29 年 3 月に中間取りまとめ意見交換会を実施。

事業名

### 地盤環境の研究および環境情報提供事業

[目的]

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、横浜地域の地質や地盤構造、地下水に関する調査研究を行う。

[方法]

- ・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

[結果]

- ・平成 28 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：199 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：58 件、柱状図本数：185 本）した。地盤 View へのアクセス件数は 69,705 件、問合せ件数は 96 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。

事業名

### 生物多様性横浜行動計画推進事業

#### 1. 生物生息状況モニタリング調査 — 海域生物相調査 —

[目的]

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。横浜市では昭和 48 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。

[方法]

平成 28 年度は次の要領で夏季の河川生物相調査を実施した。

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）

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）

調査時期：秋季（11 月）、冬季（1 月）、平成 29 年度に春季と夏季の調査を実施予定

[結果]

河口・海岸域調査では、海草・海藻類 47 種、海岸動物（岸壁）120 種、海岸動物（干潟）114 種、魚類 37 種が確認された。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 8 種、魚類に 4 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。海の公園と夕照橋の地点で、生物からみた水質は「きれい」と評価された。

内湾調査では、魚類 38 種、底生動物 61 種、プランクトン 105 種が確認された。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。

#### 2. 生物生息状況モニタリング調査 — 陸域生物調査 —

[目的]

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、平成 24 年度に開始したモニタリング調査である。

[方法]

市内 3 地域（氷取沢市民の森・久良岐公園・横浜公園および山下公園）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。

[結果]

3 地域全体で、植物 808 種、動物 798 種、合計 1,606 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。

### 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162校10,984名が参加した。横浜では外来種であり、市南部を中心に生息しているリスについては、3年前（平成25年）の調査結果と比較し、確認率の高い地域が北へ拡大していること、市全体の確認率が統計的に有意に増加していること等が明らかになった。

### 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. 河川の多自然緑・水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]

平成28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、平成28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。

### 6. 赤潮モニタリング

#### [目的]

横浜市沿岸域の水質を把握する項目の一つとして赤潮に着目し、モニタリングを実施する。

#### [方法]

神奈川県水質測定計画に基づく海域7地点の水質測定において、現場で赤潮と判定された試料のプランクトンを計数した。また、鶴見航路において週1回の採水を行い、海の色と透明度を記録するとともに、クロロフィルaの測定とプランクトンの計数を行った。

#### [結果]

水質測定計画の調査地点である鶴見川河口先において5、7月に、横浜港内において4、7、10月に、本牧沖において4、5、7月に、平潟湾沖において4月に現場で赤潮を観測した。優占種はスケレトネマ属、キートセロス属、タラシオシラ属等の珪藻類のほか、渦鞭毛藻類のケラチウム属等であった。鶴見航路においては、5月中旬から10月初旬まで、スケレトネマ属やシュードニッチア属等の珪藻類の大量増殖が何度か確認され、クロロフィルa濃度が50μg/Lを超過するケースは10回を数えた。

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：平成25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、水質改善効果について濾水量を算定した。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野島海岸で拾ったアサリの貝殻で貝合わせを作る工作を行うなど、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



# 横浜市における有機スズ（モノブチルスズ、ジブチルスズ、ジメチルスズ）化合物について

酒井学（横浜市環境科学研究所）

## Determination of organotin compounds in aqueous samples

Manabu Sakai（Yokohama Environmental Science Research Institute）

キーワード：有機スズ、水質、GC/MS

### 要旨

現在使用されているモノブチルスズ化合物、ジブチルスズ化合物、ジメチルスズ化合物は、環境リスクを評価する上で、全国的なばく露情報等が不足している。そこで、平成27年度に環境省の全国調査（化学物質環境実態調査）に参加し、市内水域3地点の実態把握を試みた。有機スズ化合物は、いずれも横浜市内水域から検出され、最高濃度はモノブチルスズ化合物の15 ng/L（鶴見川）であった。水生生物に対する予測無影響濃度（PNEC）が報告されているジブチルスズ化合物の場合、横浜市の最高濃度は3.1 ng/LとPNECより低い濃度であり、水生生物への影響は少ないと考えられた。

### 1. はじめに

モノブチルスズ化合物、ジブチルスズ化合物、ジメチルスズ化合物（図1）は、有機スズ化合物の一種であり、「有機スズ化合物」として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）の第一種指定化学物質に指定されている。経済産業省及び神奈川県環境科学センターのPRTRデータによると<sup>1,2)</sup>、横浜市における環境への排出量は、平成16年度は200 kg以上であったが、平成26年度は1 kg未満と、環境への排出量は減少している。しかし、ジブチルスズ化合物の予測無影響濃度（PNEC）は、170 ng/Lとされ<sup>3)</sup>、微量でも影響を及ぼすおそれがある。更に、平成17年のモノブチルスズ化合物、ジブチルスズ化合物の調査<sup>4)</sup>以降、最近は調査が行われていない。そこで、平成27年度環境省の全国調査（化学物質環境実態調査）に参加し、横浜市内の水環境中の実態把握に努めるとともに、他自治体との比較を行った。

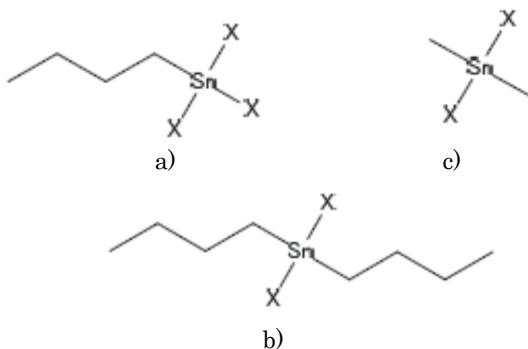


図1 有機スズ化合物

a) モノブチルスズ化合物、b) ジブチルスズ化合物、c) ジメチルスズ化合物

### 2. 分析

#### 2-1 試料

試料の採取は平成27年10月21日に鶴見川（亀の子橋）、10月22日に横浜港、11月18日に恵比須運河で行った（図2）。分析法の報告書<sup>5)</sup>に従い、水試料は、あらかじめ塩酸-メタノール溶液、アセトン、ヘキサンで洗浄したガラス製ねじ口瓶に、0.4 mol/Lの塩酸6 mLを入れた容器（1L容）に採取し、冷暗所に保存した。

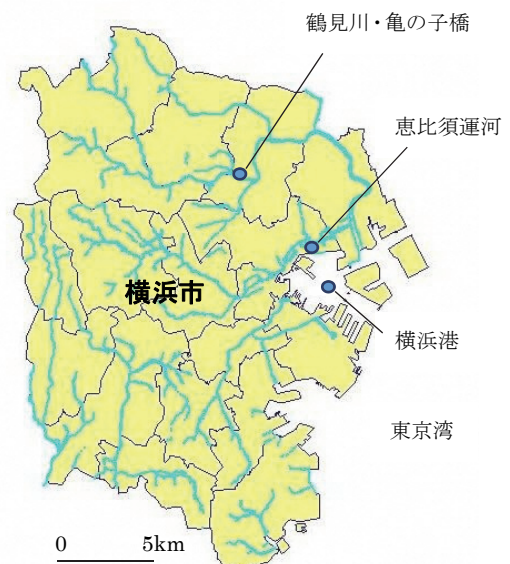


図2 調査地点

#### 2-2 試薬類

二塩化ジメチルスズは、東京化成工業製、三塩化ブチルスズは、Sigma-Aldrich製、二塩化ジブチルスズは、和光純薬工業製を用い、各有機スズのサロゲート体は林

純薬工業製を用いた。テトラエチルホウ酸ナトリウムは、林純薬工業製のもの、ヘキサン、アセトン、メタノール、エタノールは、和光純薬工業製の残留農薬・PCB 試験用を用いた。フロリジルカートリッジは、Waters 製 Sep-pak Florisil Plus (910 mg) を用いた。

### 2-3 分析機器及び GC/MS 条件

島津製作所製の GC/MS QP-2010 Plus を使い、分析条件を表 1 に示した。有機スズの定量は、選択イオンモニタリング法 (SIM) (表 2) を用いた。

表 1 GC/MS の測定条件

GC/MS	島津製作所 2010 Plus
カラム	DB-5ms (J&W製、長さ60 m、内径0.25 mm)
昇温条件	40° C(5 min)→4° C/min→80° C→10° C/min→130° C→2° C/min→150° C→20° C/min→280° C(5 min)→10° C/min→300° C(1 min)
注入口温度	230°C
イオン源温度	230°C
注入方法	パルスドスプリットレス法(260 kPa, 0.8 min)
注入量	2 μL

表 2 GC/MS のモニタリングイオン

	定量イオン	確認イオン
ジメチルスズ化合物	179	177
2塩化ジメチルスズ-d6	185	183
モノブチルスズ化合物	233	235
3塩化ブチルスズ-d9	242	244
ジブチルスズ化合物	261	263
2塩化ジブチルスズ-d18	279	281
p-プロモフルオロベンゼン	174	

### 2-4 有機スズ化合物の誘導体化及び抽出

採取した水質試料 (約 1,000 mL) は、研究所にてサロゲート混合内標準を添加し (各サロゲート 100 ng)、冷暗所に保存した。

分析は、全量をあらかじめ 1 mol/L 塩酸-メタノール溶液及びアセトン、ヘキサンで洗浄した分液ロートに水試料を移し、ヘキサン 25 mL、塩化ナトリウム 30 g (海水の場合は不要)、2 mol/L 酢酸-酢酸ナトリウム緩衝液 (pH 5) 25 mL を加えてから、2 %テトラエチルホウ酸ナトリウム-エタノール溶液を 0.5 mL 添加、振とうにより、誘導体化を行った。静置後、水層を別のガラス容器に移し、ヘキサン層を分取した。再度移した水層を分液ロートに入れ、ヘキサン 10 mL を加えて振とうし、ヘキサン層を抽出して、先に分取したヘキサン溶液に合わせた。無水硫酸ナトリウムで脱水後、窒素ガス吹付けにより、ヘキサン抽出液を 10 mL 程度まで濃縮した。このヘキサン溶液をあらかじめヘキサン 10 mL でコンディショニングしたフロリジルカートリッジに負荷し、通過した溶液を集めた。更にヘキサン 5 mL をカートリッジに添加し、通過した溶液を先の通過した溶液に併せた。これを窒素ガス吹付けで、1.0 mL にしてから、シリジンスパイク溶液 (p-プロモフルオロベンゼン 10 μg/mL) を 10 μL 添加し、GC/MS 分析用の試験液とした。

### 2-5 検量線及び装置検出下限値 (IDL)

ジメチルスズ化合物 (0~80 ng/mL)、モノブチルスズ

化合物 (0~50 ng/mL)、ジブチルスズ化合物 (0~50 ng/mL) の標準液に対して、各サロゲート物質を 100 ng/mL となるように添加し、シリジンスパイク (p-プロモフルオロベンゼン) を 100 ng 加えた後、GC/MS を用いて分析を行った。

装置検出下限値 (IDL) の算出は、ジメチルスズ 4.0 ng/mL、モノブチルスズ 4.0 ng/mL、ジブチルスズ 4.0 ng/mL の標準液を使用し、「化学物質環境実態調査の手引き (平成 27 年度)」<sup>6)</sup> に従って算出を行った。

### 2-6 空試験

精製水を用いて、試料同様に抽出・濃縮操作の後、GC/MS 測定を行った。

### 2-7 添加回収試験

水質試料 (海水：恵比須運河) に有機スズ化合物を 40 ng 添加後、誘導体化～抽出を行い、各物質の濃度を調べ、回収率 (=検出量/添加量×100) を求めた (n=3)。

## 3. 結果

### 3-1 有機スズ化合物の測定質量数

有機スズ化合物の標準液を誘導体化した試料を GC/MS のスキャンモードで測定したマススペクトルを図 3 に示した。付属のライブラリーや報告書<sup>5)</sup> とほぼ同じマススペクトルであり、誘導体化が確認された。その中から特徴的で妨害の少ない表 2 のイオンを定量イオン、確認イオンとした。

### 3-2 検量線

今回の分析条件で、ジメチルスズ化合物、モノブチルスズ化合物、ジブチルスズ化合物と各サロゲート体の混合溶液を測定してピーク面積を求め、面積比より検量線を作成した。その結果、今回の濃度範囲では、いずれも  $r^2 > 0.99$  の検量線が得られた。

### 3-3 IDL

検量線の最低濃度を複数回連続測定し、IDL を求めたところ、試料換算で、ジメチルスズ化合物 0.29 ng/L、モノブチルスズ化合物 0.13 ng/L、ジブチルスズ化合物 0.17 ng/L となった。これは報告書の IDL<sup>5)</sup> (ジメチルスズ化合物:0.49 ng/L、モノブチルスズ化合物:0.17 ng/L、ジブチルスズ化合物:0.20 ng/L) より低い数値であり、全国調査の要件<sup>6)</sup> を満たすものであった。

### 3-4 空試験

精製水を用いて、誘導体化～ヘキサン抽出を行った試料を分析した結果、いずれの有機スズ化合物も定量下限値未満であった。

### 3-5 添加回収試験

添加回収試験の結果、ジメチルスズ化合物 104 %、モノブチルスズ化合物 123 %、ジブチルスズ化合物 83 % となり、いずれの有機スズ化合物も 70 % を超える結果が得られ、誘導体化からヘキサン抽出によって、回収が可能であった。

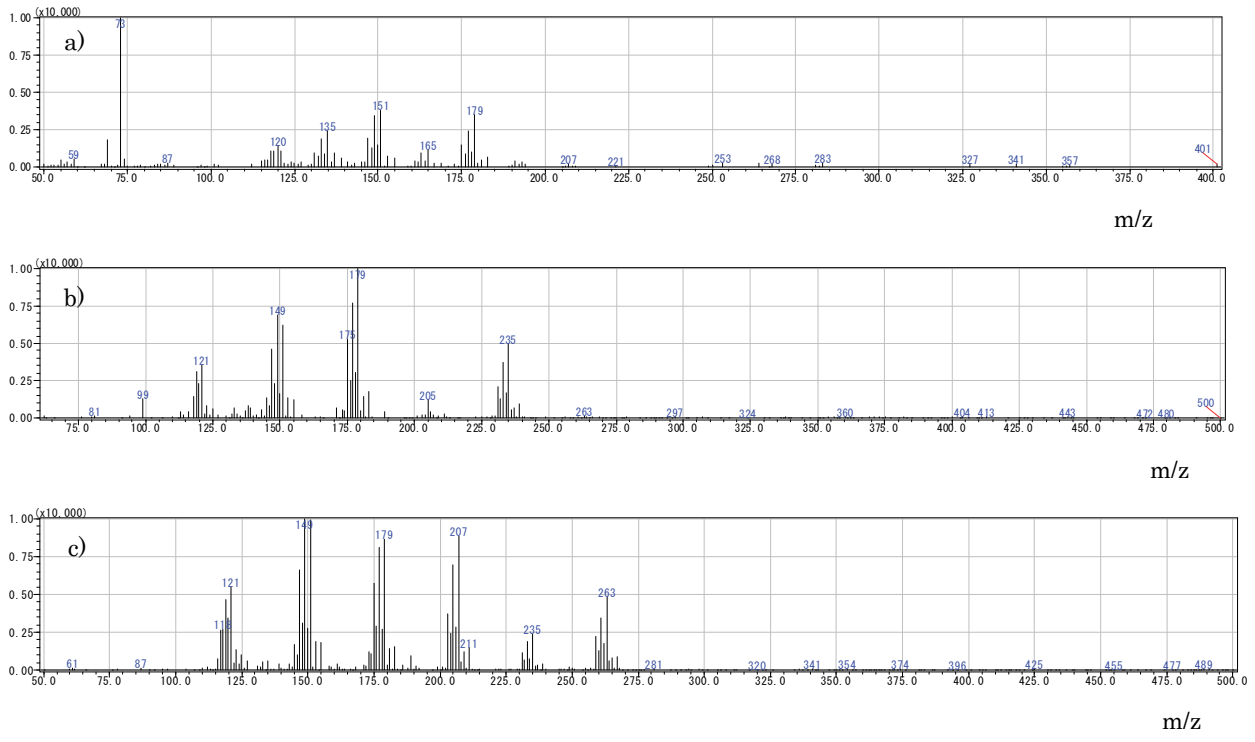
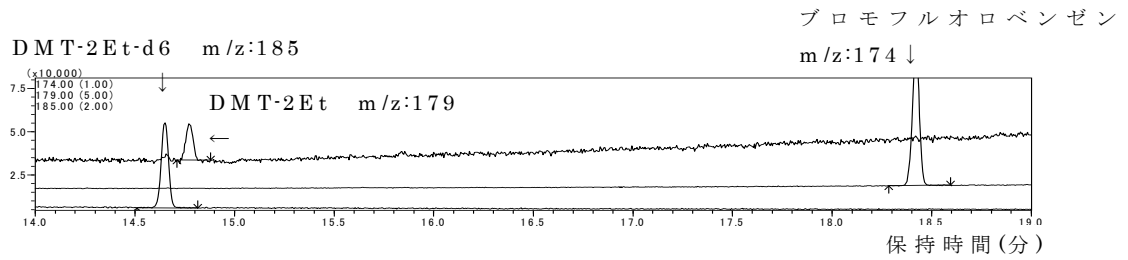
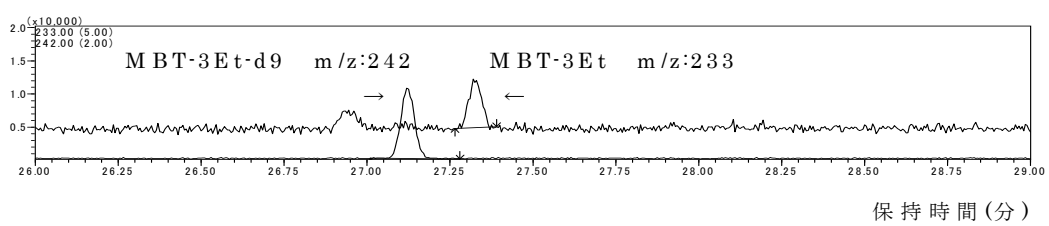


図3 有機スズ化合物のエチル化誘導体のマススペクトル  
 a) ジメチルスズ 2-エチル、b) モノブチルスズ-3-エチル、c) ジブチルスズ-2-エチル

a) ジメチルスズ-2-エチル (DMT-2Et)



b) モノブチルスズ-3-エチル (MBT-3Et)



c) ジブチルスズ 2-エチル (DBT-2-Et)

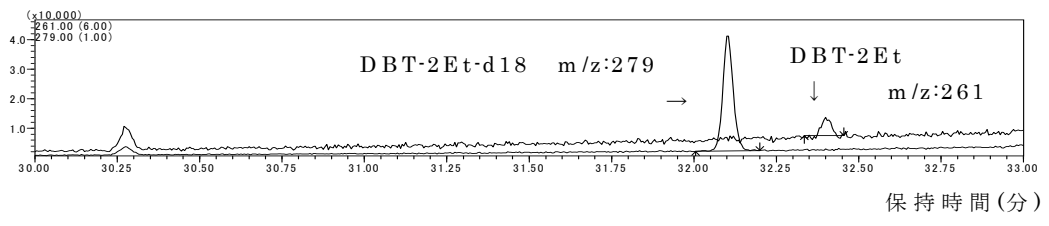


図4 有機スズ化合物のGC/MS クロマトグラムの例 (鶴見川・亀の子橋)

### 3-6 環境試料の分析

鶴見川、横浜港、恵比須運河の水質試料を分析したところ、図4に一部を示したように、各有機スズに対応するピークが認められ、検量線より表3の結果となった。なお、表3中の\*は、定量下限値未満のため、参考値としての扱いである。

全国調査結果(表3、一部抜粋)<sup>3)</sup>と比較すると、ジメチルスズ化合物は、鶴見川・亀の子橋から14 ng/L 検出されたが、全国調査の最高濃度(埼玉県・中川道橋 110 ng/L)より低い濃度であった。横浜港、恵比須運河からも小さなピークが検出されたが、濃度は定量下限値(7 ng/L)未満であった。

モノブチルスズ化合物の場合、鶴見川・亀の子橋から15 ng/L 検出された。東京都の荒川河口や隅田川河口より高い濃度であるが、全国調査の最高濃度(埼玉県・中川道橋 220 ng/L)より低い濃度となった。

ジブチルスズ化合物は、恵比須運河で3.1 ng/L、鶴見川・亀の子橋で2.1 ng/L 検出されたが、横浜港は定量下限値(1.7 ng/L)未満であった。今回の調査で最も高い濃度は尼崎沿岸(兵庫県)の160 ng/Lと、恵比須運河の50倍以上高い濃度であった。なお、予測無影響濃度(PNEC)は170 ng/Lであり<sup>3)</sup>、今回の調査でこの濃度を上回る試料は認められず、水生生物への影響は少ないものと考えられた。また、平成17年に横浜港水質のモノブチルスズ化合物及びジブチルスズ化合物の調査を行っているが、いずれも不検出となっており<sup>4)</sup>、今回の横浜港の結果は、前回とほぼ同様となった。

表3 分析結果

	ジメチル スズ 化合物	モノブチ ルスズ 化合物	ジブチル スズ 化合物
	(ng/L)	(ng/L)	(ng/L)
石狩川河口(北海道石狩市)	ND	ND	欠測等
秋田運河(秋田県)	ND	ND	ND
中川道橋(埼玉県加須市)	110	220	2.4
荒川河口(東京都)	11	ND	ND
隅田川河口(東京都)	9.0	ND	ND
<b>鶴見川・亀の子橋(横浜市)</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>2.1</b>
<b>横浜港(横浜市)</b>	<b>3.0*</b>	<b>4.0*</b>	<b>1.4*</b>
<b>恵比須運河(横浜市)</b>	<b>2.9*</b>	<b>4.4</b>	<b>3.1</b>
天竜川(静岡県磐田市)	ND	ND	ND
名古屋港潮見ふ頭北(名古屋市)	2.4*	ND	ND
犀川河口(石川県)	ND	6.9	5.2
四日市港(三重県)	ND	ND	ND
大川毛馬橋(大阪市)	3.5*	7.1	2.6
大阪港(大阪市)	5.8*	4.2	2.1
尼崎沿岸(兵庫県)	5.0*	45	160
萩沖(山口県)	1.1*	2.0*	ND
定量下限値(ng/L)	7.0	4.4	1.7
PNEC(予測無影響濃度)(ng/L)			170

ND：不検出

\*：定量下限値未満の参考値

### 4. まとめ

水質試料中の有機スズ(ジメチルスズ化合物、モノブチルスズ化合物、ジブチルスズ化合物)を、誘導体化してヘキサン抽出することにより、GC/MSで測定することが可能であった。

今回の方法では、空試験はいずれも定量下限値未満であり、添加回収試験では、回収率が70%を超えて、十分な回収結果となった。

横浜市内水質試料として、鶴見川・亀の子橋、横浜港、恵比須運河の試料を分析したところ、鶴見川・亀の子橋では、測定した3種類すべてが検出され、最も高い濃度はモノブチルスズ化合物の15 ng/Lであった。一方、横浜港の試料は、ピークが検出されたもののピーク面積が小さく、濃度としては定量下限値未満であった。

水生生物に対する予測無影響濃度が報告されているジブチルスズ化合物の場合、横浜市の試料中の濃度は、予測無影響濃度を大きく下回っており、生物への影響は少ないと考えられた。

### 補足

今回の調査は、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り、全国調査の結果は、環境省の報告書<sup>3)</sup>から抜粋したものである。

### 謝辞

調査を実施するに際してご協力いただいた環境創造局環境管理課に感謝の意を表します。

### 文献

- 1) 経済産業省：集計結果の公表、[http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/law/prtr/6.html](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/6.html) (平成29年9月27日時点)
- 2) 神奈川県環境科学センター：かながわのPRTR、<http://www.k-erc.pref.kanagawa.jp/prtr/H27data/hyouji6.asp> (平成29年9月15日時点)
- 3) 環境省環境保健部環境安全課：平成28年度版化学物質と環境、61-70(2017)。<http://www.env.go.jp/chemi/kurohon/2016/index.html> (平成29年9月15日時点)
- 4) 環境省環境保健部環境安全課：平成18年度版化学物質と環境、135-280(2007)。<http://www.env.go.jp/chemi/kurohon/2006/index.html> (平成29年9月15日時点)
- 5) 環境省環境保健部環境安全課：平成26年度化学物質分析法開発調査報告書、95-138(2015)
- 6) 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。(2016)。<http://www.env.go.jp/chemi/kurohon/tebiki/mat01.pdf> (平成29年9月15日時点)

# 横浜市における水質事故検体の分析事例（2016 年度）

小森陽昇、吉澤真人、酒井学（横浜市環境科学研究所）、上石英文（横浜市環境創造局）

## Sample analysis of water pollution accidents in Yokohama City (2016)

Akinori Komori, Masato Yoshizawa, Manabu Sakai (Yokohama Environmental Science Research Institute), Hidefumi Kamiishi (Yokohama Environmental Planning Bureau)

キーワード：水質事故、定性分析、GC/MS、SEM-EDS

### 要 旨

横浜市環境科学研究所では、水質事故（河川等における突発的な水質異常）が発生した際、原因物質の推定および有害性の確認のため、さまざまな理化学分析等を行っている。2016 年度に分析を実施した 33 件の水質事故について結果を整理したところ、最も件数の多かった白濁事故では、塗料が原因と推定される事例が大きな割合を占めた。油流出事故については、灯油、軽油、機械油、動植物油等、さまざまな油種の流出事故がそれぞれ数件程度であった。2 件の魚へい死事故では、バイオアッセイで供試生物に異常が認められなかったことから、採水時点で原因物質は分解あるいは流下しており、検体には含まれていない可能性が高かった。

### 1. はじめに

現代社会では多種多様の化学物質がさまざまな場所および用途で使用されている。そうした状況の中で、設備の故障や取扱不注意などにより、化学物質が河川等に流出し、水質事故が発生している。

水質事故は大きく分けて白濁・着色事故（塗料などにより水が白濁または着色する事故）、油流出事故（油が河川等に流入し汚染する事故）、魚へい死事故（何らかの原因で水生生物が死亡する事故）の 3 つに区分される<sup>1)</sup>。

横浜市環境科学研究所では、これまでも水質事故が発生した際、原因物質の推定および水生生物等への有害性の確認のため、さまざまな理化学分析および生物試験




を行ってきた<sup>2)~5)</sup>。水質事故検体の分析項目は多岐にわたることから、研究所のさまざまな担当者が協力して原因の究明にあたっている。本稿では 2016 年度に発生した水質事故 119 件<sup>6)</sup>のうち、理化学分析等を行った 33 件の事例について報告する。

### 2. 方法

#### 2-1 分析法の選択

水質事故の種類別を実施する主な分析法およびその目的を表 1 に示す。必要に応じ、pH 測定や電気伝導度測定、パックテスト等の簡易試験も併せて実施する。

表 1 水質事故別の主な分析法

事故の種類	分析法	目的
白濁・着色 	SEM-EDS（走査型電子顕微鏡-エネルギー分散型 X 線分光法） GC/MS（ガスクロマトグラフ質量分析） HS-GC/MS（ヘッドスペース-GC/MS） IC（イオンクロマトグラフィー） HPLC（高速液体クロマトグラフィー）	顔料成分の検出 農薬の検出 添加剤、溶剤の検出 イオン成分の検出 農薬の検出
油流出 	ヘキサン抽出-GC/MS HS-GC/MS HPLC	油分、炭化水素の検出 油分、炭化水素の検出 多環芳香族の検出
魚へい死 	剖検 バイオアッセイ GC/MS HS-GC/MS HPLC ICP-OES（誘導結合プラズマ発光分光分析） IC	生物の死亡原因の推定 原因物質の残留確認 農薬の検出 溶剤の検出 農薬の検出 重金属の検出 イオン成分の検出

## 2-2 分析条件

各分析法の代表的な分析条件を以下に示す。

### 2-2-1 SEM-EDS 法

装置 : カールツァイスマイクロスコープ-SIGMA500  
前処理 : シリンジろ過  
加速電圧 : 15.0 kV

### 2-2-2 GC/MS 法

装置 : 島津 GCMS-QP2010 Plus  
前処理 : 固相抽出またはヘキサン抽出  
カラム : DB-5ms (0.25 mm, 30 m, 0.25  $\mu$ m)  
昇温条件 : 80°C (1分) -20°C/分-150°C-10°C/分-190°C  
-5°C/分-250°C-2°C/分-260°C-20°C/分-  
280°C (8分) -20°C/分-300°C (1分)

MS 条件 : SCAN

### 2-2-3 HS-GC/MS 法

装置 : 島津 GCMS-QP2010 ultra  
前処理 : 塩析  
カラム : Rtx-624 (0.32 mm, 60 m, 1.8  $\mu$ m)  
昇温条件 : 45°C (2分) -10°C/分-100°C (3分) -6°C/  
分-220°C (16分)

MS 条件 : SCAN

### 2-2-4 IC 法

装置 : DIONEX ICS1600  
前処理 : シリンジろ過  
カラム : Dionex IonPac AS12A (Anion)  
Dionex IonPac CS16 (Cation)  
溶離液 : 2.7 mM Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>+0.3 mM NaHCO<sub>3</sub> (Anion)  
30 mM メタンサルホン酸 (Cation)  
流速 : 1.5 mL/分 (Anion)、1.0 mL/分 (Cation)  
サプレッサー : Dionex AERS500 4 mm (Anion)  
Dionex CERS500 4 mm (Cation)

### 2-2-5 HPLC 法

装置 : Agilent1260  
前処理 : 固相抽出、ヘキサン希釈等  
カラム : Eclipse C18 Plus-5  $\mu$ m (250 mm, 4.6 mm)  
移動相 : 水 15 %  
アセトニトリル 85 %  
流速 : 1.0 mL/分  
検出器 : 蛍光 (励起 365 nm, 蛍光 410 nm)

## 3. 結果

### 3-1 代表的な分析結果

各分析法における代表的なチャート等を以下に示す。

#### 3-1-1 SEM-EDS 分析例 (白濁事故)

白濁事故時には、顔料成分の有無を確認するため、SEM-EDS 分析を実施している。白色顔料成分であるチタンが検出された事例を図1に示す。

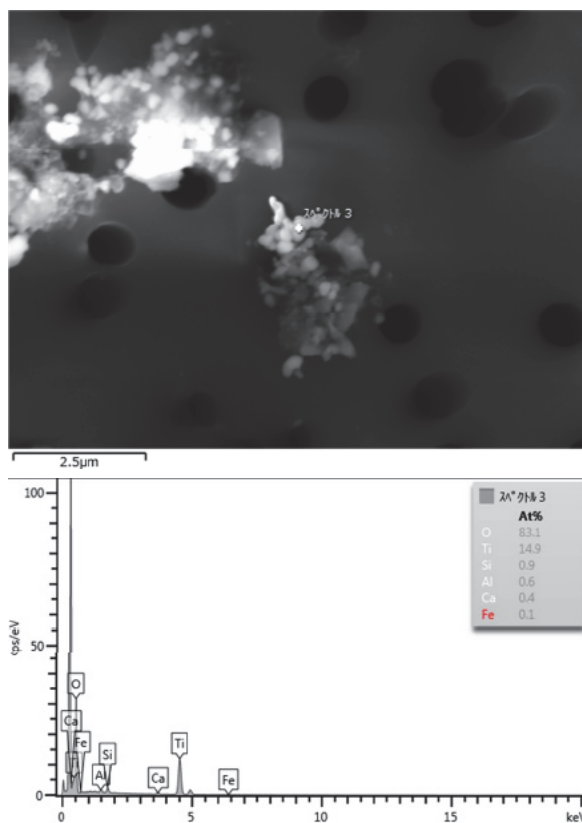


図1 SEM-EDSによるチタン粒子の検出

#### 3-1-2 GC/MS 分析例 (油流出事故)

油流出事故時には、炭化水素成分を確認するため、GC/MS 分析を実施している。軽油を含む検体の分析例を図2に示す。

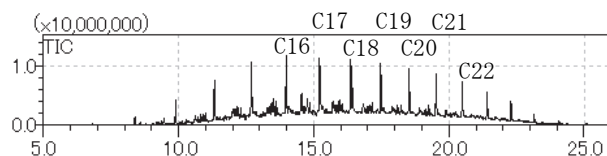


図2 GC/MSによる軽油の検出

#### 3-1-3 HS-GC/MS 分析例 (白濁事故)

白濁事故においてチタン等の顔料成分が検出された場合、白濁の原因として塗料の可能性が考えられる。水性塗料の造膜助剤として使用されているテキサノールのHS-GC/MS 分析例を図3に示す。

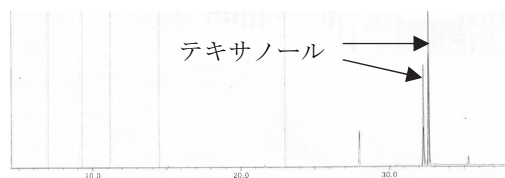


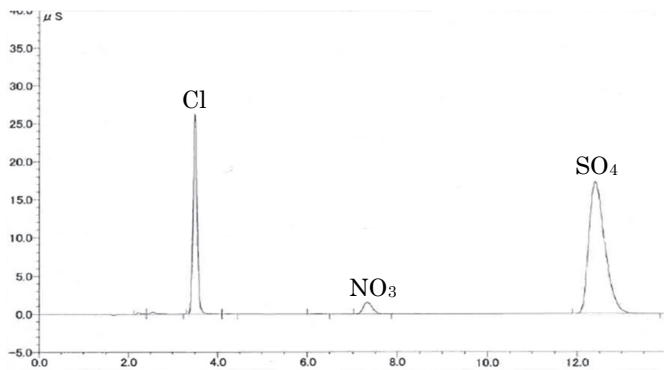
図3 HS-GC/MSによるテクサノールの検出

#### 3-1-4 IC 分析例 (白濁事故、魚へい死事故)

白濁事故で顔料成分が検出されなかった際や、魚へい死事故時において IC 分析を実施する場合がある。IC 分析では、硫酸イオンやリン酸イオン、カルシウムイオン



やマグネシウムイオン等のイオン成分を確認している(図4)。



### 3-1-5 HPLC分析例(油流出事故)

油流出事故の中でも、黒色油の場合にはHPLCで多環芳香族の分析を実施する場合がある。図5の事例では、ベンゾ[a]ピレンが高濃度で検出され、コールタールが原因であると判定した。

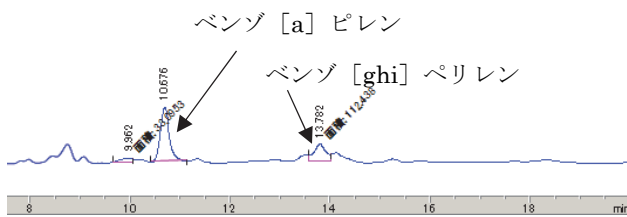


図5 HPLCによる多環芳香族の検出

### 3-2 分析結果一覧

2016年度に当研究所で分析した33件の水質事故の分析結果および水質異常原因の推定結果を表2に示す。

## 4. 考察

2016年度に分析を実施した水質事故33件の内訳を図6に示す。事故の種類としては白濁・着色事故が18件と最も多く、次いで油流出事故が12件、魚へい死事故は2件、その他1件であった。

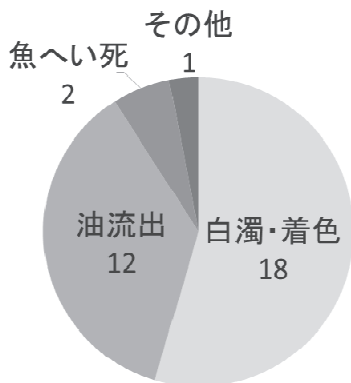


図6 水質事故内訳

白濁・着色事故においてチタン含有量の試験が原因物

質解明の有力な方法であることが指摘されている<sup>7)</sup>。2016年度に分析を実施した白濁事故18件のうち、SEM-EDS分析により白色顔料等に使用されるチタンが検出された事例は11件であった。そのうち、HS-GC/MS分析により水性塗料に含まれるテキサノールが検出された事例が6件(表2 No.10, 11, 16, 22, 29, 30)あり、水性塗料の判別にSEM-EDSとHS-GC/MS分析の組合せが有効であることが分かった。塗料以外では、表2 No.5, 6, 7, 17, 19において、カルシウムやマグネシウム、ケイ素など、土砂等に含まれる成分が検出された(図7)。

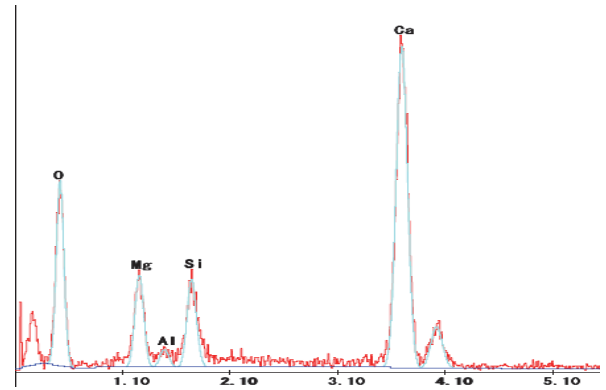


図7 非塗料由来白濁事故におけるEDS分析例

油流出事故では、鉱物油系については多くの場合、飽和炭化水素成分の規則的なピークによる判別を行った(表2 No.2, 9, 23, 25, 26, 33)。また、表2 No.14の事例は現象としては白濁事故であったが、鉱物油に含まれるC11~C17の炭化水素のピークが検出されたことから、鉱物油を含む製品が原因と推定された。一方、動植物油系の場合は、リノール酸やオレイン酸等の長鎖脂肪酸をメチル化し、GC/MSで判別を行った事例が3件存在した(表2 No.15, 21, 27)。

この3件の事例について、メチル化は前処理に手間がかかることから、より簡便な判別法の検討を行った。その結果、いずれの事例からもHS-GC/MS分析によりヘキサノール等のカルボニル化合物が検出された(図8)。文献によれば、動植物油が劣化した際にはヘキサノール等のカルボニル化合物が生成されるとの報告<sup>8)</sup>があり、HS-GC/MSによる簡便な分析で動植物油の判別が可能であることが確認できた。

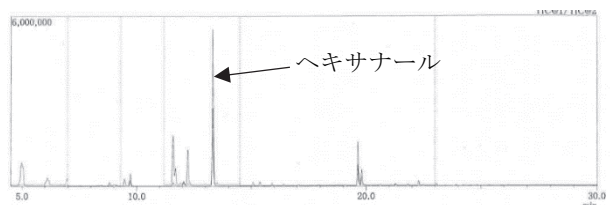


図8 HS-GC/MSによる動植物油の判別例

水質事故の分析結果は原因者の特定や再発防止のための普及啓発に活用されている。GC/MSおよびHS-GC/MSによる分析の結果、動植物油が原因と推定された事例(表2 No.15, 21, 27)では、食品製造事業者の防油堤から油

表2 分析結果および原因物質の推定結果一覧

No.	発生日	事故種別	分析結果	原因物質の推定
1	5/2	油	ヘキサン抽出-GC/MS: 多環芳香族 HS-GC/MS: ベンゼン、トルエン、キシレン、メチルエチルベンゼン、トリメチルベンゼン HPLC: ベンゾ[a]ピレン	コールタール
2	5/6	油	ヘキサン抽出-GC/MS: 炭素数17~23の炭化水素、機械油に見られるベースラインの上昇 HS-GC/MS: 炭素数11~16の炭化水素	軽油または重油を主成分とし、機械油を含む油
3	5/13	白濁	SEM-EDS: Ti	塗料
4	5/20	白濁	ヘキサン抽出-GC/MS: リモネン、リナロール、メントール、リアール HS-GC/MS: リモネン、シネオール	入浴剤やスキンケアローション等香料を使用する生活用品(業務用も含む)
5	5/23	白濁	SEM-EDS: Ca IC: $Ca^{2+}$ 、 $Na^{+}$ 、 $SO_4^{2-}$	カルシウムを主成分とする物質 (CaO、Ca(OH) <sub>2</sub> 、CaCO <sub>3</sub> 等)
6	6/2	白濁	SEM-EDS: Mg, Ca IC: $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Na^{+}$ 、 $SO_4^{2-}$	マグネシウムを主成分とする物質(苦土肥料等)
7	6/6	白濁	SEM-EDS: Si IC: $Ca^{2+}$ 、 $Na^{+}$ 、 $SO_4^{2-}$	ケイ素を主成分とする物質(苦土肥料等)
8	7/9	白濁	SEM-EDS: Ti, Fe, O	塗料
9	7/11	油	ヘキサン抽出-GC/MS: C17~23 HS-GC/MS: C15~26	重油または軽油
10	7/15	白濁	SEM-EDS: Ti, Fe, O HS-GC/MS: テキサノール	水性塗料
11	7/22	白濁	SEM-EDS: Ti HS-GC/MS: テキサノール	水性塗料
12	7/29	その他	総水銀0.093mg/L	洗煙排水の漏洩
13	8/17	白濁	SEM-EDS: Ti HS-GC/MS: クロロホルム	塗料
14	8/17	白濁	SEM-EDS: Fe HS-GC/MS: C11~17の炭化水素ピーク	鉱物油を含む製品(洗液を含む)
15	8/25	油	ヘキサン抽出-GC/MS: 2,4-デカジエナールと長鎖脂肪酸 HS-GC/MS: ヘキサナール等のアルデヒド類	動植物油
16	9/2	白濁	SEM-EDS: Ti HS-GC/MS: テキサノール	水性塗料
17	9/20	白濁	SEM-EDS: Siを主成分とする粒子 HS-GC/MS: 不検出	土砂
18	10/12	油	ヘキサン抽出-GC/MS: 機械油に見られるベースラインの上昇 HS-GC/MS: 不検出	機械油
19	10/14	白濁	SEM-EDS: Si, Alを主成分とする粒子 HS-GC/MS: 不検出	土砂
20	10/17	油	ヘキサン抽出-GC/MS: 機械油に見られるのベースラインの上昇 HS-GC/MS: メチルナフタレンとナフタレン	機械油
21	10/24	油	ヘキサン抽出-GC/MS: 2,4-デカジエナール、パルチミン酸、ステアリン酸 HS-GC/MS: ヘキサナール等のアルデヒド類	動植物油
22	10/31	白濁	SEM-EDS: Ti HS-GC/MS: テキサノール	水性塗料
23	11/1	油	ヘキサン抽出-GC/MS: C16~C22の炭化水素 HS-GC/MS: C10~16の炭化水素	軽油
24	11/9	白濁	SEM-EDS: Ti HS-GC/MS: リモネン、ヘキサナール	塗料
25	11/11	油	ヘキサン抽出-GC/MS: C11~C16の炭化水素 HS-GC/MS: C10~15の炭化水素	灯油
26	11/21	油	ヘキサン抽出-GC/MS: C14~C21の炭化水素 HS-GC/MS: C11~16の炭化水素	軽油
27	12/5	油	ヘキサン抽出-GC/MS: 2,4-デカジエナール、リノール酸、オレイン酸、パルチミン酸、ステアリン酸 HS-GC/MS: ヘキサナール等のアルデヒド類	動植物油
28	12/7	魚へい死	バイオアッセイ: 異常なし 固相抽出-GC/MS: 不検出 ICP-OES: 不検出	原因物質は分解または流下済みのため分析不能
29	12/21	白濁	SEM-EDS: Ti HS-GC/MS: テキサノール	水性塗料
30	12/29	白濁	SEM-EDS: Ti HS-GC/MS: テキサノール	水性塗料
31	1/23	魚へい死	バイオアッセイ: 異常なし	原因物質は分解または流下済みのため分析不能
32	3/1	白濁	SEM-EDS: Ca, Ti HS-GC/MS: ベンジルアルコール	カルシウムとチタン白を成分とするもの
33	3/22	油	ヘキサン抽出-GC/MS: C11~C16の炭化水素 HS-GC/MS: C12~15の炭化水素、キシレン、トリメチルベンゼン	灯油



が流出していたことが判明した。また、白濁事故においてカルシウム成分が検出された事例（表 2 No. 5）では、建設現場への普及啓発を実施した結果、以降その地域内では一年以上に渡り同様の水質事故が発生しておらず、一定の再発防止効果があったと思われる。

今後の課題として、白濁事故ではカルシウムやマグネシウム、ケイ素、アルミニウムといった無機元素が検出される事例（表 2 No. 5、6、7、17、19）において、X線回折装置を導入することができれば、無機結晶構造の解析を行うことで、より詳細な情報を得ることが可能だと思われる。また、魚へい死事故においては採水時点で原因物質が流下または分解済みである事例（表 2 No. 28、31）が存在したが、異常発見から試料採取までの時間を可能な限り短縮することが重要である。

## 5. おわりに

2016年度に分析を実施した33件の水質事故について、結果の整理を行った。最も件数の多かった白濁事故では、塗料が原因と推定される事例が大きな割合を占めた。

油流出事故については、灯油、軽油、機械油、動植物油等、さまざまな種類の油の流出事故が数件ずつ発生した。

2件の魚へい死事故では、いずれもバイオアッセイで供試生物に異常が認められなかったことから、採水時点で原因物質は分解あるいは流下しており、検体には含まれていない可能性が高かった。

個別事例では、テキサノールが水性塗料の判別に有効であること、ヘキサノール等の動植物油変敗物質が動植物油の簡便な判別に有効であることが確認できた。

課題としては、水質事故が発生した際に迅速に原因を推定するための体制やマニュアルを整備することや、規制による代替溶剤の普及などの状況の変化に対応した推定手法の変更等が挙げられる。

また、水質事故を防止するためには、他都市との情報交換を積極的に行い、水質事故原因の特定率の向上や再発防止に向けた取組を実施していくことが重要である。

## 調査協力

環境科学研究所：永井敬祐、加藤美一、蝦名紗衣、小倉智代、七里浩志、渾川直子  
環境創造局水・土壌環境課  
各区土木事務所

## 文献

- 1) 横浜市環境保全局：横浜環境白書平成 10 年度版、72-167 (1998)
- 2) 二宮勝幸、森本敏昭、白柳康夫：横浜市水域における油流出事故について、横浜市環境科学研究所報、25、47-55 (2001)
- 3) 二宮勝幸：横浜市水域における油流出事故について（第 2 報）、横浜市環境科学研究所報、31、91-101 (2007)
- 4) 白柳康夫：環境中の未知物質に対する X 線分析の応用、横浜市環境科学研究所報、18、95-102 (1994)
- 5) 横浜市公害研究所：魚の死亡事故の原因究明に関する研究報告書、公害研資料 No. 91、125pp (1991)
- 6) 横浜市環境創造局水・土壌環境課：水質汚濁に関する相談、<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/faq/kougai/q2-03.html> (2017 年 10 月時点)
- 7) 水落敏朗、木下誠、東郷孝俊：公共用水域における水質事故対応マニュアル策定調査、福岡市保健環境研究所報、33、69-73 (2008)
- 8) 高橋仁恵、清水浩二、和田智史、宮下喜好：食品の保管条件と品質変化の検討、平成 22 年度群馬県産業技術センター研究報告、31-34 (2010)

# 横浜赤レンガ倉庫でのフラクタル日除けを用いた暑さ対策効果の調査

関浩二、松島由佳、岩崎満、小倉智代（横浜市環境科学研究所）、  
内藤純一郎（横浜市環境創造局）、  
村上徹也、堀越彩織、菊池由紀子（横浜市水道局）、  
保清人（株式会社ロスフィー）

## Study on effect of countermeasures against heat using fractal sunshades at Yokohama Red Brick Warehouse

Koji Seki, Yuka Matsushima, Mitsuru Iwasaki, Tomoyo Ogura (Yokohama Environmental Science Research Institute),  
Junichiro Naito (Yokohama Environmental Planning Bureau),  
Tetsuya Murakami, Saori Horikoshi, Yukiko Kikuchi (Yokohama Waterworks Bureau),  
Kiyohito Tamotsu (LOSFEE Co., Ltd.)

キーワード：フラクタル日除け、暑さ対策、乾球温度、黒球温度、暑さ指数

### 要 旨

夏の暑さによる身体のストレスを低減させるための暑さ対策技術の一つに人工日除けがある。今回、横浜赤レンガ倉庫において、フラクタル日除け（樹木の葉の形状を模して放熱特性を高めた人工日除け）の暑さ対策効果の調査を実施した。調査の結果、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、気温（乾球温度）、黒球温度、暑さ指数、上方向及び下方向からの日射量、下方向からの赤外放射量が低下していた。過去に実施した公園内の緑陰下での測定結果と比較したところ、フラクタル日除けの設置により、ある程度の暑さ対策の効果を期待できることが示唆された。

### 1. はじめに

横浜市の平均気温は長期的に上昇傾向にあり、夏季の熱中症患者数の増加など人の健康への悪影響が懸念されている。夏の暑さによる身体のストレスを低減させるためには、日射の低減、地表面等の高温化抑制・冷却、空気の冷却が効果的と言われており、具体的な暑さ対策技術の一つに人工日除けがある<sup>1)</sup>。

人工日除けの中でも、2008年頃に酒井らが開発したフラクタル日除け<sup>2)</sup>は、樹木の葉の形状を模して放熱特性を高めることで日除け部分が熱くなるのを防ぐ製品である。そのため、従来の人工日除けよりも暑さ対策効果が高いと言われており、その効果についていくつかの報告事例がある<sup>3), 4)</sup>。

今回、横浜市内での暑さ対策の推進の一環として、横浜赤レンガ倉庫において、フラクタル日除けの暑さ対策効果の調査を実施した。今回得られた調査結果と過去に実施した公園内の緑陰下での測定結果との比較を行い、フラクタル日除けの暑さ対策効果について定量的な考察を行ったので、報告する。

### 2. 方法

#### 2-1 調査期間、調査地点及び測定項目

2016年7月20日～24日に横浜赤レンガ倉庫（住所：横浜市中区新港一丁目1）のイベント広場に、株式会社ロスフィー製のフラクタル日除け（製品名：こもれび、素材：ポリエステル樹脂、大きさ：幅9m×奥行5.4m×高さ2.8m）を図1のように設置した。フラクタル

日除けの設置は、横浜市水道局主催の「打ち水大作戦 2016@よこはま 打ち水初め式典」（7月20日開催）の機会を活用し、株式会社横浜赤レンガの協力のもとで実施した。

設置期間のうち、7月20日13時50分～16時、及び、7月24日12時30分～16時40分に、フラクタル日除けの下の地点及び日なたの地点の2地点で、気温（以下、「乾球温度」という。）、黒球温度、相対湿度、日射量及び赤外放射量を1分間隔で測定した。測定地点を図2に示す。また、フラクタル日除けの下に設置した測定器を図3に示す。なお、調査期間の気象概況は、横浜地方气象台での観測によると、7月20日13時50分～16時の天気は曇、風速は5.1～7.6 m/s、降水なしであり、7月24日12時30分～16時40分の天気は晴、風速は5.0～8.4 m/s、降水なしであった。



図1 フラクタル日除けの設置風景

乾球温度及び相対湿度の測定では、測定器のセンサーを自作のシェルターに格納し、気象庁での温度計設置の基準<sup>5)</sup>に準拠して、地面から高さ約 1.5 m の位置で測定を行った。黒球温度の測定では、センサー部を直径約 15 cm の黒球（株式会社安藤計器製 CK-150）に格納し、地面から高さ約 1.5 m の位置で測定を行った。日射量及び赤外放射量の測定では、地面から高さ約 30 cm の位置で測定を行った。

また、7月20日正午頃に赤外線サーモカメラで地面の表面温度を測定した。測定に使用した測定器の型式及び仕様を表1に示す。

## 2-2 暑さ指数の算出

暑さ指数とは、熱中症を予防することを目的として、1957年にYaglouとMinard<sup>6)</sup>によって提案された指標であり、人体と外気との熱のやりとり（熱収支）に着目し、人体の熱収支に与える影響の大きい湿度、日射・輻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。日常生活に関する指針としては2013年に日本気象学会が「日常生活における熱中症予防指針（Ver.3）」<sup>7)</sup>を公表しており、運動に関する指針としては公益財団法人日本体育協会が「熱中症予防運動指針」<sup>8)</sup>を公表している。また、労働環境における暑さ指数について、国際的にはISO 7243<sup>9)</sup>、国内ではJIS Z 8504<sup>10)</sup>として規格化されている。

屋外での暑さ指数 [°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  $t_g$  の実測値、並びに、乾球温度及び相対湿度の実測値から算出した湿球温度  $t_w$  の計算値を用いて、暑さ指数を算出した。

湿球温度  $t_w$  の計算値の算出の際には、Sprung の式<sup>11)</sup>を使用し、水の飽和蒸気圧の近似式として Tetens のパラメータ値<sup>12)</sup>による August-Roche-Magnus の式<sup>13), 14)</sup>を使用した。



図2 測定地点



図3 フラクタル日除けの下に設置した測定器

表1 測定に使用した測定器の型式・仕様

測定項目	乾球温度 (気温)	黒球温度	相対湿度	日射量	赤外放射量	地面の 表面温度
メーカー	(株) ティアンドデイ			Hukseflux Thermal Sensors B.V.		日本アビオニクス (株)
型式	TR-52i		TR-72wf	LP02	IR02	R500S
仕様	<u>測定範囲</u> -60~155°C <u>測定精度</u> ±0.3°C (-20~80°C) <u>測定分解能</u> 0.1°C	<u>測定範囲</u> 10~95%RH <u>測定精度</u> ±5%RH (25°C、 50%RH) <u>測定分解能</u> 1%RH		<u>測定範囲</u> 0~2000W/m <sup>2</sup> <u>測定波長範囲</u> 305~2800nm	<u>測定範囲</u> 0~1000W/m <sup>2</sup> <u>測定波長範囲</u> 4.5~50 μm	<u>測定範囲</u> -40~120°C <u>測定精度</u> ±1°C (20~30°C) <u>測定視野角</u> 64° × 48° (2倍視野拡大 レンズ使用)

### 3. 結果と考察

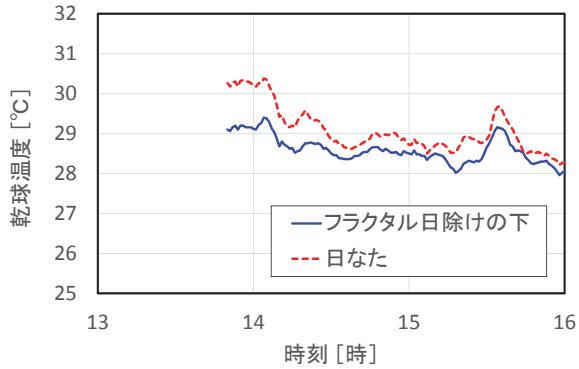
#### 3-1 乾球温度、黒球温度及び相対湿度

フラクタル日除けの下の地点及び日なたの地点の2地点での、2016年7月20日13時50分～16時及び7月24日12時30分～16時40分の乾球温度、黒球温度及び相対湿度の測定結果を図4に示す。

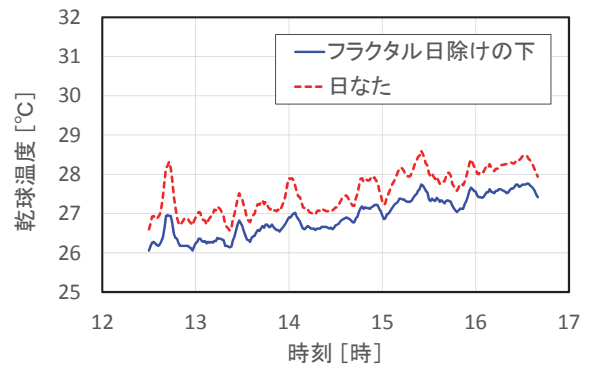
乾球温度及び黒球温度は、調査期間内の全ての時間帯で、フラクタル日除けの下の地点では日なたの地点を下回っていた。

乾球温度は、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、7月24日12時43分に最大で1.4℃、調査期間中の平均では0.6℃低下していた。

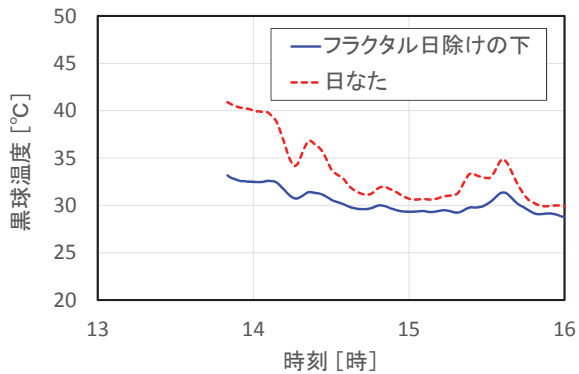
黒球温度は、フラクタル日除けの下の地点では日なたの地点に比べて、7月24日12時45分に最大で9.8℃、調査期間中の平均では4.8℃低下していた。また、乾球温度の低下量が最大となる7月24日12時43分には、黒球温度は9.4℃低下していた。



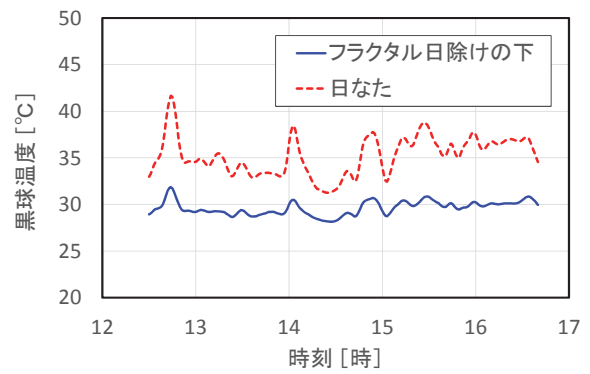
(ア) 乾球温度 (7月20日)



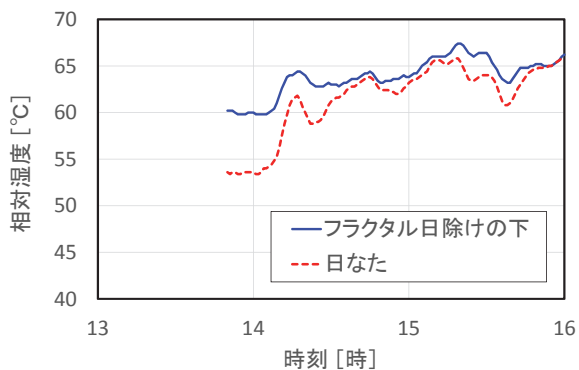
(イ) 乾球温度 (7月24日)



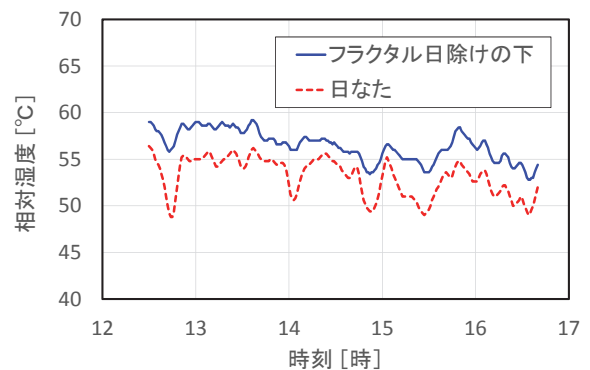
(ウ) 黒球温度 (7月20日)



(エ) 黒球温度 (7月24日)



(オ) 相対湿度 (7月20日)



(カ) 相対湿度 (7月24日)

図4 乾球温度・黒球温度・相対湿度の測定結果

### 3-2 暑さ指数

フラクタル日除けの下の地点及び日なたの地点の2地点での、7月20日13時50分～16時及び7月24日12時30分～16時40分の暑さ指数の計算結果を図5に示す。

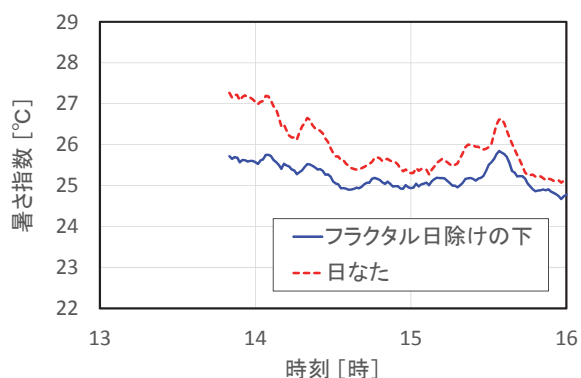
暑さ指数も、乾球温度及び黒球温度と同様に、調査期間内の全ての時間帯で、フラクタル日除けの下の地点では日なたの地点を下回っており、7月24日12時43分に最大で2.0℃、調査期間中の平均では1.0℃低下していた。7月20日の調査では、日なたでは全ての時間帯で暑さ指数は警戒(25℃以上30℃未満)の範囲内だったのに対し、フラクタル日除けの下では暑さ指数が注意(25℃未満)の範囲内となる時間帯もあった。

### 3-3 日射量

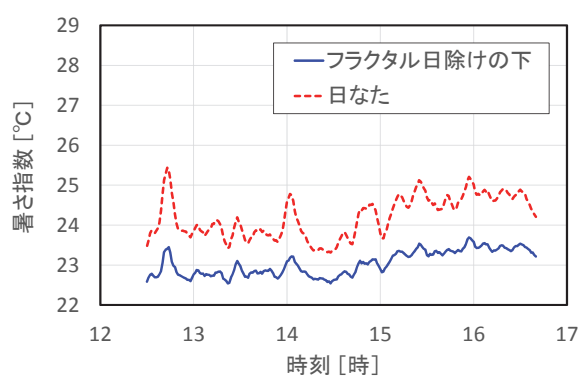
フラクタル日除けの下の地点及び日なたの地点の2地点での、7月20日13時50分～16時及び7月24日12時30分～16時40分の上方向及び下方向からの日射量の測定結果を図6に示す。

上方向からの日射量は、調査期間内の全ての時間帯で、フラクタル日除けの下の地点では日なたの地点を下回っており、7月24日15時34分に最大で80%、調査期間中の平均では59%低下していた。

また、乾球温度の低下量が最大となる7月24日12時43分には、上方向からの日射量は736 W/m<sup>2</sup>低下しており、低下量の割合は74%であった。



(ア) 暑さ指数 (7月20日)

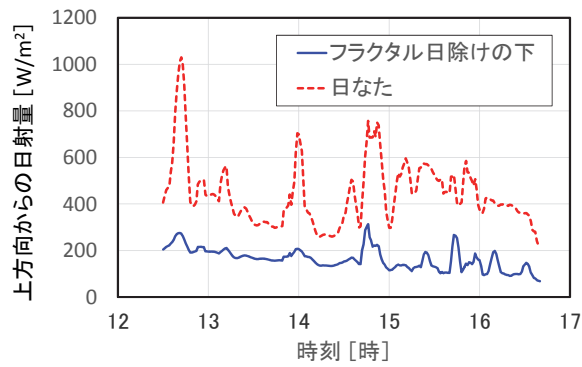


(イ) 暑さ指数 (7月24日)

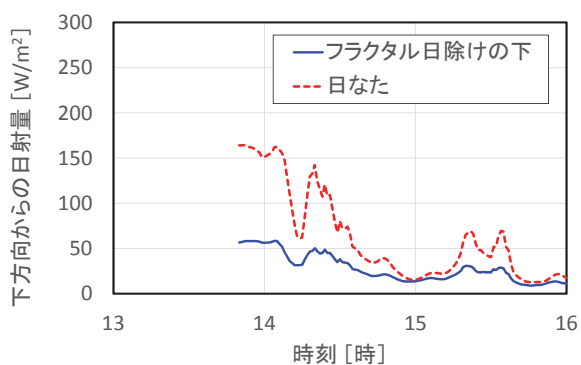
図5 暑さ指数の計算結果



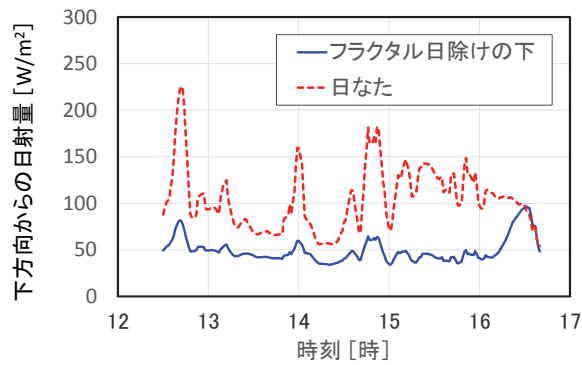
(ア) 上方向からの日射量 (7月20日)



(イ) 上方向からの日射量 (7月24日)



(ウ) 下方向からの日射量 (7月20日)



(エ) 下方向からの日射量 (7月24日)

図6 上方向及び下方向からの日射量の測定結果



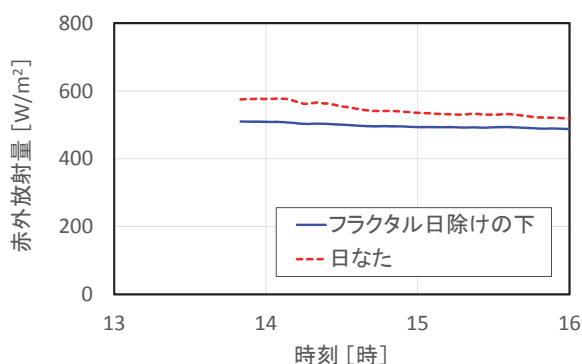
下方向からの日射量も、調査期間内のほぼ全ての時間帯で、フラクタル日除けの下の地点では日なたの地点を下回っており、7月24日15時21分に最大で70%、調査期間中の平均では48%低下していた。

また、乾球温度の低下量が最大となる7月24日12時43分には、下方向からの日射量は146 W/m<sup>2</sup>低下しており、低下量の割合は65%であった。

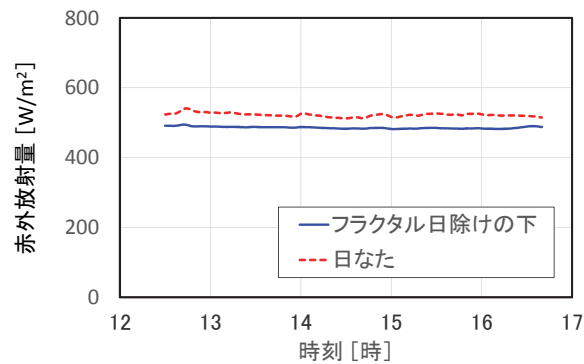
7月24日16時10分頃からフラクタル日除けの下の地点での下方向からの日射量が増加し、7月24日16時30分頃から16時40頃まではフラクタル日除けの下の地点と日なたの地点での下方向からの日射量がほぼ同じ値になっていた。この時間帯のフラクタル日除けの下の地点での上方向からの日射量が増加していないことを考慮すると、この時間帯にはフラクタル日除けの下の地点での下方向からの日射量の測定位置が、フラクタル日除けの外側の地点や隙間を通過して地面で反射した日射を捉えているために、日なたの地点での下方向からの日射量とほぼ同じ値になったと考えられる。

### 3-4 赤外放射量

フラクタル日除けの下の地点及び日なたの地点の2地点での、7月20日13時50分～16時及び7月24日12時30分～16時40分の下方向からの赤外放射量の測定結果を図7に示す。

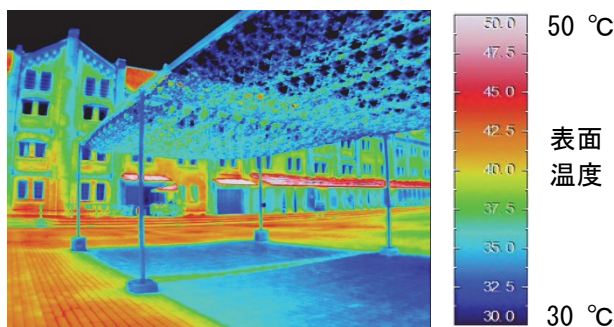


(ア) 下方向からの赤外放射量 (7月20日)



(イ) 下方向からの赤外放射量 (7月24日)

図7 下方向からの赤外放射量の測定結果



(ア) 赤外線サーモカメラの画像  
(表示温度：30℃～50℃)



(イ) 可視カメラの画像

図8 地面の表面温度の測定結果

下方向からの赤外放射量は、調査期間内の全ての時間帯で、フラクタル日除けの下の地点では日なたの地点を下回っており、7月20日14時8分に最大で12%、調査期間中の平均では8%低下していた。

また、乾球温度の低下量が最大となる7月24日12時43分には、下方向からの赤外放射量は46 W/m<sup>2</sup>低下しており、低下量の割合は8%であった。

### 3-5 地面の表面温度

7月20日正午頃の、フラクタル日除けの下の地点及び日なたの地点の2地点での、地面の表面温度の測定結果を図8に示す。フラクタル日除けの下の地点での地面の表面温度(33℃)は、日なたの地点の地面の表面温度(42℃)よりも9℃低下していた。

### 3-6 フラクタル日除けの暑さ対策効果

本調査の結果、乾球温度は、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、7月24日12時43分に最大で1.4℃低下していた。この時刻に、黒球温度は9.4℃、暑さ指数は2.0℃、上方向からの日射量は74% (736 W/m<sup>2</sup>)、下方向からの日射量は65% (146 W/m<sup>2</sup>)、下方向からの赤外放射量は8% (46 W/m<sup>2</sup>)、低下していた。また、7月20日正午頃に、フラクタル日除けの下の地点での地面の表面温度が、日なたの地点に比べて、9℃低下していた。

内藤らが2014年7月29～31日に港北水再生センターの上部利用公園である太尾南公園（住所：大倉山七丁目40番1号）内の緑陰下で実施した調査<sup>15)</sup>では、緑陰下において、港北水再生センター内施設屋上（対象区）と比べて、乾球温度が最大で2.6℃低下し、この時刻に、黒球温度は12.2℃、暑さ指数は2.4℃、上方向からの日射量は93%（553 W/m<sup>2</sup>）、下方向からの日射量は66%（97 W/m<sup>2</sup>）、下方向からの赤外放射量は16%（96 W/m<sup>2</sup>）、低下していたことが分かっている。

本調査と過去に実施した太尾南公園内の緑陰下での調査では、公園内の緑陰下での調査時の方が気温が高いなど気象条件等が異なるため単純な比較はできないが、これらの測定結果を比較すると、フラクタル日除けの設置により、公園の緑陰下ほどではないものの、ある程度の暑さ対策の効果を期待できることが示唆される。本調査は、限られた時間帯での調査ではあるが、屋外でフラクタル日除けを用いた場合の暑さ対策効果のある程度、定量的に把握できたと考えられる。

#### 4. おわりに

フラクタル日除け（樹木の葉の形状を模して放熱特性を高めた人工日除け）の暑さ対策効果を定量的に把握するため、2016年7月20日13時50分～16時、及び、7月24日12時30分～16時40分に、横浜赤レンガ倉庫において、フラクタル日除けの下の地点及び日なたの地点の2地点で、気温（乾球温度）、黒球温度、相対湿度、日射量及び赤外放射量を1分間隔で測定した。

本調査の結果、7月24日12時43分に、フラクタル日除けの下の地点での乾球温度が日なたの地点に比べて最大で1.4℃低下しており、この時刻に、黒球温度は9.4℃、暑さ指数は2.0℃、上方向からの日射量は74%、下方向からの日射量は65%、下方向からの赤外放射量は8%低下していた。また、7月20日正午頃に、フラクタル日除けの下の地点での地面の表面温度が、日なたの地点に比べて、9℃低下していた。

本調査の測定結果を、過去に実施した公園内の緑陰下での測定結果と比較したところ、フラクタル日除けの設置により、公園の緑陰下ほどではないものの、ある程度の暑さ対策の効果を期待できることが示唆された。

今後も、フラクタル日除けの暑さ対策効果について、更に詳細な調査や結果の分析を進め、フラクタル日除けの導入に係る費用対効果なども考慮しながら、本市におけるフラクタル日除け導入の可能性について検討を進めていく予定である。

#### 謝辞

本調査の実施にあたり、株式会社横浜赤レンガに調査場所を提供いただきました。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、21-23（2017）
- 2) 酒井敏、中村美紀、大西将徳、飯澤功、古屋姫美愛：フラクタル日除け 樹木の形に学ぶ新発想のヒートアイランド対策、日本ヒートアイランド学会誌、5、17-22（2010）
- 3) 中村美紀、酒井敏、大西将徳、古屋姫美愛：フラクタル日除けによる放射環境改善効果、日本ヒートアイランド学会論文集、6、8-15（2011）
- 4) 三坂育正、成田健一、酒井敏、中村美紀：フラクタル形状日除けによる暑熱環境緩和効果の実測評価、日本ヒートアイランド学会第8回全国大会予稿集、134-135（2013）
- 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>（2017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) 内藤純一郎、小倉智代、山下理絵：横浜市内の水や緑による暑熱環境緩和効果に関する実測調査—農地・公園における熱放射観測結果一、横浜市環境科学研究所報、40、13-17（2016）

# 市が尾駅前における遮熱性舗装の熱環境調査結果

小田切幸次、関浩二、松島由佳（横浜市環境科学研究所）、内藤純一郎（横浜市環境創造局）

## Thermal environment survey result of heat shield pavement in front of Ichigao Station

Koji Otagiri, Koji Seki, Yuka Matsushima (Yokohama Environmental Science Research Institute)  
Junichiro Naito (Yokohama Environmental Planning Bureau)

キーワード：ヒートアイランド、遮熱性舗装、微気象観測、サーモグラフィ

### 要旨

横浜市ではヒートアイランド対策のひとつとして、舗装路面の温度上昇を抑制する「すず風舗装」事業を平成15年度から実施している。本調査では、車道に敷設された遮熱性舗装による「暑さ」の低減効果について考察するため、平成28年夏季に横浜市青葉区内にある遮熱性舗装上と近隣の通常舗装上で熱環境調査を実施した。その結果、日中は通常舗装と比較して遮熱性舗装の表面温度がおよそ10℃低いなど、日中の歩行者の暑熱環境を緩和する効果が生じていることを確認した。一方、遮熱性舗装は日射の反射率が高いため、上向きの日射量は通常舗装と比較して遮熱性舗装の方が高かった。より効果的に「暑さ」が緩和された空間を生み出すためには、遮熱性舗装を敷設する際に車道と歩道の間に植栽を設置するなど、歩行者や外壁への放射熱の影響を軽減させることが必要となる。

### 1. はじめに

横浜市などの大都市では地球温暖化の影響に加えヒートアイランドの影響により、暑熱環境の悪化による人への影響が顕在化してきている。横浜市道路局では、平成15年度からヒートアイランド対策のひとつとして「すず風舗装」事業を実施しており、平成28年度までに76件、165,000 m<sup>2</sup>を整備した。すず風舗装の概略図を図1に示す。すず風舗装には保水性舗装と遮熱性舗装があるが、どちらも舗装路面の温度上昇を抑制する効果を持ち、周囲への排熱を抑え、ヒートアイランドの影響を緩和すると言われている<sup>1)</sup>。このため東京2020オリンピック・パラリンピックなどでも観客を熱中症から守るために保水性舗装や遮熱性舗装を導入する動きなどがある<sup>2)</sup>。

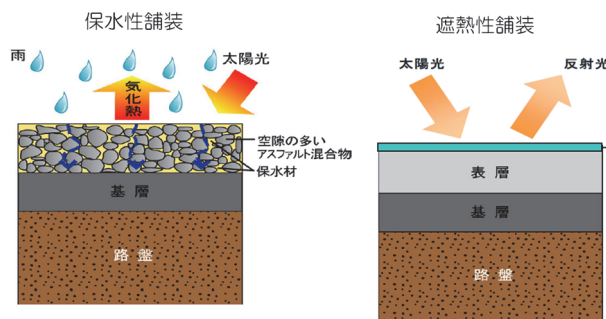


図1 すず風舗装の概略図<sup>1)</sup>

保水性舗装や遮熱性舗装の既往研究においては、車道では経年劣化に伴う路面温度の低減効果の低下が見られたものの、歩道では低減効果の持続が確認されたとの報告がある<sup>3)</sup>。また、横浜市環境科学研究所では平成27年

に新横浜公園の園路（歩道）に敷設された遮熱性舗装について、暑熱環境の緩和効果を検証し、日射の高反射化による路面温度の低減効果を確認している<sup>4)</sup>。本稿では、遮熱性舗装が敷設された車道における「暑さ」の低減効果を明らかにするとともに、これらの地表面の改良技術を用いた、市街地における効果的な熱環境改善方法について考察した。

### 2. 調査方法

#### 2-1 調査地点及び調査期間

車道に敷設された遮熱性舗装による「暑さ」の低減効果を明らかにするため、市が尾駅前の遮熱性舗装上（平成27年度に敷設）と青葉土木事務所敷地内の通常舗装上で、平成28年8月4日の10:00から20:00まで熱環境調査を実施した。調査地点の位置を図2に示す。なお、調査日は日中わずかに雲がかかったものの、終日概ね晴れの天気となっていた。



図2 調査地点の位置図  
(国土地理院航空写真を引用<sup>5)</sup>)



## 2-2 測定項目及び測定方法

気温・相対湿度・風向風速（市が尾駅前のみ）・黒球温度・赤外放射量（上向き）・日射量（上向き、下向き）の7項目を、1分間隔で測定した。また、赤外線サーモグラフィを用いて赤外面像の測定も実施した。気温及び相対湿度の測定では、測定器のセンサーを自作のシェルターに格納し、気象庁での温度計設置の基準<sup>6)</sup>に準拠して、地面の高さから約1.5 mの位置で測定を行った。黒球温度の測定では、センサー部を直径約15 cmの黒球（株）安藤計器製工所製CK-150）に格納し、地面の高さから約1.5 m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1、測定器の外観及び観測状況を図3～5に示す。

表1 調査に使用した測定器の型式・仕様

測定項目	気温 (乾球温度)	黒球温度	相対湿度
メーカー	(株) ティアンドデイ		
型式	TR-52i		TR-72wf
測定範囲	0～55℃	-60～155℃	10～95% RH
測定精度	±0.5℃	±0.3℃ (-20～ 80℃ において)	±5% RH (25℃、 50% RH において)
測定分解能	0.1℃	0.1℃	1% RH

測定項目	赤外放射量	日射量	地表面温度
メーカー	Hukseflux Thermal Sensors B. V.		日本アビオ ニクス(株)
型式	LP02	IR02	R500S
測定範囲	0～2000W/m <sup>2</sup>	-1000～1000 W/m <sup>2</sup>	-40～120℃
測定精度	±5%(通常)	±10% (1日の合 計)	±1℃
測定分解能	—	—	0.03℃ (30℃時)

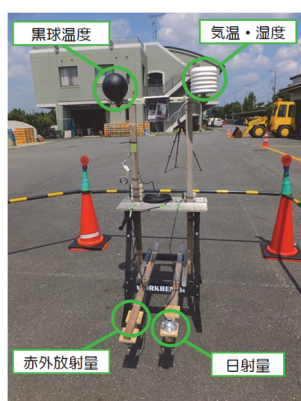


図3 測定器の外観  
(青葉土木事務所の測定器を撮影)



図4 測定器での観測状況  
(市が尾駅前の遮熱性舗装)



図5 測定器での観測状況  
(青葉土木事務所内の通常舗装)

## 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Minard<sup>7)</sup>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(WBGT)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。例として、日本生気象学会が2013年に公表した「日常生活における熱中症予防指針(Ver.3)」<sup>8)</sup>を表2に示す。この他に、運動に関する指針として、(公財)日本体育協会が「熱中症予防運動指針」<sup>9)</sup>を公表している。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 7243<sup>10)</sup>、国内ではJIS Z 8504<sup>11)</sup>として規格化されている。

屋外での暑さ指数(WBGT) [℃]は、湿球温度を $t_w$  [℃]、黒球温度を $t_g$  [℃]、乾球温度を $t_d$  [℃]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。

ここで、本調査における湿球温度 $t_w$ の算出方法について述べる。乾球温度 $t_d$ における水の飽和蒸気圧を $E$  [hPa]、相対湿度を $RH$  [%]とすると、蒸気圧 $e$  [hPa]は式(2)で与えられる。

表2 日常生活における熱中症予防指針 (Ver.3)

温度基準 (WBGT)	注意すべき生活活動の目安	注意事項
危険 (31℃以上)	すべての生活活動でおこる危険性	高齢者においては安静状態でも発生する危険性が大きい。外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。
嚴重警戒 (28℃以上 31℃未満)		外出時は炎天下を避け、室内では室温の上昇に注意する。
警戒 (25℃以上 28℃未満)	中等度以上の生活活動でおこる危険性	運動や激しい作業をする際は定期的に充分に休息を取り入れる。
注意 (25℃未満)	強い生活活動でおこる危険性	一般に危険性は少ないが激しい運動や重労働時には発生する危険性がある。

$$e = E \times \frac{RH}{100} \quad (2)$$

一方、湿球温度  $t_w$  における水の飽和蒸気圧を  $E'$  [hPa]、気圧を  $P$  [hPa] とすると、蒸気圧  $e$  は Sprung の式<sup>12)</sup> を用いて、式(3)で与えられる。なお、本調査では、気圧  $P$  のデータとして、気象庁が提供する横浜地方気象台の気象データ<sup>13)</sup> を使用した。

$$e = E' - 0.000662 \times P(t_d - t_w) \quad (3)$$

また、本調査では水の飽和蒸気圧の近似式として、Tetens のパラメータ値<sup>14)</sup> による August-Roche-Magnus の式<sup>15)、16)</sup> を使用した。この近似式による飽和蒸気圧の相対誤差が 0~50℃ の範囲では 1 %未満<sup>17)</sup> であることから、本調査においては無視できる程度の誤差と考えられる。この近似式では、乾球温度  $t_d$  と湿球温度  $t_w$  における水の飽和蒸気圧  $E$  及び  $E'$  は、それぞれ、式(4)、式(5)で表される。

$$E = 6.11 \times 10^{\frac{7.5 t_d}{t_d + 237.3}} \quad (4)$$

$$E' = 6.11 \times 10^{\frac{7.5 t_w}{t_w + 237.3}} \quad (5)$$

本調査では、式(2)~(5)から湿球温度  $t_w$  の計算値を算出した上で、式(1)から暑さ指数 (WBGT) を算出した。

### 3. 結果と考察

#### 3-1 日射量

遮熱性舗装と通常舗装における、下向きの日射量の時間変化を図6、上向きの日射量の時間変化を図7、下向きの日射量に対する上向きの日射量の割合(日射の反射率)を図8に示す。

下向きの日射量は通常舗装、遮熱性舗装ともに違いは見られなかった。遮熱性舗装で16:30以降に急激に日射量が低下しているのは、ビルの影に入ったためである。

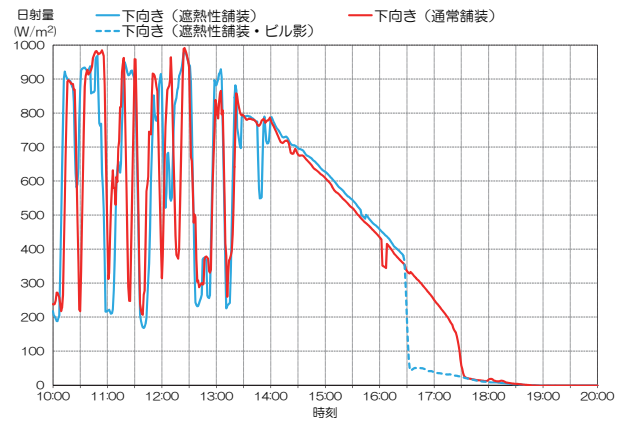


図6 下向きの日射量の時間変化

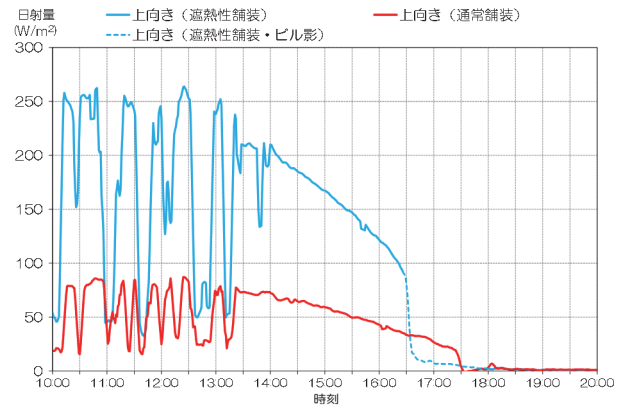


図7 上向きの日射量の時間変化

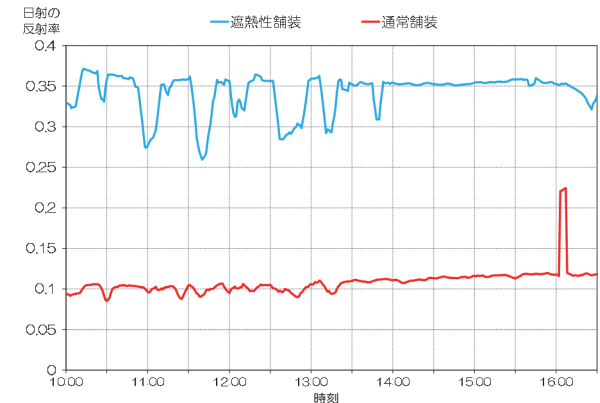


図8 日射の反射率の時間変化

このため、遮熱性舗装での16:30から18:00までの下向きの日射量は参考値とする。

一方、上向きの日射量は通常舗装と比較して、遮熱性舗装において高い値を示した。これは遮熱性舗装では日射をより多く反射したためであると考えられる。なお、ビルの影に入ったため、16:30から18:00までの遮熱性舗装での上向きの日射量は参考値とする。

また日射の反射率は値が高いほど、天空方向から地面に向かう日射を地面で反射し、天空方向に返す割合が高いことを示すものであるが、図8より、通常舗装と比較して遮熱性舗装の方が日中は日射の反射率が高かった。

### 3-2 赤外放射量

遮熱性舗装と通常舗装における、上向きの赤外放射量の時間変化を図9に示す。

赤外放射量は物体の温度に依存するため、日射量の時間変化と比較すると、赤外放射量は時間変化のばらつきが小さい。また上向きの赤外放射量は調査期間を通して遮熱性舗装の方が通常舗装より低く、平均して  $30 \text{ W/m}^2$  の差が見られた。これは遮熱性舗装では日射を多く反射することで、地面に蓄積される熱が抑制されていたためであると考えられる。

16:30 から 18:00 の間、遮熱性舗装と通常舗装は並行して赤外放射量が低下しているが、前章で触れたとおり、遮熱性舗装では同時間帯にビルの影に入っているため、この時間の遮熱性舗装での赤外放射量は参考値とする。

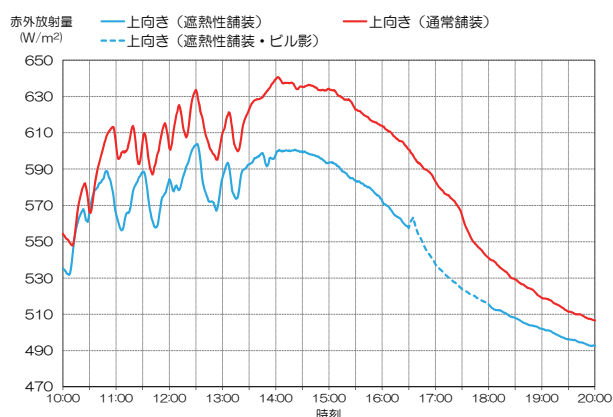


図9 上向きの赤外放射量の時間変化

### 3-3 赤外画像による表面温度

遮熱性舗装と通常舗装における、赤外画像の表面温度を測定した結果について、日中の画像を図10に、測定期間内における表面温度の時間変化を図11に示す。

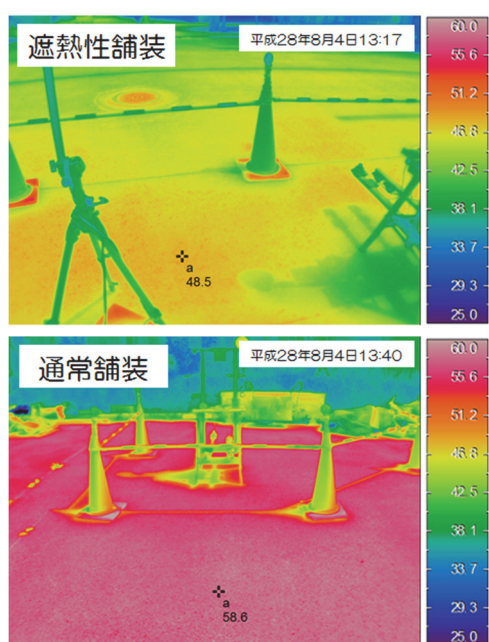


図10 赤外画像による日中の表面温度

日中、通常舗装と比較して遮熱性舗装の表面温度はおよそ  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  低かった。

遮熱性舗装において 16:30 から 18:00 の間にビルの影に入っているため、参考値とはなるが、日没後も通常舗装より遮熱性舗装の方が表面温度は低いことを確認した。

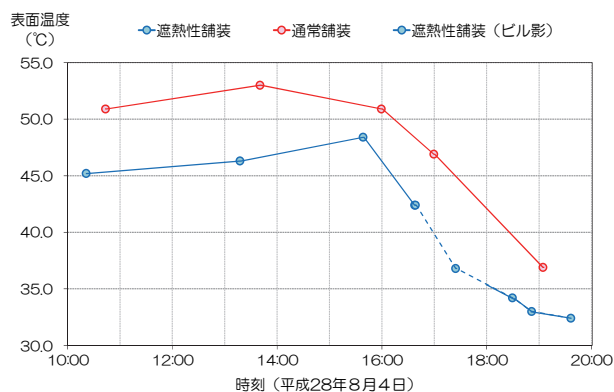


図11 赤外画像による表面温度の時間変化

### 3-4 気温及び暑さ指数

遮熱性舗装と通常舗装における、気温の時間変化を図12に、暑さ指数の時間変化を図13に示す。

気温は遮熱性舗装及び通常舗装ともに、観測開始の 10:00 から日没前の 17:30 前後まで  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  を超えていた。観測期間内の平均気温は遮熱性舗装では  $32.8 \text{ }^\circ\text{C}$ 、通常舗装では  $33.0 \text{ }^\circ\text{C}$  であり、気温差は  $0.2 \text{ }^\circ\text{C}$  と顕著な気温差は見られなかった（遮熱性舗装においてビルの影に入った 16:30 から 18:00 の間を除く）。

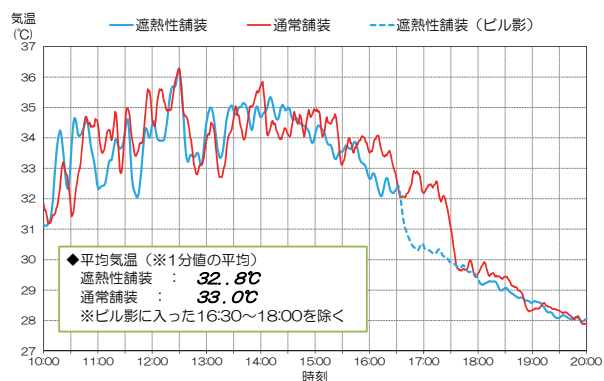


図12 気温の時間変化

暑さ指数は遮熱性舗装及び通常舗装ともに、観測開始直後から、熱中症予防指針で“外出時は炎天下を避け、室内では室温の上昇に注意する”とされる嚴重警戒 ( $28 \text{ }^\circ\text{C}$  以上  $31 \text{ }^\circ\text{C}$  未満) に該当する値を観測した。また 12:00~14:00 においては、熱中症予防指針で“外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する”とされる危険 ( $31 \text{ }^\circ\text{C}$  以上) に該当する値を観測した時間もあった。

観測期間内の暑さ指数の平均値について、日中（観測開始 10:00~日没時刻 18:42<sup>18)</sup>のうち、ビルの影に入った 16:30~18:00 を除く）は、遮熱性舗装では  $29.3 \text{ }^\circ\text{C}$ 、通常舗装では  $29.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 、夜間（日没時間 18:42~観測終了



20:00)は遮熱性舗装では25.8℃、通常舗装では25.9℃であった。日中及び夜間ともに暑さ指数の平均値の差は0.1~0.2℃であり、顕著な差は見られなかった。

既往研究において、遮熱性舗装と通常舗装で鉛直方向に気温を観測したところ、地面に近い高さほど、両者の気温差が大きかったとの報告がある<sup>19)</sup>。地面から近い高さでは、地面からの放射熱を受けて、地面に近い大気は暖められるが、本調査で測定した高さ1.5mの場合、放射熱が拡散するため、遮熱性舗装と通常舗装とでは、気温や暑さ指数に明瞭な差が見られなかったと考えられる。

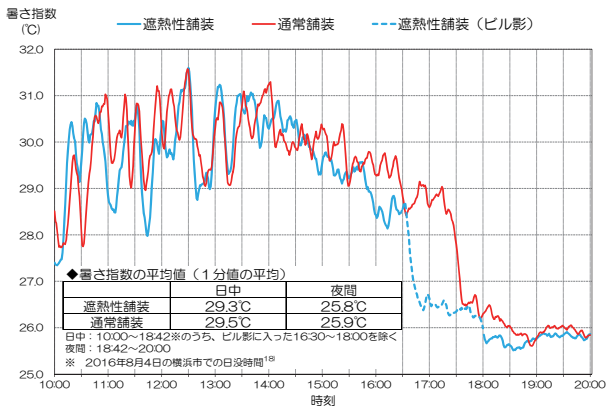


図13 暑さ指数の時間変化

### 3-5 人が受ける熱放射量の時間変化

人が受ける熱放射量は、①太陽光からの下向き日射量、②雲、大気中の水蒸気や塵からの下向き赤外放射量、③地面で反射する上向き日射量、④地表面からの上向き赤外放射量の4つに大別される。

本調査では、遮熱性舗装において16:30から18:00の間にビルの影に入った時間を除くと、下向き日射量と下向き赤外放射量は遮熱性舗装及び通常舗装ともにほぼ同じと見なすことができる。このことから、両地点において人が受ける熱放射量は、上向き日射量と上向き赤外放射量の和で評価できる<sup>20)</sup>。また日没後は下向き日射量と上向き日射量は無くなることから、夜間に人が受ける熱放射量は上向き赤外放射量のみとなる。

そこで、遮熱性舗装と通常舗装における上向き日射量と上向き赤外放射量の和の時間変化を図14に示す。

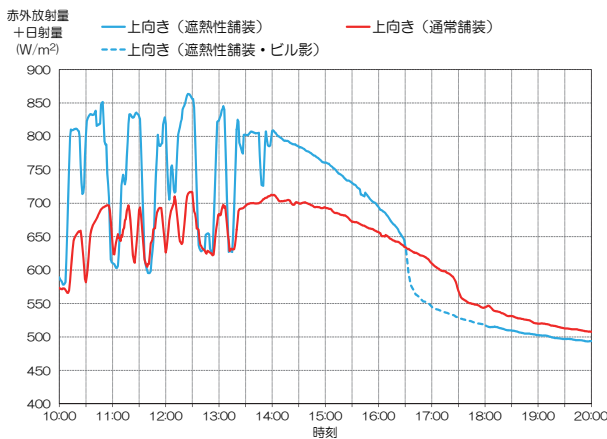


図14 上向き日射量と上向き赤外放射量の和の時間変化

16:30から18:00までの間を除いた日中の上向き日射量と上向き赤外放射量の和は、通常舗装と比較して、遮熱性舗装の方が高く、平均で約78 W/m²の差が見られた。これは、遮熱性舗装では蓄える熱が少なくなることによる上向き赤外放射量の低下より、日射の反射率が高いことによる上向き日射量の増加の方が大きいためであると考えられる。このことから日中の遮熱性舗装では、歩行者が受ける熱放射量(上向き日射量と上向き赤外放射量の和)が強まり、大人と比べて地面により近い子どもなどの暑熱環境を悪化させる可能性がある。一方、夜間(18:42から20:00まで)においては、上向き日射量と上向き赤外放射量の和は通常舗装と比較して、遮熱性舗装の方が低く、平均で約21 W/m²の差が見られた。本調査より、夜間の遮熱性舗装は歩行者が感じる熱放射量(上向き日射量と上向き赤外放射量の和)を平均で約4%低減させ、暑熱環境を緩和する効果が見られた。

### 3-6 効果的な遮熱性舗装の活用方法について

遮熱性舗装上で人が感じる暑さを整理した概念図を日中(図15)と夜間(図16)別に示す。遮熱性舗装により、日中は日射の一部が吸収されずに反射される。これにより本来、路面に吸収されるはずの熱が減るため、路面温度の上昇が抑制され、人が受ける赤外放射量は減る。しかし、路面で反射される日射量が増加するため、人が受ける全体の熱放射量は増加し、歩行者が受ける熱環境を悪化させる可能性がある。

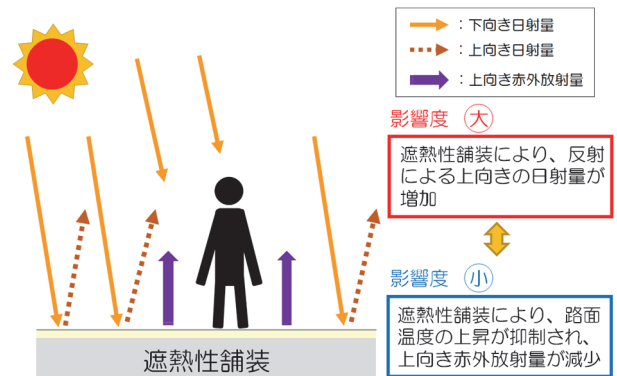


図15 日中に遮熱性舗装上で人が感じる暑さ

※まちなかの暑さ対策ガイドライン(環境省)<sup>21)</sup>を一部改変

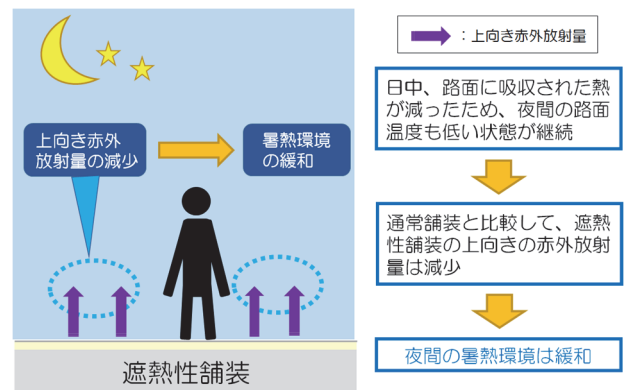


図16 夜間に遮熱性舗装上で人が感じる暑さ

※まちなかの暑さ対策ガイドライン(環境省)<sup>21)</sup>を一部改変

このことから、遮熱性舗装での日射を反射する特性を活かすため、日当たりの良い場所に敷設することも不可欠であるが、遮熱性舗装で反射した日射の周囲への影響を考慮すると、植栽の設置等によって歩行者や外壁等への放射熱の影響を軽減させることも重要である<sup>21)</sup>。

このような工夫を行うことで、より効果的に「暑さ」が緩和された空間を生み出すことが可能になると考えられる(図17)。

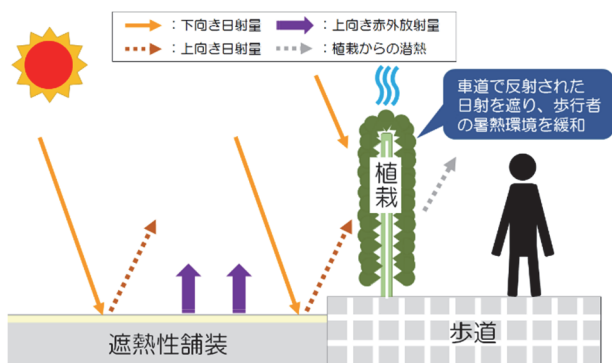


図17 遮熱性舗装による暑熱環境緩和の概念図  
※まちなかの暑さ対策ガイドライン(環境省)<sup>21)</sup>を一部改変

#### 4. おわりに

遮熱性舗装が敷設された車道上における「暑さ」の低減効果を明らかにするため、市が尾駅前での遮熱性舗装上と青葉土木事務所敷地内の通常舗装上で、平成28年8月4日の10:00から20:00まで熱環境調査を実施した。

調査の結果、上向き赤外放射量や表面温度については、遮熱性舗装と通常舗装との間に明瞭な差が見られ、遮熱性舗装によって、暑熱環境を緩和する効果が生じていることを確認できた。

一方、気温や暑さ指数については、遮熱性舗装と通常舗装とでは、明瞭な差は認められなかった。また遮熱性舗装における日射の反射率が高いため、上向き日射量と上向き赤外放射量の和については、通常舗装と比較して、日中は遮熱性舗装の方が高かった。このことから日中の遮熱性舗装では、歩行者が受ける熱放射量が強まり、暑熱環境を悪化させる可能性がある。

このため、遮熱性舗装を敷設する際には、日当たりの良い場所に敷設するほか、植栽の設置等によって歩行者や外壁等への放射熱の影響を軽減させることが、より効果的に暑熱環境を緩和するために必要となる。

#### 謝辞

本調査の実施に当たり、横浜市青葉土木事務所に気象観測の調査場所の提供など、多大な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) 横浜市道路局：すず風舗装整備事業パンフレット、4pp。(2008)
- 2) 東京都建設局：「路面温度上昇抑制機能を有する舗装の整備」について、東京2020に向けた東京都「暑さ対

- 策」推進会議、2pp。(2017)
- 3) 平田健一：環境舗装に関する追跡調査、平成25年度スキルアップセミナー関東要旨集、4pp。(2017)
- 4) 内藤純一郎、小倉智代、関浩二、松島由佳：新横浜公園における熱環境調査－遮熱性舗装や日射遮蔽による暑熱低減効果－、横浜市環境科学研究所年報、16、33-37(2017)
- 5) 国土地理院：地図・空中写真閲覧サービス、<http://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1>(2017年10月時点)
- 6) 気象庁：気象観測の手引き、81pp。(1998)
- 7) C. P. Yaglou and D. Minard：Control of heat casualties at military training centers, *A. M. A. Arch. Ind. Health*, 16, 302-316(1957)
- 8) 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>(2017年9月時点)
- 9) 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)
- 10) 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)
- 11) 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)
- 12) 日本工業規格：JIS Z 8806:2001 湿度—測定方法(2001)
- 13) 気象庁：過去の気象データ検索、<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>(2017年10月時点)
- 14) O. Tetens:Über einige meteorologische Begriffe, *Z. Geophys.*, 6, 297-309(1930)
- 15) O. A. Alduchov and R. E. Eskridge：Improved Magnus form approximation of saturation vapor pressure, *J. Appl. Meteor.*, 35, 601-609(1996)
- 16) M. G. Lawrence：The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 86, 225-233(2005)
- 17) 菅原広史、近藤純正：飽和水蒸気圧の計算誤差、水文・水資源学会誌、7(1)、440-443(1994)
- 18) 国立天文台：歴計算室、<http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/>(2018年3月時点)
- 19) 小作好明、山本憲之：遮熱性舗装における顕熱と気温の観測、平成24年度東京都土木技術支援・人材育成センター年報、57-64(2012)
- 20) 赤川宏幸、竹林英樹、森山正和：湿潤舗装と遮熱舗装上の温熱環境改善効果に関する実験的研究、日本建築学会環境系論文集、73(623)、85-91(2008)
- 21) 環境省：まちなかの暑さ対策ガイドライン、57pp。(2016)

# 市民協働生き物調査から明らかになった 横浜市内におけるタイワンリス等の分布変化

小森昌史、潮田健太郎、七里浩志、堀美智子（横浜市環境科学研究所）

Changes in distribution of *Callosciurus erythraeus taiwanensis* etc. in Yokohama  
revealed through civic collaborative survey.

Masashi Komori, Kentarou Ushioda, Hiroshi Shichiri, Michiko Hori  
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：タイワンリス、ツバメ、生物多様性、市民協働、GIS

## 要 旨

環境科学研究所では2013年度に開始した“こども「いきいき」生き物調査”によって、市内の生物の分布に関する情報を収集している。過去4年間の調査によって、ノコギリクワガタの分布に大きな変化はなかったこと、2016年にツバメが減少した可能性があること、外来種のタイワンリスが横浜市の北部に向かって分布を広げていることなどがわかった。今後も継続して調査を行うことで、市内の生物分布に関する基礎資料として活用していく。

### 1. はじめに

環境科学研究所では2013年から毎年夏に、“こども「いきいき」生き物調査”という調査名で、小学生を主体とした市民協働による横浜市内全域での生物調査を実施している。調査は市内に約340校ある小学校の、主に5年生を対象にアンケート形式で行うもので、毎年半数近くの小学校から回答を得られている。

“こども「いきいき」生き物調査”には、小学生に地域の自然や生き物に対する関心を高めてもらうという狙いがある。また毎年1万人以上の回答が得られることから、市内全域にわたる生物の分布情報を再現性良く得られることも特徴である。

本報では2013年から2016年までの4度の調査の中で、複数回調査対象とした生物のうち、「ノコギリクワガタ」、「ツバメ（の巣）」、「リス」の3種類に着目し、その分布の特徴や変化について考察した。

ノコギリクワガタは里山環境に生息する生物であり、その分布域は、里山環境の指標となる。

ツバメは、巣を作る場所や巣立ちの幼鳥が休息する河川敷といった環境が減少し、数が全国的に減少していると言われている。調査の中で、ツバメの減少が確認できるかが着目点である。

横浜で見られるリスはタイワンリス（クリハラリス）という種で、2005年には「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律（通称、外来生物法）」に基づく第一次指定リストにより特定外来生物に指定されている。近年、横浜ではその生息域を広げているとされている。

### 2. 手法

アンケート調査を通じて、家や学校の近くで直近の1年間に対象の生き物を見たかを調査した。2016年の調査票を図1に示した。アンケートの集計後、小学校ごとに対象の生き物を見た児童の割合（確認率）を算出した。加えて小学校ごとの確認率を基に、GISソフト(ArcGIS)を用いて空間補間(クリギング法)を行い、市内全域の確認率の分布を色の濃淡で表したマップを作成した。より詳しい調査方法や結果の詳細は既報<sup>1)</sup>及び環境科学研究所のWEBページ<sup>2)</sup>に記載している。



図1 2016年の調査票（左：表面 右：裏面）



### 3. 結果及び考察

#### 3-1 ノコギリクワガタ

ノコギリクワガタは2014年及び2016年に調査を行っている。2014年の調査では、回答のあった児童のうち50%（12,349人中6,205人）が見たと答えている。この割合を以下では「市全体の確認率」とする。2016年の調査では、市全体の確認率は50%（10,984人中5,503人）であり、2014年調査と比べて増減はなかった。

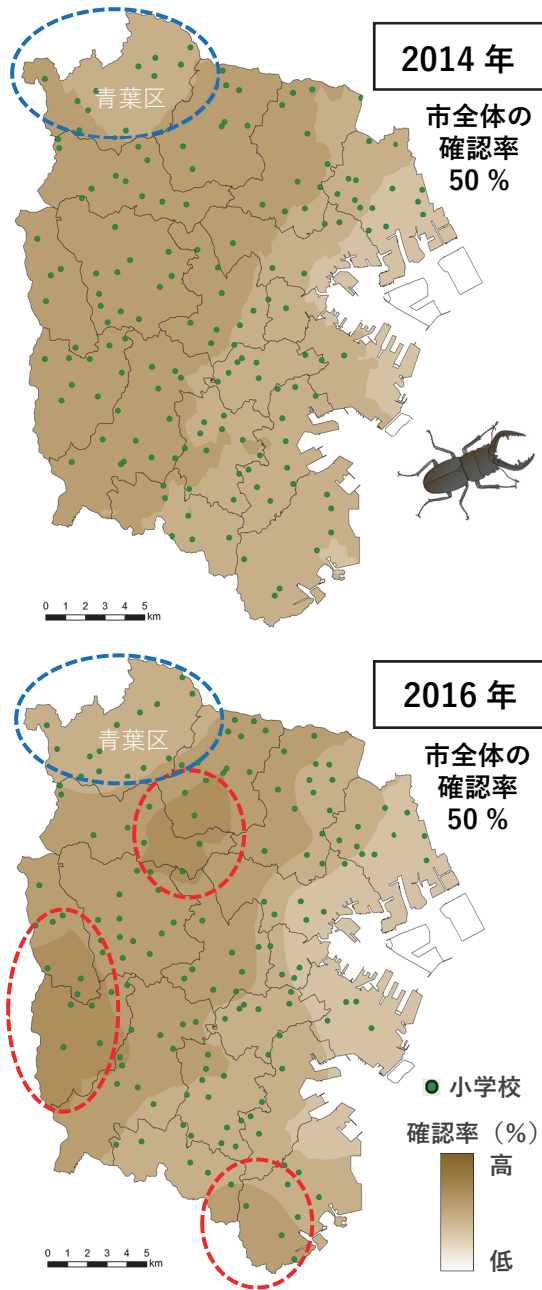


図2 ノコギリクワガタの確認率分布  
(上：2014年 下：2016年)

2014年と2016年の確認率の分布を図2に示す。色が濃いほど確認率が高いことを表している。両年とも市内東部で確認率が低く、西部で確認率が高いという共通の傾向があった。これは、市域の西部に里山や緑地が多い

ことに由来すると考えられる。また、理由は不明だが青葉区（青の点線で囲まれた地域）で周囲と比べて低い傾向も共通している。一部地域では2014年に比べ2016年で確認率が若干高い地域（赤い点線で囲まれた地域）が存在するが、全体的に確認率の分布図に大きな変化がなく、市全体の確認率にも変化が見られなかったため、2014年から2016年にかけてはノコギリクワガタの生息分布に大きな変化がなかったといえる。

#### 3-2 ツバメ（の巣）の分布変化

ツバメは2013年から2016年までの4年間、毎年調査を行っている。調査票ではその年に使われた「ツバメの巣」を見たかについて尋ねている。これは広域を飛行するツバメ全てではなく、その年にその地域に定着しているツバメの調査を行うためである。

市全体の確認率は2013年に77%（11,419人中8,848人）、2014年に78%（12,349人中9,597人）、2015年に77%（12,257人中9,424人）、2016年に75%（10,984人中8,233人）であった。2016年ではほかの3年間に比べ確認率が低かったため、比率の差の検定を行い、その差が有意であるかを検証した。

検定には下記式(1)の検定統計量Zを用いた。検定統計量Zは標準正規分布（平均値が0、分散が1の正規分布）に従うという性質を利用した。

$$Z = \frac{|p_1 - p_2|}{\sqrt{P(1-P)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \dots (1)$$

$$P = \frac{p_1 n_1 + p_2 n_2}{n_1 + n_2} \dots (2)$$

ここで $p_1$ 及び $p_2$ は、比較する2回の調査それぞれにおける確認率、 $n_1$ 及び $n_2$ は、比較する2回の調査それぞれにおける回答数、Pは比較する2回の調査における確認率の加重平均値である（式(2)より）。

検定の結果、2013年～2015年ではそれぞれ前後の年で差がなかった（両側検定、95%の信頼水準で帰無仮説が棄却できなかった）。一方2015年と2016年では有意な差が見られた（ $Z = 3.4$ 、両側検定でp値 = 0.0005）。同様に、2016年調査では2013年、2014年と比較しても確認率が有意に減少していた。

2016年の確認率の減少は、具体的にどの地域で起こったものかを見るため、図3に2013年から2015年にかけての確認率分布、図4に2016年の確認率分布を示した。確認率の分布は年によってばらつきはあるものの、市の北部の都筑区付近で低いことや、旭区を中心とする中西部及び金沢区を中心とした南部で高い傾向が共通している。その中で2016年の確認率の分布図を見ると、鶴見区や中区といった沿岸地域で低確認率の地域が広がり、旭区を中心とした確認率の高かった地域の面積が減少している。2016年の確認率の減少が1年限りのものなのか、今後も続く傾向なのか、今後の調査でも注目したい。

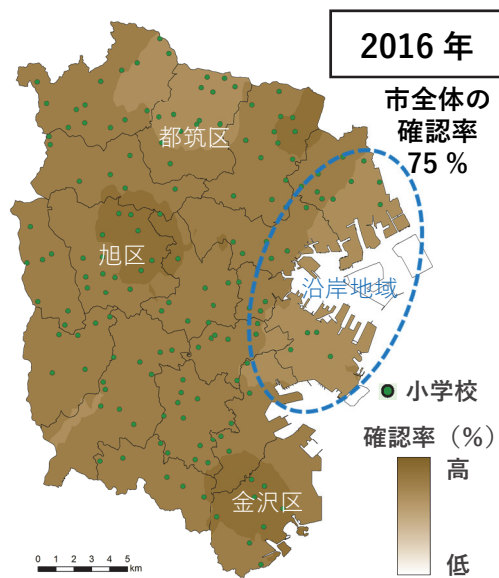


図4 ツバメの巣の確認率分布 (2016年)

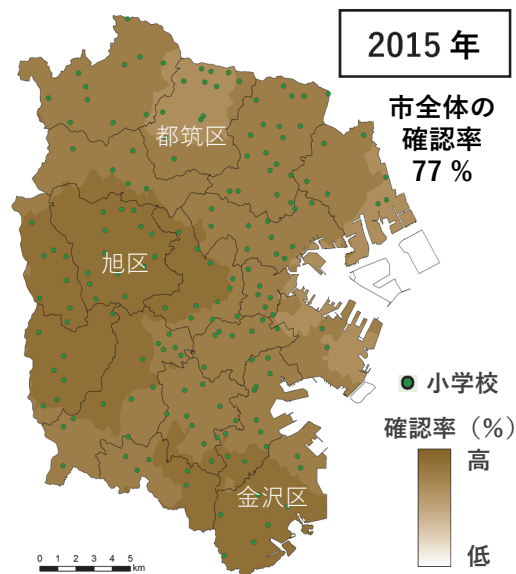


図3 ツバメの巣の確認率分布 (2013年~2015年)

### 3-3 リス (台湾リス) の分布変化

リス (台湾リス) の市全体の確認率をみると、2013年に35% (11,419人中3,967人) だったのに対し、2016年調査では38% (10,984人中4,201人) と3ポイント増加していた。ツバメと同様の方法で検定したところ、その差は有意であった ( $Z=5.5$ , 両側検定で  $p$  値 =  $2.5 \times 10^{-8}$ )。このことから台湾リスが横浜市内で生息数を増やしている可能性が高いことがわかった。

神奈川県において、台湾リスは江の島の植物園から逃げ出した個体が分布を拡げたとされている<sup>3)</sup>。横浜市内における平成3年及び平成11年の陸域の生物調査の報告書<sup>4)</sup>、<sup>5)</sup>では、いくつかの地点でスポット的に台湾リスの目撃情報はあるものの、その生息域は限られていたことが分かる。また神奈川県立自然保護センター (現 神奈川県立自然環境保全センター) の1985年から2001年にかけての4度の調査<sup>6)~9)</sup>によると、横浜市では栄区 (横浜市南部) や、中区、西区、保土ケ谷区、南区 (横浜市中部) や緑区 (横浜市北部)、といった区の中で限られた地域で目撃が報告されることがあったが、報告数は少なく、個体数は少なかったと推測される。一方、横浜市の南部と接する鎌倉市では多くの目撃報告があった。このことから、現在横浜市に分布する台湾リスの主な移入経路は鎌倉市からであると考えられる。

図5に2013年および2016年調査のリスの確認率の分布を示した。2013年は確認率が横浜市の南部で高く、北部では低いことがわかる。これは台湾リスが鎌倉市から横浜市南部に移入してきたことを裏付ける結果である。横浜市の北部では2013年当時、リスは生息していなかったか、個体数が非常に少なかったと考えられる。

2016年の確認率の分布を見ると、北部で低く南部で高いという傾向に変化はなかったが、確認率の高い地域が北へ拡大している様子が読み取れる (図5 (下) の①)。実際、2014年度末には市北部の緑区新治市民の森で写真



撮影を含む数件の目撃情報が得られている。

また 2013 年に確認率が高かった地域で、さらに確認率が高くなっていた地域もあった(図 5 (下) の②、③、④、⑤)。図 5 (下) の②、③、④にはそれぞれ、こども自然公園、舞岡公園、円海山といった大きな樹林地があり、要注目である。

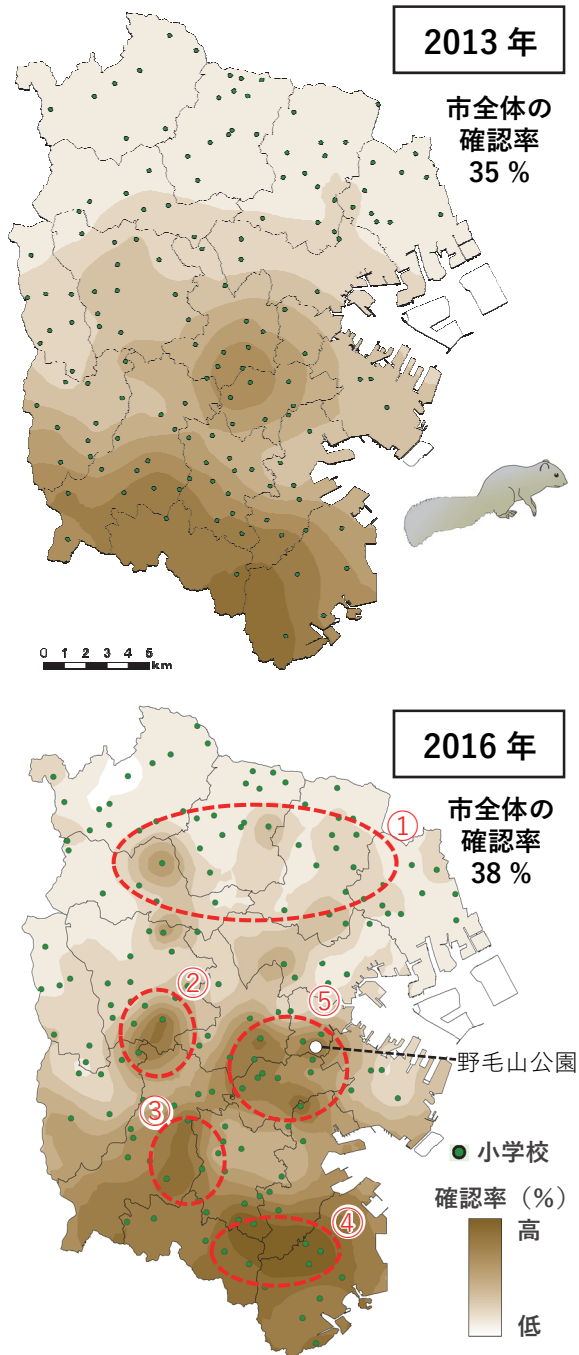


図 5 リス(タイワンリス)の確認率分布  
(上: 2013年 下: 2016年)

図 5 (下) の⑤の地域は主に市街地であるが、確認率が高くなっている。尾崎らの報告<sup>10)</sup>によると、1986年には野毛山動物園から分散したタイワンリスが、隣接する野毛山公園及びその周辺に生息していたことがわかる。また神奈川県立自然保護センターの 1985 年の調査報告<sup>6)</sup>

によると、横浜市内では野毛山公園のある西区と、その隣の中区でのみ目撃報告がある。このように、横浜市の南部で鎌倉市からの移入が確認される前から、野毛山公園周辺でタイワンリスの生息が確認されていた。図 5 (下) の⑤付近では、南部の高確認地域とは異なり、野毛山動物園からの逸出個体が派生して分布を広げている可能性がある。

2013 年から 2016 年にかけての 3 年間で確認率が増加していたことから、タイワンリスの分布は変化の途上と考えられる。田村ら<sup>11)</sup>は、タイワンリスが選好する環境には、林分面積が大きいこと、周囲が田畑で囲まれていること、常緑広葉樹の割合が多いことの 3 つ要因が大きいことを特定した。またそれを踏まえて神奈川県内で潜在的にタイワンリスが生息し得る地域を明らかにした。横浜市内においては、こどもの国周辺や川井・矢指・上瀬谷といった緑の 10 大拠点にあたる地域(図 6<sup>12)</sup>)を参照)が、潜在的にタイワンリスが生息し得る地域の中で、現時点では確認率が低くなっていた。今後はそういった地域にもタイワンリスの生息域が広がっていく可能性が考えられるため、引き続き定期的にこども「いきいき」生き物調査でのモニタリングを実施していく予定である。



図 6 緑の 10 大拠点<sup>12)</sup>

#### 4. まとめ

4 年間のこども「いきいき」生き物調査で、確認率が減少した生き物、変わらなかった生き物、増加した生き物がそれぞれいたことがわかった。専門家による調査では調査時間や範囲に限られることが多く、このような市全域にわたる生物の生息分布は明らかにすることが困難であり、多くの調査主体を確保できる市民協働調査ならではの成果といえる。特に特定外来生物であるタイワンリスの分布拡大は、生物多様性の保全にとって非常に大

きな問題であり、本調査によって定量的に議論できたことは大きな成果である。今後も引き続き本調査を継続し、生物多様性保全のための基礎資料の拡充を図る予定である。

## 謝 辞

こども「いきいき」生き物調査は、アンケート調査に協力していただいた児童をはじめ、教職員、教育委員会事務局、アンケートの集計に助力いただいた環境科学研究所職員の皆さまのおかげで実施することができました。また対象生物の選定や調査結果の解釈について、忙しい中ご助言をいただいた、本調査の検討委員の皆さまのご協力のもと、より良い調査にすることができました。この場を借りて御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 小森昌史、七里浩志、堀美智子：市民協働による生物調査 “こども「いきいき」生き物調査” — 2013 から 2015 年度までのまとめ 一、横浜市環境科学研究所報、40、9-15 (2016)
- 2) 横浜市環境創造局環境科学研究所：こども「いきいき」生き物調査、  
<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/mamoru/kenkyu/data/forest/ikiiki.html> (2017 年 9 月時点)
- 3) 柴田敏隆：神奈川県からみた帰化動物、かながわの自然、36、3-6 (1980)
- 4) 横浜市公害対策局：横浜市陸域の生物相・生態系調査報告書、(1991)
- 5) (株)カーター・アート環境計画：横浜市陸域の生物相・生態系調査 報告書、(1999)
- 6) 塩沢徳夫、野口光昭、岡田比呂子：神奈川県におけるリス類（ムササビ・ニホンリス・台湾リス）の生息状況について、神奈川県立自然保護センター研究報告、2、15-27 (1985)
- 7) 古内昭五郎、荒井和俊、鈴木一子：神奈川県におけるリス類（ムササビ・ニホンリス・台湾リス）の生息状況について (2)、神奈川県立自然保護センター研究報告、7、127-134 (1990)
- 8) 紙谷嘉朗、野口光昭：神奈川県におけるリス類（ムササビ・ニホンリス・台湾リス）の生息状況について (3)、神奈川県自然環境保全センター自然情報、2、45-54 (1995)
- 9) 園田陽一、田村典子：神奈川県における土地利用とリス 3 種（ムササビ・ニホンリス・台湾リス）の環境選択性、神奈川県立自然保護センター研究報告、12、13-17 (2003)
- 10) 尾崎研一：台湾リスの食物と採食行動、哺乳学誌、11(3・4)、165-172 (1986)
- 11) 田村典子、宮本麻子：神奈川県自然誌資料、26、57-60 (2005)
- 12) 環境創造局：横浜市水と緑の基本計画（平成 28 年改訂版）、(2016)

# グランモール公園における鳥類・昆虫類調査結果について（第 2 報）

七里浩志（横浜市環境科学研究所）、千木良泰彦、牧 寛（横浜市環境創造局）

## Birds, dragonflies and butterflies in Grand Mall Park, Minatomirai21, Yokohama (Part2)

Hiroshi Shichiri (Yokohama Environmental Science Research Institute),  
Yasuhiko Chigira, Hiroshi Maki (Yokohama Environmental Planning Bureau)

キーワード：みなとみらい 21 地区、再整備工事、生物調査、生物生息空間、都市鳥

### 要 旨

みなとみらい 21 地区のグランモール公園での再整備にあたり、工事前に実施した前報に続き、工事中の鳥類、昆虫類調査を行った。鳥類は 15 科 21 種が確認され、多くが留鳥であり、また、都市鳥であった。トンボ類は 1 科 3 種、チョウ類は 5 科 11 種が確認され、水辺環境や食餌植物の有無は、比較的行動圏の広い鳥類より、トンボ・チョウ類の出現状況に大きな影響を与える可能性が示唆された。種の多様性が概して低い都市環境において、単一種が爆発的に増加する可能性や、都市の公園に持たせる生物生息機能のあり方、さらには生物自体の都市への適応といった視点を踏まえ、今後、再整備後の事後調査を実施し、検証を行う予定である。

### 1. はじめに

横浜市みなとみらい 21 地区にあるグランモール公園 (23,102 m<sup>2</sup>) では、公園の活用や賑わいづくり、市民が実感できる緑の創出等を目的とした再整備工事が行われており、平成 27 (2015) 年 5 月に着工、平成 30 (2018) 年春に完成を予定している<sup>1)</sup>。

前報<sup>2)</sup>では、都心部における公園緑地の設計等への一助となることを目的に、再整備工事直前の平成 26 (2014) 年度に実施した生物調査の結果を報告し、水辺環境や食餌植物の有無、隣接地の環境等が生物の生息状況に影響を与える可能性を挙げた。

本報告では、工事中にあたる平成 28 (2016) 年度に実施した生物調査結果について紹介し、生物生息状況の変化を簡単に考察する。

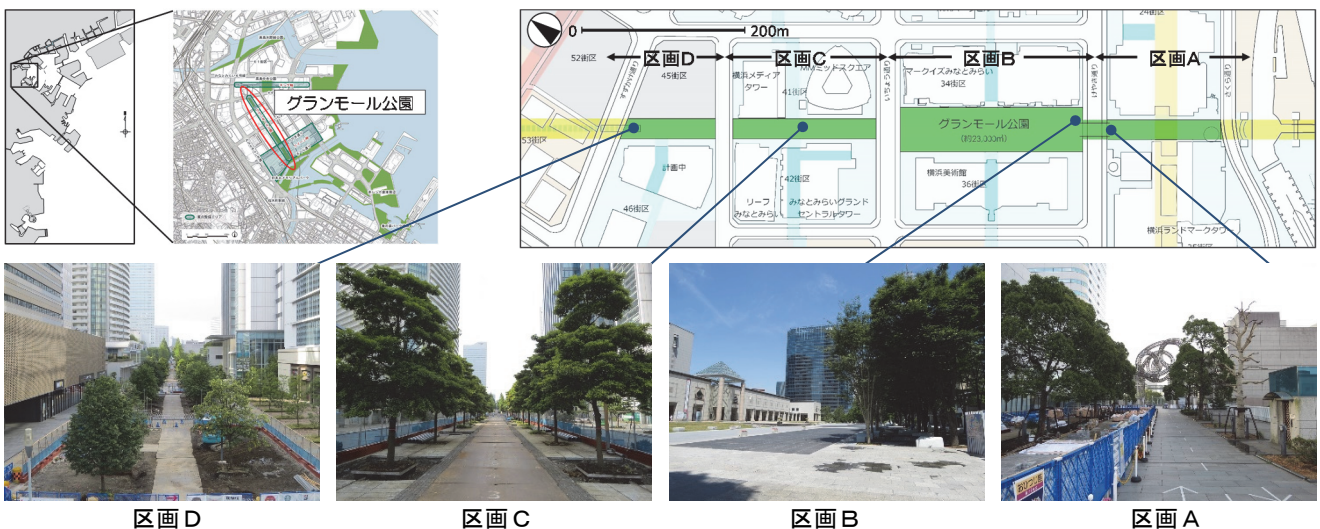
### 2. 調査内容

#### 2-1 概要

横浜市西区にある近隣公園であるグランモール公園 (平成 3 年 12 月開園) を踏査し、目視で確認可能な鳥類、トンボ・チョウ類について、出現状況を前報<sup>2)</sup> 同様の手法で、定量的、定性的に記録した。定量的調査としては、あらかじめ設定したルートを一定の速度で踏査し、一定範囲内に確認された種を記録するルートセンサスを行い、定性的調査としては、調査対象地域を任意に踏査し、確認された種を記録する任意調査を行った。

#### 2-2 調査地域

調査対象地域であるグランモール公園は、南北に細長く、道路を境界として 4 区画に分かれている。本報告で



各区画の景観は 2016 年 6 月 10 日撮影

図 1 調査対象地域概要



は、前報<sup>2)</sup>同様、4区画に対し、便宜的に南側から、記号A～Dを付与し、結果はそれらを用いて示す。図1に各区画の位置、調査時の景観を示す。

区画Aは南北方向に約200m、区画Bは約250m、区画Cは約200m、区画Dは約150mの帯状となっている。

### 2-3 調査方法

以下に、鳥類、トンボ・チョウ類の調査方法を示す。前述のとおり、調査方法、調査時期は前報<sup>2)</sup>と同じで、調査者も同じである。

#### 2-3-1 鳥類調査

初夏（繁殖期）および冬季（非繁殖期）の2回実施した。早朝に、調査対象地域を南端から北端へ向かって一直線に時速1～2kmで踏査しながら、周囲25mの範囲に出現した種、個体数、行動等を記録した（ルートセンサス法）。また、ルートセンサス時間外に調査対象地域を任意に踏査し、確認された種、行動等を記録した（任意調査）。

ルート距離は1区画あたり、約150m～250mで、一般的なルートセンサス法に比べると短い。ルートセンサスに要する時間は1区画あたり8分～12分であった。

#### 2-3-2 トンボ・チョウ類調査

初夏、夏季および秋季の3回実施した。日中に、鳥類ルートセンサスと同じルートで時速1～2kmで踏査しながら、出現した種、個体数、行動等を記録した（ルートセンサス法）。また、ルートセンサス時間外に調査対象地域を任意に踏査し、確認された種、行動等を記録した（任意調査）。

### 2-4 調査実施日

調査は、降雨が無く、風があまり無い日を選定し、表1に示す日時に実施した。

表1 調査実施日時

調査対象	時季	調査日	調査時間	センサス調査時間	天候
鳥類	初夏	2016/6/10(金)	5:31-12:20	5:50-6:30	晴
	冬季	2017/1/17(火)	7:20-10:30	7:20-8:00	快晴
昆虫類 (トンボ・ チョウ類)	初夏	2016/6/10(金)	5:31-12:20	10:00-10:40	晴
	夏季	2016/8/15(月)	10:05-14:05	10:20-11:00	曇のち晴
	秋季	2016/9/27(火)	9:25-13:45	10:20-11:00	曇のち晴

## 3. 結果と考察

### 3-1 調査地の環境変化

調査を行った平成28(2016)年度は、区画Bが工事完了、区画A、C、Dが工事中の状態であった。いずれも1月末までには一度、工事を終了し、引き続き、全国都市緑化よこはまフェア(平成29年3月～6月)に向けた植栽などの準備が行われた。

各区画の概要および前回調査<sup>2)</sup>からの環境変化を以下に挙げる。

区画A：高木として主にクスノキが列植されており、花卉は、ボックス花壇としてツルニチニチソウ、ペントス、ペチュニア等が植えられていた。創出予定の水辺環

境はまだなく、工事により路面の掘り起し等はあるものの、食餌植物の有無といった生物の視点から見た景観としては大きな変化はないと言える。

区画B：工事は平成27(2015)年度中に完了し、特に水辺環境が大きく変化した。すなわち、常時、水のある水深10cm以上の池(開放水面)は芝生広場となり、新たに、水深数cm程度の水盤が形成された(図2)。水盤は、夕方から朝までは水の無い乾いた路面となっており、日中は間欠的に路面から噴き出す噴水とともに水がたまり、数分後の噴水の停止とともに再び水のない路面へと戻るしくみとなっている。ただし、本調査を行った平成28(2016)年度は、メンテナンス等により、調査時に噴水が稼働していたのは、冬季調査時のみであった。

高木としては、ケヤキが増え、2列に植えられていたものが3列となった。花卉は、斑入りのアベリアなどが地植えされていたほか、ボックス花壇やハンギングバスケットなどが置かれていたが、面積の割合としては、少ない印象を受けた。



図2 新設された噴水と水盤(区画B:2017/1/17)

区画C：工事による路面の掘り起し等があり、花卉は少なかった。工事前にあった水辺環境は無かったが、隣接するビルの敷地には比較的浅い水面があった。工事前と同様、主にタブノキが高木として植えられていた。

区画D：工事による路面の掘り起し等があり、花卉は少なかった。工事前と同様、水辺環境は無く、主にオオバボダイジュが高木として植えられていた。北側に隣接する広大な空地(52-53街区)は以前と大きく変わらず、低茎の草地または石礫地であった。

### 3-2 鳥類調査

#### 3-2-1 出現概況

鳥類調査結果を表2に示す。2季の調査で15科21種の鳥類が確認された。

確認された鳥類のうち、多くが1年中市内に見られる留鳥であった。公園内では、春や秋のみに見られる旅鳥、夏のみに見られ、繁殖を行う夏鳥は確認されず、冬のみに見られる冬鳥としてユリカモメ、セグロカモメ、ツグミが確認された。

海に近い立地条件を反映して、カワウやカモメ類の通

過等が確認されたほか、前報<sup>2)</sup>でも指摘したとおり、都市鳥と呼ばれる、都市の環境に適応した鳥類が多く確認された。猛禽類として、トビ、ハヤブサ、チョウゲンボウが確認されたが、これらも都市に適応しつつある種として注目される。

ハヤブサは、鳥類調査日以外の秋から冬にかけて、公園に隣接するビルに止まっている姿を複数回確認し、秋には、成鳥雌雄とみられる2羽を同時に確認した(図3左)。また、冬(12月14日)には日没後もビルに止まり続け、そのままねぐら入りしたと推察されたこともあり、周辺地域を頻繁に利用していると考えられた。

チョウゲンボウは2016年にみなとみらい地区において繁殖していることを確認した。公園付近では主に区画Dに隣接するビルに止まり(図3右)、その北側の広大な空地(52-53街区)において、コオロギやバッタを捕食する姿が確認された。

公園内ではオナガ、スズメの繁殖を確認し、冬季にはキジバト、カワラヒワのものと思われる古巣を確認した。

なお、2016年度、みなとみらい地区では、神奈川県レッドデータブック<sup>3)</sup>において、注目種(繁殖期)とされているコチドリも確認された。

### 3-2-2 季節別比較

確認された鳥類の多くが1年中市内に見られる留鳥であるものの、繁殖またはその兆候がみられたカワラヒワやオナガは冬季には確認できなかった。

前報<sup>2)</sup>においてシジュウカラは公園内で確認されず、メジロは冬季のみに確認されたことを挙げたが、今回は

いずれの種も、少ないながら初夏、冬季の両季節において確認できた。本調査地域は比較的小面積であり、ルートセンサスの距離も短いため、特に樹木(植栽)間の移動を繰り返し、出現状況にムラがあるような種については生息状況を過小、または過大に評価してしまう可能性があり、注意を要する。工事前の前回、工事中の今回ともに、公園内に常駐している状況ではないと考えられるが、飛来頻度や滞在時間は、緑の質や量に影響を受けると考えられ、再整備後が注目される。

同様に、ヒヨドリは前報<sup>2)</sup>において、冬季のみに確認された種として挙げた。今回の調査では、鳥類調査時以外の秋に5~6羽ずつの群れが飛翔する様子が確認されたが、冬季に公園およびその周辺で実をつける植栽木に多くの個体が集まっている状況は変わりなかった。

### 3-2-3 区画別比較

前報<sup>2)</sup>同様、区画Bは鳥類確認種数、個体数が多かつ



図3 ハヤブサ2羽(左:区画B近く:2016/9/27)およびチョウゲンボウ(右:区画D:2016/9/27)

表2 鳥類出現状況一覧

目名	科名	種名	初夏(繁殖期)				冬季(非繁殖期)				2季合計				注目行動ほか
			A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
ペリカン目	ウ科	カワウ <i>Phalacrocorax carbo</i>													A:範囲外では確認(冬)。 D:上空通過のみ(冬)。
カモ目	カモ科	カルガモ <i>Anas poecilorhyncha</i>			1								1		C:周辺の水盤付近で確認(初夏)。
タカ目	タカ科	トビ <i>Milvus migrans</i>	+					+				+	+		A:比較的、高空を飛翔(初夏)。範囲外では確認(冬)。
	ハヤブサ科	ハヤブサ <i>Falco peregrinus</i>						+				+			B:9/27に確認(初夏に「+」として示した)。 B:近くのビルに止まり(9/27および冬)。
チドリ目	カモメ科	チョウゲンボウ <i>Falco tinnunculus</i>											+	+	B:8/15に確認(初夏に「+」として示した)。 C・D:9/27に確認(初夏に「+」として示した)。
		ユリカモメ <i>Larus ridibundus</i>					14				14				
ハト目	ハト科	セグロカモメ <i>Larus argentatus</i>						+	+			+	+		B・C:上空通過のみ(冬)
		ドバト(カワラバト) <i>Columba livia var. domestica</i>	18	12	+	+	9	44	4	+	27	56	4	+	B:脇の水路で水飲み(初夏)、交尾確認(7/3)。
スズメ目	セキレイ科	キジバト <i>Streptopelia orientalis</i>		2	+							2	+		B:さえずり確認(初夏)。 C:周辺の水盤で水浴び(初夏)。
		ハウセキレイ <i>Motacilla alba</i>		+	1	1	3	1	1	2	3	1	2	3	
ヒヨドリ科		ヒヨドリ <i>Hyospetes amaurotis</i>					3	1	1	1	3	1	1	1	A:9/27に確認(初夏に「+」として示した)。 A:植栽(クスノキ)の実に飛来(冬)。
ツグミ科		イソトヨドリ <i>Monticola solitarius</i>			1								1		A:範囲外では確認(冬)。
		ツグミ <i>Turdus naumanni</i>												1	
シジュウカラ科		シジュウカラ <i>Parus major</i>	1				+		2	1			2		B:9/27に確認(初夏に「+」として示した)。
メジロ科		メジロ <i>Zosterops japonicus</i>	2	+					4	2	+		4		A:範囲外では確認(冬)。 D:9/27に確認(初夏に「+」として示した)。
アトリ科		カワラヒワ <i>Carduelis sinica</i>				1								1	A・B:9/27に確認(初夏に「+」として示した)。
ハタオリドリ科		スズメ <i>Passer montanus</i>	4	10	3	+	1	22	10		5	32	13	+	B:美術館シャッターで営巣(初夏)。 B:運び、ヒナの声等確認。
ムクドリ科		ムクドリ <i>Sturnus cineraceus</i>		5	1	4		2			7	1	4		C:植栽(タブノキ)の実に飛来(初夏)。
カラス科		オナガ <i>Cyanopica cyana</i>		1								1			B:近くのカラスに威嚇、巢内に成鳥を確認(抱卵?) (初夏)。夏に巣立ち幼鳥確認。
		ハシボソガラス <i>Corvus corone</i>		+				1		8		1		8	
		ハシブトガラス <i>Corvus macrorhynchos</i>	1	+			1	1			2	1			
総確認種数			6種	9種	7種	5種	7種	10種	7種	8種	9種	13種	11種	11種	
センサス時確認種数			5種	5種	5種	3種	6種	7種	5種	5種	8種	9種	8種	7種	
センサス時確認個体数			26個体	30個体	7個体	6個体	31個体	72個体	20個体	14個体	57個体	102個体	27個体	20個体	

注) センサス調査時に確認された個体数を数値で、センサス調査時間外に確認されたものを「+」で示した。センサス調査において調査距離、調査に要した時間は区画ごとに異なる。

注) : 2014年度に確認されたが2016年度に確認されなかった種、区画。

: 2014年度に確認されなかったが2016年度に確認された種、区画。

た。すでに工事が終了していることに加え、帯状の公園のなかでも、比較的幅が広く、他の区画より樹高の高い木があること、公園沿いの施設に屋上・壁面緑化が施されていること等、特に立体的な環境の多様性が高いことに起因しているものと考えられる。

区画Cに隣接する浅い水面では水鳥であるカルガモや、都市鳥化が指摘されるキジバト等の水浴びが確認された(図4)。

区画D周辺でのチョウゲンボウの確認は、前述のとおり、隣接エリアに餌場となる環境があることに起因していると考えられる。

区画Dの北側に低茎草地や石礫地、区画Aの南側に海があるものの、全体としてはどの区画もよく似た都市的な環境を反映した鳥類相と言える。

### 3-2-4 前回調査との比較

公園全体の出現種数は前回<sup>2)</sup>の13種から21種に増え

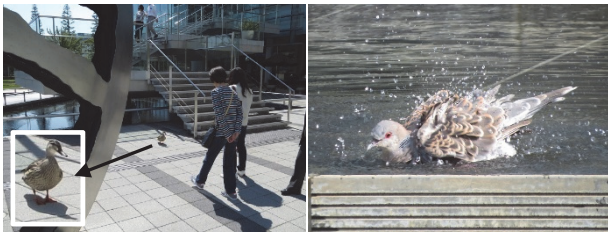


図4 区画C近くの水辺にみられたカルガモ(左; 2016/5/18)とキジバト(右; 2016/6/10)

た。カワウやカモメ類、トビ、シジュウカラなどは調査機会の蓄積に伴い、確認されたものと思われる。逆に、前回確認されたものの、今回確認されなかった種はなく、工事前と工事中で鳥類の生息状況に大きな変化は見られなかったと判断した。もともと本調査地域で確認される種は都市鳥が多いこと、本調査地域が小面積かつ帯状で鳥類の行動範囲に対して小さいことなどが要因として考えられる。

前報<sup>2)</sup>でも指摘しているとおり、鳥自体の都市への適応(都市鳥化)は整備事業とは別に進行する可能性がある。前述のとおり、猛禽類が比較的高頻度で確認されたほか、公園に隣接する水辺付近でペアと思われる2個体のカルガモが確認された。繁殖の兆候を確認することはできなかったが、今後が注目される。

### 3-3 トンボ・チョウ類調査

#### 3-3-1 出現概況

トンボ・チョウ類調査結果を表3に示す。3季の調査で1科3種のトンボ類、5科11種のチョウ類が確認された。

工事中のため、水辺環境、成虫の吸蜜源となる花卉が少なく、確認種数、確認個体数は少なかった。対象地域内にはクスノキやタブノキが多く植栽されており、それを食樹とするアオスジアゲハが比較的多く確認されたのは前回<sup>2)</sup>と同様である。

その他、アキアカネ、ヤマトシジミが全区画で確認された。前者は夏を寒冷地(高標高地)で過ごし、秋に横

表3 昆虫類(トンボ・チョウ類)出現状況一覧

目名	科名	種名	初夏				夏季				秋季				3季合計				注目行動ほか						
			A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D							
トンボ目	ヤンマ科	ギンヤンマ <i>Anax parthenope julius</i>																							
		トンボ科	シオカトンボ <i>Orthetrum albistylum speciosum</i>							+															
		ウスバキトンボ <i>Pantala flavescens</i>							+	+	+														
		コンアキトンボ <i>Pseudothemis zonata</i>																							
		コバシメトンボ <i>Symptetrum baccha matutinum</i>																							
		アキアカネ <i>Sympetrum frequens</i>																							
		ネキトンボ <i>Sympetrum speciosum speciosum</i>																							
		アキアカネ <i>Sympetrum frequens</i>																							
		ネキトンボ <i>Sympetrum speciosum speciosum</i>																							
	チョウ目	セセリチョウ科	イチモンジセセリ <i>Pamara guttata guttata</i>																						
チャバネセセリ <i>Pelopidas mathias oberthueri</i>																									
シジミチョウ科		ウラギンシジミ <i>Curetis acuta paracuta</i>																							
		ルリシジミ <i>Celastrina argiolus ladonides</i>																							
		ウラナミシジミ <i>Lampides boeticus</i>																							
		ヤマトシジミ <i>Pseudozizeeria maha argia</i>																							
タテハチョウ科		ツマグロヒョウモン <i>Argyreus hyperbius hyperbius</i>																							
		アカボシゴマダラ <i>Hestina assimilis assimilis</i>																							
		ルリタテハ <i>Kaniska canace nojaponicum</i>																							
		アゲハチョウ科	アオスジアゲハ <i>Graphium sarpedon nipponum</i>																						
シロチョウ科	クロアゲハ <i>Papilio protenor demetrius</i>																								
	ナミアゲハ <i>Papilio xuthus</i>																								
	モンキチョウ <i>Colias erate poliocephalus</i>																								
	キタキチョウ <i>Eurema mandarina</i>																								
	モンシロチョウ <i>Pieris rapae crucivora</i>																								
	総確認種数	0種	2種	1種	2種	4種	5種	2種	2種	4種	7種	3種	5種	6種	10種	5種	7種								
	センサス時確認種数	0種	0種	0種	0種	2種	1種	0種	1種	4種	4種	2種	4種	5種	5種	2種	5種								
センサス時確認個体数	0個体	0個体	0個体	0個体	3個体	2個体	0個体	1個体	6個体	5個体	13個体	5個体	8個体	7個体	13個体	6個体									

注) センサス調査時に確認された個体数を数値で、センサス調査時間外に確認されたものを「+」で示した。センサス調査において調査距離、調査に要した時間は区画ごとに異なる。  
注) ■ : 2014年度に確認されたが2016年度に確認されなかった種、区画。 ■ : 2014年度に確認されなかったが2016年度に確認された種、区画。



浜へ飛来するため、比較的広域において確認可能な種と思われ、植栽木の枝先などに止まっていることが多かった。後者は地際に生えるカタバミ等を食草とし、小型で地表を這うように飛翔する種であるため、比較的小面積でも生息可能と思われる<sup>4)</sup>。

### 3-3-2 季節別比較

公園全体を通して初夏や夏季には確認種数、確認個体数が少なく、特に初夏は、センサス調査中に確認されたトンボ、チョウ類はいなかった。秋季にはアキアカネ、ウラナミシジミ、ツマグロヒョウモン等、移動性の強い（移動能力の高い）種、比較的秋季に多く見られる種が加わり、確認種数、確認個体数は若干増加した。

### 3-3-3 区画別比較

区画Bは比較的確認種数が多かった。すでに工事が終了していることに加え、帯状の公園のなかでも、比較的幅が広いこと、公園沿いの施設に屋上・壁面緑化が施されていること、ヤブガラシやシロツメクサ等、非意図的に生育しているいわゆる雑草や広い芝地が見られること等に起因していると考えられる。

いずれの区画も開放水面はほとんどなく、前回<sup>2)</sup>は確認できたトンボ類の産卵行動、幼虫等は確認できなかった。また、工事中である区画A、CおよびDは特に吸蜜源となる花卉が少なく、区画間で出現状況に大きな違いは見られなかった。

区画Dにおいて草地性のモンキチョウやモンシロチョウが確認されたのは、その北側に広大な空地（低茎草本地、石礫地）が隣接し、ムラサキツメクサ等の花が見られたことによると考えられる。

### 3-3-4 前回調査との比較

公園全体の出現種数は前回<sup>2)</sup>の16種から14種に減少した。今回、初めて確認された種は、ルリシジミ、ウラナミシジミ、ツマグロヒョウモン、ルリタテハ(図5左)、クロアゲハ、モンキチョウ(図5右)のチョウ類6種で、逆に、前回確認されたものの、今回確認されなかった種はギンヤンマ、コシアキトンボ、コノシメトンボ、ネキトンボ、チャバネセセリ、ウラギンシジミ、アカボシゴマダラ、キタキチョウの8種(トンボ類4種、チョウ類4種)であった。

昆虫類の出現状況は、気象条件などによる日変動、年



図5 ルリタテハ(左; 区画C: 2016/8/15) およびモンキチョウ(右; 区画B: 2016/6/10)

変動も比較的大きいことが想定されるが、今回の結果は、再整備による改変または工事中のため、広大な開放水面が減少したこと、成虫の吸蜜源となる花卉が少なかったことによりトンボ・チョウ類の飛来頻度、滞在時間が減少したことを表していると考えられる。再整備が完了した際には、植栽される花卉の量も増えることが予想され、チョウ類の出現種数、出現個体数は増加することが期待される。

### 3-4 その他

トンボ、チョウ類以外の昆虫では、前報<sup>2)</sup>同様、アオドウガネ等の植食性の甲虫類や、訪花性のハチ類、スズメバチ類、アリ類、セミ類等を確認した。水辺環境の減少に伴い、アメンボ類、ミズムシ科の一種等の水生半翅類は確認できなかった。

調査対象地域において、一生を完結することができる唯一の爬虫類と考えられるニホンヤモリは今回確認できなかったが、生息し続けている可能性が高い。

## 4. おわりに

工事前である前回同様、極めて都市的な環境下にあるグランモール公園で確認された生物は、一般に都市環境に適応しているとされる種が非常に多かった。前報<sup>2)</sup>では、種組成、種数、個体数は水辺環境の有無、花や実、葉が餌となりうる食餌植物の有無、隣接地の環境等に影響を受けることを挙げたが、工事中である今回の結果もそれを支持するものであった。また、水辺環境や食餌植物の有無は、比較的行動圏の広い鳥類より、トンボ・チョウ類の出現状況に大きな影響を与える可能性が示唆された。

前報<sup>2)</sup>で指摘したとおり、再整備により生物生息環境に配慮した空間づくりができれば、生物相の変化は比較的顕著に表れる可能性がある。種の多様性が概して低い都市環境において冬季のヒヨドリのように単一種が爆発的に増加する可能性があること、都市の公園では、面積や形状、周辺の環境によって持たせるべき生物生息機能もさまざまであること、さらには生物自体も都市へ適応していることなどの視点を踏まえ、今後、再整備後の事後調査を実施し、検証を行う予定である。

## 文献

- 1) 千木良泰彦：横浜市グランモール公園の「みず循環回廊」、日緑工誌、42(3)、412-416(2017)
- 2) 七里浩志、内藤純一郎、千木良泰彦：グランモール公園における鳥類・昆虫類調査結果について、横浜市環境科学研究所報、40、18-22(2016)
- 3) 高桑正敏、勝山輝男、木場英久：神奈川県レッドデータブック、神奈川県立生命の星・地球博物館、442pp.(2006)
- 4) 樋口久子、遊磨正秀：ヤマトシジミ成虫による草地環境の利用、里山から見える世界 2007年度報告書、351-366(2008)

# 宮川源流域の在来種ヌカエビと外来種カワリヌマエビ属の生息について

渾川直子、七里浩志、川田 攻、堀 美智子、市川竜也（横浜市環境科学研究所）  
村岡麻衣子（横浜市環境創造局）

## The habitat status of *Paratya compressa improvisa* and non-native species *Neocaridina* spp. in headwater area of Miya River, Yokohama City

Naoko Nigorikawa, Hiroshi Shichiri, Ko Kawata, Michiko Hori, Tatsuya Ichikawa  
(Yokohama Environmental Science Research Institute)  
Maiko Muraoka (Yokohama Environmental Planning Bureau)

キーワード：ヌカエビ、カワリヌマエビ属、外来種、宮川

### 要 旨

横浜市の宮川源流域（金沢区釜利谷東）において、侵入後まもないカワリヌマエビ属と、在来種のヌカエビの生息状況の変化を追跡した。調査は宮川源流域の水路と池で、2013年11月、2014年2月、5月および8月に実施した。全調査で採集されたヌカエビは水路で84個体、池で83個体であり、合計は167個体であった。一方、カワリヌマエビ属は水路で179個体、池で167個体であり、合計は346個体であった。各調査における両種類の平均体長は、ほとんどの場合で有意な差がなかった。両種類の合計に占めるヌカエビの割合は、水路では11月から徐々に低下する傾向が、池では8月調査で急な低下が見られ、ヌカエビとカワリヌマエビ属の生息状況の変化がとらえられた。また、採集個体における抱卵個体の割合は、カワリヌマエビ属の方がヌカエビより高かったこと、およびカワリヌマエビ属の繁殖時期はヌカエビより早く始まると推測されること等から、宮川源流域ではカワリヌマエビ属の増殖がヌカエビより有利になっている可能性がある。

### 1. はじめに

宮川は横浜市金沢区の西部にその端を發し、支川と合流しながら平潟湾に注ぐ、延長2.04 kmの二級河川である。本市では生物生息状況のモニタリングとして、1970年代から3~4年ごとに河川生物相調査を実施しており、宮川の源流域にも調査定点（以下、M3）を設定している。M3ではこれまで、ヌカエビ *Paratya compressa improvisa*、ナミウズムシ *Dugesia japonica*、アサヒナカワトンボ *Mnais pruinosa* のヤゴ等の生息が確認されており、M3は小規模ながらも、本市の源流域を代表する生物が見られる貴重な水域となっている。しかし、市内の他の河川と同様、近年、外来種の侵入も見られ、M3では2008年に貝類のコモチカワツボ *Potamopyrgus antipodarum* が<sup>1)</sup>、2011年にカワリヌマエビ属 *Neocaridina* spp. が<sup>2)</sup> 河川生物相調査で初確認された。

カワリヌマエビ属は中国、韓国および日本に自然分布するヌマエビ科の一属で、国内では西日本にミナミヌマエビ *Neocaridina denticulata denticulata* が自然分布している<sup>3)</sup>。本市のカワリヌマエビ属については、国外由来のもの（国外外来種）のほかミナミヌマエビ（国内外来種）を含む可能性があるが、本報ではこれらを区別せず扱うこととする。当研究所の調査で初めてカワリヌマエビ属が確認されたのは1999年であり<sup>4)</sup>、その後、公園池や河川中下流域を中心に、確認事例が増えていった<sup>1)、2)、5)~8)</sup>。本市の河川生物相調査で、ヌカエビとカワリヌマエビ属が同所的に確認されたのは、2008年調査の舞岡川源流域が最初で<sup>1)</sup>、前述のとおり2011年調査では

ヌマエビ科としてはこれまでヌカエビのみ確認されていたM3でも、カワリヌマエビ属が見られるようになった<sup>2)</sup>。

これまで、神奈川県内では本市以外にも、「ミナミヌマエビ」あるいは「ミナミヌマエビ類似種」としてカワリヌマエビ属の報告があり<sup>10)、11)</sup>、これらが分布を拡大した結果、在来種のヌカエビが減少したり、場所によってはヌカエビからカワリヌマエビ属に置き換わったりすることを専門家が指摘していた<sup>12)、13)</sup>。そこで、在来種のヌカエビと外来種のカワリヌマエビ属が同所的に確認されるようになった宮川源流域において、カワリヌマエビ属の生息状況と、ヌカエビへの影響を把握することを目的にモニタリングを実施した。

### 2. 方法

#### 2-1 調査地点

調査地点は、宮川の左支川源流域にある小水路の一部と、それに隣接する池とした。図1に調査地点、図2に調査地点の様子を示す。

金沢自然公園北谷口付近に位置する小水路は、幅およそ1 mで、その上流の金沢自然公園内の公園池と連結している。今回の調査では、金沢自然公園から連続する管路が暗渠から開渠となる地点を基点とし、その下流44 mまでを調査範囲とした（以下、水路）。基点から2 mの位置には高さ約30 cmの垂直の落差があり、基点から2~5 mの範囲はその下流部と比較して若干深くなっている。水路の下流部20 m程度は、河川生物相調査のM3調査範囲の一部と重なる。



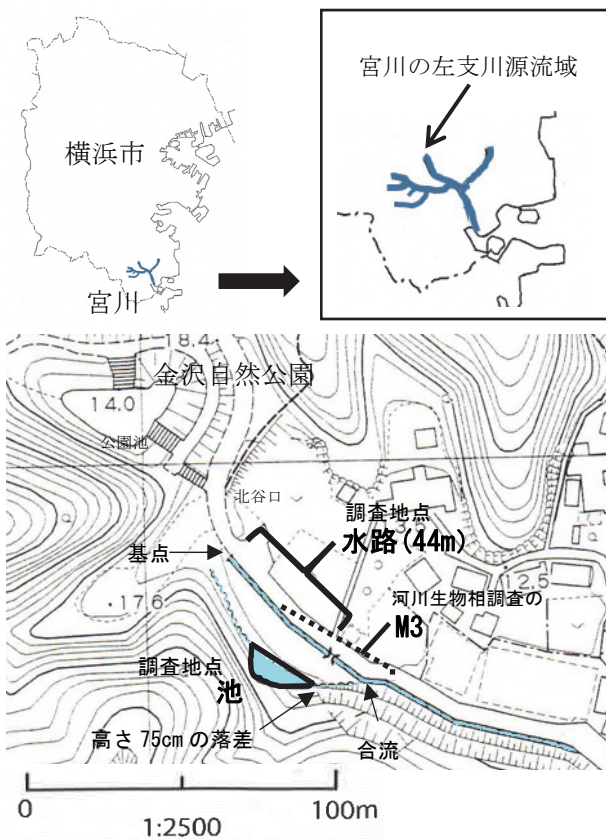


図1 調査地点



a-1) 水路最上流部  
(2015年11月17日撮影)

a-2) 水路最下流部  
(2013年11月13日撮影)



b) 池 (2013年11月13日撮影)

図2 調査地点の様子

調査対象とした池（以下、池）は、水路から数メートル離れた位置にあり、形状はほぼ三角形であった。2014年6月4日に実施した水環境調査では、電気伝導率や観察される藻類の特徴から、池の水質は、金沢自然公園内の公園池や水路の水質とは違いが見られたため、池の水は主に湧水起源と考えられた。池の流出部は幅1.1mとなっており、流出部とその下流とは高さ約75cmの落差があるが、池からの流出水は調査地点の水路の下流で合流する。

## 2-2 水質測定項目

生息環境を把握するため、気温のほか、水温、電気伝導率、pHおよび溶存酸素について、携帯型計器を用いて現場測定を行った。測定機器の一覧については表1に示す。測定は、水路は基点から2m付近、池は三角形の長辺の中央付近で行った。

表1 測定機器の一覧

測定項目	測定機器
気温	携帯型デジタル温度計 (CUSTOM CT-280WR)
水温	携帯型pH計 (東亜ディーケーケー(株) HM-20P)
pH	携帯型pH計 (東亜ディーケーケー(株) HM-20P)
電気伝導率	携帯型EC計 (東亜ディーケーケー(株) CM-14P)
溶存酸素	携帯型pH計 ((株)堀場製作所 D-55)

## 2-3 採集方法

エビ類(ただし、アメリカザリガニを除く)の採集は、2013年11月13日(秋季)、2014年2月24日(冬季)、5月15日(春季)および8月7日(夏季)に、2~3名がタモ網を用いて行った。目標採集数は50個体程度または100個体程度(8月のみ)とし、採集所要時間も記録した。

## 2-4 同定とサイズの計測

採集したエビ類は生きた状態で持ち帰り、実体顕微鏡下で眼上棘や前側角部の棘の有無、額角の長さ等を確認して種類を判別した後、ノギスによって体長と頭胸甲長を計測した。

## 3. 結果と考察

### 3-1 調査地点の状況

水路には、オランダガラシやセキショウ等の植物が見られ、生育状況は時期によって変化が大きかった。また、池にもオランダガラシ、エビモ、オオカナダモ等の植物が生育し、オランダガラシやウキクサ類が水面の2割程度を覆うこともあった。池の形態については、2013年11月13日時点で幅約6m、奥行き約4mの三角形に近い形を保持しており、水面の面積はおよそ12m<sup>2</sup>と推測された。しかし、維持される水量は、通常、天候や湧水量、池内の植生等の影響を受け、変動が大きいと考えられた。

表2に調査地点の状況として水質等を示す。調査時の水路における水質項目の平均は、水温が15.7℃、pHが7.76、電気伝導率が79.3mS/mおよび溶存酸素が8.9mg/Lであった。また、池における水質項目の平均は、水温が16.2℃、pHが7.69、電気伝導率が69.0mS/mおよび溶存酸素が9.5mg/Lであった。水路では、5月と8月の調

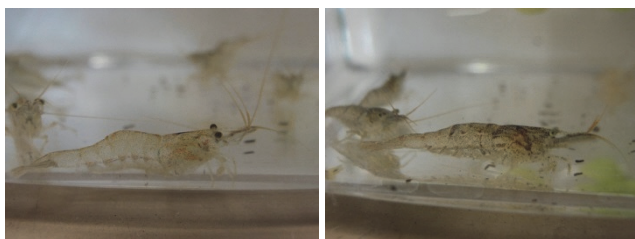
査時、わずかに硫化水素臭を感知したが、これは、上流部に位置する金沢自然公園内の公園池が春から夏にかけて一部嫌氣的になることに起因すると考えられた。このことは、当研究所が2014年6月4日に実施した水環境調査で、水路で微硫化水素臭がしている時、上流部の金沢公園池内の公園池の水も微硫化水素臭があったことからの推測である。一方、調査地点の池の水は主に湧水由来と考えられるが、通常、流入量が少ないため、水温は気温の影響を受け季節変動が大きかった。

表2 調査地点の状況

調査日	天候	調査地点	時刻	気温(°C)	水温(°C)	pH	電気伝導率(mS/m)	溶存酸素(mg/L)
2013/11/13	晴	水路	10:05	10.6	11.3	7.86	84.5	9.5
		池	10:00	10.6	9.8	7.96	75.1	9.6
2014/2/24	曇	水路	10:00	6.7	9.9	7.40	87.6	9.8
		池	9:55	6.7	9.6	7.62	74.8	9.4
2014/5/15	雨	水路	10:10	17.9	16.8	7.73	73.7	欠測
		池	10:05	17.9	17.2	7.47	51.2	欠測
2014/8/7	晴	水路	10:16	32.6	24.9	8.06	71.3	7.4
		池	10:10	32.6	28.0	7.70	75.0	欠測

### 3-2 採集されたエビ類の個体数

全調査で採集されたヌカエビ(図3)は水路で84個体、池で83個体、合計167個体であった。また、カワリヌマエビ属(図3)は水路で179個体、池で167個体、合計346個体であった。採集されたエビ類の個体数を調査日ごとに表3に示す。



ヌカエビ カワリヌマエビ属

図3 エビ類の画像(2014年2月24日水路で採集)

表3 採集されたエビ類の個体数

調査日	調査地点	採集時間(分)	調査者(人)	努力量(分・人)	採集個体数		
					ヌカエビ	カワリヌマエビ属	合計
2013/11/13	水路	30	2	60	34	20	54
2013/11/13	池	20	2	40	24	34	58
2014/2/24	水路	35	2	70	19	36	55
2014/2/24	池	10	2	20	27	28	55
2014/5/15	水路	13	3	39	11	46	57
2014/5/15	池	10	3	30	27	32	59
2014/8/7	水路	20	2	40	20	77	97
2014/8/7	池	15	3	45	5	73	78

注) 努力量(分・人)は、採集時間×調査者

調査では採集するエビ類の個体数の目安を、11月、2月および5月は合計50個体程度、また、8月は合計100個体程度と事前に設定していた。2地点4季にわたるのべ8回の調査を比較すると、ヌカエビよりカワリヌマエビ属が多く採集されたのは、水路と池それぞれ3回の合

計6回、両種類が同程度だったのは2月調査の池の1回、そして、ヌカエビの方が多かったのは11月調査の水路の1回であった。

11月調査の水路において、ヌカエビ34個体およびカワリヌマエビ属20個体が採集されているが、ヌカエビ34個体のうち30個体は、水路の基点から5m程度の範囲(以下、最上流部)で採集されたもので、ヌカエビ全体の88%を占めていた。同じく最上流部で採集されたカワリヌマエビ属は3個体(15%)であり、水路全体ではヌカエビの生息場所に偏りが見られた(図4、表4)。また、2月調査と5月調査については記録がないが、8月調査の水路では、採集されたヌカエビ20個体すべてが最上流部で採集されたものであり(表4)、11月調査と同様、水路全体ではヌカエビの生息場所が限定的になっていた。この偏った生息状況は、単純に両種類の棲み分けと考えることもできる。しかし、長谷川ら<sup>14)</sup>は、宮城県河川・水路ならびに、ため池で捕獲された個体数の結果から、ヌカエビ生息地にカワリヌマエビ属が侵入した場合には、どちらのタイプの水環境でも、ヌカエビの生息に負の影響を及ぼす可能性を示しており、当該地においても水路という流水系で両種類が生息空間をめぐる競争している可能性も視野に入れるべきである。

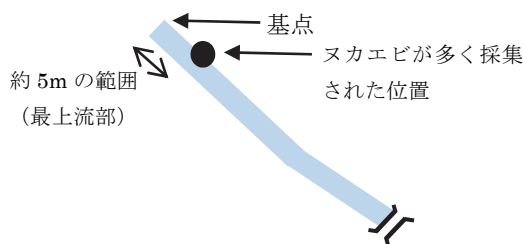


図4 水路でヌカエビが多く採集された位置

表4 水路の最上流部とそれ以外の範囲で採集されたエビ類の個体数

調査日	種類	水路内で採集された位置		合計
		最上流部	それ以外の範囲	
2013/11/13	ヌカエビ	30 (88%)	4 (12%)	34
	カワリヌマエビ属	3 (15%)	17 (85%)	20
2014/8/7	ヌカエビ	20 (100%)	0 (0%)	20
	カワリヌマエビ属	20 (26%)	57 (74%)	77

### 3-3 ヌカエビの割合

両種類の合計に占めるヌカエビの割合について、表3から地点ごとに算出した結果を図5に示す。水路ならびに池のヌカエビの割合は、時間の経過とともに低下する傾向が見られた。2013年11月の調査以降、水路におけるヌカエビの割合は63%、35%、19%および21%であり、5月の調査まで徐々に低下した。一方、池におけるヌカエビの割合は41%、49%、46%および6%であり、8月の調査で急激な低下が見られた。

カワリヌマエビ属については、神奈川県のほか、北海道、宮城県、千葉県等での移入が知られており<sup>3)</sup>、カワリヌマエビ属との競争によってヌカエビが駆逐されたり減少したりする可能性があることや、同所的分布ではカ



ワリヌマエビ属が有利であることが報告されている<sup>15)~18)</sup>。しかし、ヌカエビとカワリヌマエビ属が同所的に生息する水環境において、それらの生息状況を今回のような比較的短い時間軸で追跡した例は少なく、本調査の結果は、野外においてカワリヌマエビ属が侵入した際のヌカエビへの影響を考察する上での基礎的データとなるものである。なお、本調査後の追跡調査によると、水路におけるヌカエビの割合は2015年11月に4%、2016年2月に5%、5月に0.9%および2016年8月に0.4%であり、池におけるヌカエビの割合は2016年11月に0.1%、2017年2月に0.1%、5月に0%および9月に0.2%となっている(未発表)。

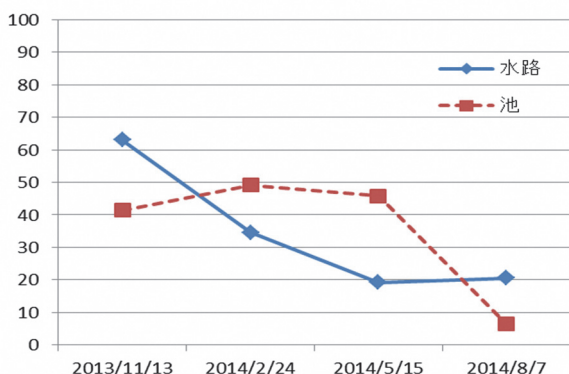


図5 両種類の合計に対するヌカエビの割合 (%)

現在、本市においてヌカエビとカワリヌマエビ属が同所的に生息する地点は、宮川源流域のほか横浜自然観察の森など数か所があるが、カワリヌマエビ属が侵入して以来、在来種のヌカエビが確認されなくなった地点も報告されてきている<sup>9)、19)</sup>。宮川源流域についても、2015年夏季に実施した河川生物相調査の調査地点M3(図1参照)の範囲では、カワリヌマエビ属は確認されたが、ヌカエビは確認されなかった<sup>9)</sup>。今回の調査では、宮川源流域においてカワリヌマエビ属が最初に確認されてから、わずか3年でヌカエビを取り巻く状況が変化している現状がとらえられた。今後も、ヌカエビが生息する源流域等にカワリヌマエビ属が侵入してくるケースが想定される。河川生物相調査等、モニタリングの継続で、カワリヌマエビ属の侵入を初期段階で把握することができれば、駆除によって分布拡大の抑制が図れる等、ヌカエビ保全に貢献できる可能性がある。

### 3-4 採集されたエビ類のサイズ

採集されたエビ類の体長と頭胸甲長を、水路については表5に、池については表6に示す。全調査で採集したヌカエビ167個体の体長は、平均 $18.3 \pm 3.4$  mmで、最小9.0 mm~最大28.3 mmの範囲であった。また、カワリヌマエビ属346個体の体長は、平均 $15.8 \pm 4.9$  mmで、最小6.0 mm~最大28.8 mmの範囲であった。

エビ類の平均体長を図6に示す。季節ごとおよび調査地点ごとに、両種類の平均体長を比較するとともに、母分散が等しいものについてはスチューデントのtで、母分散が等しくないものについてはウェルチのtで差の検

定( $P < 0.05$ )を行った。その結果、水路では4季の調査すべてでヌカエビの方がカワリヌマエビ属より平均体長が大きかったが、有意差があったのは2月調査のみであった。一方、池では、2月調査と8月調査ではヌカエビの方が、11月調査と5月調査ではカワリヌマエビ属の方が平均体長は大きかったが、有意差があったのは8月調査のみであった。しかし、8月調査の池で採集されたヌカエビは5個体と少数であったため、検定結果については参考までにとどめたい。したがって、8月調査の池を除くと、全体としては2月調査の水路でヌカエビとカワリヌマエビ属の体長の母平均に差があったが、その他は差がないという結果であった。

表5 水路で採集したエビ類のサイズ

生物名	ヌカエビ				カワリヌマエビ属				
	調査日	11/13	2/24	5/15	8/7	11/13	2/24	5/15	8/7
個体数		34	19	11	20	20	36	46	77
体長 (mm)	平均	20.7	21.6	21.2	13.7	19.3	18.4	19.6	13.4
	最大	26.3	24.6	28.3	17.0	28.8	24.6	28.0	24.3
	最小	15.8	16.9	17.0	9.0	11.0	11.7	13.2	6.0
	標準偏差	2.7	2.1	3.3	2.0	4.2	3.6	2.8	3.7
頭胸甲長 (mm)	平均	—	—	5.3	3.7	—	—	5.2	3.7
	最大	—	—	7.3	4.5	—	—	7.0	6.5
	最小	—	—	4.1	2.4	—	—	3.6	1.9
	標準偏差	—	—	0.9	0.6	—	—	0.8	0.9

注) —は計測値なし

表6 池で採集したエビ類のサイズ

生物名	ヌカエビ				カワリヌマエビ属				
	調査日	11/13	2/24	5/15	8/7	11/13	2/24	5/15	8/7
個体数		24	27	27	5	34	28	32	73
体長 (mm)	平均	16.7	18.0	16.8	18.5	18.0	17.7	17.8	11.0
	最大	20.0	22.8	22.1	19.0	28.3	27.6	22.4	19.0
	最小	12.8	13.6	13.6	17.5	7.9	8.2	12.4	6.1
	標準偏差	2.4	2.4	2.1	0.6	4.2	5.2	3.2	3.5
頭胸甲長 (mm)	平均	—	—	4.5	5.5	—	—	4.8	3.1
	最大	—	—	6.3	5.8	—	—	6.4	5.4
	最小	—	—	3.3	5.2	—	—	3.2	1.6
	標準偏差	—	—	0.7	0.3	—	—	0.9	1.0

注) —は計測値なし

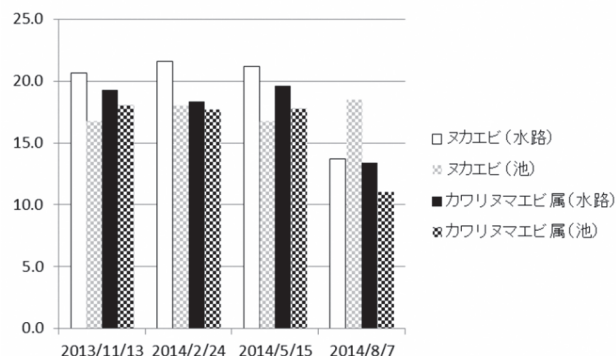


図6 エビ類の平均体長 (mm)

8月調査における平均体長は、水路のヌカエビ、カワリヌマエビ属および池のカワリヌマエビ属で、他の月より小さくなる傾向が見られたが(図6)、これは春以降に生まれた集団が加わった結果を反映していると思われる。一方、池のヌカエビについては、8月の採集個体数が5個体と少なく、全体的な傾向を把握できなかった可能性がある。そこで、体長による集団構造の季節変化を把握するため、水路と池のデータを合わせ1mm間隔の階級を設定し、種類ごとにヒストグラムを作成した(図7、図8)。ヌカエビにおいて、個体数が最も多かった階級は、11月調査で19~20mm、2月調査で19~20mmおよび20~21mm、5月調査で17~18mm、8月調査で15~17mmであった。同様に、カワリヌマエビ属においては、11月調査で21~22mm、2月調査で22~23mm、5月調査で20~21mm、8月調査で14~15mmであった。8月においては、両種類とも10mm以下のサイズのものが採集され、これらは春以降に生まれた個体が成長したものと考えられる。

5mm以下の個体は、本調査では採集されなかった。しかし、両種類の繁殖期が春から夏であることを考えると、小さな個体を見逃すなどして採集できなかった可能性が高い。カワリヌマエビ属については、成体と同じ形態をもって生まれること(直達発生)が知られている<sup>20)</sup>。当研究所へ持ち帰ったカワリヌマエビ属の抱卵個体から生まれた幼若個体を飼育下で観察すると、最初の頃の体長は約3.0mmであった。また、同様に室内飼育下でヌカエビを観察したところ、浮遊生活をしているヌカエビ幼生の大きさは全長約2.7mmであったことから、着底時にはそれ以上のサイズになると推測される。これらは水槽内での観察は比較的容易であるが、野外では見落としやすいと考えられるため、集団内の体長の季節変化を正確に把握するためには、採集時にタモ網に入った落ち葉などの夾雑物をそのまま持ち帰り、ソーティングするなどの工夫が必要である。

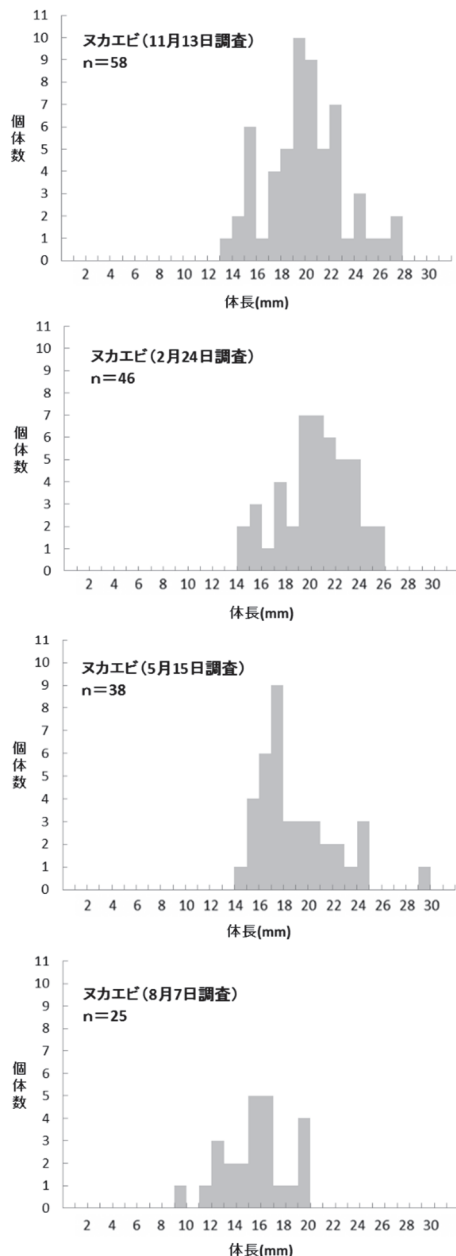


図7 ヌカエビの体長のヒストグラム

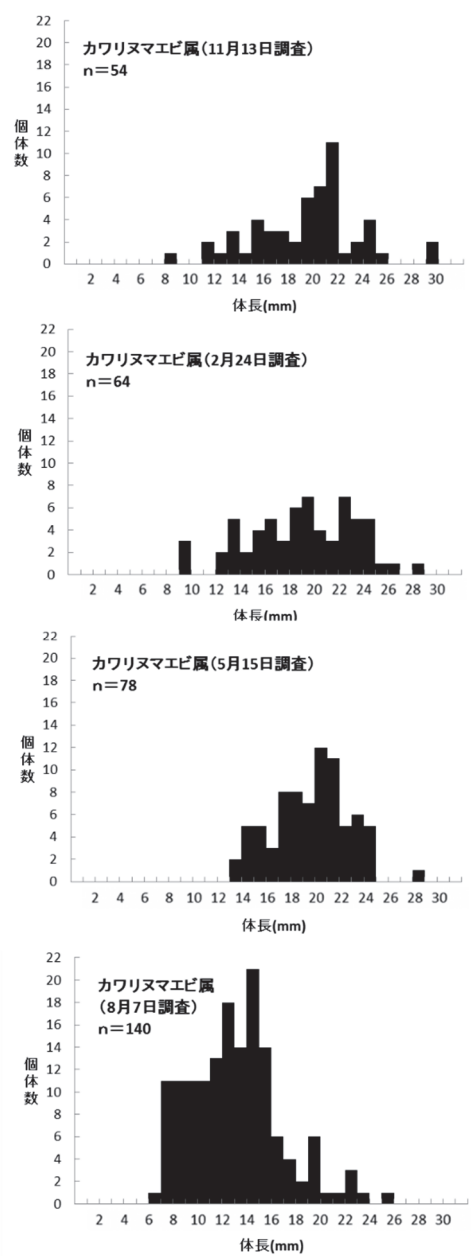


図8 カワリヌマエビ属の体長のヒストグラム

### 3-5 抱卵個体について

本調査で採集された抱卵個体の体長と頭胸甲長を表 7 に示す。ヌカエビの抱卵個体は5月に3個体が採集され、体長の平均は 23.5 mm (最小 21.0 mm～最大 28.3 mm)、頭胸甲長の平均は 6.5 mm (最小 5.8 mm～最大 7.3 mm) であった。樋口ら<sup>21)</sup>は、市内に分布するヌカエビの個体群の繁殖期間は長くて4月下旬から9月までの間としているが、本調査では8月にヌカエビの抱卵個体は採集されなかった。

カワリヌマエビ属の抱卵個体は5月調査で12個体、8月調査で4個体の合計16個体が得られ、体長の平均は 20.8 mm (最小 16.1 mm～最大 23.3 mm)、平均頭胸甲長は 5.7 mm (最小 4.6 mm～最大 6.5 mm) であった。その多くが平均値と同様なサイズであったが、8月調査の池で体長 16.1 mm、頭胸甲長 4.6 mm の比較的小さい抱卵個体が採集された。丹羽ら<sup>22)</sup>は、カワリヌマエビ属の一種であるミナミヌマエビの個体群生態について、孵化後2か月余りで繁殖後期に抱卵する集団、前年に生まれ越冬して抱卵する集団等、種々の履歴を持ったタイプが繁殖期に含まれる可能性を報告している。本調査における8月調査のカワリヌマエビ属のヒストグラムでは、昨年にも生まれた個体グループと当歳グループの山が明確に現れなかったが、近縁のミナミヌマエビの事例を考慮すると、サイズが比較的小さい体長 16.1 mm の抱卵個体は当歳個体である可能性も考えられる。一方、ヌカエビの繁殖について、樋口ら<sup>21)</sup>は本市大岡川水系で行った調査から、高水温等が要因となって繁殖期間が延長される可能性を指摘しながらも、特にメスでは繁殖期の初めに生まれた個体はその年の繁殖集団に加入できるほどには成長しないことを報告している。

繁殖時期については、当研究所が宮川源流域における別調査でカワリヌマエビ属の抱卵個体を2017年4月10日に確認しており、抱卵は4月上旬には見られると推測している。樋口ら<sup>21)</sup>の指摘のように、市内に分布するヌカエビの繁殖期間が4月下旬から9月までの間とすると、カワリヌマエビ属の繁殖時期はヌカエビより早い時期に始まっている可能性が高い。そのため、当歳個体はその年の繁殖集団に加入できる要因となっている可能性も考えられる。

表 7 抱卵個体の体長と頭胸甲長

調査日	調査地点	種類名	体長(mm)	頭胸甲長(mm)
2014/5/15	水路	ヌカエビ	28.3	7.3
2014/5/15	池	ヌカエビ	21.0	5.8
2014/5/15	池	ヌカエビ	21.3	6.3
2014/5/15	水路	カワリヌマエビ属	23.3	6.3
2014/5/15	水路	カワリヌマエビ属	20.7	5.4
2014/5/15	池	カワリヌマエビ属	19.9	5.4
2014/5/15	池	カワリヌマエビ属	22.2	5.5
2014/5/15	池	カワリヌマエビ属	21.0	5.7
2014/5/15	池	カワリヌマエビ属	19.4	5.8
2014/5/15	池	カワリヌマエビ属	20.0	5.5
2014/5/15	池	カワリヌマエビ属	21.3	5.8
2014/5/15	池	カワリヌマエビ属	20.3	5.9
2014/5/15	池	カワリヌマエビ属	20.5	5.4
2014/5/15	池	カワリヌマエビ属	20.8	6.0
2014/5/15	池	カワリヌマエビ属	20.2	5.3
2014/8/7	水路	カワリヌマエビ属	22.7	6.5
2014/8/7	水路	カワリヌマエビ属	22.0	5.8
2014/8/7	水路	カワリヌマエビ属	21.8	6.0
2014/8/7	池	カワリヌマエビ属	16.1	4.6

採集個体数に対する抱卵個体数の割合を図 9 に示す。5月調査における抱卵個体の占める割合は、ヌカエビでは水路 4 %および池 18 %、カワリヌマエビ属では水路 4 %および池 31 %であった。水路での割合は両種類で同程度であったが、池ではカワリヌマエビ属の方がヌカエビより抱卵個体の割合が高かった。カワリヌマエビ属のメスは直径 1 mm 程度の卵を 50～100 個ほど産卵し<sup>3)</sup>、大卵少産型の繁殖戦略をとるとされている。一方、ヌカエビは大卵少産型または中卵中産型で<sup>20)</sup>、卵を 400 個以下産む<sup>23)</sup> ため、1 個体あたりの産卵数はヌカエビがカワリヌマエビ属を上回ると考えられる。しかし、宮川源流域においてカワリヌマエビ属が増加している現状を考えると、ヌカエビよりカワリヌマエビ属の抱卵個体の割合が高いことや、前述したようにカワリヌマエビ属の繁殖時期がヌカエビより早く始まると推測されること等の条件が、1 個体あたりの産卵数が多いというヌカエビの繁殖戦略より、当該地では有利に働いている可能性がある。また、繁殖様式として、ヌカエビは幼生期に浮遊生活をするが、カワリヌマエビ属は卵の中で幼生期を過ごし成体と同じ形態をもって産まれる<sup>20)</sup> ため、カワリヌマエビ属の方が、ふ化後の水量等の変動に対して、より対応しやすい可能性がある。

抱卵個体の占める割合を月別に比較すると、8月調査におけるカワリヌマエビ属の抱卵個体の占める割合は水路 4 %と池 1 %で、5月調査に比較すると、水路では同程度、池では 30 ポイントの低下であった。また、ヌカエビについては8月調査で抱卵個体が採集されなかったことから、両種類ともに繁殖行動は8月よりも5月に盛んであると考えられる。

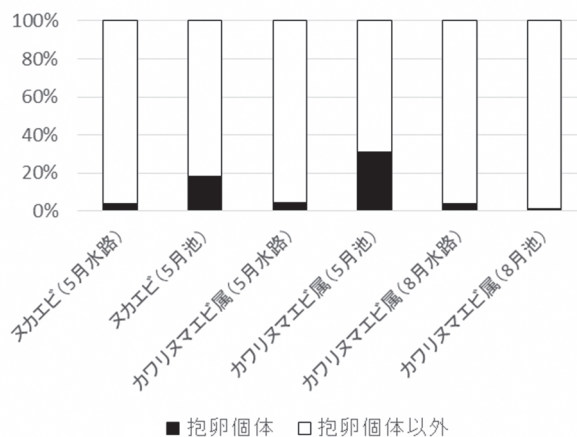


図 9 抱卵個体の占める割合 (%)

### 4. 今後の課題

本調査において両種類の合計に対するヌカエビの割合は、水路では11月から徐々に低下する傾向が、池では8月に急な低下が見られ、両種類の生息状況の変化がとらえられた。水路においては、ヌカエビの生息場所が最上流部に限定されていることから、ヌカエビはカワリヌマエビ属から負の影響を受けている可能性も否定できない。従って、今後も引き続きモニタリングを継続し経過を追うとともに、状況に応じてカワリヌマエビ属の駆除を行うための効率的な方法を検討する必要がある。また、水

路でヌカエビが集中する場所の特性を把握することで、ヌカエビの保全に資する知見を得られる可能性もある。

市内河川では、近年、カワリヌマエビ属だけでなく、タイワンシジミ *Corbicula fluminea* やアメリカツノウズムシ *Girardia dorocephala* 等、外来の底生動物の侵入と分布拡大が特徴の一つになっている。オオクチバス *Micropterus salmoides* やブルーギル *Lepomis macrochirus* といった外来魚については、本市でも公園池等で生態系被害が多く報告され、かいぼりによる駆除活動が行われるなど、市民の方々にも認知度が高くなっている。しかし、外来の底生動物についてはサイズが小さいことが多く、いつの間にか地域の自然環境に侵入・定着し、在来種と置き換わったとしても、気づかれにくく注目度も低い。しかも、それらを駆除する場合、その小ささ故に見落とされたり、作業に手間がかかったりすることも多い。そのため、底生動物による外来種問題についても、一層、普及啓発に力を入れる必要がある。カワリヌマエビ属については、観賞用のペットや、釣り餌として輸入されたものの放逐が侵入経路となったとされている<sup>3)</sup>。そのため、まずは、これらと接する機会のある方々をはじめ、多くの方々に市内におけるカワリヌマエビ属の侵入状況および可能性のある悪影響について知っていただくことが重要である。市内で急激に分布を拡大している底生動物の外来種の一例として本調査の結果を外来種問題の普及啓発に活用したい。

## 5. おわりに

本市では、生物多様性横浜行動計画を平成 27 年 1 月に改定し、生物多様性に関する施策をさらに推進し、外来種に関する普及啓発にも取り組んでいる。しかし、本市の河川生物相調査では、毎回、新たな外来種の侵入が確認され、種類によっては分布の拡大が把握されている。特に底生動物では 2002 年度調査以降、その傾向が著しく、今回、調査対象としたカワリヌマエビ属はその一つであった。今後も、河川生物相調査等によるモニタリングを継続することによって、生物多様性の保全に資する基礎的情報を蓄積し、普及啓発に活用する等、生物多様性に関する施策推進に役立てることが重要である。

## 文 献

- 1) 横浜市環境科学研究所、有限会社 河川生物研究所：横浜の川と海の生物（第 12 報・河川編）、165pp.（2009）
- 2) 横浜市環境科学研究所：横浜の川と海の生物（第 13 報・河川編）、36-65（2012）
- 3) 国立環境研究所：侵入生物データベース、<https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/70530.html>（2017 年 9 月時点）
- 4) 福嶋悟：下水処理水によるせせらぎの再生と生物、第 27 回環境・公害研究合同発表会（平成 15 年 6 月 16 日）要旨集、1-4（2003）
- 5) 樋口文夫、福嶋悟、水尾寛己、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）
- 6) 横浜市環境科学研究所、有限会社 河川生物研究所：横浜の川と海の生物（第 11 報・河川編）、110-116（2006）
- 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、横浜市環境創造局事業調整課、有限会社 河川生物研究所：平成 19 年度舞岡川生物生息環境調査委託 報告書、27-29（2008）
- 9) 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）、54-92（2016）
- 10) 神奈川県環境科学センター：神奈川県内河川の底生動物、299pp.（2005）
- 11) 神奈川県環境科学センター：神奈川県内河川の底生動物—II、315pp.（2014）
- 12) 勝呂尚之：小さなエビの大きな脅威、神奈川県水産技術センターメールマガジン、347（2010-07-09）（2010）
- 13) 石原龍雄：神奈川県西部を中心とする水生生物と生息環境—ここ 30 年の間に感じる変化—、「河川のモニタリング調査に係る県民調査員研修会」要旨、1-6（2013）
- 14) 長谷川政智、池田実、藤本泰文：宮城県に侵入した淡水エビ カワリヌマエビ属 *Neocaridina* spp. の分布拡大とヌカエビ *Paratya compressa improvisa* への影響、伊豆沼・内沼研究報告、9、47-56（2015）
- 15) 片山敦、吉川朋子：関東鶴見川水系におけるカワリヌマエビ属の分布とヌカエビへの影響、日本生態学会第 62 回全国大会講演要旨（2015）
- 16) 金澤光：外来甲殻類が及ぼす水域の生態系サービスへの影響、水環境学会誌、38(2)、51-55（2015）
- 17) 金澤光：埼玉県に侵入した外来甲殻類ヌマエビ科カワリヌマエビ属の現状について、埼玉県環境科学国際センター報第 15 報、152-156（2015）
- 18) 西田一也：相模川城山ダム下流域における在来生物ヌカエビ *Paratya compressa improvisa* と外来生物カワリヌマエビ属エビ類 *Neocaridina* spp. の流程分布、神奈川自然誌資料、37、21-24（2016）
- 19) 横浜市環境創造局環境科学研究所：横浜の川でくらす生き物たち—第 14 回横浜市河川生物相調査結果概要—、記者発表資料（2016）  
<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/kisha/h28/161014-3.html>（2017 年 9 月時点）
- 20) 豊田幸詞、関慎太郎、駒井智幸：日本の淡水性エビ・カニ、誠文堂新光社、255pp.（2014）
- 21) 樋口文夫、福嶋悟・水尾寛己：谷戸におけるヌカエビの生活場所と生態との関係—生物多様性の保全に向けて—、横浜市環境科学研究所報、25、13-18（2001）
- 22) 丹羽信彰、浜野龍夫：兵庫県菅生川におけるミナミヌマエビの個体群生態、Reserches on Crustacea、19、45-54（1990）
- 23) 川井唯史、中田和義：エビ・カニ・ザリガニ—淡水甲殻類の保全と生物学、生物研究社、42（2011）



# 横浜市沿岸域の赤潮発生状況

市川竜也、渾川直子、村岡麻衣子、堀美智子、浦垣直子（横浜市環境科学研究所）

## Occurrences of Red Tide in Yokohama Coastal Waters

Tatsuya Ichikawa, Naoko Nigorikawa, Maiko Muraoka, Michiko Hori,  
Naoko Uragaki (Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：赤潮、横浜、プランクトン

### 要旨

横浜市環境管理計画<sup>1)</sup>では、水環境の保全のための取組の1つに、赤潮モニタリングの実施を掲げている。横浜市沿岸域の中・長期的な水質を把握する指標として、赤潮の発生状況を把握するために、2012年5月14日から2017年3月27日までの約5年間、横浜港の鶴見航路で赤潮のモニタリング調査を行った。

その結果、計242回の調査で42回の赤潮が確認された。確認された赤潮は多くの場合、第一優占種が *Skeletonema* 属であったが、月によってプランクトンの種組成には変化が見られた。また、鶴見航路の水温とプランクトン数の関係を見ると、水温が20～25℃の時にプランクトン数が最も多くなり、水温が25～30℃に上昇するとプランクトン数は減少していた。

### 1 はじめに

本市では、横浜港の水質改善を進める対策の一環として、2011年4月に改定された新たな「横浜市環境管理計画」で、「大規模な赤潮の発生がないことを目指すとともに、当面はモニタリング項目等の検討を行っていく」という方針が打ち出された。環境科学研究所では、2013年度までに「モニタリング項目の検討」及び「効率的な連絡体制の整備」に取り組んだ。

今回は、2012年5月14日から2017年3月27日までの約5年間にわたり、横浜港の鶴見航路で実施した、赤潮モニタリング調査の結果を報告し、横浜市沿岸域の赤潮発生状況について考察を行った。

### 2 調査方法

#### 2-1 調査項目

調査項目を表1に示す。水温、海の色（色番号）、透明度の測定は、本市港湾局の職員が採水時に現地で行い、塩分、濁度、クロロフィルa濃度の測定およびプランクトンの計数は、サンプルを当研究所に搬入し、研究所職員が行った。

#### 2-2 調査地点

採水は横浜港の鶴見航路で行った。図1に調査地点を示す。

#### 2-3 調査期間

調査は2012年5月14日から2017年3月27日までの約5年間実施した。調査頻度は週1回とし、採水はおおむね9時から10時の間に行った。調査回数は約5年間で計242回であった。

#### 2-4 プランクトンの計数方法

プランクトンの計数は上水試験法<sup>2)</sup>に従い、標準計数板を用いて光学顕微鏡で観察しながら行った。試料は固定せず、生きた状態で計数を行ったが、運動性の高い種類のプランクトンが多数存在した場合は、2.5%グルタルアルデヒド溶液で固定して計数した。プランクトン数が少なく、計数に十分な数でない場合は、濾過法<sup>3)</sup>で10倍もしくは20倍に濃縮して計数した。また、計数対象は原則直径およそ5 μm以上のプランクトンとした。

#### 2-5 赤潮判定の目安

赤潮には全国で統一された判定の目安が存在せず、各自治体で独自に定めた目安に基づいて赤潮の判定を行っている。そこで、本研究では、東京湾岸の自治体が行っている判定の目安を参考に、表2のような目安で赤潮判定を行った。なお、東京湾岸自治体の赤潮判定の目安は東京湾水質調査報告書（2009年度）<sup>4)</sup>から引用した。

#### 2-6 海の色観察カードの作成

海の色は赤潮の判定基準の一つであり、現場での簡易的なモニタリング手法として有効である。しかし、色の識別は個人差が大きく、色の表現も多様である。そこで、共通の物差しとして、瀬戸内海水産開発協議会の「赤潮観察水色カード」<sup>5)</sup>を参考に、全部で108色が印刷されている色見本を用意して、海の色判定に用いた。「海の色観察カード」を図2に示す。色は、強さや明るさを表現するトーン（薄い、明るい、濃い等）と色相（赤、橙、黄等）を組み合わせることで表現した。例えば、45番は灰みの黄緑となる。



### 3 結果および考察

#### 3-1 水質とプランクトン数

図3に水温、塩分、濁度、透明度の結果を示した。

水温は9~30℃で推移し、毎年の最高水温は8月に、最低水温は2月に確認された。各月の平均水温は、11.4℃(1月)、10.8℃(2月)、12.1℃(3月)、15.4℃(4月)、19.3℃(5月)、22.3℃(6月)、24.7℃(7月)、27.5℃(8月)、25.0℃(9月)、21.1℃(10月)、17.5℃(11月)、14.3℃(12月)であった。

塩分濃度は15~35‰で推移し、例年9、10月に低下することが多かった。しかし、2014年は6月から10月まで塩分濃度の低い時期が続いた。

濁度は0~13.7で推移し、5月から10月までは比較的高いことが多かった。透明度は0.7~14mで推移し、濁度が高いときに透明度が低くなる傾向にあった。

図4にクロロフィルa濃度、プランクトン数(総細胞数)のモニタリング結果を示した。

クロロフィルa濃度は1未満~250μg/L、プランクトン数は10未満~約190000細胞/mLで推移し、ともに5~9月に高くなっていった。

#### 3-2 赤潮発生状況

鶴見航路では、全242回のうち42回が赤潮と判定された。赤潮発生時の水質と代表的な赤潮プランクトンを表3にまとめた。代表的な赤潮プランクトンには、第一優占種を記載したほか、プランクトンの種類によってサイズが異なることを考慮し、赤潮の原因として特筆すべき種類があれば記載した。

赤潮は、2012年に10回、2013年に8回、2014年に9回、2015年に5回、2016年に10回確認された。赤潮が確認された42回の調査における第一優占種を見ると、半数以上の26回で*Skeletonema*属が第一優占種となった。第一優占種のほとんどは珪藻類のプランクトンであったが、渦鞭毛藻類の*Prorocentrum minimum*やラフィド藻類の*Heterosigma akasiwo*が第一優占種となることもあった。

また、表中で*Thalassiosira*科と記載した種は、直径5μm以下で茶筒型をした微小プランクトンである(図5、6)。本種は細胞サイズから、本調査のプランクトン計数対象とせず、プランクトン数の合計にも含まなかったが、2013年6月24日に490000細胞/mL確認されるなど、本種の大発生が何度か確認された。そこで、赤潮の原因として大きく寄与していると思われる場合には、その他の原因プランクトンとして記載した。また、2014年5月12日の赤潮では、*Thalassiosira*科の82000細胞/mL以外に多数確認された種がなかった(次に多かったのは*Gephyrocapsa oceanica*の1700細胞/mL)ため、*Thalassiosira*科を第一優占種として記載した。

#### 3-3 赤潮件数と種組成の月別変化

赤潮件数と平均クロロフィルa濃度について月別にまとめた(図7)。赤潮件数は全調査期間の月別の合計である。鶴見航路では、年によっては5月から月の平均クロロフィルa濃度が50μg/Lを超え、赤潮が確認され始め

た。6、7月は、5年のうち3年で月の平均クロロフィルa濃度が50μg/Lを超え、調査期間中の赤潮件数も10件と多かった。8月は全ての年で月の平均クロロフィルa濃度が50μg/L未満となり、調査期間中の赤潮件数も6、7月に比べて低い4件であった。9月は再び月の平均クロロフィルa濃度が50μg/Lを超えた年が3年あり、赤潮件数は月別で最多の11回であった。10月から4月までは、2016年10月3日を除いて赤潮は確認されなかった。6月と9月は毎年赤潮が確認された。

次に、鶴見航路において確認された細胞数の多い上位8種のプランクトンについて、平均プランクトン数(細胞/mL)とプランクトンの種組成を月別にまとめた(図8)。鶴見航路では、全ての月で*Skeletonema*属が優占していた。5月は*Skeletonema*属に次いで*Prorocentrum minimum*の割合が高かった。これは、*Prorocentrum minimum*の細胞数が特異的に多かった2012年5月14日(16000細胞/mL)と2012年5月21日(76000細胞/mL)の影響である。6月は*Skeletonema*属の占める割合が75%と非常に高かったが、7月から9月にかけてその割合は低下していき、*Thalassiosira*属や*Chaetoceros*属、*Pseudo-nitzschia*属の占める割合が高くなった。また、*Cylindrotheca closterium*や*Leptocylinndrus danicus*のように、特定の月のみ高い割合を占めた種も見られた。

*Skeletonema*属が年間を通して優占した理由の一つとして、*Skeletonema*属には、水温等に対する生理的特徴の異なる、外見による識別の困難な複数の種が含まれており<sup>7)</sup>、異なる条件を好む複数の種が*Skeletonema*属として混在して計数されていたことが考えられる。

#### 3-4 水温とプランクトン数

図7、8を見ると、8月は7、9月に比べ、赤潮件数、平均クロロフィルa濃度、平均プランクトン数が少なくなっていた。一方、図3を見ると、8月は水温が1年で最も高くなる時期であった。そこで、高水温とプランクトン数の減少に関係があるかを調べた(図9)。図9より、データ全体では、プランクトン数は23℃前後で最も多くなり、それ以上高温になると減少傾向が見られた。

月別に見ると、5、6月のデータのほとんどは水温が23℃以下で、水温が高いほどプランクトン数が多くなる傾向が見られた。7月の水温は22~28℃で、水温とプランクトン数に明確な相関は見られなかった。8月は最も高水温な26~30℃付近に集中しており、プランクトン数が7月より少なくなっていた。9月は高水温時には8月同様プランクトン数が少なかったが、水温の低下に従いプランクトン数が多くなる傾向が見られた。一方、10月の水温は6月と似通っていたが、プランクトン数は6月に比べると少なく、赤潮の確認は1回だけだった。

次に、表3に挙げた代表的な赤潮プランクトンのうち8種について、プランクトン数と水温の関係を示す(図10)。*Skeletonema*属のプランクトン数は水温が22~25℃の時にピークを示した。同様に、*Thalassiosira*属は24~28℃、*Leptocylinndrus danicus*は15℃及び27~29℃、*Chaetoceros*属は22~23℃、*Pseudo-nitzschia*属は22~28℃、*Ceratium furca*は

27～29℃、*Heterosigma akasiwo* は 20～25℃、*Prorocentrum minimum* は 19～20℃の時にそれぞれピークを示した。

東京都環境局が平成 26 年度に実施した東京湾海域プランクトン調査<sup>9)</sup>の結果と比較すると、東京都の調査では、*Skeletonema costatum* は明確なピークを示さずに水温約 19～31℃と広い範囲で多く出現し、*Chaetoceros* 属は 19℃および 27～31℃と高水温でもピークを示し、*Thalassiosira* 属は本調査より高水温の 28～29℃でピークを示すなど、本調査とは異なる傾向がみられた一方、*Heterosigma akasiwo* や *Prorocentrum minimum* のように本調査と傾向が一致する種もあった。

以上の結果から、水温とプランクトン数の関係を考察すると、8月の高水温によって、*Skeletonema* 属等赤潮プランクトンの増殖が阻害されていた可能性がある。一方、6月と10月では、水温は似通っていたが、プランクトン数には差があったことから、鶴見航路のプランクトンの増殖には水温以外に日照条件や雨量等複数の要素が影響していると考えられる。

本調査では、代表的なプランクトンの細胞数と水温の間に関連性がみられた。今後、温暖化等の影響で横浜港の水温が上昇した場合、*Ceratium furca* のような高水温時に細胞数のピークを示したプランクトンによる赤潮が増える可能性がある。

### 3-5 赤潮発生時の海の色

表 3 より、2 回以上赤潮と判定されたことのある海の色は、23, 24, 27, 33, 36, 42, 45 の 7 色であった。これらの色は、色相が「きみのだいだい」～「きみどり」で、トーンが「こい」、「くらい」および「はいみ」であった。また、この 7 色のうちで特に赤潮である確率が高かったのは、あかみのつよい 23, 24 の 2 色であった。

### 3-6 *Chattonella* 属の確認

ラフィド藻類の *Chattonella* 属は代表的な有害・有毒プランクトンであり、本種が海水 1 ml 中に 100 細胞程度でも存在すると、放出する活性酸素などによって魚類のへい死など大きな被害をもたらすことが知られているが<sup>9)</sup>、その分布は西日本沿岸域に限られるとされ、東京湾においては長らく確認されてこなかった<sup>10)</sup>。しかし、2008 年に出村ら<sup>11)</sup>によって東京湾において初めて *Chattonella marina* が確認された。本調査においても 2013 年 11 月 18 日に、*Chattonella* 属が海水 80 ml 中に 28 細胞確認され、同時期に近隣自治体でも本種が確認された。現在のところ赤潮の原因となるような大量発生は確認されていないものの、今後の発生状況に注意が必要である。

## 4 まとめ

2012 年 5 月から 2017 年 3 月までの 5 年間、週 1 回の赤潮モニタリングを実施した本調査では、赤潮に関して高頻度のデータを得ることが出来た。

横浜市沿岸域では 5 年間で 42 回の赤潮が確認され、赤潮発生時の第一優占種となった回数が最多なのは *Skeletonema* 属で、次いで *Pseudo-nitzschia* 属であった。また、直径 5 μm 以下の微小プランクトン *Thalassiosira* 科の大発生が何度か確認された。

月別の赤潮件数とプランクトンの種組成を見ると、赤潮は 5 月から 10 月にかけて確認された。ただし、8 月はプランクトン数が低下するとともに、赤潮の発生回数も減少していた。*Skeletonema* 属などの主要プランクトンが最も多く確認された水温は 20～25℃であり、8 月は 25～30℃と高水温であったことが原因だと思われる。

赤潮発生時の海の色は、色相が「きみのだいだい」～「きみどり」で、トーンが「こい」、「くらい」および「はいみ」であることが多かった。

代表的な有害・有毒プランクトンである *Chattonella* 属が、2013 年 11 月 18 日に鶴見航路で確認された。

## 謝 辞

プランクトン調査に際し、同定等ご助言くださった国立環境研究所の河地正伸博士および東京湾沿岸自治体の皆さま、本調査を行うにあたり採水や現場での測定を行ってくださった港湾局の皆さまに、この場を借りてお礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 横浜市環境創造局：新たな「横浜市環境管理計画」、64 (2011)
- 2) 日本水道協会：上水試験法 2001 年版、689 (2001)
- 3) 日本水道協会：上水試験法 2001 年版、686 (2001)
- 4) 東京湾岸自治体環境保全会議：東京湾水質調査報告書 (平成 21 年度版)、48 (2011)
- 5) 水産庁瀬戸内海漁業調整事務所：瀬戸内海の赤潮 (平成 22 年版)、66 (2011)
- 6) Reiko Suzuki, Takashi Ishimaru: An Improved Method for the Determination of Phytoplankton Chlorophyll using N,N-Dimethylformamide, *Journal of the Oceanographical Society of Japan* Vol. 46, 190-194 (1990)
- 7) 山田真知子：珪藻 *Skeletonema* 属の最近の分類と生理生態特性 (総説)、*Bull. Plankton Soc. Japan* 60(1)、18-28 (2013)
- 8) 東京都環境局自然環境部：東京湾調査結果報告書 (平成 26 年度版)、25-26 (2016)
- 9) 岩国市立微生物館：日本の海産プランクトン図鑑 (第 2 版)、150-153 (2013)
- 10) 飯村晃、横山智子、小林廣茂：東京湾内湾における有害植物プランクトン「シャットネラ」の出現事例、千葉県環境研究センター年報第 12 号 (2012)
- 11) 出村幹英、河地正伸、小林廣茂、横山智子、山田伸昭：リアルタイム PCR を用いた東京湾堆積物中の *Chattonella marina* 存在量推定、第 36 回藻類学会要旨 (2013)

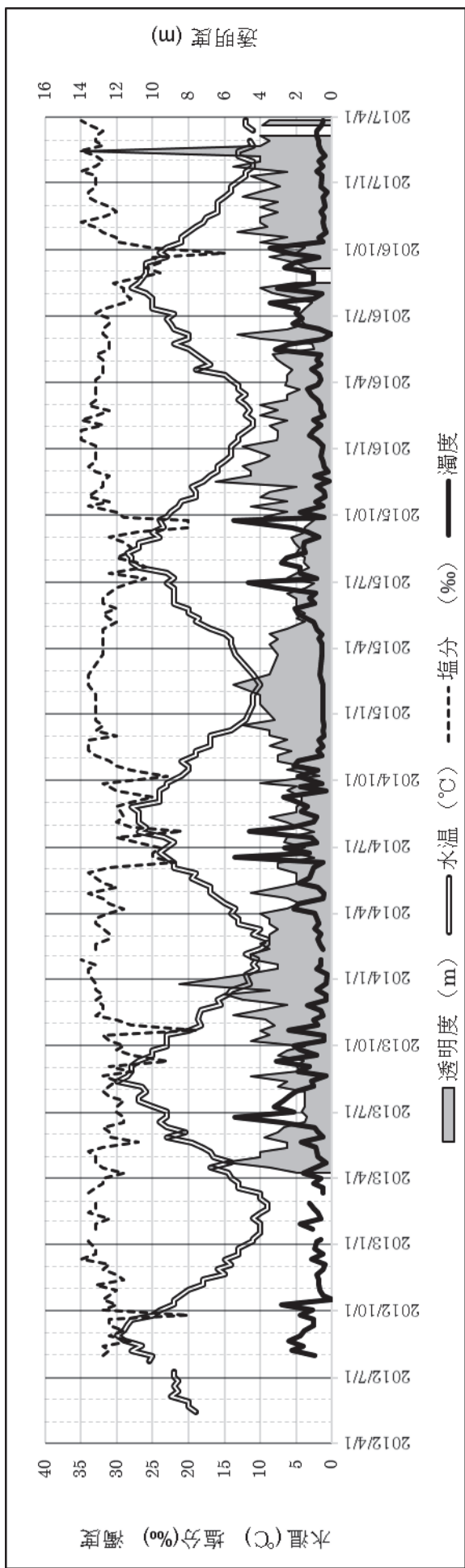


図3 モニタリング調査結果（水温、塩分、濁度、透明度）

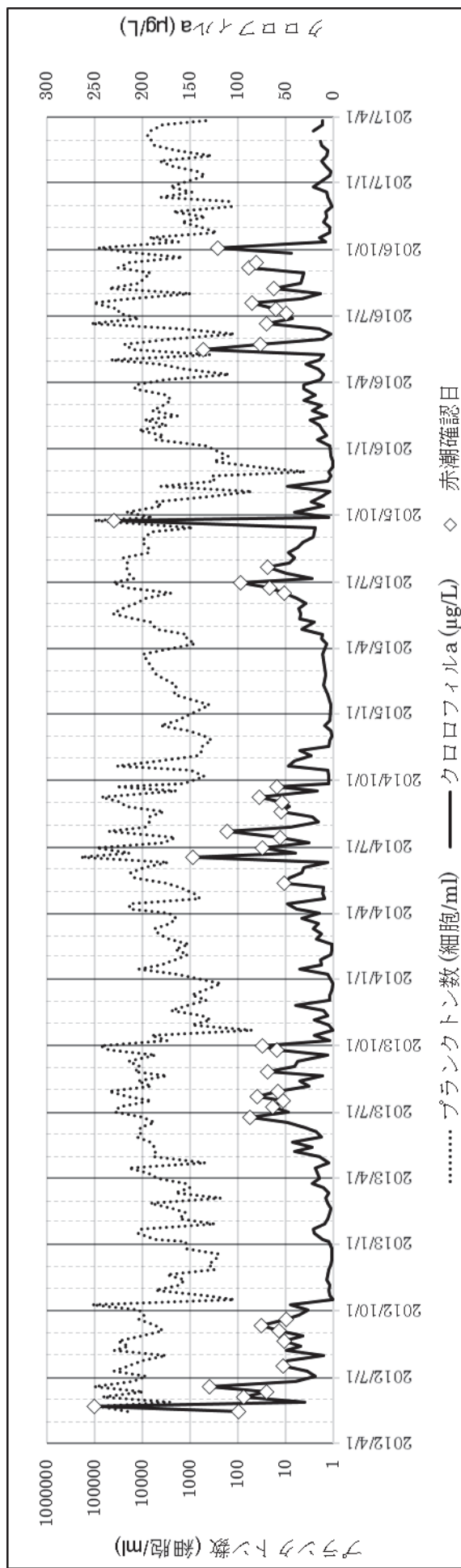


図4 モニタリング調査結果（プランクトン数、クロロフィルa、クロロフィルa)

表3 赤潮発生時の水質及び代表的な赤潮プランクトン

試料採取日	水温 (°C)	透明度 (m)	塩分 (‰)	濁度	クロロ フィル a (µg/L)	色 番号	第一優占種	第一優占種 の細胞数 (細胞/ml)	その他の原因プランクトン
2012/5/14	19.0	—	—	—	100	23	<i>Prorocentrum minimum</i>	16000	
2012/5/21	20.0	—	—	—	250	14	<i>Prorocentrum minimum</i>	76000	
2012/6/4	22.5	—	—	—	94	24	<i>Skeletonema</i> 属	68000	
2012/6/11	21.5	—	—	—	70	24	<i>Skeletonema</i> 属	7700	
2012/6/18	22.0	—	—	—	130	24	<i>Skeletonema</i> 属	65000	<i>Chaetoceros</i> 属
2012/7/17	24.0	—	—	—	53	27	<i>Skeletonema</i> 属	9300	珪藻類(羽状目)
2012/8/20	29.0	—	28	6.0	52	45	<i>Leptocylindrus danicus</i>	11000	<i>Skeletonema</i> 属
2012/9/3	29.0	—	29	3.8	57	33	珪藻類(羽状目)	1100	<i>Ceratium furca</i>
2012/9/10	28.5	—	31	2.5	76	33	珪藻類(羽状目)	2000	<i>Ceratium furca</i>
2012/9/18	28.0	—	31	2.6	50	45	<i>Skeletonema</i> 属	4600	<i>Thalassiosira</i> 属
2013/6/24	23.0	1.4	29	13.5	88	23	<i>Skeletonema</i> 属	6000	<i>Thalassiosira</i> 科 <sup>※</sup>
2013/7/8	25.0	1.5	30	8.1	64	42	<i>Pseudo-nitzschia</i> 属	28000	<i>Skeletonema</i> 属
2013/7/16	27.0	1.5	29	6.8	53	15	<i>Skeletonema</i> 属	5000	<i>Ceratium furca</i>
2013/7/22	27.0	1.5	31	6.0	80	24	<i>Skeletonema</i> 属	14000	<i>Thalassiosira</i> 属
2013/7/29	26.0	1.5	32	5.0	58	36	<i>Skeletonema</i> 属	43000	<i>Thalassiosira</i> 属
2013/8/26	28.0	1.8	28	4.8	69	45	<i>Skeletonema</i> 属	10000	<i>Pseudo-nitzschia</i> 属
2013/9/24	25.0	2.5	30	4.4	59	45	<i>Skeletonema</i> 属	35000	<i>Thalassiosira</i> 属
2013/9/30	23.0	1.5	29	5.3	74	18	<i>Chaetoceros</i> 属	50000	<i>Skeletonema</i> 属
2014/5/12	18.0	2.0	32	4.6	52	45	<i>Thalassiosira</i> 科 <sup>※</sup>	82000	<i>Gephyrocapsa oceanica</i>
2014/6/16	23.0	1.0	25	13.5	150	27	<i>Skeletonema</i> 属	160000	<i>Chaetoceros</i> 属
2014/6/30	23.0	1.5	24	6.6	74	45	<i>Skeletonema</i> 属	73000	<i>Thalassiosira</i> 属
2014/7/14	23.5	2.5	30	2.9	56	36	<i>Heterosigma akasiwo</i>	1300	
2014/7/22	27.0	1.0	21	11.5	110	24	<i>Thalassiosira</i> 属	20000	<i>Cylindrotheca closterium</i>
2014/8/18	27.0	2.0	30	4.3	56	36	<i>Skeletonema</i> 属	1500	<i>Pseudo-nitzschia</i> 属
2014/9/1	24.0	1.7	28	4.7	54	90	<i>Pseudo-nitzschia</i> 属	14000	<i>Thalassiosira</i> 属
2014/9/8	24.0	1.7	25	6.8	78	45	<i>Thalassiosira</i> 属	53000	<i>Skeletonema</i> 属
2014/9/22	23.0	2.0	31	4.4	59	81	<i>Skeletonema</i> 属	17000	<i>Chaetoceros</i> 属
2015/6/15	22.0	2.5	31	2.3	52	41	<i>Leptocylindrus danicus</i>	440	<i>Pseudo-nitzschia</i> 属
2015/6/22	22.0	1.5	30	7.6	67	42	<i>Skeletonema</i> 属	13000	<i>Thalassiosira</i> 科 <sup>※</sup>
2015/6/29	23.0	1.0	28	11.7	98	42	<i>Skeletonema</i> 属	40000	
2015/7/21	27.0	1.3	26	4.5	69	24	<i>Skeletonema</i> 属	8700	珪藻類(円心目)
2015/9/24	24.0	1.0	20	13.7	230	87	<i>Skeletonema</i> 属	55000	<i>Thalassiosira</i> 属
2016/5/16	20.0	1.0	31	7.9	140	42	<i>Skeletonema</i> 属	6500	<i>Heterosigma akasiwo</i>
2016/5/23	22.0	1.1	31	6.1	77	27	<i>Skeletonema</i> 属	13000	<i>Eucampia zodiacus</i>
2016/6/20	22.5	1.5	31	5.4	70	45	<i>Skeletonema</i> 属	94000	
2016/7/4	22.0	1.8	33	5.0	50	45	<i>Pseudo-nitzschia</i> 属	14000	<i>Thalassiosira</i> 科 <sup>※</sup>
2016/7/11	25.0	1.5	32	4.8	60	24	<i>Skeletonema</i> 属	26000	
2016/7/19	25.0	1.1	29	8.7	86	24	<i>Skeletonema</i> 属	81000	<i>Cerataulina</i> 属
2016/8/8	28.0	4.0	29	7.6	63	60	<i>Skeletonema</i> 属	37000	<i>Chaetoceros</i> 属
2016/9/5	26.0	1.4	26	6.6	88	33	珪藻類(円心目)	7600	<i>Thalassiosira</i> 属
2016/9/12	26.0	2.0	24	5.2	81	42	珪藻類(円心目)	17000	
2016/10/3	23.0	1.5	25	8.6	120	45	<i>Skeletonema</i> 属	63000	<i>Thalassiosira</i> 属

※*Thalassiosira* 科は直径 5 µm 以下の微小プランクトンのため、通常はプランクトンの計数対象としておらず、プランクトン数の合計にも含まなかったが、10000 細胞/ml を超えるような際には細胞数を計数し、特記すべき種として記載した。

また、*Thalassiosira* 科以外に多数確認された種がなく、赤潮の原因プランクトンであることが明確である際には、第一優占種として記載した。



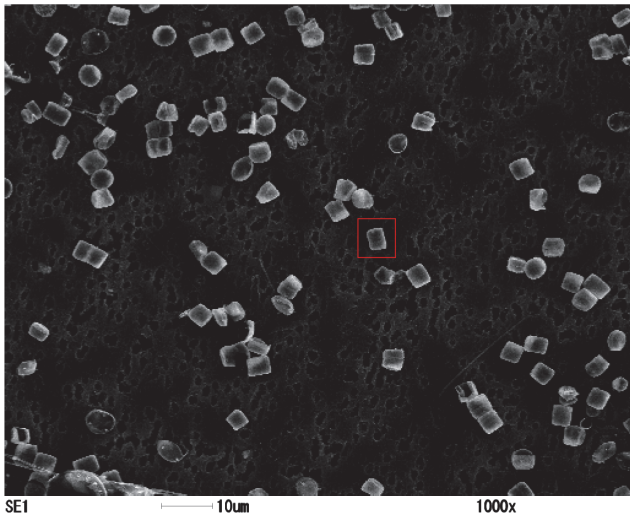


図5 Thalassiosira 科のSEM写真

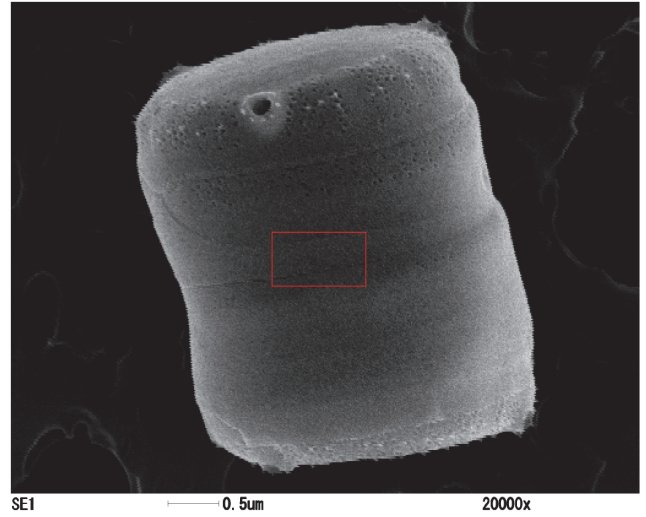


図6 Thalassiosira 科のSEM写真(拡大)

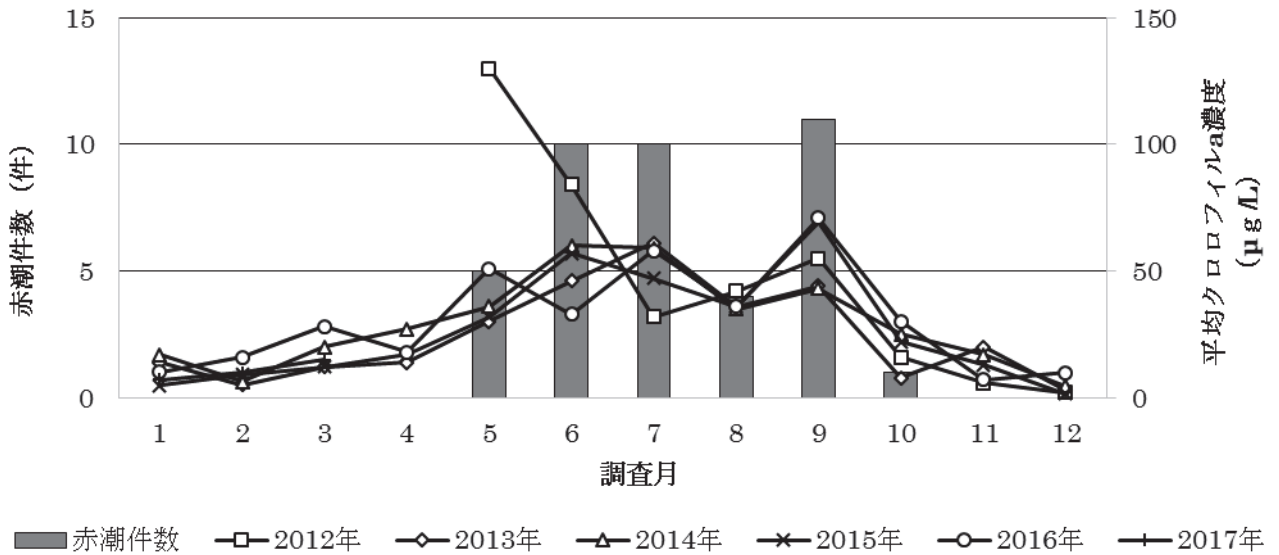


図7 月毎の赤潮件数とクロロフィル a 濃度

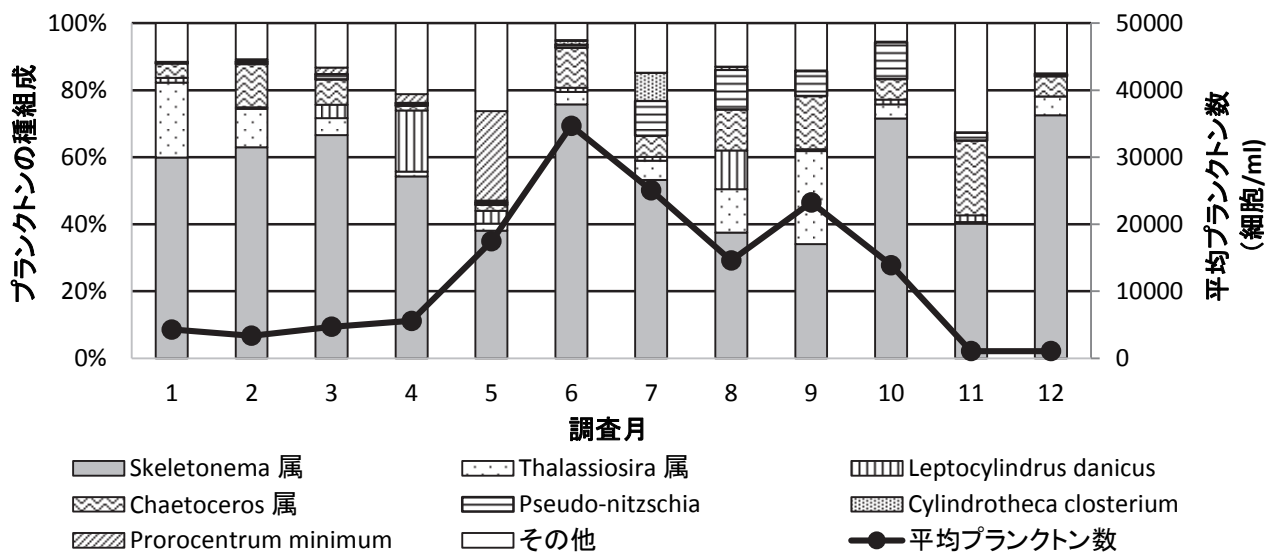


図8 月毎の平均プランクトン数とプランクトンの種組成

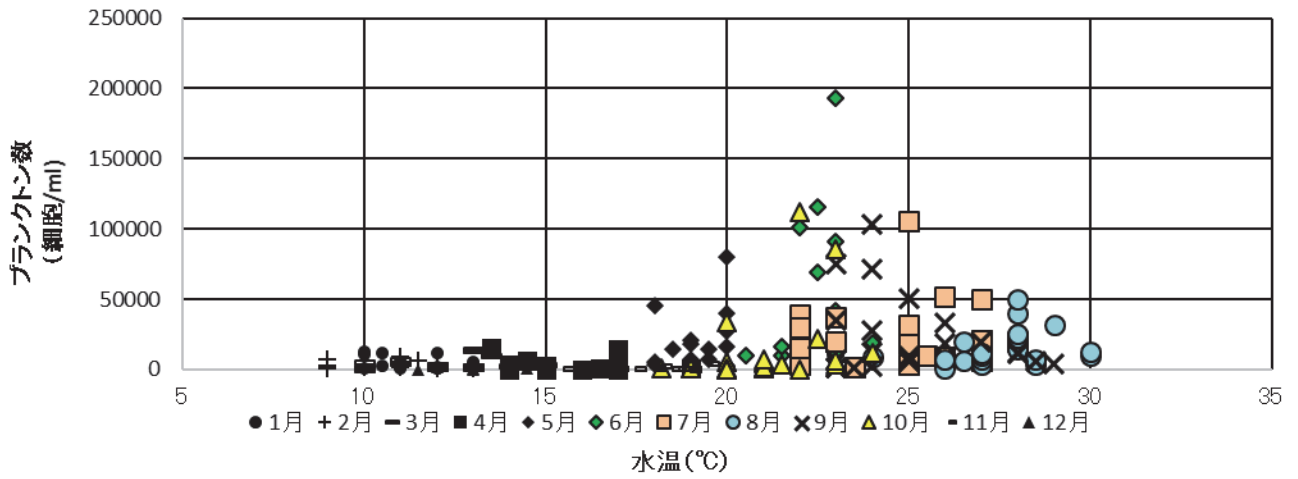


図9 水温とプランクトン数

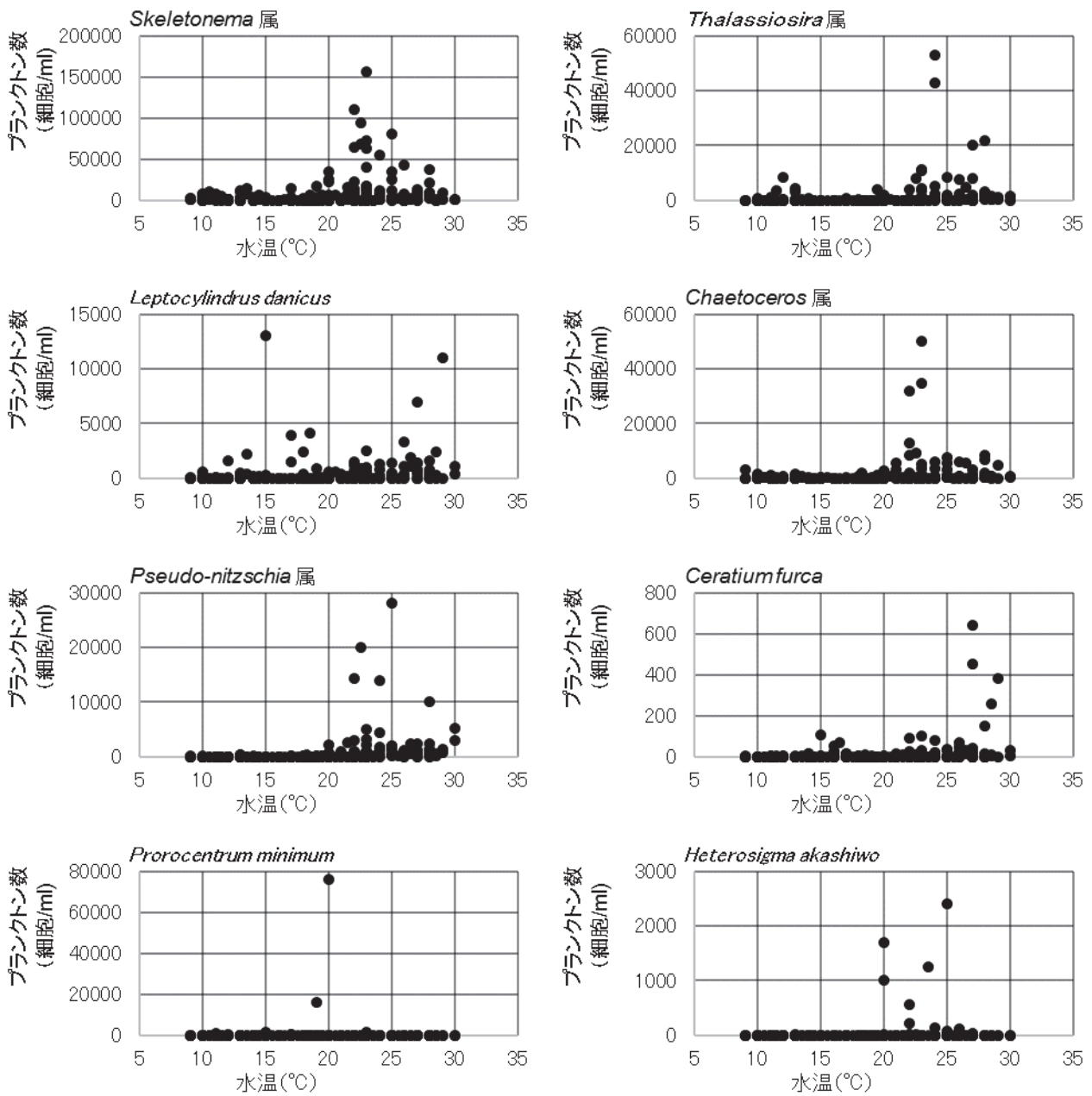


図10 水温と代表的なプランクトンの細胞数

# 野島海岸における砂浜面積の長期変動（1973～2012年）

市川竜也、浦垣直子、堀美智子（横浜市環境科学研究所）

## Long-Term Trend of Sandy Beach's Area at Nojima Coast

Tatsuya Ichikawa, Naoko Uragaki, Michiko Hori (Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：野島海岸、砂浜、きれいな海づくり事業

### 要旨

野島海岸には全長 500 m におよぶ砂浜が続いているが、近年は砂浜が減少傾向にあるという声も聞かれる。そこで、過去に野島海岸を撮影した航空写真を用いて、特に野島海岸周辺で開発が盛んだった 1970～1980 年代と近年の砂浜の変化に注目し、砂浜面積の長期的な変動について調べた。

その結果、1973 年から 2012 年までの間に野島海岸の砂浜面積が増減を繰り返す傾向が見られた。現在は減少傾向にあるが、今後再び増加傾向に転じるのかについては今後の経過を見守る必要がある。

### 1 はじめに

生物多様性横浜行動計画（ヨコハマ b プラン）<sup>1)</sup>では、〈京浜臨海部〉〈都心臨海部〉〈金沢沿岸部〉の 3 つの地域で、市民とともに、生き物を感じる海づくりを進める取組を行っている。〈金沢沿岸部〉での取組としては、特に「野島海岸周辺地区」において、豊かな野島の海を生かし、歴史・文化との関わりを含め、多くの市民が自然の海を感じられる場所を目指して、市民団体等と連携した海づくり活動を推進することとしている。

野島海岸は、横浜市内に残された唯一の自然海岸で、オサガニやアサリなどの底生生物の生息地となっている貴重な海岸である。海岸の周辺は、市民が潮干狩りなどを楽しむ憩いの場となっている。野島海岸には全長 500 m におよぶ砂浜が続いているとも言われているが、環境科学研究所が実施した市民団体等へのヒアリングでは、「野島海岸の砂浜面積が減少しているのではないか」という意見も聞かれたため、過去の航空写真を用いて砂浜面積の長期的な変動について調べた。

### 2 調査方法

#### 2-1 調査概要

海岸侵食の実態調査では一般に航空写真が用いられている<sup>2), 3)</sup>。本調査では、過去に横浜市が撮影した野島海岸の航空写真を利用して、過去の野島海岸の砂浜面積を調べた。また、砂浜面積は潮位によって変動するが、本調査で使用した航空写真は撮影時の潮位が異なり、航空写真の砂浜面積をそのまま比較することは適切ではない。そこで、各潮位における護岸から汀線<sup>※1</sup>までの水平距離（護岸－汀線距離）を測量し、潮位と汀線距離の相関を調べ、その結果をもとに航空写真の砂浜面積を補正して計算した。

※1 汀線・・・陸地と海面の境界線のことで、潮汐の干満によって位置が変わる。なお、今回の調査においては横浜港工事基準面（Y.P.）を潮位の基本水準面としている。Y.P.は横浜港で海上工事をする時に用いられる高さの基準であり、海面が一番低い時を 0 としている。海図での 0 にほぼ等しい。

#### 2-2 航空写真の選定

横浜市金沢区では 1970 年代に開発が盛んになり、幸浦町・福浦町・海の公園などが埋立によって新たに作られた。また、1980 年代には八景島の造成が始まり野島海岸周辺の地形は大きく変わった。今回の調査では、特に野島海岸の潮の流れに大きく影響を与えている可能性のある八景島が造られる前後を中心に航空写真を選定した。

また、近年の野島海岸の変化を見るために 2000 年代の航空写真を選定した（図 1）。なお、1973、1979、1984、1986、1988、1992、1997 年の航空写真は横浜市建築局所蔵のものを、2003、2005、2008、2012 年の航空写真は横浜市財政局所蔵のものを使用した。

#### 2-3 護岸－汀線距離の測量

##### 2-3-1 測量日時

2013 年 5 月 27 日 11:50～16:00 に潮位 0～100 cm について調査を実施した（図 2-1）。

2013 年 6 月 20 日 11:40～15:00 に潮位 102～159 cm について調査を実施した（図 2-2）。

##### 2-3-2 測量地点

オートレベルを野島海岸の南端にある堤防沿いの砂浜上に設置し、オートレベル設置位置を含む護岸から汀線までの直線を調査地点とした（図 3）。





1973年5月25日 11:00

(横浜市建築局所蔵)



1979年10月1日 13:08

(横浜市建築局所蔵)



1984年8月16日 14:20

(横浜市建築局所蔵)



1986年12月5日 10:23

(横浜市建築局所蔵)



1988年11月3日 10:30

(横浜市建築局所蔵)



1992年11月11日 12:00

(横浜市建築局所蔵)

図1 野島海岸の航空写真





1997年10月27日 10:53  
(横浜市建築局所蔵)



2003年1月2日 14:23~14:30  
(横浜市財政局所蔵)



2005年12月27日 13:13~13:22  
(横浜市財政局所蔵)



2008年12月30日 10:30~10:39  
(横浜市財政局所蔵)



2012年1月4日 12:44~12:53  
(横浜市財政局所蔵)

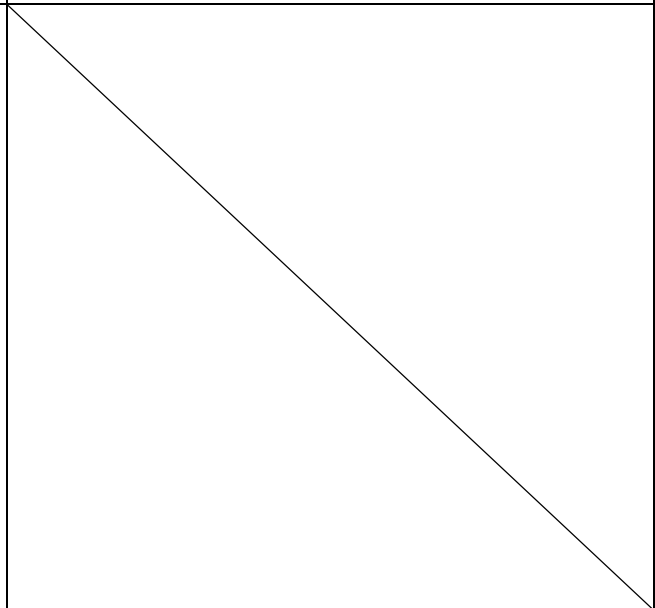


図1 野島海岸の航空写真(つづき)



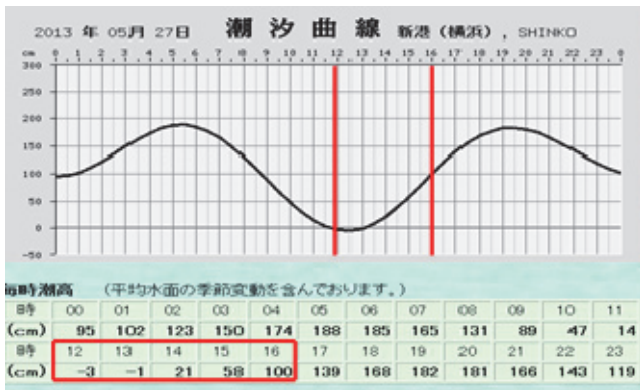


図 2-1 2013 年 5 月 27 日の潮汐予測<sup>4)</sup>

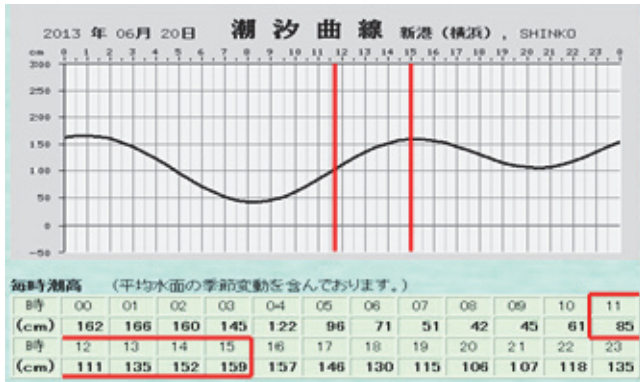


図 2-2 2013 年 6 月 20 日の潮汐予測<sup>4)</sup>

### 2-3-3 測量方法

オートレベルとメジャーを用いて、各潮位における護岸—汀線距離を調べた(図 4)。

調査地点にオートレベルを設置し、約 15~30 分ごとに護岸と汀線の高度差 (b) をオートレベルにより測量した。同時に、護岸から汀線までの実測距離 (a) を堤防にそってメジャーにより測量した。得られた結果をもとに、護岸—汀線距離 (X) を算出し、測定時の潮位<sup>4)</sup> (Y) との相関を調べた。

### 2-4 潮位差の補正

東京湾平均海面 (T. M. S. L)<sup>※2</sup> に合わせて、航空写真内の砂浜の汀線の位置を Y. P. 109 cm 時の護岸—汀線距離に補正することとした。測量結果より、潮位と護岸—汀線距離の関係を近似直線で示し、近似直線をもとに航空写真の潮位と Y. P. 109 cm における汀線までの距離の差 (以下補正值と記す) を求めた。補正值をもとに航空写真の汀線の位置を補正し、Y. P. 109 cm としたときの砂浜面積を求めた (図 5)。

また、近似直線を過去の航空写真に適用することの妥当性を検討するため、航空写真上で今回の測量地点と同じ場所の護岸から汀線までの距離を測り、航空写真撮影時の潮位と汀線までの距離の関係をグラフにプロットして近似直線と比較した。

※2 東京湾平均海面 (T. M. S. L)・・・東京湾の平均水面 (潮の満ち引きがないと仮定した海面) として定められている水位。東京湾平均海面 (T. M. S. L) は Y. P. 109 cm にあたる。

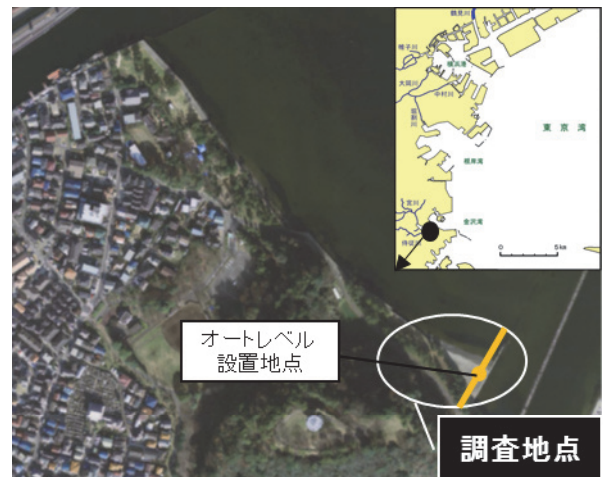


図 3 調査地点

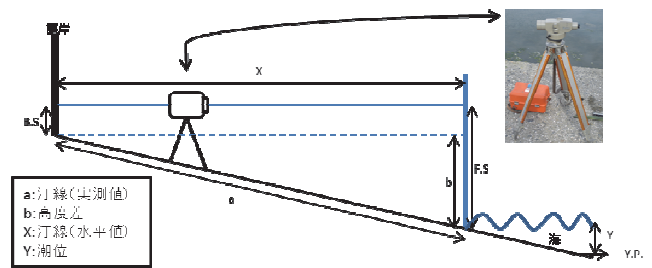


図 4 測量方法

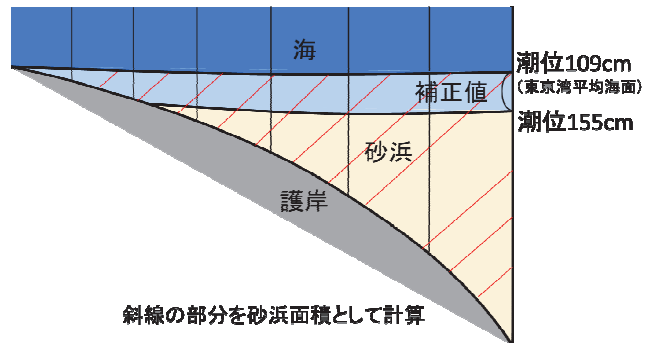


図 5 航空写真の補正

## 3 結果および考察

### 3-1 野島海岸の測量

測量結果および護岸—汀線距離の計算結果を表 1-1、表 1-2 に、測定時の潮位と護岸—汀線距離の相関を図 6 に示す。なお、護岸—汀線距離は式 1 により求めた。

$$(式 1) \quad X = (a^2 - b^2)^{1/2}$$

図 6 をみると、潮位 60 cm 付近を境に傾斜が大きくなっていった。今回使用する航空写真の撮影時の潮位はすべて 64 cm 以上のため、潮位 58~159 cm の結果を使用して近似直線を作成し、航空写真の潮位補正に用いた (図 7)。

また、近似直線上に各航空写真における護岸—汀線距離をプロットして、近似直線の妥当性を評価した結果、各航空写真のデータと近似直線はおおむね一致していたため、近似直線は妥当であると判断した (図 8)。

表 1-1 測量結果 (2013年5月27日)

測点	時間	a: 汀線 (実測 値) (cm)	b: 高度 差 (cm)	X: 護岸 -汀線 距離 (cm)	Y: 潮位 (cm)
岸壁	—	—	—	—	—
1	11:50	17838	169.0	17837.2	0
2	13:35	17275	145.0	17274.4	11
3	14:00	13684	166.0	13683.0	21
4	14:30	8095	184.0	8092.9	39
5	15:00	6105	167.0	6102.7	58
6	15:15	5615	164.0	5612.6	68
7	15:30	5475	157.0	5472.7	79
8	15:45	5345	146.0	5343.0	90
9	16:00	5275	137.0	5273.2	100

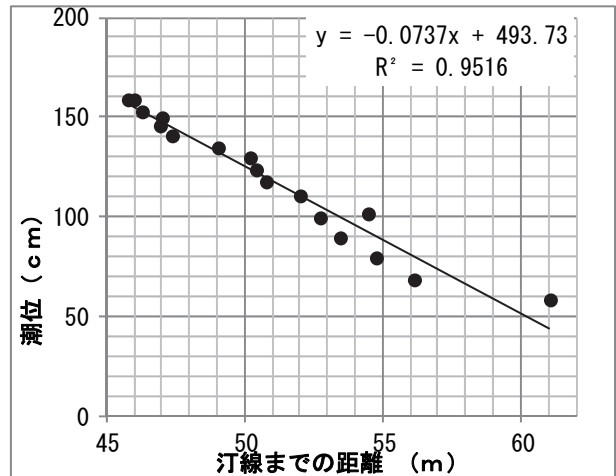


図 7 潮位 58~159 cm の近似直線

表 1-2 測量結果 (2013年6月20日)

測点	時間	a: 汀線 (実測 値) (cm)	b: 高度 差 (cm)	X: 護岸 -汀線 距離 (cm)	Y: 潮位 (cm)
岸壁	—	—	—	—	—
10	11:40	5450	105.5	5449.0	102
11	12:00	5200	85.0	5199.3	111
12	12:15	5080	76.5	5079.4	118
13	12:30	5040	73.5	5039.5	124
14	12:45	5020	64.0	5019.6	130
15	13:00	4900	56.5	4899.7	135
16	13:15	4740	47.0	4739.8	141
17	13:30	4690	54.0	4689.7	146
18	13:45	4700	53.5	4699.7	150
19	14:00	4630	46.5	4629.8	153
20	14:30	4580	44.5	4579.8	159
21	15:00	4600	46.5	4599.8	159

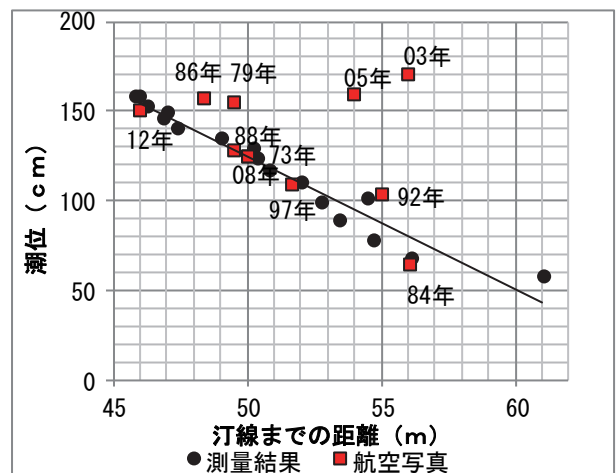


図 8 近似直線の妥当性検討

### 3-2 砂浜面積の算出

近似直線をもとに、各航空写真における補正値を求めた(表 2)。航空写真上での汀線の位置に補正値を加えて砂浜面積を計算し、砂浜面積の推移を示すグラフを作成した(図 9)。

表 2 補正値

撮影日	潮位 (cm)	補正値 (m)
1973/5/25	125	2.2
1979/10/1	155	6.2
1984/8/16	64	-6.1
1986/12/5	157	6.5
1988/11/3	128	2.6
1992/11/11	104	-0.7
1997/10/27	109	0.00
2003/1/2	171	8.4
2005/12/27	159	6.8
2008/12/30	124.5	2.1
2012/1/4	150	5.6

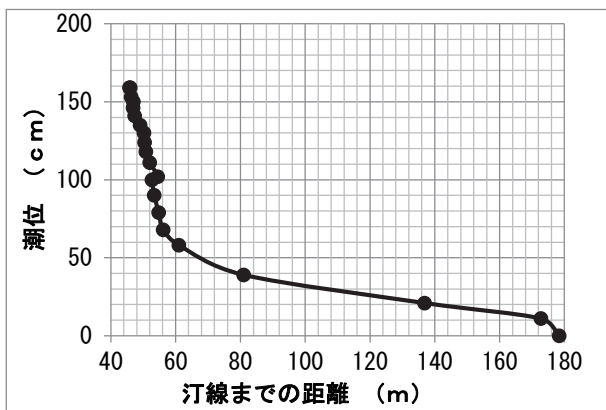


図 6 潮位と汀線までの距離の相関

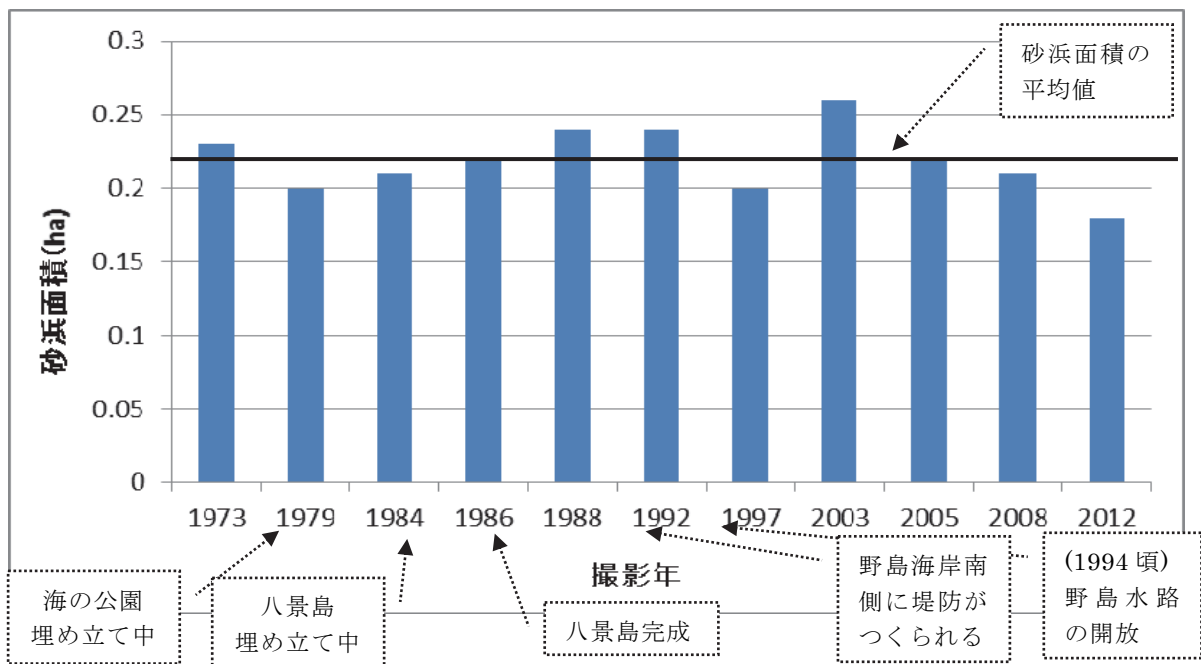


図9 砂浜面積の推移（1973年～2012）

図9から、八景島の造成など野島海岸周辺で開発の盛んだった1970～1980年代に注目したが、砂浜面積が顕著に減少しているという傾向は見られなかった。野島海岸の砂浜は長期的には増減を繰り返しており、2003年以降は減少傾向にあるものの、1973～2012年の砂浜面積の平均値である0.22 haと比較して大きな変化は見られなかった。

#### 4 まとめ

今回の調査では、過去の航空写真を利用するという方法であるため、諸条件の異なった対象の比較となっている。潮位補正の際も調査方法の簡略化のため、護岸から汀線までの水平距離の測量を1地点で実施した結果を全体に適用している。このため、今回の調査は当時の砂浜の状況を大まかに把握したものであり、調査結果は厳密な数値ではないことに注意が必要である。

また、今回の調査では常時海面より上に出ている部分を対象に調査を行ったが、野島海岸では干潮時には最大で4 ha以上の干潟が干出し、潮干狩りなどで市民に利用されていることから、干潮時の干潟の面積についても注目する必要がある。

護岸から60 m以上が遠浅な干潟となっている野島海岸の地形特性を考えると、干潟部分においては砂の流

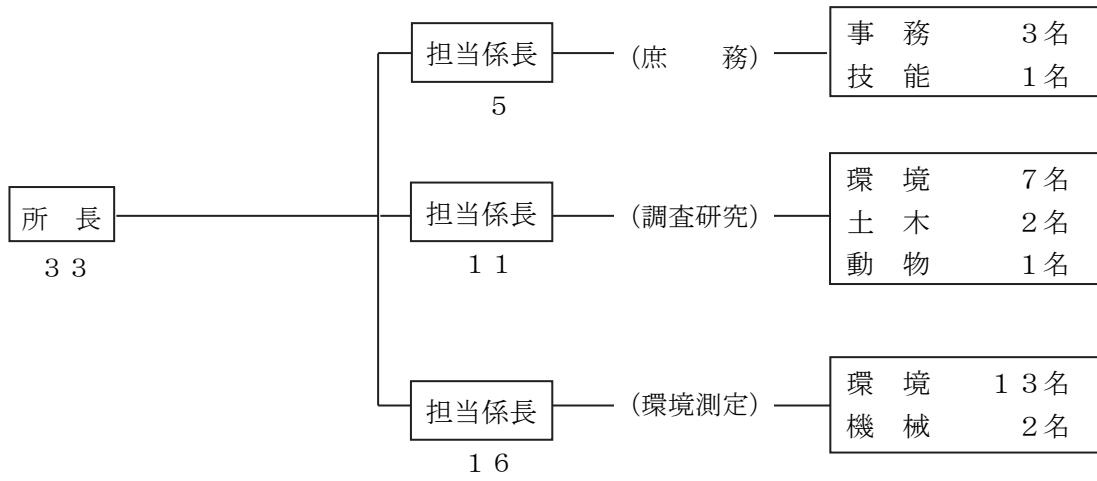
出だけでなく、水位の変化や地盤の沈下による影響を大きく受けると考えられる。日本近海では温暖化による水位の上昇は明瞭ではない<sup>5)</sup>が、2011年3月の東日本大震災において野島付近の地盤が沈下したという報告<sup>6)</sup>もあり、干潟の減少が懸念される。

#### 文 献

- 1) 横浜市環境創造局：生物多様性横浜行動計画、41-43（2015）
- 2) 山本幸次、目黒嗣樹：漂砂系における流砂量モニタリング、土木技術資料 47(3)、34-39（2005）
- 3) 濱田誠一：空中写真に見られる湧別海岸の海岸線変化、北海道地質研究報告、82、13-16（2011）
- 4) 海上保安庁マリンレジャー安全推進室：潮汐予測、[http://www1.kaiho.mlit.go.jp/JODC/marine/umi/tide\\_pred.html](http://www1.kaiho.mlit.go.jp/JODC/marine/umi/tide_pred.html)（2017年12月27日時点）
- 5) 気象庁：日本沿岸の海面水位の長期変化傾向、[http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shindan/a\\_1/sl\\_trend/sl\\_trend.html](http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shindan/a_1/sl_trend/sl_trend.html)（2017年12月27日時点）
- 6) 横浜市環境創造局：平成24年度横浜市地盤沈下調査報告書、11-12（2013）

# III 資料編

# 1. 人員及び組織



(平成 29 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
ガスクロマトグラフ質量分析計	日立 263-30	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 <sup>®</sup> -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
電気炉	ADVANTEC FUL232FA 外	2 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

(平成 29 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40回（平成28年度）環境研究合同発表会（神奈川県・横浜市・川崎市）	2016.6	横浜市の「地盤View」（横浜市地盤地図情報）について	○川上進
	〃	横浜港における水質、底質、生物試料の化学物質調査について	○酒井学、小市佳延
平成28年度 全国環境研協議会関東甲信静支部騒音振動専門部会	2016.7	振動のSEM画像への影響	○永井敬佑
第57回大気環境学会年会	2016.9	横浜市と東京都における夏季のVOC同時観測調査	○福崎有希子、石倉淳士（東京都環境局）、志村徹、小森陽昇、小宇佐友香、星純也（（公財）東京都環境公社 東京都環境科学研究所）、松永壮（（公財）東京都環境公社 東京都環境科学研究所）、上野広行（（公財）東京都環境公社 東京都環境科学研究所）
平成28年度環境創造局業務研究改善事例発表会	2016.10	環境科学研究所の電子顕微鏡業務（アスベスト等）について	○永井敬佑
		横浜市内におけるダイオキシン類モニタリング調査	○蝦名紗衣
		フラクタル日除けによる暑さ対策効果の調査結果	○関浩二、内藤純一郎
		屋内での暑さ対策技術による対策効果の定量的な評価結果	○関浩二、内藤純一郎
		市が尾駅前のすず風舗装上における「暑さ」低減効果の実測調査	○内藤純一郎
		平成28年夏の気温観測結果～横浜市のヒートアイランド状況～	○松島由佳
		雨水調整池における生物生息空間としての機能について	○七里浩志
		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	○小森昌史
		横浜の川の生物についてー平成26-27年度河川生物相調査の結果からー	○市川竜也
		山下公園前海域におけるきれいな海づくりに向けた取り組み	○堀美智子、市川竜也、潮田健太郎
水環境中の安息香酸ベンジルの分析について	○酒井学		
横浜市内の水環境における農薬分析例について	○酒井学		

学会大会名	年月	題名	発表者・共同研究者
		大気中のVOC測定メソッド改良によるコストの削減 神奈川県内におけるPM2.5高濃度エピソード 横浜市と東京都における夏季のVOC同時観測調査	○小宇佐友香、福崎有希子 ○志村徹、福崎有希子 ○福崎有希子、小森陽昇、志村徹、小森昌史、岩崎満、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）、松永壯（（公財）東京都環境公社 東京都環境科学研究所）、上野広行（（公財）東京都環境公社 東京都環境科学研究所）
平成28年度 全国環境研協議会関東甲信静支部水質専門部会	2016.10	横浜市環境科学研究所における農薬分析への取り組み	○酒井学
第19回自然系調査研究機関連絡会議（NORNAC19）	2016.10	横浜の川でくらす生物たち ～第14回横浜市河川生物相調査結果概要～	○市川竜也、渾川直子、村岡麻衣子、川田攻、七里浩志、小森昌史
平成28年度 全国環境研協議会関東甲信静支部大気専門部会	2016.11	大気中のVOC測定におけるメソッドの改良 熱放射環境の実測によるまちなかの「暑さ」の観測	○小宇佐友香、福崎有希子 ○内藤純一郎
平成28年度環境科学セミナー	2017.1	安息香酸ベンジル（水質） 安息香酸ベンジル（底質、生物）	○酒井学 ○酒井学
第32回全国環境研究所交流シンポジウム	2017.2	横浜市における暑熱環境把握及び対策に向けた調査研究 横浜市内の水環境における化学物質調査について	○内藤純一郎、関浩二、松島由佳、小倉智代、石原充也 ○酒井学、小市佳延、多田満（国立環境研究所）、小神野豊（国立環境研究所）

#### 4. 雑誌等投稿

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
化学物質と環境 平成 27 年度化学物質分析法開発調査報告書	H28. 10	酒井学	安息香酸ベンジル（水質）
<p>[要旨]</p> <p>水質試料中の安息香酸ベンジルについて、サロゲート物質を添加してからヘキサン抽出を行い、窒素ガス吹付で濃縮してからガスクロマトグラフ質量分析計 (GC/MS) で測定する分析法を開発した。開発した方法を用いた水質試料の検出下限は 4.4 ng/L、定量下限は 11 ng/L、添加回収試験の回収率は、80%を超えて、良好な回収率であった。</p>			

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
化学物質と環境 平成 27 年度化学物質分析法開発調査報告書	H28. 10	酒井学	安息香酸ベンジル（底質、生物）
<p>[要旨]</p> <p>底質試料及び生物試料中の安息香酸ベンジルについて、サロゲート物質を添加してから底質試料の場合はアセトン、生物試料の場合はアセトニトリルで抽出を行い、ヘキサンに転溶してからガスクロマトグラフ質量分析計 (GC/MS) で測定する分析法を開発した。開発した方法を用いた底質試料の検出下限は 1.0 ng/g-dry、定量下限は 2.6 ng/g-dry であり、生物試料の検出下限は 1.5 ng/g-wet、定量下限は 3.8 ng/g-wet であった。</p>			

## 5. 記者発表一覧

発表日	発表内容
平成28年5月23日	「第40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～
平成28年7月1日	横浜市環境科学研究所 施設公開
平成28年9月27日	平成28年夏の横浜市内の気温観測結果
平成28年10月14日	横浜の川でくらす生き物たち ～ 第14回横浜市河川生物相調査結果概要～
平成29年1月16日	外来種のリスが生息域拡大か 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2016 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 <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> およびNH <sub>3</sub> 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



## 7. 施設見学者等一覧

日付	団体名等	内 容	人数
H28. 5. 27	環境保全部職員研修	研究所紹介、大気分析、固形物分析（アスベスト、放射能、ダイオキシン）、ヒートアイランド、測定分析エリア見学	10
H28. 7. 7	横浜国立大学教育人間科学部	研究所紹介、横浜の川と海の生物、こども「いきいき」生き物調査、固形物分析（電子顕微鏡、放射能）、ヒートアイランド	13
H28. 8. 7	環境科学研究所施設公開	海のプランクトンを見てみよう！数えてみよう！、不思議な「ひよけ」を体験しよう！、アオダイショウ（蛇）の部屋、キラキラおさかなしおりを作ろう！、分析装置紹介 等	239
H28. 8. 10	本郷中学校科学部	研究所紹介、水質分析、こども「いきいき」生きもの調査、横浜の川の生物、測定分析エリア見学	8
H28. 8. 10	生涯企画塾	研究所紹介、大気分析、地盤環境、ヒートアイランド、測定分析エリア見学	15
H28. 10. 26	戸田市笹目地区環境対策協議会	研究所紹介、きれいな海づくり、ヒートアイランド、固形物分析（アスベスト、放射能、ダイオキシン）、測定分析エリア見学	35
H29. 2. 16	藤沢市御所見地区生活環境協議会	研究所紹介、固形物分析（アスベスト、放射能、ダイオキシン）、こども「いきいき」生きもの調査、測定分析エリア見学	10
合 計			330

## 8. 講師派遣一覧

日付	団体名等	内 容	人数
H28. 7. 8	雨水調整池ビオトープ観察会	森の台小学校教員を対象とした雨水調整池現地視察会	29
H28. 7. 18	松並木プロムナード水辺愛好会	今井川の水質分析、化学物質の説明	25
H28. 7. 24	阿久和川における生き物調査	阿久和川における生き物調査で採集された生き物の解説等	60
H28. 7. 28	日限山学童保育杉の子クラブ	きれいな海づくり：横浜の海についての説明、海に関するクイズ・ゲーム	39
H28. 8. 3	横浜ガーデンアカデミー	きれいな海づくり：横浜の海についての説明、海に関するクイズ・ゲーム	11
H28. 8. 10	中丸小学校放課後キッズクラブ	きれいな海づくり：横浜の海についての説明、海に関するクイズ・ゲーム	31
H28. 9. 10	雨水調整池ビオトープ観察会	森の台小学校親子を対象とした雨水調整池現地視察会	27
H28. 9. 15	環境職研修	生物多様性、きれいな海づくり	28
H28. 9. 25	「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	50
H28. 9. 30	瀬谷緑窪公園保全管理計画フォローアップ研修	2015年度実施の陸域生物調査結果の紹介、現地視察	8
H28. 11. 4	横浜市立大学「環境保全学」生物からみる水環境	横浜の海の生物、横浜の海の問題、きれいな海づくり事業についての講義	10
H28. 11. 21	水田の生き物調査	学校水田、学校プールなどでの生き物採集、観察	11
H28. 11. 23	竹山池「生き物捕獲大作戦」（かいぼり）	生物の捕獲、同定	70
H28. 11. 24	本郷小学校6年2組	とんぼ池の水質測定や生物調査の方法、生物の説明	40
H28. 12. 5	横浜国立大学統合的海洋教育・研究センターシンポジウム 東京湾の水環境の未来像を考える	きれいな海づくり	90
H29. 2. 21	雨水調整池ビオトープ観察会	生物の捕獲、同定	45
H29. 2. 23	時代を刷新する会 環境技術委員会	きれいな海づくり	10
合 計			584

## 9. イベント出展等一覧

日付	イベント名	内 容	人数
H28. 4. 15～17	よこはま花と緑のスプリングフェア 2016	きれいな海づくり、化学物質、こども「いきいき」生き物調査、海域生物相調査、ヒートアイランド、熱中症、ヒートパズル、標本展示	—
H28. 4. 16	2016 世界トライアスロンシリーズ 横浜大会1か月前プレイベント 「Green Triathlon」	きれいな海づくり：水中実況中継、二枚貝による水質浄化	6,000
H28. 5. 14～15	2016 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：横浜の魚を釣ってみよう！、二枚貝による水質浄化	412,000
H28. 5. 17～ 6. 13	生きもののつながり（生物多様性）展 （栄図書館）	生物多様性普及啓発を主としたキャンペーン	—
H28. 5. 17～ 6. 19	知ろう！伝えよう！生きもののつながり キャンペーン（中央図書館 パネル 展示）	環境科学研究所紹介パネル、生物多様性、ヒートアイランド、きれいな海づくり	—
H28. 5. 22	かながわ湊フェスタ2016	研究所紹介、大気分析、地盤環境、ヒートアイランド	372
H28. 6. 10～24	生きもののつながり（生物多様性）展 （中図書館）	生物多様性普及啓発を主としたキャンペーン	—
H28. 6. 17～ 7. 14	生きもののつながり（生物多様性）展 （瀬谷図書館）	生物多様性普及啓発を主としたキャンペーン	—
H28. 7. 20～24	環境企画展 見て、知って、学ぼう！よこはまの環境	環境創造局と図書館協働での企画展示	—
H28. 7. 20～24	打ち水大作戦2016@よこはま 打ち水初め式典 （横浜市水道局主催）	パネル展示（ヒートアイランド対策、気温観測結果、打ち水等） フラクタル日除け（9m×5.4m）の実物展示	—
H28. 7. 22～ 8. 4 H28. 8. 10～31	生きもののつながり（生物多様性）展 （鶴見図書館）	生物多様性普及啓発を主としたキャンペーン	—
H28. 7. 23	第31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：横浜の魚を釣ってみよう！、パネル展示	400
H28. 7. 27	保健衛生フォーラム	環境省外来種パネル、外国産カブトムシ標本、カミツキガメ剥製、タイワンリス剥製	—
H28. 7. 28	生きもののつながり（生物多様性）展 （神奈川図書館）	生物多様性普及啓発を主としたキャンペーン	—
H28. 8. 9～19	生きもののつながり（生物多様性）展 （都筑図書館）	生物多様性普及啓発を主としたキャンペーン	—
H28. 8. 17	子どもアドベンチャー2016	化学物質ってなんだろう？、色々な土を触ってみよう！	—
H28. 10. 4～31	生きもののつながり（生物多様性）展 （緑図書館）	生物多様性普及啓発を主としたキャンペーン	—
H28. 10. 15	保土ヶ谷区民まつり	保土ヶ谷で見られるアユ等、帷子川の生き物	—
H28. 10. 23	東京湾大感謝祭2016	きれいな海づくり：横浜の魚を釣ってみよう！、パネル展示	98,000
H28. 10. 30	こどもエコフォーラム	市内の小中学生が行った環境に関する調査や活動を発表（「ステージ発表」および「ポスター発表」、教育委員会との共催）	89
H28. 11. 13	金沢水の日	きれいな海づくり：貝合わせを作ろう！	70
H29. 3. 4	動物たちのSOS展	生物多様性	—
合 計			516,931

## ◇編集後記◇

ここに、横浜市環境科学研究所報第42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42号編集委員会

蓮野 智久

金子 隆行

橋本 あゆみ

岩崎 満

小市 佳延

福崎 有希子

蝦名 紗衣

川上 進

七里 浩志

小林 健

横浜市環境科学研究所報・第42号

2018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/>