

環境研資料

No. 145

ISSN 0918-5720

横浜市環境科学研究所報

第 26 号

25周年記念号

ANNUAL REPORT OF
YOKOHAMA ENVIRONMENTAL SCIENCE
RESEARCH INSTITUTE

No.26

2002年3月

横浜市環境科学研究所

YOKOHAMA ENVIRONMENTAL SCIENCE RESEARCH INSTITUTE

ま え が き

環境科学研究所は昭和51年4月に公害研究所として設立されてから25年という節目を迎えました。公害研究所は、公害・環境問題の科学的究明と都市環境の保全や各種施策の理論的裏付けなどについて調査研究する機関として設立され、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、試験検査などさまざまな事業を行ってきました。また、平成3年6月に名称を環境科学研究所と改め、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、研究部門を従来の部門別から基礎研究部門、プロジェクト研究部門に再編し、研究内容が行政のニーズにあったものになるように研究調整の業務を新たに取り入れ今日にいたっています。

近年、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、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。また、自動車からの排出ガスや騒音の問題、家庭等からでるごみの増加・多様化に伴う環境負荷の増大など私たちのライフスタイルと深く結びついた問題も顕在化しています。

環境科学研究所は、これらの問題解決のために環境の現況の把握、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きましたが、これまでの成果を踏まえつつ、さらに幅広く、継続的な調査・研究が必要と考えています。

今後とも、関係機関と連携し、調査・研究の充実を図ってまいりたいと考えておりますので、皆様のご指導、ご鞭撻を賜りたいと存じます。

平成14年3月

横浜市環境科学研究所長

平 本 俊 明

目 次

まえがき	
I 業務報告編	
環境科学研究所の沿革	1
試験検査業務	1
調査研究業務概要	
基礎研究	1
プロジェクト研究	1
啓発事業	
環境セミナー	
第 24 回環境セミナー 市民環境研究発表会	1
環境セミナー「環境教室」	1
II 調査研究編	
報 文	
基礎研究	
・横浜市郊外におけるノンポイント汚染源調査（第 1 報）－農耕地－	11
・横浜市郊外におけるノンポイント汚染源調査（第 2 報）－住宅地－	17
・横浜市内の池における水環境と魚類相，甲殻類（十脚目）相の調査報告	22
・池改修による魚類・甲殻類（十脚目）相の変化に関する研究	38
・横浜市沿岸のプランクトン相調査（第 2 報）	47
・横浜地域の地下水水位の変動特性について	62
・視覚障害者と健常者の環境音認知の比較	68
・音声情報装置を用いた視覚障害者の歩行実験	79
プロジェクト研究	
・横浜市水域における環境ホルモン実態調査（第 2 報）－平成12年度調査結果について－	90
・横浜市水域における環境ホルモン実態調査（第 3 報）－同族体組成から見たPCB分布の特徴－	96
・身近な生きものについてのアンケート調査結果（第 2 報）	107
・横浜地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－	113
・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－	117
・横浜市における乾性沈着物の測定	
－インファレンシャル法による乾性沈着量の推定と代理表面法との比較－	122
・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－	129
短 文	
プロジェクト研究	
・横浜市における酸性雨モニタリング調査－2000年の結果－	139
・雨水中の農薬モニタリング調査	143
・横浜市内河川の重金属濃度とミジンコの生存率について	147
・横浜市内のゴルフ場の農薬調査結果	149
III 資料編	
人員及び組織	153
主要機器一覧表	153
予算額，決算額	
・平成13年度予算額	155
・平成12年度決算額	156
学会等研究発表	157
雑誌等投稿	158
横浜市環境科学研究所発行資料（調査研究等報告書）	161
環境科学研究所発行資料目録	161
横浜市環境科学研究所報総目次	166
IV 環境科学研究所年表	181
編集後記	192

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、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)、調査研究(プロジェクト研究)、試験検査などに組織を整備しました。(IV環境科学研究所年表参照)

2. 試験検査業務

平成12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562、また、事故・苦情に伴う検体を75、合計637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12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
- ・自動車排ガス中の有害化学物質の研究
- ・自動車排ガス・エミッションファクター調査

水質汚濁対策推進に関する研究

- ・河川汚濁負荷解明調査

水域環境の改善に関する研究

- ・再生河川の生物群集の構造に関する研究
- ・水生生物個体群の生態に関する研究
- ・人工衛星データによる水質画像解析に関する研究

地盤環境対策に関する研究

- ・地盤および地下水環境調査研究

音環境に関する研究

- ・騒音・振動データ収集に関する研究

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

化学物質対策に関する研究

- ・横浜市水域における環境ホルモン実態調査

エコシティに関する研究

- ・横浜型エコシティに関する研究

都市持続に関する研究

- ・ヒートアイランド調査
- ・酸性雨モニタリング調査
- ・人工酸性雨-カラム試験による土壌酸中和能調査
- ・人工衛星データを利用した森林の活性度調査
- ・研究所における循環型システムの構築に関する調査研究

(各研究調査業務概要は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24回環境セミナー市民環境研究発表会

期 日/平成13年1月27日(土)

会 場/横浜市港南公会堂

内 容/作品発表(16編)講演, 研究報告

(司会・渡部允氏(ジャーナリスト))

講 演/「21世紀の食と環境を考えるー田んぼは生き物たちの楽園ー」

講師・宇根豊氏(農と自然の研究所代表理事)

研究報告/「熱くなる街ーヒートアイランドー」

佐俣満夫(環境科学研究所職員)

参加者/200人

4-1-2. 環境セミナー「環境教室」

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12年8月25日(金)

会 場/環境科学研究所

内 容/大気汚染物質(二酸化窒素)の分析実習

参加者/23人(参加対象・小学生以上, 保護者)

調査研究名	<p style="text-align: center;">大気環境に関する研究 自動測定機の精度に関する研究</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<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。日本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い、国際的に整合性のある測定データとするなど、大気汚染常時監視局の測定データを現在よりさらに信頼性の高いものにする。</p> <p>大気汚染測定機の目盛較正は、湿式ではガス濃度に相当する等価標準溶液によって調整される。しかし、標準ガスを湿式測定機に導入すると、標準ガス濃度と指示値の間に差が認められる。そこで、両者を一致させるために、機器性能検査用標準ガス調整装置を用いて測定機の性能特性を十分に試験検討し、誤差の小さい測定機とするための研究を行う。</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。</p> <p>〔結果〕</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 自動測定機較正検定用標準ガス調製装置に関する研究：更新した標準ガス調製装置の性能に関する試験を行った結果、標準ガスシステムに用いられる精製空気についての質的向上がほぼ確認された。 ② 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。 ③ 受領性能試験：購入した窒素酸化物自動測定機およびオゾン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。 ④ オゾン計の動的校正：オキシダント自動計測器等の動的較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較正した。 ⑤ 小型標準ガス希釈装置に関する研究：本研究所所有の自動測定機較正検定用標準ガス調製装置と小型標準ガス希釈装置を比較検査し、監視センター所有の小型標準ガス調製装置の性能を確認し希釈率を較正した。 	

調査研究名	<p style="text-align: center;">大気環境に関する研究 自動車排ガス対策に関する調査研究 自動車排ガス中の有害化学物質の研究</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p>〔目的〕 近年国内において問題になっている微小粒径の粒子状物質(PM_{2.5})については、その主要発生源が燃焼系のものとされ、なかでもディーゼル車の影響による寄与が大きいといわれている。PM_{2.5}の主要構成成分である炭素成分の中で有機性炭素(OC)については揮発性、半揮発性成分または二次生成など、複雑な生成機構の要因を含んでいるため解明が進んでいない。自動車排出ガス中の有害化学物質の実態を把握し、自動車排ガス対策の最適化を目指すための実証データを得ることを目的とし、ディーゼル車から排出される黒煙粒子中の炭化水素成分の分析法の検討を行った。</p> <p>〔方法〕 ディーゼル車のPM測定の際フィルタに採取されるDEP(Diesel exhaust particle)を、加熱脱着法+FID-GCを用いて分析を行い、DEP中の含まれる高沸点炭化水素成分について調べた。実測定はDPF(Diesel Particulate Filter)を装着した大型ディーゼル車輛について行い、試料採取は法定モードのD-13モード測定で行った。</p> <p>〔結果〕 試料採取には石英繊維フィルタを用い、採取後のフィルタはすぐに-40℃で冷凍保存した。分析は、加熱脱着装置専用のサンプリングチューブに試料を詰め、FID-GCにより行った。その結果、軽油の成分組成と酷似したクロマトグラムが得られた。このことから、本研究で用いた手法により、DEP中の高沸点炭化水素の分析が可能であることが確認できた。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">大気環境に関する研究 自動車排ガス対策に関する調査研究 自動車排ガス・エミッションファクター調査</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p>【目的】 自動車から排出される大気汚染物質の、ガスおよび黒煙粒子の排出量実態を把握し、自動車排ガス対策の最適化を目指すための実証データを得ることを目的とする。</p> <p>【方法】 自動車検査所において、シャーシダイナモ測定によるダイレクト試験とポータブル測定器との併行試験を行い、測定法の検討を含め排出量実態調査を行った。平成12年度は、NO_x（窒素酸化物）について分析を行った。測定は法定モードの6モード試験により行った。なお、ダイレクト試験はNDIR検出器によるNO（一酸化窒素）についての分析値であり、ポータブル測定器はジルコニアセラミックセンサを用いた直挿形分析計でNO_xについての分析値である。</p> <p>測定は、平成6年規制以前（一部昭和63年規制）のディーゼル車、およそ30型式の車両を対象に行った。</p> <p>【結果】 全測定車の6モード試験平均排出濃度を比較すると、ジルコニアセンサ方式がNDIR方式より10.0%低い値を示し、自動車製造メーカーおよび総排気量、最高出力による違いで、測定方法間に2割以上の差が見られた。6モード試験結果を運転条件別に見ると、6番目の運転モードで排出濃度が高く、平均排出濃度を押し上げたため、測定方法間の差が大きくなった。6モード目はエンジン最高回転数の80%、エンジン負荷率75%と測定車両にとってかなり過酷な条件であり、通常の一般走行においてはほとんどみられない。この時のエンジンの燃焼状態を考えると、水分の干渉が分析装置に感度低下をもたらしたと考えられた。実路走行における常用回転域に比較的近いと思われるモードで比較すると両測定法はよく一致した。ポータブル測定器車載による実走行測定値は十分利用可能であることが確認された。</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 河川汚濁負荷解明調査</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p>【目的】 最近の公共用水域の水質が横ばいである原因として、河川外の面汚染源から雨天時に流入する汚濁物質の影響が大きいと考えられる。平成12年度は住宅地域からの汚濁負荷を把握するために、モデル地域として帷子川流域の今宿地区を選定し、晴天時・雨天時の水質調査を行った。</p> <p>【方法】 水路に自動採水装置を設置して雨天時の採水を行った。晴天時試料は装置設置時に採水した。雨天時の採水は0.5mmの降水量で開始し、以後15分毎に5時間30分を行った。</p> <p>【結果】 晴天時の平均水質はpH7.3、電気伝導率30mS/m、BOD 3.6mg/l、T-N 3.3mg/l、T-P 0.038mg/l、また流量は0.008～0.018m³/sであった。平均流出負荷量はBOD 59g/ha・日、T-N 54g/ha・日、T-P 0.57g/ha・日であった。</p> <p>時間降水量が3.5mmまでの雨天調査では、降雨開始から15～30分後にBOD約20mg/l、T-N約5mg/l、T-P約0.3mg/lまで急上昇し、その後漸減した。降り始めから5時間30分の流出負荷量は、BOD 27～150g/ha、T-N 14～53g/ha、T-P 0.74～2.2g/haであり、これらは晴天時の0.3～3.9日分に相当した。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">水域環境の改善に関する研究 生物群集の多様性に関する研究 —再生河川の生物群集の構造に関する研究—</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p>【目的】 河川水質は、公共下水道の普及等による流入汚水の減少により、回復傾向にある。一方、河川水量の減少により、生物生息環境としての機能維持が難しくなる可能性も生じている。都市河川における多様な生物群集の生息環境の維持に、複雑な河川構造の再生と共に、下水処理水などの水資源の再利用を進めているところである。そこで、近自然化工事が行われた河川と、水資源の再利用により維持されている河川等を対象に、多様な群集の維持可能な環境状況を明らかにするため、環境特性と生物群集構造との関係を検討した。</p> <p>【方法】 低水敷と堰の設置による河川改修工事が行われた大岡川上流域では、河川改修による生物群集の変化について検討した。下水処理水を維持用水として流している入江川では、河川構造と底生動物の生息状況との関係を検討した。また、市内河川全域を対象とした平成 11 年度調査結果より、生物の生息状況を基に水環境目標の達成状況を評価した。</p> <p>【結果】 大岡川上流域における河川改修工事の影響調査では、淀みに修復した部分には、アブラハヤ、ヌカエビ、トンボ類の幼虫などが分布するようになることが確認された。また、このような部分の流れが緩いために、河川の瀬を生息場とするシロハラコカゲロウのような種類が生息できなくなることも明らかになった。 入江川における河川構造と底生動物分布の関係では、瀬の部分には川底の空間部分に生息するコガタシマトビケラや底質表面に生息する種類が分布するのに対して、淵の部分には移入種のミナミヌマエビと底質に潜り込んで生活する種類が分布し、ミナミヌマエビは水温の高い時期に増加した。これは、多様な河川構造の形成が、多くの種類の水生動物の生息を可能にすることを示すと共に、移入種の増加が生態系に及ぼす影響を検討する必要性も認められた。 河川全域を対象とした調査から、生物指標による水環境目標の達成状況をみると、各河川とも感潮域以外の地点では目標を達成していることが確認された。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">水域環境の改善に関する研究 生物群集の多様性に関する研究 —水生生物個体群の生態に関する研究—</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p>【目的】 分布が限定されてきた在来種のヌカエビを対象に形態学および酵素タンパク質のアロザイム分析による集団遺伝学的観点から種の多様性を解析した。これら得られた遺伝的情報は、在来種の保護育成に関する方策、モニタリングの基礎資料となるものである。</p> <p>【方法】 前年度は港北区池集団と帷子川水系のこども自然公園の池集団について解析を行った。今回は、横浜市南部に分布し、大岡川集団に近接した宮川集団、北部鶴見川に点在する寺家川池集団について解析を行った。分析対象酵素は、グルコース 6 磷酸イソメラーゼ (GPI)、マンノース 6 磷酸イソメラーゼ (MPI)、ホスホグルコムターゼ (PGM) の 3 酵素タンパクであった。</p> <p>【結果】 宮川と寺家川のヌカエビの生態、形態と遺伝子の地理的変異を検討し、額角歯数では上縁歯数で差がなく、下縁歯数で差が見られた。また卵サイズの繁殖形質は、寺家川集団が宮川集団に比べて小さかったが有意な差を示さなかった。Gpi, Mpi, Pgm の 3 つの遺伝子座を対象にして両集団の遺伝子頻度を比較すると、Mpi, Pgm で差を示した。ヘテロ接合体率 (遺伝的多様度) は、宮川集団が 0.151、寺家川集団が 0.106 で比較的高かった。これらから地域個体群の集団の特徴が把握され、遺伝的情報が集積された。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">水域環境の改善に関する研究 富栄養化機構の解析 人工衛星データによる水質画像解析に関する研究</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p>〔目的〕 東京湾の富栄養化機構解析の一環として、また、将来的には水質の広域監視への発展を目指して、人工衛星データによる水質解析手法について検討する。今回は、今までの研究で得られた水質推定画像から、東京湾でのクロロフィル a 濃度分布と濁度分布の特徴を把握する。</p> <p>〔方法〕 1986 年から 2000 年までに東京湾で取得した水質データと同期した LANSATSAT/TM データ 19 シーンについて、今までに確立した水質推定アルゴリズムを用いて、クロロフィル濃度と濁度の推定画像を作成する。その推定画像から、クロロフィル濃度分布と濁度分布について比較する。</p> <p>〔結果〕 平成 10、11 年度に作成した人工衛星データによる水質推定画像から、水質について解析した結果、赤潮が発生しやすい春季から夏季におけるクロロフィル a 濃度と濁度は東京湾奥、千葉沿岸・沖合で高く、次に横浜市沿岸域で高く、湾央、浦賀水道から湾口に向かって低くなる傾向が見られた。クロロフィル a 濃度と濁度との関係は画像にも反映されていた。秋季から冬季にかけては、湾内のクロロフィル a 濃度と濁度は低く、浦賀水道、湾口でさらに濃度が低くなっていた。湾内でのクロロフィル a 濃度分布は、湾内一様な場合、東京湾奥、横浜市沿岸域で高い場合、千葉沿岸・沖合いで高い場合などがあつた。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">地盤環境対策に関する研究 地盤および地下水環境調査研究</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p>〔目的〕 本市域の地盤環境の調査研究を行い、各種地盤災害対策（地盤沈下・液状化等）の検討資料を作成する。 また、土質データ等を整理し、地盤情報の活用を図るとともに、各種公共事業の基礎資料となる地盤環境図・ボーリング柱状図集等を作成する。</p> <p>〔方法〕 次のような調査を行った</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地盤環境情報資料（主に、ボーリング柱状図・土質試験結果）の収集整理とデジタル化業務 ・ボーリング調査（鶴見川下流域、矢向小学校地点 1 ヶ所） ・既設 32 井戸の地下水位測定および既設 5 基地の層別沈下測定 <p>〔結果〕 本市北部地域（鶴見区・神奈川区・港北区・都筑区・青葉区・緑区）の地盤環境情報資料を重点的に収集し、約 1000 本のボーリング柱状図、250 資料の土質試験結果をデジタル化した。 ボーリング調査に伴う井戸設置とコア分析により、周辺地域の液状化地層および堆積環境、浅層地下水（自由地下水）の水位特性などを明らかにした。 丘陵・台地を含む 32 井戸の地下水位の変動および軟弱地盤地帯の 5 地点の層別沈下は、特に顕著なものは認められず、全体的に地盤環境は安定しているものと思われる。</p>	

調査研究名	音環境に関する研究 騒音・振動データ収集に関する研究
部 門	基礎研究
<p>【目的】 従来は騒音・振動のデータをオーディオデジタルテープに取込み、そこからのアナログ信号を分析器に繋げその結果をワークステーションを通してデジタルデータとしてフロッピーディスクなどに蓄えていた。最近では騒音計自体にメモリがありそこに LAeq や L_x が蓄えられるようになっており、また瞬時データもデジタルで取り出せるようになっている。その結果、ワークステーションよりはパソコンベースでデータ処理を行う事が一般的になり、ワークステーションの長所が薄れてきた。そこで、騒音計のデジタルデータをパソコンのハードディスクに取込むようなソフトを開発する。</p> <p>【方法】 1) 騒音計などの出力からレベル化された瞬時データをインターフェース RS-232C を介してハードディスクに直接取込む。また同時にボイスレコーダに録音した口述メモをデータと一体化して CD-R/W などの媒体に蓄える。 2) 騒音計などの直流または交流出力から生の波形信号をアナログ-デジタル変換器を介してデジタル化し、パソコンのステレオ端子の一方を通し圧縮しない WAVE 形式でパソコンのメモリに蓄える。同時にステレオの他方の端子から音声メモを取込み、デジタル波形データと一体化して CD-R/W などの媒体に蓄える。</p> <p>【結果】 上記 1) の場合は殆ど問題無くデータの収集が可能である。 2) の場合は、アナログ-デジタル (A / D) 変換器の速度に依存するので、多チャンネルでデータ収集する際に問題を残している。</p>	

調査研究名	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
部 門	プロジェクト研究
<p>【目的】 ダイオキシン類の規制及び各種環境濃度調査は、「ダイオキシン対策特別措置法」の施行もあり、本格的な段階へ入っている。この特別措置法に基づき、市内の大気、土壌及び公共用水域（横浜市内河川・海域の水質、底質）の測定を行う。</p> <p>【方法】 ①一般大気環境モニタリング調査：平成 12 年度調査は、11 年度の倍の地点数である市内 18 地点（全区）において、平成 12 年 5 月、8 月、11 月、平成 13 年 2 月に、それぞれ 24 時間大気採取を実施した。また、複数の産業廃棄物焼却施設が立地している瀬谷区北町周辺の環境調査の一環として瀬谷区五貫目町内会館（平成 12 年 2 月から測定）、瀬谷区上瀬谷小学校（同年 7 月から測定）でも測定した。 ②土壌中のダイオキシン類濃度調査：平成 12 年度調査からは、横浜市内を 1km のメッシュで区切り各メッシュ（340 メッシュ）を 5 年間で調査することとした。調査地点は試料採取に適した公園、寺社、学校を対象に選定した 68 地点について 11 月に調査を実施した。（このうち、20 地点のダイオキシンを当研究所で分析した。） ③河川・海域・地下水のダイオキシン類濃度調査：市内の各河川・海域・地下水を対象に調査を実施した。河川は、水質、底質ともに 11 地点、海域は、水質、底質ともに 7 地点、地下水は 9 地点である。なお、地下水については平成 12 年度から調査を開始した。</p> <p>【結果】 ①一般大気環境：市内 18 地点の年平均値は、0.09 ～ 0.16 pg-TEQ/m³ の範囲内にあり、平均値は 0.13 pg-TEQ/m³ であった。全調査地点とも大気環境基準（年平均値 0.6 pg-TEQ/m³）に適合していた。 季節別には、秋季に濃度が低い傾向（18 地点平均：0.066 pg-TEQ/m³）となっていた。 瀬谷区北町周辺の環境調査について、瀬谷区五貫目町内会館の年平均値は、0.24 pg-TEQ/m³、瀬谷区上瀬谷小学校の年平均値は 0.45 pg-TEQ/m³ であり、市内一般大気環境の平均よりも濃度が高い傾向を示した。 ②土壌中のダイオキシン類濃度：濃度範囲は旭区中白根 2 の 0.35 pg-TEQ/g ～ 緑区長津田町字西の原の 80 pg-TEQ/g であり、68 地点平均濃度は 8.6 pg-TEQ/g であった。環境庁が定めた環境基準値（1,000 pg-TEQ/g）を大幅に下回るとともに必要な調査を実施することとされる基準値 250 pg-TEQ/g も下回っていた。 ③河川・海域のダイオキシン類濃度：水質のダイオキシン類濃度は、0.90 ～ 1.4 pg-TEQ/L で河川水の平均は 0.56 pg-TEQ/L、海水の平均は 0.14 pg-TEQ/L、地下水の平均は 0.12 pg-TEQ/g であった。なお、鶴見川の千代橋（1.1 pg-TEQ/L）、都橋（1.4 pg-TEQ/L）の 2 地点で環境基準（1 pg-TEQ/L）を超過したので再調査を実施した。底質のダイオキシン類濃度は 0.79 ～ 36 pg-TEQ/g であり、河川の底質の平均濃度は 5.9 pg-TEQ/g、海域の底質の平均濃度は 19 pg-TEQ/g であった。（なお、底質についての環境基準値は未定である。）</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">ダイオキシン類調査研究事業 ダイオキシン類緊急不特定調査 —瀬谷区北町周辺のダイオキシン類調査—</p>
部 門	プロジェクト研究
<p>【目的】 東名高速道路横浜町田インターチェンジ付近の瀬谷区北町周辺には、複数の産業廃棄物焼却施設が立地しており、近隣住民からばい煙や悪臭等の苦情が寄せられていた。こうした中、市民団体からの周辺の環境調査の実施を求める請願が市会で採択された。このため、平成 11 年度末（平成 12 年 2 月）に緊急に大気、土壌及び水質の環境調査を実施したところ、大気の大ダイオキシン類濃度は 0.78 pg-TEQ/m³ と大気環境基準値を若干超えていたが、大門川上流部へ流入する水路の大ダイオキシン類濃度は 76 pg-TEQ/L と水質環境基準を大きく超える濃度であった。（大門川は横浜市下水道条例で一般下水道としているが、公共用水域であるため環境基準が適用される。） そこで、その汚染範囲と原因究明のため、大門川、境川等の 11 地点で再調査を実施した。</p> <p>【方法】 調査水系及び調査期日：大門川 9 地点、境川 2 地点について平成 12 年 4 月 6 日に調査を実施した。</p> <p>【結果】 大門川水系の 9 地点の濃度範囲は、0.84 ～ 26 pg-TEQ/L であり、ほとんどの地点で環境基準を超えていた。また、昨年 2 月に 76 pg-TEQ/L が検出された地点は、5.5 pg-TEQ/L であった。また、大門川が流入する境川では、環境基準を達成していた。発生源と考えられる施設の位置と調査地点の濃度の関係は、ある程度関係が明らかとなったが、今後引き続き調査を継続することとなった。</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 —横浜市水域における環境ホルモン実態調査—</p>
部 門	プロジェクト研究
<p>【目的】 横浜市水域における環境ホルモンの存在状況を把握するため、市内河川・海域の水質、底質について、環境ホルモンと疑われている 67 物質（「SPEED'98」、環境省）を対象に、平成 11 年度から 3 カ年計画で調査を実施している。平成 12 年度は、平成 11 年度に未調査の PCB やベンゾフェノン等の 20 物質を対象に調査した。</p> <p>【方法】 ①調査対象物質：20 物質（PCB、アミトロール、DDT、DDE・DDD、フタル酸エステル類、ベンゾ(a)ピレン、ベンゾフェノン、4-ニトロトルエン、スチレン 2 量体・3 量体等） ②調査地点：9 地点（河川；6 地点、海域；3 地点） ③調査時期：2000 年 8 月、12 月 ④調査方法：「外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル」（環境省）に準拠。</p> <p>【結果】 水質については、PCB が全調査地点から検出され、その他にベンゾフェノン、スチレン 2 量体、3 量体が鶴見川及び境川を中心に検出された。 底質については、PCB が全調査地点から、ベンゾ(a)ピレンが 8 調査地点から検出され、その他にフタル酸ブチルベンジル等の計 7 物質が検出された。横浜港内及び鶴見川河口先の底質からは多くの物質が検出され、また、濃度についても比較的高濃度であった。 環境庁の全国調査結果と比較すると、水質から検出された物質については、検出割合は高いが濃度は全国調査の範囲内であり、底質については検出割合は概ね同程度であり、濃度も全国調査の範囲内であった。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">エコシティに関する研究 横浜型エコシティに関する研究</p>
部 門	<p style="text-align: center;">プロジェクト研究</p>
<p>【目的】 エコシティには、環境負荷低減型と自然共生型の2つのアプローチがある。本研究では、自然共生型アプローチから、ふるさと生物とふれあえる横浜型エコシティの実現方策についての調査研究を行う。</p> <p>【方法】 横浜の都市構造の生態的特質（谷戸型・流域生態系）、主体形成と合意形成手法等の検討を基礎に、横浜型自然共生都市へのステップアップ・プロセスを検討する。なお、本年は横浜型エコシティ研究の2年目に当たる</p> <p>【結果】</p> <p>(1) 横浜型エコシティの形成の骨格の調査研究 横浜における自然と共生したまちづくりの「生態的拠点」である谷戸を中心に、谷戸一河川一海のエコロジカル・ネットワークを骨格とする流域単位の横浜型エコシティのイメージ図を作成した。併せてそれを実現する際の都市構造の特徴や関連の法律などの政策課題を整理した。</p> <p>(2) エコアップ意識調査 過年度実施したエコアップ意識調査に、高校生のデータを追加し整理を行った。結果として、身近な生きものに対する意識と、自然のとのふれあいの経験について相関関係があることを見いだした。</p> <p>(3) 水系・エコロジカルデザイン技術指針調査 水系・エコロジカル・デザイン技術指針の原案を作成した。</p> <p>(4) モニタリング調査 過年度実施した横浜市内のトンボ池調査を基に、トンボ池台帳の整理を行うとともに、エコアップ評価手法の原案を作成した。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">都市持続に関する研究 都市型温暖化に関する研究 ーヒートアイランド調査ー</p>
部 門	<p style="text-align: center;">プロジェクト研究</p>
<p>【目的】 一般にヒートアイランドの強度は市街地と郊外との気温差として評価される。そこで横浜市内の森林域（郊外に相当）と内陸市街域及び臨海市街域で気温を観測し、ヒートアイランドの発生状況について調査した。</p> <p>【方法】 3小学校での気温観測（森林域：氷取沢小学校、内陸市街域：大岡小学校、臨海市街域：生麦小学校）</p> <p>【結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日平均気温の特徴として春を除く全季節で気温は、森林域より市街域の方が高く、横浜市でも市街化によるヒートアイランド現象が生じつつあることがわかった。 ・冬の最低気温の月平均が森林域より市街域の方が1.6～2.0℃ほど高いことがわかった。 ・熱帯夜（25.0℃以上）の出現日数は各地点とも11～14日と大差なかったが、熱帯夜の平均気温及びその最低気温はともに森林域より市街域の方が高く、特に熱帯夜の最低気温は市街域の方が0.3～0.7℃ほど高い傾向がみられた。 	

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
[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。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。
[方法]	横浜市磯子で2000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nssSO ₄ ²⁻ 、NO ₃ ⁻ 、nssCl ⁻ の酸性雨原因物質、nssCa ²⁺ 、NH ₄ ⁺ 等の中和物質等を分析した。
[結果]	2000年の雨水の年平均pHは4.47、湿性のnssSO ₄ ²⁻ 、NO ₃ ⁻ 、nssCl ⁻ 、nssCa ²⁺ 、NH ₄ ⁺ の年間沈着量はそれぞれ73、35、39、14、60 (meq/m ² /年)、乾性のnssSO ₄ ²⁻ 、NO ₃ ⁻ 、nssCl ⁻ 、nssCa ²⁺ 、NH ₄ ⁺ の年間沈着量はそれぞれ11、11、3、23、3 (meq/m ² /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nssSO ₄ ²⁻ 、nssCl ⁻ 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。

調査研究名	都市持続に関する研究 酸性雨に関する研究 — 人工酸性雨-カラム試験による土壌酸中和能調査 —
部 門	プロジェクト研究
[目的]	関東山地のスギ枯れ等、各地で森林の衰退が問題となっている。この一因として酸性雨による土壌の酸性化が指摘されている。本市においては、現在のところ森林衰退は認められていない。しかし、現在、欧米並の酸性雨が降り続けている状況にあることから、このままいくと、土壌が酸性化して森林が衰退していく可能性がある。そこで、これを未然に防ぐ基礎資料を得るため、平成10年度より、市内の森林土壌の酸性化の実態について調査している。 本年度は人工酸性雨-カラム法により市内の森林土壌の酸中和能の容量について調べた。
[方法]	土壌試料をカラムに詰め、pH3に調整した人工酸性液を滴下し、土壌から植物に有害なAlが溶出するまでのH ⁺ の積算量を酸中和能とした。土壌試料は、道路近傍のスギ、広葉樹、道路から離れた地点のスギ、広葉樹、林外（草地）等、各種14試料を調べた。
[結果]	酸中和能は0～18.2 (meq/土壌100g)の範囲内であった。樹種別にみると、スギ0～7.4、広葉樹10.2～11.4、林外10.6～18.2であり、スギは広葉樹よりかなり少なかった。特に道路近傍のスギは0～0.2と非常に少なく、広葉樹は道路近傍でも10.2と多かった。土壌バルク密度1g/cm ³ 、酸性雨によるH ⁺ 負荷量を40meq/m ² /年 (pH4.6, 1600mm)として、表層土壌10cmが酸性雨を中和できる容量を算出すると、スギは0～185年、広葉樹は255～285年、林外は265～455年となり、道路近傍のスギは0～5年分の容量と非常に少なかった。

調査研究名	都市持続に関する研究 人工衛星データを利用した森林活性度調査
部 門	プロジェクト研究
【目的】	森林を落葉樹林と常緑樹林に分けてその分布状況を把握することは生態系の変化や酸性雨の土壌影響を調べる上で重要である。そこで人工衛星データを用いて横浜市内の落葉樹林と常緑樹林の分布状況を把握する。
【方法】	夏と冬のランドサット衛星データから植生指標（NVI）を用いて落葉樹と常緑樹との判別因子を見出し、これを用いて横浜市内の落葉樹林と常緑樹林の分布図を作成した。
【結果】	人工衛星データの解析結果より、横浜市内の10アール以上の森林は16%であり、その内落葉樹林が10%、常緑樹林が6%と推測された。

調査研究名	都市持続に関する研究 研究所における循環型システムの構築に関する調査研究
部 門	プロジェクト研究
【目的】	環境保全、循環型社会システムに対応した研究所としての行動計画を策定するため、情報を収集、整理するとともに、職員への啓発を進める。
【方法】	この目的を達成するための手順及び方法は以下の通りである。 1. 評価項目の選択 研究所の業務や活動と関連の深い項目を選択する。 2. 環境への負荷 評価項目の環境負荷について、基礎的調査やアンケート調査を行い、環境負荷の現状把握を行う。 3. 環境行動計画の策定 調査結果をもとに、環境負荷を低減するための行動計画を策定する。
【結果】	・電気 電気の使用実態について、機器の規格調査、職員へのアンケート調査、簡易消費電力計調査を行った結果、研究所の年間消費電力の中で、空調関係（暖房、冷房）の占める割合が大きいことがわかった。 ・ガス ガスの使用実態を調査した結果、年間使用量の大部分は、空調（暖房、冷房）であることがわかった。 ・廃棄物 廃棄物の減量、リサイクルを推進するため、紙ゴミの分別を開始し、職員への周知徹底を図った。 ・水道 水道使用の実態について調査した結果、分析操作や器具洗浄と比較して、生活系や冷却水として使用する割合が大きいことがわかった。

横浜市郊外におけるノンポイント汚染源調査（第1報） — 農耕地 —

小市佳延, 福嶋 悟 (横浜市環境科学研究所)

Survey on nonpoint sources in the suburbs of Yokohama — Farming area —

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

キーワード：水質調査, 降雨, ノンポイント汚濁負荷, 農地

要 旨

横浜市中部を流れる帷子川の源流域において、ノンポイント汚染源の一つである農耕地について晴天時および雨天時の流出汚濁負荷調査を行った。その結果、晴天時の平均水質はpH 7.6, EC 31 μ S/m, BOD 1.3mg/l, T-N 3.7mg/l, T-P 0.013 mg/lであった。総降水量が40mm前後で時間降水量10mm以上の大雨の場合、BOD 180mg/l, T-N 7 mg/l, T-P 0.8mg/lまで増加した。加重平均水質はBOD 60mg/l以上, T-P約0.4mg/lと晴天時にくらべて数十倍高いが、T-Nは3.8mg/l前後で晴天時とほぼ同一であった。また、晴天時の流出負荷量はBOD 17g/ha・日, T-N 47g/ha・日, T-P 0.17g/ha・日であった。大雨の時の流出負荷量はBOD 2000g/ha, T-N 100g/ha, T-P 11g/haを上回り、BOD, T-Pについては晴天時の70日分以上に相当した。一方、T-Nは晴天時の2, 3日分であった。

1. はじめに

横浜市における30年近くの公共用水域の水質経年変化¹⁾をみると、下水道の普及により家庭や事業所等からの排水が直接河川に流れなくなってきたため、河川や海域の水質は改善されてきたが、近年は横ばいである。その原因として、従来の事業所等の点源から面的(ノンポイント)汚染源の比率が増してきたためと考えられている。ノンポイント汚染源としては山林や農耕地、工場や自動車等の都市活動から発生する煤煙・粉塵が地表面に堆積したもの、等があげられる²⁾。これらは降雨時に河川に流入し、汚濁負荷となって水質を

悪化させて海まで到達し、あるいは一部は河床に堆積して新たな汚濁源となる。一般にこれらの汚濁流出負荷は土地の用途によって異なる。

横浜市の地目別土地面積³⁾は宅地19,092ha(43.9%)、田313ha(0.7%)、畑3,331ha(7.7%)、山林2,683ha(6.2%)、雑種地2,174ha(5.0%)等である。このうち畑については作物の銘柄によっては施肥量が大量に必要なものがあり、流出汚濁負荷量にも影響が出る^{4, 5)}とされている。そこで土地利用が比較的はっきり別れている市の郊外においてモデル地域を選び、土地利用別の汚濁負荷調査を行うこととした。

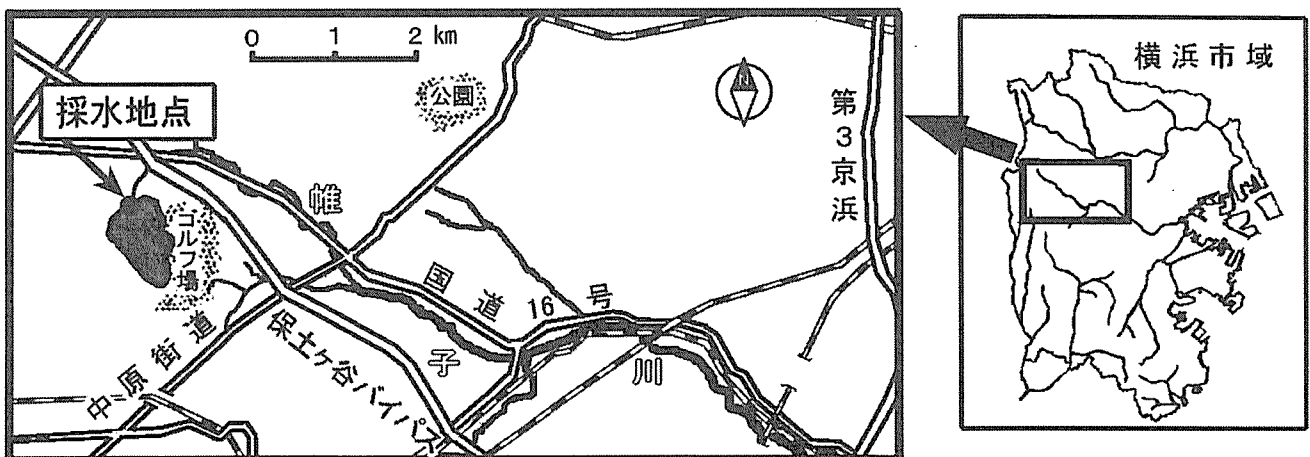


図-1 調査地域

今回は横浜市中部を流れる帷子川の源流域において、農耕地が主体となった集水域について晴天時および雨天時の流出汚濁負荷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

調査対象地域は図-1に示すように、横浜市の中部を東西に流れる帷子川の源流域にあたる上川井町である。ここには主に畑作を中心とした農業専用地区が広がり、ゴルフ場が隣接している。調査は地区内の三面コンクリート水路に設けられた組み立て式の農業用取水堰を採水地点とし、測定機器等を設置して行った。この地点での集水面積は約51ha、このうちゴルフ場が約14haを占める。

2-2 試料採取方法および調査期日

晴天時の試料は農業用取水堰(高さ約60cm×幅2m)内の貯留水を自動採水器(エヌ・ケー・エス社製S-4081)を用いて2時間間隔で24時間、12回採水した。

雨天時の試料は、雨量計と自動採水器が連動するようにリレー回路を新たに組み込み、0.5mmの降水後から採水を開始して、30分間隔で23回採水した。

調査期日は次のとおりである。

晴天時調査： 1999年12月15-16日

雨天時調査： 2000年1月12日

3月23-24日

3月28-29日

2-3 調査項目および測定方法

調査項目は流量、降水量、水素イオン濃度(pH)、濁度、電気伝導率(EC)、生物化学的酸素要求量(BOD)、全窒素(T-N)、全リン(T-P)である。流量については、晴天時は装置の設置時に流速・水深・水路幅を測定し、河川断面積と流速から算出した。雨天時の自動採水期間中の流量は水位データから水頭を求め、堰に関する流量公式を用いて算出した。降水量については0.5mm毎にカウントする雨量計にデータロガーを接続し、10分毎の降水量を記録した。

なお、その他の項目の測定方法を表-1に示す。

表-1 測定方法および機器

項目	測定方法等
流量	流速計:東邦計測 TK-105D または 水位計:離合社 RMD
降水量	転倒ます型雨量計:大田計器 34-Tおよびデータロガー:ティアンドディ RF-3
pH	pH計:東亜電波工業 HM-30V
EC	EC計:東亜電波工業 CM-5S
濁度	濁度計:セントラル科学 TB-50
BOD	ウインクラ-アジ化ナトリウム変法による20°C、5日間酸素消費量
T-N	紫外吸光度法
T-P	ペルオキソ二硫酸カリウム分解法

3. 結果と考察

3-1 晴天時の調査

晴天時の24時間調査の結果を図-2に示す。pHは1回目こそ7.3とやや低いが、その後7.6前後で安定しているのが認められる。ECも同様に31mS/m前後で推移している。有機物の指標であるBODは1.0~1.7mg/lと低い。栄養塩類の指標のT-Nは3.3~4.3mg/l、T-Pは1回目の特異的に約0.05mg/lと高いのを除けば、その後は0.005~0.016mg/lと低いのが認められる。同じ源流域でも、円海山周辺の森林域を源流とする侍従川・宮川・いたち川の各地点では冬季の値でBOD 0.5~2.8mg/l、全無機態窒素0.56~1.5mg/l、リン酸態リン0.001~0.029mg/lであり⁶⁾、これらとくらべると今回の調査地点ではT-Nがやや高いようである。これは周囲が畑作地帯のために、施肥の影響が地下浸透水に出ているものと考えられる。また、流量は約0.007m³/sである。

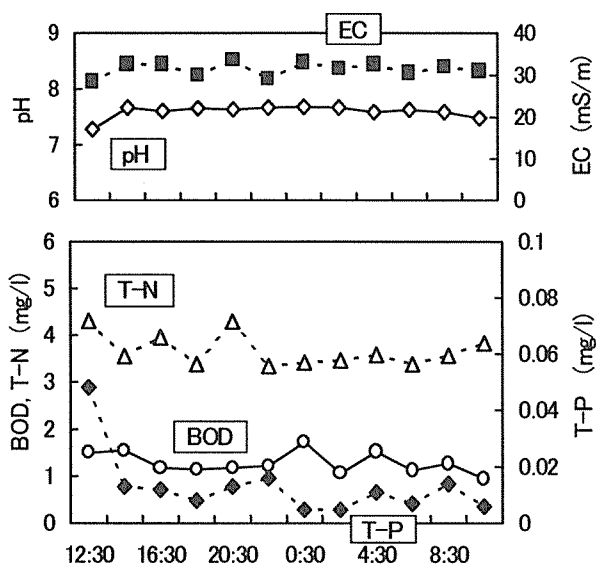


図-2 晴天時調査結果

3-2 雨天時の調査

3-2-1 第1回調査

降水量等の調査結果を図-3に示す。今回の降雨は途中で強くなることもなく、10分あたり0.5mmの状態が採水期間の終盤までほぼ続くパターンである。なお、時間降水量は最大で3mm、採水期間中の降水量は21mmである。

pHは当初の7.6から降雨開始後3時間後には7.9まで上昇し、その後漸減して7.5の状態が続いたのが認められる。ECは32mS/m前後で推移した後、pHと同様に降雨開始3時間後から22mS/mまで漸減している。濁度はいくつか20ppm近くの値が散見されるが、ほとんどは一桁台であり、あまり濁りが認められない。

BODは降雨開始時の2mg/l以下の状態が1時間ほど続き、その後漸増して5時間後には5.2mg/lまで上がるが、次第に減少する傾向がみられる。一方、T-Nは降雨開始から2時間ほどは4mg/l前後で上下した後、3mg/lまで減少して安定する。T-Pは降雨開始時の約0.04mg/lの状態が6時間ほど続き、その後0.19mg/lまで漸増する傾向が見られ

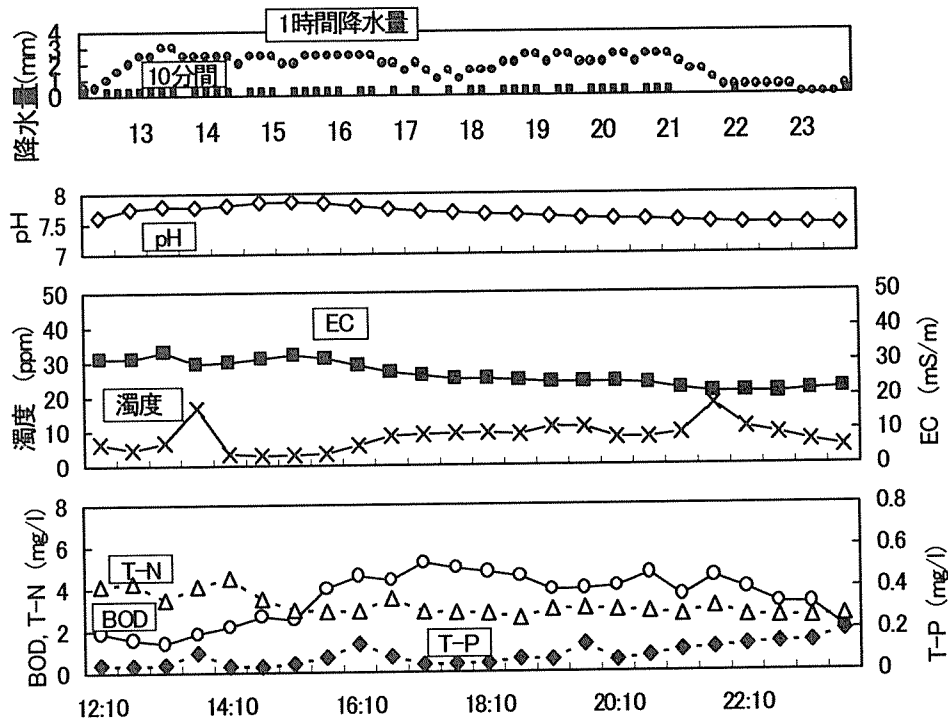


図-3 雨天時調査の結果 (第1回)

る。

晴天時と比較すると、BODは晴天時の4倍まで濃度が高くなっている。T-Nは逆に晴天時より低下しており、降雨による希釈と考えられる。T-Pは晴天時の3~23倍と増加しており、同じ栄養塩でもT-Nとは異なった挙動を示している。これはT-Pが土壌吸着されやすく、懸濁態成分に多く含まれるためと考えられる。

3-2-2 第2回調査

調査結果を図-4に示す。10分毎の降雨は開始から20分ほどでいったんは2mmとなるが、すぐに低下して0.5mm以下の状態が3時間続く。その後は1.5mmに増加し、時間降水量も10mmを越す雨となった。なお、採水期間中の降水量は48mmである。

流量は降雨の最初のピーク時には1時間後わずかに増加したが、その後は降雨が続いているにもかかわらず同じ値で推移している。降雨が強まってくると流量は増加し始め、3時間あまりで0.16m³/sまで達した後、雨が止んだために急速に低下しているのが認められる。

pHは当初7.7だったのが流量の増加とともに下がり始め、流量のピークよりは遅れて7.2まで下がった後、わずかに上がる傾向が認められる。ECもpHと同様に流量に反比例して11mS/mまで低下する。一方濁度は流量が増加し始めると急激に上昇し、流量のピークより1時間30分ほど先行して46ppmまで達するのが認められる。

BODは降雨開始直後いきなり180mg/lと高濃度の値が観測されたが、採水ホースに絡まった枯れ草・ビニール袋・空き缶等のごみによる影響が考えられる。降雨開始から4時間後、流量が増加し始めるとBODも増加し始め、1時間30分後には120mg/lに達した後、徐々に低下するのが認められる。T-Nは4mg/l前後だったのが流量増加に伴っ

て7.0mg/lまで上昇している。T-Pも流量増加にあわせて0.03mg/l前後から0.77mg/lまで上がるのが認められる。

BOD負荷は流量が増加した時期に大きく、流量ピークの1時間前に7.8g/sに達した後、減少している。T-N負荷やT-P負荷も同様の傾向で、それぞれ0.72g/s、0.11g/sまで達した。晴天時の各負荷は平均でBOD 0.010g/s、T-N 0.027g/s、T-P 0.010g/sであるから、ピーク時はBODで約800倍、T-N約30倍、T-P約10倍の負荷量が流出することになる。

3-2-3 第3回調査

調査結果を図-5に示す。今回は0.5mmの降雨があった後、いったん雨は休止し、本格的な降雨になったのは約3時間後で、10分間に3.5mm、時間降水量13.5mmが観測された。また、採水期間中の降水量は38mmである。

流量は降雨が本格的になり始めた頃より30分ほど遅れて上昇しだし、2時間後には0.16m³/sに達している。上昇カーブは2回目調査よりも急であるが、これは10分あたりの降水量が2mmを越えるなど、降雨が前回より強いためと考えられる。

pH、ECは流量の変化と反比例する形で変化し、pHは7.1、ECは8.0mS/mまで低下するのが認められる。濁度は流量が増加し始めると今までの2ppmから急激に増加し、1時間ほどで34ppmに達した後その状態がしばらく続く。濁度ピークは流量ピークよりも早いのが認められる。

BODは当初6mg/l前後だったのが、流量が増加し始めるとともに急激に上昇しだし、いったん120mg/lのピークを迎えて減少するが、流量がピークを過ぎてもBODはさらに増加して180mg/lに達した後、徐々に低下するのが認められる。この複雑な変化の前半は濁度の変化に比例しており、懸濁態成分がBODに寄与していると考えられる。後半

の変化は溶存態成分がBODに寄与しているものと考えられる。T-Nは流量や濁度の増加初期に2.7mg/lから4.7mg/lまで上昇するものの変化は小さい。一方T-Pの変化は大きく、

はじめ0.03mg/l前後だったのが流量変化に比例して0.63 mg/lまで達するのが認められる。各負荷量の変化はおおよそ流量変化に比例しており、

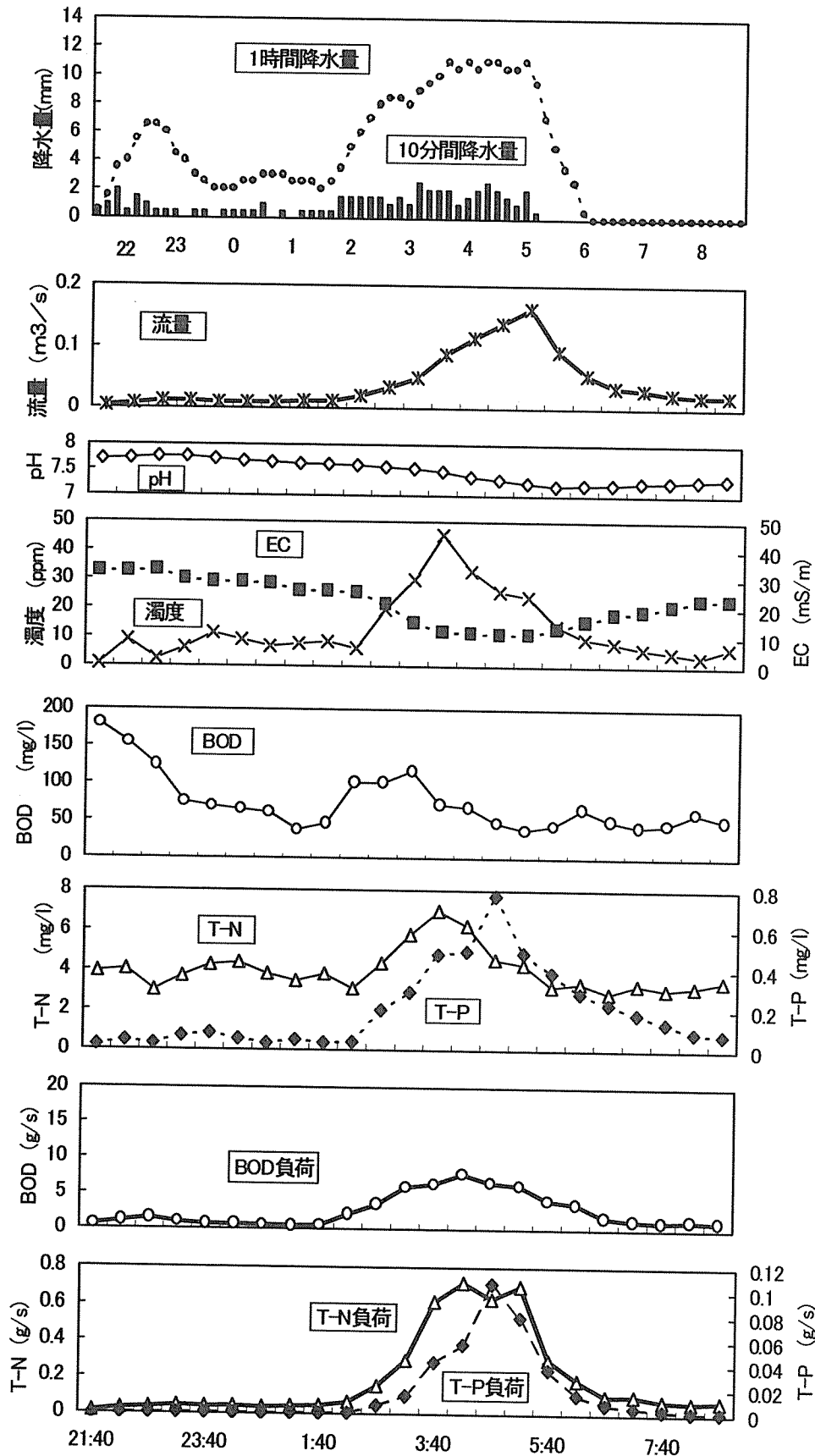


図-4 雨天時調査の結果 (第2回)

それぞれのピークはBOD負荷16g/s, T-N負荷0.57g/s, T-P負荷0.10g/sに達した。

晴天時および雨天時の流出負荷量を算出した結果を表-2に, 水量変化を考慮した加重平均濃度を表-3に示す。晴天時の値は流量が24時間一定と仮定して算出した。

3-3 晴天時と雨天時の比較

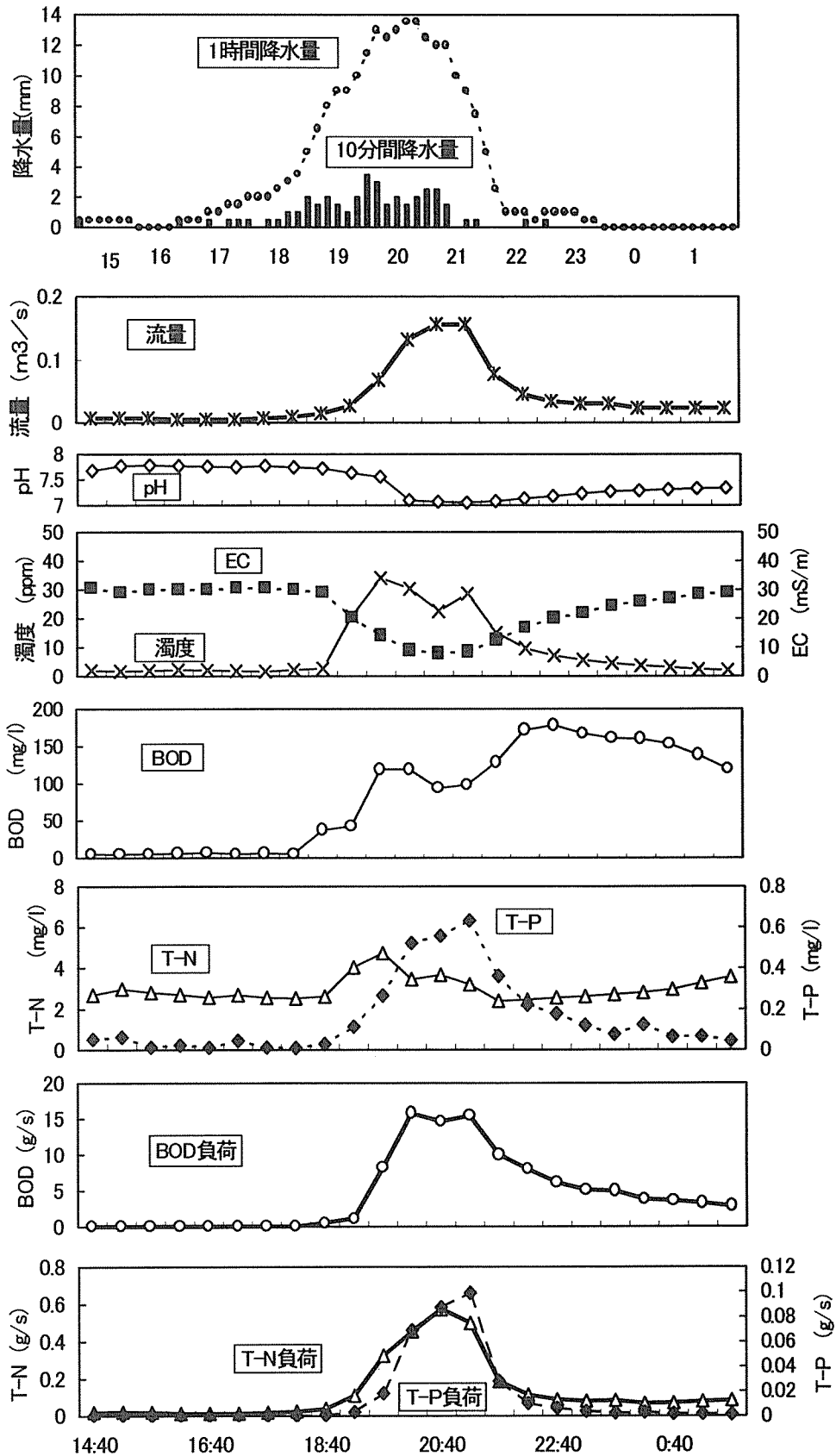


図-5 雨天時調査の結果 (第3回)

表-2 累加流出負荷量の比較

	最大降水量(mm)		水量 (m ³ /ha)	BOD (g/ha)	T-N (g/ha)	T-P (g/ha)
	10分間	1時間				
晴天時	—	—	127 (1)	16.5 (1)	46.7 (1)	0.165 (1)
雨天時 (第2回)	2.5	10.5	342 (2.7)	2080 (126)	154 (3.3)	13.6 (82)
(第3回)	3.5	13.5	323 (2.5)	3630 (220)	105 (2.2)	11.9 (72)

* 晴天時の値は1日に換算、雨天時は降雨開始から11hr(0.46日)の値

** ()内は晴天時を1としたときの比率

表-3 測定期間中の平均濃度(mg/l)

	BOD	T-N	T-P
晴天時	1.3 (1)	3.67 (1)	0.013 (1)
雨天時 (第2回)	61 (47)	4.52 (1.2)	0.398 (30)
(第3回)	113 (87)	3.24 (0.9)	0.369 (28)

* ()内は晴天時を1としたときの比率

また、雨天時の値は降雨検知から11時間、すなわちほぼ半日間の流出負荷量・平均濃度である。

流出負荷量は、降水量30mm以上で時間降水量が10mmを越えた第2回、第3回の調査ともBODは2kg/ha以上と大きく、晴天時の100日以上の方が流出したことになる。それに対してT-Nは晴天時の2、3倍と小さいのが認められる。T-Nは地下浸透水によって溶離した成分が主で、降雨によって増えた一時的な表面水の影響はその量に比べて小さいと考えられる。一方、T-PはBODほどではないが、晴天時の70日分以上が流出したことになり、土粒子の混入が大きく寄与したと考えられる。

平均濃度に換算すると、2つの雨天時はBODが約60ないし110mg/lで、これは晴天時の約50倍以上となる。一方、T-Nは晴天時とあまり変わらない。T-Pは約0.4mg/lで晴天時の約30倍の値となる。いずれも晴天時と雨天時の差は負荷量ほどはない。しかし、降雨によって流出水の水質が希釈されることはなく、晴天時より水質の悪い水が帷子川に流入することになる。

4. まとめ

横浜市中部を流れる帷子川の源流域において、農耕地が主体となった集水域について晴天時および雨天時の流出汚濁負荷調査を行ったところ、以下のような知見が得

られた。

- 1) 晴天時の平均水質は、pH 7.6, EC 31mS/m, BOD 1.3 mg/l, T-N 3.7mg/l, T-P 0.013mg/lであり、源流域としてはT-Nがやや高い傾向にあった。
- 2) 時間降水量3mm以下の降雨の場合、BODが5.2mg/l, T-Pが0.19mg/lまで増加したが、T-Nは2.6mg/lまで減少し、他の項目とは異なる挙動を示した。
- 3) 時間降水量10mm以上で総降水量が40mm前後の大雨の場合、BOD 180mg/l, T-N 7 mg/l, T-P 0.8mg/lまで増加した。加重平均水質はBOD 60mg/l以上、T-P約0.4mg/lと晴天時に比べて数十倍高いが、T-Nは3.8mg/l前後で晴天時とほぼ同一であった。
- 4) 大雨の時の流出負荷量はBOD 2000g/ha, T-N 100g/ha, T-P 11g/haを上回り、このうちBOD, T-Pについては晴天時の70日分以上に相当した。一方、T-Nは晴天時の2、3日分であった。

文 献

- 1) 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11年度), 24-43(2001).
- 2) 和田安彦：ノンポイント汚染源のモデル解析, 技法堂出版, 1-10(1990).
- 3) 横浜市：第79回横浜市統計書, 12-13(2001).
- 4) 田淵俊雄：湖沼流域における面源の窒素排出負荷量, 用水と廃水, 41(6), 520-525(1999).
- 5) 山本哲也, 栗田初美：面源負荷の流出特性と原単位設定に係わる諸問題, 茨城県公害技術センター研究報告, 10, 35-43(2000).
- 6) 横浜市公害対策局：横浜の川と海の生物(第9報・河川編), 51-53(2000).

横浜市郊外におけるノンポイント汚染源調査（第2報）

－ 住宅地 －

小市佳延, 福嶋 悟 (横浜市環境科学研究所)

Survey on nonpoint sources in the suburbs of Yokohama

－ Residential Area －

Yoshinobu Koichi, Satoshi Fukushima

(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：水質調査, 降雨, ノンポイント汚濁負荷, 宅地

要 旨

下水道の普及した地域の公共用水域水質はノンポイント汚染源の影響が大きいと考えられる。横浜市域の主要部分を占める住宅地のノンポイント汚染源としての影響を知るために、横浜市中部を流れる帷子川の上流域において住宅地のモデル地域を選び、晴天時および雨天時の流出汚濁負荷調査を行った。その結果、晴天時の平均水質はpH 7.3, EC 30mS/m, BOD 3.6mg/l, T-N 3.3mg/l, T-P 0.038mg/l, また流出負荷量はBOD 59g/ha・日, T-N 54g/ha・日, T-P 0.57g/ha・日であった。時間降水量が3.5mmまでの降雨調査では、降雨開始から20～30分後にBOD約20mg/l, T-N約5mg/l, T-P約0.3mg/lまで急上昇し、その後漸減した。降り始めから5時間30分の流出負荷量は、BOD 27～150g/ha, T-N 14～53g/ha, T-P 0.74～2.2g/haであり、これらは晴天時の0.3～3.9日分に相当した。

1. はじめに

下水道の普及につれて公共用水域の汚濁源としてノンポイント汚染源の比率が高まり、特に東京湾のような閉鎖性水域ではそれによる影響が大きくなる¹⁾と予想されている。横浜市は下水道普及率が平成11年度末で99%を超え²⁾、ノンポイント汚染源からの流出負荷が市内河川や海域の水質に大きく影響を及ぼしていると考えられる。その流出負荷は土地の用途によって異なるとされており、前報では農耕地の汚濁負荷調査について報告した。

横浜市は首都東京や京浜工業地帯のベッドタウンとして郊外にむけて開発されてきた経緯があり、横浜市の

43.9%にあたる宅地のうち、住宅地区がその8割弱を占める³⁾。このためノンポイント汚染源として住宅地の影響を把握する必要がある。

今回は横浜市中部を流れる帷子川の上流域において住宅地のモデル地域を選び、晴天時および雨天時の流出汚濁負荷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

調査対象地域は図-1に示すように、横浜市の中部を東西に流れる帷子川の上流域にあたる旭区今宿である。

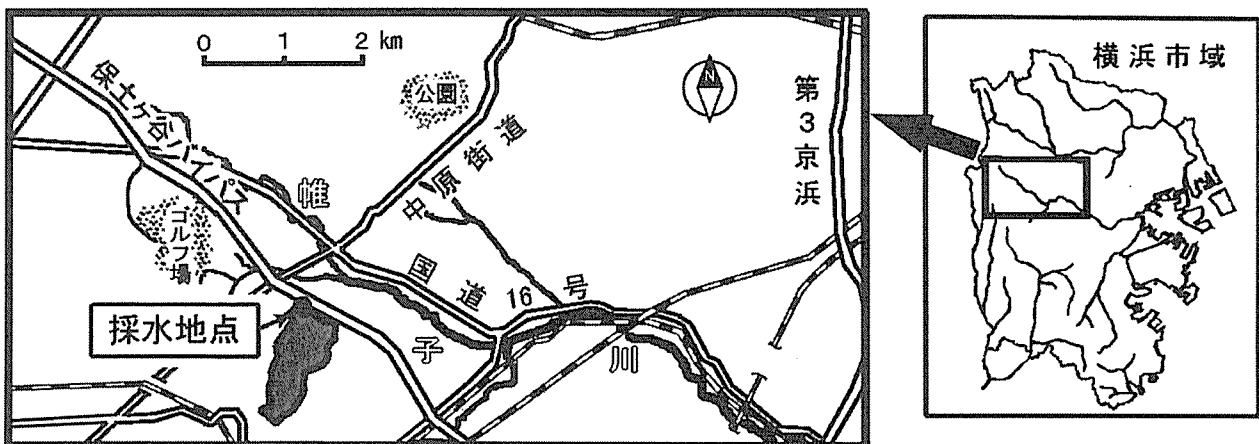


図-1 調査地域

ここにはかつての山林を開発し、計画的に造成された住宅地区が広がっている。調査地域は一戸建て住居が主で、公園や学校、斜面緑地が含まれる。調査は地区内を縦横に走る道路下の雨水管が初めて地上に姿を現す三面コンクリートの開水路を採水地点とし、そこに測定機器等を設置した。この地点での集水面積は約78haである。

2-2 試料採取方法および調査期日

晴天時の試料は、雨天時調査のために自動採水器等の装置を設置した際に採取した。

雨天時の試料は、雨量計からのパルス信号で採水を開始する自動採水器によって、0.5mmの降水後から採水を開始し、その後は15分間隔で23回採水した。

調査期日は次のとおりである。

晴天時調査： 2000年5月31日、6月27日、
2001年2月28日
雨天時調査： 2000年5月31日、6月28日、
2001年3月1日

2-3 調査項目および測定方法

調査項目は流量、降水量、水素イオン濃度(pH)、濁度、電気伝導率(EC)、生物化学的酸素要求量(BOD)、全窒素(T-N)、全リン(T-P)である。流量については、装置の設置および撤収時に流速・水深・水路幅を測定し、河川断面積と流速から算出した。さらに、雨天時の自動採水期間中の流量は、水位データ等を用いて開水路に関する公式により算出した。降水量については0.5mm毎にカウントする雨量計にデータロガーを接続し、10分毎の降水量を記録した。

なお、その他の項目の測定方法等は前報⁴⁾と同様である。

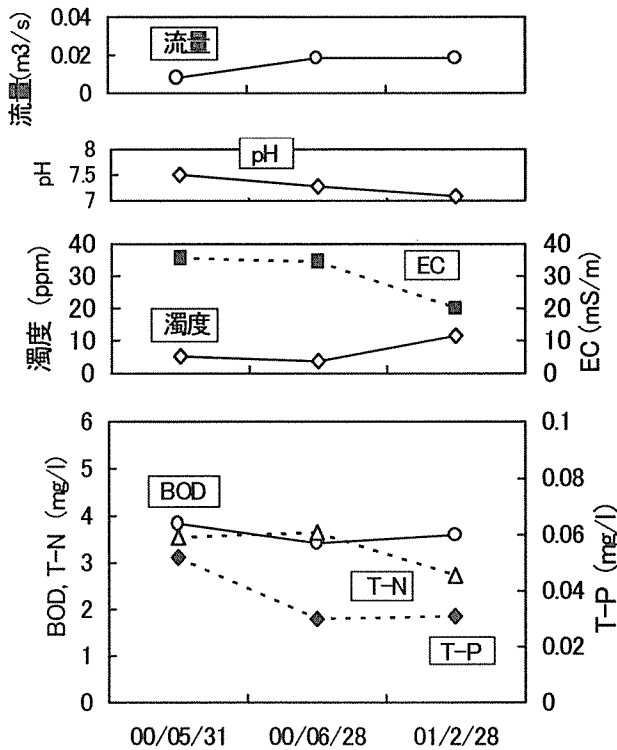


図-2 晴天時調査結果

3. 結果と考察

3-1 晴天時の調査

晴天時の結果を図-2に示す。pHは7.1~7.5, ECは20~36mS/mで、第3回目の結果がやや低いのが認められる。逆にこの時の濁度は12ppmで、他より高めである。BODは3.6mg/l前後で差がないが、T-Nは2.7~3.7, T-Pは0.031~0.052mg/lとやや幅がある。流量は0.008~0.018

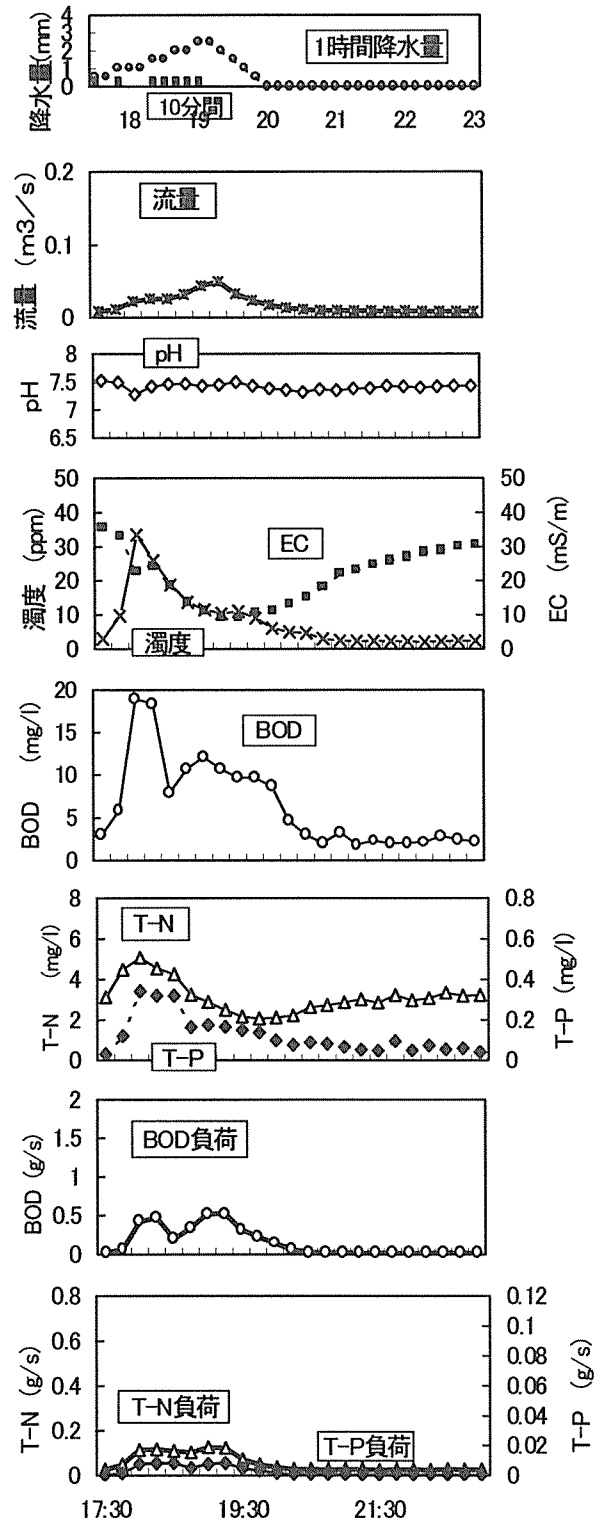


図-3 雨天時調査の結果(第1回)

m³/sである。

前回の農耕地⁴⁾と比較すると、pHはほとんど変わらず、ECも20mS/mの値を除けば大きな違いはない。T-Nも同程度である。対してBODやT-Pは農耕地では平均でそれぞれ1.3mg/l、0.013mg/lであることから、今回の住宅地の方が3倍程度高いのが認められる。

3-2 雨天時の調査

3-2-1 第1回調査

降水量等の調査結果を図-3に示す。降雨は採水初期に時間降水量2mmの雨が降ったケースで、1時間30分で終了している。採水期間中の総降水量も3.5mmと少ない。

流量は降雨開始より少し遅れて増加し始め、降雨の終了より15分後に0.050m³/sのピークに達するのが認められる。前回の農耕地に比べて今回の住宅地は不浸透面が多いため降雨があつてから流出水の到達する時間が短いと考えられる。

pHは降雨があつてもあまり変化はないが、ECは流量に反比例する形で36mS/mから9.0mS/mまで低下し、再び30mS/m付近まで回復するのが認められる。濁度は降雨開始直後から急上昇し、30分後に33.5ppmに達すると徐々に低下する。

BODも当初3.0mg/lだったのが降雨開始直後から急上昇して、30分後には18.9mg/lに達する。BODはこの後もう一度ピークを迎えた後減少していくのが認められる。さらにT-Nも降雨開始30分後にピークとなり、その後低下して定常時より低い2.1mg/lを記録した後徐々に回復していくのが認められる。これは降水によって希釈されたためと考えられる。T-Pは濁度に連動して当初の0.031mg/lから0.34mg/lまで増加しており、懸濁態成分がほとんどと考えられる。

流出負荷量は最高でBOD 0.53g/s、T-N 0.13g/s、T-P 0.0082g/sである。また、負荷量の変化はBODにはっきり出ているようにいずれも二山のピークがみられる。

3-2-2 第2回調査

調査結果を図-4に示す。降雨0.5mmが観測された後2時間降雨がなく、その後1時間の間に3.5mmの雨が降ったケースである。

流量は降雨がまとまってあつた時に大きく変化し、当初0.018m³/sだったのが0.13m³/sまで増加した。雨が止むと15分後には減少に転じているのが認められる。pHは流量増加直後にはやや上昇したものの、すぐにもとに戻り、7.2前後であまり変化がない。ECは流量増加に反比例する形で急激に低下し、37mS/mから7mS/mにまで値が減少している。その後は緩やかに増加しているのが認められる。濁度は流量増加直後に急増し、その後30分間はあまり変わらないが、再び急増して24ppmになった後漸減しているのが認められる。

BODは濁度の第1次ピークの時に7.2mg/lまで増加し、その後は濁度の第2次ピークの時にわずかに増加するものの減少しているのが認められる。T-Nは流量増加に伴って徐々に低下し、4mg/l前後だったのが1mg/l程度まで希釈されたのが認められる。T-Pは濁度の変化に比例して0.02mg/l前後から0.13mg/lまで増加している。

流出負荷量は最高でBOD 0.50g/s、T-N 0.30g/s、T-P

0.0097g/sである。

3-2-3 第3回調査

調査結果を図-5に示す。今回は時間降雨量2、3mmの降雨が採水期間中続いたケースである。

流量は連続した降雨のために降り始めから増加し始め、1時間ほどで0.12m³/sに達し、その後は増減はあるもの

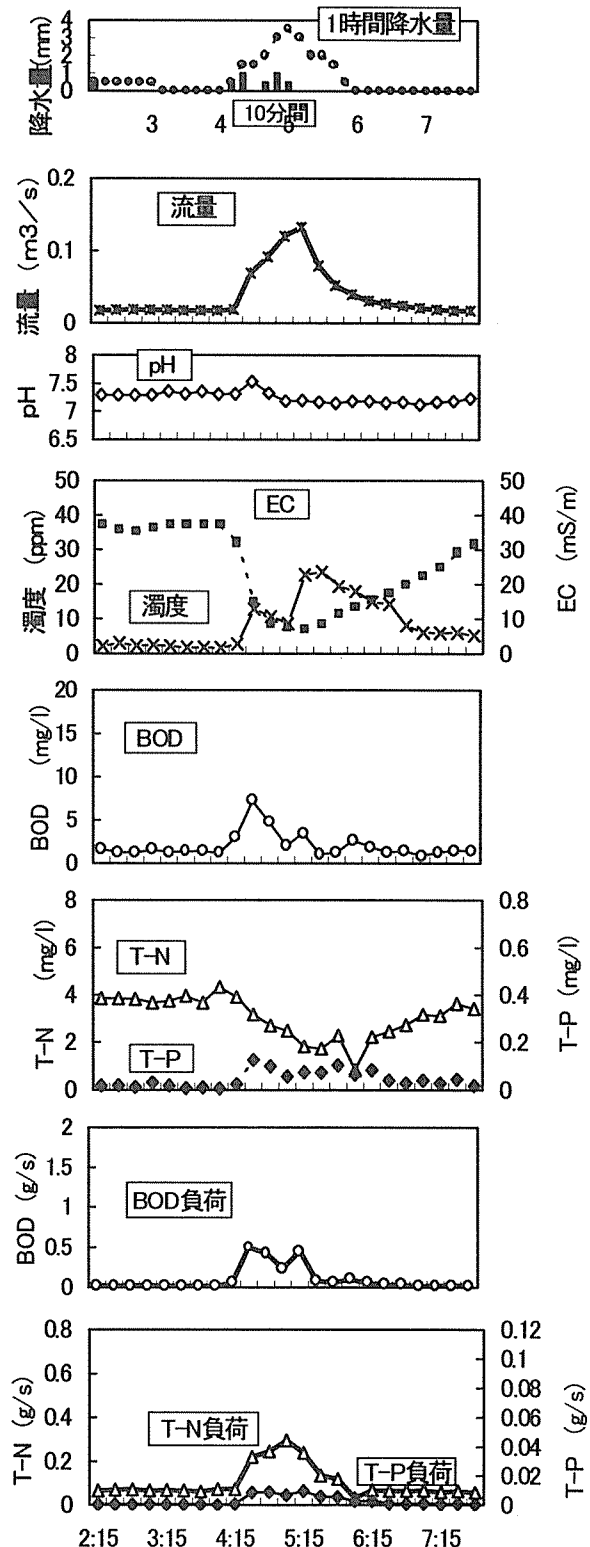


図-4 雨天時調査の結果 (第2回)

のそのレベルで推移するのが認められる。pHは6.9前後で小刻みに変化し、ECは降雨開始から低下していき、1時間後には7mS/m付近で安定する。濁度は当初から18ppmあり、流量増加の初期には26ppmまで増加したが、その後は減少・増加を繰り返しているのが認められる。

BODは当初から12.9mg/lあり、流量の増加で30分ほどで16.2mg/lまで達した後徐々に2mg/l台まで低下していくのが認められる。T-Nも当初から5.0mg/lあり、流量増加に伴って1.5mg/lまで減少していく。T-Pは0.10mg/lから30分後に0.20mg/lに達した後は0.05mg/lまで低下する傾向がみられる。

負荷量変化はいずれも開始から1時間後にピークを迎え、BOD負荷1.5g/s、T-N負荷0.4g/s、T-P負荷0.018g/sに達する。これらは第1、2回の雨天調査より高い値である。

3-3 晴天時と雨天時の比較

晴天時および雨天時の流出負荷量を表-1に示す。晴天時の値は24時間の水質・流量が変わらないと仮定した3回分の平均値である。雨天時の値は降雨初期5時間30分(約0.23日)の採水期間中の累加量である。BOD流出負荷量は、第1、2回雨天時は1日分を下回り、第3回だけが2.5日と、1日分を越えている。しかし、いずれも晴天時の0.23日分は越えており、これとの差分が降雨によって増加した流出負荷量と考えられる。T-N流出負荷量はBODよりさらに小さく、3回とも1日分以下となっている。一方、T-Pはいずれも1日以上であり、特に第3回の調査では約4日分が流出したことになる。

つぎに水量変化を考慮した加重平均濃度を表-2に示す。BODは雨天時が2.6~8.9mg/lで、第2回のみが晴天時の値を下回る。T-Nは雨天時の方が晴天時より低く、降水によって希釈されたと考えられる。T-Pは0.06~0.16mg/lで、雨天時の方が高く、晴天時との比率はBODより高いのが認められる。

4. まとめ

横浜市中部を流れる帷子川の上流域において、住宅地が主体となった集水域について晴天時および雨天時の流出汚濁負荷調査を行ったところ、以下のような知見が得られた。

- 1) 晴天時の平均水質はpH7.3、EC 30mS/m、BOD 3.6mg/l、T-N 3.3mg/l、T-P 0.038mg/l、また流出負荷量はBOD 59g/ha・日、T-N 54g/ha・日、T-P 0.57g/ha・日であった。
- 2) 時間降水量が3.5mmまでの降雨調査では、降雨開始から20~30分後にBOD約20mg/l、T-N約5mg/l、T-P約0.3mg/lまで急上昇し、その後漸減した。
- 3) 5時間30分の降雨時採水期間中の流出負荷量は、BOD 27~150g/ha、T-N 14~53g/ha、T-P 0.74~2.2g/haであった。これらは晴天時の0.3~3.9日分に相当した。

文献

- 1) 和田安彦：ノンポイント汚染源のモデル解析、技法堂出版、1-10(1990)。
- 2) 横浜市：第79回横浜市統計書、214-215(2001)。

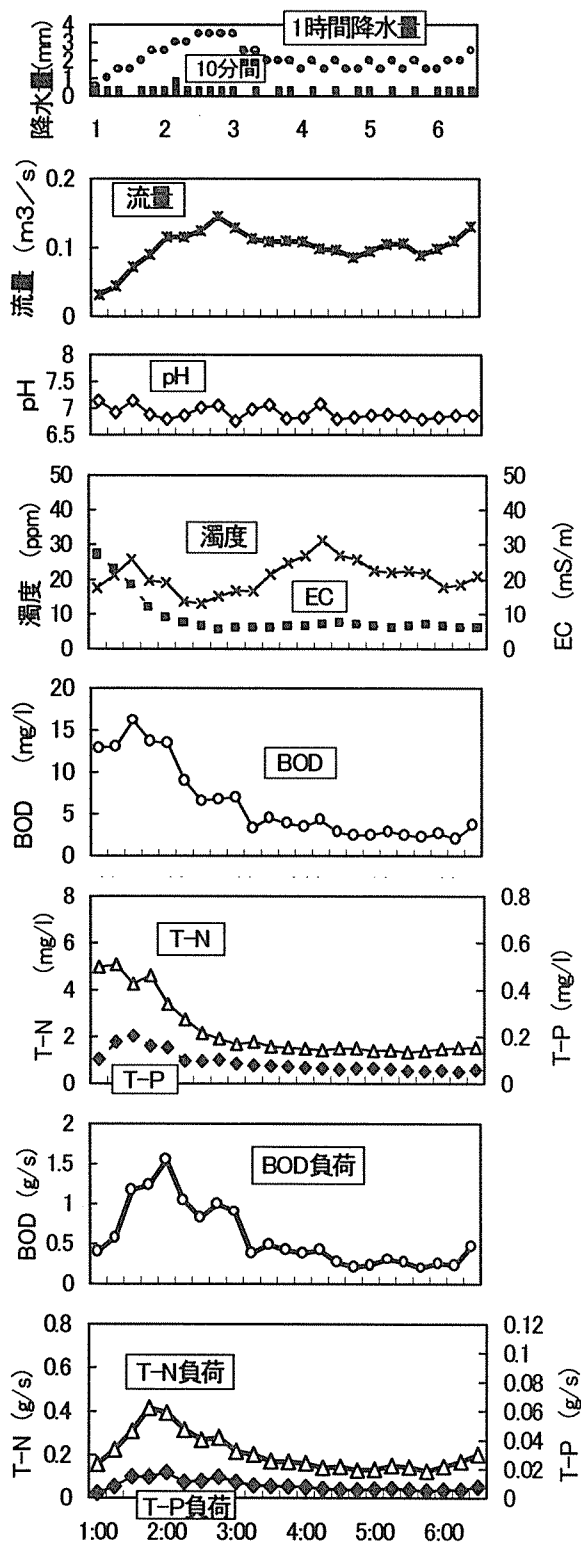


図-5 雨天時調査の結果(第3回)

- 3) 横浜市：第79回横浜市統計書、12-13(2001)。
- 4) 小市佳延、福嶋悟：横浜市郊外におけるノンポイント汚染源調査(第1報)―農耕地―、横浜市環境科学研究所報、26、(2002)。

表-1 累加流出負荷量の比較

	最大降水量(mm)		水量 (m ³ /ha)	BOD (g/ha)	T-N (g/ha)	T-P (g/ha)
	10分間	1時間				
晴天時	—	—	16.5 (1)	59.0 (1)	53.8 (1)	0.568 (1)
(第1回)	0.5	2.5	4.6 (0.28)	41.1 (0.70)	14.3 (0.27)	0.738 (1.3)
雨天時 (第2回)	1.0	3.5	10.2 (0.62)	26.5 (0.45)	26.5 (0.49)	0.652 (1.1)
(第3回)	1.0	3.5	25.8 (1.6)	147 (2.5)	52.8 (0.98)	2.22 (3.9)

* 晴天時は1日に換算, 雨天時は降雨初期 5.5時間(0.23日)の値

** ()内は晴天時を1としたときの比率

表-2 測定期間中の平均濃度:(mg/l)

	BOD	T-N	T-P
晴天時	3.6 (1)	3.25 (1)	0.034 (1)
(第1回)	8.9 (2.5)	3.09 (0.95)	0.160 (4.7)
雨天時 (第2回)	2.6 (0.73)	2.60 (0.80)	0.064 (1.9)
(第3回)	5.7 (1.6)	2.05 (0.63)	0.086 (2.5)

* ()内は晴天時を1としたときの比率

横浜市内の池における水環境と魚類相、甲殻類（十脚目）相 の調査報告

樋口文夫，水尾寛己，福嶋悟（横浜市環境科学研究所）
前川渡，阿久津卓（横浜市環境保全局）
梅田孝（横浜市青葉区役所）

Reports on the distributions of freshwater fish, Crustacea (Decapoda) and water environments of ponds in Yokohama City

Fumio Higuchi, Hiromi Mizuo, Satoshi Fukushima (Yokohama Environmental Reserch Institute)
Wataru Maekawa, Takashi Akutsu (Yokohama Environmental Protection Bureau)
Takashi Umeda (Aoba Ward Office of Yokohama City)

キーワード： 魚類，甲殻類，水環境，池，横浜

要約

横浜市内における池の魚類，甲殻類相の現状を把握するために 1994 年～1997 年に行った調査結果を報告する。対象とした池は，ため池が 17，公園池が 39，遊水池が 23，養魚池が 1 の計 80 地点であった。池面積は 25～46200m² の範囲であった。水質環境は，栄養型区分から見ると，公園池が過栄養型，その他は富栄養型で，水の色では，茶色，緑色，灰色の順に多く，透明が少なかった。

魚類，甲殻類の出現種類数は，魚類が 7 科 27 種（属，亜種，飼育品種），甲殻類は 6 科 9 種であった。この中で，淡水域の在来種が 23 種中 12 種，外来種が 6 種であった。出現率は，魚類ではモツゴが最も多く約 60%，つぎにトウヨシノボリで 35%，フナ属の 25% の順に多かった。オオクチバス，ブルーギルは 20% 台の率を示した。甲殻類ではアメリカザリガニが最も多かった。池区分別の出現率は，ため池，公園池，遊水池ともモツゴ，トウヨシノボリが多かった。甲殻類ではヌカエビがため池に多く，ザリガニが公園池，遊水池に多かった。池面積と魚類の種類数との関係が示され，10000m² 前後まで 2～3 種で一定，それ以上で増加傾向を示した。最大値で 7 種であった。

以上，市内池の魚類相，甲殻類相が明らかになった。これらの結果は，地域の特徴を考慮した在来種の再生，保護育成に関する基礎的資料となるものである。

1. はじめに

市内の池は，ほとんどが農業用ため池として人為的に造られたものであり，丘陵地を含む谷戸生態系の中で多様な生物の生息場所として存在してきた。しかし近年の都市近郊における宅地開発等により多くの池が埋め立てられたり公園池，遊水池に変化してきた。そしてさらに最近では都市の水辺空間の重要性が指摘され，多自然型，ビオトープ等の池の再生が各地で行われるようになってきた。一方，生物の側からは在来種の減少，他地域からの移入，外来魚の放流による生物群集の攪乱が進んでいる。

このような池の置かれている状況にあって池と生物の歴史性，地域性を考慮した再生，回復を図るための情報が必要とされている。しかし水生生物に関する調査報告は少なく，天然記念物等の希少なタナゴ類保護を目的とした調査¹⁾，大規模都市開発地区の調査²⁻⁴⁾，特定地域の池調査⁵⁻⁷⁾以外あまり見かけない。

以上のことから池の現状と今後のあり方を解析するための基礎的資料を得るために生物相調査を 1994 年～1997 年の 4 年間行った。今回は池の形態，水質環境，魚類，甲殻類十脚目に関する調査結果を報告する。

2. 方法

調査期間は 1994 年から 1997 年の春から夏にかけて実施した。

調査地点は地点，池名，用途区分を図-1，表-1 に示した。対象とした地点数の合計は 80，区分別の地点数は，ため池が 17，公園池が 39，遊水池が 23，養魚池が 1 であった。なお解析によっては養魚池を除いて検討し，また水質調査は欠測等により最大で 77 地点であった。用途区分の方法は，農業用水として造られ，昔からの池形態が保たれているため池，公園の中にある池を公園池，また宅地開発にともない造られた調節池を遊水池とした。この区分は，ため池であったものが遊水池，公園池とし

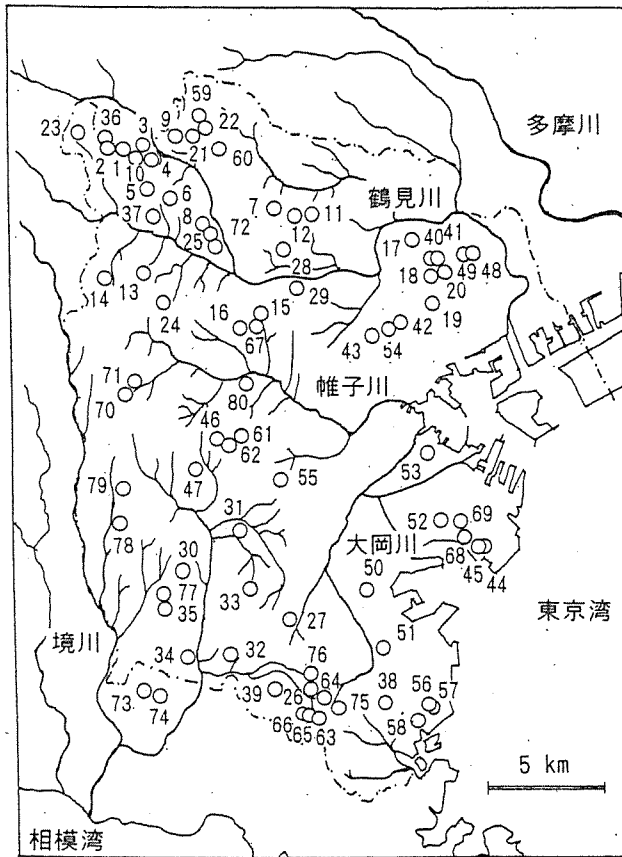


図-1 横浜市内の池調査地点

て形態が改変された池があり、あくまで現状の用途、形態等を考慮して分けた。なお防災池は遊水池に含めて検討した。

調査方法は、魚類、甲殻類がタモ網 (D型フレームネット、網目0.6×0.6mm)、投網 (網目10×10mm)、ピンドウ (25×34×25cm) を3個用いて調査した。採集時間は1地点、約1から2時間、調査人員は環境測定が1名、魚類、甲殻類は2名で行った。採集個体は現場で個体数、体長の測定後に放流した。また種不明個体については10%ホルマリンに固定して持ち帰った。

環境調査の水質測定項目と分析方法を表-2に示した。

水質項目は、気温、水温、pH、電気伝導度 (EC, 25°C)、水の色、透視度、酸化還元電位 (Eh)、溶存酸素量 (DO)、生物化学的酸素要求量 (BOD)、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)、総窒素 (NH₃-N+NO₂-N+NO₃-N)、リン酸態リン (PO₄-P)、クロロフィル a (Chl.a) であった。形態計測は、護岸構造、底の其質成分等で示した。池面積は調査時に簡易測定で水面の長径、短径値から求めた。また大きな池については、1/1500、1/25000 縮尺の地図から求めた。水深は最大値で示した。

3. 結果と考察

3-1. 池形態

区分別の池面積、水深、底質、護岸構造を表-3に示した。

池面積の平均値、最小値から最大値は、全体では 4084 m²、25~46200 m²、ため池が 3727 m²、300~19431 m²、公園

表-1 池の地点名、池名、用途区分

No	地点名	池名	区分	No	地点名	池名	区分
1	MU	むじな池	ため池	41	FTL	ニツ池東	ため池
2	OU	寺家大池	ため池	42	KN	菊名池	公園池
3	SI	寺家新池	ため池	43	SH	篠原池	公園池
4	IY	居谷戸池	遊水池	44	NS2	N事業所根岸2	防災池
5	SA	桜台公園	公園池	45	NS3	N事業所根岸3	防災池
6	MO	もえぎ野公園	公園池	46	KW	柏	遊水池
7	KA	鴨池公園	公園池	47	NZ	名瀬川	遊水池
8	AS	朝日湖	ため池	48	MS	三ツ池公園下	公園池
9	KI	金水谷戸池	ため池	49	MN	三ツ池公園中	公園池
10	YA	やじろ	遊水池	50	KU	久良岐公園	公園池
11	SE	せせらぎ	公園池	51	TU	坪呑公園	公園池
12	CH	御手洗池	ため池	52	NG	根岸森林公園	公園池
13	KR	霧ヶ丘	遊水池	53	YK	横浜公園	公園池
14	GE	玄海田	遊水池	54	SR	白幡池	公園池
15	TA	竹山団地	公園池	55	KJ	児童遊園地	公園池
16	KO	向陽学園	ため池	56	TMK	長浜公園 (汽水公園池)	公園池
17	IN	熊野神社	公園池	57	TMT	長浜公園 (淡水公園池)	公園池
18	SN	獅子ヶ谷新池	ため池	58	KS	小柴崎緑道	公園池
19	FU	藤本農園	養魚池	59	OB2	大場第一	遊水池
20	SM	下谷広場	公園池	60	EG	桂古田	遊水池
21	MM	もみの木台	遊水池	61	NK	子供自然中池	公園池
22	OB	大場第三	遊水池	62	OK	子供自然大池	公園池
23	NA	奈良池	ため池	63	MT	みずぎの谷	公園池
24	WA	若葉台	遊水池	64	MZ	水鳥の池	ため池
25	SA	寒池	遊水池	65	MZ2	自然観察の森2	ため池
26	OF	大船台	遊水池	66	MZ3	自然観察の森3	ため池
27	NM	日野南5-4	遊水池	67	AR	荒井町公園	公園池
28	HI	東方池	遊水池	68	HM	本牧市民公園	公園池
29	HG	東本郷住宅地	遊水池	69	SO	三溪園大池	公園池
30	YB	谷矢部池	公園池	70	YS	矢指市民	公園池
31	KS	柏尾池	遊水池	71	OI	追分市民の森	公園池
32	NR	野村遊水池	遊水池	72	KT	北八朔公園	公園池
33	EE	飯島ワンワン	公園池	73	KM1	玉縄2丁目	公園池
34	KN	金井	遊水池	74	KM2	清泉女学院裏	ため池
35	KB	弘法池	公園池	75	HY	ひょうたん池	ため池
36	KK	こどもの国	公園池	76	SE	瀬上池	ため池
37	FJ	藤が丘公園	公園池	77	KZ	小雀公園	公園池
38	FD	お不動池	公園池	78	JZ	地蔵原の水辺	公園池
39	KT	桂台第二	遊水池	79	IZ	いずみ野	遊水池
40	FTR	ニツ池西	ため池	80	FTR	田原橋公園	公園池

表-2 水質測定項目と分析方法

項目	分析法
気温	携帯型デジタル温度計
水温	携帯型デジタル温度計
pH	携帯型Ph計, TOA HM-12P
電気伝導度 (EC)	携帯型Ph計, TOA CM-14P
透視度	透視度計, 50cm (現場測定)
酸化還元電位 (Eh.水)	携帯型ORP計, TOA RM-1K
酸化還元電位 (Eh.泥)	携帯型ORP計, TOA RM-1K
溶存酸素量 (DO)	JIS K-0102 ウインクラー変法
生物化学的酸素要求量 (BOD)	JIS K-0102
アンモニア態窒素 (NH ₄ -N)	インドフェノール青吸光度法
亜硝酸態窒素 (NO ₂ -N)	イオンクロマトグラフ法
硝酸態窒素 (NO ₃ -N)	イオンクロマトグラフ法
全無機態窒素 (TIN)	(NH ₄ -N)+(NO ₂ -N)+(NO ₃ -N)
リン酸態リン (PO ₄ -P)	モリブデン青 (アスコルビン酸還元) 吸光度法
クロロフィル a (Chl.a)	ロレンツェン法

池が 4664 m², 100~30510 m², 遊水池が 3362 m², 25~46200 m² であり, 公園池の面積が他より大きく, 遊水池は面積の範囲が広がった。

水深の最小値, 最大値は, ため池, 公園池ともに 15~160 cm の範囲, 遊水池は 1~250 cm と範囲が広がった。

底質の基質は, ため池が泥, 土丹, 腐植土が多く, 公園池では泥, 砂, レキ, コンクリート等と基質性状の種類が多様であった。遊水池はコンクリートが多く, またその上に泥が堆積した池が多かった。

護岸構造は, ため池では土, 土・コンクリートが 80% 以上で多く, 公園池ではコンクリート, 石積み等で約 50%, 遊水池はコンクリートが 44% で, 他はコンクリート・土等であった。

3-2. 水質環境

水質分析結果を項目別に平均値, 標準偏差, 最小値, 最大値を表-4, 付表-1, 2 に示した。

pH の平均値, 最小値, 最大値は, 7.7, 6.9~9.4 とアルカリ側に偏っていた。Eh は, 底質泥で 257mV, -173

~527mV を示し, BOD 値は 5.6 mg/l, 0.5~37 mg/l の範囲で有機性の汚濁が進んだ池があった。TIN は 0.76 mg/l, 0~7.8 mg/l の範囲で変動が大きく, この窒素成分の中では NO₃-N の割合が高かった。PO₄-P は 0.01 mg/l, 0~0.3 mg/l, 植物プランクトン量を示す Chl.a は, 53.5 μg/l, 0.4~915 μg/l の範囲でいずれも変動幅が大きかった。

つぎに区分別の水質では, 公園池が pH では他と変わらないが, BOD 値, TIN, Chl.a で高い値を示し, PO₄-P は低い値を示していた。遊水池は pH, PO₄-P を除いてため池より低い傾向を示していた。湖沼の栄養度の区分⁸⁾から Chl.a をもとに評価して見ると, 貧栄養, 中栄養, 富栄養, 過栄養の 4 ランクの中で, 公園池では過栄養 (Hypertrophic), ため池, 遊水池は富栄養 (Entrophic) の区分に入る。

水の色と水質との関係を見たのが表-5 である。

水の色は, 茶色系 (茶, 薄茶, 茶緑), 緑色系 (緑, 薄緑, 黄緑, 緑褐, 緑茶), 灰色御系 (灰茶, 灰緑, 灰黒, 灰白), 透明の 4 区分とし, それぞれの水質分析値の平均

表-3 池区分別の形態

区分	池名	面積	水深	底質 (沿岸)	護岸	区分	池名	面積	水深	底質 (沿岸)	護岸
ため池	むじな池	600	100<	土外落葉腐植土	土, ササ	公園池	長浜公園 (汽)	15300	100<	泥	土, コンクリート
	寺家大池	3850	150<	土外腐植土	土, コンクリート		長浜公園 (淡)	2166	50	泥, 砂	石積み
	寺家新池	1800	150<	土外腐植土	土, コンクリート		小柴崎緑道	642	30	泥	石積み
	朝日湖	3000	—	砂泥腐植土	土, 石積み		子供自然中池	3264	50	泥, 砂	石積み, コンクリート
	金水谷戸	2800	160<	泥	コンクリート		子供自然大池	5472	60	泥	石積み
	御手洗池	1250	150<	砂泥	土		みずきの谷	3000	100<	砂, 泥, 落葉	土, 石積み
	向陽学園	300	—	泥	土, コンクリート		荒井町公園	300	20	泥	土
	獅子ヶ谷新池	625	80<	泥砂, 落葉	土		本牧市民公園	30510	100<	泥	コンクリート
	奈良池	2500	—	泥	土, 石積み		三溪園大池	15504	100<	泥, レキ	木杭
	二ツ池西	10488	60	泥	コンクリート, 土		矢指市民	120	20	泥	土
	二ツ池東	12672	60	砂	コンクリート, 土		追分市民の森	200	20	泥	土
	水鳥の池	1250	50	砂, 泥	土		北八朔公園	4500	60	泥	土
	自然観察の森2	500					玉縄2丁目	6000	60	泥	コンクリート
	自然観察の森3	500					小雀公園	858	100	泥	土
	清泉女学院裏	1500	40	泥	土		地蔵原の水辺	250	30	レキ, 泥	石積み
	ひょうたん池	300	50	泥	土		田原橋公園	1608.0	15	クリト上に泥と落ち	コンクリート
	瀬上池	19431	100<	砂, 泥, 落葉	土		居谷戸池	1875	250	土外腐植土	土, コンクリート
	桜台公園	1000	80<	打込石砂落葉	打込石板欄木杭		やじろ	2975	20	コンクリ上の泥	コンクリート
	もえぎ野公園	4000	100<	砂泥レキ	土コンクリ石積み木杭		霧ヶ丘	1000	50	コンクリ上の砂	土, コンクリート
	鴨池公園	2158	100	泥	土, 石積み		玄海田	250	150<	砂	コンクリート, 石積み
せせらぎ	4242	150<	レキ	石積み	もみの木台	1000	—	—	コンクリート		
竹山団地	6400	170	泥砂	コンクリート, 石積み	大場第三	150	40	泥	土, 石積み, 石杭		
熊野神社	180	60	落葉, 泥	石積み	若葉台	4500	—	泥	コンクリート, 石積み		
下谷広場	250	50	砂泥	土	寒池	200	60	泥	コンクリート, 石積み		
谷矢部池	1050	60	砂	木杭・板柵	大船台	1200	200	泥	石積み		
飯島ワンワン	160	30	コンクリート, 泥, レキ土, コンクリート		日野南5-4	25	20	砂	コンクリート, 土		
弘法池	350	100<	泥, 落葉, 岩盤	木杭	東方池	300	—	レキ, 泥, 落葉	コンクリート, 石積み		
こどもの国	22560	100	泥, 落葉	石積み	東本郷住宅地	4000	15	コンクリート, 泥	コンクリート		
藤が丘公園	1250	40	泥, 砂, コンクリート	石積み	柏尾池	800	40	泥	コンクリート		
お不動池	5586	—	砂, コンクリート, レキ	石積み, 木杭	野村	30	2	コンクリート, 泥	コンクリート		
菊名池	3078	60	泥, 砂	石積み	金井	46200	20	泥	コンクリート, 石積み		
篠原池	4176	60	クリト上に泥, 砂, 落	コンクリート	桂台第二	400	60	泥, 砂, コンクリート	コンクリート, 植物		
三ツ池公園下	11760	100<	泥	コンクリート	N事業所根岸2	2800	70	コンクリート上に泥	石積み		
三ツ池公園中	15750	100<	レキ, 泥, 落葉	コンクリート	N事業所根岸3	2750	80	コンクリート上に泥	石積み		
久良岐公園	1680	70	泥	コンクリート	柏	4000	2	コンクリート上に泥, 砂	コンクリート		
坪呑公園	100	70	泥, 砂	コンクリート, 土	名瀬川	100	1	コンクリート上に砂	コンクリート		
根岸森林公園	1378	30	泥, 砂	石積み	大場第一	75	20	泥	コンクリート		
横浜公園	630	50	コンクリート上に泥, 砂	コンクリート	荻古田	1200	20	泥	コンクリート		
白幡池	2850	100<	泥	コンクリート, 鉄板	いずみ野	1500	15	泥	コンクリート, 土		
児童遊園地	1620	50	泥, 落葉	コンクリート							

値, 最小値, 最大値を求めた。

茶色系が 38%, 緑色系が 25%, 灰色系と透明がほぼ同じ約 20%の割合を示した。

緑色系は pH, DO, BOD 値, Chl.a が高く, TIN, PO₄-P

が低かった。ついで茶色系が同様な傾向を示し, 透明が PO₄-P を除いて逆の関係を示していた。これらはプランクトン組成の違いを反映し, 緑色系は緑藻類が多い池で活発に光合成を行うために CO₂ が消費され, pH が高く, DO

表-4 池区分別の水質環境

項目	気温	水温	pH	EC	透視度	Eh(水)	Eh(泥)	DO	BOD	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TIN	PO ₄ -P	Chl.a	
区分	°C	°C		μS/cm	cm	mV	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	μg/l	
ため池	x	25.0	22.3	7.5	273.4	31.3	420.3	206.7	9.2	5.0	0.164	0.028	0.490	0.682	0.022	37.4
	u	4.3	4.8	0.3	125.2	10.8	101.8	125.1	2.6	3.0	0.294	0.059	0.967	1.310	0.076	29.7
	min	18.4	11.0	6.9	114.1	15.0	187.0	-43.0	4.4	1.8	0.002	0.000	0.005	0.040	0.002	14.0
	max	32.4	32.4	8.1	598.0	50.0	617.0	427.0	13.0	12.0	1.114	0.232	3.832	5.178	0.296	109.0
	n	15	15	15	15	11	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
公園池	x	25.2	23.0	7.7	309.1	23.3	445.2	264.9	9.3	6.7	0.100	0.009	0.702	0.811	0.003	73.7
	u	3.6	3.6	0.5	216.9	11.4	106.4	127.7	2.9	6.4	0.361	0.013	1.669	1.706	0.003	144.9
	min	18.9	11.6	7.0	129.7	9.0	267.0	-173.0	1.5	0.5	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.4
	max	33.8	29.2	9.0	1326.6	45.0	707.0	517.0	17.0	37.0	2.248	0.056	7.766	7.808	0.011	915.0
	n	39	39	39	37	30	39	39	38	38	38	38	38	38	38	39
遊水池	x	24.9	22.8	7.9	454.0	26.9	465.9	278.9	10.2	4.1	0.070	0.019	0.631	0.726	0.014	26.3
	u	3.9	4.4	0.7	294.4	12.7	74.7	128.6	3.6	3.7	0.123	0.023	0.754	0.773	0.032	42.3
	min	18.7	17.3	7.1	135.0	12.0	307.0	-53.0	3.6	0.9	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	1.1
	max	32.0	32.2	9.4	1116.1	42.0	627.0	527.0	18.0	16.0	0.608	0.087	2.372	2.481	0.154	189.0
	n	23	23	23	23	7	23	21	23	23	23	23	23	23	23	20
合計	x	25.1	22.8	7.7	346.4	25.6	446.5	257.2	9.6	5.6	0.104	0.016	0.640	0.760	0.010	53.5
	u	3.8	4.1	0.6	238.7	11.7	97.1	128.4	3.1	5.3	0.293	0.031	1.312	1.391	0.038	109.7
	min	18.4	11.0	6.9	114.1	9.0	187.0	-173	1.5	0.5	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.4
	max	33.8	32.4	9.4	1327.0	50.0	707.0	527.0	18.0	37.0	2.248	0.232	7.766	7.808	0.296	915.0
	n	77	77	77	75	48	77	75	76	76	76	76	76	76	76	74

注) x : 平均値, u : 不偏分散からの標準偏差, min : 最小値, max : 最大値, n : 標本数. 表5, 8も同じ。

表-5 水の色別水質環境

水の色	項目	気温	水温	pH	EC	透視度	Eh(水)	Eh(泥)	DO	BOD	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TIN	PO ₄ -P	Chl.a
		°C	°C		μS/cm	cm	mV	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	μg/l
茶色系	x	25.4	22.8	7.7	365.1	24.6	429.4	248.6	9.4	5.3	0.133	0.021	0.504	0.657	0.013	46.7
	u	4.1	4.5	0.4	251.6	11.2	89.3	110.5	2.8	3.2	0.236	0.044	0.868	1.079	0.055	39.2
	min	18.4	11.0	6.9	114.1	9.0	187.0	-43.0	4.4	0.9	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	5.6
	max	33.8	32.4	8.5	1326.6	50.0	617.0	427.0	16.0	16.0	1.114	0.232	3.832	5.178	0.296	189.0
	n	29	29	29	28	25	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
緑色系	x	25.9	25.2	8.0	247.4	21.1	450.9	248.1	10.9	9.6	0.027	0.002	0.059	0.088	0.003	107.4
	u	4.2	3.1	0.7	150.5	10.0	119.3	182.7	3.0	8.3	0.015	0.003	0.085	0.091	0.003	202.8
	min	18.7	19.5	7.2	135.5	9.0	267.0	-173.0	5.5	2.8	0.000	0.000	0.001	0.020	0.000	2.2
	max	32.9	32.2	9.4	770.9	40.0	707.0	517.0	17.0	37.0	0.056	0.009	0.285	0.350	0.011	915.0
	n	19	19	19	19	13	19	18	19	19	19	19	19	19	19	19
灰色系	x	24.5	22.1	7.6	332.6	31.6	449.1	240.8	8.9	3.7	0.194	0.020	0.999	1.214	0.016	29.3
	u	3.1	2.8	0.6	194.6	12.1	83.8	96.5	2.9	1.3	0.592	0.024	1.490	1.523	0.041	26.4
	min	20.5	18.0	7.0	129.7	14.0	347.0	87.0	1.5	1.3	0.020	0.000	0.036	0.069	0.000	1.7
	max	29.4	25.7	9.0	809.8	45.0	627.0	357.0	14.4	5.3	2.248	0.087	5.481	5.518	0.154	98.0
	n	14	14	14	14	8	14	13	13	14	14	14	14	14	14	14
透明	x	24.0	20.4	7.5	457.1	43.5	471.7	299.0	8.8	2.6	0.058	0.019	1.353	1.430	0.007	12.8
	u	3.0	3.9	0.6	308.7	2.1	95.7	108.6	3.5	1.6	0.060	0.020	2.205	2.220	0.009	13.9
	min	20.3	11.6	7.0	135.0	42.0	367.0	117.0	3.6	0.5	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.4
	max	30.8	27.8	9.2	1116.1	45.0	667.0	527.0	18.0	6.2	0.195	0.064	7.766	7.808	0.034	38.0
	n	15	15	15	14	2	15	15	15	14	14	14	14	14	14	12

表-6 魚類・甲殻類の採集リスト

類(綱)・目・科	種名	学名	生活環区分	種の由来
硬骨魚類		Osteichthyes		
コイ目		Cypriniformes		
コイ科		Cyprinidae		
	1 コイ	<i>Cyprinus carpio</i>	A	在来種
	2 イロゴイ	<i>Cyprinus carpio</i>	A	飼育品種
	3 ゲンゴロウブナ	<i>Carassius cuvieri</i>	A	移入種
	4 ギンブナ	<i>Carassius auratus langsdorfii</i>	A	在来種
	5 フナ属	<i>Carassius</i> sp.	A	不明
	6 キンギョ	<i>Carassius carassius</i>	A	飼育品種
	7 タイリクバラタナゴ	<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>	A	外来種
	8 ソウギョ	<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	A	外来種
	9 アブラハヤ	<i>Phoxinus lagowskii steindachneri</i>	A	在来種
	10 モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>	A	在来種
	11 タモロコ	<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>	A	移入種
ドジョウ科		Cobitidae		
	12 ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	A	在来種
	13 シマドジョウ	<i>Cobitis bivaie</i>	A	在来種
	14 ホトケドジョウ	<i>Lefua echigonia</i>	A	在来種
ボラ目		Mugiliformes		
ボラ科		Mugilidae		
	15 ボラ	<i>Mugil cephalus cephalus</i>	C	在来種
カダヤシ目		Cyprinodontiformes		
カダヤシ科		Poeciliidae		
	16 カダヤシ	<i>Gambusia affinis</i>	A	外来種
	17 グッピー	<i>Poecilia reticulata</i>	A	外来種
ダツ目		Beloniformes		
メダカ科		Adrianichthyidae		
	18 メダカ	<i>Oryzias latipes</i>	A	在来種
	19 ヒメダカ	<i>Oryzias latipes</i>	A	飼育品種
スズキ目		Perciformes		
サンフィッシュ科		Centrarchidae		
	20 ブルーギル	<i>Lepomis macrochirus</i>	A	外来種
	21 オオクチバス	<i>Micropterus salmoides</i>	A	外来種
ハゼ科		Gobiidae		
	22 ウキゴリ	<i>Gymnogobius urotaenia</i>	B	在来種
	23 ニクハゼ	<i>Gymnogobius heptacanthus</i>	C	在来種
	24 マハゼ	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	C	在来種
	25 トウヨシノボリ	<i>Rhinogobius</i> sp. OR	B	在来種
	26 ヌマチチブ	<i>Tridentiger brevispinis</i>	B	在来種
	27 チチブ	<i>Tridentiger obscurus</i>	B	在来種
甲殻類		Crustacea		
十脚目		Decapoda		
コエビ下目		Caridea		
ヌマエビ科		Atyidae		
	1 ヌカエビ	<i>Paratya compressa improvisa</i>	A	在来種
テナガエビ科		Palaemonoidea		
	2 スジエビ	<i>Palaemon (Palaemon) paucidens</i>	B	在来種
	3 ユビナガスジエビ	<i>Palaemon (Palaemon) macrodactylus</i>	C	在来種
	4 テナガエビ	<i>Macrobrachium nipponense</i>	B	在来種
テッポウエビ科		Alpheidae		
	5 オニテッポウエビ	<i>Alpheus distinguendus</i>	C	在来種
ザリガニ下目		Astacidea		
ザリガニ科		Astacidae		
	6 アメリカザリガニ	<i>Procambarus (Scapulicambarus) clarkii</i>	A	外来種
異尾下目		Anomura		
ハサミシャコエビ科		Laomediidae		
	7 ハサミシャコエビ	<i>Laomedia astacina</i>	C	在来種
短尾下目		Brachyura		
イワガニ科		Grapsidae		
	8 イソガニ	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	C	在来種
スナガニ科		Ocypodidae		
	9 ヤマトオサガニ	<i>Mareotis (Mareotis) japonicus</i>	C	在来種

注) 生活環区分・A: 純淡水性, B: 通し回遊性, C: 周縁性の種類

が増加する。また栄養塩類が消費され $PO_4\text{-P}$ 等が低くなることを示唆しているものとする^{9,10)}。茶色系は珪藻、渦鞭毛藻類が多く占める池、灰色は無機質等によるものと思われた。横浜の池は、平野部の池の状況¹¹⁾を示しており、透明な池は少なく、80%以上の池が水質、プランクトン等の増殖によっていくつかの水の色を呈する。

3-3. 魚類・甲殻類相

採集リストの学名、種名、種の由来を表-6に、池別、種類別の採集個体数を付表-3, 4, 5, 6示した。学名については中坊¹²⁾によった。

出現魚種は7科27種、これにはイロゴイ、キンギョ、ヒメダカの飼育品種、フナ属の亜種名が不明な幼魚が含まれている。また海と連結された池があるためマハゼ、

ニクハゼ、ボラ等の汽水性魚、周縁性魚が確認されている。それらを除く淡水域に分布する純淡水魚、通し回遊魚だけでは23種となる。生物地理学的観点から種の由来を見ると、在来種が12種、外来種が6種、飼育品種が3種で、淡水池に出現する全リスト中約4割が外来種、飼育品種であった。池別の最大出現種類数は7であった。

既存の報告は、横浜市教育委員会(1980)のため池調査結果¹⁾では魚類が6科9種、モツゴ、フナ、コイ、ゼニタナゴ、ウナギ、メダカ、カダヤシ、ヨシノボリ、ライギョ、甲殻類が3種、ヌカエビ、テナガエビ、アメリカザリガニ、二枚貝類ではドブガイを報告した。今回未確認種はゼニタナゴ、カムルチー(ライギョ)であった。またミヤコタナゴは1978年頃まで鶴見川水系の権田池に生息し、池の埋め立てとともに県、市の研究施設、大

表-7 池区別種類別の出現地点数・個体数

魚種	ため池		公園池		遊水池		合計			
	地点数	個体数	地点数	個体数	地点数	個体数	地点数	%	個体数	%
コイ	3	20	10	10	3	22	17	21.3	55	0.8
イロゴイ	0	0	6	3	1	1	7	8.8	4	0.1
ゲンゴロウブナ	0	0	3	3	0	0	3	3.8	3	0.0
ギンブナ	1	1	7	27	6	13	14	17.5	41	0.6
フナ属	6	45	10	101	4	134	20	25.0	280	4.1
キンギョ	1	1	3	6	1	1	4	5.0	8	0.1
タイリクバラタナゴ	1	49	5	482	1	2	7	8.8	533	7.9
ソウギョ	0	0	1	0	0	0	1	1.3	0	0.0
アブラハヤ	1	11	0	0	1	103	2	2.5	114	1.7
モツゴ	11	531	28	3155	8	391	47	58.8	4077	60.4
タモロコ	0	0	1	15	0	0	1	1.3	15	0.2
ドジョウ	2	2	2	22	8	34	12	15.0	58	0.9
シマドジョウ	1	9	1	1	0	0	2	2.5	10	0.1
魚類 ホトケドジョウ	1	2	1	40	1	9	3	3.8	51	0.8
ボラ	0	0	1	4	0	0	1	1.3	4	0.1
カダヤシ	1	1	4	30	1	6	6	7.5	37	0.5
グッピー	0	0	1	1	1	1	2	2.5	2	0.0
メダカ	1	1	5	28	2	13	8	10.0	42	0.6
ヒメダカ	1	1	2	11	4	10	7	8.8	22	0.3
ブルーギル	3	23	10	165	0	0	13	16.3	188	2.8
オオクチバス	6	53	8	24	1	1	15	18.8	78	1.2
ウキゴリ	0	0	1	5	0	0	1	1.3	5	0.1
ニクハゼ	0	0	1	12	0	0	1	1.3	12	0.2
マハゼ	0	0	1	120	0	0	1	1.3	120	1.8
トウヨシノボリ	8	339	16	576	4	46	28	35.0	961	14.2
ヌマチチブ	0	0	2	31	0	0	2	2.5	31	0.5
チチブ	0	0	1	1	0	0	1	1.3	1	0.0
地点数・個体数計	17	1089	39	4873	23	787	80	—	6752	100.0
甲殻類										
ヌカエビ	10	482	1	21	1	10	12	15.0	513	25.5
スジエビ	2	74	10	374	1	3	13	16.3	451	22.5
ユビナガスジエビ	0	0	1	5	0	0	1	1.3	5	0.2
テナガエビ	1	28	7	104	0	0	8	10.0	132	6.6
オニテッポウエビ	0	0	1	1	0	0	1	1.3	1	0.0
アメリカザリガニ	13	269	22	510	10	119	46	57.5	900	44.8
ハサミシヤコエビ	0	0	1	1	0	0	1	1.3	1	0.0
イソガニ	0	0	1	1	0	0	1	1.3	1	0.0
ヤマトオサガニ	0	0	1	4	0	0	1	1.3	4	0.2
地点数・個体数計	17	853	39	1021	23	132	80	—	2008	100.0

学等で人工繁殖，継代飼育され，市内で生息地捜しを行っている。1975年，権田池には水路を含めて他に10種類が記録されていた。それはモツゴ，ギンブナ，コイ，オイカワ，タモロコ，ドジョウ，ホトケドジョウ，カダヤシ，ヨシノボリ，ウナギで，二枚貝類ではドブガイ，カラスガイが観察されている⁶⁾。同じ鶴見川水系の池では1983年にゼニタナゴの生息が報告された¹³⁾。その後，1993年に池の改修とタイリクバラタナゴの移入によって数を減少させている。この池では他に3種の魚類，モツゴ，トウヨシノボリ，タモロコ，2種の甲殻類，スジエビ，アメリカザリガニが確認されていた¹⁴⁾。筆者らの1995年の調査結果では，ゼニタナゴが確認されず，タイリクバラタナゴ，モツゴが多く生息していた。また鶴見川支川の寺家川流域にあるため池等にはモツゴ，タモロコ，コイ，ギンブナ，ヘラブナ，ヨシノボリ，ブラックバスの7種類の分布が報告⁵⁾され，こどもの国の池ではモツゴ，コイ，ゲンゴロウブナ，タイリクバラタナゴ，ドジョウ，トウヨシノボリ，ホトケドジョウの7種類が報告されている⁷⁾。港北ニュータウン内3池の1981年～1988年までの調査結果では，モツゴ，フナ，キンギョ，コイ，ドジョウ，オオクチバス，ブルーギル，ヨシノボリ，ヌマチチブの9種類を報告した^{2～4)}。

以上，池の過去の魚類相は，池形態の人為的改変，魚類の移植放流等によって出現種類が長期的，時空間的に種々変化してきたことが想像される。その中で主要な出現魚種を上げればモツゴ，トウヨシノボリ，フナ属，コイ，タナゴ類である。そして現在は二枚貝類の減少とともにタナゴ類が消失した状況であると考えられる。

甲殻類十脚目の採集リストを表-6に示した。学名は三宅^{15,16)}に従った。全体で確認された種類数は7科9種で，周縁性種のユビナガスジエビ，ヤマトオサガニ等

の5種を除くとヌカエビ，スジエビ，テナガエビ，アメリカザリガニの4種類であった。先に記述した調査報告をまとめても同様な種類数であった。市内河川の調査¹⁷⁾ではこれら4種の他にミゾレヌマエビ，ヒラテテナガエビ，サワガニ，クロベンケイガニを加えて8種を確認している。また帷子川水系の公園池ではヌカエビ，スジエビ，テナガエビ3種類の分布を報告¹⁸⁾し，市内池に生息するコエビ下目の種類は最大で3種類と考える。

なお，筆者らは，テナガエビが川と池に分布する集団で卵サイズが異なることを報告¹⁹⁾し，またヌカエビについては，現在地域個体群の形態，遺伝的特徴等の解析を進めている²⁰⁾。今後はこれら魚類，甲殻類等の地域個体群の生態的，遺伝的側面からの調査研究が，地域固有性を把握する意味からさらに必要と思われる。

3-4. 池区別の出現地点数，採集個体数

池区別，種類別の地点数，採集個体数を表-7に示し，ため池の採集個体数が多い順に他の区分を含め魚類を図-2，甲殻類を図-3に示した。

魚類の出現地点数は，池全体80地点の中でモツゴが59%で最も多く，ついでトウヨシノボリが35%，フナ属が25%の順であった。外来魚では，オオクチバス，ブルーギルが約20%近い率を示していた。採集個体数では6752個体の中でモツゴが60%，ついでトウヨシノボリが14%，タイリクバラタナゴが8%の順に多かった。このように採集個体数でもモツゴ，トウヨシノボリの2種で74%を占めていた。

池区別の出現率は，ため池，公園池ではモツゴが約70%前後，トウヨシノボリが40%で多く，遊水池はモツゴ，ドジョウが35%と比較的多い出現種であった。外来魚は公園池でブルーギルが26%と多かったが，オオク

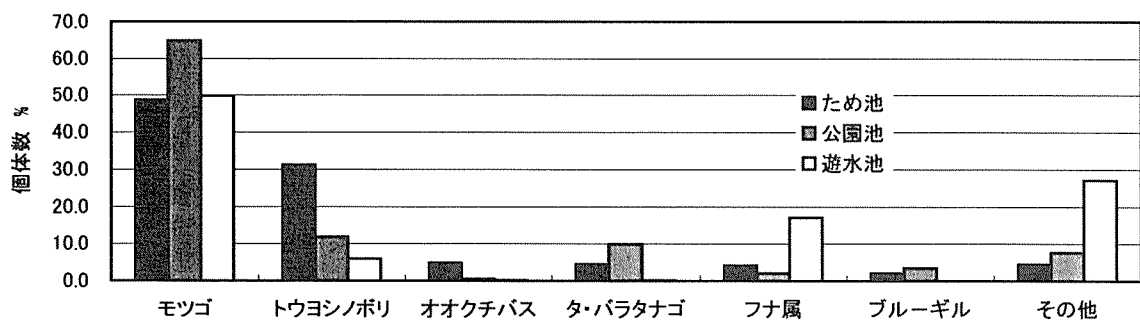


図-2 池区別の魚類採集個体数%

タ・バラタナゴ：タイリクバラタナゴ

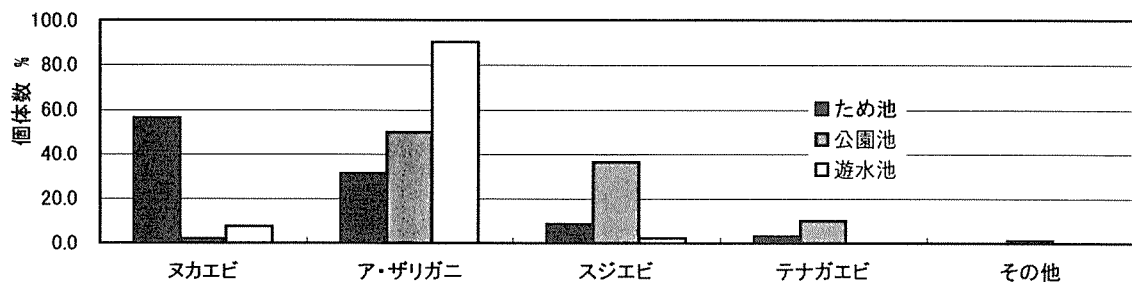


図-3 池区別の甲殻類採集個体数%

ア・ザリガニ：アメリカザリガニ

チバスも 20%と比較的多く出現していた。ため池はオオクチバスの出現が 35%と多かった。遊水池はどちらも少なかった。

採集個体数はどの区分でもモツゴ、トウヨシノボリが多かったが、それ以下は公園池がタイリクバラタナゴ、遊水池がフナ属であった。

甲殻類の出現率は、アメリカザリガニが約 60%を示し、ついでスジエビ、ヌカエビ、テナガエビが 10%台であった。採集個体数では、アメリカザリガニが最も多かった。ヌカエビ、スジエビも比較的多いものとなっていた。

区分別の地点数、採集個体数では、アメリカザリガニを除いてため池がヌカエビで約 60%の地点数、個体数割合を示し、公園池はスジエビが 20, 30%台と区分によって異なる結果であった。遊水池は、アメリカザリガニが地点数で 43%, 個体数では 90%と顕著に多いものとなっていた。また公園池も比較的多くこの種が出現していた。

3-5. 池形態と種類数, 個体数との関係

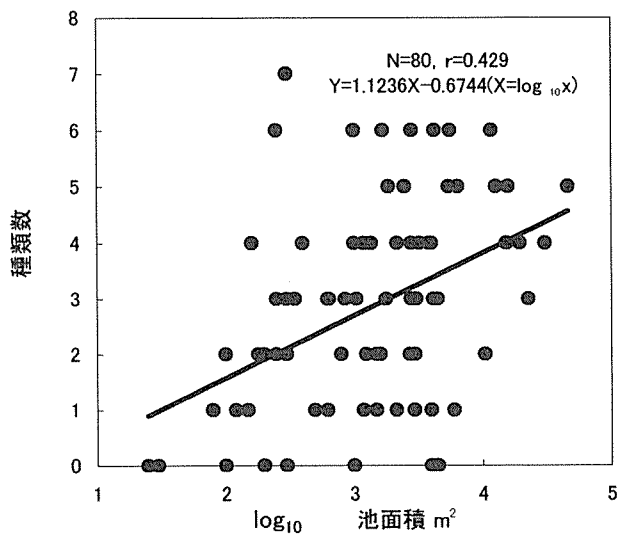


図-4 池面積と魚類の種類数との関係

池面積と種類数, 個体数との関係では, 個体数との関係はなく, 種類数とに若干高い有意な相関を認めた。その結果を図-4 に示した。池面積と種類数との関係は正の関係を示し, 面積の範囲が 25~46200 m²の間で 1000 m²までは 2~3 種類でほぼ一定, 10000 m²前後から増加していく指数型の分布傾向を示し, 最大値で 7 種類であった。面積を対数変換した片対数グラフから, その回帰式は, $Y=1.1236X-0.6744$ (Y: 種類数, X: 面積, $\log_{10}x$) であった。

今まで見てきたように市内の池の面積は狭く, 浅い。その平均的な生息空間で可能な種類数は 2, 3 種, これは種類別個体数の率で見たモツゴ, トウヨシノボリで約 70%以上を占めていることと一致する。

都市の中にある池の生態系は, 多くは閉鎖的であり, 魚類, 甲殻類等の水生生物の移入, 移出, 絶滅等は人為的影響を大きく受けているものと考えられる。この不安定な群集構成であるにしても攪乱のない状況のもとでそれぞれの池が持つ生物種の収容能力, すなわち種数は最大ど

の程度の値となるかが興味ある問題となる。ここで池に当てはめるには少し無理があるが, 大型の水生生物にとって池が一つの島に近似した形態を持っていると仮定すれば, 有名な島の生物の平衡理論^{21,22)}が解析するにあたっての参考になると思われる。これは島に生息する生物の種類数は, 絶滅する種類と移入する種類が釣り合い平衡に達する。この平衡は, 陸との関係, 島面積, 生息場所の複雑さ等によって変化する。そして陸との関係が高く, 島面積の増加にともなって平衡, 種類数が増加する。また狭い島は短期間で少ない種類数で平衡点に達する。これらの面からも池面積, 形態の複雑さ, 水系との関係等が重要な要因であることが示されるかもしれない。今後より多くの池, 詳細な生物種の情報を得, 解析する必要があるものと考えられる。

水際の護岸構造と種類数, 個体数との関係を見たのが表-8 である。

土, コンクリート, 石積み, 土・コンクリート, その他の 5 区分の護岸構造との関係では, 魚類の種類数が平均値で石積みが多く, ついでその他, 土の順であった。個体数がその他, 石積み, 土であった。その他には木坑, 板柵, いくつかの組み合わせが含まれている。つぎに甲殻類では, 種類数が土・コンクリート, その他, 土の順に多く, 個体数では土, 土・コンクリートの順であった。これらの結果から護岸形態との関係はあまり明確ではないが, 魚類, 甲殻類によって若干異なっていること, コンクリート護岸が種類数, 個体数ともに低く, 種々の基質が組み合わさった護岸, 石積み護岸が多かったことを示していた。これら池形態は, 多様な生物種を再生, 回復を図る上で重要である。また土護岸の他に沿岸の植物被覆等が重要な要因として報告²³⁾されており, 今後さらに, 生物種の生態, 生息場利用等の観点から検討する必要があると思われる。

表-8 護岸形態と個体数・種類数

護岸形態	項目	魚類		甲殻類	
		種類数	個体数	種類数	個体数
土	x	2.5	96.3	1.2	36.8
	min	0	0	0	0
	max	7	499	2	169
	n	13	13	13	13
コンクリート	x	2.3	45.8	0.6	25.3
	min	0	0	0	0
	max	6	241	2	335
	n	20	20	20	20
石積み	x	3.3	127.5	0.9	12.7
	min	2	12	0	0
	max	6	554	3	57
	n	13	13	13	13
土・コンクリート	x	2.9	41.1	1.4	28.1
	min	0	0	0	0
	max	6	142	5	170
	n	16	16	16	16
その他	x	3.5	133.4	1.3	23.8
	min	1	2	0	0
	max	6	663	3	65
	n	17	17	17	17

謝辞

調査にあたっては、横浜市緑政局公園事務所、公園部建設課、下水道局河川部河川計画課、都市計画局港北ニュータウン建設部(当時)、神奈川県立三つ池公園事務所、こどもの国事務所、横浜自然観察の森、寺家ふるさと村、横浜三溪園、玉川大学、日石根岸製油所環境管理課、青葉土木事務所、緑土木事務所、栄土木事務所、戸塚土木事務所、旭土木事務所、都筑土木事務所、三菱地所(株)、野村不動産(株)、大村不動産(株)、矢指市民の森愛護会、師岡熊野神社事務所、向陽学園、藤本農園、神奈川県住宅公社竹山団地事務所の関係者と二つ池に関しては屋間義信氏等の多くの方々の協力を頂いた。本報告をまとめるにあたり厚く御礼申し上げる次第である。

4. まとめ

池の魚類、甲殻類相の現状を把握するために、1994年～1997年に調査を実施し、以下の成績を得た。

- 1) 対象とした池は、ため池が17、公園池が39、遊水池が23、養魚池が1の計80地点であった。
- 2) 池形態は、池面積が全体で25～46200 m²の範囲で、護岸形態はため池が土、公園池がコンクリート、石積み、遊水池はコンクリートが多かった。
- 3) 水質環境は、栄養型区分から見ると、公園池が過栄養型、その他は富栄養型であった。水の色では、茶色、緑色、灰色の順に多く、透明が少なかった。
- 4) 魚類、甲殻類の出現種類数は、魚類が7科27種(属、亜種、飼育品種)、甲殻類は6科9種であった。この中で、淡水域の在来種が23種中12種、外来種が6種であった。
- 5) 出現率は、魚類ではモツゴが最も多く約60%、つぎにトウヨシノボリで35%、フナ属の25%の順に多かった。採集個体数でも同様であった。甲殻類ではアメリカザリガニが出現地点数、個体数で最も多かった。
- 6) 池区分別の出現率は、モツゴ、トウヨシノボリが共通して多かった。甲殻類ではヌカエビがため池に多く、ザリガニが公園池、遊水池に多かった。
- 7) 池形態との魚類の種類数、個体数との関係では、池面積と種類数との関係が示され、10000m²前後まで2～3種で一定、それ以上で増加傾向を示した。
以上の結果、池の魚類相が明らかになるとともに池の多様な生物群集の再生を考えていく上での基礎的資料が得られた。

文献

- 1) 横浜市教育委員会：天然記念物「ミヤコタナゴ」緊急調査報告書、pp.26 (1980)
- 2) 横浜市公害研究所：円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書、公害研資料 No.57, pp183 (1984)
- 3) 横浜市公害研究所：円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第2報、公害研資料 No.74, pp275 (1987)
- 4) 横浜市公害研究所：円海山・港北ニュータウン地区

生態調査報告書・第3報、公害研資料 No.94, pp168 (1990)

- 5) 横浜ふるさと村自然と文化の会：寺家の自然、よこはまふるさと村、pp159 (1987)
- 6) 横浜市港北区役所：港北の自然とわたくしたち、生きている鶴見川、編集委員会、pp296 (1989)
- 7) 神奈川自然保全研究会：こどもの国自然環境保全調査報告書、pp121 (1992)
- 8) Forsberg, c.and S.O.Riding : Arch. F. Hydrobiol.,89, 189-207(1980)
- 9) 西条八束、三田村緒佐武：新編 湖沼調査法、講談社サイエンティク (1995)
- 10) 公害対策技術同友会：湖沼環境調査指針、日本水質汚濁研究協会(社団法人)編、pp257 (1982)
- 11) 吉村信吉：湖沼学、三省堂、pp450 (1938)
- 12) 中坊徹次編：日本産魚類検索 全種の同定 第2版、東海大学出版会、pp1748 (2000)
- 13) 木村喜芳、荒木義敬、秋山信彦、相内幹浩：鶴見川水系の魚類、神奈川自然保全研究会報告書、第2号、神奈川自然保全研究会、13～27 (1982)
- 14) 勝呂尚之：横浜市におけるゼニタナゴの生息、神奈川淡水試報、31, 60～64 (1995)
- 15) 三宅貞祥：原色日本大型甲殻類図鑑I、第1版、保育社、pp261 (1983)
- 16) 三宅貞祥：原色日本大型甲殻類図鑑II、第1版、保育社、pp276 (1983)
- 17) 樋口文夫、水尾寛己：横浜市内河川における淡水魚類調査報告(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 No.190, 71～119 (2001)
- 18) 樋口文夫、福嶋悟、水尾寛己、畠中潤一郎：こども自然公園池に生息するヌカエビ *Paratya compressa improvisa* の生態、性別の形態的特徴と産卵生態、横浜市環境科学研究所、環境研資料 No.106、鶴見川・帷子川水系生態調査報告書、215～234 (1993)
- 19) 樋口文夫、水尾寛己、福嶋悟：横浜の淡水エビ・カニ類の分布状況(1996～1997)、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 No.186, 141～156 (1998)
- 20) 樋口文夫、益子計夫：三浦半島と横浜南部に生息するヌカエビ集団の遺伝学および形態学的変異、横須賀市博研報(自然)、48, 135～141 (2001)
- 21) R.H.Macarthur,E.O.Wilson: The Theory of Island Biogeography, Princeton University Press, 19～67(1967)
- 22) R.H.マッカーサー：地理生態学、巖俊一、大崎直太監訳、川西通晴、藤田和幸、安田誠共訳、蒼樹書房、113～137 (1982)
- 23) 板井隆彦、杉浦正義：人工的水辺における自然回復度の水生小動物による評価、静岡県立大学国際関係学部教養科研究紀要、No.8, 77～100 (1996)

付表-1 池別の水質環境

地点	池名	区分	調査年月日	気温 ℃	水温 ℃	pH	水の色	EC μS/cm	透視度 cm	Eh(水) mV	Eh(泥) mV	DO mg/l	BOD mg/l	NH ₄ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l	TIN mg/l	PO ₄ -P mg/l	Chl.a μg/l
MU	むじな池	ため池	940601	25.2	11.0	6.9	うす茶色	135	30	407	147	7.7	3.0	0.002	0.005	0.089	0.096	0.000	30
OU	寺家大池	ため池	940601	25.2	22.6	7.0	うす茶色	127	50<	497	187	7.8	2.1	0.047	0.005	0.138	0.190	0.000	14
SI	寺家新池	ため池	940602	25.9	23.6	7.4	黄緑色	145	20	447	327	12.1	7.8	0.008	0.003	0.096	0.107	0.000	87
IY	居谷戸池	遊水池	940602	27.4	26.8	8.1	黄緑色	253	40	417	—	9.0	3.4	0.035	0.007	0.213	0.255	0.000	11
SA	桜台公園	公園池	940606	26.4	26.1	8.1	茶色	345	15	412	287	9.4	6.8	0.014	0.000	0.013	0.027	0.000	77
MO	もえぎ野公園	公園池	940606	25.9	26.4	7.6	緑茶色	400	20	422	247	9.3	6.9	0.010	0.000	0.027	0.037	0.000	61
KA	鴨池公園	公園池	940608	28.1	23.9	7.3	透明	272	45	467	247	10.4	2.3	0.008	0.004	0.651	0.663	0.000	13
AS	朝日湖	ため池	940608	30.1	26.7	8.1	茶緑色	215	27	417	-43	11.6	7.2	0.177	0.035	0.470	0.682	0.000	76
KI	金水谷戸	ため池	940610	29.8	26.0	7.6	緑色	293	50<	547	427	6.8	3.0	0.028	0.006	0.040	0.074	0.000	20
YA	やじろ	遊水池	940610	32.0	32.2	8.4	緑褐色	771	50<	487	-53	14.9	12.0	0.000	0.000	0.020	0.020	0.000	43
SE	せせらぎ	公園池	940613	24.5	25.0	7.5	茶色	440	15	537	427	5.8	4.1	0.000	0.000	0.007	0.007	0.000	71
CH	御手洗池	ため池	940613	23.6	23.1	7.3	茶色	304	50	617	282	5.5	2.0	0.083	0.001	0.069	0.153	0.000	15
KR	霧ヶ丘	遊水池	940617	31.1	26.0	7.3	褐色	297	50<	547	327	5.4	4.3	0.608	0.028	0.407	1.043	0.000	9
GE	玄海田	遊水池	940617	31.1	29.1	8.6	緑褐色	215	50<	507	267	14.6	3.1	0.008	0.003	0.226	0.237	0.000	10
TA	竹山団地	公園池	940715	33.8	29.2	8.5	茶緑色	166	25	417	227	11.6	5.8	0.002	0.000	0.007	0.009	0.000	57
KO	向陽学園	ため池	940715	32.4	32.4	7.5	茶色	114	35	417	157	8.6	3.6	0.520	0.068	0.806	1.394	0.000	18
IN	熊野神社	公園池	940720	29.4	25.2	7.2	灰白色	234	45	437	87	1.5	2.8	2.248	0.032	0.206	2.486	0.000	23
SN	獅子ヶ谷新池	ため池	940720	30.4	26.8	7.4	茶色	239	38	407	347	4.4	1.8	0.212	0.029	0.744	0.985	0.000	25
FU	藤本農園	養魚池	940721	32.7	29.8	7.7	灰茶色	238	16	407	187	16.0	5.7	0.060	0.082	2.01	2.152	0.000	62
SM	下谷広場	公園池	940721	32.9	28.8	7.4	緑色	136	9	287	167	5.5	22.2	0.043	0.002	0.034	0.079	0.009	186
MM	もみの木台	遊水池	950509	23.7	21.3	8.3	灰緑色	240	50<	467	—	12	3.8	0.0285	0.026	0.4	0.455	0.007	1.7
OB	大場第三	遊水池	950509	24.7	18.9	7.1	灰黒色	501	37	587	247	8.3	1.4	0.0243	0.005	1.425	1.454	0.043	24
NA	奈良池	ため池	950510	27.5	21.2	7.6	茶緑色	328	22	407	147	13	8.8	0.0609	0.008	0.187	0.256	0.004	33
WA	若葉台	遊水池	950516	23.0	18.0	7.1	(降雨後)	141	42	407	327	8.7	1.3	0.0196	0.009	0.473	0.502	0.002	13
SA	寒池	遊水池	950516	20.3	17.3	7.6	(降雨後)	370	18	307	347	10.8	0.9	0.0154	0.009	1.94	1.964	0.006	5.6
OF	大船台	遊水池	950517	20.3	18.9	7.4	透明	1049	50<	497	117	8.5	1.4	0.021	0.002	0.055	0.078	0.003	1.1
NM	日野南5-4	遊水池	950517	21.6	17.5	7.4	透明	594	50<	377	367	6.4	6.2	0.0393	0.03	1.595	1.664	0.034	3
HI	東方池	遊水池	950518	24.1	17.4	7.4	茶緑色	964	50<	457	347	9.7	3.4	0.077	0.032	2.372	2.481	0.002	52
HG	東本郷住宅地	遊水池	950518	23.9	25.0	9.2	透明	135	50<	447	357	18	2.2	0.015	0.000	0.000	0.015	0.003	2.7
YB	谷矢部池	公園池	950526	26.4	21.2	7.9	茶色	323	18	317	227	10	4.5	0.0299	0.013	0.486	0.529	0.003	38
KS	柏尾池	遊水池	950526	27.3	24.6	7.7	灰色	404	14	497	177	9.4	4.1	0.0327	0.011	0.132	0.176	0.003	62
NR	野村	遊水池	950530	23.8	19.1	7.4	透明	614	50<	462	167	10	1.8	0.0229	0.064	1.229	1.316	0.008	6.4
EE	飯島ワンワン	公園池	950530	21.5	25.5	7.3	灰色	810	50<	377	187	8.8	5.0	0.0234	0.000	0.046	0.069	0.003	42
KN	金井	遊水池	950530	28.9	29.8	8.2	茶色	405	12	447	127	16	16	0.0749	0.005	0.027	0.107	0.012	189
KB	弘法池	公園池	950531	26.3	19.2	7.0	灰茶色	343	50<	387	357	7.8	3.5	0.022	0.015	5.481	5.518	0.004	38
KK	こどもの国	公園池	950601	25.9	23.5	7.4	灰色	130	15	507	167	7.6	4.9	0.029	0.005	0.036	0.070	0.005	44
FJ	藤が丘公園	公園池	950601	28.2	24.5	7.4	茶緑色	385	24	477	167	6.6	7.3	0.0327	0.000	0.000	0.033	0.005	57
FD	お不動池	公園池	950606	23.4	17.4	8.5	茶緑色	155	10	387	367	11	3.8	0.0182	0.002	0.000	0.020	0.008	111
KT	桂台第二	遊水池	950606	22.3	25.7	8.2	色(排水)	624	50<	397	347	11	3.8	0.0611	0.087	1.939	2.087	0.154	2.2

注) EC:電気伝導度, Eh:酸化還元電位, DO:溶存酸素量, BOD:生物化学的酸素要求量, NH₄-N:アンモニア態窒素, NO₂-N:亜硝酸態窒素, NO₃-N:硝酸態窒素, TIN:全無機態窒素, PO₄-P:リン酸態リン, Chl.a:クロロフィルa, 付表-2の*:化学的酸素要求量値

付表-2 池別の水質環境

地点	池名	区分	調査年月日	気温 ℃	水温 ℃	pH	水の色	EC μS/cm	透視度 cm	Eh(水) mV	Eh(泥) mV	DO mg/l	BOD mg/l	NH ₄ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l	TIN mg/l	PO ₄ -P mg/l	Chl.a μg/l
FTR	ニツ池西	ため池	960507	20.5	18.2	7.4	灰茶色	240	50<	377	107	7.8	4.5	0.047	0.000	0.037	0.084	0.000	15
FTL	ニツ池東	ため池	960507	18.4	19.5	8.0	茶色	318	15	327	267	10.6	12	0.038	0.000	0.005	0.043	0.002	48
KN	菊名池	公園池	960515	26.8	22.5	8.4	茶緑色	266	20	487	147	14.2	7.6	0.027	0.000	0.009	0.036	0.003	27
SH	篠原池	公園池	960515	20.4	19.5	8.0	茶色	318	35	517	297	9	6.5	0.109	0.030	0.673	0.812	0.007	110
NS2	<small>N事業所日石根岸.2</small>	防災池	960517	20.7	23.2	9.4	緑色	157	25	447	387	12.4	10	0.055	0.000	0.011	0.066	0.006	20
NS3	<small>N事業所日石根岸.3</small>	防災池	960517	18.7	23.9	9.4	薄緑色	164	50<	427	407	11.6	2.8	0.025	0.000	0.016	0.041	0.002	5.9
KW	柏	遊水池	960528	22.7	18.3	7.1	透明	175	50<	467	327	6.8	1.3	0.019	0.021	0.74	0.780	0.002	—
NZ	名瀬川	遊水池	960528	30.8	27.8	8.0	透明	1116	50<	487	247	12.8	1.5	0.076	0.001	0.038	0.115	0.005	27
MS	三ツ池公園下	公園池	960530	26.8	24.7	7.4	灰色	176	39	487	307	8.6	5.3	0.099	0.018	0.504	0.621	0.001	20
MN	三ツ池公園中	公園池	960530	25.4	24.6	7.4	緑色	141	50<	427	287	11.8	3.1	0.056	0.009	0.285	0.350	0.002	38
KU	久良岐公園	公園池	960531	29.6	24.6	7.6	茶色	434	22	452	317	8.8	6.7	0.194	0.005	0.048	0.247	0.002	73
TU	坪呑公園	公園池	960531	29.0	25.7	8.5	緑色	216	50<	427	197	10.2	14	0.035	0.000	0.009	0.044	0.002	167
NG	根岸森林公園	公園池	960604	29.4	23.2	7.3	灰色	230	36	627	307	14.4	2.4	0.020	0.015	0.737	0.772	0.002	98
YK	横浜公園	公園池	960604	31.0	24.5	8.5	緑色	157	15	587	487	9.8	7.7	0.019	0.000	0.001	0.020	0.001	89
SR	白幡池	公園池	960605	24.4	22.7	7.2	緑色	148	12	707	287	6	15	0.037	0.000	0.006	0.043	0.003	105
KJ	児童遊園地	公園池	960605	24.2	26.3	7.4	緑色	135	20	627	517	13.1	8.1	0.023	0.000	0.004	0.027	0.002	105
TMK	長浜公園汽水	公園池	960607	24.4	23.5	8.0	透明	—	50<	667	387	7.4	5*	—	—	—	—	—	17
TMT	長浜公園淡水	公園池	960607	25.3	27.1	8.0	薄茶色	1327	12	547	387	9.2	4.6	0.036	0.002	0.018	0.056	0.000	30
KS	小柴崎緑道	公園池	960607	23.5	28.8	7.4	薄緑色	181	12	567	367	9.2	8.8	0.018	0.000	0.011	0.029	0.001	2.2
OB2	大場第一	遊水池	960613	22.9	20.8	7.3	透明	552	50<	587	527	3.6	2.7	0.143	0.037	0.148	0.328	0.019	—
EG	荏古田	遊水池	960613	23.7	20.5	7.3	透明	445	50<	627	347	4.9	3.9	0.136	0.047	1.161	1.344	0.012	—
NK	子供自然中池	公園池	970515	23.4	20.0	7.3	茶灰色	225	24	437	327	6.6	4.9	0.089	0.026	0.193	0.308	0.000	43
OK	子供自然大池	公園池	970515	20.7	20.9	8.5	緑色	243	32	267	87	12	5.9	0.024	0.004	0.048	0.076	0.001	38
MT	みずぎの谷	公園池	970521	18.9	18.1	7.3	茶色	469	38	287	267	6	3.7	0.019	0.004	0.002	0.025	0.001	27
MZ	水鳥の池	ため池	970521	20.2	19.5	7.5	緑茶色	387	25	317	127	12	7.1	0.029	0.000	0.011	0.040	0.008	109
MZ2	自然観察の森2	ため池	970521	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MZ3	自然観察の森3	ため池	970521	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
AR	荒井町公園	公園池	970522	22.1	18.5	7.1	透明	395	50<	382	227	11	1.0	0.195	0.028	4.626	4.849	0.005	1.9
HM	本牧市民公園	公園池	970526	24.0	22.7	7.2	薄緑色	291	35	307	-173	9.2	4.7	0.026	0.001	0.018	0.045	0.003	28
SO	三溪園大池	公園池	970526	21.7	21.0	7.3	灰茶色	330	25	387	347	9.5	4.5	0.032	0.005	0.181	0.218	0.002	23
YS	矢指市民池	公園池	970529	22.2	16.6	7.0	透明	236	50<	367	387	8.8	0.5	0.037	0.005	7.766	7.808	0.003	0.4
OI	追分市民の森	公園池	970529	24.8	22.4	7.2	透明	160	42	507	287	6.9	4.4	0.019	0.000	0.024	0.043	0.001	38
KT	北八朔公園	公園池	970605	27.3	25.3	7.9	茶色	298	9	417	127	13	2.4	0.131	0.037	1.229	1.397	0.004	7.7
KM1	玉縄2丁目池	公園池	970603	24.4	23.2	8.9	緑色	266	9	347	107	17	37	0.034	0.006	0.036	0.076	0.011	915
KM2	清泉女学院裏	ため池	970604	22.2	20.7	7.6	薄茶色	598	37	427	127	12	6.0	1.114	0.232	3.832	5.178	0.296	32
HY	ひょうたん池	ため池	970605	22.4	23.5	7.2	薄茶色	311	45	187	127	8.2	4.2	0.022	0.007	0.123	0.152	0.01	22
SE	瀬上池	ため池	970605	21.5	20.3	7.5	茶色	346	50<	507	367	9.6	2.0	0.068	0.017	0.708	0.793	0.003	17
KZ	小雀公園	公園池	970611	20.0	22.5	7.7	茶色	—	20	387	377	11	7.5	0.023	0.000	0.018	0.041	0.002	41
JZ	地蔵原の水辺	公園池	970611	20.7	20.9	9.0	灰色	254	50<	347	167	—	4.0	0.03	0.056	2.392	2.478	0.002	3.9
IZ	いずみ野	遊水池	970612	28.8	22.3	7.2	透明	256	50<	367	147	10	4.1	0.074	0.019	0.076	0.169	0.002	37
TW	田原橋公園	公園池	971109	20.3	11.6	7.7	透明	400	50<	367	347	6.44	2.76	0	0.013	0.83	0.843	0.003	6.3

付表-4 池別の生息魚類・甲殻類の採集個体数 (1995, 1996年)

魚種	IN	SN	FU	SM	MH	OB	NA	WA	SA	OF	NM	HI	HG	YB	KS	NR
	熊野神社 公園池 940720	獅子ヶ谷新池 ため池 940721	藤本農園 養魚池 940721	下谷広場 公園池 940721	もみの木台 遊水池 950509	大場第三 遊水池 950509	奈良池 ため池 950510	若葉台 遊水池 950516	寒池 遊水池 950516	大船台 遊水池 950517	日野南5-4 遊水池 950517	東方池 遊水池 950516	東本郷住宅地 遊水池 950518	谷矢部池 公園池 950526	柏尾池 遊水池 950526	野村 遊水池 950530
コイ			3				1	1	6					1		
イロゴイ										1						
ゲンゴロウブナ																
キンブナ				1					1			6		7		
フナ属				13			4					13			2	
キンギョ				7			49									
タイリクバラタナゴ																
ソウギョ																
アブラハヤ																
モツゴ	3			48			65	55				63			17	
タモロコ																
ドジョウ						2				8		8				
シマドジョウ																
ホトケドジョウ																
ホラ																
カダヤシ	9									6						
グッピー				1												
メダカ																
ヒメダカ				10						7						
ブルーギル																
オオクチバス		11												2		
ウキゴリ																
ニクハゼ																
マハゼ																
トウヨシノボリ							7	3								
ヌマチチブ																
チチブ																
採集個体数計	12	11	3	80	0	2	126	59	7	22	0	82	8	10	19	0
種類数計	2	1	1	6	0	1	5	3	2	4	0	3	1	3	2	0
ヌカエビ							8									
スジエビ						3	52									
ユビナガスジエビ																
テナガエビ																
オニテツポウエビ																
アメリカザリガニ	1	1	2	20		9	5		1		3	20		1	6	
ハサミシヤコエビ																
イソガニ																
ヤマトオサガニ																
採集個体数計	1	1	2	20	0	12	65	0	1	0	3	20	0	1	6	0
種類数計。	1	1	1	1	0	2	3	0	1	0	1	1	0	1	1	0

付表-5 池別の生息魚類・甲殻類の採集個体数 (1996年)

	EE	KN	KB	KK	FJ	FD	KT	FTR	FTL	KN	SH	NS2	NS3	KW	NZ	MS
	飯島ワンフン公園池	金井遊水池	弘法池公園池	こどもの国公園池	藤ヶ丘公園池	御不動池公園池	桂台第二遊水池	二つ池西ため池	二つ池東ため池	菊名池公園池	磯原池公園池	N事業所根岸2N事業所根岸3	防炎池	柏遊水池	名瀬川遊水池	三つ池下公園池
魚種	950530	950530	950531	950601	950601	950606	950606	960507	960507	960515	960515	960517	960517	960528	960528	960530
コイ											目視					目視
イロゴイ																
ゲンゴロウブナ																
ギンブナ	1	1				1	1					2				
フナ属					8	2	118		1	1						
キンギョ																
タイリクバラタナゴ			1	464												
ソウキョ																
アブラハヤ																
モツゴ	3	172	335	80	4	30			16	262	30	41	13			4
タモロコ																
ドジョウ		1					1									
シマドジョウ																
ホトケドジョウ																
ボラ																
カダヤシ	5															
グッピー		1														
メダカ			4				1									
ヒメダカ	1															
ブルーギル						25		5	10							29
オオクチバス						1		1	1							2
ウキゴリ																5
ニクハゼ																
マハゼ																
トウヨシノボリ		2		10					4	53	28	9	32			
ヌマチチブ						25										
チチブ																
採集個体数計	10	177	340	554	12	84	121	6	32	316	58	52	45	0	0	40
種類数計	4	5	3	3	2	6	4	2	5	3	3	3	2	0	0	6
ヌカエビ																
スジエビ				53		37				19	95					
ユビナガスジエビ																
テナガエビ									28							14
オニデットウエビ																
アメリカザリガニ	32	54	1	4			4	11	7							
ハサミシヤコエビ																
イソガニ																
ヤマトオサガニ																
採集個体数計	32	54	1	57	0	37	4	11	35	19	95	0	0	0	0	14
種類数計	1	1	1	2	0	1	1	1	2	1	1	0	0	0	0	1

付表-6 池別の生息魚類・甲殻類の採集個体数 (1997年)

魚種	MN	KR	TU	NG	YK	SR	KJ	TMK	TMT	KS	OB2	EG	NK	OK	MT	MZ
	三つ池中 公園池 960530 目視 目視	久良岐公園 公園池 960531	坪香公園 公園池 960531 目視	積岸森林公園 公園池 960604 目視 目視	横浜公園 公園池 960604	白幡池 公園池 960605 1 聞き取り 聞き取り	児童遊園地 公園池 960605	長浜公園(汽) 公園池 960607	長浜公園(※) 公園池 960607	小柴崎緑道 公園池 960607 目視	大場第一 遊水池 960613	遊水池 960613	荏子田 遊水池 960613	子供自然中池 公園池 970515	子供自然大池 公園池 970515	みずきの谷 公園池 970521
コイ									4							
イロゴイ									3							
ゲンゴロウブナ	1															
ギンブナ		3														
フナ属		4							54				2			
キンギョ									5					3		
タイリクバラタナゴ																
ソウギョ																
アブラハヤ																
モツゴ		20	20	317	66	53	211						630	60	7	57
タモロコ					15						6	7				
トシヨウ																
シマドジョウ																
ホトケドジョウ																
ボラ								4								
カダヤシ																
クッヒー																
メダカ																
ヒメダカ																
ブルーギル	34	1														
オオクチバス		1								15					2	1
ウキゴリ																
ニクハゼ																
マハゼ																
トウヨシノボリ	1	60		8		7	30						30	40		
ヌマチチブ																
チチブ																
採集個体数計	36	89	20	325	81	61	241	142	66	15	6	7	663	103	9	58
種類数計	5	6	2	4	3	6	2	4	4	3	1	1	4	5	2	2
ヌカエビ															21	3
スジエビ		12				37							39	50		
ユビナガスジエビ																
テナガエビ		1	48					5								
オニテツポウエビ				1				1								
アメリカザリガニ							335		1			1	4	1	7	20
ハサミシヤコエビ																
イソガニ																
ヤマトオサガニ																
採集個体数計	0	13	48	1	0	37	335	12	1	0	0	1	43	51	28	23
種類数計	0	2	1	1	0	1	1	5	1	0	0	1	2	3	2	2

付表-7 池別の生息魚類・甲殻類の採集個体数(1997年)

	MZ2	MZ3	AR	HM	SO	YS2	OI	KT	KM1	KM2	HY	SF	KZ	JZ	Iz	TW
	自然観察の森3 ため池	自然観察の森3 ため池	荒井町公園 エコアップ	本牧市民公園 公園池	三溪園大池 公園池	矢指市民 公園池	追分市民の森 公園池	北八朔公園 公園池	玉縄2丁目池 公園池	清泉女学院裏ひょうたん池 ため池	ため池 ため池	瀬上池 ため池	伊賀のため池 公園池	蔵原の水辺 公園池	いづみ野公園 遊水池	田原橋公園 公園池
魚種	970521	970521	970522	970526	970526	970529	970529	970529	970603	970604	970605	970605	970611	970611	970612	971109
コイ			1													
イロゴイ																
ゲンゴロウブナ																
キンブナ														15		
フナ属													1			
キンギョ																
タイリクバラタナゴ																
ソウギョ																
アブラハヤ											11					
モツゴ	8	20		9	118			113	3	68	12	483				17
タモロコ				2						1					1	
ドジョウ										9						
シマドジョウ						40				2						
ホトケドジョウ										1						
ボラ																
カダヤシ													15			
クッピー																
メダカ			1											1		20
ヒメダカ			種魚多数													
ブルーギル					33							8				
オオクチバス			1									4				
ウキゴリ																
ニクハゼ																
マハゼ																
トウヨシノボリ				3	1						18					
ヌマチチブ																
チチブ					1											
採集個体数計	8	20	2	15	153	40	0	113	3	110	26	499	16	2	2	37
種類数計	1	1	2	4	4	1	0	1	1	7	4	3	2	2	2	2
ヌカエビ	4	3								151	28					
スジエビ																
ユビナガスジエビ																
テナガエビ																
オニテッポウエビ																
アメリカザリガニ		3	1	7			12	20	15	18	6	8	31			13
ハサミシヤコエビ																
イソガニ																
ヤマトオサガニ																
採集個体数計	4	6	1	7	0	0	12	20	15	169	34	8	31	0	0	13
種類数計	1	2	1	1	0	0	1	1	1	2	2	1	1	0	0	1

池改修による魚類・甲殻類（十脚目）相の変化に関する研究

樋口文夫, 福嶋悟, 水尾寛己, 倉林輝世 (横浜市環境科学研究所)

Study of the changes on the distributions of freshwater fish, Crustacea (Decapoda)
by pond improvementFumio Higuchi, Satoshi Fukushima, Hiromi Mizuo, Teruyo Kurabayashi
(Yokohama Environmental Reserch Institute)

キーワード: 池改修, 魚類, 甲殻類, 影響

要旨

池の改修後における魚類, 甲殻類相の再生, 回復の状況を解析するために 5 池を対象に調査した結果を報告した。改修前の魚類相は, 御手洗池を除いてモツゴ, トウヨシノボリが多く出現していた。もえぎ野公園池, 白幡池の例では, 改修後の放流 1, 2 ヶ月後, フナ属が顕著に増加し, モツゴも比較的多く増加した。トウヨシノボリの増加は若干遅かった。放流後 1 から 4 年後では, 特にフナ属の減少が著しかった。篠原池, 白幡池の体長分布の比較から, 篠原池はモツゴ, トウヨシノボリは, 多世代の集団構造であったが, フナ属は新規参入個体がほとんどなかった。白幡池は, フナ属, トウヨシノボリは同様な結果を示したが, 4 年後のモツゴの減少が著しかった。これは外来魚の影響が示唆された。甲殻類では, テナガエビ, スジエビが改修後の増加が鈍かった。ヌカエビは放流 1 年後に若干の増加を示した。御手洗池の過去の例では, オオクチバスの放流は単純な群集組成の中で短期間に攪乱することを示していた。

以上から, 改修後, 短期間にモツゴ, フナ属, トウヨシノボリが多く出現し, 1 年後以上になるとフナ属が顕著に減少し, モツゴ, トウヨシノボリも若干減少させて安定していく傾向を示した。これらは, 外来魚の移入等によって影響を受けると推測された。

1. はじめに

ため池は, 水田稲作等に用いる水を確保するために造られ, またかいぼり, 浚渫, 改修は良好な池環境を維持するために定期的に行われてきた共同の農作業であった。その中で水生生物は一時ダメージを受けるが, 生残, 周辺水路からの供給, 人為的な放流によってすみやかに再生, 回復していたことが推測される。しかし近年, 農業形態の変化によってため池本来の機能が失われ, 長期間放置する池, あるいは埋め立てられたり, 公園池, 遊水池として変わっていったり, また池の再整備等で池改修が行われている例が多くなってきた。しかしこれら環境変化に対して生息する生物への影響, モニタリングについての研究報告はほとんど見られない。

これらのことから池改修による水環境の変化と魚類, 甲殻類の改修後の変動について解析を行うことは, 池の多様な生物の再生, 回復を図るために必要なことと思われる。今回は, 5 池, ため池 1, 公園池 4 の事例をもとに検討したので報告する。

2. 方法

調査対象は, 改修工事が行われた公園池のもえぎ野公

園池, 篠原池, 白幡池, 菊名池の 4 池, ため池では御手洗池の 1 池で計 5 池であった。ただし菊名池は大規模改修工事がすでに 7 年前に行われた後の調査であった。

調査期間は, もえぎ野公園池が 1994 年から 2001 年に 5 回, 篠原池は 1996 年から 2001 年に 5 回, 白幡池が 1996 年から 2001 年に 6 回, 菊名池が 1996 年から 2001 年の 2 回, 御手洗池が 1981 年から 2001 年までの間に行われた 24 回の調査結果と既存の調査報告を加えて解析した。

魚類, 甲殻類の調査方法は前報¹⁾と同様であった。ただしかいぼり時の調査は目視等による定性的な調査であった。水質分析方法は前報¹⁾と同様であった。

3. 結果と考察

3-1. 池改修の事例

池別の水質分析結果を表-1-1, 2 に, 改修前後の魚類, 甲殻類相の変化を表-2, 3, 4-1, 2 に示した。池形態, 改修前の群集組成が近似した篠原池と白幡池については魚種別の体長分布の推移を比較検討した。以下に各池の事例を報告し, 解析する。なお改修後は池完成時の放流からの経過時間で示した。

3-1-1. もえぎ野公園池

表-1-1 池改修前後の水質環境

池名	時期	調査年月日	気温 °C	水温 °C	pH	水の色	EC μs/cm	透視度 cm	Eh(水) mv	Eh(泥) mv
もえぎ野公園	改修前	940606	25.9	26.4	7.6	緑茶色	400	20	422	247
		970827	29.1	29.5	7.7	緑色	324	14	537	127
	かいぼり	971214	6.7	14.9	6.9	透明	426	—	—	—
		改修後	980827	32.5	29.2	7.7	薄緑色	376	50<	427
篠原池	改修前	960515	20.4	19.5	8.0	茶色	318	35	517	297
		970819	33.0	25.6	8.8	緑色	256	12	377	407
	かいぼり	971009	—	—	—	—	—	—	—	—
		改修後	980819	29.3	24.9	7.4	茶色	461	35	497
白幡池	改修前	960605	24.4	22.7	7.2	緑色	148	12	707	287
		970109	6.6	3.6	7.4	茶緑色	169	28	—	—
	かいぼり	970208	—	—	—	—	—	—	—	—
		970702	29.2	27.0	7.7	薄茶色	285	29	347	222
		970819	27.4	25.4	8.4	薄緑色	198	35	407	377
	改修後	980114	6.6	4.1	7.9	透明	244	50<	467	442
		980514	23.0	20.0	8.0	透明	292	50<	307	-53
980819	28.3	27.6	7.2	透明	299	50<	407	87		
菊名池		960515	26.8	22.5	8.4	茶緑色	266	20	487	147
御手洗池	改修前	940613	23.6	23.1	7.3	茶色	304	50	617	282
		980305	8.3	9.2	7.3	白灰色	251	50<	507	282
	かいぼり	9902	—	—	—	—	—	—	—	—
		改修後	990624	26.5	22.8	7.1	白灰	317	50<	447
990902	30.0	27.8	7.3	灰茶	260	50<	260	-60		

注) — : 欠測, EC : 電気伝導度, Eh : 酸化還元電位

表-1-2 池改修前後の水質環境

池名	時期	調査年月日	DO mg/l	BOD mg/l	NH ₄ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l	TIN mg/l	PO ₄ -P mg/l	Chl.a μg/l
もえぎ野公園	改修前	940606	9.3	6.9	0.010	不検出	0.027	0.04	不検出	61
		970827	13.1	5.6	0.013	0.002	0.013	0.03	0.005	78
	かいぼり	971214	—	—	—	—	—	—	—	—
		改修後	980827	6.0	1.1	0.044	0.011	0.092	0.15	0.003
篠原池	改修前	960515	9	6.5	0.109	0.030	0.673	0.81	0.007	110
		970819	20	12	0.017	0.001	0.015	0.03	0.003	226
	かいぼり	971009	—	—	—	—	—	—	—	—
		改修後	980819	6.4	3.0	0	0.01	0.245	0.26	0.003
白幡池	改修前	960605	6	15	0.037	不検出	0.006	0.04	0.003	105
		970109	10.3	6.2	0.204	0.02	0.746	0.97	0.004	46.5
	かいぼり	970208	—	—	—	—	—	—	—	—
		970702	5.6	3.7	0.376	0.644	3.159	4.18	0.007	7.6
		970819	8.4	3.8	0.059	0.025	1.406	1.49	0.005	29
	改修後	980114	12.1	2.9	0.235	0.047	1.584	1.87	0.002	0.7
		980514	6.7	2.1	0.266	0.04	1.756	2.06	0.009	4.6
980819	4.2	1.3	0.031	0.011	0.707	0.75	0.003	13.7		
菊名池		960515	14.2	7.6	0.027	不検出	0.009	0.04	0.003	27
御手洗池	改修前	940613	5.5	2.0	0.083	0.001	0.069	0.15	不検出	15
		980305	4.1	0.7	0.188	0.043	0.619	0.85	0.01	4.9
	かいぼり	9902	—	—	—	—	—	—	—	—
		改修後	990624	4.8	3.2	0.136	0.03	0.05	0.216	不検出
990902	7.2	2.3	0.012	0	0.07	0.082	0.001	—		

注) DO : 溶存酸素量, BOD : 生物化学的酸素要求量, NH₄-N : アンモニア態窒素, NO₂-N : 亜硝酸態窒素, NO₃-N : 硝酸態窒素
TIN : 全無機態窒素, PO₄-P : リン酸態リン, Chl.a : クロロフィルa

鶴見川流域に位置する農業用ため池で面積 7500m²であった。池の脇に昭和 16 年 (1941 年) の池改築工事記念碑が建っている。今回の改修前の調査は 2 回行っており、1994 年 6 月、改修直前の 1997 年 8 月であった。

改修時のかいぼりは 1997 年 12 月に行われ、池に生息していた魚類、エビ類の在来種は主にプール、本研究所の水槽に確保された。これらは 1998 年 7 月池完成イベント時に再び放流された。調査は放流後 1 ヶ月後の 1998 年 8

表-2 もえぎ野公園池，篠原池における改修前後の魚類・甲殻類相の変化

魚種	もえぎ野公園池						篠原池					
	改修前		改修後				改修前		改修後			
	940606	970827	かいぼり 971214	再放流 980705	980827	010906	960515	970819	かいぼり 971009	再放流 980613	980819	010912
コイ	0	1	++	-	0	0	0	0	++	-	1	0
イロゴイ	0	0	++	-	0	0	目視	0	++	-	0	0
ゲンゴロウブナ	0	0	+	-	2	7	0	0	+	-	0	0
ギンブナ	0	2	++	100	3	0	0	1	-	-	0	0
フナ属	0	0	-	-	174	0	0	0	++	+	26	0
キンギョ	0	0	-	-	0	0	0	0	+	-	2	0
タイリクバラタナゴ	0	0	++	10	0	2	0	0	-	-	0	0
コクレン	0	0	+	-	0	0	0	0	-	-	0	0
オイカワ	0	0	+	-	0	0	0	0	-	-	0	0
ソウギョ	0	0	+	-	0	0	0	0	-	-	0	0
ウグイ	0	0	+	-	0	0	0	0	-	-	0	0
モツゴ	58	52	+++	40	43	14	30	98	++	+	150	366
タモロコ	0	0	+	-	0	0	0	0	-	-	0	0
ドジョウ	0	0	-	-	1	0	0	0	++	-	1	0
ナマス	0	0	+	-	0	0	0	0	-	-	0	0
チ・キャットフィッシュ	0	0	-	-	0	0	0	2	+	-	0	0
カダヤシ	1	0	-	-	0	0	0	0	-	-	12	0
グッピー	0	0	-	-	0	0	0	0	-	-	1	0
メダカ	0	0	-	-	0	0	0	0	-	-	4	5
ブルーギル	2	10	++	-	0	4	0	0	+	-	0	0
オオクチバス	0	0	++	-	0	0	0	0	-	-	0	0
トウヨシノボリ	68	37	+	10	20	52	28	84	++	-	62	13
カムルチー	0	0	+	-	0	0	0	0	-	-	0	0
採集個体数計	129	102	-	-	243	79	59	185	-	-	259	384
種類数計	4	5	16	4	6	5	4	4	10	2	9	3
ヌカエビ	0	0	-	-	0	8	0	0	-	-	0	0
スジエビ	0	0	-	-	0	9	95	71	++	-	0	3
テナガエビ	5	18	+++	10	2	2	0	0	-	-	0	0
アメリカザリガニ	0	0	-	-	0	0	0	0	-	-	0	1
採集個体数計	5	18	-	-	2	19	95	71	-	-	0	4
種類数計	1	1	1	1	1	3	1	1	1	0	0	2

注) +:少数確認, ++:やや多い, +++:非常に多い, -:未確認, -:欠測, チ・キャットフィッシュ:チャンネルキャットフィッシュ

表中の数字:個体数,表-3も同じ

月,3年後の2001年9月に行った。改修後の池形態の概要は,水面面積の減少,保護区の設定,浮島,水際のヨシ等,水辺植物帯,遊歩道の造成であった。

水質分析結果から改修前後の比較をすると,1ヶ月後では透視度,BOD値,Chl.aが低く,TINは若干高い値であった。

魚類相,甲殻類相の変化を表-2に示した。改修前にモツゴ,トウヨシノボリが多く生息し,他にコイ,ギンブナ,ブルーギル,カダヤシの6種類であった。甲殻類はテナガエビが確認された。かいぼり時に確認された種類は16種,モツゴが優占種,ブルーギル,オオクチバス,タイリクバラタナゴ,コクレン,ソウギョ等の外来魚,オイカワ,ウグイ,ナマス等の魚種も確認された。甲殻類ではテナガエビが多く,二枚貝ではドブガイ,イシガイ,巻貝のヒメタニシが確認された。再放流1ヶ月後の調査ではフナ属の幼魚が多数確認され,モツゴ,ト

ウヨシノボリが多く出現した。エビ類ではテナガエビが少数確認された。さらに3年後ではフナ属に変わってトウヨシノボリが多く確認され,ついでモツゴ,ゲンゴロウブナであった。外来魚ではブルーギルが確認された。甲殻類ではテナガエビの他に今まで確認されていなかったヌカエビ,スジエビが採集され,放流されたものと思われる。

以上から改修3年経過後に池を代表する魚種,モツゴ,トウヨシノボリが増加し,タイリクバラタナゴは二枚貝の消失によって繁殖を行っていない。甲殻類ではテナガエビが少ないながら定着しているようであった。ただし外来魚,他地域の在来エビの放流が確認された。

3-1-2. 篠原池

鶴見川流域にある農業用ため池で面積6400m²であった。現在は住宅地の中の公園池として開放されている。

表-3 白幡池, 菊名池における改修前後の魚類・甲殻類相の変化

魚種	白幡池							菊名池	
	改修前	かいぼり		改修後				960515	010912
	960605	970208	再放流 970614	970702	970819	980819	010912		
ウナギ	0	+	1	0	0	0	0	0	0
コイ	1	+	-	聞き取り	2	0	0	0	0
イロゴイ	0	+	-	0	0	0	0	0	0
ゲンゴロウブナ	聞き取り	-	+	聞き取り	0	0	2	0	0
ギンブナ	聞き取り	-	+	聞き取り	0	0	0	0	0
フナ属	0	+	-	98	230	112	0	1	0
タイリクバラタナゴ	0	+	-	0	1	0	0	0	0
ソウギョ	0	+	-	0	0	0	0	0	0
ウグイ	0	+	-	0	0	0	0	0	0
モツゴ	53	++	400	3	101	43	1	262	77
ナマズ	0	+	1	0	0	0	0	0	0
カダヤシ	0	-	-	0	2	0	0	0	0
グッピー	0	-	-	聞き取り	5	0	0	0	0
ブルーギル	聞き取り	+	-	0	0	0	28	0	1
オオクチバス	0	+	-	0	0	2	0	0	聞き取り
トウヨシノボリ	7	+	19	0	22	0	48	53	42
採集個体数計	61	-	-	101	363	159	79	316	120
種類数計	6	12	6	6	7	4	4	3	4
ミナミヌマエビ	0	-	-	0	0	0	24	0	0
スジエビ	37	+	45	0	1	0	5	19	18
テナガエビ	0	-	-	0	0	0	0	0	9
アメリカザリガニ	0	+	-	0	0	2	0	0	0
採集個体数計	37	-	-	0	1	2	29	19	27
種類数計	1	2	1	0	1	1	2	1	2

調査は改修前に2回、1996年5月、1997年8月、かいぼりは1997年10月、1998年6月に池が完成し魚類、エビ類等を再放流した。改修後の調査は2ヶ月後の8月、3年後の2001年9月に行った。改修後の池形態の概要は、水面面積の減少、親水ゾーン、生物保護ゾーン、水辺植物帯、遊歩道の設置、水路の造成等であった。

水質分析結果では、改修前と改修後2ヶ月の比較では、pHがアルカリ性、BOD値が改修前に高く、Chl.aも高い値を示した。しかし改修後でもChl.aは比較的高く、湖沼の栄養型区分²⁾では過栄養の状態であった。

魚類、甲殻類相の変化を表-2に示した。改修前の2回の調査結果ではモツゴ、トウヨシノボリが全採集個体数の90%以上を占めていた。外来魚のブルーギル、チャンネルキャットフィッシュ、カダヤシが少ないながら生息していた。また甲殻類ではスジエビが多く生息し、抱卵雌個体も確認できた。かいぼり時の確認魚種は10種³⁾、新たに確認できた種類はゲンゴロウブナ、ドジョウ等であった。完成放流時に他地域の魚種が一部放流された可能性があり、問題を残す結果となった。改修2か月後、フナ属幼魚が多く確認され、またモツゴ、トウヨシノボリも多く確認された。しかしブルーギル、カダヤシ、グッピーも出現していた。3年後ではモツゴがさらに多数確認されたのに対してトウヨシノボリの減少、フナ属が確認できなかった。他に外来魚ではブルーギルのみ確認された。

モツゴ、フナ属、トウヨシノボリの体長分布の推移を見たのが図-1、2、3である。モツゴは改修前に比べて個体数が多く、安定した世代交代を行っている。フナ属は短期的に幼魚が出現したが、その後は新たな年級群の参入は確認できなかった。トウヨシノボリは、改修前には比較的多く出現していた。後は短期的に増加し、3年後には個体数が減少し、成魚が少なかったが新規参入個体が出現し、世代交代を行っていることが確認できた。

甲殻類では改修前に多く生息していたスジエビは、改修後では2ヶ月後に確認できなかったが、3年後では若干増加してきていた。

これらのことから群集に影響を及ぼす外来魚の出現がない池の回復の程度は、再放流の時期、個体数によって異なってくると思われるが、長期的に見ると生物種によって再生、回復の時間的差、個体数変動があることを示しているものと考えられる。特にフナ属は変動が大きかった。

3-1-3. 白幡池

入江川流域にあった農業用ため池、面積6000m²、現在は篠原池と同様に公園池となっている。改修前の調査は1996年6月の1回、かいぼりは1997年2月、池の完成は6月、この時、魚類、エビ類が再放流された。改修後の調査は、1、2ヶ月後の1997年7月、8月、1年後の1998年8月、4年後の2001年9月に行った。改修後の池形態は生物保護ゾーン、親水ゾーン、水辺植物帯の

若干の造成，循環式の水路等を設置した。

水質分析は，改修後に7回行っている。改修前後を比較するとBOD値，Chl.aが改修後で低い値，透視度は高い値を示していた。酸化還元電位（Eh）は底質の泥で低い値を示し，還元状態の負値を示す時もあった。

魚類，甲殻類相の変遷を表-3に示した。それによれば改修前にモツゴが比較的多く確認され，トウヨシノボリも確認された。しかし採集個体数は少なかった。他にフナ釣り愛好家からの聞き取り情報ではブルーギル等が生息している。甲殻類はスジエビが多く確認された。かいぼり時の確認魚種は12種，定性的な数量区分ではモツゴが多く，トウヨシノボリ，フナ属，ウナギ，ナマズ等が少数確認された。放流はかいぼり時に確保した在来種で行った。1ヶ月後，フナ属の幼魚を多数，モツゴが少数確認することができた。聞き取り情報ではコイ，ゲン

ゴロウブナ等であった。2ヶ月後，フナ属，モツゴはさらに多数確認され，特にモツゴは顕著であった。スジエビは1個体のみ出現した。1年後，フナ属が最も多く確認され，ついでモツゴで，トウヨシノボリ，スジエビは確認することが出来なかった。この時に外来魚のオオクチバス，ブルーギルを確認した。4年後，フナ属の幼魚が確認できず，モツゴも1個体のみ確認，そのかわりトウヨシノボリが多く出現していた。またブルーギルが多数確認された。エビ類では，本州中部から九州に分布するミナミヌマエビ⁴⁾が多く確認され，横浜には生息記録がない種類であり放流されたものとする。スジエビは若干数が確認された。

モツゴ，フナ属，トウヨシノボリの体長分布の推移を見たのが図-4，5，6である。モツゴは改修後20mm前後の当歳が短期的に多く出現し，1年後ではこの年級群が生長するが，新たな年級群の参入が見られなかった。4年後，当歳幼魚の出現は少なく，成魚が確認することが出来なかった。フナ属は改修後に短期的に幼魚の出現が見られるものの新たな年級群の参入が見られず4年後では成魚がわずかに確認されるのみとなっていた。トウヨシノボリは，改修前に比べて後で多く出現し，4年後でも多くの個体を確認し，他の魚種とは異なった推移を示していた。

これらから，改修後の生物種の個体数，体長組成の変遷を断片的に見ても，短期的に幼魚等が多く出現しても，

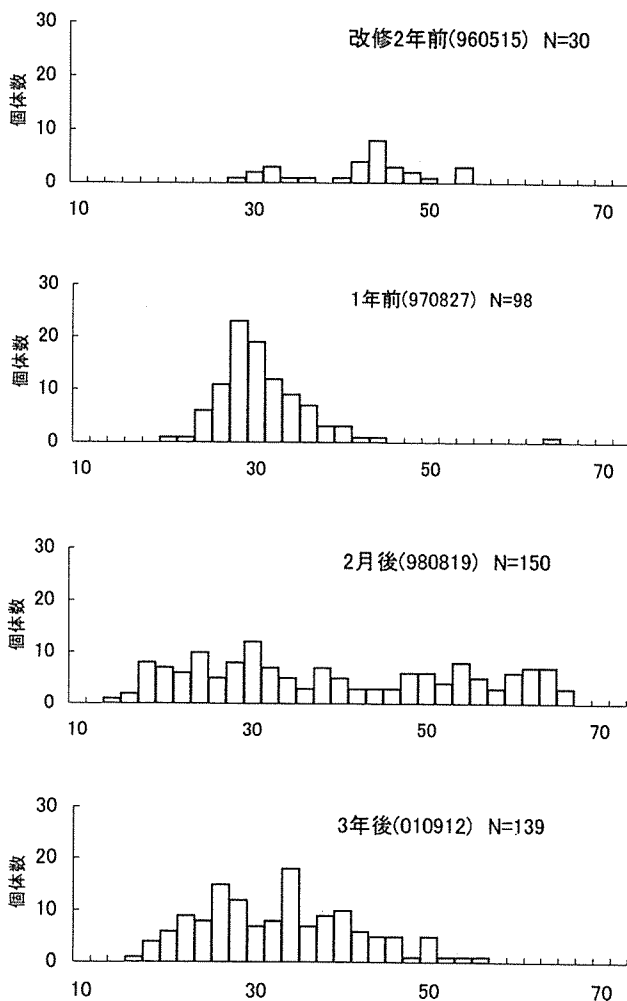


図-1 篠原池のモツゴ体長分布(mm)の変化

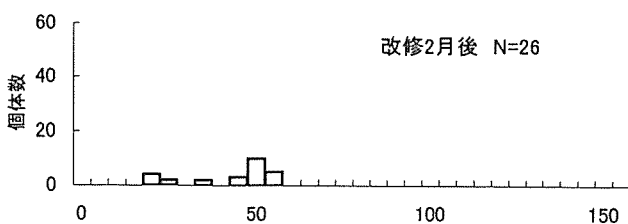


図-2 篠原池のフナ属体長分布(mm)の変化

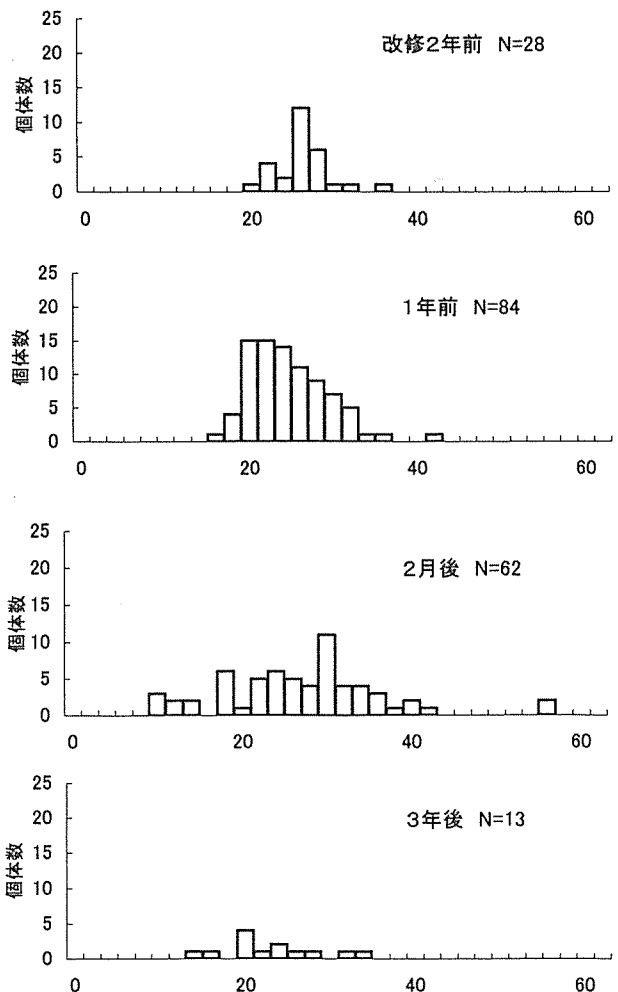


図-3 篠原池のトウヨシノボリ体長分布(mm)の変化

世代交代を行うことが出来ない種類と4年後でも安定していた種類があり、この池の群集組成、ブルーギルの放流による影響、水路等の生息場の問題を考慮して考える必要がある。

3-1-4. 菊名池

鶴見川流域にある農業用ため池、面積は約31500m²であった。その後、住宅地の中の公園池となった。改修時のかいぼりは1993年12月に行われ、池完成が1994年、面積が前の1/10に減少した。調査は改修後で約2年経過した1996年5月、約5年経過した2001年9月であった。水質環境は改修後の1回のChl.aの値を見ると富栄養型の池であった。

魚類、甲殻類相の変化を表-3に示した。いずれの経過年でもモツゴ、トウヨシノボリが多く確認された。しかし5年経過後の方で個体数が少なかった。外来魚ではブルーギルが1尾確認されただけであった。聞き取り情報ではオオクチバスも生息している。エビ類では、改修後

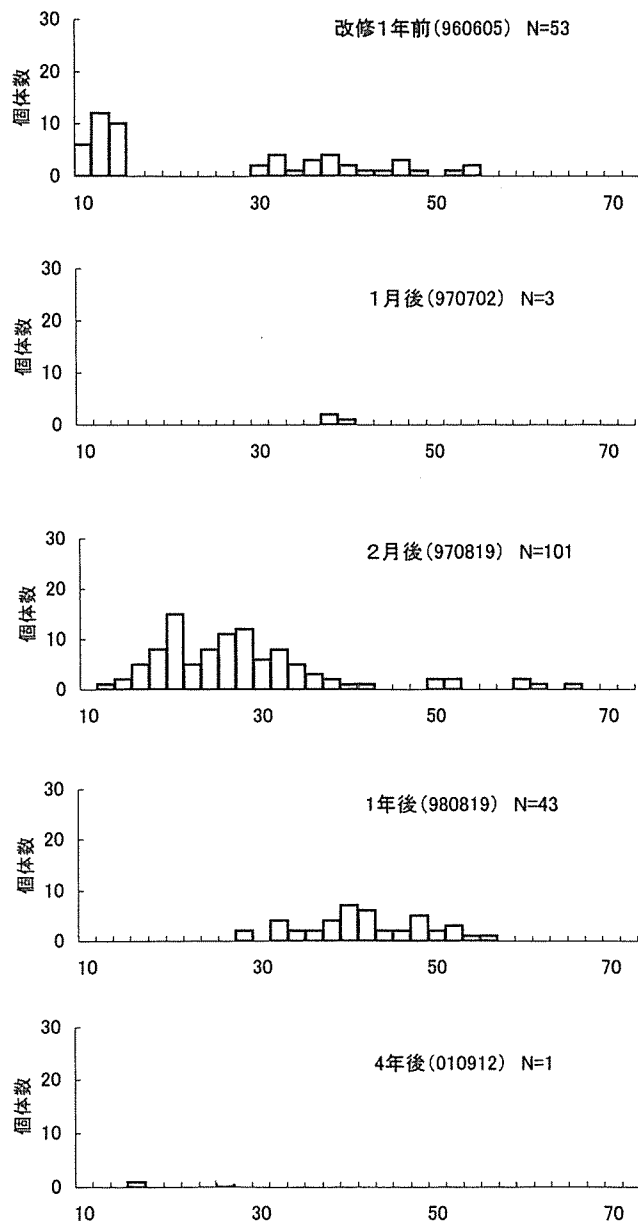


図-4 白幡池のモツゴ体長分布(mm)の変化

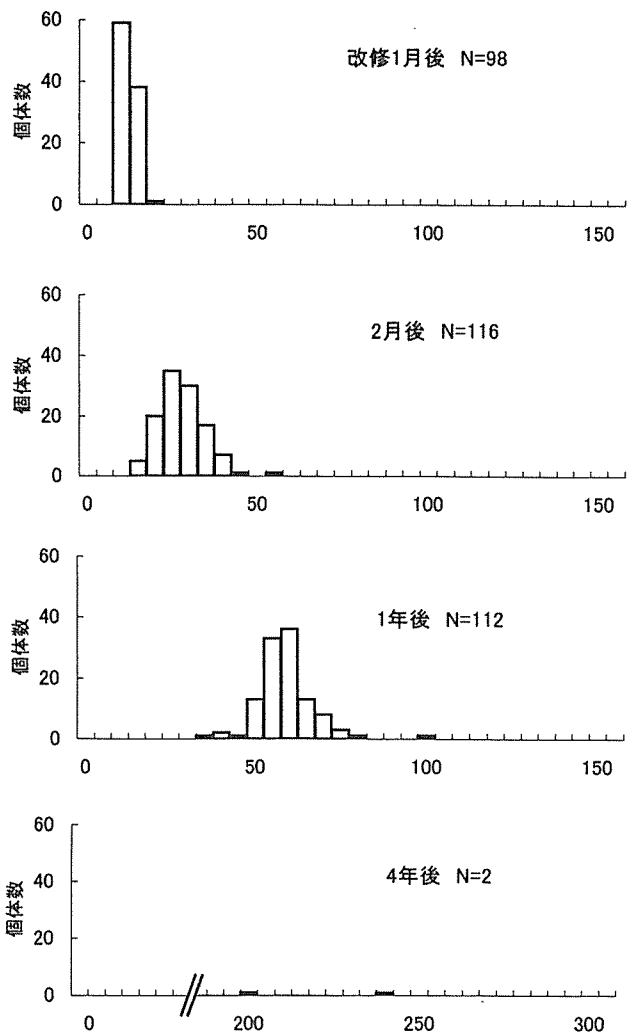


図-5 白幡池のフナ属体長分布(mm)の変化

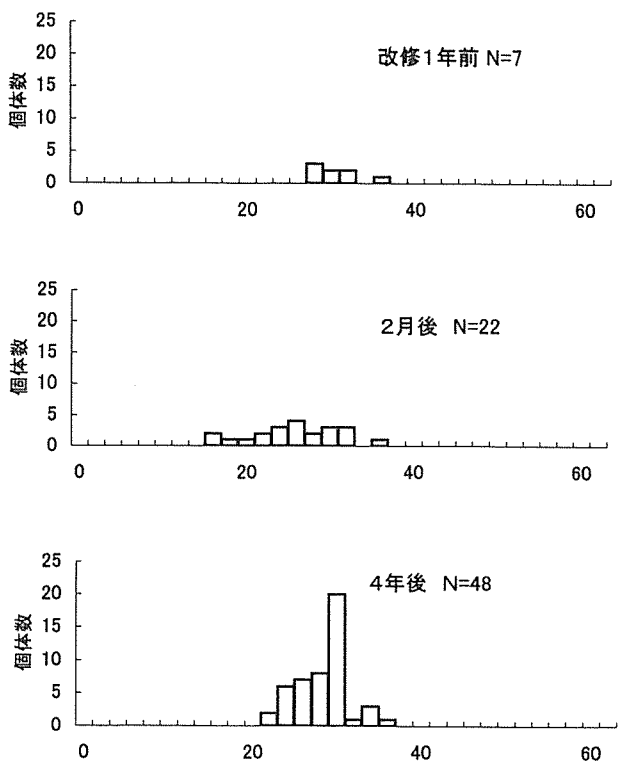


図-6 白幡池のトウヨシノボリ体長分布(mm)の変化

の放流の状況が不明であるが、スジエビが同様な数で確認され、生息数が多いものと推測された。

3-1-5. 御手洗池

鶴見川流域に位置し農業用ため池、面積 1400m²であった。現在は茅ヶ崎公園内の池となっており、学校、地域住民の協力で生物保護池として柵で囲われ、管理されている。この池の調査は、1979年にタナゴ類の分布調査を目的として行われたものであった⁵⁾。調査時、周辺部がニュータウン開発の初期で造成が進められていた。

1981年から1989年までの間に18回の生物相調査が行われた^{6,7,8)}。その間、池の周辺部で若干の改変が行われた。その後、1992年冬にかいぼりが行われた。1994年6月、改修前の1998年3月に定性的調査、かいぼりが1999年10月に行われ、改修工事完成後の2000年5月に下流水路で採捕した在来の魚類、エビ類を放流した。1ヶ月後の同年6月、1年後の2001年5月に生息確認調査を行った。池形態は、水面面積の減少、浮島、水辺植物帯を造成した。

表-4-1 御手洗池の魚類・甲殻類相の変遷

魚種	改修前												
	790725	810313	810603	830520	830802	831108	840504	840829	841023	850124	8606	8607	8608
コイ	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
イロゴイ	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ゲンゴロウブナ	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ギンブナ	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
フナ属	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
モツゴ	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1	7
ニゴイ	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ドジョウ	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
オオクチバス	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
トウヨシノボリ	+	13	14	18	14	39	25	78	8	5	7	8	9
採集個体数計	—	13	14	18	14	39	25	78	8	5	17	9	16
種類数計	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
ヌカエビ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
アメリカザリガニ	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
採集個体数計	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
種類数計	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
採集方法	タモ・投網	タモ	タモ	タモ	タモ	タモ	タモ	タモ	タモ	タモ	タモ	タモ	タモ

注) +: 確認種, -: 未確認種, -: 欠測, タモ: タモ網, 表中の数字: 個体数

表-4-2 御手洗池の魚類・甲殻類相の変遷

魚種	改修前						改修前				改修後		
							かいぼり				かいぼり 再放流		
	8610	8702	8704	8810	8812	8902	9202	940613	980305	991030	000530	000605	010529
コイ	0	0	1	0	0	0	—	0	-	+	-	0	0
イロゴイ	0	0	0	目視	0	0	—	0	-	+	-	0	0
ゲンゴロウブナ	0	0	0	0	0	0	—	0	-	+	-	0	0
ギンブナ	0	0	0	0	0	0	—	0	-	+	-	0	0
フナ属	0	0	2	0	0	0	—	0	-	+	50	65	7
モツゴ	6	0	0	0	7	1	—	175	-	-	-	0	0
ニゴイ	0	0	0	0	0	0	—	0	-	+	-	0	0
ドジョウ	0	0	0	0	0	0	—	0	-	-	-	0	1
オオクチバス	0	0	0	0	0	0	—	0	+	+	-	0	0
トウヨシノボリ	0	目視	0	0	14	0	—	127	-	-	8	2	31
採集個体数計	6	1	3	1	21	1	—	302	—	—	—	67	39
種類数計	1	1	2	1	2	1	—	2	1	7	2	2	3
ヌカエビ	+	+	+	+	+	+	—	89	+	-	215	1	17
アメリカザリガニ	-	-	-	-	-	-	—	1	+	+	-	16	0
採集個体数計	—	—	—	—	—	—	—	90	—	—	—	17	17
種類数計	1	1	1	1	1	1	—	2	2	1	1	2	1
採集方法	タモ	タモ	タモ	タモ	タモ	タモ	—	タモ・投網 ・ビンドウ	—	—	—	タモ・投網 タモ・投網 ・ビンドウ・ビンドウ	

水質環境は、この池の特徴として水の色が灰色、茶色系で透視度も高い値を示すことであった。他の池に比してBOD値、Chl.aが低い値を示していた。改修前後の差はあまりなかった。

魚類、甲殻類相の変化を表4-1, 2に示した。1979年の調査報告⁵⁾では、モツゴ、ヨシノボリ属、エビ類はヌカエビが確認されていた。1981年からの調査ではトウヨシノボリが確認されていたが、モツゴは1985年まで未確認であった。1986年にモツゴが再び確認された。しかし個体数は少なく、未確認の年もあった。トウヨシノボリは、1984年まで個体数も多かったが、1984年より減少し、1986年には未確認となった。1992年のかいぼり時の生物相は欠測であった。その2年後、1994年6月の調査ではモツゴ、トウヨシノボリが多く確認され、その他、ヌカエビが多く、またアメリカザリガニが池の中で初めて確認された。しかし1998年にオオクチバスが出現し、モツゴ、トウヨシノボリが確認できなかった。1999年10月のかいぼり時、確認魚類は7種、コイ、ゲンゴロウブナ、フナ属、ニゴイ等、外来魚ではオオクチバス、甲殻類ではアメリカザリガニのみであった。完成後の放流魚は、フナ属、トウヨシノボリ、ヌカエビ等であった。改修1ヶ月後、フナ属幼魚が多数出現し、トウヨシノボリ、ヌカエビは少数確認できた。アメリカザリガニは多数出現した。1年後ではフナ属が減少し、トウヨシノボリ、ヌカエビが増加していた。

これらのことから、この池の魚類、甲殻類相はトウヨシノボリ、ヌカエビが調査開始して5年後まで単純で安定した群集を維持してきた。その中でモツゴが再び加わり、一時増加するが、外来魚の放流、かいぼり等によって群集組成は単純化した。最近の調査結果はトウヨシノボリ、ヌカエビが数を増やし、回復しつつあることも示していると思われた。

3-2. 改修による魚類相、甲殻類相の変化

3-2-1. 個体数の変動

池の形態と出現種類数との関係は、前報¹⁾で検討し、池面積との関係が示唆され、また護岸としては、土、石積み等で多かったこと等を報告した。今回対象とした池の改修後の形態は、水面面積の減少、水際の軟基質、水辺植物、ヨシ等、生物保護ゾーン、植物の浮島、親水ゾーン等の多目的な複雑な形態となっている。これらの形態が魚類、甲殻類の生息場所として評価できるかどうかは、種の生態と微生物場利用の観点から解析する必要がある。今回は、5池の個体数、体サイズ分布の変化から解析したものである。

改修後、魚類の個体数変動には種によって異なる傾向を示していた。魚類の放流は5、6月の春であることと放流個体数は異なっていることを前提に解析する。白幡池、もえぎ野公園池、篠原池の例では、フナ属、モツゴが1、2ヶ月の短期間に多く出現し、トウヨシノボリは少なかった。1年後にもこの傾向を示した。3、4年後にはフナ属、モツゴが減少し、トウヨシノボリが増加した。御手洗池は1ヶ月後にフナ属の増加、1年後の減少、トウヨシノボリが増加していた。ただし篠原池は3年後、フナ

属の減少は同じであったが、モツゴはさらに増加させていた。以上から初期にフナ属、モツゴが増加し、特にフナ属は顕著でその後の減少も大きかった。トウヨシノボリの増加、回復は少し遅い傾向を示していた。

以上から未開拓な生息空間の中でモツゴ、フナ属、トウヨシノボリは繁殖し、短期間に急激に個体数を増加させていた。しかしその後の経過はフナ属が新規の参入個体が見られず減少させていくのに対して、モツゴ、トウヨシノボリは安定した多世代の集団構造を形成することが示唆される。これは前報¹⁾の出現種類の優占度から見ても理解される。しかし白幡池は、これらの結果とは異なっていた。その原因は、池脇の水路の存在、ブルーギルの増加、水質環境等の複雑な要因が関係しているものと考えられる。

甲殻類は、スジエビの例でみると、放流数が少なかったことも一因と思われるが、篠原池、白幡池の改修3、4年後でも採集個体数が少なく、回復の程度は鈍いと推測された。

3-2-2. 外来魚の影響

外来魚は白幡池が1年後、もえぎ野公園池が3年後の調査で確認された。篠原池は3年後で未確認であった。白幡池の例では4年後の調査でブルーギルの多くの生息を確認、フナ属、モツゴの減少との関係が示唆された。もえぎ野公園池も3年後の結果はこれと近似していた。御手洗池では改修前、オオクチバスの生息が確認された。かいぼり時にそれまで多く生息していたモツゴ、トウヨシノボリが確認できなかったことなどその影響が示唆された。これら外来魚の影響については多くの研究報告がある⁹⁻¹²⁾。食性が特定在来種に限定されず、対象餌生物が少なくなれば、他の多い生物へと転換することが報告されている。また魚類等の生活様式、池の底層より中層を生息場とし、浮遊性の生活を送っている生物種が影響を受ける。

横浜の場合、狭く、浅い閉鎖的な池、単純な群集構造のために外来魚の放流によって短期間に群集が攪乱され、復元することが出来なくなると思われる。それは高い捕食圧、資源利用効率¹³⁾等の差が影響の度合いをより強くしていると考えられる。今後、これら食物連鎖等を通じての種間関係について検討していきたいと考えている。

3-3. 今後の課題

改修時、後における在来種再生、保護、育成のための今後の検討課題の概要を示した。

(1) 改修後に整備された多目的池形態で、特に保護区の役割が機能しているかどうかの検討が必要であり、池全体の群集組成のモニタリング調査とともに微生物場利用の面からの調査研究が必要と考える。

(2) 在来種の再生、回復等の観点から改修工事期間中のストックすべき在来種を選定し、その個体数確保の方法等を種類別にマニュアル化すべきものと考えられる。これは、在来種における池改修期間中の逃避飼育管理方法の確立は、人為的ダメージを少なくし、すみやかな群集再生を考える上で必要である。飼育方法の確立、生物種にはそれぞれ適切な飼育密度、条件を考えて行く必要がある。

特に希少種、エビ類等の小動物については飼育に注意が必要であり、生物種によっては専門家、地域住民の協力を必要とする。

(3) 池の復元力を高めていくためには、川との関係を修復していくことが望まれる。それは池と川との間に高い落差工が設置され、また流下する川の形態が三面コンクリート、暗渠となっていることが多いことから、相互の移動、分散を可能にする形態、川における生息場所の再生等を考えていく必要があると考える。

(4) 外来魚の問題で、オオクチバス、ブルーギルの放流、増加をいかに防ぐか、放流されたいかに対策をこうじるか等である。定期的なかいぼり、捕獲が現状最も有効な方法と思われる。また在来種への影響を最小にするための池形態、あるいは外来魚の繁殖を制御するための池形態、生理生態的観点からの研究等が今後望まれるところである。一方、今回、5池の事例からみると人家から離れた池よりも住宅地にある公園池の方が、外来魚が出現していても在来種にあまり影響を与えていないと思われる。これには池形態、群集間の関係等種々の要因が考えられるが、池を利用する人の存在が大きいと考える。特に地域住民のフナ釣り、自然観察、散策等を通じて毎日利用する人々である。池を利用する多くの人々はこれら外来魚を良くないものと認識しており、キャッチアンドリリースは行わず、放流に対する監視活動も結果的にに行っていると思われる。

(5) 地域固有性保持のためのマニュアルづくりが今後、必要となるであろう。すなわち地域の在来種が減少し、絶滅の可能性がある時、他地域からの移入は考えずに、絶滅の確認調査、減少種に関しては人為的管理下での増殖事業等、絶滅種は同一水系のより近接した集団からの移入等の段階を踏んだ再生、移入方法を考える必要がある。その時、集団の生態的、形態的、遺伝的特徴の把握等、総合的なデータベースを記録管理する場所の設定とネットワーク化が必要と考える。

謝辞

調査にあたっては、横浜市緑政局公園事務所、公園部建設課、都市計画局港北ニュータウン建設部（当時）等の協力を頂いた。本報告をまとめるにあたり関係者各位に厚く御礼申し上げる次第である。

4. まとめ

池改修による魚類、甲殻類相への影響を見るために5池の事例を解析した。

- (1) 改修前の魚類相は、御手洗池の除いてモツゴ、トウヨシノボリが多く出現していた。
- (2) もえぎ野公園池、篠原池、白幡池では、改修後の放流1、2ヶ月後、フナ属が顕著に増加し、モツゴも比較的多く増加した。トウヨシノボリの増加は池によって異なっていた。

(3) 放流後1から4年後では、特にフナ属の減少が著しい、モツゴ、トウヨシノボリが比較的多く出現していた。体長分布から見るとフナ属は新規参入個体がなく短期的、他の魚種は広い分布組成を示していた。

(4) 御手洗池、白幡池の群集組成の変化は、外来魚の放流による影響があるものと推測した。

(5) 甲殻類では、テナガエビ、スジエビが改修後の増加が鈍かった。これは放流個体数が原因と考える。ヌカエビは放流1年後に若干の増加を示した。

以上から、池改修後の魚類相の変化は、短期間に個体数が増加するが、その後の変動は魚種によって異なっていた。特にフナ属は短期的で大きかった

文献

- 1) 樋口文夫、水尾寛己、福嶋悟、前川渡、阿久津卓、梅田孝：横浜市内の池における水環境と魚類相、甲殻類（十脚目）相の調査報告、横浜市環境科学研究所報 No.26, 22~37 (2002)
- 2) Forsberg, C. and S.O. Riding : Arch. F. Hydrobiol., 89, 189-207(1980)
- 3) 神奈川自然保全研究会：横浜市港北区篠原池のかい掘り結果報告、未発表資料, pp2 (1998)
- 4) 鈴木廣志、佐藤正典：淡水産のエビとカニ、かごしま自然ガイド, 1) 西日本新聞社, 74~75 (1994)
- 5) 横浜市教育委員会：天然記念物「ミヤコタナゴ」緊急調査報告書, pp.26 (1980)
- 6) 横浜市公害研究所：円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書、公害研資料 No.57, pp183 (1984)
- 7) 横浜市公害研究所：円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第2報、公害研資料 No.74, pp275 (1987)
- 8) 横浜市公害研究所：円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第3報、公害研資料 No.94, pp168 (1990)
- 9) 前畑政善：琵琶湖におけるブラックバスの現状、淡水魚、終刊号、淡水魚保護協会, 44~49 (1987)
- 10) 淀太我、木村清志：三重県青蓮寺湖と滋賀県西の湖におけるオオクチバスの食性、Nippon Suisan Gakkaishi, 64 (1), 26~28 (1998)
- 11) 中井克樹：「バス釣りブーム」がもたらすわが国の淡水生態系の危機、淡水生物の保全生態学、復元生態学に向けて、自然復元特集 5, 森誠一編著、信山社サイテック, 154~168 (1999)
- 12) 東幹夫：川原大池のハゼと外来魚たち、稚魚の自然史、千田哲資、南卓志、木下泉編著、北海道大学図書刊行会, 111~124 (2001)
- 13) 難波利幸：種間相互作用と群集動態の理論、群集生態学の現在、佐藤宏明、山本智子、安田弘法編著、京都大学学術出版会, 93~122 (2001)

横浜市沿岸のプランクトン相調査 (第2報)

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), 岡 敬一***
 (神奈川県環境科学センター), 二宮 勝幸* , 下村光一郎* (横浜市環境科学研究所)

Plankton organisms on the coast of Yokohama city (II)

*Hiromi Mizuo (Yokohama Environmental Research Institute), **Sabro Toriumi (Kannonzaki Nature Museum), ***Keiichi Oka (Kanagawa Environmental Research Center), *Katsuyuki Ninomiya & *Koichiro Shimomura (Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード; プランクトン, 水質, 東京湾

要旨

1998年から2000年までの過去3年間のプランクトン相の月別特徴を中心に報告した。この3年間の調査の中で、珪藻の*Coscinodiscus* spp. や渦鞭毛藻の*Gymnodinium* sp. など外洋のプランクトンが観察されるようになってきたこと、今まで東京湾ではほとんど見られなかった有害プランクトン渦鞭毛藻の*Alexandrium minutum*が見られてきていること、また、冬期における透明度が10m以上になることも見られるなどの特徴が明らかになった。

1. はじめに

横浜市沿岸沖合の水質は、東京湾内に流入する河川水の影響を直接または間接的に受けることにより富栄養化をもたらしているとともに、相模湾や黒潮による外洋水により希釈されている。横浜市沿岸・沖合の水質を浄化するためには、東京湾全体の流入汚濁負荷を削減、特に富栄養化の主要因である窒素とリンの削減が求められる。春季から夏季におけるCODが環境基準を超過している主な原因は、プランクトンの異常発生によるものである。現在、富栄養化削減のための第5次総量規制が進められてきている。横浜市沿岸・沖合で見られるプランクトンについては、鳥海らにより「横浜の川と生物」の調査などの中で報告されている。ここでは、1998年から2000年までの過去3年間のプランクトン相の月別特徴を中心に報告する。

2. 調査内容

調査は1998年4月から2001年3月までの3年間、毎月1回程度の頻度で調査を行った。調査地点は、横浜市沿岸・沖合域の下記の4地点で実施した。

- 1. 扇島沖 2. 多摩川沖 6. 本牧沖
- k. 金沢湾

なお、2001年3月8日の調査はk地点(金沢湾)の代わりに地点4(中ノ瀬)でおこなった。(図-1)

3. 調査の方法

3-1. 水質

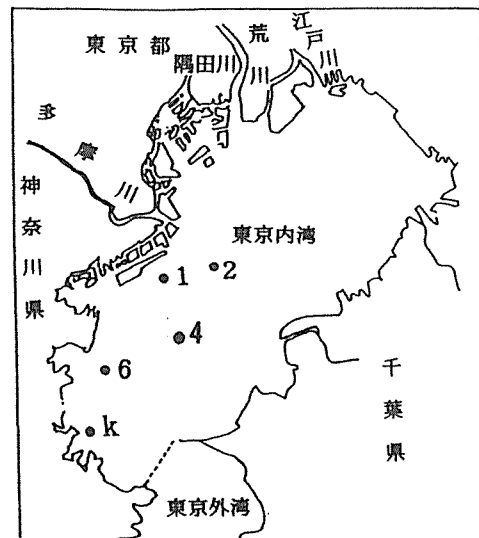


図-1 調査地点

試料の採取; ポリバケツによる表層海水

測定項目及び方法;

水温 (検定付棒状水銀温度計)

透明度 (直径30 cmのセッキ-板, 海洋観測指針による)

塩分 (ppt) (YSI model 13800使用)

pH (東亜電波 pHメーター)

クロロフィルa (Whatman GF/Fフィルターによりろ過し,

その後、N, Nジメチルホルムアミドで抽出し、-25℃暗所冷凍庫に1昼夜以上保存後、分光光度計で4波長測定し求めた。(計算はUNESCO法に準拠)

3-2. プランクトンの定量

試料の採取は船上よりポリバケツで海面の海水を汲み上げ、その後、全体が約5%になるようにホルマリンを加え、プランクトンを固定した。固定したプランクトンは光学顕微鏡、時に走査型電子顕微鏡で観察した。また、プランクトンの優占種の個体数を計測するために、汲み上げた海水を1,000mlのメスシリンダーに移し変えた後、ホルマリンを加えて1昼夜放置し、プランクトンを沈殿させた。そして、観察時に水流ポンプを用いて、海水の量を1/10に濃縮して、縦に20目盛り横に50目盛り合計1,000目盛りが刻まれている、計数板上に濃縮された海水1mlをピペットを用いて採り、その中に含まれる優占種5種のプランクトンの数をカウントメーターで計測した。また、夜光虫については、各地点で観察されることが多かったが、固定して沈殿させても個体が浮いてしまうことが多く、個体数の測定が不正確になりやすいので、今回も記録から除外した。なお、通常ナノプランクトンとよばれる、微細のプランクトンは計数用の低倍率の顕微鏡下では、生物と他の物と区別することが不可能のため、今回は個体数の記録から除外した。なお、プランクトンの学名は研究の進歩によりときに変更されることがあるが、その一例として、今回使用した種名の *Distephanus* 属は、最近の研究により (Moestrup, *et* Thomsen, H.A., 1990) *Dictyocha* 属とされているが、ここでは旧名を用いる。

4. 結果と考察

4-1. 各月における優占種5種のプランクトンの特徴

ここでは1998年度から2000年度までの3カ年の優占種5種のプランクトンについて、比較検討を行った。なお、各月の優占種5種を付表1-1~2, 付表2-1~2, 付表3-1~2に示した。また、各月の水質分析表の右端に最優占種を記した。

4-1-1. 4月に見られたプランクトン

1998年4月17日の塩分濃度が低いのは、淡水が流入したため、淡水性のプランクトンが観察されている。1999年4月20日に出現した渦鞭毛藻の *Amylax verior* 種は、元々東京湾には見られない種であるので、相模湾からの海水の流入が考えられる。1998年4月17日に珪藻の *Rhizosolenia setigera* が増殖したことは、2001年2月、3月と同じような傾向を示していると考えられた。この種は水温10-15℃、塩分濃度30‰位で増殖する種と報告されている。この月の水温は、1999年度は他の年に比べてやや高く、2000年度はやや低い傾向が見られた。

4-1-2. 5月に見られたプランクトン

2000年5月20日に、港湾局からラフィド藻 *Heterosigma akashiwo* による赤潮の試料が届き、1ml中に30,000個体見られた。2000年5月24日には外洋性のプランクトンが観察されたので、相模湾からの海水の流入が考えられた。この日の最優占種は珪藻の *Skeletonema costatum* で St. 6 が最も個体数が多く、1ml中に1,930個体であった。

4-1-3. 6月に見られたプランクトン

1999年6月3日に相模湾で渦鞭毛藻の *Noctiluca scintillans* (夜光虫) による大規模な赤潮の発生が観察された。

ラフィド藻の *Heterosigma akashiwo* は比較的低温から高温にかけて見られ、珪藻の *Skeletonema costatum* の増殖と同じような傾向であるが、クロロフィルa濃度にはかなりの違いが見られる。

表-1 4月における水質及び最優占種

年月日	地点	水温(℃)	透明度(m)	塩分(ppt)	pH	Chl. a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	最優占種
1998年4月17日	St. 1	15.9	3.5	19.8	7.58	20.8	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 2	15.6	3.0	30.4	8.20	18.8	<i>Rhizosolenia setigera</i>
	St. 6	16.3	2.3	27.3	8.23	25.1	<i>Rhizosolenia setigera</i>
	St. k	16.0	2.0	27.4	8.22	20.6	<i>Rhizosolenia setigera</i>
1999年4月20日	St. 1	15.4	2.0	27.5	8.48	35.6	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 2	15.0	3.0	30.1	8.49	18.2	<i>Amylax verior</i>
	St. 6	15.2	2.5	29.2	8.56	44.9	<i>Amylax verior</i>
	St. k	15.6	3.0	30.2	8.55	22.8	<i>Skeletonema costatum</i>
2000年4月14日	St. 1	13.9	2.0	30.2	8.51	16.1	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 2	13.7	2.0	30.0	8.68	33.7	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 6	13.8	4.0	32.2	8.36	2.2	<i>Protoperdinium</i> spp.
	St. k	13.5	4.5	31.2	8.37	2.1	<i>Heterocapsa triquetra</i>

表-2 5月における水質及び最優占種

年月日	地点	水温(°C)	透明度(m)	塩分(ppt)	pH	Chl. a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	最優占種
1998年5月19日	St. 1	18.7	2.3	30.1	8.05	24.0	<i>Heterosigma akashiwo</i>
	St. 2	18.8	2.5	30.3	8.30	36.6	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 6	17.7	3.0	31.7	8.18	17.3	<i>Eucampia zodiacus</i>
	St. k	17.6	5.0	30.1	8.09	5.8	<i>Eucampia zodiacus</i>
1999年5月6日	St. 1	17.2	2.1	27.6	8.45	24.7	<i>Leptocylindrus danicus</i>
	St. 2	17.2	2.0	29.8	8.59	28.1	<i>Leptocylindrus danicus</i>
	St. 6	17.7	2.5	27.4	8.47	23.6	<i>Rhilsolzoenia fragilissima</i>
	St. k	17.7	3.0	28.4	8.52	26.3	<i>Prorocentrum minimum</i>
2000年5月24日	st. 1	20.6	3.0	30.3	8.49	32.8	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 2	20.3	2.2	28.2	8.68	67.6	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 6	19.4	3.0	31.3	8.39	21.5	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. k	20.1	3.5	30.4	8.44	16.3	<i>Skeletonema costatum</i>

表-3 6月における水質及び最優占種

年月日	地点	水温(°C)	透明度(m)	塩分(ppt)	pH	Chl. a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	最優占種
1998年6月4日	St. 1	20.8	2.0	25.5	8.20	35.4	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 2	21.1	2.3	26.0	8.46	40.7	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 6	21.1	2.3	28.8	8.51	37.8	有鐘類
	St. k	21.3	2.4	28.8	8.46	27.6	<i>Coscinodiscus spp.</i>
1999年6月7日	St. 1	20.9	1.5	30.9	8.35	96.7	<i>Heterosigma akashiwo</i>
	St. 2	21.3	1.2	29.8	8.48	117.92	<i>Heterosigma akashiwo</i>
	St. 6	21.4	1.0	30.2	8.51	161.2	<i>Heterosigma akashiwo</i>
	St. k		欠	測			
1999年6月23日	St. 1	22.8	2.0	21.5	8.38	70.8	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 2	22.8	3.5	28.3	8.51	43.2	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 6	22.8	3.5	29.5	8.39	19.4	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. k	23.6	4.0	28.4	8.32	14.5	<i>Nitzschia longissima</i>
2000年5月24日	St. 1	20.6	3.0	30.3	8.49	32.8	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 2	20.3	2.2	28.2	8.56	67.6	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 6	19.4	3.0	31.3	8.39	21.5	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. k	20.1	3.5	30.5	8.44	16.3	<i>Skeletonema costatum</i>

4-1-4. 7月に見られたプランクトン

ユーグレナ藻の *Eutreptiella* spp. は、比較的低塩分濃度の時に増殖が見られるようである。増殖が見られたのは台風性の強い雨が続いた後であった。

1998年7月6日には外洋性の種である放散虫が観察されているので透明度は低いが、相模湾からの海水の流入が考えられた。

4-1-5. 8月に見られたプランクトン

1999年8月26日に、我々の観察では初めて、有毒プランクトンといわれる渦鞭毛藻の *Alexandrium minutum* と近似する種が観察され、優占種5種には含まれなかったが1ml中に70個体見られ、これは明らかに相模湾からの海水の流入が

考えられる。このことから考えて、この *Alexandrium* 近似種は東京湾に定住している種ではなく、他の地域から移住してきて、東京湾で増殖する種であると考えられた。また、10数年前まで東京湾でしばしば赤潮を形成した渦鞭毛藻の *Prorocentrum micans* も観察された。

4-1-6. 9月に見られたプランクトン

2000年9月13日には、珪藻の *Pseudo-nitzschia multistriata* 種が観察されているが、この種は以前より湾内で観察されているが、1998年8月-10月と1999年9月に少数観察され、2000年度の同じ時期に多数観察されている。

この種は水温25°C以上で、比較的高塩分濃度の時に観察されるようである。

表-4 7月における水質及び最優占種

年月日	地点	水温(°C)	透明度(m)	塩分(ppt)	pH	Chl. a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	最優占種
1998年7月6日	St. 1	26.7	1.5	27.5	8.73	10.2	<i>Nitzschia longissima</i>
	St. 2	25.1	2.0	29.8	8.60	8.5	<i>Coscinodiscus</i> spp
	St. 6	25.7	1.6	29.8	8.63	10.2	<i>Nitzschia longissima</i>
	St. k	25.7	1.7	29.7	8.73	12.3	<i>Prorocentrum micans</i>
1999年7月16日	St. 1	24.3	1.3	22.5	8.64	141.9	<i>Heterosigma akashiwo</i>
	St. 2	23.9	1.7	23.2	8.69	149.8	<i>Heterosigma akashiwo</i>
	St. 6	24.4	2.0	25.4	8.56	58.6	<i>Heterosigma akashiwo</i>
	St. k	23.5	2.0	27.9	8.45	66.5	<i>Heterosigma akashiwo</i>
2000年7月11日	St. 1	25.1	1.0	12.8	9.00	90.7	<i>Eutreptiella</i> spp.
	St. 2	26.0	1.2	12.7	8.93	80.1	<i>Eutreptiella</i> spp.
	St. 6	24.9	1.3	28.0	8.71	48.0	<i>Nitzschia longissima</i>
	St. k		欠	測			

表-5 8月における水質及び最優占種

年月日	地点	水温(°C)	透明度(m)	塩分(ppt)	pH	Chl. a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	最優占種
1998年8月7日	St. 1	27.4	1.4	25.8	8.74	87.2	小型珪藻類
	St. 2	27.1	1.4	23.8	8.74	103.7	小型珪藻類
	St. 6	26.6	1.9	28.6	8.61	45.8	小型珪藻類
	St. k	27.0	1.7	27.9	8.58	63.9	小型珪藻類
1999年8月10日	St. 1	27.9	1.2	22.9	8.55	57.1	<i>Thalassiosira</i> spp.
	St. 2	28.5	0.6	20.1	8.75	62.2	<i>Thalassiosira</i> spp.
	St. 6	28.2	1.6	24.8	8.63	33.6	繊毛虫
	St. k	28.3	1.5	24.3	8.66	35.2	繊毛虫
1999年8月26日	St. 1	28.0	1.5	16.9	8.73	65.1	<i>Thalassiosira</i> spp.
	St. 2	28.0	1.5	18.2	8.87	60.	<i>Thalassiosira</i> spp.
	St. k	28.4	1.5	20.2	8.90	62.0	<i>Thalassiosira</i> spp.
2000年8月28日	St. 1	27.4	2.0	29.9		15.5	小型珪藻類
	St. 2	29.3	2.5	27.4	欠	22.9	小型珪藻類
	St. 6	27.4	2.0	29.3	測	49.9	小型珪藻類
	St. k	26.9	2.0	30.4		39.6	小型珪藻類

表-6 9月における水質及び最優占種

年月日	地点	水温(°C)	透明度(m)	塩分(ppt)	pH	Chl. a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	最優占種
1998年9月8日	St. 1	23.6	1.5	23.4	8.44	55.2	小型珪藻類
	St. 2	23.8	2.0	28.3	8.50	41.5	小型珪藻類
	St. 6	23.8	1.8	24.7	8.51	24.7	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. k	24.0	1.5	24.4	8.48	56.8	
1999年9月27日	St. 1	24.6	1.4	23.3	8.62	71.4	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 2	24.6	3.6	29.0	8.46	11.3	<i>Coscinodiscus</i> spp.
	St. 6	24.5	3.3	31.1	8.45	30.7	<i>Coscinodiscus</i> spp.
	St. k	24.6	2.2	25.0	8.57	49.7	<i>Coscinodiscus</i> spp.
2000年9月13日	St. 1	26.4	1.4	19.2	8.64	59.9	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 2	26.2	1.7	26.7	8.87	54.5	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>
	St. 6	26.6	2.5	29.5	8.91	29.5	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>
	St. k	26.0	2.0	29.9	8.81	29.9	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>

表-6 9月における水質及び最優占種 (つづき)

年月日	地点	水温(°C)	透明度(m)	塩分(ppt)	pH	Chl. a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	最優占種
2000年9月29日	St. 1	22.5	1.3	24.3	9.09	111.8	<i>Thalassiosira</i> spp.
	St. 2	23.0	1.5	25.2	8.82	91.0	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>
	St. 6	23.6	1.3	26.2	9.08	99.4	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>
	St. k	23.4	1.5	25.7	9.04	69.9	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>

4-1-7. 10月に見られたプランクトン

1998年10月26日はクロロフィルa濃度が低く、透明度はst. 1, 6, Kで7.5m以上を示し、プランクトンは極めて少なかった。この原因については不明であるが、港内で *Noctiluca scintillans* (夜光虫) による赤潮が発生していたところから、これにより捕食されたことも考えられる。

1999年10月13日は水温が22~23°Cで最優占種は地点により異なっていた。2000年10月31日のクロロフィルa濃

度は2000年9月に比べて低いが、優占種では珪藻の *Pseudo-nitzschia multistriata* が共通して観察された。

4-1-8. 11月に見られたプランクトン

1998年11月11日は相模湾からの海水の流入が考えられた。また、1999年11月30日は透明度が各地点とも8m以上で、クロロフィルa濃度はきわめて少なく、外洋水の流入が考えられた。出現プランクトンは珪藻の *Chaetceros* spp. と繊毛虫類の *Mesodinium rubrum* であった。

表-7 10月における水質及び最優占種

年月日	地点	水温(°C)	透明度(m)	塩分(ppt)	pH	Chl. a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	最優占種
1998年10月26日	St. 1	18.8	7.5	24.5	7.69	0.9	<i>Ceratium furca</i>
	St. 2	19.0	5.0	26.8	8.05	2.3	<i>Ceratium furca</i>
	St. 6	20.4	9.0	30.1	8.08	1.8	<i>Ceratium furca</i>
	St. k	20.0	9.0	29.6	8.06	1.9	<i>Mesodinium rubrum</i>
1999年10月13日	St. 1	22.9	3.0	29.4	8.28	16.6	<i>Prorocentrum minimum</i>
	St. 2	22.4	3.1	29.8	8.37	16.6	<i>Nitzschia pungens</i>
	St. 6	23.1	4.0	30.5	8.34	11.1	<i>Coscinodiscus</i> spp.
	St. k	23.0	5.0	30.7	8.26	5.5	<i>Protoperidinium</i> spp.
2000年10月31日	St. 1	18.3	5.5	29.0	8.29	3.5	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>
	St. 2	18.9	5.0	29.9	8.35	6.4	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>
	St. 6	18.9	9.0	29.7	8.34	1.6	<i>Mesodinium rubrum</i>
	St. k		欠 測				

表-8 11月における水質及び最優占種

年月日	地点	水温(°C)	透明度(m)	塩分(ppt)	pH	Chl. a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	最優占種
1998年11月11日	St. 1	17.3	2.5	29.9	8.05	9.3	<i>Actinopterychus senarius</i>
	St. 2	18.0	5.0	32.1	8.05	10.5	<i>Actinopterychus senarius</i>
	St. 6	19.1	5.0	33.4	8.12	7.3	<i>Actinopterychus senarius</i>
	St. k	18.7	5.5	32.3	8.11	4.0	<i>Actinopterychus senarius</i>
1999年11月30日	St. 1	15.3	12.0	30.2	8.08	0.9	<i>Mesodinium rubrum</i>
	St. 2	15.4	8.0	30.6	8.14	1.5	<i>Chaetceros</i> spp.
	St. 6	15.8	12.5	39.3	8.18	0.8	<i>Chaetceros</i> spp.
	St. k	16.3	10.0	31.9	8.17	0.9	<i>Mesodinium rubrum</i>
2000年11月16日	St. 1	17.5	6.5	25.4	8.53	4.1	<i>Thalassiosira</i> spp.
	St. 2						
	St. 6		欠 測				
	St. k						

4-1-9 12月に見られたプランクトン

2000年においては、各調査地点とも透明度が8.5m以上と高く、見られるプランクトンは渦鞭毛藻の*Gymnodinium* sp.や珪藻の*Coscinodiscus* spp.などで相模湾からの海水の流入が考えられた。*Gymnodinium* sp.については、この時に初めて観察した。

4-1-10 1, 2月に見られたプランクトン

2000年2月18日においては、透明度が各調査地点とも7m以上で、外洋水による流入が考えられた。珪藻の*Eucampia zodiacus*が優占種であったが、クロロフィルa濃度で明らかのようにプランクトン量は少なかった。

表-9 12月における水質及び最優占種

年月日	地点	水温(°C)	透明度(m)	塩分(ppt)	pH	Chl. a($\mu\text{g l}^{-1}$)	最優占種
1998年12月		欠 測					
1999年12月16日	St. 1	13.2	3.0	30.6	8.17	8.0	<i>Ceratium furca</i>
	St. 2	14.1	6.0	32.6	8.23	6.8	<i>Ceratium furca</i>
	St. 6	14.2	5.0	32.8	8.21	4.3	<i>Ceratium furca</i>
	St. k	14.2	6.0	32.9	8.23	3.1	<i>Ceratium furca</i>
2000年12月18日	St. 1	12.9	8.5	30.3	8.11	5.7	<i>Gymnodinium</i> sp.
	St. 2	13.2	10.0	31.5	8.15	6.4	<i>Coscinodiscus</i> spp.
	St. 6	13.3	10.0	32.0	8.15	5.2	<i>Gymnodinium</i> sp.
	St. k	13.4	10.0	30.5	8.14	6.1	

表-10 1月における水質及び最優占種

年月日	地点	水温(°C)	透明度(m)	塩分(ppt)	pH	Chl. a($\mu\text{g l}^{-1}$)	最優占種
1999年1月14日	St. 1	11.5	5.0	32.6	8.12	3.4	<i>Thalassiosira</i> spp.
	St. 2	10.3	5.0	32.6	8.26	14.8	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 6	12.0	8.0	33.3	8.14	2.5	
	St. k	11.4	9.0	32.9	8.14	欠測	
2000年1月17日	St. 1	10.0	5.0	32.9	8.33	15.9	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 2	10.1	4.5	32.9	8.38	17.2	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 6	10.8	5.0	33.0	8.34	14.6	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. k	10.8	5.5	32.8	8.33	13.9	<i>Skeletonema costatum</i>
2001年1月		欠 測					

表-11 2月における水質及び最優占種

年月日	地点	水温(°C)	透明度(m)	塩分(ppt)	pH	Chl. a($\mu\text{g l}^{-1}$)	最優占種
1999年2月15日	St. 1	9.8	4.0	32.0	8.05	9.5	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 2	9.0	3.2	32.2	8.19	22.5	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 6	10.1	3.2	32.6	8.20	16.7	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. k	10.3	5.5	32.7	8.14	9.6	<i>Skeletonema costatum</i>
2000年2月18日	St. 1	9.7	9.0	24.8	8.32	7.4	<i>Eucampia zodiacus</i>
	St. 2	9.7	7.0	28.2	8.32	10.6	<i>Eucampia zodiacus</i>
	St. 6	10.4	10.5	32.8	8.40	5.5	<i>Eucampia zodiacus</i>
	St. k	10.5	10.0	32.8	8.36	4.9	<i>Eucampia zodiacus</i>
2001年2月20日	St. 1	9.6	2.0	31.5	8.62	50.3	<i>Rhizosolenia setigera</i>
	St. 2	9.8	3.0	31.5	8.62	40.0	<i>Rhizosolenia setigera</i>
	St. 6	10.3	2.0	31.8	8.65	41.9	<i>Rhizosolenia setigera</i>
	St. k		欠 測				

表-12 3月における水質及び最優占種

年月日	地点	水温(°C)	透明度(m)	塩分(ppt)	pH	Chl. a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	最優占種
1999年3月3日	St. 1	10.4	4.5	欠測	8.18	15.9	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 2	10.5	5.5	欠測	8.10	15.4	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 6	11.0	4.0	欠測	8.20	10.6	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. k	11.3	5.5	欠測	8.27	14.5	<i>Skeletonema costatum</i>
1999年3月19日	St. 1	12.9	2.5	31.7	8.36	27.8	<i>Heterosigma akashiwo</i>
	St. 2	12.8	2.5	32.2	8.42	29.3	<i>Heterosigma akashiwo</i>
	St. 6	12.4	3.5	32.6	8.45	9.7	<i>Heterosigma akashiwo</i>
	St. k	12.4	5.0	31.8	8.35	13.8	<i>Heterosigma akashiwo</i>
2000年3月13日	St. 1	9.9	4.0	32.8	8.48	11.4	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 2	9.8	3.5	31.7	8.53	14.0	<i>Skeletonema costatum</i>
	St. 6	10.1	6.0	32.7	8.46	5.4	<i>Heterocapsa triquetra</i>
	St. k	10.6	5.0	31.9	8.45	10.8	<i>Eucampia zodiacus</i>
2001年3月8日	St. 1	9.7	4.0	31.3	8.42	14.0	<i>Rhizosolenia setigera</i>
	St. 2	9.8	3.5	31.6	8.46	18.7	<i>Rhizosolenia setigera</i>
	St. 6	11.1	4.0	32.2	8.46	8.4	<i>Rhizosolenia setigera</i>
	St. 4	10.6	5.0	32.2	8.42	10.9	<i>Rhizosolenia setigera</i>

4-1-11. 3月に見られたプランクトン

1999年3月19日はSt. 1~kまでラフィド藻の*Heterosigma akashiwo*による赤潮である。その他、優占種として珪藻の*Skeletonema costatum*、渦鞭毛藻の*Heterocapsa triquetra*などが観察された。

2001年3月8日のプランクトンは、1998年4月のプランクトンと同じような傾向を示し、珪藻の*Rhizosolenia setigera*が増殖するのは、水温15度前後と比較的低温であり、塩分濃度は逆に比較的高いときに、増殖の傾向が見られた。

4-2. 水質の季節的变化

過去3カ年間の水質の季節的变化について、本牧沖のst. 6を例に図-2から図-5に示した。水温は4月頃から徐々に上昇し、8月に最大となり、9月頃から下降し、12月か

ら3月までが低い値を示している。透明度は水温の上昇する4月から成層期の8月と9月頃まで3m以下と低く、その時期に対応してクロロフィルa濃度が全体的に高くなっている。一方10月から2月頃までの透明度は4m以上で、時には10m以上にもなり、それに対応してクロロフィルa濃度は低くなっている。これは海水の上下層水の混合と水温低下が表層でのプランクトン増殖を抑制していると思われる。4月から9月頃の表層の塩分は10月から3月頃の期間に比べてやや低い傾向が見られるが、これは水温上昇する夏季には成層が発達しているためである。成層が発達する夏季には、河川水が海表面を広く広がり、表層でのプランクトン増殖を起しやすしい場を形成していると思われる。

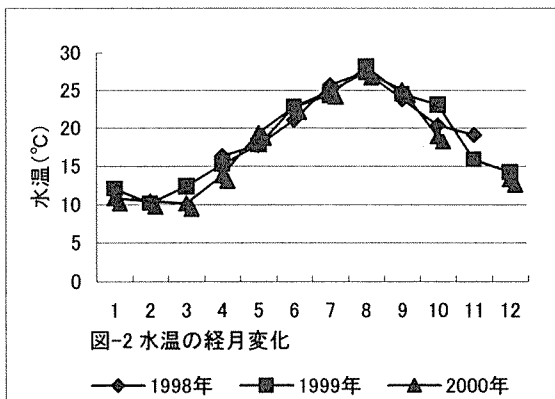


図-2 水温の経月変化

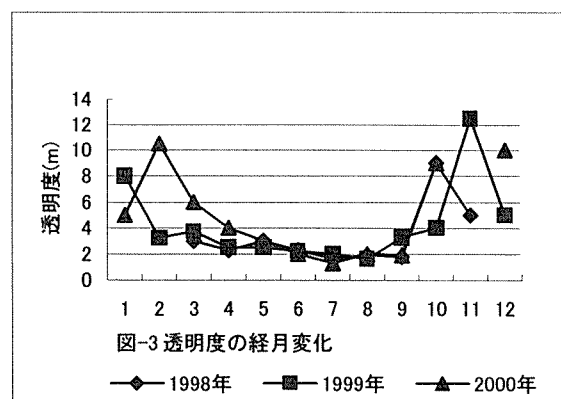
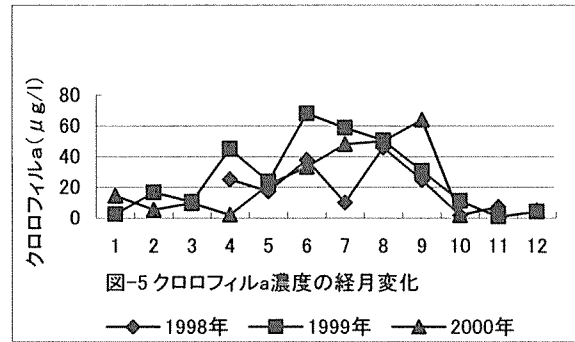
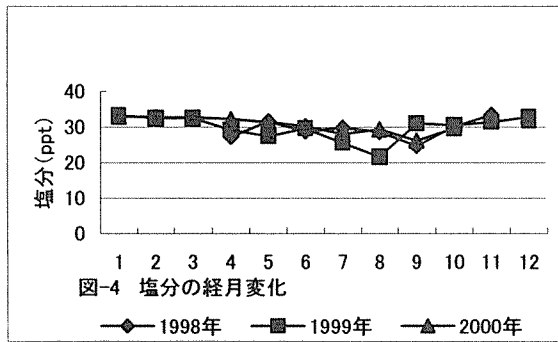


図-3 透明度の経月変化



4-3. プランクトンの季節的消長

3ヶ年における優占種5種の月別出現状況を表13に示した。この結果からは、1月から4ないし5月頃まで優占5種となる種類として、珪藻の *Rhizolenia setigera*, *Eucampia zodiacus*, 渦鞭毛藻の *Amylax verior* が見られ、特に珪藻の *Rhizolenia setigera* は、最優占種となる頻度が高かった。3月から9ないし10月頃まで優占種となる種として渦鞭毛藻の *Heterocapsa triquetra*, *Protperidinium* spp., 7ないし8月から9月頃に優占種となる種として渦鞭毛藻の *Prorocentrum triestinum*, 珪藻の *Cyclotella* spp., 年間を通して優占種となる種として渦鞭毛藻の *Ceratium furca*, 珪藻の *Coscinodiscus* spp., *Chaetoceros* spp. 渦鞭

毛藻の *Prorocentrum minimum*, 原生動物の *Mesodinium rubrum* が見られた。珪藻の *Skeletonema costatum* は1月から9月頃までに出現し、最優占種となる頻度が高かった。珪藻の *Thalassiosira* spp. とユーグレナ藻の *Eutreptiella* spp. は5, 6月頃を除き出現していた。珪藻の *Pseudo-nitzschia multistriata*, 渦鞭毛藻の *Prorocentrum micans* は10, 11月付近を中心に出現していた。東京湾では代表的赤潮プランクトンの一つであるラフィド藻の *Heterosigma akashiwo* は5月から8月に出現し、1999年の5から6月では最優占種であった。*Rhizolenia fragilissima* は5から7月に出現していた。

表 13. 横浜市沿岸における3ヶ年の優占種5種の月別出現状況

種名 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Rhizolenia setigera</i>	—	—	—	—								
<i>Eucampia zodiacus</i>	—	—	—	—	—							
<i>Amylax verior</i>	—	—	—	—	—							
<i>Skeletonema costatum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Thalassiosira</i> spp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Eutreptiella</i> spp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Heterocapsa triquetra</i>			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Protperidinium</i> spp.			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Heterosigma akashiwo</i>					—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Prorocentrum triestinum</i>							—	—	—	—	—	—
<i>Cyclotella</i> spp.							—	—	—	—	—	—
<i>Rhizolenia fragilissima</i>							—	—	—	—	—	—
<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>							—	—	—	—	—	—
<i>Prorocentrum micans</i>							—	—	—	—	—	—
<i>Ceratium furca</i>							—	—	—	—	—	—
<i>Prorocentrum minimum</i>							—	—	—	—	—	—
<i>Coscinodiscus</i> spp.							—	—	—	—	—	—
<i>Mesodinium rubrum</i>							—	—	—	—	—	—
<i>Chaetoceros</i> spp.							—	—	—	—	—	—
<i>Ceratium fusus</i>		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

まとめ

(1) 横浜市沿岸の扇島沖 (St. 1), 多摩川沖 (St. 2), 本牧沖 (St. 6), 金沢湾 (St. k) の4地点で毎月、表層の水質及びプランクトンを調べた。

(2) プランクトンの優占種5種について、1998年度から2000年度までの3ヶ年間の調査結果について考察した。

(3) 横浜市沿岸のプランクトンの最優占種は、ナノプランクトンと呼ばれる微細なプランクトンを除いては、どの月も珪藻類であり、次いで渦鞭毛藻類で、動物性プランクトンはあまり多く観察されなかった。

(4) 東京湾の代表的な珪藻プランクトンの *Skeltonema costatum* は、表層では春先に繁殖し、夏期と冬期に減少し、初夏に優占種となる傾向が観察された。

(5) 鳥海 (1989), 保坂 (1990), 鳥海ら (1995) が指摘した、東京湾が過栄養化のために出現が抑制されていると考えられる渦鞭毛藻の *Alexanrium minutum* 近似種が今回の調査で観察された。

(6) 3ヶ年の調査結果をもとに、水質及びプランクトンの季節的特徴についてまとめた。その結果、冬期の水質において透明度が10m以上になる場合が見られてきた。プランクトンについては、1月から4ないし5月頃まで優占5種となる種、7ないし8月から9月頃に優占5種となる種、年間を通して優占5種となる種など種による特徴が見られた。

謝辞

今回の調査のための資料採集にあたり、種々のご便宜を与えて頂いた横浜市港湾局の「ひばり」及び「おおとり」の関係職員の方々に、深く感謝の意を表します。

文献

- 1) 河地正伸・井上勲 (1989) : 横浜市沿岸のプランクトン相 (微細藻類), 横浜の川と海の生物 (第5報), 357-364.
- 2) 水尾寛己・二宮勝幸・雫石雅美・多賀保志 (1995) : リモートセンシングによる赤潮等の分布推定に関する基礎的検討, 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.
- 3) 水尾寛己・岡敬一・二宮勝幸・前川渡・吉見洋・大道祥一・安岡喜文・小倉久子・小川カオル・田中総太郎 (1995) : ランドサットTMデータによるクロロフィルa濃度の推定手法, 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.
- 4) 二宮勝幸 (1995) : 横浜市沿岸および沖合域の水質変動特性, 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.
- 5) 二宮勝幸・水尾寛己・畠中潤一郎・小野寺典好・若林信夫 (1991) : 赤潮消長における気象因子の影響, 横浜市公害研究所報, 15, 67-73.
- 6) Moestrup, O. et Thmsen, H. H. (1990) : *Dictyocha speculum (Silicoflagellata, Dictyochophyceae)*, studies on armoured and unarmoured stages, The Royal Danish Academy of Sciences and Letters, Biologiske Skrifter, 37, 1-57.
- 7) 向井宏 (1993) : 生物とその働き, 小倉紀雄 編, 東京湾, 恒星社厚生閣, 61-119.
- 8) 小川カオル (1994) : 赤潮等プランクトン調査, 千葉県水保研年報 (平成5年度), 91-100.
- 9) 関口弘志・広田達也・三井薫・守屋真由美・井上勲 (1998) : 横浜市沿岸域の海産微細藻類, 横浜の川と海の生物 (第7報), 253-265, 横浜市環境保全部.
- 10) 高田秀重 (1993) : 東京湾の姿, 小倉紀雄 編, 東京湾, 恒星社厚生閣, 11-54.
- 11) 高野秀昭 (1988) : 隅田川の赤潮, さかな第40号, 東海区水産研究所業績集.
- 12) 高野秀昭 (1988) : Class Bacillariophyceae 珪藻綱, 千原・村野 編, 日本産海洋プランクトン検索図鑑, 東海大学出版会, 169-260.
- 13) 東京都 (1983) : 昭和56年度東京都内湾赤潮調査報告書, 環境保全部関係資料 3-1-11, 東京都環境保全部水質保全部.
- 14) 東京都 (1987) : 昭和60年度東京都内湾赤潮調査報告書, 環境保全部関係資料 3-1-48, 東京都環境保全部水質保全部.
- 15) 鳥海三郎 (1986) : 横浜市沿岸域のプランクトン相, 公害資料 No. 126, 横浜の川と海の生物 (第4報), 273-290, 横浜市公害対策局.
- 16) 鳥海三郎 (1989) : 横浜市沿岸域のプランクトン相, 公害資料 No. 140, 横浜の川と海の生物 (第5報), 341-356, 横浜市公害対策局.
- 17) 鳥海三郎・水尾寛己・畠中潤一郎 (1995) : 東京湾の富栄養化に関する調査報告書, 第4章 横浜市沿岸域におけるプランクトンの特徴, 横浜市環境科学研究所.
- 18) 鳥海三郎・水尾寛己 (1996) : 横浜市沿岸域のプランクトン相調査, 横浜の川と海の生物 (第7報), 横浜市環境保全部.

付表1-1 海水1ml中に観察された優占種5種の個体数（1998年4月～10月）

調査日	種名	1地点	2地点	6地点	k地点
1998年 4月17日	<i>Skeletonema costatum</i>	130		60	
	<i>Rhizosolenia setigera</i>	90	190	210	170
	<i>Amylax verior</i>	50	90	40	
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	40	20	60	50
	<i>Coscinodiscus</i> spp.	20	10	30	70
	<i>Nitzschia pungens</i>				30
	<i>Heterocapsa triquetra</i> <i>Mesodinium rubrum</i>	20	10		30
5月19日	<i>Heterosigma akashiwo</i>	290	190	10	
	<i>Skeletonema costatum</i>	40	250	100	30
	<i>Nitzschia longissima</i>				20
	<i>Eucampia zodiacus</i>	30	110	170	70
	<i>Coscinodiscus</i> spp.	20			20
	<i>Eutreptiella</i> spp.	20			
	<i>Dictyocha fibula</i> <i>Prorocentrum minimum</i>		30 30		20
6月4日	<i>Coscinodiscus</i> spp.	340	280	290	280
	<i>Skeletonema costatum</i>	540	380	280	240
	<i>Nitzschia longissima</i>		120	170	90
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>		310	270	130
	<i>Protoperidinium</i> sp.	90			
	<i>Mesodinium rubrum</i> 有鐘類	110 310	50	470	110
7月6日	<i>Coscinodiscus</i> spp.	410	320	180	210
	<i>Nitzschia longissima</i>	490	60	270	460
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>		70	50	
	<i>Prorocentrum micans</i>	50	50	60	1090
	<i>Prorocentrum triestinum</i>	70	10	30	30
	<i>Ceratium furca</i>				300
8月7日	<i>Neodelphineis pelagica</i>			80	
	<i>Nitzschia longissima</i>	3680	2290	1900	3650
	<i>Cyclotella</i> spp.	4890	3880	3690	8210
	<i>Skeletonema costatum</i>		220		
	<i>Prorocentrum minimum</i>	90	80	50	200
	<i>Protoperidinium bipes</i>	50			
	<i>Ceratium furca</i>				150
	<i>Eutreptiella</i> spp. 有鐘類	100	80	290	260
9月8日	<i>Cyclotella</i> spp.	1400	480	270	
	<i>Skeletonema costatum</i>	1060	230	380	欠
	<i>Ebria tripartita</i>	230	240	150	
	<i>Eutreptiella</i> spp.	190	70	100	測
	<i>Prorocentrum triestinum</i>		30		
	<i>Prorocentrum minimum</i> 有鐘類	110		30	
10月26日	<i>Thalassiosira</i> sp.	1	1		
	<i>Ceratium furca</i>	1	1	3	
	<i>Ceratium fusus</i>		1		
	<i>Coscinodiscus</i> sp.		1	1	1
	<i>Mesodinium rubrum</i>		1	3	2

付表1-2 海水1ml中に観察された優占種5種の個体数（1998年11月～1999年3月）

調査日	種名	1地点	2地点	6地点	K地点
1998年 11月11日	<i>Actinoptychus senarius</i>	20	25	17	12
	<i>Chaetceros</i> spp.	9	8	9	14
	<i>Ceratium furca</i>	6	4	2	2
	<i>Dictyocha fibula</i>	2	5	2	2
	<i>Ebria tripartita</i>	1	4		
	<i>Thalassiosira</i> sp.		4	1	
	<i>Ditylum brightwellii</i>				1
1999年 1月14日	<i>Thalassiosira</i> spp.	3	1	1	1
	<i>Skeletonema costatum</i>	1	9		
	<i>Eucampia zodiacus</i>	1		1	1
	<i>Coscinodiscus</i> spp.	1	6	1	1
	<i>Mesodinium rubrum</i>	1		2	1
	<i>Rhizosolenia setigera</i>		1		
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>		1		
	<i>Ebria tripartita</i>			1	
<i>Prorocentrum minimum</i>				1	
2月15日	<i>Skeletonema costatum</i>	220	550	42	220
	<i>Nitzschia longisima</i>	10	20		
	<i>Coscinodiscus</i> spp.		20	10	
	<i>Nitzschia pungens</i>	10		20	
	<i>Thalassiosira</i> sp.	10	20	10	10
	<i>Prorocentrum minimum</i>	10			
	<i>Amylax triacantha</i>		20	20	30
	<i>Dinophysis</i> sp.				10
<i>Heterocapsa triquetra</i>				20	
3月3日	<i>Skeletonema costatum</i>	7	10	14	12
	<i>Coscinodiscus</i> spp.	1		1	
	<i>Heterocapsa triquetra</i>	1		1	
	<i>Protoperdinium</i> spp.	1			
	<i>Dinophysis</i> sp.	1			
	<i>Chaetceros</i> spp.	1		1	
	<i>Thalassiosira</i> sp.			1	
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>			1		
3月19日	<i>Skeletonema costatum</i>	760	220	90	55
	<i>Heterocapsa triquetra</i>	655	630	135	110
	<i>Nitzschia pungens</i>	30	25	20	10
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	20	10		
	<i>Thalassiosira</i> sp.	10	10		10
	<i>Gonyalax verior</i>		15	10	
<i>Prorocentrum minimum</i>				10	

付表2-1 海水1ml中に観察された優占種5種の個体数（1999年4月～9月）

調査日	種名	1地点	2地点	6地点	K地点
1999年 4月20日	<i>Skeletonema costatum</i>	1000	70	210	290
	<i>Rhizosolenia setigera</i>	20			
	<i>Amylax verior</i>	530	190	440	70
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	130	20	110	80
	<i>Coscinodiscus</i> spp.	20	20	20	30
	<i>Heterocapsa triquetra</i>	150	50	160	80
5月6日	<i>Leptocylindrus danicus</i>	630	740	50	49
	<i>Amylax verior</i>	40	160		
	<i>Distephanus speculum</i>	110	30	140	140
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>		80	150	100
	<i>Coscinodiscus</i> spp.	120		21	180
	<i>Ebria tripartita</i>	50			
	<i>Prorocentrum minimum</i>			40	200
6月7日	<i>Heterosigma akashiwo</i>	630	215	610	
	<i>Prorocentrum minimum</i>	10	5	25	欠
	<i>Ceratium fusus</i>	5		5	
	<i>Protoperdinium bipes</i>		15	20	測
	<i>Mesodinium rubrum</i>	25	5	335	
6月23日	<i>Chaetoceros</i> spp.		30	60	
	<i>Skeletonema costatum</i>	7320	1630	1100	130
	<i>Nitzschia longissima</i>	60	570	200	270
	<i>Coscinodiscus</i> spp.	150	160	10	40
	<i>Rhizosolenia setigera</i>	20	90	70	
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	10			30
7月16日	<i>Heterosigma akashiwo</i>	4480	5380	950	1390
	<i>Prorocentrum minimum</i>	270	510	330	60
	<i>Prorocentrum triestinum</i>		210	100	170
	<i>Protoperdinium bipes</i>	70			
	<i>Eutreptiella</i> spp.	290	510	480	540
	<i>Mesodinium rubrum</i>	30		130	110
	<i>Ceratium fusus</i>		90		
8月10日	<i>Coscinodiscus</i> spp.	60	50	50	100
	<i>Prorocentrum minimum</i>	80	180	20	
	<i>Thalassiosira</i> spp.	2420	940	270	40
	<i>Chaetoceros</i> spp.	70		40	20
	<i>Skeletonema costatum</i>		40		40
	繊毛虫類	240	110	360	200
8月26日	<i>Chaetoceros</i> spp.	130	30	20	
	<i>Coscinodiscus</i> spp.	240	230	370	190
	<i>Thalassiosira</i> spp.	1600	1250	2590	670
	<i>Prorocentrum minimum</i>	160	120	70	20
	<i>Eutreptiella</i> sp.	300	120	60	20
	<i>Dinophysis</i> sp.				20
9月27日	<i>Skeletonema costatum</i>	1450	60	40	280
	<i>Nitzschia pungens</i>	170		90	40
	<i>Coscinodiscus</i> spp.	1090	290	1060	300
	<i>Rhizosolenia setigera</i>		60		
	<i>Thalassiosira</i> spp.	210	90	90	140
	<i>Protoperdinium</i> spp.		120	420	180
	<i>Eutreptiella</i> sp.	120			

但し、ここでの繊毛虫類は、有鐘類と *Mesodinium* を除いたものである。

付表2-2 海水1ml中に観察された優占種5種の個体数（1999年10月～2000年3月）

調査日	種名	1地点	2地点	6地点	K地点
1999年 10月13日	<i>Coscinodiscus</i> spp.	30	50	100	20
	<i>Nitzschia pungens</i>	70	80	80	60
	<i>Prorocentrum minimum</i>	80	50	60	40
	<i>Prorocentrum micans</i>		20		
	<i>Protooperidium</i> spp.			60	90
	<i>Ceratium furca</i>	20			
	<i>Eutreptiella</i> spp.	50	30	50	30
11月30日	<i>Chaetceros</i> spp.	10	30	30	30
	<i>Ceratium furca</i>	10	10	20	10
	<i>Ceratium fusus</i>		10		
	<i>Ceratium tripos</i>	10	10	20	10
	<i>Ceratium macroceros</i>	10			
	<i>Mesodinium rubrum</i>	30	10	30	50
	<i>Eutreptiella</i> spp.			10	10
12月16日	<i>Chaetceros</i> spp.			10	30
	<i>Coscinodiscus</i> spp.	30	40	40	60
	<i>Nitzschia pungens</i>		10		10
	<i>Thalassiosira</i> spp.	10			
	<i>Prorocentrum micans</i>		10		
	<i>Ceratium furca</i>	40	50	50	60
	<i>Ceratium tripos</i>		10	20	10
<i>Mesodinium rubrum</i>	10		10		
2000年 1月17日	<i>Eucampia zodiacus</i>	100	100	50	40
	<i>Chaetceros</i> spp.	20		20	10
	<i>Skeletonema costatum</i>	250	180	210	150
	<i>Thalassiosira</i> spp.	20			10
	<i>Ditylum brighwellii</i>	50	20	30	20
	<i>Coscinodiscus</i> spp.		20	130	
	<i>Rhizosornia setigera</i>		30		
2月18日	<i>Eucampia zodiacus</i>	50	80	110	90
	<i>Skeletonema costatum</i>	20	90	20	40
	<i>Thalassiosira</i> spp.		10	10	10
	<i>Ceratium fusus</i>		10	10	
	<i>Protooperidium</i> spp.		10		
	<i>Mesodinium rubrum</i>	30			10
	有鐘類	10			30
<i>Amoeba</i> sp.	10		10		
3月13日	<i>Skeletonema costatum</i>	290	170	10	60
	<i>Eucampia zodiacus</i>	110	80	20	60
	<i>Thalassiosira</i> spp.	10			10
	<i>Heterocapsa triquetra</i>	40	10	60	
	<i>Protooperidium</i> spp.			20	
	<i>Mesodinium rubrum</i>		30	20	10
	繊毛虫類	20	10		10

但し、ここでの繊毛虫類は、有鐘類と *Mesodinium* を除いたものである。

付表3-1 海水1ml中のプランクトンの優占種5種の個体数（2000年4月～9月）

調査日	種名	1地点	2地点	6地点	K地点
2000年 4月14日	<i>Skeletonema costatum</i>	460	470		
	<i>Protoperidinium bipes</i>	50	60		
	<i>Chaetoceros</i> spp.		30		20
	<i>Nitzschia pungens</i>				20
	<i>Thalassiosira</i> spp.				30
	<i>Heterocapsa triquetra</i>	50	40		
	<i>Dinophysis</i> sp.			30	
	<i>Protoperidinium</i> spp.	80		40	30
	<i>Eutreptiella</i> spp.				30
	<i>Mesodinium rubrum</i> 有鐘類 繊毛虫類	60	40	30 10 20	
5月24日	<i>Skeletonema costatum</i>	790	1930	520	210
	<i>Eucampia zodiacus</i>	40			50
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	40		90	60
	<i>Chaetoceros</i> spp.	50	30	50	80
	<i>Heteroshigma akashiwo</i>	60	80		
	<i>Ceratium fusus</i>			50	
	<i>Mesodinium rubrum</i> 有鐘類		20	40	40
6月21日	<i>Skeletonema costatum</i>	300	100	110	80
	<i>Coscinodiscus</i> spp.	70	60		
	<i>Chaetoceros</i> spp.			30	20
	<i>Heterocapsa</i> sp.	1560	70	480	570
	<i>Ceratium fusus</i>	700	140	130	120
	<i>Mesodinium rubrum</i>	3410	910	660	510
7月11日	<i>Nitzschia longissima</i>	40		780	
	<i>Skeletonema costatum</i>	175	50		欠
	<i>Prorocentrum triestinum</i>	30	35	110	
	<i>Prorocentrum minimum</i>		20	40	測
	<i>Ceratium fusus</i>			210	
	<i>Eutreptiella</i> spp. <i>Mesodinium rubrum</i>	515 310	500 35	290	
8月28日	小型珪藻類	1065	2730	4575	2685
	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	25	15	55	45
	<i>Nitzschia longissima</i>			55	25
	<i>Protoperidinium</i> spp.	20			
	<i>Eutreptiella</i> spp.	45	510	120	540
	<i>Mesodinium rubrum</i> 繊毛虫類	30	45	130	110
9月13日	<i>Chaetoceros</i> spp.	225	260	55	30
	<i>Skeletonema costatum</i>	560	225	90	210
	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	260	655	325	1265
	<i>Coscinodiscus</i> spp.	530	390		
	<i>Protoperidinium</i> spp.			30	
	<i>Ceratium furca</i> <i>Eutreptiella</i> spp.	210	145	15	20 80

但し、ここでの繊毛虫類は、有鐘類と *Mesodinium* を除いたものである。

付表3-2 海水1ml中のプランクトンの優占種5種の個体数(2000年9月~2001年3月)

調査日	種名	1地点	2地点	6地点	K地点
2000年 9月29日	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	760	270	310	230
	<i>Nitzschia longissima</i>	820	170	450	230
	<i>Thalassiosira</i> spp.	1140	250	180	160
	<i>Prorocentrum minimum</i>			60	
	<i>Prorocentrum triestinum</i>	270	40		
	<i>Eutreptiella</i> sp.	340	300	290	120
	<i>Mesodinium rubrum</i>				150
10月31日	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	70	92	12	
	<i>Nitzschia pungens</i>	2	2		欠
	<i>Coscinodiscus</i> spp.			2	
	<i>Pleurosigma</i> sp.	22	2	6	測
	<i>Mesodinium rubrum</i>	38	14	28	
	<i>Eutreptiella</i> sp.	6	12	2	
11月16日	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	10			
	<i>Chaetoceros</i> spp.	15		欠	欠
	<i>Thalassiosira</i> spp.	25	50		
	<i>Coscinodiscus</i> spp.		20	測	測
	<i>Ceratium furca</i>	5	10		
	<i>Ceratium fusus</i>	5	10		
	<i>Ceratium kofoidii</i>		10		
12月18日	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	15			
	<i>Coscinodiscus</i> spp.	10	60		欠
	<i>Gymnodinium</i> sp.	130	45	190	
	<i>Nitzschia pungens</i>		5		測
	<i>Eutreptiella</i> spp.	5	5	20	
	<i>Distephanus speculum</i> var <i>octonarius</i>	5	5	5	
	<i>Ceratium furca</i>			5	
	<i>Ceratium fusus</i>			5	
2001年 2月20日	<i>Chaetoceros</i> spp.		30	40	
	<i>Rhizosolenia setigera</i>	1020	420	300	欠
	<i>Nitzschia pungens</i>	40		30	
	<i>Skeletonema costatum</i>			10	測
	<i>Ebria tripartita</i>	10			
	<i>Protoperidinium</i> spp.		10		
	<i>Ceratium fusus</i>	10	10		
	<i>Ceratium kofoidii</i>	10	10	10	
3月8日	<i>Rhizosolenia setigera</i>	260	155	140	215
	<i>Chaetoceros</i> spp.	25	10	15	10
	<i>Skeletonema costatum</i>	20			5
	<i>Nitzschia pungens</i>	10	20	10	5
	<i>Coscinodiscus</i> spp.	10			
	<i>Protoperidinium</i> spp.		10		
	<i>Ceratium kofoidii</i>		15		5
	<i>Heterocapsa triquetra</i>			10	
	<i>Mesodinium rubrum</i>			10	

横浜市域の地下水位の変動特性について

内藤 初夏 (横浜市環境科学研究所)

Research of Ground Water Level in Yokohama City

Hatsuka Naito (Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード：地下水位変動, 降雨量, 気圧変動, 帯水層

要 旨

環境科学研究所が観測を行っている市内 32ヶ所の地下水位観測井のうちの 13ヶ所について、地理的条件と気象条件（降水量・気圧変化・潮位変化）を元にその水位変動特性を解析した。解析にあたり観測対象とした帯水層を相模野礫層・保土ヶ谷礫層・台地の深層・沖積低地の浅層・沖積低地の深層に分類したところ、それぞれ特徴的な変動特性が見られた。

市西部に広がる相模野礫層では、降雨後の顕著な水位上昇と共に降雨終了後の速やかな水位減少が観測されたが、通常時の地下水位はほぼ一定であることがわかった。一方、帷子川に沿って東西に広がる保土ヶ谷礫層は、地表 30m 前後と比較的深い場所にあるため、梅雨や秋雨といった大量の降雨の後に緩やかに水位が上昇する傾向が見られた。台地の深層では年間を通じ一定の水位が保たれていた。沖積低地の浅層部では降雨に伴う水位上昇と指数関数的な水位の低下が、深層部では沿岸部で潮位変化による水位の変動や人為的な汲み揚げの影響が観測された。また、被圧を受けている観測井では気圧変動による微少な水位変化が観測された。

1. はじめに

丘陵地帯が多く緑豊かな都市であった横浜市は、森林や畑などが雨水を地中に浸透させ一時的に貯留していたため、地下水が豊富で、数多くの湧水や井戸が利用されていた。しかしながら、本市においても都市化が進み、地表がアスファルトなどで覆われ、十分に雨水を浸透・貯留する事ができなくなった。そのため、降雨時には下流への急激な流出が生じ、低地部では氾濫被害の増大、台地丘陵地では湧水や浅井戸が涸れるなどの問題が生じてきた。

横浜市では水循環の回復を目指し、流域の持つ保水機能を生かした雨水の浸透対策を進めている。そのためにも、地域における水文特性を把握することが重要である。今回は、当研究所において地下水位の常時測定を行っている観測井のうち代表的な 13 地点について、その変動特性をまとめたので報告する。

2. 横浜の地下水

横浜市の地盤は上総層群を基盤とし、約 46 万年前から 1.8 万年前にかけて火山灰や土砂の堆積・浸食・海面上昇による沈降・海底での堆積・海面後退による陸化というサイクルをくりかえし台地（相模原台地・下末吉台地）や丘陵（多摩丘陵）が形成されたものである。その後、河川が台地や基盤を削って作った谷に 1.5 万年前からの縄文海進の際に泥や砂が堆積して平坦な低地が作られた。

地下水は地表近くの浅い部分だけでなく、図 1 に示すように、深い位置にある何層もの砂や礫の層（帯水層）に存在する。深層では上下を不透水性の地層にはさまれ大気圧以上の圧力を持った被圧地下水となっている。

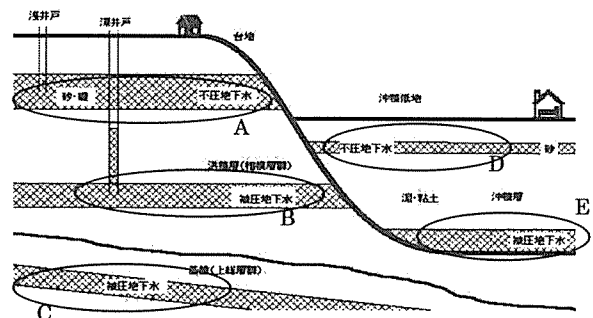


図 1. 帯水層のイメージ

横浜市域における帯水層をその場所によって分類すると、A 台地の浅い所、B 台地の深い所、C 基盤の中、D 低地の浅い所、E 低地の深い所、となる。特筆すべき点として、横浜市域には古相模川の河道に形成された境川流域を南北に広がる相模野礫層と、帷子川流域を東西に広がる保土ヶ谷礫層があり、両者には上流の丹沢山系からの大量の伏流水が存在すると報告されている¹⁾。

表 1. 地下水位観測井の概要

観測井の概要				観測している帯水層について			
No.	所在地	地盤高 (T.P.m)	ストレート設置深度 (T.P.m)	層厚(m)	地質区分	上部の主な土質	分類
1	戸塚区俣野町	12.3	2.3 ~ -11.7	18.6	礫	シルト6m	相模野礫層
2	瀬谷区本郷	50.3	46.3 ~ 10.3	40.0	礫	ローム4m	相模野礫層
3	旭区南希望が丘	75.5	41 ~ 26.4	15.0	礫	凝灰質シルト 30m	保土ヶ谷礫層帯
4	旭区左近山	57.5	25.5 ~ 6.5	18.0	礫	保土ヶ谷礫層, 固結シルトなど 30m	保土ヶ谷礫層帯
5	港南区東永谷	67.9	-4.1 ~ -12.1	1.5	礫	ローム, 固結粘土 など 70m	台地・深層
6	鶴見区東寺尾東台	41.8	-4.2 ~ -8.2	3.7	砂	ローム, 細砂, シ ルトなど 45m	台地・深層
7	青葉区市ヶ尾町	55.3	15.3 ~ 4.1	8.5	砂	埋土, 泥岩 42m	台地・深層
11	金沢区寺前	3.1	2.7 ~ -6.9	9.3	砂礫・砂	埋土 0.5m	低地・浅層
12	西区岡野	1.0	-1.5 ~ -4	2.2	砂	埋土 1.5m	低地・浅層
13	港北区新横浜	7.9	4.9 ~ 3.2	1.70	砂混じり シルト	埋土 3m	低地・浅層
14	西区岡野	1.4	-26.6 ~ -34.6	3.4	砂	シルト, 粘土 24m	低地・深層
15	鶴見区市場下町	1.4	-39.1 ~ -58	9.0	砂礫	砂, 粘土 40m	低地・深層
16	港北区新横浜	7.9	-22.1 ~ -25.6	4.1	砂	シルト 30m	低地・深層

台地の浅い所の地下水は市内各所で家庭用の井戸などに利用されているが、当研究所では観測を行っていない。また、基盤の中の地下水は工業用に利用されていることが多く、当研究所が観測を行っている観測井でも揚水による人為的な水位変化の影響が大きい観測井については本報では割愛する。

今回は台地の中の帯水層を「相模野礫層」・「保土ヶ谷礫層」・「その他の台地深層」というグループに分け、それぞれの地下水位変化を基に各帯水層の特徴を把握した。沖積低地については「沖積低地浅層」・「沖積低地深層」それぞれについて解析を行った。

地下水位観測井は、目的とする帯水層からのみ地下水が流入するように作られているため、深い帯水層内における地下水位変化量も正確に計測できる構造となっている。観測井の概要を表1に、その位置を図2に示す。

3. 地下水位観測結果

図3に2000年1月から2001年3月までの1時間毎の地下水位記録、及び横浜气象台における1時間毎のアメダス雨量記録を示す。これによると、グループ毎に異なる水位変化の特徴が見られた。

3.1 相模野礫層

相模野礫層は、境川流域を東西1.5-3km、南北20kmにわたり標高55-30mあたりの地下に広がる広大な礫層である。礫層内における地下水位(No.1,2)は降雨開始直後から急激に上昇するが、降雨終了後は4-5日で当初の水位の80%以上まで急速に減少する。年間の水位変動幅は2m以上であるがそれらは降雨時に生じる短期的な変動で、通常時は年間を通じほぼ一定の水位を保っている。このような水位変動特性を示すものを“パルス型”という。またNo.2観測井は降雨後に水位が急減するがその後も徐々に減少が続く。降雨直後はパルス型、その後は鋸歯型(後述)の減少傾向を示すといえる。



図2. 地下水位観測井位置図

3.2 保土ヶ谷礫層

保土ヶ谷礫層と定義したNo.3観測井は戸塚層基底礫の保土ヶ谷礫層(T.P.=46.5-32m)を、No.4観測井は保土ヶ谷礫層下部の早田礫層(T.P.=25.0-19.3m)及びその下の砂層を観測対象としている。両礫層は地表から30m以上の深い位置にある。年間の水位変動幅は1m程度である。両地点では相模野礫層で見られたような降雨直後の水位の急上昇は見られないが、6月の梅雨や9月の台風といったある程度まとまった量の降雨の後に緩やかに水位上昇が観測される。また、最高水位に達した後は10mm以上のまとまった降雨がある場合はその水位を維持するが、降雨が長期間途絶えると減少しはじめる。このような水位変動特性を示すものを“椀伏型”という。

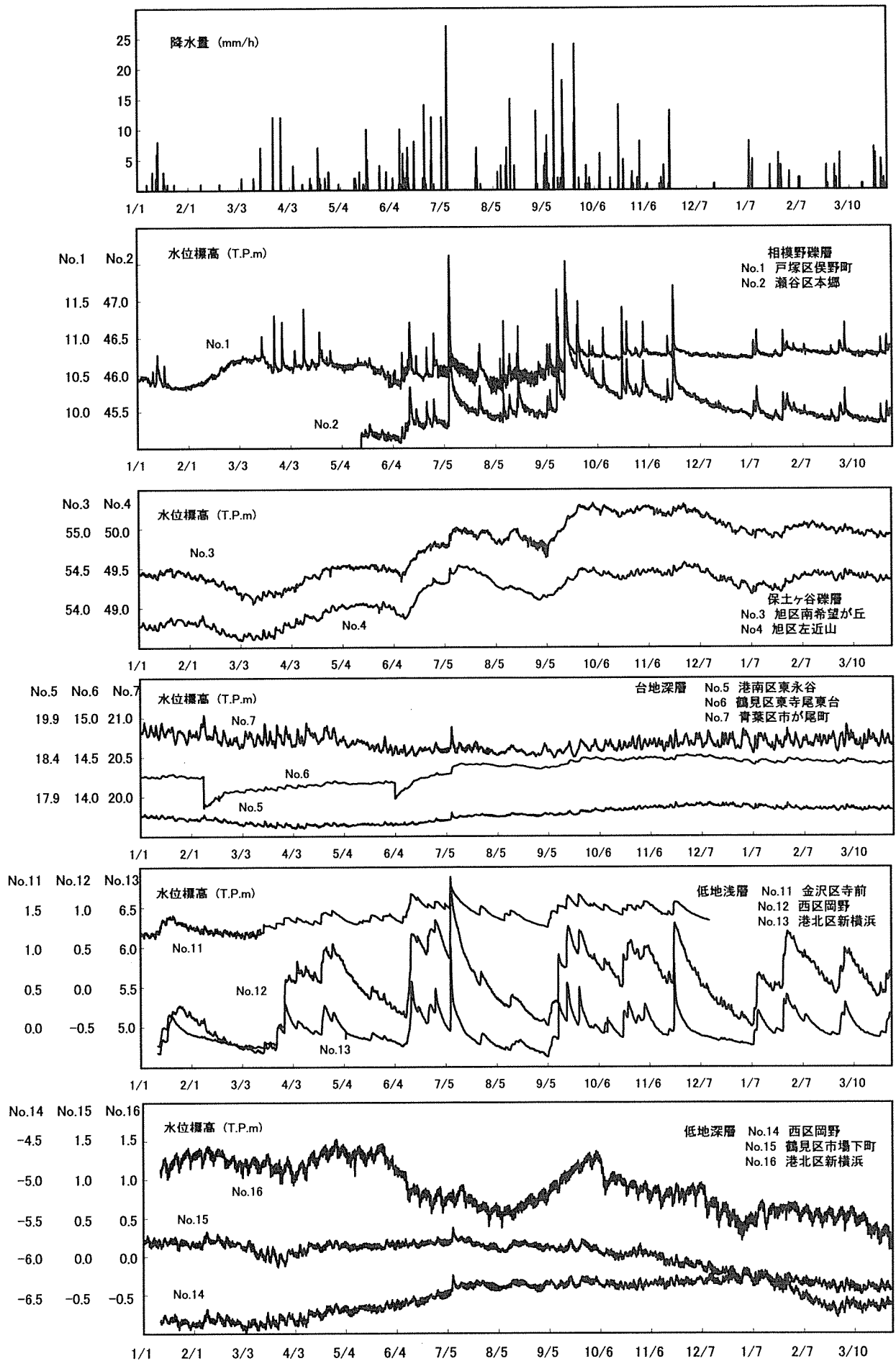


図3. 地下水位変動記録 (2000年1月1日~2001年3月31日)

3.3 その他の台地深層

その他の台地深層と定義したグループの観測井 (No.5,6,7) は、各々相模層群や上総層群に属する異なる帯水層を観測しているが、いずれも目的とする帯水層の深度が深くその層厚も小さい。(表1参照) これらの観測井における水位変化の特徴としては、年間の水位変動幅が0.3-0.5m程度と小さく降雨に影響された水位変動がほとんど見られないことである。しかしながら、数日単位で変化する不規則な微小変動が観測される。

3.4 沖積低地浅層

低地浅層の地下水(No.11,12,13)は、沖積層を構成する厚く堆積した不透水性の粘土層の上部の砂層にある。相模野礫層内と同様に、いずれの地点も降雨開始直後から敏感に水位が上昇するが、最大水位に達した後はある一定の水位にむかって徐々に減少していく傾向が見られる。同一の降雨に対する水位上昇量・水位の減少速度、および年間の水位変動幅は各地点によって異なる。このような水位変動特性を示すものを“鋸歯型”という。

3.5 沖積低地深層

低地深層の地下水は、厚い粘土層と基盤に挟まれた間の砂及び礫層にある。年間水位変動幅は0.7m程度であるがNo.16では1.5mと大きい。降雨による影響などの短期的な水位の変化はほとんど見られないが、時間単位の周期的な変動が各観測井で観測された。また、長期的に観測すると水位は緩やかに変化している。

3.6 その他

深層の被圧帯水層(保土ヶ谷礫層・台地深層・低地深層)に共通して1cmから50cm程度の不規則な微小な水位変動が見られた。

4. 考察

各グループ毎に特徴的な水位変動が見られたが、それらは“降雨による影響”(相模野礫層・保土ヶ谷礫層・低地浅層)と、“不規則な微小変動”(保土ヶ谷礫層・台地深層・低地深層)、“周期的な変動”(低地深層)に大別される。そこで、地質的要因を考慮しながらこれらの現象毎に考察を行った。

4.1. 降雨の影響

(1) 敏感な反応を示す地下水

低地浅層及び相模野礫層の地下水は降雨の影響を敏感に受けている。一定量の降雨Rに対する地下水位の上昇量 ΔH は観測井ごとに異なり(図4参照)、それは表面流出率fや帯水層の有効間隙率Pa(土壌の間隙のうち雨水が貯留できる空間の割合 \approx 土壌の保水能力)に影響

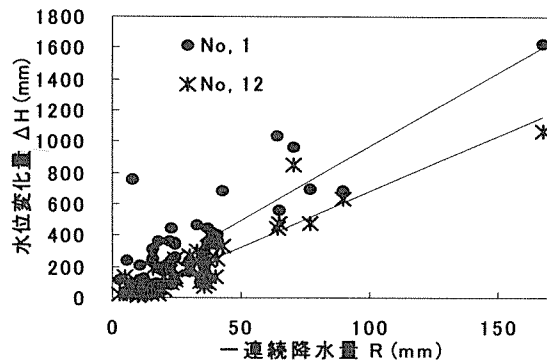


図4. Rと ΔH の関係

を受ける。そこで、降水量と地下水位上昇量の関係を知るためにRと ΔH の相関から雨量係数Pを求めた。 $P = \Delta H/R = (1-f)/Pa$ の関係がある。(降雨のうち表面流出を除く全ての成分が浸透し、地下水位の上昇に寄与したと仮定すると $\Delta H = R \cdot (1-f)/Pa$ と表現できる)そこで、表面流出率を $f = 0.3$ と仮定し有効間隙率を求めた。

表2に示すようにNo.11観測井を除き、各地点とも1mmの降雨に対し6-10mm程度の水位上昇が生じていることが分かる。つまり、総降雨量が100mmを越える集中豪雨などの際には、地下水位の上昇は1mにも達していることが推察される。また、一般的に言われているとおり礫層の方が砂層に比べ有効間隙率が小さいことが計算からも求められた。

降雨後の水位減少は、それぞれ異なる傾向を示した。パルス型の水位変動特性を示す相模野礫層では5日以内で水位上昇分の約80%が急激に減少する。一方、鋸歯型の水位変動特性を示す沖積低地浅層の地下水は指数関数的に減少している。2000年11月20日~21日にかけての総降雨量71mmの降雨後に見られた水位の減少状態を図5に示す。

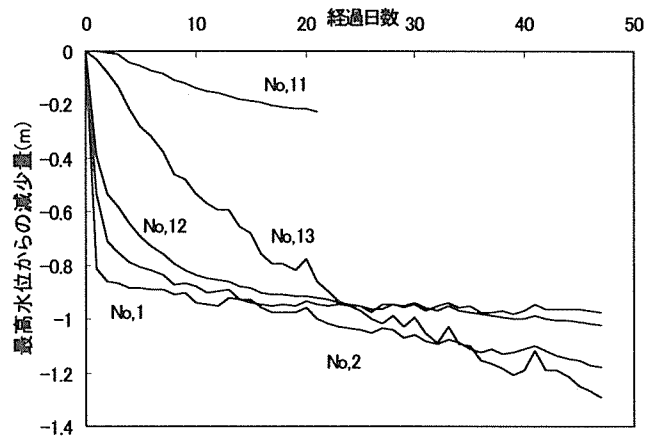


図5. 降雨後の水位減少

表2. 各種水理定数

調査地点 No.	グループ	帯水層の土質区分	雨量係数 P	相関係数	有効間隙率 Pa
1	相模野礫層	レキ	9.39	0.72	0.07
2	相模野礫層	レキ	9.73	0.83	0.07
11	低地浅層	レキ(3m)・細砂(6m)	1.80	0.88	0.39
12	低地浅層	細砂	7.04	0.84	0.10
13	低地浅層	シルト	6.64	0.81	0.11

鋸歯型に見られる指数関数的な水位の減少は、帯水層を貯水タンク、外部への流出を側面にあいた穴からの流出と考え、タンクモデルを適用することにより説明できる³。(図6 第一貯留槽参照) 流出孔の大きさは、水の通しやすさ(透水係数)を表す。パルス型の急激な水位減少は、タンクの流出孔が大きい、すなわち透水係数が大きいためである。また、No.13の帯水層は透水性の悪い砂質シルトからなるため、流出孔の径が小さく水位の減少が長く続いたものと推察される。

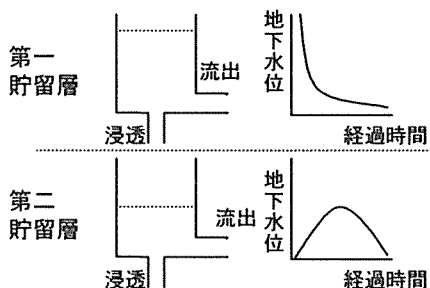


図6. タンクモデルのイメージ

(2) 緩慢な影響を示す地下水

保土ヶ谷礫層では、降雨に対する直接的な反応は見られないが、ここで見られた碗伏型の水位変動(応答)についてタンクモデルの考え方を適用すると、第一貯留槽からの流出(入力)を受けた第二貯留槽での水位変化と見なせる。

両観測井は地中深い位置にあり、また、上部に透水性のあまり良くない層が厚く堆積しているため、降雨が帯水層に達するには時間を要する。従って、両地点の水位変動特性は、各礫層及びその涵養域の上部にある地層内における雨水の一時保水効果により、降雨に対して時間遅れのある緩慢な浸透を受けたためと推察される。

(3) 影響の少ない地下水

台地深層や低地深層の地下水(No.5-7,14-16)は、降雨量100mmを越すような集中豪雨時を除き、降雨による明確な水位変化は見られない。これは、上部に堆積する地層が非常に厚いため、もしくは透水性が非常に悪いため、降雨の浸透に時間を要し、帯水層ではその影響がほぼ緩和されたものと推察される。

4.2. 深い帯水層における不規則な微小水位変動

深層の帯水層(保土ヶ谷礫層・台地深層・低地深層)では被圧地下水となっている。被圧水における水位の変化は圧力変化の反映であり、不圧地下水の水位の変化が水量の変化のみを示すとは異なる。一般に、被圧帯水層においては、貯留される水量が増加すれば圧力が上昇し水位は上昇するが、気圧の変動の影響によっても、唯一大気圧に接している観測井の開口部では水位が変化することが知られている⁴。一般に、気圧が上昇すると水位は低下し、気圧が低下すると水位は上昇する。(図7参照) この気圧変化に対する水位変化の比を気圧係数BEといい、 $BE = \text{水位変化} / \text{気圧変化}$ で表す。一日あたりの気圧係数BEを表3に示す。

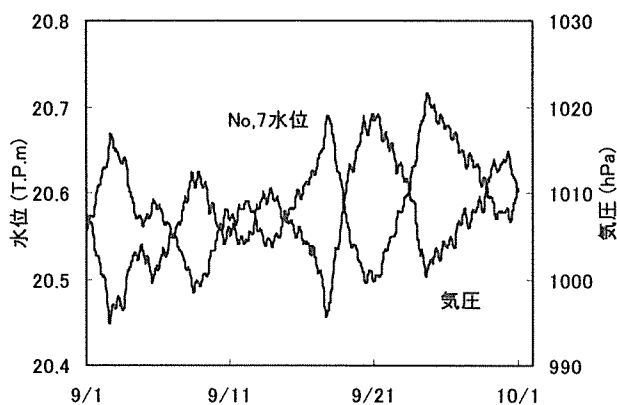


図7. 気圧とNo.7観測井水位の関係

表3. 各観測井における気圧係数

観測井No	3	4	5	6
気圧係数B.E.	-0.24	-0.37	-0.20	-0.06
相関係数	0.50	0.84	0.95	0.16
観測井No	7	14	15	16
気圧係数B.E.	-0.84	-0.36	-0.32	-0.21
相関係数	0.93	0.75	0.81	0.09

気圧係数 B.E.=水位変化量(mm/day)
/気圧変化量(mmH₂O/day)

No.6,16 観測井では両者の相関係数が低く気圧変動以外要因により水位変動が支配されているものと思われる。他の観測井においては水位変動と気圧変動の相関が0.8以上と非常に高く、これらの観測井で見られた微小で不規則な水位変動は気圧変化によるものであると考えられる。気圧係数は0.2から0.4程度であった。

また、No.7 観測井ではB.E.=0.84と特別に高く、水位の変化量は気圧の変化量の影響を非常に強く受けていることがわかった。

4.3. 低地深部での周期的な水位変動

No.14,15 観測井における周期的な変動は、その変動パターンから潮位の影響と考えられる。(図3, 図8参照) 潮位変化の影響は、不圧地下水では水の移動を伴う物的変化であるため海岸から離れると急速に減衰するが、被圧地下水では音速以上に達するといわれる圧力の伝播と

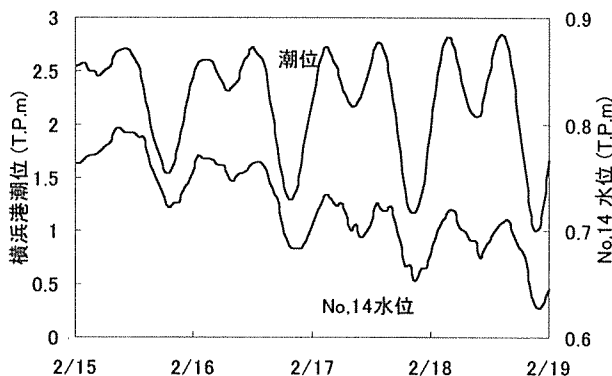


図8. 潮位とNo.14観測井水位の関係

して迅速に遠方まで伝わる。

それゆえ、被圧地下水井である No.14,15 観測井は、海岸から各々1km,2.5km 離れているものの、潮位変化の影響が観測されたと推察される。

No.16 の観測井においては、図9に見られるように、1日周期で生じる10cm程度の変動と、1週間周期で生じる20cm程度の水位低下が観測された。

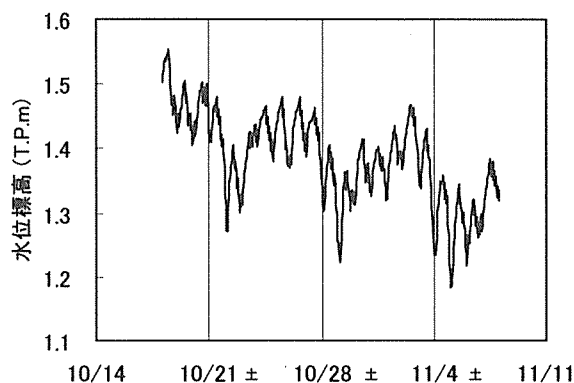


図9、被圧地下水における人為的影響の例

1日周期の変動は、正午過ぎから水位低下し深夜0-1時頃に最低になった後、翌日昼頃までに当初水位まで回復する特徴がある。また、1週間周期で生じる通常以上の水位低下は、金曜と土曜の夜にそれぞれ生じている。このような特徴的な水位変化のパターンは、水道の使用量の変動と類似していることから、No.16 観測井は近傍にあるホテルの業務用井戸における揚水の影響を受けて、周期的な水位変化を生じているものと推察される。

このように、低地深層の地下水位変動は、気圧や潮位といった気象条件や揚水などの人為的影響を敏感に受けていることがわかった。地盤沈下対策等にあたり沖積低地の地下水位変動を把握する際には、これらの影響を排

除した上での考察を行わなければならない。また、解析の際には、周辺地域での地下工事などの人為的影響が無視できない要素となることが推察される。そのためには、継続した長期的な水位観測が重要である。

5. まとめ

平成12年度の地下水位常時測定結果から、横浜市の地下水位変動特性について、以下のことが分かった。

- ・ 地下水位は帯水層のおかれている環境によってその変動特性が大きく異なる。
- ・ 降雨時に雨量の5-10倍程度の水位上昇が地表近くで短時間に生じる地点がある。
- ・ 降雨による地下水位変動パターンは、タンクモデルにより説明することができた。
- ・ 深層の地下水は気圧変化の影響を受けるが、降雨による影響はほとんど受けない。
- ・ 低地深層の地下水は、海岸から2.5km地点でも潮位変動の影響が観測された。

6. 謝辞

本研究をまとめるにあたり、当研究所の杉本実研究員には多大なるご指導をいただきました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1, 杉本実(1993): 横浜の地下水に関する調査研究(3), 横浜市環境科学研究所所報第17号, p167-173
- 2, 国分邦紀(1981): 北多摩地区浅井戸の地下水位解析と涵養量について, S56 東京都土木技術研究所年報, p181-192
- 3, 中山俊雄(1998): 武蔵野台地西部の浅層地下水と水文環境, H10 東京都土木技術研究所年報, p211-222
- 4, 山本荘毅(1983): 新版地下水調査法, 地球社

視覚障害者と健常者の環境音認知の比較

鹿島教昭（横浜市環境科学研究所）*1,

田村明弘*2, 太田篤史*3（横浜国大工学部建設学科）

鈴木和子*4（横浜市立盲学校）, 小澤繁之*5（横浜市視覚障害者福祉協会）

Environmental Sound Cognition Comparison

between the visually challenged and ordinary people

* 1 : Kashima Noriaki (Yokohama Environmental Research Institute)

* 2 : Tamura Akihiro (Faculty of Engineering, Yokohama National Univ.)

* 3 : Ota Atsushi (Faculty of Engineering, Yokohama National Univ.)

* 4 : Suzuki Kazuko (Yokohama City School for the Visually Impaired)

* 5 : Ozawa Shigeyuki (Yokohama Association of the Blind)

キーワード：視覚障害者, 認知, 聴覚情報, 環境音, 信号音

要旨

日常生活において聴覚情報に大きく頼らざるを得ない視覚障害者を街の音環境から考え、彼らを支援可能となる音環境の創造を目的とし、実際に彼らが街中でどのような音種を認知するのか、また健常者との差異は何かを調査した。街中の一般的な 30 種の環境音を収録し、無響室内で視覚障害者と健常者に再生音を呈示し彼らの自由な発言から回答を得た。両者の音その物に対する認知度には基本的に大きな差は認められない。しかし危険回避に必要な車のアイドリングや自転車音に対しては、視覚障害者は健常者に比し認知度が高い。また多種の音が混合している雑踏の場所においては、健常者が音の存在を単に認知するに留まるのに対して、視覚障害者は音種をも特定する傾向にあり、更に多種の音種の組み合わせからイメージを展開する。また、移動する音源の音の障害物などに因る変化を敏感に察知し、他の音との関係からその場の空間イメージを形成し特定しようとする。健常者は音その物にとらわれ、音の組み合わせや空間イメージの展開に乏しい。

1. はじめに

従来、視覚障害者を或る地点へ誘導する研究は非常に多く認められる。その中で実用化された音を用いる装置の多くが、彼らの確実な知覚を前提とするが故に、音響式信号機の如く定時的に音を出し結果として騒音問題を惹起してきた。このような騒音問題を解決すると共に、都市に静けさを取り戻すための一手段として、筆者らは、情報性の音であるにも拘わらず実際には単なる騒音と化している音の削減を考慮し、殊に視覚障害者用とされる音情報であっても、スピーカから無駄に一般大衆に流される音の削減に焦点を当てつつ、視覚障害者にとっても快適な都市の音環境のあるべき姿を探求してきている。

まず、視覚障害者の歩行と音環境の関係を聞き取り調査した¹⁻⁴⁾。彼らの街中における歩行にとっての最重点は自己の定位であり、聴覚情報としての環境音から空間をイメージし、容易ではないが自らの位置を正しく確認し、納得した後に人や車の流れを再び情報として次へ歩を進めている。利用される音は大から微小まで実に様々で、平松ら⁵⁾の報告にも認められる。永幡⁶⁾は、

視覚障害者が周囲の音の状況と種類から、如何にして場所を特定するのかを探っている。また、自己の定位や障害物知覚に関しても、関ら^{7,8)}の研究に見られるように、障害物による音の変化や反射音の微妙な変化を利用して歩行すると返答を得ている。従って、彼らに正確無比な位置情報を彼らが携帯する機器から個人的に具体名で与えたり、静かな街であるならば、或る種の小さな音が例えば地下への入口であることを指示するサイン音ならば、彼らの自己定位に対する不安は大幅に減少し彼らの街中における歩行の支援が可能となり、同時にスピーカ音の削除が可能となるであろう。

本報は、それら支援の一助とするべく、視覚障害者が様々な街の音を聞いて何に気付くのか、何に気付き易いのか、同じ音を聞いた健常者との差異は如何なるものなのかを考察した報告であり、一部⁹⁾は発表済みである。

2. 環境音の聴取実験方法

2-1 被験者

視覚障害の被験者とその属性を表-1に示す。属性は、

実験終了後に行った障害程度、失明時期、日常の外出等の簡単な質問から得た回答に基づくが、聴力は、実験に用いた無響室内において周波数 125Hz~8000Hz までの 11 周波数を用いて、左右の耳ごとの聴力を検査した結果である。5名の聴力に異常は認められなかった。

障害程度では、被験者 E 以外は全盲であり、被験者 E も身体障害者福祉法で定める最重度の 1 級である。早期全盲と後期全盲の区分は佐藤¹⁰⁾に従い、6 歳以上での失明を後期全盲としている。この区分は視覚表象の有無に基づいており、それは視覚的経験の記憶の有無を意味する。視覚表象を多面的に持つ者ほど健常者の心理や生活行動に近いとされているが、視覚表象が皆無と判断されるのは 3 歳までの失明者とされている。しかし佐藤¹⁰⁾

表-1 被験者（視覚障害者）の属性

	性	年齢	障害程度 内容	外出状況	聴力 異常
A	女	34	後期全盲, 光覚なし, 先天性緑内障, 14 歳で失明	単独でほぼ毎日外出(未知の場所へも)	なし
B	女	18	早期全盲, 3 ヶ月で未熟児網膜症, 左眼光覚あり	ほぼ毎日通学, 未知の場所へ単独外出なし	なし
C	女	31	早期全盲, 左眼光覚あり, 未熟児網膜症, 視覚表象なし	なれた場所へ頻繁に外出, 未知の場所へは基本的になし	なし
D	男	33	後期全盲(小学生), 左眼光覚あり, 視覚表象殆どない	単独で毎日外出(未知の場所へも)	なし
E	女	34	中心視野欠損, 左眼下 0.01, 右眼光覚, 視覚表象あり	単独で毎日通勤(未知の場所へも)	なし

光覚とは暗室内で瞳孔に光を射れ明暗が判別可の視力を持つ障害、また全員が歩行に白杖を使用

表-2 被験者（健常者）の属性

	性	年齢	聴力 異常
V	男	21	なし
W	男	21	なし
X	男	21	なし
Y	女	22	なし
Z	男	23	左耳 1000Hz 以下で聴力障害の傾向(自覚無し), 骨導異常なし

も述べているが、個々人により早期・後期の明確な区分は困難のようで、筆者らが実施した視覚障害者の歩行実験結果^{11,12)}からもその区分の判断には困難性が含まれている。

視覚障害者全員が通勤通学でほぼ毎日外出する。未知の場所に単独で出掛ける者も存在するが、外出態様には彼らの個性や歩行経験の差が認められ、しかもその場合でも或る程度までは介護者付きやタクシー利用となっている。

表-2 に視覚障害者の対象とした被験者（健常者）を示すが、5 名共に学生である。被験者 Z は左耳に 1000Hz 以下で難聴傾向が認められたが、日常生活には支障を感じていない程度、即ち本人は何ら知覚していない程度であったために被験者として採用した。

2-2 実験手順

図-1 に示す無響室内に一人でスピーカに対して座す被験者は、街で録音した一般的な環境音の再生音を聴取する。被験者は気付いた音の種類や状況、及びその音から想像するその場所のイメージを実験者に報告する。被験者は 5 名の視覚障害者と目隠しをした 5 名の健常者である。実験に先立ち被験者には実験手順が説明され、気付いた音の正否を問うものではないこと、感じたまま、思うがままを自由に発言するように指示されている。

或る環境音は先ず 15 秒間呈示され、被験者からの内観報告を得た後に再び 15 秒間呈示され、新たに気付いた音種や事象、及び報告忘れが無いかの確認を求められている。なお呈示音は後述する 30 種である。

図-2 は環境音の収録及び呈示法である。騒音計とデジタルオーディオテープ (DAT) で収録された環境音はランダム呈示が可能となるようミニディスク (MD) に編集され、アンプ、イコライザを通してモノラルのスピーカから呈示される。なお呈示音は予め被験者席に設置された騒音計を通して分析され、同一の呈示音は各被験者に対して一定となるように保たれている。

2-3 呈示される環境音

呈示音の概要を表-3 に示す。呈示音の大半には、過去の視覚障害者へのインタビュー調査¹⁻⁴⁾ で得た「視覚障害者が街中を歩行する際に利用する音」を「信号音」として含むように構成されている。そこにはまた、ダミーの意味と視覚障害者の新たな聴覚情報利用の確認ができる期待も込めて、街中における特異な音環境も数種含まれている。ダミーとした音種は信号音欄が無記名の呈示音番号 5, 8, 11 等々の 8 種である。

同表には信号音の他に収録場所、その状況、他の特徴的な音を示す。また呈示音の LAeq とは実験に用いた音の 15 秒間の等価騒音レベルであり、実際の LAeq とは収録場所での 1 分間の等価騒音レベルである。表から判るように、呈示音は実際の音量とは異なり過大とならぬように配慮してある。

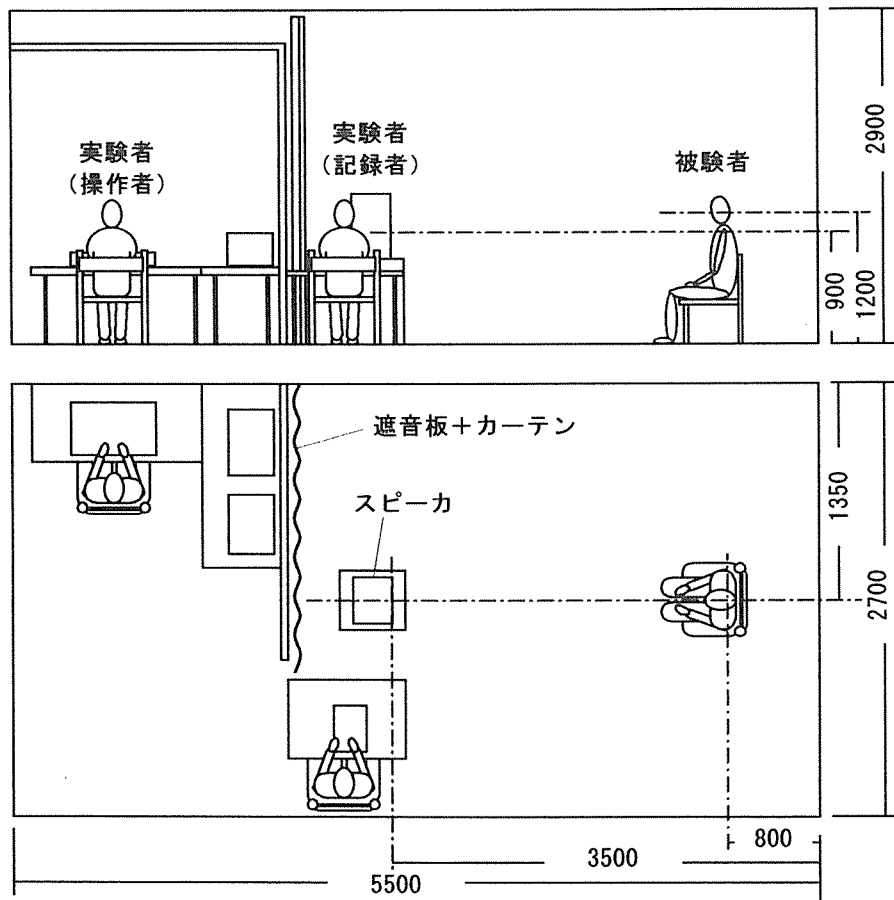


図-1 実験室概要 (無響室)

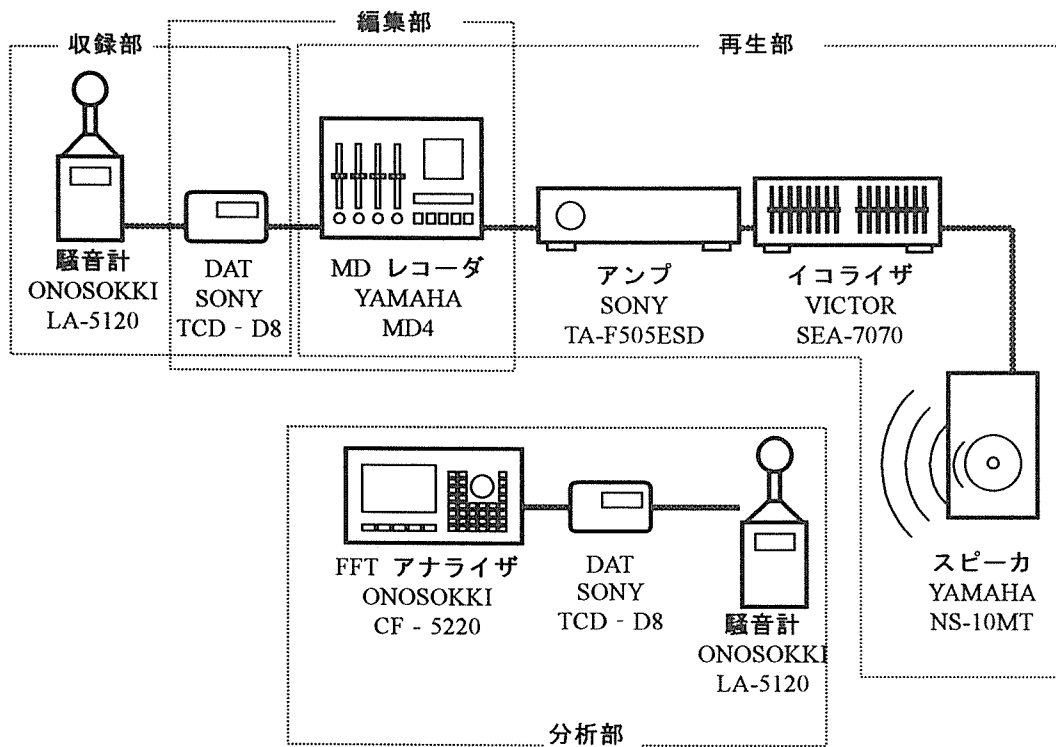


図-2 実験機器系統図

表-3 呈示音の概要

音番号	信号音	その他特徴的な音	呈示音の LAeq dB
	収録場所、状況概要		実際の LAeq dB*
1	音響式信号	車の音	49.5
	横浜市保土ヶ谷区国道1号沿い市民病院下交差点音響式信号機直下、日中で通過車多し		72.1
2	足音	足音、遠方の車の音	36.7
	鎌倉市鶴岡八幡宮境内源平池脇、日没後で人通り稀		47.5
3	レストランBGM (商店の音)	人(雑踏)	50.2
	横浜中華街善隣門下の歩行者天国、土曜日日中で人通り非常に多し		69.8
4	自動販売機	遠方の車の音	34.4
	横浜市保土ヶ谷区岡沢町裁判所通りの一本裏通り、夕方で裁判所通りの交通はややあるが測定地点の車及び人通りは非常に稀、自動販売機のコンプレッサ停止中		47.8
5	—	ジェットコースタの走る音、人の声	50.6
	横浜八景島内ジェットコースタ脇の広場、ジェットコースタからは70m位、夕方で客は少なめ		64.6
6	誘導鈴	人の声、足音、鳥の声、車のドア閉める音	37.8
	新横浜ラ・ポール正面入り口誘導鈴から道路側に約10m、人がしばしば通る		50.4
7	河川(水の音)	空調室外機の音、アナウンス、車の音	45.5
	保土ヶ谷駅西口ロータリの本裏通り今井川脇、川が見下ろせる位置でやや車及び人通り		58.1
8	—	飛行機、人(子供)の声、鳥の声、ボールをつく音、ライター	48.5
	保土ヶ谷公園アートホール前広場脇、休日で家族連れなどが遊ぶ姿が見える		52.9
9	噴水(水の音)	車の音、人の声	46.8
	横浜公園内スタジアム脇噴水から日本大通り側に約25m、野球の試合中、人通りやや多し		61.9
10	商店街BGM	バイクの音、自転車の音、人の声、買い物袋(ビニール)	47.5
	保土ヶ谷駅西口前旧東海道沿い商店街、人及び車の通り少なめ		61.5
11	—	テニスのボールを打つ音、遠方の車、人の声、音楽	41.2
	横浜八景島付近杉田ゴルフ場前テニスコート脇、主婦5人ほどがテニス、人通り稀		55.2
12	魚屋の呼込み(商店の音)	自転車の音、自転車のベル、人(雑踏)	46.2
	浅間町松原商店街内魚屋脇、土曜日夕方で人通り非常に多し		61.7
13	—	波音(港)、船のエンジン、人の声、浮棧橋のきしむ音、音楽	47.3
	横浜八景島パラダイスライン(フェリー)乗り場脇、夕方で人少なめ、風つよし		61.1
14	床屋看板(商店の音)	自転車の音、自転車のベル、人の声、足音	44.0
	天王町商店街内床屋脇、夕方だが人通りはそれほど多くない		56.6
15	踏切	鳥の声、遠方の車、子供の声、遠方の工事の音	41.0
	横浜ビジネスパーク脇、相鉄線踏切から約50m、車通りはあまり多くはない		59.9
16	レストランBGM(商店の音)	人の声、足音、車の音	48.7
	横浜中華街善隣門から約10m、呈示音3の収録地点のごく近辺だがこちらは車道沿い、土曜日日中で人通り非常に多し		63.8
17	誘導鈴	バスのアイドリング、鳥の声	41.5
	新横浜ラ・ポール正面入り口誘導鈴から道路側に約20m、ラ・ポール入り口でバスがアイドリング		54.0
18	下水(水の音)	遠方の車の音	41.7
	峰岡町横浜新道高架脇の高台、新道を見下ろせるが車の音は非常に静か、付近を通る車無し		56.6
19	パチンコ屋(商店の音)	人の声、遠方の工事の音	43.0
	天王町商店街パチンコ屋前、パチンコ屋の音はそれほど漏れて来ていない、夕方だが車や人通りもそれほど多くない		60.2
20	—	波音(海岸)、車の音	47.0
	鎌倉材木座海岸、夜で海岸線を車が高速で走る		61.1

*: 実際のLAeqは1分間の値

表-3 呈示音の概要 (続き)

音番号	信号音	その他特徴的な音	呈示音の LAeq dB
	収録場所, 状況概要		実際の LAeq dB*
21	誘導鈴	足音, 鳥, 遠方の車	36.7
	新横浜ラ・ポール正面入り口誘導鈴から道路側に約 20m, 呈示音 17 と同地点, 疎らな人通り		48.6
22	踏切	車の音, バイクの音, 鳥の声	49.2
	横浜ビジネスパーク脇, 相鉄線踏切から約 120m, 車の数はあまり多くはないがかなりの速度で通過		67.1
23	トンネル (特異な反響)	車の音, バイクの音	50.2
	鎌倉市長谷トンネル, 夜間で車の通りはそれほど多くないが高速		78.7
24	—	動物園の孔雀の声, 遠方の車	35.6
	野毛山動物園正面入り口脇, 夜間で人通り無し, 車が一台通過して停車, 動物の鳴き声		48.8
25	自動販売機	遠方の車の音	37.8
	横浜市保土ヶ谷区岡沢町裁判所通りの一本裏通り, 呈示音 4 と位置及び周辺状況は同様, ただし自動販売機のコンプレッサ稼働中		51.7
26	噴水 (水の音)	車の音, 野球の応援 (太鼓, トランペット) 人の声, 足音	48.2
	横浜公園内スタジアム脇噴水から日本大通り側に約 50m, 呈示音 9 付近, 野球の試合中, 人通りやや多し		62.7
27	音響式信号機	車の音, トラックの排気ブレーキ	49.4
	呈示音 1 の音響式信号機から国道 1 号沿いに約 15m, 日中で通過車多し		73.9
28	—	音楽, 子供の声, 風切り音, 旗掲揚ポールのロープがポールに当たる音	49.3
	八景島入り口の橋 (マリングート) 内, 帰る人の通り多し, 風強し		65.5
29	—	ジョギングの足音, 遠方の車の音, 犬の声	34.6
	峰岡町 2 丁目住宅地内, 夜間で人, 通過車は殆ど無く静か		52.6
30	河川 (水の音)	室外空調機の音, 人の声, 足音, 音楽, アナウンス, 遠方の車の音	42.3
	保土ヶ谷駅西口ロータリの一本裏通り今井川脇, 呈示音 7 の 2m ほど脇, 但しここからは川が見下ろせない, やや車及び人通り		57.5

* : 実際の LAeq は 1 分間の値

3. 結果及び考察

視覚障害者グループの発話に共通する, 或いは健常者グループの発話に共通する呈示音を表-4 にまとめ, 呈示音に含まれる信号音 (既述の視覚障害者が利用する音) を中心に考察を進める。車の音は特に信号音と指定してはいたないが, 実際には多くの呈示音中に含まれ, 視覚障害者が歩行の際によく利用する事から車の音に関しても考察する。

3-1 車の音

車の音の認知率は, 車が付近を通過する場合に非常に高く, 呈示音 1, 22, 27 では視覚障害者, 健常者を問わずほぼ全員がその存在を認知している。車が遠方を走る場合, 近辺に他の特徴的な聴覚情報が存在すると車の認知率は下がる。しかし, 周囲が静かで特徴的な音が少ない場合には, その認知率は比較的高くなる (呈示音 24, 25, 29)。

バスのアイドリングが主音源である呈示音 17 では,

視覚障害者の全員が一度目の呈示後に車の存在を訴えたが, 健常者の場合には, 一度目の呈示後に Z 氏が, 二度目の呈示後に W 氏が車の存在に気付いただけである。車のアイドリング音は定常的である事, この呈示音においてはレベルは小さいながらも鳥の鳴き声が明瞭に聞こえていた事から, 日常的に危険な車に傾注する視覚障害者に比し, 普段このような音の利用が少ない健常者は鳴き声に意識を取られ, 車の存在を認知し難い, 或いは認知する必要性が乏しいと推察される。

3-2 視覚障害者用誘導音 (音響式信号機, 誘導鈴)

呈示音 1 は音響式信号機の直下で録音された。大型車等の大きな騒音が主音源であったにも拘わらず, 被験者全員が音響式信号機もしくは横断歩道の存在を指摘している。一方, その音響式信号機から道路沿いに約 15m 離れた地点で録音された呈示音 27 では, 車の存在の報告が全員から挙げられてはいるものの, 音響式信号機を

認知した者は視覚障害者、健常者とも2名のみである。

誘導鈴に関しては、視覚障害者と健常者の認知度に大きな差は見られない。誘導鈴から約10mでの録音である呈示音6では、大半の被験者から認知報告を得ており、同じ誘導鈴から約20mの地点での録音である呈示音21でもほぼ同様の認知報告を得ている。しかし呈示音21と同地点において、付近でバスがアイドリングをしている状態で録音された呈示音17では、健常者の1名が誘導鈴の存在に気付いただけである。

これらの事から、いかに日常的に音響式信号機や誘導鈴を利用し慣れている視覚障害者であっても、周囲の騒音が大きいならばこれらの信号音を認知できなくなってしまう事が窺える。また、その際の認知に伴う困難さは健常者のそれと大差が無いようでもあるが、少ない被験者数から断定する事はできない。但し、誘導鈴と他の音情報から視覚障害者は何らかの福祉的施設をイメージしているのに対し、健常者はエレベータ、エスカレータ、インターホン等を挙げ、福祉的施設とは結び付いていないようであり、ここに日常生活における注意の差異が認められる。

3-3 商店の音

呈示音12は、雑多な商店街（歩行者天国）の中の魚屋近辺で収録された。被験者全員が人や自転車の存在を指摘している。呼び込みの声等から視覚障害者全員が商店もしくは商店街といった指摘をし、内2名は正しく魚屋の存在にまで言及している。健常者の2名は雑多な人や自転車の音に意識を取られ、商店の存在に全く気付いていない。この結果から一概に視覚障害者は健常者より音の弁別能力が高いとは言いがたいが、健常者が「雑多な感じ」と捉える傾向であるのに対し、視覚障害者が一度目の呈示後に、雑多な人の声の中から呼び込みの声を弁別し商店の存在を言い当てている事実は、ここでは買い物に該当するが、そのような日常生活に不可欠な聴覚情報に対する反応が健常者のそれとはやはり鋭敏さで異なっていると考えられる。

中華街で採録した呈示音3では視覚障害者のみがビニール袋の音を指摘し、呈示音10（商店街）では視覚障害者全員と健常者の4名がビニール袋のシャラシャラした音から商店の存在を指摘している。視覚障害者は生活の必要からであろうが商店の存在にかなり気を配っているようである。なお呈示音10では視覚障害者の2名が自転車の音に気付いているが、健常者は雑踏に気が取られたためか一人として気付いていない。自転車は実は視覚障害者にとっては音も無く近づいて来る危険な存在なのである^{3,4)}。

中華街で収録した呈示音3,16では、信号音として用いたBGMを流していた商店は同一であるが、BGMの種類は両呈示音で異なっていた。被験者報告をみると、両呈示音とも「人が大勢」という点は共通である。しかし場所に関する報告では、呈示音16で視覚障害者2名と健常者3名が「中華街」と断言したのに対し、呈示音3は中華街の正門とも言うべき善隣門下での音だが、これに対しては「繁華街」「ゲームセンター」「パチンコ

屋」等と様々で、両呈示音間で内容が大きく異なる。これは呈示音3に日本的イメージを想起する琴の音が含まれていた事、食品を直接販売する中華料理店により近く、買い物・雑踏のイメージに強く誘導された事、或る音環境に存在するBGMの差異等が原因と考えられる。このように僅か10mの距離の違いだが、音環境の違いに因り場所の把握状況が異なる場合がある。ここに音環境計画の際に配慮すべき点の一つを窺う事ができそうである。

3-4 自動販売機

呈示音4,25とも自動販売機の脇、約1mで収録された。呈示音4ではコンプレッサが非稼働なのに対し、呈示音25では稼働していた。また、収録場所の周囲はいずれも非常に静かで、遠方からの車の音がわずかに聞こえる程度であった。

自動販売機の存在を指摘したのは、呈示音4で健常者のV氏、呈示音25では視覚障害者のB氏だけである。また、自動販売機の音と特定できないものの音の存在を認知した者は、呈示音4で視覚障害者1名、健常者3名、呈示音25では視覚障害者3名、健常者4名である。自動販売機の音は微細だが、周囲が静かな場合にはこのような微細な音もランドマークとして活用される可能性が再確認できた^{3,4)}。しかし、両グループ間の差異は明確ではない。静かであるが故に現に聞こえる小さな音に関しては、障害の有無に無関係に被験者としては聴いて判断しようとする意志が働く事が理由かも知れぬ。従って、普段これらの小さな音をも利用する事の多い視覚障害者の弁別能力が健常者より高いとも言えない。

3-5 水の音（河川、噴水、下水、波）

河川の音を含む呈示音7,30は、ともに幅6~7mの河川の脇、水面からは約3mの高さで収録された。呈示音7は水面が見下ろせる位置であるのに対し、呈示音30は壁の影で水面は見通せない。呈示音7,30の両者において河川と認知した者は少数で、呈示音7において、健常者のZ氏が「川の流れかも」との発言に留まっている。このように幅の広い河川の音は、比較的定常で認知が困難な事が窺える。またこれらの呈示音には同時に空調室外機の音や、車の音、遠方からのアナウンスの音があり、これらが単調で低レベルな川の音をマスクしていたと考えられる。

噴水の音は呈示音9,26に含まれており、或る公園内の同一のものである。公園内の噴水は公園脇の比較的交通量の多い道路から横浜スタジアム（野球場）に向かって約60mの位置に在り、呈示音9は噴水から道路側へ約25m、呈示音26は同約50mの地点で収録された。両呈示音とも、人の声、足音、車の音、付近の野球場の応援を含んでおり、比較的雑多な印象を受ける。

呈示音26は、野球の応援の音が大きかった事、道路に近い事から、応援や車などに関する発話が多く、噴水に気付いた者はいない。一方、呈示音9では、人の声や車の音に関する発話と同時に、視覚障害者の3名と健常者の1名から「水の音」に関する発話がなされている。

河川に比較して噴水は水の音が明瞭に聞こえ、ランドマークとして有効である事は確実である。また、健常者全員の発言が、まず人の声や人の存在に関する事象であるのに対し、視覚障害者のうちの3名は、まず水の音の存在について報告している。日常的にこのような音をランドマークとして利用している事が、健常者との注意の向け方の違いを生み出していると考えられる。

呈示音 18 は、下水の音の他には遠方からの車の音が聞こえる程度であった。視覚障害者と健常者の報告内容に大きな差は無く、全員が水の音について報告している。健常者が下水の音を意識する事は稀であるが、視覚情報の利用が困難な視覚障害者にとってはこのように微細な音でも、適度に静かな場所では十分にランドマークとしての役割を果たす可能性が大である。現に視覚障害者の歩行実験^{11,12)}では、或る被験者は歩行中の自己の位置を常に修正するために活用していた。従って、多くの人が好むような音で微細な音を或る事象と結び付ける約束事、つまり音のサイン化も大いに可能性がある。

呈示音 20 は海岸での録音であり、海岸に沿った道路を車が高速で走行していた。波音はかなり独特のためか、多くの被験者が気付いておりサイン音としての価値が高そうである。

3-6 踏切

踏切の音は呈示音 15, 22 に含まれ、呈示音 15 は踏切から見通せる場所で約 50m, 呈示音 22 は約 200m の位置で録音された。何れの場合も、脇の道路(片側一車線)をしばしば車が通過する。

呈示音 15 では、全被験者が一回目の呈示の後に踏切の存在を迷う事なく指摘している。また、呈示音 22 においては、踏切から遠く離れかつバイクが脇を高速で通過していたにも拘わらず、視覚障害者のうち2名、健常者の1名が踏切の存在を指摘している。これらより、踏切の音は特徴的かつ遠方からもその存在が確認でき、重

要なランドマークであろう。

3-7 音からイメージする環境

ここでは呈示音に対する他の特徴的反応を考察する。呈示音 2 は神社の広い境内に在る池の脇の砂利道で、開放空間ではあるが近くには比較的大きな建物がある場所で録音された。この足音に対して視覚障害者の A 氏は、砂利を踏む「足音の反響音が無くなった」ことから家の存在をイメージし、C 氏は「やはり家ではないかもしれないが何か建物から出て来た感じ」を持ち、D 氏は「屋根または建物に囲まれた空間を通過したようだ」と述べている。一方、健常者は「足音」「人声」「道路から遠い」等のようにイメージが固定化され、展開性が認められない。なお、この場合に2名の視覚障害者が遠方の道路騒音を飛行機と勘違いしているようである。遠方であるから録音地点の場所のイメージ作りには無関係であったようだが、音情報を誤って把握すると正しく捉えた情報を攪乱しかねず、彼らに如何に正確な情報を与えられるかが非常に重要と思える。

呈示音 7 (河川)でも、視覚障害者は「車のエンジン音」「止まっている」「人通りが少ない」というイメージから、「駐車場」に発展しているが、健常者は場所のイメージが湧かない。同様に呈示音 17 では、「バスのアイドリング」「鳥の声」「意外と静か」といった事から、「駐車場」「住宅地」をイメージしている。このように、視覚障害者は聞いた音を組合わせて場所を特定しようとする傾向(必要性)があるが、健常者は聞こえた音を単に挙げているに過ぎないと言えそうである。この傾向は、既に述べた呈示音 6 (チャイム)と同 12 (呼込み)の場合にも表われていた。

日常生活ではあまり聞く事がない呈示音 5 (ジェットコースター)や同 13 (船)は、両グループ共に皆目見当が付かないという状況である。未知の音から音源の種類を特定する事がどれほど難しい作業であるかが解かる。

表-4 視覚障害者及び健常者の発話内容の集計(その1)

(視覚障害者或いは健常者の各グループ内で2名以上が指摘した音及び環境イメージ)

音番号	ID 信号	視覚障害者	健常者
1	ID 1 信号 1	<ul style="list-style-type: none"> 音響式信号機: 5名 (以下同じ) シャリシャリ/カチャカチャ: 5 車の音: 4 トラック/大型車: 3 交差点: 3 人が歩く: 3 自転車: 2 	<ul style="list-style-type: none"> カシヤカシヤ/チャリチャリ: 5名 (以下同じ) 横断歩道: 4 視覚障害者用横断歩道の音: 4 交差点: 3 交通量多い: 3 バス/トラック: 3 車: 2 人通り多い: 2
2	ID 34 砂利道	<ul style="list-style-type: none"> 砂利道/土: 4 人が歩いている: 4 静か: 3 家/屋根/建物: 3 飛行機: 2 	<ul style="list-style-type: none"> 人が歩いている: 5 砂利/砂: 4 人の話し声: 2 道路から離れている: 2

表-4 視覚障害者及び健常者の発話内容の集計 (その2)

(視覚障害者或いは健常者の各グループ内で2名以上が指摘した音及び環境イメージ)

		視覚障害者	健常者
3	ID 22 店BGM 1	<ul style="list-style-type: none"> ・人が大勢/にぎわっている/ざわざわしている : 5 ・音楽/琴の音 : 5 ・スーパーマーケット : 2 ・繁華街/ショッピング街 : 2 ・お金の音 : 3 ・ビニール袋の音 : 2 ・人の声 : 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・人が大勢 : 4 ・話し声 : 4 ・お金の音 : 3 ・電子音 : 2 ・ゲームセンター : 2 ・パチンコ屋 : 2 ・音楽/琴 : 2
4	ID 12 自販機 1	<ul style="list-style-type: none"> ・静か/あまり音が無い : 3 ・(遠くに)車の音 : 3 	<ul style="list-style-type: none"> ・よく判らない : 3 ・ボー : 2 ・エアコン/冷暖房 : 2
5	ID 32 ジェット コースタ	<ul style="list-style-type: none"> ・工事 : 3 ・車 : 2 ・人の声 : 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・工事/削岩機/ドリル : 3
6	ID 5 チャイム 2	<ul style="list-style-type: none"> ・誘導チャイム/誘導鈴 : 5 ・人(足音/ハイヒール) : 5 ・車のドア : 5 ・人の声 : 3 ・福祉施設の前/入り口 : 3 ・駅/地下鉄 : 3 ・鳥 : 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・車のドア/トランクを閉める音 : 5 ・人の足音 : 4 ・ピンポン(駅/交通機関) : 2 ・ピンポン(エレベータ/エスカレータ) : 2
7	ID 14 河川 1	<ul style="list-style-type: none"> ・アナウンス : 5 ・車のエンジン音/とまっている : 4 ・人通りが少ない : 2 ・駐車場(車の音の感じから) : 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・アナウンス/放送 : 5 ・車のエンジン音 : 3 ・場所のイメージなし : 3
8	ID 28 飛行機	<ul style="list-style-type: none"> ・子供の声 : 5 ・ヘリコプター : 3 ・飛行機 : 2 ・公園 : 2 ・ライターで火をつけるような音 : 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・子供の声 : 5 ・飛行機 : 4 ・ヘリコプター : 1 ・ボール遊び : 2 ・公園 : 2 ・たばこに火をつける音 : 2
9	ID 20 噴水 1	<ul style="list-style-type: none"> ・人の声 : 5 ・雨/水の音 : 3 ・車 : 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・人の声 : 4 ・車 : 3
10	ID 16 商店街	<ul style="list-style-type: none"> ・バイク : 5 ・音楽 : 4 ・店/小さい商店 : 4 ・商店街 : 3 ・ビニール/紙袋 : 4, セロファン : 1 ・買い物をしている/した : 3 ・自転車 : 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・バイク/原付 : 5 ・ビニール袋 : 3 ・アルミホイルか紙で包む : 1 ・商店街 : 3 ・子供の声 : 3 ・(機械を通した)音楽 : 3 ・人は多くない : 2
11	ID 29 テニス	<ul style="list-style-type: none"> ・テニス/テニスコート : 4, ボール遊び : 1 ・人/声 : 4 ・鳥の声 : 2 ・グラウンドみたいな公園 : 2 ・近くに道路/車 : 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・テニス/テニスコート : 5 ・人の声 : 2 ・近くに道路/車 : 2
12	ID 26 呼込み	<ul style="list-style-type: none"> ・自転車 : 5 ・店 : 5 (商店街 : 2/魚屋か八百屋 : 2) ・売り声 : 4 	<ul style="list-style-type: none"> ・自転車のベル : 5 ・人が大勢 : 4 ・商店街 : 3 ・売り声 : 3 ・人の声 : 3

表-4 視覚障害者及び健常者の発話内容の集計 (その3)

(視覚障害者或いは健常者の各グループ内で2名以上が指摘した音及び環境イメージ)

		視覚障害者	健常者
13	ID 33 船	<ul style="list-style-type: none"> ・判らない/難しい: 5 ・人: 4 (人の声: 2/足音: 1) ・車: 2 ・自転車: 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・キーキー: 3 (不明: 1/コンテナが荷物をぶら下げている: 1/プレーキかブランコ: 1) ・最後の方でカタカタ/チチ/不明だが機械音: 3 ・人: 3 (声: 2/足音: 1) ・屋外: 2
14	ID 25 床屋	<ul style="list-style-type: none"> ・自転車: 5 ・人: 5 (声: 3) ・コトコトン/ポコポコ: 3 (遠く工事: 1/太鼓: 2) 	<ul style="list-style-type: none"> ・自転車: 5 (ベル: 3) ・人: 4 (声: 3) ・カラカラ/トトトン: 3 (不明: 2)
15	ID 9 踏切 2	<ul style="list-style-type: none"> ・踏切: 5 ・子供の声: 5 ・人の声: 3 ・遠くの車: 2 (トラック: 1) ・鳥: 2 ・パターン/カターン/カン: 4 (缶が転がる: 1/何かをぶつける: 1) 	<ul style="list-style-type: none"> ・踏切: 5 ・子供の声: 5 ・車: 3 ・公園: 2 ・鳥の声: 2 ・パコーン (テニス?) /カンが落ちる音: 2
16	ID 23 店 BGM 2	<ul style="list-style-type: none"> ・音楽: 5 ・人: 5 (歩く音: 4/声: 2) ・中華街: 2 ・車の音: 2 ・商店街/ショッピングアーケード: 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・音楽: 5 (中国的: 3/日本的: 2) ・人: 5 (声: 2/足音: 2) ・中華街: 3 ・車: 2
17	ID 6 チャイム 3	<ul style="list-style-type: none"> ・鳥: 4 ・トラック/大型バス: 3 ・車: 3 ・駐車場: 3 ・住宅地: 2 ・静か: 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・鳥: 4 ・木/緑: 2 ・バスがとまっている: 1, アイドリング: 1, ボーダー (何か判らず): 1 ・人がいない: 2 ・場所のイメージなし: 2
18	ID 19 下水	<ul style="list-style-type: none"> ・水の音: 5 (雨かも: 3) ・人が動く音/足音: 2 ・遠くの車の音: 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・水の音: 5 ・足音: 4, コトコト (何か判らず): 1
19	ID 24 パチンコ	<ul style="list-style-type: none"> ・コップ/グラス/食器の音: 3, チャリンチャリン (不明): 1 ・人: 3 (声/喋っている: 2) ・よく判らない: 2 ・食堂/喫茶店: 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・食器/コップ/ガラスビン: 4 ・パチンコ屋: 2 ・人の声: 2 ・鍵の束のような音: 2 ・電子音: 2
20	ID 35 波	<ul style="list-style-type: none"> ・車: 4 ・海/波: 3, 水 (雨) がはねる音: 1 	<ul style="list-style-type: none"> ・波の音: 3, 水で何かを洗う: 1, 濡れた道路を車が通過: 2 ・車: 2
21	ID 7 チャイム 4	<ul style="list-style-type: none"> ・人が歩いている/足音: 5 ・誘導チャイム: 4 ・鳥の声: 4 ・(障害者用) 施設: 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・人が歩いている/足音: 5 (ハイヒール: 3) ・ピンポン: 4 (不明: 2, 電車: 1, インターホン: 1) ・人が余りいない: 3
22	ID 11 踏切 4	<ul style="list-style-type: none"> ・バイク: 5 ・道路/道/通り沿い: 4 ・車: 4, 大型車: 1 ・鳥: 3 ・踏切: 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・バイク: 5 ・道/道路沿い: 5 ・車: 4
23	ID 36 トンネル	<ul style="list-style-type: none"> ・車: 5 ・高速道路沿い: 3 ・トンネル: 2 	<ul style="list-style-type: none"> ・トンネル: 3 ・高速道路: 2 ・大型車 (ダンプ/トラック): 2 ・車 (高速かつ多数): 2
24	ID 37 鳥	<ul style="list-style-type: none"> ・動物/鳥の声: 5 ・遠くに車: 3 ・静か: 3 	<ul style="list-style-type: none"> ・鳥/動物の鳴き声: 5 ・遠くに車の音: 4 ・静か: 2 ・人気なし: 2

表-4 視覚障害者及び健常者の発話内容の集計（その4）

（視覚障害者或いは健常者の各グループ内で2名以上が指摘した音及び環境イメージ）

		視覚障害者	健常者
25	ID 13 自販機 2	・車：4 ・機械のような音：3（自販機：1），駐車場の入り口のブザーか：1	・車：5 ・ジージー・ギコギコ：4（不明：2，虫：1，冷蔵庫：1）
26	ID 21 噴水 2	・子供の声：5 ・パレード/鼓笛隊：4 ・カラス：3 ・横浜スタジアム/野球の応援：2 ・人が集まっている：2	・ラップ/トランペット：3 ・野球場の外/野球の応援：3 ・車：3 ・子供の声：3 ・人の声：2
27	ID 2 信号 2	・車：5 ・トラック/バス/大型車：5 ・道路/通り沿い：3 ・音響式信号機：2	・トラック/バス/大型車：5 ・道路沿い：3 ・車の音：2 ・信号の音：2
28	ID 31 八景島・橋	・建物（病院/銀行/役所/デパート/スーパー/テーマパーク）の入り口/通路：5 ・（小さい）子供/赤ん坊の声：4 ・音楽/曲/BGM：4，ゲームのような音：1	・赤ん坊/小さい子供：5 ・デパート/大型スーパー：4 ・音楽/電子音：3 ・金属/プラスチックが当たる音（カツカツ/コンコン）：3（不明：2，スーパーの台車：1） ・ゲームのある所：2 ・ざわざわ/にぎやか：2
29	ID 27 住宅地	・人の走る音/ジョギング：5 ・犬の声：4 ・遠くにバイク/車の音：4 ・公園：3 ・静か：3	・人が走っている/ジョギング：5 ・遠くに車/バイク：5 ・犬の声：4 ・住宅地：3 ・あまり音がしない：2
30	ID 15 河川 2	・人の足音：5（女の人：2） ・音楽：5 ・人の声：2 ・アナウンス：2	・人が歩いている：5 ・人の話し声：2 ・音楽：2

4. まとめ

街中で録音した環境音 30 種を無響室内で視覚障害者 5 名と健常者 5 名に個別に呈示し、彼らが認知する音種とその状況、また彼らが構想するその場のイメージを検討し、視覚障害者と健常者との環境音に対する反応の差異を調査した。呈示音には、聞き取り調査で視覚障害者が日常生活でよく利用すると回答した音が含まれている。

- 1) 街中に溢れる車の音の認知率は視覚障害者と健常者の別無く一般的に高い。しかし、アイドリングの音に対しては、視覚障害者は日常的な危険回避のためか認知する傾向が強く、健常者は通常の事象と看做す傾向にあり認知度は低い。
- 2) 視覚障害者用の音響式信号機や誘導鈴も両者間での認知度に差は認められないが、これらの音から視覚障害者は福祉的施設を想起し、健常者はエレベータやエスカレータ、インターホンなどを想起する。
- 3) 種々の音が混在する場所では、視覚障害者は日常生活の必要性からか、呼び声や商店が提供するビニール袋などで商店の存在を認知し魚屋等の種類を特定する傾向にあり、また危険回避のためと考えられるが自転車やバイクを認知する傾向にある。噴水の音に対しても認知度が高い。一方、健常者は雑踏中に単に音が存在すると看做す傾向が強く音の種類に対する意識は弱まる。音

から商店の種類までは連結せず、自転車や噴水などの音にも気付きにくい。

- 4) 微細な音である自動販売機や川の音に対する認知度に両者の差は認められないが、周囲が静かであれば認知可能であり、微細な音の有効利用が考えられる。
- 5) 視覚障害者は、移動する人や物からの音の変化から音の障害物、例えば家の存在などをイメージし、車のアイドリング音と周囲の静けさ等から駐車場や住宅街をイメージするように、音の組み合わせから常に空間イメージを形成し特定しようとする。これに対して健常者は音その物のイメージにとらわれ、イメージの展開が弱い。

5. おわりに

視覚障害者と健常者で信号音の弁別に明確な差は確認できなかったが、両者間で日常的な聴覚情報利用経験の差によると思われる音環境の捉え方の違いは確認された。また、視覚障害者は聞こえた音を組み合わせ、そこから実態を知ろうと努めている様子も確認された。しかし被験者の数が何と言っても少なく、今のところ一般論化は避けざるを得ない。

呈示音の 15 秒間は短か過ぎるようであり、連続音でないものがそう取られる危険があり改善を要する。また、

実験には一人当たり半日を要する事、視覚障害者を多数集める事が甚だ困難なために被験者数をなかなか増やせない。視覚障害者に多く参加して頂く募集方法の改善が大きな課題である。

更には、健常者に目隠しをして音を聞かせる条件は、彼らが日常経験する音環境とは甚だ異なっており、恐らく彼らは普段なら街中で聞き流す音でも聴取しようとするであろう。この辺りにも工夫が必要と考える。

本実験では音の呈示はモノラルスピーカであったが、ダミーヘッドを用いたバイノーラル録音でより現実音に近い発展的実験を計画し実施した。機会があれば報告できると考えている。

最後になりますが、勤務や通学の傍らわざわざ実験場所まで御足労下さり、本研究に御協力下さった視覚障害者の方々に深く感謝の意を表します。視覚障害者にとっての快適音環境の姿は、現在の街に溢れる騒音下では想像が困難ですが、関が“視覚障害者にやさしい街の音創り”¹³⁾と訴えているように社会的に考究されるようになってきています。今後もバリアフリー社会の重要なテーマとなると思われます。

参考文献

- 1) 太田篤史, 田村明弘, 鹿島教昭: 視覚障害者と地域音環境のあり方についての基礎的考察, 音響学会講演論文集, pp.729-730 (1993,10).
- 2) 太田篤史, 田村明弘, 鹿島教昭: 視覚障害者と地域音環境のあり方についての基礎的考察 その2, 騒音制御工学会技術発表会講演論文集, pp.229-232 (1994,10).
- 3) A. Ota, A. Tamura and N. Kashima: Visually handicapped pedestrians and the sound environment: Developmental change of the use of the auditory information; Acoustical society of America and Japan 3rd joint meeting proceedings, pp.489-494(1996.12).
- 4) 鹿島教昭, 田村明弘, 太田篤史: 視覚障害者の音環境, 横浜市環境科学研究所報, No.21, pp.51-58(1997.3).
- 5) 平松幸三, 佐々木佳代: 視覚障害者が都市内行動時に用いる音響情報, 音響学会講演論文集, pp.801-802(1994.3).
- 6) 永幡幸司: 視覚障害者が音から場所を特定する課程について, 音響学会誌, 56, pp.406-417(2000.6).
- 7) 関 喜一, 伊福部 達, 田中良広: 盲人の障害物知覚と反射音定位の関係, 音響学会誌, 50, pp.289-295(1994.4).
- 8) 関 喜一, 伊福部 達, 田中良広: 盲人の障害物知覚における障害物の遮音効果の影響, 音響学会誌, 50, pp.382-385(1994.5).
- 9) 太田篤史, 田村明弘, 鹿島教昭, 黒澤亜希: 視覚障害者の聴覚情報の検知—無響室内における音環境再生による試行的実験—, 日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集, pp.29-32(1998.9).
- 10) 佐藤泰正編著: 視覚障害心理学, (学芸図書, 東京, 1987) .
- 11) 鹿島教昭, 田村明弘, 太田篤史, 清家 聡: 視覚障害者の歩行実験における音情報の利用, 音響学会講演論文集, pp.661-662(1996.9).
- 12) 鹿島教昭, 黒澤亜希, 田村明弘, 太田篤史, 清家聡: 視覚障害者の歩行実験—音環境と空間認知—, 横浜市環境科学研究所報, No.25, pp.24-33(2001.3).
- 13) 関 喜一: 視覚障害者にやさしい街の音創り, 音響学会誌, 54, pp.387-392(1998.5).

音声情報装置を用いた視覚障害者の歩行実験

鹿島教昭*¹ (横浜市環境科学研究所)
 田村明弘*²・太田篤史*³・安藤祐子*⁴ (横浜国大工学部)
 鈴木和子*⁵ (横浜市立盲学校), 小澤繁之*⁶ (横浜市視覚障害者福祉協会)

Experimental walking of the visually challenged with audible information system

* 1 : Kashima Noriaki (Yokohama Environmental Research Institute)
 * 2 : Tamura Akihiro, * 3: Ota Atsushi and * 4 : Ando Yuko
 (Faculty of Engineering, Yokohama National Univ.)
 * 5 : Suzuki Kazuko (Yokohama City School for the Visually Impaired)
 * 6 : Ozawa Shigeyuki (Yokohama Association of the Blind)

キーワード : 音声情報装置, 視覚障害者, 歩行実験, メンタルマップ

要旨

視覚障害者に善かれと安易に使われるスピーカ音はしばしば騒音問題を起こしているが、これを削除し都市に静けさを取り戻し、かつ彼らの街中における自立的歩行を支援する事を目的として、従来の点字ブロックの誘導やサインに代えて、直進性の強い指向性を持ち、携帯型の受信機から個人的に音声で具体的な交通信号情報や位置情報を伝える音声情報装置を用いた歩行実験を行った。視覚障害者は音声情報を画期的とし、信号は横断可の情報を得て容易に渡れる。建物やバス停などの知識上の存在を位置情報に拠って場所としての存在と確認する。それらの位置関係を知る事は彼らのメンタルマップの形成とその2次元化を促し、新たな街の発見は彼らの歩行の楽しみと意欲をも促進する。

1. はじめに

視覚障害者は視覚からの情報を得ることが不可能なために、聴覚や触覚、嗅覚からの情報に依拠した日常生活を余儀なくされている。取分け聴覚情報は彼らにとって、受動的に外界と接し得るという意味で非常に重要である。彼らは街中を歩行する場合、得られた個々の聴覚情報の組み合わせと総合化から、自己の周囲の空間イメージを形成して自己を定位し^{1,2)}、その正しさを確認しつつ、また身の安全を図りながら次の目的地へ歩を進ぶ^{3,4)}。

彼らの自己の定位と安全確認を支援する聴覚情報として、音響式信号機やスピーカを用いて情報を伝える手段が街中では一般的に選ばれている。しかしその伝達手段は、往々にして視覚障害者の存否に拘わらず社会空間に流し込む方法であり、通常の人々にとっては自己に無関係で無意味な単なる騒音に過ぎない。

視覚障害者に絶対確実な位置情報を、例えばバス停や公共的建築物からその名称を具体的な音声として送信し、また信号機の赤や青の状況を音声で送信し、彼らが所持する受信機でその情報を個人的に得るのであれば、視覚障害者にとっては自己定位や安全確認が明確となり、かつスピーカを用いた無駄な音情報も削除可能となる。従って健全者は、不要な音を聞かされることもない。

近年これを可能とする音声情報装置が米国で開発され Talking Signs 社が製品化し、同社と業務提携した我が国の三菱プレジジョン(株)が横浜市総合リハビリテーションセンターと共同で改良し販売しだした⁵⁾。これは直進性を有する赤外線を送信波とする小型軽量の送受信機からなっており、元来は建物内で階段やトイレ、受付な

どの位置を案内するものである。

筆者らはこれまでの研究から、この装置を屋外で活用すれば視覚障害者の街中における自立的な歩行を促し、かつメンタルマップの形成の支援システムとして機能し得ると考え、具体的な音声情報の送受信を利用した視覚障害者の歩行実験を実施し、その実用化の際の長所・短所を探り、また彼らの歩行における特徴や問題点を調査した。

2. 音声情報装置

実験に用いた送受信機の主な仕様を、各々表-1 と表-2 に示す。

表-1 送信機の主な仕様

機能	仕様
送信距離	3~20m (可変)
録音時間	16 秒
大きさ	幅 68mm×奥行 30mm×高さ 115mm
質量	160g (電池抜き)
電源	電池 (9V,006P) 連続 4 時間送信可

表-2 受信機の主な仕様

機能	仕様
受信距離	20m (最大)
受信角度	±20 度
音声	内蔵スピーカまたはイヤホン
大きさ	幅 54mm×奥行 22mm×高さ 116mm
質量	130g (電池抜き)
電源	電池 (9V, 006P)

送信機は電池（9V）駆動であり、送信距離は可変でその公称距離は3～20mである。現場の状況に合わせて、その場で音声情報の16秒間録音がいつでも可能であり、連続4時間発信する。160gと軽量で、大きさは小型電卓の厚みを増した程度である。

受信機の大きさは、携帯電話を一回り大きくした程度である。その最大受信距離は20m、受信角度は米国で最善と判断された±20度に設定され、送信機からの搬送波の中心から受信角度が大きくなるほど雑音が増す。電池駆動は送信機と全く同様で、スイッチを入れた状態で内蔵のスピーカ或いはイヤホンから音声情報が聴取可能となる。但しスイッチ入れた状態で固定する機構にはなっていない。

3. 調査方法

3-1 被験者

実験に参加した3名の被験者を表-3に示す。A氏の視力は、目の前で手を動かした場合にその動きが分かる程度を示す「眼前手動弁」である。先天性の弱視ではあるが、視覚的経験の記憶を有する意味で「視覚表象が有る」被験者であり⁶⁾、日常にかなり歩き慣れている。なお、氏は後述の実験コースの一部を含む地域を歩行した経験を持つ。

B氏も先天性の弱視で、13歳時に失明した後期全盲である。佐藤⁶⁾に拠れば後期全盲は6歳以上での失明を言い、視覚表象を有する場合が多く心理的に健常者に近い。氏は毎日、単独で通勤しているが、未知の場所への単独歩行は稀である。しかしB氏も実験地域での歩行経験を持つ。

C氏は、比較的早く失明した後期全盲であり、やはり視覚表象を持つ。勤務で毎日、外出するが、未知の場所への単独歩行は殆ど無い。また実験時の歩行から判断すると、街中での歩行には慣れていないと言える。

表-3 被験者の概要

	年齢	障害内容	外出状況
A	30代	眼前手動弁*1、先天性弱視、視覚表象あり*2	毎日外出、
B	49	後期全盲*3、13歳で失明、先天性弱視、視覚表象あり	毎日外出、未知の場所へは単独歩行せず
C	35	後期全盲、9歳で失明、先天性弱視、視覚表象あり	毎日外出、未知の場所へは単独歩行せず

*1：眼前で手を動かした時に動きを感知可

*2：視覚的経験の記憶を持つ

*3：約6歳以上での失明

表-4 送信する音声情報の内容

位置番号	音声情報
2	信号は青です
3	相生町交差点
4	日本銀行横浜支店前
5	横浜地方裁判所前、工事中です
6	新県庁前バス停
7	税関前交差点

3-2 実験コースの歩行

図-1に実験の歩行コースを示すが、白抜き数字の位置に送信機を設置した。赤外線は人などの障害物の存在で遮断されるために、送信機をポールに固定し高さ2.3mに統一し、またコースを進む被験者に向く方向に送信した。送信距離は、直進が多いことを考慮し、最大の20mとした。

被験者は、歩行開始前に受信機の効果的な使用法を練習し、経路と送信機の位置を口頭で説明される。説明内容は次の通りであるが、括弧内の位置は本報で便宜上挿入したものである。

- ・先ず横浜公園を出て交差点（位置2）を渡り左折
- ・次の交差点、相生町交差点（位置3）でみなと大通りにぶつかるので右折
- ・しばらく直進していくつかの道を横切る
- ・その間、日本銀行横浜支店（位置4）の横を通過
- ・横浜地方裁判所、工事中（位置5）の横を通過
- ・県庁前交差点、音響式信号機で本町通りを渡る
- ・新県庁前バス停（位置6）の横を通過
- ・税関前交差点（位置7）で海岸通りにぶつかるので右折し、しばらく直進して終了
- ・実験は音声情報探しではないので、受信できなくとも気にせずに自分の判断で歩行する

説明の後、被験者は公園内のスタートに立ち、基本的に自ら得る情報を利用しつつゴールに着く。位置2から位置7までの音声情報を表-4に示す。位置2では青信号時のみに手動でスイッチを入れているが、他では常時送信している。

歩行中は実験者一人が横に付き、被験者が気付いた事や感想等の内観の自由な発言を録音し、他の実験者が後方からビデオ等で歩行状況を撮影する。ゴール到着後に、被験者は、ボールペンで描くと紙面が浮き上がるレーズライトを用いて経路の地図を描きつつ記憶した事象を報告する。その間の発話、また音声情報装置に対する感想を録音する。この作業を三回繰り返す。

なお歩行のコースが概ね単純な直線となったのは、本コースの東南に1街区隔てて平行する日本大通りが工事中のために、実験コースに組み込めなかった事が原因である。また当初は位置8で青信号である旨を受信し、日本大通りを横断してゴールとする予定であったが、道路幅員に比し送信距離が短くやむを得ず位置8をゴールとした。

4. 調査結果と考察

A氏の歩行実験時、事前調査と異なり、位置5と位置6の間にある県庁前交差点の音響式信号機が非稼働であった。しかしこれまでの調査の経験から、被験者は信号の青と赤を車や人の動向から察知可能と判断し、実験を行った。

4-1 内観報告

各被験者の歩行中における主な発言を図-2から図-9に示す。各図に共通であるが、[]は送信機からの音声情報を、()はその他の情報を被験者が受けた場合を

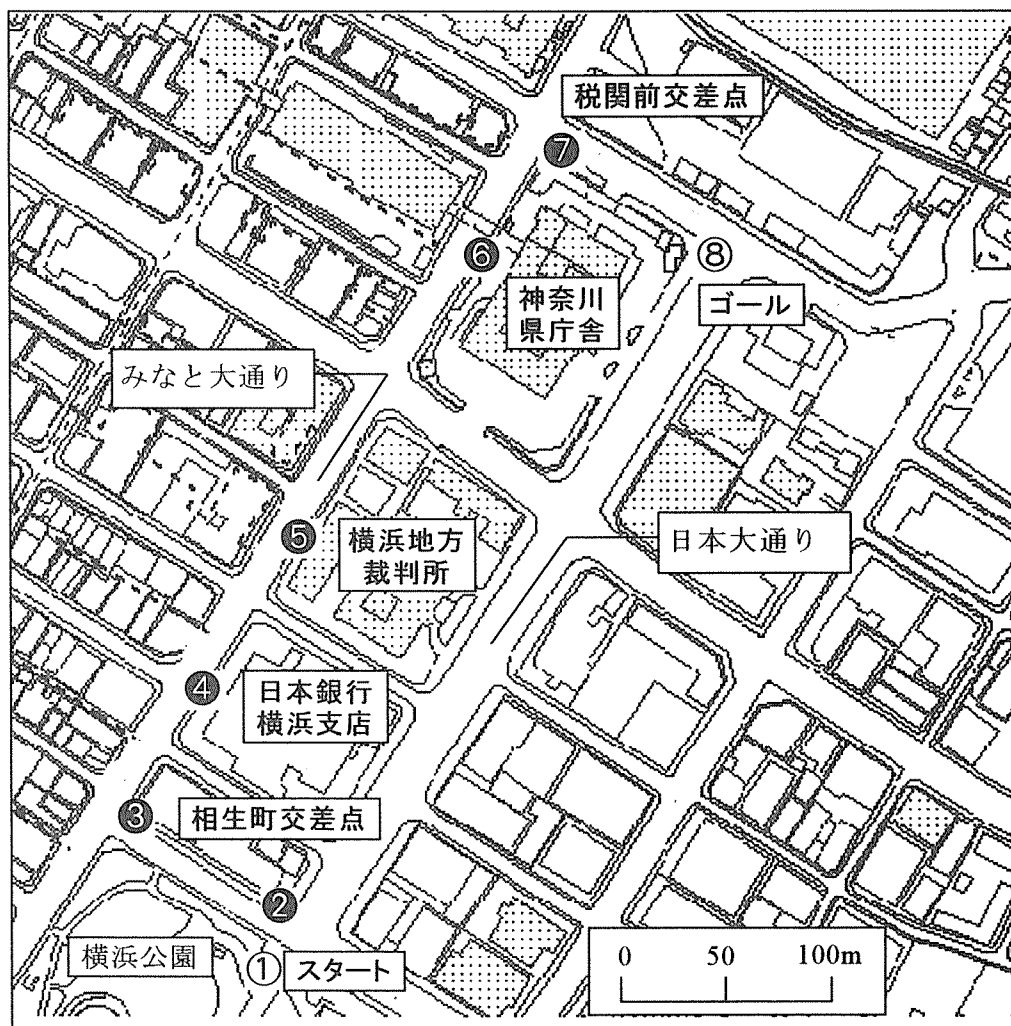


図-1 歩行実験のコース

意味する。

先ず、A氏の発言例を頼りに視覚障害者の歩行状況を追い、次に被験者全員の発言に表われた内観を、音声情報装置、点字ブロック、道路や周囲、交差点などのように被験者に共通する重要な位置情報ごとに特徴を捉えてまとめる。

4-1-1 A氏の例

1回目(図-2)のスタート位置において、氏は音声情報〔信号は青です〕を聞き取り、「こういう使い方が、こりゃいい」と装置に対して感心を表わしている。位置2に横断した後に感覚的に直角に左折し、左脇を通る車の音を頼りに方向を修正している。位置3からの〔相生町交差点〕を確認して急に右折し、位置4で知識として存在する日銀横浜支店を、「こんな所だったのか、知らなかった」と場所として確認している。

県庁前交差点では地下鉄工事に拠る道路面の変化を歩行音から感知し、既述の如く音響式信号機が非稼働であったが、車の流れと人の動向から青信号で横断している。

位置7ではバス停横に設置した音声情報でバス停の存在を知り、位置8でスイッチ操作が歩行に遅れて交差点を越えて車道に出たが、自己の位置の奇異と危険を感じ

て歩道に戻っている。

氏の歩行中の発言は他の被験者に比較して少ない。そこで2回目と3回目の発言報告をまとめて示してある(図-3)。

氏は、日銀前を歩行中に聞こえてくる横浜地裁の工事音に対して、「大きな工事音は他の音が聞こえず進行方向が取れない」と述べている。これは過去の調査結果^{4,7)}を再確認するものであり、視覚障害者の歩行に共通する大問題である。

横浜地裁前(位置5)で〔工事中〕を初めて聞き取り、まさに1回目では位置情報として通過場所の確認のみに用いている。途中で聞いた大きな工事音がこの場の工事とメンタルマップで繋がり、歩行上の安全感を増している。

注目すべきは、県庁前交差点を渡る際に話された時差式(厳密には右折専用)信号機の危険性である。このコースでは進行方向に直角な道路の被験者近接側車線の車が停車しても、その一つ先の車線の車が右折のために流れている故に、不慣れな視覚障害者は困惑する。また左方から右折する車は被験者の左側を通過しており、一瞬、進行方向が青信号かと判断してしまうのである。

位置6でバス停の特定可に言及し、かつ頭上に木かアーケードがあるのでと想像している。実際にこのバ

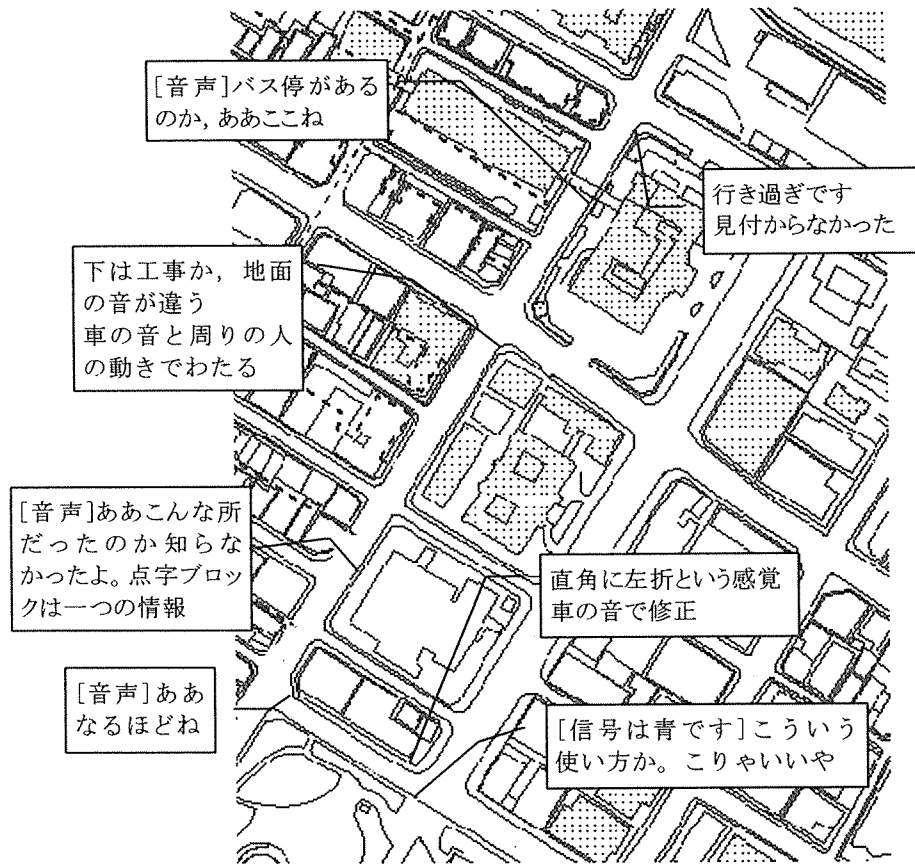


図-2 A氏1回目の内観報告

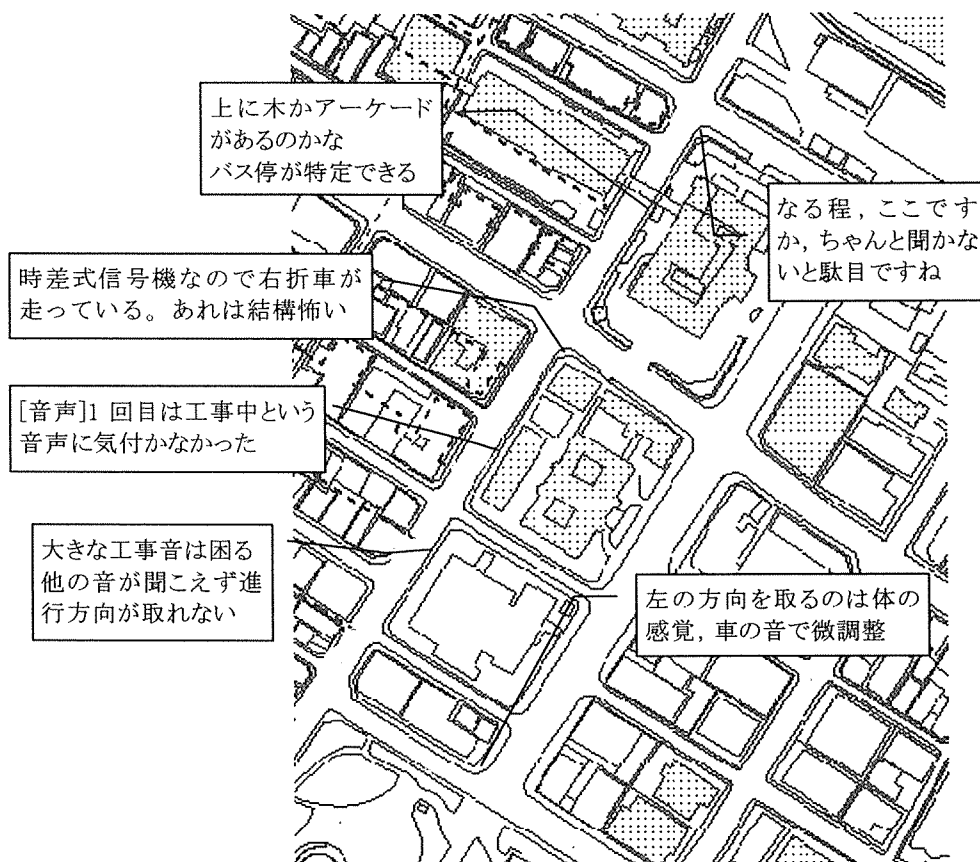


図-3 A氏2, 3回目の内観報告

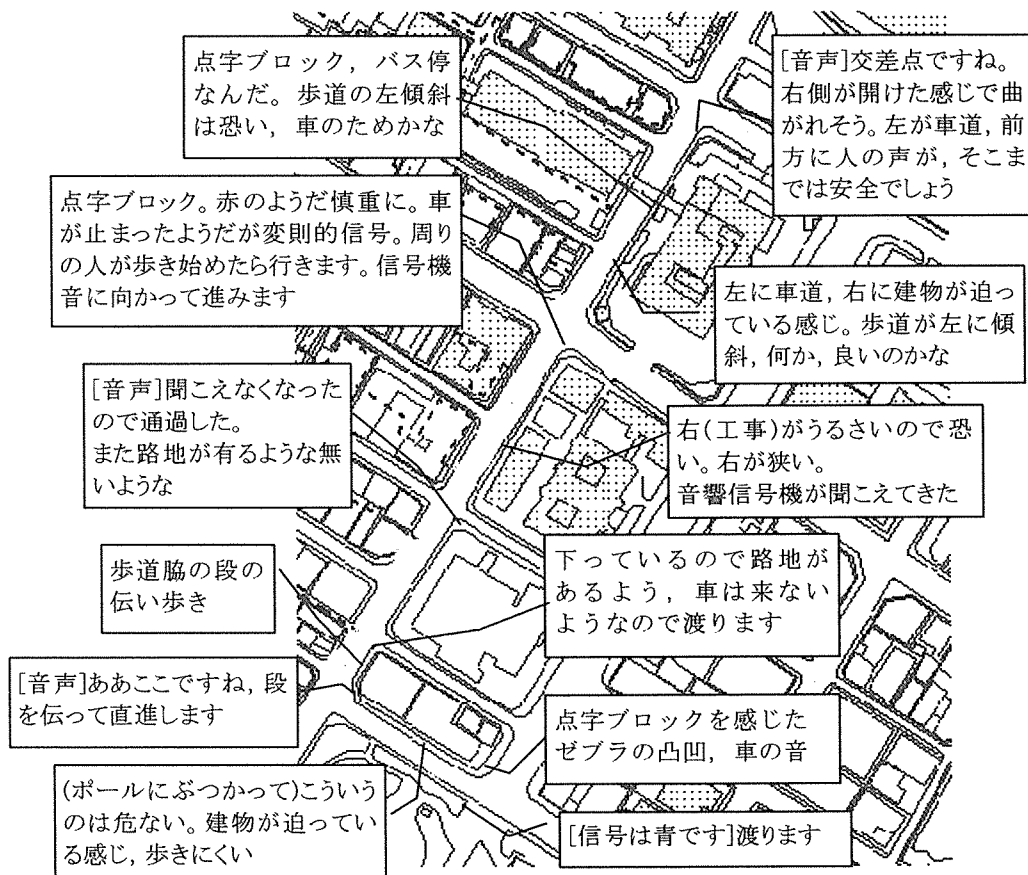


図-4 B氏1回目の内観報告

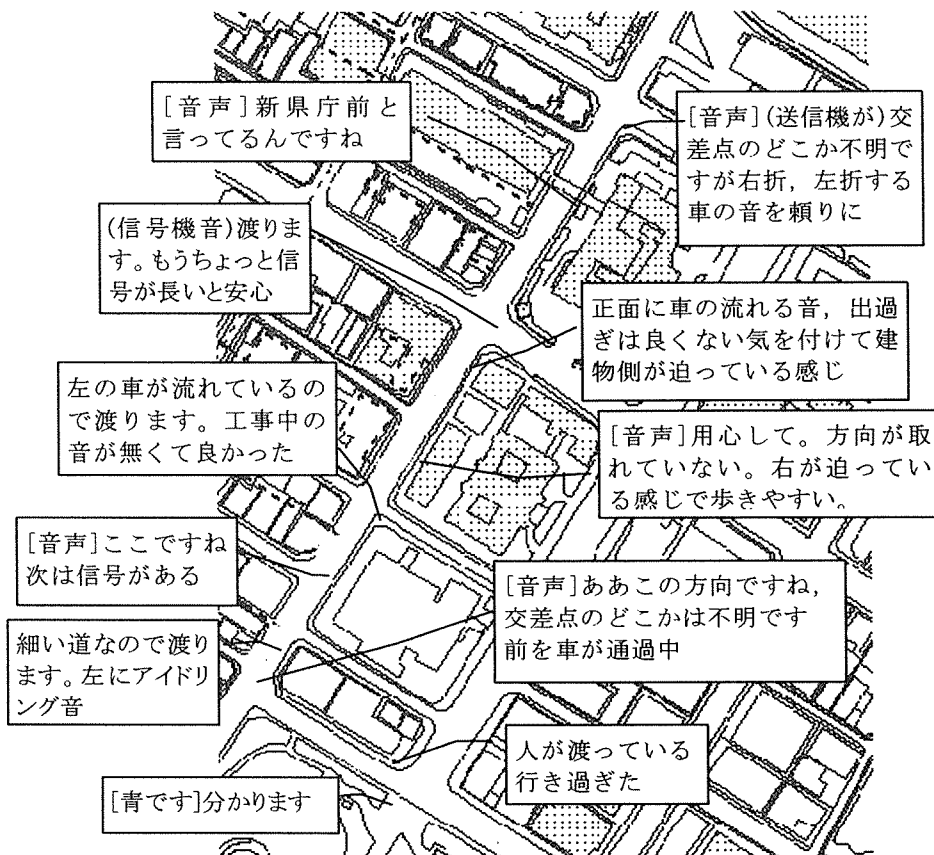


図-5 B氏2回目の内観報告

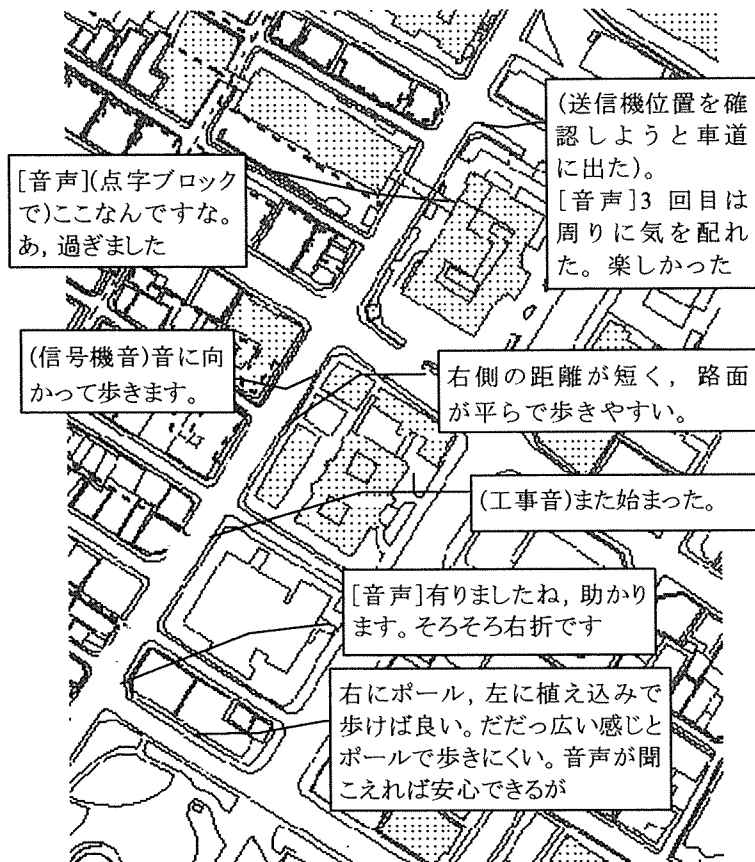


図-6 B氏3回目の内観報告

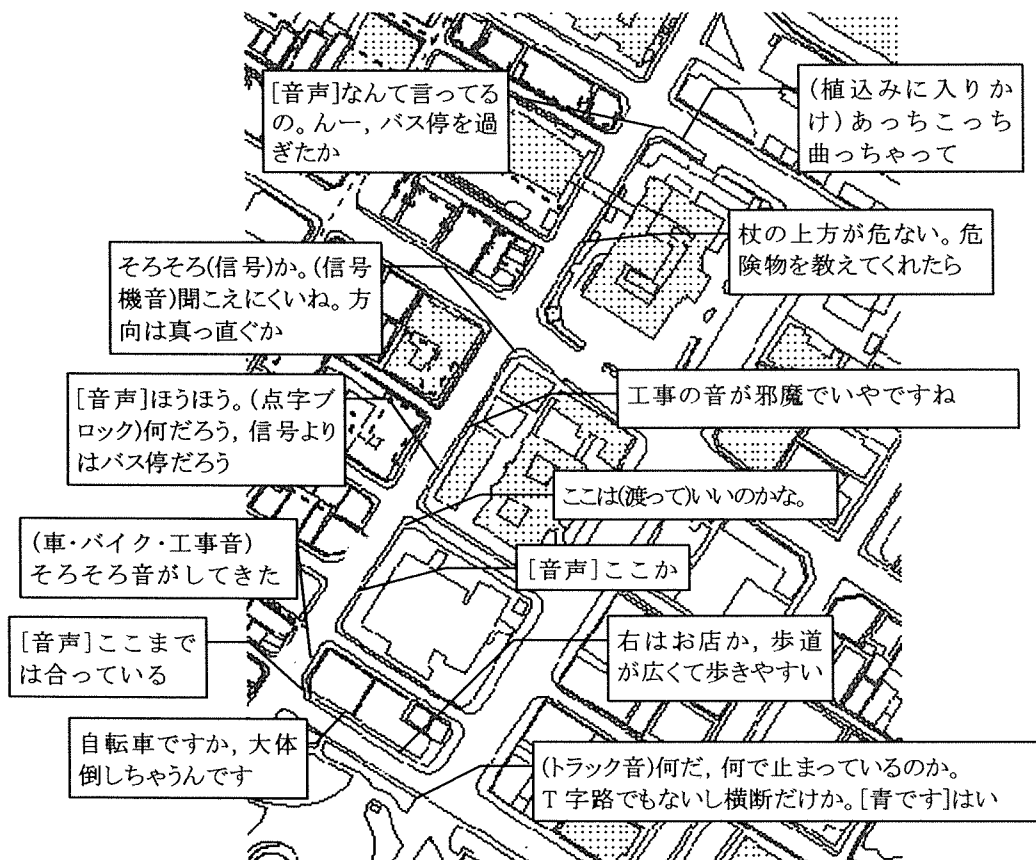


図-7 C氏1回目内観報告

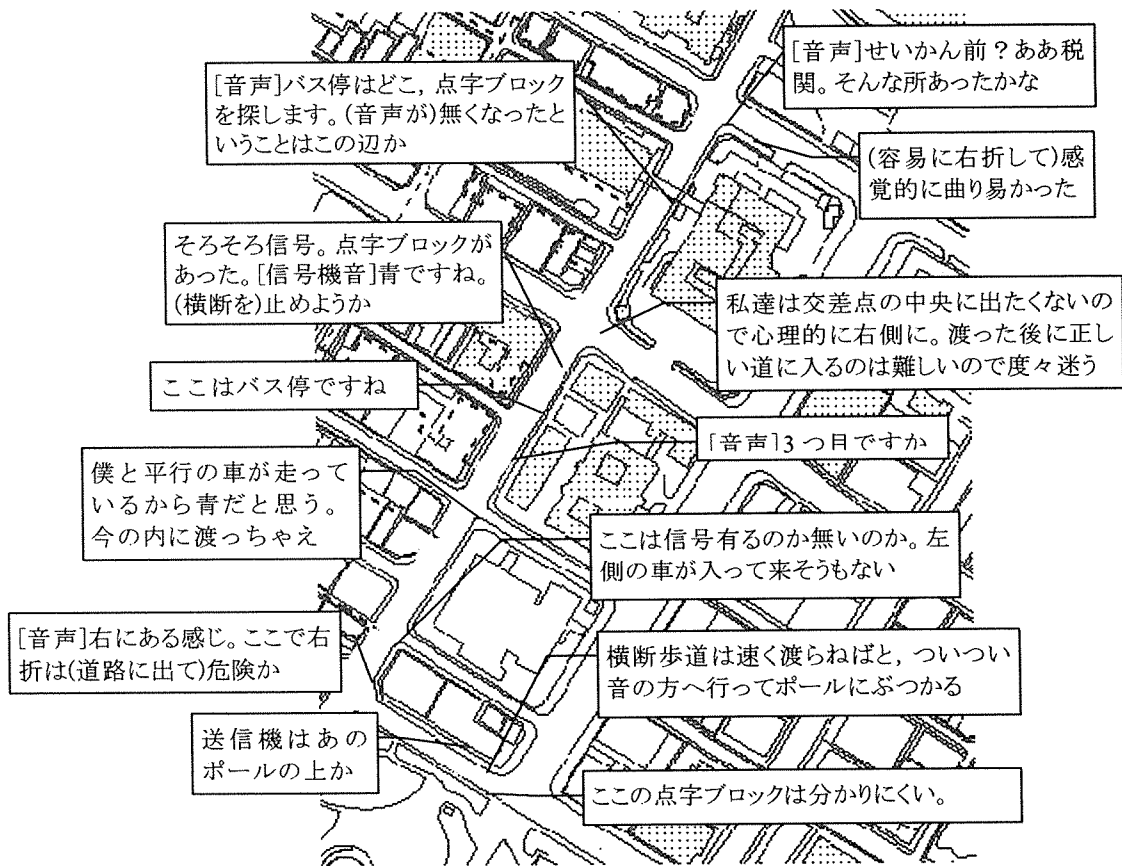


図-8 C氏2回目内観報告

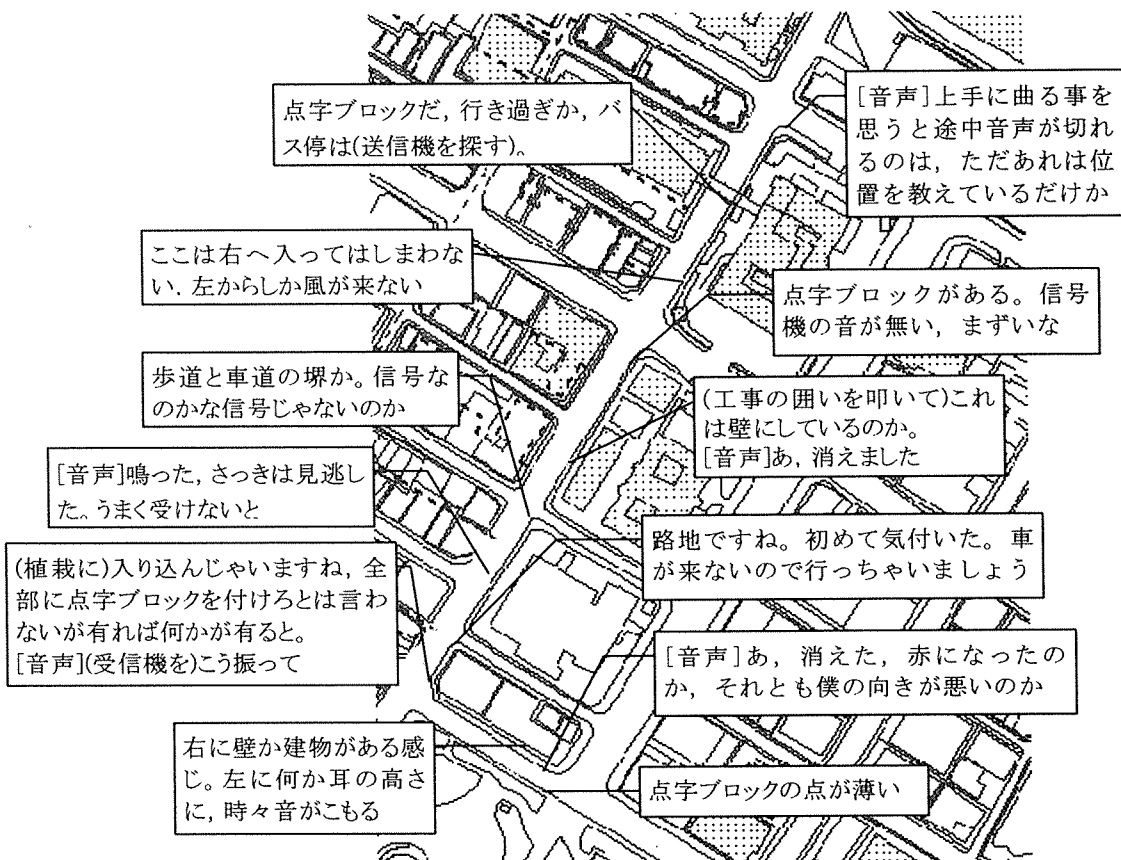


図-9 C氏3回目内観報告

ス停の上方には道路の渡り廊下が設置されており、周囲から直接来る音とその反響の微妙な変化から何かの存在を感知している。

4-1-2 音声情報装置

1) 位置2 (信号は青)

受信は位置1であるが、「こういう使い方か、こりゃいい」「渡ります」などで代表されるように、道路横断に対する安心感を持つ。

2) 位置3 (相生町交差点)

「ああ、ここですね」「ああ、この方向ですね」「ありました、助かります」のように進行方向と右折点の確認、及び「右にある感じ、ここで右折は危険か」と送信機方向を基準に自己の定位と進行方向の修正をしている。しかし、送信機の設置場所によっては却って危険を招くことも示している。これについては4-3に後述する。

3) 位置4 (日銀横浜支店前)

「こんな所にあつたのか」と前述の如く日銀横浜支店を場所として確認している。また音声「聞こえなくなった」ので通過したことを知り、「次に信号がある」ことを想起している。これらは、音声情報がメンタルマップの正確な描写に役立つ証左である。

4) 位置5 (横浜地裁前)

「1回目に工事中に気付かなかつた」というように、事前に音声探してはしないと断っているが、1回目では単なる位置情報として用いている。またこの場では、赤外線直進性が利点となり「方向が取りやすい」。

5) 位置6 (新県庁前バス停)

「バス停か」「バス停が特定できる」「新県庁前と言っている」が示すように、位置の特定と被験者も既知の「県庁前」バス停とは異なる名称である事実を発見し、或る種の驚きを表わしている。

6) 位置7 (税関前交差点)

「行き過ぎた」は受信機のスイッチを入れる前に送信機を通り過ぎ、車道に出てしまったときの発言である。情報が有るはずと思いついでいるにも拘わらず情報が得られない場合、その錯誤が危険を招来する例である。また「(送信機は)交差点のどこにあるのか」もやはり設置場所によっては、身に危険が迫る不安の表明である。

「せいかん、ああ税関か」は、不明瞭な受信状態では自己の定位が困難になることを示しており、これも歩行に不安をもたらす。

4-1-3 点字ブロック

点字ブロックに関しては、各人が各所で「感じた」等と知覚しており、普段から「一つの情報」として重要視している様子が窺える。現に点字ブロックの存在とバス停や交差点との存在を一組として捉える傾向にある。但し、「信号か、信号じゃないのか」と点字ブロックの存在の意味が把握できない場合や、場所的にまた触覚的に感知し難い物も有るようで、管理上の改善も求められる。

なお現時点での視覚障害者が持つ一つの特徴ではあるが、C氏は点字ブロックに関する発話が非常に多い。勿論、音情報や他の情報へも注意を払っているが、日常的に点字ブロックを格段に頼る生活が窺われる。

4-1-4 県庁前交差点

A氏の「時差式」以外にも、「車が止まったようだが変則的信号」と右折車の動きを捉えており、「周りの人が動き出したら」自分も進むとの発言からも慎重な行動が採られている。横断時に「交差点の中央に出たくない」ので心理的に「平行する車道から離れる傾向」にあり、結果として横断後に「正しい道に入り難く迷う」。実際に、この交差点を横断し問題無く正規のコースへ進む場合は稀であり、度々ここで時間を費やしている。また「もうちょっと(青)信号が長いと安心」するようである。

4-1-5 歩道

「地面の音が違う」と非日常(ここでは工事)を感知している。「平らで」「広くて」歩きやすく、「脇の段の伝い歩き」で歩行が容易になり、「下っているので路地か」と注意している。路面の車道側への「傾斜は怖い」が、これは車の出入り口を暗示させるばかりでなく、通常の人が歩いてもこれかと思う歩道は実際に存在する。

一方B氏は位置2から位置3への歩道が「だだっ広い感じ」で歩きにくいとしている。

路上に突如表われる自動車止め等の柱は「歩きにくい」障害物で、駐輪自転車は時に「倒してしまう」ようである。

4-1-6 周囲の建物状況

「建物が迫っている感じ」「開けた感じで曲がれそう」「左からしか風が来ない」等の表現で建物の近接感を表現している。これらの感知は、A氏の例及び歩道が「広い」等と同様に、音の微妙な変化を利用した開放感と閉塞感の結果である。

B氏は工事現場を囲う塀が迫っていて歩きやすいとしており、先にも歩道が広くて歩きにくいと発言しているように、他氏の意見「広くて歩きやすい」と矛盾するが、B氏は何かに沿った歩行を容易と感じている様がある。これは横との平行感を保てば方向が取りやすいことと、C氏が、左からしか風が来ないので右側には建物等が存在し、そちら側に「入って」しまう心配が無い、或いは入っても危険は小さいと感じている状況と同様の意識下にあるが故に「歩きやすい」と解釈できる。

従って、自己の定位と方向の手懸りが得られない場合は、歩道が「広くて歩きやすい」との発言は出来なないであろう。

4-1-7 大騒音

全員が工事の音にしばしば言及しているが、「他の音が聞こえず方向が取れない」以外の「うるさいので怖い」「工事の音が邪魔でいや」とする表現からも解るように、うるささ以上に大騒音は他の重要な音情報を消し去り、故に歩行の手懸りを失う恐怖が感じられる。「工事中の音が無く良かった」も、単にうるさくないだけの意味ではない。

4-2 経路の描画

各歩行後にレーズライトに描いた経路を見ると、位置3から位置7までの経路を横切る路地と道の数を正確に表現した者はいない。歩行回数を重ねて正しくなる傾向もあるが、概ね歩くごとに異なっており注意の散漫化が認められる。音声情報装置を用いていると、視覚障害者

は経路の選択に歩道の切り下げや路地の数、及び周囲の音環境などの細部にわたる情報を基に自己を定位する必要度が低下し、次の音声情報を入手できれば正しい経路ににいるという意識下にあると言える。これがやや健常者の歩行意識に近付けた結果、注意が散漫化したと考えられる。

4-3 音声情報装置の評価

歩行後に得た各氏の感想から、本装置の長所や短所、要望、課題の主なものを表-5に示す。

4-3-1 長所

長所はおおよそ、自己の定位、メンタルマップの作成、歩行意欲の促進に分けられるが、「音声は画期的で夢みたい」が最大の明白な長所である。視覚障害者が道に迷って他人に尋ねても、健常者が視覚的理解の上で使う固有名称を視覚障害者は使わないが故に、教えられた標識を理解できない。しかし音声として用いられる名称であれば、そしてその名称がメンタルマップに配置されていれば、その音声は視覚障害者と健常者との共通言語となり得る。

実験では受信機で道路横断の可を受けるので、ここでは被験者からその良さに対する具体的な発言は乏しい。しかし実際にスピーカ音を用いた報知は不要となるので、街中の雑踏に混じった音楽や案内放送は駆逐し得る。従って、街に静けさを取り戻す一歩となるはずである。

1) 自己の定位

絶対的な位置情報を音声として受けるのであるから、街中の環境音を総合化しかつ特徴を把握して自己を定位する苦労は無く、視覚障害者の安心感は確実になる。

2) メンタルマップ作成の補助

歩いている内に自然に位置を憶えそれらの位置関係を知る事は、歩行中に常に方向を考える動機付けになり、事前に行く先の地図を調べるようになれば、必然的にメンタルマップを作成する事になる。初期に狭いマップであっても、それらの連結・再構成がなされれば、彼らのマップは面的に拡大されるであろう。

3) 歩行意欲の促進

建物やバス停などの具体的な名称の発見はそれだけでも知識欲を満足するが、その場の環境音が構成する雰囲気や名称と密接に結び付き、その場に対する親密感を助長するのであれば歩行意欲は昂進するのではなからうか。不連続ではあるものの「音でウォッチング」は、その象徴とも言える。

4-3-2 短所と要望

短所は要望に表われる。視覚障害者は歩行中のいざという時のために片手を空けていたい望みが強い。従って、片手に不可欠な白杖を持ち、他方の手が受信機で自由を奪われる事を嫌う。スイッチのロックなどは機構的に容易に解決するが、ハンズフリー化は容易ではない。しかし機器の小型化と、それを眼鏡状の台や白杖に装着することは技術的に可能であろう。

目的物の入口や商店などへの設置は、費用と意識の問題であり、試験的に設置する商店街が呼び水になり普及が進めば常態化するであろう。

4-3-3 課題に対する提案

1) 価格

ハンズフリー化は当然、課題の一つである。意見には無いが、装置が高価な点も課題である。その点では表-5のその他に分類した、メンタルマップの完成後は受信機は不要とする意見は考慮に値する。受信機を用いて或る地域に慣れた視覚障害者が、その受信機をその場所に不案内な視覚障害者に与え続けるシステムとすれば、経費負担も軽くなる。

経費の削減に最良な方法は、受信機を視覚障害者向けに特化せず民生品である携帯電話等に組み込む事であろう。相当数の視覚障害者は、携帯電話を利用している。必要な時に使う程度になれば、電話同様に或る程度はハンズフリー化される。また、全地球方位測位システム(GPS: Global Positioning System)は既に携帯用情報端末(PDA: Personal Digital Assistant)に利用されているが、そこに得られた位置情報を読み上げ装置で視覚障害者に与える事も考えられる。これらはさほど難しい問題ではなからう。健常者が無闇に読み上げを聞き出すと、別の騒音問題になり得るが、イヤホンのみにすればそれは解決する。

表-5 音声情報装置に対する感想等

	感 想
長 所	<ul style="list-style-type: none"> ・音声は画期的で夢みたい ・漠然としていた建物やバス停の位置、それらの位置関係が解る ・同一情報の繰返しは内容確認に容易 ・進行方向が苦も無く取れる ・他人に頼らずに位置を確認できる(歩き慣れている人でも案外に周囲を知らないの) ・事前にルートを調べれば、現地でのどの辺りにいるかが判断できる ・各所に有れば歩いている内に自然に憶える ・新たな発見があり、歩行場所が不明であるより分った方が楽しく安心 ・視覚と異なり不連続だが、音でウォッチング
短 所	<ul style="list-style-type: none"> ・スイッチのロックが無く押しっぱなしは不便 ・人が前にいると受信できない ・情報が長過ぎると、気を取られ進行方向が不明確に ・音声情報に気が行き白杖操作がおろそかになる ・傘を差すと受信機で両手がふさがり非実用的 ・常時手に持つのは大変 ・視覚障害者は保身時のために片手は空けたい
要 望	<ul style="list-style-type: none"> ・ハンズフリー化(ペンダント、ペン型等) ・スイッチのロック ・受信機は軽くて良いが、大きさは2/3程度に ・角や信号、公共機関、バス停、地下街、目的物の入口 ・商店の具体的な一般名称(魚屋、八百屋等)
課 題	<ul style="list-style-type: none"> ・ハンズフリー化(ペンダント、ペン型等) ・送信機の交差点やバス停における位置の約束
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・メンタルマップができれば、以後は不要 ・信号機の歩行時間延長機能 ・白杖は足下のみ、顔辺りの障害物報知

2) 送信機の位置

送信機の位置が原因で視覚障害者に掛かる危険を回避する手段と、彼らにとって重要な情報源である点字ブロックと送信機とを一体化し利便を高める手段が、今回の実験から浮かんでいる。

交差点を知らせる場合に、図-10のような送信機の配置では、歩道の歩行者が受信不可状態になる時に車道へ出る可能性があるが、図-11の配置であれば受信不可状態でも歩道上に残っている事になり危険は避けられ、受信不可が右左折のサインにもなり得る。

バス停の音声を聞きながら進み、点字ブロックに接触した所がバス停の位置とするとの要望もある。何もバス停に限らない。但し、バス停のようなスポットでは指向性の強い送信が頭上からなされれば、その受信範囲内に目的物が存在する事は理解されよう。

5. まとめ

視覚障害者に交通信号の状況、建物やバス停の名称を音声で個人的に直接伝える指向性の強い送信機と携帯型の受信機を利用し、彼らの街中における自立的歩行を支援する試験的歩行実験を行った結果、次の事が言える。

- 1) 音声情報は画期的と歓迎されている
- 2) 音声情報は長過ぎると聴き入って方向感覚を失う可能性が高い。従って、単純明瞭が必要である。
- 3) 交通信号情報を得て道路横断は可能である。従って、しばしば騒音問題となる音響式信号機のスピーカ音は不要となる。
- 4) 交差点を報知する送信機は、受信しつつ歩行する者が車道に出る前に受信不可となる歩道側角、即ち建物側に設置し、注意を促すサインとする。
- 5) 信号や交差点に直進性の強い指向性を持つ送信機が設置されると、受信者はそこへの方向性が良く取れる。反面、雑踏の中では直進性の故に受信が困難になる。
- 6) 漠然としていた建物やバス停の位置が明確になり、それらの位置関係が理解でき、メンタルマップの2次元化に寄与すると考えられる。
- 7) 新たな発見が歩行の楽しみと意欲を促進し、メンタルマップの詳細化に繋がる。
- 8) 白杖を不可欠とする者が、他方の手を受信機で塞がれては瞬時の保身が困難になる。
- 9) 視覚障害者が頼りとしている現行の点字ブロックと、音声情報装置との有機的な活用が望まれる。

6. 今後の課題

本実験はパイロット事件であったがために、得られた結果の多くは定性的である。500m 平方や 1km 平方等の特定の地域内に送信機を適宜に配し、長期の実験を実施すれば、本装置の更なる長所・短所、場所の特徴に最適な送信距離、角度、高さ、情報の内容とその与え方のノウハウも深まるに違いない。将来の課題である。

7. おわりに

現在、視覚障害者が街を歩く際によすがは、点字ブロックが唯一と言っても良い。それらの多くは、連続性

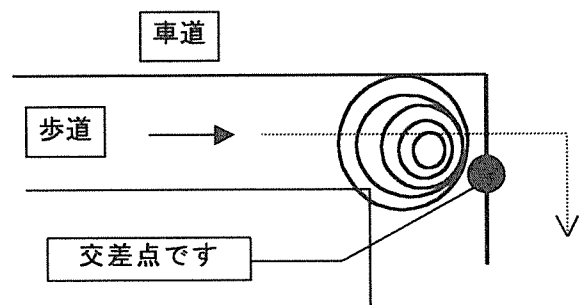


図-10 視覚障害者に危険な送信機位置

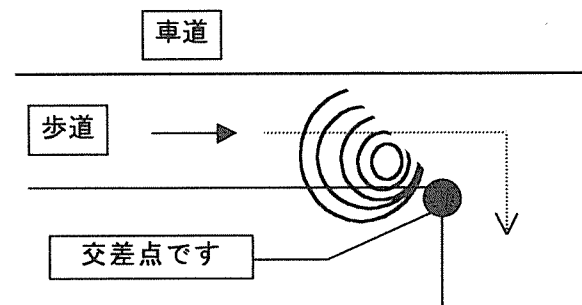


図-11 視覚障害者に安全な送信機位置

の誘導や注意を喚起するサインである。だが、本来は彼らが誘導に頼らず自立的に歩行できることが望ましい。

点字ブロックの情報を音声で直接に与えれば理解は早いですが、そのために街中のそこかしこからスピーカ音で知らしめる事は、誰も認め得ない。

バリアフリーかが叫ばれている今日、彼らの完全な自立的歩行は不可能としても、それを支援する街創りへの努力は必要である。

本実験に用いた情報装置は、不満足な点を残してはいるが、スピーカ騒音を不要とし個人的に情報を与える意味で、視覚障害者を支援するより望ましい社会的装置である。しかも、活用法に拠っては、彼らの歩行を促し、それがメンタルマップ作成に寄与すると信じられる。メンタルマップが正確であればあるほど、彼らの歩行は自由度を増し、容易になる。そのためにも、重要なのは誘導ではなく位置情報なのである。

本研究結果は快適音環境研究会（代表：田村明弘）の最終年度（平成 11 年度）事業の一成果であるが、当該年には従来の研究会メンバーに本市や関係機関の職員がオブザーバとして参加し、様々な検討の基に実験がなされた。以下に諸氏の氏名と当時の所属を記して感謝の意を表したい。殊に頼さんは数度の研究会に殆ど出席され、情報装置の貸与に協力して下さいました。装置の貸し出しを快諾された三菱プレジジョン(株)共々、改めて感謝致します。

田所清人（道路局道路部施設課）

西宮節子（福祉局福祉のまちづくり課）

畠山卓朗（横浜リハビリテーションセンター企画開発室）

山下朋子（企画局政策部プロジェクト推進課）

頼 紀子（三菱プレジジョン(株)営業統轄本部）

最後になりますが，実験に参加された被験者の皆様，及び送信機の固定に用いたポールや台を提供して下さいました(株)勉強堂に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 鹿島教昭，田村明弘，太田篤史，鈴木和子，小澤繁之：視覚障害者と健常者の環境音認知の比較，横浜市環境科学研究所報 第26号，pp.68-78(2002.3).
- 2) 永幡幸司：視覚障害者が音から場所を特定する課程について，音響学会誌，56，pp.406-417(2000.6).
- 3) 鹿島教昭，田村明弘，太田篤史，清家 聡：視覚障害者の歩行実験における音情報の利用，音響学会講演論文集，pp.661-662(1996.9).
- 4) 鹿島教昭，黒沢亜希，田村明弘，太田篤史，清家聡：視覚障害者の歩行実験—音環境と空間認知—，横浜市環境科学研究所報，No.25，pp.24-33(2001.3).
- 5) 畠山卓朗，伊藤啓二，白鳥哲夫，城口光也，久良知國雄，春日正男：音声歩行案内システム，第14回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集，pp.577-582(1998).
- 6) 佐藤泰正編著：視覚障害心理学，(学芸図書，東京，1987).
- 7) 鹿島教昭，田村明弘，太田篤史：視覚障害者の音環境，横浜市環境科学研究所報，No.21，pp.51-58(1997.3).

横浜市水域における環境ホルモン実態調査（第 2 報） —平成 12 年度調査結果について—

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 Yokohama City(II)

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

キーワード：環境ホルモン, 河川, 海, 実態調査

要旨

横浜市内河川, 海域における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ている 67 物質を対象に, 平成 11 年度から 3 年計画で環境調査を実施している。平成 12 年度は PCB やベンゾフェノン等の 20 物質を対象に, 河川 6 地点, 海域 3 地点において, 水質及び底質の調査を行った。水質については, PCB が全調査地点から検出され, その他にベンゾフェノン, スチレン 2 量体, 3 量体が鶴見川及び境川を中心に検出された。底質については, PCB が全調査地点から, ベンゾ(a)ピレンが 8 調査地点から検出され, その他にフタル酸ブチルベンジル等の計 7 物質が検出された。横浜港内及び鶴見川河口先の底質からは多くの物質が検出され, また, 濃度についても比較的高濃度であった。環境庁の全国調査結果と比較すると, 水質から検出された物質については, 検出割合は高いが濃度は全国調査の範囲内であった。底質については, 検出割合は概ね同程度であり, 濃度も全国調査の範囲内であった。

1. はじめに

人や野生動物の内分泌作用を攪乱し, 生殖等に悪影響を与える外因性内分泌攪乱化学物質 (環境ホルモン) による環境汚染は, 生物生存の基本条件に関わるものとして環境保全上の重要な課題となっている¹⁾。

環境庁 (現環境省) では, 平成 10 年度に「環境ホルモン戦略計画 SPEED' 98」¹⁾ を策定し, 環境ホルモンと疑われる 67 化学物質を提示するとともに, 環境中での濃度実態を把握するための全国調査を実施している²⁻⁴⁾。平成 12 年度には, 新しい知見等を基に対象物質を 67 物質から 65 物質へと変更し, さらに, リスク評価を進める方針等も加えた「SPEED' 98, 2000 年 11 月版」を公表した⁵⁾。

横浜市においては, 本問題についての取り組むべき課題等を検討するため, 平成 10 年度から「横浜市ダイオキシン類・環境ホルモン調査検討委員会」を設置している。その中で, 当研究所では, 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ている 67 物質¹⁾を対象に, 平成 11 年度から 3 年計画で調査を実施している。平成 11 年度は, 県内での出荷量が多いシマジンやカルバニル等の農薬, 環境庁の全国調査 (平成 10 年度) で高い検出割合を示したノニルフェノールやビスフェノール A 等の 22 物質について, 河川, 海域の水質及び底質を調査した⁶⁾。平成 12 年度については, PCB やベンゾフェノン等, 平成 11 年度に未調査の 20 物質を対象に実施したので報告する。

2. 方法

2-1 調査対象物質

調査対象物質を表 1 に示す。平成 12 年度については,

環境庁の全国調査 (平成 10 年度)^{2, 3)} で検出された物質のうち, 研究所で平成 11 年度に未調査の 20 物質を対象に実施した。物質数については「SPEED' 98」の番号を基準

表 1 調査対象物質 (20 物質)

物質名	用途 ¹⁾
ポリ塩化ビフェニル類 (PCB)	熱媒体, ノンカーボン紙, 電気製品
2,4-ジクロロフェノキシ酢酸	除草剤
アミトロール	除草剤, 分散染料, 樹脂の硬化剤
p,p'-DDT	殺虫剤
p,p'-DDE, p,p'-DDD	殺虫剤 (DDT の代謝物)
4-n-ヘプチルフェノール	界面活性剤の原料
フタル酸ブチルベンジル	プラスチックの可塑剤
フタル酸ジシクロヘキシル	プラスチックの可塑剤
フタル酸ジエチル	プラスチックの可塑剤
ベンゾ(a)ピレン	非意図的生成物
ベンゾフェノン	医薬品合成原料, 保香剤等
4-ニトロトルエン	2,4-ジニトロトルエンなどの中間体
マンゼブ (マンコゼブ)	殺菌剤
マンネブ	殺菌剤
ジネブ	殺菌剤
ジラム	殺菌剤
フタル酸ジベンチル	日本では未生産
フタル酸ジヘキシル	日本では未生産
スチレンの 2 量体	スチレン樹脂の未反応物
1,3-ジフェニルプロパン	
2,4-ジフェニル-1-ブテン	
trans-1,2-ジフェニルシクロブタン	
スチレンの 3 量体	
2,4,6-トリフェニル-1-ヘキサシ	
1a-フェニル-4e-(1'-フェニルエチル)テトラリン	
1e-フェニル-4e-(1'-フェニルエチル)テトラリン	
1a-フェニル-4a-(1'-フェニルエチル)テトラリン	
n-ブチルベンゼン	合成中間体, 液晶製造用

としているため、スチレン2量体、3量体は合わせて1物質と計数している。PCBについては、1塩化から10塩化ビフェニル類まで同族体ごとに測定し、DDT、DDE、DDDについては、全国調査³⁾で検出されたp,p'体のみ、またスチレン2量体、3量体も11種ある異性体のうち全国調査²⁾で検出された7種の異性体のみ測定した。なお、スチレン2量体、3量体及びn-ブチルベンゼンは、本調査の計画策定後に「SPEED'98, 2000年11月版」において、環境ホルモンと疑われる物質リストから除外されている。

2-2 調査地点

調査地点は、平成11年度と同じ9地点である(図1)。公共用水域測定計画地点のうち、河川については市内を代表する各河川から1地点程度の6地点を選定し、海域については従来から化学物質を調査している横浜港内、河川影響が大きい鶴見川河口先、及び比較的汚染が少ないと考えられる平潟湾沖の3地点を選定した。鶴見川の都橋は、環境庁の全国調査の調査地点でもある。

2-3 調査時期

調査は、2000年夏季(8月)と冬季(12月)に行った。夏季は水質のみ、冬季は水質と底質を調査した。但し、農薬については、使用時期が夏季中心と考えられることから夏季のみ水質調査を実施した。また、PCBについては夏季の水質調査は実施せず、冬季に水質と底質を調査した。

2-4 分析方法

2-4-1 試料採取及び分析方法

環境庁の「外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル」⁷⁾に記載されている方法に準じて行った。

2-4-2 強熱減量

強熱減量は、「底質調査方法」⁸⁾に記載されている分析法に準じて行った。

3. 結果及び考察

3-1 水質

3-1-1 水質調査結果

水質の調査結果を表2に示す。水質からは、PCB、ベンゾフェノン及びスチレン2量体、3量体が検出された。PCBについては合計量のみを示したが、全調査地点から検出された。PCBには水質環境基準があり「検出されないこと($<0.0005\text{mg/l}$)」とされているが、今回の分析法は、従来の分析法の定量限界(0.0005mg/l)より低い濃度($0.0001\mu\text{g/l}$)まで測定可能なため、検出可能になったと考えられる。各同族体の詳細については、次報で報告する⁹⁾。ベンゾフェノンは、鶴見川と境川を中心に調査地点の半数(5地点)から検出された。スチレン2量体は3種類の異性体を測定したが、1,3-ジフェニルプロパンのみが検出限界値($0.01\mu\text{g/l}$)付近の濃度で、夏季に鷹匠橋から検出された。スチレン3量体は、4種測定したうち2,4,6-トリフェニル-1-ヘキサンが河川を中心に検出限界値($0.01\mu\text{g/l}$)付近の濃度で検出され、1a-フェニル-4e-(1-

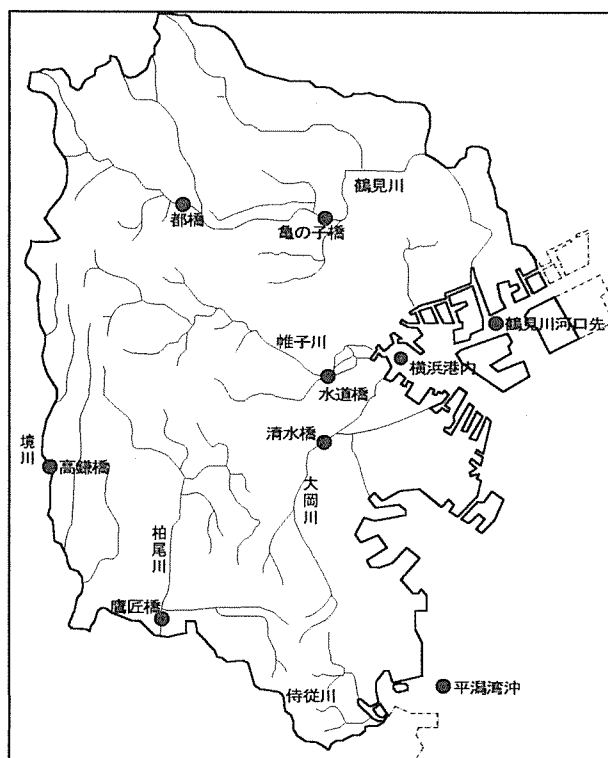


図1 調査地点

フェニル)テトラリン及び1e-フェニル-4e-(1'-フェニル)テトラリンが冬季に高鎌橋で検出された。

3-1-2 全国調査結果との比較

環境庁の平成11年度全国調査結果⁴⁾との比較を、表3に示す。PCBとスチレンについては、合計量について比較した。市内の全調査地点から検出されたPCBは全国調査での検出割合も85%と高く、低濃度ではあるが、全国的に広範囲な汚染があると考えられる。ベンゾフェノンについては、市内からは50%の割合で検出されたが、全国調査では16%の検出割合であった。東京都調査¹⁰⁾では68%、千葉県調査¹¹⁾では41%の割合で検出され、横浜市の結果はそれらとほぼ同程度となっている。ベンゾフェノンは用途として、医薬品合成原料の他に、保香剤や紫外線吸収剤といった生活用品にも使用されており^{1,12)}、人口が集中する都市域では比較的検出されやすい物質と思われる。ベンゾフェノンの生物分解性は下水処理場の放流水中に残存していることから低いと考えられており¹³⁾、市の下水処理場の放流水からも $0.04\sim 0.07\mu\text{g/l}$ の濃度で検出されていることから¹⁴⁾、環境中での挙動や生物影響濃度等の調査が重要であると考えられる。環境庁は平成12年度のリスク評価対象物質の1つとしてベンゾフェノンを挙げており⁵⁾、今後、環境中での挙動等の調査結果が順次公表されると思われる。スチレン3量体合計も全国調査の1%の検出割合に対し、市内では61%と高い検出割合となっている。これは2,4,6-トリフェニル-1-ヘキサンが河川の全調査地点から検出されたことを反映しているが、その濃度については検出限界値付近である $0.01\sim 0.02\mu\text{g/l}$ と低い濃度であった。スチレン2量体、3量体は、環境庁の「SPEED'98, 2000年11月版」において環境ホルモンと疑われる物質リストから除外さ

表2 平成12年度水質調査結果

(単位 $\mu\text{g}/\text{l}$)

物質名	調査 時期	鶴見川		帷子川	大岡川	境川		東京湾			検出 限界値
		亀の子橋	都橋	水道橋	清水橋	高鎌橋	鷹匠橋	鶴見川河口	横浜港内	平潟湾沖	
PCB合計	冬季	0.0015	0.0012	0.0017	0.0011	0.0012	0.0017	0.0019	0.0023	0.0011	0.00001
ベンゾフェノン	夏季	0.05	0.03	nd	nd	0.04	0.02	nd	nd	nd	0.01
	冬季	0.03	0.02	nd	nd	0.04	0.02	0.01	nd	nd	
スチレン2量体(1,3-ジフェニルプロパン)	夏季	nd	nd	nd	nd	nd	0.02	nd	nd	nd	0.01
	冬季	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
スチレン3量体合計	夏季	0.01	0.01	nd	0.01	0.01	0.01	nd	nd	nd	0.01
	冬季	0.02	0.02	0.01	0.01	0.10	nd	0.01	nd	nd	
2,4,6-トリフェニル-1-ヘキサン	夏季	0.01	0.01	nd	0.01	0.01	0.01	nd	nd	nd	0.01
	冬季	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	nd	0.01	nd	nd	
1a-フェニル-4e-(1'-フェニルエチル)テトラリン	夏季	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.01
	冬季	nd	nd	nd	nd	0.03	nd	nd	nd	nd	
1e-フェニル-4e-(1'-フェニルエチル)テトラリン	夏季	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.01
	冬季	nd	nd	nd	nd	0.05	nd	nd	nd	nd	

不検出物質：2,4-ジクロロフェノキシ酢酸、アミトロール、DDT、DDEおよびDDD、4-n-ヘプチルフェノール、フタル酸ブチルベンジル、
 フタル酸ジシクロヘキシル、フタル酸ジエチル、ベンゾ(a)ピレン、5-ニトロトルエン、マンゼブ、マンネブ、ジネブ、
 ジラム、フタル酸ジペンチル、フタル酸ジヘキシル、2,4-ジフェニル-1-ブテン、trans-1,2-ジフェニルシクロブタン、
 1a-フェニル-4a-(1'-フェニルエチル)テトラリン、n-ブチルベンゼン

nd：検出限界値以下

表3 検出物質の全国調査結果との比較（水質）

(単位 $\mu\text{g}/\text{l}$)

物質名	横浜市			環境庁(平成11年度) ⁴⁾		
	検出割合	(%)	濃度範囲 _D	検出割合	(%)	濃度範囲
PCB合計	9 / 9	100 %	0.0011~0.023	144 / 170	85 %	~0.040
ベンゾフェノン	9 / 18	50 %	~0.05	28 / 170	16 %	~0.17
スチレン2量体合計	1 / 18	6 %	~0.02	2 / 170	1 %	~0.06
スチレン3量体合計	11 / 18	61 %	~0.10	1 / 170	1 %	~0.15

検出割合：検出数/総検体数

濃度範囲：最低濃度値が記入されいないものは全てnd~

表4 平成12年度底質調査結果

(単位 $\mu\text{g}/\text{kg-dry}$)

物質名	鶴見川		帷子川	大岡川	境川		東京湾			検出 限界値
	亀の子橋	都橋	水道橋	清水橋	高鎌橋	鷹匠橋	鶴見川河口	横浜港内	平潟湾沖	
PCB合計	2.9	1.1	2.8	18	1.0	5.5	93	260	13	0.001
p,p'-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	5.5	nd	5
p,p'-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	25	nd	5
フタル酸ブチルベンジル	nd	nd	nd	13	nd	nd	76	23	nd	10
ベンゾ(a)ピレン	7	3	nd	29	2	65	47	80	12	1
ベンゾフェノン	nd	nd	nd	nd	nd	11	1	2	nd	1
4-ニトロトルエン	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	4	nd	1
スチレン2量体(2,4-ジフェニル-1-ブテン)	nd	nd	nd	1	nd	nd	2	3	nd	1
スチレン3量体	nd	nd	nd	1	nd	2	4	6	nd	1
	2,4,6-トリフェニル-1-ヘキサン	nd	nd	nd	nd	2	2	3	nd	
	1a-フェニル-4e-(1'-フェニルエチル)テトラリン	nd	nd	nd	1	nd	2	3	nd	

不検出物質：2,4-ジクロロフェノキシ酢酸、アミトロール、DDT、4-n-ヘプチルフェノール、フタル酸ジシクロヘキシル、
 フタル酸ジエチル、マンゼブ、マンネブ、ジネブ、ジラム、フタル酸ジペンチル、フタル酸ジヘキシル、1,3-ジフェニルプロパン、
 trans-1,2-ジフェニルシクロブタン、1e-フェニル-4e-(1'-フェニルエチル)テトラリン、1a-フェニル-4a-(1'-フェニルエチル)テトラリン、
 n-ブチルベンゼン

nd：検出限界値以下

表5 検出物質の全国調査結果との比較（底質）

(単位 $\mu\text{g}/\text{kg-dry}$)

物質名	横浜市			環境庁(平成11年度) ⁴⁾		
	検出割合	(%)	濃度範囲	検出割合	(%)	濃度範囲
PCB合計	9 / 9	100 %	1.0~260	47 / 48	98 %	~2200
p,p'-DDE	1 / 9	11 %	~5.5	3 / 114	3 %	~154 ³⁾
p,p'-DDD	1 / 9	11 %	~25	3 / 114	3 %	~425 ³⁾
フタル酸ブチルベンジル	3 / 9	33 %	~76	24 / 48	50 %	~270
ベンゾ(a)ピレン	8 / 9	89 %	~80	44 / 48	92 %	~890
ベンゾフェノン	3 / 9	33 %	~11	16 / 48	33 %	~29
4-ニトロトルエン	1 / 9	11 %	~4	1 / 48	2 %	~4
スチレン2量体の合計	3 / 9	33 %	~3	15 / 48	31 %	~30
スチレン3量体の合計	4 / 9	44 %	~6	34 / 48	71 %	~136

検出割合：検出数/総検体数

濃度範囲：最低濃度値が記入されいないものは全てnd~

れているが、東京都は2001年7月に「一部のスチレン2量体、3量体に女性ホルモン様作用が認められ、環境ホルモンである可能性が示唆された」との研究結果を発表している¹⁵⁾。女性ホルモン様作用が認められた物質は、2種類のスチレン2量体及び4種類のスチレン3量体であり、本市の水質から検出されたスチレン3量体も該当している。環境庁も「スチレン2量体、3量体については、行政施策としての試験は行わないが研究的・学問的に追究していく」としており⁵⁾、今後の研究の進展に留意する必要がある。

水質から検出された物質は、いずれも全国調査に比べて高い検出割合であるが、濃度については全国調査の範囲内であった。

3-2 底質

3-2-1 底質調査結果

底質の調査結果を表4に示す。底質からは、PCB、DDE、DDD、フタル酸ブチルベンジル、ベンゾ(a)ピレン、ベンゾフェノン、4-ニトロトルエン及びスチレン2量体、3量体が検出された。PCBは全調査地点から検出され、なかでも横浜港内が $260 \mu\text{g}/\text{kg}$ と最も高い濃度を示し、次いで鶴見川河口先が $93 \mu\text{g}/\text{kg}$ であった。白柳は1995年に、横浜港内底質(1989年採取¹⁷⁾)の表層からPCBが $190\sim 400 \mu\text{g}/\text{kg}$ 検出されたと報告している¹⁶⁾。今回の調査結果はそれとほぼ同程度であることから、港内のPCB濃度レベルは横這い状態にあると言える。ベンゾ(a)ピレンも検出割合が高く、水道橋を除く8地点から検出され、PCBと同様に横浜港内が $80 \mu\text{g}/\text{kg}$ と最も高い濃度を示した。横浜港内や鶴見川河口先から高濃度で検出される傾向は他の物質でも見られ、フタル酸ブチルベンジルは3地点から検出されたが、鶴見川河口先が $76 \mu\text{g}/\text{kg}$ と最も高く、次いで横浜港内であった。DDE、DDD及び4-ニトロトルエンは、横浜港内地点でのみ検出されている。ベンゾフェノンは3地点から検出されたが、鷹匠橋が $11 \mu\text{g}/\text{kg}$ であり、海域の2地点は検出限界値付近の濃度であった。スチレン2量体については2,4-ジフェニル-1-ブテンのみが検出され、スチレン3量体については水質からも検出された2,4,6-トリフェニル-1-ヘキサンと1a-フェニル-4e-(1-フェニルエチル)テトラリンが検出されたが、検出濃度は検出限界値付近($1 \mu\text{g}/\text{kg}$)の低い濃度であった。

3-2-2 全国調査結果との比較

環境庁の全国調査結果^{3,4)}との比較を、表5に示す。PCBについては全国調査も98%と高い割合で検出されており、水質と同様広範囲な汚染があるものと考えられる。ベンゾ(a)ピレンも横浜市内で89%、全国調査で92%と高い検出割合を示している。ベンゾ(a)ピレンは石油精製、発電などの製造過程からの発生に加え、タバコや燃料の燃焼など人間生活からも発生する物質であることから¹⁸⁾、広範囲な汚染が生じている可能性が高い。

底質から検出された物質は、いずれも検出割合は全国調査結果と概ね同程度であり、検出濃度も全国調査結果の範囲内であった。

3-3 調査地点別の検出物質数

調査地点別の平成12年度(2000年)及び平成11年度(1999年)⁶⁾検出物質数を、図2に示す。水質では、亀の子橋と鷹匠橋から計11物質と最も多く検出された。これらの調査地点は、有機汚濁の指標として用いられているCODについても、亀の子橋が $7.9\sim 8.3 \text{mg}/\text{l}$ 、鷹匠橋が $7.1\sim 9.7 \text{mg}/\text{l}$ と高い値を示している(表6)。海域では鶴見川河口先から多くの物質が検出されており、これは流入する鶴見川の影響を受けているためと考えられる。

底質では、横浜港内から計13物質と最も多くの物質が検出された。次いで、鶴見川河口先が11物質であった。前述したように、この2地点は、濃度についても他の地点より高濃度で検出されている。有機汚濁の指標として用いられている強熱減量についても、横浜港内は13.1%と最も高く、次いで鶴見川河口先が9.1%である(表6)。有機汚濁物質が蓄積していることから、これら港湾・河口域は周辺地域や上流域から排出された汚染物質が堆積しやすい環境にあるといえる。平成11年度に最も多くの物質が検出された水道橋の底質については、今年度調査では1物質しか検出されなかった。強熱減量についても、平成11年度⁶⁾が22.8%であったのに対し、今年度は6.2%と減少している。横浜治水事務所によると、水道橋上流域で平成11年度冬季調査(12月)以降に河川工事は行われていないとのことから、可能性として、帷子川は市内河川の中で最も河川勾配が急なため¹⁹⁾豪雨などにより蓄積していた汚濁物質が押し流されたことが考えられるが、明確な理由については

表6 試料のCOD及び強熱減量

		調査地点								
		亀の子橋	都橋	水道橋	清水橋	高鎌橋	鷹匠橋	鶴見川河口先	横浜港内	平潟湾
COD ¹⁾ (mg/l)	夏季	8.3	7.8	3.8	4.2	6.9	7.1	5.5	5.1	3.0
	冬季	7.9	7.4	2.9	3.9	6.0	9.7	2.2	1.8	1.6
強熱減量 (%)		1.7	2.6	6.2	2.7	2.8	2.4	9.1	13.1	7.4

1) 平成12年度横浜市公共用水域及び地下水の水質測定結果報告書(横浜市環境保全局)

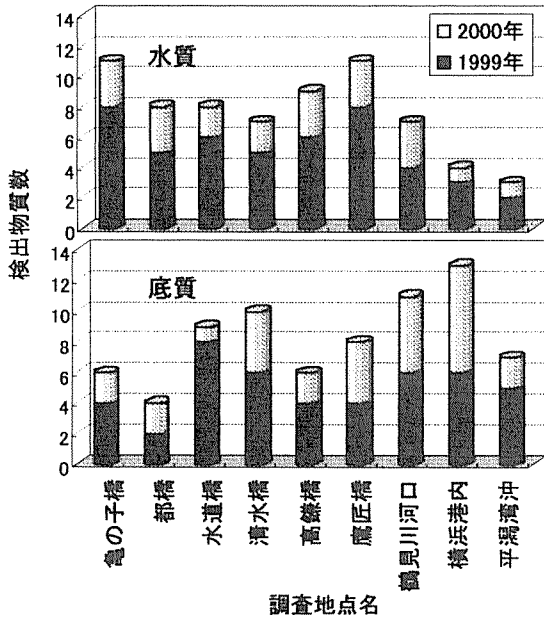


図2 調査地点別検出物質数 (調査対象物質42物質中)

不明である。

都橋は環境庁の全国調査地点でもあるが、今回の調査結果は全国調査と同様の結果となっている。

3-4 調査地点別の環境負荷量

河川調査地点のうち、感潮域である水道橋と清水橋を除いた4地点において、水質から比較的高い頻度で検出されたPCBとベンゾフェノン、及び前年度調査⁶⁾で高い検出割合を示したノニルフェノールとビスフェノールAについて、濃度と河川流量との積から負荷量を推測して比較を行った(図3)。流量については1999年、2000年ともに亀の子橋が最も多く、他3地点はほぼ同程度となっている。亀の子橋は、都橋がある恩田川や大熊川などの鶴見川支流が合流するため、流量が増加している地点である。PCBとベンゾフェノン、及びノニルフェノールの負荷量については、亀の子橋が最も高く、他3地点はほぼ同程度であった。これら3物質は、各調査地点間の検出濃度に大きな差は見られないが、負荷量で見ると亀の子橋が特に高いことがわかる。ビスフェノールAについては、ベンゾフェノン等とは異なる傾向を示し、亀の子橋以外にも鷹匠橋の負荷量が高く、鷹匠橋上流にビスフェノールA特有の負荷源がある可能性が示唆された。しかし、測定値については経時変動があることから、今後は経時変動を考慮し、また同一水系での詳細な調査を行うことにより負荷源の推定が可能になるとと思われる。

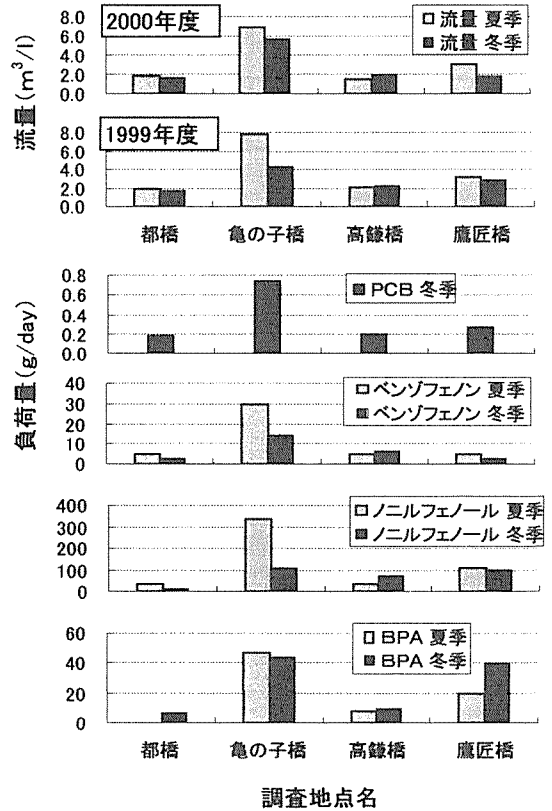


図3 調査地点別流量及び負荷量

なお、平成13年度は、残りの物質についても調査を実施する予定である。本調査結果で検出割合や濃度が高い物質等については、市内のモニタリングや生物への影響等についても調査を実施していく必要があると考えられる。本調査では、サンプリング及び一部の物質の分析は委託により行った。

引用文献

- 1) 環境庁環境保健部環境安全課：外因性内分泌攪乱化学物質問題への環境庁の対応方針について—環境ホルモン戦略計画 SPEED'98—, (1998)
- 2) 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(いわゆる環境ホルモン)実態調査, (1999)
- 3) 環境庁水質保全局土壌農薬課：環境ホルモン戦略計画 SPEED'98 関連の農薬等の残留実態調査結果について, (1999)
- 4) 環境庁水質保全局水質管理課：平成11年度水環境中の内分泌攪乱化学物質(いわゆる環境ホルモン)実態調査, (2000)
- 5) 環境庁環境保健部環境安全課：内分泌攪乱化学物質

- 問題への環境庁の対応方針について—環境ホルモン戦略計画 SPEED'98— 2000年11月版, (2000)
- 6) 倉林輝世, 初貝留美, 二宮勝幸: 横浜市水域における環境ホルモン実態調査(1), 横浜市環境科学研究所報, 25, 56-61 (2001)
- 7) 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)
- 8) 環境庁水質保全局: 底質調査方法, 昭和63年9月, 3-4
- 9) 二宮勝幸, 倉林輝世: 横浜市水域における環境ホルモン実態調査(第3報)—同族体組成からみたPCB分布の特徴, 横浜市環境科学研究所報, 26, (2002)
- 10) 東京都環境保全局水質保全部水質監視課: 平成11年度東京都河川・内湾の内分泌かく乱化学物質調査結果, 平成12年3月27日発表資料
- 11) 吉澤正, 藤本千鶴: 千葉県内公共用水域における外因性内分泌攪乱化学物質に関する実態調査—フェノール類, フタル酸エステル類など—, 用水と排水, 42, 140-148, No.2(2000)
- 12) 東京堂出版: 化学工業辞典有機編, 昭和49年11版
- 13) 建設省都市局下水道部: 平成11年度下水道における内分泌攪乱化学物質に関する調査報告概要, 平成12年4月
- 14) 横浜市下水道局: 流入下水と放流水の環境ホルモン測定結果(平成10年度~平成12年度), 平成13年6月19日発表資料
- 15) 東京都衛生局生活環境部: スチレンダイマー・トリマー(SD・ST)の環境ホルモン作用に関する研究論文の発表について, 平成13年7月2日発表資料
- 16) 白柳康夫: 横浜港の化学物質汚染の現況と変遷, 横浜市環境科学研究所報, 19, 67-72 (1995)
- 17) 白柳康夫: 横浜港における底質汚染(第3報), 横浜市環境科学研究所報, 18, 81-85 (1994)
- 18) 環境新聞社, 環境庁リスク対策検討会監修: 環境ホルモン—外因性内分泌攪乱化学物質問題に関する研究班中間報告書—, 平成9年11月15日
- 19) 横浜市公害対策局: 横浜の川と海の生物, (1978)

横浜市水域における環境ホルモン実態調査（第 3 報） — 同族体組成からみた PCB 分布の特徴 —

二宮勝幸, 倉林輝世
(横浜市環境科学研究所)

Environmental Survey of Endocrine Disrupting Chemicals in Yokohama City(III)
— Composition of PCB congeners in environment —

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

キーワード: PCB, 同族体, 解析, 評価指標, クラスタ分析, CMB法

要旨

平成 12 年度に実施した横浜市水域における環境ホルモン実態調査結果のうち, PCB の塩素数別同族体の測定結果を用いて, PCB の動態解析を行った。同族体組成から求められる PCB 中の塩素含有量は PCB の性状を把握するための有用な指標になると考えられる。また, 各調査地点における同族体組成パターンの類似性や違いを把握するため, 主成分分析とクラスタ分析を組み合わせた統計手法を用いて同族体組成パターンの類型化を行った。さらに, 非負制約のケミカルマスバランス法 (CMB法) を用いて, 各調査地点における PCB 製品ごとの発生源寄与率を求めた。底質については各調査地点で負荷された各 PCB 製品の寄与率をほぼ推定できるが, 水質については PCB 製品が環境中で再分布し同族体組成が変化していることの影響も無視できないと考えられた。水質と底質の平均的な同族体組成を比較すると, 水質は低塩化物なかでも 3 塩化物の占める割合が最も高いのに対して, 底質では 5 塩化物の割合が高かった。

1. はじめに

環境庁 (現環境省) は 1998 年に内分泌攪乱作用の疑いのある物質 (環境ホルモン) として 67 物質¹⁾ (現 65 物質²⁾) を発表し, その 1 つに PCB がリストアップされた。また, 2000 年には PCB のうちコプラナー PCB 類がダイオキシン類に加わることとなった³⁾。このように PCB 問題は改めてクローズアップされてきている。この背景には, PCB は日本では 1972 年に生産中止となったが, 難分解性で高蓄積性の性質^{4,5,6)}をもつため, 現在でも環境中から検出され, 過去の汚染による影響が残っていることが挙げられる⁷⁾。一方, PCB 廃棄物の保管が長期にわたっているため, 紛失あるいは行方不明になったトランスなどに由来する新たな環境汚染の影響も懸念されている⁸⁾。そのため, 2001 年 7 月には「ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法」が施行され, PCB 廃棄物の処理体制が整備されつつある⁹⁾。このような PCB 処理の推進を担保するとともに, その環境汚染の防止対策を総合的に進めていく上でも, 環境中における PCB の動態を把握しておくことは重要である。

PCB はビフェニル基に塩素が 1~10 個置換した化合物で, 塩素の数と置換位置により 209 の異性体が存在する^{4,5,6)}。その用途は多様であり, 用途に応じて異なる PCB 製品が使われていた。日本で主に使用されていた PCB 製品はカネクロールの KC300, KC400, KC500, および KC600 などであり, 例えば KC300 はノーカーボン紙などに, KC600 は船底塗料などに使用された。PCB 製品を 1 塩化物から 10 塩化物までの塩素数別の同族体組

成でみると, KC300 は低塩化物の占める割合が多いが, KC 番号が大きくなるにつれて低塩化物が少なくなり相対的に高塩化物の占める割合が多くなる。製品ごとに塩素含有量は異なっているわけである。

これら PCB 製品が環境に放出され環境汚染を引き起こしていることから, ある環境中に存在する PCB は, その環境に放出・蓄積された PCB 製品の同族体組成を反映したものと考えられる^{4,5,6,10)}。したがって, 同族体組成を解析することによって, 環境中における PCB の動態や PCB 製品ごとの発生源寄与率の推定などが可能となる^{11,12)}。例えば, 発生源寄与率が推定できると, 水域ごとに寄与率の大きい製品に絞った環境汚染防止対策を講じることができる。

当所では, 市内河川・海域の水質および底質における環境ホルモン濃度を把握するため, 環境ホルモン 67 物質を対象にして, 約 20 物質/年の割合で, 平成 11 年度から 3 カ年計画で環境調査を実施している¹³⁾。平成 12 年度は, PCB やベンゾフェノンなど 20 物質を対象に環境調査を行った¹⁴⁾。

本報告では, 平成 12 年度横浜市環境ホルモン環境調査結果¹⁴⁾のうち, 水質・底質ともに全調査地点で検出された PCB の塩素数別同族体の測定結果を対象に, 環境中における PCB 分布の特徴を検討した。

2. 方法

2-1 調査方法

分析方法等は前報¹⁴⁾の通りである。なお, 検出限界値は, PCB の 1 塩化物から 10 塩化物までの同族体ごとに, 水

質で 0.01ng/L, 底質で 0.001 μg/kg · dry である。

調査地点は、図 1 に示した河川 6 地点 (No. 1 ~ No. 6) と海域 3 地点 (No. 7 ~ No. 9) の計 9 地点である。河川地点のうちの 2 地点 (No. 3 と No. 4) は感潮域であり、また、海域に属する No. 7 は河川水の影響の比較的大きい地点である。

調査は水質および底質を対象にして 1999 年 12 月に実施した。

2-2 解析方法

2-2-1 PCB製品の同族体組成

同族体組成を用いて環境中における PCB 分布の特徴を調べるためには、まず、発生源としての PCB 製品お

よびそれらの混合物の同族体組成を把握しておく必要がある。高菅ら¹⁵⁾は PCB 製品の同族体組成を詳細に測定し報告している。図 2 に高菅らのデータに基づく PCB 製品 (カネクロール) の KC300, KC400, KC500, KC600 およびそれらの 2 つから 4 つの等重量混合物の同族体組成を示す。なお、図中の等重量混合物は、例えば KC300 と KC400 の場合は KC(3+4) で表すように、() 内に各 KC 番号の最初の数字をプラス記号と並べる形で示した。

図 2 によると、4 つの PCB 製品には 1 塩化物、9 塩化物および 10 塩化物はほとんど含有されていなかった。また、それらの同族体組成は 3 塩化物から 6、7 塩化物までのそれぞれ異なる 1 つから 2 つの同族体を主要成分とした山型の分布を示した。等重量混合物については、混合物を構成する PCB 製品の種類および数によって分布型が異なった。等重量混合物の分布の広がり程度は混合物を構成する PCB 製品単品のそれよりも大きくなり、また、KC(3+5) の場合では 2 山型となっている。ここでは、等重量混合物の 4 例を挙げたが、もちろん混合割合が変われば同族体組成はそれに応じて様々に変化する。

なお、環境中の PCB がこれら 4 つの PCB 製品だけに由来し保存されていると仮定した場合、環境中の PCB の各同族体は PCB 製品のうち最も大きい割合を占める同族体の割合を超えることはない。例えば、2 塩化物についてみると、4 つの PCB 製品のなかで 2 塩化物を最も多く含有する KC300 の約 12% を超えない。もし、それを超えた場合は他の要因を考えなければならない。

2-2-2 塩素含有量の違いに基づく評価指標

図 2 に示したように、同族体組成パターンは PCB 製品やそれらの混合物の特性を表現しているが、多次元情報のため取り扱いが難しい。そのパターン情報を縮約し少数の数値データとしてまとめることによって、PCB 製品やそれらの混合物の特性を相互に比較しやすくなると思われる。図 2 の分布型は、統計学的には平均値とデータの広がり程度 (標準偏差) の 2 つの指標でおおよそ表現できる。

(1) 平均塩素数

PCB 中の塩素含有量は PCB 製品やそれらの混合物の特性を表現する指標になると考えられる。その指標として、PCB 中の塩素の重量濃度が挙げられるが、直

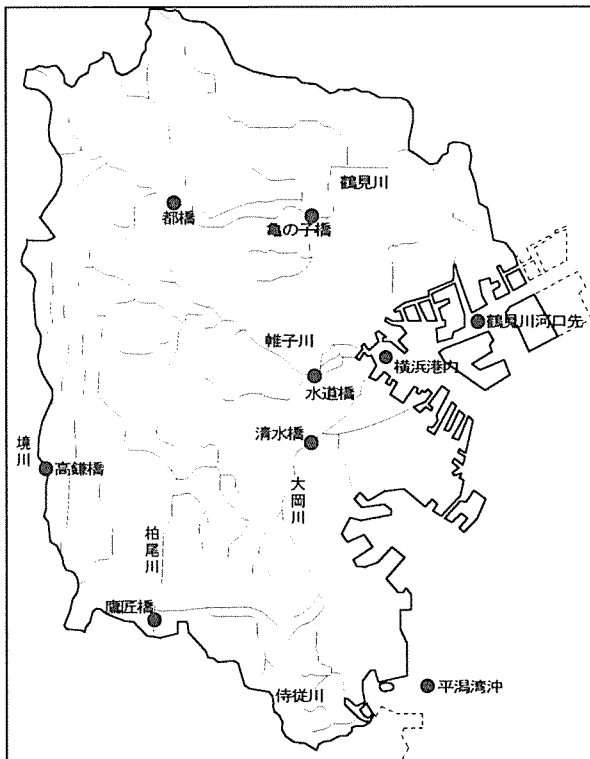


図 1 調査地点

- | | | |
|--------------|------------|------------|
| No.1: 亀の子橋 | No.2: 都橋 | No.3: 水道橋 |
| No.4: 清水橋 | No.5: 高鎌橋 | No.6: 鷹匠橋 |
| No.7: 鶴見川河口先 | No.8: 横浜港内 | No.9: 平潟湾沖 |

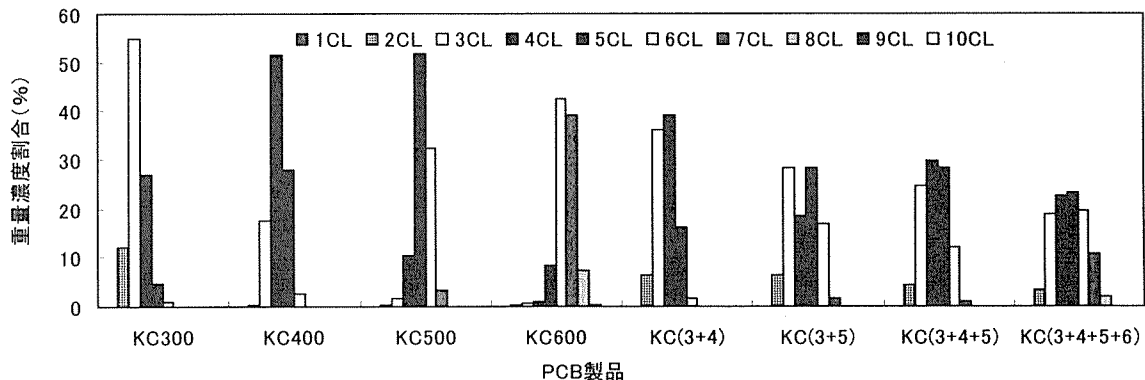


図 2 PCB製品およびその等重量混合物の同族体組成

観的には分子レベルで考えたほうが理解しやすい。想定される指標は、PCB 1 分子に含まれる平均的な塩素数である。これは、以下のように説明される。

まず、1 塩化物と 2 塩化物を例として挙げる。1 塩化物の 1 分子には 1 個の塩素が含まれ、また、2 塩化物の 1 分子には 2 個の塩素が含まれる。したがって、ある PCB が 1 塩化物だけあるいは 2 塩化物だけから成っている場合、その PCB の塩素数は 1 あるいは 2 となり、その PCB を特定する指標となる。

複数の同族体が同時に存在している PCB 製品や環境中の PCB に関しては、同族体の総モル量に対する塩素の総モル量の比を指標とすればよい。例えば、もし、ある PCB が 1 塩化物 1 モルと 2 塩化物 1 モルの混合物であるとすると、その PCB は合計 2 モルの同族体と合計 3 モルの塩素を含有していることから、同族体の総モル量に対する塩素の総モル量の比は 1.5 となる。この値は、PCB の単位モル量当たりの平均的な塩素のモル量、すなわち分子レベルで言い換えると、PCB の 1 分子に含まれる平均的な塩素数（以下、平均塩素数という）を表しているわけである。

以上のことを一般化すると、平均塩素数を求める式として、次式が成り立つ。

$$\text{平均塩素数} = \frac{\sum_{i=1}^{10} i \times m_i}{\sum_{i=1}^{10} m_i} \quad i = 1, 2, \dots, 10 \quad (1)$$

ここで、 i は各同族体の塩素数、 m_i は塩素数が i 個の同族体のモル量を表す。

(2) 標準偏差

2-2-1 で述べたように、同族体組成パターンの分布型は PCB 製品単品の場合とそれらの混合物の場合とでことなり、その広がり程度は一般に後者のほうが大きい。また、混合物を構成する PCB 製品の種類および数によって分布型は異なり、2 山型になる場合もあった。環境中の PCB は PCB 製品が様々な割合で混在していることから、その違いを表すもう 1 つの指標として、分布の広がり程度すなわち標準偏差が挙げられる。

平均塩素数の標準偏差は、次式で表される。

$$\text{標準偏差} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (i - ACN)^2 \times m_i}{\sum_{i=1}^{10} m_i}} \quad (2)$$

ここで、 i は各同族体の塩素数、 ACN は平均塩素数、 m_i は塩素数が i 個の同族体のモル量を表す。

(3) PCB 製品とその混合物の平均塩素数と標準偏差

表 1 に高菅ら¹⁵⁾のデータをもとに算出した KC300, KC400, KC500, KC600 およびそれらの 2 つから 4 つの等重量混合物の平均塩素数と標準偏差を示す。なお、表中の等重量混合物の表示は、図 2 の場合と同じである。

まず、PCB 製品単品についてみると、KC300 の平均塩素数は 3.20 であり、KC 番号が大きくなるにしたがい平均塩素数は 1 程度ずつ増加し、KC600 のそれは 6.34 となった。それらの標準偏差は 0.76~0.92 の比較的狭い範囲にあり、KC 番号の昇順に少し大きくなった。

次に、等重量混合物については、平均塩素数はその混合物を構成する PCB 製品のほぼ平均値に等しくなった。標準偏差はその混合物を構成する PCB 製品単品のそれに比べて大きくなった。このように混合物の平均塩素数と標準偏差の間には、各 PCB 製品の式(1)と式(2)に混合割合を重み付けることによって規定される一定の関係が存在する。

ここでは、それらの関係から導かれる結果の概要を散布図を用いて説明する。図 3 は、4 つの PCB 製品およびそれらの混合物の平均塩素数と標準偏差の関係を示したものである。図中には、4 つの PCB 製品の分布位置とそれらの任意の 2 つを結ぶ曲線を示した。また、4 つの記号は凡例にも示してあるように表 2 および図 2 で挙げた 4 例の等重量混合物の分布位置である。

図 3 において明らかとなる事実は、次のとおりである。

- ① 2 つの PCB 製品の混合物はその 2 つの製品間を結ぶ曲線上に分布し、混合割合がその曲線上の分布位置を規定する。例えば、等重量混合物 KC(3+4) は KC300 と KC400 を結ぶ曲線上のほぼ真中に分布しているが、KC300 の混合割合が多くなれば KC300 の分布のほうに接近し、逆に KC400 の混合割合が多くなれば KC400 の分布のほうに接近していく。KC(3+5) などの場合も同様である。

表 1 PCB 製品およびその等重量混合物の平均塩素数と標準偏差

製品名	平均塩素数	標準偏差
KC300	3.20	0.76
KC400	4.08	0.75
KC500	5.18	0.80
KC600	6.34	0.92
KC(3+4)	3.62	0.87
KC(3+5)	4.08	1.25
KC(3+4+5)	4.08	1.11
KC(3+4+5+6)	4.55	1.41

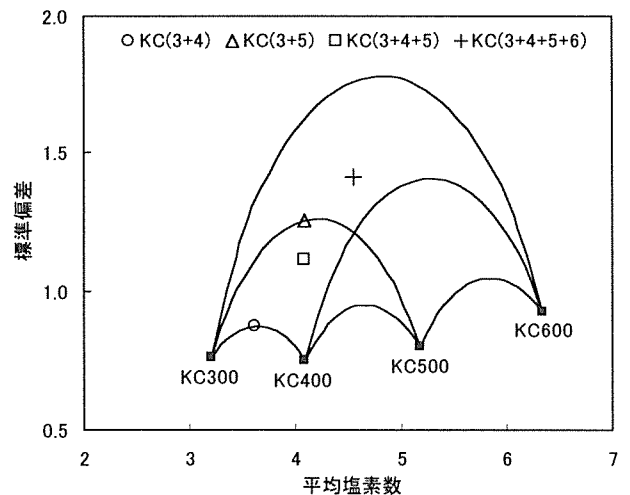


図 3 PCB 製品およびその混合物の平均塩素数と標準偏差の関係

② 3つの製品からなる混合物はそれらの製品間を結ぶ3つの曲線に囲まれた領域に分布し、混合割合がその領域内の位置を規定する。例えば、等重量混合物KC(3+4+5)はKC300とKC400, KC400とKC500, KC300とKC500の3つの曲線によって囲まれた領域の中央付近に分布しているが、KC300の混合割合が多くなればKC300の分布のほうに接近し、また、KC300とKC400の混合割合が多くなればその2つを結ぶ曲線のほうに接近していく。

③ 4つの製品からなる混合物は各曲線で囲まれた全領域内に分布し、また、②の場合と同様に、混合割合によってその領域内の分布位置が規定される。

これらの事実から、環境中のPCBの平均塩素数と標準偏差を図3にプロットすることによって、PCB製品ごとの混合割合などに関する情報をおおよそ把握できると考えられる。ただし、②、③から推察されるように、3つ以上のPCB製品からなる混合物の分布は相互に重なり合う部分をもっている。このことについては、環境中のPCBが図3のどこに分布し、その分布位置からどのような情報が導かれるのかなどについて、発生源寄与率と関連させて比較検証していく必要がある。

2-2-3 統計的手法による同族体組成の類型化

図2に示したようにPCB混合物の同族体組成はそれぞれ異なるパターンを示す。各調査地点におけるPCBの同族体組成の類似性あるいは違いを調べるため、統計的手法を用いて同族体組成パターンの類型化を行った。

用いた統計手法は主成分分析とクラスター分析を組み合わせた方法である¹⁶⁾。具体的には、まず、全調査地点の同族体組成データに主成分分析法を適用して主成分を求め、次に、求められた第1主成分および第2主成分の得点にクラスター分析を適用してデンドログラム(樹状図)を作成した。なお、クラスター分析において、距離は重み付きユークリッド距離を、階層的手法はウォード法を用いた¹⁷⁾。

2-2-4 CMB法による発生源寄与率の算出

発生源寄与率は、組成比に基づく非負制約のケミカルマスバランス法(CMB法)を用いて算出した¹⁸⁾。

主要な発生源(4つのPCB製品)と環境(調査地点)における同族体組成の間に以下の関係を想定することができる。

$$y_i = \sum_{j=1}^4 c_j x_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, 10 \quad (3)$$

ここで、 y_i はある調査地点における塩素数が*i*個の同族体の組成割合、 x_{ij} は*j*番目のPCB製品の塩素数が*i*個の同族体の組成割合、そして c_j は*j*番目のPCB製品の寄与率を表す。 $j=1, 2, 3, 4$ はそれぞれKC300, KC400, KC500, KC600に対応している。非負制約とは c_j が物理的に無意味な負値になることを避けけるための条件であり、 $c_j \geq 0$ の意である。また、ある調査地点のPCBの同族体組成が4つのPCB製品のみで説明できる場合は、 $\sum c_j = 1$ となる。なお、4つのPCB製品の同族体組成は高菅ら¹⁵⁾のデータを用い、最小2乗法により寄与率を算出した。

一方、CMB法を適用するに当たっては、満たしておくべき必要条件がある¹⁹⁾。以下に、主な4つの必要条件を示す。

- ① 発生源がその特徴を表す成分組成をもつこと。
- ② 環境中で変質が無いこと。
- ③ 発生源が他に存在すれば、それもモデルに入れること。
- ④ 類似する成分組成の発生源を区別できない。

PCB同族体の物理化学的性質の違いを考慮すると、これらの条件のうち②の影響は無視できないと考えられる。すなわち、低塩化物のほうが高塩化物よりも大気中に蒸発しやすく、また高い水溶解度をもつことなどから、PCBは環境中で再分布し製品由来の同族体組成が変化している可能性が高いからである^{5,6,20)}。また、③については、4つのPCB製品以外の負荷影響も想定される。このように、CMB法を環境中のPCBに適用した場合、必要条件が満たされているとは限らないが、これらの点を念頭に置きながら考察を試みる。

なお、以上に述べた点以外に、共線多重性の問題、すなわち複数の発生源間における相関係数が高いと、算出結果が安定せず、寄与率が負になったりする場合がある¹⁸⁾。4つのPCB製品には若干の相関が認められるが、それらの同族体組成データを主成分分析した結果、固有値がゼロに近い値を示さなかったことから、ほぼ問題はないと考えられる。

3. 結果及び考察

3-1 水質

3-1-1 調査結果の概要

図4に、各調査地点におけるPCBの同族体別濃度の積み上げ棒状図を示す。

PCBの総濃度は1.06ng/l~2.25ng/lの範囲にあり、平均濃度は1.51ng/lであった。最も高い濃度を示した地点はNo.8、次いでNo.7であった。両地点とも船舶の往来が激しく閉鎖性の高い海域に位置する地点である。PCB総濃度が高い順の3番目から8番目までの地点は河川および感潮域に位置しているが、最低値を示した地点は海域のNo.9であった。No.9は船舶の往来はあるものの、横浜市沿岸海域の中では比較的汚染の影響の少ない地点である²¹⁾。

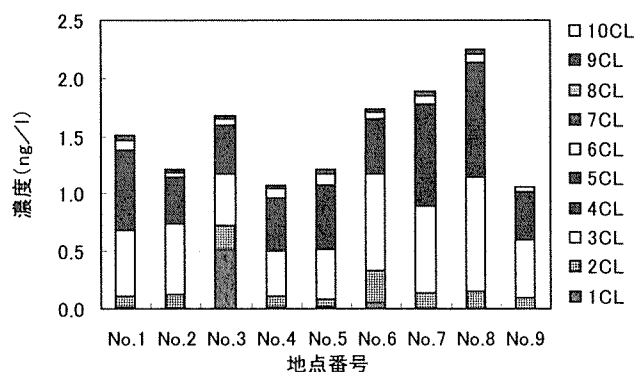


図4 水質のPCB濃度

同族体別にみると、3塩化物の占める割合が多い傾向を示すが、1塩化物が多い地点もあるなど、組成は地点ごとに少しずつ異なっていた。詳細は後述する。

3-1-2 平均塩素数と標準偏差

図5に水質の平均塩素数と標準偏差の関係を示す。

まず、図5を概観してみると、No. 3とNo. 6の平均塩素数はKC300のそれよりも小さく、なかでも前者は特に小さかった。しかし、他の7地点の平均塩素数はKC300とKC400の平均塩素数の間にあり、平均塩素数にほぼ比例して標準偏差も大きくなる傾向が認められた。このように平均塩素数と標準偏差は調査地点ごとに特徴ある分布を示した。

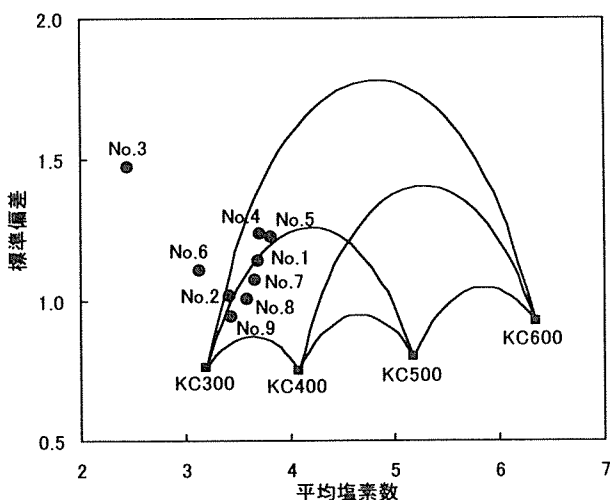


図5 水質の平均塩素数と標準偏差の分布

次に、分布状況を詳細に検討した。No. 3とNo. 6はともに各曲線で囲まれた領域の外に分布しており、特にNo. 3が領域外に大きく離れていた。したがって、前2地点は4つのPCB製品以外の低塩化物を多く含有する製品などによる影響を受け、その程度はNo. 3のほうが大きいことなどが推察される。他の7地点はいずれもKC300とKC500を結ぶ曲線の近傍に分布し、また、図3で示した等重量混合物のKC(3+5)よりもKC300の側に偏っていた。これらの結果から予想できることは、これら7地点のPCBは主としてKC300とKC500の混合物であり、前者が半分以上を占めること、そしてKC300のほうに偏っているNo. 9やNo. 8はNo. 4やNo. 5に比べてKC300の割合がより多いことなどである。これらについては、発生源寄与率の項で再度比較検証する。

3-1-3 同族体組成の類型化による地点間の比較

各調査地点の同族体組成を類型化するため、主成分分析とクラスター分析を組み合わせた方法により樹形図を求めた。ただし、前項で述べたように、平均塩素数は地点ごとの同族体組成の違いを表す指標となっていることから、クラスター分析により求められた樹形図において、平均塩素数が昇順になるように、かつ同じクラスターを構成する地点間の関係は変えないように地点の並べ替えを行った。その並べ替え後のクラスター分析樹形図を図6に示す。図中には、高次の3つのクラスターに区分される位置に破線を、()内には平均塩素数を入れてある。また、図7には樹形図の地点順に対応させた各地点の同族体組成の集合棒状図を示す。

図6において、高次の3つのクラスターを構成する地点数は、左から右に向かってそれぞれ1地点、4地点、

図6 水質のクラスター分析樹形図(平均塩素数)

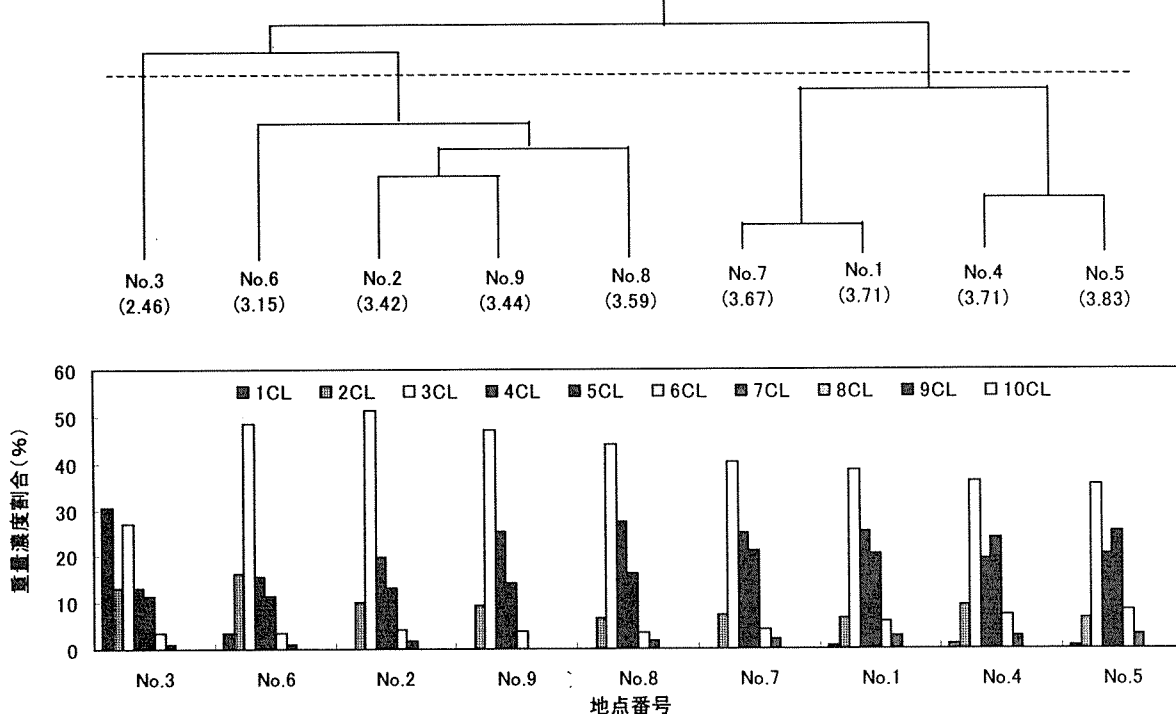


図7 水質の同族体組成

4地点であった。No. 3は1番目のクラスターに属し、その平均塩素数は最低値の2.46を示した。2番目のクラスターは段階的にグループを構成しており、平均塩素数は3.15~3.59の範囲にあった。3番目のクラスターに属する4地点はさらに2地点ずつの2つのグループに区分されたが、平均塩素数は3.67~3.83と比較的狭い範囲にあった。

図7をみると、No. 3の組成パターンは他地点のそれに比べて大きく異なり、4つのPCB製品にはほとんど含有されていない1塩化物が30%と最も多く¹⁵⁾、また、2塩化物は13%でそれを最も多く含有するKC300の割合を超えていた。No. 6についても1塩化物が少し検出され、また、2塩化物はKC300の割合を超えていた。このように1塩化物と2塩化物の占める割合が比較的多かったため、No. 3とNo. 6の平均塩素数はKC300のそれよりも小さくなった。この原因として、4つのPCB製品以外の製品、例えばアロクロール1061(1塩化物の含有量は約35%)²²⁾などによる負荷、あるいは高塩化物の分解によって新たに生成された低塩化物による影響などが考えられる。これらのことについては、今後確認していく必要がある。

No. 3とNo. 6を除く7地点については、3塩化物が最も多く、次いで4塩化物や5塩化物が多かった。塩化物ごとの特徴をみると、4塩化物を境にして同族体組成パターンは異なる傾向を示した。すなわち、3塩化物は平均塩素数の昇順にほぼ単調に減少するが、5塩化物は逆に単調に増加した。そして、4塩化物は平均塩素数が中間の地点であるNo. 8で最も大きな割合を示し、平均塩素数とその地点より小さいほうでも大きいほうでも4塩化物の割合は減少した。ここでは、平均塩素数の昇順に並べ替える前の同族体組成図を掲示しないが、並べ替えを行うことによって相互の比較が容易となった。

最後に、図6と図7を対比させて地点間の関係を調べた。No. 9とNo. 8は同じクラスターに属し、類似した組成パターンを示した。両地点はともに海域に位置していることから、海域に特徴的な組成パターンと推察される。河口域に位置するNo. 7はこれら2地点と異なるクラスターに属するが、組成パターンは相互に類似し平均塩素数も比較的近い値を示すことから、これら3地点は関連性をもっていると考えられる。一方、No. 7はNo. 1とも

類似した組成パターンを示し、3番目のクラスターの1グループを構成した。前者は鶴見川の河口域に位置し、後者は鶴見川中流に位置している。前者は鶴見川の影響が大きいため、組成パターンは同じ鶴見川水系のNo. 1に類似したと考えられる。No. 2も同じ鶴見川に位置しているが、No. 1とNo. 7とは異なるクラスターに属していた。No. 2はそれら2地点よりも3塩化物が相対的に多いためであり、何らかの原因により3塩化物の負荷が高まったと考えられる。No. 4とNo. 5は水系は異なるが、ともに3塩化物に次いで5塩化物が多いという2山型の組成パターンを示した。両地点では他地点に比べて5塩化物の影響が相対的が大きかったと考えられる。

3-1-4 CMB法による水質の発生源寄与率の推定

表2に寄与率の合計を示し、図8には各PCB製品の寄与率の集合棒状図を図6および図7と同じ地点順で示す。

まず、表2の寄与率の合計をみると、No. 3の0.65が最も低く、次いでNo. 6の0.94が低かった。これは、前項で述べたように、両地点では4つのPCB製品にはない1塩化物および2塩化物を含有していたためと考えられる。4つのPCB製品だけでは説明しきれない部分があるといえる。この2地点を除く7地点の寄与率の合計は0.99~1.02の範囲にあり、ほぼ1に近い値を示した。

次に、図8を概観すると、全地点でKC300の寄与率が最も大きく半分以上を占めており、次いでKC500、KC400の順であった。No. 3とNo. 6を除き、平均塩素数の昇順

表2 水質の寄与率の合計

地点番号	寄与率合計
No.1	1.00
No.2	1.02
No.3	0.65
No.4	0.99
No.5	1.00
No.6	0.94
No.7	1.02
No.8	1.02
No.9	1.02

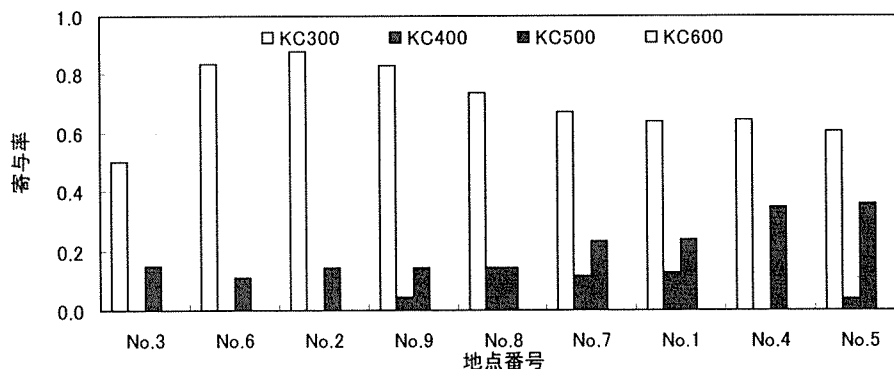


図8 水質の寄与率

に KC300 の寄与率は減少し、KC500 のそれは逆に増加する傾向が認められた。そして、平均塩素数が中間の値をとる No. 8 など海域を含めた 4 地点および No. 5 では、KC400 の寄与率も加わった。

このように水質の発生源寄与率によれば、全地点で KC300 が主体であり、次いで KC500 が多く、そのうち数地点でさらに KC400 が加わった。しかし、横浜市が 1970 年代に実施した鶴見川の PCB 汚染調査結果²³⁾では、水質中の PCB は PCB 使用工場等に由来する KC400 が主体であったと指摘された。それから 30 年ほど経過しており、環境中で PCB は再分布し、製品由来の同族体組成が変化している可能性も高い^{8, 24, 25, 26, 27, 28)}。

水質中の PCB は現在環境中に負荷されている PCB を反映していると考えられるから、それらは、各種発生源由来や底質からの溶出などにより水域に流入している PCB のほかに、大気からの降下物等に由来するものもある。大気中の PCB は揮発しやすい低塩化物が主体となっていることから、特に大気からの負荷影響^{24, 26, 28)}について考慮していく必要があると考えられる。今後の検討課題である。

一方、寄与率の値を式(3)に代入することによって、同族体の組成割合が求まり、さらにその組成割合から平均塩素数と標準偏差を求めることができる。もし、この寄与率に基づく平均塩素数と標準偏差と 3-2-1 の実測値に基づく平均塩素数と標準偏差が一致すれば、平均塩素数と標準偏差の関係(図5)から逆に寄与率を推定できることになる。詳細は省略し結論を述べると、No. 3 と No. 6 の 2 地点を除き、寄与率に基づく平均塩素数と標準偏差は実測値に基づく平均塩素数と標準偏差とほぼ一致した。このように平均塩素数と標準偏差の散布図に各調査地点の値をプロットすることによって、PCB 製品ごとの寄与率や地点間相互の関係をおおよそ把握できると考えられる。

3-2 底質

3-2-1 調査結果の概要

図9に各調査地点における底質の PCB の同族体別濃度の積み上げ棒状図を示す。

PCB の総濃度は $1.0 \mu\text{g}/\text{kg} \sim 263 \mu\text{g}/\text{kg}$ の範囲にあり、水質に比べて濃度範囲は 2 桁大きかった。No. 8 で最も高く、次いで No. 7, No. 4, No. 9 の順であった。これら 4 地点はいずれも沿岸域・感潮域の地点であった。そのうち No. 8 と No. 7 は、水質の場合と同順位であり、水質・底質ともに比較的汚染の大きい地点であるといえる。1978 年の PCB 調査結果²⁹⁾によると、No. 8 付近における底質の PCB 総濃度は約 $500 \mu\text{g}/\text{kg}$ を示した。分析方法は今回と当時とで異なるが、PCB の総濃度はやや低下してきている可能性があると考えられる³⁰⁾。

なお、図9ではスケールの関係から、高濃度に検出された地点以外の同族体組成は明確になっていないが、このことについては後述する。

3-2-2 平均塩素数と標準偏差

図10に底質の平均塩素数と標準偏差の分布を示す。

平均塩素数は全地点で KC400 よりも大きい値を示し、そのうち No. 8 だけが KC500 を少し超えていた。また、

No. 3 を除く 8 地点では、平均塩素数にほぼ比例して標準偏差は大きくなる傾向を示した。

2-2-2 で説明した PCB 製品との関係から分布状況を見ると、各調査地点はおおよそ 2 つのグループに区別することができた。1 つは KC300 と KC400 の曲線、KC400 と KC500 の曲線および KC300 と KC500 の曲線に囲まれた領域内に分布しているグループであり、No. 1, No. 2, No. 4, No. 5 および No. 6 がそのグループに属していた。もう 1 つは KC300 と KC600 の曲線とそれ以外の曲線に囲まれた領域に分布しているグループであり、No. 7, No. 8, No. 9 および No. 3 がそのグループに属していた。

最初のグループに属する地点の PCB は、1 つの見方として、KC300 と KC400 と KC500 の混合物であるといえる。そして、等重量混合物の KC(3+4+5) 近傍に分布(図3)している No. 6 や No. 2 などはその等重量混合物に近い組成を示すと推察される。2 番目のグループに属する地点の PCB は 4 つの PCB 製品の混合物である以外に、KC300 と KC400 と KC600 の混合物あるいは KC300 と KC500 と KC600 の混合物である可能性もある。ここで言えることは、No. 7, No. 9, No. 8 の順に高塩化物が多くなると推定されることである。また、No. 3 は他の 8 地点とは離れた位置に分布していることから、PCB 製品以外の因子が影響している可能性がある。これらのことも含めて、発生源寄与率の項で再度比較検証する。

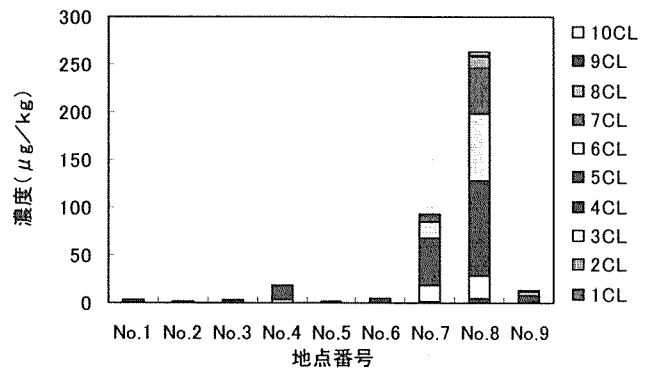


図9 底質のPCB濃度

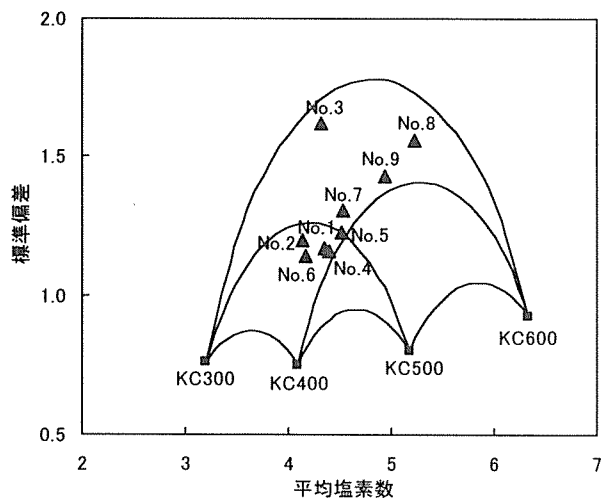


図10 底質の平均塩素数と標準偏差の分布

3-2-3 同族体組成の類型化による地点間の比較

図 11 にクラスター分析樹形図を示す。この図は、平均塩素数なるべく昇順になるように、かつ同じクラスターを構成する地点間の関係は変えないように地点の並べ替えを行なったものである。図中には、高次の3つのクラスターに区分される位置に破線を入れてある。ただし、No. 3の平均塩素数は4.32であるが、No. 3単独でクラスターを形成していることから、その付近の値をもつクラスターに帰属できないため、平均塩素数の昇順に対応しない結果となった。また、図 12 には樹形図の地点順に対応した各地点の同族体組成の集合棒状図を示す。

図 11 から、高次の3つのクラスターに属する地点数は、平均塩素数の昇順にそれぞれ6地点、2地点、1地点であった。1番目のクラスターはさらに2地点と4地点の2つのグループに分けられた。各クラスターに属する地点は水質の場合でも同じクラスターに属することが多かった。例えば、No. 4とNo. 5およびNo. 8とNo. 9などである。この理由の1つとして、これらの地点では水質と底質が相互に影響し合うなど密接に関連していることが考えられる。

図 12 を概観すると、ほとんどの地点で5塩化物が最も多く、次いで多いのは4塩化物や6塩化物などであった。No. 3を除くと、平均塩素数の昇順に、3塩化物や4塩化物は減少し、6塩化物や7塩化物は増加する傾向が認められた。しかし、5塩化物は、それらとは異なり、平均塩素数がほぼ中間の値をとるNo. 5で最も高い割合を示した。また、平均塩素数の昇順に、同族体組成の分布の広がり程度は大きくなる傾向が認められた。このように、平均塩素数の昇順に同族体組成を並べ替えると、相互の比較がしやすくなった。

次に、各クラスターに属する地点の特徴を調べた。1番目のクラスターの第1グループに属するNo. 2とNo. 6はともに等重量混合物のKC(3+4+5)に類似した組成パターンを示した(図2)。その第2グループのうちNo. 1, No. 4およびNo. 5の3地点は第1グループよりも5塩化物や6塩化物が相対的に多い組成パターンをなした。同じグループのNo. 7の組成パターンは他の3地点のそれとはやや異なり、むしろ2番目のクラスターに属する海域の2地点(No. 8とNo. 9)との中間的な組成パターンを示した。No. 7は海域の3地点の中でも河川影響の大きい地点であるため、そのようなパターンになったと考えられる。2番目のクラスターのNo. 9とNo. 8は6塩化物や7塩化物が多く、8塩化物も比較的多かった。また、No. 8では10塩化物も1.5%程度認められた。3番目のクラスターのNo. 3は5塩化物が最も多く、次いで4塩化物および3塩化物、6塩化物の順であり、また、PCB製品ではほとんど認められない1塩化物も3%程度あった。その組成パターンはKC(3+4+5+6)のそれと比較的類似していた。

3-2-4 CMB法による底質の発生源寄与率の推定

表3に寄与率の合計を示し、図13には各PCB製品の寄与率の集合棒状図を図11および図12と同じ地点順で示す。

表3から、寄与率の合計は0.94~1.00の範囲にあった。平均塩素数と標準偏差の関係において他地点とは離れて分布していたNo. 3の寄与率の合計が0.94と最も小さく、次いでNo. 8とNo. 9がともに0.96を示した。No. 3などは、水質の場合と同様に、4つのPCB製品以外の因子の影響を受けている可能性がある。

図13を概観すると、底質における各PCB製品の寄

図11 底質のクラスター分析樹形図(平均塩素数)

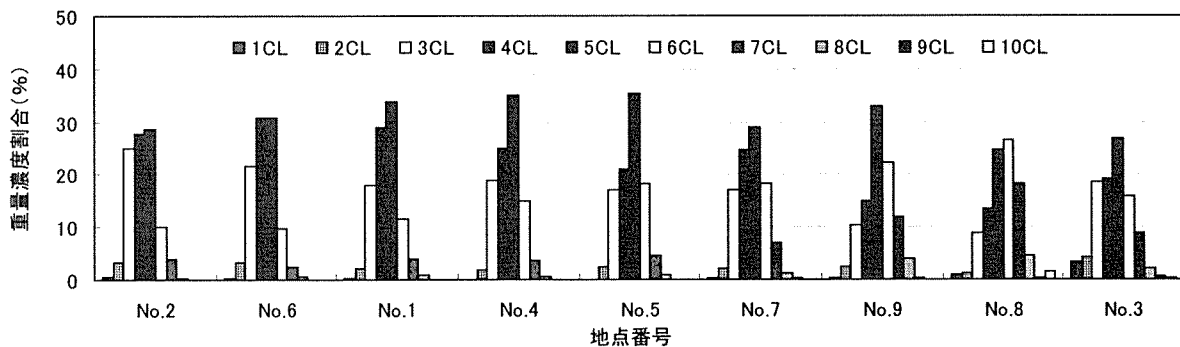
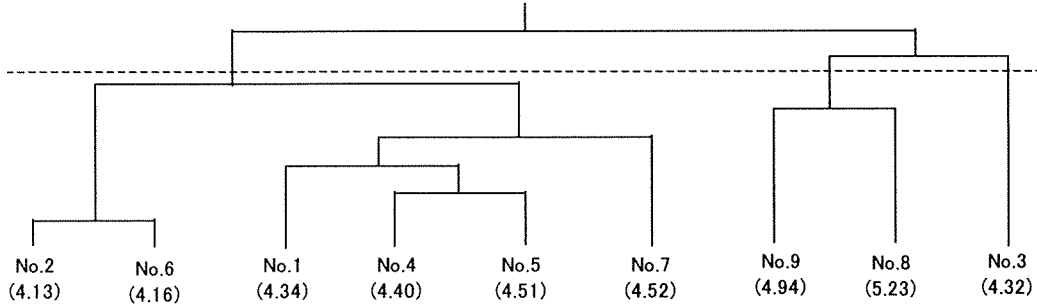


図12 底質の同族体組成

与率は、水質の場合(図8)とは異なり、地点ごとの違いが比較的大きかった。地域特性が大きいといえる。寄与率に關するPCB製品の数によって、各地点は大きく2つのグループに区分できた。1つは、主としてKC300とKC400とKC500の3つのPCB製品が寄与しているNo.2からNo.5までの計5地点であり、河川域4地点と感潮域1地点からなっている。もう1つは、KC600も含めた4つのPCB製品が寄与しているNo.7からNo.3までの計4地点であり、海域3地点と感潮域1地点からなっている。このように寄与するPCB製品の種類と数の違いによって、ほぼ河川域と海域に区分された。

最初のグループの5地点のうちNo.2はほぼ等重量混合物KC(3+4+5)に相当すると推定された。No.6およびNo.1ではKC400やKC500の寄与率がNo.2よりも高かった。No.1は同じ鶴見川水系のNo.2の下流に位置している。下流域のほうが上流域よりも高塩化物が多くなった可能性がある²³⁾。No.4とNo.5は前3地点に比べてさらにKC500が多くなり、その寄与率は0.5前後の値を示した。これら2地点は水質の場合でも他地点に比べてKC500の寄与率が大きな値を示したことから、KC500による負荷影響が比較的大きい地点であると考えられる。

2番目のグループのうち海域の3地点についてみると、KC600の寄与率は河口先のNo.7、沿岸域のNo.9および港湾域のNo.8の順に高くなった。また、感潮域のNo.3のKC600の寄与率はNo.7のそれとほぼ同じ値を示した。KC600は船底塗料等に使用されていたことから、船舶等による影響が大きい海域ほどKC600の寄与率が高くなったと考えられる^{4,5,6)}。

表3 底質の寄与率の合計

地点番号	寄与率合計
No.1	0.98
No.2	0.99
No.3	0.94
No.4	1.00
No.5	0.99
No.6	0.99
No.7	1.00
No.8	0.96
No.9	0.96

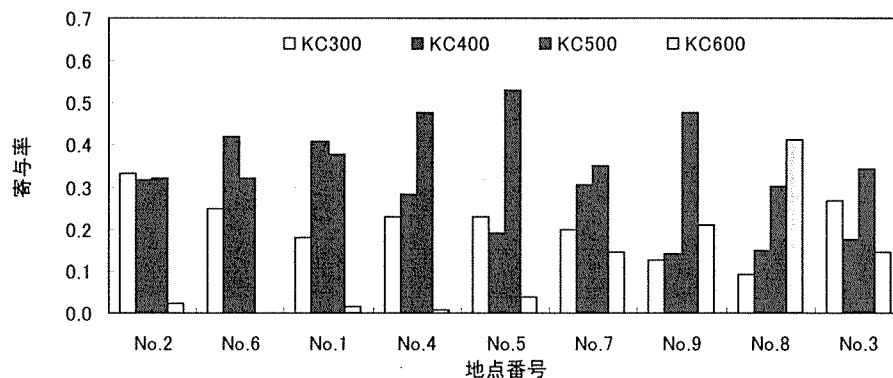


図13 底質の寄与率

一方、水質の場合と同様に、これら寄与率に基づく平均塩素数と標準偏差を実測値に基づく平均塩素数と標準偏差と比較・検討した。寄与率に基づく平均塩素数と標準偏差はNo.3, No.8およびNo.9の3地点を除いて実測値に基づく平均塩素数と標準偏差の(図10)とほぼ一致した。例えば、No.2およびNo.6における寄与率に基づく平均塩素数と標準偏差は等重量混合物KC(3+4+5)の近傍に分布した(図3および図10)。しかし、No.8とNo.9については、平均塩素数は実測値に基づくものと寄与率に基づくものとほぼ一致したが、標準偏差は実測値に基づくもののほうが寄与率に基づくものよりも少し高い値を示した。この原因については、今後の検討課題である。

このように、平均塩素数と標準偏差の関係から、それぞれの地点の特徴をおおよそ把握することが可能である。ただし、これらの結果は冬季1回の調査から得られたものである。調査地点を増やしたり、年間を通して調査を行うなどしてさらに検討していく必要がある。

3-3 水質と底質との比較

ここでは、これまでに検討して得られた結果から、水質と底質の違いについて考察した。

前述したように、平均塩素数については、水質および底質はKC400を境にしてそれより小さい範囲および大きい範囲の値をとることから、それぞれを区分できた。地点別に見るとNo.3は他の地点とは大きく異なる同族体組成を示したことから、No.3を除く8地点について水質と底質の平均塩素数の平均値を求め、水質と底質の比較を行った。水質の平均塩素数の平均値は3.57、底質のそれは4.53となり、水質と底質とでは平均して1程度の差があった。標準偏差についてもNo.3を除く8地点の平均値を求めた。水質は1.09、底質は1.27となり、水質と底質とでは約0.2の差が認められた。このように平均塩素数と標準偏差はともに水質よりも底質のほうが大きくなる傾向が認められた。

同族体組成についても、No.3を除く8地点における同族体組成の平均値を用いて水質と底質を比較した(図14)。水質では、3塩化物が最も多く43%を占め、次いで4塩化物の22%、5塩化物の約18%の順であり、その他の塩化物は10%以下であった。3塩化物から5塩化物までの3つの同族体はPCB総量のほぼ80%を占めた。

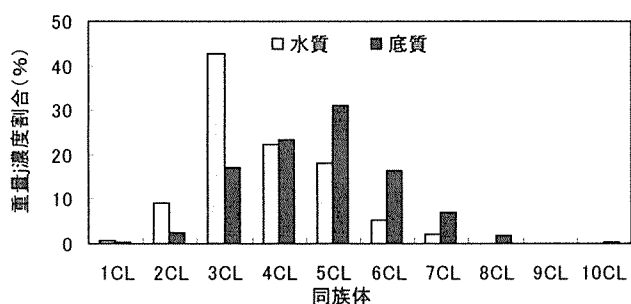


図14 PCB同族体組成の全地点平均値
(ただし、No.3を除いた平均値)

底質では、多い順に5塩化物の31%、4塩化物の23%、3塩化物および6塩化物の17%であり、その他の塩化物は10%以下であった。3塩化物から6塩化物までの4つの同族体でPCB総量のほぼ90%を占めた。このように同族体の中で最も高い割合を占めるのは、水質では3塩化物、そして底質では5塩化物であった。

一方、底質では、PCBの再分布による同族体組成の変化とともに、生物による分解影響も受けている可能性がある。実際に嫌氣的微生物によるPCBの脱塩素化実験から、高塩化物は低塩化物に変化することが指摘されている³¹⁾。しかし、塩素含有量の多い同族体は分解しにくく、硫酸還元または脱窒条件下で分解が阻害されたという報告もなされている^{32,33)}。横浜市沿岸域および感潮域の一部では、硫酸還元的な雰囲気になっていることから¹³⁾、それらの水域に蓄積した高塩化物は微生物の作用を比較的受けにくい状態になっていると推察される。

4. まとめ

PCBの塩素数別同族体の調査結果を用いて、環境中におけるPCB分布の特徴を検討したところ、以下のことが明らかとなった。

1) 平均塩素数は調査地点ごとのPCBの特性を評価する上で有用な指標になると考えられた。また、水質および底質の平均塩素数はKC400の平均塩素数を境に区分でき、それより小さい場合は水質、大きい場合は底質に判別された。

2) 平均塩素数と標準偏差の分布図を用いることによって、PCB製品の混合割合や地点間相互の関係を比較的容易に推定できることが示唆された。

3) 同族体組成データに主成分分析とクラスター分析を組み合わせた統計的手法を適用して、各調査地点の同族体組成に基づく樹形図を求めた。さらに、それを平均塩素数の昇順に並び替えることによって、各調査地点における同族体組成パターンの相互比較が容易となった。

4) 水質の発生源寄与率から、水質のPCBはKC300が主体であり、次いでKC500、KC400の順であると推定された。ただし、PCBの再分布によりKC300などの低塩化物が比較的多く存在している大気からの負荷が影響している可能性がある。

5) 底質の発生源寄与率から、河川域のPCBは主にKC300とKC400とKC500の3つのPCB製品の混合物からなり、海域のPCBはそれらにKC600が加わった4つ

のPCB製品の混合物からなると推定された。海域ではKC600を多く含む船底塗料等に由来するPCBの影響もあると考えられる

謝辞

統計解析に当たっては、文部科学省統計数理研究所の柏木宣久助教授に貴重な助言を頂いた。ここに記して感謝いたします。

引用文献

- 1) 環境庁環境保健部環境安全課：外因性内分泌攪乱化学物質問題への環境庁の対応方針について—環境ホルモン戦略計画 SPEED'98—, 1998年5月。
- 2) 環境庁環境保健部環境安全課：外因性内分泌攪乱化学物質問題への環境庁の対応方針について—環境ホルモン戦略計画 SPEED'98—, 2000年11月版。
- 3) 染野憲治：ダイオキシン類対策特別措置法の概要, 資源環境対策, 36, 266-268, 2000。
- 4) 磯野直秀：化学物質と人間—PCBの過去・現在・未来—, 中公新書, 中央公論社, 1975。
- 5) 日本化学会編：PCB—環境汚染物質シリーズ—, 丸善, 1980。
- 6) 日本水産学会編：海洋生物のPCB汚染, 恒星社厚生閣, 1977。
- 7) 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(いわゆる環境ホルモン)実態調査, 2000年10月。
- 8) 酒井伸一, 野馬幸生：PCBの処理技術について, 第34・35回日本環境化学会講演会予稿集, p10-p18, 平成13年。
- 9) 環境庁：PCB処理の推進について(第二次報告), PCB混入機器等処理推進調査検討委員会資料, 平成10年6月。
- 10) 中野武, 松村千里, 鶴川正寛, 藤森一男：起源推定におけるPCB異性体の役割, 第9回環境化学討論会講演要旨集, 448-449, 2000。
- 11) G.E.Gordon: Receptor Models, *Environ. Sci. Technol.*, 14, 792, 1973。
- 12) S.K.Friedlander: Chemical Element Balance and Identification of Air Pollution Sources, *Environ. Sci. Technol.*, 7, 235, 1973。
- 13) 倉林輝世, 初貝留美, 二宮勝幸：横浜市水域における環境ホルモン実態調査, 横浜市環境科学研究所報, 25, 56-61, 2001。
- 14) 倉林輝世, 二宮勝幸：横浜市水域における環境ホルモン実態調査—第2報—, 横浜市環境科学研究所報, 26, 2002。
- 15) 高菅卓三, 井上毅, 大井悦雄：各種クリーンアップ法とHRGC/HRMSを用いたポリ塩化ビフェニル(PCBs)の全異性体詳細分析法, 環境化学, 5, 647-675, 1995。
- 16) 大野高裕：多変量解析入門, 同友館。
- 17) Anderberg (西田英郎監訳)：クラスター分析とその応用, 内田老鶴圃。
- 18) D.Wang, P.K.Hopke: The use of constrained least-

- squares to solve the chemical mass balance problem, *Atmospheric Environment*, **23**, 2143-2150, 1989.
- 19) 横浜市公害研究所：浮遊粉じんの発生源推定に関する調査研究報告書，公害研資料 89，1989.
- 20) <http://www.nihs.go.jp/DCBI/PUBLIST/ehchsg/ehctran/tran1/pcb.html#pcb>
- 21) 二宮勝幸，柏木宣久，安藤晴夫：東京湾における水温と塩分の空間濃度分布の季節別特徴，水環境学会誌，**19**，480-490，1996.
- 22) 産業廃棄物処理事業団振興財団：PCB 処理技術ガイドブック，ぎょうせい.
- 23) 横浜市 PCB 問題連絡協議会：横浜市における PCB 対策と調査結果，第 1 報，昭和 47 年度.
- 24) PHAM T-T, PROULX S, BROCHU C, MOORE S: Composition of PCBs and PAHs in the Montreal Urban Community wastewater and in the surface water of the St. Lawrence River (Canada), *Water Air Soil Pollut.* **111**, 251-270, 1999.
- 25) HAUGEN J-E, WANIA F, LEI Y D: Polychlorinated Biphenyls in the Atmosphere of Southern Norway, *Environ. Sci. Technol.*, **33**, 2340-2345, 1999.
- 26) 中野武：PCB 類のモニタリングについて，第 34・35 回日本環境化学会講演会予稿集，25-43，平成 13 年.
- 27) 浦野真弥，酒井伸一，高月紘：シュレッダーダストに含有される PCB 類とその由来に関する考察，第 8 回環境化学討論会講演要旨集，50-51，1999.
- 28) 浦木陽子，鈴木茂：高分解能 GC/MS による大気中 PCB 異性体調査，第 9 回環境化学討論会講演要旨集，38-39，2000.
- 29) 横浜市 PCB 問題連絡協議会：横浜市における PCB・水銀対策と調査結果 第 7 報，昭和 53 年度.
- 30) 横浜市環境科学研究所：横浜港・生物と環境の変遷，環境研資料-No. 116，1995.
- 31) NATARAJAN M R, WU W-M, WANG H, BHATNAGAR L, JAIN M K: Dechlorination of spiked PCBs in lake sediment by anaerobic microbial granules, *Water Res.*, **32**, 3013-3020, 1998.
- 32) CHANG B V, CHOU S W, YUAN S Y: Dechlorination of Polychlorinated Biphenyls by an Anaerobic Mixed Culture, *J Environ Sci Health Part A*, **A34**, **6**, 1299-1316, 1999.
- 33) 寒川喜三郎，日色和夫：最新の底質分析と化学動態，技報堂出版，1996.

身近な生きものについてのアンケート調査結果 (第2報)

島村 雅英, 森 清和 (横浜市環境科学研究所)

Result of questionnaire about environment close to ourselves (vol. 2)

Masahide Shimamura, Seiwa Mori
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード: 環境教育, エコアップ, 昆虫, アンケート

要 旨

本調査は、現在の小学生の身近な生きものについての意識、経験、知識及び考え方を把握するため、小学生を中心に中学生、高校生、大学及び保護者を対象にアンケート調査を実施したものである。

昨年度までの解析では、身近な生きものとのふれあい、知識及び意識、考え方などについて年代別男女別の特性を確認した。

本報告では、昨年度の解析結果を基に、身近な生きもの好き嫌い体験、知識などとの関連をさらに解析した。その結果、身近な生きものに対する「好き嫌い」という感覚と体験、知識、意識に大きな関係があることが明確になった。

1 はじめに

1960年代の横浜市域は、約2/3が緑に覆われていたが、高度経済成長に伴う急激な都市化により緑地等が著しく減少し、現在では約1/3まで減少してしまっている。昔は当たり前だったトンボ、メダカ、カエルなど身近な生きもの(以下:生きもの等)と接することができたが、緑地の減少とともに、子どもたちも自然とふれあう機会が減少し、いわゆる「虫嫌い」の子どもたちが多くなったといわれている。

現在、横浜市内の多くの小学校においてトンボ池がつくられ、生きもの等の生息空間の回復とともに、子どもたちにとって生きもの等とのふれあいの場として、また環境学習の場として活用されている。

本調査研究は、昨年度報告した「身近な生きものについてのアンケート結果(第1報)」に加え、新たに高校生(横浜商業高等学校)の調査結果を追加し、生きもの等の好き嫌い生きもの等の捕獲、遊び、飼育、観察などの体験、知識、身近な自然に対する考え方との関係を明らかにすることによって、自然体験の重要性を見いだそうとするものである。

なお、ここでの体験や認識は、日常の体験を通じた生きもの等とのふれあい程度を考えたものであり、特別な野外実習や研究を意識したものではない。

2 調査方法

アンケート調査は、小中高大学生及び、小中学生の保護者、高等学校の職員について実施した。

小中高大学生については、担任、指導教官にお願いし教室内で記載をお願いした。保護者は、小中学生に配布し持ち帰ってもらい自宅で記入してもらった。高等学

校職員の方については、配布後適宜回収していただいた。

集計にあたっては、保護者と高等学校職員については大人というカテゴリーでまとめて集計した。

3 調査対象

アンケートは、横浜市内の小学校11校4~6年生、中学校3校、高等学校1校、大学2校、小学生の保護者と高校職員を対象に実施した。尚、今年度実施した高等学校については、性別不明の回答が10サンプルあった、第1報において、男女間において回答の格差が明確になっているためこのサンプルは無効回答とした。

有効回答数を表-1に示す。

表-1 カテゴリー別有効回答数

	男	女	計
小学生	435	431	866
中学生	103	87	190
高校生	158	382	540
大学生	240	143	383
大人	122	369	491
計	1,058	1,412	2,470

4 調査結果

4-1 生きもの等に対する基本的意識について

設問「あなたはカエル、トンボ、クワガタ、メダカ、カエルなどの生きものについてどう思いますか」の回答「大好き」、「どちらかという好き(以下好き)」、「どちらでもない」、「どちらかという嫌い(以下嫌い)」、「大嫌い」の年齢別傾向について検討した。結果を図4-1に示す。

この結果、男では、「大好き」は中学生から高校生が同程度で最も割合が低くなる。「どちらかという
と好き」は小学生から高校生にかけて減少し、高校生で最も低くなる。「どちらでもない」「嫌い」は小
学生から高校生にかけて増加し、高校生が最も高い。「大嫌い」は中学生で最も多く、高校生、大学生と
年代とともに減少する。

女では、「大好き」は中学生が最も低く高校生、
大学生と年代とともに増加する。「好き」は小学生
から高校生にかけて減少し、高校生で最も低くなる。
「どちらでもない」は高校生が最も高い。「嫌い」「大
嫌い」は中学生が最も多く、高校生、大学生、大人
と年代とともに低下する。

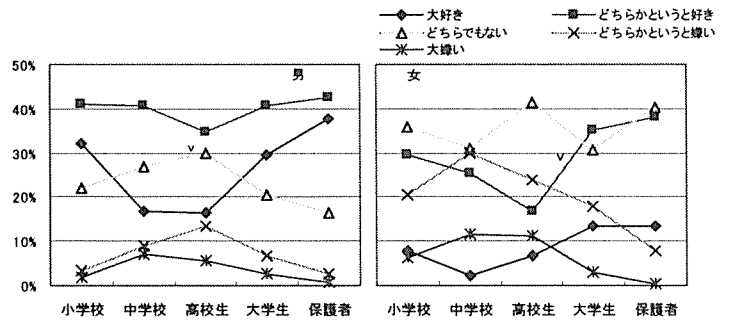


図 4-1 生き物等に対する基本的意識について

4-2 つかまえて遊んだことのある生きもの(捕獲生物)と基本的意識との関係

4-2-1 捕獲種数の種類数と基本的意識の関係(図4-1)

回答者全体についてみると、「大好き」では捕獲生物の種類数が男女とも9種類(男27%, 女23%)で割合が最も多く、種類数が少なくなるに従って割合も小さくなる。反対に「大嫌い」では、男女とも0種類(男26%, 女24%)で最も割合が多く、種類数が増えるに従って割合が減少傾向にある。

捕獲生物の種類数の最大値についてみると、「好き」(男女とも8種類),「どちらでもない」(男6及び8種類, 女5種類),「どちらかという嫌い」(男3種類, 女2種類)の順で小さくなる。

この傾向は、小中高校生を合わせた結果とも同様であった。

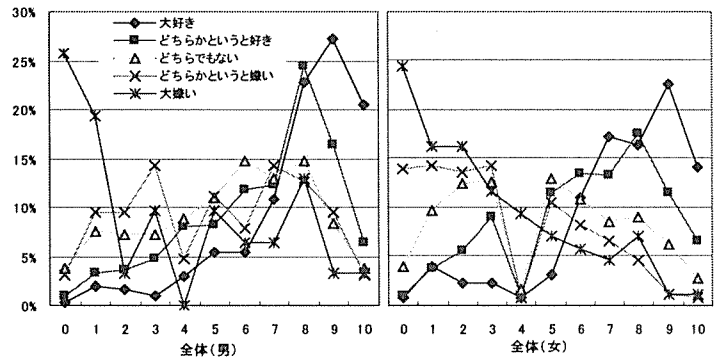


図 4-2 つかまえて遊んだことのある

4-2-2 捕獲生物の種類と基本的意識の関係(図4-3)

ホタルを見た経験、「セミ」「カブトムシ」「クワガタ」「トンボ」「コオロギ」「バッタ」「ホタル」「チョウ」「ザリガニ」「タマムシ」を実際にとって遊んだ経験について、基本的意識と関係をみた。昨年度の報告で、年代とともに経験が増えることを明らかにしている。今回は、小学生、中学生、高校生を一つにまとめ、小中高校生、大学生、大人の3つのグループを男女別に集計した。

その結果、ホタルを見た経験、生きもの等を捕まえて遊んだ経験とも、年代、生きもの種類を問わず「大好き」で経験の割合が多く、「どちらかという好き」「どちらでもない」「嫌い」「大嫌い」の順に減少している。

その中で特徴的な点は

- 1 小中高校生男子の「大嫌い」と大学生女子の「嫌い」においてホタルを見た経験が他のものより多くなっている。
- 2 大学生男及び女の「大嫌い」において、カブトムシとクワガタを捕まえて遊んだ経験が小さくなっている。

また、ホタルについて見た経験と捕まえて遊んだ経験を比較してみると、大人では男女ともつかまえて遊んだ経験があるものは見た経験の約2/3であ

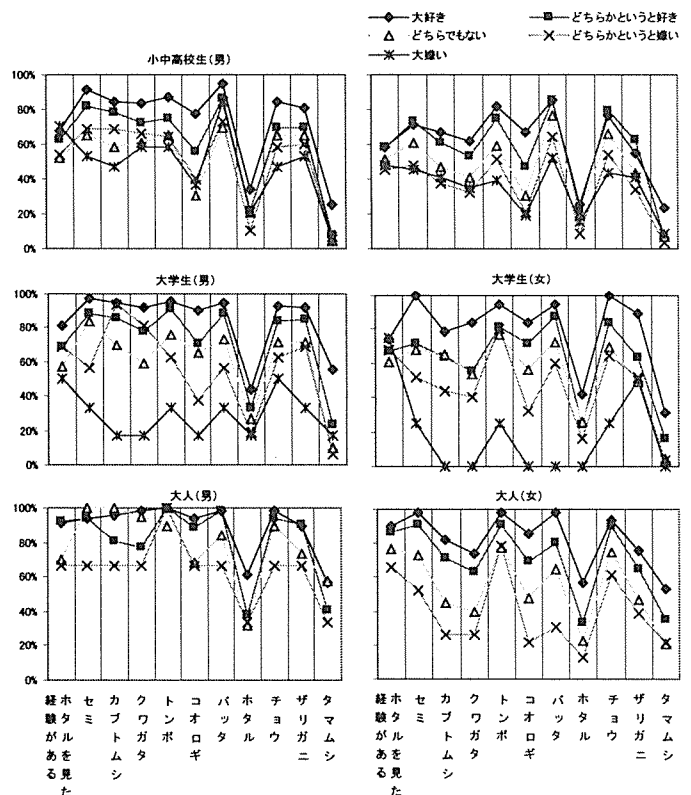


図4-3 つかまえて遊んだことのある生き物の種類

るが、その他は約半分から1/3以下となっている。

4-3 飼ったことのある生きもの(飼育生物)と基本的意識との関係

4-3-1 飼育生物の種類数と基本的意識の関係 (図4-4)

回答者全体についてみると、「大好き」の飼育生物の種類数は、男女とも5種類(男26%、女38%)で最大値を示す。飼育生物数が減少するに従って飼育経験の割合が小さく。反対に「大嫌い」は、男女とも1種類で最大値(男26%、女33%)を示し、種類数が増えるに従って割合が減少する傾向にある。

また、飼育生物の種類数の最大値は、男女とも、「好き」(男4種類、女5種類)、「どちらでもない」(男4種類、女3種類)、「嫌い」(男3種類、女1種類)の順で小さくなる。

この傾向は、小中高年生だけを取り出しても同様であった。

4-3-2 飼育生物の種類と基本的意識の関係 (図4-5)

飼育生物を「魚」「オタマジャクシ・カエル」「クワガタ・カブトムシ」「ザリガニ」「ヤゴ」「ゲンゴロウ・タガメ」「その他」の種類別に見てみると、ほとんどの種類、年代で「大好き」「好き」「どちらでもない」「嫌い」「大嫌い」の順で飼った経験の割合が少なくなっている。

しかし、大学生男子のクワガタ・カブトムシにおいては、「嫌い」の飼育経験が多くなっている。

4-4 見たことのあるトンボの種類と基本的意識との関係 (図4-6)

回答者全体に対して、男女とも3から4種類を境に、それ以下では「大嫌い」から「大好き」の順で割合が高く、それ以上では「大好き」から「大嫌い」の順で割合が高くなっている。

トンボの種類別「アカトンボ」「シオカラトンボ」「ギンヤンマ」「オニヤンマ」「イトトンボ」「ハグロトンボ」「カワトンボ」「チョウトンボ」について、ほとんど種類で、年代、性別を問わず「大好き」から「大嫌い」の順で見た経験の割合が減少している。また、大人のアカトンボについては、男女とも好き嫌いにかかわらず95%が見た経験がある。

アカトンボを手で取った経験については、すべての年代で「大好き」から「大嫌い」の順で経験の割合が減少している。(図4-7)

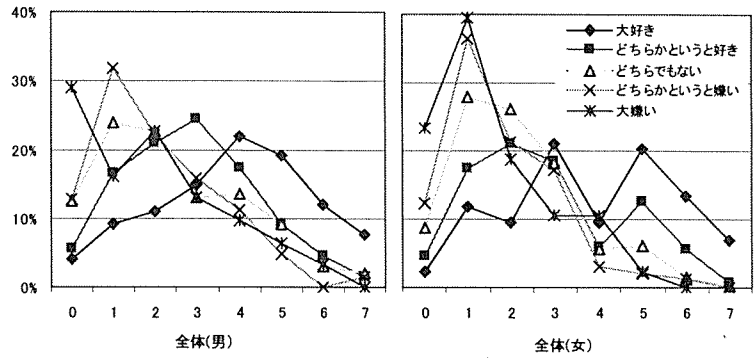


図4-4 飼ったことのある生物の種類数と基本的意識の関係

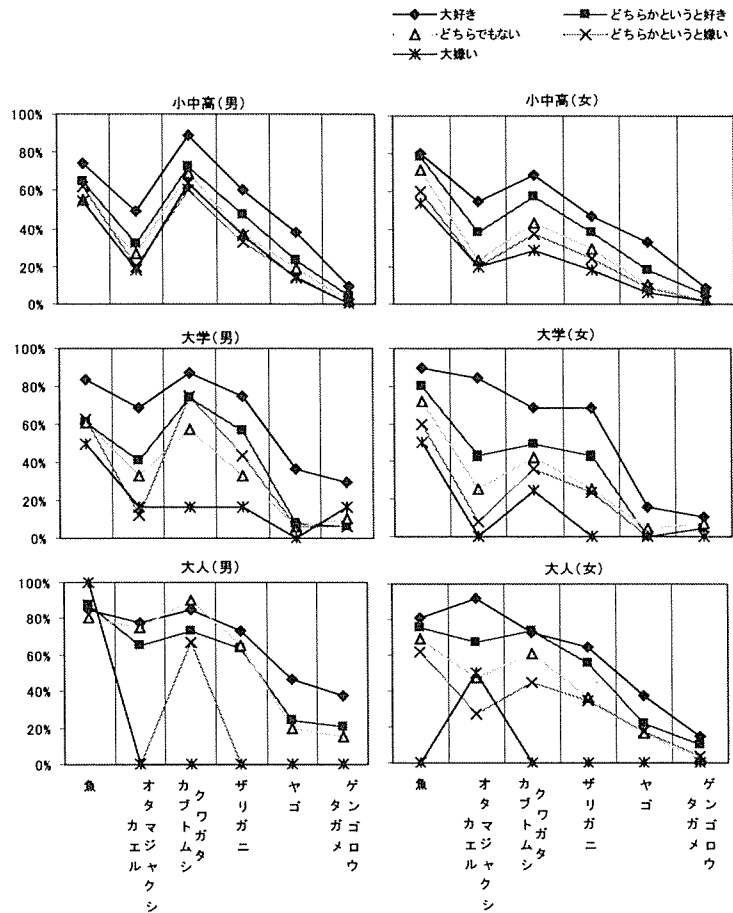


図4-5 飼ったことのある生物の種類と基本的意識の関係

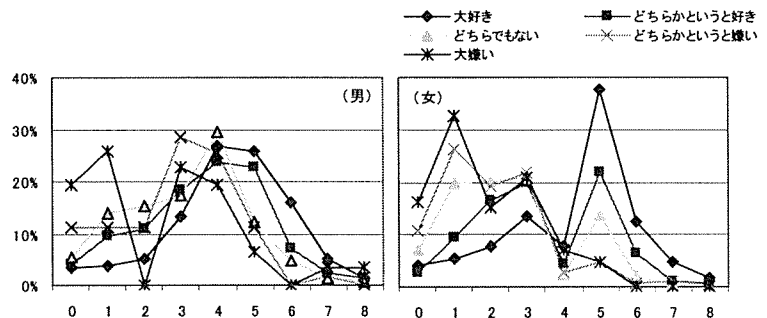


図4-6 見たことのあるトンボの種類と基本的意識との関係

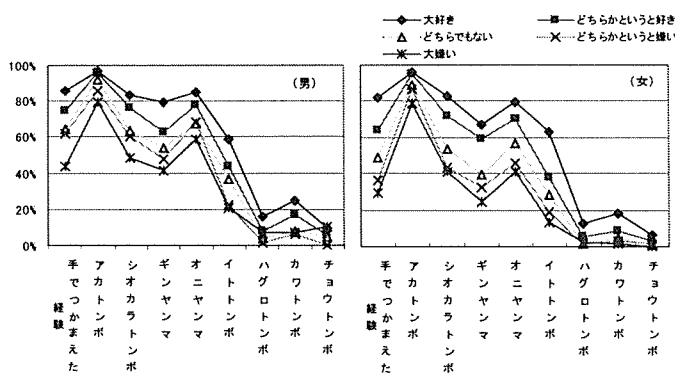


図4-7 アカトンボを手でつかまえた経験、見たことのあるトンボの種類と基本的意識との関係

4-5 身近な環境と基本的意識との関係

4-5-1 基本的知識と「身近に池などが欲しいとの関係 (図4-8)

回答者全体に対して男女とも「大好き」の約95%が「身近に池が欲しい」と回答した。「好き」(男86%, 女91%), 「どちらでもない」(男59%, 女68%), 「嫌い」(男40%, 女47%), の順で減少し, 「大嫌い」では男で17%女で27%であった。また反対に「欲しくない」については, 「大好き」(男4%, 女2%)で少なく「大嫌い」(男67%, 女51%)にかけて増加する。

4-5-2 「どのような池が好きか」との関係 (図4-9)

外来種の影響を簡単に説明した後, 設問「あなたはどちらの池が好きですか」の回答「ブラックバス・ブルーギル・ザリガニがいる池」(ブラックバス), 「トンボがヤゴが多い池」(メダカ), 「どちらでもない」について関係を検討した。

全体では, 「メダカ」の割合が多い(男65%, 女77%)。傾向としては, 男では「どちらかという好き」(73%), 女では「大好き」(92%)で最も多く「どちらでもない」(男55%, 女76%), 「嫌い」(男44%, 女64%), 「大嫌い」(男24%, 女38%)の順で「メダカ」を選んだ割合が小さい。

「ブラックバスの池」は, 小学生, 中学生, 高校生の男において20~30%と高い割合を示す。大学生と大人の男, すべての年代の女では10%以下であり, 両者に大きな違いがある。小学生から高校生までの男について傾向を見ると, 小学生で「ブラックバスの池」は「大好き」(26%), 「好き」(23%), どちらでもない(32%), 「嫌い」(43%)と大きくなる傾向があり, 「大嫌い」では63%に達する。しかし, 中学では「大好き」が36%に増加し「嫌い」52%「どちらでもない」44%に続いて多くなっている。ちなみに「大嫌い」では29%である。

高校生では, 「大好き」が28%と最も高くなり, 「好き」(22%), 「どちらでもない」(20%), 「嫌い」24%, となり, 「大嫌い」では0%であった。

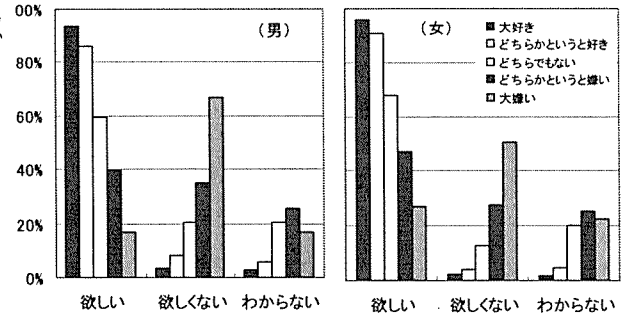


図4-8 身近に池などが欲しいかと基本的意識との関係

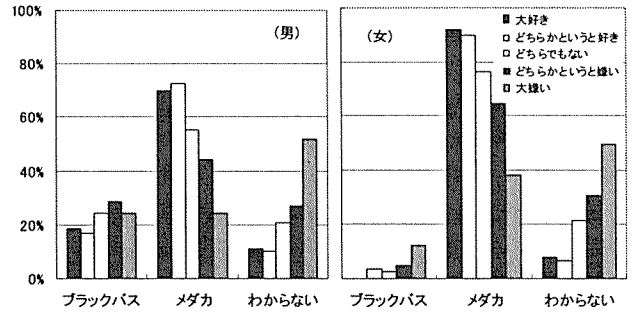


図4-9 好きな池と基本的意識の関係

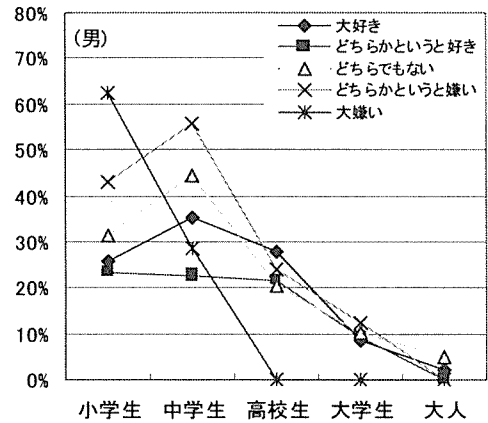


図4-9-2 ブラックバスの回答における年代別の基本的意識との関係

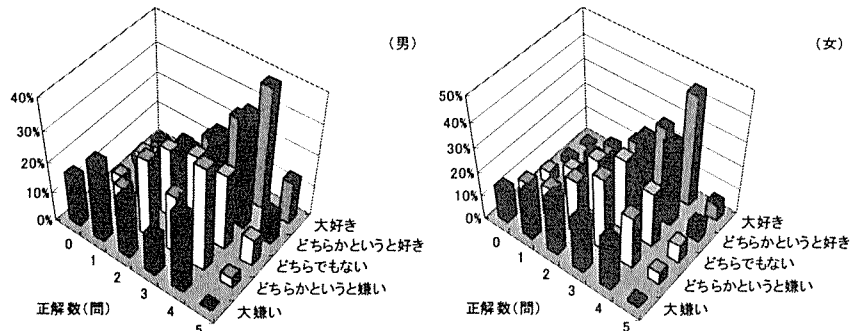


図4-10 生き物等に対する基礎的な知識の正解率との関係

4-6 生きもの等に対する基礎的な知識の正解率との関係 (図4-10)

身近な生きものに対しての基本的意識とカブトムシ、カ、ハチ、コオロギ、セミの5種類の身近な生きものに対する基礎的な質問の正解率との関係では、ほとんどの場合、「大好き」で正解率が高く、「大嫌い」に向けて正解率が減少している。

特に、コオロギとセミで鳴くのはの回答については、他の回答よりも「大好き」「好き」と「嫌い」「大嫌い」との間で正解率に相違がある。

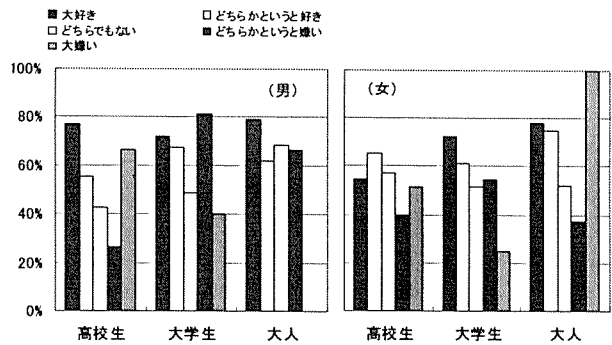


図4-11 子どもの頃育った環境と生物に対する基本的意識について基本的式との関係 (自然の多いところとの関係を抜粋)

4-7 子どものころ育った環境との関係

高校生以上に対しては、子供のころ育ったところは「どちらかというところが多い」と「自然の多いところ」「どちらかというところ」の少ないところ」かの設問を行っている。子どものころ育った環境との関係について検討する。

4-7-1 子どものころ育った環境と生きものに対する基本的意識について (図4-11)

全体的な傾向としては「大好き」の回答に「自然が多いところ」の回答割合が大きく、「大嫌い」にむけて割合が小さくなる。しかし、高校生男子の「嫌い」(81%)、大人女の「大嫌い」(100%)では自然が多いところで育ったの回答が多くなっている。

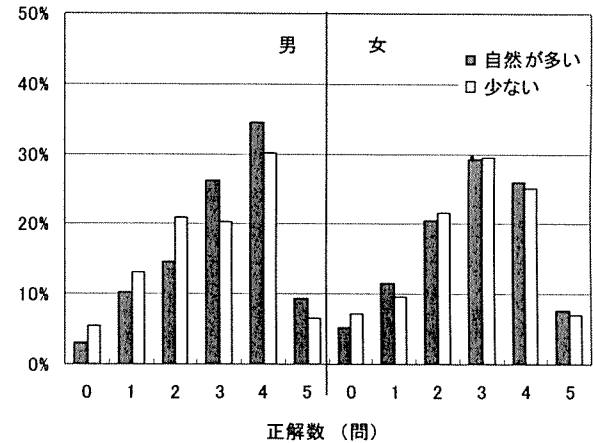


図4-12 育った環境と身近な生き物に対する知識の関係

4-7-2 身近な生きものに対する知識の関係 (図4-12)

基本的知識についての正解数と育った環境についてみると、男については正解が0から2問までは「自然が少ないところ」の割合が高く、3問から5問までは「自然が多いところ」の割合が多くなる。その差は5%程度である。女については、大きな相違は見られない。

4-7-3 捕獲生物の種類数との関係 (図4-13)

男では7種類、女では6種類までは「自然の少ないところ」の方が若干割合が多く、それ以上になると、「自然の多いところ」の方が割合が多くなる。

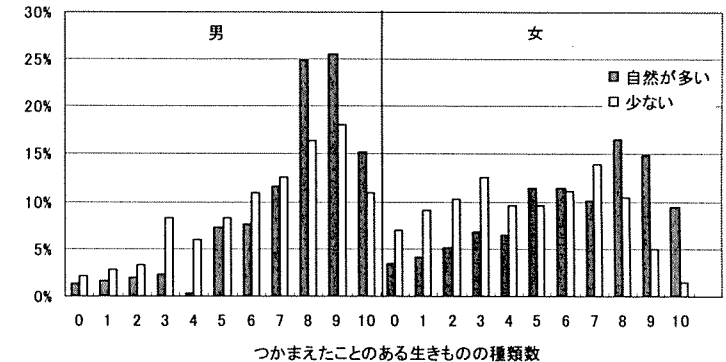


図4-13 子どものころ育った環境と捕獲生物の種類数との関係

4-7-4 飼育生物の種類数との関係 (図4-14)

男では2種類、女では3種類までは育った環境と飼育生物数には、「自然の少ないところ」の方が若干割合が多く、それ以上になると「自然の多いところ」の方が、割合が多くなる。その差は男の1種類で7%、2種類で8%であるが、それ以外ではすべて5%以下である。

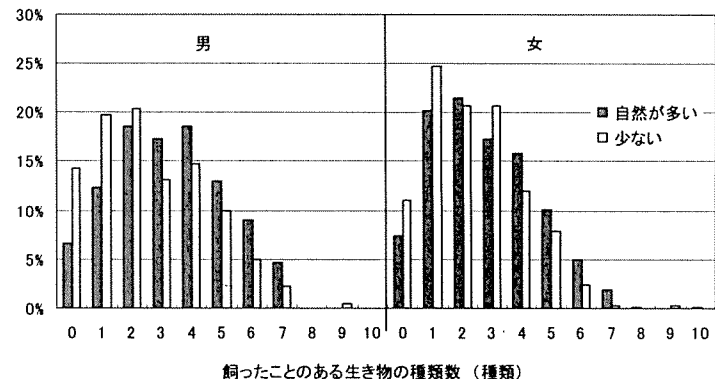


図4-14 育った環境と飼育生物の種類数との関係

4-7-5 見たことのあるトンボの種類数との関係 (図4-15)

男では2種類、女では3種類までは育った環境と飼育生物数には、「自然の少ないところ」の方が若干割合が多く、それ以上になると「自然の多いところ」の方が割合が多くなるが、その差は男の2種類で12%であるが、それ以外ではすべて7%以下である。

4-7-6 好きな池との関係 (図4-16)

全体で見ると、「ブラックバスの池」は「自然の多いところ」「少ないところ」とも10%であった。「メダカの池」については、男で5%、女で7%「自然が多いところ」が多かった。年代別に見ると高校生男の「ブラックバスの池」で「自然の多いところ」のほうが「少ないところ」に比べ6%多かった。

5 まとめ

本報告では、主として身近な生きものに対する好き嫌いという基本的意識と、実際に生きものをつかまえて遊んだり、見たり、飼ったりといった「経験」、身近な池などの自然に対する「欲求（意識）」、鳴いたり刺したりという昆虫のオスメスのなど知識、身近な生きものに対する基本的な「知識」との関係をもとめたものである。また、補足的に子どものころ育った環境との関係についても概略を検討した。

その結果、身近な生きものに対する好き嫌いという基本的な意識に対して、「大好き」「どちらかという好き」というポジティブな感覚を持っているほど、経験、意識、知識とも高いということが判明した。

反面、どのような池が好きかという、自然に対する意識の設問では、男の小学生から高校生にかけて、ブラックバスなどの外来種の住む池を選択したものが20%以上あった。外来種は生態系への影響も大きく、環境教育などによる啓発をしていく必要があると考える。

また、子どものころに育った環境との関係では、「大好き」「どちらかという好き」というポジティブな感覚を持っているほど、子どものころ「自然の多いところで育った」が多く、自然が少ないところになると、「どちらかという嫌い」が増加する。

昨年度の報告において、年代とともに身近な生きものと接する機会が減少してきていることを指摘している。今回の結果から、自然の体験と身近な生きものに対する好き嫌いの意識と子どものころの自然環境に関連があることが判明した。

身近な生きものが好きであれば体験や知識が高いのは当然ともいえるが、逆に体験を通して身近な生きものが好きになるということは否定できないであろう。

今後もエコアップなどによって、子どもたちが、身近な生きもの、自然と触れる機会を創出していくことが重要であると考えます。

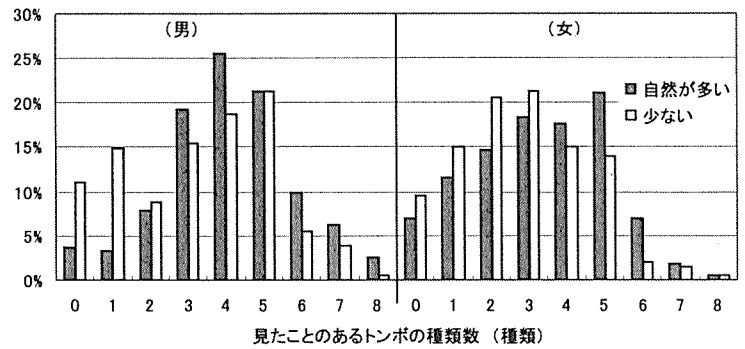


図4-15 育った環境と見たことのあるトンボの種類数との関係

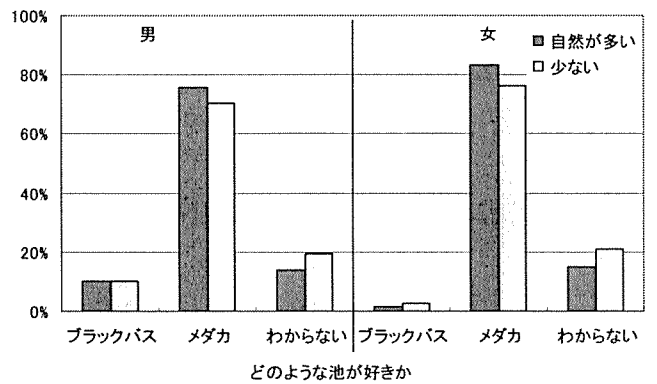


図4-16 育った環境と好きな池との関係

6 謝辞

本調査を行うに当たり、アンケートにご協力していただいた学校関係者のみなさま、特に本年度は横浜商業高等学校のみなさまにアンケート及びデータ集計につきましてご協力いただきました。また、アンケートの作成に当たり、横浜市教育文化研究所研究委員のみなさまから助言をいただきました。ここに感謝の意を表します。

7 参考文献

- 1) 田口正男：子供たちの昆虫体験はいかに変化したか、緑の読本, 35, (1995) p87-91
- 2) 島村雅英・森清和：身近な生きものについてのアンケート調査結果 (第1報), 横浜市環境科学研究所報, 25, (2001) p78-85

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 —

佐俣満夫（横浜市環境科学研究所）

The investigation of atmosphere temperature for heat island
in Yokohama area (Part 2)

The results of years of 1999 and 2000

Mitsuo Samata (Yokohama Environmental Resrarch Institute)

キーワード：ヒートアイランド，温暖化，気温，熱帯夜

要旨

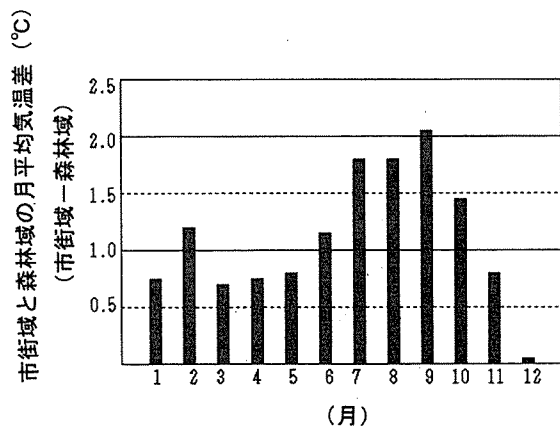
ヒートアイランド調査として森林域（郊外）と市街域の 3 小学校での気温観測の 1999 年（一部欠測）と 2000 年の結果をまとめた。その結果，月平均気温は森林域より市街域の方が通年して高くなっており，2000 年の年平均では市街域の方が 1.1℃ほど高かった。また夏期の最高気温及び熱帯夜の出現日数とその夜間での気温はいずれも市街域の方が高くなっていた。さらに冬の最低気温でも市街域の方が高い傾向が認められ，本市においてもヒートアイランドが生じつつあることが確認された。

1. はじめに

地球規模の温暖化については，最近の気候変動に関する政府間パネル（IPCC）によると世界の気温は 21 世紀末までに現状より最高 5.8℃上昇する可能性が指摘されている。それを受けて 2001 年 11 月の地球温暖化に関する政府間会議（COP7）では，1997 年の京都議定書の運用をめぐる議論が行われている。本市においても温暖化関連法に基づき横浜市地球温暖化対策地域推進計画が策定されている。その中にはヒートアイランド対策も重要課題として盛り込まれている。本市のような大都市では地球規模の温暖化に加えてヒートアイランドのような局所的温暖化も懸念され，これらを総合して都市型温暖化と呼ぶことができる²⁾。市内の気温によるヒートアイランド調査は 1998 年から始まり，その結果は本所報第 24 号¹⁾に報告した。これによると本市でもヒートアイランドは生じつつあり，特に夏期での最高気温と熱帯夜の出現状況，さらに冬期での最低気温が森林域（郊外）より市街域の方が高い傾向が認められ，これらの傾向はヒートアイランドの顕著な特徴と考えられている³⁾。したがって本報では主に 2000 年のデータについてこれらの特徴を中心に報告する。なお，1999 年のデータは春及び秋に欠測がみられたのでここでは夏及び冬のみの考察を行った。

2. 月別平均気温の変化

気温の観測地点は磯子区氷取沢小学校（森林域），南区大岡小学校（内陸市街域），鶴見区生麦小学校（臨海市街域）の 3 カ所であり，観測方法は既報¹⁾の通りである。また気温の観測値は 1 時間ごとの瞬間値としてまとめた。ヒートアイランドの強度は郊外と市街での気温差として表されることから³⁾，ここでは市街域と森林域（郊外に相当）の気温差（市街域－森林域）として評価した。2000 年一年間の月平均気温差（市街域－森林域）を図－1 に



図－1
横浜市内の市街域と森林域での
月平均気温の差（2000年）

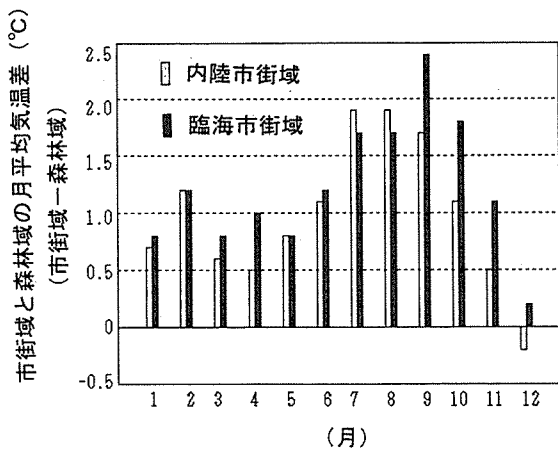


図-2 横浜市内の内陸及び臨海市街域と森林域での月平均気温の差 (2000年)

示す。ここでの市街域の値は内陸と臨海市街域の2地点の平均である。これより気温差は年間を通して森林域より市街域の方が高く年平均でその差は1.1℃であった。気温差の傾向としては2山型となり、夏と冬で気温差が大きくなる傾向がみられ、夏期での気温差は2.0℃程度であり、冬期では1.0℃程度であった。次に、市街域2地点のそれぞれと森林域との気温差を図-2に示す。これより夏から春にかけては内陸と臨海部でその差はほとんどみられないが、夏から秋にかけては臨海部の気温差の方がかなり高い値を示しており、特に9月での臨海市街域での気温差は2.5℃ほどあった。この違いには局地的な海陸風などの季節的影響も考えられる。

3. 最高気温の変化

最高気温とは1日(24時間)での気温の各時間値の最高値を1単位とする。従って月別最高気温とはその月の各日での最高気温の平均値である。2000年一年間の最高気温の月平均値の気温差(市街域-森林域)を図-3に

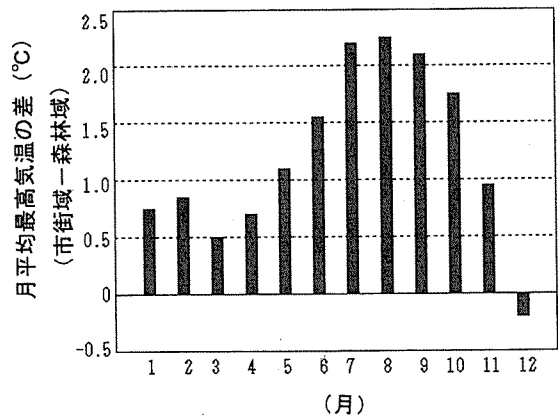


図-3 横浜市内の市街域と森林域での月平均最高気温の差 (2000年)

示す。これより12月を除くすべての月で最高気温の月平均値も森林域より市街域の方が高い傾向にあり、図-1と同様な2山型がみられた。図-1と図-3を比較すると夏期では平均気温の温度差より最高気温の温度差の方が高い傾向が認められる。したがってヒートアイランドの原因の一因として夏期での市街地における最高気温の上昇があげられる。次に、最高気温が30℃以上の年間を通じた各地点別の出現日数を1999年と2000年についてそれぞれ図-4、5に示す。30℃以上の出現日はほぼ6~9月に集中している。1999年においては森林域の最高気温は30~32℃程度に集中しているが、市街域では34℃以上の日が15日程度出現している。2000年では全体の傾向は概ね1999年と同様であるが、臨海市街域で37℃台の日が一日出現しているのが認められる。これは2000年9月2日15時のデータであるが、同時刻の気温は臨海市街域で37.0℃、内陸市街域で34.7℃、森林域で32.8℃であった。9月に入ると最高気温は通常13時頃出現することから考えると、この日の傾向はフェーン現象

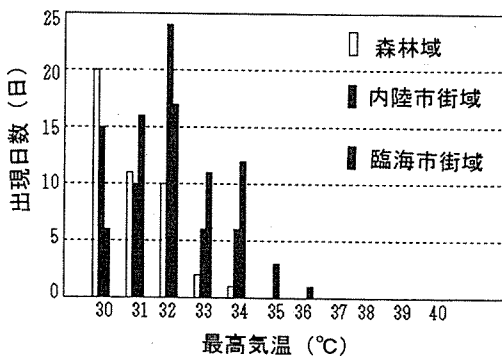


図-4 横浜市内の最高気温ごとの出現日数 (1999年) (30℃以上)

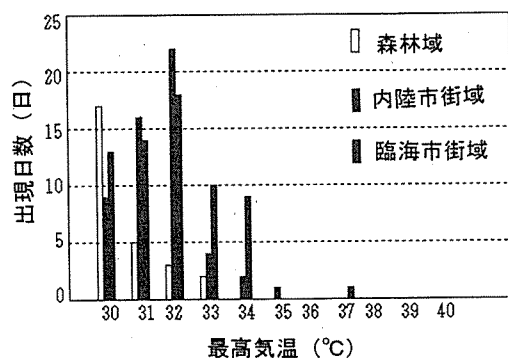


図-5 横浜市内の最高気温ごとの出現日数 (2000年) (30℃以上)

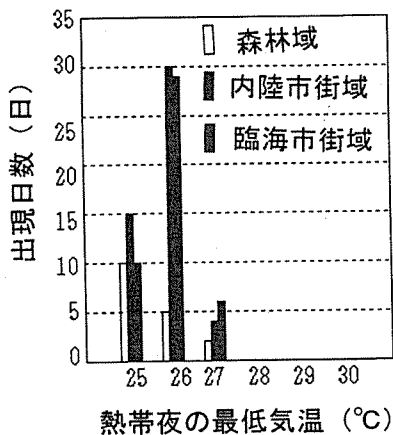


図-6 横浜市内の熱帯夜の最低気温の出現日数 (1999年)

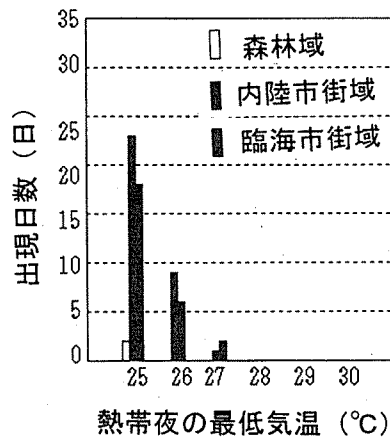


図-7 横浜市内の熱帯夜の最低気温の出現日数 (2000年)

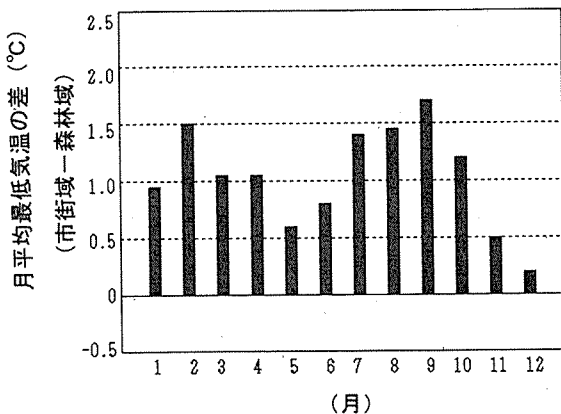


図-8 横浜市内の市街域と森林域での月平均最低気温の差 (2000年)

などにより発生した熱気団が鶴見方面のみを通過した可能性がある。しかし、最高気温の年間での最高値の更新はここ数年の傾向となっており、すでに気象庁のデータでは関東平野の内陸では40℃を越す日が記録されている¹⁾。35℃を超えると熱中症患者の発生は著しく増加するものと考えられるため、本市においてもヒートアイランドの抑制とともに熱中症患者を増やさないための早急な対策が望まれる。

4. 熱帯夜の出現状況

一般に夜間の最低気温が25℃以上の夜を熱帯夜と呼ぶ。熱帯夜の出現日数は1998年では各地点で大差なく概ね11～14日程度であった¹⁾。しかし、1999年では観測地点間で大きな差がみられ森林域では17日に対し内陸市街域では49日、臨海市街域では45日も出現した。また2000年では森林域で2日、内陸市街域で33日、臨海市街域では26日であった。いずれも熱帯夜は7月～9月に集中している。このように熱帯夜の出現日数はその年の気候変動に大きく影響を受けるものと考えられるが、過

去3年間では森林域より市街域の方が多い傾向がみられ、熱帯夜の多い年にはその出現日数の地域差も大きくなるものと考えられた。即ち、熱帯夜の多い年ほど市街地の夜間は郊外より暖められる傾向をもつものと推測される。次に、熱帯夜の夜間の最低気温の温度別の出現日数を地点別に表したものを1999年と2000年についてそれぞれ図-6、7に示す。これらの図より本市では熱帯夜の最低気温が27℃程度もある日が出現しており、熱帯夜の最低気温は森林域より市街域の方が明らかに高い傾向にある。これは夏期での都市夜間の蓄熱がいかに大きいかを伺わせるものと考えられる。

5. 最低気温の変化

最低気温とは最高気温の場合と同様に1日(24時間)での各時間値の最低値を1単位とする。2000年一年間の月平均最低気温の気温差(市街域-森林域)を図-8に示す。この図も図-1や図-3と同様2山型を示しているが、図-1、3では冬期のピークが夏期に比べて小さかったが図-8では冬期と夏期がほぼ1.5℃程度と同じ値であることが特徴である。夏期の最低気温の市街域の上昇はこれまで述べてきた考察よりほぼ推定はつくが、冬期での最低気温が森林域より市街域の方が高い現象はヒートアイランドの著しい特徴と考えられている。この原因は冬期夜間では夜間の逆転層が都市のみを覆うようになるため都市内では熱が蓄積される一方、郊外では放射冷却が活発に行われるためと考えられている³⁾。ヒートアイランドによる冬期の最低気温の上昇は長期的にみたとき、熱帯・亜熱帯の生物群を年間を通して生息させる結果となり、生態系を変えたり熱帯性の害虫や細菌類を繁殖させる懸念があるため、これらの動向に対し十分な注意と監視が必要である。

6. まとめ

森林域1地点と市街域2地点での1999年(一部欠測)

と2000年の気温観測データより、本市においてもヒートアイランドが生じつつあり、その特徴的な傾向がある程度把握された。以下に得られた知見を述べる。

1) 2000年一年間の月平均気温の気温差(市街域-森林域)より、市街では森林域(郊外)より年間を通して気温が高い傾向にあり、年平均で1.1℃ほど高かった。

2) 夏期の最高気温でも森林域より市街域の方が高く、森林域では年間の最高気温は概ね34℃以下であったが、市街域では37℃程度まで上昇した日がみられた。

3) 熱帯夜の過去3年間のデータを比較すると熱帯夜の出現日数は森林域よりも市街域の方が多く、1999年には市街域で50日程度に達した。また熱帯夜の夜間の気温も市街域の方が高い傾向が認められた。

4) 冬期の最低気温についても森林域より市街域の方が

高い傾向が認められた。

以上本市においてもヒートアイランドの特徴的な現象が認められていることから、本文中で述べたような環境への悪影響が懸念されるため、今後詳細な調査や対策が必要と考えられる。

「文献」

- 1) 佐俣満夫：横浜市域の気温によるヒートアイランド調査，横浜市環境科学研究所報，24,57-61(2001)
- 2) 佐俣満夫：都市型温暖化としてのヒートアイランド，かんきょう，3,40-41(2001)
- 3) 斉藤武雄：ヒートアイランド，講談社(1997)
- 4) 日本気象協会編：気象，1～12月号(2000)

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—

梅田てるみ, 加藤善徳(横浜市環境科学研究所)

Acid Rain by Volcanic Gases from Miyakejima (Part.2)

Terumi Umeda, Yosinori Katou
(Yokohama Environmental Science Reserch Institute)

キーワード: 酸性雨, 火山ガス, 金属腐食

要旨

2000年9月頃より, 三宅島火山ガス放出量が急激に増大し, 酸性雨の面からもその影響が懸念された。そこで, 火山ガス放出後1年間(2000年9月~2001年8月)の横浜の降水pHの状況, SO_4^{2-} 等酸性雨原因成分の沈着量の状況等について調べた。また, 各種試験板を用いて酸性雨による金属材料への影響についても調査した。

その結果, 2000年9月以降, pH4未満の低pH降水が頻繁に出現する状況となっており(最低pH2.98), 年平均pHは初期1mm降水が3.88, 一降水全量が4.31と, 火山ガス放出前1年間(1999年9月~2000年8月)に比べそれぞれ0.56, 0.47も低下していた。また, 火山放出物に多く含まれる SO_4^{2-} (非海塩起源 SO_4^{2-}), Cl^- (非海塩起源 Cl^-)の降水による沈着量も, 火山ガス放出後1年間は放出前1年間に比べそれぞれ2.3倍, 1.7倍多くなっていた。さらに, これに対応して, 銅板からのCuの溶出量, 炭素鋼板からのFeの溶出量, ブロンズ板からのCu, Pb, Znの溶出量も, 火山ガス放出後1年間は放出前1年間に比べ1.7~2.6倍多くなっていた。

以上より, 横浜の降水は2000年9月以降, 三宅島火山ガスの影響を強く受けており, その影響は金属材料へも及んでいることがわかった。

1. はじめに

2000年9月頃より, 三宅島火山ガス放出量が急激に増大し, 酸性雨の面からもその影響が懸念された。このため, 前報¹⁾では, 横浜市磯子区で観測している酸性雨データ(1984年~2000年12月まで)及び地上・高層気象データ, SO_2 , NO_x 等の常時監視データ等を用いて火山ガスの影響を調べ, その結果, ①横浜の降水は2000年9月以降, 三宅島火山ガスの影響を強く受け酸性度が強まっていること, ②その影響は, 南よりの風で SO_2 濃度が上昇した場合に主にみられるが, 地上風が北で SO_2 濃度が低い場合でも上空の風が南よりのときには火山ガスの影響を受け強い酸性雨となる場合があること等を報告した。

気象庁の観測によれば, 三宅島からの SO_2 放出量は, 2000年9月当初(約5万トン/日)よりは減少しているものの, 1年以上経過した2001年10月現在も1日約1~2万トン程度の高い値で放出され続けており²⁾, 依然としてその影響が懸念される状況が続いている。

ここでは, 前報に引き続き, 2001年8月までのデータを用いて, 火山ガス放出後1年間の横浜の降水pHの状況, SO_4^{2-} 等酸性雨原因成分の沈着量の状況等について調べた。また, 酸性雨による金属材料への影響についても試験板を用いて調査しているので, その結果についても併せて報告する。

2. 調査内容

2-1 酸性雨の観測

横浜市環境科学研究所では, 1984年より年間を通じ一降水毎, 継続して酸性雨の観測を行っている。ここでは, 三宅島火山ガスの放出量が急激に増大した2000年9月以降1年間(2000年9月~2001年8月)の酸性雨の状況について, 過去の観測結果との比較を中心に解析を行った。以下に酸性雨観測の概要を示す。

(1)測定地点

図-1に測定地点を示した。測定は横浜市磯子区の横浜市環境科学研究所屋上で実施した。測定地点と三宅島とは約150kmの距離にある。

(2)測定期間

1984年5月~2001年8月。

(3)測定方法

降水の採取は自動雨水採取装置(小笠原 US-400)を用いた。採取単位は一降水毎。降り始め初期1mm及び一降水全量(降り始めから降り終わりまで一括採取)を採取した。

(4)分析項目及び分析方法

採取した試料は, 酸性雨等調査マニュアル³⁾に従い, pH, 導電率(EC), SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} を表-1に示す方法で分析した。

2-2 金属試験板のリーチング調査

当研究所では、酸性雨による器物影響のモニタリングとして、金属試験板を用いたリーチング調査を1993年より実施している。リーチング調査とは、酸性雨による試験板からの成分の溶出を調べるものである。以下にリーチング調査の概要を示す。

(1) 調査地点

酸性雨観測地点と同じ横浜市環境科学研究所屋上で実施した。

(2) 調査期間

1993年12月～2001年8月(ただし、ブロンズ板は1999年3月から開始)。

(3) 調査方法

簡易雨水採取器(3台)に銅、炭素鋼、ブロンズの試験板を各3枚ずつ取り付け(ブロンズ板は2枚)、1ヶ月単位で雨水を採取し、溶出してきた成分(銅板:Cu,炭素鋼板:Fe,ブロンズ板:Cu,Pb,Zn)を分析した。Cu,Fe,Pb,Znの分析はICP発光分析法により行った。試験板の仕様は以下のとおりである。

①銅板 規格:JIS H3100 C1100P,寸法:1.2×100×100mm,重量:約100g,表面研磨:鏡面羽布仕上,日本テストパネル社製。

②炭素鋼板 規格:JIS G3141 SPCC-B,寸法:1.2×100×100mm,重量:約90g,表面研磨:#400研磨,日本テストパネル社製。

③ブロンズ板 規格:JIS H5111 BC6,寸法:7×100×100mm,重量:約620g,表面研磨:400HL機械加工,日本テストパネル社製。

以上、調査方法等の詳細については既報^{4),5)}を参照されたい。

3. 結果および考察

3-1 酸性雨の状況

図-2に1999年1月～2001年8月までの一雨毎のpHを、図-3に酸性雨の主な原因成分である SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- 沈着量の経月変化を示した。沈着量は一降水全量の成分濃度と降水量との積で算出した。また、表-2に、三宅島火山ガスの放出量が急激に増大した2000年9月以降1年間(2000年9月～2001年8月)の平均pH, SO_4^{2-} , NO_3^- 等の年間沈着量を示した。表には、比較のため2000年9月以前1年間(1999年9月～2000年8月)の値も併せて示した。

(1) pH

図-2にみられるように、pHは初期1mm、一降水全量ともに、2000年9月以降、pH4未満の低pH降水が頻繁に出現する状況であった。特に、2001年6月5日～6日の降水は、初期1mmがpH2.98、一降水全量(降水量2.5mm)がpH3.25と極めて低く、初期1mm、一降水全量ともに、これまでの観測以来、最低pHを記録した。なお、この日は、埼玉県所沢市(pH3.02)、神奈川県川崎市(pH3.2)など、周辺各地でも低pH降水が観測されている⁶⁻⁸⁾。

図-4に最近約10年間のpHの経月変化(降水量で重

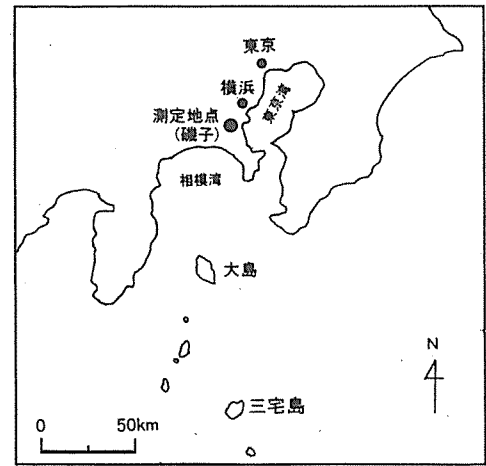


図-1 測定地点

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

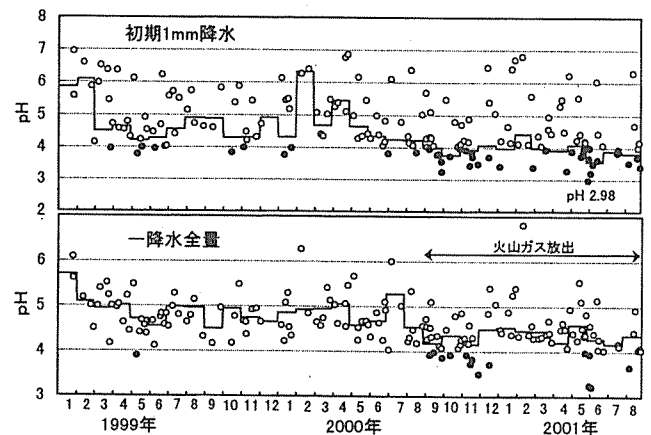


図-2 一雨毎の降水pHの変化 (●はpH4未満, 実線は月平均値を示す。)

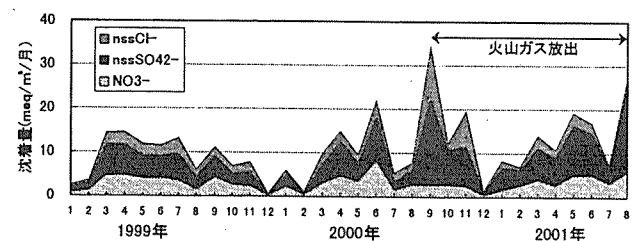


図-3 SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- 沈着量の経月変化

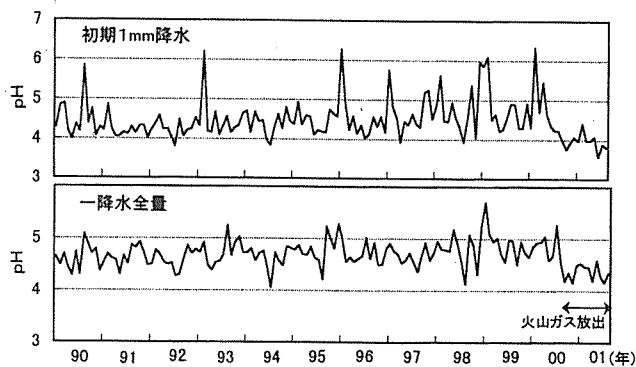


図-4 降水pHの経月変化

表-2 2000年9月以前, 以降の降水pHと沈着量
(沈着量単位 meq/m²/年)

	前1年間 (A)	後1年間 (B)	B/A	
降水量(mm)	1349	1666	1.2	
pH(初期1mm)	4.44	3.88	-	
pH(一降水)	4.78	4.31	-	
沈着量	H ⁺	22.2	81.1	3.7
	nssSO ₄ ²⁻	46.0	104.3	2.3
	seaSO ₄ ²⁻	5.4	5.8	1.1
	NO ₃ ⁻	35.8	38.0	1.1
	nssCl ⁻	21.7	36.1	1.7
	seaCl ⁻	52.9	57.5	1.1
	NH ₄ ⁺	57.1	65.9	1.2
	Na ⁺	45.1	49.1	1.1
	K ⁺	1.6	1.6	1.0
	Ca ²⁺	16.2	18.0	1.1
Mg ²⁺	12.2	11.0	0.9	

注) A: 1999年9月-2000年8月, B: 2000年9月-2001年8月。
注) nssは非海塩起源, seaは海塩起源を示す(Na⁺を海塩指標として算出)。

み付けした加重平均値)を示したが, pHは初期1mm, 一降水全量とも, 三宅島火山ガスの放出量が急激に増大した2000年9月頃から急激に低下しているのがわかる。

これを火山ガス放出前後の平均値でみると(表-2), 放出前1年間の平均pHは初期1mmが4.44, 一降水全量が4.78であったが, 放出後1年間は, 初期1mmが3.88, 一降水全量が4.31と, それぞれ0.56, 0.47も低下していた。

(2) 降水成分

図-3にみられるように, 酸性雨原因成分のうちnssSO₄²⁻, nssCl⁻の沈着量は, 三宅島火山ガス放出量が増大した2000年9月に急激に多くなった。その後, nssCl⁻沈着量は2000年9月以前と同程度まで減少しているものの, nssSO₄²⁻沈着量は依然として高い値で推移している。一方, NO₃⁻はnssSO₄²⁻, nssCl⁻とは異なり2000年9月以降とくに増大することはなく, ほぼ一定となっていた。これら成分のうちNO₃⁻は火山放出物にはほとんど含まれず, nssSO₄²⁻, nssCl⁻はSO₂ガス, HClガスとして放出されている^{9),10)}ことから,

前報¹⁾でも述べたように, nssSO₄²⁻, nssCl⁻の沈着量が増大したのは三宅島火山ガスの影響によるものと考えられる。なお, nssCl⁻の沈着量がこのところ減少しているのは, HClガスの放出量が減少してきていることを示唆している可能性がある。

これを, 火山ガス放出前後の年間値(meq/m²/年)でみると(表-2), 放出前1年間はnssSO₄²⁻は46, NO₃⁻は36, nssCl⁻は22, 放出後1年間はnssSO₄²⁻は104, NO₃⁻は38, nssCl⁻は36であり, 火山ガス放出後は放出前に比べ, nssSO₄²⁻は2.3倍, nssCl⁻は1.7倍も多くなっていた。NO₃⁻は1.1倍と放出前とほとんど変わっていなかった。

3-2 リーチング調査結果

図-5に1999年1月~2001年8月における各種試験板からの金属溶出量の経月変化を示した。溶出量は成分濃度と貯水量との積で算出した。単位は銅板と炭素鋼板がmg/3枚, ブロンズ板がmg/2枚である。また, 表-3に, 三宅島火山ガスの放出量が急激に増大した2000年9月以降1年間(2000年9月~2001年8月)の年間溶出量を示した。表には比較のため2000年9月以前1年間(1999年9月~2000年8月)の値も併せて示した。なお, 1998年までのリーチング調査結果については既報^{4),5)}を参照されたい。

(1) 銅板からの溶出

図-5に示すように, 銅板からのCuの月間溶出量は, 2000年8月以前はほぼ10(mg/月/3枚)未満で推移していたものが, 三宅島火山ガス放出量が急激に増大した2000年9月は21(mg/月/3枚)と非常に多くなり, 以降も10(mg/月/3枚)を越える月が頻発した。

図-6にnssSO₄²⁻沈着量とCu溶出量の関係を示したが, 両者はよい相関(r=0.92)を示しており(これはnssCl⁻沈着量(r=0.75), H⁺沈着量(r=0.89)でも同様であった), 三宅島火山ガスの影響によるこれら成分の沈着量の増加が銅の溶出量増加の要因になっていると考えられる。なお, NO₃⁻沈着量とCu溶出量との相関(r=0.60)はそれほどよくなかった。

火山ガス放出前後の年間値でみると(表-3), 放出前1年は49.3(mg/年/3枚), 放出後1年は108(mg/年/3枚)であり, 火山ガス放出後は放出前に比べ2.2倍もCuの溶出量が多くなっていた。

(2) 炭素鋼板からの溶出

炭素鋼板からのFeの月間溶出量は(図-5), 2000年8月以前はほぼ5(mg/月/3枚)未満で推移していたものが, 三宅島火山ガス放出量が急激に増大した2000年9月以降は5(mg/月/3枚)を越える月が頻発するようになり, 銅板と同様の傾向となっていた。

火山ガス放出前後の年間値でみると(表-3), 放出前1年は26.6(mg/年/3枚), 放出後1年は51.3(mg/年/3枚)であり, 火山ガス放出後は放出前に比べ1.9倍もFeの溶出量が多くなっていた。

(3) ブロンズ板からの溶出

ブロンズ板からのCu, Pb, Znの月間溶出量(3成分の合計, 図-5)は, 2000年8月以前はほぼ10(mg/月/2枚)未満で推移していたものが, 三宅島火山ガス放出量が急

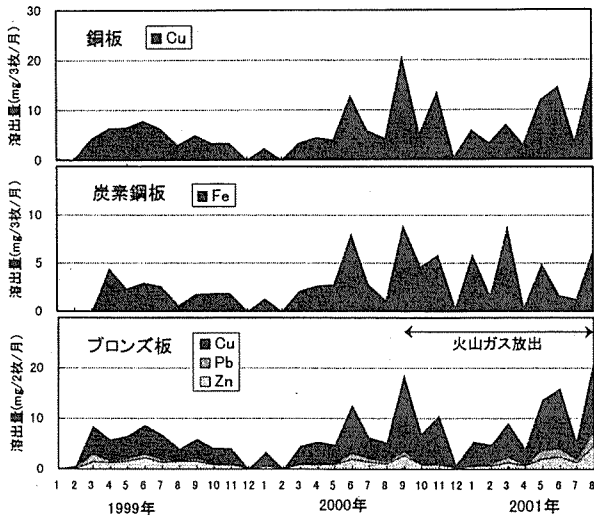


図-5 各種試験板からの金属溶出量の経月変化

表-3 各種試験板からの金属の溶出量
(銅板, 炭素鋼板:mg/年/3枚, ブロンズ板:mg/年/2枚)

試験板	溶出成分	溶出量		
		前1年(A)	後1年(B)	B/A
銅板	Cu	49.3	107.6	2.2
炭素鋼板	Fe	26.6	51.3	1.9
ブロンズ板	Cu	41.9	88.9	2.1
	Pb	3.8	10.2	2.6
	Zn	10.6	17.7	1.7

注) A:1999年9月-2000年8月, B:2000年9月-2001年8月。

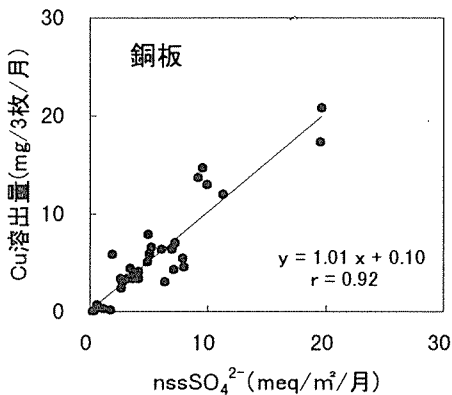


図-6 nssSO₄²⁻沈着量とCu溶出量の関係

激に増大した2000年9月は19(mg/月/2枚)と非常に多くなり、以降も10(mg/月/2枚)を越える月が頻発しており、銅板、炭素鋼板と同様の傾向となっていた。

火山ガス放出前後の年間値でみると(表-3)、放出前1年はCuが41.9(mg/年/2枚)、Pbが3.8(mg/年/2枚)、Znが10.6(mg/年/2枚)、放出後1年はCuが88.9(mg/年/2枚)、Pbが10.2(mg/年/2枚)、Znが17.7(mg/年/2枚)であり、火山ガス放出後は放出前に比べCuが2.1倍、Pbが2.6倍、Znが1.7倍溶出量が多くなっていた。

以上、2000年9月以降1年間の年平均pHは前1年と

比べて0.5程低く、nssSO₄²⁻、nssCl⁻の年間沈着量は前1年に比べ約2倍(1.7~2.3倍)増加しており、これに対応して銅などの金属板の溶出量も約2倍(1.7~2.6倍)増加していることがわかった。このような現象は、金属試験板のみならず、一般の屋外器物(ブロンズ像、鉄筋建材、コンクリート建造物等)にも同様に起きている可能性があり、今後も火山活動に伴う強い酸性雨が降り続くようであれば、これら建造物等の被害が顕在化していく恐れもある。今後は、引き続き注意深く酸性雨を監視していくとともに、これら屋外器物の劣化状況等についても調査する必要がある。

4. まとめ

2000年9月頃より、三宅島火山ガス放出量が急激に増大し、酸性雨の面からもその影響が懸念された。そこで、火山ガス放出後1年間(2000年9月~2001年8月)の横浜の降水pHの状況、nssSO₄²⁻等酸性雨原因成分の沈着量の状況等について調べた。また、試験板を用いて酸性雨による金属材料への影響についても調査した。その結果、次のことがわかった。

(1) 2000年9月以降、pH4未満の低pH降水が頻繁に出現しており、とくに、2001年6月5日の初期1mm降水はpH2.98と極めて低く、これまでの観測以来最低pHを記録した。

(2) 火山ガス放出前1年間(1999年9月~2000年8月)の降水の平均pHは、初期1mmが4.44、一降水全量が4.78であったが、火山ガス放出後1年間(2000年9月~2001年8月)は初期1mmが3.88、一降水全量が4.31とそれぞれ0.56、0.47も低下していた。

(3) また、火山放出物に多く含まれるnssSO₄²⁻、nssCl⁻の降水による沈着量も、火山ガス放出前1年間が46、22(meq/m²/年)に対し、火山ガス放出後1年間が104、36(meq/m²/年)とそれぞれ2.3倍、1.7倍も多くなっていた。

(4) 銅板からのCuの溶出量、炭素鋼板からのFeの溶出量、ブロンズ板からのCu、Pb、Znの溶出量を調べた結果、火山ガス放出後1年間は放出前1年間に比べ、溶出量が1.7~2.6倍も多くなっていた。

以上より、横浜の降水は2000年9月以降、三宅島火山ガスの影響を強く受けており、金属材料へもその影響が及んでいることがわかった。2001年10月現在も三宅島火山ガスは大量に放出され続けていることから、今後も引き続き注意深く酸性雨を監視していくとともに、屋外の建造物等への影響についても調査していく必要がある。

文献

- 1) 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)。
- 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13年10月22日)。
- 3) 環境庁大気保全局: 酸性雨等調査マニュアル(改訂版)(平成2年3月)。
- 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) 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).
- 6) 埼玉新聞他: 2001年6月13日.
- 7) 埼玉県環境防災部青空再生課: 酸性降雨等についての情報, <http://www.kankyou.pref.saitama.jp/jj/jj0101/jj010100414001.htm> (2001).
- 8) 川崎市環境局公害部大気課: 酸性雨状況 (平成13年6月報告), <http://www.city.kawasaki.jp/30/30taiki/home/ame/ame200106.htm> (2001).
- 9) 平林順一: 火山噴火と火山ガス, 大気環境学会特別講演会「三宅島噴火と広域大気汚染」講演要旨集, 7-15 (2001).
- 10) 風早康平: 三宅島噴火における火山性ガスの噴出量, 大気環境学会特別講演会「三宅島噴火と広域大気汚染」講演要旨集, 17-25 (2001).

横浜市における乾性沈着物の測定 — インファレンシャル法による乾性沈着量の推定と代理表面法との比較 —

梅田てるみ, 加藤善徳(横浜市環境科学研究所)

Measurement of Dry Deposition by Inferential Method in Yokohama City.

Terumi Umeda, Yosinori Katou

(Yokohama Environmental Science Reserch Institute)

キーワード: 酸性雨, 乾性沈着, インファレンシャル法, 代理表面法

要 旨

酸性雨による森林等への影響を評価する際に不可欠である乾性沈着量を見積もるため、2000年4月～2001年3月の1年間、横浜市磯子区で、4段ろ紙法により大気中ガス、粒子状成分濃度を測定し、この測定結果と既存の乾性沈着速度からインファレンシャル法により針葉樹、落葉樹、裸地に対する乾性沈着量を求めた。また、同時に代理表面法による乾性沈着量の測定も行い、両者を比較した。

インファレンシャル法による SO_2 、 NO_x の年間乾性沈着量 ($\text{mmol}/\text{m}^2/\text{年}$) は、針葉樹 18.0, 31.0, 落葉樹 12.0, 23.9, 裸地 14.3, 18.0 であった。また、 SO_2 、 NO_x とともにこれら乾性沈着量の大部分 (71～90%) がガスによるものであった。

一方、代理表面法による SO_2 、 NO_x の年間乾性沈着量 ($\text{mmol}/\text{m}^2/\text{年}$) は 6.3, 10.9 であり、インファレンシャル法に比べ 0.35 倍～0.61 倍と少なかった。しかし、成分、沈着面によっては代理表面法とインファレンシャル法はよい相関関係を示しており、代理表面法は乾性沈着量の相対的な評価には有用であると考えられた。

1. はじめに

地表面、樹木表面、湖沼面等への酸性物質の沈着には、雨や霧など降水に伴って沈着する「湿性沈着」の他、降水過程を経ず、ガス、粒子として直接沈着する「乾性沈着」がある。森林等への影響を評価するには、酸性物質がどれだけ沈着しているのかその総量を把握する必要があるが、湿性だけでなく乾性沈着量についても把握することが非常に重要である。

これまで、湿性沈着については、国、自治体を始め、多くの研究機関等で測定がなされてきており、国内の降水 pH、 SO_2 、 NO_x 等の湿性沈着量の実態については、かなり詳細に解明されている。一方、乾性沈着については、国内では、これまで、主に湿性/乾性分別採取装置を用いてバケツなどに採取する代理表面法によって測定されてきた¹⁾が、この方法による乾性沈着量は、重力降下する降下ばいじん及び慣性衝突・拡散で捕集される一部のガスと粒子であり、乾性沈着の一部しか捕集されないため、森林等への影響評価としては不十分であることがわかってきた²⁾。現在、これに代わる測定法は完全には確立されておらず種々の検討がなされている段階であるが、比較的簡便に行えるものとしてインファレンシャル法 (Inferential method) が主流になりつつあり、2001年1月に正式稼働した東アジア酸性雨モニタリングネットワークでもこのインファレンシャル法が採用されている。

一方、横浜市環境科学研究所では 1986 年より代理表面

法による乾性沈着量のモニタリングを実施しており、経年推移、他地域との比較など、これまでに一定の知見を得てきている³⁻⁵⁾。さらに、1999年6月からは、東アジア酸性雨モニタリングネットワーク等の動向を踏まえ、インファレンシャル法による乾性沈着量のモニタリングを目的に、大気中ガス、粒子状成分の測定を開始した。(なお、この調査は、全国環境研協議会酸性雨調査研究部会による第3次酸性雨全国調査の一環としても実施している。)

ここでは、本格的に測定を開始した 2000 年 4 月から 2001 年 3 月までの 1 年間の大気中ガス、粒子状成分濃度の測定結果、及び、この測定結果を用いてインファレンシャル法により乾性沈着量を算出した結果について報告する。また、同時に代理表面法による乾性沈着量の測定も行っているため、この結果についても併せて報告する。

2. 調査内容

2-1 インファレンシャル法による乾性沈着物の測定

インファレンシャル法は、大気中ガス、粒子状成分濃度 (C) を実測し、樹木等各種表面に対する乾性沈着速度 (Vd) を気象データ等を用いたモデル式より求め、その積 ($F = Vd \times C$) から間接的に乾性沈着量 (F) を測定するものである。本調査では、大気中ガス、粒子状成分濃度 (C) については実際に測定を行い、乾性沈着速度 (Vd) については過去に報告されている既存の値を用いた。以下に調

査方法の概要を示す。

(1) 大気中ガス、粒子状成分濃度の測定

大気中のガス、粒子状成分濃度の測定は全国環境研協議会第3次酸性雨全国調査実施要領^{6,7)}に基づき実施した。図-1、表-1に測定方法を示す。

ア. 調査地点および調査期間

2000年4月～2001年3月までの1年間、横浜市環境科学研究所屋上(横浜市磯子区滝頭)で実施した。なお、2000年8月28日から9月4日の1週間は欠測である。

イ. 採取方法

図-1に示すフィルターパック法(4段ろ紙法)により大気中のガス及び粒子状物質を採取した。ここでF0はPTFE(ポリテトラフルオロエチレン)ろ紙(孔径0.8μm, 直径47mm, ADVANTEC社製T080A047A), F1はポリアミドろ紙(孔径0.45μm, 直径47mm, PALL社製Ultipor N66), F2は6%K₂CO₃+2%グリセリン含浸ろ紙, F3は5%H₃PO₄+2%グリセリン含浸ろ紙である。含浸ろ紙(F2, F3)はセルロースろ紙(ADVANTEC社製No.51A, 直径47mm)に上記の捕集試薬を含浸させて作成した。

吸引速度は1L/minで1週間連続採取(1週間で約10m³)し、採気量は積算流量計で計測した。

以上より、F0で大気中の粒子状物質を採取し、F1でHNO₃ガス, F2でSO₂ガス, HClガス, F3でNH₃ガスを採取した。なお、F1ではHNO₃ガスの他、SO₂, HCl, NH₃ガスも一部採取される。

ウ. 採取試料の抽出と分析

試料採取後のろ紙をキャップ付きポリプロピレン試験管に入れ、F0, F1, F3には蒸留水20mlを、F2には0.3%(v/v)H₂O₂溶液20mlを加え、20分間超音波抽出を行った。これらの抽出液についてイオンクロマトグラフ法によりイオン成分の分析を行った。

エ. 大気中濃度の算出

大気中濃度は、粒子についてはF0より測定したイオン成分濃度(SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺)より、ガスについては、HNO₃はF1より測定したNO₃濃度より、HClはF1とF2より測定したCl濃度の合算より、SO₂はF1とF2より測定したSO₄²⁻濃度の合算より、NH₃はF1とF3より測定したNH₄⁺濃度の合算より算出した。大気中ガス、粒子状成分濃度の単位はnmol/m³を用いた。

(2) インファレンシャル法による乾性沈着量の算出

インファレンシャル法による乾性沈着量の算出は、(1)の測定結果を用いて次式²⁾により行った。

$$F = F(\text{ガス}) + F(\text{粒子})$$

ただし、

$$F(\text{ガス}) = Vd(\text{ガス}) \times C(\text{ガス}) \times 0.0259$$

$$F(\text{粒子}) = Vd(\text{粒子}) \times C(\text{粒子}) \times 0.0259$$

ここで、F(mmol/m²/月)は乾性沈着量、Vd(ガス:cm/s), Vd(粒子:cm/s)はガスおよび粒子状成分の沈着速度、C(ガス:nmol/m³), C(粒子:nmol/m³)は大気中のガスおよび粒子状成分の濃度である。

なお、乾性沈着速度(Vd)については、これまで国内での測定例は少なく、現段階では日本における標準的な値は確立されていない。ここでは、WMO(世界気象機構)で提唱されているガス(SO₂, HNO₃)及び粒子(SO₄²⁻, NO₃⁻)

の乾性沈着速度⁸⁾を基に表-2に示す値を用いて、針葉樹、落葉樹、裸地へのSO₄²⁻, NO₃⁻の乾性沈着量を算出した(なお、表-2のVdについては、沈着表面の「濡れ」の効果が考慮されていないなどの問題点も指摘されている⁹⁾)。

2-2 代理表面法(従来法)による乾性沈着物の測定

代理表面法による乾性沈着物の採取は、湿性/乾性沈着分別採取装置(小笠原計器US-400)を用い、ステンレス製テフロンコーティングの容器(口径20cm, 深さ25cm)に1ヶ月単位で採取した。測定地点、期間は2-1と同じである。採取後、容器に付着した乾性沈着物を蒸留水に溶解し、ろ過後、イオンクロマトグラフ法によりSO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺の分析を行った。乾性沈着量はイオン成分濃度と溶解水量の積から求め、単位はmmol/m²/月とした。

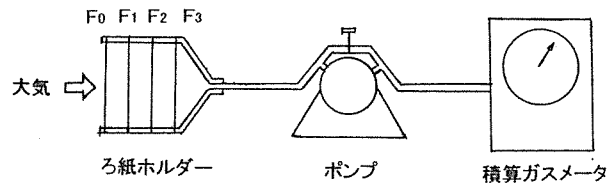


図-1 4段ろ紙法によるガス及び粒子状成分の採取方法

表-1 4段ろ紙法による大気中ガスおよび粒子状物質の測定方法

	捕集ろ紙	測定対象	抽出液	分析法
F0	PTFE (Advantec T080A047A)	粒子状物質	蒸留水 20ml	IC法
F1	ポリアミド (PALL Ultipor N66)	HNO ₃ (SO ₂ , HCl, NH ₃)	蒸留水 20ml	IC法
F2	6%K ₂ CO ₃ +2%グリセリン含浸セルロース	SO ₂ , HCl	0.3%H ₂ O ₂ 20ml	IC法
F3	5%H ₃ PO ₄ +2%グリセリン含浸セルロース	NH ₃	蒸留水 20ml	IC法

*IC法:イオンクロマトグラフ法

表-2 乾性沈着速度(単位 cm/s)

沈着面	SO ₂	SO ₄ ²⁻	HNO ₃	NO ₃ ⁻	
針葉樹	0.35	0.35	3	0.35	
落葉樹	夏季	0.35	0.25	3	0.25
	冬季	0.15	0.15	1.5	0.15
裸地	0.35	0.1	2	0.1	

3. 結果および考察

3-1 大気中のガス、粒子状成分濃度

図-2に2000年4月より2001年3月までの1年間、横浜市環境科学研究所で1週間毎測定したガスおよび粒子状成分濃度の測定結果を、図-3にこれらの月平均値の推移を示した。また、表-3に月平均値の最高値、最低値及び年平均値を示した。

3-1-1 ガス成分

(1) SO₂

SO₂濃度(図-3)は、4～8月の間は70～100nmol/m³程度で推移していたが、9月に233nmol/m³と急激に上昇、10～1月は95～120nmol/m³程度と一旦低下したが、2～3月は140～190nmol/m³と再びやや上昇していた。年平均値は109nmol/m³であった。なお、9月にSO₂濃度が急上昇したのは三宅島火山ガスの影響^{18,19)}によるものと考えられ、週間値(図-2)では最高398nmol/m³と極めて

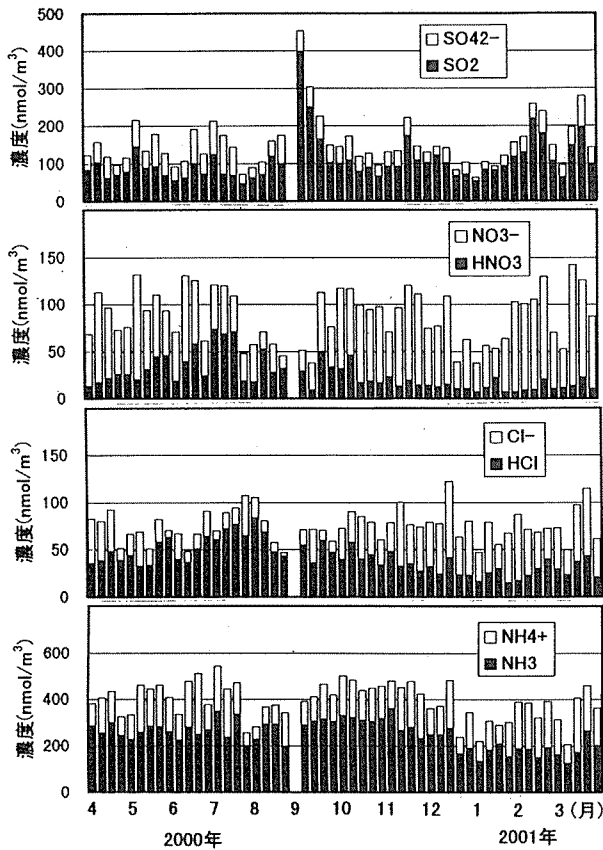


図-2 大気中ガス、粒子状成分濃度の変化
(2000年8月28日～9月4日の1週間は欠測)

高い値となっていた。

図-4に本4段ろ紙法によるSO₂濃度と大気常時監視局(横浜商業高校局:測定地点の北西約1.5km)のSO₂濃度¹³⁾(溶液導電率法)の関係を示した。両者は概ねよい相関(r = 0.82)を示したが、従来から指摘^{2,4)}されているように、4段ろ紙法の値は自動測定機の値に比べ低めとなっていた。

(2) HNO₃

HNO₃濃度は、夏に高く冬に低い傾向を示し、最高値は7月の58.3nmol/m³、最低値は2月の11.6nmol/m³、年平均値は24.4nmol/m³であった。HNO₃濃度が夏に高くな

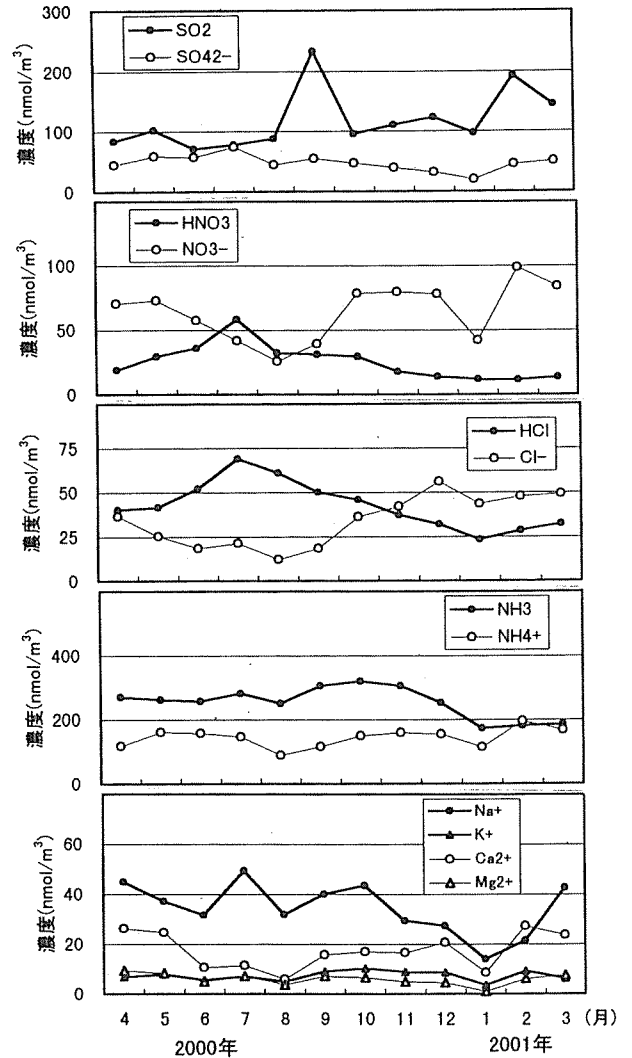


図-3 大気中ガス、粒子状成分濃度の経月推移

表-3 大気中のガス状、粒子状成分濃度

(測定期間:2000年4月～2001年3月)

	ガス状物質(nmol/m ³)				粒子状物質(nmol/m ³)							
	SO ₂	HNO ₃	HCl	NH ₃	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
月最高	233.4	58.3	68.9	318.9	73.8	98.8	56.1	49.2	195.0	10.3	27.3	9.4
月最低	71.0	11.6	23.3	173.8	20.1	25.6	12.1	13.8	89.9	3.5	6.0	1.0
年平均	109.4	24.4	41.1	248.6	46.2	64.4	34.9	33.6	145.2	7.1	17.3	5.8

るのは、 HNO_3 は主に光化学反応により生成するため^{2,19)}である。

(3) HCl

HCl 濃度は、 HNO_3 と同様、夏に高く冬に低い傾向を示し、最高値は7月の 68.9nmol/m^3 、最低値は1月の 23.3nmol/m^3 、年平均値は 41.1nmol/m^3 であった。なお、三宅島火山からは HCl も SO_2 と同等量放出されていると報告されている¹⁹⁾が、本調査では、HCl については前述の SO_2 のような急激な濃度上昇はみられなかった。

(4) NH_3

NH_3 濃度は、9～11月が $305\sim 320\text{nmol/m}^3$ 程度とやや高く、1～3月が 180nmol/m^3 前後とやや低い他は 250nmol/m^3 程度とほぼ一定で推移していた。年平均値は 249nmol/m^3 であった。

3-1-2 粒子状成分

(1) SO_4^{2-}

SO_4^{2-} 濃度は、夏に高く冬に低い傾向を示し、最高値は7月の 73.8nmol/m^3 、最低値は1月の 20.1nmol/m^3 、年平均値は 46.2nmol/m^3 であった。 SO_4^{2-} が夏に高くなるのは、光化学反応などにより H_2SO_4 粒子が生成するため^{2,19)}と考えられる。

(2) NO_3^-

NO_3^- 濃度は、 HNO_3 ガスとは逆に、概ね冬に高く夏に低い傾向を示し、最高値は2月の 98.8nmol/m^3 、最低値は8月の 25.6nmol/m^3 、年平均値は 64.4nmol/m^3 であった。

(3) Cl

Cl 濃度は、HCl ガスとは逆に、冬に高く夏に低い傾向を示し、最高値は12月の 56.1nmol/m^3 、最低値は8月の 12.1nmol/m^3 、年平均値は 34.9nmol/m^3 であった。

なお、 NO_3^- 、Cl 濃度が冬に高くなるのは、気温が低くなることにより粒子化が進行するため^{2,19)}と考えられる。

(4) NH_4^+

NH_4^+ 濃度は、8月が 89.9 とやや低く、2月が 195nmol/m^3 とやや高い他は、 $115\sim 170\text{nmol/m}^3$ の範囲で推移していた。年平均値は 145nmol/m^3 であった。

(5) Na^+ 、 Ca^{2+} 等の成分

Na^+ 濃度は春から秋に高く冬に低い傾向、 Ca^{2+} 濃度は春に高く夏に低い傾向を示し、年平均値は各々 33.6 、

17.3nmol/m^3 であった。 K^+ 、 Mg^{2+} 濃度は年間を通じ低く、年平均値は各々 7.1 、 5.8nmol/m^3 であった。

3-2 インファレンシャル法による乾性沈着量

以上のガス、粒子状成分の測定結果及び表-2の乾性沈着速度(Vd)からインファレンシャル法により針葉樹、落葉樹、裸地への SO_4^{2-} 、 NO_3^- の乾性沈着量を求めた。その結果を表-4、図-5に示す。(なお、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 以外の成分については、落葉樹、裸地に対する Vd の報告例がほとんどないため、今回の乾性沈着量の算出は SO_4^{2-} 、 NO_3^- についてのみ行った。)

(1) SO_4^{2-}

SO_4^{2-} の針葉樹に対する乾性沈着量(図-5)は、4～8月の間は $1.2\text{mmol/m}^2/\text{月}$ 前後で推移していたが、9月に $2.6\text{mmol/m}^2/\text{月}$ と急激に上昇、10～11月は $1.1\sim 1.4\text{mmol/m}^2/\text{月}$ 程度と一旦低下、2～3月は $2\text{mmol/m}^2/\text{月}$ 前後と再びやや上昇しており、その挙動は大気中 SO_2 ガス濃度の挙動とよく似ていた。これは、裸地でみても同様であった。一方、落葉樹は4～9月は針葉樹、裸地と同様の挙動を示したが、10月以降の寒候期は $0.5\text{mmol/m}^2/\text{月}$ 前後と著しく減少する特徴があった。年間沈着量(表-4)は、針葉樹 $18.0\text{mmol/m}^2/\text{年}$ 、落葉樹 $12.0\text{mmol/m}^2/\text{年}$ 、裸地

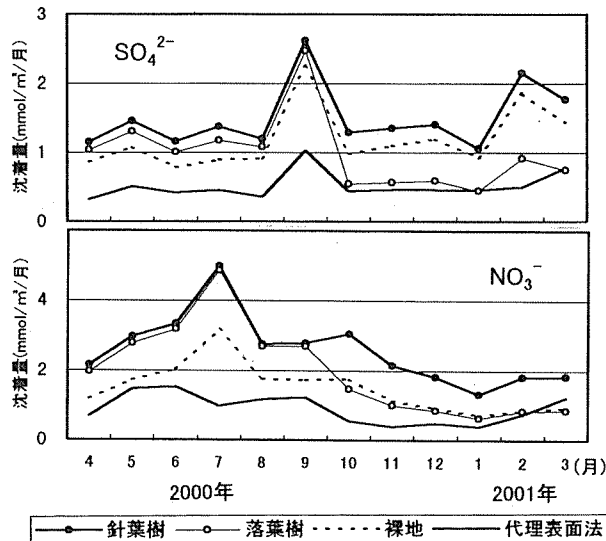


図-5 インファレンシャル法による SO_4^{2-} 、 NO_3^- の乾性沈着量の経月推移

表-4 インファレンシャル法による乾性沈着量と代理表面法による乾性沈着量及び湿性沈着量 (単位: $\text{mmol/m}^2/\text{年}$, 測定期間: 2000年4月～2001年3月)

		SO_4^{2-}			NO_3^-		
		ガス	粒子	合計	ガス	粒子	合計
インファレンシャル法	針葉樹	12.8	5.2	18.0	24.0	7.0	31.0
	落葉樹	8.9	3.1	12.0	20.1	3.8	23.9
	裸地	12.8	1.5	14.3	16.0	2.0	18.0
代理表面法		6.3			10.9		
湿性沈着量		43.2			36.9		

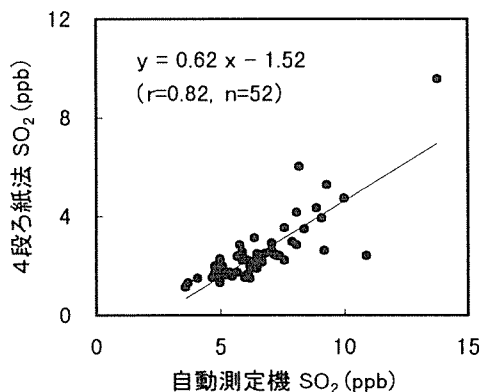


図-4 自動測定機による SO_2 濃度と4段ろ紙法による SO_2 濃度の関係

14.3mmol/m²/年であった。

なお、ガスと粒子の内訳は、いずれの沈着面においても粒子(SO₄²⁻)よりもガス(SO₂)の方が多くなっており、乾性沈着量に占めるガスの割合は針葉樹71%、落葉樹74%、裸地90%であった。

(2) NO₃⁻

NO₃⁻の乾性沈着量は、針葉樹、落葉樹、裸地ともに、夏に多く冬に少ない傾向を示し、その挙動は大気中のHNO₃ガス濃度の挙動と似ていた。年間沈着量は、針葉樹31.0mmol/m²/年、落葉樹23.9mmol/m²/年、裸地18.0mmol/m²/年であった。

なお、ガスと粒子の内訳は、SO₄²⁻と同様、NO₃⁻についても粒子(NO₃)よりもガス(HNO₃)の方が多くなっており、乾性沈着量に占めるガスの割合は針葉樹77%、落葉樹84%、裸地88%であった。

3-3 代理表面法による乾性沈着量

図-6に代理表面法により1ヶ月毎測定した乾性沈着量の経月推移を、表-5にこれらの最高値、最低値、平均値及び年間沈着量を示した。

(1) SO₄²⁻

代理表面法によるSO₄²⁻の乾性沈着量は、三宅島火山ガスの影響によりSO₂ガス濃度の高かった9月が1.04mmol/m²/月と多く、3月も0.78mmol/m²/月とやや多い他は、年間を通じ0.5mmol/m²/月前後で推移していた。年間沈着量は6.28mmol/m²/年であった。

(2) NO₃⁻

代理表面法によるNO₃⁻の乾性沈着量は、春から夏に多く冬に少ない傾向を示し、その季節変化は、大気中のNO₃粒子濃度よりもHNO₃ガス濃度の季節変化に似ていた。最高値は6月の1.54mmol/m²/月、最低値は1月の0.38mmol/m²/月、年間沈着量は10.9mmol/m²/年であった。

(3) Cl⁻

代理表面法によるCl⁻の乾性沈着量は0.53~2.62mmol/m²/月の範囲で月ごとに大きく変動しており、季節的な傾向は明確ではなかった。年間沈着量は19.2mmol/m²/年であった。

(4) NH₄⁺

代理表面法によるNH₄⁺の乾性沈着量は、春から夏にかけて少なく、秋から冬に多い傾向を示し、最低値は6月の0.00mmol/m²/月、最高値は2月の0.46mmol/m²/月、年間沈着量は2.47mmol/m²/年であった。

(5) Na⁺, Ca²⁺等の成分

代理表面法によるNa⁺, Ca²⁺の乾性沈着量はともに春に

やや多い傾向を示し、大気中のNa⁺, Ca²⁺粒子濃度の季節変化にやや似ていた。年間沈着量は各々13.3, 12.5mmol/m²/年であった。一方、K⁺, Mg²⁺の乾性沈着量は年間を通じ少なく、年間沈着量は各々1.22, 2.46mmol/m²/年であった。

3-4 インファレンシャル法と代理表面法の比較

表-4にインファレンシャル法及び代理表面法によるSO₄²⁻, NO₃⁻の乾性沈着量を示した。

[代理表面法]/[インファレンシャル法]比で両者を比較すると、SO₄²⁻は針葉樹0.35倍、落葉樹0.53倍、裸地0.44倍、NO₃⁻は針葉樹0.35倍、落葉樹0.46倍、裸地0.61倍と、代理表面法による乾性沈着量はSO₄²⁻, NO₃⁻ともにインファレンシャル法よりかなり少なく、従来から指摘²⁾されているように、代理表面法はSO₄²⁻, NO₃⁻の乾性沈着量を過少に評価している可能性がある。

しかし、SO₄²⁻については、裸地、針葉樹で見た場合、代理表面法とインファレンシャル法の値は比較的よい相関関係(図-7)を示しており、試料数が少ないためデータを蓄積してさらに検討する必要があるが、代理表面法は相対的には乾性沈着量の挙動をある程度反映しているものと考えられ、経年推移や地点間の比較などの評価に

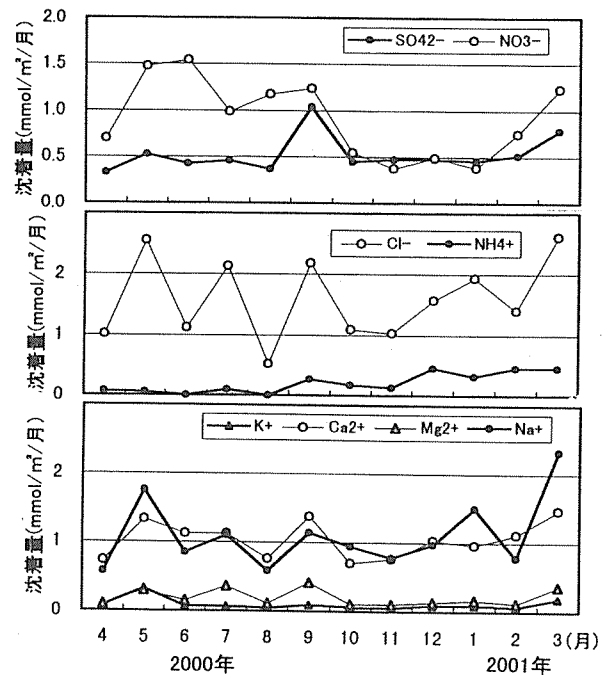


図-6 代理表面法による乾性沈着量の経月推移

表-5 代理表面法による乾性沈着量
(単位:mmol/m²/月, 測定期間:2000年4月~2001年3月)

	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺
最高	1.04	1.54	2.62	0.46	2.32	0.32	1.47	0.42	0.008
最低	0.33	0.38	0.53	0.00	0.57	0.05	0.70	0.10	0.001
平均	0.52	0.91	1.60	0.21	1.11	0.10	1.04	0.20	0.004
年間沈着量 (mmol/m ² /年)	6.28	10.88	19.16	2.47	13.28	1.22	12.49	2.46	0.050

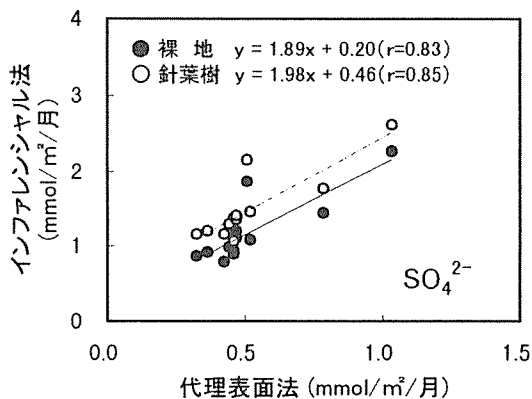


図-7 代理表面法とインファレンシャル法の関係

は有用であると考え。これについては、現在、両測定法による調査を継続中であり、引き続き検討していきたい。なお、落葉樹については、3-2で述べたように寒候期にインファレンシャル法による沈着量が減少するため、両測定法の相関($r=0.66$)はあまりよくなかった。

一方、 NO_3^- については、 SO_4^{2-} とは異なり、裸地($r = 0.46$)、針葉樹($r = 0.46$)、落葉樹($r = 0.60$)ともにインファレンシャル法と代理表面法の相関はよくなかった。今回のインファレンシャル法による沈着量は HNO_3 、 NO_3^- のみで算出しており、 NO_3^- の乾性沈着が含まれていないので、これを含めれば両者の相関はよくなる可能性がある。これについては、最近、 NO 、 NO_2 などについてもVdが報告されてきているので、今後はこれらを含め比較検討していきたい。また、この他 HCl 、 NH_3 などについてもVdが報告されてきており、今後はこれらの成分についても乾性沈着量を見積もっていく予定である。

3-5 総沈着量に占める乾性沈着の寄与

乾性沈着物と同一地点、同一期間測定した SO_4^{2-} 、 NO_3^- の湿性沈着量¹³⁾は43.2、36.9 $\text{mmol/m}^2/\text{年}$ であった(表-4)。この値とインファレンシャル法による乾性沈着量との和から裸地における総沈着量(湿性沈着量+乾性沈着量)を求めた。これを図-8に示す。

これによると、裸地における SO_4^{2-} の年間総沈着量は57.5 $\text{mmol/m}^2/\text{年}$ 、 NO_3^- の年間総沈着量は54.9 $\text{mmol/m}^2/\text{年}$ であった。このうち乾性の占める割合は SO_4^{2-} では25%、 NO_3^- では33%であった。なお、図には示さないが、これを針葉樹でみると乾性の割合はさらに多くなり、 SO_4^{2-} は29%、 NO_3^- は46%と、 NO_3^- の場合は乾性沈着量が湿性沈着量にほぼ匹敵する値であった。実際には、これに NO_3^- の乾性沈着が加わるので、 NO_3^- の乾性沈着量はさらに多くなる。また、 SO_4^{2-} についても、沈着表面の「濡れ」の効果⁹⁾を考慮すれば、乾性沈着量はさらに多くなると思われる。

従来、酸性雨問題としては主に湿性沈着が注目されてきたが、同様に、乾性沈着の寄与もかなり大きいことがわかった。また、筆者らの調査では、道路近傍の針葉樹下の土壌は SO_4^{2-} 及び硫黄の含有量がとくに多く、pHが低くなっている¹⁴⁾ことから、道路近傍などの汚染地域では乾性沈着による負荷がより一層大きくなっているものと推察される。

乾性沈着の測定については、まだ多くの問題点が残さ

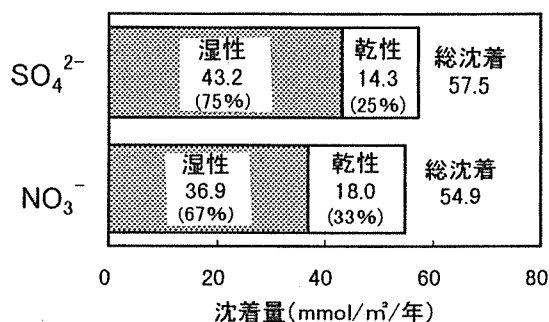


図-8 総沈着量に占める湿性、乾性沈着量(裸地)

れており、東アジア酸性雨モニタリングネットワークや全国環境研協議会酸性雨調査研究部会でも検討がなされている段階であるが、乾性沈着量を把握することは森林等への影響を評価する上で非常に重要であるので、今後は、これらの検討結果を注視しながら、より精度高く乾性沈着量の見積もりを行っていく必要がある。

また、現在は、森林影響という観点から、樹木表面に対するVdの報告例が主となっているが、横浜市のような都市部においては建築物への影響も非常に重要であるので、今後はコンクリート表面、金属表面等、各種器物面に対する乾性沈着量の見積もりも必要である。

また、従来実施してきた代理表面法については、測定操作の簡便性の点で優れており、また、今回、成分、沈着面によってはインファレンシャル法とよい相関を示すことがわかった。これについては、係数補正などにより絶対量的な評価もできる可能性があるため、引き続き検討していく予定である。

4. まとめ

2000年4月~2001年3月の1年間、横浜市磯子区で、4段ろ紙法により大気中ガス、粒子状成分濃度を測定し、この測定結果と既存の乾性沈着速度からインファレンシャル法により針葉樹、落葉樹、裸地に対する乾性沈着量を求めた。また、同時に代理表面法による乾性沈着量の測定も行い、両者を比較した。その結果、次のことがわかった。

(1) 大気中ガス成分の年平均濃度(nmol/m^3)は SO_2 109、 HNO_3 24.4、 HCl 41.1、 NH_3 249であった。季節別では、 HNO_3 、 HCl は夏に高く冬に低い傾向となっていた。また、 SO_2 は三宅島火山ガスの影響により、2000年9月に急激に濃度が上昇していた。

(2) 大気中粒子状成分の年平均濃度(nmol/m^3)は SO_4^{2-} 46.2、 NO_3^- 64.4、 Cl^- 34.9、 NH_4^+ 145であった。季節別では、 SO_4^{2-} は夏に高く冬に低い傾向、 NO_3^- 、 Cl^- は冬に高く夏に低い傾向となっていた。

(3) 以上の測定結果をもとにインファレンシャル法により各沈着面に対する乾性沈着量を算出した結果、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- の年間乾性沈着量($\text{mmol/m}^2/\text{年}$)は、針葉樹 18.0、31.0、落葉樹 12.0、23.9、裸地 14.3、18.0となった。

(4) ガスと粒子の内訳は、いずれの沈着面においてもガスの方が多く、乾性沈着量に占めるガスの割合は SO_4^{2-} が71

～90%，NO₃⁻が77～88%であった。

(5)代理表面法による年間乾性沈着量(mmol/m²/年)はSO₄²⁻ 6.3, NO₃⁻ 10.9, Cl⁻ 19.2, NH₄⁺ 2.47であった。季節別ではNO₃⁻は春夏に多く冬に少ない傾向, NH₄⁺は秋冬に多く春夏に少ない傾向となっていた。また, SO₂ガス濃度の高かった2000年9月は, 代理表面法によるSO₄²⁻の乾性沈着量が多くなっていた。

(6)代理表面法によるSO₄²⁻, NO₃⁻の乾性沈着量はインフレンシヤル法に比べ少なく, 針葉樹が0.35倍, 0.35倍, 落葉樹が0.53倍, 0.46倍, 裸地が0.44倍, 0.61倍であった。

(7)インフレンシヤル法と代理表面法の相関を調べた結果, SO₄²⁻(裸地, 針葉樹)については両測定法の値は比較的良好な相関(r = 0.83, 0.85)を示していた。

(8)総沈着量に占める乾性沈着量の割合を調べた結果, 裸地ではSO₄²⁻は25%, NO₃⁻は33%, 針葉樹ではSO₄²⁻は29%, NO₃⁻は46%となり, 乾性沈着の寄与もかなり大きいことがわかった。

文 献

- 1)環境庁酸性雨対策検討会：第3次酸性雨対策調査取りまとめ(平成11年3月)。
- 2)松本光弘, 村野健太郎：インフレンシヤル法による樹木等への乾性沈着量の評価と樹木衰退の一考察—奈良市における通年観測—, 日本化学会誌 1998, 7, 495-505 (1998)。
- 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, 15-29 (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—, 21-32 (1998)。
- 5)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—1999年の結果—, 横浜市環境科学研究所報第25号, 34-37 (2001)。
- 6)全国環境研協議会酸性雨調査研究部会：第3次酸性雨共同調査実施要領(1999)。
- 7)全国環境研協議会酸性雨調査研究部会：第3次酸性雨

全国調査報告書(平成11年度), 全国環境研会誌, 26, 2, 2-52 (2001)。

8)B.B.Hicks: WMO/ADA Draft.

9)高橋章, 佐藤一男, 若松高志：インフレンシヤル法による森林への硫黄化合物の乾性沈着量の推定—SO₂の乾性沈着に及ぼす葉面のぬれの効果—, 電中研報告, T99002 (1999)。

10)環境庁大気保全局大気規制課：関東地方における二酸化硫黄濃度の上昇について(平成12年8月28日)。

11)日本原子力研究所：関東地方の異臭騒ぎと三宅島噴火との関連を数値シミュレーションにより解明—緊急時環境放射能予測システム SPEEDI(原研版)の新たな利用—(平成12年9月7日)。

12)横浜市環境保全局：三宅島噴煙が原因と思われる二酸化硫黄の高濃度の発生について(平成12年9月18日)。

13)横浜市環境保全局環境監視センター資料速報値。

14)松本光弘, 溝口次夫：SO₂自動測定機(溶液伝導率型)によるSO₂濃度測定の問題点とその吸収液のイオンクロマトグラフィーへの応用, 環境科学会誌, 9, 497-505 (1996)。

15)横浜市環境科学研究所：都市域における酸性ガスの挙動, 酸性雨に関する調査研究報告書, 91-100 (1993)。

16)平林順一：火山噴火と火山ガス, 大気環境学会特別講演会「三宅島噴火と広域大気汚染」講演要旨集, 7-15 (2001)。

17)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—2000年の結果—, 横浜市環境科学研究所報第26号, 139-142 (2002)。

18)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)。

19)加藤善徳, 梅田てるみ：横浜市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)。

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—

加藤善徳, 梅田てるみ(横浜市環境科学研究所)

Survey of soil acidity and acid-neutralizing capacity in Yokohama City (1)

Yosinori Katou, Terumi Umeda
(Yokohama Environmental Science Reserch Institute)

キーワード: 酸性土壌, 酸性雨, 中和能

要旨

1999年11月～2001年3月の寒候期, 横浜市内において, スギ林土壌 38, 広葉樹林土壌 52, 林外(裸地)土壌 22, 合計 112 の土壌試料を採取し, 土壌 pH, 交換性塩基, 交換性 AI, 水溶性 AI 等を調べた。

スギ, 広葉, 林外の平均 pH (H₂O) は, それぞれ 4.70, 5.57, 6.49 であり, スギ林土壌が低く, 特に道路近傍のスギ林土壌は平均が 4.34 とかなり低かった。pH の低下は交換性塩基量の減少, 交換性 AI, 水溶性 AI 量の増加とほぼ対応しており, 道路近傍のスギ林土壌は交換性塩基量が非常に少なく, 交換性 AI, 水溶性 AI 量がかかなり多くなっていた。また, 道路近傍のスギ林土壌は SO₄²⁻, S, Ni, Pb 元素が多い特徴があった。

森林衰退の化学的指標値となっている BC / AI モル比を用いて, 本調査結果を評価したところ, 全試料の最低値は 3.3 であり, 現在のところ, ヨーロッパの閾値 1.0 には達していないことがわかった。しかし, 今後, 自国だけでなく, 近隣諸国からの影響, 三宅島火山ガスの影響等も考えられ, 土壌酸性化に関しては, 継続して監視していくことが重要であると考えられた。

1 はじめに

近年, 欧米などで森林の衰退が深刻な問題となっており, 日本においても関東山地のスギ枯れ, 丹沢のブナ, モミの立ち枯れ等, 各地で森林の衰退が報告されている¹⁾²⁾。この森林の衰退の一因として酸性雨等による土壌の酸性化が指摘されている³⁾。

本市の場合, 都市・宅地開発が進み, 森林そのものが少なくなっているが, それでもまだ市の南部, 西部を中心に緑豊かな自然が多く残されており, 樹勢についても, 図-1 にみられるように, 全体としては健全木が多く⁴⁾, 市民の森, 自然公園等として市民に親しまれ, 市民の憩いの場となっている。特に, 市南部の円海山近郊地区は緑地特別保全地区に指定されている。また, これら森林は最近, 問題化している都市のヒートアイランド化を抑制する効果も果たしており, この面からも都市域における森林は非常に重要なものとなっている。

一方, 横浜では, 少なくともここ 10 数年間, 森林被害が深刻な欧米と同程度の酸性雨が降り続けている状況にあり⁵⁾, また, その原因となる大気汚染物質も, SO_x は現在は低減しているものの, かつては非常に高濃度であったこと, NO_x は現在も顕著な改善がみられず横ばい状況にあること⁶⁾から, これら長期にわたる酸性物質の蓄積により, 市内の森林土壌はかなり酸性化が進んでいる可能性がある。また, このままいくと土壌が酸性化され市内の貴重な森林が衰退していく恐れもある。

そこで, 市内の森林の衰退を未然に防ぐ基礎データを得るため, 市内の森林土壌の酸性化の実態調査を実施した。

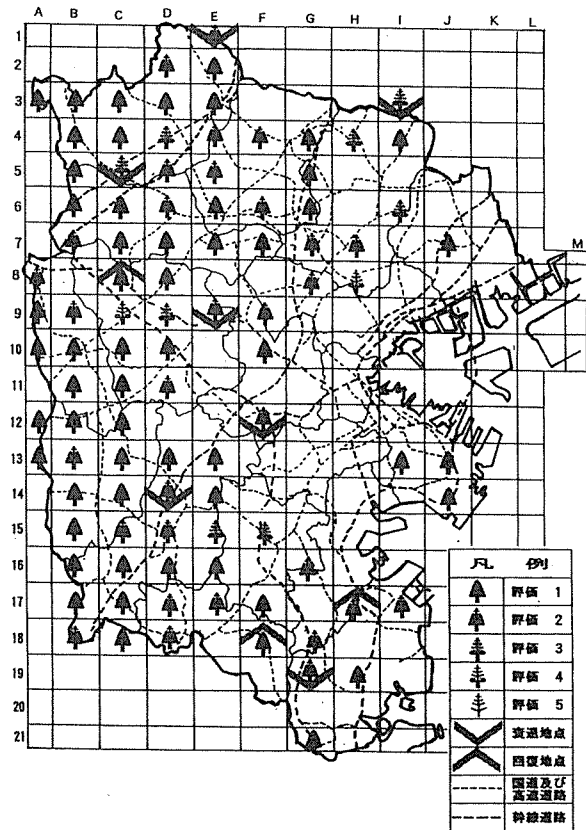


図-1 横浜市内のスギの樹形評価図(1994年調査)⁵⁾
(評価1は健全, 評価5は枯死寸前を示す。衰退, 回復地点は1991年調査との比較)

2 横浜市内の土壌

土壌が酸性化されやすいかどうかは土壌の種類により大きく影響される。したがって、土壌調査を行う前にその対象となる地域の土壌の種類を知っておく必要がある。横浜市内の土壌は過去に詳細に調べられており⁸⁾、それによると本市の土壌は大半が火山灰土を起源とする関東ローム層で覆われており、黒ボク土を形成している。しかし、市の南部では関東ローム層には覆われておらず、古くからの砂岩、泥岩互層の地質からなり、褐色森林土を形成している。

なお、環境庁（現環境省）は土壌種に基づき全国各地の酸性雨に対する土壌の耐性評価を行っているが、それによれば本市土壌は「中～弱」の評価がなされている⁹⁾。

3 調査内容

3-1 土壌採取期間

1999年11月～2000年3月及び2000年11月～2001年3月の各寒侯期

3-2 対象樹種

土壌は様々な樹下土壌で採取した。大きく分けて、①関東地方で特に衰退が問題となっているスギ、②コナラ、クヌギ等の落葉広葉樹（以下、広葉という）、③裸地（以下、林外という）の3種である。

3-3 土壌採取地点

図-2に土壌採取地点を示した。採取地点は「横浜市陸域の生物相・生態系調査報告書」⁸⁾、「横浜市内の陸域生物による環境モニタリング調査」⁹⁾等を参考に選定し、市内の市民の森等25地点で、スギ38、広葉52、林外22、合計112の土壌試料を採取した。

なお、道路近傍ではSO_x、NO_x等の乾性沈着の影響が大きいと考えられたので、特に市南部、市西部地域では幹線道路近傍（道路から150m以内、以下、「道路」という）地域での採取も行った。これにより道路から離れた地域（道路から少なくとも500m以上離れた地域、以下、「奥」という）との比較を行った。以下に市南部、市西部地点について簡単に述べる。

(1) 市南部地点(図-2中のA)

市南部地域は、氷取沢市民の森（約45ha）、瀬上市民の森（約46ha）、金沢市民の森（87.5ha）等があり逗子、鎌倉の森林に続いている。付近に国道16号線（交通量約

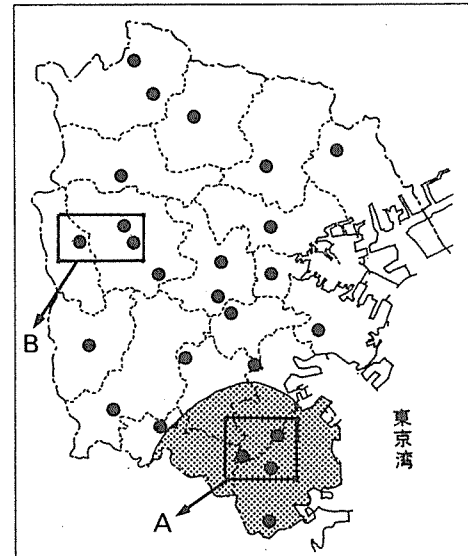


図-2 土壌採取地点
(黒地域は褐色森林土、白地域は黒ボク土)

27,000台/日)が走っている。「道路」試料はスギ6、広葉6を採取した。

(2) 市西部地点(図-2中のB)

市西部地域は、瀬谷市民の森（約19ha）、矢指市民の森（約5ha）、三保市民の森（約33ha）、下川井の樹林等がある。付近に国道16号線（交通量約90,000台/日）が走っている。「道路」試料はスギ4を採取した。広葉試料は採取していない。

3-4 土壌採取方法

樹木下の土壌採取は樹幹から1m離れた地点で行い、地表の落葉等を除去し土壌表面を露出させた後、深さ約15cmまでの表層土壌を約2kg採取した。林外（裸地）は草をよく取り除き、深さ約15cmまでの表層土壌を約2kg採取した。これらを1週間風乾後、2mm目の篩を通し分析試料とした。

3-5 分析項目及び分析方法

表-1に分析項目、分析方法を示す。酸性雨調査法¹⁰⁾、土壌養分分析法¹¹⁾に準じて以下の項目を分析した。

表1 分析項目・分析方法

分析項目	分析方法	分析機器
pH(H ₂ O)	乾土10gを純水25mlで振とうし、ガラス電極法で測定	TOA HM-60S
pH(KCl)	乾土10gを1NKCl25mlで振とうし、ガラス電極法で測定	TOA HM-60S
交換性塩基	乾土10gを1N酢酸アンモニウム100mlで振とう。濾過後、イオンクロマト法で測定	Dionex DX-320
交換性Al	乾土10gを1NKCl25mlで振とう。濾過後、ICP発光分析法で測定	島津ICPS-7000
水溶性Al	乾土10gを純水25mlで振とう。濾過後、ICP発光分析法で測定	島津ICPS-7000
水溶性陽、陰イオン	乾土10gを純水25mlで振とう。濾過後、イオンクロマト法で測定	Dionex DX-320
元素成分	乾土をメウ鉢で粉碎後、蛍光X線法でF～Uの元素を測定	Rigaku/Rix2000

(1) pH

pH は、土壌溶液の pH を示す pH (H₂O)、土壌全体の pH を示す pH (KCl) の 2 種を測定した。pH (H₂O) および pH (KCl) は、乾燥土壌 10g をそれぞれ純水 25ml, INKCl 溶液 25ml で振とう後 30 分間静置し、ガラス電極法で分析。

(2) 水溶性陽、陰イオン

乾燥土壌 10g を純水 25ml で 30 分間振とう後静置し、ミホア製 MillexR-GS (ポアサイズ 0.22 μ m) で濾過し、イオンクロマト法で Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, NH₄⁺, SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻ を分析

(3) 交換性塩基

乾燥土壌 10g を 1N 酢酸アンモニウム (pH7) 溶液 100ml で 30 分間振とう後、ミホア製 MillexR-GS (ポアサイズ 0.22 μ m) で濾過し、これを純水で適宜希釈し、イオンクロマト法で Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ を分析。

(4) 交換性 Al

乾燥土壌 10g を INKCl 溶液 25ml で 30 分間振とう後静置し、ミホア製 MillexR-GS (ポアサイズ 0.22 μ m) で濾過し、ICP 発光分析法で Al を分析。

(5) 水溶性 Al

乾燥土壌 10g を純水 25ml で 30 分間振とう後静置し、ミホア製 MillexR-GS (ポアサイズ 0.22 μ m) で濾過し、ICP 発光分析法で Al を分析。

(6) S 及びその他の土壌元素

乾燥土壌をメノウ鉢でよく粉砕後、0.5g をセルロースろ紙にのせて、その上からポリプロピレン箔をかぶせ、中空アルミホルダー (30mm) を用いて、蛍光 X 線法で含有元素 (F_{1s} ~ U_{2s}) を分析した。S 分については白柳¹²⁾の方法を参考に硫酸カルシウムを検量線に用い定量した。

その他の元素については FP 法^{13), 14)}により簡易定量を行った。

4 調査結果

表-2, 3 にスギ, 広葉, 林外土壌の各成分の調査結果を示した。また, 図-3 に階級別 pH の出現頻度分布, 図-4 に樹種, 土壌種, 道路, 奥別に分け各成分の最高, 最低, 平均値を示した。

4-1 pH

(1) pH(H₂O)

表-2, 図-3 に示すように, pH (H₂O) は, スギが平均 4.70 (3.9 ~ 6.6 の範囲), 広葉が平均 5.57 (4.8 ~ 8.3 の範囲), 林外が平均 6.49 (5.6 ~ 7.7 の範囲) であり, スギ, 広葉, 林外の順に低かった。特に, 道路近傍のスギは低く, スギ「奥」の平均が 4.96 に対し, スギ「道路」の平均は 4.34 であった。しかし, 広葉については道路近傍で pH (H₂O) が特に低くなる傾向はなかった。

次に, 土壌種を比べると, スギでは, 褐色「道路」が 4.26 に対し, 黒ボク「道路」が 4.49, 褐色「奥」が 4.87 に対し, 黒ボク「奥」が 5.00 であり, 褐色森林土が黒ボクより低い傾向を示した。一方, 広葉, 林外については, pH (H₂O) は高く, その差も H⁺としてみるとわずかであり, 土壌種による違いはほとんどなかった。

(2) pH(KCl)

図-3 にみられるように, pH (KCl) は pH (H₂O) に比べ概ね 1 程度低い値であった。また, その傾向は pH (H₂O) と同様, スギ (平均 3.69), 広葉 (平均 4.33), 林外 (平均 4.94) の順に低く, 特に, 道路近傍のスギは平均 3.36 と低かった。広葉については, pH (H₂O) と同様, 道路近傍で特に低くなることはなかった。

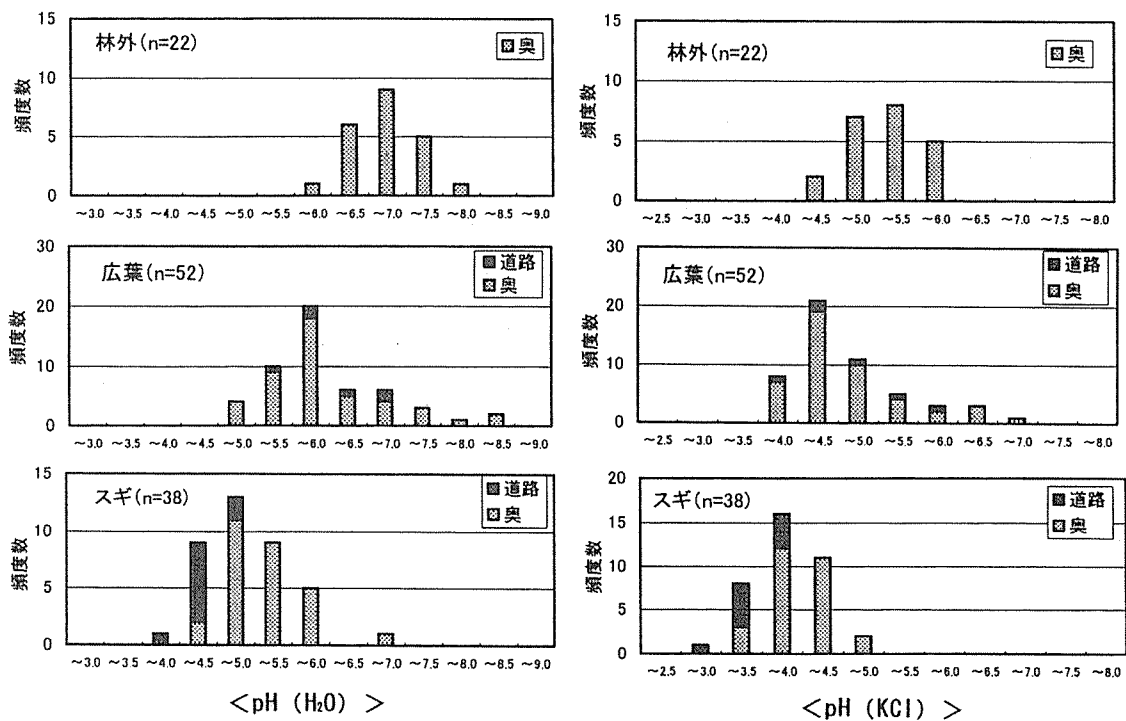


図-3 土壌pHの階級別頻度分布

表-2 スギ, 広葉樹, 林外土壌成分の測定結果

樹種	地点	土種	n数	pH		交換性塩基 (meq/100g乾土)					水溶性塩基 (meq/100g乾土)				
				pH(H ₂ O)	pH(KCl)	Na	K	Mg	Ca	総量	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	総量
スギ	全		38	4.70	3.69	0.18	0.58	1.62	5.34	7.71	0.03	0.01	0.07	0.08	0.19
	奥	全	28	4.96	3.91	0.16	0.62	1.76	6.03	8.57	0.03	0.01	0.06	0.08	0.18
		褐色	7	4.87	3.73	0.12	0.83	2.78	9.21	13.00	0.02	0.01	0.06	0.07	0.16
		黒ボク	21	5.00	4.00	0.16	0.53	1.35	4.74	6.78	0.03	0.01	0.06	0.08	0.18
	道路	全	10	4.34	3.36	0.24	0.45	1.23	3.41	5.32	0.05	0.02	0.08	0.08	0.23
		褐色	6	4.26	3.22	0.28	0.44	1.11	2.55	4.38	0.06	0.01	0.06	0.05	0.18
黒ボク		4	4.49	3.72	0.17	0.46	1.41	4.69	6.74	0.04	0.03	0.10	0.12	0.29	
広葉	全		52	5.57	4.33	0.19	1.04	2.23	9.38	12.84	0.03	0.03	0.05	0.08	0.19
	奥	全	46	5.56	4.35	0.19	1.05	2.04	8.66	11.95	0.03	0.03	0.05	0.08	0.19
		褐色	9	5.78	4.35	0.27	1.07	2.55	11.51	15.40	0.05	0.04	0.07	0.18	0.34
		黒ボク	37	5.49	4.32	0.17	1.04	1.92	7.97	11.11	0.03	0.02	0.05	0.06	0.16
	道路	褐色	6	5.70	4.22	0.20	2.05	3.69	14.87	19.68	0.02	0.02	0.03	0.05	0.12
林外	奥	全	22	6.49	4.94	0.16	0.82	2.32	10.27	13.57	0.02	0.01	0.03	0.04	0.10
		褐色	2	6.54	4.80	0.08	1.18	4.95	14.92	21.12	0.01	0.02	0.02	0.02	0.07
		黒ボク	20	6.49	4.95	0.17	0.78	2.06	9.80	12.81	0.02	0.01	0.03	0.04	0.10

注1)奥とは道路から少なくとも500m以上離れた地点, 道路とは幹線道路から150m以内の地点を示す。

注2)褐色とは褐色森林土, 黒ボクとは黒ボク土を示す

表-3 スギ, 広葉樹, 林外土壌成分の測定結果

樹種	地点	土種	n数	Al (meq/100g乾土)		陰イオン (meq/100g乾土)			元素 (%) S分	(モル比) 水溶性 BC/Al比
				交換性Al	水溶性Al	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻		
スギ	全		38	1.13	0.014	0.06	0.09	0.04	0.06	23
	奥	全	28	0.59	0.009	0.05	0.10	0.04	0.05	33
		褐色	7	0.72	0.017	0.06	0.08	0.05	0.05	18
		黒ボク	21	0.54	0.006	0.04	0.10	0.04	0.05	46
	道路	全	10	2.63	0.027	0.08	0.09	0.06	0.09	14
		褐色	6	3.59	0.021	0.06	0.09	0.07	0.07	16
黒ボク		4	1.20	0.036	0.12	0.10	0.05	0.11	12	
広葉	全		52	0.19	0.005	0.03	0.05	0.04	0.04	61
	奥	全	46	0.18	0.004	0.03	0.06	0.05	0.04	70
		褐色	9	0.16	0.009	0.03	0.05	0.04	0.03	53
		黒ボク	37	0.19	0.003	0.04	0.06	0.05	0.04	83
	道路	褐色	6	0.26	0.008	0.02	0.01	0.01	0.03	24
林外	奥	全	22	0.03	0.004	0.03	0.03	0.02	0.03	40
		褐色	2	0.03	0.007	0.00	0.01	0.01	0.02	17
		黒ボク	20	0.03	0.003	0.03	0.03	0.02	0.03	45

注1)奥とは道路から少なくとも500m以上離れた地点, 道路とは幹線道路から150m以内の地点を示す。

注2)褐色とは褐色森林土, 黒ボクとは黒ボク土を示す

4-2 各成分

(1) 交換性塩基

表-2 に示すように、交換性塩基は Ca が特に多く、Ca だけで交換性塩基 4 成分全体量（交換性塩基総量とする）の 6～7 割を占めた。交換性塩基総量を樹種別に比べると（図-4）、それは林外、広葉に比べスギが少ない傾向で、特に、道路近傍のスギは少なかった。交換性塩基は土壌酸性化に対する緩衝能力の程度をみる一つの指標だが、この点からも道路近傍のスギ土壌が酸性化していることが窺える。

(2) 水溶性塩基

表-2 に示すように、水溶性塩基は交換性塩基と同様、Ca²⁺が多かったが、Mg²⁺、Na⁺も多く、交換性塩基の組成とはかなり異なっていた。なお、Na⁺については、Na⁺と Cl⁻ がかなり強い相関（r=0.73）を示すこと、横浜は海に近いこと等から、この Na⁺は土壌中から溶出されたものだけでなく、海塩粒子としての寄与もかなりあったものと考えられる。

次に、水溶性塩基 4 成分全体量（水溶性塩基総量とする）を樹種別に比較すると（図-4）、スギ、広葉に比べ、林外が少ないという特徴があった。

(3) 交換性AI

図-4 にみられるように、交換性 AI は交換性塩基とは逆に、林外、広葉に比べスギが多い傾向であり、特に、道路近傍のスギが多かった。

(4) 水溶性AI

水溶性 AI は植物根に有害であり、影響をみる一つの指標となっている。図-4 にみられるように、水溶性 AI は交換性 AI と同様、林外、広葉に比べスギが多い傾向であり、特に、道路近傍のスギが多かった。

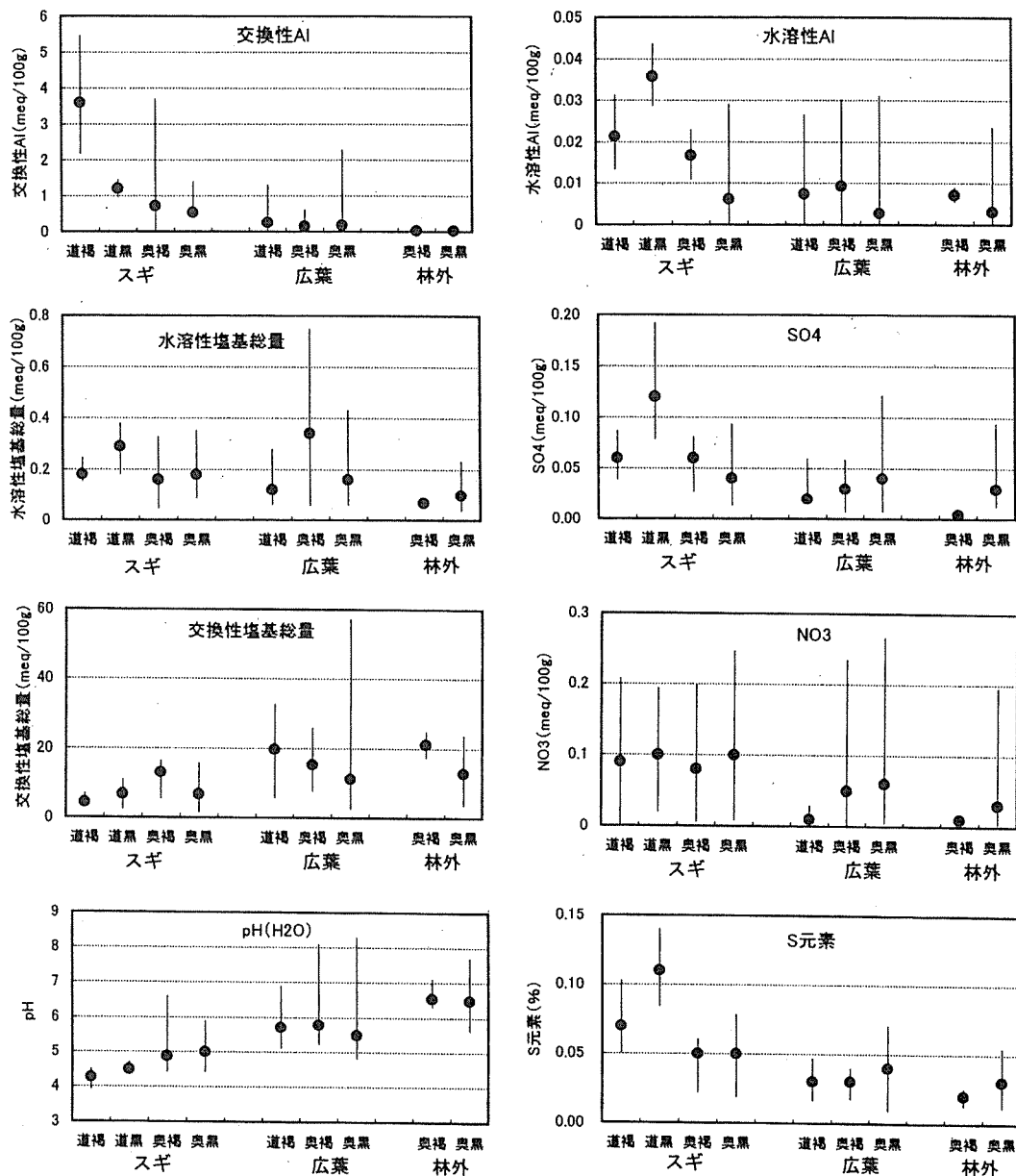


図-4 スギ、広葉樹、林外土壌中の各成分の最高、最低、平均値

図中の●は平均値を示す。また、道揚、道黒、奥揚、奥黒はそれぞれ、道路近傍の褐色森林、道路近傍の黒ボク、奥地域の褐色森林、奥地域の黒ボク土を示す。

(5) 陰イオン, S元素

表-3 に示すように、陰イオンでは NO_3^- が SO_4^{2-} , Cl^- に比べやや多かった。 NO_3^- は樹種別では (図-4), 林外, 広葉に比べスギが多い傾向であった。近年, 森林土壌への窒素分の負荷は, 肥料分として有効に作用するが, 過剰である場合は衰退の原因になることが指摘されており, 今後注視していく必要がある。

次に SO_4^{2-} についてみると, 林外, 広葉に比べスギが多く, 特に, 道路近傍のスギが多かった。土壌中の S 元素についても SO_4^{2-} と同様な傾向であった。石川県の調査¹⁾

によれば, 土壌中の SO_4^{2-} は都市部で多く, その一因として自動車排ガスの寄与を指摘している。本調査結果の SO_4^{2-} が道路近傍で多い原因も自動車の影響が大きいと推測されるが, このことについては後で述べる。

なお, Cl^- は 4-2(2) で述べたように海塩粒子の寄与もかなりあるものと考えられる。

5 pHと各成分の関係

図-5 にスギ, 広葉, 林外別に pH(H_2O) 及び pH(KCl) と各成分の関係を示した。以下, これらの関係をまとめると次のようになる。

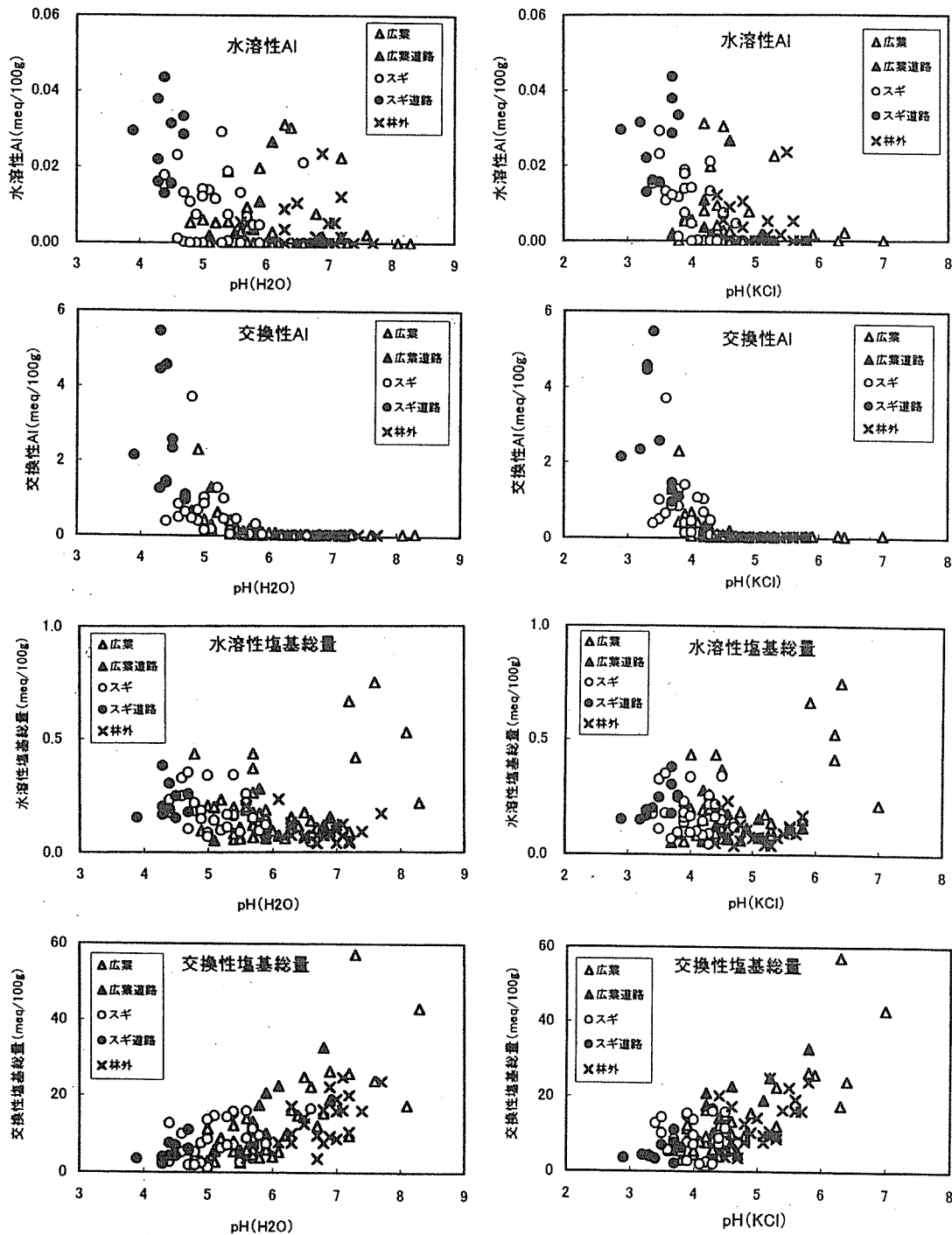


図-5 土壌pHと各成分の関係

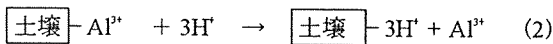
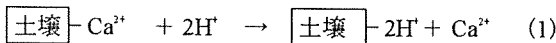
(1) 交換性塩基総量は pH が低くなると減少する傾向であり、林外、広葉に比べスギが少なく、特に道路近傍のスギは少なかった。

(2) 水溶性塩基総量は明瞭ではないが、傾向としては pH (H₂O) でみると、pH6 ~ 7 付近で最小となり pH がそれ以上低くなると、あるいはそれ以上高くなるとやや多くなる傾向であった。

(3) 交換性 Al は交換性塩基総量とは逆に pH が低くなると、増大する傾向であり、林外、広葉に比べスギが多く、特に道路近傍のスギが多かった。

(4) 水溶性 Al は交換性 Al ほど明瞭ではないが、傾向としては交換性 Al と同様で pH が低くなると Al が増大する傾向であり、林外、広葉に比べスギが多く、特に道路近傍のスギが多かった。

以上の結果は、土壤中で次式に示す酸中和反応が進み、Al が溶出していることを示すものと考えられる。



即ち、土壤中に酸 (H⁺) が流入あるいは生ずると、(1) 式に示すように、交換性塩基 (土壤-Ca²⁺等) が働き中和され、塩基が溶出される。さらに酸が流入、生じていくと交換性塩基が減少していき土壤が酸性化される。土壤の酸性化が進むと土壤粒子の一部が壊れ交換性 Al が生成される。そして、さらに酸性化が進むと、(2) 式に示すように、植物に有害な水溶性の Al が溶出される、ことを示しているものと考えられる。

6 BC/Alモル比

(1) 水溶性BC/Alモル比

これまで述べてきたように、土壤が酸性化すると植物根に有害な Al が溶出するが、Al の毒性は Ca²⁺などの塩基によって緩和されることが知られており、このため、ヨーロッパでは土壤溶液の塩基 (BC = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺) と Al のモル濃度比 (BC / Al 比) を森林衰退の化学的指標としてきた¹⁶⁾。ヨーロッパではその閾値を 1.0 としている。ここでは、この指標を用いて、本市の森林土壤がどのような状況になっているのか検討した。

図-6 にスギ、広葉、林外の水溶性の BC / Al モル比の最高、最低、平均値を示した。図中、最高値の表示が ∞ となっているが、これは Al が不検出だったものを ∞ として扱っている。図-6 にみられるように、BC / Al モル比の最低値は 3.3 であり、本調査のいずれの試料もヨーロッパの閾値 1.0 を上回っていた。道路近傍のスギは特に水溶性 Al が高かったが、水溶性の BC も高かったため 1 以下とはなっていない。

これより、BC / Al モル比を指標とし、閾値を 1.0 としてみた場合、現時点では、本市の森林土壤は土壤酸性化に伴う溶出 Al が植物根に及ぼす影響はまだあまり大きくなっていないと判断できる。

なお、日本では BC / Al モル比に関する報告例は少ないが、佐藤¹⁷⁾は広島県内で、大橋等¹⁸⁾は東京都内で森林土壤の調査を行っており、本市と同様、いずれも閾値 1.0 を上回っていることを報告している。

(2) 交換性BC/Alモル比

交換性 BC / Al モル比は、水溶性 BC / Al モル比のような影響に関する評価基準は特にはない。しかし、交換性 BC / Al モル比は水溶性 BC / Al モル比の前段階の状態をあらわすものとして非常に重要と考えられる。図-7 に pH(H₂O) と交換性の BC / Al モル比の関係を示す。

交換性 BC / Al モル比は pH が低くなると小さくなる傾向を示し、樹種別ではスギが小さく、特に道路近傍のスギは小さかった。このことは、今後、土壤の酸性化が進んでいくと、交換性 BC / Al モル比が非常に小さくなり、それに伴い水溶性 BC / Al モル比も非常に小さくなっていくことを十分予測させるものである。したがって、土壤酸性化に関しては、今後、継続して注意深く監視していくことが重要と考えられる。

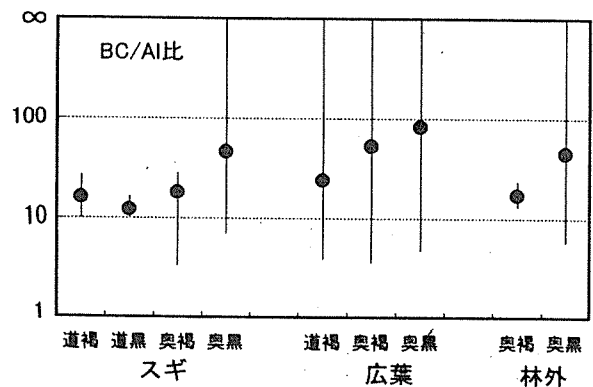


図-6 スギ、広葉、林外土壤の水溶性のBC/Alモル比
(図中の●は平均値を示す。また、道褐、道黒、奥褐、奥黒は道路近傍の褐色森林、道路近傍の黒ボク、奥の褐色森林、奥の黒ボク土を示す。)

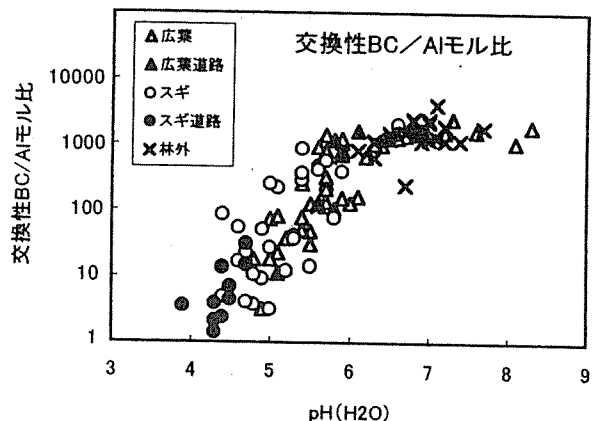


図-7 土壤pHと交換性BC/Alモル比の関係

7 土壤酸性化の原因について

スギ土壤の pH は林外、広葉に比べ低く、特に、道路近傍のスギ土壤は低かった。ここではこの原因について主にイオン成分の面から検討した。

(1) 樹幹流による影響

スギ等の針葉樹は樹液に有機酸を含んでいるため、自然の状態のままでも、その樹幹流は広葉樹に比べ強い酸性を示す^{19),20)}。このため、これが流下すると樹幹周囲の表層土壤を酸性化させる²¹⁾。このことがまず本調査でスギ土壤が広葉に比べ pH が低かった原因の一つとして挙げられる。しかし、スギの奥と道路近傍とで pH が異なり、特に道路近傍で pH が低かった理由にはなっておらず、他の原因が考えられる。

(2) 乾性沈着による影響

佐藤等²²⁾はスギの樹幹流が強い酸性を示す理由としてスギ本来の特性の他、樹幹への酸性物質の乾性沈着を挙げている。また、岡本等²³⁾は筑波地区で樹幹流、林内雨、林外雨の調査を行い、スギが広葉、林外に比べ SO_4^{2-} 、 NO_3^- 等の降下量が多い、即ち乾性沈着が多いことを報告している。

4-2(5)で述べたように、本調査でスギ土壤の SO_4^{2-} 、 NO_3^- は林外、広葉に比べかなり多かった。これは樹種による乾性沈着量の違いが大きく影響しているものと考えられる。

(3) pHと SO_4^{2-} 、 NO_3^- の関係

図-8に土壤水溶性成分のイオンバランスを示した。ここで TA とは陰イオンの当量濃度の総和 ($\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^- + \text{Cl}^-$)、TC とは陽イオンの当量濃度の総和 ($\text{H}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{N} + \text{H}_4^+$)を示す。図-8にみられるように、TAとTCはほぼ一致していた(一部イオンバランスの悪い試料があるが、これはいずれも pH の高い試料であり、未測定炭酸イオンが影響しているものと考えられる)。これより、pHとイオン成分の関係を検討する上で支障はないと考える。

図-9、10にスギ土壤で特に多かった SO_4^{2-} 、 NO_3^- と pH (H_2O)の関係を示した。また、図-11に S と pH (H_2O)の関係を示した。図-9にみられるように、 SO_4^{2-} は pH と良好な負の相関を示した。特に道路近傍のスギ土壤は SO_4^{2-} が多く、pHが低い傾向を示した。この傾向は S (図-11)でより顕著であった。この S については土壤中でどのような形態で存在しているのか注目される。

NO_3^- (図-10)も SO_4^{2-} ほど明瞭ではないが、概ね pH と負の相関を示した。しかし、 SO_4^{2-} 、S のように道路近傍のスギ土壤で特に多くなる傾向はなかった。 NO_3^- は植物に栄養として取り込まれたり、分解されやすかったり、その起源も NO_3^- 降下物としての他、 $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_x \rightarrow \text{NO}_3^-$ による変化・生成等、複雑であるため地点の特性があまり明瞭とならなかったものと推察される。

(4) Sの起源

図-12、13に土壤中の S と Pb、Ni の関係を示した。S と各元素成分との関係を検討した結果、図-12、13に示すように、S は Pb ($r=0.69$)、Ni ($r=0.81$) と特に強い相関を示した。S、Pb、Ni はともに道路近傍で特に多いこと、Pb はかつて四アルキル鉛としてガソリン添加剤に多

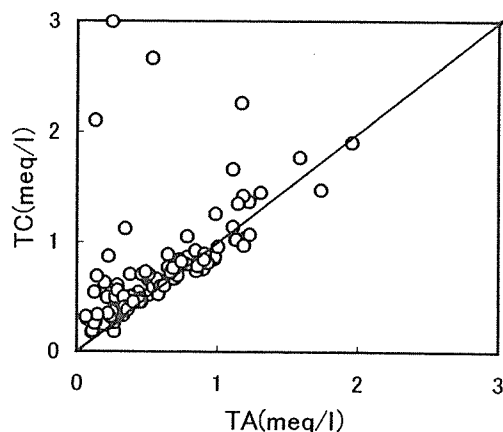


図-8 土壤中のTAとTCのイオンバランス

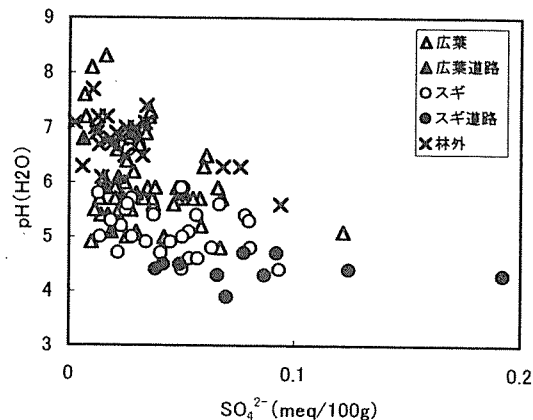


図-9 土壤中の SO_4^{2-} とpHの関係

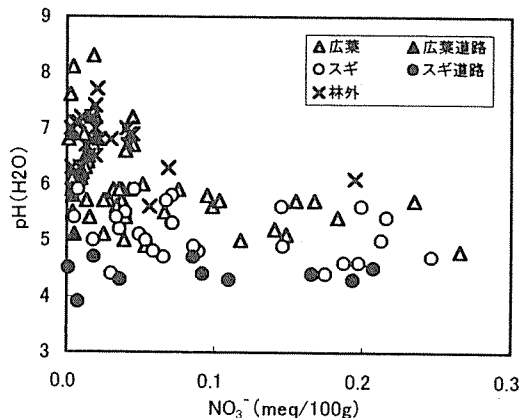


図-10 土壤中の NO_3^- とpHの関係

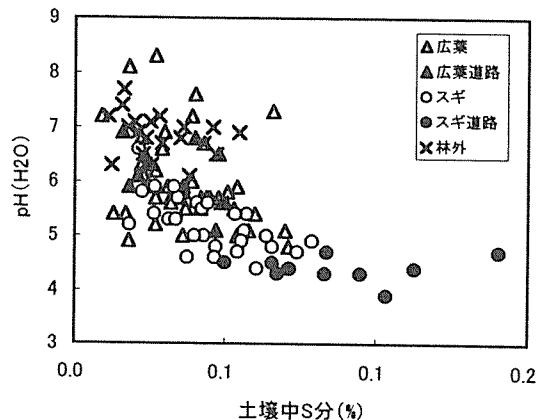


図-11 土壤中のS元素とpHの関係

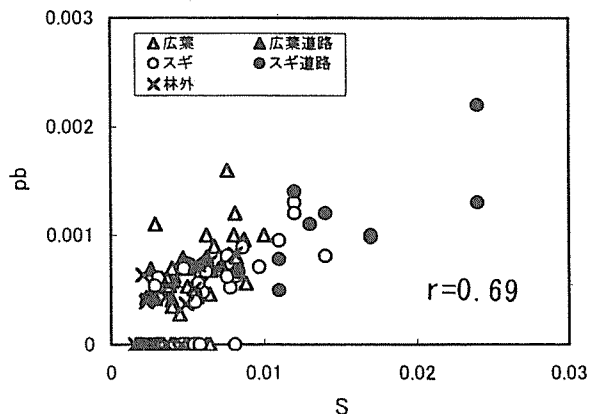


図-12 土壌中のS元素とPbの関係
(X, Y軸の単位は分析した全元素に対する相対値)

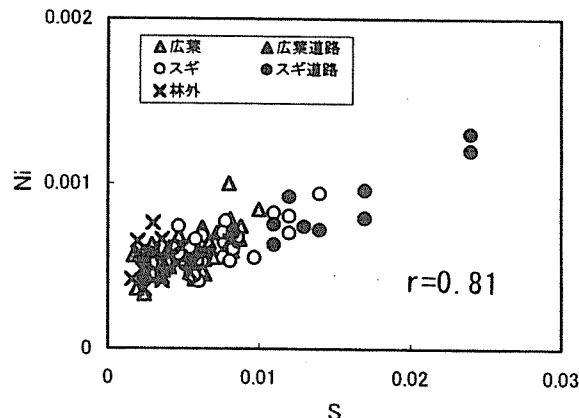


図-13 土壌中のS元素とNiの関係
(X, Y軸の単位は分析した全元素に対する相対値)

く使用されていたこと、Ni は燃焼排ガス系の指標物質となっていることから、これら物質は人為起源、特に自動車排ガスの影響が大きいものと推測される。

以上より、スギ土壌はスギ本来の特性で自然の状態では酸性化しているが、これに酸性雨・大気汚染が加わり、さらに道路近傍では自動車排ガス等の酸性物質の沈着が加わり土壌酸性化が加速しているものと推測される。

なお、道路近傍での広葉土壌は SO_4^{2-} が多くなっておらず、また、特に酸性化されていなかったが、この理由としては、広葉はスギに比べ乾性沈着が少ない、特に本調査の広葉は落葉広葉樹であり少ない（冬は乾性沈着が非常に少ない）こと、及び広葉本来の樹幹流の特性等が影響していると考えられる。これに関しては、常緑広葉樹等も対象にしてさらに詳しく調査する必要がある。

8 まとめ

1999年11月～2000年3月の寒候期、横浜市内の市民の森等25カ所において、スギ林土壌38、広葉樹林土壌52、林外（草地）土壌22、合計112の土壌試料を採取し、土壌pH、交換性塩基、交換性Al、水溶性Al等を調べた。その結果以下のことがわかった。

(1) スギ、広葉、林外の平均pH(H₂O)は、それぞれ4.70、5.57、6.49であり、スギが低く、特に道路近傍のスギは平均が4.34とかなり低かった。

(2) 交換性塩基量はpHが低いと減少する傾向であり、樹種別では林外、広葉に比べスギが少なく、特に、道路近傍のスギが少なかった。

(3) 交換性Alは交換性塩基とは逆に、pHが低くなると増加する傾向であり、樹種別では林外、広葉に比べスギが多く、特に、道路近傍のスギが多かった。

(4) 水溶性Alは交換性Alと同様、pHが低くなると増加する傾向であり、樹種別では、林外、広葉に比べスギが多く、特に、道路近傍のスギが多かった。

(5) スギは林外、広葉に比べ SO_4^{2-} 、S、Ni、Pbが多い傾向で、特に、道路近傍のスギはこれらが多かった。

(6) 土壌酸性化の原因を調べるため、pHと各成分との関係を検討した。その結果、土壌中の SO_4^{2-} 、Sが土壌酸性化の一因となっていることが判明した。

このSは土壌中のNi、Pbと相関が強かった ($r=0.81$, $r=0.69$)。

(7) 森林衰退の化学的指標値となっているBC/Alモル比を用いて、本調査結果を評価したところ、全試料の最低値は3.3であり、現在のところ、ヨーロッパの閾値1.0には達していないことがわかった。

(8) 今後、近隣諸国からの影響、三宅島火山ガスの影響等も考えられ、土壌酸性化に関しては、継続して監視していくことが重要であると考えられた。

文献

- 1) 梨本 真他：関東・甲信地方におけるスギ社寺林の衰退地と健全地の土壌化学性の比較，環境科学会誌 6(2)，121-130(1993)。
- 2) 神奈川県環境部大気保全課：酸性雨に係わる調査研究報告書（1994年3月）。
- 3) 環境庁，酸性雨対策検討会：第3次酸性雨対策調査とりまとめ（平成11年3月）。
- 4) Ulrich, B., R. Mayer and p. K. Khanna：Chemical changes due to acid precipitation in a loess-derived soil in Central Europe. soil sci.,130,193-199(1980)。
- 5) 横浜市環境科学研究所：第2回陸域生物による環境モニタリング調査（平成7年3月）。
- 6) 横浜市環境科学研究所：酸性雨に関する調査研究報告書(2)－酸性雨による器物影響－（1998）。
- 7) 横浜市環境保全局：横浜市大気汚染調査報告書，第41報（2002）。
- 8) 横浜市公害対策局：横浜市流域の生物相・生態系調査報告書，7-12（平成3年3月）。
- 9) 環境庁水質保全局，社団法人日本土壌肥料学会：酸性雨の土壌への影響予察図（昭和59年3月）。
- 10) 環境庁大気保全局大気規制課：酸性雨調査法，ぎょうせい（平成5年6月）。
- 11) 土壌養分分析法測定委員会編：土壌養分分析法，養賢堂(1972)。
- 12) 白柳康夫：底質のけい光X線分析法の検討，横浜市公害研究所報第8号，103-110（1983）。
- 13) 理学電機工業株式会社編集：蛍光X線分析の手引，

p72-81 (1990).

14) 理学電機工業株式会社応用技術センター編集：蛍光 X 線分析における FP 法の理論と演習 (1993).

15) 藤澤明子他：石川県における酸性雨土壌モニタリング調査結果 (平成 5～6 年度), 石川保環年報第 32 号, 155-163 (1995).

16) Sverdrup, H., Warfvinge, P.: The effects of soil acidification on the growth of trees, grass and herbs as expressed by the (Ca+Mg+K) / Al ratio, Lund University, Report 1993:2, Sweden (1993).

17) 佐藤一男：森林土壌への酸性雨への影響, 酸化物等 (酸性雨) 環境影響評価講演要旨集, 17-20 (平成 13 年 12 月).

18) 大橋毅, 菅邦子：スギ生育土壌の化学的特徴, 東京都環境科学研究所年報, 305-310 (1997).

19) 佐々朋幸, 後藤和秋, 長谷川浩一, 池田重人：盛岡市周辺の代表森林における林外雨, 林内雨, 樹幹流の酸性度ならびに溶存成分—樹種による樹幹流の固定値—, 森林立地, 32, 43-58 (1991).

20) 片山幸士, 岸田多代：各種の林分における降水, 樹幹流および樹冠通過雨の pH と EC, 環境技術, 25(10), 17-20 (1996).

21) 松浦陽次郎, 堀田庸, 荒木誠：関東地方におけるスギ表層土壌の pH 低下, 森林立地, 32, 65-69 (1990).

22) 佐藤一男, 高橋章：スギ樹幹からの水素イオンの溶脱と樹幹近傍土壌の酸性化, 環境科学会誌, 9(2), 221-230 (1996).

23) 岡本玲子他：筑波地区における降雨の化学的性状に関するモニタリングデータ (1985～1990 年), 農業環境技術研究所資料, 第 13 号 (平成 4 年 2 月)

横浜市における酸性雨モニタリング調査 — 2000年の結果 —

梅田てるみ, 加藤善徳 (横浜市環境科学研究所)

Survey of Acid Rain in Yokohama City.
— Rain acidity data from January to December 2000 —

Terumi Umeda, Yosinori Katou
(Yokohama Environmental Science Reserch Institute)

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、我が国では森林・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、この東アジアからの影響に加え、2000年9月頃より三宅島火山ガスの放出量が急激に増大しており²⁾、これによる酸性雨への影響も懸念される。

横浜市環境科学研究所では、1984年より酸性雨のモニタリングを実施しているが、これまでの結果^{3),4)}から、横浜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、市内のブロンズ像等の器物に酸性雨の被害が生じていること等がわかっている。これに三宅島火山ガスの影響も加わっており、状況によっては農作物、人体等への急性的な影響も心配されることから、注意深く監視していく必要がある。

ここでは、2000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: 2000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^{5),6)}により1ヶ月単位で採取した。

(4)分析項目及び分析方法

採取した試料は、酸性雨等調査マニュアル⁶⁾に従い、pH、導電率(EC)、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+}

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

を表-1に示す方法で分析した。

3. 結果

(1)降水量

2000年1月～12月の1年間に70の降水試料を採取し、その貯水量から算出した年間降水量は1635mmとなった。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⁷⁾(1557.5mm)の105%で、両者はほぼ同程度であった。

また、気象台の観測によると、月間降水量は1月、7月、9月が平年よりやや多かったが、2月、12月は平年よりかなり少なく、年間降水量としてはほぼ平年並(平年値⁸⁾1569mm)であった。

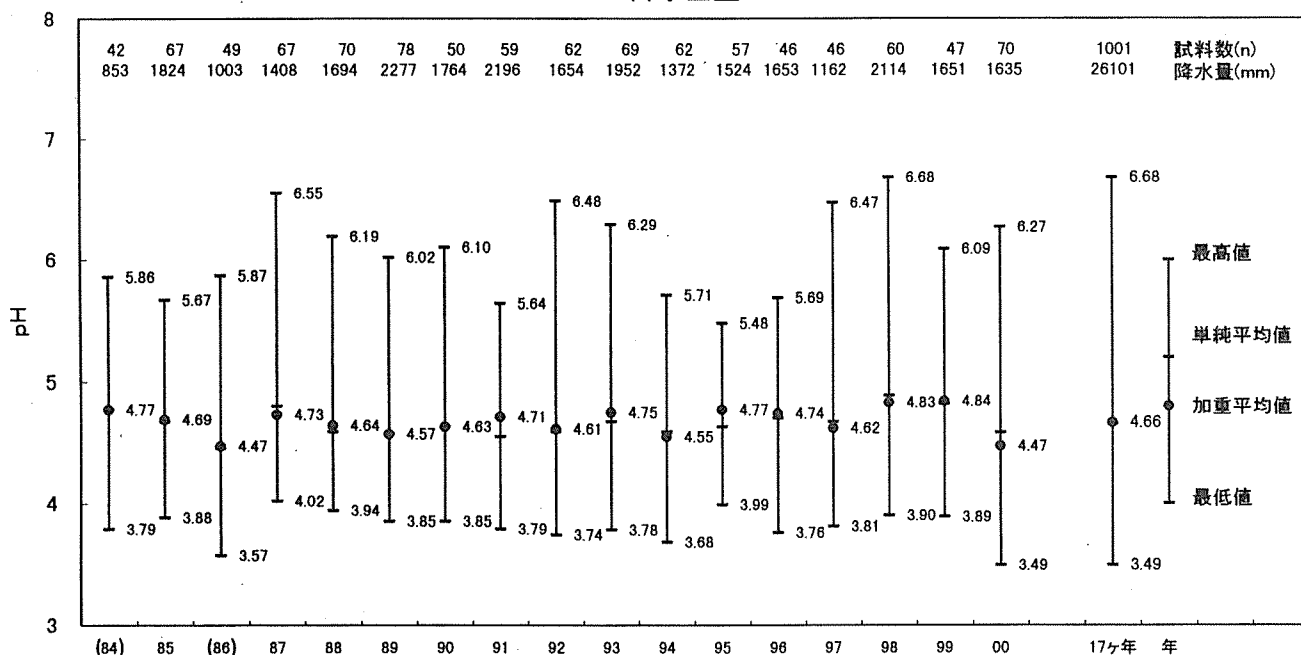
(2) pH

図-1に一降水全量、初期1mm降水のpHの最高値、最低値、平均値の経年推移を示した。

2000年の一降水全量の最高pHは6.27、最低pHは3.49、降水量で重み付けした年平均pHは4.47であった。一方、初期1mm降水は最高が6.86、最低が3.24、年平均pHが4.16であった。2000年は70の降水試料を得たが、一降水全量で見ると酸性雨とされるpH5.6以下のものは67(96%)あり、採取した降水のほとんどが酸性雨であった。

経年的には、一降水全量は1984年以来pH4.7前後、初期1mm降水はpH4.3前後で推移していたが、本年は一降水、初期1mmともかなり低めとなっていた。

一降水全量



初期1mm降水

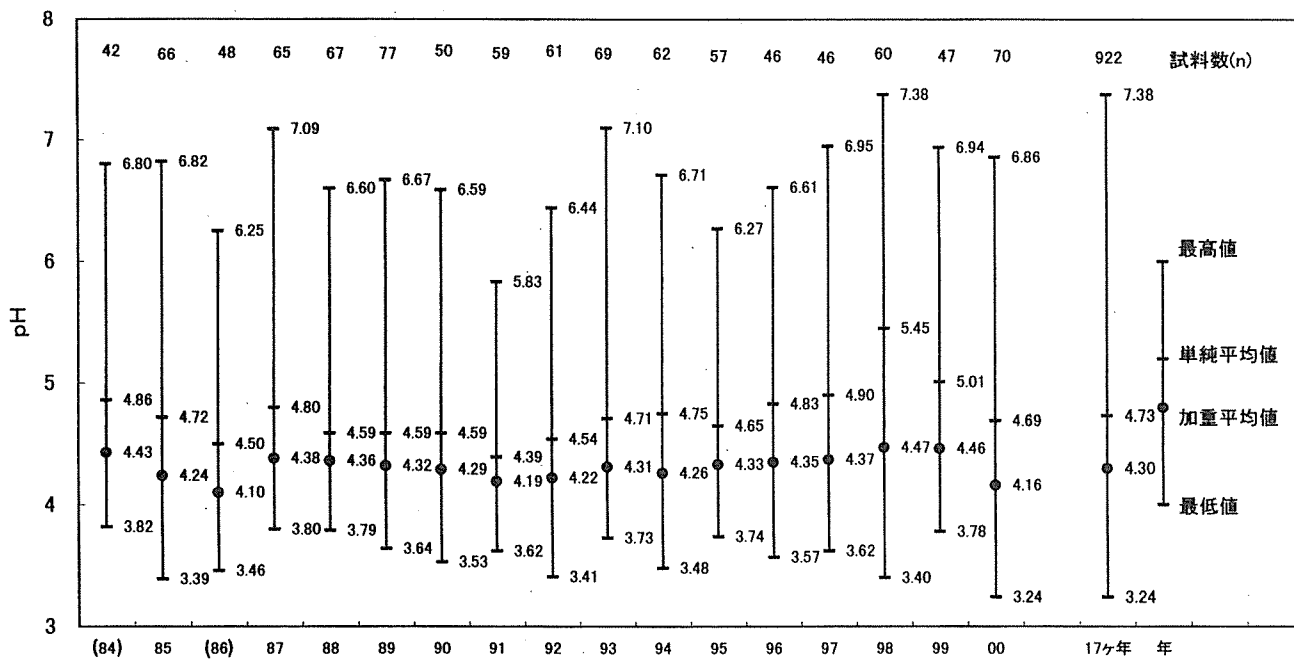


図-1 降水pHの経年推移

(単純平均値は各降水のpH値の算術平均値、加重平均値は各降水のpHを水素イオン濃度に換算し降水量で重み付けした平均値をpHに再変換した値である。1984年1月～4月及び1986年3月～5月は欠測である。)

表-2 湿性沈着量

	降水量 mm	pH	meq/m ² /年														
			H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻ _{nss}	Ca ²⁺ _{nss}	SO ₄ ²⁻ _{nss}	Cl ⁻	TA	TN	N/S比
1984年	853	4.77	14	24	1.0	16	6	5	38	11	27	5	36	8	55	29	0.31
(1984年)	(1280)	(4.77)	(22)	(37)	(1.5)	(24)	(9)	(8)	(57)	(16)	(40)	(8)	(54)	(13)	(83)	(45)	(0.30)
1985年	1824	4.69	37	38	1.8	45	17	13	58	22	68	14	53	15	90	52	0.42
1986年	1003	4.47	34	42	3.1	20	9	5	46	28	42	8	44	18	90	50	0.64
(1986年)	(1337)	(4.47)	(46)	(56)	(4.1)	(27)	(12)	(7)	(62)	(37)	(56)	(11)	(58)	(24)	(120)	(66)	(0.64)
1987年	1408	4.73	27	40	4.4	26	10	7	53	24	46	9	50	16	90	49	0.48
1988年	1694	4.64	39	48	1.8	30	12	8	81	31	59	11	77	25	133	59	0.40
1989年	2277	4.57	62	71	2.8	53	25	19	95	45	86	23	89	24	158	94	0.51
1990年	1764	4.63	42	37	2.8	95	29	27	66	28	111	25	55	0	83	62	0.51
1991年	2196	4.71	43	60	1.8	38	22	15	64	26	62	20	60	17	103	80	0.43
1992年	1654	4.61	40	54	1.8	47	20	13	60	26	74	18	54	19	99	72	0.48
1993年	1952	4.75	34	62	2.1	34	27	12	64	33	69	25	60	30	123	87	0.55
1994年	1372	4.55	39	48	1.0	35	24	12	62	39	54	22	58	14	111	70	0.67
1995年	1524	4.77	26	45	1.5	37	18	10	49	29	58	16	45	15	89	61	0.64
1996年	1653	4.74	30	57	1.8	43	26	11	63	37	67	24	58	17	112	81	0.64
1997年	1162	4.62	28	45	1.5	47	19	13	52	30	68	17	47	13	90	62	0.64
1998年	2114	4.83	31	74	2.1	75	39	22	74	45	120	35	65	32	142	109	0.69
1999年	1651	4.84	24	59	1.3	42	16	12	52	34	73	14	47	23	104	73	0.72
2000年	1635	4.47	55	60	1.7	52	17	12	79	35	99	14	73	39	147	74	0.48
年平均	1725	4.67	37	53	2.0	47	21	14	65	32	74	19	59	20	112	72	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) nss-X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3) 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4) 年平均の欄には1984年と1986年を除いた15ヶ年の平均を示した。

表-3 乾性沈着量

	測定 月数	meq/m ² /年														
		NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻ _{nss}	Ca ²⁺ _{nss}	SO ₄ ²⁻ _{nss}	Cl ⁻	TA	TN	N/S比	
1991年	8	6.4	1.4	21	30	14	30	11	41	29	28	16	55	35	0.39	
(1991年)	(12)	(9.6)	(2.1)	(31)	(46)	(22)	(45)	(16)	(61)	(44)	(42)	(25)	(83)	(54)	(0.39)	
1992年	6	4.2	1.0	14	22	10	19	8	27	21	17	10	35	25	0.47	
(1992年)	(12)	(8.5)	(2.0)	(28)	(43)	(20)	(37)	(15)	(53)	(42)	(34)	(20)	(69)	(51)	(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	15	58	44	0.72	
1995年	12	4.8	2.0	16	33	7	17	13	26	32	15	7	35	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	0	31	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	5	26	27	1.08	
2000年	12	2.5	1.2	13	24	5	12	11	18	23	11	3	25	26	1.00	
年平均	12	4.0	1.4	16	36	8	19	13	26	35	17	7	37	39	0.78	

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) nss-X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3) 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4) 年平均の欄には欠測のない7ヶ年(1994年~2000年)の平均を示した。

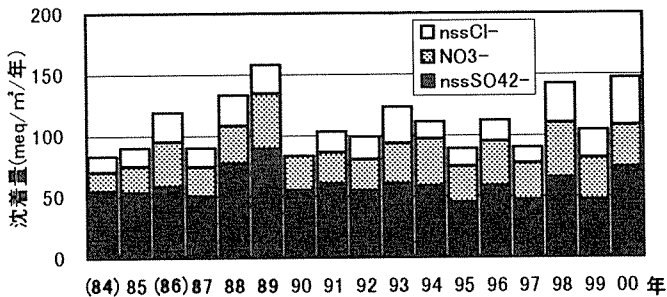


図-2 湿性沈着物の経年推移
 (84年, 86年は[測定値]÷[測定月数]×[12]で年間値に補正した値。)

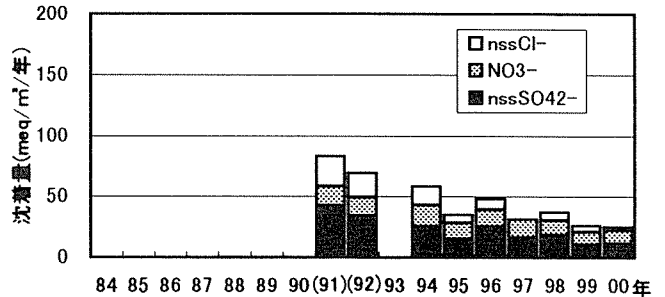


図-3 乾性沈着物の経年推移
 (91年, 92年は[測定値]÷[測定月数]×[12]で年間値に補正した値。93年は欠測。)

(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した。また、図-2に SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- の経年推移を示した。なお、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。

2000年の湿性による酸性雨原因物質の沈着量は SO_4^{2-} が $73\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、 NO_3^- が $35\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、 Cl^- が $39\text{meq/m}^2/\text{年}$ であった。これらの合計量(以下、TAとする)は $147\text{meq/m}^2/\text{年}$ であった。一方、中和物質である NH_4^+ は $60\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、 Ca^{2+} は $14\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、これらの合計量(以下、TNとする)は $74\text{meq/m}^2/\text{年}$ であった。

TA、TNで酸性雨原因物質、中和物質の沈着量の経年推移をみると(図-2、表-2)、TAは、降水量の多かった1989年、1998年がやや多い他はほぼ $100\text{meq/m}^2/\text{年}$ 程度で推移してきたが、2000年は降水量が平年並みであるにも関わらず、TAは $147\text{meq/m}^2/\text{年}$ とやや多めとなっていた。これは、既報⁹⁾で報告したように、三宅島火山ガスの影響により SO_4^{2-} と Cl^- の沈着量が増加したため(SO_4^{2-} 、 Cl^- は SO_2 ガス、 HCl ガスとして火山から放出されている)、前年比は SO_4^{2-} が1.6倍、 Cl^- が1.7倍となった。 NO_3^- は前年比1.0倍でとくに増加はしていなかった。

一方、中和物質については、年によりばらつきがあるものの、TNは測定開始以来概ね $70\text{meq/m}^2/\text{年}$ 前後で推移してきており、2000年も同様であった。

(4) 乾性沈着量

表-3に乾性による各成分の沈着物の測定結果を示した。また、図-3に SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- の経年推移を示した。なお、欠測期間のある年(1991～1993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(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)。

2000年の乾性による酸性雨原因物質の沈着量は SO_4^{2-} が $11\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、 NO_3^- が $11\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、 Cl^- が $2.9\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、TAとしては $25\text{meq/m}^2/\text{年}$ であった。一方、中和物質である NH_4^+ は $2.5\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、 Ca^{2+} は $23\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、TNとしては $26\text{meq/m}^2/\text{年}$ であった。

TA、TNで酸性雨原因物質、中和物質の沈着量の経年推移をみると(図-3、表-3)、TAは1991年以降減少傾向、特に SO_4^{2-} の減少が著しかったが、2000年は前年と同程度となっていた。1991年以降 SO_4^{2-} が減少傾向となっているのは、軽油中硫黄分の削減等により横浜市内の SO_2 発生量が減少しているため¹⁰⁾と考えられるが、2000年は三宅島火山からの SO_2 の影響により、 SO_4^{2-} 沈着量は減少せず前年並になったものと考えられる。

なお、先に述べた湿性沈着では SO_4^{2-} だけでなく Cl^- も増加していたが、乾性沈着では Cl^- の増加はみられなかった。筆者らの観測¹¹⁾では、横浜市内の大気中 HCl ガス濃度は、三宅島火山ガス放出量が増大した2000年9月以降もとくに上昇しておらず、 HCl については、 SO_2 とは異なり、乾性としては横浜市内まで輸送されないもの

と考えられる。

一方、中和物質については、TNは1991年以降概ね $50\text{meq/m}^2/\text{年}$ 前後で推移していたが、1999～2000年はかなり少なめとなっていた。

4. まとめ

2000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) 2000年の降水の年平均pHは初期1mm降水が4.16、一降水全量が4.47であり、例年に比べ低めであった。
- (2) 2000年の湿性(降水)による SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- の沈着量は73、35、39($\text{meq/m}^2/\text{年}$)であり、例年に比べ SO_4^{2-} と Cl^- の沈着量が増加していた。
- (3) SO_4^{2-} と Cl^- の湿性沈着量が増加したのは、三宅島火山ガスの影響によるものと考えられ、これにより降水pHが低下したのと考えられた。
- (4) 2000年の乾性による SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- の沈着量は11、11、2.9($\text{meq/m}^2/\text{年}$)であった。経年的には、1991年以降 SO_4^{2-} の沈着量が減少傾向となっていたが、本年は前年並みであった。

文 献

- 1) 環境庁酸性雨対策検討会：第3次酸性雨対策調査とりまとめ(平成11年3月)。
- 2) 風早康平：三宅島噴火における火山性ガスの噴出量、大気環境学会特別講演会「三宅島噴火と広域大気汚染」講演要旨集、17-25(2001)。
- 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(II)－酸性雨による器物影響－(1998)。
- 4) 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－1999年の結果－、横浜市環境科学研究所報第25号、34－37(2001)。
- 5) 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)。
- 6) 環境庁大気保全局：酸性雨等調査マニュアル(改訂版)(平成2年3月)。
- 7) 気象庁編集：気象庁月報、3巻1～12号(2000年1月～12月)。
- 8) 気象庁監修：気象庁観測平年値(1996)。
- 9) 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)。
- 10) 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)。
- 11) 横浜市環境保全局：横浜市環境白書－平成13年度版－、p106(平成13年10月)。
- 12) 梅田てるみ、加藤善徳：横浜市における乾性沈着物の測定－インファレンシャル法による乾性沈着量の推定と代理表面法との比較－、横浜市環境科学研究所報第26号、122－128(2002)。

雨水中の農薬モニタリング調査

酒井 学 (横浜市環境科学研究所)

Investigation of pesticides in rainwater in Yokohama

Manabu Sakai (Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード：雨水，農薬

要旨

横浜市内において、平成13年6～7月、雨水中の農薬モニタリング調査を行った。雨水試料5検体について、46種類の農薬をGC-MS, GC-FPDにより分析した結果、4検体から農薬が検出された。検出された農薬は、殺虫剤2種類（ジクロロボス、フェニトロチオン）及び殺菌剤2種類（クロロタロニル、フサライド）であり、除草剤は検出されなかった。検出された農薬濃度はジクロロボス0.05～0.22 $\mu\text{g}/\ell$ 、フェニトロチオン0.10～0.15 $\mu\text{g}/\ell$ 、クロロタロニル0.15 $\mu\text{g}/\ell$ 、フサライド0.10 $\mu\text{g}/\ell$ であり、水質汚濁に係る要監視項目としての指針値や公共用水域等における水質評価指針値と比較してかなり低濃度であった。

1. はじめに

現在、国内では、DDT, BHC等の難分解性で蓄積性、生物濃縮性を有する農薬は使用が禁止されており、農地、緑地、ゴルフ場などで用いられている農薬は、生物的、化学的に分解する性質を有している。しかし、実際に散布した農薬の全てがその場所で分解する場合もあるが、一部が分解前に河川等の公共用水域に流出したり、大気中に揮発したり^{1,2)}、更に雨水とともに、周辺地域へ降りそそぐ可能性も考えられる。ところが、河川水、ゴルフ場排水中の農薬に関する調査研究は多数認められるもの³⁻⁵⁾、雨水中の農薬に関しては、検討した例が少なく、不明な部分が残されている。また、Majewskiらは、農業地域のみならず、都市部の雨水からも農薬を検出したと報告しており⁶⁾、横浜のような都市においても雨水中に農薬が存在する可能性がある。そこで、今回、比較的農薬の使用が多いとされる6～7月に雨水中の農薬モニタリング調査を行った。

2. 調査及び実験

2-1 調査場所及び調査日

雨水試料は平成13年6～7月、横浜市環境科学研究所（横浜市磯子区滝頭1-2-15、海拔8m）の屋上（高さ:20m）にて、ガラス製のビーカー（内径115mm、容量1000ml）を複数個設置して採取した。採取した雨水は、24時間以内にビーカーからガラス製容器に移して、冷暗所保存するとともに、すみやかに前処理（固相抽出）操作を行った。

2-2 農薬分析方法

農薬の分析は、固相抽出-ガスマス、ガスクロ法を用いた³⁾。雨水500mlを固相抽出カラム（Sep-paK PS-2, Waters製）で処理し、アセトン3mlにて溶出した。次に溶出液を窒素ガスで適量に濃縮した後、ガスマス（HP5973）、ガスクロ（HP6890, FPD検出器）を用いて測定可能な46種

類の農薬を測定した（表-1）。

3. 結果及び考察

表-2に今回の分析試料である雨水に関するデータを示した⁷⁾。6～7月には、11回の降水があったが、その中の6回は降水量（試料量）が5mm以下と少なく、5mmを超えた5回の降水について農薬の分析を行った。

図-1に6月6日の雨水試料及び農薬標準品のガスマスデータを示した。1)は雨水試料のガスマスチャートであり、モニターイオン(m/z)は、ピークAが185、ピークBが277である。また、2)はAのピークのマススペクトル、3)はジクロロボスの標準のマススペクトルである。2)と3)はほぼ一致したマススペクトルパターンであり、かつ保持時間も一致することから、Aのピークはジクロロボスと同定された。同様に4)はBのピークのマススペクトル、5)はフェニトロチオンの標準のマススペクトルであり、両者のパターン及び保持時間が一致することから、Bのピークはフェニトロチオンと同定された。さらに、それぞれの農薬の濃度は、ガスマス及びガスクロデータから0.12, 0.10 $\mu\text{g}/\ell$ と算出された。

次に、図-2に7月25日の雨水試料及び農薬標準品のガスマスデータを示した。1)はガスマスチャートであり、モニターイオン(m/z)は、ピークCが255、ピークDが173である。2)はピークC、3)はクロロタロニルの標準、4)はピークD、5)はフサライドの標準のマススペクトルである。スペクトルパターン及び保持時間の一致からCはクロロタロニル、Dはフサライドと同定され、濃度は、各々0.15, 0.10 $\mu\text{g}/\ell$ と算出された。

以下の試料についても同様に分析を行ったところ、表-3に示した分析結果となった。雨水試料を採取した研究所周辺の土地利用状況は、住宅、オフィス、工場が多く、東側には海が広がっており、農地の割合は極めて少なくなっているが、雨水試料5検体中、4検体から農薬が検出され

表一 調査対象農薬及び基準値、指針値

		定量限界値 ($\mu\text{g}/\ell$)	水質汚濁に係る 環境基準項目 基準値 ($\mu\text{g}/\ell$)	水質汚濁に係る 要監視項目 指針値 ($\mu\text{g}/\ell$)	公共用水域等 における水質 評価指針値 ($\mu\text{g}/\ell$)
除草剤	モリネート	0.05			5
	トリフルラリン	0.05			
	シマジン	0.05	3		
	MCC	0.05			
	アトラジン	0.05			
	プロピザミド	0.05		8	
	プロモブチド	0.05			40
	テルブカルブ	0.05			
	シメトリン	0.05			60
	エスプロカルブ	0.05			10
	チオベンカルブ	0.05	20		
	ベンディメタリン	0.05			100
	メチルダイムロン	0.05			
	ブタクロール	0.05			
	ブタミホス	0.05			4
	プレチラクロール	0.05			40
	オキサジアゾン	0.05			
	NIP	0.05			
	クロロニトロフェン	0.05			
メフェナセット	0.05			9	
殺虫剤	ジクロルボス	0.05		8	
	フェノブカルブ	0.05		30	
	α -HCH	0.05			
	γ -HCH	0.05			
	ダイアジノン	0.05		5	
	エチルチオメトン	0.05			
	フェニトロチオン	0.05		3	
	マラチオン	0.05			10
	クオルピリホス	0.05			30
	フェンチオン	0.05			
	α -ベンゾエピン	0.05			
	イソキサチオン	0.05		8	
	β -ベンゾエピン	0.05			
	ピリダフェンチオン	0.05			2
	EPN	0.05		6	
殺菌剤	クロロネブ	0.05			
	ペンシクロン	0.05			40
	PCNB	0.05			
	クロロタロニル	0.05		50	
	イプロベンホス	0.05		8	
	トルクロホスメチル	0.05			200
	フサライド	0.05			100
	フルトラニル	0.05			200
	イソプロチオラン	0.05		40	
	メプロニル	0.05			100
	EDDP	0.05			6

空欄は基準値、指針値等が未設定

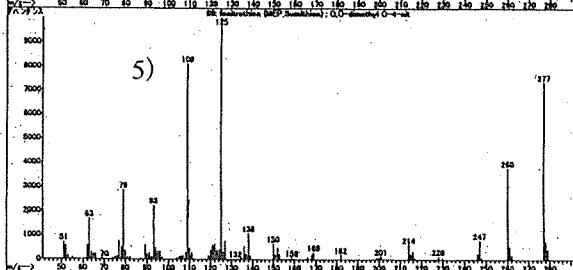
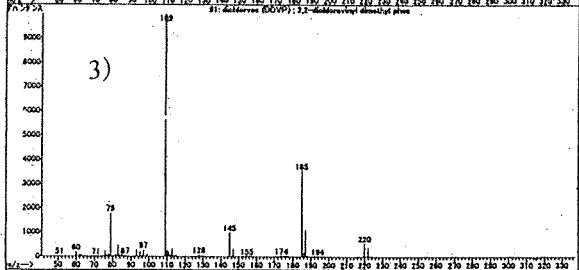
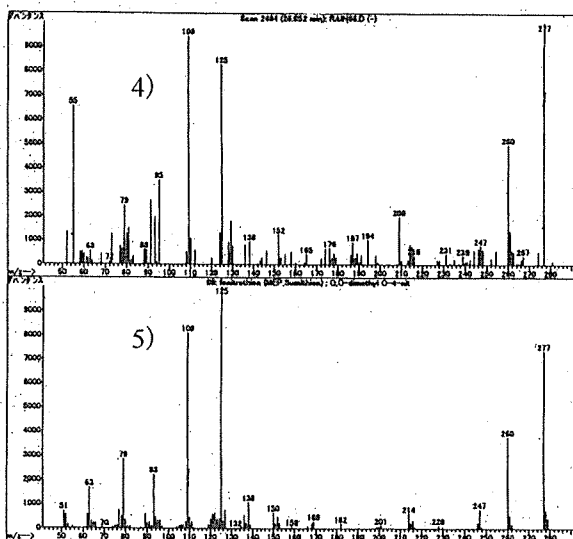
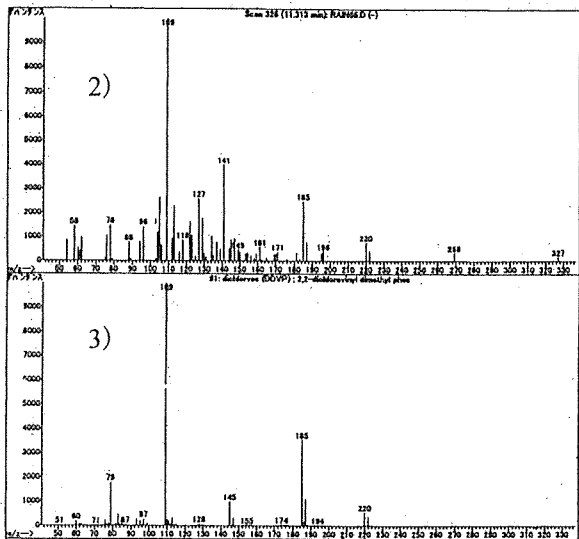
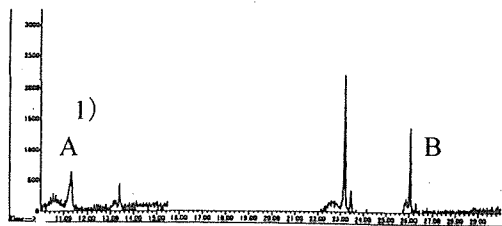


図-1 6月6日の雨水試料及び農薬標準のガスマスデータ
 1) 雨水試料のクロマトチャート, 2) ピーク A のマススペクトル,
 3) ジクロロボスの標準のマススペクトル, 4) ピーク B のマススペクトル,
 5) フェニトロチオンの標準のマススペクトル

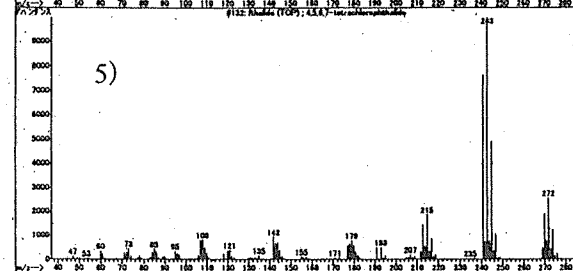
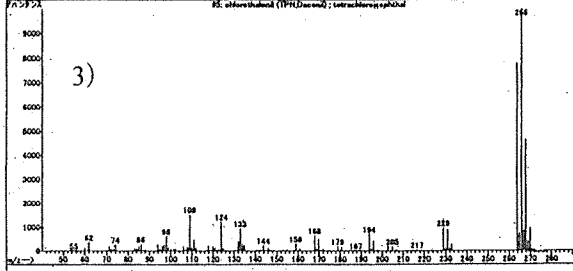
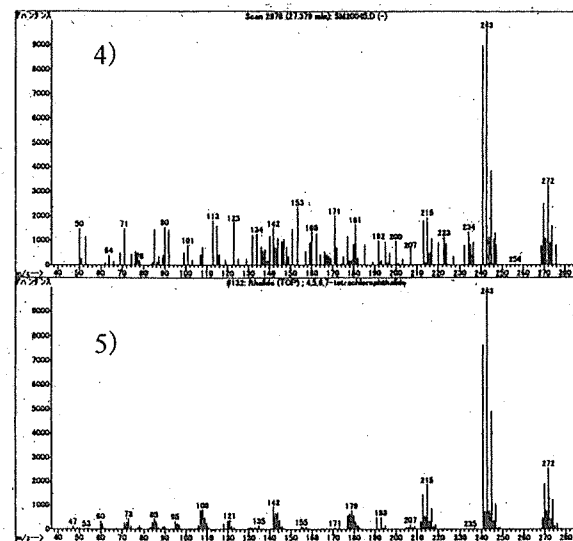
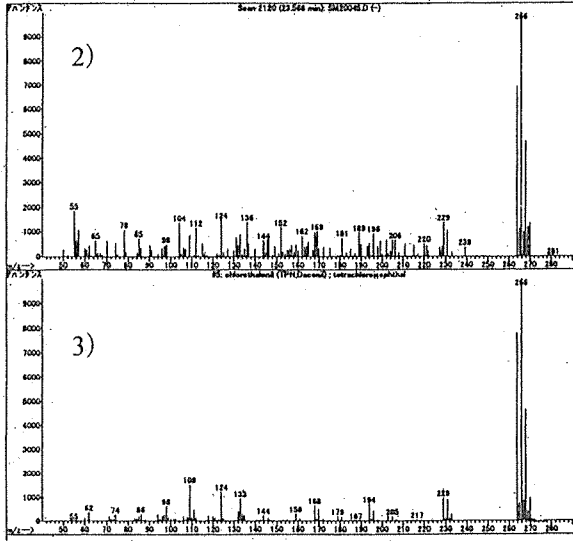
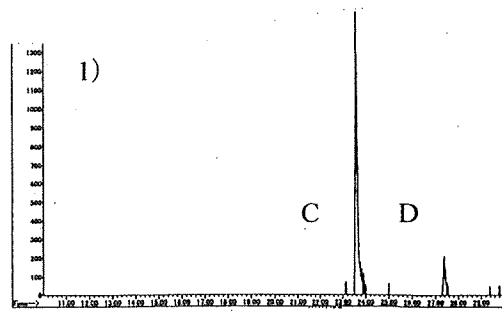


図-2 7月25日の雨水試料及び農薬標準のガスマスデータ
 1) 雨水試料のクロマトチャート, 2) ピーク C のマススペクトル,
 3) クロロタロニルの標準のマススペクトル, 4) ピーク D のマススペクトル,
 5) フサライドの標準のマススペクトル

た。今回検出された4種類の農薬は、水質汚濁に係る要監視項目としての指針値や公共用水域等における水質評価指針値が設定されている(表-1)。分析対象が雨水であり、河川水等の公共用水域とは異なるが、参考までに比較すると、今回の濃度はこれらの指針値よりもかなり低い濃度であった。ただし、農薬に対し感受性の高い生物種も認められることから、生態影響等は今後の検討課題と思われた⁸⁾。

また、市内河川から比較的高い頻度で検出される除草剤³⁻⁵⁾(モリネート、チオベンカルブ、シメトリン、エスプロカルブ、プロモブチド等)については、いずれも検出されなかった。雨水と河川水の間で検出される農薬の種類が若干異なる理由としては、対応する農薬の溶解度、蒸気圧、環境中における分解性等いくつかの因子が関係していると考えられ^{2,9)}、雨水に含まれている農薬の発生源調査を含め、今後の検討課題と思われた。

表-2 農薬分析対象の雨水データ

年月日	降水量(mm)
13年6月6日	8.3
13年6月7日	31.2
13年6月13~15日	68.3
13年6月19~20日	15.8
13年7月25日	47.4

参考文献7)参照

表-3 農薬分析結果

年月日	検出農薬名及び濃度(μg/l)
13年6月6日	ジクロルボス 0.12, フェニトロチオン 0.10
13年6月7日	ジクロルボス 0.05
13年6月13~15日	ジクロルボス 0.22, フェニトロチオン 0.15
13年6月19~20日	N.D.
13年7月25日	クロロタロニル 0.15, フサライド 0.10

N.D. 調査対象農薬いずれも定量限界以下

4. まとめ

横浜市は、人口300万人を超える大都市であり、市域における農地の割合は10%に満たない状況である。しかし、平成13年6~7月の横浜市磯子区(環境科学研究所)

の雨水試料5検体中、4検体から、公共用水域の指針値等よりも低い濃度ではあるが、殺虫剤(ジクロルボス、フェニトロチオン)、殺菌剤(クロロタロニル、フサライド)が検出された。

平成13年、三宅島の火山活動によって関東地方に例年以上の強い酸性雨が降りそそいだ例¹⁰⁾から、雨水の場合、かなり広域的な影響も考えられる。しかし、現在全国的に雨水中の農薬に関する調査はあまり行われていない状況である^{11,12)}。そこで、今後の課題としては、広域的な雨水中の農薬調査及び生態系への影響調査等が必要と考えられた。

参考文献

- 1) Soderquist, C.J., Bowers, J.B. and Crosby, D.G.: Dissipation of molinate in a rice field, *J. Agric. Food Chem.*, **25**, 940-945 (1977).
- 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) 酒井 学: 横浜市内河川の農薬調査について, 横浜市環境科学研究所報, **24**, 101-106 (2000).
- 4) 初貝留美, 下村光一郎, 飯塚貞男, 山口一誠: 横浜市内の水田排水の農薬調査(第3報), 横浜市環境科学研究所報, **23**, 16-25 (1999).
- 5) 二宮勝幸: 横浜市内河川における農薬汚染の特徴, 横浜市環境科学研究所報, **23**, 9-15 (1999).
- 6) Majewski, M.S., Foreman, W.T. Goolsby, D.A.: Pesticides in the atmosphere of the Mississippi River Valley, Part I-rain, *The Science Total Environ.*, **248**, 201-212 (2000).
- 7) 横浜市環境科学研究所, 酸性雨情報, 2001. (<http://www.city.yokohama.jp/me/cplan/epb/kenkyu/info/kakoame.html>)
- 8) Sakai, M.: Determination of pesticides and chronic test with *Daphnia magna* for rainwater samples, *J. Environ. Sci. Health Part B*, **37**, (2002).
- 9) Hüskes, R. and Levsen, K.: Pesticides in rain, *Chemosphere*, **35**, 3013-3024 (1997).
- 10) 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, **25**, 38-46 (2001).
- 11) Haraguchi, K., Kitamura, E., Yamashita, T. and Kido, A.: Simultaneous determination of trace pesticides in urban precipitation. *Atmos. Environ.* **29**, 247-253 (1995).
- 12) 飯田勝彦, 安部明美, 三村春雄: 降水及び流出水中の化学物質の分析, 神奈川県環境科学センター研究報告, **23**, 27-33 (2000).

横浜市内河川の重金属濃度とミジンコ生存率について

酒井 学 (横浜市環境科学研究所)

Study on the relationship between heavy metals in river water and survival rate of *Daphnia pulex*

Manabu Sakai (Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード：重金属、銅、河川水、ミジンコ

要旨

横浜市内において、平成9年7～12月河川水を採水し、重金属（銅、カドミウム、亜鉛、鉛）の調査を行うとともに、ミジンコを用いて河川水中の生存率を調べた。河川水に含まれる重金属の分析を行った結果、カドミウムはいずれの試料も $1\mu\text{g}/\ell$ 以下、鉛は $5\mu\text{g}/\ell$ 以下であったが、銅の濃度は、 $3 \sim 20\mu\text{g}/\ell$ であった。次に河川水中のミジンコ生存率を調べた結果、いくつかの試料でミジンコの死亡が認められたが、今回の濃度範囲では、河川水中の重金属濃度とミジンコ生存率との相関は見いだせなかった。

1. はじめに

重金属は生物に対する作用が強いため、カドミウム、鉛等は水質汚濁に係る環境基準項目として基準値が設定され（カドミウム、鉛いずれも $10\mu\text{g}/\ell$ 以下）、公共用水域で定期的にモニタリング調査が行われている。また、銅、亜鉛は水質の環境基準値が設定されていないものの、事業所からの排水基準値が設定されており、排水中の濃度管理が行われている。しかし、国内河川において重金属のプランクトンへの影響が報告されるなど^{1,2)}、未だ不明な部分や課題が残されている。

そこで、今回、河川水中の重金属濃度を測定するとともに、水質バイオアッセイの一手法として、モデル生物（ミジンコ）の河川水中における生存率を調査し、相互関係について検討を行った。

2. 調査・分析

河川水の採水は、横浜市南西部を流れる境川の高鎌橋、柏尾川の吉倉橋において、平成9年7月から12月にかけて毎月1回行った。

pHは、ガラス電極法（東亜電波、HM-16S）、残留塩素はDPD法を用いた。

重金属濃度は、河川水を硝酸を用いて加熱分解—濃縮処理した後、フレイムレス原子吸光光度法（日立製 z-8000）及びフレイム原子吸光光度法（日立製 z-5700）を用いて分析した。

水生生物を用いた試験は、横浜市内の水域から採取し、研究所で飼育中のミジンコ（*Daphnia pulex*）を用いた。生後24時間以内の1匹を試料水（河川水）90 ml に入れ、餌（クロレラ（*Chlorella* sp.） 1.0×10^6 cells）を添加したものを5連調製し、 5°C 、12hr 明-12hr 暗の照明付きインキュベーター中にセットした³⁾。生存率の判定は、7日後の生死により行った。

3. 結果及び考察

河川水中の重金属濃度及びpH、電気伝導率、残留塩素、ミジンコ生存率を表-1に示した。

下水処理場の下流等で、河川から残留塩素が検出される例もあるが、今回の河川水中の残留塩素濃度はいずれも定量限界（ $0.05\text{mg}/\ell$ ）以下であった。

重金属に関しては、カドミウム、鉛はいずれも定量限界以下（カドミウム $1\mu\text{g}/\ell$ 、鉛 $5\mu\text{g}/\ell$ ）で、水質環境基準値（カドミウム $10\mu\text{g}/\ell$ 以下、鉛 $10\mu\text{g}/\ell$ 以下）を満足していた。銅及び亜鉛はいずれの試料からも検出されたが、濃度的には高鎌橋の試料が吉倉橋の試料よりも高くなっていた。ただし、今回測定された銅、亜鉛の濃度は神奈川県公共用水域における判定値（銅 $300\mu\text{g}/\ell$ 、亜鉛 $500\mu\text{g}/\ell$ ）の1/10以下の低濃度であった。

次に河川水中におけるミジンコの生存率を調べた結果、生存率は0～100%となり（表-1）、河川試料中の銅、亜鉛濃度とミジンコ生存率との間に、明確な相関関係を見いだせなかった（図-1、2）。

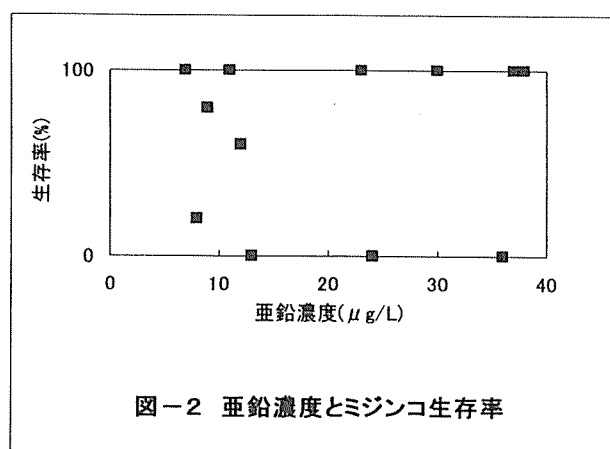
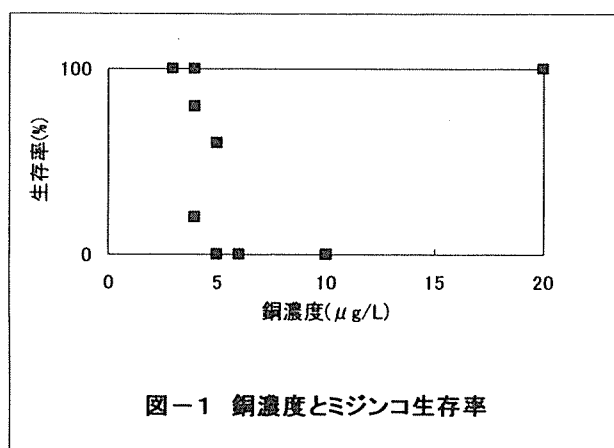
銅に関して、過去の実験報告（ミネラルウォーターに硫酸銅を添加した系では、銅濃度 $5\mu\text{g}/\ell$ 中で生存率が0%であったとの報告³⁾、及び実験温度等条件は異なるもの、銅の24時間半数致死濃度は $1.3\mu\text{g}/\ell$ であったとの報告⁴⁾）と比較すると、10～12月の高鎌橋の試料で銅の濃度が $20\mu\text{g}/\ell$ にもかかわらず、生存率が100%となり、生存率に差が生じていた。原因としては、銅の存在形態や河川水自身に含まれているプランクトン等の影響^{5,6)}（ミネラルウォーターを用いた実験系では、餌として添加したクロレラのみであるが、河川水の実験系には、多くの水生プランクトンが生息している）などいくつかの要因が考えられ、今後の検討課題と思われた。

また、河川水には重金属以外にミジンコに影響を与える因子として農薬が考えられることから、30種類の農薬

表一 1 河川水のpH, 電気伝導率, 残留塩素, 重金属濃度及びミジンコ生存率

		9年7月	9年8月	9年9月	9年10月	9年11月	9年12月
高鎌橋	pH	7.5	7.6	7.8	7.5	7.5	7.5
	電気伝導率	390	400	380	450	480	460
	残留塩素	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
	カドミウム	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	鉛	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	銅	4	6	10	20	20	20
	亜鉛	23	24	36	37	38	30
ミジンコ生存率	100	0	0	100	100	100	
吉倉橋	pH	9.1	9.0	8.2	8.7	7.7	8.0
	電気伝導率	550	500	480	520	320	460
	残留塩素	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
	カドミウム	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	鉛	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	銅	4	5	5	4	4	3
	亜鉛	11	12	13	9	8	7
ミジンコ生存率	100	60	0	80	20	100	

単位：電気伝導率 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 残留塩素 mg/l , 重金属濃度 $\mu\text{g}/\text{l}$, ミジンコ生存率 %



の測定を行ったが 7), 農薬が比較的低濃度にもかかわらずミジンコ生存率 0 %となる試料があり, 多くの試料でミジンコの死亡原因の特定ができなかった。

参考文献

- 1) 畠山成久, 佐竹 潔, 福嶋 悟: 重金属汚染河川の生物相の解析 I, 国公研報告, 99(R-99-86), 15-33 (1986).
- 2) 福嶋 悟, 畠山成久, 安野正之, 横山宣雄: 重金属汚染河川の生物相の解析 II, 国公研報告, 99(R-99-86), 35-47 (1986).
- 3) 酒井 学: 密封生態系を用いた化学物質の生体影響試験, 第 15 回環境科学セミナー要旨集, p66-69, 1998.
- 4) 若林明子, 紺野良子, 西井戸敏夫: 2 種のミジンコに対する化学物質の致死影響について, 東京都環境科学研究所年報, 126-128, 1988.
- 5) Biesinger, K.E. and Christensen, G.M.: Effects of various metals on survival, growth, reproduction and metabolism of *Daphnia magna*, J.Fish Res.Bd.Canada, 29, 1691-1700 (1972).
- 6) Dave, G.: Effects of copper on growth, reproduction, survival and hemoglobin in *Daphnia magna*, Comp.Biochem.Physiol., 78C, 439-443 (1984).
- 7) 酒井 学: 横浜市内河川の農薬調査について, 横浜市環科研報告, 24, 101-106 (2000).

横浜市内のゴルフ場の農薬調査結果

初貝 留美 (横浜市環境科学研究所)
 武田 裕 (横浜市環境科学研究所)
 飯塚 貞男 (横浜市環境科学研究所)
 志村 徹 (横浜市環境保全局水質地盤課)
 佐野 定男 (横浜市環境保全局水質地盤課)

Survey of Pesticides used at Golf Course

Rumi Hastugai (Yokohama Environmental Reserch Institute)
 Yutaka Takeda (Yokohama Environmental Reserch Institute)
 Sadao Iizuka (Yokohama Environmental Reserch Institute)
 Tohru Shimura (Yokohama Environmental Protection Bureau)
 Sadao Sano (Yokohama Environmental Protection Bureau)

キーワード：ゴルフ場農薬

要旨

横浜市内には、5つのゴルフ場がある。これらのゴルフ場で使用されている農薬の種類と量、排水中の農薬の濃度を調査した。農薬の総使用量は減少傾向で、平成2年度から平成12年度までの11年間で約半分となっていた。しかし使用されている殺虫剤、殺菌剤、除草剤は、平成2年度に合わせて49種類であったものが、平成10年度では66種類と増加していた。また排水の分析を平成10年度から3年間に60検体行った結果、2検体で殺菌剤のメプロニルとフルトラニルが検出されたが、いずれも指導指針値を大幅に下回っていた。

1. はじめに

横浜市内には5つのゴルフ場がある。横浜市ではゴルフ場周辺における良好な環境を保全するため「神奈川県ゴルフ場農薬安全使用指導要綱」に基づく指導のほか、本市の地域特性を考慮して平成3年度に上記の5つのゴルフ場と、農薬使用予定計画書の提出、低毒性の農薬への転換などを義務づけた「農薬の使用に係る環境保全協定」を締結している。これに関連して農薬の種類、使用量、排水中の濃度の調査を定期的実施しており^{1), 2), 3)}、本報ではその調査結果及び過去3年間の排水の分析結果を報告する。

2. 調査方法

① 調査対象ゴルフ場

横浜市内の5ゴルフ場を毎年6月から10月の間に2回調査を実施した。

② 分析対象農薬

「ゴルフ場で使用される農薬による水質汚濁の防止に係る暫定指導指針」(環境省)で指導指針値が定められた農薬と各ゴルフ場の使用量の多い農薬の中から分析可能な農薬30種類を選び分析対象とした。

③ 分析検体

平成10年度～12年度に調査した5ゴルフ場の排水60検体を分析した。

④ 分析方法

固相抽出後、GC/MS(ガスクロマトグラフ/質量分析装置)法または、HPLC(高速液体クロマトグラフ)法で行った。

3. 調査結果

① 農薬の使用量と種類

5ゴルフ場の農薬の過去11年間の使用量の経年変化を図-1に示した。農薬の使用量は減少してきており、平成2年度は18.7tであったが平成12年度では7.3tと半以下となっていた。その内訳を分類別にみると、殺虫剤の使用量には大きな変化は見られないが、殺菌剤が9.5tから1.7tに除草剤が6.4tから2.5tへとそれぞれ減少していた。また平成12年度に調査した使用量の多い農薬を順に表-1に示した。各分類の上位に挙げられた農薬のうち、除草剤は上位7位までが指導指針値が設定された農薬であったが、殺虫剤はプロチオホス、チオジカルブ、殺菌剤のチオファネートメチル、アゾキシストロビンなど指導指針値が設定されていない農薬が上位にあった。一方ゴルフ場で使用されている農薬の種類数の経年変化を表-2に示した。殺虫剤、殺菌剤、除草剤ともこの10年間でわずかながら増加しており平成2年度では合計49種類であったが平成10年度が最も多く66種類となった。

② 排水の分析結果

平成10年度～12年度の3年間のゴルフ場排水中の農薬の分析結果を表-3に示した。合計60検体のうち6検

体から農薬が検出された。指導指針値が設定されている殺菌剤のフルトラニルとメプロニルが各 1 検体検出されていたがいずれも指導指針値を大幅に下回っていた。また指導指針値の設定されていない除草剤のアトラジンが 3 検体、レナシルが 1 検体検出された。

② 検出された農薬のうち指導指針値が設定されている農薬はいずれも指導指針値以下であった。
 ③ 指導指針値が設定されていない農薬が多く使用されていたので、今後それらの分析法を検討する必要があると考えられた。

4. まとめ

① ゴルフ場の農薬の総使用量は平成 2 年度～平成 12 年度の間で約半分に減少した。一方農薬の種類は増加していた。

5. 参考文献

- 1) 横浜市環境保全局：横浜環境白書、平成 10 年版
- 2) 横浜市環境保全局：横浜環境白書、平成 11 年版
- 3) 横浜市環境保全局：横浜環境白書、平成 12 年版

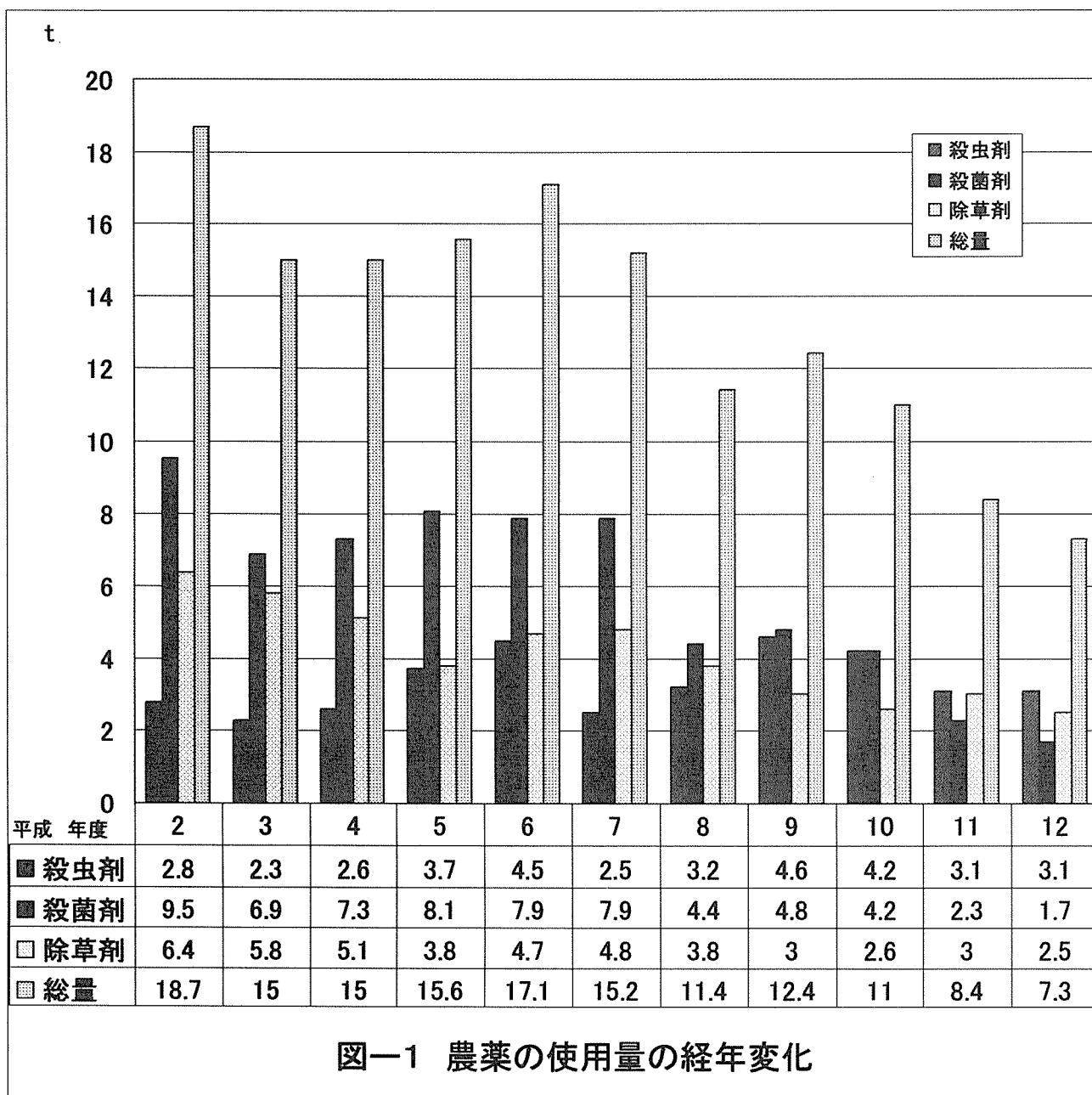


表-1 使用量の多い農薬の順位

	殺虫剤	殺菌剤	除草剤
1	プロチオホス	メフロニル	アシュラム
2	フェントロチオン	チオファネートメチル	ベスロジン
3	ダイアジノン	アゾキシストロビン	トリクロピル
4	アセフェート	トルクロホスメチル	ベンデイメタリン
5	ヒリダフェンチオン	トリフミゾール	プロピザミド
6	チオゾカルブ	ホセチル	ジネチル
7	イソプロカルブ	フルラニル	MCCPカリウム塩
8	イソキサチオン	イプロジオン	レナシル
9	ペンシルタップ	イプロチオラン	イキサベン
10	酒石酸モンテル	ヒドロキシイソキサゾール	オルソベンカーブ
11	PHC	プロピコナゾール	ハロスフロメチル
12	エマメチン安息香酸塩	ジプロコナゾール	シデュロン
13	アセチプリド	ペンジクロン	アトラジン
14	エトフェンロックス	エクロメゾール	オキサジクロメソ

(注)塗潰し部分は、指導指針値が設定されているもの(平成12年)

表-2 使用している農薬の種類数

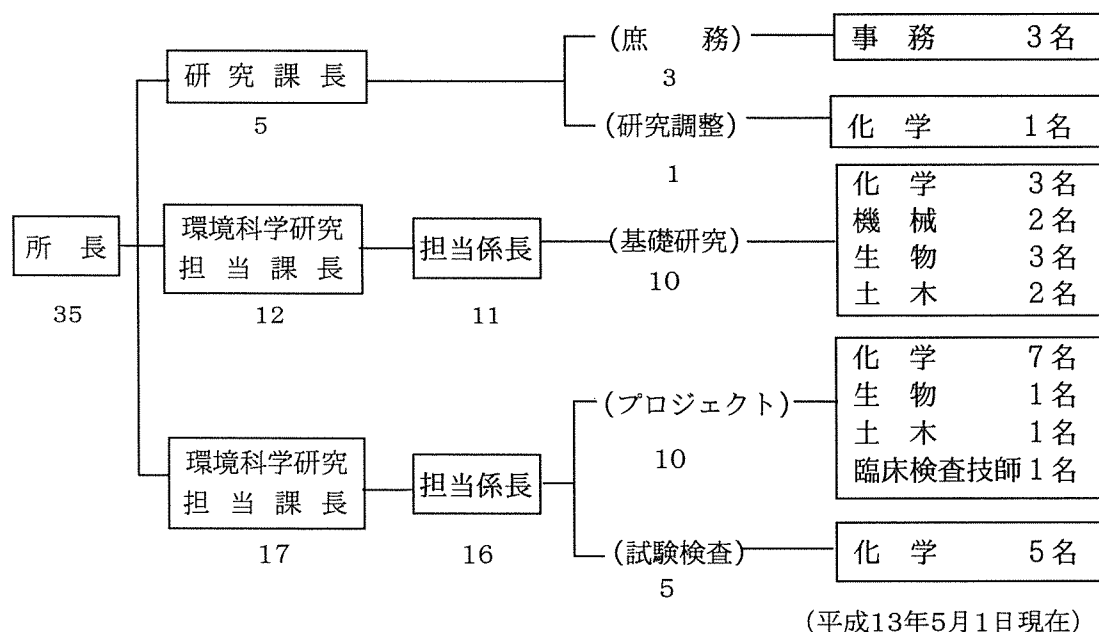
	殺虫剤	殺菌剤	除草剤	総数
平成 2年度	11	22	16	49
平成 3年度	12	28	16	56
平成 4年度	12	21	21	54
平成 5年度	12	22	18	52
平成 6年度	11	22	17	50
平成 7年度	10	20	25	55
平成 8年度	14	25	18	57
平成 9年度	17	26	17	60
平成10年度	19	27	20	66
平成11年度	15	27	16	58
平成12年度	17	29	17	63

表一3 ゴルフ場排水中の農薬分析結果

			平成10年度		平成11年度		平成12年度	
農薬名	指針値	総検体数	検出数	最高検出濃度	検出数	最高検出濃度	検出数	最高検出濃度
殺虫剤	イソキサチオン	0.08	60	0		0		0
	クロルピリホス	0.04	60	0		0		0
	ダイアジノン	0.05	60	0		0		0
	イソフェンホス	0.01	60	0		0		0
	ピリダフェンチオン	0.02	60	0		0		0
	フェントロチオン	0.03	60	0		0		0
	アセフェート	0.8	測定せず					
	トリクロルホン	0.3	測定せず					
殺菌剤	イソプロチオラン	0.4	60	0		0		0
	イプロジオン	3	60	0		0		0
	オキシ銅	0.4	60	0		0		0
	クロロタロニル	0.4	60	0		0		0
	クロネブ	0.5	60	0		0		0
	チウラム	0.06	60	0		0		0
	トルクロホスメチル	0.8	60	0		0		0
	フルトラニル	2	60	0		1	0.001	0
	ペンジクロン	0.4	60	0		0		0
	メプロニル	1	60	1	0.001	0		0
	エトリジアゾール	0.04	測定せず					
	メラキシル	0.5	測定せず					
	キャプタン	3	測定せず					
除草剤	アシュラム	2	60	0		0		0
	ジチオピル	0.08	60	0		0		0
	シマジン	0.03	60	0		0		0
	テルブカルブ	0.2	60	0		0		0
	トリクロピル	0.06	60	0		0		0
	ブタホス	0.04	60	0		0		0
	ベンフルラリン	0.8	60	0		0		0
	プロピザミド	0.08	60	0		0		0
	ベンスリド	1	60	0		0		0
	ペンディメタリン	0.5	60	0		0		0
	メプロップ	0.05	60	0		0		0
	メチルダィムロン	0.3	60	0		0		0
	ピリピチカルブ	0.2	測定せず					
	ナプロパミド	0.3	測定せず					
	レオシル	無	60	1	0.0003	0		0
	アトラジン	無	60	0		0		3

(注)塗潰し部分は、測定しなかったもの及び指針値が設定されていないもの。 単位:mg/l

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	ダイキソ等分析室
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	NIC RA3	1式	原子吸光室
原子吸光光度計	日立 Z-5700	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	KL-280	1台	水質試験室
標準粒子発生装置	東京高周波電気炉 SRF-305W	1式	標準ガス調製室
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・蛍光 X線室
蛍光 X線分析装置	リガク RIX2000	1式	ガス・蛍光 X線室
ガスクロマトグラフ質量分析計	JEOL製 AUTOMASS II	1式	ガス・蛍光 X線室
マイクロウェーブ測定用吸光光度計	カシエンスクイターナショナル イノニ NJ-2300	1式	ガス・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	ヒュレットハット 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
超低温マイクロトーム	共栄オリンパス クライオトーム	1個	実験準備室
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 ECD 外	5式	ガスクロマトグラフ室
農薬分析装置	HP5890・HP6890 外	1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
高精度オゾン計	紀本電子工業製	1台	器材庫 (5F)
微粒子自動計測器	ロイコ社 MODEL226	1式	器材庫 (5F)
コンビジットサンプラー	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
ガスクロマトグラフ質量分析計	JEOL製 AUTOMASSII	1式	微量ガス分析室
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
一軸圧縮試験装置	丸東 SG-2033	1式	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
三軸圧密試験記録装置	理研電子製	1台	地盤環境研究室
圧密自動記録装置	理研電子 MODEL DACT-6	1式	地盤環境研究室
データ収録分析装置	理研電子製	1式	地盤環境研究室

3. 平成13年度 予算額

(単位：千円)

科 目	金 額	付 記
共 済 費	1,962	社会保険料 1,962
賃 金	10,065	
報 償 費	576	
旅 費	1,566	普通旅費 1,548
需 用 費	49,716	消耗品費 17,802
		燃料費 121
		食糧費 91
		印刷製本費 1,729
		光熱水費 25,379
		修繕料 4,594
役 務 費	2,130	通信運搬費 1,292
		手数料 826
		筆耕翻訳料 10
		傷害保険料 2
委 託 料	112,512	調査委託料 75,806
		清掃その他委託料 36,706
使用料及び 賃 借 料	73,464	
工事請負費	415	
備品購入費	6,525	
負担金補助 及び交付金	498	会費及び負担金 498
計	259,429	

管 理 運 営 費	69,596
試 験 検 査 費	5,495
主 要 機 器 維 持 管 理 運 営 費	4,360
機 器 等 整 備 事 業 費	3,024
調 査 研 究 事 業 費	12,000
環 境 庁 受 託 事 業	55,570
ダ イ オ キ シ ン 類 分 析	29,382
環 境 ホ ル モ ン 環 境 調 査	9,215
施 設 改 修 工 事 費	415
環 境 教 育 啓 発 等 そ の 他 事 業 費	5,142
大 型 機 器 更 新 整 備 事 業 費	65,230
計	259,429

平成12年度 決算額

(単位：千円)

科目	金額	付記	
共済費	1,914	社会保険料	1,914
賃金	9,947		
報償費	334		
旅費	1,057	普通旅費	1,045
需用費	56,616	消耗品費	21,513
		燃料費	49
		食糧費	87
		印刷製本費	1,231
		光熱水費	24,235
		修繕料	9,501
役務費	1,580	通信運搬費	1,190
		手数料	390
委託料	217,366	調査委託料	81,414
		清掃その他委託料	135,952
使用料及び賃借料	71,590		
工事請負費	0		
備品購入費	12,215		
負担金補助及び交付金	443	会費及び負担金	443
計	373,062		

管理運営費	88,301
試験検査費	5,644
主要機器維持管理運営費	3,096
機器等整備事業費	5,490
調査研究事業費	11,707
環境庁受託事業	60,300
ダイオキシン類分析	29,013
環境ホルモン環境調査	9,744
施設改修工事費	89,942
環境教育啓発等 その他事業費	5,001
大型機器更新 整備事業費	64,824
計	373,062

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
横浜国大アドバンストセンサ研究会 トピックス講演	2000.5	環境中のダイオキシン類及び有害化学物質の測定の実状と課題	○前田裕行
日本珪藻学会第21回大会	2000.5	横浜市内河川における新出現珪藻の分布拡大	○福嶋悟
第9回視覚障害リハビリテーション研究発表大会 論文集	2000.6	視覚障害者のオリエンテーリング—外出歩行能力の向上を目的とした支援プログラム—	○太田篤史(横浜国大 ETSL), 仲嶋史子・田村明弘(横浜国大工), 鹿島, 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)
第24回環境・公害研究合同発表会	2000.6	東京湾における底生生物による性質評価法	○水尾寛己, 村上明美(川崎市公研)
〃	〃	横浜型エコシティの研究—谷戸の特性と変遷—	○島村雅英・森清和
〃	〃	横浜市域での気温によるヒートアイランド影響—森林域と市街域の気温の比較—	○佐俣満夫
全公研関東甲信静支部騒音振動専門部会	2000.7	「騒音に係る環境基準」の測定・評価—問題点とその対応について—	○鹿島教昭
Workshop on statistical science and environmental policy; possible interactions, Calcutta India	2000.7	A space-time state-space modeling of Tokyo Bay pollution	○Nobuhisa Kashiwagi(統計数理研), Katsuyuki Ninomiya, Haruo Andoh(東京都環科研), Hisako Ogura(千葉県水質保全研)
日本水処理生物学会第37回大会	2000.7	人工衛星データによる神奈川県湖の水質モニタリング	○水尾寛己, 河原美沙(大妻女子大), 杉村俊郎(RESTEC), 北原節子(大妻女子大)
環境科学研究所研究発表会(平成12年度第1回)	2000.8	横浜の森林土壌の酸性化の実態調査	○梅田てるみ
〃	〃	横浜の森林土壌の酸中和能について	○加藤善徳
〃	〃	横浜市水域における環境ホルモン概況調査	○倉林輝世・初貝留美・二宮勝幸
第41回大気環境学会年会	2000.9	横浜の森林土壌の酸性化の実態と中和能(1)	○梅田てるみ・加藤善徳
〃	〃	横浜の森林土壌の酸性化の実態と中和能(2)	○加藤善徳・梅田てるみ
日本珪藻学会第20回研究集会	2000.10	都市河川における水質改善と珪藻分布変化	○福嶋悟
サウンドスケープ協会研究発表会・例会	2000.11	視覚障害者の音体験	○鹿島教昭
リモートセンシング水環境フォーラム	2000.11	人工衛星画像による東京湾の水質解析(その1)	○岡 敬一(神奈川県環科セ), 水尾寛己
〃	〃	人工衛星画像による東京湾の水質解析(その2)	○水尾寛己, 岡 敬一(神奈川県環科セ)
第3回環境ホルモン学会(日本内分泌攪乱化学物質学会)研究発表会	2000.12	横浜市水域における内分泌攪乱化学物質の実態調査	○倉林輝世・初貝留美・二宮勝幸
第16回全国環境・公害研究所交流シンポジウム「PM2.5・DEP等大気中粒子の動態解明と環境リスク評価」	2001.2	TEOM, GRIMM, β 線吸収式自動測定機とFRMによる環境大気中のPM2.5濃度の比較測定	○平野耕一郎・白砂裕一郎
〃	〃	LV(またはFRM)によるPM2.5濃度測定の問題と課題	○平野耕一郎・白砂裕一郎

5. 雑誌等投稿

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
環境振動予測の将来 日本騒音制御工学会技術 レポート第22号	2000.4	鹿島教昭	「騒音制御」環境振動関係資料 報告

【要旨】 1976年に設立した日本騒音制御工学会が1977年から学会誌「騒音制御」を発行してきた。1998年までの22年間に同誌に掲載された振動関係の文献を整理し、文献種類、キーワード、発生源と影響、及び振動予測のジャンル別にまとめて過去の傾向を明示し、将来の振動予測の改善のためには行政などが保管している膨大なデータの活用を図るべきである。そのためにも敷地境界・官民境界での測定に拘泥することなくデータの収集法を案出すべきである。また、騒音に比較し貧弱な環境振動に対する社会調査を充実する必要がある。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
かけはし(神奈川県ラ イトセンター発行)	2000.9	鹿島教昭	シリーズ視覚障害者と生活環境 (2) 視覚障害者と音環境

【要旨】 当研究所がこれまで実施してきた視覚障害者関係の調査研究を紹介した。視覚障害者に具体的な建物名やバス停名、また交通信号の青や赤を携帯の受信機から与えることで彼らの街中での歩行は相当に容易になるであろう。そのような施設を備えた街中での視覚障害者の歩行は、メンタルマップ形成の上で有効と思われる。正確なメンタルマップの形成は、彼らの街中での自由な歩行を促す。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
日本の水環境 3 関東・ 甲信越編 (技報堂出版発行)	2000.9	福嶋悟	横浜市内の川

【要旨】 横浜市内を流れる川と生物の変化について概況を紹介し、多自然型川づくり手法によるふるさとの川整備事業、小川アメニティやせせらぎ緑道のような親水水路の整備、下水処理水により再生された川における環境特性を水生生物の生息状況から示した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
珪藻学会誌(DIATOM)	2000.12	福嶋悟, 奥山美峰(ピー・シー・イー), 青木節男(横浜市水道局), 福島博(藻類研)	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

【要旨】 他の水系から運ばれた水が、浄水場排水として流入する帷子川における珪藻群集の長期的変化を検討した。1973年から約10年間は、出現種類数は少なく汚濁適性の大きな種類が優占していた。水質の回復に伴い群集構造に僅かな変化がみられるようになり、冬季の水質が夏季と同程度まで回復するようになると、群集構造は明瞭に変化した。その時期になると、水道用水を取水している他の水系から運搬されてきた種類も、帷子川に出現するようになり、1997年にはその分布は拡大する傾向がみられた。また、冬季の群集には冷水性の種類もみられるようになった。このような現象は、帷子川における珪藻群集が、水質の回復と共に物理的要因のひとつである水温の季節変化を反映するようになったことを示している。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
珪藻学会誌(DIATOM)	2000.12	福嶋悟	都市河川における環境の修復と珪藻群集との関係

【要旨】 横浜市内を流れる鶴見川、境川、大岡川、帷子川の珪藻群集の長期的な変化から、水質の回復状況を比較検討した。また、珪藻群集から大岡川と帷子川は水質の回復が進んでいることが示されているが、底生動物のきれいな水域の指標であるコガタシマトビケラが両河川で出現するようになったのは、水質の回復が進んでいない鶴見川より後であった。このような現象は、川底の有機物の減少が進まなかったため、水質に比べて川底環境の回復が遅れて生じたことを示している。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
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	2001.2	鹿島教昭	地方自治体の対応(アンケート結果)

【要旨】 日本騒音防止協会が受託した。主に工場施設等の防振対策の実用事例集だが、自治体の現状を知るために47都道府県、12政令市、27中核市、10特例市へのアンケートをまとめた。測定主体、測定位置、対策への関わり方、担当職員の平均勤務年数など、及び苦情内容と振動レベル、対策例と対策前後の振動レベルである。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
地域の環境振動 日本騒音制御工学会編 (技報堂出版発行)	2001.3	鹿島教昭	苦情の状況と振動レベル

【要旨】 東京都及び12政令指定都市の振動公害苦情を各自治体の環境白書でみると、騒音以上に都市に集中しており、主たる発生源は建設作業である。苦情総数の振動苦情割合では経年的に、約10%の東京都・横浜・札幌・川崎、7～8%の名古屋・大阪・神戸・千葉、約4%の他都市の3群となる。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)振動から、全国的な基準適合率は、工場・事業場で74.1%、建設作業で91.5%、道路交通で95.7%であり、基準の甘さが窺える。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
地域の環境振動 日本騒音制御工学会編 (技報堂出版発行)	2001.3	鹿島教昭	環境振動アセスメントの事例

【要旨】 横浜市に提出された環境影響評価書、同資料編から工場施設、土地開発、道路及び鉄道に関わる振動アセス数点を紹介した。騒音のアセスに比べ、誤った計算式を引用している評価書もあるほどに内容が杜撰とも言え、読者が検算できない場合が殆どである。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
かんきょう (ぎょうせい発行)	2001.3	佐保満夫	都市型温暖化としてのヒートアイランド(横浜市での観測事例)

【要旨】 横浜のような大都市では地球規模の温暖化とヒートアイランド現象を含めて都市型温暖化と言える。横浜市でのヒートアイランドの観測事例として、人工衛星データによる地表温度の評価、市街地と郊外での気温差、屋上緑化による温度抑制効果の観測事例を述べた。これによると気温は通年して郊外より市街地の方が高く、横浜市においてもヒートアイランドが生じつつあることがわかった。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
ランドスケープ	2001.3	森清和・島村雅英	横浜地域における谷戸地形の特質と推移に関する一考察

【要旨】 自然共生都市の重要な生態的拠点となる谷戸に関する基礎研究として、横浜地域における谷戸生態系の成立過程、谷戸地形の分布と特徴及びその現況について検討した。横浜地域の谷戸地形は、縄文海進期に概成される。谷戸の農業開発による二次自然としての谷戸生態系の成立は中世以降である。〇〇谷戸と呼ばれる小字地名も数多く残されている。1次谷戸数は3751か所で全市に分布する。横浜は「谷戸の発達した都市」といってもよい。近年住宅開発等によって谷戸地形そのものや土地利用に大きな変化が見られる。現在の1次谷戸は、2467ヶ所である。そのうち、自然的土地利用の多い谷戸は944ヶ所となっている。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
横浜の川と海の生物(第9報・河川編) (横浜市環境保全局発行)	2001.3	福嶋悟・樋口文夫・水尾寛己、阿久津卓 (横浜市環境保全局)	横浜市内河川の水質環境(1999～2000年)

【要旨】 横浜市内河川6水系で1999年に実施した生物相調査時の水質と河川形態等の河川特性をまとめ、近年における水質変化状況についても検討した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
横浜の川と海の生物(第9報・河川編) (横浜市環境保全局発行)	2001.3	福嶋悟	横浜市内の水環境変化

【要旨】横浜地域のみを流域とする大岡川と帷子川、流域が複数の自治体にまたがる鶴見川と境川の4河川を対象に水環境の長期的変化を検討した。その背景としての流域の人工と下水道普及率、河川流量とBOD濃度、河川に流入する下水処理水量、汚濁負荷、下水道普及により流域変更された排水の水量と汚濁負荷そして河川水温の変化を示し、近年における河川水質の悪化と降水量との関係、年間平均水温の上昇に影響を及ぼしている要因などについて検討した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
横浜の川と海の生物(第9報・河川編) (横浜市環境保全局発行)	2001.3	樋口文夫・水尾寛己	横浜市内河川における淡水魚類相報告(1999~2000年)

【要旨】市内河川の延べ92地点を対象に魚類相調査を行い、14科39種(亜種)を確認した。河川別では鶴見川が29種類と最も多く、ついで境川の24種類、大岡川の12種類であった。多くの地点で出現した種類はコイ、オイカワ、モツゴ、フナ属であった。魚類相の変遷は、スナヤツメ、ギバチが市内で絶滅、下流域でアユ、ハゼ科、スズキ等の通し回遊魚、周縁性淡水魚の種類数が増加している。また放流によってコイ、メダカ、オイカワ等が分布を広げている。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
横浜の川と海の生物(第9報・河川編) (横浜市環境保全局発行)	2001.3	岩下誠(東京大), 斎藤秀行(日本大), 中島優(日本大), 水尾寛己・樋口文夫・福嶋悟, 廣瀬一美(日本大), 小川和夫(東京大)	横浜市内河川の魚類における寄生虫相

【要旨】横浜市内4水系の魚類に寄生する寄生虫を調べ、寄生虫種の河川間での比較や環境指標としての利用について検討した。8魚種で寄生虫が確認された。確認された寄生虫は12種で水系及び魚種により寄生頻度は異なっていた。寄生虫による環境指標については、今回の結果のみからは難しかった。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
横浜の川と海の生物(第9報・河川編) (横浜市環境保全局発行)	2001.3	金田彰二(日本工学院), 福嶋悟	横浜市内河川の底生動物相(1999~2000年)

【要旨】調査で出現した底生動物は145種類で、コガタシマトビケラやシロハラコカゲロウの分布が広がってきたことが認められた。底生動物による水質評価結果から、水質が改善されてきている地点が多く、78%の地点で水環境目標を達成していることが示された。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
横浜の川と海の生物(第9報・河川編) (横浜市環境保全局発行)	2001.3	樋口文夫・水尾寛己・福嶋悟	横浜の淡水エビ・カニ類の分布状況(1999~2000年)

【要旨】全体で5科9種が確認された。コエビ下目がヌカエビ、ミゾレヌマエビ、スジエビ、テナガエビ、ヒラテテナガエビ、アメリカザリガニの3科6種、短尾下目がモクズガニ、クロベンケイガニ、サワガニの2科3種であった。テナガエビが下流域に多く分布していた。また境川では他の河川とは異なる種類が出現した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
横浜の川と海の生物(第9報・河川編) (横浜市環境保全局発行)	2001.3	村上雄秀(国際生態学センター), 福嶋悟	横浜市内河川の沈水植物(第6報)

【要旨】全体で60地点のうち10地点で沈水植物の生育が確認された。確認されたのはエビモ、コカナダモ、アイノコイトモ、オオカナダモ、ホザキノフサモ、ヤナギモ、リュウノヒゲモ、ツツヤナギモの8種類であった。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
横浜の川と海の生物(第9報・河川編) (横浜市環境保全局発行)	2001.3	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)

【要旨】調査で出現した藻類は162種類で、全地点の平均出現種類数は18種類で、3年前の調査時よりやや多くなっている。藻類指標による水質評価では81地点中67地点がきれいと評価された。3年前と比べると、源・上流域と中・下流域のそれぞれ12地点の合計24地点で水質が改善されていることが明らかになった。また、調査では過去には出現が確認されていない、四国や九州などの西日本が主な分布域のクチビルケイソウ類の1種が、自然環境を保全・回復する活動が活発に行われている場所の下流地点で、出現するようになったことが認められた。

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.143	新低騒音化技術の適用研究	2001.3

【要旨】現在の自動車騒音の発生機構を最新の資料からエンジン、排気系、駆動系、吸気系、冷却系、タイヤ路面系にわたり調べ、それらの自動車騒音に対する寄与度を調査した。その結果、大雑把な寄与度は示されているが、実際には、殊に大型車の場合はその寄与度にばらつきが多いのが現状である。しかし、テストコースを用いたバスの詳細な騒音測定を結果から、主たる騒音源はやはりエンジンであった。そこでエンジン本体を実測から0.8m×0.7m×0.7mの立方体と仮定し、これを遮蔽されたエンジンルーム(2.5m×2.0m×1.5m)内に設置し、その為の熱対策としてエンジンルームに吸気口と排気口を設け冷却用空気を通し、排気口に能動制御を作用させた。その結果、瞬時値で見ると各位置で時間的に変動するが、例えば近接排気騒音測定位置である排気口面中心から水平に45°傾斜し50cm離れた位置では、20Hzで-8dB、100Hzで-8dB、125Hzで-6dB、140Hzで-23dB、160Hzで-26dB、180Hzで-32dB、200Hzで-33dBとなった。これは減音に相当に有効であり、実機への適用に期待を持たせる結果であった。

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)
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

資料番号	件名	発行年月	体裁等
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 P C B 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
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

資料番号	件名	発行年月	体裁等
61	第8回公害セミナー公募論文集 いま 横浜の海は ー水質, 生物, 水ぎわ……ー	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ーイオン交換処理編ー	1985. 3	B5 134 頁
65	第8回公害セミナー会議録	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 ー総合報告ー	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ー道路緑化と騒音ー	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ー水・みどり・まち……ー	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ー汚泥処理編ー	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, 身近な環境ー水, みどり, まち……ー	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ー水・みどり・まち……ー	1987.11	B5 89 頁
81	横浜市公害研究所報第12号	1988. 3	B5 161 頁
82	第11回公害セミナー会議録 調べてみよう, 身近な環境ー水, みどり, まち……ー	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 ー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ー水・みどり・まち……ー	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, 身近な環境ー水, みどり, まち……ー	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ー水・みどり・まち……ー	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ー水・みどり・まち……ー	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ー水・みどり・まち……ー	1991.11	B5 174 頁

資料番号	件名	発行年月	体裁等
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
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, 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, NO ₂ 及びSO ₂ 濃度の測定方法(YERI METHOD-1997-1)	1997.7	A4 頁
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	エコシテイ研究報告書	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	地下水汚染に関する調査研究報告書－分解反応モデルを用いた評価－	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

資料番号	件名	発行年月	体裁等
143	新低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

8. 横浜市環境科学研究所報 総目次

横浜市公害研究所報	創刊号	1977年1月
公害研究所の基本的姿勢		
1 座談会		
公害研究所の建設経過と今後の展望		
2 業務報告編		
(1)大気部門		
(2)騒音・振動部門		
(3)水質部門		
(4)地盤沈下部門		
(5)社会科学部門		
3 資料編		
(1)沿革		
(2)施設の概要		
(3)機構及び人員		
(4)主要機器一覧表		
(5)平面図		
(6)職員名簿		
(7)施設見学者		
(8)建設費・財源		
(9)51・52年度予算額		
(10)講習会		
(11)学会出席		
(12)協議会・研究会等参加		
(13)研究発表及び研修		
(14)図書及び雑誌目録		
(15)行政検体		
(16)横浜市公害研究所規則		
(17)横浜市公害対策審議会建議		
(18)位置図		
横浜市公害研究所報	第2号	1978年3月
A 総説		
・環境計画・と都市自治体の試験研究体制の検討		
B 部門別調査研究		
第1大気汚染		
I 道路周辺地域への自動車排出ガス影響調査(中区新山下地区)		
II 窒素酸化物特殊発生源調査		
—小規模燃焼施設—		
III 複雑な地形下での島油焼却炉からの悪臭調査と局地的公害問題帷民運動と行政の対応についての一例		
IV 相模湾および伊豆諸島海域上での大気汚染物質に関する観測(第一次)		
—水平分布と輸送過程—		
V 横浜市内における大気中の浮遊粉じん、重金属、陰イオンの測定結果と推移		
VI 製油周辺の炭化水素		
VII 大気汚染規制に伴う分析結果について		
第2騒音・振動		
I 新山下地区騒音調査結果		
II 道路周辺の地形及び建物状況と自動車騒音との関係及びその予測について		
III 横浜市の自動車騒音について		
第3水質汚濁		
I 市内工場及び事業場排水測定結果		
第4地盤沈下		
I 鶴見川低地の地盤沈下と沖積層		
第5社会科学		
I 「公害対策・横浜方式」について		
II 自動車公害論ノート		
—新交通システム及びラドパーソ方式について—		
C 基礎的調査研究		
I 浮遊粒子状物質の粒度分布と季節変動		
—デジタル粉じん計のF値と粒度分布および季節変動との関係について—		
II 生物学的手法による工場排水規制方式導入の研究計画		
III 魚類の飼育技術に係わる研究		
IV 溶存食塩の鯉個体群の成長に及ぼす影響について		
V 有機塩素系溶剤の分析方法について		
VI 芳香族アミン類環境調査		
VII 水中重金属の高精度分析		
VIII ポリビニールアルコール含有排水の処理方法の検討		
IX 排水中の非イオン界面活性剤定量の検討(1)		
X 生物指標による水質汚濁の評価方法(1)		
—多様性指数の適用—		
横浜市公害研究所報	第3号	1978年12月
業務報告編		
大気部門……大気汚染に関する分析結果		
水質部門……水質汚濁に関する分析結果		
調査研究編		
大気部門		

- I 自動車排気ガスによる道路周辺での大気汚染に関する研究(第2報)
 - 一窒素酸化物の濃度分布調査一
- II 自動車排気ガスによる道路周辺での大気汚染に関する研究(第3報)
 - 一横浜市三ツ沢地区(国道1号線)におけるガス状物質、浮遊粉じん等の濃度分布調査一
- III オゾン計の較正のための1%中性ヨウ化カリウム吸収液による測定方法(1%NBKI法)と気相滴定による測定方法(GPT法)との比較検討
- IV 相模湾・伊豆諸島海域上における大気汚染物質の輸送過程およびバックグラウンド濃度に関する調査(第2次)
- 騒音・振動部門
 - I 三ツ沢地区における幹線道路の自動車騒音レベル
- 水質部門
 - I 重金属分析における溶媒効果と測定結果の安定性について
 - II 横浜市沿岸水域における化学物質汚染状況調査一TBP,BHT,TP一
 - III 環境試料におけるフェニルフェノールの分析法の検討
 - IV 界面活性剤を含む排水処理に関する実態調査(1)
 - V 横浜市沿岸海域における貧酸素水塊の発生と分布に関する調査
 - VI 大岡川源流部の氷取沢における付着藻類植生
- 地盤沈下部門
 - I ボーリングコア分析による鶴見川低地の地質について
- 社会科学部門
 - I 自動車公害対策の課題

横浜市公害研究所報 第4号 1979年12月

I 業務報告編

- 大気部門
- 騒音・振動部門
- 水質部門
- 地盤沈下部門
- 社会科学部門
- 公害セミナー

II 調査研究編

大気部門

固定発生源から排出されるばいじんの粒度分布(第1報)

一ボイラーからのばいじんの粒度分布一

横浜市内における大気中の浮遊粒子状物質および重金属濃度の調査結果とその主成分分析による解析

京浜工業地帯より排出される窒素酸化物の輸送および変質過程に関する研究(1)

蒸気拡散を利用した標準ガス発生方法に関する研究

薄層クロマトグラフー高遠液体クロマトグラフによる大気浮遊粉じん中に含まれる多環芳香族炭化水素分析法の検討

オキシダント計の精度に関する研究

一周間の温度変動による測定値への影響について一

我国における沿道公害に関する調査研究の動向(1)一大気汚染一

騒音・振動部門

大型コンプレッサー・プロアを発生源とする低周波空気振動について

市街地の平坦道路から伝搬する道路騒音の高度別測定結果とその予測法

水質部門

塩素処理による有機塩素化合物の生成

マスクロマトグラフィー(Gc-Ms/Mc)6定量分析への応用について

リン酸分析における硫酸の影響の検討一最適測定時間の数学的解析一

固定床式活性汚泥法の検討

ポリビニルアルコール含有排水の処理方法6検討で第2報)

非イオン界面活性剤の凝集処理に及ぼす影響

摂餌の飼育水に及ぼす影響

酸素欠乏・過多、及び残留塩素曝露時におけるコイ(Cyprinus carpio)の鰓の形態学的変化について

コイ(Cyprinus carpio)に及ぼす塩化ナトリウムの急性・亜急性影響

地盤沈下部門

横浜市の地下水利用に関する調査研究

一農業用(畜産事業)井戸の利用実態について一

社会科学部門

幹線道路の公害対策と住民意識一沿道環境整備対策についての一考察一

III 資料編

- 1.沿革
- 2.施設の概要
- 3.平面図
- 4.主要機器一覧表
- 5.人員及び組織
- 6.予算
- 7.学会等研究発表及び雑誌等投稿
- 8.図書及び雑誌目録
- 9.横浜市公害研究所発行資料目録

横浜市公害研究所報 第5号 1980年12月

I 業務報告編

- 大気部門
- 水質部門
- 公害セミナー

II 調査研究編

大気部門

・ピエゾバランス式およびβ線吸収式粉じん計の性能精度の検討

・固定発生源から排出されるばいじんの粒度分布(第2報)

- 加熱炉等からのばいじんの粒度分布—
- ・ディーゼル自動車から排出される黒煙について
- ・自動車排出ガスによる道路周辺での大気汚染に関する研究(第4報)
 - 道路近傍における窒素酸化物濃度と逆転層の影響—
- ・三点比較式臭袋法による悪臭測定結果
- ・南関東地域における広域大気汚染調査の概要(中間報告)
 - 過去4ヶ年の調査から何が明らかにされたか—

騒音振動部門

- ・ボイラ、空調機からの低周波空気振動について
- ・国道に近接した高層集合住宅における遮音測定
 - 室間音圧レベル差と道路交通騒音—

水質部門

- ・排水中の非イオン界面活性剤の定量法
- ・ポリビニルアルコール含有排水の処理方法の検討(第3報)
- ・コイ(Cyprinus carpio)における摂餌率と飼料効率について
- ・コイ(Cyprinus carpio)における麻酔剤の血液性状に及ぼす影響
- ・コイ(Cyprinus carpio)の幼魚における血液性状の研究(第1報)
- ・健全な供試魚確保のための魚病学的検討
- ・東海道線、戸塚駅付近のポーリングコアより得たケイ藻群集
- ・全シアン分析法におけるシアン回収率
- ・トリハロメタン前駆物質の除去と残存有機物の特性
- ・底質中の水銀存在形態(第1報)
 - 硫化ナトリウム溶出による水銀分析法—
- ・排水中のひ素定量方法の検討(第1報)

地盤沈下部門

- ・柏尾川低地の沖積層と地盤沈下
- ・戸塚駅周辺の地盤沈下について

社会科学部門

- ・日常的自然としての都市河川

III 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 横浜市公害研究所発行資料目録

横浜市公害研究所報 第6号 1981年12月

I 特別企画座談会

- ・公害研究所のあゆみと課題

II 業務報告編

- ・大気部門
- ・水質部門
- ・公害セミナー

III 調査研究編

大気部門

- ・NO、NO₂同時測定用個人サンプラーの開発
- ・生活環境のNO、NO₂と個人暴露量との関係
- ・固定発生源から排出されるばいじんの粒度分布 第3報—ボイラーからのばいじんの金属成分
- ・中型燃焼実験炉を用いたばいじんの生成過程に関する研究
- ・集じん機の集じん特性に関する研究
- ・横浜市内における大気中の浮遊粒子状物質および重金属の濃度(第2報)
- ・自動車排出ガスによる道路周辺での大気汚染に関する研究(第5報)
 - 道路周辺地域における浮遊ふんじん及びその含有成分—
- ・自動車排出ガスによる道路周辺での大気汚染に関する研究(第6報)
 - 道路近傍における窒素酸化物濃度と逆転層の影響(II)—
- ・相模湾岸域における大気汚染物質の輸送および変質過程(第3次海上調査)

騒音・振動部門

- ・高架道路及び道路橋から発生する低周波空気振動について

水質部門

- ・コイ(Cyprinus Carpio)の幼魚における血液性状の研究
 - 血漿蛋白量とセルローズアセテート電気泳動法による血漿蛋白分画の基礎的研究—
- ・擦染排水の鯉を用いた急性毒性試験
- ・Nitzschia palea(付着性ケイ藻)を用いたAGP測定法の検討
- ・排水処理汚泥の資源化に関する基礎研究
- ・原子吸光光度法によるひ素の定量(第2報)
- ・水質及び底質中のニトリロトリ酢酸のGC-MSIによる分析法について

地盤沈下部門

- ・新横浜駅周辺の地盤沈下について

IV 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算額
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 公害研究所発行資料目録

横浜市公害研究所報 第7号 1982年11月

- I 業務報告編
 大気部門
 水質部門
 公害セミナー
- II 調査研究編
 大気部門
 ・塗装工場における悪臭調査
 ・自動車排出ガスによる道路周辺での大気汚染に関する研究(第7報)
 一道路周辺地域における浮遊ふんじん及びその含有成分Ⅱ一
 ・蒸気拡散を利用した低濃度炭化水素標準ガスの発生方法について(第2報)
 ・窒素酸化物自動計測器の測定精度の研究
 ・ディーゼルエンジン車から排出される有害物質の排出濃度及び排出係数
- 騒音振動部門
 ・集合住宅における遮音性能の調査
 一音圧レベル差と床衝撃音レベル一
- 水質部門
 ・洗濯業排水の鯉を用いた急性毒性試験
 ・コイ(Cyprinus carpio)における肥満度について
 ・Nitzschea palea(付着性ケイ藻)を用いたAGP測定法の検討(第2報)
 ・鶴見川水系における有機物と陰イオンに関する基礎調査
 ・底質汚染指標一酸化還元電位,油分,示差熱を中心として一
 ・事業所排水中の陰イオン界面活性剤の分析法の検討
- III 資料編
 1. 人員及び組織
 2. 主要機器一覧表
 3. 予算
 4. 学会等研究発表
 5. 雑誌等投稿
 6. 横浜市公害研究所発行資料目録

横浜市公害研究所報 第8号 1983年12月

- I 業務報告編
 大気部門
 水質部門
 公害セミナー
- II 調査研究編
 大気部門
 ・光イオン化式連続ガス分析計の各種有機ガスの応答特性及び温湿度影響について
 ・NO_x,NO₂個人サンプラーに対する温湿度の影響と補正方法について
 ・アンダーセンサンプラーによって得られた浮遊粉じんの粒度分布の作図法の改良
 一spline関数による補間一
 ・アンダーセンサンプラーによる浮遊粉じん測定値の精度及び使用条件に関する検討
 ・自動車排出ガスによる道路周辺での大気汚染に関する研究(第8報)
 一道路周辺地域における浮遊粉じん及び含有成分の粒径分布一
 ・人工衛星と航空機の同時観測による光化学汚染気塊の空間分布と海風前線の構造に関する解析(第1報)
- 騒音振動部門
 ・ボイラ機械棟から発生する低周波音について
- 水質部門
 ・コイ(Cyprinus carpio)の血液性状に及ぼす塩化ナトリウムの影響(第1報)
 ・コイ(Cyprinus carpio)における肥満度について(第2報)
 一水温との関係一
 ・夏季における平潟湾内水質の日変動について
 ・ニトリル化合物の分析法の検討
 ・底質のけい光X線分析法の検討
 ・鶴見川水系における底質の主成分元素および重金属濃度
 ・油分による鶴見川の底質汚染
 ・接触ばっ気処理法の産業排水への適応性の検討(第2報)
- 社会科学部門
 ・都市自然の都市的価値一生物と共生するまちづくり一
- III 資料編
 1. 人員及び組織
 2. 主要機器一覧表
 3. 予算
 4. 学会等研究発表
 5. 雑誌等投稿
 6. 公害研究所発行資料(調査研究等報告書)
 7. 公害研究所発行資料目録

横浜市公害研究所報 第9号 1984年12月

- I 業務報告編
 大気部門
 水質部門
 公害セミナー
- II 調査研究編
 大気部門
 ・NO/O₃反応を用いた化学発光オゾン計の試作
 ・発生源用NO_x計に与える高水分及びばいじんの影響について
 ・大気中の多環芳香族炭化水素(BkF,BaP,Bghip)濃度の季節変化及び粒径分布

- ・沿岸都市域から内陸域への光化学汚染気塊の輸送と変質過程(I)
 -1983年夏期調査の事例解析-
- ・酸性降水に関する調査研究(第1報)
 -横浜市における酸性降水の現状-
- ・酸性降水に関する調査研究(第2報)
 -都市域における降水に含まれるカルシウムの動態-
- ・酸性降水に関する調査研究(第3報)
 -降水成分の季節変化に関する解析-

騒音振動部門

- ・植樹帯による減音効果の研究(第1報)
 -挿入損失としての物理的効果-

水質部門

- ・コイ(Cyprinus carpio)の血液性状に及ぼす塩化ナトリウムの影響(第2報)
- ・コイ(Cyprinus carpio)における摂餌率と飼料効率について(第2報)
 -水温との関係-
- ・コイ(Cyprinus carpio)の鰓における形態学的研究
 -水温及び溶存酸素量との関係-
- ・メッキ業排水の鯉を用いた急性毒性試験(第1報)
- ・Nitzschea palea(K[itz.]W.Smithの培養試験による鶴見川の藻類増殖潜在能力の調査
- ・Nitzschea palea(K[itz.]W.Smithの培養試験による境川の藻類増殖潜在能力の調査
- ・鶴見川水系の水質変動解析と評価
- ・市内河川における脂肪酸濃度分布について
- ・横浜市沿岸域底質中の油分と化学物質の関係
- ・底質における金属類の粒度分布および存在形態
- ・限外ろ過膜を適用した高濃度活性汚泥法の検討(第1報)

III 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 公害研究所発行資料(調査研究等報告書)
7. 公害研究所発行資料目録

横浜市公害研究所報 第10号 1985年12月

I 業務報告編

- 大気部門
- 水質部門
- 公害セミナー

II 調査研究編

- 大気部門
 - サーマル法による粉じん中の有機炭素及び元素炭素分析の検討
 - 濃縮試料導入法を用いた試作非メタン炭化水素自動計測器の応答特性
 - 大気バックグラウンド汚染観測地点(岩手県綾里)における降水および乾性沈着物質中の水溶性成分の挙動
 - 道路周辺地域における浮遊粉じん中の炭素成分の挙動
 - ケミカル・マス・バランス法を用いた浮遊粒子状物質に対する土壤粒子の寄与率の推定に関する諸問題
 - 横浜市内における浮遊粒子状物質中の炭素成分濃度と浮遊粒子状物質汚染の諸要因の解析
 - ダスト測定における非等速吸引の影響(I)

騒音振動部門

- 在来線鉄道における振動調査結果について

水質部門

- 横浜市における魚類を指標とした工場排水の規制手法に関する研究
- 野外飼育におけるコイの血液成分の季節、年齢、性別による変化(I)
- Nitzschea palea(K[itz.]W.Smithの培養試験による帷子川と大岡川の藻類増殖潜在能力の調査
- 鶴見川中流域における水質の周日変動
- 横浜市内河川水中の合成界面活性剤の濃度分布
- 排水処理汚泥の資源化に関する基礎研究(第2報)
 -下水汚泥の固化に関する研究-
- 限外ろ過膜を適用した高濃度活性汚泥法の検討(第2報)

地盤沈下部門

- 軟弱地盤層の沈下に関する調査研究(第1報)
 -戸塚地域内の地盤沈下、間隙水圧に関する調査-

III 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 横浜市公害研究所発行資料(調査研究等報告書)
7. 横浜市公害研究所発行資料目録

横浜市公害研究所報 第11号 1987年3月

I 業務報告編

- 大気部門
- 水質部門
- 公害セミナー

II 調査研究編

大気部門

- ・小型NOxサンプラーによる道路沿道の窒素酸化物濃度
- ・酸性降水に関する調査研究(第4報)―酸性降下物の環境への負荷―
- ・酸性降水に関する調査研究(第5報)―酸性ガスの挙動―
- ・沿岸都市域及び内陸域におけるアルデヒド類の挙動

騒音・振動部門

- ・植樹帯による減音効果の研究(第2報)―心理的減音効果 I ―
- ・道路トンネル坑口周辺における騒音調査

水質部門

- ・水域環境指標―I 主成分分析による水質評価
- ・水域環境指標―II 主成分分析による底質評価
- ・水域環境指標―III 鶴見川のフナによる水域環境評価の研究
- ・高級脂肪酸による市内河川の水質汚濁状況とその評価
- ・横浜市内の地下水汚染調査結果について
- ・横浜市における魚類を指標とした工場排水の規制手法に関する研究(その2)
- ・横浜市における魚類へい死事故について

地盤沈下部門

- ・軟弱地盤の沈下に関する調査研究(第2報)―軟弱地盤層の沈下予測に関する一考察―
- ・横浜市の沖積層と洪積層の沈下に関する一考察

III 資料編

- 1.人員及び組織
- 2.主要機器一覧表
- 3.予算
- 4.学会等研究発表
- 5.雑誌等投稿
- 6.横浜市公害研究所発行資料(調査研究等報告書)
- 7.横浜市公害研究所発行資料目録

10年のあゆみ 横浜市公害研究所設立10周年記念誌 1987年3月

I 10年間の歩みと今後の展望

- 1 はじめに
- 2 大気部門
 - 1.はじめに
 - 2.広域大気汚染に関する研究
 - 3.浮遊粒子状物質等に関する研究
 - 4.窒素酸化物を主とした道路周辺における大気汚染の調査研究
 - 5.測定および分析法に関する研究
 - 6.未規制化学物質に関する研究
 - 7.行政検体の分析
 - 8.まとめ
- 3 騒音・振動部門
 - 1.はじめに
 - 2.交通騒音に関する調査研究
 - 3.集合住宅の遮音性能に関する調査研究
 - 4.低周波空気振動に関する調査研究
 - 5.在来鉄道に係る振動実態調査
 - 6.まとめ
- 4 水質部門
 - 1.はじめに
 - 2.魚類指標による工場排水規制手法に関する研究
 - 3.横浜市域の水域環境に関する調査研究
 - 4.排水処理技術に関する調査研究
 - 5.未規制物質調査
 - 6.行政検体の分析
 - 7.今後の課題
- 5 地盤沈下部門
 - 1.はじめに
 - 2.横浜の地形地質と地盤沈下の現状
 - 3.地盤沈下調査研究事業の概要
 - 4.地盤沈下調査研究事業の成果
 - 5.今後の課題
- 6 社会科学部門
 - 1.はじめに
 - 2.自動車公害問題に関する社会科学研究
 - 3.都市自然問題に関する社会科学研究
 - 4.おわりに
 - 5.研究体制
- 7 公害セミナー

II 10周年に寄せて

環境行政における公害研究所のあり方
公害研究所に期待する
公害・環境問題をあやつる法則
横浜市公害研究所創設10周年をお祝いして
人間の生活環境と水
「公害から環境へ」の10年
地方公害研究所における研究テーマの設定について

地方行政の中での公害研究所のあり方について
地盤沈下から考察した横浜の地盤環境保全
東京湾の有機汚濁・富栄養化問題について
この10年間をふり返って今後の方向性を模索する

III 資料

- 1.沿革
- 2.人員及組織
- 3.庁舎規模
- 4.主要設備
- 5.平面図
- 6.主要機器一覧表
- 7.所報掲載論文一覧
- 8.横浜市公害研究所発行資料目録

横浜市公害研究所報 第12号 1988年3月

I 業務報告編

- 大気部門
- 水質部門
- 公害セミナー

II 調査研究編

- 大気部門
 - ・横浜市における酸性降水
 - ・ダスト測定における非等速吸引の影響(Ⅱ)―タルク粒子及び吸引流速が一定の場合―
 - ・固定発生源から排出されるばいじん中の多成分元素
 - ・大気汚染物質の塵粒および雨滴によるとりこみ機構と酸化反応(第1報)
- 騒音・振動部門
 - ・植樹帯による減音効果の研究(第3報)―挿入損失としての物理的効果Ⅱ―
- 水質部門
 - ・底質柱状試料からみた横浜港の汚染の変遷
 - ・横浜港における底質汚染(第1報)
 - ・魚類へい死事故に関する調査―柏尾川―
 - ・飼育コイを指標とした河川水質のモニタリング
 - ・排水処理汚泥の資源化に関する基礎的調査(第3報)―流動媒体の製造及び外部循環式三相流動床による排水処理実験―
- 地盤沈下部門
 - ・軟弱地盤の沈下に関する調査研究(第3報)―唯子川低地の軟弱地盤構造と地盤沈下特性―
- ノート
- 水質部門
 - ・横浜港水域の高級脂肪酸濃度
 - ・魚類の簡易呼吸量測定法
 - ・残留塩素のコイの鰓呼吸に及ぼす影響

III 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算額
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 公害研究所発行資料(報告書)
7. 公害研究所発行資料目録

横浜市公害研究所報 第13号 1989年3月

I 業務報告編

- 大気部門
- 水質部門
- 公害セミナー

II 調査研究編

- 大気部門
 - ・雨水中過酸化水素の定量分析
 - ・大気中の乾性降下物及び湿性降下物の各水溶性成分降下量について
 - ・酸性降水に関する調査研究(第6報)
 - ―高層ビルを利用した酸性降下物の鉛直分布(1)―
 - ・固定発生源から排出されるNO_xのバッグを用いた簡易測定法(第1報)
 - ・高濃度NOからNO₂の変換に関する反応速度
- 騒音・振動部門
 - ・地表面モデルによる過剰減衰
 - ・植樹帯による減音効果の研究(第4報)
 - ―挿入損失としての物理的効果Ⅲ―
 - ・植樹帯による減音効果の研究(第5報)
 - ―道路交通騒音の減衰―
- 水質部門
 - ・Skeletonema costatumの培養試験による横浜市沿岸域の藻類増殖潜在能力の評価
 - ・横浜港における物質収支
 - ・横浜港における底質汚染(第2報)
 - ・海水中の高級脂肪酸とSkeletonema costatumの増殖との関係について
 - ・東京湾の水質観測へのランドサットデータの利用について
 - ・主成分分析法を用いた周期的時系列データの解析(Ⅰ)
 - ―COSINE関数モデルによる検証―
 - ・主成分分析法を用いた周期的時系列データの解析(Ⅱ)
 - ―河川水質への応用―

- ・魚類へい死事故に関する調査(第2報)
 - アカヒレを用いた大岡川河川水の水質濃縮毒性—
- ・都市河川における自浄作用
 - 鶴見川・境川—
- ・横浜市内の事業所排水中の界面活性剤の調査結果
- ・木炭及び礫による水質浄化効果の検討
- ・水生植物と接触ばつ気法の組合せによる水質浄化法の検討(第1報)

ノート

騒音・振動部門

- ・道路交通振動に関する研究
 - 人工段差による実験結果—

水質部門

- ・横浜港における水質の推移
 - 横浜検疫所の1956年から1972年までの調査結果—

III 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算額
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 公害研究所発行資料(報告書)
7. 公害研究所発行資料目録

横浜市公害研究所報 第14号 1990年3月

I 業務報告編

大気部門
水質部門
公害セミナー

II 調査研究編

大気部門

- 横浜市における環境大気中の水銀調査結果について
- 特殊材料ガス希釈システムによる分析法の検討(1)
 - PID-ガスクロマトグラフを用いるアルシン・モノシランの同時分析—
- 雨水中微量成分の分析法に関する研究(その2)
 - 雨水中のアルデヒド類の定量分析—
- 雲粒・雨滴による大気汚染物質の取り込み機構とその酸化過程(第2報)
 - 都市・工業地帯上空の雲水の水質組成—
- 雲粒・雨滴による大気汚染物質の取り込み機構とその酸化過程(第3報)
 - 雲水・雨水中不溶性粒子の形態的特徴—

騒音・振動部門

- 道路交通振動に関する研究
 - 道路交通振動の実態調査—
- 都市環境騒音とその簡易予測手法

水質部門

- 都市河川における自浄作用(第2報)—堰の浄化効果—
- 都市河川における自浄作用(第3報)—舞岡川・阿久和川・鳥山川—
- 都市河川における自浄作用(第4報)—和泉川—
- 横浜市沿岸および沖合域の水質変動特性
- 水生植物と接触ばつ気法の組合せによる水質浄化法の検討(第2報)
- 横浜港における底質の堆積要因
- 魚類へい死原因究明のための研究 I—コイの溶存酸素低下時における血液性状の変化—
- 低濃度の有機性汚濁の分析に関するCOD, BOD, TOCでの比較
- 排水処理汚泥の資源化に関する基礎研究(第4報)—下水汚泥焼却灰の固化実験—

ノート

水質部門

- 東京湾沿岸1都2県の公共用水域水質測定結果の統一フォーマットによる磁気テープの作成
- 横浜市内河川における従属栄養細菌—大岡川—
- 紫外部吸収, 濁度, 蛍光強度の連続測定による横浜市沿岸海水の有機汚濁状態の観測
- 界面活性剤含有排水のCODの調査結果

III 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算額
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 公害研究所発行資料(報告書)
7. 公害研究所発行資料目録

横浜市公害研究所報 第15号 1991年3月

I 業務報告編

大気部門
水質部門
公害セミナー

II 調査研究編

大気部門

- ・拡散型長期曝露サンプラー —NO, NO2, SO2等の同時測定用—
- ・拡散型長期曝露サンプラーによるフロン類・有機塩素化合物の測定法(第1報)

- ・雨中微量成分の分析法に関する研究(その3)
 - 雨水中のカルボン酸類の定量分析—
 - ・一降水中の化学成分の経時変化の違いによる都市域の酸性雨の分類
- 騒音・振動部門
- ・道路・交通振動に関する研究—車両単独走行時の振動レベル—
- 水質部門
- ・底質の粒度組成と汚染指標
 - ・横浜港底質からのリン、窒素の溶出—溶存酸素濃度と温度の影響—
 - ・赤潮の消長における気象因子の影響
 - ・鰓の形態観察による酸欠死の有無の推定方法
 - ・境川・引地川の淡水魚類、底生動物、藻類について
 - ・水生植物と接触ばっ気法の組合せによる水質浄化法の検討(第3報)
 - ・河川水の水質浄化法の検討(第1報)
 - ・排水処理汚泥の資源化に関する基礎研究(第5報)—下水污泥焼却灰固化物の有効利用—
 - ・横浜市内河川の農業モニタリング
 - ・揮発性有機塩素化合物による地下水汚染(第1報)—汚染原因物質と分解生成物質との関係—
 - ・揮発性有機塩素化合物による地下水汚染(第2報)—テトラクロロエチレンの分解反応モデル—
- 地盤沈下部門
- ・軟弱地盤の沈下に関する調査研究(5)—地盤沈下地帯における層別沈下測定とそれに対する解析—
 - ・横浜の地下水に関する調査研究(1)—地下水位の調査結果による地下水面の解析—
 - ・横浜の地下水に関する調査研究(2)—地盤沈下地帯における地下水汚染の一考察—
- ノート
- 大気部門
- ・横浜市内における浮遊粒子状物質中の各種発生源寄与の推計
 - ・イオンクロマトグラフィーによる環境試料中の陽イオンの定量
 - ・オキシダント自動計測器の2%NBKI溶液について
 - ・NO、NO₂同時測定用の拡散型長期暴露サンプラーの使用マニュアル
- 水質部門
- ・横浜市内事業所排水中の有機塩素化合物の実態調査
 - ・o-ジクロロベンゼンのアカヒレ(Tanichthys albonubes)及びヌカエビ(Paratya compressa improvisa)に対する急性毒性評価
 - ・横浜市内水生細菌の核酸組成分析(グアニン—シトシン含量)を用いた分類

III 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算額
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 公害研究所発行資料(報告書)
7. 公害研究所発行資料目録

横浜市公害研究所報 第16号 1992年3月

I 業務報告編

- 大気部門
- 水質部門
- 公害セミナー

II 調査研究編

- 大気部門
- 横浜市内における浮遊粒子状物質中に占める土壌系粒子の自然起源(バックグラウンド)および人為的起源の推定
 - ダスト測定における非等速吸引誤差についての数値シミュレーション(1)
- 水質部門
- 水質の回復が河川藻類群集に及ぼす影響
 - 魚類へい死原因究明のための研究Ⅱ
 - コイの溶存酸素低下と水温上昇時における血液性状の変化—
 - 魚の死亡事故の原因究明についての検討
 - 堀割川河口における水質変動特性
 - 感潮河川での潮位振動の影響—
 - 横浜港底質におけるセシウム-137の深度分布
 - クリーニング事業所のテトラクロロエチレンの処理の実態調査
 - 埋立処分地から流出するMn含有排水の処理方法の検討
 - 横浜市内における低沸点有機塩素化合物の地下水調査
 - 穿孔採水による低沸点有機塩素化合物の汚染源調査方法
 - 揮発性有機塩素化合物による地下水汚染(第3報)
 - 分解反応モデルを用いた地下水汚染の解析方法—
 - 揮発性有機塩素化合物による地下水汚染(第4報)
 - 分解反応モデルからみた地下水における汚染物質の挙動—

ノート

- 大気部門
- 非放射線源ECD-GCによる環境大気中のN₂O
 - 横浜市内における酸性雨調査—1990年の調査結果—
 - 拡散型長期暴露サンプラーを用いた横浜市内における大気中のフロン・有機塩素物質調査
- 騒音・振動部門
- 鉄道トンネルにおける振動調査
- 水質部門
- 横浜市内河川の糸状細菌の分離と同定について
 - 横浜市内河川の各種細菌数について

○帷子川で見られたボラ(Mugil Cephalus)の病魚
社会科学部門、
○エコロジカルライフスタイルについて

III 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算額
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 環境科学研究所発行資料(報告書)
7. 環境科学研究所発行資料目録

横浜市公害研究所報 第17号 1993年3月

I 業務報告編

大気部門
騒音・振動部門
水質部門
地盤沈下部門
社会科学部門
環境セミナー

II 調査研究編

大気部門

- ダスト濃度測定における非等速吸引誤差理論の火力発電プラントでの実証試験
- 横浜市内における浮遊粒子状物質の平日および休日の挙動
- 横浜市における多環芳香族炭化水素(PAHs)濃度の測定
—1986年から1991年までの挙動—
- 日本各地の降水のpHと酸性能力
- 都市域における林内面・樹幹流(1)
—樹木内外雨の成分組成と年間降下量—

騒音・振動部門

- 横浜市における環境騒音調査(第1報)
—用途地域別屋外と屋内の騒音—
- 横浜市における環境騒音調査(第2報)
—幹線道路からの距離及び隣接道路の車線数で分けた屋外と屋内の騒音—
- 道路トンネルにおける振動調査

水質部門

- 丘陵地の源流部にみられる生態系の特徴
- 横浜市北部に分布するヌカエビ(*Paratya compressa improvisa*)の生態に関する研究
—港北ニュータウンの地区3号公園とこども自然公園の2地域個体群の形態及び繁殖生態の比較—
- 都市河川における河床汚濁物質の動態調査(第・報)一鶴見川一
- 都市河川における水質調査一鶴見川、鳥山川一
- 河川水の水質浄化法の研究(第2報)
- TMデータによる広域的水質状況の検討
—東京湾でのクロロフィルa及び濁度分布—
- 排水処理汚泥の資源化に関する基礎研究(6報)
—下水汚泥焼却灰固化粒子を担体とした固定化微生物による下水処理場臭気の脱臭性能評価—
- エンジン付オーガーの開発

地盤沈下部門

- 横浜の地下水に関する調査研究(3)
—境川・帷子川流域に分布する帯水層と地下水環境—
- 軟弱地盤の沈下に関する調査研究(6)
—地盤沈下地帯の層別沈下特性解析—

社会科学部門

- トソボ・エコアップに関する中間的考察
—本牧市民公園の事例を中心に—

ノート

大気部門

- 拡散型長期暴露サンプラーを用いた横浜市内における大気中のフロソ及び有機塩素系物質濃度(II)
- 横浜市における酸性雨調査—1991年の調査結果—

水質部門

- ミズワタ(*Spaerotilus natans*)の生長について
(1)液体培地中の生長と水質変化について
- 埋立処分地から出るマンガン含有排水の処理方法の検討(II)

社会科学部門

- 小学校プールおよび市営プールのヤゴを中心とした生物調査

III 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算額
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 環境科学研究所発行資料(報告書)

I 業務報告編

大気部門
騒音・振動部門
水質部門
地盤沈下部門
社会科学部門
環境セミナー

II 調査研究編

大気部門

- ・特殊材料ガス希釈システムによる分析法の検討(II)
- ・石炭燃焼に伴う煙道内凝縮性粒子の排出特性
- ・南関東地域での年末年始時における浮遊粒子状物質の高濃度出現事例
- ・都市での植生指標を用いたヒートアイランド現象解析のためのNVIモデル

騒音・振動部門

- ・在来線鉄道のトンネルにおける振動調査

水質部門

- ・横浜市内におけるカワモズク(*Batrachospermum moniliforme*)の季節的な出現状況とその分布
- ・都市河川における河床汚濁物質の動態調査(第2報)
- ・都市河川における水質調査(第2報)
- ・主成分分析法による鶴見川水質データの変動解析
- ・河川における長期水質変動の時系列解析
- ・横浜市沿岸海域における底質環境
- ・横浜港における底質汚染(第3報)
- ・水中に溶解したテトラクロロエチレンのフェルト状活性炭による吸着実験
- ・揮発性有機塩素化合物による地下水汚染(第5報)
- ・環境中の未知物質に対するX線分析の応用
- ・鉱油系廃油の資源化利用研究

地盤沈下部門

- ・軟弱地盤の沈下に関する調査研究(7)
- ・ボーリング資料と産出貝類群集から求められた唯子川沖積層の堆積環境
- ・星川ドーム東南翼部の地下地質調査

ノート

大気部門

- ・横浜市における酸性雨調査

水質部門

- ・ミズワタの生長について(III)
- ・横浜市内水域環境中の細菌に関する研究(II)
- ・窒素含有工場排水の排水処理方法の研究(第1報)
- ・横浜市内事業所の重金属排水処理の実態調査
- ・埋立処分地浸出水中のマンガンの処理方法の検討(III)

III 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算額
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 公害研究所発行資料(報告書)
7. 公害研究所発行資料目録

I 業務報告編

大気部門
騒音・振動部門
水質部門
地盤沈下部門
社会科学部門
環境セミナー

II 調査研究編

大気部門

- ・最近の初期降水にみられるpHの経年的な低下傾向—降水のpH低下とその原因物質—
- ・0.1mm毎に分画採取した初期降水の性状
- ・都市域における林内雨・樹幹流(2)—樹木汚染と二次生成物質—
- ・都市での植生指標を用いたヒートアイランド現象解析のためのNVIモデル(その2)—季節による特性—
- ・都市における地表温度の特性(その1)
- ・非放射線源式ECD/GCによる環境大気中の N_2O 、フロン同時測定
- ・粒子状物質の捕集法に関する比較検討

騒音・振動部門

- ・横浜市民の音環境意識
- ・小川から発生する水の流れ音の調査結果について

水質部門

- ・揮発性有機塩素化合物による地下水汚染(第6報)
- 分解反応モデルによるテトラクロロエチレン汚染地下水の評価—
- ・横浜港の化学物質汚染の現況と変遷

- ・ゴミ焼却場飛灰の固形化に関する基礎研究
- ・生物による水質モニタリングシステムについての検討
- ・都市河川における汚濁物質の周日常動—烏山川—
- ・都市河川における河床汚濁物質の動態調査(第3報)—和泉川—

地盤沈下部門

- ・軟弱地盤の沈下に関する調査研究(8)
- 大岡川低地軟弱地盤における不攪乱連続試料の圧密試験結果とそれに対する解析—
- ・横浜の地下水環境に関する調査研究(4)—相模野帯水層の地下水汚染機構解明調査—

ノート

大気部門

- ・横浜市における酸性雨調査—1993年の調査結果—
- ・拡散型長期暴露サンプラーを用いた横浜市内における大気中のフロン及び有機塩素系物質濃度(Ⅲ)

水質部門

- ・横浜市内事業所排水および河川水中の有機塩素系溶剤の濃度
- ・水中に溶解したテトラクロロエチレンのフェルト状活性炭による吸着実験(Ⅱ)
- ・ダイアジノンの密封条件下における分解性について—(1)ダイアジノン水溶液の分解性—
- ・大岡川の水質と大腸菌群について

III 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算額
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 横浜市公書研究所発行資料(調査研究等報告書)
7. 横浜市公書研究所発行資料目録

横浜市環境科学研究所報 第20号 1996年3月

I 業務報告編

- 大気部門
- 騒音・振動部門
- 水質部門
- 地盤沈下部門
- 社会科学部門
- 環境セミナー

II 調査研究編

大気部門

- ・放射線源式ECD/GCによる環境大気中のN₂O, フロン同時分析
- ・横浜地域における地表温度と気温の分布特性(その1)
- ・拡散型フロン・有機塩素サンプラーに対する温湿度の関係

水質部門

- ・都市河川における河床汚濁物質の動態調査(第4報)—降雨の影響—
- ・横浜市内河川水中の糞便性大腸菌群について(1)横浜市南部地域
- ・都市河川における汚濁物質の周日常動(第2報)—大岡川—
- ・井戸水に溶解したテトラクロロエチレンのフェルト状活性炭による吸着実験
- ・キシウブの水耕栽培水路による窒素及び1nの除去速度と原水濃度(第1報)

地盤沈下部門

- ・横浜の地下水環境に関する研究(5)—境川流域の地下帯水層及び地下水環境について—

ノート

大気・騒音部門

- ・横浜市における酸性雨調査—1994年調査結果—
- ・トンネル坑口周辺における道路騒音の調査

水質部門

- ・ダイアジノンの密封条件下における分解性について(Ⅱ)土壌中におけるダイアジノンの分解性
- ・界面活性剤からみた横浜市内中小河川の汚濁の経年変化……

III 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算額
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 環境科学研究所発行資料(調査研究等報告書)
7. 環境科学研究所発行資料目録

横浜市環境科学研究所報 第21号 1997年3月

I 業務報告編

- 大気部門
- 騒音・振動部門
- 水質部門
- 地盤沈下部門
- 社会科学部門
- 環境セミナー

II 調査研究編

大気部門

- ・横浜市内での年末年始時における浮遊粒子状物質調査
- ・横浜地域における地表温度予測モデル
- ・酸性雨等によるブロンズ像の影響調査
- ・酸性降下物による銅板等のリーチング試験—都市部と清浄地域の比較—
- ・横浜市における湿性・乾性降下物のNO₃⁻/SO₄²⁻比の経年変化(1984-1995)

- ・ホルムアルデヒド測定方法の比較検討ーPID-GCとホルムアルデヒド標準ガス連続発生法を用いた測定法の検討ー
- 騒音・振動部門
 - ・視覚障害者の音環境
 - ・地域住民の音環境意識調査(その1 住居系)
- 水質部門
 - ・キショウブによる窒素・リンの除去速度と原水濃度(第2報)
 - ・有機塩素化合物で汚染された井戸水の吸着浄化実験
 - ・都市河川における河床汚濁物質の動態調査(第5報)
 - ・横浜市内河川水中の糞便性大腸菌群について

ノート

- 大気部門
 - ・横浜市内における酸性雨調査ー1995年の調査結果ー
 - ・人工酸性雨による鋼板および青鋼板のリーチング試験
 - ・横浜市内の大気中有害物質調査
 - ・サーマル・デソープション法を用いた大気中炭化水素類のモニタリング
- 水質部門
 - ・横浜市事業所のセレン排水処理実態調査
 - ・横浜市内の河川水中の農薬調査

III 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算額
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 環境科学研究所発行資料(調査研究等報告書)
7. 環境科学研究所発行資料目録

横浜市環境科学研究所報 第22号 1998年3月

I 業務報告編

- 大気部門
- 騒音・振動部門
- 水質部門
- 地盤沈下部門
- 社会科学部門
- 環境セミナー

II 調査研究編

- 大気部門
 - ・都市大気中のベンゼン等芳香族炭化水素濃度の挙動
 - ・有害大気汚染物質の沿道調査
 - ・非等速吸引を用いたフィルター光透過法による燃焼排ガスダストの簡易測定法
 - ・横浜市内における微量降水の化学的性状ー1984年～1995年の出現状況とその性状ー
 - ・銅試験板による酸性雨影響調査ー銅の腐食と酸性雨による溶解ー
- 水質部門
 - ・キショウブ(*iris pseudo-corus*)による窒素・リンの濃度と除去速度(第3報)
 - ・フェルト状活性炭繊維吸着による事業所排水処理実験
 - ・揮発性有機塩素化合物による地下水汚染(第7報)ー地下水中における汚染物質の動態ー
 - ・横浜市内の水田排水の農薬調査(第2報)
 - ・横浜市内河川における河床堆積物の性状調査(第1報)ー鶴見川水系ー
 - ・横浜市内河川中の糞便性大腸菌群について(3)横浜市中部地域
- 地盤沈下部門
 - ・横浜地域における地層の調査研究(1)ー旭区と港南区で掘削したオールコアボーリングの鑑定結果ー

ノート

- 大気部門
 - ・横浜市内における酸性雨調査ー1996年の調査結果ー
 - ・横浜市内における地球温暖化ガス関連物質の調査
- 騒音・振動部門
 - ・植物による減音量の計算用葉面積調査(その1)
- 水質部門
 - ・横浜市沿岸域のプランクトン相
 - ・ダイアジノンの密封系における分解とミジンコへの生態影響について

III 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算額
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 環境科学研究所発行資料(調査研究等報告書)
7. 環境科学研究所発行資料目録

横浜市環境科学研究所報 第23号 1999年3月

I 業務報告編

- 大気部門
- 騒音・振動部門
- 水質部門
- 地盤沈下部門
- 社会科学部門
- 環境セミナー

II 調査研究編

報文

大気部門

横浜市域における地表温度予測モデル(その2)
—1995年～1997年の解析結果—

水質部門

横浜市内河川における農薬汚染の特徴
横浜市内の水田排水中の農薬調査(第3報)
横浜市内河川における河床堆積物の性状調査(第2報)—帷子川水系—
横浜市内河川における河床堆積物の性状調査(第3報)—大岡川水系—

短編

大気部門

横浜市における酸性雨モニタリング調査
—東アジア酸性雨モニタリングネットワークによる手法からみた検討—

水質部門

降雨に伴うゴルフ場からの農薬の流出
横浜市内河川の魚類における寄生虫の感染状況

III 資料編

人員及び組織

主要機器一覧表

予算額(平成9,10年度)

学会等研究発表

雑誌等投稿

環境科学研究所発行資料目録

横浜市環境科学研究所報作成および執筆要領

横浜市環境科学研究所報 第24号 2000年3月

まえがき

I 業務報告編

環境科学研究所の沿革

試験検査業務

大気汚染関係の測定分析
一般環境大気のモニタリング
未規制化学物質等の測定
水質汚濁関係の試験検査

調査研究業務

基礎研究
プロジェクト研究

啓発事業

環境セミナー

第22回環境セミナー市民研究発表会
環境セミナー野外教室—環境調査講習会—

II 調査研究編

報文

基礎研究

- ・横浜市内河川における河床堆積物の性状調査(第4報)—柏尾水系—
- ・横浜市内河川における河床堆積物の性状調査(第5報)—境川水系—
- ・アロザイム分析によるスカエビ集団の遺伝学および形態学的研究—生物多様性の保全に向けて—
- ・地盤環境に関する調査研究(I)—軟弱地盤と地盤沈下—
- ・土質データを活用した液状化解析—PL値法を用いた液状化解析の検討について—
- ・横浜野毛山台地の地層調査と地下水位変動について

プロジェクト研究

- ・横浜市の気温によるヒートアイランド調査—1998年の結果—
- ・植物プランクトンの増殖に伴うN/P比の変位に関する理論的考察及び東京湾におけるN/P比の空間分布の季節別特徴
- ・横浜で谷戸といわれる地域の地形地質学的側面から見た特徴

短文

基礎研究

- ・関東地域における横浜市内の浮遊粒子状物質の挙動
- ・横浜市内における浮遊粒子状物質の挙動調査...

プロジェクト研究

- ・横浜市における酸性雨モニタリング調査—1998年の結果—
- ・横浜市内河川の農薬調査について

III 資料編

人員及び組織

主要機器一覧表

予算額(平成10, 11年度)

学会発表

雑誌等投稿

発行資料編

横浜市環境科学研究所報 第25号 2001年3月

まえがき

I 業務報告編

環境科学研究所の沿革

試験検査業務

大気汚染関係の測定分析

水質汚濁関係の試験検査

調査研究業務

基礎研究

プロジェクト研究

啓発事業

環境セミナー

第23回環境セミナー市民研究発表会

環境セミナー野外教室環境調査講習会

II 調査研究編

報文

基礎研究

- ・谷戸におけるヌカエビの生息場所と生態との関係—生物多様性の保全に向けて—
- ・飼育水槽におけるヌカエビの繁殖行動
- ・視覚障害者の歩行実験—音環境と空間認知—

プロジェクト研究

- ・横浜市における酸性雨モニタリング調査—1999年の結果—
- ・三宅島火山ガスによる酸性雨への影響
- ・横浜市水域における油流出事故について
- ・横浜市水域における環境ホルモン実態調査
- ・人工衛星データを用いた横浜市内の常緑樹林と落葉樹林の分布状況
- ・環境中のダイオキシン類測定の現状と課題
- ・横浜市におけるダイオキシン類モニタリング調査(第1報)
- ・身近な生き物についてのアンケート調査(第1報)

短文

基礎研究

- ・横浜市内における路面堆積物について
- ・植物による減音量の計算用葉面積調査(その2)

プロジェクト研究

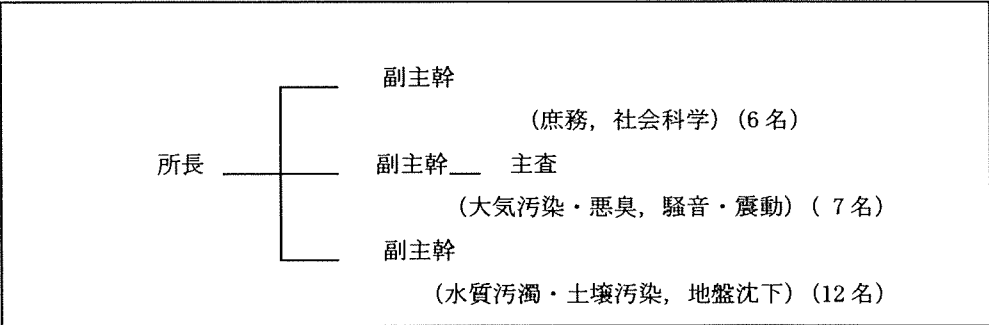
- ・横浜市内水域における有機スズ化合物(トリブチルスズ・トリフェニルスズ)調査
- ・横浜市内の事業所排水、河川、海域のホウ素の調査結果

III 資料編

1. 人員及び組織
2. 主要機器一覧表
3. 予算額(平成11, 12年度)
4. 学会等研究発表
5. 雑誌等投稿
6. 発行資料目録

編集後記

環境科学研究所 25 年（年表）

年 号	出 来 事
昭和 3 9 年 1964	12 月 衛生局に公害センター設置（定数 10 名）
昭和 4 6 年 1971	4 月 公害対策局設置（定数 38 名） 4 月 衛生研究所職員の一部，公害センター兼務
昭和 4 8 年 1973	1 月 横浜市公害対策審議会にて「公害研究所」設立について建議
昭和 4 9 年 1974	4 月 管理課内に公害研究所（仮称）設立準備担当設置
昭和 5 0 年 1975	8 月 公害研究所配置候補職員が，所属兼務・公害センター勤務により分析開始
昭和 5 1 年 1976	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p>4 月 横浜市公害研究所の開所（定数 30 名）</p> </div> <div style="flex: 2; border: 1px solid black; padding: 10px; margin-left: 10px;">  <pre> graph LR S[所長] --- B1[副主幹 (庶務, 社会科学) (6 名)] S --- B2[副主幹 主査 (大気汚染・悪臭, 騒音・震動) (7 名)] S --- B3[副主幹 (水質汚濁・土壌汚染, 地盤沈下) (12 名)] </pre> </div> </div> <p>4 月 横浜市公害研究所規則公布（横浜市公害センター設置規則（昭和 46 年 6 月横浜市規則第 3 号）の廃止）</p> <p>6 月 走査型電子顕微鏡の導入</p> <p>6 月 東京湾岸自治体公害対策会議による東京湾浄化のための合同調査に参加</p> <p>7 月 光化学大気汚染に関する調査研究開始</p> <p>8 月 市内の川と海の生物相調査を水質地盤課と共同で開始（以後 3 年に一度実施）</p> <p>8 月 神奈川県臨海地区大気汚染調査協議会（以下，臨海地区協議会）の調査に参画し，窒素酸化物，炭化水素の立体，平面調査を実施</p> <p>9 月 未規制の化学物質による水域汚染調査及び魚類による工場排水監視に関する研究に着手</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>・ 研究所開所時の水質部門の主要な研究テーマで，特に魚類指標による工場排水監視手法の研究は，公害防止協定を担保するためのもので，学識経験者を加えて，水質地盤課と共同で進め，昭和 6 1 年に研究成果をまとめた。研究成果は，現在も協定工場の排水監視やゴルフ場の農薬監視に活かされている。</p> </div>
昭和 5 2 年 1977	<p>4 月 X線マイクロアナライザー導入</p> <p>5 月 自動車公害問題の社会科学研究に着手</p> <p>8 月 標準ガス精密希釈装置を導入し，常時監視機器の性能試験開始</p> <p>10 月 低周波空気振動に関する研究に着手</p>

年 号	出 来 事
昭和52年 1977	<p>11月 横浜市公害研究所報（創刊号）--公害研究所の基本姿勢，建設経過と今後の展望についての座談会，業務報告編など--</p> <p>11月 第1回公害セミナー・クルマ社会をどうするかー明日の都市環境を考えるー（以後毎年1回，セミナーを実施）討議資料の公募論文集も作成</p> <div data-bbox="424 539 1434 853" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>開かれた研究所づくりを目指すため，当初，一般市民を対象に年1回，「公害セミナー」を開催してきた。第1回目は，最大の都市問題というべき自動車問題をとりあげた。セミナーとしての論点を明らかにする目的で，テーマに関する論文を公募し，83編の論文が寄せられた。第2回目は「合成洗剤」，第3回目は「川，よこはまに水辺をもとめて」と続いた。第10回目からは，生徒，学生を中心とした発表会となり，第15回目からは，名称が変わり，「環境セミナー」として今日まで続けている。</p> </div>
昭和53年 1978	<p>3月 横浜市公害研究所報第2号（以後年1回発行）</p> <p>3月 自動車公害に関する意識調査を国道1号線沿線で実施</p> <p>11月 相模湾上での大気汚染物質調査の実施</p>
昭和54年 1979	<p>3月 第二研究棟が完成し，地盤沈下研究室及び水質研究室の一部移転</p> <p>3月 「横浜市泉区および戸塚区における道路交通騒音と交通量調査報告書」作成</p> <p>4月 道路周辺地域における浮遊粉じん調査開始</p> <p>5月 GC-MS分析装置導入</p> <p>8月 第3回公害セミナー「川，よこはまの水辺を求めて」論文集作成及びセミナー実施</p> <p>9月 大気中の未規制物質の分析・調査開始</p> <p>9月 港北ニュータウン公園基本計画への策定に参画</p> <p>10月 「横浜市における自動車公害（社会科学）に関する基礎研究報告書」をまとめ自動車公害に関する「4つの課題・15の提言」を提案</p>
昭和55年 1980	<p>3月 「横浜市地域環境大気調査(粉じん)報告書」作成</p> <p>5月 大気測定機器の動的校正試験開始</p> <p>8月 低濃度標準ガス発生装置を導入し，光化学スモッグの上空調査開始</p> <p>10月 模擬煙道装置を導入し，ダストの測定法の研究開始</p> <p>11月 固定発生源からのばいじん調査開始</p> <p>12月 「沿道環境整備対策のための基礎調査報告書ー三ツ沢地区対象ー」作成</p>
昭和56年 1981	<p>3月 第4回公害セミナー「80年代の環境政策の課題」として環境行政のあり方について市民，学識者を交えて論議</p>

年 号	出 来 事
昭和56年 1981	<p>2月 実用新案「窒素酸化物捕集器」(小型NO_xサンプラ) サンプラーによる本市道路周辺の調査研究開始, また, 臨海地区協議会に拡大して同様な調査を実施</p> <div data-bbox="389 483 1401 797" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>このサンプラーは, 窒素酸化物の個人暴露量把握のために開発したもので, 分子拡散法の原理を用いてNO (一酸化窒素) とNO₂ (二酸化窒素) を同時に測定できるようにした。また, 有機酸化剤PTIOを用いた改良を加え, 一般環境測定にも有効な精度の高い簡易サンプラー (PTIO-NO_xサンプラー) とすることに成功した。</p> <p>これを用いた道路沿道における多数地点の自動車排気ガス濃度分布調査は, 汚染予測モデル算出まで可能なため, 現在では国内外で広く使用されるようになった。</p> </div> <p>3月 「帯水層層序確定のための地質調査」報告書作成</p> <p>4月 「横浜市炭化水素系物質対策指導要綱」の施行に伴い, 各種発生源施設の排出量調査開始</p> <p>5月 臨海地区協議会の軽飛行機による汚染物質, 気象要素の立体分布調査及び炭化水素の汚染分布調査開始 (～昭和58年)</p> <p>6月 大池こども自然公園でホタルを発見</p> <p>6月 在来鉄道に係わる振動調査開始</p> <p>8月 第5回公害セミナー「よこはまに自然をもとめて」論文集作成及びセミナー実施</p> <p>10月 「公害研究所のあゆみと課題」について研究所5周年特別企画座談会</p> <p>10月 「排水処理技術維持管理マニュアル」の作成開始</p> <p>11月 「魚類指標による排水評価のための暫定排水評価指針」作成に参画し策定</p> <p>11月 恒温室の低温用パッケージを増設</p> <p>3月 横浜市自動車問題研究会報告書—地域交通環境とまちづくり—作成</p>
昭和57年 1982	<p>3月 「横浜市深層地下水調査中間報告書」作成</p> <p>3月 「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」作成</p> <p>3月 ホタル分布調査開始</p> <p>8月 第6回公害セミナー「大気汚染-青空はよみがえったかこの横浜に」(以後年1回の頻度で実施)</p> <p>8月 臨海地区協議会のオキシダントの自動計測器による精密調査に参画</p>
昭和58年 1983	<p>4月 排水処理汚泥の資源化に関する基礎研究に着手</p> <p>6月 市内河川中の合成界面活性剤調査 (～昭和59年)</p> <p>7月 「自動車騒音公害対策模擬実験—車線内遮音壁—報告書」作成</p>

年 号	出 来 事	
昭和 5 8 年 1983	10 月	「浮遊粉じん・ばいじんに関する総合調査報告書」作成
昭和 5 9 年 1984	2 月	「南関東地域における光化学大気汚染に関する総合調査報告書」作成
<p>南関東地域における、沿岸域の大気汚染物質の輸送と変質過程に関する調査を昭和 51 年から昭和 56 年まで、本研究所あるいは他の研究機関と共同で、研究船及び航空機等を利用して立体的に実施した。その結果、京浜工業地帯から排出される汚染物質は、気塊となって陸風によって東京湾及び相模湾上へ運ばれ、日射が強い海上で光化学反応により O₃等の 2 次汚染質が生成される。これらが海風により沿岸域へ運ばれる。</p> <p>湾上は海陸風出現日の日中、冬期は NO_x 等の 1 次汚染物質を含み、また夏期は O₃ 等の 2 次汚染物質を含んだ汚染気塊の“貯蔵庫”となっていることが判明した。</p>		
2 月 「横浜市南部沿岸地域の軟弱地盤調査」報告書作成		
5 月 自動雨水採取装置による酸性雨調査開始		
7 月 植樹帯による減音効果に関する研究実施		
10 月 [円海山・港北ニュータウン地区生態調査]報告書発表		
11 月 第 8 回公害セミナー「いま横浜の海は一水質・生物、水ぎわ・・・」討論		
11 月 「よこはま都市自然行動計画」を発表し、都市の中での自然のあり方、自然と住環境との関わりなどについて 27 項目を提言		
<p>都市自然の保全・創造に関する研究の中で「よこはま都市自然行動計画」を発表した。都市自然観の確立、言いかえれば平凡な自然の新しい都市的位置づけによる復権を基調に、都市自然を保全・創造するために、いま誰が何をすることが必要なのか、またそれにはどのような仕組み、仕掛けをつくらねばよいのか等に関する行動計画をまとめ、27 の提案をした。</p>		
12 月 「横浜南部丘陵 舞岡川源流域の水文調査」報告書作成		
昭和 6 0 年 1985	3 月	道路周辺の植樹帯による物理的及び心理的減音効果の研究—総合報告—作成
<p>植樹帯を通過した音の挿入損失について、公園等での現場実験結果が地表面による超過減衰を含め模型実験で再現可能であること、挿入損失 I_L は葉面積数 FL と散乱数 ka からなる次式で算出し得る事、$f(ka)$ は ka の 1 次式で概ね十分であることを明示した。</p> $I_L = FL \times f(ka) \quad [\text{dB}]$ <p>道路交通騒音を地区の背景として聞いている場合には、緑が多いと心理的に静かに感じる事を実験室及び現場実験から得た。また、そのメカニズムもほぼ明らかにした。</p>		

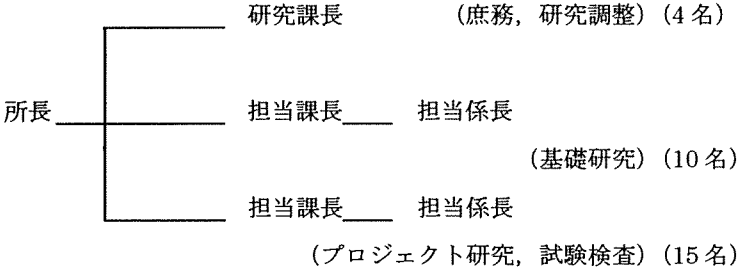
年 号	出 来 事
昭和60年 1985	4月 地下水汚染調査に着手 5月 臨海地区協議会の自動車排出ガス汚染分布調査に参画し実施（～昭和63年） 6月 水生植物を用いた水質浄化の研究に着手 12月 等価騒音レベルによる都市環境騒音とその簡易予測手法の研究に着手
昭和61年 1986	2月 「ほたるの生息環境づくり技術マニュアル試案」作成 2月 「魚類指標による工場排水規制手法に関する研究報告書」作成 4月 市内河川の自浄作用及び河口沿岸域の汚濁状況の研究開始 7月 係留気球使用による酸性雨立体調査の実施 8月 市内における多環芳香族炭化水素(PAHs)濃度の測定開始 <div data-bbox="392 846 1402 1016" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>強い発ガン性が指摘されているベンゾ(a)ピレン等の多環芳香族炭化水素(PAHs)について、1976年以来当研究所で実施してきた調査研究を総合的にまとめた。「一般環境調査」、「バックグラウンド調査」、「発生源調査」等から構成されている。</p> </div> 10月 「平潟湾、金沢湾周辺水域環境調査報告書」作成 11月 第10回公害セミナー「調べてみよう、身近な環境－水、みどり、まち、・・・」（以後、生徒、学生中心の発表会） 2月 本牧市民公園トンボ池づくりに参画し着手・エコアップ第1号
昭和62年 1987	3月 公害研究所設立10周年記念誌「10年のあゆみ」作成 <div data-bbox="392 1323 1402 1585" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>公害研究所10周年を記念して各部門におけるこれまでの10年間の歩みと今後の展望についてまとめた。発足当初は機器整備に伴う分析手法の確立に向けた研究が多かったが、その後、フィールドでの調査研究が多くみられるようになる。この記念誌では、当時大気汚染学会会長であった鈴木武夫氏を始め所外から7名、所内から4名の方々による研究所のあり方や今後の展望に関する論文が掲載されている。</p> </div> 4月 特許「下水汚泥焼却灰を利用した微生物活性化材とその製造方法」出願 4月 標準ガス発生装置で半導体産業使用ガスの微量測定研究に着手
昭和63年 1988	10月 「横浜市軟弱地盤層調査報告書」作成 <div data-bbox="392 1756 1402 1980" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>横浜市における地盤沈下の実態を明らかにし、必要な対策を講じるため、地盤沈下地帯を対象とした調査・研究を行った。その結果は、本市の軟弱地盤は①鶴見川流域、②帷子川流域、③大岡川流域、④柏尾川流域、⑤金沢低地に分布することを明らかにし、堆積環境や土質特性、1/25,000図などに表し、公表した。</p> </div>

年 号	出 来 事
平成元年 1989	4月 市内もえぎの公園内にれき及び水生植物を利用した池水浄化施設設置 8月 特許「ダスト測定法」の出願，固定発生源ダスト自動測定器の開発開始 10月 「浮遊粉じん発生源推定に関する調査研究報告書」作成 11月 「水域生物指標に関する研究報告書」の作成及び昭和50年に本市が設定した「生物指標」の見直し <div data-bbox="427 591 1442 853" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>水生生物を通じて水の汚れ具合を見る生物指標は，昭和50年に設定された。その後，水域の生物相調査が継続して行われ多くの情報が蓄積されてきた。そこで地域特性を考慮した新たな生物指標を作成するために，「水域生物指標検討会」を設け，委嘱した専門家を含め検討した。それは川が源・上流と下流域，海は干潟，岸壁，内湾域に区分し，水の汚れ具合を4階級にし指標生物を選定したものであった。</p> </div>
平成2年 1990	5月 都市河川における河床汚濁物質の動態調査に着手 5月 臨海地区協議会の有害化学物質調査（有機塩素・フロン）参画（～平成12年） 8月 帷子小学校トンボ池づくりに参画し完成—学校エコアップ第1号—
平成3年 1991	4月 ヨコハマサウンドコレクション開始 6月 横浜市公害研究所を横浜市環境科学研究所に改称（定数38名） 11月 浅層地下水汚染探索簡易掘削機「エンジン付オーガー」をメーカーと共同開発 10月 「魚の死亡事故原因究明に関する研究報告書」作成 <div data-bbox="427 1274 1442 1496" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>昭和51年から平成元年までに市内河川および海域で発生した事故の特徴，気象変化による水質変動と事故との関連性，酸素欠乏などの魚への生理学的，形態学的影響，事故解析事例等について述べ，最後に，魚の死亡事故原因究明手法について体系的にまとめたものである。この魚の死亡原因究明法は他都市にも利用され，原因究明に役立っている。</p> </div>
平成4年 1992	3月 「横浜港の水質・底質汚濁に関する調査報告書」作成 3月 「下水汚泥焼却灰固化物の有効利用」のまとめ <div data-bbox="427 1662 1442 1937" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>廃棄物の有効利用の一環として，下水汚泥焼却灰を取り上げた。研究は平成2年より行い，下水汚泥焼却灰を利用した微生物活性化材とその製造方法，脱臭用および排水処理用の触媒等についてまとめた。平成6年には下水汚泥焼却灰を利用した微生物活性化材とその製造方法，平成12年には脱臭用および排水処理用の触媒が特許となる。現在も研究所で植木鉢として使用している。</p> </div>

年 号	出 来 事
平成 4 年 1992	4 月 横浜市内の地域特性を考慮した音環境調査開始
平成 5 年 1993	3 月 「鶴見川・帷子川水系生態調査報告書」作成 3 月 「酸性雨に関する調査研究報告書」作成 3 月 「横浜市内の陸域生物による環境モニタリング調査」報告書作成
平成 6 年 1994	9 月 生物相調査で市内主要河川 4 水系にアユ生息の確認 3 月 「キショウブによる水質浄化法—実験報告書—」作成
	<div data-bbox="395 828 1404 1153" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>植物が窒素、磷、カリウム等を栄養素として生長する性質を利用し、水生植物を水耕法で植栽した人工水路を使用して川や池の水質浄化実験を行った。種々の水生植物の中で、比較的耐寒性の高いキショウブの処理効果は、季節や日照条件、水路での滞留時間等の条件が整えば、溶解性の窒素は 50%以上、磷は 80%以上除去できることがわかった。また、閉鎖性の池では、繰り返し循環処理することによりさらに除去率が上昇することも明らかになった。</p> </div>
	<p>4 月 環境中のアスベスト濃度測定及び建材中のアスベストの同定等業務開始</p> <div data-bbox="395 1254 1404 1467" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>環境大気中のアスベスト濃度測定は、研究所の開所当初から電子顕微鏡を用いた方法で行っていた。特に、社会ニーズにより、本市が所有している全建築物に対する建材中のアスベストの有無と含有量について、電子顕微鏡法を用いて分析調査を行った。</p> </div>
	<p>4 月 ヒートアイランド研究に着手 4 月 エコロジカル・ライフスタイルの政策科学研究に着手 5 月 臨海地区協議会の光化学大気汚染に係る炭化水素組成調査に参画（～平成 9 年）</p>
平成 7 年 1995	<p>3 月 第 2 回陸域生物による環境モニタリング調査報告書作成 3 月 「CD 横浜の音風景」の作成 3 月 「横浜市民の音環境に関する意識調査」結果のまとめ 3 月 「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—」報告書作成 3 月 「東京湾の富栄養化に関する調査研究」報告書作成</p>

年 号	出 来 事
平成 7 年 1995	<p>3 月 帷子川での魚の死亡事故で深夜に緊急動員</p> <div data-bbox="422 421 1433 689" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>3 月 20 日に地下鉄サリン事件が発生し、その後横浜駅でも痴漢防止用品によるいたずらと見られる異臭事件が起こった。このような状況の中で、帷子川で深夜に魚の死亡事故が発生したため、事故原因のひとつとしてサリンが疑われた。深夜に職員数名が研究所に呼び出され、サリンなどの分析の準備をして緊張した雰囲気の中で朝まで待機した。幸いなことに現場調査から原因は酸類の漏出事故と判明した。</p> </div> <p>8 月 都市河川における河床堆積物の性状調査開始</p> <p>10 月 視覚障害者の都市における自立歩行を促す研究に着手</p> <div data-bbox="422 853 1433 1211" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>視覚障害者への聞き取り調査から、大は電車のガード通過音、小は下水の音も活用して街中で自己を定位し、確信と安心から次に歩を進め得ることが判明した。しかも頭に描く地図（メンタルマップ）にそれらの標識音を 2 次元的に配置し、その音を活用可能な者ほど容易な歩行ができる。従って、発信機から絶対的位置情報を彼等が持つ受信機から音声で与え、メンタルマップ作成に寄与するように発信機の配置を考案すれば、彼等の自立的歩行を促し、かつ彼等への拡声器音情報を街から除くことが可能となり、街の静穏化が施策ともなる。</p> </div>
平成 8 年 1996	<p>3 月 環境教育用二酸化窒素捕集器及び SO_x 簡易サンプラーの開発</p> <p>3 月 横浜市地盤図集 作成</p> <div data-bbox="422 1375 1433 1541" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>横浜市軟弱地盤層調査報告書に引続き、本市の地震対策地盤を対象とした丘陵地、台地、低地の地盤特性を調査し、①地質図 (1/25,000)、②水平地質図 (1/25,000)、③地質断面図、④地層構造図などを作成し、各々の特性を解説した。</p> </div> <p>3 月 「エコロジカル・ライフスタイルの政策科学研究 (Ⅲ)」報告書作成</p> <p>3 月 「多環芳香属炭化水素 (PAHs) に関する調査研究報告書」作成</p> <p>3 月 市内「谷戸マップ」作成</p> <p>5 月 密封生態系を用いた化学物質の生態影響試験開始</p> <p>5 月 横浜市内の水田排水の農薬調査開始</p> <p>7 月 「フェルト状活性炭充填の浄化装置」で地下水浄化実験開始</p> <p>12 月 酸性雨についてのわかりやすい小冊子の作成</p>

年 号	出 来 事
平成 9 年 1997	<p>1 月 第 20 回環境セミナー「調べて見よう身近な環境・水、みどり、まち…」の開催</p> <p>1 月 「大岡川・境川水系生態調査報告書」報告会</p> <p>3 月 「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－」作成</p> <div data-bbox="391 548 1401 817" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>昭和 59 年より酸性雨の観測を行っており、平成 5 年からは酸性雨による器物影響調査を行い、本報告書は昭和 59 年～平成 9 年までの調査結果をまとめたものである。報告書は「横浜の酸性雨の実態」、「銅板等の試験板を用いた影響調査」、「ブロンズ像、コンクリートつらら等の屋外器物の影響調査」等から構成されており、市内の酸性雨による器物影響を様々な角度から調べてある。</p> </div> <p>3 月 「燃焼排ガスダストの簡易測定法」の開発</p> <p>4 月 河川水によるミジンコ生態影響調査に着手</p> <p>7 月 「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－」作成</p> <p>7 月 「ダイヤモンドグレース号」東京湾油流出事故に伴う調査</p> <div data-bbox="391 1070 1401 1361" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>7 月 2 日に東京湾中の瀬（本牧沖約 6 km）で原油を満載したタンカーが座礁し、約 1,550kl の原油が流出した。海上保安庁等の関係機関が原油処理に当たるとともに、当所では原油による汚染状況を調べるため事故日以降連続して環境試料の分析を行った。原油は高揮発成分を多く含有し、また、高温で強い南西風の気象条件であったことなどのため、大気および水質とも比較的早い段階で影響は見られなくなった。</p> </div> <p>8 月 環境科学研究所研究発表会の定期的開催の開始</p>
平成 1 0 年 1998	<p>1 月 「やってみようトンボ池」冊子を環境政策課と共同作成</p> <p>3 月 エアロゾル濃度測定における非等速吸引影響に関する研究（博士論文）</p> <p>4 月 「土質調査共通仕様書」の改正に伴う土質検査システムの運用開始</p> <p>5 月 研究所インターネット・ホームページ開設</p> <p>5 月 横浜市谷戸台帳作成</p> <p>6 月 環境大気中の微小粒子（PM 2.5）の測定法及び汚染状況に関する研究に着手</p> <p>6 月 臨海地区協議会の揮発性有機化合物（VOC13 物質）調査に参画</p>

年 号	出 来 事
平成10年 1998	<p>5月 研究所の体制が、事務、大気、騒音・振動、水質、地盤沈下、社会科学の部門からなる体制から、庶務・研究調整、調査研究（基礎研究）、調査研究（プロジェクト研究・試験検査）からなる一課体制に組織整備（定数 35 名）</p> <div data-bbox="424 517 1437 853" style="border: 1px solid black; padding: 10px;">  <pre> graph TD S[所長] --- B1[研究課長 (庶務, 研究調整) (4名)] S --- B2[担当課長 担当係長 (基礎研究) (10名)] S --- B3[担当課長 担当係長 (プロジェクト研究, 試験検査) (15名)] </pre> </div> <p>7月 ダイオキシン類分析施設が整備され、調査研究に着手</p> <div data-bbox="424 999 1437 1263" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p>ダイオキシン問題については、健康影響の面から社会的な関心が高く、その対策は、緊急な課題となっている。そこで、平成9年度補正予算で環境科学研究所に専用の「ダイオキシン類等分析室」を整備した。ダイオキシン類の分析は、他の化学物質よりも安全対策を強化する必要があるため独立した構造の専用分析室とした。平成10年7月から環境モニタリング調査等の分析調査業務を開始した。</p> </div> <p>10月 環境セミナー「野外教室－野外調査講習会－」をいたち川で実施</p>
平成11年 1999	<p>2月 コンピュータによる「薬品管理」実施（平成13年5月新システムに移行）</p> <p>3月 都市河川における環境の修復と珪藻群集構造の変化に関する研究（博士論文）</p> <p>4月 横浜型エコシテイ研究に着手</p> <p>4月 第9回よこはまの川の生物相調査を水質地盤課と共同実施（平成13年3月報告書）</p> <div data-bbox="424 1615 1437 1888" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p>河川全域を対象に、魚類、底生動物、水草、付着藻類の分布状況を調査し、生物指標による水環境目標の達成状況を評価した。その結果、源流域から下流域までの多くの地点で目標を達成するようになったが、感潮域ではまだ目標を達成していない傾向があることが明らかになった。この調査は、川と海について昭和51年より環境保全局水質地盤課と共同で実施している。</p> </div>

年 号	出 来 事	
平成 11 年 1999	4 月	<p>環境ホルモンに関する調査研究に着手</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>環境中に存在する化学物質が体内のホルモン作用を攪乱し生殖等に悪影響を与える可能性が指摘されたことから、平成 10 年に環境庁（現環境省）は外因性内分泌攪乱化学物質（環境ホルモン）の疑いのある 67 物質（現 65 物質）を提示するとともに、全国調査を実施した。横浜市においても、水域環境における環境ホルモンの濃度状況を把握するため、全 67 物質を対象に毎年約 20 物質の割合で平成 11 年度から 3 ヶ年計画の環境調査を開始した。</p> </div> <p>8 月 環境セミナー「野外教室－野外調査講習会－」をいたち川で実施</p>
平成 12 年 2000	2 月 3 月 3 月 4 月 4 月 4 月 5 月 6 月 8 月	<p>身近な生きものアンケート調査実施</p> <p>「地下水汚染に関する調査研究報告・分解反応モデルを用いた評価・報告書」作成</p> <p>研究所トンボ池の整備</p> <p>研究所の機械警備開始及び空調施設更新</p> <p>第 9 回よこはまの海の生物相調査を水質地盤課と共同実施</p> <p>研究所内に環境管理委員会を設置</p> <p>瀬谷区大門川で高濃度ダイオキシン類の検出・上流部の産業廃棄物施設の改善対策</p> <p>ケナフを用いた窒素酸化物の除去効果に関する研究に着手</p> <p>環境教室「調べてみよう身のまわりの空気」を研究所にて開催</p>
平成 13 年 2001	1 月 3 月 4 月 6 月 6 月 7 月 8 月	<p>第 24 回 環境セミナー「市民環境研究発表会」を港南公会堂にて開催</p> <p>「新低騒音化技術の適用研究報告書」作成</p> <p>ディーゼル排ガス対策に関する研究に着手</p> <p>磯子区で三宅島噴火に伴う強い酸性雨（pH 2.98）を観測</p> <p>施設公開及び市民講座を実施</p> <p>NASDA との共同研究「地球観測衛星データを利用した東京湾の水質モニタリング手法開発に関する研究」報告書作成</p> <p>環境教室「調べてみよう身のまわりの空気」を研究所にて開催</p>

◇ 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26号」をとりまとめることができました。本年度は、研究所設立から25周年を迎えたことから、従来の「I業務報告編」、「II調査研究編」、「III資料編」を基本に、「III資料編」に創刊号から25号までの総目次を掲載するとともに、研究所の25年間のあゆみをまとめた「IV環境科学研究所年表」を加えました。また、口絵をカラーにして、研究所の業務をできるだけわかりやすく紹介する工夫をしました。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26号編集委員会

赤池繁

松島裕子

杉本実

平野耕一郎

鹿島教昭

二宮勝幸

小市佳延

坂井清

梅田てるみ

島村雅英

横浜市環境科学研究所報・第26号

2002年3月

編集・発行 横浜市環境科学研究所

〒235-0012 横浜市磯子区滝頭 1-2-15

電話 045-752-2605

FAX 045-752-2609

<http://www.city.yokohama.jp/me/cplan/epb/kenkyu/>

横浜市広報印刷物登録第130635号

類別・分類 A-G A100

印刷 有限会社 シュープリント

この印刷物は再生紙（古紙混入率70%）を使用しています