

環境研資料

No. 151



ISSN 0918-5720

横浜市環境科学研究所報

第 28 号

ANNUAL REPORT OF
YOKOHAMA ENVIRONMENTAL SCIENCE
RESEARCH INSTITUTE
No.28

2004年3月

横浜市環境科学研究所

YOKOHAMA ENVIRONMENTAL SCIENCE RESEARCH INSTITUTE

ま え が き

今日、私たちをとりまく環境問題は、工場等からの排ガス、騒音、排水など従来からの問題に加えて、ダイオキシン類や環境ホルモン等の微量な有害化学物質による環境汚染の問題、自動車からの排出ガスや近隣騒音等の都市生活型の問題、都市におけるヒートアイランド現象の問題、地球温暖化や酸性雨など地球規模の問題まで複雑多岐にわたっています。そして、これらの環境問題については、継続した科学的調査・研究が求められています。

環境科学研究所は、環境保全行政の推進にあたって、その裏付けとなる科学的根拠を提供する役割を担っており、環境の現況の把握、将来を見据えた科学的解析、対策に向けた各種手法の検討等に取り組んでいます。

今回の所報28号は、平成14年度の調査研究を中心にまとめたものです。今後とも、より一層充実したものにしていきたいと考えておりますので、皆様から調査研究に関するご意見を賜れば幸いです。

平成16年3月

横浜市環境科学研究所長

小 柳 高 好

まえがき	
I	業務報告編
	業務報告 ----- 1
	環境科学研究所の沿革
	試験検査業務
	調査研究業務概要
	啓発事業
II	調査研究編
	報 文
	基礎研究
	・河川における環境基準達成のための要因に関する研究（第2報）－柏尾川水系－ ----- 11
	・横浜市沿岸域で発生した <i>Mesodinium rubrum</i> による赤潮 ----- 20
	・工場等への振動苦情に関する自治体へのアンケート ----- 26
	プロジェクト研究
	・横浜市内における環境大気中ダイオキシン類濃度調査（その2） ----- 34
	・横浜市内河川における環境ホルモン物質のモニタリング調査－女性ホルモン様作用に関する解析－ --- 39
	・鶴見川におけるノニルフェノール関連物質の挙動 ----- 46
	・エコロジカルネットワーク調査『トンボはどこまで飛ぶか』調査結果 ----- 52
	・横浜市内の気温分布調査－2002年～2003年の結果－ ----- 58
	短 文
	プロジェクト研究
	・横浜市域での最高気温出現日におけるヒートアイランドシミュレーション ----- 63
	・横浜市における酸性雨モニタリング調査－2002年の結果－ ----- 66
	・横浜市（磯子区）における大気中の有機リン系農薬調査 ----- 70
	・横浜市内の事業所排水及び河川水中のアンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素の調査結果 ---- 72
III	資料編
	人員及び組織 ----- 76
	主要機器一覧表 ----- 76
	調査研究事業予算一覧 ----- 78
	学会等研究発表 ----- 79
	雑誌等投稿 ----- 80
	横浜市環境科学研究所発行資料（調査研究等報告書） ----- 82
	環境科学研究所発行資料目録 ----- 83
	編集後記 ----- 87

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月に機構改革により名称が横浜市環境科学研究所に変わりました。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。

また、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、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。

2. 試験検査業務

平成14年度は、一般環境大気中の揮発性有機化合物のモニタリングや工場・事業場への立入検査に伴う検体を471、また、事故・苦情に伴う検体を108、合計579検体(*)の試験検査を実施しました。

*1検体当たり、複数の物質を分析

3. 調査研究業務概要(平成14年度)

3-1. 基礎研究

大気環境に関する研究

- ・自動測定機の精度に関する研究
- ・ディーゼル自動車対策に関する研究

水質汚濁対策推進に関する研究

- ・河川における環境基準達成のための要因に関する研究

水域環境の改善に関する研究

- ・水資源再利用による生物生息環境の形成に関する研究
- ・河川の人工構造物と魚類分布との関係及び遺伝的特徴に関する研究
- ・横浜市沿岸の水域環境改善に関する研究

地盤環境対策に関する研究

- ・地盤及び地下水環境調査研究

音環境に関する研究

- ・原単位騒音レベルと振動レベルの把握に関する研究

3-2. プロジェクト研究

ダイオキシン類調査研究事業

- ・横浜市内におけるダイオキシン類濃度モニタリング調査
- ・ダイオキシン類緊急不特定調査
- ・ダイオキシン類精度管理調査

環境ホルモンに関する研究

- ・モニタリング調査及び女性ホルモン作用強度の解析
- ・ノニルフェノール関連物質の挙動調査

環境共生都市に関する研究

- ・環境共生都市に関する研究

都市持続に関する研究

- ・ヒートアイランドに関する研究
- ・酸性雨モニタリング調査
- ・各種試験板を用いた酸性雨等による金属材料への影響調査

(各調査研究業務概要はP.2~10に記載)

4. 啓発事業

4-1. 環境セミナー

昭和52年度から、環境・公害問題を市民とともに考えていく場として環境セミナーを開催しています。

4-1-1. 第26回環境セミナー市民環境研究発表会

期 日/平成15年1月25日(土)

会 場/横浜情報文化センター6階ホール

内 容/作品発表(15編)、講演、研究報告

(司会・渡部允氏(ジャーナリスト))

講 演/「みんなで横浜の海をよくしてみませんか？」

講師・木村尚氏(「海辺づくり研究会」理事)

研究報告/「川と海のごれー有機汚濁・富栄養化・環境ホルモン」

二宮勝幸(環境科学研究所職員)

参加者/200人

4-1-2. 環境セミナー「野外教室」

身近な環境について調査、観察方法を体験しながら学んでもらう教室を行いました。

期 日/平成14年8月9日(金)

場 所/いたち川(栄区日東橋付近)

内 容/魚、川の虫、水質などの調査方法の体験学習

参加者/37人

調査研究名	大気環境に関する研究 自動測定機の精度に関する研究
部 門	基礎研究
<p>〔目的〕 本市の大気汚染常時監視局においては窒素酸化物およびオキシダント自動測定機を湿式から乾式に現在更新しつつあるため、日本の常時監視測定ににおいて稼働歴の浅い乾式測定機について、その機器管理に関する研究を行う。また、常時監視測定に使用可能な微小粒子状物質測定機に関わる測定精度研究は日本では不十分であることから、市販の測定機について試験検討する。</p> <p>〔方法〕 機器性能検査用標準ガス調整装置を用いて各種の乾式測定機に対し性能特性を十分に試験検討し、このデータを基に測定機の改善改良を進める。 微小粒子状物質に関わる各種測定機について平行稼働試験をし、このデータを基に各種測定機に対する性能評価や改良を進める。</p> <p>〔結果〕 ① 乾式自動測定機に関する研究：乾式自動測定機のうち、窒素酸化物自動計測機の性能について試験検討し、日本のような高温多湿の測定環境の中で長期間安定して稼働できるようになった。 ② 受領性能試験：購入した窒素酸化物自動測定機、オゾン自動測定機および浮遊粒子状物質自動測定機について JIS の性能試験項目等を確認し、不備な箇所を整備後、測定局に適正配備した。 ③ オゾン計の動的校正：オキシダント自動計測器等の動的校正において用いられる二次標準の紫外線吸収式オゾン自動測定機に対して測定指示値の目盛を校正した。 ④ VOCs 標準ガスに関する研究：多成分有害炭化水素標準ガスのうち、平成 14 年度はベンゼン、トルエン、キシレンを主に GC-MS を用い成分の同定をした。 ⑤ 微小粒子状物質の測定精度に関する研究：常時監視測定に使用可能な市販測定機として、テフロンろ紙を使用したβ線吸収式のものが JIS の性能試験項目等の評価において、機器性能としてはほぼ適合していることが確認された。</p>	

調査研究名	大気環境に関する研究 ディーゼル自動車対策に関する研究 低硫黄軽油・酸化触媒システムによる大気汚染物質低減効果
部 門	基礎研究
<p>〔目的〕 本市所有のバス・トラック等の排出ガスの粒子状物質対策を図るため、市営バス等に燃料として低硫黄軽油を使用し、酸化力を高めた酸化触媒を装着する排出ガス浄化システムにより、実際に営業運転等を行い、運転性能を把握するとともに、当該システムの粒子状物質等の大気汚染物質減少効果を把握することを目的として調査し検討を行った。</p> <p>〔方法〕 平成 14 年度は、13 年度に行った低硫黄軽油酸化触媒システムについての共同調査・研究結果をもとに、使用過程における酸化触媒システムの劣化等による PM 等の減少効果の変化、システムのトラブルおよび運転性能への影響について追跡調査を行った。 また、ディーゼル黒煙およびディーゼル排ガス中に含まれる PAHs（多環芳香族炭化水素）、BTX（ベンゼン、トルエン、キシレン）等の未規制有害化学物質について測定・分析を行った。</p> <p>〔結果〕 シャーシダイナモ測定による調査の結果、各成分項目の減少率は、試験車両、試験モードにより差がみられた。実際の排出実態に即していると考えられる市内バス路線をモデルにした横浜バスモードについて評価を行った。 PM の減少効果については、システム装着直後が概ね 30 から 50 % の減少率であったのに対し、装着後一年経過で 40 から 50 % の減少率であった。CO については、装着直後が 90% 減であったのに対し、一年後では 60 % 減となった。また THC についても、装着直後時と比較して減少率の低下がみられた。 ベンゾ(a)ピレンについては、装着直後時と同様に 90 % 程度の減少効果が得られた。BTX については、概ね減少傾向がみられたが、試験車両および試験モードによって分析結果にばらつきがみられた。 実際の一年間の営業運転において、システム装着による運転性能等の変化および影響は認められず、また、燃料消費量についても差は認められなかった。 CO、THC の結果から、酸化触媒の触媒活性の低下がみられ、使用過程における酸化触媒システムの劣化が認められたが、逆に PM の減少効果は上がっており、興味深い結果が得られた。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">水質汚濁対策推進に関する研究 河川における環境基準達成のための要因に関する研究 — 柏尾川水系 —</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p>〔目的〕 公共用水域の測定地点においては未だに BOD の環境基準を達成していない箇所がみられる。その原因として下水処理場等の排水による影響の他に、河床の付着物や底質からの汚濁物質による悪化も考えられるため、河床を含めた多角的な面から水質汚濁状況を把握し、環境基準達成要因について検討する。</p> <p>〔方法〕 しばしば BOD が環境基準値を超える柏尾川(D類型 8 mg/l 以下)の鷹匠橋を終端に、柏尾川は吉倉橋～鷹匠橋、支流のいたち川は城山橋より下流について夏季・冬季に調査を行った。下水処理場等からの放流水の各種負荷割合を把握するだけでなく、河川内の底質・付着物、および付着藻類による生物指標などの現況を把握した。</p> <p>〔結果〕 水量は下水処理場からの放流水が柏尾川・いたち川のおよそ半分以上を占めた。水質の BOD は環境基準を満足していたが、下水処理場の下流で上昇する傾向がみられた。その要因として、処理場から有機物と共に、NH₄-N および硝化菌が流出し、硝化が BOD に寄与していることが考えられた。T-N、T-P は下水処理場の上流地点では低い、下流の鷹匠橋等で T-N は上流の 1.5 ～ 4.8 倍、T-P は 7 ～ 17 倍の濃度になった。 底質については、吉倉橋付近は植物が繁茂しているためか泥分が 6 ～ 10 % とやや多かった。下流の久保橋・鷹匠橋およびいたち川では砂分が 98% 以上で、有機物量は少なかった。 付着藻類については、下水処理場の上流と下流で群集構造が異なる傾向にあり、放流口および下流で熱帯性珪藻類の <i>Navicula confervacea</i> が多く出現した。 下水処理場放流水は河川に対して BOD 負荷ばかりでなく、N・P 負荷も大きいことが認められた。また、いたち川については市外からの BOD 負荷が大きいことが認められた。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">水域環境の改善に関する研究 生物生息環境の再生・創出に関する研究 —水資源再利用による生物生息環境の形成に関する研究—</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p>〔目的〕 都市河川を生物の良好な生息環境に回復・維持するために、水質の改善、水資源の有効利用、生物の生息に適した河川構造の形成が必要である。河川の流量維持に都市資源である下水処理水の利用は欠くことができない。河川流量のすべてが下水処理水で維持されているせせらぎを対象に、環境特性と生物群集の構造との関係を検討し、多様な生物群集の形成が可能な環境状況を検討する。</p> <p>〔方法〕 下水処理水を維持用水として流している入江川を対象に、長期的な環境状況と水生生物の分布状況の変化について検討した。</p> <p>〔結果〕 入江川に放流されている下水処理水は高度処理されており、せせらぎの水質は鶴見川などの河川に比べて良好で、窒素成分も硝化が進み、アンモニア態窒素は極めて低い濃度で維持されている。このようなせせらぎが再生されると、その初期には生活史が短く市内に広く分布するコカゲロウ属やユスリカ類などが生息するようになった。過去には河川源流域に分布が限定されていたコガタシマトビケラも、近年における河川での広範な分布を反映し、初期段階から分布するようになった。また、現在でも源流域などに限定的な分布をするブユなどの種類も、ある程度の時間的な間隔はあるものの分布するようになり、自力では移動できない紅藻類のモズクも生育するようになったことが確認された。このように再生された水環境にも、成虫の飛翔などによる生物の分布拡大により、多様な生物群集の形成が可能なることを明らかにした。また、このような水環境と既存の水環境との距離が小さい場合に、早期に多様な群集が形成されることも確認された。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">水域環境の改善に関する研究 生物生息環境の再生・創生に関する研究 —河川の人工構造物と魚類分布との関係および遺伝的特徴に関する研究—</p>
部 門	基礎研究
<p>【目的】 都市河川においては、段差や落差等の多くの人工構造物により生物の移動分散が困難となり水系全域にける生物群集の単純化を招くとともに、稀少種の分布が孤立化してきている。また、他地域からの新たな生物の移入により遺伝的攪乱が進行している。そのため多様な河川生物群集の再生に向けて、構造物が魚類分布に与える影響について検討し、また、孤立した集団の形態的特徴、遺伝的攪乱の状況を把握する。</p> <p>【方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 大岡川を対象に人工構造物の設置状況について分水上流から源流域までの調査を行った。 ・ 魚類の分布状況と特定種の分布調査を行った。 ・ ヒメハヤ属を対象に遺伝的解析を行った。 <p>【結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 人工構造物に関する調査では、多くの段差、落差等が設置されており、多くの魚種の遡上を妨げていることが明らかになってきた。一方で、それらの構造物に妨げられずに遡上する魚種がいることも確かめられた。 ・ 魚類分布調査では、ヒメハヤ属のアブラハヤとタカハヤが分布し、出現頻度からみるとアブラハヤが下流域にタカハヤが上流域に多く出現する傾向が示された。タカハヤは本来市内に生息していなかった魚種であり他地域からの移入種である。 ・ 遺伝的特徴の検討は、ミトコンドリア DNA の調節領域前半域を PCR 法により解析し、大岡川に分布するヒメハヤ属の遺伝的特徴の差を明らかにした。 	

調査研究名	<p style="text-align: center;">水域環境の改善に関する研究 横浜市沿岸の水域環境改善に関する研究</p>
部 門	基礎研究
<p>【目的】 東京湾の富栄養化対策を推進する上から、東京湾内での栄養塩の垂直分布調査を東京都環境科学研究所、千葉県環境研究センターと共同で実施する。また、今までの研究で得られた人工衛星を用いた水質モニタリング手法の実用化に向けた検討を行う。さらに、横浜市沿岸水域における有害可能性プランクトンの出現状況について調査する。</p> <p>【方法】 東京湾沿岸自治体の研究機関と共同で、窒素・燐の垂直分布調査及び人工衛星データによる水質解析を行う。横浜市の分担として、扇島沖、多摩川沖、中ノ瀬、本牧沖の4地点1回/月の頻度で4 m間隔で調査を行った。また、今までの研究で得られた人工衛星データの水質把握手法を用いて、連続監視可能なアメリカの海洋観測衛星NOAAデータの活用について検討する。その他、横浜市水域4地点について、1回/月の頻度でプランクトンの定性・定量調査や閉鎖水域の横浜港内にある日本丸ドック内・外の水質について、赤潮の発生時期との関連で調査を行った。</p> <p>【結果】 横浜市沿岸の窒素・燐の垂直分布調査については、採水ビンが潮に流され易いため欠測が多かったが、13年度調査時と同様に表層と下層での栄養類濃度に違いが見られた。また、人工衛星データによる水質の連続監視手法の検討については、LANDSAT の TM データを基準に、NOAA データを検討したが、衛星の運行時間の違いから、NOAA データによる沿岸水質モニタリングの可能性については明らかにできなかった。</p> <p>横浜市沿岸水域でのプランクトンの定性・定量調査結果からは、湾外のプランクトンが時々入ってきていることが明らかになった。しかし、有害可能性のあるプランクトンは検出されなかった。日本丸ドックの水質調査結果からは、閉鎖的なドック内の水質が、赤潮の発生しやすい時期においても、ドック外に比べて良好であることがわかった。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">地盤環境に関する研究 地盤および地下水環境調査 地盤情報活用システムの構築</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p>〔目的〕 地盤環境に関する研究は、本市の地盤特性を調査し、市民や関係機関に地盤環境情報の提供を行うことが目的である。</p> <p>〔方法〕</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 既往調査結果及び研究成果をとりまとめた「横浜市地盤環境調査報告書」を作成した。 ・ 「土質調査共通仕様書」に基づき、関係各局で行われた土質調査結果の集約を行い、データ提供を行った。 ・ 地盤及び地下水環境調査として、25ヶ所（36井戸）の地下水位および5ヶ所の層別沈下測定と、結果の検討を行った。 ・ 地盤情報活用システム構築の一環として、地盤情報の収集・蓄積を行うシステムの開発を行った。 <p>〔結果〕</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「横浜市地盤環境調査報告書」は、①軟弱地盤分布図、②地形地質図、③地質断面図（1kmメッシュ、49断面）、④ボーリング柱状図集（約6,700本）、⑤土質試験データ集（約1,600本、4,200試料）、⑥地下水位データ集からなる。本報告書は500部作成し、市民および関係機関に公表した。（閲覧および有償配布） ・ 平成14年度中に「土質調査共通仕様書」に基づき新規登録された土質調査結果は、55件（ボーリング本数282本）であり、データ提供は10本（ボーリング本数20本）であった。 ・ 地盤および地下水環境調査として地下水位および層別沈下の測定を行い、平成7年から平成14年までの8年間の地下水位測定データを上記報告書にとりまとめた。 ・ 地盤情報活用システムの構築として、地盤情報データベースおよびシステム部分を開発した。 	

調査研究名	<p style="text-align: center;">音環境に関する研究 原単位騒音レベルと振動レベルの把握に関する研究</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p>〔目的〕 大規模小売店舗立地法（平成10年6月）が平成12年6月に施行され、大規模小売店舗出店の届出に際して、事業者による騒音予測が義務づけられている。届出に伴う事業者指導のために、環境保全局は騒音の予測ソフトを導入したが、荷捌き音、駐車場の騒音など、予測に必要な騒音のデータが不足しているため、これらのデータを収集・解析し予測ソフトの適切な運用を図る。</p> <p>〔方法〕 大規模小売店舗の協力を得て、定常騒音（排気ファン、冷温水発生器、エアタオル、ガラリ、ショッピングカート、駐車場出入口ブザー等）、変動騒音（BGM、車のバックブザー、荷捌き・同フォークリフト等）、及び衝撃騒音（缶類の荷下ろし、荷積み用パレットの集積等）を測定した。自動車については、11車種のドア開閉部から45度角で1m位置にて、運転席、助手席、助手席後部、トランクの各ドア閉め音を各5回測定し、9車種の始動音を3～5回測定した。結果は、1/3オクターブ分析の形で整理した。</p> <p>〔結果〕 業務用の空調室外機は近年非常に静穏化されているようで、家庭用よりも静かな機種が多く認められる。駐車場出入口ブザーや自動車のバックブザーは800、2k、2.5k、3.5kHzといった耳につきやすい周波数に最大値（80～90dBA）がある。自動車のドア閉め音は車種別の差異は±5dBA程度である。サイドドアは普通の閉め方では500～1kHzに高レベル（平均的に65dBA）を持つ周波数パターンであり、強めに閉めるとパターンがほぼ+10dBA程度平行移動した状態となるが、315Hz程度まで高レベルが低周波側に拡大する。トランクでは、高レベルの周波数帯域が315～4kHzとなる。始動音は1kHz以下では車種に依らず±5dBA内だが、高周波数側では車種別の差が25dBAと大きく、特に或るメーカーの車種では2k～10kHzに高レベルが出現し耳障りである。今後は結果を用いて、予測ソフトの妥当性・実用性を検証していく。</p>	

調査研究名	ダイオキシン類研究事業 横浜市内におけるダイオキシン類濃度モニタリング調査
部 門	プロジェクト研究
<p>〔目的〕 ダイオキシン類の環境調査は、各媒体について「ダイオキシン対策特別措置法」及び「大気汚染防止法」等に基づき、市内の各地点において測定した。</p> <p>〔方法〕 ①一般大気環境モニタリング調査：平成14年度調査は、市内18地点（全区）において、平成14年5月、8月、11月及び平成15年2月の4季において、それぞれ24時間大気採取を実施した。 ②河川・海域・地下水のダイオキシン類濃度調査：公共用水域計画に基づく市内の各河川・海域の調査地点及び地下水を対象に調査を実施した。河川は、水質及び底質それぞれ11地点、海域は、水質及び底質それぞれ7地点である。また、地下水は水質9地点において濃度調査を実施した。</p> <p>〔結果〕 ①一般大気環境：市内18地点の年平均値は、0.068～0.13 pg-TEQ/m³の範囲内にあった。市内平均値は、0.089 pg-TEQ/m³であり昨年度（平成13年度）市内平均値0.23 pg-TEQ/m³よりさらに低くなった。なお、各地点の年平均値はすべて環境基準（0.6pg-TEQ/m³）を大きく下回っていた。 ②河川・海域の水質及び底質並びに地下水質調査：河川水質は、0.14～0.49 pg-TEQ/lの範囲となり、平均値は0.21 pg-TEQ/lであった。海域水質は0.11～0.16 pg-TEQ/lとなり、平均値は0.14 pg-TEQ/lであった。地下水質は0.090から0.12pg-TEQ/lの範囲内となり、平均値は0.10pg-TEQ/lであった。水質においては、各測定地点すべて環境基準（1.0pg-TEQ/l）を下回っていた。また、河川底質は0.52～29pg-TEQ/g-dryの範囲内となり、平均値は7.9 pg-TEQ/g-dryであった。また、海域底質は4.1～41 pg-TEQ/g-dryとなり、平均値は18 pg-TEQ/g-dryで、底質の環境基準値150 pg-TEQ/g-dryを下回っていた。</p>	

調査研究名	ダイオキシン類研究事業 ダイオキシン類緊急不特定調査 －①瀬谷区北町周辺及び②黒須田川周辺のダイオキシン類調査－
部 門	プロジェクト研究
<p>〔目的〕 ①複数の産業廃棄物焼却施設が立地していた瀬谷区北町周辺において過去に環境調査を実施したところ、大気（五貫目町内会館）及び水質（大門川）濃度が環境基準値を超えていることが明らかとなった。そこで、本年度も汚染の範囲及び原因究明のため環境調査を継続実施した。 ②川崎市麻生区王禅寺の産業廃棄物焼却施設周辺調査の一環として環境調査を実施した。</p> <p>〔方法〕 ①瀬谷区北町周辺調査：大気2地点（瀬谷区上瀬谷小学校及び五貫目町内会館）において一般大気モニタリング調査と同時期に調査を行った（4季、24時間及び1週間大気採取を実施）。また、大門川調査は水質11地点において調査を実施した。 ②川崎市麻生区王禅寺周辺調査：当研究所分担として土壌2検体及び底質3検体について調査を実施した。</p> <p>〔結果〕 ①瀬谷区北町周辺調査：大気濃度は、瀬谷区五貫目町内会館の24時間測定年平均値0.075 pg-TEQ/m³、上瀬谷小学校では0.096 pg-TEQ/m³であった。また、1週間測定ではそれぞれ0.10及び0.13 pg-TEQ/m³であった。2地点ともに環境基準（0.6pg-TEQ/m³）を下回った。大門川水質濃度は、水質11地点で0.15～1.7 pg-TEQ/lの範囲内となり、ほとんどの地点で環境基準（1.0pg-TEQ/l）以下であったが、1地点で環境基準を超えた。また、大門川が流入する境川調査地点では0.18pg-TEQ/lとなり環境基準を達成していた。昨年の3季で実施した大門川水系地点の平均濃度12pg-TEQ/lと比較し今年度は大幅に汚染が改善された。 ②川崎市麻生区王禅寺周辺調査：土壌2地点はそれぞれ0.68及び0.14となり環境基準（1,000 pg-TEQ/g）、を大幅に下回っていた。また、底質3地点は14～22 pg-TEQ/g-dryの範囲となり、環境基準（150 pg-TEQ/g-dry）を下回った。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">ダイオキシン類研究事業 ダイオキシン類精度管理調査 －①環境省環境測定分析統一精度管理調査及び②市関係局分析精度管理担当者会議－</p>
部 門	プロジェクト研究
<p>【目的】 ①本調査は、環境測定分析に従事する諸機関の環境測定分析の信頼性の確保及び精度の向上に資することを目的として環境庁が実施している。 ②調査委託を実施している庁内関係局において、精度管理上十分な信頼性を確保するため、当研究所が中心となって担当者連絡会を運営する。</p> <p>【方法】 ①均一に調整された環境試料を指定された方法又は任意の方法により分析する。平成14年度の分析対象は、ばいじんは2試料であった。 ②庁内関係局の担当者において、精度管理上の事項について、定期的の問題点・意見等を情報交換する。等研究所が技術的重要事項を集約し本市の委託分析調査において均質で十分な信頼性を確保する。</p> <p>【結果】 ①参加機関は、計157機関（総回答数314）であった。当研究所における分析の信頼性は問題なかった。本調査に参加することにより得られた精度管理に係る各種データは、通常測定に生かすことができた。 ②第1回会議を開催し、庁内関係4局の意見交換及び方向性を確認し、全庁的な信頼性確保システムに向けた取り組みを開始した。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">化学物質対策に関する研究 環境ホルモンに関する研究 －モニタリング調査および女性ホルモン作用強度の解析－</p>
部 門	プロジェクト研究
<p>【目的】 市内水域の環境ホルモン濃度を把握するため、平成11年度から13年度までの3カ年をかけて、環境ホルモンと疑われる約60物質について実態調査を行ってきた。平成14年度は、この実態調査により高頻度で検出された物質について経年変化を把握するため、モニタリング調査を行った。また、環境ホルモンの多くは女性ホルモン様作用を有する物質であることから、モニタリング調査結果を基に総女性ホルモン様作用強度を求め、生物への影響について考察した。</p> <p>【方法】 ①調査対象物質：9物質（ビスフェノールA、アルキルフェノール類、PCB、17β-エストラジオール等） ②調査地点・時期：河川6地点、年4回（2002年5月、8月、11月、2003年2月） ③分析方法：「外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル」（環境庁平成10年10月）及び「下水試験方法追補前版2002年版」（日本下水道協会）に準拠</p> <p>【結果】 ビスフェノールA、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルが3カ年の実態調査により高濃度で検出され、ノニルフェノールとオクチルフェノールの検出濃度は若干低下した。総女性ホルモン様作用強度は鶴見川の亀の子橋、都橋地点が最も高く、その地点に生息している雄コイに血中ビテロジェニン（卵黄タンパクの前駆体）を産出している可能性が示唆された。また、総女性ホルモン様作用強度には、女性ホルモンである17β-エストラジオールとエストロンの寄与が大きいことが示された。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">化学物質対策に関する研究 環境ホルモンに関する研究 －ノニルフェノール関連物質の挙動調査－</p>
部 門	プロジェクト研究
<p>〔目的〕 環境ホルモンと確定されたノニルフェノールは様々な用途で使用されているが、なかでもノニルフェノールエトキシレート系界面活性剤の原料として使用されている割合が多い。その界面活性剤が河川水中や下水処理の過程で分解され、エトキシレート鎖の短くなったノニルフェノールエトキシレートや、エトキシレート基の末端が酸化されたノニルフェノールエトキシ酢酸、そして最終的にノニルフェノールが生成されることが指摘されている。そこで、河川水中のノニルフェノールエトキシレートおよびその分解生成物質の濃度レベルや挙動を把握するため、鶴見川において環境調査を実施した</p> <p>〔方法〕 鶴見川上中流域の5地点において、河川水中のノニルフェノール、ノニルフェノールエトキシレート(エトキシレート鎖の数：1～15)およびノニルフェノールエトキシ酢酸(同：1～10)を調査した。調査時期は2002年11月である。</p> <p>〔結果〕 ノニルフェノールエトキシレートとノニルフェノールエトキシ酢酸はともにほとんどの地点でエトキシレート鎖数が1から3の化合物が大半を占め、ノニルフェノールエトキシレートよりもノニルフェノールエトキシ酢酸のほうが数倍高い濃度を示した。短鎖化と酸化が進んでいるためと考えられる。一方、1地点では、エトキシレート鎖数が4以上のノニルフェノールエトキシレートも比較的多く検出された。この地点の上流から、ノニルフェノールエトキシレート系界面活性剤が一時的に排出された可能性が高い。また、その地点では、エトキシレート鎖数が6から10までのノニルフェノールエトキシ酢酸が他地点よりも2倍程度高い濃度で検出された。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">環境共生都市に関する研究</p>
部 門	プロジェクト研究
<p>〔目的〕 自然環境を維持、回復し、自然と人間との共生を確保する自然共生社会の構築や、環境への負荷をできる限り少なくし、循環を基調とするシステムを実現する循環型社会の構築など、持続可能な社会への転換が強く求められていることから、自然との共生、環境負荷の低減を目指した環境共生都市の実現方策について調査研究を行う。</p> <p>〔方法〕 今後予測される人口の減少や工場跡地等遊休地の活用など、都市の抱える問題点を踏まえながら、環境共生都市形成の実現方策について3カ年に渡り計画論、技術論の両側面から調査研究を行う。 調査研究に当たっては、行政や市民等をメンバーとする環境ワークショップを開催するなど、市民等が参加する手法も利用する。 計画論：谷戸から河川、海といった水系を軸とした自然再生や、工場跡地、その他遊休地等の市街地を含めた自然再生など、生物生息空間のつながり等に配慮した環境共生都市計画案を検討する。 技術論：自然再生に関する技術的手法や廃棄物活用の可能性、環境共生都市形成のための制度、仕組み等について検討する。</p> <p>〔結果〕 平成14年度は、その第1年次に当たることから、情報の収集、整理等を中心に行った。 横浜のエネルギー資源や水資源、コミュニティ資源等を整理するとともに、現在に至った経緯や時系列的变化について整理した。 また、土地利用に関連する法制度の動きや展望を整理し、自然との共生や物質循環の促進に関わる事例について資料収集を行った。 里山、谷戸、平野等の環境ごとに自然再生技術を整理するとともに、自然再生技術に係る既存事例を整理し、自然の回復力を活かせるだけの土地面積の確保や効果的な実施場所の選定方法など、自然再生に係る課題の抽出を行った。</p>	

調査研究名	都市持続に関する研究 ヒートアイランドに関する研究
部 門	プロジェクト研究
<p>〔目的〕 近年、横浜市の熱による環境は悪化しており、特に夏期の温度上昇が進んでいる。この主な原因はヒートアイランドによるものと推測されている。そのため、ヒートアイランド対策としての屋上緑化についてその温度低減効果を調査した。またヒートアイランドの現状把握、対策効果、将来予測等を検討するためヒートアイランドのシミュレーションを試みた。</p> <p>〔方法〕 ①気温観測調査 市内 31 ヶ所で温度観測を行い、市内の詳細な気温分布について調べた。 ②ヒートアイランドシミュレーションのモデル化 人工衛星データから得られる地表温度データを用いて、熱流体解析ソフトにて横浜市 of 夏期晴天日での正午前後の気温分布について解析を行った。</p> <p>〔結果〕 ①気温観測調査 夏期の平均気温の分布では、北東部と南西部に高温域が生じ、夏期の熱帯夜の分布では、臨海部が高温となっていることが分かった。また、夏期の時系列変化について検討した結果、昼間に北東部と南西部で高温域が発生する一方、夜間には、高温域が臨海部となる日変化パターンが現れることが分かった。 ②ヒートアイランドのシミュレーションのモデル化 当研究所で開発中のヒートアイランドシミュレーションの結果と当研究所が設置した市内 31 ヶ所の気温観測網での実測値を比較検討した結果、最高気温の予測シミュレーションと実測値は概ね一致することがわかった。これらの結果より夏日には市内の主に北部、中央部、西部の地域でヒートアイランド現象によるもと考えられる比較的高温な地域が出現しやすいこと、また北部を除く森林地域では比較的低温となることがわかった。</p>	

調査研究名	都市持続に関する研究 酸性雨に関する研究 — 酸性雨モニタリング調査 —
部 門	プロジェクト研究
<p>〔目的〕 環境省が報告しているように、現在、日本では欧米並の酸性雨が降り続いており、さらに急速に工業化を進める東アジア近隣諸国からの影響も懸念されている。一方、2000 年 9 月からは三宅島火山から酸性雨の主要な原因物質である SO₂ ガスが大量に放出され始め大きな問題となっている。このため、横浜市環境科学研究所では、1984 年より継続して酸性雨の監視を行っている。</p> <p>〔方法〕 横浜市磯子で 2002 年 1 月～12 月の 1 年間、自動雨水採取装置により雨水（湿性沈着物）、乾性沈着物を分別採取して、これらの pH 及び nssSO₄²⁻、NO₃⁻、nssCl⁻ の酸性雨原因物質、nssCa²⁺、NH₄⁺ 等の中和物質等を分析した。</p> <p>〔結果〕 2002 年の雨水の年平均 pH は初期 1mm が 4.14、一降水全量が 4.62、湿性の nssSO₄²⁻、NO₃⁻、nssCl⁻、nssCa²⁺、NH₄⁺ の年間沈着量はそれぞれ 84、43、12、24、73 (meq/m²/年)、乾性の nssSO₄²⁻、NO₃⁻、nssCl⁻、nssCa²⁺、NH₄⁺ の年間沈着量はそれぞれ 10、11、1、26、3 (meq/m²/年) であった。 これを経年的にみると、雨水の pH は例年に比べ低く、湿性の nssSO₄²⁻ の沈着量は例年より増加していた。これは三宅島火山ガスの影響によるものと考えられた。一方、乾性沈着量は前年並みであった。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">都市持続に関する研究 酸性雨に関する研究 — 各種試験板を用いた酸性雨等による金属材料への影響調査 —</p>
部 門	プロジェクト研究
<p>【目的】 鎌倉大仏(国宝)の腐食劣化、屋外ブロンズ彫刻のいわゆる「涙現象」など、酸性雨が関与しているとみられる器物被害が各地で問題となっている。横浜市環境科学研究所では、酸性雨等による器物影響のモニタリングを目的に、1993年より、市内磯子及び山梨県道志において金属試験板の溶出量及び腐食量の測定を行っている。</p> <p>【方法】 横浜市磯子で2001年9月～2002年8月の1年間、簡易雨水採取器に試験板(ブロンズ、銅、炭素鋼)を取り付け、1ヶ月単位で雨水を採取し、pH、イオン成分(SO₄²⁻、NO₃⁻等)、溶出金属(Cu、Pb、Zn、Fe)を測定した。また、対照として試験板を取り付けないもの(以下、雨水という)についても同時に行った。</p> <p>【結果】 当期間は三宅島火山ガス放出後2年目に当たるが、1年目と同様、三宅島火山ガスの影響を強く受けていた。2年目の雨水の平均pHは、火山ガス放出前1年間(1999年9月～2000年8月)に比べ0.17低く、nssSO₄²⁻の年間沈着量は2.3倍増加していた。また、これに対応して、ブロンズ板からのCu、Pb、Znの溶出量、銅板からのCuの溶出量、炭素鋼板からのFeの溶出量も1.6～1.7倍増加していた。また、この金属の溶出に伴い、火山ガス放出後の銅板の重量は著しく減量していた。</p>	

河川における環境基準達成のための要因に関する研究（第2報）

－ 柏尾川水系 －

小市佳延, 福嶋 悟（横浜市環境科学研究所）

Research on the factor for attaining environmental quality in river water (2nd)

－ Kasio river and the branch －

Yoshinobu Koichi, Satoshi Fukushima
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：水質調査、底質、付着物、藻類、河川

要 旨

横浜市南部の柏尾川水系において河川の環境基準に影響の大きい流入源として下水処理場を取り上げ、その上下流で水質・底質・付着物・付着藻類について調査を行った。その結果、河川水量の半分以上を下水処理場放流水が占め、水量確保の面では処理場放流水の貢献は大きい。水質のBODは硝化の影響が加わって処理場の下流で高くなる傾向があり、またリンの主たる排出源となっていた。藻類群集では熱帯性珪藻類の *Navicula confervacea* が下水処理水放流口とその下流で多く出現していた。藻類指標による水質評価ではBODと概ね同じ傾向を示したが、富栄養化状況の評価には新たな指標が必要と考えられた。

1. はじめに

かつて海や川等でみられた末期的な水質汚染を改善するために環境基準や排水基準という目標が設定され、それらを達成するために官民あげての努力が積み上げられてきた。その中で下水道の効果は大きく、その普及に伴って生活排水等が直接河川に流入しなくなることで河川等の水質が改善されてきた。その一方で下水処理場は大規模な事業場であり、その排水によって少なからず河川の水質等に影響が出てくる¹⁻³⁾。

横浜市内の河川においても下水処理場からの排水が流入する河川では同様の問題を抱えていると考えられる。下水処理場からの排水が流入する河川は市内に4河川あり、このうち柏尾川およびいたち川では下水処理場の上流は自然水に近い。対して、鶴見川および境川では上流から他自治体の排水が混入した水が流れてくる。そのため、前者の河川では処理場の上下流を比較することでその影響が明確になり、環境基準を達成するための要因を検討することが容易になると考えられる。調査対象は水質だけではなく、相互に関連があると考えられる底質・付着物・付着藻類とし、多角的な面から水質汚濁状況を解析することにした。

今回は横浜市南部を流れる柏尾川・いたち川において流れに沿った水質・底質・付着物・付着藻類の調査を行ったところ、若干の知見が得られたので報告する。

2. 調査方法

2-1 調査地域

柏尾川水系は横浜市南部に位置し、港南区野庭を源とする平戸永谷川と、瀬谷区三ツ境を源とする阿久和川が合流

して柏尾川と名称を変えて南下した後、市境の手前で円海山を源とするいたち川と合流する。いたち川源流には山林が残っているものの、それ以外の流域は山林を開発した住宅地に、また柏尾川本川の中・下流は工場・住宅地となっている。

柏尾川の水質は平成2年度までは吉倉橋・鷹匠橋でBOD(75%値)が環境基準値の8mg/lを超えていたが、それ以降は数年おきに鷹匠橋で基準を超えるものの、吉倉橋では超えることはない。いたち川は平成4年以降は基準を満足している。平成13年度の場合、BOD(75%値)は吉倉橋で3.7mg/l、鷹匠橋4.9mg/l、いたち川橋4.2mg/lと環境基準値以下である⁴⁾。

調査対象地域は図-1に示すように、柏尾川本川の吉倉橋付近から鷹匠橋までと支流のいたち川である。st.1~6は両河川の地点、st.A~Kは流入水路または流入河川である。

st.1は測定計画測定地点である吉倉橋の下流で、川幅は約10mあり、両岸には草が繁茂している。st.1aはポンプ場排出口近くにあたる。st.2は日立専用橋付近で、このあたりまでは両岸に沿って河道内に草が繁茂している。st.3の久保橋は下水処理場の下流にあたり、鯉や水鳥が多い。河床は礫質である。st.4の鷹匠橋はいたち川と合流後の測定計画測定地点となっており、川幅約20m、河床は砂質である。支流のいたち川は水際部を自然復元化した河川で、st.5の城山橋では大きな石で高水敷とし、河床は穴の空いたコンクリートブロックを敷き詰めて平坦としている。st.6のいたち川橋は両岸に玉石でできた草地帯があり、河床は礫砂である。

st.A~D、H~Jは暗渠で、このうちst.B、Hは下水処理

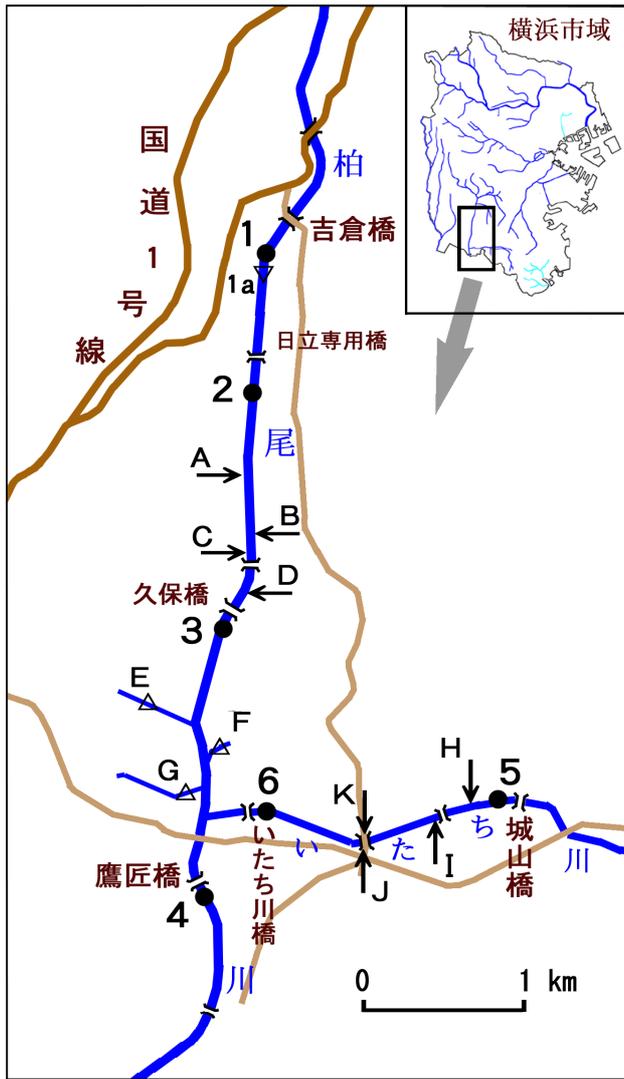


図-1 調査地点概略図

場の放流口である。st.E~Gは流入河川で、st.Eは低水路のある三面コンクリート造となっている。st.F、Gは両岸が垂直のコンクリート、河床は礫砂である。

2-2 試料採取方法および調査期日

夏季および冬季に、本川の地点では原則として水質、底質、付着物および付着藻類を採取した。その他の流入水路および流入河川では水質のみとし、一部で付着藻類等を採取した。冬季は夏季の結果により一部の地点の採取を省いた。水質試料は表面水を採水した。底質試料は、流れの緩やかなところの表層泥を数カ所採取して混合した。付着物試料は流れのあるところの平坦な礫を採取し、表面の付着物をブラシで擦り落として試料とし、擦り落とした面積を記録した。底質および付着物の試料調整は環境省の底質調査法に準じた。付着藻類用試料は、面積を決めずに付着物試料と同じように採取し、現場でホルマリン固定した。

調査期日は次のとおりである。

夏季： 2002年9月13日、26日

冬季： 2003年2月12日

2-3 調査項目および測定方法

調査項目は水質については水温、水素イオン濃度(pH)、電気伝導率(EC)、酸化還元電位(Eh)、流量、生物化学的酸

素要求量(BOD)、全窒素(T-N)、アンモニア態窒素(NH₄-N)、亜硝酸態窒素(NO₂-N)、硝酸態窒素(NO₃-N)、全リン(T-P)、リン酸態リン(PO₄-P)である。底質は、泥温、Eh、微細泥率、強熱減量(IL)、T-P、クロロフィルa(Chl.a)である。付着物は付着量、IL、T-Pである。測定方法は、水質はJIS K0102に準じ、その他は前報⁵⁾と同じである。

付着藻類群集の構造評価は、試料の0.05mlを大型界線入りスライドガラス上に取り、24×32mmカバーガラスを載せた一次プレパラートを用い、400細胞程度の同定・計数により行った。顕微鏡(オリンパスBX)観察は対物レンズ40倍、接眼レンズ15倍、総合倍率600倍で行い、細胞区別の不明な藍藻類は、1糸状体を1細胞として取り扱った。

なお、流量は、流速・水深・水路幅を測定し、河川断面積と流速から算出、もしくは下水処理場の運転管理データから算出した。底質の微細泥率は粒径0.075mm以下の試料が粒径2mm以下の試料に占める割合とした。その他の測定方法等は前報⁵⁾と同じである。

3. 結果と考察

3-1 水質

3-1-1 夏季調査

夏季調査の結果を図-2~5に示す。

柏尾川・いたち川の水温は約23~26℃であり、st.2~3間およびst.5~6間でやや上昇している。これらの地点間にあるst.BおよびHで河川水より水温が高くなっていることから、その流入水の影響が考えられる。

pHはst.B、Hで7.0前後と他の地点より低いのが認められ

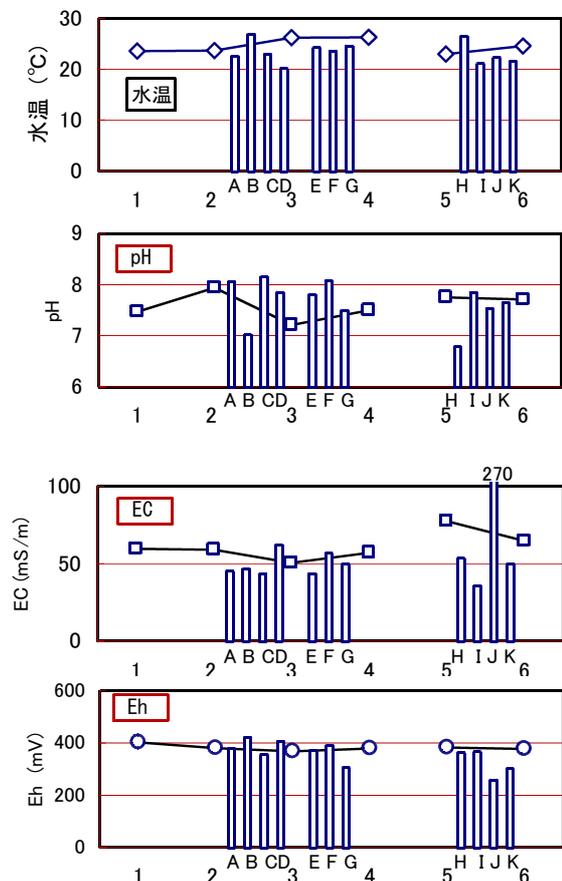


図-2 水質の測定結果(夏-1)

る。ECはいたち川のst. 5で約80mS/mと高いが、源流でも同様の値であり⁶⁾、この河川の特徴と考えられる。st. JではECが270mS/mと高いものの、本川には影響は少ない。Ehは大部分の地点で400mV前後であるが、st. Jは260mVと低く、他の地点に比べて酸化状態が低い。

BODは柏尾川のst. 1、2で1mg/l前後であるが、st. 3ではやや上がって3mg/l弱となっている。st. 5、6のいたち川でも下流でやや高くなるが、約2mg/lであり、柏尾川水系の環境基準値である8mg/lをいずれも下回っている。st. B、Hの下水処理場放流水は河川水より少し高く、5.1mg/l、2.3mg/lである。ただし、流入水路のst. J、Kはそれぞれ19、10mg/lと高いのが認められる。

C-BODは本川および下水処理場放流水のみの測定であ

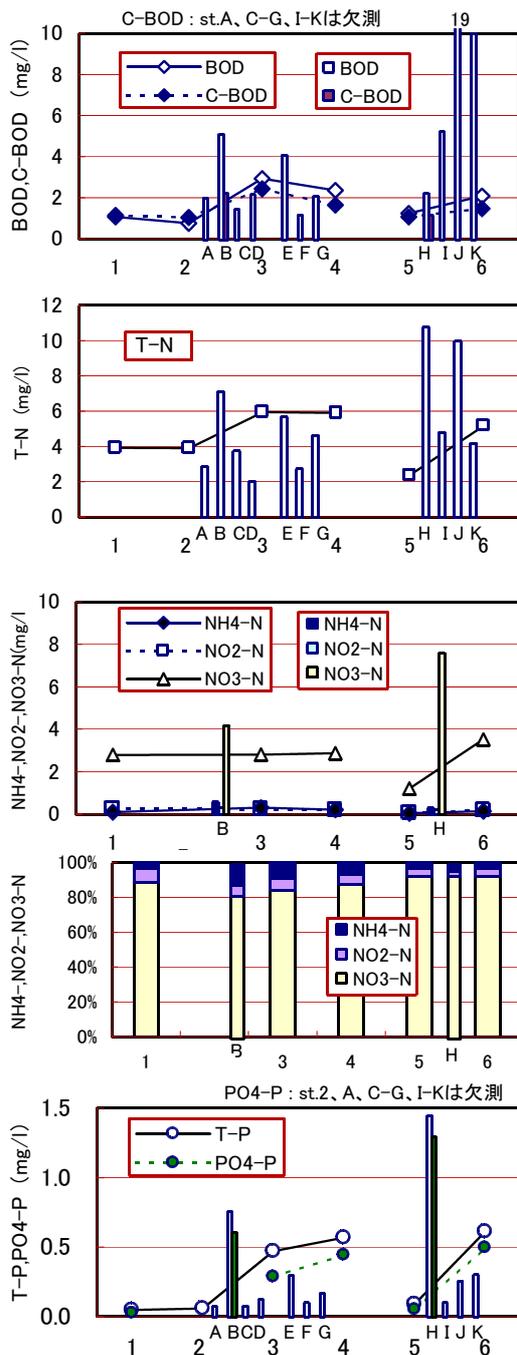


図-3 水質の測定結果 (夏-2)

る。st. 1、2および5ではBODとほぼ同一である。一方、st. B、Hの下水処理場放流水ではBODの半分程度の値であり、BODとの差は硝化細菌による窒素化合物の酸化分と考えられる。それらの流出口より下流のst. 3、4および6ではC-BODは上流にくらべて増加しており、またわずかながらBODを下回る値となっているのが認められる。その差は硝化細菌が河川に流入したために、NH₄-N等の酸化が行われることによると考えられる。

栄養塩の指標であるT-Nは柏尾川ではst. 2と3の間で2mg/lほど上昇している。st. Bの値が約7mg/lと河川水より高いため、その影響で下流のst. 3の値が上がったものと考えられる。いたち川でも、調査した流入水路すべてが4mg/l以上で、特にst. H、Jが高いのが認められる。そのために、st. 5と6の間でT-Nが増加している。

無機態窒素では各地点ともNO₃-Nが主で、NH₄-NやNO₂-Nの値は低い。下水処理場放流水のst. B、Hでは河川水質よりも高く、特にst. Hで約8mg/lと高いのが認められる。ちなみに環境基準項目であるNO₂-NおよびNO₃-Nの合計量についてはいずれの地点も10mg/lを下回っている。

同じく栄養塩の指標であるT-Pの方は柏尾川のst. 1、2

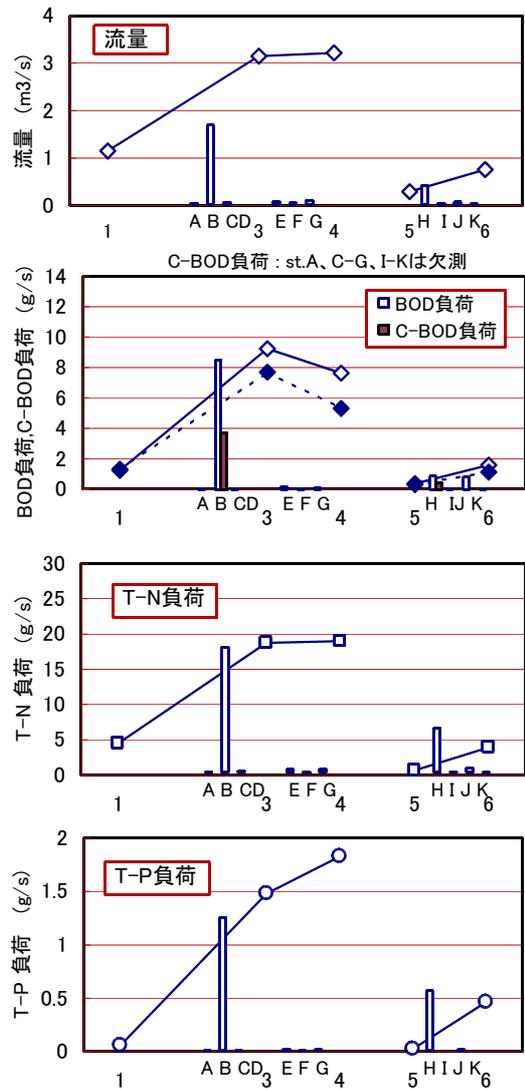


図-4 水質の測定結果 (夏-3)

では0.1mg/l以下と低い、st.3では0.5mg/l付近まで急増しているのが認められる。st.Bの値が約0.8mg/lと河川水より高いため、その影響で下流の値が上がったものと考えられる。いたち川も同様で、特にst.Hの値は1.4mg/lと高い。P04-Pも同様の傾向にある。

多摩川において付着藻類による2次汚濁に影響しない栄養塩濃度を試算したところ、無機態窒素約3mg/l以下、P04-P約0.2mg/l以下であった³⁾、という。この基準を今回の結果と比較すると、無機態窒素はst.5のみが3mg/l以下、P04-Pはst.1、5が0.2mg/l以下であり、それ以外では付着藻類の増殖の可能性がある濃度になっている。

流量は、柏尾川のst.1からst.3の間で3倍程度になっているが、その原因としてst.Bの流入量が多いことが考えられる。図-5より、st.Bの水量はst.4における河川水量の約5割を占めている。一方、いたち川の流量もst.5~6間で増加しており、その主原因はst.Hの流入によると考えられる。その割合はst.6における河川水量の約5割、st.4の約1割である。

BOD負荷量は柏尾川のst.1からst.3の間で8倍程度に急増しており、st.Bの影響が大きいことが認められる。いたち川の方はst.HおよびJの負荷量の影響で、st.6では1.6g/sに上昇しているが、これは柏尾川st.3の約1/6の量である。

T-N負荷量は、柏尾川ではst.Bの値が大きく、その影響でst.3で19g/sとなっている。いたち川のst.6ではその1/4程度の値であるが、そのほとんどがst.Hの流入水によると

考えられる。

T-P負荷量はst.1および5では0.1g/s以下と小さいのに対し、st.B、Hでは大きく、これらが河川中の負荷のほとんどを占めると考えられる。

3-1-2 冬季調査

冬季調査の結果を図-6~9に示す。

水温は本川では9.1~14.5℃であるが、st.B、Hは河川水より高く、下流の水温上昇に寄与していると考えられる。pHは全体的に夏季より高めで、st.5では9.1と高い値がみられる。しかし、st.B、Hは他の地点が8前後なのに比べてやや低く7.3前後である。ECはいたち川の方が全体的に柏尾川より高いが、特にst.Jの値が夏季同様大きいのが認められる。Ehはst.Bで大きく、約550mVである。その影響か、st.3ではEhが上昇している。

BODはst.1~6で1.5~5.7mg/lと夏季に比べて2倍程度まで高くなっているが、環境基準値は下回っている。河川水質を左右する下水処理場放流水のst.B、Hが夏季の2割増に収まっていることが大きい。一方で、st.Jのように35mg/lと高濃度の流入も認められる。

C-BODは地点間の差が小さく、2mg/l台で推移している。BODとC-BODの差はst.1、5で小さいのに対してst.3、4で大きく、夏季の調査ではみられなかった現象である。

窒素関連では、T-Nはst.1、5では3mg/l前後で、これは夏季の値と変わらないが、それらの下流のst.3、4、6ではおよそ8mg/l以上と夏季の約6mg/lにくらべて高くなっている。下水処理場放流水であるst.B、Hの値は夏季の4割程度増加している。形態別では夏季調査とくら

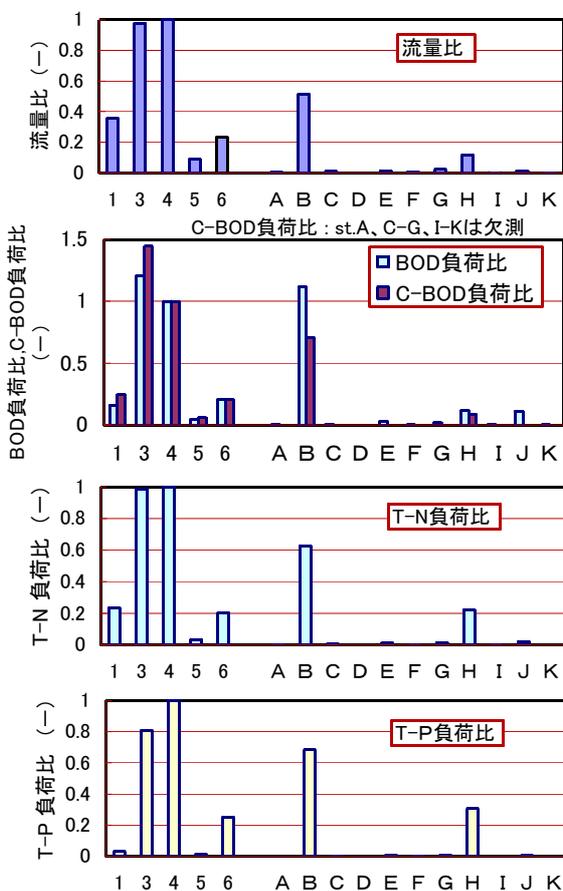


図-5 st.4を基準とする流量・負荷比(夏)

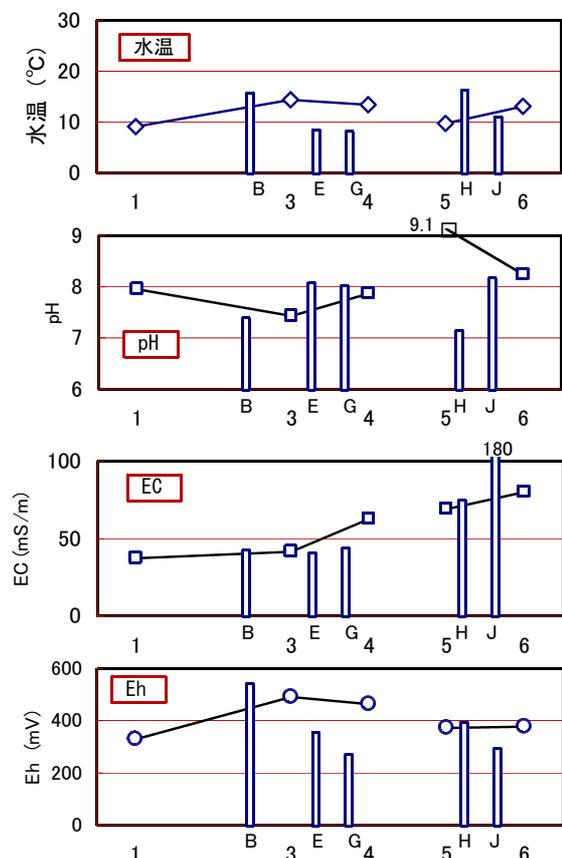


図-6 水質の測定結果(冬-1)

べてほとんどの地点でいずれも増加しているのが認められる。その構成比率をみると、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合が増え、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の割合が夏季に9割前後だったのが8割以下になる地点も柏尾川にはみられる。

T-P、 $\text{PO}_4\text{-P}$ でもst. B、Hの値が高く、その影響で河川内のst. 3、4、6で高くなる傾向がみられる。

前出の多摩川における藻類増殖に影響しない栄養塩濃度に匹敵するのは冬季は無機態窒素、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 共にst. 1、5である。河川については富栄養化の観点からの環境基準はないが、川の到達先は湖沼や海であり、さらに良好

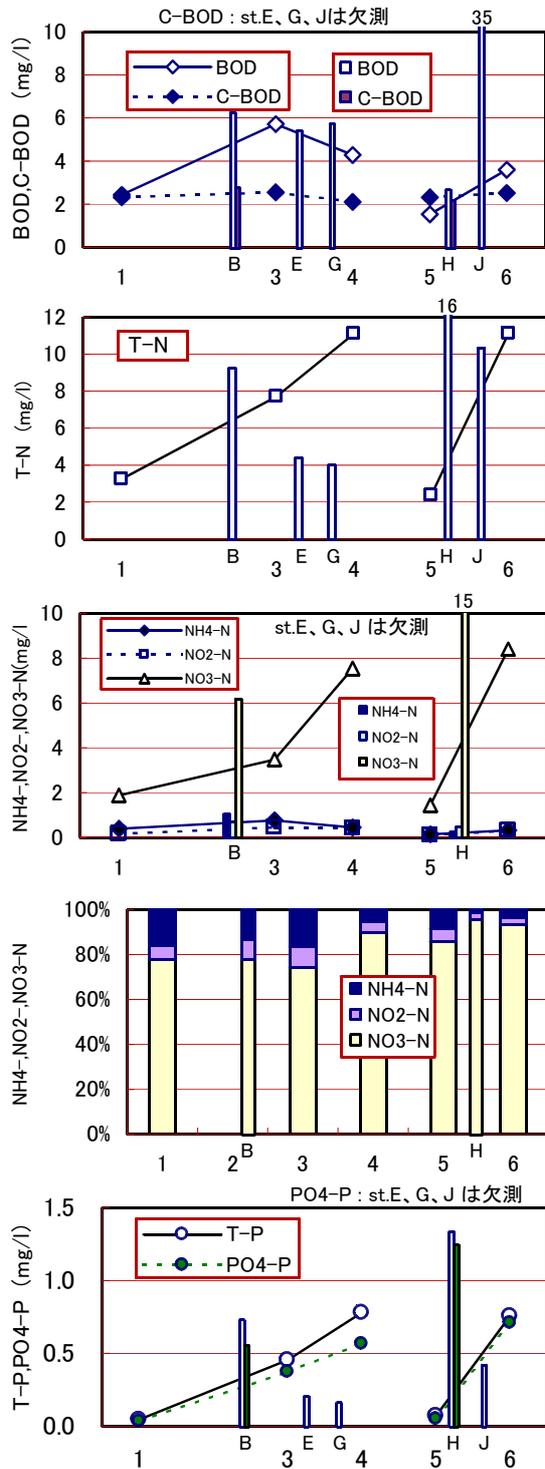


図-7 水質の測定結果 (冬-2)

な水質を目指すならば河川にも新たな基準が必要と思われる。

流量は柏尾川のst. 1で $0.60\text{m}^3/\text{s}$ 、いたち川のst. 5で $0.15\text{m}^3/\text{s}$ であり、これらは夏季調査時のそれぞれ約1/2の水量である。これに対してst. B、Hは夏季の7、8割の量であり、またこれらは同時期のst. 4の5割強および1割にあたり、河川水の水量確保の点で貢献していることになる。

BOD負荷量は冬季も柏尾川のst. 1からst. 3の間で急増しており、st. Bの影響が大きいことが認められる。st. Bの負荷量はst. 4の約8割に相当する。いたち川の方はst. Hよりもst. Jの負荷量の方が大きく影響している。st. 6付近の調査時に緑白色の濁水が上流より流れてくるのに遭遇した。その流入点を特定することはできなかったが、小河川では間欠的に濃厚排水が流入する機会がよく起こる。下水未処理区域のある他都市からの流入負荷を減らせば、さらにいたち川の水質がよくなると考えられる。

T-N負荷量は、柏尾川ではst. Bの値が大きく、st. 3の約8割、st. 4の5割弱を占めている。いたち川のst. 6ではst. 3の約1/3の負荷量であるが、その7割がst. Hの流入水

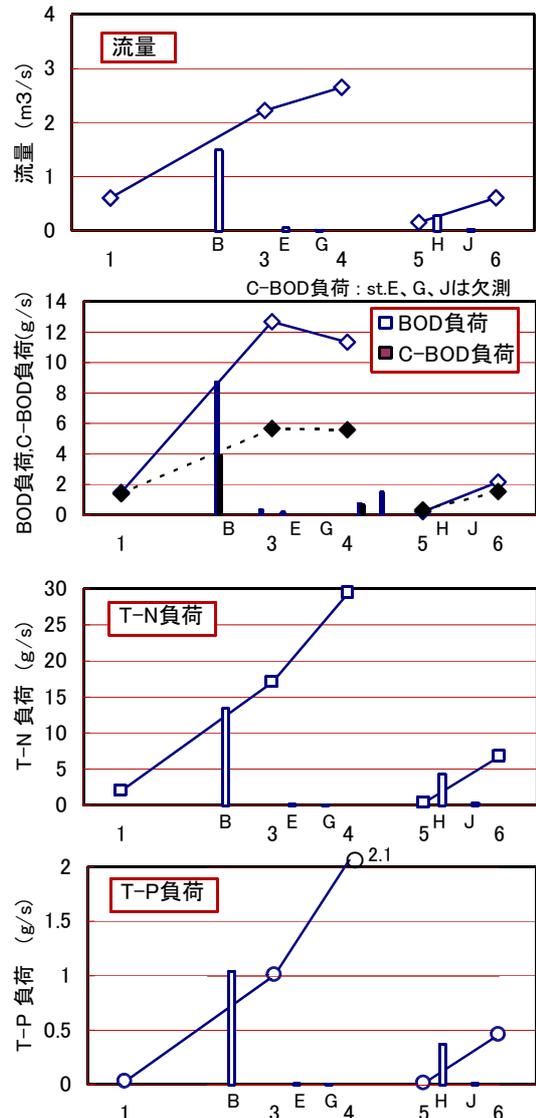


図-8 水質の測定結果 (冬-3)

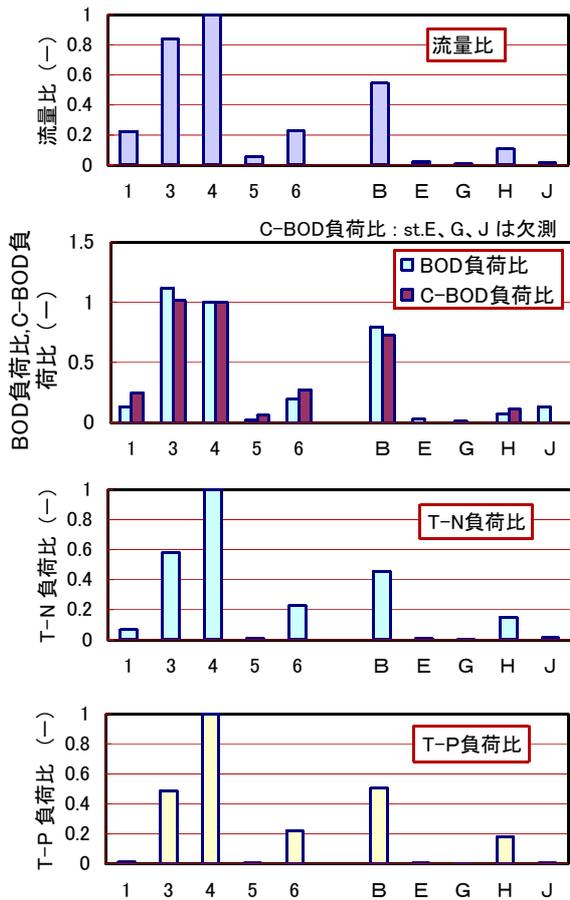


図-9 st.4を基準とする流量・負荷比(冬)

によるとみられる。

T-P負荷量は冬季もst.1および5で小さいのに対し、st.B、Hで大きく、また河川中の負荷のほとんどを占める傾向がみられる。st.B、Hの負荷量は夏季よりも小さい。

3-1-3 BODに対するNH₄-Nの硝化の影響

BODとC-BODの差はNH₄-Nの硝化に関係するといわれている。今回調査の結果について、NH₄-Nに対するN-BOD (BODとC-BODとの差)の関係を図-10に示す。硝化細菌によりNH₄-N 1mgがNO₃-Nまで完全に酸化するのに要する酸素量は4.57mgである。実線はその理論値である。

夏季の下水処理場放流水のB、Hは実線に近く、硝化細菌によるNH₄酸化の影響がBODに現れているとみられる。

冬季は下水処理場より上流のst.1や5はNH₄-Nの値に

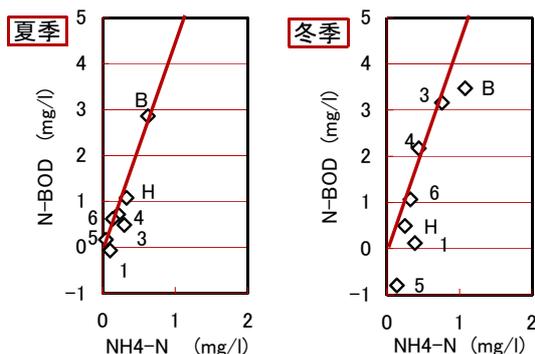


図-10 NH₄-NとN-BODの関係

対するN-BODは原点に近く、硝化作用は低いことから硝化細菌は少ないようである。下水処理場放流水であるst.B、HのN-BODは理論線を下回っており、硝化菌に何らかの制限因子が作用したと考えられる。一方それらの下流にあたるst.3、4、6のN-BODは理論線に近く、処理場から流出した硝化細菌が寄与したものと考えられる。

3-2 底質

底質調査の結果を図-11に示す。

Ehはst.1が夏季に100mVになるなど、他の地点にくらべてやや低いのが認められる。微細泥率は反対にst.1が高く、シルト・粘土分が5%以上あるのに対し、st.3~6では微細泥率が2%以下で、ほとんどが砂である。st.1、2は河川内に植物が繁茂しており、その影響で粒子の細かい底質が留まっているものと考えられる。ILはst.1および1aで5%前後となる他は3%以下と低いのが認められる。T-Pはst.1および1aで0.6mg/g以上となるが、他の地点ではそれより低く、0.4mg/g前後である。水質ではT-Pがst.3、4およびst.6で高くなるが、底質には影響はないようである。Chl.aは全体に低いが、冬のst.1aだけが高いのが認められる。st.1aはポンプ場排水口付近であり、豪雨時は雨水排水とともに未処理の下水が排出されることがある。その痕

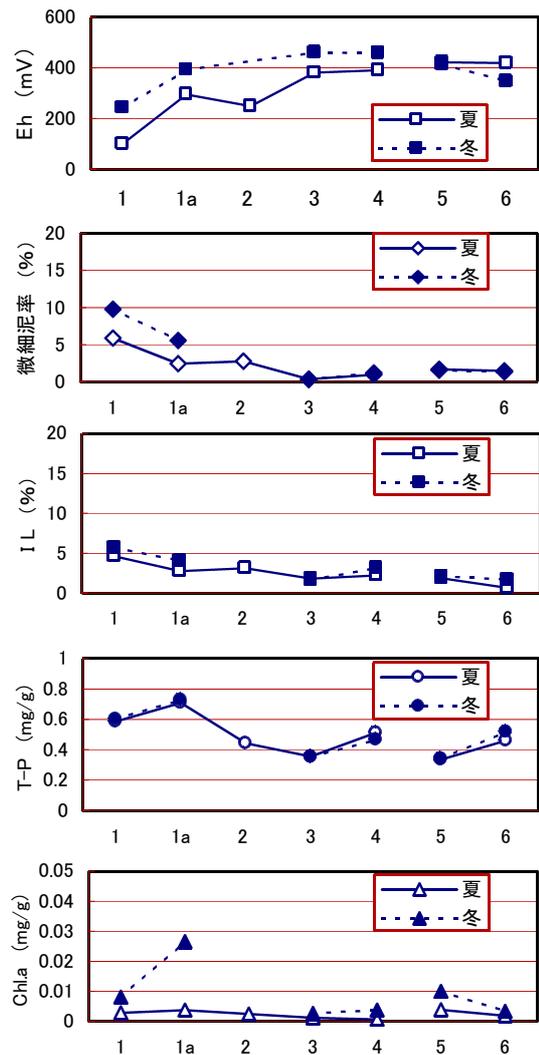


図-11 底質の測定結果

跡があるか確認するために調査したが、大きなごみが排水口付近に貯まっているものの、河川内の底質には顕著な影響はみられなかった。

3-3 付着物

付着物調査の結果を図-12に示す。

夏季調査ではst.2から3の間でILやT-Pがやや減少しているものの、付着量が約6倍に増えているために単位面積あたりで比較すると量的に増加しているのが認められる。一方、いたち川のst.5~6間ではこのような現象はみられず、st.2~3間での増加が下水処理場放流水の影響によるものかははっきりしない。

冬季調査のst.1およびst.6では付着量が大きいのに対してILやT-Pは低いのが認められる。このうちst.1のIL等は同時期の底質とほぼ同じ濃度である。冬季は夏季にくらべて水量が少なく、流速も遅くなる。そのため、石などに一旦堆積した土砂は掃流されにくくなり、そこに留まるようになることによると考えられる。st.5では逆に付着量が少なく、IL等の濃度が高い。その原因の一つとして、特にこの地点では鯉が群泳しており、その影響で水が攪乱されて石の上の堆積物が払われ、付着藻類等

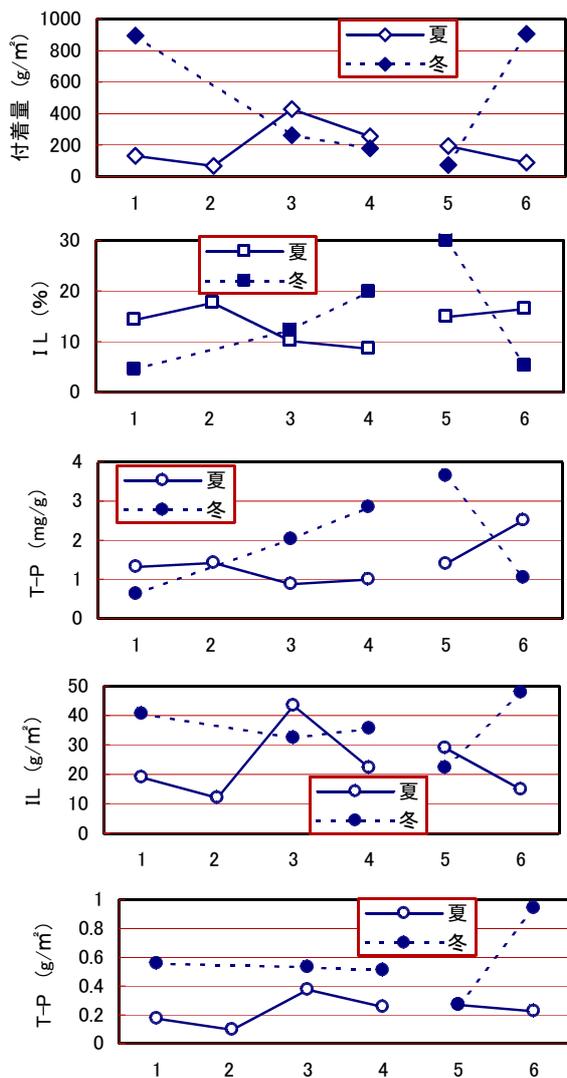


図-12 付着物の測定結果

が生長したことが推測される。

3-4 付着藻類

柏尾川といたち川で出現した代表的な付着藻類の出現状況と、藻類群集を構成する種類数を表-1に示す。各地点の種類数を見ると、下水処理場放流水が流入する上流側の地点(st.1,5)にくらべて下水処理水放流口(st.B, H)で、夏季と冬季の両調査時とも少ない。そして、下水処理水放流口の下流側の地点(st.3,6)の種類数は放流口より多い。下水処理水放流口の上流側と下流側を比較すると、下水処理水の河川へのBOD負荷の割合が小さいと、下流側でわずかに少なくなる場合と、多くなる場合が認められた。

表-1のリストに示された *Navicula confervacea* は下水処理水放流口とその下流側で多く出現している。*N. confervacea* は熱帯性の種類で⁷⁾、ヨーロッパには熱帯地方から水草と共に移入された⁸⁾。フランスのセヌ川では火力発電所の下流側で多量に出現したことが報告されている⁹⁾。我が国でも下水処理場内でしばしば珪藻群集の優占種になっている¹⁰⁾。下水処理水を流すようになった河川では、新たにこの種類が出現するようになり、夏季に多くなる傾向が指摘されている¹¹⁾。横浜市内全域を対象とした2002年度の調査でも、夏季に境川・柏尾川と鶴見川の下水処理水が流入する下流側の地点で出現しており¹²⁾、過去の出現状況¹³⁻¹⁵⁾と比較するとその分布範囲は拡大している。*Choricystis chodatii* と *Monoraphidium fontinale* も *N. confervacea* と同じ分布状況を示した種類であるが、両種は塩素消毒された下水処理水を流しているせせらぎで優占的に出現した¹⁶⁾。

Diatoma vulgare は水温の低い時期に特徴的な種類であり⁷⁾、水温が15℃以下で優占種になることが観察されている¹⁷⁾。柏尾川といたち川でも、冬季に下水処理水放流口の上流側で多く出現し、下流側の地点でも出現した。横浜市内の河川で最初に *D. vulgare* が出現したのは1993年で、その場所は帷子川の浄水場排水が流入する下流側の地点である¹³⁾。そして、1999年には冬季に大岡川と柏尾川の中流域にも分布が拡大した¹⁵⁾。帷子川を対象として、1997年1月から翌年の1月までの奇数月に実施した調査で、両年の1月にのみ出現した *D. vulgare* は、他の水系から水道用水により運搬された種類であると指摘されている¹⁸⁾。

横浜市の生物指標¹⁹⁾に基づいた指標藻類の出現状況を表-2に示す。各地点で出現した指標種の数と、それにより評価された水質状況は表の上段に示している。夏季と冬季の両調査時で、下水処理場放流水が流入する上流側の地点はきれいであった。下水処理水放流口では、BODが5~6mg/lと高いと非常に汚れているとなったのに対して、BODが2~3mg/lではきれいとなった。そして、下水処理水放流口の下流側の地点では、処理水のBODが高いと汚れていると評価された場合もあるが、それ以外はきれいとなった。表の下段に各階級の出現率をまとめたが、きれいと評価された地点でも、その階級を指標する種類の割合はかなり異なり、同じきれいであるとする評価結果にも、その内容にかなりの相違があることを

表一 柏尾川といたち川の代表的付着藻類の出現状況と種類数

表示は +<5% ++≥5<10% +++≥10%

	夏 季						冬 季					
	柏尾川			いたち川			柏尾川			いたち川		
	St.1	St.B	St.3	St.5	St.H	St.6	St.1	St.B	St.3	St.5	St.H	St.6
紅藻類 Rhodophyta												
<i>Audouinella</i> sp.	+			+	+		+			++		
珪藻類 Bacillariophyta												
<i>Amphora pediculus</i>	++			+			+			+		+
<i>Diatoma vulgare</i>							+++		+	++		+
<i>Fragilaria brevistriata</i>	+		+++				+		+		+	
<i>Gomphonema parvulum</i>	++	+	+++	+	++	+++		+++	+++		+++	+
<i>Melosira varians</i>	+			++	+	++	+		+		+	+++
<i>Navicula confervacea</i>		+++	+		++	+++					+++	
<i>Navicula goeppertiana</i>	+		++		+	+			++		+	+
<i>Navicula gregaria</i>	++		+	++	+	+	+++			+++	+	+++
<i>Navicula marginalithii</i>				+++		+	+			+++		+++
<i>Navicula recens</i>	++		++	+++	+++	++				+	+++	+
<i>Navicula seminulum</i>	+++	+	+		+	+						+
<i>Navicula veneta</i>	+		+					+	+++			
<i>Nitzschia amphibia</i>	+++		+++		+	++	+		++			+
<i>Nitzschia dissipata</i>				++			+			+++		+++
<i>Nitzschia linearis</i>				+			+++		+	+		+
<i>Nitzschia palea</i>	+	+	+	+	+++	+	+	+	+	+		+
<i>Pinnularia brauniana</i>	+	+	+		+++	+			+		+	
<i>Synedra ulna</i>	+			+		++	+++		+	+	+	++
緑藻類 Chlorophyta												
<i>Characium</i> sp.			+++									
<i>Choricystis chodatii</i>									+++			
<i>Monoraphidium fontinale</i>		++	+		+							
種類数	36	10	25	29	18	25	37	7	23	20	15	26

表二 柏尾川といたち川の付着藻類の指標性区分と藻類指標による水質評価結果

(太字は階級を示す)

	夏 季						冬 季					
	柏尾川			いたち川			柏尾川			いたち川		
	St.1	St.B	St.3	St.5	St.H	St.6	St.1	St.B	St.3	St.5	St.H	St.6
種類数												
きれい	4	0	0	6	3	2	9	0	3	6	2	5
やや汚れている	3	0	1	3	2	2	4	0	2	2	2	2
汚れている	4	1	5	1	1	3	3	0	3	0	1	2
非常に汚れている	6	4	6	2	5	5	1	3	5	1	3	4
出現率(%)												
きれい	5	0	0	23	3	6	40	0	6	48	3	40
やや汚れている	9	0	1	8	3	9	38	0	4	25	4	28
汚れている	24	0	23	7	1	9	1	0	10	0	0	1
非常に汚れている	22	5	26	4	59	23	0	46	67	1	13	6

示唆している。ちなみに、きれいと評価された下水処理水放流口では、その階級の指標種の出現率は低い傾向がある。

下水処理水のT-NとT-Pは高かったが、全体に占める無

機態成分の割合が大きく、NH₄-Nが低い場合、藻類指標による水質評価ではきれいとなっている。これは、従来の藻類指標は有機汚濁を対象としたものであり、富栄養化状況の評価にはそれに対応した新たな指標が必要であ

ることを示している。

4. まとめ

横浜市南部を流れる柏尾川水系において下水処理場を中心とした上下流で水質・底質・付着物・付着藻類の調査を行ったところ、以下のような知見が得られた。

- 1) 柏尾川水系の水量の半分以上を下水処理場放流水が占めていた。
- 2) 水質BODは環境基準を満足していたが、下水処理場の下流で上昇する傾向がみられた。その要因として、処理場から有機物と共に、NH₄-Nおよび硝化菌が流出し、硝化がBODに寄与していることが考えられた。
- 3) T-P、PO₄-Pの変化は下水処理場の上下流で大きく、ほとんどが処理場からの負荷と考えられた。
- 4) 底質および付着物には顕著な変化はなく、下水処理場放流水の影響は理化学的には少ないものとみられた。
- 5) 下水未処理区域のある他都市からのBODの流入負荷は下水処理場の負荷を上回ることがあった。その排水が流入するたち川の水質をさらに改善するには他都市の協力が必要と考えられた。
- 6) 藻類群集の特徴は、熱帯性珪藻類の *Navicula confervacea* が下水処理水放流口とその下流側で多く出現したこと、水温の低い時期に特徴的に見られる *Diatoma vulgare* が冬季に下水処理場放流水の上流側で多く出現し下流側でも出現したことである。
- 7) 藻類指標では、下水処理水放流口より上流側の地点はきれい、下水処理水放流口でBOD濃度が高いと非常に汚れていると評価されたが、BOD濃度が低い場合はきれいだと評価された。下水処理水放流口の下流側の地点では、処理水のBOD濃度が高いと汚れていると評価された場合もあるがそれ以外はきれいだと評価された。

文 献

- 1) 濱本哲郎：御笠川下流域のBODとDO、福岡市保健環境研究所報、**26**、103-106(2001)。
- 2) 東海敬一、佐藤尚美、亀田由香、阿部早智子、菊池正行、加藤丈夫、中条幸次、阿部幸史：平成8年度河川汚濁負荷量調査一七北田川の汚濁要因の分析一、仙台市衛生研究所報、**26**、226-231(1996)。
- 3) 坪郷久子、和波一夫、島津暉之：多摩川中流部の再生に関する研究(その5)一付着藻類による有機物の生成とその河川水質への影響一、東京都環境科学研究所年報、185-192(1999)。
- 4) 横浜市環境保全局：横浜市公共用水域及び地下水の水質測定結果報告書(平成13年度)、16(2003)。
- 5) 小市佳延、福嶋悟：河川における環境基準達成のための要因に関する研究(第1報)一中堀川一、横浜市環境

科学研究所報、**27**、10-18(2003)。

- 6) 横浜市環境保全局：横浜の川と海の生物(第9報・河川編)、49-52(2001)。
- 7) Patrick, R. and Reimer, C. W. : The diatoms of the United States Exclusive of Alaska and Hawaii, Vol. 1. 688pp. Academy of Natural Sciences, Philadelphia(1966)。
- 8) Hustedt, F. : Bacillariophyta(Diatomeae). 466pp. In: Pascher, A.(ed.) Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas **10**. Gustav Fischer, Jena(1930)。
- 9) Coste, M. : Sur la prolifération dans la Seine d'une diatomée benthique tropicale: *Navicula confervacea* (Kutz.) Grunow. *Annls Limnol.*, **11**, 111-123(1975)。
- 10) 福島博、平本俊明：横浜市中部下流処理場最終沈殿池よりえたケイ藻、陸水学雑誌、**34**、143-156 (1973)。
- 11) Fukushima, S. : Change in the diatom assemblage of an urban river with utilization of treated sewage as maintenance water, *In Proceedings of 14th International Diatom Symposium* (S. Mayama, M. Idei and I. Koizumi, eds), 277-289. Koeltz Scientific Books, Koenigstein (1999)。
- 12) 福嶋悟：横浜市内を流れる河川における付着藻類の分布状況(2002～2003年)、横浜の川と海の生物(第10報・河川編)、横浜市環境保全局(印刷中)。
- 13) 福嶋悟：横浜市内を流れる河川における付着藻類の分布状況(1993～1994年)、横浜の川と海の生物(第7報・河川編)、横浜市環境保全局、環境保全資料 **178**、271-312(1995)。
- 14) 福嶋悟・黒田陽子・斉藤大介・高橋秀幸：横浜市内を流れる河川における付着藻類の分布状況(1996～1997年)、横浜の川と海の生物(第8報・河川編)、横浜市環境保全局、環境保全資料 **186**、193-223(1998)。
- 15) 福嶋悟：横浜市内を流れる河川における付着藻類の分布状況(1999～2000年)、横浜の川と海の生物(第9報・河川編)、横浜市環境保全局、環境保全資料 **190**、217-246(2001)。
- 16) Fukushima, S. and Kanada S. : Effects of chlorine on periphytic algae and macroinvertebrates in a stream receiving treated sewage as maintenance water, *Jpn. J. Limnol.*, **60**, 569-583(1999)。
- 17) Blum, J. L. : Two winter diatoms communities of Michigan streams. *Papers of the Michigan Academy of Science, Arts, and Letters*, **34**, 3-7(1954)。
- 18) 福嶋悟・奥山美峰・青木節男・福島博：他水系の水が流入する都市河川における水質回復に伴う珪藻群集の長期的変化、*Diatom*、**16**、27-36(2000)。
- 19) 福嶋悟：横浜市内河川にみられる藻類の地域的特徴とその指標性、水域生物指標に関する研究報告、横浜市公害研究所、公害研資料 No.88、107-126(1989)。

横浜市沿岸域で発生した *Mesodinium rubrum* による赤潮

水尾寛己（横浜市環境科学研究所）、鳥海三郎（観音崎自然博物館）、下村光一郎（横浜市環境科学研究所）、風間真理（東京都環境局）、岡 敬一（神奈川県環境科学センター）、小野寺 典好若林信夫、阿久津 卓（横浜市環境保全局）、御処野 博子（大妻女子大学）

The red tide of Ciliata, *Mesodinium rubrum* occurred in the area of Yokohama

Hiromi Mizuo (Yokohama Environmental Research Institute), Sabrou Toriumi (Kannonsaki Nature Museum), Kouichirou Shimomura (Yokohama Environmental Research Institute) Mari Kazama (Tokyo Metropolitan Bureau), Keiichi Oocha (Kanagawa Environmental Research Center), Noriyoshi Onodera, Nobuo Wakabayashi, Takashi Akutsu (Yokohama Environmental Bureau), & Hiroko Goshono (Ootsuma Woman University)

キーワード；赤潮、*Mesodinium*, 東京湾、青潮

要旨

2003年5月に東京湾奥から横浜市沿岸域にかけて大量の *Mesodinium rubrum* による赤潮が発生し、その後、そのプランクトンの死滅による悪臭の発生と貧酸素化が起こり、更に青潮化現象が見られ、横浜市沿岸域でボラ、スズキなどの魚類やマテガイ、アサリなどが大量に死亡した。このような魚介類の被害の発生は本市では 20 年ぶりのことである¹⁾。ここでは、本市の調査結果や神奈川県水産総合研究所の情報、NPO の「海辺つくり研究会」の情報などから、横浜市沿岸域での赤潮の発生原因や魚貝類の被害原因について推論する。

1. はじめに

2003年5月26日に、横浜港内の新港埠頭付近でボラが浮上し、大黒町運河周辺でもボラやスズキの浮上が見られた。また、大岡川周辺の市民からは悪臭の苦情もあった²⁾。6月1日には、金沢湾野島干潟でマテガイ、アサリ、アマモの大量死が市民により確認された。当研究所では、この時期、週に2回の頻度で横浜市沿岸域の富栄養化調査を実施しており、その調査結果から、大黒町運河周辺で発生したボラやスズキの死亡原因については動物性の赤潮プランクトン *Mesodinium rubrum* (以下、*M. rubrum* と略す) (和名、アカシオ ウズムシ) が大量に増殖し、その後死滅したことにより生じた貧酸素化、青潮化による被害と推定し、ホームページに掲載した。その後、東京湾奥の方でこのプランクトンによる赤潮が横浜市沿岸より数日早く発生していたことや、神奈川県水産総合研究所へ寄せられた水産関係者からの情報等により、硫化水素臭と青潮が見られたことや魚が浮上していたことが明らかになった。また、本市の本牧常時監視局データから25日から26日までの48時間無酸素状態であった事等が明らかになってきた。ここでは、本市で調査したデータを中心にまとめて、神奈川県水産総合研究所、NPO の「海辺つくり研究会」の情報なども加味して検討した。

2. 赤潮が発生した5月における横浜市沿岸域の水質及

びプランクトン

2-1. 富栄養化調査地点及び方法など

5月の富栄養化調査は、横浜市の港務艇「ひばり」を用いて、午前中に調査可能な6地点について日本の人工衛星「ADEOS II」の運行日に合わせて週2回の頻度で行った。

2-1-1. 調査地点

富栄養化の水質調査地点は、図1に示すように、扇島沖(St.1)、多摩川沖(St.2)、中の瀬北(St.4)、中の瀬

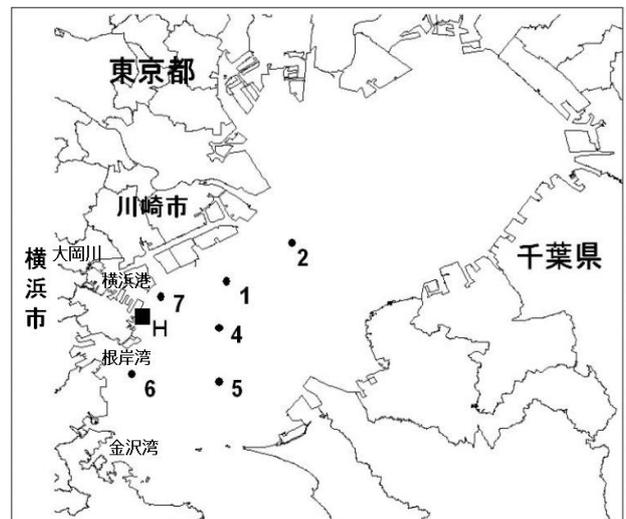


図1 調査地点

(St. 5) 本牧沖(St. 6)、横浜港沖(St. 7)の6箇所で、その中の St. 1, 2, 4, 6 の4地点でプランクトン相について調べた。また、図1のHは本牧常時監視測定局である。

2-1-2. 調査項目

通常の測定項目；表層の水温、pH、塩分、透明度濁度、クロロフィルa、プランクトンの定性、定量

多項目分析計による測定項目；水深別の水温、pH塩分、DO

本牧常時監視測定局；水温、pH、濁度、塩素イオンDO、クロロフィルa、COD

2-1-3. 調査方法

通常の測定項目の水温は検定付き棒状温度計、pHは東亜の卓上タイプのpHメータHM30V、塩分はYSI製MODEL30、透明度は白色セッキ板、濁度はセントラル科学製のTURBIDIMETER TB50、クロロフィルaについては試料を0.5μgのWATMANのグラスフィルターでろ過し、フィルター毎、8mlのN、Nジメチルホルムアミド溶液の入った10ml容量の試験管に浸漬し、密栓後、24時間以上凍結保存し、その後、分光光度計で4波長を測定しUNESCO法で求めた。

多項目分析計は堀場製のマルチプローブW-22XDを使用した。

本牧常時監視測定局；海底から6mの所からポンプで連続採水して、屋内測定局の測定ピットに導入されて連続水質計測されている。クロロフィルa濃度は蛍光強度法により計測し、CODはアルカリ法で計測している。

2-2. 研究所の調査等と赤潮の発生状況等の経過

調査時における水質及び優占5種のプランクトンについては、それぞれ表1, 2に示した。以下に水質及び赤潮の発生状況について述べる。

4月22日；本牧沖で *Noctiluca scintillans*(夜光虫)による赤潮が一部発生(港湾局ひばり)

4月23日；風の影響で赤潮は見られず、透明度も6.5m以上であった。

5月9日；横浜港内、扇島沖、多摩川沖で赤潮が発生。

5月12日；横浜港内の大黒埠頭とみなとみらい付近、大岡川河口から1.5Kmまで *M. rubrum* による赤潮が見られた(読売新聞5月13日朝刊)。隅田川河口で3880個/ml。

5月15日；調査地点全域で透明度は2.0mから3.0mと低い。雨天で、波が2mぐらいで赤潮は見られない。

5月19日；横浜港と扇島沖の透明度で2m。雨天だがクロロフィルa濃度が50μg/l以上で赤潮気味。*M. rubrum*が優占種。

本牧沖で4190個/ml、中の瀬で2020個/ml
隅田川河口で6060個/ml。

5月23日；扇島、横浜港で透明度1.5mから2.0m。*M. rubrum*による赤潮。赤潮サンプルのDO8.2mg/l。大岡川で赤潮(暗赤色)。横浜港内、大岡川黄金町付近まで赤潮。本牧沖で

2750個/ml、中の瀬で2050個/ml、東京湾奥で4580~15200個/ml。市民から新杉田駅近く、新山下で生臭い腐臭の連絡。大岡川都橋付近で3500個/ml、CODで27mg/l
クロロフィルa濃度で584μg/l。

5月23日；大岡川で赤潮(暗赤色)。横浜港内、大岡川黄金町付近まで赤潮。市民から新杉田駅近く新山下で生臭い腐臭の連絡。(水質地盤課と監視センター合同調査)

5月25日；大岡川臭気の苦情(水質地盤課)

5月26日；磯子区の市民から臭気と魚の浮上の連絡(水質地盤課)

5月27日；調査地点の透明度は3m以上と少し回復。横浜港内の大さん橋付近のDOは0.8mg/l以下と低い。*N. scintillans*が一部見られる。青潮と似た水の色を確認。

6月1日；金沢湾の野島干潟でマテガイ、アサリとアマモの大量死確認。(市民団体「海をつくる会」)

2-3. 東京湾における赤潮プランクトン *Mesodinium rubrum* の出現状況

本種の東京湾での赤潮は、松江³⁾が1934年に品川沖と深川沖で著しい赤潮が見られたことを報告している。しかし、東京湾の水質が過栄養化した1970年代頃は見られず、その頃は *Heterosima akasiwo*、*Skeletonema costatum*などによる赤潮がよく見られた。その後、1994年頃^{4,5)}から、この種が優占種5種の中に加わりだして今回初めて、この種による赤潮の大発生となった。この種は、繊毛虫類であるが、共生藻類による光合成により生活している⁶⁾。日照条件が厳しい時には、光合成はなく呼吸による生活となるために、酸素は欠乏しがちになる。

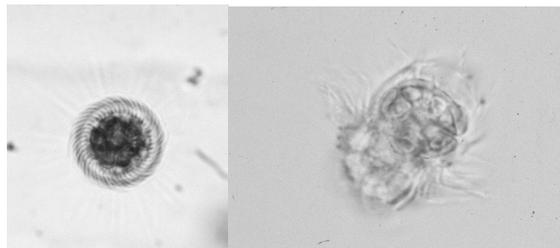


写真1 赤潮プランクトン、*Mesodinium rubrum* (アカシオ ウズムシ)

左；球形に見える細胞(研究所撮影) 右；細胞の側面(鳥海三郎氏提供)

2-4. 本牧常時監視測定局の結果

5月22日1時から27日24時までの本牧常時監視局における水質項目のうち、塩素イオン濃度、DO、クロロフィルa濃度、CODの4項目の時系列変化を図2~5に示した。図2塩素イオン濃度については、24日から26日にかけて低くなっていて、潮汐による塩分変動が比較的少ない状況を示していた。図3のDO濃度については、22日の0時から明け方の9時頃にかけて低下し、そ

表 1-1 5月調査時における東京湾、横浜市沿岸水域における表層水質

調査年月 天候	項目/地点	St.1 扇島沖	St.2 多摩川沖	St.4 中ノ瀬北	St.5 中ノ瀬南	St.6 本牧沖	St.7 横浜港沖
2003.051 曇り	調査時刻	9:06	09:23	10:03	10:15	10:30	9:06
	水温(°C)	15.6	16.6	16.4	16.8	17	15.8
	pH	8.57	8.54	8.42	8.46	8.42	8.54
	塩分	30.1	31.4	33	32.8	32	31
	透明度(m)	1.5	2	2	2	2	2
	濁度(度)	7.8	5.9	3.9	4.9	4.4	6.8
	クロロフィルa(μg/l)	84.9	67.8	45.9	51.1	60.3	67.9
溶解酸素(%)	—	—	—	—	—	—	
2003.051 曇り	調査時刻	9:23	9:47	10:19	10:42	10:55	9:07
	水温(°C)	18.6	18.4	17.5	17.5	17.5	18.3
	pH	8.91	9.05	8.54	8.5	8.84	8.85
	塩分	24.7	24.8	30.7	30.9	29.2	28.6
	透明度(m)	2	2	3.5	3.5	1.5	1.5
	濁度(度)	9.1	10.4	1.9	1.4	4.9	6.2
	クロロフィルa(μg/l)	92	176	12.9	17.6	82.2	84.4
溶解酸素(%)	9.64	13	9.6	—	14.2	—	
2003.052 雨	調査時刻	9:25	9:44	10:13	10:30	10:50	9:10
	水温(°C)	18.1	18.9	17.9	18.1	18.9	18.2
	pH	8.56	8.64	8.61	8.59	8.57	8.66
	塩分	30.6	30.3	30.9	31	31.2	30.2
	透明度(m)	2.5	2.5	3	3	2.5	2
	濁度(度)	2.2	2.1	1.7	1.5	2.1	3.8
	クロロフィルa(μg/l)	21.8	22.3	19.5	19.1	30.7	45.3
溶解酸素(%)	—	—	—	—	—	—	
2003.052 雨	調査時刻	9:28	9:42	10:05	10:16	10:31	9:10
	水温(°C)	18.4	17.6	17.9	17.9	17.9	18.1
	pH	8.61	8.54	8.61	8.53	8.57	8.65
	塩分	27.5	30.5	30	31.1	29.6	28.9
	透明度(m)	2	4.5	2	4	2.5	2
	濁度(度)	2.7	1.2	2.3	1.8	2	2.3
	クロロフィルa(μg/l)	72.6	25.9	53.4	33.9	37.9	55.8
溶解酸素(%)	—	—	—	—	—	—	
2003.052 晴れ	調査時刻	9:25	9:45	10:17	10:30	10:45	9:10
	水温(°C)	17.8	17.8	18.3	18	18.3	18.9
	pH	8.66	8.58	8.71	8.72	8.71	8.88
	塩分	27	30.3	30.3	30.4	30.3	28.9
	透明度(m)	2	5.5	4	3.5	3.5	1.5
	濁度(度)	1.8	2	1.5	1	1.6	3.4
	クロロフィルa(μg/l)	29.4	13.9	38	32.5	29	101.7
溶解酸素(%)	—	8.3	—	—	10.3	—	
2003.053 曇り	調査時刻	9:30	10:03	10:27	10:41	10:58	9:15
	水温(°C)	19.6	18.8	19.8	22	19.4	19.9
	pH	8.17	8.42	8.18	8.29	8.33	7.89
	塩分	28.4	26.3	28.3	29	29.1	28.1
	透明度(m)	3.5	2.5	3	4	3	3
	濁度(度)	2.4	6.3	2.5	1.8	2.6	2.6
	クロロフィルa(μg/l)	11.7	28.7	10.2	13.5	22.3	6.2
溶解酸素(%)	—	5.4	—	—	7.8	—	

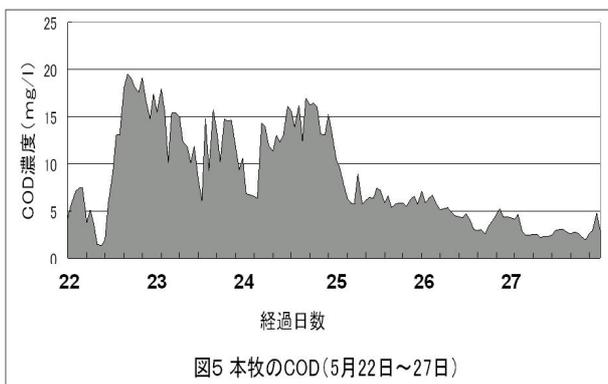
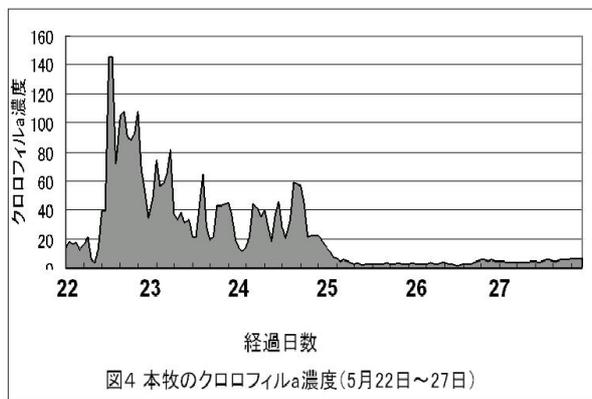
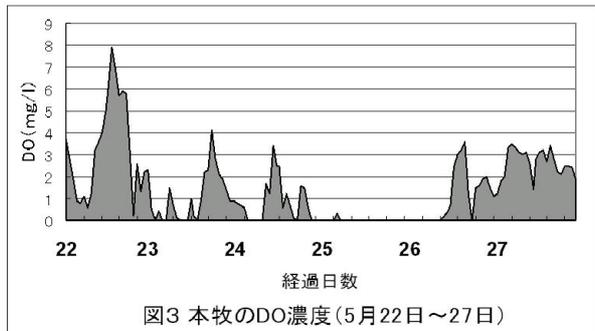
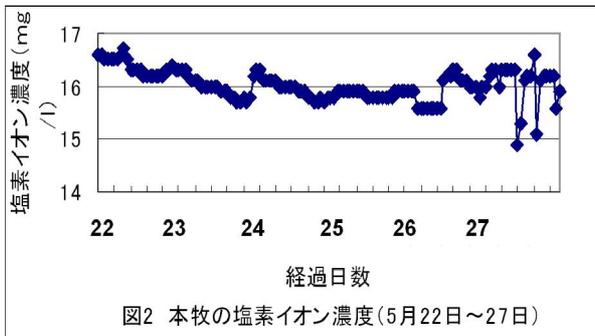
表 1-2 5月23日、横浜市沿岸水域における
M.rubrumによる赤潮発生時の表層水質

	大岡川 都橋上流	大岡川 鉄道橋	MM21地区
水温(°C)	—	—	19.3
pH	8.16	8.13	8.71
塩分	23.6	26	24.8
透明度(m)	—	0.3	0.3
濁度(度)	30.3	24.4	32.4
クロロフィルa(μg/l)	584	442	830
溶解酸素(%)	—	—	8.2
COD(mg/l)	27	26	31

表 2 5月に出現したプランクトンの優占5種

調査日	扇島沖(St.1)	(個/ml)	多摩川沖(St.2)	(個/ml)	中ノ瀬北(St.4)	(個/ml)	本牧沖(St.6)	(個/ml)
5月9日	Skeletonema cosutatum	61	Coscinodiscus spp.	20	Mesodinium rubrum	80	Mesodinium rubrum	310
	Coscinodiscus spp.	55	Mesodinium rubrum	140	Coscinodiscus spp.	30	Coscinodiscus spp.	40
	Thalassiosira spp.	10	Gyrodinium instriatum	20	Polykrikos schwartzii	10	Ceratium kofoidii	10
	Navicula sp.	10	Ceratium kofoidii	10	Euglena sp.	10	Dinophysis sp.	10
	Ceratium sp.	10	Ceratium fusus.	10				
	Mesodinium rubrum	330						
5月12日	Skeletonema cosutatum	20	Coscinodiscus spp.	10	Coscinodiscus spp.	30	Cyclotella spp.	30
	Gyrodinium instriatum	110	Cyclotella spp.	30	Cyclotella spp.	20	Mesodinium rubrum	1680
	Dinophysis sp.	60	Polykrikos schwartzii	10	Mesodinium rubrum	150	Euglena spp.	10
	Euglena spp.	10	Dinophysis sp.	10	Ceratium kofoidii	10		
	Mesodinium rubrum	1470	Mesodinium rubrum	2820	Ceratium fusus.	10		
			ナノプランクトン	多数				
5月15日	Coscinodiscus spp.	10	Coscinodiscus spp.	10	Cyclotella spp.	30	Polykrikos schwartzii	10
	Cyclotella spp.	10	Cyclotella spp.	10	Ceratium kofoidii	10	Cyclotella spp.	10
	Euglena spp.	10	Euglena spp.	10	Ceratium fusus.	20	Mesodinium rubrum	270
	Mesodinium rubrum	450	Mesodinium rubrum	560	Mesodinium rubrum	210	小型渦べん毛藻	10
	小型渦べん毛藻	30	小型渦べん毛藻	10				
5月19日	Coscinodiscus spp.	10	Coscinodiscus spp.	10	Gyrodinium instriatum.	10	Gyrodinium instriatum	20
	Gyrodinium instriatum	10	Ceratium kofoidii.	10	Ceratium fusus.	10	Ceratium fusus.	10
	Ceratium fusus.	10	Euglena spp.	20	小型渦べん毛藻	10	Amylax triacantha	20
	Amylax triacantha	20	Amylax triacantha	10	Euglena spp.	10	小型渦べん毛藻	10
	Mesodinium rubrum	2370	Mesodinium rubrum	1490	Mesodinium rubrum	2020	Mesodinium rubrum	4190
5月23日	Amylax triacantha	50	Thalassiosira spp.	10	Gyrodinium instriatum	10	Amylax triacantha	60
	Gyrodinium instriatum	3830	Amylax triacantha	10	Amylax triacantha	60	Ceratium kofoidii.	10
	Mesodinium rubrum	10	Mesodinium rubrum	1150	Mesodinium rubrum	2750	Mesodinium rubrum	2050
			繊毛虫	10	繊毛虫	40	繊毛虫	10
5月27日	Chaetoceros spp.	90	Skeletonema cosutatum	130	Coscinodiscus spp.	10	Coscinodiscus spp.	20
	Coscinodiscus spp.	20	Pseudo-nitzschia spp	40	Rhizosolenia setigera	10	Chaetoceros spp.	30
	Pseudo-nitzschia spp.	40	Gyrodinium instriatum	30	Pseudo-nitzschia spp.	10	Pseudo-nitzschia spp.	90
	Gyrodinium instriatum	20	Euglena spp.	10	Cyclotella spp.	90	Gyrodinium instriatum	60
	Mesodinium rubrum	0	Protoperidinium spp.	10	Amylax triacantha	10	Euglena spp.	10
			Mesodinium rubrum	0			Mesodinium rubrum	10

の後増し、13時から14時頃に最大値となり、19時頃に急減して1mg/lを示した。日中、DOが上昇したのは *M. rubrum* に共生している藻類による炭酸同化作用によるものと考えられる。その後、23日13時まで0から2mg/lの範囲で変動し、19時に上昇して4mg/lになり、すぐに低下した。24日3時から7時頃までのDOは0mg/lで、11時頃に上昇し3mg/lになり、その後下降した。25日0時頃から26日11時頃までの約35時間DOは0mg/lの状態になっていた。12時には回復し始



め、2から4mg/lの値で変動した。

クロロフィルa濃度は、図4に示すように22日12時頃から上昇し最大で140μg/lを示し、日中には90μg/l前後で夜間には40μg/lまで下がった。23日に最大値は80μg/lで、日中50μg/l前後で夜間は30μg/lぐらいまで下がっていた。24日には20から60μg/lの範囲で変動していた。25日3時頃からクロロフィルa濃度は5μg/l以下で27日13時まで続いていた。

CODは図5に示すようにクロロフィルa濃度と同様な変動を示し、クロロフィルa濃度の高かった22日12時頃はCODは19mg/lを示し、クロロフィルa濃度が5μg/l以下を示した25日3時頃のCODは8.1mg/lで27日には2.8mg/lまで低下していた。22日から25日にかけてのCODが高かったのは、クロロフィルa濃度が高かったことから、赤潮プランクトンによるものと思われる。25日から見られ出したクロロフィルa濃度が5μg/l以下でDOが0mg/lの状態については、異常発生した *M. rubrum* が死滅によりクロロフィルa濃度が低下したと共に、バクテリアにより分解される過程で酸素が消費され、嫌氣的になったと推定される。

3. 赤潮及び魚貝類死亡時の気象など

3-1. 赤潮発生時の雨量及び日照時間

5月の赤潮が発生した頃の横浜での雨量は、横浜気象台観測のWeb報告によれば、図7に示すように2003年5月の降雨量は、15日に31mm、19日に7mm、20日に24.5mmで、図6に示した2002年5月に比べて少なかった。赤潮が発生した5月の一日当たりの日照時間は

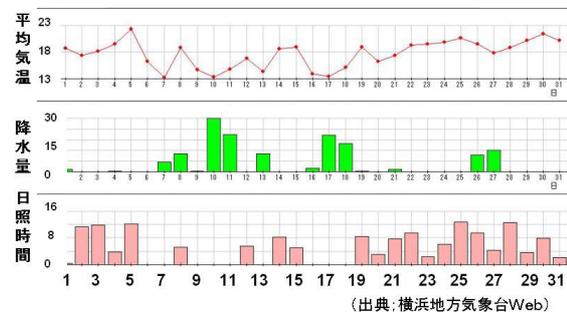


図6 2002年5月における横浜の気象

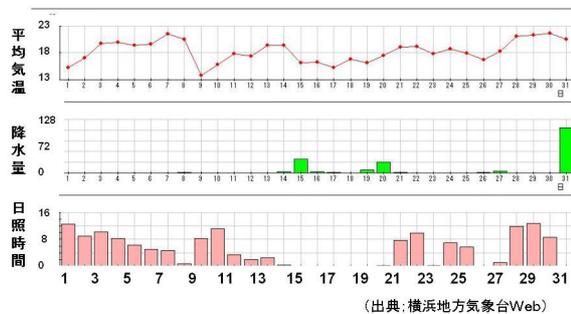


図7 2003年5月における横浜の気象

14日から20日まではほとんど0時間と日照はなく、21日8時間、22日10時間、23日0時間、24日7時間、25日6時間、26日0時間、27日1時間で、日照がなか

った 14 日から一週間が特徴的であった。東京気象台の Web 報告によれば、14 日 3mm、15 日 22mm、16 日 3.5mm、19 日 8mm、20 日 44mm、21 日 3.5mm で 20 日の降雨量は横浜市域より多かった。日照は横浜と類似して 14 日から一週間、ほとんどなかった。

3-2. 魚貝類が死亡した頃の風向・風速及び潮の状態

横浜気象台の Web 報告の風向風速結果によれば、24 日から 26 日における横浜の風向・風速は、24 日は午前中は北ないし北北東の風、日中は東の風、夜間は東ないし東南東、東北東の風で風速は 2 m/s 前後と弱かった。25 日午前中は東北東の風、午後は北北東で風速は 2 m/s 前後、夜間は東北東の風で風速は 3~4 m/s ぐらいであった。26 日は夕方まで北の風で風速 3 m/s 前後、夜間は東ないし東北東の風で風速は 2 m/s 前後であった。

以上より、5 月 25 日前後には、横浜市沿岸では、千葉県側の沿岸で見られるような貧酸素水塊の湧昇による青潮の発生条件となる西よりの離岸風の連吹は生じていなかった。

潮位については、図 8 に示すように魚が死亡したと思われる 24 日から 26 日は小潮で干満の差は小さく、最低潮位が他の時期に比べて高く、干潮時においても 70 cm 以上であった。

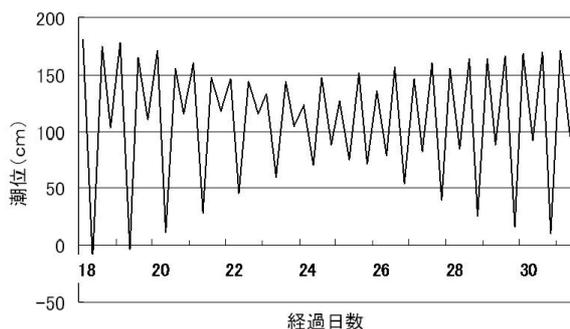


図8 魚貝類の被害時の潮位(5月18日~31日)

4. 結果の考察

4-1. 赤潮の発生と気象との関連

M.rubrum による赤潮が発生し始めた時期は、「2-2 研究所の調査等と赤潮の発生状況の経過」から、5 月 12 日頃からであり、横浜市沿岸・沖合でピークになったのは、23 日前後と思われる。発生水域は隅田川河口沖、多摩川沖、大岡川下流、横浜港内、本牧沖、根岸湾、中の瀬、金沢湾までと、東京湾奥から川崎市、横浜市沿岸沖合にかけてであった。千葉県側では、東京都、神奈川県側のような異常発生は見られなかったようである。

赤潮の異常発生が見られた後に、市民から悪臭の苦情があった。悪臭は、神奈川県水産総合研究所、NPO の「海辺つくり研究会」の情報などから、大岡川の鶴巻橋下流から横浜港周辺、根岸湾周辺、金沢港周辺などで見られた。*M.rubrum* の赤潮は隅田川では、5 月 9 日から発生していて、12 日には隅田川河口で 3880 個/ml、扇島沖 (St.1) で 1470 個/ml、多摩川沖 (St.2) で 2820 個/ml、本牧沖で 1680 個/ml、中の瀬北(St.4)で 150 個/ml で

東京湾奥の方に近づくにつれ、赤潮が著しく発達していた。新聞記事より、横浜港に流入する大岡川でも著しく増殖していたと思われる。

その後、15 日に東京で 22.5mm、横浜で 31mm の降雨があり赤潮は消失するが、14 日から 20 日までの間は日照時間がほとんど無いにもかかわらず、19 日において東京都の隅田川、横浜沿岸域で *M.rubrum* による赤潮が大発生していた。隅田川河口で 6060 個/ml、扇島沖 (St.1) で 2370 個/ml、多摩川沖 (St.2) で 1490 個/ml、本牧沖で 4190 個/ml、中の瀬北(St.4)で 2020 個/ml であった。

これは、日照が弱い中では、珪藻などの植物プランクトンの増殖は抑制されるが、繊毛虫である *M.rubrum* は増殖していた可能性が考えられる。その後、19 日から 20 日にかけて、東京で 44mm、神奈川県側で 24.5mm の降雨が見られたが、21、22 日は晴れで、23 日の調査では、東京湾奥から横浜市沿岸にかけて赤潮状態であり大岡川や横浜市沿岸の一部で生くさい腐臭が見られ始めた。この腐臭は、プランクトンの死骸が腐敗したことによるものと考えられる。23 日は、大岡川、都橋付近で *M.rubrum* は 3500 個/ml、COD で 27mg/l、クロロフィル a 濃度は 584 μ g/l で、その下流、鉄道橋では *M.rubrum* は 2600 個/ml、COD は 26mg/l、クロロフィル a 濃度は 442 μ g/l であった。以上より、異常増殖した *M.rubrum* の一部が死滅し、好氣的な細菌により分解される過程で酸素が消費されることにより、水域は嫌氣的になり、悪臭を発生したのではと推定される。

23 日は扇島沖 (St.1) では *M.rubrum* は 300 個/ml と少なく、多摩川沖 (St.2) で 1150 個/ml、本牧沖で 2750 個/ml、中の瀬北 (St.4) で 2050 個/ml であった。この時、東京湾奥では 4580 から 15200 個/ml と横浜市沿岸域よりも著しく増殖していた。27 日には *M.rubrum* は消失して、珪藻の *Skeletonema costatum* などが出現していたが、出現数は少なかった。

4-2. 貧酸素水塊の発生水域について

宮川常時監視局及び本牧常時監視局の時系列データから、25 日から 26 日にかけての 48 時間、貧酸素化状態がそれぞれの水域で続いていたことを示していた。図 9

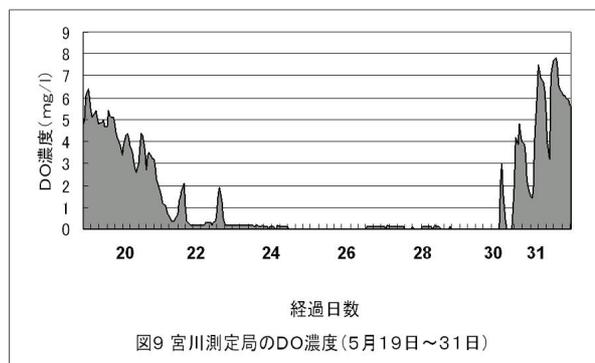


図9 宮川測定局のDO濃度(5月19日~31日)

の宮川常時監視局の DO の時系列データからは、平潟湾の水域において貧酸素化をおこしていた可能性が考えられる。また、本牧常時監視局の DO の時系列データ等から、この貧酸素化が *M.rubrum* による赤潮に起因して発

生したと推定されることから、赤潮が発生した水域であった横浜港から根岸湾にかけて貧酸素状態であったことが推測される。魚貝類の被害発見状況からは、恵比寿運河、横浜港内、金沢湾などが貧酸素状態であったと推定できる。

4-3. 青潮発生のメカニズム及び魚貝類の死亡原因

横浜市沿岸・沖合における青潮の発生の記録は、極めて少ない。1984年に恵比寿運河で底生魚類のカレイやアナゴなどが浮いた事故が記録されており¹⁾、その時に運河では銅のような色をしていたと記録されており、いわゆる青潮に見られるコロイド状態の青白色化現象によるものと推定される。神奈川県水産総合研究所、NPOの「海辺つくり研究会」の情報などから、横浜港内の一部、本牧、根岸湾、金沢港で海水が青色をしていたことから海水が千葉県などで見られる青潮と類似の海色を示したと思われる。一般に青潮とは、千葉県沿岸を例にするならば、北風の時に千葉沿岸の表層水が南へ流れるために海底の硫化水素を含む貧酸素の海水が千葉県沿岸に湧昇し、湧昇した海水中の硫化水素が、その酸素を含む海水に酸化されてコロイド状態のイオウになって、海水が青白色になる現象である⁷⁾。

今回、横浜市沿岸の一部で見られた青潮化現象は、千葉県沿岸で見られるようなメカニズムでの青潮ではないと思われる。横浜市沿岸で千葉県と同じような青潮が発生するためには、西風でなければならないが、貧酸素発生時は微弱な北風ないしは東北東の風で、風の面からは否定される。しかし、局所的に北岸壁になる部分に対して貧酸素水塊の湧昇による青潮の可能性については検討の余地がある。青潮化現象のもう一つの可能性としては貧酸素水塊の湧昇によるのではなく、赤潮生物の死滅により生成される貧酸素水塊と沖合の酸素を含む水と接触による青潮化である。具体的に述べると、赤潮の *M. rubrum* が腐敗し、貧酸素化し硫化水素を発生し、その硫化水素を含む貧酸素海水が、北東の風に乗って運ばれてくる沖合の酸素を含む水と接触することによって、硫化水素が酸化されコロイド状のイオウになって、海水が青白色化する可能性である。

次に、カレイやアナゴなどの底生魚、ボラ、スズキなどの中層遊泳魚の死亡原因については、沿岸の貧酸素状態の場所に、別方向から貧酸素の海水が侵入してきて貧酸素を避けて集まっていた魚類が逃げ場を失った可能性が考えられる。なぜなら、そこに生息していた魚類は通常、貧酸素の場所は避けているはずである。

この貧酸素水塊が潮汐流などにより、部分的に魚類の逃げ場を閉ざした可能性も充分考えられるが、その場合には、潮汐流による貧酸素水塊の挙動に関する裏づけが必要であるが不明である。また、マテ貝が死亡した原因については、酸素欠乏状態で硫化水素の発生が見られたと思われる25日から26日にかけて、偶然にも干潮時の潮位が高い時期と重なっていたことが関係していると思

われる。すなわち、潮位が高いために、貝の生息している水域が約48時間、貧酸素の硫化水素を含む水につかっていたために、長時間の酸素欠乏と硫化水素の毒性の影響が考えられる。

5. まとめ

大黒町運河周辺で発生したボラやスズキの死亡原因については、動物性の赤潮プランクトン *M. rubrum* (アカシオ ウズムシ) が大量に増殖し、その後死滅したことにより生じた貧酸素水塊による被害と推定された。

金沢湾野島干潟でのマテガイ、アサリ及びアマモの大量死については、大黒町運河周辺で魚が浮上した26日に柴漁港においてもメバルの浮上が見られたこと、金沢湾沿岸で赤錆のような赤潮が確認されていたことから *M. rubrum* による赤潮が発生していたと推定でき、漁師が青潮を確認していることから、硫化水素を含む貧酸素水塊による被害の可能性が考えられた。

横浜市沿岸の一部で見られた青潮化現象は、風向きなどから判断して千葉県沿岸で見られるような貧酸素水塊の湧昇により生成される青潮ではないのではと思われた。

なお、本報の内容の一部は、国土交通省国土技術総合研究所の古川恵太らの呼びかけにより、東京湾沿岸の研究者、NPOの方々の参加により催された「第1回青潮ワークショップ」で発表したものである。

謝辞

本調査に協力して頂いた、横浜市港湾局、港務艇「ひばり」の乗務員の方々、貴重な助言を頂いた古川恵太博士ならびに「青潮ワークショップ」参加者の方々に、厚く感謝致します。

文献

- 1) 二宮勝幸,水尾寛己,樋口文夫; 過去に発生した魚の死亡事例,魚の死亡事故の原因究明に関する研究報告書,横浜市公害研究所,93-108,1991.
- 2) 中村裕子; 情報の共有化による迅速かつ統一的対応の実践,調査季報 153号,横浜市,59-61,2003.
- 3) 松江吉行; 繊毛虫の激増に依って生じたる赤潮,水産学会報,6(4),242-243,1934.
- 4) 鳥海三郎,水尾寛己,畠中潤一郎; 第4章 横浜市沿岸におけるプランクトンの特徴,東京湾の富栄養化に関する調査報告書,横浜市環境科学研究所,環境研資料 No.117,63-78,1995.
- 5) 水尾寛己,鳥海三郎,岡敬一,二宮勝幸,下村光一郎; 横浜市沿岸のプランクトン相調査(第2報),横浜市環境科学研究所報 No26,47-61,2002.
- 6) 鳥海三郎; 赤潮生物シート No.16,赤潮生物シート、水産庁、赤潮研究会分類班,16p.p.1979.
- 7) 小倉久子,飯村 晃; 水質酸化還元電位測定による青潮発生活起源の推定,平成 11 年度千葉県水質保全研究所年報,127-132.,1999.

工場等への振動苦情に関する自治体へのアンケート

鹿島教昭*¹(横浜市環境科学研究所)
 塩田正純*²(飛鳥建設技研)、福原博篤*³(日本騒音防止協会)
 由衛純一*⁴、大野 崇*⁵、平野高司*⁶(環境省環境管理局大気生活環境室)

Social survey on environmental vibration by factories in local governments

* 1: Kashima Noriaki (Yokohama Env. Res. Inst.)
 * 2: Shioda Masazumi (Tobishima Corp. Tec. Ins.), * 3: Fukuhara Hiroatsu (Japan Noise Control Ass.)
 * 4: Yue Jun-ichi, * 5: Ohno Takashi, * 6: Hirano Takashi (Env. Management Bureau, MOE)

キーワード：アンケート、環境振動、工場振動、事業場振動、振動苦情、地方自治体

要旨

日本騒音防止協会は環境省の委託を受け、47都道府県、12政令市、27中核市及び10特例市の環境・公害行政部局を対象とし、工場・事業場から発する振動への自治体の対応を調査した(有効回収数91、有効回収率94.8%)。苦情に対して市では実測「する」(45%)「する場合もある」(53%)、都道府県では「する」(14%)「する場合もある」(45%)となっている。測定場所は法で指定する敷地境界がほとんどだが、苦情者側の住居内で実施する機関は約30%もあり、貴重なデータの収集が確認された。苦情を起す法対象施設数は延べ172、中でも金属加工機械が多くその内でもプレス類が70である。非法対象施設数は延べ83、中でも施設そのものではないが重機資材置場と、営業用と思われる洗濯脱水機が多い。敷地境界における実測結果(165件)を5dBクラスに分けた頻度分布では、最高頻度は60dBで24%、55~65dBの範囲に62%が含まれる。住居内では家屋増幅が顕著な例が認められる。苦情内容では振動で迷惑とするものが多いが、壁のひび割れなどの物的被害は33件、睡眠妨害は22件である。

1. はじめに

振動規制法は昭和51年に騒音規制法の体系をほぼ踏襲して制定・施行された。両法は、工場・事業場から発する騒音と振動に対して工場等の敷地境界における規制基準を課し、これを遵守させる強制力を罰則で担保している。したがってこれらの法は、国に先立って公害行政を進めていた地方自治体の対策を一層推進させ、戦後の我が国の重厚長大産業を代表とする経済発展に伴った激甚とも言える工場・事業場からの騒音・振動公害を低減させてきた。

振動規制法の制定以来30年近くを経て、この間、振動に対する苦情は昭和47、48年をピークとして漸減傾向にあったが、平成7、8年頃から建設作業に対する苦情の増加に伴い総数は漸増傾向にある。しかし、その苦情数の変化の理由と内容は必ずしも明確ではない。当然ながら、経済や産業構造の変化に伴う振動源そのものの変化や代替機種種の出現、技術の進歩に伴う低振動化、また同時に対策技術の進展による環境改善等々は十分に考えられる。

環境省(元環境庁)はこれらを踏まえ、従来、地方自治体職員向けに作成してきた「工場・事業場振動防止技術指針」(最新は平成5年版)を改訂すべく、平成12年に振動防止技術指針策定調査を日本騒音防止協会に委託し、同協会は調査委員会(後述)を設け今後の振動行政の資料とするために新防振技術の収集を中心とした調査を行った。

調査委員会はまた、工場・事業場からの振動に対する

苦情に重きを置いた環境振動に関して、全国の地方自治体へのアンケートも行った。調査結果の概要は環境省に報告¹⁾されたが、本報ではアンケートにより得られた若干の知見について報告する。

2. アンケート方法

2.1 調査対象自治体

全国の47都道府県、平成13年2月現在の12政令指定都

表-1 調査対象の中核市、特例市

	中核市		特例市
1	宇都宮市	長崎市	函館市
2	新潟市	大分市	盛岡市
3	富山市	豊田市	小田原市
4	金沢市	福山市	大和市
5	岐阜市	高知市	福井市
6	静岡市	宮崎市	甲府市
7	浜松市	いわき市	松本市
8	堺市	長野市	沼津市
9	姫路市	豊橋市	四日市市
10	岡山市	高松市	呉市
11	熊本市	旭川市	
12	鹿児島市	松山市	
13	秋田市		
14	郡山市		
15	和歌山市		

注：平成13年2月現在

市、27中核市及び10特例市の環境・公害行政担当部局をアンケート対象とした。表-1に中核市と特例市を示す。なお、環境と公害に関わる各自治体の研究所やセンター等と称される機関は直接の対象とはしなかった。

2.2 質問構成

一般的な質問、及び苦情の実態と振動レベルの関係を極力詳細に得ることを目的とした質問とからなる。表-2に質問構成の概要を示す。

工場や事業場から発生する振動への苦情が提起された場合に、実測するか否か、測定場所、対策法などを問Aから問Dで一般的に質問した。

ついで苦情に関して問Eにおいて、振動源、法の特定施設か否か、各自治体の条例対象施設か否か、それらの規制値、施設能力、測定点と振動レベル、苦情の内容、自治体の指導内容などを細かに質問した。更に問Fでは、個々の振動源への防振対策事例を図表が書き込めるシートを用いて、対策前後の効果が判明可能となるものとした。なお問E及び問Fに関しては、調査時から過去5年内の苦情に限った。

2.3 配布・回収方法

質問紙を各都道府県及び各市の環境あるいは公害担当部局に郵送し、回答をファクシミリでお願いした。回答は、5県から得られず都道府県の有効回収率は89.4%、各市からは全て得られ、総体としての有効回収率は94.8%であった。なお、長崎県から質問紙が回ったと思われる市から回答があったが、本報告には反映させなかった。

3. アンケート結果

以下では、政令指定都市、中核市及び特例市を一括して調査対象市として記述する。

3.1 振動測定（問A）

3.1.1 振動測定の実測状況

問A.1で、振動測定を「1実施する」「2する場合もある」「3しない」の回答肢を設け、2と3の場合には自由回答で理由を質問した。「3しない」とする項目を掲げたのは、振動の測定実施は振動規制法で市町村に委ねられているからである。

図-1に結果を示す。調査対象市では44.9%が実測し、「する場合もある」を含めれば98.0%となる。即ち1市のみが実測しないが、理由は測定器が無いことと苦情がほとんど無いことを挙げている。都道府県で測定するのは6自治体（14.3%）のみであるが、する場合も含めれば59.5%となる。全体では、「する」が30.8%、「する場合もある」が49.5%、「しない」は19.8%となっている。

「する場合もある」の理由は、調査対象市では規制基準値との比較や必要に応じてとする回答が比較的多く、中には、法条例対象外は測定しない、行政指導で解決、レベルの大小よりは原因追及が解決の近道との意見もある。

都道府県が実測する場合は、市町村が測定器を有していないなどで、都道府県が測定しない理由のほとんどは測定自体が市町村業務であるからとしている。

3.1.2 振動の測定場所

測定場所を複数回答（M.A.）で質問した。回答の整理では、問A.1で振動を測定「する」「する場合もある」とした自治体の和を母数として測定場所の割合を算出している。結果を図-2に示す。

表-2 質問紙の構成

問	内容
A	工場・事業場の振動苦情で実測するか、測定場所・機関、測定員の当該職場における平均勤務年数、
B	苦情以外での測定、種類
C	工場・事業場振動防止対策案への関わり
D	防振術語の浸透度
E	(過去5年について)工場・事業場の振動苦情の内容、発生源、地域指定、用途地域、法や条例の規制値、測定点とレベル、指導内容
F	(過去5年について)工場・事業場の防振対策事例、発生源、地域指定、法・条例の対象非対象、用途地域、防振対策、対策前後の測定場所・レベル・効果

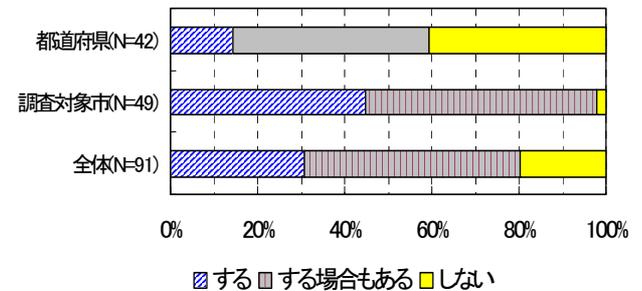


図-1 振動の実測(工場・事業場振動苦情)

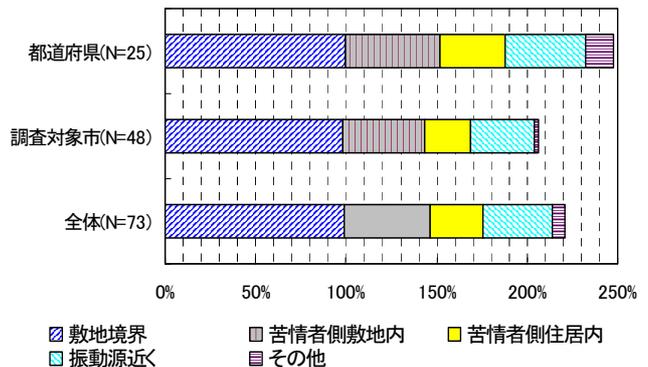


図-2 工場・事業場振動の測定場所(M.A.)

法、条例などの規定と思われる敷地境界が圧倒的に多い。意外に都道府県は、苦情者側敷地内において52%が、また同居居内で36%が測定し、一方、調査対象市は同敷地内で45.8%が、また同居居内で25%が測定しており、全体では30%弱が同居居内で測定している。都道府県は「測定することもある」自治体だが、この結果から都道府県の実測は研究的・検証的と思われる。

住居内の振動レベルが全国的に収集された事実、まとめられて公表された例はあまり聞かないが、防振対策のみならず、苦情者の被害感や振動環境を考慮すると、今後はこれらのデータの活用を図る必要がある。現在のところ、住居内の苦情者が実際にいかなるレベルの振動に曝されているのかは、敷地境界のレベルからは推定できない。防振対策効果も重要ではあるが、その前段に、やはり苦情者の被害感がどの程度に緩和されたのかを数値で確認すべきであろう。

3.1.3 測定機関

実際に測定する機関を、問A.1で測定「する」「しない」に拘わらず、行政の研究所やセンター、及び委託先も含めて質問した。結果を図-3に示す。

図中の「市に任せる」は都道府県のみに対する回答項目である。

調査対象市では49市中48市（98.0%）が行政担当部局である自機関が測定すると答え、1市のみが「研究所・センター」と答えている。都道府県で自機関が測定するのは11.9%、「研究所・センター」の測定は23.8%である。工場・事業場振動への苦情に基づく測定では「委託先」とする回答は無い。

都道府県に見られる「その他」（16.7%）は、市町村からの要請に基づき協力する場合であり、協力には機器の貸出しや技術援助などが含まれる。なお測定を「市に任せる」は都道府県の3分の1である。

結果から、調査対象市では測定体制は完備されていると言えよう。

3.1.4 測定に携わる職員の平均勤務年数

測定を「自機関」または「研究所・センター」と回答した自治体に、測定業務に携わる職員の当該担当職場における平均勤務年数を質問した。対象となる自治体数は調査対象市で49、都道府県で15であり、回答数は各々42、12である。この回答数を用いて集計している。結果を図-4に示す。

実際に振動を測定する職員の平均勤務年数の最高頻度は3年であり、調査対象市で43%、2年を含めると64%となる。都道府県は回答数が12と少ないが、最高頻度はやはり3年で25%、2年を含めると3分の1である。

かなり高度な振動測定技術を要する職場の職員が2~3年で交代しており、測定技術や対策技術に関する職場での研修体制等が重要である。

3.1.5 実測の要件

どのような場合に振動を実測する機会が多くなるのか、依頼主を中心に複数回答で質問した。結果を図-5に示す。

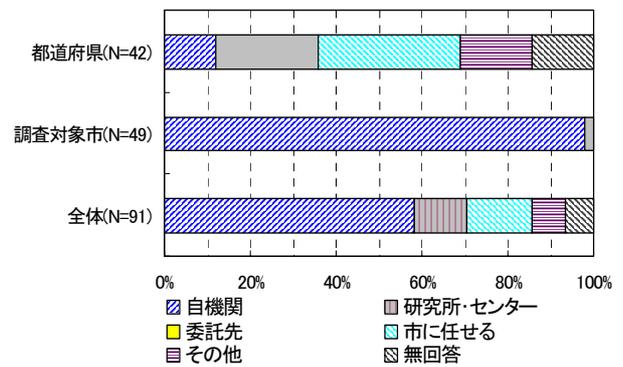


図-3 振動の測定機関

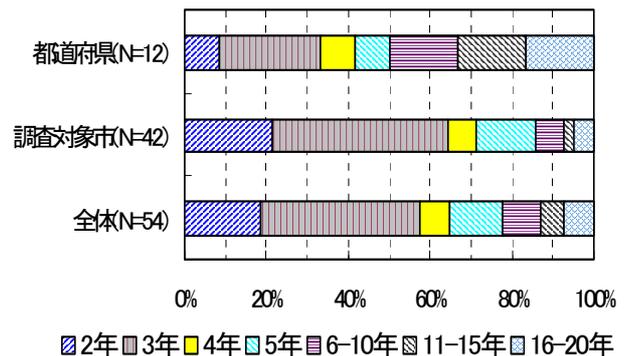


図-4 振動の測定業務に携わる職員の平均勤務年数

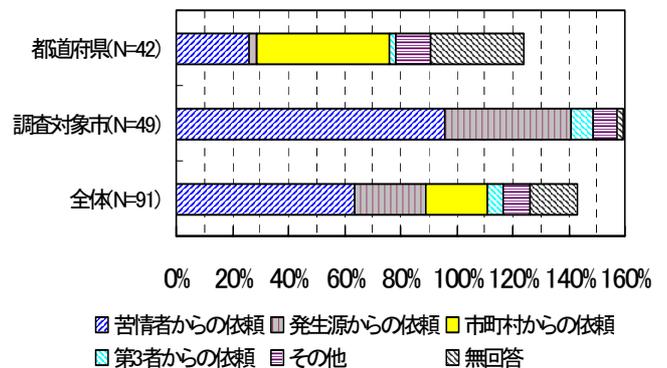


図-5 工場事業場振動を測定する場合(M.A.)

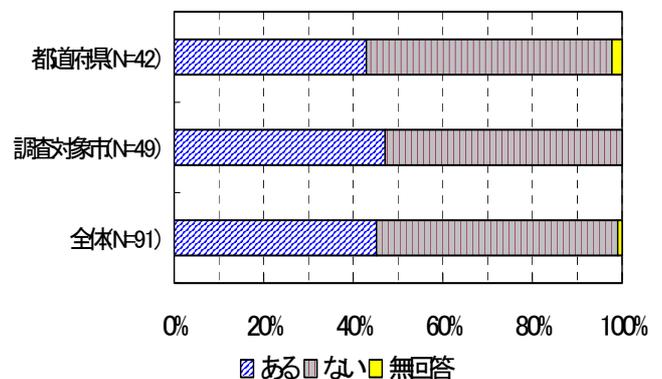


図-6 苦情に基づかない振動の測定

調査対象市では、ほとんどの市が「苦情者からの依頼」に基づき測定を行う場合が多い(95.9%)。「発生源からの依頼」に基づく測定も44.9%と多く、多分に、市が管理する公的機関などからの依頼を窺わせる。今後は、公的機関からなのか民間事業者からなのかを区別できる質問構成にすれば、どのような公的機関が環境問題を重視しているかのデータにもなる。

都道府県では「市町村からの依頼」に基づく測定が多く(47.6%)、次いで「苦情者からの依頼」(26.2%)、「その他」(11.9%)となっている。その他の内容は、測定の必要を認めた場合、自治体自身の他の部局や国の地方機関からの依頼などで、特徴的なものは無い。なお、無回答が3分の1を占めているが、既述のように、法の下では振動測定は市町村の仕事であり、また、振動問題が極度に少ない地域もあることも理由であろう。

3.2 苦情に基づかない振動測定(問B)

苦情に基づかない振動測定の有無を問い、測定を実施する機関に自由記入方式でどのような場合であるかを質問した。

3.2.1 苦情に基づかない振動測定の有無

結果を図-6に示す。苦情に基づかないで振動を測定することが「ある」自治体数は、調査対象市で23(46.9%)、都道府県で18(42.9%)である。

3.2.2 苦情に基づかない振動測定の種類

自由記入回答の測定する場合を便宜上、表-3に示す種類に分けて整理してある。立入り調査は、振動規制法や条例の工場・事業場、あるいは建設作業に関わる届出や規制基準の合否判定に関するものであり、低周波音苦情は、低周波音とする苦情対応の際に振動の有無を確認するものである。事前調査も法・条例関係であり、県知事が振動を規制すべき地域であると指定する際の調査、またはアセスメント絡みの調査をも意味する。受託調査は環境省の委託、公害紛争処理は公害紛争処理法に拠る調査である。

結果を図-7に示す。なお、ここでの集計の母数は自治体数ではなく、回答された種類の合計としてある。

調査対象市では、法・条例に基づく規制に関わる立入り調査が最も多く(46.4%)、次いで道路交通振動調査である(42.9%)。後者は、環境調査の一環として実行されていると考えられる(立入り調査も自治体によっては定期的に行われている可能性はある)。

都道府県では、新幹線振動調査が7件と最も多く、道路も含め実態把握調査が主である。公害紛争処理法に基づく調査は1件あるのみである。

3.3 工場・事業場振動の防止対策案(問C)

問Cでは、工場・事業場振動の防止対策案作りの場合に、一般的にどのように関わるかを質問した。

選択項目は「自機関のみ」「研究所・センターのみ」「市に任せる」「専門業者のみ」「数機関の共同」「その他」であるが、「その他」の自由回答を整理して明ら

表-3 苦情以外で測定する振動の種類(括弧内は%)

種類	全体	調査対象市	都道府県
道路交通	16(34.6)	12(42.9)	6(25.0)
鉄道*	9(17.3)	1(3.6)	8(33.3)
立入り調査	16(30.8)	13(46.4)	3(12.5)
低周波音苦情	1(1.9)	1(3.6)	0(0.0)
事前調査	4(7.7)	0(0.0)	4(16.7)
受託調査	2(3.8)	1(3.6)	1(4.2)
公害紛争処理	1(1.9)	0(0.0)	1(4.2)
不明	1(1.9)	0(0.0)	1(4.2)
母数	52(100.0)	28(100.0)	24(100.0%)

*:鉄道の件数後の括弧内は新幹線の内件数

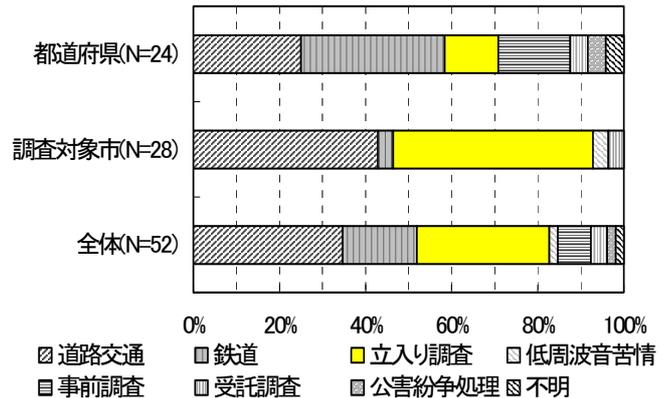


図-7 苦情に基づかないで測定する振動の種類

表-4 振動防止技術案作成に関する自由回答の整理法

選択項目	回答例
専門業者のみ	・事業者側が作成 ・専門業者の紹介 ・事業者からの要望があれば助言
数機関の共同	・事業者側作成案を協議 ・事業者作成案を審査
市に任せる	・市町村からの依頼があれば(保健所も含め)協力・助言

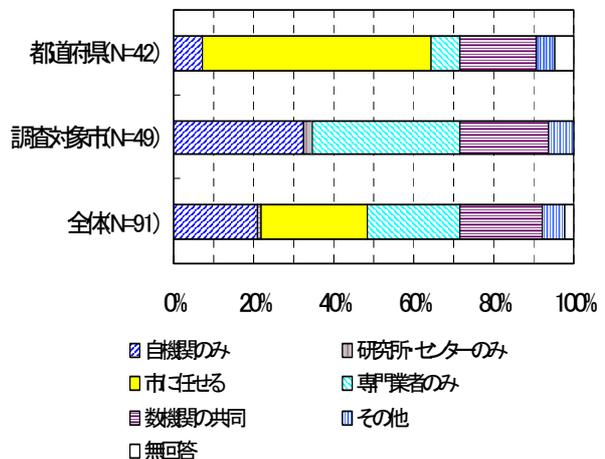


図-8 工場事業場振動防止案作成への関わり方

かに他の項目に該当する回答はそちらへ算入してある。

表-4に選択項目に組込んだ自由回答例を挙げ、結果を図-8に示す。

工場・事業場振動を防止するための案を作成する場合に自治体がどのように関わるかであるが、調査対象市では、「専門業者のみ」が最も多く（36.7%）、次いで「自機関のみ」（32.7%）となっている。

都道府県では、法の趣旨からも当然ながら工場・事業場の対策指導を市町村に任せる場合が多い（57.1%）。しかし、一般的に都道府県は市町村を指導する立場にあり、市町村から依頼された場合に協議し、対策法を考えるようである。「研究所・センターのみ」は無いが（調査対象市で1市のみ）、「数機関の共同」では「研究所等」も案の作成に参画することも考えられる。

3.4 振動防止に関する用語の浸透度（問D）

問Dでは、振動対策に如何なる新防振技術が採用される可能性が有るかを調べる目的を持って、近年活発に開発され様々な面で用いられている技術用語の浸透度を複数回答で質問した。

図-9に結果を示す。ここでは「知っている」割合をアンケート対象の数、すなわち調査対象市49、都道府県42を母数として整理してある。

極く一般的な「制振材料」のみがかなり知られていると言える。調査対象市の73.5%で知られており、都道府県では61.9%が知っている。「防振溝」と「除振台」が「全体」で見ると、各々60%弱、55%に知られている。これに対して「能動制御」は約20%、「動吸振機」は約

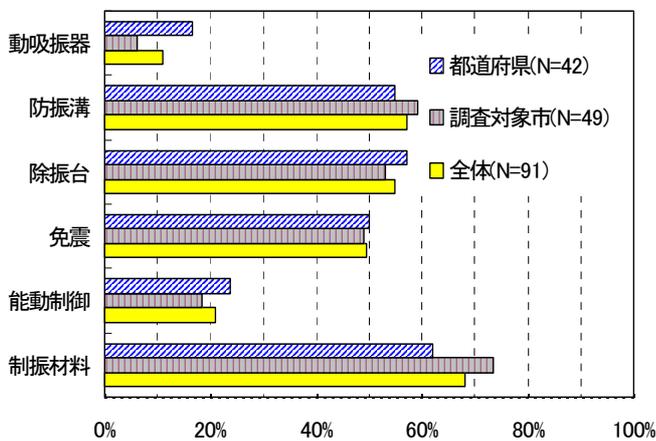


図-9 「知っている」最近の振動防止技術用語(M.A.)

10%と、ほとんど知られていない。振動伝搬を妨げる環境系の対策である「防振溝」がある程度知られており、受振対策である建築系の「免震」が半数に知られているのに対して、振動源や建物に施す「動吸振機」「能動制御」は共々認知度が低いと言えよう。

3.5 工場・事業場振動と苦情の実態（問E）

過去5年間に限って、工場・事業場からの振動に起因する苦情に関して、施設名やその出力、法に基づく地域指定、用途地域、法や条例の規制値、測定点を含めた振動レベル、行政側の指導、また苦情の内容を質問した。

表-5に示す問Eの回答例を調査紙に用意し、無記入の同表を1ページ分作成し、それでも不足の場合はコピーをお願いして質問したところ、都道府県から76件、調査対象市から201件の回答が得られた。

これらの中から、施設名の無い回答、道路交通振動、建設工事振動及び電車区に関する苦情を除き、また調査時に稼働中で苦情の振動源を特定できなかったと思われる「機械プレス+液圧プレス」（1件）、及び「破碎機+篩」（1件）などは、各々振動が大きいと判断される「機械プレス」と「破碎機」に算入し、計254施設を対象に整理を行った。なお単に「プレス」とあるものは、

表-6 苦情の原因となった特定施設の種類の数

分類	特定施設名	数
1	液圧プレス	12
	機械プレス	38
	プレス	20
	剪断機	45
	鍛造機	2
2	圧縮機	14
	破碎機	12
3	篩	1
	分級機	1
	織機	6
4	コンクリートブロックマシン	1
	コンクリート管製造機械	1
5	チッパー	1
6	印刷機械	4
7	ゴム練用ロール機	2
8	合成樹脂用射出成形機	7
9	鋳造型機	5
計		172

注) 法対象か否かとなる施設能力は不問

表-5 アンケート票に示した問Eの [回答例]

施設名	圧縮機	測定点	振動レベル	指導：基準の遵守、時間制限
原動機出力	3.7 kW	1 敷地境界、固い土	66 dB	苦情の内容：主に夜間・寝られず 我慢できない・戸障子ががたつく・コップの水が揺れる・床が揺れる・壁にひびが入った・ミシミシ音がする
地域指定	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	2 苦情者宅2階、板の間	71 dB	
用途地域	近隣商業	3 無し		
規制値 法	65 dB	4 無し		
” 条例	無し	5 無し		

「機械」か「液圧」かは分からないために別項とした。

3.5.1 苦情の原因となった特定施設

振動規制法に掲げられる特定施設で苦情の原因となった施設の種類とその数を表-6に示す。ただし、同法では施設によっては能力的に法対象にならないものもあるが、実際の現場調査では銘板の読み取りが困難な場合も多く、施設能力が不明・不確か等で回答欄に能力無記入の施設も多く、施設名のみを参考に同表に掲げてある。

全施設数は172だが、プレス類が圧倒的に多く70(40.7%)、中でも機械プレスは38(22.1%)である。次いで剪断機の45(26.2%)、圧縮機14(8.1%)、破砕機の12(7.0%)が続く。

3.5.2 苦情の原因となった非特定施設

振動規制法の対象とならない非特定施設で苦情の原因となったものは、表-7に示すとおり35種と多様である。

表-7 苦情の原因となった非特定施設の種類の数

No.	施設	数
1	重機資材置場	13
2	洗濯脱水機	12
3	クレーン	8
4	裁断機	8
5	送風機	4
6	送風室外機	4
7	金属加工機械	2
8	ボイラ	2
9	編機	2
10	コンクリートプラント	2
11	ベンディングマシン	1
12	NC旋盤	1
13	NCフライス盤	1
14	樹脂加工用旋盤	1
15	モータ	1
16	冷凍機	1
17	ポンプ	1
18	粉砕機	1
19	集塵機	1
20	釘打機	1
21	箔打機	1
22	振動コンベア	1
23	アスファルトプラント	1
24	鋼線洗浄槽	1
25	精米機	1
26	餅米粉砕機	1
27	餅搗き機	1
28	豆篩機	1
29	表皮成形機	1
30	そば粉篩機	1
31	パン用ミキサ	1
32	立体駐車場	1
33	古紙業	1
34	板金	1
35	木工場	1
計		82

なお、同表には施設には該当しない重機資材置場(No.1、以下同)、古紙業(No.33)、板金(No.34)、木工場(No.35)等もあるが、何らかの施設を用いていると判断される。

苦情の多いものとしては、重機資材置場が最も多く13件であるが、重機の走行や荷下ろしが主な内容である。次いで業務用が主と思われるNo.2の洗濯脱水機(洗濯機のみや脱水機のみも含む)が12件と意外に多い。8件のクレーン(No.3)は、走行自体も振動源だが、磁石式で吊り下げた荷が落下する場合は含まれる。No.4の裁断機には布と段ボール等の紙類を対象とする施設である。

ここで問題となっている重機資材置場や特にその敷地内で使用する大型クレーンは、建屋外のいわゆる開放型作業場に該当するケースが多く、振動のみならず騒音でも問題を起すことが多い。そこで前者は施設としての規制ではなく、使用施設を限定しない事業所規制として考慮すべきものであろう。

3.5.3 地域指定と用途地域

振動規制法では県知事等が地域を指定して法を適用する。整理対象の全254件のうちで233件が指定地域内である。

苦情の原因となった施設の数を用途地域別に表-8に示す。ただし、市街化調整区域は用途地域ではないが、同表に含めている。

工業系の準工業地域で最も多くの苦情が発生しているが、この地域ではほとんど規制される業種が無く、本市ばかりでなく全国的に苦情が多い地域と言えそうである。また都市部では、工場の移転や閉鎖後の跡地に集合住宅が林立するケースが多く、このこともこの地域で苦情が多

表-8 苦情の原因となった用途地域別施設数

類型	用途地域	数	小計
住居専用	一種低層住居専用	6	15
	一種中高層住居専用	6	
	一種住居専用 ^{注)}	3	4
	二種低層住居専用	0	
住居	二種中高層住居専用	4	47
	一種住居	31	
	二種住居	5	
	準住居 住居 ^{注)}	3 8	
商業	近隣商業	19	28
	商業	9	
工業	準工業	73	107
	工業	32	
	工業専用	2	
市街化調整区域		19	
無指定又は不明		34	
計		254	

注) 一種住専及び住居との記入があるのみ

い一因となっている。

商業系では、餅米粉砕機、豆篩機、餅搗き機、パン用ミキサ、立体駐車場などが苦情原因施設となっており、地域性が感じられる。

なお、最も静穏が要求される一種住居専用地域でも15件の苦情があるが、重機資材置場と洗濯脱水機がそれぞれ3件と、計6件で半数近くを占める。

3.6 工場・事業場から発生する振動レベル

3.6.1 苦情に基づく測定場所

既に3.1.1項に述べたように、回答自治体の全体では19.8%が振動測定を「しない」と回答している。したがって、問Eの全ての回答に振動レベルが併記されているわけではない。全苦情の254件中の166件で敷地境界データを測定しているが、1件は測定を工業試験場に依頼しており、数値データはなく、165件に敷地境界振動レベルがある。

また、複数の敷地境界、苦情者の住居内や敷地内、及び振源施設近傍や数メートル位置での測定もある。それらの測定数を整理し、表-9に示す。

表では、165の敷地境界データが有り、その内の43苦情に対して複数の敷地境界レベルが有ることを意味する。即ち、1件の苦情に対して、敷地境界の数ヶ所で測定している場合でも、複数境界での測定は1件としてある。同様に15苦情に対して苦情者の住居内データが有り、1苦情に数ヶ所の住居内データが有っても1件である。

住居内の振動レベルは既述のように、貴重だがやはり少ない。また、興味深いのは敷地境界データが無く苦情者住居内データが有る点であるが、施設が法対象でなかったり明白に振動レベルが低い等の場合も有るものの、逆に法の特設施設で振動レベルが高い場合も有り、少ないデータ数では確たることは言えない。

3.6.2 敷地境界振動レベル

(a) 度数分布

敷地境界における振動レベルに関して、複数存在する場合には最大値を採用し、40dB未満と記された9個のデータを39dBとし、5dBのクラス幅に分けて頻度分布を求めた結果を図-10に示す。

最高頻度は60dBにあり40件（24%）、次いで65dBの36件、55dBの27件が続く。この55～65dBの範囲で103件（62%）を占める。これは、鹿島が環境省のデータ²⁾をまとめて文献3)に示した結果とほとんど同様である。

しかし、敷地境界で40dBの場合などは、人間の振動感覚閾値と一般に言われる55dBに達するには家屋内で15dBも増幅せねばならず、通常この40dBなのか、ある異常事態に更に大きな振動が発生し苦情となったのかは不明である。ただし、家屋内での増幅の可能性は否定できない。

(b) 規制基準との比較

敷地境界の振動レベルを規制基準と比較すると、施設名称のみで既出の表-6に示した特設施設の場合、126件にレベルが記載され、その内で30件（23.8%）が不適合

である。非特設施設では、振動レベルが明示されている38件中8件（21.1%）が不適合となっており、苦情が出て7割から8割方は適合である。

3.6.3 住居内振動レベル

振動レベルの家屋増幅の実態として、振動の敷地境界レベルと住居内レベルが測定された15件について整理し、敷地境界レベルに対する家屋内における増幅量を表-10に示す。No.7の敷地境界33dBは振動源が稼働していない場合のデータと思われる。

増幅現象はNo.1からNo.5に認められ、全体の三分の一である。No.1は1階では減衰しているが、2階で10dBの増加の結果68dBとなり、多くの人が知覚する揺れである。No.2は、敷地境界のレベルが51dBであり、そこではほとんどの人が振動を感じないレベルであるが、3階では59dBに増幅しており、静かにしていれば振動は知覚される。したがって、敷地境界のレベルが規制値内

表-9 苦情に基づく測定場所の種類と数

敷地境界	複数境界	住居内	敷地内	振源
有 165	43	15	9	17
無 89	—	5	4	6

注) 住居内と敷地内は苦情者側

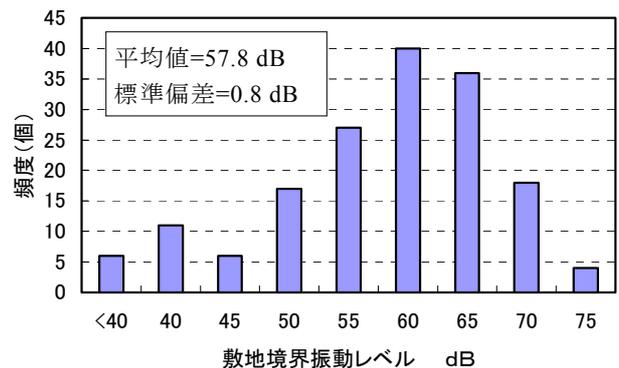


図-10 工場施設振動への苦情(N=165)

表-10 振動レベルの家屋増幅 dB

No.	境界レベル	1階	2階	3階	階不明
1	58	-3	+10		
2	51			+8	
3	64			+7	
4	60		+6		
5	67				+2
6	66				-3
7	33	-3			
8	65	-10	-5		
9	60				-5
10	71				-6
11	60	-6			
12	63				-7
13	62				-7
14	60				-7
15	55				-7

あっても、生活環境が保全されていると見做せない場合があることに留意する必要がある。

家屋増幅は家屋が持つ固有振動数（周波数）と伝搬して来た振動の振動数が近い場合に起きることが多い。固有振動数を把握するには、困難な測定が必要になるが、住居内での測定結果の周波数分析から揺れの振動数は概ね把握できるので、これらのデータの集積から揺れ易い住居の周波数も解明されてくる。周波数分析までは不可能としても、やはり苦情者が感知している振動レベルそのものを測定することが当面は肝要である。

3.7 苦情の内容

254件の回答の中で、苦情内容が記載されているものは232件である。多くは振動がひどい、24時間困窮している、戸や窓、家が揺れるといった内容だが、壁にひびが入った、風呂場のひびから浸水があり柱が腐った、水道の漏水などの物的被害は33件ある。中には工場間の問題も生じており、精密機械が不調になったりしている。

また、不眠の訴えも多く、昼間、深夜・早朝、夜間と様々な時間帯が挙げられている。これらの睡眠妨害は22件である。

3.8 工場・事業場振動の防振対策（問F）

苦情に伴う実際の振動対策を質問した。都道府県からの回答が10件、調査対象市のそれは37件である。ここでは対策法を問い、測定点を含めた対策前後の振動レベルを質問した。また、対策法の具体的な図面化をお願いした。

ここでも貴重なデータが収集されていると考えられるが、個々の対策を紙面で紹介する紙幅は無いので、ここでは割愛する。

4. おわりに

工場・事業場からの振動への苦情対応を中心にした自治体へのアンケートから、測定場所として敷地境界以外に苦情者側の敷地や住居内が選ばれ貴重なデータが蓄積

されていることが判った。住居内での測定法には種々困難な問題が有るが、ある程度の統一化が求められる。しかし、測定者が2、3年で交代していく実態もあり、測定技術の習得の面からも研修の充実などが必要である。また、実際に住居内で大幅に振動が増幅する例も散見されるので、被害感と振動レベルの整合性を得るにも、上記の統一化された屋内測定法が望ましい。

本報は、文献4)において未整理であったデータをまとめ大幅に加筆したものである。

なお、平成12年度の振動防止技術指針策定調査委員を列挙する（塩田委員長、鹿島、福原以外の委員、所属は当時）。

伊積康彦((財)鉄道総合技術研究所)

井上保雄((株)アイ・エヌ・シー・エンジニアリング)

坂場晃三(特許機器(株))

清水一弥((株)昭和サイエンス)

林健太郎((株)エーアール)

水野和英((株)エーエス)

山岸豪敏(九州リオン(株))

また当時、環境庁で本調査を担当されたのは大気生活環境室の高尾智満氏と、佐野公則氏であった。

最後に、多忙な時期に本調査に快く御協力下さった環境サイドの機関と、担当職員の方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本騒音防止協会：振動防止技術指針策定調査 平成12年度環境省委託業務報告書、平成13年3月。
- 2) (財)小林理学研究所：平成8年度環境庁委託業務結果報告書 未規制施設等振動解析調査業務(2)振動、平成9年3月。
- 3) (社)日本騒音制御工学会編：地域の環境振動、技報堂出版、1版、pp.10-17(2001.3)。
- 4) 鹿島教昭、塩田正純、福原博篤、高尾智満、佐野公則：環境振動に関する自治体へのアンケート調査、騒音制御工学会研究発表会講論集、pp.61-64(2002.9)。

横浜市内における環境大気中ダイオキシン類濃度調査（その 2）

越智洋之、前田裕行、白浜武四郎（横浜市環境科学研究所）

Survey of PCDDs and PCDFs in the Ambient Atmosphere of Yokohama (Part.2)

Hiroyuki Ochi, Hiroyuki Maeda and Takeshirou Shirahama
(Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード：ダイオキシン類、大気、同族体組成

要 旨

平成 14 年度ダイオキシン類大気濃度調査結果を用いて、横浜市内大気中におけるダイオキシン類の同族体組成の特徴について検討した。その結果、市内各地点の同族体組成は 3 つのグループに分けることが出来た。秋期調査の組成では、O8CDD 濃度割合が他の同族体濃度割合に比べて顕著に高くなっていた。この傾向は、平成 13 年度においても市内湾岸部を中心に見られた。そこで、平成 13 年度調査以降、O8CDD 濃度割合が高い組成が見られた 4 調査（A 調査）とそれ以外の 4 調査（B 調査）に分け、各地点の O8CDD 濃度平均値についてそれぞれ比較した。その結果、A 調査では、O8CDD 濃度は湾岸部で高く内陸部で低い分布となった。一方 B 調査では、内陸部で高く湾岸部で低い濃度分布となった。また、O8CDF 及び H7CDDs は、O8CDD と同様に大気中で粒子態として存在している特性がある。そこで、O8CDF 及び H7CDDs 濃度分布を O8CDD と同様にそれぞれ比較検討した。その結果、H7CDDs は O8CDD と同様な傾向を示したが、O8CDF は逆の傾向を示していた。これより、市内における粒子態ダイオキシン類の特徴的な挙動が明らかとなった。

1. はじめに

現在の環境大気中ダイオキシン類に対する規制では、毒性のある 29 物質（TEQ 物質）によって評価を行っているが¹⁾、実際には TEQ 物質以外に、約 120 物質程度（その他物質）を測定している。その他物質のうち 2～3 物質については、汚染の由来をみる場合など、必要に応じて濃度の確認することもある。しかし、その他物質の測定結果は、その情報量の膨大さからみても、TEQ 濃度に問題がない限り、規制の現場等において積極的に利用されることないといえる。前報²⁾では、平成 13 年度市内大気調査において、各測定地点の各塩素数別同族体組成の相関関係をそれぞれ比較し、市内地域傾向を見いだした。この測定結果活用法は、利用する情報が同族体組成であるため、その他物質全般を対象としている。また、統計解析に関する知識は特に必要としない。従って、毒性評価以外のダイオキシン類の傾向把握を、短時間で簡単に行う方法としては有用であるといえる。本報は、平成 14 年度大気調査結果を前報同様に解析し、平成 13 年度以降における市内大気中ダイオキシン類について傾向把握を行った。

2. 平成 14 年度調査概要

2-1 調査期間

- 春期：平成 14 年 5 月 22 日～23 日
- 夏期：平成 14 年 8 月 21 日～22 日
- 秋期：平成 14 年 11 月 20 日～21 日
- 冬期：平成 15 年 2 月 5 日～6 日

2-2 調査地点

市内一般環境大気測定局 18 地点（図 1）



図 1 一般環境調査測定地点

2-3 測定方法

ダイオキシン類に係る大気環境調査マニュアル（平成 13 年 8 月 環境省）

2-4 調査対象物質

- 1) 4～8 塩化ジベンゾ-p-ジオキシン(T4～O8CDDs)
- 2) 4～8 塩化ジベンゾフラン(T4～O8CDFs)

同族体組成解析は、上記1)及び2)の計10成分の実測濃度を用いて行った。TEQ濃度は、コプラナーPCB濃度を含めて比較検討を行った。

3. 平成14年度調査結果

3-1 市内18地点 TEQ 濃度

平成14年度大気調査における、市内各期各地点のTEQ濃度を表1に示す。市内年平均値は0.088pg-TEQ/m³となった。環境基準(年平均値0.6pg-TEQ/m³)を越える地点はなかった。

表1 平成14年度大気中ダイオキシン類濃度

測定地点	TEQ濃度(単位:pg-TEQ/m ³)				
	春	夏	秋	冬	年平均
鶴見区生麦小学校	0.084	0.033	0.23	0.051	0.10
神奈川区総合庁舎	0.060	0.027	0.20	0.064	0.088
西区平沼小学校	0.059	0.028	0.19	0.053	0.083
中区本牧	0.043	0.028	0.22	0.056	0.087
南区横浜商業高校	0.056	0.027	0.21	0.056	0.087
港南区野庭中学校	0.049	0.027	0.25	0.057	0.10
保土ヶ谷区桜丘高校	0.061	0.028	0.21	0.059	0.090
旭区鶴ヶ峯小学校	0.079	0.062	0.20	0.098	0.11
磯子区総合庁舎	0.051	0.035	0.18	0.056	0.081
金沢区長浜	0.022	0.021	0.18	0.048	0.068
港北区総合庁舎	0.060	0.032	0.18	0.057	0.082
緑区三保小学校	0.12	0.043	0.20	0.073	0.11
青葉区総合庁舎	0.083	0.029	0.18	0.053	0.086
都筑区総合庁舎	0.076	0.032	0.17	0.059	0.084
戸塚区汲沢小学校	0.070	0.039	0.20	0.030	0.085
栄区犬山小学校	0.043	0.046	0.17	0.021	0.070
泉区総合庁舎	0.071	0.056	0.20	0.057	0.10
瀬谷区南瀬谷小学校	0.10	0.048	0.19	0.034	0.093
18地点平均	0.066	0.036	0.20	0.055	0.088

3-2 TEQ 濃度経年変化

平成9年度以降における市内年平均値の経年変化は(図2)、平成11年度にTEQ濃度が大幅に低下してからも、濃度は低下傾向であった。大気中のダイオキシン類に対する規制は、引き続いて行われていることから、今後も大気状態が悪化することは考えにくかった。

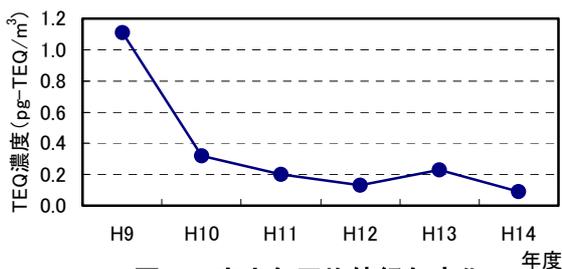


図2 市内年平均値経年変化

4. 市内大気中ダイオキシン類同族体組成の特徴

4-1 同一調査時期における各地点の組成比較

各調査時期において、磯子区総合庁舎(湾岸部)の同族体組成(10成分の各濃度割合)を基準(=1)として、市内他17地点の同族体組成との相関関係をそれぞれ調べた。その結果、各地点ともに磯子区総合庁舎と良好な相関を示した(図3)。これより、各調査時期における同族体組成は、市内全域で比較的類似していることが明らかとなった。また、平成13年度調査のように同一調査時期における同族体組成の顕著な地域間相違は見られなかった²⁾。

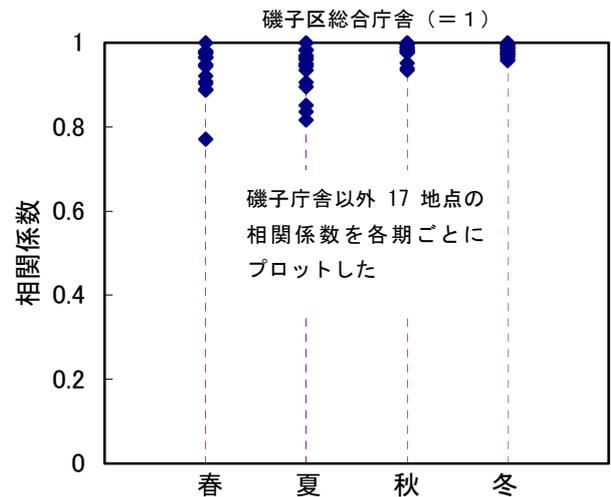


図3 各地点間の同族体組成相関関係

4-2 調査時期における組成比較

次に調査時期の組成の特徴について検討を行った。検討は、磯子区総合庁舎の春期調査における同族体組成を基準とし、他調査時期の組成との相関関係を比較して行った。その結果、組成は①春と冬期、②夏期、③秋期と3つのグループに分けられることが明らかとなった(図4)。

4-3 各期における同族体組成の特徴

4-2において3グループに分けられた組成の特徴について検討した。最も特徴的な組成は、O8CDD濃度割合が顕著に高い③秋期調査の組成であった。また、②夏期調査の組成は、焼却施設排出の特徴的な同族体組成³⁾や工業の発達した都市部の組成⁴⁾に類似している。①春及び冬期調査の組成は、基本は②夏期調査と同様であるが、O8CDD濃度割合が高くなっている組成であった(図5)。

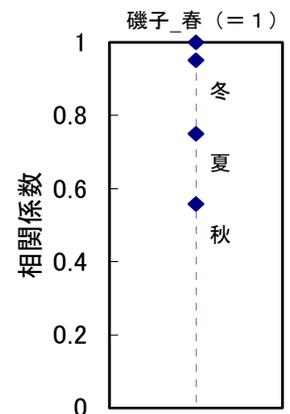


図4 各期間の同族体組成相関関係

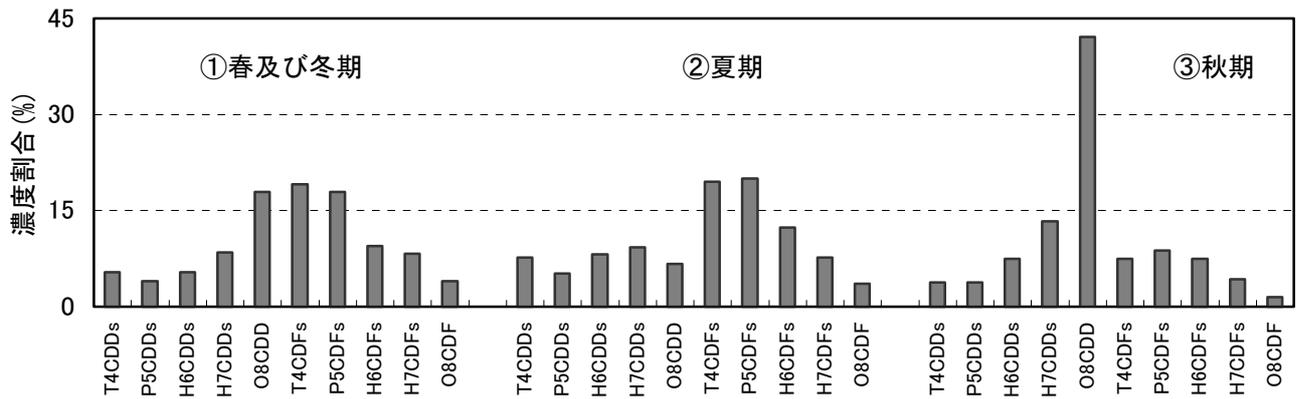


図5 各期における同族体組成の特徴

5. 特徴的な同族体組成

③秋期調査の組成は、O8CDD 濃度割合が顕著に高く、特徴的な組成であった。平成13年度では春、夏及び冬期調査において²⁾、湾岸部を中心に同様な組成が顕著に見られた。ここでは、この特徴的な組成の形成原因について検討を行い、市内大気中におけるダイオキシン類の傾向把握を試みた。

5-1 O8CDD 濃度分布

平成13～14年度の計8調査において、組成成分中O8CDD 割合が顕著であった4調査（平成13年春、夏及び平成14年秋）をA調査とし、それ以外の4調査をB調査として各地点のO8CDD 濃度平均をそれぞれ求め、市内濃度分布の比較を行った。

その結果、市内O8CDD 濃度は、A調査では湾岸部で高く内陸部で低い濃度分布となった。最大濃度地点と最低濃度地点との濃度差は、3.3倍となった。一方B調査では内陸部で高く湾岸部で低い濃度分布となった。濃度差は3.4倍であった（図6A及びB）。これより、湾岸部を中心にO8CDD 濃度割合が高い同族体組成が出現する際には、O8CDD 濃度は湾岸部で特異的に高くなることを示唆している。

5-2 O8CDD の粒子態としての特性

大気中のダイオキシン類測定では、ろ紙で捕集される粒子（約 $0.3\mu\text{m}$ 以上）に含まれるダイオキシン類を粒子態ダイオキシン類とし、ウレタンフォームで捕集されるダイオキシン類をガス態ダイオキシン類としている。⁵⁾

各塩素化別同族体のガス態及び粒子態の存在割合は、各種要因に影響を受けながら決定するが、通常の大気中においてO8CDD、H7CDDs及びO8CDFは、ほぼ粒子態で存在していると考えられている⁵⁾⁷⁾。また、粒子態においてもO8CDFは、96%が $2.1\mu\text{m}$ 以下の微小粒子態で存在しているのに対し、O8CDD及びH7CDDsは $2.1\mu\text{m}$ 以上の粗大粒子態でそれぞれ24及び12%存在していることが報告⁸⁾されており、粒径の大きさによっても、各同族体濃度分布は異なるといえる。

そこで、H7CDDs及びO8CDF濃度の市内分布について、5-1のO8CDD同様に比較し、市内における粒子態ダイオキシン類の挙動について検討した。

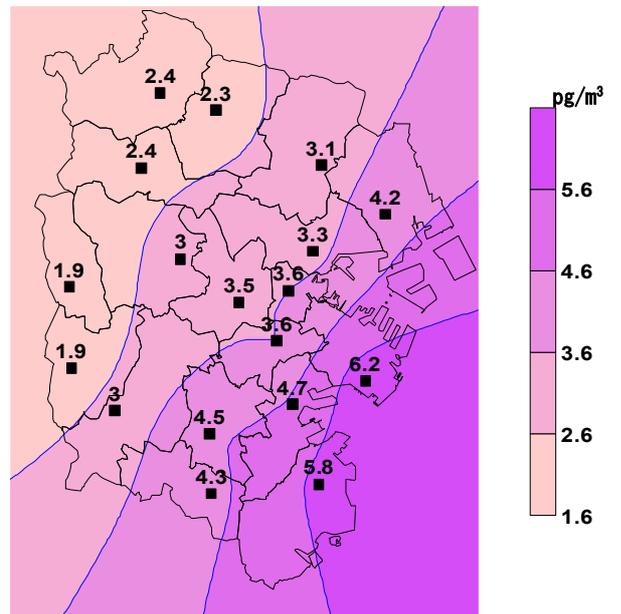


図6-A O8CDD 濃度市内分布 (A調査)

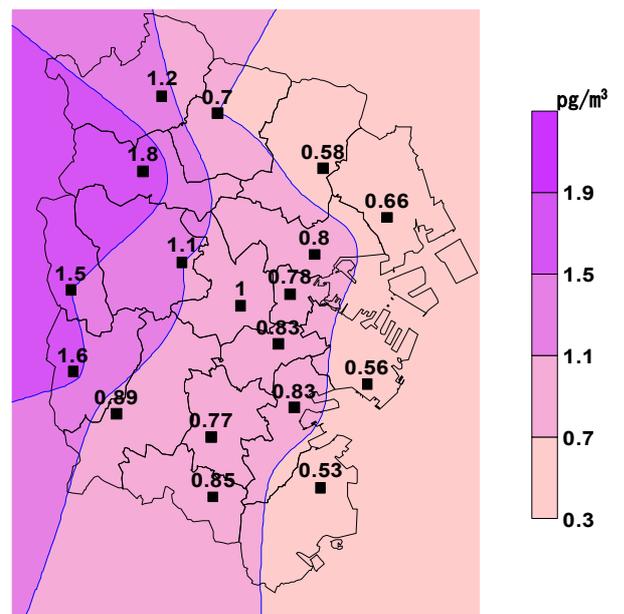


図6-B O8CDD 濃度市内分布 (B調査)

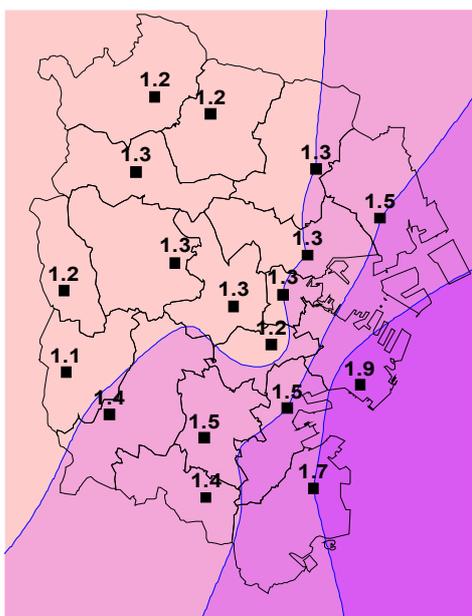


図7-A H7CDDs 濃度市内分布 (A 調査)

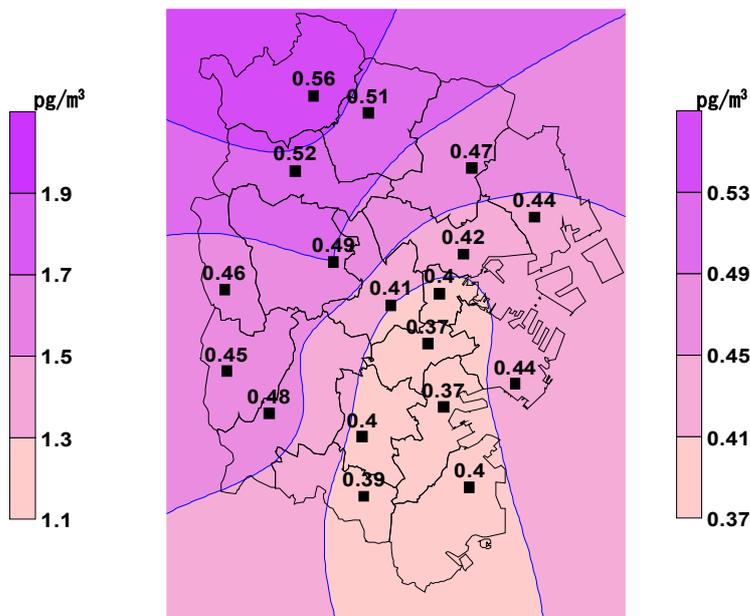


図8-A O8CDD 濃度市内分布 (A 調査)

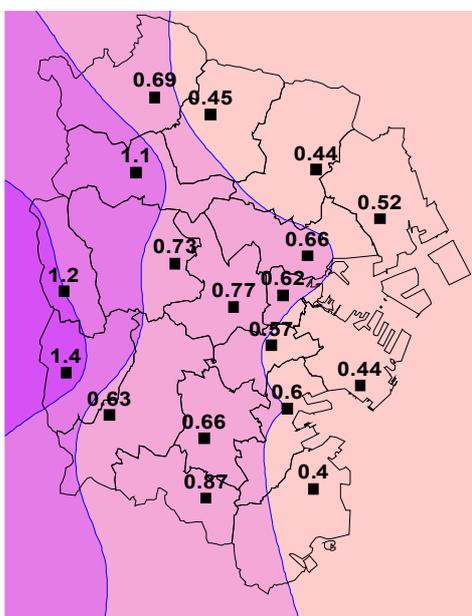


図7-B H7CDDs 濃度市内分布 (B 調査)

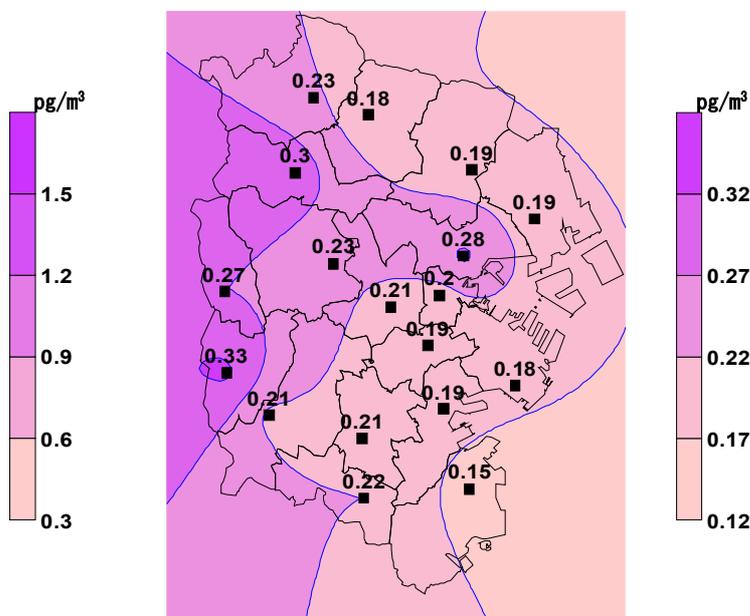


図8-B O8CDD 濃度市内分布 (B 調査)

5-2-1 H7CDDs 濃度分布

H7CDDs の市内濃度は、A 調査では湾岸部で高く内陸部で低い傾向となった。濃度差は 1.7 倍であった。一方 B 調査では内陸部で高く湾岸部で低い濃度分布となった。濃度差は 3.2 倍であった (図7)。A 調査における濃度差は、O8CDD の濃度差に比べて小さかったが、この原因として、粗大粒子態での存在割合の違い⁸⁾が考えられた。B 調査における濃度差は、O8CDD と同程度であった。従って H7CDDs は、O8CDD と比較的同様の傾向であることがわかった。

5-2-2 O8CDD 濃度分布

O8CDD の市内濃度は、A 調査及び B 調査ともに内陸部で高く湾岸部で低い傾向となった (図8)。従って O8CDD の市内濃度分布は、O8CDD や H7CDDs と同様の傾向ではないことがわかった。

5-3 特徴的な同族体組成出現の原因推定

5-2 の結果は、O8CDD 濃度割合が顕著に高い特異的な

同族体組成は、粗大粒子態であるダイオキシン類濃度が特異的に高くなるのが原因である可能性を示唆している。

よって、横浜市における特徴的組成出現の原因としては、O8CDD や H7CDDs を含む粗大粒子を排出する発生源の存在が考えられた。また、気象条件等から大気中における微小粒子と粗大粒子の挙動に違いが生じ、特異的に湾岸部を中心に粗大粒子の存在割合が高くなることなども推定される。③秋期調査と同時期には、埼玉県内においても同様な組成が観測されており、原因推定として稲藁の焼却を挙げている⁹⁾。しかし、市内湾岸部においては、埼玉県内と同様な原因であるとは地域特性上考えにくかった。

6. まとめ

横浜市における平成 13～14 年度ダイオキシン類大気調査結果を TEQ、同族体組成を用いて検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 市内大気中ダイオキシン類濃度は前年度に比べて低下しており、大気環境が悪化するような兆候は見られなかった。
- 2) 同一調査時期内の同族体組成は、平成13年度では湾岸部と内陸部に違いが見られていたが、平成14年度は市内全域で同様な組成となる傾向であった。
- 3) 平成14年度調査での同族体組成の特徴は、3グループに分けることができた。
- 4) O8CDD割合が顕著に高い同族体組成形成の要因として、粒子態ダイオキシン類を含んだ粗大粒子を、特異的に排出する発生源の存在が考えられた。また、大気中における微小粒子及び粗大粒子の挙動の違いにより、粗大粒子態ダイオキシン類が湾岸部を中心に分布することも推定できた。

参考文献

- 1) 環境省：平成14年度ダイオキシン類に係る環境調査結果(2003)
- 2) 越智洋之、前田裕行、山本恵幸：横浜市環境大気中におけるダイオキシン類調査、横浜市環境科学研究所所報、**27**、52-53(2003)
- 3) 関西新技術研究所(監訳)：ダイオキシンー化学・分析・毒性ー、エヌ・ティー・エス、254-255pp(1999)
- 4) Robert M. Lugar., Robert L. Harless., Aubry E. Dupuy, Jr., and Danny D. Mcdaniel., : Results of Monitoring for Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans in Ambient Air at McMurdo Station, Antractica, *Environ. Sci. Technol.*, **30**, 555-561(1996)
- 5) 種岡 裕、村山 等、茨木 剛、高井 透、斎藤 真一：環境大気中のダイオキシン類の存在形態について、第10回環境化学討論会講演要旨集、196-197(2001)
- 6) 関西新技術研究所(監訳)：ダイオキシンー化学・分析・毒性ー、エヌ・ティー・エス、281pp(1999)
- 7) Rainer Lohmann, Robert G.M. Lee, Nicholas J.L. Green, Kevin C. Jones., : Gas-particle partitioning of PCDD/Fs in daily air samples, *Atmos. Environ.*, **34**, 2529-2537(2000)
- 8) 内藤 宏孝、角脇 怜：大気中における粒子状PCDD/Fsの粒径分布、環境化学、**12(4)**、839-846(2002)
- 9) 大塚 宣寿、蓑毛 康太郎、野尻 喜好：埼玉県秋季における大気中ダイオキシン類の特異的な異性体構成、第12回環境化学討論会講演要旨集、404-405(2003)

横浜市内河川における環境ホルモン物質のモニタリング調査

— 女性ホルモン様作用に関する解析 —

倉林輝世 二宮勝幸（横浜市環境科学研究所）

Environmental Survey of Endocrine-Disrupting Chemicals in river water in Yokohama City — Estrogenic Activity of the river water —

Teruyo Kurabayashi, Katsuyuki Ninomiya
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：内分泌攪乱化学物質（環境ホルモン）、モニタリング、女性ホルモン様作用、受容体結合アッセイ、レポーター遺伝子アッセイ

要旨

市内河川の環境ホルモン濃度の経年変化を把握するため、ビスフェノールAやアルキルフェノール類など市内水域から高頻度で検出される物質を対象に、モニタリング調査を実施した。その結果、ビスフェノールAとフタル酸ジ-2-エチルヘキシルが平成11年度調査より高濃度で検出され、ノニルフェノールとオクチルフェノールの検出濃度は若干低下した。環境ホルモンの多くは女性ホルモン様作用を有する物質であり、女性ホルモン様作用強度が各種 *in vitro* 試験法により17β-エストラジオール比活性値（E2比活性値）として求められている。そこで、モニタリング調査結果を各種 *in vitro* 試験法のE2比活性値を用いてE2換算濃度とし、調査地点毎に総和して総女性ホルモン様作用強度を算出した。総女性ホルモン様作用強度は、鶴見川の亀の子橋、都橋調査地点が最も高く、その地点に生息している雄コイが血中ビテロジェニン（卵黄タンパクの前駆体）を産出している可能性が示唆された。また、総女性ホルモン様作用強度には、女性ホルモンである17β-エストラジオールとエストロンの寄与が大きいことが示された。

1 はじめに

環境中にある化学物質が、生物の正常なホルモン作用をかく乱している可能性が指摘され、内分泌攪乱化学物質（以下、環境ホルモンと略す）として問題となっている。横浜市では、市内水域の環境ホルモン濃度を把握するため、環境ホルモンと疑われる約60物質を対象に、平成11年度から13年度までの3カ年をかけて実態調査を行った。その結果、ビスフェノールA、アルキルフェノール類、PCB、女性ホルモンである17β-エストラジオール等が市内河川から高頻度で検出された¹⁾。今後の環境ホルモン問題への対応を図る上では、市内から高頻度で検出される物質、及び環境ホルモンであると確定されたノニルフェノールやオクチルフェノール^{2, 3)}については、経年的な濃度変化を把握する必要がある。

環境ホルモンには、相加作用があると言われて⁴⁾。市内水域の3カ年の実態調査では、各調査地点から少なくとも8物質以上が検出され、生物への影響を考えた場合は、これら複数物質の影響を総合的に評価する必要がある。環境ホルモンの多くは、女性ホルモンと似た働き（女性ホルモン様作用）をする物質であり、多くの化学物質の女性ホルモン様作用強度が *in vitro*（試験管内）試験法であるレポーター遺伝子アッセイ法や受容体結合アッセイ法により、17β-エストラジオール（E2）の活性と比較したE2比活性値として求められている⁵⁻⁷⁾。近年は、ヒトやラットといった哺乳動物以外に、魚類であ

るメダカを対象とした *in vitro* 試験法のE2比活性値も報告されてきた⁴⁾。

そこで、平成14年度は、3カ年の実態調査により高頻度で検出された物質についてモニタリング調査を行うとともに、その調査結果を基に、各種 *in vitro* 試験法のE2比活性値を用いて調査地点毎に女性ホルモン様作用強度の総量を求め、生物への影響について考察したので報告する。

2 方法

2-1 調査物質

モニタリング調査の対象物質を表1に示す。エストロンを除く8物質は3カ年の実態調査において半数以上の調査地点（水質）から検出された物質であり、なかでも17β-エストラジオール、ビスフェノールA、PCBは全調査地点から検出された物質である。エストロンについては、女性ホルモン作用は17β-エストラジオールの1/10程度とされているが⁴⁾、河川水や下水処理場放流水から17β-エストラジオールよりも高濃度で検出されるとの報告⁸⁻¹¹⁾があり、新たに調査対象とした。

2-2 調査地点及び調査時期

モニタリング調査の調査地点を図1に示す。モニタリング調査は、実態調査と同じく都橋（恩田川）、亀の子橋（鶴見川）、水道橋（帷子川）、清水橋（大岡川）、高鎌橋

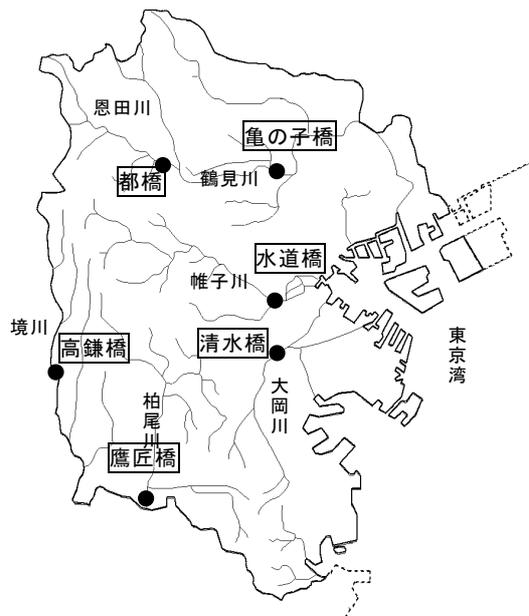


図1 モニタリング調査地点(●)

表1 調査対象物質及び分析方法

物質名	分析方法 (検出下限値: $\mu\text{g/l}$)
17 β -エストラジオール(E2)	ELISA法(0.0002)
エストロン(E1)	ELISA法(0.0002)
ノニルフェノール(NP)	TMS化後、GC/MS(0.1)
4- <i>t</i> -オクチルフェノール(OP)	TMS化後、GC/MS(0.01)
4- <i>t</i> -ブチルフェノール(BP)	TMS化後、GC/MS(0.01)
ビスフェノールA(BPA)	TMS化後、GC/MS(0.01)
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル(DEHP)	GC/MS(0.5)
ポリ塩化ビフェニル類(PCB)	GC/MS(0.0001)
ベンゾフェノン(BZP)	GC/MS(0.01)

(境川)、鷹匠橋(柏尾川)の河川6地点の水質について行った。実態調査では海域も行ったが、ほとんどの物質が水質からは検出されなかったため、モニタリング調査では河川のみを対象とした。調査は年4回(5月、8月、11月、2月)、公共用水域測定計画と同日に行った。

2-3 分析方法

調査物質の分析方法を表1に示す。ビスフェノールA、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル、ベンゾフェノン、PCBについては「外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル」(環境省)¹²⁾に準じて分析した。ノニルフェノール、オクチルフェノール、ブチルフェノールについては前処理の効率化を図るため「下水試験方法追補前提版2002年版」(日本下水道協会)¹³⁾に記載されている固相抽出-トリメチルシリル(TMS)化-ガスクロマトグラフ(GC/MS)質量分析法に準じてビスフェノールAと同時に定量した。17 β -エストラジオールとエストロンの定量には操作が簡便なELISA法(酵素免疫法)を用い、前処理は「下水試験方法追補前提版2002年版」(日本下水道協会)に記載されている固相抽出(溶出液:ジクロロメタン)ELISA法に準じ

た。ELISAキットはTAKEDA 17 β -Estradiol ELISAキット、TAKEDA Estrone ELISAキットを用いた。TAKEDA Estrone ELISAキットは平成14年6月から販売されたため、エストロンの測定は8月の調査から行った。

3 結果及び考察

3-1 モニタリング調査結果

3-1-1 環境ホルモン物質の経年変化

モニタリング調査結果の年平均値と検出濃度範囲を、3カ年の実態調査結果と比較した結果を図2に示す。3カ年の実態調査では、約60物質を年間20物質の割合で調査したため、PCBとベンゾフェノンは12年度に、それ以外の物質は11年度に実施している。

実態調査時より検出濃度が高まったと見られるのは、ビスフェノールAとフタル酸ジ-2-エチルヘキシルである。ビスフェノールAについては、水道橋を除いた全ての調査地点において、14年度平均値が11年度よりも高く、特に亀の子橋では年平均値が $0.683\mu\text{g/l}$ 、検出濃度範囲が $0.29\sim 1.0\mu\text{g/l}$ と明らかに11年度よりも高く検出された。環境省の13年度全国調査ではビスフェノールAの最高検出濃度は $0.56\mu\text{g/l}$ 、95パーセンタイル値が $0.12\mu\text{g/l}$ である¹⁴⁾ことから、全国的にみても亀の子橋のビスフェノールA検出濃度は高いといえる。ビスフェノールAは用途範囲が非常に広く、生産量や輸入量が年々増加している物質である¹⁴⁾。使用量等の増加により環境への排出量が増し、検出濃度が高まったと考えられ、現在の使用状況から考えるとこの傾向は今後も続くと思われる。ビスフェノールAの女性ホルモン様作用については多数の報告があり、逆U字型の低用量問題も論議されていることから、今後もビスフェノールAの濃度推移については注意深く見守る必要がある。

フタル酸ジ-2-エチルヘキシルについては、11年度調査では不検出であった都橋、水道橋、清水橋からも14年度調査では検出された。フタル酸ジ-2-エチルヘキシルの生産量や輸入量についての増加は見られないが¹⁴⁾、プラスチックの可塑剤として汎用されていることから、今後も検出頻度が高まる可能性は考えられる。フタル酸ジ-2-エチルヘキシルは要監視項目であり指針値が $60\mu\text{g/l}$ (0.06mg/l)と示されているが、14年度調査の最高濃度は $4.7\mu\text{g/l}$ (清水橋)と全調査地点において指針値を下回っていた。

ノニルフェノールとオクチルフェノールの2物質は、環境省のリスク評価により環境ホルモンであると確定された物質であり、魚類に影響を与えない濃度(予測無影響濃度)として、ノニルフェノールが $0.608\mu\text{g/l}$ 、オクチルフェノールが $0.992\mu\text{g/l}$ と示されている^{2,3)}。14年度調査では、ノニルフェノールの最高濃度は $0.4\mu\text{g/l}$ (高鎌橋)と、予測無影響濃度は超えないものの、近い値で検出された。オクチルフェノールについては最高濃度が $0.062\mu\text{g/l}$ (水道橋)と、予測無影響濃度を一桁下回っていた。各調査地点での14年度平均値と11年度平均値とを比較すると、ノニルフェノールとオクチルフェノールいずれも14年度のほうが若干低くなっているように見える。2物質とも関連業界が家庭用洗剤に使用し

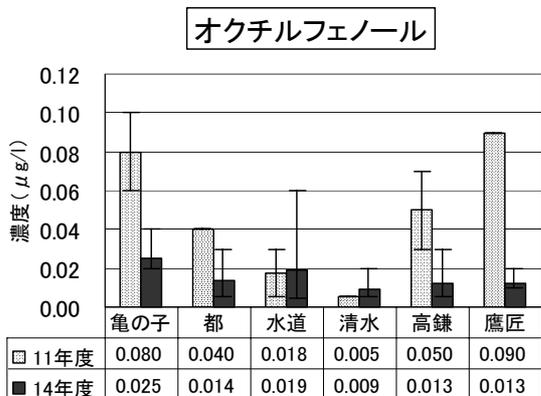
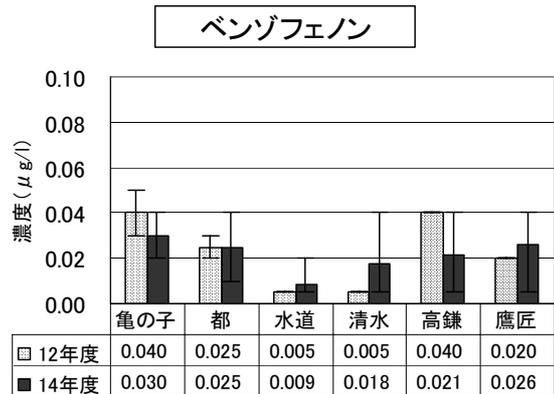
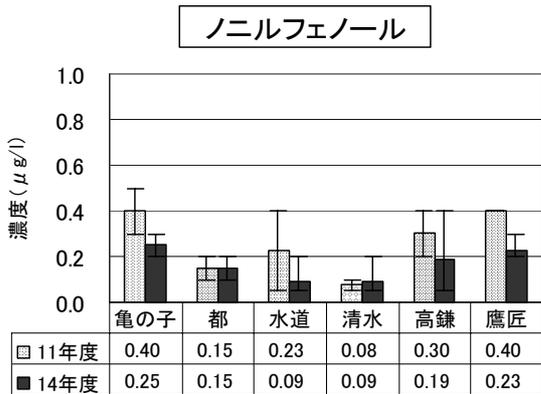
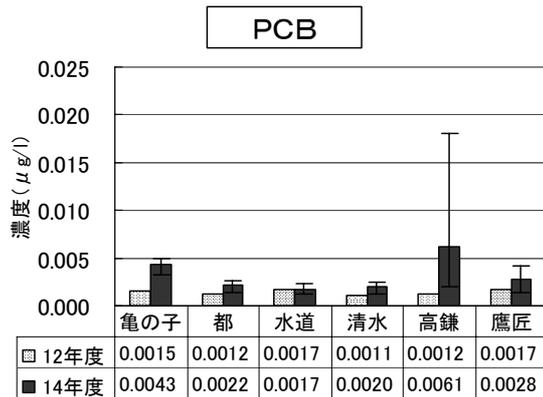
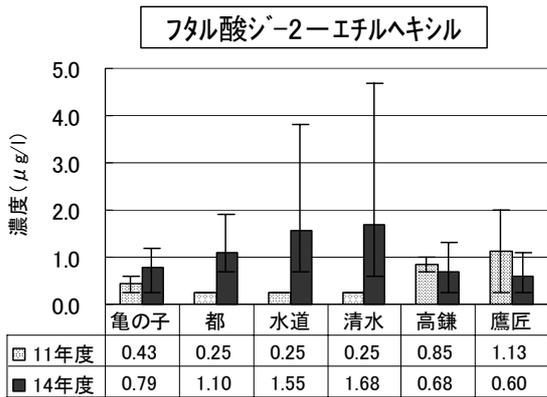
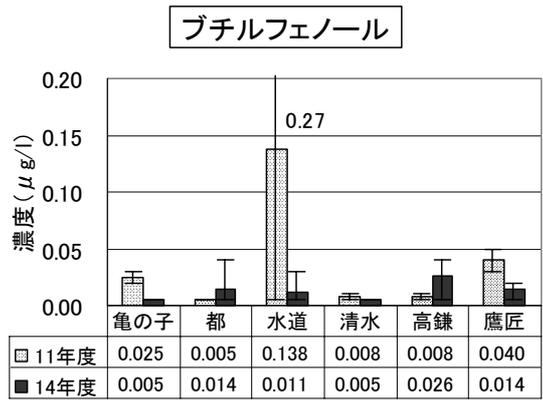
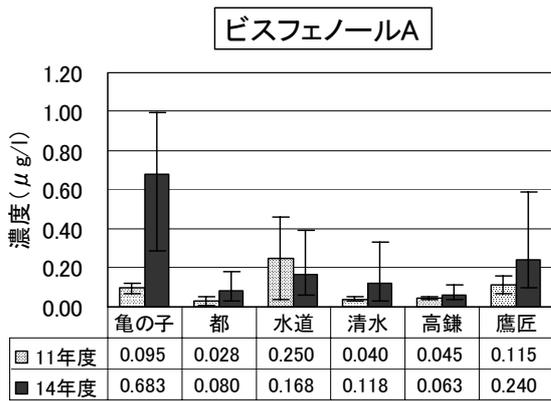


図2 調査地点別の経年変化
 (表の値は、年平均値(μg/l)を示す。但し、不検出の場合は検出下限値の1/2を代入して算出した。濃度範囲は最小値から最大値までを示す。)

ない等の使用自粛に取り組んでおり、その成果が検出濃度の低下として表れてきたのではないと思われる。ノニルフェノールとオクチルフェノールについては環境ホルモンと確定され、予測無影響濃度も示されていることから、今後も濃度推移を把握していくことは重要と考えられる。同じアルキルフェノール類であるブチルフェノール

ールについては、ノニルフェノールとオクチルフェノールに比べると検出割合が低く、11年度調査で0.27 μg/lと高濃度で検出された水道橋においても検出頻度は低下し、高鎌橋、鷹匠橋以外ではほとんど検出されなかった。

PCBについては、12年度調査と同様に全調査から検出された。PCBには水質環境基準があり 0.5 μg/l

(0.0005mg/l)と示されているが、14年度調査での最高濃度は0.018 μ g/l(高鎌橋、5月)で、全調査地点において水質環境基準値を下回っていた。他の調査地点の検出濃度は12年度調査結果と同程度であり、最高濃度が検出された高鎌橋も5月以外は0.0020~0.0024 μ g/lと、他の調査地点と同程度で検出されている。PCBは昭和47年に生産中止となっているが、難分解性で高蓄積性であることから未だに環境中から広範囲で検出されている。

ベンゾフェノンについては、14年度調査の年平均値及び最大値についても12年度調査結果と同程度であった。

3-1-2 調査地点別の女性ホルモン濃度

ELISA法による河川水や下水処理水中の女性ホルモンの測定については、夾雑物の交叉反応等により測定値が実際より2~5倍高くであると報告されているが^{13,15)}、GC/MS法やLC/MS法といった機器分析に比べ操作が簡便なため広く用いられている。本調査で用いたELISAキット及び前処理方法は、交叉反応等が小さくなるように最近開発されたものであり、11年度の実態調査時に用いたELISAキットとは異なることから両者のデータの比較は行わなかった。

図3に17 β -エストラジオールとエストロンの年平均値と検出濃度範囲を調査地点別に示す。17 β -エストラジオールとエストロンの濃度を比較すると、エストロンのほうが10倍程度高い濃度で検出された。17 β -エストラジオールについては、都橋において最も高い濃度で検出されたが、年平均値で見ると亀の子橋、都橋、高鎌橋、鷹匠橋では大差は見られなかった。一方、水道橋と清水橋では17 β -エストラジオールの検出濃度は0.001 μ g/l以下であり、ほとんど検出されなかった。水道橋と清水橋の2地点は、エストロンもほとんど検出されていない。女性ホルモンの排出源は、都市では下水処理場が主と言われている。横浜市の下水道普及率は99%であり、下水処理場は鶴見川(亀の子橋、都橋)と境川(高鎌橋、鷹匠橋)にはあるが、帷子川(水道橋)と大岡川(清水橋)の2河川にはなく、従って、帷子川と大岡川の2河川から女性ホルモンが検出されないのは当然と考えられる。逆に、350万の人口を抱え、ほぼ100%の下水道普及率である横浜市では、鶴見川、境川の下水処理場の放流口直下では、高い濃度の女性ホルモンが検出される可能性が考えられる。

エストロンについては、亀の子橋において最も高い濃度が検出されているが、年平均値や濃度範囲で見ると亀の子橋と都橋は同程度の検出状況といえる。これら鶴見川の調査地点と比べ、境川の調査地点である高鎌橋と鷹匠橋の年平均値は低い。エストロンの排出源は17 β -エストラジオールと同じであることから、2物質の検出傾向も同様になると考えられたが若干異なっていた。これは、2物質の流下過程による分解や沈降の違い、あるいは測定時の夾雑物の交叉反応の違いなどが影響したためと考えられるが明らかではない。また、エストロンは検出濃度範囲についても17 β -エストラジオールに比べ大きく、年間の濃度変動幅に違いが見られた。この変動の違いは、前述したように、流下過程による分解等が季

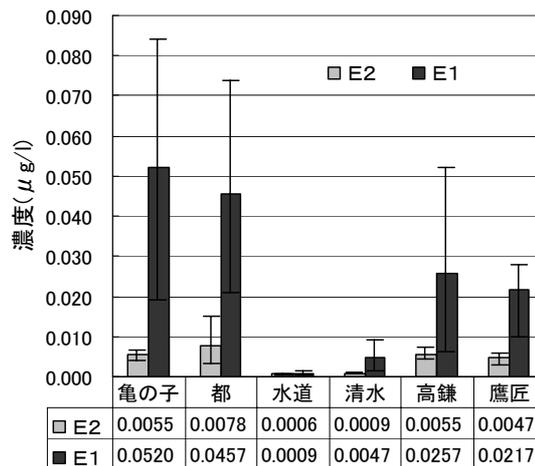


図3 調査地点別の女性ホルモン濃度
(表の数値は年平均を示す。濃度範囲は最小値から最大値までを示す。E2:17- β エストラジオール、E1:エストロン)

節により違ったためとも考えられるが、下水処理場の放流水調査において、エストロンは時間による濃度変動幅が17 β -エストラジオールに比べて非常に大きいとの報告があることから⁹⁾、河川水中のエストロンの濃度変動は下水処理場放流水の濃度変動に大きく起因していると考えられる。

3-2 女性ホルモン様作用の影響

3-2-1 各種 *in vitro* 試験法による女性ホルモン様作用強度の比較

多くの化学物質の女性ホルモン様作用強度が、*in vitro*試験法であるレポーター遺伝子アッセイ法や受容体結合アッセイ法により、17 β -エストラジオールの活性と比較したE2比活性値として求められている。同じ物質であっても、求めた試験法によりE2比活性値が異なる場合がある。生物への影響を推測するにあたっては、用いたE2比活性値によって結果が異なってくるため、まず、モニタリング対象物質のE2比活性値を各種*in vitro*試験法で比較した(表2)。

レポーター遺伝子アッセイ法は、化学物質が女性ホルモン受容体(ER)と結合後に生じる遺伝子発現の活性度を調べる方法であり、酵母を使用する場合と動物細胞であるHeLa細胞を使用する場合とがある。酵母では、西川の試験系とSumpterの試験系がよく用いられているが、両者のE2比活性値を同じヒトERで比較するとほぼ同じであった。西川の試験系では、ヒトER以外にラットER、メダカERと各生物種で調べられており⁴⁾、ヒトとラットではほぼ同じであるが、メダカではノニルフェノールとビスフェノールAのE2比活性値がヒトとラットより1桁高い。酵母とHeLa細胞とでは、同じヒトERで比較すると、酵母のE2比活性値のほうが比較的高い。

受容体結合アッセイ法は、化学物質と女性ホルモン受容体の結合の親和性を調べる方法であり、メカニズムの最も基本的な反応を調べる方法である。アイソトープを用いる感度の良い放射性リガンド法と、アイソトープを使用しない蛍光偏光法とがある。放射性リガンド法は、

表2 各種*in vitro*試験法におけるモニタリング物質の女性ホルモン様作用強度の比較

物質名	E2比活性 ^{注1}						
	レポーター遺伝子アッセイ				受容体結合アッセイ		
	酵母			Sumpter ¹⁹⁾	HeLa細胞 ⁷⁾	放射性リガンド法 ⁷⁾	蛍光偏光法 ⁴⁾
	西川 ⁴⁾						
	ヒトER	ラットER	メダカER	ヒトER	ヒトER	ヒトER	ヒトER
17β-エストラジオール(E2)	1	1	1	1	1	1	1
エストロン(E1)	0.16	0.13	0.17	0.27	0.017	0.44	—
ノニルフェノール	0.00033	0.00025	0.0026	0.0002	0.000062	0.0011	0.0023
4-tert-ブチルフェノール	0.0021	0.0021	0.0044	—	0.00014	0.0012	0.0011
4-tert-ブチルフェノール	ND ^{注2}	— ^{注3}	ND	—	ND	0.000023	0.00015
ビスフェノールA	0.000042	0.00004	0.00029	0.00006	0.000034	0.0020	0.0018
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	ND	—	—	ND	ND	0.00071	—
PCB	—	—	—	—	ND	ND	—
ベンゾフェノン	ND	—	—	—	ND	ND	—

注1) E2比活性: 17β-エストラジオールの活性値を1とした場合の活性値 注2) ND: 活性が認められなかった物質
注3) —: 記述のなかった物質

蛍光偏光法やレポーター遺伝子アッセイ法に比べてデータ数が多く、また E2 比活性値も比較的高い。

女性ホルモン様作用の生物への影響をみるにあたっては、ヒト以外の生物も考慮しなければならぬ。そこで、本研究では、ヒトだけでなくメダカについての試験結果もある「レポーター遺伝子アッセイ法の酵母のヒトER (以下、酵母ヒト法)」とメダカER (以下、酵母メダカ法)、また、影響を過小評価することを避けるため、データ数が多く、E2 比活性値も高い「受容体結合アッセイ法の放射性リガンド法 (以下、結合法)」の3種のE2比活性値を用いることとした。なお、PCB とベンゾフェノンについては E2 比活性値が得られなかったため、総女性ホルモン様作用強度を算出する際の対象物質から除いた。

3-2-2 総女性ホルモン様作用強度の比較

モニタリング調査結果の各物質の年平均値(図2)に、その物質のE2比活性値(表2)を乗じてE2換算濃度とし、さらに、それらを調査地点毎に総和して総女性ホルモン様作用強度(E2換算、μg/l)を算出した。実際の河川水には、調査対象物質以外に女性ホルモン様作用を有している化学物質や女性ホルモンも存在していると考えられるが、ここでは、モニタリング調査結果とE2比活性値から理論上の総女性ホルモン様作用強度を算出した。

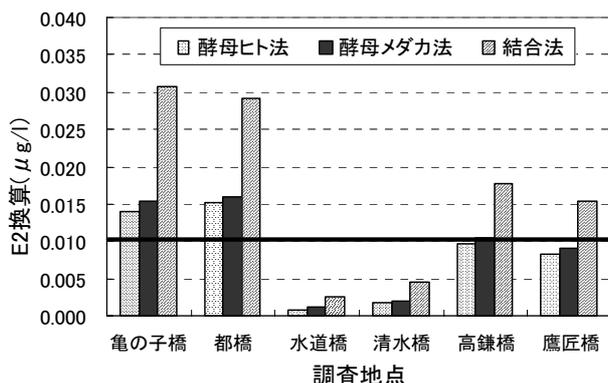


図4 調査地点別の総女性ホルモン様作用強度

図4に、3種の*in vitro*試験法のE2比活性値を用いて算出した、各調査地点の総女性ホルモン様作用強度を示す。

最も高い総女性ホルモン様作用強度を示したのは、結合法から算出した亀の子橋と都橋である。この2地点は、酵母ヒト法及び酵母メダカ法から求めた場合でも、調査地点の中では最も高い総女性ホルモン様作用強度を示した。次いで、高鎌橋と鷹匠橋の総女性ホルモン様作用強度が高く、水道橋と清水橋では、いずれの方法においても総女性ホルモン様作用強度は低かった。環境ホルモンの野生生物への影響については、実態調査として、河川中に生息している雄コイの血中ビテロジェニン濃度を調べる方法がある。ビテロジェニンは卵黄タンパクの前駆物質であり、通常は雄にはほとんど検出されないが、女性ホルモン処理を施すと雄にも検出されるようになる¹⁶⁾。和波等は、東京都内河川で採捕した雄コイの血中ビテロジェニン濃度と、河川水中の総女性ホルモン様作用強度との関係を調べている¹⁷⁾。総女性ホルモン様作用強度は、本調査と同様にELISA法により17β-エストラジオールとエストロンを測定し、エストロンのE2比活性値を0.27(酵母ヒト法、Sumpter)としてE2換算し算出している。その結果、総女性ホルモン様作用強度が0.01μg/l以上(E2換算)あれば、雄コイに1μg/ml以上の高濃度の血中ビテロジェニンを産出させる可能性が高いと報告している。国土交通省の13年度全国調査では、採捕した雄コイ95尾のうち、血中ビテロジェニンが1μg/ml以上のものは7%にしか過ぎず、約8割は0.1μg/ml未満であった¹⁸⁾ことから、1μg/ml以上というのはかなり高濃度であるといえる。図4には、総女性ホルモン様作用強度が0.01μg/l(E2換算)の濃度に線を入れてある。酵母ヒト法において総女性ホルモン様作用強度が0.01μg/l(E2換算)を明らかに超えた地点は、亀の子橋と都橋である。従って、この2地点に生息している雄コイには、高濃度の血中ビテロジェニンが産出されている可能性が考えられる。

3-2-3 総女性ホルモン様作用強度に及ぼす女性ホルモン及び化学物質の寄与

高い総女性ホルモン様作用強度を示した亀の子橋、都橋、高鎌橋、鷹匠橋の4調査地点について、総女性ホルモン様作用強度を100%とした場合の女性ホルモンや各化学物質の寄与率を図5に示した。

どの方法から算出した結果においても、総女性ホルモン様作用強度の90%以上を17β-エストラジオールとエストロンで占めていた。一方、化学物質の割合については、酵母ヒト法ではいずれの調査地点においても1%程度と非常に低い。酵母メダカ法においては、ノニルフェノールとビスフェノールAのE2比活性値が酵母ヒト法より高い(表2)ことを反映して化学物質の占める割合は若干高くなるが、それでも3%~8%程度であった。結合法は、3種の*in vitro*試験法の中でも最も多くの化学物質のE2比活性値が得られているが、その結合法から算出した場合も化学物質の占める割合は4%~8%程度である。嶋津等も、酵母ヒト法のE2比活性値(Sumpter試験法)を用いて多摩川の河川水の総女性ホルモン様作用強度を算出した結果、ノニルフェノール、オクチルフェノール、ビスフェノールAといった化学物質が及ぼす女性ホルモン様作用は、エストロンとエストラジオールに比べてわずかであると報告している^{9,19)}。しかしながら、本調査で用いたELISA法による女性ホルモンの測定については、3-1-2でも述べたように交雑物の交叉反応等により実際より2~5倍程度高く測定されることが指摘されている。本調査と同じELISAキットで17β-エストラジオールを測定した場合、LC/MS/MS法より2倍高い値になるとの報告があることから¹⁵⁾、本調査でも実際より2倍高く測定されたと仮定し、17β-エストラジオールとエストロンの測定値を1/2にした場合の化学物質の寄与率を求めた。その結果を図5の上段グラフの最大値として示す。2倍と仮定した場合でも、化学物質の寄与は最大で15%程度(鷹匠橋、酵母メダカ法)であり、総女性ホルモン様作用強度の大半を女性ホルモンが占めることに変わりはない。ただし、5倍と仮定した場合は化学物質の寄与は最大で30%程度となり、魚類に対する化学物質の影響も無視できないものとなる。化学物質の影響をより正確に把握するためには、17β-エストラジオールとエストロンを正確に定量する必要がある。

4 おわりに

本報告では、平成14年度のモニタリング調査結果を基に、女性ホルモン様作用の観点から各調査地点での生物への影響について考察した。

その結果、亀の子橋と都橋において、雄コイに血中ビテロジェニンが産出される可能性があること、それには17β-エストラジオールとエストロンの影響が非常に大きいことなどを明らかにした。しかし、現在のところ、ビテロジェニンの産出と生殖機能との関係については、メダカを用いた試験において、ビテロジェニン濃度が増加すると受精率の低下が見られたとの報告があるが²⁰⁾、コイのビテロジェニンと精巣異常とについては明確な関係は認められていない¹⁷⁾。また、実際の河川水には、調

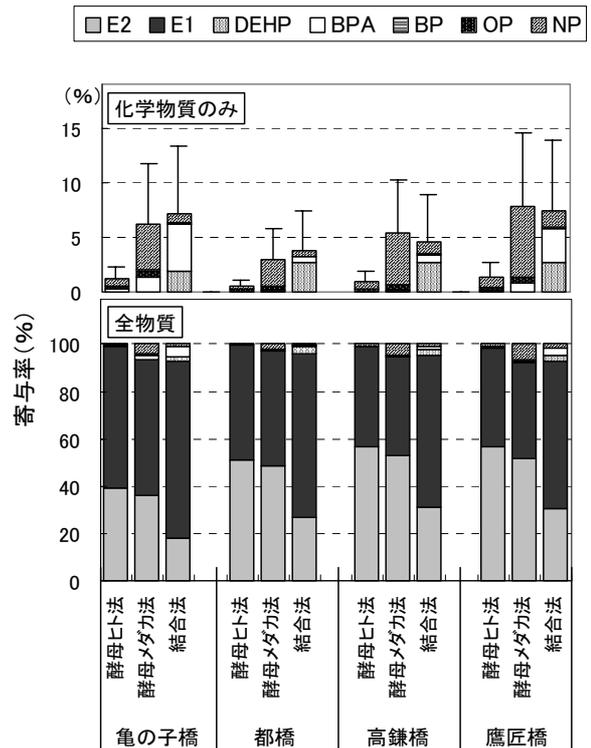


図5 総女性ホルモン作用強度に占める各物質の寄与率 (下段のグラフは全物質の寄与率を示し、上段のグラフはその中の化学物質のみを抜粋して示す。上段のグラフの濃度範囲の最大値は、女性ホルモン濃度が測定値の1/2と仮定した場合の寄与率を示す。)

査対象とした女性ホルモンや化学物質以外にも女性ホルモン様作用を示す物質がある可能性も言われている。今後は、こういった研究の動向を見ながら、調査対象とする物質の選定や、生物への影響について検討していく必要がある。

引用文献

- 1) 横浜市環境科学研究所：横浜市内河川・海域における環境ホルモン実態調査報告書、環境研資料 No. 149、(2003)
- 2) 環境省環境保健部環境安全課：平成13年度第1回内分泌攪乱化学物質問題検討会資料2-2「ノニルフェノールが魚類に与える内分泌攪乱作用の試験結果に関する報告」、3-2「トリブチルスズが魚類に与える内分泌攪乱作用の試験結果に関する報告」
- 3) 環境省環境保健部環境安全課：平成14年度第1回内分泌攪乱化学物質問題検討会資料「平成12年度優先選定物質の内分泌攪乱作用に関する試験結果の概要」
- 4) 国立環境研究所：国立環境研究所特別研究報告「環境ホルモンの新たな計測手法の開発と環境動態に関する研究」、(2002)
- 5) Nishihara T, Nishikawa J, Kanayama T, Dakeyama F, Saito K, Imagawa M, Takatori S, Kitagawa Y, Hori S, Utsumi H: Estrogenic activities of 517 chemicals by yeast two-hybrid assay, *J. Health Sci.*, **46**(4), p282-298 (2000)
- 6) Routledge E J, and Sumpter J P : Estrogenic

- activity of surfactants and some of their degradation products assessed using a recombinant yeast screen, *Environ. Toxicol. Chem.* 15(3), p241-248 (1996)
- 7) 化学物質評価研究機構：平成 12 年度経済産業省環境対応技術開発等委託調査研究「環境ホルモン効果に関する評価・試験法開発報告書」、(2001)
 - 8) 小森行也、高橋明宏、矢古宇靖子、田中宏明：下水試料中のエストロゲンの測定、第 38 回下水道研究発表会講演集、p897-899、(2001)
 - 9) 嶋津暉之、和波一夫、村田望、大月正人：多摩川などの環境ホルモン問題に関する研究（その 7）下水処理場の内分泌攪乱化学物質の排出実態、東京都環境科学研究所年報、p82-89、(2001)
 - 10) 石井善昭、沖田智、尹順子：環境水におけるエストロゲン類の濃度、第 9 回環境化学討論会講演要旨集、21、(2000)
 - 11) 宇野美奈子、井本由美子、永光弘明、加藤陽二、古武家善成、中野武、熊谷哲：下水処理場の放流口付近におけるエストロゲン物質の挙動、第 12 回環境化学討論会講演要旨集、223、(2003)
 - 12) 環境庁水質保全局水質管理課：外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル（水質、底質、水生生物）、(1998)
 - 13) 日本下水道協会：下水試験方法（追補前提版）-2002 年版-、(2002)
 - 14) 環境省総合環境政策局環境保健部：平成 14 年度第 2 回内分泌攪乱化学物質検討会資料 2-1「平成 13 年度内分泌攪乱化学物質における環境実態調査結果のまとめ」、(2002)
 - 15) 嶋津暉之、和波一夫、柳田房洋、田村基：多摩川などの環境ホルモン問題に関する研究（その 11）下水処理場におけるエストロジェン収支、東京都環境科学研究所年報、p75-82、(2002)
 - 16) 原彰彦：魚の血液で環境ホルモン汚染をみる、科学、68(7)、p591-596、(1998)
 - 17) 和波一夫、嶋津暉之、宮下雄博、田村基：多摩川などの環境ホルモン問題に関する研究（その 8）都内河川におけるコイの精巣等の調査（総まとめ）、東京都環境科学研究所年報、p45-55、(2002)
 - 18) 国土交通省河川局河川環境課：「平成 13 年度水環境における内分布攪乱物質に関する実態調査結果について」記者発表、(2002)
 - 19) 嶋津暉之、和波一夫、杉江あゆみ、加田誠、高橋憲一、加地弘一：多摩川などの環境ホルモン問題に関する研究（その 3）エストロジェン様物質の総量測定法下水処理場の内分泌攪乱化学物質の排出実態、東京都環境科学研究所年報、p165-175、(2000)
 - 20) 環境省環境保健部環境安全課：平成 15 年度第 1 回内分泌攪乱化学物質問題検討会資料別添 3「メダカを用いた 17β-エストロジオール暴露による肝臓中ピテロジェニン濃度と受精率の関係に関する検討」

鶴見川におけるノニルフェノール関連物質の挙動

二宮勝幸、倉林輝世
(横浜市環境科学研究所)

Behavior of nonylphenolethoxylate and the decomposition products in Tsurumi River

Katsuyuki Ninomiya, Teruyo Kurabayashi
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：ノニルフェノール、ノニルフェノールエトキシレート、ノニルフェノールエトキシ酢酸、生分解、河川

要旨

ノニルフェノール関連物質の環境中における濃度レベルと分解挙動を把握するため、鶴見川上中流域の 5 地点においてノニルフェノール、ノニルフェノールエトキシレート（エチレンオキシド基の付加モル数として $n=1\sim 15$ ）およびノニルフェノールエトキシ酢酸（同 $n=1\sim 10$ ）を対象に環境調査を実施した。ノニルフェノールは $0.1\mu\text{g}/1\sim 0.2\mu\text{g}/1$ の比較的狭い濃度範囲にあり、過去に実施した調査結果に比べてやや低減傾向を示した。ノニルフェノールエトキシレートとノニルフェノールエトキシ酢酸はともにほとんどの地点でエチレンオキシド基の付加モル数が 1 から 3 の化合物が大半を占め、ノニルフェノールエトキシレートよりもノニルフェノールエトキシ酢酸のほうが数倍高い濃度を示した。一方、1 地点から、エチレンオキシド基の付加モル数が 4 以上のノニルフェノールエトキシレートが比較的高濃度で検出された。この地点の上流からノニルフェノールエトキシレート系洗剤が一時的に排出された可能性が高い。

1. はじめに

ノニルフェノール（NP）は、環境省による内分泌攪乱作用の疑いのある物質を対象にしたリスク評価の結果、2001 年に内分泌攪乱化学物質（環境ホルモン）であると確定され、その予測無影響濃度（魚類に対して影響がない濃度）は $0.608\mu\text{g}/1$ と公表された¹⁾。

当研究所が内分泌攪乱作用の疑いのある約 60 物質を対象に 1999 年度から 2001 年度にかけて市内河川・海域で環境調査を実施したところ、NP については水質の最高濃度として $0.5\mu\text{g}/1$ が検出され、予測無影響濃度に近い値を示した²⁾。また、環境省の全国調査においては、NP の最大濃度は水質では $21\mu\text{g}/1$ と予測無影響濃度を大幅に超えており³⁾、また、都市域の河川や排水路等で予測無影響濃度を超えるケースが認められている^{4,5)}。

NP は界面活性剤や油溶性フェノール樹脂などの原料として使用されているほか、加工品用として油性ワニス、ゴム助剤、石油系製品の酸化防止剤および腐食防止剤など様々な用途で使用されている⁶⁾。このうち、界面活性剤のノニルフェノールエトキシレート（NPnEO）は工業用としての使用量が多く、また、それが河川水中や下水処理場で分解されノニルフェノールエトキシ酢酸（NPnEC）や NP など生成すると指摘されている^{7,8,9)}（詳しくは後述する）。したがって、環境中に存在する NP による生態リスクを評価するためには、NP だけではなく同時にその親物質である界面活性剤の NPnEO および分解生成物の NPnEC についても調べておく必要がある。

そこで、本報告では、河川水中の NP 関連物質の濃度レベルや分解挙動を把握するため、鶴見川の上中流域に

おいて環境調査を実施したので、その結果について述べる。

2. NPnEO の分解経路

前述したように、NPnEO は河川水中や下水処理の過程などで分解していく^{7,8,9,10)}。図 1 に NPnEO の分解経路を示す。

主要な分解経路の 1 つは、NPnEO のノニル基が分岐型であるため微生物分解を受けにくく、エチレンオキシド基の側から好氣的分解が進行し、それに伴いエトキシレート鎖が短くなる経路である（図 1 の左側）。もう 1 つは、エチレンオキシド基の末端が酸化され NPnEC になり、さらに分解が進行して短鎖の化合物になる経路である（図

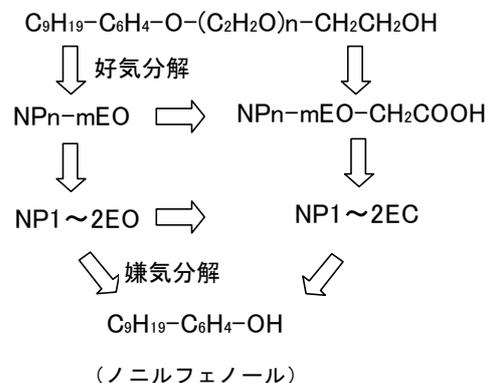


図 1 NPnEO の分解経路⁷⁾

1の右側)。このようなエトキシレート鎖の分解と酸化はほぼ並行して行われていると考えられている。

NPnEOとNPnECはともに高鎖の化合物ほど分解速度が大きいため、分解が進んで、ノニルフェノールジエトキシレート(NP2EO)やノニルフェノールモノエトキシレート(NP1EO)、そして、ノニルフェノールジエトキシ酢酸(NP2EC)やノニルフェノールモノエトキシ酢酸(NP1EC)などを生成する。このうち短鎖のNPnECは分解を受けにくい。さらに、NP1EOが嫌氣的分解を受けると、NPが生成される。

3. 調査方法

調査地点は、図2に示した鶴見川上中流域の5地点である。上流からみると、恩田川水系では都橋、谷本川水系では学校橋と千代橋、そして、恩田川と谷本川の合流点の下流には鴨池人道橋と亀の子橋がある。最上流の学校橋から下流の亀の子橋までの距離は約4.5kmである。

鶴見川は河川流量に占める下水処理水量の割合が比較的大きいことから¹¹⁾、下水処理水による影響も勘案するため、図中には調査対象地域の河川に処理水を放流している4つの下水処理場を併せて示した。一つは調査対象地域内にあり恩田川と谷本川の合流点下流に位置するA下水処理場(2001年の下水処理人口56.7万人)であり、市外には恩田川水系のB下水処理場(同22.7万人)、そして谷本川水系のC下水処理場(同9.5万人)およびD下水処理場(同7.6万人)の2つの下水処理場がある。調査は2002年11月に実施した。

分析項目はNP、NPnEOおよびNPnECである。NPnEOおよびNPnECについては、エトキシレート鎖の鎖数別にそれぞれn=1~15およびn=1~10の化合物を対象とした。分析方法はNPは既報¹²⁾の通りであり、後2項目は委託によりLC/MS法¹³⁾で行った。検出限界値は、NP:0.1μg/l、NPnEO:各鎖数ごとに0.1μg/l、そして

NPnEC:各鎖数ごとに0.01μg/lである。ただし、後2物質については、以降、モル濃度単位で表す。

4. 結果と考察

4-1 調査結果

分解経路にしたがい、NPnEO、NPnEC、そしてNPの順に検討した。

4-1-1 NPnEO

NPnEOの鎖数別のモル濃度分布を図3に示す。図3の凡例に示した調査地点は、上側から下側に向かって、上流から下流になるように配置し、1番上側は恩田川水系の都橋とした。

全地点で短鎖の化合物(NP1EO、NP2EOおよびNP3EO)の濃度がほとんどを占めていた。短鎖の化合物よりも高鎖の化合物のほうが分解速度が大きい⁹⁾と考えられる。NP1EOからNP3EOの濃度範囲は0.3nmol/l~1.3nmol/lにあり、なかでNP2EOが最も高い濃度を示す傾向が認められた。このようにNPnEOの濃度割合が短鎖の化合物でほとんどを占められている傾向は他都市の河川や下水処理過程におけるNPnEOの分解挙動調査の結果とほぼ一致していた^{14,15,16,17,18)}。

一方、千代橋を除く4地点では、鎖数が4以上のNPnEOはほとんど検出されていないが、千代橋においては全て検出されていた。鎖数が4以上の化合物の占めるモル濃度割合は6割強であった。なかでも鎖数が7付近の化合物の濃度がやや高い分布を示した。NPnEO系洗剤は鎖数が約8程度の化合物を最大濃度とする分布で構成されていることから¹⁹⁾、その影響があったためと考えられる。また、千代橋の上流に位置する学校橋では、鎖数が7の化合物が検出限界値(モル濃度単位で0.2nmol/l)に近い値で検出された。NPnEO系洗剤の影響が少し残っていたものと思われる。これらのことから、NPnEO系洗剤を含む排水が学校橋の上流で排出された可能性が高い。さらに、千代橋の下流に位置する鴨池人道橋においては鎖数が4以上の化合物が検出されなかった。この理由の1つとして、高鎖のNPnEOを含む河川水が鴨池人道橋に到達するまでに十分に分解したことが考えられるが、河川調査において約3kmの流下距離の間にNPnEOの分解はほとんど認められなかったという報告²⁰⁾があることから、その可能性は低い。他の原因として、鴨池人道橋では谷本川以外に恩田川とA下水処理場の水量も加わり、それらによって高鎖のNPnEOが希釈されたことも考えら

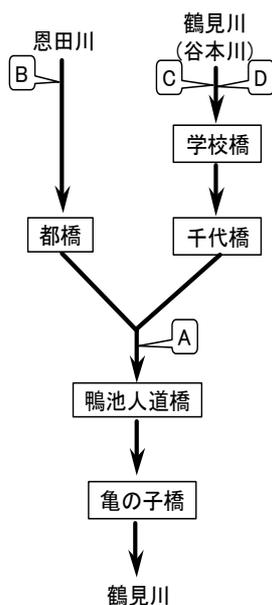


図2 調査地点

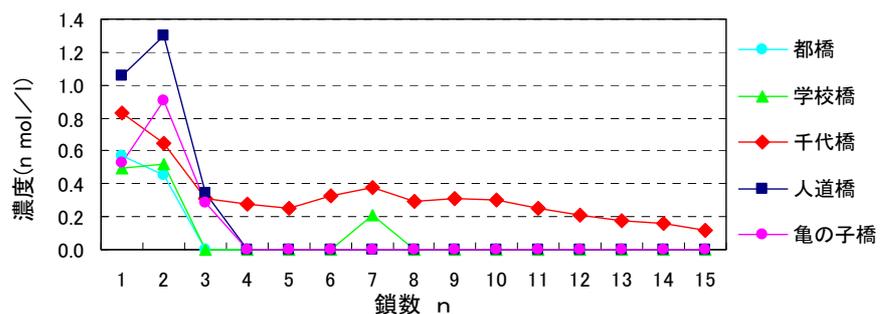


図3 NPnEOのモル濃度分布

れる。このことについては、次の NPnEC の項で述べるが、その可能性も低い。最も可能性が高いのは、NPnEO 系洗剤を含む排水による影響が鴨池人道橋まで及んでいなかったということである。以上のことをまとめてみると、学校橋の上流で一時的に排出された NPnEO 系洗剤を含む水塊が千代橋に流れてきたが、鴨池人道橋にはまだ到達していなかったと推察される。その原因あるいは排出源についてはわからなかった。

洗剤に由来すると考えられる比較的高鎖数の NPnEO が他都市の環境調査^{20,21)}でも検出される場合があることから、今後もそれらの監視を行っていくとともに、継続的に検出されるならば、その原因の究明や排出源の確認を行っていく必要がある。

4-1-2 NPnEC

図4に NPnEC の鎖数別のモル濃度分布を示す。なお、鎖数が5から10までの化合物も検出されているが、それらの濃度は低くて識別しにくいので、図中には20倍スケールの濃度表示のものを併せて示してある。

NPnEC は、ほとんどの地点で NP2EC 濃度が最も高く、その濃度変動幅も大きかった。次いで濃度が高いのは NP1EC、NP3EC、NP4EC の順であり、鎖数が5以上の化合物は低濃度であり濃度変動幅も小さかった。このように短鎖の NPnEC がほとんどを占める分布は NPnEO の場合と類似しているが、濃度レベルは NPnEO よりも NPnEC のほうが高かった。例えば、NP2EC についてみると、その濃度範囲は $1.8 \text{ n mol/l} \sim 5.7 \text{ n mol/l}$ にあり、NP2EO の最高濃度 (1.3 n mol/l) よりも全て高い値を示した。これは、NPnEO と NPnEC の分解速度に違いがあり、NPnEO から NPnEC への形態変化は主に短鎖の化合物で進行しているためと考えられる^{8,10,14,15)}。NP2EC 濃度の高い地点は順に、都橋、亀の子橋、人道橋・千代橋、そして学校橋であった。また、NPnEO の項で示したように(図3)、都橋では NP2EO は5地点のなかで最低濃度を示したが、NP2EC に関しては逆に最高濃度をとるという特徴がみられた。

次に、図4中に示した20倍スケールの濃度表示の NP5EC~NP10EC についてみると、鎖数が6以上の化合物は千代橋が他の4地点に比べて高い濃度を示し、なかでも鎖数が7の化合物の濃度がそれ以外の化合物よりもやや高かった。これは、図3の千代橋における NPnEO の鎖数別分布とほぼ同じであった。NPnEO 系洗剤を含む排水による影響のためであり、その排水自身に高鎖の NPnEC

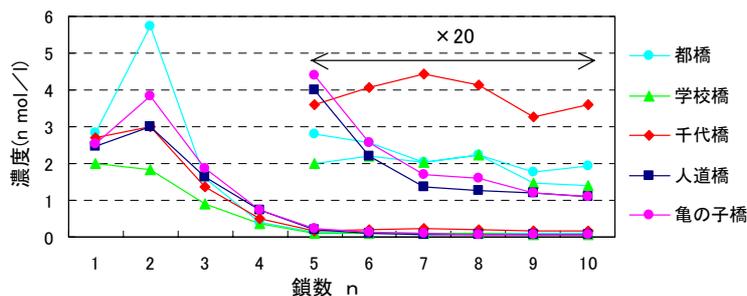


図4 NPnECのモル濃度分布

がすでに含まれていた、あるいは流下過程で高鎖の NPnEO が酸化されたためそれに対応する高鎖の NPnEC も比較的多く検出されたと考えられる。調査地点ごとの高鎖の NPnEC 濃度の違いを調べるため、表1に各調査地点における NP6EC~NP10EC の平均濃度を示す。NP6EC~NP10EC の平均濃度についてみると、千代橋を除く4地点の平均濃度は $0.07 \text{ n mol/l} \sim 0.11 \text{ n mol/l}$ の範囲にあるのに対して、千代橋のそれは 0.19 n mol/l と他地点よりも約2倍高かった。

一方、NPnEO の項で述べたように、谷本川水系の千代橋で検出された鎖数が7を中心とした NPnEO が鴨池人道橋では検出されなかった理由の1つとして、恩田川水系の河川水やA下水処理場の処理水による希釈を挙げたが、その可能性は低いことを指摘した。図4の20倍スケールの濃度表示をみると、学校橋においては鎖数が7前後の NPnEC 濃度がやや高くなる分布を示し、千代橋における NPnEC の分布に類似していた。学校橋では NPnEO 系洗剤の影響が少し残っていたためと考えられる。しかし、鴨池人道橋では、そのような分布は認められないことから、河川水等による希釈のため高鎖の NPnEO が検出されなかったとは考えにくい。

4-1-3 NP

図5に各調査地点における NP 濃度を示す。図5の調査地点は左側から右側に向かって、上流から下流になるように配置し、1番左側は恩田川水系の都橋とした。

図5から、5地点の NP 濃度は $0.1 \mu\text{g/l} \sim 0.2 \mu\text{g/l}$ の狭い範囲にあり、予測無影響濃度を越える地点はなかった。NPnEO 系洗剤の影響がみられた千代橋でも、NP 濃度は他地点とほとんど変わらなかった。また、既報¹²⁾で指摘しているように、今回の調査結果は前回調査時²⁾とほぼ同等かあるいは低下していた。関連業界による NPnEO 系洗剤の使用自粛²²⁾や下水処理による低減¹⁴⁾の効果が出てきているものと思われる。

一方、NP 濃度分布の空間的な特徴として、NP 濃度は上流に比べて下流のほうでやや高まる傾向がみられた。この傾向は、1999年度概況調査²⁾および2002年度モニタリング調査¹⁵⁾の結果からも認められており、例えば、都橋と亀の子橋について比較してみると、亀の子橋のほ

表1 NPnECのn=6~10の平均濃度

	都橋	学校橋	千代橋	人道橋	亀の子橋
濃度(n mol/l)	0.11	0.09	0.19	0.07	0.08

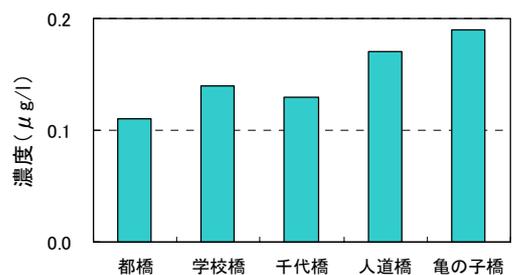


図5 NP濃度分布

うがその上流の都橋よりも NP 濃度が高かった。恩田川と谷本川の合流点のすぐ下流には A 下水処理場がある。NP や NPnEO は下水処理場で 90% 以上の処理効率で削減されているが、それでも処理水中には微量 ($0.1 \mu\text{g}/1$ の濃度レベル) の NP や NPnEO が残存している^{14,15)}。鶴見川における汚濁負荷量調査¹¹⁾によると、A 下水処理場の放流水流量は恩田川水系(都橋)と谷本川水系(千代橋)の合計流量とほぼ同じであることから、A 下水処理場より下流に位置する鴨池人道橋や亀の子橋で NP 濃度がわずかに高まったと推察される。

4-2 NP換算濃度と平均鎖数

ここでは、各調査地点における NPnEO と NPnEC の特徴を指標によって評価することを試みた。NPnEO は河川水中や下水処理の過程で分解を受け NPnEC を生成しそして NP に変化していくが(図 1)、NPnEO および NPnEC がそれぞれ全て NP まで変換すると仮定した場合、NPnEO と NPnEC が NP に変換する最大濃度 (NP 換算濃度) を定義できる¹⁶⁾。また、調査地点によって、NPnEO と NPnEC の鎖数別分布に違いが認められることから、次式で表されるように、各調査地点において NPnEO および NPnEC の平均的な鎖数 (平均鎖数) が定義される。

$$\text{平均鎖数} = \frac{\sum_{n=1} n \times i_n}{\sum_{n=1} i_n} \quad (1)$$

ここで、 n はエチレンオキシド基の数 (鎖数)、 i_n は鎖数が n 個の化合物のモル濃度を表す。また、NPnEO の場合は、 $n=1, 2, \dots, 15$ 、NPnEC の場合は、 $n=1, 2, \dots, 10$ である。

図 6 および図 7 に、各調査地点における NPnEO および NPnEC の NP 換算濃度と平均鎖数を示す。なお、両図を比較しやすいように、NP 換算濃度と平均鎖数の目盛は両図とも同じスケールで表示してある。

まず、図 6 から、NPnEO の NP 換算濃度は NPnEO 系洗剤の影響が認められる千代橋で最も高く、次いで、人道橋、亀の子橋、学校橋、そして都橋の順であった。千代橋を除く 4 地点についてみると、NP 換算濃度は上流よりも下流でやや高まる傾向が認められた。この傾向は、NP の場合と同様であった。また、千代橋を除く 4 地点の NP 換算濃度は $0.23 \mu\text{g}/1 \sim 0.59 \mu\text{g}/1$ の範囲にあるが、高鎖の NPnEO が比較的多く検出された千代橋のそれは $1.07 \mu\text{g}/1$ で他の 4 地点よりも約 2 倍以上高かった。NPnEO の平

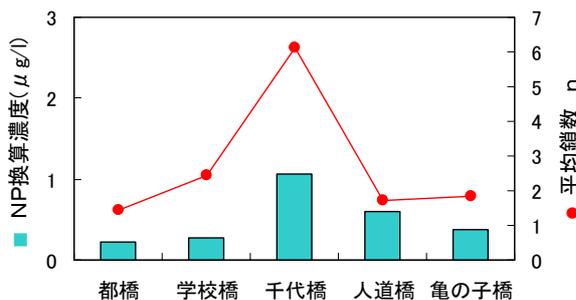


図6 NPnEOのNP換算濃度と平均鎖数

均鎖数についても、千代橋を除く 4 地点の平均鎖数は 1.4~2.5 の範囲にあるのに対して、千代橋のそれは 6.1 で他の 4 地点よりも 3.6~4.7 ほど大きかった。

次に、図 7 において、NPnEC の NP 換算濃度は $1.2 \mu\text{g}/1 \sim 2.5 \mu\text{g}/1$ の範囲にあり、都橋で最も高く、次いで、亀の子橋、千代橋、人道橋、そして学校橋の順であった。千代橋では、NPnEO の場合は 5 地点のなかで最高濃度を示したが、NPnEC の場合はそうならなかった。これは、鎖数別濃度分布の項で述べたように、NPnEO 系洗剤による影響すなわち高鎖の化合物の占める割合が NPnEO の場合は大きかったが、NPnEC の場合は小さかったためである。NPnEC の平均鎖数については、千代橋が他の 4 地点に比べてわずかに高いが、NPnEO の場合のように地点による大きな違いは認められず、全地点で 2.5 前後の安定した値を示した。

最後に、NPnEO と NPnEC を比較すると、NP 換算濃度は NPnEC のほうが NPnEO よりも 2 倍(千代橋)から 10 倍(都橋)ほど大きかった。特に、都橋は NPnEO の NP 換算濃度が 5 地点のなかで最も低かったのに対して、その NPnEC の NP 換算濃度は逆に最も高かった。この理由として、前述したように、恩田川水系の都橋では上流から比較的高濃度の NPnEC を含む水の影響を受けている、あるいは、流下過程で NPnEO から NPnEC への変換が他の河川に比べて速く行われていることなどが考えられる。

4-3 環境中における NP 関連物質の挙動

これまででは、3 つの物質ごとに調査地点別の特徴を検討してきたが、ここでは、3 物質をまとめて評価するとともにそれらの割合についても調べた。図 8 に NP 濃度および NPnEO と NPnEC の NP 換算濃度を示し、また、図 9 にはそれらの割合を示す。

まず、図 8 をみると、NP 濃度および NPnEO と NPnEC の NP 換算濃度の合計濃度 (以下、総 NP 換算濃度という) は NPnEO 系洗剤の影響が認められた千代橋で最も高く約 $3.1 \mu\text{g}/1$ を示した。次に総 NP 換算濃度が高かったのは、NPnEC が相対的に多かった都橋の約 $2.8 \mu\text{g}/1$ であった。このように総 NP 換算濃度は千代橋と都橋とで大きな差はみられなかった。他の 3 地点の総 NP 換算濃度は $1.6 \mu\text{g}/1 \sim 2.7 \mu\text{g}/1$ の範囲にあり、学校橋が最も低い値を示した。

次に、物質ごとの割合を詳細にみると (図 9)、NPnEO の割合が約 34% を示した千代橋と、NPnEC の割合が約 88% と相対的に大きかった都橋は、明らかに他の 3 地点

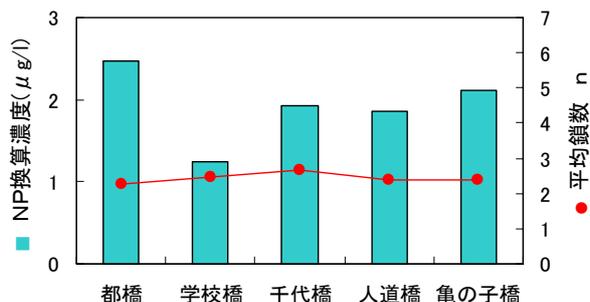


図7 NPnECのNP換算濃度と平均鎖数

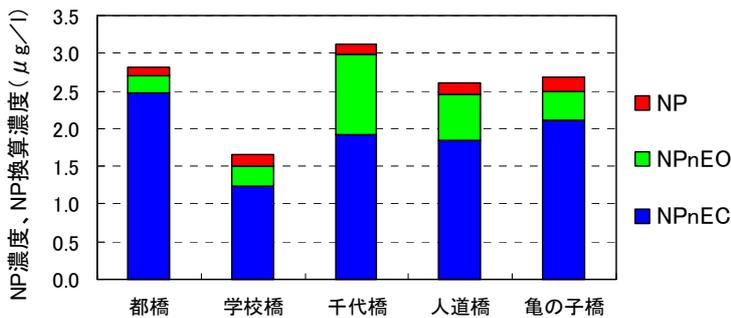


図8 NP濃度およびNPnEOとNPnECのNP換算濃度

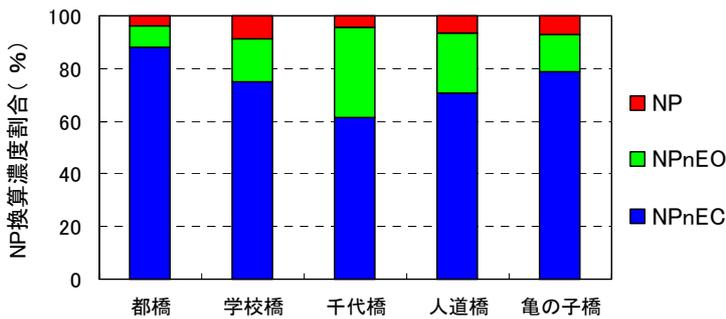


図9 NPとNPnEOとNPnECのNP換算濃度割合

とは異なる特徴を有していた。そこで、この2地点を除く学校橋、鴨池人道橋および亀の子橋の3地点についてみると、NPの濃度割合は7～8%、NPnEOの濃度割合は14～23%、そしてNPnECの濃度割合は71～79%となった。このように各成分の濃度割合は地点間で少しずつ異なっていた。しかし、検討対象地点数が少ないこともあり、NPとNPnEOおよびNPnECの関係については言及できなかった。

NPnEO系洗剤には様々な鎖数をもつ多くのNPnEOが含まれ、それらが短鎖化されると同時に、カルボキシル化も促進されるなど複雑な反応を示している。また、エトキシレート基とノニル基の両方がカルボキシル化されたCNPNnECも生成することが指摘されており¹⁰⁾、化学量論的關係などがすべて明らかになっているわけではない。さらに、NPに関しては、NPnEO系洗剤の原料としてだけでなく、加工品用として各種石油系製品等の酸化防止剤および腐食防止剤にも使用されており、それらからもNPは環境中に排出されている^{23, 24, 25)}。これらのことを勘案したより総合的な挙動調査が必要である。

一方、1999年度に実施した当研究所の環境ホルモン概況調査²⁾において底質のNP濃度は最も高いところで2200 μg/kgと比較的高い値を示し、また、環境省による全国調査³⁾においても底質の最高値は12000 μg/kgとかなり高い値を示した。環境中に排出されたNPが河川等を通して底質に堆積するとともに、NPnEOやNPnECが河川の流下過程で短鎖の化合物に変換され、それらが沈降・堆積して底質の嫌気的条件下でNPに変換している可能性がある^{17, 26, 27, 28)}。それらが巻き上げ等によって底質から水質へ回帰することも考えられる。NPの底生魚への影響も懸念されていることから^{29, 30)}、水質とともに底質

のNP等についても継続して調べておくことは重要であろう。

5. まとめ

鶴見川上中流域の5地点でNP関連物質を対象に調査した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) NPは0.1 μg/l～0.2 μg/lの比較的狭い濃度範囲にあり、以前よりもやや低減傾向を示した。
- 2) NPnEOとNPnECはともにほとんどの地点で鎖数が1から3の化合物が大半を占めた。
- 3) 千代橋では、鎖数が4以上のNPnEOも比較的多く検出され、なかでも鎖数が7のNPnEOが高い分布を示した。
- 4) 千代橋では、NPnECについてもNPnEOの場合と同様に鎖数が7付近の化合物が高い分布を示した。また、高鎖数の化合物が他地点より2倍程度高い濃度で検出された。
- 5) 千代橋の上流の学校橋でも、千代橋より低い濃度だが同様な鎖数別分布のNPnEOおよびNPnECが検出された。また、千代橋の下流の鴨池人道橋では検出されていないことから、学校橋の上流から、NPnEO系洗剤を含む排水が一時的に排出された可能性が高い。

引用文献

- 1) 環境庁環境保健部環境安全課：ノニルフェノールが魚類に与える内分泌攪乱作用の試験結果に関する報告、平成13年度第1回内分泌攪乱化学物質問題検討会資料(2001)。
- 2) 横浜市環境科学研究所：横浜市内河川・海域における環境ホルモン実態調査報告書、環境研資料 No. 149 (2003)。
- 3) 環境庁水質保全局水質管理課：水環境中の内分泌攪乱化学物質実態調査、2000年10月。
- 4) 平山雄一、奥村修平、大道正義、立本英機：東京近郊の一都市におけるアルキルフェノール類の分布、水環境学会誌、26、787-790(2003)。
- 5) 茂木守、細野繁雄、野尻喜好、河村清史：埼玉県の鴨川におけるノニルフェノール、ノニルフェノールエトキシレートの挙動、http://www.env.go.jp/policy/tech/30th/pdf_1031/b-7.pdf
- 6) 化学日報社：13901の化学商品、(2001)。
- 7) 磯部友彦、高田秀重：水環境におけるノニルフェノールの挙動と環境影響、水環境学会誌、203-208(2001)。
- 8) 守田康彦、伊藤安紀、高橋桃恵、浅海真里、相澤貴子：環境中および生分解実験におけるNPEの分解と分解生成物、第35回日本水環境学会年会講演集、276(2001)。
- 9) 林慎也、山田一裕、西村修、平塚二郎、金主紘、斎藤茂雄、田中仁志、須藤隆一：ノニルフェノールエトキシレート同族体の生分解特性の評価、第36回日本水環境学会年会講演集、307(2002)。

- 10) Jonkers, N., Knepper, T. P., De Voogt, P : Aerobic biodegradation studies of nonylphenol ethoxylates in river water using liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry, *Environ. Sci. Technol.*, 35, 335-340(2001)
- 11) 山田武、岩山剛：鶴見川における汚濁負荷量について、第 26 回横浜市下水道研究発表会講演集、22-24(2002).
- 12) 倉林輝世、二宮勝幸：横浜市内河川における環境ホルモン物質のモニタリング調査－女性ホルモン様作用に関する解析－、横浜市環境科学研究所報、28、39-45(2004).
- 13) 吉田寧子、竹田菊男、加藤元彦、佐藤剛志、高田秀重、磯部友彦：LS/MS を用いたノニルフェノールエトキシカルボン酸の定量法の検討、第 36 回日本水環境学会年会講演集、432(2002).
- 14) 八十島誠、小森行也、岡安裕司、田中宏明：下水道における NP 関連物質の挙動、177、環境ホルモン学会第 5 回研究発表会要旨集、(2002).
- 15) 八十島誠、小森行也、田中宏明：下水処理過程におけるノニルフェノール関連物質の挙動、第 39 回下水道研究発表会講演集、95-97(2002).
- 16) 栗林栄、二階堂悦生、杉本束：下水処理場における環境ホルモンの全国調査、用水と廃水、44、1、39-45(2002).
- 17) 磯部友彦、佐藤剛志、高田秀重：ノニルフェノールエトキシレート分解産物 (NP, NP1E0, NPEC) の水環境中における挙動、第 35 回日本水環境学会年会講演集、30 (2001) .
- 18) 東隆司、吉本将人、工藤憲三、深澤達矢、清水達雄：水環境中におけるノニルフェノール化合物の動態、第 12 回環境化学討論会、112-113(2003).
- 19) <http://www.env.go.jp/chemi/end/kento1302/mat05-17/mat05-17.pdf>
- 20) 八十島誠、小森行也、田中宏明：水環境におけるノニルフェノールエトキシレートおよびその分解生成物の存在状態、第 11 回環境化学討論会、224-225(2002).
- 21) 山崎正夫、木瀬晴美、松井道子、安藤晴夫：河川水及び下水処理排水中の非イオン界面活性剤のエチレンオキシド鎖長別組成について、東京都環境科学研究所年報、102-106(2001).
- 22) 日本界面活性剤工業会 H P
<http://www.fsinet.or.jp/~k-center/hormone/chap03/nihonkaimen.pdf>
- 23) 松井三郎、足立淳、松田知成：家庭排水中の内分泌攪乱化学物質、用水と廃水、44、1、34-38(2002)
- 24) 磯部友彦、中田典秀、間藤ゆき枝、西山肇、熊田英峰、高田秀重：プラスチック製食器等からのノニルフェノールの溶出、環境化学、12、3、621-625(2002)
- 25) 瀬戸博、斎藤育江、大貫文、上原眞一、鈴木孝人：室内および大気中ビスフェノール A とアルキルフェノール類の測定、172、環境ホルモン学会第 4 回研究発表会要旨集、(2001)
- 26) 渡辺倫夫、中島悦子、中谷暢武、佐久川弘：広島湾におけるノニルフェノール汚染、419、環境ホルモン学会第 5 回研究発表会要旨集、(2002)
- 27) 和田順之輔、李健華、佐々木稔、小森行也、田中宏明、Chikashi Sato：手賀沼底泥中における内分泌攪乱物質の鉛直分布特性に関する検討、452、環境ホルモン学会第 5 回研究発表会要旨集、(2002)
- 28) Ferguson, P. L., Iden, C. R., Brownawell, B. J : distribution and fate of neutral alkylphenol ethoxylate metabolites in a sewage-impacted urban estuary, *Environ. Sci. Technol.*, 35, 2428-2435(2001)
- 29) 今里栄男、吉永憲史、安部眞一、北野健：ヒラメの性分化に及ぼすノニルフェノール、ビスフェノール A の影響、271、環境ホルモン学会第 4 回研究発表会要旨集、(2001).
- 30) 米山健太、原彰彦、松原孝博、石橋弘志、有菌幸司、大嶋雄治、福留清秀、久保清、中村将、征矢野清：ボラを対象生物とした環境ホルモンの影響調査、287、環境ホルモン学会第 4 回研究発表会要旨集、(2001)

エコロジカルネットワーク調査 『トンボはどこまで飛ぶか』 調査結果

島村雅英 小野勝義 (横浜市環境科学研究所 エコシティ研究室)

Prompt report Study for Ecological network “How to know Dragonfly’s activity range”

Masahide Shimamura, Katsuyoshi Ono (Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：エコアップ 企業緑地 企業立地法 エコロジカルネットワーク 市民参加

要 旨

京浜臨海工業地帯に立地する 5 事業所敷地内の池及び樹林地において、企業、市民、行政、専門家の協働によるトンボの移動調査を 2003 年 9 月 17 日及び 18 日の 2 日間にわたり実施した。

その結果、361 匹 11 種のトンボを捕獲し、内 51 匹は再捕獲されたものであった。このうち、1 匹は、事業所間約 2 km を移動して再捕獲されたものである。

このことは、京浜臨海部の工場事業所のビオトープや緑地が生息環境として結ばれていることが証明されたものであり、京浜臨海部におけるエコアップの有効性を示すとともに、企業、市民、行政、専門家の連携で行った調査で多くの成果が生み出されたことは、今後の緑の拡充やエコアップの推進にもはざまが付くものと考えられる。

本報告は、調査参加者並びに多くの市民、研究者によって調査結果を広く活用していただけるよう、主に事実関係を報告するものである。

1 はじめに

横浜市では、1998 年に環境エコアップマスタープランを作成し、「市内の生き物の棲息環境に配慮した自然の再生」「人と自然の関係の復権」をテーマに、学校、公園、企業敷地内でのトンボ池整備をはじめとしたエコアップ推進に取り組んできた。この結果、現在までに、市内小中学校 85 校をはじめ、公園、事業所等において合計約 150 箇所でのエコアップ事業が展開されている。

一方、京浜臨海部では工場立地法によって、一定規模の企業緑地が確保されるとともに、いくつかの企業では意識的にビオトープが造成されており、これら企業緑地等「緑の拡充」は、生物多様性の確保と、臨海部と内陸部のエコロジカルネットワークを形成、回復、復元する回廊としての役割が期待される。

本調査は、京浜臨海地区を対象としたトンボの移動調査を企業、市民、行政、専門家の連携によって実施することによって、京浜臨海部における環境エコアップの必要性を再認識するとともに、市民、企業、行政が相互に交流できる場をつくり出すことによって、京浜臨海工業地帯における環境エコアップや緑の拡充の推進を、企業、市民、行政が連携を図るきっかけとなるよう、実施したものである。

2 調査概要

(1) 調査日時

2003 年 9 月 17 日及び 18 日

9:30～11:30 及び 13:00～15:00 の 2 回 (合計 4 回)

(2) 調査場所 (図-1)

麒麟ビール (株) 横浜工場内ビオトープ

東京ガス (株) 環境エネルギー館屋上ビオトープ

東京電力 (株) 横浜火力発電所内トンボ池周辺

JFE エンジニアリング (株) 鶴見事業所内池周辺

日本ビクター (株) 本社工場内池周辺

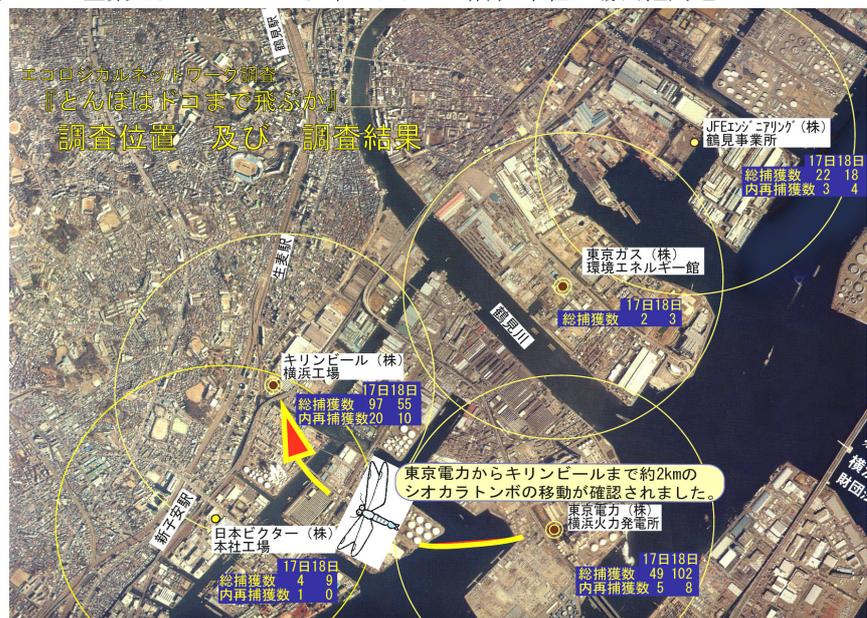


図-1 調査位置及び調査結果概要

(3) 調査手法

調査対象は、イトトンボ類を除くすべてのトンボとした。調査は、トンボを捕獲し羽に油性のマジックでナンバリングを行う標識-再捕獲法¹⁾によって実施した。

標識には、調査地点、調査日、連続番号の5桁の数字を用い個体識別ができるようにした。同時に、記録用紙に捕獲時間、トンボの種類、雄雌の別、成熟度、羽の損傷状態を記載した後放虫した。

また、すでに識別番号が付けられているトンボを再捕獲した場合にも、同様の記載をし放虫した。

なお、マーキングしたトンボについては、目線で追いかけているうちは、再捕獲を行わないこととした。

3 調査参加団体

(1) 企業

キリンビール(株)横浜工場、東京ガス(株)環境エネルギー館、東京電力(株)横浜火力発電所、JFE エンジニアリング(株)鶴見事業所、日本ビクター(株)本社工場

(2) 市民団体等

かながわNPO協働ネットワーク、神奈川県魅力さかせ隊、神奈川県立弥栄東・西高校環境生態部、進化する企業緑地研究会、鶴見川を再発見する会、横浜にとんぼを育てる会

(3) 横浜市

環境保全局環境にやさしいまちづくり課、緑政局緑化推進課

(4) 調査指導

田口正男氏(神奈川県立弥栄東高校教諭)、横浜市環境科学研究所

4 調査地点の概要

調査地点の概要は、ヒアリング調査及び各企業が公開しているホームページを参考とした。

(1) キリンビール(株)横浜工場内ビオトープ

キリンビール横浜工場では、工場敷地内に「自然とふれあう広場」を作り一般公開してきた。2つある池の総面積は約250m²であり当初は、修景用の池として整備された。この池を2001年度に水草などを植えビオトープとして再整備を行い、東京ガス環境エネルギー館から「横浜クロメダカ」を移入した。

池の周辺には、芝生広場と樹林が植栽されており、この緑地部分の面積は、約8,500m²である。

ここには多くの鳥が飛来するために、「日本野鳥の会」に委託して、鳥の飛来調査を定期的に行っている。

トンボの捕獲は、池周辺(K-1地点)と芝生及び樹林(K-2地点)の2地点にわかれて実施した。

(2) 東京ガス(株)環境エネルギー館

環境エネルギー館は1998年に開所し、子供達の持つ不思議に思う心「センス・オブ・ワンダー」を大切に「循環」「意識」「エネルギー」「行動」という4つの側面で展示展開している。

屋上には設計段階から計画されたビオトープが設置されている。このビオトープは、植栽面積は約1300m²、池の面積は13m²であり、草はらやメダカのいる池、雑木林などを配し、里山の自然環境の再現を目指している。

竣工後3ヶ月後にはたくさんの昆虫や植物が棲みつくようになり、トンボのヤゴも多く確認されている。環境エネルギー館では、インタープリターが来場者の案内をつとめるとともに、環境調査を定期的に行っている。

トンボの捕獲調査は、この屋上ビオトープ(G-1地点)で実施した。

(3) 東京電力(株)横浜火力発電所内トンボ池周辺

東京電力横浜火力発電所では、敷地面積の約22%にあたる95,000m²に緑地を保持している。

1997年には、市民開放施設「トゥイニーヨコハマ」を開設し、従来からの生態系に配慮した環境保全林などのほかに、身近な自然の創出、地域の緑のネットワーク化に配慮した緑づくりを展開している。その中には約250m²のとんぼ池がつくられており、当初植栽したアサザやガマ以外にも多数の植物が確認されている。また池周辺の緑地は、約160種類、約1万8千本樹木が植栽され、キジバト、ヒバリ、ハクセキレイなど多数の野鳥が訪れる豊かな環境となっている。

東京電力では、生物調査を年に2回、専門業者に委託して行っている。

捕獲調査は、他の調査地点に比べ緑地面積が広いためとんぼ池周辺(E-1地点)、とんぼ池と樹林地の間(E-2地点)、樹林地内(E-3地点)の3箇所で行った。

(4) JFE エンジニアリング(株)鶴見事業所内池周辺

JFE エンジニアリングの池は、もともと水抵抗水槽として、建設された約10×20m四方のコンクリート製の池であり、特にビオトープを意識して作成されたものではない。

しかし、過去10年以上にわたって、利用されず放置された池の周辺には、ガマなどが自然と生息するようになっている。

また池周辺には、工場緑地として植栽された樹林が樹高20m以上に育ち、樹木は密生し、うっそうとした森を形成している。

捕獲調査は、主に池の周辺(J-1地点)で実施した。

(5) 日本ビクター(株)本社工場内池周辺

日本ビクターの池は、本社正面玄関前に設置された典型的な日本庭園風の修景池であり、周辺には松を中心とした植栽が行われている。

池の面積は、100m²であり、周辺緑地部は2,500m²である。

池周辺の緑地は、玄関前ということもあり、非常によく手入れがされている。

捕獲調査は、この玄関前の緑地と池の周辺(V-1地点)で実施した。

5 調査結果

各地点ごとに捕獲されたトンボの種類及び捕獲数を表-1に、捕獲全データを表-2に示す。

今回の調査で捕獲したトンボは2日間合計で361匹であり、その内再捕獲は51匹であった。また50匹は同一事業所内での再捕獲であったが、東京電力(株)横浜火力発電所で捕獲したシオカラトンボ1匹が、約2km離れたキリンビール(株)横浜工場で再捕獲された。

捕獲されたトンボの種類はアキアカネ、ウスバキトン

ボ、オオシオカラトンボ、ギンヤンマ、コノシメトンボ、シオカラトンボ、ショウジョウトンボ、ナツアカネ、ネキトンボ、ノシメトンボ、リスアカネの11種類であった。

今後の京浜臨海部における緑地の拡充やエコアップの推進にむけ、企業、市民、専門家、行政の連携がますます重要である。

6 まとめ

現在、横浜市内において、すでに150箇所以上のエコアップが実施されている。現在までに、生態的評価や市民参加の実状など、個々の地点におけるエコアップ評価は、すでに多くの研究がなされており、本研究室においても、評価手法の検討²⁾を実施している。

しかし、エコアップ間の生き物の移動調査は、同時期に多数地点で実施する必要性があり、多くの労力と専門的知識を要するため、ほとんど実施されていない。

調査の結果、工場間を移動して捕獲されたトンボはわずかに1匹であったが、この1匹の意味は、京浜臨海部の工場事業所のビオトープや緑地が生息環境として結ばれている証明として、非常に重要な成果であったと考える。

この結果は、京浜臨海部における環境エコアップの有効性を示すものであり、企業、市民、専門家、行政の連携によって可能になったものである。

謝 辞

本調査を行うにあたって、神奈川県立弥栄東高校の田口教諭には、調査全般に渡りご指導をいただき、同弥栄東・西高等学校環境生態部員及びOBのみなさまには、調査当日トンボの捕獲、同定の協力をしていただいた。

また、本調査は、調査参加団体に示す多くの企業、市民、行政、専門家の協力によって実行することができたものであり、調査に参加協力していただいた方々には、心から感謝の意を表します。

文 献

- 1) 田口正男：トンボの里—アカトンボにみる谷戸の自然—、信山社、p144 (1997)
- 2) 島村雅英・井手佳季子・伴武彦：横浜市におけるエコアップ地点の多面的評価に関する研究、環境情報科学論文集、No.16、153-158 (2002)

表-1 各調査地点ごとのトンボの種類と捕獲数

トンボの種類	雌雄	キリンビール㈱ 横浜工場						東京ガス㈱ 環境エネルギー館			東京電力(株)横浜火力発電所						JFEエンジニアリング㈱ 鶴見事業所			日本ビクター㈱ 本社工場			総計						
		池周辺			樹林地			17日	18日	計	池周辺			池と樹林の間			樹林地			17日	18日	計		17日	18日	計			
		17日	18日	計	17日	18日	計				17日	18日	計	17日	18日	計													
アキアカネ	オス	2	9	11		2	2	2				1	1	1	3	4	7	2	2	4	22	3	4	7	1	3	4	48	
	メス	6	7	13				1	1	1	1	7	8	1	1	1	4	4	13				4	6	10	3	3	40	
	計	8	16	24		2	2	3	3	1	18	19	3	5	8	2	6	8	35			7	10	17	1	6	7	88	
ウスバキトンボ	オス				11	3	14	14				1	1	2	3	3	7	4	11	16			1	1	2	1	1	33	
	メス	1		1	7	1	8	9				2	1	3	1	5	6	7	4	11	20				1	1	1	30	
	計	1		1	18	4	22	23				3	2	5	1	8	9	14	8	22	36			1	1	2	1	2	63
オオシオカラトンボ	オス																								1	1	2	2	
	メス																								1	1	2	2	
	計																								1	1	2	2	
ギンヤンマ	オス	1		1			1					1	1															2	
	メス		1	1			1																					1	
	計	1	1	2			2					1	1															3	
コノシメトンボ	オス	2	4	6		3	3	9								1		1	1									11	
	メス					1	1	1																				1	
	計	2	4	6		4	4	10								1		1	1									12	
シオカラトンボ	オス	15	6	21	7		7	28				6	2	8	1		1	2	3	12				1				41	
	メス	3	2	5	2	1	3	8	1		1	2	6	8	1	2	3	1	1	2	13						2	2	24
	計	18	8	26	9	1	10	36	1		1	8	8	16	2	2	4	2	3	5	25				1		1	2	2
ショウジョウトンボ	オス	3	3	3	1	1	2	5				1	1															1	
	メス	4	2	6	4		4	10																				10	
	計	7	2	9	5	1	6	15				1	1															16	
ナツアカネ	オス										1	4	5															9	
	メス																											2	
	計																											11	
ネキトンボ	オス										2	3	5															5	
	メス																											1	
	計																											6	
ノシメトンボ	オス	3	2	5	4		4	9	1		1	6	7	1	5	6	1	11	12	25				1	1	1	1	37	
	メス				1		1	1				1	1															5	
	計	3	2	5	5		5	10	1		1	7	8	1	5	6	1	13	14	28				1	1	2	1	42	
リスアカネ	オス																											1	
	メス																											1	
	計																											1	
不明																											1		
総計		40	33	73	37	12	49	122	2	3	5	16	44	60	8	20	28	20	30	50	138	19	14	33	3	9	12	310	

再捕獲してマーキングしたトンボの種類と数

アキアカネ	オス					1	1	1																					3
	メス																												2
	計					1	1	1																					5
ウスバキトンボ	オス				1	1	1	1																				1	
	メス				1	1	1	1																				1	
	計				1	1	1	1																					2
オオシオカラトンボ	オス																											1	
	メス																											1	
	計																												2
シオカラトンボ	オス	3	2	5	2		2	7			1	1	2	1		1				3								10	
	メス						2	2	2			1	1	1		1				2								4	
	計	3	2	5	2		4	9			1	2	3	2		2				5								14	
ショウジョウトンボ	オス	7	3	10	2	1	3	13			1	1								1								14	
	メス	2	2	2	2	1	3	5																				5	
	計	9	3	12	4	2	6	18			1	1								1								19	
ナツアカネ	オス										1	1																2	
	メス										1	1																2	
	計										2	2																4	
ネキトンボ	オス										2	2								2								2	
	メス										2	2								2								2	
	計										4	4								4								4	
ノシメトンボ	オス	1		1				1			1	1		1	1					2								3	
	メス																											3	
	計	1		1				1			1	1		1	1					2								6	
総計		13	5	18	7	5	12	30			3	7	10	2	1	3				13				3	4	7	1	51	
全合計捕獲数		53	38	91	44	17	61	152	2	3	5	19	51	70	10	21	31	20	30	50	151	22	18	40	4	9	13	361	

表-2 調査結果一覧表

捕獲地点：キリンビールビオトープ池周辺(K-1) 捕獲日2003年9月17日						捕獲地点：キリンビール 芝生広場及び樹林(K-2) 捕獲日2003年9月17日							
識別番号	捕獲時間	天気	トンボの種類	雌雄	成熟度	羽の破損状況・その他	識別番号	捕獲時間	天気	トンボの種類	雌雄	成熟度	羽の破損状況・その他
11101	9:37	快晴	コノシメトンボ	オス	成熟	なし	11201	9:40	快晴	シオカラトンボ	オス	成	なし
11102	9:38	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・老	11202	9:44	快晴	シオカラトンボ	オス	成	なし
11103	9:41	快晴	アキアカネ	メス	成熟	なし・背赤	11203	9:46	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	なし
11104	9:43	快晴	アキアカネ	メス	成熟	なし・背赤	11204	9:47	快晴	ウスバキトンボ	オス	未成熟	なし
11105	9:43	快晴	アキアカネ	オス	成熟	なし	11205	9:48	快晴	ウスバキトンボ	オス	未成熟	なし
11106	9:46	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし	11206	9:49	快晴	ウスバキトンボ	メス	成	なし
11107	9:47	快晴	シオカラトンボ	メス	成熟	なし	11207	9:51	快晴	ショウジョウトンボ	メス	成	なし
11108	9:49	快晴	ショウジョウトンボ	オス	成熟	なし	11208	9:57	快晴	シオカラトンボ	オス	成	なし
11109	9:53	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし	11209	9:58	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	なし
11110	9:54	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし	11210	10:00	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	なし
11111	10:00	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし	11211	10:00	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	なし
11112	10:08	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし	11212	10:01	快晴	ウスバキトンボ	オス	未成熟	なし
11113	10:12	快晴	コノシメトンボ	オス	成熟	なし	11213	10:06	快晴	ウスバキトンボ	オス	未成熟	なし
11114	10:17	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし	11214	10:17	快晴	ウスバキトンボ	オス	成	全部先が破損
11115	10:18	快晴	ショウジョウトンボ	オス	成熟	なし	11215	10:21	快晴	ショウジョウトンボ	メス	成	
11116	10:22	快晴	ショウジョウトンボ	メス	成熟	なし	11216	10:28	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	
11117	10:23	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし	11217	10:32	快晴	シオカラトンボ	メス	成	
11118	10:26	快晴	シオカラトンボ	メス	成熟	なし・産卵中	11218	10:34	快晴	ショウジョウトンボ	メス	成	
11119	10:36	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし	11219	10:34	快晴	シオカラトンボ	オス	成	
11120	10:53	快晴	ショウジョウトンボ	メス	成熟	なし・産卵中	11220	10:45	快晴	ウスバキトンボ	オス	成	後羽根元ちぎれ
11121	10:54	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし	11221	11:00	快晴	ショウジョウトンボ	オス	成	
11122	10:56	快晴	ショウジョウトンボ	オス	成熟	なし	11222	11:02	快晴	ウスバキトンボ	オス	成	
11123	10:58	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし	11223	11:16	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	
11124	11:02	快晴	ショウジョウトンボ	メス	成熟	なし・交尾中	11224	11:17	快晴	ノシメトンボ	オス	成	
11125	11:08	快晴	アキアカネ	メス	成熟	なし・背赤	11225	13:00	快晴	シオカラトンボ	オス	成	
11126	11:21	快晴	アキアカネ	メス	成熟	なし・背赤	11226	13:00	快晴	シオカラトンボ	オス	成	
11127	11:27	快晴	ショウジョウトンボ	メス	成熟	なし	11227	13:12	快晴	シオカラトンボ	オス	成	左後羽破損
11128	13:07	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし	11228	13:25	快晴	ショウジョウトンボ	メス	未成熟	
11129	13:18	快晴	ノシメトンボ	オス	成熟	なし	11229	13:27	快晴	ノシメトンボ	メス	成	左後羽先破損
11130	13:25	快晴	シオカラトンボ	メス	成熟	なし	11230	13:27	快晴	ノシメトンボ	オス	成	
11131	13:28	快晴	アキアカネ	オス	成熟	なし	11231	13:37	快晴	ノシメトンボ	オス	成	
11132	13:31	快晴	ノシメトンボ	オス	成熟	なし	11232	13:40	快晴	ノシメトンボ	オス	成	
11133	13:39	快晴	シオカラトンボ	オス	未成熟	なし	11233	14:26	快晴	ウスバキトンボ	オス	未成熟	
11134	13:47	快晴	アキアカネ	メス	成熟	なし・背茶	11234	14:40	快晴	ウスバキトンボ	オス	成	
11135	14:00	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし	11235	14:50	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	
11136	14:02	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	なし	11236	14:58	快晴	ウスバキトンボ	オス	成	
11137	14:33	快晴	アキアカネ	メス	成熟	なし・背茶	11237	14:59	快晴	シオカラトンボ	メス	成	
11138	14:43	快晴	ノシメトンボ	オス	成熟	なし	捕獲地点：キリンビール 芝生広場及び樹林(K-2) 捕獲日2003年9月18日						
11139	14:44	快晴	ギンヤンマ	オス	未成熟	なし・若い(成熟近い)	21201	9:50	晴れ	ウスバキトンボ	オス		なし
11140	14:58	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし	21202	10:02	晴れ	アキアカネ	オス	やや成熟	なし
捕獲地点：キリンビールビオトープ池周辺(K-1) 捕獲日2003年9月18日							21203	11:29	晴れ	アキアカネ	オス	やや成熟	なし
21101	9:31	晴れ	コノシメトンボ	オス	成熟	なし	21204	13:10	晴れ	コノシメトンボ	メス	成熟	なし・下記とツガイ
21102	9:35	曇り	ノシメトンボ	オス	成熟	なし	21205	13:10	晴れ	コノシメトンボ	オス	成熟	前羽オレ・上記とツガイ
21103	9:44	晴れ	シオカラトンボ	オス	成熟	なし	21206	13:18	晴れ	ショウジョウトンボ	オス	成熟	なし
21104	9:50	晴れ	コノシメトンボ	オス	成熟	なし	21207	13:44	晴れ	ウスバキトンボ	メス	成熟	なし
21105	9:53	曇り	アキアカネ	メス	成熟	なし・背赤	21208	14:20	晴れ	ウスバキトンボ	オス	成熟	なし
21106	9:55	曇り	アキアカネ	メス	成熟	なし・背赤	21209	14:26	晴れ	シオカラトンボ	メス	成熟	なし
21107	10:00	晴れ	シオカラトンボ	オス	成熟	なし	21210	14:28	晴れ	コノシメトンボ	オス	成熟	なし
21108	10:07	晴れ	アキアカネ	メス	成熟	なし・背茶 産卵中	21211	14:30	晴れ	ウスバキトンボ	オス	成熟	なし
21109	10:07	晴れ	アキアカネ	オス	成熟	なし	21212	14:35	晴れ	コノシメトンボ	オス	成熟	なし
21110	10:09	曇り	コノシメトンボ	オス	成熟	左後羽先欠	捕獲地点：東京ガス(株)環境エネルギー館 屋上ビオトープ(G-1) 捕獲日2003年9月17日						
21111	10:24	曇り	アキアカネ	メス	成熟	なし・背茶	12121	11:20	快晴	ノシメトンボ	オス	成熟	なし
21112	10:43	曇り	アキアカネ	オス	成熟	なし	12122	13:30	快晴	シオカラトンボ	メス	成熟	左後羽1カ所破れ・産卵
21113	10:47	曇り	シオカラトンボ	メス	成熟	なし・老、両後足すりへり	捕獲地点：東京ガス(株)環境エネルギー館 屋上ビオトープ(G-1) 捕獲日2003年9月18日						
21114	10:50	曇り	アキアカネ	メス	成熟	なし・背赤	22101	10:30	曇り	アキアカネ	メス	成熟	なし
21115	10:53	曇り	アキアカネ	オス	成熟	なし	22102	13:10	晴れ	アキアカネ	オス	成熟	なし
21116	10:59	曇り	アキアカネ	オス	成熟	なし	22103	13:50	晴れ	アキアカネ	オス	成熟	なし
21117	11:02	曇り	シオカラトンボ	メス	成熟	なし・産卵中							
21118	11:08	曇り	ショウジョウトンボ	メス	成熟	なし・産卵中							
21119	11:11	曇り	ギンヤンマ	メス	成熟	なし・産卵中							
21120	11:17	曇り	コノシメトンボ	オス	成熟	なし							
21121	11:27	晴れ	アキアカネ	メス	成熟	なし・産卵中 背赤							
21122	13:30	晴れ	シオカラトンボ	オス	成熟	なし							
21123	13:42	晴れ	シオカラトンボ	オス	成熟	なし							
21124	13:55	晴れ	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・老							
21125	14:04	晴れ	アキアカネ	オス	成熟	なし							
21126	14:06	晴れ	アキアカネ	オス	成熟	なし							
21127	14:10	晴れ	シオカラトンボ	オス	成熟	なし							
21128	14:17	晴れ	アキアカネ	オス	成熟	なし							
21129	14:29	晴れ	ノシメトンボ	オス	成熟	なし							
21130	14:30	晴れ	ショウジョウトンボ	メス	羽化直後	なし							
21131	14:34	晴れ	アキアカネ	オス	成熟	なし							
21132	14:37	晴れ	アキアカネ	メス	成熟	なし・背茶							
21133	14:41	晴れ	アキアカネ	オス	成熟	なし							

捕獲地点：東京電力（株）横浜火力発電所 とんぼ池 (E-1) 捕獲日2003年9月17日						捕獲地点：東京電力（株）横浜火力発電所 とんぼ池と樹林の間 (E-2) 捕獲日2003年9月18日							
識別番号	捕獲時間	天気	トンボの種類	雌雄	成熟度	羽の破損状況・その他	識別番号	捕獲時間	天気	トンボの種類	雌雄	成熟度	羽の破損状況・その他
13101	9:55	快晴	シオカラトンボ	オス	若	やや破損・	23201	9:49	曇り	アキアカネ	オス	成熟	なし・中央広場、眉斑なし
13102	10:02	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・	23202	10:23	曇り	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・中央広場
13103	10:06	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・	23203	10:50	曇り	シオカラトンボ	メス	成熟	なし・アスレチック
13104	10:12	快晴	ネキトンボ	オス	成熟	後羽破損・	23204	11:30	曇り	ウスバキトンボ	オス	成熟	なし・中央広場
13105	10:20	快晴	ネキトンボ	オス	成熟	なし・	23205	11:00	曇り	ウスバキトンボ	メス	成熟	なし・中央広場
13106	10:32	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・	23206	11:30	曇り	ウスバキトンボ	メス	成熟	なし・中央広場
13107	10:45	快晴	ウスバキトンボ	メス	成熟	なし・わきの道路	23207	13:05	晴れ	ウスバキトンボ	メス	成熟	なし・中央広場
13108	10:46	快晴	シオカラトンボ	メス	成熟	なし・わきの道路	23208	13:05	晴れ	アキアカネ	オス	成熟	なし・トンボ池
13109	11:02	快晴	ウスバキトンボ	オス	成熟	なし・わきの道路	23209	13:20	晴れ	シオカラトンボ	メス	成熟	なし・中央広場
13110	11:26	快晴	ウスバキトンボ	メス	成熟	なし・わきの道路	23210	13:25	晴れ	ウスバキトンボ	オス	成熟	なし・中央広場
13111	13:05	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・トンボ池	23211	13:30	晴れ	ウスバキトンボ	メス	成熟	なし・中央広場
13112	13:10	快晴	シオカラトンボ	メス	成熟	なし・トンボ池	23212	13:37	晴れ	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・池の手前
13113	13:34	快晴	アキアカネ	メス	成熟	なし・トンボ池	23213	13:38	晴れ	ウスバキトンボ	オス	成熟	なし・中央広場
13114	13:36	快晴	ナツアカネ	オス	成熟	なし・トンボ池	23214	13:49	晴れ	アキアカネ	オス	成熟	なし・池の手前
13115	13:45	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	右前羽根元近くからなし・トンボ池	23215	13:50	晴れ	アキアカネ	オス	成熟	なし・中央広場
13116	13:46	快晴	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・トンボ池	23216	13:57	晴れ	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・池の辺り
捕獲地点：東京電力（株）横浜火力発電所 とんぼ池 (E-1) 捕獲日2003年9月18日						捕獲地点：東京電力（株）横浜火力発電所 樹林地・芝生 (E-3) 捕獲日2003年9月18日							
23101	9:34	曇り	ネキトンボ	オス	成熟	やや破損・	13301	9:42	快晴	ウスバキトンボ	オス	未成熟	なし・
23102	9:40	曇り	ナツアカネ	オス	成熟	なし・	13302	9:51	快晴	ウスバキトンボ	オス	未成熟	なし・
23103	9:45	曇り	シオウジョウトンボ	オス	成熟	羽の付け根に損傷・	13303	9:53	快晴	ウスバキトンボ	オス	未成熟	なし・
23104	9:54	曇り	ネキトンボ	オス	成熟	なし・	13304	9:58	快晴	ウスバキトンボ	オス	未成熟	右後羽破損・
23105	10:00	曇り	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・	13305	10:02	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	なし・
23106	10:04	曇り	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・	13306	10:07	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	なし・
23107	10:10	曇り	ノシメトンボ	オス	成熟	左後羽先端欠落・	13307	10:27	快晴	ウスバキトンボ	オス	未成熟	なし・
23108	10:26	曇り	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・	13308	11:06	快晴	ウスバキトンボ	オス	成熟	なし・
23109	10:30	曇り	アキアカネ	オス	ほぼ成熟	なし・	13309	11:11	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	なし・
23110	10:33	曇り	アキアカネ	オス	やや若	なし・	13310	11:14	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	なし・
23111	10:35	曇り	アキアカネ	オス	やや若	なし・	13311	11:24	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	なし・
23112	10:40		アキアカネ	メス	成熟	なし・連結	13312	11:29	快晴	シオカラトンボ	メス	成熟	なし・
23113	10:40		アキアカネ	オス	成熟	なし・連結	13313	13:05	快晴	シオカラトンボ	メス	成熟	なし・
23114	10:45		ノシメトンボ	オス	成熟	なし・	13314	13:11	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	なし・
23115	10:47		アキアカネ	オス	成熟	なし・	13315	13:19	快晴	アキアカネ	オス	成熟	なし・
23116	10:54		ノシメトンボ	メス	成熟	なし・	13316	13:31	快晴	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・
23117	10:55		ノシメトンボ	オス	成熟	なし・	13317	13:34	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	なし・
23118	10:59		シオカラトンボ	メス	成熟	なし・	13318	13:40	快晴	コノシメトンボ	オス	成熟	なし・
23119	10:59		ウスバキトンボ	オス	成熟	なし・	13319	14:09	快晴	ウスバキトンボ	オス	未成熟	なし・
23120	11:03		アキアカネ	メス	成熟	なし・	13320	14:15	快晴	アキアカネ	オス	成熟	なし・
23121	11:05		アキアカネ	メス	成熟	なし・	捕獲地点：東京電力（株）横浜火力発電所 樹林地・芝生 (E-3) 捕獲日2003年9月17日						
23122	11:06		アキアカネ	オス	成熟	左後羽損傷あり・	23301	9:45	曇り	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・
23123	11:06		シオカラトンボ	メス	やや若	なし・	23302	9:54	曇り	アキアカネ	オス	成熟	なし・
23124	11:09		アキアカネ	オス	成熟	なし・	23303	9:58	曇り	ウスバキトンボ	オス	未成熟	なし・
23125	11:13		アキアカネ	メス	成熟	なし・	23304	10:16	曇り	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・
23126	11:15		アキアカネ	オス	成熟	なし・	23305	10:23	曇り	ノシメトンボ	メス	成熟	なし・
23127	11:17		アキアカネ	オス	成熟	なし・	23306	10:24	曇り	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・
23128	11:19		アキアカネ	オス	成熟	なし・	23307	10:29	曇り	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・
23129	11:22		シオカラトンボ	メス	成熟	なし・	23308	10:36	曇り	アキアカネ	オス	成熟	なし・
23130	11:26		ネキトンボ	オス	成熟	なし・	23309	10:40	曇り	アキアカネ	メス	成熟	なし・
23131	11:30		ナツアカネ	オス	成熟	なし・	23310	10:55	曇り	アキアカネ	メス	成熟	なし・
23132	13:06	晴れ	ギンヤンマ	オス	成熟	なし・	23311	11:07	曇り	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・
23133	13:20		ノシメトンボ	オス	成熟	なし・	23312	11:25	曇り	ノシメトンボ	オス	成熟	多少有りギザギザ・
23134	13:26		ナツアカネ	オス	成熟	なし・	23313	12:59	晴れ	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・
23135	13:29		アキアカネ	メス	成熟	なし・	23314	13:06	晴れ	ウスバキトンボ	メス	未成熟	なし・
23136	13:34		ナツアカネ	オス	成熟	なし・	23315	13:11	晴れ	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・
23137	13:40		シオカラトンボ	メス	成熟	なし・	23316	13:15	晴れ	ウスバキトンボ	メス	成熟	なし・
23138	13:45		ウスバキトンボ	メス	成熟	なし・	23317	13:22	晴れ	ウスバキトンボ	メス	成熟	片方右前に穴・
23139	13:50		シオカラトンボ	オス	成熟	なし・	23318	13:26	晴れ	ウスバキトンボ	メス	成熟	なし・
23140	13:53		シオカラトンボ	メス	やや若	傷あり・	23319	13:27	晴れ	アキアカネ	メス	成熟	なし・
23141	14:08	晴れ	シオカラトンボ	メス	成熟	なし・	23320	13:30	晴れ	シオカラトンボ	メス	未成熟	なし・
23142	14:29		アキアカネ	メス	成熟	なし・	23321	13:33	晴れ	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・
23143	14:35		アキアカネ	オス	成熟	なし・	23322	13:59	晴れ	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・
23144	14:36		アキアカネ	メス	成熟	なし・	23323	13:59	晴れ	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・
捕獲地点：東京電力（株）横浜火力発電所 とんぼ池と樹林の間 (E-2) 捕獲日2003年9月17日						捕獲地点：東京電力（株）横浜火力発電所 とんぼ池と樹林の間 (E-2) 捕獲日2003年9月17日							
13201	9:43	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	多少やぶれあり・photoあり	23324	14:03	晴れ	ノシメトンボ	メス	未成熟	なし・
13202	10:02	快晴	ネキトンボ	メス	未成熟	なし・あずまや	23325	14:06	晴れ	ウスバキトンボ	オス	未成熟	なし・
13203	13:33	快晴	シオカラトンボ	メス	成熟	なし・木の中	23326	14:09	晴れ	ウスバキトンボ	オス	成熟	なし・
13204	13:52	快晴	アキアカネ	オス	成熟	なし・トウイニー入口前緑地	23327	14:13	晴れ	ノシメトンボ	オス	未成熟	なし・
13205	13:57	快晴	アキアカネ	オス	成熟	なし・同上	23328	14:23	晴れ	ノシメトンボ	オス	未成熟	なし・
13206	14:06	快晴	ウスバキトンボ	メス	成熟	なし・グラウンド	23329	14:35	晴れ	ウスバキトンボ	オス	未成熟	なし・
13207	14:29	快晴	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・芝生広場眉斑あり	23330	14:48	晴れ	アキアカネ	メス	成熟	なし・
13208	14:52	快晴	アキアカネ	オス	成熟	欠損・							

捕獲地点：JFEエンジニアリング（株）鶴見事業所内の池（J-1） 捕獲日2003年9月17日

再捕獲記録

識別番号	捕獲時間	天気	トンボの種類	雌雄	成熟度	羽の破損状況・その他	捕獲地点	捕獲時間	天気	トンボの種類	雌雄	成熟度	羽の破損状況・前回採取時間及び地点	
14101	9:40	快晴	アキアカネ	オス	成熟	右後先ちぢれ・	キリンビールピオトープ池周辺(K-1)	11115	10:28	快晴	ショウジョウトンボ	オス	成熟	なし・9/17 10:18 K-1
14102	9:43	快晴	アキアカネ	オス	成熟	なし・		11115	10:56	快晴	ショウジョウトンボ	オス	成熟	なし・9/17 10:28 K-1再
14103	9:48	快晴	ナツアカネ	メス	成熟	なし・		11201	11:02	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・9/17 10:40 K-2
14105	10:06	快晴	ノシメトンボ	メス	成熟	なし・卵		11122	11:02	快晴	ショウジョウトンボ	オス	成熟	なし・9/17 10:21 K-2
14106	10:18	快晴	不明			胴体欠 回収		11115	11:05	快晴	ショウジョウトンボ	オス	成熟	なし・9/17 10:56 K-1再3
14107	10:23	快晴	アキアカネ	メス	成熟	なし・		11122	11:17	快晴	ショウジョウトンボ	オス	成熟	なし・9/17 11:02 K-1再々
14108	10:27	快晴	ナツアカネ	オス	成熟	なし・		11122	11:25	快晴	ショウジョウトンボ	オス	成熟	なし・9/17 11:17 K-1再3
14109	10:31	快晴	ナツアカネ	メス	成熟	なし・		11215	13:00	快晴	ショウジョウトンボ	メス	成熟	なし・9/17 10:34 K-2
14110	10:34	快晴	ナツアカネ	オス	成熟	なし・		11114	13:00	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・9/17 10:17 K-1
14111	10:51	快晴	ナツアカネ	オス	成熟	なし・		11114	13:02	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・9/17 13:00 K-1再
14112	11:06	快晴	アキアカネ	メス	成熟	左後先ちぢれ・		11122	13:05	快晴	ショウジョウトンボ	オス	成熟	なし・9/17 11:25 K-1再4
14113	13:07	快晴	アキアカネ	メス	成熟	なし・		11218	13:08	快晴	ショウジョウトンボ	メス	成熟	なし・9/17 13:18 K-2
14114	13:15	快晴	ウスバキトンボ	オス	成熟	なし・		11129	13:33	快晴	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・9/17 13:18 K-1
14115	13:36	快晴	リスアカネ	オス	成熟	なし・		23108	13:02	晴れ	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・9/17 10:26 E-1
14116	14:02	快晴	アキアカネ	オス	成熟	なし・	捕獲地点：キリンビールピオトープ池周辺(K-1) 捕獲日2003年9月18日	11115	9:37	曇り	ショウジョウトンボ	オス	成熟	なし・9/17 11:05 K-1再4
14117	14:08	快晴	オオシオカラトンボ	メス	成熟	両後先破れ・		11108	9:39	曇り	ショウジョウトンボ	オス	成熟	破損・回収・9/17 9:49 K-1
14118	14:30	快晴	アキアカネ	オス	成熟	なし・		11115	10:34	曇り	ショウジョウトンボ	オス	成熟	なし・9/18 9:37 K-1 再5
14119	14:50	快晴	アキアカネ	メス	成熟	なし・		11106	13:00	晴れ	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・9/17 9:46 K-1
14120	15:00	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	左後縮れ・胴体ダメージ回収		23108	13:02	晴れ	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・9/17 10:26 E-1
捕獲地点：JFEエンジニアリング（株）鶴見事業所内の池（J-1） 捕獲日2003年9月18日							捕獲地点：キリンビール 芝生広場及び樹林(K-2) 捕獲日2003年9月17日							
24101	9:44	曇り	アキアカネ	オス	成熟	なし・	11108	9:54	快晴	ショウジョウトンボ	オス	成熟	・9/17 9:49 K-1	
24102	9:54	曇り	アキアカネ	オス	成熟	なし・	11211	10:31	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	・9/17 10:00 K-2	
24103	9:56	曇り	アキアカネ	メス	成熟	なし・	11207	11:06	快晴	ショウジョウトンボ	メス	成熟	左後羽折れた・9/17 9:51 K-2	
24104	10:04	曇り	コノシメトンボ	オス	成熟	なし・	11108	11:10	快晴	ショウジョウトンボ	オス	成熟	・9/17 9:54 K-2再	
24105	10:05	曇り	アキアカネ	メス	成熟	なし・羽やや茶色っぽい部分有	11225	13:09	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	・9/17 13:00 K-2	
24106	10:18	曇り	アキアカネ	メス	成熟	左後羽先欠・卵	11207	14:03	快晴	ショウジョウトンボ	メス	成熟	左後方破損・9/17 11:06 K-2再	
24107	10:26	曇り	ウスバキトンボ	オス	未成熟	なし・	11227	14:57	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	左後羽破損・9/17 13:12 K-2	
24108	10:36	曇り	アキアカネ	オス	成熟	なし・	捕獲地点：キリンビール 芝生広場及び樹林(K-2) 捕獲日2003年9月18日							
24109	10:37	曇り	アキアカネ	オス	成熟	なし・	21103	9:55		シオカラトンボ	メス	成熟	・9/18 9:44 K-1 前回オス	
24110	13:02	晴れ	アキアカネ	メス	成熟	なし・	21113	11:09		シオカラトンボ	メス	成熟	・9/18 10:47 K-1	
24111	13:29	晴れ	アキアカネ	メス	成熟	なし・	11115	11:19		ショウジョウトンボ	オス	成熟	・9/18 10:34 K-1再6	
24112	13:34	晴れ	アキアカネ	メス	成熟	なし・	11127	13:15		ショウジョウトンボ	メス	成熟	・9/17 11:27 K-1	
24113	14:11	晴れ	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・	21128	14:50		アキアカネ	オス	成熟	・9/18 14:17 K-1	
24114	14:32	晴れ	オオシオカラトンボ	メス	成熟	なし・								

捕獲地点：日本ビクター（株）本社工場（V-1） 捕獲日2003年9月17日

捕獲地点：東京電力（株）横浜火力発電所 とんぼ池(E-1) 捕獲日2003年9月17日

15101	9:48	快晴	ウスバキトンボ	メス	未成熟	なし・	13105	10:25	快晴	ネキトンボ	オス	成熟	なし・9/17 10:20 E-1
15102	9:51	快晴	アキアカネ	オス	未成熟	なし・	13105	13:44	快晴	ネキトンボ	オス	成熟	なし・9/17 10:25 E-1
15104	10:05	快晴	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・	13313	14:00	快晴	シオカラトンボ	オス	成熟	なし・9/17 13:05 E-3
捕獲地点：日本ビクター（株）本社工場（V-1） 捕獲日2003年9月18日							捕獲地点：東京電力（株）横浜火力発電所 とんぼ池(E-1) 捕獲日2003年9月18日						
25121	9:28	曇り	ウスバキトンボ	オス	成熟	なし・	13115	9:36		シオカラトンボ	オス	成熟	・9/17 13:45 E-1
25122	10:10	曇り	アキアカネ	オス	成熟	なし・	13204	10:18		アキアカネ	オス	やや若	なし・9/17 13:52 E-2
25123	10:14	曇り	シオカラトンボ	メス	成熟	なし・	23312	13:15		ノシメトンボ	オス	成熟	前後羽損傷あり・9/18 11:25 E-3
25124	10:56	曇り	アキアカネ	オス	成熟	なし・	23103	13:17		ショウジョウトンボ	オス	成熟	傷み少々・9/18 9:45 E-1
25125	11:06	曇り	アキアカネ	メス	成熟	なし・	23129	13:51		シオカラトンボ	メス	成熟	前羽先端欠落・9/18 11:22 E-1
25126	11:13	曇り	アキアカネ	オス	成熟	なし・	23134	14:20		ナツアカネ	オス	成熟	なし・9/18 13:26 E-1
25127	13:24	晴れ	シオカラトンボ	メス	成熟	なし・	23135	14:55		アキアカネ	メス	成熟	なし・9/18 13:29 E-1
25128	13:52	晴れ	アキアカネ	メス	成熟	なし・	捕獲地点：東京電力（株）横浜火力発電所 とんぼ池と樹林の間(E-2) 捕獲日2003年9月17日						
25129	14:09	晴れ	アキアカネ	メス	成熟	なし・	13201	10:09	はれ	シオカラトンボ	オス	あり	・9/17 9:43 E-2
							13101	13:06	はれ	シオカラトンボ	メス	前回オス	ぼろぼろ・9/17 9:55 E-1

捕獲地点：東京電力（株）横浜火力発電所 とんぼ池と樹林の間(E-2) 捕獲日2003年9月18日

23212	14:40	晴れ	ノシメトンボ	オス	成熟	なし・	9/18 13:37 E-2池の手前
-------	-------	----	--------	----	----	-----	--------------------

捕獲地点：JFEエンジニアリング（株）鶴見事業所内の池（J-1） 捕獲日2003年9月17日

14110	13:02	快晴	ナツアカネ	オス	成熟	なし・	9/17 10:34 J
14107	14:36	快晴	アキアカネ	メス	成熟	なし・	9/17 10:23 J
14105	14:40	快晴	ノシメトンボ	メス	成熟	なし・	9/17 10:06 J

捕獲地点：JFEエンジニアリング（株）鶴見事業所内の池（J-1） 捕獲日2003年9月18日

14116	9:48	曇り	アキアカネ	オス	成熟	ない・	9/17 14:02 J
14105	11:07	曇り	ノシメトンボ	メス	成熟	ない・	9/17 10:06 J
14105	13:40	晴れ	ノシメトンボ	メス	成熟	ない・	9/18 11:07 J 再
24114	15:00	晴れ	オオシオカラトンボ	メス	成熟	ない・	9/18 14:32 J

捕獲地点：日本ビクター（株）本社工場（V-1） 捕獲日2003年9月17日

15101	10:16	快晴	ウスバキトンボ	メス	未	なし・	9/17 9:48 V
-------	-------	----	---------	----	---	-----	-------------

横浜市内の気温分布調査

— 2002 年～2003 年の結果 —

福田亜佐子、佐俣満夫（横浜市環境科学研究所）

Distribution of atmosphere temperature in Yokohama area

-Results of years of 2002～2003-

Asako Fukuda, Mitsuo Samata
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：ヒートアイランド、気温、熱帯夜

要旨

2002 年～2003 年にヒートアイランド調査として、市内 31 地点での気温観測を行った。この結果をもとに市内の気温分布図を作成し、その特徴についてまとめた。

その結果、夏期の平均気温の分布では、北東部と南西部に高温域が生じ、夏期の熱帯夜の分布では、臨海部が高温となっていることが分かった。また、夏期の時系列変化について検討した結果、昼間に北東部と南西部で高温域が発生する一方、夜間には、高温域が臨海部となる日変化パターンが現れることが分かった。

1. はじめに

大都市のヒートアイランド現象については、近年、熱汚染という深刻な環境問題として認識されており、国を初め、東京、大阪など各方面でその対策が検討されている。横浜市においても、現在ヒートアイランド対策方針作成に向けての取組みが進められている。

横浜市内におけるヒートアイランド現象の実態解明のため、当研究所のこれまでの調査¹⁾で 3 地点での温度観測を行い、森林域に比べ市街域は最高気温が高く、熱帯夜日数が多いなど顕著なヒートアイランド現象が現れていることを明らかとした。

2002 年度は、温度観測地点を市内 31 地点に増設し、より詳細な気温分布について検討したので、その特徴について報告する。

2. 観測方法

横浜市内の小学校 30 校の百葉箱内に、データロガー付熱伝対式温度計（タスコジャパン（株）製 TMS70DA 温度ロガー）を設置した。市内の精密な気温分布を得るために、市内を 4km メッシュに区切り、概ねメッシュ毎に 1 地点の観測地点を設置した。このうち 14 地点は 2002 年 7 月に整備し、2003 年 6 月には 30 地点に増設した。従来から測定していた環境科学研究所を加え全体で 31 地点となった。ただし、今回の調査では 31 地点のうち 4 地点が欠測したため、観測地点は 27 地点であった。測定は、1 時間毎の瞬時値の温度をロガーに蓄積し、6 ヶ月に 1 度パソコンで回収した。

観測地点の詳細については、表-1 に、市内の位置について図-1 に示した。

地図番号	シンボル	学校名	行政区	地域の特徴
1	○	荇子田小学校	青葉	
2	○	恩田小学校	青葉	
3	●	新吉田小学校	港北	
4	●	茅ヶ崎台小学校	都筑	内陸市街(道路脇)
5	○	末吉小学校	鶴見	内陸市街(道路脇)
6	○	新羽小学校	港北	
7	●	新治小学校	緑	森林
8	○	緑小学校	緑	
9	●	生麦小学校	鶴見	臨海市街
10	●	大池小学校	旭	森林
11	●	二谷小学校	神奈川	臨海市街
12	○	上菅田小学校	保土ヶ谷	
13	○	都岡小学校	旭	内陸市街(道路脇)
14	○	相沢小学校	瀬谷	
15	●	星川小学校	保土ヶ谷	
16	○	平沼小学校	西	臨海市街
17	●	本町小学校	中	臨海市街
18	○	万騎が原小学校	旭	森林
19	○	本牧南小学校	中	臨海市街
20	●	環境科学研究所	磯子	
21	●	大岡小学校	南	
22	○	秋葉小学校	戸塚	
23	○	和泉小学校	泉	
24	○	南台小学校		
25	●	野庭東小学校	港南	
26	●	南舞岡小学校	港南	森林
27	○	南戸塚小学校	戸塚	
28	○	富岡小学校	金沢	
29	●	氷取沢小学校	磯子	森林
30	●	本郷小学校	栄	
31	○	六浦小学校	金沢	

●：2002 年設置分 ○：2003 年設置分

表-1 観測地点の一覧

注)地域の特徴の項目中空欄となっている地域は一般の市街域

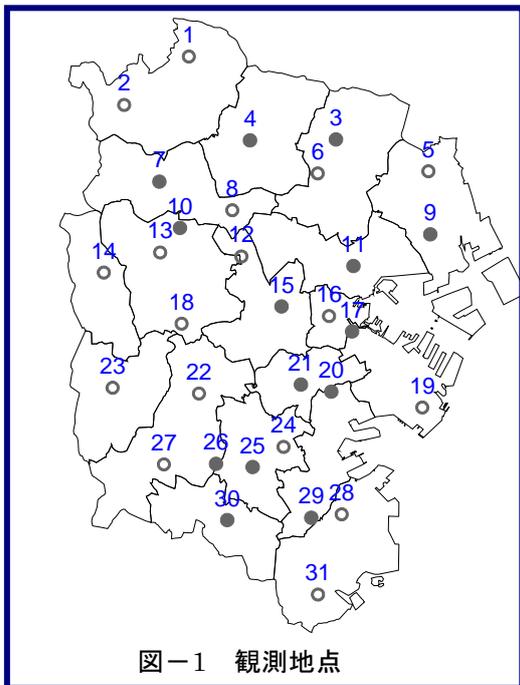


図-1 観測地点

3. 結果と考察

3-1 年間平均気温

2002年から測定を開始した14地点について、年間平均気温・年間最高気温・年間最低気温を表-2に示した。測定開始が7月下旬であったため、2002年8月～2003年7月の1年間について述べる。また、参考として横浜気象台の値²⁾を載せた。横浜気象台の年間平均値は15.3℃であり、同じ中区の本町小学校の値(15.4℃)とほぼ同じ値であることから本観測方法の妥当性が確かめられた。

表-2より、各地点の年間平均気温は14.4℃～15.8℃に分布しており、地域差は1.4℃生じていることが分かる。同じく年間最低気温では、地域差は6.2℃あり、年間最高気温の地域差は4.0℃である。

地図番号	学校名	地域の特性	年間平均(°C)	年間最低(°C)	年間最高(°C)
3	新吉田小学校	内陸市街	15.8	-3.5	37.5
9	生麦小学校	臨海市街	15.5	-2.2	35.7
17	本町小学校	臨海市街	15.4	-1.9	36.1
21	大岡小学校	内陸市街	15.4	-1.9	35.2
11	二谷小学校	臨海市街	15.4	-2.7	36.6
20	環境科学研究所	内陸市街	15.3	-2.2	33.5
15	星川小学校	内陸市街	15.3	-2.7	35.2
4	茅ヶ崎台小学校	内陸市街	14.9	-4.2	36.6
30	本郷小学校	内陸市街	14.8	-5.2	33.5
25	野庭東小学校	内陸市街	14.8	-2.2	33.5
29	氷取沢小学校	森林	14.8	-3.7	33.9
26	南舞岡小学校	森林	14.4	-4.5	33.9
10	大池小学校	森林	14.4	-4.7	35.2
7	新治小学校	森林	14.4	-7.5	35.7
	横浜気象台	臨海市街	15.3	-1.3	34.5
	市街平均		15.3	-2.9	35.5
	森林平均		14.5	-4.5	34.4

表-2 14地点の年間平均気温、年間最高気温、年間最低気温
(2002年8月～2003年7月)

※年間最高気温、年間最低気温は、1時間毎の瞬時値

また、表-2は気象台データを除いて年間平均気温の高い順に並べてある。地域の特性に着目すると、市街域にある測定点の気温は高く、森林地域にある測定点の気温は低いことが顕著に現れている。市街域の気温が高くなるのは、都市化されているため人工排熱が多いことに加えて、日射を吸収したコンクリート面からの輻射熱で日中に高温の状態が持続するためと考えられる。

市街域、森林域の平均値を比較すると、年間平均気温、年間最高気温、年間最低気温ともに市街域の気温が高くなっている。

これらのことから、横浜市においてもヒートアイランド現象が起きていることが確認された。この中でも、特に年間最低気温で大きな差が見られる。ヒートアイランドの顕著な現象として冬季の最低気温が高くなることが指摘されている³⁾が、横浜市においても同様な傾向が確認された。

3-2 気温分布

3-2-1 地表面温度の分布

ここでは、気温分布と密接な関係を持つ地表面温度について横浜市での分布状況を述べる。

図-2に、ランドサット衛星データから得た横浜市内の森林及び市街地の分布状況を示した。既報⁴⁾で報告されているように、森林域は地表面温度が低い地域、市街域は地表面温度が高い地域という関係が明らかにされている。

地表面温度を高くする原因として考えられるのは、①工場等からの排熱②建築物などの蓄熱③エアコンなどからの排熱④自動車等からの排熱などである。

逆に地表面温度を下げる効果があるのは、①緑地の水の蒸散による冷却効果②河川などの蒸散による冷却効果などである。

図-2より推測すると、京浜工業地帯のある臨海部と住宅の密集している南西部が大きな市街域となっており、地表面温度が高くなり、逆に大規模な緑地のある地域(①三保・新治地区周辺②今井・名瀬地区周辺③円海山周辺)では温度が低くなっているものと思われる。

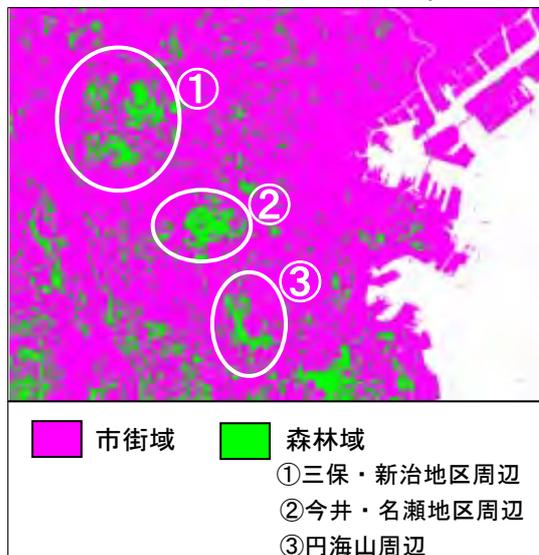


図-2 市街域・森林域の分布状況

3-2-2 季節別の気温変化

2002年夏～2003年夏までの季節別の平均気温分布を
 図-3～図-7に示した。季節の区分は基本的には1年を
 3ヶ月毎に区分した。なお、観測体制の関係より、
 図-3～5は14地点、図-6、図-7は27地点での結果である。

(図-6については、途中から27地点に変わっている。)

3-2-1で述べたように、地表面温度が高いのは主に臨
 海部であるが、2002年夏(図-3)は、北東部に高温域
 が出現している。臨海部で発生した熱が夏の午後に多く
 出現する南方向よりの海風によって移送され、北東部の
 気温が高くなるものと推測される。

2003年冬(図-5)では、高温域が夏のパターンに比
 べて横浜市臨海部のあたりまで南下し、等温線が南北に
 伸びる形となっている。これは、夏の主風向が南風なの
 に対して冬では北風が多く吹くためと考えられる。

2003年夏(図-7)には高温域は再び北東部へ戻り、
 新たに南西部に高温域が見られるが、3-2-3で後述する
 ようにこれは観測地点の増設により、より詳細な結果が
 得られたためと考えられる。

秋(図-4)に関しては、夏型から一気に冬型へと移行
 し冬型に近い形となっている。

春(図-6)は、逆に夏型に近い分布となっている。

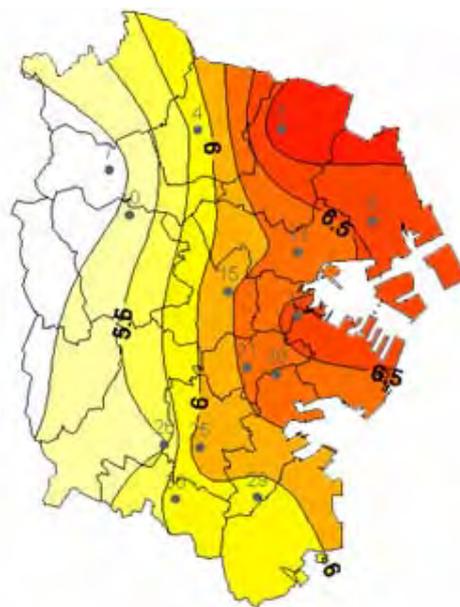


図-5 2003年冬(1/1～3/31)平均値分布(°C)

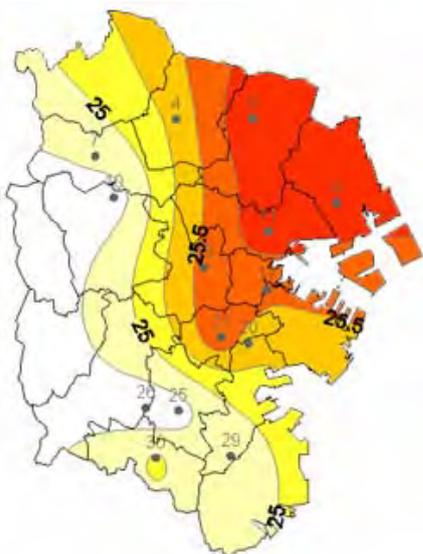


図-3 2002年夏(7/26～9/30)平均値分布(°C)

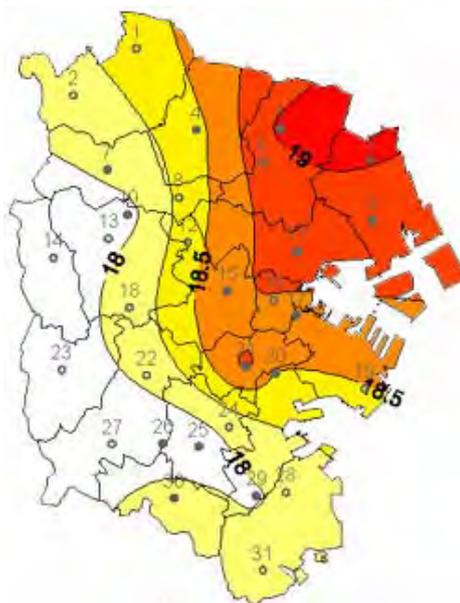


図-6 2003年春(4/1～6/30)平均値分布(°C)
 (6/1から30地点に増設)

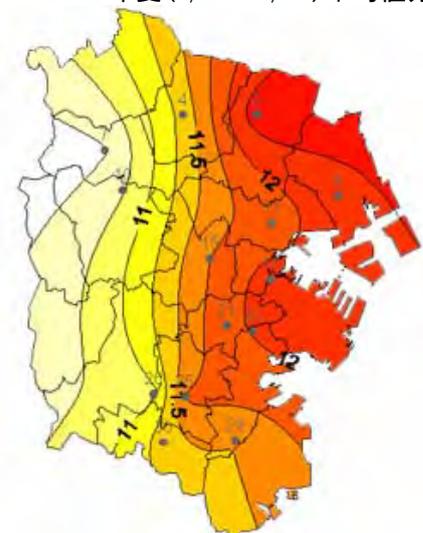


図-4 2002年秋(10/1～12/31)平均値分布(°C)

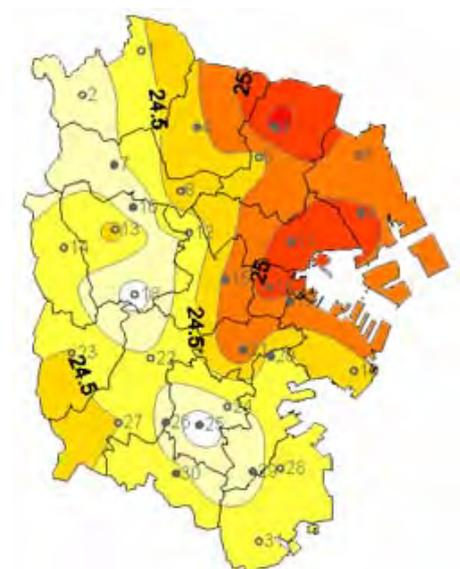


図-7 2003年夏(7/1～9/15)平均値分布(°C)

3-2-3 夏期の気温分布

ヒートアイランド化に伴う環境影響として、熱中症や大気汚染の助長などが挙げられるが、その影響が顕著に現れるのは夏期である。そこで、夏期に関して平均気温分布・熱帯夜日数の分布・時系列変化のそれぞれについて以下に詳細に検討した。

(1) 夏期の平均気温分布

① 北東の高温域について

2002年夏期(図-3)、2003年夏期(図-7)ともに北東部に高温地域が出現している。この理由は3-2-1で述べたように南よりの海風の影響と思われる。市街化が著しい鶴見区、神奈川区、西区周辺の臨海部で発生した熱が南よりの海風によって運ばれるものと推測されるが、本市隣接地域からの高温な空気の移流も考えられるため、今後より広域的に解析することにより、そのメカニズムを明らかにしていく必要がある。

② 南西の高温域

2003年夏期(図-7)には新たに南西部に高温地域が出現している。これは、観測地点が27地点に増えたことによって、より詳細な分布、特に西部の気温分布が明らかになったことにより出現したものと思われる。

3-2-1でも述べたとおり、西部は市街化により地表面温度が高くなっていることが原因の一つと考えられるが、この高温域は更に本市外西部の県央方面へ広範囲に広がっている可能性もあり、熱の移流等も含めてより詳しく解析していく必要がある。

③ 森林域の冷却効果

2002年夏期の分布(図-3)では明瞭ではないが、2003年夏期の分布(図-7)では、観測地点を増設したことで、図-2で見られる市内を縦断する大きな3つの森林域の冷却効果が認められることが分かる。

これより南東から北西方向に森林域が存在するため、気温の低い空気の風の道が出来ていることがわかる。

これから、ヒートアイランド現象を緩和させる施策を考えていく上で、この冷たい空気の流れをいかに利用していくかは今後の重要な課題となってくると思われる。

(2) 夏期の日最高気温

次に、夏の日最高気温の出現時の傾向について述べる。2002年の日最高気温の平均値は、29.8℃(地点25)～32.5℃(地点11)に分布しており、2003年は、26.7℃(地点25)～28.9℃(地点3)に分布していた。

詳細については今後解析する必要があるが、日最高気温分布の傾向としては、夏の平均気温分布と似ており、夏期の高温域は北東部に見られ、2003年には南西部にも高温域が見られるようになった。

(3) 夏期の熱帯夜日数の分布

2002年夏の熱帯夜日数の分布を図-8、同じく2003年を図-9に示した。2002年では最大で27日(地点21)に比べ、2003年では最大19日(地点19)であり、2003年の冷夏の影響が大きく出ているが、これらの分布は類似しており、熱帯夜の出現パターンは、2002年と2003年とではほぼ同じ傾向となっている。いずれも出現日数は、臨海部で多く、西に向かうに従って日数は少なくな

っており、等日数線の境界が南北に縦断する形となっている。これは、3-2-2で述べた秋・冬の平均気温分布と傾向が似ているが、熱帯夜の傾向は以下のように説明できる。

熱帯夜の起こる夜間には、夏の昼間に発生しやすい東京湾からの海風がおさまるため、内陸への高温の空気の移送が起こらず、人工排熱の多く発生する臨海部において熱帯夜が発生しやすくなっていると考えられる。

2003年の夏の平均気温分布では、北東部とともに南西部でも高温地域が出現していたが、2003年夏の熱帯夜分布を見ると、南西部の高温域は見られない。

この昼と夜での気温パターンには何らかの一日での特徴的な変化があるものと考えられるので、これらの高温域に着目して、一日における変化について以下で検討した。

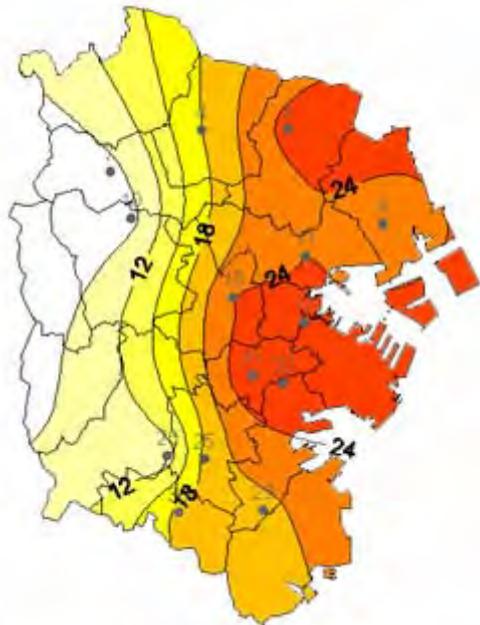


図-8 2002年夏(7/26~9/30)熱帯夜日数分布(日)

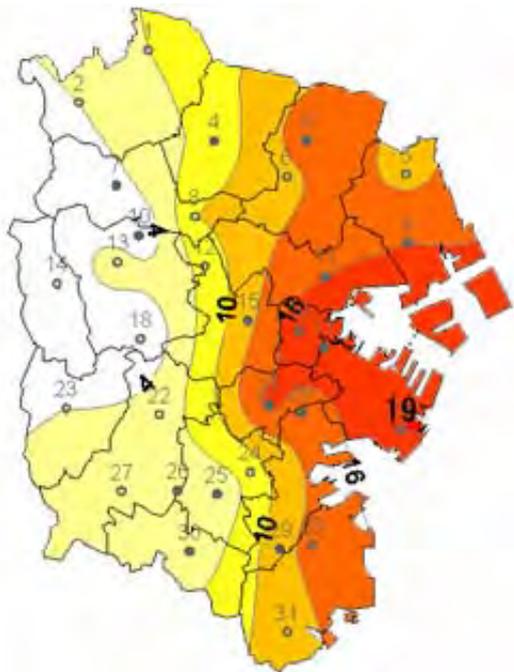


図-9 2003年夏(7/1~9/15)熱帯夜日数分布(日)

(4) 夏期の時系列変化

夏の時間毎の平均気温について 24 時間の変動を見た。ここでは、そのうち夜 22:00 (図-10)、朝 6:00 (図-11)、気温が一番高くなる 14:00 (図-12)、の分布を示した。

24 時間の変動のうち、大気の安定する夜間の時間から考察する。

22 時の気温分布では、高温域は臨海部 (中区、西区) の領域に広がっている。夜間は風が弱まるため、市街化されていることで人工排熱が多い臨海部が高温になっていると思われる。

6 時の気温分布でも臨海部は夜間同様に高温域が広がっているが、新たに南部 (栄区、戸塚区) の領域にも高温域が出現している。

14 時の気温分布になると、臨海部に広がっていた高温域は夏の昼間によく発生する南よりの海風の影響を受けて北東部 (港北区、都筑区) に移動し、一方南部に広がっていた高温域も西部 (戸塚区、泉区、瀬谷区) の広範囲に広がるようになり、昼間の風の影響を受けることによって、あたかも 2 つの高温気団に分かれる形となっている。

これら夏の日変化パターンから、昼間北東部と南西部で高温域が発生するが、夜間になると高温域は臨海部となることが説明できた。

4. まとめ

今回の調査により、横浜市内の気温分布の解析結果から、以下のような特徴が明らかになった。

- (1) 夏期の平均気温の分布は、北東部と南西部に高温域があり、北東部の高温が著しい。
- (2) 夏期の熱帯夜の分布は、人工排熱の多い臨海部が高温となる傾向があった。
- (3) 夏期の時系列変化について検討した結果、昼間北東部と南西部で高温域が発生するが、夜間になると高温域は臨海部となる日変化パターンが見られることが認められた。

文献

- 1) 佐俣：横浜市域の気温によるヒートアイランド調査 (その 2) -2000 (1999) 年の結果-、横浜市環境科学研究所報、26,113-116(2002)
- 2) 日本気象協会：月報 (2003-2003)
- 3) 環境省：平成 14 年度 ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書 (2003)
- 4) 佐俣：横浜市域における地表温度予測モデル、横浜市環境科学研究所報、21,13-18(1997)

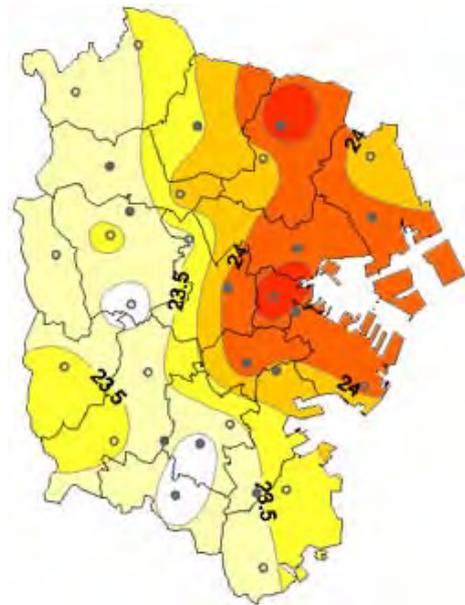


図-10 2003 年夏 22 時平均気温分布 (°C)

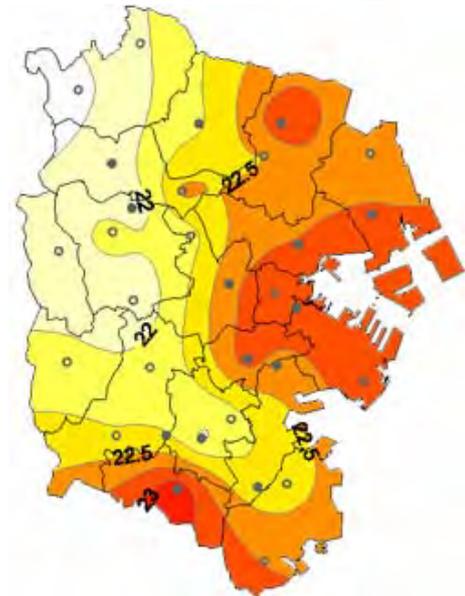


図-11 2003 年夏 6 時平均気温分布 (°C)

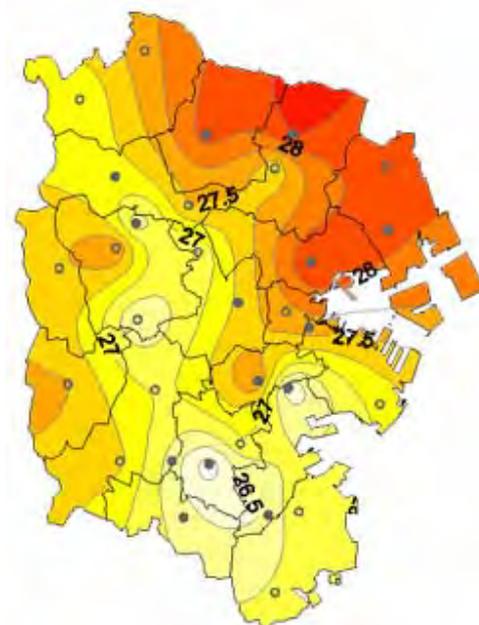


図-12 2003 年夏 14 時平均気温分布 (°C)

横浜市域での最高気温出現日におけるヒートアイランドシミュレーション

－2003年8月24日午後2時でのシミュレーション結果と気温観測網との比較－

佐俣満夫、福田亜佐子（横浜市環境科学研究所）

Comparison of results of the heat island simulation and data of atmospheric temperature stations in Yokohama City at a summer day

Mitsuo Samata、Asako Fukuda(Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード：ヒートアイランド、シミュレーション、気温観測

「要旨」

横浜市内で2003年8月に最高気温を出現した2003年8月24日午後2時について、当研究所で開発中のヒートアイランドシミュレーションの結果と当研究所が設置した市内31ヶ所の気温観測網での実測値を比較検討した結果、最高気温の予測シミュレーションと実測値は概ね一致することがわかった。これらの結果より夏日には市内の主に北部、中央部、西部の地域でヒートアイランド現象によるものと考えられる比較的高温な地域が出現しやすいこと、また北部を除く森林地域では比較的低温となることがわかった。

1. はじめに

近年、大都市でのヒートアイランド問題が都市における熱汚染現象として大きくクローズアップされている。そのため国を初め東京、大阪などの大都市ではヒートアイランド現象の解明とともにその対策に取り組みつつある¹⁾。横浜市においても当研究所の調査により夏の最高気温や冬の最低気温の市街地での上昇、熱帯夜の市街地での増加などヒートアイランドの顕著な現象が現れている²⁾。そのため本市においてもヒートアイランド対策方針作成にての取組が進められている。

その対策効果の予測のためには予測シミュレーションが不可欠となるため、そのシミュレーションモデルの確立は緊急の課題となっている。そのため当研究所で開発中の人工衛星データを用いたヒートアイランドシミュレーションモデルの概要と東風条件下での予測結果について前報で報告したところである³⁾。

今回は2003年8月の夏の最高気温が出現した日の午後2時についてこのシミュレーションモデルを用いて解析した結果と市内31ヶ所に設置された気温観測網による気温実測値との比較を行いモデルの実証性を検討した。

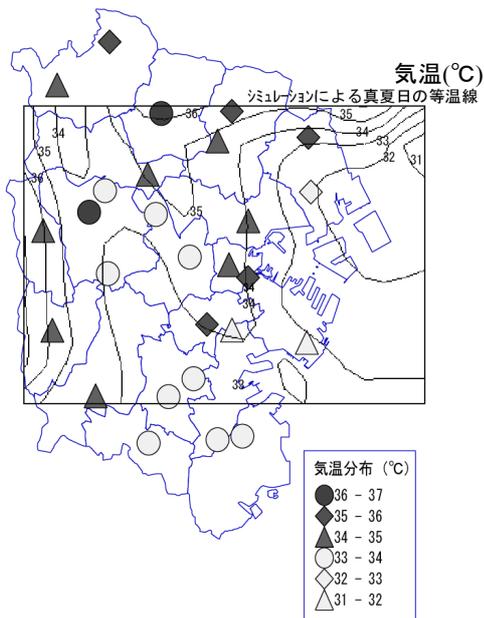


図-1 夏期最高気温出現時のシミュレーション結果と実測値の比較 (2003年8月24日午後2時)

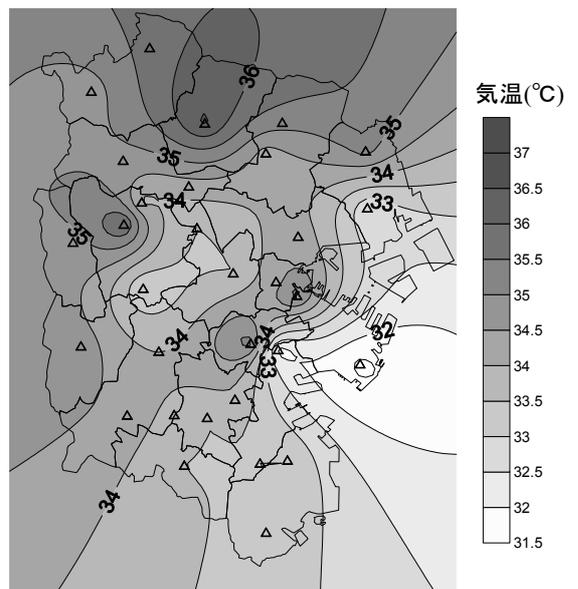


図-2 夏期最高気温出現時の実測等温線図 (2003年8月24日午後2時)

2. 温度観測とシミュレーション条件

2003年の夏は一般に冷夏といわれ従来本市でもしばしばみられた最高気温が35℃を超える日はなく、横浜気象台のデータによると30℃を超える日は8月で16日、9月で13日であったが、最高気温はほとんど30～32℃程度に集中していた。33℃以上の日は8月下旬と9月上旬に出現したが、これらの日のうち横浜気象台のデータで最高気温(33.8℃)を記録した日の2003年8月24日午後2時(横浜気象台では33.0℃)についてシミュレーションを行い、合わせて気温観測網のデータと比較した。

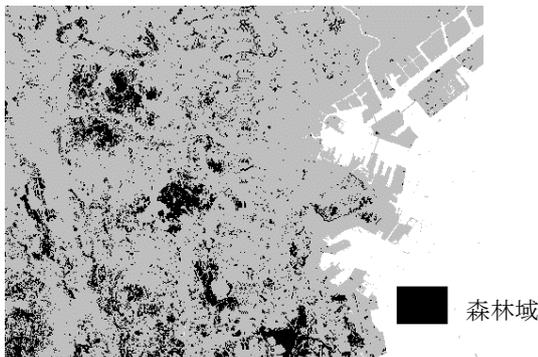


図-3 ランドサット衛星より得られた横浜市の森林域の分布

2-1. 市内の気温観測網による気温観測

当研究所ではヒートアイランドの実態調査の目的で市内の気温観測網を2002年に14地点整備し、2003年には31地点に増設した。いずれも小学校の百葉箱中にデータロガ式温度計を設置し1時間毎の気温を測定した。

2-2 シミュレーションの条件

シミュレーションには前報で報告したCFD2000ソフトを用い、モデルスキーム、モデル領域、地表温度の入力条件と入力温度値はすべて前報と同様とした³⁾。今回のシミュレーションではメソスケールでの風向風速、初期大気場温度、風上垂直温度分布をそれぞれ実測値に基づき入力した。風向風速は本市環境監視センターの観測点加曽台、都筑区役所及び横浜気象台のデータを基にし、いずれも8月24日の午前中～午後2時では南ないし南南東の風であり、風速も2.5～3.5m/sであったため風向風速の入力値は南南東3.0m/sのよう風とした。また初期大気場温度は午前5時の実測値より25℃とし、風上温度入力は地上付近温度として本市南端に位置する観測点(金沢区、磯子区)の同時刻のデータから33℃とした。

3. 実測温度とシミュレーション結果の比較

2003年8月24日午後2時(以下観測時と言う)での横浜気象台の気温は33.0℃であったが、観測された27地点(測定31地点のうち4地点が欠測)の気温は31.4～36.6℃に分布しており、横浜市内でも同時刻で5℃程度の気温差が生じていることがわかった。観測時における実測値に重ね合わせたシミュレーションより得られた地上10m付近の等温線の結果を図-1に示す。実測値をみると鶴見区から青葉区にかけての川崎市に隣接する各区、南区、西区などの中央部、

瀬谷区、泉区などの本市西部地区にそれぞれ比較的気温の高い領域がみられ、シミュレーション結果でもほぼ同様の傾向となっている。シミュレーション結果からみると南からの風により南区などの市街地で発生した温風がそのまま風と共に北方に移流し、鶴見区、神奈川区などで発生した熱上昇流と合流して北部地域に集まる傾向がみられるため夏には本市北部地域が比較的高温になりやすいことが推測された。またここでは考慮していないが、川崎や東京の南部の市街地からの海風の移流があれば、さらに気温が上昇することも考えられる。さらに前報³⁾で述べたように海からの東風でもこれらの地域は高温になることが予測されている。

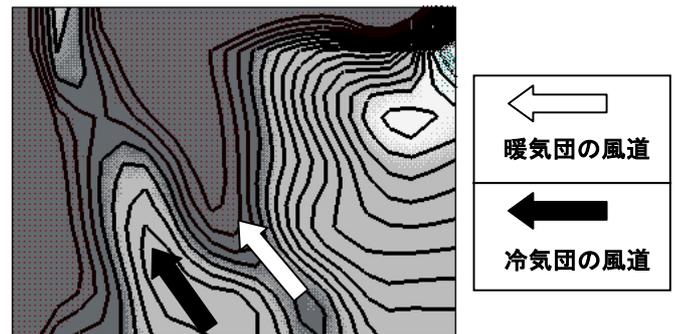


図-4 シミュレーションから得られた風道の推定

次に実測値より作成した気温の等温線を図-2に示す。これとシミュレーション結果と比較すると全体のパターンとしては同じ傾向がみられるものの、図中(図-1、2)の中心から左上方にかけての分布に相違が見られる。図-3にランドサット衛星データから得られた横浜市内の森林の分布状況を示すが、市内の大きな森林域が南東から北西方向にかけて縦断している様子がわかる。シミュレーション結果(図-1)では南より流入した風がそのままこれらの森林域上空を冷風として通過するようにシミュレートされているが、実測等温線(図-2)では森林を通過してきた風は図上方に発達した暖気団に遮断され、中央部分に留まっているものと推測される。そのため緑区三保地区の森林周辺の気温は他の森林周辺域の気温より高くなっているものと考えられる。

4. 風道の推定

一般にヒートアイランド対策という風道とは風による冷気団の流れ道のことであるが、この流れ道を都市での温度低減対策に利用できればヒートアイランド対策の効果は大きいものと考えられる。そこでシミュレーション結果から観測時での風道を推測したものを図-4に示す。図より冷風の風道が下方中央より左上方へ延びており、これは図-3に示した森林上空の風の通過と一致している。しかし3.の後半で述べたように途中の周囲の暖気団により遮断されつつあることが推測される。また冷風の右側にそれに沿うようにして暖気の風道らしきものが認められる。本市での夏には南風が多いことから考えると、夏期にはこのような風道が頻繁に生じているものと推測される。

5. おわりに

2003年の夏に横浜市内で最高気温を記録した2003年8月24日の午後2時（観測時）についてのシミュレーションを行い、合わせて当研究所が設置した30ヶ所の気温観測網より得られた気温の実測値と比較検討した結果以下のような知見が得られた。

1) 観測時でのシミュレーションによる等温線の結果と気温実測値（27地点）を比較したところ市内北部、中部、西部にそれぞれ気温の高い地域がシミュレーション結果にも実測値にも認められ気温分布のパターンとしてはほぼ同じ傾向が得られた。

2) シミュレーション結果では市内の森林域を縦断するような冷風域が推定されたが、実測による気温分布では北部の緑区を中心とした森林では他の森林域に比べ気温が高く観測された。これは周辺に移流した暖気団の影響と考えられた。

3) シミュレーション結果より夏には南風による森林域を縦断するような冷風の風道とそれに沿った市街域による温風の風道とが発生しやすいものと推測された。

「参考文献」

- 1) 環境省：ヒートアイランド対策手法調査検討業務報告書、平成14年
- 2) 佐俣満夫：横浜市域の気温によるヒートアイランド調査（その2）、横浜市環境科学研究所報、26,113-116(2002)
- 3) 佐俣満夫：横浜市域でのヒートアイランドのシミュレーションーモデル開発の速報ー、横浜市環境科学研究所報、27,73-74(2003)

横浜市における酸性雨モニタリング調査

— 2002 年の結果 —

加藤善徳（横浜市環境科学研究所）、梅田てるみ（横浜市食肉衛生検査所）

Survey of Acid Rain in Yokohama City. — Rain acidity data from January to December 2002 —

Yoshinori Katou (Yokohama Environmental Science Research Institute)
Terumi Umeda (Yokohama Meat Inspection Laboratory)

キーワード：酸性雨、湿性沈着物、乾性沈着物

1. はじめに

環境省の報告¹⁾にもあるように、現在、我が国は森林・湖沼等の被害がみられる欧米と同レベルの酸性雨が降り続けている状況にあり、さらに急速に工業化を進める東アジア近隣諸国からの影響も懸念されている。この東アジアの問題については、2001年1月に『東アジア酸性雨モニタリングネットワーク』が正式稼働し、酸性雨対策に向けての国際的な取り組みが開始されたところである。一方、2000年9月からは三宅島火山から酸性雨の主要な原因物質である SO₂ ガスが大量に放出され始め²⁾大きな問題となっている。

横浜市環境科学研究所では、1984年から酸性雨に関する調査研究を実施している。これまでの結果³⁾⁻⁵⁾から、横浜では国内の中でやや強いレベルの酸性雨が降り続けていること、市内の森林土壌は道路近傍を中心に一部地点でかなり酸性化していること、市内のブロンズ像等の屋外器物に酸性雨の被害が生じていること等がわかっており、さらに、最近の状況としては、三宅島火山ガスの影響が加わり、器物への酸性雨の影響を加速させている⁶⁾ことがわかっている。そのようなことから今後も、引き続き注意深く監視していく必要がある。

ここでは、2002年の横浜の酸性雨（湿性沈着物及び乾性沈着物）のモニタリング結果について報告する。

2. 調査内容

(1) 採取期間：2002年1月～12月

(2) 採取地点：横浜市環境科学研究所屋上（横浜市磯子区滝頭）

(3) 採取方法

自動雨水採取装置（小笠原計器製作所 US-400 型）により湿性沈着物（降水）と乾性沈着物を採取した。湿性沈着物は一雨毎に、降り始め初期 1mm と一降水全量を採取した。乾性沈着物は代理表面法⁷⁾により 1ヶ月単位で採取した。

表-1 分析項目及び分析方法

分析項目	分析方法
pH	ガラス電極法
導電率 (EC)	電気伝導度法
Na ⁺ , K ⁺ , NH ₄ ⁺	イオンクロマトグラフ法
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	イオンクロマトグラフ法
SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , Cl ⁻	イオンクロマトグラフ法

(4) 分析項目及び分析方法

採取した試料は、湿性沈着モニタリング手引書⁸⁾に従い、pH、導電率 (EC)、SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、NH₄⁺、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺を表-1に示す方法で分析した。

3. 結果と考察

(1) 降水量

2002年1月～12月の1年間に79の降水を採取した。その貯水量から算出した年間降水量は1730mmであった。この値は、採取地点から約4km離れた横浜地方気象台における年間降水量⁹⁾ (1638mm) の106%であり、両者ほぼ同程度であった。なお、2002年における年間降水量はほぼ平年並（平年値¹⁰⁾1622.5mm）であった。

(2) pH

図-1に2002年1月～12月までの一降水毎のpHの変化を示した。2002年の一降水全量の最高値は6.57、最低値は3.71、降水量で重み付けした年平均値は4.62であった。一方、初期1mmは最高値が7.45、最低値が3.45、年平均値が4.14であった。2002年は79の降水試料を得たが、酸性雨とされるpH5.6以下のものは一降水全量が77試料(97%)、初期1mmが63試料(80%)であった。

図-2に1984～2002年までのpHの経年変化を示した。経年的には、一降水全量、初期1mmとも1990年頃からやや上昇傾向となっていたが、2000年からは三宅島火山ガスの影響¹¹⁾により急激に低下した。2002年はやや回復したが、火山ガス放出前に比べるとまだかなり低い値となっている。

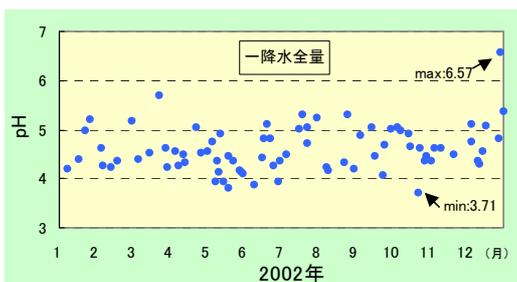
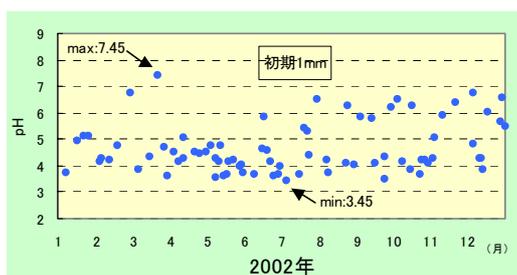


図-1 降水毎の pH の変化
(2002年1月～12月)

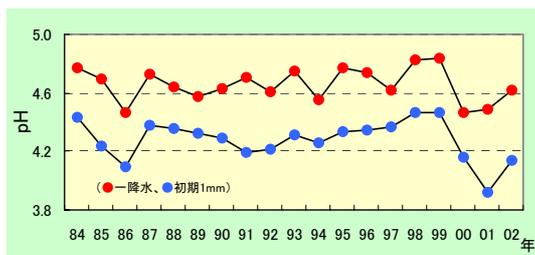


図-2 pH の経年変化

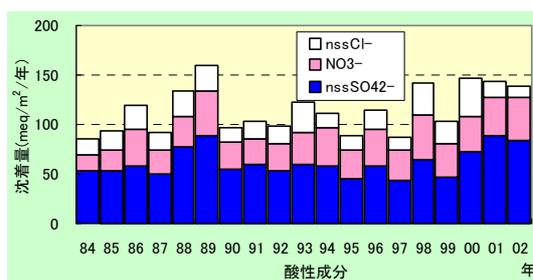


図-3 湿性沈着量の経年変化

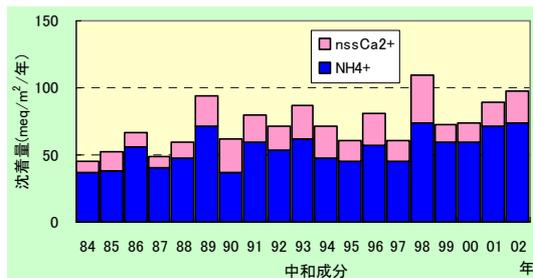
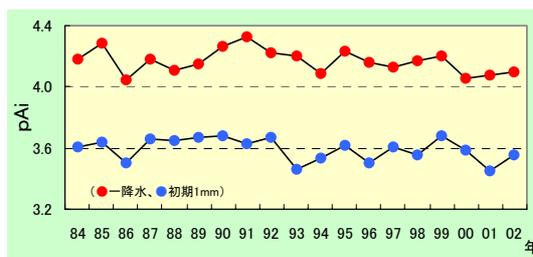


図-4 pAi の経年変化



(3) 湿性沈着量

表-2に湿性(降水)による各成分の沈着物の測定結果を示す。また、図-3に非海塩起源 SO_4^{2-} (non sea salt SO_4^{2-} 、以下 nssSO_4^{2-})、 NO_3^- 、非海塩起源 Cl^- (以下 nssCl^-) の酸性雨原因成分 (以下、酸性成分) 及び NH_4^+ 、非海塩起源 Ca^{2+} (以下 nssCa^{2+}) の中和成分の経年推移を示す。なお、非海塩成分の算出は、海水の成分組成をもとに雨水中の Na^+ をすべて海塩由来と仮定して算出しており、算出した非海塩成分が負となった場合は0として取り扱った(以下同様)。また、欠測期間のある年(1984年、1986年)については、 $[\text{測定値}] / [\text{測定月数}] \times [12]$ で年間値に補正した値を用いた。

2002年の湿性による酸性成分の沈着量は nssSO_4^{2-} が $84\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、 NO_3^- が $43\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、 nssCl^- が $12\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ であり、これらの合計量(以下、TA)は $139\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ であった。一方、中和成分は、 NH_4^+ が $73\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、 nssCa^{2+} が $24\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ で、これらの合計量(以下、TN)は $97\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ であった。

TA、TNで酸性成分、中和成分の経年推移をみると、TAは降水量の多かった1989年、1998年が多い他はほぼ

$100\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 程度で推移してきたが、2000年以降は降水量が平年並みであるにもかかわらず、2000年： $147\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、2001年： $144\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、2002年： $139\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ とかなり多くなっていた。これは、前報⁶⁾、¹¹⁾で報告したように、三宅島火山ガスの影響により特に nssSO_4^{2-} の沈着量が増加したためと考えられる。一方、TNは年によりばらつきがあるが、やや増加傾向がみられている。これは NH_4^+ の増加が主な原因となっている。

なお、(2)で述べたように、pHは1990年頃～1999年の間、やや上昇傾向を示したが、この間、酸性雨原因成分(TA)は特に減少傾向にはなかった。Hara¹²⁾はpHの評価としては、実際のpHだけでなく、酸性成分だけによる潜在的なpH(pAi、ここで $\text{Ai}=\text{TA}$)を算出し、併せて評価することが重要であると述べている。図-4に一降水全量、初期1mmのpAiの経年推移を示す。これより、1990年頃～1999年の間、潜在的pHは上昇してはならず、むしろやや低下傾向にあることがわかる。実pHが上昇傾向を示したのは主に NH_4^+ の増加にあると考えられる。

(4) 乾性沈着量

表-3に各成分の乾性沈着物の測定結果を示す。また、図-5に酸性成分、中和成分の経年推移を示す。なお、欠測期間のある年(1991~1993年)については、[測定値]/[測定月数]×[12]で年間値に補正した値を用いた(ただし、欠測期間が半年以上ある1993年は解析対象から除いた)。

2002年の乾性による酸性成分の沈着量は、 nssSO_4^{2-} が10meq/m²/年、 NO_3^- が11meq/m²/年、 nssCl^- が1.0meq/m²/年、TAとしては22meq/m²/年であった。一方、中和成分は、 NH_4^+ が3.4meq/m²/年、 nssCa^{2+} が26meq/m²/年、TNとしては29meq/m²/年であった。TA、TNで酸性成分、中和成分の沈着量の経年推移をみると、TAは1991年以降かなり減少してきており、特に nssSO_4^{2-} の減少が著しかった。これは主に軽油中硫黄分の削減等による効果^{13),14)}と考えられる。一方、TNも1991年以降やや減少してきている。

表-2 湿性沈着量

	pH		降水量 mm	meq/m ² /年												
	初期1mm	一降水		H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	nssCa ²⁺	nssSO ₄ ²⁻	nssCl ⁻	TA	TN	N/S比
1984年 (1984年)	4.43(3.82)	4.77(3.79)	853 (1280)	14 (22)	24 (37)	1.0 (1.5)	16 (24)	5 (8)	11 (16)	27 (40)	5 (8)	36 (54)	10 (15)	57 (85)	29 (45)	0.31 (0.30)
1985年	4.24(3.39)	4.69(3.88)	1824	37	38	1.8	45	13	22	68	14	53	19	94	52	0.42
1986年 (1986年)	4.10(3.46)	4.47(3.57)	1003 (1337)	34 (46)	42 (56)	3.1 (4.1)	20 (27)	5 (7)	28 (37)	42 (56)	8 (11)	44 (58)	18 (25)	90 (120)	50 (66)	0.64 (0.64)
1987年	4.38(3.80)	4.73(4.02)	1408	27	40	4.4	26	7	24	46	9	50	18	92	49	0.48
1988年	4.36(3.79)	4.64(3.94)	1694	39	48	1.8	30	8	31	59	11	77	26	134	59	0.40
1989年	4.32(3.64)	4.57(3.85)	2277	62	71	2.8	53	19	45	86	23	89	26	160	94	0.51
1990年	4.29(3.53)	4.63(3.85)	1764	42	37	2.8	95	27	28	111	25	55	14	97	62	0.51
1991年	4.19(3.62)	4.71(3.79)	2196	43	60	1.8	38	15	26	62	20	59	18	103	80	0.44
1992年	4.22(3.41)	4.61(3.74)	1654	40	54	1.8	47	13	26	74	18	54	19	99	72	0.48
1993年	4.31(3.73)	4.75(3.78)	1952	34	62	2.1	34	12	33	69	25	59	30	122	87	0.56
1994年	4.26(3.48)	4.55(3.68)	1372	39	48	1.0	35	12	39	54	23	58	15	112	71	0.67
1995年	4.33(3.74)	4.77(3.99)	1524	26	45	1.5	37	10	29	58	16	45	15	89	61	0.64
1996年	4.35(3.57)	4.74(3.76)	1653	30	57	1.8	43	11	37	67	24	58	19	114	81	0.64
1997年	4.37(3.62)	4.62(3.81)	1162	28	45	1.5	47	13	30	68	16	44	13	87	61	0.68
1998年	4.47(3.40)	4.83(3.90)	2114	31	74	2.1	75	22	45	120	35	65	32	142	109	0.69
1999年	4.46(3.78)	4.84(3.89)	1651	24	59	1.3	42	12	34	73	14	47	23	104	73	0.72
2000年	4.16(3.24)	4.47(3.49)	1635	55	60	1.7	52	12	35	99	14	73	39	147	74	0.48
2001年	3.92(2.98)	4.49(3.21)	1721	55	72	2.2	82	16	40	106	17	88	16	144	89	0.45
2002年	4.14(3.45)	4.62(3.71)	1730	41	73	2.4	100	22	43	127	24	84	12	139	97	0.51
年平均	4.26(2.98)	4.65(3.21)	1725	38	55	2.0	52	14	33	79	19	62	21	116	75	0.54

注1)1984年は1月~4月、1986年は3月~5月が欠測。()は[測定値]÷[測定月数]×12で年間値に補正した値。

注2)pHの()は最低値を示す。

注3)nssXはNa+をすべて海塩起源と仮定した場合のその成分の非海塩起源(non sea salt)を示す。

注4)TAは酸性成分の総量(nssSO42-+NO3-+nssCl-)、TNは中和成分の総量(NH4++nssCa2+)、N/S比はNO3-/nssSO42-当量比を示す。

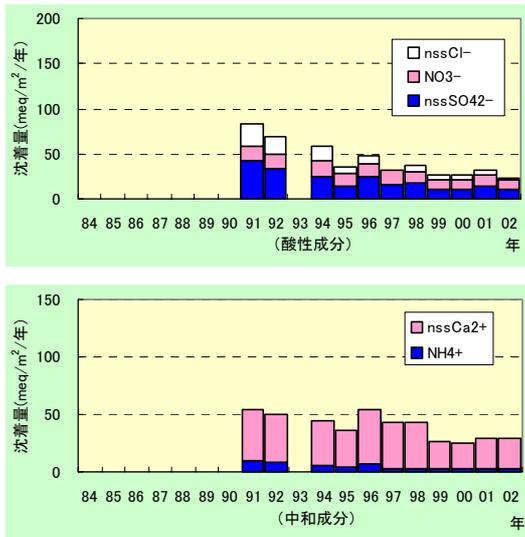
注5)年平均の欄には欠測のある年(1984年、1986年)を除いた17ヶ年の平均を示した。

表-3 乾性沈着量

	測定 月数	meq/m ² /年											TA	TN	N/S比
		NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	nssCa ²⁺	nssSO ₄ ²⁻	nssCl ⁻			
1991年 (1991年)	8 (12)	6.4 (9.6)	1.4 (2.1)	21 (31)	30 (46)	14 (22)	30 (45)	11 (16)	41 (61)	29 (44)	28 (42)	17 (25)	56 (83)	35 (54)	0.39 (0.39)
1992年 (1992年)	6 (12)	4.2 (8.5)	1.0 (2.0)	14 (28)	22 (43)	10 (20)	19 (37)	8 (15)	27 (53)	21 (42)	17 (34)	10 (20)	35 (69)	25 (51)	0.47 (0.47)
1993年	1	0.6	0.1	1	2	0	1	1	2	2	1	1	3	3	-
1994年	12	5.9	1.8	20	39	14	28	18	38	38	25	16	59	44	0.72
1995年	12	4.8	2.0	16	33	7	17	13	26	32	15	8	36	37	0.87
1996年	12	6.8	1.4	17	49	12	27	14	29	48	25	9	48	55	0.56
1997年	12	2.8	1.3	18	41	6	19	15	20	40	16	1	32	43	0.94
1998年	12	2.3	1.1	14	41	5	20	12	24	41	18	7	37	43	0.67
1999年	12	2.9	1.1	17	25	7	12	11	25	24	10	6	27	27	1.08
2000年	12	2.5	1.2	13	24	5	12	11	18	23	11	4	26	26	1.00
2001年	12	3.3	1.2	15	27	6	16	13	21	26	14	4	31	29	0.93
2002年	12	3.4	1.2	20	27	6	13	11	22	26	10	1	22	29	1.07
年平均	12	3.9	1.4	17	34	8	18	13	25	33	16	6	35	37	0.82

注1)1991年は1年のうち4ヶ月、1992年は6ヶ月、1993年は11ヶ月が欠測。()は[測定値]÷[測定月数]×12で年間値に補正した値。

注2)年平均の欄には欠測のない9ヶ年(1994年~2002年)の平均を示した。



図一五 乾性沈着量の経年変化

4. まとめ

2002年の酸性雨モニタリング調査の結果は次のとおりであった。

(1) 2002年の降水の年平均pHは初期1mm降水が4.14、一降水全量が4.62であり、三宅島火山ガス放出前に比べかなり低かった。

(2) 湿性(降水)による nssSO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 nssCl^- の沈着量は84、43、12 (meq/m²/年) であり、 nssSO_4^{2-} 沈着量は三宅島火山ガス放出前に比べかなり多かった。

(3) 2002年の乾性による nssSO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 nssCl^- の沈着量は10、11、1.0 (meq/m²/年) であった。

文 献

- 1) 環境省酸性雨対策検討会：第4次酸性雨対策調査取りまとめ(平成14年9月)。
- 2) 気象庁：三宅島の火山活動に関する火山噴火予知連絡会統一見解(平成14年5月23日)。
- 3) 横浜市環境科学研究所：酸性雨に関する調査研究報告書(1993)。
- 4) 横浜市環境科学研究所：酸性雨に関する調査研究報告書(Ⅱ)－酸性雨による器物影響－(1998)。
- 5) 加藤善徳、梅田てるみ：横浜の森林土壌の酸性化の実態と酸中和能(1)－スギ林、広葉樹林、林外土壌の調査－、横浜市環境科学研究所報第26号、129-138(2002)。
- 6) 梅田てるみ、加藤善徳：三宅島火山ガスによる酸性雨への影響(第2報)－火山ガス放出後1年間の酸性雨の状況と金属材料への影響－、横浜市環境科学研究所報第26号、117-121(2002)。
- 7) 酸性雨対策検討会大気分科会：酸性雨に関する資料集、p77-87(1990)。
- 8) 環境庁大気規制課：湿性沈着モニタリング手引書(平成10年5月)。
- 9) 気象庁編集：気象庁月報、5巻1-12号(2002年1月-12月)。
- 10) 気象庁編集：気象庁観測平年値(2001年4月)。
- 11) 加藤善徳、梅田てるみ：三宅島火山ガスによる酸性雨への影響、横浜市環境科学研究所報第25号、38-46(2001)。
- 12) Hara, H.: Acid desposition chemistry in Japan. Bull. Inst. Public Health, 42, 1-12(1993)。
- 13) 梅田てるみ、加藤善徳：横浜市における酸性雨モニタリング調査－1998年の結果－、横浜市環境科学研究所報第24号、92-100(2000)。
- 14) 横浜市環境保全局：横浜市環境白書－平成14年度版一、p107(平成14年12月)。

横浜市（磯子区）における大気中の有機リン系農薬調査

酒井 学（横浜市環境科学研究所）

Determination of organophosphorous insecticides in air at Isogo Ward of Yokohama City

Manabu Sakai (Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード：大気、農薬、ジクロロボス、フェントロチオン

要旨

横浜市磯子区において、平成 14 年 11 月から平成 15 年 10 月にかけて、大気中の有機リン系農薬に関する測定を行った。大気試料 6 検体について、5 種類の有機リン系農薬を GC-MS、GC-FPD により分析した結果、5 検体から農薬（ジクロロボス、フェントロチオン）が検出され、ジクロロボスの $4\text{ng}/\text{m}^3$ （平成 15 年 8 月）が最も高い濃度であった。

1. はじめに

現在、日本では、環境中において、難分解性で、蓄積性を有する農薬（DDT、BHC、クロルデン等）の使用は、禁止されている。しかし、農地、緑地等で散布した農薬の一部は、分解する前に蒸発したり、浮遊粒子状物質に付着したりして、大気中に拡散し、移動することが知られている¹⁻³⁾。

この大気中の農薬は、水域中と比較して調査例が少なく、不明な点が多い。また、最近の調査によると、東京都の一般環境大気から、しばしば農薬が検出されており⁴⁾、本市でもその実態把握が望まれるところである。

そこで、横浜市磯子区にて、平成 14 年 11 月から平成 15 年 10 月にかけて大気試料を採取し、東京都⁴⁾及び新潟県⁵⁾の調査で高い頻度で検出されたジクロロボス等の有機リン系農薬について、GC-MS 及び GC-FPD による分析を行った。

2. 調査方法

2-1 試料採取及び試料調製

試料採取は過去の調査例^{6,7)}に準じ、横浜市磯子区滝頭の環境科学研究所屋上（高さ 20m）で大気を採取した。周囲 5km 以内には、住宅、商業施設、医療施設、教育施設、工場等の産業施設は存在するものの、田畑等農地は少ない場所である。屋上の日陰に設置したエアースンプラーを用いて大気試料を 1～2 日間吸引し（ $5\sim 10\text{m}^3$ ）、ODS カートリッジ（1 検体につき 2 ないし 3 個）を用いて農薬を捕集した。捕集後、残留農薬用アセトンにて農薬を溶出した後、高純度窒素ガスパージにより $100\sim 200\mu\text{L}$ に濃縮した。

2-2 農薬分析

有機リン系農薬のジクロロボス、ダイアジノン、フェントロチオン、マラチオン、クロルピリホスの 5 種類を分析対象とした。

分析には、GC-MS（アジレント製 5973N）及び GC-FPD（アジレント製 6890N）を用いた。スプリッ

トレス注入法（ $2\mu\text{L}$ ）にて注入後、カラム（MS ; DB-5ms（内径 0.25mm 、長さ 30m ）、GC ; DB-5（内径 0.32mm 、長さ 30m ））を用いて分離した。なお、今回分析対象とした農薬は有機リン系であるため、主として GC-MS（スキャンモード）で確認し、GC-FPD にて定量を行った。

なお、大気試料の捕集量及び分析装置の検出感度から、本法における定量限界は、いずれも $1\text{ng}/\text{m}^3$ とした。

2-3 気象データ

試料採取日の気温、気圧等の気象データは、当研究所から北東約 4km に位置する横浜地方気象台による観測値を用いた⁸⁾。

3. 結果及び考察

試料採取時の降水量及び気象データから算出した平均気温、平均気圧を表-1 に示した。原則降雨時を避けてサンプリングを実施した。

表-1 大気試料採取時の気象データ

	試料採取日	降水量 (mm)	平均気温 ($^{\circ}\text{C}$)	平均気圧 (hPa)
1	平成 14 年 11 月 5-7 日	0	10.5	1018
2	平成 15 年 2 月 25-27 日	0	8.6	1012
3	平成 15 年 5 月 29-30 日	0	21.4	1015
4	平成 15 年 6 月 2-3 日	0	21.2	1004
5	平成 15 年 8 月 4-5 日	0	28.5	1005
6	平成 15 年 10 月 2-3 日	0	21.1	1008

横浜地方気象台のデータより

分析の結果、表-2 の結果が得られた。横浜市内の一般大気から、ジクロロボスが高い頻度で検出され、最も高い濃度は、平成 15 年 8 月の $4\text{ng}/\text{m}^3$ であった。6 検体の平均濃度は、 $2.2\text{ng}/\text{m}^3$ となり、これは平成 13-14 年における東京都の外気の測定結果（中央値 $3.1\text{ng}/\text{m}^3$ 、 $n=34$ ）⁴⁾ とほぼ同じレベルであった。

フェントロチオンは、平成 15 年 8 月の試料から $2\text{ng}/\text{m}^3$ 検出されたが、他の 5 検体は定量限界未満（ $< 1\text{ng}/\text{m}^3$ ）

であった。また、ダイアジノン、クロルピリホス、マラチオンの3種類の農薬は、6検体全て、定量限界未満であった。

表-2 大気試料中の農薬濃度

	試料採取日	農薬濃度 (ng/m ³)
1	平成14年11月5-7日	ジクロルボス 2
2	平成15年2月25-27日	定量限界以下
3	平成15年5月29-30日	ジクロルボス 3
4	平成15年6月2-3日	ジクロルボス 2
5	平成15年8月4-5日	ジクロルボス 4 フェニトロチオン 2
6	平成15年10月2-3日	ジクロルボス 2

大気中の農薬濃度は、地域における環境排出量と関連すると考えられる。そこで、5種類の農薬について、横浜市の環境排出量（水域及び大気へ排出したものの推計合計量）を調べたところ、フェニトロチオンの年間排出量が2210 kg、ダイアジノンが1670 kg、ジクロルボスが1500 kgとなっていた（表-3、平成13年度PRTRデータ⁹⁾）。この環境排出量（推計値）と大気中の農薬濃度を比較すると、ジクロルボスの大気へ移行する割合が、フェニトロチオンやダイアジノンより高くなっており、これは、ジクロルボスの蒸気圧（1.6Pa、20℃）がフェニトロチオン（0.018Pa、20℃）及びダイアジノン（0.0097Pa、20℃）の蒸気圧より高いことに起因するものと考えられた。

表-3 横浜市における平成13年度の環境排出量 (PRTRデータ)

	年間排出量(kg)
フェニトロチオン	2 2 1 0
ダイアジノン	1 6 7 0
ジクロルボス	1 5 0 0
マラチオン	3 0 1
クロルピリホス	1 8 2

4. まとめ

横浜市磯子区に位置する横浜市環境科学研究所の屋上にて、大気中の有機リン系農薬（5種類）を測定したところ、6検体中の5検体からジクロルボスが、1検体からフェニトロチオンが検出された。ジクロルボスの平均濃度（2.2ng/m³、n=6）は、東京都の外気中の濃度（中央値3.1ng/m³、n=34⁴⁾）とほぼ同じレベルであり、今回の測定値が特に高いものとは考えられなかった。しかし、検出された農薬の発生源及び使用状況等が不明であり、今後の課題と思われた。

参考文献

- 1) 鈴木 茂、張山嘉道、緒方行治：川崎市内の大気中農薬の一斉分析調査、川崎市公害研究所年報、**20**、7-14 (1994)。
- 2) Van Dijk, H.G. and Guicherit, R.: Atmospheric dispersion of current-use pesticides: A review of the evidence from monitoring studies, *Water Air Soil Pollut.*, **115**, 21-70 (1999)。
- 3) Foreman, W.T., Majewski, M.S., Goolsby, D.A., Wiebe, F.W., Coupe, R.H.: Pesticides in the atmosphere of the Mississippi River Valley, Part II -air, *The Science Total Environ.*, **248**, 213-216 (2000)。
- 4) 斎藤育江、大貫 文、瀬戸 博、上原真一：有機リン系殺虫剤の室内および外気濃度測定、*大気環境学会誌*、**38**、78-88 (2003)。
- 5) Murayama, H., Mukai, H., Mitobe, M. and Moriya, N.: Simple method for determining trace pesticides in air using extraction disks, *Anal. Sci.*, **16**, 257-263 (2000)。
- 6) 環境庁環境保健部保健調査室：平成4年度化学物質分析法開発調査報告書、p172-179 (1993)。
- 7) 奥田哲也、早川修二、塚田 進：三重県北勢地域の河川水の農薬について（第6報）-経年変化および農薬の循環に関する検討、*三重県環境科学センター研究報告*、**17**、19-33 (1997)。
- 8) 横浜地方気象台：ホームページ「電子閲覧室」(<http://www.data.kishou.go.jp/index46.htm>)
- 9) 神奈川県環境科学センター：ホームページ「かながわPRTR情報室」(<http://www.k-erc.pref.kanagawa.jp/prtr/H14data/H14top.htm>)

横浜市内の事業所排水及び河川水中のアンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素の調査結果

初貝 留美 (環境科学研究所)
 下村 光一郎 (環境科学研究所)
 飯塚 貞男 (環境科学研究所)
 江口 憲治 (環境保全局水質地盤課)

Survey of Ammonia Nitrogen, Nitrite Nitrogen and Nitrate Nitrogen in industrial effluent and rivers in Yokohama

Rumi Hatsugai, Kouichirou Shimomura, Sadao Iizuka (Yokohama Environmental Science Reserch Institute)
 Noriharu Eguchi (Yokohama Environmental Protection Bureau Water Pollution & Ground Subsidence Division)

要旨

水質汚濁防止法でアンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物、硝酸化合物（以後「アンモニア等」と略）が有害物質に追加され、それぞれアンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素（以後「硝酸性窒素等」と略）として排水基準が設定された。硝酸性窒素等の横浜市内の水質汚染の実態を把握するため、汚染源と河川水の調査を行った。主な汚染源と考えられたのは、①事業所排水 ②生活排水の2つであった。市内でアンモニア等を使用している事業所は、メッキ業、鉄鋼業、化学工業、硝子製造業、塗装業など種類が多く、アンモニア、硝酸、硝酸アンモニウム、亜硝酸ナトリウムなどの化合物が主に使用されていた。これらの事業所の多くの排水処理施設は凝集処理が主で、排水中の窒素分の除去を考慮した施設ではないが、放流水中の硝酸性窒素等の濃度は、いずれも排水基準を満たしていた。一方、硝酸性窒素等の環境への負荷の最も大きい生活排水は、その99%以上が下水処理場で処理されており、各下水処理場では窒素分を除去する高度処理施設の設置も始まっていて、放流水中の硝酸性窒素等の濃度は排水基準を満たしていた。また市内の27の河川水中の硝酸性窒素等の濃度を測定したが、いずれの調査地点も環境基準を満たしていた。

1 はじめに

平成12年に硝酸・亜硝酸性窒素が水質の環境基準に設定された。これを受けて平成13年に水質汚濁防止法が改正され、アンモニア等が排水基準の有害物質として追加された。横浜市では水質汚濁防止法に基づき、市内の事業所でのアンモニア等の使用実態調査と排水中の濃度の測定を行っており、また同法の測定計画に従って市内の主要河川の21地点で硝酸性窒素等の化学物質の調査を定期的に行っている¹⁾²⁾。筆者らは横浜市内の硝酸性窒素等の水質汚染の実態を調査した。硝酸性窒素等の公共水域の汚染源としては事業所排水、生活排水、農地への施肥が挙げられるが、今回は直接河川に影響していると考えられる事業所排水と生活排水に着目し調査した。同時に27の河川水の硝酸性窒素等を測定したので、その結果を報告する。

2 調査方法

2-1 事業所排水

平成14年5月から平成15年11月の期間に、水質汚濁防止法に基づき横浜市環境保全局が立入調査した事業所の中から40(11の下水処理場を含む)を選び、延べ100の放流水中の硝酸性窒素等の測定を行った。

2-2 河川水

横浜市は測定計画の補足調査として、年4回独自に市

内の27の中小河川調査を行っており、平成14年11月、平成15年2月、5月に行った27調査地点、延べ81の河川水の硝酸性窒素等を測定した。

2-3 測定方法

- ① アンモニア性窒素：JIS K0102 42.5
- ② 亜硝酸性窒素：JIS K0102 43.1.2
- ③ 硝酸性窒素：JIS K0102 43.2.5

3 調査結果

横浜市内の硝酸性窒素等の公共用水域の主な汚染源は次の2つと考えられた。

- ① 事業所等からの排水
- ② 一般家庭からの生活排水

3-1 事業所排水

調査結果を表-1に示した。横浜市内でアンモニア等の化合物は、メッキ業、鉄鋼業、化学工業、硝子製造業、塗装業など多くの種類の事業所で使用していた。最も事業所の数が多かったメッキ業では、アンモニア、硝酸、硝酸アンモニウムが素材の酸洗い、金属の剥離等の工程で使用されていた。塗装業では、前処理工程で亜硝酸ナトリウム、硝酸ニッケル、硝酸亜鉛等が使用されており、火力発電所、硝子製造業ではアンモニアが排煙脱硝工程で、また化学工業では硝酸ナトリウム、硝酸カリウムなどの硝酸化合物を熱媒体として密閉型で使用し、アンモ

ニアを乳化剤として使用していた。一方、水族館は魚等の餌や糞に、食品製造業では原料に含有しており、また飲食業では尿排水等に含まれていた。排水基準は100mg/lで表-1に示した方法で計算されるが、最も濃度が高かったのは、飲食業（大型浄化槽）の76mg/lで次いで鉄鋼業の73mg/l、メッキ業の23mg/l、塗装業の22mg/l、食品製造業の19mg/l、電器部品製造業の15mg/lで、他の業種の最高濃度は排水基準の1/10以下であった。各事業所の排水処理施設は、食品製造業で生物処理を採用しているが、ほとんどの事業所は凝集処理であり、窒素分の除去は考慮されていなかった。

3-2 生活排水

硝酸性窒素等の公共用水域への汚染源として最も負荷量の大きいのは生活排水である。一人当たり1日に窒素を10g排出するといわれており、350万人の人口を抱える横浜市では、その排出量は莫大な量となる。横浜市の生活排水は、その99%以上が下水処理場で処理され公共用水域に放流されている。表-2に市内11箇所の下水処理場の放流水中の硝酸性窒素等の濃度の平均値を示した。下水処理場も事業所と同様に排水基準が適用されるが、いずれも排水基準を満たしていた。各下水処理場では標準活性汚泥法の他に窒素、リンの処理を目的とした高度処理施設の設置を進めており³⁾、9つの下水処理場の放流水は環境基準を下回っていた。

3-3 河川水

表-3に3回の調査の平均濃度を示した。環境基準は、

亜硝酸窒素と硝酸性窒素の合計が10mg/lと規定されている。いずれの調査地点も環境基準を満たしているが、比較的濃度が高かったのは砂田川、矢指川や横浜市の西部の大門川、相沢川、和泉川、宇田川などで、最も高かったのは大門川の7.5mg/lであった。

4 まとめ

横浜市内の硝酸性窒素等の水質汚染の実態を把握するため、市内の事業所と河川水の調査を行い次のことがわかった。

- ① 事業所排水は排水基準を満たしていたが、大半の排水処理施設は凝集処理が主で、硝酸性窒素等の除去が考慮されていなかった。
- ② 生活排水は、99%以上が下水処理場で処理され放流されており、放流水は排水基準を満たしていた。各下水処理場では高度処理設備の設置が始まっていた。
- ③ 調査した27の中小河川の調査地点では、環境基準を下回った。

5 参考文献

- 1) 横浜市環境保全局：横浜市公共水域及び地下水の水質測定報告書 平成13年度
- 2) 横浜市環境保全局：横浜市水環境計画年次報告書 平成15年度
- 3) 横浜市下水道局：水質試験年報 平成14年度

表-1 事業所の放流水中の硝酸性窒素等の濃度

(mg/l)

	事業所数	検体数	アンモニア性窒素	亜硝酸性窒素	硝酸性窒素	アンモニア性窒素X0.4 + 亜硝酸性窒素 + 硝酸性窒素 ⁽¹⁾
メッキ業	8	11	0.0~40	0.1~4.3	1.2~20	1.3~23
鉄鋼業	2	9	0.0~170	0.1~1.1	0.3~10	2.7~73
化学工業	2	6	0.8~2.3	0.0~0.1	0.1~2.1	0.3~2.5
塗装業	2	2	0.1~13	0.0~0.5	0.1~16	0.0~22
飲食業	2	9	0.1~34	0.0~0.1	0.1~75	2.0~76
食品製造業	2	3	0.0~0.1	0.0~0.5	0.1~19	0.2~19
旅館	2	2	0.0~0.2	0.0~0.3	1.8~5.1	2.1~5.2
水族館 魚飼育	3	5	0.0~1.2	0.0~0.0	1.7~2.2	2.1~2.2
火力発電所	1	2	0.0~0.1	0.0~0.0	0.6~1.8	0.6~1.9
電機部品製造業	1	2	0.0~0.0	0.0~0.2	6.7~15	6.7~15
廃棄物処理業	1	1	0.0	0.0	1.3	1.3
硝子製造業	1	1	0.6	0.1	1.6	1.9
研究所	1	1	0.5	0.0	1.8	2.0
自動車製造業	1	5	0.9~8.2	0.0~0.0	0.0~0.8	0.4~3.5

(1) 排水基準：アンモニア窒素濃度X0.4+亜硝酸性窒素濃度+硝酸性窒素濃度=100mg/lと規定されている。

表-2 下水処理場の放流水中の硝酸性窒素等の平均濃度⁽¹⁾

(mg/l)

下水処理場	調査回数	検体数	アンモニア性窒素	亜硝酸性窒素	硝酸性窒素	アンモニア性窒素X0.4 + 亜硝酸性窒素+硝酸性窒素 ⁽²⁾
A	2	4	0.10	0.03	8.9	9.0
B	2	2	2.4	0.08	14	15
C	3	8	0.24	0.05	7.4	7.5
D	2	4	0.16	0.04	9.0	9.1
E	2	4	0.31	0.28	8.5	8.9
F	3	3	0.09	0.00	11	11
G	3	6	0.07	0.00	5.4	5.4
H	3	6	0.73	0.16	5.5	6.0
I	1	1	0.10	0.02	10	10
J	1	2	0.05	0.00	7.8	7.8
K	1	1	0.32	0.19	4.4	4.7

(1) 平成14年5月 から15年11月に水質汚濁防止法に基づいて立入調査し、測定した平均値

(2) 排水基準：アンモニア性窒素濃度X0.4+亜硝酸性窒素濃度+硝酸性窒素濃度=100mg/lと規定されている。

表-3 横浜市内の中小河川水中の硝酸性窒素等の平均濃度⁽¹⁾

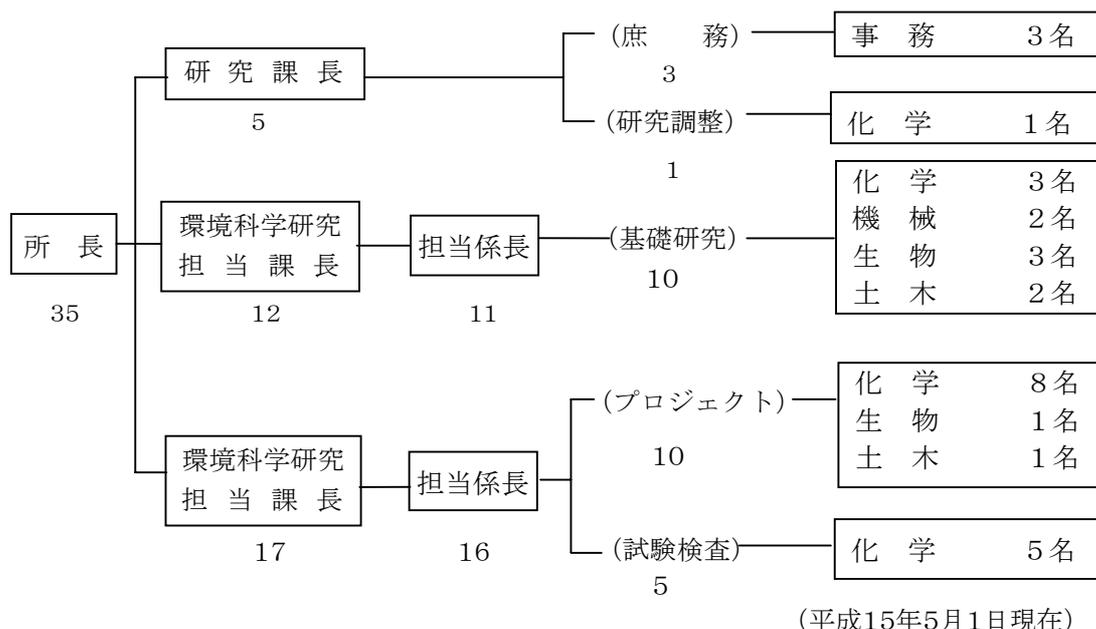
(mg/l)

	調査地点	アンモニア性窒素	亜硝酸性窒素	硝酸性窒素	亜硝酸性+硝酸性窒素 ⁽²⁾
1	砂田川	0.05	0.14	4.7	4.8
2	黒須田川	0.10	0.03	1.5	1.5
3	布川	1.2	0.08	1.3	1.4
4	寺家川	0.06	0.01	0.4	0.4
5	鴨志田川	0.28	0.06	1.4	1.5
6	奈良川	0.10	0.02	1.3	1.3
7	大場川	0.04	0.01	1.6	1.6
8	鴨居川	0.16	0.11	3.5	3.6
9	岩川	0.06	0.03	2.3	2.4
10	梅田川	0.14	0.03	2.4	2.4
11	白鳥川	0.46	0.09	1.6	1.7
12	帷子川	0.28	0.05	2.5	2.6
13	矢指川	0.57	0.25	4.8	5.1
14	今井川	0.27	0.08	1.8	1.9
15	中堀川	0.09	0.06	2.5	2.6
16	二俣川	0.17	0.13	3.1	3.2
17	新井川	0.33	0.17	4.2	4.4
18	くぬぎ台川	0.13	0.07	3.5	3.6
19	菅田川	0.05	0.14	4.2	4.3
20	日野川	0.08	0.04	2.0	2.0
21	大門川	0.17	0.10	7.4	7.5
22	相沢川	0.10	0.08	5.6	5.7
23	和泉川	0.18	0.06	4.7	4.8
24	宇田川	0.24	0.06	4.5	4.6
25	阿久和川	0.38	0.10	2.6	2.7
26	平戸永谷川	0.16	0.06	2.7	2.8
27	舞岡川	0.05	0.02	1.9	1.9

(1) 3回の調査の平均値

(2) 環境基準：亜硝酸性窒素濃度+硝酸性窒素濃度 = 10mg/l と規定されている。

1. 人員及び組織



2. 主要機器一覧表

品名	規格	数量	配置
ガスクロマトグラフ質量分析計	JEOL製 JMS-700	1式	ダイキン等分析室
走査型電子顕微鏡	日立 S-4700	1式	電子顕微鏡室
同上用 X線分析装置	EDAX	1式	電子顕微鏡室
分光光度計	日立 U2000	1式	液クロマト室
全有機炭素分析計	ベックマン MODEL 915-B	1台	液クロマト室
凍結濃縮装置	大洋科学工業 FC-6	1式	液クロマト室
液体クロマトグラフ	HP 1090	1式	液クロマト室
水銀分析計	日本インスツルメンツ RA-3	1式	液クロマト室
原子吸光光度計	パーキンエルマー アナリスト 300	1式	原子吸光室
高周波プラズマ質量分析装置	島津 ICPM-8500	1式	原子吸光室
高周波プラズマ発光分光分析装置	島津 ICPS-7000	1式	原子吸光室
慢性毒性試験装置(魚用)	関東工機製作所製 外	2式	生物研究室
電気炉	ADVANTEC KL-280 外	2台	分解室(3F)
標準ガス精密希釈装置	製鉄化学工業 SDS-401	1式	標準ガス調製室
石英ガラスチャンバー	ダイレック	1台	標準ガス調製室
パーソナル・ターストモニタリングシステム	柴田科学 PDS-1	1台	標準ガス調製室
液体クロマトグラフ	島津 LC-6A	2式	元素分析室
同上用蛍光モニター	日立 F-1150	1台	元素分析室
炭素・水素・窒素(CHN)分析計	柳本 CHN コーダー MT-3 型	1台	元素分析室
同上用オートサンプラー	ヤナコ MTA-5	1台	元素分析室
揮発成分混合ガス発生装置	紀本電子製 SS-1002	1式	元素分析室
ガスクロマトグラフ質量分析計	JEOL製 JMS-700	1式	ガスマス・蛍光 X線室
蛍光 X線分析装置	リガク RIX2000	1式	ガスマス・蛍光 X線室
ガスクロマトグラフ質量分析計	島津 GCMS-QP2010	1式	ガスマス・蛍光 X線室
マイクロウェーブ測定用吸光光度計	ナルゲン・インターナショナル イムニ NJ-2300	1式	ガスマス・蛍光 X線室
データレコーダ	ソニー PC204, 208	2台	音環境研究室
2c h F F T 分析器	小野測器 CF-360	1式	音環境研究室
広帯域 1/3 オクターブ実時間分析器	リオン SA-27	1式	音環境研究室
騒音振動作図装置	日本ヒューレット・パッカート 7550B	1式	音環境研究室

品名	規格	数量	配置
騒音振動データ処理機	ヒューレットパッカート モデル 712/100	1 式	音環境研究室
広帯域精密騒音計	小野測器 LA-5110	3 台	音環境研究室
オートアナライザー (HPLC 分析装置)	DIONEX DX-120	1 式	実験準備室
ガスクロマトグラフ分析装置	HP6890, 島津 GC-14A 外	5 式	ガスクロマトグラフ室
農薬分析装置	アジレント 5973N 外	3 式	ガスクロマトグラフ室
イオンクロマトグラフ	DIONEX DX-320	1 台	都市環境研究室
分光光度計	日本分光 V-550 外	2 式	大気試験室
ポータブル窒素酸化物測定器	MEXA-120 NOx	1 式	大気試験室
サーマルデソープションガスクロマトグラフ	パーキンエルマー ATD-400	1 式	大気試験室
高速液体クロマトグラフ	アジレント 1090	1 式	大気試験室
高精度オゾン計	紀本電子工業製	1 台	器材庫 (5F)
コンポジットサンプラー	日科機 S-4081	1 式	器材庫 (5F)
風向別制御装置	日本公害防止技術センター WDP-100	1 式	器材庫 (5F)
科学技術計算システム	富士通 GRANPOWER 5000 外	1 式	中央データ処理室
薬品管理システム	関東化学 IASO 2000	1 式	中央データ処理室
ガスクロマトグラフ質量分析計	JEOL 製 AUTOMASS Sun	1 式	微量ガス分析室
自動雨水採取装置	小笠原 US-330+300 型	1 式	屋上
風向風速計	海上電機 WA-200 外	2 台	屋上
β線式浮遊粒子状物質自動測定器	DKK DUB-32	1 台	屋上
高精度自動体積計	エステック VM-100	1 式	処理実験室
標準圧密試験器 (3 連型)	丸東 S43-3 UL-1	1 台	地盤環境研究室
ソイルミキサー	丸東 SE-27	1 台	地盤環境研究室
高精度弾性波速度測定装置	丸東製作所製	1 台	地盤環境研究室
6 ペンレコーダー	理化電機	1 台	標準ガス調製室
光透過式スモークメーター	堀場製作所	1 台	器材庫 (5F)
直挿型 NO _x 分析計	堀場 MEXA-120 NO _x	1 台	器材庫 (5F)

3. 調査研究事業予算一覧

(単位：千円)

調査研究事業名	平成14年度	平成15年度
ダイオキシンに関する研究	32,018	31,018
環境ホルモン環境調査	2,789	2,789
環境共生都市に関する研究	3,500	3,500
都市持続的発展研究(酸性雨)	1,353	1,295
都市持続的発展研究(都市型温暖化)	132	1,190
大気環境に関する研究	1,048	1,048
水域環境の改善に関する研究	1,253	1,253
水質汚濁対策推進に関する研究	310	310
地盤環境に関する研究	3,484	1,744
音環境に関する研究	483	483
合 計	46,370	44,630

4. 学会等研究発表

学会大会名	年月	題名	発表者・共同研究者
横浜市大・平成14年度第1回ビスフェノールA総合研究報告会	2002.4	横浜市環境ホルモン概況調査結果—PCBの同族体別調査結果の解析を中心として—	○二宮勝幸・倉林輝世
日本珪藻学会第23回大会	2002.5	近年における都市河川の珪藻群集構造の特徴	○福嶋悟
第11回環境化学討論会	2002.6	同族体組成からみたPCB分布の特徴	○二宮勝幸・倉林輝世
第26回環境・公害研究合同発表会	2002.6	帷子川流域における帯水層地質と地下水環境	○杉本実
〃	2002.6	宇宙から見た東京湾の水質	○水尾寛己・二宮勝幸・下村光一郎 岡 敬一(神奈川県環境科セ)
全国環境研協議会関東甲信静支部騒音振動専門部会	2002.7	音声情報装置を用いた視覚障害者の歩行実験	○鹿島教昭
横浜市大・平成14年度第2回ビスフェノールA総合研究報告会	2002.7	環境ホルモンに関する最近の話題	○二宮勝幸・倉林輝世
統計数理研究所 シンポジウム「環境科学と統計科学の新たな融合」	2002.8	統計モデルによる環境データの解析	○柏木宣久(統計数理研)、安藤晴夫(東京都環科研)、二宮勝幸、小倉久子(千葉県環境研)、山崎正夫・佐々木裕子・飯村文成(東京都環科研)
平成14年度第1回環境科学研究所研究発表会	2002.8	身近な生きものについてのアンケート調査結果	○島村雅英・森清和
〃	2002.8	都市資源によるせせらぎの再生と水生生物	○福嶋悟
〃	2002.8	ディーゼル自動車対策に関する研究—低硫黄軽油・酸化触媒システムによる大気汚染物質低減効果—	○白砂裕一郎
〃	2002.8	ダイオキシン類分析における精度管理について	○前田裕行・越智洋之・山本幸恵
平成14年度全国環境研協議会騒音振動担当者会議	2002.9	環境音認知の比較—視覚障害者と健常者—	○鹿島教昭、田村明弘・太田篤史(横浜国大工)、鈴木和子(横浜市立盲学校)、小澤繁之(横浜市視覚障害者福祉協会)
日本騒音制御工学会研究発表会	2002.9	音声情報装置支援下の視覚障害者の歩行実験	○鹿島教昭、安藤祐子(建築局)、田村明弘・太田篤史(横浜国大工)、鈴木和子(横浜市立盲学校)、小澤繁之(横浜市視覚障害者福祉協会)
〃	2002.9	環境振動に関する自治体へのアンケート調査	○鹿島教昭、塩田正純(飛鳥建設技研)、福原博篤(日本騒音防止協会、高尾智満・佐野公則(環境省))
第43回大気環境学会年会	2002.9	三宅島火山ガスによる酸性雨への影響(1)—火山ガス放出後1年間の酸性雨の状況—	○加藤善徳・梅田てるみ
〃	2002.9	三宅島火山ガスによる酸性雨への影響(2)—金属材料への影響—	○梅田てるみ・加藤善徳
平成14年度全環研関東甲信静支部水質専門部会	2002.9	衛星画像による東京湾の水質	○水尾寛己
神奈川県立総合教育センター「理科教育研修講座—大気と水の環境—」講演	2002.10	ダイオキシン類分析における現状と課題	○前田裕行
第5回日本水環境学会シ	2002.10	東京湾における栄養塩類の分布と挙動	○安藤晴夫・山崎正夫(東京都環科)

ンポジウム			研)、柏木宣久(統計数理研)、小倉久子(千葉県環境研)、二宮勝幸
第11回生態系との共存をはかる下水道のあり方検討会	2002.10	下水道の普及と年における河川生態系の再生	○福嶋悟
日本珪藻学会第22回研究集会	2002.11	人工出水が付着藻類の遷移に及ぼす影響	○福嶋悟、皆川朋子・萱場祐一(独・土木研究所)
平成14年度全環研関東甲信静支部大気専門固定発生源分科会講演	2002.11	大気、水及び土壌等低濃度ダイオキシン類の測定に関する計量証明事業の制度改正の実際と動向	○前田裕行
第12回環境地質学シンポジウム	2002.11	横浜地域にみられる地下水中のマンガン分布とその地質的背景	○吉川循江・田中礼子・荒井桂子・磯田信一(衛生局衛生研究所)、杉本実
〃	2002.11	横浜市中部丘陵地北縁における表層地盤の微動特性評価	○井上友博・杉本実、山本俊雄・荏本孝久(神奈川大学)
平成14年度全環研関東甲信静支部水質専門部会東京湾連絡会議	2002.11	横浜港、日本丸ドックにおける特異的に良好な水質状況	○水尾寛己
平成14年度神奈川県環境・公害研究機関騒音振動研究分科会	2003.1	原単位騒音レベルと振動レベルの把握に関する研究	○鹿島教昭
第26回環境セミナー	2003.1	川と海のごれー有機汚濁・富栄養化・環境ホルモン	○二宮勝幸・倉林輝世
平成14年度第2回環境科学研究所研究発表会	2003.1	横浜市内のゴルフ場の農薬調査結果	○飯塚貞男、志村徹・佐野定男(環境局水質地盤課)
〃	2003.1	横浜港の閉鎖水域(日本丸ドック)における特異的に良好な水質状況	○水尾寛己・赤池繁・飯塚貞男・武田裕・初貝留美
〃	2003.1	道路沿道における大気汚染物質濃度予測モデルに関する研究	○平野耕一郎
〃	2003.1	環境ホルモン環境調査結果および最近の動向	○二宮勝幸・倉林輝世
平成14年度全環研関東甲信静支部騒音振動専門部会研究連絡会	2003.2	横浜市生活環境保全等に関する条例：騒音振動関係	○鹿島教昭

5. 雑誌等投稿

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
Journal of Environmental Science and Health, Part B	2002.6	Manabu Sakai	Determination of pesticides and chronic test with <i>Daphnia magna</i> for rainwater samples

【要旨】 2001年6,7月に横浜市磯子区で雨水中の農薬について調べたところ、周辺に農地や水田が少ないにもかかわらず、殺虫剤や殺菌剤が検出された。そこで、*Daphnia magna* (オオミジンコ) による繁殖試験を2検体に適用したところ、6月25日の試料では、影響が認められなかったが、7月14 - 15日の試料では、大きな影響が認められ、暴露2日以内に、全ての実験動物が死亡した。農薬を含む雨水は、生態系に対して重要な一つの因子と思われた。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
環境管理	2002.7	鹿島教昭	低周波音に関する苦情とその対応

【要旨】 我が国の低周波音問題の経緯と苦情実態及び発生源を網羅的に解説し、筆者が関与した事例2件と横浜市が関与した1件を紹介した。第1は、冷凍庫用コンプレッサが或る条件で25Hzの音が85dBとなると苦情者のみが苦痛を訴えたもので、他の家族は何も聞こえていなかった。第2は、機械棟内の数種の機械のなかでボイラ2台が同時に稼働した時のみ、早朝に苦情者宅の窓が振動した例で、発生源側がその事実を認め早朝運転を止めた。いずれも測定結果から因果関係を明確にしたもので、測定の重要性を指摘した。第3は工場間のトラブルで騒音・振動・低周波音が10年あまり問題となっ

た例で、結局は裁判で和解となり、基準の無い低周波音はなお書程度になったもので、基準の必要性を指摘した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
環境ハンドブック (社)産業環境管理協会発行	2002.10	鹿島教昭	第2部 地域環境 7.6振動問題とは

【要旨】 我が国における振動規制の進展状況を振動規制法を中心に概説した。規制基準等には計量法検定合格の振動レベル計の鉛直方向の振動レベル指示値を適用する。騒音の環境基準に相当するものは無い。振動レベルは振動加速度レベルに振動感覚補正を施したものであるが、計量法ではその補正の有無に拘わらず両者を振動加速度レベルと定義している。しかし特定計量器検定検査規則で補正後の振動加速度レベルを振動レベルと再定義し、振動レベルなる語の使用を可としている。振動レベルを定義する基準振動加速度が日本では 10^{-5} m/s^2 だがISOでは 10^{-6} m/s^2 を採っており、両者のレベル間に20dBの差異がある。これは日本が諸外国に先行して規格化したためである。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
Ecotoxicology and Environmental Safety	2002.11	Manabu Sakai	Use of chronic tests with <i>Daphnia magna</i> for examination of diluted river water

【要旨】 2000年5-6月に横浜市内で河川水を採取し、河川水から抽出した成分について*Daphnia magna* (オオミジンコ)による繁殖試験を適用した。希釈しない場合、暴露1-4日以内に全ての実験動物が死亡したが、数倍希釈した場合は検体の毒性が認められなかった。農薬の分析、及び農薬標準を添加した試料を調製して繁殖試験を行った結果、2種類の殺虫剤がオオミジンコに影響を与えていると推察された。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
ARRC NEWS	2002.11	福嶋悟	川の新たな問題となっている流量の安定化と藻類

【要旨】 河川における自然現象や食物連鎖により藻類量はコントロールされるが、流量の安定化による緑藻類の異常繁殖が内水面漁業や河川生態系の問題点としてとらえられるようになってきた。異常繁殖する藻類の特徴やそれぞれの河川の環境特性を基に、このような問題への対応方法を検討すべきである。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
東京都環境科学研究所年報	2002.11	大野正彦・津久井公昭 (東京都環境科学研究所)、福嶋悟	オゾン処理水放流小水路における肉眼底生動物と付着藻類の流呈分布

【要旨】 巻貝(カワナ、ヒメモノアラガイ、サカマキガイ)が下水処理水放流口で優占し、下流側では水生昆虫が多くなった。藻類は放流口付近では緑藻類のキヌミドロが優占したが、下流側では珪藻類の多くの種類が出現するようになり、多様な群集構造となった。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
東京都環境科学研究所年報	2002.11	安藤晴夫、柏木宣久、二宮勝幸、小倉久子、山崎正夫	東京湾における水質平面濃度分布の変遷と特徴

【要旨】 水質測定計画に基づく水質モニタリングデータの統計的な手法を適用し、東京湾の水質濃度分布を可視化する手法を開発した。この方法により、水質の長期的な変遷と季節変化、空間分布の特徴などを明らかにした。また、湾内の水域面積に対する環境基準達成割合についても把握することが可能となった。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
酸性雨調査報告書-関東地方環境対策推進本部大気環境部会-	2003.3	加藤善徳、梅田てるみ、加藤恵美子、古明地哲人	土壌影響予察調査

【要旨】 酸性雨等による森林への影響を調べるため、3年計画で関東周辺地域の自治体と共同で森林土壌の調査を実施している。本年は1年目に当たり、結果の概要をまとめた。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
生態工学会	2003.3	水尾寛己、河原美沙（大妻女子大）、杉村俊郎（RESTEC）、岡 敬一（神奈川県環境科セ）、北原節子（大妻女子大）	衛星リモートセンシング画像による神奈川県内の湖における水質モニタリング

【要旨】 神奈川県内の湖について衛星リモートセンシングによる水質把握の可能性について、水質観測データとLANDSAT、TMデータを用いて統計学的手法により検討した。その結果、水温、透明度、浮遊物質量及びクロロフィルaの4項目について水質推定が可能であることが明らかになった。また、湖間の水質の可能性も明らかになった。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
月刊下水道	2003.3	福嶋悟	下水道の普及と年における河川生態系の再生①

【要旨】 横浜市の水環境目標の指標としての生物指標の特徴について、新たな生物指標の展開、河川藻類の特徴について紹介した。

6. 横浜市環境科学研究所発行資料（調査研究等報告書）

環境研資料	報告書名	発行年月
No.149	横浜市内河川・海域における環境ホルモン実態調査報告書	2003.3

【要旨】 横浜市内水域における環境ホルモン実態調査の結果をまとめ、環境省の全国一斉調査や他自治体の調査結果との比較を行いました。また、環境調査結果のうちPCBの測定結果について、ケミカルマスバランス(CMB)法などを適用しPCBの起源推定を検討しました。さらに、ノニルフェノールとオクチルフェノールが環境ホルモンと確定されたことや環境ホルモンによる生態影響のリスク評価、そしてPRTRと関連しての有害化学物質対策など今後の課題についても検討しました。

7. 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
	明日の都市を照らす	1977. 3	A4. 16頁 (パンフレット)
No. 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
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

資料番号	件名	発行年月	体裁等
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. 11	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的研究	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
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

資料番号	件名	発行年月	体裁等
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
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）	1996. 3	A4. 84頁
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－よりよい環境をめざして－	1996. 6	A4. 6頁
125	酸性雨のはなし	1996. 12	A4. 8頁

資料番号	件名	発行年月	体裁等
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－水・みどり・まち－	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 _x 、NO ₂ 及びSO ₂ 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) -酸性雨による器物影響-	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 _x 、NO ₂ 及びSO ₂ 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 -環境庁委託報告書-	1997. 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－水・みどり・まち・・・・－	1998. 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－水・みどり・まち・・・・－	1999. 1	A4. 104頁
135	酸性雨に関する調査研究報告書 (II) -酸性雨による器物影響- (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－水・みどり・まち・・・・－	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－水・みどり・まち・・・・－	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－水・みどり・まち・・・・－	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	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－水・みどり・まち・・・・－	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－水・みどり・まち・・・・－	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

編 集 後 記

研究所発足以来、毎年刊行してきました所報もここに「第28号」をとりまとめることができました。内容は、「業務報告編」、「調査研究編」及び「資料編」です。今後とも、新たな視点から編集委員会等で議論をし、一層の充実を図っていきたいと考えています。

所報第28号編集委員会

赤池繁

松島裕子

平野耕一郎

鹿島教昭

二宮勝幸

加藤善徳

小市佳延

坂井清

小野勝義

角田定孝