

環境研資料

No. 153



ISSN 0918-5720

# 横浜市環境科学研究所報

第 29 号

ANNUAL REPORT OF  
YOKOHAMA ENVIRONMENTAL SCIENCE  
RESEARCH INSTITUTE  
No.29

2005年3月

横浜市環境科学研究所

YOKOHAMA ENVIRONMENTAL SCIENCE RESEARCH INSTITUTE



## ま え が き

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

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

今回の所報第29号は、平成15年度の調査研究を中心にまとめたものです。今後とも、より一層充実したものにしていきたいと考えておりますので、皆様から調査研究に関するご意見を賜れば幸いです。

平成17年3月

横浜市環境科学研究所長

小 柳 高 好

# 目 次

## まえがき

### 業務報告編

#### 業務報告 ..... 1

環境科学研究所の沿革

試験検査業務

調査研究業務概要

啓発事業

### 調査研究編

#### 報 文

##### 基礎研究

・河川における環境基準達成のための要因に関する研究(第3報) - 鶴見川水系 - ..... 11

・瀬谷狹窪公園(横浜市)の水域生態系 ..... 20

・大岡川の河川構造物が魚類流れ分布に与える影響に関する調査報告 ..... 30

・横浜市の地下水帯水層調査(第1報) - 2003年度調査結果 - ..... 58

##### プロジェクト研究

・鶴見川水系における総女性ホルモン様作用の変動 ..... 65

・横浜市水域におけるPCBの起源推定 ..... 70

・横浜市内の温湿度分布調査 - 2004年の結果 - ..... 78

・港北区役所屋上緑化での温度低減効果 - 2004年夏期の解析 - ..... 84

・横浜地域におけるヒートアイランド現象が及ぼす熱中症や動植物への影響 ..... 92

・横浜市における民生部門(業務・家庭)の用途別エネルギー消費量と消費量増加の要因分析 ..... 97

・横浜の森林土壌の酸性化の実態と酸中和能(2) - 人工酸性雨・カラム試験による酸中和能の測定 - ..... 102

・横浜の森林土壌の酸性化の実態と酸中和能(3) - 市内森林土壌の酸中和能(ANC)の状況 - ..... 109

・横浜市における有害大気汚染物質モニタリング調査 - 1998年度~2003年度の調査結果 - ..... 113

・横浜市におけるPRTR対象物質の大気環境調査 - 2002年度~2003年度の調査結果 - ..... 120

#### 短 文

##### 基礎研究

・横浜市内の中小河川の重金属類調査 ..... 126

##### 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 - 2003年の結果 - ..... 133

・横浜市(磯子区)における殺虫剤、殺菌剤、除草剤の湿性沈着について ..... 137

#### 資料編

人員及び組織 ..... 140

主要機器一覧表 ..... 140

調査研究事業予算一覧 ..... 142

学会等研究発表 ..... 143

雑誌等投稿 ..... 144

環境科学研究所発行資料目録 ..... 147

施設見学者等一覧 ..... 151

環境教室等講師派遣一覧 ..... 152

編集後記 ..... 153

## 業務報告

### 1. 環境科学研究所の沿革

横浜市環境科学研究所は、昭和51年4月に横浜市公害研究所として設立され、平成3年6月に機構改革により名称が横浜市環境科学研究所に変わりました。大気、騒音・振動、水質、地盤沈下、社会科学の各部門に分かれ、各種調査研究をはじめ、市の規制・指導等に反映させるための試験検査業務や環境監視に用いる自動測定機等の精度管理などさまざまな事業を行ってきました。

また、平成10年5月には複雑多様化する環境問題に柔軟に対応できるよう、研究調整、調査研究(基礎研究・プロジェクト研究)、試験検査などに組織を整備しました。

### 2. 試験検査業務

平成15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707、また、事故・苦情に伴う検体を71、合計778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15年度)

#### 3-1. 基礎研究

大気環境に関する研究

- ・自動測定機の精度に関する研究
- ・ディーゼル自動車対策に関する研究
- ・自動車排ガスによる局地汚染の改善策に関する研究

水質汚濁対策推進に関する研究

- ・河川における環境基準達成のための要因に関する研究
- ・水域環境の改善に関する研究
- ・水資源再利用による生物生息環境の形成に関する研究
- ・河川の人工構造物と魚類分布との関係及び遺伝的特徴に関する研究
- ・横浜市沿岸水域環境の改善に関する研究

地盤環境に関する研究

- ・市域地盤の地域特性の把握と検討、地盤情報活用システムの構築

音環境に関する研究

- ・原単位騒音レベルと振動レベルの把握に関する研究

#### 3-2. プロジェクト研究

ダイオキシン類調査研究事業

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

環境ホルモンに関する研究

- ・モニタリング調査
- ・鶴見川詳細調査

環境共生都市に関する研究

- ・環境共生都市に関する研究

都市持続に関する研究

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

(各調査研究業務概要はP.2~10に記載)

## 4. 啓発事業

### 4-1. 環境セミナー

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

#### 4-1-1. 第27回環境セミナー市民環境研究発表会

期 日/平成16年2月14日(土)

会 場/横浜情報文化センター6階ホール

内 容/作品発表(17編)、講演、研究報告  
(司会・渡部允氏(ジャーナリスト))

講 演/「ごみゼロ社会をめざして

-ごみ合いの実践を通して-

講師・関東学院大学教授安田八十五氏

及び同大学環境サークルHEP

研究報告/「川の生きものとその変化」

福嶋悟(環境科学研究所職員)

参加者/332人

#### 4-1-2. 環境セミナー「野外教室」

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

期 日/平成15年8月8日(金)

場 所/いたち川(栄区日東橋付近)

内 容/魚、川の虫、水質などの調査方法の体験学習

参加者/21人

#### 4-1-3. 施設見学、環境教室等

環境月間(6月)の施設公開をはじめ、随時、学校や市民団体等の施設見学を受け入れ、研究業務の紹介を行っています。また、区役所・市民団体等からの依頼を受けて、環境教室や自然観察会への講師派遣も行っています。(資料編 p.151~152 参照)

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 ]</p> <p>本市の大気汚染常時監視局においては窒素酸化物およびオキシダント自動測定機を湿式から乾式に現在更新しつつあるため、日本の常時監視測定において稼働歴の浅い乾式測定機について、その機器管理に関する研究を行う。また、常時監視測定に使用可能な微小粒子状物質測定機に関わる測定精度の知見が日本で十分でないことから、市販の測定機について試験検討する。</p> <p>[ 方法 ]</p> <p>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>微小粒子状物質に関わる各種測定機について平行稼働試験をし、このデータを基に各種測定機に対する性能評価や改良を進める。</p> <p>[ 結果 ]</p> <p>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。</p> <p>受領性能試験：購入した窒素酸化物自動測定機、オゾン自動測定機および浮遊粒子状物質自動測定機についてJISの性能試験項目等を確認し、不備な箇所を整備後、測定局に適正配備した。</p> <p>オゾン計の動的校正：オキシダント自動計測器等の動的校正において用いられる二次標準の紫外線吸収式オゾン自動測定機に対して測定指示値の目盛を校正した。</p> <p>VOCs標準ガスに関する研究：有害炭化水素標準ガスのうち、平成15年度はホルムアルデヒドなどの含酸素系VOCsを主にPID-VOCセンサやNMHC計などを用い、各標準ガスの発生濃度に対する精度について確認した。</p> <p>固定発生源のVOCs測定機に関して感度特性などを調査し、TVOCの測定に当たりFID方式及び触媒燃焼法NDIR方式による測定機が性能面で選定された。</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 ディーゼル自動車対策に関する研究</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p>[ 目的 ]</p> <p>本市所有のバス・トラック等から排出されるディーゼル排気微粒子等の有害大気汚染物質対策を図るため、平成13年度から市営バス等に装着している低硫黄軽油・酸化触媒排出ガス浄化システムおよび平成15年度に新たに本市に導入された超低排出ディーゼル塵芥車のPD-（超低粒子状物質排出ディーゼル車認定制度に基づき認定を受けた自動車）について調査検討を行った。</p> <p>[ 方法 ]</p> <p>平成15年度は低硫黄軽油・酸化触媒システム装着車のシステム装着後3年目にあたり、使用過程におけるシステムの劣化等による粒子状物質（PM）等有害大気汚染物質の減少効果の変化、システムのトラブルおよび運転性能への影響について追跡調査を行った。PD-は、10ppm以下の超低硫黄軽油を使用し、PMおよびNOxを同時に大幅低減するDPNR（Diesel Particulate - NOx Reduction System）装着の塵芥車である。この車両についても酸化触媒システム装着車と同様の測定・分析項目により調査を行った。</p> <p>[ 結果 ]</p> <p>酸化触媒システム装着車の追跡調査では、CO、THCは経年的に減少効果の低下傾向が見られたが、PMについては14年度調査結果と異なり、減少率が高くなった。この測定結果は、酸化触媒の状態が最良であると考えられる場合の測定結果と比較しても高い減少率であった。運転性能についてみると、エンジン出力の低下が感じられ、燃料消費率の悪化も認められ、CO2の排出量は多くなった。</p> <p>PD-は平成17年（新長期）排出ガス規制相当の超-低排出ガスレベルとされている。実際に測定を行った結果、従来のシャーシダイナモ測定・分析機器による計測では困難な程排出ガス濃度レベルは低く、規制項目のNOx、CO、THCおよびPMの各排出ガス濃度は、車両製造会社公表値より低い値が示された。</p>	

<p>調査研究名</p>	<p>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 自動車排ガスによる局地汚染の改善策に関する研究</p>
<p>部 門</p>	<p>基礎研究</p>
<p>[ 目的 ] 自動車排ガス汚染の著しい地域における窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) については、旧自動車NO<sub>x</sub>法に基づき各種施策が実施されてきたが未だ十分に改善されず、これらの地域では浮遊粒子状物質 (SPM) の環境基準達成率も低い。自動車NO<sub>x</sub>法が改正され新たに自動車NO<sub>x</sub>・PM法が成立したことをうけ、同法に基づき横浜市内の自動車排ガス汚染の著しい地域における同法の効果、把握を目的とし調査研究を行った。</p> <p>[ 方法 ] 局地的環境汚染対策に関する調査として、横浜市内における自動車による環境汚染度の高い地点においてPM2.5等の測定を行った。大気中微小粒子状物質に対するディーゼル排気微粒子 (DEP) の寄与率を把握するため、PM2.5中の炭素成分、PAHs (多環芳香族炭化水素)、高沸点炭化水素等について分析を行った。また、発生源対策に関する調査として、ディーゼル車排ガス中のNO<sub>x</sub>等の低減技術について実証実験を行った。</p> <p>[ 結果 ] これまで一般環境で行ってきたPM2.5測定手法の確立および実態解明等の研究成果を基に、自動車排出ガス測定局の西区浅間下局でPM2.5測定を行ったが、移動発生源から採取口までの距離、高さ、位置、向きによりPM濃度値が異なり、常時監視SPM自動測定器とフィルタ法 (質量濃度法) の時間分解能の違いによる指示値と分析値の違いがみられるなど、局地環境測定における問題点が明らかになった。また、常時監視測定局舎における測定では、測定に要する電力およびスペース等の問題があり、パッシブサンブラによる大気曝露サンプリングについても検討を行った。平成12、13年度に交通環境対策課により行われた自動車排出ガス対策に関する調査結果を基に、大型ディーゼル車を使用して実証実験を行った。雨天時などの高湿度条件下を簡易的に再現し、シャーシダイナモ試験を行った結果、NO<sub>x</sub>については若干の低減がみられたが、NO<sub>x</sub>以外の規制項目であるPM、THC、COについては排出量の増加がみられ、燃料消費率 (=CO<sub>2</sub>) についても通常の条件下と比較して悪化するなど、総合的に低減効果は認められなかった。</p>	
<p>調査研究名</p>	<p>水質汚濁対策推進に関する研究 河川における環境基準達成のための要因に関する研究 鶴見川水系</p>
<p>部 門</p>	<p>基礎研究</p>
<p>[ 目的 ] 公共用水域の測定地点においては未だにBODの環境基準を達成していない箇所がみられる。その原因として下水処理場等の排水による影響の他に、河床の付着物や底質からの汚濁物質による悪化も考えられるため、河床を含めた多角的な面から水質汚濁状況を把握し、環境基準達成要因について検討する。</p> <p>[ 方法 ] 本年度は環境基準未達成の鶴見川亀の子橋より上流 (BOD D類型 8mg/l) について鶴見川は千代橋まで、恩田川は町田市境付近までを調査域として夏季・冬季に調査を行った。下水処理場等からの流入水の各種負荷割合・河川内の底質・付着物、生物指標などの現況を把握した。環境基準を達成するために必要な要因について汚濁負荷原因および河川中の汚濁挙動から検討した。</p> <p>[ 結果 ] 水質はBOD濃度が冬季の千代橋・亀の子橋で基準値の 8 mg/l を超えていたが、そのBODの約 7 割はNH<sub>4</sub>-Nの硝化に係るN-BODであり、その原因のひとつとして下水処理場排水の影響が考えられた。流量は 2 つの下水処理場合計で最下流・亀の子橋の約 5 割にあたり、またBOD負荷は 6 割以上、N・P 負荷は 7 割以上が処理場排水によるものと考えられた。 藻類はBOD濃度の低い下水処理場下流で塩素耐性種が多く出現し、河川生物への残留塩素の影響が大きく見られたが、BOD濃度の高い処理場下流ではそのような種類はほとんど出現せず、汚濁河川に分布する種類が多かった。 以上より、BODの環境基準を達成するためにはN-BODに関わるNH<sub>4</sub>-N等を減少させることが必要と考えられた。</p>	

調査研究名	水域環境の改善に関する研究 生物生息環境の再生・創出に関する研究 水環境の再整備と生物群集特性に関する研究・ 水資源再利用による生物生息環境の形成に関する研究
部 門	基礎研究
<p>[ 目的 ]</p> <p>都市河川を生物の良好な生息環境に回復・維持するために、水質の改善、水資源の有効利用、生物の生息に適した河川構造の形成が必要である。河川の流量維持に湧水や、都市資源である下水処理水の利用は欠くことができない。湧水と下水処理水で維持されているせせらぎを対象に、環境特性と生物群集の構造との関係を検討し、多様な生物群集の形成が可能な環境状況を検討する。</p> <p>[ 方法 ]</p> <p>湧水の流れる瀬谷狹園内の水路と、下水処理水を維持用水として流している江川を対象に、環境状況と水生生物の分布状況の関係について検討した。</p> <p>[ 結果 ]</p> <p>瀬谷狹園の水路では、硝酸態窒素濃度が高い傾向がみられたが、水環境は良好な状態が維持されており、ホトケドジョウ、サワガニ、オニヤンマ、オナシカワゲラ属、ヘビトンボ類、カワニナ、モズクなどの源流域に特徴的な水生生物が分布していた。公園内ではオニヤンマだけでなく、流水性のミルヤンマやコオニヤンマの飛翔も見られ、樹林地を選好する鳥類も多くの種類が確認された。</p> <p>江川に分布する魚類の多くは、鶴見川から移動してきたものであるが、遊泳性の種類は大雨により鶴見川の水位が上昇し江川との落差がなくなる時に、鶴見川から移動することが明らかになった。また、過去に水辺の草刈りが定期的に行われていた時と、草刈りがほとんど行われなくなった時との魚類密度に明瞭な差が示され、隠れ場の存在が魚類相を豊かにすることが明らかになった。</p>	

調査研究名	水域環境の改善に関する研究 生物生息環境の再生・創生に関する研究 河川の人工構造物と魚類分布との関係および遺伝的特徴に関する研究
部 門	基礎研究
<p>[ 目的 ]</p> <p>都市河川において、段差や落差等の多くの人工構造物により生物の移動等が困難となり水系全体における生物群集の単純化を招いているとともに、希少種の分布が孤立化してきている。また、他地域からの移入定着により在来種への影響、特に遺伝的攪乱が危惧されている。そのため多様な河川生物群集の再生に向けて、構造物が魚類分布に与える影響について検討し、希少種における遺伝的攪乱の状況を把握する。</p> <p>[ 方法 ]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大岡川を対象に人工構造物の設置状況、構造について調査を行った。</li> <li>・ 魚類の分布調査は源流域から下流、感潮域までの12地点で行った。</li> <li>・ ヒメハヤ属を対象に形態計測、遺伝的解析を行った。</li> </ul> <p>[ 結果 ]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 人工構造物に関する調査では全体で33基が設置され、1 m以上の落差が上流、中流の2箇所にあった。</li> <li>・ 魚類分布は、生活型により移動範囲が異なっており、また季節により分布状況が変化していた。</li> <li>・ 上流方向への移動範囲では、周縁性淡水魚、ヌマチチブ&gt;ウキゴリ、アユ&gt;スミウキゴリ&gt;トウヨシノボリの順に人工構造物の影響を受けやすい魚種と推測された。下流方向の移動範囲では、純淡水魚の移動範囲でアブラハヤ&gt;シマドジョウ&gt;タカハヤ&gt;ホトケドジョウの順で大きく、これらは構造物に影響されながら狭い範囲で双方向的移動を行っていることが推測された。</li> <li>・ 上流方向への移動で特に影響が大きいと思われた構造物は、落差1 m以上、1 m以下でも落差工下の基質性状が関係していた。</li> <li>・ アブラハヤと移入種のタカハヤは分布域に差を示すとともに遺伝的攪乱の可能性が示唆された。</li> </ul>	

調査研究名	水域環境の改善に関する研究 横浜市沿岸水域環境の改善に関する研究
部 門	基礎研究
<p>[ 目的 ]</p> <p>東京湾の富栄養化対策を推進する上から、東京湾内での栄養塩の垂直分布調査や赤潮の発生状況について、東京都環境科学研究所、千葉県環境研究センター、神奈川県環境科学センターと連携して調査を実施した。また、今までの研究で得られた人工衛星を用いた水質モニタリング手法についても検討した。</p> <p>[ 方法 ]</p> <p>東京湾岸自治体の研究機関と連携した調査は、人工衛星、LANDSAT7号の運航日に合わせて実施した。横浜市の調査地点は扇島沖、多摩川沖、中の瀬、本牧沖の4地点で月1回の頻度で調査した。また、閉鎖水域の横浜港、日本丸ドック内・外の上層及び下層の水質について調べた。調査項目はいずれも、水温、pH、透明度、濁度、クロロフィルa、プランクトンの定性・定量、栄養塩類などである。</p> <p>[ 結果 ]</p> <p>大規模な赤潮が5月と10月に横浜市沿岸水域を中心に発生し、特に5月においては、横浜港内と金沢湾において魚貝類が死亡した。水質地盤課の依頼を受け、港湾局の協力により赤潮原因究明調査を行い、他の研究機関やNPO法人・海辺づくり研究会とも情報交換を行った。調査結果の一部は、国土交通省主催の青潮ワークショップで報告するとともに、水環境学会で発表を行い、年報でまとめた。調査結果からは、魚貝類の死亡原因は、赤潮プランクトンの死滅とそれに伴い生成された無酸素水塊と青潮などとの関連が考えられた。この調査解析においては、本牧測定局の常時連続監視のDO及びクロロフィルのデータが有効であった。また、日本丸ドック内の透明度については、前年と同様にドック外に比べて良好な傾向を示し、その良好な原因としては、プランクトンフィーダーであるカキとの関連が考えられた。</p>	

調査研究名	地盤環境に関する研究 市域地盤の地域特性の把握と検討 地盤情報活用システムの構築
部 門	基礎研究
<p>[ 目的 ]</p> <p>水循環関連事業や災害対策等では、地盤の地域特性の把握が重要視されている。この地域特性を把握するためには、既往研究成果を利用すると同時に、「未調査地域における調査手法の検討」および「さらなる資料の収集・解析」を行う必要がある。本研究では、地盤構造と地下水に注目した市域地盤の地域特性の把握と、柱状図等の地盤調査結果のデータベース化および情報提供システムを構築するものである。</p> <p>[ 方法 ]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 鶴見川流域を中心とした横浜市北部地域に於いて地域特性調査の実施。</li> <li>・ 土質検索システム（本市各局による地盤調査結果の集約、庁内提供）の運用。</li> <li>・ 地下水位観測井（35箇所）のデータ回収および保守点検。</li> <li>・ 地盤情報活用システム構築に伴う既存地盤資料のデジタル化。</li> </ul> <p>[ 結果 ]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地盤の地域特性調査では、関連するデータの収集として、地下水揚水井に関する資料収集（262箇所）、地下水の採水および分析（18箇所）、常時微動観測（35箇所）を行った。データの収集が十分でなかったことから、引き続き次年度にデータ収集を行い北部地域の地域特性の検討を行うこととした。</li> <li>・ 土質検索システムの運用として、土質データCD-ROMの庁内配布（平成10年度～平成14年度に実施された調査結果）および平成15年度に実施された土質調査報告書の集約（委託件数：81件、柱状図本数472本）を行った。</li> <li>・ 地盤情報活用システム構築作業として、既存地盤資料の整理精査作業およびデジタル化（柱状図：14,004本）を行った。</li> </ul>	



調査研究名	音環境に関する研究 原単位騒音レベルと振動レベルの把握に関する研究
部 門	基礎研究
<p>[ 目的 ]</p> <p>大規模小売店舗立地法（平成 10 年 6 月）が平成 12 年 6 月に施行され、大規模小売店舗出店の届出に際して、事業者による騒音予測が義務づけられている。届出に伴う事業者指導のために、環境保全局は騒音の予測ソフトを導入したが、荷捌き音、駐車場の騒音など、予測に必要な騒音のデータが不足しているため、これらのデータを収集・解析し予測ソフトの適切な運用を図る。</p> <p>[ 方法 ]</p> <p>平成 15 年度の調査では、5 つの大規模小売店舗の協力を得て、客用駐車場における自動車の閉扉回数を平日と休日の 14 時から 18 時まで 10 分間隔毎に計数した。ドアの種類はサイド、リア、スライドの 3 種。同時に入退場車台数、入場車乗員人数を計数した。</p> <p>[ 結果 ]</p> <p>店舗ごとに特徴はあるが、平均的にはリアとスライドの閉扉回数の和は、全ドアの閉扉回数の約 10% であり、閉扉による騒音は全ドアの閉扉回数で近似できる。閉扉回数と最も良い相関を示したものは入場車乗員人数であった。しかし、少し相関は落ちるものの入退場車台数でも十分な相関が得られた。乗車人数を計数することはかなり困難だが、車の台数を計数することは容易であり、しかも店舗の駐車場管理者は時系列的な入退場車台数を把握している可能性は高い。従って、駐車場の車の閉扉による騒音を予測するために、ソフトを活用する基礎資料は得られた。</p>	

調査研究名	ダイオキシン類研究事業 横浜市内におけるダイオキシン類濃度モニタリング調査
部 門	プロジェクト研究
<p>[ 目的 ]</p> <p>「ダイオキシン対策特別措置法」に基づき、ダイオキシン類濃度モニタリング調査を、各媒体について市内の各地点において実施する。</p> <p>[ 方法 ]</p> <p>一般大気環境モニタリング調査：平成15年度調査は、市内18地点（全区）において、平成15年5月、8月、11月及び平成16年2月の4季節、それぞれ7日間大気採取を実施した。</p> <p>河川・海域・地下水のダイオキシン類濃度調査：公共用水域計画に基づく市内の各河川・海域の調査地点及び地下水質測定点を対象に調査を実施した。河川では、平成15年9月に水質及び底質をそれぞれ11地点、海域では、平成15年8月に水質及び底質をそれぞれ7地点で調査した。また、地下水の水質は平成16年1月に9地点で調査を実施した。</p> <p>[ 結果 ]</p> <p>一般大気環境：市内18地点の年平均値は、0.045～0.071 pg-TEQ/m<sup>3</sup>の範囲内にあり、全体の市内平均値は0.059 pg-TEQ/m<sup>3</sup>であった。今年度の市内平均値は昨年度（平成14年度）の市内平均値0.089 pg-TEQ/m<sup>3</sup>よりさらに低くなった。なお、各地点の年平均値はすべて環境基準（0.6pg-TEQ/m<sup>3</sup>）を大きく下回っていた。</p> <p>河川・海域の水質及び底質並びに地下水の水質：河川水質の測定値は、0.18～0.31 pg-TEQ/lの範囲で、平均値は0.21pg-TEQ/lであった。海域水質の測定値は0.11～0.18 pg-TEQ/lの範囲で、平均値は0.12 pg-TEQ/lであった。地下水の水質は各地点とも0.10pg-TEQ/lであった。各地点の水質測定値はすべて環境基準（1.0pg-TEQ/l）を下回っていた。</p> <p>河川底質の測定値は0.53～21pg-TEQ/g-dryの範囲で、平均値は5.5pg-TEQ/g-dryであった。また、海域底質の測定値は1.2～33 pg-TEQ/g-dryの範囲で、平均値は16pg-TEQ/g-dryであった。各地点の底質測定値はすべて環境基準値（150 pg-TEQ/g-dry）を大きく下回っていた。</p>	

調査研究名	ダイオキシン類研究事業 ダイオキシン類緊急不特定調査 - 大門川のダイオキシン類調査 -
部門	プロジェクト研究
<p>[ 目的 ] 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を流れる大門川では、毎年実施している環境調査で環境基準値（1pg-TEQ/l）を超えている地点があることが明らかとなっている。そのため、本年度も汚染の範囲及び原因究明のため大門川の環境調査を継続実施する。</p> <p>[ 方法 ] 大門川環境調査：平成16年3月に瀬谷区北町周辺を重点に大門川の6地点で調査を実施した。</p> <p>[ 結果 ] 大門川のダイオキシン類濃度は、水質6地点で0.41～12 pg-TEQ/lの範囲内であった。このうち、瀬谷区北町周辺地点では0.63～12 pg-TEQ/lで、産業廃棄物焼却施設周辺の地点では12 pg-TEQ/lと環境基準を大幅に超えた。大門川の下流（瀬谷中央公園）では、0.41 pg-TEQ/lで環境基準（1pg-TEQ/l）以下であった。</p>	

調査研究名	ダイオキシン類研究事業 ダイオキシン類精度管理調査 - 環境省環境測定分析統一精度管理参加及び 市関係局分析精度管理担当者会議 -
部門	プロジェクト研究
<p>[ 目的 ] 本調査は、毎年、環境測定分析に従事する諸機関の信頼性確保及び精度の向上に資することを目的として環境省が実施させており、当研究所も分析技術の向上と公表データの信頼性を確保するために参加している。</p> <p>ダイオキシン類分析を外部委託している庁内関係局が、分析業務の精度管理点検により、測定値の信頼性を確保するため、当研究所が中心となって担当者連絡会を運営する。</p> <p>[ 方法 ] 平成15年9月に配布された試料（低濃度土壌試料）について、2検体を指定分析方法に従って測定した。</p> <p>庁内関係局の担当者において、精度管理上の事項について、定期的に問題点・意見等を情報交換する。当研究所が技術的重要事項の集約と外部委託分析における精度管理マニュアルを作成し、公表データの信頼性を確保する。</p> <p>[ 結果 ] 参加機関は、計175機関（総回答数350）で、当研究所で分析したデータは中央値に分布し、データの信頼性に問題はなかった。また、本調査に参加して得られた各種データは、分析技術の向上と信頼性確保に生かすことができた。</p> <p>4局担当者連絡会議を開催し、当研究所で得られた精度管理に関する技術情報の解説と外部委託に関する問題点を整理した。また、外部委託に関する精度管理マニュアル作成の方向性を確認した。</p>	

調査研究名	化学物質対策に関する研究 環境ホルモンに関する研究 - 平成15年度モニタリング調査 -
部門	プロジェクト研究
<p>[ 目的 ]</p> <p>市内水域の環境ホルモン濃度を把握するため、平成11年度から13年度までの3カ年をかけて、環境ホルモンと疑われる約60物質について水質と底質を対象に実態調査を行った。この実態調査で高頻度に検出された物質を対象に平成14年度から水質のモニタリング調査を実施している。平成15年度は水質のモニタリング調査を継続するとともに、底質についても3か年の実態調査後の濃度変化等を把握するため調査を実施した。</p> <p>[ 方法 ]</p> <p>調査対象物質：ノニルフェノール、ビスフェノールA、PCB、17 - エストラジオール等  調査時期：水質は6地点、年4回（ただし、夏冬は9地点）、底質は9地点、年1回：冬  分析方法：「外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル」及び「下水試験方法追補前提版2002年版」に準拠</p> <p>[ 結果 ]</p> <p>水質については、ノニルフェノールや17 - エストラジオールなどは冬季に高く夏季に低くなる濃度変化を示したが、ビスフェノールAやPCBは季節的な変化はみられなかった。これらの物質の総合的な女性ホルモン活性をあらわす指標である総女性ホルモン様作用強度は17 - エストラジオールなどと同様に冬季に高く夏季に低くなる季節変化を示した。</p> <p>底質については、前回調査時と比べて大きな濃度変化はみられなかったことから、これらの物質の環境への負荷が継続していることが示唆された。</p> <p>一方、PCBについては、水質・底質ともどのような種類のPCB製品によって汚染されているのかをほぼ推定できた。また、低塩化物が特異的に高い地点があり、その原因としてPCB製品のKC200などによる影響が考えられた。</p>	

調査研究名	化学物質対策に関する研究 環境ホルモンに関する研究 - 鶴見川詳細調査 -
部門	プロジェクト研究
<p>[ 目的 ]</p> <p>環境ホルモンおよび女性ホルモンの排出経路・挙動を把握するため、鶴見川の上流から下流まで支流を含めた12地点について調査を実施した。また、それらの測定結果をもとに総女性ホルモン様作用強度による生物影響評価の検討も行った。</p> <p>[ 方法 ]</p> <p>調査対象物質：ノニルフェノール、ビスフェノールA、17 - エストラジオール等（水質）  調査時期：秋  分析方法：「外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル」及び「下水試験方法追補前提版2002年版」に準拠</p> <p>[ 結果 ]</p> <p>ノニルフェノールは恩田川水系や鶴見川本流の合流点下流で高く、また、女性ホルモンも同様な傾向を示した。いずれも下水処理場の影響を受けているためと考えられ、女性ホルモンを含めた総女性ホルモン様作用強度は生物への影響が無視できない濃度レベルにあった。総女性ホルモン様作用強度に対する寄与率は高い順に、17 - エストラジオール、エストロン、ノニルフェノール、ビスフェノールA、オクチルフェノール、エストリオールであった。また、ビスフェノールAの濃度は地点ごとに大きく異なっていた。これは、ビスフェノールAがプラスチック原料などに使用されており、それらプラスチックやその廃棄物などに由来する多種多様な発生源による影響があるためと考えられる。PCBについては全地点で検出されたが、一定の傾向は認められなかった。</p> <p>なお、ノニルフェノール、オクチルフェノールおよびビスフェノールAについては、無影響濃度（それぞれ0.608 µg/l、0.992 µg/lおよび24.7 µg/lあるいは47 µg/l）を超える地点はなかった。</p>	

調査研究名	環境共生都市に関する研究
部門	プロジェクト研究
<p>[ 目的 ]</p> <p>自然環境を維持、回復し、自然と人間との共生を確保する自然共生社会の構築や、環境への負荷をできる限り少なくし、循環を基調とするシステムを実現する循環型社会の構築など、持続可能な社会への転換が強く求められていることから、自然との共生、環境負荷の低減を目指した環境共生都市について3カ年に渡り調査研究を行う。平成15年度は、その第2年次に当たる。</p> <p>[ 方法 ]</p> <p>谷戸から河川、海といった水系を軸とした自然再生や、工場事業所等の市街地における緑化の推進など、生物生息空間のつながり等に配慮した環境共生都市目標像を検討した。</p> <p>また、ヒアリング調査や環境ワークショップを開催するなど、市民等が参加する手法も利用し、環境共生都市形成の実現方策について調査研究を行った。</p> <p>[ 結果 ]</p> <p>環境共生都市の構築に向けた今後の検討課題として、次のような方向性が得られた。</p> <p>水の視点や緑の視点等、環境共生の構成要素に基づき、自然環境や都市環境を総合的に評価する新たな評価手法を検討する必要がある。さらに、新しい評価手法を用いて、市域を複数に区分したうえで、それぞれの区域における自然環境や都市環境の現状を把握するとともに、各局の基本計画等で設定された環境目標等を踏まえ、各区域ごとに、環境目標（環境共生都市目標像）を検討、策定する。</p> <p>この環境共生都市目標像の実現に向けた方策（環境共生都市の実現方策）では、「水」・「緑」・「生き物」の視点から、環境と共生したまちづくりについて提言を行う。</p> <p>最終年度に当たる16年度については、これらの事項を踏まえ調査検討を進め、水と緑の資源を生かした環境と共生したまちづくり推進計画（仮称）の原案となる提言を取りまとめる。</p>	
調査研究名	都市持続に関する研究 ヒートアイランドに関する研究
部門	プロジェクト研究
<p>[ 目的 ]</p> <p>近年、横浜市における熱による都市環境は悪化しつつあり、特に臨海部の市街化地域や横浜市北東部では夏期には郊外より気温が高くなるなど横浜市においてもヒートアイランドが生じていることがわかっている。そのため、横浜市内の気温観測網を整備するとともにヒートアイランド対策技術としての屋上緑化やすず風（保水性）舗装での温度低減効果を調査した。</p> <p>[ 方法 ]</p> <p>気温観測調査 市内31カ所の小学校の百葉箱中で気温観測を行い、横浜市内の気温分布図を作成した。</p> <p>港北区役所屋上緑化での温度低減効果の観測機器の整備 港北区役所の屋上緑化に大気気温計、地中温度計、雨水計、日射量計、風向風速計を設置し、屋上緑化による温度低減効果を観測した。</p> <p>すず風舗装での温度低減効果の解析 すず風舗装（6ヶ所）での温度データと西平沼観測点でのデータを道路局と共同で解析した。</p> <p>[ 結果 ]</p> <p>気温観測調査 夏期の平均気温の分布から鶴見区から中区にかけての臨海市街部と市内北東部及び南西部にそれぞれ気温が高くなる地域がみられ、熱帯夜の出現日数は臨海市街部に集中しているなど横浜市でのヒートアイランド現象の特徴が明らかにされた。</p> <p>港北区役所屋上緑化での観測体制の整備 港北区役所屋上緑化に温度低減効果観測用の機器を設置し、1階ロビーに市民への啓発のための屋上緑化の温度観測値をリアルタイムで表示するパネルを設置した。またすべての観測データを市役所内ランシステムを通して研究所にデータを送信するシステムを構築した。</p> <p>すず風舗装での温度低減効果の解析 すず風舗装での夏期の温度低減効果は施工場所の周辺環境による違いもあるが、概ね7～15程度の温度低減効果が認められた。</p>	



調査研究名	都市持続に関する研究 酸性雨に関する研究 酸性雨モニタリング調査
部 門	プロジェクト研究
<p>[ 目的 ]</p> <p>現在、日本では欧米並の酸性雨が降り続いており、さらに急速に工業化を進める東アジア近隣諸国からの影響も懸念されている。一方、2000年9月からは三宅島火山から酸性雨の主要な原因物質であるSO<sub>2</sub>ガスが大量に放出され始め大きな問題となっている。このため、横浜市環境科学研究所では、1984年から継続して酸性雨の監視を行っている。</p> <p>[ 方法 ]</p> <p>横浜市磯子で2003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<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、nssClの酸性雨原因物質、nssCa<sup>2+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>等の中和物質等を分析した。</p> <p>[ 結果 ]</p> <p>2003年の雨水の年平均pHは初期1mmが4.10、一降水全量が4.69、湿性のnssSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、nssCl、nssCa<sup>2+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>の年間沈着量はそれぞれ83、39、5、13、83 (meq/m<sup>2</sup>/年)、乾性のnssSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、nssCl、nssCa<sup>2+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>の年間沈着量はそれぞれ12、11、0.6、26、3 (meq/m<sup>2</sup>/年)であった。</p> <p>これを経年的にみると、一降水全量のpHは例年とほぼ同程度となっていたが、初期1mmのpHは例年に比べ著しく低く、また、湿性のnssSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の沈着量は例年より増加していた。これは三宅島火山ガスの影響によるものと考えられた。一方、乾性沈着量は前年並みであった。</p>	

調査研究名	都市持続に関する研究 酸性雨に関する研究 各種試験板を用いた酸性雨等による金属材料への影響調査
部 門	プロジェクト研究
<p>[ 目的 ]</p> <p>鎌倉大仏(国宝)の腐食劣化、屋外ブロンズ彫刻のいわゆる「涙現象」など、酸性雨が関与しているとみられる器物被害が各地で問題となっている。横浜市環境科学研究所では、酸性雨等による器物影響のモニタリングを目的に、1993年から、市内磯子及び山梨県道志において金属試験板の溶出量及び腐食量の測定を行っている。</p> <p>[ 方法 ]</p> <p>横浜市磯子で2002年9月～2003年8月の1年間、簡易雨水採取器に試験板（ブロンズ、銅、炭素鋼）を取り付け、1ヶ月単位で雨水を採取し、pH、イオン成分(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>等)、溶出金属(Cu、Pb、Zn、Fe)を測定した。また、対照として試験板を取り付けないもの（以下、雨水という）についても同時に行った。</p> <p>[ 結果 ]</p> <p>当該期間は三宅島火山ガス放出後3年目に当たるが、1年目と同様、三宅島火山ガスの影響を強く受けていた。3年目の雨水の平均pHは、火山ガス放出前1年間(1999年9月～2000年8月)に比べ0.22低く、nssSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の年間沈着量は1.9倍増加していた。また、これに対応して、ブロンズ板からのCu、Pb、Znの溶出量、銅板からのCuの溶出量、炭素鋼板からのFeの溶出量も火山ガス放出前1年間に比べ1.2～1.5倍増加していた。</p>	



## 河川における環境基準達成のための要因に関する研究 (第 3 報)

- 鶴見川水系 -

小市佳延、福島 悟、下村光一郎 (横浜市環境科学研究所)

## Research on the factor for attaining environmental quality in river water (3rd)

- Tsurumi river and the branch -

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

キーワード：水質調査、底質、付着物、藻類、河川

## 要 旨

横浜市北部の鶴見川水系において河川の環境基準に影響の大きい流入源として下水処理場を取り上げ、その上下流で水質・底質・付着物・付着藻類について調査を行った。その結果、河川水量の半分程度を下水処理場放流水が占め、水量確保の面では処理場放流水の貢献は大きかった。水質の BOD は冬季に硝化の影響により処理場の下流等で環境基準を超えており、また処理場はリンの主たる排出源となっていた。藻類では下水処理場に近い地点では、夏季と冬季に群集を構成する種類も少なく、残留塩素の影響を強く受ける群集構造となっていた。また、夏季の群集構造は下水処理場から下流の恩田川全域が、残留塩素の影響を受けていることを示していた。

## 1. はじめに

下水道の普及に伴って生活排水・工場排水等が直接河川に流入しなくなったため、河川・海等の水質が改善されてきた。しかし、その一方で下水処理場は大規模な事業場であり、その排水によって少なからず河川の水質等に影響が出ている<sup>1-3)</sup>。

横浜市内の河川においても下水処理場放流水が流入する河川では同様の問題を抱えていると考えられる。そのような市内河川は 4 つあるが、処理場放流水が流入する時点で河川水が自然水に近いものとそうでないものとの 2 種類に分かれる。前報<sup>4)</sup>では源流域が市内にあり、自然水に近い水が流れていた柏尾川およびいたち川について報告した。残りの鶴見川および境川では上流から他自治体の排水が混入した水が流れてきたところに、さらに下水処理場放流水が加わる河川で、水質はより複雑な要因で変化すると考えられる。調査にあたってはその対象として水質だけではなく、水質と相互に関連があると考えられる底質・付着物・付着藻類も加えて多角的な面から水質汚濁状況を解析し、環境基準を達成するための要因を検討することにした。

今回は横浜市北部を流れる鶴見川において流程に沿った水質・底質・付着物・付着藻類の調査を行ったところ、若干の知見が得られたので報告する。

## 2. 調査方法

## 2 - 1 調査地域

鶴見川水系は横浜市北部に位置し、町田市小山田を源

として川崎市に接しながら東進し、横浜市内で恩田川等の支川と合流しつつ東京湾に注ぐ全長 42.5 km の一級河川である。

鶴見川の水質はほぼ毎年恩田川水系の都橋やその下流の亀の子橋で BOD(75% 値)が環境基準値の 8 mg/l を超えており、千代橋でも 3 年に 1 度の頻度で基準を超えている<sup>5)</sup>。

調査対象地域は図 - 1 に示すように、恩田川水系の町田市境付近から亀の子橋までと合流前の本川の千代橋である。調査地点のうち St. 2, 6 は下水処理場放流口、その他の地点は河川内である。

St. 1 は吹上橋の下流で、川幅は約 15m あり、両岸はコンクリートで、河床は岩盤・礫質である。St. 2 は他市の下水処理場放流口で、すぐ下流には堰があり、滞留域で河川水と混合するように工夫されている。St. 3 の柳橋は下水処理場の下流にあたり、河床はコンクリートブロックおよび礫砂である。St. 4 は恩田川最下流の都橋で、本川と合流前の測定計画測定地点となっており、川幅約 10 m、河床は礫質である。本川 St. 5 の千代橋は川幅約 15m で左岸に寄り洲が発達している。河床は礫砂である。St. 6 の下水処理場放流口は鶴見川本川と恩田川が合流した後にある。St. 7 は測定計画測定地点の亀の子橋で、川幅は約 22m あり、一部水深がある。河床は岩盤・礫質である。

## 2 - 2 試料採取方法および調査期日

夏季および冬季に、河川内の地点では原則として水質、底質、付着物および付着藻類を採取した。その他の放流水路では水質のみ採取した。水質試料は表面水を採水し



図 - 1 鶴見川調査地点略図

た。底質試料は、流れの緩やかなところの表層泥を数カ所採取して混合した。付着物試料は流れのあるところの平坦な礫を採取し、表面の付着物をブラシで擦り落として試料とし、擦り落とした面積を記録した。底質および付着物の試料調整は環境省の底質調査法に準じた。付着藻類用試料は、面積を決めずに付着物試料と同じように採取し、現場でホルマリン固定した。

調査期日は次のとおりである。

夏季： 2003年9月3日

冬季： 2004年2月12日

### 2 - 3 調査項目および測定方法

調査項目は水質については水温、水素イオン濃度(pH)、電気伝導率(EC)、酸化還元電位(Eh)、流量、生物化学的酸素要求量(BOD)、有機物由来の BOD(C - BOD)、硝化由来の BOD(N - BOD)、全窒素(T - N)、全無機態窒素(TIN)、アンモニア態窒素(NH<sub>4</sub> - N)、亜硝酸態窒素(NO<sub>2</sub> - N)、硝酸態窒素(NO<sub>3</sub> - N)、全リン(T - P)、リン酸態リン(PO<sub>4</sub> - P)である。底質は、泥温、Eh、微細泥率、強熱減量(IL)、T - P、クロロフィル a (Chl.a)である。付着物は付着量、IL、T - Pである。

測定方法は、水質は JIS K0102 に準じ、その他は前報<sup>6)</sup>と同じである。なお、流量は、流速・水深・水路幅を測定し、河川断面積と流速から算出、あるいは運転管理データまたは直近の上下流の流量の差から算出した。C - BOD 測定の際の硝化抑制剤としてはアリルチオ尿素を用いた。底質の微細泥率は粒径 0.075 mm以下の試料が粒径 2 mm以下の試料に占める割合とした。

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

### 3 . 結果と考察

#### 3 - 1 水質

調査の結果を図 - 2 ~ 4 に示す。

##### 3 - 1 - 1 夏季調査

環境項目では St. 1 の水温や EC が他の地点より低く、pH は逆に St. 1 が特異的に他の地点より高いのが認められる。また流量も St. 1 は少なく、最下流の St. 7 の約 1/20 である。鶴見川水系の源流域の EC は 20 ~ 30 mS/m である<sup>7)</sup>こと等から St. 1 では自然水が主とみられ、pH が高いのは、光合成によって水中の二酸化炭素が消費されたためと考えられる。下水処理場放流水の St. 2 は pH が流入河川より低く、EC、Eh が高いのが認められる。St.

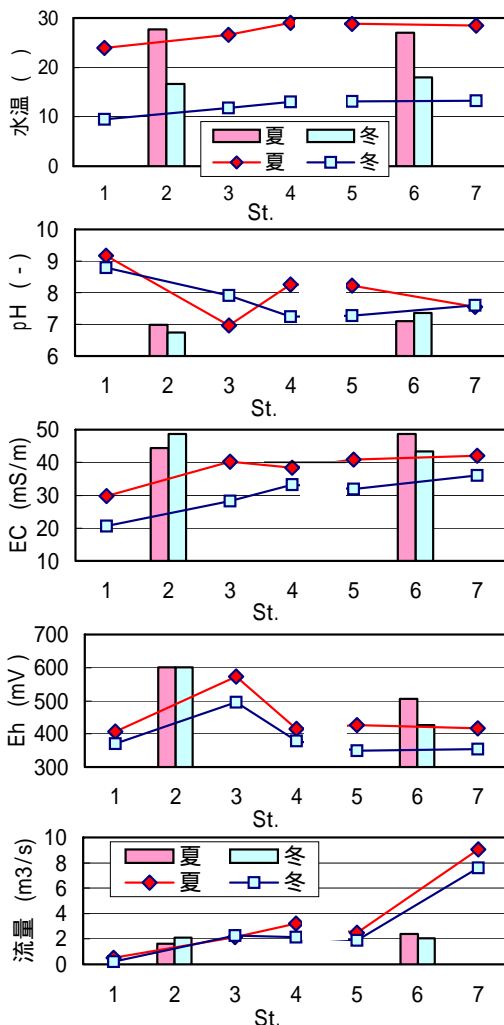


図 - 2 環境項目の結果



2の流量は河川への影響が大きく、St. 1の約3倍、恩田川の最下流地点St. 4の約半分の水量である。St.6も同様で、流量は最下流のSt. 7の約1/4である。

BODは、夏季にSt. 1の1.3mg/lを始めとして、St. 6以外はいずれも4 mg/l以下と低いのが認められる。一方、C-BODはSt. 6も含めていずれも2 mg/l前後と低い。

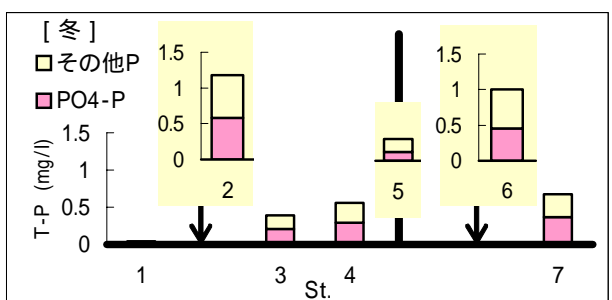
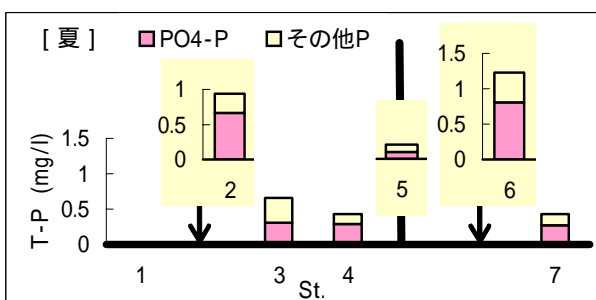
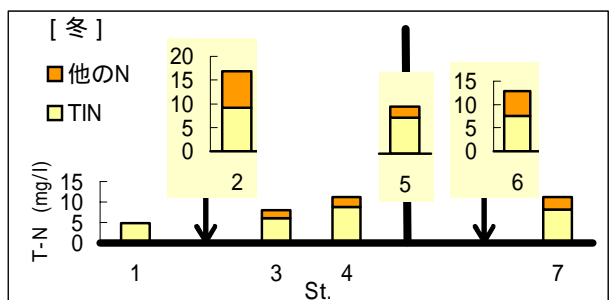
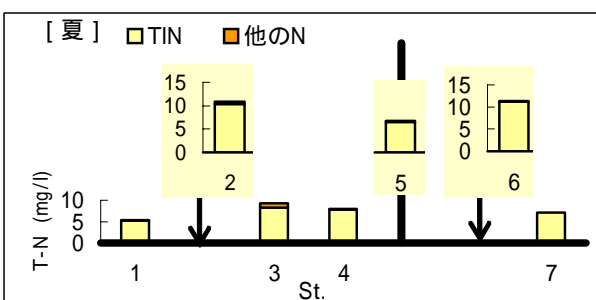
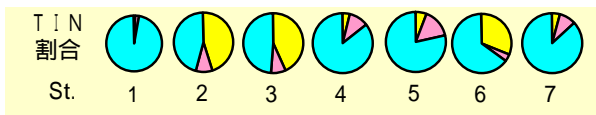
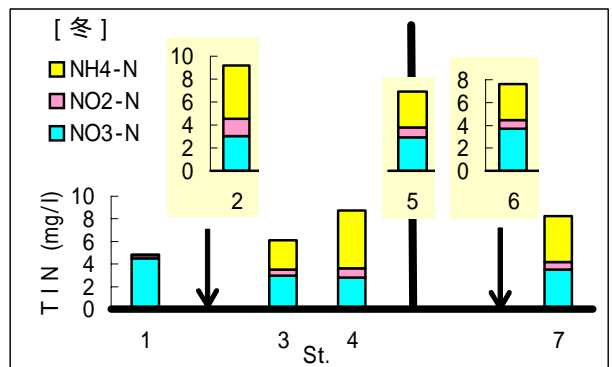
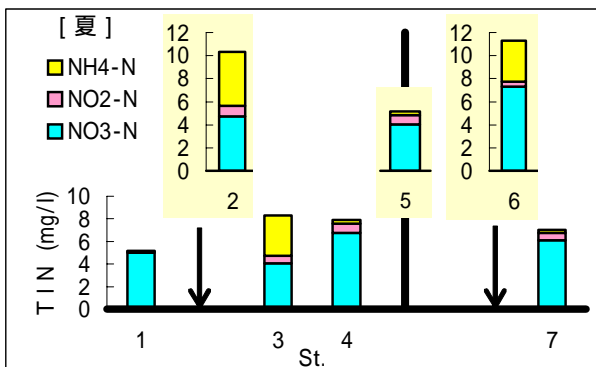
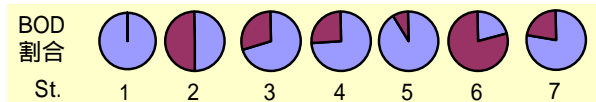
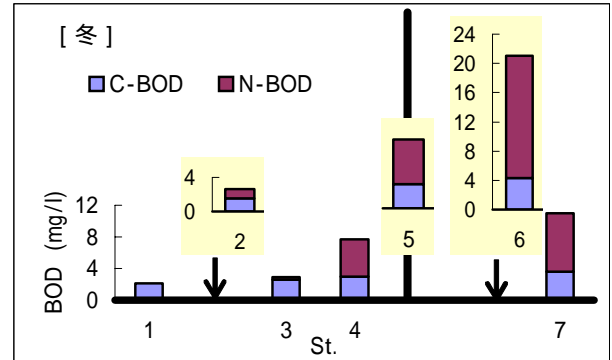
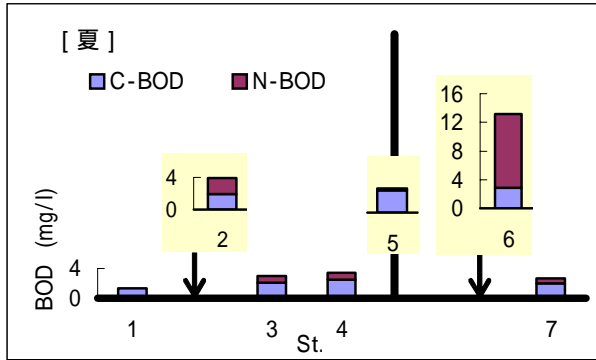


図 - 3 水質の結果 ( 1 )

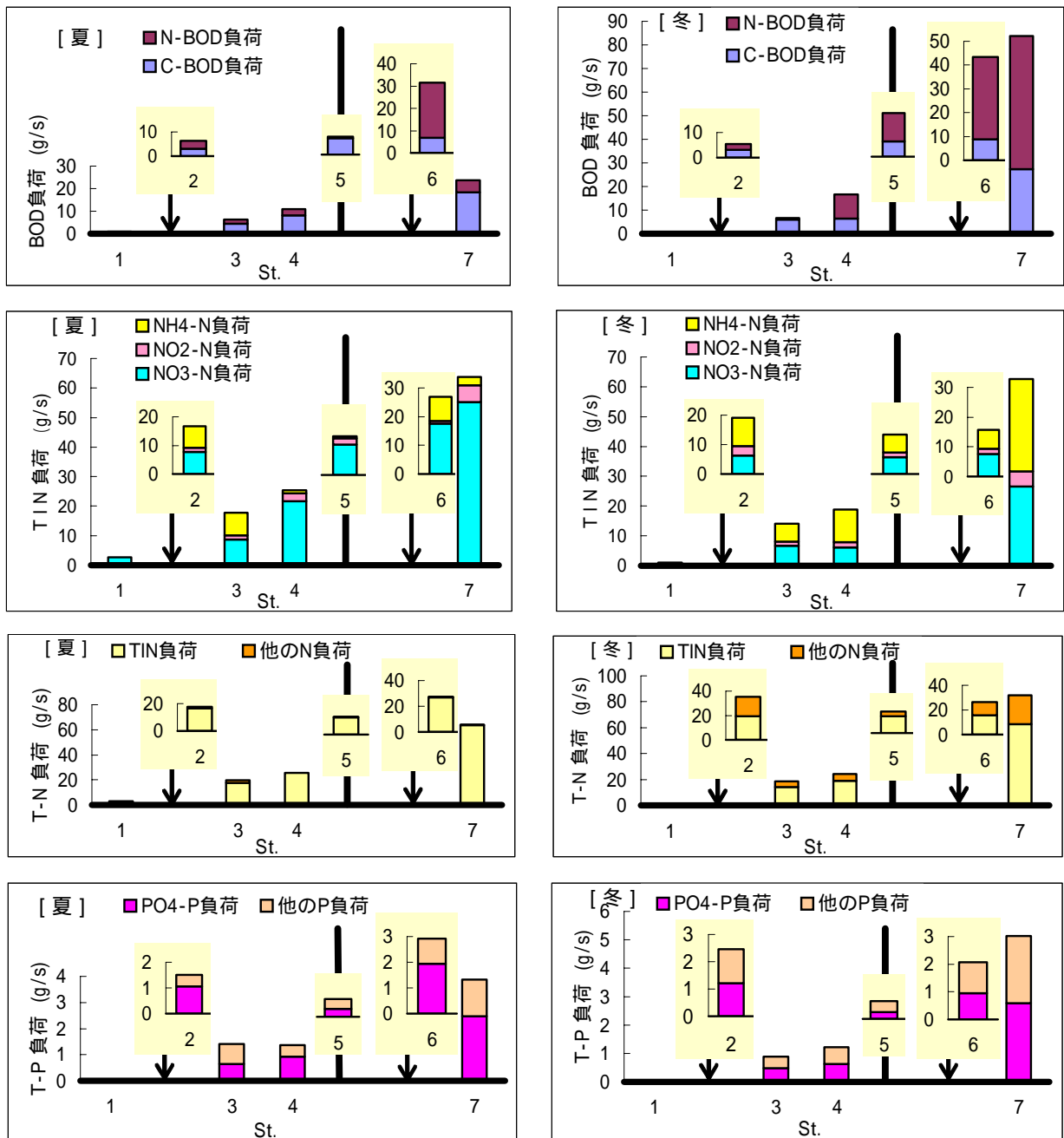


図 - 4 水質の結果 ( 2 )

BOD の構成比率を見ると、St. 1 ではすべて C - BOD とみられ、ほかの河川内の地点でも C - BOD が 7 割以上を占めている。これに対して下水処理場放流水の St. 2、6 は約 5 割および 2 割と低いのが認められる。言い換えれば、処理場放流水は硝化由来の N - BOD の割合が大きいことになる。

T - N は St. 1 および 5 で約 5 mg/l なのに対し、St. 2 および 6 で約 11mg/l と高く、その流入によって下流の地点では 7 mg/l 以上の値となっている。無機態の窒素では  $\text{NO}_3 - \text{N}$  が三種類の中でもっとも高く、4 ~ 7 mg/l である。 $\text{NH}_4 - \text{N}$  は St. 2、3 および 6 で高く、4 mg/l 前後となっている。その TIN における割合も約 4 割で、他の地点にくらべて大きいことが認められる。St. 3 は河川内の地点ではあるが、放流口の St. 2 から距離的に離れていな

いたために硝化作用が働く時間が短く、同じような比率になったものと考えられる。

T - P は St. 1 では 0.03mg/l 以下ときわめて低いのにに対し、St. 2 は約 1 mg/l と高く、その流入によって下流の St. 3、4 では 0.5mg/l 前後となっている。合流前の鶴見川 (谷本川) にある St. 5 は約 0.2mg/l 強とやや低い。谷本川の水質は一般的に恩田川よりきれいな傾向があるが、はるか上流に規模は小さいものの他都市の下水処理場が 2 つある影響で T - P が観測されたとみられ、St. 1 のような低い値は望めない。St. 6 の処理場放流水は地点中もっとも高く、1 mg/l を超えている。 $\text{PO}_4 - \text{P}$  は T - P の 7 割までで、傾向は T - P と同様である。

多摩川において付着藻類の増殖が二次汚濁とならない栄養塩の値である TIN 3 mg/l 以下、 $\text{PO}_4 - \text{P}$  0.2mg/l 以下<sup>3)</sup>

と比較すると、TIN がこれを下回る地点はないが、PO<sub>4</sub>-P については St.1 および 5 の 2 地点がこれに該当する。

BOD 負荷量が大いなのは St. 6 で、これは最下流の St. 7 の約 1.3 倍にあたる。また、St. 4、5 および St. 6 の 3 地点合計量は St. 7 の 2 倍である。流量では 3 地点の合計量は St. 7 の 9 割、また T-N や TIN 負荷ではほぼ等しいから、誤差を勘案しても BOD 負荷量のこの差は大きく、St. 7 までの間に減少したことになる。その一因として N-BOD 負荷量が St. 6 で大きいことがあげられる。St. 6 では硝化菌が多くて NH<sub>4</sub>-N の硝化が活発であったが、一方その放流水は流下の途中で NH<sub>4</sub>-N が NO<sub>3</sub>-N に変化したために、St. 7 では NH<sub>4</sub>-N が少なくなってしまう、St. 7 では NH<sub>4</sub>-N の硝化が BOD にそれほど寄与しなかったと考えられる。ちなみに C-BOD 負荷の比較では St. 4、5 および St. 6 の 3 地点合計量は St. 7 の 1.1 倍強であり、両者の差は小さい。

T-N 負荷量の場合、St. 7 に対する St. 2、6 の比率は約 3 割および 4 割である。T-P 負荷量では 4 割および 7 割強であり、栄養塩でも下水処理場放流水の寄与率が高いことが認められる。

### 3-1-2 冬季調査

pH 等の環境項目の傾向は夏季と同様である。このうち水温は、St. 2 および 6 で他の河川内の地点より高いのが認められる。いずれも下水処理場放流水であり、下水流入水の温度が高いことや、活性汚泥等の処理で水温が上がるのが原因と考えられる。

BOD は、St. 1 ~ 3 で 2 mg/l 台と夏季同様低いのに対し、St. 4 以降は夏季にくらべて高く、St. 5 の千代橋や St. 7 の亀の子橋では環境基準値の 8 mg/l を超えているのが認められる。St. 6 も夏季の約 1.6 倍の値になっている。BOD の構成成分をみると、C-BOD は最高でも 4 mg/l 程度であり、夏季の 0.8 ~ 1.8 倍である。対して N-BOD は最高で約 17mg/l と高く、また St.4 ~ 7 では夏季にくらべて 1.5 ~ 30 倍と大きく増加しているのが認められる。C-BOD と N-BOD の割合をみると、St. 2、6 の処理場放流水は夏季とほぼ同じ割合なのに対して St. 4、5 および 7 の河川水では N-BOD が夏季より増えて 6 割以上を占めている。

T-N は約 5 ~ 17mg/l で、夏季より 1 ~ 5 mg/l 高い地点が多く、TIN 以外の N 成分が増加している傾向が認められる。TIN の構成成分のうち NO<sub>3</sub>-N は St. 1 を除いて夏季より少なく、代わりに NH<sub>4</sub>-N が増加している地点が多い。St. 2、6 の下水処理場放流水では NH<sub>4</sub>-N の割合が TIN の半分近くを占めているが、河川に合流後の地点でも半分近くを占めており、夏季と異なって冬季には河川内での硝化作用が遅いと考えられる。

このようなことから、St. 5 や 7 で環境基準を達成するには N-BOD が下がればよく、そのためには冬季の処理場放流水中の NH<sub>4</sub>-N が減少するように処理方式を工夫する<sup>8)</sup>ことが必要と考えられる。

T-P は夏季と同様の傾向にあり、St. 1 ではきわめて低い。PO<sub>4</sub>-P の T-P に占める割合は夏季よりやや低いのが認められる。

前出の多摩川における付着藻類増殖に影響しない栄養

塩濃度に該当する地点は、TIN についてはないが、PO<sub>4</sub>-P については St.1 および 5 の 2 地点あり、これは夏季と同様である。

BOD 負荷量は最下流の St. 7 で約 80g/s と最も大きく、St. 4 ~ 6 も夏季より増加しているのが認められる。いずれの地点も N-BOD 負荷の占める割合が多く、河川内で NH<sub>4</sub>-N の硝化が進んでいなかったことが BOD 負荷に寄与したと考えられる。また、St. 6 の放流水は St. 7 の約半分の負荷量となっているのが認められる。ただし、C-BOD 負荷では 1/3 の寄与率となる。また、St. 2 の BOD 等の負荷は St. 7 の 1 割ほどであり、寄与率は夏季よりも低い。

T-N 負荷量の場合、St. 7 に対する St. 2、6 の比率は約 4 割および 3 割である。T-P 負荷量では 5 割および 4 割であり、夏季同様栄養塩でも下水処理場放流水の寄与率が高いことが認められる。

### 3-2 底質

底質調査の結果を図 - 5 に示す。

夏季調査では、底質中のシルト・粘土の割合を示す微細泥率は St. 7 以外は 1% 以下と低く、ほとんどが砂である。St. 7 では 6% あるが、IL は他の地点同様 2% 前後と低く、

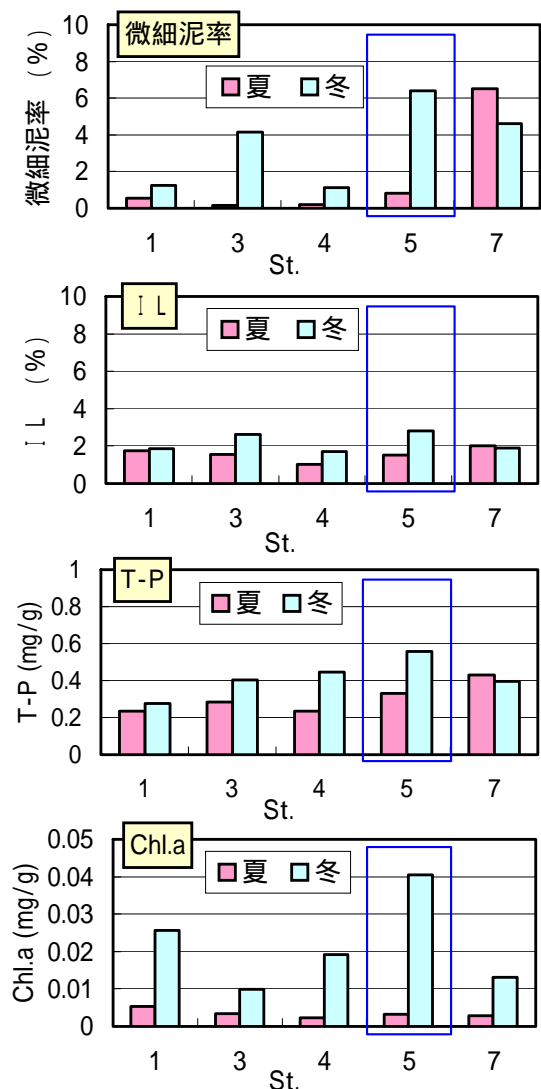


図 - 5 底質の結果

いずれの地点も有機物に乏しい。T-P も St.7 でわずかに高いが、0.2~0.4mg/g であり、これは前回の柏尾川や中掘川調査のときより低い傾向にある。

冬季は St.3、5 で夏季にくらべて微細泥率が高いのが認められる。それに伴って IL も 1% ほど高い。T-P は 0.28~0.40mg/g で、ほとんどの地点で夏季より 2~7 割高い。Chl.a は 0.01~0.04mg/g で夏季にくらべて 3~12 倍高い。特に St.5 では 0.04mg/g と高く、他の項目も夏季にくらべて高いのが認められる。

### 3-3 付着物

付着物調査の結果を図-6 に示す。

St.3 以外の地点では IL は 6~24%、T-P は 5 mg/g 以下であり、これらは前回の柏尾川水系の結果と同程度である。St.3 では IL、T-P が特異的に高くなっているが、付着量が少ないために単位面積当たりの IL 量等は他の

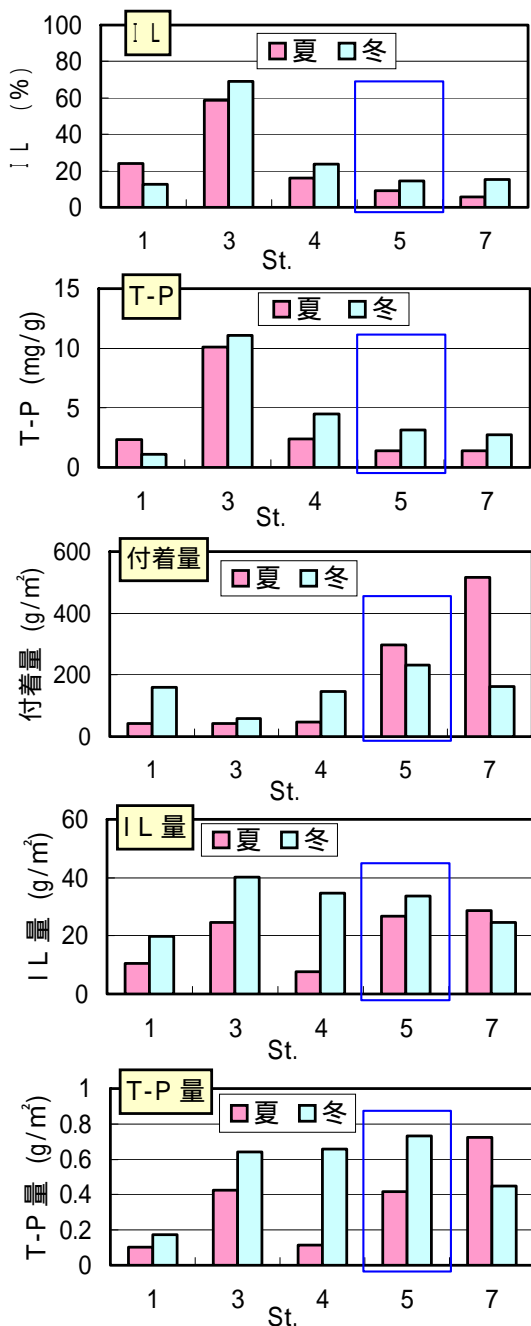


図-6 付着物の結果

地点と変わらない。St.3 では無機質の土砂が少なく、付着藻類や細菌類の占める割合が多いと考えられる。

T-P 量は St.1 で夏冬とも約 0.2g/m<sup>2</sup>と低く、他の地点とは異なっている。柏尾川でも下水処理場放流口より上流の地点で低くなっており、今回の St.1 以外の地点で値が大きいことに T-P 負荷の大きい下水処理場放流水が影響していることも考えられる。

### 3-4 付着藻類

代表的な付着藻類の出現状況と、藻類群集を構成する種類数を表-1 にまとめた。恩田川に処理水を排出する下水処理場の下流側で、処理場に近い St.3 の種類数が最も少なかった。それに対して、下水処理場からの距離が大きい恩田川の St.4、谷本川の St.5、恩田川と谷本川が合流した下流の St.7 の種類数は、ほとんどの場合に下水処理場の影響を受けない地点と同じ程度あるいはそれより多かった。各地点の BOD 濃度に示されているように、下流側地点における水質の明瞭な回復は認められない。このような環境下で、藻類群集を構成する種類数が増加する要因として、下水道の普及により水質が回復した支流からの藻類の供給が指摘されている<sup>9)</sup>。

下水処理場に近い St.3 では緑藻類の *Monoraphidium fontinale* と珪藻類の *Gomphonema parvulum* が多く出現し、緑藻類の *Choricystis chodatii* も中位の頻度で出現した。*Monoraphidium fontinale* と *Choricystis chodatii* は、塩素消毒された下水処理水を流しているせせらぎで優占的に出現し、残留塩素に対して抵抗性が大きい種類であることが、野外と室内における実験で明らかにされている<sup>10)</sup>。両種は他の下水処理場の排水口や、河川の処理場に近い下流側地点でも出現している<sup>4)</sup>。夏季調査時には *Monoraphidium fontinale* が St.4 でも多く出現し、群集を構成する種類数も少ない。St.4 における夏季の群集構造は、下水処理場から下流の恩田川全域が、残留塩素の影響を受けていることを示している。

冷水性珪藻類の *Diatoma vulgare* が、下水処理水の流入点より上流の St.1 で、冬季に中位の頻度で出現した。都市河川の冬季(12~2月)平均水温が 10 以下に低下した状態が、4~5年間続いた後に、冷水性の珪藻類が出現するようになったことが指摘されている<sup>11)</sup>。図-7 に恩田川の下水処理場の上流側と下流側で、東京都と横浜市の公共用水域水質測定結果から、冬季(12~2月)の平均水温と BOD 濃度の年間平均値の変化をまとめた。下水処理場の上流側では、1990 年以降に冬季の平均水温は上昇し 12 を超えるようになったが、1990 年代中途から低下し、1998 年以降は 10 以下の状態が続いている。このような冬季の水温状況と、1990 年代中途以降の低い BOD 濃度が、冷水性の *Diatoma vulgare* の生育に適した環境状況となっている。下水処理場の下流側の St.4 は、水温と BOD 濃度に示されているように、冷水性珪藻類の生育に適した環境状況となっていない。その要因のひとつとして、河川に放流される下水処理水の増加(図-8)がある。下水処理水の水温は上昇している傾向が示されており<sup>11)</sup>、河川水に占める処理水の割合が増加すると、河川水温も上昇することになる。そのような現象が図-7 の、下水処理場の上流側と下流側における水温の相違



表 - 1 恩田川と鶴見川の代表的付着藻類の出現状況と群集構成種類数 : 表示は+ < 5% ++ 5 < 10% +++ 10%

	夏 季					冬 季				
	恩田川			鶴見川		恩田川			鶴見川	
	St.1	St.3	St.4	St.5	St.7	St.1	St.3	St.4	St.5	St.7
藍藻類 Cyanophyta										
<i>Entophysalis</i> sp.			+++	+						
<i>Homoeothrix janthina</i>			+++	+						
紅藻類 Rhodophyta										
<i>Audouinella</i> sp.					+++					+
<i>Compsopogon coeruleus</i>					+					
珪藻類 Bacillariophyta										
<i>Achnanthes lanceolata</i>	+		+	+	+	+		+++	+	+
<i>Cocconeis pediculus</i>	+++			+	+			+	+	
<i>Cocconeis placentula</i>	++		+	+		+		+	+	
<i>Diatoma vulgare</i>						++				
<i>Gomphonema parvulum</i>	+	+	+	+++	+	+	+++	++	++	+
<i>Melosira varians</i>	+			+	+	+++		+	+	++
<i>Navicula gregaria</i>	+		+	+	+	++		++	+++	+++
<i>Navicula seminulum</i>			+++		+			+	+	+
<i>Navicula subminuscula</i>			+	+	+			+	+++	+
<i>Navicula symmetrica</i>	+			+	++			+		+
<i>Navicula veneta</i>			+	+	+			+++	++	+++
<i>Navicula viridula</i> var. <i>rostrata</i>	+		+	+++	+					
<i>Nitzschia amphibia</i>	+		+	+	+	+		++	++	+++
<i>Nitzschia fonticola</i>						+++		+	+	+
<i>Nitzschia palea</i>	+	+	+	+++	+	+		++	++	++
<i>Synedra rumpens</i>	+					+			+	
<i>Synedra ulna</i>	+++		+	+++	++	+++		+	+++	+
緑藻類 Chlorophyta										
<i>Choricystis chodatii</i>			+					++		
<i>Monoraphidium fontinale</i>		+++	+++		+		+++	+	+	
<i>Oedogonium</i> sp.	+				++				+	
<i>Rhizoclonium</i> sp.	+			+	++					
種類数	37	4	19	37	41	27	4	28	31	26

表 - 2 恩田川と鶴見川における付着藻類指標種の出現状況と水質評価結果(網掛)

	夏 季					冬 季				
	恩田川			鶴見川		恩田川			鶴見川	
	St.1	St.3	St.4	St.5	St.7	St.1	St.3	St.4	St.5	St.7
種類数										
きれい	6	0	2	4	4	7	0	5	6	5
やや汚れている	3	0	3	4	2	4	0	3	4	2
汚れている	4	0	3	6	3	2	1	4	5	4
非常に汚れている	2	2	4	4	6	2	1	5	5	6
出現率(%)										
きれい	13	0	1	3	40	27	0	24	13	13
やや汚れている	20	0	12	17	7	23	0	10	24	16
汚れている	3	0	2	4	6	5	0	10	29	29
非常に汚れている	6	1	17	29	7	1	29	48	22	36

となって現れている。

*Diatoma vulgare* は帷子川で 1993 年から継続的に出現

し、柏尾川の下水処理場の上流側で 1999 年から、下水処理場の下流側でも 2002 年に出現したことなどから、市内

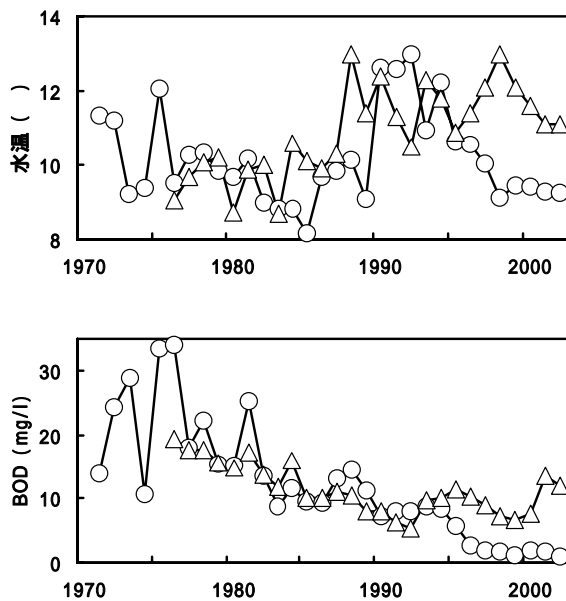


図 - 7 恩田川の下水処理場上流側（東京都：都橋）と下流側（横浜市：都橋）の冬季（12～2月）の平均水温（上段）とBOD濃度の年間平均値（下段）の変化（東京都と横浜市の公共用水域水質測定結果より）

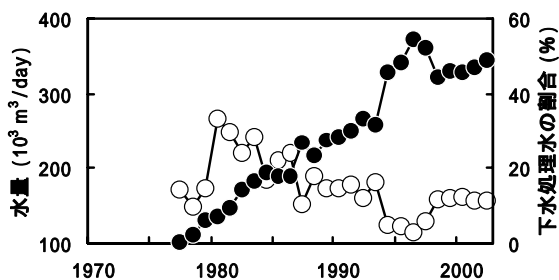


図 - 8 恩田川の下水処理場下流側（横浜市：都橋）の河川流量の年間平均値と（○）、流量に占める下水処理水の割合（●）の変化（河川流量は横浜市の公共用水域水質測定結果より）

河川で珪藻群集の季節性の再生が始まったことが報告されている<sup>11)</sup>。柏尾川の支流のいたち川でも、2002年になって下水処理排水が流入する上流側と下流側とで共に本種が出現した<sup>4)</sup>。2004年に大岡川の中流域でも初めて *Diatoma vulgaris* が出現した（福嶋 未発表資料）。本報に示したように、恩田川でも2003年に本種の出現が確認されたことは、横浜市内を流れる代表的な4河川の全てで、冷水性の珪藻が出現するようになったことになり、珪藻群集の季節性の再生の始まりが、広い範囲で生じていることを示している。

鶴見川の St. 7 では、環境省が絶滅危惧種に指定している紅藻類の *Compsopogon coeruleus*（オオイシソウ）も出現した。本種は市内河川で2002年になって初めて St. 7（亀の子橋）など4地点で確認された<sup>12)</sup>。また、同じ年に St. 7 の上流で鶴見川に流入する江川でも、*Compsopogon coeruleus* の生育が確認された（福嶋 未発表資料）。江川は下水処理水を維持用水として再生された

河川であるが、同じ方法で再生された入江川でも、その年に *Compsopogon coeruleus* が出現し<sup>13)</sup>、年間を通して生育していることも確認されている（福嶋 未発表資料）。その後、2004年には鶴見川支流の梅田川と奈良川、大岡川、宮川流域の湧水にも生育している（福嶋 未発表資料）ことが確認された。*Compsopogon coeruleus* の最近における確認状況は、横浜市内河川の広範な地域に、本種が分布している可能性があることを示唆している。

横浜市の生物指標<sup>14)</sup>に基づき、指標藻類の出現状況を表 - 2 にまとめた。各地点で出現した指標種の数と、それにより評価された水質状況は表の上段に示している。下水処理場の下流側で、種類数が最も少なかった St. 3 のみが、非常に汚れていると評価された。それ以外の、下水処理水が流入する上流側と、下流側の全ての地点できれいだと評価された。非常に汚れていると評価された St. 3 では、BOD 濃度が2あるいは3 mg/l と低かった。それに対して、下水処理場の下流側のきれいだと評価された地点で、BOD 濃度が8～11 mg/l と高い場合があった。これらの地点ではその階級を指標する種類の出現率は低く、評価結果が同じ階級となった場合でも、その内容にかなりの相違があることを示唆している。

#### 4. まとめ

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

1) 鶴見川水系の水量の半分程度を下水処理場放流水が占めていた。

2) 冬季の水質 BOD は数地点で環境基準を超えていたが、その原因として下水処理場から有機物と共に、 $\text{NH}_4\text{-N}$  および硝化菌が流出したために、硝化作用によって BOD が上昇したと考えられた。

3) 環境基準を達成するには冬季の処理場放流水中の  $\text{NH}_4\text{-N}$  が減少するように処理方式を工夫することが必要と考えられた。

4) T - P、 $\text{PO}_4\text{-P}$  の変化は下水処理場の上下流で大きく、ほとんどが処理場からの負荷と考えられた。

5) 下水処理場に近い St. 3 では、夏季と冬季に緑藻類の *Monoraphidium fontinale* と *Choricystis chodatii* が多くあるいは中位の頻度で出現し、群集を構成する種類も少なく、残留塩素の影響を強く受ける群集構造となっていた。また、夏季の群集構造は下水処理場から下流の恩田川全域が、残留塩素の影響を受けていることを示していた。

6) 冷水性珪藻類の *Diatoma vulgaris* が、下水処理水の流入点より上流側で、冬季に中位の頻度で出現した。公共用水域水質測定結果の水温と BOD 濃度の長期的変化には、本種の生育が可能な状況まで、水環境の再生が進んでいることが示されている。本種が出現した下流側の地点では、下水処理水の河川水に占める割合が増加し、水環境は本種が生育できる状況にはなっていない。

#### 謝 辞

町田市成瀬クリーンセンターから下水処理水放流量データを提供いただいたことに、ここに記して感謝する。

## 文 献

- 1) 濱本哲郎：御笠川下流域のBODとDO、福岡市保健環境研究所報、26、103 - 106 (2001)。
- 2) 東海敬一、佐藤尚美、亀田由香、阿部早智子、菊池正行、加藤丈夫、中条幸次、阿部幸史：平成8年度河川汚濁負荷量調査 - 七北田川の汚濁要因の分析 -、仙台市衛生研究所報、26、226 - 231 (1996)。
- 3) 坪郷久子、和波一夫、島津暉之：多摩川中流部の再生に関する研究(その5) - 付着藻類による有機物の生成とその河川水質への影響 -、東京都環境科学研究所年報、185 - 192 (1999)。
- 4) 小市佳延、福嶋悟：河川における環境基準達成のための要因に関する研究(第2報) - 柏尾川水系 -、横浜市環境科学研究所報、28、11 - 19 (2004)。
- 5) 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14年度) 15 (2004)。
- 6) 小市佳延、福嶋悟：河川における環境基準達成のための要因に関する研究(第1報) - 中堀川 -、横浜市環境科学研究所報、27、10 - 18 (2003)。
- 7) 横浜市環境保全局：横浜の川と海の生物(第10報・河川編) 44 - 45 (2004)。
- 8) 島津暉之、木村賢史、三好康彦：下水処理場の硝化に関する研究(その2) - 硝化促進の方法とその技術的条件 -、東京都環境科学研究所年報、205 - 214 (1993)。
- 9) 福嶋悟：下水道の普及と都市における河川生態系の再生、月刊下水道、26(4)、81 - 86 (2003)。
- 10) Fukushima, S. and Kanada S.: Effects of chlorine on periphytic algae and macroinvertebrates in a stream receiving treated sewage as maintenance water, *Jpn. J. Limnol.*, 60, 569 - 583 (1999)。
- 11) 福嶋悟：都市河川の珪藻群集における季節性の再生、Diatom、20、xx - xx (印刷中)。
- 12) 福嶋悟：横浜市内を流れる河川における付着藻類の分布状況(2002~2003年) 横浜の川と海の生物、第10報・河川編、横浜市環境保全局、157 - 179 (2004)。
- 13) 福嶋悟：都市資源によるせせらぎの再生と水生生物、平成14年度第1回環境科学研究所研究発表会要旨集、横浜市環境科学研究所、(2002)。
- 14) 福嶋悟：横浜市内河川にみられる藻類の地域的特徴とその指標性、水域生物指標に関する研究報告、横浜市公害研究所、107 - 126 (1989)。

## 瀬谷狝窟公園（横浜市）の水域生態系

福嶋 悟、樋口文夫、小市佳延、下村光一郎、水尾寛己、  
赤池 繁（横浜市環境科学研究所） 中島高志（横浜市西部公園緑地事務所）

### Aquatic ecosystem in Seya-Mujinakubo Park, Yokohama City

Satoshi Fukushima, Fumio Higuchi, Yoshinobu Koichi, Khoichiro Shimomura,  
Hiromi Mizuo, Shigeru Akaike (Yokohama Environmental Research Institute) and  
Takashi Nakashima (Yokohama Western Park Management Office)

キーワード：地区公園、河川、水環境、水生生物、保全・再生

#### 要 旨

瀬谷狝窟公園および近接地を流れる水路と、和泉川の公園に近接する部分を対象に、水環境と水域および陸域生物の調査を行った。公園内の湧水の硝酸態窒素濃度が高い傾向がみられたが、水環境は良好な状態が維持されていた。両水域の生物群集はそれぞれの環境特性を反映し、水路にはホトケドジョウ、サワガニ、オニヤンマ、オナシカワゲラ属、ヘビトンボ類、カワニナ、モズクなどの源流域に特徴的な水生生物が分布していた。公園内ではオニヤンマだけでなく、流水性のミルヤンマやコオニヤンマの飛翔も見られ、樹林地を選好する鳥類も多くの種類が確認された。和泉川では河川環境を反映し、アブラハヤ、オイカワ、コカゲロウ、コガタシマトビケラが生息し、水鳥や水辺の鳥が確認された。和泉川では瀬谷狝窟公園および公園内を流れる水路で生息、繁殖した生物も出現した。瀬谷狝窟公園と和泉川の公園に近接した部分では、全体的には多様な生物群集が形成されていることが明らかになった。

#### 1. はじめに

横浜市には丘陵・台地の浸食により形成された谷戸が多くあり、市域を流れる河川のほとんどが、谷戸を源流としている<sup>1)</sup>。瀬谷狝窟公園は、丘陵と谷戸部分を公園区域とし、瀬谷区内では最も面積の広い地区公園である<sup>2)</sup>。本報は、瀬谷狝窟公園とその周辺地域の自然環境の現況を把握し、公園の維持管理や整備のための基礎資料とするため、公園内および公園に近接して流れる水路と、和泉川の公園に近接する部分の、水環境と水生生物を対象として行った調査の結果をとりまとめたものである。調査では水との関連性が大きい一部の陸上動物も対象とした。なお、調査は横浜市環境科学研究所と、公園を管理する横浜市西部公園緑地事務所が共同で行った。

#### 2. 対象地域および地点

瀬谷狝窟公園は瀬谷区阿久和西3丁目に位置し、平成7年に公開され、面積は約38,000m<sup>2</sup>で、公園周囲は農地と住宅地が広がっている。公園の北側から西側は谷戸となり、谷戸の奥で湧き出している地下水が水路となって和泉川に向かって流れている。公園の南側を流れる小水路の水源も公園内にあるが、水路の周囲はほとんど公園区域外である。両水路を流れる水は、護岸から落下するため、水路から和泉川への生物の移動は可能であるが、その逆の移動は不可能な構造となっている。

和泉川は全長約9.4km、流域面積約11.5km<sup>2</sup>で、横浜市の西部を北から南に流れる境川の支流である。和泉川

流域では1980年代になって下水道整備が始まり、1990年代後半になって流域の下水道普及率は90%をこえるようになった(図-1)。河川の水質は、下流の鍋屋橋で測定されたBOD濃度<sup>3)</sup>(図-1)に示されているように、下水道の普及と共に改善されており、最近ではBOD濃度は2mg/l程度まで低下している。

近年、和泉川の上流域では、治水による安全度の向上、固有の川らしさの創出、川との交流の場の創出、川と町との一体的整備を、基本方針とした『ふるさとの川整備事業』が進められている。現在までに、上流側から下流に向かって、二ツ橋の水辺、東山の水辺、関ヶ原の水辺が整備され、その下流側の瀬谷狝窟公園との近接部分で

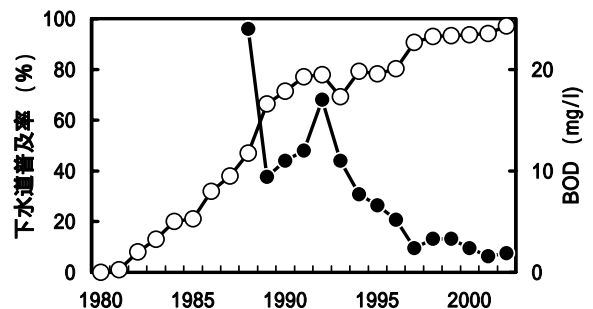


図 - 1 和泉川の流域における下水道普及率( )と下流の鍋屋橋で測定されたBOD濃度( )の経年変化

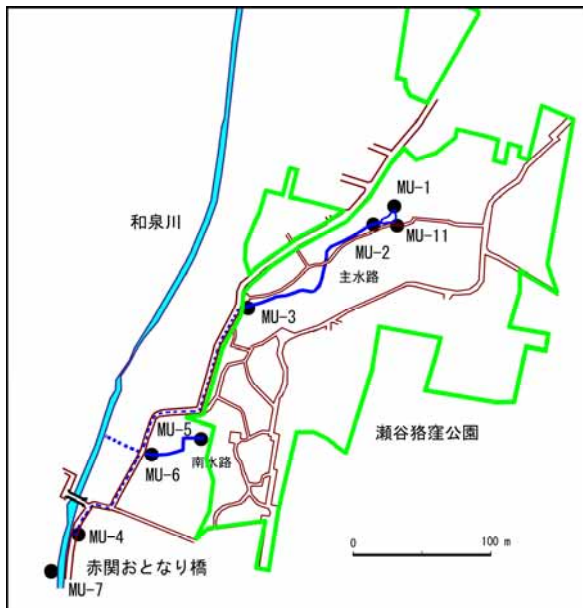


図 - 2 瀬谷狝公園と和泉川の調査地点

は、寺ノ脇の水辺整備が計画されている<sup>4)</sup>(2004年度事業)。寺ノ脇の水辺の整備では、瀬谷狝公園に維持されている源流域の水環境と、和泉川の水環境との連携により、豊かな生態系の保全・再生が期待される。

調査の対象としたのは図 - 2 に示した 8 地点である。公園内を流れる主水路の調査地点は、上流に位置する池に流入する北谷戸の湧水点 MU-1、東谷戸の水が池に流入する地点 MU-11、池流出部の下流 MU-2、その下流側で公園と隣接する道路脇付近 MU-3、道路地下に設置された暗渠から和泉川に流入する地点 MU-4 の 5 地点である。南水路では公園内の湧水点 MU-5 と、約 50m 下流で水路が道路と交差する部分 MU-6 の 2 地点を調査地点とした。和泉川の調査地点は MU-7 とした。これらの調査地点は狭い範囲に位置し、主水路の池から MU-3 までの距離は約 150m、南水路の MU-5 から MU-6 までは約 50m の距離となっている。

陸上動物の鳥類とトンボ類の調査は、瀬谷狝公園の谷戸および台地部分と、図 - 2 に示した和泉川のほぼ上流端から下流端までの 2 地区を対象とした。環境状況と水生生物の調査を行った時期は、2003 年 6 月、8 月、10 月、2004 年 1 月である。鳥類については 10 月を除いて 3 回の調査、トンボ類(成虫)は 6 月から 10 月までの間の各月で調査を行った。補足的に 2003 年 6 月と 2004 年 6 月にはゲンジボタル飛翔確認調査を行った。

### 3. 項目と方法

#### 3-1 環境状況

河川状況を評価するために以下の項目について調査した。河川形態、護岸、底質状況は目視観察した。相対照度は水面と裸地の照度を TOPCON・IM-5 で測定してその百分率として求めた。流れ幅と水深は折れ尺で測定し、流速は東邦計測 TK-105D で測定して、それらの測定値から流量を計算した。

水質の調査項目のうち、水温は携帯型デジタル温度計、pH は TOA・HM-12P、電気伝導率は TOA・CM-14P(25 値) で現地測定した。溶存酸素(DO)と生物学的酸素要求量(BOD)はウインクラージ化ナトリウム変法、アンモニア態窒素(NH<sub>4</sub>-N)はインドフェノール青吸光度法、亜硝酸態窒素(NO<sub>2</sub>-N)と硝酸態窒素(NO<sub>3</sub>-N)は Dionex DX-120 で測定し、全無機態窒素(TIN)は NH<sub>4</sub>-N + NO<sub>2</sub>-N + NO<sub>3</sub>-N で算出した。リン酸態リン(PO<sub>4</sub>-P)はモリブデン青アスコルビン酸還元吸光度法で測定した。窒素とリン成分の測定はメンブランフィルター(Millipore HAWP04700)でろ過した水で行った。河床材料分析では、採取した表層約 5 cm までの底質を、篩で粒径 2 mm 以上とそれ以下の粒径とに分けて乾燥し、それぞれの重量を測定し、粒径 2 mm 以上の河床材料の割合を求めた。粒径 2 mm 以上の河床材料については、目視観察により主な構成物を記録した。粒径 2 mm 以下の乾燥試料について、600℃ 2 時間加熱した前後の重量から強熱減量を求めた。

#### 3-2 水生生物

魚類と大型甲殻類はタモ網(D フレームネット、編目 0.6mm)、投網(16 節、900 目)と小型トラップにより採集した。各地点における個体数の相対的な比較ができるように、各調査時でそれぞれの地点における調査範囲、トラップの数等を統一した。水路での採集はタモ網のみで行った。採集された個体は、原則として現地で体長を測定し、外来性のアメリカザリガニ以外は放流した。和泉川では魚類と大型甲殻類の調査は、下流の深い淵と上流の瀬と浅い淀み部分とを分けて行った。

底生動物は D フレームネット(編目 NGG40)、サーバーネット(NGG54)、サデ網により定性的に採集した。採集された大型個体(トンボ類幼虫、ヘビトンボ類、カワニナ等)で、現地で種類の同定が可能なものは、種別に個体数を記録して放流した。また、持ち帰った試料から、底生動物を選別し、種別に相対出現率を求めた。カワニナは 1 m<sup>2</sup> の枠内の肉眼で識別可能な個体を全て採集し、現地で殻高をノギスで計測して記録した。計測したカワニナは採集した地点に放流した。

藻類試料は、水路の底質は砂泥であるため、いくつかの石の表面付着物を、ナイロンブラシで擦り落として藻類試料を採取した。試料の一部で一次プレパラートを作成し、総合倍率 600 倍の顕微鏡(オリンパス BX)下で藻類種別に計数し、相対出現率を求めた。カワモズクについては種類の同定用試料を採取し、現場での出現状況から相対的に 3 段階で生育量を記録した。

#### 3-3 陸上動物

鳥類は早朝のルートセンサス(1.5~2.0 km/h)と任意観察により、目視および鳴き声により確認調査を行った。ルートセンサスの観察は、片側 50m で両側 100m の範囲を対象とした。

トンボ類は概ね午前 8 時から日没までの間、鳥類のルートセンサスとほぼ同じ範囲を対象として、目視観察により個体数を記録し、一部はスウィッピング法で捕獲して種類を確認した。



#### 4. 結果と考察

##### 4-1 環境状況

瀬谷狝窟公園と和泉川の調査地点の環境状況は表-1にまとめたが、公園内の湧水が流れる主水路は、年間を通して直射日光があまり当たらない環境下で、積み石と木杭の護岸のなかを、0.2~0.6m幅、水深5cm以下の流れとなり、その流量は1.3~6.2 /sである。南水路の上流側には竹林が広がり、日射が遮断されている。下流側は裸地となり、0.2~0.3m幅、水深5cm以下で流れ、流量は0.2~2.9 /sであった。和泉川の流量は20~230 /sで、和泉川の流量に占める主水路と南水路の水の割合は6~8%となる。

主水路の水温は9.6~19.6、南水路と和泉川のそれは9.6~24.3と8.4~22.7で、主水路の最高水温は、水路への日射が遮断されているため、南水路と和泉川よ

り低かった。

有機汚濁の指標となるBOD濃度は、主水路と南水路で多くの場合に1mg/以下であった。主水路の水が和泉川に流入する地点で高いBOD濃度が測定されたことがあり、主水路の水が公園外で暗渠を流れる部分で、排水の流入する構造となっていると考えられる。和泉川のBOD濃度は1.5mg/以下であるが、公園の水路に比べてやや高い濃度となっている。

主水路と南水路では湧水のNO<sub>3</sub>-N濃度が高いため、水路全体で濃度が高い状態となり、多くの地点で年間の平均値が10mg/を超えていた。横浜市内の源流域ではNO<sub>3</sub>-N濃度の平均値は1.6mg/で、10mg/を超えた地点は農業専用地区内の地点のみであった<sup>5)</sup>。農業や畜産業が盛んな地域では、地下水のNO<sub>3</sub>-N濃度が、広い範囲で高くなることが確認されており、家畜糞尿や

表-1 環境状況の概要

	瀬谷狝窟公園の水路			
	MU 1 主水路 湧水点 (北谷戸)	MU 11 主水路 湧水点 (東谷戸)	MU 2 主水路 池下	MU 3 主水路 下端
<b>河川状況</b>				
河川形態	-	-	瀬・淵	瀬
護岸	-	-	積石	木杭
底質状況	-	-	砂・泥	砂
相対照度(%)	-	-	11(1-32)	31(3-88)
流れ幅(m)	-	-	0.4(0.3-0.5)	0.4(0.2-0.6)
水深(cm)	-	-	3.0(2-4)	4.5(3-5)
流速(cm/s)	-	-	15(6-20)	20(13-25)
流量(l/s)	-	-	2.0(0.3-4.0)	3.8(1.3-6.2)
<b>水質</b>				
水温( )	15.5(11.5-18.4)	15.4(11.9-17.8)	16.3(10.7-19.1)	15.7(9.6-19.6)
pH	6.5(6.1-6.8)	6.0(5.6-6.6)	6.4(6.0-6.8)	7.0(6.7-7.1)
電気伝導率(μs/cm)	275(220-302)	336(249-366)	301(222-368)	262(186-299)
BOD(mg/l)	0.4(0.3-0.5)	0.4(0.3-0.5)	0.5(0.2-0.7)	0.3(0.1-0.7)
硝酸態窒素(mg/l)	10.4(8.4-12.2)	17.7(14.2-22.9)	11.3(8.7-14.1)	10.8(9.9-12.0)
全無機態溶存窒素(mg/l)	10.5(8.5-12.5)	17.9(14.3-23.1)	11.5(8.9-14.4)	10.8(9.9-12.0)
リン酸態リン(mg/l)	0.014(0.004-0.044)	0.001(tr.-0.005)	0.002(tr.-0.004)	0.002(tr.0.005)
<b>底質</b>				
強熱減量(%)	-	-	25(23-25)	17(13-20)
粒径2mm以上の重量割合(%)	-	-	12(9-18)	10(9-12)
粒径2mm以上の物質	-	-	杉葉、広葉、細片、 実、枝、土粒、礫	枝、広葉、細片、実、 土粒
<b>瀬谷狝窟公園の水路</b>				
	MU 4 主水路 和泉川流入 部(丸管)	MU 5 南水路 湧水点	MU 6 南水路 道路脇	和泉川 MU 7 寺ノ脇の水辺 整備予定地
<b>河川状況</b>				
河川形態	-	-	瀬・淵	瀬・淵
護岸	コンクリート	-	土	鋼矢板・コンクリート
底質状況	コンクリート	-	砂・泥	礫・砂・岩盤
相対照度(%)	-	-	76(53-94)	88(78-95)
流れ幅(m)	0.4(0.4-0.4)	-	0.2(0.2-0.3)	2.8(2.0-3.0)
水深(cm)	4.5(4-5)	-	3.5(2-5)	9.5(5-12)
流速(cm/s)	31(13-47)	-	13(5-18)	42(20-78)
流量(l/s)	4.8(2.1-6.6)	-	1.6(0.2-2.9)	120(20-230)
<b>水質</b>				
水温( )	15.5(10.3-19.0)	18.6(12.7-24.3)	17.3(9.6-21.5)	17.1(8.4-22.7)
pH	6.8(6.6-7.0)	7.2(6.5-7.7)	7.2(7.0-7.3)	7.1(6.9-7.4)
電気伝導率(μs/cm)	274(212-299)	338(325-348)	319(258-353)	241(184-294)
BOD(mg/l)	3.4<(0.5-8.8<)	1.1(0.7-1.6)	0.6(0.4-0.7)	1.2(0.9-1.5)
硝酸態窒素(mg/l)	10.7(8.8-12.3)	11.8(10.6-12.7)	7.8(5.8-9.0)	6.2(4.7-7.4)
全無機態溶存窒素(mg/l)	11.0(9.0-12.9)	12.0(10.8-12.8)	8.0(6.1-9.2)	6.4(5.2-7.5)
リン酸態リン(mg/l)	0.133(tr.-0.519)	0.008(tr.-0.023)	0.006(tr.-0.011)	0.018(0.003-0.028)
<b>底質</b>				
強熱減量(%)	-	-	24(17-31)	3(2-4)
粒径2mm以上の重量割合(%)	-	-	16(12-24)	-
粒径2mm以上の物質	-	-	笹葉、細片、枝、実、 土粒、礫	礫

表示: 平均値(最小値 - 最大値)、- : 欠測

表 - 2 魚類採集個体数と採集回数

	瀬谷狹窪公園の水路				和泉川		合計	
	MU-1(池)	MU-3	MU-5	MU-6	MU-7(上)	MU-7(下)	総個体数	割合 (%)
フナ属 <i>Carassius</i> sp.				1(1)		1(1)	2	1
オイカワ <i>Zacco platypus</i>					17(3)	14(3)	31	15
アブラハヤ <i>Phoxinus lagowskii</i> <i>steindachneri</i>					104(3)	41(4)	145	71
タモロコ <i>Gnathopogon</i> <i>elongatus elongatus</i>						1(1)	1	0
ホトケドジョウ <i>Lefua echigonia</i>	10(3)	5(3)			4(1)		19	9
ヒメダカ <i>Oryzias latipes</i>				6(1)			6	3
種類数	1	1		2	3	4		
個体数	10	5		7	125	57	204	100

表示: 採集個体数(採集回数)

表 - 3 代表的魚類の体長組成

	月	瀬谷狹窪公園の水路		和泉川	
		MU-1(池)	MU-3	MU-7(上)	MU-7(下)
オイカワ <i>Zacco platypus</i>	6			3(49.5,36-63)	3(69.3,46-97)
	8				6(74.2,62-80)
	10			10(66.0,21-108)	
	1			4(20.0,17-23)	5(35.0,24-52)
アブラハヤ <i>Phoxinus lagowskii</i> <i>steindachneri</i>	6			57(17.7,11-27)	7(28.7,21-69)
	8			20(38.1,25-51)	25(45.9,37-58)
	10			27(37.3,22-69)	3(60.0,56-63)
	1				6(50.0,38-62)
ホトケドジョウ <i>Lefua echigonia</i>	6	6(50.2,37-64)	1(56.0)	4(25.8,20-31)	
	8	2(51.5,50-53)	2(60.5,60-61)		
	10	1(53.0)	2(58.5,56-61)		
	1	1(43.0)			

表示: 採集個体数(平均体長mm、最小値 - 最大値)

施肥の可能性が高いことが指摘されている<sup>6・7</sup>)。瀬谷狹窪公園内の湧水の NO<sub>3</sub>-N 濃度が高かった要因のひとつとして、公園周辺における畑作による施肥が挙げられる。

河床材料の強熱減量は水路に比べて和泉川で明瞭に少なかった。河床に生育する藻類量は日射の当たる和泉川で多いにもかかわらず、水路底質の有機物量が大きくなったのは、粒径 2 mm 以上の重量割合とその構成に示されているように、水路周囲の樹木の枝葉が供給源となっているためと考えられる。

#### 4 - 2 魚 類

魚類は 3 科 6 種が確認されたが、調査結果の詳細は表 - 2 と表 - 3 にとりまとめた。公園内の主水路では、湧水の流れる泥底の流れに生育するホトケドジョウが出現し、春期には幼魚と成魚が共に確認され個体数も多かったが、その後は個体数の減少が見られた。南水路では放流されたと考えられるフナ属とヒメダカが出現した。和泉川ではフナ属、オイカワ、アブラハヤ、タモロコ、ホトケドジョウが出現し、アブラハヤとオイカワの個体数が多く、両種は成魚と共に幼魚も出現した。また、春期に和泉川でホトケドジョウの幼魚が出現したが、本種は源流域が分布域であることから、瀬谷狹窪公園の水路から

和泉川に移動した可能性が高い。

和泉川のアブラハヤは、調査地点より下流の地蔵原の水辺付近で、2002 年になって初めて記録されている<sup>8</sup>)。また、その前年の 2001 年に、本調査地点より上流側の東山の水辺でも、アブラハヤは著者により採集された。横浜市内河川におけるアブラハヤの分布は、定期的な魚類調査が始まった 1970 年代中途から 1980 年代中途まで減少したが、1990 年代から分布の拡大傾向が認められている<sup>8</sup>)。アブラハヤの分布拡大には、水質改善の寄与が大きい。放流が分布の起源となっている可能性もある。和泉川で最初に確認された場所は、ふるさとの川整備事業により、多くの人々が利用するようになったところである。このような場所では、水生動物の放流が容易にされている。一方、和泉川源流域の瀬谷市民の森あるいは米軍上瀬谷通信施設内は、流路がコンクリート化される以前の 1990 年までアブラハヤが生息していた帷子川の源流域<sup>9</sup>)と、距離的にきわめて近接している。このような両水系の源流域の位置関係は、和泉川にも過去からアブラハヤが生息していた可能性もあることを示している。

#### 4 - 3 大型甲殻類

大型甲殻類は表 - 4 と表 - 5 に示したように 3 種が

表 - 4 大型甲殻類の採集個体数と採集回数

	瀬谷狹公園の水路				和泉川		合計	
	MU-1(池)	MU-3	MU-5	MU-6	MU-7(上)	MU-7(下)	総個体数	割合(%)
ヤマトヌマエビ <i>Caridina japonica</i>		5(2)					5	10
アメリカザリガニ <i>Procambarus</i> ( <i>Scapulicambarius</i> ) <i>clarkii</i>	1(1)	1(1)	3(1)		20(3)	12(3)	37	77
サワガニ <i>Geothelphusa dehaani</i>		5(3)		1(1)			6	13
種類数	1	3	1	1	1	1		
個体数	1	11	3	1	20	12	48	100

表示: 採集個体数(採集回数)

表 - 5 大型甲殻類の体長組成

	月	瀬谷狹公園の水路				和泉川	
		MU-1(池)	MU-3	MU-5	MU-6	MU-7(上)	MU-7(下)
ヤマトヌマエビ <i>Caridina japonica</i>	6		4(18.4,17-20)				
	8		1(21)				
	10						
	1						
アメリカザリガニ <i>Procambarus</i> ( <i>Scapulicambarius</i> ) <i>clarkii</i>	6					11(42.0,23-71)	8(50.3,24-80)
	8					4(49.5,28-64)	
	10	1(75)				5(38.6,26-56)	1(57)
	1			3(41.0,39-43)			3(40.3,37-46)
サワガニ <i>Geothelphusa dehaani</i>	6				1(21)		
	8		2(16.5,14-19)				
	10		3(7.3,4-14)				
	1		1(10)				

表示: 採集個体数(平均体長mm、最小値 - 最大値)

確認され、主水路と南水路ではヤマトヌマエビ、サワガニ、アメリカザリガニの3種が出現したのに対して、和泉川で出現したのはアメリカザリガニのみであった。ヤマトヌマエビは横浜市内で初めて出現したが、横浜市周辺では鎌倉の滑川で記録されている<sup>10)</sup>。

流域の公園内の主水路でサワガニが3回の調査時に出現し、小型個体も確認されていることは、公園内で繁殖していることを示している。本調査で確認されたサワガニの甲色は青色系(BL型)で、横浜市内で一般的に見られるタイプであった。和泉川が流入する境川の町田市に位置する源流域には、茶色系(DA型)のサワガニの分布が見られる<sup>11)</sup>。

ヤマトヌマエビの採集個体数は少ないが、それらは全て成体で、大型と小型個体との体長範囲は狭い。

#### 4 - 4 底生動物

調査では55種類の底生動物が出現し、分布が瀬谷狹公園の主水路と南水路に限定されていたのは24種類、和泉川にのみ分布していたのは12種類、19種類は水路と和泉川に分布していた(表-6)。水路に分布が限定されているカワニナ、マメシジミ、サワガニ、ミルンヤンマ、ヘビトンボ類、水路から和泉川に分布を拡大したと考えられるカワニナやオナシカワゲラ属は、横浜市内全体における分布状況も源流域に限定されている<sup>11)</sup>。それに対して、和泉川にのみ分布していたシロハラコカゲロウや他のコカゲロウ属、コガタシマトビケラなどは源流域から中・下流域の広い範囲に生息している<sup>12)</sup>。

摂食機能でみると、水路に分布する種類のうち、主水路で出現頻度が高かったオニヤンマは、他の水生昆虫な

どの動物を餌とする捕食者である。主水路では、有機残渣を摂食する拾集採集食者のミズムシも高い頻度で出現している。このような食性構造は、主水路の環境を明瞭に反映している。主水路は周囲の樹林による日射の遮断と、安定した基質がないために、生産者である藻類の生育に適していない。食物連鎖では、生産者のかわりに、ミズムシのような生物が一次消費者に位置している。日射の当たる南水路では、高い頻度で出現した刈取食者のカワニナは藻類を摂食し、破碎食者のオナシカワゲラ属は落ち葉を餌としている。これらと共に、高い頻度で出現した収集採集食者のミミズ類も、オニヤンマなどの二次消費者の餌として利用される。和泉川では、藻類の生産性が高く、一次消費者の多くを刈取食者のコカゲロウ類や、流下有機物を餌とする濾過食者のコガタシマトビケラ属などが占めている。各種の出現状況に示されるように、底生動物の分布には、周辺環境と共に河床材料の相違も強く影響を及ぼしている<sup>13・14)</sup>。

補足調査として実施した、2回のゲンジボタル確認調査では、水路部分と和泉川の調査地点周辺で、ゲンジボタルの夜間(18時~20時)における発光飛翔は確認されなかった。

#### 4 - 5 カワニナ

カワニナの生息密度は、瀬谷狹公園の主水路で低いものに対して、南水路における密度は高かった(表-7)。主水路における密度が低かったのは、相対照度に示されているように、日射が遮断されているために藻類が少なく、藻類の代わりに利用される落ち葉も硬い杉の葉が多いため、餌が少ないことが大きな要因となっていると考

表 - 6 底生動物出現状況

No.	綱	種名	瀬谷狹窪公園の水路												和泉川				水路のみ	和泉川の	
			MU-2				MU-3				MU-6				MU-7				で出現	みで出現	
			6月	8月	11月	1月	6月	8月	11月	1月	6月	8月	11月	1月	6月	8月	11月	1月	6~1月	6~1月	
1	ウスムシ	ウスムシ(三岐腸)	TRICLADIDA																		
2	腹足	カワニナ	<i>Semisulcospira libertina</i>						21			34	2								
3		サカマキガイ	<i>Physa acuta</i>																		
4	二枚貝	マメシジミ	<i>Pisidium japonicum</i>				24														
5	ミミズ	オヨギミミズ科	LUMBRICULIDAE																		
6		ミミズ科	NAIDIDAE										19								
7		エラミミズ	<i>Branchiura sowerbyi</i>																		
8		イトミミズ科	TUBIFICIDAE				9						79								
9	ヒル	シマイシビル	<i>Erpobdella lineata</i>																		
10		イシビル科	ERPOBDELLIDAE																		
11	甲殻	ミズムシ	<i>Asellus hilgendorfi</i>		26	25		9	38	24			12		10						
12		ハマビムシ科	TALITRIDAE																		
13		アメリカザリガニ	<i>Procambarus clarkii</i>																*		
14		ザリガニ	<i>Geothelphusa dehaani</i>																		
15	昆虫	ビムシ目	COLLEMBOLA																		
16		サホコガクワ	<i>Baetis sahoensis</i>										29	35							
17		シロハラコガクワ	<i>Baetis thermicus</i>										13								
18		コガクワ	<i>Baetis</i> sp.H											18							
19		コガクワ属	<i>Baetis</i> spp.																		
20		ミルンヤツマ	<i>Planaeschna milnei</i>														15		19		
21		オニヤツマ	<i>Anotogaster sieboldii</i>		15		11	31	28		12		13								
22		シオカラトンボ	<i>Orthetrum albistylum speciosum</i>																		
23		オシオカラトンボ	<i>Orthetrum triangulare</i>																		
24		フサオナシカゲラ属	<i>Amphinemura</i> spp.																		
25		オナシカゲラ属	<i>Nemoura</i> spp.									14	4	12							
26		ヤマトドロシジミトンボ	<i>Parachauliodes japonicus</i>																		
27		クロシジミトンボ	<i>Parachauliodes continentalis</i>																		
28		センブリ属	<i>Sialis</i> spp.																		
29		コガタシジミ科属	<i>Cheumatopsyche</i> spp.														15				
30		コガタツツビ科属	<i>Goerodes</i> spp.																19		
31		Antocha属	<i>Antocha</i> spp.											15							
32		Dicranota属	<i>Dicranota</i> spp.																		
33		ホシヒメガガンボ属	<i>Erioptera</i> spp.																		
34		Hexatoma(Eriocera)属	<i>Hexatoma</i> (Eriocera) spp.																		
35		Limnophila属	<i>Limnophila</i> spp.																		
36		Tipula属	<i>Tipula</i> spp.																		
37		ガガンボ科	TIPULIDAE																		
38		チョウバエ科	PSYCHODIDAE																		
39		ヌカカ科	CERATOPOGONIDAE											16							
40		Brillia属	<i>Brillia</i> spp.				23														
41		ユスリカ属	<i>Chironomus</i> spp.																		
42		ユスリカ亜科	CHIRONOMINAE																		
43		Cryptochironomus属	<i>Cryptochironomus</i> spp.																		
44		エリユスリカ亜科	ORTHOCLADIINAE			6			29	45					38	23					
45		ホシメユスリカ族	MACROPELOPHINI		21	52		46	15			14									
46		ヤマヒメユスリカ族	PENTANEURINI																17		
47		Polypedilum属	<i>Polypedilum</i> spp.																		
48		Pseudorthocladius属	<i>Pseudorthocladius</i> spp.																		
49		Stictochironomus属	<i>Stictochironomus</i> spp.			13															
50		ヒゲユスリカ族	TANYTARSINI		16	6			11	11			70								
51		ヌカユスリカ属	<i>Thienemanniella</i> spp.																		
52		ユスリカ科	CHIRONOMIDAE																		
53		ホソカ属	<i>Dixa</i> spp.																		
54		ブユ科	SIMULIIDAE																		
55		ハエ目	DIPTERA																		
確認種数				22	17	16	12	21	21	20	16	20	16	16	4	23	15	18	12		
地点別確認種数				33				30				28				31				24	12

数値(種数以外):優占3種の出現率、:出現した種、\*:大型甲殻類調査での出現を示す

えられる。和泉川ではカワニナ密度調査は行わなかったが、底生動物の結果に示されているように、和泉川でカワニナは出現していない。

4 - 6 藻類

調査で出現した藻類は全体で 63 種類、藍藻類と紅藻

表 - 7 カワニナ (*Semisulcospira libertina*) 採集個体数と殻高組成

	瀬谷狹窪公園の水路		
	MU-1(池)	MU-3	MU-6
6月	6(7-18)	5(10-22)	31(5-24)
8月	7(10-18)	6(8-23)	64(3-24)
11月	11(7-17)	6(7-18)	110(3-21)
1月			45(3-22)
総個体数	24	17	250

表示:採集個体数 / m<sup>2</sup> (殻高の最小値 - 最大値 mm)

類がそれぞれ 2 種類、珪藻類が 54 種類と最も多く、緑藻類が 5 種類であった(表 - 8)。そのうち、瀬谷狹窪公園の主水路と南水路では 44 種類が出現し、17 種類の分布は主水路と南水路に限定していた。和泉川では 46 種類が出現し、19 種類は和泉川でのみ出現した。水路と和泉川で共に出現したのは 27 種類であった。

各地点の藻類群集を構成する種類は 4 ~ 30 種類であった。主水路と南水路の各地点で出現した種類は 4 ~ 14 種類、1 地点の平均種類数は 10 種類であった。それに対して、和泉川では 9 ~ 30 種類で、平均種類数は 23 種類であった。両水路は周囲の樹木により日射が妨げられることや、砂泥の底質であることが、水路における藻類生産と現存量に影響を及ぼし、それが種類数に反映されている。こども自然公園(旭区)内の水路も両水路と類似の環境状況となっているが、そこでも藻類群集を構成

表 - 8 付着藻類出現状況

		瀬谷猪窪公園の水路			和泉川
		MU-2	MU-4	MU-6	MU-7
藍藻類	Cyanophyta				
ユレモ	<i>Oscillatoria</i> sp.		+	(2)	
サユレモ	<i>Phormidium</i> sp.		+	(2)	
紅藻類	Rhodophyta				
ヘニトモ	<i>Audouinella</i> sp.	+++	(3)	++	(1)
カモス'ク	<i>Batrachospermum arcuatum</i>	+++	(4)	+	(2)
珪藻類	Bacillariophyta				
マガリケイソウ	<i>Achnanthes inflata</i>				+
マガリケイソウ	<i>Achnanthes japonica</i>			+	(1)
マガリケイソウ	<i>Achnanthes lanceolata</i>		++	(4)	+
マガリケイソウ	<i>Achnanthes minutissima</i>	+	(2)	+	(1)
マガリケイソウ	<i>Achnanthes rupestoides</i>	+	(2)		
マガリケイソウ	<i>Achnanthes subhudsonis</i>				+
アンフィプレウラ	<i>Amphipleura lindheimeri</i>				+
マガリケイソウ	<i>Amphora libyca</i>	+	(1)		
イカダケイソウ	<i>Bacillaria paradoxa</i>				+
スジフネケイソウ	<i>Caloneis bacillum</i>		+	(1)	
コバンケイソウ	<i>Cocconeis placentula</i>	+++	(4)	++	(4)
ヒメマルケイソウ	<i>Cyclotella</i> sp.				+
ワラシ'ケイソウ	<i>Cymatopleura solea</i>				+
クチビ'ルケイソウ	<i>Cymbella naviculiformis</i>				+
クチビ'ルケイソウ	<i>Cymbella prostrata</i>				+
クチビ'ルケイソウ	<i>Cymbella tumida</i>		+	(1)	+
クシガ'タケイソウ	<i>Eunotia minor</i>	++	(2)	(1)	+
オビ'ケイソウ	<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>gracilis</i>			+	(1)
ヒシガ'タケイソウ	<i>Frustulia vulgaris</i>		++	(4)	+
クサビ'ケイソウ	<i>Gomphonema angustum</i>	+	(2)	++	(2)
クサビ'ケイソウ	<i>Gomphonema clavatum</i>	++	(1)	+	(1)
クサビ'ケイソウ	<i>Gomphonema parvulum</i>		+	(3)	+
ニセメガ'ネケシ'オウ	<i>Gyrosigma acuminatum</i>				+
ニセメガ'ネケシ'オウ	<i>Gyrosigma kuetzingii</i>				+
チャツ'ツケイソウ	<i>Melosira varians</i>		+++	(3)	+++
フネケイソウ	<i>Navicula cryptocephala</i>	+		+	(3)
フネケイソウ	<i>Navicula cryptotenella</i>		+	(1)	+
フネケイソウ	<i>Navicula gregaria</i>	+	(1)	+	(4)
フネケイソウ	<i>Navicula minima</i>	+	(1)	+	(1)
フネケイソウ	<i>Navicula nipponica</i>		++	(1)	+
フネケイソウ	<i>Navicula symmetrica</i>	+	(1)	+	(1)
フネケイソウ	<i>Navicula veneta</i>		+	(1)	+
フネケイソウ	<i>Navicula ventralis</i>				+
フネケイソウ	<i>Navicula viridula</i> var. <i>rostrata</i>		+	(1)	+
フネケイソウ	<i>Navicula viridula</i> var. <i>rostellata</i>		+	(1)	+
フネケイソウ	<i>Navicula</i> sp.	+++	(1)	+	(2)
ハリケイソウ	<i>Nitzschia acicularis</i>				+
ハリケイソウ	<i>Nitzschia amphibia</i>			+	(1)
ハリケイソウ	<i>Nitzschia dissipata</i>		+	(2)	+
ハリケイソウ	<i>Nitzschia filiformis</i>				+
ハリケイソウ	<i>Nitzschia frustulum</i>		+	(1)	++
ハリケイソウ	<i>Nitzschia linearis</i>	+	(2)	+++	(3)
ハリケイソウ	<i>Nitzschia palea</i>		+	(1)	+
ハリケイソウ	<i>Nitzschia paleacea</i>				+
ハリケイソウ	<i>Nitzschia vermicularis</i>		+	(1)	+
ハリケイソウ	<i>Nitzschia</i> sp.				+
ハネケイソウ	<i>Pinnularia</i> sp.	+	(3)	+	(2)
マガリクサビ'ケイソウ	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>		+	(1)	
ジュウジ'ケイソウ	<i>Stauroneis smithii</i>			+	(1)
オオバ'ンケイソウ	<i>Surirella angusta</i>				+
オオバ'ンケイソウ	<i>Surirella linearis</i>				+
オオバ'ンケイソウ	<i>Surirella bifrons</i>	+	(2)		+
オオバ'ンケイソウ	<i>Surirella</i> sp.		+	(1)	+
ナガ'ケイソウ	<i>Synedra ulna</i>		+	(3)	+
緑藻類	Chlorophyta				
シオグ'サ	<i>Cladophora</i> sp.				+
サヤミ'ロ	<i>Oedogonium</i> sp.		+	(1)	+
リソク'ロニウム	<i>Rhizoclonium</i> sp.		++	(1)	
イカ'ダモ	<i>Scenedesmus</i> sp.		+	(1)	
ア'オミ'ロ	<i>Spirogyra</i> sp.				++
平均種類数		9	13	8	23

出現頻度(4回の調査の平均): + < 5%, 5 ++ < 10%, 10 +++ (出現回数)

*Batrachospermum arcuatum* の出現頻度は現場で観察した状況(他の藻類の表示とは異なる)

*Audouinella* sp.は*Batrachospermum arcuatum* のシャントランシア ステージの可能性あり



する種類数は少ない<sup>15・16)</sup>。また、横浜市内全域を対象とした調査でも、中下流域に比べて源流域における種類数は少ない傾向が示されている<sup>17)</sup>。

横浜市の生物指標では、きれいな水域の指標種として10種類があげられている<sup>18)</sup>。そのうち、ベニイトモ *Audouinella* sp.、マガリケイソウ *Achnanthes lanceolata*、コバンケイソウ *Cocconeis placentula*、チャヅツケイソウ *Melosira varians*、ハリケイソウ *Nitzschia dissipata*、ハリケイソウ *Nitzschia linearis*、マガリクサビケイソウ *Rhoicosphenia abbreviata* の7種類が水路で出現し、和泉川でも6種類が出現した。水路で優占種になった種類は、全てきれいな水域の指標種の *Audouinella* sp.、*Cocconeis placentula*、*Melosira varians*、*Nitzschia linearis* であった。和泉川でも *Audouinella* sp.、*Melosira varians* と、横浜市内の河川に広く分布するフネケイソウ *Navicula gregaria* が優占種になった。このように、きれいな水域の指標種が優占種になり、全体的に占める割合が大ききことは、両水路と和泉川の水質状況が良好であることを反映したものである。

瀬谷狹谷公園の主水路が和泉川に流入する地点と、和泉川の本調査で設定した地点付近で、1997～98年に付着藻類の調査が行なわれ<sup>19)</sup>、主水路で *Melosira varians*、和泉川ではキヌミドロ *Stigeoclonium* sp. と *Navicula gregaria* が優占種となり、主水路の水質状況は現在と同じで、和泉川は現在とほぼ同じあるいはやや汚濁していたこと示す群集組成となっていた。

瀬谷狹谷公園内を流れる主水路と南水路の下流部分で、カワモズク *Batrachospermum arcuatum* の生育が確認された。主水路では4回実施した調査の全ての時期で出現し、6月と10月の生育量は多かった。南水路でも6月と1月に出現したが生育量は少なく、8月と10月には出現していない。本調査期間より以前の2003年2月には、南水路における生育量はかなり多く、年により生育状況が異なることを示している。主水路では4回の調査時で出現し、年間を通して生育している可能性が高い。両水路において、*Batrachospermum arcuatum* はコンクリート構造物部分と、その下流の狭い範囲に分布している。モズク類は石のような安定した基物上に生育するが、両地点のコンクリート構造物部分以外は砂泥底であることが、限定的な分布の主な要因と考えられる。

横浜市内で分布が確認されているカワモズク類は *Batrachospermum arcuatum* (和名なし) とアオカワモズク *Batrachospermum helmentosum* の2種類である<sup>20)</sup>。市内では、過去に6地区(9ヶ所)でカワモズク類が確認され<sup>21)</sup> (当該文献の *Batrachospermum moniliforme* を *Batrachospermum arcuatum* と *Batrachospermum helmentosum* の両種あるいはその何れかに訂正する)。最近、瀬谷狹谷公園などの地区でも生育が確認されているが、全体的にはカワモズク類が生育しているところは少ない。年間を通して生育が確認されているのは、帷子川に流入する矢指川源流域のみであるが、ここでは水温上昇による衰退が観察されている<sup>21)</sup>。

環境状況調査では、主水路の流量は1.3～6.2 /sで、

冬期に少なく夏期に多い。また、上流側に比べて下流側の流量は年間平均で約2倍に増加している。このことは、主水路を流れる水は上流側で湧出したものだけでなく、下流側までの間でも湧水の流入があることを示している。主水路下流側の水温が南水路や和泉川より低い状態に維持されているのは、このような湧水の流れと、樹林による日射の遮断が寄与していることは明らかである。主水路で4回の調査時において *Batrachospermum arcuatum* が生育していたのは、このような環境状況が背景となっている。南水路で水温が高くなる時期に生育しなくなったのは、流量が少なく、樹木がなく直射日光の当たる部分があることにより、水温が上昇したことが主な要因と考えられる。

瀬谷狹谷公園の主水路と南水路の湧水はNO<sub>3</sub>-N濃度が高い。過去の調査では、モズク類が生育していた場所のNO<sub>3</sub>-N濃度は1mg / 程度である<sup>21)</sup>。瀬谷狹谷公園で測定された濃度は、それに比べてはるかに高い。下水処理水により再生されたせせらぎでも *Batrachospermum arcuatum* が生育するようになった<sup>22・23)</sup> (当該文献ではモズクと表記)。このせせらぎのNO<sub>3</sub>-N濃度は瀬谷狹谷公園と同じ程度である。両地区で *Batrachospermum arcuatum* が生育していることは、本種がNO<sub>3</sub>-N濃度の高い環境でも生育できることを示している。

#### 4 - 7 鳥類

調査で確認された鳥類は32種類で、瀬谷狹谷公園地区では19種類、和泉川地区では28種類が出現した(表-9)。公園内の谷戸部分の林内ではキジバト、アオゲラ、コゲラ、ウグイス、シジウカラ等の樹林地を嗜好する種類が多く、アオゲラ、シジウカラ、コジュケイ、カワセミなどの営巣や繁殖も確認され、ヤマシギやルリビタキ等の冬鳥の越冬場所となっていることが推察された。また、公園内の谷戸以外の部分ではヒヨドリやスズメ等の都市鳥が多かった。

和泉川地区ではカワウ、ゴイサギ、コサギ、カルガモ、カワセミ、キセキレイ、ハクセキレイ等の水鳥や水辺の鳥が確認されたが、春期と夏期の種類数は少なく、冬期の種類数が増加することから、水鳥の多くは和泉川を越冬の場所として利用していると考えられる。和泉川沿いのヤナギ低木林や落葉広葉樹林では、公園内と同様に樹林地を嗜好する種類が確認された。

#### 4 - 8 トンボ類(成虫)

確認されたトンボ類は13種類で、瀬谷狹谷公園地区で10種類、和泉川地区は9種類である(表-10)。

公園地区で多く出現したのはオニヤンマで、幼虫も水路で多く確認されている。公園地区のみで確認されたミルンヤンマの幼虫も水路で出現し、シオカラトンボとオオシオカラトンボの幼虫も確認されている。また、ミルンヤンマと共にコオニヤンマとコシアキトンボは、公園地区のみで確認された。本調査で出現した流水性種のオニヤンマ、ミルンヤンマ、コオニヤンマは全て、水路のある公園地区で出現している。公園地区でトンボ類が利用していた池は、規模が小さいために利用する種類が限定されていた。流水環境の水路では、両側の石積み護岸

表 - 9 鳥類出現状況

No.	科名	種名		渡来区分	瀬谷貉窪公園地区			和泉川地区		
		和名	学名		6月	8月	1月	6月	8月	1月
1	ウ	カワウ	<i>Phalacrocorax carbo</i>	留鳥						
2	サギ	ゴイサギ	<i>Nycticorax nycticorax</i>	留鳥						
3		コサギ	<i>Egretta garzetta</i>	留鳥						
4	カモ	カルガモ	<i>Anas poecilorhyncha</i>	留鳥						
5		アヒル	-	-						
6	タカ	トビ	<i>Milvus migrans</i>	留鳥						
7	キジ	コジュケイ	<i>Bambusicola thoracica</i>	留鳥						
8	シギ	ヤマシギ	<i>Scolopax rusticola</i>	冬鳥						
9	ハト	キジバト	<i>Streptopelia orientalis</i>	留鳥						
10		ドバト	<i>Columba livia</i>	留鳥						
11	カワセミ	カワセミ	<i>Alcedo atthis</i>	留鳥						
12	キツツキ	アオゲラ	<i>Picus awokera</i>	留鳥						
13		コゲラ	<i>Dendrocopos kizuki</i>	留鳥						
14	ツバメ	ツバメ	<i>Hirundo rustica</i>	夏鳥						
15	セキレイ	キセキレイ	<i>Motacilla cinerea</i>	留鳥						
16		ハクセキレイ	<i>Motacilla alba</i>	留鳥						
17	ヒヨドリ	ヒヨドリ	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	留鳥						
18	ツグミ	ルリビタキ	<i>Tarsiger cyanurus</i>	冬鳥						
19		シロハラ	<i>Turdus pallidus</i>	冬鳥						
20		ツグミ	<i>Turdus naumanni</i>	冬鳥						
21		ウグイス	<i>Cettia diphone</i>	留鳥						
22	シジュウカラ	シジュウカラ	<i>Parus major</i>	留鳥						
23	メジロ	メジロ	<i>Zosterops japonicus</i>	留鳥						
24	ホオジロ	アオジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	冬鳥						
25	アトリ	カワラヒワ	<i>Carduelis sinica</i>	留鳥						
26		マヒワ	<i>Carduelis spinus</i>	冬鳥						
27	ハタオリドリ	スズメ	<i>Passer montanus</i>	留鳥						
28	ムクドリ	ムクドリ	<i>Sturnus cineraceus</i>	留鳥						
29	カラス	カケス	<i>Garrulus glandarius</i>	冬鳥						
30		オナガ	<i>Cyanopica cyana</i>	留鳥						
31		ハシボソガラス	<i>Corvus corone</i>	留鳥						
32		ハシブトガラス	<i>Corvus macrorhynchos</i>	留鳥						
合計20科32種					12種	12種	16種	12種	13種	19種
						19種		28種		

: 確認種、 : 繁殖確認種

が下流側まで延び、水辺の植物が少ないため、利用できる種類は限定される。

オニヤンマは和泉川地区でも成虫と幼虫が共に出現している。和泉川における分布は、瀬谷貉窪公園における分布と一体化したものと位置付けられる。

横浜市南部にある大規模な谷戸を流れる氷取沢と瀬上沢では、流水性の種類が5～6種類記録されている<sup>24)</sup>。

両水系で確認された流水性の種類に比べて、瀬谷貉窪公園地区で少ないのは、谷戸規模の相違を反映したものである。

和泉川地区では、この地区でのみ出現したギンヤンマ、オオヤマトンボ、シオヤトンボを含めて、8種類の停水性種が確認された。和泉川地区の上流側にはワンドが造成され、河川水量も少ないため、水流の停滞部分が多く

表 - 10 トンボ類(成虫)出現状況

No.	科名	種名		瀬谷貉窪公園地区					和泉川地区					
		和名	学名	6月	7月	8月	9月	10月	6月	7月	8月	9月	10月	
1	サナエトンボ	コオニヤンマ	<i>Sieboldius albardae</i>	+										
2	オニヤンマ	オニヤンマ	<i>Anotogaster sieboldii</i>			++	++				+	+		
3	ヤンマ	マルタンヤンマ	<i>Anaciaeschna martini</i>			+					++			
4		ギンヤンマ	<i>Anax parthenope julius</i>										+	
5		ミルンヤンマ	<i>Planaeschna milnei</i>			+		+						
6	エゾトンボ	オオヤマトンボ	<i>Epophthalmia elegans</i>										+	
7	トンボ	シオカラトンボ	<i>Orthetrum albistylum speciosum</i>			+	+			+		+	+++	
8		シオヤトンボ	<i>Orthetrum japonicum japonicum</i>								+			
9		オオシオカラトンボ	<i>Orthetrum triangulare melania</i>	+		+	+			+		++	++	
10		ウスバキトンボ	<i>Pantala flavescens</i>				+	+			+	+++	+++	+
11		コシアキトンボ	<i>Pseudothemis zonata</i>			+								
12		アキアカネ	<i>Sympetrum frequens</i>						+					++
13		ノシメトンボ	<i>Sympetrum infuscatum</i>							+				+
合計5科13種				2種	0種	7種	4種	4種	3種	1種	6種	5種	3種	
				4科10種					4科9種					

+ : 1～5個体、 ++ : (6～50個体)、 +++ : (51個体以上)

なっている。このような環境状況は、停水性種の生息には有利となっている。

## 5. 生態系の保全・再生に向けて

多様な生物群集が生息する公園の水路管理の基本方針として、現況の環境状況の維持・保全が挙げられる。そのためには、公園全体の水循環を把握し、台地部分からの雨水の地下浸透などにより、湧水の積極的な確保を図るべきである。水路部分については、落差構造を解消し、水生生物の上流側への移動を可能な水路構造とすることが望ましい。池については、水深がほとんどないため、木杭の乱配置などにより、生物の隠れ場や生息場となるような水深を確保する。日常管理において、水の流れが阻害されるような土砂の堆積が生じないようにし、日照条件が生育に影響を及ぼす生物の保全のために枝打ちを行う必要がある。水路内に杉の落ち葉が目立つが、かたい杉の葉は水生動物の餌として利用されにくい。コナラやクヌギのような落葉広葉樹は水生動物の餌としてだけでなく、生息場としても利用される。落葉広葉樹を水路際に植栽するために、一部の杉の伐採も必要となる。移植・放流による生態系の攪乱を防ぐため、生物保護区の設定、移植・放流などの禁止事項について周知を図るべきであるが、そのためには愛護会のような地域組織の協力体制が必要となる。

和泉川における寺ノ脇の水辺整備では、瀬谷狹公園と一体化した多様な自然環境が形成されるようにすることが、地域生物群集の保全に寄与する。そのためには水路との水面の連続性を確保し、河川の水辺部分を植物帯の発達可能な構造とすべきである。

本調査終了後、瀬谷区役所、緑政局、下水道局、環境保全局により、調査結果を基にこの地域の生物群集の保全・再生のための検討が行われている。

## 文 献

- 1) 島村雅英、森清和：横浜型エコシティの基本構造、横浜市環境科学研究所報、27、58-63 (2003)。
- 2) 横浜市の都市公園データ集：http://www.city.yokohama.jp/me/green/kanri/kouendatop.html(横浜市緑政局ホームページ：2004年9月25日現在)。
- 3) 横浜市環境保全局：平成14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、132pp (2004)。
- 4) 横浜市下水道局：横浜の川、66pp (1995)。
- 5) 福嶋悟、樋口文夫、水尾寛己、阿久津卓：横浜市内河川の水質環境(2002～2003年) 横浜の川と海の生物、第10報・河川編、横浜市環境保全局、39-49 (2004)。
- 6) 金井英里子：大間々扇状地における地下水汚染機構解明調査、平成16年度全環研協議会関東甲信静支部水質専門部会、研究報告資料 (2004)。
- 7) 平成15年版 環境白書：群馬県環境生活部環境生活課、158pp (2004)。
- 8) 樋口文夫、水尾寛己、木村喜芳：横浜市内河川における淡水魚類相調査報告(2002～2003年) 横浜の川と海の生物、第10報・河川編、横浜市環境保全局、51-81

(2004)。

- 9) 樋口文夫、水尾寛己、梅田孝：横浜の淡水魚類相の変化と分布の特徴、横浜の川と海の生物、第6報、横浜市環境保全局、93-139 (1992)。
- 10) 樋口文夫、福嶋悟、水尾寛己、前川渡：横浜市南部及びその周辺に分布するヌカエビの形態、繁殖形質、大岡川・境川水系生態調査報告書、横浜市環境科学研究所、195-202 (1996)。
- 11) 樋口文夫、水尾寛己、福嶋悟：横浜の淡水エビ・カニ類調査報告(2003～2003) 横浜の川と海の生物、第10報・河川編、横浜市環境保全局、109-119 (2004)。
- 12) 金田彰二、福嶋悟：横浜市内河川における底生動物相(第10報、2002～2003年) 横浜の川と海の生物、第10報・河川編、横浜市環境保全局、83-108 (2004)。
- 13) 金田彰二、小林紀雄：円海山周辺水域の底生動物相、円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書、横浜市公害研究所、37-70 (1984)。
- 14) 小林紀雄、福嶋悟：鶴見川水系の水生動物と底質との関係、鶴見川・境川水系生態調査報告書、横浜市環境科学研究所、75-88 (1993)。
- 15) 福嶋悟、畠中純一郎、五十嵐浩：こども自然公園内の付着藻類、底生動物、魚類調査、こども自然公園環境調査報告書 -ゲンジボタルの保全について-、横浜市こども自然公園環境調査プロジェクト、42-54 (1983)。
- 16) 環境保全局環境科学研究所：こども自然公園のゲンジボタル生息地の現況調査・水生生物調査、こども自然公園ゲンジボタル生息環境調査報告書、横浜市緑政局・環境保全局・教育委員会、61-103 (1992)。
- 17) 福嶋悟：横浜市内を流れる河川における付着藻類の分布状況(2002～2003年) 横浜の川と海の生物、第10報・河川編、横浜市環境保全局、157-179 (2004)。
- 18) 福嶋悟：横浜市内河川にみられる藻類の地域的特徴とその指標性、水域生物指標に関する研究報告、横浜市公害研究所、107-126 (1989)。
- 19) 横浜市下水道局・和泉川生物相調査プロジェクトチーム：平成9年度 和泉川生物相調査報告書、201pp (1998)。
- 20) 熊野茂、香村真徳、新井章吾、佐藤裕司、飯間雅文、洲澤謙、洲澤多美枝、羽生田岳昭、三谷進：1995年以降に確認された日本淡水産紅藻の産地について、藻類、50、29-36 (2002)。
- 21) 福嶋悟、樋口文夫、水尾寛己、前川渡：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、横浜市環境科学研究所報、18、35-42 (1994)。
- 22) 福嶋悟：下水道の普及と都市における河川生態系の再生、月刊下水道、26(6)、52-56 (2003)。
- 23) 福嶋悟：都市資源によるせせらぎの再生と水生生物、第11回(平成14年度第1回)環境科学研究所発表会要旨集、横浜市環境科学研究所、(2003)。
- 24) 大沢尚之：円海山周辺水域のトンボ相( )、円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第3報、横浜市公害研究所、57-63 (1990)。

## 大岡川の河川構造物が魚類流程分布に与える影響に関する調査報告

樋口文夫・福嶋 悟（横浜市環境科学研究所）・  
宇都誠一郎（JICA 技術補完研修生）

## Reports in the effect of river structure to stream fish distribution in the Oooka river

Fumio Higuchi, Satoshi Fukushima (Yokohama environment science research institute)  
Seiichiro Uto (JICA technical skill trainee)

キーワード：河川構造物、魚類、流程分布、大岡川

## 要約

大岡川を対象に河川構造物が魚類流程分布に与える影響を解析するために周年調査を行い、以下の結果を得た。床固工（落差工）等の構造物は 33 基が設置され、高さ 1 m 以上の落差工が上流域に 4 基（D 3～6）、中流域に 1 基（D 29）が設置されていた。淵型は F 型の落ち込み淵が最も多く、ついで S 型の基質変化型が多かった。出現魚種は 8 科 30 種、純淡水魚が 13 種、通し回遊魚が 11 種、周縁性淡水魚が 5 種、ハゼ科不明種が 1 種であった。流程分布はアブラハヤとタカハヤ（移入種）、スミウキゴリとウキゴリ等の同属で異なっていた。ハゼ科の魚種は広い分布範囲を示していた。スミウキゴリが上流の多段式落差工の下、遊泳性の魚種ではアユが D 29 の落差工まで遡上していた。体長組成の季節変化は純淡水魚のアブラハヤ等が 0 + 年魚～3 + 年魚以上の組成を示し、その中で 1 + 年魚以上の大型魚が下流に分散していく傾向を示し、スミウキゴリ等の回遊魚は 5 月より 0 + 年魚が多く出現し、構造物に影響されながら上流まで移動していった。河川構造物は、落差 1 m 以上の構造物が移動、分散等に影響を与えることが推測された。また淵形態の重要性を指摘した。

以上、都市河川に多様な河川生態系の保全、再生を図るための基礎的資料が得られた。

## 1. はじめに

川を生活の場としている魚類には、種々の生活型をもった種類が出現する。一生涯淡水域に生活する純淡水魚（Genuine freshwater fish）、川と海を回遊する通し回遊魚（Diadromous fish）、この中には、遡河回遊魚（Anadromous fish）、降河回遊魚（Catadromous fish）、両側回遊魚（Amphidromous fish）の多様な生活史を持つ種類が含まれる。海を主な生活の場とするが、生活史の一時期に川を利用する魚種の周縁性淡水魚（Peripheral freshwater fish）等である<sup>1,2)</sup>。また純淡水魚であっても河川内を上下に回遊しており、川はこれらの生活型をもつ魚種に広く、多様な生活の場を提供してきたといつてよい。

魚類にとって多くの種類が出現する条件は、川の規模、蛇行、底質、水際等の形態の複雑性、水量、水質等が関係しているものと思われる。しかし治水対策として行われてきた護岸改修、河道の直線化、床固工として段差、堰等の河川構造物の設置は、河川を利用する魚種にとっては生活の場の消失、縮小化、また降下、遡上等の相互移動の障害となってきたものと考え<sup>3～6)</sup>。

一方、地域個体群から見ると、集団の分断、孤立、縮小化による遺伝的劣化、放流等により飼育品種、他地域からの移入種の定着により種間の生息域、在来種への遺伝的攪乱等の問題が惹起されている<sup>7,8)</sup>。

最近、都市河川では、比較的多くの魚種が見られるようになってきた。特に下流域では通し回遊魚、周縁性淡水魚が多く出現してきている<sup>9)</sup>。これらのことから上流から下流まで多くの生物が利用し、安定して生息できるような生息環境と地域個体群の固有性を保全、再生していくことが必要であると思われる。

今回、健全で多様な河川生態系の保全、再生を図るための基礎的資料を得ることを目的として、横浜市の中心部を流れる大岡川を対象に、河川構造物が魚類生態に与える影響について調査したのでその結果を報告する。

## 2. 調査方法

## 2-1 調査地点と概要

大岡川の調査地点、河床高度と床固工（以下、落差工）の位置を示したのが図 - 1、2 である。

本川は、二級河川、全長 15km、流域面積 57.9km<sup>2</sup> で、横浜市南部にある円海山（標高 153m）の一部、氷取沢に源流をもっている。ここは市内でも広い緑地保全地区となっており、氷取沢市民の森、金沢市民の森、釜利谷市民の森等として公園管理されている。しかしその中心部には横浜・横須賀道路とインターチェンジが貫通している。主な支川は日野川で、全長 2.9km、西側から青木橋上流で合流する。この川の源流は港南台であり三面コンクリートとな

っている。合流後に本川は、横浜港に流入するが、井土ヶ谷橋下流で分岐した流れは中村川(派大岡川)、掘割川となって横浜港、根岸湾に流入する。

調査地点は、氷取沢に5地点(以下、ST.1~5)、陣屋橋下(以下、ST.6)、向坂橋(ST.7)、天谷橋(ST.8)、曲田橋(ST.9)、青木橋(ST.10)、花咲橋(ST.11)、井土ヶ谷橋(ST.12)の計12地点を対象とした。

調査区域の河川形態と流速等を表-1に示した。ST.1、ST.5からST.11までは瀬と淵を調査対象区域とした。他のST.2~4は淵、またST.12は感潮域で、原則として干潮時に調査を行った。

調査地点の河川環境は、ST.1~4までは護岸、河床は自然状態が保たれており、ST.5~12までは底質が自然状態、

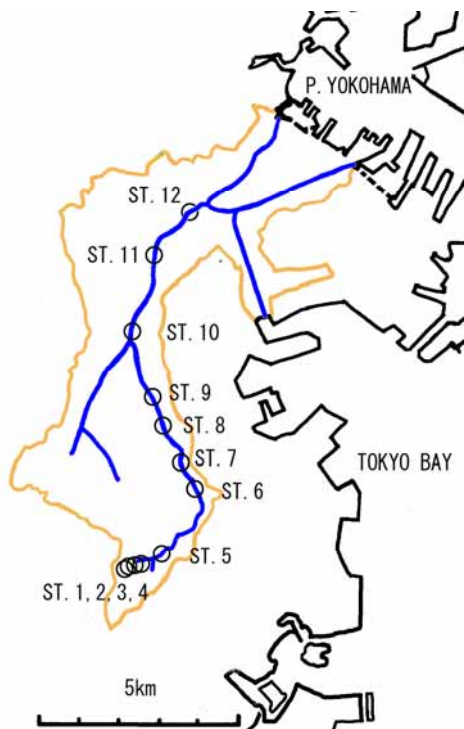


図-1 大岡川の調査地点

護岸がコンクリートブロック等であった。川幅は平均値が5.7m、最小値が1.9m、最大値が22m、流れ幅の平均値は3.4m、最小値が0.4m、最大値が22mであった。水深の平均値は、43cm、最小値が30cm、最大値が150cmであった。流速の平均値は、ST.12を除いて瀬が0.343m/s、淵が0.063m/sであった。

調査時期2001年7月~2004年11月で、魚類調査は、予備調査を含めて2003年5月より2004年11月まで月1回の頻度で行った。河川形態調査は2001年7月と2004年8月、平常水位時に行った。

## 2-2 測定、採集方法

河川環境調査は落差工等の河川構造物については、氷取沢から青木橋までの範囲で落差工等の構造物の位置、河口からの距離を1/2500の地図<sup>10)</sup>をもとにマップメーター(小泉測機社製)で計測した。河床高度は地図上の標高点に近接した橋等から河床までの距離を巻尺で測定して求めた。各落差工の落差は、上から下までの高さと同落差下の水深を測定し、その差で求めた。また氷取沢から天谷橋までの範囲で、淵の位置、水深等の形状を折れ尺、巻尺等で測定した。なお、調査地点の流速は、プロペラ式流速計(ケネック社製)を用いた。

淵の型は、水野、御勢<sup>11)</sup>にしたがって、M型が蛇行型、R型が岩型、S型が基底変化型、D型が堰上型であり、いくつかの成因によって形成された淵は、蛇行型と基質変化型の双方の場合、MS型として示した。また落差工等の落ち込みによって形成された淵はS型の区分に入るが、今回は構造物の影響を検討するためにF型としてまとめた。

水温は、魚類調査時に水温計(水銀)で測定した。

魚類調査は、D型フレームネット(網目0.6×0.6mm)、投網(16節、900目)、ピンドウ(25×34×25cm)を2個用いて行った。調査時間は、1地点30分、調査人員は原則として1人で行った。採捕した個体は、ノギスで標準体長を測定したあと、放流した。また種不明魚については、生きたままあるいは10%ホルマリンで固定して持ち帰り、後日同定した。

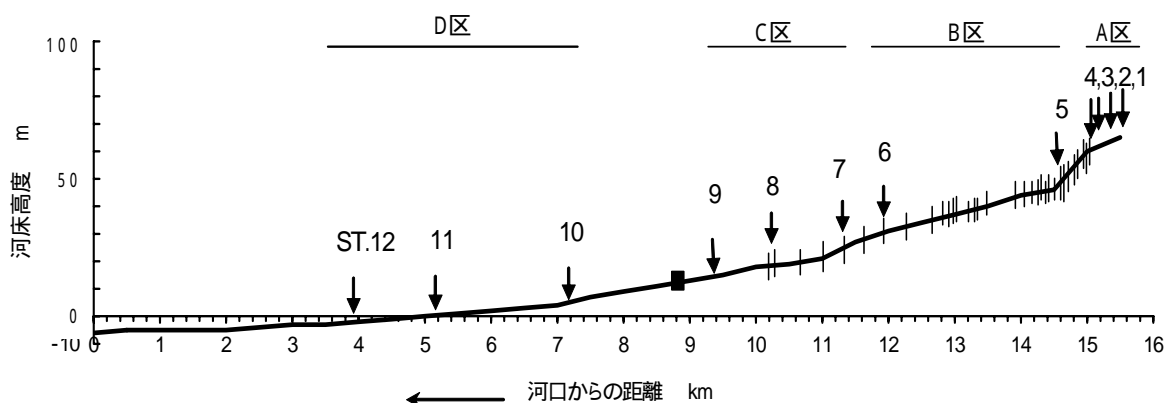


図-2 大岡川の河床高度、調査地点、落差工(|)、分水路(■)の位置、A~D区は解析区域



### 3 結果と考察

#### 3-1 河川構造物の形態と位置

大岡川に設置されている河川構造物の形態と位置を表-2、図-2、落差工の落差をまとめたのが図-3、代表的な落差工を写真1~3に示した。

落差工等の設置場所は合計 33 基で、落差のある場所は 43 ヶ所であった。これは落差工、床止め堰堤で連続 2 段の落差がある構造物は、名称 (D) は一つとして扱い、落差値を 2 つ記した。

全体の落差の割合は、落差 40cm 以下の落差工が 29 基、67.4%で、それ以上が 14 基、32.6%であった。101cm 以上が 5 基、11.6%であった。

河川構造物は、ST.4 の下流から三面コンクリート製の多段式落差工が設置され、落差高も 1 m 以上の構造物が 4 段連続しており、その他、40cm 以上の落差が 3 基ある。河床勾配は 1 / 10 で高い値であった (写真 1)。下から三段目からは、底面のコンクリートが掘り返えされ、生息場確保のためと思われる工事が施工されていた。

ST.5 から ST.7 までの約 3 km の間は、落差工が 21 基設

置されており、落差の平均値が 40.4cm で、最大値が D29 の 1.4m、落差工下の基礎岩盤 (勾配約 20 度) を含めると 2.8m の落差があった (写真 2)。D17 と D20 までの河川形態は三面コンクリートとなっており、高さ 30cm の木堰を作り、小さな魚道を設置している。魚道の構造は、横幅が 43cm、長さ 200cm、勾配 10 度の小規模な木製の導壁式魚道であった。ここの他に魚道は設置されていない。この区域の河床勾配は 1 / 150 であった。

ST.7 から ST.9 までは約 1 km の間に構造物が 4 基と少なかった。落差の最大値は D30、33 の 50cm で、これら落差工は 2 段であり、D30 は上落差と下落差の距離が 1 m、最下流に設置されている D33 は 5.1m、水叩き部はコンクリート平面であった (写真 3)。

ST.9 から 400m 下流には分水路が設置されており、堰門は開放された状態で、平常水位の時はそのまま流下する。この分水路は大岡川分水路で洪水時に、日野川の分水路取水口からの流れと合流させ根岸湾に放流するようになっている。この区域の河床勾配は 1 / 222 であった。

ST.10 の 2 ヶ所で置石等により渡りが作られているが、

表-1 調査地点の河川形態と流速、護岸構造等

地点	地点名	調査区域	淵型	川幅 m	流れ幅 m	最大水深 cm	長さ m	流速 m/s	河床	護岸構造	
ST.1	氷取沢		淵	S	1.9	1.9	31.0	4.5	0.031	砂泥	土
			瀬		2.0	1.0	5.0	7.0	0.095	岩盤	土
			淵	M	2.0	1.6	30.0	10.0	0.025	砂泥	土
ST.2	氷取沢		瀬		2.0	2.0	5.0	3.0	0.762	岩盤	土
			淵	S	2.7	2.7	62.0	4.0	0.031	砂泥	土
ST.3	氷取沢		瀬		4.0	2.0	2.0	5.0	0.285	岩盤	土
			淵	M	4.9	3.4	70.0	10.0	0.027	砂礫	土・木板
ST.4	氷取沢		瀬		3.0	3.0	2.0	2.0	0.150	岩盤	土
			淵	S	3.8	3.8	58.0	7.0	0.027	砂礫	土
ST.5	氷取沢		瀬		3.3	0.4	4.0	3.0	0.380	砂礫	土
			淵	M	3.3	2.5	29.0	20.0	0.028	岩盤・砂礫	土・木板
ST.6	陣屋下橋		瀬		6.0	2.0	10.0	3.0	0.204	礫	コンク
			淵	MD	6.0	2.2	53.0	30.0	0.044	岩盤	コンク
ST.7	向坂橋		瀬		6.5	1.3	30.0	15.0	0.431	岩盤	コンク
			淵	S	6.5	4.2	86.0	8.8	0.056	砂礫	コンク
ST.8	天谷橋		瀬		6.0	3.6	10.5	50.0	0.262	礫	コンク
			淵合流点	M	6.0	6.0	1.5m以上	20.0	0.077	砂礫	コンク
			落差工下の淵	F	4.5	3.3	62.0	4.5	0.039	礫	コンク
			淵	M	4.5	3.8	78.0	9.0	0.120	砂礫	コンク
ST.9	曲田橋		瀬		6.2	4.3	10.5	50.0	0.212	礫	コンク
			淵頭		-	-	-	-	0.147	岩盤	コンク
ST.10	青木橋		淵	S	4.2	3.3	70.0	12.6	0.034	砂礫	コンク
			瀬		4.6	4.6	35.0	12.2	0.616	礫	コンク
ST.11	花見橋		淵	M	6.2	6.2	33.0	8.3	0.142	砂礫	コンク
			瀬		13.3	9.9	13.0	12.8	0.375	砂礫	コンク
ST.12	井土ヶ谷橋		淵	S	13.3	6.7	30.0	50.0	0.110	砂礫	コンク
			瀬		22.0	22.0	1.5m以上	-	-	砂泥	コンク

注) 調査地点の形態、流速は2004年8月16日に計測した。コンク：コンクリートブロック

表－２ 大岡川に設置されている河川構造物の形態と調査地点の位置

河川構造物	構造物名	調査地点	堰高	堰下水深	落差	勾配	河口からの距離	河床高度
			cm	cm	cm	度	km	m
-	-	ST.1	-	-	-	-	15.4	65
-	-	ST.2	-	-	-	-	15.2	62
-	-	ST.3	-	-	-	-	15.0	-
-	-	ST.4	-	-	-	-	14.9	58
D1	落差工(蛇籠)	-	50	10	40	90	14.8	-
D2	落差工	-	108	13	95	70	14.7	54
D3	落差工	-	121	8	113	70	-	-
D4	落差工	-	115	2	113	70	-	-
D5	落差工	-	106	2	104	90	-	-
D6	落差工	-	123	23	100	90	-	-
D7	落差工	-	71	23	48	90	-	-
-	落差工	-	25	16	9	90	-	-
D8	落差工	-	68	31	37	90	-	-
-	-	ST.5	-	-	-	-	14.6	44
D9	落差工	-	41	18	23	90	14.4	-
D10	落差工	-	68	34	34	90	14.3	-
D11	落差工	-	27	10	17	90	14.2	-
D12	落差工	-	61	23	38	90	14.1	-
-	落差工	-	42	31	11	90	-	-
D13	落差工	-	71	22	49	90	14.1	-
-	落差工	-	32	18	14	90	-	-
D14	落差工	-	61	24	37	90	14.0	-
-	落差工	-	40	28	12	90	-	-
D15	落差工	-	78	20	58	90	13.9	42.1
-	落差工	-	24	7	17	90	-	-
D16	木堰	-	30	2	28	90	13.4	-
D17	木堰(魚道設置)	-	30	1	29	90	13.3	-
D18	木堰(魚道設置)	-	30	1	29	90	13.2	-
D19	木堰(魚道設置)	-	30	1	29	90	13.2	-
D20	木堰(魚道設置)	-	90	50	40	90	13.1	-
D21	落差工	-	70	2	68	45	12.9	36
D22	落差工	-	35	13	22	90	12.9	-
-	淵	-	0	-	-	-	12.8	-
D23	落差工	-	26	5	21	90	12.8	-
D24	落差工	-	120	29	91	45	12.7	-
D25	落差工	-	62	27	35	90	12.6	-
D26	落差工	-	57	32	25	90	12.2	-
-	岩盤	-	0	-	-	20	-	-
D27	落差工	ST.6	75	1	74	20	11.9	30
-	落差工	-	40	17	23	90	-	-
D28	落差工	-	33	17	16	90	-	26
-	落差工	-	66	55	11	90	11.5	-
D29	落差工	-	141	1	140	70	11.3	22
-	岩盤	ST.7	150	10	140	10	-	-
D30	落差工	-	42	10	32	45	11.0	-
-	落差工	-	50	20	30	90	-	-
D31	落差工	-	27	8	19	90	10.6	-
D32	落差工	-	22	9	13	90	10.3	-
D33	落差工	ST.8	50	8	42	90	-	18
-	落差工	-	18	10	8	90	10.2	-
-	落差工	ST.9	-	-	-	-	9.3	13
-	分水路水門	分水路	-	-	-	-	8.7	-
-	関之橋	-	-	-	-	-	8.5	9.6
-	青木橋	ST.10	-	-	-	-	7.1	4
-	花見橋	ST.11	-	-	-	-	5.1	0
-	井土ヶ谷橋	ST.12	-	-	-	-	3.9	-2

表-3 淵型・形態と河川構造物

地点	河川構造物	場所名 (河口からの距離)	淵型	最大水深	川幅	基質
				cm	m	
ST.1		氷取沢 (15.4)	M	30	2	砂泥
ST.2			S	62	2.7	砂礫
ST.3			M	70	4.9	岩盤・砂礫
ST.4			S	58	3.8	岩盤・砂礫
	D1		F	10	2.5	コンク
	D2		F	13	2.5	コンク
	D3		F	8	2.5	コンク
	D4		F	2	2.5	コンク
	D5		F	1.5	2.5	コンク
	D6		F	23	4.8	コンク
	D7		F	16	4.8	コンク・砂礫
	D8		F	31	4.8	砂礫
ST.5		氷取沢 (14.6)	M	29	3.3	砂礫
	D9		F	32	4	砂礫
			M	30	3.8	岩盤・砂礫
	D10		F	38	3.8	砂礫
	D11		F	10	5	砂礫
	D12		F	31	3.2	砂礫
	D13		F	22	3.2	砂礫
	D14		F	24	3.2	コンク
			F	28	3.2	砂礫
			MD	44	3.4	岩盤・砂礫
	D15	上之橋 (13.9)	F	20	3.4	コンク
			F	7	3.4	コンク
			R	47	3	岩盤・砂礫
			SM	35	1.5	砂礫
			M	33	2	砂礫
			M	35	2	岩盤・砂礫
			M	50	1	堆積物
			M	60	1.8	砂礫
			M	40	1.8	砂礫
	D16	下ヶ谷橋 (13.4)	F	2	6.1	コンク
			D	28	6.1	砂泥
	D17		F	2	6.1	コンク
			D	30	6.1	砂泥
	D18		F	2	4.6	コンク
			D	30	4.6	砂泥
	D19		F	1	3.8	コンク
			D	40	3	砂泥
	D20		F	58	5	コンク
		遠向橋	M	70	4	砂泥・大礫
			SM	80	3.3	岩盤・砂泥
			M	45	2.8	砂礫
			M	50	3	砂泥・礫
	D21	関ノ向橋下	F	2	6.1	コンク
	D22		F	13	6.1	岩盤
		自然護岸	M	54	3	砂泥
	D23		F	28	4.6	泥
	D24		F	62	3.8	大礫・砂泥
	D25	神戸橋 (12.6)	F	96	4.8	砂礫
			S	140	2	岩盤・砂礫

表-3 のつづき

地点	河川構造物	場所名 (河口からの距離)	淵型	最大水深	川幅	基質
				cm	m	
			S	30	6	砂礫
			S	63	6	砂礫
			M	40	4	砂礫
	D26		F	32	4	砂泥・礫
	岩盤		S	80	6.8	砂礫
			S	63	2.5	岩盤
ST.6		陣屋下橋 (11.9)	MD	70	2.4	岩盤・砂礫
	D27	陣屋下橋上	F	1	6	コンク
			F	53	6	砂礫
			S	40	1.5	岩盤
			S	17	5	礫
		陣屋下橋下	M	30	5	岩盤・礫
			SM	100	3.5	砂礫
			SM	105	6	砂礫
	D28		S	17	6	泥、礫
			M	87	6	砂礫
			S	95	4.2	砂礫
			SM	100	5	岩盤・砂礫
			SM	60	5	砂礫
			SM	150	6.8	砂礫
			SM	80	6.8	砂礫
			S	70	6	砂礫
ST.7	D29	向坂橋 (11.0)	F	1	5.1	岩盤
			S	37	5.1	岩盤
			S	30	5.1	岩盤・砂礫
			S	100	4.5	岩盤・砂礫
			M	80	3.5	砂泥
			SM	65	3.6	砂礫
			S	50	3.5	砂礫
	D30	JR根岸線架橋上	F	10	5	コンク
			F	37	5	砂礫
			M	60	4	砂礫
			M	30	2.3	砂泥・礫
			S	65	4	岩盤、砂
			SM	94	4	砂礫
			S	70	2.5	砂礫
			S	150	5	砂礫
	D31	松の内橋 (10.3)	F	8	5	コンク・砂礫
			S	73	4	岩盤・砂
			S	40	5	コンク・砂
			M	35	2.8	砂礫
			M	30	4.6	礫
			S	100	4.6	礫
	D32		F	77	4.6	コンク・砂泥
	合流点		SM	150	6	岩盤・砂礫
			M	80	3.3	礫
ST.8	D33	天谷橋下 (10.2)	F	8	4.5	コンク
			F	10	4.5	岩盤・礫
			S	62	4.5	岩盤・砂礫
			M	78	4.5	岩盤・砂礫

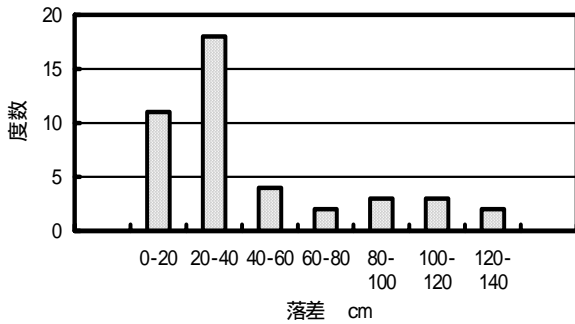


図-3 落差工の落差ヒストグラム  
級間隔：く～≦

障害物とは言えず落差工等の河川構造物の対象とはしなかった。ST.11から下流は感潮域で、河床勾配は1/354であった。

以上、河川構造物は、ST.5からST.7までの地点間で多く設置されており、落差工の規模から見ると上流のST.1～4とST.5間のD3～6までの落差が高く、ついでST.7上のD29であった。

### 3-2 淵の位置と型、基質、水深

ST.1からST.8までの淵の位置と型、河床の基質等を表-3、型別の淵数、水深の平均値、標準偏差等を表-4に示した。

表-4 淵型別の最大水深 (cm) の平均値等

淵型	標本数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
F	37	22.1	22.7	1	96
M	24	49.6	19.1	29	87
S	23	65.7	34.3	17	150
SM	11	92.6	35.1	35	150
D	4	32.0	5.4	28	40
MD	2	57.0	18.4	44	70
R	1	47.0	-	-	-
計	102	47.4	34.6	1	150

全体で101の淵が存在し、2001年から2004年の間に水深等で若干変化が見られたが、淵の位置に関してはほとんど変化がなかった。ST.1～4までの間は岩盤が露出し、S型の淵が形成されており、最源流の淵底質が砂泥、下流は岩盤、砂泥であった。ST.5から6まで淵数は45、F型が20、M型が12、S型、MD型がそれぞれ5、1で、F型が最も多く、河川構造物の設置数を反映していた。ST.6～7までは淵数が16、S、SM型が11、F型は3、MD型が1と少なく、ST.7～8は、淵数が28、S型が11、M、F型が7であった。ST.6～8がS、MS型等の基質変化型が多かった。

淵床の基質は、砂礫が42で最も多く、岩盤、岩盤礫、岩盤泥等が24、コンクリート(帯工等)が22の順で多かつ

た。特にST.7～8で岩盤が多く、大岡川の地質性状を反映しているものと思われ、また淵の成因区分のS型を形成する理由となっている。

淵型別の水深の平均値では、MS型が92.6cmと最も深く、ついでS型の65.9cmであった。F型は22.1cmと比較的浅く、最小値と最大値の範囲が1～96cmと広がった。これは落差工下の基質性状を反映していた。

淵の形状については今回、計測調査を行なわなかったが、調査地点の淵の形態をみると水深が上、中流域で5cm以下と浅く、川幅も狭かった。基質は岩盤、礫、砂礫であった。

### 3-3 水温変化等

水温変化は、月1回の頻度で測定した値の年平均値と最小値、最大値を図-4に示した。

平均値の比較では、上流域のST.1からST.4まではあまり差がないが、ST.5より水温が高くなりST.7では、上流域との差が3以上になっていた。季節別にみると上流と下流域との差で、冬では4～5、夏が6～8で夏の方が差が大きかった。特に7月は上流が約20、下流では30前後になっており、10近く差となっていた。

感潮域は、干潮時に調査を行った。塩分濃度の平均値はST.12が11.7パーミル、ST.11が0.6パーミルであった。ST.12は、感潮域の中でも塩分濃度が比較的高い地点であった。

他の水質項目については、2002年度に行った市内河川生物相調査の結果<sup>12)</sup>を参照すると、BOD値がST.3、ST.6の上流域では、夏で1mg/l以下、冬で1.6、2.4mg/l、ST.9の

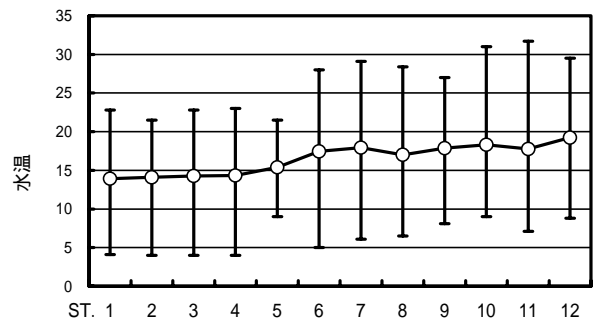


図-4 地点別の水温変化、○：平均値、|：最小値、最大値

中流域が夏で1.4 mg/l、冬で4.6mg/l、ST.10、ST.12の下流域では夏で1～1.5mg/lの範囲、冬で1.9mg/lを示しており、中流域で冬に値が高くなる傾向を示していた。

大岡川水系の下水道普及率は、1997年度で99.7%、水量が1980年代より約 $20 \times 10^3 \text{m}^3/\text{日}$ となっている<sup>13)</sup>。

### 3-4 大岡川の出現魚種

今回、大岡川で確認された種数は、8科30種(属、科の不明種、飼育品種を含む)であった。種別地点別の採集個体数の計を表-5に示した。学名は中坊他<sup>14)</sup>、Stebenson<sup>15)</sup>に従った。

採集個体数は、アブラハヤが全体(4945尾)の37%、ついでスミウキゴリが21%、タカハヤが16%、シマドジョウ

表-5 大岡川の出現魚種と採集個体数

L.T: Life Type 生活型、G: Genuine freshwater fishes 純淡水魚、D: Diadromous fishes 通し回遊魚、P: Peripheral freshwater fishes 周縁性淡水魚  
 数字: 出現種の採集個体数、Ob: 目視、-: 未確認、\*: 飼育品種、\*\*: 移入種

No.	Taxon	科	種	L.T	ST.												採集			
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	個体数計	%		
1	Anguillidae	<i>Anguilla japonica</i>	ウナギ	ウナギ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	0.0	
2	Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	コイ	コイ	G	-	-	-	-	-	-	-	Ob	Ob	Ob	Ob	Ob	0	0.0	
3		<i>Cyprinus carpio</i> *		イロゴイ*	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ob	-	-	0	0.0	
4		<i>Carassius carassius auratus</i> *		キンギョ*	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	0.0	
5		<i>Zacco platypus</i>		オイカワ	G	-	-	-	-	-	Ob	1	-	-	-	-	-	1	0.0	
6		<i>Phoxinus lagowskii steindachneri</i>		アブラハヤ	G	-	12	24	201	110	922	393	137	36	13	-	-	1848	37.4	
7		<i>Phoxinus oxycephalus jouyi</i> **		タカハヤ**	G	327	16	50	105	36	186	54	4	2	-	-	-	780	15.8	
8		<i>Phoxinus</i> sp.		ヒメハヤ属	G	60	-	-	-	1	30	2	6	8	-	-	-	107	2.2	
9		<i>Tribolodon brandtii</i>		マルタ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	-	-	21	0.4	
10		<i>Pseudorasbora parva</i>		モツゴ	G	-	-	-	-	1	1	-	1	-	1	-	-	4	0.1	
11	Cobitidae	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	ドジョウ	ドジョウ	G	-	-	-	-	1	4	8	2	-	3	-	-	18	0.4	
12		<i>Cobitis biwae</i>		シマドジョウ	G	-	3	4	17	54	161	205	206	9	-	-	-	659	13.3	
13		<i>Lefua echigonia</i>		ホトケドジョウ	G	75	2	-	-	9	5	1	-	-	-	-	-	92	1.9	
14	Plecoglossidae	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	アユ	アユ	D	-	-	-	-	-	-	6	3	6	-	1	-	16	0.3	
15	Mugilidae	<i>Mugil cephalus cephalus</i>	ボラ	ボラ	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ob	52	16	7	75	1.5
16	Adrianichthyidae	<i>Oryzias latipes</i>	メダカ	メダカ	G	-	-	-	-	1	-	-	1	-	27	28	4	61	1.2	
17		<i>Oryzias latipes</i> *		ヒメダカ*	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1	-	5	0.1	
18	Moronidae	<i>Lateolabrax japonicus</i>		スズキ	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ob	1	1	0.0
19	Teraponidae	<i>Rhynchopelates oxyrhynchus</i>		シマイサキ	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	0.0
20	Gobiidae	<i>Gymnogobius petschiliensis</i>	ハゼ	スミウキゴリ	D	-	-	-	-	30	47	350	337	35	172	59	8	1038	21.0	
21		<i>Gymnogobius urotaenia</i>		ウキゴリ	D	-	-	-	-	-	-	-	1	2	15	2	-	20	0.4	
22		<i>Gymnogobius castaneus</i>		ピリング	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	6	0.1	
23		<i>Glossogobius olivaceus</i>		ウロハゼ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0	
24		<i>Acanthogobius flavimanus</i>		マハゼ	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	13	37	69	1.4	
25		<i>Redigobius bikolanus</i>		ヒナハゼ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	0.1	
26		<i>Mugilogobius abei</i>		アベハゼ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	12	0.2	
27		<i>Rhinogobius</i> sp. OR		トウヨシノボリ	D	-	-	1	3	22	4	-	1	-	-	-	-	31	0.6	
28		<i>Tridentiger brevispinis</i>		ヌマチチブ	D	-	-	-	-	-	-	-	1	-	30	24	1	56	1.1	
29		<i>Tridentiger obscurus</i>		チチブ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8	0.2	
30		Gobiidae sp		ハゼ科の一種	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	0.1	
採集個体数 計						462	33	79	326	267	1360	1020	701	98	360	148	91	4945	100.0	
種類数						3	4	4	4	10	10	9	13	9	15	13	14	-	-	

が13%の順であった。この4種で全体の約90%を占めていた。

生活型の区分では、純淡水魚がコイ、イロゴイ、キンギョ、オイカワ、アブラハヤ、タカハヤ、ヒメハヤ属、モツゴ、ドジョウ、シマドジョウ、ホトケドジョウ、メダカ、ヒメダカの13種、通し回遊魚はウナギ、マルタ、アユ、スミウキゴリ、ウキゴリ、ウロハゼ、ヒナハゼ、アベハゼ、トウヨシノボリ、ヌマチチブ、チチブの11種、ウナギを除いて全て両側回遊魚であった。周縁性淡水魚はボラ、スズキ、シマイサキ、ピリング、マハゼの5種、ハゼ科で種不明の1種であった。

大岡川の魚類相の特徴は、他の市内河川では分布が限定され、希少種となっている種類が多く出現するが、中流域に多く出現するフナ属、ドジョウ、モツゴ等の魚種が著しく少ないことであった。また、通し回遊魚では種類数が多

く源流域まで出現していたことである。

大岡川水系の魚類相に関する調査は1976年から実施され、魚類相の変遷が明らかにされている<sup>9,16-23)</sup>。

その概要を調査年度ごとにまとめたのが表-6である。源流域(今回の調査地点のST.3、5)では1976年頃、アブラハヤが優占種で、シマドジョウ、ホトケドジョウ、トウヨシノボリが出現していた。特に1987年まではトウヨシノボリが比較的多く確認されていたが、同時期に道路施設が建設されたため右側の流入河川が暗渠化し、それ以後、数を減少させていった。この源流域では、1987年のイベント時に移植放流が行なわれた。その時にアブラハヤと同属の魚種で、過去、市内では生息を確認していないヒメハヤ属が移入されと思われ、2002年にタカハヤと確認された<sup>9)</sup>。

上流域(ST.6)は、源流域の魚類相とほぼ同じ魚種が出現し、アブラハヤが優占種、ついでシマドジョウが多いも

表一 6 大岡川水系の魚類相の変遷

L.T: Life Type 生活型、G: Genuine freshwater fishes 純淡水魚、D: Diadromous fishes 通し回遊魚、P: Peripheral freshwater fishes 周縁性淡水魚  
:確認種、-: 未確認種、\*: 飼育品種、\*\*: 移入種

No.	Taxon	科	種	L.T	調査年度										
					1976	1979	1984	1987	1990	1993	1996	1999	2002	今回	
1	Anguillidae	<i>Anguilla japonica</i>	ウナギ	ウナギ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Clupeidae	<i>Sardinella zunasi</i>	ニシン	サツバ	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3		<i>Konosirus punctatus</i>		コノシロ	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i> *	コイ	コイ(イロコイも含む)	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5		<i>Carassius gibelio langsdorfi</i>		ギンブナ	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6		<i>Carassius</i> sp.		フナ属	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7		<i>Carassius carassius auratus</i> *		キンギョ*	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8		<i>Zacco platypus</i>		オイカワ	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9		<i>Phoxinus lagowskii steindachneri</i>		アブラハヤ	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10		<i>Phoxinus oxycephalus jouyi</i> **		タカハヤ**	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11		<i>Phoxinus</i> sp.		ヒメハヤ属	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12		<i>Tribolodon brandti</i>		マルタ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13		<i>Tribolodon hakonensis</i>		ウグイ	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14		<i>Pseudorasbora parva</i>		モツゴ	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Cobitidae	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	ドジョウ	ドジョウ	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16		<i>Cobitis biwae</i>		シマドジョウ	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17		<i>Lefua echigonia</i>		ホトケドジョウ	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Plecoglossidae	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	アユ	アユ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	Mugilidae	<i>Mugil cephalus cephalus</i>	ボラ	ボラ	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20		<i>Chelon affinis</i>		セスジボラ	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Poeciliidae	<i>Gambusia affinis</i>	カダヤシ	カダヤシ	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Adrianichthyidae	<i>Oryzias latipes</i>	メダカ	メダカ	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23		<i>Oryzias latipes</i> *		ヒメダカ*	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Moronidae	<i>Lateolabrax japonicus</i>		スズキ	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Teraponidae	<i>Terapon jarbua</i>		コトヒキ	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26		<i>Rhyncopelates oxyrhynchus</i>		シマイサキ	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	Gobiidae	<i>Gymnogobius petschiliensis</i>	ハゼ	スミウキゴリ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28		<i>Gymnogobius urotaenia</i>		ウキゴリ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29		<i>Gymnogobius heptacanthus</i>		ニクハゼ	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30		<i>Gymnogobius castaneus</i>		ビリンゴ	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31		<i>Glossogobius olivaceus</i>		ウロハゼ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32		<i>Acanthogobius flavimanus</i>		マハゼ	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33		<i>Acanthogobius lactipes</i>		アシシロハゼ	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34		<i>Redigobius bikolanus</i>		ヒナハゼ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35		<i>Mugilogobius abei</i>		アベハゼ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36		<i>Rhinogobius</i> sp. OR		トウヨシノボリ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37		<i>Tridentiger brevispinis</i>		ヌマチチブ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38		<i>Tridentiger obscurus</i>		チチブ	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39		Gobiidae sp		ハゼ科の一種	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
種類数					5	5	8	10	14	16	15	13	17	29	

のとなっていた。中流域 (ST.9) は 1984 年まで魚類が確認できなかった。その後、1987 年の調査時にはフナ類が確認され、1990 年にはアブラハヤ、シマドジョウが確認され、源流域から分布拡大してきたものと推測している。下流域 (ST.10、12) は、マハゼ、ボラが 1979、1987 年に確認されていた。1990 年度より通し回遊魚、周縁性淡水魚が多く出現し、特にアユ、スミウキゴリ、ウキゴリ等は上流域まで確認されるようになってきた。

今回はじめて確認された種類は、ウナギ、オイカワ、ヒメダカ、シマイサキ、ビリンゴ、ウロハゼ、ヒナハゼの 7 種であった。その中でオイカワ、ヒメダカは放流されたものと思われた。他は通し回遊魚、周縁性淡水魚であった。

### 3-5 流程分布の季節変化

特徴的な出現範囲を示した種類と採集個体数が多かった純淡水魚 5 種、通し回遊魚 7 種の季節変化を図 - 5、6、7、8、9 に示した。

ただし、予備調査期間を含めたので、2003 年 5 月、6 月 ST.1 ~ 4、8、9 ~ 12、7 月は、ST.2、4、8 月は、ST.11 ~ 12、9 月が ST.11 ~ 4、ST.12、11 月が ST.9 ~ 12 は未調査で欠測 (NR) であった。

#### (1) アブラハヤとタカハヤ

ヒメハヤ属のアブラハヤとタカハヤにおける流程分布の季節変化を図 - 5 に示した。

タカハヤは、最源流の ST.1 に周年多く出現していた。この地点は、流れ幅が 1 m 以下の細流で、ホトケドジョウ



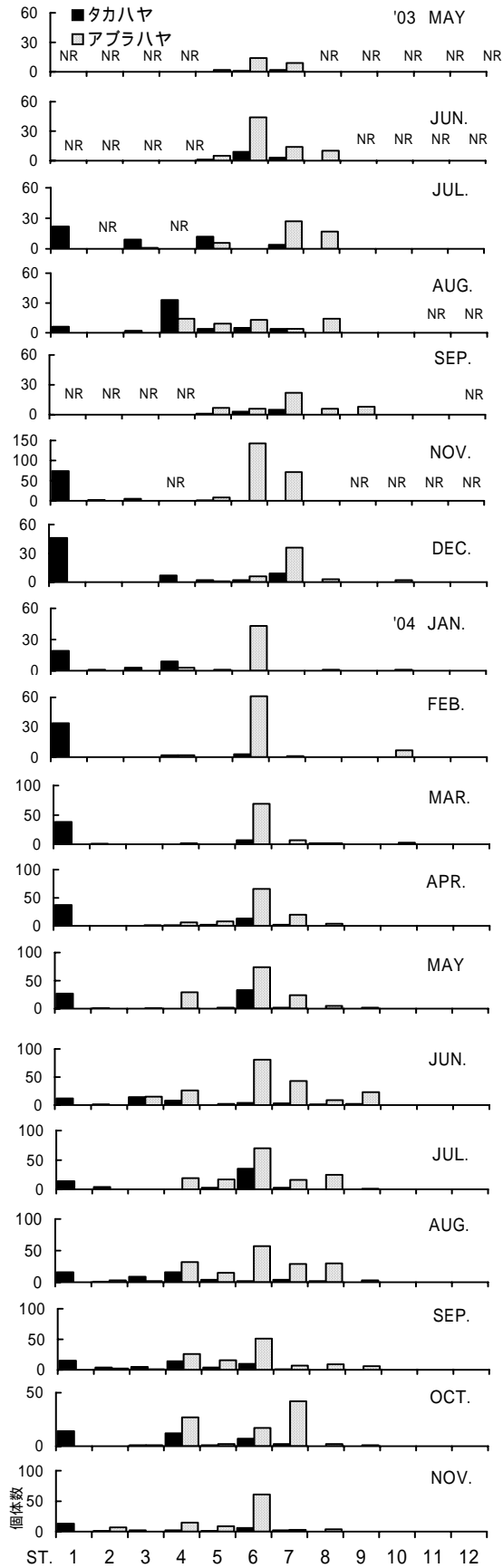


図-5 アブラハヤ、タカハヤの流程分布の変化  
NR：欠測、図-6も同様。

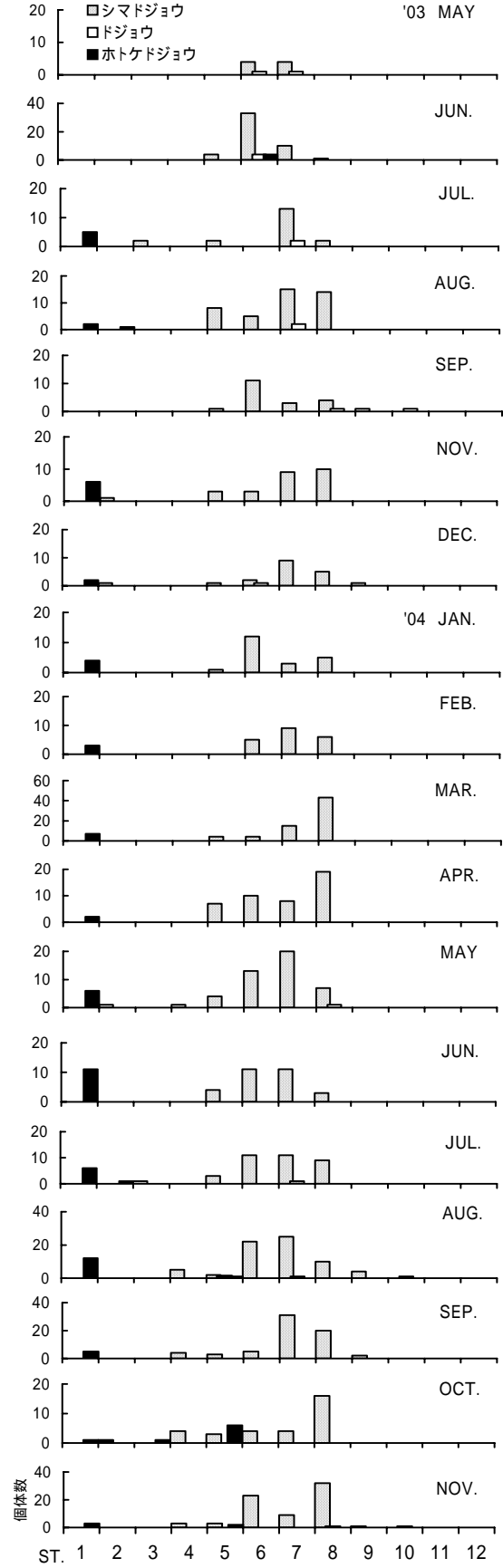


図-6 シマドジョウ、ドジョウ、ホトケドジョウの流程分布の変化

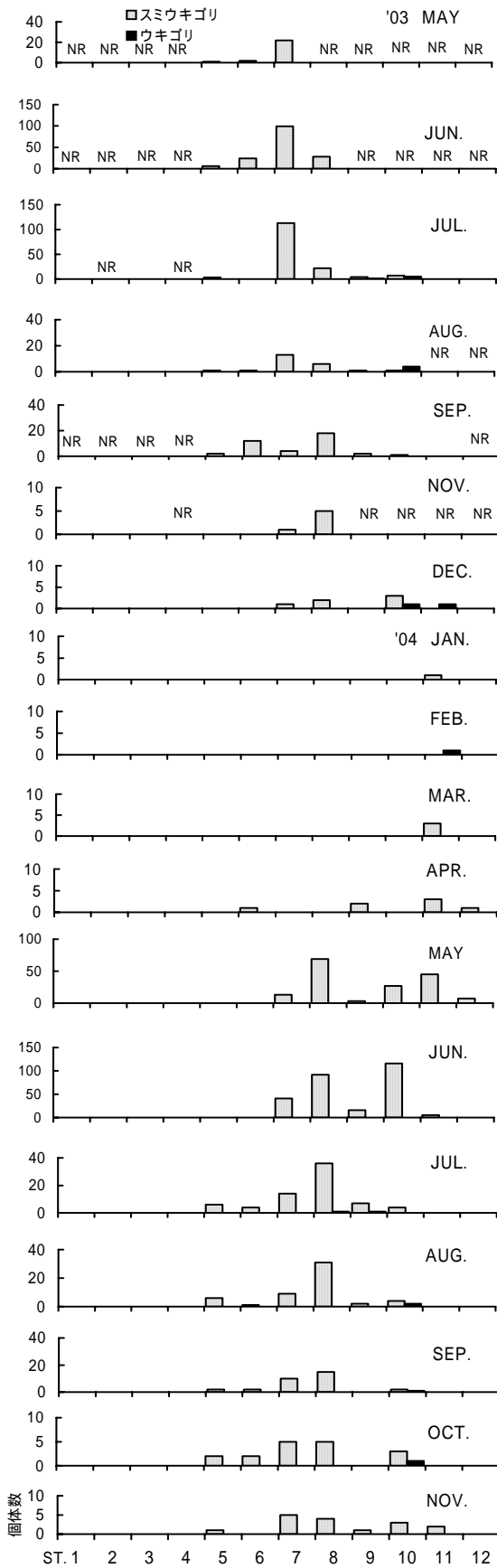


図-7 スミウキゴリ、ウキゴリの流程分布の変化  
NR：欠測、図-8も同様。

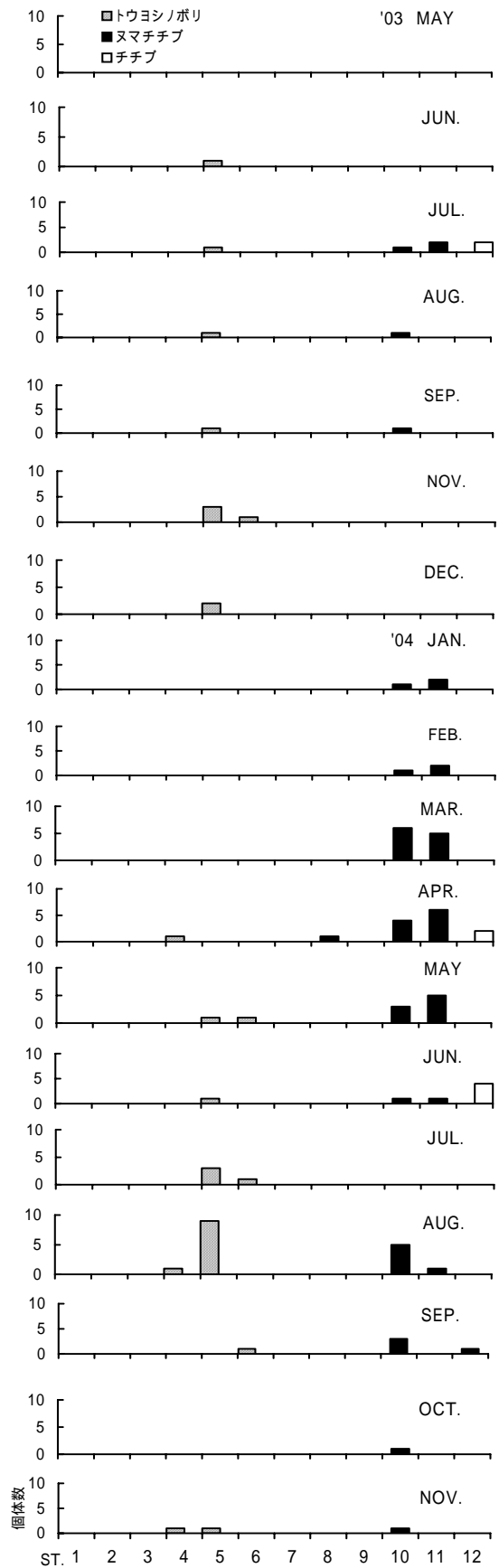


図-8 トウヨシノボリ、ヌマチチブ、チチブの  
流程分布の変化

の他に出現魚種はいなかった。同じ源流域の深みのある淵では、冬に少なくなるが、5月から11月にかけてアブラハヤが多く出現していた。上流域から中流域に位置するST.6は周年、アブラハヤが最も多く分布する区域で、特に1月～4月では、この地点のMD型淵で多く出現し、分布が集中する傾向を示していた。タカハヤはアブラハヤに比して少なく、また春から夏にかけて若干数を増加させる程度であった。中流域のST.7はアブラハヤが4月～10月までに多く出現し、ST.8は、6月～9月、ST.9では6月に他の月より増加させ、下流の地点ほど出現する期間が短かった。ST.10では12月～3月までの期間だけに出現していた。タカハヤは、ST.7より下流の地点では出現数が少なかった。

アブラハヤとタカハヤの流程分布の特徴は、両種が同所的に分布しているものの採集個体数の割合を比較すると、分布の差が明らかであった。すなわち出現率は、ST.1～10の地点でアブラハヤが0.0、42.9、32.4、65.7、75.3、83.2、94.8、97.2、94.7、100%、タカハヤが100、57.1、67.6、34.3、24.7、16.8、5.2、2.8、5.3、0.0%であった(表-5)。

両種の分布の違いについては、同一河川で共存する両種は、タカハヤが上流、アブラハヤが下流側に分布することが報告されている<sup>24,25)</sup>。本来、生息地でない川に移入された場合でも同様な結果を示していた。

#### (2) ドジョウ、シマドジョウ、ホトケドジョウ

ドジョウ科3種の流程分布を図-6に示した。

ドジョウ科の中でドジョウが最も採集個体数が少なく、流程分布の季節変化の傾向は明確でない。しかしST.5～ST.8とST.10に出現し範囲は広がった。

シマドジョウは、出現範囲が広く、源流域のST.2からST.4に少数出現し、ST.6～8に多く出現する。季節変化は、ST.7、8の地点で4月より8月まで上流よりのD29の下に多く出現し、冬では下流のST.8に比較的多く出現する傾向を示し、繁殖期に上流に移動していくことが推測された<sup>27)</sup>。この種の流程分布は、他の魚種に比較して下流の地点で多く出現する分布傾向を示した。

ホトケドジョウは、タカハヤと同様に源流域に周年出現していた。繁殖期間<sup>26)</sup>の6月～8月にかけて比較的多く出現していた。また下流では、ST.5、6で出現し、ST.7が出現した最下流の地点であった。これらの地点はまれに少数が確認されるのみで上流より分散してきた個体であると思われた。

#### (3) スミウキゴリとウキゴリ

ウキゴリ属における流程分布の季節変化を図-7に示した。

スミウキゴリは、1990年の調査時よりST.5で初めて確認され、1996年から毎回出現している<sup>9,23)</sup>。特に2002年度調査では、夏にST.5、6、9、10で出現個体数が少ないものの確認されており、この種が最近、著しく増加していることが推測された。

流程分布の季節変化をみると、1月～3月は、下流域のST.11の少ない地点で出現し、個体数も少なかった。4、5月になると多くの個体が出現し、それが下流から上流の地点へと移行し、分布範囲が拡大していった。さらに7月では源流部に近いST.5まで出現し、数を減少させながら

拡大していった。多くの個体が出現するのがD29、D33下等のST.7、8であった。11月になると分布がST.11の下流域の地点へと若干移行し、個体数も減少していく傾向を示した。

この様に、スミウキゴリの流程分布の特徴を地点別個体数から推測すると、遡上、定着、分散の季節による行動様式が明らかであった。

ウキゴリの流程分布は、下流域のST.10で7、8月に出現し、上流ではST.8で出現していた。採集個体数が少なく、明確な傾向は示すことができなかったが、同属のスミウキゴリより下流域に分布する傾向にあった。河川形態調査時は、ST.7で確認されていた。

日本列島には、ウキゴリ属としてウキゴリ(淡水型)、シマウキゴリ(中流型)、スミウキゴリ(汽水型)の3種類が分布する。ただし、市内ではシマウキゴリは確認されていない。これらの魚種が同一河川に共存する時、スミウキゴリが下流、他は中流に分布することが報告されている<sup>28,29,30)</sup>。しかし川の形態によっては異なる分布を示す場合もあるとしている。今回の結果では、上流にスミウキゴリが、下流にウキゴリが分布する傾向を示し、これら分布を異にする要因の一つに河川構造物等の影響もあることが示唆された。

#### (4) トウヨシノボリ、ヌマチチブ、チチブ

ハゼ科3種における流程分布の季節変化を図-8に示した。

トウヨシノボリは、2004年の4月～8月まで上流域の地点で出現し、1月～2月の冬では確認されなかった。源流のST.4でも確認されており、両側回遊魚の中では最も上流まで出現する種であった。ただし、この種は、多様な生活型をもち陸封型となっている集団が存在すると思われる、特にST.5では合流する右側の河川上流の魚類相を今後調査する必要があると思われる。上流には池があり1983年までヨシノボリ属が確認されていた<sup>31)</sup>。

ヌマチチブの流程分布は、3月～5月、8、9月に下流のST.10、11に比較的多く出現していた。出現した最上流はST.8のD33の下であり、遡上能力は低いと思われる。また8月では、ST.10で礫下の産卵床と卵を保護している雄を確認した。

ヌマチチブと同属のチチブは、最下流のST.12、汽水域で春から夏にかけて出現していた。両種が同一河川に生息している時、生息域が異なることが報告され、ヌマチチブが上流、チチブが下流としている<sup>32)</sup>。今回も狭い範囲ながら同様な傾向を示していた。

#### (5) アユ、マルタ

遊泳性回遊魚のアユ、マルタの流程分布を図-9に示した。なお、採集個体数だけでなく、目視観察のデータも加えて図示した。

アユは2004年の5月～9月に出現し、5月ではST.8、ST.11、6月はST.7のD29下で確認し、遊泳魚の中では最も上流の地点に出現した種類であった。9月は中流域で出現していた。2003年では、7月にST.8でのみ確認された。

マルタは、2004年の8月～11月にST.10のみで出現していた。ただし9月に上流の分水路内の淵でも確認され(樋

口、未発表) また 2002 年度調査では、ST.10、12 でも確認されていた<sup>9)</sup>。この様に流程分布は下流域に限られていた。

#### (6) その他

純淡水魚では放流されたコイ、イロゴイが ST. 8 ~ ST.12、メダカが ST.10 ~ ST.12 の下流域に多く分布し、上流にもまれに出現した。コイは下流の深い淵が形成される場所に多く分布し、D30 下まで出現していた。メダカは低水敷にガマ等を植栽した水際に出現していた。上流で出現するメダカ等は単発的に放流されたものと思われる。オイカワは今回、初記録であり新たに放流されたものと推測した。周縁性淡水魚は、ボラが ST. 9、マハゼ、ピリンゴが ST.10 まで出現し、特にマハゼは構造物がない日野川では上流域まで出現していた(樋口、未発表)。ST.12 は遇来的に出現する魚種が多かった。

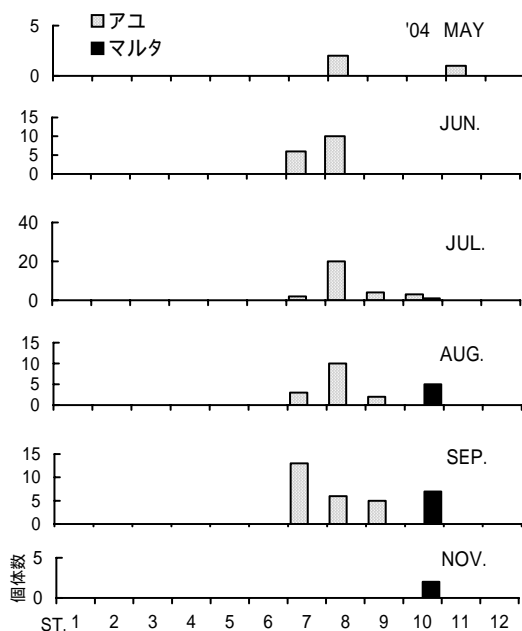


図-9 アユ、マルタの流程分布の変化

### 3-6 体長組成の季節変化

大岡川における代表的な魚類4種の季節別区域別の体長組成を図-10、11、12、13に示した。区域の設定は、1m以上の落差工が設置されている区間、下流では分水路の構造物が設置されている場所を境とした。すなわちA区域はST. 1、2、3、4、B区域がST. 5、6、C区域がST. 7、8、9、D区域がST.10、11、12をまとめて解析した(図-2)。調査期間は2003年12月~2004年11月までとした。また、月別地点別の採集個体数、体長の平均値±標準偏差を表-7、8、9、10、11に示した。

#### (1) アブラハヤ

区域別体長組成の季節変化を図-10に示した。級間隔は3mm、図中の体長間隔の表示はxの時がx-3<、xの範囲である。以下の図も級間隔が異なるが同様である。

A区域は、冬に出現個体数が少なく、5月になると新規参入個体、すなわち0+年魚と思われる25.5mmにモード

をもつ山と少数ながら79.5mmにモードの山の大型個体が出現していた。この山は時間経過とともに体長組成の幅が広がり、不明確になっていた。

B区域の体長組成は、1月に体長25.5mmにモードをもつ山と42~48mmにモードをもつ二つの山があり、その山は3月まであまり変化がなかった。4月では、7~21mmの新規参入個体の0+年魚の出現が見られた。5月はその山が明確ではなくなっていたが、6月に再び出現し、7月には0+年魚と思われる31.5mmにモードをもつ山、1+年魚の48~57mmの山が明確であった。8、9月では山が広がり、21~69mm範囲の不明確な一つの山となっていた。それは11月まで同じ傾向を示した。

C区域では冬にほとんど出現しなかったが、5月より比較的多くの個体が出現しだした。6月に1+、2+年魚あるいはそれ以上の年級群が多く出現する傾向を示していた。0+年魚は少なかった。

D区域は12、2、3月にのみC区域と同様な大きさの個体が少数出現し、分散してきたものと推測した。

以上、大岡川集団の体長組成をB、C区域を合わせた組成でみると、おおよそ28.5、52.5、70.5、91.5mmにモードを持つ4つの山が明らかになり、それは0+、1+、2+、3+年魚がそれ以上に対応したものと推測された。0+年魚の出現状況から繁殖期は4月~6月頃と推測された。

#### (2) タカハヤ

体長組成の季節変化を図-11に示した。級間隔はアブラハヤと同様である。なお、最源流部のヒメハヤ属をタカハヤの体長組成に含めて解析した。

A区域は、流程分布で見たように周年多く出現した。1、2月の体長組成は18~30mmの範囲で0+年魚と思われる山があるだけで、組成が単純で、大型魚が少なかった。この傾向は12月から3月まで続いた。この山は4月以後、生長していくが、6月からは20mm以下の新規参入個体が少数出現し、また60mm以上の1+年魚以上の個体が出現した。

B区域は出現個体数が少なく、A区域に出現する個体より大型の個体が多かった。0+年魚と思われる個体が出現するのは7月頃と推測された。しかしその後、数を減少させていった。下流のC区域では6月、8月で若干出現したが、その他の季節では少なく、比較的大型の個体が出現した。

タカハヤの体長組成に関する報告では雌雄で差があり、0+年魚の出現が6月、生長期間が短く、年齢構成は多くは3+年魚としている<sup>11)</sup>。繁殖期は明確ではないが、6、7月と思われ、アブラハヤより遅いことが示唆される<sup>33)</sup>。

#### (3) シマドジョウ

体長組成の季節変化を図-12に示した。体長の級間隔は2mmであった。

A区域では出現個体数が少なかったために体長組成の特徴が明確に把握できなかった。B区域では、6月に16mmの0+年魚、42~52mmの1+年以上の個体が出現した。8月まで生長していく傾向を示すとともに数が減少していった。

C区域を見ると、3月の体長組成では、27、45mmにモードをもつ二つの山が明らかであり、2003年生まれの0+

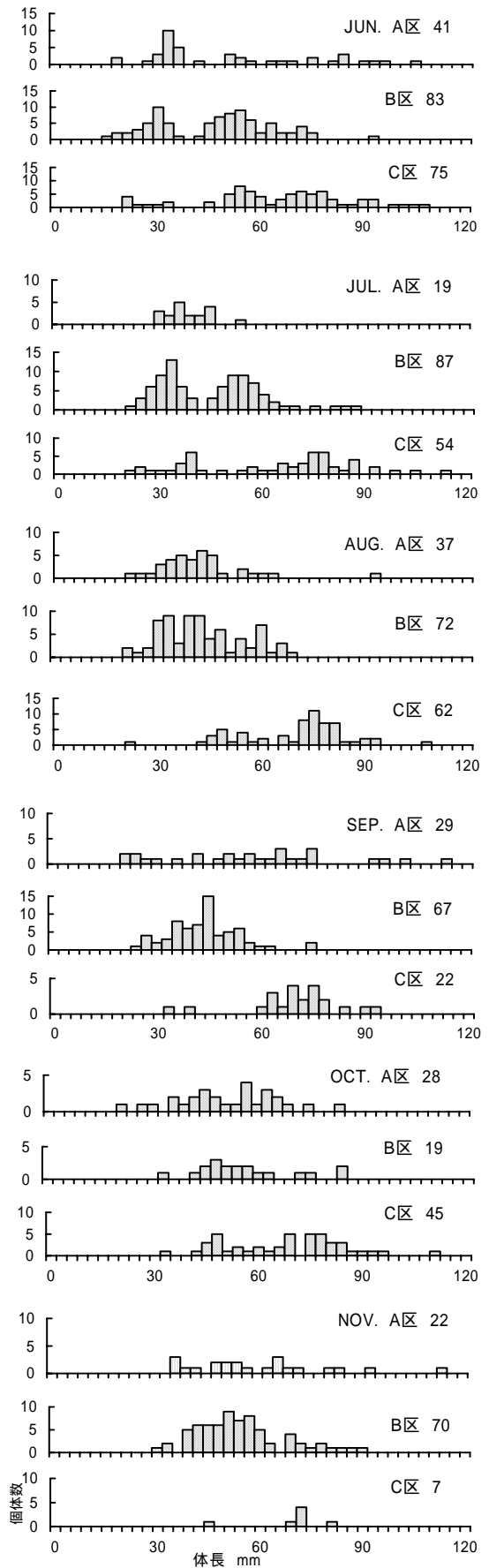
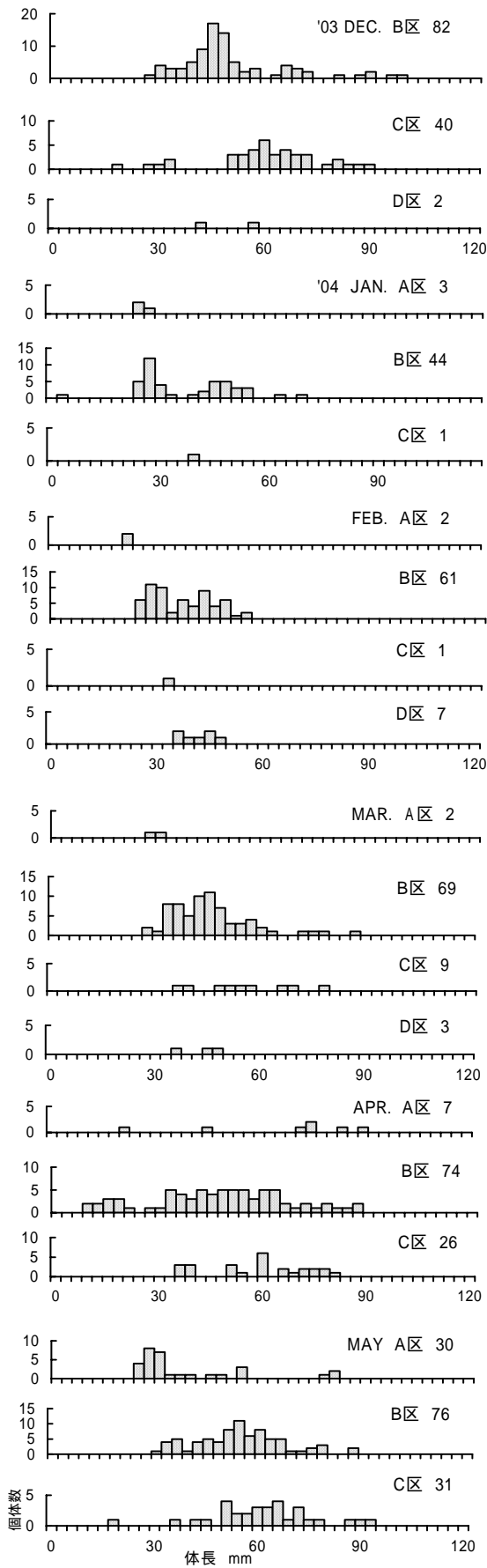


図-10 アブラハヤの体長組成の季節変化、凡例：年月日、解析区域、個体数、以下の図 11~13 も同じ。

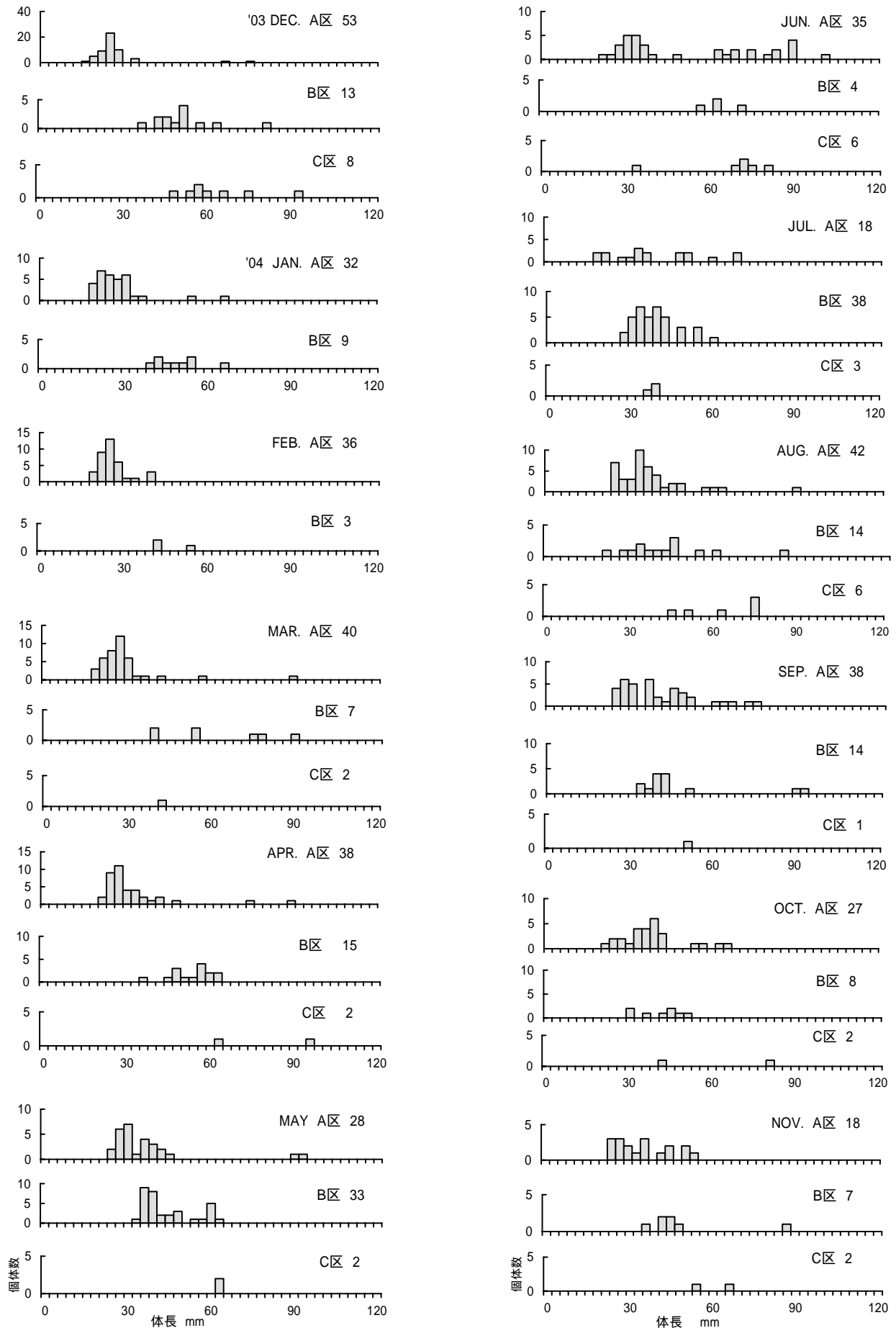


図-11 タカハヤの体長組成の季節変化



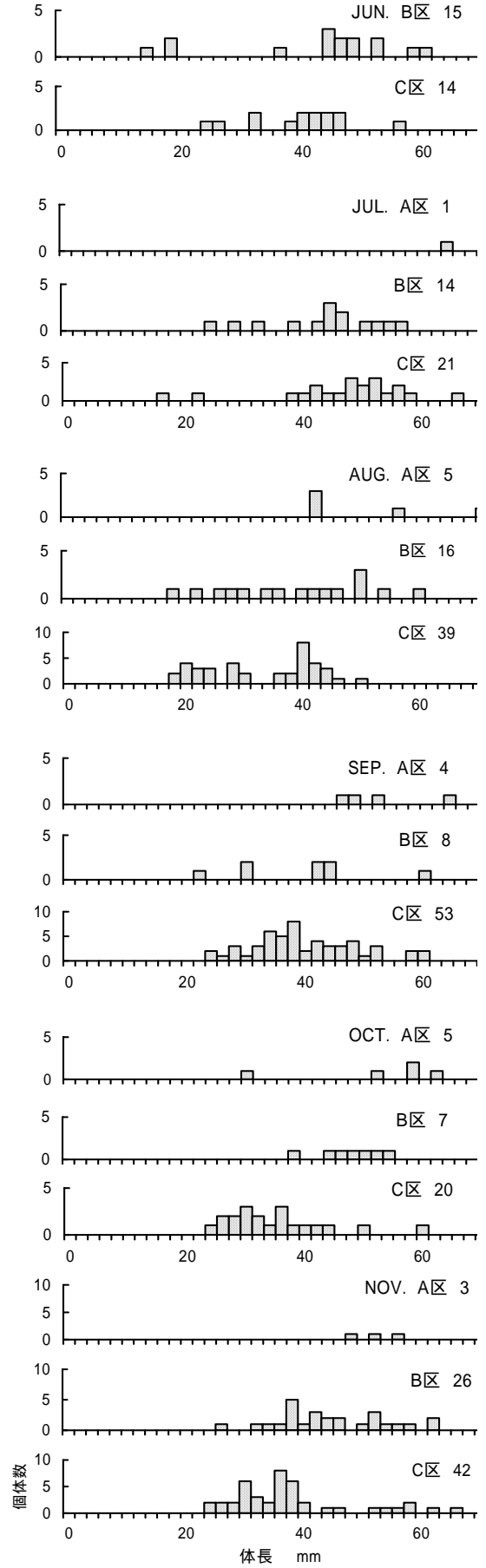
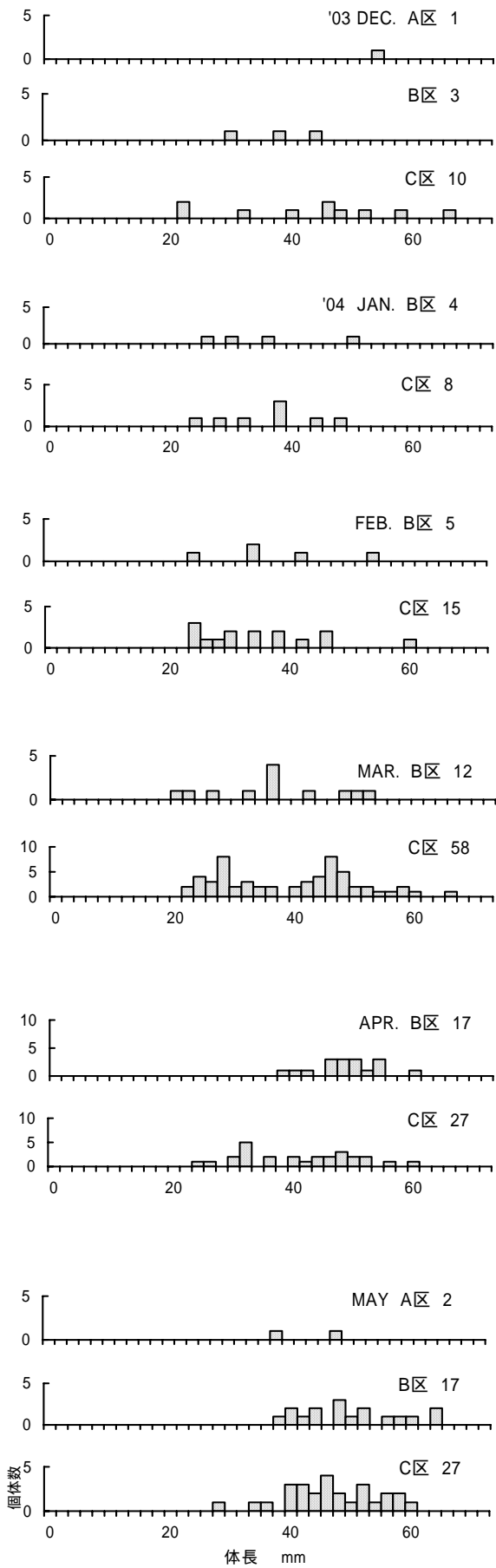


図-12 シマドジウの体長組成の季節変化

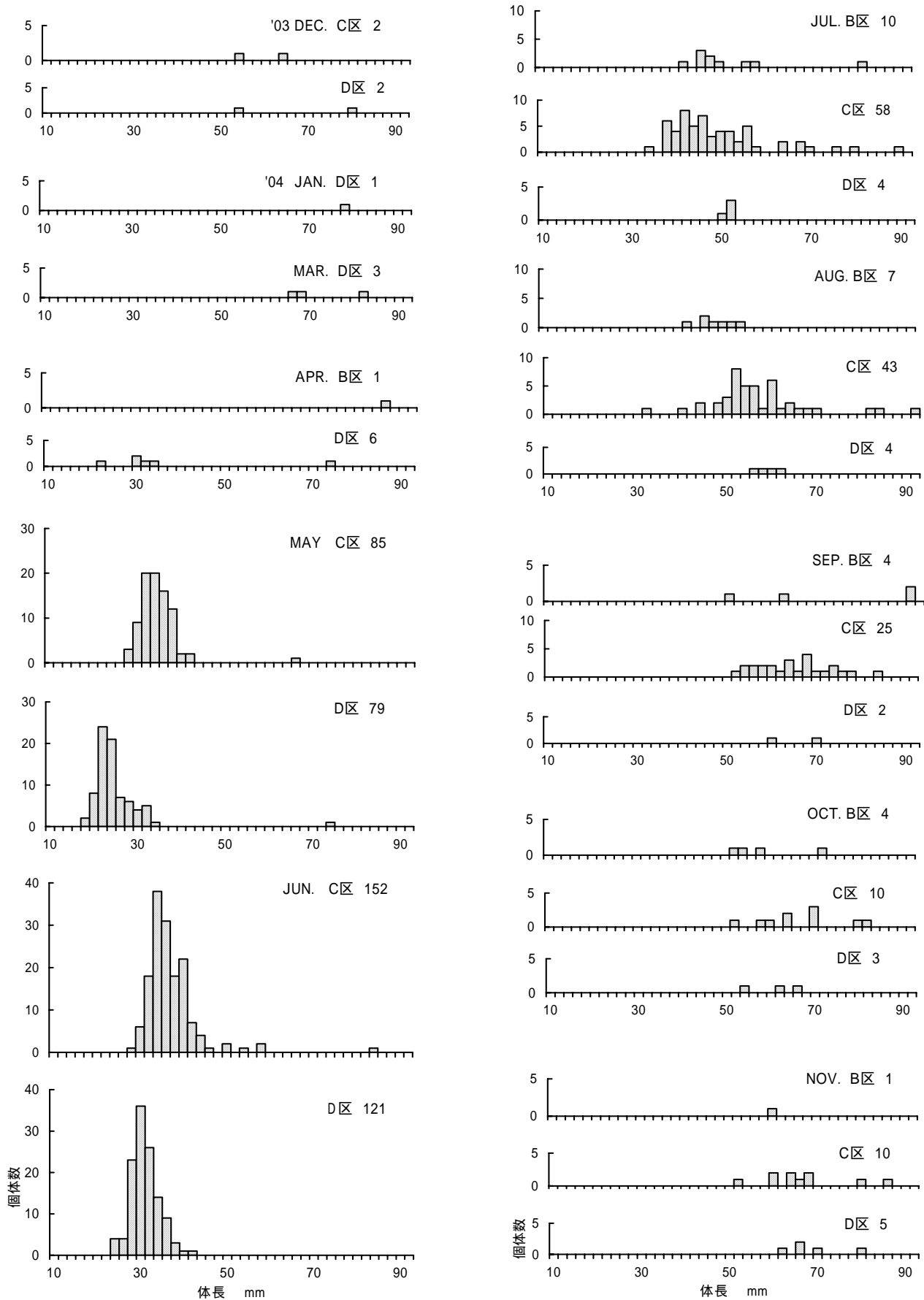


図-13 スミウキゴリの体長組成の季節変化

年魚と1+年魚と思われる。またあまり明確ではないが、57mm以上の3+年魚も年級群として生息していると推測した。8月～9月まで大きな山は右よりに移行していくが、11月では変化がなかった。山の特徴は不明瞭な2つの山として認められた。

体長では雌雄差が大きいことが知られており、成魚で2cm<sup>34)</sup>であり、今回の結果と比較すると小型魚では年級群間の区別が可能で大型魚ほど不明確になると思われた。繁殖期は明確にできなかったが、5、6月頃と推測された。

#### (4) スミウキゴリ

体長組成の季節変化を図-13に示し、級間隔は2mmであった。

2003年12月～2004年3月までC、D区の下流域で50mm以上の大型の個体が少数ながら出現していた。4月ではD区のST.12で21mmの小型の個体が出現し、5月はD区で21mmにモードの山、C区は31～33mmの範囲で高い山が形成され、同一年級群でも上流の区域ほど大型となっていた。この傾向は6月まで続き、7月になるとさらに上流のB区域に45mmにモードをもつ低い山が出現していた。C区では出現個体数が多く、41mmにモードを持つ右になだらかな広い山となっていた。D区は出現個体数が少なくなっていた。C区では、9月まで生長していく傾向を示し、体長60～70mmまでになっていた。それ以後、個体数を減少させていった。11月になるとB区の出現個体数が減少し、下流のD区で体長の平均値が68mmと大型の個体が出現していた。

以上、体長組成からみると繁殖期は4月～6月、多くの個体が遡上しながら生長し、9月には50～80mmになり、翌年の3月に繁殖集団に加入していくと思われる。多くは1年で死亡、中には2年にわたる個体もあると考える。ウキゴリに関しては同様な生活史を送っていることが報告され<sup>35)</sup>、また満1年で全長55～73mm、一部は成魚、2年で102mmとなり寿命が満3年としている報告もある<sup>36)</sup>。

### 3-7 河川構造物と流程分布

堰、落差工等の河川構造物が多く設置されたことによって多くの魚種の回遊生態が影響を受けている。構造物の影響に関する調査研究の中で漁業対象魚種の遡上等を目的として検討された報告が多くある。また最近、河川に多く生息する純淡水魚、両側回遊魚に関する研究報告が多く検討されるようになってきた<sup>4,5,6,37)</sup>。

筆者らは、都市河川に魚類が甦りつつある中で、上流から下流までの多様な河川生態系の再生を図るために、魚類の移動、分散に障害となっていると思われる落差工等の河川構造物に注目してその影響について調査した。

大岡川の落差工は33基ほど設置され、その中で1m以上の落差あるものが5基であった。特に上流のST.4と5の間では距離が短く、河床勾配が高い区域に多段式の落差工が7段、三面コンクリートが設置されている。またST.6、7の間では21基、落差の範囲が11～140cmの多くの落差工が設置されていた。最大の落差はST.7の上のD29であった。ST.7から下流では落差工は4基と少なかった。

淵型では、落差工下の落ち込み等のF型区分が多く、つ

いでS型、M型であり、岩盤、帯工等の基質に起因した淵が多かった。

魚種別の流程分布をみると、遊泳性のヒメハヤ属の分布は上流にタカハヤ、下流にアブラハヤが分布する傾向を示していた。これらの分布の違いは他の魚種でも知られ、今回のウキゴリ属、チチブ属以外では、オイカワ属のカワムツとオイカワ<sup>38)</sup>、サケ科イワナ属のオシヨロコマとアメマス等<sup>39,40)</sup>である。

これら分布を違える原因は、河川構造物との関係については検討されてなく、イワナ属は物理的要因として水温、標高の差が関連していることを指摘され、生物的要因としてエサ等の競合関係、密度等が挙げられている<sup>41)</sup>。しかしそれには多くの要因が関係しているものと考えられている。今回のヒメハヤ属の結果ではその原因については明確にできないが、水温等の差がない区域でも上流側にタカハヤが多く分布しており、生息場の選択性の違いあるいは繁殖生態における差等が関係していることも考えられる。

移動、分散に関して両種とも体長組成でみたように0+年魚はあまり下流の地点では出現せず、1+年魚以上の個体が出現していた。アブラハヤは、下流のST.9、10まで出現するが、定着はしていなかった。これらの魚種は稚魚時の下流への分散はあまりなく、比較的大型の個体が下流へ移動、分散する傾向を示していた。

コイはST.7下に位置するD30からST.12までの範囲で出現し、大型魚がいずれも深みのある淵に目視観察されていた。構造物だけでなく淵形態等の生息場環境の影響を受けているものと思われた。

底生魚のドジョウ科は、ホトケドジョウの分布が源流域に限定しており、下流に分散してきた個体は少なかった。最も下流ではST.7で8月に出現したが、一時的であった。ドジョウは中、下流域に泥質等の適した生息環境が少ないこともあってか、出現数が少ない。シマドジョウは、源流域から中流域まで分布し、特にD29下のST.7で春から夏にかけて出現数が多くなることから上流よりの移動が推測された。ドジョウ科の中では遡上能力が高い魚種と思われる。

ハゼ科の魚種の多くは両側回遊魚、すなわち川で産卵し、下降して海で育ち、幼魚になって川に遡上する生活史を送っている。スミウキゴリの移動様式は、2004年生まれの年級群が4月19日に感潮域のST.11、12で確認、5月18日はD29の落差工下で多数の個体を確認、その後、最上流のST.5では7月20日に確認できず、30日に確認していた。遡上に要する時間を推測すると、ST.7までは短期間に到達するのに対してST.7～ST.5までは約2ヶ月が経過しており、種々の要因を考慮してもこの区間の河川構造物の影響が大きいことが示唆される。

ちなみに大岡川支川の日野川は、合流点から上流にかけて分水路以外に構造物がなく、同年6月10日には源流域に22尾、体長の平均値、標準偏差が42.7±4.8mmの個体が出現していた(樋口、未発表)。

なお、ST.7上のD29の落差工の側壁部を遡上しているスミウキゴリを写真4に示した。

ウキゴリは下流域に分布、今回はST.8で確認され、上

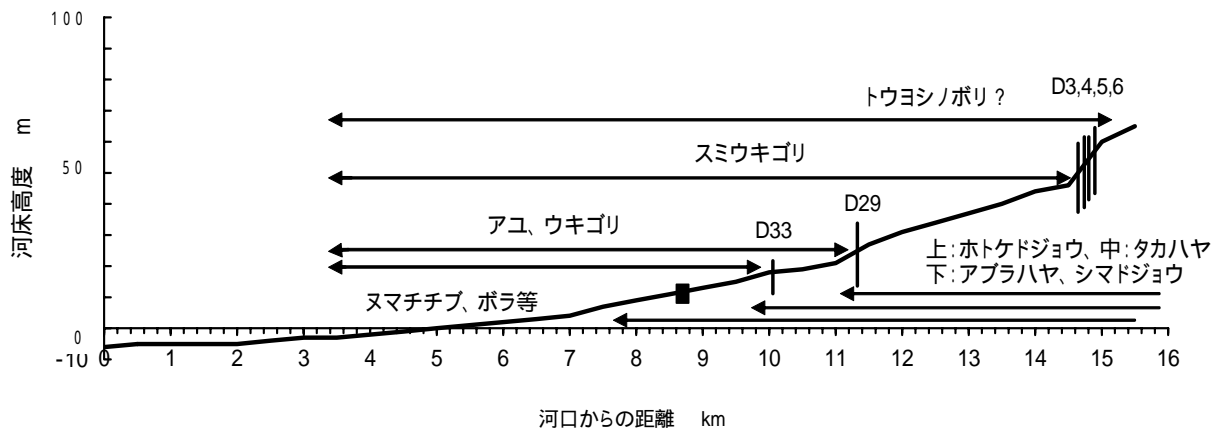


図-14 河川構造物と代表種の流程分布、→：移動、分散の範囲、|：分布に影響する落差工

流方向への移動、分散を示していたが、河川構造物の影響がスミウキゴリより大きいことが推測された<sup>42)</sup>。

チチブは下流域に分布が限定され、ヌマチチブは、ST. 8の最初の落差工下に出現し、落差に影響される魚種と思われる。

トウヨシノボリは、D2～8の多段式落差工上の源流域まで出現し、構造物の影響が少ないことが推測されるが、出現個体数が少なく移動様式は明確ではない。

遊泳性回遊魚のアユ、サケ科は、遡上と河川構造物との関係について解析した研究報告、総説がいくつかある<sup>43,44,45)</sup>。

耐久遊泳速度、跳躍高度等は、他の魚種に比べて高いことから遡上能力が高いことが知られている。今回でも遊泳性魚の中では最も上流のD29まで遡上し、途中にあるD33の落差約50cmを遡上してきたものと考えられる。アユの生息場は、主に淵、流れ幅が3.3～4.4m、最大水深が70～86cm、流速が0.03～0.12m/s、水際等にえぐれた隠れ場が存在した。外的刺激に敏感で瀬では確認されなかった。

同じ生活型をもつマルタは、下流域のST.10に出現した。上流への遡上は、他の調査で分水路の淀みで確認されており、ST.9では出現していない。

周縁性淡水魚では、ST.10～12の地点に出現し、特にマハゼ、ボラは他に比して上流に出現していた。日野川ではマハゼが上流域まで出現しており、構造物に影響されている魚種と考えた。

以上の解析を踏まえて、移動、分散の範囲を推測したのが図-14である。

上流方向への移動範囲では、周縁性淡水魚・ヌマチチブ>ウキゴリ・アユ>スミウキゴリ>トウヨシノボリの順に河川構造物の影響を受けやすい種群と推測した。下流方向の移動、分散の範囲は、純淡水魚のアブラハヤ>シマドジョウ>タカハヤ>ホトケドジョウの順で大きい。これは必ずしも河川構造物との関係を示しているとは言えない。またこれらの魚種は一方だけでなく、構造物に影響されながら狭い範囲での双方向的移動、分散があるものと思われる。

る。

これらの分布範囲から影響が大きい構造物は、落差高1m以上、底質がコンクリート、岩盤等であり、2段の床固工では高さ1m以下であっても落差間の距離(D33では5m)水叩き部がコンクリート平面であれば影響を受けると考える。

また落差工によって形成される多くの落差は、平常水位時に影響を及ぼしていることが推測されるが、増水等により落差が消失する時に上下流への移動、分散を容易にすることが考えられる。降雨量との関係については今回、検討しなかったが、2004年10月20日の降水量177.5mm<sup>46)</sup>の増水時、護岸に残された痕跡から水位(水面から痕跡までの高さ)を推測すると、ST.6が約1.4m、ST.7が1.5m、ST.8が2.5m、ST.9が2.7mであった。これらから水位だけを見れば多くの落差がなくなっていることが予測された。今後、特に春から夏にかけての魚類の移動、分散に係わる行動等、繁殖生態からみても検討していく必要がある。

落差工の構造に関しては、直下に深みがあれば遡上を容易にすることが報告されており<sup>47)</sup>、また、逆に降雨回遊の時に深みが無い場合に落下した衝撃でダメージを受けることが考えられる等、落差だけでなく落差工下の構造も重要であることが指摘されている<sup>6,42,45)</sup>。

今後、落差工の除去あるいは構造の改変、垂直から暖傾斜の全断面魚道、浅い叩きから深い落ち込み、甲殻類等の他の生物も利用できる多目的魚道の設置を同時に考えていく必要がある<sup>45,48)</sup>。上流の多段式落差工では下2段目までを底面のコンクリートを剥がし深みを造っている。そこにはアブラハヤ、スミウキゴリの生息を確認しており、一部の改変でも再生可能であることを示唆していた。

多様な生息場所を確保するための方策を考える上でアブラハヤ等が多く出現する場所が参考になると考える。それはM型と河川構造物とセットとなるMD型の淵である(写真5、6)。他に3ヶ所ほど同様な淵形態があり、いずれも多くのアブラハヤ等が生息しているのを確認している<sup>49)</sup>。共通した形態の特徴は、蛇行の屈曲部が鋭角で、淵頭



写真1 ST.5上のD2～8の多段式落差工、落差1m以上が4段であった。スミウキゴリは下から2段目まで出現していた。



写真4 D29、勾配70度を遡上するスミウキゴリの幼魚、降雨後で水量が若干増加していた（撮影樋口）。



写真2 D29と岩盤、落差約3m、岩盤勾配10度、左の側壁部でスミウキゴリの遡上を確認（写真4）、アユはこの落差工下の淵まで出現した。



写真5 ST.6のMD型の淵、多くの魚類が出現した。上流に屈曲部、底質は自然岩盤、砂・礫、下流に堰が設置され、河原には河辺植物が繁茂する。上流方向を撮影。



写真3 D33（ST.8）最下流の連続2段の落差工、水叩き部が浅いコンクリート平面、落差間隔が5mである。ヌマチチブはこの下まで出現した。



写真6 ST.6の淵下流に設置されているD27、上部が勾配20度の暖傾斜となっていた。構造物の形態によってはより多目的性を持った生息場となりうる。



が M 型で深く長い水衝部、淵尻に落差工、底質が岩盤等、片側に長いまとまった水裏部の堆積域と河辺植物のカバー等が存在していることである。構造物の形態をより暖傾斜魚道等に改変されるならば、上、下方向の行動様式を加味した生息場所の再生を図れるものと推測した。

今後、微生物場利用の定量的な要因抽出の解析が必要であろう。

大岡川の魚類相の変遷では、上流に生息していた魚種が、下流へと分布を拡大させてきたことが推測された。これは水域環境が改善されれば多様な魚類群集が再生してくることを示しており、流域の多様な生物群集の保全の重要性が指摘できる。一方では、サケ科の河川構造物による影響を評価する中で分断化された集団の縮小化は絶滅リスクを高めることが指摘され、また回遊性が失われることによる生活史の変化が惹起されることも報告されている<sup>50,51,52</sup>。多様な群集を保全し、孤立した集団間の関係を再生していくためには上流と下流、支川と本川に多く設置されている障害物、三面張りの底面を緩和、修復させていくことが重要である。大岡川の本川とともに支川の日野川源流域の再生が望まれるところである。

在来種が生息している区域に他地域から移入された種が定着してきた。特に大岡川では源流域に移入種のタカハヤが定着し、アブラハヤ、ホトケドジョウと競合関係、同属のアブラハヤと交雑等の遺伝的な攪乱が危惧されている。これらの問題については現在解析しているところである。他に調査期間中に放流されたと思われる魚種にはオイカワ、メダカ等があげられる。今後も池、川等で放流が行なわれると思われ、水辺再生と同調して定着、分布拡大が心配される。在来種の保護の観点から外来種、国内の移入種の放流行為の問題点を今後、具体的に指摘していく必要があると考える。

#### 4. まとめ

大岡川を対象に河川構造物が魚類流程分布に与える影響について調査を行い、以下の結果を得た。

- 1) 護岸構造は源流域を除いてコンクリートブロック等であった。
- 2) 床固工等の河川構造物は 33 基が設置され、上流域と中流域に高さ 1 m 以上の落差工が設置されていた。
- 3) 淵型は F 型の落差工の落ち込み淵が最も多く、ついで S 型の基質変化型が多かった。
- 4) 出現魚種は 8 科 30 種、純淡水魚が 13 種、通し回遊魚が 11 種、周縁性淡水魚が 5 種、ハゼ科不明種が 1 種であった。
- 5) 魚類流程分布はアブラハヤとタカハヤ、スミウキゴリとウキゴリ等、同属で分布が異なっていた。また春から夏にかけて多くの魚種が上下に移動することが推測された。
- 6) 季節別の体長組成は、春から夏にかけてアブラハヤ等では大型魚が下降し、シマドジョウは上流へ移動する傾向、通し回遊魚は 5 月より 0 + 年魚が多く出現し、上流まで遡上していった。

7) これらの魚類移動に影響を与える河川構造物は落差高と落差下の構造が関係していると思われた。

以上、魚類にとって快適な生活環境を再生するための基礎的資料が得られた。

謝辞：本報告をまとめるにあたり有益な助言、文献等で多大なるご援助いただいた京都大学 渡辺勝敏博士、静岡県立大学 板井隆彦博士、独立行政法人北海道区水産研究所 森田健太郎博士、調査に協力していただいた横浜市港南区保健福祉センター 木村喜芳氏、資料等でお世話になった横浜市下水道局河川計画課の方々から感謝いたします。

#### 文献

- 1) 後藤晃：淡水魚、日本の淡水魚類、水野信彦・後藤晃 編、東海大学出版会、東京、1～15 (1987)。
- 2) 林公義・長田芳和・後藤晃・西島信昇：淡水魚、フィールド図鑑、川那部浩哉監修、東海大学出版会、東京、pp187 (2002)。
- 3) 中野繁・井上幹生・桑原禎知・豊島照雄・北條元・藤戸永志・杉山弘・奥山悟・笹賀一郎：北海道大学天塩・中川地方演習林および隣接地域における淡水魚類相と治山・砂防ダムが分布に及ぼす影響、北海道大学農学部演習林研究報告、52 (2)、95～109 (1995)。
- 4) 豊島照雄・中野繁・井上幹生・小野有五・倉茂好匠：コンクリート化された河川流路における生息場所の再造成に対する魚類個体群の反応、日本生態学会誌、46、9～20 (1996)。
- 5) 渡辺恵三・中村太士・加村邦茂・山田浩之・渡邊康玄・土屋進：河川改修が底生魚類の分布と生息環境におよぼす影響、応用生態工学、4、133～146 (2001)。
- 6) 佐川志郎・近藤智・渡辺雅敏・三沢勝也・中森達：床固工の改良が落下魚類の生存率へ与える影響、応用生態工学、6、121～129 (2004)。
- 7) 森田健太郎・山本祥一郎：ダム構築による河川分断化がもたらすもの - 川は森と海をつなぐ道 -、サケ・マスの生態と進化、前川光司編、文一総合出版、東京、p281～312 (2004)。
- 8) 小池裕子・松井正文編、保全遺伝学、東京大学出版会、pp299 (2003)。
- 9) 樋口文夫・水尾寛己・木村喜芳：横浜市内河川における淡水魚類相調査報告 (2002～2003 年)、横浜の川と海の生物 (第 10 報、河川編)、横浜市環境保全局、51～81 (2004)。
- 10) 横浜市都市計画局：1/2500 地図 (1997)。
- 11) 水野信彦・御勢久右衛門：河川の生態学、築地書館、東京、pp245 (1973)。
- 12) 福嶋悟・樋口文夫・水尾寛己・阿久津卓：横浜市内河川の水質環境 (2002～2003 年)、横浜の川と海の生物 (第 10 報、河川編)、横浜市環境保全局、39～49 (2004)。
- 13) 福嶋悟：横浜市内河川の水環境変化、横浜の川と海の生物 (第 9 報、河川編)、横浜市環境保全局、55～70 (2001)。
- 14) 中坊徹次 編：日本産魚類検索 (第二版)、東海大学



- 出版会、東京、pp1474 (2000)。
- 15) Stevenson. Duane E.: Systematic and distribution of fishes of the Asia goby genera *Chaenogobius* and *Gymnogobius*( Osteichthys: Perciformes:Gobiidae ), with the description of a new species, *Species Diversity*,7,251-312(2002)。
  - 16) 横浜市公害対策局：市内河川の魚類、横浜の川と海の生物、公害資料 No.73、13～33 (1978)。
  - 17) 横浜市公害対策局：市内河川の魚類の生息状況、横浜の川と海の生物(第3報)、公害資料 No.92、19～37 (1981)。
  - 18) 横浜市公害対策局：横浜市内河川の魚類相、横浜の川と海の生物(第4報)、公害資料 No.126、57～83 (1986)。
  - 19) 横浜市公害対策局：横浜市内河川の魚類相、横浜の川と海の生物(第5報)、横浜市公害対策局、公害資料 No.140、59～96 (1989)。
  - 20) 樋口文夫・水尾寛己・梅田孝：横浜の淡水魚類相の変化と分布の特徴、横浜の川と海の生物、第6報、横浜市環境保全局、環境保全資料 No.161、93～139(1992)。
  - 21) 樋口文夫・水尾寛己・近藤卓哉：横浜の淡水魚類相調査報告(1993年度)、横浜の川と海の生物、第7報、河川編、横浜市環境保全局、環境保全資料 No.178、77～126 (1995)。
  - 22) 樋口文夫・水尾寛己：横浜の淡水魚類相調査報告(1996～1997)、第8報、河川編、横浜市環境保全局、環境保全資料 No.186、69～108 (1996)。
  - 23) 樋口文夫・水尾寛己：横浜市内河川における淡水魚類相調査報告(1999～2000年)、環境保全資料 No.190、横浜の川と海の生物(第9報)、河川編、71～119(2001)。
  - 24) 板井隆彦：静岡県瀬戸川水系におけるアブラハヤ属(*Phoxinus*)魚類の2型、流れに沿った分布について、静岡県立女子大学紀要、13、153～175 (1980)。
  - 25) 板井隆彦：静岡県波多打川のアブラハヤ類(*Phoxinus lagowskii*)の2型のすみわけとその機構、1.波多打川の魚類相と魚類の流れに沿った分布、静岡県立女子大学紀要、18、137～147 (1985)。
  - 26) 樋口文夫：谷戸に生きる魚 - ホトケドジョウ -、都市の中に生きた水辺を、桜井善雄・市川新・土屋十園監修、身近な水環境研究会編、信山社、東京、170～180 (1996)。
  - 27) 君塚芳輝：シマドジョウ、日本の淡水魚、山溪カラー名鑑、改訂版、川那部浩哉・水野信彦・細谷和海編・監修、山と溪谷社、東京、392～393 (2001)。
  - 28) 中西照幸：ウキゴリ(*Chaenogobius annularis* Gill) 3型の分布および生態について、北大水産彙報、29(3)、233～242 (1978)。
  - 29) 石野健吾・後藤晃・濱田啓吉：北海道の淡水魚に関する研究一、ウキゴリ3型の分布、北大水産彙報、34(3)、192～207 (1983)。
  - 30) 石野健吾：ウキゴリ類、日本の淡水魚、改訂版、山溪カラー名鑑、山と溪谷社、東京、618～623 (2001)。
  - 31) 福嶋悟・樋口文夫：氷取沢・瀬上沢水系の魚類相、円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書、横浜市公害研究所、公害研資料 57、21～36 (1984)。
  - 32) 向井貴彦：汽水魚・通し回遊魚における地理的分化と生殖隔離の維持機構、生物科学、54(3)、196～204 (2003)。
  - 33) 板井隆彦：ヒメハヤ属、日本の淡水魚、改訂版、山溪カラー名鑑、山と溪谷社、東京、270～275 (2001)。
  - 34) 皆森壽美夫：シマドジョウ類の交雑と分類、魚類学雑誌、—4、216～225 (1951)。
  - 35) 竹内直政：霞ヶ浦および北浦におけるウキゴリの生態、資源科学研究所彙報、75号、16～28 (1971)。
  - 36) 道津喜衛：ウキゴリ在生活史、九州大学農学部学芸雑誌、15(3)、367～374 (1971)。
  - 37) 玉井信行・水野信彦・中村俊六：次世代型の河川計画をめざして、河川生態環境工学 - 魚類生態と河川計画 -、東京大学出版会、東京、pp239～241 (1993)。
  - 38) 片野修：カワムツの夏、-ある雑魚の生態-、京都大学学術出版会、pp230 (1999)。
  - 39) 石城謙吉：イワナの謎を追う、岩波書店、東京、pp216 (1984)。
  - 40) Taniguchi, Y. and S. Nakano: Condition-specific competition: implications for the altitudinal distribution of stream fishes, *Ecology*, 81, 2027-2039(2000)。
  - 41) Fausch, K. D., S. Nakano and K. Ishigaki: Distribution of two congeneric charrs in streams of Hokkaido Island, Japan: Considering multiple factors across scales, *Oecologia*, 100, 1-12(1994)。
  - 42) 下田和孝・中野繁・小野有五：ブルタイプ魚道の設置が北海道の通し回遊魚の流程分布に与える効果、魚類学雑誌、50(1)、15～23 (2003)。
  - 43) 小山長雄：アユの生態、中公新書、東京、pp17(1978)。
  - 44) 全国内水面漁業協同組合連合会：内水面漁場環境・利用実態調査報告書 - 魚のすみよい川への設計指針(案) -、pp265 (1987)。
  - 45) (財)ダム水源地環境整備センター編：最新 魚道の設計 - 魚道と関連施設 -、信山社サイテック、東京、pp581 (1998)。
  - 46) 横浜地方気象台：気象情報・データ、インターネット情報 (2004)。
  - 47) 水野信彦：魚にやさしい川のかたち、信山社、東京、pp135 (1995)。
  - 48) 浜野龍夫・吉見圭一郎・林健一・柿本皓・諸喜多茂充：淡水産(両側回遊性)エビ類のための魚道に関する実験的研究、日本水産学会誌、61、171～178(1995)。
  - 49) 樋口文夫・水尾寛己・福嶋悟・前川渡：大岡川源流部におけるアブラハヤとホトケドジョウの生息場所と生活様式、大岡川・境川水系生態調査報告書、横浜市環境科学研究所、環境研資料 123、173～194 (1996)。
  - 50) Morita K. & Yamamoto S.: Effects of habitat fragmentation by damming on the persistence of stream-dwelling charr populations, *Conservation Biology*, 16, 1318-1323(2002)。
  - 51) Morita K. & Yokota A.: Population viability of

stream-resident salmonids after habitat fragmentation: a case study with white-spotted charr( *Salvelinus leucomaenis*) by an individual-based model, *Ecological Modeling*, **155**,85-94(2002) .

52 ) Morita K. & Yamamoto S.:Occurrence of a deformed white-spotted charr, *Salvelinus leucomaenis* (Pallas), population on the edge of its distribution, *Fisheries Management and Ecology*,**7**,551-553(2000) .

表一 月別地点別の魚類採集個体数と標準体長の平均値±標準偏差 (mm)

月	種類	ST.1	ST.2	ST.3	ST.4	ST.5	ST.6	ST.7	ST.8	ST.9	ST.10	ST.11	ST.12
'03 5月	アブラハヤ	-	-	-	-	2 33.5±0.7	14 54.8±7.8	7 63.8±7.0	-	-	-	-	-
	タカハヤ	-	-	-	-	0	1 61.0	2 58.4±6.2	-	-	-	-	-
	ヒメハヤ属	-	-	-	-	0	0	2 17.5±0.7	-	-	-	-	-
	ドジョウ	-	-	-	-	0	1 99.8	1 104.3	-	-	-	-	-
	シマドジョウ	-	-	-	-	1 50.0	4 41.4±6.7	4 47.4±4.9	-	-	-	-	-
	スミウキゴリ	-	-	-	-	1 67.0	4 59.2±28	22 36.6±2.0	-	-	-	-	-
	コイ	-	-	-	-	0	0	0	目視	-	-	-	-
6月	アブラハヤ	-	-	-	-	5 49.6±16.2	25 29.7±12.0	14 36.8±14.5	10 59.6±24.5	-	-	-	-
	タカハヤ	-	-	-	-	1 82.0	9 35.7±11.4	3 30.7±0.8	0	-	-	-	-
	ヒメハヤ属	-	-	-	-	0	19 24.1±6.3	0	0	-	-	-	-
	ドジョウ	-	-	-	-	0	2 79.1±69.2	0	0	-	-	-	-
	シマドジョウ	-	-	-	-	4 47.8±3.6	28 30.1±11.0	10 40.8±9.3	1 41.0	-	-	-	-
	ホトケドジョウ	-	-	-	-	0	5 23.8±4.4	0	0	-	-	-	-
	スミウキゴリ	-	-	-	-	6 77.7±12.9	16 37.0±7.0	99 36.8±5.0	28 37.2±5.7	-	-	-	-
	トウヨシノボリ	-	-	-	-	1 38.0	0	0	0	-	-	-	-
	7月	コイ	0	-	0	-	0	0	0	目視	目視	目視	目視
オイカワ		0	-	0	-	0	0	1 96.0	0	0	0	0	0
アブラハヤ		0	-	3 50.3±3.5	-	6 49.8±23.5	1 32.0	27 70.3±15.7	17 79.6±10.1	0	0	0	0
タカハヤ		22 26.0±9.0	-	9 46.3±4.8	-	12 29.3±4.0	1 33.0	4 44.8±13.0	0	0	0	0	0
ドジョウ		0	-	0	-	0	0	2 104.0±8.5	0	0	0	0	0
シマドジョウ		0	-	2 63.5±4.9	-	2 46.5±3.5	1 30.0	13 32.7±11.3	2 51.5±6.4	0	0	0	0
ホトケドジョウ		5 43.8±5.1	-	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
アユ		0	-	0	-	0	0	0	目視	0	0	0	0
ボラ		0	-	0	-	0	0	0	0	0	0	目視	0
メダカ		0	-	0	-	0	0	0	0	0	0	0	2 12.8±1.8
スミウキゴリ		0	-	0	-	3 69.3±6.4	4 49.0±7.3	113 38.4±4.4	22 47.7±7.1	4 39.5±5.1	7 38.7±6.2	0	0
ウキゴリ		0	-	0	-	0	0	0	0	1 41.0	5 61.8±18.1	0	0
マハゼ		0	-	0	-	0	0	0	0	0	4 51.3±6.5	1 50.0	6 69.7±6.1
トウヨシノボリ		0	-	1 51.0	-	1 42.0	0	0	1 46.5	0	0	0	0
ヌマチチブ		0	-	0	-	0	0	0	0	0	2 66.5±0.7	2 59.5±36.1	0
チチブ		0	-	0	-	0	0	0	0	0	0	0	2 37.6±36.2
8月		コイ	0	0	0	0	0	0	0	目視	0	0	-
	アブラハヤ	0	0	0	14 54.3±10.9	9 44.3±14.9	13 26.3±5.0	11 62.7±22.3	14 47.8±22.6	0	0	-	-
	タカハヤ	6 37.2±13.9	0	2 41.0±31.1	33 32.7±4.5	4 61.0±26.2	5 36.0±8.7	4 42.0±1.6	0	0	0	-	-
	マルタ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 87.0	-	-
	モツゴ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 43.0	-	-
	ドジョウ	0	0	0	0	0	0	3 81.3±22.0	0	0	0	-	-
	シマドジョウ	0	0	0	0	8 46.3±9.3	5 36.2±10.7	15 32.5±6.2	14 30.5±4.8	0	0	-	-

注) 上段:個体数, 下段:体長の平均値±標準偏差, -:欠測, 以下の表も同じ. 調査年月日:2003年5月14, 21日, 6月23日, 7月1, 15, 28日, 8月18日.

表-8 月別地点別の魚類採集個体数と標準体長の平均値±標準偏差 (mm)

月	種類	ST.1	ST.2	ST.3	ST.4	ST.5	ST.6	ST.7	ST.8	ST.9	ST.10	ST.11	ST.12
8月	ホトケドジョウ	2 35.5±24.7	0	0	0	0	0	1 33.0	0	0	0	-	-
	ボラ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16 77.3±7.9	-	-
	ヒメダカ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 23.0±3.0	-	-
	スミウキゴリ	0		0	0	1 52.0	1 81.0	13 51.9±7.0	6 57.2±6.9	0	1 39.0	-	-
	ウキゴリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 52.5±7.8	-	-
	マハゼ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 72.7±13.7	-	-
	トウヨシノボリ	0	0	0	0	1 35.0	0	0	0	0	0	-	-
	ヌマチチブ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 68.0	-	-
9月	コイ	-	-	-	-	0	0	0	0	目視	目視	目視	-
	アブラハヤ	-	-	-	-	7 43.6±17.6	6 42.5±11.2	22 69.5±13.7	0	0	0	0	0
	タカハヤ	-	-	-	-	1 34.0	3 43.0±4.4	5 62.6±14.7	0	0	0	0	0
	ヒメハヤ属	-	-	-	-	1 16.0	0	0	6 18.0±2.3	8 21.4±2.6	0	0	0
	マルタ	-	-	-	-	0	0	0	0	0	5 98.0±23.2	0	0
	ドジョウ	-	-	-	-	0	0	0	1 116.0	0	1 29.5	0	0
	シマドジョウ	-	-	-	-	1 32.0	11 37.1±9.3	3 49.3±10.4	4 44.0±4.8	1 59.5	0	0	0
	ボラ	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1 74.4	4 107.0±11.0	0
	スズキ	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	目視	0
	スミウキゴリ	-	-	-	-	2 56.5±3.5	12 71.4±9.3	4 59.3±10.5	18 68.5±6.5	2 63.8±5.9	1 64.0	0	0
	マハゼ	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1 105.0	0	0
	トウヨシノボリ	-	-	-	-	1 39.0	0	0	0	0	0	0	0
ヌマチチブ	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1 94.8	0	0	
11月	アブラハヤ	0	0	0	-	8 41.6±16.6	143 49.3±15.6	71 61.0±10.9	0	-	-	-	-
	タカハヤ	66 27.3±7.6	2 68.5±6.4	5 23.2±1.3	-	1 56.0	19 45.4±10.3	9 63.3±8.3	0	-	-	-	-
	ヒメハヤ属	8 18.3±2.0	0	0	-	0	0	0	0	-	-	-	-
	シマドジョウ	0	54.0	0	-	3 48.0±15.9	3 54.0±4.4	9 36.8±9.8	10 42.7±12.4	-	-	-	-
	ホトケドジョウ	6 32.0±11.3	0	0	-	0	0	0	0	-	-	-	-
	スミウキゴリ	0	0	0	-	0	0	1 54.0	5 67.0±3.7	-	-	-	-
	トウヨシノボリ	0	0	0	-	3 37.7±3.1	1 150.0	0	0	-	-	-	-
12月	コイ	0	0	0	0	0	0	0	0	目視	目視	目視	0
	アブラハヤ	0	0	0	0	1 35.0	81 49.5±15.4	37 62.1±12.7	3 26.0±7.5	0	2 48.5±9.2	0	0
	タカハヤ	46 22.3±3.7	0	0	7 23.4±2.4	2 65.5±21.9	11 47.1±8.0	8 62.8±14.2	0	0	0	0	0
	モツゴ	0	0	0	0	0	1 47.0	0	0	0	0	0	0
	ドジョウ	0	0	0	0	0	1 124.0	0	0	0	0	0	0
	シマドジョウ	0	0	1 60.0	0	1 44.0	2 33.5±6.4	4 42.5±15.3	5 38.2±12.1	1 64.6	0	0	0
	ホトケドジョウ	2 30.5±12.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	メダカ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7 19.3±3.0	6 18.3±2.4	0
	ヒメダカ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 18.0	0
	スミウキゴリ	0	0	0	0	0	0	0	2 59.0±7.1	0	2 66.5±17.7	0	0

注) 調査年月日: 2003年8月18日、9月24、29日、11月7日、12月2、8日、.

表-9 月別地点別の魚類採集個体数と標準体長の平均値±標準偏差 (mm)

月	種類	ST.1	ST.2	ST.3	ST.4	ST.5	ST.6	ST.7	ST.8	ST.9	ST.10	ST.11	ST.12
12月	ウキゴリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 81.5±0.7	1 63.0	0
	マハゼ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 117.0	2 66.0±5.7	0
	トウヨシノボリ	0	0	0	0	2 39.0±2.8	0	0	0	0	0	0	0
'04 1月	コイ	0	0	0	0	0	0	0	0	目視	目視	目視	0
	アブラハヤ	0	0	0	3 23.7±1.5	1 63.0	43 36.5±11.7	0	1 38.0	0	1 41.0	0	0
	タカハヤ	19 26.3±8.1	1 64.0	3 20.3±1.5	9 22.3±3.6	0	9 48.4±8.2	0	0	0	0	0	0
	シマドジョウ	0	0	0	0	1 30.0	3 36.3±12.1	3 27.7±3.5	5 41.2±4.6	0	0	0	0
	ホトケドジョウ	4 29.3±5.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	メダカ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 15.0±2.8	0
	ヒメダカ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 29.0	0	0
	スミウキゴリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 78.0	0
	ヌマチチブ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 44.0	2 43.0±21.2	0
2月	コイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	目視	目視	0
	アブラハヤ	0	0	0	2 19.5±0.7	0	61 34.8±8.5	1 32.0	0	0	7 40.9±4.4	0	0
	タカハヤ	4 32.4±5.5	0	0	2 32.0±9.9	0	3 44.7±6.4	0	0	0	0	0	0
	ヒメハヤ属	30 21.6±3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	シマドジョウ	0	0	0	0	0	5 37.2±11.6	9 32.4±7.5	6 38.0±13.2	0	0	0	0
	ホトケドジョウ	3 32.7±1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	メダカ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 19.3±4.9	0
	ウキゴリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 77.0	0
	ヌマチチブ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 44.0	2 46.0±29.7	0
3月	コイ	0	0	0	0	0	0	0	0	目視	目視	目視	0
	アブラハヤ	0	0	0	2 28.0±1.4	0	69 44.2±11.8	7 56.9±14.3	2 44.5±10.6	0	3 42.0±5.6	0	0
	タカハヤ	38 24.1±4.8	1 57.0	0	1 88.0	0	7 59.5±20.4	0	1 41.0	0	0	0	0
	シマドジョウ	0	0	0	0	4 31.3±8.8	8 38.1±11.0	15 41.1±13.1	43 37.8±10.7	0	0	0	0
	ホトケドジョウ	7 40.1±4.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ボラ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 28.0±1.4	0
	メダカ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 20.0	6 18.0±3.2	0
	スミウキゴリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 71.7±9.0	0
	ヌマチチブ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6 69.2±11.4	5 44.9±24.8	0
4月	ウナギ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 55.0	0
	コイ	0	0	0	0	0	0	0	0	目視	0	目視	0
	アブラハヤ	0	0	1 74.0	6 63.3±25.8	8 38.9±12.1	55 53.7±14.6	20 60.0±11.0	6 50.2±21.3	0	0	0	0
	タカハヤ	15 36.1±11.3	0	0	1 88.0	2 44.5±14.8	13 53.4±6.3	2 78.5±21.9	0	0	0	0	0
	ヒメハヤ属	22 23.8±2.1	0	0	0	0	11 12.9±3.7	0	0	0	0	0	0
	シマドジョウ	0	0	0	0	7 47.7±4.8	10 48.3±6.3	8 47.0±6.9	19 37.7±9.6	0	0	0	0
	ホトケドジョウ	2 36.5±3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ボラ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 31.7±1.2	0

注) 調査年月日: 2003年12月2、8日、2004年1月20、21日、2月18、19日、3月16、17日、4月19日、20日。

表-10 月別地点別の魚類採集個体数と標準体長の平均値±標準偏差 (mm)

月	種類	ST.1	ST.2	ST.3	ST.4	ST.5	ST.6	ST.7	ST.8	ST.9	ST.10	ST.11	ST.12
4月	メダカ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 25.5±0.7	3 20.0±3.5	0
	スズキ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 335.0
	スミウキゴリ	0	0	0	0	0	1 86.0	0	0	0	2 54.0±28.3	3 29.7±1.2	1 20.6
	マハゼ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25 20.3±2.9
	トウヨシノボリ	0	0	0	1 74.0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ヌマチチブ	0	0	0	0	0	0	0	1 76.0	0	4 77.5±5.3	6 54.8±23.5	0
	チチブ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 45.3±8.9
5月	コイ	0	0	0	0	0	0	0	0	目視	目視	目視	0
	アブラハヤ	0	0	1 54.0	29 36.0±17.0	2 31.5±4.9	74 54.0±12.6	24 59.4±15.5	5 56.8±8.7	2 83.5±10.6	0	0	0
	タカハヤ	27 35.0±16.7	1 42.0	0	0	0	33 42.9±9.6	2 61.0±0.0	0	0	0	0	0
	ドジョウ	0	0	0	0	0	0	0	1 112.0	0	0	0	0
	シマドジョウ	0	1 47.0	0	1 37.0	4 51.3±8.5	13 46.5±8.1	20 46.2±7.0	7 45.9±10.7	0	0	0	0
	ホトケドジョウ	6 38.7±4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	アユ	0	0	0	0	0	0	0	2 64.0±2.8	0	0	1 99.0	0
	ボラ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 41.0±1.4	4 32.7±2.4
	メダカ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 22.7±1.5	1 24.0	0
	スミウキゴリ	0	0	0	0	0	0	13 36.5±1.5	69 33.5±4.8	3 31.7±1.5	27 29.1±9.5	45 21.3±2.1	7 22.1±1.7
	ピリンゴ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 28.3±0.6
	マハゼ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 29.6±3.4
	トウヨシノボリ	0	0	0	0	1 42.0	1 47.0	0	0	0	0	0	0
	ヌマチチブ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 72.3±9.0	5 50.2±15.5	0
ハゼ科の一種	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 17.7	0	
6月	コイ	0	0	0	0	0	0	0	0	目視	目視	目視	0
	アブラハヤ	0	0	15 71.4±16.7	26 37.8±17.8	2 37.5±4.9	81 45.7±16.5	43 60.9±13.6	9 33.3±15.1	23 80.5±17.2	0	0	0
	タカハヤ	12 30.4±4.1	1 20.0	14 79.7±11.4	8 37.4±11.8	0	4 62.7±5.8	3 73.±6.2	1 33.0	2 73.5±2.1	0	0	0
	シマドジョウ	0	0	0	0	4 48.8±6.4	11 38.7±15.6	11 38.4±9.2	3 39.7±7.8	0	0	0	0
	ホトケドジョウ	11 39.4±6.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	アユ	0	0	0	0	0	0	目視 (6)	目視 (10)	0	0	0	0
	ボラ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	目視	3 54.3±14.1
	スミウキゴリ	0	0	0	0	0	0	41 37.9±3.8	95 35.8±7.1	16 34.0±3.2	116 29.8±3.0	5 32.9±5.9	0
	ピリンゴ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 33.0	1 36.2
	マハゼ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 33.7±1.0
トウヨシノボリ	0	0	0	0	1 41.0	0	0	0	0	0	0	0	
ヌマチチブ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 54.6	1 71.0	0	
チチブ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 43.9±14.4	
7月	コイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	目視	0
	オイカワ	0	0	0	0	0	目視	目視	0	0	0	0	0
	アブラハヤ	0	0	0	19 37.7±6.2	17 32.9±13.2	70 46.1±13.8	28 63.5±26.4	25 61.6±19.7	1 66.0	0	0	0

注) 調査年月日: 2004年4月19日、20日、5月18、19日、6月14、16日、7月20、21日、( )内の数字は目視観察数、以下の表も同じ...

表-11 月別地点別の魚類採集個体数と標準体長の平均値±標準偏差 (mm)

月	種類	ST.1	ST.2	ST.3	ST.4	ST.5	ST.6	ST.7	ST.8	ST.9	ST.10	ST.11	ST.12
7月	タカハヤ	14 34.5±15.5	4 47.8±15.6	0	0	3 28.7±1.5	35 38.1±7.8	3 37.4±2.1	0	0	0	0	0
	マルタ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 60.0	0	0
	モツゴ	0	0	0	0	1 37.0	0	0	0	0	0	0	0
	ドジョウ	0	0	0	0	0	0	1 97.0	0	0	0	0	0
	シマドジョウ	0	0	1 64.0	0	3 43.7±65.0	11 41.6±10.4	12 47.4±5.6	9 43.8±16.4	0	0	0	0
	ホトケドジョウ	6 43.7±6.5	1 40.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	アユ	0	0	0	0	0	0	2 117.5±20.5	目視 (20)	4 85.0±44.2	目視 (3)	0	0
	ボラ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	目視	目視	目視
	メダカ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 21.0	0	0
	スミウキゴリ	0	0	0	0	6 46.3±2.9	4 59.4±14.8	15 39.7±3.6	36 51.3±10.3	7 57.0±15.4	4 51.3±1.0	0	0
	ウキゴリ	0	0	0	0	0	0	0	1 52.0	1 49.0	0	0	0
	ピリンゴ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 43.0	0
	マハゼ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 71.0	1 43.0
	トウヨシノボリ	0	0	0	0	3 37.3±6.4	1 46.0	0	0	0	0	0	0
8月	コイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	目視	0
	キンギョ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 39.5±3.5	0	0
	アブラハヤ	0	3 41.7±12.1	2 46.5±21.9	32 40.0±12.6	15 36.7±13.8	57 43.4±11.4	29 65.5±17.7	30 71.0±11.8	3 68.7±23.6	0	0	0
	タカハヤ	16 34.4±9.5	1 33.0	9 43.3±20.1	16 32.8±9.6	4 39.3±29.3	10 42.1±8.5	4 64.0±13.7	2 62.5±17.7	0	0	0	0
	マルタ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88.8±8.3	0	0
	ドジョウ	0	0	0	0	1 78.0	0	1 17.0	0	0	1 35.0	0	0
	シマドジョウ	0	0	0	5 50.0±12.6	2 51.0±11.3	14 37.0±11.6	25 29.3±9.7	10 39.0±4.7	4 37.8±7.5	0	0	0
	ホトケドジョウ	12 44.8±2.6	0	0	0	1 48.0	0	0	0	0	0	0	0
	アユ	0	0	0	0	0	0	3 106.3±11.0	目視 (10)	2 122.5±14.8	0	0	0
	ボラ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13 95.7±19.1	目視	目視
	メダカ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 23.8±2.2	0	0
	スミウキゴリ	0	0	0	0	6 47.0±3.7	1 53.0	9 53.7±7.9	32 58.0±10.9	2 41.0±14.1	4 58.8±3.0	0	0
	ウキゴリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 50.5±10.6	0	0
	ウロハゼ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 39.2
	マハゼ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 85.0±20.4	3 78.0±4.4	1 56.0
	トウヨシノボリ	0	0	0	1 31.0	9 37.8±5.1	0	0	0	0	0	0	0
ヌマチチブ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 72.6±5.4	1 74.0	0	
9月	コイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	目視	目視
	アブラハヤ	0	2 84.0±39.6	1 74.0	26 54.0±23.3	16 35.4±11.4	51 45.0±8.7	7 61.6±19.9	9 72.4±8.6	6 71.7±9.8	0	0	0
	タカハヤ	15 29.2±8.6	4 35.5±7.0	5 32.8±6.2	14 50.2±14.3	4 61.5±33.2	10 40.2±4.2	1 51.0	0	0	0	0	0
	マルタ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7 94.4±7.8	0	0
	シマドジョウ	0	0	0	4 52.0±7.8	3 48.3±9.5	5 32.8±8.2	31 38.4±10.1	20 41.3±7.3	2 42.0±11.3	0	0	0
	ホトケドジョウ	5 45.4±3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	アユ	0	0	0	0	0	0	1(13) 107.0	1(6) 137.0	目視 (5)	0	0	0

注) 調査年月日: 2004年7月20、21日、8月27、31日、9月27、28日。



表-12 月別地点別の魚類採集個体数と標準体長の平均値±標準偏差 (mm)

月	種類	ST.1	ST.2	ST.3	ST.4	ST.5	ST.6	ST.7	ST.8	ST.9	ST.10	ST.11	ST.12
9月	ボラ	0	0	0	0	0	0	0	0	目視	1 100.0	5 127.0±9.3	目視
	メダカ	0	0	0	0	1 22.1	0	0	1 29.0	0	2 23.0±1.4	0	2 13.8±0.3
	シマイサキ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 10.7±0.8
	スミウキゴリ	0	0	0	0	2 70.0±28.3	2 75.5±20.5	10 60.0±6.1	15 67.5±8.3	0	2 64.5±7.8	0	0
	ウキゴリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 61.0	0	0
	ピリンゴ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 45.7	0	0
	マハゼ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 97.3±6.9	2 73.0±7.1	0
	ヒナハゼ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 11.6±2.6
	アベハゼ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12 9.3±2.6
	トウヨシノボリ	0	0	0	0	0	1 48.0	0	0	0	0	0	0
	ヌマチチブ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 71.7±1.5	0	1 13.8
	ハゼ科の一種	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 9.8±0.6
10月	コイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	目視	0
	アブラハヤ	0	0	1 36.0	27 51.5±14.6	2 50.5±14.8	17 55.8±14.0	42 68.2±16.5	2 60.0±8.5	1 31.0	0	0	0
	タカハヤ	14 35.2±11.9	0	1 20.0	12 40.4±9.9	1 35.0	7 40.4±8.4	2 60.0±26.9	0	0	0	0	0
	モツゴ	0	0	0	0	0	0	0	1 64.0	0	0	0	0
	ドジョウ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	シマドジョウ	0	1 51.0	0	4 51.5±15.1	3 47.3±2.1	4 46.3±7.6	4 33.0±7.4	16 35.3±9.3	0	0	0	0
	ホトケドジョウ	1 50.0	1 30.0	0	0	6 41.2±4.2	0	0	0	0	0	0	0
	ボラ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9 102.0±11.5	目視	0
	メダカ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 21.8±5.4	4 15.3±2.6	目視
	スミウキゴリ	0	0	0	0	2 52.5±0.7	2 64.5±10.6	5 63.4±6.9	5 69.0±11.0	0	3 59.7±6.1	0	0
	ウキゴリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 64.0	0	0
	マハゼ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 102.5±2.1	2 92.5±7.8	0
ヌマチチブ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 80.0	0	0	
11月	コイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	目視	目視
	アブラハヤ	0	7 70.9±12.3	0	15 53.2±20.7	9 45.6±13.0	61 54.1±12.9	3 61.3±16.0	4 73.0±5.0	0	0	0	0
	タカハヤ	13 31.5±8.6	1 53.1	2 31.8±3.3	2 47.1±4.2	1 39.5	6 49.4±18.7	2 59.5±9.2	0	0	0	0	0
	マルタ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 103.0±1.4	0	0
	ドジョウ	0	0	0	0	0	0	0	1 43.0	0	1 64.0	0	0
	シマドジョウ	0	0	0	3 51.3±4.3	3 44.2±8.6	23 43.7±9.5	9 39.6±11.1	32 36.6±10.5	1 40.0	0	0	0
	ホトケドジョウ	3 42.9±7.3	0	0	0	2 40.8±0.8	0	0	0	0	0	0	0
	ボラ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12 112.7±8.8	目視	目視
	メダカ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 26.0±4.2	3 22.0±3.6	0
	スミウキゴリ	0	0	0	0	1 60.0	0	5 63.8±10.2	4 70.5±10.4	1 60.0	3 69.0±8.9	2 67.0±2.8	0
	マハゼ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 101.0	2 116.0±19.8	0
	トウヨシノボリ	0	0	0	1 46.0	1 44.2	0	0	0	0	0	0	0
ヌマチチブ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 89.0	0	0	

注) 調査年月日: 2004年9月27、28日、10月26、27日、11月11、17日。

# 横浜市の地下水帯水層調査（第 1 報）

- 2003 年度調査結果 -

角田定孝、井上友博  
（横浜市環境科学研究所）

## Survey of Groundwater Aquifer in Yokohama City (1st Report)

- Results of a Survey in the 2003 Fiscal Year -

Sadataka Tsunoda, Tomohiro Inoue  
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：地下水、帯水層、水質組成

### 要 旨

当研究所では、地下水を取り巻く状況が刻々と変化する中、水循環系の一部である地下水帯水層に関する調査を行った。本調査は 3 ヶ年で全市域を調査する計画とし、2003 年度はその第 1 年次として本市北部地域の調査を実施した。

本調査により、第 1 帯水層の相模層群中の自由地下水、第 2 帯水層以深の上総層群中の被圧地下水について、それぞれ水質組成が判明した。今後は、地下水流動・流向の解明に向けた、広域的・多面的な解析が必要と考えられる。

### 1. はじめに

現在、健全な水循環系の確保が求められている。国の動きでは「水循環系再生構想検討委員会」として関係 5 省（環境省、国土交通省、厚生労働省、農林水産省、経済産業省）が連絡会議を持ち、環境保全上健全な水循環系構築に向けた検討が行われている。また本市においても、横浜市水環境計画の中で、目標達成のための方策として、源流域・湧水の保全や雨水の地下浸透対策を掲げ、地下水の涵養や湧水の保全といった事業をはじめ、各局区が身近な水環境を快適に保全するための事業を積極的に展開している。<sup>1) 2)</sup>

一方、1970 年代以降、地盤沈下対策を目的とした法令等による地下水採取規制により、市域の地下水揚水量は減少の一途をたどった。しかしながら、昨今、定常性・恒温性という地下水の特性を生かした新たな地下水利用や、経済性の観点から上水から地下水への転換利用が進

んだ結果、市域の地下水揚水量は図-1 に示すように減少傾向から漸増へと転じている。<sup>3)</sup>

地下水を取り巻く状況が刻々と変化している中で、水循環系の一部である地下水については未解明な点が多く、健全な水循環系の確保のため、あるいは今後の適正な地下水利用を考える上で、本市における地下水帯水層に関する調査を実施することは急務であるといえる。

そこで当研究所では、利用の進む地下水帯水層に関する調査を、全市域において 3 ヶ年計画で実施することとした。

### 2. 調査内容

本調査は 2003 年度から 3 ヶ年の調査計画とし、初年度である 2003 年度は本市北部地域を主たる調査地域とした。

調査地域と年次推移は表-1 の通りである。

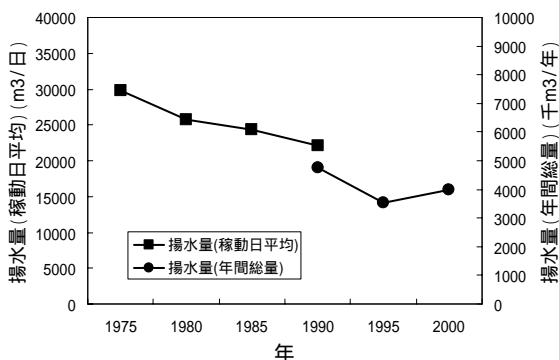


図-1 地下水揚水量の推移

表-1 調査地域と年次推移

年次	調査地域
第 1 年次 (2003 年度)	北部地域 (鶴見川流域)
第 2 年次 (2004 年度)	南部地域 (帷子川・大岡川流域)
第 3 年次 (2005 年度)	西部地域 (柏尾川・境川流域)

## 2 - 1 . 資料文献調査

地下水は地盤内に賦存されており、通常一般の目には触れない形で存在する。そのため、地下水調査の足掛かりとして、湧水、井戸（浅井戸、深井戸）に関する資料調査を行った。

当研究所における既往調査である「帯水層々序確定のための地質調査」(1981)<sup>4)</sup>、「横浜市深層地下水調査」(1982：中間報告)<sup>5)</sup>をはじめ、環境保全局水質地盤課が実施した「地下水流動流向調査」(1989)等の文献調査を行った。

特に井戸資料に関しては、地下水の利用が進んでいる本市の基盤をなす上総層群中の帯水層(第2帯水層以深)を主に、被圧地下水を揚水している井戸資料として、「神奈川県生活環境の保全等に関する条例(以下、県条例という)<sup>1)</sup>」に基づく申請書等の資料調査を行った。

1：本市では2003年4月より「横浜市生活環境の保全等に関する条例(以下、市条例という)」が施行され、地下水採取規制は全面的に市条例に移行されたが、市条例施行直後であり資料が未整理であることから、今回は県条例当時の資料を参考とした。

## 2 - 2 . 採水調査

資料文献調査に基づき、地域的なまとまりがあり、現在も地下水の利用が行われている鶴見・神奈川・港北区にまたがる下末吉台地周辺を採水調査の対象地として設定した。

なお、地下水(井戸水)との比較対照として、本地域の有名な湧水である「岸谷の湧水」も調査対象に加えた。

調査対象及び調査地域は、表-2及び図-2の通りである。

表-2 調査対象

No.	地下水の区分	地域名
1	井戸水	港北区菊名
2	湧水	鶴見区岸谷
3	井戸水	鶴見区獅子ヶ谷
4	井戸水	神奈川区富家町
5	井戸水	神奈川区神之木町
6	井戸水	鶴見区尻手
7	井戸水	港北区樽町
8	井戸水	港北区箕輪町
9	井戸水	港北区新羽町
10	井戸水	港北区新吉田町
11	井戸水	港北区新羽町
12	井戸水	港北区新吉田町
13	井戸水	神奈川区栗田谷
14	井戸水	神奈川区三枚町
15	井戸水	神奈川区菅田町
16	井戸水	神奈川区菅田町
17	井戸水	港北区小机町
18	井戸水	神奈川区六角橋

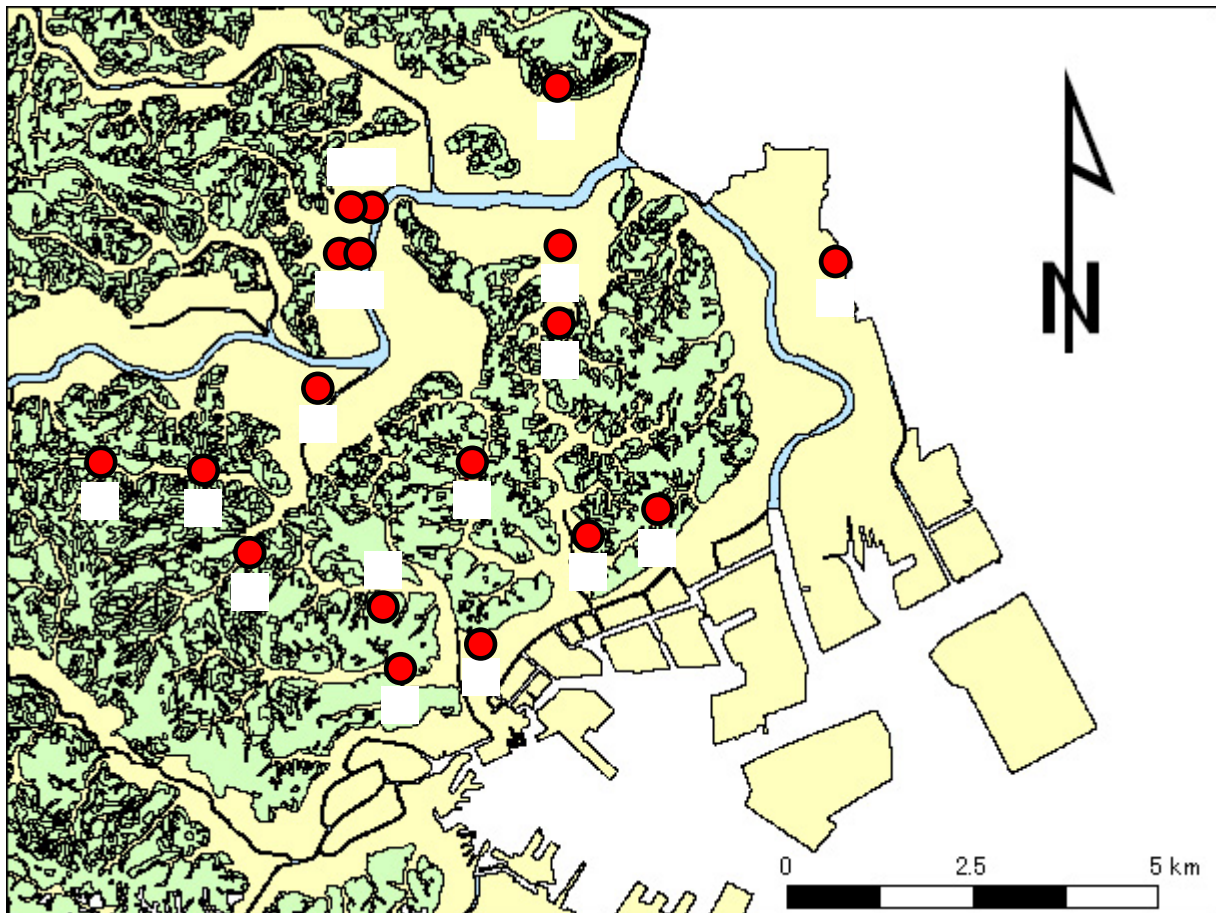


図-2 調査地域

各調査対象の地下水（井戸水、湧水）について、2004年2月25日～3月10日の間に採水し、水質測定等を行

った。採水を行った際の記録写真を図-3に、水質測定・分析項目を表-3に示す。



図-3 採水の記録写真

表-3 水質測定・分析項目

種類	項目	測定方法
現地測定項目	気温	JIS K0102(1998)7.1
	水温	JIS K0102(1998)7.2
	pH	JIS K0102(1998)12 ガラス電極法
	電気伝導度(EC)	JIS K0102(1998)13
水質分析項目	塩素イオン	JIS K0101(1998)32.5 イオンクロマトグラフ法
	硫酸イオン	JIS K0101(1998)42.4 イオンクロマトグラフ法
	ナトリウム	JIS K0101(1998)47 ICP 発光分析法
	カリウム	JIS K0101(1998)48 ICP 発光分析法
	カルシウム	JIS K0101(1998)49 ICP 発光分析法
	マグネシウム	JIS K0101(1998)50 ICP 発光分析法
	炭酸水素イオン	上水試験方法(1993)
	ふん便性大腸菌群数	水浴場水質測定法(平成4年環水管第54号別添4[1]) ふん便性大腸菌群数のAメンブランフィルター法(M-FC法)
	一般細菌	上水試験方法(1993)
	硝酸イオン	上水試験方法(1993)
	亜硝酸イオン	上水試験方法(1993)
	過マンガン酸カリウム消費量	上水試験方法(1993)
	アンモニウムイオン	JIS K0101(1998)36.2 インドフェノール青吸光光度法
	マンガン	JIS K0101(1998)58 ICP 発光分析法
	鉄(二価)	JIS K0101(1998)60.1 フェナントロリン吸光光度法
	シリカ	JIS K0101(1998)44.1.2 モリブデン青吸光光度法
	BOD	JIS K0101(1998)19
	全窒素	河川水質試験方法(案)(1997)53-6.3.1 ベルオキシソ二硫酸カリウム分解-紫外線吸光光度法
	全リン	河川水質試験方法(案)(1997)53-6.3.1 ベルオキシソ二硫酸カリウム分解-紫外線吸光光度法

### 3. 結果と考察

#### 3-1. 井戸構造と被圧水頭調査結果

採水調査を実施した調査対象井戸の構造と被圧水頭を  
表-4及び図-4に示す。

各井戸のストレーナーは、T.P.-5.5m (G.L.-24.5m) <sup>2</sup>  
から T.P.-123.7m (G.L.-128m) の間に分布している。

2：当該井戸における地表面からの深度である

表-4 調査対象井戸の構造

No.	標高 T.P. <sup>3</sup> (m)	深度 G.L.-(m)	ストレーナー深度 G.L.-(m)	H15.1水位 T.P. <sup>3</sup> (m)
1	19.0	100	24.5~30.0,54.5~65.5,73.5~79.0,86.5~92.0	9.0
3	12.0	130	25.5~31.0,36.5~42.0,53.0~58.5,75.0~80.5,113.5~119.0	6.2
4	5.0	100	40.0~44.0,48.0~52.0,60.0~64.0,76.0~80.0	-10.9
5	5.6	50	22.0~44.0	5.4
6	1.7	80	60.0~78.0	-5.6
7	3.2	100	46.0~57.0,68.0~73.5,79.0~84.5	-1.4
8	5.5	60	55.0~60.0	3.4
9	4.0	130	80.5~86.0,91.5~108.0,113.5~119.0	1.0
10	4.1	80	50.0~80.0	-4.1
11	4.3	150	51.0~56.0,84.0~95.0,112.0~128.0	-2.6
12	3.7	112	44.5~55.5,66.5~77.5,88.5~94.0	-1.3
13	27.3	105	57.0~79.0,81.0~104.0	25.9
14	12.0	100	68.0~100.0	5.5
15	18.0	150	58.0~69.0,85.0~95.5,106.5~123.5,132.5~137.5	8.2
16	14.0	100	34.0~43.0,48.0~56.0,59.0~67.0,82.5~91.0	-5.5
17	8.0	121	100.5~117.0	-5.5
18	10.1	44	26.8~41.6	-13.2

3：東京湾中等潮位

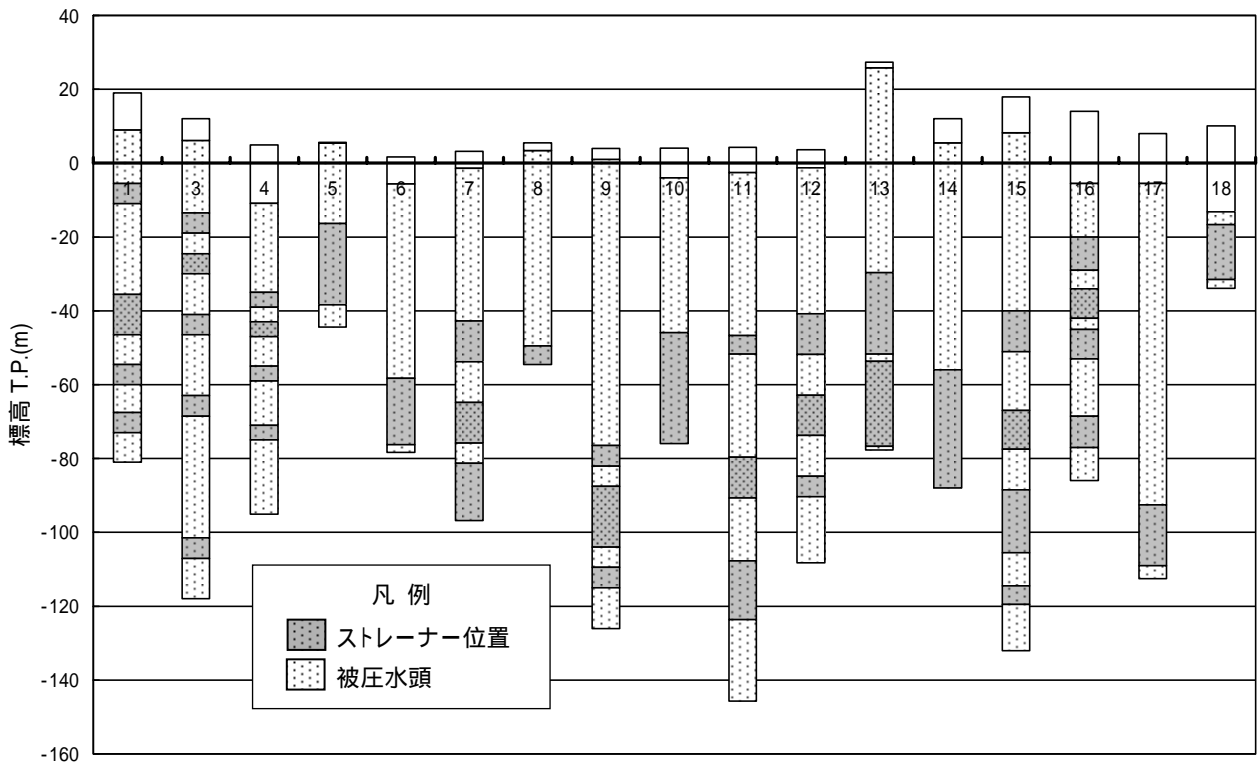


図-4 井戸構造と被圧水頭





表-5 地下水の水質測定・分析結果

No.	水温	pH	EC <sup>4</sup> μS/m	外観	臭気	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ふん便 性大腸 菌群数	一般 細菌	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	KMnO <sub>4</sub> <sup>5</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	BOD	Mn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	SiO <sub>2</sub>	T-N	T-P
						mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	18.5	7.5	267	微黄色 透明	微腐 敗臭	8.49	0.9	28	7.5	14	6.9	140	2	6	<0.1	<0.06	1.9	2.67	1.5	0.22	0.03	55	2.2	0.21
2	15.5	7.2	234	無色 透明	無臭	16.7	16.4	12	0.7	20	13	55	<1	42	36	<0.06	1	<0.04	1.9	<0.01	<0.02	39	8.3	0.01
3	16.2	8.4	355	淡黄色 透明	微腐 敗臭	4.83	1.3	92	8.2	6.3	3.6	220	2	95	<0.1	<0.06	2.4	2.11	3.1	<0.01	<0.02	50	1.8	0.51
4	18.1	8.5	583	微褐色 透明	微腐 敗臭	5.87	0.2	150	11	3.6	1.6	380	<1	3	0.4	<0.06	7.4	8.1	8.4	<0.01	0.03	46	7.5	1
5	17.1	8.3	848	茶褐色 微濁	無臭	5.4	<0.2	230	18	8.7	3.6	590	4	23	<0.1	<0.06	34	12	12	0.15	0.44	46	11.6	0.7
6	17.5	7.2	819	微黄白 色透明	無臭	113	<0.2	160	13	28	16	270	<1	1	<0.1	<0.06	3.5	3.92	1.1	0.44	0.14	44	5.1	0.61
7	16.5	7.9	1172	茶褐色 透明	無臭	35.7	<0.2	330	20	12	7.7	830	27	31	<0.1	<0.06	78	8.17	8.4	0.02	0.22	53	10	0.88
8	16.5	8.2	365	淡黄褐 色透明	微腐 敗臭	4.84	0.3	83	11	8.8	4.9	240	<1	62	<0.1	<0.06	6.4	5.31	0.5	<0.01	0.02	51	4.9	0.29
9	19.0	8.1	240	無色 透明	無臭	2.42	<0.2	19	7.1	24	7.9	140	1	32	<0.1	<0.06	0.5	2.18	1.5	0.03	<0.02	55	1.7	0.08
10	17.5	8.0	318	無色 透明	無臭	3.92	26.1	32	8.3	36	9.7	190	<1	1	<0.1	<0.06	0.5	2.5	1.3	0.02	<0.02	49	1.9	0.03
11	18.0	7.9	319	無色 透明	無臭	2.46	<0.2	34	9	29	7.6	190	78	20	<0.1	<0.06	0.8	2.61	3.5	0.05	0.03	53	2.1	0.09
12	18.5	8.1	319	無色 透明	無臭	4.51	0.8	28	6.9	38	8.9	200	<1	5	<0.1	<0.06	0.6	1.5	4	0.04	0.02	54	1.2	0.08
13	15.5	7.5	179	無色 透明	塩素 臭	13.2	7.1	11	3.5	21	7.4	84	<1	<1	8.8	<0.06	0.6	<0.04	<0.1	<0.01	<0.02	61	2.1	0.04
14	17.5	8.1	214	無色 透明	無臭	2.62	<0.2	15	10	21	6.5	130	<1	<1	<0.1	<0.06	0.6	4.69	0.7	0.02	<0.02	54	3.7	0.1
15	18.0	8.4	231	無色 透明	無臭	3.51	0.7	28	12	12	3.7	140	<1	4	0.5	<0.06	1.1	6.95	1.3	0.02	0.02	50	5.5	0.15
16	17.5	8.5	411	淡黄色 透明	微腐 敗臭	14.8	10	95	11	8.2	2.6	240	<1	1	<0.1	<0.06	3.7	5.93	1.9	<0.01	0.06	48	4.9	0.49
17	16.5	8.2	329	無色 透明	無臭	3.66	<0.2	44	11	16	5.2	170	<1	<1	<0.1	<0.06	1.6	4.87	1.7	0.04	0.03	56	4	0.2
18	15.0	7.6	246	微黄色 透明	無臭	6.78	0.7	29	7.2	19	6	130	<1	3	3.2	0.99	1.8	1.22	5	0.04	<0.02	53	2.1	0.36

4：電気伝導度 5：過マンガン酸カリウム消費量

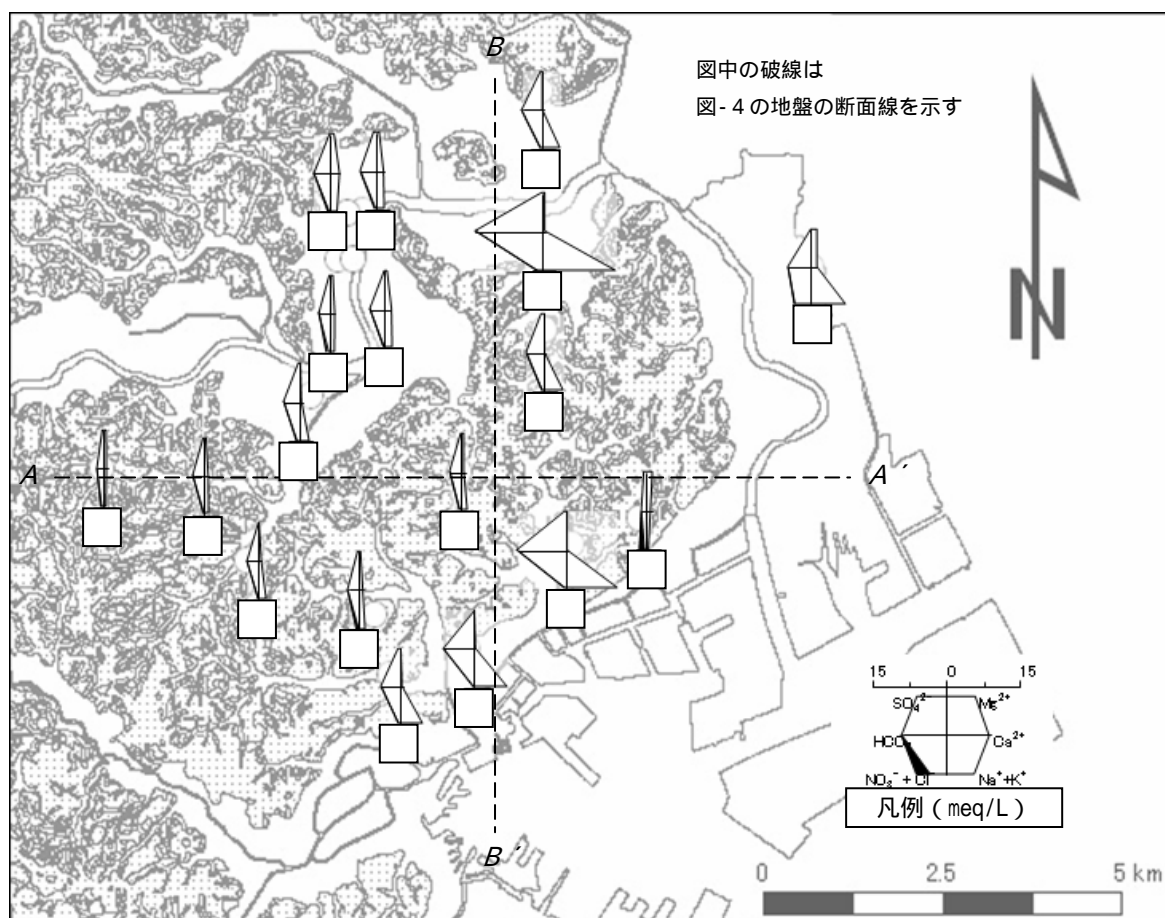


図-6 地下水の水質組成図（ヘキサダイアグラム）



第2帯水層以深の地下水は、下末吉台地や沖積低地の基盤となる上総層群王禅寺層・鶴川層・上星川層中に被圧地下水として賦存され、井戸により揚水され利用されている。

この上総層群のうち、上星川層については、当地域において泥勝砂岩泥岩互層と砂勝砂岩泥岩互層が分布し、東西性と北東性の断層に切られて、かなり複雑な地塊になって分布<sup>8)</sup>しており、帯水層々序を確定する上で、明確な帯水層、難透水層の区分が難しい地質である<sup>4)</sup>とされている。

そこで、ヘキサダイアグラムによる水質組成から、地下水の帯水層とその流動性について若干の考察を試みた。

地下水の水質組成は、大きく3つに分けられる。

Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>型を示すAグループ

...No.2(湧水)

NaHCO<sub>3</sub>型を示すBグループ

...No.3~8、15~17

A・Bの中間型を示すグループ

...No.1、9~14、18

降水が地下へ浸透・流動し地下水を形成する過程において、地層からの成分溶出やイオン交換により、その水質組成は系統的に変化するとされている。この変化過程は地下水の「化学的進化」<sup>9)</sup>または水質進化と呼ばれる。

その過程は、

降水の第1帯水層への浸透による自由地下水の形成

ここで地層中の炭酸塩鉱物の溶解により、上記Aグループの地下水が形成される。

自由地下水の第2帯水層以深への浸透による、被圧地下水の形成

地層中の成分溶出や有機物の分解により、A・Bの中間型を示すグループの地下水が形成される。

時間経過と地下水流動による、被圧地下水の水質進化

地下水中のCa<sup>+</sup>と地層中のNa<sup>+</sup>との間で起こるイオン交換により、Bグループの地下水が形成される。

となる。

このうち被圧地下水は上総層群中の第2帯水層以深から取水しているものの、水質組成上A・Bの中間型を示すグループとBグループに2分された。各グループの構成を見ると、ストレーナー深度や被圧水頭とは関係が明瞭ではないが、その分布には地域性が認められる。

中間型グループの地下水は調査地域の北西部に分布し、Aグループの地下水は調査地域東部の下末吉台地周辺に分布している。

このことから推察すると、上星川層の層相の不連続性により、本地域における被圧地下水の流動性は、水平方向の側方流動よりも鉛直方向の縦浸透の方が優位にあると考えられる。一方、地下水の水質組成は、今回の調査ではストレーナー深度との関係が見られないことから、縦浸透速度によって支配されているものと考えざるを得ない。

しかしながら、地下水の流動性や水質組成については、広域的・多面的な解析が必要であり、次年度以降調査を実施する中で、さらなる課題となるであろう。

#### 4.まとめ

本調査地域の地下水は、相模層群上末吉ローム層・上末吉層・鶴見層中に賦存される自由地下水が第1帯水層を形成し、上総層群王禅寺層・鶴川層・上星川層中に賦存される被圧地下水が第2帯水層以深を形成する。第2帯水層以深の被圧地下水は、その水質組成から大きく2分され、それぞれの分布には地域性が認められた。

今後は、地下水流動・流向の解明に向けた、広域的・多面的な解析が必要になると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 横浜市：横浜市水環境計画(1994)
- 2) 横浜市：横浜市水環境計画年次報告書(2003)
- 3) 横浜市環境保全局：横浜市地盤沈下調査報告書、昭和49年度版～平成14年度版(1975-2004)
- 4) 横浜市公害研究所：帯水層々序確定のための地質調査(1981)
- 5) 横浜市公害研究所：横浜市深層地下水調査中間報告書(1982)
- 6) 横浜市環境保全局：横浜市地盤環境調査報告書(2003)
- 7) 建設産業調査会：地下水ハンドブック、p355-368(1979)
- 8) 横浜市：横浜市地盤図集(解説書)(1996)
- 9) 環境庁水質保全局水質管理課・土壌農薬課：土壌・地下水汚染と対策、p132-135、(1996)

## 鶴見川水系における総女性ホルモン様作用の変動

倉林輝世 二宮勝幸  
(横浜市環境科学研究所)

## Fate of Estrogenic activity in Tsurumi river

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

キーワード：女性ホルモン様作用、女性ホルモン、環境ホルモン、LC/MS 法、酵母 two-hybrid 法

## 要旨

市内河川から主に検出される環境ホルモンや女性ホルモン物質の生物への影響を評価するため、鶴見川水系において詳細な環境調査を実施し、その結果を基に調査地点ごとに女性ホルモン様作用強度の総量を求め、流下による変動や各物質の寄与について検討した。また、女性ホルモンの測定には、従来から用いている ELISA 法に加え、定量精度の高い LC/MS 法も用いた。支流河川も含めて 12 地点で調査した結果、直前に下水処理場の処理水が流入している堀の内橋、恩田大橋、鴨池人道橋の総女性ホルモン様作用強度が高く、その地点に生息している雄コイに血中ビテロジェニンを産出させている可能性が示唆された。総女性ホルモン様作用強度に対する各物質の寄与は、その 80% 以上を 17-エストラジオールとエストロンが占めていた。一方、化学物質については、3 物質（ビスフェノール A、ノニルフェノール、オクチルフェノール）の寄与率を合計しても最大で 20% 程度であった。同じ女性ホルモンであるエストリオールの寄与率は 0.3% と小さかった。環境ホルモン問題に取り組む上では、女性ホルモン濃度を把握することが非常に重要であると考えられる。

## 1 はじめに

当研究所では、環境省がリストアップした環境ホルモンと疑われる約 60 化学物質(以下、環境ホルモンと略す)の実態調査を経て<sup>2)</sup>、高頻度で検出された物質を対象にモニタリング調査を行っている。環境ホルモンには相加作用があると言われていることから<sup>1)</sup>、これら検出された複数物質の生物への影響については、総合的に評価する必要がある。

環境ホルモンの多くは女性ホルモンと似た働き(女性ホルモン様作用)を有し、多くの物質の女性ホルモン様作用が 17-エストラジオール(E2)の活性値と比較した「E2 比活性値」として求められている<sup>1,3,4)</sup>。前報では、この E2 比活性値を用いて、平成 14 年度の各物質の調査結果を E2 換算濃度(女性ホルモン様作用強度)とし、それらを調査地点ごとに総和して総女性ホルモン様作用強度を求め、生物への影響について評価した。

その結果、総女性ホルモン様作用強度は鶴見川が最も高く、生息している雄コイに影響を与えている可能性があること、総女性ホルモン様作用強度には女性ホルモンである 17-エストラジオールとエストロンの寄与が大きいことなどを明らかとした<sup>5)</sup>。しかし、前報では、女性ホルモンの測定の際に、実際より高い測定値がでるとの指摘がある ELISA 法(酵素免疫法)を用いている。そこで、15 年度は、高い総女性ホルモン様作用強度を示した鶴見川水系において、定量精度の高い LC/MS 法も用いて女性ホルモンの測定を行い、流下による総女性ホルモン様作用強度の変動や各物質の寄与について詳細に調

物質名	分析方法(検出下限値: $\mu\text{g/l}$ )
17-エストラジオール(E2)	ELISA(0.0002)
	LC/MS(0.0005)
エストロン(E1)	ELISA(0.0002)
	LC/MS(0.0005)
エストリオール(E3)	LC/MS(0.0005)
ノニルフェノール(NP)	GC/MS(0.1)
4-t-オクチルフェノール(OP)	GC/MS(0.01)
ビスフェノールA(BPA)	GC/MS(0.01)

査を行ったので報告する。

## 2 方法

## 2-1 調査物質

調査対象物質を表 1 に示す。平成 14 年度に行ったモニタリング調査物質(10 物質)のうち、検出頻度が高く、また、環境省の有害性評価等により生物影響がみられた物質<sup>6,7,8)</sup>を選定した。平成 14 年度の調査では、女性ホルモンについては 17-エストラジオールとエストロンの 2 物質を対象としたが、本年度はさらにエストリオールも加えた。エストリオールの女性ホルモン作用は、エストロンの 1/10 程度<sup>1)</sup>とされているが、下水処理場の処理水から検出されるとの報告がある<sup>9)</sup>ことから新たに調査対象とした。

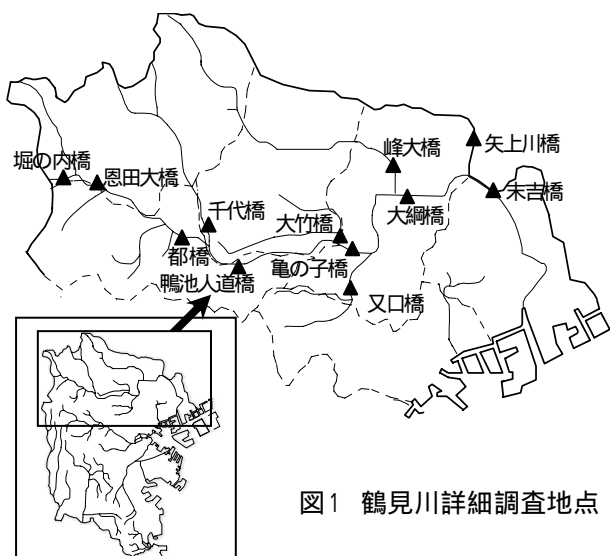


図1 鶴見川詳細調査地点

## 2-2 調査地点及び調査時期

調査地点を図1に示す。調査対象とした鶴見川は町田市小山田地区を源流とし、本川（谷本川）の上流部には町田市の鶴見川クリーンセンター、川崎市の麻生水処理センターがあり、横浜市内では都筑、港北、北部第一下水処理場がある。支流河川である恩田川の上流には町田市の成瀬クリーンセンター、矢上川には川崎市の加瀬水処理センターがあり、鶴見川には合計7ヶ所の下水処理場の処理水が流入している。鶴見川流域のほとんどは市街化が進み、都市化に伴う河川流量の減少や、下水道の普及による下水処理水の河川水量に対する割合が増加傾向にある。

調査地点は、横浜市内の鶴見川本川の5地点（千代橋、鴨池人道橋、亀の子橋、大綱橋、末吉橋）と、主要な支流河川である恩田川（堀の内橋、恩田大橋、都橋）鳥山川（又口橋）大熊川（大竹橋）早淵川（峰大橋）矢上川（矢上川橋）の7地点の計12地点とした。

調査日は、秋期に1度（平成15年11月5日、公共用水域測定計画調査と同日）実施した。

## 2-3 分析方法

調査物質の分析方法を表1に示す。全試料については、17-エストラジオールとエストロンの分析には操作が簡便なELISA法（酵素免疫法）を用いた。ELISA法の前処理は「下水試験方法追補前提版、2002年版」（日本下水道協会）<sup>10</sup>に記載されている固相抽出（溶出液：ジクロロメタン）ELISA法に準じ、定量にはTAKEDA 17-Estradiol ELISAキット、TAKEDA Estrone ELISAキットを用いた。また、鶴見川本川の千代橋、鴨池人道橋、亀の子橋、及び恩田川の恩田大橋、都橋の5試料については、ELISA法と同時にLC/MS法も用いて17-エストラジオールとエストロン、及びエストリオールの測定を行った。LC/MS法の前処理は「下水試験方法追補前提版、2002年版」に記載されている固相抽出LC/MS法に準じ、分析は住化分析センターに委託した。

ビスフェノールA、ノニルフェノール、オクチルフェ

表2 鶴見川調査結果

調査地点名	(µg/l)				
	E2 (ELISA)	E1 (ELISA)	NP	OP	BPA
堀の内橋	0.0043	0.027	0.2	0.03	2.1
恩田大橋	0.0043	0.025	0.3	0.04	0.04
都橋	0.0023	0.010	0.2	0.02	0.07
千代橋	0.0029	0.012	0.1	ND <sup>1)</sup>	0.05
鴨池人道橋	0.0044	0.025	0.3	0.04	0.04
亀の子橋	0.0042	0.020	0.2	0.02	0.33
大綱橋	0.0042	0.020	0.2	0.03	0.73
末吉橋	0.0035	0.013	0.4	0.03	0.71
大竹橋	0.0008	0.001	0.1	ND	0.08
又口橋	0.0004	0.001	0.2	0.06	0.16
峰大橋	0.0005	0.002	0.1	0.01	0.05
矢上川橋	0.0028	0.023	0.3	0.07	0.13

注1)ND:検出下限値以下

ノールについては「外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル」（環境省）<sup>11)</sup>に準じて分析した。

## 3 結果及び考察

### 3-1 鶴見川における各物質の調査結果

各物質の調査結果を表2に示す。女性ホルモンについてはELISA法で測定した結果を示した。

17-エストラジオールについては、恩田川の堀の内橋と恩田大橋、及び鶴見川本川の鴨池人道橋、亀の子橋、大綱橋から0.0040µg/l前後と他の調査地点より高い濃度で検出された。エストロンについても、17-エストラジオールと同様に堀の内橋、恩田大橋、鴨池人道橋、亀の子橋、大綱橋から高濃度で検出され、さらに矢上川の矢上川橋からも高濃度で検出された。上記の調査地点は全て下水処理場の処理水が流入している河川である。一方、下水処理場がない河川の調査地点、大竹橋、又口橋、峰大橋からは17-エストラジオールもエストロンもほとんど検出されなかった。

ノニルフェノールの調査結果については、女性ホルモンとは異なり、堀の内橋や亀の子橋での検出濃度は0.2µg/lと検出下限値付近の低い濃度であった。鶴見川本川下流の末吉橋において0.4µg/lとやや高い。オクチルフェノールについては鶴見川本川よりむしろ、矢上川の矢上川橋で0.07µg/l、鳥山川の又口橋で0.06µg/lと支流河川から比較的高い濃度で検出されている。環境省は魚類に影響を与えない濃度（予測無影響濃度）としてノニルフェノールが0.608µg/l、オクチルフェノールが0.992µg/lと示しているが<sup>6,7)</sup>、その濃度を超えて検出された地点はなかった。

ビスフェノールAについては、堀の内橋で2.1µg/lと高い濃度で検出された。次いで大綱橋と末吉橋が0.7µg/l前後と高かった。環境省の平成13年度全国調査での最高検出濃度が0.56µg/lであることから<sup>12)</sup>、全国的にみても堀の内橋や大綱橋、末吉橋の検出濃度は高いと言える。

各物質の相関を表3に示した。最も高い相関を示したのは17-エストラジオールとエストロンである。これは、この2物質の主要な排出源が同じ下水処理場であり、

表3 各物質の相関

	E2	E1	NP	OP	BPA
E2 <sup>1)</sup>	1				
E1 <sup>2)</sup>	0.92	1			
NP	0.57	0.59	1		
OP	0.14	0.38	0.66	1	
BPA	0.41	0.42	0.00	0.04	1

1)、2)ELISA分析結果を用いて相関を求めた。

挙動も比較的似ていることを反映しているためと考えられる。界面活性剤の原料として使用されているノニルフェノールとオクチルフェノールについても相関係数は0.66と、ある程度の相関を示した。しかし、ビスフェノールAについては、どの物質とも相関係数が0.5以下と低く、排出経路が他とは異なっていると考えられた。

### 3-2 ELISA法とLC/MS法との女性ホルモン分析結果の比較

千代橋、鴨池人道橋、亀の子橋、恩田大橋、都橋の5地点については、女性ホルモンの分析をELISA法と同時にLC/MS法も用いて行っている。表4に、ELISA法とLC/MS法との分析結果を比較した。

17-エストラジオールについて、LC/MS法とELISA法との結果を比較すると、その比は0.7~1.3の範囲にあり、2者の値は非常に近似していた。分析結果の傾向も両者は似ており、恩田大橋、鴨池人道橋、亀の子橋から高濃度で検出された。従って、17-エストラジオールについてはELISA法でも十分に精度良く定量していると言える。ELISA法による17-エストラジオールの測定については、前処理過程でジクロロメタン溶出を用いると17-エストラジオールの選択性が高まり、分析結果がLC/MS法と近似するとの報告がある<sup>10)</sup>。本調査でも溶出にジクロロメタンを用いていることから、ELISA測定において良好な分析結果が得られたと考えられる。

エストロンについては、ELISA法の測定結果はLC/MS法に比べ1.3~3.7倍高い値となっており、ELISA法とLC/MS法との結果にかなりの乖離が認められた。また、LC/MS法では、恩田大橋が0.019µg/lと最も高く、次いで鴨池人道橋であるが、ELISA法ではこの2地点は同程度の濃度となっていた。さらに、ELISA法では都橋と同程度の濃度を示している千代橋が、LC/MS法では5地点の中で最も低い濃度であるなど、結果の傾向にも違いが見られた。

エストリオールについては、LC/MS法でのみ分析したが、各調査地点においてエストロンと同程度の濃度で検

表5 E2比活性値

物質	E2比活性値
17-エストラジオール(E2)	1
エストロン(E1)	0.17
エストリオール(E3)	0.0027 <sup>1)</sup>
ノニルフェノール(NP)	0.0026
4-t-オクチルフェノール(OP)	0.0044
ビスフェノールA(BPA)	0.00029

1)メダカERでは活性が認められないが、メダカERでは活性を示すことから代替した。

出された。17-エストラジオールやエストロンに対するエストリオールの相関係数は0.96と0.97であり、非常に高い相関を示した。LC/MS法で分析した5つの調査地点の中では、女性ホルモン3物質とも恩田大橋から最も高い濃度で検出された。

### 3-3 調査地点毎の総女性ホルモン様作用強度の比較

環境ホルモンの大半は女性ホルモン様作用を有する物質であり、多くの化学物質の女性ホルモン様作用強度が*in vitro*(試験管内)試験法により、17-エストラジオールの活性値と比較した値「E2比活性値」として求められている。E2比活性値は測定法の違いにより各種求められているが、本報告ではメダカの女性ホルモン受容体(メダカER)を酵母に導入した酵母ツウハイブリッドアッセイにより求められたE2比活性値(表5)を用いた<sup>1)</sup>。このE2比活性値は、ヒトやラットの女性ホルモン受容体を用いたものに比べ、ノニルフェノールやビスフェノールAのE2比活性値が高く、化学物質の影響をより大きく見積もることが出来る<sup>5)</sup>。表2、表4に示した本調査結果に、各物質のE2比活性値(表5)を乗じてE2換算濃度とし、さらに、それらを調査地点毎に総和して総女性ホルモン様作用強度(E2換算、µg/l)を算出した。実際の河川水には、調査対象物質以外にも女性ホルモン様作用を有している物質の存在も考えられるが、ここでは、調査結果とE2比活性値から理論上の総女性ホルモン様作用強度を算出した。

調査地点毎の総女性ホルモン様作用強度を図2に示す。千代橋、鴨池人道橋、亀の子橋、恩田大橋、都橋の5地点では、女性ホルモンをELISA法とLC/MS法の2つの方法で測定しているため、両者の結果から算出した総女性ホルモン様作用強度を併記した。

高い総女性ホルモン様作用強度を示したのは、ELISA法の測定結果からみると、恩田川の堀の内橋、恩田大橋、

表4 ELISA法とLC/MS法との比較

調査地点名	17-エストラジオール			エストロン			エストリオール
	ELISA	LC <sup>1)</sup>	ELISA / LC <sup>2)</sup>	ELISA	LC	ELISA / LC	LC
恩田大橋	0.0043	0.0059	0.7	0.025	0.019	1.3	0.013
都橋	0.0023	0.0027	0.9	0.010	0.0069	1.5	0.0056
千代橋	0.0029	0.0023	1.3	0.012	0.0033	3.7	0.0016
鴨池人道橋	0.0044	0.0034	1.3	0.025	0.0076	3.2	0.0044
亀の子橋	0.0042	0.0034	1.2	0.020	0.0061	3.2	0.0058

1)LC/MS測定値 2)ELISA測定値とLC/MS測定値との比

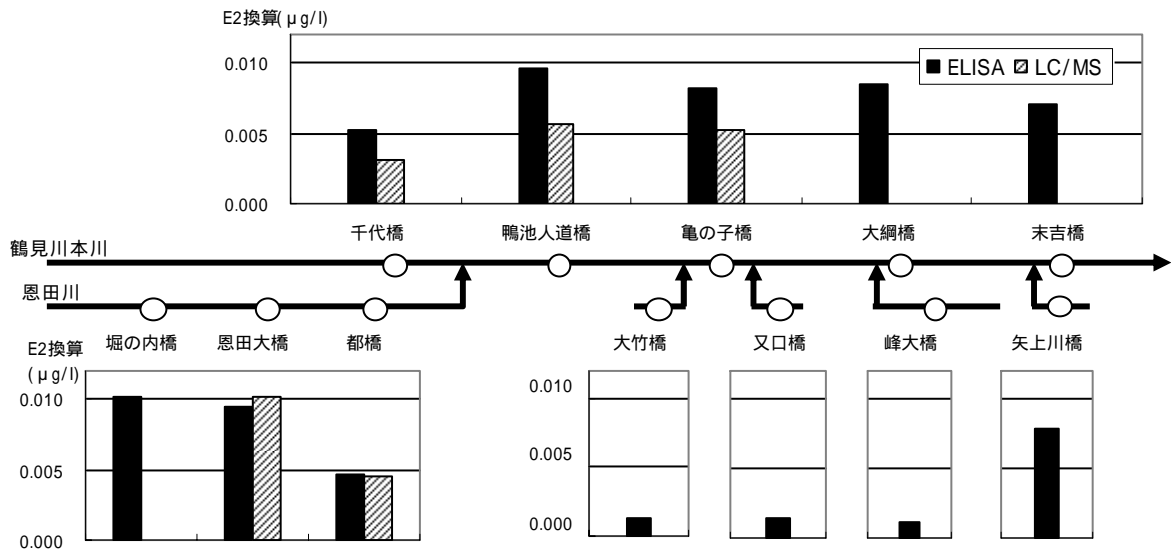


図2 調査地点別の総女性ホルモン様作用強度

及び鶴見川本川の鴨池人道橋であり、次いで亀の子橋、大綱橋であった。末吉橋、矢上川橋も比較的高い総女性ホルモン様作用強度を示した。LC/MS法の測定結果では、恩田大橋が最も高く、次いで鴨池人道橋、亀の子橋となる。鴨池人道橋は、その上流にある千代橋、また恩田川側の上流である都橋よりも総女性ホルモン様作用強度が高まっていた。これは、鶴見川本川と恩田川の合流地点付近には都筑下水処理場があり、そこから排出される処理水の影響を受けているためと考えられる。恩田大橋の総女性ホルモン様作用強度は、ELISA法とLC/MS法いずれから算出しても高かった。

環境ホルモンの野生生物への影響については、河川に生息している雄コイの血中ピテロジェニン濃度を調べる方法がある。ピテロジェニンは卵黄タンパクの前駆体であり、通常は雄にはほとんど検出されないが、女性ホルモン処理を施すと雄にも検出されるようになる<sup>13)</sup>。和波等は、総女性ホルモン様作用強度が0.01 µg/l以上（E2換算）あれば、雄コイに1 µg/ml以上の高濃度の血中ピテロジェニンを産出させる可能性が高いと報告している<sup>14)</sup>。その報告を基に、前報では亀の子橋と都橋においてその可能性が高いと推測したが、今回の詳細な調査により、その上流にある堀の内橋、恩田大橋、鴨池人道橋がより強く女性ホルモン作用の影響を受けており、従って、この地点に生息している雄コイには高濃度の血中ピテロジェニンが産出されている可能性がより高いと考えられた。

### 3-4 総女性ホルモン様作用に及ぼす女性ホルモン及び化学物質の寄与

総女性ホルモン様作用強度が0.01 µg/l（E2換算）を超えるか、あるいは近い値を示した堀の内橋、恩田大橋、鴨池人道橋、亀の子橋、大綱橋の5地点において、総女性ホルモン様作用強度を100%とした場合の各物質の寄与率を図3に示した。ELISA法とLC/MS法の両方で測定した地点については両方の算出結果を併記してある。LC/MS法で測定していない地点については、参考までに、

2者の測定値の乖離が最も大きかった千代橋を基に、エストロンのELISA法測定値を1/3.7とし、17-エストラジオールのELISA法測定値はそのまま使い、LC/MS法の場合として各物質の寄与率を算出した。

その結果、ELISA法とLC/MS法ともに、全地点において総女性ホルモン様作用強度の80%以上を17-エストラジオールとエストロンが占めていた。化学物質については、寄与率の合計が最も大きいものでもLC/MS法から算出した鴨池人道橋の20%程度である。ELISA法から算出した結果だけを比較すると、堀之内橋の化学物質の寄与率が5地点の中では最も高いが、参考までにLC/MS法に換算した場合でも、やはり20%程度でしかなかった。LC/MS法を用いたことにより、昨年度に比べ化学物質の寄与率は若干高まったが、総女性ホルモン様作用強度のほとんどを女性ホルモンが占めていることには変わりなかった。同じ女性ホルモンであるエストジオールについては、寄与率は0.3%と非常に小さかった。

一方、化学物質の寄与率の内訳についてみると、堀の内橋以外の調査地点ではノニルフェノールの占める割合

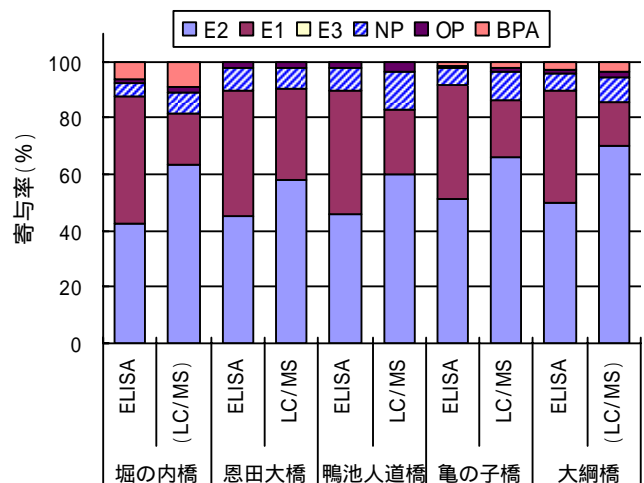


図3 総女性ホルモン作用強度に占める各物質の寄与 (LC/MS)で示した寄与率は、ELISAによるE1測定値を1/3.7として算出した場合である。

が高いが(全割合の5~13%程度)、堀の内橋ではビスフェノールAの寄与率が高く、全体の10%程度を占めていた。ビスフェノールAは最終処分場からの浸出水中にmg/lオーダーで含まれているという報告があることから<sup>15)</sup>、特定の排出源が考えられる地域ではビスフェノールAの検出状況にも注意を払う必要があると考えられる。堀の内橋を例にとり、ビスフェノールAが10µg/lの濃度で検出されたと仮定すると、総女性ホルモン様作用強度に占める割合も30%程度となってくる(ELISA法から算出)。オクチルフェノールについては、矢上川橋で0.07µg/lと今回の調査で最も高く検出されたが、それでも総女性ホルモン作用に対する寄与は5%程度であった(図には示さず)。総女性ホルモン様作用強度に対する寄与率の高い順序としては、17-エストラジオール、エストロン>>ノニルフェノール>ビスフェノールA、オクチルフェノール>エストリオールであった。

#### 4 おわりに

環境ホルモン問題に取り組む上で、女性ホルモンの濃度レベルを把握することは、それ自身が強いホルモン作用を有することから非常に重要である。本調査では、女性ホルモン3物質と、魚類への影響が認められた化学物質3物質を対象に鶴見川水系において詳細な調査を行い、流下による総女性ホルモン様作用強度の変動や各物質の寄与について考察した。

その結果、堀の内橋、恩田大橋、鴨池人道橋の総女性ホルモン様作用強度が高く、その地点に生息している雄コイに血中ピテロジェニンを産出させている可能性があること、総女性ホルモン様作用強度に対する寄与は、女性ホルモンである17-エストラジオールとエストロンが80%以上を占めていることが示唆された。しかし、雄コイのピテロジェニン産出と精巣異常との関係については明確になっていないなど生物影響については未解明な部分が多く<sup>14)</sup>、市内河川の生物影響については研究の進展を見ながら対応していく必要があると思われる。また、現在、環境省は環境ホルモン問題への取り組みに対し、生殖系への影響を中心としていた視点から甲状腺やその他の内分泌系へ広げることとしている<sup>16)</sup>。これに伴い、調査対象とすべき物質が新規に挙げられる可能性もある。今後、横浜市内で調査すべき物質等についても、こういった動向も見ながら検討していく必要があると考えられる。

#### 引用文献

- 1) 国立環境研究所：国立環境研究所特別研究報告「環境ホルモンの新たな計測手法の開発と環境動態に関する研究」、(2002)
- 2) 横浜市環境科学研究所：横浜市内河川・海域における環境ホルモン実態調査報告書、環境研資料No.149、(2003)
- 3) Nishihara T, Nishikawa J, Kanayama T, Dakeyama F,

- Saito K, Imagawa M, Takatori S, Kitagawa Y, Hori S, Utsumi H: Estrogenic activities of 517 chemicals by yeast two-hybrid assay, *J. Health Sci.*, 46(4), p282 - 298 (2000)
- 4) Routledge E J, and Sumpter J P : Estrogenic activity of surfactants and some of their degradation products assessed using a recombinant yeast screen, *Environ.Toxicol.Chem.* 15(3), p241 - 248 (1996)
- 5) 横浜市環境科学研究所：横浜市内河川における環境ホルモン物質のモニタリング調査 - 女性ホルモン作用に関する解析 -、環境研資料No.151、(2004)
- 6) 環境省環境保健部環境安全課：平成13年度第1回内分泌攪乱化学物質問題検討会資料2-2「ノニルフェノールが魚類に与える内分泌攪乱作用の試験結果に関する報告」、3-2「トリブチルスズが魚類に与える内分泌攪乱作用の試験結果に関する報告」
- 7) 環境省環境保健部環境安全課：平成14年度第1回内分泌攪乱化学物質問題検討会資料「平成12年度優先選定物質の内分泌攪乱作用に関する試験結果の概要」
- 8) 環境省環境保健部環境安全課：平成16年度第1回内分泌攪乱化学物質問題検討会資料5-2「魚類を用いた生態系への内分泌攪乱作用に関する試験結果について」
- 9) 恩田健介、中村由美子、宮晶子、葛甬生：生物処理工程における女性ホルモン様物質の挙動、第38回下水道研究発表会講演集、p160 - 162、(2001)
- 10) 日本下水道協会：下水試験方法(追補前提版)-2002年版-、(2002)
- 11) 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)
- 12) 環境省総合環境政策局環境保健部：平成14年度第2回内分泌攪乱化学物質検討会資料2-1「平成13年度内分泌攪乱化学物質における環境実態調査結果のまとめ」、(2002)
- 13) 原彰彦：魚の血液で環境ホルモン汚染をみる、科学、68(7)、p591 - 596、(1998)
- 14) 和波一夫、嶋津暉之、宮下雄博、田村基：多摩川などの環境ホルモン問題に関する研究(その8)都内河川におけるコイの精巣等の調査(総まとめ)、東京都環境科学研究所年報、p45 - 55、(2002)
- 15) 山田和哉、浦瀬太郎、松尾友矩、鈴木規之：異なる形式の廃棄物処分場の浸出水中の微量有機成分の計測とその浸出水処理過程での挙動、水環境学会誌、22(1)、p40 - 45、(1999)
- 16) 環境省環境保健部環境安全課：「環境ホルモン戦略計画SPEED 98」改訂ワーキンググループ会議(第5回)資料2環境ホルモン戦略計画SPEED 98「取組の成果」(案)

## 横浜市水域における PCB の起源推定

二宮勝幸、倉林輝世、柏木宣久\*  
(横浜市環境科学研究所、統計数理研究所\*)

Estimation of source contributions to PCBs in water and sediment in Yokohama city

Katsuyuki Ninomiya, Teruyo Kurabayashi, Nobuhisa Kashiwagi\*  
(Yokohama Environmental Science Research Institute, \*The Institute of Statistical Mathematics)

キーワード：PCB、起源推定、CMB法、AIC、KC200、3,3'-ジクロロピフェニル

## 要旨

ケミカル・マス・バランス法を用いて、水環境中の PCB の起源推定に影響を与える要因について検討した。ケミカル・マス・バランス法では、どのような因子をモデルに取り入れるかが重要であるが、モデルの選択に影響する因子として、発生源 (PCB 製品) の種類と PCB 製品には含有されていないが環境中から検出される顔料原料由来の 3,3'-ジクロロピフェニルの 2 つを取り上げた。発生源は KC300、KC400、KC500、KC600 の 4 種類の PCB 製品およびそれらに KC200 を加えた 5 種類の PCB 製品の 2 通りの場合を想定し、また、3,3'-ジクロロピフェニルは環境中の PCB にそれを含めたものおよび除いたものの 2 通りの場合を想定した。両者を組み合わせた 4 通りのモデルからどのモデルが最適かについて比較を行った。その結果、水質では 5 種類の PCB 製品を発生源とし、3,3'-ジクロロピフェニルを含めたモデルが、そして底質では 5 種類の PCB 製品を発生源とし、3,3'-ジクロロピフェニルを除いたモデルが最適なモデルと判断された。一方、KC200 を取り入れたモデルでも説明できない場合があり、その原因として 2-クロロピフェニル等の低塩素化異性体が影響していることが示唆された。

## 1. はじめに

前報では、ケミカル・マス・バランス法 (CMB法) を用いて市内水域における PCB の起源推定を行った<sup>1)</sup>。発生源は KC300、KC400、KC500 および KC600 の 4 種類の PCB 製品とし、それらの同族体組成をもとに起源推定を行った結果、ほとんどの水域で発生源寄与率を合理的に推定できたが、一部水域においては低塩化物が過剰であったため、4 種類の PCB 製品だけでは説明し切れなかった。この原因として、他の PCB 製品による影響、PCB 製品以外の PCB による影響などが挙げられる。これらの原因を把握することができれば、水域ごとの詳細な問題点が明らかとなり、PCB 対策を効率的に進めていく上で役立つと考えられる。

CMB法は、発生源と環境における物質の質量の釣り合いを基に発生源寄与率推定するためのモデルであり、重回帰分析による方法と関数関係解析による方法がある<sup>2)</sup>。重回帰による方法は、発生源および環境における PCB が各々説明変数および目的変数と仮定され、説明変数の誤差が考慮されない。しかし、実際には発生源としての PCB も環境における PCB と同程度の測定誤差を含んでいると考えられる。一方、双方の変数の測定誤差を考慮して発生源寄与率を推定する方法が、関数関係解析による方法である。

そこで、本報告では、関数関係モデル<sup>2)</sup>を用いて、環境中の PCB の起源推定に影響する要因について、特に低塩化物を中心に検討した。

## 2. 方法

## 2-1 調査方法

分析方法は、「外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル」(環境省)<sup>3)</sup>に準じて行った。

調査は、水質および底質を対象にして平成 16 年 2 月および 3 月に実施した<sup>4)</sup>。

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。

## 2-2 解析方法

## 2-2-1 関数関係解析による CMB法

今回用いるデータは PCB の 1 塩化物から 10 塩化物までの同族体組成、すなわち比率である。比率に基づくモデルでは、変数の共分散は必ずしも 0 とはならない。そのため、データを比率の形で扱う場合には、共分散も定義する必要がある。ここでは、多項分布を利用して分散共分散を定義し、CMB法を適用した。なお、寄与率は値が負値をとらないよう非負制約とし、また、寄与率の総和が 1 となる条件を付した。

## 2-2-2 発生源寄与率への影響要因

はじめに述べたように、低塩化物が 4 つの PCB 製品に比べて環境中で過剰に存在する原因として、他の PCB 製品や PCB 製品以外の PCB による影響などが挙げられる。

まず、KC300 から KC600 までの 4 つの PCB 製品よりも低塩化物を多く含有する PCB 製品には、例えば、KC200 がある。武ら<sup>5)</sup>は KC200 から KC600 までの 5 つの PCB 製品について詳細に測定しているため、図 2 にそれらの同族体組成を示す。

KC300 から KC600 までの PCB 製品には、1 塩化物は



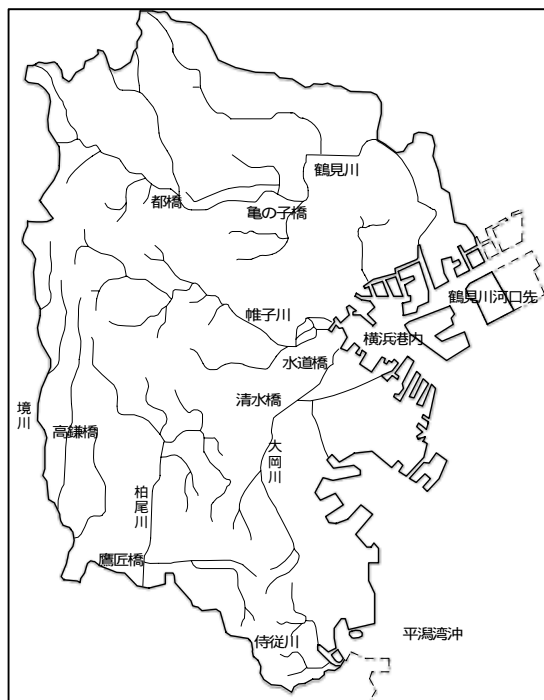


図1 調査地点

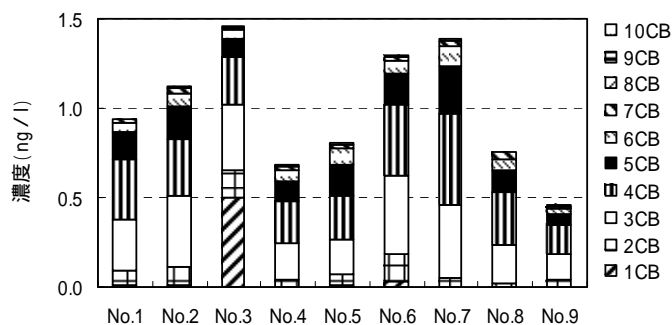


図3 水質のPCB濃度

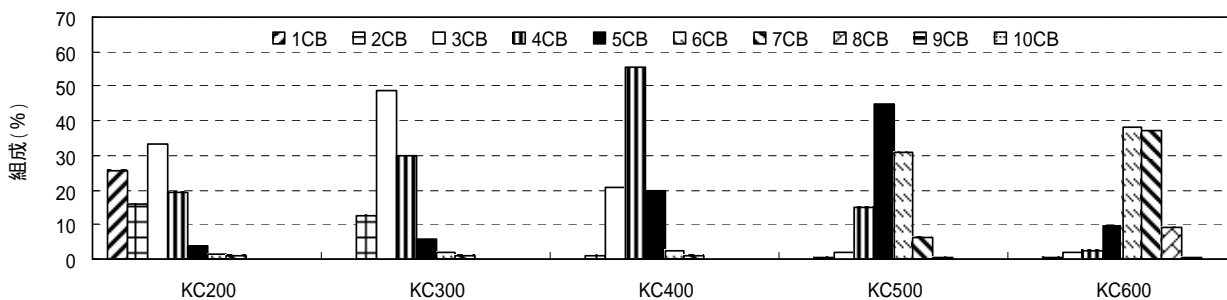


図2 PCB製品の同族体組成

ほとんど含有されていないが、KC200ではそれが約26%とかなり高い値を示した。また、KC200の2塩化物の組成割合は約16%であり、KC300の約13%に比べてやや高かった。このようにKC200はKC300などに比べて1塩化物や2塩化物が多く含有されていた。そこで、KC300からKC600までの4種類のPCB製品を発生源とした場合と、それらにKC200を含めた5種類のPCB製品を発生源とした場合の2通りについて比較検討した。

次に、PCB製品以外のPCBについては、特に低塩化物に着目すると、環境中から比較的高濃度に3,3'-ジクロロピフェニル(IUPAC-PCB No.11: #11)が存在していることが指摘されている<sup>6,7,8,9,10)</sup>。この物質は、PCB製品にはほとんど含有されてなく、印刷用などに使用されている顔料原料3,3'-ジクロロベンジジンの副生成物に由来している。したがって、2塩化物に#11を含めてCMB法を適用すると、PCB製品による発生源寄与率の推定精度に影響することも考えられるので、環境中のPCBに#11を含める場合と含めない場合の2通りについて検討した。

### 3. 結果及び考察

#### 3-1 水質

##### 3-1-1 水質のPCB濃度

図3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0.46ng/l~1.46ng/lの範囲にあった。同族体ごとにもみると、1塩化物はNo.3で最も高い値を示し、次いでNo.6で少し存在しているが、その他の地点ではほとんど認められなかった。また、2塩化物はNo.3とNo.6が相対的に高かった。このように、No.3とNo.6では低塩化物の濃度が相対的に高く、前回調査の結果とほぼ同じ傾向を示した。なお、#11の濃度は0.013μg/l~0.049μg/lの範囲にあり、また、2塩化物に占める#11の濃度割合は16%~83%とかなり大きかった。

##### 3-1-2 水質の最適モデル

2-2の項で述べたように、発生源としてのPCB製品の種類および#11の有無に関する4通りのモデルから、最適なモデルの選択について検討した。

最適なモデルの選択には、尤度<sup>11)</sup>が利用可能であるが、この場合は、発生源であるPCB製品の数すなわちパラメータの数が4個と5個でそれぞれ異なるため尤度を直

接比較できない。パラメータ数の多いモデルのほうが最適なモデルとなるからである。そのため、パラメータ数を考慮に入れた赤池の情報量基準 (AIC)<sup>2,11)</sup>を用いてモデルの検証を行った。なお、AICについては、その値が小さいほうがより最適なモデルであると判断される。

表1に水質の各モデルのAICを示す。

モデル3が、No.6を除く8地点で最小のAIC値を示しており、最適なモデルとなった。そのモデルは、KC200からKC600までの5種類のPCB製品を発生源とし、#11を含めたモデルである。なお、前述したように、基本的には#11を含まないモデルのほうが最適と予想されたが、そうはならなかった。その理由として、測定誤差や#11以外のPCBなどによる影響が考えられるが、今後の検討課題である。

### 3-1-3 水質のCMB結果

図4に最適なモデルとされたモデル3の発生源寄与率を示す。また、モデルの当てはまり具合の目安となる実測値と推定値の残差の絶対値の総和(絶対残差和)を図4にあわせて示す。

まず、寄与率についてみると、No.3を除く他の地点ではKC300、KC400およびKC500の3つの発生源で寄与率のほとんどを占めた。しかし、No.3においてはKC200の寄

与率が0.9を超えており、残りはKC500の寄与率であった。この結果だけから推察すると、No.3ではKC200による影響が他地点に比べてかなり大きかったといえる。また、No.6においても、KC200の寄与率は約0.1を示し、他地点に比べて比較的高かった。

次に、絶対残差和は、ほとんどの地点で0.1を下回っていたが、No.3では約0.16と最も大きかった。No.3については、5種類のPCB製品を用いたモデルでも十分に説明できていたとは言い難い。

一方、環境中におけるPCBの発生源寄与率を推定する場合、一般に発生源としてKC300からKC600までの4種類のPCB製品を用いることが多い。そこで、モデル3のCMB結果をモデル1(4種類のPCB製品および3,3'-ジクロロピフェニル有りのモデル)のCMB結果と比較検討する。図5にモデル1の発生源寄与率および絶対残差和を示す。

モデル1の発生源寄与率は、一部を除きモデル3のそれとよく一致した。発生源はKC300からKC600までの4つのPCB製品のみであるという条件が成り立つことを示唆している。しかし、No.3においては、モデル3でKC200の寄与率がほとんどを占めたが、モデル1ではKC300の寄与率がほとんどを占めるという結果が得られた。すなわち、モデル3のKC200の寄与率がモデル1で

表1 水質の各モデルのAIC

モデル名	モデルの条件		地点								
	PCB製品	#11の有無	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
モデル1	KC300-600	有	-320	-332	-136	-394	-312	-275	-327	-285	-389
モデル2	KC300-600	無	-321	-296	-136	-282	-268	-295	-276	-247	-273
モデル3	KC200-600	有	-404	-414	-300	-515	-432	-382	-394	-345	-498
モデル4	KC200-600	無	-396	-360	-288	-341	-330	-482	-333	-298	-331

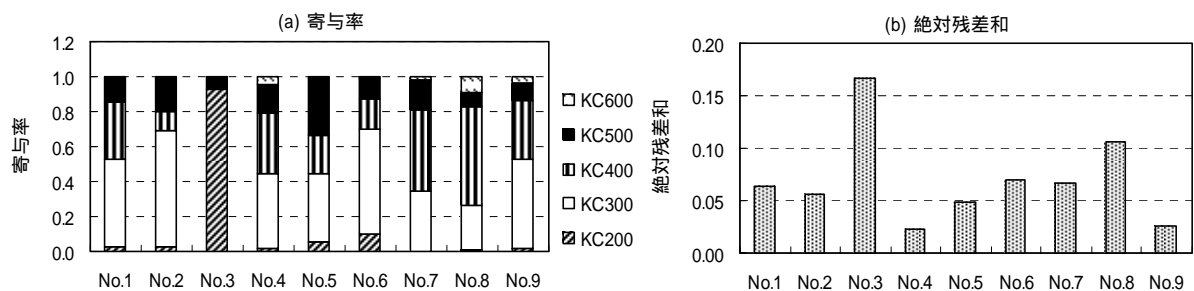


図4 水質モデル3のCMB結果

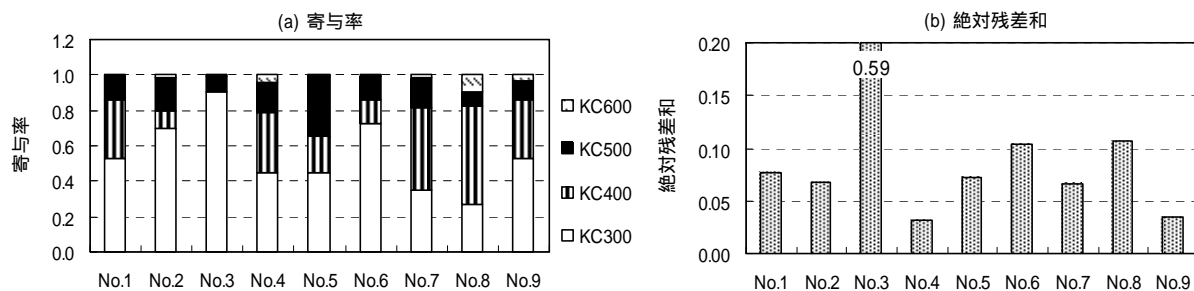


図5 水質モデル1のCMB結果

は KC300 の寄与率にほぼ置き換わる形となった。

絶対残差和については、モデル 1 に比べてモデル 3 のうほうが低く、その傾向が顕著なのは No.3 であった。しかし、それでも、モデル 3 における No.3 の絶対残差和は他地点に比べて 2 倍以上の値を示した。この原因および先の寄与率の問題点を検討するため、同族体組成の実測値と推定値の違いについて調べた。

#### 3-1-4 水質の CMB 詳細結果

図 6 に、各調査地点における同族体組成の実測値と推定値（モデル 3）およびそれらの残差を示す。

実測値は、ほとんどの地点では 3 塩化物、4 塩化物および 5 塩化物を中心とした組成パターンを示しているが、No.3 では 1 塩化物が最も高く、また、No.6 でも 1 塩化物は比較的高かった。両地点は 2 塩化物についても相対的に高い傾向を示した。

推定値は実測値とほぼ同じパターンを示しているが、地点ごとに少しずつ違いがみられた。その違いが大きい地点は、残差によれば、No.3、No.6、No.7 および No.8 であった。それらの地点では、1 塩化物から 3 塩化物までの低塩化物の残差が比較的大きな値を示した。モデルの当てはまりが悪いのは低塩化物による影響が大きいといえる。なかでも、No.3 では 1 塩化物が推定値に比べて実測値のほうでかなり高かった。その理由の 1 つとして、解析方法のところで示したように、1 塩化物を最も多く

含有する KC200 の 1 塩化物は 28% であるのに対して、No.3 ではそれを超える 35% を示したことが挙げられる。このように、発生源として KC200 を加えた 5 つの PCB 製品を用いても、No.3 の推定誤差が相対的に高かった。これらの原因をさらに詳しく調べるため、低塩化物中の異性体について検討した。

#### 3-1-5 水質の低塩化物中の異性体

各調査地点における低塩化物中の各異性体の割合パターンの違いについて調べたところ、1 塩化物中および 2 塩化物中の異性体割合が地点によって異なる傾向を示した。図 7 に 1 塩化物中および 2 塩化物中の異性体割合を示す。ただし、2 塩化物については、先に述べたように、#11 のほとんどは顔料由来と考えられるので、それを除いた異性体割合を示す。

まず、1 塩化物についてみると、3 つの異性体のなかで 2-クロロビフェニル（#1）の割合が No.3 では相対的に高かった。No.3 における #1 は 75% を超えており、次いで 3-クロロビフェニル（#2）、4-クロロビフェニル（#3）の順であった。KC200 の 1 塩化物中の #1 の割合は約 54% であり、それに比べて No.3 では 20% 程度高かった。同様に No.6 と No.8 においても #1 の割合が高かった。

次に、2 塩化物中の異性体のうち、No.3 で特徴的なパターンを示すものは、2,5-ジクロロビフェニル（#9）

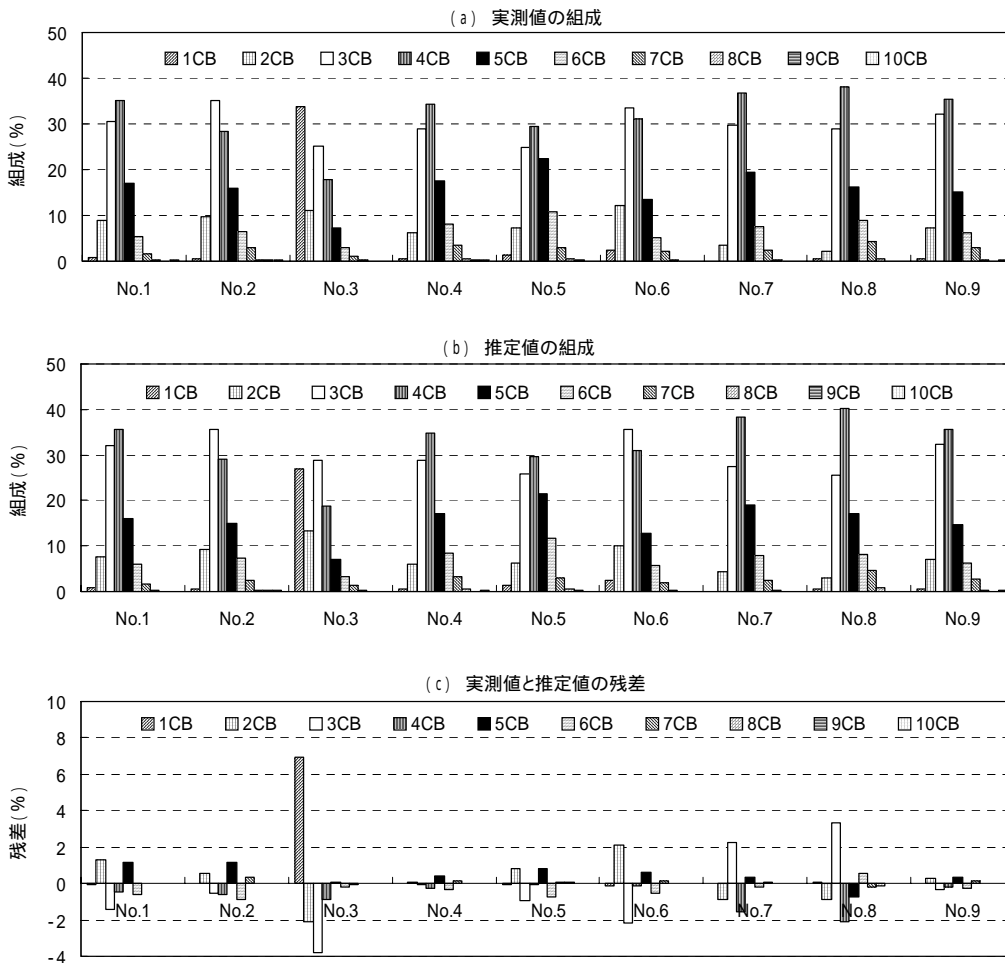


図 6 同族体組成の実測値と推定値（モデル 3）および残差

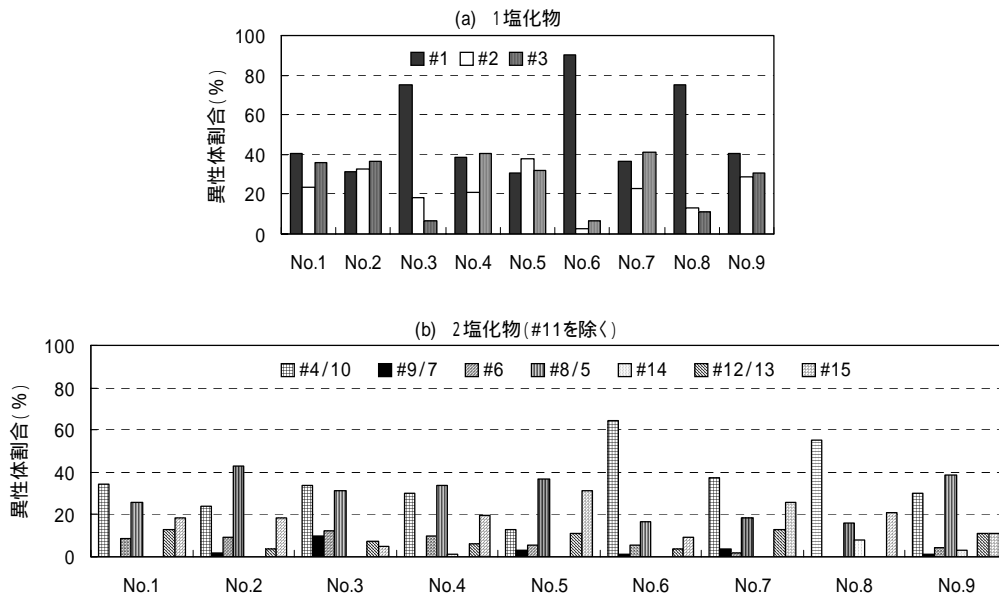


図7 水質の低塩化物中の異性体割合

2,4-ジクロロピフェニル( # 7 )であった。No.3 の#9#7 の割合は10%程度あるが、他地点のそれは5%を超えていなかった。一方、No.6 とNo.8 では、2,2'-ジクロロピフェニル( # 4 )、2,6-ジクロロピフェニル( # 10 )の割合が60%前後を示しており、他地点に比べて相対的に高かった。

これら1塩化物と2塩化物の異性体割合パターンから推察すると、No.3 では、他地点に比べてKC200の影響が大きく、さらに#1や#9#7などの異性体による影響も加わっていた可能性が高い。また、No.6 とNo.8 はNo.3とは異なる影響を受けていると考えられる。

### 3-2 底質

#### 3-2-1 底質のPCB濃度

図8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。

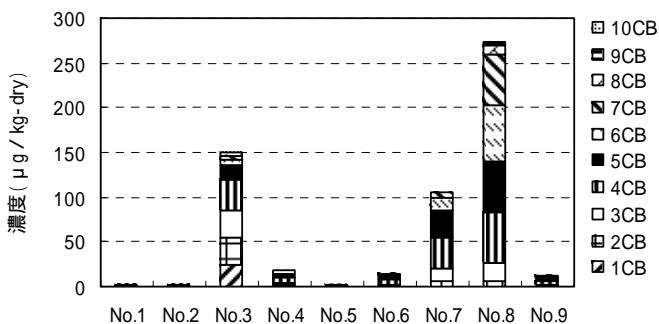


図8 底質のPCB濃度

PCBの総濃度は1.2µg/kg~270µg/kgの範囲にあった。同族体ごとにみると、例えば、No.3では1塩化物から4塩化物までの低塩化物の濃度が高く、No.8では逆に4塩化物から7塩化物までの高塩化物の濃度が高かった。これらの結果は、前回調査の結果とほぼ同じであった。なお、#11の濃度は0.02µg/kg~4.4µg/kgの範囲にあり、また、2塩化物に占める#11の濃度割合は15%~92%とかなり大きかった。

#### 3-2-2 底質の最適モデル

水質の場合と同様に、4通りのモデルから最適なモデルを選択するために検討を行った。表2に底質の各モデルのAICを示す。

モデル4がNo.5を除いて最小のAICを示した。最適なモデルとされたモデル4は、KC200からKC600までの5種類のPCB製品を発生源とし、#11を含めないモデルである。このように底質の場合には、解析方法の項で予想した通り、#11を含めないモデルが選択された。

#### 3-2-3 底質のCMB結果

図9に最適なモデルとされたモデル4の発生源寄与率および絶対残差和を示す。

寄与率については、多くの地点でKC400とKC500の寄与率の占める割合が高く、水質の場合よりも高塩化物を含有するPCB製品の側に偏っていた。しかし、No.3ではKC200、また、No.8やNo.9ではKC600が大きく寄与していた。後者は港湾や沿岸に位置し船舶の往来の多い水域であることから、船底塗料由来のKC600による影響が

表2 底質の各モデルのAIC

モデル名	モデルの条件		地点								
	PCB製品	#11の有無	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
モデル1	KC300-600	有	-340	-189	-151	-302	-377	-351	-282	-294	-223
モデル2	KC300-600	無	-392	-305	-154	-380	-353	-360	-376	-310	-315
モデル3	KC200-600	有	-417	-231	-283	-367	-457	-424	-345	-363	-274
モデル4	KC200-600	無	-484	-369	-303	-458	-426	-434	-456	-379	-389

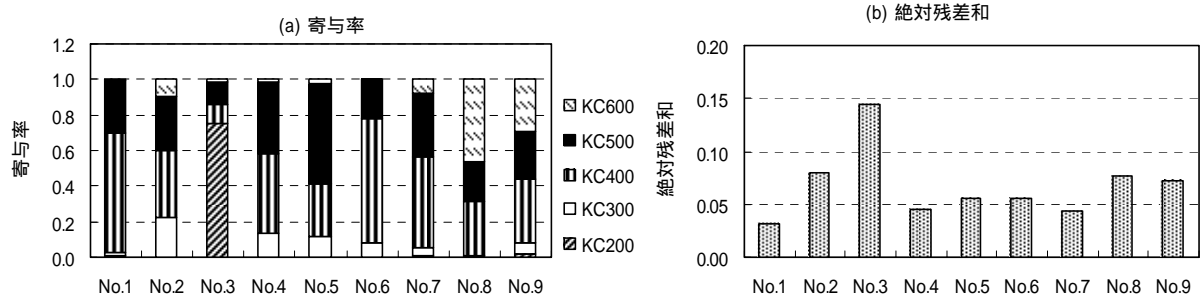


図9 底質モデル4のCMB結果

大きいと推察される<sup>12,13</sup>。No.3については、KC200の寄与率が約0.75と大部分を占め、残りはKC400とKC500であった。ここには図示しないが、モデル2(KC300からKC600までの4種類のPCB製品を発生源とし#11を含めないモデル)について寄与率を求めたところ、No.3ではKC300の寄与率が約0.8とほとんどを占めた。このように、水質の場合と同様に、モデル2におけるKC300の寄与率が、モデル4におけるKC200の寄与率にほぼ置き換わるという結果になった。どのような種類のPCB製品を説明変数とするかによって、極端に異なる結果が導かれることがあることを示唆している。

一方、絶対残差和は、ほとんどの地点で0.1を下回っていたが、No.3では約0.15と相対的に高かった。

これらの結果から、No.3ではモデル4が必ずしも最適なモデルであるとはいえない。この原因を探るため、同族体組成について調べた。

### 3-2-4 底質のCMB詳細結果

図10に各調査地点における同族体組成の実測値と推定値およびそれらの残差を示す。

実測値についてみると、No.1からNo.7までの地点のほとんどは4塩化物と5塩化物を中心とした同族体組成を示し、港湾や沿岸海域に位置するNo.8とNo.9の2地

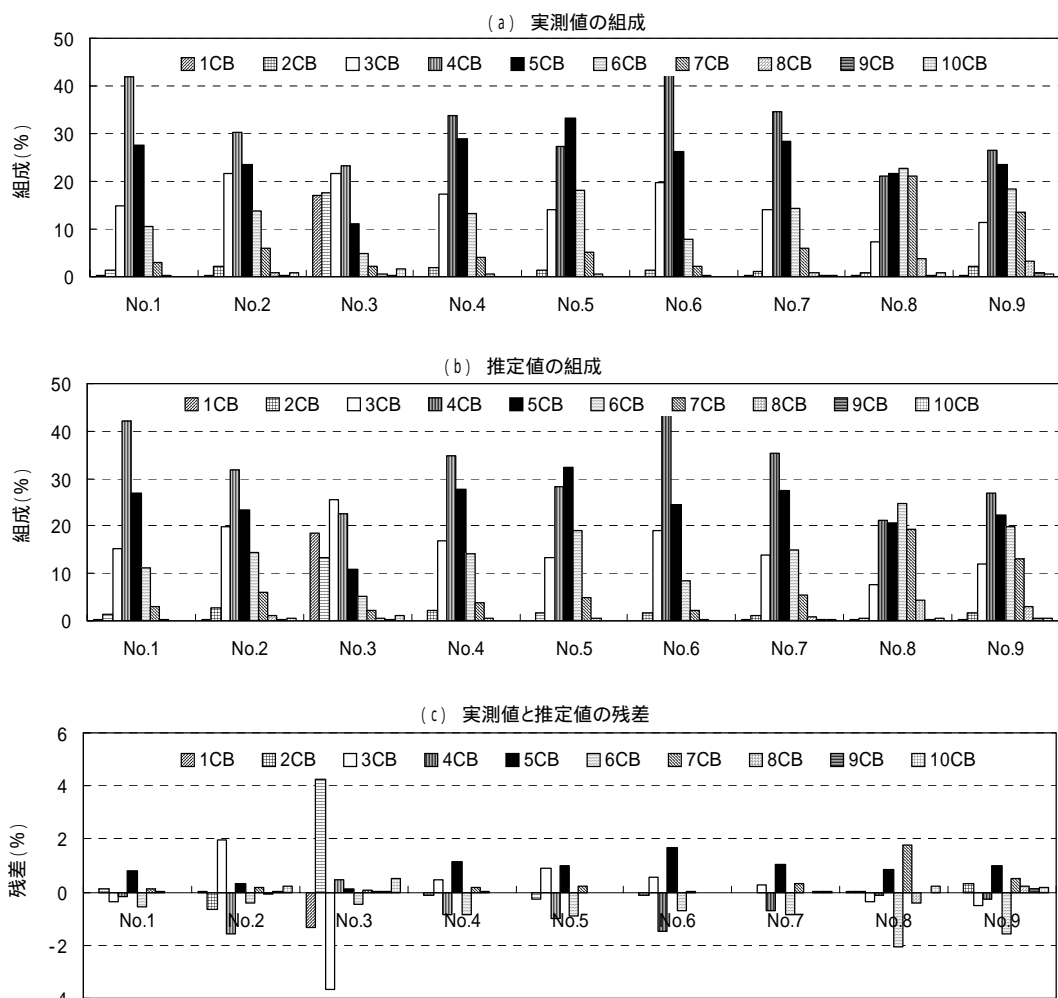


図10 同族体組成の実測値と推定値(モデル4)および残差

点ではさらに6塩化物や7塩化物の割合も高かった。それらに対して、No.3では1塩化物と2塩化物の割合が相対的に高く、他地点とは異なるパターンを示した。

推定値は、ほとんどの地点で実測値とほぼ同じパターンを示していることから、寄与率の推定の精度が比較的良好であったといえる。一方、No.3では実測値に比べて推定値のほうが2塩化物は低く、3塩化物は逆に高かった。残差をみると、その傾向が明確となり、No.3では1塩化物から3塩化物までの低塩化物の当てはまり具合が悪かった。そこで、水質の場合と同様に、低塩化物中の異性体について詳細に検討した。

### 3-2-5 底質の低塩化物中の異性体

図11に1塩化物中および2塩化物中の異性体割合を示す。2塩化物については、黄色顔料由来の#11を除いた異性体割合を示している。

No.3における1塩化物は、#1の割合が最も高く、次いで#2、#3の順であった。この異性体割合の順は、水質の場合と同じであったが、#1が#2や#3に比べて際立って高いということにはなかった。No.6もNo.3と同様な傾向を示した。

2塩化物中の異性体についてみると、#9#7の割合がNo.3では20%程度あり、それ以外の地点に比べて高かった。また、No.6における#4#10の割合は他地点より高かった。

したがって、底質の場合も水質の場合と同様に、No.3では、KC200が相対的に大きく寄与しているとともに、#1や#9#7による影響も少し加わった、そして、No.6では#1や#4#10による影響があったと推察される。これらの発生要因については今後の検討課題である。

## 4 まとめ

環境中のPCBの起源推定をCMB法を用いて考察したところ、以下の結果が得られた。

- 1) 低塩化物が過剰に存在している水域では、KC300からKC600までの4種類のPCB製品だけでなく、低塩化物含量の多いPCB製品であるKC200を含めた5種類のPCB製品を発生源とすることによって、推定精度が向上した。
- 2) 環境中のPCBから3,3'-ジクロロビフェニルを除いてCMB法を適用すれば推定精度が良くなると予想されたが、水質の場合はそうはならず、課題が残った。
- 3) 低塩化物の推定誤差が相対的に大きい地点があったが、その原因として、#1や#9#7などの異性体が影響していると考えられた。

### 参考文献

- 1) 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、96-106、2002。
- 2) 柏木宣久、佐々木裕子、飯村文成、安藤晴夫：関数関係解析によるChemical Mass Balance、応用統計学、31、59-74、2002。
- 3) 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年10月。
- 4) 横浜市環境科学研究所ホームページ  
<http://www.city.yokohama.jp/me/cplan/epb/kenkyu/news/n040907b.pdf>
- 5) 武志保、剣持堅志、難波順子、門田実：PCB全異性体を用いた魚介類の実態調査、岡山県環境保健センター年報、26、65-72、2002。

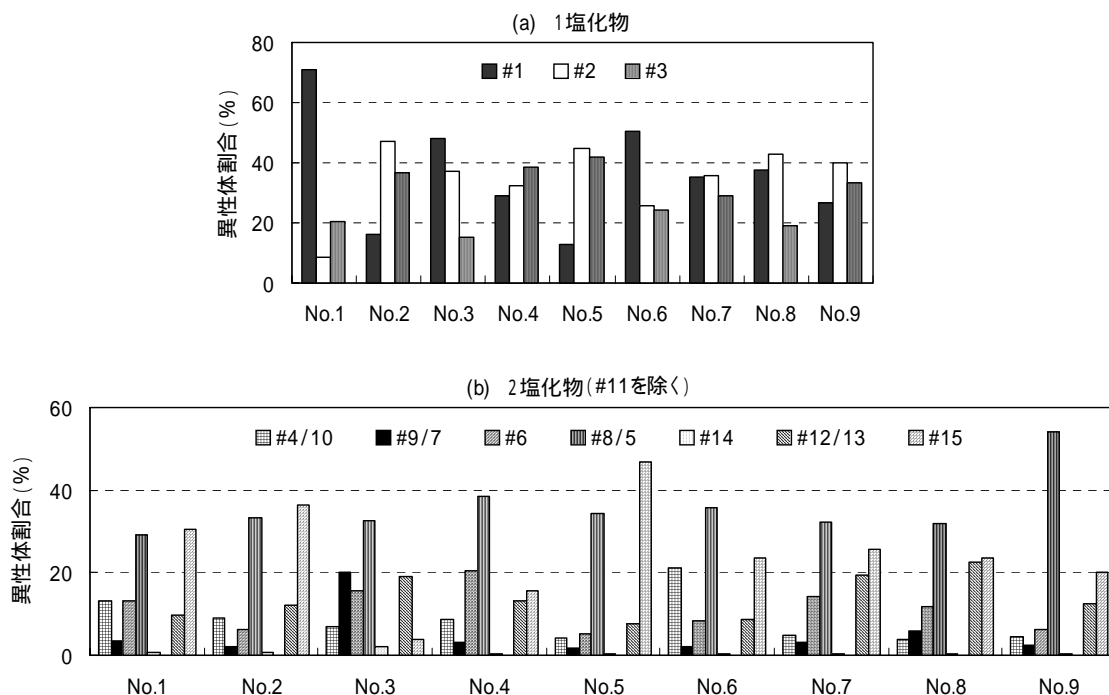


図11 底質の低塩化物中の異性体割合

6) Simon Litten, Brian Fowler, and Diane Luszniak、  
DETERMINATION OF PCDD/PCDF AND 209 PCB CONGENERS IN  
NEW YORK HARBOR AND HUDSON BASIN USING FILTRATION  
(XAI) INTEGRATING SAMPLERS AND US EPA METHODS 1668 AND  
1613B, *ORGANOHALOGEN COMPOUNDS*, 46, 369-372, 2000.

7) LITTEN S, FOWLER B, LUSZNIAK D: Identification of  
a novel PCB source through analysis of 209 PCB  
congeners by US EPA modified method 1668, *Chemosphere*,  
46, 1457-1459, 2002.

8) 中野武, 松村千里, 角谷直哉, 山本耕司, 福島実:  
PCB 異性体 3,3' - ジクロロビフェニル( # 11) 起源と分布,  
第 10 回環境化学討論会講演要旨集, 574 - 575, 2001.

9) 今西克也、川上学、山科清、福島実、森田昌敏: 環  
境水中での PCB 異性体の挙動 ~ 2000 年度全国一斉調査よ  
り ~、第 11 回環境化学討論会講演要旨集、478-479、2002.

10) 松木司、竹井秀夫、下田喜則、矢野泰正、今村光徳:  
四重極型 GC/MS による PCB の分析方法の検討 ( その 2 )、  
広島市衛生研究所年報、22、73-78、2003.

11) 坂元慶行、石黒真木夫、北川源四郎: 情報量統計学、  
共立出版、1983.

12) 日本化学会編: PCB - 環境汚染物質シリーズ -、  
丸善、1980.

13) 日本水産学会編: 海洋生物の PCB 汚染、恒星社厚  
生閣、1977.

# 横浜市内の温湿度分布調査

- 2004 年の結果 -

福田亜佐子、佐俣満夫（横浜市環境科学研究所）

Distributions of atmosphere temperature and humidity in Yokohama area

-Results of a year of 2004-

Asako Fukuda, Mitsuo Samata

(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：ヒートアイランド、気温、湿度、熱帯夜

## 要旨

2004 年にヒートアイランド調査として、市内 31 地点での気温観測及び 10 地点での湿度観測を行った。標高による測定値の補正を行ったところ、補正後でも夏期平均気温に最大 1.53 の地域差が見られ、ヒートアイランド現象が生じていることが確認された。

さらに、この測定結果をもとに市内の温湿度分布図を作成し、その特徴についてまとめた。

気温分布については、日中の分布を示す日最高気温では、市内の北東部と南西部が相対的に高く、夜間の分布を示す日最低気温では臨海部が高くなる傾向がみられた。これは、2003 年の測定結果から明らかになった傾向と一致しており、横浜市の夏期の気温分布の特徴といえる。また、地点ごとの日変化について解析したところ、都市部と 2 つの異なる森林部の 3 パターンに分類できることが分かった。

湿度分布については、日中は北東部が、夜間は臨海部の湿度が低いという傾向が明らかとなった。

気温と湿度の値を基に不快指数を算出し、最高気温を記録した 7 月 21 日の分布について検討したところ、日中 13 時では市内全域で不快指数は 80 を超えていた。分布は同時刻の気温分布と傾向が一致しており、気温による影響が強く出ている。夜間 22 時では、同時刻の気温分布と傾向は類似しているが、臨海部の湿度が低いため、臨海部に比べ、周辺地域の方が高い不快指数となった。

## 1. はじめに

大都市のヒートアイランド現象については、近年、熱汚染という深刻な環境問題として認識されており、国を初め、東京、大阪など自治体でその対策の取り組みが始められている。横浜市においても、現在ヒートアイランド対策取組方針作成に向けての検討が進められている。

ヒートアイランド対策を検討していく上で、気温の上昇を抑制させることとともに、市民が体感している夏期の生活環境の悪化の解消が重要な問題となっている。

当研究所の調査<sup>1)</sup>で 2003 年度から市内 31 地点での温度観測を行ない、詳細な気温分布について検討した結果、夏期の平均気温分布では港北区などの横浜市北東部に比較的高温になる地域があることなど市内の気温分布については一定の傾向を見出した。

しかし、熱環境による人体への影響を考える場合、温度だけでなく湿度等の要因も重要とされている。

そこで、2004 年度は市内 10 箇所について新たに湿度を観測し、市内の湿度分布等について検討するとともに不快指数について検討した。

## 2. 観測方法

横浜市内の小学校 20 校の百葉箱内にデータロガー付サーミスター式温度計（タスコジャパン(株)製 TMS70DA 温度ロガー）を、10 校の百葉箱にデータロガー付サーミスター式温湿度計（タスコジャパン(株)製 TMS70UR 温湿度ロガー）を設置した。市内の精密な気温分布を得るために、市内を 4km メッシュに区切り、概ねメッシュ毎に 1 地点の観測地点となるよう 30 地点を設置した。従来から測定していた環境科学研究所を加え全体で 31 地点である。測定は、1 時間毎の瞬時値の温度をロガーに蓄積し、6 ヶ月に 1 度パソコンで回収した。

観測地点の市内の位置について図 - 1 に、観測項目について表 - 1 に示す。

気温・湿度等の分布図は、Kriging 法による空間補間を行い、GIS ソフト（ArcGIS）により作成した。

標高データについては、「数値地図 50m メッシュ（標高）」（国土地理院発行）を用いた。



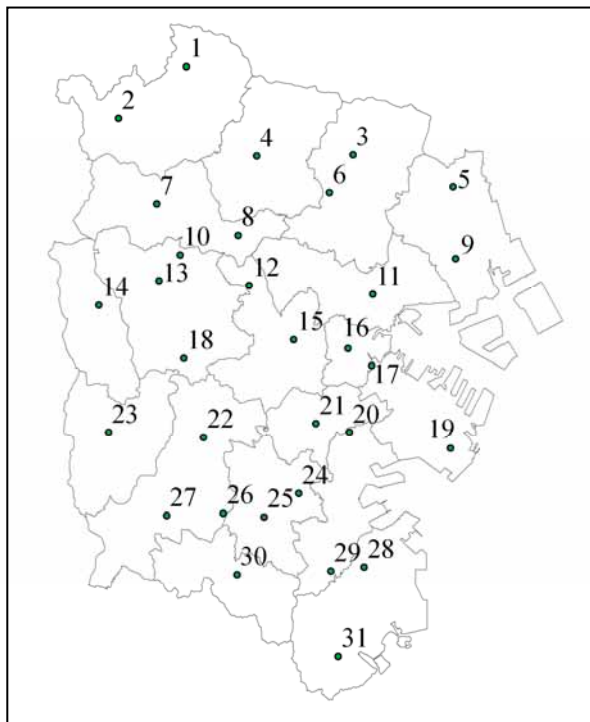


図 - 1 観測地点

地図番号	設置小学校	観測項目	
		温度	湿度
1	荇子田小学校		
2	恩田小学校		
3	新吉田小学校		
4	茅ヶ崎台小学校		
5	末吉小学校		
6	新羽小学校		
7	新治小学校		
8	緑小学校		
9	生麦小学校		
10	大池小学校		
11	二谷小学校		
12	上菅田小学校		
13	都岡小学校		
14	相沢小学校		
15	星川小学校		
16	平沼小学校		
17	本町小学校		
18	万騎が原小学校		
19	本牧南小学校		
20	環境科学研究所		
21	大岡小学校		
22	秋葉小学校		
23	和泉小学校		
24	南台小学校		
25	野庭東小学校		
26	南舞岡小学校		
27	南戸塚小学校		
28	富岡小学校		
29	氷取沢小学校		
30	本郷小学校		
31	六浦小学校		

表 - 1 観測項目

### 3. 結果と考察

#### 3-1 標高と気温分布についての検討

前報<sup>1)</sup>で報告したように、横浜市内の夏期平均気温に最大2の地域差がみられたが、標高による補正は加えていなかった。

一般に100m標高が高くなると0.65℃気温が低下すると言われており、気温減率と呼ばれている<sup>2)</sup>。実際に測定した気温と標高の間にも十分な相関が得られたという報告もあり<sup>3)</sup>、標高による補正後の気温分布をヒートアイランド現象の影響と評価している例<sup>4)</sup>もある。

そこで、本報では、標高による補正を加えた気温値の地域差について検討した。

本市においても、夏期平均気温と標高について検討したところ相関係数-0.80と一定の相関がみられた(図-2)。

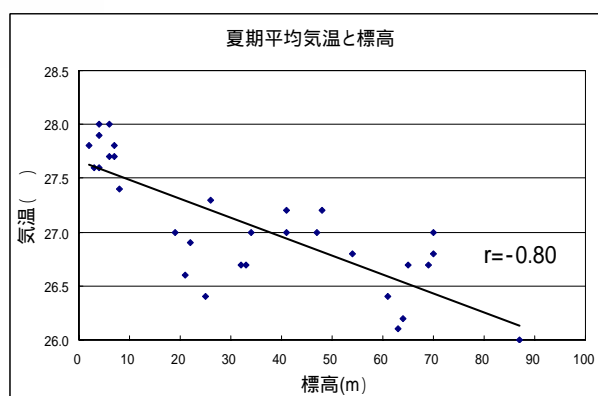


図 - 2 夏期平均気温と標高

夏期の日最低の平均気温 ( $r = -0.77$ ) や熱帯夜日数 ( $r = -0.86$ ) などと標高の間にも相関がみられた。

今回の測定地点で最高の標高は87mであり、気温減少分がそのまま標高に比例すると考えると、この標高での気温減少分は0.55℃と見積もられる。

そこで、標高による気温減少分を各地点について算出し、実際の測定値から引いた値での地域差をみると最大で1.53℃であった。夏期平均気温での地域差(補正前)は最大2℃であるが、標高による補正後であっても地域差はみられ、ヒートアイランド現象が確認された。また、夏期平均気温分布図と同じパターンであった。

以上のことから標高差について考察すると、補正していない場合に比べて温度の地域差に若干の差がみられるが、標高によって土地利用が限定される等、標高と土地の被覆状況にも一定の関係性があることも考えられる。

また、今回の測定地点はいずれも標高100m以下となっており、標高による気温減率よりも、土地の被覆状況の影響の方が大きいとも考えられるため、次項以降の検討では、標高補正前の生データを使用することとした。

### 3-2 気温分布

#### 3-2-1 夏の日最高気温と日最低気温

2004年7月1日から8月31日までの期間における日最高気温・日最低気温の平均値の分布を図-3に示す。地域差でみると日最高気温では、最大3.7の差がみられ、日最低気温は最大2.5の差、平均気温では最大2.0、熱帯夜日数では29日の差がみられヒートアイランド現象が確認された。

前報<sup>1)</sup>で2003年の夏期気温分布の特徴について報告したが、2004年についても同様に、日中の分布を示す日最高気温では市内の北東部と南西部が相対的に高い値を示す一方、夜間の分布を示す日最低気温では臨海部が高くなる傾向がみられた。

2003年夏は冷夏、2004年夏は猛暑と気象状況は大幅に違ったが市内の気温分布の傾向は一致していた。

東京都でも気温分布調査を行っており、夜間は東京湾沿岸部などの都心部の気温が上昇し、日中になると内陸部に高温域が移動すると報告している<sup>5)</sup>。

図-4 都心部と森林地域における夏の平均気温の時刻変動

本市においても臨海部が都市化の著しい地域であるので、同様の傾向がみられた。

全地点の時刻変動について比較した結果、気温の日変化が3パターンに分類できることが分かった。パターンの代表点として都心部の本町小学校(地点10)、森林域の万騎が原小学校(地点14)及び新治小学校(地点6)を選択し、夏の平均気温の時刻変動について比較したものを図-4に示す。

本町小学校は、相対的に夜間、昼間ともに高い気温となっており、万騎が原小学校は低くなっている。一方、新治小学校は昼間都心部の本町小学校と同程度の気温まで上がるが、夜間は森林域の万騎が原と同程度まで下がる。

これは、日中と夜間で高温域が移動しており、新治小学校においては日中高温域が移流してくる地域にあたるためと考えられる。

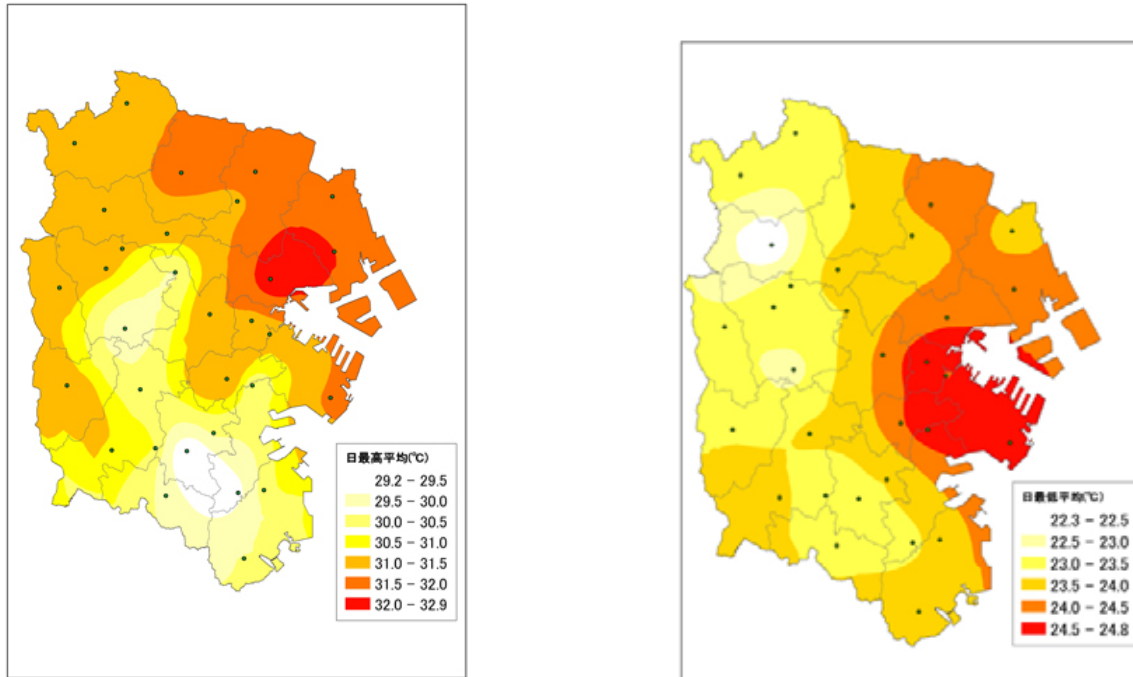
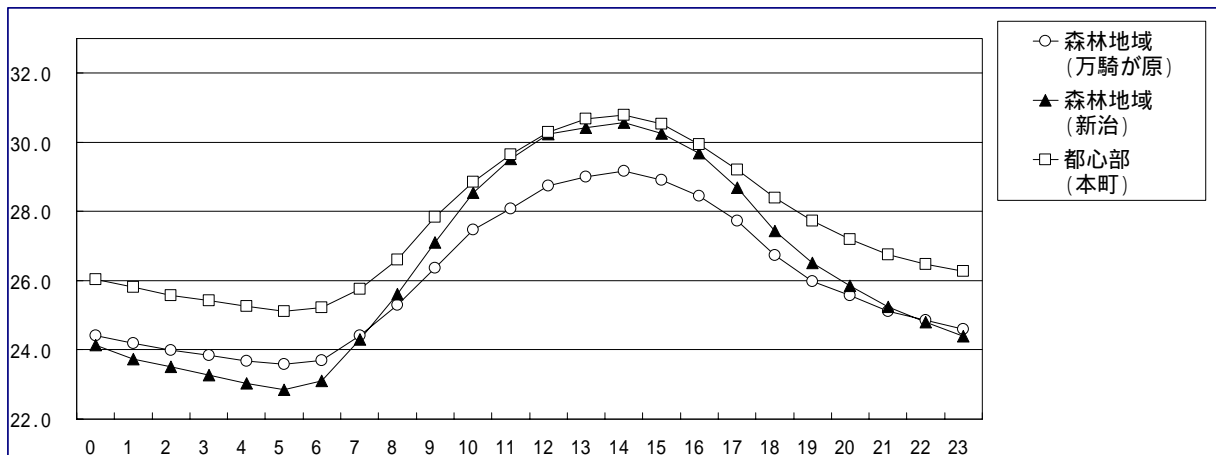


図-3 平均日最高気温(左)および平均日最低気温(右)の分布。(2004年7月1日~8月31日)



### 3-3 夏期の湿度分布

2004年7月1日から8月31日までの期間における市内の湿度分布について図-5に示す。

ヒートアイランドの影響として、湿度の低下が報告されている。原因としては、地表面被覆の人工化や緑の減少により大気中への水の蒸発散量が少なくなるためと考えられている<sup>6)</sup>。

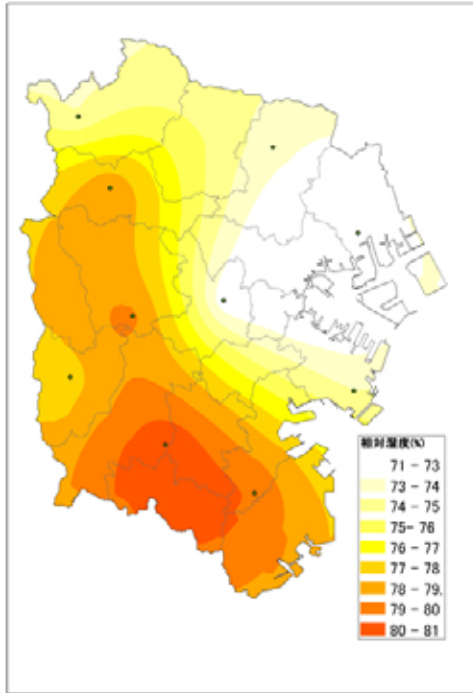


図-5 夏期の平均相対湿度分布図(2004年7月1日~8月31日)

図-7 2004年7月21日13時(左)及び夜間(右)の湿度分布図  
濃い陰影部が湿度の高い地域を示している。

本市においても、土地利用図(図-6)と湿度分布図(図-5)を比較すると、市街化されている地域ほど湿度が低く、森林域は高い傾向がみられた。

また、2004年夏期最高気温を記録した7月21日について、昼13時と夜間22時の分布図を比較する(図-7)と、昼間は北東部が、夜間は臨海部の湿度が低い傾向がみられた。これは、気温分布の高温域の日変化の傾向と一致していた。

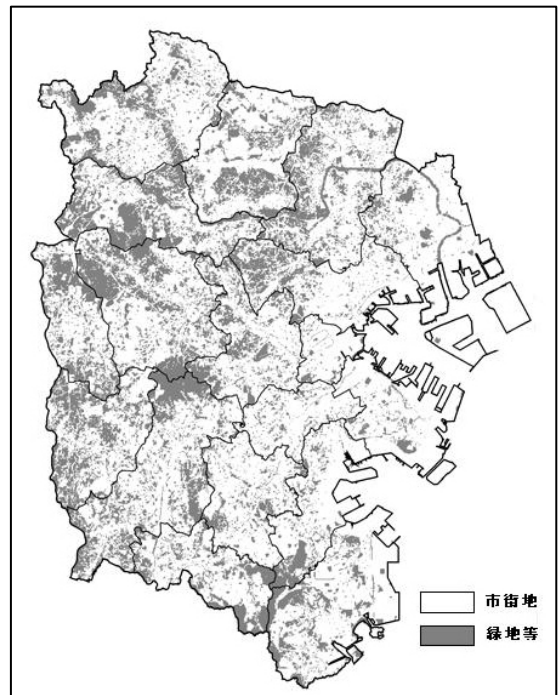
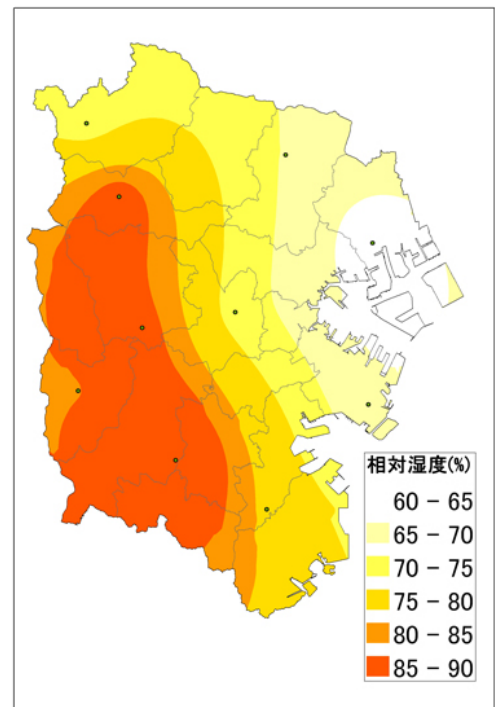
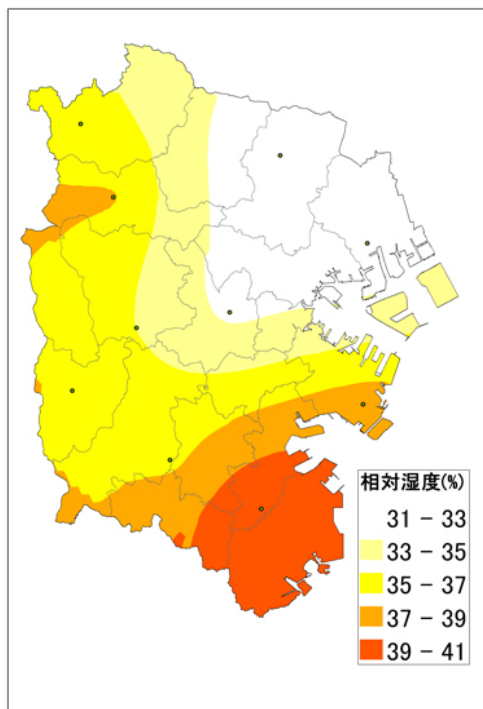


図-6 横浜市の土地利用図(10mメッシュ数値地図情報:国土地理院)



### 3-4 不快指数分布

ヒートアイランド現象を緩和する目的として、生活空間の快適性が考えられる。そこで、体感指標について検討する必要があると考え、体感指標の一つである不快指数についての市内の分布状況を検討した。

気温と湿度を測定した 10 地点について下記の式により不快指数 (THI) を算出した<sup>7)</sup>。

$$THI = 0.81T + 0.01Rh (0.99T - 14.3) + 46.3$$

T: 気温 ( ) Rh: 相対湿度 (%)

7月21日の13時(図-8)と22時(図-9)の不快指数と気温分布図を示す。

前述したように、ヒートアイランド現象の影響として、気温は高くなり、湿度は低くなるとされている。

13時の分布では、気温分布と概ね傾向は一致している。湿度が低いため、気温による影響の方が大きく現れたものと考えられる。不快指数が最も高い地域は新吉田小学

校(地点6)で、88.4であった。不快指数が85を超える地域(日本人の場合93%の人が暑さによる不快を感じるといわれている<sup>7)</sup>)は気温分布で38度を越えている地域とほぼ一致する。

22時の分布では、森林地域の不快指数は低くなっており、気温分布と傾向は類似している。不快指数が最も高くなる地域は、気温の最も高い新吉田小学校(地点5)で、81.1であった。ただし、臨海部の生麦小学校(地点1)や本牧南小学校(地点24)よりもやや内陸にある星川小学校(地点9)の方が不快指数は高い値となった。これは、臨海部より内陸の湿度が高くなっているためと考えられる。

夜間においては、森林地域は快適に過ごせ、不快と感じる地域は臨海部から内陸の広い地域に広がっている可能性が示唆された。夜間の人口は臨海部よりも周辺地域の方が多くこともあり<sup>8)</sup>、夜間の対策を行っていく場合臨海部だけではなくその周辺地域でも対策を講ずる必要があると考えられる。

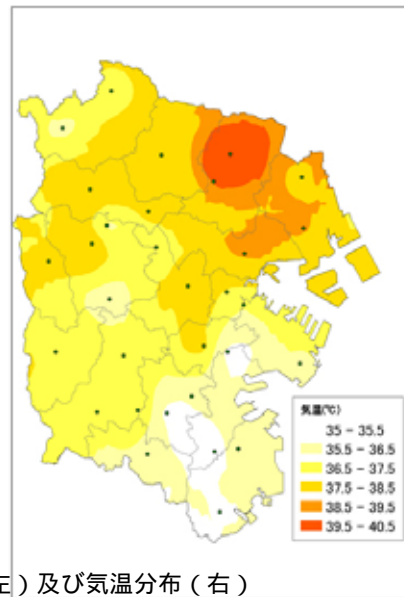
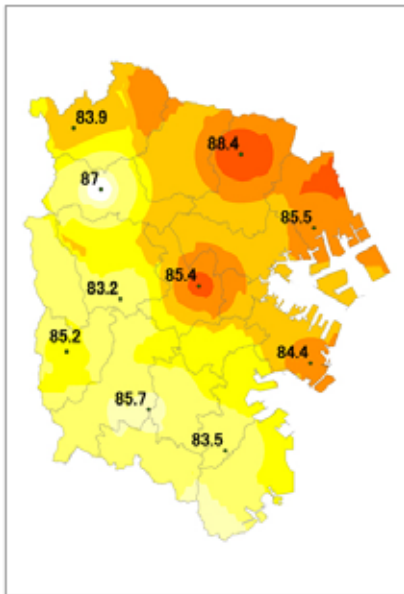
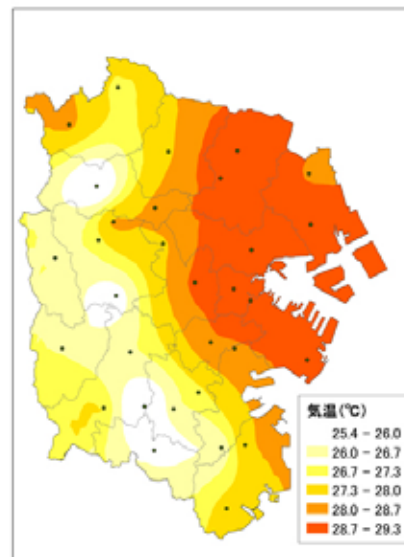
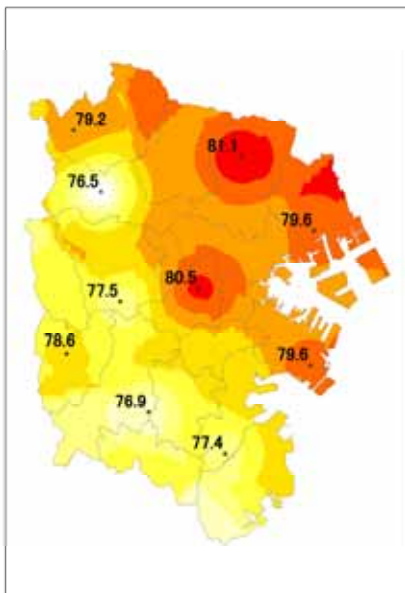


図-8 2004年7月21日13時の不快指数(左)及び気温分布(右)





体感指標として他にもSETやWBGTなど様々な指標が提案されており、実際に人が感じる温冷感との相関に関する評価も報告されている。<sup>9)</sup>

今回は温度と湿度のデータから算出できる不快指数について検討したが、屋外の暑熱環境を正確に把握するためには、風や日射などの影響についても考慮した指標を採用する必要がある。

ヒートアイランド現象の影響を見る指標として何が妥当かも含め、幅広く検討していく必要があると思われた。

#### 4 おわりに

(1) 気温分布について標高による補正を行ったところ、補正後も夏期平均気温に最大 1.53 の地域差が見られた。

(2) 夏期の気温分布について、日中は市内北東部と南西部が高く、夜間は臨海部が高くなるという傾向が見られ、2003年夏期の傾向と一致していた。

(3) 夏期気温について、地点ごとの日変化の特徴は、3グループに分けることができた。

(4) 夏期の湿度分布について、日中は北東部が、夜間は臨海部が低いという傾向が明らかとなった。

(5) 夏期の不快指数分布について検討したところ、夜間は気温の高い臨海部だけではなく、その周辺部に不快指数の高い地域が広がっている可能性が示唆された。

#### 文献

1) 福田、佐俣：横浜市内の気温分布調査-2002年～2003年の結果、横浜市環境科学研究所所報、28、58-62(2004)

2) 気象ハンドブック：気象ハンドブック編集委員会編

3) 西山：50mメッシュによる詳細気候図の作成、香川県農業試験場 豊穰、41、(2003)

4) 伊藤、宇田川、三上：東京都内の気温分布について(その1)、東京都環境科学研究所年報、35-45(1994)

5) 安藤、塩田ら：東京都区部における夏期の気温分布について、日本地理学会 2003年春季大会

6) 環境省：平成15年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書、(2005)

7) 東京堂出版：気象の事典

8) 横浜市：第81回横浜市統計書、(2003)

9) 木内豪：屋外空間における温冷感指標に関する研究、天気、Vol.48, No.9, 11-21, 2001

## 港北区役所屋上緑化での温度低減効果

2004 年夏期の解析

佐俣満夫、福田亜佐子（横浜市環境科学研究所）

### The Measurements of Temperatures on the Roof Garden of Kouhoku Ward Office Building at summer in 2004

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

キーワード：ヒートアイランド、屋上緑化、温度

#### 「要旨」

港北区役所屋上緑化での 2004 年夏期の大気気温、屋上緑化部分地中 3cm,10cm,20cm、屋上コンクリート表面温度、日射量、風向風速について観測した結果を解析した。その結果、夏期のコンクリート表面温度は最高で 50℃以上にも達するが、緑化部分の地中 3cm では最高でも 40℃程度であり、地中 20cm では 30℃前後でほぼ一定なことがわかった。日射量と温度の関係では地表面近くになるほど温度は日射の影響を受け、地中 20cm 以下になるとほとんど日射の影響は受けないことがわかった。風が強くなると緑化部分の地表面付近の温度は大気の影響を強く受けることがわかった。また港北区役所の屋上緑化の有無による室内での省エネ効果は小型家庭用クーラーのおよそ 2 台分程度に相当するものと推測された。

#### 1. はじめに

近年、ヒートアイランド対策として、各地の都市部で屋上緑化の普及啓発が進められている。しかし、屋上緑化の温度低減効果の観測事例はきわめて少ないため、当研究所では市内の病院の屋上緑化にて温度観測を行った<sup>1)</sup>。そして、その結果から屋上緑化の温度低減効果は建物、緑化の構造、気象条件等の影響を受けるため、温度低減効果の把握には温度以外の気象条件の観測も併せて行う必要があることがわかった。当研究所での気温分布調査から港北区などの横浜市北東部では夏期には比較的高温になり易

い傾向があることが認められている<sup>2)</sup>。そこで、横浜市では市内北東部に位置する港北区役所の屋上に 2003 年 11 月に屋上緑化 (500 m<sup>2</sup>) を設置し、その温度低減効果の観測のため、当研究所で気温観測用の他、屋上コンクリート表面、芝生の緑化部分地中深さ 3cm、10cm、20cm に温度計を設置し、さらに日射量、雨水量、風向風速を観測した。また本事業ではヒートアイランド対策の普及啓発の一環として港北区役所 1 階ロビーに大気気温、屋上コンクリート表面温度、緑化温度 (地中 10cm) をそれぞれリアルタイムで表示している。さらにすべての観測結

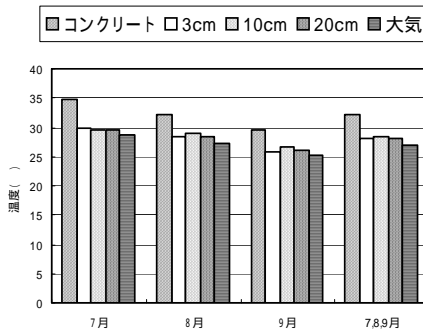


図-1 2004年夏期での大気気温、コンクリート表面、緑化地中3cm、10cm、20cmの温度の平均値

果を本市ランシステム（YCAN）を通して当研究所に転送し、その一部データを市庁舎内に公開するシステムを構築した。ここでは、それらの観測結果を基に2004年夏期の港北区役所屋上緑化での温度低減効果についての解析結果を報告する。

## 2. 測定方法

風向風速計、日射量計、雨量計、大気気温計を屋上緑化部分南面中央の手すり部分に設置した。緑化部分の温度観測は屋上緑化の中央部の芝生の地中にニードル型センサー温度計を10cmの幅において地中3cm,10cm,20cmにそれぞれ設置した。また屋上緑化南面の建物コンクリート部分に接点型の温度計を設置した。解析には各観測値の毎時の瞬間値を用いた。なお2004年夏期では雨量計は調整中であったため雨量に関する解析は今回行わなかった。

屋上緑化の有無による室内の気温変化を調べることと屋上緑化による省エネルギー効果を推定するため、屋上緑化部分の直下の階（3階）である食堂と屋上緑化の無い最上階（4階）の居室の天井裏内の屋根裏コンクリート部分と天井プレート下部の計4箇所にデータログ温度計をそれぞれ設置した。

## 3. 結果と考察

### 3-1 屋上緑化の温度特性

#### 3-1-1 夏期の平均温度

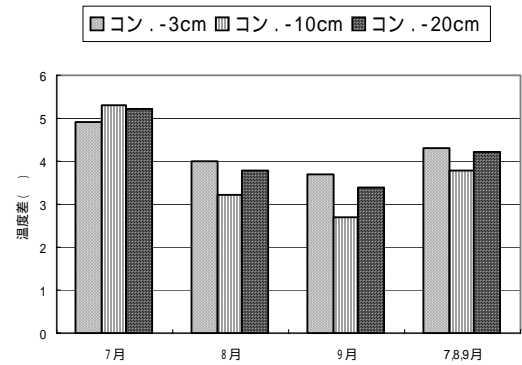


図-2 2004年夏期でのコンクリート表面と各緑化地中温度の平均値の差  
(コンクリート表面 各地中温度)

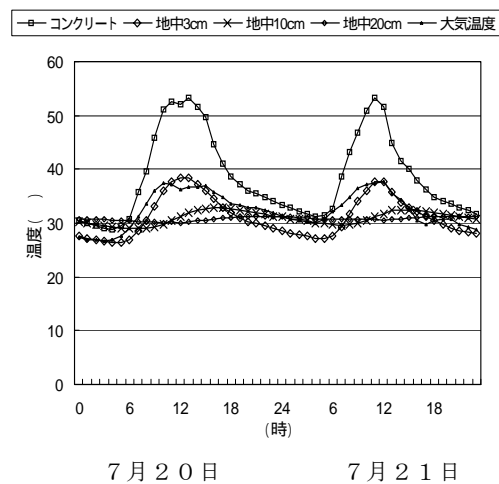


図-3 2004年7月20,21日での各温度の経時変化

夏期3ヶ月（7～9月）での最高温度は屋上コンクリート表面で53.4℃、地中3cmで40.4℃、地中20cmで31.6℃となっており最高温度は地中の表面に近づくほど高くなっている。また平均温度としては夏期の月毎及び3ヶ月間の観測温度の平均値のグラフを図-1に示す。各月で最も高いのは常にコンクリート表面温度であり、最も低いのは大気気温となっている。また8,9月と3ヶ月平均では地中10及び20cmの温度が地中3cmの温度より若干高くなる傾向がみられた。夏期3ヶ月間の平均温度はコンクリート表面32.3℃、地中3cmで28.0℃、地中10cmで28.5℃、地中20cmで28.1℃、大気気温で27.1℃であった。これより地中温度よりコンクリート表面の温度の方が平均値でも高くなっている。そこで月毎及び3ヶ月平均でのコンクリート表面と各地中温度の差

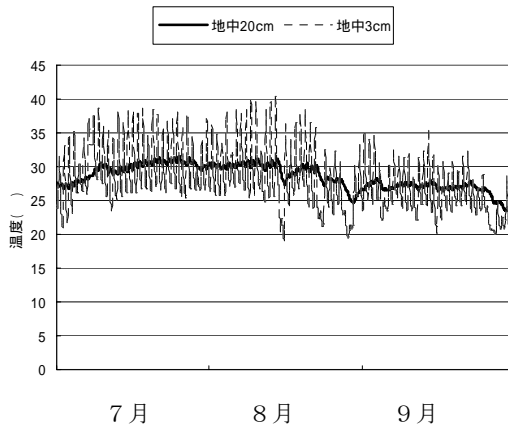


図 4 緑化地中 3 及び 20 cm での夏期の温度の経時変化

(コンクリート表面—地中温度)を図一2に示す。コンクリート表面と地中温度の差は概ね3~5℃程度であり3ヶ月平均では4℃前後となっている。図一2より8,9月では地中10cmでの温度差が他より1℃ほど低くなっているのが特徴的である。この特徴は各温度の経時的な変化特性に由来するものと考えられた。そこで2004年夏期に最も高い気温を記録した7月21日前後の二日間の各温度の経時変化を図一3に示す。この図より、温度の日変化はコンクリート表面がいちばん大きく、夏の晴天日には最高で50℃を超え、その日変化幅も25℃程度となるが、地中深くなるほど温度の日変化幅は減少し、地中20cmではほとんど一日中温度はほぼ一定となる。また日中ではコンクリート表面の温度は高いが、夜間では逆に地中3cmの温度が最も低い傾向がみられた。そこで地中3cmと20cmでの夏期3ヶ月間の長期的な経時変化を図一4に示す。これより地中20cmの温度変化は雨天後の数日間を除き、長期的に平衡状態を保っているが、地中3cmの温度変化では日変動が大きいことがわかる。しかし夏期3ヶ月間の温度を平均すると地中3cmと20cmでの平均温度の差は0.1℃程度となり、平均気温ではその差はほとんどみられない。しかし、地中10cmの温度変化では図一3にみられるように日射の影響で日中若干高くなるため図一2に示すような傾向となっている。そこで各観測温度の夏期3ヶ月間の昼間と夜間での平均値の差(昼間—夜間)を図一5に示す。これよりコンクリート表面は昼夜の温度差は約9℃と最も大きく、地中

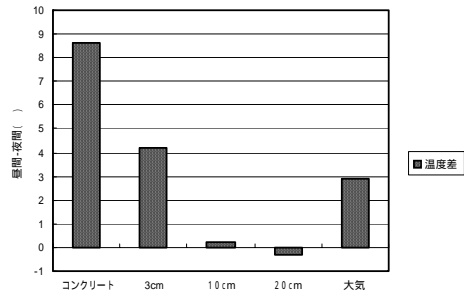


図 5 各温度の夏期 3 ヶ月間の昼間と夜間での平均値の差(昼間—夜間)

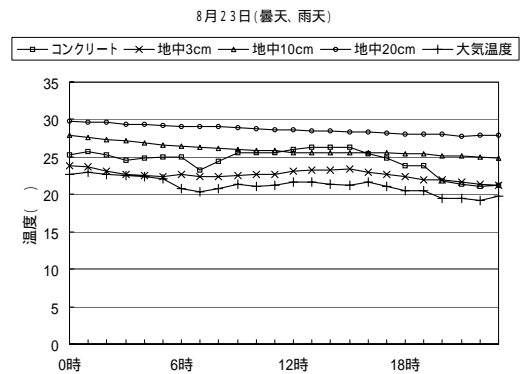


図 6 雨天、曇天の場合での各温度の日変化

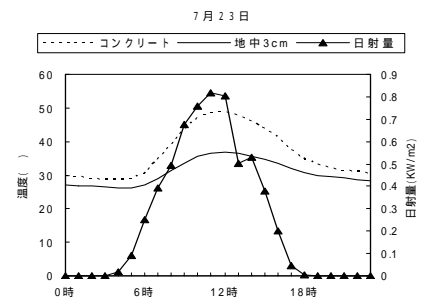


図 7 夏期晴天日でのコンクリート表面及び緑化地中 3cm での温度と日射量の日変化

3cm で 4℃、地中 10cm 及び 20cm では温度は昼間も夜間もほぼ変化しないことがわかる。

次に雨天又は完全な曇天の場合での温度の日変化を図一6に示す。この場合すべての観測値は日中でも大きな変化はみられないが、図一6では大気温度が最も低く、地中20cmの温度が最も高くなっている。これは雨天などでの大気中の冷気の影響が短期間では地中20cmまでには到達しないため、地中20cmでは前日までの温度平衡をそのまま保つためと考えられる。

### 3-1-2 温度と日射量の関係

夏期晴天日でのコンクリート表面及び地中 3cm の温



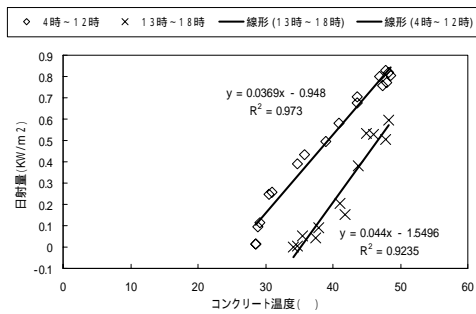


図 8 夏期晴天日での日射量とコンクリート表面温度との相関 (2004年7月23及び25日)

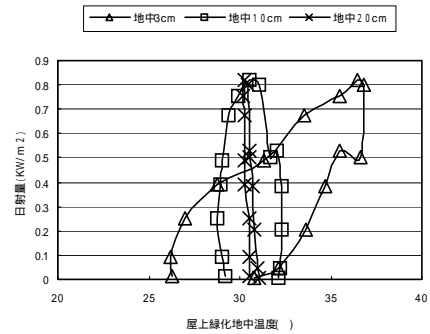


図 9 夏期晴天日での日射量と緑化地中温度の日変化 (2004年7月23日 4時~18時)

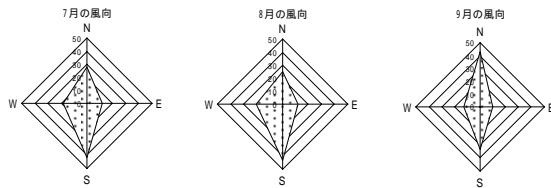


図 10 港北区役所屋上緑化部分での夏期の風配図

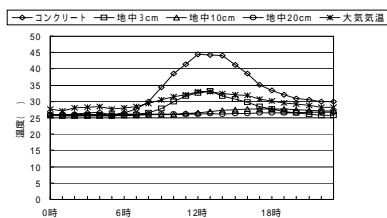


図 11 強風日での観測温度の日変化 (2004年8月31日)

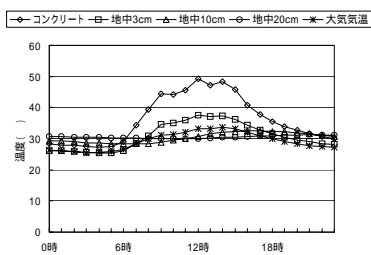


図 12 弱風日での観測温度の日変化 (2004年7月27日)

度と日射量の日変化の一例を図一七に示す。横浜での夏期の日射量の最高値は正午前後の  $0.8\text{KW}/\text{m}^2$ 程度であるが、日本各地の中でも平均的な値となっている。図よりコンクリート表面も地中  $3\text{cm}$  の温度も日射と共に上昇するが、コンクリート表面の温度上昇が著しい。そこで2004年7月23日と7月25日の日射のある時間帯(4時~18時)での日射量とコンクリート表面温度との相関を図一八に示す。これよりコンクリート表面温度と日射

量の間には午前と午後とで異なった直線相関がみられ、2つの相関係数は共に  $0.9$  以上であった。2つの相関直線の違いは12時から13時の1時間の間に日射量が  $0.8\text{KW}/\text{m}^2$ から  $0.6\text{KW}/\text{m}^2$ に急激に変化することを示している。この現象は図一七からも推測できるように、この時間帯が午前中のコンクリート表面の昇温過程と午後での蓄熱過程を特徴づける結果となっている。午前中の相関直線と午後での相関直線の傾きはいずれも  $0.04$  と同程度なので、午前中の日射による昇温傾向と午後での温度の下降傾向はほぼ同じ傾向で推移する。次に夏期晴天日での日射量と地中温度の日変化を図一九に示す。これより地中が深くなるほど日射量と温度の関係は図に示すように垂直かつ中心に集中するようになる。いずれの温度傾向でも曲線の左半分は午前中の結果であり、右半分は午後の結果である。同一日射量での右と左の温度幅が大きいほどその地点での温度は日射の影響を強く受けることを意味している。したがって屋上緑化で地中  $20\text{cm}$  以下では温度値には日射の影響をほとんど受けないことがわかる。

### 3-1-3 風向風速と温度の関係

夏期の月毎の東西南北の風配図を図-10に示すが、港北区役所の屋上緑化は東西方向に建物の壁があるため、いずれの月でも東西方向の風は少なくなっている。7,8月での主風向は南方向の風であるが、9月では北方向の風が多くなっている。横浜市での夏期の風向は相模湾からの南方向の風が多いことから、港北区役所屋上緑化の

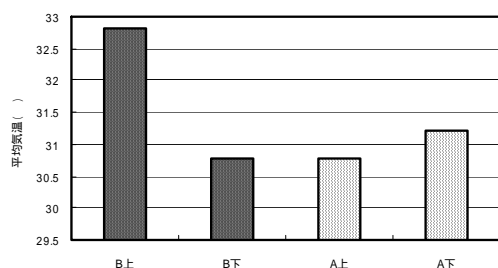


図 1 3 2004 年 7,8 月の日曜日 (9 日間) の平均気温 (A 上 : 緑化有りコンクリート、A 下 : 緑化有り天井下部、B 上 : 緑化無しコンクリート、B 下 : 緑化無し天井下部)

場合でも主方向に沿った風の流れとなっている。また夏期 3 ヶ月間の月別平均風速はいずれも 1.5m/s 程度であった。

晴天日での強風の日と弱風の日で地上付近の温度に違いが生じることが予想された。そこで強風の日 (8 月 31 日) と弱風の日 (7 月 27 日) での各観測温度の日変化を図一 1 1, 1 2 に示す。8 月 31 日は平均風速が 3.2m/s で朝方は最大 8m/s の強風がみられた。また 7 月 27 日は平均風速が 1.0m/s で最大でも 2.9m/s 程度だった。これらの図において大気気温と地中 3cm の温度パターンに大きな違いが認められた。弱風日では日中の地表面付近は直接日射の影響を受けて地中 3cm の温度は大気気温より高くなっているが、夜間では弱風下での放射冷却により地中 3cm 及び大気気温は地中 10cm 及び 20cm での均一な温度変化よりさらに低くなっている。強風日では逆に地中 3cm の温度は 1 日を通して大気気温より低い。これは日中は芝生の葉表面が熱交換器の役目をして強い気流の流れによって地表面の熱が風に奪われるからと推測される。さらに強風日の夜間での地中 3cm の温度は弱風日の傾向と異なり地中 20cm の温度以下には下がらない。これは芝生の葉上部は風によって熱を奪われるが、芝生の根元付近では強風によって供給された暖かい大気気流が常に停滞し、それによって供給された地中の熱がより深い部分の温度と平衡を保つためと推測された。

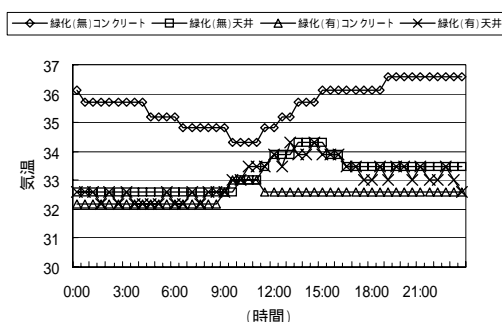


図 1 4 2004 年 7 月 25 日 (日曜日) の屋上緑化の有無による室内気温の日変化

### 3-2 屋上緑化による室内温度への影響

#### 3-2-1 屋上緑化の有無による室内温度への影響

屋上緑化のある屋根コンクリート直下 (屋根裏空間) の気温を A 上、屋根コンクリートから 1.0m 下の天井プレート直下 (室内空間) の気温を A 下とする。また屋上緑化の無い屋根コンクリート直下の気温を B 上、天井プレート直下の気温を B 下と呼ぶ。夏期の区役所では平日は冷房を行っているため、平日のデータでは冷房の影響により室内気温の比較ができない。そのため 7,8 月の冷房の行われていない日曜日のデータのみを解析に用いた。7,8 月の日曜日 (9 日間) の平均気温を図一 1 3 に示す。これより A 上より B 上の方が高くなっており、屋根コンクリート直下での屋上緑化の有無による気温差 (B 上 - A 上) は平均で 2.0°C ほど屋上緑化の有ると低くなることがわかった。したがって屋根裏空間での比較では明らかに屋上緑化による温度低減効果が認められた。しかし、天井プレート直下の室内気温の比較では逆に 0.4°C (=A 下 - B 下) ほど屋上緑化の有の方が高くなっている。これは区役所の場合、市民の利用を考慮して仕切りの無いオープンスペースが多く、通路も広いと相互の室内空気の移流が大きく、さらに A 下の観測点は外窓に近いと、外気や日射の影響を受けやすいなどの原因が考えられる。次に 2004 年最も暑かった週の日曜日 (7 月 25 日) での屋上緑化の有無による気温の日変化を図一 1 4 に示す。屋根裏空間での気温の変化は屋上緑化の有無により大きく異なり、1 日を通して A 上より B 上の方が高くな

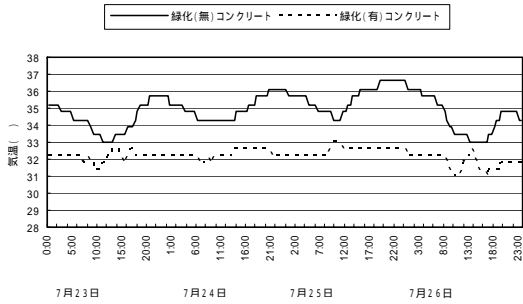


図 15 2004年7月23日～26日での屋上緑化の有無による屋根コンクリート下の気温変化

っている。そして屋上緑化の有無による温度差が大きいのは夜間であり、最大で 5℃であった。しかし昼間は温度差はむしろ小さくなり最小で 1.5℃であった。A 上の傾向は午前中若干上昇するが 1 日を通して概ね一定であった。これは屋上緑化の地中 20cm の温度が均一であることを反映した結果と考えられる。B 上の傾向は他のデータに比べてきわめて特異的な変化を示しており、日中に温度が低く夜間に高くなっている。そこで 7 月 23 日～26 日の 3 日間の屋根裏空間での気温の変化を図一 15 に示す。これより前述の傾向は夏期には長期的にみられる傾向と考えられ、この原因は通常の屋上コンクリート層は昼間は日射による吸熱が行われ、夜間はその吸収した熱をコンクリート層下部へ放出するため、屋根裏空間では夜間に温度が上昇するものと考えられる。また室内温度の傾向は緑化の有無にかかわらずほぼ同じ値をしめしているが、B 下より A 下の方が時間変動が大きいのは前述した外気の影響と考えられる。

次に、冷房の行われている場合として 7 月 28 日（水曜日）の日変化を図一 16 に示す。冷房が行われていても A 上と B 上の総体的なパターンは冷房の無い場合と変わらないが、A 上は午前中のみ冷房の影響を受けて気温が 1℃ほど低くなっている。冷房により両室内気温とも最高 3℃ほど低下するが、A 下の温度が午後には上昇するのは部屋が食堂なので熱源を使うためと考えられる。

### 3-2-2 港北区役所屋上緑化での省エネルギー効果の推定

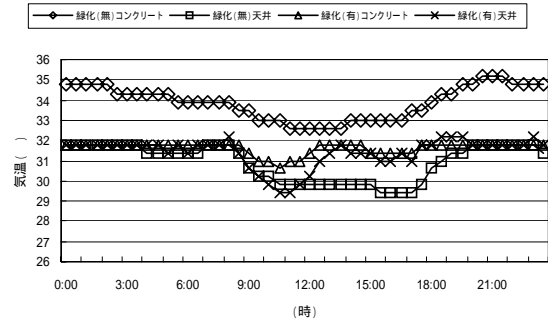


図 16 室内冷房時での屋上緑化の有無による室内気温の日変化（2004年7月28日（水曜日））

前報にて病院の屋上緑化データから室内での省エネ効果の推定を試みたが、これは室内温度が得られていなかったのきわめて蓋然的な推定であった<sup>1)</sup>。今回の調査でも前述したように室内の相互の移流が大きいため B 下と A 下のデータからの推定は困難であった。そこで相互の室内への熱の移流はないものと仮定して A 上と B 上のデータのみを使用して推定を試みた。省エネ量の推定はクーラーが稼動している日中の時間帯（8 時～17 時）のみを考えた。そこで A 上と B 上の夏期日曜日の日中の平均温度データより各部屋の屋根裏空間の単位体積当りの熱量を計算し、さらにその熱量から天井プレート下の各室内空間の熱量を推定した。そしてその差を省エネ熱量とした。屋根コンクリート下面と天井プレート間の距離を 1m とし、屋根裏空間 1 m<sup>3</sup>での緑化のない場合とある場合の空気の熱量差を ΔQ (J/m<sup>3</sup>) とすると次式のようになる。

$$\Delta Q = (t_2 - t_1) C_p \quad (1)$$

C<sub>p</sub> は空気の比熱 1300 (J/°C m<sup>3</sup>) であり、t<sub>1</sub> : A 上の夏期日曜日の日中の平均気温、t<sub>2</sub> : B 上の夏期日曜日の日中の平均気温である。ここで t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub> = 1.48°C であるから(1)式より ΔQ = 1920 (J/m<sup>3</sup>) となる。次に天井プレートを通して室内へ移流する熱量差を計算した。ここで屋上緑化面積 500 m<sup>2</sup>のうち通路等を除く有効緑化面積を 300 m<sup>2</sup>とし、天井プレートを通して室内へ移行する熱量の割合を、天井プレート下部までに熱が伝わる間に外部へ放散する熱量を 40%程度と見込むと室内へ移行する

熱量の割合は60%となる。このときの緑化のある場合とない場合の室内での熱量差を $Q_r$ とすると次のように与えられる。

$$Q_r = \Delta Q \cdot 300 \text{ m}^3 \cdot 0.6 = 346 \times 10^3 \text{ J} \quad (2)$$

即ち、 $Q_r$ は室内での熱が互いに移流してない場合での緑化がある場合の最上階の室内空間での省エネルギー量に相当する。さらにここでは一般の家庭用クーラーを使用した場合にこの省エネ熱量がクーラー何台分に相当するかを推定した。市販のクーラーには冷房能力が明示されているが、この能力は室内での実際の稼働効率を表していないので、予備テストにより消費電力500Whの家庭用クーラー（小型）では30m<sup>3</sup>の室内を5℃下げのりに1時間程度かかるのでクーラー効率としてこれを用いた。そこで $Q_h$ をこのクーラーでの1時間当たりの冷房熱量とすると、 $Q_h$ は(2)式と同様に計算でき、 $Q_h = 195 \times 10^3 \text{ J/hr}$ となる。ここで屋根裏コンクリート表面から室内までの熱流の移動速度とクーラーでの有効冷却速度が問題となるが室内での $Q_r$ はクーラーにより概ね1時間程度で置換されるものとする、1時間当りのクーラー1使用に換算した省エネルギー量に相当するクーラー台数は $Q_r/Q_h$ で与えられ $Q_r/Q_h \approx 2$ となる。これらの結果より、以下の省エネ推定が得られた。

港北区役所屋上緑化による夏期の省エネルギー量は室外からの熱の出入りがないものとした場合、小型家庭用クーラーをおよそ2台分節約した場合に相当する。

しかし、調査結果からもわかる通り屋上緑化により屋根裏空間は冷やされても天井プレートでの断熱と室内空間への室外からの熱の移流によりその効果はほとんど室内へは反映されていないので、省エネ効果を高める対策としては天井プレートの通気性を高めたり、屋根裏の冷気を自然に室内に導く装置を敷設するなど、屋根裏空間の冷気を直接室内に導く改善が必要と思われる。

#### 4. おわりに

港北区役所屋上緑化に設置されている温度計及び気象観測機器のデータを基にして2004年夏期における屋上緑化による温度低減効果についてまとめ、併せて屋上緑化による室内への省エネ効果について推定した。その結果、屋上緑化の温度低減効果は植物の植栽、土壌の断熱や保水性などの相乗効果によるものと考えられるが、緑化地中の浅い部分では主に植栽による効果、地中の深い部分では土壌の断熱効果が大きく影響しているものと推測された。また結果から以下のような知見が得られた。

- 1) 夏期日中の温度は屋上コンクリート表面が最も高く50℃以上にも達するが、緑化の地中20cm付近では温度の日変化はほとんどみられず最高でも31℃程度であった。
- 2) 日射量と各観測温度との間には、晴天日などの日射が強いほど強い相関が認められたが、日射の影響はコンクリート表面温度で最も大きく、地中20cmではほとんど影響はみられなかった。
- 3) 風の強さによる温度影響としては、大気気温と芝生に覆われた地表面付近との間に風の強さによる影響が認められ、強風の日には夜間でも地中3cmでの温度は地中20cmでの温度以下には下がらない傾向がみられた。
- 4) 今回の観測結果からは屋上緑化の有無によってその直下階の室内気温への影響は認められなかったが、屋根裏空間では緑化のある場合は無い場合に比べて夏期の平均で2.0℃ほど低くなることがわかった。またその結果より、互いの室内に熱の出入りがない場合を想定すると、港北区役所の屋上緑化の場合では屋上緑化の敷設により小型の家庭用クーラーの2台分ほどの省エネ効果があるものと推定された。

「参考文献」

- 1) 佐俣満夫、梅田てるみ：ヒートアイランド対策としての屋上緑化の温度低減効果調査—2000年5月～2001年4月の結果—、横浜市環境科学研究所報、27,64-68（2003）
- 2) 福田亜佐子、佐俣満夫：横浜市内の気温分布調査、同上、28、58-62（2004）

# 横浜市域におけるヒートアイランド現象が及ぼす熱中症や動植物への影響

倉林輝世 福田亜佐子  
(横浜市環境科学研究所)

## Effects of heat island on heatstroke and blooming of trees in Yokohama City

Teruyo Kurabayashi, Asako Fukuda  
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：ヒートアイランド、年平均気温、熱帯夜、熱中症、ソメイヨシノの開花

### 要旨

横浜市におけるヒートアイランド現象の影響を把握するため、気温の経年変化を踏まえた上で、熱中症や動植物への影響について検討した。横浜地方気象台の観測データ(1928年～2000年)を基に、横浜の年平均気温の上昇率を算出した結果、約2.6 /100年であった。都市化の影響が少ない中小都市の上昇率が約1.0 /100年であることから、その差約1.6はヒートアイランド現象により生じていると考えられた。熱中症への影響については、熱中症による救急患者搬送人数の経年変化(1994年～2004年)が、極端に暑い日(日最高気温35以上)日数の経年変化の変動パターンと似通っていることから、両者の間には相関があると推察された。また、日最高気温が高くなるに従い搬送人数も多くなる傾向が認められ、気温の上昇が熱中症患者数を総体的に増加させる可能性が示唆された。しかし、市域内の熱中症の発生比率分布と気温32以上の時間数分布とは一致せず、市域内の熱中症の発生分布には気温以外の要因の関与が大きいと考えられた。1953年から観測されているウメ、ソメイヨシノ、ヤマハギの開花日とクワの落葉日の経年変化をみた結果、開花日は1980年代中頃から早まり、落葉日は1970年代から遅くなっている傾向が認められ、気温の上昇が植物の開花や落葉に影響を与えている可能性が示唆された。動物については、ウグイスの初鳴やアブラゼミの初鳴など7種のデータの経年変化をみたが、同一の明瞭な傾向は認められなかった。

### 1 はじめに

都心部の気温が郊外に比べて高くなるヒートアイランド現象は、都市化による地表面被覆の人工化や人工排熱の増加などを要因として生じていることから<sup>1)</sup>、大都市においては避けられない問題であると言える。環境省は平成16年(2004年)3月に「ヒートアイランド対策大綱」を策定し、ヒートアイランド現象緩和に向けての基本方針を示した。横浜市においても、平成16年(2004年)9月に「横浜市ヒートアイランド対策検討委員会」を設置し、取組方針策定に向けての検討を開始している。

ヒートアイランド対策を検討するに当たり、横浜市におけるヒートアイランド現象の影響を把握することは、必要不可欠である。ヒートアイランド現象の影響としては、熱中症など人の健康影響や動植物などへの影響、また、エネルギー消費量の増大や大気汚染の助長、集中豪雨の頻発などが懸念されている<sup>1,2)</sup>。そこで、本報告では、横浜市域の気温の経年変化を踏まえた上で、熱中症や動植物への影響について検討した。

### 2 対象データと解析方法

横浜の気象データは、横浜地方気象台で観測された1928年～2000年までのデータを用いた<sup>3)</sup>。横浜地方気象台は1896年に海岸通一丁目(山下公園付近)に設立されたが1923年の関東大震災によって焼失し、1927年に現

在の山手町に建設され、11月から業務を開始している<sup>4)</sup>。気温の経年変化を見るにあたっては連続した均質なデータであることが重要であるため、本報告では、山手町で観測を開始した1928年からのデータを対象として解析を行った。

横浜との比較に用いた中小都市の気象データは、気象庁が地球温暖化などの気候変動の監視対象としているデータである。このデータは都市化の影響が少ないとされる17地点の観測データの平均から算出されたものであり<sup>3)</sup>、本報告では1901年～2000年までのデータを用いた。この観測データを基に、地球温暖化による日本の年平均気温の上昇率は、100年当たり約1.0と報告されている<sup>4,5)</sup>。

熱中症については、熱中症患者の救急搬送人数のデータを用いて解析を行った。横浜市消防局では、毎年6月～9月までの期間において、搬送先の医療機関の医師が「熱中症」「日射病」「熱けいれん」など熱中症に関する所見を記載した場合を対象として、1994年から統計を取っている。本報告では、消防局から1994年～2004年までの行政区別の搬送人数についてデータの提供を受けた。

ヒートアイランド現象の動植物への影響については、気象庁の生物季節観測データを基に解析した。気象庁では気候変動や環境の変化を表す指標の一つとして、1953年から全国の気象管署で、統一した基準により生物季節

観測（植物・動物）を行っている。本報告では、横浜地方気象台から提供を受けたデータのうち、比較的連続して観測されているものとして、植物については「ウメの開花日」「ソメイヨシノの開花日」「ヤマハギの開花日」「クワの落葉日」の4種のデータを、動物については「ウグイスの初鳴」「ツバメの初見」「モズの初鳴」「アブラゼミの初鳴」「ニイニゼミの初鳴」「ミンミンゼミの初鳴」「ツクツクホウシの初鳴」の7種のデータを対象に解析した。

気象データと熱中症搬送人数や植物の開花日との関係、熱中症搬送人数と昼間人口との関係については、回帰分析で解析した。

### 3 結果及び考察

#### 3-1 気温の上昇

年平均気温の経年変化を図1に示す。横浜の年平均気温の上昇率を回帰直線から求めると、100年あたり約2.6であった。一方、都市化の影響が少ない中小都市の上昇率は100年あたり約1.0である。従って、横浜と中小都市の差1.6は、横浜の都市化、つまりヒートアイランド現象により生じていると考えられた。気温の上昇率については、東京や札幌、仙台、名古屋、京都、福岡、大阪などの大都市でも調べられている<sup>3,6)</sup>。それによると、上昇率の最も大きいものは東京の100年あたり約3.0であるが、東京以外の大都市も約2.1~2.6の上昇率を示している。これらと比較すると、横浜の気温の上昇率は東京ほどではないものの、東京以外の大都市と同程度と考えられる。

年平均気温以外に、1月・8月の平均気温、日最低・日最高気温年平均についても、年平均気温と同様に回帰直線より上昇率を求め、横浜と中小都市とで比較した。結果を図2に示す。横浜の気温の上昇率は、1月、8月ともに中小都市より大きく、特に1月の上昇率は3.9/100年と、中小都市1.0/100年に対し約4倍も大きく、冬季の寒さが顕著に緩和されてきていると考えられる。日最低気温年平均と日最高気温年平均についても、横浜は中小都市よりも上昇率が大きく、また、日最低気温年平均の上昇率は日最高気温年平均よりも大きい。日最低気温年平均の上昇率が大きいことは他都市でも報告されており、3.1~4.1/100年となっている<sup>3)</sup>。横浜の日最低気温年平均の上昇率も3.3/100年と、他都市と同程度であり、横浜においても気温が下がりにくくなっていると言える。日最高気温年平均の上昇率については都市により差があり、東京が1.7/100年であるのに対して、東京以外は0.5~1.0/100年と、中小都市の0.7/100年と同程度となっている<sup>3)</sup>。横浜の日最高気温年平均の上昇率は2.3/100年であることから、横浜は日最高気温についても上昇していると考えられる。

気温の低下が妨げられていることは、熱帯夜日数の増加からも認められる。図3に横浜の熱帯夜（最低気温が25以上の日）の年間日数の経年変化を示した。横浜の熱帯夜日数は増加傾向にあり、回帰直線から求めると1961年からの40年間で約14日増加している。これは、夜間の気温が下がりにくくなっているためと考えられる。

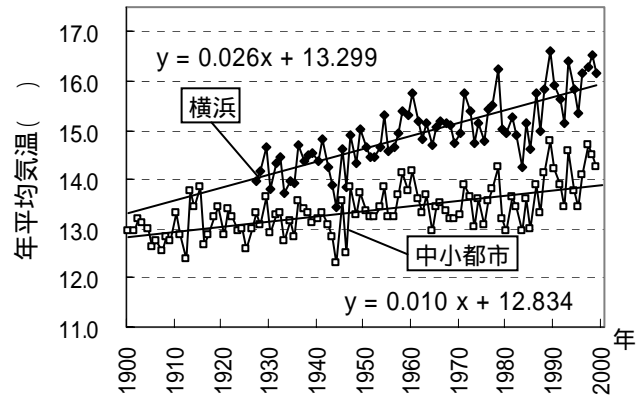


図1 横浜と中小都市の年平均気温の経年変化

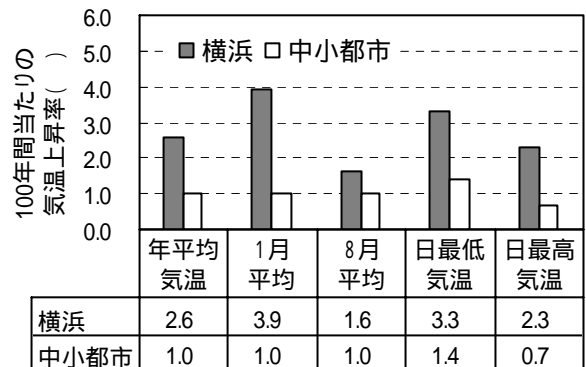


図2 横浜と中小都市の気温上昇率の比較  
備考1)日最低気温とは日最低気温年平均であり、日最高気温とは日最高気温年平均である。

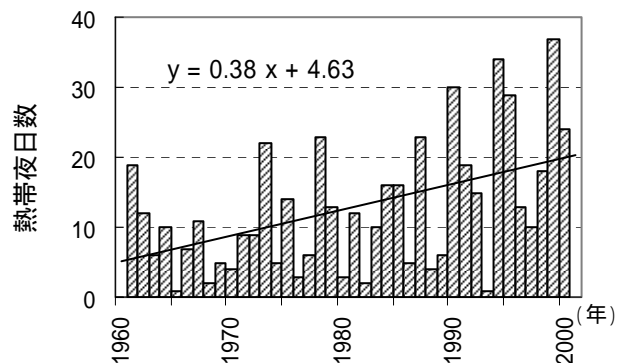


図3 横浜の熱帯夜日数の経年変化<sup>11)</sup>

#### 3-2 熱中症への影響

ヒートアイランド現象は、熱中症などの人の健康に影響を与えていることが懸念されている。図4に熱中症患者の救急搬送人数の経年変化を示した。搬送人数は1994年から減少傾向になり、2001年に再び増加し、2004年は統計を取って以来最も多い221名であった。この図に、極端に暑い日とされている最高気温35以上の日数を重ね合わせると、日数が多い年には熱中症搬送人数も多く、両者の変動のパターンは似通っていた。従って、極端に暑い日と熱中症の発生とは相関があると推察される。極端に暑い日以外に、6月~9月の平均気温、6月



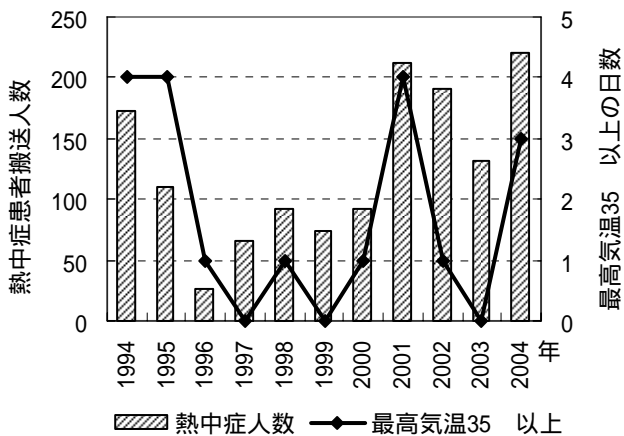


図4 熱中症患者搬送人数と最高気温35 以上の日数の経年変化<sup>11)</sup>

～9月の日最高気温平均についても比較したが、搬送人数と似た変動パターンは見られなかった(図は示さず)。熱中症の発生に關与している気温は、平均化された気温よりは、むしろ高い気温に暴露されている時間数ではないかと考えられる。大阪府も熱中症患者の救急搬送人数と気温との関係について解析しており、33 以上を超えた時間数と搬送人数との間には相関があると示唆している<sup>6)</sup>。

熱中症の発生と気温との関係を詳細に検討するため、最も搬送人数が多かった2004年のデータを用い、搬送人数とその日の最高気温との関係をみた(図5-A)。この図から、熱中症は日最高気温27 付近から発生し、日最高気温が高くなるに従い搬送人数も多くなるのがわかる。相関係数も0.58と、ある程度の正の相関が認められた。図5-Aで示した搬送人数は、日によるばらつきが大きいいため、平均的な傾向を把握するために日最高気温の階級を1 にし、1 毎の1日当たりの平均搬送人数を求めた。その結果を図5-Bに示す。この図から、日最高気温31 までは搬送人数の増加は緩やかであるが、32 を超えると急激に増加していることがわかる。田村らも、東京都における熱中症搬送人数と気温との関係を解析し

た結果、日最高気温32 位から搬送人数が急激に増加する傾向がみられたと報告している<sup>7)</sup>。3-1 で述べたように横浜の日最高気温は上昇傾向にあり、このままヒートアイランド現象が進行すると、高い気温に暴露される時間数が増加し、それに伴い熱中症患者数が増加する可能性があると考えられる。

ヒートアイランド現象は都市部と郊外との気温差を指す。3-1 では横浜と中小都市との気温の比較により、ヒートアイランド現象について述べたが、横浜市域内においても都心部と郊外部とでは気温差があり、ヒートアイランド現象が生じている<sup>9)</sup>。そこで、市域内の気温差が熱中症の発生にどの程度關与しているかを検討するため、市域内の熱中症の発生状況と気温分布との関係を比較した。

2004年の熱中症搬送人数については、昼間人口が多い区ほど搬送人数も多いという強い正の相関( $r=0.87$ )が得られている(図は示さず)。熱中症の発生分布をみるため、2004年の行政区別の搬送人数を昼間人口(万人)<sup>8)</sup>で割り、行政区別の熱中症発生比率を算出した。結果を図6-Aに示す。熱中症発生比率の最も高い区は旭区の1.26であり、次いで港北区の0.98、金沢区の0.92であった。最も低い区は西区の0.18であり、最も高い旭区の1/7程度である。前述したように、2004年の熱中症搬送人数は日最高気温32 を超えると急激に増加している。そのため、気温分布については気温32 以上の時間数分布を作成し(図6-B)、熱中症発生比率の分布と比較した。熱中症発生比率の高い旭区、金沢区についてみると、気温32 以上の時間数はそれほど多くなく、また、気温32 以上の時間数が最も多い神奈川区では熱中症発生比率は0.37と低いなど、単純に時間数の多い区が熱中症発生比率も高いという一致はみられなかった。2004年夏の熱中症の発生状況については、屋内で発生したケースもあるが、多くは屋外で発生している(図は示さず)。また、一般的に子供や高齢者は発症しやすいと考えられる。これらのことから、熱中症の発生比率分布については、気温の要因以外に、昼間に屋外に居る人の割合や年齢構成、また、救急車を呼ぶ条件として病院までの距離

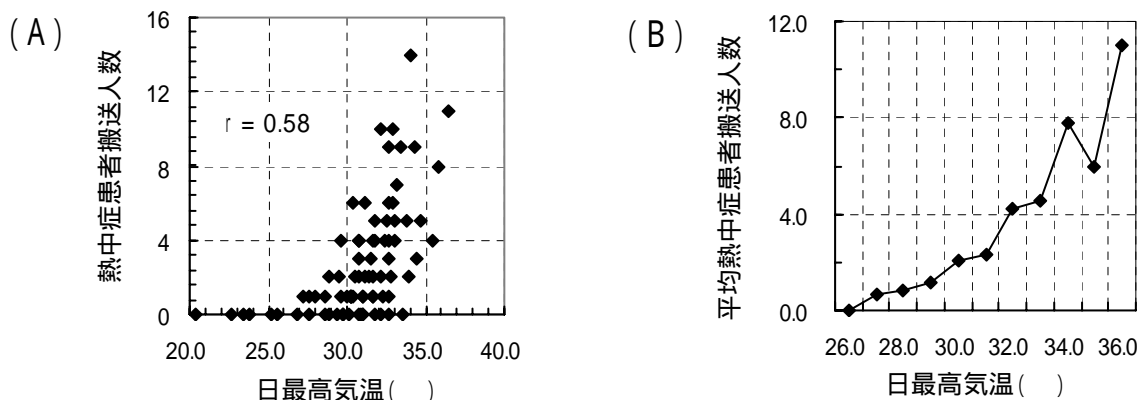


図5 2004年夏の(A)熱中症患者搬送人数と日最高気温<sup>11)</sup>との関係と(B)日最高気温1 毎の平均熱中症患者搬送人数

備考1) 2004年夏(6月～9月)の間で初めて熱中症患者を搬送した6月23日から、最後に搬送した9月9日までのデータを用いた。備考2) 日最高気温の階級は、例えば26 とは「26.0 ～26.9 」までとした。

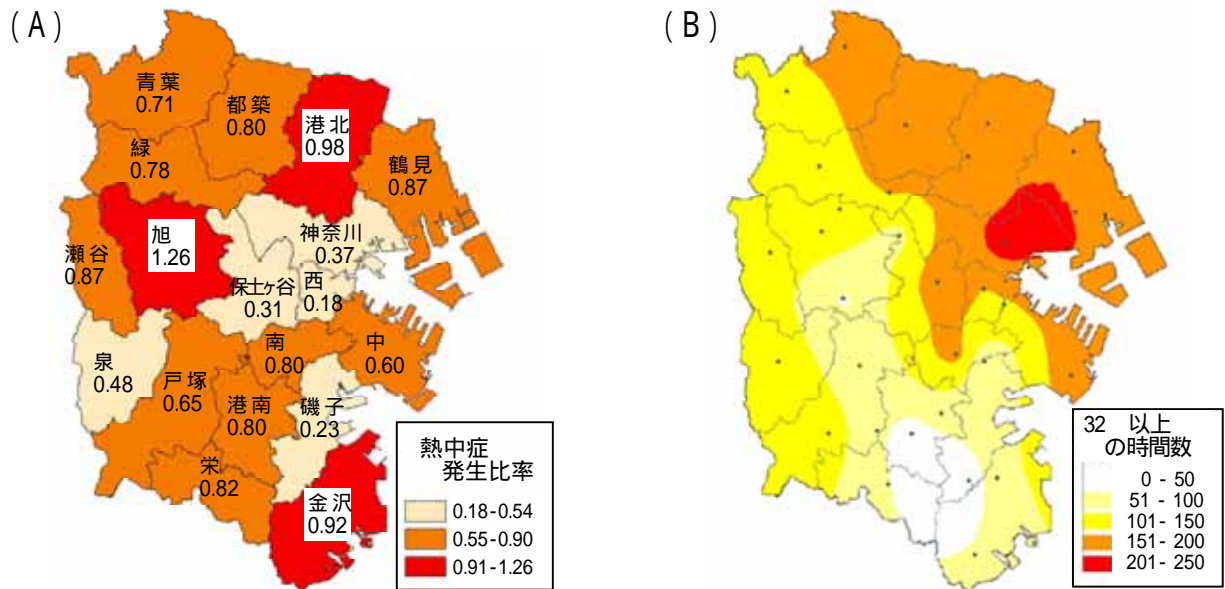


図6 2004年夏の(A)行政区毎の熱中症発生比率と(B)気温32以上の時間数分布

備考1) 熱中症発生比率は、行政区毎の熱中症搬送人数の総数を、その区の昼間人口(万人)で割ったものである。熱中症患者については、発生した行政区で区分している。

備考2) 気温32以上の時間数分布図は、2004年7月、8月の市内の気温観測データを基に作成した。作成方法は既報の通り<sup>9)</sup>である。

といった地域的な特性が大きな影響を与えていると考えられる。従って、気温の上昇は熱中症患者数を総体的に増加させる可能性があるが、熱中症対策としては、高温域だけでなく全市域を対象に行う必要があると考えられる。

### 3-3 動植物への影響

ヒートアイランド現象は、人間だけでなく、動植物などにも影響を及ぼしていると考えられている。増田らは、月別平均気温と気象庁が行っている生物季節観測の結果との関係を解析し、植物の開花日や落葉日が、そこに至るまでの一定期間の気温と密接に関係していると報告している<sup>10)</sup>。ソメイヨシノの開花日については研究が進んでおり、気象庁は毎年開花予報を発表している。そこで、横浜における動植物への影響を検討するため、横浜地方気象台で観測された植物(ウメ、ソメイヨシノ、ヤマハギ、クワ)の開花日と落葉日の経年変化をみた(図7)。

開花日についてみると、3種の植物とも1980年代中頃から早くなってきている傾向がみられた。1985~2004年までソメイヨシノの開花日を平均すると、平年(1971年~2000年の平均)より3日早くなっていた。年平均気温との相関については、ソメイヨシノの開花日の相関係数が-0.68と、3種の植物の中では最も高い負の相関を示した。また、ウメ、ヤマハギの相関係数も-0.5前後とある程度の相関を示した。クワの落葉日については、年平均気温との相関係数は0.28と高くはないが、1970年代

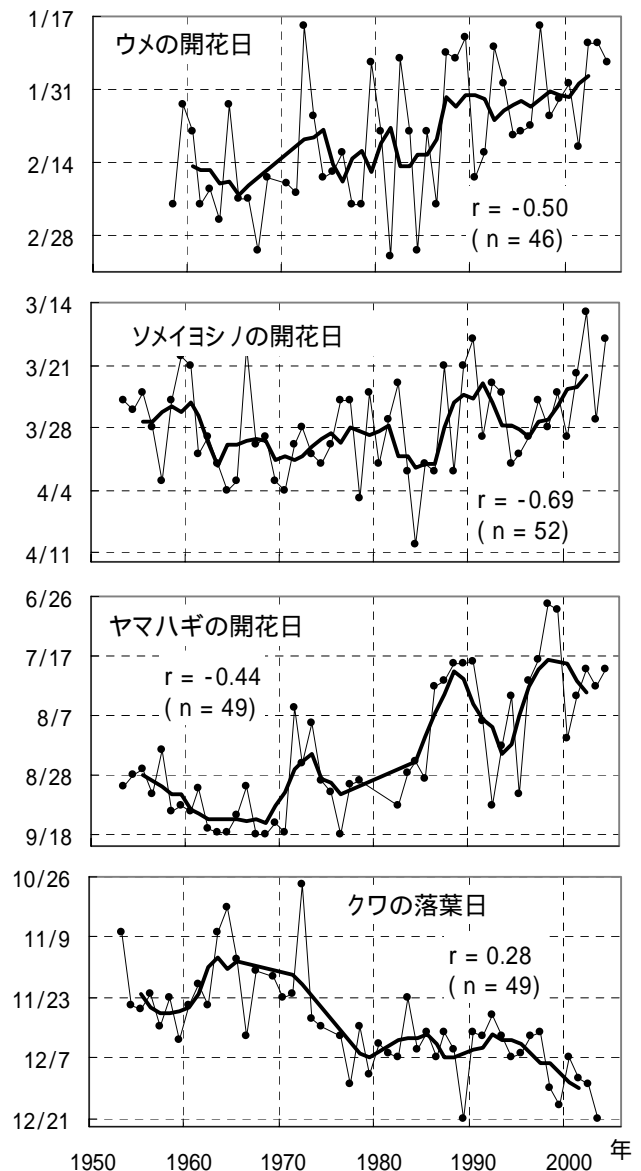
図7 植物の開花日及び落葉日の経年変化

(太字は5年移動平均)

備考1) 開花とは、一枝に数輪以上咲いた状態を指す。

備考2) 落葉とは、落葉樹の約80%が落葉した状態を指す。

備考3) 相関係数(r)は、年平均気温と開花日又は落葉日との相関である。



初めから遅くなってきている傾向が明らかに認められた。これら開花日や落葉日の経年変化が、ヒートアイランド現象によるものかについては明確ではないが、気温の上昇が植物の開花や落葉に影響を与えている可能性が示唆された。

動物については、「ウグイスの初鳴」は近年早まっている傾向がみられるが、「ツバメの初見」については遅くなっており、また、「モズの初鳴」は近年早まっている傾向がみられた。セミについても4種類で傾向が異なるなど、同一の明瞭な傾向はみられなかった。

本報告では、気温の上昇が及ぼす熱中症や動植物への影響について検討したが、市民の毎日の生活を考えた場合には、暑さによる「夏の生活環境の悪化」も深刻な問題であると言える。本報告で用いた気温データは百葉箱内で測定されたものであるため、アスファルト舗道上や建物に囲まれた場所など、市民が夏に日常体感している温度は観測値以上に高温になっていると思われる。また、熱帯夜日数の増加は夜の寝苦しさを招き、寝不足やストレスへとつながっている可能性もある。ヒートアイランド対策を検討していく上では、本報告で検討した人の健康や生態系への影響とともに、市民の夏の生活環境に視点をおくことも重要であると考えられる。

## 謝辞

本調査を行うにあたり、横浜地方気象台防災業務課から生物季節観測のデータを、横浜市消防局警防部救急課から熱中症による救急患者搬送人数のデータを提供頂きました。また、動植物への影響については神奈川県立生命の星・地球博物館 高桑正敏学芸部長から、熱中症については国立環境研究所 環境健康研究領域 小野雅司室長から助言を頂きました。ここに記して、感謝の意を表します。

## 引用文献

- 1) 気象庁：20世紀の日本の気候、(2002)
- 2) 横浜地方気象台：ホームページ「横浜地方気象台の沿革」<http://www.tokyo-jma.go.jp/home/yokohama/yoko02.htm#002>
- 3) 気象庁：気候変動監視レポート2003、(2004)
- 4) 大阪府：大阪府ヒートアイランド対策推進計画
- 5) 田村憲治、小野雅司、安藤満、村上正孝：救急搬送データによる熱中症の発生と気温、日生気誌、32(2)、p111 - 114、(1995)
- 6) 横浜市統計局、統計でみる横浜、主な調査結果、平成12年国勢調査結果による横浜市の昼間人口：[http://www.city.yokohama.jp/me/stat/census/kokuch/o0010\\_chukan.html#1](http://www.city.yokohama.jp/me/stat/census/kokuch/o0010_chukan.html#1)
- 7) 環境省：平成12年度ヒートアイランド現象の実態解析と対策のあり方について報告書、(2001)
- 8) 環境省：平成14年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書、(2003)
- 9) 福田亜佐子、佐保満夫：横浜市内の温湿度分布調査2004年の結査、横浜市環境科学研究所年報、29、

(2005)

- 10) 増田啓子、吉野正敏、朴恵淑：生物季節による温暖化の影響と検出、地球環境、4(1)、p91 - 103、(1999)

# 横浜市における民生部門（業務・家庭）の用途別エネルギー消費量と消費量増加の要因分析

倉林輝世  
(横浜市環境科学研究所)

Characteristics of energy consumption of residential and commercial sector in Yokohama City

Teruyo Kurabayashi  
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：エネルギー - 消費量、民生部門、住宅部門、業務部門、要因分析

## 要旨

横浜市のエネルギー消費量の最も多い割合を占めている民生（業務・家庭）部門について、使用する側に視点をいた「冷房」や「暖房」、「照明・動力」など使用用途別エネルギー消費量を算出した。その結果、業務部門については、最も多く使用されている用途は「照明・動力他」であり、部門全体の 59%を占めていた。他の3用途「冷房」「暖房」「その他熱需要」は 15%前後と同程度の消費割合であった。家庭部門については、最も多く使用されている用途は「給湯」であり、部門全体の 43%を占めていた。次いで「照明・動力等」が 26%、「暖房」が 20%であり、「厨房・煮炊」と「冷房」は全体の 10%以下の消費量であった。「照明・動力」の消費量を 10%削減した場合の削減効果を概算した結果、冷房負荷の削減による冷房電力削減量も合わせると、業務部門では全体の約 7.7%のエネルギー消費量が、家庭部門では全体の約 3.5%の消費量の削減が見込まれた。また、市内のエネルギー消費分布を把握するため、行政区別にエネルギー消費密度（Gcal/年・km<sup>2</sup>）を求めた結果、業務部門については西区が突出して高く、次いで中区であった。家庭部門では南区が最も高く、次いで西区や港南区、港北、神奈川区であった。2001 年度の民生部門のエネルギー消費量増加について要因分析した結果、業務部門では増加量の約 71%は建物の延べ床面積の増加に起因し、約 29%がエネルギー消費原単位の増加によるものであった。家庭部門では、増加量の約 68%は世帯数の増加に、約 32%がエネルギー消費原単位の増加に起因していた。

## 1 はじめに

エネルギー消費量の削減は、地球温暖化対策における二酸化炭素排出量の削減や、ヒートアイランド対策における人工排熱の削減を推進する上で、非常に重要な課題である。

温室効果ガス排出量の算出方法を定めた地球温暖化対策地域推進計画策定ガイドラインでは、エネルギー消費量を民生、運輸、産業、エネルギー転換の 4 部門に区分している<sup>1)</sup>。この 4 部門のうち、横浜市では、民生部門のエネルギー消費量が市全体の 38.8%と最も多くを占め、また、1990 年度以降一貫して増加傾向にある<sup>2)</sup>。民生部門は、企業のビル・事務所などを対象とした業務部門と、家庭を対象とした家庭部門とに大別される。全国のエネルギー消費量を見ると、業務部門が全体の 15.6%を、家庭部門は 13.0%を占め<sup>2)</sup>、また、東京都においても業務部門が 29.0%、家庭部門が 23.8%と、家庭よりも業務部門の占める割合のほうが多い<sup>3)</sup>。しかし、横浜市では、業務部門の占める割合が 15.8%、家庭部門は 23.0%と家庭部門のほうが多く、これは横浜市特有の地域性といえる。従って、エネルギー消費量の削減対策を横浜市内で効果的に講じていくためには、民生部門のエネルギーの使用状況や増加要因について、家庭と業務の両者から詳細に把握する必要がある。

横浜市のエネルギー消費量は、温室効果ガス排出状況調査報告書<sup>2)</sup>に記載されているように「電力」や「都市ガス」、「石油」といった燃料種類別に調査されているが、「冷房」や「暖房」、「照明・動力」など使用用途別の調査は十分に行われていなかった。事業者や市民など、エネルギーを使用する側の視点に立った使用用途別のエネルギー消費量を把握することは、エネルギー消費量削減策を具体的に組み立てていく上で重要であると考えられる。また、エネルギー消費量増加の要因についても、今までは傾向を把握するに留まっていた。

そこで、本報告では、民生部門（業務・家庭）のエネルギー消費量について、使用用途別に行政区ごとに把握し、さらに、それらを基にエネルギー消費量削減効果について若干の考察を行った。また、エネルギー消費量増加の要因として、エネルギー消費原単位と世帯数、及び業務延べ床面積の各因子の寄与について解析を行ったので報告する。

## 2 対象データと解析方法

### 2-1 民生部門の用途別エネルギー消費量

業務部門のエネルギー消費量は、建物業種別の延べ床面積に使用用途別エネルギー消費原単位（単位面積当たり）を乗じて算出した。延べ床面積は横浜市財政局主税

部固定資産税課から提供を受けた行政区別の課税建物の延べ床面積<sup>4)</sup>と、横浜市統計書<sup>5)</sup>に記載されている小・中学校の延べ床面積を用いた。エネルギー消費原単位は「民生部門のエネルギー実態調査について(日本エネルギー経済研究所、平成16年1月)に記載されている建物業種別の用途別エネルギー原単位を用いた<sup>6)</sup>。この原単位は平成12、13年度に行った実態調査により算出されたものである。業務部門では、使用用途は「照明・動力他」、「冷房」、「暖房」、「その他熱需要」の4つに区分される。「照明・動力他」とは、電気コンセントを使い、かつ他の3用途に分類されないものをいい、照明、冷蔵庫などである。また、「その他熱需要」とは、給湯や厨房用などである。延べ床面積の建物業種と、エネルギー消費原単位との対応表を表1に示す。小・中学校を除く非課税家屋及び免税店未満の家屋については用途が不明であり、また延べ床面積も建物総延べ床面積<sup>5)</sup>の約4%と少ないことから計算対象外とした。

家庭部門のエネルギー消費量は、行政区別の世帯数<sup>5)</sup>に使用用途別のエネルギー消費原単位(1世帯当たり)を乗じて算出した。使用用途別のエネルギー消費原単位については、「民生部門のエネルギー実態調査について」に記載された大都市別の家庭用途別エネルギー消費原単位のうち、地理的に最も近い東京の値を用いた(図1)。家庭部門では、用途は「照明・動力等」、「冷房」、「暖房」、

「給湯」、「厨房・煮炊」の5つに区分される。この原単位は平成9、10年度に行った実態調査により算出されたものである。

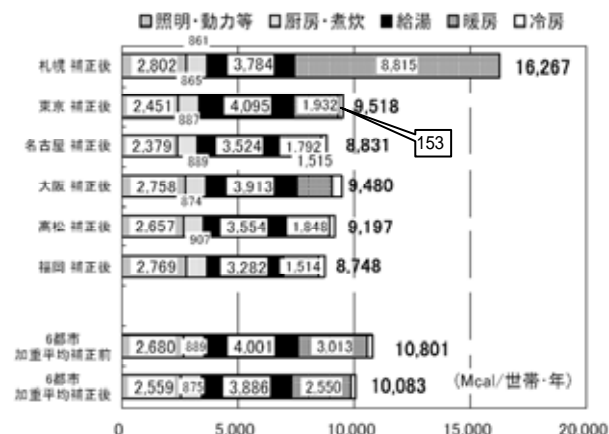


図1 家庭部門の用途別の大都市消費原単位<sup>6)</sup>

表1 延べ床面積の建物業種と用途別エネルギー消費原単位との対応

延べ床面積の建物業種		エネルギー消費原単位					
		建物業種	エネルギー消費原単位 (Mcal/㎡・年)				
			照明・動力他	その他熱需要	冷房	暖房	
課税家屋	木造家屋	ホテル <sup>3)</sup>	ホテル <sup>3)</sup>	153	213	74	43
		旅館・料亭 <sup>3)</sup>	旅館 <sup>3)</sup>	109	223	26	42
		事務所・銀行 <sup>3)</sup>	事務所 <sup>5)</sup>	115	8	31	24
		店舗 <sup>3)</sup>	小売業 <sup>5)</sup>	229	31	66	15
		劇場・映画館 <sup>3)</sup>	文化施設	100	23	41	31
		病院 <sup>3)</sup>	病院 <sup>5)</sup>	129	160	5.6	65
		公衆浴場	—	—	—	—	—
	非木造家屋	事務所 <sup>3)</sup>	事務所 <sup>5)</sup>	115	8	31	24
		店舗 <sup>3)</sup>	小売業 <sup>5)</sup>	229	31	66	15
		百貨店 <sup>3)</sup>	百貨店 <sup>5)</sup>	210	49	88	14
		銀行 <sup>3)</sup>	事務所 <sup>5)</sup>	115	8	31	24
		病院 <sup>3)</sup>	病院 <sup>5)</sup>	129	160	56	65
		ホテル <sup>3)</sup>	ホテル <sup>5)</sup>	153	213	74	43
		劇場・娯楽場 <sup>3)</sup>	文化施設	100	23	41	31
その他 <sup>3), 4)</sup>	事務所 <sup>5)</sup>	115	8	31	24		
非課税家屋	小学校 <sup>4)</sup>	小学校 <sup>5)</sup>	17	21	3	24	
	中学校 <sup>4)</sup>	中学校 <sup>5)</sup>	17	11	3	25	

備考1)文化施設の原単位については「平成8年度報告書 民生部門エネルギー消費実態調査」(平成9年3月、新エネルギー・産業技術総合開発機構)から引用した。

備考2)課税家屋のうち、住宅系の用途及び工場・倉庫、土蔵、附属屋については建物業種の項目から除いている。

備考3)「その他」の延べ床面積は、横浜市統計書の「非木造家屋のその他」の面積から横浜市財務局提供資料における劇場・娯楽場の面積を引いた値である。

備考4)公衆浴場については、原単位が不明なことから計算対象外とした。

2-2 民生部門のエネルギー消費量増加の要因分析  
エネルギー消費量増加の要因分析は、沈の完全要因分析法を用い<sup>7)</sup>、因子としては、業務部門は延べ床面積とエネルギー消費原単位を、家庭部門では世帯数とエネルギー消費原単位の各2因子を用いた。下記に、家庭部門のエネルギー消費量増加の要因分析を示す。業務部門では、下記の式における「世帯数」を「延べ床面積」にしたものである。

### エネルギー消費量

$$= \text{世帯数変化要因} \left( \text{世帯数} \times \text{1世帯当たりのエネルギー消費量} + \frac{1}{2} \text{世帯数} \times \text{1世帯当たりのエネルギー消費量} \right) + \text{1世帯当たりのエネルギー消費変化要因} \left( \text{世帯数} \times \text{1世帯当たりのエネルギー消費量} + \frac{1}{2} \text{世帯数} \times \text{1世帯当たりのエネルギー消費量} \right)$$

要因分析に用いた延べ床面積当たりのエネルギー消費量、及び世帯当たりのエネルギー消費量は、横浜市温室効果ガス排出状況調査報告書に記載されている1990年度から2001年度までの数値を用いた<sup>2)</sup>。

### 3 結果及び考察

#### 3-1 民生部門の用途別エネルギー消費量

##### 3-1-1 業務部門の用途別エネルギー消費量

横浜市の民生部門全体のエネルギー消費量を図2に示す。業務部門についてみると、用途別消費量を積算した結果、年間当たりの業務部門全体のエネルギー消費量は $6.3 \times 10^6$ Gcalであった。内訳をみると、「照明・動力他」が $3.7 \times 10^6$ Gcal/年と全体の59%を占め、最も多く使用されている用途であることがわかる。「冷房」は $1.1 \times 10^6$ Gcal/年(18%)、「暖房」は $0.6 \times 10^6$ Gcal/年(10%)、「その他熱需要」は $0.8 \times 10^6$ Gcal/年(13%)と、残りの3用途は同程度の割合であった。図2には、用途別の積算結果の隣に、温室効果ガス排出状況調査で報告されている使用燃料別のエネルギー消費量積算結果<sup>2)</sup>を並べて示す。用途別エネルギー消費量の積算結果は、使用燃料別エネルギー消費量の7割程度と、若干低く見積もら



れていた。本報告では、事務所や店舗のエネルギー消費原単位を各1種のみ用いているが、細かくみると事務所は規模(延べ床面積)ごとに、店舗はスーパーや家電店、コンビニエンスストアなど業態ごとに異なる原単位が求められている<sup>6)</sup>。基本的に、原単位の中で最も大きい用途が「照明・動力他」であるため、市内で最も多く使用されている用途が「照明・動力他」であることに変わりはないが、市内の総延べ床面積の約50%は事務所、約25%は店舗が占めていることから、これらに対し詳細な原単位を用いることにより、より正確なエネルギー消費量や「照明・動力他」以外の用途割合を把握できると考えられる。

エネルギー庁のエネルギー白書によると、「照明・動力他」の原単位については、オフィスのO化などを反映して1990年度以降一貫して増加している<sup>8)</sup>。一方、「暖房」や「冷房」、「その他熱需要」に含まれる「給湯」は、省エネの進展や建物の断熱性能向上などから横ばいか低下していると報告されている<sup>8)</sup>。従って、現状のO化の進展を考えると、「照明・動力他」の削減対策が一層重要であると言える。概算ではあるが、先の用途別エネルギー消費量の積算結果を基に、業務部門の「照明・動力他」使用量を削減した場合に業務部門全体としてどの程度効果があるかを算出してみた。「照明・動力他」を10%削減した場合はエネルギー消費量で $0.37 \times 10^6 \text{Gcal/年}$ の削減となり、これは業務部門全体の約5.9%のエネルギー消費量を削減したことになる。また、「照明・動力」は冷房負荷の要因の一つであるため、冷房負荷量の削減により、冷房電力量の削減も同時にできることになる<sup>9)</sup>。冷房電力量については、1990年代の冷暖房エアコンのCOP(空調システムのエネルギー消費効率;消費電力1kw当たりの冷房・暖房能力kwを表したもの)が3.0程度であることから<sup>10)</sup>、10%の「照明・動力他」の冷房負荷に対する冷房電力量は $0.37 \times 10^6 \text{Gcal/年} \div 3.0(\text{COP}) = 0.12 \times 10^6 \text{Gcal/年}$ となる。この冷房電力削減量と照明・動力削減量とを合わせると、業務部門全体では $0.49 \times 10^6 \text{Gcal/年}$ のエネルギー消費量(7.7%)を削減したこと

になる。

### 3-1-2 家庭部門の用途別エネルギー消費量

家庭部門については、用途別消費量を積算した結果、年間当たりの家庭部門全体のエネルギー消費量は $13.6 \times 10^6 \text{Gcal}$ であった(図2)。内訳をみると、「給湯」が $5.9 \times 10^6 \text{Gcal/年}$ と全体の43%を占め、最も多く使用されている用途であった。次いで「照明・動力等」が $3.5 \times 10^6 \text{Gcal/年}$ と全体の26%を、「暖房」が $2.8 \times 10^6 \text{Gcal/年}$ と全体の20%を占めていた。「厨房・煮炊」と「冷房」は、それぞれ $1.3 \times 10^6 \text{Gcal/年}$ (9%)と $0.2 \times 10^6 \text{Gcal/年}$ (2%)であり、全体の10%以下の低い消費量であった。業務部門において最も高い割合を占めている「照明・動力等」は、家庭部門においても全体の1/4程度を占めていた。図2には業務部門と同様に、用途別の積算結果の隣に温室効果ガス排出状況調査で報告されている使用燃料別の積算結果<sup>2)</sup>を並べて示す。業務部門とは異なり、用途別の積算結果は燃料別の積算結果とほぼ同量であった。本報告では、家庭部門の用途別エネルギー消費原単位に東京の値を用いているが、東京と横浜では地理的に近いうえに、生活様式なども似ているため、温室効果ガス排出状況調査で報告されている数値とに差が生じなかったと考えられる。

用途別のエネルギー消費原単位のうち、近年増加しているのは、業務部門と同様「照明・動力等」の原単位である<sup>6)</sup>。1990年から2001年までの間、他の用途の年平均伸び率がマイナスか0.1%であるのに対し、「照明・動力等」の年平均伸び率は2.4%となっている。従って、用途として最も消費量が多い「給湯」に加え、「照明・動力等」についてもエネルギー削減対策を進めることは重要であると言える。「給湯」使用量の削減は、家庭を対象とした温暖化対策においては非常に重要であり、また効果的であると考えられる。しかし、ヒートアイランド対策を念頭にいた場合は、「給湯」は下水に放熱されるため、大気に放出される人工排熱の要因には含まれない<sup>10)</sup>。そこで、ここでは業務部門と同様に「照明・動力等」の削減効果について概算した。家庭部門の「照明・動力等」使用量を10%削減すると、 $0.35 \times 10^6 \text{Gcal/年}$ のエネルギー消費量の削減となり、これは家庭部門全体の約2.6%のエネルギー消費量を削減したことになる。また、冷房負荷を削減したことによる冷房電力の削減量は、空調システムのCOPを3.0と仮定した場合、 $0.35 \times 10^6 \text{Gcal/年} \div 3.0(\text{COP}) = 0.12 \times 10^6 \text{Gcal/年}$ となり、合計すると家庭部門全体では $0.47 \times 10^6 \text{Gcal/年}$ のエネルギー消費量(3.5%)を削減したことになる。

### 3-1-2 行政区別のエネルギー消費密度

横浜市内では、中区や西区などの中心部や、港北区や鶴見区などの北東部の気温が、瀬谷区や泉区など西部に比べて高くなるヒートアイランド現象が生じている<sup>11)</sup>。そこで、市内のエネルギー消費分布をみるため、行政区ごとに業務と家庭部門のエネルギー消費量を算出し、区面積で割り、行政区別のエネルギー消費密度を求めた。結果を図3に示す。

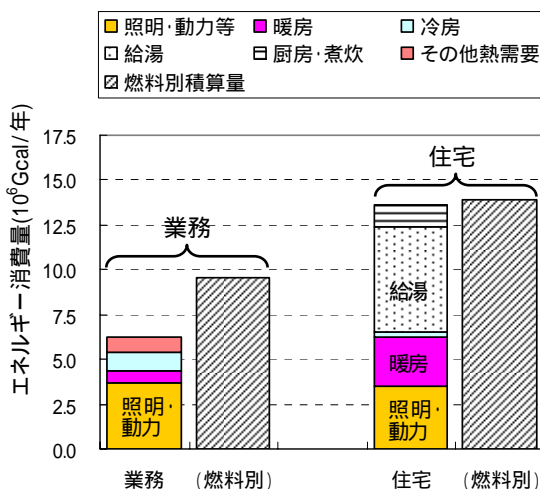
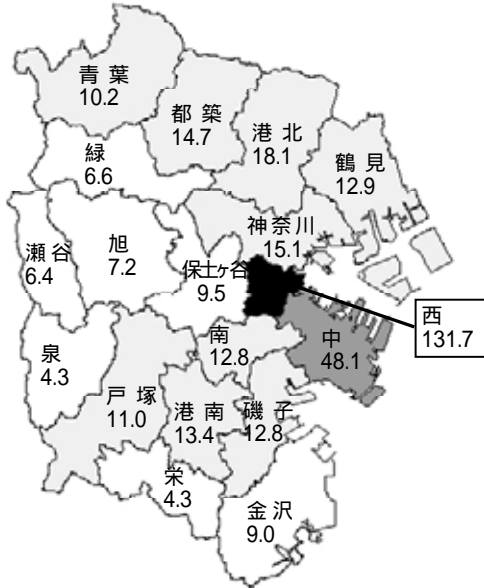


図2 横浜市における用途別エネルギー消費量

備考) 燃料別積算量とは、温室効果ガス排出状況調査<sup>2)</sup>で報告されている使用燃料別のエネルギー消費量積算結果である。

(A) 業務



(B) 家庭

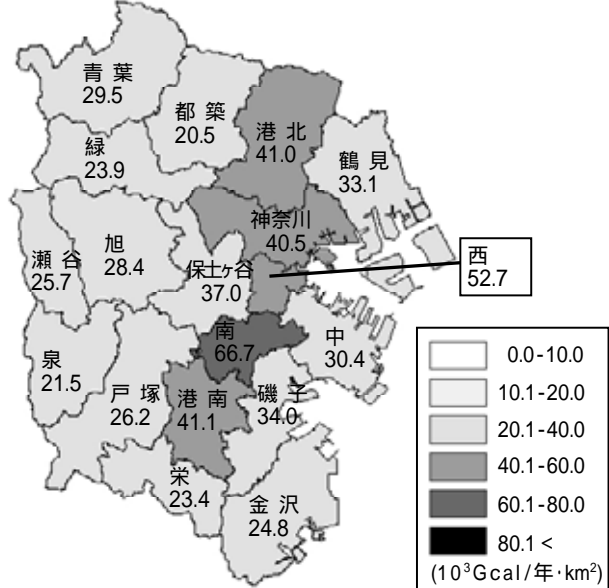


図3 行政区別の(A)業務部門のエネルギー消費密度 と (B)住宅部門のエネルギー消費密度  
備考)エネルギー消費密度は、行政区ごとのエネルギー消費量を区面積で割ったものである。

業務部門についてみると、西区のエネルギー消費密度が  $131.7 \times 10^3 \text{Gcal/年} \cdot \text{km}^2$  と突出して高く、次いで中区が  $48.1 \times 10^3 \text{Gcal/年} \cdot \text{km}^2$  と高い。一方、瀬谷区や泉区などの西部は  $10 \times 10^3 \text{Gcal/年} \cdot \text{km}^2$  以下と低いエネルギー消費密度であった。家庭部門では、南区のエネルギー消費密度が  $66.7 \times 10^3 \text{Gcal/年} \cdot \text{km}^2$  と最も高く、西区や港南区、港北、神奈川区も  $40 \times 10^3 \text{Gcal/年} \cdot \text{km}^2$  程度と高い。業務と家庭部門とを合計し、民生部門全体としてみると、業務部門が高いことを反映して西区のエネルギー消費密度が  $184 \times 10^3 \text{Gcal/年} \cdot \text{km}^2$  と突出して高い。次いで南区、中区が  $80 \times 10^3 \text{Gcal/年} \cdot \text{km}^2$  前後であり、また、港北区、鶴見区、神奈川区、保土ヶ谷区、港南区、磯子区が  $50 \times 10^3 \text{Gcal/年} \cdot \text{km}^2$  程度となった。港南区、磯子区を除くと、気温の高い地域はエネルギー消費密度が高く、また、気温の低い西部はエネルギー消費密度も低いなど、気温とエネルギー消費密度の傾向は一致していた。人工排熱の要因には、民生部門以外にも運輸、産業部門等からのエネルギー消費量なども係わってくるが、ヒートアイランド対策を目的とした民生部門のエネルギー消費量削減策を行うに当たっては、地域によってエネルギー消費密度や、業務と家庭部門との消費割合が異なることから、対象とする地域や、対象とする部門にも考慮して推進することが効果的であると思われる。

### 3-2 民生部門のエネルギー消費量増加の要因分析

平成 15 年度の温室効果ガス排出状況調査報告書によると、2001 年度の民生部門全体のエネルギー消費量は、1990 年度と比べて 1.4 倍となっている。そこで、温室効果ガス排出状況調査で報告されているエネルギー消費量を基に、消費量増加の要因分析を行った。

業務部門の結果を図 4 に示す。業務部門のエネルギー消費量は 1990 年度と比べて約 1.7 倍となっている。要因分析の結果、増加量のうち、約 71%は延べ床面積の増加

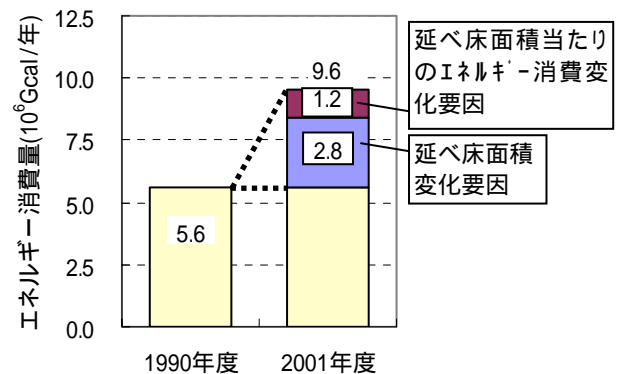


図 4 業務部門のエネルギー消費量増加要因分析

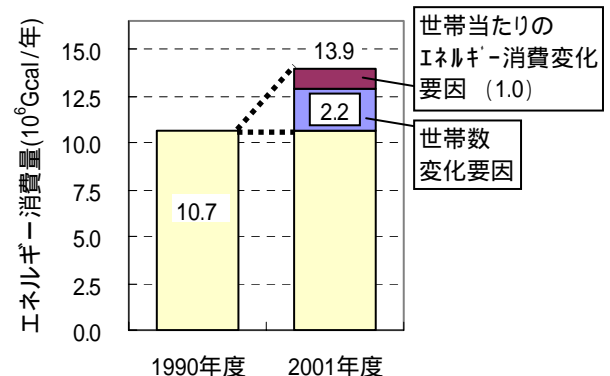


図 5 家庭部門のエネルギー消費量増加要因分析

によるものであり、約 29%がエネルギー消費原単位(延べ床面積当たりのエネルギー消費量)の増加によるものであった。同じ要因分析法を用いて、同期間(1990年度と2001年度)の、全国の業務部門の消費量増加について要因分析した結果では、エネルギー消費原単位が減少しているにもかかわらず、それを上回る延べ床面積の増加が要因となり、結果として約 1.3 倍のエネルギー消費量増加となっている<sup>10)</sup>。横浜では、エネルギー消費の増加



に、延べ床面積の増加が寄与している割合が大きい、全国とは異なり、エネルギー消費原単位の増加も要因の一つとなっていた。

家庭部門の要因分析結果を図5に示す。家庭部門のエネルギー消費量は1990年度と比べて約1.3倍となっており、増加量の約68%は世帯数の増加に、約32%がエネルギー消費原単位に起因していた。全国の家庭部門の消費量増加について要因分析した結果でも、約70%が世帯数の増加に起因している<sup>10)</sup>。横浜も全国と同様、エネルギー消費の増加には、世帯数の増加の寄与が大きかった。

横浜市の将来人口推計によると、少なくとも2015年までは増加傾向にあると予測されている<sup>12)</sup>。従って、家庭部門のエネルギー消費量削減を行うためには、より一層世帯当たりのエネルギー消費量の削減を推進していかなければならない。

#### 謝辞

本調査を行うにあたり、横浜市財政局主税部固定資産税課から行政区別の課税建物の延べ床面積のデータを提供頂きました。また、横浜市環境保全局調整部環境にやさしいまちづくり課から平成15年度横浜市温室効果ガス排出状況調査のデータを提供頂きました。ここに記して、感謝の意を表します。

#### 引用文献

- 1) 環境省地球環境局：地球温暖化対策地域推進計画策定ガイドライン、(2003)
- 2) 横浜市環境保全局：平成15年度横浜市温室効果ガス排出状況調査報告書、(2004)
- 3) 東京都：都における温室効果ガス排出量総合調査 - 2001年度実績、2003年度調査 -、(2004)
- 4) 横浜市財政局：行政区別の課税建物の延べ床面積(平成15年1月現在)
- 5) 横浜市：第82回横浜市統計書、(2004)
- 6) (財)日本エネルギー経済研究所計量分析部：民生部門エネルギー消費実態調査(総括編) 調査研究シリーズNo.18、(2003)
- 7) (財)日本エネルギー経済研究所：ホームページ、研究レポート、「エネルギー需要の変動要因分析法について - 完全要因分析法と簡易法 -、沈中元」、<http://www.ieej.or.jp/edmc/public/factor.pdf>
- 8) 資源エネルギー庁：平成15年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書)第2部エネルギー動向、(2004)
- 9) 環境省：平成15年度都市における人工排熱抑制によるヒートアイランド対策調査報告書、(2004)
- 10) 資源エネルギー庁：総合資源エネルギー調査会 省エネルギー部会 平成12年度第5回 資料3「民生部門における省エネルギー対策の効果とエネルギー消費の将来見通しについて」、<http://www.meti.go.jp/kohosys/committee/oldsummary/0001105/0001.html>
- 11) 福田亜佐子、佐俣満夫：横浜市内の気温分布調査 - 2002年～2003年の結果 -、横浜市環境科学研究所年報、p58 - 62、(2004)

- 12) 横浜市都市経営局：横浜市の将来人口推計について、<http://www.city.yokohama.jp/me/keiei/seisaku/jinkou/161213syourai-jinkou.pdf>、(2004)

## 横浜の森林土壌の酸性化の実態と酸中和能(2)

### - 人工酸性雨・カラム試験による酸中和能の測定 -

加藤善徳(横浜市環境科学研究所)

梅田てるみ(横浜市食肉衛生検査所)

### Survey of soil acidity and Acid-Neutralizing Capacity(ANC) In Yokohama City (2)

#### - Measurement ANC by soil column experiment -

Yoshinori Katou (Yokohama Environmental Science Research Institute)

Terumi Umeda (Yokohama Meat Inspection Laboratory)

キ-ワ-ド: 酸性土壌、酸性雨、酸中和能

#### 要旨

横浜市内の森林土壌が持つANC(酸中和能)の状況を把握することを目的に、前報で得た土壌試料のうち、地域、土壌型、樹種、土壌理化学特性等、種々異なる11試料を選び、人工酸性雨-カラム試験によりANCを測定した。

その結果、11の試料のANCは0.8~18.2meq/100gの範囲内にあり、これを地域、樹種別で比較すると、林外(平均=18.1、n=2)、道路広葉(幹線道路端から150m以内の広葉樹、15<、n=1)>奥広葉(幹線道路端から500m以上の広葉樹、13.6、n=1)>奥スギ(幹線道路端から500m以上のスギ、平均=5.6、n=4)>道路スギ(幹線道路端から150m以内のスギ、平均=0.9、n=3)の順となり、特に道路近傍のスギ土壌のANCが小さい傾向を示した。

また、これら土壌が今後の酸性雨に対しどの程度の中和容量を持っているのかをみるため、酸性雨による1年間のH<sup>+</sup>負荷量を103meq/m<sup>2</sup>/年、土壌のバルク密度を1g/cm<sup>3</sup>と仮定して試算したところ、表層10cmの土壌が8~176年分の酸性雨を中和できる容量となった。地域、樹種別では、林外は173~176年分、道路広葉は145年以上分、奥広葉は132年分、奥スギは8~86年分、道路スギは8~10年分の中和容量となり、道路近傍のスギ樹林地域が最も早く影響が発現しやすいことが推定された。

#### 1. はじめに

横浜では少なくともここ20年間、森林被害が深刻な欧米並の酸性雨(湿性沈着)が降り続いており<sup>1)</sup>、また、非降水時においても、都市・工業地帯の汚染の影響を強く受け、高濃度のNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>等の酸性物質が長期に渡り沈着(乾性沈着)し続ける<sup>2)</sup>状況となっている(以下、湿性沈着と乾性沈着を合わせて、酸性雨と呼ぶこととする)。このため、市内の森林土壌は酸性化が進んでいる可能性があり、将来的には、植物根に有害なAlの溶出、栄養塩類の流出、土壌細菌の減少、真菌類の増大等を招き、森林生態系に深刻な影響が出てくる恐れもある。

そこで、前報<sup>3)</sup>では、まず、現在の市内の森林土壌がどのような状況となっているのか、その実態を把握することを目的として、市内各区の市民の森等25カ所<sup>4)</sup>で112の土壌試料を採取し、pH、交換性塩基、水溶性Al、交換性Al等を測定する調査を行った。その結果、全

土壌試料の平均pHは4.9(最低pH3.9)とやや酸性を呈し、特に道路近傍でpHが低い傾向であること、また、これら地域は交換性塩基が非常に少なく、水溶性Al、交換性Alが多くなっていること等が明らかとなり、市内の一部地域で土壌の酸性化が進行していることが窺われた。

本報はさらに、今後も現状のような酸性雨が続いた場合、これらの酸の負荷に対し、市内の森林土壌が後どの程度の中和容量を持っているのかを把握することを目的に、前報で得た土壌試料のうち、特に酸性化が懸念された道路近傍試料を中心に、市内の代表的な試料と考えられる11試料を選び、人工酸性雨-カラム試験法<sup>4)</sup>により、これらの酸中和能(ANC: Acid-Neutralizing Capacity)を測定した。

## 2. 人工酸性雨-カラム試験の方法

### 2-1 土壌試料

表-1に人工酸性雨-カラム試験に用いた11の試料の土壌理化学的特性等を示す。pH(H<sub>2</sub>O)は4.3~7.1、交換性Alは0.01~4.58(meq/100g)、交換性塩基総量は1.3~25.0(meq/100g)等、土壌理化学特性が広範囲なものを選んでいる。また、採取地点としては、幹線道路近傍(道路端から150m以内、以下「道路近傍」)が4、道路から離れた地点(道路から少なくとも500m以上離れた地点、以下、「奥」)が7であり、土壌型としては褐色森林土<sup>6</sup>、黒ボク土が<sup>5</sup>、樹種別としては、スギ樹冠下土壌(以下、スギ)が<sup>7</sup>、広葉樹冠下土壌(以下、広葉)が<sup>2</sup>、林外(裸地)土壌(以下、林外)が<sup>2</sup>である。

なお、ここではコナラ、クヌギ、ケヤキ等の落葉広葉樹を大きくまとめて広葉樹としている。また、林外土壌とは、樹冠外の土壌のことである。詳しくは前報<sup>3)</sup>を参照されたい。

### 2-2 人工酸性雨

人工酸性雨はpH3.0に調整したものをを用いた。陰イオンの組成は、横浜の雨水の非海塩起源の平均組成に基づき、当量濃度でSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:Cl<sup>-</sup>=4:2:1とした。

### 2-3 試験方法

図-1にカラム試験装置を示す。試験は以下の順で行った。アクリル製カラム(内径48mm)に土壌試料50gを充填し、一昼夜、送液ポンプ(東京理化学MP-3)でイオン交換水を滴下して定常状態にした。

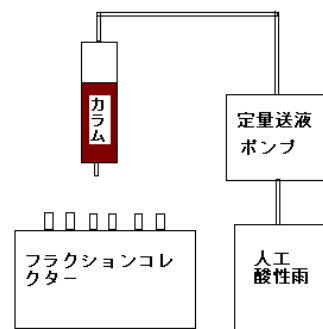


図-1 人工酸性雨-カラム試験装置

その後、イオン交換水を人工酸性雨に変えて送液し、カラムからの流出液をフラクションコレクター(東京理化学DC-1200)で20mlずつ分割採取した。そして、これらの採取液を分析に供した。カラム流出速度は39~70ml/hである。

### 2-4 分析項目及び分析方法

表-2に分析項目及び分析方法を示す。分析は酸性雨等調査マニュアル<sup>9)</sup>に従って実施した。

この他、解析には、前報<sup>3)</sup>で測定した土壌pH、交換性塩基等のデータを使用した。

表-1 供試土壌の化学的性質

土壌試料NO.	採取地点		土壌型	樹種	pH(H <sub>2</sub> O)	pH(KCl)	水溶性Al	交換性Al	交換性塩基総量	S分含有率	カラム流出速度
	採取区	地域									
1	金沢区	奥	褐色	林外(裸地)	7.1	5.2	0.005	0.02	25.0	0.030	54
2	瀬谷区	奥	黒ボク	林外(裸地)	7.0	5.3	<0.001	0.01	17.1	0.036	70
3	旭区	道路近傍	黒ボク	スギ	4.3	3.7	0.038	1.27	2.2	0.095	55
4	金沢区	道路近傍	褐色	スギ	4.3	3.3	0.022	4.45	3.9	0.083	48
5	金沢区	道路近傍	褐色	スギ	4.4	3.3	0.013	4.58	4.3	0.071	58
6	金沢区	道路近傍	褐色	広葉	5.8	4.2	0.004	0.04	17.5	0.036	54
7	瀬谷区	奥	黒ボク	スギ	5.0	4.2	<0.001	1.03	1.3	0.043	68
8	栄区	奥	褐色	スギ	4.6	3.5	0.023	0.49	10.1	0.047	48
9	青葉区	奥	黒ボク	スギ	5.3	4.0	<0.001	0.46	7.1	0.031	40
10	金沢区	奥	褐色	スギ	4.4	3.4	0.015	0.38	12.8	0.061	39
11	瀬谷区	奥	黒ボク	広葉	6.7	5.3	<0.001	0.03	12.1	0.043	60

注1) 交換性塩基総量 = 交換性Ca<sup>2+</sup> + 交換性Mg<sup>2+</sup> + 交換性Na<sup>+</sup> + 交換性K<sup>+</sup>、注2) 奥とは道路から500m以上離れた地点

注3) 道路近傍とは幹線道路から150m以内の地点

表2 分析項目及び分析方法

分析項目	分析方法	分析機器
pH	ガラス電極法	TOA HM-60s
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup>	イオンクロマトグラフ法	Dionex DX-320
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup>	イオンクロマトグラフ法	Dionex DX-320
Al	ICP発光分析法	嶋津 ICPS-7000

### 3. 結果と考察

#### 3-1 人工酸性雨-カラム試験の結果

##### 3-1-1 カラム流出水のpH、BC、Alの変化

###### (1) 林外土壌

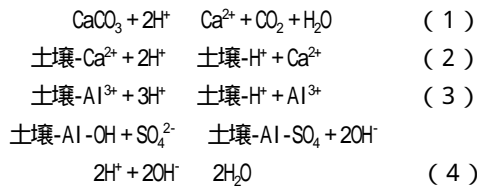
図-2に林外2試料 (No.1、No.2) のカラム流出水のpH、BC、Alの変化を示す。ここでBCとはCa<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup>の和を示す。Al、BCの単位はモル濃度 (mol/l) である。

図-2にみられるように、林外はNo.1、No.2とも人工酸性雨滴下後、すぐにpHが低下することはなかった。No.1を例にとると、人工酸性雨滴下量が約7000mlまではpHは約6に保たれていた。しかし、滴下が7000ml以上になると、pHは急激に低下した。BCもpHの変化パターンと類似し、約7000mlまでは0.4mol/l前後で推移したが、その後、急激に低下した。一方、AlはBCとは対照的に約7000mlまでは非常に低濃度であったが、その後、急激に上昇した。No.2はNo.1に比べると、やや早めにpHが低下する傾向を示したが、各成分の挙動はNo.1とほぼ同様であった。

上記の各成分の一連の挙動は、土壌中で以下の酸中和反応が生じている<sup>4)、6)</sup>ことを示すものと考えられる。

すなわち、土壌に酸(H<sup>+</sup>)が滴下されると、H<sup>+</sup>は炭酸塩、交換性塩基により中和される( (1)、(2)式、このうち日本の土壌は炭酸塩含量が少ないので、(1)の寄与は小さいと考えられる)。しかし、酸の滴下が進んでいくと、交換性塩基は枯渇していき、pHは急激に低下する。そして、中和には交換性Alが使われるようになり、やがて植物根に有害なAl<sup>3+</sup>が溶出してくる( (3)式)ものと考えられる。

なお、アロフェン質の黒ボク土については、交換性塩基の他に、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の土壌吸着による中和( (4)式)があり<sup>4)</sup>、No.1(黒ボク土)についてはこの寄与もかなりあったものと考えられる。



###### (2) 道路近傍土壌

図-3に道路近傍のスギ (No.3~No.5) 及び広葉 (No.6) 試料の各成分の変化を示す。

道路近傍のスギ (No.3~No.5) は先の林外とは大きく異なり、いずれも人工酸性雨滴下直後にpH、BCは急激に低下、Alは急上昇した。これら試料は林外と比べ交換性塩基が非常に少ないことから(表-1)、人工酸性雨滴下後、すぐに交換性塩基が枯渇し、Alが溶出してきたものと考えられる。

一方、道路近傍の広葉 (No.6) は、No.5と同一地点で採取したものであるが、その挙動はNo.5とは大きく異なり、pHは人工酸性雨滴下直後低下したものの、その後約5000mlまではpHは約5で保たれ、BCも約5000mlまでは約0.5 mol/lで推移し、Alも約5000mlまでは非常に低濃度であった。No.6はNo.5に比べ交換性塩基が非常に多いことから(表-1)、このような挙動を示したものと考えられる。同じ道路近傍試料でありながら樹種によりその挙動が大きく異なることは、土壌酸性化の対策の面からも注目されよう。

###### (3) 奥土壌

図-4に奥のスギ (No.7~No.10) 及び奥の広葉 (No.11) 試料の各成分の変化を示す。奥のスギは、No.7にみられるように、人工酸性雨滴下直後に、pH、BCが低下、Alが上昇するものから、No.8~No.10にみられるように、人工酸性雨滴下量がそれぞれ約1000、2000、3000ml時にpH、BCが低下、Alが上昇するものまで様々なタイプがあった。これらの違いも交換性塩基の量が深く関与しているものと考えられる。

一方、奥の広葉 (No.11) は人工酸性雨滴下後、すぐに酸性化したNo.7と同一地点で採取したものであるが、先の道路近傍の広葉 (No.6) の例と同様、人工酸性雨滴下後すぐに酸性化することはなかった。

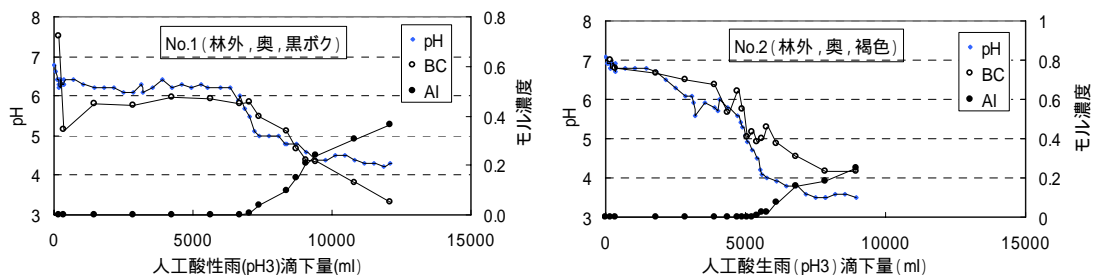


図-2 カラム流出水のpH及びBC、Alの濃度変化(林外土壌)  
(図中のNO.は表-1の試料NO.に対応)

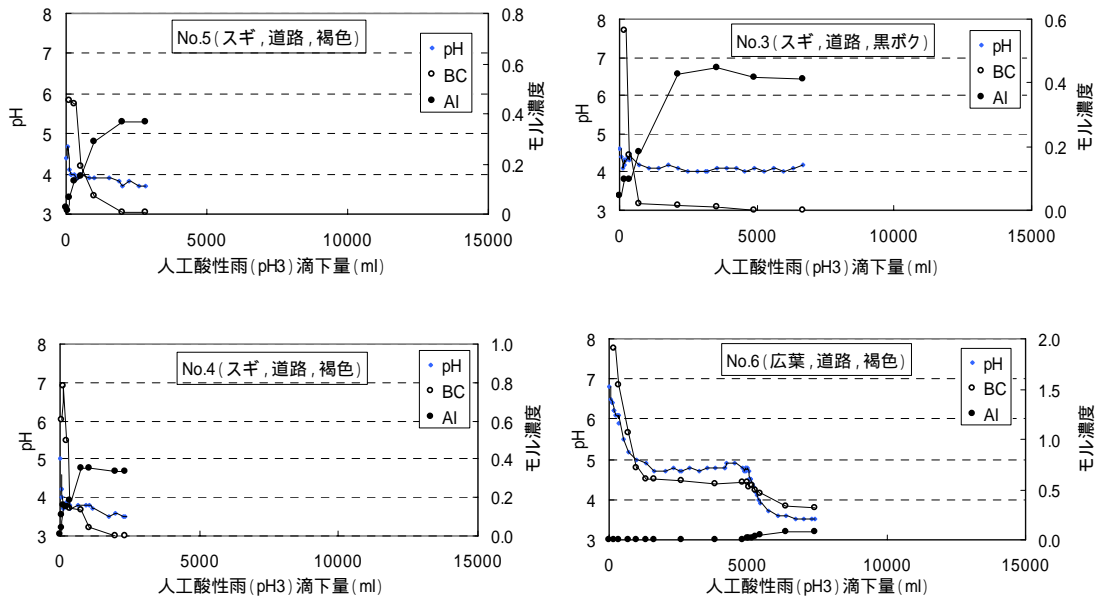


図 - 3 カラム流出水のpH及びBC、Alの濃度変化(道路近傍土壌)  
(図中のNO.は表-1の試料NO.に対応)

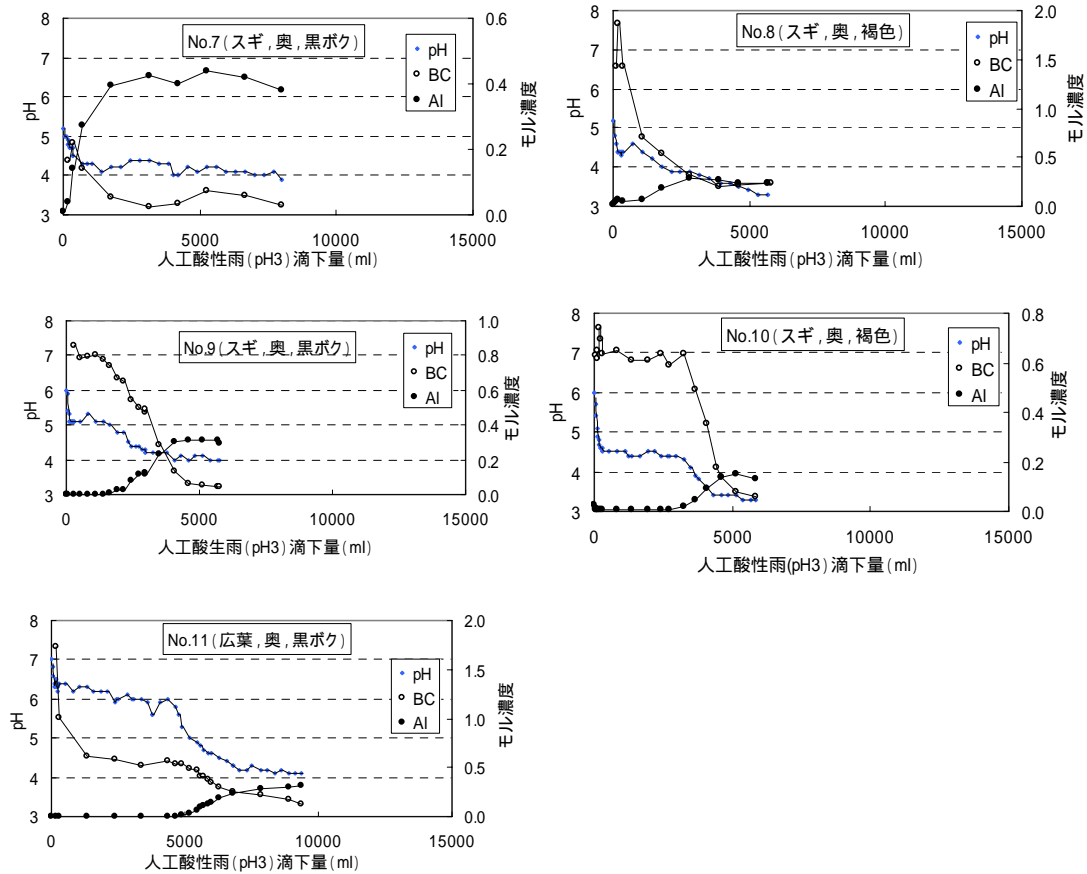


図 - 4 カラム流出水のpH及びBC、Alの濃度変化(奥土壌)  
(図中のNO.は表-1の試料NO.に対応)

### 3-1-2 土壌型による各成分の挙動の違い

以上、カラム流出水の各成分の変化について述べたが、ここでは土壌型の面から、成分の挙動の違いがあるのかどうか調べた。図-5に11試料のpHの変化を土壌型別に分け示す。人工酸性雨が滴下されていくと、pHはいずれの試料も低下したが、土壌型によりその挙動は異なった。褐色森林土は滴下が進むと最終的にはpHは3.5付近まで低下したが、黒ボク土はpH4以下に下がることはなかった。戸塚<sup>7)</sup>も土壌型によりこのような違いがあることを報告しており、pHの挙動の点からいえば、黒ボク土は褐色森林土に比べ緩衝能力が強い土壌といえる。

図-6に土壌型別にpHとAl濃度の関係を示す。データはカラム試験のデータを用いている。図-6にみられるように、AlはpHの低下に伴い溶出してくるが、その溶出状況は土壌型により異なった。黒ボク土はpH5.0付近から溶出が始まったが、褐色森林土はそれより酸性化が進んだpH4.5付近から溶出が始まる特徴を示した。

これより、土壌酸性化の点から言えば、黒ボク土は褐色森林土に比べ酸性化しにくい土壌といえるが、反面、Al溶出に影響の指標と考え、黒ボク土は褐色森林土に比べ酸性化の早い段階で影響を受けやすい土壌といえよう。

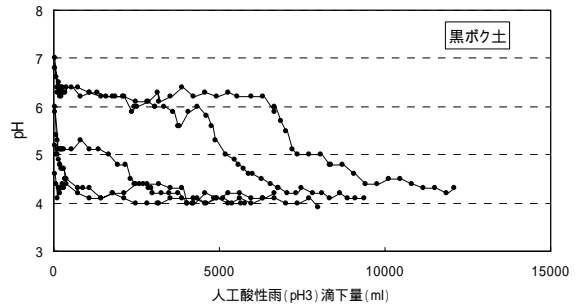
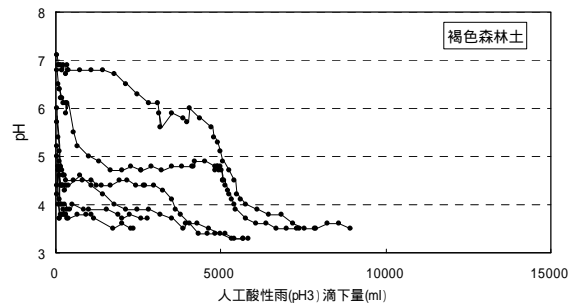


図-5 土壌型別のカラム流出水の pH の変化

### 3-2 ANCの算出

ANCは有害なAl<sup>3+</sup>が溶出し始めるまでに土壌が消費するH<sup>+</sup>量と定義される場合が多い<sup>4), 8)</sup>。一方、Alの毒性はCa<sup>2+</sup>等の塩基によって緩和されることが知られており、ヨーロッパでは土壌溶液の塩基 (BC = Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>+K<sup>+</sup>) とAlのモル濃度比 (BC/Al) を森林衰退の化学的指標 (閾値 = 1) としてきている<sup>9)</sup>。そこで、ここでは、ANCの算出としては、カラム溶出液のBC/Alモル比が1となる (図-2~4中のBCとAlの交点) までに要した人工酸性雨中のH<sup>+</sup>の積算量として、各試料のANCを算出した。なお、No.5の試料は最終的にはBC/Al=1とはなっていないので、この試料のANCは人工酸性雨の最終液量以上として取り扱った。また、供試土壌は50gであるが、ANC値の単位は土壌100g当たりのmeqに換算している。

表-3に各試料のANCの算出結果を示す。11の試料のANCは0.8~18.2meq/100gとかなり幅があった。これを地域、樹種別で比較すると、林外>広葉>奥スギ>道路スギの順となり、特に道路近傍のスギ土壌のANCが小さい傾向を示した。

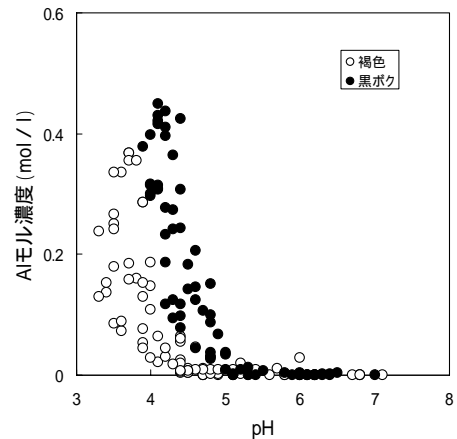


図-6 土壌型別の pH と Al 濃度の関係

### 3-3 ANCと交換性塩基の関係

3-1で述べたように、土壌中の酸中和反応の主体は交換性塩基、すなわち、ANCの主体は交換性塩基と考えられるが、ここではこれを確認するため、これらの関係について調べた。

図-7に交換性塩基総量とANCの関係を土壌型別に示す (No.6の試料はANCの値が確定していないので用いていない)。図-7にみられるように、黒ボク土は $Y=1.15X-1.06$  ( $R^2=0.9956$ )、褐色森林土は $Y=0.82X-2.35$  ( $R^2=0.9963$ ) とともに非常に良い直線関係が認められた。なお、黒ボク土の回帰係数が褐色森林土に比べやや大きめとなっているのは、褐色森林土はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の土壌吸着による中和の寄与がほとんどないのに対し、黒ボク土はこの寄与がかなりあるためと考えられる。また、黒ボク土がANCとよい直線関係を示すのは、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の土壌吸着による中和の寄与が一律であること、すなわち、黒ボク土の質が一様であるためと考えられる。

表-3 各土壌の ANC

土壌試料 NO.	地点	土壌型	樹種	ANC
				(meq/100g)
1	奥	褐色	林外(裸地)	17.9
2	奥	黒ボク	林外(裸地)	18.2
3	道路	黒ボク	スギ	1.0
4	道路	褐色	スギ	0.8
5	道路	褐色	スギ	1.0
6	道路	褐色	広葉	15 <
7	奥	黒ボク	スギ	0.8
8	奥	褐色	スギ	5.7
9	奥	黒ボク	スギ	7.0
10	奥	褐色	スギ	8.9
11	奥	黒ボク	広葉	13.6

これより、横浜市内という狭い地域に限定すれば、上記の式を用いて既存の交換性塩基のデータからANC値を推算することはある程度可能であると考えられる。

### 3 - 4 ANCと土壤酸性化

図-8にANCと土壤pH(H<sub>2</sub>O)との関係を示す(ここでNO.6のANCは15 meq/100gとして用いている)。図-8にみられるように、ANCと土壤pHは直線関係が認められ( $y=0.14x+4.2$ ,  $R^2=0.79$ )、これより、ANCの減少に伴い土壤が酸性化していることが確認できる。図-9にANCと土壤中のS含有率との関係を示す(NO.6のANCは15 meq/100gとして用いている)。ANCは土壤中のS含有量が多くなると小さくなる傾向を示し、特に、S含有量が多い道路近傍のスギ土壤はANCが非常に小さくなっている。このS分については前報<sup>3)</sup>で報告したように、燃焼排ガス成分であるNi、pbと強い相関を示すことがわかっており、土壤の酸性化、ANCの減少には人為的な影響が大きいことが窺われる。特に道路近傍においてはその影響が大きいと考えられる。しかし、このことに関してはさらに試料数を増やして検討する必要があるだろう。

### 3 - 5 中和容量

今後の酸性雨に対しその地域の土壤が現在のどの程度の中和容量を持っているのかをみるため、ANCを用いた簡易的な方法による算出が最近よく行われるようになってきている<sup>(10)-(12)</sup>。ここでは、この方法を用いた11の試料の中和容量の算出を試みた。

[中和容量]<sub>年数</sub> = [ANC (meq/100g) × 土壤バルク密度 (g/cm<sup>3</sup>) × 表層土壤深さ (cm) × 100] / [酸性雨による1年間のH<sup>+</sup>負荷量 (meq/m<sup>2</sup>/年)]

ここで、土壤のバルク密度を1g/cm<sup>3</sup>、酸性雨による1年間のH<sup>+</sup>負荷量を103meq/m<sup>2</sup>/年(横浜の18年間平均のH<sup>+</sup>年間湿性沈着量<sup>1)</sup>: 38meq/m<sup>2</sup>/年、SO<sub>2</sub>を基にしたH<sup>+</sup>年間乾性沈着量推計値<sup>3)</sup>: 65meq/m<sup>2</sup>/年)と仮定した。

その結果、11の土壤試料は表層10cmの土壤が8~176年分の酸性雨を中和できる容量となった。また、地域、樹種別では、林外は173~176年分、道路広葉は145年以上分、奥広葉は132年分、奥スギは8~86年分、道路スギは8~10年分の中和容量となり、道路近傍のスギ樹林地帯が最も早く影響が発現しやすいことが窺われた。

ただし、実際には、反応は土壌バルク物の風化によるH<sup>+</sup>消費<sup>14)</sup>等もあるので、これだけの方法でむろん結論づけられものではない。しかし、森林衰退のリスクをみる一つの指標としては、この方法は非常に有用であることは言うまでもない。

## 4. まとめ

横浜市内の森林土壤のANCの状況を把握することを目的として、地域、土壤型、樹種、土壤理化学特性等が種々異なる11の土壤試料を用い、人工酸性雨-カラム試験法によりANCを算出した。その結果、以下のことがわかった。

(1) 11の試料のANCは0.8~18.2meq/100gの範囲内にあり、これを地域、樹種別で比較すると、ANCは林外>道路広葉>奥広葉>奥スギ>道路スギの順となり、特に道路近傍のスギ土壤は小さかった。

(2) ANCと土壤pH、ANCと土壤中のS分等の関係を調べた結果、ANC

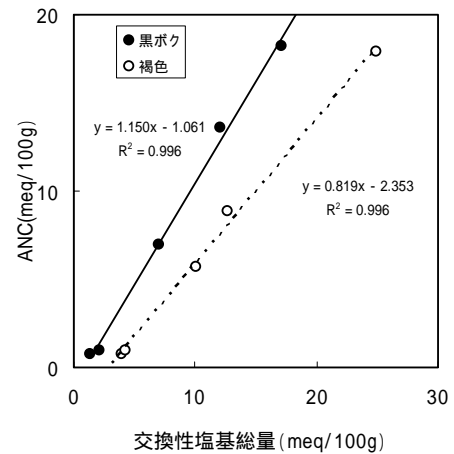


図-7 交換性塩基総量とANCの関係

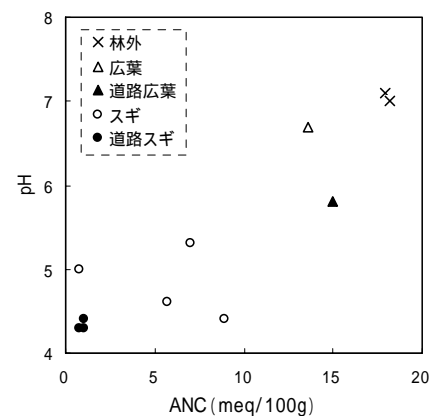
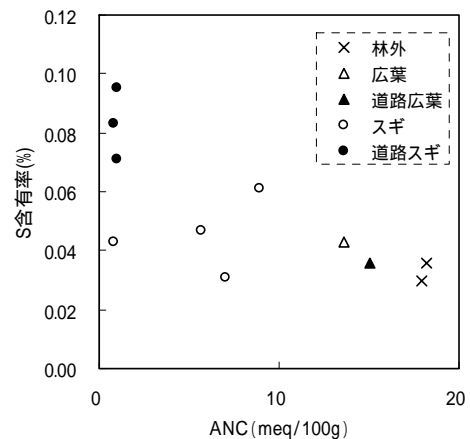


図-8 ANCとpHの関係



の減少、土壤酸性化は人為的な要因が大きいと推定された。

(3) 交換性塩基総量とANCの関係を求めたところ、黒ボク土は  $Y=1.15X-1.06$  ( $R^2=0.9956$ )、褐色森林土は  $Y=0.82X-2.35$  ( $R^2=0.9963$ ) とともに非常に良い直線関係が認められた。

(4) 11の試料について、酸性雨による1年間のH<sup>+</sup>負荷量を103meq/m<sup>2</sup>/年、土壤のバルク密度を1g/cm<sup>3</sup>と仮定して中和容量を試算したところ、表層10cmの土壤が8~176年分の酸性雨を中和できる容量となった。地域、樹種別では、林外は173~176年分、道路広葉は145年以上分、



奥広葉は132年分、奥スギは8～86年分、道路スギは8～10年分の中和容量となり、道路近傍のスギ樹林地域が最も早く影響が発現しやすいことが推定された

今後は試料数を増やし、市内全体のANCの状況、樹種、地域によるANCの違い等を把握していく必要がある。

## 文献

- 1)加藤善徳、梅田てるみ：横浜における酸性雨モニタリング調査 - 2003年の結果 - , 横浜市環境研究所報第29号, - (2005).
- 2)横浜市環境保全局：横浜市大気汚染調査報告書, 第41報 (2002).
- 3)加藤善徳、梅田てるみ：横浜の森林土壌の酸性化の実態と酸中和能(1) - スギ林, 広葉樹林, 林外土壌の調査 - , 横浜市環境研究所報第26号, 129 - 138 (2002).
- 4)佐藤一男、大岸弘：酸性降下物に対する土壌中和能の簡易測定法, 環境科学会誌3 (1) : 37-48 (1990).
- 5)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).
- 6)広瀬光保, 古明地哲人, 早福正孝：酸性降下物に対する都内の土壌中和能に関する研究(2), 135-141, 東京都環境科学研究所年報(1999).

7)戸塚績：現代科学, No. 235, 55-61 (1990).

8)大羽 裕：酸性雨の土壌への影響, 資源環境対策, 29 (7) , 1-6 (1993).

9)Severdrup, H. and W. de Vries : Calculating critical loads for acidity with the simple mass balance method. Water, Air and Soil pollution 72, 143-162(1994).

10)佐藤一男、藤田慎一：わが国の酸性雨の実態と地下土壌への影響、地熱エネルギー -、Vol.19、No.2、126-131 (1994).

11)広瀬光保、早福正孝、古明地哲人：酸性降下物に対する都内の土壌中和能に関する研究(1), 242-249, 東京都環境科学研究所年報(1998).

12) 関東地方環境対策推進本部大気環境部会：土壌影響予察調査、27-32、平成14年度酸性雨調査報告書(平成16年3月).

13)藤田慎一、高橋章、村治能孝：わが国における硫黄化合物の乾性沈着量に関する検討、大気汚染学会誌、25、343-353(1990).

14)佐藤一男：酸性雨の土壌による中和 - 鉱物の化学的風化を中心として -、資源環境対策、Vol.28、No.6、547-553 (1992).

## 横浜の森林土壌の酸性化の実態と酸中和能(3)

### - 市内森林土壌の酸中和能(ANC)の状況 -

加藤善徳(横浜市環境科学研究所)  
梅田てるみ(横浜市食肉衛生検査所)

### Survey of soil acidity and Acid-Neutralizing Capacity(ANC) In Yokohama City (3)

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

キ-ワ-ド: 酸性土壌、酸性雨、酸中和能

#### 要旨

横浜市内の森林土壌のANC(酸中和能)の状況を把握することを目的に、前報で得た交換性塩基データ及び、交換性塩基総量(交換性Ca+交換性Mg+交換性Na+交換性K)とANCの関係式(黒ボク土:  $Y=1.15X-1.06$  ( $R^2=0.9956$ ))、褐色森林土:  $Y=0.82X-2.35$  ( $R^2=0.9963$ ))を用いて、市内112の土壌試料のANCを推算し、市内全域におけるANCの状況を調べた。

その結果、市内の森林土壌のANCは0.3~64.7meq/100gの範囲内にあり、地域、樹種別で比較すると、林外(平均=14.2, n=22) > 道路広葉(幹線道路端から150m以内の広葉樹、平均=13.8, n=6) > 奥広葉(幹線道路端から500m以上の広葉樹、平均=11.4, n=46) > 奥スギ(幹線道路端から500m以上のスギ、平均=7.4, n=28) > 道路スギ(幹線道路端から150m以内のスギ、平均=2.0, n=10)の順となり、特に道路近傍のスギ土壌は小さかった。

また、これらのANCが今後の酸性雨に対しどの程度の中和容量を持っているのかをみるため、酸性雨による1年間のH<sup>+</sup>負荷量を103meq/m<sup>2</sup>/年、土壌のバルク密度を1g/cm<sup>3</sup>と仮定して試算したところ、表層10cmの土壌が3~628年(平均100年)分の酸性雨を中和できる容量となり、地域、樹種別では、林外は29~257年(平均138年)、道路広葉は21~238年(平均134年)、奥広葉は18~628年(平均111年)、奥スギは8~166年(平均72年)、道路スギは3~47年(平均19年)分の中和容量となった。

#### 1. はじめに

横浜市内の森林土壌の酸性化及び酸中和能(ANC: Acid-Neutralizing Capacity)の実態を明らかにするため、第1報<sup>1)</sup>では、市内各区の市民の森等25カ所で112の土壌試料を採取し、pH、交換性塩基、水溶性Al、交換性Al等を測定した。そして、第2報<sup>2)</sup>では、第1報で採取した一部試料を用いて、人工酸性雨-カラム試験<sup>3)</sup>によりANCを算出し、市内のANCの概況を調べた。

本報は、さらに、市内全域におけるANCの状況を明らかにするため、第1報で測定した交換性塩基データを基に、第2報で得られた交換性塩基とANCの関係式を用いて、112の土壌試料のANCを推算した。その結果、以下の知見が得られたので報告する。

#### 2. 解析に用いた土壌試料

表-1に解析に用いた土壌試料の理化学的特性等を示す。解析には112の土壌試料を使用した。その内訳としては、林外(裸地)土壌(以下、林外)が22、広葉樹冠下土壌(以下、広葉)が52、スギ樹冠下土壌(以下、スギ)が38である。また、土壌型としては褐色森林土が30、黒ボク土が82である。ここで、「道路近傍」とは幹線道路端から150m以内の地点、「奥」とは幹線道路から少なくとも500m以上離れた地点を示し、交換性塩基総量とは交換性Ca+交換性Mg+交換性Na+交換性Kを示す。また、ここでの広葉とはコナラ、クヌギ、ケヤキ等の落葉広葉樹を大きくまとめて広葉としている。詳しくは第1報<sup>1)</sup>を参照されたい。

表-1 解析に用いた土壌試料の理化学的特性

土壌試料	地域	土壌型	n数	pH(H <sub>2</sub> O)	pH(KCl)	交換性塩基総量	水溶性Al	交換性Al	S含有率
						(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	
全			112	4.9	4.0	112	0.007	0.48	0.04
林外(裸地)	奥	褐色	2	6.5	4.8	21.1	0.007	0.03	0.02
		黒ボク	20	6.5	5.0	12.8	0.003	0.03	0.03
広葉	奥	褐色	9	5.8	4.4	15.4	0.009	0.16	0.03
		黒ボク	37	5.5	4.3	11.1	0.003	0.19	0.04
	道路近傍	褐色	6	5.7	4.2	19.7	0.008	0.26	0.03
スギ	奥	褐色	7	4.9	3.7	13.0	0.017	0.72	0.05
		黒ボク	21	5.0	4.0	6.8	0.006	0.54	0.05
	道路近傍	褐色	6	4.3	3.2	4.4	0.021	3.59	0.07
		黒ボク	4	4.5	3.7	6.7	0.036	1.20	0.11

注1)交換性塩基総量 = 交換性Ca<sup>2+</sup>+交換性Mg<sup>2+</sup>+交換性K<sup>+</sup>+交換性Na<sup>+</sup>

注2)奥とは道路から500m以上離れた地点

注3)道路近傍とは幹線道路から150m以内の地点

注4)数値は平均値

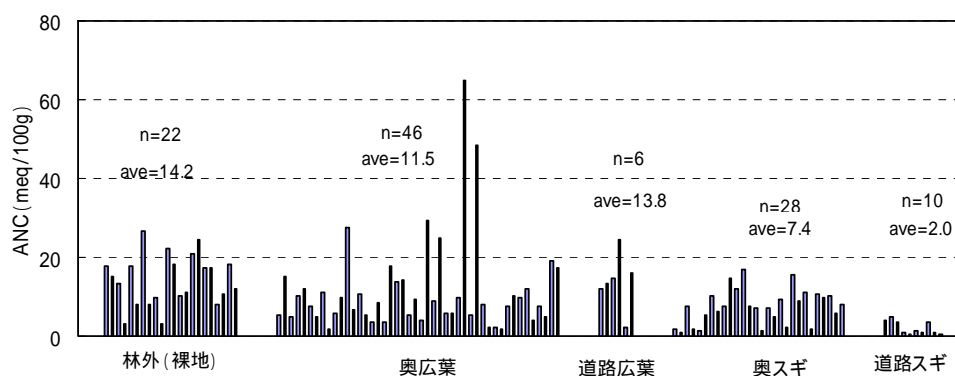


図-1 市内各地のANCの推算値

### 3. 交換性塩基によるANCの推算方法

第2報において、ANCは、主に交換性塩基及びSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の土壌吸着による中和からなっている、褐色森林土はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の土壌吸着による中和の寄与がほとんどない、横浜という狭い地域では黒ボク土の質はほぼ一様と考えられる-という考えに基づき、交換性塩基総量と人工酸性雨-カラム試験により算出したANCとの関係を求め、黒ボク土は $Y=1.15X-1.06$  ( $R^2=0.9956$ )、褐色森林土は $Y=0.82X-2.35$  ( $R^2=0.9963$ )という関係式を得ている。ここでは、この式を用い、112の交換性塩基データより市内のANCを推算した。なお、交換性塩基総量とANCの関係の詳細については、第2報<sup>2)</sup>を参照されたい。

### 4. 市内森林土壌のANCの状況

図-1に交換性塩基を基にして求めたANCの推算結果を示す。市内のANCは0.3~64.7meq/100g(平均値:10.3meq/100g)と非常に幅があった。また、同一樹種でも試料によりかなり異なったが、平均値で見ると、林外>道路広葉>奥広葉>奥スギ>道路スギの順に小さい傾向がみられ、特に、道路スギは小さかった。

ANCの評価としては、12meq/100g以上を大、5~12meq/100gを中、5meq/100g以下を小とする方法がよく用いられている<sup>4)-6)</sup>。この評価法に従い市内のANCをみていくと(表-2)、全試料では、大が29%、中が43%、小が28%であり、中が最も多かった。また、これを樹種別にみると、林外は中以上が91%、小が9%、広葉は奥、道路を含め中以上が83%、小が17%、奥スギは中以上が71%、小が29%、道路スギは中以上が0%、小が100%であり、スギは林外、広葉に比べ小がやや多い傾向にあり、特に道路スギは全試料が小であった。

佐藤は全国500カ所簡易法によりANCの測定を行っている。その結果<sup>4)</sup>によると、全国のANCは0.3~87meq/100g(平均値:7.6meq/100g)の範囲内にあり、地理的には関東地方はANCの大きいものが多く、関西から中国地方かけてANCの小さいものが多いことを報告している。この分布はその地域の酸性雨に対する土壌の耐性<sup>7)</sup>を反映しているものと考えられる。本市結果をこの全国調査結果と比較すると、本市はこの全国調査結果の範囲内にあり、地理的には本市は関東に位置するが、樹種によってはかなり小さいものも多くみられた。特に道路近傍のスギのANCは全国の最小値に相当した。

表-2 市内の ANC の状況と評価

樹種	地点	n 数	ANC			ANC 評価		
			平均	最低	最高	大 (12 >)	中 (5 ~ 12)	小 (< 5)
			(meq/100g)			出現頻度 (%)		
全		112	10.3	0.3	64.7	29	43	28
林外 (裸地)	奥	22	14.2	3.0	26.5	55	36	9
広葉	奥	46	11.4	1.9	64.7	26	57	17
	道路近傍	6	13.8	2.2	24.5	83	0	17
スギ	奥	28	7.4	0.8	17.1	11	60	29
	道路近傍	10	2.0	0.3	4.8	0	0	100

### 5. 樹種によるANCの違いとその原因

図-2に土壌pHとANCの関係を示す。土壌pHとANCは直線関係が認められ ( $y=6.59x-28.0$ ,  $r=0.68$ )、これより、ANCの減少に伴い土壌が酸性化していることが確認できる。また、樹種別では、試料によりばらつきはみられるが、4で述べたように、ほぼ、林外、広葉、スギ、道路スギの順にANCが減少しており、それに伴い土壌が酸性化されている状況となっている。樹種によりANCの大小、酸性化の状況が異なるのは、以下の理由が考えられる。

(1) 林外 (樹冠外土壌) に比べ、スギ、広葉 (樹冠下土壌) が小さい理由としては、乾性沈着の影響が考えられる。すなわち、樹冠下の場合、樹木へ $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_x$ 、 $\text{NH}_3$ 等が乾性沈着し、雨によりそれが林床へ流下し、ANCを減少させているものと考えられる ( $\text{NH}_3$ は土壌中で $\text{H}^+$ を放出する)。また、植生によるCa、Mg等の陽イオンの吸収による土壌の酸性化<sup>8)</sup>も挙げられよう。

(2) 樹冠下のうち、スギが広葉に比べ小さい理由としては、スギは広葉に比べ樹幹流のpHが非常に低く、根本周囲の土壌を酸性化させやすい<sup>9)~11)</sup>こと、また、スギは広葉に比べ $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 等の林内降下物が多い<sup>12)</sup>、すなわち、乾性沈着量が多く、これらの林床への負荷が大きいことが考えられる。

(3) さらにスギのうち、奥に比べ道路近傍が特に小さい理由としては、自動車排ガスの影響が大きいと考えられる。すなわち、道路近傍のスギは高濃度の $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_x$ 等に長期に渡り曝され続け、これが雨により林床へ流下しているものと考えられる。このことは、図-3に示すように、ANCは土壌中のS含有量が多くなると小さくなる傾向を示すこと、道路近傍では特にS含有量が多いこと、このS分は第1報<sup>1)</sup>で報告したように燃焼排ガス成分であるpb、Niと強い相関を示すこと、からも裏付けられる。

### 6. 市内森林土壌の中和容量

ここでは、ANCを用いた以下の簡易的な予測法<sup>4)、6)、13)</sup>により市内の森林土壌があとどの程度の中和容量を持っているのか試算した。

$$[\text{中和容量}]_{\text{年数}} = \frac{[\text{ANC (meq/100g)} \times \text{土壌バルク密度 (g/cm}^3\text{)} \times \text{表層土壌深さ (cm)} \times 100]}{[\text{酸性雨による1年間のH}^+\text{負荷量 (meq/m}^2\text{/年)}]}$$

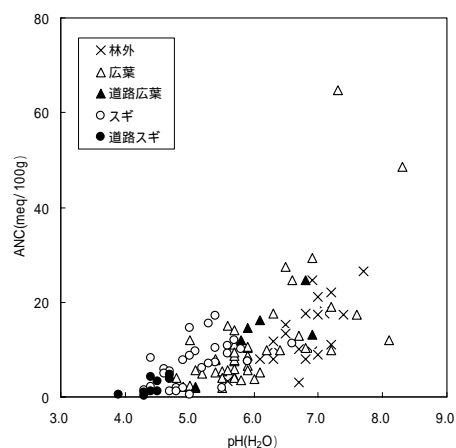


図-2 土壌 pH と ANC の関係

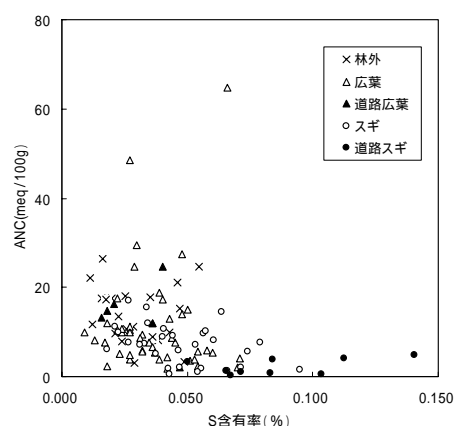


図-3 土壌中の S 含有率と ANC の関係

ここで、土壌のバルク密度を $1\text{g}/\text{cm}^3$ 、酸性雨による1年間の $\text{H}^+$ 負荷量を $103\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ （横浜の18年間平均の $\text{H}^+$ 年間湿性沈着量<sup>14)</sup>）： $38\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、 $\text{SO}_2$ を基にした $\text{H}^+$ 年間乾性沈着量推計値<sup>15)</sup>： $65\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ ）と仮定した。

その結果、本市の森林土壌は、厚さ10cmまでの土壌で3～628年（平均100年）分の酸性雨を中和できる容量となった。また、樹種別では、林外は29～257年（平均138年）、奥広葉は18～628年（平均111年）、道路広葉は21～238年（平均134年）、奥スギは8～166年（平均72年）、道路スギは3～47年（平均19年）分の酸性雨を中和できる容量となった。なお、ここで用いた $\text{H}^+$ 負荷量は樹種、樹幹流、地域による違い等を考慮していないので、スギ、特に、道路近傍のスギは上記の結果より、許容年数はかなり早まるものと考えられる。

ただし、実際には、反応は遅いが鉱物の風化による $\text{H}^+$ の消費<sup>16)</sup>等もあるので、むろんこれだけの方法で結論づけられるものではない。しかし、森林衰退のリスクをみる一つの指標としては非常に有用である。

## 7. おわりに

以上、横浜市内の森林土壌のANCの状況を調べた結果、（1）市内のANCは $0.3\sim 64.7\text{meq}/100\text{g}$ の範囲内にあること、（2）樹種別ではANCは林外>道路広葉>奥広葉>奥スギ>道路スギの順に小さい傾向を示し、特に道路スギは小さいこと、（3）ANCの大小には湿性沈着の他、乾性沈着の影響が大きいと推定されること、（4）今後、現状のような酸性雨が継続していった場合、道路スギを中心とした地域で最も早く影響が発現しやすいこと等、がわかった。

都市における森林は、市民に潤いを与えているだけでなく、治水等の面でも重要であり、さらに、最近、問題化しているヒートアイランドを抑制する効果も果たしており、ますます重要なものとなってきている。今後、これらを保全していくには、土壌酸性化の面からは継続した監視が重要であり、また、新たな植林の際は、針葉樹より広葉樹を植林していくことが好ましいものとする。今後、この面からの詳細な調査が必要と思われる。

## 文献

1)加藤善徳、梅田てるみ：横浜の森林土壌の酸性化の実態と酸中和能(1)-スギ林、広葉樹林、林外土壌の調査-、横浜環境研究所報

第26号、129-138(2002)。

2)加藤善徳、梅田てるみ：横浜の森林土壌の酸性化の実態と酸中和能(2)-人工酸性雨・カラム試験による酸中和能の測定-、横浜環境研究所報第29号、-(2005)。

3)佐藤一男、大岸弘：酸性降下物に対する土壌中和能の簡易測定法、環境科学会誌3(1)：37-48(1990)。

4)佐藤一男、藤田慎一：わが国の酸性雨の実態と地下土壌への影響、地熱エネルギー-、Vol.19、No.2、126-131(1994)。

5)大橋毅、菅邦子：スギ生育土壌の化学的特徴、305-310、東京都環境科学研究所年報(1997)。

6)広瀬光保、早福正孝、古明地哲人：酸性降下物に対する都内の土壌中和能に関する研究(1)、242-249、東京都環境科学研究所年報(1998)。

7)環境庁水質保全局、社団法人日本肥料学会：酸性雨の土壌への予察図(昭和59年3月)。

8) Nilsson, S. I., H. G. Miller: Forest growth as a possible cause of soil and water acidification: A examination of the concepts, Oikos, 39, 40-49(1982)。

9)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)。

10)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、vol.25(10)、17-20(1996)。

11)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)。

12)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)、農業環境技術研究資料、第13号(平成4年2月)。

13)関東地方環境対策推進本部大気環境部会：土壌影響予察調査、27-32、平成14年度酸性雨調査報告書(平成16年3月)。

14)加藤善徳：横浜における酸性雨モニタリング調査-2003年の結果-、横浜環境研究所報第29号、-(2005)。

15)藤田慎一、高橋章、村治能孝：わが国における硫黄化合物の乾性沈着量に関する検討、大気汚染学会誌、25、343-353(1990)。

16)佐藤一男：酸性雨の土壌による中和-鉱物の化学的風化を中心として-、資源環境対策、Vol.28、No.6、547-553(1992)。

# 横浜市における有害大気汚染物質モニタリング調査

1998 年度～2003 年度の調査結果

平澤佐都子，坂井清，山口雄二\*  
 (横浜市環境科学研究所)  
 (\*横浜市環境保全局環境管理課)

Trends of Hazardous Air Pollutants in Yokohama City, 1998-2003

Satoko Hirasawa, Kiyoshi Sakai, Yuji Yamaguchi\*  
 (Yokohama Environmental Science Research Institute)  
 (\*Yokohama Environmental Protection Bureau Environmental Affairs Division)

キーワード：有害大気汚染物質 揮発性有機化合物 モニタリング調査

## 要旨

1996 年(平成 8 年)の中央環境審議会の答申において、有害大気汚染物質に該当する可能性のある物質のうち、大気汚染による人への健康リスクが高いと考えられる「優先取組物質」 22 物質が選定された。この中で、環境省から測定方法が提示されている 19 物質(揮発性有機化合物 9 物質、アルデヒド類 2 物質、重金属類 6 物質、多環芳香族および酸化エチレン)を対象として、横浜市では 1998 年(平成 10 年)1 月より有害大気汚染物質モニタリング調査を開始した。1998 年度からの経年的な推移として、増減はあるものの全ての物質の濃度が低下または横ばいの傾向を示している。直近の 2003 年度の結果については、全調査地点で環境基準値を満たし、また、環境省で定められている指針値(有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値)を下回った。各物質の濃度は全国平均値と同程度であった。

## 1 はじめに

1996 年(平成 8 年)に大気汚染防止法が改正され、有害大気汚染物質対策が推進されることとなった。有害大気汚染物質(HAPs=Hazardous Air Pollutants)とは、継続的に摂取される場合には人の健康を損なうおそれがある物質で大気汚染の原因となるものである。1996 年の中央環境審議会の答申の中で、有害大気汚染物質に該当する可能性のある物質のうち、大気汚染による人への健康リスクが高いと考えられる「優先取組物質」 22 物質が選定された。この中で、環境省から測定方法が提示されている 19 物質を対象として、横浜市では 1998 年(平成 10 年)1 月より有害大気汚染物質モニタリング調査を開始した。

本報では有害大気汚染物質モニタリング調査を基に、横浜市の有害大気汚染物質による大気汚染の現状および経年変化等を中心に報告する。

## 2 方法

### 2-1 調査対象物質

調査対象物質を表 1 に示す。「優先取組物質」に指定されている 19 物質からなり、その内訳は揮発性有機化合物 9 物質、アルデヒド類 2 物質、重金属類 6 物質、多環芳香族及び酸化エチレンからなる。

表 1 調査対象(19物質)

揮発性有機化合物	アクリロニトリル、塩化ビニルモノマー、クロロホルム、1,2-ジクロロエタン、ジクロロメタン、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、1,3-ブタジエン、ベンゼン
アルデヒド類	アセトアルデヒド、ホルムアルデヒド
重金属類	水銀及びその化合物、ニッケル化合物、ひ素及びその化合物、ベリリウム及びその化合物、マンガン及びその化合物、六価クロム化合物*
多環芳香族類	ベンゾ[a]ピレン
その他	酸化エチレン

\*六価クロム化合物については、クロム及びその化合物を測定した。

### 2-2 調査地点

調査地点は「一般環境」、「発生源周辺」、「沿道」に区分され、それぞれの区分に該当する計 5 地点で調査を行った。調査地点の区分とその概要を表 2 に示す。<sup>1)</sup> また、所在地を図 1 に示す。

### 2-3 調査期間

1998 年度から 2001 年度まで、2 ヶ月に 1 回(年 6 回)24 時間サンプリングを実施し、ベンゼン・テトラクロロエチレン・トリクロロエチレンについては、環境基準が設定された 1999 年度以降、毎月調査を行った。また、ジクロロメタンについても、新たに環境基準が設定された 2001 年度以降、毎月調査を行った。2002 年度からは全ての物質について毎月 1 回(年 12 回)24 時間サンプリングを実施した。

2-4 調査方法

「有害大気汚染物質モニタリング測定方法マニュアル」(1997年4月 環境庁大気保全局大気規制課編)による。<sup>2)</sup>

表2 調査地点の概要

地域分類	測定地点名	調査年度	調査回数/年	主要固定発生源の方位と距離	主要道路の方位と距離
一般環境*	緑区三保小学校	1998～2001 2002～	6回 12回	特になし	特になし
	港南区野庭中学校	1998～2001	6回	SSE 2.4kmに清掃工場	SE 0.6kmに横浜鎌倉線(鎌倉街道) NE 0.5kmに横浜横須賀道路
沿道*	磯子区滝頭	1998～2001 2002～	6回 12回	SE 1kmに根岸湾工業地域	E 5mに国道16号
	戸塚区矢沢交差点	1998～2001 2002～	6回 12回	特になし	E 6mに国道1号(横浜新道)
発生源周辺*	鶴見区潮田交流プラザ	1998～2001 2002～	6回 12回	E～SW 0.5kmに京浜工業地帯	SSE 0.3kmに東京大師横浜線 SSE 0.3kmに首都高速横浜羽田空港線
	中区本牧	2002～	12回	S 0.3kmに石油精製工場 E 0.7kmに造船所	S 200mに首都高速および 市道本牧170号線

\* 一般環境地域 : 通常人が居住する地域で、固定発生源等の直接の影響を受けない地域  
 発生源周辺地域 : 通常人が居住する地域で、工場等の固定発生源の影響を受ける地域  
 沿道地域 : 通常人が居住する地域で、自動車排ガスの影響を受ける地域  
 (有害大気汚染物質モニタリング指針 環大規第87号 平成11年3月31日)



図1 調査地点



### 3 結果及び考察

#### 3-1 結果

横浜市の有害大気汚染物質の現状として、直近の2003年度の調査結果を表3および図2に示す。

次に物質毎の全国平均値および横浜市平均値について1998年度からの経年変化を図3と図4に示す。

横浜市平均値とは、横浜市の調査地点5地点の年平均値を平均して算出した値である。また、全国平均値は環境省「平成15年度 地方公共団体等における有害大気汚染物質モニタリング調査」報告書<sup>3)</sup>より、月1回以上の測定を行った調査地点から算出された値である。また、PRTR法（特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律）に基づいて届出された2002年度の横浜市内の優先取組物質の排出量<sup>4)</sup>を図5に、大気濃度と排出量を図6に示す。

表3 2003年度の調査結果(年平均値)

物質名	単位	横浜市					横浜市 平均値	全国 平均値 ( )	環境 基準値	環境省 指針値	用途による分類 <sup>1)</sup>		
		一般環境 三保	沿道 滝頭	沿道 矢沢	発生源周辺 潮田	発生源周辺 本牧						範囲	
1,2-ジクロロエタン	μg/m <sup>3</sup>	0.075	0.087	0.097	0.073	0.082	0.073~0.097	0.083	0.13	2 10 40	類：移動発生源からの排出や中小規模の事業所からの面源的な排出もほとんどないことが物質の用途より想定される物質。		
酸化エチレン	μg/m <sup>3</sup>	0.11	0.13	0.11	0.10	0.13	0.10~0.13	0.11	0.11				
アクリロニトリル	μg/m <sup>3</sup>	0.043	0.086	0.084	0.12	0.081	0.043~0.12	0.084	0.13				
塩化ビニルモノマー	μg/m <sup>3</sup>	0.018	0.041	0.033	0.029	0.037	0.018~0.041	0.032	0.066				
水銀及びその化合物	ng/m <sup>3</sup>	2.0	1.9	1.7	1.8	1.8	1.7~2.0	1.9	2.3				
ひ素及びその化合物	ng/m <sup>3</sup>	1.2	1.2	1.1	1.3	1.4	1.1~1.4	1.2	1.7				
バリウム及びその化合物	ng/m <sup>3</sup>	0.024	0.034	0.028	0.029	0.047	0.024~0.047	0.032	0.044				
マンガン及びその化合物	ng/m <sup>3</sup>	31	25	24	27	43	24~43	30	31				
ジクロロメタン	μg/m <sup>3</sup>	1.6	1.3	1.8	2.1	1.3	1.3~2.1	1.6	2.4			150 200 200	類：移動発生源からの排出はほとんどないが、中小規模の事業所、家庭等からの面源的な排出があると想定される物質。
テトラクロロエチレン	μg/m <sup>3</sup>	0.42	0.37	0.42	0.51	0.36	0.37~0.51	0.42	0.38				
トリクロロエチレン	μg/m <sup>3</sup>	0.91	0.78	0.60	1.0	0.82	0.60~1.0	0.83	0.92				
クロホルム	μg/m <sup>3</sup>	0.14	0.14	0.15	0.17	0.15	0.14~0.17	0.15	0.24				
クロム及びその化合物	ng/m <sup>3</sup>	5.8	9.0	7.4	12	8.7	5.8~12	8.7	7.2				
ニッケル化合物	ng/m <sup>3</sup>	4.3	6.2	5.0	8.8	9.4	4.3~9.4	6.7	5.9	25			
ホルムアルデヒド	μg/m <sup>3</sup>	1.8	3.1	2.2	1.9	1.7	1.7~3.1	2.1	3.0	3	類：移動発生源からの排出があると想定される物質。		
ベンゼン	μg/m <sup>3</sup>	1.5	2.7	2.0	1.6	1.5	1.5~2.7	1.9	1.9				
アセトアルデヒド	μg/m <sup>3</sup>	1.4	1.9	1.6	1.4	1.3	1.3~1.9	1.5	2.6				
1,3-ブタジエン	μg/m <sup>3</sup>	0.21	0.51	0.39	0.29	0.27	0.21~0.50	0.33	0.29				
ベンゾ(a)ピレン	ng/m <sup>3</sup>	0.33	0.39	0.34	0.29	0.29	0.29~0.39	0.33	0.31				

1) 株式会社 エックス都市研究所 環境省委託「有害大気汚染物質のモニタリングのあり方に関する検討会報告書」より抜粋  
 2) 環境省 地方公共団体における有害大気汚染物質モニタリング調査結果について 平成15年度

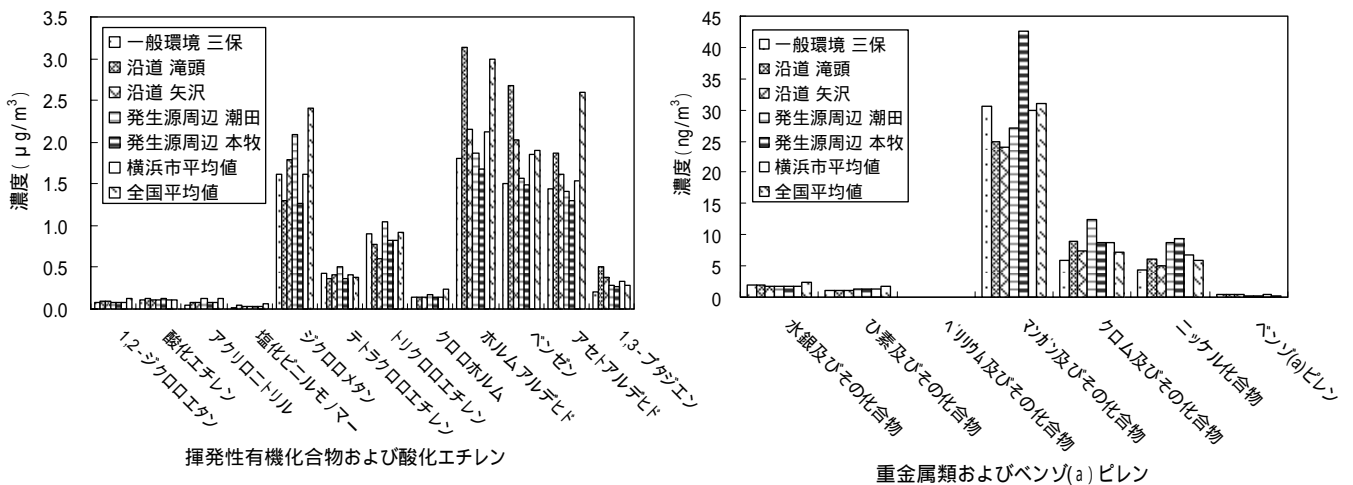


図2 2003年度の横浜市調査結果(年平均値)

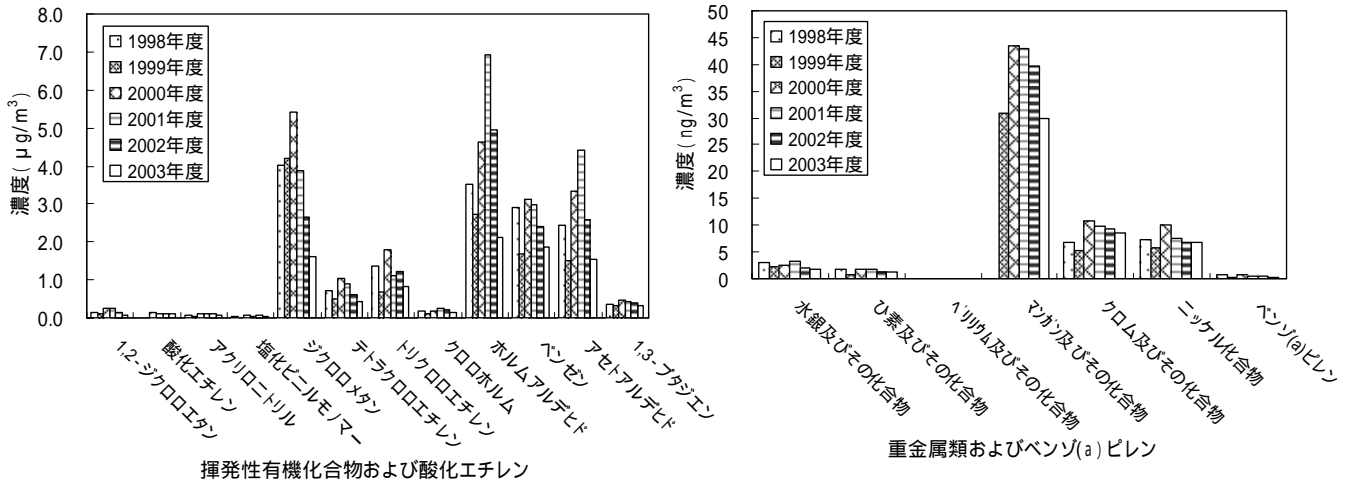


図3 1998年度から2003年度の横浜市平均値の経年変化(年平均値)

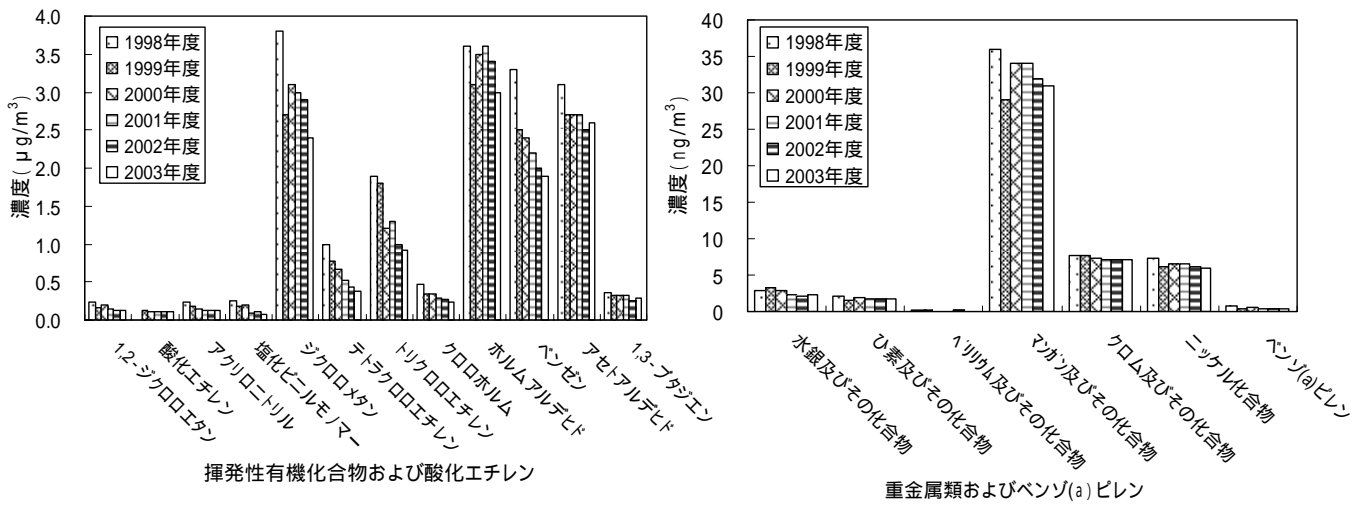


図4 1998年度から2003年度の全国平均値の経年変化(年平均値)

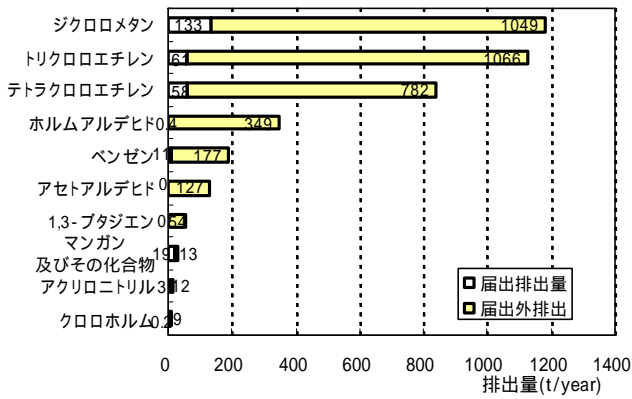


図5 横浜市内の優先取組物質の排出量上位10物質(2002年度)

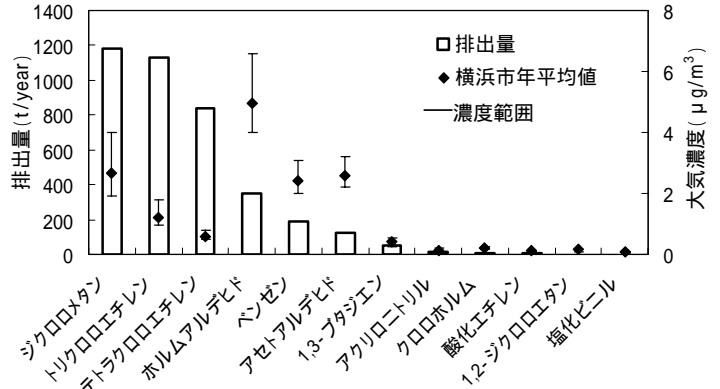


図6 横浜市内の優先取組物質(金属を除く)の排出量と大気濃度(2002年度)

### 3-2 調査結果の考察

#### 3-2-1 濃度分布傾向 (表 3、図 2、図 5、図 6 参照)

横浜市の 5 調査地点において各物質の年平均値の濃度分布は類似しており、全国平均値も似た分布を示した。横浜市の調査結果および全国平均値ともにホルムアルデヒドの濃度が最も高く、順番は前後するがベンゼン・ジクロロメタン・アセトアルデヒドの 3 物質が続き、次いでトリクロロエチレンが高い濃度で検出された。

これら 5 物質は PRTR 法(特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律)に基づいて届出された優先取組物質の排出量<sup>4)</sup>の中で、上位に位置し、横浜市内の排出量はジクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ホルムアルデヒド、ベンゼンの順となっている。

また、排出量と優先取組物質の大気濃度(金属を除く)の関係については、2002 年度の調査結果において、排出量と大気濃度の分布傾向に違いが見られた。一因として、各物質の用途によって事業所、移動体、家庭等の排出源が異なり、大気・下水など排出経路にも違いがある点が考えられる。ホルムアルデヒド、ベンゼン、アセトアルデヒドは主に移動体を発生源とし、その排出先はほとんど大気であり、ジクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンは事業所を発生源としてほぼ大気へ排出される。<sup>5)</sup>

#### 3-2-2 調査地点による濃度差 (表 3、図 2 参照)

沿道に区分される調査地点(滝頭・矢沢)において移動体からの排出が想定されるホルムアルデヒド・ベンゼン・アセトアルデヒドなど 類の物質が他の調査地点に比べて高い濃度で検出された。

中小規模の事業所や家庭からの排出が予想される 類の物質については発生源周辺に区分される潮田で他の調査地点に比べ若干高い濃度で検出された。

#### 3-2-3 横浜市平均値と全国平均値との比較

##### (1) 2003 年度調査結果の比較 (表 3、図 2 参照)

テトラクロロエチレン、クロム及びその化合物、ニッケル化合物、1,3-ブタジエン、ベンゾ(a)ピレンの 5 物質については横浜市平均値が全国平均値を若干上回り、その他 14 物質は全国平均値以下であった。

##### (2) 1998 年度から 2003 年度の経年変化 (図 3、図 4 参照)

全国平均値については若干の増減はあるものの全物質について低下または横ばい傾向が見られた。横浜市平均値については 1999 年度に濃度が低下し、2000 年度に上昇後、低下または横ばいで推移する傾向が多くの物質で見られた。同様の傾向が、神奈川県調査結果からも示された。<sup>6)</sup>

横浜市平均値が全国平均値を上回った例として、2000 年度および 2001 年度のジクロロメタン、クロム及びその化合物、ニッケル化合物、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、ベンゼン、1,3-ブタジエン、ベンゾ(a)ピレン等が挙げられる。しかし、単純に上記の物質が全

国平均値を上回ったと考えることには注意が必要である。平均値は全ての地点分類の値を用いて算出している。その為、地点分類の内訳が平均値を左右すると考えられる。環境基準値及び指針値が示されている物質について、全国平均値の算出における調査地点の内訳を見ると、一般環境の割合が最も高い。これに対して、横浜市の調査地点の内訳は、一般環境が 2001 年度までは 5 地点中 2 地点、2002 年以降 1 地点となっている。(表 2 参照)よって、経年的な変化をとらえるためには、地点区分ごとまたは調査地点ごとの濃度変化に注目する必要がある。以下に環境基準または指針値が設けられた 8 物質について、地点分類ごとの比較検討を示す。

#### 3-2 環境基準値等との比較

評価値としてベンゼン等の 4 物質の環境基準値及びアクリロニトリル等の 4 物質の指針値(有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値)が定められ、年平均値として示されている。

長期暴露による健康リスクが懸念されている有害大気汚染物質のモニタリングにおいては、月一回以上の頻度で測定を実施し、年平均値を求めることが原則である。しかし、今回の取りまとめにおいては、経年的な知見を得るため、上記の原則を満たさないデータも含めている。測定頻度については 2-3 の調査期間に記した。

#### 3-2-1 環境基準値との比較

調査を行った 19 物質のうち、以下の 4 物質について大気汚染に係る環境基準が定まっている。

物質	環境基準値
ベンゼン	年平均値が $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること
トリクロロエチレン	年平均値が $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること
テトラクロロエチレン	年平均値が $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること
ジクロロメタン	年平均値が $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること

##### ・ ベンゼン

地域別年平均値の経年推移を図 7 に示す。

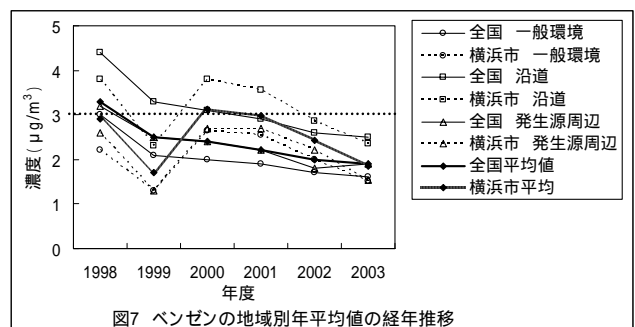


図7 ベンゼンの地域別年平均値の経年推移

\* 環境基準値  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$

2003 年度の調査結果は  $1.5 \sim 2.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であり、全ての調査地点で環境基準値を下回った。

1998 年度からの横浜市の環境基準値を超過した調査地点と全国の環境基準達成状況を以下に示す。

表 4 横浜市の環境基準値を超過した調査地点と  
全国の環境基準達成状況

年度	横浜市の環境基準値 超過地点	全国環境基準値 超過割合 (%) <sup>3)</sup>	
		全体	沿道
1998	滝頭(沿道) 矢沢(沿道)	46	75
1999	なし	23	58
2000	滝頭(沿道) 矢沢(沿道)	20	43
2001	滝頭(沿道) 矢沢(沿道)	18	41
2002	滝頭(沿道)	8	24
2003	なし	8	21

1998 年度からの全体の経年的な傾向としては、横浜市・全国の平均値ともに減少傾向を示し、全国的に環境基準値超過地点の割合が改善している。

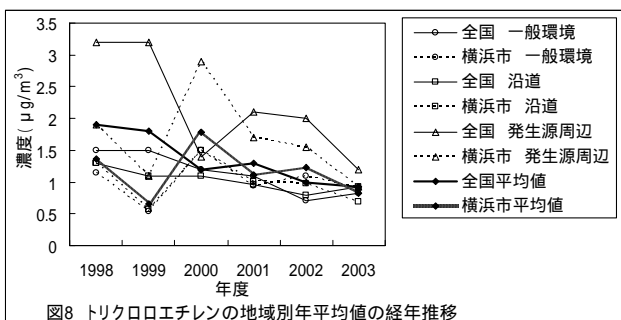
地域分類ごとの平均値の経年変化については、横浜市の値が 1998 年度～1999 年度で全国値を下回り、2000 年度～2002 年度全国値より高くなった。その後、2003 年度で同程度の値となった。横浜市・全国ともに一般環境と発生源周辺に区分される調査地点では濃度に大きな差がなく、沿道に区分される地点で高くなる傾向であった。

2002 年度の PRTR データの全国集計 <sup>5)</sup>によると、ベンゼンの排出源の 85% は移動体で、排出対策として、大気汚染防止法に基づく「自動車の燃料の性状に関する許容限度及び自動車の燃料に含まれる物質の量の許容限度」の改正によって、自動車用ガソリンのベンゼン許容濃度が 2000 年 1 月より 1% 以下(体積比)となっている。また、事業者の排出削減が進められ、自主管理に参加している事業者から空气中へ排出されたベンゼンの排出量は、1999 年度では 1995 年度に比べて 45% 削減され、2003 年度には 1999 年度の排出量の 54% を削減することが目標とされている。<sup>5)</sup> 上記の対策等によって濃度が低下傾向にあると考えられる。

横浜市においては、経年的には減少傾向を示しているが、2003 年度の滝頭における調査では環境基準値  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  に対して  $2.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と近い値を示しており、今後の推移に注意が必要である。

・ トリクロロエチレン

地域別年平均値の経年推移を図 8 に示す。

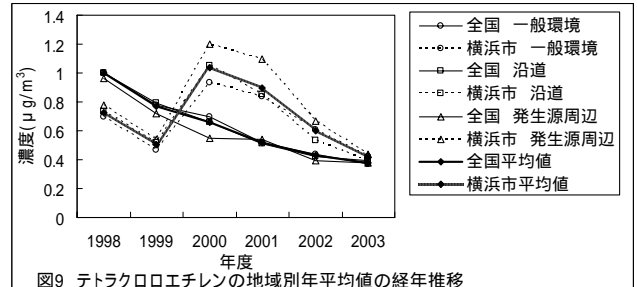


\* 環境基準値  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$

横浜市では全ての年度および調査地点で環境基準値を下回り、最大で環境基準値の約 70 分の 1、平均値では約 170 分の 1 程度の低濃度で横ばいまたは減少の傾向を示している。全国的にみても全測定地点で 1998 年度以降、環境基準値を下回った。

・ テトラクロロエチレン

地域別年平均値の経年推移を図 9 に示す。

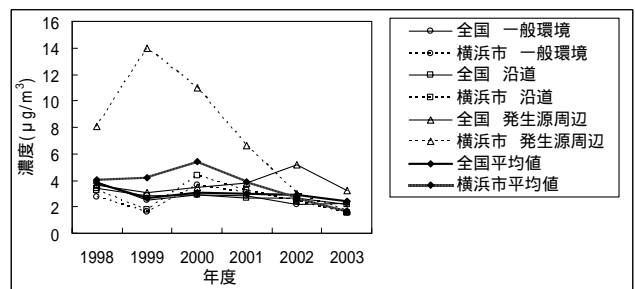


\* 環境基準値  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$

横浜市では全ての年度および調査地点で環境基準値を下回り、最大で環境基準値の約 170 分の 1、平均値では約 290 分の 1 程度の低濃度で横ばいまたは減少の傾向を示している。全国的にみても全測定地点で 1998 年度以降、環境基準値を下回った。

・ ジクロロメタン (図 10 参照)

地域別年平均値の経年推移を図 10 に示す。



\* 環境基準値  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$

横浜市では全ての年度および調査地点で環境基準値を下回り、最大で環境基準値の約 10 分の 1、平均では約 40 分の 1 程度の低濃度で横ばいまたは減少の傾向を示している。全国的にみても 2001 年度に環境基準値が設定されて以降、2002 年度の調査で 1 地点環境基準値を超過した以外、全測定地点で環境基準値を下回った。

### 3-2-2 指針値との比較

以下の4物質について有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値(指針値)が平成15年9月に設定された。

物質	指針値
アクリロニトリル	年平均値が $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること
塩化ビニルモノマー	年平均値が $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること
水銀	年平均値が $40\text{ngHg}/\text{m}^3$ 以下であること
ニッケル化合物	年平均値が $25\text{ngNi}/\text{m}^3$ 以下であること

#### ・ アクリロニトリル

地域別年平均値の経年推移を図11に示す。

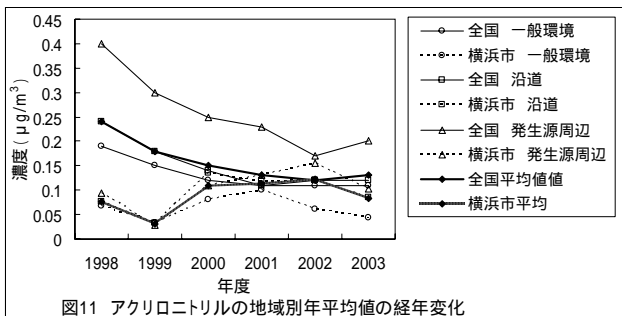


図11 アクリロニトリルの地域別年平均値の経年変化

\* 指針値  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$

横浜市では全ての年度および調査地点で指針値を下回り、最大で指針値の約10分の1、平均値では約20分の1程度の低濃度で横ばいまたは減少の傾向を示している。

#### ・ 塩化ビニルモノマー

地域別年平均値の経年推移を図12に示す。

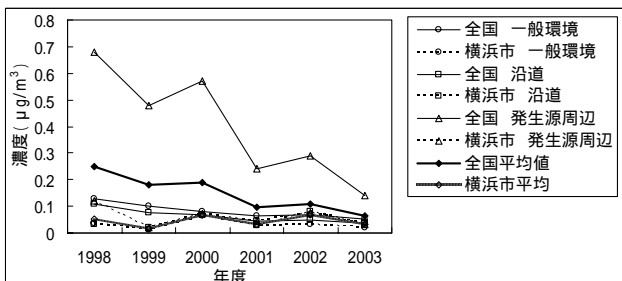


図12 塩化ビニルモノマーの地域別年平均値の経年変化

\* 指針値  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

横浜市では全ての年度および調査地点で指針値を下回り、最大で指針値の約80分の1、平均値では約220分の1程度の低濃度で横ばい傾向を示している。

#### ・ 水銀およびその化合物(図13参照)

地域別年平均値の経年推移を図13に示す。

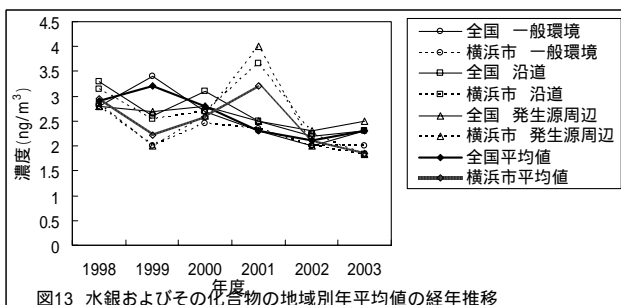


図13 水銀およびその化合物の地域別年平均値の経年推移

\* 指針値  $40\text{ngHg}/\text{m}^3$

横浜市では全ての年度および調査地点で指針値を下回り、最大で指針値の約9分の1、平均値では約16分の1程度の低濃度で横ばい傾向を示している。

#### ・ ニッケル化合物

地域別年平均値の経年推移を図14に示す。

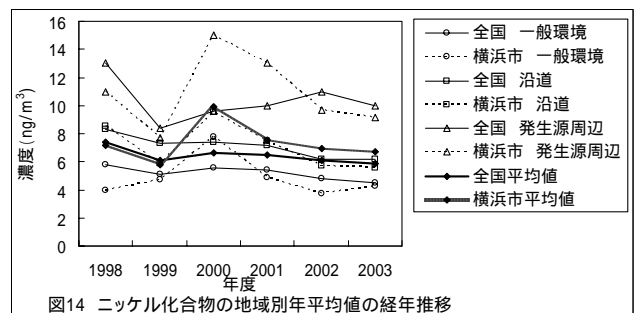


図14 ニッケル化合物の地域別年平均値の経年推移

\* 指針値  $25\text{ngNi}/\text{m}^3$

横浜市では全ての年度および調査地点で指針値を下回り、最大で指針値の約2分の1、平均値では約4分の1程度の濃度で横ばい傾向を示している。

## 4 まとめ

- 2003年度は全調査地点で環境基準値および指針値を満たし、各物質の濃度は全国平均値と同じ程度であった。
- 1998年度以降、全調査地点においてベンゼンを除く環境基準値および指針値を下回っていた。
- 全調査地点でベンゼンの環境基準値を下回ったのは1999年度と2003年度のみであり、今後の推移に注意が必要である。
- 1998年度からの経年的な傾向としては、若干の増減はあるものの各物質の濃度は低下または横ばい傾向にある。

尚、本調査では、サンプリング及び分析の一部を委託により行った。

### 参考文献

- 横浜市環境保全局：横浜市大気汚染調査報告書 第43報，平成14年度
- 環境庁：有害大気汚染物質測定方法マニュアル 平成9年2月制定，平9年8月，平成10年3月，平成11年3月改定
- 環境省：地方公共団体等における有害大気汚染物質モニタリング調査結果について，平成10年度～平成15年度
- 財団法人環境科学センター：ホームページ PRTR データ・集計マップ，2002年度 市町村別物質別集計結果，神奈川県 横浜市  
[http://www.prtr-net.jp/data/1.php?id=3&code\\_ken=14&code\\_city=100](http://www.prtr-net.jp/data/1.php?id=3&code_ken=14&code_city=100)
- リスクコミュニケーションのための化学物質ファクトシート 2003年度版 環境省
- 神奈川県 環境科学センター：神奈川県の大気汚染平成10年度～平成15年度
- 株式会社 エックス都市研究所：環境省委託 有害大気汚染物質のモニタリングのあり方に関する検討会報告書

# 横浜市における PRTR 対象物質の大気環境調査

## 2002 年度～2003 年度の調査結果

平澤佐都子，坂井清  
(横浜市環境科学研究所)

### Environmental Survey of PRTR Chemicals in Yokohama City, 2002-2003

Satoko Hirasawa, Kiyoshi Sakai  
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：PRTR 大気環境調査

#### 要旨

1999 年(平成 11 年)7 月に「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善に関する法律」(PRTR 法)が公布された。この法律に基づき、2001 年度(平成 13 年)以降、人や生態系に有害なおそれがある化学物質が、どのような発生源から、どれくらい環境に排出されたか、あるいは廃棄物に含まれて事業所の外に運び出されたかというデータが把握され、集計後、公表されている。本報では環境への排出が多かった第一種指定化学物質 4 物質：トルエン、キシレン、p-ジクロロベンゼン、エチルベンゼンを対象として、横浜市の大気環境濃度について報告を行った。2002 年度と 2003 年度の調査結果の比較では、一部の調査地点を除いて、全ての物質において横ばいまたは低下傾向が見られた。また、ほぼ全ての調査結果が環境省の全国調査の濃度範囲内であり、調査対象の 4 物質において環境中の濃度は室内空気濃度指針値より十分に低い値であった。

#### 1 はじめに

1999 年(平成 11 年)7 月に「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善に関する法律」(PRTR 法：Pollutant Release and Transfer Register:化学物質排出移動量届出制度)が公布され、人や生態系に有害なおそれがある化学物質を一定量以上取り扱う事業者は、毎年度、化学物質の環境への排出量等について届出を行うこととなった。この法律に基づいて 2001 年(平成 13 年)4 月から事業者による排出量等の把握、2002 年 4 月からその届出が始まり、2003 年(平成 15 年)3 月には、PRTR 対象物質が、どのような発生源から、どれくらい環境に排出されたか、あるいは廃棄物に含まれて事業所の外に運び出されたかというデータが把握され、集計後、公表された。PRTR の対象となる化学物質は、有害性についての国際的な評価や物質の生産量などを踏まえ、環境中に広く存在すると認められる「第一種指定化学物質」として指定されている 354 物質である。

本報では環境排出量が多かった第一種指定化学物質 4 物質：トルエン、キシレン、p-ジクロロベンゼン、エチルベンゼンの横浜市の大気環境濃度について報告する。

#### 2 調査対象物質の概要

トルエン、キシレン、p-ジクロロベンゼン及びエチルベンゼンの排出量、用途、発生源等の概要を以下に示す。

#### 2-1 全国および横浜市における排出量

図 1 に 2002 年度の横浜市内の PRTR 対象物質のうち排出量上位 10 物質を示す。この図は財団法人 環境科学センターの PRTR 集計結果<sup>1)</sup>より作成した。なお、推計方法および推計対象等の違いから財団法人 環境科学センターによる都道府県合計値と公表データの都道府県合計値が異なる場合がある。また、環境省環境保健部環境安全課の「PRTR データの概要」<sup>2)</sup>を基に図 2 および図 3 に 2001 年度と 2002 年度の全国の PRTR 対象物質の排出量上位 10 物質を示す。

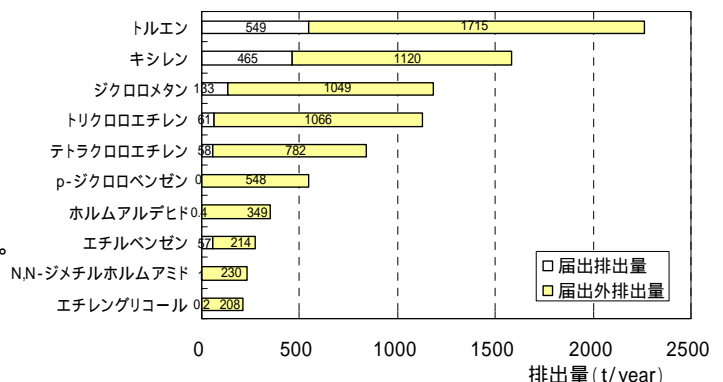


図1 横浜市内の環境への排出が多かった上位10物質(2002年度)



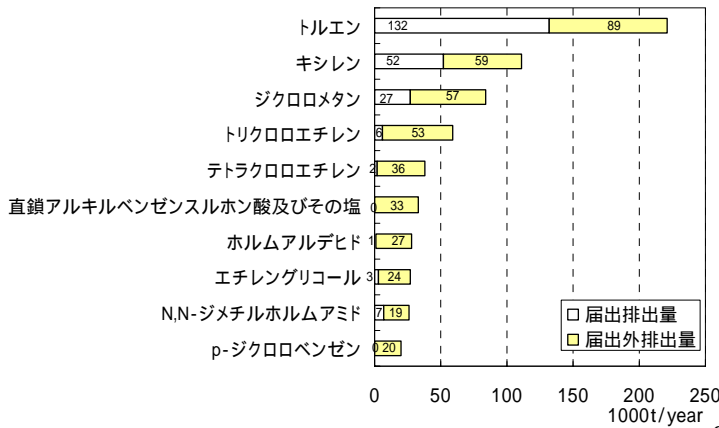


図2 全国集計において環境への排出が多かった上位10物質 (2001年度)

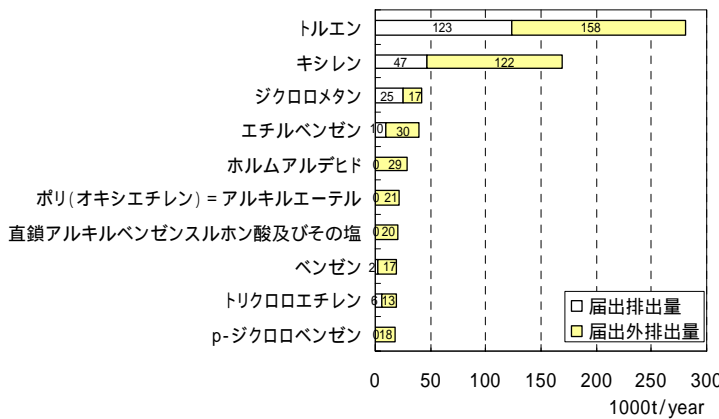


図3 全国集計において環境への排出が多かった上位10物質 (2002年度)

環境排出量の上位3物質は、2002年度の全国集計結果、横浜市内集計結果ともに同じであり、2001年度の全国集計についても同様であった。排出量1位がトルエン、2位がキシレン、3位がジクロロメタンとなっている。4位以下の結果については、横浜市内の集計ではp-ジクロロベンゼンの排出量が6位となっているのに対し、2001年度と2002年度の全国集計ではともに10位であった。また、横浜市ではエチルベンゼンが排出量8位となっているが、全国集計では2001年度が10位外で、2002年度が4位となっている。

表1に対象物質の横浜市と全国の環境排出量を示す。

物質名	環境排出量(t/year)		用途 <sup>b)</sup>	室内空気濃度指針値 <sup>e)</sup>	IARC分類 <sup>d)</sup>
	横浜市 <sup>a)</sup>	全国			
トルエン	2264 (2002年)	220614 (2001年) <sup>b)</sup> 281000 (2002年) <sup>c)</sup>	溶剤(塗料、インキ)、合成原料(可塑性、合成繊維、染料、香料、有機顔料、火薬(TNT))、ガソリン成分	260 µg/m <sup>3</sup>	グループ3 (人に対して発ガン性の可能性については分類できない群)
キシレン	1585 (2002年)	111052 (2001年) <sup>b)</sup> 169000 (2002年) <sup>c)</sup>	溶剤(塗料、農薬、石油精製)、合成原料(合成繊維、樹脂、染料、有機顔料、香料、可塑性、医薬品)、ガソリン・灯油成分	870 µg/m <sup>3</sup>	グループ3
p-ジクロロベンゼン	548 (2002年)	20111 (2001年) <sup>b)</sup> 18000 (2002年) <sup>c)</sup>	農薬(殺虫剤)、合成中間体(染料)、その他(防腐剤)	240 µg/m <sup>3</sup>	グループ2B (人に対して発ガン性の可能性があるとされている群)
エチルベンゼン	271 (2002年)	19248 (2001年) <sup>b)</sup> 40000 (2002年) <sup>c)</sup>	合成中間体(スチレンモノマー)、溶剤、その他(希釈剤)	3800 µg/m <sup>3</sup>	グループ2B

a) 財団法人 環境情報センター ホームページ 市町村別物質別集計結果 横浜市データより  
 b) 神奈川県環境農政部大気水質課「PRTRについてもっと知っていただくために」市民のためのPRTRデータブック-平成13年度集計結果。  
 c) 環境省環境保健部環境安全課「PRTRデータの概要-化学物質の排出量・移動量の集計結果-」、平成13年、平成14年  
 d) 化学物質等安全データシート(MSDS) e) 室内空気汚染に係るガイドラインより 室内空気濃度指針値  
 f) 化学物質安全情報提供システム(KIS-NET)

2002年度の横浜市内の全てのPRTR対象物質の排出量の合計(横浜市の全排出量)が9898<sup>1)</sup>トンであり、トル

エンが2264トン、キシレンが1585トン、ジクロロメタンが1182トンとなっている。上位3物質で横浜市の全排出量の約51%を占め、上位10物質で約87%を占める。

横浜市の排出量上位8物質のうち、本報で報告を行わないジクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ホルムアルデヒドについては大気汚染防止法による有害大気汚染物質対策における優先取組物質に指定されており、これに基づいた有害大気汚染物質モニタリング調査が行われている。

## 2-2 用途および排出源等

リスクコミュニケーションのための化学物質ファクトシート 2003年度版 環境省<sup>3)</sup>より、調査対象物質の用途および排出源、適用法令等を示す。

### ・トルエン

用途：化学物質を合成する基礎原料としての用途が多く、油性塗料や接着剤など溶剤として含まれる。

排出源：全国の環境排出量 約280000t(2002年度) 主に事業所のほか、車の排気ガスに含まれて排出される。

排出先：ほとんどが空气中

PRTR対象選定理由：生態毒性

適用法令等：室内空気汚染に係るガイドラインより  
 - 室内空気濃度指針値 260 µg/m<sup>3</sup>

排出源の内訳(%)	排出先の内訳(%)	届出排出量構成比(上位5業種、%)	
事業所(届出)	44	大気 100	出版・印刷・関連産業 17
事業所(届出外)	36	公共水域 0	プラスチック製品製造業 15
非対称業種	7	土壌 0	輸送用機械器具製造業 14
移動体	14	埋立 0	パルプ・紙・紙加工製造業 13
家庭	0	(届出以外の排出量も含む) 化学工業 9	

\*「-」は排出量がないこと、「0」は排出量はあるが小さいことを示す

### ・キシレン

用途：大半は化学原料として使用され、油性塗料や接着剤、インキなどの溶剤としても用いられる。

排出源：全国の環境排出量 約170000t(2002年度) 主に事業所のほか、車の排気ガスに含まれて排出される。

排出先：ほとんどが空气中

PRTR対象選定理由：生態毒性

適用法令等：

室内空気汚染に係るガイドラインより  
 - 室内空気濃度指針値 870 µg/m<sup>3</sup>

排出源の内訳(%)	排出先の内訳(%)	届出排出量構成比(上位5業種、%)	
事業所(届出)	28	大気 96	輸送用機械器具製造業 50
事業所(届出外)	30	公共水域 2	金属製品製造業 9
非対称業種	22	土壌 2	一般機械器具製造業 8
移動体	19	埋立 -	窯業・土石製品製造業 5
家庭	1	(届出以外の排出量も含む) 化学工業 5	

\*「-」は排出量がないこと、「0」は排出量はあるが小さいことを示す



・ p - ジクロロベンゼン

用途：衣服の防虫剤やトイレの防臭剤などに利用される。

排出源：全国環境排出量 約 18000 t (2002 年度)  
ほとんどが家庭から排出される。

排出先：ほとんどが空气中

PRTR 対象選定理由：発がん性、経口慢性毒性、  
生態毒性

適用法令等：室内空気汚染に係るガイドラインより  
- 室内空気濃度指針値 240 μg/m<sup>3</sup>

2002年度 PRTRデータによる排出の内訳(全国の集計)		
排出源の内訳(%)	排出先の内訳(%)	届出排出量構成比(上位5業種、%)
事業所(届出)	0	大気 100
事業所(届出外)	0	公共水域 0
非対称業種	-	土壌 -
移動体	-	埋立 -
家庭	100	(届出以外の排出量も含む)
		化学工業 98
		倉庫業 1
		非鉄金属製造業 0
		その他の製造業 0

\*「-」は排出量がないこと、「0」は排出量はあるが少ないことを示す

・ エチルベンゼン

用途：主にスチレンモノマーの原料として使われ、また、混合キシレンの中にも含まれる。

排出源：全国環境排出量 約 40000 t (2002 年度)  
主に事業所のほか、車の排気ガスに含まれて排出される。

排出先：ほとんどが空气中

PRTR 対象選定理由：生態毒性

適用法令等：室内空気汚染に係るガイドラインより  
- 室内空気濃度指針値 3800 μg/m<sup>3</sup>

2002年度 PRTRデータによる排出の内訳(全国の集計)		
排出源の内訳(%)	排出先の内訳(%)	届出排出量構成比(上位5業種、%)
事業所(届出)	25	大気 99
事業所(届出外)	30	公共水域 0
非対称業種	26	土壌 0
移動体	18	埋立 -
家庭	2	(届出以外の排出量も含む)
		輸送用機器器具製造業 58
		金属製品製造業 8
		一般機械器具製造業 7
		窯業・土石製品製造業 6
		化学工業 5

\*「-」は排出量がないこと、「0」は排出量はあるが少ないことを示す

3 方法

3-1 調査地点

図 4 に示す計 5 地点で調査を行った。また、2-2 に示した用途および発生源より、事業所や移動体等からの排出が予想されることから、主要道路と主要固定発生源の方位および距離を表 2 に示した。<sup>4)</sup>



図4 調査地点

表2 調査地点の概要		
測定地点名	主要固定発生源の方位と距離	主要道路の方位と距離
緑区三保小学校	特になし	特になし
磯子区滝頭	SE 1kmに根岸湾工業地域	E 5mに国道16号
戸塚区矢沢交差点	特になし	E 6mに国道1号(横浜新道)
鶴見区潮田交流プラザ	E-SW 0.5kmに京浜工業地帯	SSE 0.3kmに東京大師横浜線 SSE 0.3kmに首都高速横浜羽田空港線
中区本牧	S 0.3kmに石油精製工場 E 0.7kmに造船所	S 200mに首都高速および市道本牧170号線

3-2 調査期間

2002 年度 ~ 2003 年度の間、毎月 1 回 (年 12 回) 24 時間サンプリングを上記の 5 調査地点において行った。

3-3 調査方法

「有害大気汚染物質モニタリング測定方法マニュアル」(1997 年 4 月 環境庁大気保全局大気規制課編)<sup>5)</sup> の容器採取-ガスクロマトグラフ質量分析法に準じる方法で行った。

なお、ガスクロマトグラフ質量分析法では、キシレンは 0-キシレンと m,p-キシレンの 2 つのピークとして検出されることから、0-キシレンと m,p-キシレンを合計した値をキシレン濃度とした。

4 結果及び考察

横浜市および全国調査の結果を表 3 に示し、各物質の調査結果を図 5 ~ 図 8 に、排出量と大気環境濃度の関係を図 9 に示す。横浜市の調査結果については、各調査地点の毎月の調査結果を平均して年平均値として表し、さらに、5 箇所の調査地点の年平均値の平均を横浜市平均値として表記した。全国調査については表 3 の下にサンプリング条件等を示した。

以下に各物質について考察を行う。2002 年度と 2003 年度の調査結果の検討を とし、全国調査との比較を、室内空気濃度指針値との比較を とする。

なお、調査対象物質の 4 物質 (トルエン、キシレン、p-ジクロロベンゼン、エチルベンゼン) はシックハウス症候群との関連性が疑われていることから、厚生労働省によって室内空気濃度の指針値が定められている。室内空気濃度の指針値と大気環境濃度を単純に比較することについては注意が必要であるが、環境省のリスクコミュニケーションのための化学物質ファクトシート<sup>3)</sup> にならぬ、本報では参考値に室内空気濃度の指針値を用いた。

表3 PRTR対象物質の大気環境濃度調査結果

		横浜市の調査結果					全国調査結果 <sup>1)</sup>	
		本牧	三保	滝頭	矢沢	潮田	1998年度	
2002年度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	トルエン	年平均値	12	15	17	17	18	1.1 ~ 85 <sup>a)</sup>
		濃度範囲	2.0 ~ 32	3.2 ~ 41	5.1 ~ 44	7 ~ 44	5.9 ~ 65	
		横浜市平均値	16					
	o-キシレン	年平均値	1.5	1.4	1.9	1.8	1.8	0.33 ~ 9.5 <sup>a)</sup>
		濃度範囲	0.42 ~ 3.7	0.42 ~ 3.6	0.85 ~ 4.9	0.92 ~ 4.5	0.71 ~ 4.6	
		横浜市平均値	1.70					
m,p-キシレン	年平均値	3.8	3.8	5.0	4.9	5.0	0.55 ~ 35 <sup>a)</sup>	
	濃度範囲	1.1 ~ 9.3	1.1 ~ 10	2.1 ~ 12	2.4 ~ 12	1.8 ~ 13		
	横浜市平均値	4.5						
キシレン <sup>2)</sup>	年平均値	5.3	5.2	6.9	6.6	6.8		
	濃度範囲	1.5 ~ 13	1.5 ~ 14	3.0 ~ 17	3.3 ~ 17	2.5 ~ 18		
	横浜市平均値	6.2						
p-ジクロロベンゼン	年平均値	1.2	1.8	1.9	1.7	2.2		
	濃度範囲	0.35 ~ 2.8	0.33 ~ 4.1	0.40 ~ 3.8	0.37 ~ 3.3	0.53 ~ 5.5		
	横浜市平均値	1.7						
エチルベンゼン	年平均値	2.8	2.7	3.0	3.0	3.9		
	濃度範囲	0.74 ~ 7.0	0.78 ~ 7.4	1.1 ~ 7.0	1.4 ~ 6.6	1.3 ~ 9.5		
	横浜市平均値	3.1						
							1999年度	
2003年度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	トルエン	年平均値	12	11	14	13	12	
		濃度範囲	2.7 ~ 31	3.4 ~ 20	5.1 ~ 23	5.8 ~ 31	3.3 ~ 24	
		横浜市平均値	12					
	o-キシレン	年平均値	1.7	1.2	1.7	1.5	1.3	
		濃度範囲	0.36 ~ 4.6	0.52 ~ 2.4	0.85 ~ 2.5	0.82 ~ 2.9	0.50 ~ 2.2	
		横浜市平均値	1.5					
m,p-キシレン	年平均値	4.9	3.2	4.7	4.2	3.6		
	濃度範囲	1.1 ~ 15	1.3 ~ 6.4	2.2 ~ 6.7	2.4 ~ 8.5	1.5 ~ 6.0		
	横浜市平均値	4.1						
キシレン <sup>2)</sup>	年平均値	6.6	4.5	6.4	5.7	4.9		
	濃度範囲	1.5 ~ 20	1.8 ~ 8.8	3.1 ~ 9.2	3.3 ~ 11	2.0 ~ 8.2		
	横浜市平均値	5.6						
p-ジクロロベンゼン	年平均値	0.76	1.4	1.3	1.3	1.4	0.16 ~ 17 <sup>a)</sup>	
	濃度範囲	0.31 ~ 1.3	0.36 ~ 4.2	0.45 ~ 2.0	0.52 ~ 2.6	0.43 ~ 3.3		
	横浜市平均値	1.2						
エチルベンゼン	年平均値	4.3	2.3	2.8	2.5	2.8	0.089 ~ 10 <sup>a)</sup>	
	濃度範囲	0.74 ~ 18	0.93 ~ 4.2	1.2 ~ 3.9	1.1 ~ 5.0	1.2 ~ 5.1		
	横浜市平均値	3.0						

1) 環境省 総合環境政策局 環境保健部 環境安全課、「化学物質と環境」, 1999年度 ~ 2000年度

a) 全国の調査地点で9 ~ 11月の天候の安定した時期に、連続した3日間において、1日1回、原則午前10時開始、24時間採取を行ない検出された濃度範囲。

#### 4-1 トルエン

2002年度と2003年度の年平均値および濃度範囲を図5に示す。

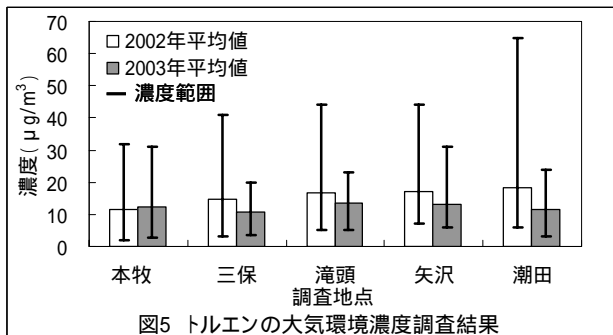


図5 トルエンの大気環境濃度調査結果

\* 室内空気濃度指針値  $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$

・ 2002年度と2003年度の調査結果の比較検討

2002年度の調査結果においては、他の調査地点の最

高値が  $32 \sim 44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であるのに対し、潮田交流プラザの最高値が  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と高くなった。2003年度の調査では、全調査地点で最高値が  $20 \sim 31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  となり、2002年度より濃度が低下した。

年平均値については2002年度および2003年度ともに調査地点間の差が数  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  程度と大きな差はなく、横ばいまたは低下傾向を示した。

・ 全国調査との比較

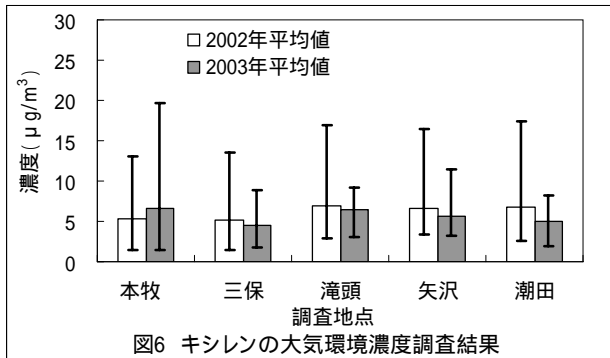
2002年度および2003年度の最高値を含む全ての調査結果は、1998年度の環境省の全国調査の濃度範囲内であった。

・ 室内空気濃度指針値との比較

横浜市では、全調査地点で室内空気濃度指針値を下回り、最大で指針値の約4分の1、平均値では約20分の1程度の低い値であった。

#### 4-2 キシレン

2002年度と2003年度の年平均値および濃度範囲を図6に示す。



##### ・2002年度と2003年度の調査結果の比較検討

2002年度の調査結果においては、全調査地点の最高値が13~18 μg/m³であり、2003年度の調査では本牧を除く調査地点で最高値が低くなった。なお、2003年度の本牧の最高値は他の調査地点より約10 μg/m³高い値であった。

年平均値については、2002年度および2003年度ともに調査地点間の差が数 μg/m³程度と大きな差はなく、本牧で1 μg/m³程度高くなったのを除いて、低下傾向を示した。

##### ・全国調査との比較

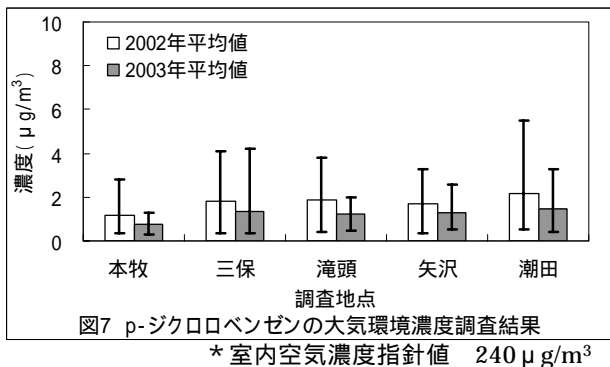
2002年度および2003年度の最高値を含む全ての調査結果は、1998年度の環境省の全国調査の濃度範囲内であった。

##### ・室内空気濃度指針値との比較

横浜市では、全調査地点で室内空気濃度指針値を下回り、最大で指針値の約50分の1、平均値では約150分の1程度の十分低い値であった。

#### 4-3 p-ジクロロベンゼン

2002年度と2003年度の年平均値および濃度範囲を図7に示す。



##### ・2002年度と2003年度の調査結果の比較検討

調査地点による差としては、2002年度の潮田で若干高い最高値が検出されたが、2002年度、2003年度ともに地点間の最高値の差は数 μg/m³程度であり、大きな違い

は見られなかった。

年平均値については、2002年度および2003年度ともに調査地点間の差が1 μg/m³未満と大きな差はなく、低下傾向を示した。

##### ・全国調査との比較

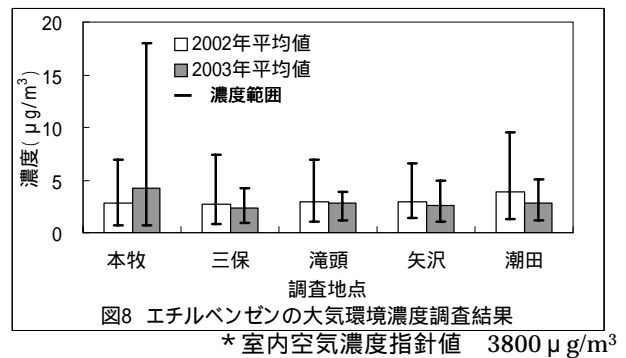
2002年度および2003年度の最高値を含む全ての調査結果は、1999年度の環境省の全国調査の濃度範囲内であった。

##### ・室内空気濃度指針値との比較

横浜市では、全調査地点で室内空気濃度指針値を下回り、最大で指針値の約40分の1、平均値では約170分の1程度の十分低い値であった。

#### 4-4 エチルベンゼン

2002年度と2003年度の年平均値および濃度範囲を図8に示す。



##### ・2002年度と2003年度の調査結果の比較検討

2002年度の調査結果においては、全調査地点の最高値が7~10 μg/m³であ、2003年度の調査では本牧を除く調査地点で最高値が低くなった。なお、2003年度の本牧の最高値は他の調査地点より約10 μg/m³高い値であった。

年平均値については、2002年度および2003年度ともに調査地点間の差が数 μg/m³程度と大きな差はなく、本牧で1 μg/m³程度高くなったのを除いて、低下傾向を示した。

##### ・全国調査との比較

2003年度の本牧における1月の調査のみ1999年度の環境省の全国調査の濃度範囲より高い値となった。その他のデータは全て環境省の全国調査の濃度範囲内であった。

##### ・室内空気濃度指針値との比較

横浜市では、全調査地点で室内空気濃度指針値を下回り、最大で指針値の約200分の1、平均値では約1270分の1程度の十分低い値であった。

#### 4-5 排出量と大気濃度との比較

2002年度の横浜市内の排出量と大気環境濃度調査結果を示す。

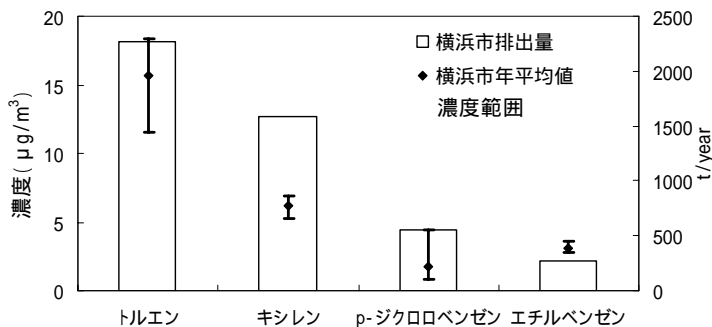


図9 横浜市内の排出量と大気環境濃度調査結果(2002年度)

排出量が多いほど大気濃度も高くなる傾向が見られたが、p-ジクロロベンゼンについては排出量と大気濃度の順序が異なった。p-ジクロロベンゼンの排出量は3番目であったが、その大気濃度は全調査地点において最も低い濃度であった。調査対象4物質の排出先はほとんど大気であるが、他の3物質が事業所や車の排気ガスから排出されるのに対し、p-ジクロロベンゼンは主に防虫剤として家の中で排出されることから、屋外の濃度は低いと考えられる。

#### 4 まとめ

- 1) 年平均値については、本牧におけるキシレンとエチルベンゼンの濃度が2003年度は2002年度より1 µg/m<sup>3</sup>程度高くなったが、他の全ての調査物質については低下または横ばい傾向を示した。
- 2) 2003年1月の本牧におけるエチルベンゼンの調査結果を除いて、全ての調査結果は1998年度と1999年度の環境省の全国調査の濃度範囲内であった。
- 3) 調査対象4物質に関して、全ての年度および調査地点において、環境中の濃度は室内空気濃度指針値より十分低い値であった。

#### 参考文献

- 1) 財団法人環境科学センター：ホームページ PRTR データ・集計マップ, 2002年度 市町村別物質別集計結果, 神奈川県 横浜市 [http://www.prtr-net.jp/data/1.php?id=3&code\\_ken=14&code\\_city=100](http://www.prtr-net.jp/data/1.php?id=3&code_ken=14&code_city=100)
- 2) 環境省環境保健部環境安全課：PRTR データの概要 化学物質の排出量・移動量の集計結果, 平成13年度, 平成14年度
- 3) リスクコミュニケーションのための化学物質ファクトシート 2003年度版 環境省：トルエン, キシレン, p-ジクロロベンゼン, エチルベンゼン

- 4) 横浜市環境保全局：横浜市大気汚染調査報告書 第43報, 平成14年度
- 5) 環境庁：有害大気汚染物質測定方法マニュアル 平成9年2月制定, 平成9年8月, 平成10年3月, 平成11年3月改定
- 6) 環境省環境保健部環境安全課：「化学物質と環境」, 1999年度, 2000年度
- 7) 神奈川県環境農政部大気水質課：PRTR についても知っていただくために-市民のための PRTR データブック- 平成13年度集計結果
- 8) 横浜市環境保全局環境管理課：PRTR データの概要について, 平成13年度, 平成14年度
- 9) 化学物質等安全データシート(MSDS): トルエン, キシレン, p-ジクロロベンゼン, エチルベンゼン
- 10) 化学物質安全情報提供システム(KIS-NET): トルエン, キシレン, p-ジクロロベンゼン, エチルベンゼン

# 横浜市内の中小河川の重金属類調査

下村光一郎（横浜市環境科学研究所）  
若林信夫（環境保全局）  
小野寺典好（環境保全局）

## Analysis of Dissolved Trace Elements in Rivers in Yokohama by Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry

Kouichiro Shimomura (Yokohama Environmental Science Research Institute)  
Nobuo Wakabayashi, Noriyoshi Onodera (Yokohama Environmental Protection Bureau)

キーワード：河川水、重金属、ICP、ICP-MS

### 要旨

横浜市内の主要河川は、水質汚濁防止法第 16 条の「測定計画」に基づいて通年で調査している。その補足調査として、それらに流入する中小河川 27 地点において BOD、COD、DO などを年 4 回調査している。

今回、この 27 地点について、ICP（プラズマ発光分析装置）、ICP-MS（質量分析装置）を用いて 11 種類の金属類（カドミウム、鉛、砒素、セレン、ホウ素、銅、亜鉛、鉄、マンガン、クロム、ニッケル）を調査した。

健康項目の環境基準値が定められている 5 項目（カドミウム、鉛、砒素、セレン、ホウ素）すべて基準値を下回っていた。また、ホウ素において検出値平均より比較的高く検出したのが、境川水系の阿久和川のトーヨー橋で  $0.10\text{mg/l}$ 、平戸永谷川の渡戸橋で  $0.11\text{mg/l}$  であった。

平成 15 年 11 月に生活環境項目として、新たに水生生物及びその生息環境を保全する観点から、環境基準値が定められた亜鉛（河川基準値  $0.03\text{mg/l}$  以下）は、鶴見川水系の布川、帷子川水系の今井川、境川水系の相沢川で検出したが  $0.03\text{mg/l}$  未満であった。

### 1. はじめに

「公共用水域測定計画」1)、2)に基づく主要河川の補足調査として、中小河川の生活環境項目が調査されている。今回はそれらに加えて 11 種類の重金属類（カドミウム、鉛、砒素、セレン、ホウ素、銅、亜鉛、鉄、マンガン、クロム、ニッケル）の状況を平成 14 年度から平成 16 年度までの間に計 10 回中小河川調査にあわせて調査した。

### 2. 調査及び分析方法

調査は、図 1 に示す鶴見川水系 11 支川、帷子川水系 8 支川、大岡川水系 1 支川、境川水系 7 支川の計 27 地点において、平成 14 年 5 月から 16 年 8 月までの間に計 10 回実施した。

分析は、JIS K0102 のイットリウム内標準法に基づき実施した。

混合標準溶液は、和光純薬製及び関東化学製の原子吸光分析用標準液、SPEX 社製の ICP 汎用混合液（XSTC-22、XSTC 188）を用いて調整した。各混合標準溶液には、100ml あたり 0.5ml の硝酸を添加した。

分析装置は、ICP（島津製作所製 ICPS-7000 型、プラズマ発光分析装置）、ICP-MS（島津製作所製 ICPM-8500 型、質量分析装置）を使用した。

### 3. 結果

表 1～10 に中小河川の各金属類の値を示した。定量限界値は、横浜市公共用水域及び地下水の水質測定結果報告書の定量限界値と同様である。カドミウム、鉛、銅、クロム、ニッケルの 5 項目はすべて定量限界値以下であった。ホウ素は全地点で（ $0.021\sim 0.11\text{mg/l}$ ）検出された<sup>3)</sup>。亜鉛は 3 地点で（定量限界値以下～ $0.019\text{mg/l}$ ）検出されたいずれも環境基準値以下であった。

鉄（定量限界値以下～ $0.42\text{mg/l}$ ）及びマンガン（定量限界値以下～ $0.27\text{mg/l}$ ）は、ほとんどの地点で検出された。これらの結果は、他都市の報告書からも大きな差はなかった<sup>4)、5)</sup>。

また、公定法に採用されていない砒素、セレンについても ICP-MS で定量することが可能であり<sup>6)</sup>、全地点で定量限界値以下であった。

### 4. まとめ

健康項目であるカドミウム、鉛、ホウ素については、すべての地点で環境基準値を下回った。

ホウ素は全地点検出され、阿久和川のトーヨー橋で  $0.10\text{mg/l}$ 、平戸永谷川の渡戸橋で  $0.11\text{mg/l}$  は他の地点の 3 倍の値を示していた。

亜鉛は布川の荏田管理橋で  $0.017\text{mg/l}$ 、今井川の八幡橋で  $0.018\text{mg/l}$ 、相沢川の童橋で  $0.019\text{mg/l}$  の 3 地点で検出された。

鉄、マンガンは、ほとんどの地点で検出された。

今後、各地点の継続調査を実施するとともに、他河川よりも高濃度にホウ素を検出し阿久和川、平戸永谷川の2地点については詳細調査を実施する。

砒素、セレンは（参考値として）、全地点で定量限界値以下であった。

### 5. 参考文献

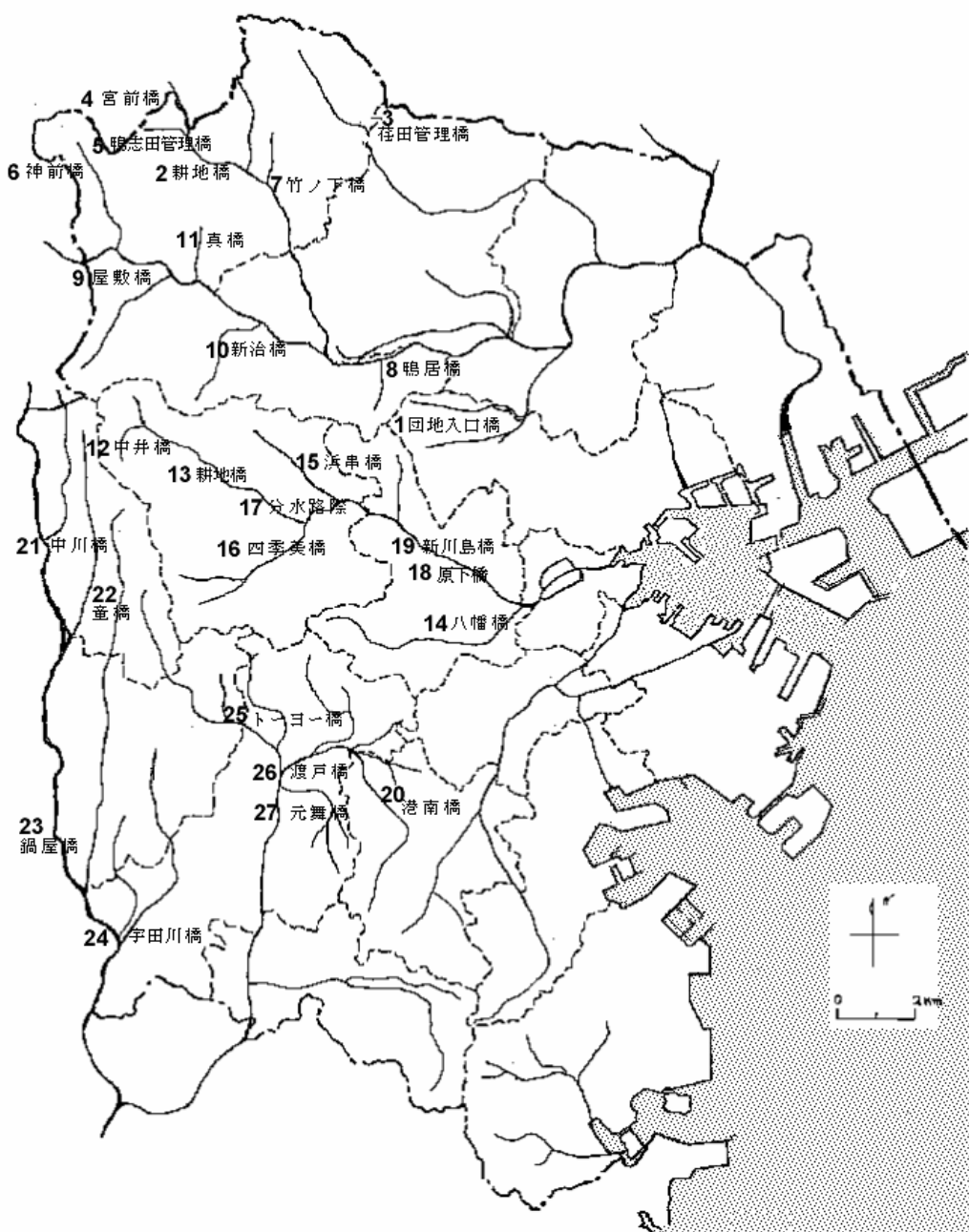
- 1) 横浜環境白書 平成16年版 横浜市環境管理計画年次報告書 平成16年12月発行、環境行動都市 横浜市 P160-161
- 2) 横浜市公共用水域及び地下水の水質測定結果報告書 横浜市環境保全局 平成14年度

3) 初貝留美、下村光一郎、武田裕、飯塚貞男、江口憲治：横浜市内の事業所排水、河川、海域のホウ素の調査 横浜市環境科学研究所報 25号、P95-99 (2001)

4) 山崎正夫、安藤晴夫：ICP - 質量分析法による都内河川水中の溶存態微量元素の分析、東京都環境科学研究所年報 1998、P49-53 (1998)

5) 山崎正夫、安藤晴夫：多摩川中流部における微量元素類の流入起源と河川水中濃度の年間変動、東京都環境科学研究所年報 1999、P68-72 (1999)

6) 笠井信善、島田純子：水質汚濁物質の測定方法に関する研究(第4報) - ICP - MS による河川水中の金属の分析 -、富山県環境科学センタ - 年報 第24号 (1996)



番号 市計画の測定地点

## 図1 測定地点図

表 - 1 中小河川水質調査 採水日 平成14年5月

単位 (ppm)

No	水域名 (支川)	測定地点	Cd	Pb	As	Se	B	Cu	Zn	Fe	Mn	Cr	Ni
1	鶴見川 (砂田川)	団地入口橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.11	0.093	以下	以下
2	(黒須田川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.036	以下	以下	0.18	0.061	以下	以下
3	(布川)	荏田管理橋	以下	以下	以下	以下	0.037	0.016	以下	0.14	0.13	以下	以下
4	(寺家川)	宮前橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.13	0.084	以下	以下
5	(鶴志田川)	いなり橋	以下	以下	以下	以下	0.033	以下	以下	0.13	0.098	以下	以下
6	(奈良川)	神前橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.087	0.12	以下	以下
7	(大場川)	竹の下橋	以下	以下	以下	以下	0.035	以下	以下	0.11	0.028	以下	以下
8	(鶴居川)	鶴居橋	以下	以下	以下	以下	0.041	以下	以下	0.11	0.017	以下	以下
9	(岩川)	屋敷橋	以下	以下	以下	以下	0.032	以下	以下	0.16	0.042	以下	以下
10	(梅田川)	新治橋	以下	以下	以下	以下	0.036	以下	以下	0.14	0.093	以下	以下
11	(白鳥川)	真橋	以下	以下	以下	以下	0.032	以下	以下	0.13	0.036	以下	以下
12	帷子川	中井橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.12	0.074	以下	以下
13	(矢指川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.035	以下	以下	0.12	0.074	以下	以下
14	(今井川)	八幡橋	以下	以下	以下	以下	0.044	0.013	以下	0.062	0.027	以下	以下
15	(中堀川)	浜串橋	以下	以下	以下	以下	0.026	以下	以下	0.11	0.043	以下	以下
16	(二俣川)	四季美橋	以下	以下	以下	以下	0.027	以下	以下	0.082	0.020	以下	以下
17	(新井川)	分水路跡	以下	以下	以下	以下	0.035	以下	以下	0.024	0.12	以下	以下
18	(くぬぎ台川)	原下橋	以下	以下	以下	以下	0.026	以下	以下	0.054	0.056	以下	以下
19	(菅田川)	新川島橋	以下	以下	以下	以下	0.041	以下	以下	0.074	0.014	以下	以下
20	大岡川 (日野川)	港南橋	以下	以下	以下	以下	0.045	以下	以下	0.075	0.039	以下	以下
21	境川 (大門川)	中川橋	以下	以下	以下	以下	0.033	以下	以下	0.060	0.12	以下	以下
22	(相沢川)	壺橋	以下	以下	以下	以下	0.036	0.011	0.012	0.036	0.056	以下	以下
23	(和泉川)	鍋屋橋	以下	以下	以下	以下	0.028	以下	以下	0.070	0.085	以下	以下
24	(宇田川)	宇田川橋	以下	以下	以下	以下	0.045	以下	以下	0.072	0.022	以下	以下
25	(阿久和川)	トヨ橋	以下	以下	以下	以下	0.067	以下	以下	0.071	0.087	以下	以下
26	(平戸永谷川)	渡戸橋	以下	以下	以下	以下	0.072	以下	以下	0.10	0.057	以下	以下
27	(舞岡川)	元舞橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.056	0.073	以下	以下
		定量限界値	<0.001	<0.005	<0.005	<0.002	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.008

表 - 2 中小河川水質調査 採水日 平成14年8月

単位 (ppm)

No	水域名 (支川)	測定地点	Cd	Pb	As	Se	B	Cu	Zn	Fe	Mn	Cr	Ni
1	鶴見川 (砂田川)	団地入口橋	以下	以下	以下	以下	0.028	以下	以下	0.11	0.090	以下	以下
2	(黒須田川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.037	以下	以下	0.13	0.099	以下	以下
3	(布川)	荏田管理橋	以下	以下	以下	以下	0.039	以下	以下	0.12	0.13	以下	以下
4	(寺家川)	宮前橋	以下	以下	以下	以下	0.033	以下	以下	0.16	0.071	以下	以下
5	(鶴志田川)	いなり橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.12	0.11	以下	以下
6	(奈良川)	神前橋	以下	以下	以下	以下	0.026	以下	以下	0.054	0.074	以下	以下
7	(大場川)	竹の下橋	以下	以下	以下	以下	0.047	以下	以下	0.10	0.051	以下	以下
8	(鶴居川)	鶴居橋	以下	以下	以下	以下	0.054	以下	以下	0.14	0.022	以下	以下
9	(岩川)	屋敷橋	以下	以下	以下	以下	0.025	以下	以下	0.13	0.053	以下	以下
10	(梅田川)	新治橋	以下	以下	以下	以下	0.037	以下	以下	0.16	0.064	以下	以下
11	(白鳥川)	真橋	以下	以下	以下	以下	0.026	以下	以下	0.13	0.020	以下	以下
12	帷子川	中井橋	以下	以下	以下	以下	0.027	以下	以下	0.093	0.044	以下	以下
13	(矢指川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.034	以下	以下	0.13	0.049	以下	以下
14	(今井川)	八幡橋	以下	以下	以下	以下	0.047	以下	以下	0.048	0.010	以下	以下
15	(中堀川)	浜串橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.10	0.012	以下	以下
16	(二俣川)	四季美橋	以下	以下	以下	以下	0.023	以下	以下	0.053	0.015	以下	以下
17	(新井川)	分水路跡	以下	以下	以下	以下	0.034	以下	以下	0.11	0.017	以下	以下
18	(くぬぎ台川)	原下橋	以下	以下	以下	以下	0.025	以下	以下	0.066	0.015	以下	以下
19	(菅田川)	新川島橋	以下	以下	以下	以下	0.025	以下	以下	0.064	0.014	以下	以下
20	大岡川 (日野川)	港南橋	以下	以下	以下	以下	0.043	以下	以下	0.076	0.018	以下	以下
21	境川 (大門川)	中川橋	以下	以下	以下	以下	0.036	以下	以下	0.035	0.010	以下	以下
22	(相沢川)	壺橋	以下	以下	以下	以下	0.022	以下	以下	0.020	0.012	以下	以下
23	(和泉川)	鍋屋橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.067	0.045	以下	以下
24	(宇田川)	宇田川橋	以下	以下	以下	以下	0.044	以下	以下	0.075	0.020	以下	以下
25	(阿久和川)	トヨ橋	以下	以下	以下	以下	0.079	以下	以下	0.11	0.044	以下	以下
26	(平戸永谷川)	渡戸橋	以下	以下	以下	以下	0.075	以下	以下	0.093	0.017	以下	以下
27	(舞岡川)	元舞橋	以下	以下	以下	以下	0.022	以下	以下	0.098	0.026	以下	以下
		定量限界値	<0.001	<0.005	<0.005	<0.002	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.008



表 - 3 中小河川水質調査 採水日 平成14年11月

単位 (ppm)

No	水域名 (支川)	測定地点	Cd	Pb	As	Se	B	Cu	Zn	Fe	Mn	Cr	Ni
1	鶴見川 (砂田川)	団地入口橋	以下	以下	以下	以下	0.020	以下	以下	0.063	0.044	以下	以下
2	(黒須田川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.038	以下	以下	0.13	0.092	以下	以下
3	(布川)	荏田管理橋	以下	以下	以下	以下	0.034	以下	以下	0.088	0.19	以下	以下
4	(寺家川)	宮前橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.079	0.092	以下	以下
5	(鶴志田川)	いなり橋	以下	以下	以下	以下	0.038	以下	以下	0.096	0.11	以下	以下
6	(奈良川)	神前橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.093	0.18	以下	以下
7	(大場川)	竹の下橋	以下	以下	以下	以下	0.036	以下	以下	0.088	0.018	以下	以下
8	(鴨居川)	鴨居橋	以下	以下	以下	以下	0.051	以下	以下	0.071	0.092	以下	以下
9	(岩川)	屋敷橋	以下	以下	以下	以下	0.053	以下	以下	0.076	0.075	以下	以下
10	(梅田川)	新治橋	以下	以下	以下	以下	0.035	以下	以下	0.11	0.067	以下	以下
11	(白鳥川)	真橋	以下	以下	以下	以下	0.023	以下	以下	0.064	0.013	以下	以下
12	帷子川	中井橋	以下	以下	以下	以下	0.023	以下	以下	0.086	0.066	以下	以下
13	(矢指川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.046	以下	以下	0.098	0.11	以下	以下
14	(今井川)	八幡橋	以下	以下	以下	以下	0.059	以下	以下	0.070	0.057	以下	以下
15	(中堀川)	浜串橋	以下	以下	以下	以下	0.021	以下	以下	0.086	0.026	以下	以下
16	(二俣川)	四季美橋	以下	以下	以下	以下	0.024	以下	以下	0.062	0.020	以下	以下
17	(新井川)	分水路際	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.085	0.043	以下	以下
18	(くぬぎ台川)	原下橋	以下	以下	以下	以下	0.022	以下	以下	0.072	0.029	以下	以下
19	(菅田川)	新川島橋	以下	以下	以下	以下	0.021	以下	以下	0.052	0.017	以下	以下
20	大岡川 (日野川)	港南橋	以下	以下	以下	以下	0.039	以下	以下	0.047	0.049	以下	以下
21	境川 (大門川)	中川橋	以下	以下	以下	以下	0.033	以下	以下	0.040	0.021	以下	以下
22	(相沢川)	童橋	以下	以下	以下	以下	0.038	以下	以下	0.037	0.011	以下	以下
23	(和泉川)	鍋屋橋	以下	以下	以下	以下	0.028	以下	以下	0.060	0.053	以下	以下
24	(宇田川)	宇田川橋	以下	以下	以下	以下	0.048	以下	以下	0.057	0.042	以下	以下
25	(阿久和川)	ト-ヨ-橋	以下	以下	以下	以下	0.093	以下	以下	0.083	0.16	以下	以下
26	(平戸永谷川)	渡戸橋	以下	以下	以下	以下	0.10	以下	以下	0.064	0.074	以下	以下
27	(舞岡川)	元舞橋	以下	以下	以下	以下	0.023	以下	以下	0.079	0.044	以下	以下
		定量限界値	<0.001	<0.005	<0.005	<0.002	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.008

表 - 4 中小河川水質調査 採水日 平成15年2月

単位 (ppm)

No	水域名 (支川)	測定地点	Cd	Pb	As	Se	B	Cu	Zn	Fe	Mn	Cr	Ni
1	鶴見川 (砂田川)	団地入口橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.11	0.12	以下	以下
2	(黒須田川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.036	以下	以下	0.26	0.13	以下	以下
3	(布川)	荏田管理橋	以下	以下	以下	以下	0.041	以下	0.017	0.096	0.11	以下	以下
4	(寺家川)	宮前橋	以下	以下	以下	以下	0.033	以下	以下	0.11	0.054	以下	以下
5	(鶴志田川)	いなり橋	以下	以下	以下	以下	0.041	以下	以下	0.17	0.18	以下	以下
6	(奈良川)	神前橋	以下	以下	以下	以下	0.033	以下	以下	0.11	0.21	以下	以下
7	(大場川)	竹の下橋	以下	以下	以下	以下	0.039	以下	以下	0.15	0.054	以下	以下
8	(鴨居川)	鴨居橋	以下	以下	以下	以下	0.051	以下	以下	0.14	0.051	以下	以下
9	(岩川)	屋敷橋	以下	以下	以下	以下	0.040	以下	以下	0.12	0.097	以下	以下
10	(梅田川)	新治橋	以下	以下	以下	以下	0.040	以下	以下	0.19	0.12	以下	以下
11	(白鳥川)	真橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.18	0.066	以下	以下
12	帷子川	中井橋	以下	以下	以下	以下	0.028	以下	以下	0.14	0.074	以下	以下
13	(矢指川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.040	以下	以下	0.15	0.13	以下	以下
14	(今井川)	八幡橋	以下	以下	以下	以下	0.037	以下	以下	0.088	0.055	以下	以下
15	(中堀川)	浜串橋	以下	以下	以下	以下	0.028	以下	以下	0.150	0.046	以下	以下
16	(二俣川)	四季美橋	以下	以下	以下	以下	0.026	以下	以下	0.11	0.022	以下	以下
17	(新井川)	分水路際	以下	以下	以下	以下	0.035	以下	以下	0.098	0.047	以下	以下
18	(くぬぎ台川)	原下橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.12	0.047	以下	以下
19	(菅田川)	新川島橋	以下	以下	以下	以下	0.040	以下	以下	0.065	0.014	以下	以下
20	大岡川 (日野川)	港南橋	以下	以下	以下	以下	0.048	以下	以下	0.081	0.054	以下	以下
21	境川 (大門川)	中川橋	以下	以下	以下	以下	0.028	以下	以下	0.050	0.021	以下	以下
22	(相沢川)	童橋	以下	以下	以下	以下	0.035	以下	0.019	0.041	以下	以下	以下
23	(和泉川)	鍋屋橋	以下	以下	以下	以下	0.033	以下	以下	0.074	0.073	以下	以下
24	(宇田川)	宇田川橋	以下	以下	以下	以下	0.056	以下	以下	0.089	0.054	以下	以下
25	(阿久和川)	ト-ヨ-橋	以下	以下	以下	以下	0.071	以下	以下	0.12	0.13	以下	以下
26	(平戸永谷川)	渡戸橋	以下	以下	以下	以下	0.11	以下	以下	0.13	0.054	以下	以下
27	(舞岡川)	元舞橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.16	0.076	以下	以下
		定量限界値	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 - 5 中小河川水質調査 採水日 平成15年5月

単位 (ppm)

No	水域名 (支川)	測定地点	Cd	Pb	As	Se	B	Cu	Zn	Fe	Mn	Cr	Ni
1	鶴見川 (砂田川)	団地入口橋	以下	以下	以下	以下	0.024	以下	以下	0.14	0.085	以下	以下
2	(黒須田川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.026	以下	以下	0.37	0.073	以下	以下
3	(布川)	荏田管理橋	以下	以下	以下	以下	0.034	以下	0.013	0.19	0.18	以下	以下
4	(寺家川)	宮前橋	以下	以下	以下	以下	0.027	以下	以下	0.34	0.059	以下	以下
5	(鶴志田川)	いなり橋	以下	以下	以下	以下	0.024	以下	以下	0.18	0.078	以下	以下
6	(奈良川)	神前橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.21	0.11	以下	以下
7	(大場川)	竹の下橋	以下	以下	以下	以下	0.024	以下	以下	0.17	0.046	以下	以下
8	(鴨居川)	鴨居橋	以下	以下	以下	以下	0.034	以下	以下	0.21	0.014	以下	以下
9	(岩川)	屋敷橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.26	0.049	以下	以下
10	(梅田川)	新治橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.28	0.056	以下	以下
11	(白鳥川)	真橋	以下	以下	以下	以下	0.028	以下	以下	0.23	0.014	以下	以下
12	帷子川	中井橋	以下	以下	以下	以下	0.025	以下	以下	0.17	0.048	以下	以下
13	(矢指川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.036	以下	以下	0.12	0.048	以下	以下
14	(今井川)	八幡橋	以下	以下	以下	以下	0.051	以下	以下	0.052	0.031	以下	以下
15	(中堀川)	浜串橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.15	0.014	以下	以下
16	(二俣川)	四季美橋	以下	以下	以下	以下	0.027	以下	以下	0.065	0.024	以下	以下
17	(新井川)	分水路際	以下	以下	以下	以下	0.023	以下	以下	0.17	0.031	以下	以下
18	(くぬぎ台川)	原下橋	以下	以下	以下	以下	0.025	以下	以下	0.079	0.027	以下	以下
19	(菅田川)	新川島橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.083	0.025	以下	以下
20	大岡川 (日野川)	港南橋	以下	以下	以下	以下	0.041	以下	以下	0.068	0.021	以下	以下
21	境川 (大門川)	中川橋	以下	以下	以下	以下	0.026	以下	以下	0.11	0.017	以下	以下
22	(相沢川)	童橋	以下	以下	以下	以下	0.025	以下	0.018	0.032	0.013	以下	以下
23	(和泉川)	鍋屋橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.066	0.023	以下	以下
24	(宇田川)	宇田川橋	以下	以下	以下	以下	0.045	以下	以下	0.080	0.016	以下	以下
25	(阿久和川)	ト-ヨ-橋	以下	以下	以下	以下	0.085	以下	以下	0.11	0.052	以下	以下
26	(平戸永谷川)	渡戸橋	以下	以下	以下	以下	0.094	以下	以下	0.11	0.032	以下	以下
27	(舞岡川)	元舞橋	以下	以下	以下	以下	0.023	以下	以下	0.12	0.041	以下	以下
		定量限界値	<0.001	<0.005	<0.005	<0.002	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.008

表 - 6 中小河川水質調査 採水日 平成15年8月

単位 (ppm)

No	水域名 (支川)	測定地点	Cd	Pb	As	Se	B	Cu	Zn	Fe	Mn	Cr	Ni
1	鶴見川 (砂田川)	団地入口橋	以下	以下	以下	以下	0.032	以下	以下	0.12	0.11	以下	以下
2	(黒須田川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.047	以下	以下	0.26	0.15	以下	以下
3	(布川)	荏田管理橋	以下	以下	以下	以下	0.051	以下	以下	0.13	0.26	以下	以下
4	(寺家川)	宮前橋	以下	以下	以下	以下	0.048	以下	以下	0.21	0.18	以下	以下
5	(鶴志田川)	いなり橋	以下	以下	以下	以下	0.048	以下	以下	0.11	0.11	以下	以下
6	(奈良川)	神前橋	以下	以下	以下	以下	0.041	以下	以下	0.15	0.18	以下	以下
7	(大場川)	竹の下橋	以下	以下	以下	以下	0.054	以下	以下	0.14	0.061	以下	以下
8	(鴨居川)	鴨居橋	以下	以下	以下	以下	0.063	以下	以下	0.17	0.012	以下	以下
9	(岩川)	屋敷橋	以下	以下	以下	以下	0.059	以下	以下	0.18	0.052	以下	以下
10	(梅田川)	新治橋	以下	以下	以下	以下	0.058	以下	以下	0.20	0.067	以下	以下
11	(白鳥川)	真橋	以下	以下	以下	以下	0.033	以下	以下	0.19	0.024	以下	以下
12	帷子川	中井橋	以下	以下	以下	以下	0.037	以下	以下	0.064	0.076	以下	以下
13	(矢指川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.043	以下	以下	0.088	0.095	以下	以下
14	(今井川)	八幡橋	以下	以下	以下	以下	0.057	以下	以下	0.056	0.021	以下	以下
15	(中堀川)	浜串橋	以下	以下	以下	以下	0.035	以下	以下	0.10	0.054	以下	以下
16	(二俣川)	四季美橋	以下	以下	以下	以下	0.032	以下	以下	0.074	0.027	以下	以下
17	(新井川)	分水路際	以下	以下	以下	以下	0.043	以下	以下	0.078	0.044	以下	以下
18	(くぬぎ台川)	原下橋	以下	以下	以下	以下	0.034	以下	以下	0.060	0.068	以下	以下
19	(菅田川)	新川島橋	以下	以下	以下	以下	0.048	以下	以下	0.048	0.051	以下	以下
20	大岡川 (日野川)	港南橋	以下	以下	以下	以下	0.061	以下	以下	0.095	0.062	以下	以下
21	境川 (大門川)	中川橋	以下	以下	以下	以下	0.039	以下	以下	0.078	0.085	以下	以下
22	(相沢川)	童橋	以下	以下	以下	以下	0.034	以下	以下	0.043	0.011	以下	以下
23	(和泉川)	鍋屋橋	以下	以下	以下	以下	0.036	以下	以下	0.063	0.038	以下	以下
24	(宇田川)	宇田川橋	以下	以下	以下	以下	0.067	以下	以下	0.088	0.053	以下	以下
25	(阿久和川)	ト-ヨ-橋	以下	以下	以下	以下	0.10	以下	以下	0.12	0.14	以下	以下
26	(平戸永谷川)	渡戸橋	以下	以下	以下	以下	0.10	以下	以下	0.10	0.036	以下	以下
27	(舞岡川)	元舞橋	以下	以下	以下	以下	0.034	以下	以下	0.11	0.034	以下	以下
		定量限界値	<0.001	<0.005	<0.005	<0.002	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.008

表 - 7 中小河川水質調査 採水日 平成15年11月

単位 (ppm)

No	水域名 (支川)	測定地点	Cd	Pb	As	Se	B	Cu	Zn	Fe	Mn	Cr	Ni
1	鶴見川 (砂田川)	団地入口橋	以下	以下	以下	以下	0.024	0.011	以下	0.10	0.11	以下	以下
2	(黒須田川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.30	0.19	以下	以下
3	(布川)	荏田管理橋	以下	以下	以下	以下	0.034	以下	以下	0.067	0.27	以下	以下
4	(寺家川)	宮前橋	以下	以下	以下	以下	0.027	以下	以下	0.11	0.093	以下	以下
5	(鴨志田川)	いなり橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.11	0.13	以下	以下
6	(奈良川)	神前橋	以下	以下	以下	以下	0.028	以下	以下	0.13	0.19	以下	以下
7	(大場川)	竹の下橋	以下	以下	以下	以下	0.039	以下	以下	0.11	0.068	以下	以下
8	(鴨居川)	鴨居橋	以下	以下	以下	以下	0.052	以下	以下	0.12	0.058	以下	以下
9	(岩川)	屋敷橋	以下	以下	以下	以下	0.035	以下	以下	0.12	0.072	以下	以下
10	(梅田川)	新治橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.15	0.071	以下	以下
11	(白鳥川)	真橋	以下	以下	以下	以下	0.024	以下	以下	0.11	0.037	以下	以下
12	椎子川	中井橋	以下	以下	以下	以下	0.022	以下	以下	0.093	0.091	以下	以下
13	(矢指川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.10	0.097	以下	以下
14	(今井川)	八幡橋	以下	以下	以下	以下	0.047	以下	以下	0.073	0.030	以下	以下
15	(中堀川)	浜串橋	以下	以下	以下	以下	0.022	以下	以下	0.10	0.140	以下	以下
16	(二俣川)	四季美橋	以下	以下	以下	以下	0.022	以下	以下	0.089	0.031	以下	以下
17	(新井川)	分水路際	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.095	0.042	以下	以下
18	(くぬぎ台川)	原下橋	以下	以下	以下	以下	0.021	以下	以下	0.082	0.077	以下	以下
19	(菅田川)	新川島橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	以下	0.055	0.014	以下	以下
20	大岡川 (日野川)	港南橋	以下	以下	以下	以下	0.048	0.011	以下	0.067	0.057	以下	以下
21	境川 (大門川)	中川橋	以下	以下	以下	以下	0.027	以下	以下	0.069	0.054	以下	以下
22	(相沢川)	童橋	以下	以下	以下	以下	0.022	以下	以下	0.10	0.059	以下	以下
23	(和泉川)	鍋屋橋	以下	以下	以下	以下	0.022	以下	以下	0.054	0.043	以下	以下
24	(宇田川)	宇田川橋	以下	以下	以下	以下	0.051	以下	以下	0.068	0.055	以下	以下
25	(阿久和川)	トヨ橋	以下	以下	以下	以下	0.064	以下	以下	0.069	0.096	以下	以下
26	(平戸永谷川)	渡戸橋	以下	以下	以下	以下	0.084	以下	以下	0.089	0.050	以下	以下
27	(舞岡川)	元舞橋	以下	以下	以下	以下	0.025	以下	以下	0.091	0.041	以下	以下
		定量限界値	<0.001	<0.005	<0.005	<0.002	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.008

表 - 8 中小河川水質調査 採水日 平成16年2月

単位 (ppm)

No	水域名 (支川)	測定地点	Cd	Pb	As	Se	B	Cu	Zn	Fe	Mn	Cr	Ni
1	鶴見川 (砂田川)	団地入口橋	以下	以下	以下	以下	0.026	以下	以下	0.21	0.067	以下	以下
2	(黒須田川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.033	以下	以下	0.37	0.18	以下	以下
3	(布川)	荏田管理橋	以下	以下	以下	以下	0.033	以下	以下	0.12	0.15	以下	以下
4	(寺家川)	宮前橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.12	0.031	以下	以下
5	(鴨志田川)	いなり橋	以下	以下	以下	以下	0.033	以下	以下	0.13	0.19	以下	以下
6	(奈良川)	神前橋	以下	以下	以下	以下	0.027	以下	以下	0.14	0.13	以下	以下
7	(大場川)	竹の下橋	以下	以下	以下	以下	0.032	以下	以下	0.11	0.046	以下	以下
8	(鴨居川)	鴨居橋	以下	以下	以下	以下	0.041	以下	以下	0.13	0.017	以下	以下
9	(岩川)	屋敷橋	以下	以下	以下	以下	0.032	以下	以下	0.13	0.087	以下	以下
10	(梅田川)	新治橋	以下	以下	以下	以下	0.035	以下	以下	0.20	0.16	以下	以下
11	(白鳥川)	真橋	以下	以下	以下	以下	0.025	以下	以下	0.096	0.015	以下	以下
12	椎子川	中井橋	以下	以下	以下	以下	0.027	以下	以下	0.090	0.084	以下	以下
13	(矢指川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.043	以下	以下	0.096	0.092	以下	以下
14	(今井川)	八幡橋	以下	以下	以下	以下	0.073	以下	0.018	0.088	0.068	以下	以下
15	(中堀川)	浜串橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.095	0.050	以下	以下
16	(二俣川)	四季美橋	以下	以下	以下	以下	0.033	以下	以下	0.071	以下	以下	以下
17	(新井川)	分水路際	以下	以下	以下	以下	0.033	以下	以下	0.11	0.014	以下	以下
18	(くぬぎ台川)	原下橋	以下	以下	以下	以下	0.028	以下	以下	0.14	0.029	以下	以下
19	(菅田川)	新川島橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.056	0.011	以下	以下
20	大岡川 (日野川)	港南橋	以下	以下	以下	以下	0.042	以下	以下	0.062	0.028	以下	以下
21	境川 (大門川)	中川橋	以下	以下	以下	以下	0.049	以下	以下	0.095	0.014	以下	以下
22	(相沢川)	童橋	以下	以下	以下	以下	0.036	以下	0.019	0.036	0.023	以下	以下
23	(和泉川)	鍋屋橋	以下	以下	以下	以下	0.028	以下	以下	0.067	0.074	以下	以下
24	(宇田川)	宇田川橋	以下	以下	以下	以下	0.051	以下	以下	0.088	0.052	以下	以下
25	(阿久和川)	トヨ橋	以下	以下	以下	以下	0.062	以下	以下	0.10	0.15	以下	以下
26	(平戸永谷川)	渡戸橋	以下	以下	以下	以下	0.094	以下	以下	0.095	0.080	以下	以下
27	(舞岡川)	元舞橋	以下	以下	以下	以下	0.028	以下	以下	0.070	0.039	以下	以下
		定量限界値	<0.001	<0.005	<0.005	<0.002	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.008

表 - 9 中小河川水質調査 採水日 平成16年5月

単位 (ppm)

No	水域名 (支川)	測定地点	Cd	Pb	As	Se	B	Cu	Zn	Fe	Mn	Cr	Ni
1	鶴見川 (砂田川)	団地入口橋	以下	以下	以下	以下	0.026	以下	以下	0.092	0.067	以下	以下
2	(黒須田川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.038	以下	以下	0.42	0.11	以下	以下
3	(布川)	荏田管理橋	以下	以下	以下	以下	0.039	以下	0.014	0.12	0.19	以下	以下
4	(寺家川)	宮前橋	以下	以下	以下	以下	0.035	以下	以下	0.19	0.067	以下	以下
5	(鴨志田川)	いなり橋	以下	以下	以下	以下	0.034	以下	以下	0.11	0.081	以下	以下
6	(奈良川)	神前橋	以下	以下	以下	以下	0.033	以下	以下	0.14	0.12	以下	以下
7	(大場川)	竹の下橋	以下	以下	以下	以下	0.037	以下	以下	0.12	0.031	以下	以下
8	(鴨居川)	鴨居橋	以下	以下	以下	以下	0.049	以下	以下	0.11	0.015	以下	以下
9	(岩川)	屋敷橋	以下	以下	以下	以下	0.034	以下	以下	0.13	0.037	以下	以下
10	(梅田川)	新治橋	以下	以下	以下	以下	0.038	以下	以下	0.18	0.067	以下	以下
11	(白鳥川)	真橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.14	0.018	以下	以下
12	椎子川	中井橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.087	0.038	以下	以下
13	(矢指川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.036	以下	以下	0.11	0.055	以下	以下
14	(今井川)	八幡橋	以下	以下	以下	以下	0.041	以下	0.017	0.038	0.028	以下	以下
15	(中堀川)	浜串橋	以下	以下	以下	以下	0.028	以下	以下	0.099	0.026	以下	以下
16	(二俣川)	四季美橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.075	0.021	以下	以下
17	(新井川)	分水路際	以下	以下	以下	以下	0.034	以下	以下	0.11	0.024	以下	以下
18	(くぬぎ台川)	原下橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.071	0.029	以下	以下
19	(菅田川)	新川島橋	以下	以下	以下	以下	0.039	以下	以下	0.072	0.021	以下	以下
20	大岡川 (日野川)	港南橋	以下	以下	以下	以下	0.046	以下	以下	0.092	0.028	以下	以下
21	境川 (大門川)	中川橋	以下	以下	以下	以下	0.035	以下	以下	0.058	0.024	以下	以下
22	(相沢川)	童橋	以下	以下	以下	以下	0.031	以下	0.018	0.036	0.023	以下	以下
23	(和泉川)	鍋屋橋	以下	以下	以下	以下	0.027	以下	以下	0.057	0.054	以下	以下
24	(宇田川)	宇田川橋	以下	以下	以下	以下	0.044	以下	以下	0.068	0.046	以下	以下
25	(阿久和川)	トヨ橋	以下	以下	以下	以下	0.058	以下	以下	0.066	0.024	以下	以下
26	(平戸永谷川)	渡戸橋	以下	以下	以下	以下	0.081	以下	以下	0.075	0.034	以下	以下
27	(舞岡川)	元舞橋	以下	以下	以下	以下	0.028	以下	以下	0.074	0.029	以下	以下
		定量限界値	<0.001	<0.005	<0.005	<0.002	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.008

表 - 10 中小河川水質調査 採水日 平成16年8月

単位 (ppm)

No	水域名 (支川)	測定地点	Cd	Pb	As	Se	B	Cu	Zn	Fe	Mn	Cr	Ni
1	鶴見川 (砂田川)	団地入口橋	以下	以下	以下	以下	0.028	以下	以下	0.052	0.087	以下	以下
2	(黒須田川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.033	以下	以下	0.072	0.12	以下	以下
3	(布川)	荏田管理橋	以下	以下	以下	以下	0.024	以下	以下	0.069	0.11	以下	以下
4	(寺家川)	宮前橋	以下	以下	以下	以下	0.021	以下	以下	0.038	0.053	以下	以下
5	(鴨志田川)	いなり橋	以下	以下	以下	以下	0.022	以下	以下	0.079	0.11	以下	以下
6	(奈良川)	神前橋	以下	以下	以下	以下	0.021	以下	以下	0.076	0.12	以下	以下
7	(大場川)	竹の下橋	以下	以下	以下	以下	0.037	以下	以下	0.069	0.066	以下	以下
8	(鴨居川)	鴨居橋	以下	以下	以下	以下	0.038	以下	以下	0.053	0.058	以下	以下
9	(岩川)	屋敷橋	以下	以下	以下	以下	0.021	以下	以下	0.079	0.075	以下	以下
10	(梅田川)	新治橋	以下	以下	以下	以下	0.036	以下	以下	0.17	0.069	以下	以下
11	(白鳥川)	真橋	以下	以下	以下	以下	0.023	以下	以下	0.098	0.058	以下	以下
12	椎子川	中井橋	以下	以下	以下	以下	0.025	以下	以下	0.029	0.089	以下	以下
13	(矢指川)	耕地橋	以下	以下	以下	以下	0.036	以下	以下	0.042	0.092	以下	以下
14	(今井川)	八幡橋	以下	以下	以下	以下	0.079	以下	0.014	0.046	0.068	以下	以下
15	(中堀川)	浜串橋	以下	以下	以下	以下	0.023	以下	以下	0.083	0.092	以下	以下
16	(二俣川)	四季美橋	以下	以下	以下	以下	0.021	以下	以下	0.043	0.042	以下	以下
17	(新井川)	分水路際	以下	以下	以下	以下	0.024	以下	以下	0.11	0.054	以下	以下
18	(くぬぎ台川)	原下橋	以下	以下	以下	以下	0.024	以下	以下	0.079	0.079	以下	以下
19	(菅田川)	新川島橋	以下	以下	以下	以下	0.029	以下	以下	0.065	0.041	以下	以下
20	大岡川 (日野川)	港南橋	以下	以下	以下	以下	0.036	以下	以下	0.084	0.068	以下	以下
21	境川 (大門川)	中川橋	以下	以下	以下	以下	0.025	以下	以下	0.075	0.064	以下	以下
22	(相沢川)	童橋	以下	以下	以下	以下	0.021	以下	0.011	0.066	0.059	以下	以下
23	(和泉川)	鍋屋橋	以下	以下	以下	以下	0.024	以下	以下	0.061	0.064	以下	以下
24	(宇田川)	宇田川橋	以下	以下	以下	以下	0.039	以下	以下	0.054	0.059	以下	以下
25	(阿久和川)	トヨ橋	以下	以下	以下	以下	0.061	以下	以下	0.095	0.098	以下	以下
26	(平戸永谷川)	渡戸橋	以下	以下	以下	以下	0.096	以下	以下	0.057	0.071	以下	以下
27	(舞岡川)	元舞橋	以下	以下	以下	以下	0.021	以下	以下	0.083	0.062	以下	以下
		定量限界値	<0.001	<0.005	<0.005	<0.002	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.008

# 横浜市における酸性雨モニタリング調査 - 2003 年の結果 -

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 2003 -

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

横浜市環境科学研究所では、1984 年から酸性雨に関する調査研究を実施している。これまでの結果<sup>3)-6)</sup>から、横浜では国内の中でやや強いレベルの酸性雨が降り続けていること、市内の森林土壌は道路近傍を中心に一部地点で酸性化が生じていること、市内のブロンズ像等の屋外器物に酸性雨の被害が生じていること等が明らかになっており、さらに、最近の状況としては、三宅島火山ガスの影響が加わり、器物への酸性雨の影響を加速させている<sup>7)</sup>ことも明らかになっている。これらのことから今後も、引き続き注意深く監視していく必要がある。

ここでは、2003 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：2003 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<sup>8)</sup>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、湿性沈着モニタリング手引書<sup>9)</sup>に従い、pH、導電率(EC)、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>を表 - 1 に示す方法で分析した。

表 - 1 分析項目及び分析方法

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

## 3. 結果と考察

### (1) 降水量

2003 年 1 月～12 月の 1 年間に 86 の降水を採取した。その貯水量から算出した年間降水量は 2139mm であった。この値は、採取地点から約 4km 離れた横浜地方気象台における年間降水量<sup>10)</sup> (2132mm) とほぼ一致していた。なお、2003 年における年間降水量は平年（平年値<sup>11)</sup>1622.5mm）よりかなり多かった。

### (2) pH

図 - 1 に 2003 年 1 月～12 月までの一降水毎の pH の変化を示す。2003 年の一降水全量の最高値は 5.74 (10 月 6 日)、最低値は 3.04 (7 月 10 日)、降水量で重み付けした年平均値は 4.69 であった。一方、初期 1mm は最高値が 6.64 (5 月 8 日)、最低値が 3.04 (7 月 10 日)、年平均値が 4.10 であった。2003 年は 86 の降水試料を得たが、酸性雨とされる pH5.6 以下のものは一降水全量が 84 試料 (98%)、初期 1mm が 77 試料 (90%) であった。

図 - 2 に 1984～2003 年までの pH の経年変化を示す。経年的には一降水全量、初期 1mm とともに 1990 年頃からやや上昇傾向となっていたが、2000 年からは三宅島火山ガスの影響<sup>12)</sup>により急激に低下した。その後、一降水全量はやや回復傾向がみられるが、初期 1mm については火山ガス放出前に比べると、依然としてまだまだかなり低い値となっている。

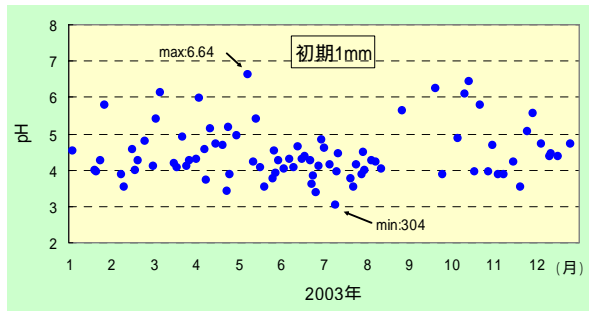


図-1 降水毎の pH の変化  
(2003年1月～12月)

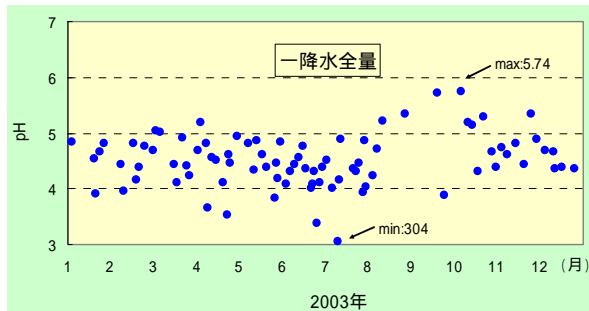


図-2 pH の経年変化

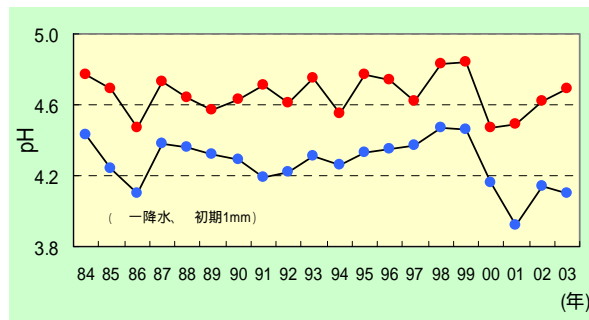


図-3 湿性沈着量の経年変化

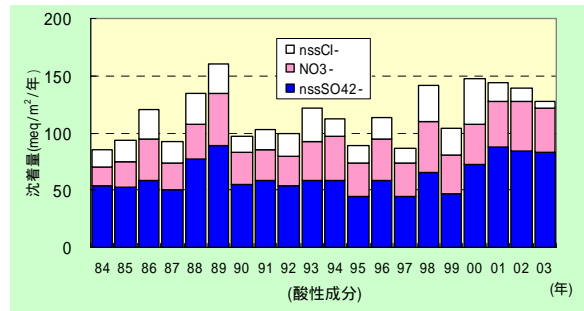
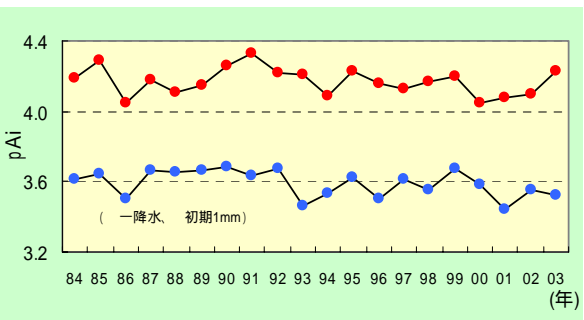
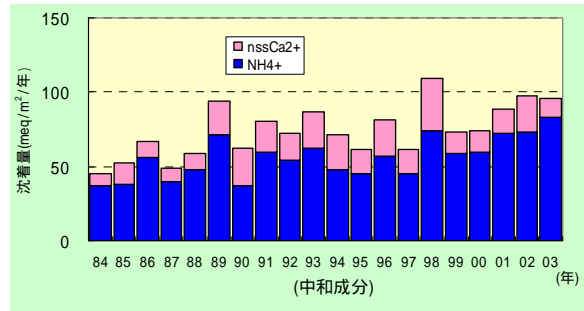


図-4 pAi の経年変化



### (3) 湿性沈着量

表 - 2 に湿性 (降水) による各成分の沈着物の測定結果を示す。また、図 - 3 に非海塩起源  $\text{SO}_4^{2-}$  (non sea salt  $\text{SO}_4^{2-}$ 、以下  $\text{nssSO}_4^{2-}$ )、 $\text{NO}_3^-$ 、非海塩起源  $\text{Cl}^-$  (以下  $\text{nssCl}^-$ ) の酸性雨原因成分 (以下、酸性成分) 及び  $\text{NH}_4^+$ 、非海塩起源  $\text{Ca}^{2+}$  (以下  $\text{nssCa}^{2+}$ ) の中和成分の経年推移を示す。なお、非海塩成分の算出は、海水の成分組成をもとに雨水中の  $\text{Na}^+$  をすべて海塩由来と仮定して算出しており、算出した非海塩成分が負となった場合は 0 として取り扱っている。また、欠測期間のある年 (1984 年、1986 年) については、 $[\text{測定値}] / [\text{測定月数}] \times [12]$  で年間値に補正した値を用いた。

2003 年の湿性による酸性成分の沈着量は、 $\text{nssSO}_4^{2-}$  が  $83\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、 $\text{NO}_3^-$  が  $39\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、 $\text{nssCl}^-$  が  $5\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、これらの合計量 (以下、TA) が  $127\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$  であった。

一方、中和成分は、 $\text{NH}_4^+$  が  $83\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、 $\text{nssCa}^{2+}$  が  $13\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、これらの合計量 (以下、TN) が  $96\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$  であった。

酸性成分、中和成分について、TA、TN で経年推移をみると、TA は 2000 年以降やや増加傾向がみられており、その主な原因は  $\text{nssSO}_4^{2-}$  の増加にあるが、これは、前報<sup>7), 12)</sup> で報告したように、三宅島火山ガスによる影響と考えられる。

一方、TN は測定開始以来、漸増傾向となっており、その主な原因は  $\text{NH}_4^+$  の増加にあり、2003 年の  $\text{NH}_4^+$  は測定開始当初に比べ、約 2 倍の量となっている。

なお、(2) で述べたように、pH は 1990 年頃～1999 年の間、や

や上昇傾向を示したが、この間、酸性雨原因成分 (TA) は特に減少傾向にはなかった。Hara<sup>13)</sup> は pH の評価としては、実際の pH だけでなく、酸性成分だけによる潜在的な pH (pAi、ここで  $\text{Ai} = \text{TA}$ ) を算出し、実 pH と併せて評価することが重要であると述べている。図 - 4 に一降水全量、初期 1mm の pAi の経年推移を示す。これより、1990 年頃～1999 年の間、潜在的 pH は上昇してはならず、むしろやや低下傾向にあることがわかる。実 pH が上昇傾向を示したのは主に  $\text{NH}_4^+$  の増加にあると考えられる。

### (4) 乾性沈着量

表 - 3 に各成分の乾性沈着物の測定結果を示す。また、図 - 5 に酸性成分、中和成分の経年推移を示す。なお、欠測期間のある年 (1991～1993 年) については、 $[\text{測定値}] / [\text{測定月数}] \times [12]$  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)。

2003 年の乾性による酸性成分の沈着量は、 $\text{nssSO}_4^{2-}$  が  $12\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、 $\text{NO}_3^-$  が  $11\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、 $\text{nssCl}^-$  が  $0.6\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、TA としては  $24\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$  であった。一方、中和成分は  $\text{NH}_4^+$  が  $2.5\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、 $\text{nssCa}^{2+}$  が  $26\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ 、TN としては  $29\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$  であった。

TA、TN で酸性成分、中和成分の沈着量の経年推移をみると、TA は 1991 年以降かなり減少してきており、特に  $\text{nssSO}_4^{2-}$  の減少が著しかった。これは主に軽油中硫黄分の削減等による効果<sup>14), 15)</sup> と考えられる。一方、TN も 1991 年以降やや減少傾向がみられている。

4.まとめ

2003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)2003年の降水の年平均pHは初期1mm降水が4.10、一降水全量が4.69であり、初期1mm降水は三宅島火山ガス放出前に比べかなり低かった。

(2)2003年の湿性(降水)による $\text{r}_{\text{ss}}\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{r}_{\text{ss}}\text{Cl}^-$ の沈着量は83、39、5( $\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ )であり、 $\text{r}_{\text{ss}}\text{SO}_4^{2-}$ 沈着量は三宅島火山ガス放出前に比べ、依然としてまだかなり多かった。

(3)2003年の乾性による $\text{r}_{\text{ss}}\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{r}_{\text{ss}}\text{Cl}^-$ の沈着量は12、11、0.6( $\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ )であった。

表-2 湿性沈着量

	pH		降水量 mm	meq/m <sup>2</sup> /年												
	初期1mm	一降水		H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	r <sub>ss</sub> Ca <sup>2+</sup>	r <sub>ss</sub> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	r <sub>ss</sub> Cl <sup>-</sup>	TA	TN	N/S比
1984年	4.43(3.82)	4.77(3.79)	853	14	24	1.0	16	5	11	27	5	36	10	57	29	0.31
(1984年)			(1280)	(22)	(37)	(1.5)	(24)	(8)	(16)	(40)	(8)	(54)	(15)	(85)	(45)	(0.30)
1985年	4.24(3.39)	4.69(3.88)	1824	37	38	1.8	45	13	22	68	14	53	19	94	52	0.42
1986年	4.10(3.46)	4.47(3.57)	1003	34	42	3.1	20	5	28	42	8	44	18	90	50	0.64
(1986年)			(1337)	(46)	(56)	(4.1)	(27)	(7)	(37)	(56)	(11)	(58)	(25)	(120)	(66)	(0.64)
1987年	4.38(3.80)	4.73(4.02)	1408	27	40	4.4	26	7	24	46	9	50	18	92	49	0.48
1988年	4.36(3.79)	4.64(3.94)	1694	39	48	1.8	30	8	31	59	11	77	26	134	59	0.40
1989年	4.32(3.64)	4.57(3.85)	2277	62	71	2.8	53	19	45	86	23	89	26	160	94	0.51
1990年	4.29(3.53)	4.63(3.85)	1764	42	37	2.8	95	27	28	111	25	55	14	97	62	0.51
1991年	4.19(3.62)	4.71(3.79)	2196	43	60	1.8	38	15	26	62	20	59	18	103	80	0.44
1992年	4.22(3.41)	4.61(3.74)	1654	40	54	1.8	47	13	26	74	18	54	19	99	72	0.48
1993年	4.31(3.73)	4.75(3.78)	1952	34	62	2.1	34	12	33	69	25	59	30	122	87	0.56
1994年	4.26(3.48)	4.55(3.68)	1372	39	48	1.0	35	12	39	54	23	58	15	112	71	0.67
1995年	4.33(3.74)	4.77(3.99)	1524	26	45	1.5	37	10	29	58	16	45	15	89	61	0.64
1996年	4.35(3.57)	4.74(3.76)	1653	30	57	1.8	43	11	37	67	24	58	19	114	81	0.64
1997年	4.37(3.62)	4.62(3.81)	1162	28	45	1.5	47	13	30	68	16	44	13	87	61	0.68
1998年	4.47(3.40)	4.83(3.90)	2114	31	74	2.1	75	22	45	120	35	65	32	142	109	0.69
1999年	4.46(3.78)	4.84(3.89)	1651	24	59	1.3	42	12	34	73	14	47	23	104	73	0.72
2000年	4.16(3.24)	4.47(3.49)	1635	55	60	1.7	52	12	35	99	14	73	39	147	74	0.48
2001年	3.92(2.98)	4.49(3.21)	1721	55	72	2.2	82	16	40	106	17	88	16	144	89	0.45
2002年	4.14(3.45)	4.62(3.71)	1730	41	73	2.4	100	22	43	127	24	84	12	139	97	0.51
2003年	4.10(3.04)	4.69(3.04)	2139	44	83	2.0	52	10	39	64	13	83	5	127	96	0.47
年平均	4.26(2.98)	4.65(3.04)	1748	39	57	2.0	52	14	34	78	19	63	20	117	76	0.53

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

注2)pHの( )は最低値を示す。

注3)r<sub>ss</sub>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4)TAは酸性成分の総量(r<sub>ss</sub>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>+NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+r<sub>ss</sub>Cl<sup>-</sup>)、TNは中和成分の総量(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>+r<sub>ss</sub>Ca<sup>2+</sup>)、N/S比はNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/(r<sub>ss</sub>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>当量比)を示す。

注5)年平均の欄には欠測のある年(1984年、1986年)を除いた18ヶ年の平均を示した。

表-3 乾性沈着量

	測定 月数	meq/m <sup>2</sup> /年													N/S比
		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	r <sub>ss</sub> Ca <sup>2+</sup>	r <sub>ss</sub> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	r <sub>ss</sub> Cl <sup>-</sup>	TA	TN	
1991年	8	6.4	1.4	21	30	14	30	11	41	29	28	17	56	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	16	59	44	0.72
1995年	12	4.8	2.0	16	33	7	17	13	26	32	15	8	36	37	0.87
1996年	12	6.8	1.4	17	49	12	27	14	29	48	25	9	48	55	0.56
1997年	12	2.8	1.3	18	41	6	19	15	20	40	16	1	32	43	0.94
1998年	12	2.3	1.1	14	41	5	20	12	24	41	18	7	37	43	0.67
1999年	12	2.9	1.1	17	25	7	12	11	25	24	10	6	27	27	1.08
2000年	12	2.5	1.2	13	24	5	12	11	18	23	11	4	26	26	1.00
2001年	12	3.3	1.2	15	27	6	16	13	21	26	14	4	31	29	0.93
2002年	12	3.4	1.2	20	27	6	13	11	22	26	10	1	22	29	1.07
2003年	12	2.5	1.1	15	26	5	14	11	18	26	12	0.6	23	28	0.90
年平均	12	3.7	1.3	17	33	7	18	13	24	32	16	6	34	36	0.87

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)r<sub>ss</sub>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(r<sub>ss</sub>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>+NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+r<sub>ss</sub>Cl<sup>-</sup>)、TNは中和成分の総量(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>+r<sub>ss</sub>Ca<sup>2+</sup>)、N/S比はNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/(r<sub>ss</sub>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>当量比)を示す。

注4)年平均の欄には欠測のない18ヶ年(1994年~2003年)の平均を示した。



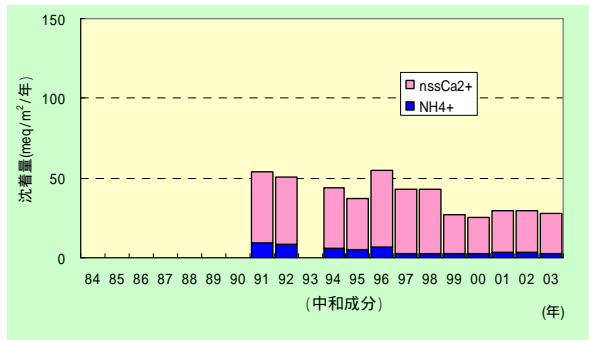
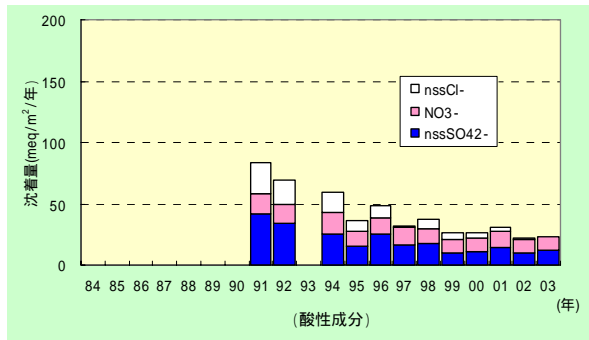


図-5 乾性沈着量の経年変化

文献

1) 環境省酸性雨対策検討会：第4次酸性雨対策調査取りまとめ(平成14年9月).  
書(1993).

2) 気象庁：三宅島の火山活動に関する火山噴火予知連絡会統一見解(平成14年5月23日).  
3) 横浜市環境科学研究所：酸性雨に関する調査研究報告  
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( ) - 酸性雨による器物影響 - (1998).  
5) 加藤善徳、梅田てるみ：横浜の森林土壌の酸性化の実態と酸中和能(1) - スギ林、広葉樹林、林外土壌の調査 -、横浜市環境科学研究所報第26号、129-138(2002).  
6) 加藤善徳、梅田てるみ：横浜の森林土壌の酸性化の実態と酸中和能(2) - 人工酸性雨・カラム試験による酸中和能の測定 -、横浜市環境科学研究所報第29号、-(2005).  
7) 梅田てるみ、加藤善徳：酸性雨等による金属材料への影響調査 - 三宅島火山ガス放出後の金属溶出量、腐食量の状況 -、大気環境学会誌、第39巻、第1号、11-20(2004).  
8) 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).  
9) 環境庁大気規制課：湿性沈着モニタリング手引書(平成10年5月).  
10) 気象庁編集：気象庁月報、6巻1~12号(2003年1月~12月).  
11) 気象庁編集：気象庁観測平年値(2001年4月).  
12) 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).  
13) Hara, H.: Acid desposition chemistry in Japan. Bull. Inst. Public Health, 42, 1-12(1993).  
14) 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).  
15) 横浜市環境保全局：横浜市環境白書 - 平成14年度版 -、p107(平成14年12月).

# 横浜市（磯子区）における殺虫剤、殺菌剤、 除草剤の湿性沈着について

酒井 学（横浜市環境科学研究所）

## Wet-deposition of pesticides (insecticides, fungicides, herbicides) at Isogo Ward of Yokohama

Manabu Sakai (Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード：殺虫剤、殺菌剤、除草剤、沈着、ジクロルボス、クロロタロニル、フェニトロチオン

### 要旨

横浜市磯子区において、平成 14 年 4 月から平成 15 年 3 月にかけて、降水中の殺虫剤、殺菌剤、除草剤に関する調査を行い、湿性沈着量を求めた。その結果、有機リン系殺虫剤のジクロルボスが年間  $141 \mu\text{g}/\text{m}^2$  であり、次いで殺菌剤のクロロタロニルが  $50 \mu\text{g}/\text{m}^2$  であった。平成 14 年度の PRTR データ等から、横浜市をはじめとする多くの地域でジクロルボスやクロロタロニルが使用されており、その一部が揮散した後、大気から雨水を経て、地上に沈着したものと考えられた。

### 1. はじめに

農作物を病虫害から守り、除草等を効果的に行うため、また倉庫等における害虫駆除のため、多様な農薬や防疫用の殺虫剤が使用されている。これらは、生産性を高めたり、公衆衛生の向上に貢献する反面、周辺生態系に影響を及ぼすおそれがあり、一部について、公共用水域の指針値が設定されている。また、平成 11 年に公布された「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（PRTR 法）」では、多くの農薬や防疫用殺虫剤が同法の対象となり、使用量（推計）が公開され、リスクマネジメントへの活用も図られつつある。

一方、農地等で散布した農薬や建物等で使用した防疫用殺虫剤は、一部が大気中に揮散した後、移動し、雨水に取り込まれて地上に沈着することが知られている<sup>1-5)</sup>。これは、雨水を経由して、農薬や殺虫剤を広範囲に散布した形である。

そこで、平成 14 年 4 月から平成 15 年 3 月に雨水を採取し、殺虫剤、殺菌剤、除草剤の湿性沈着量を調べるとともに、PRTR 法に基づく排出量（推計値）との比較を行った。

### 2. 調査方法

#### 2-1 試料採取及び試料調製

試料採取は以前の調査に準じ<sup>3)</sup>、横浜市磯子区滝頭の環境科学研究所屋上（高さ 20m）で雨水を採取した。周囲 5km 以内には、住宅、商業施設、医療施設、教育施設、工場

等の産業施設は存在するものの、田畑等農地は少ない場所である。

平成 14 年 4 月から平成 15 年 3 月までの間で、1 降雨あたり 5mm 以上のものについて分析対象とした。雨水試料を採取後、固相抽出処理し（Sep-pak PS-2）、超高純度窒素ガスパージにより 1mL 以下に濃縮した。

#### 2-2 殺虫剤、殺菌剤、除草剤の分析

以前の調査同様に<sup>3)</sup>、51 種類の殺虫剤等について GC-MS（アジレント製 5973）及び GC-FPD（アジレント製 6890）を用いて分析を行った。カラムは、MS の場合、DB-5ms（内径 0.25mm、長さ 30m）、GC の場合、DB-5（内径 0.32mm、長さ 30m）を用いた。

#### 2-3 気象データ

試料採取日の気象データは、当研究所から北東約 4km に位置する横浜地方気象台による観測値を用いた<sup>6)</sup>。

### 3. 結果及び考察

平成 14 年 4 月から平成 15 年 5 月までの雨水 63 試料を分析したところ、4 種類の殺虫剤（ジクロルボス、フェニトロチオン、マラチオン、ダイアジノン）、4 種類の殺菌剤（クロロタロニル、フサライド、メプロニル、トルクロホスメチル）、1 種類の除草剤（モリネート）が検出され、最も高い濃度は平成 15 年 2 月 24 日のジクロルボスの  $0.94 \mu\text{g}/\text{L}$ （降水量 5.5mm）であった。

雨水中の農薬濃度と降水量の関係から単位面積あたり

の湿性沈着量を求めたところ、年間 $10\mu\text{g}/\text{m}^2$ 以上は、ジクロロポス、クロロタロニル、フェニトロチオンの3種類であった(表1)。今回最も湿性沈着量の多かったものは、農地や建物内において農薬や防疫用殺虫剤として使用されるジクロロポスであり、年間 $141\mu\text{g}/\text{m}^2$ となった。次に、農地、庭園、ゴルフ場などで殺菌剤として使用されるクロロタロニル( $50\mu\text{g}/\text{m}^2$ )、農地、庭園、ゴルフ場などで殺虫剤として使用されるフェニトロチオン( $22\mu\text{g}/\text{m}^2$ )となった。他の48種類の農薬については、年間湿性沈着量は $10\mu\text{g}/\text{m}^2$ 以下であった。

表1 湿性沈着量及び環境排出量

	横浜市磯子区滝頭における単位面積あたりの年間湿性沈着量( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ )	平成14年度の横浜市全域の環境排出量(kg)	単位面積あたりの環境排出量*( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ )	単位面積あたりの年間沈着量の排出量に対する比率(%)
ジクロロポス	141	3350	7700	1.8
クロロタロニル	50	1560	3600	1.4
フェニトロチオン	22	2690	6200	0.35

・他の殺虫剤、殺菌剤、除草剤等は湿性沈着量が年間 $10\mu\text{g}/\text{m}^2$ 以下

・平成14年度の横浜市全域の環境排出量:「かながわのPRTR」<sup>7)</sup>

\*)横浜市全域における環境排出量と市の面積から換算

平成11年~12年の宇都宮の調査と今回の横浜(磯子区滝頭)の調査を比較すると、宇都宮の年間湿性沈着量はフェニトロチオンが $546\mu\text{g}/\text{m}^2$ 、フェノプロカルブが $41.9\mu\text{g}/\text{m}^2$ 、ダイアジノンが $38.3\mu\text{g}/\text{m}^2$ 、モリネートが $21\mu\text{g}/\text{m}^2$ となっており<sup>4)</sup>、横浜(磯子区滝頭)におけるこれら殺虫剤等の湿性沈着量は、宇都宮よりもかなり少ない結果であった。次にジクロロポス及びクロロタロニルの湿性沈着量について、月別の変化を、月間降水量(5mm以下のもを除いて計算したもの)とともに、図-1に示した。

ジクロロポス、クロロタロニルいずれも冬季の沈着量が春~秋季より少ない傾向が認められるが、月による変動が大きく、7月の沈着量が5月、6月と比較して極めて少なくなっていた。平成14年7月の月間降水量は、台風6号及び台風7号による大雨の寄与が大きく、5月、6月の雨と気象状況が異なっており、これが沈着量の変化に関係しているのではないかと考えられた。

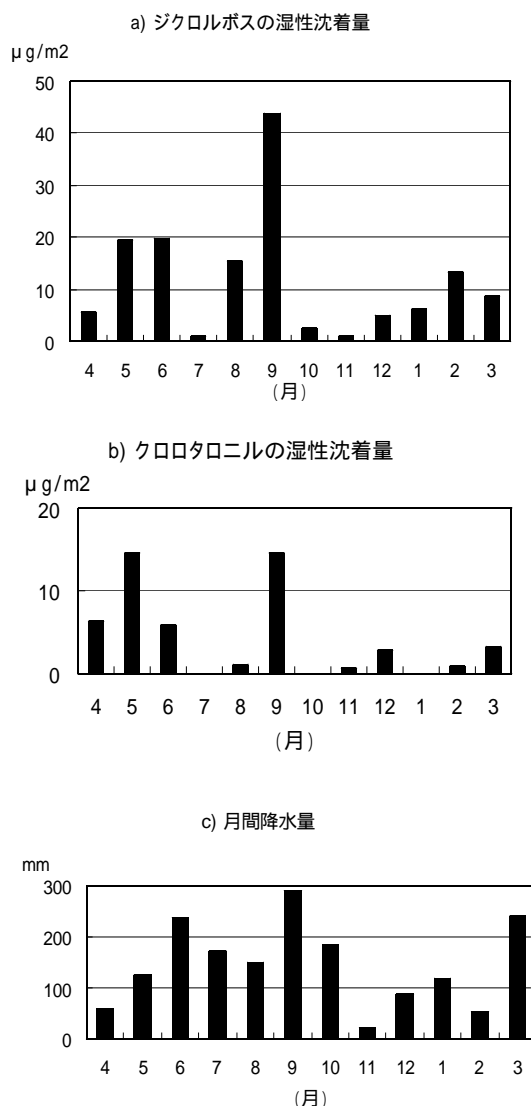


図-1 平成14年度月別の湿性沈着量及び降水量

最後に湿性沈着量が $10\mu\text{g}/\text{m}^2$ 以上の殺虫剤(ジクロロポス、フェニトロチオン)、殺菌剤(クロロタロニル)について、PRTR法に基づく環境排出量の推計データとの比較を行った(表-1)。

ジクロロポスの場合、平成14年度の横浜市環境排出量(使用量)は年間3350kg(推計)であった(参考:神奈川県全体では、11600kg、東京都全体で21900kg、千葉県で16200kgとなり、横浜市のみならず、周辺の自治体で、広く使用、排出されている。<sup>8)</sup>)。また、ジクロロポスの排出量を、横浜市面積(435,000,000 $\text{m}^2$ )で除し、横浜市の単位面積あたりに換算すると年間 $7700\mu\text{g}/\text{m}^2$ となった。年間湿性沈着量は、 $141\mu\text{g}/\text{m}^2$ であり、単位面積あたりの環境排出量と沈着量を比較すると、沈着量は環境排出量の1.8%に相当した。

また、クロロタロニルは、年間湿性沈着量は50  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  で、横浜市の単位面積あたりの環境排出量の1.4%に相当し、フェニトロチオンでは、単位面積あたりの環境排出量の0.35%に相当した。

#### 4. まとめ

横浜市磯子区に位置する横浜市環境科学研究所の屋上にて雨水を採取し、農薬の湿性沈着量を求めたところ、殺虫剤のジクロロボス (141  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ )、殺菌剤のクロロタロニル (50  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ )、殺虫剤のフェニトロチオン (22  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) の3種類が年間10  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  を超えていた。これらは、横浜市における単位面積あたりの環境排出量 (PRTRによる推計値) の1.8 ~ 0.35パーセントに相当していたが、横浜市以外の周辺自治体で広く使用、排出されており、発生源や使用状況等について不明な点も多く、更なる検討が今後の課題と思われた。

#### 参考文献

1) Kawata, K., Mukai, H., Tanabe, H., Yasuhara, A.: Annual variation of insecticides in precipitation in rural Japan, Bull. Environ. Contam. Toxicol., **57**, 853-858 (1996).

2) Dubus, I. G., Hollis, J. M., Brown, C. D.: Pesticides in rainfall in Europe, Environ. Pollut., **110**, 331-344 (2000).

3) Sakai, M.: Investigation of pesticides in rainwater at Isogaward of Yokohama, J. Health Sci., **49**, 221-225 (2003).

4) Suzuki, S., Otani, T., Iwasaki, S., Ito, K., Omura, H., Tanaka, Y.: Monitoring of 15 pesticides in rainwater in Utsunomiya, Eastern Japan, 1999-2000: J. Pesticide Sci., **28**, 1-7 (2003).

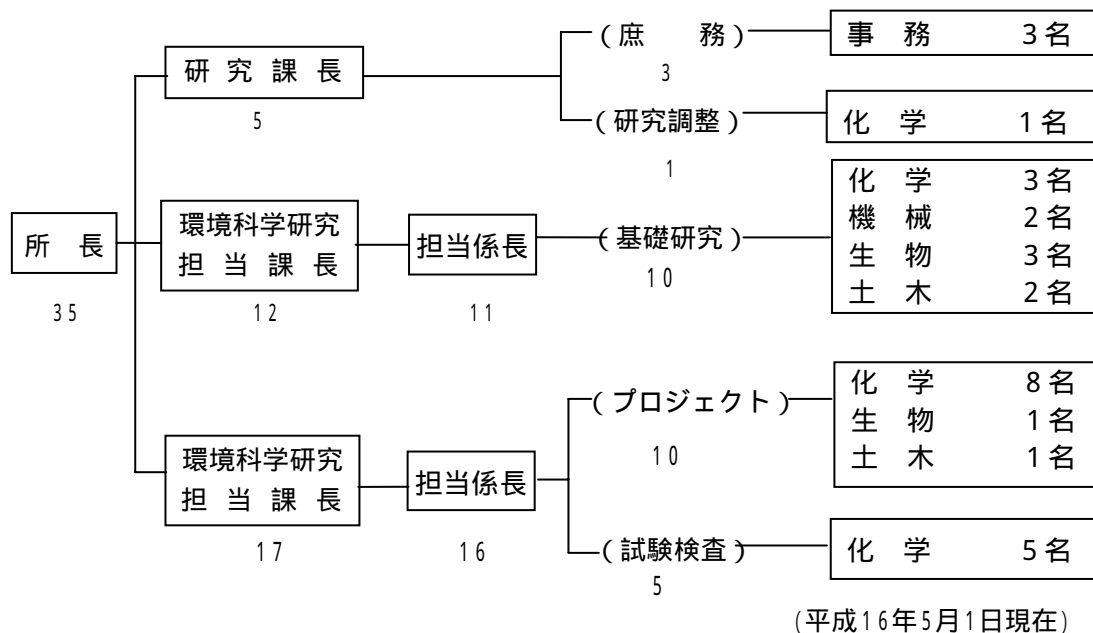
5) Quaghebeur, D., Smet, B.D., Wulf, E.D., Steurbaut, W.: Pesticides in rainwater in Flanders, Belgium: results from the monitoring program 1997-2001, J. Environ. Monit., **6**, 182-190 (2004).

6) 横浜地方気象台: ホームページ「電子閲覧室」(<http://www.data.kishou.go.jp/etrn/prefecture/index46.html>)

7) 神奈川県環境科学センター: ホームページ「かながわPRTR情報室」(<http://www.k-erc.pref.kanagawa.jp/prtr/>)

8) 環境省: ホームページ (<http://www.prtr-info.jp/prtrinfo/>)

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	ダイナミック等分析室
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
水銀分析計	日本インスツルメンツ RA-3	1式	液クロマト室
原子吸光光度計	パ・キンエルマ・アナリスト 300	1式	原子吸光室
高周波プラズマ質量分析装置	島津 ICPM-8500	1式	原子吸光室
高周波プラズマ発光分光分析装置	島津 ICPS-7000	1式	原子吸光室
慢性毒性試験装置(魚用)	関東工機製作所製 外	2式	生物研究室
電気炉	ADVANTEC KL-280 外	2台	分解室(3F)
標準ガス精密希釈装置	製鉄化学工業 SDS-401	1式	標準ガス調製室
石英ガラスチャンパー	ダイレック	1台	標準ガス調製室
ハルソナル・ダ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-700D	1式	ガスマス室
ガスクロマトグラフ質量分析計	島津 GCMS-QP2010	1式	ガスマス室
マイクロウェーブ測定用吸光光度計	カシ・エヌケイター・ナショナル 仏ノミ NJ-2300	1式	実験室(4F)
データレコーダー	ソニー PC204, 208	2台	音環境研究室
2chFFT分析器	小野測器 CF-360	1式	音環境研究室
広帯域1/3 octave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
騒音振動データ処理機	ヒューレット・パッカート モデル 712/100	1式	音環境研究室
広帯域精密騒音計	小野測器 LA-5110	3台	音環境研究室

品名	規格	数量	配置
オートアナライザ (HPLC 分析装置)	DIONEX DX-120	1 式	実験準備室
ガスクロマトグラフ分析装置	HP6890, 島津 GC-14A 外	5 式	ガスクロマトグラフ室
農薬分析装置	アジレント 5973N 外	3 式	ガスクロマトグラフ室
イオンクロマトグラフ	DIONEX DX-320	1 台	都市環境研究室
分光光度計	日本分光 V-550 外	1 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-マルテ-ソ-フ-シヨ-ンガ-スクロマトグラフ	パーキンエルマー ATD-400	1 式	大気試験室
高速液体クロマトグラフ	アジレント 1090	1 式	大気試験室
高精度オゾン計	紀本電子工業製	1 台	器材庫 (5F)
コンポジットサンプラー	日科機 S-4081	1 式	器材庫 (5F)
風向別制御装置	日本公害防止技術センター WDP-100	1 式	器材庫 (5F)
科学技術計算システム	富士通 GRANPOWER 5000 外	1 式	中央データ処理室
薬品管理システム	関東化学 IASO 2000	1 式	中央データ処理室
ガスクロマトグラフ質量分析計	JEOL 製 AUTOMASS Sun	1 式	微量ガス分析室
自動雨水採取装置	小笠原 US-330+300 型	1 式	屋上
風向風速計	海上電機 WA-200 外	2 台	屋上
線式浮遊粒子状物質自動測定器	DKK DUB-32	1 台	屋上
高精度自動体積計	エステック VM-100	1 式	処理実験室
標準圧密試験器 (3 連型)	丸東 S43-3 UL-1	1 台	地盤環境研究室
ソイルミキサー	丸東 SE-27	1 台	地盤環境研究室
高精度弾性波速度測定装置	丸東製作所製	1 台	地盤環境研究室
6 ペンレコ-ダ-	理化電機	1 台	標準ガス調製室
光透過式スモ-クメ-タ-	堀場製作所	1 台	器材庫 (5F)
直挿型 NOx 分析計	堀場 MEXA-120 NOx	1 台	器材庫 (5F)

### 3. 調査研究事業予算一覧

(単位：千円)

調査研究事業名	平成16年度
ダイオキシンに関する研究	26,850
環境ホルモン環境調査	2,231
水と緑の資源を生かした環境共生都市推進計画の策定	10,000
都市持続的発展研究(酸性雨)	1,036
ヒートアイランド対策事業	23,990
大気環境に関する研究	838
水域環境の改善に関する研究	1,002
水質汚濁対策推進に関する研究	248
地盤環境に関する研究	1,395
音環境に関する研究	388
合 計	67,978



#### 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
日本珪藻学会第24回大会	2003. 5	河川珪藻群集構造の評価のための顕微鏡観察用資料	福嶋悟
第9回河川技術シンポジウム	2003. 6	出水が河床石面付着物に及ぼす影響に関する実験的検討	皆川朋子・萱場祐一・尾澤卓思(土木研自然共生研究セ)、福嶋悟
平成15年度神奈川県環境・公害研究機関合同発表会	2003. 6	下水処理水によるせせらぎの再生と生物	福嶋悟
全国環境研協議会関東甲信静支部騒音振動専門部会	2003. 7	横浜市生活環境の保全等に関する条例：騒音振動関係	鹿島教昭
なかくっ子探検隊・NHK横浜子ども環境クルーズ	2003. 7	宇宙から見た東京湾	水尾寛己
大気汚染学会特別講演会	2003. 7	増え続ける光化学オキシダント - その原因と対策 - 、測定法における問題点	平野耕一郎
エアロゾル学会エアロゾル基礎講座	2003. 7	大気粒子の質量濃度測定と組成分析	平野耕一郎
IUGG 2003	2003. 7	Field Measurements Of Atmospheric Aerosols And Trace Gases At Amami-Oshima In APEX-E2	S. Sudo, S. Yonemura, T. Maeda, N. Kaneyasu, Y. Shirasuna, K. Hirano, K. Sera, S. Futatsugawa, R. Imasu
平成15年度第1回環境科学研究所研究発表会	2003. 8	音声情報装置を用いた視覚障害者の歩行実験	鹿島教昭
"	"	ヒートアイランド対策としての屋上緑化の温度低減効果	佐俣満夫
"	"	横浜市内の池に生息する魚類・甲殻類(十脚類)とその変化に関する研究	樋口文夫
"	"	横浜市内環境大気中におけるダイオキシン類調査	越智洋之
第44回大気環境学会	2003. 9	三宅島火山ガス放出後の酸性雨の状況 - 2003年5月までの状況 -	加藤善徳、梅田てるみ(横浜市食肉衛生検査所)
"	"	奄美大島で2003年春季に測定した大気エアロゾル中の化学組成とその発生源推定	鶴田治雄、須藤重人、白砂裕一郎・平野耕一郎、世良耕一郎、二つ川章二、前田高尚
"	"	蒸気拡散法によるベンゼン、トルエン、キシレン(BTX)の発生	加賀健一郎、平野耕一郎・白砂裕一郎、光崎純、泉克幸
"	"	拡散型サンプラーによるVOCの捕集性能と理論的サンプリングレートの算出	光崎純、中井里史、加賀健一郎、白砂裕一郎・平野耕一郎
"	"	オゾン濃度スケールの国際的相互比較	向井人史、谷本浩志、平野耕一郎
第44回大気環境学会年会	2003. 9	道路沿道における大気汚染物質濃度予測モデルに関する研究	平野耕一郎
応用生態工学研究会 第7回大会	2003.10	川床付着物と視覚的評価の関係に関する研究	皆川朋子・萱場祐一・尾澤卓思(土木研自然共生研究セ)、福嶋悟
全国環境研協議会関東甲信静支部水質専門部会東京湾連絡会	2003.10	横浜市沿岸水域で発生した赤潮及び魚介類の死亡原因に関して	水尾寛己・下村光一郎
日本環境技術協会環境技術講演会	2003.10	浮遊粒子状物質測定の現状と期待される測定技術	平野耕一郎
自然共生研究センター研究報告会2003	2003.11	出水が付着藻類に及ぼす影響について	皆川朋子(土木研究所自然共生研究セ)、福嶋悟
日本珪藻学会第23回研究集会	2003.11	横浜市内河川における珪藻群集の長期的モニタリング(1973~2002年)	福嶋悟

日本珪藻学会第23回研究会 集会	2003.11	日本産 <i>Gomphonema biceps</i> Meisterについて	福島博・小林艶子(藻類研)、福島悟、吉武佐紀子(湘南短期大)
第6回エメックス会議(エメックス2003)	2003.11	東京湾の水環境は改善されたか	小倉久子(千葉県環境研究セ)、安藤晴夫・山崎正夫(東京都環科研)、柏木宣久(統計数理研)、二宮勝幸
第1回青潮ワークショップ	2003.12	横浜市沿岸水域で発生した赤潮、青潮について	水尾寛己
室内環境学会年会特別シンポジウム	2003.12	標準測定法 - 室内空気汚染測定法の現状と学会からの提案 -	平野耕一郎
室内環境学会年会	2003.12	蒸気拡散法による高圧容器詰め標準ガスの濃度評価	加賀健一郎、泉克幸、中井里史、光崎純、平野耕一郎・白砂裕一郎
"	"	VOC用拡散型サンプラーの理論的サンプリングレート算出法の検討	光崎純、中井里史、泉克幸、加賀健一郎、平野耕一郎・白砂裕一郎
Findings and Current Problems in the Asian Particle Environmental Change Studies: 2003	2003.12	Characterization, source identification, and optical properties of atmospheric aerosols measured at Amami-Oshima, southwest Japan, during spring seasons under the APEX field campaign program	H. Tsuruta, S. Sudo, S. Yonemura, Y. Shirasuna, K. Hirano, K. Sera, S. Futatsugawa, T. Maeda, N. Kaneyasu, N. Takeuchi, T. Takamura, T. Nakajima
(社)日本建築学会 第22回環境振動シンポジウム	2004.1	苦情から考える環境振動問題	鹿島教昭
平成15年度第2回環境科学研究所研究発表会	2004.1	地盤情報活用システムの概要について	井上友博
"	"	エコロジカルネットワーク調査 『トンボはどこまで飛ぶか』調査結果について	島村雅英・小野勝義
"	"	小河川における環境基準達成のための要因に関する調査	小市佳延・福島悟
"	"	市内河川の環境ホルモン調査結果 - 平成14年度 -	倉林輝世・二宮勝幸
第2回青潮ワークショップ	2004.2	魚介類の死亡原因と気象要因等について	水尾寛己
第38回水環境学会	2004.3	東京湾、横浜市沿岸水域で発生した <i>Mesodinium rubrum</i> による赤潮及び生物被害	水尾寛己・下村光一郎、鳥海三郎(観音崎自然博)、風間真理(東京都環境局)、岡敬一(神奈川県環境科セ)、小野寺典好・阿久津卓(横浜市環保局)
東京湾岸自治体環境保全会議	2004.3	最近の東京湾の水環境 赤潮発生状況を中心に	水尾寛己

## 5. 雑誌等投稿

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
月刊下水道	2003.4	福島悟	下水道の普及と河川生態系の再生
[要旨] 流域に下水処理場がある河川とない河川の水環境特性、河川水質の回復と生物の分布変化、流域を越えた生物の移動について示した。			
雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
(社)日本騒音制御工学会技術レポート第27号	2003.4	鹿島教昭、吉久光一・岡田恭明(名城大学)、大島俊也・山本貢平(小林理学研)、石井皓(千葉県環境研究セ)、今泉博之・国松直(産総研)、山田一郎(空港環境整備協会航空環境研究セ)、長谷部正基(北大)	屋外の騒音伝搬に関する最近の研究動向

[要旨] 騒音伝搬に関する国内外の文献調査として、近年(10年間程度)に発表された論文を収集し、論文リスト及び主要論文の抄録を作成した。本技術レポートはその成果を取りまとめたものであり、付録として国際規格の動向と国際騒音

制御工学会で取りまとめた遮音壁に関するレポートの全訳を掲載した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
月刊下水道	2003. 5	福嶋悟	下水道の普及と河川生態系の再生

[要旨] 下水処理水を維持用水として利用している河川の藻類群集の特徴、藻類と水生動物との関係、河川生態系から見た水環境における今後の課題について示した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
河川技術論文集第9巻	2003. 6	皆川朋子・萱場祐一・尾澤卓思(土木研究所自然共生研究セ)、福嶋悟	出水が河床石面付着物に及ぼす影響に関する実験的検討

[要旨] 河川における遷移期間の異なる藻類群集に、出水が及ぼす影響について比較した結果、遷移期間が短い(13~15日間)群集は、長い遷移期間(43~45日)より明瞭に藻類量の減少が認められた。また、出水の有無により付着物の質的な相違が生じることが示された。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
Journal of Health Science	2003. 6	Manabu Sakai	Investigation of pesticides in rainwater at Isogo Ward of Yokohama

[要旨] 2001年8月から2002年7月まで、横浜市磯子区で、雨水中の農薬調査を行った。その結果、6種類の農薬が検出され、最も高い濃度は、ジクロルポスの0.33 µg/L(2002年5月7日)であった。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
海の研究	2003. 7	安藤晴夫・山崎正夫(東京都環科研)、柏木宣久(統計数理研)、二宮勝幸、小倉久子(千葉県環境研究セ)	東京湾における水温の長期変動傾向について

[要旨] 1976年から1998年までの公共水域の水質測定結果を用いて東京湾全域の水温の長期変動傾向を調べたところ、5月~8月に下降傾向、10月~3月に上昇傾向が認められた。また、地域的には、外洋水の流入経路に当たる湾南西部の海谷に沿う地点でこうした上昇・下降傾向が顕著であることが明らかとなった。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
大気環境学会誌 第39巻 第1号	2004. 1	梅田てるみ・加藤善徳	酸性雨等による金属材料への影響調査 - 三宅島火山ガス放出後の金属溶出量、腐食量の状況 -

[要旨] 1999年1月~2001年8月の間、横浜市磯子と山梨県道志で酸性雨による金属影響調査を行った結果、三宅島火山ガスの影響により、降水の酸性度が増し、金属溶出量が増大していることがわかった。また、その影響は山間部にも及んでいることがわかった。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
横浜の川と海の生物(第10報・河川編)	2004. 2	福嶋悟	横浜市内を流れる河川における付着藻類の分布状況(2002~2003年)

[要旨] 2002年夏期と冬期に横浜市内河川の91地点で藻類調査を行った結果から、群集構造の特徴、季節的出現状況、藻類指標による水質評価についてまとめた。また、付着藻類調査の新たな展開について検討した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
横浜の川と海の生物(第10報・河川編)	2004. 2	福嶋悟・樋口文夫・水尾寛己、阿久津卓(横浜市環境局水質地盤課)	横浜市内河川の水質環境(2002~2003年)

[要旨] 2002年夏期と冬期に横浜市内河川の91地点で水環境調査を行った結果から、水質の現況についてとりまとめ、約10年間における水質状況の変化について検討した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
------	------	-----	----

横浜の川と海の生物(第10報・河川編)	2004.2	金田彰二(日本工学院専門学校)、福嶋悟	横浜市内河川における底生動物相(第10報、2002～2003年)
---------------------	--------	---------------------	----------------------------------

[要旨] 2002年夏期と冬期に横浜市内河川の90地点で水環境調査を行った結果から、底生動物群集の特徴について河川規模と生活型や摂食機能群、季節性、水質評価などについてまとめた。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
横浜の川と海の生物(第10報・河川編)	2004.2	村上雄秀(国際生態学セ)、福嶋悟	横浜市内河川の沈水植物(第7報)

[要旨] 2002年夏期と冬期に横浜市内河川の91地点で水草等の分布状況調査を行った結果についてとりまとめ、外来生のオオフサモを市内河川で初めて出現したことを明らかにした。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
横浜の川と海の生物(第10報・河川編)	2004.2	阿久津卓(横浜市環境局水質地盤課)、樋口文夫・水尾寛己・福嶋悟	横浜市内河を流れる河川の鳥類相(2002～2003年)

[要旨] 2002年夏期と冬期に横浜市内河川の91地点で水草等の分布状況調査を行った結果についてとりまとめ、河川敷などの水辺空間が保全されている鶴見川と境川水系では、カモ類、シギ・チドリ類、スズメ目の種類が多く出現することを明らかにした。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
横浜の川と海の生物(第10報・河川編)	2004.2	樋口文夫・水尾寛己、木村喜芳(横浜市港南福祉保健センター)	横浜市内河川における淡水魚類相調査報告(2002～2003)

[要旨] 2002年夏期と冬期に横浜市内河川の91地点で水環境調査を行った結果、魚類相の特徴は、下流域の出現魚種の増加、放流等による移入種の定着が見られた。生物指標の評価では水環境が鈍化している傾向を示した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
横浜の川と海の生物(第10報・河川編)	2004.2	樋口文夫・水尾寛己・福嶋悟	横浜の淡水エビ・カニ類調査報告(2002～2003)

[要旨] 2002年夏期と冬期に横浜市内河川の91地点で水環境調査を行った結果から、十脚甲殻類の生息状況を取りまとめた。上流域は淡水性のエビ類の減少、下流域ではエビ・カニ類が増加してきていた。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
酸性雨報告書 - 関東地方環境対策推進本部大気環境部会 -	2004.3	加藤善徳、加藤恵美子(栃木県保健環境セ)、古明地哲人(東京都環科研)	土壌影響予察調査

[要旨] 酸性雨等による森林への影響を調べるため、3年計画で関東周辺地域の自治体と共同で森林土壌の調査を実施している。本年は2年目に当たり、その結果の概要をまとめた。

6. 環境科学研究所発行資料目録

資料番号	件名	発行年月	体裁等
	明日の都市を照らす	1977. 3	A4. 16頁 (パンフレット)
No. 1	窒素酸化物特殊発生源調査報告書(環境庁大気保全局委託調査)	1977. 3	B5. 49頁
2	横浜市公害研究所報創刊号	1977. 11	B5. 56頁
3	公募論文・クルマ社会をどうするか 明日の都市環境を考える	1977. 11	B5. 136頁
4	第1回公害セミナー会議録・クルマ社会をどうするか 明日の都市環境を考える	1978. 3	B5. 96頁
5	昭和52年度環境庁委託業務結果報告書 非特定重大障害物質発生源等対策調査(アスベスト発生施設)	1978. 3	B5. 36頁
6	横浜市公害研究所報第2号	1978. 8	B5. 236頁
7	中間報告横浜市における自動車公害に関する基礎研究	1978. 8	B5. 195頁
8	横浜市公害研究所報第3号	1978. 12	B5. 156頁
9	第2回公害セミナー会議録・合成洗剤	1979. 3	B5. 89頁
10	自動車公害に関する意識調査 国道一号線三ツ沢・松本地区, 1978年3月実施 単純集計結果(第1報)	1979. 3	B5. 112頁
11	大気中の炭化水素濃度調査及び各種発生源施設からの排出実態調査結果	1979. 3	B5. 66頁
12	第3回公害セミナー論文集・川, よこはまに水辺をもとめて	1979. 8	B5. 85頁
13	横浜市における自動車公害に関する基礎研究	1979. 9	B5. 201頁
14	横浜市公害研究所報第4号	1980. 3	B5. 204頁
14	第3回公害セミナー会議録・川, よこはまに水辺をもとめて	1980. 5	B5. 72頁
15	横浜市地域環境大気調査報告書(昭和54年度環境庁委託調査)	1980. 3	B5. 72頁
16	非特定重大障害物質発生源等対策調査(ベンゼン取扱施設)	1980. 3	B5. 31頁
17	沿道環境整備対策のための基礎調査報告書-三ツ沢地区対象-	1980. 12	B5. 84頁
18	魚類の健康評価に関する研究(1)(昭和53年度)	1981. 2	B5. 20頁
19	魚類の健康評価に関する研究(2)(昭和54年度)	1981. 2	B5. 51頁
20	横浜市公害研究所報第5号	1980. 12	B5. 236頁
21	帯水層層序確定のための地質調査	1981. 3	B5. 32頁 付図4枚
22	第4回公害セミナー資料提言要旨	1981. 3	B5. 18頁
23	第4回公害セミナー資料・調査研究事業のあらまし	1981. 3	B5. 41頁
24			
25	地域交通環境に関する意識調査 -金沢4区, 1980年11月実施-	1981. 3	B5. 46頁
26	第4回公害セミナー会議録・80年代の環境対策の課題	1981. 3	B5. 115頁
27	低周波空気振動実態調査報告書	1981. 3	B5. 163頁
28	有機ハロゲン化合物の分解と消長 -有機塩素化合物特にPCBの環境中における動態について-	1981. 3	B5. 98頁
29	第5回公害セミナー公募論文集・よこはまに自然をもとめて	1981. 8	B5. 150頁
30	横浜市公害研究所報第6号	1981. 12	B5. 211頁
31	横浜市自動車問題研究会第二報告書 -横浜の物流と自動車公害に対する調査研究-	1981. 12	B5. 227頁
32	排水処理技術維持管理マニュアル-凝集処理編-	1982. 3	B5. 116頁
33	固定発生源から排出されるばいじん(粒度分布)調査報告書	1982. 3	B5. 133頁
34	第5回公害セミナー会議録・よこはまに自然をもとめて	1982. 3	B5. 123頁
35	魚類の健康評価に関する研究(3)	1982. 3	B5. 34頁
36	魚類指標による排水評価のための技術要領	1982. 3	B5. 30頁
37	横浜市深層地下水調査中間報告書	1982. 3	B5. 44頁 付図2枚
38	横浜市自動車問題研究会第一報告書-地域交通環境とまちづくり-	1982. 3	B5. 124頁
39	横浜市緑区及び戸塚区における道路交通騒音と交通量調査報告書	1982. 3	B5. 440頁
40	会下谷の雑木林の生物相とその季節変化(横浜の旧市街に残る小雑木林)	1982. 3	B5. 11頁
41	自動車騒音公害対策模型実験-車線内遮音壁-	1982. 7	B5. 87頁

資料番号	件名	発行年月	体裁等
42	第6回公害セミナー資料 大気汚染 - 青空はよみがえったか、この横浜に -	1982. 8	B5. 31 頁
43	会下谷の雑木林の生物相とその季節変化 (横浜の旧市街に残る小雑木林)	1982. 11	B5. 143 頁
44	横浜市公害研究所報第7号	1982. 11	B5. 105 頁
45	第6回公害セミナー会議録 大気汚染 - 青空はよみがえったか、この横浜に -	1983. 1	B5. 99 頁
46	浮遊粉じん・ばいじんに関する総合調査報告書	1983. 1	B5. 187 頁
47	南関東地域での光化学大気汚染に関する総合調査報告書	1983. 2	B5. 177 頁
48	こども自然公園環境調査報告書	1983. 2	B5. 155 頁 付図4枚
49	道路周辺の植樹帯による物理的及び心理的騒音効果に関する研究 - 中間報告 -	1983. 3	B5. 106 頁
50	横浜市南部沿岸地域の軟弱地盤調査図 付図1-5	1983. 3	B2.
51	調査研究事業のあらまし	1983. 3	B5. 34 頁
52	都市自然に関する社会科学研究	1983. 11	B5. 226 頁
53	第7回公害セミナー公募論文集 身近な水辺とまちづくり - 「よこはまの川と池」再発見 -	1983. 11	B5 149 頁
54	横浜市公害研究所報第8号	1983. 12	B5. 157 頁
55	排水処理技術維持管理マニュアル - 生物処理編 -	1983. 12	B5. 132 頁
56	魚類の健康評価に関する研究(4)	1984. 1	B5. 67 頁
57	円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書	1984. 2	B5. 183 頁
58	第7回公害セミナー会議録 身近な水辺とまちづくり - 「よこはまの川と池」再発見 -	1984. 2	B5. 135 頁
59	横浜市南部沿岸地域軟弱地盤調査報告書	1984. 2	B5. 56 頁 付図6枚
60	横浜のホタル生息地(1983年度版)	1984. 3	B5. 49 頁
61	第8回公害セミナー公募論文集 いま 横浜の海は - 水質, 生物, 水ぎわ..... -	1984. 11	B5. 105 頁
62	横浜市公害研究所報第9号	1984. 12	B5. 193 頁
63	横浜市南部丘陵 舞岡川源流域の水分調査	1984. 12	B5. 120 頁
64	排水処理施設維持管理マニュアル - イオン交換処理編 -	1985. 3	B5. 134 頁
65	第8回公害セミナー会議録 いま 横浜の海は - 水質, 生物, 水ぎわ..... -	1985. 1	B5. 133 頁
66	道路周辺の植樹帯による物理的及び心理的減音効果に関する研究 - 総合報告 -	1985. 3	B5. 173 頁
67	横浜市公害研究所報第10号	1985. 12	B5. 190 頁
68	平潟湾・金沢湾周辺水域環境調査報告	1986. 3	B5. 149 頁
69	魚類指標による工場排水規制手法に関する研究	1986. 2	B5. 192 頁
70	第9回公害セミナー会議録 静かなまちづくりをめざして - 道路緑化と騒音 -	1986. 2	B5. 179 頁
71	ホタルの生息環境づくり~技術マニュアル試案~	1986. 2	B5. 121 頁
72	第10回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち... -	1986. 11	B5. 174 頁
73	横浜市公害研究所報第11号	1987. 3	B5. 216 頁
74	円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第2報	1987. 3	B5. 275 頁
75	排水処理施設維持管理マニュアル - 污泥処理編 -	1987. 3	B5. 132 頁
76	10年のあゆみ・横浜市公害研究所設立10周年記念誌	1987. 3	B5. 203 頁
77	第10回公害セミナー会議録 調べてみよう, 身近な環境 - 水, みどり, まち... -	1987. 3	B5. 127 頁
78	横浜市軟弱地盤層調査報告書(土地質試験データ図) 横浜市地盤環境図 横浜市地盤環境図	1987. 3	B5. 217 頁 B2.(付図1) A0.(付図2-10)
79	横浜市公害研究所資料室図書目録	1987. 3	B5. 328 頁
80	第11回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち... -	1987. 11	B5. 89 頁

資料番号	件名	発行年月	体裁等
81	横浜市公害研究所報第 12 号	1988. 3	B5. 161 頁
82	第 11 回公害セミナー会議録 調べてみよう、身近な環境 - 水、みどり、まち... -	1988. 3	B5. 139 頁
83	横浜市軟弱地盤層調査報告書（軟弱地盤構造と地盤沈下特性）	1988. 3	B5. 103 頁
84	横浜市軟弱地盤層調査報告書（縦断面地質柱状図、水準点変動図集）	1988. 3	B5. 162 頁
85	植樹帯による歩道環境改善効果に関する調査研究 - 横浜市磯子区産業道路沿道植樹帯設置事業のケーススタディ -	1988. 3	B5. 148 頁
86	第 12 回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち... -	1988. 11	B5. 133 頁
87	横浜市公害研究所報第 13 号	1989. 3	B5. 210 頁
88	水域生物指標に関する研究報告	1989. 3	B5. 348 頁
89	浮遊粉じんの発生源推定に関する調査報告書	1989. 3	B5. 195 頁
90	第 12 回公害セミナー会議録 調べてみよう、身近な環境 - 水、みどり、まち... -	1989. 3	B5. 39 頁
91	魚の死亡事故の原因究明に関する研究報告書	1989. 3	B5. 125 頁
92	第 13 回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち... -	1989. 12	B5. 137 頁
93	横浜市公害研究所報第 14 号	1990. 3	B5. 212 頁
94	円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第 3 報	1990. 3	B5. 166 頁
95	第 14 回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち -	1990. 11	B5. 102 頁
96	横浜市公害研究所報第 15 号	1991. 3	B5. 226 頁
97	自然観察ワークシート～横浜の都市自然を調べる～	1991. 3	B5. 115 頁
98	トンボ生息環境づくり調査報告書	1991. 3	B5. 210 頁
99	第 15 回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち -	1991. 11	B5. 174 頁
100	横浜市環境科学研究所報第 16 号	1992. 3	B5. 164 頁
101	環境科学研究所業務案内リーフレット	1992. 2	B5. 4 頁
102	横浜港の水質・底質汚濁に関する調査報告書	1992. 3	B5. 133 頁
103	第 16 回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち -	1992. 12	B5. 108 頁
104	横浜市環境科学研究所報第 17 号	1993. 3	B5. 232 頁
105	横浜市の陸域生物による環境モニタリング調査報告書	1993. 3	B5. 77 頁
106	鶴見川・帷子川水系生態調査報告書	1993. 3	B5. 268 頁
107	酸性雨に関する調査研究報告書	1993. 3	B5. 218 頁
108	第 17 回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち -	1993. 12	A4. 105 頁
109	横浜市環境科学研究所報第 18 号	1994. 3	A4. 164 頁
110	エコロジカル・ライフスタイルの政策科学的研究	1994. 3	A4. 118 頁
111	キシ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	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 ( )	1996. 3	A4. 84 頁
122	多環芳香族炭化水素 ( P A H s ) に関する調査研究報告書	1996. 3	A4. 130 頁
123	大岡川・境川水系生態調査報告書	1996. 3	A4. 200 頁
124	横浜の酸性雨 - よりよい環境をめざして -	1996. 6	A4. 6 頁
125	酸性雨のはなし	1996. 12	A4. 8 頁



資料番号	件名	発行年月	体裁等
126	第20回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち -	1996. 12	A4. 91頁
127	横浜市環境科学研究所報第21号	1997. 3	A4. 141頁
128	短期曝露用拡散型サンプラーを用いた環境大気中のNO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> 及びSO <sub>2</sub> 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 <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> 及びSO <sub>2</sub> 濃度の測定方法 (YERI METHOD - 1997-1)	1997. 7	A4.
131	有害大気汚染物質の沿道実態調査報告書 - 環境庁委託報告書 -	1997. 3	A4. 60頁
132	第21回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち・・・・	1998. 1	A4. 109頁
133	横浜市環境科学研究所報第22号	1998. 3	A4. 115頁
134	第22回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち・・・・	1999. 1	A4. 104頁
135	酸性雨に関する調査研究報告書(II) - 酸性雨による器物影響 - (改訂版)	1998. 12	A4. 142頁
136	横浜市環境科学研究所報第23号	1999. 3	A4. 65頁
137	エコシティ研究報告書	1999. 3	A4. 頁
138	第23回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち・・・・	2000. 1	A4. 76頁
139	横浜市環境科学研究所報第24号	2000. 3	A4. 116頁
140	揮発性有機塩素化合物による地下水汚染に関する調査研究報告書	2000. 3	A4. 98頁
141	第24回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち・・・・	2001. 1	A4. 112頁
142	横浜市環境科学研究所報第25号	2001. 3	A4. 110頁
143	新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
146	横浜型エコシティ研究	2002. 3	A4. 118頁
147	第26回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち・・・・	2003. 1	A4. 141頁
148	横浜市環境科学研究所報第27号	2003. 3	A4. 90頁
149	環境ホルモンに関する環境調査報告書 横浜市地盤環境調査報告書(ボーリング柱状図集、地質断面図・土質試験データ・地下水位観測データ集、ボーリング調査位置及び軟弱地盤分布図、地形地質図)	2003. 3	A4. 550頁 A4. 243頁 A0. 2枚
150	第27回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち・・・・	2004. 2	A4. 114頁
151	横浜市環境科学研究所報第28号	2004. 3	A4. 87頁
152	第27回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境 - 水・みどり・まち・・・・	2005. 2	A4. 141頁

## 7.施設見学者等一覧(平成16年度)

日付	団体名等	内 容	人数
H16.4.22	新潟県栃尾市立刈谷田中学校	首都圏の環境問題と分析見学(講義及び見学)	5
H16.5.12	宮城県桃生郡河南町立河南西中学校	ヒートアイランド及び大気汚染について(講義及び見学)	4
H16.5.12	山形県山形市立第十中学校	ヒートアイランド現象及び環境問題について(講義及び見学)	3
H16.5.27	横浜市医師会看護専門学校	環境問題と汚染対策等について(講義及び見学)	37
H16.6.3	横浜市医師会看護専門学校	環境問題と汚染対策等について(講義及び見学)	37
H16.6.16	湘南学園高校	水質汚濁(特に赤潮)について(講義)	7
H16.6.24	一般市民	酸性雨について(講義及び見学)	2
H16.7.13	磯子区環境を考える会	磯子区内における大気汚染(窒素酸化物等)の状況、大岡川源流の生き物、エコシティについて(講義)	20
H16.7.21	神奈川県立横浜緑ヶ丘高校	酸性雨・ヒートアイランド等の都市環境問題と屋上緑化やピオトープなどの対策について(講義及び見学)	7
H16.7.28	広島県立府中高校	環境ホルモン、ダイオキシン、農薬、揮発性有機塩素化合物について(講義及び見学)	11
H16.7.29	磯子小学校職員	ヒートアイランド、環境ホルモン、水生生物、ダイオキシン、エコアップの講義。シンプルサンプラー、水質試験キット、酸性雨の測定の実施体験。	18
H16.8.6	神奈川学園高校	ヒートアイランド現象、酸性雨等について(講義)	6
H16.8.23	中国訪問団	ヒートアイランド、大気汚染、ダイオキシン、酸性雨等について(講義、見学)	8
H16.8.26	明治大学附属中野八王子中学	酸性雨について(講義及び見学)	4
H16.12.27	神奈川県立柏陽高校	酸性雨などの環境問題について(講義及び見学)	3
H16.12.28	湘南白百合学園中学	大気汚染(Nox等)の現状について(講義及び見学)	3
H17.1.13	横浜税関	化学物質及び都市持続に係る研究について(講義及び見学)	12
H17.1.26	横浜市立岡村中学校	公害発生のメカニズムと人体への影響について(講義及び見学)	10
H17.1.28	横浜市立岡村小学校	水辺の生物指標について(講義及び見学)	18
H17.2.9	JICA/CITYNET研修生	環境教育、大気環境計測について(講義及び見学)	6
H17.2.10	横浜市立根岸小学校	大気汚染について(講義及び見学)	6
H17.2.21	横浜市立滝頭小学校	河川水の汚染物質の測定方法について	1
H17.2.22	南区消費生活推進委員	ダイオキシン等大気汚染について	8
H17.2.24	横浜国大付属中学校	電子顕微鏡、騒音測定、生物相、ヒートアイランド、酸性雨、ダイオキシンについて(職業体験学習)	1
合計	24		237

8 . 環境教室等講師派遣一覧（平成16年度）

日付	団体名等	内 容	人数
H16.6.5	金沢区・横浜金沢・森と川と海の市民会議	宮川の水生生物に関する講義及び観察	30
H16.7.22	鶴見区・ニッ池プロジェクト	ニッ池の生物調査結果に関する講義	20
H16.7.22	横浜市立汐見台小学校	既存ビオトープの復元方法に関するアドバイス	4
H16.7.29	横浜市立南希望ヶ丘中学校	ビオトープの維持管理講座、観察及び水質試験等	12
H16.7.30	磯子区・いそごエコクラブ	氷取沢の水生生物に関する講義及び観察	40
H16.8.3	栄区・ふるさと発見隊	いたち川の水生生物に関する講義及び観察	40
H16.8.8	港南区・大岡川水質調査の旅	大岡川～氷取沢の水生生物に関する講義及び観察	20
H16.9.1	神奈川学園高校	横浜市のヒートアイランドについて	20
H16.10.13	戸塚区・まちづくり学習講座	柏尾川の水生生物に関する講義及び観察	29
H16.11.2	港北区役所屋上緑化ボランティア	横浜市のヒートアイランドの状況、屋上緑化の効果	20
H16.11.17	横浜市立滝頭小学校	ヤゴ及びドジョウの飼育等に関するアドバイス	20
合計	11		255

## 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29号」をとりまとめることができました。内容は、「業務報告編」、「調査研究編」及び「資料編」です。今後とも、新たな視点から編集委員会等で議論をし、一層の充実を図っていきたいと考えています。

所報第29号編集委員会

赤池繁

松島裕子

平野耕一郎

鹿島教昭

二宮勝幸

加藤善徳

小市佳延

坂井清

西高幸作

角田定孝