

**第47回
環境研究合同発表会
講演要旨集**

令和5年6月21日（水）

神奈川県市環境研究機関協議会

神奈川県環境科学センター
横浜市環境科学研究所
川崎市環境総合研究所

第47回環境研究合同発表会講演要旨集 目次

座長 古谷 智仁（横浜市環境科学研究所）

- 1 横浜市内の気温観測調査について・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
横浜市環境科学研究所 狭間 優哉
- 2 データに基づく熱中症予防について・・・・・・・・・・・・ 5
川崎市環境総合研究所 近藤 玲子
- 3 檜洞丸山頂周辺のオゾン濃度測定・・・・・・・・・・・・ 9
神奈川県環境科学センター 武田 麻由子

座長 坂本 広美（神奈川県環境科学センター）

- 4 光化学オキシダント(O_x)高濃度日の低減に向けた調査研究・・・・・・・・ 13
川崎市環境総合研究所 野村 あづみ
- 5 小学生による市民協働生物調査 こども「いきいき」生き物調査について・・ 17
横浜市環境科学研究所 川村 顕子
- 6 みんなで守る水源河川～環境DNAが県民参加型調査にもたらした恩恵～・・・ 21
神奈川県環境科学センター 長谷部 勇太

横浜市内の気温観測調査について

○狭間 優哉、石田 麻衣子、小田切 幸次、東 友香
(横浜市環境科学研究所)

横浜市環境科学研究所では暑さの状況把握のため気温観測を行っている。各年の比較により猛暑の年は平年並の年に比べて、日中35℃以上及び夜間28℃以上の延べ時間数で地点間の差が大きいことが分かった。さらに日中の延べ時間数と相模湾からの距離、夜間の延べ時間数と周辺緑被率の相関を確認し、海風や緑地による効果が見られた。併せて、本調査結果が活用された手引きについても紹介する。

1 はじめに

横浜は、地球温暖化にヒートアイランド現象の影響が重なることにより、日本の都市の中でも高温化が進んでいる。横浜市環境科学研究所では、市内の暑さの状況を把握するため、毎年複数の地点で気温観測を実施している。これまでの調査では、市内気温には地域差があり、日中と夜間でもその傾向が異なることが分かっている。さらに近年は、「災害級」とも言われる猛暑に見舞われることもあり、熱中症などの健康被害を軽減するためには、暑さへの適応が一層必要である。

本稿では、猛暑の年の暑さの傾向を把握するため、猛暑の年と平年並の年を比較した結果を報告する。さらに本市では、気温観測結果も使用して、「都市環境気候図を活用した暑さをしのぐ環境づくりの手引き（以下、手引き）」を発行している。本稿では、その手引きの内容についても紹介する。

2 気温観測調査の概要

毎年市内約40校の小学校の百葉箱にサーミスタ温度計（TR-52i、株式会社ティアンドデイ製）を設置して、1時間毎の気温を観測している。なお、観測地点は2012年以降概ね同地点での観測を継続している。参考に2018年の気温観測地点を図1に示す。



図1 気温観測地点

3 解析事例の紹介（猛暑の年と平年並の年の比較）

3.1 解析方法

3.1.1 猛暑の年及び平年並の年の選出

はじめに横浜地方気象台の観測値について、気象庁の階級区分に基づき7～8月の平均気温を1991～2020年の30年間の期間で分類した。

なお、階級区分値は値の大、小によって複数の群に分けたときの各群の境界値を示す。「高い」「平年並」「低い」の階級区分値は、30年間の地域平均平年差（比）が、3つの階級に等しい割合で振り分けられるように決められており、値が30年間の観測値の下位または上位10%に相当する場合には、「かなり低い」「かなり高い」と表現できる¹⁾。

次に分類した階級区分値に基づき、市内約40校の観測値について、7～8月の平均気温を分類した結果を図2に示す。「高い」あるいは「かなり高い」に定義された年を猛暑の年、「平年並」に定義された年を平年並の年として、本解析の対象年には、猛暑の年に2010年、2013年、2018年、平年並の年に2014年、2015年、2016年を選出した。



図2 7～8月平均気温分類

3.1.2 解析指標

猛暑の年及び平年並の年について、日中(6:00～18:00)と夜間(18:00～翌6:00)の時間帯で各年の比較を行った。日中の指標には、30℃以上の延べ時間数及び35℃以上の延べ時間数、夜間の指標には、25℃以上の延べ時間数及び28℃以上の延べ時間数を用いた。

3.2 解析結果

3.2.1 地域分布の比較

各指標の分布を図3～図6に示す。なお、猛暑の年及び平年並の年は、各3年間ともに概ね同様の傾向がみられたため、各1年間のみの分布図を示す。各指標の延べ時間数について、日中は北部や北東部、夜間は東部が大きい傾向であり、猛暑の年と平年並の年では延べ時間数の大きい地域の分布は概ね同様であった。またいずれも延べ時間数の指標の値が大きい方が、延べ時間数の大きい地域の範囲が狭くなっていた。

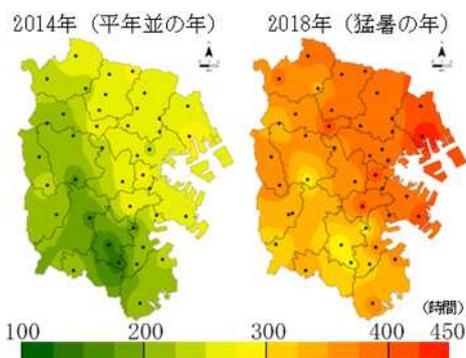


図3 日中 30℃以上の延べ時間数

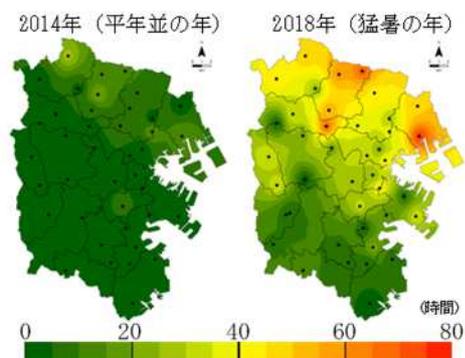


図4 日中 35℃以上の延べ時間数

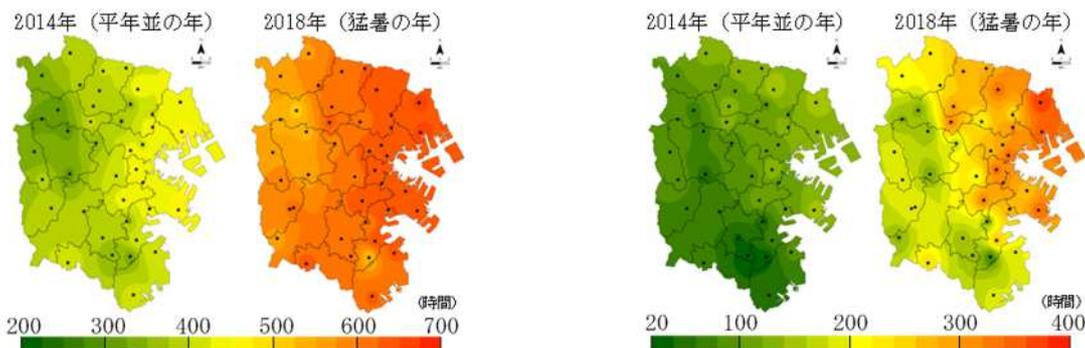
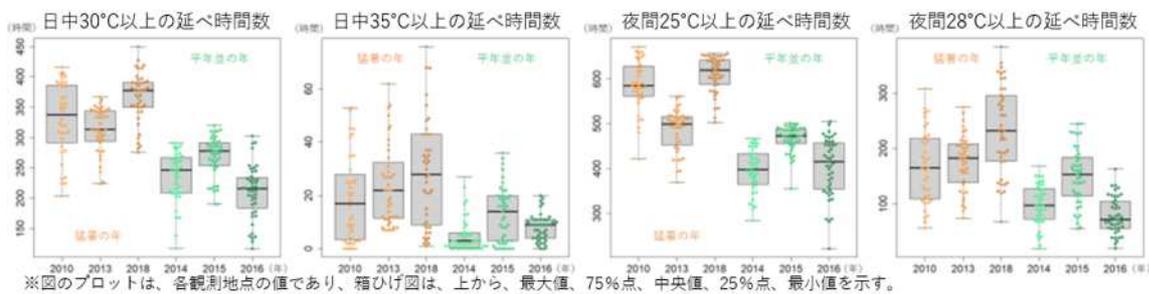


図5 夜間25℃以上の延べ時間数 図6 夜間28℃以上の延べ時間数

3.2.2 猛暑の年と平年並の年の比較

各年における全観測地点の延べ時間数を図7に示す。日中35℃以上の延べ時間数及び夜間28℃以上の延べ時間数について、平年並の年に比べて猛暑の年の方が地点間の差が大きくなる傾向がみられた。



※図のプロットは、各観測地点の値であり、箱ひげ図は、上から、最大値、75%点、中央値、25%点、最小値を示す。

図7 各年における全観測地点の延べ時間数

海風には日中の気温上昇を抑える効果、緑地には夜間の気温を低減する効果がある²⁾ことからこれらの影響により、地点間の差が生じていると考えた。そこで、海風については相模湾からの距離と、緑地については周辺緑被率と各延べ時間数の相関係数を算出した(表1)。

その結果、猛暑の年と平年並の年ともに、日中の延べ時間数には相模湾からの距離と正の相関が、夜間の延べ時間数には周辺緑被率と負の相関がみられた。さらに日中35℃以上の延べ時間数及び夜間28℃以上の延べ時間数では、猛暑の年全ての年で平年並の年に比べて相関係数の絶対値が1に近くなっていた。以上より、日中35℃以上の延べ時間数及び夜間28℃以上の延べ時間数において猛暑の年が平年並の年と比べ地点間の延べ時間数の差が大きいことの要因には、海風及び緑地の影響が大きいことが示唆された。

表1 各指標の相関係数

年	相模湾からの距離		半径300m以内の周辺緑被率	
	日中30℃以上の延べ時間数	日中35℃以上の延べ時間数	夜間25℃以上の延べ時間数	夜間28℃以上の延べ時間数
平年並の年				
2014	0.565***	0.449**	-0.660***	-0.507***
2015	0.557***	0.639***	-0.701***	-0.621***
2016	0.500***	0.651***	-0.458**	-0.553***
猛暑の年				
2010	0.637***	0.720***	-0.662***	-0.628***
2013	0.684***	0.813***	-0.699***	-0.662***
2018	0.483**	0.715***	-0.629***	-0.684***

※統計ソフトR (4.0.4) によりスピアマンの順位相関係数を算出した。
 ※***: p値 0.001以下, **: p値 0.01以下, * p値 0.05以下を有意とした。

4 活用事例の紹介(「手引き」について)

4.1 気温観測調査結果の活用内容

本市の手引きでは、海風と緑地に着目して都市環境気候図と地域特性を踏まえた具体的な取組例を紹介している。その中で、気温観測調査結果から海風と緑地の影響が視覚的に分かる延べ時間数の分布図と、猛暑の年と平年並の年の平均気温の分布図を掲載している。

4.2 都市環境気候図

都市環境気候図とは、都市の熱環境や大気汚染の改善方策などを検討するために、建物などの都市の要素や気流などの気候的な要素などを地図上に整理した図である³⁾。本市では、夏季の風について午前と午後の吹き方から5つのゾーンに市域を分類し、さらに周辺緑被率によって色分けを行った都市環境気候図を作成し、手引きに掲載している（図8）。

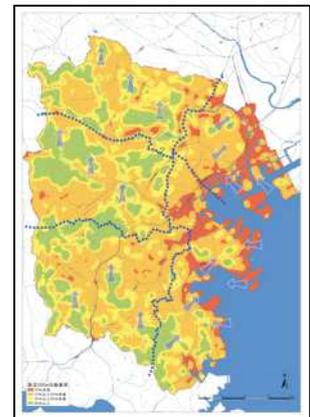


図8 都市環境気候図

4.3 具体的な取組の検討

手引きでは、都市環境気候図を「暑さをしのぐ環境づくりのヒントマップ」として、ステップ1に「風の吹き方を知る」、ステップ2に「緑の効果を知る」と位置付けている。ステップ3では、それらを踏まえた具体的な取組を土地利用毎に重要度を評価し紹介している（図9）。

図9 具体的な取組の検討

5 おわりに

気候変動により暑さの状況は厳しさを増しており、今後も適応策を推進していくためには市内の暑さの状況把握や暑熱緩和につながる取組が重要となる。横浜市環境科学研究所では、今後も気温観測による暑さの把握や暑さ対策技術の効果検証などを通じて、暑さへの適応に向けた取組を行っていく。

引用文献

- 1) 気象庁、よくある質問 (FAQ) (<https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/cgi-bin/view/explanation/faq.html>)
- 2) 横浜市 (2022)、都市環境気候図を活用した暑さをしのぐ環境づくりの手引き (<https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/ondanka/etc/heat.html>)
- 3) 環境省 (2013)、技術資料 1 都市環境気候図の作成方法、ヒートアイランド対策ガイドライン平成24年度版、p113.

データに基づく熱中症対策について

○近藤玲子、田中貴裕、鶴見賢治、鈴木英幸（川崎市環境総合研究所）

近年、気候変動の影響により猛暑日の日数が増加し、本市を含めて全国的に熱中症の被害者は増加傾向にあることから、当研究所では、適応策のひとつでもある「熱中症予防」に係る調査研究を重点的に実施している。本研究の中で、効果的な熱中症予防の推進につながる科学的知見（データ）が得られ、これらのデータを活用した予防啓発を実施しているので、次のとおり報告する。

1 はじめに

「川崎市気候変動情報センター」では、気候変動の影響や適応に関する情報の収集、整理、分析して発信し、市民や事業者の適応に関する取組を促進している。近年、猛暑日の日数が増加し、熱中症の被害者が増加傾向であることから、夏季の「熱中症予防」に係る調査研究を重点的に実施している。調査研究内容としては、「熱中症救急搬送状況の解析調査」、「屋内外における暑熱環境調査」等を実施するとともに、これらの調査から得られた科学的知見（データ）を活用した熱中症予防の普及啓発を積極的に行っている。

2 熱中症救急搬送状況の解析調査

熱中症による救急搬送者が確認され始める5月から残暑が厳しい9月までの期間、市内における熱中症の発生状況等について、救急搬送者数の増減の傾向や気温と搬送者数の関係性、熱中症による救急搬送者が発生する時間帯、発生場所、時期など様々な視点で解析を行った。

使用データとして、気温は、本市環境局が設置している大気常時監視システム的一般環境大気測定局の気温データ（速報値）を使用し、熱中症救急搬送状況は、本市消防局から提供を受けた熱中症救急搬送データを使用した。

2.1 市内における熱中症救急搬送状況

図1は、市内における猛暑日日数と救急搬送者数の経年推移を5年ごとに集計したグラフである。猛暑日日数、救急搬送者数、高齢者（65歳以上）の搬送割合は全て増加傾向であり、また、平成30年～令和4年の過去5年における高齢者の搬送割合が49%と救急搬送者数の約半数が高齢者であった。これらのことから、近年は夏季における気温の上昇に伴い、熱中症リスクが増加しており、高齢者は特に注意が必要であることが分かった。

2.2 気温と熱中症救急搬送者数の関係

図2は、市内の気温と救急搬送者数の10年分データから作成し、その関係性を示したグラフである。市内最高気温の上昇に伴い救急搬送者数も上昇しており、市内最高気温が30℃台では1日平均1.5人、35℃台では1日平均12.8人が搬送されている。このことから、市内最高気温30℃以上で熱中症リスクが急激に増加することが分かり、猛暑日のような気象状況では特に注意が必要である。

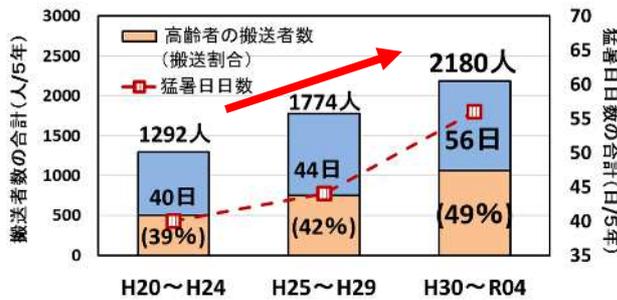


図1 熱中症救急搬送者数の5年ごとの推移
(平成20年～令和4年の5～9月集計)

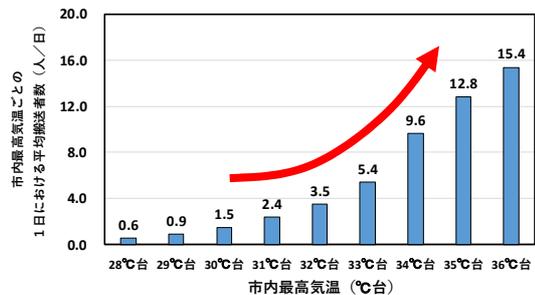


図2 気温と熱中症救急搬送者数の関係
(平成25年～令和4年の5～9月集計)

2.3 梅雨明け前後の1週間ごとの熱中症救急搬送者数の推移

図3は、市内の猛暑日日数、救急搬送者数及び梅雨明け日の10年分データから作成した梅雨明け前後1週間ごとの熱中症救急搬送者数と猛暑日日数の推移を示したグラフである。梅雨明け前は猛暑日がほとんど観測されていないが、梅雨明け直後の1週目では平均で12日観測されており、猛暑日が急増している。また、梅雨明け1週目と5週目を比較すると、猛暑日日数は同じであるが、梅雨明け1週目の救急搬送者数(624人)は5週目(358人)よりも1.7倍多い。これらのことから、梅雨明け直後に救急搬送者数が急増したのは、暑さ慣れていない状況において猛暑日日数が急増したことが要因であると考えられ、梅雨明け直後は熱中症に特に注意する必要がある。



図3 梅雨明け前後の1週間ごとの熱中症救急搬送者数と猛暑日日数の推移
(平成25年～令和4年の5～9月集計)

2.4 時刻別の熱中症救急搬送状況

図4は、市内の時刻別の救急搬送者数と搬送理由の10年分データから作成し、その関係性を示したグラフである。救急搬送者全体としては、

11、12 時台に救急搬送者数のピークがあり、搬送理由の内訳全てにおいても搬送者数が多い。また、10 時台から 11 時台にかけて救急搬送者数が急増している。これらのことから、全体としては、熱中症リスクが高い時間帯である 11、12 時台を意識して休憩やエアコン使用など早めの対策をとることが大切である。また、作業労働においては、13 時台で搬送者数が一時減少するが、15 時台にかけて救急搬送者数が増加して熱中症リスクが高くなることから、15 時台にも意識して早めの休憩をとるなどの対策が大切である。

2.5 発生場所別の熱中症救急搬送状況

図 5 は、市内の発生場所別の救急搬送者数と高齢者の搬送割合の 10 年分データから作成し、その関係性を示したグラフである。内訳を見ると「住居」での発生が最多で、救急搬送者全体の 2180 人に対して 817 人と全体の約 37%を占めた。次いで「道路」での発生が 483 人と多く、全体の約 22%を占めた。また、「住居」、「道路」とともに高齢者の割合が 60%以上であった。

以上のことから、「住居」であっても安心せず、室温が 28℃を超えないようにエアコンを活用することや、部屋の風通しを良くするなどの室内環境を整える対策が大切である。また、「道路」での搬送も多いことから、外出時には日傘や帽子を使用するなどの暑さを避ける対策が大切である。

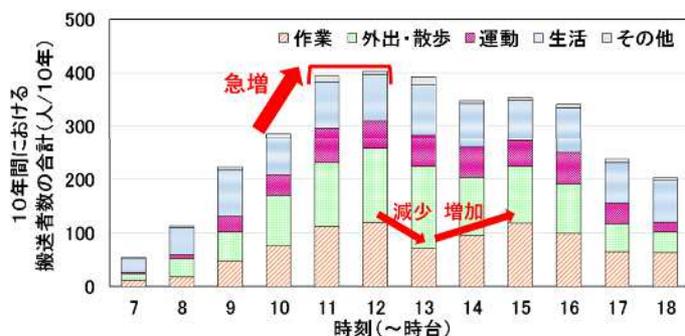


図 4 時刻別の熱中症救急搬送者数及び搬送理由の内訳
(平成 25 年～令和 4 年の 5～9 月集計)

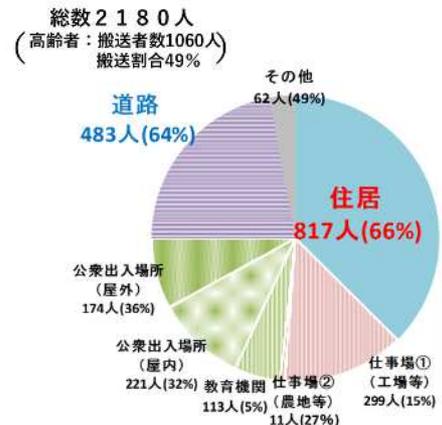


図 5 発生場所別の熱中症救急搬送者数及び高齢者の割合
(平成 25 年～令和 4 年の 5～9 月集計)

3 屋内外における暑熱環境調査

3.1 小学校体育館における暑熱環境調査

屋内の熱中症予防という観点で、日射や外気温等が建物室内の暑熱環境に及ぼす影響について調査を実施した。調査は、小学校体育館と校庭を対象として実施し、体育館内の窓・扉等を開放・閉鎖と条件を変えて、体育館内と校庭の日中の気温の比較等を行ったものであり、その結果を図 5、図 6 に示す。体育館の天井の表面温度は、日中に最大で 54.4℃、床面の表面温度の最大は 46.8℃となった。また、閉鎖環境で

は、体育館内の方が外気温よりも日中の平均気温で5℃高く、日射の影響により高温となった天井及び床面が、体育館内を熱くする大きな熱源になったと考えられる。そのため、部屋（建物室内）にエアコンがない又は停止している場合は、窓を開放して風通しを良くすることが大切である。

天井の表面温度（最大）54.4℃



床面の表面温度（最大）46.8℃

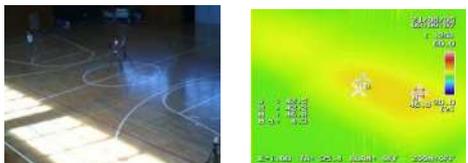


図5 体育館天井及び床面の様子

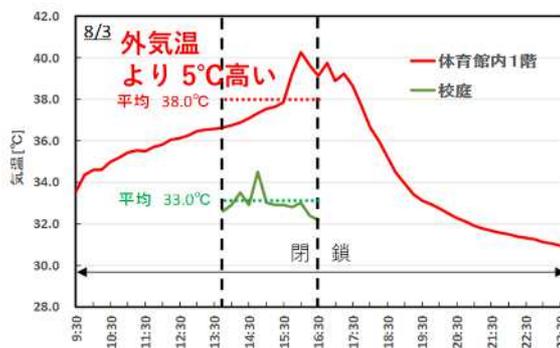


図6 体育館閉鎖環境と外気温（校庭）の比較

3.2 日傘等による暑さ軽減効果の調査

図7は、屋外の熱中症予防という観点で、日傘や帽子等の使用による暑さ軽減効果について調査を実施した結果を示したものである。夏季の日なたで、「日傘使用」、「帽子使用」、「(日傘、帽子)なし」の状態での10分経過時の頭頂部の温度を調べたところ、「日傘使用」では、「日傘なし」に比べて頭頂部の温度が11.4℃低く、「帽子使用」では、「帽子なし」に比べて頭頂部の温度が7.9℃低かった。このことから、日傘や帽子を使用することは熱中症予防に効果的であることが分かった。

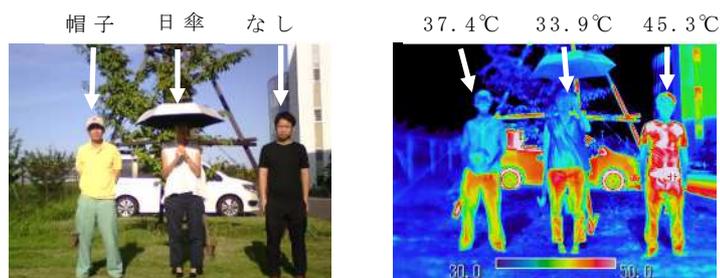


図7 日なたで10分経過時の温度分布

4 おわりに

これまでの調査研究で得られた科学的知見（データ）を活かして、熱中症予防のリーフレットや動画を製作して市内各所に配架・放映するほか、庁内外の関係機関等への出張講座の実施、SNS等を活用した情報発信、調査結果のホームページへの公開など、様々な手法でデータに基づく熱中症予防啓発を実施している。

引用文献

- 1) 日常生活における熱中症予防指針 Ver. 4、日本生気象学会（2022）

檜洞丸山頂周辺のオゾン濃度測定

武田 麻由子(神奈川県環境科学センター)

丹沢山地におけるブナ林衰退の原因のひとつとしてオゾンがあげられている。草地化が進行すると、風速が大きくなり、オゾンのブナへの影響が強まることが懸念される。檜洞丸山頂周辺において、電源を必要としないパッシブサンプラーを用いた測定を実施したところ、草地率が高いほどオゾン濃度も風速も高く、下層植生の平均群落高が高いほどオゾン濃度も風速も低くなることが示された。植生保護柵の設置等により下層植生を定着させることにより、オゾンの影響を小さくできる可能性が示唆された。

1 はじめに

神奈川県北西部に位置する丹沢大山地域は、丹沢山、蛭ヶ岳、檜洞丸など標高1500mを越える山々が連なっている。これらの主稜線部をつないだ海拔1400m以上の地域はブナの純林で覆われており、学術的にも非常に重要であることが確認されている。しかし、1980年頃にブナ林の衰退が顕著となり、現在も植生は回復したとは言えない状況である。図1に丹沢山地におけるブナ林の衰退状況を示す。ブナの枯損は丹沢山地全域に認められており、特に枯損密度の高い地点は、丹沢山、蛭ヶ岳、檜洞丸の山頂付近であることが確認されている。ブナ林衰退の原因のひとつとして大気汚染物質であるオゾンの影響が懸念されており¹⁾、神奈川県環境科学センターではブナ林衰退地に近接する西丹沢犬越路隧道脇(山北町中川927-2、北緯35度29分16秒、東経139度5分6秒、標高920m、以下「犬越路測定局」という。)において、1995年より大気汚染物質等の測定を行い、犬越路測定局におけるオゾン濃度が都市部に比べて著しく高いことを明らかにしてきた。

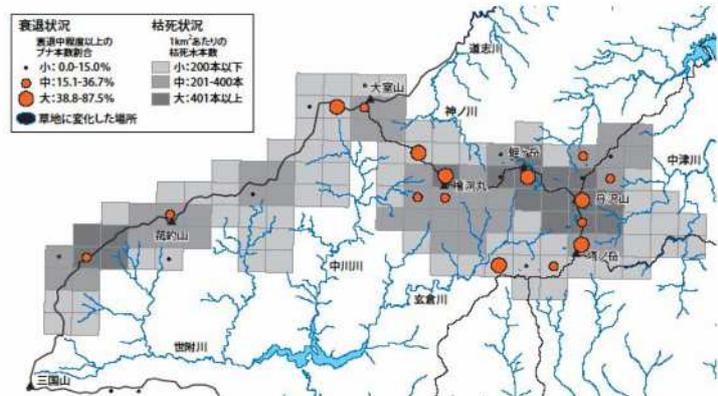


図1 丹沢山地におけるブナ林の衰退状況
(山根ほか¹⁾より引用)

2 研究目的

第3期丹沢大山自然再生計画(2017~2022年)では、ブナ林が衰退し草地化が進行する場所にブナ等の森林を再生させる事業を推進しているが、草地化した場所における更新木の生育や定着は困難であった。草地が拡大し、ニホンジカにより林床植生が破壊された地点では、風が強く吹くためオゾンの移流フラックスも増大し、加速的に衰退が進行すると考えられている²⁾。このことから、草地化の進行状況や林床植生の回復状況が異なる

場所でオゾンや風のリスクを評価する必要があると考えられた。そこで、檜洞丸山頂周辺の草地化した場所と林内、及び植生保護柵の内外において、電源を用いずにオゾン濃度の測定や風速の推定を行うことができる拡散型及び改変型パッシブサンプラー³⁾を用いた多点測定を実施したので、その結果を報告する。

3 調査方法

3.1 調査地点

檜洞丸山頂（北緯 35 度 28 分 44 秒、東経 139 度 06 分 10 秒、標高 1601m）周辺において、高木樹の衰退の有無などによる林冠の開空度や林床植生の回復状況が異なる場所を 12 地点選定し（図 2）、GPS で位置情報を記録した。各地点の標高は 1520m～1592m である。

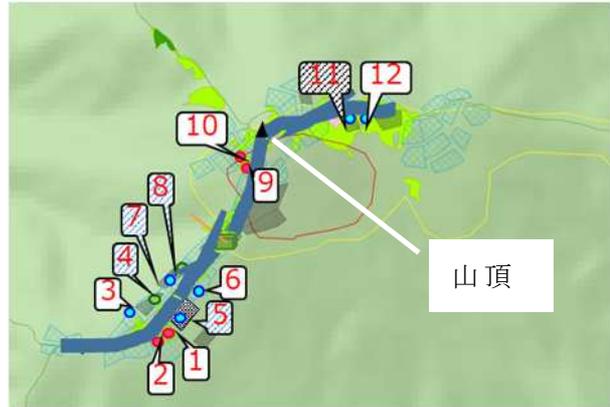


図 2 檜洞丸山頂付近の調査地点
網掛けは植生保護柵内の地点



- 1.ポリエチレン多孔栓
- 2.ステンレス金網
- 3.捕集用ろ紙
- 4.テフロンリング
- 5.テフロン円盤
- 6.ポリアクリル本体（内径 15mm、外形 19mm、高さ 26mm）



図 3 拡散型パッシブサンプラーの構造
及び拡散型（右）と改変型（左）
サンプラーの写真

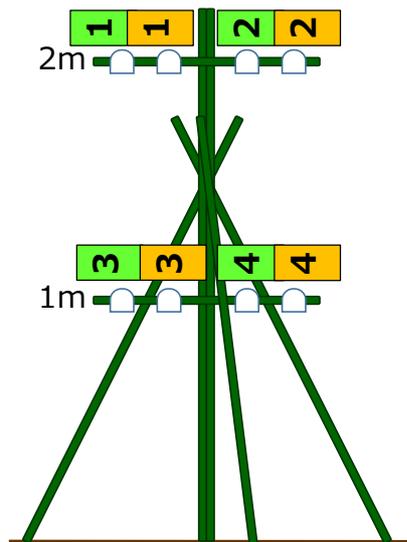


図 4 園芸用支柱及び各サンプラー
設置状況図
緑：拡散型 オレンジ：改変型

3.2 パッシブサンプラーの設置

2017年6月2日及び2022年4月25日に、各調査地点に園芸用支柱で作成した骨組みを設置し、(株)小川商会製拡散型パッシブサンプラー(図3)を地面からの高さ1m及び2mの場所に1m間隔で2個ずつ、計4個設置した(図4)。改変型パッシブサンプラー(図3)は拡散型パッシブサンプラーに隣り合うように1個ずつ、計4個設置した。拡散型パッシブサンプラーは、捕集用ろ紙にオゾンを捕集する仕組みとなっている。捕集に当たり、乱流を防ぎ、風速の影響を極力少なくするために捕集用ろ紙の前面に多孔栓を設けている。一方、改変型パッシブサンプラーは多孔栓の多孔部分をくりぬいて風速の影響を受けるように加工しており、拡散型パッシブサン

プレーと並列して設置することで、風速の影響を加味したオゾン濃度（オゾン曝露総量）を観測し、両サンプラーの濃度差から風速を推定することができる³⁾。対照として、犬越路測定局の局舎屋上に1対設置した。

各調査地点のパッシブサンプラーはそれぞれ約1か月間隔で交換・回収した（表1）。ブナの展葉時期は例年5月中旬ごろであることから、展葉前後の違いを検討するため、2022年5月は前半後半の2週間間隔とした。

表1 2017年及び2022年の檜洞丸調査地点及び犬越路の設置日及び回収日

年	地点	設置日	各調査月の回収日						
			5月前半	5月後半	6月	7月	8月	9月	10月
2017	檜洞丸	6/2	-	-	6/26	7/31	9/4	9/29	11/1
	犬越路	6/1	-	-	6/30	7/31	9/1	9/29	10/30
2022	檜洞丸	4/25	5/12	5/31	6/30	7/28	8/31	9/27	-
	犬越路	4/28	5/16	5/30	6/30	8/1	8/31	10/4	-

3.3 周辺環境調査

2017年8～9月に、ドローンを用いて檜洞丸山頂周辺の航空画像を撮影し、植生判読図を作成した。植生判読図上の調査地点の位置から半径50mの円を描画し、円内の草地・裸地の割合（草地率）を算出した。各調査地点の開空度と下層植生の平均群落高は2017年及び2022年7～8月に測定した。開空度はニコンCoolPix4500とフィッシュアイコンバーターFC-E8を用いて撮影した全天空写真から算出し、それぞれ5か所の平均値を求めた。平均群落高は再生してきた植生の群落高を測定し、それぞれ10か所の平均値を各地点の代表値とした。

4 結果及び考察

4.1 各調査地点のオゾン濃度及び風速（推定値）

2022年の各調査地点のオゾン濃度及び風速（推定値）の結果を図5に示す。各地点とも、5～6月にオゾン濃度が高く、8月の夏季に低かった。風速（推定値）は、5月後半及び6～9月に比べ、5月前半に大きかった。オゾン濃度は変わらないものの、風速が大きいことにより、5月前半はオゾン影響が大きいことが示唆された。

4.2 周辺環境との関係

2017年の調査結果について、調査地点の半径50mの草地率とオゾン曝露総量の関係を示した（図6）。いずれの月も強い相関を示

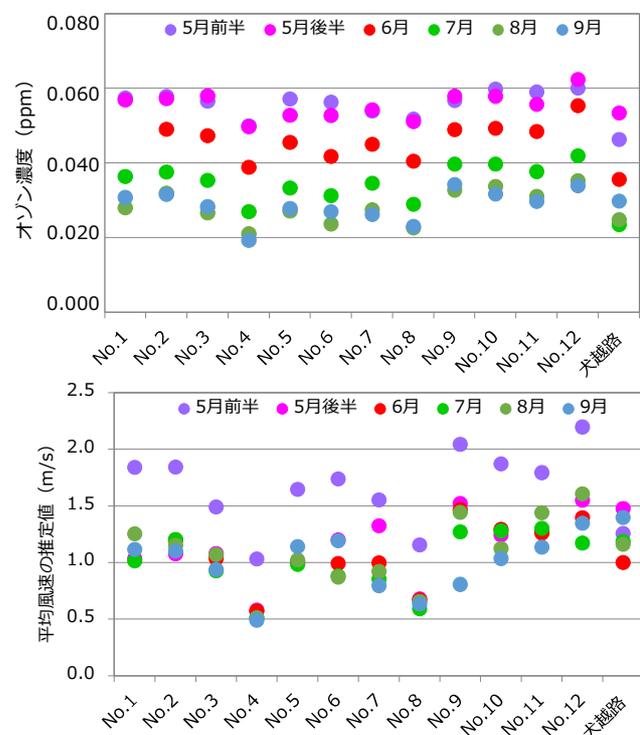


図5 各調査地点のオゾン濃度及び風速（推定値）

し、草地・裸地化して開けた環境になるほどオゾン影響が強くなることが明らかとなった。また、2022年の調査結果について、下層植生の平均群落高とオゾン曝露総量の関係を検討したところ（図7）、平均群落高が高いほどオゾン曝露総量は小さくなった。

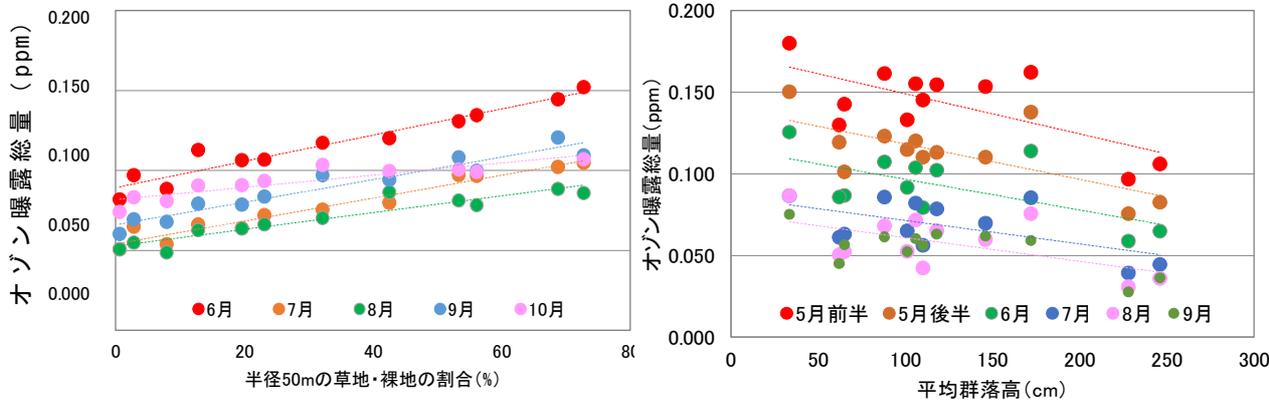


図6 草地率とオゾン曝露総量の関係

図7 平均群落高とオゾン曝露総量の関係

5 まとめ・展望

オゾンをはじめとする大気汚染物質は、丹沢ブナ林の衰退要因のひとつとして指摘されており、ブナ林が衰退し草地化が進行することにより、ブナへの影響が強まることが懸念される。檜洞丸山頂周辺の下層植生状況等の異なる12地点において、電源を必要としないパッシブサンプラーを用いた測定を実施したところ、草地率が高いほどオゾン濃度も風速も高く、下層植生の平均群落高が高いほどオゾン濃度も風速も低くなることが示された。すなわち、植生保護柵の設置・維持管理の強化により、オゾンによるブナへの影響を小さくすることができる可能性が示唆された。

神奈川県では、「自然再生」の視点から丹沢大山自然再生計画を策定し、現在はブナ林再生に向けて具体的な対策を実施している。ブナ生育にはオゾン、日射及び風など、大気気象環境も大きく関与しており、効率的にブナ林を再生するために、今後もブナ林再生地の微気象に着目していく必要がある。

本研究は、自然環境保全センターと共同で実施した。

参考文献

- 1) 山根正伸ほか（2007）ブナ林の再生に向けた総合解析，丹沢大山総合調査団（編）.（財）平岡環境科学研究所丹沢大山総合調査学術報告書，p703-710
- 2) 河野吉久・須藤仁・石井孝・相原敬次・内山佳美（2007）丹沢山地周辺のオゾン濃度の実態とブナに対する影響.（丹沢大山総合調査学術報告書．丹沢大山総合調査団編．（財）平岡環境科学研究所）. 383-395.
- 3) 武田麻由子・小松宏昭・飯田信行（2011）フラックス捕捉型パッシブサンプラーを用いた丹沢山におけるオゾン移流フラックス及び風速の評価. 神奈川県環境科学センター研究報告 34：14-20

光化学オキシダント(O_x)高濃度日の低減に向けた調査研究

○野村 あづみ、沼田 和也、重水 洋平、菊地 美加 (川崎市環境総合研究所)

川崎市は光化学スモッグ注意報発令日0日を目標とし、大気・水環境計画のリーディングプロジェクトである「新たな知見による光化学スモッグ発生抑制に向けた取組の推進」により目標達成を目指している。川崎市における光化学オキシダント(O_x)生成は主に揮発性有機化合物(VOC)が要因となっており、その中でも寄与の大きい物質の効率的な排出削減が求められている。これまでの調査によって、低沸点アルケン類やアルデヒド類の寄与が大きいことが推定された。

1 はじめに

O_x濃度の1時間値が0.12ppm以上となり、その後の気象条件も加味し、高濃度の状態が継続されると認められたとき、光化学スモッグ注意報が発令される。O_xが高濃度になると、呼吸器系などに健康影響を及ぼすだけでなく、植物の成長にも悪影響を与えるため、気候変動の観点においても、O_xへの対策は非常に重要となっている。しかしながら、減少傾向ではあるものの毎年注意報が発令されているのが本市の現状である。川崎市の総合計画では注意報発令日の日数を0日にすることを目標としており、令和3年度策定の大気・水環境計画のリーディングプロジェクトである「新たな知見による光化学スモッグ発生抑制に向けた取組の推進」により目標達成を目指している。本プロジェクトの一環として、VOCのうちどの物質がO_x生成に大きく寄与しているのかを把握するための調査を実施しており、その結果を中心に報告する。

2 研究の目的と位置づけ

O_x生成の主な原因物質は窒素酸化物(NO_x)とVOCである。これらの物質が工場、自動車などから排出され、太陽からの紫外線を受け、光化学反応が起こるとO_xが生成される。川崎市などの都市部では、VOCがO_x生成に大きく寄与していることがこれまでの研究によってわかっており、本市ではVOCに注目した調査を行っている。

これまでVOCの対策として物質によらない一律的な排出量削減を行ってきた。排出量削減によってVOCの指標である非メタン炭化水素の濃度は減少したものの、O_xの濃度は依然横ばいの傾向が続いている。さらなる対策として、O_x生成に大きく寄与する物質を特定し、物質ごとの効率的な排出削減が求められている。物質に注目した重点的な対策であれば、事業者も排出削減へと取り組みやすくなることが想定される。そこで、本市では、VOCの中でもO_xの生成に大きく寄与する物質を特定するため、O_x高濃度日を中心としたVOCの調査研究を実施している。調査結果をも

とに、事業者への排出状況のヒアリングを行い、VOC排出抑制に向けて自主的取組を促していく。

3 研究方法

3.1 調査方法

O_xの問題は広範囲に及ぶことから他自治体と共同で行う調査（共同調査）と、大気汚染状況に迅速に対応するための川崎市独自の調査（独自調査）を実施している。

調査地点は図1のとおりで、川崎市の臨海部には石油化学、石油精製などのVOCの発生源が集積していることから、臨海部を中心とした3地点（浮島処理センター（R3、R4）、環境総合研究所（R4）、大師測定局（R3、R4））と、発生源からの移流の影響を確認するための2地点（中原測定局（R3、R4）、生田浄水場（R3））とした（括弧内は実施年度）。

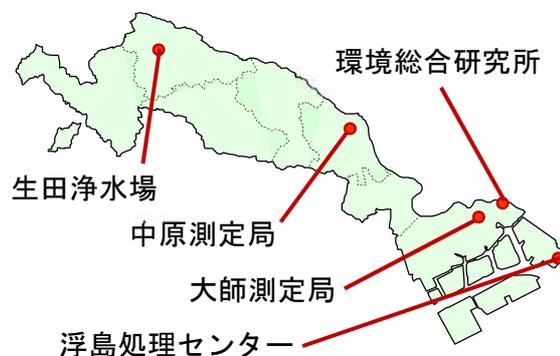


図1 調査地点

O_x生成は気象の影響を大きく受けることから、共同調査については気象条件や大気の汚染状況から高濃度日を予測し、調査日を決定した。また、独自調査については当日の汚染状況によって、都度調査を実施した。1～3時間ごとに採取を行い、時間ごとのVOC濃度の変化を追った。

3.2 採取及び分析方法

アルデヒド類についてはサンプリングポンプを用い、BPE-DNPHカートリッジ（SUPELCO社）に1L/minで通気して測定対象物質を誘導体化反応させて捕集し、吸引方向と逆方向から溶出液5mL（25%ジメチルスルホキサイド/アセトニトリル+0.1%りん酸）で溶出し、高速液体クロマトグラフ-UV検出器（HPLC-UV）で測定した。

アルデヒド類以外のVOC成分は内壁をフェーズドシリカ薄膜でコーティングし、不活性化処理（Silicosteel処理）した6Lの金属製試料採取容器（キャニスター）を加熱洗浄及び減圧し、パッシブサンプラーを取り付けたものを用いた。試料採取は毎分約80mLの流量で採取した。採取したキャニスターを純窒素で2.5倍加圧希釈し、自動濃縮装置で濃縮後、ガスクロマトグラフ質量分析装置（GC/MS）で測定した。

アルデヒド類4物質、VOC95物質の合計99物質を調査対象物質とした。

3.3 評価方法

O_xの主成分はオゾンである。VOCは物質によってオゾンを生成する能力（オゾン生成能）が異なっている¹⁾。したがって、O_xが生成しやすい気象条件がそろっているときにオゾン生成能が高い物質が大気中に多く存在すると、大量にオゾンが生成されることが予想される。各物質の固有のオゾン生成能に、各物質の濃度を乗算すると、想定されるオゾンの生成量を見積もることができ、これをオゾン生成ポテンシャル

ルとした。このオゾン生成ポテンシャルの大きい物質がO_x生成に大きく寄与していると推測されるため、物質の特定の評価指標として用いた。

$$\text{オゾン生成能} \times \text{大気中の濃度} = \text{オゾン生成ポテンシャル}$$

4 結果

4.1 令和3年6月8日の調査結果

川崎市を含めた神奈川県内で光化学スモッグ注意報が発令された日で、海陸風循環が発生しており、注意報が発令された地域は大気汚染物質の蓄積しやすい海風前線²⁾のエリアであった。市内では多摩測定局を含めた内陸部の4測定局で0.12ppmを超え、最大値は宮前測定局で0.131ppm（15時）であった。

図2は、浮島処理センター（3時間毎採取）、大師測定局、中原測定局、生田浄水場の各物質のオゾン生成ポテンシャルの積み上げグラフとその時のO_x濃度を示したものである。浮島処理センターのO_x濃度はアルデヒド類と同時測定により検出されたオゾン濃度を、大師測定局及び中原測定局については常時監視システムのO_x濃度を、生田浄水場については近傍の測定局である多摩測定局のO_x濃度の値を用いた。

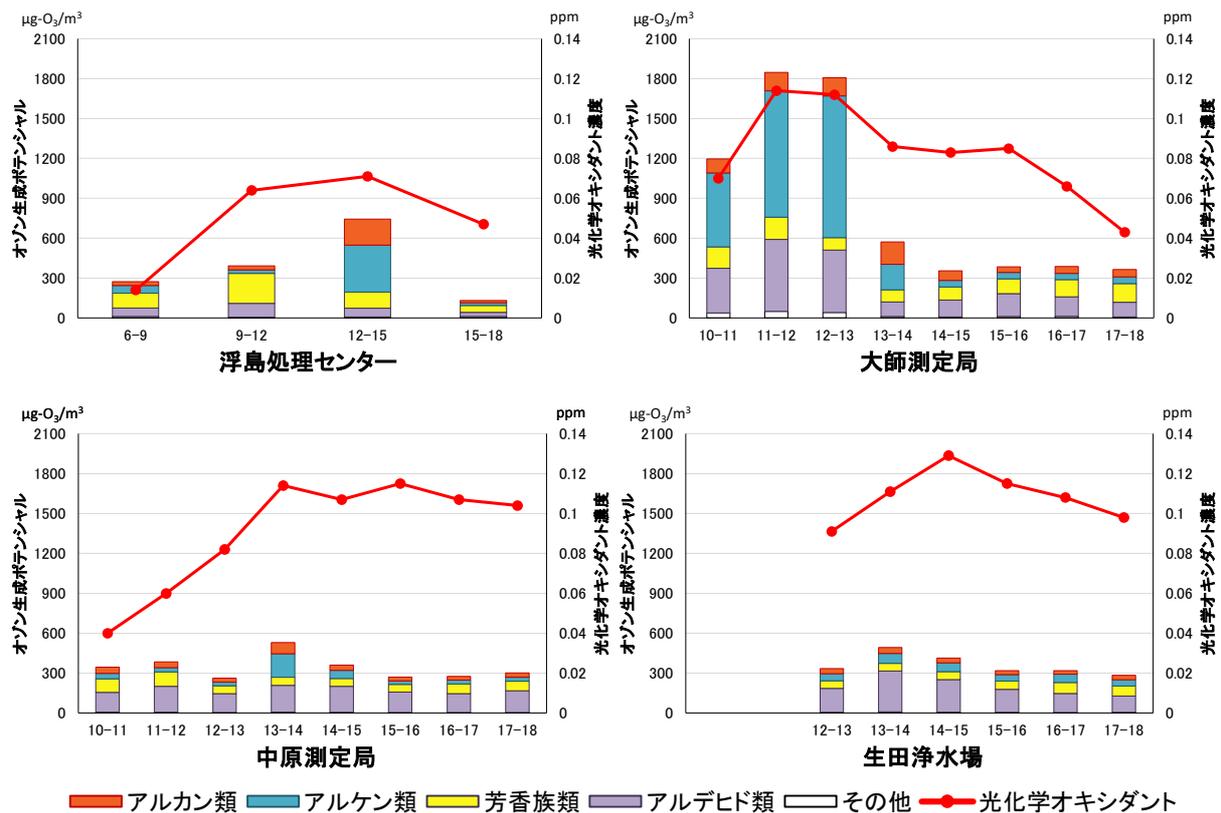


図2 令和3年6月8日オゾン生成ポテンシャル及び光化学オキシダントの推移

大師測定局において、11-12時のアルケン類及びアルデヒド類の上昇に従い、O_x濃度も上昇がみられた。中原測定局でも13-14時にアルケン類の上昇がみられた。

測定対象としているアルケン類のうち、大半をプロピレン(C₃H₆)が占めており、アルデヒド類はホルムアルデヒドとアセトアルデヒドが上位を占めた(図3)。プロピレンの酸化反応によってホルムアルデヒドとアセトアルデヒドが生成されることから、プロピレンがO_x生成に寄与している可能性が推定された。

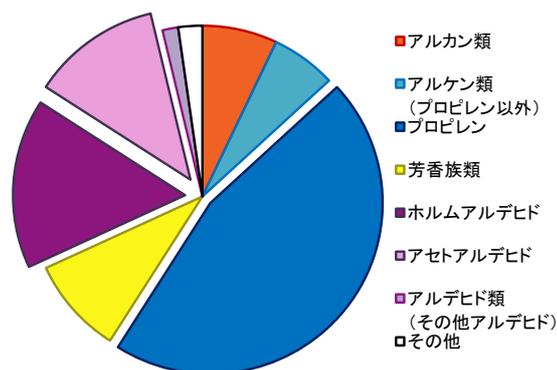


図3 令和3年6月8日大師測定局
11時-12時のオゾン生成ポテンシャルの内訳

4.2 その他の事例

これまでの光化学スモッグ注意報発令日での調査から、前述のプロピレンや、一次排出及びアルケン類などからの二次生成を含めたホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドに加え、1,3-ブタジエンなどの低沸点アルケン類や、アルケン類よりもオゾン生成能の低いアルカン類が高濃度で検出された際に、O_x濃度の上昇とともにオゾン生成ポテンシャルが高くなる事例が確認された。これらの物質がO_x生成に大きく寄与している可能性があり、注目すべき物質であるといえる。

5 おわりに

調査結果より、オゾン生成ポテンシャルの値が高くO_x生成に大きく寄与している可能性のある物質について絞り込むことができた。今後も継続的に調査を行い、事例を増やしていくことで、排出削減の取組対象となる物質の絞り込みを進めていく。また、それらの物質がO_x生成に実際どのように寄与しているのかの解明も進めていきたい。

特定されたVOCについて、事業者情報共有していくことで、排出削減などの自主的な取組を促し、光化学スモッグ注意報発令日数0日を目指していく。さらに、他自治体と共同で調査及び解析を行うことで、関東圏全域でのO_x生成の原因を解明し、広域でのO_x対策へつなげていきたい。

引用文献

- 1)Carter, W. P. L. (2010) Updated chemical mechanisms for airshed model application, revised final report to the California air resources board.
- 2)中村喜三雄 (1971) 東京、神奈川県付近の海風前線と光化学スモッグの発生、天気 18、10、p539-540

小学生による市民協働生物調査

こども「いきいき」生き物調査について

○川村 顕子、中里 亜利咲、七里 浩志（横浜市環境科学研究所）

横浜市環境科学研究所では、2013年より、市立小学校の5年生を主な調査者とする市民協働生物調査（こども「いきいき」生き物調査）を実施している。本調査では、多くの参加者及び調査地点（小学校）を確保することで、同じ種の調査結果には経年的な連続性がみられており、広域における生物確認情報を得ることができている。

調査結果は「横浜市環境管理計画」の改定や生物多様性保全の普及啓発を目的とした「環境教育出前講座」等に活用している。

1 はじめに

横浜市は2011年に、生物多様性基本法で定める地域戦略にあたる「生物多様性横浜行動計画（ヨコハマbプラン）」を策定し、この趣旨は現在の「横浜市環境管理計画」に受け継がれている。同計画の取組方針として、①生物多様性の普及啓発は特に子どもたちを主役とすること、②市民参加による生き物調査を実施すること、が挙げられている¹⁾。

これらの取組方針と合致する事業として、環境科学研究所では2013年からこども「いきいき」生き物調査を実施している。2020年はコロナ禍により実施を見合わせたものの、2022年の調査をもって10年目（9回目）を迎えた。本発表では、調査の目的や方法の他、経年的な調査結果について報告する。

2 調査の目的

小学生に地域の自然や生き物への関心を高めるとともに、生物多様性保全に資する基礎データを取得すること。

3 調査方法

横浜市立全小学校（義務教育学校を含む）の5年生に調査票（図1）を配布し、掲載されている9種の生物のうち過去1年間に「家や学校の近く」（＝学区内）で見つけた、もしくは鳴き声を聞いた生物に○をつけてもらった。

調査対象となる生物は調査年毎に入れ替えており、これまでに計37種を扱った（表1）。その選定にあたっては、見分け（同定）が容易であることを前提に、市内でも分布に偏りがある種、自然環境を指標する種、多くの人が見つけられる種、分布が拡大・縮小傾向にあると思われる

る種などを基準とした。

小学校から提出された調査票を環境科学研究所にて集計し、生物種ごとの確認率（全回答数に占める○のついた回答数の割合（%））を求めた。また、回答数が10人以上の各学校の確認率はGISソフト(ArcGIS)を用いたKriging法により空間補間を行い、市内全域における確認率の高低を色の濃淡で示すことで可視化した。得られた結果は報告書及び報告書概要版としてまとめ、公表した。



図1 調査票（2022年、表面）

表1 これまでに調査対象とした生物

植物	タンポポのなかま	ほ虫類	ヘビのなかま	
	つくし		カメのなかま	
	ふきのとう	両生類	アマガエル	
	レンゲソウ(ゲンゲ)		ヒキガエル	
哺乳類	ススキ	昆虫類	カブトムシ	
	リス		ノコギリクワガタ	
	コウモリ		バツタのなかま	
	タヌキ		セミ(の鳴き声)	
	アライグマ		クマゼミ(の鳴き声)	
	ハクビシン		カマキリのなかま	
鳥類	ツバメの巣		その他	ハグロトンボ
	白サギのなかま			ナナホシテントウ
	カモメのなかま			アオスジアゲハ
	ハクセキレイ			ホタルのなかま
	カワセミ			ミンミンゼミ(の鳴き声)
	ウグイス(の鳴き声)			アメリカザリガニ
	スズメ	サワガニ		
ハッカチョウ	ダンゴムシ			
			カタツムリ	

4 調査結果

調査を実施した2013～2022年の間、横浜市立小学校（義務教育学校を含む）の学校数は約340校であり、在籍する5年生の児童数は3万人前後であった。これに対し、調査に参加した校数は150～189校、参加児童数は毎年1万人以上だった（図2）。小学生と連携することで、広域的に生物確認情報が収集出来ているといえる。一方で、確認率は生息密度と同



図2 参加校数及び参加児童数

一ではなく、出現場所へのアクセスの容易さや調査者の関心の程度、対象生物の生態など、様々な要素に影響を受ける値である。調査者である児童の目を通して得られた結果であることに留意し、考察を加える必要がある。

調査対象とした生物のうち、リスとアオスジアゲハの調査結果について紹介する。

4.1 リス

リスは2013年に初めて調査対象とし、以降は3年に1度の頻度で調査を行っている。調査結果を図3に示す。市内で見られるリスは国外外来種のクリハラリス（タイワンリス）であり、2013年時点では市南部を中心に生息し、生息範囲を拡大させていると言われていた。

2013年から2019年の調査結果からは、リスが南部に多く北部に少ない状況が継続していることや、全体の確認率が上昇し、生息範囲も拡大していることが示唆された。しかし2019年と2022年の調査結果には大きな変化がなく、市の北部を東西に流れる鶴見川などの大きな河川によってリスの生息拡大が制限されている可能性がある。全体としては連続性がみられる調査結果となっており、多くの参加者及び調査地点（小学校）からの回答を基にすることで、安定した調査結果が得られているといえる。

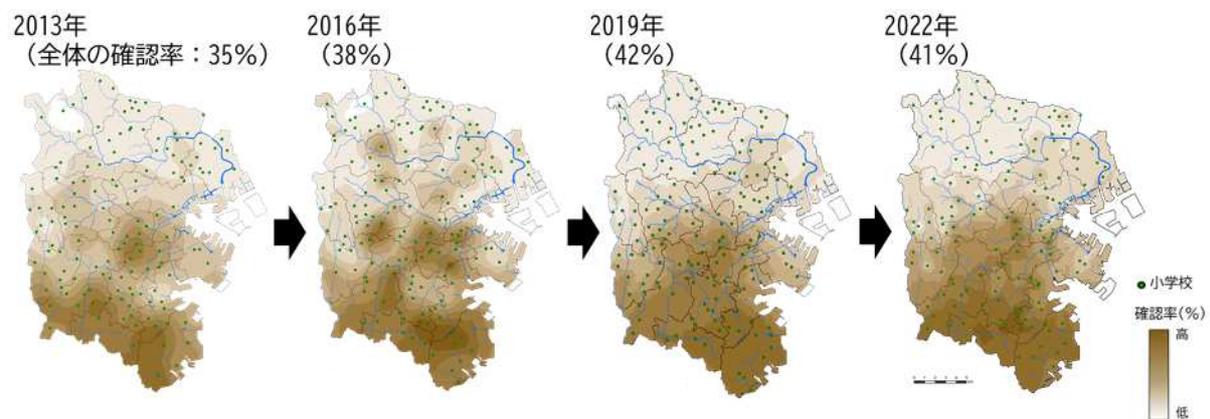


図3 リスの調査結果（2013年、2016年、2019年、2022年）

4.2 アオスジアゲハ

アオスジアゲハは2017年に初めて調査対象とし、以降は2021年に調査を行っている。調査結果を図4に示す。

横浜市は西部に規模の大きい緑地が集中していることもあり、カブトムシなどの昆虫の確認率は西側で高いが（図5）、アオスジアゲハの確認率は東部の臨海都市部で高かった。アオスジアゲハ幼虫の食草であるクスノキやタブノキは都市部の街路樹として植栽されることも多いことが要因の可能性もある。また、2021年の調査対象期間（2020年

9月～2021年8月)は新型コロナウイルス感染拡大を受けた行動自粛と重なったためか、同年の調査ではアオスジアゲハ以外の対象生物全てにおいて、過年と比べ確認率が減少した。それを考慮すると、アオスジアゲハは2021年にも2017年と同程度の確認率を維持していることから、実際には数値以上に確認しやすい種となっている可能性がある。今後の動向に注目したい。

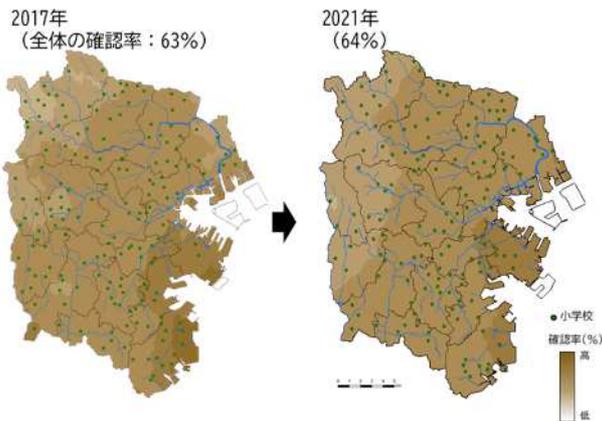


図4 アオスジアゲハの調査結果
(2017年、2021年)



図5 カブトムシの調査結果
(2021年)

5 調査結果の活用について

本調査結果は横浜市環境管理計画の改定のための資料として、また環境教育出前講座等では市民に市内の地域差を知らせ、生物多様性の普及啓発を図る身近な題材として活用している。また、外来種防除を検討する際の資料としての活用も期待される。

6 今後について

本調査の手法は広域における生物確認情報を得るのに適しているが、不特定多数によるアンケート調査のため、回答に誤同定や勘違いなどが含まれていることを考慮する必要がある。しかし、多くの参加者及び調査地点(小学校)を確保することで、同じ種の調査結果には経年的な連続性がみられている。今後も調査を継続し、調査の特性を踏まえ長期的な視点で解析、考察を行うことで、生物多様性に資するより有意義なデータを蓄積していきたい。

引用文献

- 1) 横浜市(2018年)横浜市環境管理計画、p 65, 69

みんなで守る水源河川

～環境 DNA が県民参加型調査にもたらした恩恵～

神奈川県環境科学センター調査研究部
発表者 長谷部 勇太

相模川及び酒匂川は県にとって非常に重要な水源であり、これらの水源環境を保全する取組の一環で県民参加型の生物調査を実施しています。従来は捕獲による調査を主体としていたが、近年新たな生物調査手法として注目を集めている環境 DNA 調査を令和 3 年度より導入しました。その結果、捕獲調査では判別できない外来種の侵入が明らかとなるなど目覚ましい成果をあげることに成功しました。

1 はじめに

神奈川県を流れる相模川及び酒匂川の 2 つの水系は、県内の水道水の約 9 割を賄っており、県民の重要な水源となっており、生態系の観点からも希少な生物相が残されています。

しかし、両水系の現状を見ると、丹沢山地を始めとした源流域の森林荒廃による水源涵養機能の低下、上流域の生活排水対策の遅れによるダム湖の富栄養化とアオコの発生及び中下流の河川の護岸コンクリート化による自然浄化機能の低下等様々な課題を抱えています。

このため、神奈川県では平成 19 年度から相模川及び酒匂川流域において荒廃した森林の整備、水質改善のための生活排水対策及び河川の自然浄化機能を向上させる取組等を行っています。当センターは上記の取組が水質や生物相に与える影響の評価を担当しており、両河川において水質調査や生物調査等必要なデータの収集を行う「河川モニタリング調査」を実施しています。

河川モニタリング調査では、5 年に 1 度実施する大規模な調査により、流域全体の変化を把握するとともに毎年県民の皆様から調査に協力してくれる方を募集し、河川に生息する生物を中心に調査を実施しています(以下「県民参加型調査」)。本発表では過去から実施してきた県民調査結果を紹介するとともに、令和 3 年度からは新たな取組として、近年注目を集めている生物調査手法である「環境 DNA 調査」を試行的に導入したので、その結果も紹介します。

2 調査結果

2.1 県民参加型調査の実施状況

県民調査は平成20年度から開始しており、参加人数と調査地点数の推移を図1に示します。令和2、3年度については新型コロナウイルス感染症対策のために、新たな調査協力者は募集しませんでした。令和4年度以降は例年通り調査協力者を募集しており、令和5年度の実績では過去最大の169名の応募をいただき、多くの調査結果が報告されることが期待されています。

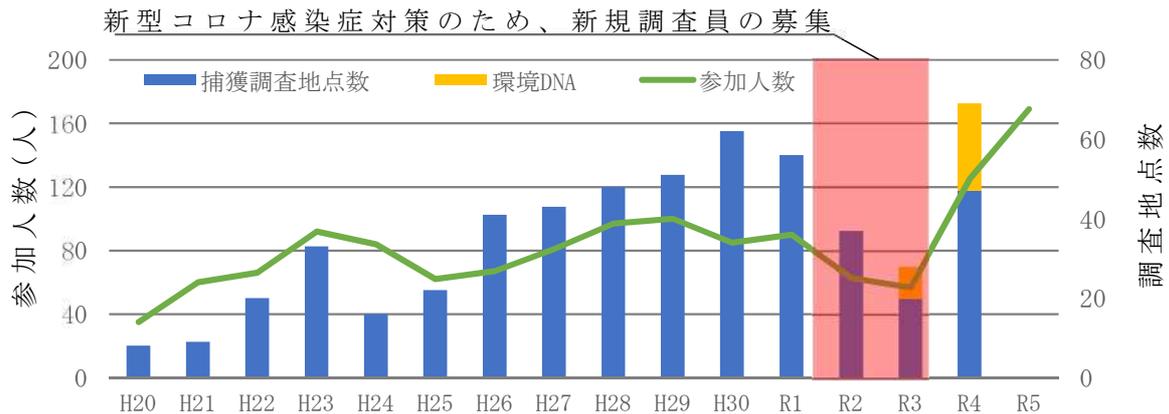


図1 県民参加型調査参加者数と調査地点数の推移

実績の面では、令和2、3年度を除き順調に調査地点数を伸ばしており、後程説明します環境DNA調査を合わせると令和4年度は過去最高の69地点で調査を実施することができました。

生物調査の対象分類群としては、水質と関連の深い水生昆虫を中心とした底生動物を主な対象としています。調査にあたっては、事前講習会等を実施するとともに、図2のように神奈川県版河川生物の絵解き

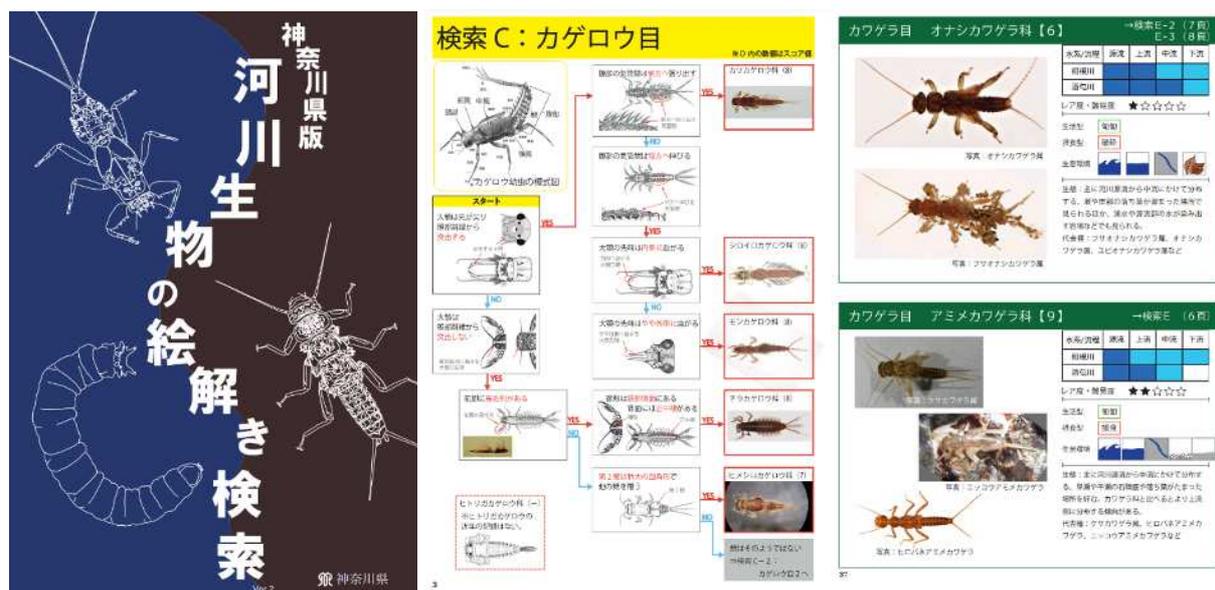


図2 神奈川県版河川生物の絵解き検索

検索を作成し、一定の精度で調査ができるような工夫もしています。これにより、河川の水質を生物で判定する「平均スコア法」の精度も向上したものと考えています。

2. 2 環境 DNA 調査

「環境 DNA」とは河川や湖沼・海などの環境中に存在する生物由来の DNA 断片のことです。河川等で水を 1L 程度採水し、その中に存在する DNA を分析し、間接的にその場所に生息する生物を調査するという手法で、従来の捕獲による調査に比べ、現場での作業時間やコストの軽減、生息環境の攪乱の防止及び人が立ち入ることが困難な場所での調査が可能となる等の点で多くのメリットがあると報告されています¹⁾。

最近では環境省が調査手引きを作成し²⁾、国土交通省が令和 8 年度より河川水辺の国勢調査へ導入を予定する等実用化が進んでいます。

令和 3 年度の試行調査では相模川及び酒匂川水系を中心に 10 地点の調査を実施し、計 40 種・属の魚類を検出しました。これは捕獲調査では簡単には実現できない数字であり、結果についても調査地点に生息する種が検出されており、妥当な結果が得られました。また、結果を見ると県内の分布がほとんど分かっていない近年和名登録がなされたキタドジョウの DNA を検出することにも成功し、希少種の生息地保全の観点からも大きな成果をあげました。

令和 4 年度については、令和 3 年度の結果を受け、正式に県民参加型調査の一つとして位置づけ、環境 DNA 調査を開始しました。その結果相模川及び酒匂川を中心に 22 地点で調査が実施され、前年度の検出種数を大きく上回る 55 種・属の魚類を検出することに成功しました。

結果を見てみると、前年度と同様に県内に生息する魚種が検出されましたが、ここではスナヤツメ類と大陸産の外来ドジョウについてご紹介します。

スナヤツメ類については、国内においては北方種と南方種が生息しており、外見では区別ができず、神奈川県に在来種は北方種とされています³⁾。今回の環境 DNA 調査では相模川の中津川水系で実施した環境 DNA 調査ではスナヤツメ南方種の環境 DNA が検出され、酒匂川本川での調査では非常に微量ながらスナヤツメ北方種の環境 DNA が検出されました。スナヤツメ南方種については道志川で捕獲された個体の DNA 解析の結果から琵琶湖水系の移入種であることが報告されており³⁾、中津川水系に生息すると思われるスナヤツメ南方種についても同様に移入種の可能性が考えられました。専門家でも同定が困難な 2 種の県内の生息状況を県民参加型調査で明らかにできたことは非常に意義のあることであり、今後希少種の保全対策等が実施される際の貴重なデータになると考えられます。

次に中国大陸に由来すると考えられる外来ドジョウの検出について

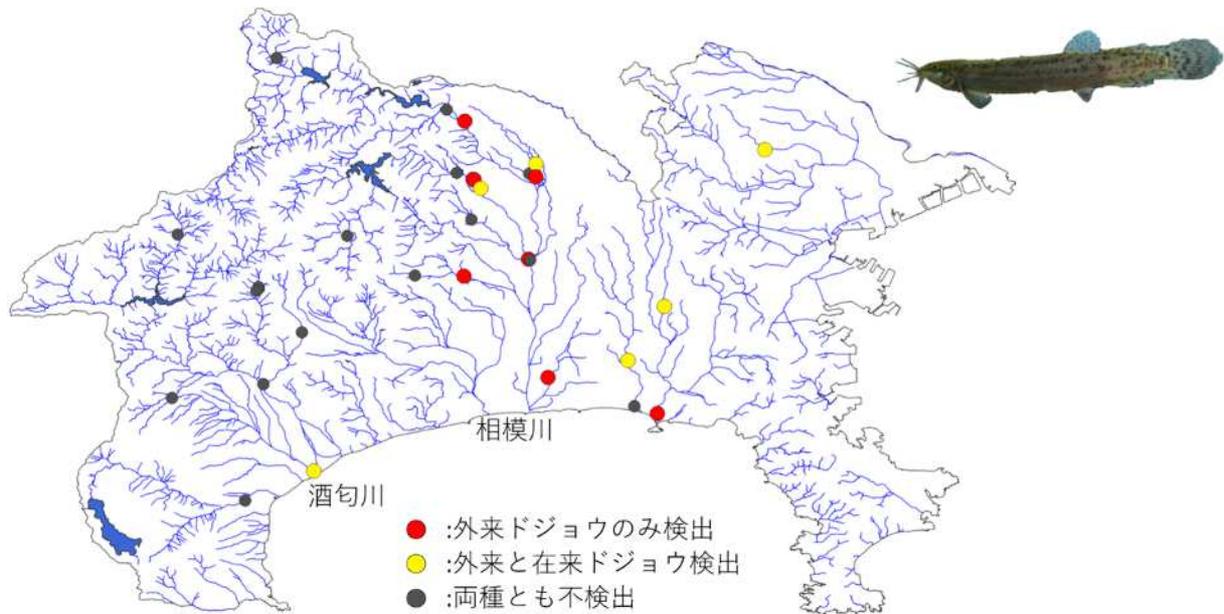


図 3 外来・在来ドジョウの環境 DNA 検出状況

は、令和 3 年度の調査結果でも検出されており、図 3 のとおり在来のドジョウのみが検出された地点はなく、多くは外来と在来のドジョウの環境 DNA が両方検出されるか、外来ドジョウのみが検出されていました。これらの 2 種のドジョウも生きたままの状態を外見から判断することは非常に困難であり、環境 DNA 調査の強みが活かされた結果となりました。

今年の 5 月 7 日まで県立生命の星・地球博物館で開催されていた「超普通種展」においても県内のドジョウの多くは外来のドジョウに置き換わっていることが紹介されており、今回の県民参加型調査の結果を裏付けるものとなっていました。

3 おわりに

県民参加型調査に導入した環境 DNA 調査は非常に目覚ましい成果をあげており、県としてはこれらの成果を活用し、県内の生物多様性保全施策に役立てていくことが期待されています。

参考文献

- 1) Darling JA, Mahon AR.:From molecules to management:adopting DNA-based methods for monitoring biological invasions in aquatic environments. Environmental Research,111:978-988 (2011).
- 2) 環境省自然環境局生物多様性センター, https://www.biodic.go.jp/edna/edna_top.html(参照;2023.6).
- 3) 勝呂 尚之, 神奈川県希少淡水魚生息状況-IV (平成 17~26 年度), 神奈川県水産技術センター研究報告, (10), 13-28, 2019-12