

環境研資料

No. 148

ISSN 0918-5720

# 横浜市環境科学研究所報

第 27 号

ANNUAL REPORT OF  
YOKOHAMA ENVIRONMENTAL SCIENCE  
RESEARCH INSTITUTE  
No.27

2003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、地球温暖化や酸性雨など地球規模の問題まで複雑多岐にわたっています。そして、これらの環境問題については、継続した科学的調査・研究が求められています。

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

今回の所報27号は、平成13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15年3月

横浜市環境科学研究所長

平 本 俊 明

# 目 次

まえがき	
I 業務報告編	
業務報告	1
環境科学研究所の沿革	
試験検査業務	
調査研究業務概要	
啓発事業	
II 調査研究編	
報 文	
基礎研究	
・河川における環境基準達成のための要因に関する研究（第1報）－中堀川－	10
・アロザイム分析によるヌカエビ集団の遺伝学および形態学的研究（第2報）	19
・閉鎖水域の日本丸ドック（横浜港）における水質状況	30
・自動車排ガス中の有害物質調査	36
・ディーゼル自動車対策に関する研究－低硫黄軽油・酸化触媒システムによる大気汚染物質低減効果－	42
プロジェクト研究	
・横浜市内の公共用水域及び地下水におけるダイオキシン類濃度調査結果	48
・横浜市環境大気中におけるダイオキシン類調査	52
・横浜型エコシティの基本構造	58
・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－	64
短 文	
プロジェクト研究	
・横浜市環境科学研究所におけるダイオキシン類分析に係る精度管理について	69
・横浜市域でのヒートアイランドのシミュレーションモデル開発の速報－	73
・横浜市における酸性雨モニタリング調査－2001年の結果－	75
III 資料編	
人員及び組織	79
主要機器一覧表	79
調査研究事業予算一覧	81
学会等研究発表	82
雑誌等投稿	83
横浜市環境科学研究所発行資料（調査研究等報告書）	85
環境科学研究所発行資料目録	86
編集後記	90

## 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)、調査研究(プロジェクト研究)、試験検査などに組織を整備しました。

### 2. 試験検査業務

平成13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550、また、事故・苦情に伴う検体を59、合計609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13年度)

#### 3-1. 基礎研究

大気環境に関する研究

- ・自動測定機の精度に関する研究
- ・ディーゼル自動車対策に関する研究

水質汚濁対策推進に関する研究

- ・河川における環境基準達成のための要因に関する研究

水域環境の改善に関する研究

- ・再生・創生させた水環境の生物群集に関する研究
- ・河川の人工構造物と魚類分布との関係及び遺伝的特徴に関する研究
- ・横浜市沿岸の水域環境改善に関する研究

地盤環境対策に関する研究

- ・地盤及び地下水環境調査研究

音環境に関する研究

- ・原単位騒音レベルと振動レベルの把握に関する研究

#### 3-2. プロジェクト研究

ダイオキシン類調査研究事業

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

化学物質対策に関する研究

- ・横浜市水域における環境ホルモン実態調査

エコシティに関する研究

- ・横浜型エコシティに関する研究

都市持続に関する研究

- ・ヒートアイランドに関する研究
- ・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.2~9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25回環境セミナー市民環境研究発表会

期 日/平成14年1月26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(16編)、講演、研究報告  
(司会・渡部允氏(ジャーナリスト))

講 演/「トンボになりたかった少年」

講師・大場俊司氏(桶ヶ谷沼を考える会副会長、静岡県立磐田農業高校教諭)

研究報告/「水辺の姿・生き物たちの変遷」  
樋口文夫(環境科学研究所職員)

参加者/150人

#### 4-1-2. 環境セミナー「環境教室」

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

期 日/平成13年8月7日(火)

会 場/環境科学研究所

内 容/大気汚染物質(二酸化窒素)の分析実習

参加者/30人(小中学生、大人)

調査研究名	大気環境に関する研究 自動測定機の精度に関する研究
部 門	基礎研究
<p><b>【目的】</b> 本市の大気汚染常時監視局においては窒素酸化物およびオキシダント自動測定機を湿式から乾式に現在更新しつつある。日本において稼働歴の浅い乾式測定機について、その機器管理に関する研究を行い、国際的に整合性のある測定データとするなど、大気汚染常時監視局の測定データを現在よりさらに信頼性の高いものにする。</p> <p>大気汚染測定機の見盛較正は、湿式ではガス濃度に相当する等価標準溶液によって調整される。しかし、標準ガスを湿式測定機に導入すると、標準ガス濃度と指示値の間に差が認められる。そこで、両者を一致させるために、機器性能検査用標準ガス調整装置を用いて測定機の性能特性を十分に試験検討し、誤差の小さい測定機とするための研究を行う。</p> <p><b>【方法】</b> 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><b>【結果】</b></p> <p>① 乾式自動測定機に関する研究：乾式自動測定機のうち、窒素酸化物自動計測機の性能について試験検討し、日本のような高温多湿の測定環境の中で長期間安定して稼働できるようになった。</p> <p>② 受領性能試験：購入した窒素酸化物自動測定機、オゾン自動測定機および浮遊粒子状物質自動測定機についてJISの性能試験項目等を確認し、不備な箇所を整備後、測定局に適正配備した。</p> <p>③ オゾン計の動的校正：オキシダント自動計測器等の動的較正において用いられる二次標準の紫外線吸収式オゾン自動測定機に対して測定指示値の見盛を較正した。</p> <p>④ VOCs 標準ガスに関する研究：多成分有害炭化水素標準ガスの内、平成13年度はベンゼン、トルエン、キシレンを主にGC-MSを用い成分の同定をした。</p> <p>⑤ 小型標準ガス希釈装置に関する研究：本研究所所有の自動測定機較正検定用標準ガス調製装置と小型標準ガス希釈装置を比較検査し、監視センター所有の小型標準ガス調製装置の性能を確認し希釈率を較正した。</p>	

調査研究名	大気環境に関する研究 ディーゼル自動車対策に関する研究 低硫黄軽油・酸化触媒システムによる大気汚染物質低減効果
部 門	基礎研究
<p><b>【目的】</b> 本市所有のバス・トラック等の排出ガスの粒子状物質対策を図るため、市営バス等に燃料として低硫黄軽油を使用し、酸化力を高めた酸化触媒を装着する排出ガス浄化システムにより、実際に営業運転等を行い、運転性能を把握するとともに、当該システムの粒子状物質等の大気汚染物質減少効果を把握することを目的として調査し検討を行った。</p> <p><b>【方法】</b> 交通局車両課、環境事業局車両課、環境保全局交通環境対策課、環境科学研究所、日石三菱(株)から構成される横浜市低硫黄軽油検討会により共同調査・研究を行った。</p> <p>市営バスおよび塵芥車について低硫黄軽油・酸化触媒システム装着前後の条件でシャーシダイナモ測定を行い、PM等の減少効果を把握し、また装着によるトラブルの発生および運転性能への影響を調査した。未規制有害化学物質については、公定法がないため、12年度にまとめた「自動車排ガス中の有害化学物質の研究」の成果を基に、ディーゼル黒煙粒子中のPAHs(多環芳香族炭化水素)および排ガス中のBTX(ベンゼン、トルエン、キシレン)等について測定・分析を行った。</p> <p><b>【結果】</b> PMの減少効果については、試験車両、試験モードにより差があるものの、概ね40から50%減少しており、実際の走行条件は多種多様であることを考慮すれば従来型DPFには及ばないが良好なPM減少効果を期待できるものと考えられた。CO、THCについては、試験車両、試験モードにより差があったが、平均値でそれぞれ66.7%、49%の減少効果が得られた。</p> <p>ベンゾ(a)ピレンについては、90%程度の減少効果が得られた。これは、低硫黄軽油中に含まれる芳香族炭化水素の量が現行軽油と比べて少量なことから、酸化触媒の効果により減少したものと考えられる。BTXについては、概ね減少傾向がみられたが、車両および試験モードによってはキシレン、エチルベンゼンの減少とは逆にベンゼン、トルエンが増加する場合があった。これについては高沸点炭化水素類の分解・生成の可能性が考えられた。</p> <p>実際の営業運転により運転性能を比較したが、システム装着による運転性能等の変化および影響は認められなかった。また、燃料消費量についても差は認められなかった。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">水質汚濁対策推進に関する研究 河川における環境基準達成のための要因に関する研究 — 中堀川 —</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p><b>【目的】</b>  下水道の普及により市内河川の水質は改善されてきたものの、いくつかの測定点では BOD が基準を超えている。その原因として上流での流入排水の影響の他に、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。そのため、河床を含めた多角的な面から水質汚濁状況を把握し、環境基準を達成するための要因を検討する。</p> <p><b>【方法】</b>  帷子川水系の中堀川を調査対象に選び、水環境計画評価地点である「白根大池公園」から「白糸の滝」までの約 2.5km 区間で支流を含む 9 地点において水質・底質・付着物・付着藻類について流程調査を行った。</p> <p><b>【結果】</b>  中堀川上流の「白根大池公園」では水質の BOD は 1 mg/l 台と環境基準の 3 mg/l 以下だったが、それより下流側の「白糸の滝」までの区間では、夏季に 10mg/l 前後、冬季に 4～9 mg/l と基準を上回った。夏季の BOD が 34、冬季においても 17mg/l と高い支流が、BOD 負荷量から推測して中堀川における環境基準オーバーの主原因と考えられた。環境基準達成のためには、上記支流に流入する事業場等の排水対策をより強化する必要がある。</p> <p>底質については、上記支流の底質で酸化還元電位が 40mV 前後と低く、また強熱減量も 10 % 以上と高いため有機物に富んでいると考えられた。また、合流直後の淵の底質も酸化還元電位が 30mV 前後と低く、支流の影響によるものと思われた。付着物は合流点より下流では IL が 11～41%、T-P3.3～8.9mg/g であり、上流の IL8～21%、T-P0.8～2.2mg/g に比べて高い傾向があった。</p> <p>付着藻類については、夏季には中堀川全域で、水環境目標を達成していることを指標する種類の出現率は低く、生物指標では目標を達成していないレベルであった。それに対して、冬季にはほとんどの場所で目標を達成していることを示す藻類組成となったが、一部の支流では夏季と類似の傾向も認められた。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">水域環境の改善に関する研究 生物生息環境の再生・創生に関する研究 —再生・創生させた水環境の生物群集に関する研究—</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p><b>【目的】</b>  都市河川を生物の良好な生息環境として回復・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。特に水量の減少している河川では、湧水など地下水は水量維持と生物生息環境の形成に有効である。このような河川の環境特性と生物群集の構造との関係を検討し、それぞれの環境特性に対応した生物群集の形成が可能な環境状況を明らかにする。</p> <p><b>【方法】</b>  大岡川の近自然型河川改修工事が行われたモデル地区では、河川改修による河川形態と魚類群集の関係について検討した。三沢せせらぎ緑道等の、湧水などを利用して再整備されたせせらぎの水生生物群集による評価では、水質や河川形態と底生生物群集の関係について検討した。</p> <p><b>【結果】</b>  モデル地区における近自然型河川改修では、蛇行区間下流の水辺まで植物が生育する場所に接した深みなどで、魚類の生息密度が高く、河川改修では蛇行を利用した深みと草本類が生育する低水敷の形成により、安定した魚類の生息環境が維持できることが確認された。湧水などを利用して再整備されたせせらぎのこのような環境では水質は良好であるが、流れが緩やかで、瀬に生息する底生動物種が少なく単純な群集構造になることから、流れの速い部分を造ることにより、多様な群集が形成される可能性があると考えられた。三ツ沢せせらぎ緑道では溪流に生育する藻類（ベニマダラ）が生育し、間欠的な水の供給が溪流的な微環境の形成に寄与していることが明らかになった。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">水域環境の改善に関する研究          生物生息環境の再生・創生に関する研究          —河川の人工構造物と魚類分布との関係および遺伝的特徴に関する研究—</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p><b>【目的】</b>          都市河川に設置された人工構造物の多くは、生物の移動分散を困難にし水系全域における生物群集の単純化を招いている。また、稀少生物の分布が孤立化し、他地域からの新たな生物の移入により遺伝的攪乱が進行している。そのため多様な河川生物群集の再生に向けて、構造物が魚類分布に与える影響について検討し、また、孤立した集団の形態的特徴、あるいは遺伝的攪乱の状況を把握する。</p> <p><b>【方法】</b></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について分水路上流から源流域までの調査を行った。</li> <li>・ 魚類の分布状況調査は夏期に行った。</li> <li>・ アブラハヤ類（ヒメハヤ属）の遺伝的解析手法について検討した。</li> </ul> <p><b>【結果】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 人工構造物に関する調査では、多くの段差、落差等が設置され、魚類の移動分散に障害となっていることが示唆された。</li> <li>・ 魚類分布調査では、アブラハヤ類についてシマドジョウが広く分布していた。アブラハヤ類には形態的特徴が異なる種類が出現した。</li> <li>・ 遺伝的特徴の検討は、ミトコンドリア DNA の調節領域前半域を PCR 法により解析するのが有効と判断した。</li> </ul>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">水域環境の改善に関する研究          横浜市沿岸の水域環境改善に関する研究</p>
部 門	<p style="text-align: center;">基礎研究</p>
<p><b>【目的】</b>          横浜市沿岸の水域環境改善に関する研究の一環として、また、将来的には水質の広域監視への発展を目指して、東京湾沿岸自治体の研究機関と協力して、栄養塩の垂直分布調査及び人工衛星データによる簡易な水質モニタリング手法について検討した。</p> <p><b>【方法】</b>          窒素・リンの垂直分布調査については、横浜市の分担として、扇島沖、多摩川沖、中ノ瀬、本牧沖の4地点について4月から9月までの計4回調査を行った。同時にプランクトンの定性・定量調査を行った。今まで取得した人工衛星データと同期した水質データについて宇宙開発事業団との共同研究により解析した。</p> <p><b>【結果】</b>          調査の結果からは、表層と下層での栄養塩類濃度に違いが見られた。表層ではプランクトンの栄養塩の取り込みにより栄養塩類濃度の低下が見られ、下層では栄養塩類の底質からの溶出が推定された。人工衛星データによる水質推定手法について、宇宙開発事業団との共同研究報告書としてまとめるとともに、LANDSAT7号に同期した2日分の水質データを取得した。また、過去4年におけるプランクトン調査結果から、プランクトンの季節的消長についてまとめた。有害可能性のあるプランクトンについては培養のための準備を行ったが、有害可能性のあるプランクトンは検出されなかった。</p>	

調査研究名	地盤環境対策に関する研究 地盤及び地下水環境調査研究
部 門	基礎研究
<p><b>【目的】</b> 横浜市域を対象とした地盤環境の研究を行い、各種地盤災害・環境対策（地盤沈下・液状化等）の検討資料を作成する。また、収集された既存の土質データ等を整理することで地盤情報の活用を図るとともに、各種公共事業の基礎資料となる地盤環境図・ボーリング柱状図集等を作成する。</p> <p><b>【方法】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤環境調査資料（主にボーリング柱状図、土質試験結果）の整理と検討資料の作成。</li> <li>・既設32井戸の地下水位および5ヶ所の層別沈下測定と解析。</li> <li>・関係各局で行われた土質調査結果の集約とその配付。</li> </ul> <p><b>【結果】</b> 地盤環境対策に供する基礎資料の作成として、帷子川流域における帯水層地質と地下水環境を検討した。その結果、①主な帯水層は相模層群保土ヶ谷礫層から成る。②飲料用等の浅井戸（帷子川流域に約80カ所）がある地域の地質は、ローム層（上倉田層上部ローム等）であり、地下水位は地表より約-3.0m～-6.0mの深さにある。③深い帯水層の地下水ほど、酸性からアルカリ性に変わる傾向が認められることなど、若干の知見が得られた。 また、継続して測定している観測井の地下水位データの一部を用い、降雨と気圧、潮位変動が地下水位に対して、どのような影響を及ぼすのか検討した。その結果、①降雨時に雨量の5～10倍程度の水位上昇が短時間で生じる地点がある。②低地深層の地下水は、海岸から2.5kmの地点でも潮位の影響が観測されることなどが判明した。 平成13年度、関係各局において行われた土質調査は79件（ボーリング本数282本）であり、このデータベース化と配付を行った。</p>	

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><b>【目的】</b> 大型小売店舗立地法（平成12年6月）が施行され、大型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><b>【方法】</b> 大規模小売店の協力を得て、定常騒音（排気ファン、換気扇、エアタオル、駐車場出入りロブザー等）、変動騒音（BGM、パッカー車のアルミ缶回収作業、車のバックブザー等）、及び衝撃騒音（缶類の荷下ろし、車のドアの開閉等）を測定した。実験的に、3種（大・中・小）の台車と2種の舗装面、及び台車への荷重をゼロから68kgfまでの5種の組合わせで、台車走行音を測定した。また、重量を5、10、15kgfとした新聞紙束を、高さ1.0、1.2、1.5mから自由落下させた衝撃音を測定した。結果は、1/3オクターブ分析の形で整理した。</p> <p><b>【結果】</b> 多数のデータが揃っていない現状では確定的なことは言えないが、エアタオルは800Hz～10kHzの高周波数域で、駐車場のブザーも同様な高周波数域でレベルが高く、両者共に騒音レベルも高い。ファン系の場合は、回転数に起因すると思われる周波数にピークを持つ。台車の走行音は概ね250Hz以上に主成分があり、荷重が少ないほど機械的な遊びが多くなり、騒音レベルと高周波音が増加する傾向にある。新聞紙の自由落下音では、束が重いほど騒音レベルは増大する傾向にあるが、周波数分析結果は、重量、落下高さ、舗装面にほぼ無関係に同様なパターンとなっている。</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
【目的】	ダイオキシン類の環境調査は、各媒体について「ダイオキシン対策特別措置法」及び「大気汚染防止法」等に基づき、市内の各地点において測定した。
【方法】	①一般大気環境モニタリング調査：平成13年度調査は、市内18地点（全区）において、平成13年5月、8月、11月及び平成14年2月に、それぞれ24時間大気採取を実施した。 ②河川・海域・地下水のダイオキシン類濃度調査：公共用水域計画に基づく市内の各河川・海域の調査地点及び地下水を対象に調査を実施した。河川は、水質及び底質それぞれ11地点、海域は、水質及び底質それぞれ7地点、地下水は水質9地点である。
【結果】	①一般大気環境：市内18地点の年平均値は、0.18～0.32 pg-TEQ/m <sup>3</sup> の範囲内であった。市内平均値は、0.23 pg-TEQ/m <sup>3</sup> であった。また、各地点の年平均値はすべて環境基準（0.6pg-TEQ/m <sup>3</sup> ）を下回っていた。 ②河川・海域の水質及び底質並びに地下水質調査：河川水質は、0.15～0.50 pg-TEQ/lの範囲となり、平均値は0.27 pg-TEQ/lであった。海域水質は0.098～0.68 pg-TEQ/lとなり、平均値は0.20 pg-TEQ/lであった。地下水質は0.093から0.19pg-TEQ/lの範囲内となり、平均値は0.13pg-TEQ/lであった。水質においては、各測定地点すべて環境基準（1.0pg-TEQ/l）を下回っていた。また、河川底質は0.50～50pg-TEQ/g-dryの範囲内となり、平均値は11pg-TEQ/g-dryであった。また、海域底質は4.4～33 pg-TEQ/g-dryとなり、平均値は16pg-TEQ/g-dryで、新たに策定された底質の環境基準値 150 pg-TEQ/g-dryを下回っていた。

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 －瀬谷区北町周辺及び新横浜遊水地周辺のダイオキシン類調査－
部 門	プロジェクト研究
【目的】	①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において過去に環境調査を実施したところ、大気（五貫目町内会館）及び水質（大門川）濃度が環境基準値を超えていることが明らかとなった。そこで、本年度も汚染の範囲及び原因究明のため環境調査を継続実施した。 ②鶴見川多目的遊水地の予定地（港北区：建設事業は建設省）から高濃度のPCB汚染土壌が検出されるという問題が生じ、遊水地周辺についての環境調査を実施した。
【方法】	①瀬谷区北町周辺調査：大気2地点（瀬谷区上瀬谷小学校及び五貫目町内会館）において一般大気モニタリング調査と同時期に調査を行った（年4回）。また、大門川調査は平成13年5月18日に水質11地点、産業廃棄物焼却施設火災時（平成13年8月6日）に水質3地点、及び火災鎮火後（8月30日）再調査を実施した。 ②鶴見川多目的遊水地周辺調査：当研究所分担として大気3地点（7日間連続測定）、地下水質2地点及び河川水5地点（6月、12月）で調査を実施した。
【結果】	①瀬谷区北町周辺調査：大気濃度は、瀬谷区五貫目町内会館の年平均値 0.56pg-TEQ/m <sup>3</sup> 、上瀬谷小学校の年平均値 0.45pg-TEQ/m <sup>3</sup> であった。2地点の年平均値は環境基準（0.6pg-TEQ/m <sup>3</sup> ）を下回った。大門川水質濃度は、水質11地点で0.45～81pg-TEQ/lの範囲内となり、7地点で環境基準（1.0pg-TEQ/l）を超えた。平均濃度は9.7pg-TEQ/lであった。昨年大門川水系地点の平均濃度11pg-TEQ/lと比較し今年度も同様な濃度レベルであった。また、大門川が流入する境川調査地点では0.31pg-TEQ/lとなり環境基準を達成していた。火災発生時及び発生後の水質調査では全ての地点で環境基準を下回った。 ②新横浜遊水地周辺：大気濃度は、7日間それぞれ3地点で0.034～0.16pg-TEQ/m <sup>3</sup> 、0.040から0.15pg-TEQ/m <sup>3</sup> 及び0.031～0.14pg-TEQ/m <sup>3</sup> の範囲となり、問題のない濃度レベルであることが分かった。水質濃度は、地下水で0.099及び0.19pg-TEQ/lであり、河川5地点は、0.16～0.39pg-TEQ/lの範囲となった。大気及び水質ともに環境基準を下回った。

調査研究名	<p style="text-align: center;">化学物質対策に関する研究 環境ホルモンに関する研究 —横浜市水域における環境ホルモン実態調査—</p>
部 門	プロジェクト研究
<p><b>【目的】</b> 横浜市水域における環境ホルモンの存在状況を把握するため、市内河川・海域の水質と底質について、環境ホルモンと疑われている67物質（「SPEED'98」、環境省）を対象に、平成11年度から3カ年計画で調査を実施している。平成11、12年度は、環境ホルモン全国一斉調査（環境省）で検出された約40物質について調査を行った。平成13年度は、平成11、12年度に未調査のクロルデン等の22物質（全国一斉調査では不検出）を対象に調査した。</p> <p><b>【方法】</b> ①調査対象物質：22物質（ヘキサクロロベンゼン、クロルデン等） ②調査地点：9地点（河川；6地点、海域；3地点） ③調査時期：2001年8月・12月 ④調査方法：「外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル」（環境省）に準拠</p> <p><b>【結果】</b> 水質からは、調査対象物質は全て不検出であった。底質からは、<i>trans</i>-クロルデンが清水橋調査地点において、検出限界値付近の低い濃度で検出された。<i>trans</i>-クロルデンは環境ホルモン全国一斉調査では不検出だが、過去の環境省の調査では検出されていた。</p> <p>3カ年の調査の結果、水質からはノニルフェノール、ビスフェノールA等の12物質、底質からはフタル酸ジ-2-エチルヘキシル、PCB等の17物質が検出された。検出濃度については、環境省の調査結果（環境ホルモン全国一斉調査、化学物質環境調査）の範囲内か同程度であった。環境省により「環境ホルモン作用がある」と確定されたノニルフェノール(NP)とオクチルフェノール(OP)については、横浜市内の半数以上の調査地点から検出されたが、予測無影響濃度（魚類への影響がないとされる濃度、NP:0.608μg/l、OP:0.992μg/l）を超えた地点はなかった。</p>	

調査研究名	<p style="text-align: center;">エコシティに関する研究 横浜型エコシティに関する研究</p>
部 門	プロジェクト研究
<p><b>【目的】</b> エコシティには、環境負荷低減型と自然共生型の2つのアプローチがある。本研究では、自然共生型アプローチから、ふるさと生物とふれあえる横浜型エコシティの実現方策についての調査研究を行う。</p> <p><b>【方法】</b> 横浜の都市構造の生態的特質（谷戸型・流域生態系）、主体形成と合意形成手法等の検討を基礎に、横浜型自然共生都市へのステップアップ・プロセスを検討する。なお、本年は横浜型エコシティ研究の最終年（3年目）に当たる。</p> <p><b>【結果】</b> (1) 横浜型エコシティの形成の骨格の調査研究 横浜における自然と共生したまちづくりの「生態的拠点」である谷戸を中心に、谷戸—河川—海のエコロジカル・ネットワークを骨格とする横浜型エコシティ計画図案を作成し、戦略的モデル提案を作成した。</p> <p>(2) 里山、緑地系エコロジカルデザイン技術指針調査 里山、緑地系の環境改善手法の検討及びエコロジカル・デザイン技術指針の原案を作成した。</p> <p>(3) モニタリング調査 過年度実施した横浜市内のトンボ池調査を基に、平成13年度末現在のエコアップ一覧を作成し、エコアップ技術及び管理手法の総括を行った。</p>	

調査研究名	都市持続に関する研究 ヒートアイランドに関する研究
部 門	プロジェクト研究
<p><b>【目的】</b> 近年、横浜市の熱に関する環境は悪化しており、特に夏期の温度上昇が進んでいる。この主な原因はヒートアイランドによるものと推測されている。そのため、ヒートアイランド対策としての屋上緑化についてその温度低減効果を調査した。またヒートアイランドの現状把握、対策効果、将来予測等を検討するためヒートアイランドのシミュレーションを試みた。</p> <p><b>【方法】</b> ・屋上緑化温度低減効果調査 屋上緑化地域の一画に温度計を設置し年間の温度変化を調べた。</p> <p>・ヒートアイランドシミュレーションのモデル化 人工衛星データから得られる地表温度データを用いて、熱流体解析ソフトにて横浜市 of 夏期晴天日での正午前後の気温分布について解析を行った。</p> <p><b>【結果】</b> ・屋上緑化温度低減効果調査 屋上緑化の温度低減効果は夏期に集中しており、屋上コンクリート面は夏期には最高 60℃にまで上昇するが、屋上緑化の地中 20cm では 30℃以下であった。</p> <p>・ヒートアイランドのシミュレーションのモデル化 夏の晴天日の横浜市の午後 2 時頃では 1m/s の海風を仮定すると、南区や港北区などを中心とした地域にヒートアイランドが発生し易い傾向が認められた。</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><b>【目的】</b> 環境省が報告しているように、現在、日本では欧米並の酸性雨が降り続いており、さらに急速に工業化を進める東アジア近隣諸国からの影響も懸念されている。このため、横浜市環境科学研究所では、1984 年より継続して酸性雨の監視を行っている。</p> <p><b>【方法】</b> 横浜市磯子で 2001 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<sup>-</sup> 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><b>【結果】</b> 2001 年の雨水の年平均 pH は 4.49、湿性の nssSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、nssCl<sup>-</sup>、nssCa<sup>2+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> の年間沈着量はそれぞれ 88、40、16、17、72 (meq/m<sup>2</sup>/年)、乾性の nssSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、nssCl<sup>-</sup>、nssCa<sup>2+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> の年間沈着量はそれぞれ 14、13、4、27、3 (meq/m<sup>2</sup>/年) であった。 これを経年的にみると、雨水の pH は例年に比べ低く、湿性の nssSO<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><b>【目的】</b> 鎌倉大仏(国宝)の腐食劣化、屋外ブロンズ彫刻のいわゆる「涙現象」など、酸性雨が関与しているとみられる器物被害が各地で問題となっている。横浜市環境科学研究所では、酸性雨等による器物影響のモニタリングを目的に、1993年より、市内磯子及び山梨県道志において金属試験板の溶出量及び腐食量の測定を行っている。本年度は、この測定データをもとに、三宅島火山ガスの影響について検討した。</p> <p><b>【方法】</b> 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(<math>\text{SO}_4^{2-}</math>、<math>\text{NO}_3^-</math>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><b>【結果】</b> 火山ガス放出後1年間(2000年9月～2001年8月)の磯子の雨水の平均pHは、火山ガス放出前1年間(1999年9月～2000年8月)に比べ0.56低下し、<math>\text{nssSO}_4^{2-}</math>の年間沈着量は2.1倍増加していた。また、これに対応して、ブロンズ板からのCu、Pb、Znの溶出量、銅板からのCuの溶出量、炭素鋼板からのFeの溶出量も1.7～2.6倍増加していた。また、この金属の溶出に伴い、火山ガス放出後の銅板の重量は著しく減量していた。 一方、道志(山間部)は磯子に比べ雨水のpHが高く、<math>\text{nssSO}_4^{2-}</math>等の沈着量及びブロンズ板からのCu、Pb、Znの溶出量は磯子の1/2～1/3程度と少なかった。しかし、火山ガス放出前後の傾向は磯子と同様であり、山間部にも三宅島火山ガスの影響が及んでいる状況となっていた。</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1報）

— 中堀川 —

小市佳延、福嶋 悟（横浜市環境科学研究所）

## Research on the factor for attaining environmental quality in river water (1st)

— Nakabori river —

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

キーワード：水質調査、底質、付着物、藻類、河川

## 要 旨

横浜市内においてBODが環境基準を上回る小河川の例として中堀川を取り上げ、水質・底質・付着物・付着藻類について流れ調査を行ったところ、本流の2割以上の流量を占める支流の流入点より下流で水質が悪化していた。底質は流入点の直下の淵で酸化還元電位が0mV付近まで低下しており、付着物は流入点より下流の地点で強熱減量や総リンが高い傾向にあった。付着藻類による水質評価でも、その支流は非常に汚れていると評価されたときがあった。問題の支流のBOD負荷は本流の半分以上あり、支流の水質改善が必要と考えられた。

## 1. はじめに

昭和3、40年代の末期的な環境汚染を改善するための一環として水質汚濁防止法が昭和46年に施行された。以来、排水基準や環境基準を達成するために官民あげての努力が積み上げられてきた。

横浜市内の河川においては、県の定める公共用水域測定計画で21地点、およびその補助としての市独自の中小河川調査で27地点、計48地点で水質調査が定期的に行われている。測定項目のうち健康項目についてはほぼ環境基準を達成しているものの、生活環境項目の中で代表的な指標であるBODについてはいくつかの地点で基準に達していない<sup>1)</sup>。

また、より良い水環境を保全・創造するための「横浜市水環境計画」では、河川についてBOD、ふん便性大腸菌群数や生物指標等により水遊びや魚とりができる等の水域区分毎に達成目標を設けている。このうちBODの評価地点数は74地点(水環境計画独自は48地点)あり、その未達成率は平成12年度で31%、23地点が目標に達していない<sup>2)</sup>。

このように未だに環境基準等に達していない地点があり、そこに住む市民にも等しく良好な水環境を享受できるようにするにはきめ細かく原因を探り、解決していかなくてはならない。

そのためには、測定地点から視野を広げ、上流での流入排水の有無、流下過程での汚濁物質の動態など、線的・面的な調査が必要である。また、河川ではBODの評価のみに意識が集中しがちだが、川の到達先が海であることを考えると、富栄養化の指標である窒素やリンについ

ても考慮が必要と考えられる。実際、測定地点の中にはBODが低くても窒素・リンの高いところがみられる。その窒素・リンは底質・付着物・付着藻類とおおいに関係がある。

したがって、河川における環境基準を達成するための要因を検討するにあたっては、水質だけではなく、底質・付着物など多角的な面から水質汚濁状況を解析し、達成要因の抽出を行うことにした。

今回は横浜市中部を流れる帷子川の支流である中堀川において流れに沿った水質・底質・付着物・付着藻類の調査を行ったところ、若干の知見が得られたので報告する。

## 2. 調査方法

## 2-1 調査地域

中堀川は横浜市中部の旭区上白根町を源流とし、南東へ約4km流れて帷子川に注ぐ小河川である。上・中流には一部山林が残っているものの、源流近くには大規模な団地が、中・下流は戸建てを中心とした住宅地となっている。

中堀川の水質は上流の「横浜市水環境計画」水質目標評価地点の白根大池公園でBODが平成12年度で最大3.9mg/l、最下流の浜串橋では最大4.6mg/lと基準を超えている<sup>1, 2)</sup>。

調査対象地域は図-1に示すように、中原街道脇の大池公園から景勝地の「白糸の滝」までの約2.5kmである。

St. 1は大池公園内で、横浜市水環境計画の水質目標評価地点にあたる。川幅約2mの三面コンクリート造りである。

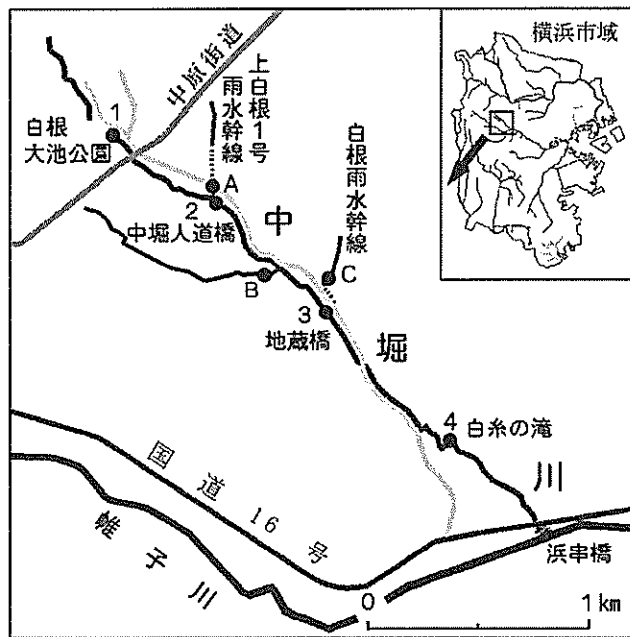


図-1 調査地点概略図

St. 2は中堀人道橋より上流の支流と合流するところである。合流点より上流側の河床は30cm大のゴロタ石を配した瀬となっているのに対し、合流点より下流側はやや淵となっていて水が滞留し、時期によってはミズワタが絨毯状になっている。

St. 3は地蔵橋で、周囲は商店街となっている。橋下の左岸からCの雨水幹線が合流している。上流側は川幅約4mのコンクリート床の平坦な瀬となっており、時期によっては藻類で一面が覆われる。下流側は川の中央部に幅0.5mの低水路が設けてあり、流れが速い。

St. 4は白糸の滝の下流で、川幅約5m、兩岸は石積みまたは自然の岩の崖となっている。河床はタイル状の石または岩盤である。

St. Aは支流の上白根1号雨水幹線(以後支流Aとする)が中堀川と合流する付近である。低水路のある三面コンクリート造りで、低水路部分にはミズワタがびっしりついている。

St. Bは都筑自然公園を源流とする支流(支流B)が本流と合流するところより100m手前である。低水路のある三面コンクリート造である。

St. Cは支流の白根雨水幹線(支流C)が地下に潜る直前である。ここも低水路のある三面コンクリート造となっている。

## 2-2 試料採取方法および調査期日

流程調査では夏季および冬季に上流から下流に向かって移動しながら、水質、底質、付着物および付着藻類を採取した。水質試料は表面水を採水した。底質試料は、流れの緩やかなところの表層泥を数カ所採取して混合した。付着物試料は流れのあるところの平坦な礫を採取し、表面の付着物をブラシで擦り落として試料とし、擦り落とした面積を記録した。底質および付着物の試料調整は底質調査法<sup>3)</sup>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

表-1 測定方法

項目	測定方法
【環境】	
水温	携帯型pH計: 東亜電波 HM-12P
pH	携帯型pH計: 東亜電波 HM-12P
電気伝導率 (EC)	携帯型EC計: 東亜電波 CM-14P
酸化還元電位 (Eh)	携帯型ORP計: 東亜電波 RM-20Pで測定後、換算
泥温	携帯型ORP計: 東亜電波 RM-20P
流速	携帯型電磁流速計: 東邦計測 TK-105D
水深	折れ尺
【水質】	
生物化学的酸素要求量(BOD)	20°C・5日間、ウインクラージ化ナトリウム変法(JIS K0102)
全窒素 (T-N)	紫外吸光度法(JIS K0102)
全リン (T-P)	ペルオキシ二硫酸カリウム分解、アスコルビン酸-モリブデン青法(JIS K0102)
【底質等】	
微細泥率	2mm目および0.075mm目のふるいをを用いた湿式ふるい法
強熱減量 (IL)	600°C、2時間後の減量
全リン (T-P)	硫酸・過酸化水素分解後、アスコルビン酸-モリブデン青法
クロロフィルa (Chl.a)	湿泥についてStrickland and Parsonsの方法 <sup>4)</sup>

固定した。

詳細調査では下流の白糸の滝(st. 4)から河川内に入り、排水口を捜しながら中堀人道橋上流(st. 2)まで遡行し、水質試料のみを採取した。

調査期日は次のとおりである。

流程調査 (夏季)	: 2001年8月2日
(冬季)	: 2002年2月21日
詳細調査	: 2001年10月31日 11月15日

## 2-3 調査項目および測定方法

調査項目は水質については水温、水素イオン濃度(pH)、電気伝導率(EC)、酸化還元電位(Eh)、流量、生物化学的酸素要求量(BOD)、全窒素(T-N)、全リン(T-P)である。ただし、詳細調査時の水質調査項目は一部省略した。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。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に取り、24×32mmカバーガラスを載せた一次プレパラートを用い、400細胞程度の同定・計数により行った。顕微鏡(オリンパスBX)観察は対物レンズ40倍、接眼レンズ15倍、総合倍率600倍で行い、細胞区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。

なお、流量は、流速・水深・水路幅を測定し、河川断面面積と流速から算出、もしくは排水口にビニール袋等をあてがい、一定時間に貯まった量から算出した。底質の微細泥率は粒径0.075mm以下の試料が粒径2mm以下の試料に占める割合とした。その他の測定方法を表-1に示す。

## 3. 結果と考察

### 3-1 流程調査

#### 3-1-1 水質

表-2 環境調査結果

st.	地点名	夏季							冬季						
		時刻	水温 (°C)	pH	EC (mS/m)	Eh (水) (mV)	泥温 (°C)	Eh (底質) (mV)	時刻	水温 (°C)	pH	EC (mS/m)	Eh (水) (mV)	泥温 (°C)	Eh (底質) (mV)
1	白根大池公園	9:48	22.4	7.33	26.3	350	22.9	428	9:55	8.5	7.25	21.5	284	8.6	440
2Ⓚ	中堀人道橋付近(合流前)	10:35	23.6	7.98	26.5	325	24.0	353	10:50	8.6	7.41	22.4	378	8.9	421
2Ⓡ	" (合流後)	10:23	23.5	7.65	34.8	270	24.0	0	10:25	10.2	7.08	29.6	245	10.1	56
3Ⓚ	地藏橋上流	11:50	24.6	8.96	50.7	263	24.8	-1	12:00	11.6	7.22	31.9	319	11.6	221
3Ⓡ	地藏橋下流	11:35	23.9	8.84	47.5	258	24.3	239	11:45	11.9	7.24	31.2	225	11.5	232
4	白糸の滝	12:25	24.1	8.63	42.1	295	24.5	355	13:05	13.1	7.64	30.0	338	13.6	404
A	上白根1号雨水幹線	10:50	23.6	7.27	38.1	155	23.1	23	10:45	13.4	7.14	43.6	196	13.0	64
B	後谷戸橋付近	11:10	24.1	7.47	27.9	323	24.4	212	11:20	10.0	7.02	26.7	317	—	—
C	白根 雨水幹線	12:05	21.9	7.53	32.3	247	20.9	323	12:25	13.5	7.27	33.0	214	—	—

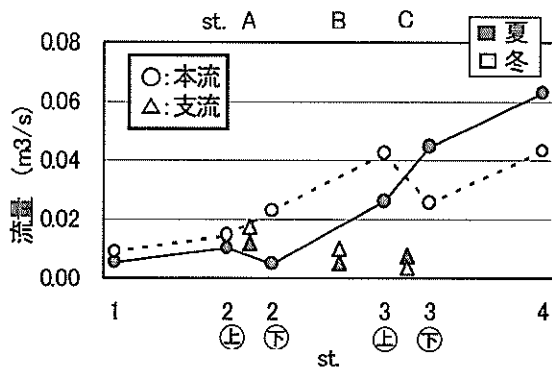


図-2 中堀川における流量

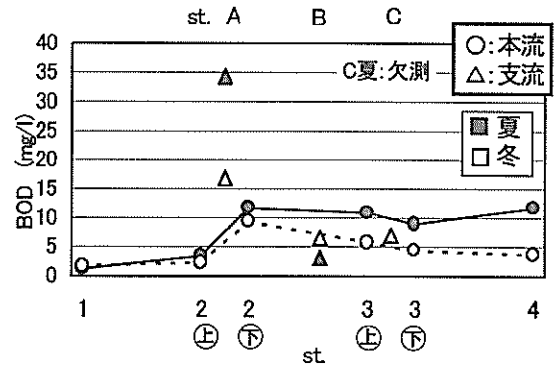


図-3 中堀川におけるBOD濃度

調査結果を表-2、図-2～8に示す。

流量は、最上流のst. 1からst. 2の間で2倍程度になっており、st. 2の合流前(以後(上)とする)では0.012 m³/s前後であった。st. 2合流後(以後(下)とする)の流量は夏季の場合、支流Aとの合算値より少ないが、これは流速の特に遅い淵で測定したため、誤差が大きくなったためと思われる。st. 3、4と流下するにしたがって、流量は増加の傾向がみられ、st. 4では夏季でst. 1の12倍、冬季は5倍となった。一方、3本の支流のうちst. Aで最も流量が大きく、本流のst. 4の約2～4割の流量があった。

BODはst. 1では夏季・冬季とも1mg/l台と低いが、夏季のst. 2(上)では3.4mg/lとすでに環境基準の3mg/lを超え、さらにst. Aで34mg/lの支流Aとの合流後は11.7mg/lに急増した。その後、st. 3で若干下がるものの、st. 4では再び11.7mg/lとなった。冬季はst. 2(上)で2.3mg/lと環境基準を満足していたが、支流Aとの合流後は9.4mg/lまで上がり、流下にしたがって減少の傾向がみられたが、st. 4では3.6mg/lと基準以上であった。

T-Nはst. 1および2(上)で2mg/l台なのが、支流A合流後のst. 2(下)では5mg/l前後に上昇しているのが認められる。支流のT-Nはいずれも5～12mg/lと本流より高い。

T-Pもst. 1および2(上)で低いが、夏季のst. 3(上)(下)、4では30～17mg/lと極めて高い値となった。表-2をみると、同地点でのpHやECも上流の地点に比べて高いことから何らかの無機リン化合物が多量に存在していたと考えられる。この時の支流での値は1mg/l以下であり、採水時点では排出源とは考えられない。未調査の排出源がst. 2～3の間にあるのか、あるいはさらに上流から流れてき

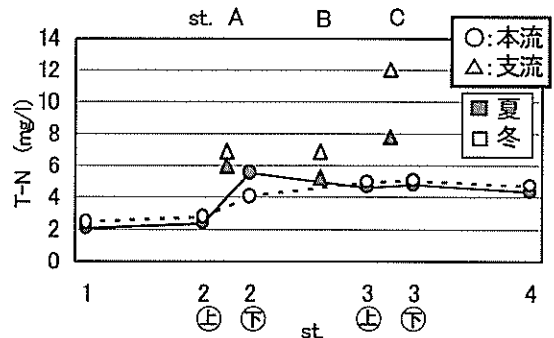


図-4 中堀川におけるT-N濃度

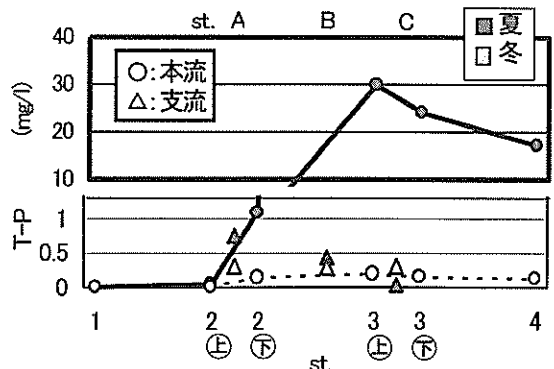


図-5 中堀川におけるT-P濃度

た一時的な水塊を下流で採取したのか、いくつかの原因が考えられるが、特定には至らなかった。冬季は一転してst. 2(下)からst. 4までは0.2mg/l以下であった。

BOD負荷量は夏季については本流のst. 2からst. 4の間

で増加している。冬季もst. 2 (下)で増加しているのが認められる。支流の負荷量はst. Aで大きく、0.4および0.3 g/sであった。これはst. 2 (上)の約十倍にあたり、夏季はst. 4の55%、冬季は186%にあたる。流量の一部に精確さが欠けるなど流量の測定場所や採水時刻に課題は残すものの、支流Aからの負荷が中堀川下流の水質に大きく影響しているものと考えられる。

T-N負荷量についてもst. 2の上下で大きく異なる傾向にある。ただし、支流Aからの負荷はst. 2 (上)の3倍程度とBODよりは本流への影響は小さく、一方支流B、Cはやや大きいのが認められる。

T-P負荷量は夏季の場合、st. 2 (下)~st. 3 (上)間で急激に増加しているのが認められる。支流Aからの負荷量は大きいとはいえ、説明が困難である。冬季は支流A、Bからの負荷が本流の主な負荷源と考えられる。

河川の水量確保の面では支流の貢献は大きい、水質の極端に悪い支流は本流の水質に大きな影響を与えてしまう

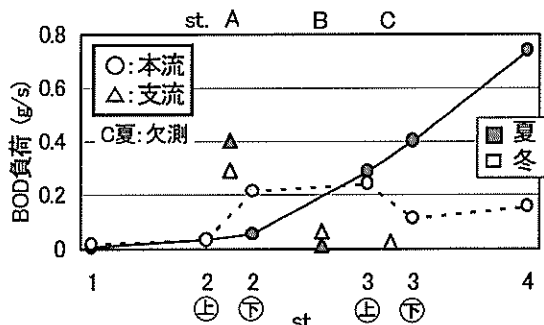


図-6 中堀川におけるBOD負荷

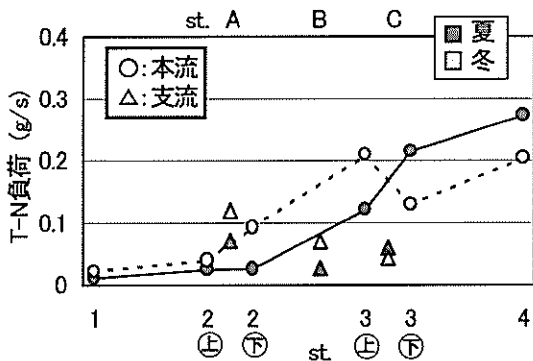


図-7 中堀川におけるT-N負荷

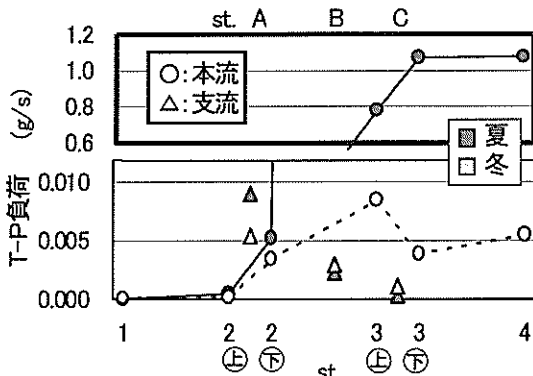


図-8 中堀川におけるT-P負荷

ことになる。支流に放流する事業場等の排水が排水基準を満足していても、流入先の水量によっては十分に希釈されない。環境基準を達成するためには、事業場等の排水対策をより強化する必要があると考えられる。

### 3-1-2 底質

底質調査の結果を図-9、10に示す。

夏季調査では、Ehが支流のst. Aで23mVと低く、さらに合流直後の本流のst. 2 (下)やst. 3 (上)で0mVと還元状態に近いのが認められる。st. Aの底質はIL 11%、T-P 1.5mg/lと高く、剥離したミズワタが多いとみられる。そのことが微生物活動を活発にさせ、Ehの低下につながったと考えられる。st. 2 (下)は淵となった箇所であり、河床のゴロタ石は層状になったミズワタで覆われていた。試料はそのミズワタの下の砂泥を採取したものであり、微細泥率やIL等は低い。しかし、間隙水中の酸素が上部のミズワタに消費されてEhの値が低くなったものと考えられる。st. 3 (上)ではChl. aが24.7μg/lと高いのが認められる。この地点は川幅のある平坦な瀬であることから、藻類の付着がみられるところであり、その剥離藻が底質に入っていたものと考えられる。

冬季調査では、夏季にEhの低かったst. A、st. 2 (下)、st. 3 (上)のEhが改善されているが、st. Aやst. 2下は60mV前後と他の地点にくらべて夏季同様低いのが認められる。これは温度低下によって微生物分解が鈍化したことでEhが上昇したためと考えられる。st. AのIL、T-P等は冬季も高く、夏季の2倍程度の値となっている。本流の地点については、支流Aとの合流後より下流で微細泥率、IL、T-Pが夏季にくらべて高いのが認められる。この時の底質の蓄積量は少なく、st. B、Cでは採取できなかった。コンクリート床の水路では増水による掃流効果が大きく、底質が溜まりにくい。

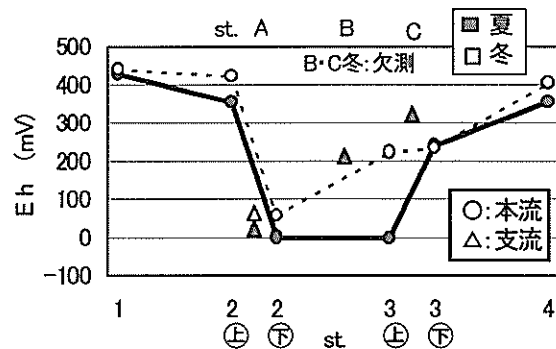


図-9 中堀川における底質のEh

### 3-1-3 付着物

付着物調査の結果を図-11に示す。

夏季調査の場合、本流ではst. 2 (下)のIL、T-Pが大きいのが認められる。ILとT-Pの割合はそれより下流の地点ではほぼ同じ傾向なのに対し、上流のst. 1やst. 2 (上)ではT-Pの割合が低い。目視ではst. 2 (下)およびst. 3 (上) (下)でミズワタが確認されている。st. Aでは適当な礫が見つからなかったため、欠測となったが、コンクリート床にミズワタが付着していることやst. 2の上下で測定値が大



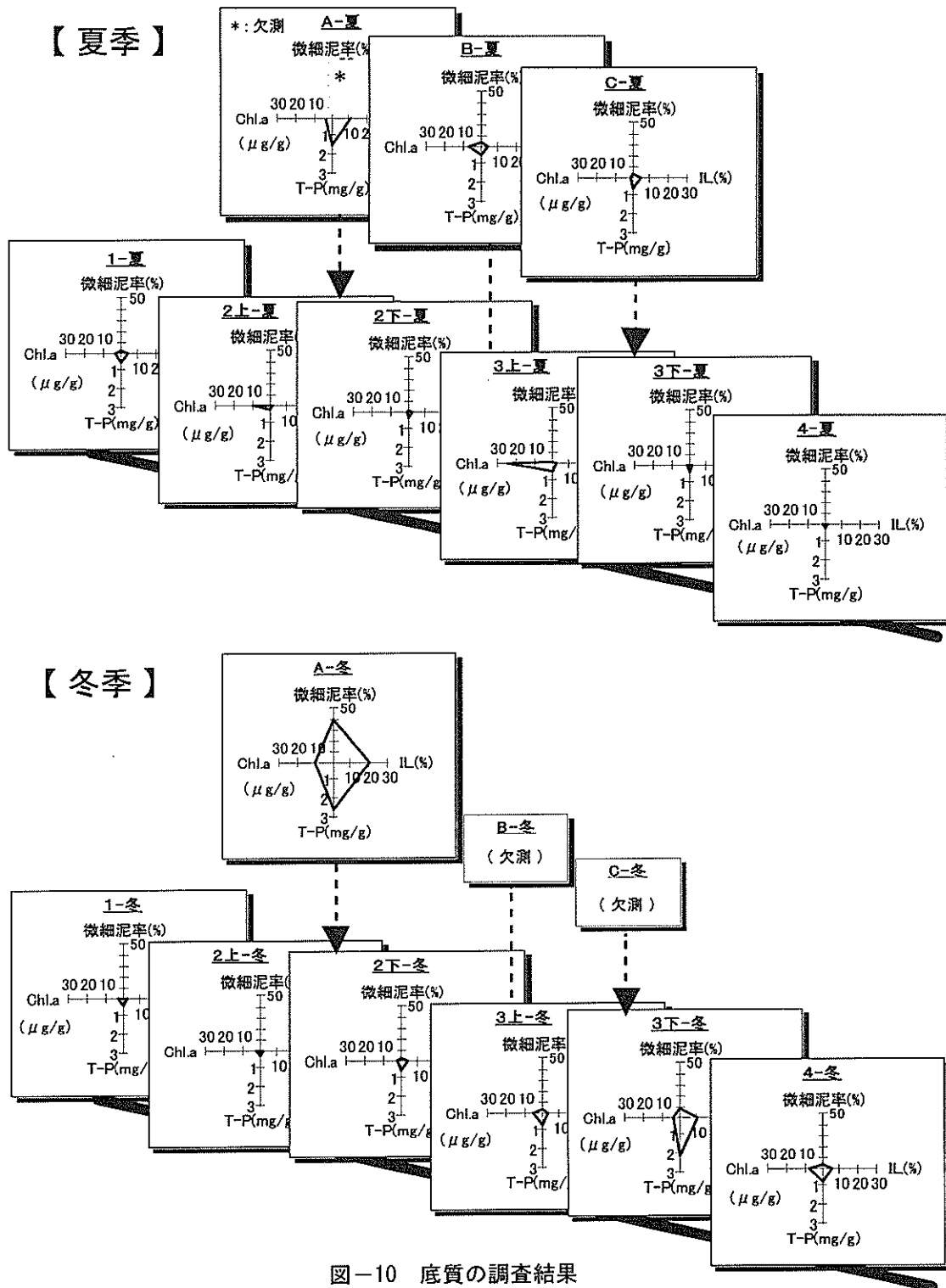


図-10 底質の調査結果

大きく異なることから、支流Aから本流の下流へと付着物が剥離して供給されたものと推測される。支流のst. Bでは付着量が $400\text{g}/\text{m}^2$ と大きいものの、ILは5%と低いことから土砂が礫上に堆積したものと考えられる。

冬季調査では、本流のst. 2(上)が付着量 $1300\text{g}/\text{m}^2$ と大きいものの、ILは8%と低く、土砂に富んでいると考えられる。支流のst. AではILが34%である等各項目の値が大きい。合流直後のst. 2(下)でも同様の構成となっており、ILやT-Pの高い状態が最下流のst. 4まで続いているのが認められる。

このように、付着物については支流Aが本流に及ぼす影響は大きいと考えられる。

#### 3-1-4 付着藻類

中堀川で出現した代表的な付着藻類の出現状況を表-3にまとめた。夏季調査では、本流上流側のst. 1とst. 2(上)では珪藻類の *Navicula gregaria*、*Navicula viridula* var. *rostellata*、*Nitzschia palea*、*Nitzschia pumila* の出現頻度が高かった。BOD濃度が高い支流のst. Aはその下流で流入するが、ここでは *N. palea* と共に珪藻類の *Navicula goeppertiana*、*Pinnularia brauniana* の頻度が高かった。st.

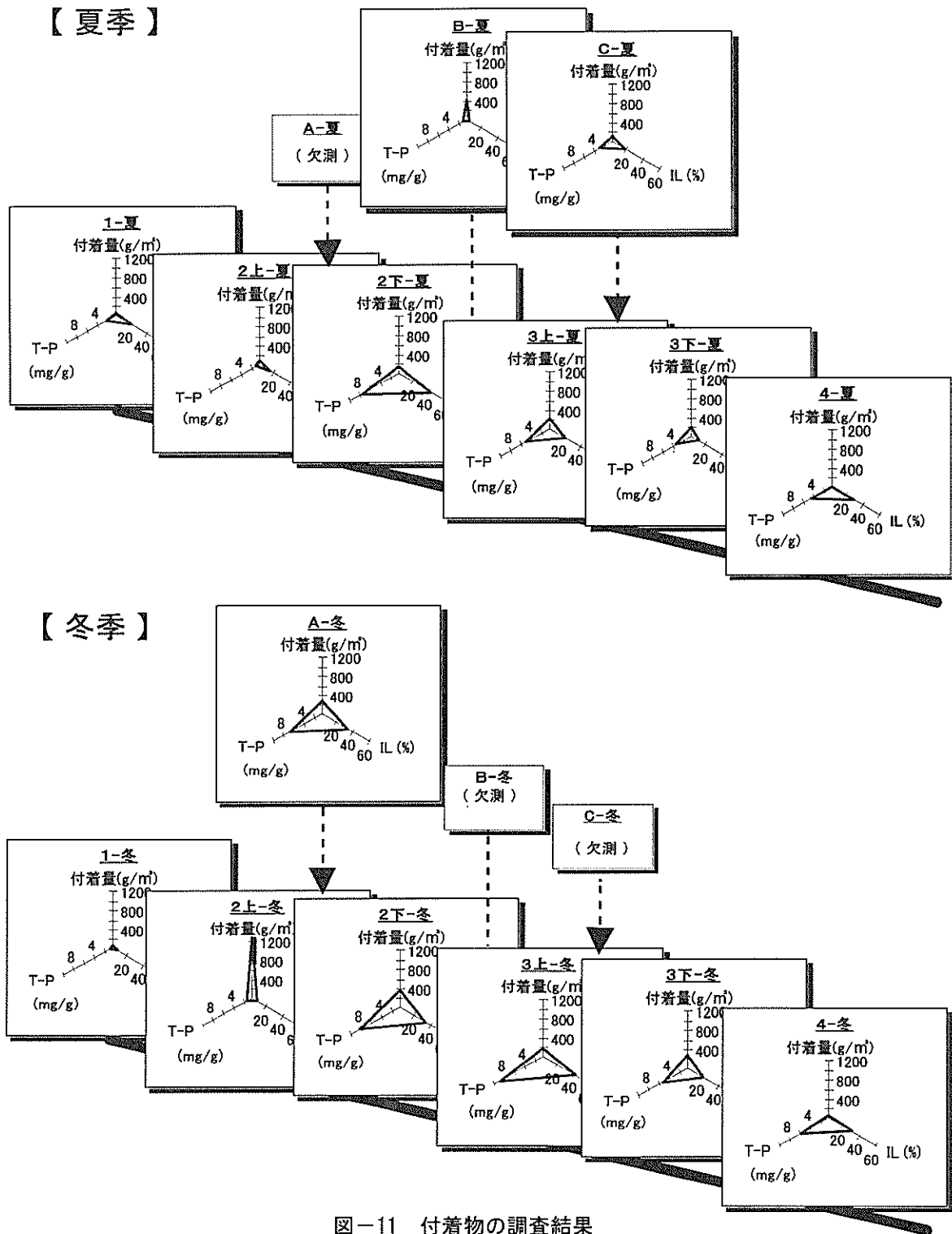


図-11 付着物の調査結果

Aより下流側に位置する本流の地点および支流の地点では共に *N. palea*、あるいはそれと他の珪藻類の出現頻度が高く、それ以外の頻度が高かった種類は、地点により異なる傾向があった。冬季には本流上流側のst. 1では紅藻類の *Audouinella* sp.の出現頻度が高かった。本種は本流の最も下流側のst. 4でも、類似の出現状況を示した。また、上流側のst. 2 (上)からst. 4までの本流と、支流では共に珪藻類の *Achinanthes lanceolata*、*Fragilaria capucina* var. *rostellata*、*Nitzschia linearis*、*N. palea*が高い頻度となった。そして、冬季には低水温環境に特徴的な *Meridion*

*circularis* var. *constricta*がほぼ全域に出現し、本流の上流側で高い頻度となる傾向が示された。

横浜市の生物指標では、指標種として30種類の藻類が挙げられている<sup>5)</sup>。生物指標では、藻類群集を構成する種類は4段階の水質階級の複数の階級に区分されるが、指標種が2種類以上となる水質階級のうち、より良好な水質の階級を評価結果とする方式が採用されている。中堀川で出現した藻類の水質指標性で区分し、それぞれの階級の種類数と水質評価結果について表-4 (上段)に示した。夏季には本流上流側のst. 1とst. 2 (上)はきれいとは評価された

表-3 中堀川の代表的付着藻類(出現率が10%以上となった種類)の出現状況と種類数

表示は +<5% ++≥5<10% +++≥10%

	夏季									冬季								
	St.1	St.2U	St.A	St.2D	St.B	St.3U	St.C	St.3D	St.4	St.1	St.2U	St.A	St.2D	St.B	St.3U	St.C	St.3D	St.4
紅藻類 Rhodophyta																		
<i>Audouinella</i> sp.										+++								+++
珪藻類 Bacillariophyta																		
<i>Achnanthes lanceolata</i>					+		+		+		+	+++	+	+++	+++	+	++	+
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>gracilis</i>	+									+	+++	+++	+++	+	+		+	+
<i>Gomphonema parvulum</i>	+	+		+		+	+++	+	+	+	+	+	+++	++	+++		+++	+++
<i>Meridion circulare</i> var. <i>constricta</i>										+	+++		+++		+	++		+
<i>Navicula confervacea</i>				+++														
<i>Navicula goeppertiana</i>			+++															
<i>Navicula gregaria</i>	+++	++					+			+	+	+	+	+++	++	++	++	+
<i>Navicula seminulum</i>			+		+			+				+++	+	+			+	
<i>Navicula veneta</i>	+		+	+	+	+	++	+	+			+	+	+	++	+++		
<i>Navicula ventralis</i>													+++	+				++
<i>Navicula viridula</i> var. <i>rostellata</i>	+++	+++		++	+	+	+			+								
<i>Nitzschia intermedia</i>	+			+		+++		+	+++									
<i>Nitzschia linearis</i>	+	++					+		+	+	++	+++	++	++	+++	+++	+++	+++
<i>Nitzschia palea</i>	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	++	+++	+	+++	+++	+++	++	++
<i>Nitzschia pumila</i>	+++	+++		+++		+		+	+									
<i>Pinnularia brauniana</i>			+++	+	+		+	+					+					+
緑藻類 Chlorophyta					+								+++					
<i>Stigeoclonium</i> spp.																		
種類数	27	26	6	16	17	19	14	13	20	28	20	13	20	26	20	12	21	23

表-4 中堀川に出現した藻類群集の指標性区分と水質評価結果 (太字が階級を示す)

	夏季									冬季								
	St.1	St.2U	St.A	St.2D	St.B	St.3U	St.C	St.3D	St.4	St.1	St.2U	St.A	St.2D	St.B	St.3U	St.C	St.3D	St.4
種類数																		
きれい	<b>3</b>	<b>3</b>	0	0	1	0	2	0	2	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
やや汚れている	4	4	0	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	3	<b>2</b>	2	3	3	2	3	3	3	3	3	4
汚れている	3	2	0	1	3	2	0	1	3	1	0	1	0	2	1	0	1	2
非常に汚れている	3	2	<b>5</b>	5	5	4	4	5	6	2	2	4	4	5	4	4	6	2
指標種以外	14	15	1	6	6	10	5	5	7	19	12	4	9	12	8	5	7	8
出現率(%)																		
きれい	3	8	0	0	1	0	3	0	1	89	27	31	28	32	48	32	38	51
やや汚れている	19	19	0	2	3	2	7	1	2	2	3	4	6	18	14	8	19	11
汚れている	3	2	0	1	2	2	0	0	2	0	0	1	0	1	1	0	1	1
非常に汚れている	25	9	98	19	85	79	79	95	59	3	11	29	18	40	27	52	36	24
指標種以外	51	63	2	78	9	17	12	3	36	5	59	35	49	9	9	8	7	13

のに対して、支流st. Aは非常によごれているとなった。その下流側に位置する本流の多くの地点はやや汚れているとなり、最下流のst. 4はきれいとなり、水質が回復していることを示している。冬季には調査を行った全ての地点できれいと評価された。

生物指標による評価では、全体的には、夏季に比べて冬季の水質が回復している傾向を示している。これは、BOD濃度の傾向と一致している。地点別にみると、夏季にBOD濃度が10mg/lを上回るst. 4ではきれいと評価され、冬季のst. Aとその下流のst. 2(下)でもBOD濃度に対して生物指標では良好な水質を示す評価結果となり、他の支流でも類似の傾向が認められる。生物指標とBOD濃度の関係のめやすは、きれいはBOD濃度が5mg/l以下、やや汚れているは10mg/l以下となっている。このような、水質項目と生物指標の結果に相違が生じるのは、異質なものを対象としていることに起因する。例えば、BOD濃度は昼間の特定の時間に測定されており、都市部の河川では測定される時間帯によりその濃度は異なり、排水が減少する夜間には濃度が低下する。中堀川のような小河川では、そ

のような傾向はより顕著なものとなる。それに対して、生物はその場所にある程度の期間生息しており、異なる水質状況の影響下で群集が形成されている。さらに、流域の多様な水環境から運搬された藻類の群集形成への参加による群集構造の変化<sup>6)</sup>が、生物指標による評価結果に反映されて、水質項目の結果との相違が生じている。

指標種の出現率を水質階級別に表-4(下段)にまとめた。全ての地点できれいと評価された冬季に、きれいな階級の指標種が藻類全体の約30~50%をほとんどの地点で占め、最も上流側の地点では90%の高い割合となった。それに対して、夏季にきれいあるいはやや汚れていると評価された地点で、それらの階級の指標種が出現した割合はきわめて低かった。夏季におけるこのような傾向は、多様な水環境からの藻類の運搬による集積効果により、現状より良好な水質状況を示す階級となったことが推察される。このようなことは、生物指標による評価結果が、水質状況を反映していないと結論付けるべきではない。むしろ、その水質階級にかなり近い状況まで回復が進んでいると評価すべきであり、近い将来の回復レベルを先駆的に示すものであ

ろう。

横浜市の生物指標ではきれいな水質の幅が、一般的な生物指標のやや汚れている水質までを含む範囲となっている。これは、横浜市の水環境目標の達成目標が、一部の源流域を除く水域で、BODでは5mg/l以下となっていたこと。さらに、生物指標の指標種を選定する際に、それまでの調査における出現状況とBOD濃度を指標性の基準としたが、市内河川における当時の水質状況から、BOD 5mg/l以下の範囲で水質階級の細分化が不可能であったことが背景となっている。最近、より良質な水環境への回復のため、環境基準の見直しが進められ、中堀川の場合はBODの環境基準が3mg/lとなった。このような環境基準の変更により、水環境目標の達成目標も見直しが必要となっている。生物指標も良好な水質を示す階級の細分化などにより、達成目標の高い水準への変更と共に、より詳細な評価のために指標種の量的な情報の導入も検討すべきであろう。

### 3-2 詳細調査

流程調査における夏季調査では、本流の途中からT-Pが高濃度になったり、st. 3～4間で流量やBODが増えていた。そのため、未調査の排水口を捜し出し、st. 2～3間はT-P、st. 3～4間は流量およびBODを中心に調査することにした。

調査区間の主な排水口の位置、およびpH、電気伝導率等の結果を図-12、表-5、図-13に示す。

流量は降雨の多い秋季だったため、夏季や冬季調査より多くなっている。新たに見つかった排水口の合計流量はst. 2～3間で7.3L/sで、これは本流st. 3(上)の8%にあ

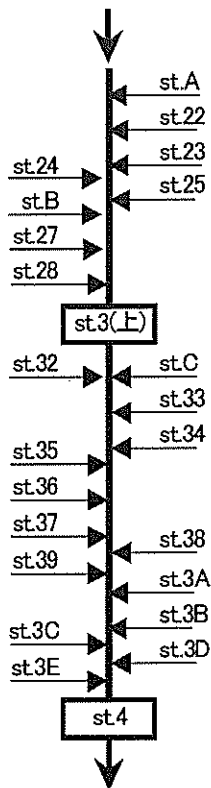


図-12 詳細調査地点 (模式図)

たる。同様にst. 3～4間では計17.8L/sと支流C(st. C)よりも多く、本流st. 4の14%にあたる。

BODについては、st. 3～4間で環境基準の3mg/lを超える排水口が新たに6本見つかった。新たに見つかった排水口のBOD負荷量合計は0.07g/sと支流Cの0.05g/sを上回り、st. 4(0.60g/s)の12%にあたる。また、参考としてst. 2～3間でもいくつかの排水口についてBODを測定したところ、支流A(st. A)は相変わらず高く29mg/l、st. 24は水量は少ないものの79mg/l、等の結果が得られた。

T-Pについては、この時の本流のst. 3(上)で3.6mg/lと夏季調査時の1/10程度の濃度であり、排水口でもst. 24だけがやや高く1.8mg/lであった。夏季調査の時に予想された数十mg/lの排水は今回確認できなかった。

### 4. まとめ

横浜市中部を流れる中堀川において、上流から下流まで、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) 中堀川上流では環境基準を満足していたが、支流Aが合流した後では基準を超えていた。本流のBOD負荷の半分以上が支流Aによるものと考えられた。
- 2) 支流Aが本流と合流した直後の淵では底質のBhが0mV付近と低く、支流由来とみられるミズワタが大量に蓄積していた。

表-5 詳細調査の結果 (—:欠測)

st	pH	EC (mS/m)	流量 (L/s)	BOD (mg/l)	T-P (mg/l)
A	7.39	33.7	17.5	29.4	—
22	7.36	24.5	5.00	—	0.012
23	7.14	26.0	0.13	—	0.035
24	7.18	47.5	0.12	78.5	1.770
25	7.80	37.0	1.44	13.6	0.127
B	7.10	28.0	27.8	—	0.074
27	7.18	23.0	0.60	—	0.014
28	7.43	33.5	≈ 0	—	0.088
3上	7.19	31.3	94.1	4.8	3.62
C	7.54	32.0	11.00	4.8	0.120
32	7.35	24.0	3.20	8.9	0.049
33	—	—	1.70	7.8	—
34	—	—	1.30	3	—
35	—	—	0.12	1.2	—
36	—	—	0.43	—	—
37	—	—	0.48	0.7	—
38	—	—	0.38	—	—
39	—	—	3.05	0.8	—
3A	—	—	0.51	3.7	—
3B	—	—	0.60	15.2	—
3C	—	—	≈ 0	6.9	—
3D	—	—	4.80	1.5	—
3E	—	—	1.20	5.8	—
4	—	—	127	4.7	1.46

調査日:2001.11.15 (st.Aのみ10.31)

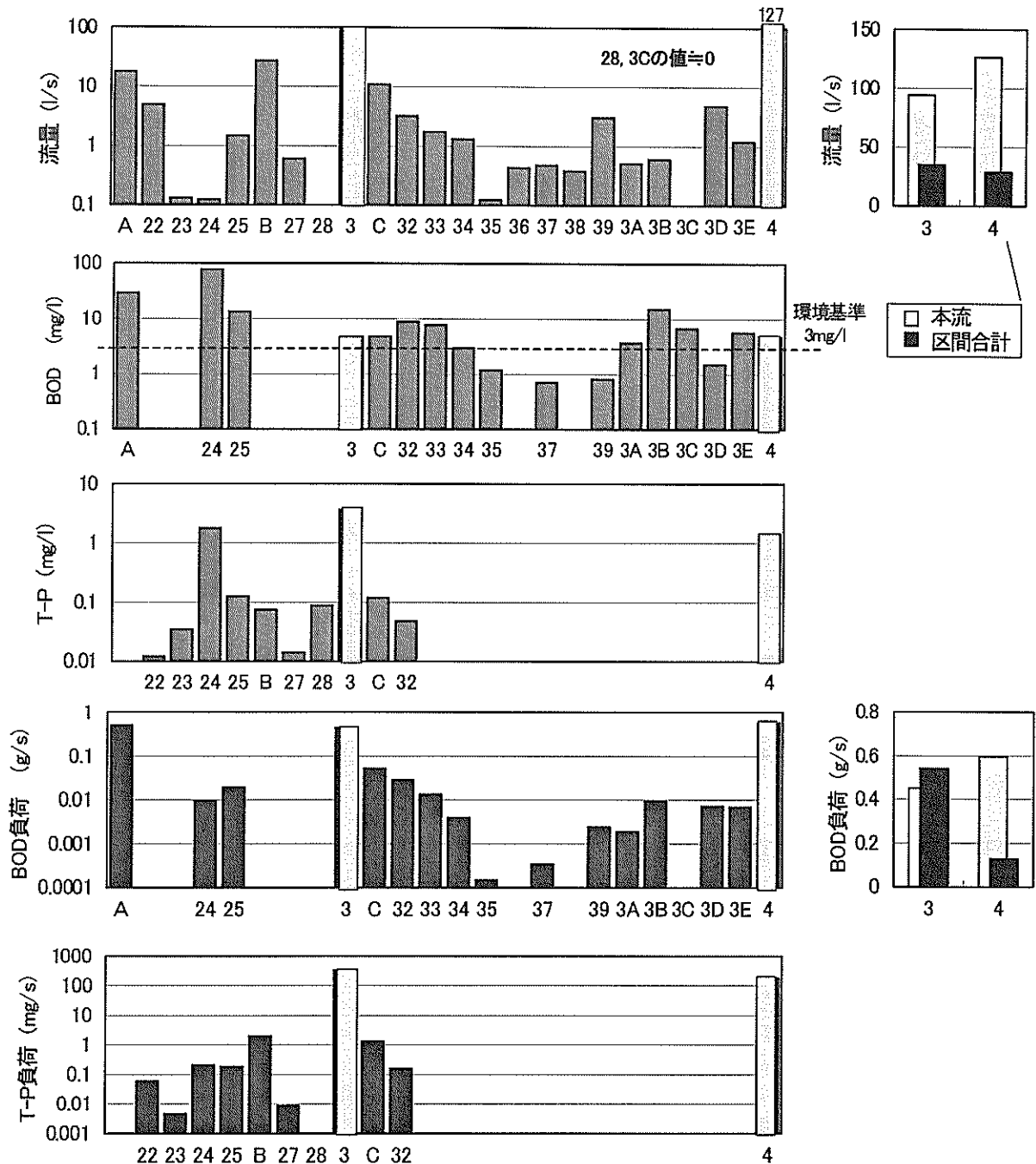


図-13 詳細調査結果

- 3) 付着物の組成が支流Aとの合流点の上・下流で異なり、かなり下流まで支流の影響が及んでいると考えられた。
- 4) 付着藻類による水質評価結果では、夏季には支流のst. Aで非常に汚れており、その下流側ではやや汚れている地点が多かった。それに対して冬季には全ての地点できれいと評価された。
- 5) 中堀川本流の水環境改善には支流Aの水質改善が必要と考えられた。

#### 文献

1) 横浜市環境保全局：横浜市公共用水域及び地下水の水質測定結果報告書(平成12年度)、19-45 & 137-139(2002)。

2) 横浜市環境保全局：横浜市水環境計画年次報告書(平成13年度)、66-73(2001)。

3) 環境庁：底質調査方法、2-3(1988)。

4) J. D. H. Strickland, T. R. Parsons: A Practical Handbook of Seawater Analysis, *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 167, 185-192(1972)。

5) 福嶋悟：横浜市内河川にみられる藻類の地域的特徴とその指標性、水域生物指標に関する研究報告、横浜市公害研究所、公害研資料No. 88、107-126(1989)。

6) 福嶋悟：下水処理水が河川水の半分程度を占めるようになった鶴見川における珪藻群集の長期的変化(日本珪藻学会第21回研究会講演要旨)、*Diatom*、17、174(2001)。

## アロザイム分析によるヌカエビ集団の遺伝学的および形態学的研究

## 第2報

## —横浜市域および三浦半島の集団間の比較—

樋口文夫 (横浜市環境科学研究所)  
益子計夫 (帝京大学)

Genetic study by means of allozyme analysis and morphological study of Nukaebi

*(Paratya compressa improvisa* Kemp) populations II

— Comparison among local populations of Yokohama area and Miura Peninsula —

Fumio Higuchi (Yokohama Environmental Research Institute)  
Kazuo Mashiko (Teikyo University)

キーワード：ヌカエビ、アロザイム、遺伝子頻度、繁殖形質、横浜、三浦半島

## 要旨

神奈川県東部の横浜市域および三浦半島に分布するヌカエビを対象に遺伝的特徴、形態等について集団間の比較検討を行い、以下の成績を得た。

酵素としてグルコース6 燐酸イソメラーゼ (Gpi)、マンノース6 燐酸イソメラーゼ (Mpi)、ホスホグルコムターゼ (Pgm) の3 酵素で解析を行った結果、集団間の遺伝子頻度に差が認められ、Mpi、Pgmの遺伝子座は、集団間で差が大きかった。Gpi は、森戸川水系集団と他の集団で差が大きかった。遺伝距離による関係では、4 グループの地域集団に分類できた。平均ヘテロ接合体率は、川集団が池集団より高い値を示した。

形態の比較では、額角歯数で小数の集団で他と異なる値を示した。繁殖形質では、抱卵雌の体サイズ、卵重%、抱卵数、平均卵体積でグループ、水域区分によって差があった。

以上から地域個体群の集団間の遺伝子頻度、地域的な遺伝的特徴、繁殖形質等の変異が明らかになった。また地域個体群の保全、再生に向けての基礎的情報が得られた。

## 1. はじめに

都市水域に生息していた水生生物の多くが減少し、孤立化している。また一方では、外来種、国内の移入種が放流等によって分布を広げ、在来種の群集構造、遺伝子の攪乱等の問題が起こってきている。このような状況にあつて生態学的、遺伝学的側面からの研究報告はほとんどない。

そのため生物多様性の観点から生息環境の保全、再生の基本情報としてこの種の調査研究が必要であると考ええる。

筆者らは、市内の自然度が高い谷戸等の池、水路に分布し、あまり攪乱が進んでいないと思われる淡水エビ類のヌマエビ科ヌカエビ *Paratya compressa improvisa* を対象に、分布状況、地域個体群の生息環境と生活史との関係、繁殖生態、集団の遺伝的特徴の把握と変動要因等に

ついて解析を行ってきた<sup>1~5)</sup>。その中で前報<sup>1)</sup>では、アロザイム分析において有用な解析方法の選択と単一水系内、一地域集団内の変動特性について検討した。

今回は、神奈川県東部の横浜市内と三浦半島に分布する集団の遺伝的、形態的側面からの比較検討、集団の相互関係等に関する解析を行った結果、興味ある知見が得られたので報告する。

## 2. 調査方法

## 2-1 調査地点および概要

調査水系は、鶴見川、帷子川、大岡川、境川の柏尾川支川、宮川、滑川、森戸川、松越川の8 水系であった。

調査地点は、鶴見川水系がMu、Shi、Ooの同じ谷戸に近接して点在する集団と、これら集団とは距離的に遠いMi集団の4 地点、帷子川がこの水系唯一の分布地と思わ

れるKoの1地点、大岡川が上流域で谷筋が異なっているが、連続した分布地のOp、O1、O2の3地点、境川水系が、柏尾川の支川で上流、谷筋が異なるが距離的に近いI1、I2の2地点、宮川が唯一の分布地であるMの1地点であった。さらに横浜市南部に近接して流れる滑川が上流域のNa、森戸川がMo、現在、三浦半島の最も南に分布すると思われる松越川のMaの各1地点、計14地点であった。

各地点の物理的環境要因を表1に示した。

各調査地点の水域区分は、生息環境がため池、公園池の止水域が10地点で、川の流水域が4地点であった。池の面積は、ため池が600~3850 mm<sup>2</sup>の範囲、公園池が10~21mm<sup>2</sup>で非常に小さかった。川の地点での河川形態区分<sup>6)</sup>は、Aa型あるいはAa-Bb型の上流域で生息場の多くは淵である。

採集時期は、遺伝的解析に供した集団については1997年~1999年、形態、繁殖形質が1994年6、7月であった。

## 2-2 アロザイム分析の条件

アロザイム分析は、前報と同様に沼知(1989)<sup>7)</sup>、Mashiko and Numachi(1993)<sup>8)</sup>に従って行った。すなわち腹部筋肉を試料とし、冷凍保存(-30℃)したものを用いた。また保存期間については1年以内とした。電気泳動の分析方法は、緩衝液は、モルホリノエタンサルホン酸/トリエタノールアミン(MES/TEA) pH 7.1を用い、水平式デンブングル電気泳動装置を用いて分析した。泳動条件は、通電がゲル断面積(1cm<sup>2</sup>)あたり3~4 mA、40検体用のゲルでは40~50mA、300~400Vの条件で、別途添付したAmid Black10Bの泳動距離5 cmまで行った。

アロザイム分析は、前報<sup>1)</sup>において多型が明確となった、グルコース6 磷酸イソメラーゼ(Glucose-6-phosphate

Isomerase:GPI)、マンノース6 磷酸イソメラーゼ(Mannose-6-phosphate Isomerase:MPI)、ホスホグルコムターゼ(Phosphoglucosutase:PGM)の3遺伝子座で行った。

## 2-3 形態形質、繁殖形質の計測

形態計測に用いた試料は、10%ホルマリン液固定後、80%エチルアルコール液で固定保存したものであった。

計測方法は、頭胸甲長が実体顕微鏡下でノギス、体重が上皿天秤で測定した。なお、頭胸甲長測定時に額角歯数の上縁、下縁の歯数を計数した。繁殖形質の計測は、繁殖期間初期の雌個体を用い、卵重は上皿天秤(0.1mg)を用い湿重量で計った。卵重%は、体重から卵重を差し引いた値で徐して求めた。抱卵数は、発生段階1期(受精卵から顎脚原基出現まで)の全数をカウントした。卵サイズは、光学顕微鏡とカメラ内臓型マイクロメータ(VM-31 オリンパス製)で一個体につき20個の長径、短径を測定し、平均長径、短径を算出した。またこれら2変数より  $\pi \times \text{長径} \times \text{短径}^2 \times 6^{-1}$  (mm<sup>3</sup>)の式で卵体積を求め平均卵体積を算出した。なお、性別は第2腹肢内肢突起の有無で行った。

## 2-4 統計的解析方法

統計的解析は、泳像パターンをもとにして各集団の遺伝子型頻度、遺伝子頻度を求めた。遺伝子型頻度は、Hardy・Weinbergの法則から期待値を求め、双方を $\chi^2$ 検定により任意交配集団かどうかを確かめた<sup>9)</sup>。つぎに集団の多様性を推定するために集団の各遺伝子座のヘテロ接合体率を  $h=1-\sum p_i^2$  で求め、それらの3遺伝子座の平均値をhtとした。また地域集団の対立遺伝子の多様性を推定するために平均遺伝子多様度の  $H_s=1-\sum p_{is}^2$  ( $p_{is}$ : 集団sでの対立遺伝子頻度)、これは個々の集団の

表1 調査地点の物理的環境要因

水系	地点	水域区分	河川形態区分	水面面積 m <sup>2</sup>	水深 cm	底質(沿岸)	護岸
鶴見川	Mu	ため池	—	600	100<	土、落葉腐植土	土、ササ
	Shi	ため池	—	1800	150<	土、腐植土	土、コンクリート
	Oo	ため池	—	3850	150<	土、腐植土	土、コンクリート
	Mi	ため池	—	1250	150<	砂泥	土
帷子川	Ko	公園池	—	21	40	泥、砂	石積み、コンクリート
大岡川	Op	ため池	—	300	50	泥	土
	O1	川	Aa型	—	58	土、砂泥	土
	O2	川	Aa-Bb型	—	44	土、砂泥	コンクリートブロック
いたち川	I1	公園池	—	3000	100<	砂、泥、落葉	土、石積み
	I2	ため池	—	1250	50	砂、泥	土
宮川	M	公園池	—	10	40	泥、コンクリート	石積み
滑川	Na	川	Aa型	—	50	土、砂泥	土
森戸川	Mo	川	Aa-Bb型	—	60	砂泥	コンクリートブロック
松越川	Ma	ため池	—	600	150<	泥、砂	土

注) —: 欠測値

平均ヘテロ接合体率 (ht) の合計を集団数で除した値で求めた。地域集団の多様度は、 $Ht=1-\sum \bar{p}_i^2$  で求めた。さらに集団の分化の程度を推定する係数は、 $Gst=(Ht-\bar{H}_s) \cdot Ht^{-1}$  ( $\bar{H}_s$ : いくつかの集団の  $H_s$  の平均値) で求めた<sup>9)</sup>。

集団間の遺伝子頻度の比較検定はG検定<sup>10)</sup>で行った。双方の関係、類似度等を見るために遺伝距離DをRogersの式<sup>11)</sup>を用いて算出した。集団間の関係についてはUPG法<sup>8)</sup>によって樹形図を作成した。形態計測値の平均値の比較は、分散分析におけるSheffaの方法<sup>12)</sup>と2平均値の比較のt検定で行った。

### 3. 結果

#### 3-1 集団間の遺伝子組成の比較

3 遺伝子座の泳動像を図-1、遺伝子型頻度、対立遺伝子頻度を表-2に示した。また各集団の対立遺伝子頻度の地域変異を図-2に示した。

遺伝子座別の泳動像は、*Gpi*、*Pgm*が陽極側から対立遺伝子 a、b、c の3つが検出された。しかし*Gpi*はbのみの集団が多かったが、Mo、Na集団ではcが検出され、他の集団とは異なっていた。*Mpi*では、全体でa、b、c、dの4つの対立遺伝子が検出された。*Pgm*は、対立遺伝子cの頻度が高く、集団間の差が比較的大きかった。

集団の遺伝子型頻度に関して期待値と観察値との間に有意な差が認められず、各集団は任意交配しているものと考えられた。

つぎに集団間の遺伝子頻度等を比較検討した。

*Gpi*は、市内水系集団間では、対立遺伝子bのみの集団が多く差がほとんど無かったが、滑川、森戸川集団との比較ではG検定で有意な差を示し、特に森戸川集団とでは高い有意水準で有意差 ( $p < 0.01$ ) を示した。これは対立遺伝子cの頻度が高かったことに起因した。

*Mpi*は、鶴見川水系集団とKoで対立遺伝子dの頻度が高かったのに対して大岡川水系、M集団ではaの頻度が比較的高く、地域による差を示していた。水系集団間の

比較は、鶴見川水系の近接したMu、Oo、Shi集団間では差がなく、同一水系のMi集団とは統計学的に差 ( $p < 0.01$ ) を示した。大岡川水系は、水系内、また近接した宮川水系のM集団とに差がなかった。いたち川水系内の集団間で差がなかった。以上のように水系間の遺伝子頻度の差が比較的明らかであった。

*Pgm*は、鶴見川水系と帷子川水系の集団が対立遺伝子bが0.95以上で差を示さなかった。他の集団との比較では大岡川、宮川、滑川水系集団とで対立遺伝子a、bが出現し有意差 ( $p < 0.01$ ) を示した。鶴見川、大岡川水系内の集団間の比較ではいずれも有意差を示さなかった。しかしいたち川の同一水系内集団では遺伝子組成が異なり有意差 ( $p < 0.01$ ) を示した。水系間で差を示さなかったのは、大岡川水系と宮川、滑川水系の円海山周辺部に源流を持つ集団であった。また鶴見川、森戸川、松越川水系間では距離的に離れた場所であっても差を示さなかった。

各集団における3 遺伝子座のヘテロ接合体率 (遺伝子多様度<sup>9)</sup>) を表-3に示した。

大岡川水系の集団が約0.2と最も高い値を示し、滑川、森戸川水系集団も0.19、0.17と高かった。反対に低かったのは松越川水系集団の0.02、鶴見川水系集団はMi、いたち川水系のI1集団は0.03台であった。

これら集団の平均ヘテロ接合体率 (ht) と水域区分との関係を見たのが図-3である。川集団の標本数が少ないが、川集団の方が池集団より高い値を示し、統計学的にも有意差 ( $p < 0.05$ ) を示した。

集団間の関係、類似度を見るために、遺伝子座から得たRogersの遺伝距離をもとに検討した。それを表-4に示した。

鶴見川水系、大岡川水系等、同一水系内の集団間では遺伝距離は相対的に小さく、0.1以下、また水系が異なるが近接した集団間でも低い値を示していた。ただし森戸川水系と他の集団との遺伝距離は大きかった。

これらの値をもとにUPG法によって樹形図を描いた

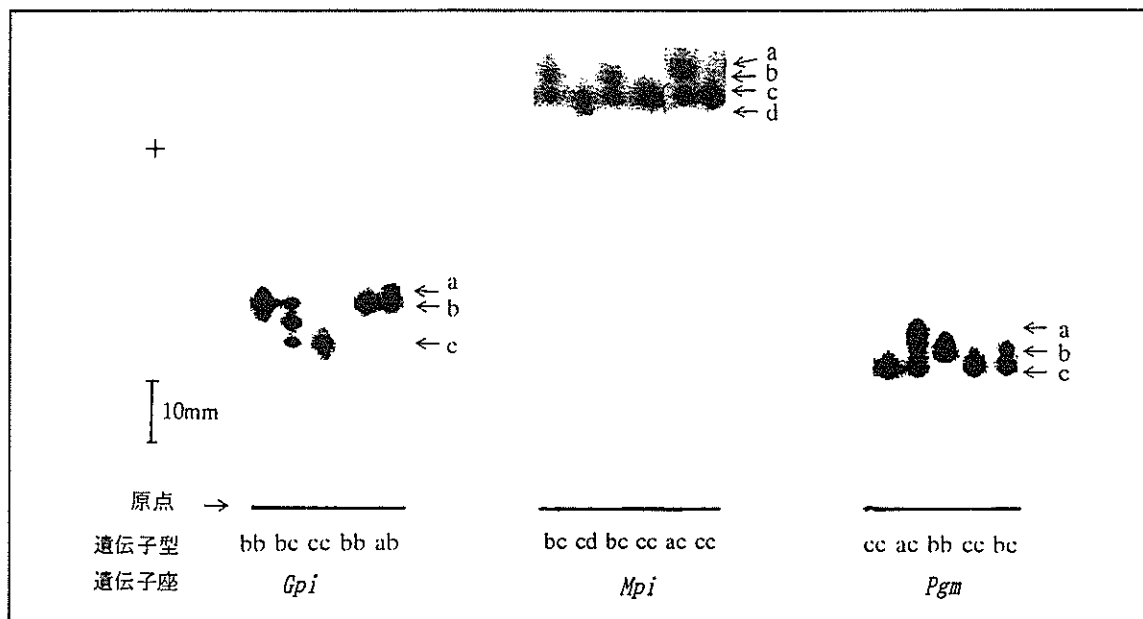


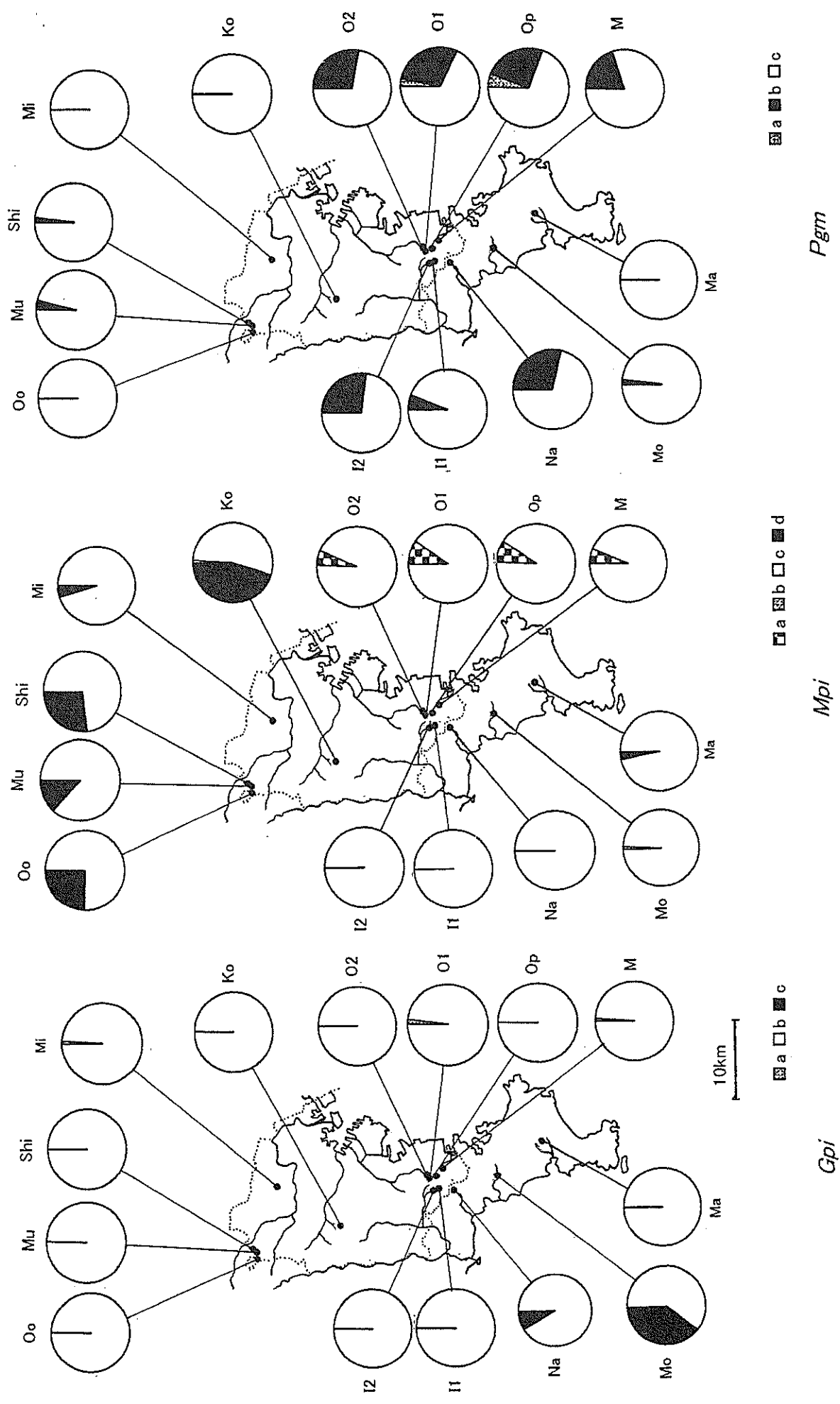
図-1 デンブゲル電気泳動による*Gpi*、*Mpi*、*Pgm*の泳動パターン



表-2 水系別の*Gpi*、*Mpi*、*Pgm* の遺伝子型と遺伝子頻度

遺伝子座	水系	集団	n	遺伝子型						遺伝子頻度				
				bb	cc	dd	ab	ac	bc	cd	a	b	c	d
<i>Gpi</i>	鶴見川	Mu	60	60	0	0	0	0	0	0	0.00	1.00	0.00	-
		Shi	40	40	0	0	0	0	0	0	0.00	1.00	0.00	-
		Oo	20	20	0	0	0	0	0	0	0.00	1.00	0.00	-
		Mi	80	78	0	0	2	0	0	0	0.01	0.99	0.00	-
	帷子川	Ko	60	60	0	0	0	0	0	0	0.00	1.00	0.00	-
	大岡川	O-P	40	40	0	0	0	0	0	0	0.00	1.00	0.00	-
		O1	40	38	0	0	2	0	0	0	0.02	0.98	0.00	-
		O2	40	40	0	0	0	0	0	0	0.00	1.00	0.00	-
	いたち川	I1	40	40	0	0	0	0	0	0	0.00	1.00	0.00	-
		I2	30	30	0	0	0	0	0	0	0.00	1.00	0.00	-
宮川	M	40	39	0	0	1	0	0	0	0.01	0.99	0.00	-	
滑川	Na	50	41	0	0	0	0	9	0	0.00	0.91	0.09	-	
森戸川	Mo	53	28	8	0	0	0	25	0	0.00	0.61	0.39	-	
松越川	Ma	60	60	0	0	0	0	0	0	0.00	1.00	0.00	-	
<i>Mpi</i>	鶴見川	Mu	60	0	44	1	0	0	0	15	0.00	0.00	0.86	0.14
		Shi	40	0	24	5	0	0	0	11	0.00	0.00	0.73	0.27
		Oo	20	0	11	1	0	0	0	8	0.00	0.00	0.75	0.25
		Mi	40	0	36	0	0	0	0	4	0.00	0.00	0.95	0.05
	帷子川	Ko	40	0	10	7	0	0	1	22	0.00	0.01	0.54	0.45
	大岡川	O-P	40	0	33	0	0	7	0	0	0.09	0.00	0.91	0.00
		O1	40	0	32	0	0	8	0	0	0.10	0.00	0.90	0.00
		O2	40	0	35	0	0	5	0	0	0.06	0.00	0.94	0.00
	いたち川	I1	40	0	40	0	0	0	0	0	0.00	0.00	1.00	0.00
		I2	30	0	30	0	0	0	0	0	0.00	0.00	1.00	0.00
宮川	M	40	0	35	0	0	5	0	0	0.06	0.00	0.94	0.00	
滑川	Na	50	0	50	0	0	0	0	0	0.00	0.00	1.00	0.00	
森戸川	Mo	53	0	52	0	0	1	0	0	0.01	0.00	0.99	0.00	
松越川	Ma	60	0	56	0	0	0	0	4	0.00	0.00	0.97	0.03	
<i>Pgm</i>	鶴見川	Mu	60	0	55	0	0	0	5	0	0.00	0.04	0.96	-
		Shi	40	0	38	0	0	0	2	0	0.00	0.02	0.98	-
		Oo	20	0	20	0	0	0	0	0	0.00	0.00	1.00	-
		Mi	80	0	80	0	0	0	0	0	0.00	0.00	1.00	-
	帷子川	Ko	60	0	60	0	0	0	0	0	0.00	0.00	1.00	-
	大岡川	O-P	40	3	17	0	0	2	18	0	0.05	0.25	0.70	-
		O1	39	6	20	0	0	1	12	0	0.03	0.29	0.68	-
		O2	40	4	20	0	0	0	16	0	0.00	0.28	0.72	-
	いたち川	I1	40	0	35	0	0	0	5	0	0.00	0.06	0.94	-
		I2	30	1	15	0	0	0	14	0	0.00	0.27	0.73	-
宮川	M	40	0	24	0	0	0	16	0	0.00	0.20	0.80	-	
滑川	Na	50	6	27	0	0	0	17	0	0.00	0.29	0.71	-	
森戸川	Mo	53	0	51	0	0	0	2	0	0.00	0.02	0.98	-	
松越川	Ma	60	0	60	0	0	0	0	0	0.00	0.00	1.00	-	

注) n:標本数、 a、b、c、d:対立遺伝子、-:不検出



図一2 スカエビ集団におけるGpi、Mpi、Pgmの対立遺伝子頻度の地域変異

表-3 遺伝子座別のヘテロ接合体率と平均値(ht)

水系	集団	<i>Gpi</i>	<i>Mpi</i>	<i>Pgm</i>	ht
鶴見川	Mu	0.0000	0.2408	0.0768	0.1059
	Shi	0.0000	0.3942	0.0392	0.1445
	Oo	0.0000	0.3750	0.0000	0.125
	Mi	0.0198	0.0950	0.0000	0.0383
帷子川	Ko	0.0000	0.5058	0.4450	0.1686
大岡川	Op	0.0000	0.1638	0.4450	0.2029
	O1	0.0392	0.1800	0.4526	0.2239
	O2	0.0000	0.1128	0.4032	0.1672
いたち川	I1	0.0000	0.0000	0.1128	0.0376
	I2	0.0000	0.0000	0.3942	0.1314
宮川	M	0.0198	0.1128	0.3200	0.1509
滑川	Na	0.1638	0.0000	0.4118	0.1919
森戸川	Mo	0.4758	0.0950	0.0392	0.1783
松越川	Ma	0.0000	0.0580	0.0000	0.0190

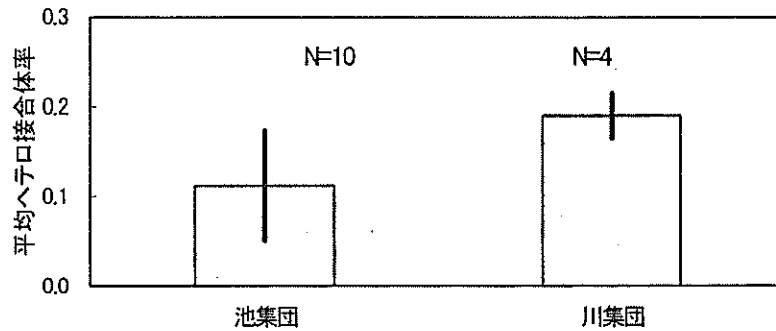


図-3 池と川集団の平均ヘテロ接合体率の比較  
N: 集団数、棒と線: 平均値±標準偏差

表-4 集団間におけるROGERSの遺伝距離マトリックス

水系	集団	Mu	Shi	Oo	Mi	Ko	Op	O1	O2	I1	I2	M	Na	Mo
鶴見川	Shi	0.050												
	Oo	0.050	0.013											
	Mi	0.047	0.083	0.070										
帷子川	Ko	0.118	0.068	0.068	0.138									
大岡川	Op	0.121	0.166	0.166	0.029	0.236								
	O1	0.137	0.181	0.181	0.134	0.247	0.022							
	O2	0.121	0.169	0.169	0.115	0.236	0.025	0.032						
いたち川	I1	0.053	0.103	0.103	0.040	0.172	0.103	0.122	0.093					
	I2	0.123	0.173	0.173	0.110	0.242	0.045	0.055	0.023	0.070				
宮川	M	0.097	0.145	0.145	0.085	0.213	0.042	0.053	0.030	0.070	0.047			
滑川	Na	0.160	0.210	0.210	0.142	0.278	0.075	0.071	0.053	0.107	0.037	0.079		
森戸川	Mo	0.182	0.218	0.218	0.150	0.287	0.243	0.252	0.233	0.147	0.217	0.205	0.193	
松越川	Ma	0.050	0.087	0.073	0.010	0.142	0.119	0.138	0.111	0.030	0.100	0.087	0.137	0.146

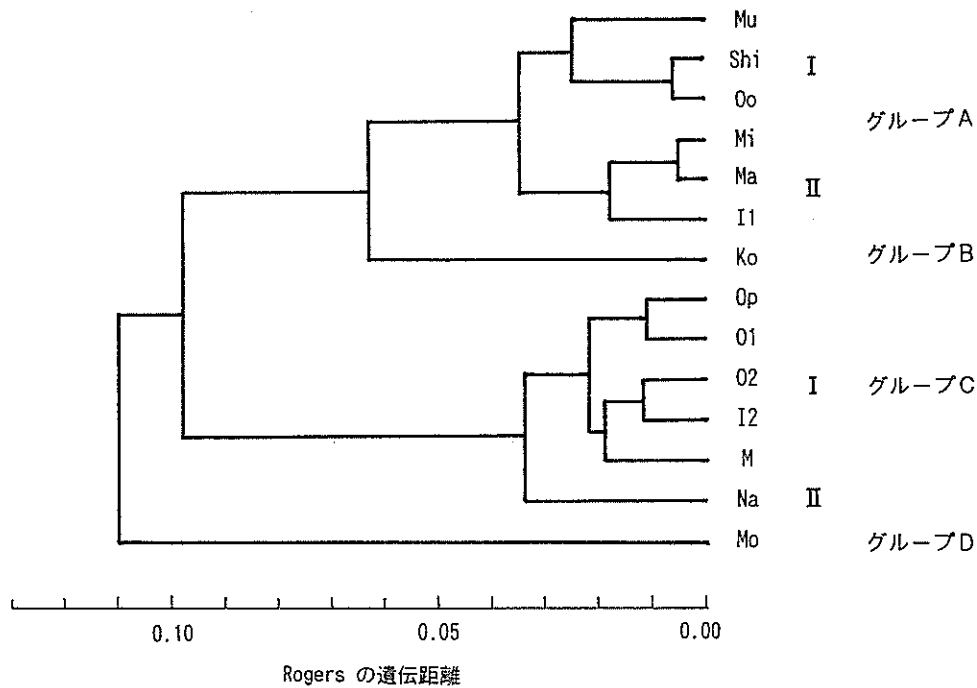


図-4 集団間の遺伝距離をもとにUPG法による求めた樹形図

表-5 グループ別の平均ヘテロ接合体率、遺伝子分化係数

地域集団	集団	集団数	Hs	Ht	Gst
グループA	鶴見川水系群 I	3	0.1251	0.1261	0.0079
	II	3	0.0316	0.0326	0.0307
グループB	帷子川水系	1	0.1686	0.1686	-
グループC	円海山周辺群 I	5	0.1780	0.1839	0.0319
	II	1	0.1919	0.1919	-
グループD	森戸川水系	1	0.1783	0.1783	-

注) Hs: 平均遺伝子多様度、Ht: 地域集団の平均ヘテロ接合体率、Gst: 遺伝子分化係数、-: 欠測値

のが図-4である。この樹形図をもとに、ここでは遺伝距離0.03以下を類似度が高い集団と判断し、分類した。

その結果、6集団に区分できた。しかし今回は0.04以下の集団、Mi、Ma、I1の集団とNa集団を近接した集団にまとめて4地域集団として分類した。

グループAは、鶴見川水系群とし、鶴見川集団のIと同一水系でIとは距離的に離れたMi集団と水系が異なるII、Ma集団の比較的単型的な遺伝子組成を含むIIの集団とした。

グループBは、帷子川の単一集団であるが、他とは異なる集団として位置づけた。

グループCは、円海山周辺群とし横浜市南部の円海山周辺に源流部を持つ大岡川、宮川、いたち川集団をIとし、近接した滑川水系の集団をIIとした。

グループDは、森戸川の単一集団である。他の集団との関係で、最も遺伝距離が高く、類似度が低い集団である。

以上のグループから繁殖集団のヘテロ接合体率の合計を集団数で割った値のHs、地域集団を一つの繁殖集団とみなして求めた平均ヘテロ接合体率のHt、集団間の相対的遺伝子分化の程度を示す指標、すなわち遺伝子分化

係数<sup>9)</sup>のGstを表-5に示した。

Hs、HtともにグループCが高く、グループAのIが低かった。Gstの集団間の比較では、両集団とも低い値であったが、グループAのIが低く、AのIIとCのIでは変わりなかった。すなわちグループCは、遺伝子多様度が高い傾向を示した。

### 3-2 集団間の形態形質・繁殖形質の比較

各水系集団の額角歯数の平均値、標準偏差、最小値、最大値を表-6に、また雌体サイズ、卵重%、抱卵数、平均卵体積等の繁殖形質の平均値、標準偏差を表-7に示した。

額角歯数の合計で集団間の比較を行った。上縁歯数の比較では、Na、Mi集団の値が平均値で10.6、9.9と高く、ついでMa集団の8.8であった。他の集団の平均値は約8.3であった。統計学的には、Na、Mi集団と他の集団間で高い有意水準 ( $p < 0.01$ ) で差を示した。

下縁歯数は、Ma集団が平均値で1.4の低い値を示し、他の集団では、2~2.5の範囲であり、全体的に変動が小さかった。統計学的には有意差が検出され易く、特にMa集団と他の集団の差が顕著であった ( $p < 0.01$ )。

表-6 額角歯数の平均値、標準偏差、最小値、最大値

水系	集団	項目	♀			♂			計		
			頭胸甲長	上歯	下歯	頭胸甲長	上歯	下歯	頭胸甲長	上歯	下歯
鶴見川	Mu	n	49	49	49	50	50	50	99	99	99
		x	5.98	8.3	2.4	4.48	7.8	2.2	5.22	8.0	2.3
		u	0.46	1.8	0.6	0.29	1.9	0.5	0.84	1.9	0.6
		min	4.74	5	1	3.92	4	1	3.92	4	1
	max	6.98	12	4	5.16	11	3	6.98	12	4	
	Shi	n	16	16	16	50	50	50	66	66	66
		x	5.62	7.9	1.9	4.59	8.1	2.1	4.84	8.0	2.0
		u	0.88	1.9	0.6	0.32	1.8	0.5	0.67	1.8	0.5
		min	4.29	6	1	3.95	4	1	3.95	4	1
	max	6.75	11	3	5.64	12	3	6.75	12	3	
	Oo	n	19	19	19	28	28	28	47	47	47
		x	5.76	9.1	2.2	4.55	8.0	2.0	5.04	8.4	2.1
u		0.49	1.7	0.6	0.35	2.0	0.5	0.73	2.0	0.5	
min		4.85	6	1	3.70	4	1	3.7	4	1	
max	6.92	12	3	5.14	13	3	6.92	13	3		
Mi	n	63	63	63	22	22	22	85	85	85	
	x	6.66	10.1	2.2	5.07	9.3	2.3	6.25	9.9	2.2	
	u	0.63	1.9	0.6	0.49	2.0	0.6	0.92	1.9	0.6	
	min	5.42	6	1	4.38	6	2	4.38	6	1	
max	7.76	15	3	5.91	14	4	7.76	15	4		
帷子川	Ko	n	125	125	125	159	159	159	284	284	284
		x	5.95	8.7	2.2	5.03	8.2	2.1	5.43	8.4	2.1
		u	0.89	1.7	0.6	0.60	1.8	0.8	0.87	1.7	0.7
		min	3.39	4	1	3.44	2	0	3.39	2	0
		max	7.87	14	4	6.60	13	4	7.87	14	4
大岡川	Op	n	57	57	57	50	50	50	107	107	107
		x	6.45	8.2	2.4	4.72	7.8	2.6	5.64	8	2.5
		u	0.75	2	0.6	0.38	1.7	0.8	1.05	1.9	0.7
		min	4.19	4	1	3.97	4	1	3.97	4	1
	max	7.60	13	4	5.35	11	5	7.60	13	5	
	O1	n	92	92	92	47	47	47	139	139	139
		x	6.53	8.4	2.3	5.02	8	2.3	6.02	8.3	2.3
		u	0.55	2	0.7	0.42	1.9	0.9	0.87	2	0.8
		min	5.07	4	1	3.75	3	0	3.75	3	0
	max	8.20	13	3	6.07	10	3	8.20	13	3	
	O2	n	121	121	121	86	86	86	207	207	207
		x	6.59	8.3	2.2	4.94	8	2.2	5.90	8.2	2.2
u		0.75	1.9	0.7	0.36	1.9	0.8	1.02	1.9	0.7	
min		4.46	4	0	3.98	4	1	3.98	4	0	
max	8.01	15	4	5.85	13	4	8.01	15	4		
いたち川	I1	n	36	36	36	30	30	30	66	66	66
		x	6.33	8.8	2.1	4.69	8.2	2	5.58	8.5	2
		u	0.75	1.6	0.8	0.64	1.6	0.7	1.07	1.6	0.7
		min	5.03	6	1	3.33	5	1	3.33	5	1
		max	7.64	12	4	5.97	11	4	7.64	12	4
	I2	n	36	36	36	67	67	67	103	103	103
		x	5.61	8.6	2.4	5.12	8.4	2.1	5.29	8.5	2.2
		u	1.04	1.4	0.8	0.56	1.6	0.6	0.79	1.5	0.6
		min	3.55	5	1	3.78	5	1	3.55	5	1
		max	7.27	11	4	7.03	12	3	7.27	12	4
官川	M	n	38	38	38	66	66	66	104	104	104
		x	5.55	8.1	2.5	5.21	8.5	2.4	5.33	8.4	2.5
		u	2.09	1.7	0.7	0.49	1.8	0.7	1.32	1.8	0.7
		min	2.67	5	1	3.21	5	1	2.67	5	1
		max	8.12	11	4	6.03	14	4	8.12	14	4
滑川	Na	n	109	106	109	62	62	62	171	171	171
		x	6.42	10.8	2.2	4.73	10.2	2.3	5.81	10.6	2.2
		u	0.63	2	0.6	0.39	1.9	0.6	0.99	2	0.6
		min	4.28	7	1	4.06	6	1	4.06	6	1
		max	7.96	17	4	5.80	16	4	7.96	17	4
森戸川	Mo	n	55	55	55	56	56	56	111	111	111
		x	6.71	8.7	2.6	4.89	8.6	2.3	5.79	8.6	2.4
		u	0.57	2.2	0.9	0.41	2.2	0.7	1.04	2.2	0.8
		min	5.56	5	1	4.17	3	0	4.17	3	0
		max	8.30	13	6	6.03	13	4	8.30	13	6
松越川	Ma	n	58	58	58	57	57	57	115	115	115
		x	6.28	8.8	1.4	4.95	8.8	1.4	5.62	8.8	1.4
		u	0.56	1.6	0.7	0.46	1.4	0.6	0.84	1.5	0.7
		min	4.51	5	0	4.22	4	0	4.22	4	0
		max	7.19	13	3	7.19	12	3	7.19	13	3

注) n: 標本数、x: 平均値、u: 標準偏差、min: 最小値、max: 最大値

表一七 抱卵雌の体サイズ、繁殖形質(発生段階1期)等の平均値、標準偏差

水系	集団	項目	頭胸甲長 mm	体重 g	卵重 g	卵重% %	抱卵数	平均卵体積 mm <sup>3</sup>	平均長径 mm	平均短径 mm
鶴見川	Mu	n	14	14	14	14	14	14	14	14
		x	5.82	0.1700	0.0164	10.7	159.4	0.0944	0.7946	0.4758
		u	0.37	0.0342	0.0050	2.1	46.0	0.0092	0.0312	0.0168
	Shi	n	4	4	4	4	4	4	4	4
		x	6.17	0.2139	0.0232	12.1	204.3	0.0930	0.7853	0.4752
		u	0.27	0.0281	0.0053	1.7	26.3	0.0045	0.0122	0.0089
	Oo	n	3	3	3	3	3	3	3	3
		x	5.83	0.1604	0.0149	10.2	139.0	0.0890	0.7828	0.4660
		u	0.30	0.0134	0.0045	2.7	44.0	0.0029	0.0144	0.0059
	Mi	n	16	16	16	16	16	16	16	16
		x	6.39	0.2263	0.0207	10.2	189.7	0.0916	0.7664	0.4772
		u	0.60	0.0664	0.0078	3.1	67.9	0.0068	0.0241	0.0126
帷子川	Ko	n	13	13	13	13	13	13	13	13
		x	6.88	0.2280	0.0230	10.9	162.9	0.1090	0.8120	0.5050
		u	0.57	0.0110	0.0110	3.2	60.9	0.0080	0.0190	0.0150
大岡川	Op	n	20	20	20	20	20	20	20	20
		x	6.68	0.2190	0.0290	13.4	240.5	0.1090	0.8090	0.5060
		u	0.52	0.0380	0.0060	1.7	55.9	0.0100	0.0220	0.0190
	O1	n	10	10	10	10	10	10	10	10
		x	7.22	0.2590	0.0390	15.1	294.3	0.1130	0.8120	0.5150
		u	0.58	0.0550	0.0090	2.4	61.7	0.0060	0.0150	0.0140
O2	n	20	20	20	20	20	20	20	20	
	x	7.01	0.2460	0.0330	13.7	252.0	0.1160	0.8290	0.5150	
	u	0.32	0.0310	0.0080	3.3	67.0	0.0090	0.0170	0.0180	
いたち川	I1	n	6	6	6	6	6	6	6	6
		x	6.12	0.1930	0.0210	11.9	154.5	0.1240	0.8630	0.5230
		u	0.40	0.0390	0.0050	1.2	25.6	0.0090	0.0270	0.0150
	I2	n	5	5	5	5	5	5	5	5
		x	6.51	0.2310	0.0250	10.7	236.2	0.0980	0.7570	0.4980
		u	0.39	0.0330	0.0060	1.7	63.3	0.0080	0.0160	0.0180
宮川	M	n	10	10	10	10	10	10	10	10
		x	7.07	0.2930	0.0300	11.1	239.3	0.1080	0.7920	0.5110
		u	0.52	0.0640	0.0060	1.9	53.7	0.0060	0.0220	0.0130
滑川	Na	n	20	20	20	20	20	20	20	20
		x	6.57	0.2320	0.0270	13.3	199.3	0.1150	0.8240	0.5160
		u	0.29	0.0270	0.0040	1.4	30.0	0.0060	0.0210	0.0110
森戸川	Mo	n	7	7	7	7	7	7	7	7
		x	6.66	0.2690	0.0300	12.9	236.7	0.1040	0.7940	0.5000
		u	0.47	0.0370	0.0100	4.4	62.8	0.0100	0.0360	0.0170
松越川	Ma	n	17	17	17	17	17	17	17	17
		x	6.59	0.2550	0.0280	10.9	228.2	0.1040	0.8030	0.4980
		u	0.26	0.0250	0.0060	1.8	40.2	0.0060	0.0160	0.0110

注) n:標本数、x:平均値、u:標準偏差(不偏分散から算出)

繁殖形質の集団間の比較は、繁殖期間の初期、卵発生段階1期の初期卵の個体を用いて解析した(表一七)。

抱卵個体の雌の体サイズを頭胸甲長で集団間を比較すると、小サイズのOo、Mu、I1、Shi集団と他の集団との差が比較的大きく、統計学的にも有意差(p<0.01)を示した。

繁殖努力量としての卵重%は、平均値で10~15%の範囲であった。Shi、Opを除いて、O1、2、Na、Mo集団で高い値、Mu、Oo、Mi、Ma集団で低い値を示した。

抱卵数では、全体で150個前後、200~230個、それ以上までの範囲を示した。統計学的には150個前後と他の集団とに有意差(p<0.01)を示した。150個等の抱卵数が少ない集団にはMu、Oo、Ko、I1集団であり、グループAに属していた集団が多かった。

平均卵体積は、0.09mm<sup>3</sup>前後のOo、Mi、Shi、Mu集団

と0.10mm<sup>3</sup>のMo、Ko、Op、Na集団等に分かれ、統計学的にも有意差(p<0.01)を示した。前者の比較的卵体積が小さかった集団は、いずれもグループAに属していた。

つぎに水域区分別の繁殖形質の平均値、標準偏差を示したのが表一八である。

これによれば、体サイズ、卵重%、抱卵数、平均卵体積ともに池集団より川集団の方が高い値でいずれも有意差(p<0.01)を示した。

#### 4. 考察

前報<sup>1)</sup>では、アイソザイム分析の測定条件、指標とする酵素遺伝子選定、簡易手法の確立と集団の遺伝的特徴を把握するための基礎的検討を行うとともに同一水系集団内の変動特性についても検討した。指標とする酵素

表一8 池と川集団の繁殖形質の比較

水域区分	項目	頭胸甲長 mm	卵重% %	抱卵数	平均卵体積 mm <sup>3</sup>
池集団	n	108	108	108	108
	x	6.49	11.3	201.9	0.1028
	u	0.59	2.4	62.04	0.0116
川集団	n	57	57	57	57
	x	6.85	13.71	239.1	0.1136
	u	0.46	2.8	63.5	0.0084

注) n:標本数、x:平均値、u:標準偏差

遺伝子を選定するために6緩衝液、15酵素について検討した結果、モルホリノエタンサルホン酸/トリエタノールアミン(MES/TEA)の緩衝液使用のもと、Gpi、Mpi、Pgmの3つの酵素が十分な解像度をもって測定されることが示されたことから、これら遺伝子座を用いて集団の遺伝的特徴について解析したものであった。

今回は、これら遺伝学的手法を用いて市内および周辺地域の地域個体群の固有性、変異性、また形態、繁殖形質等を把握するために行った。Gpi、Mpi、Pgmはそれぞれ3、4対立遺伝子で、全体の平均ヘテロ接合体率ではPgmが高く、Gpiが低かった。

各遺伝子座の対立遺伝子頻度の比較では、GpiがMo、Na集団で他と異なる特徴を示し、Mpiは地域集団等により異なる特徴を示す傾向にあった。Pgmは鶴見川水系の集団と円海山周辺の各水系集団間とは異なる特徴を示していた。

ヌカエビの地理的変異に関する報告<sup>13)</sup>では、ヌカエビは北部-中部グループに属し、遺伝的特徴からさらに9型に分けている。その中で埼玉県北部、群馬県の集団をもとに関東型としている。今回の関東西南部の結果では、遺伝子座数が少なかったが、狭い地域であっても近接した集団間で地理的変異が示された。

集団間の類似性等の関係は、Rojersの遺伝距離<sup>10)</sup>から大きく4つのグループに区別することができた。これは樹形図の特徴から評価し分類したものであった。

グループAは、3遺伝子座が比較的単型的な特徴を示す集団、これは鶴見川流域に分布する池集団を中心としたグループ、ただし距離的に離れたいたち川のII集団、松越川の集団もこのグループに入れた。これは集団の過去の共通した履歴等による遺伝的特徴の類似によることも考えられるが、不明である。グループBは帷子川水系の集団でグループAに若干類似する。

グループCは、円海山周辺を源流域とし、東京湾に流入する大岡川、宮川と相模湾に流入する滑川、いたち川の集団を含めて一つの群とした。グループDは、森戸川水系の集団で他の集団とは類似性があまりなく、Gpiの遺伝子座で遺伝的特徴をもった興味ある集団である。

遺伝的多様度ではグループCが高い傾向を示し、この集団の生息環境、川集団が多かったことに起因する。

以上のグループ分けは、今後の希少種等の保全、再生していく上での基礎情報となるものと考えられる。しかし基本として同一水系の近接した集団を出発点として各施

策を考えていくことが重要である。

現状、市内のヌカエビの分布は、谷戸のため池等で隔離された状態となっており、河川では、上流域に分布が制限されている。また川の場合、その範囲の中で単方向的な移動分散によって集団が維持されていると考える。これら集団の置かれている状況によって遺伝的特徴等の違いを示したものと推測されるが、狭く隔離された生息環境での個体数の変動あるいは地域個体群の過去の履歴が遺伝的特徴等に反映されていることも考えられる。

繁殖形質と生息環境との関係では、大岡川水系のヌカエビの生態に関する報告<sup>2)</sup>から、同じ水系集団内でも池、川等の水域区分により体サイズが異なり、抱卵数で差を示し、平均卵体積では差がなかったことを報告した。今回の池集団と川集団の結果では、抱卵数、平均卵体積、繁殖努力量の卵重%が池より川集団で高い値を示し、また遺伝子多様度も川集団で高いことを示していた。

これは前報<sup>1)</sup>でも指摘したように形態と遺伝的特徴との関係は不明確であるが、生活場環境の差、エサ条件、集団を構成する個体の移入、移出の割合等との多くの要因が関係しているものと示唆される。さらに額角歯数は、少数の集団で他とは明らかに異なる結果を示しており、集団の固有性を形態的側面から示していると考えられる。

横浜市域および三浦半島の比較的狭い地域に限ってもヌカエビ集団間で遺伝的特徴の地理的変異があることがわかった。それは横浜北部、南部のまとまった地域集団と帷子川、森戸川水系の単一の固有集団に分類することが出来る。

これらの形態、遺伝的情報を踏まえ今後は、孤立化した集団の相互の関係を維持し、地域個体群の保全、再生を考えて行くことが必要である。特に池の集団は、狭い空間、個体数変動も大きく、また人為的影響を受け易いことから、これら地域集団の安定した個体数の維持、遺伝的特徴をいかに保全していくかの方策が急がれる。ちなみにグループA Iの地域集団は、オオクチバス、ブルーギル等の外来魚の放流、池の改変によって群集の変化、ヌカエビの減少、消失が急速に進んでいる<sup>14)</sup>。

## 5. まとめ

横浜市域および三浦半島に分布するヌカエビ集団を対象に形態的、遺伝的側面から地理的変異について解析した。

- 1) 対象集団の水域区分は、池集団が10、川集団が4であった。
- 2) 各遺伝子座の対立遺伝子数は*Gpi*、*Pgm*が3、*Mpi*が4であった。
- 3) 遺伝子組成の集団間の比較では、*Mpi*、*Pgm*で変異が大きく、*Gpi*は全体的に単型的であったが、特定集団に変異が見られた。
- 4) 集団間の相互関係を遺伝距離から推測した結果、4地域集団に分類した。
- 5) 額角歯数は、少数の集団で異なる値を示した。繁殖形質は、卵重%、抱卵数、平均卵体積がグループ間、また池、川集団で差があった。

以上から、市内等のヌマエビ集団の遺伝的情報と地域個体群の保全、再生のための基礎的資料を得ることができた。

### 謝辞

本研究をまとめるにあたり調査等で多大なる後協力をいただいた横須賀市自然博物館山本健一郎学芸員、横浜自然観察の森、寺家ふるさと村、横浜市緑政局公園事務所の関係者各位に厚く御礼を申し上げます。

### 文献

- 1) 樋口文夫・益子計夫：アロザイム分析によるヌカエビ集団の遺伝学および形態学的研究 生物多様性の保全に向けて，横浜市環科研報（24），26～33（2000）。
- 2) 樋口文夫・福嶋悟・水尾寛己：谷戸におけるヌカエビの生活場所と生態との関係 生物多様性の保全に向けて，横浜市環科研報（25），13～18（2001）。
- 3) 樋口文夫・福嶋悟・水尾寛己・倉林輝世：池改修による魚類・甲殻類（十脚目）相の変化に関する研究，横浜市環科研報（26），38～46（2001）。
- 4) 樋口文夫・水尾寛己・福嶋悟・前川渡・阿久津卓・梅田孝：横浜市内の池における水環境と魚類相，甲殻類（十脚目）相の調査報告，横浜市環科研報（26），22～37（2002）。
- 5) 樋口文夫・益子計夫：三浦半島と横浜南部に生息するヌカエビ集団の遺伝学および形態学的変異，横須賀市博研報（自然）（48），135～141（2001）。
- 6) 可児藤吉：溪流棲昆虫の生態学，可児藤吉全集，全一卷，思索社，東京，3～91（1970）。
- 7) 沼知健一：アイソザイムによる魚介類の集団解析，昭和61～63年度，海洋生物集団の識別などに関する先導的評価手法の開発事業報告書，日本水産資源保護協会（社団法人），28～81（1989）。
- 8) Mashiko, K. and K.Numachi: Genetic evidence for the presence of distinct fresh-water prawn (*Macrobrachium nipponense*) populations in a single river system. *Zool. Sci.*, **10**, 161～167(1993)。
- 9) 根井正利：分子進化遺伝学，五條堀孝・斉藤成也 共訳，根井正利 監訳・改訂，培風館，東京，433pp（1996）。
- 10) Rojers J.S., : Measures of genetic similarity and genetic distance. In *Studeis in Genetic VII*, Univ.Texas Publication, 145～153(1972)。
- 11) Sokal R.R., F.J.Rohlf: 生物統計学，藤井宏一訳 共立出版株式会社，東京，349～378(1985)。
- 12) 廣津千尋：分散分析13，シリーズ新しい応用の数学 教育出版株式会社，東京，96～152（1976）。
- 13) 池田実：遺伝学的にみたヌマエビの「種」，海洋と科学123，21，299～307（1999）。
- 14) 樋口文夫：未発表資料（2002）。



## 閉鎖水域の日本丸ドック（横浜港）における水質状況

水尾 寛己\*、赤池 繁\*、福嶋 悟\*、飯塚 貞男\*、武田 裕\*  
 初貝 留美\*（横浜市環境科学研究所）、鳥海 三郎\*\*（観音崎自然博物館）

Water quality condition seen in the Nippon Maru Dock , enclosed

Coastal area on the port of Yokohama

\*Hiromi Mizuo、 \*Shigeru Akaike、 \*Satoshi Fukushima、 \*Sadao Iizuka  
 \*Hiroshi Takeda、 \*Rumi Hatsugai (Yokohama Environmental Research Institute)  
 & \*\*Saburou Toriumi (Kannonsaki nature museum)

キーワード：赤潮、水質浄化、閉鎖水域、プランクトン、栄養塩類

### 要旨

調査期間中、海水循環ポンプ停止に伴うドック内の水質悪化は見られず、ドック内の透明度は、ドック外に比べて、常に高く、赤潮の発生しやすい春季から夏季においても、ドック外の透明度が 1.5m に対して、ドック内では 5.7m 以上であった。ドック内は、ドック外に比べて閉鎖的な水域であり、赤潮の発生しやすい時期においても、赤潮が発生しないという現象は、閉鎖的な水域の浄化を考える上で興味深い内容と思われた。

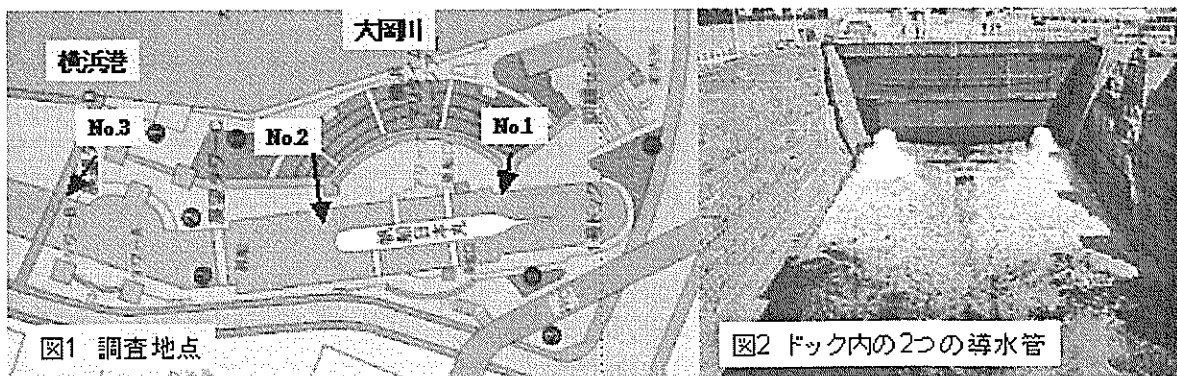
### 1. はじめに

この調査は、横浜港内のみなとみらい21地区の日本丸が係留されているドック内で使用している海水循環ポンプ停止に伴うドック内の水質状況の変化を把握する目的で、2001年から2002年にかけて、ドック内・外の水質及びプランクトンなどの調査を行った。

### 2. 調査水域の概要

調査水域は、図1に示すように、「みなとみらい21地区」に面した横浜港に位置する。帆船日本丸が係留されているドックは、三菱重工業横浜造船所が船の修繕用に建設したもので、1982年まで使われていた。ドック内は、図2に示すように閉鎖的な構造になっており、直径70cmの2つの導水管を通して、横浜港内の海水が流入する。帆船日本丸ドックを囲んでいる横浜マリタイムミュージアムと新港埠頭の間に大岡川の河川水が流入してきているが、ドックの上部は完全に仕切られているために河川水のドックへの直接的影響は少ないと思われる。ドックの外側は、河川水の影響も受けやすく、海水の栄養塩類も豊富なために春季から夏季にかけては赤潮の発生が見られる。この周辺の水際線は横浜ランドマークタワーやパシフィコ横浜、臨港パーク、定期船・観光船乗り場などがあり、市民の安らぎの場としての良好な水質の確保が求められている。

ク内は、図2に示すように閉鎖的な構造になっており、直径70cmの2つの導水管を通して、横浜港内の海水が流入する。帆船日本丸ドックを囲んでいる横浜マリタイムミュージアムと新港埠頭の間に大岡川の河川水が流入してきているが、ドックの上部は完全に仕切られているために河川水のドックへの直接的影響は少ないと思われる。ドックの外側は、河川水の影響も受けやすく、海水の栄養塩類も豊富なために春季から夏季にかけては赤潮の発生が見られる。この周辺の水際線は横浜ランドマークタワーやパシフィコ横浜、臨港パーク、定期船・観光船乗り場などがあり、市民の安らぎの場としての良好な水質の確保が求められている。



### 3. 調査内容

海水循環ポンプ停止により水質悪化が予想される、赤潮の発生する春季から夏季に調査の主眼をおき、また、赤潮発生の少ない時期もバックグラウンドとして調査対象に設定し、以下のような内容で調査を実施した。

- (1) 赤潮発生の少ない時期について、バックグラウンドとしての水質などの調査を行う。
- (2) 海水循環ポンプ停止により、水質悪化が予想される赤潮の発生しやすい時期について、水質などの調査を行う。
- (3) 海水循環ポンプ停止後の水質変化について、上層と下層、ドック内とドック外、赤潮発生の少ない時期と発生しやすい時期の比較などを行う。

#### 3. 1 調査日

調査日は、赤潮発生の少ない時期と、水質悪化が予想される赤潮発生しやすい時期で、下記のとおりである。

- (1) 赤潮発生の少ない時期の調査  
2001年12月12日(水)
- (2) 赤潮発生しやすい時期の調査  
2002年4月23日(水)、6月21日(金)  
8月27日(火)

#### 3. 2 調査項目

水質；水温、pH、塩分、透明度、DO、COD、クロロフィルa、窒素(N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)、リン酸態リン(P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

生物；付着藻類、プランクトン

#### 3. 3 調査地点

水質及び生物の調査地点は下記のとおりで、ドック内2地点、ドック外1地点の合計3地点で、図-1に示すとおりである。

水質調査；3地点(ドック内2、ドック外1)

No.1 上層、下層；ドック内船首側上層、下層

No.2 上層、下層；ドック内船尾側上層、下層

No.3 上層、下層；ドック外表層、下層

付着藻類調査；3地点(ドック内：A地点B地点、ドック外：C地点)

プランクトン調査；1地点(ドック外上層)

#### 3. 4 調査方法

##### (1) 水質

上層水についてはバケツで表層の水を採取したもので、下層水については、採水器を水中に垂直に下し、底から約1mの上の水を用いた。水質項目と測定方法については、表1に示すとおりである。

##### (2) 付着藻類

付着藻類はそれぞれの調査地点におけるコンクリート護岸の平面部分から、ナイロンブラシで擦り取って採取した。採取した試料はホルマリンで固定し、生物顕微鏡により総合倍率600倍で観察し、それぞれの種類の相対出現頻度を求めた。

##### (3) プランクトン

プランクトンの採集は、バケツで海の表面の海水を汲み上げ、1000mlのメスシリンダーに海水を移し変えた後、ホルマリンを加えて1日間放置しプランクトンを沈殿させた。優占種の個体数は、水流ポンプを用いて海水の量を1/5に濃縮して、縦20目盛り横50目盛り合計1000目盛りが刻まれている計数板上に濃縮した海水1mlをピペットを用いてとり、その中に含まれるプランクトンの数をカウントメーターで計測した。

### 4. 結果及び考察

調査結果は、表2～表4、図3～図10に示した。

#### 4. 1 水質について

##### (1) 水温

冬季の12月の調査においては、調査地点の外気温は12.9℃で、No.1、2の上層の水温は13.3℃、13.3℃に対し、ドック外No.3の上層では11.7℃と気温12.9℃より低いのは、上層を流れる河川水の影響が考えられる。No.3の下層の水温が14.3℃と高いのは、塩分のデータが欠測のため不確かであるが、外洋海水の流入による影響が考えられる。また、ドック内の上下層間で水温差が少ないのは、ドック内4ヶ所でエアレーションされていることによると思われる。夏季の8月の調査においては、調査地点の外気温は28.9℃で、No.1、2の上層の水温は26.2℃、26.8℃に対して、No.3の上層では27.5℃と高く、外気温により温められた河川水の影響が考えられた。

##### (2) pH

12月の調査では、ドック内のpHは、No1の上下層で7.72、7.84、No2の上下層で7.97、7.92とややアルカリ性を示し、上下層でpH値に差が見られなかった。

表1 理化学分析項目と方法

水温	検定付棒状水銀温度計
pH	携帯型pH計(TOA HM-12P)
透明度	直径30cmのセッキ板(海洋観測指針による)
塩分	携帯型塩分計(YSI 30/25FT)
濁度	卓上濁度計(CRC TB-50)
DO(水中溶存酸素量)	ウインクラージャ化ナトリウム変法
COD(化学的酸素要求量)	100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素要求量
クロロフィルa濃度	(N,Nジメチルホルムアミド抽出、計算はUNESCO法)
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (亜硝酸態窒素)	イオンクロマト法(Dionex DX-320)
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (硝酸態窒素)	イオンクロマト法(Dionex DX-320)
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (リン酸態リン)	イオンクロマト法(Dionex DX-320)

ドック外では、上層 7.98 に対して下層の pH は 8.80 と高く、外洋海水の横浜港内への流入を裏づけている。4 月、6 月、8 月いずれの時期も、No1, 2 の pH に比べて、No3 の pH は高い傾向を示した。この傾向は、No1, 2 に比べて No3 に植物プランクトン（クロロフィル a 濃度から推定）が多いことにより、光合成による炭酸の固定量の違いが反映していると推定される。

### (3) 透明度

ドック内 No1, 2 の 12 月と他の時期で比較すると、他の時期が 12 月に比べてわずかに透明度が低くなる程度で、赤潮発生しやすい時期においても透明度は 5.7m 以上あった。一方、ドック外 No3 の透明度は 12 月の 4.5m に対し、他の時期では、4 月に 2m、6 月に 1.8m、8 月に 1.5m と低くなっていた。No3 の透明度が悪いのは、4 月と 6 月については、クロロフィル a 濃度がそれぞれ  $10 \mu\text{g/l}$  以下であることから、懸濁物質によるもので、8 月については、クロロフィル a 濃度が  $50 \mu\text{g/l}$  以上あり、赤潮によるものと推定された。

### (4) 濁度

12 月の調査時は、ドック内 No1 の上・下層は 0.8 度、0.6 度、No2 の上・下層は 0.7 度、0.5 度に対してドック外の No3 の上・下層は 0.9 度、1.4 度とわずかに高かった。No1, 2, 3 の濁度はそれぞれ 4 月、6 月、8 月と高くなっていて、その中、No3 の上層の濁度は、4 月 3.0 度、6 月 4.1 度、8 月 5.7 度と No1, 2 に比べて高く、透明度の結果と反比例していた。特に 8 月の濁度は上・下層とも高かった。

### (5) クロロフィル a

赤潮の指標の一つ、植物プランクトンの色素濃度を示す。冬季の 12 月では、ドック内 No1, 2 においては、 $1.2 \mu\text{g/l}$  以下に対して、No3 では上層  $1.9 \mu\text{g/l}$ 、下層  $2.3 \mu\text{g/l}$  とわずかに高く、濁度の結果と類似の傾向を示していた。クロロフィル a 濃度は 4 月、6 月、8 月の順に高くなり、濁度と類似の傾向を示していた。8 月におけるドック外 No3 のクロロフィル a 濃度は、赤潮の指標値  $50 \mu\text{g/l}$  以上を示していたが、ドック内においては、 $3.1 \mu\text{g/l}$  から  $8.3 \mu\text{g/l}$  の範囲と低く、この関係は濁度の傾向と一致していた。

### (6) D0 (水中溶存酸素量)

12 月のドック内の溶存酸素は、No1 で上層  $7.6 \text{mg/l}$ 、下層  $7.4 \text{mg/l}$ 、No2 で上層  $6.1 \text{mg/l}$ 、下層  $7.2 \text{mg/l}$  に対して、ドック外の No3 では上層  $6.8 \text{mg/l}$ 、下層  $5.1 \text{mg/l}$  と下層の溶存酸素が No1, 2 に比べて低かった。No1, 2 の下層の溶存酸素が No3 のドック外下層に比べて高いのは、レイクフリターによる曝気効果が考えられる。ドック内 No1, 2 の 6 月と 8 月の溶存酸素量は、 $3.2 \text{mg/l}$  から  $4.2 \text{mg/l}$  の範囲で 4 月の  $6.7 \text{mg/l}$  から  $7.2 \text{mg/l}$  の範囲の値に比べて低い。原因としては、水温が高くなることにより微生物やプランクトンフィーダーなどの呼吸により酸素消費量が増加していることが考えられる。一方、

6, 8 月のドック外 No3 の溶存酸素量が No1, 2 に比べて高いのは、植物プランクトンの光合成による酸素の生成が考えられる。

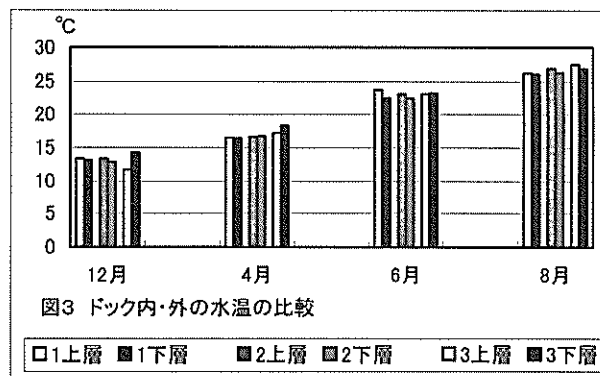


図3 ドック内・外の水温の比較

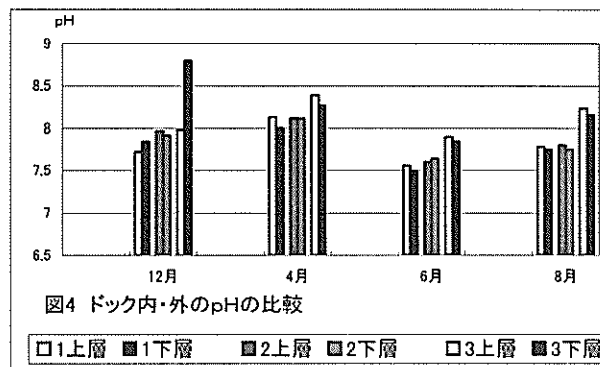


図4 ドック内・外のpHの比較

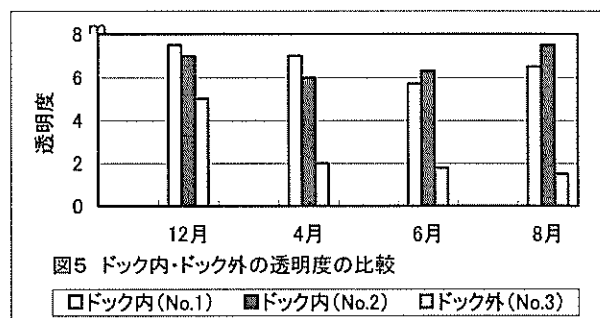


図5 ドック内・ドック外の透明度の比較

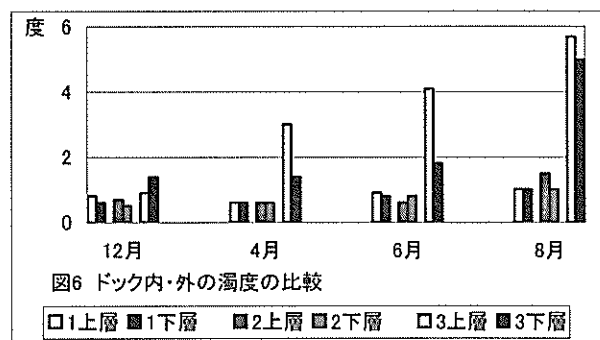


図6 ドック内・外の濁度の比較

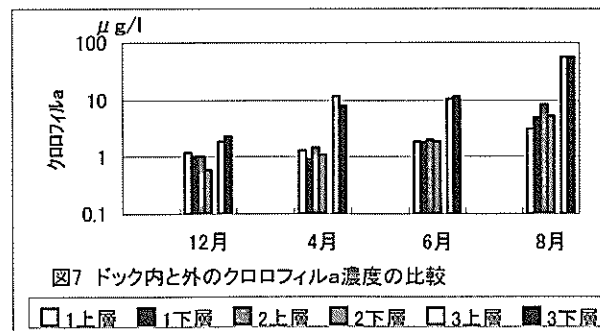


図7 ドック内と外のクロロフィルa濃度の比較

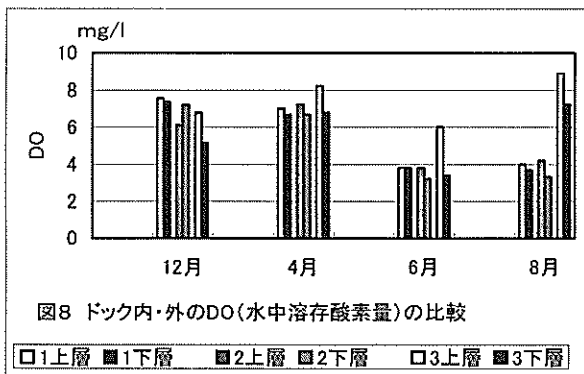


図8 ドック内・外のDO(水中溶存酸素量)の比較

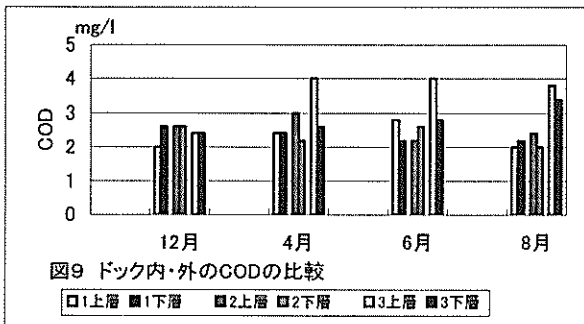


図9 ドック内・外のCODの比較

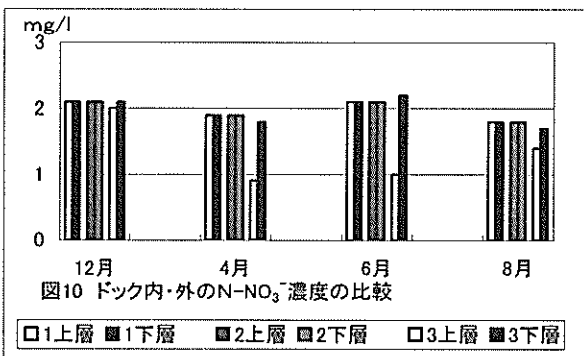


図10 ドック内・外のN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の比較

#### (7) COD (化学的酸素要求量)

有機物による水質の汚れの指標で、値が高いほど有機物の量が多いことを示す。冬季の12月では、ドック内No1の上層・下層、No2の上層・下層、ドック外No3の上層・下層のいずれも、CODは2.6mg/l以下と低い値であった。一方、4、6、8月の調査では、No1,2のCODは、上層が2.2mg/lから3.0mg/l、下層は2.2mg/lから2.6mg/lの範囲に対し、No3の上層は3.8mg/lから4.0mg/l、下層は2.6mg/lから3.4mg/lと、上層のCODがNo1,2に比べて高かった。8月の調査でNo3上層のCODが高かったのは、透明度悪化の原因であった植物プランクトン量によるものと思われる。

#### (8) N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (硝酸態窒素)

栄養塩類の硝酸態窒素(N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>mg/l)については、No1,2,3の上・下層とも、ほぼ同様な値を示し、横浜港内の全窒素の環境基準1mg/lを超えていた。No1,2の上・下層のN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度は1.8mg/lから2.1mg/lの値で、No3下層のN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度1.7mg/lから2.2mg/lの値とほぼ似ていた。それに対して、4、6、8月におけるドック外No3上層のN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度は0.9mg/lから1.4mg/lと、ドック内No1,2の値に比べて低く、その原因としては植物プランクトンによる取込みが考えられた。

#### (9) N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (亜硝酸態窒素)

亜硝酸態窒素N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>については、No1,2とNo3で差が見られなかった。亜硝酸態窒素はNo1,2及びNo3とも低い値であった。

#### (10) P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (リン酸態リン)

12月の調査時には、No1,2の上層で0.025mg/l、<0.001mg/l、下層で0.063mg/l、0.056mg/lと、No3の<0.001mg/lに比べて高い傾向が見られた。6月のNo1,2は、上層0.34mg/l、0.13mg/l、下層0.09mg/l、0.13mg/lと高かった。これらに比べて、No3の値は各月とも低かった。No1,2のクロロフィルaが高かった8月においては、リン酸態リンの値は他の時期に比べて低かった。これらの原因としては、植物プランクトンによる取込みが考えられた。横浜港内の全リンの環境基準0.09mg/lを超えていた。以上、栄養塩類濃度からは、ドック内外とも富栄養の状態、赤潮が発生しやすい水質といえる。

#### 4.2 岸壁に見られた付着藻類相

全調査期間で出現した藻類は、藍藻類2種類、珪藻類15種類、緑藻類2種類の合計19種類であった。

付着藻類が多量に発生すると茶色や緑色に護岸が覆われ、景観を損なう。本調査では一定面積の付着藻類を対象とする定量採取ができないため、現存量の評価ができない。そのため、人間の視覚的に藻類の多少を感じる評価を行うために、藻類出現状況から基質密着生活藻類出現頻度と基質密着帯状群体形成藻類出現頻度に区分した。護岸に群体の基部細胞が密着して縦に生育する珪藻類のチャツツケイソウを基質密着帯状群体形成藻類としたが、このような種類の割合が多くなることは、視覚的には多量の藻類が生育していると感じる。また、このような種類が増加すると他の基質密着生活藻類が出現できないようになる。

2001年12月の調査では、日本丸ドック内のAとB地点での基質密着帯状群体形成藻類出現率は、それぞれ約23%と81%であった。B地点での割合が高くなっているが、この程度では景観を損なう状態となっていないと評価できる。また、日本丸ドック外のC地点での出現率は約5%と低かった。日本丸ドック内では波による護岸部分の攪乱がほとんどなく、帯状群体が生育しやすい環境となっているのに対して、ドック外のC地点では波による攪乱が護岸に影響を及ぼしているため、群体が形成しにくい状態となり、基質密着帯状群体形成藻類の割合が低くなったと考えられる。

2002年4月の調査では日本丸ドック内のAとB地点で、基質密着帯状群体形成藻類の出現率はそれぞれ約1%と12%と低かった。また、またドック外のC地点では、基質密着帯状群体形成藻類は出現しなかった。

2002年6月の調査では日本丸ドック内のAとB地点では多量の藻類の生育が見られた。調査はA地点で藻類が多い場所とやや少ない場所を、B地点では全体的に多かったために代表的な場所を対象に行った。また、C地点では波の影響を受けていない部分のみで多量の藻類が見られ、調査はその場所と波の影響を受けている広い範

表2 日本丸水質調査結果 (2001.12~2002.8)

		2001年				COD (mg/l)		2002年			
		12月	4月	6月	8月			12月	4月	6月	8月
水温(°C)	1上層	13.3	16.5	23.7	26.2		1上層	2	2.4	2.8	2
	1下層	13.1	16.4	22.5	26		1下層	2.6	2.4	2.2	2.2
	2上層	13.3	16.6	23	26.8		2上層	2.6	3	2.2	2.4
	2下層	12.8	16.7	22.5	26.3		2下層	2.6	2.2	2.6	2
	3上層	11.7	17.3	23	27.5		3上層	2.4	4	4	3.8
	3下層	14.3	18.3	23.2	26.8		3下層	2.4	2.6	2.8	3.4
pH	1上層	7.72	8.13	7.56	7.78	クロロフィルa (µg/l)	1上層	1.2	1.3	1.9	3.1
	1下層	7.84	8	7.49	7.75		1下層	1	0.9	1.8	5
	2上層	7.97	8.12	7.6	7.8		2上層	1	1.5	2	8.3
	2下層	7.92	8.11	7.64	7.75		2下層	0.6	1.1	1.9	5.3
	3上層	7.98	8.39	7.9	8.24		3上層	1.9	11.8	10.6	57.1
	3下層	8.8	8.27	7.84	8.16		3下層	2.3	8	11.6	56.1
透明度 (m)	No.1	8	7	5.7	6.5	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1上層	<0.01	<0.003	<0.05	<0.05
	No.2	7	6	6.3	7.5		1下層	<0.01	<0.003	<0.05	<0.05
	No.3	5	2	1.8	1.5		2上層	<0.01	<0.003	<0.05	<0.05
							2下層	<0.01	<0.003	<0.05	<0.05
塩分 (‰)	1上層	31.1	28.1	30.4	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1上層	2.1	1.9	2.1	1.8	
	1下層	31.7	28.2	31.1		1下層	2.1	1.9	2.1	1.8	
	2上層	33.9	27.8	31.6		2上層	2.1	1.9	2.1	1.8	
	2下層	34.4	28.1	31.1		2下層	2.1	1.9	2.1	1.8	
	3上層	29.4	24.1	27.9		3上層	2	0.9	1	1.4	
	3下層	32	26.6	30.1		3下層	2.1	1.8	2.2	1.7	
濁度(度)	1上層	0.8	0.6	0.9	1	P-PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1上層	0.25	<0.003	0.34	0.03
	1下層	0.6	0.6	0.8	1		1下層	0.063	<0.003	0.09	0.08
	2上層	0.7	0.6	0.6	1.5		2上層	<0.001	<0.003	0.13	<0.03
	2下層	0.5	0.6	0.8	1		2下層	0.056	0.046	0.13	0.06
	3上層	0.9	3	4.1	5.7		3上層	<0.001	<0.003	<0.03	<0.03
	3下層	1.4	1.4	1.8	5		3下層	<0.001	<0.003	0.09	<0.03
DO(mg/l)	1上層	7.56	7	3.8	4						
	1下層	7.36	6.7	3.8	3.7						
	2上層	6.12	7.2	3.8	4.2						
	2下層	7.2	6.7	3.2	3.3						
	3上層	6.8	8.2	6	8.9						
	3下層	5.12	6.8	3.4	7.2						

表3 日本丸周辺岸壁の付着藻類組成 (%)

調査地点	DEC.2001			APR.2002			JUN.2002				AUG.2002				
	A	B	C	A	B	C	A	A2	B	C	C2	A	B	C	
藍藻類 Cyanophyta															
<i>Chroococcus</i> sp.	カサネランソウ			38.9	63.5	53.1					8.8	97.0	98.0		
<i>Phormidium</i> spp.	サヤユレモ	2.4			0.5					0.7	0.8	2.0	1.5	36.7	
珪藻類 Bacillariophyta													0.5		
<i>Achnanthes brevipetes</i>	マカリケイソウ														
<i>Achnanthes yaquinensis</i>	マカリケイソウ	3.3	1.1	49.1	1.1	0.5	0.9	1.1	2.2	1.8	0.7	61.1	0.5	0.5	2.8
<i>Achnanthes</i> spp.	マカリケイソウ				1.7		2.7								
<i>Amphora angusta</i>	ニセカチビルケイソウ	1.6	1.1	6.4		0.5									
<i>Amphora</i> spp.	ニセカチビルケイソウ	0.8				0.5	3.5							1.2	
<i>Cocconeis scutellum</i>	コバンケイソウ			30.0			5.3				1.4	0.8			
<i>Melosira moniliformis</i>	チャヅツケイソウ	22.8	81.1	4.5	1.1	6.3					76.7	2.5			
<i>Melosira nummuloides</i>	チャヅツケイソウ					5.8		98.5	85.5	97.5	16.5	24.4		19.3	
<i>Navicula gregaria</i>	フネケイソウ	0.8	4.0												
<i>Navicula</i> spp.	フネケイソウ	1.6	5.1	6.4	0.6	7.9	28.3				0.7	1.6		22.5	
<i>Nitzschia longissima</i>	ハリケイソウ	0.8	0.6								3.3			0.2	
<i>Nitzschia</i> spp.	ハリケイソウ	25.2	6.3		1.1	5.3	5.3	0.4	11.5	0.7				0.1	
<i>Pleurosigma</i> sp.	タネケイソウ		0.6			1.1	0.9		0.8						
<i>Skeletonema costatum</i>	スケルトネマ			3.6										1.2	
<i>Stauroneis decipiens</i>	ジュリジケイソウ	40.7													
緑藻類 Chlorophyta														16.0	
<i>Ulvaceae</i> gen. sp.	アオサ科														
Unicellular green algae	タンサイホウリョクソウ				55.6	7.9									
基質密着帯状群生形成藻類出現頻度		22.8	81.1	4.5	1.1	12.1	0.0	98.5	85.5	97.5	93.2	26.9	0.0	0.0	19.3
基質密着生活藻類出現頻度		77.2	18.9	95.4	98.9	87.9	100.0	1.5	14.5	2.5	6.8	73.1	100.0	100.0	80.7

表—4 ドック外 No3に見られたプランクトン優占種

調査年月日	優占種	個体数(個/ml)
2002年4月23日	<i>Cerataulina dentate</i>	200
	<i>Rhizosolenina setigera</i>	10
	<i>Eutreptiella</i> spp.	600
2002年6月21日	<i>Skeletonema costatum</i>	50
	<i>Prorocentrum minimum</i>	60
	<i>Heterocapsa</i> spp.	20
	ゴミが多い	
2002年8月27日	<i>Skeletonema costatum</i>	1,300
	<i>Prorocentrum minimum</i>	10
	<i>Heterosigma akasiwo</i>	10
	<i>Euglena</i> spp.	20

圃の代表的な場所を対象に行った。A地点の2ヶ所では高い割合で出現した。B地点での出現率も約98%と高かった。そして、ドック外の波の影響をほとんど受けない場所でも、基質密着帯状群体形成藻類の出現率は約93%と高かった。それに対してC地点の波の影響を受ける場所では、基質密着帯状群体形成藻類の出現率は約27%にとどまった。6月に基質密着帯状群体形成藻類の割合が高くなったのは、水温の上昇と日射が強くなることにより、藻類の増殖が進むようになるが、基質基部を形成する藻類に比べて、生育に有利な位置となる上部に位置し、縦方向への増殖が可能な種類の増殖が有利であるためである。

2002年8月の調査では日本丸ドック内のAとB地点では基質密着帯状群体形成藻類は出現しなかったが、ドック外のC地点でのみ約19%出現した。6月に多かった基質密着帯状群体形成藻類が8月に減少した要因は明らかではないが、藻類を摂食する魚や他の動物が多くなり、それらの摂食の影響による可能性もある。

2001年12月から2002年8月までの調査では、護岸に生育する藻類が、人間の視覚的に多いと感じられるようになったのは6月のみである。ドック内は波の影響を受けないため、藻類が増加しやすい環境となっているが、そのような現象が生じた時期は限定され、その時期でもドック内の水のクロロフィルa濃度は高くはなく、それらの藻類が水の景観を損なう要因になる可能性は認められなかった

#### 4.3 ドック外 No3に見られたプランクトン優占種

4月、6月の上層のクロロフィルa濃度は、それぞれ11.8 $\mu$ g/l、10.6 $\mu$ g/lで、比較的濃度が低かった。4月の優占種はユーグレナ藻類の*Eutreptiella* spp.、珪藻の*Cerataulina dentate*などで、6月の優占種は珪藻の*Skeletonema costatum*、渦鞭毛藻類の*Prorocentrum minimum*などで、プランクトンよりも懸濁物質が多かった。8月の上層のクロロフィルa濃度は57.1 $\mu$ g/lと高くなっており、*Skeletonema costatum* による赤潮が発生していた。

#### 4.4 今回の調査で、ドック外で赤潮が発生しているにもかかわらず、ドック内で赤潮が発生しないで、透明度が良い原因について

栄養塩類濃度からは、植物プランクトンが異常増殖可能な水質である。ドック内の水はドック外の下層の水が直径70cmの2個の管を通じて交換する構造になっている。ドック外上層で発生した赤潮は流入しないが、ドック外の水深が浅いために、下層まで赤潮が形成されている場合には、赤潮のドック内への流入を防ぎきれない。ドック外で赤潮が発生している時には、栄養塩類濃度からはドック内においても赤潮が生成されるはずにもかかわらず、今回の調査では、赤潮は見られず透明度がいい。このことは、赤潮の生成を抑制する何らかの働きがドック内にあると思われる。抑制因子としては、ドック内の船によるドック内水面の光遮断効果、レイクリフターによる上・下層の攪拌混合効果が考えられる。他の一つは、レイクリフターにより、空中より酸素を補給しているにもかかわらず、ドック内の溶存酸素量が低いことから、カキなどのプランクトンフィーダーによる浄化や有機物質の分解などで好氣的微生物による浄化などがある。

これらのいくつかの要因が直接、または複合的に関連していると考えられる。

#### 5.まとめ

今回の調査結果からは、赤潮の発生しやすい時期にドック外で赤潮などの発生により水質が悪化している時でも、ドック内の水質はドック外に比べて良好であることが明らかになった。また、海水循環ポンプ停止による水質悪化は本年度においては見られなかったが、ポンプの停止により、ドック内の栄養塩類濃縮の可能性は否定できなく、短期的には結論を出せない。また、ドック内の透明度が良好だった原因に関しては、赤潮抑制因子としてドック内の船による水面の光遮断効果、プランクトンフィーダーや過去に投入された微生物の関与などいくつかの直接的ないしは複合的関与が考えられる。

原因の究明は、閉鎖水域の水質浄化対策において重要であり、今後の検討課題である。

# 自動車排ガス中の有害物質調査

白砂 裕一郎(横浜市環境科学研究所)

## Toxic substance investigation in an automobile exhaust gas

Yuichiro Shirasuna (Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード：自動車排ガス、炭化水素類、サーマルデソープション、DPF

### 要旨

自動車排ガス中の成分組成の実態を把握する目的で、環境大気中の有害化学物質測定と同様の手法を用い、自動車排ガス中の炭化水素類を成分別に測定分析を行った。測定は、ガソリン車、ディーゼル車および低公害車とされるCNG(圧縮天然ガス)車、ハイブリッドEV(電気自動車)等を対象に行い、分析は主にBTX(芳香族化合物：ベンゼン、トルエン、キシレン)等の成分項目について行った。

測定分析の結果、ガソリン車は芳香族、炭化水素ともに低濃度の値を示し、ハイブリッドEV車についてはほとんど未検出であった。ディーゼル塵芥車は、エンジン負荷の高いモード順にガス成分濃度も高い傾向がみられた。DPF装着車の測定結果では、未装着車に比べ低いガス成分濃度を示したが、DPFへの吸着による効果については特定できなかった。規制適合年度が異なる4tディーゼル車について測定した結果、10倍程度のガス成分濃度の差が認められ、平成6年規制適合車は平成10年規制適合車の10倍程度であった。

DEPの炭化水素成分組成を、FID-GCにより分析した結果、軽油の成分組成と酷似したクロマトグラムが得られた。今後ディーゼル車対策を推めていく上で、高沸点炭化水素類は、ディーゼル車が環境へ与える影響を調べるための指標の一つと考えられた。

### 1. はじめに

自動車については自動車排出基準として、NO<sub>x</sub>(窒素酸化物)、CO(一酸化炭素)、HC(炭化水素)、ディーゼル車においてはさらに黒煙またはPM(粒子状物質)が定められている。このうちHCについては、光化学汚染あるいは地球温暖化など、各国の環境に対する考え方の違いにより、HCの規制項目成分が国によって異なっている。

近年では環境大気中の有害化学物質の規制と同様に、自動車排ガスについても炭化水素類を成分別に測定しようとする動きがみられる。そこで自動車排ガス中におけるHCの成分組成の実態を把握する目的で、測定方法について検討を行い、基礎調査としてガソリン車、ディーゼル車および低公害車とされるCNG(圧縮天然ガス)車、ハイブリッドEV(電気自動車)等を対象に、排ガス中に含まれる有害物質であるBTX(芳香族化合物：ベンゼン、トルエン、キシレン)等について測定、分析を行った。

### 2. 調査内容

#### (1) 測定方法

(財)日本車両検査協会において、平成10年度および11年度、シャーシダイナモを用いて自動車排ガス中の有害物質調査を行った。ディーゼル塵芥車、DPF(黒煙除去フィルタ)装着塵芥車、市営バス、DPF装着市営バス、規制年度の異なるディーゼル車、ガソリン乗用車につい

て測定を行った。また、低公害車とされるハイブリッドEV車、CNG塵芥車、CNGライトバン等の測定を行った。測定には10・15モード、D-13モードの法定モードの他に、横浜市内実走行モードを使用した。横浜市実走行モードは28路線有り、そのうち代表ルートを平均車速によって7段階に分けられた中から選定した。塵芥車については郊外型と商業地域型の2モードを選定した。代表モードについて表1に示す。

#### (2) 試料採取方法

シャーシダイナモ測定では、自動車から排出されたガスが希釈トンネルを通り、CVS分析装置のテトラパック内に捕集される。試料採取は、環境大気および室内環境のVOC(揮発性有機化合物)測定に広く用いられている活性炭吸着管を使用し、テトラパック内のガスを捕集して行った。吸着剤には主に2種類の活性炭を用いた。C2～C5の低沸点炭化水素類用にSUPELCO製CarboSieve-SIII、C5～C10の中高沸点炭化水素類用にCarboPack-Bを用いた。さらに、ディーゼル車の測定には高沸点の炭化水素類の捕集が必要であると考えられ、C10～C20の炭化水素類採取用にCarboTrap-Cを用いた。最終的にはこれら3種類の活性炭を一本のステンレスチューブに詰め、C2～C20までの炭化水素類を測定できるようにした。吸着管の構造を図1に示す。なお、DEP(ディーゼル排気粒子)中の炭化水素成分の組成を調べる目的で、粒子状物質を石英繊維フィルタに捕集し、冷凍保存した。

表1 選定した代表区間および代表モード

横浜市 内実 走行 モード	モード記号	平均車速 (km/h)	所要時間 (sec)	走行距離 (km)	アイドリング 時間割合(%)	区 間
	NY-1	7.9	1040	2.3	59	六浦一金沢文庫 日吉駅一綱島駅
	NY-2	13.4	1061	4.0	51	杉田一八幡橋
	NY-3	22.5	798	5.0	33	東神奈川駅一東寺尾橋
	NY-4	30.7	869	7.4	22	中浜町一本牧元町 八幡橋一杉田
	NY-5	71.1	905	17.9	0	上川井IC一新保土ヶ谷IC 新保土ヶ谷IC一上川井IC
塵芥車	モード記号	平均車速 (km/h)	所要時間 (sec)	走行距離 (km)	ハッカー 回転数(回)	区 間
	YG-1	5.8	1211	2.045	37	北部工場一消防団
	YG-2	1.9	1100	0.585	60	中華街東門一首都高下

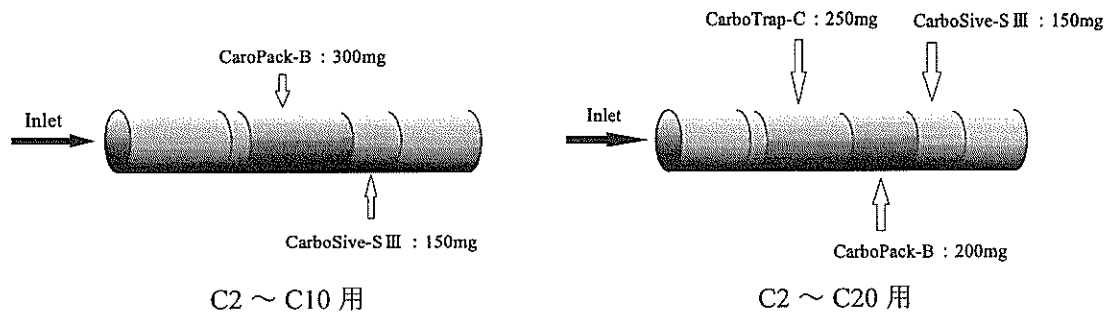


図1 活性炭吸着管の構造

(3) 分析方法

捕集したガス成分試料の分析は、PERKIN ELMER 社製 ATD-400 自動加熱脱着装置と FID-GC により行った。FID-GC はデュアルカラムであり、低沸点の炭化水素類の分離には、7μm PLOT キュピラーカラム 50m × 0.32mm、中高沸点用にメシリコン(DB-1) キュピラーカラム 50m × 0.22mm × 1.0 μm を用いた。石英繊維フィルタ上に捕集された DEP 試料は、空のステンレス管に φ 5mm のベルトポンチで打ち抜いたものを 2 枚程度詰め、ガス成分と同様に分析を行った。

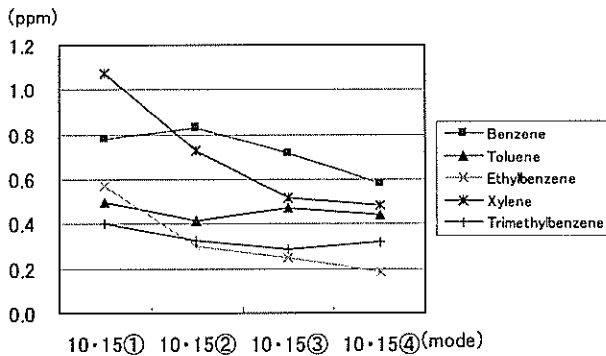


図2 テトラパック内の濃度減衰(ガソリン乗用車)

3. 結果および考察

(1) テトラパック内の濃度減衰

C V S 分析装置のテトラパック内に採取されたガス成分の濃度減衰を調べるために、ガソリン乗用車の 10・15 モードの条件下で、テトラパック内の排ガスを、活性炭吸着管に 20min 間隔で 4 回採取し分析を行った。その結果、図 2 に示すように濃度減衰がみられ、特にベンゼンについては 2 割程度、キシレンについては半分に減衰した。したがって本調査において、活性炭吸着管への排ガスの捕集は、テトラパック内に採取直後に行った。

(2) 各車種の測定結果

G B - ガソリン重量車とハイブリッド E V 車の測定結果を図 3、図 4 に示す。G B - は車両総重量 2.5 t 超で、平成 7 年規制適合車である。また、ハイブリッド E V 車は発進時はモーターにより発進し、低負荷走行になるとガソリンエンジンによる走行に切り替わる車種である。

10・15 および 11 モードの法定モード以外の測定モードについては表 1 に示したとおり、NY モードは番号が大きくなるほど平均車速が速く、走行距離も長くなるモードである。つまり燃料消費率が良くなりガス濃度も低くなる。NY-3 モードについては 10・15 モードと平均車速および走行距離がほとんど等しく、通常 C V S 分析装置で測定する T H C 濃度は近い値を示す。

G B - についてみると、そのような傾向はみられず、NY-1 と NY-3 は低い値を示した。ガソリンの主成分である中沸点の炭化水素については未定量であるが、芳香族および高沸点の直鎖の炭化水素については低い値



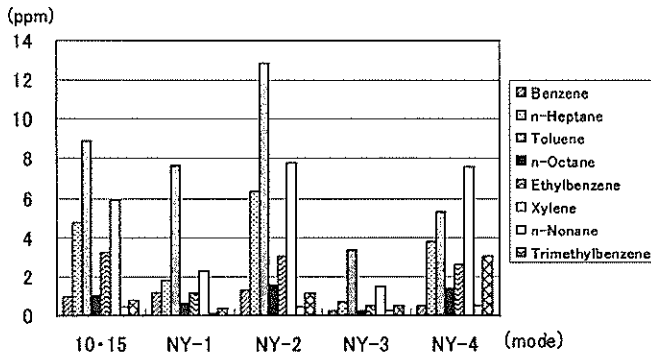


図3 GB-(ガソリン車)

を示した。

ハイブリッドEV車についてはGBと若干測定モードが異なり、NY-2とNY-4にかわり高速モードのNY-5の測定を行い、加えて11モードについて測定を行った。NY-1とNY-3の測定時はほとんどモーターによる走行であり、ガス成分については未検出であった。高速走行を含む10・15モードと高速モードのNY-5についてはエンジンによる走行がみられ、ガス成分が検出された。10・15モードは高沸点側が高く、NY-5は中沸点側が高い特徴がみられた。11モードはエンジンが冷えた状態から測定を始める走行モードである。すなわち測定開始直後は触媒コンバータが酸化還元反応のための活性化温度に達していないため各ガス成分濃度は高くなった。

CNG塵芥車およびCNGライトバンについて測定した結果、芳香族炭化水素類は環境大気中の濃度レベルもしくはそれ以下であった。近年の超低排出ガス車の排ガス濃度抑制技術では大気中の炭化水素を燃焼および酸化処理し、大気環境濃度レベル以下のHC排出量であるとされるが、本調査においての測定結果からはそれらの効果について特定することはできなかった。

ディーゼル塵芥車およびDPF装着塵芥車の測定結果を図5、図6に示す。両車種は同一の車種である。YGモードについては表1に示したとおり、YG-1は横浜市の郊外型の収集モードで、平均車速が高く走行距離が長い。YG-2は横浜中華街中の非常に短い区間を走行し、かつ塵芥車のパッカーを多く回すモードである。測定は3人乗り(55kg/人)+600kg積載の条件で行った。図にみられるようにエンジン負荷の高い順にガス成分濃度も高い傾向がみられた。両塵芥車ともベンゼン濃度はほぼ同じであったが、それ以外の成分についてはDPF装着車の方が低かった。DPFもしくは捕集された黒煙粒子への高沸点ガス成分の吸着効果については特定できなかった。

最大積載量の異なるディーゼル車、規制適合年度の異なるディーゼル車についての測定結果を図7から図9に示す。KK-は車両総重量2.5トンの超重量車で平成10年規制適合車である。またKC-は同じく車両総重量2.5トンの超重量車で平成6年規制適合車である。なお両車種ともHCの規制値は同じである。

測定の結果、ガス成分濃度はKK-(4t)に比べKC-(4t)が10倍程度高かった。これら測定に用いた車種は使

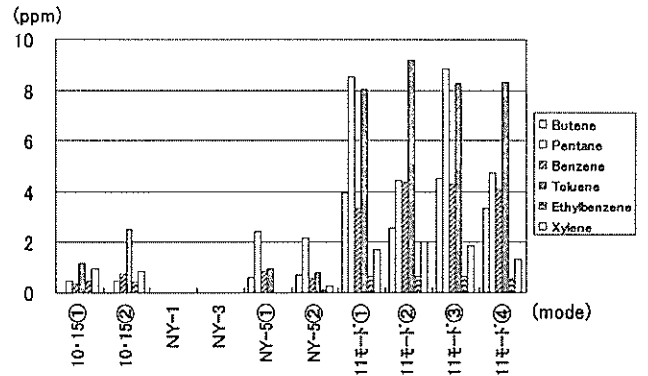


図4 ハイブリッドEV車

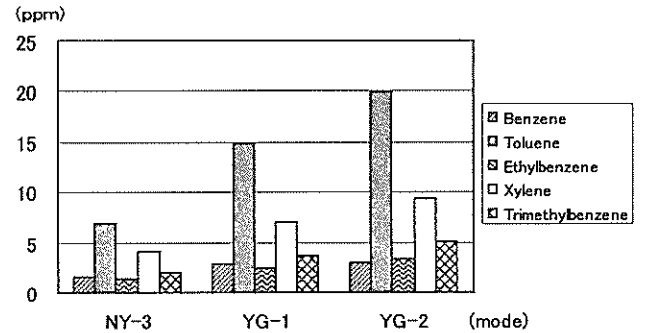


図5 ディーゼル塵芥車2t

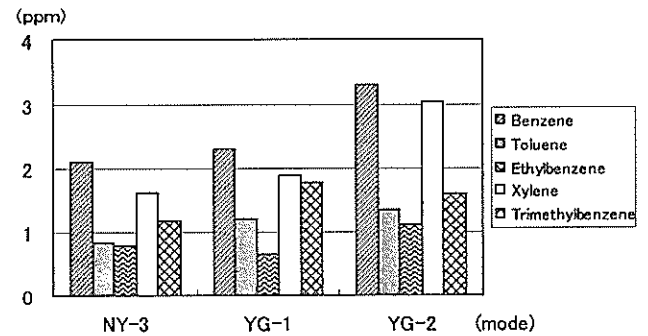


図6 DPF装着塵芥車2t

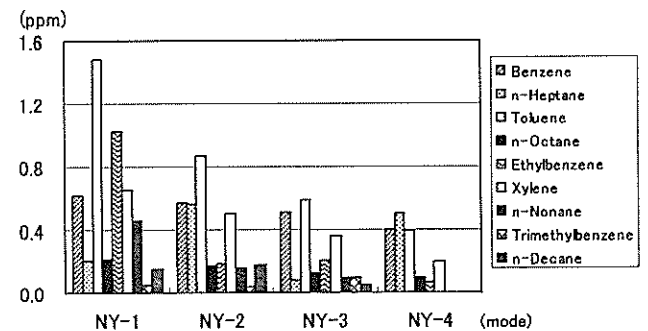


図7 KK-(4tディーゼル)  
平成10年規制適合車

用過程車であり、年式および走行距離に伴う経年劣化が考えられる。また、KK-(4t)、KC-(4t)ともに前述のNYモードの特徴がガス成分濃度の傾向としてよく現れていた。KK-(2t)については逆の傾向を示したが、これについては積載量が4t車と同一条件で行っていることに加え、4t車と比較して非力なエンジン特性による結果と考えられる。

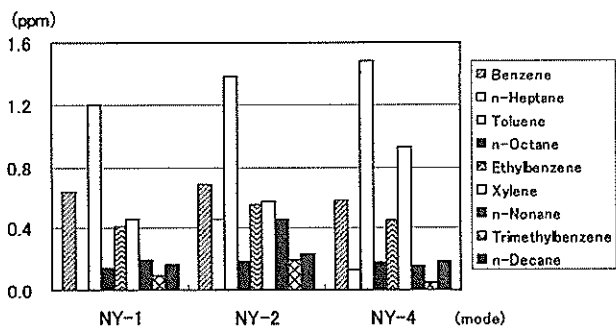


図8 KK-(2tディーゼル)  
平成10年規制適合車

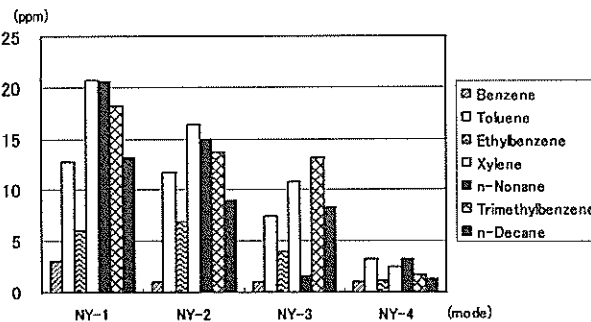


図9 KC-(4tディーゼル)  
平成6年規制適合車

### (3) 活性炭吸着管の検討

これまで自動車排ガス中の有害物質測定については、環境大気中のVOC測定法に準じて試料採取および分析を行ってきたが、ディーゼル燃料として用いる軽油については、主要成分がC10～C20であり(図10)、ディーゼル車からの燃焼ガスおよび未燃焼の燃料成分の排出を考えると、高沸点炭化水素類についても測定分析が必要があると考えられるため、これまで測定分析に用いてきた活性炭吸着剤と、C10～C20の高沸点炭化水素類の吸着に適すると思われるSPELCO社製の活性炭吸着剤CarboTrap-Cについて、車輛の排ガス測定と併せて検討を行った。

最新規制適合車であるKH-(I社製)ディーゼル車の測定結果を図11-1から図11-5に示す。

CarboTrap-C活性炭吸着剤の分析結果から、ディーゼル排ガス中にトリメチルベンゼンからテトラデカン(C14)までの高沸点炭化水素類が認められた。これまでディーゼル排ガスの採取に用いていたCarboPack-B活性炭吸着剤では吸着力の強さから、捕集されたC10以上の成分が加熱脱着せず、定量できていないことが判った。

図1右に示した吸着管図のように、低、中、高沸点の成分に合わせた活性炭吸着剤を一本のステンレス管に適量充填することで、一回の測定でC2～C20までの成分を捕集し分析することができ、測定における手間と時間とコストを抑えることができた。

この3剤充填の吸着管を用いて、最新規制適合車であるKH-(M社製)の測定を行った結果を図13に示す。また、KH-(I社製)についてはCarboPack-Bの結果とCarboTrap-Cの結果を合わせたものとした。(図12)

両車種ともに前述の使用過程車同様、NYモードの特徴がガス成分濃度の傾向としてよく現れていた。M社製KH-とI社製KH-は車格、出力特性とも同クラスに分類される車種であるが、ガス成分濃度では2倍程度の差がみられた。また、両車ともにベンゼン、トルエン濃度が高くなる特徴を示した。

### (4) DEP中の炭化水素成分

近年国内において問題になっている微小粒径の粒子状物質(PM2.5)については、その主要発生源が燃焼系のものとされ、なかでもディーゼル車の影響が大きいといわれている。PM2.5の主要構成成分である炭素成分の組

成は元素状炭素(EC)と有機性炭素(OC)にわけられる。OCについては揮発性、半揮発性成分または二次生成など、複雑な生成機構の要因を含んでいるため、環境大気中のPM2.5においてはOCの解明が進んでいない。

そこで、ディーゼル車のPM測定時に採取されたDEPの炭化水素成分組成について、FID-GCを用い分析調査することとした。試料採取には石英繊維フィルタを用い、採取後のフィルタはすぐに-40℃において冷凍保存した。分析の際、空のステンレス管にφ5mmのベルトポンチで打ち抜いた試料を2枚程度詰め、ガス成分と同様に分析を行った。その結果、図10に示した軽油の成分組成と酷似したクロマトグラムが得られた。この手法を用いてDPF装着の市営バスについて測定分析を行った。DPFはモノリス式のセラミックフィルタが2系統あるタイプで、一方のフィルタで黒煙除去を行っている間、もう一方のフィルタは電熱ヒータと助燃の空気により、付着したDEPが燃焼され再生を繰り返す方式である。このフィルタの再生時に有害物質が発生する可能性が危惧されるため、フィルタの再生中に採取されたDEPと、再生のかかっていない時に採取されたDEPについて分析を行った。そのクロマトグラムを図14から16に示す。定性は不十分であるが、再生中に採取された試料と再生なし時に採取された試料とは明らかに異なるピークが検出された。これについて、現在GC-MSを用いて定性を行っている。

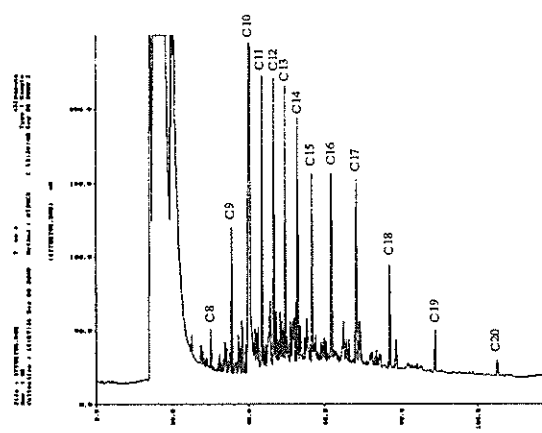


図10 軽油

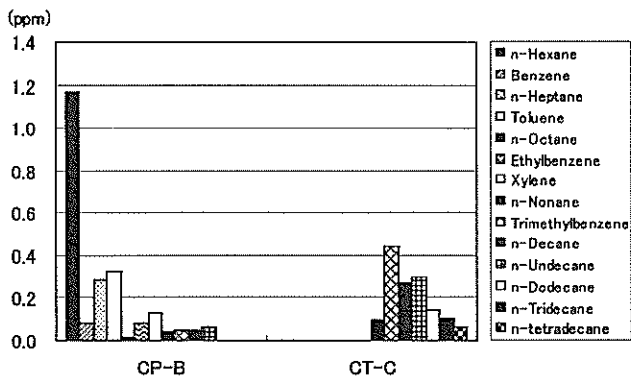


図11-1 KH-(10・15モード)

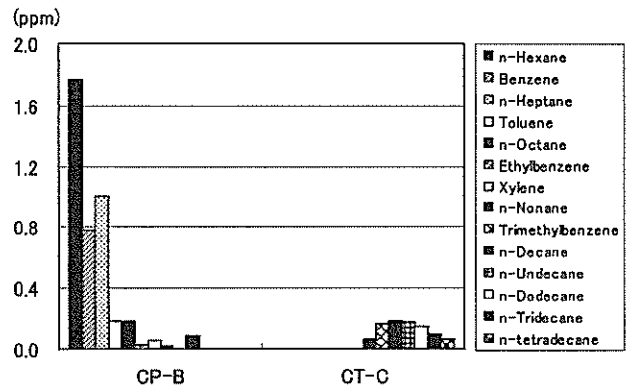


図11-5 KH-(NY-4)

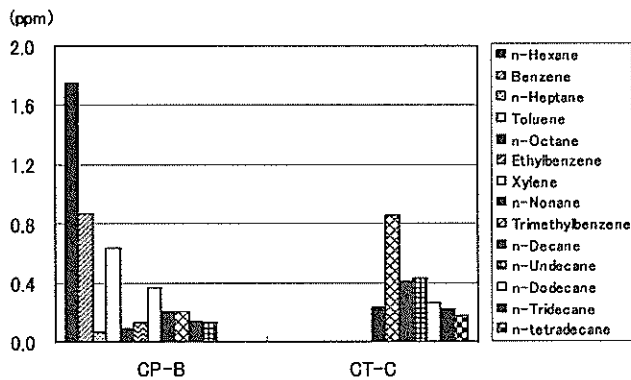


図11-2 KH-(NY-1)

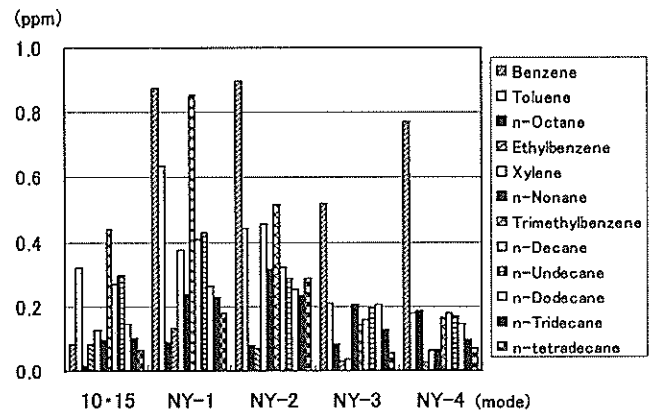


図12 KH-(I社)

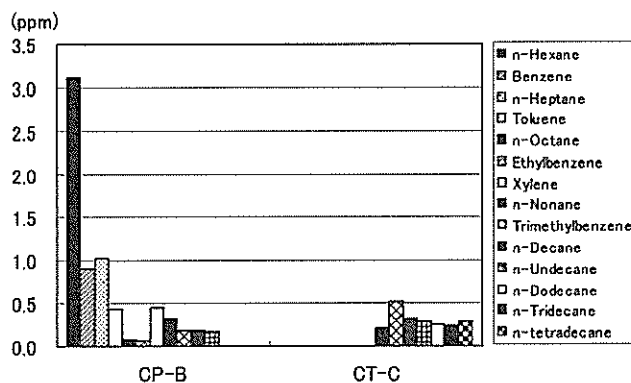


図11-3 KH-(NY-2)

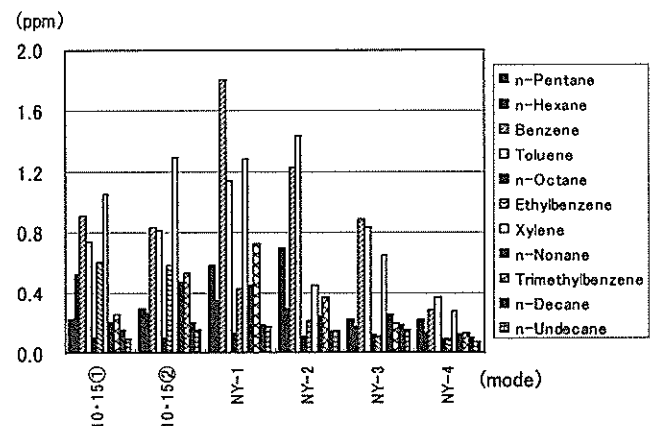


図13 KH-(M社)

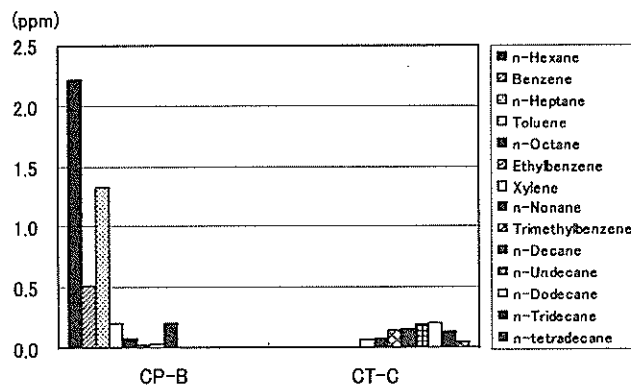


図11-4 KH-(NY-3)

#### 4. まとめ

CVS分析装置のテトラバック内に採取されたガス成分濃度を経時的に調べた結果、濃度減衰がみられた。80分間でベンゼンは2割程度、キシレンは半分に減少した。したがって、活性炭吸着管への排ガス捕集は、テトラバック内に採取直後に行う必要があることが判った。

ガソリン車は、芳香族および高沸点の直鎖の炭化水素については低濃度であった。ハイブリッドEV車については、モードによってHC成分は未検出であった。なお、10・15モードは高沸点側が高く、NY-5は中沸点側が高濃度になる特徴が見られた。コールドスタートを含む11モードではガス成分濃度が高くなった。

ディーゼル塵芥車は、エンジン負荷の高いモード順にガス成分濃度も高い傾向がみられた。両塵芥車ともベンゼン濃度はほぼ同じであったが、それ以外の成分についてはDPF装着車の方が低かった。DPFの吸着効果によるものは特定できなかった。

規制適合年度は異なるが同じHC規制値の4tディーゼル車について測定した結果、KK-（平成10年規制適合車）に比べKC-（平成6年規制適合車）が10倍程度高いガス成分濃度を示した。年式および走行距離に伴う経年劣化が考えられた。

活性炭吸着剤の検討を行った結果、従来のCarboSieve-S IIIとCarboPack-BにCarboTrap-Cを加えて3充填剤吸着管にすることで、C2～C20までの成分が捕集可能となった。

DEPの炭化水素成分組成を、FID-GCにより分析した結果、軽油の成分組成と酷似したクロマトグラムが得られた。DPFの再生中に採取した試料と非再生時に採取した試料を分析した結果、明らかに異なるピークが検出された。

今後ディーゼル車対策を推めていく上で、高沸点炭化水素類は、ディーゼル車が環境へ与える影響を調べるための指標の一つと考えられる。

さらに、フィルタに捕集したDEP中の、揮発性、半揮発性有機成分の分析を行うことで、環境大気中のPMについて未解明であったOCの生成機構を把握することができ、発生源解明の手掛かりになるものと考えられる。

#### 文献

- 1) 前田裕行：サーマルデソープション法を用いた大気中炭化水素類のモニタリング、横浜市環境科学研究所報第21号、111-118（1997）。
- 2) パーキンエルマージャパン：ATDの標準的使用法（環境大気分析への応用）、パーキンエルマー技術資料（1995）。
- 3) パーキンエルマージャパン：最先端GCサンプリング技術ATD 400サーマルデソープション法による定性・定量、分析技術資料GC（1994）。
- 4) US-EPA：Compendium Method TO-17（1999）。

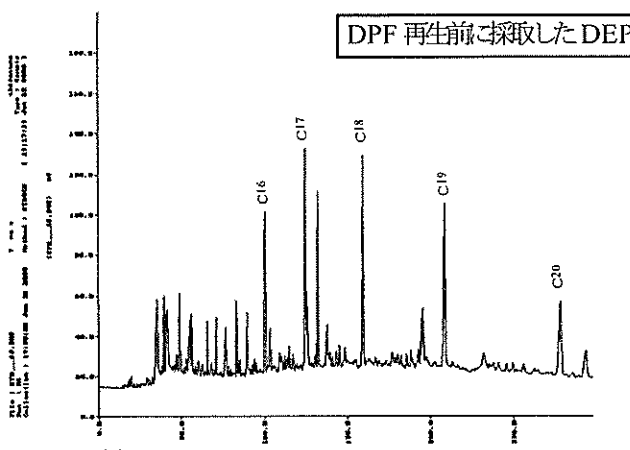


図14 DPF装着大型ディーゼル車(D-13モード)

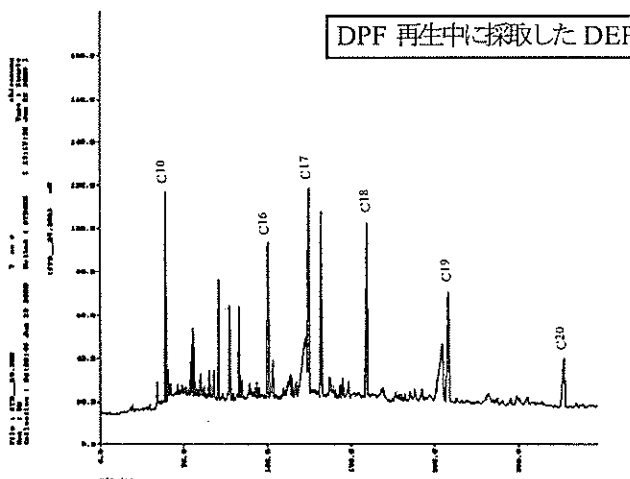


図15 DPF装着大型ディーゼル車(D-13モード)

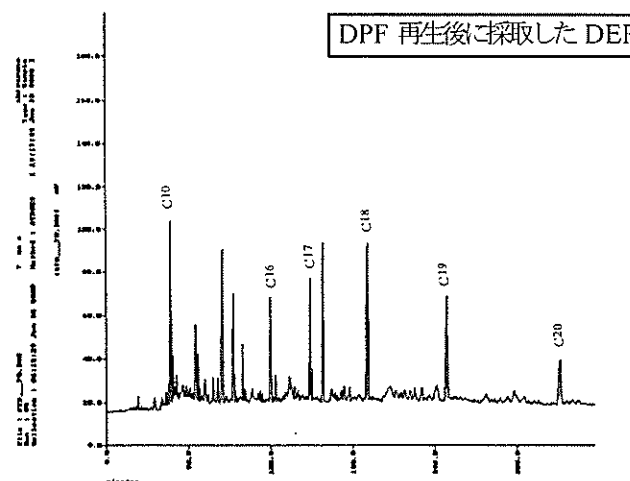


図16 DPF装着大型ディーゼル車(D-13モード)

# ディーゼル自動車対策に関する研究 —低硫黄軽油・酸化触媒システムによる大気汚染物質低減効果—

白砂 裕一郎、江幡育郎（横浜市環境科学研究所）

## Research to the measure against a diesel automobile

— The air pollution substance reduction effect by low-sulfur light oil and the oxidization catalyst system —

Yuichiro Shirasuna, Ikuo Ebata (Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード：ディーゼル、低硫黄軽油、酸化触媒、PM、DEP

### 要旨

ディーゼル車から排出される粒子状物質(PM)等の量を低減させる手法の一つとして、低硫黄軽油を燃料に用い、酸化触媒を装着した排出ガス浄化システムについて検討を行った。本市保有のバス等に酸化触媒を装着し、シャーシダイナモ試験を行い、装着前後の減少効果を調べた。PMについては、概ね40から50%の減少効果が得られた。CO、THCについては、試験モードにより差があったが、平均でそれぞれ66.7%、49%の減少効果が得られた。NOxについては減少効果は得られなかった。

実際の営業運転により運転性能を比較したが、システム装着による運転性能等の変化および影響は認められなかった。

### 1. はじめに

大気中の浮遊粒子状物質(SPM)濃度低減に向けて、各種施策が実施されているところであるが、未だ十分に改善されておらず、とりわけ自動車排出ガス汚染の著しい地域については環境基準の達成率は低い。これらの地域ではディーゼル車がSPMの主要発生源と考えられ、ディーゼル車から排出されるディーゼル排気粒子(DEP)については、呼吸器系疾患や発がん性のおそれがあるだけでなく、循環器系への健康影響などが懸念されている。また、粒子状物質の中でも特に粒径の小さい微粒子が問題とされている。

本市では平成13年度、環境保全局交通環境対策課、環境科学研究所、交通局車両課、環境事業局車両課、日石三菱(株)で構成する「横浜市低硫黄軽油評価検討会」を設置し、本市が所有するバス・塵芥車等のディーゼル車から排出される粒子状物質(PM)の対策を検討した。検討会では、燃料として低硫黄軽油を使用し、酸化力を高めた酸化触媒を装着した排出ガス浄化システムについて、実際に営業運転を行って運転性能を把握すると共に、当該システムのPM等の大気汚染物質減少効果を調査した。

### 2. 調査内容

横浜市営バスおよび塵芥車について、現行軽油・酸化触媒未装着および低硫黄軽油・酸化触媒装着の条件でシャーシダイナモ測定を行い、規制項目のPM、NOx(窒素酸化物)、CO(一酸化炭素)、THC(全炭化水素)について分析し、さらに自動車では未規制項目の多環芳香族炭化水素(ベンゾ(a)ピレン等)、炭化水素類(ベンゼン、トルエン、キシレン、エチルベンゼン等：VOC)の有害物質について測定・分析を行い、低減効果を調査した。また、システム装着によるトラブルの発生および運転性能への影響等についても評価検討を行った。

#### (1) 試験車両および試験燃料

測定に用いた試験車両の主な諸元について表-1に示す。なお、短期規制塵芥車については粗大ごみ回収用の無蓋車のため以下トラックと称する。また、バスについては、短期規制をKC-、長期規制をKK-と称する。測定に用いた現行軽油および低硫黄軽油の燃料性状について表-2に示す。

表-1 試験車両

項目	試験車両				
	短期規制 トラック	短期規制 中型バス	長期規制 中型バス	短期規制 小型バス	長期規制 小型バス
メーカー	いすゞ自動車	日野自動車	日野自動車	日野自動車	日野自動車
車両型式	KC-NKR66ED	KC-RJ1JJCK	KK-RJ1JJHK	KC-RX4JFAA	KK-RX4JFEA
車両重量(kg)	2950	7730	7910	5030	5180
車両総重量(kg)	5115	10920	11100	7230	7325
エンジン型式	4HF1	J08C	J08C	J05C	J05C
排気量(cc)	4334	7960	7960	5300	5300

表-2 試験燃料性状

燃料名		2号軽油	低硫黄2号軽油	
コメント		硫黄分	硫黄分	
項目	単位など	0.05%	50ppm	
密度(15°C)	kg/m <sup>3</sup>	833.8	822.5	
粘度(@30)	mm <sup>2</sup> /sec.	3.278	3.135	
(@100)	mm <sup>2</sup> /sec.	1.111	1.224	
硫黄分	mass ppm	390	35	
セタン指数	旧JIS	57.7	61.6	
	新JIS	53.2	57.5	
セタン価		53.4	57.4	
蒸留性状	IBP	°C	160.0	165.0
	10%	°C	195.0	193.0
	50%	°C	275.0	272.0
	90%	°C	336.0	336.5
	95%	°C	349.0	352.5
	EP	°C	362.0	365.5
HPLC分析	Saturates	mass%	71.2	77.7
	Olefines	mass%	0.0	0.0
	Total Aromatics	mass%	28.8	22.3
	1-Aromatics	mass%	23.8	19.3
	2-Aromatics	mass%	3.8	2.4
	3-Aromatics	mass%	1.2	0.6

表-3 測定時期および装着酸化触媒

条件等 車種	試験車両					
	トラック(KC-)	中型バス (KC-)	中型バス (KK-)	小型バス (KC-)	小型バス (KK-)	
酸化触媒未装着 (2号軽油使用)	H13/7/4	H13/6/21	H13/6/26	H13/7/31	H13/6/28	
酸化触媒装着 (低硫黄軽油使用)	装着直後	H13/9/25	H14/1/16	H13/9/26	H14/1/17	
	3ヶ月経過 H13/7/12 H13/10/1					
酸化触媒装着後の 走行距離(km)	600	2400	4500	3600	3000	2700
酸化触媒	ジョンソン・マッセイ・ジャパン(株)製 (株)日野自動車製					

(2) 測定時期および装着酸化触媒

各試験車両の現行軽油・酸化触媒未装着および低硫黄軽油・酸化触媒装着条件での測定時期および装着した酸化触媒の製造メーカーについて表-3に示す。

なお、測定・分析については以下の機関で行った。

トラック：日石三菱(株)中央研究所、

横浜市環境科学研究所

バス：(財)日本車両検査協会、横浜市環境科学研究所

(3) 試験モード

以下に測定に用いた試験モードを示し、その走行パターンについて図-1に示す。

トラック：15モード(標準モード)

NY-3(横浜市内実走行モード)

YB-1、YB-2(横浜市バスモード)

バス：M15モード(標準モード)

NY-3(横浜市内実走行モード)

YB-1、YB-2(横浜市バスモード)

バスの測定においては、標準モードとして旧運輸省交通安全公害研究所から発表されているM-15モードを用いた。NY-3モードについては、現在28路線ある横浜市内実走行モード中での平均的な車速モードであるため、代表モードとして選定した。

なお、YB-1、YB-2は同一バス路線であるが、ピーク時とオフピーク時が異なる。

(4) 試験および分析方法

規制項目のPM、NO<sub>x</sub>、CO、THCの測定については、道路運送車両の保安基準に係わるディーゼル自動車排出ガス測定技術基準に準じて行った。

ただし、PM捕集用フィルタは炭素成分の分析を考慮し、石英繊維フィルタ(Pallflex2500QAT-UP)を用いた。当研究所では主に未規制有害物質について測定および分析を行い、項目として炭化水素類(ベンゼン、トルエン、キシレン、エチルベンゼン：VOC)、フィルタ上に捕集されたPM中の多環芳香族炭化水素類(PAHs)(a)ピレン等の測定分析を行った。

VOCの測定は、Method TO-17(US-EPA、1999)に準拠し、活性炭吸着管・サーマルデソープション法により行った。多環芳香族炭化水素は有害大気汚染物質測定マニュアル(環境庁、平成10年3月)に準拠し測定を行った。

また、石英フィルタ上に捕集したPM中の炭素成分(元素炭素：EC、有機性炭素：OC)を熱分離分析法により分析した。結果の解析では、EC、OCからSoot(すす)およびSOF分(可溶性有機成分)の推計を行った。

3. 結果および考察

(1) PMの減少効果

酸化触媒システム未装着時および装着時における試験車両ごとのPM排出量およびPM中の炭素成分排出量について図-2に示す。このシステム装着によるPMの減少効果を見ると、システム未装着時に比べPM排出量が増加

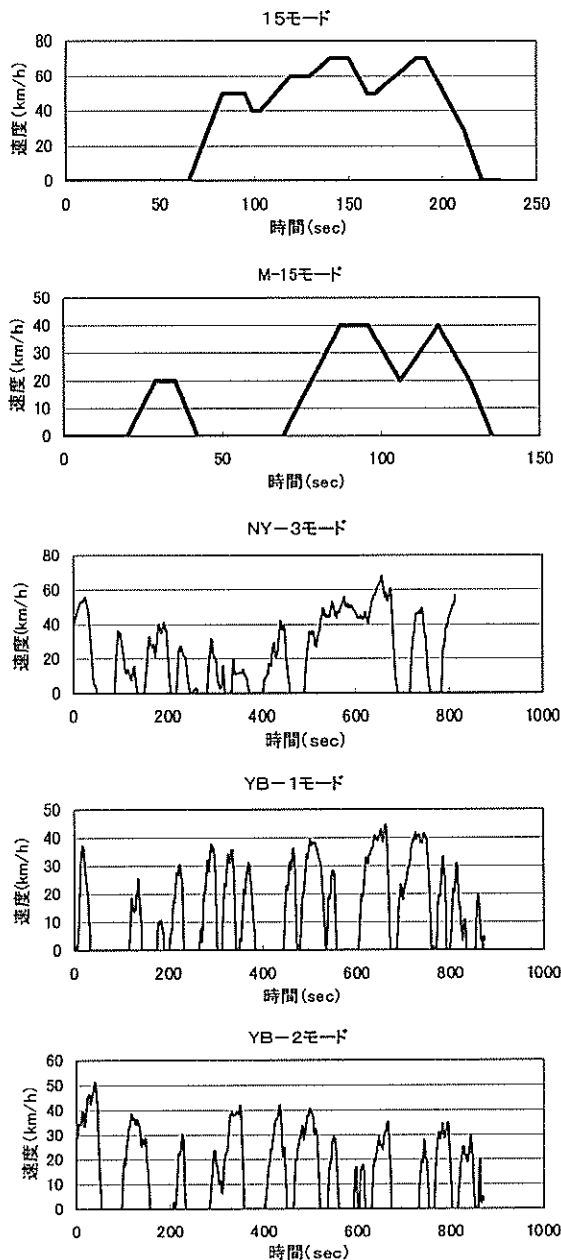


図-1 試験モード走行パターン

することは無く、低減傾向がみられた。減少率でみると、車両、試験モードによりばらつきはあったが、15.5 から 56.5 % の範囲で、40 から 50 % の頻度が高く、平均で 39 % であった。図-3 に PM 減少率の頻度分布を示す。

炭素成分は DEP の主要構成成分であり、Soot、SOF 分が PM 中のほとんどを占める。この炭素成分中、酸化触媒で除去されるのは SOF 分とされ、PM 減少率は SOF 分含有量に依存する。

中型バス (KC-) の試験の結果、Soot 分はほとんど変わらず、SOF 分のみ減少していることがわかる。この車両の NY-3 モードについて、全試験中で PM 減少率が最も低かった理由として、システム未装着時の SOF 分の割合が小さかったためと考えられる。

その他の車両については、SOF 分並に Soot 分が減少する傾向がみられ、これについては燃料として用いた低

硫黄軽油の効果と考えられ、本調査における最大で 56.5 % の PM 減少率は、低硫黄軽油+酸化触媒の組合せの結果として得られたものと考えられる。

また、トラック (KC-) について、システム装着後 3 ヶ月経過 (24,000 km 走行) でシステム装着当初より減少効果の低下がみられた。特に YB モードについては未装着時に比べ、SOF 分の減少があまりみられなかった。試験モードごとに試験中の酸化触媒温度を調べた結果、YB モードは 15 モード、NY-3 モードと比べ触媒温度が低かった。低速運転の多い実際の営業運転では触媒活性が上がりにくいことが予想される。システム装着後、3 ヶ月の営業運転を経て、酸化触媒表面が硫黄に被毒されたものと考えられた。硫黄被毒については慢性被毒と急性被毒があり、今回の場合は酸化触媒を高温で焼き出し再生することで機能が回復する急性被毒であると判断された。

トラック (KC-) について行ったアルデヒド類の測定・分析結果を図-4 に示す。アルデヒド類についても使用経過後測定において前述の傾向と同様な結果が得られた。なお、アルデヒド類についてはディーゼル排出ガス中の悪臭物質の一つとされている。

### (2) NO<sub>x</sub> 排出量および CO、THC の減少効果

今回の試験で検討した酸化触媒については、そのシステムの原理上 NO<sub>x</sub> についての減少効果は期待できない。図-5 にみられるように、システム未装着時と装着時で NO<sub>x</sub> 排出量に変化は認められなかった。

また、NO/NO<sub>x</sub> 比でも変化はなく、NO から NO<sub>2</sub> への酸化は進んでいないものと考えられる。

CO の減少率は、試験車両および試験モードによるばらつきが大きく、その範囲は 26.8 から 95.4 % であり、平均値は 66.7 % であった。

THC の減少率は、6.2 から 92 % の範囲で、CO 同様大きくばらついた。特に YB モードの減少率が概ね低い傾向を示し、YB モードの排気温度が低いため、酸化触媒の触媒活性が上がらなかったことが理由として考えられる。

### (3) 炭化水素類の測定結果

多環芳香族炭化水素 (PAHs) 排出量および炭化水素類 (BTX) 排出量について図-6 に示す。なお、小型バス (KC-, KK-) の BTX については測定時のトラブルにより欠測扱いとした。

現行軽油+酸化触媒未装着時の測定結果をみると、トラックでは、YB モードの排出量が 15 モード、NY-3 モードに比べかなり高い値を示した。本来 YB モードは、バス路線を代表して作ったモードであり、トラックにとってはかなり厳しい試験モードであると考えられる。実際 YB モードの試験中、ドライバーが走行パターンをトレースすることができず、発進および停止する状況でモードからはずれることが多かった。トラックについて、この実際の路上走行とはかけはなれた運転状況が、炭化水素類の過大な排出につながることを示唆された。

炭化水素類の排出量は、使用する燃料、触媒、排気ガス温度などにより大きく影響されることが考えられ、今回の全ての試験結果がこのシステムによる低減効果とはいえないが、概ね次のような結果であった。

多環芳香族炭化水素類は、B(a)P でみると 50 から 90

%程度の減少率であった。また、B(k)FについてもB(a)Pと同様の減少傾向を示した。バスについては、B(ghi)Pは検出されなかった。

炭化水素類については試験車両、モード、成分により大きく差が出ており、ベンゼンが18から90%、トルエンで24から90%程度の減少率が得られた。キシレン、エチルベンゼンでは50%以上減少した走行モードも多くみられたが、中型バスでほとんど変化のないモードがみられた。自動車排出ガス中の炭化水素類の成分測定については、定められた試験方法がなく、今回排出状況を把握するため試験的に実施し、一定の成果が得られたが、酸化触媒による酸化過程等についてさらに検討する必要がある。

#### 4. まとめ

このシステム装着による運転性能等の変化および影響は認められなかった。また、燃料消費量についても差は認められなかった。

PMについては、概ね40から50%の減少効果が得られた。低硫黄軽油+酸化触媒システムは、試験車両および試験モードにより効果に差があるものの、多種多様な実際の走行条件を考慮すれば、PM(DEP)減少効果を期待できるものと考えられる。

NO<sub>x</sub>については、システムの原理上効果は期待できず、測定の結果からもシステム未装着時と装着時で変化はなかった。

CO、THCについては、PM以上に試験モードにより差があったが、平均でそれぞれ66.7%、49%の減少効果が得られた。

炭化水素類の測定の結果、システム装着により低減効果が期待できると考えられるが、自動車排出ガスの試験方法として確立した方法ではないため、今後、ガスおよび粒子あるいはその中間体も含め、採取および分析法について検討を進める必要があると考えられる。

#### 文献

- 1) 前田裕行：サーマルデゾープション法を用いた大気中炭化水素類のモニタリング、横浜市環境科学研究所報 第21号、111-118 (1997)。

- 2) パーキンエルマージャパン：ATDの標準的使用法(環境大気分析への応用)、パーキンエルマージャパン技術資料(1995)。
- 3) パーキンエルマージャパン：最先端GCサンプリング技術ATD 400 サーマルデゾープション法による定性・定量、分析技術資料GC (1994)。
- 4) US-EPA: Compendium Method TO-17 (1999)。

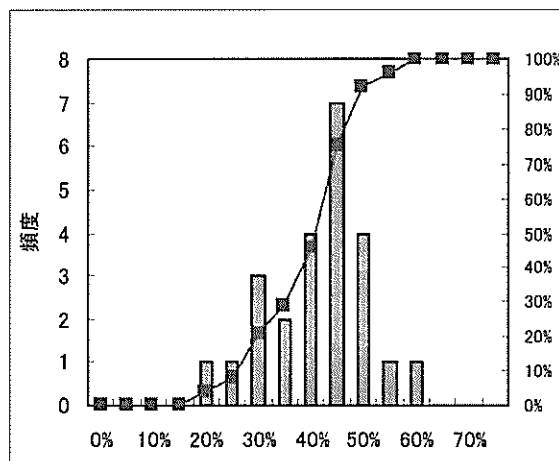


図-3 PM減少率の頻度分布

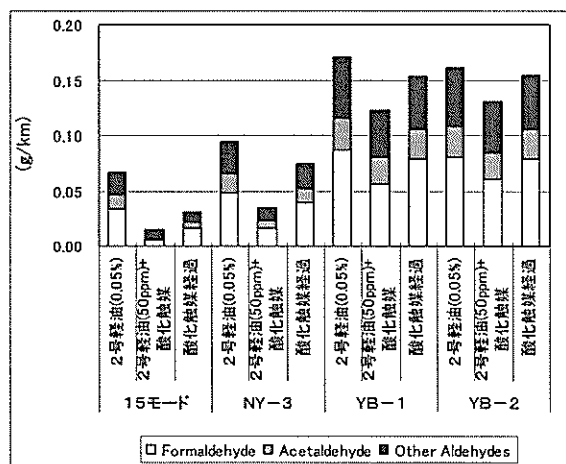


図-4 トラック(KC-)アルデヒド類排出量

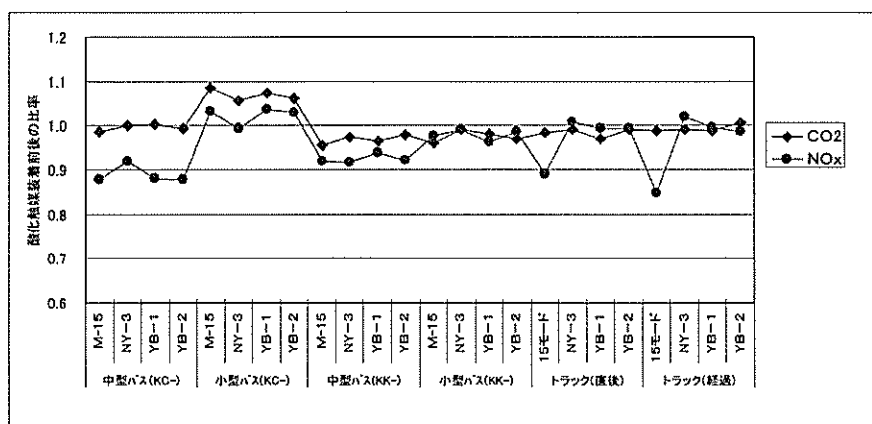


図-5 酸化触媒未装着時と装着時の比率 (装着後/装着前)



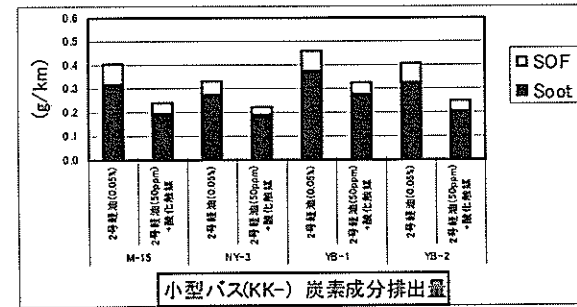
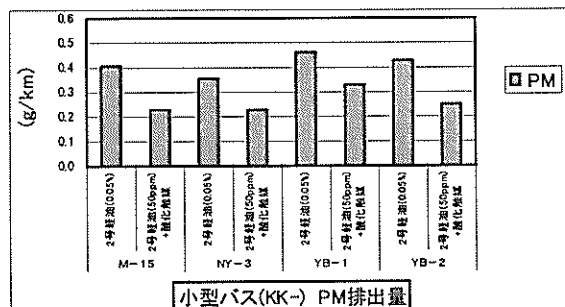
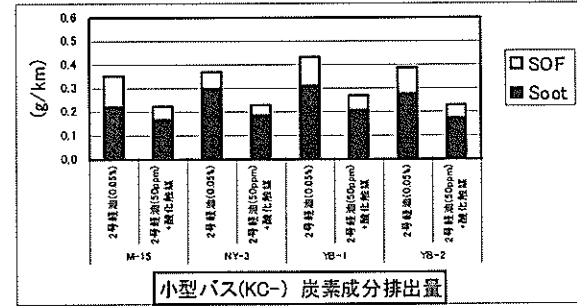
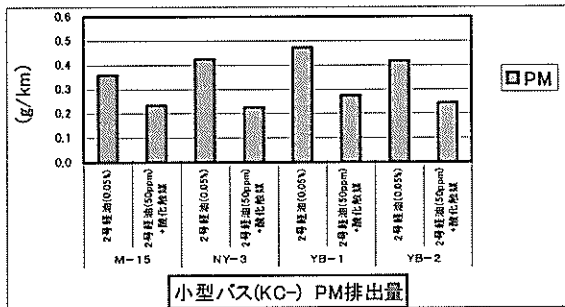
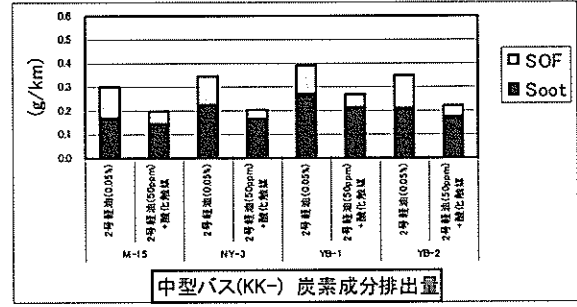
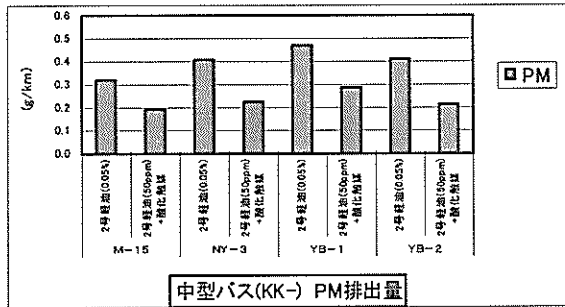
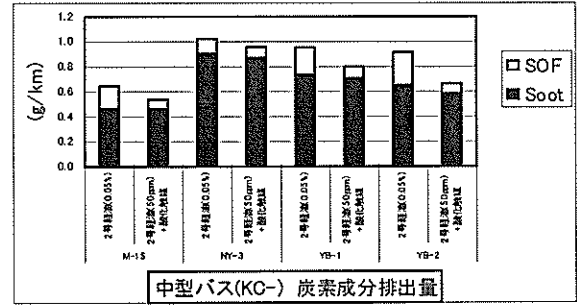
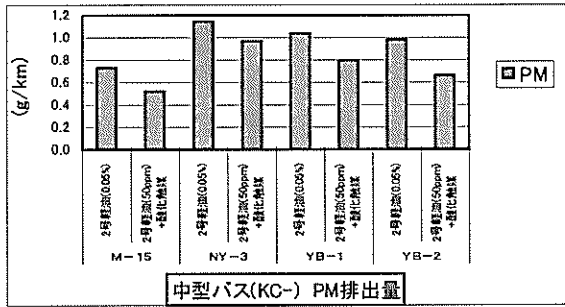
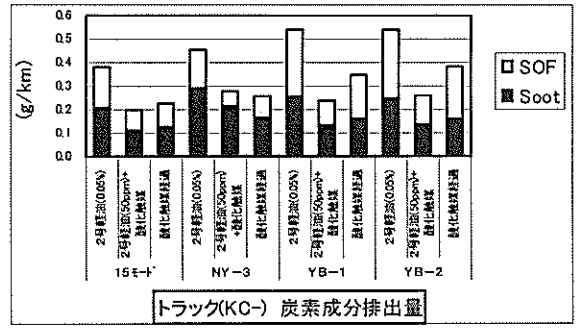
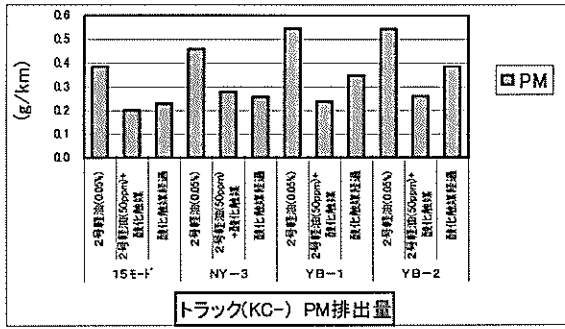


図-2 PM排出量および炭素成分排出量

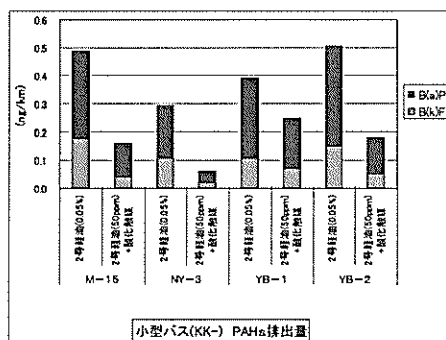
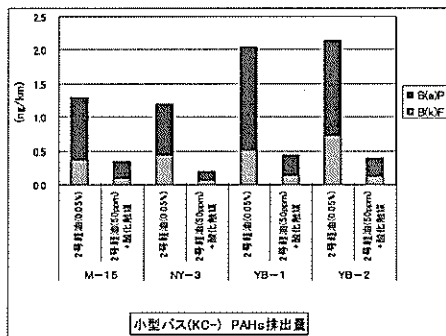
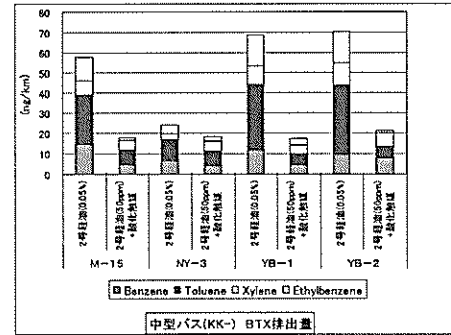
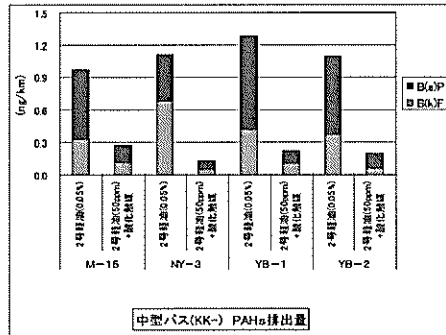
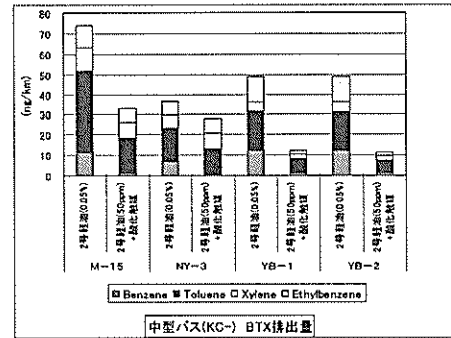
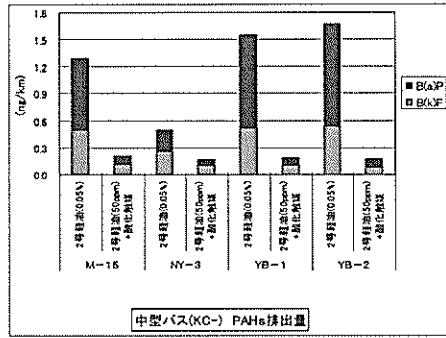
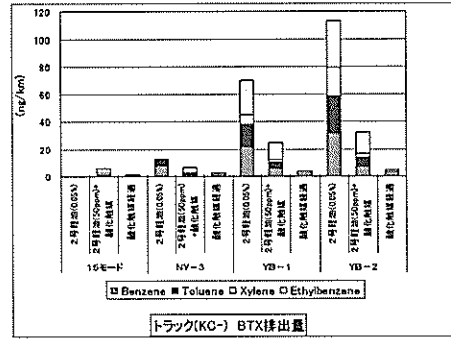
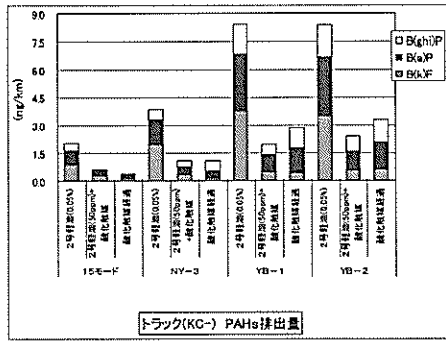


図-6 PAHsおよびBTX排出量

# 横浜市内の公共用水域及び地下水における

## ダイオキシン類濃度調査結果

山本恵幸、前田裕行、越智洋之（横浜市環境科学研究所）

### Distributions of Dioxins in River Water, Sea Water, Ground Water and Sediment Samples in Yokohama City

Yoshiyuki Yamamoto, Hiroyuki Maeda, Hiroyuki Ochi  
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：ダイオキシン類、毒性当量（TEQ）、毒性等価係数（TEF）、同族体、異性体

#### 要 旨

平成 12 及び 13 年度にかけて、横浜市内の公共用水域（河川及び海域の水質及び底質）及び地下水の水質を対象としたダイオキシン類の調査を行った。河川の水質に関しては 12 年度で環境基準を超えている地点があったが、その後の追跡調査で基準を満たしていることが確認された。その他、海域及び地下水の水質に関しては観測地点による差異はほとんどなく、基準は十分満たしている状態であった。

ダイオキシン類は、環境中では河川や海域の底質に蓄積しやすい傾向にあるが、環境基準を満たしているものの調査地点間の差異には大きな差があった。

底質の同族体及び異性体組成の解析を行うことにより、汚染の由来を推定することができる。河川の底質の場合、CNP 由来と考えられる 1, 3, 6, 8-と 1, 3, 7, 9-TeCDD の Total TeCDDs に対する比率は約 80%と高く、残留農薬による汚染の影響が示唆された。

#### 1. はじめに

ダイオキシン類は急性毒性の他に発ガン性、催奇性などの慢性毒性もあわせ持ち、同時に極微量で内分泌を攪乱する物質（いわゆる環境ホルモン）としての作用も知られている。ダイオキシン類は環境中では極めて安定に存在し、それらの影響は長期にわたって持続するものと考えられているが、環境中での動態、残留性などに関して十分に解明されているとは言い難い。

ダイオキシン類は結合している塩素原子の数と位置の違いにより 200 種類以上の異性体が存在するが、その内、ヒトに対する毒性があるとされているものは 29 種類である。これらの物質は毒性の強さが異なり、大気、水質及び土壌の環境基準はダイオキシン類対策特別措

置法（平成 11 年 7 月 16 日公布）で毒性等量（TEQ）によって定められている。今回は、平成 12 年度及び 13 年度に実施した横浜市内の公共用水域（河川、海域）及び地下水におけるダイオキシン類の調査結果を報告する。

#### 2. 調査・測定方法

試料の採取は、公共用水域水質測定計画及び地下水測定計画に基づき、河川 11 地点、海域 7 地点、地下水 9 地点で行った（図 1）。河川及び海域は同一地点であるが、地下水の採取地点は年度により異なっている。分析方法は、水質に関しては「日本工業規格 K0312」<sup>1)</sup>、底質に関しては「ダイオキシン類に係る底質調査測定マ



地下水の測定結果を表3に示す。18地点の平均濃度は0.13pg-TEQ/Lであった。ダイオキシン類は水に対して難溶性で土壌に強く吸着する性質がある。したがって地下にまで浸透しにくいために、地下水中のダイオキシン類は河川水に比べ低濃度となっている

### 3-2 底質

河川の底質については、平成12年度は瀬戸橋、平潟橋の2地点で、13年度は水道橋、清水橋及び瀬戸橋の3地点で他の地点に比べ高い値を示した(表4)。11地点の測定値は、12年度が0.79~23pg-TEQ/g(平均5.9pg-TEQ/g)、13年度は0.50~50pg-TEQ/g(平均11pg-TEQ/g)であった。河川の底質は降雨や工事、潮の干満などにより擾乱を受けて状態が変化しやすいと考えられるので、河川の水質同様に観測時期を考慮しながら継続した調査をする必要がある。

海域の底質については、平成12、13両年度の濃度範囲は2.5~36pg-TEQ/gと広く、鶴見川河口先や横浜港内、平潟湾内において他の地点と比べて高い値を示している(表5)。ダイオキシン類は、地表水と共に河川を経由して沿岸域の底質に達すると言われており、他の地点と比べ閉鎖的で、流入した懸濁粒子が拡散しにくく堆積しやすい海域の底質において相対的に高い値となると考えられる。(なお、底質についての環境基準は平成14年9月に150pg-TEQ/gと定められた。)

### 3-3 底質の同族体組成等の解析

ダイオキシン類による底質汚染の原因としては焼却由来以外に農薬由来が指摘されているが<sup>6)</sup>、千代橋、都橋及びいたち川橋の3地点で、過去に使用された農薬の内、クロロニトロフェン(CNP)の製造過程で生成された1,3,6,8-と1,3,7,9-TeCDDs(これらの異性体には毒性等価係数(TEF)が与えられていない)のTotal TeCDDsに対する比率が約80%と高く(図2)、残留農薬による影響が示唆される。一方、鶴見川については、ダイオキ

表4 河川の底質におけるダイオキシン類濃度

調査地点	H12 底質	H13 底質
	(pg-TEQ/g)	(pg-TEQ/g)
①千代橋(鶴見川)	1.1	3.6
②都橋(恩田川)	0.99	1.0
③入江橋(入江川)	7.6	4.3
④水道橋(帷子川)	5.2	23
⑤清水橋(大岡川)	2.9	50
⑥瀬戸橋(宮川)	23	20
⑦平潟橋(侍従川)	17	9.5
⑧高鎌橋(境川)	0.79	0.50
⑨吉倉橋(柏尾川)	1.9	3.4
⑩鷹匠橋(柏尾川)	2.7	3.2
⑪いたち川橋(いたち川)	1.9	2.1
平均値	5.9	11

表5 海域の底質におけるダイオキシン類濃度

調査地点	H12 底質	H13 底質
	(pg-TEQ/g)	(pg-TEQ/g)
①鶴見川河口先	35	33
②横浜港内	36	28
③本牧沖	15	5.4
④磯子沖	7.0	4.4
⑤富岡沖	2.5	12
⑥平潟湾内	25	25
⑦平潟湾沖	11	5.8
平均値	19	16

シン類の大部分は焼却由来の大気沈着物の寄与を受けているとの報告もあり<sup>7)</sup>、より詳細な同族体や異性体組成の解析を行い、発生源由来の推定などの調査を進めていく必要がある。

環境中に排出されてきたダイオキシン類は、河川や海域の底質に蓄積される傾向にあり、最も毒2,3,7,8-TeCDDなどは市内の河川、海域の底質のほぼ全域で検出されている。全国調査結果<sup>5)</sup>によると、Co-PCBsを除いた河川の底質のPCDDs/DFs実測濃度の平均値は2000pg/g、海域の底質については3300pg/gである。本市域における河川の底質(470、840pg/g)や海域の底質(2600、2400pg/g)と比較すると、河川に関しては平均以下、海域に関してはほぼ同程度の状況であると言える(表6)。

表6 底質中のTotal PCDDs/Fs実測濃度(横浜市と全国調査との比較)

河川底質	H12 横浜市	H13 横浜市	H10 全国調査 (n=146)	海域底質	H12 横浜市	H13 横浜市	H10 全国調査 (n=21)
	濃度範囲	62~1900	48~4400		12~93000	濃度範囲	480~5000
平均値	470	840	2000	平均値	2600	2400	3300

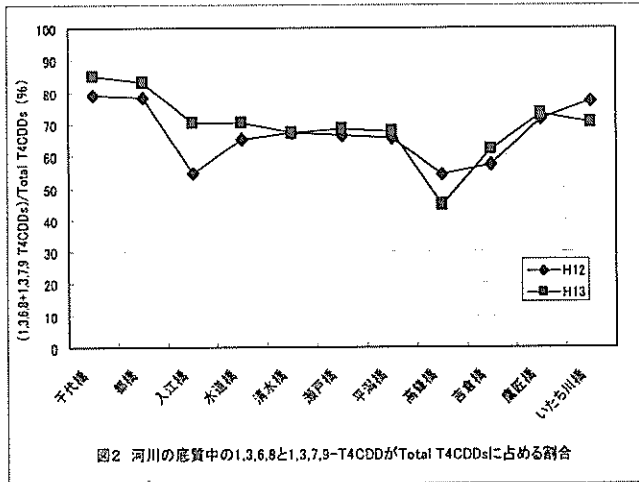


図2 河川の底質中の1,3,6,8と1,3,7,9-TCDDがTotal TCDDsに占める割合

#### 4. まとめ

これまで行ってきた調査により、市内公共用水域及び地下水におけるダイオキシン類濃度の状況が明らかとなってきた。環境基準が定められている水質については基準を達成できている状態であると言えるが、観測時期により測定値に変動があることから、試料採取地点や気象条件などを考慮しながら調査回数を増やすなどしてそれらのトレンドを把握する必要があると思われる。

ダイオキシン類の環境動態を解析するには、今回報告した水圏の調査に加えて大気や土壌中の濃度、発生源由来も含めた総合的な調査・解析が必要である。また発生源の推定には TEF が与えられていない異性体の情報が必要となるため、各異性体及び同族体の組成についても調査することが重要であり、今後はこれらの研究を進めていきたい。

#### 引用文献

- 1) 日本工業規格 (1990) 工業用水・工業排水中のダイオキシン類及びコプラナーPCB の測定方法 (JIS K 0312)
- 2) 環境庁水質保全局水質管理課 (2000) ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル
- 3) 東京都環境局 (2000) 平成 12 年度 都内環境中のダイオキシン類調査結果
- 4) 千葉県環境衛生部 (2000) 平成 12 年度 ダイオキシン類に係る常時監視
- 5) 環境庁 (1998) 平成 10 年度 ダイオキシン類緊急全国一斉調査結果
- 6) 益永ら (1999) 第 8 回 環境化学討論会、講演要旨集

# 横浜市環境大気中におけるダイオキシン類調査

越智洋之、前田裕行、山本恵幸（横浜市環境科学研究所）

## Survey of Atmospheric PCDDs and PCDFs in Yokohama

Hiroyuki Ochi, Hiroyuki Maeda and Yoshiyuki Yamamoto  
(Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード: ダイオキシン類、大気、同族体組成

### 要旨

平成 13 年度ダイオキシン類大気濃度調査結果を用いて、横浜市内のダイオキシン類の挙動について検討を行った。その結果、焼却施設等へのダイオキシン類排出規制効果が顕著に現れていることが市内年平均値の経年変化よりわかった。TEQ レベルは市内の湾岸部で低く、内陸部で高い傾向となった。湾岸部と内陸部の同族体組成を比較検討すると、組成に顕著な差が見られた。湾岸部の組成では O8CDD の割合、内陸部の組成では T4CDFs、P5CDFs 及び H6CDFs の割合が高かった。また、定性的ではあるが、これら特徴的な組成が形成される要因について検討を行い、新たな知見を得ることが出来た。

### 1. はじめに

ダイオキシン措置法により指定される JIS や環境省の各種測定マニュアルでは、200 以上のダイオキシン類物質が分析対象となっている。一方、環境基準は、これらダイオキシン類の総濃度ではなく、毒性等量(TEQ; 分析対象のダイオキシン類の中でヒトに対する毒性があるとされる 29 物質の濃度にそれぞれの毒性等価係数(TEF)を乗じ、毒性がもっとも強い 2,3,7,8-T4CDD の値に換算し合算して算出)で定められている。環境基準がヒトへの毒性影響の観点で定められることにより、住民にとってもリスク評価がしやすい利点がある。しかし、各自治体の規制部署では、毒性の観点以外に各地域、各媒体におけるダイオキシン類の挙動把握が、今後の事態悪化を未然に防ぐために必要である。挙動把握の一例として、200 以上のダイオキシン類を塩素数別の関係から傾向把握する同族体組成や同塩素数の物質それぞれの関係から傾向把握する異性体組成などの利用が挙げられる。<sup>1), 2)</sup>

今回は、横浜市内における大気中ダイオキシン類の挙動について、T4~O8CDDs/Fs 総濃度（以下総濃度）に対する 4~8 塩素化別同族体（10 成分）濃度の割合を算出し一つのマトリックスとする各塩素化別同族体組成を用いて検討を行ったところ地域傾向が見られた。また、気象データ等を用いて地域傾向の要因を定性的に検討したので報告する。

### 2. 方法

#### 2-1 調査内容

平成 13 年度ダイオキシン類大気調査

#### 2-2 調査期間

春期：平成 13 年 5 月 22 日～23 日

夏期：平成 13 年 8 月 23 日～24 日

秋期：平成 13 年 11 月 20 日～21 日

冬期：平成 14 年 2 月 5 日～6 日

#### 2-3 調査地点

市内一般環境大気測定局 18 地点（図 1）



図 1 一般環境調査測定地点

#### 2-4 分析方法

ダイオキシン類に係る大気環境調査マニュアル

#### 2-5 調査対象物質

1) 4~8 塩化ジベンゾ-p-ジオキシン(T4~O8CDDs)

2) 4~8 塩化ジベンゾフラン(T4~O8CDFs)

今回はコプラナーPCB を除外して検討したが、通常の大気調査では測定を行い、濃度結果を報告している。

### 3. 結果及び考察

#### 3-1 横浜市の大気経年変化

平成13年度市内年平均値は0.23pg-TEQ/m<sup>3</sup>であった。平成9年度以降の市内年平均値について経年変化を見ると(図2)、平成11年度以降はTEQが大幅に低下し、0.20 pg-TEQ/m<sup>3</sup>前後の濃度になっていることが分かった。これは各種焼却施設に対するダイオキシン類排出規制が強化された時期(平成10年度)以降、大気中に放出されるダイオキシン類が低減されたためといえる。横浜市におけるダイオキシン類排出規制は効果を挙げているこ

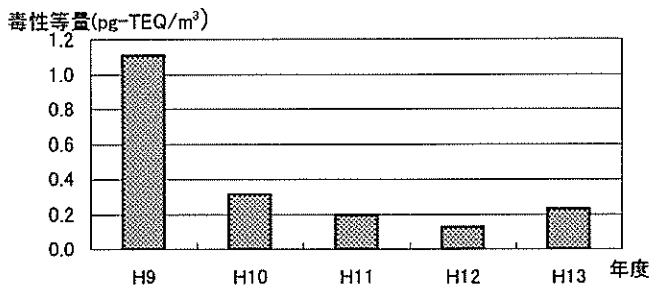


図2 市内大気中の毒性等量経年変化

とがわかった。

#### 3-2 TEQ 結果

各期、各測定地点におけるTEQの範囲及び平均値は、春期0.10~0.22(平均値0.16)pg-TEQ/m<sup>3</sup>、夏期0.067~0.16(0.11)pg-TEQ/m<sup>3</sup>、秋期0.22~0.65(0.33)pg-TEQ/m<sup>3</sup>、冬期0.23~0.32(0.27)pg-TEQ/m<sup>3</sup>であった。また各地点年平均値は0.17~0.30pg-TEQ/m<sup>3</sup>であった(表1)。TEQの範囲は、各期、各測定地点において最小と最大で1.5~3倍程度の開きがあった。この傾向は、濃度に寄与する供給源が各測定地点によって異なる可能性が考えられた。また、年間を通し各期平均値より低かった地点は磯子庁舎、本牧、横浜商業高及び長浜の4箇所であり、逆に高かった地点は、南瀬谷小及び泉庁舎の2箇所だった。これは横浜市において磯子、中、南及び金沢区を中心とした東京湾に接する地域(以下湾岸部)と瀬谷、泉区を中心とした地域(以下内陸部)にそれぞれ特異的な傾向が見られる可能性を示唆している。そこで、湾岸部4地点と内陸部2地点(以下内陸部)を中心に、各期における市内各地点の同族体組成を用いて検討した。

表1 平成13年度大気濃度結果(PCDDs/Fs)

	毒性等量(PCDDs/DFs、単位pg-TEQ/m <sup>3</sup> )				
	春期	夏期	秋期	冬期	年平均
磯子区総合庁舎	0.13	0.11	0.25	0.23	0.18
鶴見区生麦小学校	0.20	0.15	0.48	0.25	0.27
神奈川区総合庁舎	0.17	0.11	0.45	0.25	0.25
西区平沼小学校	0.18	0.11	0.28	0.27	0.21
中区本牧	0.16	0.072	0.27	0.26	0.19
南区横浜商業高校	0.13	0.11	0.27	0.24	0.19
保土ヶ谷区桜丘高校	0.15	0.089	0.27	0.28	0.20
旭区鶴が釜小学校	0.20	0.11	0.29	0.30	0.22
金沢区長浜	0.13	0.067	0.24	0.26	0.17
港北区総合庁舎	0.13	0.15	0.39	0.28	0.24
都筑区総合庁舎	0.16	0.14	0.22	0.32	0.21
青葉区総合庁舎	0.22	0.12	0.24	0.32	0.22
緑区三保小学校	0.19	0.14	0.24	0.30	0.22
戸塚区汲沢小学校	0.10	0.26*	0.25	0.23	0.20
港南区野庭中学校	0.12	0.083	0.35	0.26	0.20
栄区犬山小学校	0.11	0.085	0.52	0.24	0.24
泉区総合庁舎	0.13	0.14	0.65	0.29	0.30
瀬谷区南瀬谷小学校	0.19	0.16	0.39	0.31	0.26
地点平均	0.16	0.11	0.33	0.27	0.22

\*: 別日測定のため今回の比較検討では除外

#### 3-3 同族体組成による検討

磯子区総合庁舎(湾岸部)における各同族体の比率を基準(=1)とし、市内各地点の同族体比率との相関関係を調べた(図3)。各期において各地点のばらつきは様々であったが、磯子庁舎と湾岸部3地点間の相関は見られた。従って市内大気中のダイオキシン類の同族体組成は、湾岸部間では類似した構成をすることが分かった(図4、上2列。4地点のうち磯子庁舎及び本牧を示す)。一方、湾岸部と内陸部は、3期(秋期を除く)において

顕著にばらついており、両者の組成に類似性を見出すことは出来なかったが、内陸部2地点間の同族体比率は良い相関が見られた(表2)。これは、内陸部において大気中ダイオキシン類は類似した同族体組成を構成するが、

表2 内陸部2地点(南瀬谷小及び泉庁舎)間の同族体比率相関

測定時期	春	夏	秋	冬
相関係数	0.93	0.94	0.95	0.99



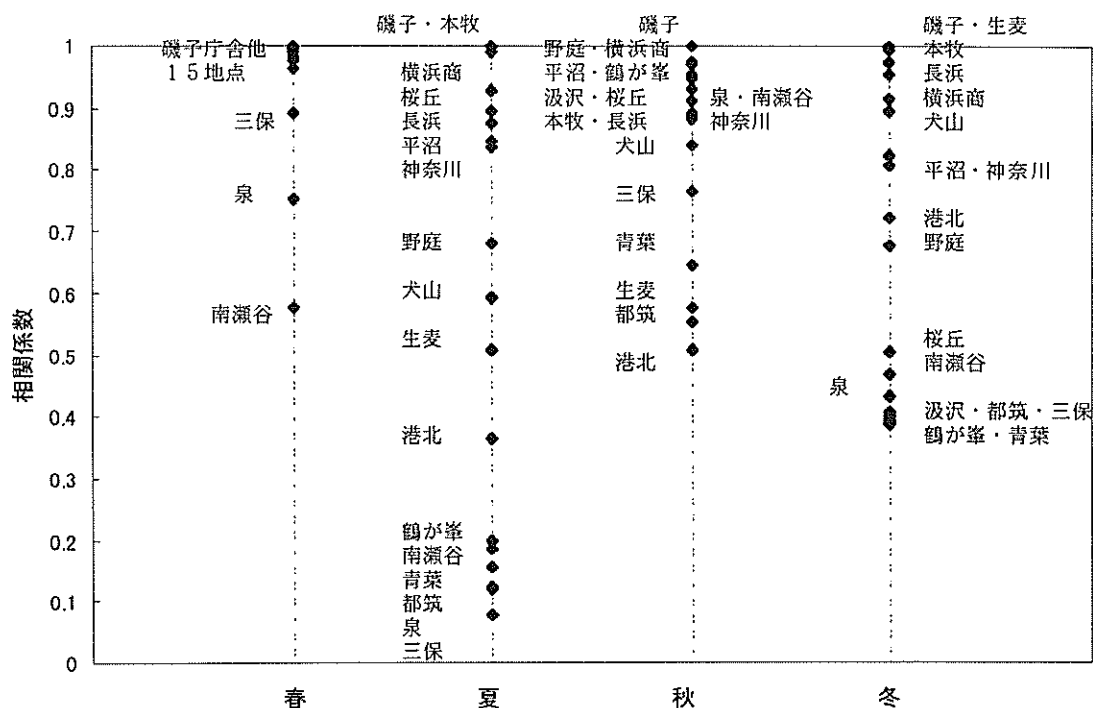


図3 磯子庁舎と市内各地点間の同族体比率の相関関係

(図4、下2列) その組成傾向は湾岸部とは顕著に異なることを示唆している。従って、湾岸部と内陸部それぞれの組成に寄与する供給源は明らかに異なっていると考えられる。

### 3-4 湾岸部と内陸部の同族体組成比較及び特徴

#### 3-4-1 同族体組成比較

湾岸部と内陸部の組成を比較すると、O8CDD 濃度比率が、湾岸部では4地点平均約30%と著しく高かった。逆に、内陸部ではO8CDD 濃度比率は、春、夏及び冬の順にそれぞれ2地点平均17%、3%、8%と低く、T4CDFs、P5CDFs及びH6CDFs濃度比率が他の成分より相対的に高いことが顕著であった。

#### 3-4-2 湾岸部の特徴

湾岸部のようにO8CDD 濃度比率が著しく高くなる傾向は、局地的な汚染源がわずかしかない農村部などの組成に見られる。<sup>3)</sup> また、このような地域は、TEQや各組成成分濃度が全体的に低くなる傾向も見られる。実際に湾岸部は、市内においてTEQの低い地域であった。また、O8CDD 濃度比率が高い湾岸部特有の組成になるのは、湾岸部のO8CDD実測濃度は市内他地域より低い、O8CDD以外の同族体濃度がO8CDD以上に低いためと考えられる。しかし、各地点における平均O8CDD濃度を比較すると、湾岸部のO8CDD濃度は市内において高い傾向であった(表3)。これより地理的見地によれば、湾岸部は一方が東京湾に接しているため、周囲と全て地続きな市内他地域と比較して汚染源からの寄与は低いと考えられる。しかし、O8CDD濃度が市内他地域より高い傾向を示すなど、ダイオキシン類の挙動が必ずしも局所的汚染源の影響の少ない地域傾向と一致しない。従って、O8CDDは大気中の粒子状物質にほぼ100%吸着して存在する<sup>3)</sup>ことに着目し、湾岸部を中心に市内の粒子状物質の傾向を把握

するといった別の視点からの検討が、湾岸部特有な組成の要因解析に必要と考えられる。

表3 市内各地点におけるO8CDD平均濃度(春、夏、冬、3期平均)

測定地点	O8CDD濃度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
本牧	4.7
長浜	4.2
生麦小	3.9
磯子庁舎	3.7
横浜商業	3.2
神奈川庁舎	3.0
桜丘高	3.0
平沼小	3.0
港北庁舎	2.9
野庭中	2.8
犬山小	2.7
青葉庁舎	2.1
鶴が峯小	2.0
都筑庁舎	1.9
三保小	1.5
汲沢小	1.4
南瀬谷小	1.2
泉庁舎	1.1

#### 3-4-3 内陸部の特徴

内陸部の組成は湾岸部に対しT4CDFs、P5CDFs及びH6CDFs濃度比率が他の成分より相対的に高いことが顕著であった。このような特徴は、局地的発生源の影響を受ける高度に工業化された都市地域で測定された大気組成に多く見られる。<sup>3)</sup> 従って、内陸部にも局地的発生源

比率(%)

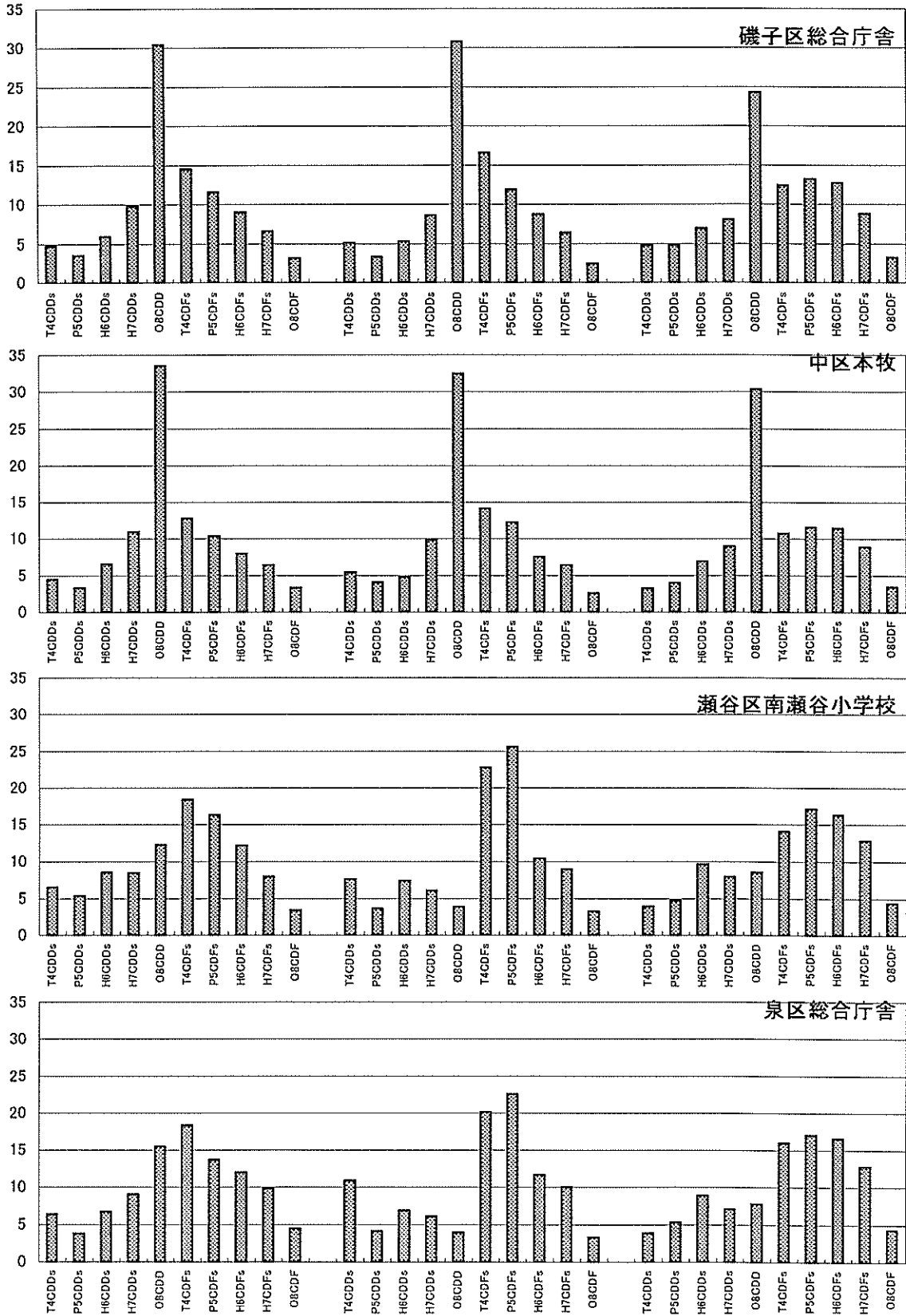


図4 湾岸部と内陸部の同族体組成(左から春、夏、冬)

の影響が考えられる。

### 3-5 局地的ダイオキシン類発生源の検討

#### 3-5-1 内陸部の周辺環境

局地的発生源の影響が考えられる内陸部の北部には、複数の産廃焼却施設が立地する瀬谷区北町（図5）が位置している。また、北町周辺は自動車渋滞が頻繁に起こる東名高速横浜町田インター及び国道16号と246号線の交差点がある。自動車排ガス中に平均濃度が1.0 pg-TEQ/m<sup>3</sup>程度のダイオキシン類が含まれるという報告<sup>3)</sup>などから考えると、焼却施設からの排ガス濃度と比較すると極めて低濃度であるが、自動車排ガスの発生源も存在すると考えることもできる。これらの発生源が内陸部の同族体組成に寄与するためには、北町と内陸部の位置関係から風向が重要な因子になると考えられる。市環境保全局では平成12年度から北町周辺2箇所（五貫目町内会館及び上瀬谷小学校）で一般環境大気調査と同時期に重点調査を行っている。そこで北町周辺2箇所のうち、南瀬谷小と北町の間に位置する上瀬谷小学校の測定結果及び測定時における風向結果を用いて内陸部の同族体組成と比較検討を行い、北町発生源からの影響を検討した。



図5 瀬谷区北町周辺図

#### 3-5-2 TEQによる検討

上瀬谷小学校のTEQ年平均値は0.45 pg-TEQ/m<sup>3</sup>であり<sup>5)</sup>環境基準を満たしていたが、横浜市内各地点と比較すると2倍程度高かった。近隣の大和中学校（大和市）では、横浜市と同じ日に大気測定を行っており、年平均値は0.37 pg-TEQ/m<sup>3</sup>であった。<sup>6)</sup>また、鶴間会館（町田市）では、夏期及び冬期に同日測定を行っており<sup>7)</sup>、どちらの測定値も上瀬谷小より低かった。これより、環境基準の範囲内であるが、北町のダイオキシン類濃度レベルは周辺地域よりも高いといえる。また、上瀬谷小と内

陸部2地点の年平均値を比較すると、北町からの距離が離れるにつれ低い値となっていた。

#### 3-5-2 同族体組成と風向による比較検討

上瀬谷小と内陸部間の同族体比率を比較したところ、春、秋及び冬期は良い相関が見られた。一方、夏期は他の3期に比較して相関があるとはいえず、また上瀬谷小に対する2地点のばらつき程度にも差があった（表4）。

表4 上瀬谷小学校と内陸部2地点の同族体比率相関

	上瀬谷小学校			
	春	夏	秋	冬
南瀬谷小学校	0.94	0.89	0.99	0.96
泉区総合庁舎	0.94	0.75	0.98	0.96

次に内陸部2地点における風向を調べたところ、春、秋及び冬期では北町方向からの割合が50~75%となった。夏期の北町方向からの風向の割合は、南瀬谷小で約30%、泉庁舎で約15%であった。従って、内陸部2地点は北よりの風向割合が多いのであれば、北町地区の大気環境の影響を受けることが分かった。また、夏期において上瀬谷小の組成に対し泉庁舎は南瀬谷小に比べ相関のばらつきが大きかったが、これは泉庁舎の方が北町からの風向割合が低く、また距離も遠いため、他の発生源からの寄与を受ける割合が増大したと考えられる。

#### 4. まとめ

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

- 1) 焼却施設等へのダイオキシン類排出規制効果は、平成11年度から顕著に現れていることがわかった。
- 2) 市内におけるTEQは、磯子区や中区など湾岸部で低く、瀬谷区や泉区など内陸部で高い傾向が見られた。
- 3) 同族体組成はTEQ同様に、湾岸部と内陸部の組成に顕著な違いが見られ、湾岸部ではO8CDDの割合、また内陸部ではT4CDFs、P5CDFs及びH6CDFsの割合が高い傾向となった。
- 4) 内陸部において北よりの風向が多い場合は、内陸部の同族体組成に瀬谷区北町の大気状態が寄与していることがわかった。

#### 5. 謝辞

本調査を行うに当たり、環境保全局環境監視センターの鶴東正博氏及び山口雄二氏に市内常時監視データを提供していただきました。ここに記して感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 西村貴司、多々野 秀二、鎌田 暁義、服部 幸和、牧 定雄：環境大気中のダイオキシン類の挙動、環境化学、8(4)、759-767(1998)
- 2) 大崎 靖彦、松枝 隆彦、黒川 陽一：土壌中のダイオキシン類の濃度レベル環境化学、2(3)、

523-531(1991)

- 3) 関西新技術研究所(監訳):ダイオキシンー化学・分析・毒性ー、エヌ・ディー・エス、281-285pp(1999)
- 4) 横田久司、泉川碩雄、舟島正直、田原茂樹、佐野藤治、佐々木裕子、吉岡秀俊、東野和雄:自動車からの PCDDs/PCDFs 排出、大気環境学会誌、37(1)、35-46(2002)
- 5) 平成13年度瀬谷区北町周辺環境調査結果:  
<http://www.city.yokohama.jp/me/cplan/epb/index.html> (横浜市環境保全局ホームページ)
- 6) 平成13年度大和市内環境中ダイオキシン類調査結果:  
<http://www.city.yamato.kanagawa.jp/> (大和市役所ホームページ)
- 7) 平成13年度町田市内環境中ダイオキシン類調査結果:  
<http://www.city.machida.tokyo.jp/> (町田市役所ホームページ)

# 横浜型エコシティの基本構造

島村雅英 森清和 (横浜市環境科学研究所)

## Basic structure of Ecocity on Yokohama city

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

キーワード：エコシティ 環境共生都市 生態系 谷戸 自然復元 エコロジカルネットワーク

### 要 旨

横浜の地形的特徴は、市域の 2/3 以上を丘陵・台地が占め、丘陵・台地の浸食によって形成された 3700 以上の谷戸が存在し、市内を流下する河川の大部分がこの谷戸を源流とし海までの流域を形成しているところにある。かつては、この源流から海までの流域が市内でエコロジカルネットワークを形成していた。このエコロジカルネットワークは、横浜で水田が開発された中世以降に形成されたものであり、現在の谷戸生態系は、高度経済成長期の開発によってエコロジカルネットワークが分断され孤立したものである。

環境エコアップマスタープランでは、谷戸に残されたふるさと生物の重要な拠点として位置づけており、今後、横浜市における自然環境の復元に当たっては、エコロジカルネットワークを復元の軸として人口の推移や産業経済構造の変化、また廃棄物問題、環境問題を考慮に入れ、100 年単位の長期的視野に立つて総合的な解決策を検討していく必要があると考える。

### 1. はじめに

1960 年代の横浜市は、市域面積の 2/3 以上が緑で覆われていた。しかし、高度経済成長による宅地開発などによって多くの緑地が失われ、現在市域内の緑地は当時の 1/3 以下になってしまった。現在、環境問題の解決策として、エコシティ(自然共生都市)への期待が世界的に高まっている。本研究所では「自然との共生」の側面から、「環境エコアップマスタープラン」の推進と連携を図りつつ、エコシティに関する調査研究を行ってきた。

その結果、弥生時代以降の稲作文化の発展にともなう水田開発によってウェットランドが形成され、ふるさと生物の生息環境が育まれたという日本の自然環境の特徴から、自然との共生においては「自然と人間との関係の復権」つまり、トンボ・ホタルなどのふるさと生物とのふれあいが重要な意味を持っていることを明らかにしてきた<sup>1)</sup>。

本論では、日本の自然環境の特徴を基本に、横浜における地形的特徴と地史的背景、水田、ため池といった自然的土地利用の特徴と変遷から横浜型エコシティの基本構造を明らかにし、水田や谷戸・ため池保全の意義とともに 22 世紀の環境共生都市形成に向けた自然環境復元の方向性を考察した。

### 2. 横浜の自然環境の特徴

#### 2-1 地形的特徴

エコロジカルネットワークや環境復元の方向性を考えるうえで自然環境の骨格となる地形的特徴を捉えることは重要な課題である。横浜市の地形的特徴は、市域の 7 割を丘陵・台地が占めていることである。この丘陵・台地には『谷戸』と呼ばれる開析谷が極めてよく発達して

いる(図-1)。この谷戸は、地形学的に明確な定義はないが、特徴として三方を尾根斜面に囲まれ、谷底に平坦地が分布する馬蹄形の谷を示す地形であり、谷戸の最奥部には湧水が存在し、この湧水を利用して古くから水田が開発された場所でもある。

地形改変が行われる以前には 3700 以上の谷戸が分布し、谷戸をせき止めて作られた農業用ため池も 150 以上

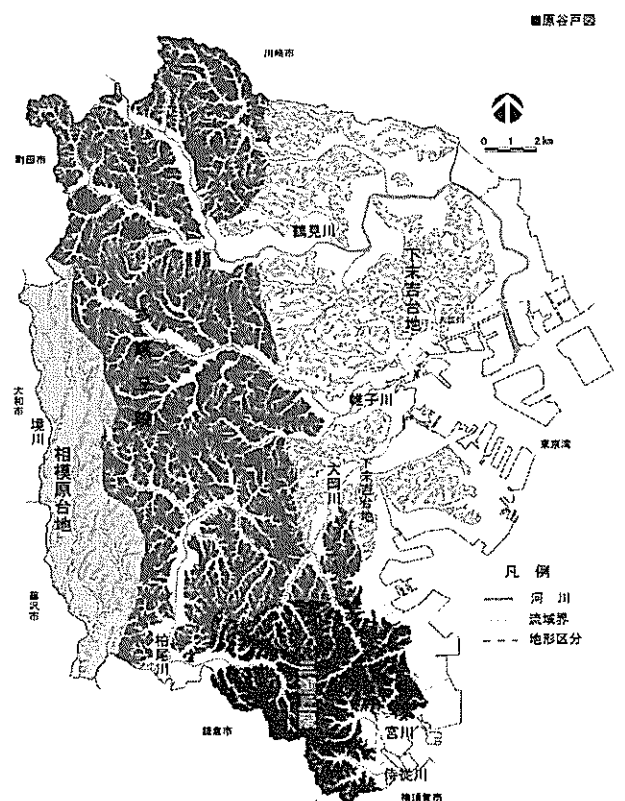


図-1 横浜市域の地形区分図

存在していた。

この谷戸は生態的拠点であるとともに市内河川の源流域という重要な役割も担っており、鶴見川と境川以外の水系では、源流から河口までの流域全体が横浜市内で完結している。また、東京湾に河口を持つ鶴見川水系では流域面積の 2/3 がまた、境川水系では流域面積の 1/2 が横浜市内に存在する。つまり、横浜市内には、利根川のような大河川がないかわりに、中小河川の流域の大部分が市内に分布し、源流域から水路-河川-河口といった水系エコロジカルネットワークが形成されていた。

### 2-2 谷戸地形の成立

谷戸地形は地形・地質学的に見ると、丘陵台地が雨水や湧水等の侵食によって形成された開析谷である。谷戸地形の基底が形成されたのは、約 2 万年前の最終氷期末期に現在よりも海水準が 100m 以上低下した時期である。その後、約 6000 年前にピークをむかえる縄文海進時に海水準が現在より約 4m 上昇し、河川の堆積作用によって平坦面が形成され谷戸地形の原形が形成されたと考えられている<sup>2)</sup>。

谷戸地形の原型が形成され人為的利用がなされるまでの間、谷底面はアシ原、斜面は常緑樹林が中心をなしていたと推定され、横浜の谷戸が本格的に水田や雑木林として開発され二次自然化された時期は中世以降と推定される。<sup>3)</sup>

### 2-3 谷戸生態系の成立

横浜市環境エコアップマスタープランでは、谷戸にエコロジー拠点として重要な意味を持たせている。これはふるさと生物の象徴となっているゲンジボタル、アカ

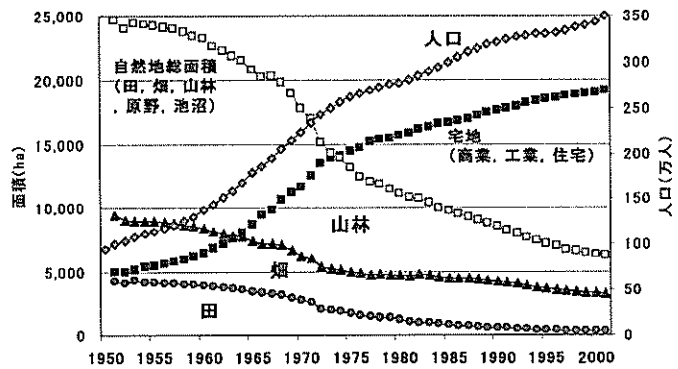


図-2 横浜市の土地利用の変遷

トンボ類、トウキョウダルマガエル等の生息地となっているからである。

これらの生物は①水田もしくはそれに近い湿地環境を生息地とすること、②谷戸の開発がされていなかった中世以前には谷戸の低地にはアシが密植し谷戸田で見られるような水路もなかったと考えられること、③ 30 ~ 40 年前までは谷戸の外にも普通に生息していたことなどから、生物相の豊かな谷戸生態系の成立は中世以降に行われたものと推定され、現在の谷戸の生態系は、後述のとおりこの 40 年あまりの間の谷戸外の環境悪化のため、エコロジカルネットワークから孤立したことによって形成されたものである。

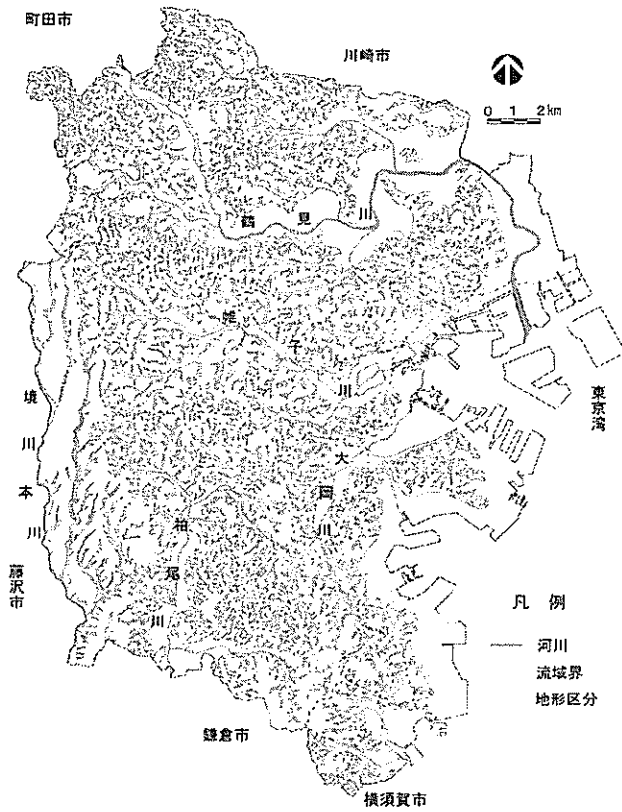


図-3 地形改変前の元谷戸図

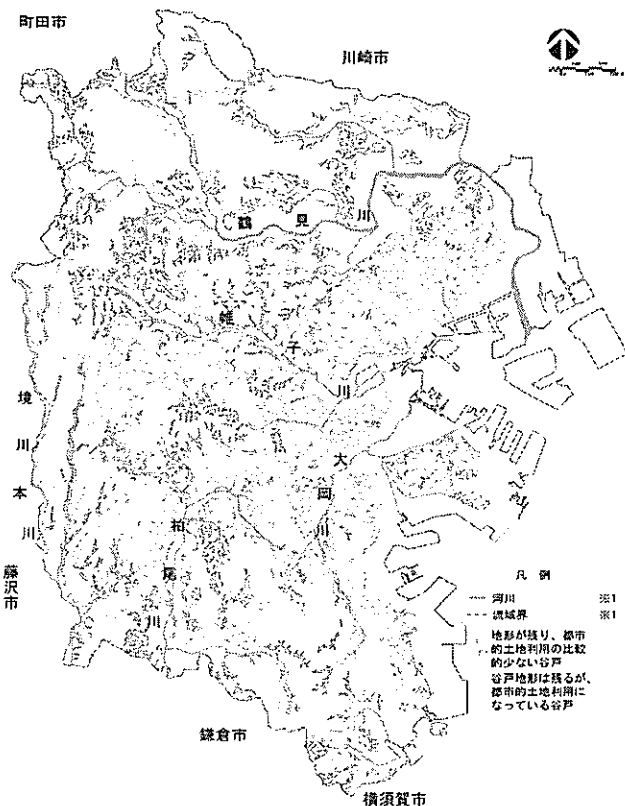


図-4 1995年頃の谷戸現況図

### 3. 土地利用の変遷

1960年頃からの高度経済成長期以降の産業構造の変化や人口増加に伴う宅地開発など、土地利用の変化にもなって地形も大きく改変されて、本来連続していたエコロジカルネットワークも分断、孤立してしまっている。

以下に横浜におけるふるさと生物を育ててきた谷戸、水田、ため池を中心に土地利用の変遷を概観する。

#### 3-1 地目別土地利用の変化

土地利用の変遷の概況を把握するために、地目別土地面積（横浜市統計書：固定資産税の課税対象となる評価面積）のデータから1950年以降の土地利用の変遷を示す（図-2）。この図で示される自然地総面積は田、畑、山林、原野、池沼を合計したものである。

1951年当時では市域面積に対する地目別の自然地総面積（24,652ha）の割合が60.3%であったが、1976年に自然地総面積と宅地面積の割合が逆転し、1995年には、地目別の自然地総面積（7,407ha）の市域面積に対する割合も17.1%まで減少した。さらに最新の2001年時点においては、地目別の自然地総面積は14%（6,236ha）まで減少した。

#### 3-2 谷戸の変遷

横浜市におけるエコロジカルネットワークの骨格をなす谷戸の変遷を見るために、横浜市谷戸図（図-3）及び谷戸現況図（図-4）を作成した。横浜市谷戸図は横浜市環境特性図（平成5年版）の地盤沈下に関わる環境特性図から軟弱地盤と固結度の高い地盤との境界線を抽出し、丘陵・台地の浸食によって形成された谷戸の原型を1/25000スケールで把握したものである。谷戸現況図は、横浜市土地利用現況図（平成2年度版：横浜西、横浜東）及び横浜市航空写真（平成元年撮影）から土地利用状況を読みとり作成したものである。

横浜市谷戸図（図-3）より市域内には3,700以上の谷戸が存在し、土地利用の変遷（図-2）及び後述の1951年頃の池分布図（図-6）から市域内の1960年頃までは谷戸地形はほぼ原形をとどめていたといえる。しかし、高度経済成長期以降、人口の急増にともなう宅地造成等によって地形改変が進み、1995年には、「地形の消失した谷戸」が32.9%、

谷戸地形は読みとれるものの「自然的土地利用が消失した谷戸」が40.6%であり、70%以上の谷戸の自然が失われてしまったといえる。「自然らしさを残し都市的土地利用の少ない谷戸」は26.5%にすぎないが、その中で「生態系再生の可能性を残している谷戸」は10%程度にすぎない（表-1、図-7）。

#### 3-3 水田の変遷

##### 3-3-1 概要

ふるさと生物の生息環境としてウェットランドの役割を果たしてきた水田の変遷を把握するために、1906年、1951年、1995年の水田分布図（図5～図7）を作成し、各時代の流域毎の土地利用をGISで算出した（表-2）。

1906年と1951年の水田分布図は、（財）日本地図センター発行の「目でみる横浜の変遷」から「樹林地」「水田」「畑」「市街地」「判読不能地」に分類して読みとりを行いGIS化したものであり、1994年の水田分布図は国土地理院発行の「細密数値情報土地利用1994」をGIS化したものである。

##### 3-3-2 明治期の水田の分布

1906年頃の池分布図（図-5）をみると、水田が分布する場所は谷戸（谷戸田）と河川沿いの沖積低地及び干拓地（低地の水田）であり、丘陵斜面を開拓する棚田は認められない。谷戸田は、湿田で生産力も低かったにもかかわらず、ほとんどの谷戸で水田開発が行われていた。

表-1 エコアップの視点から見た谷戸の分類

総 数		3751か所 (100%)
地形の消失した谷戸 <sup>※1</sup> (Cランク)		1234か所 (32.9%)
自然的土地利用の消失した谷戸 <sup>※2</sup> (Bランク)		1523か所 (40.6%)
自然の失われた谷戸の小計		2757か所 (73.5%)
谷戸らしさを残している都市的土地利用の少ない谷戸(Aランク)		994か所 (26.5%)
Aランク の内	生態系の再生の可能性を残している谷戸 <sup>※3</sup> (AAランク)	299か所 (8.0%)
	谷戸生態系の再生可能性の特に高い谷戸 <sup>※4</sup> (AAAランク)	181か所 (4.8%)

- ※1 宅地開発などによって地形が改変され、丘陵・台地という谷戸地形がほぼあるいは完全に消失している谷戸。  
 ※2 地形的には形態を残しているが、斜面や谷間が宅地などで開発されている谷戸。  
 ※3 地形が残っており、かつ斜面部の樹林地、平地の自然的土地利用が主体となり、湧水あるいは湧水が流れ込む水路が確認された谷戸  
 ※4 公園や生産緑地などの指定を受け、都市的土地利用に対する規制がかかっている谷戸。あるいは現在でも良好な谷戸景観を有しており、適正な環境エコアップによって環境向上が非常に期待される谷戸

表-2 水田面積の変遷

水系	水田の面積 (ha)									流域面積 (km <sup>2</sup> )	水田の割合*
	1906年			1951年			1995年				
	平地	谷戸	合計	平地	谷戸	合計	平地	谷戸	合計		
鶴見川	2519	1137	3656	2087	1150	3236	267	96	363	143	26%
入江川等	100	185	284	27	167	194	0	1	1	18	16%
帷子川	213	476	689	68	439	507	0	18	18	57	12%
大岡川	241	413	654	93	396	490	0	2	2	40	16%
境川	227	304	531	278	467	745	89	50	139	63	8%
柏尾川	447	889	1335	428	848	1276	21	49	69	42	32%
侍従川・宮川	102	143	245	78	158	236	0	2	2	13	18%
東京湾	142	150	292	58	86	144	0	0	0	16	18%
総 計	3991	3697	7688	3117	3712	6829	378	217	595	391	20%

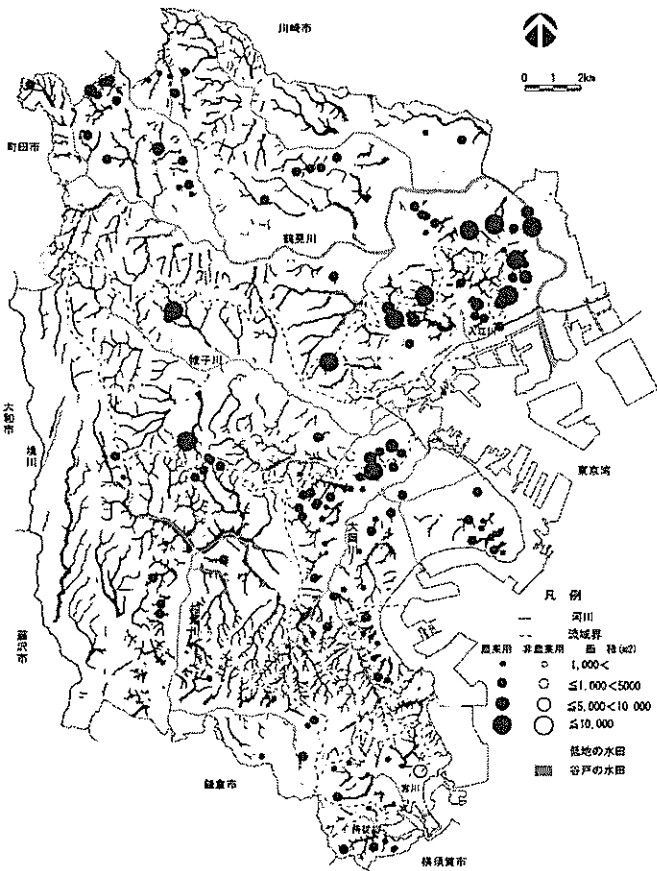


図-5 1906年頃の水田分布 及び 1881年頃の池の分布図

当時の水田面積は市域面積 (391.5km<sup>2</sup>) の約 20 % に相当する 7,688ha であり、流域別には鶴見川の 3,656ha が最大であった。流域面積に対する水田の割合は、柏尾川が 32 %、鶴見川が 26 % と大きく、最小は境川で 8.4 %、他の流域は 10 % 台であった。また、低地の水田と谷戸田の面積を比較すると、市域全体で見ただけの場合にはほぼ同面積であるが、流域別に見ると柏尾川、帷子川、大岡川では谷戸田が卓越し、鶴見川では低地の水田の方が大きかった (表-2)。

### 3-3-3 高度成長期前及び現況の水田の分布

1951 年頃の水田面積 (図-6) は、鶴見川、帷子川及び大岡川下流を中心に減少したが、市域全体みると 1906 年頃からの減少率は 11 %、存在する水田面積は 6,831ha であり、内陸部で土地利用や地形はまだ大きく改変されていなかった。

しかし、高度経済成長期の 1960 年代以降内陸部でも開発が進み水田面積も大幅に減少した (図-2)。

1995 年では、内陸部においても著しく消滅し水田は点的存在になり (図-7)、面積的にも 595ha まで減少した。表-1 に示すエコアップの視点から見た谷戸の分類で「AAA ランク」に相当する谷戸においても、米の生産性の悪いことや後継者不足、減反政策等により谷戸田は減少の一途をたどっており、図-2 に示す横浜市統計書の 2001 年のデータでは 303ha まで減少している。

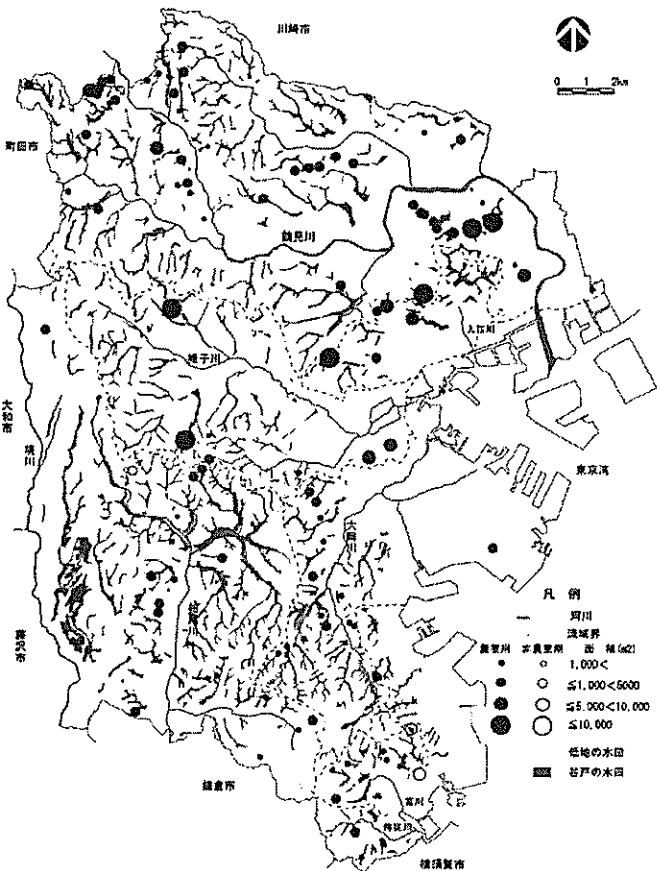


図-6 1951年頃の水田分布 及び 1955年頃の池の分布図

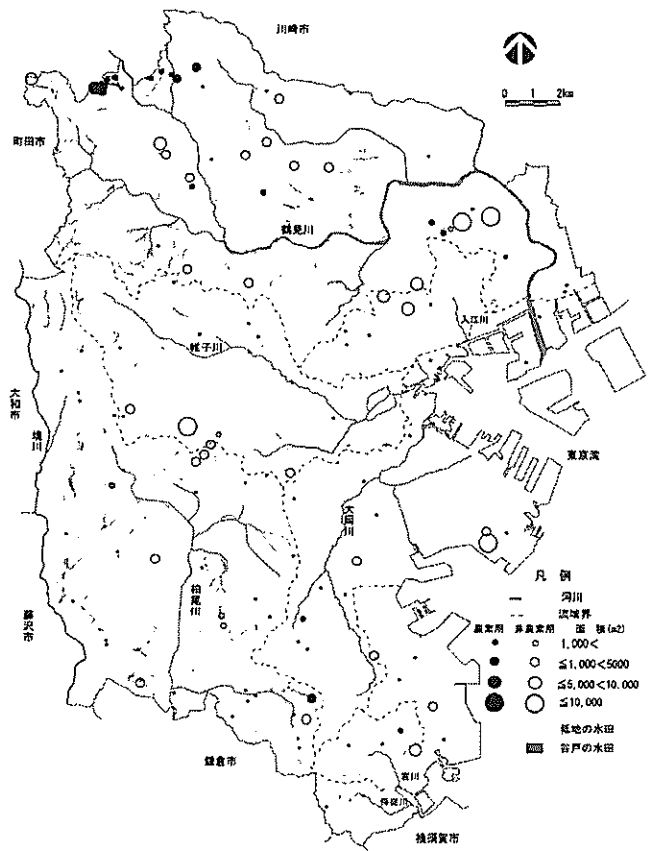


図-7 1995年頃の水田分布及び池の分布図



### 3-4 池の変遷

#### 3-4-1 概要

横浜地域における、池の変遷を把握するために、1881年（明治14年）頃の参謀本部陸軍測量局発行 1/20,000 地方迅速図、1955年（昭和30年）前後の横浜市建設局発行 1/3,000 地形図、1995年（平成7年）頃の横浜市都市計画局発行 1/2,500 より池を判読し分布図を作成した（図-5から図-7）。また池面積は1辺10mを限度として長辺と短辺を読みとり100m<sup>2</sup>以上の池について算出した（表-3）。

横浜市緑政局の資料によれば、ため池面積の最大のもは、文字通り3池が隣接した鶴見区の三ツ池であり、合わせて4.6haである。単独では港北区の菊名池の3.1haが最大である。かんがい面積が最大なのは、記録上では旭区の大池（現こども自然公園内）で25haである。市内の最大の河川の取水堰である小机堰（鶴見川本川）のかんがい面積が50haであることを考えると、ため池の存在はかなり大きかったものと思われる。なお、ため池は干ばつ時に使用したものがほとんどのようである。

ため池の大部分は江戸期に造られたといわれている。中世期の図面<sup>4)</sup>にも表れるが、正確な記録が残るものは見あたらない。比較的記録が残されている鶴見区の二ツ池（2.7ha）は、慶長年間（1596～1614）に築造され、寛政年間（1630年頃）に駒岡の池を広げ50石増産したとの記録がある<sup>5)</sup>。横浜市内では明治以降、新田開発もないことから、図-5に示される池の分布図は、ため池を含む100m<sup>2</sup>以上の池の原形を表しているものと考えられる。

#### 3-4-2 明治期の池の分布

明治期（図-5）の100m<sup>2</sup>以上の池の総数は、139ヶ所であり、鶴見川下流右岸の河跡湖らしき池2ヶ所と称名寺（金沢区）の池を除く136ヶ所の池はすべて谷戸に分布する農業用ため池と推定される。池の総面積は50haであり、形状は谷戸の一方を堤で堰き止めたFA型<sup>6)</sup>に分類される。また、池の位置は、一次谷戸の奥部に堰き止めたものが主体である。

流域別では数、総面積とも鶴見川流域に多いが分布にはムラがある。鶴見川下流右岸と上流に多く、中流域では多く存在しない。下流右岸に多いのは、干潮区域で河川から取水できなかったためと言われている。なお下流左岸は多摩川水系の二カ領用水に依存していた。

ほぼ同規模である大岡川水系と帷子川水系を比較すると大岡川の方が多い。これは大岡川の場合、干潮区域が内陸の奥深く（弘明寺付近）に入っていたことと、比較的湧水量の豊かな谷戸があったためではないかと推測される。

境川水系にはため池はまったく見られない。この地域では、相模原台地で谷が浅く、ため池をつくる適地がなかったためと思われる。かんがい用水は、境川本川に堰（3ヶ所）を設け取水している。

#### 3-4-3 高度成長期の池の分布

高度成長期（図-6）には、池の数も面積も減少し、

表-3 横浜市内の池の数と面積の変遷

水系	池の数(ヶ所)			池の面積(ha)			池密度(ヶ所/10km <sup>2</sup> )		
	1881	1955	1995	1881	1955	1995	1881	1955	1995
鶴見川	43	49	31	24	18	17	3	4	2
入江川	11	5	1	5	2	1	6	3	1
帷子川	10	4	4	9	2	1	2	1	1
大岡川	30	15	2	4	1	0	8	4	1
境川	0	1	1	0	0	0	3	3	1
柏尾川	18	19	9	2	3	2	0	0	1
宮川・侍従川	8	8	0	1	1	0	6	6	2
東京湾	19	4	5	5	1	3	12	3	3
総計	139	105	53	50	28	24	4	3	1

特に5000m<sup>2</sup>以上の大きな池の消滅が目立つ。理由は、鶴見川下流域、入江川下流域、帷子川下流域の開発が進行し、水田が減少するとともに、池自体が宅地等になったためと思われる。

他方、鶴見川上流域などで小規模のため池が増加している。これは取量の悪い谷戸田をため池化したためではないかと思われるが、このような池ではポンプ取水が多く堤もさほど高くなかったようである。

#### 3-4-4 池の分布の現況

現況（図-7）では、水田の減少や宅地化等により、池の総数は53ヶ所に減少した。しかし、水田面積の減少に対して、池の総数がさほど減少していないのは、ため池の公園化や公園建設時における新池の造成等によるものであり、現在もなお農業用ため池として機能を有しているのは、寺家の大池、瀬上池などのごくわずかである。

なお、池の総数には100m<sup>2</sup>以下のとんぼ池や常時水のない遊水池は含まれていない。

## 4. 横浜市の人口の動向

横浜市の人口は、戦前から増加傾向にあったものの、1960年代の高度成長期以降急激に増加し平成14年度には350万人に達した。この結果、新たな宅地供給の必要性から今まで見てきたような水田、谷戸、ため池の減少を招いてきたといえる。

一方、国立社会保障人口問題研究所が発表した平成14年1月の日本の人口の将来予測（中位推計）<sup>7)</sup>によると、日本の人口は平成12年の国勢調査で1億2693万人であったが、2050年には約1億50万人になり、2100年には6千500万人に減少すると予測されている。

横浜市においては、平成14年度に中期政策プランにおいて横浜市の人口動向の資料を示している。この予測では2020年前後に370～380万人でピークを向かえ、その後人口が減少に転じるとされている。

先の国立社会保障人口問題研究所では、日本の市町村の将来人口推計を計算できる「小地域簡易将来人口推計システム」をホームページ上で公開している。このデータベースは、1995年と2000年の国勢調査人口を推計の元データとし、特殊出生率を入力することによって推計人口が計算される仕組みになっており、社会増は考慮さ

れていない。このシステムを利用し、特殊出生率を現在の横浜市の水準である 1.3327 に設定して横浜市の推計人口を計算すると、2010 年に 355 万人でピークを迎え、2020 年に 351 万人、2050 年に 286 万人、約百年後の 2100 年には、約 160 万人となる。

社会増を考慮すると、この計算結果より多少多くなる可能性が高いが、100 年後の 160 万人という推計は 1963 年頃と同様の水準であり、市域の 56%において自然的土地利用がなされていた時期に相当する。(図-8)。

## 5. まとめ

以上から横浜市においては、源流域を形成する谷戸を中心に水系を一つの基本単位とした、谷戸-水路-河川-河口-海といった水系エコロジカルネットワークと谷戸-里山-尾根-里山-谷戸の里山系エコロジカルネットワークを複合的にとらえていくことが重要である。

横浜市域の自然環境をみると 40 年前頃までは、谷戸奥のため池、谷戸田、水路、河川沿いの水田、河川が一体となり、大きなエコロジカル・ネットワークを形成し、ふるさと生物の生息環境が日常の生活空間の中に存在していた。

しかし、1906 年に 768ha あった水田も 2000 年に行われた世界農林業センサス調査の結果、水田の経営耕地面積は 202ha まで減少していた。また、残された水田も放棄田化、乾田化、畔のコンクリート化などの問題を抱えており、ホタルやアカトンボなどの生息地として重要な谷戸田は歴史的文化遺産といってもよいほどの貴重性をもちつつあると考える。

100m<sup>2</sup>以上の池についても、1906 年に 139ヶ所、総面積約 50ha あったが、1995 年には 53ヶ所、約 23ha に減少し、護岸のコンクリート化、ヘドロの堆積、水草の消滅、ブラックバス・ブルーギル等の外来種の放流など多くの問題を抱えている。

さらに、自然環境が残されている谷戸田や池においても河川本流までの行程が暗渠化、コンクリート化され、エコロジカルネットワークが分断されている。

大河川や大規模な氾らん原、山地がなく丘陵地や台地が卓越する横浜市において、水田や池はウェットランドの役割を担い、ふるさと生物の繁殖地や生息地となることから、エコロジカル・ネットワークのもっとも重要な生態的拠点であるといえる。

自然と共生した都市づくりを目指していくためには、このウェットランドを育ててきた水田や池等の保全と再生が大きな意義をもっている。仮に農業空間としての水田、ため池の維持が困難であるとすれば、その代償となるウェットランドとネットワークの整備が新たに求められる。その際基本となるのはかつての水田やため池の立地とネットワークではないかと考える。

これまでの自然の再生・復元は、本牧市民公園や大道小学校に代表されるとんぼ池の作成による自然環境の回復、舞岡公園に代表される残された自然地の質の保全・復元を中心に行われてきた。

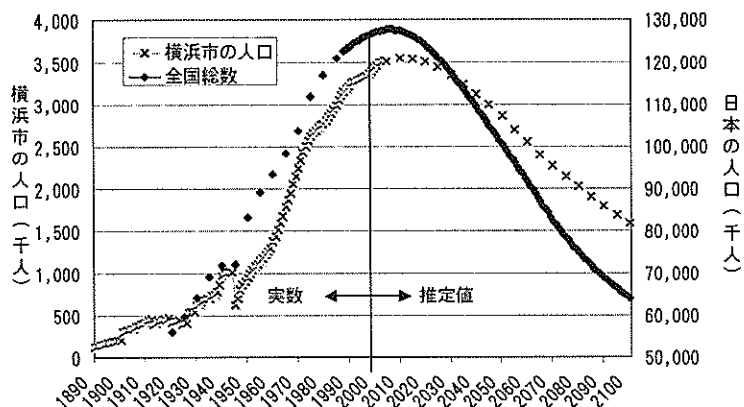


図-8 横浜市及び日本の人口の推移

今後、人口問題や経済問題を考えると、交通不利地での人口減少地や都市構造・産業構造の変化などによる遊休地などの発生が予測される。

また、現在の廃棄物問題の一つとして、1960 頃から建てられた大規模団地の老朽化に伴う建設廃材のストック等廃棄物処理などの問題を抱えている。

100 年単位の長期的視野で考えた場合、これら環境問題のひとつの解決策として、自然共生と循環型社会を総合的にとらえ、廃棄物を活用し、既に開発された地域の再自然化(自然再生)を推進することによって、問題の解決を図る方策も検討する必要がある時期にきていると考える。

## 引用文献

- 1) 横浜市環境科学研究所：エコシティに関する研究平成 10 年度報告書、横浜市環境科学研究所、(1999)
- 2) 岡重文：関東地方南西部における中・上部更新統の地質調査所月報、4 (11)、p553-653 (1991)
- 3) 森清和・島村雅英：横浜市域における谷戸地形の特質と推移に関する一考察、ランドスケープ研究、64 (5)、p631-634 (2001)
- 4) 高島緑雄：中世水田の研究：日本経済評論社、p188 (1997)
- 5) 鶴見区史編集委員会編：鶴見区史、鶴見区史刊行委員会、p770 (1982)
- 6) 浜島重隆編：ため池の自然：信山社、p7-8 (2001)  
・横浜市環境科学研究所：エコロジカルライフスタイルの政策科学的研究、横浜市環境保全局、環境研資料 No.114、(1994)

## 参考文献

- ・横浜市環境科学研究所：横浜型エコシティ研究報告書、横浜市環境保全局、環境研資料 No.146、(2002)
- ・横浜市：環境エコアップマスタープラン、横浜市環境保全局環境政策課・企画局プロジェクト推進室、51p、(1998)
- ・森清和・島村雅英：横浜市域における水田及び池の特質と推移に関する一考察、ランドスケープ研究、65 (5)、p575-578 (2002)

# 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 —

佐俣満夫（横浜市環境科学研究所）  
梅田てるみ（横浜市環境科学研究所）

An investigation of effects decreased temperatures by a roof garden  
- Results from may 2000 to apyl 2001 -

Mitsuo Samata (Yokohama Environmental Research Institute)  
Terumi Umeda (Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード：屋上緑化，温度，ヒートアイランド

## 要旨

屋上緑化の温度低減効果の調査を 2000 年 5 月から 2001 年 4 月の一年間について行った。その結果，夏期の晴天日では屋上コンクリート面では最高 60℃にも達するが，屋上緑化の地中 20cm では 30℃以下であり，屋上緑化による温度低減効果は夏期に集中していることがわかった。またヒートアイランド対策としての屋上緑化のためにはその土壌の厚さは通常 20cm 程度必要であることもわかった。さらに夏期 3 ヶ月間での屋上緑化による省エネルギー量は屋上緑化 1m<sup>2</sup> 当たり 20 キロワット程度であると推定された。

## 1. はじめに

本市における 2000 年夏期での平均気温は市街域と森林域の差として市街域の方が 2℃ほど高くなっており，本市でも明らかにヒートアイランドが生じていることがわかっている<sup>1)</sup>。ヒートアイランド現象は夏期の最高気温の上昇，熱帯夜の増加，冬期の最低気温の上昇等を特徴とするが<sup>2)</sup>，とりわけ夏期での温度上昇は市民の生活環境の著しい悪化をもたらしている。温度上昇の抑制には植物や地上水による水の蒸発潜熱効果が大きいいため，緑や自然の保全が重要である。しかし，ヒートアイランドの発生をもたらす市街地では緑の占める面積が少ないためビルの屋上等を利用した屋上緑化が有効となる。そのため東京や大阪などの大都市では条例や指導要綱等により屋上緑化の普及を推進している。本市においても中期政策プランにおいて地球温暖化の取り組みとともにヒートアイランド対策として屋上緑化や保水性道路の敷設等の施策が盛り込まれている。これらの対策を講じるに当たり，あらかじめその対策効果を調べておくことは施策遂行上不可欠である。そこで 2000 年 5 月～2001 年 4 月の一年間当研究所に隣接する横浜市脳血管医療センターの屋上緑化について，その温度低減効果を調査した。

## 2. 観測方法

観測場所は脳血管医療センター 3 階西側の屋上緑化の一角である。当センターの屋上緑化は主に患者さんの潤

い空間として敷設されているため，灌木と草が程良く混在し，保守管理も良好である。また土壌中の乾燥を防ぐため自動による土中の散水施設を併設している。温度観測にはデータロガ式温度計（TMS70AC）を用い，センサーニードルを図-1に示す所定の土壌中の位置に固定した。温度計の設置位置は屋上緑化の地中 3cm，地中 10cm，地中 20cm と近くの屋上コンクリート面にそれぞれ 1 個，さらに周辺大気気温の観測用として屋上緑化より約 20m 離れた当研究所内の百薬箱中に 1 個の計 5 個を設置した。温度観測は 2000 年 5 月～2001 年 4 月の一年間とし，毎時の一時間ごとの瞬間値を 0.1℃までデータログに読み込みこれを用いた。

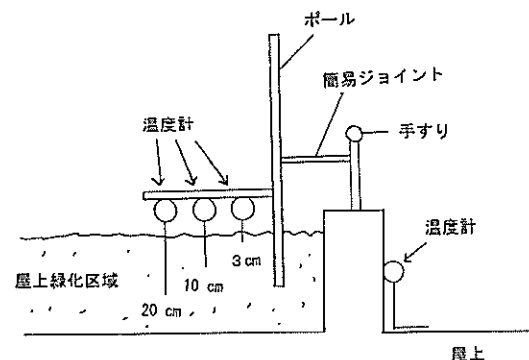


図-1  
屋上緑化区域での温度計設置位置

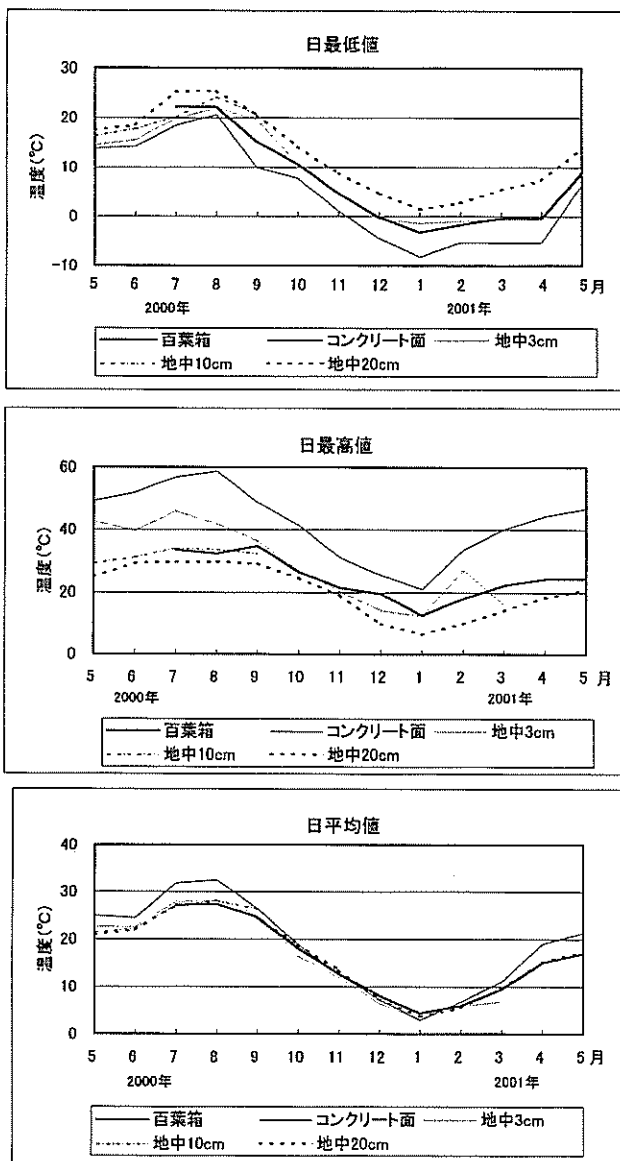


図-2  
屋上緑化での月平均温度の年変化  
(2000年5月～2001年4月)

### 3. 結果と考察

#### 3-1 各温度の年間変化

初期の観測のため大気気温(百葉箱)と地中10cmのデータに一部欠測がみられた。各温度の日平均値、日最高温度、日最低温度のそれぞれの月平均値のグラフを図-2に示す。日平均値の傾向としては3月～9月の間は屋上緑化の地中温度よりコンクリート面の温度の方が高く、コンクリート面と地中温度の温度差は7,8月が最も高くともに4.6℃の差であった。また冬期では逆にコンクリート面より地中温度の方が若干高くなり1月ではその差は0.4℃程度であった。また屋上緑化の地中での月平均温度は年間を通してほぼ大気気温と同様の傾向を示している。コンクリート面の年間平均温度は20.0℃であり、地中20cmでの年間平均温度は17.8℃であるため、屋上緑化により屋上面は年平均で2.2℃ほどの温度低減

表-1

夏期3ヶ月(7月～9月)による昼夜別の屋上コンクリート面と各観測点での平均温度変化

	昼	夜(°C)
屋上コンクリート面-大気気温	8.8	-0.9
屋上コンクリート面-地中3cm	6.3	-0.1
屋上コンクリート面-地中10cm	8.1	-2.1
屋上コンクリート面-地中20cm	9.8	-2.0

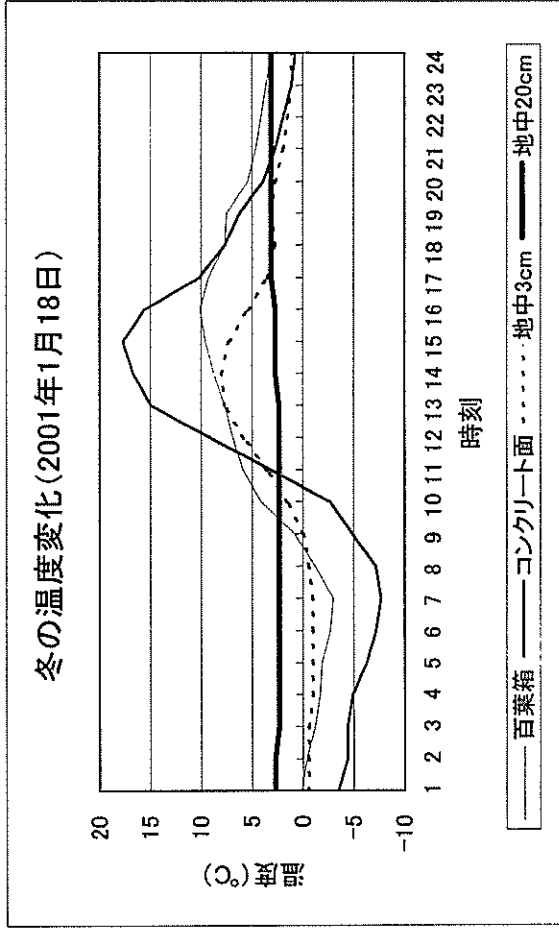
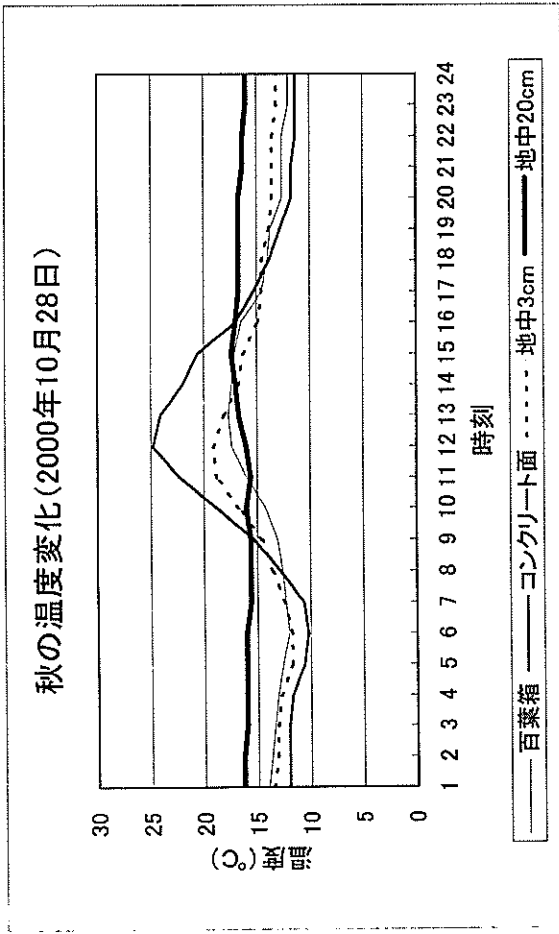
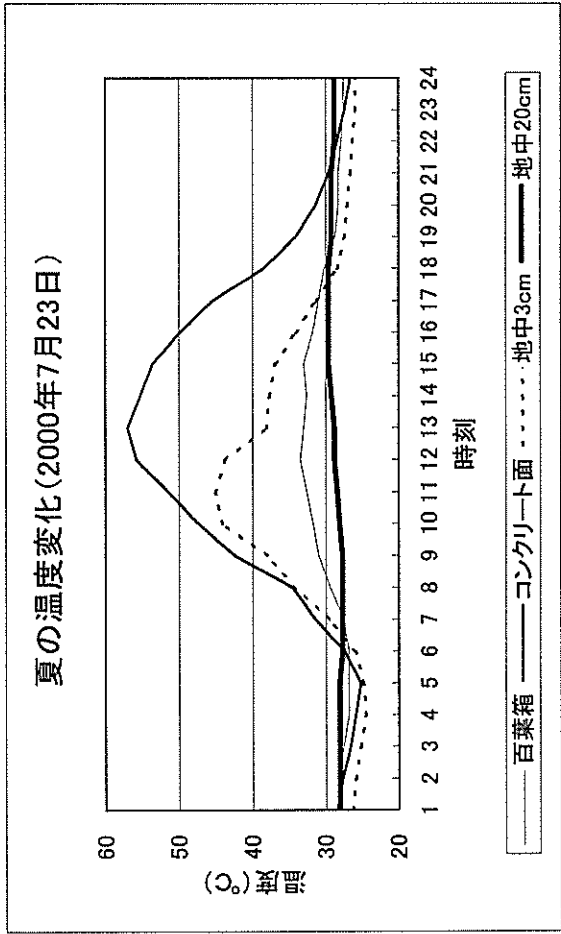
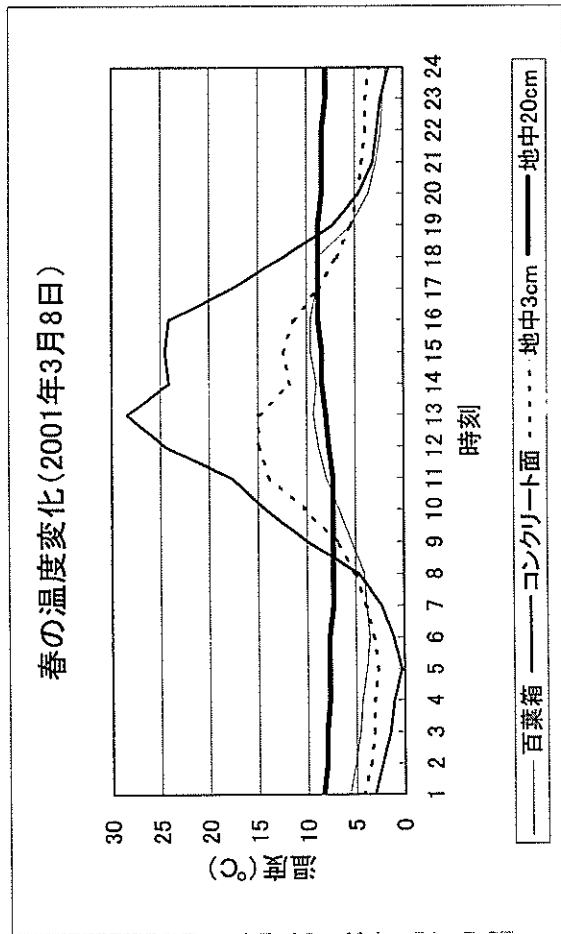
\* 昼: 7時～18時, 夜: 19時～翌6時

効果があるものと推測された。また日最高温度では年間を通して大気気温よりコンクリート面の方が高くなっており、8月ではその差は25℃以上であった。地中20cmでは逆に年間を通して大気気温より最高温度の値は低くなっているのがわかる。次に日最低温度では年間を通して地中20cmよりコンクリート面の方が常に低い傾向が認められる。この日最高温度と日最低温度との傾向の大きな違いは、屋上緑化の場合地中が深くなるほど温度変化が小さくなるのに対して、コンクリート面は温度の日変化がきわめて大きいと考えられる。

#### 3-2 季節別の日温度変化の特徴

雨天や完全な曇天の日の温度は大気気温、コンクリート面、屋上緑化の地中温度は共にほぼ同じ値となる。したがって各観測値に差が現れるのは日射の影響の大きい晴天日である。そこで季節別の代表的な晴天日での日温度変化を図-3に示す。図中夏以外の地中10cmの値は欠測となっている。夏の晴天日の傾向としてはコンクリート面は最高60℃にも達するが、地中20cmでは最高でも30℃を超えることはない。コンクリート面と地中20cmとの温度差は最高で25℃以上となっている。そして地中20cmでは1日を通してほとんど温度の変化はみられず、この傾向は他の季節でも同じである。これより屋上緑化の土が深さ20cm程度あれば温度低減対策としては十分と考えられ、それ以上の深いところではすでに温度平衡が成り立ち20cm付近と温度は変わらないものと推測される。また地中10cm程度では大気気温と同程度となるが、それより浅いところでは日射の直接の影響を受け、特に午前中ではコンクリート面とほぼ同様の昇温傾向となる。したがってヒートアイランド対策としては屋上緑化の土壌厚さは20cm以上必要とすることになる。しかし、最近ではコンパクトに敷設できる土壌厚さが5cm程度のパッケージ型の屋上緑化が普及されつつある。この場合、土壌層下部に貯水槽を設け、使用する土壌も吸水性とし、土壌表面からの水の蒸発効果の大きいものを用いれば前述の効果はある程度期待できるものと考えられる。

次に、冬期の晴天日では図-3中に示すように夜間は地中20cmよりコンクリート面の方が温度は低くなっている。冬期の暖房の省エネ効果を考えると、夜間は屋上緑化による断熱効果はあるが、日中は逆に日射による昇



図一3  
屋上緑化での季節別の晴天日の代表的な日温度変化

温効果を妨げる結果となっている。また秋及び春では特にこの季節による特徴はなく夏型と冬型のパターンが周期的に混在するようになる。

### 3-3 夏期での昼夜別の温度傾向

これまで述べてきたように屋上緑化によるヒートアイランド対策効果は夏期の温度低減効果に集中している。そこで夏期7月～9月の3ヶ月間での昼夜に分けた各観測結果の平均値を取り、屋上コンクリート面から他のそれぞれの観測点の値を引いたものを表-1に示す。昼間でのコンクリート面での温度は他の観測値よりすべて高くその差は6～10℃にもおよび、コンクリート面と地中20cmの温度差は9.8℃と最も高かった。夜間の温度差は昼間とは逆にマイナスとなるが、その値は昼間と比べてきわめて小さくいずれも0～2℃程度であった。これより今回観測した病院のような24時間空調(この場合冷房)をおこなっているところでは昼間の省エネ効果は大きい、夜間はほとんどその効果は期待できないものと思われる。また図-3に示す夏の日温度変化をみると、夜間の地中3cmの温度は他の観測値に比べて最も小さいことがわかる。特に夜間で地中3cmの温度がコンクリート面の温度より低いのは図-3より夏だけであることは重要である。これは夏の屋上緑化の地表面では夜間でも水分の蒸発もしくは放射冷却現象によりコンクリート面より温度が下がり、熱帯夜での周辺気温を下げる効果があることを伺わせる。

## 4. 夏期での屋上緑化による省エネルギー効果の推定

屋上緑化による省エネ効果を調べるためには屋上緑化とコンクリート面の観測点直下の階の天井に温度計を設置し、それらを比較すれば得られるが、今回のように室内を常時空調している場合には天井面の温度が空調温度に支配されるため比較ができない。そこで前述したように省エネ効果は昼間だけとして、夏期の昼間は冷房により室内は冷やされ、屋上コンクリート面及び屋上緑化土壌底部の温度より直下階の天井温度は常に低く保たれていると仮定すると、熱束は天井コンクリート層を通して屋上から天井へ常に一方向へと流れていることになる。屋上コンクリート面の温度と屋上緑化の地中20cmでの温度の差からコンクリート層の熱伝達式を用いて建物天井面に到達する熱量を計算し、その差を省エネルギー熱量とすることができる。ここで屋上コンクリート面から天井面に伝達する熱量をQ1、屋上緑化土壌底部から天井面へ伝達される熱量をQ2とすると、屋上緑化による省エネルギー熱量はQ1-Q2で与えられる。この場合の熱伝達式は次のようになる。

$$Q1-Q2=C \cdot A \cdot K(Ta-Tb)/L \quad (1)$$

ここで、Q1-Q2は1時間当たりの屋上緑化による省エネルギー熱量(Wh)、Cはエネルギー変換係数、Kはコンクリートの熱伝達係数(=0.5Kal/m・hr・℃)、Aは屋上緑化

面積(=1m<sup>2</sup>)、Lは天井コンクリート層の厚さ(30cm)、Taは屋上コンクリート面の温度(℃)、Tbは屋上緑化地中20cmの温度(℃)である。そこで夏期7～9月の3ヶ月間の毎月のTa、Tbの昼間の平均値を代入し計算すると、毎月の平均したQ1-Q2の値が得られる。これにその月ごとの日数及び昼間の時間12hを掛けると屋上緑化1m<sup>2</sup>当たりの月間エネルギー低減量Rが得られる。Rの値は7,8,9月でそれぞれ8,8,4(KWh/m<sup>2</sup>)となり夏期3ヶ月間の総計は20(KWh/m<sup>2</sup>)である。このエネルギー量を家庭用のエアコン及び照明エネルギーに換算するとそれぞれ次のようになる。

- ・1m<sup>2</sup>当たりの屋上緑化で夏期3ヶ月では家庭用エアコン(冷房)1台(1KW)を20時間分節約したことに相当する。
- ・照明エネルギーに換算した場合は、100m<sup>2</sup>の屋上緑化当たり通常のオフィスビルで夏期3ヶ月間に蛍光灯(40W)50本を常時消灯した場合に相当する。

なお、この省エネ効果は冷房費節約に与える(簡単には温度を下げるだけの)効果を他の分かり易いエネルギー量に換算した場合であることに留意する必要がある。

また、既報<sup>2)</sup>による地上の緑地の表面温度も屋上緑化の地中3cmでの温度とほぼ同程度であることから、屋上緑化には夏期の省エネ効果は認められるが、周辺大気への冷却効果は一般の緑地以上を出るものではないものと推測される。

以上、屋上緑化には地球温暖化対策から考えると植物による二酸化炭素の固定化、省エネ効果等があり、ヒートアイランド対策としては温度低減効果が認められる。さらに建物密集地に敷設することによって緑の潤い空間や新たな生態系空間の創造等多方面にわたって効果が期待できるので本市としても積極的に導入することが望まれる。しかし、小規模のものではその効果はきわめて限定されるので、建物全体を緑化空間と考えるなど環境へのより付加価値の高い様々な工夫が必要であろう。したがって屋上緑化の普及はより効果的に行う必要があり、とりわけヒートアイランド対策としては市内の緑化面積を増やす意味から一般家庭への普及がカギになるものと思われる。

## 5. おわりに

2000年5月～2001年4月までの一年間について横浜市脳血管医療センターの屋上緑化を使用してその温度低減効果を調査した結果以下の知見が得られた。

- 1) 屋上コンクリート面での月平均温度は屋上緑化の値に比べて夏期に高くなり、冬には逆に若干低くなる傾向がみられた。また年平均値では屋上緑化地中20cmの温度よりコンクリート面の方が2.2℃ほど高かった。
- 2) 夏期の屋上コンクリート面では最高60℃にも達するが、屋上緑化の地中20cmでは最高でも30℃程度であった。また屋上緑化の地中深さが20cmになると季節に関

係なく日温度変化は見られないようになり、通常の屋上緑化の土壌にはこの程度の厚さが必要なのことがわかった。さらに屋上緑化による温度低減効果は夏期の昼間に集中していることもわかった。

3) 夏期晴天日での夜間では屋上緑化の土壌表面の温度は屋上コンクリート表面の温度より低くなるため、屋上緑化には熱帯夜での周辺大気への冷却効果があるものと推測された。

4) 夏期3ヶ月間での屋上緑化による省エネルギー量を推定したところ、屋上緑化1m<sup>2</sup>あたりで20キロワット程度であることがわかった。

以上、屋上緑化による温度低減効果はその年の気象条件にも大きく影響されるものと考えられ、今後も引き続き調査するとともに、種々の形態の屋上緑化についても調査し比較検討する予定である。

#### 「参考文献」

- 1) 佐俣満夫：横浜市域の気温によるヒートアイランド調査（その2），横浜市環境科学研究所報，26,113-116(2002)
- 2) 佐俣満夫：都市における地表温度の特性（その1），同上，19,31-35(1995)

# 横浜市環境科学研究所におけるダイオキシン類分析に係る 精度管理について

前田裕行, 越智洋之, 山本恵幸 (横浜市環境科学研究所)

## Quality Control of Environmental Monitoring on Dioxins in Yokohama Environmental Science Reserch Institute

Hiroyuki Maeda, Hiroyuki Ochi, Yoshiyuki Yamamoto  
(Yokohama Environmental Science Reserch Institute)

キーワード：精度管理，品質文書，標準作業手順書

### 要旨

ダイオキシン類の測定分析は、極微量のレベルの濃度を対象としているため、高度の技術と厳格な精度管理が求められる。精度管理上必要とされる標準作業手順書及び各工程に沿った記録簿等の整備は当然必要ではあるが、自治体の分析機関では、組織全体に対し精度管理システムをどのように位置づけるかが重要である。また、自治体全体では、委託分析を実施している関連部局がいくつかあるため、全市的な信頼性確保のための取り組みも検討する必要がある。

そこで、今回は、当環境科学研究所のダイオキシン類分析における精度管理の実際と信頼性確保への取り組み状況を主に報告する。現在、地方自治体は、計量証明事業所登録制度の適用を受けないが、国際標準的な精度管理形式に適合した品質（精度）管理システム整備は、重要な課題である。

### 1. はじめに

従来型の公害・環境分析における分析濃度は、ppm (100万分の1) から ppb (10億分の1) であるのに対して、ダイオキシン類の分析では ppt (1兆分の1) レベルの濃度を対象としており、場合によっては、ppq (1000兆分の1) を扱うこともある時代に入っている。

このような極微量分析では、今まで以上の精度管理体制の必要性が増してきている。ダイオキシン類の分析工程は、検体の的確な受け入れ・管理、正確な前処理工程の実施、適正に調整された高分解能 GC/MS (ガスクロマトグラフ/質量分析計) での高感度測定、異性体についての正確な解析・濃度計算が重要であることは言うまでもない。

特に、近年、測定システム全体にわたる工程管理が適切に行われているかが重要なものとなってきている。

そこで、今回の報告では、当環境科学研究所のダイオキシン類分析における精度管理の実際と信頼性確保への取り組み状況等について報告する。

### 2. 品質管理システムの整備

従来、当研究所では、精度を確保するために重要なポイントとなる作業（例えば、前処理工程での転溶操作、クリーンアップカラムの作成方法・手順、最終検体濃縮方法等）について、担当者の打ち合わせ・確認を密に実施し、それらの手順書を作成し、見やすい場所に掲示するなどして周知徹底をはかってきた。今回報告するシステムは、これらに加え、新たに測定システム全体にわたる工程管理

(品質管理) システムの構築を以下について検討した。

#### 2-1 組織に関する整備

##### (1) 組織運営と責任

①統括責任者：品質管理者、技術管理者及び測定担当者を指名する。組織に関する文書、機構図を作成する。標準作業手順書案等を審査し、承認する。

(研究所長が担当)

②品質管理者：環境測定の品質管理に責任を持ち、技術管理者から提出される標準作業手順書案等を審査し、統括責任者に提出する。

(所担当課長が担当)

③技術管理者：環境測定に関する技術的な管理について責任を持ち、測定担当者による業務に関して技術的指示を行い、記録等の内容を確認し保存する。

(所主任職員が担当)

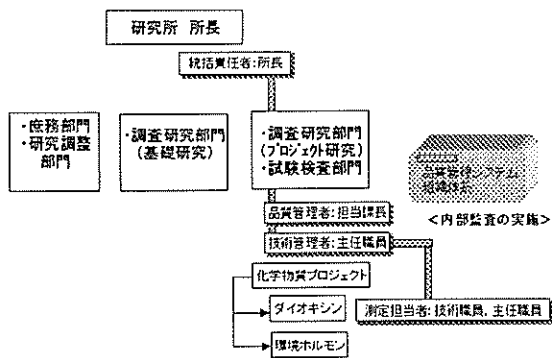
④測定担当者：環境測定に係る試料採取、前処理、GC/MSによる分析等に関する教育・訓練を積極的に受けることのできる者をもってあてる。必要な記録等を作成・整理した上で技術管理者に提出する。

(所主任職員及び技術職員が担当)

#### 2-2 内部監査の実施

実施責任者の検討。実施責任者を補佐する監査員制度の導入検討。監査マニュアルの作成 (監査の種類：①品質





図一 ダイオキシン類の測定に係る品質管理システム組織体系

管理システム要素②生データ及び濃度計算③特定要素の重点監査)

## 2-3 文書の管理

### (1) 品質文書

品質文書とは、①基本文書 ②計画書・報告書文書 ③記録文書をいう。

### (2) 文書・記録の作成及び維持管理手順書の作成

品質文書の作成、改訂、廃止及びそれらの承認について、手順を決めて円滑な文書管理ができるようにする。

### (3) 管理手順

文書の作成様式を決める。文書管理体制の検討（番号の付与、管理分担の検討）

## 3. 標準作業手順書上の精度管理

当所では、以下に示すような精度管理項目について、概ねチェックしながら分析業務を実施してきた。標準作業手順書は、操作マニュアルを主たる内容としたものだけでなく、今後は、これら精度管理項目を加え、品質管理システムの体系に組み入れて更新し、管理・記録してゆく。

### (1) 試料採取

①採取計画及び記録（場所、採取量、器具、容器、サンプリングスパイク、天候の考慮、トラベルブランク、二重測定、保管方法、捕集材の洗浄方法、行政担当職員及び委託会社担当員への注意事項）

### ②採取野帳（採取時の状況、試料性状）

### (2) 試料の前処理

①前処理計画及び記録（試料の受領、取り扱い、抽出、抽出液のクリーンアップ、クリーンアップスパイクの種類、添加量、添加時期、抽出液の分取量、GC/MS 測定用試料の調整、シリジンスパイクの種類、添加量、水試料の固相抽出における破過特性）

### (3) GC/MS 測定

①測定計画及び記録（GC/MS 調整、検量線作成（ピーク面積強度比確認、相対感度 RRF 値の変動動係数5%以内確認）、感度変動±20%以内の確認、同定及び定量）

②SIM操作（質量構成の実施、分解能10,000の確認、ロックマスの変動、妨害成分の有無、インジェクションリストの作成、モニターイオン強度比±15%以内確認）

### (4) 定量結果

①検出下限及び定量下限値（装置、測定方法、試料）

②回収率（サンプリングスパイク：70～130%、クリーンアップスパイク：50～120%）

### (5) 試験所間比較

①環境省統一精度管理調査、日本分析化学会ダイオキシン類分析用標準物質等

## 4. 精度管理の実際と事例

### 4-1 試験所間分析値比較

#### (1) ダイオキシン類統一精度管理調査

環境省が実施している「環境測定分析統一精度管理調査」に機関参加し、共通試料を分析することで当研究所の精度について検討し、精度の維持・向上をはかっている。

本市は、平成11年度から機関参加している。平成12年度までは、配布される検体は濃度未知の実試料及び標準溶液であったが、平成13年度以降は実試料のみとなっている。

平成12年度の精度管理調査において、濃度未知の標準溶液の分析結果から、精度管理上重要な知見が得られている。

（参考：平成12年度環境測定分析統一精度管理調査結果ーダイオキシン類ー）

若干過去の報告結果となるが、概要を以下に報告する。なお、平成12年度の参加機関数は140機関、回答機関数は127であった。試料は①ダイオキシン類の標準溶液を添加したノナン溶液 ②底質試料である。表-1にノナン溶液の結果を示した。

#### <結果概要>

(1)ノナン溶液（未知濃度）分析結果（表-1）は、調整濃度9.61ng-TEQ/ml に対して当所分析値は9.9ng-TEQ/ml であり、その差の比率は3%であった。

表-1 ノナン標準液（未知濃度試料）についての当所分析値結果及び基準濃度

標準試料液白(ダイオキシン類)の分析結果  
<平成12年度環境測定分析 統一制度管理調査結果>  
(異常値集約後の平均値と調整濃度)

分析項目	平均値 h	富集精度 CV% ※	調整濃度 h	b1/b2	当所分析値 (n=1) 252)	当所分析値 /調整濃度
2,3,7,8-TeCDD	1.07	11.0	1.0	1.07	1.1	1.09
1,2,3,7,8-PeCDD	4.26	12.8	4.0	1.07	4.2	1.05
1,2,3,4,7,8-HxCDD	5.83	14.5	6.0	0.97	6.4	1.07
1,2,3,6,7,8-HxCDD	4.67	15.6	4.0	1.17	4.5	1.13
1,2,3,7,8,9-HxCDD	6.12	16.6	6.0	1.02	6.2	1.03
1,2,3,4,6,7,8-HxCDD	37.2	10.1	4.0	0.93	4.0	1.00
OCDD	59.7	8.7	6.0	1.03	6.1	1.02
2,2,7,8-TeCDF	0.981	11.5	1.0	0.98	1.0	1.00
1,2,3,7,8-PeCDF	0.471	17.9	0.45	1.02	0.46	1.00
2,2,4,7,8-PeCDF	0.858	17.9	0.85	1.00	0.60	0.91
1,2,3,4,7,8-HxCDF	4.06	9.7	4.0	1.02	3.9	0.98
1,2,3,6,7,8-HxCDF	6.03	11.9	6.0	1.01	5.8	0.97
1,2,3,7,8,9-HxCDF	1.85	8.0	1.9	1.65	0.95	0.95
2,3,4,6,7,8-HxCDF	4.06	13.6	4.0	1.02	4.3	1.08
1,2,3,4,6,7,8-HxCDF	82.8	10.3	8.0	1.04	6.1	1.02
1,2,3,4,7,8,9-HxCDF	3.74	11.5	4.0	0.94	3.9	0.98
OCDF	61.5	8.5	6.0	1.03	67.0	1.12
平均						1.00

※ 試料A、Bの分析値を基準値濃度に補正したもの

分析項目	平均値 h	富集精度 CV% b1	調整濃度 h	b1/b2	当所分析値 (n=1) 252)	当所分析値 /調整濃度
TEQ (9材料の和)		102	9.61	1.06	9.9	1.03

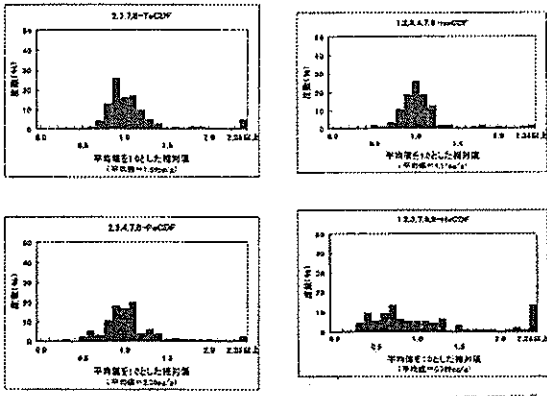


図-2 ノナン標準液(未知濃度試料)の結果  
(全参加機関分析値のヒストグラム例)

(2)全参加機関の測定濃度の分布(図-2)について見ると、1個の成分を除き、中央値とほぼ一致していた。ヒストグラムは概ね平均値を中心とした分布となっていた。ただし、1,2,3,7,8,9-HxCDFは、広いヒストグラムの分布を示しており、平均値は中央値よりも大きかった。この異性体濃度については過大な値となる機関が多かった。この原因について検討を行った。

図-3に示すHxCDFの標準物質のSIMクロマトグラム( $m/z=373.8208$ 、 $375.8178$  Average)について、各機関の分析値が大きくばらついた1,2,3,7,8,9-HxCDFは、左から3番目のピークである。

一方、ノナン溶液(未知物質試料)のSIMクロマトグラム( $m/z=373.8208$ 、 $375.8178$  Average)を、図-4に示す。1,2,3,7,8,9-HxCDFピークの直前の非常に近い場所に大きな物質ピークが存在する。これは、1,2,3,4,6,7,8-HpCDFと推定される物質であり、7塩素物質が1つ低位の塩素(6塩素)にもフラグメントを持つことがある。この影響で6塩素SIMクロマトグラムに大きなピークが出現し、多くの機関において、同定を誤った結果、前述のバラツキの大きいヒストグラムになったものと推定さ

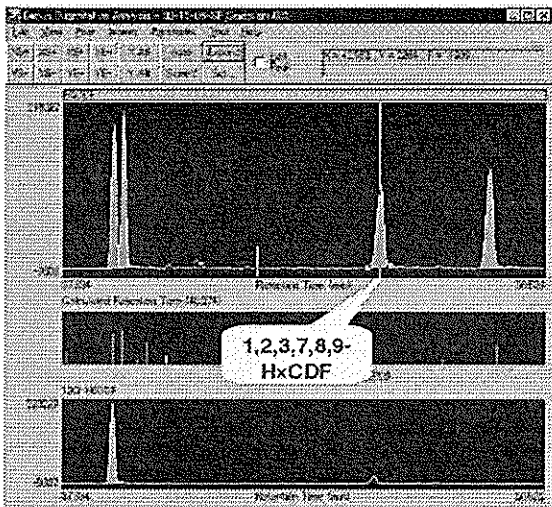


図-3 HxCDFのSIMクロマトグラム  
(標準物質)

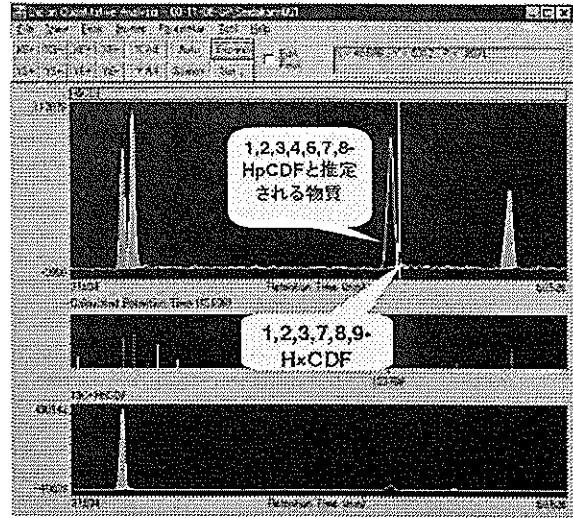


図-4 HxCDFのSIMクロマトグラム  
(未知濃度試料)

れた。今回の6塩素異性体だけでなく、ある塩素数の異性体が試料中に大量に存在する場合、その1つ低塩素のSIMクロマトピークに重なる妨害を生ずる事があるのでピークの同定作業に注意が必要である。

このように、試験所間分析値比較としての統一精度管理調査に機関参加することにより、精度を向上させる検討情報を得ることができる。

#### 4-2 試料採取精度管理

当研究所で扱う試料の採取は委託または行政職員で実施する場合が多いので採取時の注意事項を予め周知徹底する必要がある。例えば、環境大気採取に使用するろ紙およびウレタンフォームは、当研究所でクリーンアップし、サンプリングスパイクを添加したものを採取担当者に渡している。これらは、前述の試料採取の採取計画で管理する。

また、大気試料の採取では吸引量の精度確保、水質試料の採取では試料代表性に留意する必要がある。

当研究所では、図-5に示すように必要に応じて、採取委託会社が使用するハイボリウム・エア・サンプラーの流量のチェックを実施している。

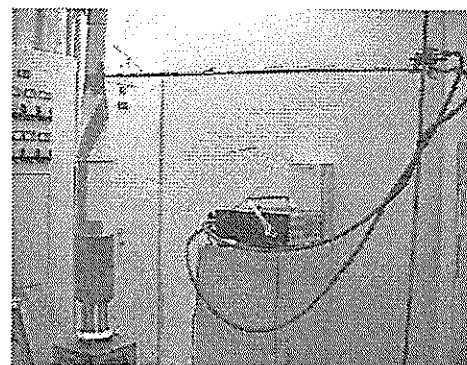


図-5 ピトー管式流量計によるハイボルの流量計測

## 5. まとめ

当研究所におけるダイオキシン類の分析業務に係る精度管理について、その現状と取り組み状況について報告した。

ダイオキシン類の測定分析は、極微量のレベルの濃度を対象としているため、より一層の高度の技術と厳格な精度管理が求められる。過去においても同時・同一地点で測定値が大きく変動するなどの事例も生じており、分析・調査における信頼性確保は、重要な課題である。

従来、精度管理上必要とされる標準作業手順書及び各工程に沿った記録簿の整理システムは、当然重要ではあるが、自治体の分析機関では、システム全体に対しどのように位置づけるかが重要である。

近年、新しい国際規格「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」を規定した「ISO/IEC 17025」が発行されたのに伴い、日本では、これを受けてJISの整備も進展している。また、環境省は「ダイオキシン類の環境測定に係る精度管理指針」を策定したため、試験所は自らが講ずべき措置を体系整備する必要が生じている。

また、本市全体のダイオキシン類調査業務を見ると、ゴミ焼却管理関連の部局や上下水道における水質管理関連の部局では、委託分析を実施しており、これらの分析値信頼性確保のため全市的な体系の取り組みを検討する必要性もあろう。

最近の精度管理・信頼性確保の手法に関する方向性としては、環境測定データの取り扱いに国際標準的規格・制度の「しくみ」を導入し実施してゆく流れの中にある現状認識が必要である。

現在、地方自治体は、計量証明事業所登録制度の適用を受けないが、国際標準的な精度管理形式に適合した精度管理システムの整備は、今後、ますます重要なものとなると思われる。

# 横浜市域でのヒートアイランドのシミュレーション — モデル開発の速報 —

佐俣満夫 (横浜市環境科学研究所)

The development of a model for simulation of heat island in Yokohama area

Mitsuo Samata (Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード: ヒートアイランド, シミュレーション

## 要旨

地表面温度に夏期の人工衛星データを用いて 1m/s の海風が吹いている場合での夏の晴天日の正午～午後 2 時頃における横浜市内のヒートアイランドの出現状況のシミュレーションを試みた。その結果、市内内陸の中央部と北部の 2 ヶ所で高温域が発達するヒートアイランド現象の発生が認められた。またこれらの地域では局所的には 40℃にも達する可能性が推測された。

## 1. はじめに

近年、地球温暖化による地球規模での環境破壊が問題となっているが、本市でも「横浜市地球温暖化対策地域推進計画」に基づき、各種の対策が講じられつつある。一方、横浜をはじめとする大都市ではヒートアイランドによる都市での熱環境の悪化が顕在化しており、当研究所の調査から将来横浜市での温度上昇は地球温暖化の影響よりヒートアイランドによる影響の方が大きくなる可能性が指摘されている<sup>1)</sup>。このため本市の中期政策プランの中でもその対策として、屋上緑化や保水性道路の敷設等が検討されている。ヒートアイランド現象は気象、地上の被覆状況、生産及び生活活動など複雑な要因が絡みその全容を捉えることは難しいが、数値シミュレーションを行うことは、現状の把握、対策、将来予測等を行政施策に載せるための重要な知見を与える。このことからシミュレーションを実施することはヒートアイランドの各種施策遂行上緊急の課題となっている。そこで現在得られているデータを基に横浜市におけるヒートアイランドのシミュレーションモデル開発のための試行を行った。

## 2. モデルの概要と人工衛星データの適用

シミュレーションには汎用的熱流体解析ソフト CFD2000 を用い、解析スキームは 3 次元有限体積法である。解析エリアは横 40Km, 縦 30Km, 高さ 1Km のボックスモデルとした。解析条件は安定の良い層流とし、浮力効果にはブジネスク近似を用いた。解析は本市における夏期晴天日での正午～午後 2 時頃でのヒートアイランドの出現状況について行った。境界条件として地表面温

度を夏期のランドサット衛星データを基に、これを 30 分割に平滑化し、それを地上での観測データにより正午前後の表面温度に補正して用いた<sup>2)</sup>。図-1 に示すように林は 28～30℃, 市街地は 40～45℃, 海は 23～25℃である。本市のような海に面した都市では夏期の午前中には海→陸へのいわゆる海風が多いので風の入力条件としては風速 1m/s の一様な海風とした。

## 3. 結果と考察

結果の一例として本市の地上 10m での水平面の気温分布を図-2 に示す。図中の気温表示値は等温線の山あるいは谷の中で最も高いあるいは低いポイントの点の値を

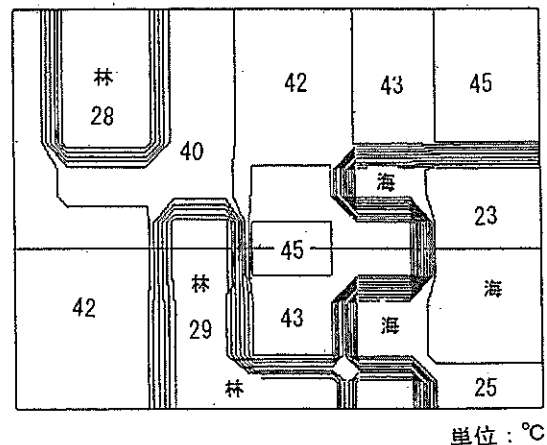


図-1  
人工衛星データより計算された  
横浜市域の地表温度  
(夏期晴天日の正午前後)

示している。図より高温域は臨海部よりむしろ内陸部で発達しており、この結果は環境省による東京でのシミュレーション結果と良く似た傾向となっている<sup>3)</sup>。本市では建物や工場の密集域は臨海部に多いが、臨海部で発生した熱は海風により内陸に運ばれ、その後臨海部には比較的冷たい海風が流入するためと考えられる。しかし、中区などの高層ビルに囲まれた地域では、今回のシミュレーションでは考慮していないが、いわゆる都市キャノピーと言われるビル群の起伏による熱の滞留のため一時的な高温化も考えられる。またこの結果より、横浜港や根岸港のような小規模の入江の存在でも海風による低温域の影響が内陸まで延びていることがわかる。図中左側に点在する低温域は主に森林域での低温風の影響であり、解析の初期大気場温度を日の出前の20℃としていることから、この領域では森林の影響により日の出前の冷気あまり昇温せず27℃と森林温度の28℃より低くなっている部分もみられる。

高温域は図の中心部と上部の2ヶ所でみられ、共に中心気温は40℃にも達するものと推測され、これらの地域に「熱の島」と言われるヒートアイランド現象が認められる。図中の中心部の高温域は南区を中心に港南区、戸塚区、保土ヶ谷区のそれぞれ一部に広がっている。この地域は半島状に本牧があるため2つの港による海風の影響が小さく、むしろ中区や磯子区の密集地や工場の影響を受けやすいためと推測され、さらにこの付近は地形の起伏が比較的複雑であるため熱が溜まり易くなる可能性がある。図中上部の高温域は港北区を中心とした鶴見区、神奈川区、緑区のそれぞれ一部に広がっている。すでに鶴見区生麦では夏期の最高気温が37℃を超えていることから<sup>4)</sup>、この地域は臨海部の鶴見区、神奈川区、西区あるいは川崎市南部からの熱の移流の影響が考えられる。また川崎方面からの風があれば東京や川崎で発生したヒートアイランドの影響を受けることも考えられる。さらにこの地域は本市の中でも緑の減少が進んでおり、その影響も否定できないものと考えられる。また横浜市内の気温差は図-2よりポイントでの差は最大で13℃程度認められるが、高温域としては37℃程度であり、低温域としては30℃程度なのでその差は7℃程度と考えられる。以上前述したようにヒートアイランドの発生は、複雑な要因の相互作用の結果であるから図-2に示す気温パターンは固定的なものではなく、あくまでも夏期に比較的生じやすいパターンであると理解すべきである。今後は各種の対策効果の予測などに向けてより精度の高いシミュレーションを行っていく予定である。

#### 「参考文献」

- 1) 佐俣満夫：都市型温暖化としてのヒートアイランド、かんきょう、日本環境協会編、3、40-41(2001)
- 2) 佐俣満夫：都市における地表温度の特性(その1)、横浜市環境科学研究所報、19,31-35(1995)
- 3) 環境省：ヒートアイランド対策手法調査検討業務報告書、平成14年
- 4) 佐俣満夫：横浜市域の気温によるヒートアイランド調査(その2)、横浜市環境科学研究所報、26,113-116(2002)

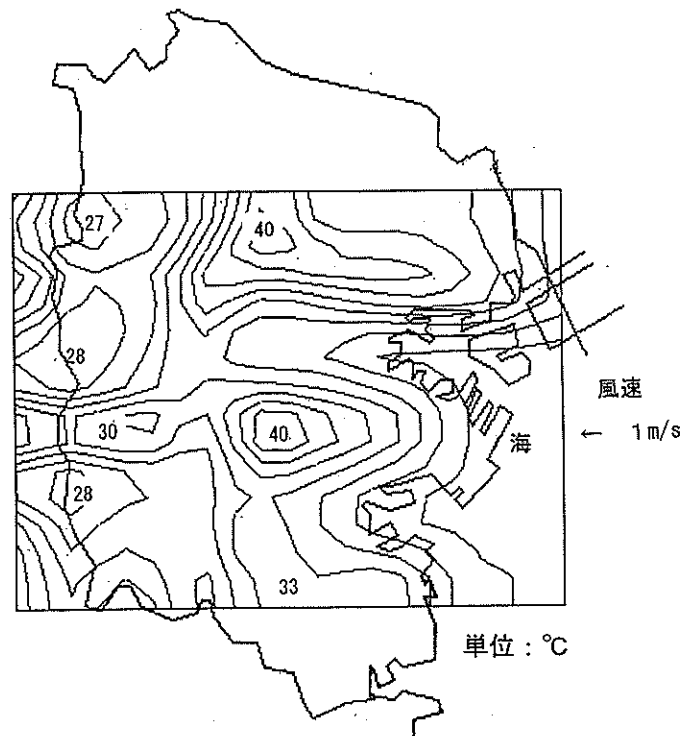


図-2  
シミュレーションより得られた横浜市域  
地上10mでの夏期晴天日での気温分布の一例  
(海風下での午後2時頃)

# 横浜市における酸性雨モニタリング調査 — 2001年の結果 —

梅田てるみ、加藤善徳（横浜市環境科学研究所）

Survey of Acid Rain in Yokohama City.  
— Rain acidity data from January to December 2001 —

Terumi Umeda, Yoshinori Kato  
(Yokohama Environmental Science Research 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、この東アジアからの影響に加え、2000年9月頃より三宅島火山ガスの放出量が急激に増大しており<sup>2)</sup>、これによる酸性雨への影響も懸念される。

横浜市環境科学研究所では、1984年より酸性雨に関する調査研究を実施しているが、これまでの結果<sup>3)・4)</sup>から、横浜は国内の中でやや強いレベルの酸性雨が降り続けていること、市内のブロンズ像等の器物に酸性雨の被害が生じていること、市内の森林土壌は道路近傍を中心に一部地点でかなり酸性化していること等がわかっている。これに三宅島火山ガスの影響も加わっており、状況によっては農作物、人体等への急性的な影響も心配されることから、引き続き注意深く監視していく必要がある。

ここでは、2001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：2001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>5)</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>7)</sup>に従

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

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。

## 3. 結果

### (1)降水量

2001年1月～12月の1年間に74の降水試料を採取し、その貯水量から算出した年間降水量は1721mmとなった。この値は、採取地点から約4km離れた横浜地方気象台における年間降水量<sup>8)</sup>（1630.5mm）の106%で、両者はほぼ同程度であった。

また、気象台の観測によると、月間降水量は1月が平年<sup>9)</sup>よりかなり多く、5月、10月、11月も多かったが、4月、7月は平年よりかなり少なく、年間降水量としてはほぼ平年並（平年値1622.5mm）であった。

### (2) pH

図-1に一降水全量、初期1mm降水のpHの最高値、最低値、平均値の経年推移を示した。

2001年の一降水全量の最高pHは6.81、最低pHは3.21、降水量で重み付けした年平均pHは4.49であった。一方、初期1mm降水は最高が6.81、最低が2.98、年平均pHが3.92であり、本年は、観測開始以来初めてpH3未満の低pH降水を観測した。2001年は74の降水試料を得たが、一降水全量でみると酸性雨とされるpH5.6以下のものは73（99%）あり、採取した降水のほとんどが酸性雨であった。

経年的には、一降水全量は1984年以来平均pH4.7前後、初期1mm降水は平均pH4.3前後で推移していたが、2001

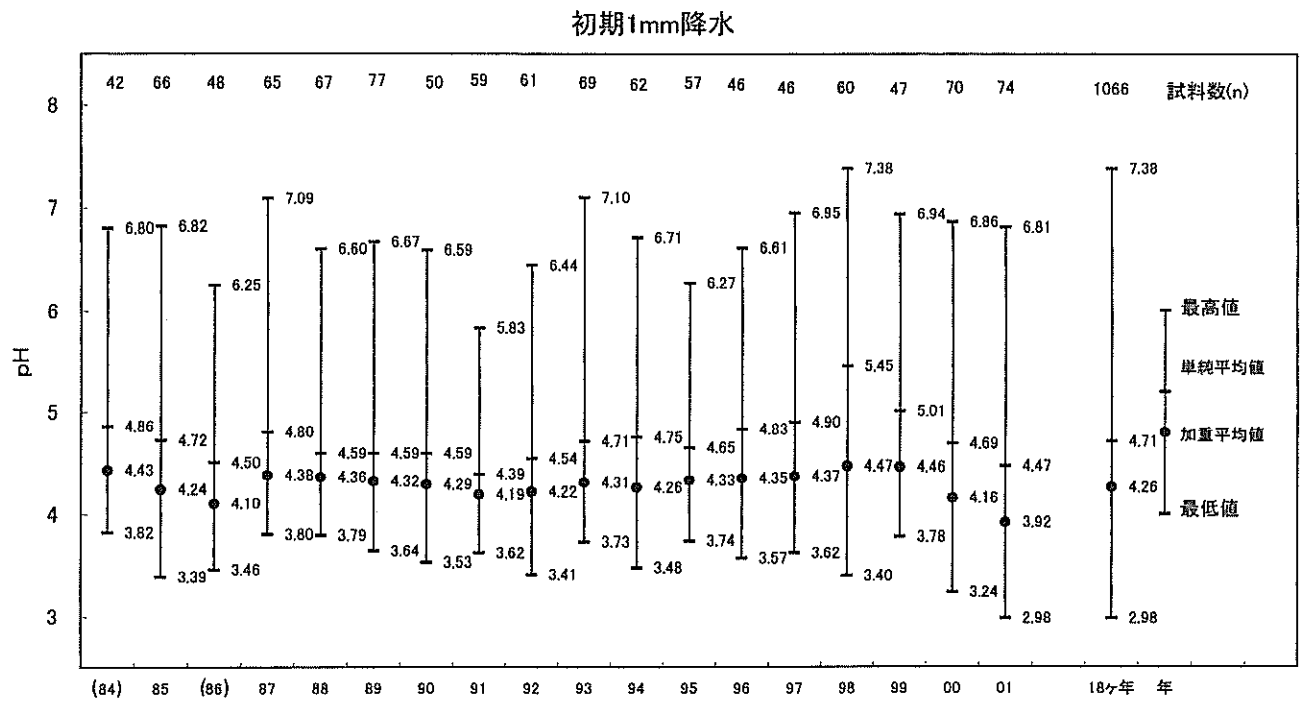
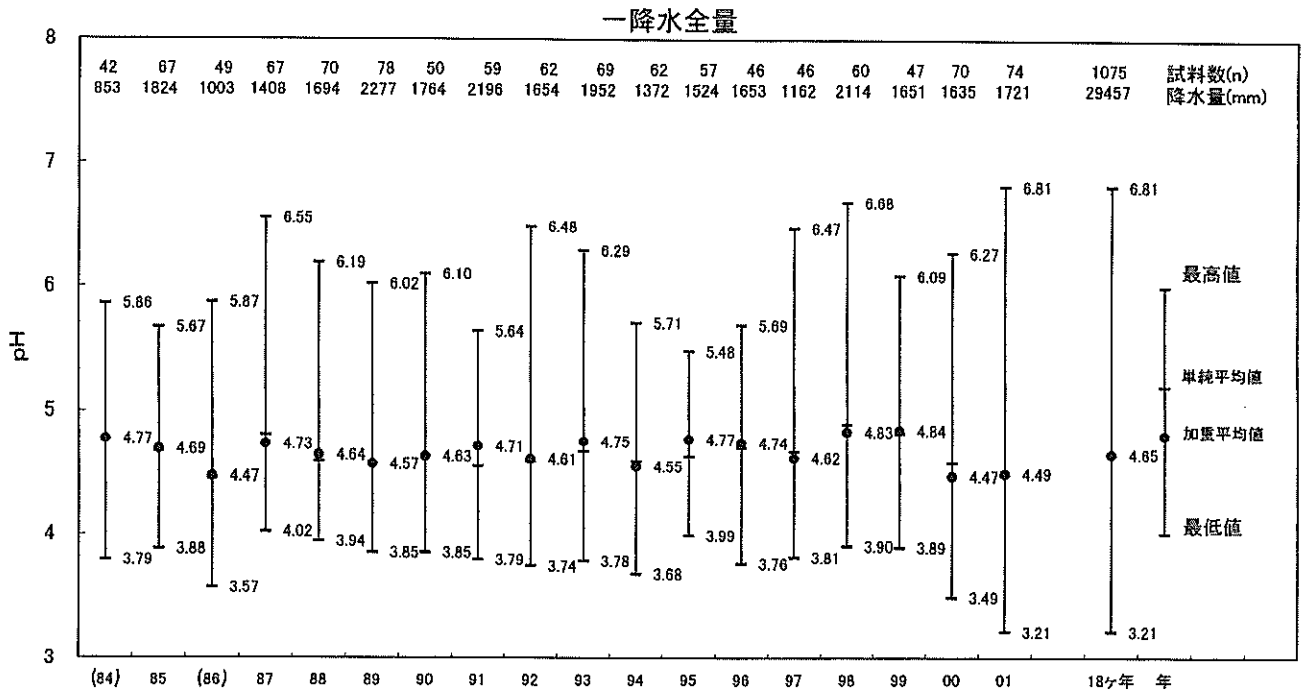


図-1 降水pHの経年推移

〔単純平均値は各降水のpH値の算術平均値，加重平均値は各降水のpHを水素イオン濃度に換算し降水量で重み付けした平均値をpHに再変換した値である。1984年1月～4月及び1986年3月～5月は欠測である。〕

表-2 湿性沈着量

降水量 mm	pH	H <sup>+</sup>	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>	nssCa <sup>2+</sup>	nssSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nssCl <sup>-</sup>	TA	TN	N/S比	
meq/m <sup>2</sup> /年																	
1984年	853	4.77	14	24	1.0	16	6	5	38	11	27	5	36	10	57	29	0.31
(1984年)	(1280)	(4.77)	(22)	(37)	(1.5)	(24)	(9)	(8)	(57)	(16)	(40)	(8)	(54)	(15)	(85)	(45)	(0.30)
1985年	1824	4.69	37	38	1.8	45	17	13	58	22	68	14	53	19	94	52	0.42
1986年	1003	4.47	34	42	3.1	20	9	5	46	28	42	8	44	18	90	50	0.64
(1986年)	(1337)	(4.47)	(46)	(56)	(4.1)	(27)	(12)	(7)	(62)	(37)	(56)	(11)	(58)	(25)	(120)	(66)	(0.64)
1987年	1408	4.73	27	40	4.4	26	10	7	53	24	46	9	50	18	92	49	0.48
1988年	1694	4.64	39	48	1.8	30	12	8	81	31	59	11	77	26	134	59	0.40
1989年	2277	4.57	62	71	2.8	53	25	19	95	45	86	23	89	26	160	94	0.51
1990年	1764	4.63	42	37	2.8	95	29	27	66	28	111	25	55	14	97	62	0.51
1991年	2196	4.71	43	60	1.8	38	22	15	64	26	62	20	59	18	103	80	0.44
1992年	1654	4.61	40	54	1.8	47	20	13	60	26	74	18	54	19	99	72	0.48
1993年	1952	4.75	34	62	2.1	34	27	12	64	33	69	25	59	30	122	87	0.56
1994年	1372	4.55	39	48	1.0	35	24	12	62	39	54	23	58	15	112	71	0.67
1995年	1524	4.77	26	45	1.5	37	18	10	49	29	58	16	45	15	89	61	0.64
1996年	1653	4.74	30	57	1.8	43	26	11	63	37	67	24	58	19	114	81	0.64
1997年	1162	4.62	28	45	1.5	47	19	13	52	30	68	16	44	13	87	61	0.68
1998年	2114	4.83	31	74	2.1	75	39	22	74	45	120	35	65	32	142	109	0.69
1999年	1651	4.84	24	59	1.3	42	16	12	52	34	73	14	47	23	104	73	0.72
2000年	1635	4.47	55	60	1.7	52	17	12	79	35	99	14	73	39	147	74	0.48
2001年	1721	4.49	55	72	2.2	82	21	16	97	40	106	17	88	16	144	89	0.45
年平均	1725	4.65	38	54	2.0	49	21	14	67	33	76	19	61	21	115	73	0.54

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

注2) nssXはNa<sup>+</sup>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(nssSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>+NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+nssCl<sup>-</sup>)、TNIは中和成分の総量(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>+nssCa<sup>2+</sup>)、N/S比はNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/nssSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>当量比を示す。

注4) 年平均の欄には欠測のある年(1984年、1986年)を除いた16ヶ年の平均を示した。

表-3 乾性沈着量

測定 月数	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>	nssCa <sup>2+</sup>	nssSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nssCl <sup>-</sup>	TA	TN	N/S比	
meq/m <sup>2</sup> /年															
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
年平均	12	3.9	1.4	16	35	8	19	13	25	34	17	7	37	38	0.80

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) nssXはNa<sup>+</sup>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(nssSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>+NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+nssCl<sup>-</sup>)、TNIは中和成分の総量(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>+nssCa<sup>2+</sup>)、N/S比はNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/nssSO<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8ヶ年(1994年~2001年)の平均を示した。

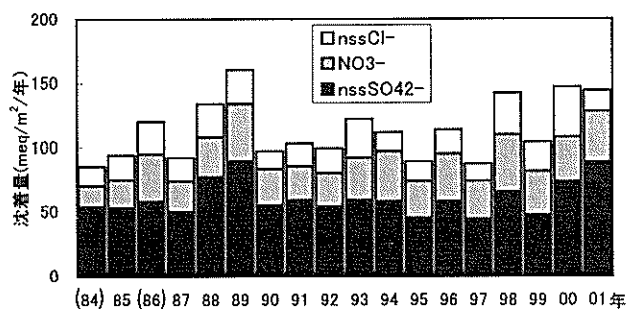


図-2 湿性沈着物の経年推移

〔 84年、86年は[測定値]÷[測定月数]×[12]で年間値に補正した値。 〕

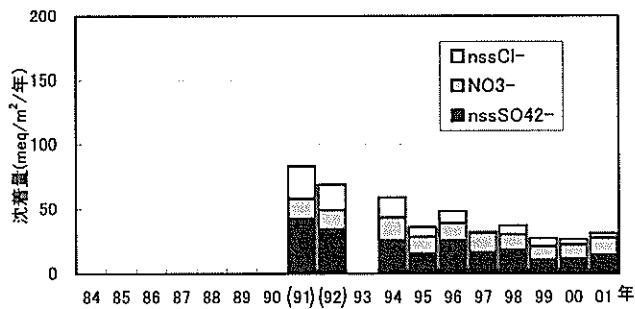


図-3 乾性沈着物の経年推移

〔 91年、92年は[測定値]÷[測定月数]×[12]で年間値に補正した値。93年は欠測。 〕



年は、三宅島火山ガスの影響により pH が低かった 2000 年と同様、一降水、初期 1mm ともやや低めとなっていた。

### (3) 湿性沈着量

表-2 に湿性（降水）による各成分の沈着物の測定結果を示した。また、図-2 に非海塩起源  $\text{SO}_4^{2-}$ （non sea salt  $\text{SO}_4^{2-}$ 、以下  $\text{msSO}_4^{2-}$  とする）、 $\text{NO}_3^-$ 、非海塩起源  $\text{Cl}^-$ （以下  $\text{msCl}^-$  とする）の経年推移を示した。なお、非海塩の算出は、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、算出した非海塩が負となった場合は 0 として取り扱った（以下同様）。また、欠測期間のある年（1984 年、1986 年）については、 $[\text{測定値}] / [\text{測定月数}] \times [12]$  で年間値に補正した値を用いた。

2001 年の湿性による酸性雨原因物質の沈着量は  $\text{msSO}_4^{2-}$  が  $88\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、 $\text{NO}_3^-$  が  $40\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、 $\text{msCl}^-$  が  $16\text{meq/m}^2/\text{年}$  であった。これらの合計量（以下、TA とする）は  $144\text{meq/m}^2/\text{年}$  であった。一方、中和物質である  $\text{NH}_4^+$  は  $72\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、 $\text{msCa}^{2+}$  は  $17\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、これらの合計量（以下、TN とする）は  $89\text{meq/m}^2/\text{年}$  であった。

TA、TN で酸性雨原因物質、中和物質の沈着量の経年推移をみると（図-2、表-2）、TA は、降水量の多かった 1989 年、1998 年がやや多い他はほぼ  $100\text{meq/m}^2/\text{年}$  程度で推移してきたが、2000 年及び 2001 年は降水量が平年並みであるにも関わらず、TA は  $147$ 、 $144\text{meq/m}^2/\text{年}$  とやや多めとなっていた。これは、前報<sup>10)11)</sup>で報告したように、三宅島火山ガスの影響によりとくに  $\text{msSO}_4^{2-}$  の沈着量が増加したためである（ $\text{msSO}_4^{2-}$ 、 $\text{msCl}^-$  は  $\text{SO}_2$  ガス、 $\text{HCl}$  ガスとして火山から放出されている）。なお、 $\text{msCl}^-$  は 2000 年は火山ガスの影響によりかなり多かったが、2001 年は少なくなっており、 $\text{HCl}$  ガスについては三宅島火山からの放出量が減少してきている可能性がある。

一方、中和物質については、年によりばらつきがあるものの、TN は測定開始以来概ね  $75\text{meq/m}^2/\text{年}$  前後で推移してきており、2001 年も同様であった。

### (4) 乾性沈着量

表-3 に乾性による各成分の沈着物の測定結果を示した。また、図-3 に  $\text{msSO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{msCl}^-$  の経年推移を示した。なお、欠測期間のある年（1991 ～ 1993 年）については、 $[\text{測定値}] / [\text{測定月数}] \times [12]$  で年間値に補正した値を用いた（ただし、欠測期間が半年以上ある 1993 年は解析対象から除いた）。

2001 年の乾性による酸性雨原因物質の沈着量は  $\text{msSO}_4^{2-}$  が  $14\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、 $\text{NO}_3^-$  が  $13\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、 $\text{msCl}^-$  が  $4.1\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、TA としては  $31\text{meq/m}^2/\text{年}$  であった。一方、中和物質である  $\text{NH}_4^+$  は  $3.3\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、 $\text{msCa}^{2+}$  は  $27\text{meq/m}^2/\text{年}$ 、TN としては  $29\text{meq/m}^2/\text{年}$  であった。

TA、TN で酸性雨原因物質、中和物質の沈着量の経年推移をみると（図-3、表-3）、TA は 1991 年以降減少傾向、特に  $\text{msSO}_4^{2-}$  の減少が著しかったが、2000 年及び 2001 年は前年と同程度ないし、やや多めとなっていた。1991 年以降  $\text{msSO}_4^{2-}$  が減少傾向となっているのは、軽油中硫黄分の削減等により横浜市内の  $\text{SO}_2$  発生量が減少しているため<sup>12)13)</sup>と考えられるが、2001 年は 2000 年と同様、三宅島火山からの  $\text{SO}_2$  の影響により、 $\text{msSO}_4^{2-}$  沈着量は減少

せず前年並になったものと考えられる。

一方、中和物質については、TN は 1991 年以降概ね  $50\text{meq/m}^2/\text{年}$  前後で推移していたが、1999 ～ 2001 年はかなり少なめとなっていた。

## 4. まとめ

2001 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) 2001 年の降水の年平均 pH は初期 1mm 降水が 3.92、一降水全量が 4.49 であり、例年に比べ低めであった。

(2) 2001 年の湿性（降水）による  $\text{msSO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{msCl}^-$  の沈着量は 88、40、16 ( $\text{meq/m}^2/\text{年}$ ) であり、例年に比べ  $\text{msSO}_4^{2-}$  の沈着量が増加していた。

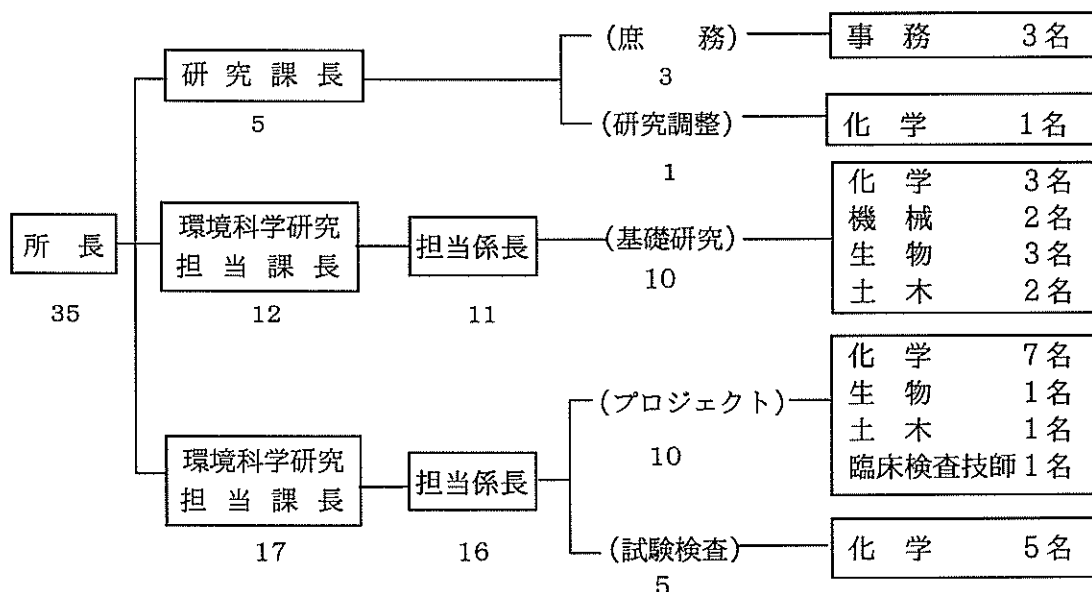
(3)  $\text{msSO}_4^{2-}$  の湿性沈着量が増加したのは、三宅島火山ガスの影響によるものと考えられ、これにより降水 pH が低下したのと考えられた。

(4) 2001 年の乾性による  $\text{msSO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{msCl}^-$  の沈着量は 14、13、4.1 ( $\text{meq/m}^2/\text{年}$ ) であった。経年的には、1991 年以降  $\text{msSO}_4^{2-}$  の沈着量が減少傾向となっていたが、本年は前年並みであった。

## 文 献

- 1) 環境省酸性雨対策検討会：第 4 次酸性雨対策調査取りまとめ（平成 14 年 9 月）。
- 2) 気象庁：三宅島の火山活動に関する火山噴火予知連絡会統一見解（平成 14 年 5 月 23 日）。
- 3) 横浜市環境科学研究所：酸性雨に関する調査研究報告書（1993）。
- 4) 横浜市環境科学研究所：酸性雨に関する調査研究報告書（II）－酸性雨による器物影響－（1998）。
- 5) 加藤善徳、梅田てるみ：横浜の森林土壌の酸性化の実態と酸中和能（1）－スギ林、広葉樹林、林外土壌の調査－、横浜市環境科学研究所報第 26 号、129-138（2002）。
- 6) 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）。
- 7) 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）。
- 8) 気象庁編集：気象庁月報、4 巻 1 ～ 12 号（2001 年 1 月～ 12 月）。
- 9) 気象庁編集：気象庁観測平年値（2001 年 4 月）。
- 10) 加藤善徳、梅田てるみ：三宅島火山ガスによる酸性雨への影響、横浜市環境科学研究所報第 25 号、38 - 46（2001）。
- 11) 梅田てるみ、加藤善徳：三宅島火山ガスによる酸性雨への影響（第 2 報）－火山ガス放出後 1 年間の酸性雨の状況と金属材料への影響－、横浜市環境科学研究所報第 26 号、117 - 121（2002）。
- 12) 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）。
- 13) 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）。

1. 人員及び組織



(平成14年5月1日現在)

2. 主要機器一覧表

品名	規格	数量	配置
ガスクロマトグラフ質量分析計	JEOL製 JMS-700	1式	ダイキツ等分析室
走査型電子顕微鏡	日立 S-4700	1式	電子顕微鏡室
同上用 X線分析装置	EDAX	1式	電子顕微鏡室
分光光度計	日立 U2000	1式	液クロマト室
全有機炭素分析計	ベックマン MODEL 915-B	1台	液クロマト室
凍結濃縮装置	大洋科学工業 FC-6	1式	液クロマト室
液体クロマトグラフ	HP 1090	1式	液クロマト室
水銀分析計	NIC RA3	1式	液クロマト室
原子吸光光度計	日立 Z-5700	1式	原子吸光室
高周波プラズマ質量分析装置	島津 ICPM-8500	1式	原子吸光室
高周波プラズマ発光分光分析装置	島津 ICPS-7000	1式	原子吸光室
慢性毒性試験装置(魚用)	関東工機製作所製 外	2式	生物研究室
電気炉	ADVANTEC KL-280 外	2台	分解室(3F)
標準粒子発生装置	東京高周波電気炉 SRF-305W	1式	標準ガス調製室
標準ガス精密希釈装置	製鉄化学工業 SDS-401	1式	標準ガス調製室
石英ガラスチャンパー	ダイレック	1台	標準ガス調製室
パーソナル・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-700	1式	ガス・蛍光 X線室
蛍光 X線分析装置	リガク RIX2000	1式	ガス・蛍光 X線室
ガスクロマトグラフ質量分析計	島津 GCMS-QP2010	1式	ガス・蛍光 X線室
マイクロウェーブ測定用吸光光度計	ルジエヌクイナナショナル 仏ノニ NJ-2300	1式	ガス・蛍光 X線室
データレコーダ	ソニー PC204,208	2台	音環境研究室
2c h F F T 分析器	小野測器 CF-360	1式	音環境研究室
広帯域 1/3 オクターブ実時間分析器	リオン SA-27	1式	音環境研究室
騒音振動作図装置	日本ヒューレットパッカート 7550B	1式	音環境研究室

品名	規格	数量	配置
騒音振動データ処理機	ヒュ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
超低温ミクロトーム	共栄オリンパス クライオトーム	1個	実験準備室
オートアナライザー (HPLC分析装置)	DIONEX DX-120	1式	実験準備室
ガスクロマトグラフ分析装置	HP6890, 島津 GC-14A ECD 外	5式	ガスクロマトグラフ室
農薬分析装置	アジレント 5973 外	3式	ガスクロマトグラフ室
イオンクロマトグラフ	DIONEX DX-320	1台	都市環境研究室
分光光度計	日本分光 V-550 外	2式	大気試験室
ポータブル窒素酸化物測定器	MEXA-120 NOx	1式	大気試験室
サーマルデテクトーションガスクロマトグラフ	パーキンエルマー ATD-400	1式	大気試験室
高速液体クロマトグラフ	アジレント 1090	1式	大気試験室
高精度オゾン計	紀本電子工業製	1台	器材庫 (5F)
微粒子自動計測器	ロイコ社 MODEL226	1式	器材庫 (5F)
コンビジットサンプラー	日科機 S-4081	1式	器材庫 (5F)
風向別制御装置	日本公害防止技術センター WDP-100	1式	器材庫 (5F)
科学技術計算システム	富士通 GRANPOWER 5000 外	1式	中央データ処理室
薬品管理システム	関東化学 IASO 2000	1式	中央データ処理室
ガスクロマトグラフ質量分析計	JEOL製 AUTOMASS Sun	1式	微量ガス分析室
自動雨水採取装置	小笠原 US-330+300型	1式	屋上
風向風速計	海上電機 WA-200 外	2台	屋上
β線式浮遊粒子状物質自動測定器	DKK DUB-32	1台	屋上
高精度自動体積計	エステック VM-100	1式	処理実験室
標準圧密試験器 (3連型)	丸東 S43-3 UL-1	1台	地盤環境研究室
ソイルミキサ	丸東 SE-27	1台	地盤環境研究室
一軸圧縮試験装置	丸東 SG-2033	1式	地盤環境研究室
高精度弾性波速度測定装置	丸東製作所製	1台	地盤環境研究室
三軸圧密試験記録装置	理研電子製	1台	地盤環境研究室
圧密自動記録装置	理研電子 MODEL DACT-6	1式	地盤環境研究室
データ収録分析装置	理研電子製	1式	地盤環境研究室

### 3. 調査研究事業予算一覧

(単位：千円)

調査研究事業名	平成13年度	平成14年度
ダイオキシンに関する研究	29,382	32,018
環境ホルモン環境調査	9,215	2,789
環境共生都市に関する研究	4,512	3,500
都市持続的発展研究(酸性雨)	1,470	1,353
都市持続的発展研究(都市型温暖化)	132	132
大気環境に関する研究	1,048	1,048
水域環境の改善に関する研究	1,253	1,253
水質汚濁対策推進に関する研究	143	310
地盤環境に関する研究	3,024	3,484
音環境に関する研究	418	483
合 計	50,597	46,370

#### 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
造園学会平成13年度全国大会	2001.5	横浜市域における谷戸地形の特質と推移に関する一考察	○森清和・島村雅英
第25回環境・公害研究合同発表会	2001.6	ケナフを用いた窒素酸化物の除去効果に関する研究	○平野耕一郎・白砂裕一郎・下村光一郎・小座間国雄・小柳重之、六浦勉(横浜市農と緑のふれあいセンター)
全環研協議会関東甲信静支部騒音振動専門部会	2001.7	植物による減音量の計算用葉面積調査(その2)	○鹿島教昭
第18回エアロゾル科学・技術研究討論会	2001.7	環境大気中のPM2.5濃度測定における使用フィルタの材質および共存ガス状物質の影響について	○平野耕一郎・白砂裕一郎
第18回エアロゾル科学・技術研究討論会	2001.7	TEOM、光散乱式、 $\beta$ 線吸収式ダストモニタとFRM-LVによる環境大気中のPM2.5濃度の比較測定	○平野耕一郎・白砂裕一郎、白井忠(東京ダイレック)
環境科学研究所研究発表会(平成13年度第1回)	2001.8	視覚障害者の歩行実験－音環境と空間認知－	○鹿島教昭、黒澤亜希(元環科研)、田村明弘(横浜国大)、太田篤史(横浜国大 ETSL)、清家聡(大和ハウス)
"	2001.8	三宅島火山ガスによる酸性雨への影響	○加藤善徳・梅田てるみ
"	2001.8	横浜市域の地下水位の変動特性について	○内藤初夏
"	2001.8	日本の自然文化と横浜のエコアップ	○森清和
平成13年度全環研協議会関東甲信静支部水質専門部会	2001.9	都市における河川環境と生物の長期的変化	○福島悟
日本珪藻学会第21回研究集会	2001.10	下水処理水が河川水の半分程度を占めるようになった鶴見川における珪藻群集の長期的変化	○福島悟
科学研究費研究集会「環境統計データ解析の研究」	2001.10	東京湾における水質汚濁物質現存量の推定	○安藤晴夫(東京都環科研)、柏木宣久(文科省・統教研)、二宮勝幸、小倉久子(千葉県環研センター)、山崎正夫(東京都環科研)
七都縣市ダイオキシン類対策講演会	2001.10	環境中ダイオキシン類の測定の現状と課題	○前田裕行、越智洋之、山本恵幸
第5回世界閉鎖性海域環境保全会議	2001.11	Is the condition of water environment of Tokyo Bay improved	○Ogura,H.(Chiba Pref.Env.Res.Center), Ando,H., Yamazaki, M.(Tokyo Met. Res. Inst. For Env. Prot.), Kashiwagi,N.(Inst. of Stat. Math.), and Ninomiya, K.
環境科学研究所研究発表会(平成13年度第2回)	2002.1	横浜市郊外におけるノンポイント汚染源の調査	○小市佳延
"	2002.1	横浜市内中小河川の水質実態調査	○下村光一郎
"	2002.1	横浜市内のハウ素の実態調査	○飯塚貞男、江口憲治(環境保全局)
"	2002.1	横浜市内におけるダイオキシン類汚染状況 ～同族体組成による解析を中心に～	○越智洋之
The 3rd International Symposium on Frontiers of Time Series Modeling	2002.1	Space-time state-space modeling of Tokyo Bay pollution	○Kashiwagi,N.(Inst. of Stat.Math.), Ninomiya, K.(Yokohama Env. Res. Inst.), Ando,H. Yamazaki,M.(Tokyo Met. Res. Inst. For Env. Prot.), Ogura, H.(Chiba Pref. Env. Res. Center)

日本薬学会第122年会	2002.3	環境水の農薬分析及びミジンコ繁殖試験の適用	○酒井学
2002年度日本海洋学会春季大会	2002.3	LANDSAT/TMデータによる東京湾のクロロフィルa濃度の推定手法	○水尾寛己、富井直弥(NASDA)、岡敬一(神奈川県環科セ)、向井田明・川人しのぶ(RESTEC)、小倉久子(千葉県環境研究セ)、安藤晴夫(東京都環科研)、安岡善文(東大生産技研)
第11回生研フォーラム「宇宙からの地球環境モニタリング」	2002.3	リモートセンシングによる東京湾のクロロフィルa濃度分布の把握	○水尾寛己、富井直弥(NASDA)、岡敬一(神奈川県環科セ)、安岡善文(東大生産技研)
The Second International Workshop on Remote Sensing of the Marine Environment the Northwest Pacific Region	2002.3	The algorithm for estimating the upper water quality of Tokyo bay with LANDSAT/TM data	○Hiromi Mizuo(Yokohama Env. Re. In.) Keiichi Oka(Kanagawa Pre. Envi. Re. Ce.), Naoya Tomii(NASDA), Yoshifumi Yasuoka(Tokyo University)
第36回日本水環境学会年会	2002.3	地球観測衛星による東京湾の水質推定	○水尾寛己、富井直弥(NASDA)、岡敬一(神奈川県環科セ)、小倉久子(千葉県環境研究セ)、安藤晴夫(東京都環科研)、向井田明・川人しのぶ(RESTEC)、安岡善文(東大生産技研)

## 5. 雑誌等投稿

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
Journal of Environmental Science and Health, Part B, Vol.36(1)	2001.1	Manabu Sakai	Chronic Toxicity Tests with <i>Daphnia magna</i> for Examination of River Water Quality

【要旨】 河川の水質について、オオミジンコ(*Daphnia magna*)による繁殖試験を用いて検討したところ、生存率の低い試料が認められた。農薬分析の結果、殺虫剤(フェニトロチオン)の影響があるものと推定されたが、他の因子の影響も考えられた。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
International Journal of PIXE, Vol.11, Nos.1&2	2001.2	Katsumi Saitoh, Koichiro Sera, Koichiro Hirano	Characterization of Total Suspended Particulate (TSP) in a Mountainous Region in Northern Japan

【要旨】 1999年6月(非降雪期)、12月(降雪期)、森吉山の西斜面においてTSPを採取した。TSPの元素組成と形状についてPIXEおよびEDX/SEMを用い分析・観察した。非降雪期のTSPには27元素が検出され、Na、Mg、Al、Si、S、CaおよびFeが主成分であった。降雪期のTSPには25元素が検出され、NdやMoも含み、Clが特徴的に高く、非降雪期とは異なっていた。両期間のTSPを比較するとMg、Al、Si、K、CaおよびFeの濃度レベルは降雪期が非降雪期より2~4倍で、Naは30倍であり、両期間でTSPの元素組成は異なっていた。非降雪期間中はAl、S、Ca、Ti、Fe、ZnおよびPb、降雪期間中はAl、Si、CaおよびFeの濃度レベルが類似していた。EDX/SEMによる形状観察では、非降雪期のTSP中には自動車排ガス粒子、海塩粒子および発電所からのフライアッシュが多く認められた。一方、降雪期のTSP中にはSiを主成分とする球形粒子、自動車排ガス粒子および海塩粒子が多く認められた。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
騒音制御工学ハンドブック 資料編:(社)日本騒音制御工学会編(技報堂出版発行)	2001.4	鹿島教昭	6.2 騒音振動にかかわる国内法令

【要旨】 騒音振動に関する国内の法体系を示し、環境基本法に基づく各種の環境基準、公害紛争処理法、騒音規制法並びに振動規制法、及び労働安全衛生規則に基づく作業環境騒音測定法を詳説した。また計量法については、特定計量器、法定計量単位の意義、検定公差を明示し、特定計量器検定検査規則において初めて、それまでの法体系で聴感補正音圧レベルと振動感覚補正振動加速度レベルと呼称していた物象の状態の量を、各々騒音レベル、振動レベルと表現することが可能になることを示した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
騒音制御工学ハンドブック 応用編：(社)日本騒音制御工 学会編（技報堂出版発行）	2001.4	鹿島教昭	5.C.2 環境影響評価制度

【要旨】 環境影響評価法における制度の基本的7原則を解説し、中でも「早期事業計画からの環境配慮」「環境基準が設定されていない多様な評価対象」「環境影響評価後の事後調査」の3原則の高邁な精神は、罰則を伴わない手続き法である本法では、運用次第で生かされも殺されもする点を指摘した。また、スクリーニングに関して意見を求められるのは都道府県知事のみであること、複数案の評価があっても代替案、例えばオランダにある「何もしない案」の採用がないこと、事後調査は義務ではないこと、戦略的アセスメントは取込まれていないこと等の問題点も明示した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
地球観測衛星データを利用 した東京湾の水質モニタリ ング手法開発に関する共同 研究 成果報告書 （宇宙開発事業団・横浜市 環境科学研究所発行）	2001.7	水尾寛己、森山隆・富井直弥 （NASDA）、岡敬一（神奈川 県環境科学センター）、小 路光明・向井田明・川人し のぶ（RESTEC）	地球観測衛星データを利用 した東京湾の水質モニタリ ング手法開発に関する共同 研究

【要旨】 今後打ち上げ予定の陸域観測技術衛星(ALOS)の実利用性の検討と共に、地球観測衛星データによる東京湾の水質モニタリング手法について、19日間の水質観測値を用いて統計学的手法を用いて検討した。衛星データはLandsat/TMデータ、ADEOSデータ、SPOTデータについて検討した。検討も結果、今回開発した水質推定アルゴリズムにより、東京湾の水質（クロロフィルa濃度、濁度、透明度、水温）が、簡易に半定量的に推定可能であることを明らかにした。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
化学工学論文集	2001.11	佐俣満夫	モンテカルロ法によるエアロゾル 粒子のサンプリング精度の評価

【要旨】 エアロゾル粒子をサンプリングする場合、一般にばらつきがあるが、このサンプリングにおける精度の特性と限界についてモンテカルロ法により数値実験を行った。その結果、エアロゾルのサンプリングにおける統計的分散は捕集粒子の平均値未満になることはないことがわかった。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
横浜の川と海の生物(第9 報・海域編)、(横浜市環境 保全局発行)	2001.12	鳥海三郎（観音崎自然博物館）、水尾寛 己、岡敬一（神奈川県環境科学センター）	横浜市沿岸のプランクトン相調査

【要旨】 横浜市沿岸域で2000年4月から2001年3月までに観察されたプランクトン相についてまとめたものである。優占種5種についての季節別出現状況では、春季は珪藻類よりも渦鞭毛藻の占める割合が多く、夏、秋、冬にいくに従って、渦鞭毛藻よりも珪藻類の占める割合が増した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
Diatom	2001.12	福島悟	自然河川の水が流入する下水処理 水で再生された河川の珪藻群集

【要旨】 下水処理水を維持用水として再生された根川（立川市）を対象に、自然河川の流入による珪藻群集の変化について検討し、自然河川から運搬された種類が再生河川の群集形成に加わり、群集構造に季節的な変化が生じることを明らかにした。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
統計数理研究所研究教育活動報告(13)	2002.1	Kashiwagi, N., Ninomiya, K., Ando, H., Ogura, H. and Yamazaki, M.	Space-time state-space modeling of Tokyo Bay pollution

【要旨】 東京湾の水質汚染に時空間モデルを適用して解析する方法について紹介した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
ランドスケープ研究 Vol.65(5)	2002.3	森清和・島村雅英	横浜市域における水田及び池の特質と推移に関する一考察

【要旨】 横浜市域のエコロジカル・ネットワーク計画の基礎研究として、水田及び池の特質と推移についてについて検討した。約100年前、水田は谷戸田と河川沿い水田がほぼ同面積で約7400haあり、池は谷戸奥の農業用の溜池を中心に約140ヶ所あった。現在では、水田は約600haに減少するとともに、池は溜池がほとんどなくなり、53ヶ所が公園化等により残されているに過ぎない。その保全再生が今後の大きな課題である。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
振動防止技術指針（工場・事業場編）策定調査 平成13年度環境省委託業務報告書	2002.3	鹿島教昭	4 地方自治体の振動防止対策事例

【要旨】 工場・事業場からの振動に対する苦情に基づく振動対策に関して、平成12年度に実施した47都道府県、12政令市、27中核市、10特例市へのアンケート結果から回収された35件について、施設名、法・条例のや対象か否か、対策理由、対策方法、防振効果等をまとめた。原動機出力が法対象未満の施設や、大型の洗濯機・脱水機、天井クレーンの走行、そのクレーンからの落下物、建設重機の走行など、未規制施設に起因する振動対策も実行されている。また、全体的に対策の多くは防振ゴム・防振マットである。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
振動防止技術指針（工場・事業場編）策定調査 平成13年度環境省委託業務報告書	2002.3	鹿島教昭	5-1 振動の基礎

【要旨】 何故に環境振動の単位としてデシベルが採用されたのかを、示し、環境振動に関係する振動の基礎的な物理事象を、伝搬や距離減衰等の実際の運用の面に重きを置いて説明した。

## 6. 横浜市環境科学研究所発行資料（調査研究等報告書）

環境研資料	報告書名	発行年月
No.146	横浜型エコシティ研究	2002.3

【要旨】 環境問題の解決策として、エコシティ（自然共生都市）への期待が高まってきている。エコシティ研究室においては、「自然との共生」の側面から、「環境エコアップマスタープラン」の推進と連携を図りつつエコシティに関する調査研究を行ってきた。その結果、日本における自然との共生は、トンボ・ホタルなどのふるさと生物とのふれあいが、重要な意味を持っていることを明らかにした。

横浜市におけるエコシティ形成の重要な要素である地形的な特徴は、市域の2/3以上を丘陵・台地が占め、丘陵・台地の浸食によって形成された3700以上の谷戸が存在し、市内を流下する河川の大部分がこの谷戸を源流とし海までの流域を形成しているところにある。かつては、この源流から海までの流域が市内でエコロジカルネットワークを形成していた。このエコロジカルネットワークは、横浜で水田が開発された中世以降に形成されたものであり、現在の谷戸生態系は、高度経済成長期の開発によってエコロジカルネットワークが分断され孤立したものである。

本報告書は、横浜におけるエコシティ形成にむけて、計画の方法論と技術論の両側面から、生態的に見た都市構造の特徴、横浜の生物生息環境の特徴、横浜におけるエコシティ形成のイメージと課題を検討したものである



7. 環境科学研究所発行資料目録

資料番号	件名	発行年月	体裁等
	明日の都市を照らす	1977.3	A4 16頁 (パンフレット)
1	窒素酸化物特殊発生源調査報告書(環境庁大気保全局委託調査)	1977.3	B5 49頁
2	横浜市公害研究所報創刊号	1977.11	B5 56頁
3	公募論文・クルマ社会をどうするか —明日の都市環境を考える—	1977.11	B5 136頁
4	第1回公害セミナー会議録・クルマ社会をどうするか —明日の都市環境を考える—	1978.3	B5 96頁
5	昭和52年度環境庁委託業務結果報告書 非特定重大障害物質発生源等対策調査(アスベスト発生施設)	1978.3	B5 36頁
6	横浜市公害研究所報第2号	1978.8	B5 236頁
7	中間報告 横浜市における自動車公害に関する基礎研究	1978.8	B5 195頁
8	横浜市公害研究所報第3号	1978.12	B5 156頁
9	第2回公害セミナー会議録・合成洗剤	1979.3	B5 89頁
10	自動車公害に関する意識調査 —国道一号線三ツ沢・松本地区, 1978年3月実施 単純集計結果(第1報)—	1979.3	B5 112頁
11	大気中の炭化水素濃度調査及び各種発生源施設からの排出実態調査結果	1979.3	B5 66頁
12	第3回公害セミナー論文集・川, よこはまに水辺をもとめて	1979.8	B5 85頁
13	横浜市における自動車公害に関する基礎研究	1979.9	B5 201頁
14	横浜市公害研究所報第4号	1980.3	B5 204頁
14	第3回公害セミナー会議録・川, よこはまに水辺をもとめて	1980.5	B5 72頁
15	横浜市地域環境大気調査報告書(昭和54年度環境庁委託調査)	1980.3	B5 72頁
16	非特定重大障害物質発生源等対策調査(ベンゼン取扱施設)	1980.3	B5 31頁
17	沿道環境整備対策のための基礎調査報告書—三ツ沢地区対象—	1980.12	B5 84頁
18	魚類の健康評価に関する研究(1)(昭和53年度)	1981.2	B5 20頁
19	魚類の健康評価に関する研究(2)(昭和54年度)	1981.2	B5 51頁
20	横浜市公害研究所報第5号	1980.12	B5 236頁
21	帯水層層序確定のための地質調査	1981.3	B5 32頁 付図4枚
22	第4回公害セミナー資料提言要旨	1981.3	B5 18頁
23	第4回公害セミナー資料・調査研究事業のあらまし	1981.3	B5 41頁
24	—		
25	地域交通環境に関する意識調査—金沢4区, 1980年11月実施—	1981.3	B5 46頁
26	第4回公害セミナー会議録・80年代の環境対策の課題	1981.3	B5 115頁
27	低周波空気振動実態調査報告書	1981.3	B5 163頁
28	有機ハロゲン化合物の分解と消長 —有機塩素化合物特にPCBの環境中における動態について—	1981.3	B5 98頁
29	第5回公害セミナー公募論文集・よこはまに自然をもとめて	1981.8	B5 150頁
30	横浜市公害研究所報第6号	1981.12	B5 211頁
31	横浜市自動車問題研究会第二報告書 —横浜の物流と自動車公害に対する調査研究—	1981.12	B5 227頁
32	排水処理技術維持管理マニュアル—凝集処理編—	1982.3	B5 116頁
33	固定発生源から排出されるばいじん(粒度分布)調査報告書	1982.3	B5 133頁
34	第5回公害セミナー会議録・よこはまに自然をもとめて	1982.3	B5 123頁
35	魚類の健康評価に関する研究(3)	1982.3	B5 34頁
36	魚類指標による排水評価のための技術要領	1982.3	B5 30頁
37	横浜市深層地下水調査中間報告書	1982.3	B5 44頁 付図2枚
38	横浜市自動車問題研究会第一報告書 —地域交通環境とまちづくり—	1982.3	B5 124頁
39	横浜市緑区及び戸塚区における道路交通騒音と交通量調査報告書	1982.3	B5 440頁
40	会下谷の雑木林の生物相とその季節変化(横浜の旧市街に残る小雑木林)	1982.3	B5 11頁

資料番号	件名	発行年月	体裁等
41	自動車騒音公害対策模型実験－車線内遮音壁－	1982.7	B5 87頁
42	第6回公害セミナー資料 大気汚染－青空はよみがえったか、この横浜に－	1982.8	B5 31頁
43	会下谷の雑木林の生物相とその季節変化（横浜の旧市街に残る小雑木林）	1982.11	B5 143頁
44	横浜市公害研究所報第7号	1982.11	B5 105頁
45	第6回公害セミナー会議録 大気汚染－青空はよみがえったか、この横浜に－	1983.1	B5 99頁
46	浮遊粉じん・ばいじんに関する総合調査報告書	1983.1	B5 187頁
47	南関東地域での光化学大気汚染に関する総合調査報告書	1983.2	B5 177頁
48	こども自然公園環境調査報告書	1983.2	B5 155頁 付図4枚
49	道路周辺の植樹帯による物理的及び心理的騒音効果に関する研究 －中間報告－	1983.3	B5 106頁
50	横浜市南部沿岸地域の軟弱地盤調査図 付図1－5	1983.3	B2
51	調査研究事業のあらまし	1983.3	B5 34頁
52	都市自然に関する社会科学研究	1983.11	B5 226頁
53	第7回公害セミナー公募論文集 身近な水辺とまちづくり－「よこはまの川と池」再発見－	1983.11	B5 149頁
54	横浜市公害研究所報第8号	1983.12	B5 157頁
55	排水処理技術維持管理マニュアル－生物処理編－	1983.12	B5 132頁
56	魚類の健康評価に関する研究(4)	1984.1	B5 67頁
57	円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書	1984.2	B5 183頁
58	第7回公害セミナー会議録 身近な水辺とまちづくり－「よこはまの川と池」再発見－	1984.2	B5 135頁
59	横浜市南部沿岸地域軟弱地盤調査報告書	1984.2	B5 56頁 付図6枚
60	横浜のホタル生息地（1983年度版）	1984.3	B5 49頁
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	1985.1	B5 133頁
66	道路周辺の植樹帯による物理的及び心理的減音効果に関する研究 －総合報告－	1985.3	B5 173頁
67	横浜市公害研究所報第10号	1985.12	B5 190頁
68	平潟湾・金沢湾周辺水域環境調査報告	1986.3	B5 149頁
69	魚類指標による工場排水規制手法に関する研究	1986.2	B5 192頁
70	第9回公害セミナー会議録 静かなまちづくりをめざして－道路緑化と騒音－	1986.2	B5 179頁
71	ホテルの生息環境づくり～技術マニュアル試案～	1986.2	B5 121頁
72	第10回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち……	1986.11	B5 174頁
73	横浜市公害研究所報第11号	1987.3	B5 216頁
74	円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第2報	1987.3	B5 275頁
75	排水処理施設維持管理マニュアル－汚泥処理編－	1987.3	B5 132頁
76	10年のあゆみ・横浜市公害研究所設立10周年記念誌	1987.3	B5 203頁
77	第10回公害セミナー会議録 調べてみよう、身近な環境－水、みどり、まち……	1987.3	B5 127頁
78	横浜市軟弱地盤層調査報告書（土質試験データ図） 横浜市地盤環境図 横浜市地盤環境図	1987.3	B5 217頁 B2（付図1） A0（付図2-10）
79	横浜市公害研究所資料室図書目録	1987.3	B5 328頁

資料番号	件名	発行年月	体裁等
80	第11回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…	1987.11	B5 89頁
81	横浜市公害研究所報第12号	1988.3	B5 161頁
82	第11回公害セミナー会議録 調べてみよう, 身近な環境－水, みどり, まち…	1988.3	B5 139頁
83	横浜市軟弱地盤層調査報告書(軟弱地盤構造と地盤沈下特性)	1988.3	B5 103頁
84	横浜市軟弱地盤層調査報告書(縦断面地質柱状図, 水準点変動図集)	1988.3	B5 162頁
85	植樹帯による歩道環境改善効果に関する調査研究 －横浜市磯子区産業道路沿道植樹帯設置事業のケーススタディー	1988.3	B5 148頁
86	第12回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…	1988.11	B5 133頁
87	横浜市公害研究所報第13号	1989.3	B5 210頁
88	水域生物指標に関する研究報告	1989.3	B5 348頁
89	浮遊粉じんの発生源推定に関する調査報告書	1989.3	B5 195頁
90	第12回公害セミナー会議録 調べてみよう, 身近な環境－水, みどり, まち…	1989.3	B5 39頁
91	魚の死亡事故の原因究明に関する研究報告書	1989.3	B5 125頁
92	第13回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…	1989.12	B5 137頁
93	横浜市公害研究所報第14号	1990.3	B5 212頁
94	円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第3報	1990.3	B5 166頁
95	第14回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…	1990.11	B5 102頁
96	横浜市公害研究所報第15号	1991.3	B5 226頁
97	自然観察ワークシート～横浜の都市自然を調べる～	1991.3	B5 115頁
98	トンボ生息環境づくり調査報告書	1991.3	B5 210頁
99	第15回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…	1991.11	B5 174頁
100	横浜市環境科学研究所報第16号	1992.3	B5 164頁
101	環境科学研究所業務案内リーフレット	1992.2	B5 4頁
102	横浜港の水質・底質汚濁に関する調査報告書	1992.3	B5 133頁
103	第16回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…	1992.12	B5 108頁
104	横浜市環境科学研究所報第17号	1993.3	B5 232頁
105	横浜市の陸域生物による環境モニタリング調査報告書	1993.3	B5 77頁
106	鶴見川・帷子川水系生態調査報告書	1993.3	B5 268頁
107	酸性雨に関する調査研究報告書	1993.3	B5 218頁
108	第17回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…	1993.12	A4 105頁
109	横浜市環境科学研究所報第18号	1994.3	A4 164頁
110	エコロジカル・ライフスタイルの政策科学的研究	1994.3	A4 118頁
111	キショウブによる水質浄化法－実験報告書－	1994.3	A4 121頁
112	第18回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…	1994.12	A4 71頁
113	エコロジカル・ライフスタイルの政策科学的研究 パートⅡ	1994.12	A4 175頁
114	横浜市環境科学研究所報第19号	1995.3	A4 153頁
115	横浜市民の音環境に関する意識調査	1995.3	A4 136頁
116	横浜港, 生物と環境の変遷－底質柱状試料中の生物化石調査－	1995.3	A4 87頁
117	東京湾の富栄養化に関する調査報告書	1995.3	A4 133頁
118	第2回陸域生物による環境モニタリング調査	1995.3	A4 55頁
119	第19回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…	1995.12	A4 117頁
120	横浜市環境科学研究所報第20号	1996.3	A4 83頁
121	エコロジカルライフスタイルの政策科学的研究(Ⅲ)	1996.3	A4 84頁

資料番号	件名	発行年月	体裁等
122	多環芳香族炭化水素（PAHs）に関する調査研究報告書	1996.3	A4 130頁
123	大岡川・境川水系生態調査報告書	1996.3	A4 200頁
124	横浜の酸性雨－よりよい環境をめざして－	1996.6	A4 6頁
125	酸性雨のはなし	1996.12	A4 8頁
126	第20回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち－	1996.12	A4 91頁
127	横浜市環境科学研究所報第21号	1997.3	A4 141頁
128	短期曝露用拡散型サンプラーを用いた環境大気中のNO、NO <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、NO <sub>2</sub> 及びSO <sub>2</sub> 濃度の測定方法（YERI METHOD - 1997-1）	1997.7	A4 頁
131	有害大気汚染物質の沿道実態調査報告書－環境庁委託報告書－	1997.3	A4 60頁
132	第21回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち・・・－	1998.1	A4 109頁
133	横浜市環境科学研究所報第22号	1998.3	A4 115頁
134	第22回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち・・・－	1999.1	A4 104頁
135	酸性雨に関する調査研究報告書（Ⅱ）－酸性雨による器物影響－(改訂版)	1998.12	A4 142頁
136	横浜市環境科学研究所報第23号	1999.3	A4 65頁
137	エコシティ研究報告書	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	地下水汚染に関する調査研究報告書－分解反応モデルを用いた評価－	2000.3	A4 98頁
141	第24回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち・・・－	2001.1	A4 112頁
142	横浜市環境科学研究所報第25号	2001.3	A4 110頁
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	2003.3	A4 50頁

◇ 編集後記 ◇

研究所発足以来、毎年刊行してきました所報もここに「第27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27号編集委員会

赤池繁

松島裕子

杉本実

平野耕一郎

鹿島教昭

二宮勝幸

小市佳延

坂井清

梅田てるみ

島村雅英

倉林輝世