

環境研資料

No. 158

ISSN 0918-5720

横浜市環境科学研究所報

第 32 号

ANNUAL REPORT OF
YOKOHAMA ENVIRONMENTAL SCIENCE
RESEARCH INSTITUTE
No.32

2008年3月

横浜市環境科学研究所

YOKOHAMA ENVIRONMENTAL SCIENCE RESEARCH INSTITUTE

ま え が き

横浜市は、「横浜市環境の保全及び創造に関する基本条例」を制定し、環境の保全及び創造のための基本理念を定めました。さらに、この条例に基づき、「横浜市環境管理計画」を策定し、環境の保全及び創造に関する施策を総合的かつ計画的に推進しています。

一方、私たちが生活する横浜市の環境問題は、工場・事業場に由来する産業型公害をはじめ、自動車公害などの都市・生活型公害、さらに、地球温暖化・オゾン層問題・酸性雨などの地球環境問題など、非常に多岐にわたっています。さらに、これらの種々の原因が絡み合い、私たちの生活に複雑な影響を与えています。これらの環境問題は、その原因が複雑多岐にわたるため、事業活動の規制や、私たちの生活の中での努力だけでは、解決できないものとなっています。

そこで、環境科学研究所は、環境の現状把握や対策技術の開発などの成果を環境行政に生かすことを目的に、調査研究・試験検査・環境監視・技術開発を進めています。

特に、従来から取り組んできた「公害（生活環境）対策」や、「自然環境の保全及び快適環境の創造」などの分野の調査研究に加えて、「省負荷型・循環型都市の形成」や「地球環境保全対策」などの分野の調査研究・技術開発も行っています。

本所報は、これらの調査研究・技術開発などの成果を取りまとめたものです。この所報が、皆さまの活動に活用され、環境に対する取り組みが進展すること祈念しております。

平成20年3月

横浜市環境科学研究所長

畑 澤 智

目 次

まえがき

I 業務報告編

業務報告	1
研究概要	3

II 調査研究編

報文

・ 横浜市内の気温観測調査 —2007年夏季の観測結果及び気温上昇と熱中症の関連性—	11
・ 横浜市GISを用いた地表面被覆マップの作成と気温観測値との関連性	15
・ 緑のカーテンの温度低減効果	22
・ 横浜市こども植物園における気温変動による植物開花日の経年変化	27
・ 横浜市内の湧水特性	33
・ 源流域水環境基礎調査結果（第二報）	40
・ 横浜市沿岸域における貧酸素化状況調査	46
・ 日本丸ドックにおけるカキによる水質浄化	56
・ 和泉川の魚類流程分布	62
・ 小雀公園の水域生態系 —公園管理のための基礎資料—	73
・ まち・生き物・自然が融合する環境づくりに関する研究（第二報）	79
・ 大気中アルデヒド測定における湿度影響について	92
・ 横浜市における酸性雨モニタリング調査 —2006、2007年の結果—	94
・ 鶴見川における農薬調査について（平成18年度）	98
・ 大岡川の水環境 —水質の経年変化および農薬の季節調査—	104
・ オリエンテーリングを利用した視覚障害者の歩行実験	112
・ 活性汚泥モデルの構築と活用について	120
・ 消化汚泥の燃料化技術への適用性について	130

III 資料編

人員及び組織	135
主要機器一覧表	135
学会等研究発表	137
雑誌等投稿	139
記者発表一覧	141
環境科学研究所発行資料目録	142
施設見学者等一覧	146
環境教室等講師派遣一覧	147
ふれあい環境学習塾（小中学生塾、社会人塾）	149

編集後記	150
------------	-----

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。

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に、今までの、大気や水質部門などの現象対応型組織から、ヒートアイランド対策研究や化学物質対策研究などの機能対応型組織とするため、研究調整、調査研究(基礎研究・プロジェクト研究)、試験検査などに組織を整備しました。

また、平成17年4月には、環境保全局、緑政局、下水道局の3局再編による環境創造局の発足に伴い、環境監視センター及び下水道技術開発担当を統合し機能を拡充しました。

2 試験検査業務

平成18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等に伴う検査を645検体、また事故・苦情に伴う検査を77検体実施したほか、一般環境大気中アスベストのモニタリング検査、建築物等のアスベスト含有量実態調査を277検体、合計999検体(*)の試験検査を実施しました。

*1検体あたり、複数の項目を分析

3 調査研究業務概要(平成18年度)

【地球温暖化・ヒートアイランド】

◇ヒートアイランドに関する研究

【地下水・水循環】

◇地下水・水循環に関する研究

◇横浜市内の湧水特性

【生物多様性】

◇生物生息状況モニタリング調査 一源流域水環境基礎調査一

◇生物生息状況モニタリング調査 一海域生物相調査一

◇横浜港の水質改善に関する研究

◇多自然型水・緑整備事業の環境への効果に関する研究

◇まち・生き物・自然が融合する環境づくりに関する研究

【大気環境】

◇酸性降下物の影響に関する研究

【有害化学物質】

◇環境ホルモン等に関する研究

◇化学物質環境実態調査

◇横浜市内におけるダイオキシン類モニタリング調査

【音環境】

◇過去のアナログの動画と音のデジタル化

◇振動評価のあり方に関する検討調査

【下水道技術開発】

◇水処理・汚泥処理に関する調査研究

◇資源・エネルギーの有効利用に関する調査研究

(各調査研究業務概要はP.3~10に記載)

4 啓発事業

4-1 第2回 こどもエコフォーラム

市内の児童生徒が自ら行った環境に関する調査や活動の報告などを発表する場を提供する「第2回こどもエコフォーラム」を開催しました。本事業は、児童生徒が日頃から良好な環境について考え、環境に対する豊かな感性と主体的に行動する実践的な資質能力を育む機会とすることを目的として、教育委員会小中学校教育課と共催で実施しています。

内容は、児童生徒から出された環境に関する小中学生の公募作品の発表(調査結果、活動報告、提言)や展示を中心とし、当研究所や環境NPO団体等のワークショップも実施しました。特に、今回は、アジアにおける環境教育「AWAREE」プロジェクトも参加し、ベトナム・カンボジアの環境教育報告を盛り込みました。また、「こどもエコフォーラム」のために新たにテーマ曲を作曲し、演奏を行いました。フォーラムに参加した児童生徒から歌詞の募集も行いました。

期日/平成19年2月24日(土)

会場/磯子公会堂

内容/作品発表(13編)、音楽演奏、

ワークショップ(11団体)

司会: ボランティア大学生

講評: 渡部允氏(ジャーナリスト)

参加者/570人

4-2 ふれあい環境学習塾

地球温暖化、ヒートアイランド、酸性雨など最近の環境問題やビオトープの活用について、小中学生や社会人・教師の方々を対象に実地見学や体験学習を中心としたシリーズ開催の「ふれあい環境学習塾」を開催しました。

(資料編 p.149 参照)

4-2-1 小中学生塾

対象/シリーズで参加できる小中学生

実施時期回数/夏休み、冬休み期間中などで3回開催

内容/①地球温暖化とヒートアイランド ②空気のよごれ ③川の野外観察・調査

参加者/57人

4-2-2 社会人・教師塾

対象/シリーズで参加できる市民・教師

実施時期回数/年間を通し3回開催

内容/①ヒートアイランド・地球環境問題 ②酸性雨

③学校ビオトープの活用

参加者/48人

4-3 「いたち川 生きもの観察会」

身近な川の環境について、調査や観察方法を体験しながら学んでいただく予定で設定しましたが、前日の台風

通過の影響で川の増水や濁流が生じ、中止となりました。

期日／平成 18 年 8 月 10 日(木) (中止)

場所／いたち川 (栄区日東橋付近)

内容／魚、川の虫、水質などの調査方法の体験学習

4-4 施設見学、環境教室等

環境月間(6月)の施設公開をはじめ、随時、学校や市民団体等の施設見学を受け入れ、研究業務の紹介を行っています。また、区役所・市民団体等からの依頼を受けて、環境教室や自然観察会への講師派遣も行っています。(資料編 p. 146~148 参照)

5 監視センター業務

監視センターでは、大気汚染及び水質汚濁等の環境測定を行っています。

5-1 オンラインシステムによる常時監視

大気汚染、水質汚濁について、一般環境及び発生源工場の常時監視を行っており、光化学スモッグ発生時などの緊急時措置を実施しています。

5-2 その他の環境測定(常時監視システムを補完)

二酸化窒素の環境濃度、有害大気汚染物質濃度、河川・海域・地下水の水質汚濁、道路交通騒音及び鉄道騒音・振動などの測定のほか、航空機騒音と放射線の連続測定を行っています。

調査研究名	ヒートアイランドに関する研究
分野	地球温暖化・ヒートアイランド
[目的]	<p>横浜市の気温上昇について解析した結果、年間の平均気温はこの100年間に2.6℃上昇し、そのうちの1.6℃はヒートアイランド現象によるものと考えられる。市街化の進んでいる地域は郊外に比べて相対的に気温が高く、これらの気温の上昇は、熱中症やストレスの増加などによる人への影響、植物の開花時期の早期化などの生態系へ影響を及ぼすことが懸念されている。</p> <p>そこで、ヒートアイランド対策の目的として、市民の生活環境に視点を置き、市民が健康で快適に夏を過ごせるよう「夏の暑さの緩和を図る」とともに、長期的な視点に立ち、ヒートアイランド現象による気温上昇をこれ以上進行させず、緩和させることにより、「市民が安らいでくらせる街づくり」を目指すための研究を行う。</p>
[方法]	<p>① 気温観測調査 市内60か所の小学校の百葉箱を活用して気温観測を行い、横浜市内の夏季（7、8月）の気温分布図を作成。</p> <p>② 「緑のカーテン」事業に伴う温度低減効果の観測 南区及び西区の小学校（5）、住宅（13）で赤外線カメラにより壁面と緑化部分の表面温度を観測。</p> <p>③ CFD（計算流体力学）シミュレーションを実施 中区日本大通り周辺（約200m×300m）の地域について、建物の有無、屋上緑化、壁面緑化、保水性舗装を行った場合について、CFDシミュレーションを実施。</p> <p>④ 散水前後の温度低減効果の調査 保土ヶ谷区和田町において、夏季に保水性道路に朝、昼、夕方にそれぞれ散水を行い、表面温度の時間変化について調査を実施。</p>
[結果]	<p>2006年の7、8月に実施した気温観測調査によれば、最高気温は都筑区で38.5℃が観測され、気温分布は中区、西区などの中心部と、港北区・都筑区などの北東部で気温が高くなる傾向がみられた。</p> <p>「緑のカーテン」を施工した場所の観測結果から、日の当たっている壁面と緑化部分の表面温度の差として最大で10℃程度の温度低減効果が観測され、また、緑のカーテンを設置する場合、緑化面積の大きい方が効果も大きかった。</p> <p>CFDシミュレーションの結果、風上に建物がある場合、その建物によって生じた乱れた風が後方まで持続すること、高層ビルの屋上緑化や壁面緑化は地上への影響は小さいことがわかった。</p> <p>保水性舗装の道路は、散水による効果は昼間の散水より夕方の散水の方が効果が持続する。</p>

調査研究名	地盤情報の集約と提供 持続可能な地下水利用に関する研究等
分野	地下水・水循環
[目的]	地盤地下水環境に関する情報を環境保全や災害対策等の公共事業に役立てるため、横浜市の地質や地盤構造、地下水に関する調査研究を行なう。
[方法]	<ul style="list-style-type: none"> ・横浜市の各種事業で行われた地盤調査結果の集約 ・地盤沈下、地下水位のモニタリング ・都市土壌の乾燥化を評価する手法の開発
[結果]	<p>平成18年度に実施された土質調査報告書を集約（委託件数：34件、柱状図本数：107本）し、整理した。土質調査データは市内等の依頼に基づき情報提供（件数：21件、柱状図本数：616本）を行った。</p> <p>持続可能な地下水利用の基礎的研究と境川、帷子川流域の水循環に関する文献調査を行なった。</p> <p>地盤沈下観測所（8箇所）、地下水位観測井（35箇所）のデータ回収および保守点検を行なった。</p> <p>横浜国立大学原田研究室と共同し、都市土壌の乾燥化を評価する手法の開発研究を開始した。</p> <p>インターネットによる柱状図提供について、世界測地系対応を行なった。</p>

調査研究名	横浜市内の湧水特性
分野	地下水・水循環
<p>[目的]</p> <p>「横浜市水と緑の基本計画(2007年1月)」では、推進施策として水循環の再生を掲げ、河川水量の確保のために、樹林地や農地の保全に加え貴重な湧水の保全をすすめ自然系水循環の回復を図ることとしている。2004年度から2006年度の3年間実施された横浜市内の湧水調査は、自然系水循環の回復を図る上で必要な基礎資料を収集するために行った。</p> <p>[方法]</p> <p>毎年地点を変え、各地点について夏と冬の2回づつ湧水量と水質調査を行った。調査を行った湧水点の総数は31地点であった。</p> <p>[結果]</p> <p>①湧水量はほとんどが、10～50L/minの範囲に入っていた。</p> <p>②湧水の水質を、横浜市の「水と緑の基本計画」で定めている源流域のBOD、糞便性大腸菌群数の達成目標と比較すると、ほとんどの湧水は目標を満足していた。</p> <p>③キーダイアグラムによる湧水特性を分析した結果、横浜の湧水は石灰岩地域に特有な典型的なCa-HCO₃タイプであり、HCO₃が多いことに着目すれば、降水起源と考えられた。</p> <p>④湧水点の存在位置と地形との関係を見ると、次の4分類に分けられた。①谷頭②斜面林③崖線(川)④崖線(海)である。地形分類で最も多かったのは、①の谷頭であった。谷頭は、多摩丘陵に位置する横浜の代表的地形である。湧水保全は谷戸等横浜らしい地形を残していくことであることが確認された。</p>	

調査研究名	源流域水環境基礎調査結果(第二報) —円海山—
分野	生物多様性
<p>[目的]</p> <p>源流域水環境基礎調査は、緑の7大拠点で行われた水環境調査及び生物生息状況調査で得られた結果を収集整理解析し、水環境や生物多様性の視点から見た源流域の保全再生施策や環境情報提供に活用する。</p> <p>[方法]</p> <p>①源流域周辺の水路河川の流量・水質調査を定期的に行った。</p> <p>②源流域の谷戸(水路)を中心とした動植物の生息状況を、ルートセンサス法や採取法等により、季節を変えて行った。</p> <p>[結果]</p> <p>2006年度に行った円海山周辺の源流域水環境基礎調査における水環境と生物生息状況の調査結果から以下のことが明らかになった。</p> <p>①月別の流量の変動は降雨量の変動に類似し、豊水期と渇水期が明瞭に示された。河川流量は流域面積に比例した。</p> <p>②湧水点に近い谷戸水路の水温は、年間を通じて安定していた。横浜市の「水と緑の基本計画」で定めているBOD、糞便性大腸菌群数の達成目標をほとんど全ての水路(河川)において満足していた。</p> <p>③生物多様性は、湿地・樹林・林縁・水辺等多様な環境から構成されていることが背景となっている。</p> <p>④過年度に行った源流域の調査結果との比較で、指標生物の出現種は共通するものと地域特性により異なるものが生息していることが判明した。</p>	

調査研究名	生物生息状況モニタリング調査 —海域生物相調査—
分 野	生物多様性
<p>[目的] 本市沿岸海域の生物相調査を3年に一回の頻度で実施し、生きものを指標とし水環境の評価を行う。 水質など水環境が変化するとそこに生息する生物の種類や個体数など生物多様性に変化が現れるので、生きものを指標としたモニタリングは水環境の評価に有効である。また、多くの市民の方々に身近な生物を通して水辺環境を理解して頂くことにより、環境活動への取り組みの推進に役立てることができる。</p> <p>[方法] 干潟・岸壁の生物相調査は、鶴見川河口、山下公園、堀割川河口、平潟湾および金沢湾の6地点で魚類、海岸動物、海藻・海草の3項目について5月と9月に行なった。魚類は投網や手網、小型地引網で採集した。海岸動物は30cm四方の枠内の生物を採集した。 内湾の生物相調査は、横浜港沖、根岸湾沖および金沢湾沖の3地点で、漁船を利用して魚類、プランクトン、底生生物の3項目について5月と9月に行なった。魚類は底引き網により採集し、底生生物は小型採泥器で採集した。</p> <p>[結果] 平成18年度は11回(33年)目の調査にあたる。今回の調査結果により、絶滅危惧Ⅱ類(VU)(国)に指定されているタチアママが野島公園前の海域に生息していることや外来種のチチュウカイミドリガニの繁殖の可能性などが新たに確認された。底生生物の結果からは、横浜港内、根岸湾奥などでは前回同様、貧酸素状態が見られ、底層に生活の場を持つ底生動物やカレイ、ハゼ科などの魚類にとっては、底質環境の改善が必要と思われた。 次に、生物指標による過去10年間の水質評価では、鶴見川河口では「汚れている」から「きれい」の範囲で変化していることや、金沢湾の野島公園前は「きれい」で安定していることなどが明らかになった。</p>	

調査研究名	横浜港の水質改善に関する研究
分 野	生物多様性
<p>[目的] 横浜市環境管理計画では、魚やさまざまな生き物がすめる川や海を目標に設定しており、横浜港港湾計画では、水環境の改善や海辺の自然の保全・再生を図ることを目標にしている。しかし、東京湾、横浜港は、富栄養化のため、毎年赤潮が発生し、また、平成16年8月には本牧、南本牧周辺水域に青潮が発生し、メバル、ウミタナゴなど魚貝類に被害が見られた。 本研究では、横浜市沿岸域で発生した青潮の原因についての調査と沿岸域の浄化手法について検討した。</p> <p>[方法] 市沿岸域で発生した青潮の原因を究明するために、6から8月に横浜港沖2地点、根岸湾沖2地点、金沢湾沖2地点の合計6地点における貧酸素状況について調査した。調査項目は上・中・下層のDOなどの水質、底質のCOD、酸化還元電位、底生生物などである。 沿岸域の浄化手法については、日本丸ドックの水質浄化メカニズムを把握するために、ドック内に水温、塩分センサを垂直、水平方向に数点設置し、約2週間連続計測した。</p> <p>[結果] 沿岸域の調査結果からは、横浜港沖、根岸湾沖で7、8月に貧酸素化が見られ、市沿岸域の水質・底質が青潮発生要因の一つになっていると考えられた。一方、湾口に近い金沢湾沖では貧酸素化は見られなかった。 沿岸域の浄化手法についての調査からは、ドックの底層近くにある2個の径700mm連結管がドック内とドック外の水交換に有効と思われた。日本丸ドックの構造は、横浜港内の岸辺に親水性の汐入池を作る場合の赤潮対策として参考になると考えられた。</p>	

調査研究名	多自然型水・緑整備事業の環境への効果に関する研究
分野	生物多様性
[目的]	
多自然型河川整備、自然共生型雨水調整池整備事業など、水・緑整備事業が数多く展開されているが、より効果的の事業とするために、事業により創造された環境について生物的に適切に評価を行い、新たな事業や効率的な管理に反映させることを目的とした。	
[方法]	
水辺整備が進んでいる和泉川の源流域から境川合流点までの全域を対象に、6地区の水環境、植物、鳥類、魚類、底生動物などの調査を行い、生物生息環境としての多自然河川整備の効果について検討した。	
[結果]	
和泉川では多自然整備による高水敷の形成、水際の多様性の回復、多様な水辺の整備、植生管理による環境の多様化が生物の生育、生息環境の改善に効果をあげていることが示された。多自然川づくりの自然環境としての達成点として、高水敷が陸上の動植物の生育・生息環境として活用されていること、高水敷が流下土砂の供給源となり、州・瀬など多様な微地形が水路内につくられていること、多様な低水護岸工法の採用により多孔質な水際や自然な淵など多様な微地形がつくられていること、多様な水辺の整備と植生管理による空間的・時間的な環境の多様化によって多くの動植物種が和泉川を利用していることがあげられた。また、多自然川づくりの自然環境としての課題として、低水護岸と直線的な低水路が水中及び水際の環境の多様化を妨げていること、乾燥した高水敷が多く湿地・止水域の環境が少ないこと、生き物のためのサンクチュアリ区間が明瞭でないこと、植栽種及び帰化種が導入されていること、高水護岸の間の空間で多様な環境をつくる必要があることなどがあげられた。	

調査研究名	環境共生都市に関する研究 「まち・生き物・自然が融合した環境づくりに関する研究」
分野	生物多様性
[目的]	
環境共生都市の実現へ向けた研究の一環として、市街地内における生物生息空間の「質」の向上、市街地への自然的環境の創造や多様な生き物の誘導に関する施策検討に寄与するため、平成17年度より本研究に着手した。	
平成18年度は、土地改変等の人為的行為が生物生息空間に与える質的影響について調査解析を行った。	
[方法]	
敷地内の一部に自然地形及び二次林を有する市街地内の公園緑地うち、造成等に伴う土地改変の程度が異なると考えられる5箇所を選定し、そこに生息する生き物の出現特性から、土地改変の程度が生物生息空間にどのような質的影響を及ぼすかについて解析を行った。	
[結果]	
<p>① 生物出現種数と残存する自然地の占める面積率の間には高い相関があり、土地改変の程度が高いほど、出現する生き物は少なくなる傾向があることが確認された。</p> <p>② 土地改変により影響を受ける質は、土環境と林床景観を含めた樹林構造であると想定された。これらの質は、いずれも生産分解に関わる自然の循環システムの中で密接な相互関係を構築しており、土地改変等の影響により循環システムのバランスを崩し、維持していけなくなることが懸念される。そのため、土地改変を極力抑制するとともに、樹林構造を良好な状態に維持していく工夫が必要である。</p> <p>③ 土地改変とは、造成、客土投入及び植物の移植・植栽、人の樹林内への頻繁な立入による表土逸出や表面硬化などの人為的行為が該当する。とくに植物の移植及び植栽は、「命の集合体」である土環境の機能や質を変化させ、出現種の偏向性など多くの種に影響を与えることが確認された。しかし、公園としての機能上、或いはデザイン上の観点から、植栽等の行為を一切排除することは不可能である。したがって、現地表土や地域種の採用を含め、バランスのとれた植栽計画に努める必要がある。</p>	

調査研究名 酸性降下物の影響に関する研究
分 野 大 気 環 境
<p>[目的] 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。加えて、2000年9月からは三宅島火山から酸性雨の主要な原因物質であるSO₂ガスが大量に放出され始め、nssSO₄²⁻沈着量が急激に増大し、強酸性降水（pH未滿の降水）が多発するなど大きな問題となっている。このため、横浜市環境科学研究所では、1984年から継続して酸性雨の監視及び被害の未然防止を目的として種々の影響調査を行ってきた。2006～2007年は酸性雨のモニタリング及び器物への影響を調べるため、屋外において金属試験板溶出試験を実施した。</p> <p>[方法]</p> <p>① 酸性雨のモニタリング：横浜市磯子で2006年1月～2007年12月の2年間、自動雨水採取装置により降水を採取し、pH及びnssSO₄²⁻、NO₃⁻、nssCl⁻の酸性雨原因物質、nssCa²⁺、NH₄⁺の中和物質等を分析した。</p> <p>② 器物影響調査：横浜市磯子で2006年1月～2007年12月の2年間、簡易雨水採取器に試験板（ブロンズ、銅、炭素鋼）を取り付け、1か月単位で降水を採取し、pH、酸性雨原因物質、中和物質、及び溶出金属（Cu、Pb、Zn、Fe）を測定した。</p> <p>[結果]</p> <p>① 酸性雨のモニタリング：2006～2007年の降水の年平均pHは初期1mmが4.20、一降水全量が4.72、nssSO₄²⁻、NO₃⁻、nssCl⁻、nssCa²⁺、NH₄⁺の年平均沈着量はそれぞれ71、39、3、22、52（meq/m²/年）であった。三宅島火山ガス放出以降（2000年）、nssSO₄²⁻沈着量の増加、pHの低下がみられているが、当該年も火山ガス放出前に比べ、nssSO₄²⁻沈着量の増加、pHの低下がみられており、依然として火山ガスの影響がうかがわれた。</p> <p>② 器物影響調査：当該期間は三宅島火山ガス放出後6～7年目に当たるが、火山ガス放出前1年間（1999年9月～2000年8月）に比べ、nssSO₄²⁻の年平均沈着量は約1.6倍多く、これに対応してブロンズ板からのCu、Pb、Znの溶出量、銅板からのCuの溶出量、炭素鋼板からのFeの溶出量も火山ガス放出前に比べ1.3～1.5倍多くなっていた。</p>

調査研究名 環境ホルモンおよび農薬に関する研究 －平成18年度環境ホルモン・モニタリング調査および大岡川農薬調査－
分 野 有害化学物質
<p>[目的] 市内河川における環境ホルモンと女性ホルモン類の濃度状況を把握するため、経口避妊薬の成分として使用されている合成女性ホルモンのエチニルエストラジオールを含む計8物質を対象に、平成18年度モニタリング調査を実施した。また、比較的多くの魚種が見られるようになってきた大岡川を対象に、魚の生息状況や死亡事故と水質の経年変化との関係を検討するとともに、農薬が魚類などに及ぼす影響の可能性について調べるため、農薬濃度の調査を実施した。</p> <p>[方法] 調査対象物質：①環境ホルモン：ノニルフェノール、17β-エストラジオール、エチニルエストラジオール等 ②水質：1976年度から2005年度までの公共用水域水質測定計画結果のBOD、TN、水温、pH等 農薬：ジクロロボス、フェニトロチオン、シマジン等の37物質 調査地点と時期：①環境ホルモン；市内主要河川の6地点、夏季と冬季の年2回 ②水質：大岡川の清水橋における1976年度から2005年度までの公共用水域水質測定計画結果 農薬：大岡川6地点、毎月2回（上旬と下旬）</p> <p>[結果] 環境ホルモン3物質（ノニルフェノール、オクチルフェノール、ビスフェノールA）はいずれも予測無影響濃度を下回っていた。天然女性ホルモン4種類は検出されたが、合成女性ホルモンは全地点で検出されなかった。 大岡川における水質の経年変化をみると、BODやTNなどは1984年ごろから減少し、逆にDOなどは増加してきている。このように、水質は改善されてきているが、魚の死亡事故件数は近年やや増加する傾向が認められた。それらの原因は不明な場合が多いが、河口・感潮域では貧酸素など一時的な水質の悪化が影響を及ぼしていると考えられた。なお、水温は年に0.09℃、NO₃-Nは0.03mg/Lの割合で増加してきている。 大岡川の農薬調査では、殺虫剤5種類、殺菌剤1種類、除草剤4種類の計10種類の農薬が検出された。50%以上の検出率を示した農薬は殺虫剤のDichlorvosとFenitrothion、および除草剤のDichlobenilとSimazineであり、いずれも田畑以外の非農耕地用にも使用されているものであった。これらの農薬はほぼ年間を通して検出されているが、全て基準値等を下回っていた。</p>

調査研究名	化学物質環境実態調査
分 野	有害化学物質
<p>[目的] 化学物質による環境リスクの低減を図るため、環境中における化学物質の残留実態を把握することを目的とする。</p> <p>[方法] 1 環境省委託化学物質環境実態調査 (1) 環境省の化学物質環境実態調査（委託調査）に参加し、横浜市内の水質・底質・生物・大気試料中の化学物質について調査を行った。 (2) 精度管理調査（環境省）に参加した。 (3) 化学物質の分析法の開発、検討を行った。 2 有害化学物質調査 鶴見川（亀の子橋、千代橋、都橋、寺家、田奈）にて、農薬の調査を行った。</p> <p>[結果] 1 環境省委託化学物質環境実態調査 横浜市の水質、底質、生物（ムラサキイガイ）、大気試料中のPCB、DDT類、クロルデン類等の濃度は、ほぼ昨年度と同じレベルであり、依然として環境中に残存していることが認められた。また、チオベンカルブ、メフェナセット、Z及びE-ピリミノバックメチルに関して、分析精度の確認を行った。更に、分析法の開発では、水中のチオメトン（殺虫剤）の分析法を確立した。 2 有害化学物質調査 鶴見川から、除草剤11種類、殺菌剤5種類、殺虫剤8種類が検出された。公共用水域等における基準値、指針値が設定されている農薬について、基準値、指針値を超えるものは認められなかった。</p>	

調査研究名	横浜市内におけるダイオキシン類モニタリング調査
分 野	有害化学物質
<p>[目的] 「ダイオキシン類対策特別措置法」に基づき、市内の測定地点でダイオキシン類モニタリング調査を実施する。</p> <p>[方法] ①一般大気環境のモニタリング調査：平成18年度調査は、市内18地点（全区）において、平成18年5月、8月、11月及び平成19年1～2月の4季節、それぞれ7日間連続で、環境大気試料を採取した。 ②河川・海域の底質のモニタリング調査：公共用水域の水質測定計画に基づく市内の各河川・海域の調査地点において、平成18年8月に海域6地点、9月に河川6地点で底質の試料採取を行った。</p> <p>[結果] ①一般大気環境：市内18地点の年平均値は、0.029～0.065pg-TEQ/m³の範囲で、すべての地点で環境基準（0.6 pg-TEQ/m³）を大きく下回っていた。市内全地点の平均値は0.041 pg-TEQ/m³で、昨年度（0.061pg-TEQ/m³）を下回った。 ②河川・海域の底質：河川底質の測定値は2.4～23 pg-TEQ/g-dryの範囲で、全地点の平均値は10 pg-TEQ/g-dryであった。また、海域底質の測定値は4.1～42 pg-TEQ/g-dryの範囲で、全地点の平均値は21 pg-TEQ/g-dryであった。河川及び海域ともに、すべての地点で環境基準値（150 pg-TEQ/g-dry）を大きく下回っていた。</p>	

調査研究名	<p>1. 過去のアナログの動画と音のデジタル化(研究所ホームページ用)</p> <p>2. 振動評価のあり方に関する検討調査</p>
分 野	音環境に関する研究
1	<p>[目的] 主にH2年末～3年度にかけ、横浜サウンドコレクションと称して本市内約30箇所の特徴有る音環境を録画・録音し、これを基にH7年、「横浜音風景」なるCDを発売した。これらを当研究所のHPに掲載する為に、アナログデータを全てデジタル化する。</p> <p>[方法] VHS、8mmの動画をMPEG2形式としてカセットの音をWAVE形式として、CDまたはDVDに納めた。</p>
2	<p>[目的] 環境省は、振動苦情の増大、苦情は存するが振動レベルは基準内という大いなる矛盾、及び外国の動向を考慮し、H16年から5年計画で振動評価のあり方について(社)日本騒音制御工学会に委託し、新しい評価法と振動レベルの参考値作成の為に、委員会を設けた(当研究所職員が一委員)。H18年度は過去の結果を踏まえ、自治体職員が使用可能となる家屋内振動の測定マニュアルの基礎的案を作成する</p> <p>[方法] 振動源を工場・事業場、建設作業、道路交通、鉄道に分け、H16からH18の地方自治体調査結果(環境省の地方委託費による)を基礎として、かつ極力統一的なマニュアル案とする。</p> <p>[結果] 振動源からの距離減衰を40m程度まで最多5点で同時に、また被害家屋内振動測定では最多、次の5点で同時に測定する事とした。振動源側の敷地(官民)境界、被害家屋近傍地盤、同基礎、家屋内の振動の著しい箇所。</p>

調査研究名	水処理・汚泥処理に関する調査研究
分 野	下水道技術開発
1	<p>[目的] 市民生活を豊かにする快適な水環境の保全のための処理水質の向上や効率的・効果的な処理方法の確立に向けて、水処理や汚泥処理に関する研究などを行っている。 現在は主に、下水道処理水の放流先である公共水域の水質改善を目的とした高度処理について、処理方法の効率化に関する研究を行っている。</p> <p>[方法] 下水高度処理の処理水質をシミュレーションするソフトウェアである活性汚泥モデル(ASM)を稼働済みの高度処理施設(神奈川WTP、北一WTP、港北WTP北系、南系)を対象に構築し、季節変動や雨天時の流入水に対する処理水質の再現性を確認した。また、焼却に代わる新しい汚泥の処理方式としての燃料化に関してメーカーヒアリングを行い、適用性に関する調査を行った。</p> <p>[結果] 活性汚泥モデルの構築により、これまで進めてきた高度処理法の効率化に関する研究成果である、窒素除去向上や雨天時のリン除去を安定化させるための運転方法についてのシミュレーションが可能となるとともに、既存施設の運転方法の改善などにも活用できた。 また、新しい汚泥処理方法として、汚泥を石炭の代替品とするような燃料化技術(炭化(中温・低温)、油温減圧乾燥)などに関する調査を行った。</p>

調査研究名	資源・エネルギーの有効利用に関する調査研究
分 野	下水道技術開発
[目的]	<p>下水道、特に汚泥の処理過程からはメタンを主成分とした消化ガスや汚泥焼却灰が発生する。これらを、資源やエネルギーとして有効利用することにより資源循環型社会の形成に寄与する研究・開発を行っている。</p> <p>現在は主に、焼却灰の有効利用を安定的に進めるため、有害重金属の溶出防止技術や焼却灰を利用したリサイクル製品の開発を行うとともに、消化ガスの精製や精製した高品位ガスの有効利用に関する研究を行っている。</p>
[方法]	<p>本研究については、主に民間企業との共同研究により研究・開発を行っており、民間企業の持つ技術と本市のノウハウを融合させて開発を進めており、試料提供によるリサイクル製品の試作や、実験プラントによる技術の確認、実証試験などを行っている。</p>
[結果]	<p>焼却灰の資源化については、焼却灰中に含まれる重金属の溶出防止技術について検討を行うとともに、新たな資材としての利用を図るため、横浜版S B I Rのスキームを利用し、人工ゼオライトの開発及び高分子系焼却灰を利用した改良土に関する検討を行った。</p> <p>また、消化ガスの効率的利用については、精製した消化ガスの事業性について検討を行い、場外利用における事業性について一定の成果が得られた。</p>

横浜市内の気温観測調査

—2007 年夏季の観測結果及び気温上昇と熱中症の関連性—

佐俣満夫、白砂裕一郎、井上友博、福田亜佐子、下村光一郎（横浜市環境科学研究所）

Results of atmospheric temperature in summer at 2007 year on Yokohama city and Relationship of heatstroke with atmospheric temperature

Mistuo Samata, Yuitirou Shirasuna, Tomohiro Inoue, Asako Fukuda,
Kouitirou Shimomura
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：ヒートアイランド、気温分布、猛暑日、熱中症

要旨

横浜市内 68 地点の 2007 年夏期（7～8 月）の気温観測結果を用いて、横浜市内の夏季の平均気温分布、熱帯夜日数分布、真夏日日数分布、猛暑日日数分布を作成した結果、ヒートアイランド現象として都心部と北東部で高温となる 2006 年同様のパターンが得られた。2007 年の真夏日の最小日数が 2006 年に比べ大幅に増えていることから、8 月中旬は全市的に真夏日が続いたと推測された。また、各区における平均気温と熱中症の搬送者数との比較によれば気温が高くなるほど搬送者数も増えると推測された。さらに、市内における熱中症発生が急増した 2007 年 8 月 16 日の午後 2 時に市内全域で真夏日を記録しており、特に市内北東部では 37℃を超える猛暑であったことが分かった。

1. はじめに

大都市における熱環境の調査研究は、地球温暖化による気温上昇や大都市特有の問題であるヒートアイランド現象の解明とともに、その対策の立案などの基礎資料となることから、その進展が期待されている¹⁾。

横浜市環境科学研究所では、2002 年から市内に気温観測網の整備を進め、2007 年には市内 68 地点において気温等の観測を行った。これらの観測結果を用いて、2007 年の夏季（7、8 月）のヒートアイランドの状況を解析したので報告する。

一方、夏季の気温上昇に伴う、熱中症患者の発生の増加傾向が懸念されている。当研究所でも猛暑日の出現と熱中症発生との間の関連性について調査を行っている²⁾が、2007 年 8 月中旬には熱中症搬送者の急激な増加が報告さ

れていることから、この時期における熱中症患者の搬送数と気温分布について検討を行ったので、合わせて報告する。

2. 観測方法

横浜市内の小学校の百葉箱内にデータロガー付サーミスタ温湿度計（日置電機製 3641 またはタスコジャパン製 TMS70UR のいずれか）を設置した。気温観測地点は 2006 年では 66 地点であったが、2007 年には臨海部からの熱の移流状況の詳細を観測するため神奈川区に観測点を増設し 68 地点とした。68 地点の測定点の位置を図-1 に示す。なお、2007 年から各測定点でアスマン式温湿度計での機器校正法を採用することにより、解析には全 68 地点でのデータを用いることができた。観測は 1 時間毎の瞬間値の気温、湿度をロガーに蓄積し、数ヶ月に 1 回データの回収を行っ

表-1 2007 年及び 2008 年の観測結果の比較

	2007 年	2008 年
平均気温	(最大) 27.4℃ (最小) 25.5℃	(最大) 26.9℃ (最小) 25.2℃
熱帯夜日数	(最大) 27日 (最小) 5日	(最大) 28日 (最小) 7日
真夏日日数	(最大) 41日 (最小) 17日	(最大) 37日 (最小) 25日
猛暑日日数	(最大) 10日 (最小) 0日	(最大) 10日 (最小) 0日
最高気温	38.5℃	38.9℃

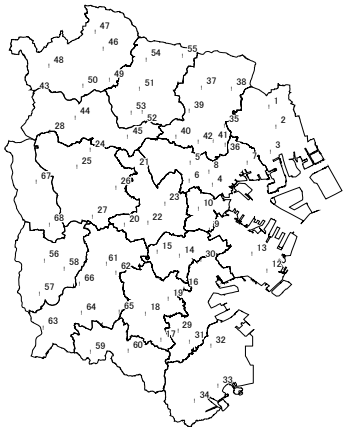


図-1 気温観測地点の位置（市内 68 地点）

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

3. 結果と考察

3-1 2007 年夏季の気温状況

2007 年夏季の気象状況は 2006 年の夏季と同様に梅雨明けが遅れ、本格的な夏日となったのは 8 月初旬からであった。8 月中旬は高気圧の張り出しによる晴天日が続き、その期間は比較的暑い夏となったが、8 月下旬には雨天日が多く見られた。

そこで 2006 年と 2007 年の夏期（7～8 月）での平均気温、熱帯夜日数、真夏日日数、猛暑日日数及び最高気温の比較を表-1 に示す。2007 年は熱帯夜日数や平均気温は平年並みであった。しかし真夏日日数を比較してみると最大日数は 2006 年に比べ若干少なかったが、最小日数は 2006 年の 17 日から 2007 年では 25 日に増えている。これは 8 月中旬に続いた晴天日による真夏日の出現が局地的なものではなく、全市域にまたがった広域的なものであったことを窺わせた。最高気温は、全国的に高気圧の張り出した晴天日の 2007 年 8 月 11 日に都筑区で 38.9℃ が観測された。

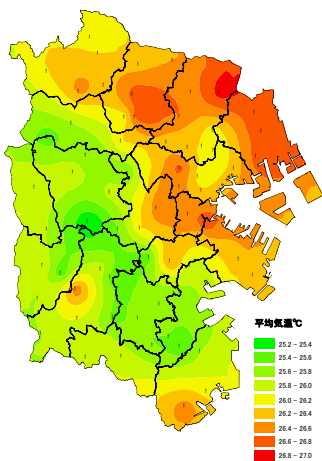


図-2 平均気温分布

3-2 平均気温分布

平均気温は港北区で最も高い 26.9℃、旭区で最も低い 25.2℃を観測し、観測地点間で最大 1.7℃の差がみられた。平均気温分布を図-2 に示すが、平均気温分布の傾向としては 2006 年と同様に中心部（西区、中区など）と北東部（港北区、鶴見区など）に高温域がみられ、円海山、三保、新治といった大規模な緑地がある地域で低温となる傾向がみられた。2006 年と比べると臨海部より北東部の方が高温となる傾向がみられた。このパターンは観測体制の整った 2003 年頃から同じ傾向となっている。

3-3 熱帯夜日数分布

熱帯夜日数は北東部の港北区で最も多い 28 日、緑地に隣接した緑地で最も少ない 7 日を観測し、観測地点間で最大 21 日の差がみられた。熱帯夜日数分布を図-3 に示す。熱帯夜は 2006 年と同様に臨海部に多く現れるパターンを示した。

3-4 真夏日日数分布

真夏日の出現日数は都筑区で最も多い 37 日、磯子区と港南区で最も少ない 25 日を観測し、観測地点間で最大 12 日の差がみられた。この真夏日の最小日数が大きいことと、地点間の差が小さいことから、2007 年の 8 月に真夏日が出現した日は、その出現範囲が広域に及んだものと推測された。真夏日日数分布を図-4 に示す。2006 年の真夏日は臨海部にも多い地域がみられたが、2007 年の真夏日の多い地域は港北区、都筑区、青葉区などの北東内陸部に広く分布している。これは、夏季日中の東京湾からの風の吹き込みが平年より強く、臨海部で発生した温気流を内陸深くまで運んだためと推測された。

3-5 猛暑日日数分布

猛暑日日数分布を図-5 に示す。猛暑日は本市北東部で多く観測され、鶴見区と都筑区で最も多い 10 日を観測した。猛暑日の出現する地域は真夏日の集中した地域にみられるが、2007 年の猛暑日の出現には東京湾からの風の影響も大

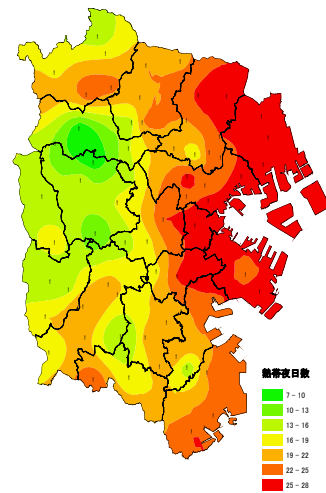


図-3 熱帯夜日数分布

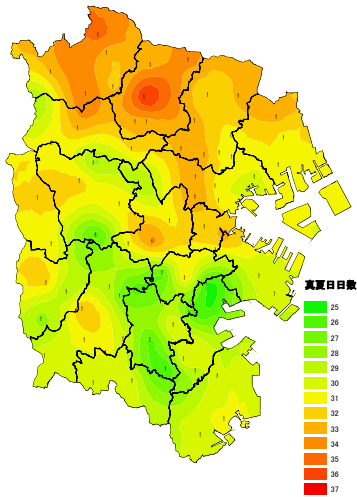


図-4 真夏日日数分布

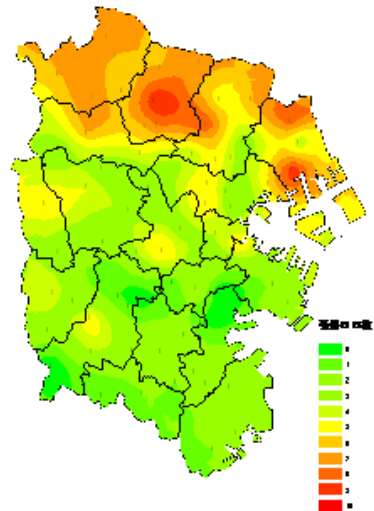


図-5 猛暑日日数分布

きいものと推測された。

4. 横浜市内の気温と熱中症の傾向

4-1 横浜市内の熱中症患者の発生状況

横浜市内の熱中症の搬送者数は、本市安全管理局の熱中症患者搬送データによれば、2005年で253名、2006年で226名、2007年で398名となっている。その内重症者数は2006年以前は10名前後であったが、2007年には20名となっている。即ち、2007年はその2006年に比べて熱中症搬送者数も重症者数もともに2倍近く増加した。

4-2 市内18区の熱中症搬送者数の分布

2007年における市内18区の熱中症搬送者数の分布を図-6に示す。都筑区を除く鶴見区から青葉区にかけての北東部で熱中症搬送者数が多いことがわかる。また、2007年での各区の熱中症搬送者数と各区での平均気温（7、8月）の相関図を図-7に示す。気温が高くなるほど熱中症搬送者数も多くなる傾向は図-7より読み取れる。なお、各区の平均気温は1区内にある測定点のデータを平均して求めた。熱中症搬送者数は各区の面積、人口、年齢層、職業分

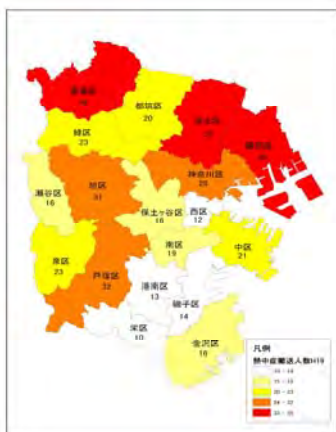


図-6 横浜市内各区分別の熱中症搬送者数（2007年）

布、輻射熱等も関係すると考えられ^{2, 5)}、相関係数は0.42とかならずしも高くはない。これらの結果と図-4、5とを比較すると、真夏日や猛暑日の多い地域ほど熱中症搬送者数も多くなる傾向が推定された。

4-3 熱中症搬送者数が急激な増加傾向にあった日の気温分布の特徴

熱中症による搬送者は5～9月の期間でみられるが、最も搬送者が多いのは8月である。そこで、2005～2007年の3カ年の8月の市内の熱中症搬送者数を図-8に示す。2007年は過去2年間に比べて多く、しかも8月中旬に集中している。これは3-1で述べた8月中旬に真夏日が多かったことと一致している。また、2007年は、8月14日ごろから熱中症搬送者数は増加し、8月16日は39名、8月17日は48名に達した。この週における急激な増加傾向は広く関東地方一円の都市でもみられたことが報告されている⁴⁾。そこで、8月17日の日中の気温分布をみると、午後から猛暑が和らぎはじめ、翌日の搬送者は急激に減少したため、8月17日は除き、安定していた2007年8月16日午後2:00の横浜市内の気温分布を図-9に示す。当日は横浜気象台で最高気温35.6℃が記録されている。図-9の気

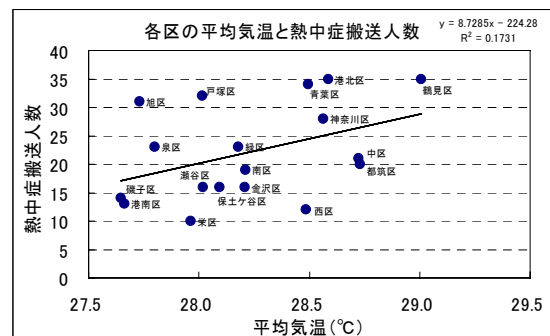


図-7 各区の平均気温と熱中症搬送者数の相関図

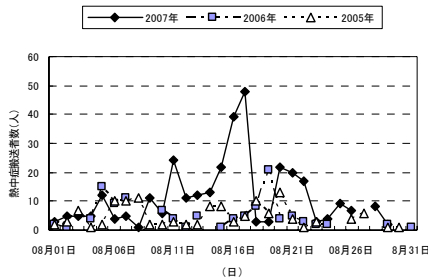


図-8 8月での熱中症搬送者数の経日変化
(2005～2007年)

温分布は真夏日日数分布(図-4)に近く、気温は33～38℃に分布しており、当日の午後2:00には横浜市全域で真夏日以上になっていた。図-9を区別にみると、比較的気温の低かった(33～35℃)区は栄区、港南区のほぼ全域と磯子区、戸塚区、泉区、金沢区の一部で、本市の南部地域に集中していたが、その他の区は35℃以上の猛暑日となっていた。特に、鶴見区から青葉区にかけての本市の北東部では37℃以上の猛暑であった。

このように、熱中症搬送者数が急激に増加した気象条件としては、日本列島規模での太平洋高気圧の張り出しが主要原因と考えられるが、それに加えて、各地でのヒートアイランドなどの温暖化現象がさらに作用した結果と考えられた。

5. おわりに

2007年夏期(7～8月)に観測した68地点の気温観測結果を用いて平均気温、熱帯夜、真夏日、猛暑日などの解析を行った。また、各区での熱中症搬送者数と平均気温の相関を調査し、さらに、熱中症搬送者数が急激な増加傾向にあった2007年8月16日の午後2時の気温分布の特徴を

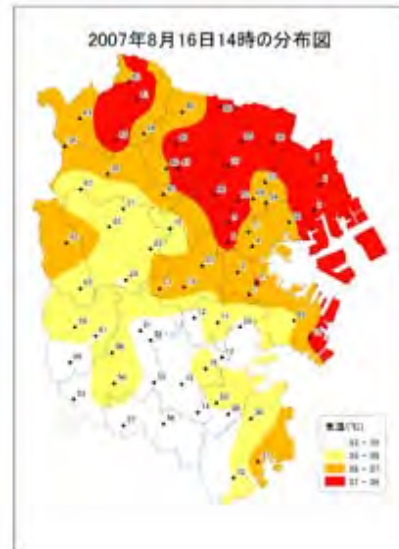


図-9 2007年8月16日午後2時での気温分布
(33～35℃の真夏日、猛暑日(35～36℃、36～37℃、37℃以上)に分類)

考察した結果、以下の知見が得られた。

- 1) 2007年夏季の平均気温分布、熱帯夜日数分布は、概ね2006年と同様であったが、真夏日日数の最小日数が大幅に増えており、特に、8月中旬は全市的に真夏日となったと考えられた。
- 2) 猛暑日日数は最大10日であり、2006年と同様であった。
- 3) 区別の熱中症搬送者数と平均気温の相関から、相関係数(=0.42)は小さかったが、気温が高いほど熱中症搬送者数も多くなる傾向が推測された。
- 4) 熱中症搬送者数が急激な増加傾向にあった2007年8月16日の午後2時の気温分布の特徴として、同時間帯は市域全域で真夏日を越えており、特に、本市の北東部では37℃以上の猛暑であった。

「参考文献」

- 1) 横浜市環境創造局：横浜市ヒートアイランド対策取組方針(2006年3月)
- 2) 倉林輝世、福田亜佐子：横浜市域におけるヒートアイランド現象が及ぼす熱中症や動植物への影響、横浜市環境科学研究所報、29,92-96(2005)
- 3) 佐俣満夫、白砂裕一郎、井上友博、下村光一郎：横浜市内の気温観測、同上、31,11-16(2007)
- 4) 国立環境研究所ホームページ：全国熱中症情報(2007年夏期)
- 5) 環境省：平成16年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書、1-13、平成17年3月

横浜市 GIS を用いた地表面被覆マップの作成と気温観測値との関連性

福田 亜佐子、佐俣 満夫、井上 友博
(横浜市環境科学研究所)

A study of making land cover map using Yokohama city GIS and the relevance between the observed temperature

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

キーワード：対策可能面積、地表面被覆、GIS、気温

要旨

横浜市におけるヒートアイランド対策可能地域を分類するため、横浜市 GIS を用いて横浜市全域を対象に地表面被覆マップを作成し、「建物」、「裸地及び舗装」を対策可能、「水面」、「樹林地」、「農地」、「草地」を対策済みとして分類した。市全域の対策可能面積は、68%で、「裸地及び舗装」が最も多かった。

行政区別の対策可能面積率を見てみると、鶴見区、西区、中区、南区などの臨海部の都市化の著しい区は対策可能面積率 83~85%と高く、大規模な緑地のある市域の西部の緑区、瀬谷区、泉区、青葉区などは 55~65%と低い値となった。

また、対策面積とヒートアイランド現象の関係を見るため、対策可能面積率と気温観測値の相関を検討したところ、真夏日日数では相関の有意性は認められなかったものの、熱帯夜日数では、正の相関が見られた。熱帯夜日数と対策可能面積率の関係から地域分類を行い、行政区を「集中対策地域」と「緑地保全地域」に分類した。更に、「集中対策地域」については、熱帯夜日数を 1 割削減するために必要な対策可能面積を算出し、算出した面積を対策目標値に設定した。

1 はじめに

近年、大都市におけるヒートアイランド現象は熱汚染という深刻な環境問題として認識されており、国を初め、大都市の自治体でその対策の取り組みが始められている。既往の調査¹⁾により、横浜市においてもヒートアイランド現象が観測されており、平成 18 年 3 月に「ヒートアイランド対策取り組み方針」(以下、「取り組み方針」という。)を策定し、熱帯夜日数を指標とした目標を掲げた取り組みを進めている。更に現在、取り組み方針の目標を達成するための具体的な行動計画である「ヒートアイランド対策アクションプラン」作成に向けての検討が進められているところである。

取り組み方針においては、横浜市版熱環境マップ(図 1)を作成し、500m メッシュ単位で気温分布(都市気候予測モデル UCSS のシミュレーション結果による)、地表面の被覆状況、人工排熱、天空率などの地域因子を整理し、因子による地域類型化を行い、ヒートアイランド対策を重点的に行っていく重点推進地域を選定した²⁾。広域の対策などを考える上では、重点推進地域のようにメッシュ毎に地域因子を評価して、同様な傾向を持つまとまった地域を抽出する手法が有効である。しかし、行政の施策を実際に実行に移していく段階においては、行政区別に評価して、対策目標や対策メニューを提案していくことが有効と考えられる。

このため、本研究では、アクションプラン作成のための基礎資料として、行政区別に地表面被覆データを作成

し、土地利用種別毎の割合を算出し、ヒートアイランドの対策可能面積と対策済み面積を計算した。また、作成した行政区別の対策可能面積と既調査¹⁾による気温観測値との関係性について検討し、熱帯夜日数を指標として行政区を分類した。

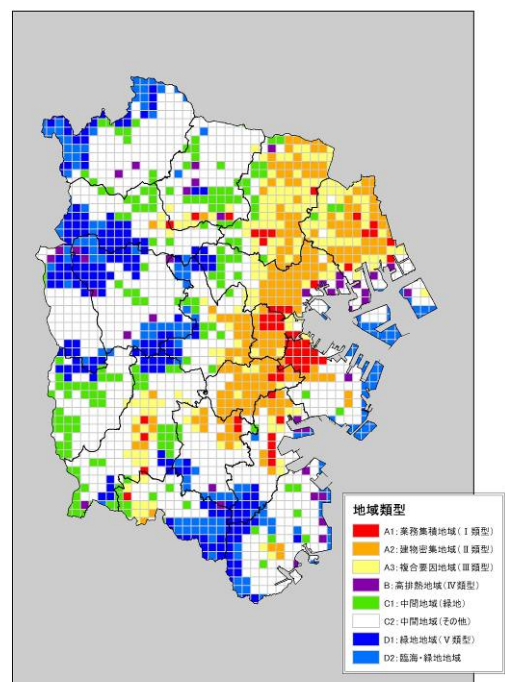


図 1 熱環境マップ

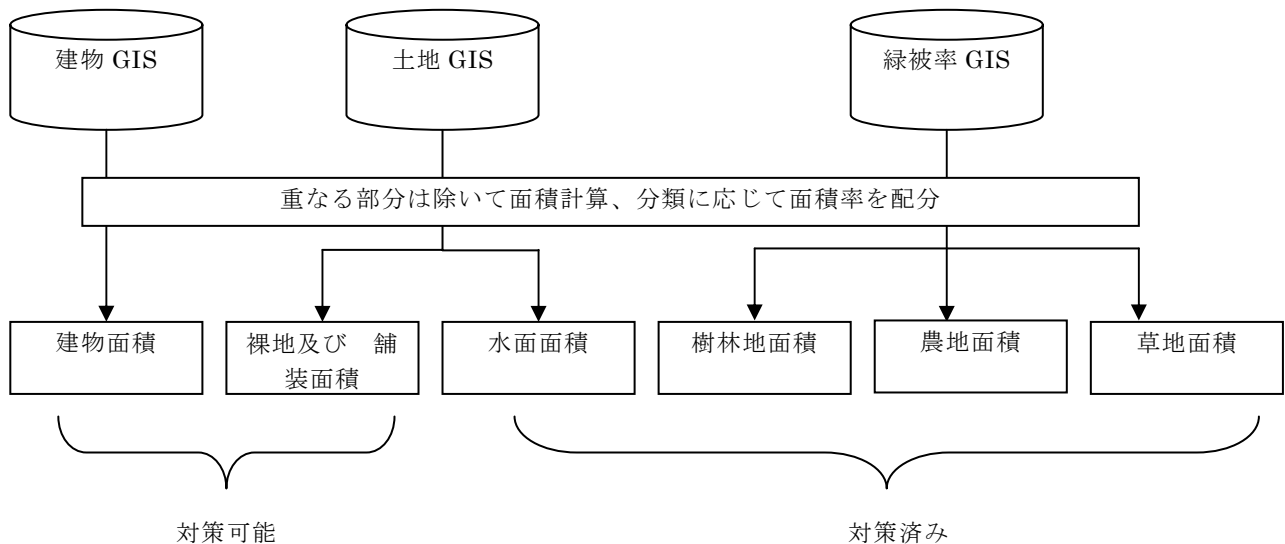


図2 地表面被覆面積データ作成イメージ

2 対象データと解析方法

2-1 地表面被覆データの作成方法

横浜市 GIS を用いて横浜市全域を対象に地表面被覆マップを作成した。作成には、横浜市都市基礎調査 GIS データの土地利用現況³⁾ (以下、「土地 GIS」という。) 及び建物現況⁴⁾ (以下、「建物 GIS」という。)、横浜市緑被率 GIS データ⁵⁾ (以下、「緑被率 GIS」という。) を用いた。

地表面被覆データの分類は、「建物」、「水面」、「裸地及び舗装」、「樹林地」、「農地」、「草地」の6種類に区分した。「建物」は建物 GIS より、「水面」と「裸地及び舗装」は土地 GIS より、「樹林地」と「農地」と「草地」を緑被率 GIS より作成した。

なお、それぞれの GIS データは単独で作成されているため、ポリゴン型データが重なっている部分がある。そこで、分類ごとの面積を算出するため、重なっている部分は除く処理をして面積計算を行った。

緑地面積(「樹林地」、「農地」、「草地」)は、緑被率 GIS のポリゴンデータの面積を使用した。「建物面積」は、建物 GIS のポリゴンデータからそれと重なる緑被率 GIS のポリゴンデータを除いて、面積計算を行った。「水面面積」は、土地 GIS の中から土地利用種別が「河川」、「水路」、「水面」であるポリゴンデータを抽出し、それと重なる緑被率 GIS のポリゴンデータを除いて面積計算を行った。「裸地及び舗装面積」は、土地 GIS の中から土地利用種別が「河川」、「水路」、「水面」以外のものを抽出し、それと重なる緑被率 GIS のポリゴンデータを除いて、次に重なる建物 GIS のポリゴンデータを除いて面積計算を行った。面積データ作成のイメージを、図2に示す。

2-2 地表面被覆データの分類

2-1 で作成した地表面被覆データのうち、ヒートアイランド現象を低減させる効果を持つ水面面積や緑地面積をヒートアイランド対策がすでに済んでいる面積として、対策済み面積に分類し、これ以外のものをこれからヒ-

ートアイランド対策が可能であるものとして対策可能面積に分類した。分類した結果を表1に示す。

表1 地表面被覆データの分類

対策の可能性	分類
対策済み	水面面積
	樹林地
	農地面積
	草地面積
対策可能	建物面積
	裸地及び舗装面積

3 結果及び考察

3-1 集計結果

3-1-1 横浜市域全体の地表面被覆状況

市域全体の地表面被覆状況及び対策可能面積を図3に示す。市域全体での対策済み面積は32%であった。対策済み面積の中で最も多いのは樹林地で18%、ついで農地が7%であった。横浜市全域で見ると、まだ緑地の多く残る地域もあり、ある程度の対策済み面積が確保されている。対策可能面積は68%で、そのうち裸地及び舗装面積が7割以上を占めている。ここで言う裸地及び舗装面積には、道路や鉄道だけでなく、宅地の中にある建物以外の舗装面も含まれる。

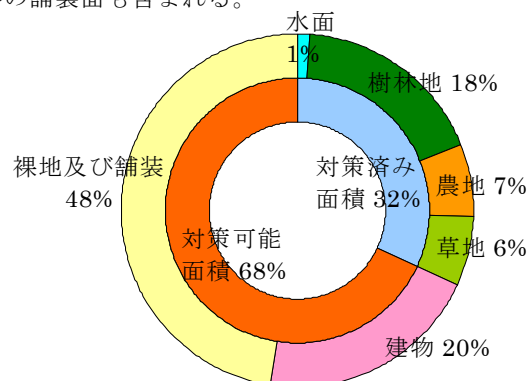


図3 横浜市全域の地表面被覆状況

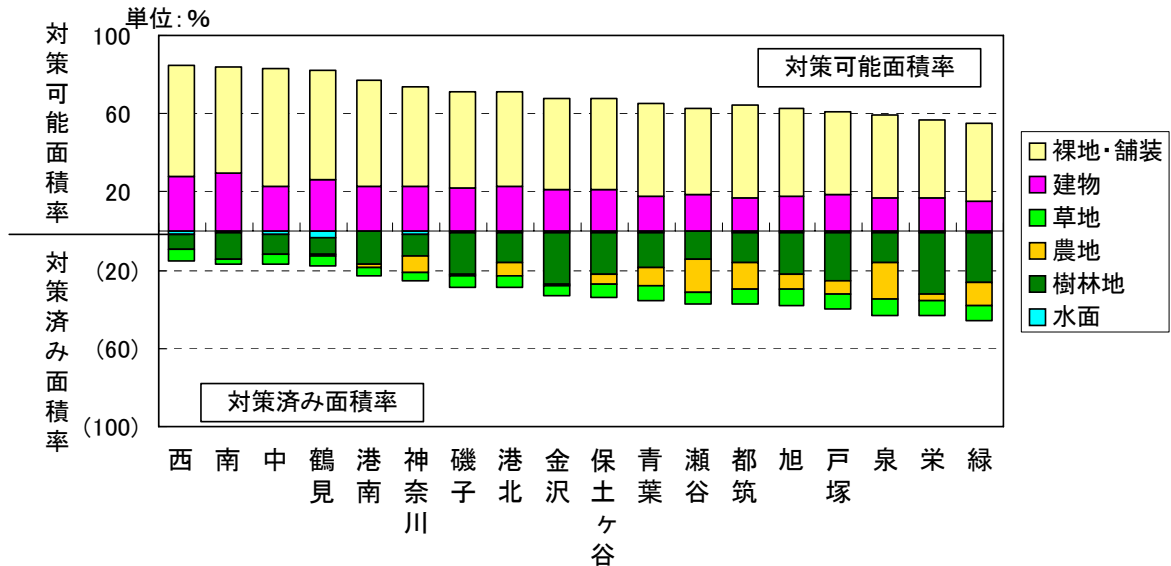


図4 土地利用種別ごとの割合

3-1-2 土地利用種別ごとの割合

各区の地表面被覆データを土地利用種別ごとに図4に示す。図中の各区の順番は、左から対策可能面積率が高い順となっている。対策可能面積率が最も高いのは、著しく都市化の進んでいる西区で85%であった。同様に都市化の進んでいる南区、中区、鶴見区なども高い値となっている。

土地利用種別ごとに見ると、裸地及び舗装面積率が最も高いのは中区で60%、建物面積率が最も高いのは南区で30%であった。対策可能面積の中に占める建物面積の割合を見ると、ほとんどの区で約3割程度(南区のみ約4割)と土地利用種別による違いはあまりみられなかった。一方、対策済み面積を土地利用種別ごとに見ると、瀬谷区、都筑区、泉区は農地が多く、区によって土地利用種別の特徴が見られた。

3-2 各区の地表面被覆状況

市民に分かりやすい情報を提供する目的で、地表面被覆マップを行政区別に作成した。全ての区のマップを統合したものを図5上に示す。また、都市化の著しい区の代表として、西区のマップを図5左下、緑地地域の代表として緑区のマップを図5右下に示す。

全ての区について同様のマップを作成した。

3-3 対策可能面積率と気温観測値の相関

3-3-1 真夏日日数及び熱帯夜日数との相関

横浜市内の気温観測値と対策可能面積率との関係を調べた。気温観測は、既報¹⁾にあるように、2003年度より市内14箇所を調査を開始し、現在では横浜市内68箇所の気温観測網を整備している。なお、観測地点は、市内を2.5kmメッシュに区切り、概ねメッシュ毎に1地点となるように設置した。気温観測の結果、横浜市内においても都市部と郊外部に明らかな気温差があり、ヒートアイランド現象が起きていることが確認されている。また、日中と夜間では分布状況に違いがあり、日中は風による影響を受けて高温地域が北西地域に移動していると考えられている。夜間は、風が弱まるため熱の発生源

である臨海部が高温化すると考えられる。

そこで、気温観測値より昼間の気温分布傾向を表す真夏日日数と夜間の気温分布傾向を表す熱帯夜日数について算出し、対策可能面積率との相関を調べた。気温観測値から、2007年夏期(8月)のデータを使用し、行政区別の真夏日日数および熱帯夜日数のそれぞれの平均値を算出した。

対策可能面積率と気温観測値の関係を図6に示す。熱帯夜日数は正の相関が見られ、 $r=0.776$ と相関係数の値も大きい。それに対して真夏日日数の場合、傾きも低く、 $r=0.112$ と相関係数の値も低くなっている。相関係数の無相関検定を行った結果、熱帯夜日数は有意水準0.1%以下で有意性が認められたが、真夏日日数に有意性は認められなかった。平均気温についても検討したが、相関の有意性は認められなかった。真夏日日数や平均気温で相関が低いのは、地表面被覆以外にも昼間に吹く風などが大きく影響しているためと考えられる。

この結果より、地表面被覆状況の気温に与える影響は、昼間より夜の弱い夜間に顕著に表れると考えられる。東京都のGISデータを使用した都市構造と気温観測値の検討においても同様の傾向が見られている⁶⁾。

したがって、ヒートアイランド対策としては、夜間の気温を下げることを指標として、対策を推進していくことが有効と考えられる。また、昼間については、全体の気温を下げるための対策よりも、街の中に人が涼しく感じる空間(クールスポット)を増やしていくような対策が考えられる。

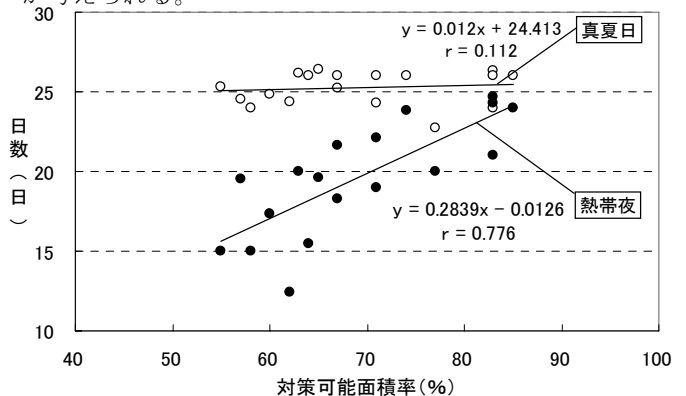


図6 対策可能面積率と気温観測値の相関

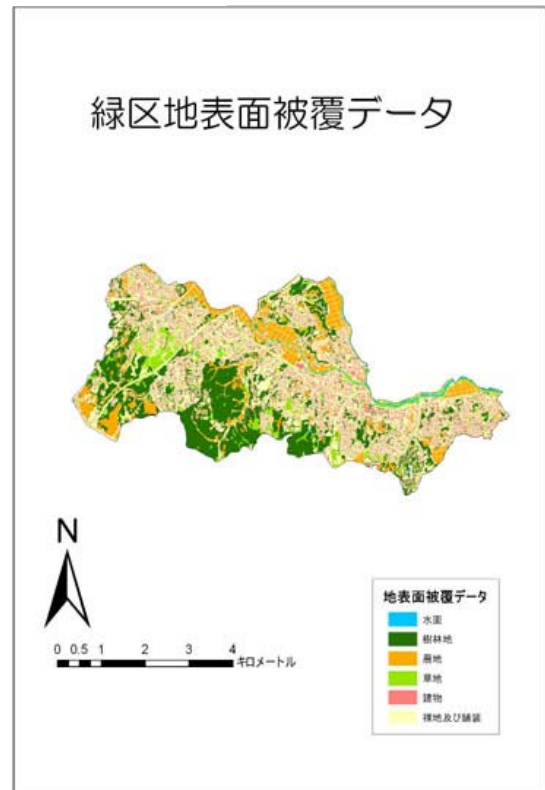
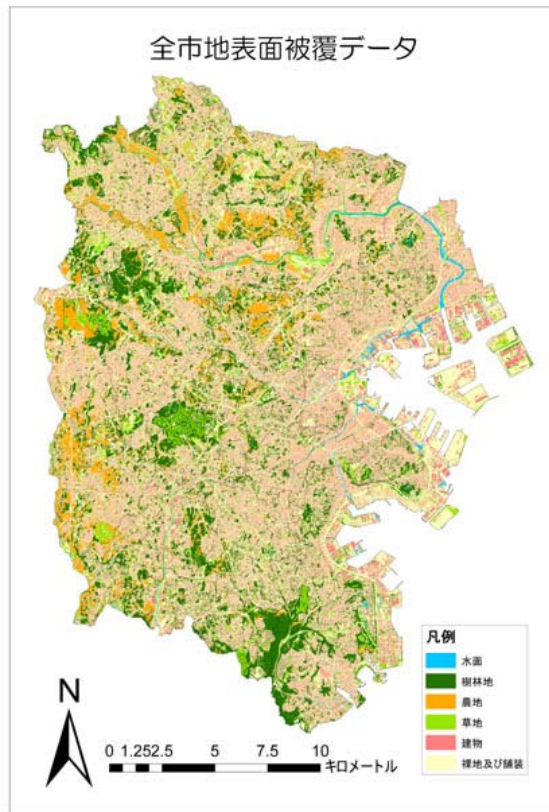


図5 全市域の地表面被覆マップ（上）、
西区地表面被覆マップ（左下）、緑区地表面被覆マップ（右下）

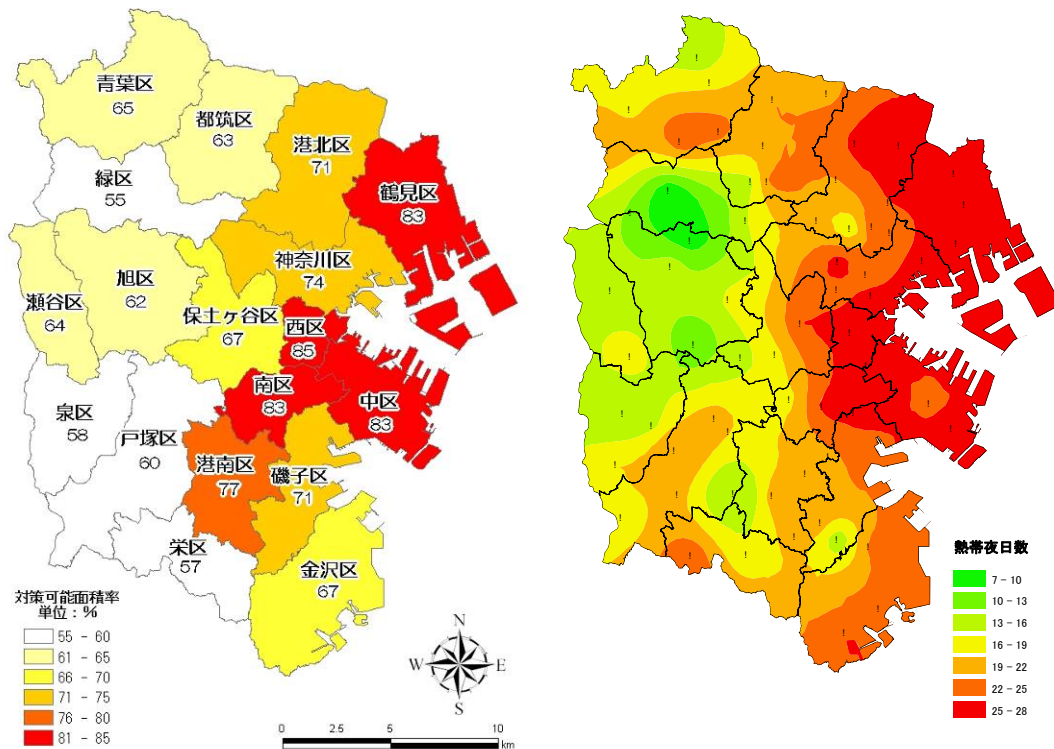


図7 各区の対策可能面積率(左)、と2007年夏季(7/1~8/31)の熱帯夜日数分布図(右)

3-3-2 真夏日日数及び熱帯夜日数との相関

3-3-1 で相関のあることが示された熱帯夜日数について、分布図での比較を行う。

行政区別の対策可能面積率の分布状況を見てみると(図7-左)、鶴見区、西区、中区、南区などの臨海部の都市化の著しい区は対策可能面積率が83~85%と非常に高い値となっている。一方、大規模な緑地のある市域の西部の緑区、瀬谷区、泉区、青葉区などは対策可能面積率が55~65%と低い値となっている。

この分布状況を熱帯夜日数分布(図7-右)と比較すると、熱帯夜日数の多い地域と対策可能面積率の高い地域の傾向は一致しており、ヒートアイランド現象の顕著である区は対策可能面積率が高くなっていることが分かる。

3-4 熱帯夜日数との相関による地域分類

熱帯夜日数と対策可能面積率との相関から、地域分類を行った。対策可能面積率と各区の熱帯夜日数の平均値について相関をとったグラフを図8に示します。熱帯夜日数では、すべての区の平均値である20日を基準値(基準値①)とし、対策面積率では、横浜市全体の対策面積率である68%を基準値(基準値②)として、これらの基準値を超えるものと超えないものから、図のように4つのゾーンに分類した。

熱帯夜日数が基準値①を超える区、または対策可能面積率が基準値②を超える区は西区、鶴見区、中区などの9区で、集中的なヒートアイランド対策を要する地域と

いう意味で「集中対策地域」とした。また、対策可能面積率も低く、熱帯夜日数も少ない区は、緑区、泉区、旭区などの9区で、「緑地保全地域」とした。

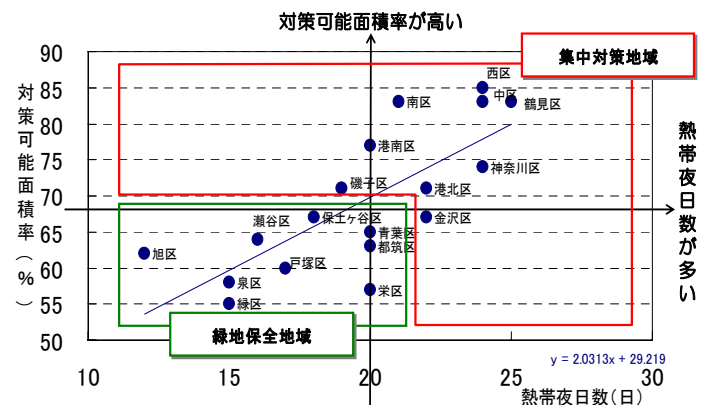


図8 熱帯夜日数によるゾーン分け

「集中対策地域」は、回帰直線を挟んで、対策可能面積率の高い地域とある程度の対策済み面積がある地域に分類できる。

対策可能面積率の高い地域は、対策可能面積率が80%以上とほとんどの面積が都市化されている地域で、建物緑化や保水性舗装などの市街地の中で適用できるヒートアイランド対策を推進していく必要がある。ある程度の対策済み面積がある地域は、都市化が進んでいる中にも保全すべきまとまった緑地が存在する地域で

ある。この地域では、都市化している地域では、ヒートアイランド対策を積極的に推進しながら、緑地や農地がこれ以上減少しないような保全策をとる必要がある。

「緑地保全地域」は、樹林地や農地などの大規模な緑地が点在しており、クールスポットの役割を果たしている。そのため、既存の緑地などをクールスポットとして維持・保全することが重要な対策となる。ただし、緑地保全地域であっても、市街化が進んでいる街区は局所的にヒートアイランド化が進んでいる可能性が高いため、市街地では積極的な対策を行っていく必要がある。

3-5 集中対策地域の対策目標値の設定

3-4 で分類した「集中対策地域」においては、取り組み方針の中で重点推進地域に掲げている「熱帯夜日数を現状から1割程度削減させる」に向けて、様々なヒートアイランド対策を総合的に行っていく必要がある。

そこで、熱帯夜日数との相関から、熱帯夜日数を1割削減するために必要な対策面積を算出し、それを各区の対策目標値に設定する。

熱帯夜との相関から、熱帯夜日数を1割削減するために必要な対策面積を算出する方法を以下に示す。

各区での対策可能面積の削減量(%)は熱帯夜日数の削減に伴い回帰直線の傾きに沿って削減することで得られる。これは、回帰直線の傾きをaとすると、与えられた回帰直線の周辺に任意のデータ(X₀、Y₀)があつてこの点を通る傾きaの直線上を一割分平行移動させて新たな点(X、Y)を得ることと同じである。

このような操作によって得られた直線は(1)式のようなになる。

$$(Y_0 - Y) = a(X_0 - X) \quad (1)$$

ここで、

X₀ = 区の熱帯夜日数(日)

X = 区の削減された熱帯夜日数(日)

Y₀ = 区の対策可能面積(%)

Y = 区の削減された対策可能面積(%)

とし、熱帯夜日数の削減率をP (=0.1) とする。熱帯夜日数の変化分ΔX、対策可能面積の変化分をΔYとすると、

$$Y_0 - Y = \Delta Y \quad (2)$$

$$X_0 - X = P \cdot X_0 = \Delta X \text{ (日)} \quad (3)$$

となる。この(2)、(3)式を(1)式に代入して次式をえる。

$$a = \Delta Y / \Delta X$$

$$\Delta Y = a \cdot \Delta X$$

(4)

表2に、式(4)によって算出した熱帯夜日数を1割削減するために必要な各区のヒートアイランド対策目標値を示す。

また、図9に対策後の対策可能面積率および熱帯夜日数の推移イメージを示す。各区の対策目標面積率は、4~5%となり、面積に換算すると、最大で鶴見区の162ha、最小で西区の35haという目標値となった。

表2 集中対策地域にあたる区の対策目標値

区名	区面積 (ha)	対策面積率 (%)	対策面積 (ha)
鶴見区	3238	5	162
神奈川区	2359	5	118
西区	698	5	35
中区	2059	5	103
南区	1263	4	51
港南区	1986	4	79
磯子区	1902	4	76
金沢区	3068	4	123
港北区	3137	4	125
合計			872

4 まとめ

ヒートアイランド対策のため、横浜市 GIS を用いて横浜市全域を対象に地表面被覆データを整理したところ、以下の知見が得られた。

1) 地表面被覆データの「建物」、「裸地及び舗装」を対策可能面積、「水面」、「街路樹」、「農地」、「草地」を対策済み面積とすると、対策可能面積は68%で、そのうち「裸地及び舗装」が最も多かった。

2) 行政区別の対策可能面積率は、鶴見区、西区、中区、南区などの臨海部における都市化の著しい区は高く、大規模な緑地のある緑区、瀬谷区、泉区、青葉区などは低かった。

3) 対策可能面積率と気温観測値の相関を検討したところ、熱帯夜日数と正の相関が認められた。

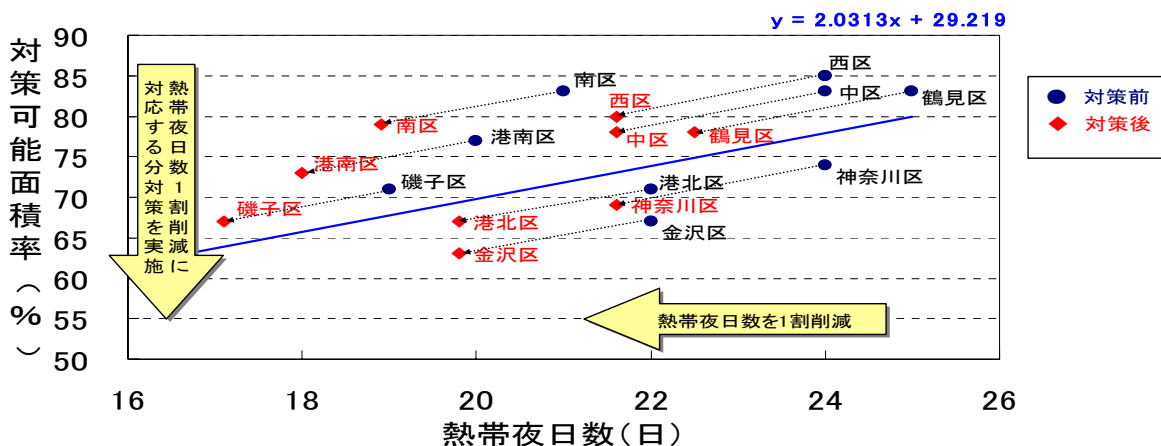


図9 対策後の推移イメージ

- 4) 熱帯夜日数と対策可能面積率を指標に行政区を「集中対策地域」と「緑地保全地域」に分類した。
- 5) 「集中対策地域」においては、熱帯夜日数との相関から、熱帯夜日数を1割削減するために必要なヒートアイランド対策面積を算出して、各区の対策目標値とした。

引用文献

- 1) 佐俣、白砂、井上、下村：横浜市内の気温観測調査、横浜市環境科学研究所報、31, p11-15 (2007)
- 2) 佐俣、井上、福田、平澤：横浜市における熱環境マップの作成について、横浜市環境科学研究所報、30, p56-59 (2006)
- 3) 横浜市都市整備局：平成 15 年度横浜市都市計画基礎調査 GIS データの土地利用現況
- 4) 横浜市都市整備局：平成 15 年度横浜市都市計画基礎調査 GIS データの建物現況
- 5) 横浜市環境創造局：平成 16 年度横浜市緑被率 GIS データ
- 6) 足永、尹：東京都 GIS を用いた都市構造の統計分析と気温観測値との関連性、日本建築学会環境系論文集、第 581 号, p81-86 (2004. 7)

緑のカーテンの温度低減効果

福田 亜佐子、佐俣 満夫、白砂 裕一郎、下村 光一郎、井上 友博
(横浜市環境科学研究所)

Surface temperature measured on green screen

Asako Fukuda, Mitsuo Samata, Yuichirou Shirasuna, Kouichirou Shimomura, Tomohiro Inoue
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：緑のカーテン、ヒートアイランド、表面温度

要旨

要約

小学校 26 箇所、保育園 14 箇所、公共施設 3 箇所、一般家庭 25 箇所、会社敷地 1 箇所の計 69 箇所で行った緑のカーテンについて、2007 年夏季の温度低減効果を観測した。その結果、晴天日の日向では、温度低減効果は 10℃程度であり、曇天日や日陰では 3~4℃程度であった。また、教室内の温熱環境を観測した結果、緑のカーテンで緑化している教室では、緑化していない教室に比べて最大で 1.4℃室内温度が低いことが分かった。

1 はじめに

近年、ヒートアイランド対策として「緑のカーテン」と呼ばれる壁面緑化が広がりを見せている。「緑のカーテン」とは、一般には“ヘチマ”や“ゴーヤ”など、つる性の植物を窓の外に這わせることで、夏の強い日差しを和らげる自然のカーテンのことである。室温の上昇を抑えるとともに、葉の蒸散効果により周辺温度を下げる効果があるとされている¹⁾。一般の戸建て住宅や集合住宅のベランダなどで栽培できるため、手軽に取り組める環境活動として市民の間で広がっている。

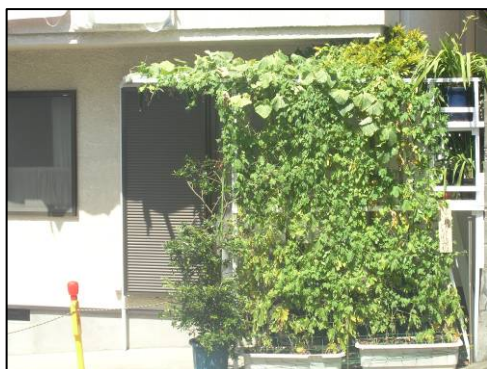
横浜市では、2006 年よりヒートアイランド対策モデル事業の一環として、横浜市と市民が協働して緑のカーテン作りに取り組んでいる。2007 年は、7 区 218 ヶ所の学校や家庭などで緑のカーテンが実施された。当研究所では、これら市内に設置された種々の「緑のカーテン」の温度観測を行ったのでその温度低減効果について報告する。

2 対象施設と観測方法

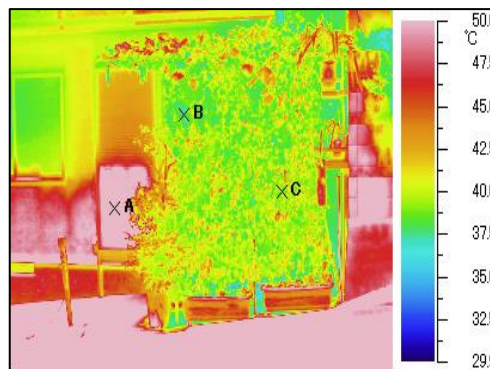
今回、緑のカーテン事業が行われている施設のうち、観測を行った施設は、小学校 26 箇所、保育園 14 箇所、公共施設 3 箇所、一般家庭 25 箇所、会社敷地 1 箇所の計 69 箇所である。緑のカーテン事業を展開した区、施設数及び観測地点数を表 1 に示す。

表 1 施設数及び観測地点数

区名	小学校・保育園	家庭	その他	施設数合計	観測地点数
南区	14	48		62	28
旭区	16			16	14
保土ヶ谷区	4		8	12	6
都筑区	7	61		68	18
西区		50		50	1
港北区	10			10	2
計				218	69



実画像



赤外線カメラによる熱画像

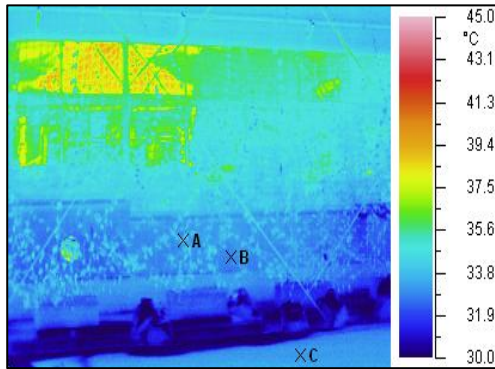
地点の表面温度

点数	表面温度
A	56.4℃
B	37.6℃
C	39.0℃

写真 1 西区家庭 (I)



実画像



赤外線カメラによる熱画像

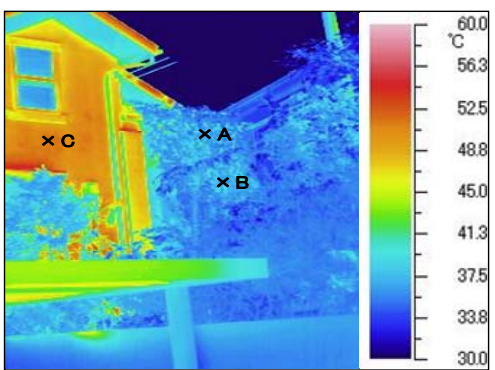
地点の表面温度

点数	
A	34.2°C
B	32.8°C
C	33.2°C

写真2 南区小学校 (I)



実画像



赤外線カメラによる熱画像

地点の表面温度

点数	
A	36.1°C
B	35.5°C
C	50.2°C

写真3 都筑区家庭 (S)

植栽されているのは、主にゴーヤ、アサガオ、ヘチマなどの一年草で、庭やベランダなどに栽培しており、地植による栽培とプランターによるものがある。

緑のカーテンの一例を写真1~3に示す。

温度観測には、赤外線カメラ（日本アビオニクス㈱製TVS-700）を用い、緑化表面、緑化のない壁面表面の温度を測定した。いくつかの地点では、緑化によって日陰になっている窓と緑化によって日陰になっていない窓等の測定も行った。

観測地点周辺の気象データとして、熱中症指標計（京都電子工業㈱製WBGT-103）により、気温、湿度、黒球温度を測定した。

また、南区の大岡小学校において、緑のカーテンが教室内の気温に及ぼす効果を測定するため、緑化している教室と緑化していない教室の気温を測定した。測定期間は2007年8月22日~2007年8月24日の3日間とした。気温測定には、データロガー付きサーミスター式温度計（タスコジャパン㈱製TMS70DA温度ロガー）を使用した。室内については、温度計を窓側の壁面に2箇所ずつ固定した。外気温の測定は、簡易百葉箱を使用してベランダで行った。

3 結果及び考察

3-1 赤外線カメラによる表面温度の観測結果

観測結果を表2に示す。緑化面の表面温度は、2006年の壁面緑化の観測方法²⁾により、葉の繁茂している部分と葉の疎らな部分があることを考慮して温度幅として示した。また、緑のカーテンによる温度低減効果は壁面温度-緑化温度としてまとめた。観測時に壁面緑化が日向であったかどうかを日照の有無として示した。69地点中7地点については、緑のカーテンの生育状況がよくなかったため、欠測として取り扱った。

表2に示したように、観測地点によって、観測時間、植物の種類、植え方、気象状況は異なる。また、緑のカーテンの生育状況も観測地点によって異なり、それが低減効果のばらつき要因となっている。温度低減効果（壁面温度-緑化温度）は、最大で21°Cの観測地点があり、15°C以上の地点が7地点あった。温度低減効果の高い地点は、当日の天候がよく、日当たりがよいため日射により壁面の温度が著しく高くなっており、緑のカーテンの繁茂状況も良好である所が多い。

例えば、高い温度低減効果を記録した家庭（I）（写真1）では、夏の強い日射により壁面温度が56°Cまで上昇している。緑のカーテンの繁茂状況も良好であったため、温度差が大きかったと思われる。一方、天候がくもりの場合や、日陰の地点である小学校（I）（写真2）においては、あまり温度低減効果はみられなかった。

表2 観測地点一覧

番号	場所	地区	日	時間	緑化温度 (°C)	壁面温度 (°C)	壁面温度 一緑化温度 (°C)	気温	湿度	黒球 温度	WBG T値	天気	日照 の有無	植物の種類	植え方※	大きさ
1	小学校	港北区	8/1	11:00	31~32	39	7~8	27	61.6	29.8	32.4	晴れ	日向	ゴーヤ	1	4m×6m
2	家庭(A)	南区	8/4	10:10	33~35	47	12~14	29	64.7	31.3	35.3	晴れ	日向	ゴーヤ等	1	4m×2m
3	家庭(B)	南区	8/4	11:00	34~36	45	9~11	29	55.4	31.8	36.1	晴れ	日向	ゴーヤ	2	4m×6m
4	家庭(C)	南区	8/4	11:25	28~31	45	14~17	28	57.3	31.2	34.4	晴れ	日向	ゴーヤ等	2	4m×6m
5	家庭(D)	南区	8/4	13:15	33~37	37	0~4	29	50.4	33.6	37.3	晴れ	日陰	ゴーヤ	1	3m×5m
6	家庭(E)	南区	8/4	13:40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ゴーヤ	1	2m×2m
7	家庭(F)	南区	8/4	14:30	33~35	40	5~7	30	48.8	33.8	39.4	晴れ	日向	ゴーヤ	2	3m×4m
8	家庭(G)	南区	8/4	15:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	きゅうり	1	2m×1m
9	家庭(H)	南区	8/4	15:25	30~33	43	10~13	28	58.3	31.4	35.5	晴れ	日向	アサガオ	1	5m×5m
10	保育園(A)	南区	8/7	9:20	34~36	46	10~12	30	56.3	33.1	26.4	晴れ	日向	ゴーヤ等	1	4m×4m
11	小学校(B)	南区	8/7	9:40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ゴーヤ等	1	4m×4m
12	小学校(C)	南区	8/7	10:10	32~35	38	3~6	30	54.2	32.4	26.1	晴れ	日向	ゴーヤ等	2	6m×8m
13	小学校(D)	南区	8/7	10:45	31~35	42	7~11	31	52.4	33.7	27	晴れ	日向	ゴーヤ等	2	4m×4m
14	小学校(E)	南区	8/7	13:10	35~37	40	3~5	31	58.5	34.5	28	くもり	日陰	ゴーヤ等	1	4m×4m
15	小学校(F)	南区	8/7	14:30	32~34	34	0~2	31	63.3	34.3	28.3	晴れ	日陰	ゴーヤ	1	4m×6m
16	保育園(B)	南区	8/7	14:50	36	47	11	32	56.3	34.3	28.3	晴れ	日向	アサガオ等	1	4m×6m
17	家庭(I)	西区	8/9	13:30	38~39	56	17~18	29	53.2	33.4	35.7	晴れ	日向	ゴーヤ等	1	4m×2m
18	小学校(G)	南区	8/14	9:30	32~34	40	6~8	28	68	30.6	32.4	晴れ	日向	ゴーヤ等	1	3m×2m
19	小学校(H)	南区	8/14	9:45	30~32	35	3~5	29	56.1	31	40.9	晴れ	日陰	アサガオ等	1	4m×4m
20	小学校(I)	南区	8/14	10:20	34	33	-1	30	52	33.5	38.8	晴れ	日陰	ゴーヤ	1	4m×8m
21	小学校(J)	南区	8/14	10:40	34	39	5	30	50.9	33.3	42.6	晴れ	日向	ひょうたん	1	4m×2m
22	保育園(C)	南区	8/14	11:20	39~40	43	3~4	29	41.2	34.3	40.6	晴れ	日向	ゴーヤ	1	4m×4m
23	小学校(K)	南区	8/14	13:20	35	38	3	29	47.9	33.3	38.6	晴れ	日向	ゴーヤ等	1	4m×4m
24	小学校(L)	南区	8/14	14:15	33	39	6	29	50.7	32.9	37.1	晴れ	日向	アサガオ	1	3m×4m
25	保育園(D)	旭区	8/16	10:25	34	38	4	35	46.6	42.4	31.6	晴れ	日向	ゴーヤ等	1	4m×4m
26	小学校(M)	旭区	8/16	10:54	39	49	10	37	52.2	40.7	32.1	晴れ	日向	ゴーヤ等	1	8m×6m
27	保育園(E)	旭区	8/16	11:27	44	53	9	36	56.8	38.6	31.5	晴れ	日向	ゴーヤ等	1	2m×2m
28	保育園(F)	旭区	8/16	13:15	36~39	42	3~6	38	42.7	43.9	32.6	晴れ	日陰	ゴーヤ等	1	5m×5m
29	保育園(G)	旭区	8/16	13:45	44~46	46	0~2	36	42.7	41.1	30.7	晴れ	日向	ゴーヤ	1	2m×2m
30	保育園(H)	旭区	8/16	14:10	43	49	6	31	35.6	45.1	40.4	晴れ	日向	ゴーヤ	1	4m×4m
31	保育園(I)	旭区	8/16	14:30	44~45	45	0~1	33	48.8	35.9	28.7	晴れ	日向	ゴーヤ	1	2m×6m
32	小学校(N)	旭区	8/17	10:05	37~38	42	4~5	38	44.3	46	33.3	晴れ	日向	ゴーヤ等	1	4m×4m
33	保育園(J)	旭区	8/17	10:40	38	59	21	36	46.6	39.1	30	晴れ	日向	ゴーヤ等	1	4m×4m
34	保育園(K)	旭区	8/17	10:53	40	46	6	35	40.3	39	29.6	晴れ	日向	ゴーヤ	1	4m×2m
35	小学校(O)	旭区	8/17	11:23	34~36	39	3~5	38	36.7	45.1	32.1	晴れ	日向	ゴーヤ	2	6m×6m
36	保育園(L)	旭区	8/17	13:10	42~43	47	4~5	34	56.8	35.1	30	くもり	日向	ゴーヤ等	1	2m×4m
37	小学校(P)	旭区	8/17	13:27	39~41	43	2~4	35	47.5	37.8	29.8	くもり	日向	ゴーヤ	2	10m×6m
38	保育園(L)	旭区	8/17	13:52	38~41	43	2~5	36	40.9	40.5	30.6	くもり	日向	ひょうたん	1	5m×5m
39	家庭(J)	都筑区	8/20	10:10	32~35	45	10~13	34	54.5	38.1	30.8	晴れ	日向	アサガオ	1	4m×2m
40	家庭(K)	都筑区	8/20	10:35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ゴーヤ	1	2m×2m
41	家庭(L)	都筑区	8/20	11:00	38~43	55	12~17	39	37.2	48	32.7	晴れ	日向	ゴーヤ	2	4m×5m
42	家庭(M)	都筑区	8/20	13:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ゴーヤ等	1	2m×2m
43	家庭(N)	都筑区	8/20	13:35	34~35	47	12~13	34	50.8	36.1	29.4	晴れ	日向	ゴーヤ等	1	2m×2m
44	家庭(O)	都筑区	8/21	10:15	34~36	44	8~10	34	54.4	38.8	30.2	晴れ	日向	ゴーヤ	1	2m×4m
45	家庭(P)	都筑区	8/21	11:00	39	56	17	34	53.1	36.5	29.4	晴れ	日向	ゴーヤ	2	2m×4m
46	家庭(Q)	都筑区	8/21	13:00	35~37	42	5~7	34	52.2	36.4	29.6	晴れ	日向	ゴーヤ	2	2m×3m
47	家庭(R)	都筑区	8/21	13:30	37	51	14	36	48.1	38	30.6	晴れ	日向	ゴーヤ	2	4m×2m
48	家庭(S)	都筑区	8/21	14:00	34~37	50	13~16	35	48.3	37.4	29.7	晴れ	日向	ゴーヤ	2	2m×4m
49	家庭(T)	南区	8/28	10:00	34~35	50	15~16	34	52.1	38.2	29.8	晴れ	日向	ゴーヤ等	2	2m×6m
50	家庭(U)	南区	8/28	10:35	31	46	15	33	53.4	35.8	28.7	晴れ	日陰	ゴーヤ等	1	3m×10m
51	家庭(V)	南区	8/28	11:20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ゴーヤ	1	2m×2m
52	家庭(W)	南区	8/28	13:25	33	40	7	34	43.3	38.2	28.9	晴れ	日向	ゴーヤ等	1	1m×2m
53	家庭(X)	南区	8/28	14:10	32	35	3	32	54.9	34.3	28.2	晴れ	日向	ゴーヤ等	1	2m×2m
54	家庭(W)	南区	8/28	14:45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ゴーヤ	1	3m×3m
55	公共施設(A)	保土ヶ谷区	8/29	11:05	26~27	31	4~5	26	71.5	27.8	24.1	くもり	日陰	ゴーヤ等	1	2m×5m
56	小学校(Q)	保土ヶ谷区	8/29	11:40	26	29	3	26	76	27.7	24.1	雨	日陰	ワゼンカヅラ	1	2m×2m
57	会社敷地(A)	保土ヶ谷区	8/29	13:22	28~30	33	3~5	28	70.1	32	26.7	くもり	日向	ゴーヤ	1	2m×5m
58	小学校(R)	保土ヶ谷区	8/29	14:00	27	28	1	27	69.5	29.7	24.9	くもり	日陰	ゴーヤ等	1	4m×7m
59	保育園(M)	保土ヶ谷区	8/29	14:50	28	29	1	27	72.7	28.2	24.8	くもり	日陰	ヘチマ等	1	7m×3m
60	公共施設(B)	保土ヶ谷区	8/29	15:20	27	27	0	27	71.2	28.3	24.8	くもり	日向	ゴーヤ等	1	4m×2m
61	小学校(S)	港北区	8/31	11:00	27	31	4	26	71.8	29	24.4	くもり	日向	ゴーヤ等	1	4m×4m
62	小学校(T)	都筑区	9/4	10:05	37~39	45	6~8	28	58.1	30	24.9	晴れ	日向	ゴーヤ	1	16m×4m
63	小学校(U)	都筑区	9/4	10:30	38~39	41	2~3	32	48.4	35.1	27.2	晴れ	日向	ゴーヤ	1	4m×2m
64	小学校(V)	都筑区	9/4	13:15	34	36	2	31	50.2	33.4	27	くもり	日向	ゴーヤ	1	2m×6m
65	小学校(W)	都筑区	9/4	13:56	35	38	3	32	48.9	36.1	27.8	くもり	日向	ゴーヤ	1	4m×2m
66	小学校(X)	都筑区	9/4	14:50	35	38	3	33	54.8	34.9	28.5	くもり	日向	ゴーヤ	1	2m×3m
67	公共施設(C)	都筑区	9/4	15:30	30	31	1	32	51.7	35.1	28.2	くもり	日向	ゴーヤ	2	6m×5m
68	小学校(Y)	都筑区	9/5	9:00	28~29	31	2~3	28	80.8	30.3	27.1	くもり	日向	ゴーヤ	1	4m×6m
69	小学校(Z)	都筑区	9/11	14:30	28~29	32	3~4	28	72.5	29.6	25.5	雨	日向	ゴーヤ	1	4m×6m

※植え方の項目は、1プランター:2地植え

※欠測箇所は表中「-」で示した

温度低減効果の違いは、観測時の天候と日照の有無による影響が大きいと考えられるため、表3に天候と日照の有無を条件として結果をまとめ、それらの温度低減効果の平均値を示した。これをみると、晴れた日で日向の場合平均 10.1℃の温度低減効果があり、その他の条件の場合は、概ね 3~4℃の範囲に留まっている。

表3 気象条件等の違いによる温度低減効果

天候	晴れ		曇り		雨
日照の有無	日向	日陰	日向	日陰	
温度低減効果の最大値	10.1	3.1	3.2	3	3.5
観測地点数	37	7	10	5	2

既報²⁾の考察で、観測地点数が少なかったが、壁面温度と温度低減効果の最大値に一定の相関があることを見出した。今回の観測結果についても、図1に示すように相関が認められた。相関係数 $r = 0.71$ となり、高い相関関係があると認められた。

その他の気象データである気温や WBGT 値などについても検討したが、特に有意な相関は得られなかった。

また、観測時刻による違いについて、晴れた日で日向という条件に限定して検討してみたが、午前と午後による温度低減効果の違いは見られなかった。

これらの結果から、温度低減効果は壁面温度の影響が大きいと考えられる。壁面温度は、その材質によって表面温度の上昇傾向が異なる。例えば、学校に多いコンクリートなどは、日射を受けてもすぐに表面温度は上がりず熱を蓄熱するため、気温が最大となる時刻と壁面温度が最大となる時刻にはずれが生じる³⁾。しかし、一般に緑化面の温度は、気温とほぼ同程度または 2~3℃上昇する程度と言われており⁴⁾、気温が最大となる時刻と緑化面が最大となる時刻は同程度と考えられる。このため、壁面温度-緑化温度で算出される低減効果については、壁面温度が気温との相関が弱いので、気温などの気象条件

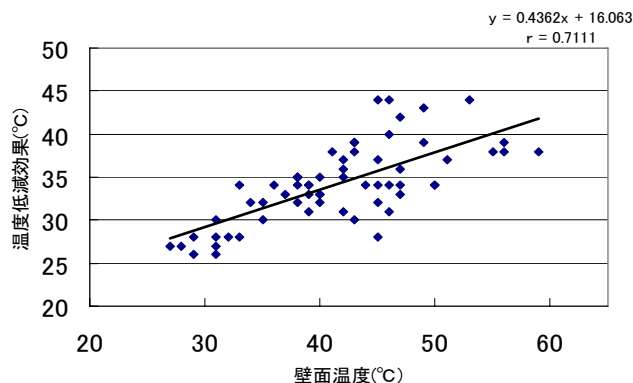


図1 壁面温度と温度低減効果の相関

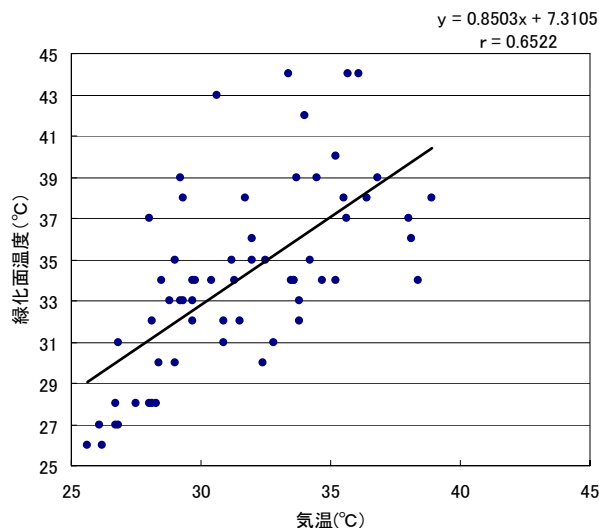


図2 気温と緑化面温度の相関

との相関は低くなるものと考えられる。

晴れた日で日向の条件の地点を抽出し、気温と緑化温度の相関を検討したものを図2に示す。緑化面と気温の差の平均値は 2.6℃となり、図2からも一定の相関があると推測される。今回のデータについては、気温と同程度にはならなかったが、緑化面の繁茂状況が影響しているためと考えられる。

3-2 教室内の温熱環境の比較

図3に大岡小学校における気温変化を示す。観測期間中は、学校は休校日であり、窓は閉め切っている状態で

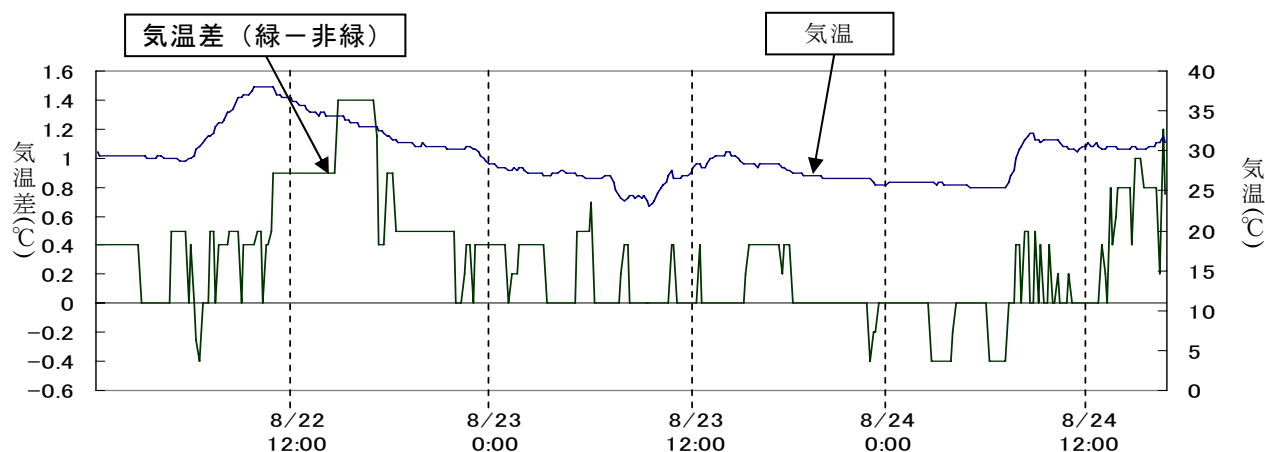


図3 教室内の温熱環境に及ぼす効果

あった。

晴天日であった8月22日に着目すると、緑化している部屋と緑化していない部屋では、最大で1.4度の気温差が生じている。

過去の文献においても同様の効果が確認されている⁵⁾。今回の測定は休校日に窓を閉め切った状態で行ったが、開校日には気温差は小さくなるという報告もある¹⁾。

4 まとめ

小学校26箇所、保育園14箇所、公共施設3箇所、一般家庭5箇所、会社敷地1箇所の計69箇所に設置されたさまざまな種類の緑のカーテンについて、赤外線カメラによる表面温度観測と緑化教室と非緑化教室について室内気温を観測し、以下の知見が得られた。

- 1) 緑のカーテンの温度低減効果は、晴天日の日向では10℃程度あり、曇天日や日陰では、3～4℃程度であった。
- 2) 壁面温度と温度低減効果には相関があり、壁面温度が上がるほど、温度低減効果も高くなる傾向があった。
- 3) 気温と緑化面温度の間には相関があり、ばらつきはあるものの、緑化面温度は気温より平均値で2.6℃高い。
- 4) 緑のカーテンで緑化している教室は、緑化していない教室に比べて最大で1.4℃室内温度が低かった。

謝辞

本調査を実施するために、緑のカーテン事業を実施した小学校や家庭の皆様にご多大なご協力を頂きました。また、各観測点の調査にあたって協力いただいた、温暖化対策課、南区、旭区、保土ヶ谷区、都筑区、西区、港北区の区政推進課の各位に感謝します。

さらに、教室内の温度観測にあたって、大岡小学校の先生方にご協力頂きました。ここに記して深く感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 成田：緑のカーテンが教室の温熱環境に及ぼす効果、環境情報科学論文集, Vol. 21, p501-506 (2007.11)
- 2) 佐俣、井上、白砂、下村：横浜市内での壁面緑化の温度低減効果、横浜市環境科学研究所報, 31, p21-24 (2007)
- 3) 東京都環境局：壁面緑化ガイドライン、環境資料17101号, p10 (2006)
- 4) 梅干野、山下：ツル植物による植栽スクリーンの日射遮へい効果、建築環境工学論文集第6号学術論文公園発表会資料, p165-170 (1984.6)
- 5) 岡本、須永：屋上および壁面植栽が教室の温熱環境に与える影響に関する実測解析、日本建築学会大会学術講演梗概集, p575-576 (関東、2006.9)

横浜市こども植物園における気温変動による植物開花日の経年変化

佐俣 満夫（横浜市環境科学研究所）
石橋 国男（環境創造局環境活動支援センター）

Investigation for relationship of atmospheric temperature and the first day of flowering of trees and grasses in the botanical garden at Yokohama City.

Mitsuo Samata(Yokohama Environmental Science Research Institute)
Kunio Isibasi(Yokohama Support Center for Environmental Activity)

キーワード：地球温暖化、ヒートアイランド、開花日、気温

要旨

横浜市こども植物園で生育している花の咲く木本類及び草本類 41 種の開花日を 1981～2007 年の 27 年間調査し、横浜市内の年平均気温と比較検討した結果、以下の結果を得た。27 年間の開花日は、木本類及び草本類ともに(1)開花時期の早くなる傾向のもの、(2)開花時期の遅くなる傾向のもの、(3)開花時期の変動する傾向のもの、(4)開花時期が変化しない傾向のもの4つのカテゴリーに分けられた。また、ソメイヨシノの開花傾向を基にして横浜の年平均気温が 5℃程度上昇した場合のソメイヨシノの開花時期を予測したところ、2月中旬ごろまで早まる可能性があるとして推定された。

1. はじめに

横浜市では過去 100 年で約 2.6℃気温が上昇しており、そのうちの約 1.6℃の上昇はヒートアイランド現象によるものと推測されている¹⁾。これらの温暖化（ヒートアイランド+地球温暖化）による植物影響の 1 つの指標として開花日を調査することは重要である²⁾。そのため当研究所ではウメ、ソメイヨシノ、ヤマハギの開花日について調べたが、調査した植物種が少なかつたために明確ではないが、気温上昇と開花日の早まりには一定の関係があるものと推測された¹⁾。植物の開花日と気温上昇の関係を調べるには、整姿剪定、施肥などの人為的要因を加えず、自然状態が維持されている環境の下で、同一個体を長期間観察できることが必要であり、しかも多種類の植物間の比較を行うためには多種類の植物が同じ地域に生育していることが望ましい。そのためサクラなどの開花日の観察は各地で行われているが、多種類の植物の観察を同一地域で行った例は少ない²⁾。横浜市こども植物園は植物の種類、生育状況など自然の状態が維持されているため、園内にある植物のうち横浜市内で一般にみられる花の咲く木本類（以下、花木という）と草本類（以下、草花という）41 種について 1981～2007 年の 27 年間にわたり開花日を記録し、横浜市内の気温上昇との関係を調べたので報告する。

2. 調査方法

横浜市こども植物園（横浜市南区六ッ川）（以下植物園という）は、旧木原生物学研究所から受け継いだものを含め、昭和 54 年の開設以来 3ha の土地に約 2,000 種類

の草木を所有している。年間を通した管理も行われているため、植物の開花日の経年的な調査には適している。今回は横浜市内の野原、公園、庭などで一般にみられる花木 21 種、草花 20 種、計 41 種の植物を選び調査した。これらの植物は四季にそれぞれ開花する花木及び草花を選んだが、冬に咲く草花は植物園に存在しなかつたので除いた。調査は 1981 年～2007 年の 27 年間行った。

開花の確認は、毎年同じ個体（草花は同じ場所）について、日曜日や祭日を除き毎日行い、3 輪咲いた時をもって開花日とした。なお、植物の開花にはその種類特有の生態学的あるいは四季の気温特性などの周辺環境による要因が複雑に関係している²⁾が、ここでは横浜気象台で得られた年平均気温のみに着目して解析した。

3. 結果と考察

1981 年～2007 年の横浜気象台で観測された年平均気温の経年変化を図-1 に示す。5 年移動平均のグラフをみると 27 年間で 1.5℃程度の上昇傾向がみられ、特に 1980 年代後半からの上昇傾向が著しい。このような温暖化傾向と植物の開花傾向には、明らかに相関の認められる種と認められない種があることがわかった。そこで、開花日の経年変化及び年平均気温と開花日の相関の有無から調査した花木及び草花について分類すると、各植物の開花傾向は、(1)開花時期の早くなる傾向、(2)開花時期の遅くなる傾向、(3)開花時期の変動する傾向、(4)開花時期が変化しない傾向の 4 つのカテゴリーに分けられた。また、1980 年代後半の気温の急上昇期にはその期間特有な傾向が認められた。そこで、これらの結果を花木は表-1 に、

表-1 花木の開花日の経年変化による傾向

花木名	科名	主な開花時期	開花時期の早くなる傾向	開花時期の遅くなる傾向	開花時期の変動する傾向	開花時期が変化しない傾向	1980年代後半に早くなる傾向
マンサク	マンサク科	1~2月		○			
ロウバイ	ロウバイ科	1~2月		○			○
ウメ	バラ科	2~3月			○		◎
コブシ	モクレン科	2~3月	○				
ミツマタ	ジンチョウゲ科	3月			○		○
ボケ	バラ科	2~3月			○		○
トサミズキ	マンサク科	3月				○	○
カンヒザクラ	バラ科	3月				○	○
モクレン	モクレン科	3月	○				○
ソメイヨシノ	バラ科	3~4月	◎				○
キイチゴ	バラ科	3月	◎				○
クヌギ	ブナ科	3~4月				○	
ミズキ	ミズキ科	4~5月				○	○
ノイバラ	バラ科	5月				○	
ネズミモチ	モクセイ科	5月			○		○
クチナシ	アカネ科	6月		○			○
ネムノキ	マメ科	6月			○		○
クマノミズキ	ミズキ科	6月			○		○
ハマボウ	アオイ科	7月				○	○
キンモクセイ	モクセイ科	9月				○	○
ソシンロウバイ	ロウバイ科	12~1月		○			

表-2 草花の開花日の経年変化による傾向

草花名	科名	主な開花時期	開花時期の早くなる傾向	開花時期の遅くなる傾向	開花時期の変動する傾向	開花時期が変化しない傾向	1980年代後半に早くなる傾向
オオイヌノフグリ	ゴマノハグサ科	1~2月			○		○
フキ	キク科	1~3月			○		○
シュンラン	ラン科	2~3月			○		○
イカリソウ	メギ科	3月			○		
バイモ	ユリ科	2~3月	○				
フッキソウ	ツゲ科	3月	○				○
カタクリ	ユリ科	3月			○		
ヒトリシズカ	センリョウ科	3月	◎				○
エビネ	ラン科	4月	○				
ユキノシタ	ユキノシタ科	5月				○	
ドクダミ	ドクダミ科	5月			○		○
ホタルブクロ	キキョウ科	6月		○			○
ヒツジグサ	スイレン科	6月			○		○
ネジバナ	ラン科	6月				○	
キンミズヒキ	バラ科	7月		○			
ヤマユリ	ユリ科	7月			○		○
ツルボ	ユリ科	7~8月			○		
イヌショウマ	キンポウゲ科	9月			○		
ヤマホトギス	ユリ科	10月		○			
ツツブキ	キク科	10月			○		

草花は表-2 に示す。なお、表-1、2 中の◎印は特に傾向の強いものを示した。

3-1 開花時期の早くなる傾向の花木及び草花

花木では表-1 に示すように、コブシ、モクレン、ソメイヨシノ、キイチゴの4種類に開花の早くなる傾向が認められ、調査した花木の19%に相当する。これらの花木の開花はいずれも春季であり、しかも一度開花が始まると一斉に咲く傾向を持っている。ソメイヨシノ及びキイチゴの開花日の経年変化をそれぞれ図-2、3 に示す。5年移動平均の変化をみると、開花日はいずれも1980年代後半に急に早くなった後ならかになる傾向がみられた。

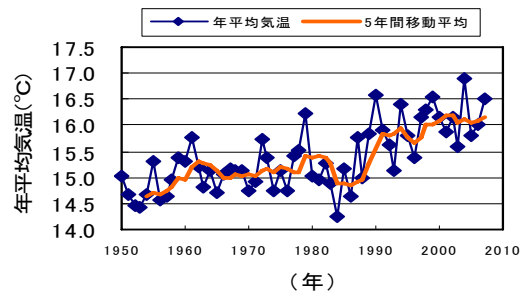


図-1 年平均気温の経年変化

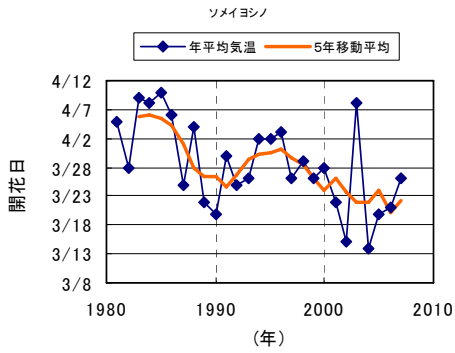


図-2 ソメイヨシノの開花日の経年変化

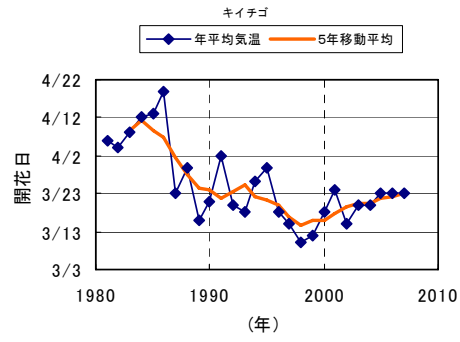


図-3 キイチゴの開花日の経年変化

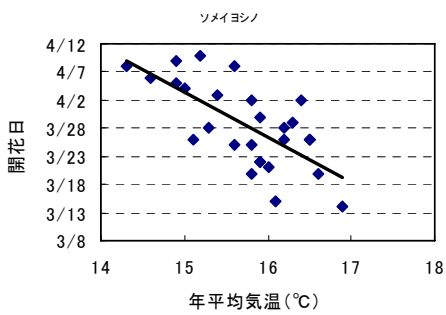


図-4 ソメイヨシノの開花日と年平均気温との相関

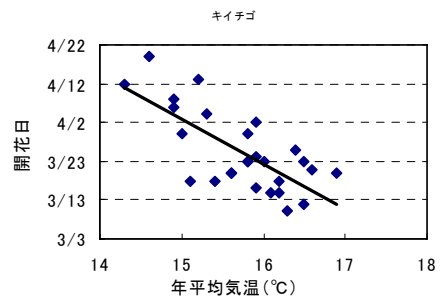


図-5 キイチゴの開花日と年平均気温との相関

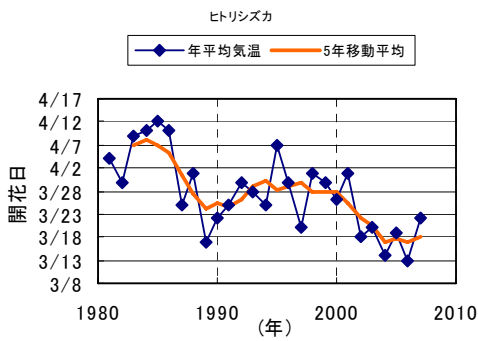


図-6 ヒトリシズカの開花日の経年変化

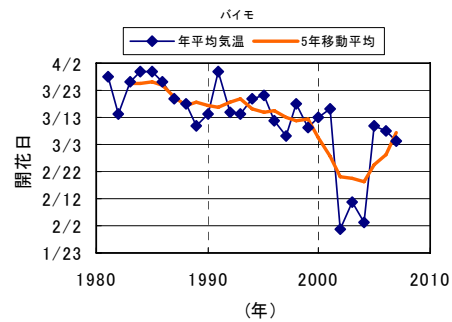


図-7 バイモの開花日の経年変化

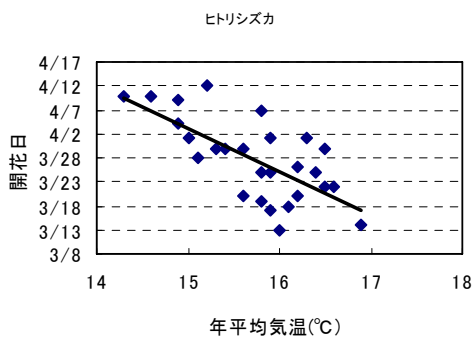


図-8 ヒトリシズカの開花日と年平均気温との相関

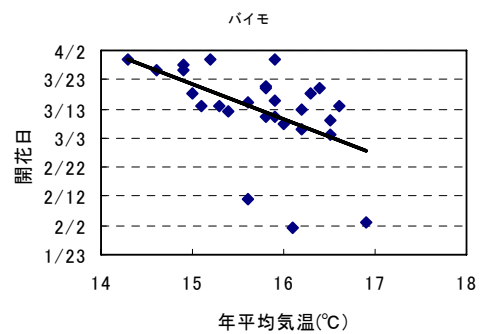


図-9 バイモの開花日と年平均気温との相関

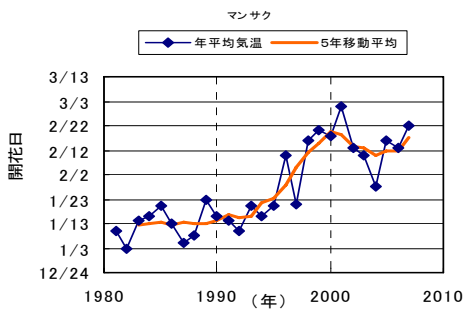


図-10 マンサクの開花日の経年変化

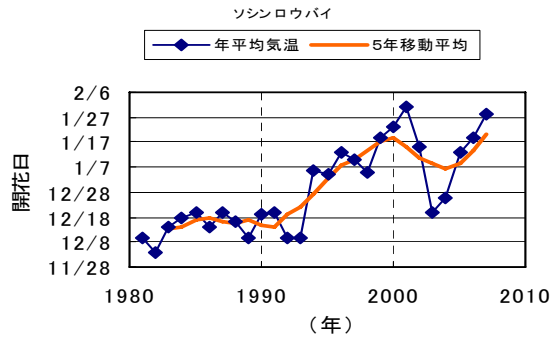


図-11 ソシンロウバイの開花日の経年変化

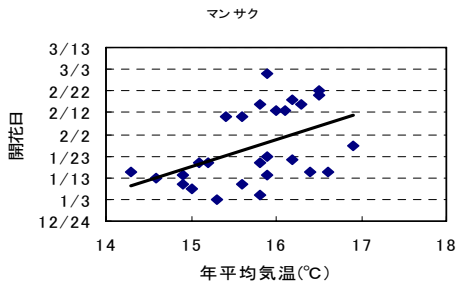


図-12 マンサクの開花日と年平均気温との相関

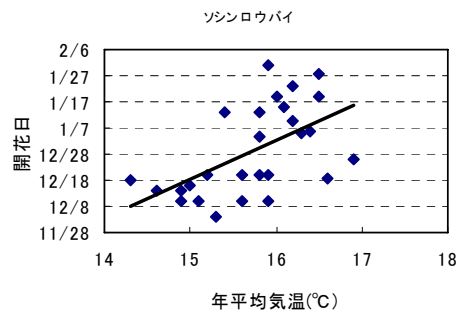


図-13 ソシンロウバイの開花日と年平均気温との相関

また、ソメイヨシノとキイチゴの年平均気温と開花日の相関図を図-4, 5 に示す。相関係数はソメイヨシノで 0.69、キイチゴで 0.72 であり一定の相関が認められた。

草花では表-2 に示すように、パイモ、フッキソウ、ヒトリシズカ、エビネの 4 種類に開花の早くなる傾向が認められ、調査した草花の 20% に相当する。これらの草花の開花はいずれも春季である。ヒトリシズカ及びパイモの開花日の経年変化をそれぞれ図-6, 7 に示す。5 年移動平均の変化をみると、開花傾向はヒトリシズカでは 1980 年後半で早くなり、パイモでは 2000 年代から早くなるなど異なる傾向がみられた。また、ヒトリシズカとパイモの年平均気温と開花日の相関図を図-8, 9 に示す。相関係数はヒトリシズカでは 0.69 であったが、パイモでは 0.52 と低くなっているが、これは統計的には図-7 に示す 2003 年前後で開花日が特異的に早まったためである。この傾向は草花ではシュンランやエビネ、花木ではソシンロウバイやクヌギなどにもみられた。

3-2 開花時期の遅くなる傾向の花木及び草花

花木では表-1 に示すように、マンサク、ロウバイ、クチナシ、ソシンロウバイの 4 種類に開花の遅くなる傾向が認められ、調査した花木の 19% に相当する。これらの花木の開花はクチナシを除き、いずれも冬季である。マンサク及びソシンロウバイの開花日の経年変化をそれぞれ図-10, 11 に示す。5 年移動平均の変化をみると、開花日はいずれも 1990 年以降で遅くなる傾向がみられた。また、マンサクとソシンロウバイの年平均気温と開花日の相関図を図-12, 13 に示す。相関係数はいずれも 0.5 前後と早くなる傾向の花木 (図-4, 5) に較べて高くはないが、回帰直線は図-4, 5 に対して明らかに逆さの相関をもっている。

草花では表-2 に示すように、ホタルブクロ、キンミズ

ヒキ、ヤマホトトギスの 3 種類に開花の遅くなる傾向が認められ、調査した草花の 15% に相当する。代表的な例としてキンミズヒキの開花日の経年変化を図-14 に、年平均気温と開花日の相関図を図-15 に示す。回帰直線は年平均気温が高くなると開花日は遅くなる傾向を示しているが、相関係数は 0.36 とかならずしも高くはない。他の 2 種類の草花も同様の傾向であった。

これより、冬咲きの花木の内、ソシンロウバイなどは冬季の温暖化の影響を受けて、より寒い時期に開花日を移動させている可能性が推測された。開花の遅くなる傾向の草花は気温との相関も小さいため、後述する変化しない傾向の特例とも考えられる。

3-3 開花時期の変動する傾向の花木及び草花

花木では表-1 に示すように、ミツマタ、ネムノキなどの 6 種類に開花時期が変動する傾向が認められ、調査した花木の 29% に相当する。これらの花木の開花は表-1 より 2~3 月期と 6 月期に分かれている。一例としてミツマタの開花日の経年変化を図-16 に示す。5 年移動平均の変化をみると、開花日は早くなったり遅くなったりを繰り返している。そのためこの傾向の花木はいずれも年平均気温と開花日の間に相関はほとんど見られない (相関係数 0.3 以下)。

草花では表-2 に示すように、シュンラン、ツルボなどの 11 種に認められ、調査した草花の中で最も多い傾向であり、55% と半分以上の草花に相当する。これらの草花の開花は 1~10 月と広い範囲に分布していた。一例として、シュンランの開花日の経年変化を図-17 に示すが、この傾向の草花も経年変化及び年平均気温と開花日との相関も花木の場合と同様の結果であった。

これらの傾向の詳細は花木及び草花の植物種により異

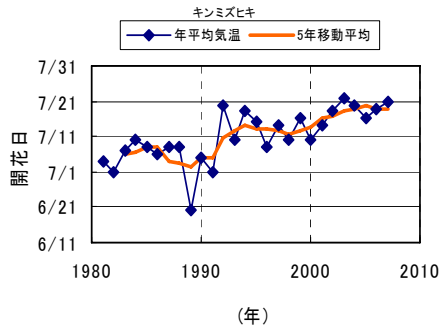


図-14 キンミズヒキの開花日の経年変化

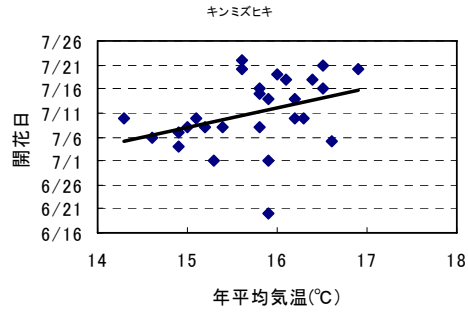


図-15 キンミズヒキの開花日と年平均気温との相関

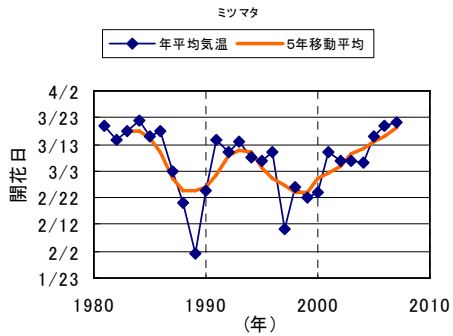


図-16 ミツマタの開花日の経年変化

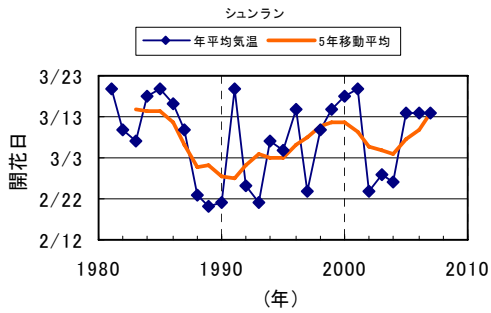


図-17 シュンランの開花日の経年変化

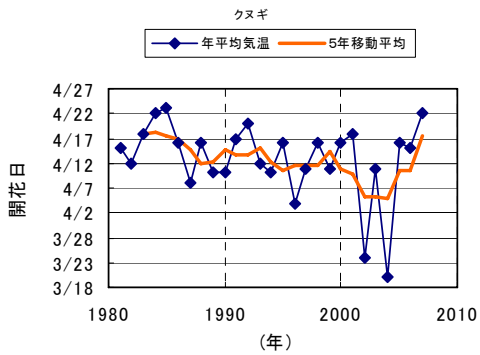


図-18 クヌギの開花日の経年変化

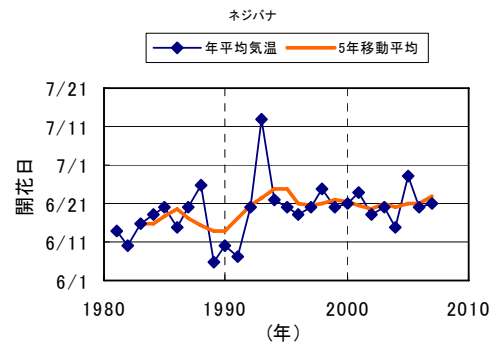


図-19 ネジバナの開花日の経年変化

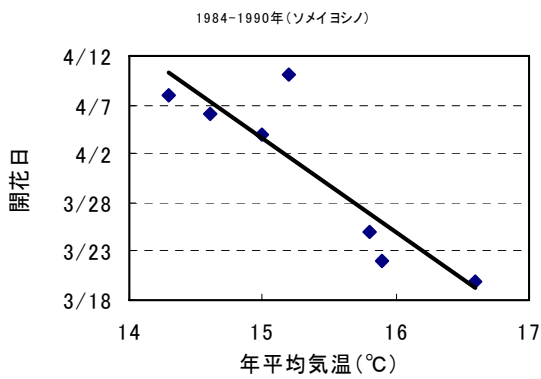


図-20 1984~1990年でのソメイヨシノの開花日と年平均気温との相関

なるため、植物の特性や周辺環境などの複雑な要因が関係していると考えられた²⁾。

3-4 開花時期が変化しない傾向の花木及び草花

花木では表-1 に示すように、クヌギ、キンモクセイなどの7種類に開花時期がほとんど変化しない傾向が認められ、調査した花木の33%に相当する。一例としてクヌギの開花日の経年変化を図-18 に示す。5年移動平均の変化をみると、開花日は微小の変動はみられても大局的にはほとんど変化がみられないことがわかる。

草花では表-2 に示すように、ネジバナとユキノシタの2種類にのみ認められた。一例としてネジバナの開花日の経年変化を図-19 に示すが、傾向はクヌギの場合と同様である。この開花時期が変化しない傾向は表-1、2 より花木に多く、草花では少ないものと推察された。

花木に比べて草花の方が、開花時期が変化しない傾向より変動する傾向の方が多くは、花木の開花より草花の開花の方が周辺土壌などの影響を直接受けやすいことも一因としてであると推測された。

3-5 年平均気温の急上昇時期での開花日の傾向

図-1 に示すように1984~1990年にかけて7年間で2℃ほど年平均気温が上昇した時期がみられた。この時期には表-1、2 に示すように調査した花木の76%、草花の45%に開花日の早くなる傾向がみられ、その7年間のみの年平均気温と開花日との相関をみるといずれも全調査期間(27年間)での相関より相関係数が高くなっている。とりわけ花木ではソメイヨシノ、ウメ、クチナシ、草花ではフッキソウ、ヒトリシズカなどは、この7年間だけをとりと相関係数が0.8以上と高い。一例として1984~1990年でのソメイヨシノの年平均気温と開花日との相関図を図-20 に示すが、相関係数は0.89であった。これより、これらの植物種の開花は温暖化の影響に敏感なものと推測された。また、短期間で年平均気温の上昇は多くの植物の開花日を早める方向に影響しているが、開花日が変動もしくは変化しない傾向の植物は年とともに徐々に開花日が戻る傾向もみられた。

4. ソメイヨシノを指標とした気温上昇による開花日の推定

IPCCでは100年間に5℃程度の気温上昇を予測している。横浜市のような大都市ではヒートアイランドの影響により、さらに短期間で高温になる可能性がある。そこで調査した植物のうち年平均気温と開花日の間で最も相関の高かったソメイヨシノを指標植物として今後横浜の年平均気温が5℃上昇した場合、ソメイヨシノの開花日は何日程度早まるかを予測した。ここでは、全調査期間(27年間)のデータからの予測と1984~1990年の気温の急上昇期間を基にした予測を試みた。

推定式は図-4及び図-20での直線回帰式から温度上昇分を外挿することにより求めた。推定式のYに4月1日から早くなる日数、Xに上昇した年平均気温を取ると、推定式は回帰式のシリアル値の変形によって得られる。

「全調査期間(27年間)のデータからの推定」

Y: 開花日が4月1日から早くなる日数

X: 上昇した年平均気温℃

$$Y=8.0X-122 \quad \dots (1)$$

2000年を基準とすれば2000年の年平均気温は16.2℃であるから、5℃上昇した場合はX=21.2℃となり、(1)式よりYとして47日を得る。また3℃の上昇では同様の計算により、31日を得る。

「1984~1990年の気温の急上昇期間を基にした推定」

$$Y=9.6X-146 \quad \dots (2)$$

2000年を基準にして(1)式と同様の計算を(2)式で行うと、5℃上昇では57日、3℃上昇では38日を得る。

これより、2000年の横浜気象台での年平均気温を基準にして今後5℃上昇した時、過去27年間のデータからはソメイヨシノの開花日は2月中旬ごろと推測された。また、1980年代後半のような気温の急上昇を頻繁に伴って5℃上昇した場合にはソメイヨシノの開花日は1月下旬~2月初旬に変わる可能性がある。

しかし、ソメイヨシノなどの春咲き花木は冬季での芽の休眠状態が開花に影響することが知られている²⁾。そのため冬季の寒さを経ずして開花が早まるとは考えにくく、むしろ今後の気温上昇によってはサクラを含め生態系そのものが乱される可能性が大きいものと考えられる。

5. おわりに

横浜市子ども植物園に生育している花木及び草花のうち横浜市内に一般にみられる花木21種、草花20種を選び1981~2007年の27年間での開花日を調査し、横浜気象台で観測された年平均気温に着目して解析した。その結果以下のような知見が得られた。

- 1) 花木及び草花の開花日は、開花時期の早くなる傾向のもの、開花時期の遅くなる傾向のもの、開花時期の変動する傾向のもの、開花時期の変化しない傾向のもの4つのカテゴリーに分類された。
- 2) 花木と草花の傾向を比較すると、一般に花木の方が開花日と気温との相関は高い傾向にあった。これは草花では土壌などの近隣環境が開花日に与える影響が花木より強いと推測された。
- 3) 1980年代後半の気温の急上昇した時期には調査した花木の76%、草花では45%が、開花日が早くなったことがわかった。
- 4) ソメイヨシノの27年間の開花傾向から、今後の気温の上昇によるソメイヨシノの開花日の移動状況を予測する推定式を導いた。その結果、横浜の年平均気温が現状より5℃ほど上昇した場合、ソメイヨシノの開花日は2月中旬ぐらいいまで早まるものと推測された。

「文献」

- 1) 倉林輝世、福田亜佐子：横浜地域におけるヒートアイランド現象が及ぼす熱中症や動植物への影響、横浜市環境科学研究所報、29,92-96(2005)
- 2) 環境省：平成16年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書、61-70、平成17年3月

横浜市内の湧水特性

加藤良昭、下村光一郎、飯塚貞男 (横浜市環境科学研究所)

Characteristic of spring waters in Yokohama City

Yoshiaki Kato, Kouitirou Shimomura, Sadao Iizuka
(Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード：湧水量と水質、水環境目標、キーダイアグラム、地形・地質

要 旨

2004 年度から 2006 年度にかけて行った横浜市内における湧水調査から、湧水量と水質、水環境目標との関係、キーダイアグラムを用いた解析により、横浜市の地形・地質特性と湧水の関係が判明した。

1. はじめに

湧泉から湧き出した水を湧水という¹⁾。「湧泉」は、湧き水の存在する「場所」を意味している。自然の状態のまま人間が地下水と接触することのできる場所が「湧泉」(以下湧水点という)である。

「横浜市水と緑の基本計画」(平成 18 年 12 月策定)では、推進施策として水循環の再生を掲げ、河川水量の確保のために、樹林地や農地の保全に加え貴重な湧水の保全を進め、自然系水循環の回復を図ることとしている。2004 年度から 2006 年度にかけて行った広域的な湧水調査結果から^{2~4)}、湧水量、湧水水質、湧水点と地形との関係など湧水に関する知見が得られたので報告する。

2. 調査地点、調査項目及び方法

2-1 調査地点

調査地点の住所を表-1 に、調査地点を図-1 に示した。調査は、各地点について夏(7~8 月)と冬(12~1 月)の 2 回行った。

2004 年度は No. 1~11、2005 年度は No. 12~22、2006 年度は No. 23~31 の湧水点を調査した。

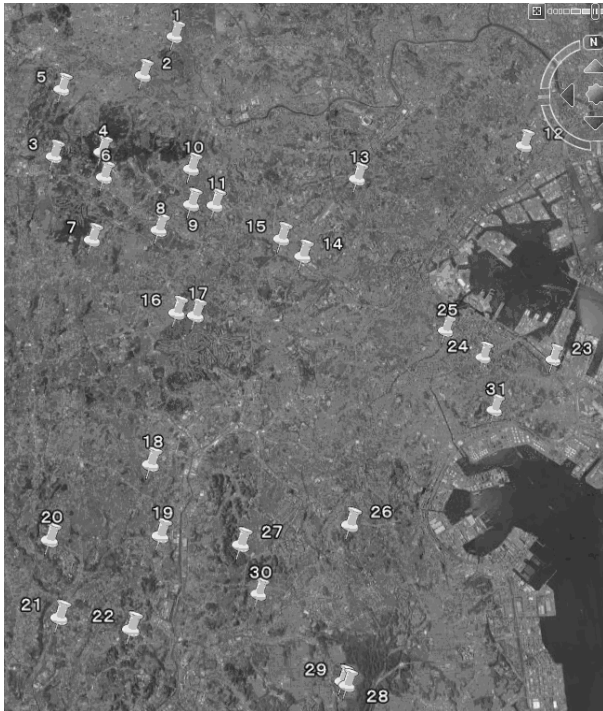
なお、調査地点の中には湧泉付近の湧水点以外に上流が暗渠等の理由で湧水点より下流の水路で測定した地点も含まれる。

2-2 調査項目

調査項目は表-2 に示した。

表-1 調査地点

No.	住 所	No.	住 所	No.	住 所
1	緑区北八朔町北八朔公園	14	保土ヶ谷区坂本町	27	戸塚区舞岡町舞岡公園内
2	緑区十日市場町	15	保土ヶ谷区川島町	28	栄区長倉町
3	旭区上川井町	16	旭区大池町こども自然公園	29	栄区長倉町(昇龍橋)
4	旭区上川井町 2053 付近	17	旭区大池町	30	栄区小菅ヶ谷
5	緑区長津田町 2993 付近	18	戸塚区矢部町谷矢部池公園	31	中区滝之上白滝不動尊
6	旭区川井本町	19	戸塚区戸塚町戸塚公園		
7	旭区笹野台	20	泉区和泉町天王森泉公園		
8	旭区中沢	21	戸塚区東俣野町ほうえんの池		
9	旭区今宿東町今宿東公園	22	戸塚区小雀町小雀公園		
10	旭区中白根	23	中区小港町(ワシン坂湧水)		
11	旭区白根白糸の滝	24	中区打越(打越湧水)		
12	鶴見区岸谷(岸谷湧水)	25	中区日ノ出町(日の出湧水)		
13	神奈川区三枚町	26	港南区日野町		



図－1 湧水調査地点(Google Earth 上に表示)

表－2 調査項目

調 査 項 目	
水量	亜硝酸イオン
水温	ナトリウムイオン
pH	カリウムイオン
電気伝導度	カルシウムイオン
溶存酸素量	マグネシウムイオン
COD	全マンガン
BOD	全鉄
塩化物イオン	ケイ酸イオン
アンモニウムイオン	糞便性大腸菌群
硫酸イオン	一般細菌
炭酸水素イオン	藻類
硝酸イオン	

2-3 調査方法

2-3-1 現場測定

(1) 水量測定

水量測定は、以下の3つの方法を、湧水の湧出状況に応じ使い分けた。

①ポリ袋法

湧水をポリ袋に一定時間全量採取し、採取量をメスシリンダーで計測した。

②流速計法

電磁流速計を湧水流路水面下に一定時間浸漬させ、その平均流速を測定し、それと水路断面積から産出した。

③フロート(浮遊物)法

木の葉等の浮遊物を湧水流路に流し、一定区間を流れる時間を計測、区間長と水路断面積を掛けた。

(2) 水質測定

水温はアルコール棒状温度計、pHは携帯型pH計、電気伝導度は携帯型電気伝導度計、溶存酸素量は携帯型溶存酸素計で測定した。

2-3-2 室内分析

COD(過マンガン酸カリウム消費量)は上水試(2001)、BOD(生物化学的酸素要求量)はJIS K-0102(1998)のウインクラーアジ化ナトリウム変法により分析を行った。各種イオンはJISK0102(1998)イオンクロマト法とICP法によった。

糞便性大腸菌群と一般細菌は河川水質試験方法(1997建設省建設技術協議会水質連絡会編)によった。

3. 結果と考察

3-1 水環境調査

図-2~4に、全湧水点で測定した湧水量、BOD、ふん便性大腸菌群数のヒストグラムを示した。

3-1-1 湧水量 (図-2)

ほとんどの湧水点で200L/min未満で、その中でも10~50L/minの間に集中し、全体の60%が40L/min未満であった。最大湧水量は夏季の旭区中沢の570L/min、最小湧水量は戸塚舞岡公園3.4L/min、平均湧水量は120L/minであった。

3-1-2 湧水水質 (図-3、4)

BODは、全て3.5mg/L未満で、98%が3mg/L未満であった。また、73%が1mg/L未満であった。

糞便性大腸菌群数は、290,000個/100mL(グラフ上は範囲外)という高値を除くと4,000個/100mL未満であった。全体の88%が1,000個/100mL未満であった。

290,000個/100mLを計測したところは、生活排水の混入等が考えられる。また、糞便性大腸菌群数は、水温が高く濁りが多くなると多くなる傾向が見られた。

3-1-3 「横浜市水と緑の基本計画」の源流域の水環境目標との比較

「横浜市水と緑の基本計画」の源流域の水環境目標は、BODが3mg/L以下、ふん便性大腸菌群数は1,000個/100mL以下である⁵⁾。ほとんどの湧水は水環境目標を満足していた。

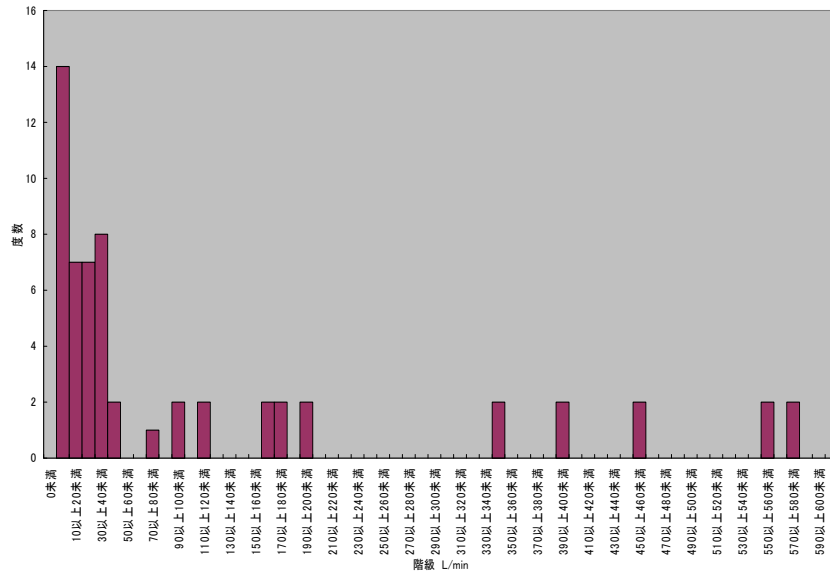


図-2 湧水量のヒストグラム(一部欠側有り)

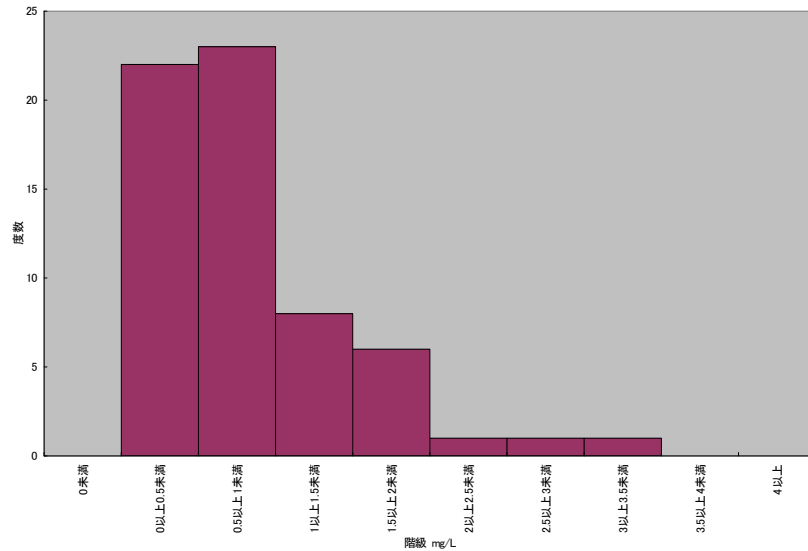


図-3 湧水 BOD のヒストグラム

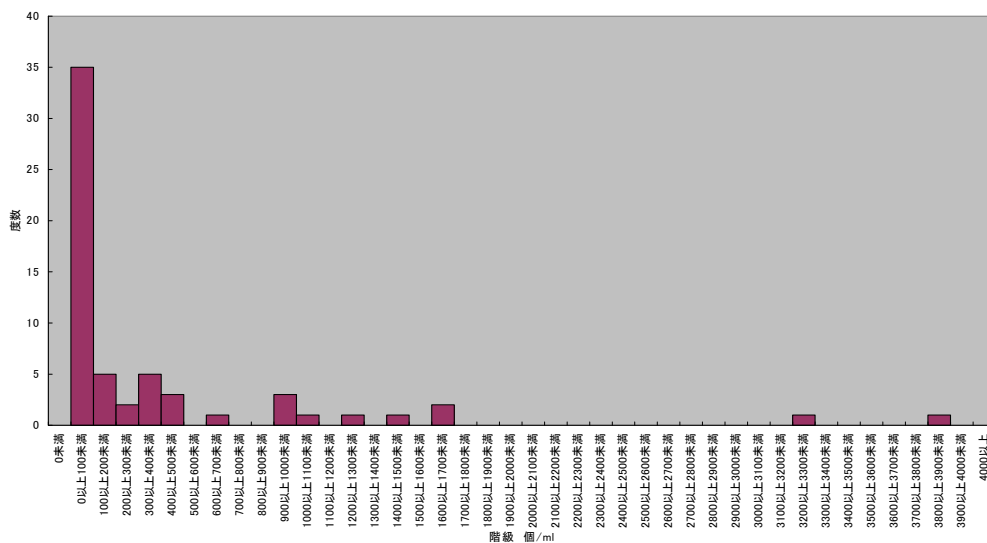


図-4 湧水糞便性大腸菌群数のヒストグラム(290,000 個/100mL は範囲外)

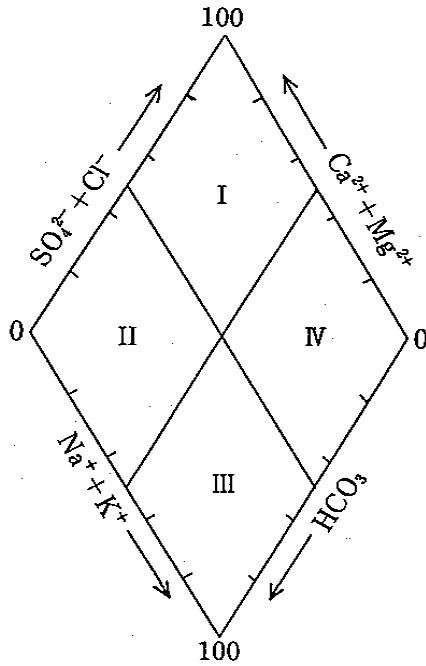


図-5 キーダイアグラム表示と水質の分類

3-2 キーダイアグラムによる湧水特性分析

キーダイアグラム表示は、各種イオンにより湧水のタイプを分類する方法である⁶⁾。これを図-5に示した(プロットされる数値は当量濃度を百分率に変換したもの)。

この方法は、大まかな分類であるが、水質を区分するには有効とされている。化学成分的には次のように4分類され、これはまたその水の起源として関連づけることもできる。

- I アルカリ土類非炭酸塩 (熱水、化石水)
- II アルカリ土類炭酸塩 (地下水)
- III アルカリ炭酸塩 (停滞地下水)
- IV アルカリ非炭酸塩 (海水)

ここで、I型はCa-SO₄やMg-SO₄タイプ、あるいはCa-Clタイプの水であり、II型はCa-HCO₃タイプの水がほとんどである。III型はNa-HCO₃タイプの水であり、IV型はNa-Clタイプで塩水、海水が主流を占めることを示している。

本調査の全31箇所の夏と冬の各イオンの平均値から得られたキーダイアグラムを図-6に示した⁷⁾。

図-6を見ると、ほとんどはII型に入っており、アルカリ土類炭酸塩(地下水)型であることが示された。これは石灰岩地域に特有な典型的なCa-HCO₃タイプであり、横浜市の湧水は典型的な湧水(地下水)の特徴を表していると言える。

II型でCa-HCO₃タイプの湧水は、一般的な地下水のタイプと同時に、HCO₃が多いことに着目すれば、降水起源と考えられる⁸⁾。つまりCO₂を含む雨水が、深部に達せず地表面付近に浸透し、比較的短期間の滞留後、湧出してきたものと考えられる。

今回のほとんどの湧水の溶存酸素量(DO)の値は5mg/l以上であり、表層の土壌層を通して大気中の酸素を吸収していることから、比較的表層(不飽和層)から湧してきた湧水であることが確認できる。

3-3 地形・地質から見た湧水

横浜の地形図を図-7に示した⁹⁾。図-7を見ると、横浜市の丘陵部は、多摩丘陵、下末吉台地、相模層と基盤層である上総層によって形成されている。各湧水点は、これらの斜面上から下部にかけ点在している。

3-2に示したように、横浜の湧水は、谷頭^{*1}や斜面林等から湧出している。キーダイアグラムによる湧水の組成分析からは、横浜の湧水は降水起源であることを先に示したが、組成タイプがII型で、Ca-Mgの比率が大きいことは、横浜の丘陵(台地)の形成が、基本的に海成層^{*2}によるものである定説¹⁰⁾を裏付けていると考えられる。表-3に、各湧水点を地形毎に分類した。

湧水点の存在位置と地形との関係をみると、次の4分類に分けられた。①谷頭②斜面林③崖線^{*3}(川)④崖線(海)である。

地形分類で最も多かったのは、①の谷頭であり、次いで斜面林、崖線となっている。谷頭は、多摩丘陵に位置する横浜の特徴的地形であり、崖線(海)も横浜の特徴である。したがって、湧水点保全は谷戸等の地形の保全と一体であるとともに、横浜らしい地形を残していくこと

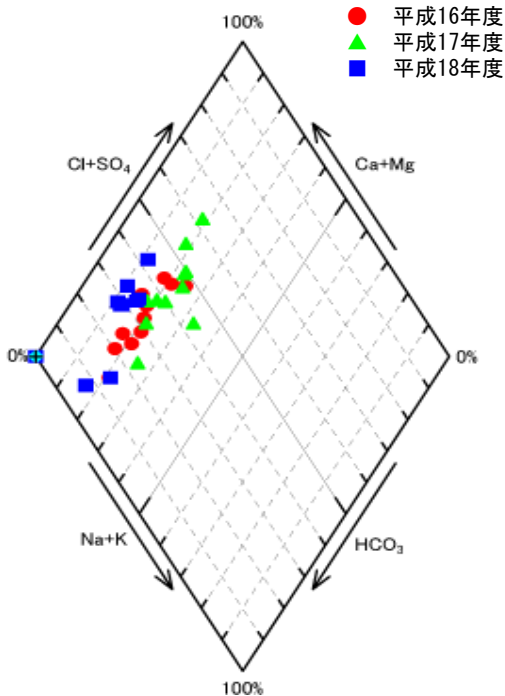


図-6 夏と冬の平均値を用いた各年度別キーダイアグラム

表-3 湧水点の地形分類

地形	湧水点の数	湧水点No	備考
①谷頭 ^{*1}	14	1、4、5、6、 9、13、16、 17、18、22、 26、27、28、 30	
②斜面林	10	2、3、7、8、 10、12、15、 19、24、25	
③崖線 ^{*3} (川)	5	11、14、20、 21、29	中掘川、 帷子川、 境川、い たち川
④崖線(海)	2	23、31	根岸湾

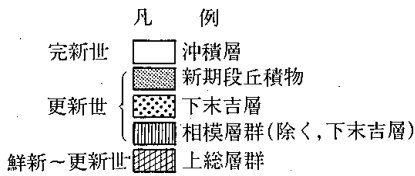
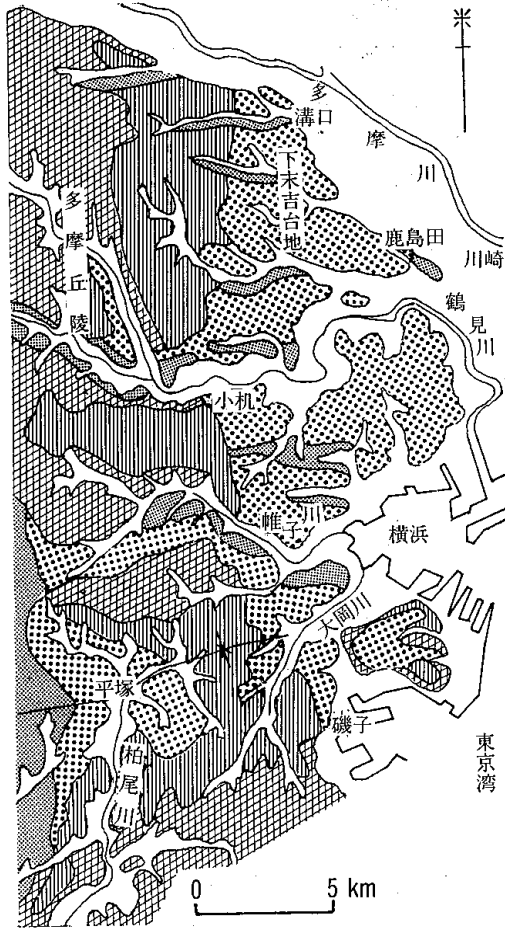


図-7 横浜の地形地質図

と言える。

4. おわりに

今回の調査では、湧水水質が良好であること、湧水の存在は横浜らしい丘陵(谷戸)地形と一体であること等、横浜の湧水特性の一部が明らかになった。

今後も、湧水量をはじめとする継続的な調査が必要と考える。

謝 辞

調査にご教示ご協力をいただいた環境創造局の職員の皆様に対して、ここに記して感謝する。

^{*1} 谷頭: 台地上の馬蹄型や凹地形などの谷地型の地形。横浜の場合谷戸に相当。

^{*2} 海成層: 海底にたまった堆積物(堆積岩)

^{*3} 崖線(がいせん): 台地などの平坦面から谷底面に向かう崖状の斜面が、川等に沿って連続している地形。

参考文献

- 1) 高橋 他: 湧泉調査のてびき 地学ハンドブックシリーズ・6、6-7(1992).
- 2) 横浜市環境創造局環境活動事業課: 平成16~17年度 源流域水環境基礎調査業務委託報告書、80-89(2005).
- 3) 横浜市環境創造局環境活動事業課: 平成17年度 源流域水環境基礎調査業務委託報告書、94-95(2006).
- 4) 横浜市環境科学研究所: 平成18年度 河川域生物生態環境調査源流域水環境基礎調査報告書、149(2007).
- 5) 横浜市環境創造局「横浜市水と緑の基本計画」、192-195(2007).
- 6) 日本地下水学会編: 名水を科学する、21(1994).
- 7) 濱田洋平(2002): トリリニアダイアグラム作成ブック <http://homepage3.nifty.com/catchmyearth/jp/download.html> (2007/12/04 アクセス)
- 8) 登坂博行: 地圏の水環境科学、324-325(2006).
- 9) 大木靖衛監修: 神奈川の自然をたずねて、272(1992).
- 10) 奥村 清: 神奈川自然の歴史、135-137(1981).

《 今回調査した主な湧水の写真 》



日の出湧水(中区)



岸谷湧水(鶴見区)



打越湧水(中区)



舞岡公園湧水(戸塚区)



ワシン坂湧水(中区)



川島町湧水(保土ヶ谷区)

付表 地点別の湧水水質結果

夏と冬の平均値

地点No	測定項目	水温	pH	溶存酸素	電気伝導度	水量	COD	BOD	アンモニウムイオン	亜硝酸イオン	硝酸イオン	硫酸イオン	塩化物イオン	炭酸水素イオン	ナトリウムイオン	カリウムイオン	マグネシウムイオン	カルシウムイオン	マンガン	全鉄	ケイ酸	ふん便性大腸菌群
	単位	℃		mg/L	μS/cm	L/m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	個/100mL
No1		15	7.3	8.6	270	180	2.7	1.2	0.1	0.01	8.4	27	12	100	9.2	1.4	9.8	30	0.07	0.27	38	160
No2		16	6.8	7.2	270	51	0.14	0.7	0.06	0.01	22	37	9.7	80	12	1.8	12	22	0.01	0.02	38	61
No3		15	7.2	9.6	200	370	0.9	0.4	0.1	0.01	6.6	20	7.9	73	8.0	1.0	7.0	20	0.06	0.02	19	1.0
No4		15	6.5	4.5	140	19	0.8	0.4	0.1	0.01	11.0	2.1	8.4	52	5.6	0.2	7.2	12	0.01	0.1	31	36
No5		15	7.2	8.8	150	65	4.1	1.1	0.06	0.01	2.7	6.2	5.8	70	6.2	0.6	7.4	14	0.1	2.8	42	1900
No6		15	7.3	8.5	170	96	1.5	0.8	0.06	0.01	22	18	10	52	6.8	0.4	7.6	14	0.01	0.07	27	130
No7		18	7.0	9.3	240	26	1.4	0.6	0.08	0.02	25	32	12	68	14	0.8	8.9	23	0.04	0.04	18	800
No8		17	7.1	8.4	260	510	2.1	1.7	0.13	0.17	10	16	12	99	11	1.0	9.5	21	0.74	1.5	18	140000
No9		16	7.3	8.8	160	280	1.5	0.2	0.1	0.01	12	5.2	7.9	60	6.8	0.6	6.8	12	0.3	0.2	30	460
No10		18	6.8	8.2	290	4.4	4.2	2.2	3.1	0.04	0.24	0.9	13	140	9.4	0.86	11	14	4.4	9.1	15	1600
No11		18	7.6	8.8	330	32	1.2	0.4	0.12	0.02	16	19	22	130	14	0.76	12	30	0.26	0.77	18	36
No12		15	7.3	7.3	280	2.0	1.0	0.7	0.2	0.1	30	18	22	82	12	0.5	14	19	0.01	0.02	37	13
No13		16	7.0	7.8	400	120	0.8	0.6	0.2	0.1	26	38	18	150	24	2.2	15	50	0.06	0.05	19	320
No14		16	8.1	9.0	410	60	0.8	0.6	0.1	0.1	18	79	17	100	18	4.6	17	52	0.01	0.02	44	180
No15		16	7.6	9.3	190	19	0.7	0.5	0.2	0.1	4.5	19	7.8	49	12	1.6	4.3	16	0.01	0.02	20	0
No16		15	7.1	8.3	200	150	1.9	1.3	0.2	0.4	6.5	6.5	15	140	14	2.8	9.2	22	0.02	0.04	20	260
No17		18	7.3	7.4	260	440	1.4	1.2	0.2	0.1	8.1	22	9.0	100	12	0.9	13	20	0.01	0.02	32	700
No18		14	7.7	8.0	220	20	1.2	1.0	0.1	0.1	20	20	13	110	14	0.9	13	26	0.01	0.02	40	800
No19		15	8.0	8.4	310	14	1.4	0.9	0.1	0.1	26	16	18	100	16	0.8	14	27	0.01	0.02	40	240
No20		15	7.5	6.7	410	51	2.0	0.9	0.1	0.1	30	31	43	120	20	1.5	20	38	0.01	0.04	34	620
No21		13	7.4	8.2	410	150	3.1	2.2	0.1	0.2	22	38	42	120	18	1.3	17	42	0.02	0.34	27	910
No22		15	7.4	7.2	230	48	2.9	1.2	0.2	0.1	3.4	7.9	18	100	12	0.8	8.1	23	0.01	0.1	24	580
No23		18	7.6	9.1	360	4.2	0.5	0.2	0.01	<0.01	4.7	12	22	110	14	2.3	18	43	<0.01	0.06	16	<1
No24		17	7.3	7.9	350	7.2	0.4	0.2	0.02	<0.01	2.8	12	22	72	10	1.8	16	46	<0.01	0.2	16	<1
No25		18	7.3	8.3	320	31	0.3	0.7	0.01	<0.01	2.9	10	19	110	16	2.3	27	75	<0.01	0.05	16	<1
No26		17	7.5	7.6	210	5.7	1.4	1.1	0.03	0.01	0.2	2.9	8.8	110	12	1.4	12	21	0.1	0.2	8.9	<1
No27		16	7.5	5.2	500	3.4	3.4	0.5	0.3	0.04	0.1	38	10	150	15	1.8	24	55	1.0	12	11	<1
No28		17	7.5	3.7	440	(夏110)	1.2	0.8	0.04	0.01	0.5	31	11	120	15	2.4	28	76	0.05	0.1	12	<1
No29		16	7.2	6.8	1400	61	2.4	0.5	0.2	0.02	0.1	2.5	15	360	20	3.9	25	56	0.7	1.0	23	<1
No30		18	7.6	7.0	580	19	2.1	1.1	0.1	0.04	0.8	38	14	130	21	2.8	26	62	0.1	0.2	21	240
No31		16	7.8	6.7	280	(夏44)	1.1	0.4	0.01	<0.01	0.8	9.0	14	90	16	2.8	25	67	0.01	0.2	10	<1

注) 水量の(夏)は、夏のみの値

源流域水環境基礎調査結果（第二報）

－円海山周辺－

加藤良昭、樋口文夫、福嶋 悟（横浜市環境科学研究所）

Environmental basics survey on the head-water-region of Yokohama City Part II

－ The area of Enkaizan －

Yoshiaki Kato, Fumio Higuchi, Satoshi Fukushima
(Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード：河川流量変化、水と緑の基本計画、重要種、源流域環境の生物生息状況

要 旨

2006 年度に行った円海山周辺の源流域水環境基礎調査における水環境と生物生息状況の調査結果から以下のことが明らかになった。

1) 水質は、夏季と冬季で概ね良好である。2) 生物多様性は、湿地・樹林・林縁・水辺等多様な環境から構成されていることが背景となっている。3) 「横浜市水と緑の基本計画」で定めている指標生物の調査結果から、横浜の源流域の出現種は、共通するものと地形特性により異なるものが生息していることが判明した。

以上、源流域に関する知見が得られたので報告する。

1. はじめに

2004 年度から始めた源流域水環境基礎調査では、河川の源流域である緑の 7 大拠点とその周辺において水環境や生物生息状況の調査を行っている。2006 年度に行った円海山周辺の調査結果から、水量・水質の状況、生物生息状況について得られた知見を第二報としてとりまとめた。

2. 対象地域、調査項目

平成 18 年度の調査は、境川・大岡川・侍従川流域の源流域である円海山周辺の 6 地点で行った¹⁾。(図-1、図-2)。調査項目と調査時期調査ルート(地点)数を表-1 にまとめて示した。



図-1 横浜市の「緑の 7 大拠点」と今回の調査対象地域(円海山)の位置

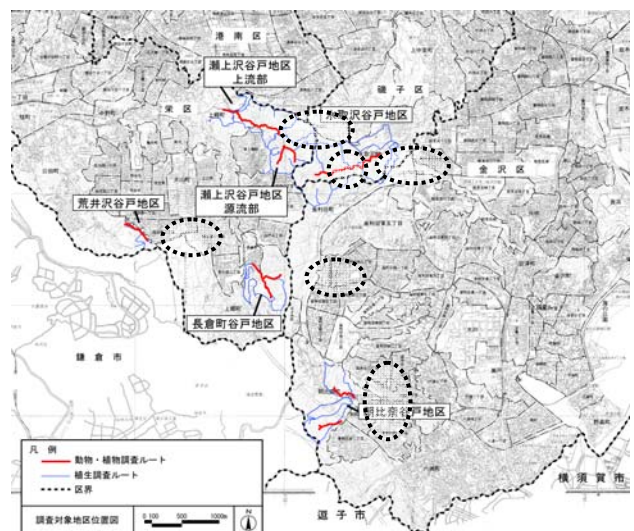


図-2 円海山周辺の調査地域(点線の範囲内 6 地域)

表-1 調査項目、調査時期及び調査地域

調査項目		調査時期	調査地域(地点)
①水路地形・景観		4月,5月	6地域
②水環境	谷戸水路(河川)の流量・水質	毎月	9地点(河川を含む)
③植物	植生	8月	6地域
	水生植物	5月,8月	6地域
	藻類	4月,8月,12月,2月	8地点
④動物	底生動物	8月	12地点
	鳥類	6月,10月,1月	6地域
	昆虫類(トンボ・チョウ、地表性昆虫、バッタ・キリギリス類)	5月,6月,7月,9月,10月	6地域(地表性昆虫6地点)
	両生類・は虫類	5月,7月,8月	6地域
	哺乳類	5月,7月,8月	6地域
	魚類	4月,8月,12月,2月	8地点
	甲殻類		8地点

3. 調査方法

3-1 水環境調査

3-1-1 流量測定

河川(水路)流量については、折れ尺で流れ幅と水深を測定し、流路断面を作成した。電磁式流速計を用いて流速を測定し、流量を算出した。

3-1-2 水質測定

水温はアルコール棒状温度計、pHは携帯型pH計、電気伝導度は携帯型電気伝導度計で現地測定した。BOD(生物化学的酸素要求量)はJIS K-0102のインクラージ化ナトリウム変法により分析を行った。糞便性大腸菌群数は河川水質試験方法によった。

表-2 重要種分類基準

選定基準	区分
「文化財保護法」(昭和25年 法律第214号)	国指定特別天然記念物 国指定天然記念物
「神奈川県及び横浜市指定天然記念物」	神奈川県指定特別天然記念物 横浜市指定天然記念物
「絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律」(平成4年 法律第75号)	国内稀少野生動植物種
「改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物ーレッドデータブックー」 1 哺乳類(環境省、2002) 2 鳥類(環境省、2002) 3 爬虫類・両生類(環境庁、2000) 4 汽水・淡水魚類(環境省、2003) 5 昆虫類(環境省、2006) 6 陸・淡水産貝類(環境省、2005) 7 クモ形類・甲殻類等(環境省、2006) 8 植物I(維管束植物)(環境庁、2000) 9 植物II(維管束植物以外)(環境庁、2000) ※ただし、鳥類、爬虫類、両生類、その他の無脊椎動物については「鳥類、爬虫類、両生類及びその他の無脊椎動物のレッドリストの見直しについて」(環境省、2006)を反映した。	絶滅(Ex)、野生絶滅(Ew)、 絶滅危惧I類A(CR)、 絶滅危惧I類B(EN)、 絶滅危惧II類(VU)、 準絶滅危惧(NT)、 情報不足(DD)、 絶滅のおそれのある地域個体群(LP)
「神奈川県レッドデータ生物調査報告書2006」 (神奈川県立生命の星・地球博物館、2006) ※なお、2006年7月以前の春季調査では、改訂版で新たに指定された種の確認地点について記録していない。	絶滅、野生絶滅、 絶滅危惧I類(絶滅危惧I類A、 絶滅危惧I類B)、 絶滅危惧II類、準絶滅危惧、減少種、 希少種、要注意種、注目種、 情報不足(情報不足A、情報不足B)、 不明種、絶滅のおそれのある地域個体群
「横浜の植物」(横浜植物会、2003)	絶滅種(EX-A、EX-B)、 絶滅寸前(En-A、En-B)、 危急種(V-A、V-B)、 準絶滅危惧種(R)

3-2 生物生息状況調査

表-2 に生物重要種の分類基準を示した。

植物調査は、河川や谷戸の水路沿いの一定区間を踏査(ルートセンサス)し、水路周辺の生育種を記録した。

魚類と甲殻類調査はDフレームネットを用いて行った。底生動物調査はサーバーネット及び手網を用いて、

瀬・淵、水際などの多様な環境要素を対象に定性採集した。藻類調査では広い範囲を対象として紅藻類の生育状況について目視調査を行った。トンボ・チョウ類と鳥類調査はルートセンサス法を基本に、鳥類調査は定点調査で補完した。

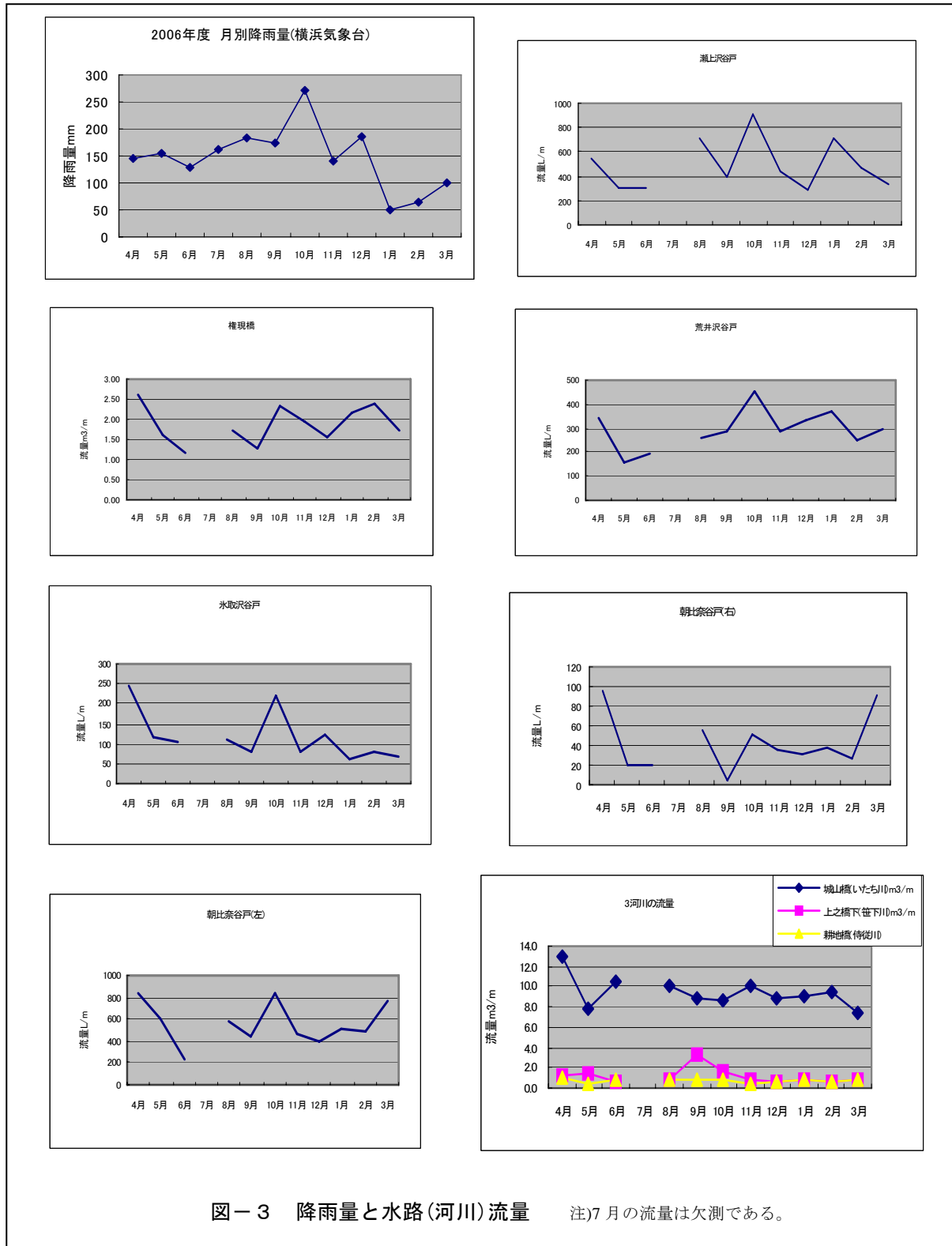


図-3 降雨量と水路(河川)流量 注)7月の流量は欠測である。

4. 結果と考察

4-1 水環境(水量・水質)

4-1-1 水路(河川)流量

図-3に、月別降雨量及び各水路(河川も含む 7月は欠測)の月別流量の変化を示した。

月別降雨量の推移は、10月をピークに、1月が最も少なく豊水期と渇水期が明瞭に示された。各谷戸の水路流量の変化は、ほぼ降雨量の変化に類似し、降雨量の多かった10月には、その前後に比べて流量は多くなっているが、月別降雨量ほど豊水期と渇水期の流量の差は明瞭ではない。月単位の降雨量の変化よりは、日単位の降雨に影響されるためと考えられた。

河川(いたち川、笹下川、侍従川)の流量の変動幅は月別降雨量に比べ小さい。城山橋(いたち川)の流量は他の河川流量の約10倍で、流域面積も城山橋は、他の河川流域面積の5倍以上で、河川流量は流域面積の大きさを反映している。

4-1-2 水路(河川)水質

水路(河川)の水質分析結果を、表-3に示した。

水温、pH、溶存酸素、電気伝導度は毎月の平均と範囲、BOD、糞便性大腸菌群数、一般細菌は夏季と冬季の値を示した。

水温の範囲は、河川であるいたち川(No7城山橋)では10~27℃と変動しているのに対し、瀬上沢谷戸など谷戸の水路(No1~3)は変動幅が狭かった。これらの谷戸水路は湧水点に近いので、水温は気温の影響を受けていないためと考えられる。

pHの範囲は8.0前後、溶存酸素は、全ての河川(水路)で6.5mg/l以上だった。

電気伝導度は、全調査地点を通して240~890 μ S/cmの範囲内であり、地点により差があり、その地域の地質等に影響されていると考えられる。

一般細菌は、夏季は耕地橋(No9侍従川)で8,000個/mlと最も多く、冬季は瀬上沢谷戸と城山橋(いたち川)で1,100個/mlと最も多かった。

4-1-3 「水と緑の基本計画²⁾」目標との比較

横浜市の「水と緑の基本計画」達成目標(表-4)のBODと糞便性大腸菌群数を調査結果と比較すると、全ての調査地点で夏季、冬季ともBODは3mg/l以下、糞便性大腸菌群数は城山橋(いたち川)の冬季結果以外は、1,000個/100ml以下となっており、ほぼ達成目標を満足していた。

表-3 水路(河川)の水質分析結果

注)網掛けは、達成目標を超過

項目	地点	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
		瀬上沢谷戸	横浜自然観察の森	荒井沢谷戸	水取沢谷戸	朝比奈谷戸(右)	朝比奈谷戸(左)	城山橋(いたち川)	上之橋下(笹下川)	耕地橋(侍従川)
水温(℃)	平均	16.4	16.7	16.6	14.3	15.3	16.2	18.3	15.1	16.3
	範囲	8.7-14	11-21	9.7-23	4.9-20	7.2-22	12-20	10-27	7.3-20	12-20
pH	平均	8.0	8.0	8.1	8.2	8.1	8.1	8.1	7.9	8.0
	範囲	7.5-8.4	7.6-8.2	7.4-8.4	7.7-8.4	7.7-8.6	7.6-8.5	7.6-8.4	7.2-8.2	7.5-8.4
溶存酸素(mg/l)	平均	9.3	9.3	8.8	10	9.0	9.7	10	10	9.6
	範囲	6.5-13	6.6-12	7.0-11	6.9-16	7.2-11	7.2-14	6.5-13	7.1-14	7.4-12
電気伝導度(μ S/cm)	平均	460	810	710	340	340	790	730	720	810
	範囲	350-740	730-890	660-780	240-390	310-370	690-850	590-800	500-840	720-880
BOD(mg/l)	夏季	0.7	0.8	0.5	0.7	0.7	0.9	1.3	1.5	0.9
	冬季	1.5	1.1	1.9	1.6	1.1	0.9	1.7	1.5	1.1
ふん便性大腸菌群数(個/100ml)	夏季	35	140	43	88	100	16	66	25	9
	冬季	36	870	13	86	25	100	1,100	85	100
一般細菌(個/ml)	夏季	2,600	1,500	3,600	3,100	640	6,300	6,100	3,500	8,000
	冬季	1,100	360	640	67	650	870	1,100	490	360

表-4 横浜市「水と緑の基本計画」水域別達成目標

目標項目	生物化学的酸素要求量(BOD)	生物指標による感覚的な水質階級	糞便性大腸菌群数
水域区分			
IA(源流域)	3mg/L以下	ホトケドジョウ、アブラハヤ、カワニナ、サワガニ	1,000個/100mL以下

4-2 生物生息状況

4-2-1 源流域環境と植物重要種の出現状況

今回の植物生育状況調査では、全体で503種が確認された。源流域は、湿地、溜池、水路、水辺、田、畑、草地、樹林等の環境で構成されており、多様な植物の生育環境が形成されている。環境別に出現した重要種を表-5に示した。重要種として22種が確認された。

環境分類毎にみると湿地で生育するものが5種、樹林(崖地含む)で10種、樹林から林縁で7種である。重要種の特徴をみると、樹林から林縁に自生するものが多かった。

次に、本調査結果と鶴見川源流域調査³⁾、帷子川源流域調査⁴⁾の結果とを比較する。湿地の種類が占める割合は、鶴見川と帷子川源流域で約7割、本調査では約2

割であった。逆に、樹林から林縁の種類が占める割合は本調査では約7割を占めた。このような相違は、地形特性が異なることが主な要因と考えられる、鶴見川と帷子川の源流域は比較的なだらかな丘陵地形で、谷戸低地は広がりをもっていた。谷戸低地から谷戸頭にかけての湿地部分は広く、ここに自生する湿地性重要種の比率が大きかった。

円海山周辺は上総層群を基盤層とする山岳的地形のため、谷戸は溪谷状で崖が迫っており、谷戸低地部分が狭いため、樹林の重要種の比率が大きかったといえる。

表-5 出現した環境と植物重要種

No.	出現環境	種名	選定基準※					長倉町谷戸	荒井沢谷戸	瀬上沢谷戸上流部	瀬上沢谷戸源流部	水取沢	朝比奈谷戸
			①	②	③	④	⑤						
1	湿地	シラコスゲ					V-B				●		
2		イワボタン					En-A	●	●		●	●	●
3		タコノアシ			VU		V-B		●				
4		ミヤマシラスゲ					V-B		●				
5		セイタカハリイ					V-A				●		
6	樹林(崖地含む)	ノコギリシダ					En-A				●		●
7		サイハイラン					V-B	●	●		●	●	
8		ツルデンダ					En-A	●	●				
9		ケイワタバコ					En-A	●					●
10		モミジガサ					V-B	●					
11		フウトウカズラ					En-A						●
12		ツクバネウツギ					V-A					●	
13		ナツノハナワラビ					V-B	●					
14		アカショウマ					V-B		●	●	●		●
15		オオバノトンボソウ					V-B					●	
16	樹林から林縁	カントウカンアオイ					V-A	●	●			●	
17		ヤマツツジ					V-B	●	●			●	●
18		サルナシ					V-A	●		●	●		
19		マツカゼソウ					En-B					●	
20	水路土手から林縁	カテンソウ					V-B		●				
21	林縁の草地	リンドウ					V-B		●				
22		イラクサ					V-B						●

選定基準※は、表-2による。

地形特性の違いは、特定の種の出現状況からも確認できる。ケイワタバコは、泥岩の崖上に自生する植物で、千葉県南部から静岡県東部の太平洋側に分布しており、神奈川県でも鎌倉周辺から三浦半島などに分布していることが知られている。源流域の調査では鶴見川と帷子川で出現せず、円海山周辺を対象とした本調査でのみ確認された。

また、藻類調査結果では、環境省レッドデータブックで準絶滅危惧種に指定されている紅藻類のタンスイベニマダラが確認された。紅藻類を対象とした市全域の調査結果から、タンスイベニマダラは横浜市の南部地域に分布していることが報告されている⁵⁾。

4-2-2 横浜市の「水と緑の基本計画」の指標生物の流域別出現状況

横浜市の「水と緑の基本計画」の源流域における指標生物の出現状況を表-6に示した。

円海山で出現したのは、魚類はホトケドジョウ、底生動物はサワガニ、オニヤンマ、カワニナ、ヤマトクロスジヘビトンボなど、水草はオランダガラシで、これらは鶴見川と帷子川の源流域でも確認されている。

一方、円海山周辺でのみ出現したのは、ヤマトフタツメカワゲラ、ヘビトンボ、タンスイベニマダラであった。ヤマトフタツメカワゲラは、生息域が限定されていることが報告されている⁶⁾。

藻類のタンスイベニマダラは鶴見川と帷子川源流域を対象とした調査では確認されず、それらの流域ではカワモズク類が確認されている。

以上のことから、同じ横浜市内でも、円海山周辺は地形も含めて他の地域と異なり、動植物の出現状況が一部異なると言える。

源流域においては、その減少が危惧される重要種や指標種など動植物の多様性を維持するためには、源流域の地域特性を含めた多様な環境を保全することが不可欠である。

5. おわりに

本調査では円海山の源流域環境の一端を明らかにすると同時に、市内の源流域の地域特性が生物生息分布に関わっていることを明らかにすることができた。

源流域環境保全のためには地形特性も含めた多様な環境を保全することが重要である。

謝辞

調査にご理解とご協力をいただいた地権者、町内会、愛護会、市民団体、各区に記して感謝する。

参考文献

- 1) 横浜市環境科学研究所 平成 18 年度河川域生物生息環境調査源流域水環境基礎調査報告書 174pp. (2007)
- 2) 横浜市環境創造局水と緑の基本計画 p192-195 (2007)
- 3) 横浜市環境創造局環境活動事業課平成 16~17 年度源流域水環境基礎調査業務委託報告書 p23-78 (2005)
- 4) 横浜市環境創造局環境活動事業課 平成 17 年度源流域水環境基礎調査業務委託報告書 p23-84 (2006)
- 5) 福嶋 悟 他 豊かな湧き水に育つカワモズクの分布と生育環境 平成 19 年度環境創造局職員業務研究改善事例発表会 p71-72 (2007)
- 6) 金田彰二 円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第 2 報横浜市公害研究所 p105 (1987)

表-6 指標生物出現状況

河川	いたち川(境川)	大岡川	侍従川
魚類	ホトケドジョウ、アブラハヤ、メダカ 3種	ホトケドジョウ、シマドジョウ、アブラハヤ 3種	0種
底生動物	ヌカエビ、サワガニ、フタスジモンカゲロウ、オナシカワゲラ科、ヤマトフタツメカワゲラ、カワトンボ、オニヤンマ、カワニナ、ヤマトクロスジヘビトンボ、ヘビトンボ、カクツツトビケラ科、ミズムシ、アメリカザリガニ、イトミミズ科 14種	ヌカエビ、サワガニ、フタスジモンカゲロウ、オナシカワゲラ科、ヤマトフタツメカワゲラ、カワトンボ、オニヤンマ、カワニナ、ヤマトクロスジヘビトンボ、ヘビトンボ、ミズムシ、アメリカザリガニ、イトミミズ科 13種	サワガニ、サホコカゲロウ、フタスジモンカゲロウ、オナシカワゲラ科、ヤマトフタツメカワゲラ、オニヤンマ、カワニナ、ヤマトクロスジヘビトンボ、ヘビトンボ、ウルマ-シマトビケラ、カクツツトビケラ科、ミズムシ、イトミミズ科 13種
藻類	タンスイベニマダラ 1種	タンスイベニマダラ 1種	タンスイベニマダラ 1種
水草	オランダガラシ 1種	オランダガラシ 1種	オランダガラシ 1種
合計	19種	18種	15種

横浜市沿岸域における貧酸素化状況調査

小市佳延、水尾寛己、下村光一郎（横浜市環境科学研究所）、西栄二郎（横浜国立大学）

Investigation of poverty oxygen situation in Yokohama coast region

Yoshinobu Koichi, Hiromi Mizuo, Kouichiroh Shimomura (Yokohama Environmental Science Research Institute),
Eijiroh Nishi (Yokohama National University)

キーワード：貧酸素、底質、底生生物、東京湾

要旨

横浜市沿岸域の海水の貧酸素化状況やその時の底質の状況を把握するために3地区6地点を対象として水質、底質および底生生物の調査を同時に行った。海水表層では7月は本牧沖、根岸湾口および金沢湾沖で赤潮、8月は本牧沖で赤潮がみられた。このとき海水底層では7月は本牧沖、根岸湾で貧酸素化状態、8月は本牧沖で貧酸素化状態であった。底質の性状は金沢沖、根岸湾、本牧沖の順に悪化する傾向がみられた。底生生物は25種が出現し、優占種は環形動物多毛類であった。また、有機汚濁指標種は7種が出現した。八都県市底質環境評価区分による底質評価では、本牧沖が〔環境保全度Ⅰ〕で、6地点中最も低い評価だった。最も高い地点は金沢湾口で、〔環境保全度Ⅱ～Ⅲ〕であった。

1. はじめに

東京湾は首都圏に位置する閉鎖性の内湾であり、約3000万人の生活・産業活動により生じた栄養塩が湾内に流入・蓄積し、富栄養化状態となっている。その結果、春から秋にかけて赤潮や青潮が発生し、湾内の水生生物の生息に影響を与えている。

横浜市沿岸域でも赤潮は毎年観測されるが、2003、2004年には珍しく青潮が発生した。2003年5月下旬に発生した大規模な赤潮は、その後プランクトンが死滅することで悪臭発生や貧酸素化が起り、青潮の発生や横浜港での魚の浮上、金沢湾の干潟での貝類の大量死につながった^{1、2)}。また、2004年8月には横浜港や本牧沖で青潮が発生し、魚が浮上した。これは強い南風が吹いたことで、横浜港では局所的な貧酸素水塊の湧昇が、また本牧沖では湾央で発生していた貧酸素水塊が強い南風と外洋水の流入で押し上げられたためと推測されている³⁾。

横浜市沿岸域で貧酸素水塊による水生生物の被害がみられたことから、これらの地区を対象として今回水質、底質および底生生物の調査を同時に行ったところ、いくつか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

今回の調査は、横浜市沿岸底質における貧酸素水塊の生成の可能性について検討する目的から、底質が悪化していると思われる水域として本牧沖 Y1、根岸湾 Y2、比較的底質が良好と思われる金沢湾 Y3 を選んだ。調査地点を図-1に示す。本牧沖の Y1-1 は横浜航路に近く、水深約30mである。Y1-2 の近くにはドックや南本牧ふ頭があり、2004年に青潮が観測された水域にあたる。水深は24

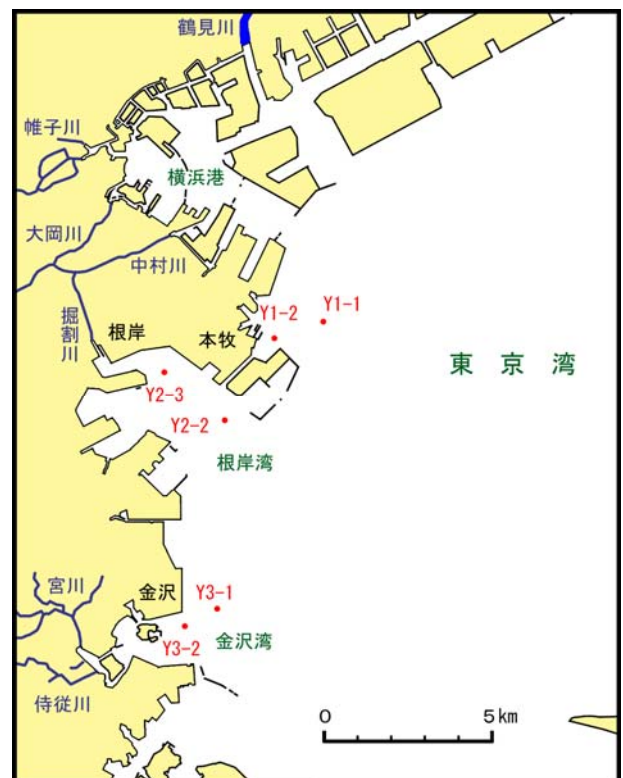


図-1 調査地点図

mである。根岸湾には大岡川の派川である掘割川が流入しており、Y2-2 は湾入り口、Y2-3 は湾奥にあたる。水深はそれぞれ20m、18mである。金沢沖の Y3-1 は岸から約1kmあり、水深は22mである。Y3-2 は金沢湾入り口にあたり、水深18mである。湾内には人工海浜や干潟があり、普段は市内でもっとも水域環境のよいところである。

表-1 調査項目および測定方法

項目	測定方法
【環境】	
水温	水銀温度計
水深	超音波測定法
透明度	白色セッキ板
pH	pH計: 堀場 F-52
塩分濃度	屈折計: アタゴ S/Mill
濁度	濁度計: セントラル科学 TB50
【水質】	
溶存酸素 (DO)	ウインクラール-アジ化ナトリウム変法 (JIS K0102)
化学的酸素消費量 (COD)	100°C 過マンガン酸カリウム法 (JIS K0102)
クロロフィル	グラスフィルターろ過後 N、N-ジメチルホルムアミド抽出、分光光度計による UNESCO 法
アンモニア態窒素 (NH ₄ -N)	イオンクロマトグラフ法 (JIS K0102)
亜硝酸態窒素 (NO ₂ -N)	イオンクロマトグラフ法 (JIS K0102)
硝酸態窒素 (NO ₃ -N)	銅・カドミウム還元イオンクロマトグラフ法 (JIS K0102)
全窒素 (T-N)	銅・カドミウム還元法 (JIS K0102)
全溶存態窒素 (TD-N)	無機態3窒素の合計
有機態窒素	全窒素-無機態3窒素で算出
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)
リン酸態リン (PO ₄ -P)	アスコルビン酸-モリブデン青法 (JIS K0102)
【底質】	
pH	携帯型 pH 計: 東亜電波 HM-12P
泥温	携帯型 ORP 計: 東亜電波 RM-20P
酸化還元電位 (Eh)	携帯型 ORP 計: 東亜電波 RM-20P で測定後、換算 2mm 目および 0.075mm 目のふるいを用いた湿式ふるい法
微細泥率	アルカリ性過マンガン酸カリウム法 (底質調査方法)
COD	600°C、2時間後の減量
強熱減量 (IL)	現場固定後、検知管法: ガステック ヘドロテック-S
硫化物	硫酸・硝酸分解後、アスコルビン酸-モリブデン青法
全リン (T-P)	

2-2 試料採取方法および調査期日

調査は港湾局港務艇「ひばり」にて目的地点に行き、船上より水質・底質・底生動物用試料を採取した。表層水はバケツを用いて採水し、中層（水面下 5m）および底層水（海底上 1m）はリゴ- B 号透明採水器を用いて採水した。底質および底生動物用試料はエックマンバーJ 採泥器を用いて採取した。

底質試料はバットで均一に混合後、硫化物用容器およびポリ容器に分取し、クーラーボックスにて冷暗状態で保存運搬した。

底生動物用試料は、採泥器で採取した泥を網目 1mm の篩でふるい、室内にて選別した。選別した底生動物は室内で観察した後、10% 海水ホルマリンで固定し、後に 70% アルコール中で保存した。

調査期日は貧酸素水塊の出現しやすい時期にあたる 6~8 月の各月一回、2006 年 6 月 5 日、7 月 5 日、8 月 3 日である。湾奥や外洋水の影響をできるだけ少なくするために、潮位差の少ない小潮の時期を選んだ。各調査前一週間の天候は、横浜気象台によると、曇りか晴れで降雨は見られなかった。また、調査日における風向は、6 月 5 日は東、7 月 5 日は南南東、8 月 3 日は南南西であったが、平均風速は 3m/s 前後、最大風速は約 6 m/s と天候は穏やかであった。なお、湾奥から市沿岸への底層水の影響については不明である。

2-3 調査項目および測定方法

調査項目および測定方法を表-1 に示す。

底質の試料調整は環境省の底質調査法⁴⁾ に準じた。また、底質の砂分率、泥分率はそれぞれ粒径 2~0.075mm、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。

表-2 水質の結果 (1)

月	地点	水温 (°C)	透明 (m)	pH	DO (mg/l)	塩分 (PSU)	Chl-a (μg/l)	濁度	GOD (mg/l)	
6月	Y1-1	上	20.1	2.0	8.30	6.8	28.0	12.3	3.0	4.1
		下	14.7		7.98	6.2	34.4		1.6	0.9
	Y1-2	上	19.7	2.0	8.30	7.0	28.0	12.8	3.0	3.4
		下	17.0		8.18	6.2	31.5		3.7	2.5
	Y2-2	上	19.8	2.2	8.24	5.6	29.8	26.4	3.6	5.2
		下	15.3		8.05	5.2	34.5		1.2	1.1
	Y2-3	上	20.4	1.5	8.16	4.4	29.5	17.3	0.2	6.7
		下	18.9		8.20	5.2	30.5		1.4	2.2
	Y3-1	上	19.6	2.1	8.28	6.4	29.5	10.5	3.5	4.3
		下	16.1		8.07	5.2	34.0		1.2	0.8
	Y3-2	上	19.8	2.2	8.24	5.6	29.8	26.4	3.6	5.2
		下	15.3		8.05	5.2	34.5		1.2	1.1
7月	Y1-1	上	25.0	1.5	8.60	9.4	27.5	59.2	6.2	4.4
		下	18.0		7.80	2.7	34.0		2.6	0.6
	Y1-2	上	24.8	1.5	8.60	9.9	27.0	60.6	6.8	4.8
		下	17.6		7.75	2.0	34.0		2.6	1.2
	Y2-2	上	24.3	1.5	8.59	9.8	28.0	68.7	6.8	5.4
		下	18.3		7.76	2.4	33.0		2.0	0.8
	Y2-3	上	24.5	1.6	8.51	9.1	28.0	39.0	6.2	4.6
		下	19.3		7.85	2.5	32.0		1.3	1.2
	Y3-1	上	23.5	1.5	8.55	9.4	27.0	61.6	9.2	5.6
		下	20.5		8.07	4.6	31.0		1.7	2.0
	Y3-2	上	23.9	1.5	8.59	8.4	27.0	47.6	6.2	6.2
		下	19.3		8.07	4.4	32.0		0.9	1.4
8月	Y1-1	上	24.5	1.4	8.50	10.8	28.0	52.1	14.8	5.2
		下	18.7		7.79	2.6	33.0		1.9	1.2
	Y1-2	上	24.8	1.4	8.58	11.4	27.5	56.3	13.5	6.0
		下	19.2		7.86	3.4	33.0		1.3	1.4
	Y2-2	上	25.3	1.4	8.58	12.6	27.0	39.0	8.4	6.2
		下								
	Y2-3	上	25.6	1.4	8.63	12.6	27.0	34.9	7.4	5.8
		下	19.1		7.93	4.7	32.5		1.4	1.4
	Y3-1	上	25.1	1.5	8.54	10.7	27.0	34.7	13.8	5.8
		下	19.6		7.99	5.0	32.5		1.8	1.4
	Y3-2	上	25.6	1.5	8.51	10.6	25.5	38.6	17.4	5.6
		下	19.3		7.98	4.4	32.5		2.5	1.4

* 上=表層、下=底層

底生生物は選別後、双眼実体顕微鏡および光学顕微鏡を使用して種の同定および個体数の計測を行った。分類学的情報が不足している群や虫体が破損して分類・同定に必要な形質が観察できない場合は属までまたは科までの同定にとどめた。同定に用いた主な文献は西・田中⁵⁾ に引用されているもの⁶⁻⁸⁾、および最新の文献類^{9, 10)}などを網羅するよう努めた。また、各文献に引用されている文献¹¹⁻¹³⁾も参考にした。

3. 結果と考察

3-1 水質

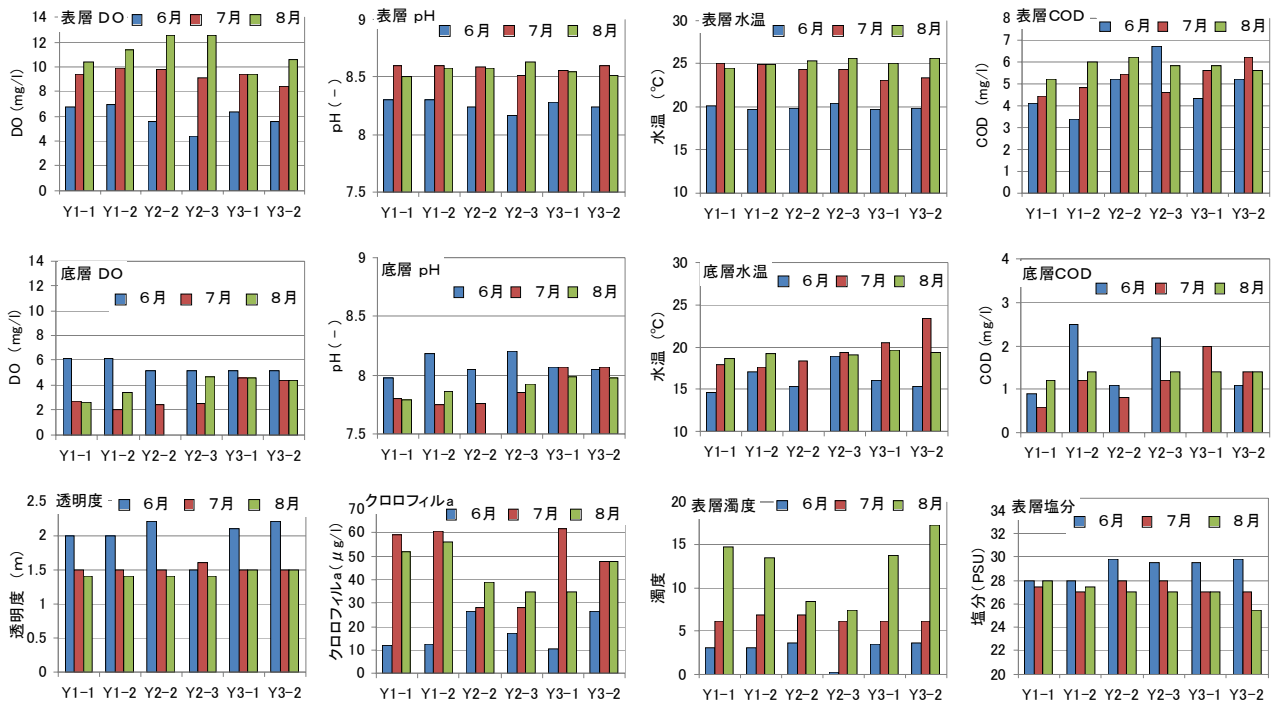
水質の調査結果を表-2、3、図-2、3 に示す。

3-1-1 底層のDO

6月の底層 DO は各水域とも 5.2~6.2 mg/l の範囲で、貧酸素化はみられなかった。7月は本牧沖 Y1、根岸湾 Y2 で 2.0 から 2.7 mg/l の範囲で貧酸素化状態を示していたが、金沢沖 Y3 では 4.5 mg/l 前後であった。8月は本牧沖 Y1-1、2 で 2.6 mg/l、3.4 mg/l と貧酸素状態であったが、根岸湾 Y2、金沢沖 Y3 の DO は 4~5 mg/l の範囲であった。

3-1-2 表層DO、pH

表層 DO は、6月においては 4.4~6.8 mg/l の範囲で、底層と表層でほとんど差は見られなかった。7月では金沢湾入口 Y3-2 を除いて 9 mg/l 以上、8月では 10 mg/l 以上と過飽和状態を示し、赤潮プランクトンにより酸素が



図－２ 水質の結果（１）

供給されたことによるものである。

表層 pH は、7、8月においては 8.5 前後で赤潮の影響が出ていた。一方、底層の pH は 7.7～8.1 の範囲で底質中の pH に近い値を示していた。

赤潮時に pH が上昇するのは、植物プランクトンによる炭酸同化作用により、海水中の炭酸イオンがプランクトンに大量に取り込まれることによるものである。

3-1-3 水温

6月の表層水温は 19℃前後に対して、底層の水温は根岸湾奥 Y2-3 を除いて 15～17℃の範囲で、表層と底層で約 4～7℃の差が生じていた。根岸湾奥 Y2-3 の底層水温は 18.9℃と高く、その原因としては根岸湾周辺の事業所などからの温排水が関連していると思われる。

7月においては、表層水温は 24℃前後に対して、底層の水温は 17.6～20.5℃の範囲で、表層と底層の差は、本牧沖 Y1 が約 7℃に対し、金沢沖 Y3-1 では 3℃と小さかった。

8月においては、表層水温は各地点とも 25℃前後で、7月よりも約 1℃上昇していた。底層の水温は 19℃前後で、表層と底層の差は 6℃前後で、水域間での差は見られなかった。根岸湾 Y2-3 で水温、塩分の垂直分布を測定したところ、水温躍層が発達していた。

3-1-4 透明度、クロロフィル、COD

6月の透明度は根岸湾奥 Y2-3 を除いて 2.1m 前後、クロロフィル濃度は各地点とも 30 μg/l 以下で、神奈川県赤潮判定基準（透明度 1.5m 以下、クロロフィル濃度 50 μg/l 以上）から、赤潮ではないが赤潮気味であった。

7月においては、根岸湾奥 Y2-3 を除いて透明度は 1.5 m であった。クロロフィル濃度は根岸湾奥 Y2-3 と金沢湾入口 Y3-2 を除いて 50 μg/l 以上で、根岸湾奥 Y2-3 と金沢湾入口 Y3-2 は赤潮気味、その他の地点は赤潮状態

であった。

8月においては、透明度は 1.4～1.5m の範囲で、クロロフィル濃度は本牧沖 Y1 の表層では 50 μg/l 以上で赤潮状態であった。根岸湾 Y2 や金沢湾 Y3 の表層クロロフィル濃度は 34～39 μg/l の範囲で 50 μg/l 以下であったが、水面下 5 m 層も 21～41 μg/l の範囲であったことから、植物性プランクトンが広く垂直に分布していたと思われる。また、7月に比べてクロロフィル濃度が低いにもかかわらず濁度と COD が高く、DO も高いことから、プランクトンやデトリタスなどが関係していると思われる。

3-1-5 窒素、リン

はじめに、調査水域の窒素、リンについて環境基準との関係で比較する。調査水域の環境基準はIV類型（表層の全窒素、全リンの基準は 1.0 mg/l、0.09 mg/l）に該当す

表－３ 水質の結果（２）

月	地点	T-P (mg/l)	P04-P (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	TD-N (mg/l)	有機態N (mg/l)	T-N (mg/l)
6月	Y1-1上	0.103	0.010	0.14	<0.01	0.31	0.45	1.00	1.45
	Y1-1下	0.054	0.023	0.15	<0.01	0.32	0.47	0.20	0.67
	Y2-2上	0.137	0.011	0.16	<0.01	0.14	0.30	0.69	0.99
	Y2-2下	0.035	0.020	0.30	<0.01	0.23	0.53	0.27	0.80
	Y3-1上	0.086	0.006	0.22	<0.01	0.21	0.43	0.26	0.69
	Y3-1下	0.115	0.029	0.21	<0.01	0.18	0.39	0.12	0.51
7月	Y1-1上	0.071	0.005	0.10	<0.01	0.04	0.14	0.65	0.79
	Y1-1下	0.062	0.060	0.16	<0.01	0.28	0.44	0.23	0.67
	Y2-2上	0.064	0.004	0.28	<0.01	0.03	0.31	0.43	0.74
	Y2-2下	0.100	0.066	0.22	<0.01	0.30	0.52	0.15	0.67
	Y3-1上	0.088	0.003	0.33	<0.01	0.04	0.37	0.32	0.69
	Y3-1下	0.130	0.028	0.16	<0.01	0.19	0.35	0.19	0.54
8月	Y1-1上	0.114	0.003	<0.04	<0.01	0.02	0.02	0.46	0.48
	Y1-1下	0.158	0.073	0.04	<0.01	0.19	0.23	0.17	0.40
	Y2-2上	0.071	0.003	<0.04	<0.01	0.03	0.03	0.53	0.56
	Y2-2下	0.084	0.002	0.07	<0.01	0.04	0.11	0.34	0.45
	Y3-1上	0.084	0.002	0.07	<0.01	0.04	0.11	0.34	0.45
	Y3-1下	0.063	0.035	0.18	<0.01	0.18	0.36	0.13	0.49

* 上=表層、下=底層

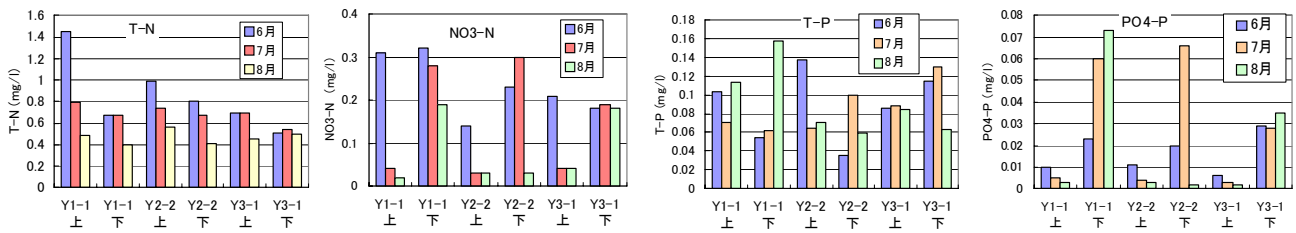


図-3 水質の結果(2) 上:表層、下:底層

る。今回の調査では、全窒素は本牧沖 Y1-1 の6月で不適合、全リンについては、本牧沖 Y1-1 の6月と8月、根岸湾口 Y2-2 の6月で不適合であった。

全窒素は、全体的に6月、7月、8月の順で低くなっていた。6月の全窒素が高いのは、横浜市沿岸で5月29日から6月4日頃まで発生していたプロロケントルムミニマムによる赤潮後のデトリタスとの関連が考えられた。特に Y1-1 の6月の値が 1.45 と高いのも、赤潮後のデトリタスとの関連と思われる。

有機態窒素は、各月とも表層で高く底層で低かった。

NO₃-N は赤潮時の7、8月において表層で低く、底層で高い傾向を示していた。7、8月における表層の NO₃-N と PO₄-P は6月に比べて低い値を示しており、この低い理由はプランクトンによる N、P の取り込みにより、海水中の N、P は少なくなったことによると思われる。

全リンについては、調査時期、水域により複雑であった。これは、河川からのリンの供給、プランクトンによるリンの取り込み、底層におけるリンの溶出などが水域や調査時期により異なるためと思われる。

PO₄-P は、表層に比べて底層の濃度が高い傾向が見られ、特に本牧沖 Y1-1 の7、8月、根岸湾 Y2-2 の7月では高かった。この原因は本牧沖 Y1-1、根岸湾 Y2-2 は金沢沖 Y3-1 に比べて底質の有機物量が多く、嫌氣的であることから、底質からのリンの溶出によるものと推定される。この底層の PO₄-P が高くなる現象については、東京湾全体でよく見られ、リンの溶出によるものと推定されている。表層の PO₄-P については、6、7、8月の順で低くなっており、プランクトンによるリンの取り込みが考えられた。

3-1-6 千葉県 の 貧 酸 素 水 塊 速 報 値 と 本 市 の DO 観 測 値 と の 比 較

千葉県では、2001年4月から、実測値を基に底層の溶存酸素分布をインターネットで公開している¹⁴⁾。本市調査日と同日の6月5日の貧酸素水塊速報分布図では、貧酸素水塊は千葉沿岸・沖合で見られたが、湾央以南の DO 速報値は 3~4 ml/l 以上で本市付近の DO 速報値は 4 ml/l を示し、本市観測値 5~6 mg/l (3.4~4.2 ml/l) とおおむね一致していた。

本市調査日より4日前の7月1日の貧酸素水塊速報分布図では、貧酸素水塊が湾央から神奈川県側全体に発達していることを示していた。本牧沖、根岸湾付近の底層 DO の速報値は 1~2 ml/l、金沢湾 DO の速報値は 2~3 ml/l に対して、本市の本牧沖 Y1、根岸湾付近 Y2 の観測値は 2~2.7 mg/l (1.4~2.1 ml/l)、2.5 mg/l (1.7 ml/l)

前後、金沢湾 Y3 の観測値は 4.5 mg/l (3.1 ml/l) 前後を示し、おおむね一致していた。本市調査日から4日間の横浜気象台観測データからは、天候は曇りで、風向風速は南西ないしは南南西の風で2日の平均風速 4.6 m/s を除いては 2.9 m/s であった。

本市調査日より4日後の8月7日の貧酸素水塊速報分布図では、貧酸素水塊が内湾全域に分布しており、本牧沖の DO 速報値は 1~2 ml/l、根岸湾、金沢湾の速報値は 2~3 ml/l で、本市における本牧沖 Y1 の観測値 2~3 mg/l (0.3~2.1 ml/l) とは一致していたが、根岸湾 Y2、金沢湾 Y3 の観測値 4~5 mg/l (2.8~3.5 ml/l) に比べて若干低い値を示しており、調査日が異なることによると思われる。本市調査日(3日)から7日までにおける横浜気象台観測データからは、天候は快晴または晴れで、風向風速は南風で平均風速は 2.3~2.8 m/s であった。

今回の比較は、6月を除いては調査日が異なるので難しいが、比較の結果からは6、7月は全調査地点で、8月は本牧沖で一致が見られた。一致が見られた原因としては、比較した時期の天候が安定していたことから、海底の状況も安定していた可能性が考えられるとともに、千葉県の貧酸素水塊の情報が本市の水域にも有効な情報を提供している可能性が考えられる。

3-2 底質

底質の調査結果を表-4、図-4に示す。

3-2-1 pH、Eh

pH は 7.4~8.0 で、7月がほかの月に比べてわずかに低くなる傾向がみられる。地点間の差は少ない。また水質の pH と比較すると底層水の pH に近いのが認められる。

酸化還元電位 Eh は本牧沖および根岸湾地区の4地点は負の値になった。それに対して金沢湾地区の2地点は正の値であった。横浜港入り口に近い Y1-1 は6地点中もっとも低く、-100 mV 前後と嫌氣的で還元状態が強かった。岸寄りの Y1-2 は -50 mV 前後で、Y1-1 よりは高く、還元状態が弱いのが認められる。金沢沖の Y3-1 は Eh が 60~80 mV と酸化状態で安定していた。それに対して金沢湾口の Y3-2 では6月は 120 mV と高かったものの、月ごとに低下して8月には 0 mV と変化が大きい傾向がみられた。

3-2-2 泥分率

泥分率は本牧沖の Y1-1 が 96% と6地点中もっとも高く、根岸湾奥の Y2-3 も約 80% と高いのが認められる。横浜港には帷子川や大岡川、また根岸湾には掘割川が流入している。大雨によって河川が増水すると、濁った土砂混じりの水が大量に根岸湾や横浜港、さらに東京湾へと流出する。微細な土粒子は広いところへ出てくると水

表-4 底質の結果 (平均値±標準偏差)

No.	pH (-)	泥温 (°C)	Eh (mV)	泥分率 (%)	IL (%)	COD(mg/g)	硫化物(mg/g)	T-P (mg/g)
Y1-1	7.54 ±0.13	17.4 ± 1.8	-112 ± 13	95.5 ± 0.2	11.4 ± 0.4	35.8 ± 2.5	2.1 ± 0.2	0.898 ± 0.032
Y1-2	7.70 ±0.13	17.6 ± 2.1	-60 ± 17	75.6 ± 7.4	8.6 ± 0.9	28.0 ± 3.1	1.2 ± 0.1	0.628 ± 0.064
Y2-2	7.78 ±0.13	18.4 ± 2.3	-30 ± 58	52.1 ± 4.1	6.0 ± 0.4	16.5 ± 3.0	0.5 ± 0.1	0.514 ± 0.037
Y2-3	7.68 ±0.22	18.6 ± 1.6	-84 ± 19	80.3 ± 7.6	7.5 ± 0.8	23.1 ± 1.2	1.1 ± 0.1	0.602 ± 0.044
Y3-1	7.74 ±0.26	20.7 ± 3.5	68 ± 10	48.6 ± 6.4	5.8 ± 0.6	13.0 ± 0.9	0.4 ± 0.1	0.501 ± 0.052
Y3-2	7.67 ±0.12	20.9 ± 3.8	57 ± 48	32.9 ± 11.2	4.3 ± 1.1	10.6 ± 5.0	0.4 ± 0.2	0.396 ± 0.101

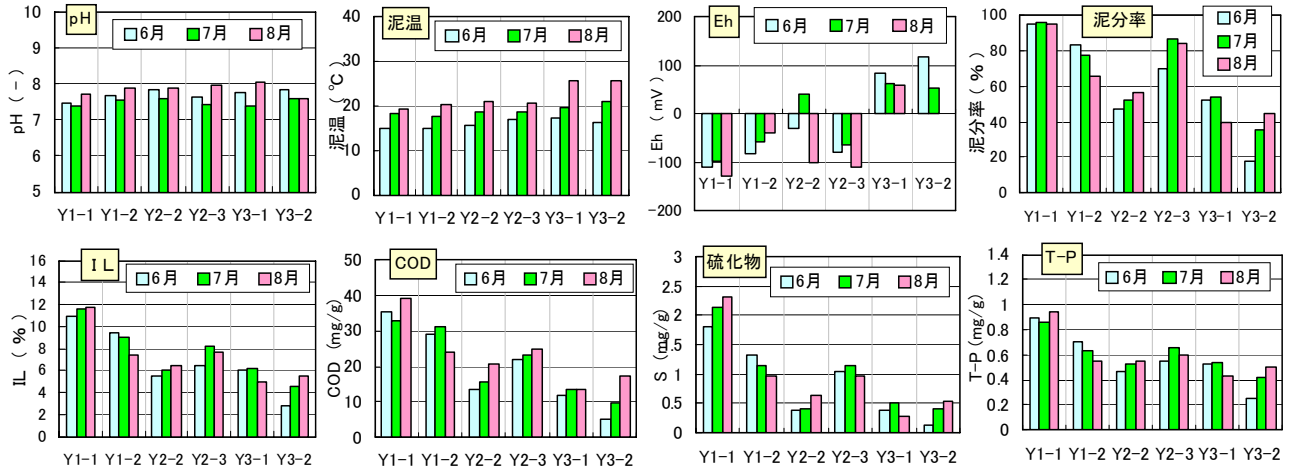


図-4 底質の結果

平移動の速度が小さくなるため、横浜港外の Y1-1 や掘割川河口先の Y2-3 で沈降すると考えられる。金沢地区では 33%あるいは 49%と低く、砂分が多くなる。

3-2-3 IL、COD、硫化物、T-P

有機物量の指標である強熱減量 IL や COD、さらに硫化物、T-P は本牧沖の Y1-1 が 6 地点中最も高い。有機物や硫化物が多いことから嫌気性微生物の活動が活発と思われる、それが Eh の低下にも現れたと考えられる。本牧沖でも岸に近い Y1-2 では IL などの各項目の値は Y1-1 の 7 ~ 8 割と低いのが認められる。また、Y1-2 は 6 月から 8 月にかけて漸減する傾向があり、8 月には根岸湾の Y2-3 より低い値となっている。

根岸湾口の Y2-2 の IL、COD は Y1-1 の約半分と低い。硫化物は 0.5mg/g で、Y1-1 の 1/4 の値であり、これは金沢沖の Y3-1 と同程度である。根岸湾奥の Y2-3 は根岸湾口 Y2-2 より IL や硫化物などが高く、川からの流入物の

影響が出ていると考えられる。沖合いの Y2-2 は 8 月には Eh が負になっており、IL や COD などが 6 月から 8 月にかけて徐々に増加していることから、岸からの影響が出ているものと推測される。Y2-3 と Y1-2 は同じ岸寄りの地点であるが、泥分率は Y2-3 の方が高いのに対して、IL や COD は Y2-3 の方がやや低いのが認められる。Y2-3 の底質には川から流入した無機質の泥分が多いのに対し、Y1-2 は有機物の多い横浜港を経由した泥分が堆積しているためと考えられる。

金沢地区は Eh で見られたように他の地区より底質の状態がよく、IL などが低い。沖合いの Y3-1 では平均で IL 5.8% と Y1-1 の 1/2、また COD は 13mg/g と Y1-1 の約 1/3、硫化物は 0.4mg/g と Y1-1 の 1/5 である。一方の金沢湾口の Y3-2 は Y3-1 よりさらに各平均値が低い。COD は Y1-1 の 1/3 である。ただ、6 月から 8 月にかけて各値が増加しており、底質の状態が悪化する傾向がみられた。

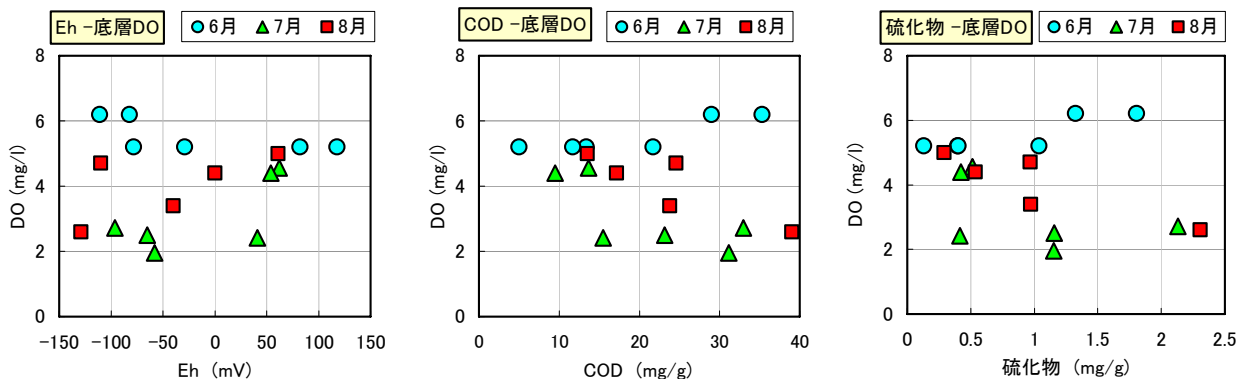


図-5 底層 DO と底質 (Eh、COD、硫化物) との関係

根岸湾口の Y2-2 にもみられた傾向であり、沿岸域の底質はかなり流動的であると考えられる。

3-2-4 底層 D0 と底質の関係

底層 D0 と底質の Eh、COD、硫化物との関係を図-5 に示す。6 月は底質の性状に関係なく D0 は全地点で 5.2~6.2mg/l の範囲にある。それに対して、7 月や 8 月は底質の COD や硫化物の濃度が高くなると底層 D0 が減少する傾向がみられる。底質の性状は図-4 に示すように各地点の月変化はあまり大きくなく、むしろ地点間の差が大きい。底層 D0 の減少にはいろいろな要因があるが、そのひとつとして底質中の有機物等の生物学的ないしは化学的分解があげられる。泥温は 6 月から 8 月にかけて上昇しており、それと共に微生物の有機物分解・増殖活動は活発になる。それらは本牧沖のように有機物等の濃度が高い地点でより活発に行われ、D0 消費や還元性物質の溶出が起きて、その結果直上の底層 D0 の減少に影響したと考えられる。

3-2-5 他の地点との比較

今回調査した底質の状況の程度を知るために東京湾の他の底質と比較してみる。

横浜市では 3 年ごとに海の生物相調査を行っており、2006 年 5、9 月には横浜港外、根岸湾、金沢湾で底質の調査も行っている。このうち、強熱減量は横浜港外、根岸湾で約 9%、5%、また金沢湾では 5 月は 6% だったのが 9 月には 11% に上昇していた¹⁵⁾。これらの傾向は今回の底質結果に類似している。

金沢湾の奥にある平潟湾では 1997~2003 年度に干潟域調査が 4 箇所で行われた¹⁶⁾。このうち 2002、2003 年の調査では、春・夏の Eh は -50~340mV で、酸化状態が優っていた。他の項目では泥分率 5~25%、IL1.7~5.1%、COD1.3~6.5mg/g、硫化物 0.09~0.4mg/g、T-P0.08~0.54mg/g であった。これらと今回調査でもっとも各項目の良かった金沢湾の Y3-2 とを比較すると、Eh、IL、硫化物、T-P はほぼ同じであるが、泥分率、COD については Y3-2 の 6 月の結果は干潟と同じくらい低かったものの、7、8 月は干潟の値を上回っているのが認められた。

東京都が 2004 年 9 月に行った東京湾の調査によると、羽田空港沖や浦安沖などの水深 13~25m の内湾部では底層の D0 が 0.3~3mg/l と貧酸素状態であった。このときの底質は Eh が -210mV と還元状態が強く、また泥分率 99%、IL10~12%、COD33~45mg/g、硫化物 1.2~2.2mg/g と高くなっていて¹⁷⁾。また、国土交通省が 2003 年 6、7 月に行った東京湾広域環境調査においても湾奥の水深 10m 以上の地点では底質の性状は東京都と同様の値であり、さらに T-P は 0.7~1.0mg/g であった¹⁸⁾。今回の横浜市沿岸域の地点では本牧沖の Y1-1 が、Eh の値が -130mV と半分程度であることを除けば、これらの値にもっとも近く、東京湾の湾奥の底質に性状が似ていると考えられる。

3-3 底生生物

底生生物の出現種、個体数を表-5 に示す。二枚貝類 2 種、巻貝類 1 種、甲殻類 3 種、多毛類 16 種、クモヒトデ類 1 種、ホヤ類 1 種、ナマコ類 1 種の計 25 種が出現し

た。各地点別では 2 から 11 種が出現している。優占するのは多毛類で、総種数の 64% を占める。個体数の面でも多毛類は 25 から 100% を占め、平均は約 80% である。

出現種の中で有機汚濁指標種^{19)、20)} は 7 種が採集された。それらはシズクガイ、コアシギボシイソメ、カタマガリギボシイソメ、スベスベハネエラスピオ (=ヨツバナゴカイ C1 型)、アシビキツバサゴカイ、ミズヒキゴカイ、イトゴカイである。

本牧沖や根岸沖では、底質は Eh や強熱減量 IL、泥分率で示されたように、有機汚濁が進んだヘドロであった。6 月、7 月の本牧沖や根岸沖では底生生物は有機汚濁指標種が多く出現し、優占種となっていた。

個々の地点別では、7 月と 8 月に本牧沖 Y1-1、Y1-2 と根岸湾沖 Y2-3 の底層は貧酸素化し、底質は有機物量が多く嫌氣的になっていた。それらの地点では種数が少なく、有機汚濁指標種が 1 または 2 個体のみ出現していた。それらに対して金沢湾沖の Y3-1、Y3-2 は砂分が多いこともあって底質状態が良好で、底生生物も有機汚濁指標種の出現はあるものの、種数、個体数共に多い傾向があった。

東京湾内の他の干潟や浅海の底生生物相^{5)、21-23)} と比較すると、出現する種数は概して少なく、有機汚濁指標種が多い傾向がある。塩分濃度の低い汽水域ではなく、底質は細砂または砂泥であり、そのような環境によく出現する種類のほとんどが確認された。有機汚濁の進行していない根岸沖や金沢沖などの海域では、種の多様性は概して高く、砂泥底の生物相としては標準的な多様性を保持しているものと考えられる。

今回の調査で出現した種の中で注目特筆されるのは外来種と考えられるマンハッタンボヤである。この種については西川²⁴⁾ に記録があり、今回の記録は横浜近海での初記録と思われる。近海では東京湾晴海埠頭での記録がある。本種は塩分濃度の大幅な変化や水質汚濁に強く、河口域や港湾で繁栄する可能性が指摘されている²⁴⁾。本種の今後の分布拡大と在来種等への影響を注視する必要がある。

3-4 水産用水基準による底質評価

(社)日本水産資源保護協会の水産用水基準では、内湾漁場における底生生物の生息状況に変化を引き起こす DO の臨界濃度として 4.3mg/l を規定している。底質についても、底質の状態と夏の底層水の DO との間に相関関係があることを応用して、底質の全硫化物と COD の値について望ましい底質の基準を設定している。昭和 58 年 (1983 年) の改訂版の基準では底質を A「正常泥」、B「汚染の始まりかかった泥」、C「汚染泥」の 3 段階に分けており、A は「全硫化物 0.2mg/g 以下で、かつ COD20mg/g 以下の底質」、B は「全硫化物 1mg/g 以下で、かつ COD30mg/g 以下の底質 (A は除く)」、C は「全硫化物 1mg/g 以上、または COD30mg/g 以上の底質」である²⁵⁾。

今回の調査についてあてはめた結果を図-6 に示す。A ランクの「正常泥」は 6 月の金沢湾口 Y3-2 だけで、C ランクの「汚染泥」には本牧沖 Y1-1、Y1-2 (6、7 月)、根岸湾奥 Y2-3 (6、7 月)が入っている。横浜港に近い Y1-1 および Y1-2、掘割川河口に近い Y2-3 では、同時に

表一5 底生生物の出現状況

綱	目	科	属、種(和名)	学名	6月5日 (Y)			7月5日 (Y)			8月3日 (Y)											
					1-1	1-2	2-2	2-3	3-1	3-2	1-1	1-2	2-2	2-3	3-1	3-2	1-1	1-2	2-2	2-3	3-1	3-2
二枚貝	ハマグリ	アサジガイ	シズクガイ	<i>Theora lubrica</i>	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	マルスダレガイ	ニッコウガイ	ヒメシラトリ	<i>Macoma incongrua</i>					2													
巻貝	ブドウガイ	キセウタガイ	キセウタガイ	<i>Philine argentata</i> Gould, 1859					1													
	十脚	エンコウガニ	ケブカエンコウガニ	<i>Carcinoplax vestita</i>					2													
甲殻		カクレガニ	ラスバンマメガニ	<i>Pinnixa rathbuni</i>																3		
		エビジャコ	ウリタエビジャコ	<i>Crangon uritai</i> Hayashi & Kim, 1999																	1	
多毛	サシバゴカイ	シロガネゴカイ	ミナシシロガネゴカイ	<i>Nephtys polybranchia</i>	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2							1	
		チロリ	チロリ属の1種	<i>Glycera macintoshi</i> Grube																	1	
イソメ	カギゴカイ	カギゴカイ	ハナオカカギゴカイ	<i>Sigambra hanaokai</i> (Kitamori, 1960)																		
	ギボシイソメ	ギボシイソメ	コアシギボシイソメ	<i>Scoletoma nipponica</i>					1													
スピオ	ギボシイソメ	ギボシイソメ	カタマガリギボシイソメ	<i>Scoletoma longifolia</i>					2												2	
	スピオゴカイ	スピオゴカイ	スペースバハネエラスピオ	<i>Paraprionospio coora</i> Wilson, 1990	2				2	1	2	4	1	1							1	
イトゴカイ	スピオゴカイ	スピオゴカイ	イトエラスピオ	<i>Prionospio pulchra</i>	1				2													
	スピオゴカイ	スピオゴカイ	スズエラナスピオ	<i>Spiophanes kroeyi</i>																		
イトゴカイ	ツバサゴカイ	ツバサゴカイ	アシビキツバサゴカイ	<i>Spiochaetopterus okudai</i> Gitay, 1961	1	2	1	1	1	2	2	2									3	
	ツバサゴカイ	ツバサゴカイ	スナタハムシ属の1種	<i>Mesochaetopterus</i> sp.																	1	
イトゴカイ	ミズヒキゴカイ	ミズヒキゴカイ	ミズヒキゴカイ	<i>Cirriformia comosa</i> Marenzeller					1	1	1											
	イトゴカイ	イトゴカイ	ホソイトゴカイ	<i>Heteromastus</i> cf. <i>similis</i> (Southern, 1921)					1	1											1	
イトゴカイ	イトゴカイ	イトゴカイ	イトゴカイ	<i>Capitella capitata</i> sibling species type A	1	2	2	2	1	1											1	
	タケフシゴカイ	タケフシゴカイ	エリタケフシゴカイ	<i>Glymenella collaris</i>																	4	
イトゴカイ	タマシキゴカイ	タマシキゴカイ	タマシキゴカイ	<i>Arenicola brasiliensis</i> Nonato																	1	
	イトエラゴカイ	イトエラゴカイ	イトエラゴカイ属の1種	<i>Cossura</i> sp.																	1	
コスラ				多毛類個体数	1	7	8	6	11	11	2	2	11	10	14	21	2	2	4	6	5	3
				多毛類種数	1	5	5	4	5	9	2	2	5	6	8	7	2	2	2	3	3	2
クモヒトデ	閉蛇尾	クシノハクモヒトデ	クシノハクモヒトデの1種	<i>Ophiura</i> sp.																		
ホヤ	マボヤ	フクロボヤ	マンハッタソボヤ	<i>Molgula manhattensis</i> (De Kay)																	4	
ナマコ	無足	イカリナマコ	イカリナマコ科sp.	<i>Synaptidae</i> sp.																		
出現個体数					4	9	8	6	14	14	6	5	11	10	16	24	2	2	4	6	5	9
出現種数					2	6	5	4	7	11	5	4	5	6	10	8	2	2	2	3	3	5

有機汚濁指標種

外来種

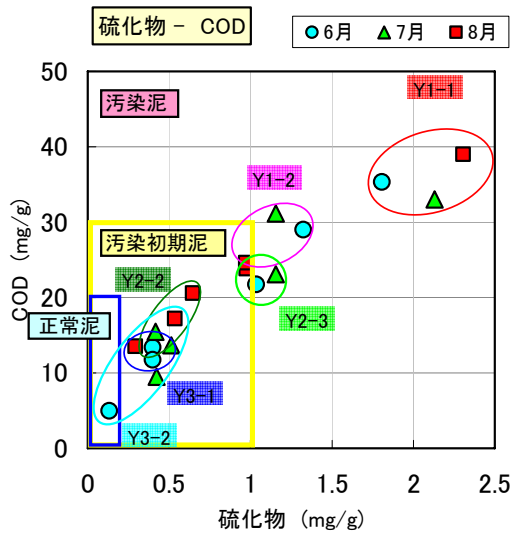


図-6 水産用水基準による底質の結果

表-6 水産用水基準による合成指標値の結果

No.	合成指標 Ised-4		
	6月	7月	8月
Y1-1	2.17	2.57	2.75
Y1-2	1.31	0.98	0.37
Y2-2	-0.77	-0.57	-0.22
Y2-3	0.39	1.07	0.77
Y3-1	-0.59	-0.43	-1.09
Y3-2	-1.92	-1.09	-0.67

合成指標が負の値=正常な底質、正の値=汚染された底質

Ised-4=0.588(IL-7.99)/4.52+0.559(TS-0.51)/0.60

+0.584(MC-64.9)/30.5

IL: 強熱減量、TS: 全硫化物、MC: 泥分率

調査した底層水のD0が7月には2mg/l台と貧酸素の状態になっていた。このことから、これらの地点は底質の汚濁度が高いと考えられる。その他の地点や時期は図中では汚染初期に入る。

さらに2000年版の水産用水基準では、COD、IL、泥分率、全硫化物、マクロベントス群集の多様性指数の中から3~4項目を用いた合成指標を4種類提案しており、指標の値が負であれば「正常な底質」、正であれば「汚染された底質」としている²⁶⁾。

今回調査で算出した一例として、IL、全硫化物、泥分率を用いた合成指標 Ised-4の結果を表-6に示す。これによると、本牧沖のY1-1、Y1-2、根岸湾奥のY2-3が6~8月で正の値であり、汚染された底質と判断される。これらの地点は水産用底生生物の通年で正常な生息には適さないと考えられる。

3-5 八都県市底質環境評価区分による底質評価

東京湾岸自治体で構成する八都県市首脳会議環境問題対策委員会水質改善専門部会は底生生物等による底質の評価方法を定めている²⁷⁾。底質環境の状況の評価するために、「底生生物の総出現種類数」、「総出現種類数に占める甲殻類比率」、「底質の有機物(強熱減量またはCOD)」、「優占指標生物」の4項目について点数化し、合計点で「環境保全度0」~「環境保全度IV」までの5段階の環境評価区分に分類している。なお、その詳細は表-7下

表-7 底質環境評価の項目別得点と評価区分*

		①	②	③	④	評点の合計 ①+②+③+④	環境評価区分
		底生生物の総出現種類数	総出現種類数に占める甲殻類比率	底質の強熱減量	上位三種の優占種による評価		
6月	Y1-1	1	0	1	1	3	I
	Y1-2	1	0	2	2	5	I
	Y2-2	1	0	2	3	6	II
	Y2-3	1	0	2	3	6	II
	Y3-1	1	0	2	2	5	I
	Y3-2	2	0	3	2	7	II
7月	Y1-1	1	0	1	2	4	I
	Y1-2	1	1	2	2	6	II
	Y2-2	1	0	2	3	6	II
	Y2-3	1	0	2	3	6	II
	Y3-1	2	0	2	3	7	II
	Y3-2	1	3	3	3	10	III
8月	Y1-1	1	0	1	1	3	I
	Y1-2	1	0	2	1	4	I
	Y2-2	1	0	2	1	4	I
	Y2-3	1	0	2	3	6	II
	Y3-1	1	0	3	3	7	II
	Y3-2	1	4	2	3	10	III

* 環境保全度IV(14~15点): 環境が良好で保全されている。多様な底生生物が生息しており、底質は砂質で、好气的である。

* 環境保全度III(10~13点): 環境は概ね良好に保全されている夏季に底層水の溶存酸素が減少するなど生息環境が一時的に悪化する場合もみられる。

* 環境保全度II(6~9点): 底質の有機汚濁が進んでおり、貧酸素水域になる場合がある。底生生物は汚濁に耐える種が優占する。

* 環境保全度I(3~5点): 一時的に無酸素水域になり、底質の多くは黒色のヘドロ状である。底生生物は汚濁に耐える種が中心で種数、個体数とも少ない。

* 環境保全度0(0~2点): 溶存酸素はほとんどなく、生物は生息していない。底質は黒色でヘドロ状である。



図-7 底生生物等による底質評価

部に列記してある。

また、海上保安庁、環境省等の国の関係機関ならびに東京湾岸の八都県市で構成する東京湾再生推進会議では「東京湾再生のための行動計画」において、重点的に再生を目指す海域として湾奥~横浜市域に重点エリアを定め、同時に市民が身近に施策の効果を実感できる場所として7箇所をアピールポイントに設定して、それぞれの

改善後イメージや指標、目安を示している。横浜市域では「みなとみらい21地区」、「海の公園・八景島周辺」がアピールポイントになっている²⁸⁾。

底質の強熱減量と底生生物の分類の結果から算出した各項目の評点・評価区分を表-7、図-7に示す。本牧沖 Y1-1 の環境評価区分は、一時的に無酸素水域になる〔環境保全度 I〕で、6地点中最も低い評価である。この評価は前述の平成16年の東京都の内湾と同じである。本牧 Y1-2 も、7月は評価区分が〔II〕(底質の有機汚濁が進んで貧酸素水域になる場合がある)となるが、6、8月は〔I〕で評価は低い。東京湾再生のアピールポイントである「みなとみらい21地区」の目標とする環境評価区分は〔II〕であることから、今回その地区にもっとも近い本牧沖の結果ではまだ達成されていないと考えられる。根岸湾 Y2-2、Y2-3、金沢沖 Y3-1 の環境評価区分は〔II〕または〔I〕であった。また、金沢湾口 Y3-2 の環境評価区分は6月が〔II〕で、7、8月は〔III〕であった。アピールポイントの「海の公園・八景島周辺」の目標レベルは、環境がおおむね良好に保全されている〔III〕であることから、今回の金沢湾の結果では目標に達している時期もあることが認められた。

3年ごとに行われる海の生物相調査が同年5月、9月に行われており、その底質評価では横浜港外大黒ふ頭沖で〔II〕・〔I〕、根岸湾沖で〔III〕・〔II〕、金沢湾沖で〔III〕・〔II〕であった¹⁵⁾。これらと今回の調査結果はおおよそ一致していた。

なお、金沢湾奥の平潟湾における干潟域調査(平成9~15年度)では、その環境評価は〔III〕または〔IV〕であった¹⁶⁾。東京湾の湾奥でも人工海浜や干潟では〔II〕~〔IV〕であった¹⁷⁾。干潟域は下水道の整備によって流入河川水質が向上し、また、潮の干満で溶存酸素が供給されることから生物種も多く、環境評価も上位になったと考えられる。

4. まとめ

横浜市沿岸域の海水の貧酸素化状況やその時の底質の状況を把握するために3地区を対象として水質、底質および底生生物の調査を同時に行ったところ、以下のような知見が得られた。

- 1) 7月は本牧沖、根岸湾口 Y2-2 および金沢湾沖 Y3-1 が赤潮状態、8月は本牧沖が赤潮状態であった。
- 2) 底層では7月に本牧沖、根岸湾で DO_{2.0}~2.7 mg/l の貧酸素化状態、8月に本牧沖で DO_{2.6} mg/l、3.4 mg/l の貧酸素化状態であった。
- 3) 底質の強熱減量などの性状は金沢沖、根岸湾、本牧沖の順に悪化する傾向がみられた。金沢湾口の Y3-2 の底質の性状は干潟の底質のように汚濁の少ない時期もあったのに対し、本牧沖 Y1-1 の底質は東京湾湾奥の底質と同程度の汚濁状態であった。
- 4) 底生生物については25種が出現し、優占するのは環形動物多毛類であり、ついで二枚貝類、甲殻類、巻貝類、他(ナマコ類など)であった。多毛類の優占度は高く、種数の64%、個体数の約80%を占めていた。有機汚濁指標種とされる7種の出現が確認され、その中でもシズク

ガイ、スベスベハネエラスピオ、ギボシイソメ類、イトゴカイの優占度が高かった。

5) 外来種のマンハッタンボヤの出現が確認された。この種は横浜近海での初記録と考えられる。

6) 水産用水基準による底質評価を本市沿岸域の底質にあてはめると、本牧沖の Y1-1、Y1-2、根岸湾内の Y2-3 が「汚染された底質」とされ、水産用底生生物の通年で正常な生息には適さない。

7) 八都府県市底質環境評価区分による底質評価では、本牧沖の Y1-1 が〔環境保全度 I〕で、6地点中最も低い評価だった。最も高い地点は金沢湾口の Y3-2 で、〔環境保全度 II~III〕であった。

謝辞

本調査に協力していただいた横浜市港湾局港務艇「ひばり」の乗務員の方々に、心から感謝の意を表します。

文献

- 1) 古川恵太、中山恵介、水尾寛己：2003年東京湾に発生した織毛虫 *Mesodinium rubrum* による赤潮と水生生物の大量死の連関に関する調査事例、沿岸域学会誌、18、No.4、67-77 (2006)。
- 2) 水尾寛己、鳥海三郎、下村光一郎、風間真理、岡敬一、小野寺典好、若林信夫、阿久津卓、御処野博子：横浜市沿岸域で発生した *Mesodinium rubrum* による赤潮、横浜市環境科学研究所報、28、20-25 (2004)。
- 3) 鯉淵幸生、磯部雅彦：2004年の東京湾西岸横浜港周辺における青潮の発生要因、海岸工学論文集、52、896-900 (2005)。
- 4) 環境庁：底質調査方法、2-4 (1988)。
- 5) 西栄二郎、田中克彦：神奈川県近海の干潟・汽水域に産する環形動物多毛類、神奈川県自然誌資料、28、101-107 (2007)。
- 6) 西栄二郎、加藤哲哉：環形動物多毛類の移入と移出の現状、日本ベントス学会誌、59、83-95 (2004)。
- 7) 西栄二郎、田中克彦：多摩川河口川崎市側の干潟における底生生物相、神奈川県自然誌資料、27、77-80 (2006)。
- 8) 西栄二郎、田中克彦、森敬介、藤岡義三：博多湾と東京湾の干潟から採集された日本初記録のヒガタケヤリムシ(新称) *Laonome albicingillum* (多毛綱・ケヤリムシ科)、南紀生物、47(2)、115-118 (2005)。
- 9) Glasby, C. J. & H. L. Hsieh: New species and new records of the *Perinereis nuntia* species group (Nereidae: Polychaeta) from Taiwan and other Indo-West Pacific shores. *Zoological Studies*, 45, 553-577(2006)。
- 10) 横山寿：Paraprionospio 属多毛類の分類と系統、海洋と生物、172、487-494 (2007)。
- 11) 山西良平、佐藤正典：環形動物門多毛類、182-192、浅海域生態系調査(干潟調査)報告書、環境省自然環境局生物多様性センター、235pp (2007)。
- 12) Yokoyama H: A revision of the genus *Paraprionospio* (Polychaeta: Spionidae), *Zoological Journal of the Linnean Society*, 151, 253-384 (2007)。
- 13) Nishi E., K. Tanaka, Y. Fujioka & M. Sato: Reinstatement

- of *Sigambra hanaokai* (Kitamori, 1960) (Polychaeta, Pilargidae), with a literature overview of the genus, *Zootaxa*, 1653, 57-68 (2007).
- 14) 千葉県水産総合研究センター：貧酸素水塊速報他、<http://www.pref.chiba.lg.jp/laboratory/fisheries/> (2006).
 - 15) 横浜市環境科学研究所：横浜の川と海の生物(第 11 報、海域編)、73-89(2007).
 - 16) 横浜市環境保全局：平潟湾の干潟域の生物相調査(平成 9 年度～平成 15 年度の経年変化) 総括報告書、95pp (2005).
 - 17) 東京都環境局自然環境部：平成 16 年度 東京湾調査結果報告書、57-61 (2006).
 - 18) 国土交通省国土技術政策総合研究所：2002-2003 東京湾広域環境調査、港湾環境情報－WWW公開データ (<http://www.nilim.go.jp/>) (2004).
 - 19) 北森良之介：環境指標としての底生動物(2)－指標生物を中心に－、265-273、共立出版、東京(1975).
 - 20) 津田松苗、菊池泰二：環境と生物指標 2－水界編－、日本生態学会環境問題専門委員会編、共立出版、東京、310pp (1975).
 - 21) 西栄二郎、田中克彦：多摩川河口川崎市側の干潟における底生生物相、神奈川自然誌資料、27、77-80(2006).
 - 22) 榎本輝樹、西栄二郎、田中克彦、中山聖子、多留聖典、飯島明子、高崎隆志：東京湾内湾横浜沿岸と小櫃川河口干潟の底生生物、特に多毛類を中心とした生物相の動態について、第 6 回海環境と生物および沿岸環境修復技術に関するシンポジウム発表論文集、47-52 (2007).
 - 23) 榎本輝樹、西栄二郎、田中克彦、中山聖子、多留聖典、須藤治、林紀男、飯島明子、高崎隆志：東京湾内湾の干潟・汽水域の多毛類相とその生態学的解析、第 6 回海環境と生物および沿岸環境修復技術に関するシンポジウム発表論文集、53-58 (2007).
 - 24) 西川輝昭：マンハッタンボヤ p.178、外来種ハンドブック、日本生態学会編、村上興正・鷺谷いづみ監修、地人書簡、東京、390pp (2002).
 - 25) (社)日本水産資源保護協会：水産用水基準(1995年版)、66-68 (1995).
 - 26) (社)日本水産資源保護協会：水産用水基準(2000年版)、88-91 (2000).
 - 27) 七都県市首脳会議環境問題対策委員会水質改善専門部会：東京湾における底生生物調査指針および底生生物等による底質評価方法、全国公害研会誌、25、55-61 (2000).
 - 28) 東京湾再生推進会議：東京湾再生のための行動計画 (http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/SAISEI/council/council_index.htm)、36pp (2003).

日本丸ドックにおけるカキによる水質浄化

水尾寛己、小市佳延、下村光一郎（横浜市環境科学研究所）、西栄二郎（横浜国大）
木村 尚（NPO・海辺つくり研究会）

The purification of the Red-Tide seawater by oysters in the Nippon-Maru Dock in Yokohama

Hiromi Mizuo, Yoshinobu Koichi, Kouichirou Shimomura (Yokohama Environmental Science Research Institute),
Eijiroh Nishi (Yokohama National University), Takashi Kimura (NPO. Association for Shore Environment Creation)

キーワード：赤潮、マガキ、水質浄化、東京湾

要 旨

東京湾、横浜港の水質は、事業場排水の規制や下水処理場による生活排水の浄化により、1970年代後半から水質は改善されはじめたものの、1990年以降からは横ばい状態で春から秋にかけては毎年、赤潮が発生している。そのような状況の中で、横浜港内の海水と連結している日本丸ドック内の水質は、ドック外で赤潮が発生している時にも、通常赤潮が発生しないことを再確認した。また、赤潮が発生しない原因は、底部で水交換するドック特有の構造や岸壁に付着している大量のカキによる水質浄化に起因していることを明らかにした。

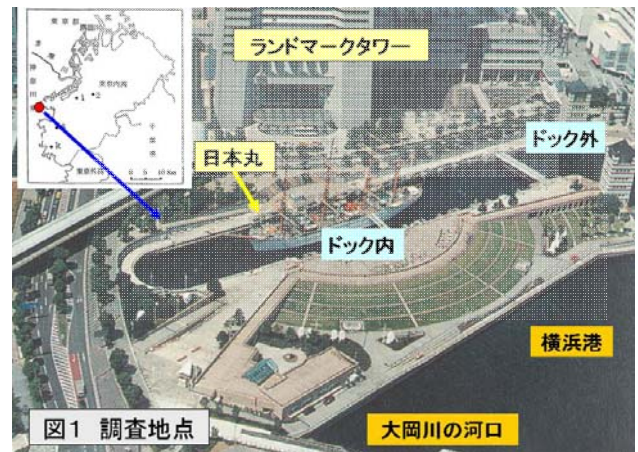
1. はじめに

東京湾、横浜港などの閉鎖水域における水質浄化対策として、海域に流入する窒素、リンなどの栄養塩類の汚濁負荷量の削減、海底に堆積した有機物質の除去などが行なわれているが、一方、そこに生息する生物による水質浄化能力を活用する方法も考えられる。筆者らは2002年から2003年の日本丸ドック内での水質調査で、ドック外で赤潮が発生している時にドック内では赤潮が発生しないことを明らかにした。しかし、調査回数が少ないため、このドック内で常に赤潮が発生しないかについては不明で、長期間の水質モニタリングや水質浄化実験などで明らかにする必要があると考えた。このため、2003年から2007年まで継続的に調査を行なった。調査の結果はドック内で赤潮が通常発生しないことを確認すると共に、発生しない要因として、ドックの水交換の構造やドック内のエアレーション及びドック内岸壁に付着するカキの水質浄化能力に負うところが大きいことが明らかになった。この研究の一部は、環境創造局のアントレプレナーシップ「海域の水質浄化」で水質浄化の一手法として検討を続けている。なお、この報告の一部は、2006年横浜で開催されたアマモ国際プレワークショップのポスターセッションで発表したものである。

2. 調査水域

カキによる水質浄化に関する調査は、図-1に示すように、横浜港内、MM21地区のランドマークタワーの側

にある日本丸ミュージアム内で、日本丸ドック内とドック外で行なった。調査水域は大岡川の河口が隣接しているため、河川水の影響も受けやすくなっている。ドック内は、酸素が不足気味になる春季から秋季においては、エアレーションにより酸素が供給されている。



3. 調査内容

3-1. ドック内・外の岸壁付着生物調査

ドック内2地点、ドック外1地点について、潜水により岸壁に付着している生物を撮影し、一部コアドラフト(30cm×30cm)で採取して調べた。図-2に示すとおり、エアレーションによる酸素供給の少ないA、Cライン、酸素供給の多いB、Dライン、ドック外のEライン

の5ラインについて1m四方毎に撮影した。

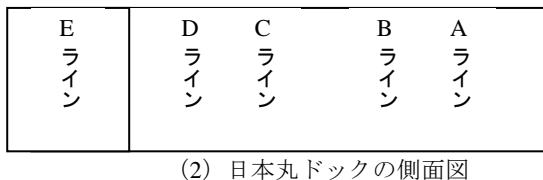
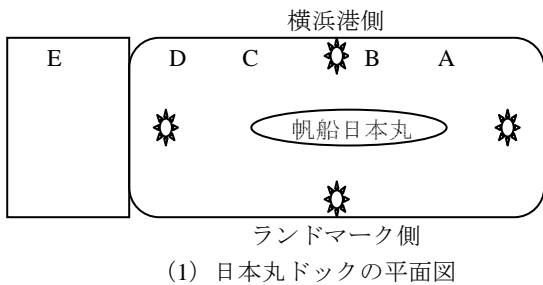


図-2 ドック岸壁の付着生物調査地点図
(☼ ; エアレーションの位置)

3-2. 日本丸ドック内及びドック外の水質調査

調査期間は2003年4月から2006年6月までで、日本丸ドック内とドック外の上・下層の水質について、月1回の頻度で調査を行った。水質の分析項目、測定法は表-1に示すとおりである。

表-1 調査項目および測定法

項目	測定法
水温(°C)	水銀温度計
pH	卓上pH計：堀場 F-52
透明度 (m)	白色セッキ板
塩分 (PSU)	屈折計：アタゴ S/Mill
DO (mg/L)	ウインクラーアジ化ナトリウム変法 (JISK0102)
クロロフィル a (μg/L)	N,Nジメチルアミド抽出、UNESCO 法
濁度	卓上濁度計 (CRC TB-50)

3-3. カキによる水質浄化簡易実験

浄化実験に使用した容器は、1回目の実験は5L ビーカーで、試料は2006年8月31日に発生した赤潮海水である。2回目の実験は2L ビーカーで、試料は2007年6月11日に発生した赤潮海水である。実験に供したカキは日本丸内ドック内から採取したものである。試験は、カキが入っている試験区とカキが入っていない対照区を設けて比較した。

4. 結果及び考察

4-1. ドック内・外の岸壁付着生物

図-3に示すように、ドック内 B、D ラインでは、海底0mから6mまでカタユウレイボヤが優占種で、6mから8.5mまではマガキが優占種であった。A、C ラインでは0mから6mまではカタユウレイボヤが優占種で、6mから8.5mまではわずかにマガキが付着していた。ドック外のDラインでは0mから7mまで生物相は貧弱で

カタユウレイボヤは見られなかった。7mから8.5mまではムラサキガイとマガキが優占種であった

DOが少ないと思われるA、Cラインでカキが少なかったことから、日本丸ドック内における酸素供給は重要と思われた。

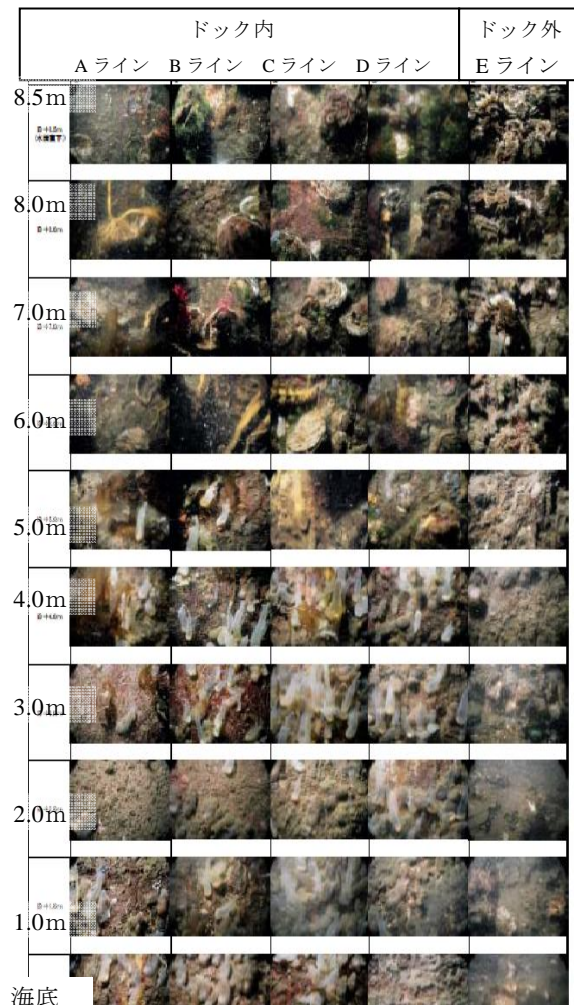


図-3 ドック岸壁に付着している生物

4-2. 日本丸ドック内及びドック外の水質

ドック内、ドック外の水質を表-2、図-4に示した。

4-2-1. クロロフィル a 濃度、透明度、濁度について

水温が低い冬季においては、ドック内、ドック外とも赤潮は見られず、図-4(1)に示すように透明度は良好であった。水温が冬季に比べて高い春季から秋季においては、ドック外では赤潮が発生している場合が多く、透明度は1.5m以下であるが、ドック内では赤潮は見られず、透明度は5m以上でクロロフィル a 濃度も11.3 μg/L以下と少なかった。項目間の相関分析の結果からは、クロロフィル a 量及び濁度と透明度とは負の強い相関でそれぞれの相関係数は、-0.845、-0.806であった。クロロフィル a 濃度と濁度とは正の相関で相関係数は0.815であった。以上から、透明度の変化はプランクトン量の変化との関連の強さを示していた。

(*赤潮の目安；透明度が1.5m以下、クロロフィル a 量が50 mg/m³以上)

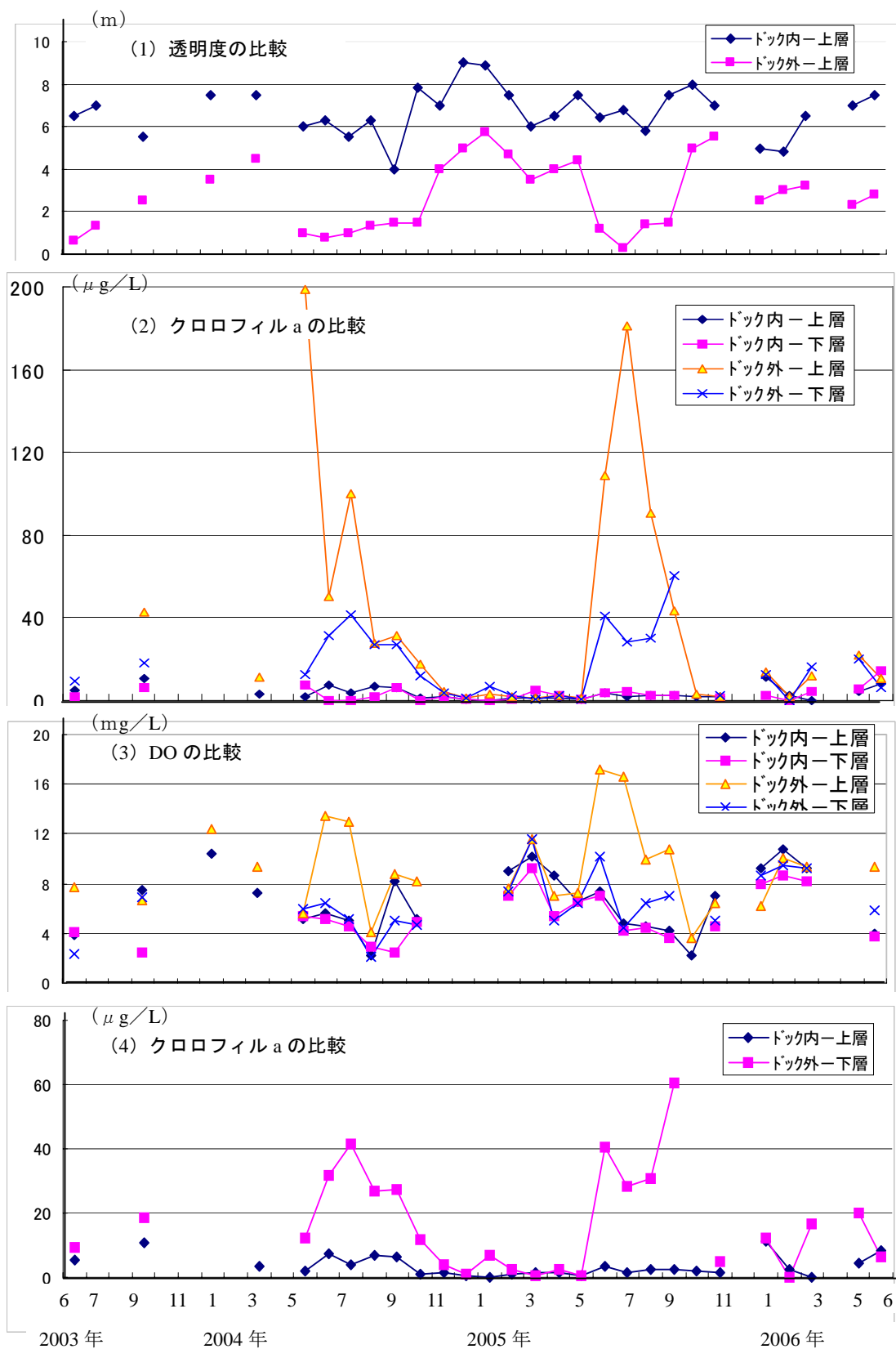


図-4 日本丸ドック内とドック外の水質

表-2 日本丸ドック内・外の水質

項目 地点	クロロフィル-a(mg/l)				透明度(m)		DO(mg/l)				濁度			
	ドック内		ドック外		ドック内	ドック外	ドック内		ドック外		ドック内		ドック外	
時期	上層	下層	上層	下層	上層	下層	上層	下層	上層	下層	上層	下層	上層	下層
2003/6/27	5.3	2.2	504	9.3	6.5	0.6	3.9	4.1	7.7	2.3	0.7	0.7	10	2.4
2003/7/25					7	1.3								
2003/9/1	10.8	6.3	43	19	5.5	2.5	7.5	2.5	6.7	6.9	1	1.1	3.5	1.9
2004/1/19					7.5	3.5	10.4		12.4		0.6		2.4	
2004/3/9	3.3		11.3		7.5	4.5	7.2		9.4					
2004/5/20	1.8	7.7	199	12	6	1	5.2	5.4	5.6	6	0.4	2	10	2
2004/6/28	7.5		50.4	32	6.3	0.8	5.6	5.2	13.4	6.4	0.5	0.2	4.2	2.8
2004/7/14	3.7		100	42	5.5	1	5	4.6	13	5.2	0.6	0.4	10	10
2004/8/10	6.8	2.1	27.4	27	6.3	1.3	2.2	2.9	4.1	2.1	0.2	0.2	5.8	3.4
2004/9/16	6.1	6.1	31.2	27	4	1.5	8.2	2.4	8.8	5				
2004/10/18	1		17.6	12	7.8	1.5	5.1	4.9	8.2	4.7	0.2	0	1.5	1.2
2004/11/19	1.7	1.6	4.4	3.9	7	4					0.3	0.2	1.8	0.5
2004/12/21	0.7	0.5	1	1	9	5					0.3	0.3	0.8	0.5
2005/1/6	0		3	7	8.9	5.7					0.3	0.2	0.6	0.8
2005/2/23	1.1	0.8	1.7	2.3	7.5	4.7	9.04	7	7.6	7.4	0.3	0.1	0.8	1.3
2005/3/8	1.4	5.3	1.3	0.7	6	3.5	10.2	9.2	11.6	11.6	0.6	0.8	0.6	2.8
2005/4/28	1.3	2.5	2.3	2.5	6.5	4	8.6	5.4	7	5	1.1	0.6	1	1.1
2005/5/12	0.7	0.7	1.1	0.4	7.5	4.4	6.6	6.6	7.2	6.4	0.6	0.6	0.8	0.4
2005/6/7	3.6	3.7	109	41	6.4	1.2	7.4	7	17.2	10.2	0.6	0.5	11.1	5.4
2005/7/15	1.6	4.3	181	28	6.8	0.3	4.8	4.2	16.6	4.4	0.7	1.3	8.7	1.8
2005/8/10	2.4	2.5	90.6	31	5.8	1.4	4.6	4.4	10	6.4	0.3	0.2	5.1	2.1
2005/9/2	2.4	2.8	43.5	60	7.5	1.5	4.2	3.6	10.8	7	0.6	0.8	4.3	5.1
2005/10/13	1.8		3		8	5	2.2		3.6		0.5		0.9	
2005/11/14	1.6	1.5	2.1	2.3	7	5.5	7	4.6	6.4	5	1.6	1.5	2.1	2.3
2006/1/17	11.3	2.5	13.7	12	5	2.5	9.2	8	6.2	8.6	1.3	0.9	2.3	1.3
2006/2/2	2.5	0	1.6	0	4.8	3	10.8	8.7	10.1	9.5	1.8	1	6	1.9
2006/3/22	0	4.3	11.7	16	6.5	3.2	9.2	8.2	9.4	9.2	0.9	0.6	1.6	1.4
2006/5/9	4.4	5.6	21.8	20	7	2.3					0.6	0.9	2.4	1.4
2006/6/26	8.2	14.3	10.8	6.2	7.5	2.8	4	3.8	9.4	5.8	0.8	0.5	2.9	1.5

4-2-2. DO（溶存酸素）とクロロフィル a との関係

水温が高い春季から秋季には、図-4 (3) に示すようにドック外の DO は過飽和である。その時のクロロフィル a 濃度は図-4 (2) に示すように高いことから、植物プランクトンによる赤潮で、炭酸同化作用により DO は過飽和状態になっている。一方、ドック内ではクロロフィル濃度は上・下層とも少なく、DO は 3mg/L 以下になることもある。この DO 低下する原因の主要なものとして、ドック岸壁に多数付着しているカキによるプランクトン消費に伴う酸素消費が考えられる。

4-2-3. ドック外上・下層のクロロフィル a 濃度の比較、及びドック内との比較

夏季においては、ドック外上層は赤潮によりクロロフィル a 濃度が高くなることが多いが、ドック外下層のクロロフィル a 濃度は図-4 (2) に示すように上層に比べて低い。日本丸ドック内とドック外の海水水交換は、満潮時にはドック外下層の水がドック内に流入し、干潮時にはドック内下層の水がドック外に流出する。したがって、ドック内は、ドック外上層よりも下層の水質の影響を受けやすい。

図-4 (4) は、ドック内上層とドック外下層のクロロフィル a 濃度を比較したもので、ドック内上層のクロロ

フィル a 濃度が低い値で維持されている。本来なら、より閉鎖的なドック内の方が赤潮の発生頻度が高くなるのが普通であるが、赤潮は見られず、図-4 (1) に示すように透明度が 5m 以上を維持し続けている。

4-3. カキによる水質浄化簡易実験

4-3-1. 第 1 回目の浄化簡易実験

第 1 回目の実験に使用した海水の塩分は 25.0psu で、水温は約 25℃、プランクトンの優占種は小型渦鞭毛藻で他に *Thalassosira* sp.、*Chaetoceros* sp. などであった。実験に使用したカキは 4 個体で、身の総湿重量は 36g であった。

スタート時のクロロフィル a 濃度は、図-5 に示すように 77 μg/L、濁度 8 で、1 時間後のクロロフィル a 濃度は 16 μg/L、濁度 3 で、2 時間後にはクロロフィル a 濃度は 3 μg/L、濁度は 1 まで減少した。

ビーカー内の DO の変化については、図-5 に示すようにクロロフィル濃度の低下に比例して、低下が見られた。これは、主としてカキの呼吸に伴う酸素消費によるものと推定される。

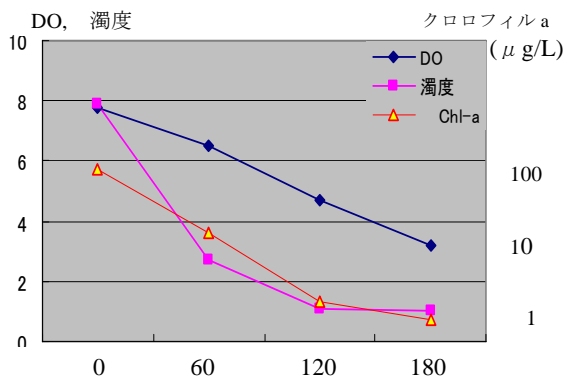


図-5 カキによる水質浄化実験での水質変化

4-3-2. 第2回目の浄化簡易実験

第2回目の実験に使用した海水の塩分は23psu、水温は約25℃、*Heterosigma akashiwo*による赤潮であった。実験に使用したカキは2個体で、身の総湿重量は17gであった。図-6に示すように、赤潮海水の初期クロロフィルa濃度は600μg/L、濁度19で、実験開始1時間まではカキ区、イガイ区とも対照区と差がなく、全体的に沈降による減少が見られた。2時間経過後のクロロフィルa濃度、濁度は、カキ区は6.7μg/L、3、イガイ区は116μg/L、7.3に減少した。実験開始から1時間変化が見られなかったのは、試験生物が不安定で殻が開いたままになっていたことによる。1時間後、殻が開き出し、活動が開始されたことにより赤潮海水がろ過され、クロロフィルa濃度、濁度が低下した。

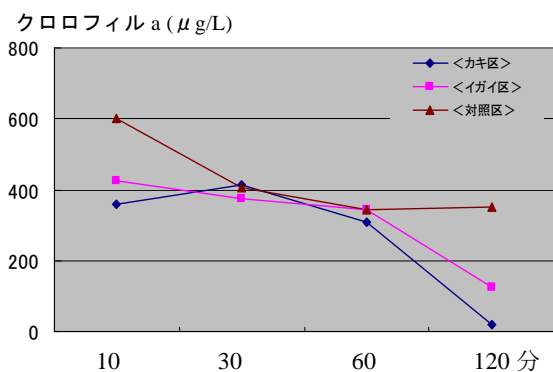


図-6 カキとムラサキイガイによる水質浄化

4-3-3. 日本丸ドック内でのカキの水質浄化能力

日本丸ドック内のカキの水質浄化能力について、カキによる浄化実験結果及びカキの推定現存量、ドック内の容積などを基に、以下の試算から求めたところ、ドック内のクロロフィルa濃度が深さ1mまで50μg/L濃度の時は、約48時間で浄化されることが推定できた。

日本丸ドック内のカキの浄化能力 (試算)
 クロロフィルa濃度で50mg/m³で、1mの厚さで赤潮が見られた場合
 ドック内の表面積を5,800m²とすると
 クロロフィルaの総量 a=290,000mg、
 カキ1個・時間当り浄化能力(今回)
 b=0.075mg/hr・個

カキの推定付着量 80個×1,000m²
 c=80,000個、
 1時間で浄化されるクロロフィルa総量
 d=(b×c=6,000) 6,000mg
 ドック内のカキ浄化に要する時間(推定)
 (a ÷ d = 48.3) 約 48時間

以上から、赤潮がドック外で見られる時にもドック内で見られないのは、ドック外の上層の赤潮海水を取り込まない構造によるとともに、閉鎖されたドック内で発生するプランクトンが、常時、カキにより浄化されていることによるものと推定できた。

しかし、2007年6月11日の赤潮発生時にはドック内も赤潮状態になった。ドック外の赤潮が下層まで高濃度で、その海水(クロロフィルa濃度で300μg/L)がドック内に流入し、カキの浄化能力を超えていたことに起因すると考えられた。

今回の調査から、日本丸ドック内の水質は通常、カキの浄化能力などにより、5年間以上、透明度のよい水質に維持されていることが明らかになった。特に、ドック内のカキは回収されていないことから、死亡後は底に有機物として堆積して水質悪化が予測されるにもかかわらず、透明度が良好に維持されていることから、このメカニズムを把握することは、水質浄化を考える上で重要である。底質の状況、ドック外と一部水交換されていることによる堆積した有機物の流出、ドック内に生息するメバル、ハゼなどの魚類、ワカメなどの海藻からなる生態系とカキ生息との関連などについての検討が必要である。

5. 今後の課題

東京湾で発生している赤潮対策としては、湾に流入する栄養塩類の負荷量を削減することが必要であるが、生物が生息する砂浜や浅瀬の確保などによる生物多様性と水質浄化の促進、底質の覆砂・浚渫による底質改善も有効である。

今回得られた結果は、赤潮の発生が避けられない中で、局部的に赤潮の発生しない系を作ることが可能であることを示唆している。東京湾のような赤潮が発生しやすい水域において、生きものと触れ合える汐入池を作る場合の水質の部分浄化に活用できると考える。

この系の中でカキが重要な役割を果たしていることを把握できたが、このカキがやがては有機物として底に堆積することから、長期的に生態系として水質・底質が悪化しない維持されるかどうかについてのモニタリングや、維持するための研究が今後の課題である。また、潮汐により底層で水交換するような構造が底質悪化防止にどの程度有効かについても明らかにしなければならない。

謝辞

現地での調査にご協力下さった財団法人 帆船日本丸記念財団に感謝致します。また、情報提供など調査に

ご協力頂いた 日本エヌ・ユー・エスの鈴木あや子氏、海をつくる会の坂本昭夫氏、水辺を記録する会の石井彰氏、港湾空港技術研究所の鈴木高二郎氏に感謝いたします。

文献

- (1)水尾寛己・赤池 繁・福嶋 悟・飯塚貞男・武田 裕初貝留美・鳥海三郎：閉鎖水域の日本丸ドック（横浜港）における水質状況、横浜市環科研報（27）、30～35.（2003）
- (2)水尾寛己・下村光一郎・角田定孝・渡辺昭男：カキ浄化などによる赤潮の発生しない系、第 40 回水環境学会年会講演集、56 p.(2006)

和泉川の魚類流程分布と河川環境

樋口 文夫、福嶋 悟、下村光一郎、小市佳延（横浜市環境科学研究所）

River environments and the altitudinal distribution of freshwater fish in Izumi River

Fumio Higuchi, Satoru Fukushima, Kooichirou Shimomura, Yoshinobu Koichi
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード： 魚類、流程分布、河川環境、和泉川

要 旨

源流と下流までの水生生物の双方向移動を考えた水辺のネットワーク化に向けて、和泉川の魚類流程分布と河川環境との関係を検討した。調査地点は源流と上、中流の多自然型改修区と境川合流点の 17 地点とした。確認された魚種は全体で 5 科 19 種（属、飼育品種を含む）、和泉川が 4 科 18 種であった。流程分布は源流部から上流でホトケドジョウ、上流よりの地点でアブラハヤ、下流よりにオイカワが多く分布する傾向があった。通し回遊魚はトウヨシノボリが源流まで分布していた。ホトケドジョウ、オイカワ、アブラハヤの体長分布から再生産を行っていることが推測された。魚類相の変遷は 1996 年度より魚種が確認され、2002 年度よりオイカワ、アブラハヤが確認されてきた。これは水質改善と人為的影響の要因が示唆された。河川環境との関係は多自然型改修区で多様性指数が高く、水際の形態、植物カバーと魚類分布との関係が示された。河川生態系の多様性を保全、再生していくためには、源流域の保全、再生と魚類移動分散を保障する河川形態等を創造していく必要があるものと考えられる。

1 はじめに

本市の環境管理計画¹⁾は、都市環境の目標として、生態系へ配慮した緑・水辺など身近な自然環境が適正に保全、創造されていることを、水と緑の基本計画²⁾は、生物生息環境の保全・回復が図られ、エコロジカルネットワークが形成されていること等を掲げている。これは、都市の中で緑とともに水辺が重要な生態系として位置づけ、特定地域の保全、再生だけでなく生物の双方向移動を保証する水辺環境等の再生も視野に入れて検討していくものとする。また、従前の多自然型川づくりはその評価とともに問題点が整理され、反省を踏まえて多自然川づくりへと改め、上流から下流の広い範囲、さらに流域までを含めた川づくりへと展開させている³⁾。

そこで、「ふるさとの川整備モデル事業」⁴⁾として 1991 年から 2005 年に多自然型川づくりが行われてきた和泉川を対象に、魚類流程分布状況と河川環境との関係、移動分散様式等を把握し、河川生態系の生物多様性を保全、再生していくための基礎資料を得ることを目的として検討したのであった。ちなみに、和泉川の魚類に関する調査報告は筆者らのモニタリング調査^{5~12)}と河川整備の効果の評価するために行われた和泉川生物相調査報告書¹³⁾だけである。今回は、2005 年から 2006 年にかけて実施された調査結果を報告する^{12, 14)}。

2 調査方法

2-1 和泉川の概況と調査地点

境川水系の支川和泉川は、流路延長が 11.5km、流域面積が 11.5km²、二ツ橋から境川合流点までの 9.4km の区間

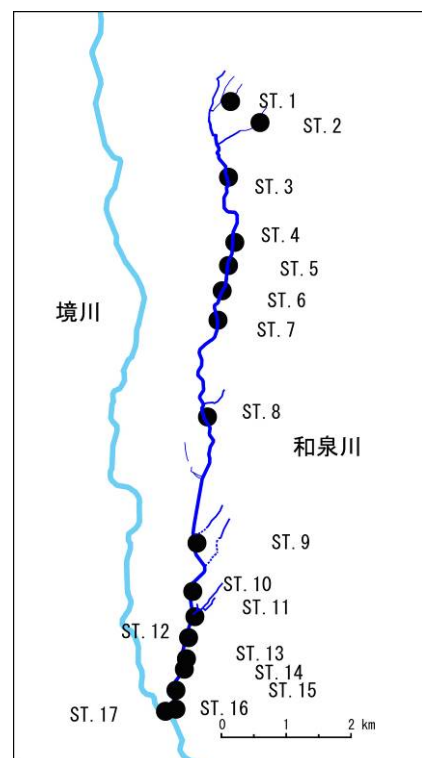


図-1 和泉川の調査地点

は二級河川に指定されている。

調査地点は図-1に示した。地点数は全部で 17 地点、和泉川が 16 地点、境川が 1 地点である。源流部は、瀬谷市民の森 (ST.1) の水路、東野台 (ST.2) の 2 地点、下

表－１ 和泉川の河川環境と調査面積、回数、時期等

地点	地点名	距離 km	河床高度 m	流れ幅 m	水深 cm	護岸	高水敷	基質性状	落差高 cm	調査面積 m ²	調査数 回	調査年月
ST.1	瀬谷市民の森	11.62	62	0.5	10	土	—	土、泥岩	—	35.7	2	'0605,08
ST.2	東野台	11.03	72	1	10	石積	—	埋め込み石	—	89.3	2	'0605,08
—	合流点 ST.1	10.90	58	0.7	1	コン	コン	コン	29、27	—	—	—
—	合流点 ST.2	10.90	58	1.1	2	コン	コン	コン	52	—	—	—
ST.3	二ツ橋の水辺	10.07	50.9	3	20	コン	土、草	砂礫、泥岩	40	178	2	'0605,08
ST.4	東山の水辺	9.14	50	2	20	石積	土、草	玉石、泥岩	—	178	2	'0605,08
ST.5	関ヶ原の水辺	8.31	48.7	2	20	コン、土	土、草	玉石、泥岩	—	357	2	'0605,08
ST.6	寺ノ脇の水辺	8.11	47.1	3	10	コン	草、低木	玉石、泥岩	—	178.5	2	'0605,08
ST.7	宮沢遊水池	7.48	42.7	2	10	コン	草、低木	玉石、砂礫	—	142.8	2	'0605,08
ST.8	自然護岸	5.28	32.3	3	60	土	—	砂礫	—	150	1	'0508
ST.9	地蔵原の水辺	3.85	26.5	2	30	コン	—	玉石、砂礫	—	225	2	'0605,08
ST.10	親水広場	2.15	23.5	2	20	コン、土	草、低木	玉石、砂礫	—	321	2	'0605,08
ST.11	草木橋下流	1.75	22.1	7	21	コン	土、草	玉石、砂礫	—	267.8	4	'0506,09,11,'0601
ST.12	クリニック横	1.46	20.8	4.5	27	コン	土、草	玉石、砂礫	—	267.8	3	'0506,09,11,'0601
ST.13	赤坂橋	1.29	17.1	3	26	コン	—	砂礫	—	330	4	'0506,09,11,'0601
ST.14	鍋屋橋	0.55	14	3.5	20	コン	土、草	砂礫	45	214.2	6	'0506,09,11,'0601,05,08
ST.15	折越橋	0.22	11.8	6	20	コン	—	砂礫	40	285.6	5	'0509,11,'0601,05,08
ST.16	一丁田下橋	0.02	11	6.7	10	コン	—	砂礫	90	142.8	6	'0506,09,11,'0601,05,08
ST.17	境川	0	11	15	60	コン	—	砂礫	400	642.6	7	'0506,08,09,11,'0601,05,08

注) コン: コンクリート

流の二ツ橋の水辺 (ST.3)、東山の水辺 (ST.4)、関ヶ原の水辺 (ST.5)、寺の脇の水辺 (ST.6)、宮沢遊水池 (ST.7)、自然護岸 (ST.8)、地蔵原の水辺 (ST.9)、親水広場 (ST.10)、草木橋 (ST.11)、クリニック横 (ST.12)、赤坂橋 (ST.13)、鍋屋橋 (ST.14)、折越橋 (ST.15)、一丁田下橋 (ST.16)、境川本川の俣野堰下 (ST.17) であった。ST.16 は、境川との合流点である。ST.17 は俣野堰の下を調査対象とした。

2-2 調査時期

調査時期、回数は表－1 に示した。時期は 2005 年から 2006 年で、地点によって調査回数、時期が異なっている。以下に記すと ST.1、2、3、4、5、6、7、9、10、14、15、16 が 2006 年 5、8 月、ST.8 は 2005 年 8 月、ST.11、12、13、14、15、16、17 は、2005 年 6、9、11 月、2006 年 1 月に、また、ST.17 は 2005 年 8、12 月にも実施していた。

2-3 調査方法

河川環境調査は、境川の合流点からの距離等を 1/2500 の地図をもとにマップメーターで計測し、河床高度は、地図上の標高点に近接した場所からの河床までの距離を、巻尺等で測定して求めた。代表的な落差工等は、上端から水位までを落差高として計測した。他、流れ幅、護岸、高水敷と基質等の性状を計測した。

調査方法は、D 型フレームネット (網目 1.5×1.5mm)、投網 (16 節、900 目)、トラップ (25×34×25mm) 2 個を用いた。調査区域は上流から下流の範囲で約 100m の瀬、淵等を調査し、また、多自然型改修区では水際の形態比較として、水際の草カバーが水面の 25% 以上を覆っている区域と何も無い開放区とを分割して同じ調査面積 (60cm²)、同時採集して行った。調査時間は約 20～30 分、人員が 2 人であった。採集した魚類は現場で標準体長を計測し、その後に放流した。種が不明なものについては、生きたまま、あるいは 10%ホルマリンで固定して持ち帰り、後日同定した。甲殻類については、原則として採集個体数を記録した。

2-4 解析方法

生息密度は、地点により面積、調査回数が異なるため、地点別の採集個体数を面積、回数で除して求めた。種多様性の解析は、Simpson¹⁵⁾ の多様度指数 D を以下の式で求めた。

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$$

p_i は全種個体数のうち種 i の割合、 s は種数を示す。魚類相の変遷はモニタリング調査^{5~12)} の 1984 年～2005 年までの定点調査結果から採集個体数をまとめ、また、和泉川生物相調査報告書¹³⁾ は各地点 2 回の調査の採

集個体数を合わせて示した。生息密度と河川形態との関係はオイカワ、アブラハヤを対象にして、多自然型改修区の生息密度、体長の値を対数変換し開放区と草カバー区に分割して多重比較検定（Turkey-Kramer の多重比較）で解析した。

3 結果および考察

3-1 河川環境

地点別の河川環境と調査面積、調査数等を表-1に示し、河川構造物、形態を写真-1、2、3、4に示した。

源流部の ST.1 は瀬谷市民の森からの流れで自然状態に近く、ST.2 は小川アメニティーの石積護岸で、基質が埋込み石で固定されている。どちらの地点も合流点から約 11km の距離にある。ST.1 の下では三面コンクリート、一部、源流広場として親水機能を持たせた石積護岸で、基質が埋込み石となっていた（写真-1）。ST.2 の下流の 300m は暗渠、下流では三面コンクリートとなっていた。また、ST.1 と ST.2 の合流点には、それぞれの流入部に落差が存在した。ST.2 の側が、52cm の落差高、ST.1 が 30cm 近い落差となっていた。この合流点から ST.3 まで三面コンクリートが連続していた（写真-2）。

ST.3 は調査区域の上流部に落差工があり、落差高が 40cm、斜度が垂直面と緩傾斜面となっていた。この ST.3 から ST.6 までは、多自然型改修が行われ、低水路、高水敷、ST.5 ではわんど等が造られ、斜面林、河辺林が左岸

に存在する。ST.7 は、低水路、流れは平瀬が多く、水深が浅かった。ST.8 は和泉川で数少ない自然護岸であり、淵があり、水深が深く、その範囲は狭い。ST.9 は高水敷がなく、捨石などで淵を造っている。ST.10 は左岸がコンクリート護岸、右岸がなだらかな高水敷となっている。ST.11 から ST.14 までは、木杭、蛇籠で高水敷を造っているが、浸食されて消失している区域もある。落差工は ST.14 にあり、落差は 45cm で、流れ幅が 80cm、直下はコンクリートになっていた（写真-3）。ST.15、16 は高水敷がなく、流れ幅が広く浅い、ST.15 には、緩傾斜の落差工、落差 40cm、左側に小規模な魚道が設置されている。落ち込みは水深 1m 以上であった。ST.16 は境川との合流点、7 段の多段式の落差工、全体の落差は 90cm であるが、段間には深い落ち込みがある（写真-4）。境川本川の俣野堰下 ST.17 は 5 月から 9 月までは落差 4m のゴム製バルーンの堰で閉められる。左側に落差のある魚道が設置されている。

3-2 出現魚種リスト

和泉川と境川の出現種リスト、出現地点数、採集個体数とそれぞれの割合を表-2に示した。なお、学名等は中坊編¹⁶⁾に従った。

今回、確認された魚種は、5 科 19 種（属、飼育品種を含む）、和泉川が 4 科 18 種、境川が 4 科 10 種であった。生活型区分（L.T）¹⁷⁾では、純淡水魚がコイ、イロゴイ、



写真-1 和泉川源流広場、ST.1 と ST.3 の間



写真-3 ST.14（鍋屋橋）の落差工



写真-2 源流地点と ST.3 の間の水路



写真-4 ST.16（一丁田下橋）、境川との合流点

表－2 和泉川と境川の採集魚類と甲殻類（十脚目）リストと出現地点、採集個体数と割合

分類	No.	学名		科	種	LT	和泉川				境川	
							地点数	%	個体数	%	個体数	%
魚類	1	Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	コイ	コイ	G	7	0.0	84	5.9	4	2.2
	2		<i>Cyprinus carpio</i>		イロゴイ	G	2	12.5	2	0.1	0.0	0.0
	3		<i>Carassius</i> sp.		ギンブナ	G	1	6.3	2	0.1	1	0.6
	4		<i>Carassius</i> spp.		フナ属	G	5	31.3	10	0.7	1	0.6
	5		<i>Zacco platypus</i>		オイカワ	G	14	87.5	770	54.0	137	76.5
	6		<i>Phoxinus lagowskii steindachneri</i>		アブラハヤ	G	14	87.5	295	20.7	0	0.0
	7		<i>Tribolodon hakonensis</i>		ウグイ	G	3	18.8	12	0.8	5	2.8
	8		<i>Pseudorasbora parva</i>		モツゴ	G	9	56.3	25	1.8	8	4.5
	9		<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>		タモロコ	G	9	56.3	26	1.8	0	0.0
	10		<i>Pseudogobio esocinus esocinus</i>		カマツカ	G	1	6.3	1	0.1	0	0.0
	11	Cobitidae	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	ドジョウ	ドジョウ	G	4	25.0	7	0.5	1	0.6
	12		<i>Lefua echigonia</i>		ホトケドジョウ	G	4	25.0	96	6.7	0	0.0
	13	Plecoglossidae	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	アユ	アユ	D	0	0.0	0	0.0	1	0.6
	14	Adrianichthyidae	<i>Oryzias latipes</i>	メダカ	メダカ	G	6	37.5	10	0.7	0	0.0
	15		<i>Oryzias latipes</i>		ヒメダカ	G	1	6.3	2	0.1	0	0.0
	16	Gobiidae	<i>Sicyopterus japonicus</i>	ハゼ	ボウズハゼ	D	2	12.5	2	0.1	1	0.6
	17		<i>Rhinogobius</i> sp. CB		シマヨシノボリ	D	3	18.8	9	0.6	0	0.0
	18		<i>Rhinogobius</i> sp. LD		オオヨシノボリ	D	1	6.3	2	0.1	0	0.0
	19		<i>Rhinogobius</i> sp. OR		トウヨシノボリ	D	7	43.8	72	5.0	20	11.2
計							16	100.0	1427	100.0	179	100.0
甲殻類	1	Atyidae	<i>Caridina japonica</i>	ヌマエビ	ヤマトヌマエビ	D	1	6.3	1	0.6	0	0.0
	2	Palaemonidae	<i>P.(Palaemon) paucidens</i>	テナガエビ	スジエビ	G	4	25.0	8	5.1	1	20.0
	3		<i>Macrobrachium japonicum</i>		ヒラテテナガエビ	D	3	18.8	10	6.3	2	40.0
	4	Cambaeidae	<i>Procambarus(Scapulicambarus) clarkii</i>	アメリカザリガニ	アメリカザリガニ	G	9	56.3	138	87.3	0	0.0
	5	Grapsidae	<i>Eriocheir japonicus</i>	イワガニ	モクズガニ	D	1	6.3	1	0.6	2	40.0
計							16	100.0	158	100.0	5	100.0

注) : LT: Life Type 生活型、G: Genuine freshwater fishes 純淡水魚、D: Diadromous fishes 通し回遊魚、P: Peripheral freshw

ギンブナ、フナ属、オイカワ、アブラハヤ、ウグイ、モツゴ、タモロコ、カマツカ、ドジョウ、ホトケドジョウ、メダカ、ヒメダカの14種であった。通し回遊魚がボウズハゼ、シマヨシノボリ、オオヨシノボリ、トウヨシノボリの4種であった。外来種、国内の移入種はタモロコ、カマツカであり、カマツカは源流で成魚1尾が採集され、放流されたものである。

モニタリング調査報告(2005)¹²⁾から、境川水系の魚類相は、全体で11科36種、その内、和泉川で出現しなかったのは、純淡水魚がキンギョ、カワムツ、シマドジョウ、カダヤシ、カジカ、オオクチバス、カワヨシノボリの7種、通し回遊魚がウナギ、アユ、ボウズハゼ、ミミズハゼ、ウキゴリ、ヒナハゼ、ヌマチチブの7種であった。

このリストの中でホトケドジョウ、メダカが環境省編¹⁸⁾のレッドデータブックで絶滅危惧種IB、II類、神奈川県編¹⁹⁾が絶滅危惧種IBとなっている。また、ウグイ、カマツカ、シマドジョウ、ボウズハゼ、オオヨシノボリが神奈川県編の準絶滅危惧種であった。

魚種別の出現率は、和泉川が16地点中、オイカワ、アブラハヤが88%、モツゴ、タモロコが53%、トウヨシノボリが44%、メダカが38%の順で高かった。採集個体数割合は和泉川のオイカワが54%、アブラハヤが21%、ホトケドジョウが7%の順、境川のオイカワが77%と多く、他はトウヨシノボリが11%であった。

甲殻類(十脚目)の出現種リストは、ヌマエビ科のヤマトヌマエビ *Caridina japonica*、テナガエビ科のスジエビ *Palaemon(Palaemon) paucidens*、ヒラテテナガエビ *Macrobrachium nipponense*、アメリカザリガニ科のアメリカザリガニ *Procambarus(Scapulicambarus) clarkii*、イワガニ科のモクズガニ *Eriocheir japonicus* の5種であった。なお、学名は鈴木他¹⁹⁾に従った。

出現率は和泉川でアメリカザリガニが56%と最も多かった、つぎにスジエビが25%であった。採集個体数割合はアメリカザリガニが80%以上であった。ヌマエビ科ではヤマトヌマエビが1個体採集された。

3-3 魚類流程分布

地点別生息密度は採集個体数を調査面積と調査回数で除した値で求め、それを表-3に示した。代表的な魚種の流程分布を地点別生息密度でみたのが図-2~4である。また、Simpsonの多様度指数を表-3に示した。

ホトケドジョウ、オイカワ、アブラハヤの流程分布を図-2に示した。

ホトケドジョウの生息密度はST.1、2で多く、下流では、ST.5まで少数出現していた。源流部が分布の中心であり、下流へ移動分散しているものと推測した。オイカワの分布範囲は広く、ST.3から下流に広く分布し、特にST.9から下流で生息密度が高かった。アブラハヤは、ST.3からST.14まで分布していたが、ST.3、ST.7、8で生息密

表-3 地点別の生息密度 ((採集個体数/調査面積/調査回数) × 100)

No.	種類	ST.1	ST.2	ST.3	ST.4	ST.5	ST.6	ST.7	ST.8	ST.9
		瀬谷市民の森	東野台	二ツ橋の水辺	東山の水辺	関ヶ原の水辺	寺ノ脇の水辺	宮沢遊水池	自然護岸	地藏原の水辺
1	コイ	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	イロゴイ	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	ギンブナ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	フナ属	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.22
5	オイカワ	0.00	0.00	1.69	11.24	3.78	5.04	3.50	1.33	26.70
6	アブラハヤ	0.00	0.00	19.66	3.09	2.10	2.52	13.66	18.67	9.60
7	ウグイ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	モツゴ	0.00	0.00	0.28	0.28	0.28	0.00	0.35	0.00	0.00
9	タモロコ	0.00	0.00	0.00	1.40	0.28	0.00	3.85	0.00	0.44
10	カマツカ	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	ドジョウ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
12	ホトケドジョウ	53.22	28.00	1.69	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
13	アユ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	メダカ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.44
15	ヒメダカ	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	ボウズハゼ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	シマヨシノボリ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	オオヨシノボリ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	トウヨシノボリ	1.40	0.56	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
個体数計		42	53	86	57	54	27	61	30	168
種類数		4	4	5	4	8	2	4	2	5
Simpsonの多様度指数		0.178	0.109	0.326	0.462	0.665	0.444	0.532	0.124	0.424

表-3のつづき

No.	種類	ST.10	ST.11	ST.12	ST.13	ST.14	ST.15	ST.16	ST.17
		親水広場	草木橋下流	クリニック横	赤坂橋	鍋屋橋	折越橋	一丁田下橋	境川
1	コイ	1.56	2.80	2.49	0.53	0.08	1.05	0.00	0.08
2	イロゴイ	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	ギンブナ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.02
4	フナ属	0.00	0.47	0.00	0.00	0.08	0.00	0.12	0.02
5	オイカワ	5.14	20.91	1.99	10.30	4.28	2.10	6.19	3.03
6	アブラハヤ	0.62	0.84	0.37	2.27	2.02	0.35	0.35	0.00
7	ウグイ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.63	0.23	0.11
8	モツゴ	0.16	0.09	0.00	0.00	0.86	0.21	0.47	0.04
9	タモロコ	0.00	0.19	0.19	0.15	0.00	0.07	0.12	0.00
10	カマツカ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	ドジョウ	0.16	0.19	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.02
12	ホトケドジョウ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	アユ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
14	メダカ	0.47	0.09	0.00	0.08	0.00	0.00	0.12	0.00
15	ヒメダカ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	ボウズハゼ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.12	0.02
17	シマヨシノボリ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.14	0.47	0.00
18	オオヨシノボリ	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	トウヨシノボリ	0.31	0.00	0.00	0.00	0.93	0.14	5.95	0.44
個体数計		54	274	43	175	115	67	121	179
種類数		7	8	6	5	11	8	10	10
Simpsonの多様度指数		0.582	0.318	0.639	0.364	0.71	0.722	0.805	0.411

度が高く、オイカワに比して上流よりの地点で高かった。境川では確認されなかった。アブラハヤの分布は上流地点、オイカワが下流地点に多く分布し、流程分布に若干

の差があるものと考えた。

コイ、モツゴ、ドジョウの流程分布を図-3に示した。

コイは、ST.10より下流の地点で多く観察された。モ

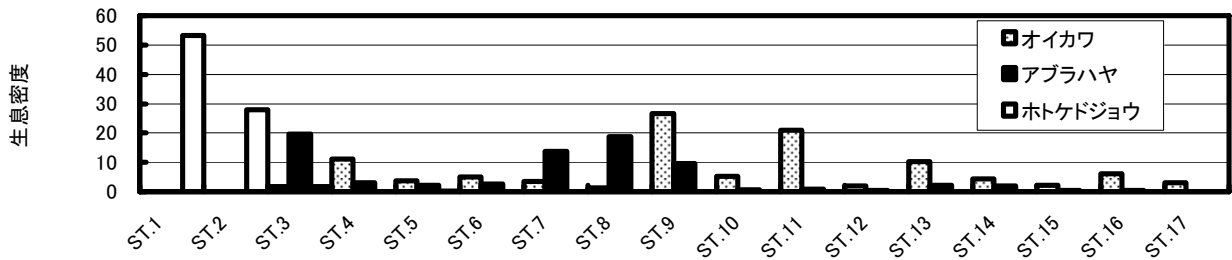


図-2 オイカワ、アブラハヤ、ホトケドジョウの地点別生息密度

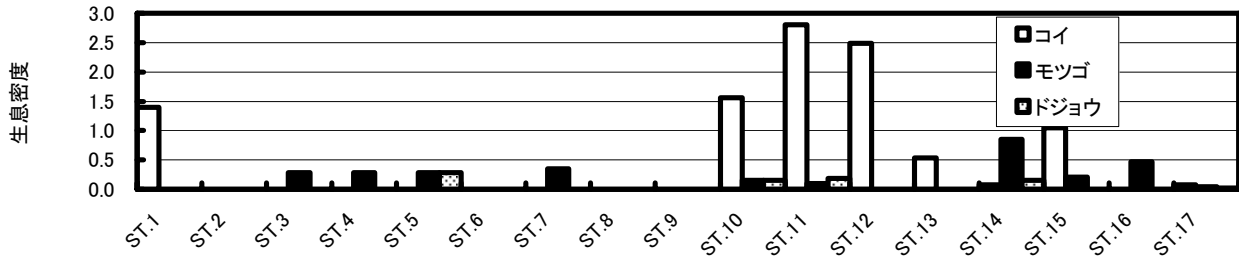


図-3 コイ、モツゴ、ドジョウの地点別生息密度

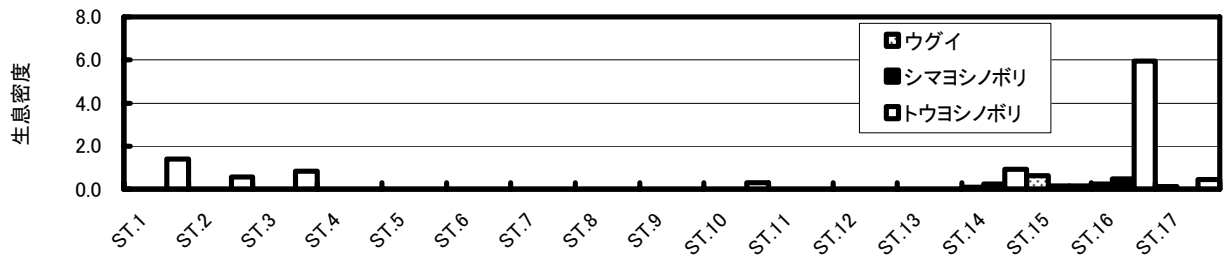


図-4 ウガイ、シマヨシノボリ、トウヨシノボリの地点別生息密度

ツゴ、タモロコは、比較的多くの地点に出現するが、生息密度が低く明確ではなかった。コイは ST.10 より下流の地点で出現し、大型の個体が多く目視観察されている。和泉川調査報告¹⁴⁾は、5、8月の流量が ST.7 から ST.10 で増加することを見ており、この流量の増加と一致していた。すなわち、深みのある淵の存在等によって分布が制限されている。

ウガイ、シマヨシノボリ、トウヨシノボリの流程分布を図-4に示した。

通し回遊魚のヨシノボリ属は、トウヨシノボリが上流と下流の地点で生息密度が比較的高く、シマヨシノボリは、ST.14に出現し、生息密度は低かった。

ST.15 から合流点までに三つの落差工が設置されている。その中で ST.14 の落差工の下までトウヨシノボリを除く回遊性の生活型を持つ種類が分布していた。

Simpson の多様度指数を地点別に図-5に示した。

源流部の多様度指数は低い値を、上流の多自然型改修区の地点で高い値を示し、特に ST.5 の関ヶ原の水辺が最も高かった。下流の ST.14、15、16 は、和泉川の中でも高く、境川の値より高い値を示していた。これらの値から、源流部の ST.1、2 で値が低いのは生息環境に起因す

るものであり、また、ST.8 で低かったのは、アブラハヤに適した深い淵が存在し、優占的に生息していたことによる。本川と支川の多様度に違いは、調査地点の調査面積等も考慮しなければならないが、境川で他の種類に比べてオイカワが多く出現したことによっている。

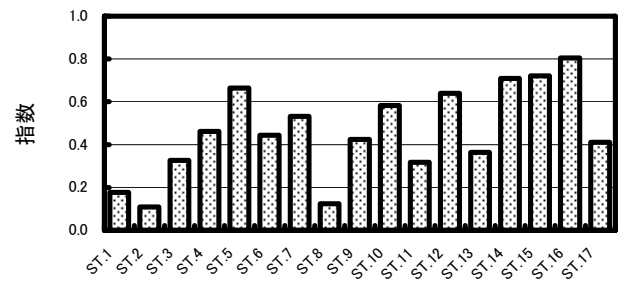


図-5 地点別の多様度指数

甲殻類（十脚目）は源流から中流の地点でアメリカザリガニが確認され、中流から下流の地点ではスズエビが確認された。ヤマトヌマエビは源流部、ヒラテテナガエビ、モクズガニが下流、本川に分布していた。スズエビ、

表-4 地点別の採集個体数（上段）、標準体長(mm)の平均値±標準偏差（下段）

	種類	ST.1	ST.2	ST.3	ST.4	ST.5	ST.6	ST.7	ST.8	ST.9
		瀬谷市民の森	東野台	ニツ橋の水辺	東山の水辺	関ヶ原の水辺	寺ノ脇の水辺	宮沢遊水池	自然護岸	地藏原の水辺
1	コイ	1 81.0								
2	イロゴイ		1							
3	ギンブナ									
4	フナ属					2 39.5±26.7				1 22.0
5	オイカワ			6 21.7±5.3	40 19.7±5.0	27 24.4±13.7	18 26.4±15.4	10 19.7±6.4	2 17.4±3.3	120 23.5±17.3
6	アブラハヤ			70 34.7±13.8	11 26.6±11.9	15 41.9±16.6	9 47.0±21.1	39 51.3±14.8	28 49.3±18.1	43 27.6±17.1
7	ウグイ									
8	モツゴ			1 63.0	1 22.0	2 29.9±15.4		1 69.3		
9	タモロコ				5 46.8±7.4	2 30.0±1.4		11 48.4±3.2		2 67.9±3.0
10	カマツカ		1 129.0							
11	ドジョウ					2 85.0±13.4				
12	ホトケドジョウ	38 34.9±9.5	50 37.2±12.3	6 18.0±12.3		2 29.7±17.4				
13	アユ									
14	メダカ					2 26.9±1.3				2 31.8±8.8
15	ヒメダカ	2 22.1±5.5								
16	ボウズハゼ									
17	シマヨシノボリ									
18	オオヨシノボリ									
19	トウヨシノボリ	1 30.0	1 28.0	3 30.3±4.5						

表-4のつづき

	種類・学名	ST.10	ST.11	ST.12	ST.13	ST.14	ST.15	ST.16	ST.17
		親水広場	草木橋下流	クリニック横	赤坂橋	鍋屋橋	折越橋	一丁田下橋	境川
1	コイ	10	30	20 96.8±10.0	7 30.2±0.1	1 149.0	15 32.5±10.6		4 42.5±17.7
2	イロゴイ			1					
3	ギンブナ					2 81.9±3.0			1 320.0
4	フナ属		5 21.9±1.3			1 64.4		1 38.2	1 320.0
5	オイカワ	33 52.7±30.8	224 35.0±34.9	16 66.7±20.3	136 31.1±15.4	55 61.7±36.2	30 39.0±26.0	53 29.8±23.1	137 55.2±30.5
6	アブラハヤ	4 13.8±1.3	9 63.8±18.5	3 51.3±15.0	30 24.9±15.2	26 43.5±28.3	5 44.6±15.3	3 25.9±9.1	
7	ウグイ					1 180.0	9 76.8±3.5	2 37.2±5.0	5 117.3±24.0
8	モツゴ	1 35.0	1 52.0			11 69.0±12.9	3 43.9±5.1	4 31.0±1.3	0 34.9±1.0
9	タモロコ		2 49.2±3.5	1 63.8	1 74.3		1 63.0	1 76.0	
10	カマツカ								
11	ドジョウ	1 93.0	2 35.8±4.0			2 70.0±7.4			1 45.0
12	ホトケドジョウ								
13	アユ								1 175.0
14	メダカ	3 25.7±3.5	1 18.5		1 28.0			1 22.6	
15	ヒメダカ								
16	ボウズハゼ					1 75.0		1 36.0	1 78.8
17	シマヨシノボリ					3 38.7±11.1	2 36.2±15.3	4 37.7±11.1	
18	オオヨシノボリ			2 68.5±1.3					
19	トウヨシノボリ	2 29.5±4.9				12 35.0±8.4	2 42.9±4.1	51 28.6±6.4	20 30.2±7.7

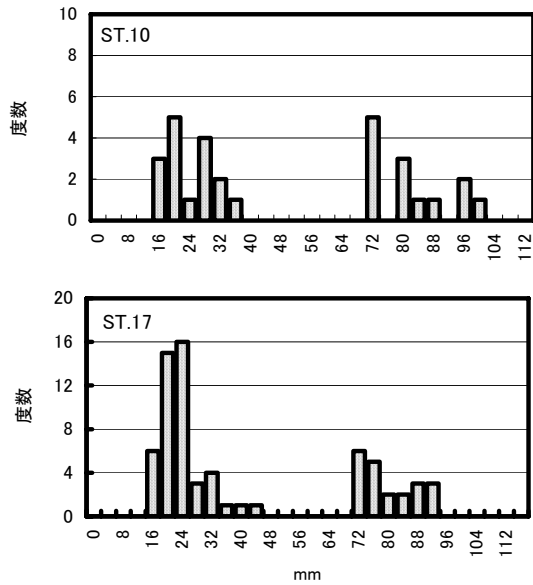


図-6 オイカワの体長分布

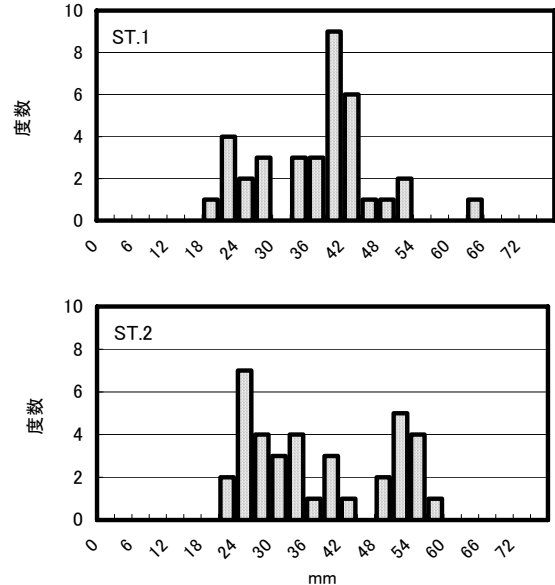


図-8 ホトケドジョウの体長分布

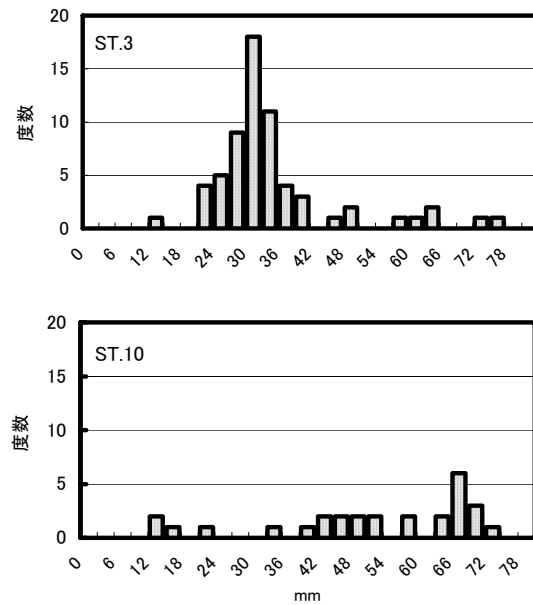


図-7 アブラハヤの体長分布

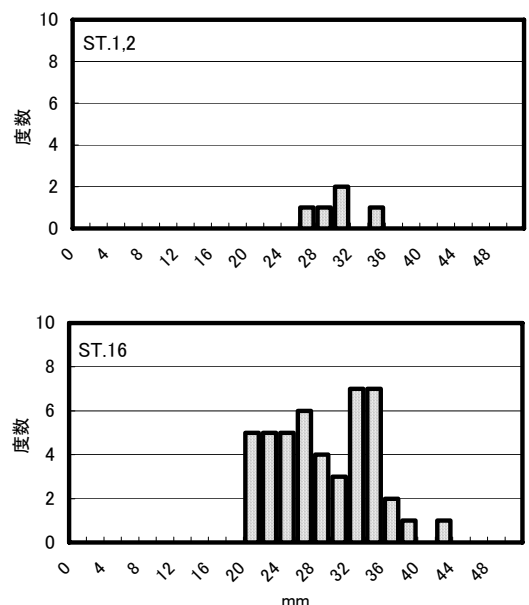


図-9 トウヨシノボリの体長分布

アメリカザリガニを除いて、他の種は両側回遊性の生活型を持っており、特にヤマトヌマエビは最も源流部まで遡上することが報告²¹⁾されており、また、ST.6に流入する支川源流部にも確認²²⁾されていることから、採集個体数が少なかったもの下流から遡上した可能性が大きい。

3-4 オイカワ、アブラハヤ、ホトケドジョウ、トウヨシノボリの体長分布

地点別の採集個体数、標準体長と標準偏差を表-4、採集個体数が多かった種類の8月の体長分布を図-6～9に示した。

オイカワの2地点の8月における体長分布を図-6に示した。ST.10の体長分布が16～36mm、72～100mmの二つの山を示し、これらは0年魚と1年魚以上と思われる。この傾向は個体数が多かったST.17の集団と一致し、0、1年級群が多く占めていると考える。

アブラハヤの2地点の体長分布を図-7に示した。体長24～42mmの範囲の0年魚に比較して1年魚以上の山が低く明確でなかった。しかし、ST.8(自然護岸)集団の体長分布を見ると1、2年魚の山が低いながら推測された。

ホトケドジョウの体長分布を図-8に示した。ST.1、2の集団では体長20～40mm、50mm前後の山があるが、0

表－５ 和泉川と境川の定点調査による採集個体数の変化^{5～12)}

No.	種名	和泉川(ST.9)								境川(ST.17)					
		1984年	1987年	1990年	1993年	1996年	1999年	2002年	2005年	1993年	1996年	1999年	2002年	2005年	
1	コイ						1	1		8	1	1	5	目視	
2	イロゴイ														
3	ギンブナ					9	5	1		25	3	1			
4	フナ属					21	9		1	6	4	22	2		
5	タイリクバラタナゴ											1			
6	オイカワ								63	120			33	63	64
7	アブラハヤ								5	43					
8	ウグイ										1	1	1		
9	モツゴ						2					4	6	1	
10	タモロコ								1	2			1	3	
11	ドジョウ					6	1				1		1	2	
12	アユ										2	7		4	1
13	ボラ											目視			
14	メダカ						1			2					
15	ブルーギル											1			
16	ボウズハゼ													1	
17	ゴクラクハゼ												1		
18	トウヨシノボリ													3	
採集個体数		0	0	0	0	36	19	71	168	42	17	65	87	70	
種類数		0	0	0	0	3	6	5	5	5	7	9	9	6	

年魚、1年魚と推測される。また、ST.1では70mm近い1年魚以上と思われる個体も採集されていた。幼魚は時期によって下流方向への移動分散が報告されている²³⁾。和泉川でも下流のST.3、5まで少数が採集されており、6月の体長が10～20mmの0年魚であったことなど、源流から流下してきたものと推測される。

トウヨシノボリの体長分布を図-9に示した。ST.16の境川合流点の集団では、22～40mmの範囲で二つの山があるが、多くは0年級群と推測した。ST.1、2、3では0年魚と思われる、5尾が採集され、周辺部に池等もないことから陸封型²⁴⁾集団より下流から遡上してきた可能性が示唆された。

以上、オイカワ、アブラハヤ、ホトケドジョウの体長分布の特徴から、和泉川で再生産を行っている。また通し回遊魚ではトウヨシノボリが源流まで遡上していたが、そこで繁殖を行っているかどうかは不明である。

3-5 魚類相の変遷

モニタリング調査結果^{5～12)}からは採集個体数による経年変化を表-5に、和泉川生物相調査報告書(1997年)¹³⁾からは地点別採集個体数を表-6に示した。

モニタリング調査報告は、ST.9の地蔵原の水辺を定点として、1984年から8回、ST.17の俣野堰が1993年から5回の調査を行ってきた。その期間で確認された魚類は9種であった。調査年度別では1984年から1993年までは確認魚種はなかった。1996年度になりフナ属、ドジョウが確認され、フナ属が優占種、2002年度ではオイカワ、アブラハヤ、タモロコが確認され、オイカワが優占種となっていた。境川の俣野堰のST.17は、1993年から

2005年度までに確認された魚種は15であった。調査年度別では1993年度にアユ、フナ属、1999年度からオイカワが多く確認されるようになってきた。

和泉川生物相調査報告書(1997年)は、ST.4の東山の水辺、ST.5の関ヶ原の水辺、ST.6の寺の脇の水辺、ST.8の上流の早稲田地区、ST.11の草木橋、ST.14の鍋屋橋の6地点で実施された。その結果、全体でコイ、ギンブナ、ウグイ、モツゴ、ドジョウの5種が確認され、採集個体数割合ではギンブナが80%、ついでコイが12%であった。地点別出現種は、ST.14でウグイが確認されたが、他の地点ではギンブナ、コイ、モツゴが確認され、特にST.11ではギンブナが多く出現していた。この時期の河川形態は、ST.14を除いてST.11、5、4が多自然型の改修が実施されて4～5年を経過したものであった。

表-6 1997年調査の地点別採集個体数¹³⁾

No.	種名	ST.4	ST.5	ST.6	—	ST.11	ST.14
		東山の水辺	関ヶ原の水辺	寺の脇の水辺	早稲田地区	草木橋	鍋屋橋
1	コイ	1	2	2	0	75	2
2	ギンブナ	36	72	48	0	374	23
3	ウグイ	0	0	0	0	0	2
4	モツゴ	2	10	1	0	5	2
5	ドジョウ	8	6	1	0	1	2

これら魚類相の変化と出現種類数の増加してきた要因には種々考えられるが、放流等の人為的影響、多自然型改修による形態変化と水質環境との関係がある。和泉川調査報告¹⁴⁾からBOD値の経年変化を見ると、1993年までは10mg/l以上の高い値を示した。1996年より5mg/l以下となり、水質改善が顕著であった。その減少傾向は和泉川流域の下水道の普及率に関係していた。

境川水系の主要魚種の分布傾向を、モニタリング調査報告^{5~12)}で見ると、1993年度に柏尾川でオイカワ、タモロコが確認され、アブラハヤは市外の源流部、柏尾川支川の源流部に限定分布していた。1999年度になると、境川本川にもオイカワ、タモロコが分布し、アブラハヤは2002年度から分布地点が増加してきた。和泉川もほぼ同時期にオイカワ、アブラハヤ、タモロコが分布してきたと考える。これら分布拡大の要因は人為的影響によるものと考え、今後、聞き取り情報等による調査も必要である。

3-6 河川形態との関係

源流のST.1は、瀬谷市民の森からの水路で、土護岸、基質が砂泥になっており、水際に植物が繁茂していることからホトケドジョウにとって生息しやすい環境²⁵⁾となっていると考える。ST.2は、小川アメニティーとなっており、石積護岸と基質が埋込み石となっていたが、ホトケドジョウが生息し、繁殖を行っていることが示唆された。これらの地域は和泉川にとって保全、再生すべき重要な地域である。今後、環境改変による生活場の消失が生じる可能性もあることから、さらに下流域まで範囲を広げ、三面張り水路、落差等の改善等によるホトケドジョウの分布拡大、定着を考えていく必要がある。

和泉川は、多自然型工法による河川改修が行われてきた。特に、関ヶ原の水辺、東山の水辺は、1993年より整備された。これらの工法には高水敷と水際の形態と瀬と淵の造成等、また、河辺林、植物を繁茂させることを考えている。そこで、今回、水際の形態、植物の繁茂に注目して、寺の脇の水辺、宮沢遊水地、親水広場のオイカワ、アブラハヤの生息密度、体長計測値をまとめて、水際の水面を覆う草がある草カバー区、オープンな開放区との単純比較を行なった。その結果を図-10、11に示した。

生息密度との関係では、オイカワ、アブラハヤともに統計学的に有意差はなかったが、アブラハヤが草カバー区で若干高い傾向を示していた。平均体長との関係では、オイカワの草カバーと開放区とで有意差を示し、草カバー区で平均体長が小さかった。アブラハヤ間では差がなかった。他の形態との関係も考慮しなければならないが、今回の結果から、魚種あるいは生長段階による生息場利用に差があることが推測された。

他の形態として関ヶ原の水辺では、わんど等が造られているが、土砂、有機物の堆積によって還元状態になっており、固定化することの問題点が指摘できる。

下流では、1997年より1999年にかけて河川整備事業が行われ、拡幅、低水路、高水敷の土護岸等の形態になっていた。その後、侵食によって形態が複雑になり、瀬と淵が多く形成されてきた。合流点の上流では、3基の落差工等の横断工作物が設置されているが、ST.14に設置されている構造物が魚類の遡上に障害を及ぼしていることが推測される。この落差工下まではウグイ、ボウズハゼ、シマヨシノボリが確認された。落差高は45cm、他の河川の例では、ハゼ科の魚種が遡上するのにあまり障害とならない高さと思われる²⁶⁾。境川では、アユが俣野

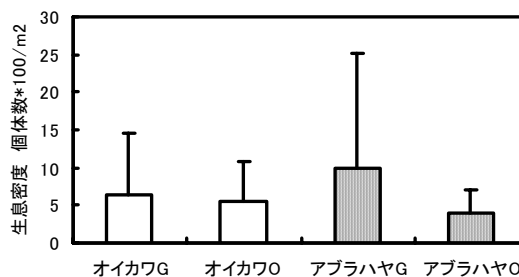


図-10 草カバー区 (G) と開放区 (O) の生息密度の比較
平均値、+標準偏差、図-11 も同じ

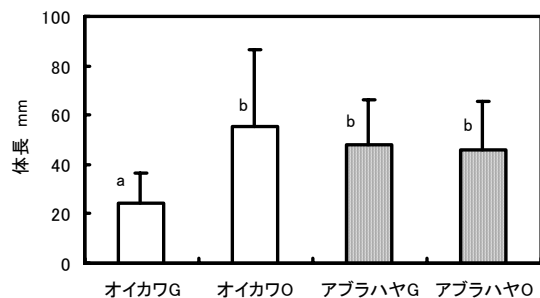


図-11 草カバー区 (G) と開放区 (O) の体長の比較
a, b は Turkey-Kramer の多重比較で $p < 0.01$ で差ありを示す。

堰下で確認されるが、和泉川では確認されなかった。アユは遊泳能力に優れた種であり、河川構造物が多く設置されている他の河川でも上流まで遡上していることが報告²⁶⁾されていることから、何か遡上を障害している他の要因、例えば水量等の問題があるものと考え、今後の検討課題である。

4 まとめ

源流から下流までの水生生物の双方向移動を考えた水際のネットワーク化に向けて、和泉川の魚類流程分布と河川環境との関係を検討した。

- 1) 調査地点は全部で17地点、和泉川が16地点、境川が1地点であった。調査期間は2005年から2006年であった。
- 2) 出現魚種は、全体で5科19種(属、飼育品種を含む)、和泉川が4科18種、境川が4科10種であった。
- 3) 魚類流程分布はホトケドジョウが源流部から上流の地点、アブラハヤ、オイカワは上流から下流の地点に分布し、通し回遊魚の中ではトウヨシノボリが源流まで分布し、他は下流の地点に分布していた。
- 4) ホトケドジョウ、オイカワ、アブラハヤの体長分布から和泉川で再生産を行っていた。
- 5) 魚類相の変遷は1993年度まで確認できなかったが、1996年度より3種が出現し、2002年度よりオイカワ、アブラハヤが出現した。これらは水質改善と人為的影響の要因が推測された。
- 6) 河川環境との関係では、源流部と上流の間の河川形態、下流は落差工等の存在が魚類分布に影響を及ぼ

し、多自然型改修区では多様性指数が高く、水際の植物の存在が重要であると思われた。

以上、河川生態系の多様性を保全、再生していくためには、源流の保全、再生、魚類の移動分散を保障する形態を再生していく必要があるものとする。

文献

- 1) 横浜市(2004):横浜市環境管理計画 改訂版、100pp.
- 2) 横浜市(2007):横浜市水と緑の基本計画 かけがえのない環境を未来へ、236pp.
- 3) 国土交通省河川局(2006):多自然川づくり基本指針、国土交通省河川局ホームページ.
- 4) 横浜市下水道局(1999):横浜の川、65pp.
- 5) 横浜市公害対策局(1986):横浜市内河川の魚類相、横浜の川と海の生物(第4報)、公害資料 No.126, 57~83.
- 6) 横浜市公害対策局(1989):横浜市内河川の魚類相、横浜の川と海の生物(第5報)、横浜市公害対策局、公害資料 No.140, 59~96.
- 7) 樋口文夫・水尾寛己・梅田 孝(1992):横浜の淡水魚類相の変化と分布の特徴、横浜の川と海の生物、第6報、横浜市環境保全局、環境保全資料 No.161, 93~139.
- 8) 樋口文夫・水尾寛己・近藤卓哉(1995):横浜の淡水魚類相調査報告(1993年度)、横浜の川と海の生物、第7報、河川編、横浜市環境保全局、環境保全資料 No.178, 77~126.
- 9) 樋口文夫・水尾寛己(1996):横浜の淡水魚類相調査報告(1996~1997)、第8報、河川編、横浜市環境保全局、環境保全資料 No. 186, 69~108.
- 10) 樋口文夫・水尾寛己(2001):横浜市内河川における淡水魚類相調査報告(2002~2003年)、環境保全資料 No.190, 横浜の川と海の生物(第9報)、河川編, 71~119.
- 11) 樋口文夫・水尾寛己・木村喜芳(2003):横浜市内河川における淡水魚類相調査報告(2002~2003年)、横浜の川と海の生物(第10報)、河川編, 51~81.
- 12) 樋口文夫・水尾寛己(2006):魚類、横浜の川と海の生物(第11報・河川編)、51~79.
- 13) 和泉川生物相調査プロジェクトチーム・横浜市下水道局(1997):和泉川生物相調査報告書、187pp.
- 14) 横浜市環境科学研究所(2007):平成18年度河川域生物生息環境調査、和泉川環境調査報告書、237pp.
- 15) Simpson,E.H(1949):Measurement of diversity. *Nature*.163,332-340.
- 16) 中坊徹次・編(2000):日本産魚類検索(第二版)、東海大学出版会、1474、東京.
- 17) 後藤 晃(1987):淡水魚、日本の淡水魚類、水野信彦・後藤 晃 編、東海大学出版会、1~15、東京、51~79.
- 18) 環境省自然保護局野生生物課・編(2003):改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物 - レッドデータブック-, 4 汽水・淡水魚類、財団法人 自然環境研究センター、東京、230pp.
- 19) 高桑正敏・勝山輝男・木場英久編(2006):神奈川県レッドデータ生物調査報告書2006、神奈川県立生命の星・地球博物館、275-298.
- 20) 鈴木廣志、佐藤正典(1994):淡水産のエビとカニかごしま自然ガイド、西日本新聞社、137pp.
- 21) 浜野龍夫、林 健一(1992):徳島県志和岐川に遡上するヤマトヌマエビの生態、*Researches on Crustacea* No.21、1~13.
- 22) 福嶋 悟、樋口文夫、小市佳延、下村光一郎、澤木勉、米森由佳(2007):瀬谷狹谷公園および寺ノ脇の水辺の水域生態系、横浜市環境科学研究所報、31、32~39.
- 23) 樋口文夫、福嶋 悟(2007):鶴見川水系における谷戸水路と河川の人工構造物と魚類流程分布との関係、横浜市環境科学研究所報、31、40~55.
- 24) 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海・編・監修(2005):改訂版、日本の淡水魚、山溪カラー名鑑、山と溪谷社、719pp、東京.
- 25) 樋口文夫(2007):谷戸水路におけるホトケドジョウ *Lefua echigonia* の産卵場条件、2007年度日本魚類学会講演要旨、日本魚類学会、41.
- 26) 樋口文夫、福嶋 悟、宇都誠一郎(2005):大岡川の河川構造物が魚類流程分布に与える影響に関する調査報告、横浜市環境科学研究所報、29、30~51.

小雀公園の水域生態系

—公園管理のための基礎資料—

福嶋悟・樋口文夫・小市佳延・下村光一郎（横浜市環境科学研究所）、
神保健次・中村明世（横浜市南部公園緑地事務所）

Aquatic ecosystem in Kosuzume Park, a basic data for park management

Satoshi Fukushima, Fumio Higuchi, Yoshinobu Koichi, Khoichiro Shimomura,
(Yokohama Environmental Research Institute), Kenji Jinbo, Akiyo Nakamura
(Yokohama Southern Parks and Green Project Coordination Office)

キーワード：総合公園、水環境、水生生物、保全、管理

要 旨

小雀公園において、水質や水生生物の保全を目指した管理を行うための基礎資料を得ることを目的に、2006年に水環境と水生生物の調査を行った。

公園内の池は富栄養化状態となっていたが、水質悪化の原因となっていた堆肥の除去により、水質の回復が認められた池があった。公園内の池と水路で確認された魚類はコイ（イロゴイ）、モツゴ、ドジョウ、カダヤシの3科4種、甲殻類（十脚目）はミナミヌマエビ、アメリカザリガニ、モクズガニの3科3種であった。魚類の採集個体数割合はモツゴが90%、甲殻類ではミナミヌマエビが85%と多くを占めた。地点別では魚類と甲殻類ともに伊賀のため池の個体数が最も多く、甲殻類はその下流に位置する菖蒲田でも多かった。1997年の調査結果と比較すると、優占魚種にはあまり変化はなかったが、甲殻類の優占種は放流等の人為的影響により変化していることが認められた。チャイロカワモズクの生育が水路で確認された。横浜市区でのチャイロカワモズクの生育地として小雀公園は最も南に位置している。

1. はじめに

小雀公園は1974年に開園された広さ約72,000m²の総合公園で、横浜市南部の戸塚区小雀町2470に位置する。公園には雑木林が広がり、谷戸には灌漑用のため池を生物の保護区とした伊賀のため池、ヘイケボタルが生息するホテルの里として親しまれているアシ原の池、菖蒲田が、池環境となっている。また、谷戸の中央部には水路があり、湧水やそれぞれの池から流出した水が流れている。

公園の管理は、里山の自然環境を良好な状態で保全すると共に、公園利用の快適性を確保し、良好な里山景観を提供することを目標に行われている。2007年度より公園管理が指定管理者により行われようになり、水環境においては、水質や水生生物の保全のための管理が求められている。本報では小雀公園の管理のための基礎資料を得ることを目的として行った水域生態系の現況調査結果についてとりまとめた。

2. 調査時期

全体的な調査は2006年8月16日に行った。また、生育時期が限定されるモズク類については同年4月6日に調査を行った。

3. 調査地点

調査の対象としたのは図-1に示した4地点で、池が3地点、水路が1地点で、St. 1はアシ原の池（写真-1）、St. 2は伊賀のため池（写真-2）、St. 3は菖蒲田（写真



図-1 調査地点



写真－1 アシ原の池 (St. 1)



写真－2 伊賀のため池 (St. 2)



写真－3 菖蒲田 (St. 3)



写真－4 水路 (St. 4)

－3)、St. 4は水路(写真－4)とした。地図上のポイントは調査地点位置を示しているが、調査はその周囲のある程度の広さを対象に行った。水路の水環境調査は水路が公園区域外に出た St. 4 の下流側で、排水等が流入しない部分で行った。

4. 調査項目と方法

4-1. 水環境

- 1) 気温：棒状ガラス温度計で現地測定した。
- 2) 水温・pH：携帯型デジタルpH計 (TOA・HM-20P) で現地測定した。
- 3) 水色と底質状況：水色は目視で観察し、底質状況は目視あるいは網で底質を採集して観察した。
- 4) 透視度：100cm プラスチック製透視度計で現地測定した。
- 5) 水深・流量：水深は調査範囲の最も大きな水深で示した。流量は水路の水深と幅を基に流路断面を作成し、水深と幅を測定したところで携帯型デジタル流速計 (KENEK・VE10) により流速を測定して算出した。
- 6) 電気伝導率 (25℃値)：携帯型デジタル電気伝導率計 (TOA・CM-14P) で現地測定した。
- 7) 酸化還元電位：携帯型酸化還元電位計 (TOA・RM-20P) で現地測定し温度補正した。
- 8) 溶存酸素 (DO)・生物化学的酸素要求量 (BOD)：ウインクラーアジ化ナトリウム変法で測定した。

9) アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)：インドフェノール青吸光度法で測定した。

10) 亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$)・硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$)：イオンクロマトグラフィー (Dionex DX-120) で測定した。

11) 全無機態窒素 (TIN)： $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ で算出した。

12) リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$)：モリブデン青アスコルビン酸還元吸光度法で測定した。

なお、窒素とリン成分の測定はメンブランフィルター (Millipore・HAWP04700) でろ過した水で行った。

4-2. 魚類、甲殻類

調査場所の環境状況から採集用具は、抽水植物が水面のほぼ全体に生育している St. 1 のアシ原の池ではタモ網 (網目 $1.5 \times 1.5\text{mm}$) ともんどりの2種類、水面が開けた St. 2 の伊賀のため池はそれらと投網 (網目 $10 \times 10\text{mm}$) の3種類、水深が浅く規模の小さな St. 3 の菖蒲田と St. 4 の小規模で幅の小さな水路ではタモ網を用いた。

調査時間は各地点で約20分とし、それぞれの地点で採集は二人で行った。採集した魚類はノギスで標準体長を測定、甲殻類は採集個体数を計測し、その後に放流した。

4-3. モズク類

St. 4 の水路の上端から下端までの全域を踏査観察して生育・分布状況を調査した。生育が確認されたものの一部を顕微鏡観察し種名を同定した。

表－1 水環境調査結果

調査地点番号	St.1	St.2	St.3	St.4
調査地点名	アシ原の池	伊賀のため池	菖蒲田	水路
気温 (°C)	27.5	31.0	29.7	26.0
水温 (°C)	24.2	27.9	26.9	23.5
水色	茶褐色	茶褐色	薄い茶褐色	透明
透視度 (cm)	18	12	32	>100
水深 (cm)	>80	>40	11	5
流量 (m ³ /min)	-	-	-	0.24
pH	7.2	7.4	7.5	7.3
電気伝導度 EC (mS/m)	33.6	22.6	26.4	31.5
酸化還元電位・水 Eh (mV)	298	314	271	288
DO (mg/l)	4.2	8.2	4.4	6.2
BOD (mg/l)	1.8	4.9	1.3	0.9
アンモニア態窒素 (mg/l)	0.06	0.02	0.09	0.04
硝酸態窒素 (mg/l)	0.18	0.00	0.58	0.86
全無機態窒素 (mg/l)	0.28	0.02	0.73	0.97
リン酸態リン (mg/l)	0.02	0.01	0.01	0.01
底質状況	泥	砂礫・植物片	泥・植物片	泥(コンクリート)
酸化還元電位・底質 Eh (mV)	155	79	21	128

5. 結果と考察

5-1. 水環境

水環境調査結果は表－1にまとめて示した。調査を行った St.1～St.3の3ヶ所の池で、水色は共に茶褐色を呈していた。小雀公園で過去にミドリムシ類が大量に発生した時の水色と類似しており、調査時に水が茶褐色になっていたのは、水底の泥の巻き上がり、あるいはミドリムシ類などのプランクトンによる呈色と考えられる。

溶存酸素 (DO) は各調査地点で、生物の生息に影響を及ぼさない濃度であったが、St.1のアシ原の池と St.3の菖蒲田ではやや濃度が低い傾向が認められた。

水の汚濁状況を現す生物化学的酸素要求量 (BOD) は、St.2の伊賀のため池で 4.9mg/l とやや高い濃度が測定された。St.2の伊賀のため池では 1997年に測定された BOD濃度は 7.5mg/l、水色は本調査時と同じ茶色、全無機態窒素 (TIN) 濃度は本調査時より高く¹⁾、1997年に比べて水質は回復している。1997年の調査時には、伊賀のため池の集水域に堆肥が置かれており、降雨時に流れ出した堆肥が池に流入していた。堆肥が撤去された後に、水質の回復が生じていることから、堆肥が伊賀のため池の水質を悪化させていたと考えられる。

横浜市内の多くの池で測定された窒素とリン濃度¹⁾と比較すると、小雀公園にある池の窒素とリン濃度はともに高い濃度ではない。しかし、富栄養化の目安となる総窒素 0.15mg/l、総リン 0.02mg/l に比べて、St.1のアシ原の池と St.3の菖蒲田では TIN 濃度が高く富栄養化状態

となっている。St.2の伊賀のため池では、窒素とリン濃度は他の2ヶ所の池より低く、TIN濃度は富栄養化状態の下限レベルであったが、通常 TIN濃度より全窒素濃度は高くなるため、St.2も富栄養化していると評価される。

底質状況は底質の酸化還元電位で評価できるが、調査を行った4地点のうち、St.3の菖蒲田で底質の還元化が進んでいる。

5-2. 魚類、甲殻類

1) 魚類・甲殻類 (十脚目) 採集状況

小雀公園の池と水路で確認された魚類の個体数と体長測定結果をまとめて表－2、甲殻類 (十脚目) の個体数について表－3にまとめた。

魚類はコイ (イロゴイも含む)、モツゴ (写真－5)、ドジョウ、カダヤシの3科4種、甲殻類はミナミヌマエビ (写真－6)、アメリカザリガニ、モクズガニ (写真－7) の3科3種が採集された。そのうち外来種はカダヤシとアメリカザリガニ、移入種は飼育品種のイロゴイ、国内他地域からと考えられるミナミヌマエビであった。

ミナミヌマエビはカワリヌマエビ属の仲間、近似種が国外から輸入されており同定は難しい。生活型区分は、通し回遊性のモクズガニを除いて、魚類と甲殻類の全てが純淡水性の生活史を持つ種類であった。

魚類は全体で910個体採集され、種類別の割合はモツゴが全体の90%、カダヤシが9%であった。甲殻類は合計319個体採集され、ミナミヌマエビが85%、アメリカザリガニが14%の割合であった。魚類と甲殻類のどちら

表－2 魚類調査結果

種名	学名	調査地点番号	St.1	St.2	St.3	St.4	合計
		調査地点名	アシ原の池	伊賀のため池	菖蒲田	水路	
コイ	<i>Cyprinus carpio</i>			6(—)			6
モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>		20(34, 13, 13-54)	786(29, 10, 7-80)*	12(27, 3, 21-32)	1(26)	819
ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>					4(45, 30, 16-80)	4
カダヤシ	<i>Gambusia affinis</i>		5(15, 5, 9-20)	59(17, 4, 8-30)	1(14)	16(24, 7, 16-41)	81
	種類数		2	3	2	3	
	個体数		25	851	13	21	910

表示: 採集個体数(平均体長mm、標準偏差、最小値-最大値)、(—): 欠測、*: 測定した個体数: 178



写真-5 モツゴ



写真-6 ミナミヌマエビ



写真-7 モクズガニ

も単一種が多数出現する傾向を示した。

2) 地点別の採集種類と魚類の体長分布等

魚類の各地点での出現種類数は2あるいは3種で、地点間であまり変わらなかった。採集数では St.2 の伊賀の

ため池が 851 個体と他の地点に比して最も多く、そのうちでモツゴが 92% と優占的に出現していた。

St.2 の伊賀のため池で採集されたモツゴの体長分布を **図-2 (上)** に示した。体長 20~30mm の当才魚が顕著に高い山を形成し、1、2 才魚以上では低い山となっている。このようなモツゴの体長分布は世代交代してことを示すと共に、全体で 3 世代の年齢構成となっていることを示唆している。また、モツゴの 1、2 才魚の個体数が少ない要因として、伊賀のため池の付近に営巣しているカワセミなど、鳥類の被食圧が大きいことが考えられる。

カダヤシも St.2 の伊賀のため池で多く採集された。その体長組成は **図-2 (下)** に示したように、体長 10~20mm の当才魚が多く出現し、世代交代が行われていることは明らかであるが、1 才魚の山は低く明確ではなかった。

横浜市内の多くの池を対象とした調査で、魚類の生息が確認された池の約半数でモツゴが優占種となり、魚類の採集個体数が多い例では、モツゴが全体に占める割合

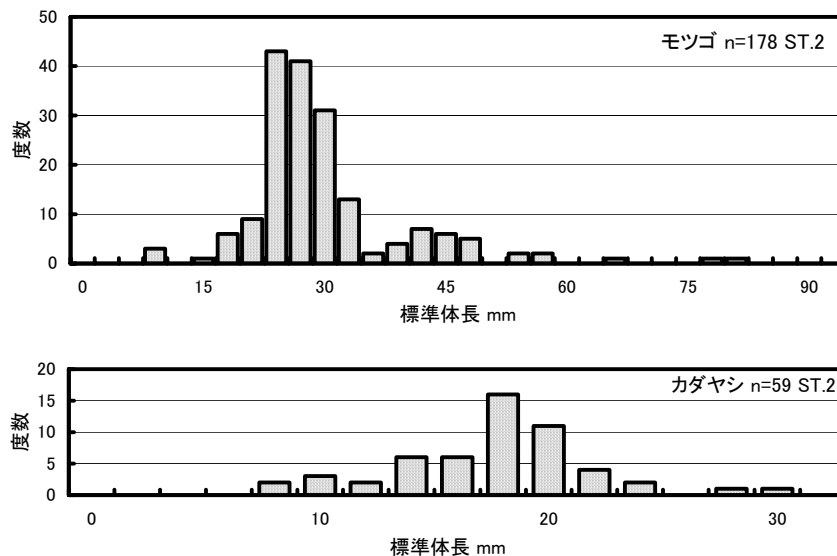


図-2 モツゴ (上) とカダヤシ (下) の体長分布 (St.2 伊賀のため池)

表－3 甲殻類（十脚目）調査結果

種名	学名	調査地点番号		St.3 菖蒲田	St.4 水路	合計	
		調査地点名	アシ原の池				
ミナミヌマエビ	<i>Neocaridina denticulata denticulata</i>		4	152	110	6	272
アメリカザリガニ	<i>Procambarus (Scapulicambarius) clarkii</i>		11		25	10	46
モクズガニ	<i>Eriocheir japonicus</i>					1	1
		種類数	2	1	2	3	
		個体数	15	152	135	17	319

が大きい傾向が認められている¹⁾。このような傾向は、横浜市内の池における一般的な魚類群集が小雀公園の池で形成されていることを示している。

小雀公園から流れ出す水が流入する柏尾川で、小雀公園で確認された魚類の全てが生息している²⁾。柏尾川に生息するモツゴやカダヤシが、水路を通して下流の柏尾川に移動したものは明らかでないが、小雀公園の池が魚類の生息環境としてだけではなく、河川への供給の場としての機能を有することは、在来魚のみならず、外来魚の分布拡大の源となることを認識しなければならない。

甲殻類ではミナミヌマエビが全ての地点で採集された。採集個体の割合は St.2 の伊賀のため池で 100%、St.3 の菖蒲田が 81% と高かった。アメリカザリガニの採集割合は、St.1 のアシ原の池と St.4 の水路で比較的高かった。

ミナミヌマエビは 1994 年から 1997 年にかけて実施された、横浜市内の多くの池を対象とした調査では確認されなかった¹⁾。ミナミヌマエビが横浜市内で初めて確認されたのは 1999 年で、下水処理水を維持用水として再生された入江川であるが、1997 に再生されてから定期的に行われていた調査で、ほぼ 2 年間は確認されなかった³⁾。また、入江川と距離的には近い白幡池で、2001 年にミナミヌマエビが確認されている⁴⁾。2005 年には柏尾川流域にある谷矢部池公園池（樋口 未発表資料）、そして柏尾川でも同年に横浜市内河川全域を対象とした定期的な調査で初めて確認された²⁾。柏尾川の源流のひとつである舞岡川源流域にある池やその下流の河川でも、2007 年の調査でミナミヌマエビが多く生息していることが確認されている（福嶋・他 未発表資料）。横浜には生息しなかったミナミヌマエビの確認状況の推移は、人為的あるいは水環境ネットワークを通して、本種のような移入種の分布が拡大することを示している。ミナミヌマエビの分布の拡大から、モツゴのような従来から生息していた種類だけではなく、カダヤシのような外来魚についても、水環境ネットワークによる分布の拡大が懸念される。

水環境ネットワークによる分布の拡大には、ここに示したような下流方向だけでなく、上流方向への移動によるものも含まれる。小雀公園の水路でモクズガニが採集されたが、本種は下流側の柏尾川でも確認されている²⁾。小雀公園での確認は、人為的に放流されたものであることを否定できないが、遡上能力が高いことから、相模湾から境川を経て柏尾川に分布を拡大したものが、源流域にあたる小雀公園まで遡上した可能性が高い。

3) 既存資料との比較

小雀公園の水生生物に関する既存の報告は少なく、1997 年 6 月に横浜市内の多くの池を対象とした環境科学

研究所の調査で、St.2 の伊賀のため池が対象とされた¹⁾。それによれば魚類はモツゴ、カダヤシ、キンギョの 3 種、甲殻類はアメリカザリガニ 1 種が確認されている。1997 年には魚類ではモツゴが優占種で、現在の組成と大きな変化はなかったが、外来魚のカダヤシの割合がやや増加している傾向が見られる。甲殻類の組成は大きく変化し、1997 年には確認されていないミナミヌマエビが優占するようになった。

また、公園管理事務所が 2004 年に行った調査では、モツゴ、フナ類、カダヤシ、スジエビ、アメリカザリガニが採集されており、2002 年あるいは 2003 年の調査ではヌマチチブ、メダカ、タモロコ、タナゴ類も確認されている⁵⁾。

5-3. モズク類

4 月に St.4 の水路を対象にモズク類の調査を行った結果、横浜市内で生育が確認されている 2 種類のモズクのうち、写真－8 に示したチャイロカワモズク *Batrachospermum arcuatum* が確認された。確認された場所は人工的に整備された湧水の流れる水路で、大きな石の表面に短い糸状体の群体が付着していた。

チャイロカワモズクには和名がなかったが、2007 年に和名が与えられ、それまで別種とされていたカワモズクの I 種の *Batrachospermum stangnale* はチャイロカワモズクの同種異名（シノニム）とされた⁶⁾。環境庁はレッドデータブックで *B. stangnale* を準絶滅危惧種としており⁷⁾、*B. stangnale* も *B. arcuatum* に分類されることが示されたことなどから、環境省はレッドデータの改訂で、チャイロカワモズクを新たに準絶滅危惧種に位置づけた（2007 年に改訂されたレッドデータリスト植物 II・藻類：環境省 H P）。



写真－8 チャイロカワモズク

小雀公園は河川流域としては境川水系内にある。境川水系でチャイロカワモズクが確認されているのは、和泉川に近接する瀬谷狹谷公園⁸⁾、名瀬川や馬洗川の源流部など小雀公園を含めて11ヶ所であったが⁹⁾、2008年に相沢川でも生育が確認され(福嶋 未発表資料)、境川水系全体で生育が確認されたのは12ヶ所となった。

横浜市内全体を対象としたカワモズク類などの分布状況調査では、横浜市内全域にチャイロカワモズクは分布し、全体で46ヶ所(相沢川を含めると47ヶ所)で生育が確認され、小雀公園は横浜市内における分布地として最も南に位置している⁹⁾。チャイロカワモズクが生育する場所は湧水の流れる谷戸の水路で、水質は良好(BODは1mg/l程度)、確認された時期は1~3月が最も多く、4~6月の確認例は少ない⁹⁾。チャイロカワモズクの出現時期は、主に冬から早春で、小雀公園で確認された4月は、主な出現時期ではなく、**写真-8**に見られるように、チャイロカワモズクの糸状体は太く、採集時の藻体は深緑色で衰退が進んでいる。調査で確認されたのは1群体のみであるが、チャイロカワモズクの生育に適した時期には、多くの群体が見られる可能性が高い。

6. 公園管理に向けて

6-1. 水質の管理

伊賀のため池では、1997年の調査時に比べて、本調査時のBODとTIN濃度が低下していた。1997年前後には集水域の雑木林に堆肥置き場が設置されており、堆肥置き場が撤去された後に、水質は回復していることは、堆肥置き場が池の水質に影響を及ぼしていたことを示している。池の水質を悪化させないためには、公園内で施設を設置する場所に留意する必要がある。

公園内の池の水質は富栄養化しており、水を緑に着色するアオコの発生(富栄養化が原因)や、池の表面を赤く着色するミドリムシ類(底質が悪化すると発生)の発生状況を、水色を指標としてモニタリングし、水質管理に努める必要がある。水質の悪化が更に進む場合には、「かいぼり」等による池環境の改善を検討する必要がある。

公園内の谷戸を流れる水路の水は湧水で維持されている。水路で水質の良好な湧水に生育するモズク類が確認された。今後の水路管理において、水路水質の指標として注目する必要がある。

6-2. 水路の管理

近年、河川ではモクズガニがしばしば採集されるようになり、公園の水路でもモクズガニが採集された。多様な生態系の維持・再生には、モクズガニのような遡上能力の大きな種類の分布拡大が寄与する。モクズガニが公園の水路まで分布を拡大していたことは、遡上能力の大きなハゼ科などの魚類も公園まで分布を拡大できる可能性があることを示唆している。公園外との水環境ネットワークの維持も、今後の管理において重要な点となる。

6-3. 水生生物の保全・再生

本調査では、過去に生息が確認されていたメダカが採集されなかった。魚類では外来種のカダヤシが増加する傾向や、移入種のミナミヌマエビが高い密度で生息するよ

うになった。卵生のメダカより胎生のカダヤシは環境への適応性が大きく、カダヤシの増加によりメダカの生息は圧迫される。また、横浜市内ではヌカエビが生息している池がいくつかあり、そこから鳥などによりヌカエビのような甲殻類も運ばれ、生息するようになる可能性もある。しかし、ヌカエビとミナミヌマエビの餌は共に藻類であるが、ミナミヌマエビは藻類以外の動物も餌とすることから、ヌカエビとミナミヌマエビが共に生息する場合は、摂餌戦略として優位なミナミヌマエビが優勢になる。多様な生物相を維持するためには、移入種や外来種の放流や増加を防ぐための対策を管理メニューに加える必要がある。外来種として、本調査で対象としなかった生物群では、調査時にウシガエルの幼生がいくつも採集され、過去の調査ではミシシッピーアカミミガメも見られている⁵⁾。

伊賀のため池ではモツゴの個体数が多く、再生産されていることが確認された。公園内にカワセミが生息し、伊賀のため池が摂餌場となっているが、最も個体数が多かったモツゴが主な餌資源となっていると思われる。このような現象は、公園の生態系の維持に、水域と陸域を含めた生物の生息環境を良好な状態とする管理が必要であることを示している。

引用文献

- 1) 樋口文夫・水尾寛己・福嶋悟・前川渡・阿久津卓・梅田孝：横浜市内の池における水環境と魚類相、甲殻類(十脚目)相の調査報告、横浜市環境科学研究所報 26、22-37 (2002)。
- 2) 横浜市環境創造局環境科学研究所：横浜の川と海の生物(第11報・河川編)、200pp (2006)。
- 3) 福嶋悟：都市資源によるせせらぎの再生と水生生物、第11回(平成14年度第1回)環境科学研究所研究発表会要旨集(2002)。
- 4) 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、横浜市環境科学研究所報 26、38-46 (2002)。
- 5) 中部公園緑地事務所・小雀公園：小雀公園における生物(水生動物)、水質調査、(資料)(2004)。
- 6) 熊野茂・新井章吾・大谷修司・香村真徳・笠原文絵・佐藤裕司・洲澤譲・田中次郎・千原光雄・中村武・長谷井稔・比嘉敦・吉崎誠・吉田忠生・渡邊信：環境省「絶滅のおそれのある種のリスト」(RL)2007年度版(植物II・藻類・淡水産紅藻)について、藻類、55、207-217 (2007)。
- 7) 環境庁自然保護局野生生物課・編：改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物 -レッドデータブック- 9 植物II(維管束植物以外)、財団法人 自然環境研究センター、東京、429pp (2002)。
- 8) 福嶋悟・樋口文夫・小市佳延・下村光一郎・水尾寛己・赤池繁：瀬谷狹谷公園(横浜市)の水域生態系、横浜市環境科学研究所報 29、20-29 (2005)。
- 9) 福嶋悟・樋口文夫・下村光一郎：豊かな湧き水の育つカワモズクの分布と生育環境、平成19年度環境創造局職員業務改善事例研究発表会要旨集、20-21 (2007)。

まち・生き物・自然が融合する環境づくりに関する研究（第二報）

西高幸作、市川治道（横浜市環境創造局環境科学研究所）

A study of well-balanced creating environment for the town, the creature,
and the nature, in City of Yokohama. (The Second Report)

Kohsaku Nishitaka , Harumichi Ichikawa

(The Environmental Science Research Institute, Environmental Planning Bureau, City of YOKOHAMA)

キーワード：生物生息空間、土地改変、質的影響、生物出現特性

要旨

横浜市内における生物に配慮した環境への改善（生物生息空間の質の向上）、市街地への自然的環境や生き物の誘導に係る施策検討に寄与することを目的とし、平成17年度より本研究を進めてきた。今回は第二報として、市街地内に点在する樹林地や自然的環境を一部残す公園のうち、整備等に伴う土地改変の程度が異なる5箇所を選定し、そこに生息する生き物と土地改変が生物生息空間に与える質的影響に関して解析を行った。その結果、土地改変の程度が大きくなるほど動植物の出現種数が少なくなる傾向がみられること、土地改変に伴う表土の逸出や土環境の変化、さらには林床景観を含む樹林構造の単純化は生物生息空間としての質を低下させるだけでなく、生物多様性に大きな影響を与えることなど、いくつかの知見が得られた。

1 はじめに

横浜市では、環境に対する市民ニーズや意識が高まりつつある中、住環境やその近隣において身近な自然や生き物とふれあえる環境の存在が必要¹⁾であると考えられており、公園や緑地等の存在が都市空間に潤いを与え、精神的な安らぎをもたらすために重要な役割を担っていると考えられる。このような状況を踏まえ、近年整備される公園緑地では、谷戸地形や斜面緑地等の自然地形、あるいは湧水や溜池等の自然環境を取り込み活用したものが多くなってきている。市街地における構造物の高密度化や複合的土地利用が促進される中、それらの公園緑地は生き物にとって極めて貴重な生息空間となっている。

本研究は、横浜市における生物生息空間の質と生き物の出現特性を解析し、市街地内における自然的環境の創造、生物生息空間の多様性確保と質的転換などの施策検討に対し、技術的な知見を提供することを目的とし平成17年度に着手した。今回はその第二報として、主に公園整備時の土地改変や植栽種の導入が生物生息空間の質に与える影響等について、いくつかの知見が得られたので報告する。

2 調査概要

2-1 調査地概要

これまでの研究成果²⁾において、土環境や樹林構造の重要性について述べるとともに、造成等による土地改変が多く種の生存に影響を与えることを指摘してきた。このことを踏まえ、今回の研究は、主に公園整備時の土地改変等が生物生息空間に与える質的影響について調査し解析を行うことを目的とした。したがって、調査地の選定にあたっては、①市街地内に孤立する公園緑地であること、②自然

地形及び二次林を敷地の一部に有するとともにその大きさが異なることという基本条件を定めた。さらに、公園面積は概ね2～4ha程度とし、生き物の出現特性に大きな差を生じないよう緑の七大拠点からの距離を1km以内、水辺環境を有していないことを付帯条件として、事前の現地踏査に基づき、阿王ヶ台公園、富岡公園、能見台北公園、能見台東公園、能見台中央公園の5箇所を全て金沢区内から選定した。

2-1-1 阿王ヶ台公園

阿王ヶ台公園は、金沢区能見台六丁目の能見堂緑地に隣接した場所に位置し、急峻な斜面に二次林を多く残す公園である。基本的な植生はミズキ群落であるが、亜高木層にタブノキ等の常緑樹が目立ってきており、遷移途上にある樹林と考えられる。

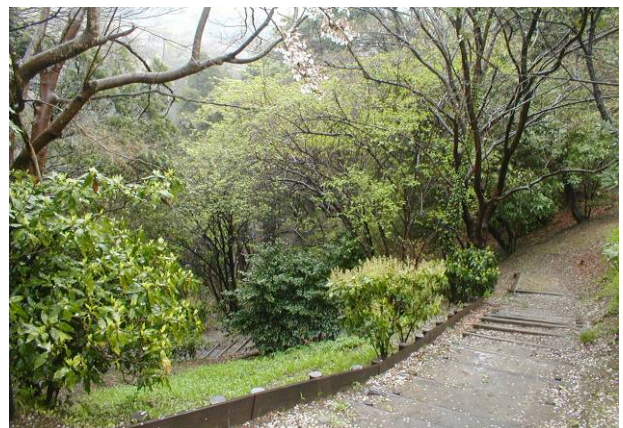


図1 阿王ヶ台公園

園内は樹林地のほか、斜面上の北西部に配置されたグラウンド施設、斜面下の東側に配置された小規模な多目的広場で構成される。調査対象となる環境構成要素は樹林地及び裸地（植栽含む）とした。本公園は能見堂の森の外郭に発達した谷戸地形をうまく取り込んでおり、造成等の土地改変の程度も小さく、自然性の比較的高い公園となっている。

2-1-2 富岡公園

富岡公園は、富岡西一丁目に位置する、周囲を住宅地に囲まれた公園である。北向きの比較急峻な斜面に残るミズキ群落は、広域的には台地斜面下部や崖錐地の土壌の良く発達した湿潤環境に成立するミゾシダーミズキ群落に相当³⁾するが、現状ではあまりその面影はみられない。園内にはグラウンド及び遊具を設置してあるレクリエーション広場が配置され、樹林内にも遊歩道が設置されているが、比較的自然地形を残している公園である。



図2 富岡公園

2-1-3 能見台北公園

能見台北公園は、能見台一丁目の西富岡小学校及び富岡中学校に面した南北に細長い敷地形状を呈した公園である。造成時期の異なる東西の宅地開発の標高差を処理するような地形利用となっており、自然地を多く残すが造成部分も比較的多くみられる公園である。



図3 能見台北公園

園内には中央に野球用グラウンドと最北部にテニスコートが配置されており、小中学校の向かい側という立地条件から使用頻度も高く人の出入りも多い。樹林の基本植生はコナラ群落で、広域的にもオニシバリーコナラ群集に該当³⁾する。樹林内は斜面部分においても表土は逸出し、関東ローム層の表面が露出し硬化しており、人の出入りが頻繁にあることを示唆している。

2-1-4 能見台東公園

能見台東公園は、北側を横浜横須賀道路の堀口能見台インターチェンジに隣接し、周囲を住宅地に囲まれた能見台五丁目に位置する公園である。もともと能見堂緑地に連なる発達した谷戸地形を活用した公園であるが、自然地形と大規模な開発地の造成法面が混在する複雑な地形を呈しており、底地となる敷地のほぼ中央部に野球用グラウンドとテニスコートを配置している。樹林の基本植生はミズキ群落であるが、緩斜面を利用した散策路周辺は二次林を活用しつつ植栽種も混植している。また、造成法面を利用した草草が発達しており、急峻な在来地形部分とともにほとんど人の出入りはみられない。今回の調査地の中では最も広い約3.8haの面積を有しているが、人の利用できる空間は比較的小さい。



図4 能見台東公園

2-1-5 能見台中央公園

能見台中央公園は、横浜市内の市街地でごく一般的に見られる公園形態で、横浜横須賀道路に隣接した能見台三丁目に位置している。本公園は形状も長方形で、土地利用もほとんどが人の利用や景観を優先させたものとなっており、概ね全ての範囲で造成等の土地改変を伴い整備されている。自然的な地形としては、敷地の北東部の平原歩道橋接続部分周辺にごくわずかの面積が認められるが、隣接する市道との段差処理に伴う石積擁壁等の状況から、在来のまま残されているとは考えにくい。基本植生は周辺区域との連続性からミズキ群落に該当するが、植栽種との混植により判断できない状況となっている。園内は平板舗装を施した散策路が整備されており、ほとんどフラットな造成面上に野球用グラウンドやテニスコート、駐車場等が配置されている。植栽帯も比較的多く設置されており、東側に広がる草地と併せて相応の面積を占めているのが特徴として挙げられる。

本公園は、今回選定された調査地の中で、最も土地改変の程度が高いと想定されている。



図5 能見台中央公園

2-2 各種調査とその結果

2-2-1 生物相調査

選定された各調査地において、植物及び植生、哺乳類、鳥類、両生類、爬虫類、昆虫類、土壤動物に関する動植物相調査を実施した。調査手法については、いずれも目撃法やフィールドサイン法などの一般的な手法により実施し、生活の場を土壤に依存する地表徘徊性昆虫類のみバイトトラ

ップ法を採用（各調査地で2箇所）した。調査期間については、平成18年6月から平成19年1月までのうち、それぞれの調査対象種に適した時期に実施した。

生物相調査の結果については表1に示すとおりである。

2-2-2 在来自然地確認調査

在来自然地確認調査については、図6～8に示す造成前の公園位置重ね図及び公園計画平面図等により予備検討し、現地踏査により特定した。図9に各調査地における在来自然地特定範囲図を示し、在来自然地面積等の結果を表2に整理した。なお、面積の算定にあたっては、縮尺補正後に三斜法を用いて算定した。

2-2-3 表土厚及び幹廻り調査

表土厚測定調査は、植生断面図作成箇所における主要高木付近を数カ所掘削し、粘性土層からの表土の被りを測定しその平均値とした。

幹廻り測定調査では、植生断面図作成箇所における主要高木の胸高付近（概ね120cm程度）の幹廻りを測定した。

表3に表土厚及び幹廻り調査の結果を示した。表土厚測定調査では、能見台北（以下、各調査地の呼称より「公園」を省略する。）において表土が逸出し計測不能であったこと、更に幹廻り測定調査では、基本植生を構成する主要

表1 生物相調査結果一覧表

項目		調査地	単位	阿王ヶ台	富岡	能見台北	能見台東	能見台中央
面積	全体調査対象	公開（開園）年月	ha	1.8	1.9	2.4	3.8	2.9
			—	1987.06	1964.12	1982.07	1987.12	1986.03
環境構成要素	落葉樹林	—	種	■	○	○	○■	
	常緑（混交）樹林		種	○				
	竹林		種					
	植栽林		種		○	○	■	○
	草地（植栽含）		種				○	○
	裸地（植栽含）		種	○				
水辺	種				△			
植物類内訳	草本類種数	種	131	110	107	102	47	
	木本類種数	種	91	110	92	94	91	
	木本率	%	41.0	50.0	46.2	48.0	65.9	
	在来種率	%	77.5	70.9	67.3	66.3	43.5	
	鳥類食餌植物種数	種	56	75	57	54	49	
昆虫類食餌植物種数	種	109	121	119	113	77		
出現種内訳	植物	種	222	220	199	196	138	
	動物相	哺乳類	種	2	2	0	0	2
		鳥類	種	19	19	19	23	17
		爬虫類	種	1	1	1	1	1
		両生類	種	0	0	0	1	0
		昆虫類	種	170	174	193	193	206
	土壤動物	種	21	25	21	22	19	
	植栽種食餌昆虫類	種	19	14	21	19	20	
	土壤依存性昆虫類	種	25	26	23	24	24	
	樹林階層構造	主群落高木層	—	ミスキ	ミスキ	コナラ	ミスキ	ミスキ
高木層樹高		m	12	10	12	12	8	
亜高木層		—	タブノキ等	エゴノキ等	クヌギ等	エノキ等	スタジイ等	
低木層			イヌビワ等	シロダモ等	△ラサキナギ等	△ラサキナギ等	ハナノキ等	
草本層			コナラ等	テイカスズ等	ジャノヒゲ等	アサギ等		

※ ■は周辺隣接地等に該当する環境要素が存在することを意味する。

※ △は現在使用されていない修景池を示す。



図6 能見台北公園位置重ね図（1977年）



図7 富岡公園位置重ね図（1977年）



図8 能見台中央公園等位置重ね図（1977年）

※ 図6～8航空写真：国土情報ウェブマッピングシステム（試作版）国土交通省国土計画局提供

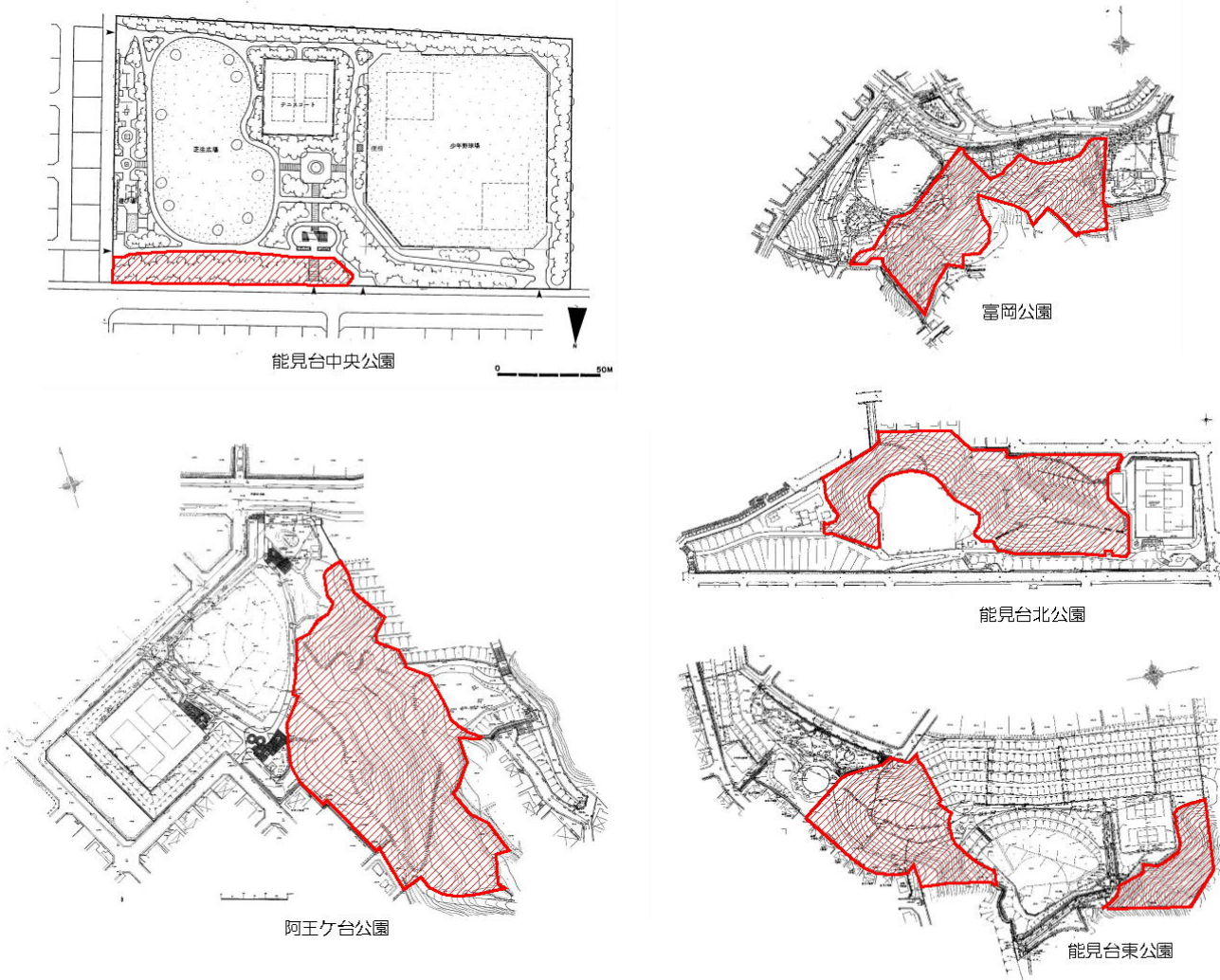


図9 在来自然地特定範囲図（公園計画平面図提供：金沢土木事務所）

表2 在来自然地等面積一覧表

項目	調査地	単位	阿王ヶ台	富岡	能見台北	能見台東	能見台中央
公園全体面積		m ²	17,698.0	18,898.0	24,199.0	37,544.0	28,865.0
在来自然地面積		m ²	7,980.2	7,403.9	11,307.1	10,580.4	1,244.6
植栽地面積		m ²	1,756.4	3,138.5	4,879.3	15,627.5	12,331.0
緑地面積合計		m ²	9,736.6	10,542.4	16,186.4	26,207.9	13,575.6
人工的空間面積		m ²	7,961.4	8,355.6	8,012.6	11,336.1	15,289.4
在来自然地率		%	45.1	39.2	46.7	28.2	4.3
緑地率		%	55.0	55.8	66.9	69.8	47.0

※ 在来自然地面積は「在来自然地特定範囲図」に基づき算出した。

※ 植栽地面積は在来自然地を除いた植栽樹や植栽帯等の面積を意味する。

※ 緑地面積とは、在来自然地面積と植栽地面積の合計を意味する。

表3 表土厚さ及び幹廻り調査結果一覧表

項目	調査地	単位	阿王ヶ台	富岡	能見台北	能見台東	能見台中央
平均表土厚さ		cm	40	20	0	38	23
主要高木	樹種	-	タブノキ	ミズキ	コナラ	ミズキ	ミズキ
幹廻り	幹廻り	cm	172	106	82	210	85
樹高		m	12	10	12	12	8

※ 能見台北の調査箇所における表土については逸出し、粘性土表面も硬く硬化した状態であり計測不能と判断した。

高木が下草の繁茂状況等により計測不能であった場合は、主要高木に準じる高木又は亜高木から適宜選定し計測を実施した。

3 土地改変と生物生息空間の質に関する解析と考察

3-1 土地改変の程度と生物出現特性

今回選定された5箇所の調査地における「土地改変の程度」について、在来自然地特定範囲及び在来自然地面積、在来種率と在来種分布状況、現地踏査の結果に基づき検討し順位付けを行った。

富岡では、図9に示す在来自然地特定範囲のほか、敷地西側の法面がほぼ自然地形のまま残されているものの、植物のほとんどが在来種ではなかったことなどを考慮し、在来自然地面積より除外した。このように、全調査地において造成影响範囲の推定等を行い総合的に検討した結果、阿王ヶ台、富岡、能見台北、能見台東、能見台中央の順に土地改変の程度が大きくなるものと結論付けた。なお、表1については、調査地の並び順が左から右へ向かうほど土地改変の程度が高いことを示すよう表示した。

表1の調査結果に基づき、図10に各調査地における土壌動物を除いた動植物の出現種数を示した。

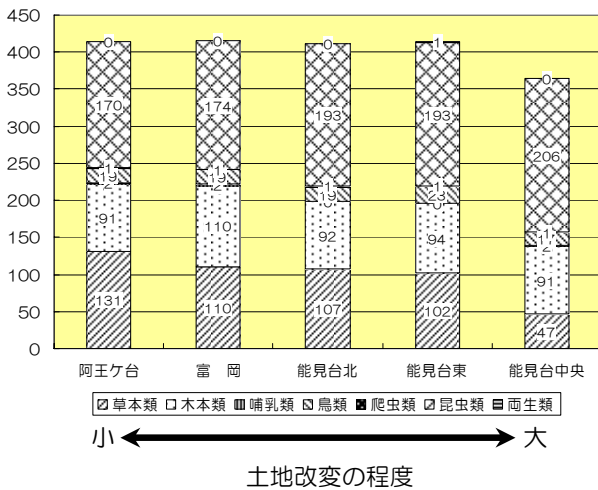


図10 調査地別生物出現種数

生物出現種数(表1)と在来自然率(表2)は高い相関(相関係数 $r=0.898$)が認められ、土地改変の程度が高いほど動植物の出現種数が少なくなる傾向がある。ただし、この傾向に関しては、昆虫類の出現特性のみ連動していないことがわかる。この点については、後述において別途解析を加えることとする。次に、生物出現種数と緑地率の関係については、ある程度の相関が認められる(相関係数 $r=0.684$)ものの、生物出現種数に対して大きく影響しているとは考えられなかった。以上を踏まえ、公園緑地等の生物生息空間における生物多様性を確保するためには、単に植栽面積を多く配して緑地面積を増やすよりも、在来自然地を多く残すことがより重要であると考えられた。とくに植物については、在来自然率が高い場所ほど在来種が多く出現する傾向が認められ、相関係数も $r=0.926$ と非常に密接な関係があることが確認された。これは当然予測される結果と考えられがちであるが、既存の緑地等からの生態的ネットワークを形成する上で在来自然地の重要性を強く意識させるものである。つまり、公園緑地等における在来自然地の確保とは、周辺緑地との基本植生や基本環境の同調であり、このことが生物生息空間の質を高めるための重要な条件のひとつとなり、生物多様性を向上させるために大きく寄与するものと考えられる。

3-2 土地改変の影響を受ける生物生息空間の質的組成成分の特定

前項の解析により、生物生息空間の重要な質として在来自然地の確保を挙げた。この在来自然地の何が生物生息空間の質として寄与しているのか、その主成分について特定するとともに、主成分を構成する因子及び因子間の関係等から土地改変による生物生息空間への影響に関する解析を深めていくこととする。

主成分の特定にあたっては、多変量解析の中から主成分分析(PCA:Principal Component Analysis)を用いた。本分析では、各調査結果より土地改変と在来自然地というキーワードに共通する物理的な因子を設定することができるため、共通性の推定が不要な主成分分析を選択した。

表4 共通因子一覧表(主成分分析入力データ)

	供用年数(年)	在来自然率(%)	幹回り(cm)	表土厚(cm)	木本類種数(種)	草本類種数(種)	在来種率(%)	樹高(m)
富岡	43	39.2	106	20	110	110	70.9	10
阿王ヶ台	20	45.1	172	40	91	131	77.5	12
能見台東	20	28.2	210	38	94	102	66.3	12
能見台北	25	46.7	82	0	92	107	67.3	12
能見台中央	21	4.3	85	23	91	47	43.5	8

※ 主成分分析用サンプルとしては、データの共通性及び精度上の観点から今回調査を行った5箇所のみで行うこととする。

表5 基本統計量一覧表

	供用年数(年)	在来自然率(%)	幹回り(cm)	表土厚(cm)	木本類種数(種)	草本類種数(種)	在来種率(%)	樹高(m)
合計	129	163.5	655	121	478	497	325.5	54
平均	25.80	32.70	131.00	24.20	95.60	99.40	65.10	10.80
標準偏差	8.80	15.61	51.12	14.46	7.28	28.00	11.49	1.60
サンプル数	5							

表6 分散共分散行列表

共分散行列	供用年数(年)	在来自然地率(%)	幹廻り(cm)	表土厚(cm)	木本類種数(種)	草本類種数(種)	在来種率(%)	樹高(m)
供用年数(年)	77.36							
在来自然地率(%)	38.22	243.76						
幹廻り(cm)	-173.20	122.16	2612.80					
表土厚(cm)	-43.76	-39.64	616.80	208.96				
木本類種数(種)	61.72	24.80	-57.40	-12.52	53.04			
草本類種数(種)	45.88	408.72	654.80	73.92	43.36	784.24		
在来種率(%)	24.56	166.06	268.80	32.16	23.20	321.00	132.05	
樹高(m)	-3.04	20.12	46.80	2.64	-2.08	37.68	14.96	2.56

表4に主成分分析に用いる共通因子を示した。これらの因子は、土地改変と在来自然地の双方に相関すると考えられ、調査結果の物理的数値の中より抽出した。また、表5には共通因子より求めた変数の標準偏差等に関する基本統計量、表6には共分散関係を示した。更に、表7には変数合成計算による主成分の固有値表、図11には表7に基づく各主成分のスクリープロット (Scree Plot) を示した。

表7より、主成分 No.1 の固有値及び固有値寄与率が全体の約74%と極めて多数を占めており、図11のスクリープロットグラフにおいても、第一折れ点 (主成分 No.2) での角度が大きいことが確認できる。

表7 固有値一覧表

固有値表	固有値	寄与率	累積寄与率
主成分No.1	3032.99163	73.71%	73.71%
主成分No.2	929.624182	22.59%	96.30%
主成分No.3	105.906028	2.57%	98.88%
主成分No.4	46.2501618	1.12%	100.00%

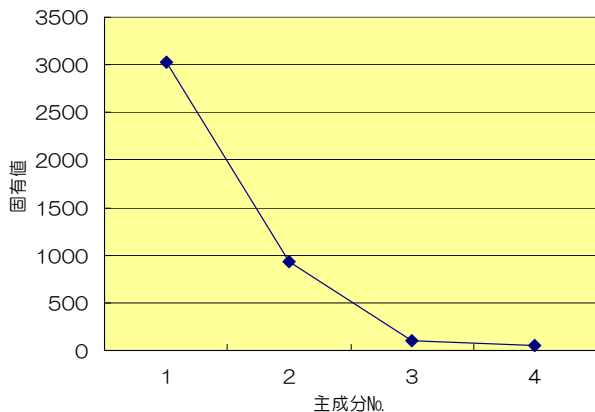


図11 主成分固有値スクリープロット

以上より、主成分 No.1 単独での主成分とし、これを構成する因子群より、在来自然地の何が生物生息空間の質として寄与しているのかを分析する。図12に主成分 No.1 負荷量を示した。この主成分負荷量を構成する因子は「幹廻り」、「表土厚」、「樹高」、「草本類種数」などであり、いずれも高いスコアを得ている。これらの因子の組合せから、主成分を「土環境や林床景観を含む樹林構造」と置き換えることができ、土地改変等により影響を受ける生物生息空間としての質として位置付けることができる。また、「土環境や林床景観を含む樹林構造」とは、生物生息空間の質を代表

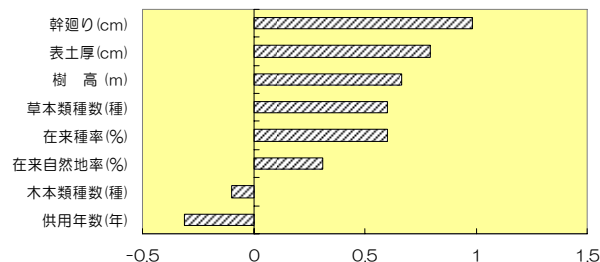


図12 主成分 No.1 負荷量図

する指標であるとも考えられ、単に在来自然地の面積を多く残すだけでなく、或いは単に長い年数を維持すれば良いわけでもなく、良好な土環境、下草の豊かな明るい林床景観などの条件を備えた樹林構造であることが、何より重要なことであると捉えることができる。

以上の結果から、主成分を構成する因子及び因子間の相関等を分析し、土地改変等が生物生息空間にどのような影響を与えるのかを検討する。

3-3 土地改変による樹林構造への影響

3-3-1 表土及び土環境

主成分分析の結果を受け、本項では土地改変等が表土及び土環境へおよぼすと考えられる影響について検討する。

樹高は樹種や樹齢、土地形状や方位、陽当たり等の条件に左右されるため、表土の厚さとの相関を得るのは一般的に困難と考えられるが、それを踏まえた上で表3の調査結果に基づき相関係数を求めたところ $r=0.844$ と高い相関があることが確認された。ただし、相関係数算定に際しては、表土が逸出して計測不可能であった能見台北を除いた。この相関係数に関しては、各々の調査地が非常に接近しており、ほぼ同じ領域の台地上に存在し基本植生も共通していたことが背景にあるものと推察される。その裏付けとして、表8の追加調査地を4箇所加えて再計算したところ、相関係数は $r=0.029$ となり、ほとんど相関がないという結果となってしまった。次に、幹廻りと表土厚さとの相関係数を求めたところ、 $r=0.835$ と高い相関があることが確認された。これは、表8の追加調査地を4箇所加えて再計算した場合でも同様の傾向 (相関係数 $r=0.817$) を示しており、人為的又は自然的な表土の逸出がない場合、木本類が重ねてきた年輪と同じく、表土が堆積し保全されてきたことを示唆するものと考えられる。このことから、在来自然地に

表8 表土厚さ及び幹廻り追加調査結果一覧表

項目		調査地	単位	もえぎ野	岡 村	港南台	久良岐 I
平均表土厚さ			cm	17	26	19	20
主要高木 幹廻り	樹 種		-	コナラ	ミズキ	コナラ	ミズキ
	幹廻り		cm	114	167	133	116
樹 高			m	12	16	12	16

おける木本類の成長と表土の保全性との間には密接な関係があることが確認された。

表土は樹木等から落下した種子や鳥などが運んできた種子を受け止め、養分等を供給し発芽を促進させる、いわゆる林床景観を形成するための重要な基盤となっている。これは、表1及び表2に示される在来自然地率と植物の在来種率の相関（相関係数 $r=0.926$ ）、並びに在来自然地率と草本類出現種数との相関（相関係数 $r=0.935$ ）から容易に推察できる。また、在来自然地率と多年性草本類出現種数の相関（相関係数 $r=0.876$ ）、供用開始後の年数と多年性草本類出現種数との相関（相関係数 $r=0.184$ ）関係より、公園として供用開始した後の年数に関係なく、在来自然地を良好に残している樹林内では、安定した土地に生える多年性草本類が多く出現する傾向があることがわかる。更に各調査地における樹林内への人の立入と林床状況などの観察結果から、表土逸出の主要な原因は、公園造成時における土地改変と、供用開始後における樹林内への頻繁な人の立入に伴う削り取りであると想定された。このような表土逸出や土環境の変化は、単に林床景観の貧弱化のみにとどまらず、樹林構造の単純化を誘発し樹林環境の多様性を損なうとともに、生物生息空間における質の低下を招き、最終的には樹林が本来有している分解生産の循環システムへ重大な影響をおよぼす危険性があることを認識しなければならない。その一例として、樹林内への人の頻繁な立入と急傾斜地形により表土を逸出したと考えられる能見台北では、土環境に生存の場を依存している土壌存性昆虫類の出現種数が最も少ないことが確認された。とくに、動物の死骸を分解するシデムシ科やオサムシ科の大型甲虫類の存在が極めて少なかったことが挙げられる。

以上のことから、表土は木本類及び草本類の成長に不可欠な基盤要素であり、良好な土環境の保全は林床景観の形成のみならず、良好な生物生息空間の確保、樹林の循環システムにも直結していると考えられる。したがって、生物多様性に配慮した公園を創造する場合、在来自然地を極力多く残し、供用開始後も樹林内への人の出入りを抑制するなど、人と自然の棲み分けと公園利用の目的に即したゾーニング、或いは人の動線計画に十分な配慮が必要であると考えられる。

3-3-2 林床景観及び階層構造

植物の出現特性として、在来自然地率が高いほど植物における在来種率が高くなる傾向があることは前述のとおりである。更に、図13に示すとおり植物の在来種率が高いほど植物の出現種数が増加する傾向があり、木本類と草本

類を合計した植物全体の出現種数との相関係数は $r=0.985$ と非常に高い相関があることが判明した。これは人為的な植栽種が多くなるほど、樹林を構成する植物種が単純化する傾向にあることを示唆するものと読み取ることができ、とくに林床景観を左右する草本類において、その傾向が顕著にみられた。

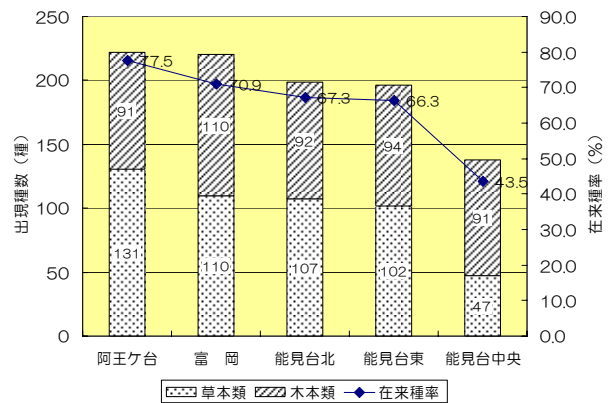


図13 植物出現種数と在来種率の関係

表9及び図14に各調査地における在来自然地率と草本類出現種数の関係を示した。このうち草本類出現種数は、安定した土地に生える多年性草本類と、不安定な土地に生える一年性草本類に区分した。

図14から、土地改変の程度が最も大きい能見台中央において、草本類出現種数が極めて少ないこと、表9から草本類出現種数に占める多年性草本類種数の割合が63.8%と比較的低い値であることが分かる。また、樹林地内への頻繁な人の出入りが認められる能見台北では、在来自然地率が高いにもかかわらず多年性草本類出現種数が少なく、草本類出現種数に占める割合も63.6%と、土地改変の程度が大きい能見台中央に匹敵する値となった。

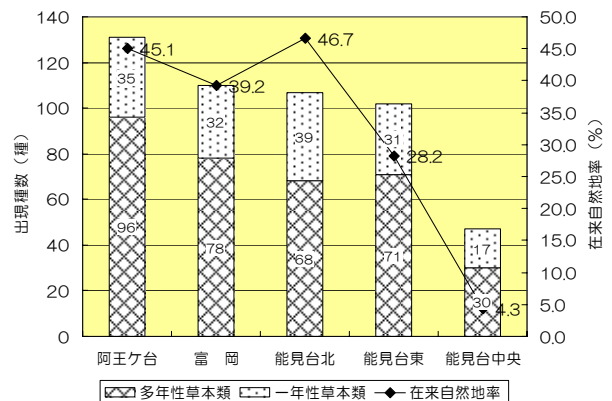


図14 在来自然地率と草本類出現種数

表9 在来自然地率と草本類出現種数

	単位	阿王ヶ台	富岡	能見台北	能見台東	能見台中央
多年性草本類	種	96	78	68	71	30
一年性草本類	種	35	32	39	31	17
多年性占有率	%	73.3	70.9	63.6	69.6	63.8
在来自然地率	%	45.1	39.2	46.7	28.2	4.3

このことから、豊かな林床景観の形成やその維持にあたっては、造成時の土地改変と供用開始後の使用状況による人的作用に大きく影響されると考えられた。

次に、図15及び16に土地改変の影響が最も少ない阿王ヶ台と、最も影響の多い能見台中央の植生断面図をそれぞれ示した。

表1より、阿王ヶ台及び能見台中央とも供用開始から約20年を経過している。しかし、両者の植生断面図より、樹林の階層構造が大きく異なることが容易に理解できる。阿王ヶ台では、豊かな草本類が良好な林床景観を生みだし、主要植生を中心に高木層・亜高木層・低木層による階層構造を形成している。一方、能見台中央においては、ごく一部の在来種と植栽種により、辛うじて高木層といえるような状況を呈しているだけで、林床景観に関しては全く未発達であり、階層構造を形成できていない。これは、阿王ヶ台では在来自然地をほぼ原形のまま取り込み、急峻な地形に守られ樹林内に人の出入りがほとんどないまま現在まで維持されてきたのに対し、能見台中央では土地利用優先の

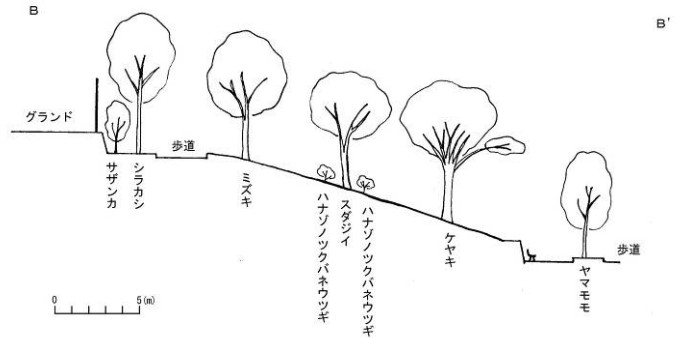


図16 能見台中央における主要植生断面図

整備計画に基づき、大規模に敷地を造成したことに加え、供用開始後も植栽帯と化した樹林内へ高頻度な人の立入があったものと想定される。そのため、林床景観の発達に支障を来し、良好な階層構造の構築に至らなかったものと推察される。

以上のとおり、造成行為や高頻度の樹林内への立入などの行為が土地改変という事象そのものであり、それらの土地改変が樹林の林床景観及び階層構造に悪影響をおよぼすことが確認された。また、林床景観や階層構造は、表土及び土環境との間に密接な相互関係が存在するという主成分分析の結果についても検証することができた。

3-4 昆虫類の出現特性

植物と同様に土着性が強く、土地改変の影響を受けやすいと考えられる昆虫類について、その出現特性と土地改変の影響について解析を行う。

表1及び図10より、土地改変の程度が最も高いとされる能見台中央において、昆虫類出現種数が最も多かったことは既に指摘したとおりである。一般的に、土地改変の影響を多く受けた場合、生き物の出現種数が減少するなどの事象が想定されるが、能見台中央に関してはこれを覆すような現象がみられている。本項では、そのことについて解析を加える。

表10及び図17に各調査地における昆虫目別出現種数を示した。図17より、土地改変の程度が大きくなるにつれて昆虫類の出現種数が増加する傾向が見られた。このうち、在来自然地率が低く植栽率の高い能見台中央及び能見台東では、バッタ目、コウチュウ目、カメムシ目が多く出現している。このうちバッタ目については、能見台中央及び能見台東ともにシバ地や草地在比較的大きな面積を有していることから一般的傾向として理解できる。一方、コウ



図15 阿王ヶ台における主要植生断面図

表10 昆虫類目別出現種数一覧表

		阿王ヶ台	富岡	能見台北	能見台東	能見台中央
チョウ目	種	20	22	26	18	13
ハエ目	種	7	6	8	9	11
ハチ目	種	25	24	26	27	23
コウチュウ目	種	72	70	74	76	88
カメムシ目	種	30	37	38	41	50
バッタ目	種	9	9	10	12	15
その他	種	7	6	11	10	6
計	種	170	174	193	193	206
植栽率	%	9.9	16.6	20.2	41.6	42.7

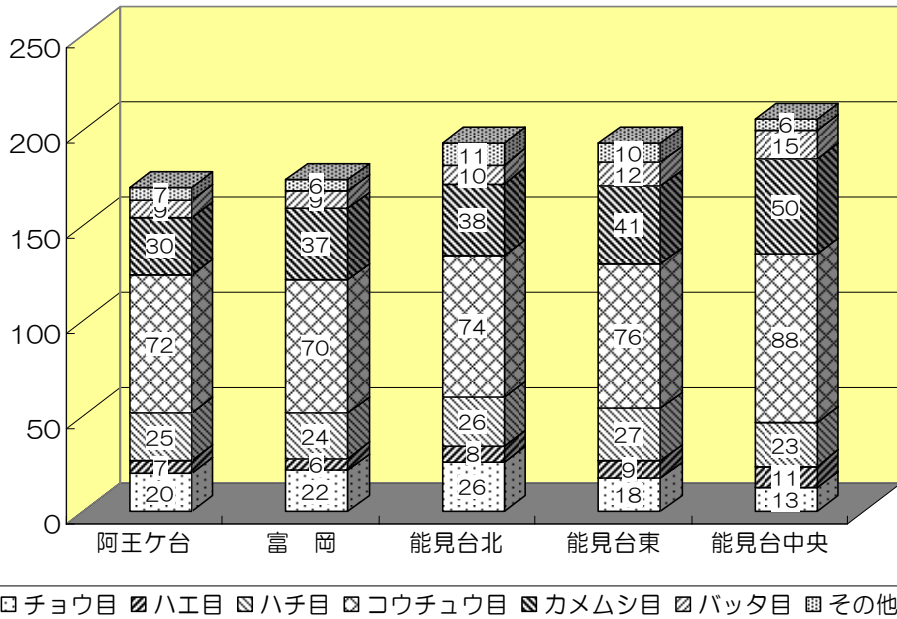


図17 昆虫目別出現種数

チョウ目は昆虫類最大の目であり、これに属する種も膨大で、完全変態に伴う食性変化、成長ステージにおいて必要とされる環境も多様である。また同様に、カメムシ目も多様な生活環を有している。したがって、ここに示される出現種数のみで解析し判断するのは困難であると考えられるが、各調査地における植栽率と昆虫類出現種数との相関係数を算定したところ $r=0.860$ となり、コウチュウ目及びカメムシ目の出現種数と植栽率との相関係数では $r=0.857$ という値を示した。これは、植栽率が増えるのに応じて、これらの種が増加する傾向があることを示すものであるが、都市公園という限定された環境と条件に基づく結果であることを付け加えておきたい。

そこで、植物のうち植栽種を主な食餌対象とする昆虫類について表11のとおり抽出した。各調査地における出現種数のうち、富岡が最も少ない14種で、その他の調査地では概ね19～21種の範囲であった。このように出現種数上はほとんど差がみられなかったものの、植栽率の高い能見台中央では他の調査地で出現しなかったバラリリツハムシなど1目2科4種が単独種として確認された。同様に植栽率の高い能見台東でも、リンゴカミキリなど4目5

科5種が単独種として確認されており、能見台中央及び能見台東のみの共通単独種としてサクラサルハムシも確認されている。また、これらの単独種については、在来自然率が低く植栽率の高い能見台中央と能見台東に特徴的にみられ、出現種目についてもカメムシ目及びコウチュウ目にそのほとんどが集中していることがわかる。

次に、土壌依存性昆虫類を抽出し比較したところ、どの調査地においても、出現種数は概ね23～26種の範囲であった。その中で、能見台中央においてのみ、ムネビロハネカクシ、*Philonthus* 属の一種、*Gyrophana* 属の一種という、いずれもコウチュウ目ハネカクシ科の3種が確認されている。

このように在来自然率が低く、植栽率の高い調査地において特徴的な種が出現したり、出現種目に偏りがみられるのは、造成等の土地改変に加え、植栽種(根巻土を含む)や腐葉土等の客土を多く投入し、土環境を大きく変化させたことに由来するものと考えられる。また、能見台中央や能見台東において出現種数が多いことも同様の理由によるものと推察できる。つまり、植栽種の根巻土や客土等を媒体とし、食餌植物由来の昆虫種などが移入され定着したも

表11 植栽種食餌昆虫類一覽表

目名	科名	種名	阿王ヶ台	富岡	能見台北	能見台東	能見台中央	
ナナフシ	ナナフシ	トビナナフシ				●		
カメムシ	アオバハゴロモ	アオバハゴロモ	○	○	○	○	○	
		ハゴロモ		○			○	
	ヨコバイ				●			
	グンバイムシ	クスグンバイ	○	○				
		ツツジグンバイ		○	○		○	
		ツマキハリカメムシ				●		
	キンカメムシ	アカスジキンカメムシ	○	○	○	○		
エサキモンキツノカメムシ		○	○	○	○	○		
コウチュウ	タマムシ	ウメチビタマムシ		●				
		アカガネチビタマムシ	○			○		
	カミキリムシ	テツイロヒメカミキリ	○			○	○	
		アオカミキリ			●			
		ヨツスジトラカミキリ		○	○			
		ヒメクロトラカミキリ	○		○	○	○	
		トガリバアカネトラカミキリ	○					
		ニイジマチヒカミキリ	○		○	○		
		ゴマダラカミキリ					●	
		ヒメヒゲナガカミキリ	●					
		クワカミキリ					●	
		ヒトオビアラゲカミキリ	●					
		ガロアケシカミキリ					●	
		リンゴカミキリ				●		
		ラミーカミキリ	○				○	
	ハムシ	バラルリツツハムシ					●	
		サクラサルハムシ				○	○	
		アカタデハムシ			○	○	○	
		ツブノミハムシ	○		○	○	○	
		クワノミハムシ			●			
		ルリマルノミハムシ			○		○	
	ハチ	ミフシハバチ	ルリチュウレンジ	○	○	○	○	
	チョウ	メイガ	マエアカスカシノメイガ			○		
		アゲハチョウ	アオスジアゲハ	○	○	○		○
		シロチョウ	モンキチョウ		○	○	○	○
			キチョウ		○	○	○	○
		シジミチョウ	ルリシジミ			●		
ムラサキツバメ			○	○	○			
ムラサキシジミ			○	○	○		○	
コムスジ						●		
シャクガ		ウコンエダシャク	○		○			
シャチホコガ		モンクロシャチホコ				●		

※ ●印はその調査地のみで出現した単独種を示す。

のと考えられる。このような現象は、既に多くの事例が報告されており、極端な場合、昆虫類に限らず菌類等の調査困難な種を含め、出現種における特定種への偏向性、地域遺伝子の攪乱、他の地域生物相への影響等について指摘されている。^{4) 5)}

以上のことから、土環境は昆虫類だけではなく様々な生物の生存に欠かせない基盤となっており、単に土壌や土塊という物質としてではなく、「命の集合体」であるということ認識しなければならない。また、移植及び植栽等は土地改変行為であり、「命の集合体」としての機能や質を変化させるだけではなく、樹林等を含めた生物生息空間そのものに対し重大な影響を与える行為である。一方で、公園としての機能上、或いはデザイン上の観点から、移植及び植栽等の行為を一切排除することは全く困難である。したがって、生物多様性に配慮した公園づくりに際しては、土地利用や使用区分、現地表土の再利用等について十分検討す

ることが肝要と考えられる。

3-5 土壌動物の出現特性

土環境を創造し維持するという重要な役割を担うのは土壌動物である。まさに土環境の主ともいえる存在であるが、それ故に土環境の変化には敏感であるとされている。

図18のような体長2mm以上の土壌動物を各調査地で4箇所ずつ採取したところ、表12に示すとおり、富岡で最も多い25種576個体、能見台中央で最も少ない19種235個体であった。採取された土壌動物について、「土壌動物による自然の豊かさ判定」⁶⁾に基づく動物群のグループ分けを行った。このうちグループAの動物群は、環境の変化に極めて敏感な種群とされており、図19に示すとおり、在来自然率の低い能見台中央及び能見台東において少ないことが判明した。

とくに能見台中央では、No.1～No.4までの採取ポイン



図18 ふるい法による土壌動物の採取

表12 土壌動物出現種数及び個体数一覧表

	阿王ヶ台		富岡		能見台北		能見台東		能見台中央	
	種数	個体数	種数	個体数	種数	個体数	種数	個体数	種数	個体数
No.1	12	53	18	263	12	101	17	124	10	83
No.2	17	119	18	197	14	117	13	80	8	35
No.3	11	89	9	64	18	218	11	79	16	92
No.4	8	35	11	52	13	31	11	41	7	25
合計	21	296	25	576	21	467	22	324	19	235

※ 各調査地ともNo.4については、踏圧の影響がある場所とした。

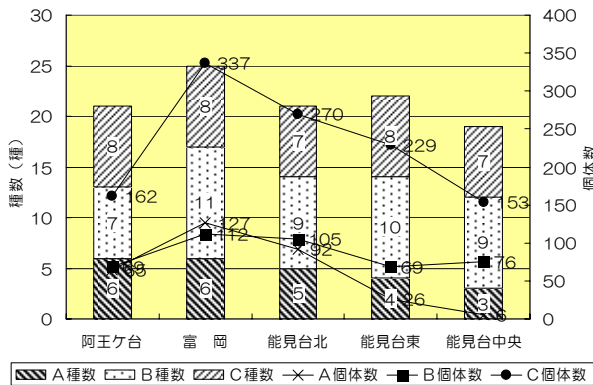


図19 土壌動物グループ別出現種数及び個体数

トのうち2箇所しかグループAに属する種が出現しておらず、土地改変の影響に伴う土環境の変化が広範囲におよんでいることが想定された。また、グループAの出現種数と在来自然率との相関係数は $r=0.881$ と強い相関があることから、土地改変の影響による土環境の変化に敏感であるという特性を裏付けるものといえる。また、グループAの出現種数と草本類出現種数との間には高い相関（相関係数 $r=0.884$ ）があり、とりわけ多年性草本類との間に高い相関（相関係数 $r=0.887$ ）があることが判明した。一方、グループAと供用開始後の経過年数との関係については相関係数 $r=0.523$ であったことから、土環境の変化が落ち着いてからの時間経過よりも、当初より豊かな林床景観を維持す

ることの方が重要であると考えられた。

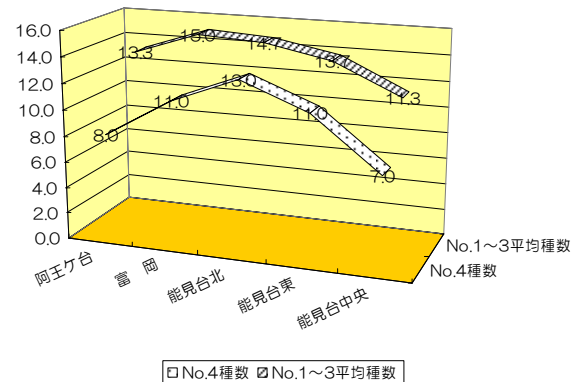


図20 踏圧の有無と土壌動物出現種数

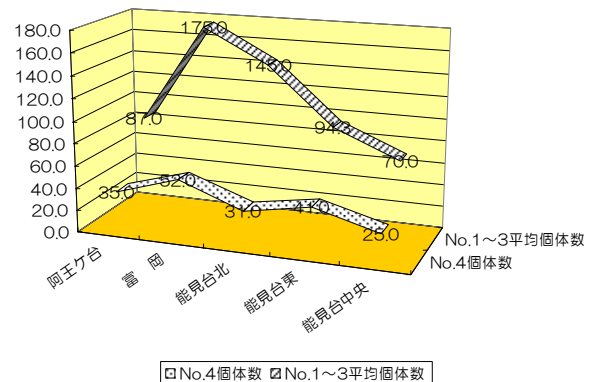


図21 踏圧の有無と土壌動物出現個体数

次に、図20に各調査地におけるNo.1～3の平均種数と、踏圧の影響があるNo.4の出現種数を示した。また、図21には各調査地におけるNo.1～3の平均個体数と、No.4の出現個体数を示した。ただし、この場合の種数はグループ区分に関係なく全種を対象とした。

これらの図からは、明らかに人の踏圧による土壌動物への影響が確認できる。まず出現種数について、踏圧のある箇所と無い箇所の全体平均で約26%以上の出現差がみられる。同じく個体数では、更に大きい約68%程度の出現差となっている。個々の調査地においては、出現種数と個体数で異なった反応を示している場合もあるが、人の立入による地表面の硬化等は、土環境に多大な影響を与えていることが確認できた。また、「土壌動物による自然の豊かさ判定」⁶⁾を実施したところ、富岡が平均41ポイントで最高値となり、能見台中央が平均27ポイントとなった。各調査地における踏圧がある箇所とそうでない箇所との平均格差は約9ポイントとなった。本判定法では、判定値が30ポイント以下で「かなり人によって荒らされた状態」とされている。

土壌動物は循環システムにおける分解者として非常に重要な役割を担っており、それらの種の衰退は生物生息空間そのものの存続を不可能にすることといえる。したがって、前項でも述べたとおり、土環境の保全と良好な維持に関する方策を見いだせるよう努力する必要があることを改めて記述しておきたい。

3-6 まとめ

土地改変と生物生息空間の質に関する解析結果について整理する。

第一に、土地改変の程度が高いほど、動植物の出現種数が少なくなる傾向が確認できた。このことから、生物多様性に配慮した公園緑地を計画する際は、できるだけ多くの在来自然地を残すことが重要であり、周辺緑地との基本環境を同調させることにより生態的ネットワークが形成され、生物生息空間としての質を向上させると推察された。

第二に、土地改変により強く影響を受ける生物生息空間の質は、土環境と林床景観を含む樹林構造である。土環境と林床景観、そして樹林構造は、それぞれが生産分解に関わる自然の循環システムの中で密接な相互関係を構築している。そのため、土地改変に伴う影響がどこかに生じた場合、バランスを崩して良好な循環システムを維持していけなくなることが予想される。したがって、土地改変を極力抑制しつつ良好な状態で樹林構造を維持できるよう工夫していく必要がある。

第三に、具体的な土地改変とは、造成、客土投入及び植物の移植・植栽、人の樹林内への立入による表土逸出や表面硬化などの行為が挙げられる。このうち植物の移植及び植栽行為は、「命の集合体」である土環境の機能や質を変化させ、多くの種に影響を与えることが確認された。それは極端な場合、昆虫類に限らず菌類等の調査困難な種を含め、

出現種における特定種への偏向性、地域遺伝子の攪乱など、地域生物相へ影響を与えてしまうことを意味する。一方、公園としての機能上、或いはデザイン上の観点から、移植及び植栽等の行為を一切排除することは全く困難である。このことを踏まえ、現地表土の再利用や、周辺の基本植生に準じた種の一部採用等についても考慮し、バランスのとれた植栽計画を立案する必要がある。

また、樹林内への頻繁な立入は、林床景観を破壊し育成を妨げるだけでなく、循環システムにおける分解者として非常に重要な役割を担っている土壌動物へ多大な影響を与えてしまうことになる。したがって、ゾーニング等により人の動線と立入制限箇所を明確にするなどの工夫を行い、土環境と林床景観を含む樹林構造の保全と維持に努めなければならない。

4 おわりに

この二カ年に渡る研究で、生物生息空間が有するべき基本的な質と、その質に大きな影響を与える土地改変等との関係について整理することができた。これらの成果については、生物多様性に配慮した公園緑地の計画、設計等に非常に関わり深い内容であると考えられることから、今後、本研究成果を発展させ、より具体的な活用事例として一歩踏み込んだ提案をしていきたいと考えている。

また、次回以降については、維持管理の手法と生物生息空間との関係について着目し、研究を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 平成16年度市民意識調査(横浜市都市経営局)
- 2) 「まち・生き物・自然が融合する環境づくりに関する研究(第一報)」(西高幸作):横浜市環境科学研究所報第31号 pp.69-79(2007)
- 3) 「横浜市全域植生調査報告書」(横浜市,1984)
- 4) 「生態園の植物相」(大野啓一・平田和弘・腰野文男):千葉中央博自然誌研究報告特別号1 pp.57-75(1994.03)
- 5) 「生態園の植栽樹木ー自然復元のための植物導入方法を考えるー」(大野啓一):千葉中央博自然誌研究報告特別号1 pp.113-128(1994.03)
- 6) 「土壌動物を指標とした自然の豊かさ評価」(青木淳一):都市化・工業化の動植物影響調査法マニュアル(千葉県) pp.127-143(1989)

大気中アルデヒド測定における湿度影響について

Influence of the humidity in the measurement of aldehyde in atmosphere

安達 理文、桐栄 恵美子、白砂 裕一郎、平野 耕一郎（横浜市環境科学研究所）

Norifumi Adachi, Emiko Touei, Yuichiro Sirasuna, Kouichiro Hirano
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：アルデヒド、大気環境、湿度、

要旨

優先取組物質のうち、環境省から測定方法が提示されている 19 物質を対象として調査を行っているが、高温多湿の条件下においては、オゾンの前処理として使用しているオゾンスクラバの充填剤であるヨウ化カリウムが潮解する等、測定に支障が生じている。そこでオゾンスクラバの必要性、湿度によるオゾンスクラバの影響及びヨウ化カリウム以外のオゾンスクラバ充填剤の効果について調査した。その結果、通常考えうる範囲のオゾン濃度では、オゾンスクラバが必要であり、夏場等湿度の高い場合には、オゾンスクラバ充填剤として使用するヨウ化カリウムが潮解した。一方、還元銅をオゾンスクラバ充填剤として使用すると、湿度の影響を受けることなく測定できることが確認できた。

1 はじめに

1996 年の中央環境審議会の答申において、有害大気汚染物質に該当する可能性のある物質のうち、人への健康リスクが高いと考えられる「優先取組物質」22 物質が選定¹⁾された。横浜市では、これらの物質のうち環境省から測定方法が提示²⁾されている 19 物質を対象として、1998 年 1 月からモニタリング調査を行っている。しかし、DNPHカートリッジを用いてアルデヒド類の採取を行う際、妨害するオゾンの処理に使用されるヨウ化カリウムが、高温多湿の気象条件下において潮解するなど、測定に支障が生じている。そこで、オゾンスクラバの効果と多湿時の問題点について調査し、改善策としてオゾンスクラバ充填剤について検討を行った。

2 調査方法

(1) 一般環境大気測定局及び自動車排出ガス測定局における実験

ヨウ化カリウムを充填したオゾンスクラバの有無によるホルムアルデヒドの測定を公定法²⁾によって同時に行った。

(2) 恒温恒湿の実験室内における実験

ホルムアルデヒド(約 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)をチャンバー内に発生させ、オゾン発生器により発生させたオゾンをそこに混合させた。また、加湿器によりチャンバー内の湿度を調整し、オゾンスクラバの有無によるホルムアルデヒドの測定を行った。測定条件は表-1に示すとおりである。

表-1 標準ガス調整装置による
実験条件

実験条件	オゾン濃度 ppb	湿度 %
A	0	0
B	60	0
C	120	0
D	0	36
E	60	36
F	0	67

(3) オゾンスクラバ充填剤の違いによる実験

ヨウ化カリウムに替わるオゾンスクラバの充填剤として還元銅を使用し、表-1のEと同一条件でホルムアルデヒドの測定を行った。

3 結果及び考察

(1) 一般環境大気測定局及び自動車排出ガス測定局における実験

平成 18 年 6 月及び 7 月に一般環境大気測定局 3 か所及び自動車排出ガス測定局 2 か所において行ったホルムアルデヒドの測定結果を表-2、表-3に示した。6、7 月測定時の湿度の日平均は、それぞれ 79、82%と、共に多湿であった。そのため、ヨウ化カリウムが潮解し、その潮解液がポンプ内等に流入し、正確な大気の吸引量が測定できなかった。測定結果からもオゾンスクラバの有無による一定の傾向は観察されなかった。

表-2 環境大気中のホルムアルデヒド測定結果(6月)

測定地点	スクラバ有 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	スクラバ無 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
一般環境大気測定局A	5.5	4.8
一般環境大気測定局B	7.4	5.1
自動車排出ガス測定局C	8.3	7.2
一般環境大気測定局D	7.3	5.2
自動車排出ガス測定局E	6.7	6.1

表-3 環境大気中のホルムアルデヒド測定結果(7月)

測定地点	スクラバ有 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	スクラバ無 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
一般環境大気測定局A	6.9	11.9
一般環境大気測定局B	8.5	10.0
自動車排出ガス測定局C	6.6	10.8
一般環境大気測定局D	10.1	8.6
自動車排出ガス測定局E	10.6	13.5

(2) 恒温恒湿の実験室内による実験

図-1に示すように、オゾンの存在下のB、C、Eでは、オゾンスクラバの有無により、測定結果に違いが認められた。また、Fのような多湿の条件下では、ヨウ化カリウムが潮解、固着したため、ポンプが停止してしまい、測定が

できなかった。

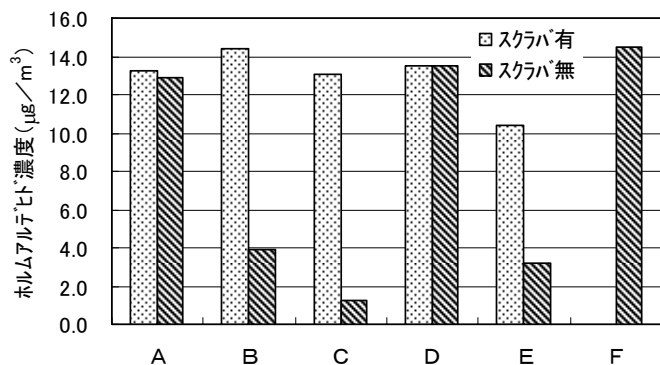


図-1 標準ガス調整装置による実験結果

(3) オゾンスクラバ充填剤の違いによる実験

ヨウ化カリウムを充填剤としたオゾンスクラバの代わりに還元銅を充填剤としたオゾンスクラバを用いて実験条件Eにおいてホルムアルデヒドの測定を行った結果を図-2に示した。実験条件Eの条件下では、還元銅のオゾンスクラバを使用することで、実験条件B(オゾン 60ppb、湿度0%)で測定したヨウ化カリウムを充填剤としたオゾンスクラバと同様の結果が得られた。

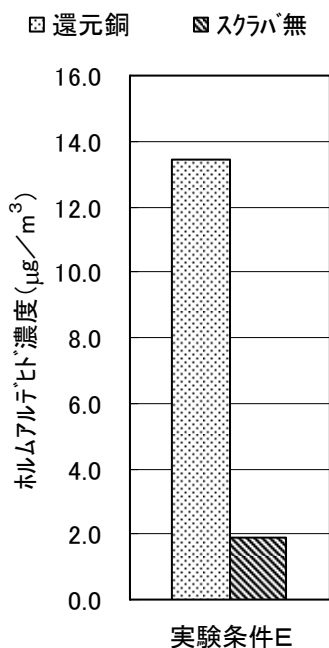


図-2 還元銅を使用した実験結果

5 まとめ

- (1) オゾンスクラバを使用しない場合、オゾンの存在下では、実際のホルムアルデヒド濃度よりも7分の1程度の値となり、オゾンスクラバが必要であることが確認できた。
- (2) ヨウ化カリウムを使用したオゾンスクラバは、湿度の低い場合には効果があるが、多湿時には潮解し、測定に支障をきたした。
- (3) 還元銅は、今回の条件下ではオゾンスクラバ充填剤として使用できることが分かった。今後も、多様な条件下で実験を行うと共に、アセトアルデヒドについても同様に検討したい。

[参考文献]

- 1) 環境省「有害大気汚染物質モニタリング指針」(平成9年2月制定)
- 2) 環境省「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」(平成9年2月制定)及び環境省「有害大気汚染物質測定方法マニュアル(大気中のベンゼン等揮発性有機化合物(VOCs)の多成分同時測定法)」(平成15年9月制定)

横浜市における酸性雨モニタリング調査

-2006、2007年の結果-

加藤善徳 (横浜市環境科学研究所)

Survey of Acid Rain in Yokohama City ; Rain acidity data from January 2006 to December 2007

Yoshinori Katou(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：酸性雨、湿性沈着物、火山ガス

要旨

横浜市磯子における2006、2007年の年平均pHは、それぞれ、初期1mm降水：4.20、4.21、一降水全量：4.76、4.68、全試料に占める強酸性降水（pH4未満の降水）の割合は、初期1mm：26、27%、一降水全量：15、9%であった。また、2006、2007年の酸性雨原因成分の年間湿性沈着量は、それぞれ、 SO_4^{2-} ：70、72meq/m²/年、 NO_3^- ：43、35meq/m²/年、 Cl^- ：3、4meq/m²/年であり、これらの総量であるAP（酸性度ポテンシャル）は116、111meq/m²/年であった。

経年的には、2000年9月に三宅島から火山ガスが大量に放出し始めてから、 SO_4^{2-} 沈着量が急増、pHが低下、強酸性の降水が多発したが、その後、7年経過した2007年現在も、回復傾向にあるものの依然として同様な状況が続いている。

1. はじめに

現在、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我が国においても降り続いており¹⁾、さらに今後は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²⁾。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³⁾。一方、2000年9月からは三宅島火山から酸性雨の主要な原因物質である SO_2 ガスが大量に放出され始め⁴⁾、大きな問題となっている。

横浜市環境科学研究所では、1984年から酸性雨に関する調査研究を実施している。これまでの結果⁵⁻⁷⁾から、横浜では国内で比較的高いレベルの酸性雨が降り続けていること、酸性雨により市内のブロンズ像等の屋外器物に被害が生じていること、さらに三宅島火山ガスの影響が加わり、器物への影響が加速している⁸⁾こと等が明らかになっている。これらのことから今後も、引き続き注意深く監視していく必要がある。

ここでは、2006、2007年の横浜の酸性雨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：2006年1月～2007年12月とした。

(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）とした。

(3)採取方法：自動雨水採取装置（小笠原計器製作所US-400型）を用いて、一雨毎に、降り始め初期1mmと一降水全量を採取した。

表-1 分析項目及び分析方法

分析項目	分析方法
pH	ガラス電極法
導電率 (EC)	電気伝導度法
Na^+ , K^+ , NH_4^+	イオンクロマトグラフ法
Ca^{2+} , Mg^{2+}	イオンクロマトグラフ法
SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-	イオンクロマトグラフ法

(4)分析項目及び分析方法

採取した試料は、湿性沈着モニタリング手引書⁹⁾に従い、pH、導電率(EC)、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} を表-1に示す方法で分析した。

3. 結果と考察

表-2に1996～2007年までの降水量、pH、降水による各成分の沈着量（以下、湿性沈着量）の測定結果を示した。ここで、nss（non sea salt）とは、非海塩起源を示す。非海塩成分の算出は、雨水中の Na^+ をすべて海塩由来と仮定して、海水の成分組成¹⁰⁾をもとに、 $\text{nss}X = X_{\text{obs}} - (X_{\text{sea}} / \text{Na}^+_{\text{sea}}) \times \text{Na}^+_{\text{obs}}$ （X：成分）の式より算出した。算出した非海塩成分が負となった場合は0として取り扱っている。

3-1 降水量

2006年1月～12月、2007年1月～12月のそれぞれ1年間に84、76の降水試料を採取した。その貯水量から算出した2006、2007年の年間降水量はそれぞれ1925mm、1600mmであった。この値は、採取地点から約4km離れた横浜地方気象台における2006、

表-2 横浜市磯子における pH 及び湿性沈着量

	pH		降水量 mm	meq/m ² /年											AP	NP	N/S比
	初期1mm	一降水		H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺ _{nss}	SO ₄ ²⁻ _{nss}	Cl ⁻				
1996年	4.35(3.57)	4.74(3.76)	1653	30	57	2	43	11	37	67	24	58	19	114	81	0.64	
1997年	4.37(3.62)	4.62(3.81)	1162	28	45	2	47	13	30	68	16	44	13	87	61	0.68	
1998年	4.47(3.40)	4.83(3.90)	2114	31	74	2	75	22	45	120	35	65	32	142	109	0.69	
1999年	4.46(3.78)	4.84(3.89)	1651	24	59	1	42	12	34	73	14	47	23	104	73	0.72	
2000年	4.16(3.24)	4.47(3.49)	1635	55	60	2	52	12	35	99	14	73	39	147	74	0.48	
2001年	3.92(2.98)	4.49(3.21)	1721	55	72	2	82	16	40	106	17	88	16	144	89	0.45	
2002年	4.14(3.45)	4.62(3.71)	1730	41	73	2	100	22	43	127	24	84	12	139	97	0.51	
2003年	4.10(3.04)	4.69(3.04)	2139	44	83	2	52	10	39	64	13	83	5	127	96	0.47	
2004年	4.31(3.53)	4.69(3.57)	2035	42	56	3	139	32	34	171	15	67	7	108	72	0.51	
2005年	4.21(3.51)	4.55(3.68)	1433	40	57	2	36	10	34	50	17	77	8	120	74	0.44	
10年平均	4.18(2.98)	4.65(3.04)	1727	39	64	2	67	16	37	95	19	69	17	123	83	0.56	
2006年	4.20(3.37)	4.76(3.39)	1925	33	58	4	43	13	43	49	25	70	3	116	83	0.61	
2007年	4.21(3.27)	4.68(3.27)	1600	34	46	5	120	30	35	136	20	72	4	111	66	0.49	

注1) pHの()は最低値を示す。
 注2) nssXはNa⁺をすべて海塩起源と仮定した場合のその成分の非海塩起源(non sea salt)を示す。
 注3) APIは、nssSO₄²⁻+nssNO₃⁻+nssCl⁻, NPIはNH₄⁺+nssCa²⁺を示す。
 注4) N/S比はNO₃⁻/nssSO₄²⁻当量比を示す。
 注5) 10年平均は1996年~2005年の10年の平均値を示す。

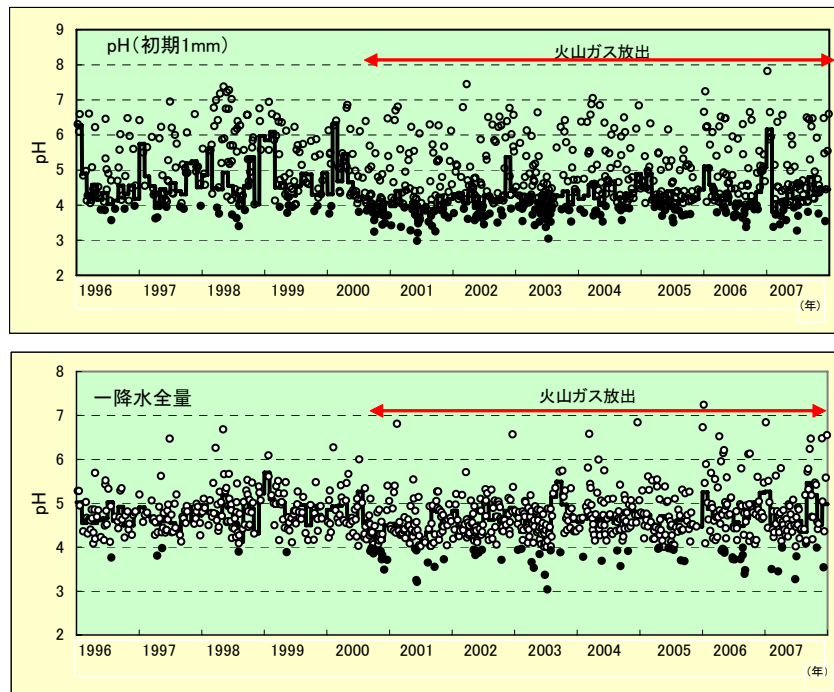


図-1 降水毎の pH の変化
 (●は pH4 未満、実践は月平均値)

2007年の年間降水量の1856mm、1465mm¹¹⁾のそれぞれ104%、109%に当たり、ほぼ一致していた。なお、2006年の年間降水量は平年(平年値:1622.5mm¹²⁾)に比べやや多め、2007年はほぼ平年並であった。

3-2 pH

(1)2006年の結果

図-1に1996年1月~2007年12月までの一降水毎のpHの変化を示した。2006年の初期1mmの最高pHは7.24(1月9日)、最低pHは3.37(6月26日)、年平均pHは4.20であった。一降水

全量の最高pHは7.24(1月9日)、最低pHは3.39(6月26日)、降水量で重み付けした年平均pHは4.76であった。2006年には84の降水試料を得たが、酸性雨とされるpH5.6以下のものは初期1mmが66試料(全体の79%)、一降水全量が71試料(同85%)であった。また、pH4未満の特に酸性度の強い降水(以下、強酸性降水)の出現数は、初期1mmが22試料(全体の26%)、一降水全量が13試料(同15%)であった。

(2)2007年の結果

2007年の初期1mmの最高pHは7.82(1月6日)、最低pHは3.27

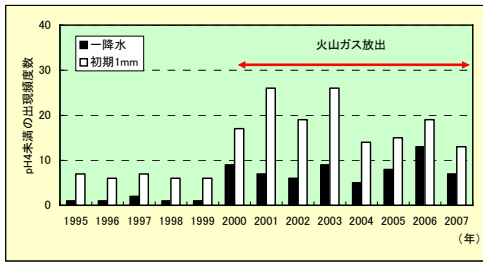


図-2 pH4未満の降水(強酸性降水)の出現数

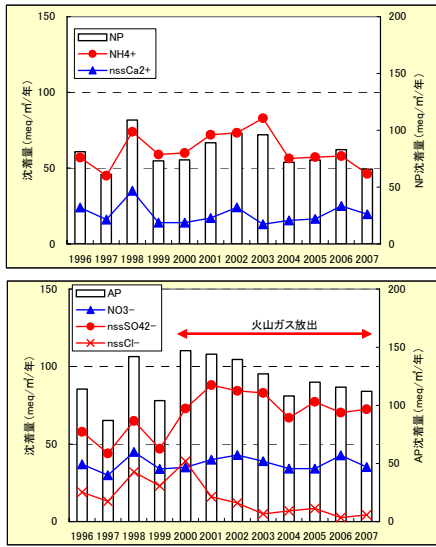


図-3 AP、NP等の経年変化

(9月4日)、年平均pHは4.21であった。一降水全量の最高pHは6.84(1月6日)、最低pHは3.27(9月4日)、降水量で重み付けした年平均pHは4.68であった。2007年には76の降水試料を得たが、酸性雨とされるpH5.6以下のものは初期1mmが65試料(全体の86%)、一降水全量が67試料(同88%)であった。また、pH4未満の強酸性降水の出現数は、初期1mmが13試料(全体の17%)、一降水全量が7試料(同9%)であった。

3-3 湿性沈着量

(1) 2006年の結果

酸性雨の主な原因成分は nssSO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 nssCl^- であり、これらを抑制する(中和する)主な成分は NH_4^+ 、 nssCa^{2+} である。これら酸性雨原因の3成分の総量をAP(酸性度ポテンシャル)¹³⁾、中和2成分の総量をNP(中和ポテンシャル)¹³⁾とし、酸性雨の強さを比較する指標としてよく用いられている。

2006年における酸性雨原因成分の湿性沈着量は nssSO_4^{2-} が70meq/m²/年、 NO_3^- が43meq/m²/年、 nssCl^- が3meq/m²/年、APとしては116meq/m²/年であった。一方、中和成分の湿性沈着量は NH_4^+ が58meq/m²/年、 nssCa^{2+} が25meq/m²/年、NPとしては83meq/m²/年であった。

(2) 2007年の結果

2007年における酸性雨原因成分の湿性沈着量は nssSO_4^{2-} が72meq/m²/年、 NO_3^- が35meq/m²/年、 nssCl^- が2meq/m²/年、APとしては111meq/m²/年であった。一方、中和成分の湿性沈着量は NH_4^+

が46meq/m²/年、 nssCa^{2+} が20meq/m²/年、NPとしては66meq/m²/年であった。

3-4 経年変化

(1) pH

図-1、表-2にみられるように、三宅島火山ガスが放出され始めた2000年9月以降、pHは低下傾向を示しており、その後、7年経過した2007年現在も、やや回復傾向はみられるものの、依然としてまだまだかなり低い値となっている。

図-2にpH4未満の強酸性降水の出現数の経年変化を示した。強酸性降水は2000年9月頃から急激に増加したが、2007年現在も同様な状況が続いており、三宅島火山ガスの影響がまだ依然として大きいことがうかがわれる。

(2) 湿性沈着量

図-3に1996年～2007年までの酸性雨原因成分、中和成分の経年変化を示した。酸性雨原因成分のうち、 nssSO_4^{2-} は三宅島火山ガスが放出され始めた2000年以降、増加傾向を示しており、2007年においてもこの状況が続いていた。この nssSO_4^{2-} の増加については三宅島火山ガスの影響が大きいと考えられるが、最近、中国大陸から関東地方へ SO_4^{2-} 等の汚染物質の流入が報告されるようになってきており¹⁴⁾、この影響が加味された可能性も考えられた。 NO_3^- はほぼ横ばいであった。 nssCl^- は2000年以降、減少傾向を示した。この nssCl^- の減少傾向は、前報⁶⁾で明らかにしたように、ダイオキシン類削減対策等の反映と考えられた。

APは、2000年以降、 nssSO_4^{2-} が増加したが、他方、 nssCl^- が減少したため、2007年は2000年以前に比べ、やや多い程度であった。一方、中和成分では、 NH_4^+ は1996年から2003年までは増加傾向を示したが、それ以降はやや減少傾向を示しており、2007年は1996年当時とほぼ同程度であった。 nssCa^{2+} はほぼ横ばいであった。NPは NH_4^+ の変化に大きく左右され、1996年～2003年までは増加傾向であったが、それ以降はやや減少傾向を示した。

3-5 他地域との比較

環境省では、酸性雨の全国調査を行っており、2002年度までの調査結果が報告されている¹⁵⁾。その結果によると、2002年度全国平均(48地点平均)のAP、NPはそれぞれ71、40meq/m²/年であった。なお、この調査では nssCl^- は算出されていないので、ここでのAPは nssSO_4^{2-} と NO_3^- の和とした。 nssCl^- は nssSO_4^{2-} 、 NO_3^- に比べ少量なので、比較する上で大きな支障はないと考えられた。

2002年の磯子のAP、NP(表-2)は139、97meq/m²/年であり、AP、NPともに全国平均に比べ非常に多かった。その後、4、5年経過した本調査結果(2006、2007年)の磯子のAP、NPはそれぞれ116、83meq/m²/年と112、66meq/m²/年であった。2006、2007年は2002年に比べAP、NPともやや減少したが、全国平均と比べると多く、横浜(磯子)は2007年現在においても全国の中では比較的高いレベルの酸性雨の地域と考えられた。

4. まとめ

横浜市(磯子)における2006、2007年の酸性雨モニタリング調査結果は次のとおりであった。

(1) 2006年の年間降水量は1925mm、年平均pHは初期1mm降水が4.20(最低値3.37)、一降水全量が4.76(最低値3.39)、全試料に占める強酸性降水(pH4未満の降水)の割合は、初期1mmが

26%、一降水全量が15%であった。

(2) 2006年の酸性雨原因成分の年間湿性沈着量は、 SO_4^{2-} が70meq/m²/年、 NO_3^- が43meq/m²/年、 Cl^- が3meq/m²/年、これらの総量であるAPが116meq/m²/年、中和成分は NH_4^+ が58meq/m²/年、 Ca^{2+} が25meq/m²/年、これらの総量であるNPが83meq/m²/年であった。

(3) 2007年の年間降水量は1600mm、年平均pHは初期1mm降水が4.21(最低値3.27)、一降水全量が4.68(最低値3.27)、全試料に占める強酸性降水(pH4未満の降水)の割合は、初期1mmが17%、一降水全量が9%であった。

(4) 2007年の酸性雨原因成分の年間湿性沈着量は、 SO_4^{2-} が72meq/m²/年、 NO_3^- が35meq/m²/年、 Cl^- が4meq/m²/年、これらの総量であるAPが111meq/m²/年、中和成分は NH_4^+ が46meq/m²/年、 Ca^{2+} が20meq/m²/年、これらの総量であるNPが66meq/m²/年であった。

(5) 経年的には、2000年9月に三宅島から火山ガスが大量に放出し始めてから、 SO_4^{2-} 沈着量が急増、pHが急激に低下、強酸性の降水が多発したが、その後、7年経過した2007年現在も、回復傾向がみられるものの依然として SO_4^{2-} 沈着量の増加、強酸性の降水の出現が続いている。

(6) 2006、2007年の横浜はAP、NPが多く、国内の中で高いレベルの酸性雨地域と考えられた。

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) 環境庁地球環境部：地球環境の行方、酸性雨(1997)。

3) http://www.eanet.cc/jpn/scd_f.html

- 4) 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解(平成14年5月23日)。
- 5) 横浜市環境科学研究所：酸性雨に関する調査研究報告(1993)。
- 6) 加藤善徳：最近の10年間の横浜の酸性雨の状況、横浜市環境科学研究所報第30号、-(2006)。
- 7) 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)。
- 8) 梅田てるみ、加藤善徳：酸性雨等による金属材料への影響調査―三宅島火山ガス放出後の金属溶出量、腐食量の状況―、大気環境学会誌、第39巻、第1号、11-20(2004)。
- 9) 環境庁大気規制課：湿性沈着モニタリング手引書(平成10年5月)。
- 10) 日本化学会：化学便覧応用編 p147、丸善(1965)。
- 11) <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>
- 12) 気象庁編集：気象庁観測平年値(2001年4月)。
- 13) 東アジアの酸性雨、科学、Vo. 59、No. 5、305-315(1989)。
- 14) 竹内 浄、井上俊明：テーパー紙を用いた川崎市におけるSPM高濃度時の無機粒子の二次生成に関する研究、大気環境学会誌、第42巻、第4号、209-218(2007)。
- 15) 環境省：酸性雨対策調査総合とりまとめデータ集、昭和58年度～平成14年度。

鶴見川における農薬調査について（平成18年度）

酒井 学（横浜市環境科学研究所）

Investigation of Pesticides in the Tsurumi River (April 2006-March 2007)

Manabu Sakai (Yokohama Environmental Research Institute)

キーワード：農薬、河川水

要旨

横浜市内を流れる鶴見川（亀の子橋、千代橋、都橋、寺家、田奈）の農薬調査の結果、除草剤11種類、殺菌剤5種類、殺虫剤8種類が検出された。公共用水域における基準値、指針値等が設定されている農薬について、基準値、指針値等を超えるものは認められなかった。しかし、有機リン系殺虫剤（ジクロロボス、ダイアジノン、フェニトロチオン）は、生態リスク初期評価の予測無影響濃度を超過しており、生態系への影響などで注意が必要と考えられた。

1. はじめに

農薬は、農作物を病害虫から守り、生産性を高める上で有用な物質である。しかし、開放系で使用することが多く、低濃度でも生態系へ影響を及ぼすおそれがある。そのため、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」において、100種類以上の農薬が第1種指定化学物質に選定され、環境実態の把握及びリスクコミュニケーションの活性化が求められている。また、環境省の化学物質環境実態調査でも、平成16年度以降、ピリダフェンチオン、イソプロチオラン、イプロベンホス、チオベンカルブ、メフェナセット、ピリミノバックメチル等の農薬が対象物質に選ばれ、調査が行われている¹⁾。

横浜市環境科学研究所においても、市内河川で、流域面積が広く、流域に水田、畑等の農地が存在している鶴見川において、農薬のモニタリング調査を実施しており²⁻⁶⁾、今回、平成18年度の結果を報告する。

2. 調査方法

2-1 試料採取

亀の子橋（鶴見川、横浜市港北区）、千代橋（鶴見川、横浜市緑区、都筑区）、都橋（鶴見川支流恩田川、横浜市緑区）、寺家（鶴見川支流寺家川、横浜市青葉区）において、平成18年4月から平成19年3月まで、毎月1回、試料を採取した。また、田奈（鶴見川支流恩田川への流入水、横浜市青葉区）においては、平成18年6月から11月まで、毎月1回、試料を採取した。流域は、市街地化が進んでいるものの、一部に水田、畑等の農地が認められ、寺家及び田奈は水田が多い地域である。

2-2 農薬分析

分析方法は以前の報告に準じ、GC/MSによる一斉分析を行った^{5,6)}。

なお、今回分析対象とした農薬は以下の通りである。

除草剤：アトラジン、アラクロール、エスプロカルブ、オキサジアゾン、クロロニトロフェン、シマジン、シメトリン、ジメピペレート、チオベンカルブ、テニルクロール、

テルブカルブ、トリフルラリン、ナプロパミド、ニトロフェン、ピフェノックス、ピペロホス、ピリプチカルブ、ピリミノバックメチル、ブタクロール、ブタミホス、プレチラクロール、プロピザミド、プロマシル、プロモブチド、ペンディメタリン、ベンフレセート、メチルダイムロン、メフェナセット、モリネート、レナシル、MCC

殺菌剤：イソプロチオラン、イプロベンホス、クロロタロニル、クロロネブ、ジフェノコナゾール、テブコナゾール、トルクロホスメチル、フサライド、フルトラニル、プロシミドン、ペンシクロン、メタラキシル、メプロニル、E DDP、PCNB

殺虫剤：イソキサチオン、エチルチオメトン、エトフェンプロックス、クロルピリホス、ジクロロボス、ダイアジノン、テブフェンピラド、パラチオン、ハルフェンプロックス、ピラクロホス、ピリダフェンチオン、ピリプロキシフェン、フィプロニル、フェニトロチオン、フェニトロチオンオキソン、フェノブカルブ、フェンチオン、フェントエート、ブプロフェジン、プロチオホス、 α -ベンゾエピン、 β -ベンゾエピン、マラオキソン、マラチオン、メチダチオン、メチルパラチオン、 α -BHC、 γ -BHC、EPN 前報⁶⁾と比較して、今回はプロマシル、レナシル、テブコナゾール、メタラキシルを対象に追加した。

3. 結果及び考察

表-1に河川水中の農薬分析の各調査結果を示し、表-2に「水質汚濁に係る環境基準値及び指針値」、「公共用水域等における水質評価指針値」、「ゴルフ場で使用される農薬による水質汚濁の防止に係る暫定指導指針値」、「環境省の生態リスク初期評価に基づく予測無影響濃度⁷⁾」を示した。75種の農薬の中で、表-1に示した物質以外は定量限界（0.05 $\mu\text{g/L}$ ）未満の濃度であった。

図-1に各地点のチオベンカルブの濃度を示した。6月の寺家の試料は2.1 $\mu\text{g/L}$ 、田奈の恩田川への流入水は6.7 $\mu\text{g/L}$ 、都橋は0.20 $\mu\text{g/L}$ であったが、8月以降の試料は全て定量限界（0.05 $\mu\text{g/L}$ ）未満となった。チオベンカルブの水質環境基準値

表-1 鶴見川の農薬調査結果（検出された物質、 $\mu\text{g/L}$ ）

(1) 平成18年4月					
物質名	調査地点				
	寺家	田奈	千代橋	都橋	亀の子橋
プロマシル	nd	-	nd	0.09	nd
(2) 平成18年5月					
物質名	寺家	田奈	千代橋	都橋	亀の子橋
	プロマシル	nd	-	nd	0.15
フェニトロチオン	nd	-	0.08	0.07	0.07
(3) 平成18年6月					
物質名	寺家	田奈	千代橋	都橋	亀の子橋
	シマジン	nd	nd	nd	0.05
シメトリン	1.6	0.16	nd	nd	nd
チオベンカルブ	2.1	6.7	nd	0.20	nd
ピリプチカルブ	0.24	nd	nd	0.14	nd
プレチラクロール	nd	0.11	nd	0.26	0.05
プロマシル	nd	nd	nd	0.07	nd
プロモブチド	nd	0.25	nd	0.41	0.27
メフェナセット	1.1	11	0.08	0.09	0.27
モリネート	1.9	0.47	0.19	0.06	0.07
イプロベンホス	2.0	nd	0.11	nd	nd
トルクロホスメチル	nd	nd	nd	0.05	nd
メタラキシル	0.20	nd	nd	nd	nd
ダイアジノン	0.15	nd	nd	nd	nd
フィプロニル	nd	nd	nd	0.06	nd
フェンチオン	nd	22	nd	0.17	nd
(4) 平成18年7月					
物質名	寺家	田奈	千代橋	都橋	亀の子橋
	シメトリン	0.26	nd	nd	0.28
チオベンカルブ	0.07	nd	0.06	0.10	nd
ブタミホス	nd	nd	nd	0.08	nd
プロマシル	nd	nd	nd	0.09	nd
メフェナセット	0.98	0.51	nd	0.08	nd
モリネート	0.14	nd	0.05	1.1	0.50
イプロベンホス	1.9	nd	0.07	0.47	0.55
フルトラニル	nd	nd	0.06	nd	nd
ジクロルボス	nd	nd	0.06	nd	0.08
ダイアジノン	0.27	nd	nd	0.23	nd
フィプロニル	nd	nd	0.05	nd	0.06
フェニトロチオン	nd	nd	0.08	0.23	nd
フェンチオン	0.09	nd	nd	0.14	nd
(5) 平成18年8月					
物質名	寺家	田奈	千代橋	都橋	亀の子橋
	シメトリン	0.05	nd	nd	nd
プロマシル	nd	nd	nd	0.08	nd
イプロベンホス	0.21	0.05	nd	nd	nd
ジクロルボス	nd	nd	0.08	nd	0.08
フェノブカルブ	0.08	nd	nd	nd	nd
(6) 平成18年9月					
物質名	寺家	田奈	千代橋	都橋	亀の子橋
	ナプロバミド	nd	nd	nd	0.12
プロマシル	nd	nd	nd	0.10	nd
イプロベンホス	5.8	nd	nd	nd	nd
フェニトロチオン	1.3	nd	nd	0.08	0.25
マラチオン	0.53	nd	nd	nd	nd
(7) 平成18年10月					
物質名	寺家	田奈	千代橋	都橋	亀の子橋
	シマジン	nd	nd	0.08	nd
プロマシル	nd	nd	0.09	0.10	0.08
テブコナゾール	nd	nd	0.08	nd	nd
(8) 平成18年11月					
物質名	寺家	田奈	千代橋	都橋	亀の子橋
	シマジン	nd	nd	0.17	nd
プロマシル	nd	nd	nd	0.06	nd
(9) 平成18年12月					
物質名	寺家	田奈	千代橋	都橋	亀の子橋
	フェニトロチオン	nd	-	nd	nd
(10) 平成19年1月					
物質名	寺家	田奈	千代橋	都橋	亀の子橋
	全調査対象物質	nd	-	nd	nd
(11) 平成19年2月					
物質名	寺家	田奈	千代橋	都橋	亀の子橋
	プロマシル	nd	-	nd	0.06
(12) 平成19年3月					
物質名	寺家	田奈	千代橋	都橋	亀の子橋
	ジクロルボス	nd	-	nd	0.05
ピリダフェンチオン	nd	-	nd	0.10	nd

nd: 定量限界(0.05 $\mu\text{g/L}$) 未満

-: 試料なし

表-2 検出された物質の環境基準値、指針値及び予測無影響濃度

物質名	基準値もしくは指針値 ($\mu\text{g/L}$)	生態リスク初期評価の予測無影響濃度 7) ($\mu\text{g/L}$)
シマジン	3 a, 30 d	-
シメトリン	60 c	-
チオベンカルブ	20 a	0.17
ナプロバミド	300 d	-
ピリプチカルブ	200 d	-
除草剤	ブタミホス 4 c, 40 d	-
プレチラクロール	40 c	-
プロマシル	-	-
プロモブチド	40 c	-
メフェナセット	9 c	-
モリネート	5 c	-
イプロベンホス	8 b	1.0
殺菌剤	テブコナゾール -	-
トルクロホスメチル	200 c, 800 d	-
フルトラニル	200 c, 2000 d	-
メタラキシル	500 d	-
ジクロルボス	8 b	0.0013
ダイアジノン	5 b, 50 d	0.00026
殺虫剤	ピリダフェンチオン 2 c, 20 d	-
フィプロニル	-	-
フェニトロチオン	3 b, 30 d	0.00021
フェノブカルブ	30 b	0.0030
フェンチオン	-	-
マラチオン	10 c	-

a: 水質汚濁に係る環境基準値

b: 指針値（要監視項目）

c: 公共用水域等における水質評価指針値

d: ゴルフ場で使用される農薬による水質汚濁の防止に係る暫定指導指針値

-: 環境基準値、指針値等が未設定 あるいは予測無影響濃度が未報告

は、 $20\mu\text{g/L}$ 以下と設定されており（表一2）、基準値を超える地点は認められなかった。チオベンカルブは水田用の除草剤であり、チオベンカルブを含む薬剤を使用した水田の下流で一時的に濃度が高くなったものと思われる。なお、平成18年12月にチオベンカルブを成分とする一部の農薬の登録が失効したことに伴い、今後環境中の濃度は低下するものと考えられる。

図一2に各地点のメフェナセットの濃度を示した。メフェナセットの公共用水域等における水質評価指針値は、年平均 $9\mu\text{g/L}$ 以下であり、指針値を超える地点は認められなかった。6月の田奈の恩田川への流入水は $11\mu\text{g/L}$ と他地点と比較して高い濃度であったが、7月には $0.51\mu\text{g/L}$ 、8月以降は定量限界未満へと減少した（平均濃度： $1.9\mu\text{g/L}$ ）。メフェナセットもチオベンカルブと同じく水田用の除草剤であり、使用した水田の下流で一時的に濃度が高くなったものと思われる。寺家の場合、周囲に水田が多いものの、6月の濃度は $1.1\mu\text{g/L}$ と田奈の1/10の低い濃度となり、この傾向は、17年6月の結果（田奈の恩田川への流入水 $14\mu\text{g/L}$ 、寺家 $0.43\mu\text{g/L}$ ）⁶⁾と同様であった。

図一3に各地点のモリネートの濃度を示した。寺家では、6月にモリネートの濃度が $1.9\mu\text{g/L}$ であったが、7月は $0.14\mu\text{g/L}$ と濃度が下がり、8月以降は定量限界未満となった。千代橋、都橋、亀の子橋においても、6～7月に検出されたが、8月以降は検出されなかった。モリネートの公共用水域等における水質評価指針値は、年平均 $5\mu\text{g/L}$ 以下と設定されており（表一2）、指針値を超える地点は認められなかった。モリネートもチオベンカルブ、メフェナセット同様、水田用の除草剤であり、使用した水田の下流で濃度が一時的に高くなったものと思われる。

なお、モリネートは、鶴見川から検出されているものの²⁻⁶⁾、兵庫県の加古川からは全く検出されておらず^{8,9)}、明らかな地域差が認められた。

図一4に各地点のイプロベンホスの濃度を示した。イプロベンホスは平成17年6～8月の環境省の化学物質環境実態調査で、茨城県利根川、埼玉県元荒川、横浜市鶴見川、三重県金沢川、大阪府大和川で $0.1\mu\text{g/L}$ 以上の濃度が検出されており、全国的に検出頻度の高い物質である¹⁾。今回の鶴見川の調査でも、全ての地点から検出されたが、水質環境基準（要監視項目）の指針値（ $8\mu\text{g/L}$ 以下）を超える地点は認められなかった。最も高い濃度は、9月の寺家の試料（ $5.8\mu\text{g/L}$ ）で、次いで寺家の6月の試料（ $2.0\mu\text{g/L}$ ）となった。イプロベンホスの主な用途は稲用の殺菌剤であり、使用した水田の下流で濃度が高くなったと考えられた。

図一5にフェニトロチオンの濃度を示した。春季、夏季のみならず、冬季の12月に亀の子橋から $0.41\mu\text{g/L}$ 検出されており、チオベンカルブやイプロベンホスとは異なる濃度変化を示した。フェニトロチオンは、様々な農作物や樹木に適用可能な殺虫剤であり、12月に亀の子橋で検出したフェニトロチオンの使用場所、目的等は特定できなかった。

なお、フェニトロチオンの指針値（要監視項目）は、 $3\mu\text{g/L}$ であるが、生態リスク初期評価の予測無影響濃度は $0.00021\mu\text{g/L}$ と、極めて低い濃度である（表一2）。亀の子橋で、5月に $0.07\mu\text{g/L}$ 、9月に $0.25\mu\text{g/L}$ 、12月に $0.41\mu\text{g/L}$ 検出されるなど、田奈を除く地点で予測無影響濃度の100倍以上の濃度

が検出され、生態系への影響が懸念される結果となった^{10,11)}。

チオベンカルブ、メフェナセット、モリネート、イプロベンホス、フェニトロチオン以外に今回19種類の農薬が検出された（表一1）。除草剤は、シメトリン、ピリブチカルブ、プレチラクロール、プロモブチドなどの水田用除草剤が、6～8月に検出された。一方、非農耕地の除草に使用されることが多いプロマシルは、低濃度だが、都橋では12回の調査中、9回検出されるなど、検出頻度が高かった。また、前回検出されたジメピペレートは今回検出されず、これはジメピペレートの登録失効に起因すると思われる。殺菌剤では、テブコナゾール、フルトラニル等が検出されたが、最高濃度は $1\mu\text{g/L}$ 以下で、検出頻度も低かった。また、イソプロチオランは、平成17年度の環境省の化学物質環境実態調査において、茨城県利根川、埼玉県元荒川、三重県金沢川、大阪府大和川、兵庫県加古川、香川県財田川で $0.1\mu\text{g/L}$ 以上の濃度が検出されているが、鶴見川・亀の子橋では定量限界未満であり¹⁾、今回の鶴見川調査でも定量限界未満となった。

殺虫剤では、フェンチオンが6～7月に検出され、特に田奈の恩田川への流入水で $22\mu\text{g/L}$ であった。フェンチオンは、以前の調査でも、水田下流から検出されたことがあり³⁾、水田等で害虫対策に使用したものと思われる。ジクロロボスは、寺家、田奈で検出されず、千代橋（7月 $0.06\mu\text{g/L}$ 、8月 $0.08\mu\text{g/L}$ ）、都橋（3月 $0.05\mu\text{g/L}$ ）、亀の子橋（7月 $0.08\mu\text{g/L}$ 、8月 $0.08\mu\text{g/L}$ 、3月 $0.05\mu\text{g/L}$ ）で検出され、フェンチオンとは異なる濃度変化を示した。なお、ジクロロボスの指針値（要監視項目）は、 $8\mu\text{g/L}$ であるが、生態リスク初期評価の予測無影響濃度は、 $0.0013\mu\text{g/L}$ と低い濃度であり（表一2）、生態系への影響が懸念される結果となった^{10,11)}。

4. まとめ

横浜市内の鶴見川で農薬調査を実施したところ、除草剤、殺菌剤及び殺虫剤の合計24種類が検出された。チオベンカルブ、メフェナセット、モリネート、イプロベンホス、フェンチオン等水田で使用が推察される除草剤、殺菌剤、殺虫剤は、6～9月に検出され、鶴見川中流部の亀の子橋よりも、寺家、田奈（恩田川への流入水）のような農地（水田）の下流で濃度が高くなる傾向が認められた。一方、プロマシル（除草剤）、フェニトロチオン（殺虫剤）は、夏季だけでなく、秋季～冬季に検出されるなどが、チオベンカルブ等と明らかに異なる濃度変化を示した。

測定結果を環境基準値、指針値等と比較すると、環境基準値、指針値等を超える物質は認められなかった。しかし、測定結果と生態リスク初期評価の予測無影響濃度と比較すると、亀の子橋におけるフェニトロチオン（ $0.41\mu\text{g/L}$ 、平成18年12月）など、予測無影響濃度の100倍以上の濃度となり、生態系への影響が懸念される結果となった。

参考資料

- 1) 環境省：化学物質と環境、2007。
- 2) 酒井 学、二宮勝幸：横浜市内河川の農薬モニタリング、横浜市公害研究所年報、**15**、135-141（1991）。
- 3) 初貝留美、下村光一郎、飯塚貞男、山口一誠：横浜市内の水田排水中の農薬調査（第3報）、横浜市環境科学研究所報、**23**、16-25（1999）。

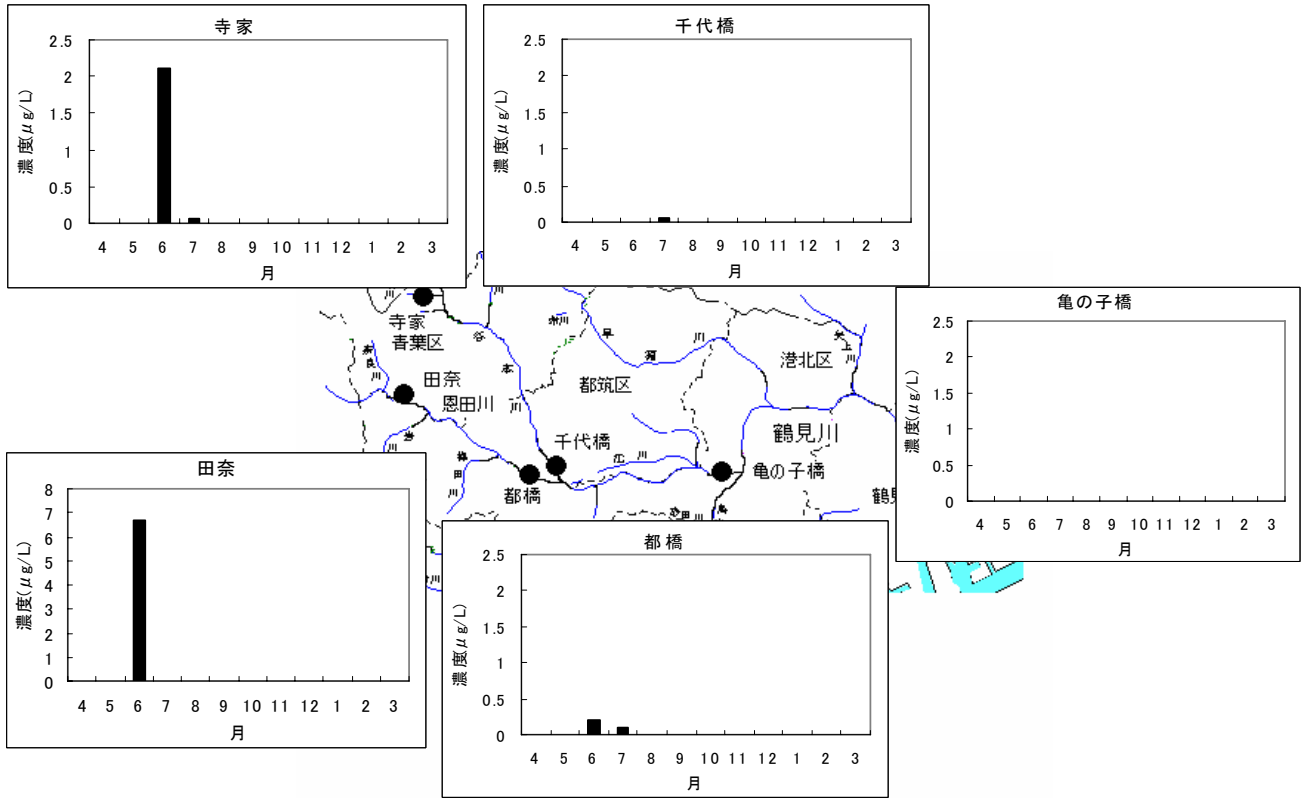


図-1 チオベンカルブの調査結果

Y軸: 田奈は0~8 μg/L、他は0~2.5 μg/L

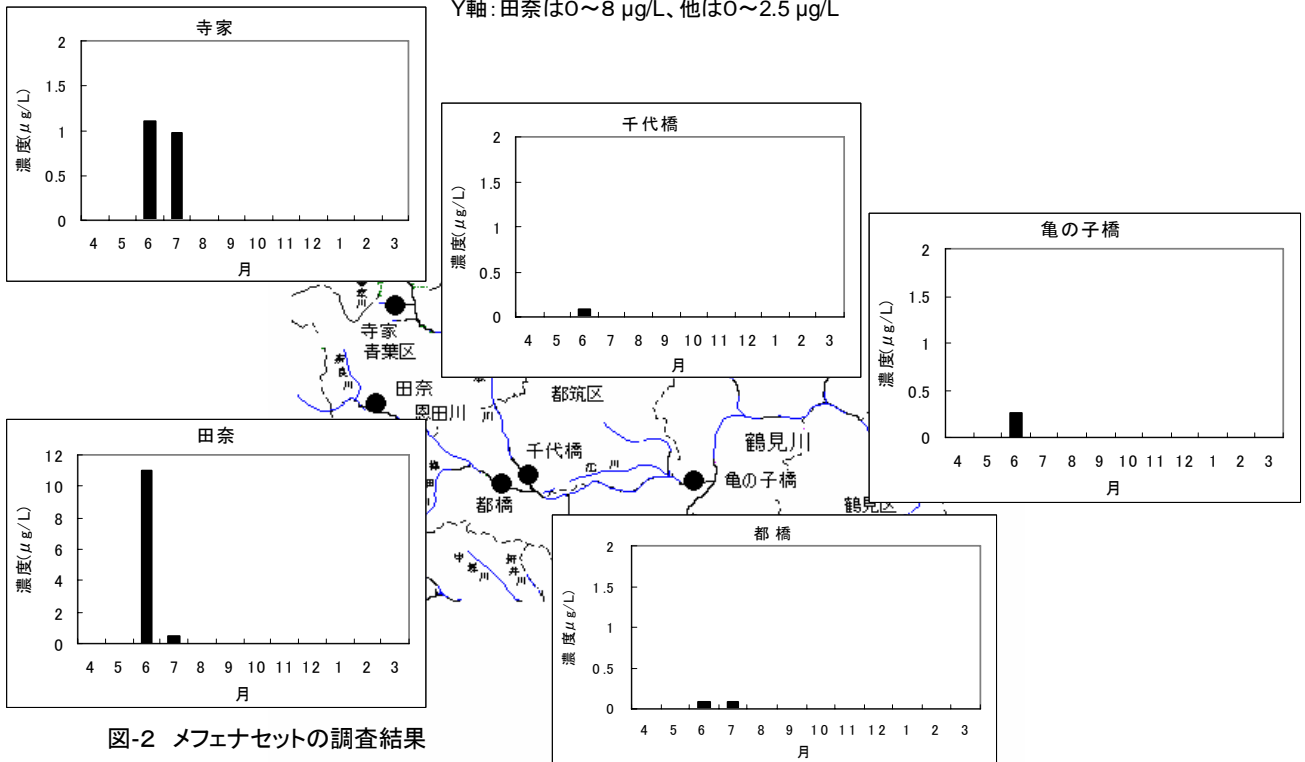


図-2 メフェナセトの調査結果

Y軸: 田奈は、0~12 μg/L、他は 0~2.0 μg/L

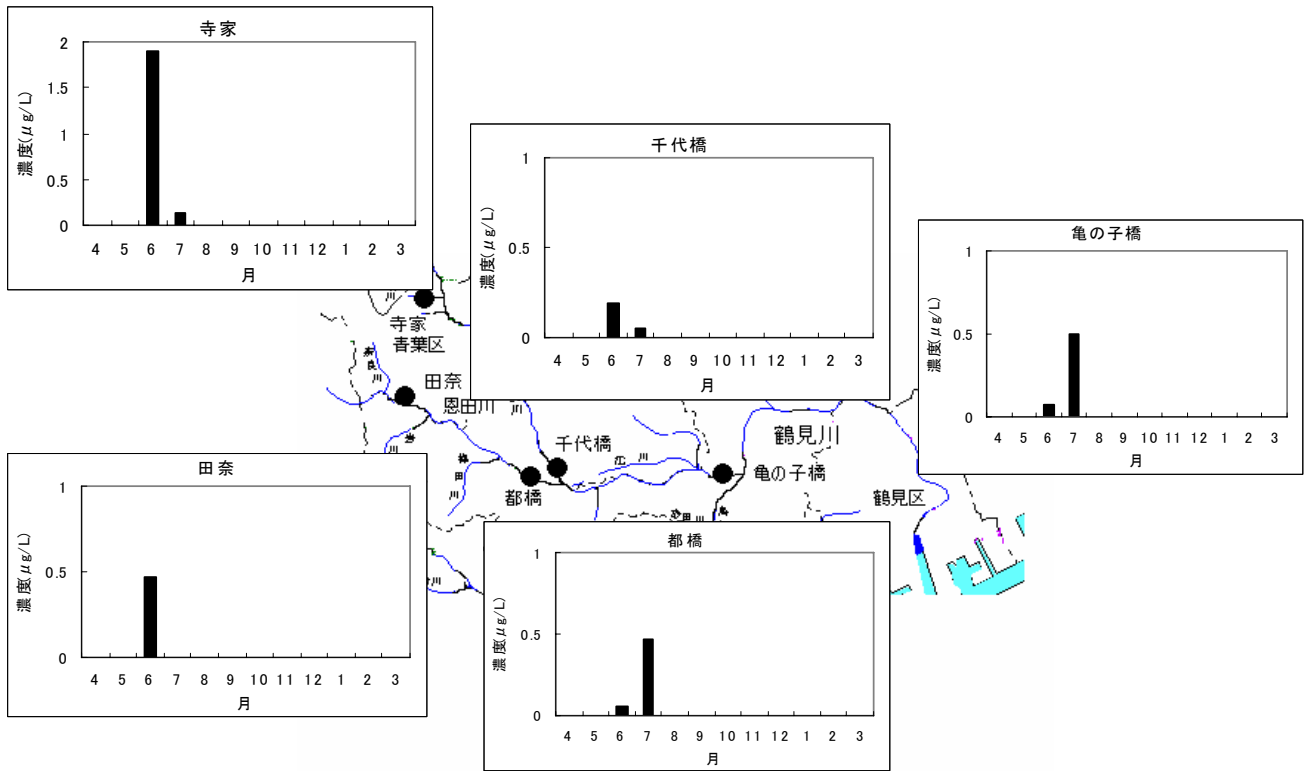


図-3 モリネートの調査結果

Y軸: 寺家は0~2.0 μg/L、他は0~1.0 μg/L

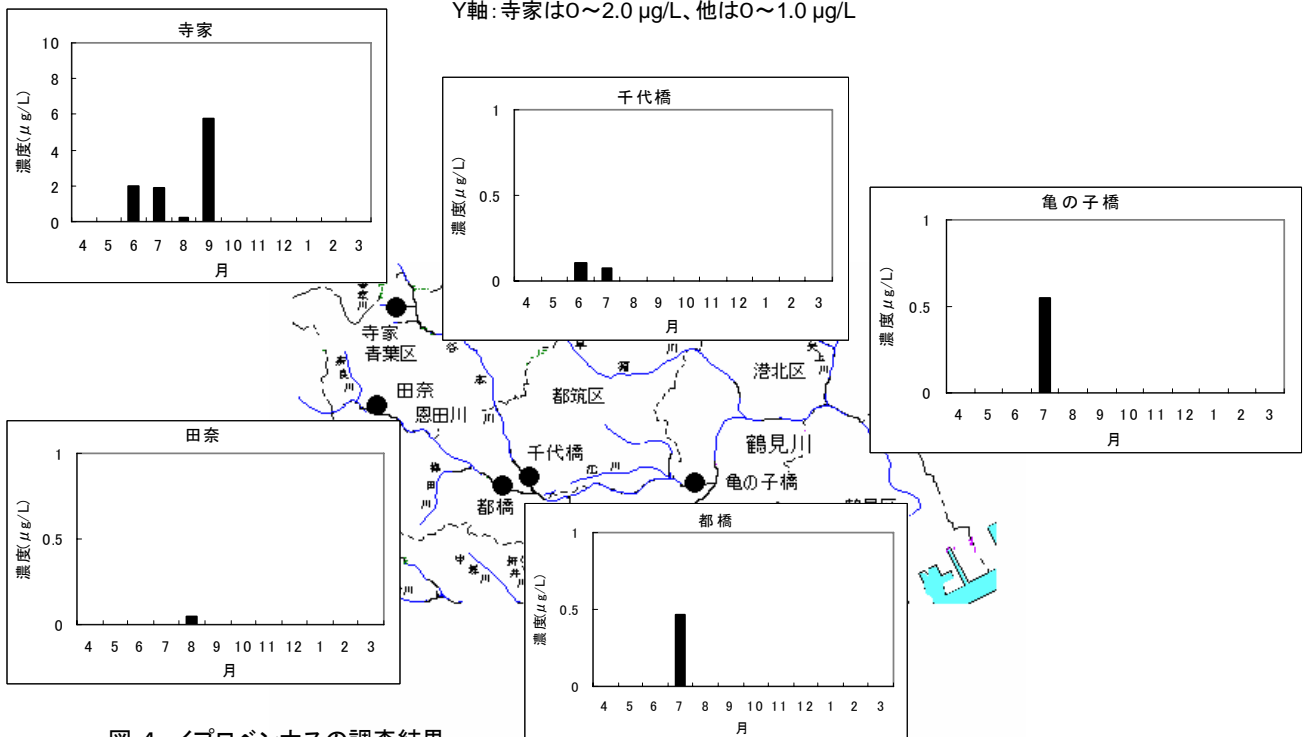


図-4 イプロベンホスの調査結果

Y軸: 寺家は、0~10 μg/L、他は 0~1.0 μg/L

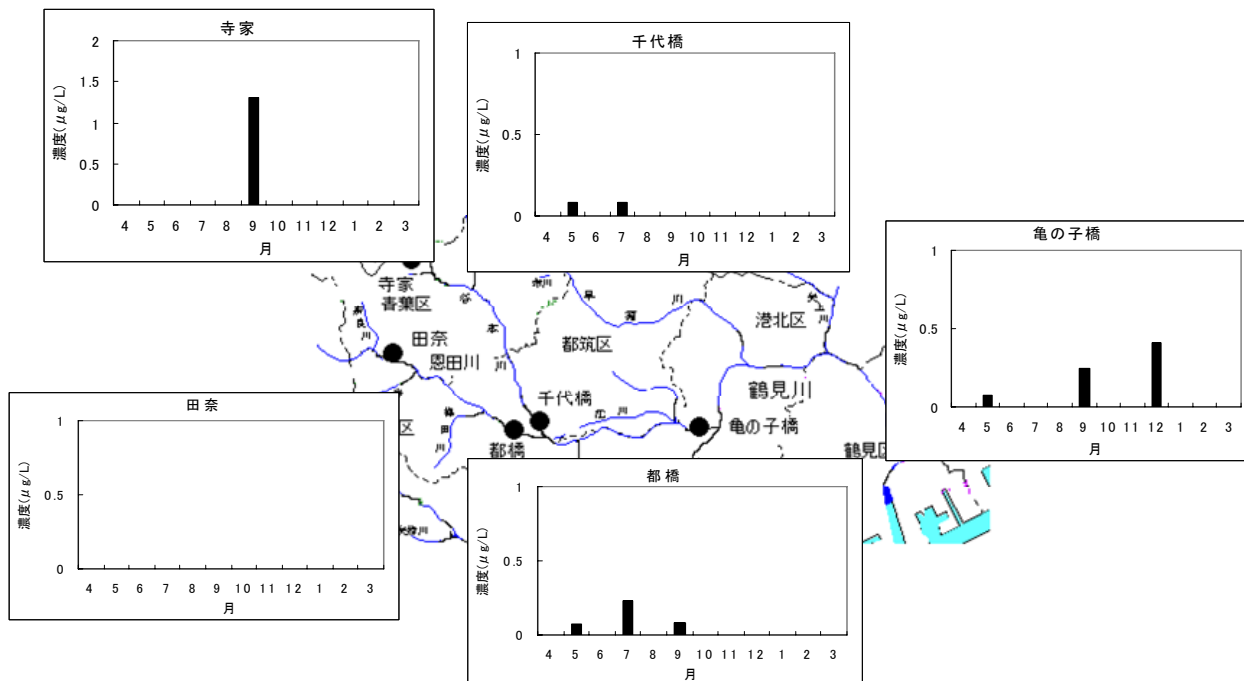


図-5 フェニトロチオンの調査結果

Y軸: 寺家は0~2.0 $\mu\text{g/L}$ 、他は0~1.0 $\mu\text{g/L}$

- 4) 酒井 学：横浜市内河川の農薬調査について，横浜市環境科学研究所報，**24**，101-106 (2000)．
- 5) 酒井 学：鶴見川における農薬調査について，横浜市環境科学研究所報，**30**，46-49 (2006)．
- 6) 酒井 学：鶴見川における農薬調査について (II)，横浜市環境科学研究所報，**31**，102-107 (2007)．
- 7) 環境省：化学物質の環境リスク評価第2巻，2003．
- 8) 吉田光方子、鄭 小萍、藤森一男：加古川下流域における農薬の濃度変動，兵庫県立健康環境科学研究所年報，**2**，162-167 (2003)．

- 9) 吉田光方子、藤森一男：水田地域における河川水中農薬調査，兵庫県立健康環境科学研究所年報，**2**，28-36 (2005)．
- 10) Kikuchi, M., Sasaki, Y. and Wakabayashi, M., Screening of organophosphate insecticide pollution in water by using *Daphnia magna*, Ecotoxicol. Environ. Safety, **47**, 239-245 (2000)．
- 11) Sakai, M., Use of chronic tests with *Daphnia magna* for examination of diluted river water, Ecotoxicol. Environ. Safety, **53**, 376-381 (2002)．

大岡川の水環境

－ 水質の経年変化および農薬の季節調査 －

二宮勝幸（横浜市環境科学研究所）

Water quality environment in Ohoka River in Yokohama City ; Trend analysis of water quality and seasonal variations of pesticide concentration

Katsuyuki Ninomiya
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：河川、水質の経年変化、PRTR、農薬の季節変化、魚死亡事故

要旨

比較的多くの魚種が見られるようになってきた大岡川を対象に、過去 30 年間の公共用水域水質測定結果を用いて水質の経年変化を解析するとともに、水質の経年変化と魚の死亡事故件数との関係を調べた。また、水生生物に対する影響が大きい農薬を対象に大岡川 6 地点において 2007 年度に毎月 2 回の環境調査を実施した。

水質の経年変化については、BOD や TN などは 1984 年ごろから減少し、逆に DO などは増加した。このように下水道普及率の向上などにもとない水質が改善されてきたが、水温は年に 0.09℃、NO₃-N は 0.03mg/L の割合で増加してきている。一方、魚種が増えるにもとない、魚の死亡事故件数は増加してきている。それらの原因は不明なものも多いが、河口・感潮域では貧酸素など一時的な水質の悪化が魚類の生息に悪影響を及ぼしていると考えられた。

農薬の季節変化については、PRTR 対象農薬のうち横浜市内において使用量の多い 37 種類の農薬を調査した結果、殺虫剤 5 種類、殺菌剤 1 種類および除草剤 4 種類の計 10 種類の農薬が検出された。全 6 地点における平均検出割合は殺虫剤 48%、殺菌剤 1%、除草剤 51%であった。50%以上の検出率を示した農薬は殺虫剤の Dichlorvos と Fenitrothion、および除草剤の Dichlobenil と Simazine であり、ほぼ年間を通して検出された。しかし、いずれの農薬も環境基準値や指針値を超えておらず、平常時における魚類への影響は少ないと考えられた。

1. はじめに

下水道普及率の向上や排水規制の強化などによって、河川水質が改善され河川に魚が戻ってきており、市内河川のなかでも大岡川では比較的多くの魚種が見られるようになってきた¹⁾。水質についてみると、横浜市における下水道普及率が 1975 年に 23%で、その時の大岡川の BOD は 13mg/L であったが、2005 年には下水道普及率は 99.7%、BOD は 2.2mg/L となった²⁾。

一方、河川や海域における魚の死亡事故はいまだに発生している^{3, 4)}。事故原因としては、貧酸素など気象因子が影響しているものや、水生生物に対する影響の大きい農薬などの毒物によるものがあるが、原因不明のものも多い⁵⁾。

したがって、魚の死亡事故の原因を解明しその発生を抑制していくためには、まず魚の死亡事故と水質の経年変化との関係を検討しておく必要がある。また、水生生物に対する影響の大きい農薬類はそれぞれ異なる物性を持ち、田畑のほか農業以外の用途でも使用されていることから、これら農薬類の河川中における濃度推移を年間を通して把握しておくことが重要である。さらに、農薬の流出特性を詳細に把握するためには、調査を定期的かつ調査間隔を短くして実施することが重要と考えられる⁶⁾。

そこで、公共用水域水質測定計画結果を用いて大岡川における水質の経年変化を解析し、と魚の死亡事故との関係を検討するとともに、大岡川において毎月 2 回の頻度で年間を通しての農薬調査を実施したので、その結果について報告する。

2. 方法

2-1 大岡川の概要

大岡川は、磯子区氷取沢に源流があって、途中、日野川と合流し横浜市の中心部を流れ、横浜港に注ぐ流域面積 35.6 平方 km、総延長 28km（支川を含む）の河川である（図 1）。なお、治水対策などのため、流域には 2ヶ所の分水路および 33 基の落差工がある^{7, 8)}。

2-2 解析方法および調査方法

2-2-1 水質の経年変化

水質の調査地点は、図 1 に示した公共用水域水質測定計画の測定地点の清水橋であり、感潮域に位置している。解析に用いたデータは清水橋における 1976 年 4 月から 2006 年 3 月までの毎月の調査結果である⁹⁾。また、大岡川における魚の死亡事故は横浜市の環境白書のデータを用いた^{3, 4)}。

2-2-2 農薬の季節調査

2-2-2-1 調査地点および調査時期

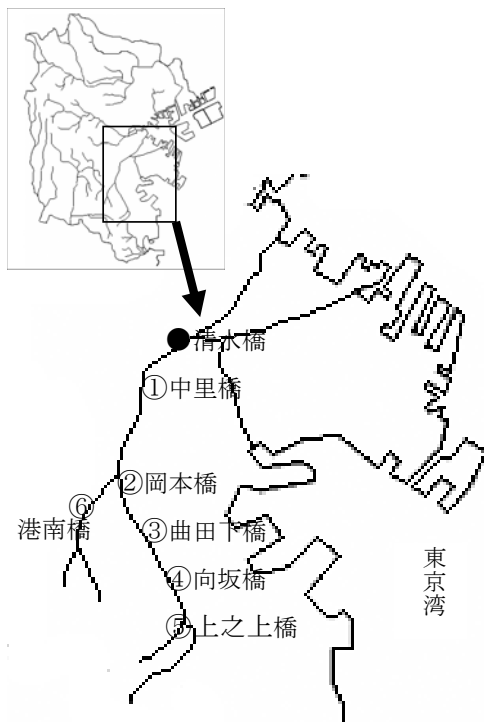


図1 大岡川の調査地点

調査地点は、大岡川本流の5地点（下流からSt.1中里橋、St.2岡本橋、St.3曲田下橋、St.4向坂橋、St.5上之上橋）と支流日野川の1地点（St.6港南橋）の計6地点である（図1）。

調査時期は、2005年4月から2006年3月まで、毎月2回（上旬と下旬）であり、降雨時や降雨影響がある日を避けて行った。水試料は水冷して運搬し、当日あるいは翌日までに分析に供した。

2-2-2-2 分析方法

調査対象農薬は、横浜市内において2003年度に使用量の多かったP R T R農薬¹⁰⁾のうちGC/MSで測定可能な下記の37種類である。

殺虫剤 21種類：Buprofezin、Chlorpyrifos、Chlorpyrifos methyl、Cyanophos、Diazinon、Dichlorvos、Dimethoate、Dimethylvinphos (E & Z)、Disulfoton、EPN、Fenitrothion、Fenobucarb、Fenthion、Isoprocarb、Isoxathion、Malathion、Methidathion、PHenthoate、PHosalone、Pyridaphenthion、 α & β -Endosulfan

殺菌剤 4種類：Chlorothalonil、Edifenphos、Etridiazol、Iprobenphos

除草剤 12種：Benfluralin、Butamifos、Cafenstrole、Dichlobenil、Esprocarb、Molinate、Pretilachlor、Propyzamide、Pyributicarb、Simazine、Simetryn、Thiobencarb

前処理は前報¹¹⁾に準じて行い、定量方法はSIM法により行った。今回の調査では、殺虫剤5種類、殺菌剤1種類、除草剤4種類の合計10種類の農薬が検出されたので、表1にそれらの定量イオンと確認イオンを示す。定量は、内標準のNaphthalene-d8（定量イオン=136）、Acenaphthene-d10（同164）、Phenanthrene-d10（同188）およびCrysene-d12（同240）と各農薬の定量イオンの面

表1 検出農薬の定量イオンと確認イオン

農薬名	定量イオン (m/z)	確認イオン (m/z)
Chlorpyrifos	314	286
Chlorpyrifos methyl	286	288
Dichlorvos	185	109
Diazinon	248	179
Fenitrothion	277	260
Chlorothalonil	266	264
Benfluralin	292	264
Dichlobenil	171	173
Propyzamide	254	175
Simazine	201	186

積値を用いて行った。定量下限値は1 ng/Lである。

3. 結果と考察

3-1 水質の経年変化

3-1-1 公共用水域水質測定計画の調査結果からみた水質の推移

図2に清水橋における1976年4月から2006年3月までの毎月の公共用水域水質測定計画による調査結果を示す。点線は実測値、実線は12ヶ月移動平均値の推移である。

まず、基本的な項目である水温についてみると、その12ヶ月移動平均値は1985年ごろからわずかに上昇する傾向が認められた。1985年から2005年までの水温の上昇割合を回帰式より求めると、0.09℃/年であった。河川水温は比較的高温の下水処理水の影響を受けているとの報告があるが¹²⁾、大岡川流域に下水処理場はない。一方、測定地点は感潮域であることから、海水の影響も考えられる。塩素量 (CL) についてみると、CLは1985年ごろからやや増加傾向を示してきた。CLは1997年以降は6ヶ月間隔での測定になっているので、その年以降と以前の傾向を一樣に比較できないが、水温上昇の一因として、海水の流入量の増加が何らかの影響を及ぼしている可能性が考えられた。今後、他の要因も含めて検討していく必要がある。

pHやDOは水温と同様に1985年以降、上昇傾向を示し、pHの上昇はpH値の比較的高い海水の流入の増加にともなうため、またDOの上昇は後述するように有機汚濁の改善によるためと考えられた。なお、上記2項目はともに植物プランクトンの増殖にともない上昇することから、その影響も考えられるが、植物プランクトン量の指標であるクロロフィルaのデータが無いので、ここでは言及できなかった。

水温等とは反対にBODやCODは1985年ごろを境にして減少傾向を示した。先述したように、横浜市における下水道普及率が1975年に23%で、その時の大岡川のBODは13mg/Lであったが、1988年には下水道普及率は80%、BODは4mg/Lとなったことから、有機物による汚濁が大幅に改善されたと考えられた。

一方、栄養塩類のほとんどの項目は減少傾向を示したが、NO₃-Nについては1990年ごろから年に0.03mg/Lの

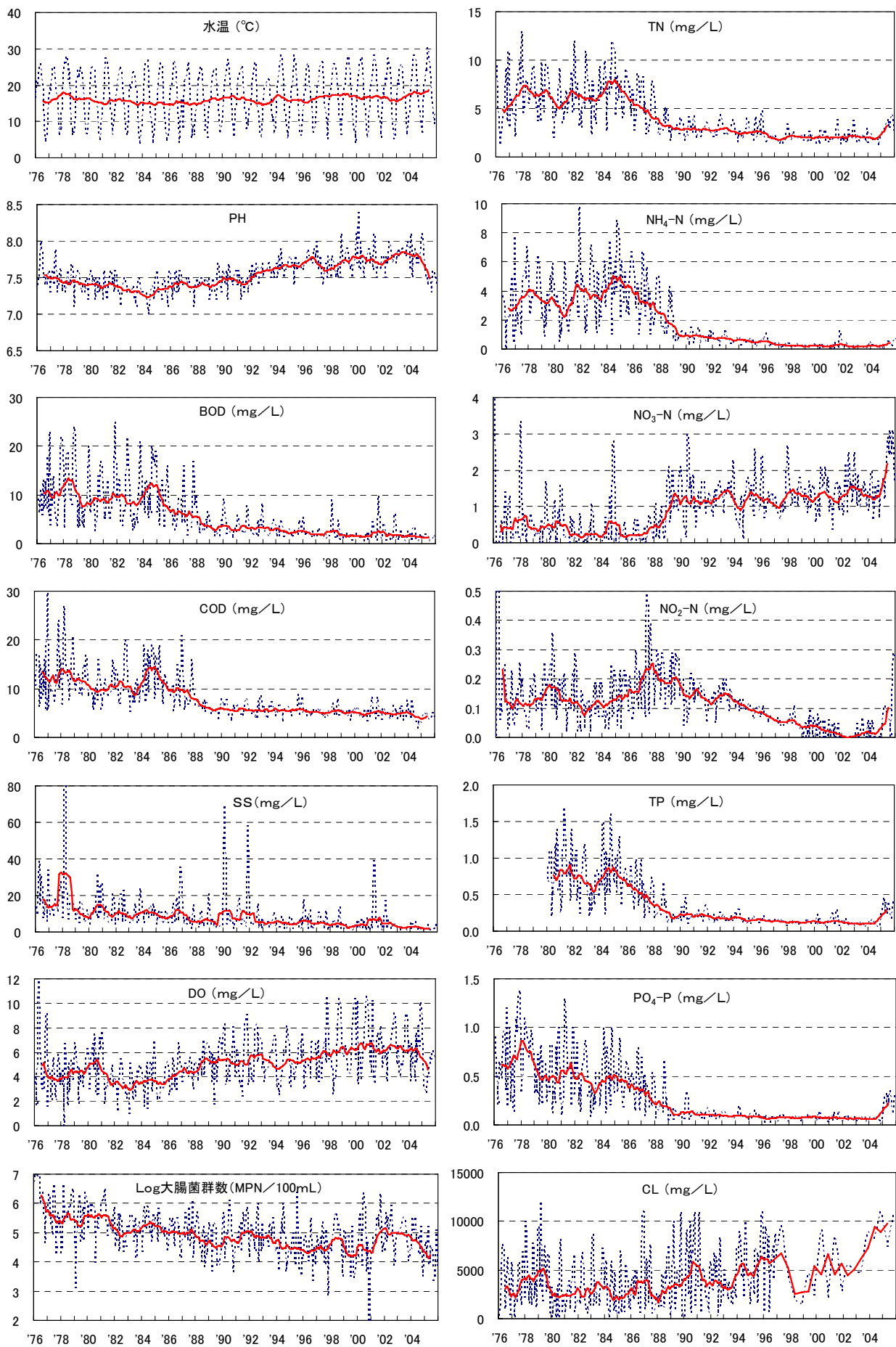


図2 大岡川・清水橋における水質経年変化(点線は実測値、実線は12ヶ月移動平均)

割合で上昇してきていた。この一因として、NO₃-N 濃度の比較的高い地下水が増加してきており¹³⁾、それらが地下水流や湧水として河川に流出してきていることが考えられた^{14, 15)}。そのほか、NH₄-N の消化などによる影響も考えられることから、NO₃-N の上昇の原因についてはさらに検討していくことが必要である。

3-1-2 魚の死亡事故と水質との関連

著者が1976年度から1984年度までの9年間に市内水域で発生した魚類の死亡事故について調べたところ、原因不明が半数以上を占めること、酸欠の発生水域は水質汚濁の程度が高くコイ・フナの放流が盛んな柏尾川下流と大岡川中流であること、工場排水等による直接原因物質はシアンやアルカリ性の排水等によるものが多いことなどを明らかにした⁶⁾。

そこで、最近までの水質データを加えて、大岡川における魚の死亡事故について調べた。図3に大岡川において1976年度から2005年度までに発生した魚死亡事故の原因が不明のものとして原因が不明あるいは推定されたものに分けて示した。

事故件数は1970年代の半ばから1990年代の半ばまではほぼ毎年発生しており、特に1988年から1996にかけては複数件発生する年も多かった。それ以降、事故件数は減少したが、2002年を境にして再び増加してきている。また、原因不明の場合が多くなっている。最近の5年間についてみると、魚類死亡事故は2002年度、2004年度、2005年度にそれぞれ1件、2件、3件発生したが、事故

の発生場所は各年度とも1件ずつは河口・感潮域においてであった。被害魚種はそれぞれマハゼ、ボラ、ハゼであり、2005年度のハゼの事故原因は貧酸素と推定されている。

水質の経年変化(図2)から、1988年にBODは4mg/Lとなり水質はかなり改善され、また、3年ごとに実施されている生物相調査¹⁾によると、1984年まで大岡川中流域にはほとんど生息していなかったモツゴやフナが1987年以降に出現した。また、周縁性淡水魚のサツパ、コノシロが1987年から出現した。

このように水質の改善とともに魚類相も回復してきているが、汚染底質が堆積し、赤潮も発生している河口沿岸域では貧酸素など一時的な水質の悪化により魚の生息に悪影響を及ぼしているものと考えられる。また、毒物が原因となっている事故では農薬が原因物質となっている場合もあることから、平常時における農薬の流出特性を把握しておくことは重要であろう¹⁶⁾。

3-2 農薬の季節調査

3-2-1 結果の概要

表2に農薬の調査結果を示した。

検出率が50%以上を示した農薬は、殺虫剤のDichlorvos(平均値は13.2ng/L)とFenitrothion(同10ng/L)、および除草剤のDichlobenil(同3.1ng/L)とSimazine(同5.1ng/L)であり、平均値は前2項目のほうが後2項目よりも1桁高かった。基準値等についてみると、Dichlorvosは要監視項目の暫定指針値として8

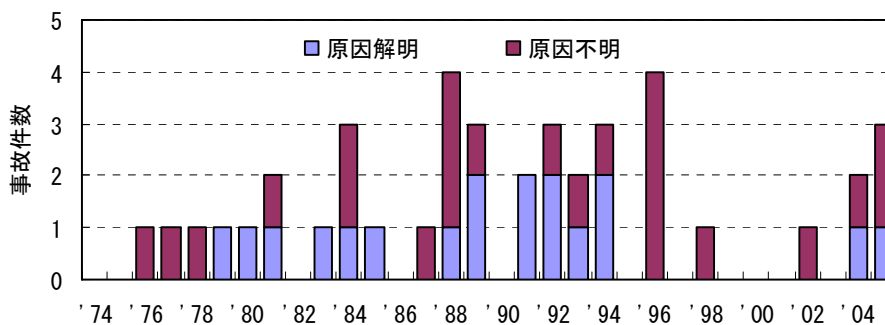


図3 大岡川における魚死亡事故件数の経年変化

表2 農薬調査結果

種類	農薬名	検出 検体数	検出率 (%)	平均値 (ng/L)	最大値 (ng/L)	各地点の平均値 (ng/L)					
						St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6
殺虫剤	Chlorpyrifos	1	1	0.1	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
	Chlorpyrifos methyl	1	1	0.1	2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
	Dichlorvos	75	52	13.2	363	15.9	56.3	2.1	2.3	0.6	2.0
	Diazinon	61	42	4.0	51	6.0	7.9	3.8	1.5	0.5	4.2
	Fenitrothion	76	53	10.0	267	15.9	17.1	11.5	4.6	0.1	10.8
殺菌剤	Chlorothalonil	5	3	0.2	2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1
除草剤	Benfluralin	11	8	3.8	196	2.5	6.3	8.7	4.5	0.2	0.5
	Dichlobenil	86	60	3.1	23	4.9	5.5	4.1	1.1	0.2	3.0
	Propyzamide	16	11	0.8	26	0.7	1.3	1.2	1.1	0.1	0.5
	Simazine	119	83	5.1	30	5.0	8.3	8.6	5.1	0.3	3.5

注1) 検出率は、全検体数144に対する検出検体数の割合である。

注2) 平均値の算出において、NDの場合は検出限界(1ng/L)の1/10の値を用いた。

注3) 各地点の平均値において、太字は最大値を示した地点である。

$\mu\text{g/L}$ 、Fenitrothion は同じく $3\mu\text{g/L}$ 、Dichlobenil は水質管理目標値として $10\mu\text{g/L}$ 、そして Simazine は環境基準値として $3\mu\text{g/L}$ となっているが¹⁷⁾、今回の調査の平均値は環境基準値や暫定指針値等より2桁から3桁低く、最高濃度でも1桁から2桁低かった。また、これら4種類以外の農薬の濃度もそれぞれの環境基準値等より低かった。

一方、1996年度に横浜市内3河川の上中流域6地点において月1回の頻度で実施した農薬調査の結果によれば、平均値として、Dichlorvos は 280ng/L 、Fenitrothion は 160ng/L 、Simazine は 40ng/L であった¹¹⁾。1996年度の調査の平均値は今回の調査の平均値よりも1桁高かった。これは、1996年度の調査地点の流域には水田や畑の占める面積が相対的に大きいため、農薬濃度が高まったと考えられた。特に、水田用農薬である除草剤の Molinate や Simetryne や Thiobencarb、殺菌剤の Iprobenphos などは1996年度調査では検出されていたが、今回の調査では検出されなかった。1996年度の調査では測定対象ではなかった除草剤の Dichlobenil の検出率は60%と Simazine の83%に次いで2番目に高い検出率を示した。Dichlobenil は Simazine と同様に畑地や果樹などに使用されるほか、非農耕地用にも使用されている¹⁷⁾。

市内における総農地面積は1985年の5035haから2005年の3370haにおよそ33%減少した¹⁸⁾。また、田畑の面積割合は1985年に15:85であったが、2005年には8:92となり、水田の割合が大きく減少した¹⁸⁾。このように、横浜市では農地面積とともに水田の割合も減少してきている。また、2005年における市全域の農地面積(3370ha)のうち、大岡川の流域に含まれる金沢、磯子、港南、南区の総農地面積は112haで、市全域の約3.3%を占めるだけであり¹⁸⁾、その流域にはほとんど水田がない。したがって、大岡川流域では、農薬の使用量自体が少なく、しかも水田用農薬がほとんど使用されていないことが示唆される。非農耕地用にも使用されている Simazine や Dichlobenil の検出率が高かったことから推察されるように、住宅地や緑地など非農耕地の面積割合が高いことが大岡川流域の特徴と考えられた。

Chlorpyrifos については、1996年度調査では平均値 $0.09\mu\text{g/L}$ 、検出率42%であったが、今回の調査ではほとんど検出されなかった。これは、流域特性の違いのほか、Chlorpyrifos のシロアリ防除剤としての使用が2002年3月に中止となったことも影響していると考えられた。

各地点の特徴をみると、平均値が多くの項目で最も高い濃度を示した地点は St.2 であり、次いで St.1、St.3、St.6、St.4、St.5 の順であった。St.2 とその上流の St.3 の平均値を比較すると、St.2 で高濃度の農薬は殺虫剤であり、特に Dichlorvos が高かった。しかし、除草剤ではほとんど同じ値か逆に St.3 のほうが高濃度であった。

3-2-2 農薬濃度の季節変化

図4に検出率が40%以上を示した5種類の農薬について濃度の季節変化を示した。

殺虫剤についてみると、Dichlorvos はほぼ年間を通して検出されるが、2月から8月までが比較的高濃度を示

す場合が多かった。最も高濃度を示す地点は St.2 であり、次いで St.1 であった。しかし、St.2 の上流に位置する St.3 において、Dichlorvos はそれら2地点よりもかなり低い濃度で推移した。St.2 と St.3 の間で Dichlorvos の負荷が高くなった可能性が示唆された。Dichlorvos は田畑のほか、家庭・防疫用、くん煙剤・蒸散剤・ファン付殺虫剤、犬蚤取首輪用など多くの用途で使用されていること¹⁷⁾、その蒸気圧は $1.2 \times 10^{-2}\text{mmHg}$ と他の農薬のそれよりも2桁以上高く蒸発しやすいこと¹⁹⁾などが影響していると考えられた。調査時期についてみると、St.2 で Dichlorvos が 50ng/L 以上の濃度を示したのは計6回あり、1回は上旬の調査日、5回は下旬の調査日であった。Dichlorvos が上旬よりも下旬のほうで高濃度を示す理由は明らかではないが、もし調査日を月1回で上旬のみにした場合は、年間を通して1回だけしか高濃度に検出されないことになる。農薬を対象にした濃度や負荷量の季節変化を把握するためには、なるべく高頻度かつ一定の間隔で調査することが望ましいが、少なくとも月に2回の頻度で調査を行うことで季節変動が把握できると思われた。

Diazinon は4月から6月までと9月から12月までが比較的高濃度で推移した。4月から6月までは、地点ごとの濃度に大きな違いはなかったが、9月から12月までは、St.2 が他地点よりも高濃度を示した。Diazinon は防疫や公衆衛生などの用途に使われ、発生源が宅地や都市域からの寄与が無視できない¹⁷⁾。

Fenitrothion はほぼ年間を通して検出されるが、4月から8月まで比較的高濃度であった。また、日野川の St.6 では4月と7月に Fenitrothion が全地点のなかで最も高濃度になった。Fenitrothion は稲・野菜以外に松・桜シロヒトリ用とシロアリ防除剤などにも使用されている¹⁷⁾。

次に除草剤の Dichlobenil はほぼ年間を通して検出され、ほとんどの地点で類似した季節変化パターンを示した。なかでも4月から6月までと9月から11月までが比較的高濃度で推移していることから、これらの期間に Dichlobenil の使用が多くなると考えられた。

Simazine も Dichlobenil とほぼ同様に春季と秋季に濃度が高くなるという季節変化を示すが、秋季の比較的高濃度で推移する期間が Dichlobenil の9月から11月までに比べて1ヶ月遅い10月から12月となった。Simazine は畑地・果樹・芝生・河川敷・ゴルフ場などに使用され、Dichlobenil は水田・畑地・果樹・非農耕地用などに使用されることから¹⁷⁾、使用形態の違いが Simazine と Dichlobenil とでやや異なる季節変化を示したと考えられた。

3-2-3 検出頻度の季節変化

農薬を系統別に分けて検出頻度の季節変化の特徴を調べた(図5)。殺虫剤と除草剤はともに1月前後にやや検出頻度は少なくなるもののほぼ年間を通して検出された。殺菌剤については5検体が検出されるだけで、また、検出される時期に一定の傾向は認められなかった。

次に、殺虫剤と除草剤について、それぞれ種類ごとの検出頻度の季節変化を示したのが図6である。殺虫剤に

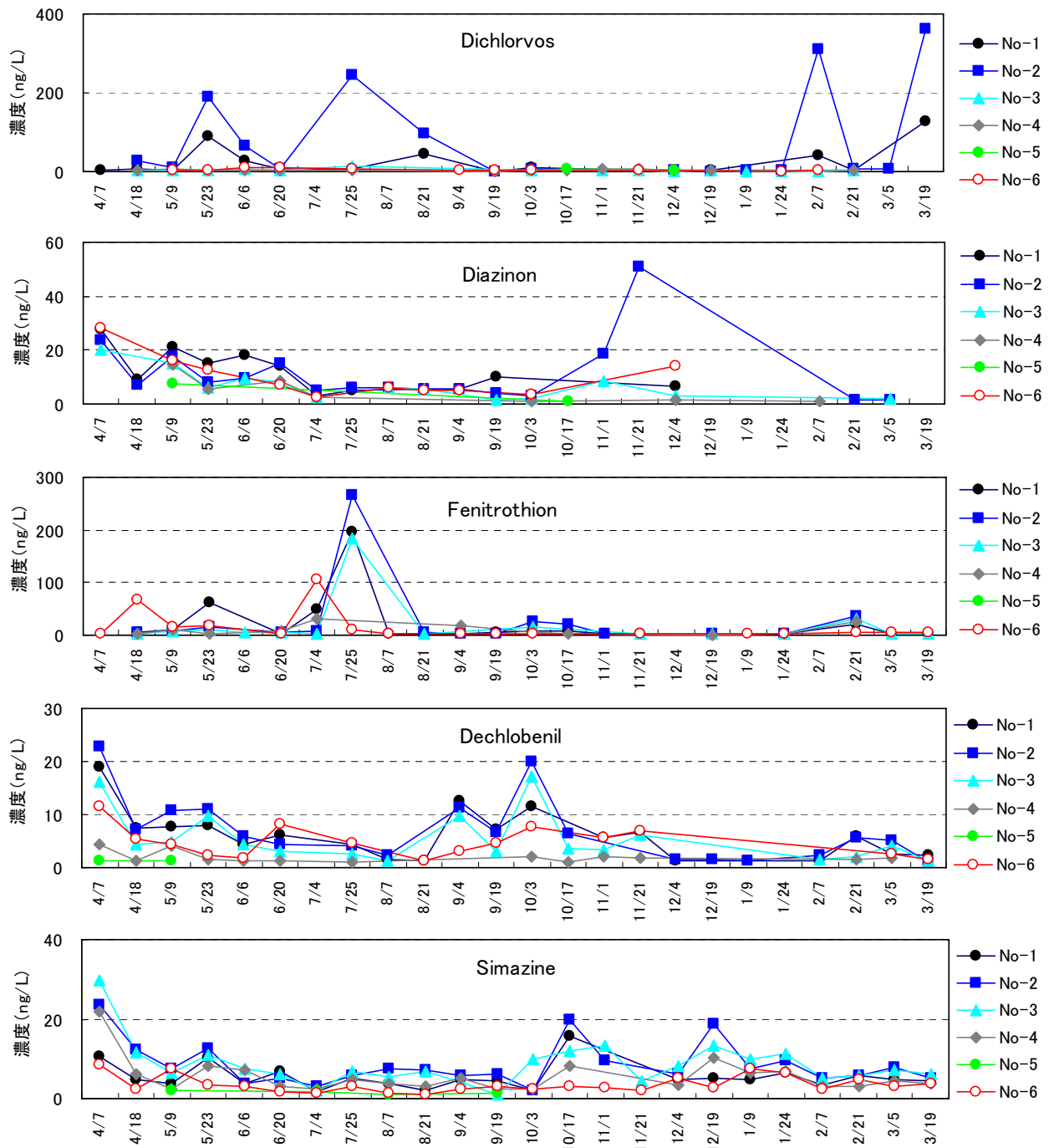


図4 農薬濃度の季節変化

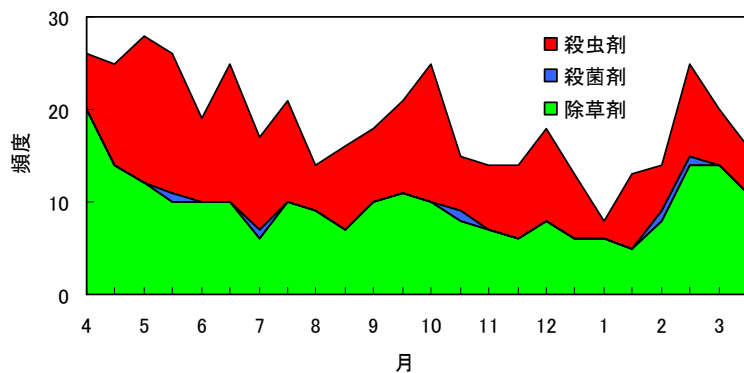


図5 農薬系統別の検出頻度の季節変化

については、Dichlorvos と Fenitrothion はほぼ年間を通して検出されるが、Diazinon は春季から秋季にかけて検出された。Chlorpyriphos methyl と Chlorpyriphos はそれぞれ11月と12月に1回ずつ検出されたのみであった。除草剤については、Simazine がほぼ年間を通して検出され、Dichlobenil も冬にやや低下するもののほぼ年間を通して検出された。一方、Benfluralin は4月と9月に、Propyzamide は主に2月から4月にかけて、それぞれ数回のみ検出された。このように、大岡川流域では畑や果樹のほか公園・緑地用途等いわゆる都市型農薬がほぼ年間を通して使用されていると考えられた。

3-2-4 地点別の各農薬の検出頻度

地点ごとの特徴を調べるため、農薬を系統別に分けて各地点の検出頻度を図7に示した。検出頻度はSt.2でほぼ100回と最も多く、次いでSt.1、St.3、St.6、St.4の順であり、いずれも70回以上の検出頻度を示した。最も検出頻度の少ない地点はSt.5で、15検体が検出された。St.5の上流に農業専用地区があるが、その影響は認められなかった。それぞれの農薬系統別の割合は、

全地点平均として殺虫剤48%、殺菌剤1%、除草剤51%であった。

次に、図8に殺虫剤と除草剤のそれぞれについて各地点の検出頻度を示した。殺虫剤についてみると、検出頻度はSt.2で50回と最も多く、次いでSt.1、St.3、St.6、St.4、St.5の順であった。St.5の検出頻度はDichlorvosの3回とFenitrothionの2回の計5回であり、他地区で検出されているDiazinonは不検出であった。平均検出割合はDichlorvos35%、Diazinon29%、Fenitrothion36%となり、大きな違いは認められなかった。除草剤では、検出頻度の多寡の順は殺虫剤の場合と同様であるが、地点間の差が殺虫剤の場合よりも小さかった。また、表2に示したように、除草剤は殺虫剤に比べて検出率は高く、平均濃度は低かった。したがって、除草剤は殺虫剤よりも低濃度ながら、広範囲に分布していると考えられた。除草剤の平均検出割合は多い順にSimazine 51%、Dichlobenil 37%、Propyzamide 3%、Benfluralin 1%であった。

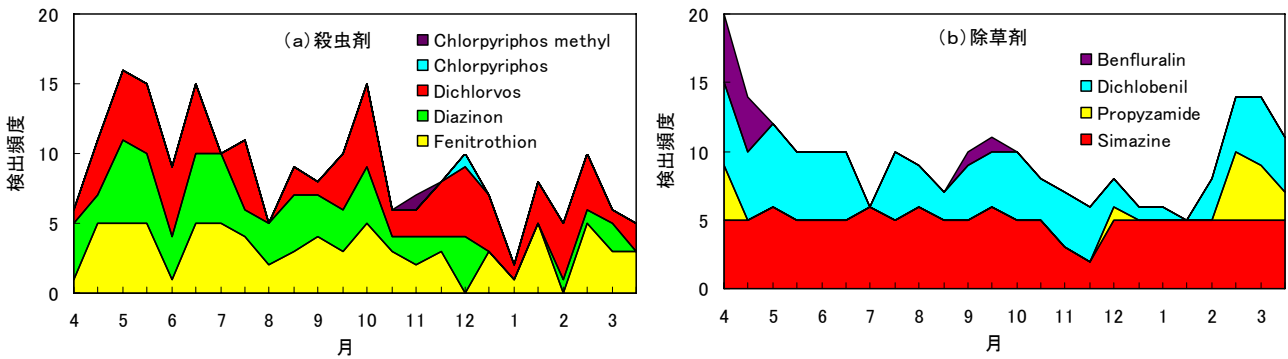


図6 各農薬の検出頻度の季節変化

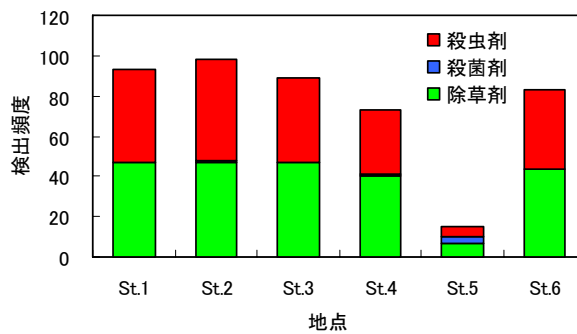


図7 地点別の農薬系統別検出頻度

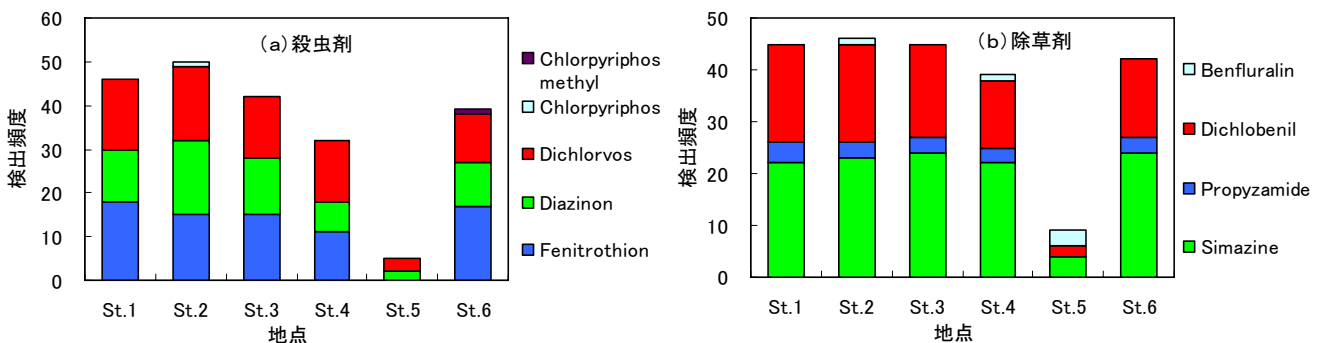


図8 地点別の各農薬の検出頻度

4. まとめ

大岡川を対象にして水質の経年変化と農薬の季節変化等を調べた結果、以下のことが明らかとなった。

1) 水質は1980年代半ばより改善されてきており、それともない魚類相も回復してきているが、魚の死亡事故件数は増加する場合もあった。

2) 水質項目の中で経年的に上昇傾向を示すのは、水温とNO₃-Nなどであり、それぞれの上昇割合は年に0.09℃と0.03mg/Lであった。

3) 農薬については、調査対象37種類のうち、殺虫剤5種類、殺菌剤1種類、除草剤4種類の計10種類が検出され、平均検出割合はそれぞれ48%、1%、51%であった。しかし、いずれも環境基準値等を下回っており、平常時における魚への影響は小さいと考えられた。

4) 大岡川では流域特性を反映して、田畑以外の非農耕地にも使用されるDichlorvos、Diazinon、Fenitrothion、DichlobenilおよびSimazineが低濃度ながら、ほぼ年間を通して検出された。

文献

- 1) 横浜市環境保全局：横浜の川と海の生物、第8報(1998)
- 2) http://www.city.yokohama.jp/me/kankyou/data/gesu_i/
- 3) 横浜市公害対策局：公害との戦い、昭和51年度～昭和57年度
- 4) 横浜市環境保全局：横浜環境白書、昭和58年度～平成17年度
- 5) 二宮勝幸：横浜市における魚類へい死事故について、横浜市公害研究所報、11、161～167(1986)。
- 6) 海老瀬潜一、川村裕紀：淀川本川の高頻度定時調査と出水時調査による農薬流出評価、水環境学会誌、29、705-713(2006)。

- 7) 小市佳延、福嶋 悟、樋口文夫、下村光一郎：分水路取水庭の河川機能に及ぼす影響に関する研究、横浜市環境科学研究所報、30、10-19(2006)。
- 8) 樋口文夫、福嶋悟、宇都誠一郎：大岡川の河川構造物が魚類分布に与える影響に関する調査報告、横浜市環境科学研究所報、29、30-57(2005)。
- 9) 神奈川県：県神奈川県水質調査年表、昭和51年度～平成17年度。
- 10) http://www.k-erc.pref.kanagawa.jp/prtr/PRTR_data_index.html
- 11) 二宮勝幸：横浜市内河川における農薬汚染の特徴、横浜市環境科学研究所報、23、9-15(1996)。
- 12) 中室克彦、奥野智史、高田聡子、田口 寛、井上知明、上田彬博、福永 勲、加賀城直哉、服部幸和、厚井弘志：都市河川水の水温に及ぼす下水処理場放流水の影響、水環境学会誌、29、177～181(2006)。
- 13) 田瀬則雄：硝酸・亜硝酸性窒素汚染対策の展望、水環境学会誌、26、546-550(2003)。
- 14) 二宮勝幸：河川水質データの時系列解析—気象および社会因子による過去15年間の水質変化—、用水と廃水、36、5～12(1994)。
- 15) 二宮勝幸、水尾寛己：主成分分析法を用いた周期的時系列データの解析(Ⅱ)、横浜市公害研究所報、13、121～129(1989)。
- 16) 畠山成久：河川環境における農薬類生態影響の総合評価、水環境学会誌、29、444-449(2006)。
- 17) 植村振作、河村宏、辻万千子：農薬毒性の事典(第3版)、三省堂。
- 18) <http://www.city.yokohama.jp/me/stat/toukeisho/new/t010400.xls>
- 19) <http://www2.sala.or.jp/~bandaikw/archiv/pesticide/insecticide/organophos/DDVPHtm#別名・商品名：ジクロロボス、2、2-di>

オリエンテーリングを利用した視覚障害者の歩行実験

鹿島教昭*¹ (横浜市環境科学研究所)

田村明弘*²・太田篤史*³ (横浜国大工学部)

鈴木和子*⁴ (横浜市立盲学校)、小澤繁之*⁵ (横浜市視覚障害者福祉協会)

Experimental walking of the visually challenged by means of orienteering

*1 : Kashima Noriaki (Yokohama Environmental Research Institute)

*2 : Tamura Akihiro and *3:Ota Atsushi (Faculty of Engineering, Yokohama National Univ.)

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

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

キーワード：視覚障害者、オリエンテーリング、音声情報装置、歩行訓練、歩行実験、メンタルマップ

要旨

視覚障害者は街からの聴覚、嗅覚及び触覚情報を駆使して歩行する。それらの情報を備えた街の一地区(120m×170m)に5台の発信機を設置し、視覚障害者が携帯する受信機で発信機から位置情報として音声で断片的指令を受けながら計9つのチェックポイントを、時間制限無しで通過しゴールするオリエンテーリング実験を行った。4名の被験者は地区の概略のみの触地図を与えられ、全員が自らの判断で歩行コースを選択しゴールした結果から、この手法は、改善・開発の余地は大いにあるが、視覚障害者の歩行意欲を高め、彼らのメンタルマップの形成に寄与し、歩行に楽しみを増す可能性は大きいと考えられる。

1. はじめに

視覚障害者は屋外歩行をする場合、視覚以外の触覚、聴覚、嗅覚などからの情報を駆使して環境を把握する。彼らが外出時に携帯する白杖は、触覚情報としての、主として点情報を、また或る範囲の線情報をほぼ確実に与える。他方、環境音は3次元の空間情報であり情報量が多く、その上手な利用は、点情報に比し空間内における自己の定位と進行方向の確認に勝る。

これまで視覚障害者支援研究は多くが誘導に関するものであり、最近では全地球測位システム(GPS)を利用し携帯型の受信端末に音声で位置情報を伝える研究^{1,2)}や携帯電話で公共トイレに誘導する研究³⁾なども行われている。GPS利用では稠密な高層建物周囲や地下街では受信困難となり、携帯電話では、音声読み上げシステムが無いために音声ファイルをダウンロードして聞くという面倒な手順を要し、操作性の困難さが未解決であるが課題克服の研究が進められている。

筆者らは視覚障害者の外出時の音環境の把握法を調査しつつ⁴⁻¹¹⁾、誘導ではなく彼らの自立的歩行を支援する目的を持って調査研究を進めてきたが、これまでの歩行実験から、環境音を使うに得手不得手な方がおり、不得手な方は頭に描くメンタルマップに3次元の音を配置できない、またメンタルマップを2次元化できずに1次元に留まっている方の存在が明らかになった¹²⁻¹⁴⁾。勿論、メンタルマップが2次元化されればされるほど歩行は容易になる。

赤外線方式の発信器と受信機からなる音声情報装置を用いた実験^{15,16)}では、手に持って発信機を探さねばならない

という不便さはあるものの、音声で位置情報を得る便利さは視覚障害者にとって画期的であること、二つの位置情報の2次元的関係の把握が容易になること等が判明した。但し、赤外線は指向性が強く、従って長所として方向が認知し得るが、受信機を或る範囲内で発信機に向けねばならない短所を有する。

今回は、視覚障害者の歩行意欲を高め、その楽しみを与えつつ、メンタルマップの2次元化に役立つ歩行訓練の基礎資料を得ることを目的に、市街地に音声情報装置を組み込んだオリエンテーリング実験を初の試みとして行った。

2. 実験地区の選定

地区には触覚、聴覚、嗅覚等の情報が得やすく、道路構成の簡易さ、常に同一位置にあり信号音として利用できる音や動線としての歩行音や人声、車の音の存在、変化に富んだ特徴的音環境の存在、実験地区の外枠が音環境的に判断可能などの条件から、横浜市中区羽衣町と蓬莱町にわたる地区を選定した。

地区の概要を図-1に示す。長辺が約170m、短辺が約120mの矩形であり、地区内の道路構成は複雑ではない。

地区の外枠の一部となるA道路は地区の北西(以後、図-1を基準に位置を上下左右等で表現する)にある4車線の国道であり、大型車が走行し交通量や人通りが多く、2車線と比較的に車が少ない外枠のB、C、D道路とは音環境が異なる。C道路は広々とした大通り公園に接し比較的に静かであるが、工事音が響いていた。

常在信号音として、右上角に音響式信号機、音楽を流す

電気店、パチンコ店、自動販売機、コンビニ、工事現場がある。嗅覚的特徴として、ガソリンスタンド、中華料理店、そば屋、焼肉屋(実験時には閉店中)がある。

地区内には神社があり、E、F、G、H道路の車と人通りは少なく静かであるが、H道路は工事音の影響を受けている。

3. 被験者

実験は初の試みであるから、単独歩行が可能で歩行経験が比較的豊かかつ全盲の方々を被験者に選んだ。被験者の障害程度や外出状況の一覧を表-1に示す。

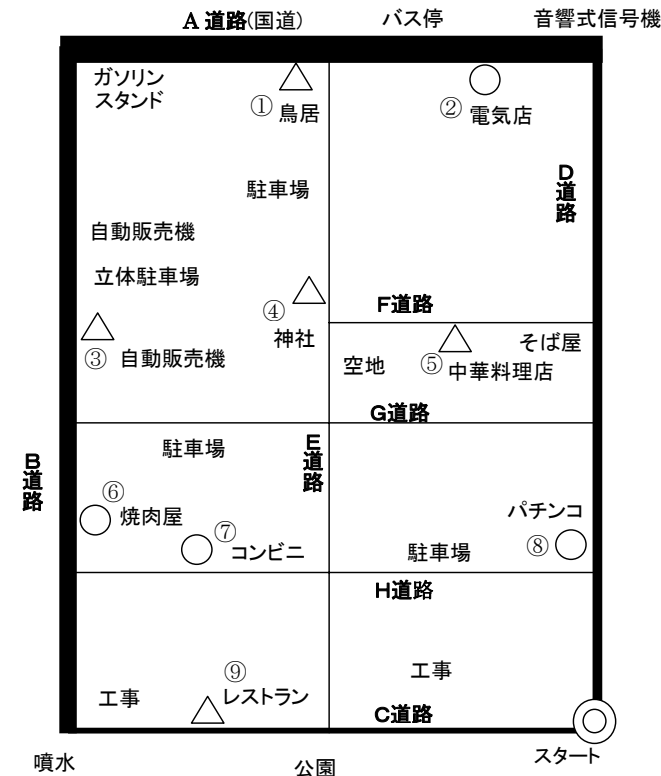


図-1 オリエンテーリングの地区(○と△はチェックポイント)

表-1 被験者(視覚障害者)の属性

性	歳	障害程度	外出状況、使用器具等
P	女	54	全盲、5歳8ヶ月で失明、視覚表象*1有り
Q	男	49	全盲、13歳で失明、先天性弱視、視覚表象有り
R	女	47	全盲、光覚*2、先天性弱視
S	男	36	全盲、9歳で失明、先天性弱視、視覚表象有り

*1:視覚表象:視覚的経験の記憶(心象とも)の有無、個人差は有るが約3歳から5歳までの失明では視覚表象が残らないと考えられている。

*2:光覚:暗室内で瞳孔に光を射れ明暗が判別可の視力を持つ障害

4. 実験方法

4.1 オリエンテーリングの概要

被験者は、触地図を頼りに実験地区内にある9つのチェックポイントを探し出し、ゴールを目指す。オリエンテーリングはスタートからゴールするまでの所要時間を競うが、本実験は視覚障害者用オリエンテーリングの基礎資料を得ることが目的であるから時間制限や競争はしない。

9ポイント中5ポイントに音声情報装置が組み込まれ、その音声の再構成からゴールすべき事を知る。他の4ポイントで4種類の鍵を得て、最終的に神社の鳥居下で一つの鍵で箱を開けてゴールとなる。

4.2 チェックポイント

図-2は図-1に○印で示したチェックポイント(以下、ポイント)に配置された探索対象物であり、聴覚及び嗅覚情報から判別可能と考えられる目印の店舗の正面入口に向かって右側に置かれている。歩行中に靴裏または白杖で歩道とは異なる感触を与えるために50cm四方のタイルカーペットが敷かれ、その上に鍵が入った缶がある。この構成は被験者に説明される。缶と鍵は白杖等で軽い衝撃を受けると音響的に判別しやすい。このポイントは図-1の②電気店、⑥焼肉屋、⑦コンビニ、⑧パチンコ店に設けられた。ここで丸数字はポイント番号である。

音声情報装置は図-1に△印で示された歩道上の5つのポイントである。発信機からは次の音声情報が送信される。

①鳥居:ここは巖島神社、鳥居です。キーワードは“箱”です

③自動販売機:ここは駐車場前、自動販売機です。キーワードは“鳥居下入る”です

④神社:ここは巖島神社、正面です。キーワードは“3歩進む”です

⑤中華料理店:ここは中華料理店、クックフェイスです。キーワードは“じゃり道”です

⑨レストラン:ここはアジアレストラン、センスです。キーワードは“鍵で開けろ”です

以上の5つのキーワードと鍵から「鳥居下からじゃり道を3歩進んだ位

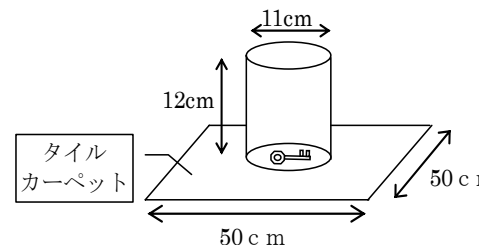


図-2 チェックポイントの探索対象物(缶と鍵)

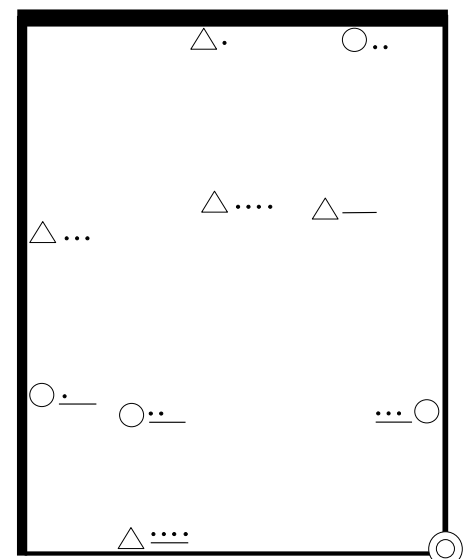


図-3 触地図(●は数値を、—は5を意味する)

置にある箱を4種の内の一つの鍵で開ける」とゴールであることを被験者が理解するように設定した。

4.3 実験手順

4.3.1 触地図

実験当日に、被験者に呈示した触地図を図-3に示すが、立体コピー機で作成され、黒い部分が凸となっており触覚で理解できる。触地図には歩行地区の外枠の道路とポイント、ポイント番号（ポイント右横の黒点は数が数値を、横棒が5を意味する）、スタート地点の位置のみが示され、内部の道路構成は描かれていない。

従って地区内のポイント確認には、地区内道路を探し出し触地図と実際に歩く距離からポイントを探し出さねばならない。但し、被験者は触地図の呈示と共に地区の外枠と角の特徴、即ち左上の角のガソリンスタンドや右上の音響式信号機、左下の工事現場など、またポイントを設置した店舗等の説明を受ける。被験者は歩行実験中に触地図を携帯し自己の定位等に自由に使う。

4.3.2 音環境からのイメージ

A、B、C、Dの各道路においてステレオ録音した環境音の再生音を被験者に聞かせ、地区のイメージを形成させる。但し、以前の調査から常在信号音の録音が不可欠である。

4.3.3 歩行

被験者はスタート位置から自由に歩行を開始するが、歩行中は被験者の発話及び実験者との会話を録音し、行動をビデオ撮影し、後の分析に用いた。危険防止上、被験者が実験地区外に出るような場合は、実験者が注意を喚起することとした。

歩行後は被験者がイメージした地区を把握するために、地区の道路構成をレーザライタ(ボールペンで描いた部分が凸となる)に描かせ、記憶に残ったことや感想等を得た。

5. 歩行実験結果及び考察

各被験者の歩行経路及び発話を記述し、被験者がどのように自己を定位しつつ歩行し、地区の状況を把握したか、筆者らの考察を加えて記した。

5.1 ケース1(P氏)

5.1.1 P氏の歩行と判断の状況

図-4にP氏の歩行経路とその順を矢印と数値で示し、その順にP氏の発話と判断状況を以下に記す。

- 1) スタート。
- 2) レストランを確認。工事の騒音に因り細かな聴覚情報が使えず、工事に伴う障害物や狭くなったC道路の歩道で、「歩くのと(ポイントを探すと、両方に神経使うのに、道の環境が悪すぎる)」
- 3) 右折の際に、P氏「ここで曲がりたい…、もうちょっと行くのかな」と、角の電信柱やポールを避け結果的に歩道から車道へ降り隅切の曲線沿いに歩き、工事現場の警備員に腕を引かれて誘導される。
- 4) H道路へ右折後、P氏「工事の所は終わったかな。まだやってそう。やな道ですね」「6番(のポイント)に行きた

い」

5) 地区から出そうなP氏を実験者が止める。P氏「ここで終わり？ ガソリンスタンドが角って言いましたよね」

位置確認を尋ねると、P氏はB道路を上向き進んでいると認識。左下の角で右折した経路順3)にて障害物を避けて蛇行し隅切りの曲線に沿い、しかも警備員に誘導されたために、自らが右折した事実を認識し得なかった。視覚障害者は一般的に「弧状」と「斜め」の歩行は認識しがたく、直線と判断する傾向にある¹⁴⁾。更に警備員に誘導されたために、C道路から右折を1回行ってB道路を歩いているという認識であった。

危険回避のために結果的に実験者が被験者を地区内に誘導してしまうが、この点はオリエンテーリングを用いた視覚障害者の歩行にどの程度まで遊び心を含ませ容認するか、或いは厳しく減点するかというルール上の問題であろう。

P氏「工事で角度がわからなくなった」「(ここまで歩いて)地図の左右方向の距離感がつかめた」

6) 左折。P氏「(ここまで歩いて)地図の縦方向の距離感が大体わかった」

7)、8) 電気店及び鳥居を確認。

9) 角を左折後、ガソリンスタンドの中に入り込む。実験者の発話により修正。P氏「ガソリンスタンドみたいな所も苦手なんです。広くて角が分かり難い。角を見つけるのに車を待つしかない」

10) 自動販売機を確認後、立体駐車場の前の切り下げ部まで戻り、道が存在するわけではないことを確認。P氏「ここは角ではないですよ」

12) D道路に出て実験地区の外枠に来たことを認知し、P氏「これ、太い道(D道路)ですよ。戻ります。多分中華料理屋じゃないかと思う所があったんですけど…」と反転。

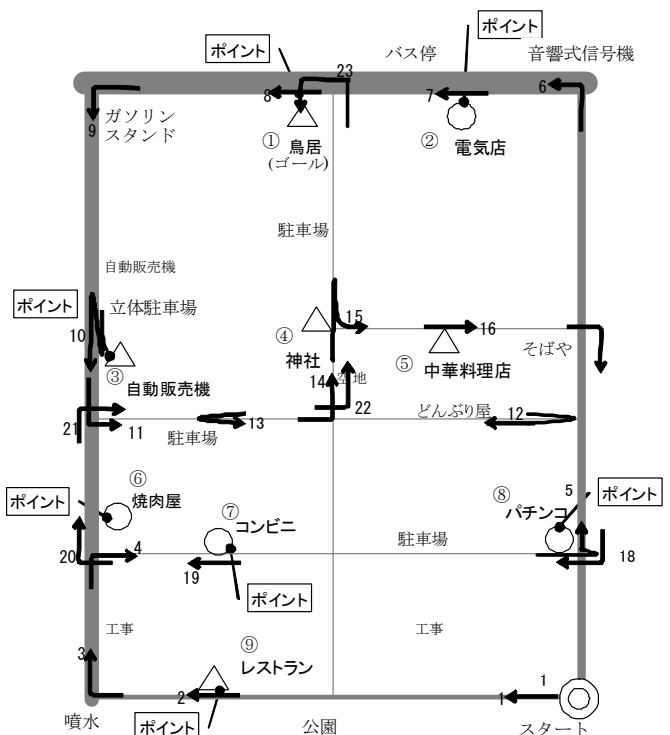


図-4 P氏の歩行経路

その後、「この辺だろう。食器の音とか、匂いとか」と、どんぶり屋の前で受信機を振って執拗に探す。

15) 実験者「受信機を振らないと、(音声が入らない場合も…」とP氏に伝え、引き返してP氏「これ、神社だと思っんですよ」と神社を確認。その後左折。

16) 中華料理店を確認。この時、発信された赤外線が近くのポールに反射し、発信機と異なる方向で受信機が極く短時間、音声を発する。ためにP氏がポール方向に固執し、正しい方向で音声を正確に聞き取るのに時間を要した。

18、19、20) パチンコ店、コンビニ、焼肉屋を確認。

21) P氏「ガソリンスタンドの所いやだから。こっちからでも行けると思うんだけど」と、ここにて右折。右折せずに直進して鳥居下に向かうことも可能であったが、氏のメンタルマップに正しく自己と鳥居の位置関係が布置されていることが判る。

23) ゴール。

5.1.2 P氏の地区の把握状況

図-5にP氏が描いた道路構成を示す。道路構成は、未歩行のE道路の下部分以外は正しく描かれている。G道路とH道路の間の距離も1回描いた後に、「もっと狭いですね」と述べており、距離感も或る程度正確に認知している。ポイントは焼肉屋の位置が少し誤っている以外は正しく描かれており、2次元的に正確に位置を把握している。

P氏は、コンビニの特徴は少ないが「前に立つとガラッと自動ドアが開くのが、コンビニだけじゃないけれど、コンビニ。店が開いていれば薬屋とか本屋とか雰囲気判る」と述べている。

当地区に関しては「神社や店など変化があって、オリエンテーリング向きの地域と言えるのでは、楽しかったですよ」と述べ、歩行実験にオリエンテーリングの要素を含めることに賛意を表している。多様な要素を含んだ地区は、視覚障害者にとって、街環境の学習の場、学習機会として適当と言えそうである。

5.2 ケース2(Q氏)

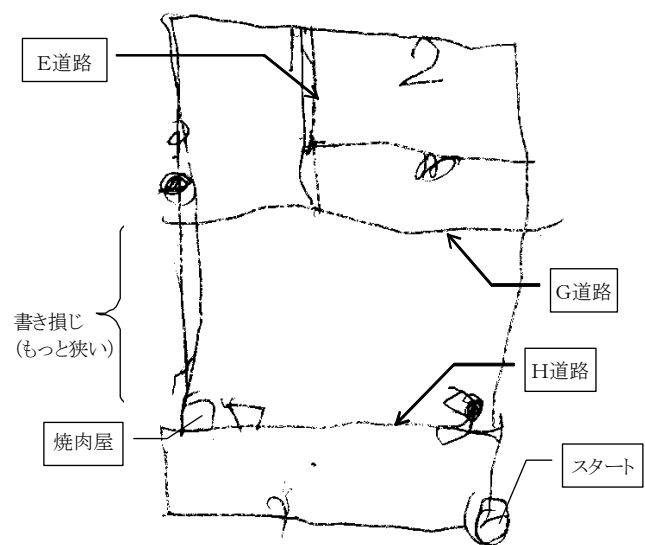


図-5 Pが描いたレーザーライタ

5.2.1 Q氏の歩行と判断の状況

図-6にQ氏の歩行経路とその順を示す。

- 2) パチンコ店を確認。
- 3) Q氏「(音響式)信号機の音が聞こえますね。じゃあ、こちらへ行けばよいのかな」と左折。
- 4) 電気店を歩き過ぎ、気付いて引き返して確認。
- 5) Q氏「日が当たりましたね。(B)道路にでちゃったんだな。もっと手前なんだな。ここガソリンスタンドですもんね」と戻って鳥居を確認。歩行が速く、受信機の振り方が粗く上手に音声を受信できなかったが、後は受信機を慎重に扱う。
- 7) Q氏「(角が)わかり難いですね」「ガソリンスタンドの敷地と歩道と、その境目が良く判らないからちょっと歩き難い」と歩道の端まで出て、点字ブロックや歩道の切れ目で確認して左折。
- 8) 自動販売機を確認。Q氏「こう(地区内)に行くとうまくいきそう。さっきの所(立体駐車場の前)へ行ってみよう」と、立体駐車場前の切り下げを道と思って戻る。
- 9) 切り下げが道ではないことを確認して反転。
- 10) 焼肉屋を確認。Q氏「(焼肉屋の)匂いわからなかった」「焼肉屋の手前(上)に道があったっけ。戻って道があったら入っていくと…。コンビニを探してたんだな」
- 12) コンビニを探しながらQ氏「行き過ぎてるな。戻ります」
- 15) レストランを確認。
- 18) 実験者がD道路に出ている旨を告げる。Q氏「あ、そうなんだ。もうそんなに歩いたんだ」
- 19) コンビニを通過するが、Q氏「コンビニ風の匂いがしたな」と引き返してコンビニを確認。
- 21、22) 神社と中華料理店を確認。
- 24) 一度通過するが、引き返してゴール。

5.2.2 Q氏の地区の把握状況

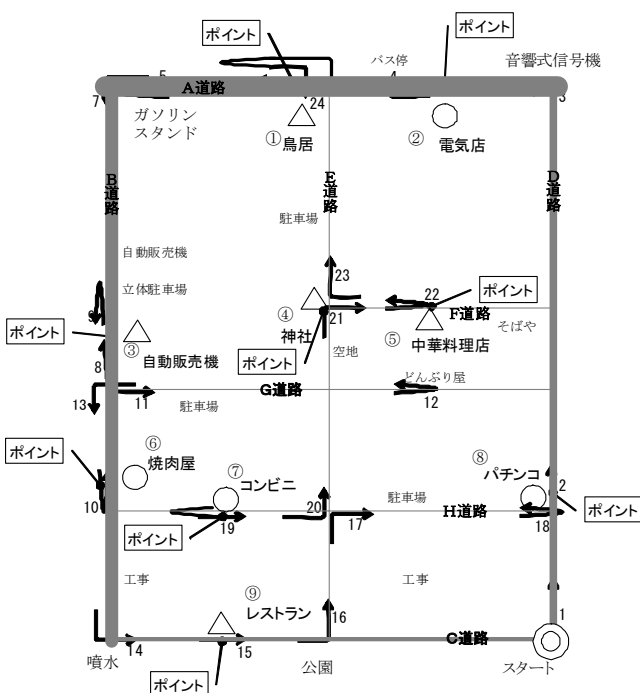


図-6 Q氏の歩行経路

図-7にQ氏の描いた道路構成を示す。

Q氏は、歩いた道路のみならず、地区全体の道路構成を正しく描いている。しかも「1番始めに全部一周歩いてちやええ、通りの入り方とかもちゃんと分かって良かったなど後悔している」としている。描画にはポイント等が描かれていないが、位置は正しく把握している。

Q氏は、音声情報装置や地図に慣れていないと「使うことに気を取られ、安全確保が疎かになり易く、難しい」と述べている。特に音声情報装置の利用には多くの負担を感じているようであるが、これは位置情報の発信に指向性が強い赤外線を用いているために、手に持つ受信機で発信機を探すのに手間取るからである。しかし位置情報は微弱電波で2~3m範囲内に発信可能であり、AMラジオを受信機として視覚障害者に情報を与える試行も既になされた¹⁷⁾。これは公園の木々に送信機を付けたが、バス停から発振すれば、視覚障害者が得る情報は格段に増大する。更にイヤホン型等の無指向性受信機で受信すれば視覚障害者の歩行には大きな支援となるであろう。このような場合、P氏が情報入手に難儀した指向性の鋭い反射の問題も小さくなる。

オリエンテーリングとしては、楽しめるか、歩行訓練になるかとの問いに、Q氏「んー、そんな感じでしたね。もう少し、エリアが広く地図もしっかりしていれば、遊ぶことも出来るだろうし、うまく使えば良いと思いますけどね」と答えている。

5.3 ケース3(R氏)

5.3.1 R氏の歩行と判断の状況

図-8にR氏の歩行経路とその順を示す。R氏は殆どの歩行に白杖を用いたが、自己がポイントから遠いと判断した場合には盲導犬に頼った。

- 2) パチンコ店の音を探しながら(店の入口が閉扉状態で音が良く聞こえず)通り過ぎ、反転。
- 3) 少々時間を要したが、パチンコ店を確認。
- 4)~6) 中華料理店を目的にG道路に入るが、無いと判断して反転。
- 8) 中華料理店を確認。
- 11) R氏「もう(電気店の)入り口2つぐらい通り過ぎた気がする」と、引き返して電気店を確認。
- 12) R氏「左側に鳥居らしきものが無い(受信機の使用法が粗雑で受振できない)。触地図に触れ(ガソリンスタンドの)交差点に来ちゃったんじゃないの」と、引き返して鳥居を確認(この後、受信機に慣れ使用が上手になる)。
- 14) 自動販売機を確認。神社を探すためにG道路に左折。
- 15) G道路には神社が無いと判断して反転。R氏「中華料理屋、匂いしない。この道じゃないかも知れない。神社のポイントは自動販売機のポイントのちょっと上側ですね。手前の道(G道路)を入った方が良かったかも知れない」
- 17) 神社を確認。
- 20) 焼肉屋を確認。左折し車道を暫く歩いた後に実験者の示唆により歩道を発見。R氏「あ、ここ歩道があるのね。てことは、ちょっと戻ってみよう。もしかしたら(コンビニ)があったかも知れない」。B道路との角まで戻ってコンビニを求めて歩き直す。
- 21) コンビニを確認。

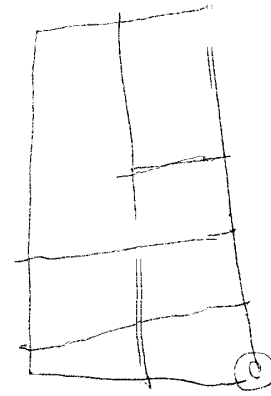


図-7 Q氏が描いたレーズライタ

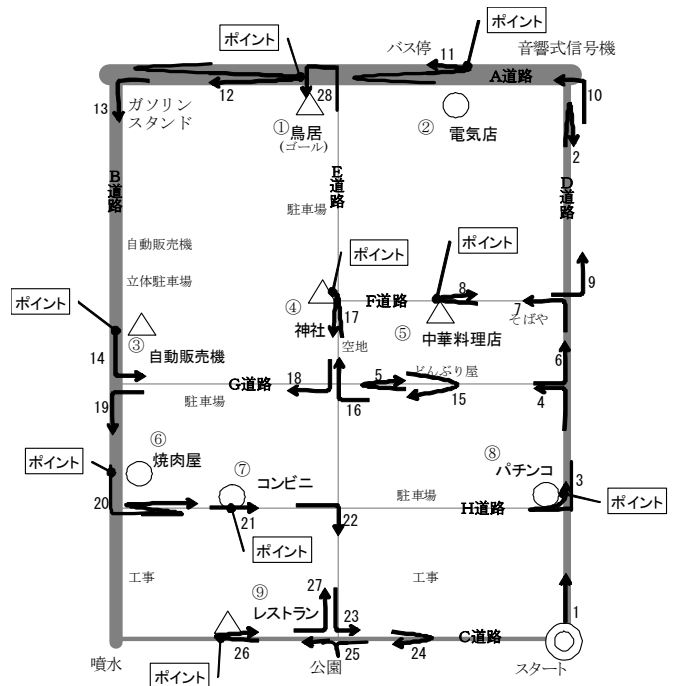


図-8 R氏の歩行経路

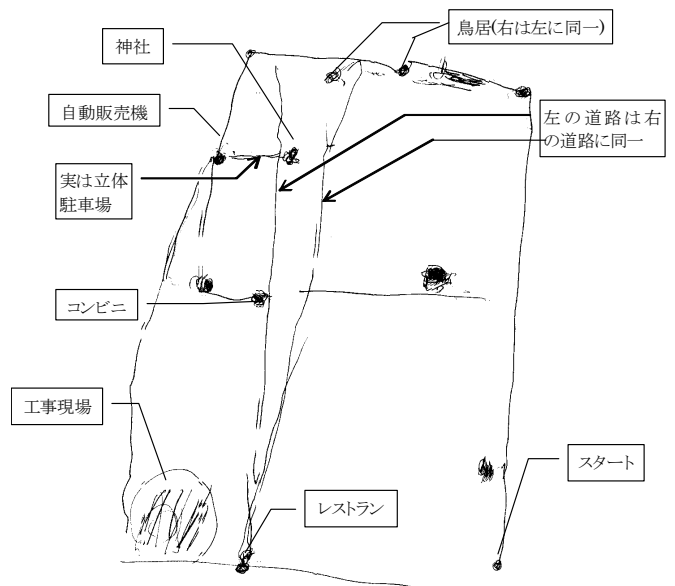


図-9 R氏が描いたレーズライタ

- 22) バイクの音からE道路の存在に気づき、レストランを探すために右折。
- 24) 位置的にレストランはこの先ないと考え、反転。R氏(触地図に抛り)「こんなに(スタート地点より)こっちのはずがないな」と反転。
- 25) 実験地区から出そうになるのを実験者が止める。R氏「公園か。てことは、この辺に絶対あるな」
- 26: レストランを確認。
- 28: ゴール

5.3.2 R氏の地区の把握状況

図-9にR氏のレーズライタを示す。道路構成の正確さはP氏とQ氏に劣っている。描画には立体駐車場に当たる位置に実際には無い道路が描かれ、立体駐車場への入口が道路と認識され、実際に歩行していないが、その道路が概念として神社まで連絡していると誤って認識している。

「地図ってというのはシンプルに作ってある方が分かり易い。目的地を方角的につかめて、そこまで行く途中でどういいう情報があるのかが分かると良い。縮尺も入っている方が良い」との発話から、信号音的位置情報の重要性が解る。縮尺に関しては、これまでの実験から¹⁴⁻¹⁶⁾距離感が個人的に異なることが認められたが、距離感の把握の訓練にも縮尺は必要と思われ、この点は失敗であった。前述のP氏は、触地図と自らの歩行との比較から距離感を把握していた。

R氏は触地図に「縮尺も入っている方が良い」としつつも、氏の描画に道路とポイント位置、それらの位置関係や距離に不正確さが表れている理由として、普段、盲導犬を利用しての点が考えられる。歩行する視覚障害者にとって、危険と障害物回避は最重要事であるから、それを盲導犬に任せられた場合、自己の定位、自己の周囲、自己より遠方の環境に集中する必要度が次の障害物までは低下し、歩行は楽だが周囲へ焦点を合わせなくなるのではないだろうか。R氏一人の場合からの推論だが、興味深い事象である。実際に氏は、詳細な探りを入れる必要がある場合は、他の被験者同様に、白杖に頼った広がり小さな点的な触覚情報を用いている。

また、オリエンテーリングを「楽しんだ」としつつも、普段歩かない人には歩行訓練としては「厳しい、歩かない人は歩けない」と断っており、初歩的歩行訓練にオリエンテーリングを加えるには、常在する音情報及び区画の単純化が課題となる。

5.4 ケース4(S氏)

5.4.1 S氏の歩行と判断の状況

図-10にS氏の歩行経路と順を示す。

- 2) パチンコ店を確認。
- 3) S氏「こんな近場にあると思わなかった。距離感が分かった」。触地図を用いて、「1/3歩いたから、2/3で信号でしょう」
- 4) 電気店を確認。
- 5) 鳥居の確認後、左折。S氏は発信機から離れた位置で受信し確認する傾向がある。これは赤外線が指向性を有する長所であり、離れていても受信してしまう短所でもある。
- 6) 神社を(方向のみで)確認。

- 7) 中華料理店を(道路対面側のポールから反射する赤外線を受信し)確認。
- 8) 左折時にD道路の車道に出てしまい、実験者に促されて歩道に。
- 10) S氏「内(左)側が空いているような感じがする。歩道と車道の境界まで行って、1回調べてからコーナリングしないと」と、度々立ち止まり確認しながら左折。
- 11) 自動販売機を確認。
- 12) 焼肉屋を探しB道路を歩行し、店を通過し、工事音から通過に気づき反転。
- 13) 焼肉屋を確認。S氏「匂いはしませんでしたね」
- 15) レストランを確認。コンビニの確認を忘れていたことに気づき、反転。

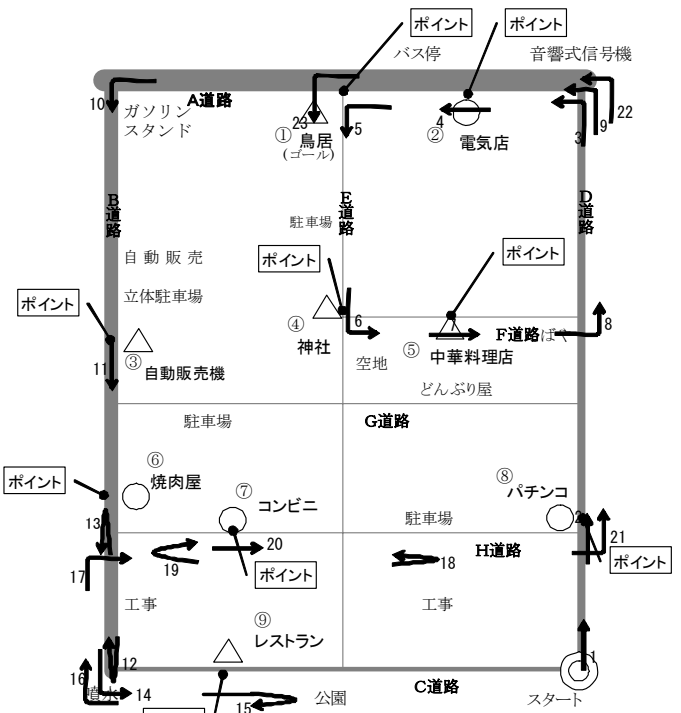


図-10 S氏の歩行経路

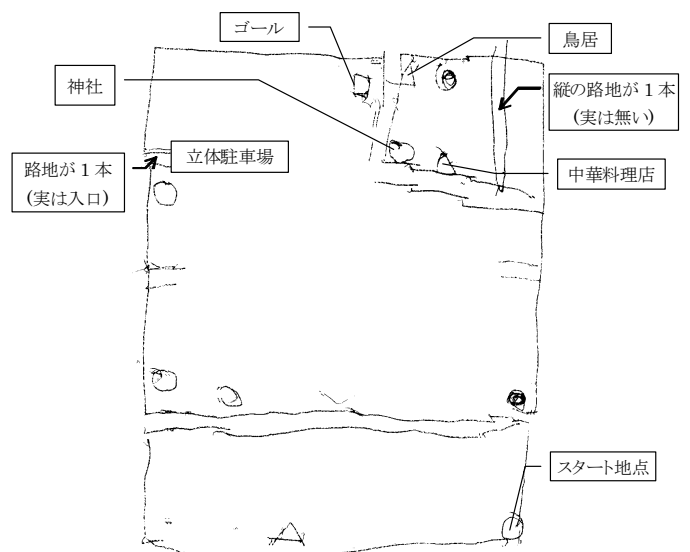


図-11 S氏が描いたレーズライタ

- 18) 位置的にコンビニがこの先ないと考え反転。
- 19) H道路の自己と道路対面側にコンビニが存在する可能性もあると思い、対面側に渡って元へ。
- 20) コンビニを確認。S氏「このまま行くと、パチンコ屋さんの道に出そうだな」と、ゴールを目指しD道路に。
- 23) ゴール。

5.4.2 S氏の地区の把握状況

図-11にS氏のレーズライターを示す。

S氏は地区外枠から外枠に近い内部のポイントを確認する手法を採用した。従って、地区の内部にあるE、F、G道路は通過していないが、それらの路地の存在だけは描画に表れている。

中華料理店は、同店の対面からの反射波の受信で認知し、F道路の対面側に描かれている。神社と鳥居も、離れた位置での方向のみの受信のために、位置が不正確である。

経路順の8)において、神社→中華料理店→A道路へ回る際に、実際はD道路まで出て実験者に注意され外枠と認知し、20)でパチンコ店があるD道路に出ると予想しつつ、21)、22)と同じ道を通りゴールしているが、描画ではA道路の上部の左に実際には無い路地が認知され通過したと認識されている。認識に混乱が生じてしまった結果である。

S氏は「未知の場所だと歩くことに6割くらいの神経を使うので楽しめない。一度歩いたところなら安心して歩けるので、もう少しやると楽しみが出るのかも」、また「触地図が無くとも音声情報装置があれば、オリエンテーリングがなんか出来そうな感じがしますね」「いろんな音声を付けて歩いたりしたら、面白いと思う」と発話している。

同一地域のオリエンテーリングを繰り返せば、楽しみながら上述の認識間違いを正すことが可能である。従って、音の位置情報を用いたオリエンテーリング手法は、視覚障害者のメンタルマップ作りに大きな一助となる可能性が考えられる。

触地図左上のガソリンスタンドの角は、S氏も地区内への開放空間的感覚、及びB道路の少ない交通量から直感的に角とは認知しがたいようである。徐々に閉空間から開放空間へと変化する音環境は、徐々に角度が変化する曲線路同様に、視覚障害者は捉えがたいと言える。

6. まとめ

視覚障害者のメンタルマップの2次元化及び自立的歩行の支援を目的とし、歩行意欲を高め歩行の楽しみを与え得る街中におけるオリエンテーリングを導入した歩行実験を行った。被験者は全盲の4名で単独歩行の経験豊かな方々である。チェックポイントは、受信機で音声情報を聴取可能な送信機5台と、街中に常在する聴覚、嗅覚及び触覚情報から探す4種の鍵が別々に入った4個の缶から成る計9点とした。

被験者は各音声情報から断片的な言葉を聴取し、それらを再構成してゴールで為すべきことを知り、4種の内の一つの鍵を用いてゴールで箱を開ける実験であった。

結果は次のようにまとめられる。

- 1) 初のしかも被験者には1回限りのオリエンテーリング実験であったために、受信機を手に持ちチェックポイントを

探索することは視覚障害者には負担が大きいようである。しかし、彼らの探索には非常な集中力と興味深さが見て取れ、このような歩行は或る程度の楽しみを視覚障害者に与え得る。同一地区の歩行を繰り返すことで楽しみが増す可能性は被験者の発話に認められる。

- 2) 5台の音声情報装置の断片化された音声情報は、適確であれば聴取され理解され、断片の再構成がオリエンテーリングに楽しみを増す。勿論、位置情報としては音声であるが故に確実である。

- 3) 赤外線は指向性が強く進行方向を決定するには適当だが、受信には受信機を発信機に或る範囲内で向ける必要が生じる。点情報としての位置情報を得るには、発信機から2~3mの範囲内で無指向性電波を受信する方が便利である。

- 4) 街中に常在する店舗などの聴覚情報と嗅覚情報はチェックポイントとして利用可能な位置情報となる。チェックポイントに触覚情報を加えれば、ポイントが更に探しやすくなる。

- 5) 触地図上の距離と歩行距離との比較から距離感を捉える。従って正確な縮尺表示を触地図に示せば距離感の育成に繋がる。

7. おわりに

実験を重ねなければ一般論は無理であるが、視覚障害者の歩行訓練にオリエンテーリング的要素を加えることは、環境音を利用して歩行する彼らの歩行に楽しみを増すことに繋がると言える。音声情報装置を用いた実験¹⁵⁾では「画期的、音で街をウォッチング」との発話があったが、位置情報を組み込んだ今回の実験は前回以上に歩行に楽しみを増し、メンタルマップの2次元化に寄与するのではなかろうか。また本実験の発話、「食器の音とか、匂いとか」「コンビニ風の匂い」「中華料理屋、匂いしない」等は今後の参考になるとと思われる。

視覚障害者のオリエンテーリングを街中で実施することは、実生活の上では大いに役立つが、大きな課題として地区外部への入り込み防止がある。実験者が危険回避から被験者を誘導する結果になり、被験者自身の判断が削がれる点である。また、今回は歩行経験豊かな被験者であったが、歩行が未熟な方々に対する実験方法の考案も大きな課題である。

本実験で用いた音声情報装置は赤外線を搬送波とするために指向性が強く、受信機の操作に慣れが必要であるが、最近の携帯電話は技術的に十分に位置情報の受信機になり得る。晴眼者へのナビゲーションは携帯電話に備わっているが、視覚障害者にこそ携帯電話が位置情報になるべきと考える。

最後になりますが、実験に協力された視覚障害者の方々に深謝致します。

参考文献

- 1) 総務省四国電気通信監理局：視覚障害者のための位置情報支援システム 報告書、<http://www.shikoku-bt.go.jp/chosa/ichisien/index.html/>、(2004)。
- 2) 石川 准、兵藤安昭：GPSによる視覚障害者歩行支援システムの開発、進学技報、fuji.u-shizuoka-

- ken.ac.jp/~ishikawa/3_gps.pdf、(2005.1).
- 3) 愛知県IT推進協議会：視覚障害者のための携帯電話を活用した公共トイレ案内社会実験、http://www.motordays.com/its/articles/post_1/、(2007.3).
 - 4) 太田篤史、田村明弘、鹿島教昭：視覚障害者と地域音環境のあり方についての基礎的考察、騒音制御工学会技術発表会講論集、pp.205-208(1993.9).
 - 5) Atsushi Ota、Akihiro Tamura、Noriaki Kashima、Rieko Shima：Visually handicapped pedestrians and sound environment - Analysis of social survey to the normal and of interview to the visually handicapped -、Proc. Inter-Noise 94、pp.973-976(1994.8).
 - 6) 太田篤史、田村明弘、清家聡、鹿島教昭：視覚障害者の未知空間の認知過程における感覚情報の役割、騒音制御工学会技術発表会講論集、pp.41-44(1996.9).
 - 7) 田村明弘、鹿島教昭、太田篤史：視覚障害者の地域の音環境認知に関する研究、文部省科学研究費補助金(基盤研究(C))研究成果報告書、(1998.3).
 - 8) 太田篤史、田村明弘、鹿島教昭、黒澤亜希：視覚障害者の聴覚情報の検知—無響室内における音環境再生による試行的実験—、騒音制御工学会研究発表会講論集、pp.29-32(1998.9).
 - 9) 太田篤史、田村明弘、小松広和、鹿島教昭：視覚障害者の聴覚による空間認知—ダミーヘッド収録した街の音環境再生実験—、騒音制御工学会研究発表会講論集、pp.9-12(1999.9).
 - 10) 鹿島教昭、田村明弘、太田篤史、鈴木和子、小澤繁之：視覚障害者と健常者の環境音認知の比較、横浜市環境科学研究所報No.26、pp.68-78(2002.3).
 - 11) 鹿島教昭、田村明弘、太田篤史、小松広和、鈴木和子、小澤繁之：視覚障害者と健常者の環境音認知の比較(その2)、横浜市環境科学研究所報No.30、pp.28-39(2006.3).
 - 12) 鹿島教昭、田村明弘、太田篤史、清家聡：視覚障害者の歩行実験における音情報の利用、音響学会秋期研究発表会講論集、pp.661-662(1996.9).
 - 13) Atsushi Ota、Akihiro Tamura、Noriaki Kashima：Visually handicapped pedestrians and the sound environment: Developmental change of the use of the auditory information、Acoustical society of America and Japan 3rd joint meeting proceedings、pp.489-494(1996.12).
 - 14) 鹿島教昭、黒澤亜希、田村明弘、太田篤史、清家聡：視覚障害者の歩行実験—音環境と空間認知—、横浜市環境科学研究所報No.25、pp.24-33(2001.3).
 - 15) 鹿島教昭、田村明弘、太田篤史、安藤祐子、鈴木和子、小澤繁之：音声情報装置を用いた視覚障害者の歩行実験、横浜市環境科学研究所報No.26、pp.79-89(2002.3).
 - 16) 鹿島教昭、安藤祐子、田村明弘、太田篤史、鈴木和子、小澤繁之：音声情報装置支援下の視覚障害者の歩行実験、騒音制御工学会研究発表会講論集、pp.25-28(2002.9).
 - 17) 東京新聞(浅田晃弘)：視力障害者も音と梅の香楽しんで、AMラジオ使い案内、(2007.1.22).

活性汚泥モデルの構築と活用について

片山尚樹、伊熊信男（横浜市環境科学研究所）
浅野卓哉（横浜市環境創造局水再生水質課）

Construction and practical application of Activated Sludge Model

Naoki Katayama, Nobuo Ikuma (Yokohama Environmental Science Research Institute)
Takuya Asano (Wastewater Quality Control Division, Yokohama Environmental Planning Bureau)

キーワード：活性汚泥モデル、富栄養化、嫌気-無酸素-好気法、窒素除去、りん除去、

要旨

本市では、放流先閉鎖性水域の富栄養化対策として、窒素・りん除去を目的とした高度処理施設の導入を推進している。現在6水再生センターで高度処理施設が稼働しており、今後も既存施設の更新時にあわせて嫌気-無酸素-好気法（以下 A_2O 法）による高度処理施設を導入する計画である。しかし、高度処理施設は難しい運転管理と建設・維持管理コストの増加という課題を抱えている。高度処理施設の窒素・りん除去性能は、流入下水特性に大きく左右されるため、稼働後は設計値通りに運転しても処理が安定しないことが多い。また、運転管理において処理条件変更を行う場合、処理水質への影響予測が困難であることから、経験的な意思決定にならざるを得ない。経験的な運転管理では、理論をベースとした設計段階への反映が難しく、設計へのフィードバックが機能しにくい。こうした問題解決ツールの一つとして、窒素・りん除去のシミュレーションツールである活性汚泥モデル（以下、ASM）の活用が挙げられる。ASMは、国際水協会（IWA）のタスクグループが提案したもので、活性汚泥中の各種生物反応プロセスの数式化と系の物質収支から、処理水質の予測を行うことができる。1986年にASM1が提案されて以来、処理プロセス設計や維持管理実務において世界的に利用されている。

本調査では、平成15～17年にかけて実施した高度処理施設の効率的な設計・運転管理手法の検討結果について、りん除去安定化対策の机上検討および設計方法の妥当性検討を行うことを目的として、本市の既存 A_2O 法施設4系列を対象としてASMの構築を行った。さらに構築モデルのシミュレーション精度確認と活用方法の検討を行い、構築モデルの実務利用範囲について評価を行った。

1 はじめに

閉鎖性水域の富栄養化問題の対策として、本市では下水処理における窒素・りんの除去向上を目的とした高度処理施設の導入を推進している。今後も既存施設の更新にあわせて、各水再生センターに A_2O 法施設を順次導入する計画である。

一方で A_2O 法施設は標準法施設と比べて建設・維持管理コストが高いこと、運転管理が難しいことなどが問題点として挙げられる。高度処理施設において安定した処理水質を得るには、窒素・りん除去理論に沿った適切な運転管理と、それを可能とする施設設備導入の両者が求められる。有機物・SS除去を目的とした従来の標準法施設では、経験的な運転管理で十分に対応可能であった。しかし、さらに窒素・りん同時除去を行う A_2O 法では、合理的な施設設計・運転管理能力が求められる。

平成15～17年にかけて実施された「高度処理効率化の検討調査」において、既存 A_2O 法施設反応タンクの処理能力の過小評価およびそれに起因するりん除去の不安定性といった、設計段階に起因する維持管理の非効率性が認められた³⁾。現在の A_2O 法施設設計方法に改善すべき点があり、既存施設の運転管理で得られた知見を施設設備設計にフィードバックしていく必要がある。そして、そのためには経験的な維持管理手法から、より合理的・定量的な手法を構築していくことが求められる。

ASMは、反応タンクの物質（炭素、窒素、りん）の収支と活性汚泥という微生物群集の各種反応を数式化することで、処理水質や必要酸素量、余剰汚泥発生量などの予測を可能にしている。現在世界的に実務利用が進んでおり、我が国でも平成18年に日本下水道事業団（JS）によって「活性汚泥モデルの実務利用の技術評価に関する報告書（以下、評価書）」¹⁾が取りまとめられ、ASMの積極的な利用の促進が期待されている。

平成17年度調査の中で、神奈川水再生センター A_2O 法施設での収集データをもちいて、ASMを試験的に構築し、調査結果の机上検証を試みている。その結果、ASMは設計・維持管理の両面について、使い次第では有効なツールとなることを確認している。

本調査では、主に神奈川水再生センターを対象として実施された平成15～17年度調査結果の各水再生センターへの適用性を検討すると同時に、反応タンク設計方法の妥当性を検証するツールとして活用することを目的として、神奈川水再生センターを含む3センター4系列の既存 A_2O 法施設についてASMの構築を行った。さらに構築モデルを用いて維持管理における活用方法を検討し、構築モデルの活用範囲と今後の課題について評価を行った。

2 活性汚泥モデルについて

2.1 活性汚泥モデルの概要

活性汚泥法のような複雑なシステムを計画したり運用したりする際には、その挙動や特性をいかに正確に把握し予測できるか、という点が重要な課題となる。実規模の装置やその縮小モデルを使用した特性把握はそのための最も直接的なアプローチと言えるが、コスト上の制約が常につきまとい、特に複雑な内部構造を持つシステムに対しては、十分な解析に足るだけの情報が得られないことも多い。そのような場合、対象とするシステムの構造や機能を数学的に記述（モデル化）し、コンピュータなどを使ってその解析・予測を行うというアプローチが有効な代替案であり、コンピュータの機能向上と相まって様々な分野で活発に利用されるようになってきている。

IWA が公表した ASM シリーズには、ASM1, ASM2, ASM2d, ASM3 がある（表1）。

表1 ASMの種類

モデル略称	公表年	除去対象	構成生物群	特徴
ASM1	1986	C, N	従属栄養生物 硝化細菌	タスクグループによって提案された初めてのモデル
ASM2	1995	C, N, P	従属栄養生物 硝化細菌 りん蓄積生物	有機物・窒素に加えてりんの除去を予測するモデル
ASM2d	1999	C, N, P	従属栄養生物 硝化細菌 りん蓄積生物	脱窒反応時にりん吸収が生じることを再現したモデル
ASM3	1999	C, N	従属栄養生物 硝化細菌	様々な事象のモデルを付加してゆくためのコアモデル。

ASM2d は、有機物、窒素、りん除去の予測を対象とした ASM2 に対して、りん蓄積細菌（PAO）の脱窒能力を付加したモデルで、これにより無酸素条件下でのりんの挙動をより臨機応変に表現できるようになった。加えてパラメータのデフォルト値が一部変更されているものの、その他の基本的な内容は ASM2 と同一である。本調査では、現在最も広く用いられている ASM2d を用いることとした。

2.2 活性汚泥モデル活用の現状と適用性

近年、複数の自治体が ASM を活用した研究成果を公表している。民間企業においては施設管理の現場で ASM を組み入れた維持管理システムの開発が行われており、GUI（グラフィックを多用した表示や入力方式、グラフィカル・ユーザー・インターフェイス）を工夫した維持管理ソフトとした製品も複数存在する。各自治体による活用事例として、以下のようなものがある。

■A県：A県流域下水道の既存系列のモデルの構築および、ASM を用いた運転条件の効率化を検討した。この結果、目標処理水質が満足でき、かつ効率的な運転条件を検討することが可能となった。

■B市：運転支援システムの一つとして ASM を用いた担体利用 A₂O 法の運転シミュレーターをメーカーと共同開発し、その適用性を検討した。この結果、担体利用により窒素、りんの安定的な除去が机上で確認された。また、適正な DO 濃度管理、硝化液循環量の設定や、返流水負荷の削減効果の評価など、処理場における窒素・りん除去だけでなく、省エネ・省資源の向上を目指した運転管理手法の改善にも使用している。

また、活用している自治体では、今後の方向性として、以下のよう

■処理水質の異常時の原因究明やその対策の検討、あるいは、職員の生物処理技術に対する教育、研修にも組み入れたい。

■下水道事業においても経験豊富な技術者が次第に退職時期を迎えるため、技術の継承が危惧されている。ASM は今後失われていく「経験と勘」を補うものとなる。

■ASM は、施設設計でも、従前の安全率を考慮した設計手法から、生物反応速度式や物質収支で化学工学的に処理を把握し、さまざまなシミュレーションに基づき、必要最小限で効率的な施設規模とする設計手法へと転換するツールの一つとしても有効と考えられる。

ASM の適用範囲および予測制約については次のような項目がある（表2、表3）¹⁾²⁾。

表2 ASMの用途

項目	用途例
設計支援	①処理方式の選定 ②増設、改造計画の策定 ③容量計算 ④ポンプ類の仕様検討（ポンプ流量の上・下限値の検討など） ⑤計装・制御設備の仕様検討 ⑥その他（流量調整池の必要性検討など）
運転管理支援	①機能解析（現行運転方法における現象推定など） ②最適化検討（現行の運転方法（流入条件など）の最適化検討など） ③異常時対応（流入水量増加に対する対応策の検討など）
既存手法の検証・見直し	①諸元値、経験式、安全係数などの検証
新規処理プロセスの開発	①開発プロセスの現象把握 ②開発プロセスの特性把握 ③設計・運転方法の検討

表3 ASMの制限事項

	予測が不可能/困難な事項	理由
①	亜硝酸性窒素濃度の予測	硝化や脱窒が一段階の反応プロセスとして記述されている（NO ₂ -NとNO ₃ -Nの区別がない）
②	活性汚泥の固液分離特性の予測	フロックの性状など活性汚泥の固液分離特性に関与する因子が考慮されていない
③	初期吸着に係る予測	吸着過程をモデル化していない
④	流入水質が一般的な家庭排水とは異なる施設の予測	家庭排水を主体にした処理プロセスへの適用を前提としている

2.3 モデルの構造

2.3.1 構成成分

ASM2d では、有機物の分解、硝化および脱窒反応、りんの放出と摂取過程をモデル化している。表4に、ASM2d の解析対象物質を示す。反応過程における物質変換量を正確に把握するために、全ての有機物濃度を COD_{Cr}（重クロム酸カリウム法）で表示している。また、生物反応プロセスに対応して、有機物を生物難分解性成分、易・速分解性成分、揮発性有機酸などに分類している。窒素・りんについては、それぞれ表4の通りである。

微生物については、従属栄養細菌（好気条件下では酸素呼吸を、無酸素条件下では脱窒を行う；りん蓄積細菌を除く）、独立栄養細菌（硝化細菌）、りん蓄積細菌の3種類に分けて、その生体量を COD_{Cr} で表示している。これらの成分のほか、りんの放出及び摂取に関わる成分としてりん蓄積細菌の細胞内貯蔵有機物、各反応条件の指標として溶存酸素とアルカリ度、凝集剤の添加によって生成される成分として水酸化沈殿物とりん酸塩沈殿物がある。

表4 ASMの構成成分

NO	記号	項目	NO	記号	項目
1	S _{O2}	溶存酸素	11	X _S	生物非分解性の異化可能な有機物
2	S _F	酸分解可能な易分解性有機物	12	X _{AUT}	独立栄養細菌(硝化細菌)の菌体量
3	S _A	酸分解から生成される有機物	13	X _H	従属栄養細菌(他栄養細菌)菌体量
4	S _I	生物非分解性有機物	14	X _{PO}	リン蓄積細菌の菌体量
5	S _{NH}	アモニア態窒素	15	X _{FP}	リン蓄積細菌の細胞内蓄積ポリリン酸
6	S _{NDB}	硝酸・亜硝酸態窒素	16	X _{HA}	リン蓄積細菌の細胞内に蓄積有機物
7	S ₂	溶存窒素	17	X _{TSS}	TSS
8	S _{TOI}	オルトリン酸態りん	18	X _{MCH}	水酸化鉄(Fe(OH) ₃)
9	S _{ALK}	アルカリ度	19	X _{SEP}	りん蓄積細菌(FePO ₄)
10	X _I	生物非分解性の異化可能な有機物			

2.3.2 パラメータ

ASM2dのパラメータはその性質によって、組成変換係数、化学量論係数と反応速度定数に分けることができる(表5)。化学量論係数は、各構成成分と各反応プロセスのマトリックスで表現され、組成変換係数および反応速度定数から計算される。組成変換係数は流入水断面でのフィッティング作業において、化学量論係数の一部定数と反応速度定数はキャリブレーション作業において、モデル構築時に任意に設定を行う。ただし、各パラメータにはデフォルト値が与えられており、キャリブレーションによる任意設定の対象となるのは通常は一部のみである。

表5 ASMのパラメータ例

パラメータ	説明	例
組成変換係数	有機成分に対するC・N・Pの各含有率	i _{NXS} X _S の窒素含有率
		i _{PSF} S _F のりん含有率
		i _{TSSXS} X _S のTSS当量
化学量論係数	反応プロセスの速度式に対する構成成分の生成速度係数	Y _H X _H の増殖収率 f _{XI} 細菌が自己分解によりX _I に変換される割合
反応速度定数	反応速度に関する定数(飽和・阻害定数、速度など)	μ _H X _H の最大比増殖速度 K _{NH4} X _{AUT} のS _{NH4} に対する飽和定数

2.3.3 反応プロセス

ASM2dに記述されている反応プロセスは表6に示す5つのグループに分けられる。

表6 ASMの反応プロセス

反応プロセス	例
加水分解	嫌気・無酸素・好気各条件下での有機物の加水分解
従属栄養細菌(X _H)に関する反応	有機物分解に伴う増殖(好気性、無酸素性)、死滅 醗酵による増殖
リン蓄積細菌(X _{PAO})に関する反応	PHA、ポリリン酸の蓄積、分解 PHA分解に伴う増殖(好気性、無酸素性)、死滅
硝化細菌(X _{AUT})に関する反応	硝化細菌の増殖、死滅
凝集剤による反応	凝集沈殿、再溶解

反応プロセスの例として、硝化細菌の増殖反応の速度式を式(1)に示す。また、各構成成分の生成速度は式(2)のように表される。

$$\mu_{AUT} = \frac{S_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \cdot \frac{S_{NH_4}}{K_{NH_4} + S_{NH_4}} \cdot \frac{S_{PO_4}}{K_P + S_{PO_4}} \cdot \frac{S_{ALK}}{K_{ALK} + S_{ALK}} \cdot X_{AUT} \quad (1)$$

$$\gamma_i = \sum v_{ji} \cdot \rho_j \quad (2)$$

ここで、γ_iはモデル構成成分iの生成速度(g/m³/d)、γ_jは反応プロセスjに対して構成成分iの生成速度係数(化学量論係数)、ρ_jは反応プロセスjの反応速度である。

3 活性汚泥モデルの構築

ASMの実務利用手順については「評価書」に詳細な解説がある。本調査のモデル構築作業については、「評価書」記載の手順に準拠して行った。本調査の構築作業フローを図1に示す。

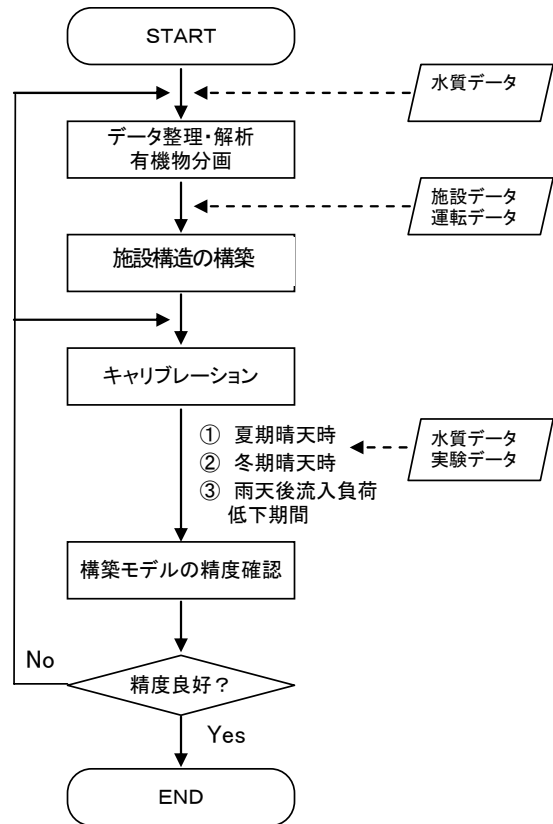


図1 ASM構築フロー

3.1 構築対象・条件

3.1.1 構築対象

今回ASMの構築を行う対象施設は、本市既存A₂O法の4施設とした(表7)。H15~17調査を実施した神奈川4系に加え、流入水質特性(合分流、負荷の違い)を考慮して他3施設を対象とした。

表7 ASM構築対象施設

センター	系列名	合分流	流入負荷	風量制御
1 神奈川	4系	合流	低	DO一定
	雨天時循環停止+水量増加運転を実施 好気槽各セルDO値のバラつきが大きい			
2 北部第1	6系	合流	低	風量一定
	硝化抑制運転(風量不足およびりん除去向上のため) 負荷変動による好気槽DO濃度の変化が大きい			
3 港北	北側1系	合流	高	DO一定
	雨天時に一時循環率を抑制 雨天時の水量変動が大きい			
4 港北	南側4系	分流	低	DO一定
雨天時に一時循環率を抑制 雨天時の水量変動は小さい				

計算ソフトには、AQUASIM ver.2.1を用いた⁴⁾。AQUASIMは、スイス連邦科学技術協会(EAWAG)が開発したASM計算ソフトで、ASMの学術研究用途として研究機関・事業体対象に廉価で販売されている。国内で市販されている他のASMソフトと比較し、GUIがシンプルで言語が英語であるため、初心者には扱いにくい。機能的には問題なく使用できる。

3.1.2 構築目的と精度目標

構築目的・用途によって、求められるシミュレーション精度レベルが変わり、構築に必要なデータの質・量が異なってくる。従って、ASM 構築を行う際には、その目的・用途を明確にしなければならない。本調査において ASM を構築する目的は、以下の点である。

(1) 設計方法(反応タンク容量計算)の妥当性の机上検討

A₂O 法反応タンク容量計算法について、計算結果の妥当性を ASM で確認する。(実際の施設設計への適用は考慮しない)

(2) 運転方法の検討(りん除去安定化対策など)

神奈川 A₂O 法施設において、りん除去安定化には、処理水量増加や降雨後の循環ポンプ停止が有効であることが実証されている⁵⁶⁾。しかし、この結果の他施設への適用性は未検証であり、また除去向上のメカニズムについては十分に理解されていない。今回構築するモデルを用いて、そうした課題について検討を行う。

3.1.3 構築条件および目標精度

上記目的達成のための構築条件とシミュレーション精度目標は、次のように設定した。

(1) 設計方法の机上検討

高低水温期における流入負荷一定条件(夏季・冬季晴天時を想定)の処理水質および各セル内水質について、高い精度を確保する。

(2) 運転方法の検討

(1)に加え、流入負荷変動条件(雨天後負荷変動期間を想定)について処理水質変動の方向性を再現可能。

設計方法の検討には、冬季晴天時水質における十分な精度が求められる。本調査では、今後の汎用性も考え、各対象施設について夏季・冬季晴天時の2通りの水質条件下においてモデル構築を行った。設計の検討には嫌気・無酸素・好気各槽の必要 HRT を求める必要があるため、処理水質と同時に反応タンク内各セル水質について十分な精度が得られることを目標とした。

一方、運転条件の検討については、様々な流入水質条件下において、HRT・循環返送率・DO 濃度など処理条件を変更した場合の、処理水質変動の方向性を確認できる必要がある。A₂O 法処理条件に

おける最大の懸案は雨天後の運転管理である。そこで、各施設において、雨天後(10mm/d以上の降雨)の流入負荷変動期間の各データを収集し、その期間における処理水質変動が概ね再現できるレベルを目標精度とした。

3.2 構築作業

3.2.1 収集データ

上記目的・目標を達成するために収集し、構築に用いたデータ一覧を表8に示す。水質・実験データは、夏季・冬季晴天時および雨天後数日間について、各施設の高度処理機能調査にあわせて反応タンク周辺および各種実験で採取したデータを用いた。

3.2.2 流入水有機物分画

流入水中の物質を表4の各構成成分に分解する有機物分解作業は、シミュレーション結果に非常に大きな影響を与える。有機物分画方法には、呼吸速度試験(OUR法)を用いる方法とオランダ応用水研究財団(STOWA)の方法が知られている。本調査では、精度レベルおよび今後の汎用性を鑑み、精度は劣るものの水質分析結果だけで有機物分画を行えるため実務利用に適した STOWA 法をベースとして有機物分画を行うこととした。

本調査における分画方法を表9に示す。なお、BCOD 値は、各センター流入水について究極 BOD 試験を実施し、その値を用いて推定した(算出方法は、文献²⁾参照)。また、各成分値を求めた結果、X_Iがマイナスとなる場合には、各センターの他データを用いて補填した。

分画作業は、3.1.3の各条件における流入水について行った。各施設の分画結果を図2に示す。

表9 有機物分画方法

項目	方法
S _I	処理水S-COD _{Cr} の水質分析結果×0.9
S _A	流入水の有機酸濃度から設定
S _F	流入水のS-COD _{Cr} (0.1μmろ過)を「S _F +S _A +S _I 」とし、S _A とS _I を差し引いて算出
X _S	流入水のBCODを推定し、それを「X _S +S _F +S _A 」とし、S _F とS _A を差し引いて算出
X _I	流入水のT-COD _{Cr} を全有機物とし、他を差し引いて算出
X _H X _{AUT} X _{PAO} X _{PHA}	ゼロとみなす

表8 収集データ一覧

	方法	種類	用途
① 施設データ	設計諸元に準拠	各セル容量、槽配分(嫌気・無酸素・好気)、循環ポンプ、返送汚泥ポンプなど	・施設構造モデル構築
② 水質データ	日常試験データ(コンポジット試料)	流入水質、処理水質など	・参考データ
	各施設の処理機能調査における各種データを使用(全てスポット採水)	流入水質(BOD、COD、窒素、りん、SS、有機酸、DO、水温など)	・流入水分画 ・キャリブレーション(組成変換係数設定) ・シミュレーション計算
	・晴天時1日×2セット	槽内水質 各セルについて実滞留時間間隔で採水・測定(窒素、りん、DO、水温など)	・キャリブレーション ・シミュレーション計算(各セルDO設定)
	・降雨後10~20日間のうち4~5日×1セット(調査日以外については、他調査日データ代用または線形補完)	処理水質(COD、窒素、りん、DO、水温など) 汚泥データ(SS、TN、TPなど)	・キャリブレーション ・キャリブレーション(余剰汚泥量の調節)
③ 実験データ	調査日にりん放出回分実験を実施	NO ₃ N、PO ₄ P、有機酸	・キャリブレーション(Y _{PO4} の設定)
	調査日に流入水BOD経日変化	BOD _{1~15}	・流入水有機物分画(BCODの推定)
④ 運転データ	水質調査期間中の実施データ	処理水量、循環率、返送率、余剰汚泥量、降雨量など	・シミュレーション計算など

3.2.3 施設構造の構築

施設の槽配分や循環ポンプなどの施設構造は、設計諸元に基づき構築した。ASM では通常、1セルごとに計算が行われる。今回構築したモデルでは、状況に応じて実際の1セルを複数に分割させることで、再現性の向上を図っている。また、活用の幅を広げるために、循環水の投入セルを複数選択できるように設定した。各施設構造モデルを図3に示す。

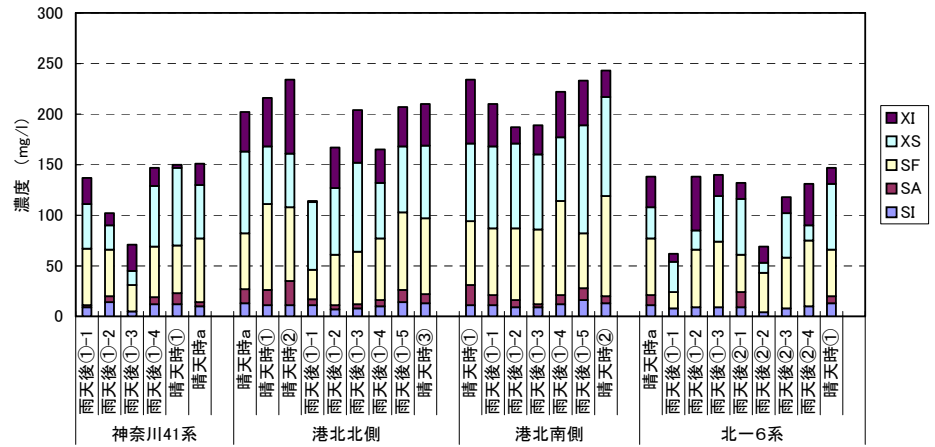


図2 有機物分画結果

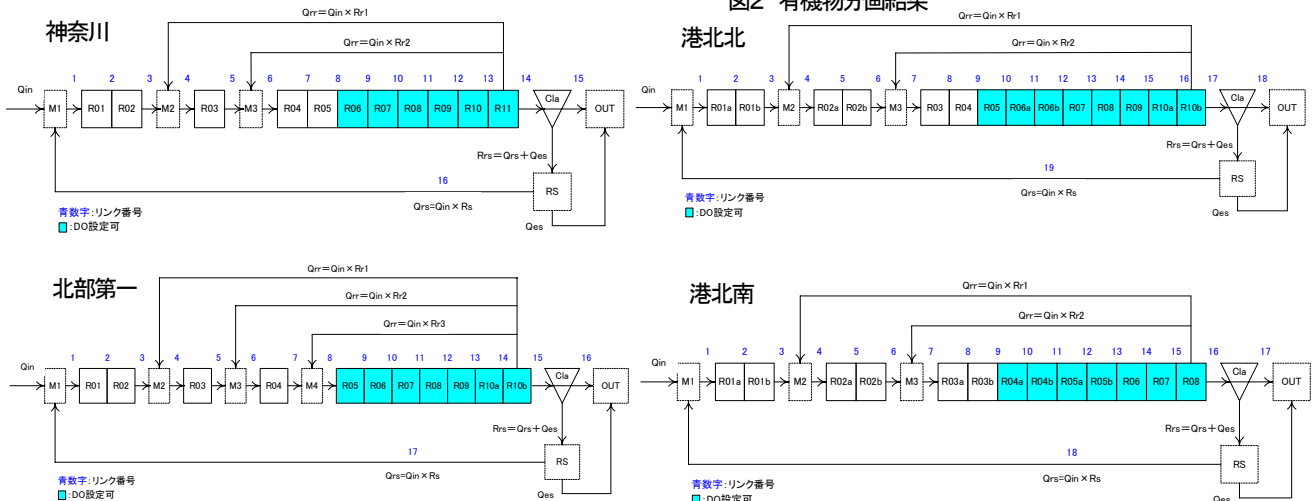


図3 各施設構造モデル

3.2.4 キャリブレーション

各種実測値を良好に再現するためには、シミュレーション結果が対象施設の実態に合致するように、各パラメータ数値を調整することがふつうであり、そのための一連の作業をキャリブレーションと呼ぶ。しかし、むやみにパラメータ数値を変更しては、実用の際に不具合が生じる。パラメータ調整の際には、あらかじめ方針を定めると同時に、理論的な根拠に基づいた変更を行うことが望ましい。本調査におけるキャリブレーション基本方針を以下にまとめた。

(1) 作業の順序

各施設とも、まず晴天時データでキャリブレーションを実施し、その調整結果をベースとして雨天時データを用いたキャリブレーションを行った。

(2) パラメータ調整

晴天時(夏季、冬季)および雨天時について調整パラメータ数と方向性が出る限り合致するように調整を行った。

(3) 固形物のキャリブレーション

X_1/X_s 比は、STOWA 法による分画の事例を参考に、 X_1 の全体に占める割合が10~24%の範囲に入るように調整を行った。

(4) リン除去のキャリブレーション

リン除去のキャリブレーションは、以下の手順で実施した。

- ① Y_{PO4} の調整(回分試験結果を参考にしながら調整)
- ② η_{fe} , η_{NO3} の調整
- ③ q_{PHA} の調整

晴天時キャリブレーションは、90日間同条件で計算した結果と実測値を比較し、パラメータを調整した。雨天時は、まず期間当初の流入水質で90日間馴致し、その後各日の水量・DO・流入水質各データを入力し、晴天時調整後の各パラメータを用いてシミュレーションを行った。

各条件の調整パラメータの一覧を表10に示す。施設ごとに各条件で大差なく設定を行うことができた。

3.2.5 シミュレーション精度の確認

晴天時条件および雨天後条件のキャリブレーション結果(計算値と実測値の比較)を図4および図5に示す。

神奈川、港北北、港北南については、3.1.3で設定した精度レベルを満足していた。北部第一については、雨天時期間の処理水 NH_4-N 濃度の残存が再現できていない。当系列では調査期間中、りん除去安定化のため硝化を抑制気味にすると同時に、風量一定運転を行っていた。このため、好気槽 DO 濃度は晴天時にはほぼ $1mg/L$ 以下と非常に低く、硝化は最終セルのみで行われている状況であり、降雨直後の負荷低下時には極端に高くなる傾向にあった。このような背景から、北部第一については DO や NH_4-N などベースとなる実測値の信頼性が低い可能性があり、これがシミュレーション誤差の拡大につながったと考えられる。ただし、 NO_3-N と PO_4-P については概ね傾向はとらえており、今後の検討作業に用いる分には問題ないと判断した。

表10 調整パラメーター一覧

	デフォルト (20℃)	神奈川		港北北側		港北南側		北一		備考
		夏期	冬季	夏期	冬季	夏期	冬季	夏期	冬季	
μ_{AUT}	1.0	1.2	1.5	1.2	1.2	1.0	1.2	1.5	1.2	XAUTの最大比増殖速度
η_{HNO_3}	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	XHの無酸素条件下での増殖(脱窒)における増殖速度減少係数
Y_{PO_4}	0.4	0.65	0.65	0.15	0.15	0.3	0.3	0.35	0.35	XPHAの貯蔵に必要なSPO4放出量
η_{NO_3}	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	無酸素条件下のXSの加水分解速度減少係数
η_{fe}	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.2	0.2	嫌気条件下のXSの加水分解速度減少係数
q_{fe}	3.0	3.0	1.5	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	XHによる最大比発酵速度
q_{PHA}	3.0	5.0	5.0	3.0	3.0	3.0	2.0	3.0	3.0	XPHAの最大比貯蔵速度
q_{pp}	1.5	2.5	3.0	1.5	1.5	2.5	1.5	1.5	1.5	XPPの最大比貯蔵速度

デフォルト値よりも大

デフォルト値よりも小

雨天後シミュレーションに採用

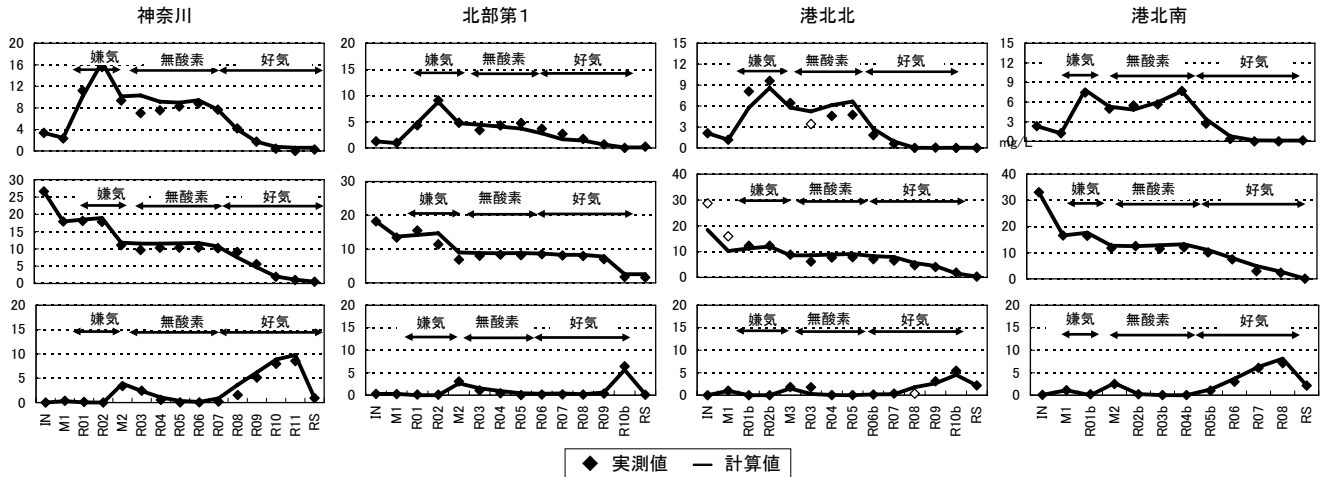


図4 キャリブレーション結果(夏季晴天時・槽内水質)

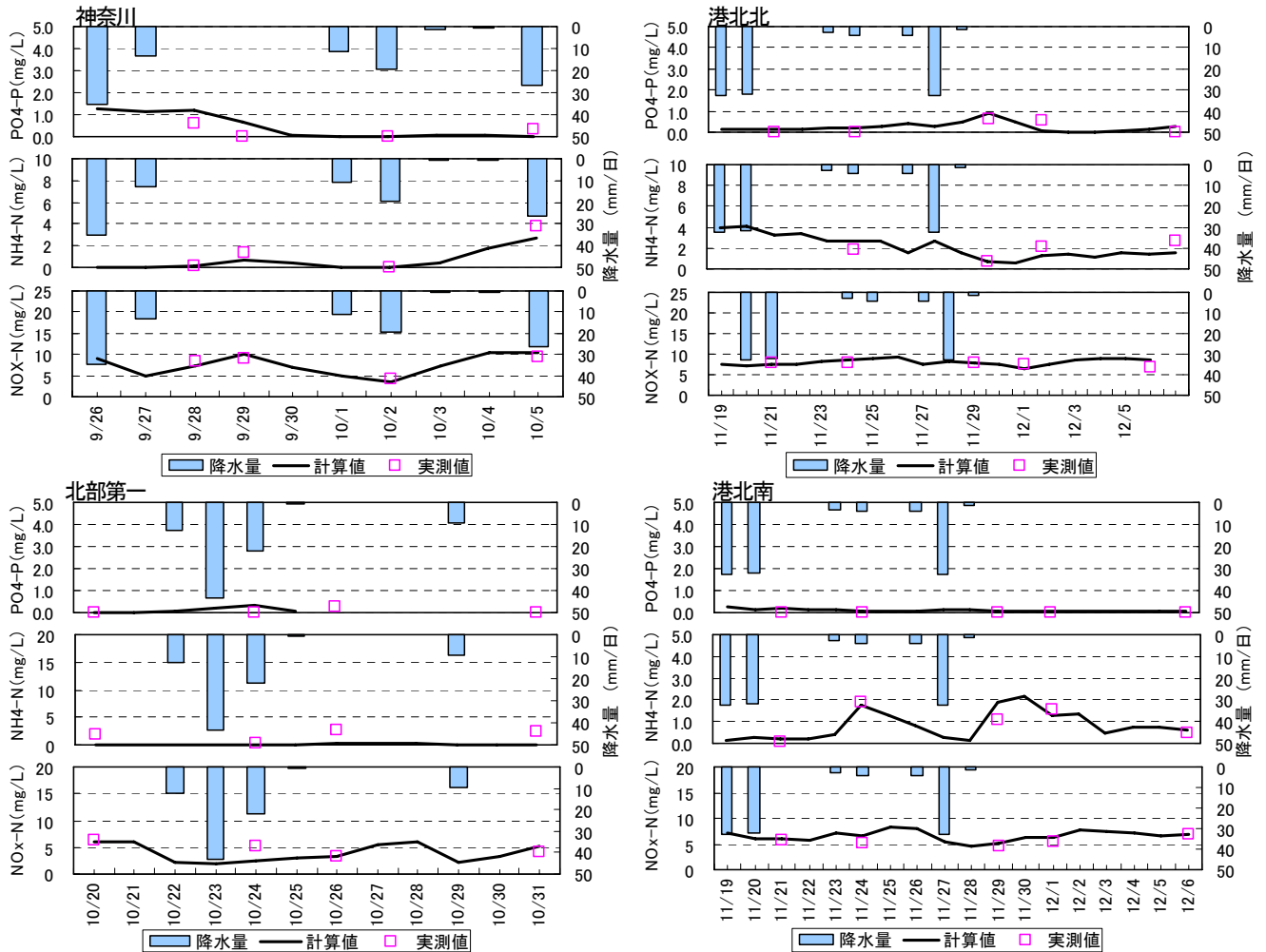


図5 キャリブレーション結果(雨天時)

4. 構築モデルの活用(ケーススタディ)

今回構築したモデルは、次年度調査において実際に活用していく予定である。本年度調査では、活用方法・範囲の評価を兼ねて、以下の2ケースについて、構築モデルを用いて簡単な検討を行った。

- ① HRT と窒素・りん除去の関係 (港北南)
- ② 好気槽 DO と窒素・りん除去の関係 (北部第一)

なお、神奈川 4 系における雨天時循環停止+水量増加運転のASMでの検討は、平成17年度調査のなかで実施している³⁾。

4.1 HRT と窒素・りん除去の関係(港北南)

港北南 A₂O 法施設は、HRT が12時間程度とかなり余裕のある運転となっている。ここでは、HRT を短縮した場合の窒素・りん除去への影響について検討を行った。

4.1.1 シミュレーション条件

シミュレーション条件を図6に示す。冬季晴天時調査の再現計算結果を初期状態として、HRT を8~11時間の条件でシミュレーションを行った。また、当施設ではりん除去安定化や汚泥解体防止のため、好気槽 DO 濃度を1mg/L以下と低く運転している。このため、HRT を短縮した場合は硝化不足が想定されることから、HRT8時間および11時間条件について、好気槽 DO 濃度を各セル3.0mg/Lとした条件についても行ったシミュレーションを行った。

なお、シミュレーションは初期条件(ケース4)で90日間馴致を行い、その後各ケースに条件変更して30日間計算した。また、MLSS濃度は2000mg/L程度となるように余剰汚泥量を調整した。

4.1.2 シミュレーション結果と考察

シミュレーション結果による、処理水 NH₄-N、NO₃-N、PO₄-P 各濃度、好気槽末端の硝化細菌(X_{AUT})、りん蓄積細菌(X_{PAO})、PHA量の経日変化を図7に示す。

	HRT (hr)	DO	処理水量(m ³ /日)
ケース1	8	実測値	19,440
ケース2	9	実測値	17,280
ケース3	10	実測値	15,552
ケース4(現状)	11	実測値	14,208
ケース5	8	一律3.0mg/L	19,440
ケース6	11	一律3.0mg/L	14,208

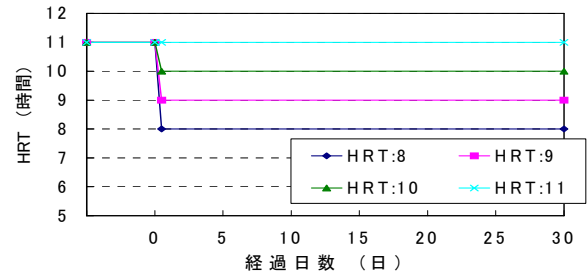


図6 シミュレーション条件(港北南)

DO 実測値条件では、HRT の短縮に伴い硝化が抑制された。一方でDO を上げた場合にはHRTに関わらず硝化は十分進行していた。また、いずれのケースでもりん除去は良好であった。

DO 実測値条件でHRT が短いケースではX_{AUT}が経日的に減少している。DO を上げたケースでは逆に増加していることから、X_{AUT}の減少は硝化不足による増殖抑制の影響が大きいといえる。DO を上げた場合、HRT8時間と11時間ではX_{AUT}に大きな違いはないことから、HRT8時間としても、必要A-SRTは確保されていると考えられる。

X_{PAO}、X_{PHA}はHRT が短いほど増加する傾向を示していた。DO 実測値条件においては、硝化の抑制→嫌気槽での脱窒量の低下→脱窒によるS_A(有機酸)消費量減少→X_{PHA}合成量増加→X_{PAO}の増加という構図が考えられる。一方で、DO を上げるとX_{PAO}、X_{PHA}ともに減少した。これは硝化進行による嫌気槽流入NO₃-N濃度の上昇およびDO 上昇による好気槽でのX_{PHA}分解促進が影響していると考えられる。

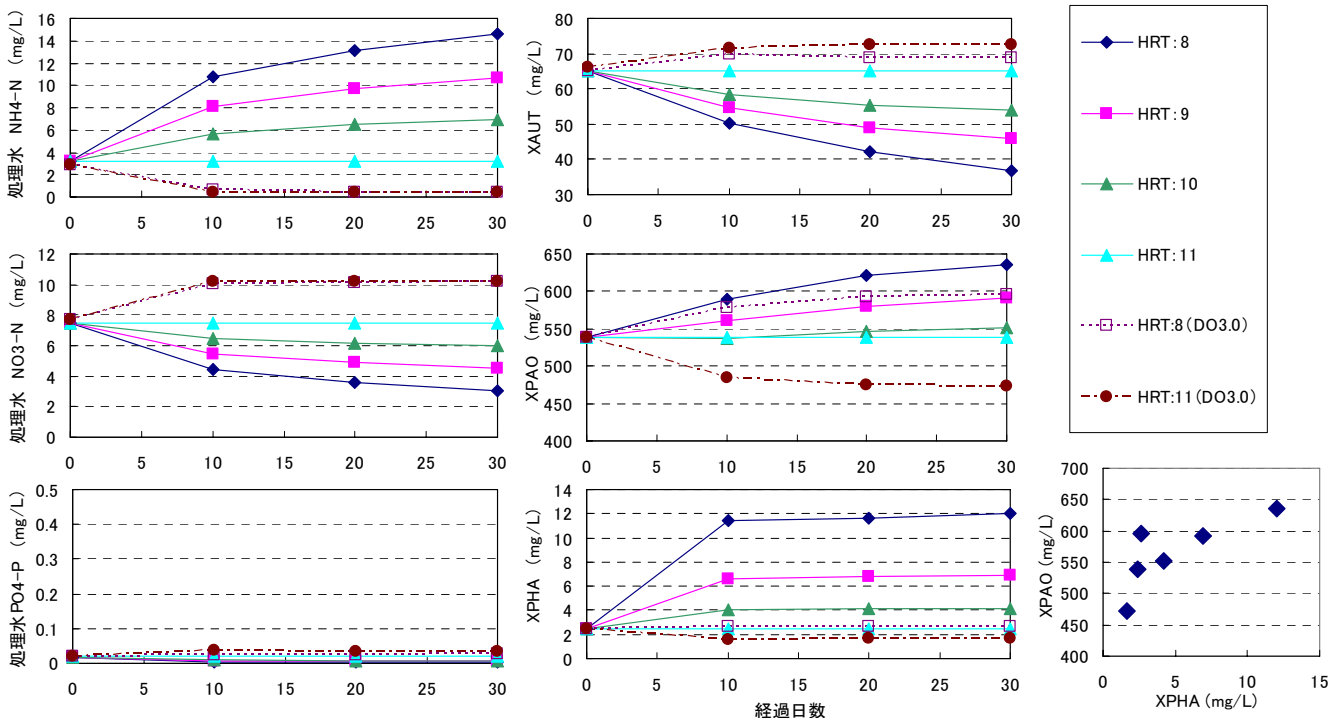


図7 シミュレーション結果(港北南)

以上の結果から、当施設では好気槽 DO 濃度さえ確保されれば HRT を 8 時間程度に短縮しても窒素・りん除去性能は確保できると推定できた。DO を上げ硝化を促進することで、 X_{PAO} 量は低下するものの、りん除去に影響を及ぼすほどではなかった。

実施設で処理水量を増加し HRT を短縮するには、大腸菌など他水質項目、汚泥性状、最終沈殿池負荷等に注意する必要がある。しかし、本結果から PHA 合成量を増やす方向に運転条件を変更すれば PAO 量が増加しりん除去が向上する可能性が示唆され、そのための方策のひとつとして HRT の短縮があるといえる。実際に、神奈川 4 系では HRT 短縮によりりん除去が安定化している⁵⁶⁾。何らかの制限により処理水量が増やせない施設においてりん除去向上を図るには、PHA 量増加に寄与する別の条件を、ASM を用いて検討することは有効だといえる。

4.2 好気槽 DO と窒素・りん除去の関係(北部第一)

北部第一 6 系では、設備的な問題で十分な送風量が確保できず、晴天時には好気槽 DO がほとんどのセルで 0.5mg/L 以下であり、硝化がほとんど進行していない状況であった。ここでは、DO 濃度を上げた場合の処理水質への影響および活性汚泥性状について構築モデルを用いて検討した。

4.2.1 シミュレーション条件

シミュレーション条件を図 8 に示す。晴天時調査結果の好気槽各セル DO 濃度は、末端セル以外 0.2mg/L 未満であった。本検討では、各セル DO を一律に 0.1~2.0mg/L 上げる操作を行い、シミュレーションを行った。4.1 と同様に、

	DO
ケース1(現状)	実測値
ケース2	実測値+0.1mg/L
ケース3	実測値+0.3mg/L
ケース4	実測値+0.5mg/L
ケース5	実測値+1.0mg/L
ケース6	実測値+1.5mg/L
ケース7	実測値+2.0mg/L

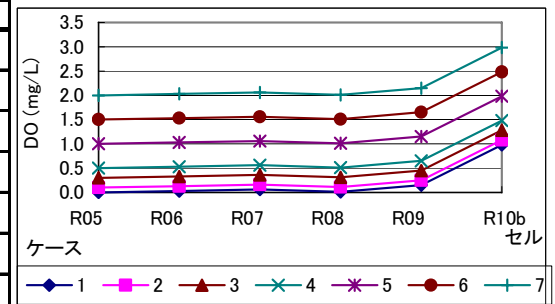


図8 シミュレーション条件(北部第一)

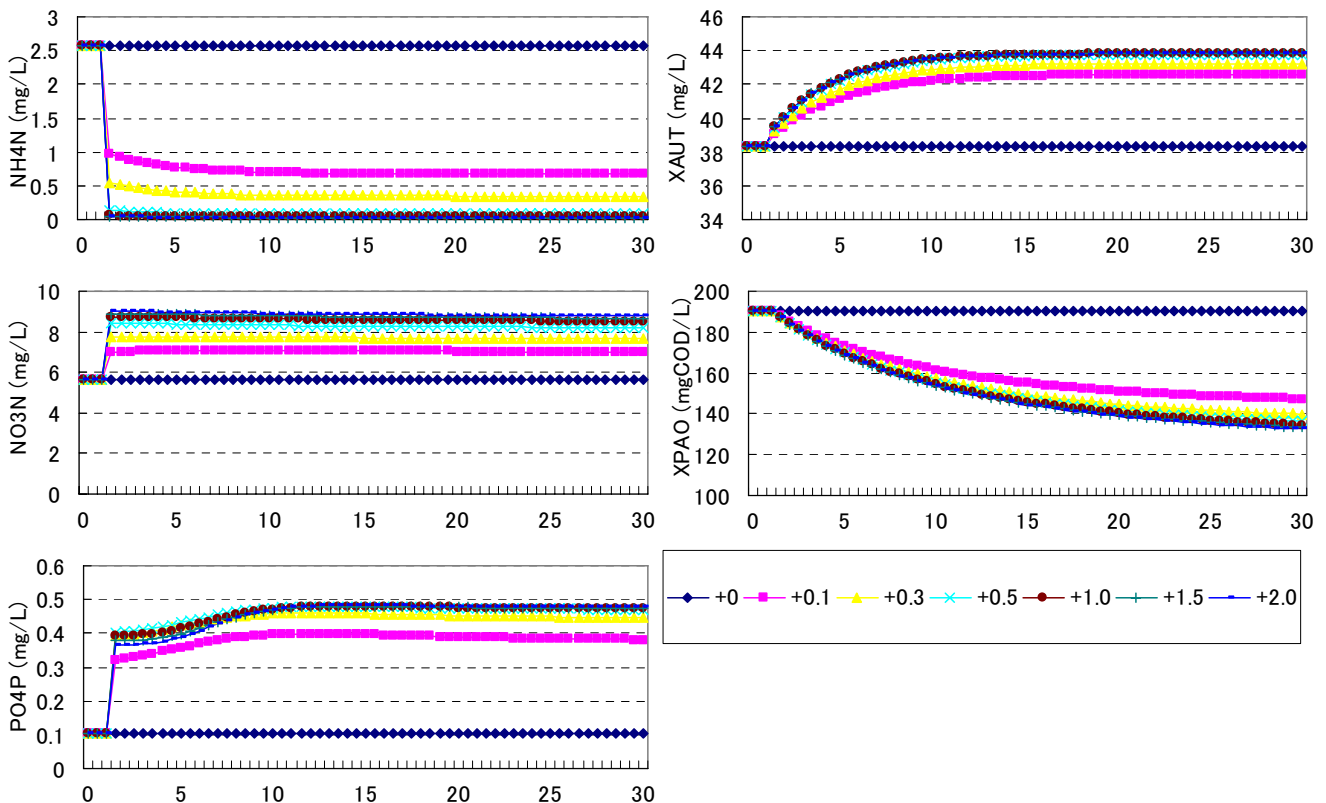


図9 シミュレーション結果(北部第一)

まず初期条件(ケース1)で90日間の馴致を行い、その後 DO 濃度を変更して30日間計算した。

4.2.2 シミュレーション結果と考察

シミュレーション結果による、処理水 NH_4-N 、 NO_3-N 、 PO_4-P 各濃度、好気槽末端の X_{AUT} 、 X_{PAO} の経日変化を図 9 に示す。

DO を上げた効果は直ぐに現れ、1 日経過後には硝化が十分に進行し、30 日が経過しても状況は大きく変化しなかった。DO 上昇幅が 0.1、0.3mg/L では若干 NH_4-N が残存するものの、1mg/L 未満に抑えられていた。また、硝化を促進したため、 X_{AUT} は上昇した。

しかし、硝化促進に伴い、 PO_4-P が上昇し、 X_{PAO} が減少した。硝化の促進→嫌気槽での脱窒量の増加→ S_A (有機酸)の減少→ X_{PAO} の減少という構図が考えられる。4.1 の港北南の事例と比較してりん除去変動が大きいのは、活性汚泥中の X_{PAO} 存在量の違いと考えられる。このような、流入水質や運転条件による各種細菌量変化の推定が行えることは、ASM の大きな利点だといえる。

5. まとめ

5.1 構築モデルの適用範囲および評価

本調査において構築したモデルは、概ね目的に合致した良好な再現精度が示されており、様々な事例への活用が期待できる。

「評価書」には、ASMの実務用途例と必要とされるキャリブレーションレベルについての解説がある。本調査におけるキャリブレーションレベルは概ね「C~D」に該当するが、実務への適用の際にはモデル構築条件などその特性をよく把握しておく必要がある。今回構築したモデルの特性を表11に、設計・運転管理支援における適用項目を表12にまとめた。

本モデルでは処理水質の正確な予測は期待すべきではなく、モデルの計算結果をそのまま施設制御や設計値として使うことはできない。設計および維持管理における条件設定の場面において、ある変更が処理水質や活性汚泥性状に与える影響の方向性を把握するのに適している。

設計支援ツールとしての利用は、反応タンク容量計算方法の机上検討、槽配分の最適化や兼用槽の設定、各ポンプ能力の設定といった場面での利用が想定できる。ただし、容量計算結果の机上検証や各種安全率設定の検討といった、処理水質の高い再現精度が求められるケースに使用する場合は、条件設定や適用範囲に十分注意しなければならない。

表11 構築モデルの特性

	特性
施設	A ₂ O法4施設 流入水質(合分流・負荷)が異なる施設を選定
データセット	各施設について、下記3セットを設定 ・夏季晴天時 ・冬季晴天時 ・雨天時
精度	・晴天時...処理水質・各セル水質を高精度で再現 ・雨天時...一定期間における処理水質変動の方向性を再現
モデル特性	
流入水質	流入負荷の高い時間帯(AM10:00)のスポット採水データを使用
日間変動	流入水質の日間変動は考慮していない (24時間均等水質が流入するものと仮定)
反応タンクDO	各セル固定(実測値から変更可能)
最終沈殿池反応	脱窒量の設定可能
他センターへの流用	定性的利用であれば、流入水有機物分画データがあれば流用可能 (施設構造モデルは、必要に応じて変更可能)

表12 構築モデルの適用項目(設計・運転管理支援)

	用途・内容	評価項目	留意点(追加が必要なデータ・プロセスなど)
設計支援	処理方式の選定		
	・複数の処理方式の相対比較	処理水質 必要酸素量 汚泥発生量	施設構造モデルを改造することで可能
	・処理方式候補について、目標処理水質への適合性の評価	処理水質	
	増設・改造計画の策定		
	・既存施設の処理能力(水量、負荷)の評価	処理水質 必要酸素量	
	・処理水質高度化・低コスト化のための施設改造方法の検討	処理水質 必要酸素量 汚泥発生量	
	・施設改造・増設案の評価	処理水質 反応タンク水質 必要酸素量 汚泥発生量	
	容量計算		
	・反応タンク容量削減、限界設計の検討	処理水質 必要酸素量	
	・反応タンク分割(槽配分、兼用槽の必要性)の検討	処理水質 反応タンク水質 必要酸素量	
	・容量計算における諸元値や安全係数の検証	処理水質 必要酸素量 汚泥発生量	
	・りん除去性能の予測	処理水質 PAO量	
	・汚泥発生量(SRT)の検証	汚泥発生量 SRT	
	・必要酸素量の検証	必要酸素量	散気装置能力(KLa)などの設定が必要
	付帯設備等の仕様・必要性検討		
・ポンプ流量の上・下限値の検討	処理水質		
・最初沈殿池の必要性の検討	処理水質 必要酸素量 汚泥発生量	生下水の有機物分画が必要	
・りん除去のための凝集剤・有機物源添加設備の必要性の検討	処理水質	添加量の定量的評価は困難	
運転管理支援	機能解析		
	・現行の運転方法における処理プロセス現象の推定	処理水質 反応タンク水質 各種細菌量	
	・処理可能水量の推定	処理水質 必要酸素量	最終沈殿池負荷に関する評価が別途必要
	最適化検討		
	・現行の運転方法の高度化・最適化検討	処理水質 必要酸素量 汚泥発生量	運転条件変更による、処理水質向上および運転コスト低減の可能性を検討する (例)HRT、返送・循環率、MLSS濃度(余剰汚泥引抜量)、好気槽DO濃度など
	・雨天時の最適な運転方法の検討	処理水質 必要酸素量 汚泥発生量	本調査で採取した雨天時データセットについて可能 雨天時データセットの追加が望ましい
	異常時対応		
・流入水量・負荷変動に対する対応策の検討	処理水質 必要酸素量 汚泥発生量	工事等による各系列の水量変動を想定 日間負荷変動に関する検討は現状では困難	
・処理悪化の原因解析	処理水質 必要酸素量 汚泥発生量	処理悪化時の各種データ(流入・処理水質、反応タンクDOなど)が必要	
・汚泥系返流水受け入れに対する対応策の検討	処理水質 必要酸素量 汚泥発生量	返流水受け入れ時の流入水有機物分画データが必要 (返流水の割合が極端に高い場合は不可)	

運転管理の場では、処理限界の把握、異常時の対応、施設設備的制限を超える運転条件といった、実施設では検討の難しい事例について、机上で検討することで事前に効果やリスクを想定することができる。また、新たな運転管理手法・設備などを導入する際の導入効果予測にも使用できるだろう。今回構築した施設とは流入水質や施設構造が異なる施設においても、流入水分画データを留意すれば、定性評価の範囲であれば十分に利用価値がある。

一方、研究開発や教育研修用としては、利用方法次第では非常に有効なツールとなりえる。ASM を活用することにより、これまで培った経験的維持管理プロセスについて、ASM を用いて合理的・定量的な表現に翻訳することができれば、技術職員のプロセス理解の促進を図ることが期待できる。

5.2 今後の課題

ASM の有効活用により、上述のような様々なメリットが見込めるものの、実務レベルでの利用促進には、多くの課題がある。本調査の目的を超えて、さらに ASM の活用範囲を広げる場合の課題を以下にまとめた。

① 精度の向上

ASM の活用範囲を広げるには、更なるシミュレーション精度の向上を図ることが望ましい。今回構築したモデルの活用範囲は、現状と比較して水質がどう変化するかといった、相対的評価を行う範囲に留まる。また今回の調査では、出来る限り、晴天時、雨天時共同パラメータで再現できるモデルの構築を目指した。しかし、各パラメータの値について、文献などで様々な値が報告されていることを勘案すると、同一施設でも、時期、天候によってそれら値が異なる可能性は十分に考えられる。今後さらに定量的な予測を行う場合には、各種調査データを蓄積し、流入水有機物分画およびキャリブレーション精度を向上させていく必要がある。

② 技術者の養成

ASM 実務利用の最大のネックは、ASM を使いこなすことのできる技術者の育成である。ASM の適正な実務利用には、生物処理理論に対する理解と、設計・運転管理現場での経験の両者が求められる。ASM の実務利用促進には、そうした技術職員を養成していく必要がある。その際には、まず研究開発や生物処理に関する技術研修の場で ASM を積極的に活用し、若手技術者を中心に徐々に携わる職員を増やしていくことが有効だと思われる。

③ 実務利用に向けた環境整備

本調査で使用したソフト「Aqsim」は、主に学術研究用途を対象としたものである⁴⁾。設計・運転管理の現場で実務利用するには、取り扱いの容易なソフトの導入・開発が必要となる。そうしたソフトは現在複数市販されている。導入・開発する際には、費用対効果および将来的な拡張性を十分検討した上で決定する必要がある。

また、ASM による予測を実務に反映させることは、従来の設計・運転管理現場で行われてきた経験的な意思決定プロセスに直ちに馴染むものではない。経験的意思決定から、情報分析と評価に基づく合理的プロセスへの変換が求められる。そのためには、従来方法と平行

的に試行運用し、少しずつ実用事例を増やし有効性を確認していくような長期的な対応が有効だと思われる。

さらに、実際の現場では、モデルでは表現されない様々な現象が存在し、それらが処理水質変動の決定要因となりうる。反応タンク内での短絡流、攪拌能力不足などがあれば、ASM 予測精度の低下につながり、有効利用に支障が生じる。ASM 実務利用には、まず理想的な施設設備状況の整った施設(本市の場合、神奈川4系など)での試験運用から始めることが望ましい。

④ 利用用途の拡大

今後の下水処理においては処理水質向上と同時に温暖化ガス排出削減に向けた取り組みも必要となる。現モデルではブローヤやポンプ動力削減などを通じた温暖化対策検討に利用できるが、処理プロセスからの CO₂ や N₂O などの直接排出量の予測は出来ない。しかし、ASM の記述は物質収支に基づくため、原理的にはそうした物質の予測も可能となると考えられる。

このような窒素・りん除去に関する予測以外の利用用途について、ASM に関する今後の技術開発動向が注目される。

参考文献

- 1:「活性汚泥モデルの実務利用の技術評価に関する報告書」(平成18年3月);日本下水道事業団技術開発部
- 2:「活性汚泥モデル」;国際水協会・生物学的廃水処理の設計および運転を支援するための数学モデルの関するタスクグループ、味埜俊監訳
- 3:「高度処理の効率化に関する検討」横浜市環境科学研究所所報第31号 2007
- 4: Reichert, P. (1994) 「Aquasim-A Tool for Simulation and Data Analysis of Aquatic Systems」, Wat. Sci. Tech. 30, 21-30
- 5: 浅野卓哉、森豊明、小菅博明「合流式A₂O法施設におけるりん除去安定化対策の検討」第43回下水道研究発表会講演集 pp.794
- 6: 飯野登志夫、鈴木孝「低流入負荷の嫌気・無酸素・好気槽におけるりん除去の向上について」第39回下水道研究発表会講演集 pp.635

消化汚泥の燃料化技術への適用性について

米山利行、川井英夫、伊熊信男（横浜市環境科学研究所）

On the applicability of the digestion sludge to the conversion to fuel technology

Toshiyuki Yoneyama, Hideo Kawai, Nobuo Ikuma
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：消化汚泥、汚泥有効利用、燃料化技術、低温炭化、油温減圧乾燥

要旨

地球環境問題を根本から解決するためには、従前から、大量生産・大量消費型社会から持続型経済社会へと移行する以外に有効な方策はないと言われている。そのための一つの方策として、エネルギーと物質を併産（コ・プロダクション）する環境性に優れたプロセスがある。

下水汚泥は再生可能な有機性資源であるので、これを燃料として利用することにより CO2 排出削減が可能となる。また、国における地球温暖化防止施策および本市の温室効果ガス排出量削減目標達成にも大きく寄与することになる。一方、石炭火力発電所では、バイオマス由来の燃料を石炭代替燃料として受け入れることで RPS 法に対応することができるとともに、輸入依存度が高い石炭が海外事情に大きく左右されている状況下で、良質な代替燃料を安定的に確保できるという二重のメリットがある。そこで、本市においては燃料受け入れ能力の大きい石炭火力発電所が市内にあることも考慮して、消化汚泥の燃料化技術への適用性について検討を行ったので、報告する。

1 汚泥有効利用の現状と方向性

本市では、11 箇所の水再生センターの整備を進め、昭和 59 年に、すべての水再生センターが稼働している。また、汚泥処理については、昭和 62 年に北部汚泥資源化センター、平成元年に南部汚泥資源化センターの汚泥集約処理が稼働した。汚泥処理は、市内 11 箇所の水再生センターから発生する汚泥を集めて、北部と南部にある 2 箇所の汚泥資源化センターで処理している。

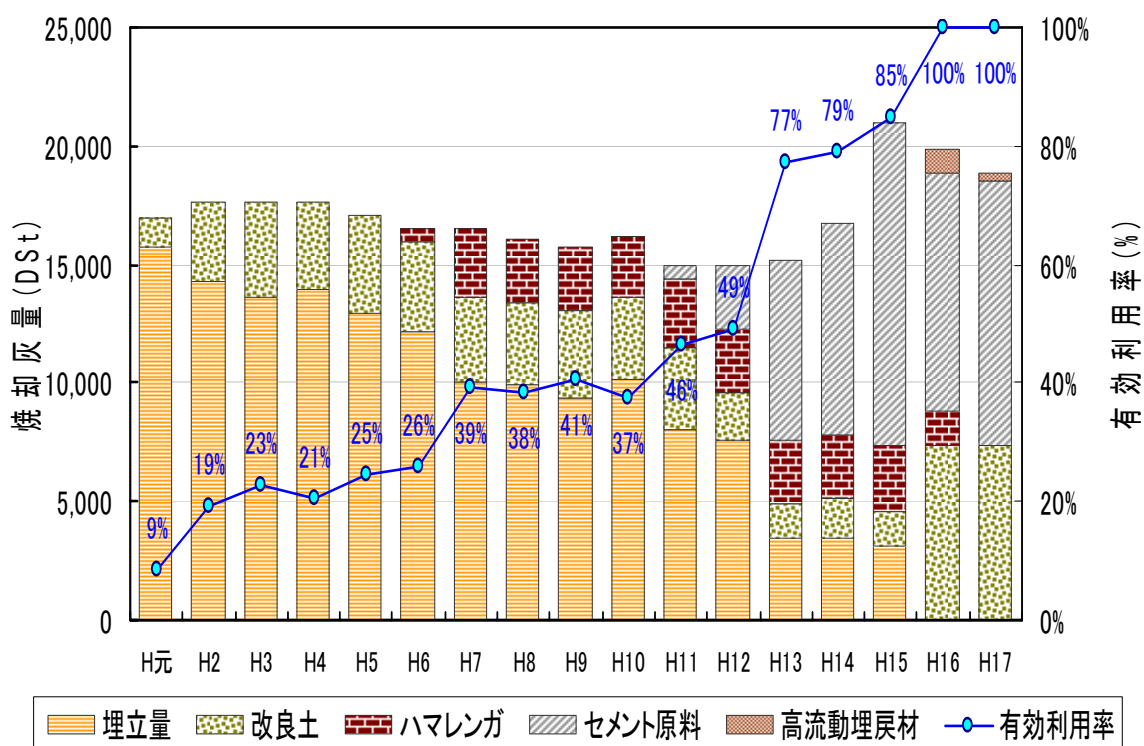
図-1 に示すように下水道の資源の有効利用として、水再生センターに流入してくる下水は、年間を通して水温が安定しており、大気に比べ、夏は低く冬は高いため、ヒートポンプの熱源として有効利用でき、冷暖房に利用しており、高度処理した再生水をせせらぎ用水や道路散水などに利用し、また汚泥を汚泥資源化センターに送り、消化タンクで発生したガスをガス発電などに利用している。下水汚泥を焼却炉で焼却した灰を、セメント原料や改良土やその他（高流動埋戻材）に利用している。改良土は建設工事で発生する土に焼却灰と生石灰を混合したもので、山砂のかわりに公共工事の埋戻材として利用している。その他では、高流動埋戻材は高い流動性により、狭隘で複雑な場所への施工が可能で防空壕などの埋戻しに利用している。

図-2 に示すように焼却灰の有効利用の推移では、発生した下水汚泥を全量焼却し平成 16 年度からは 100% 有効利用している。しかし、セメントへの依存度が高く、リスク分散およびコスト削減の観点からメニューの多様化を図る必要があるが、焼却灰のマテリアルリサイクルを継続していくには、焼却灰に含まれる重金属が課題と

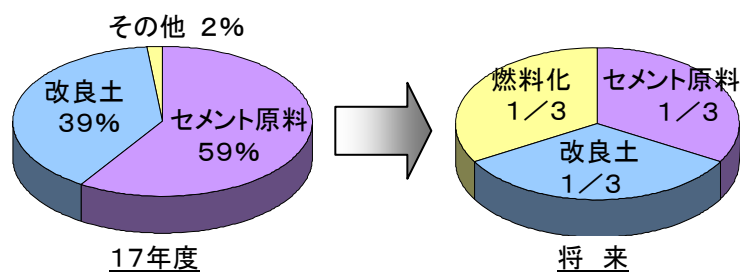
して残っている。そこで、焼却炉の更新時期に合わせ、焼却灰にこだわらない新たなメニューとして、消化汚泥成分中の有機物に着目し固形燃料化することが有望と判断した。これにより、平成 17 年度の汚泥有効利用（セメント原料 59%、改良土 39%、その他（高流動埋戻材）2%）を、将来的には図-3 に示すように汚泥の有効利用方法をおおまかに三分割し、リスク分散およびコスト削減を図ることができる。また、固形燃料を石炭火力発電所に提供することで、貴重な資源である石炭の一部を補うという社会的な貢献を果たすと同時に、本市にとっても混焼後の焼却灰の処分については全く関与する必要がないという大きなメリットがある。



図-1 下水道資源の有効利用



図－２ 焼却灰の有効利用の推移（H元～H17）



図－３ 将来的な汚泥有効利用計画

2 燃料化技術の検討

本市では、発生する汚泥を全量濃縮・消化しているため、脱水ケーキ中に含まれる有機物は未消化のものと比較して50%程度減少している。また、固形燃料化した場合、合流式下水道や浄水汚泥に由来する無機分が多いため、全国レベルで先行している事例とは異なり、特別な汚泥として取り扱う必要がある。

汚泥の燃料化手法としては一般的に3種類(図-4、図-5、図-6)があげられているが、これらの特徴を石炭火力発電所で燃料として使用している微粉炭と比較して表-1にまとめた。

横浜市内には、石炭火力発電所があり、固形燃料を製造した後の受入等については輸送の面から有利な状況に

あるが、同時に大手製油会社の工場が近接し、廃食用油の確保も容易であると考えられる。

製品の保有エネルギーからは、カロリーの高い油温減圧乾燥が有利である。また、灰分では炭化は不利であるが、外観が石炭に類似していることやハンドリングを考慮した場合炭化の方が優位である。炭化については低温炭化方式の研究が進んでおり、従前の方式よりカロリーアップが可能である。なお、造粒乾燥は、汚泥のイメージがそのまま残るので、石炭火力発電所において受入れが難しく、有価性に乏しいと考えられるため、低温炭化と油温減圧乾燥に絞って比較・検討を行った。

図-4 炭化方式

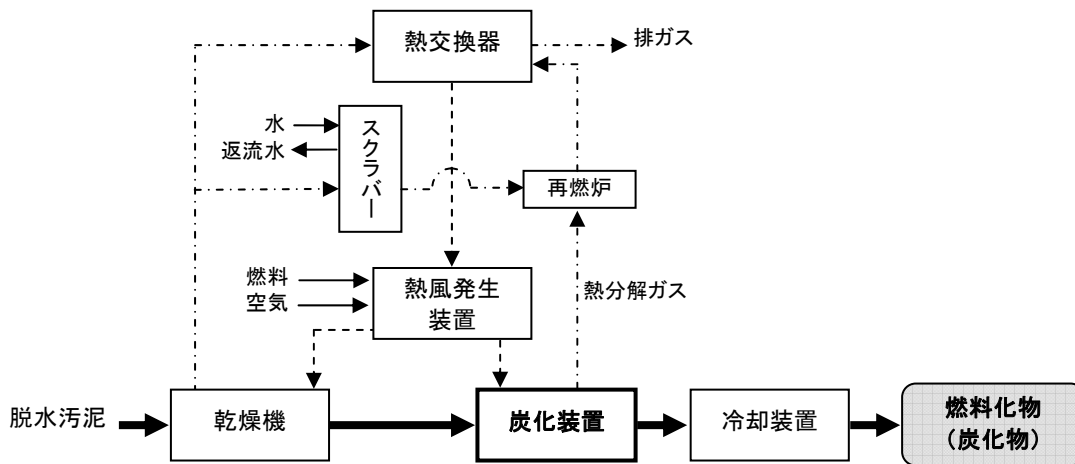


図-5 油温減圧乾燥方式

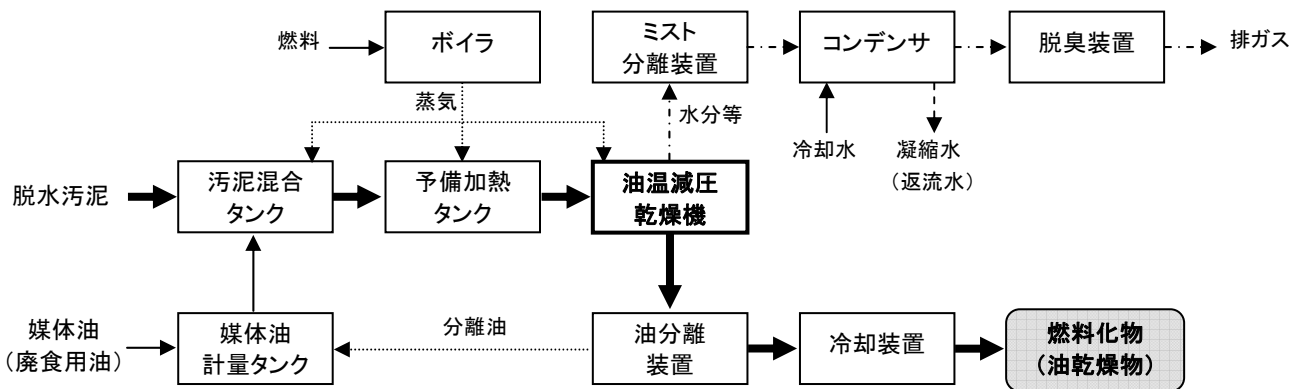
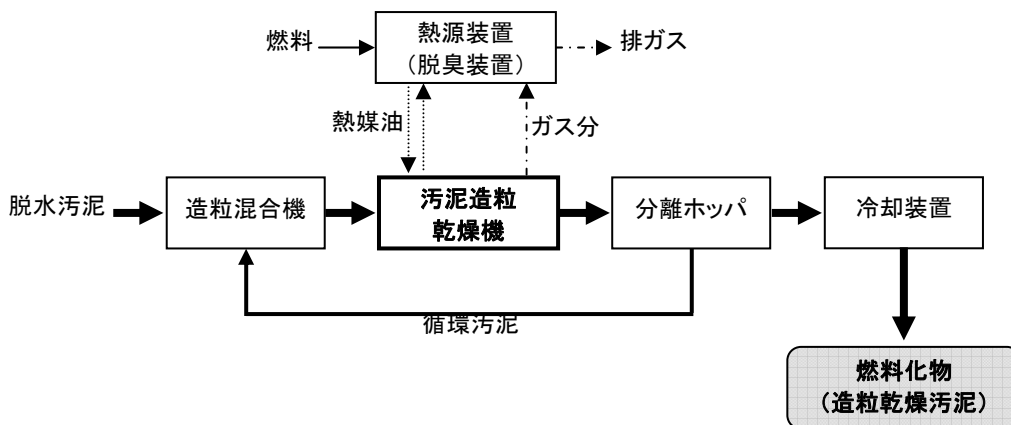


図-6 造粒乾燥方式



表－1 燃料化技術の比較

燃料化種別 評価項目	原料 (脱水ケーキ)	炭化物		油温減圧乾燥物	造粒乾燥物	微粉炭 (設計標準石炭例)
		高温	低温			
概要	(消化汚泥)	汚泥を低酸素状態で加熱し、水・揮発性ガスを放出させる。	減圧状態での廃油等の中で汚泥を加熱し、芯部までの水を放出させる。	汚泥の粘着性を利用して核粒子に付着させ、乾燥・付着を繰り返して粒状汚泥を成長させる。	石炭を 200℃程度の熱風で乾燥させながら微粉炭機で粉末状にする。	
発熱量(MJ/kg)	14～16	7～11	14～16	22～24	14～16	26
灰分(%)	30～40	70～80	40～50	19～24	30～40	20
水分(%)	80前後	<2	<2	<3	<10	2.2
外観	—	黒・フレーク状	黒・ペレット状	黒・顆粒状	ねずみ色・粒状	黒・塊状
臭気	—	無臭	微臭	廃油臭	汚泥臭	無臭
自然発火性	—	小	中(加湿不要)	大(通気抑制)	小	小
燃料比(-)	—	>5	約0.3	約0.1	約0.2	1.6(豪州の一例)
総合評価	—	△	○	○	△	—

3 技術導入の検討

① 技術開発の方法

現在、各方面で開発が進められている新しい低温炭化技術は、従来よりも炭化温度を低く設定する等により炭化の進行を制御し、燃料に適した高発熱量の炭化物が得られるものであるが、新しい技術であり実績がない。油温減圧乾燥は、石炭火力発電所での使用実績があるものの、製造時において、添加した植物油の抽出設備が大掛かりになり、また、自然発火を抑制する技術を開発する必要があると考えられる。

これらの技術的な課題解決のための実証試験やスケールアップの検討とともに、燃料としての性能・品質（仕様）、設備の安定性・維持管理性、環境影響、製品安全性・基準、さらには、石炭火力発電所への適用性評価等を行っていく必要があるが、この特殊な汚泥の研究開発をどのように進めるのか。本市には、民間企業等との共同研究スキームがあるが、公平性・競争性・透明性を確保しつつ進めていかなければならないという課題もある。

② 目標コストの設定

費用対効果におけるコストの基準は、焼却後に焼却灰をセメント原料利用にかかる処分費を含めた費用を下回ることが条件である。焼却炉を更新するケースと炉と新たな燃料化炉を導入するケースを比較した場合、炉の建設費用は安価であるが、運転経費は、乾燥に要する燃料費が大きく、燃料化炉の方が若干高くなると算出された。しかし、燃料化物を売却する際の収入が見込めることや、焼却灰の処分費が不要となることなどとも合わせると、脱水ケーキ1tあたりの処理コストは、燃料化炉を新規導入した方が10%程度低くなると推定される。なお、今後の包括委託への移行や炉の更新に伴う4炉から3炉体制への変更等、総合

的な運転・維持管理コストを検討する必要がある。

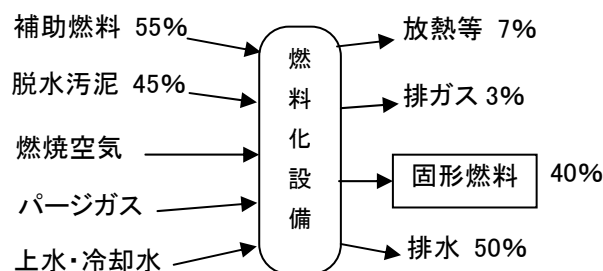
③ エネルギー収支からの検討

エネルギー収支の把握は、燃料化システムの計画・設計および設置後の維持管理を行う上で、運転条件設定のために非常に重要である。

図-7に、有機分61%、含水率80%の脱水ケーキを現状の焼却炉と同等の日量200tを低温炭化処理した場合のヒートバランスの検討結果を示す。燃料として外部にエネルギーを持ち出す分、インプットとして乾燥のための補助燃料を必要とし、その熱量は、排水や排ガス廃熱等として系外に出て行くことになる。

熱効率を高めて補助燃料の削減を図るためには、この排水熱や既存の焼却炉廃熱を消化槽の加温に利用することによって、高温のガス発電廃熱を乾燥用に利用可能とするなど、総合的にエネルギー利用率を高める工夫を検討する必要がある。

図-7 汚泥燃料化設備ヒートバランス



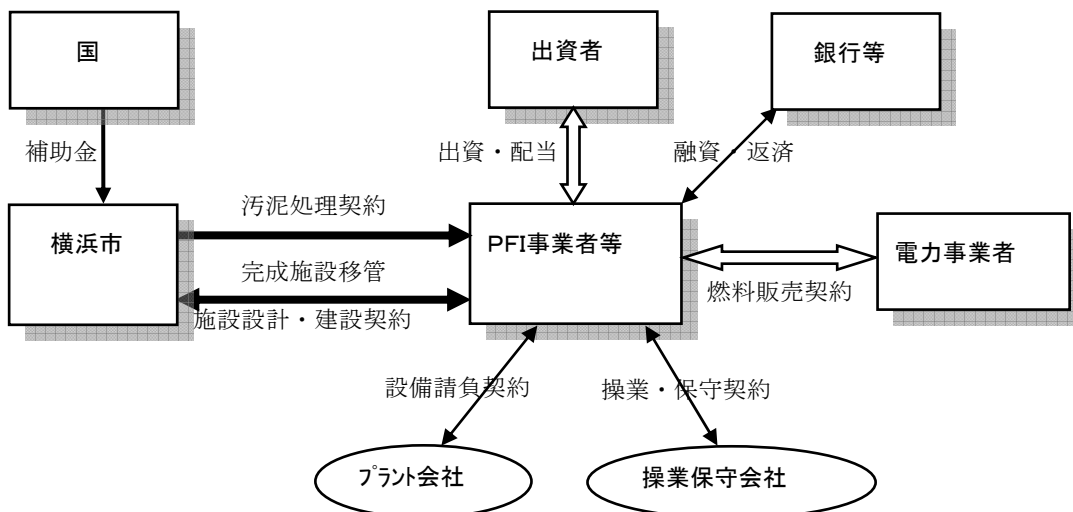
④ 事業化への検討

事業化にあたっては、焼却炉の更新時期に合わせ、プラントの設置は既存の焼却炉の跡地に、製造（処理）能力は、現状の汚泥処理量と焼却炉稼働率を考慮すると 75[t/d]×2 基の段階施行が望ましい結果となった。事業スキームは、一例として PFI を導入する方法が考えられるが、公設民営（DB+0）も検討した。事業者である SPC は市と汚泥処理委託契約を締結することにより、汚泥資源化センターから発生する脱水ケーキを引き取って固形燃料を製造する。また、同時に、燃料ユーザー等と燃料販売契約を締結して固形燃料を販売することで事業を運営していく。この場合、固形燃料の価値をどう評価するかによって汚泥処理費用に影響する。（図－8）

現在までの調査では、市内の石炭代替燃料としてのユーザーは火力発電所 1 社のみであるが、一定程度の競争環境と事業の成立性を確保する必要があるため、事業化における今後の検討課題でもある。

また、温暖化対策としての検討では、燃料化することにより CO2 や N2O などの温室効果ガスの排出削減がどこまでできるのかを検証する必要がある。

図－8 事業フロー図



5 今後の方向性

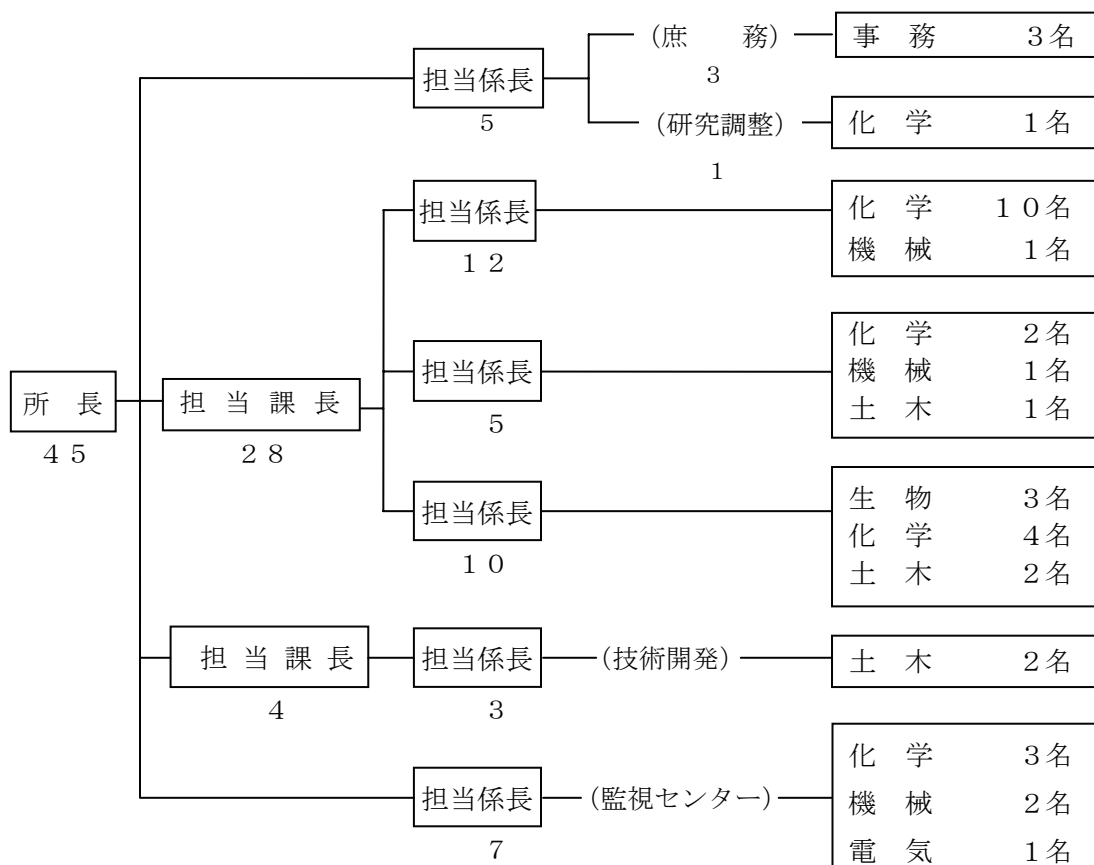
横浜市では、デスポーザの利用等で今後増え続けることが確実である下水汚泥を、今後も有効利用率 100% を維持していくためには、リスクの分散とコスト削減の両面から見直すことが急務となっている。汚泥の燃料化は、廃棄物の最終的な有効利用の観点から本市にとってメリットがある汚泥処理であり事業であるので、今後は、環境創造局が一丸となって、本市における下水汚泥燃料化の研究・開発に速やかに取り組む必要があると思っている。そのためには、早急に、外部に検討会などのプロジェクトチームを設置する等して、局の経営方針に合致し、かつ、公平性、透明性、競争性を確保しながらさらなる検討を進めていく必要があると考えている。なお、バイオマスのサーマルリサイクルとしては、「ガス化」技術があるが、ガス化は汚泥の保有エネルギーの多目的利用技術として、燃料化の次の技術であると判断している。

4 法的な検討

下水汚泥の処理に関して、現在は濃縮・消化・脱水および焼却の一連の行程を、下水道法に基づいて下水道事業の一環として行っているため廃掃法の適用は受けないが、下水汚泥はあくまでも産業廃棄物であるため、現在の処理行程を変更して燃料化等を行う場合には廃掃法上の検討が必要となる。

そこで、本市の産廃規制部局と協議したところ、今後新たに燃料化行程を設ける場合については、下水道事業として本市が自ら行う場合には廃掃法の適用外となるが、PFI 事業者や指定管理者が行う場合は施設許可および業許可が必要となってくるとの見解であった。また、乾燥造粒は、汚泥を乾燥するだけであるため製品が廃棄物とみなされる可能性がある。油温減圧乾燥については、先行事例があるので問題はないが、他事業廃棄物（廃食油）を持ち込むことになるため、有価でない場合は別途許可が必要となる可能性がある。

1. 人員及び組織



(平成19年4月現在)

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-800 D	1式	ガイオン等分析室
走査型電子顕微鏡	日立 S-4700	1式	電子顕微鏡室
同上用 X線分析装置	EDAX	1式	電子顕微鏡室
分光光度計	日立 U2000	1式	液クロマト室
全有機炭素分析計	ベックマン MODEL 915-B	1台	液クロマト室
凍結濃縮装置	大洋科学工業 FC-6	1式	液クロマト室
水銀分析計	日本インスツルメンツ RA-3	1式	液クロマト室
原子吸光光度計	パーキンエルマー アナリスト 300	1式	原子吸光室
高周波プラズマ質量分析装置	島津 ICPM-8500	1式	原子吸光室
高周波プラズマ発光分光分析装置	島津 ICPS-7000	1式	原子吸光室
慢性毒性試験装置(魚用)	関東工機製作所製 外	2式	生物研究室
電気炉	ADVANTEC KL-280 外	2台	分解室(3F)
標準ガス精密希釈装置	製鉄化学工業 SDS-401	1式	標準ガス調製室
石英ガラスチャンバー	ダイレック	1台	標準ガス調製室
パーソナル・タストモニタリングシステム	柴田科学 PDS-1	1台	標準ガス調製室
液体クロマトグラフ	島津 LC-6A	2式	元素分析室
同上用蛍光モニター	日立 F-1150	1台	元素分析室
炭素・水素・窒素(CHN)分析計	柳本 CHN コーダー MT-3 型	1台	元素分析室
同上用オートサンプラー	ヤナコ MTA-5	1台	元素分析室
揮発成分混合ガス発生装置	紀本電子製 SS-1002	1式	元素分析室
ガスクロマトグラフ質量分析計	JEOL製 JMS-700D	1式	ガスマス室
ガスクロマトグラフ質量分析計	島津 GCMS-QP2010	1式	ガスマス室
マイクロウェーブ測定用吸光光度計	ナルビエインターナショナル イムニ NJ-2300	1式	実験室(4F)
データレコーダ	ソニー PC208	1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

品名	規格	数量	配置
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
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	2台	音環境研究室
オートアナライザー (HPLC 分析装置)	DIONEX DX-120	1式	実験準備室
ガスクロマトグラフ分析装置	HP6890, 島津 GC-14A 外	5式	ガスクロマトグラフ室
農薬分析装置	アジレント 5973N 外	3式	ガスクロマトグラフ室
イオンクロマトグラフ	DIONEX DX-320	1台	都市環境研究室
高速液体クロマトグラフ	HP 1090	1式	都市環境研究室
分光光度計	日本分光 V-550 外	1式	大気試験室
ポータブル窒素酸化物測定器	MEXA-120 NOx	1式	大気試験室
サーマルテソーフ・シオ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
科学技術計算システム	富士通 GRANPOWER 5000 外	1台	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	1式	屋上
β線式浮遊粒子状物質自動測定器	DKK DUB-32	1式	屋上
高精度自動体積計	エステック VM-100	1式	処理実験室
6ペンレコーダー	理化電機	1台	標準ガス調製室
光透過式スモークメーター	堀場製作所	1台	器材庫(5F)
直挿型 NO _x 分析計	堀場 MEXA-120 NO _x	1台	器材庫(5F)
高精度オゾン計	紀本電子工業製	1台	器材庫(5F)
コンポジットサンプラー	日科機 S-4081	1台	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台	器材庫(5F)

(平成19年4月現在)

3. 学会等研究発表

学会大会名	年月	題名	発表者・共同研究者
平成18年度環境省化学物質調査分析法講習会	2006.6	2,2,2-トリクロロ-1,1-ビス(4-クロロフェニル)エタノール	○酒井 学
第30回 環境・公害研究合同発表会 (1県2市)	2006.6	横浜市の河川生物指標 —生物から見た川の状況—	○福嶋悟・樋口文夫・水尾寛己、 阿久津卓(環境創造局)
〃	〃	横浜市のヒートアイランドについて —観測事例と熱環境マップづくり—	○佐俣満夫・井上友博・福田亜佐子、 平澤佐都子(環境創造局)
平成18年度第3回環境創造局職員業務研究発表会	2006.6	「第1回こどもエコフォーラム」市内児童生徒の環境活動を通じた交流の場 (開催事例報告)	○前田裕行
〃	〃	まち・生き物・自然が融合する環境づくりに関する研究 (第1報)	○西高幸作、小野勝義(資源循環局)
〃	〃	下水汚泥の有効利用とバイオマスエネルギーに関する技術開発	○西山 寛
〃	〃	横浜市のヒートアイランド —熱環境マップの作成について—	○佐俣満夫・井上友博・福田亜佐子、 平澤佐都子(環境創造局)
〃	〃	公共事業に伴う横浜市の地盤情報提供と集約において～市民へ向けた環境情報提供の取り組み(その1)～	○井上友博
〃	〃	横浜市内河川の魚類相調査報告	○樋口文夫・水尾寛己
〃	〃	横浜市におけるアスベスト調査・測定の実状について	○平野耕一郎・白砂裕一郎
〃	〃	消化ガスの高品質化と高濃度CO ₂ の有効利用の研究	○片山尚樹・伊熊信男
〃	〃	ダイオキシン類モニタリング調査—環境大気の経年変化—	○加藤美一・白浜武四郎
〃	〃	横浜の酸性雨の実態と金属材料への影響 (1) —横浜の酸性雨の実態 (1996～2005年) —	○加藤善徳
〃	〃	横浜の酸性雨の実態と金属材料への影響 (2) —酸性雨等による金属材料への影響—	○加藤善徳
〃	〃	小売店舗等の駐車場における自動車ドア閉扉回数とその音の予測について	○鹿島教昭
〃	〃	人工衛星データによる東京湾の赤潮分布の把握手法	○水尾寛己
〃	〃	境川・柏尾川水系における環境ホルモン環境調査	○二宮勝幸
〃	〃	化学物質環境実態調査について	○酒井 学
〃	〃	人工衛星データからみた東京湾の赤潮や濁りの分布	○水尾寛己
平成18年度全環研関東甲信静支部騒音・振動専門部会	2006.6	繁華街等のスピーカ音について	○鹿島教昭
International Conference on Ecological Restoration in East Asia 2006	2006.6	Effects of artificially augmented discharge on periphytic algal communities in a regulated river (River Nakatsu, Japan)	○Minagawa, T. (土木研・自然共生研究セ), Fukushima, S., Tashiro, T. & Kayaba, Y. (土木研・自然共生研究セ)
応用生態工学会 第10回研究発表会	2006.9	河川流量の減少による大気暴露が付着藻類と底生動物に及ぼす影響2	○福嶋悟、皆川朋子(土木研・自然共生研究センター)、日野洋一(FAL)
第47回大気環境学会年会	2006.9	アスベストの濃度測定の実状と課題	○平野耕一郎
日本魚類学会年会	2006.10	谷戸の農業水路と河川における魚類分布と生息環境との関係	○樋口文夫・福嶋悟
平成18年度第1回環境創造局業務改善事例報告会	2006.11	下水道・河川の技術開発成果と特許について	○西山 寛

学会大会名	年月	題名	発表者・共同研究者
平成18年度室内環境学会 年会	2006.11	パッシブサンプラーの特徴と利用法	○平野耕一郎
平成18年度全環研関東甲 信静支部水質専門部会	2006.12	人工衛星データによる赤潮などの監視について	○水尾寛己
アマモサミットプレワー クショップ	2006.12	横浜港、日本丸ドックにおけるカキによる驚異 的浄化能	○水尾寛己・下村光一郎・小市佳延、 鈴木あや子(日本NUS)、木村尚(海辺 つくり研究会) 西栄二郎(横浜国立 大学)、鈴木高二朗(独) 港湾空 港技術研究所)、石井彰(水辺を記 録する会)
第15回生研フォーラム	2007. 3	Terra/Modis及びAqua/Modisから出力したクロロ フィル a 推定値についての実測値からの検討	○水尾寛己、村上浩(宇宙航空研究開発 機構)
平成18年度全環研関東甲 信静支部騒音振動専門部 会研究連絡会	2007. 3	環境(騒音編)教育の資料について	○鹿島教昭

4. 雑誌等投稿

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
土木技術資料 48巻	2006.4	皆川朋子(土木研究所自然共生研究セ), 福嶋悟, 萱場祐一(土木研究所自然共生研究セ)	河床付着物の視覚的評価 — 河川流量管理にむけて —, 土木技術資料

[要旨] 河床付着物と人間の視覚的評価の関係を明らかにするため、自然共生研究センター実験河川と近隣の自然河川を対象に実験を行った結果、緑藻の占める割合を示す指標により緑色の度合いを定量化し、値が大きいほど視覚的な河川のきれいさの程度が増加することを示した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
Ecotoxicology and Environmental Safety	2006.6	Manabu Sakai	Acute toxic tests of rainwater samples using <i>Daphnia magna</i>

[要旨] 横浜市磯子区にて採取した雨水試料にオオミジンコ (*Daphnia magna*) による急性毒性試験を適用したところ、13試料中5試料で48時間後の死亡率が50%を超えていた。雨水中の農薬を分析したところ、農薬死亡率の高い試料には、ミジンコの48時間半数影響濃度より高い濃度の殺虫剤が含まれており、その影響が推察された。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
化学物質環境実態調査 平成17年度分析法開発調査報告書	2006.7	酒井 学	2,2,2-トリクロロ-1,1-ビス (4-クロロフェニル) エタノール (別名 ケルセン、ジコホル)

[要旨] 水質試料中の2,2,2-トリクロロ-1,1-ビス (4-クロロフェニル) エタノールに関して、検出限界を求めた後、添加回収試験、分解性試験、実試料の測定等を行い、分析法を検討し確立した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
春夏秋冬 35号	2006.10	青木伸郎(神奈川大学), 石川孝之	開発計画と住民参加の手法 — 環境アセスメントとパブリックインボルブメント

[要旨] 環境影響評価法が制定され開発計画等における住民参加が一定前進した。日本の環境影響評価制度と事業者レベルで始まったパブリックインボルブメント手法について、事例研究を踏まえ研究した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
平成17年度自然共生研究センター研究報告書	2006.11	福嶋悟	河床大気暴露が付着藻類と底生動物に及ぼす影響 — 冬季の中津川 (神奈川県) を対象に —

[要旨] 河床の水位低下による48時間の大气暴露により、冷水性の黄色鞭毛藻類が優占する藻類群集の現存量は明瞭に低下し、その後45日間の期間中低い現存量が維持された。底生動物群集密度は河床の大气暴露により減少し、45日後には密度は暴露前と同じ程度に回復した。45日後の底生動物群集ではカゲロウ目が増加し暴露前と群集構造は異なった。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
平成18年度環境省請負業務結果報告書 振動評価手法のあり方に関する検討調査((社)日本騒音制御工学会)	2007.2	鹿島教昭、国松直(産総研)、安藤啓(鹿島建設技研)、石川孝重(日本女子大)、北村泰寿(建設工学研)、塩田正純(工学院大)、末岡伸一(都環研)、松本泰尚(埼玉大)、横島潤紀(神奈川県環科セ)、平尾善裕(小林理研)	分担執筆、及び「振動測定手法(工場・事業場編)(案)」

[要旨] 章だては、1 調査の目的、2 調査項目、3 業務期間、4 振動実態調査および影響調査手法、5 振動の発生実態および地盤における伝搬特性、6 全身振動に対する感覚および心理的影響評価手法、7 振動評価における諸外国の動向、8 まとめと今後の課題、付録として、振動測定手法(工場・事業場、建設作業、平面道路交通、鉄道の各案)からなる。報告書とは別に付録 CD 内に、本報告書に加え振動源別の振動測定手法(案)、建設作業振動調査結果、地盤伝搬および家屋動特性調査結果が記されている。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
海辺の自然再生に向けて干潟・藻場・サンゴ礁の再生技術	2007.2	水尾寛己・下村光一郎・小市佳延、鈴木あや子(エヌ・ユー・エス)、木村尚(NPO海辺づくり研究会)、西栄二郎(横浜国立大学)、鈴木高二朗(独)港湾空港技術研究所)、石井彰(水辺を記録する会)	横浜港、日本丸ドック内におけるカキによる驚異的水質浄化能力

[要旨] 日本丸ドック内で赤潮が発生しない要因について、カキのドック岸壁分布量及びカキによる浄化実験結果から検討した。その結果、カキの水質浄化能力が、赤潮の抑制に大きく寄与していることを明らかにした。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
水処理技術 48 巻 3 号	2007.3	福嶋悟	都市河川における付着藻類群集の長期的変遷

[要旨] 横浜市内河川中下流域では、1990 年代になって藻類の種多様性が大きくなる傾向が始まり、藻類群集の優占種と指標種による水質評価結果にも水質の改善を反映した変化が生じた。河川の再自然化を示す冷水性種の分布が 1990 年代後半から拡大する反面、その時期から熱帯性種の分布も拡大した。

雑誌名等	発行年月	執筆者	題名
酸性雨報告書－関東地方環境対策推進本部大気環境部会－	2007.3	加藤善徳、岡田和則(茨城県霞ヶ浦環境科学センター)、	金属腐食調査

[要旨] 関東周辺地域では、1996 年以降、継続して金属腐食の共同調査を実施している。1996～2005 年までの結果、屋外暴露の銅試験板は、①各地点とも長期的な減量傾向を示していること、②地点間では横浜、千代田等の関東臨海部で減量が大きく、長野、福島等の関東周辺部で小さいこと、③その減量は SO_4^{2-} 沈着量と有意な相関関係を示すこと等が明らかとなった。

5. 記者発表一覧

■ 平成18年度 環境科学研究所

発表日	発表内容
平成18年6月23日	アスベスト関連情報をお知らせします
平成18年6月29日	横浜の谷戸は生き物がいっぱい！
平成18年6月30日	平成17年度の大気汚染状況について
平成18年6月30日	平成17年度の水質汚濁・地盤沈下の状況について
平成18年6月30日	平成17年度の交通騒音等の環境状況について
平成18年9月29日	大気環境中のアスベスト濃度について(平成18年度夏季調査結果)
平成18年10月10日	平成18年の夏のヒートアイランドの観測結果をお知らせします
平成18年12月27日	大気環境中のアスベスト濃度について(平成18年度秋季調査結果)
平成19年2月22日	「第2回 こどもエコフォーラム」を開催します！
平成19年2月28日	大気環境中のアスベスト濃度について(平成18年度調査結果)

6. 環境科学研究所発行資料目録

資料番号	件名	発行年月	体裁等
	明日の都市を照らす	1977. 3	A4. 16頁 (パンフレット)
No. 1	窒素酸化物特殊発生源調査報告書(環境庁大気保全局委託調査)	1977. 3	B5. 49頁
2	横浜市公害研究所報創刊号	1977. 11	B5. 56頁
3	公募論文・クルマ社会をどうするか —明日の都市環境を考える—	1977. 11	B5. 136頁
4	第1回公害セミナー会議録・クルマ社会をどうするか —明日の都市環境を考える—	1978. 3	B5. 96頁
5	昭和52年度環境庁委託業務結果報告書 非特定重大障害物質発生源等対策調査(アスベスト発生施設)	1978. 3	B5. 36頁
6	横浜市公害研究所報第2号	1978. 8	B5. 236頁
7	中間報告横浜市における自動車公害に関する基礎研究	1978. 8	B5. 195頁
8	横浜市公害研究所報第3号	1978. 12	B5. 156頁
9	第2回公害セミナー会議録・合成洗剤	1979. 3	B5. 89頁
10	自動車公害に関する意識調査 —国道一号線三ツ沢・松本地区, 1978年3月実施 単純集計結果(第1報)—	1979. 3	B5. 112頁
11	大気中の炭化水素濃度調査及び各種発生源施設からの排出実態調査結果	1979. 3	B5. 66頁
12	第3回公害セミナー論文集・川, よこはまに水辺をもとめて	1979. 8	B5. 85頁
13	横浜市における自動車公害に関する基礎研究	1979. 9	B5. 201頁
14	横浜市公害研究所報第4号	1980. 3	B5. 204頁
14	第3回公害セミナー会議録・川, よこはまに水辺をもとめて	1980. 5	B5. 72頁
15	横浜市地域環境大気調査報告書(昭和54年度環境庁委託調査)	1980. 3	B5. 72頁
16	非特定重大障害物質発生源等対策調査(ベンゼン取扱施設)	1980. 3	B5. 31頁
17	沿道環境整備対策のための基礎調査報告書—三ツ沢地区対象—	1980. 12	B5. 84頁
18	魚類の健康評価に関する研究(1)(昭和53年度)	1981. 2	B5. 20頁
19	魚類の健康評価に関する研究(2)(昭和54年度)	1981. 2	B5. 51頁
20	横浜市公害研究所報第5号	1980. 12	B5. 236頁
21	帯水層層序確定のための地質調査	1981. 3	B5. 32頁 付図4枚
22	第4回公害セミナー資料提言要旨	1981. 3	B5. 18頁
23	第4回公害セミナー資料・調査研究事業のあらまし	1981. 3	B5. 41頁
24	—		
25	地域交通環境に関する意識調査 —金沢4区, 1980年11月実施—	1981. 3	B5. 46頁
26	第4回公害セミナー会議録・80年代の環境対策の課題	1981. 3	B5. 115頁
27	低周波空気振動実態調査報告書	1981. 3	B5. 163頁
28	有機ハロゲン化合物の分解と消長 —有機塩素化合物特にPCBの環境中における動態について—	1981. 3	B5. 98頁
29	第5回公害セミナー公募論文集・よこはまに自然をもとめて	1981. 8	B5. 150頁
30	横浜市公害研究所報第6号	1981. 12	B5. 211頁
31	横浜市自動車問題研究会第二報告書 —横浜の物流と自動車公害に対する調査研究—	1981. 12	B5. 227頁
32	排水処理技術維持管理マニュアル—凝集処理編—	1982. 3	B5. 116頁
33	固定発生源から排出されるばいじん(粒度分布)調査報告書	1982. 3	B5. 133頁
34	第5回公害セミナー会議録・よこはまに自然をもとめて	1982. 3	B5. 123頁
35	魚類の健康評価に関する研究(3)	1982. 3	B5. 34頁
36	魚類指標による排水評価のための技術要領	1982. 3	B5. 30頁
37	横浜市深層地下水調査中間報告書	1982. 3	B5. 44頁 付図2枚
38	横浜市自動車問題研究会第一報告書—地域交通環境とまちづくり—	1982. 3	B5. 124頁
39	横浜市緑区及び戸塚区における道路交通騒音と交通量調査報告書	1982. 3	B5. 440頁
40	会下谷の雑木林の生物相とその季節変化(横浜の旧市街に残る小雑木林)	1982. 3	B5. 11頁
41	自動車騒音公害対策模型実験—車線内遮音壁—	1982. 7	B5. 87頁

資料番号	件名	発行年月	体裁等
42	第6回公害セミナー資料 大気汚染－青空はよみがえったか、この横浜に－	1982. 8	B5. 31頁
43	会下谷の雑木林の生物相とその季節変化 (横浜の旧市街に残る小雑木林)	1982. 11	B5. 143頁
44	横浜市公害研究所報第7号	1982. 11	B5. 105頁
45	第6回公害セミナー会議録 大気汚染－青空はよみがえったか、この横浜に－	1983. 1	B5. 99頁
46	浮遊粉じん・ばいじんに関する総合調査報告書	1983. 1	B5. 187頁
47	南関東地域での光化学大気汚染に関する総合調査報告書	1983. 2	B5. 177頁
48	こども自然公園環境調査報告書	1983. 2	B5. 155頁 付図4枚
49	道路周辺の植樹帯による物理的及び心理的騒音効果に関する研究 －中間報告－	1983. 3	B5. 106頁
50	横浜市南部沿岸地域の軟弱地盤調査図 付図1-5	1983. 3	B2.
51	調査研究事業のあらまし	1983. 3	B5. 34頁
52	都市自然に関する社会科学研究	1983. 11	B5. 226頁
53	第7回公害セミナー公募論文集 身近な水辺とまちづくり－「よこはまの川と池」再発見－	1983. 11	B5 149頁
54	横浜市公害研究所報第8号	1983. 12	B5. 157頁
55	排水処理技術維持管理マニュアル－生物処理編－	1983. 12	B5. 132頁
56	魚類の健康評価に関する研究(4)	1984. 1	B5. 67頁
57	円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書	1984. 2	B5. 183頁
58	第7回公害セミナー会議録 身近な水辺とまちづくり－「よこはまの川と池」再発見－	1984. 2	B5. 135頁
59	横浜市南部沿岸地域軟弱地盤調査報告書	1984. 2	B5. 56頁 付図6枚
60	横浜のホタル生息地(1983年度版)	1984. 3	B5. 49頁
61	第8回公害セミナー公募論文集 いま 横浜の海は－水質、生物、水ぎわ……－	1984. 11	B5. 105頁
62	横浜市公害研究所報第9号	1984. 12	B5. 193頁
63	横浜市南部丘陵 舞岡川源流域の水分調査	1984. 12	B5. 120頁
64	排水処理施設維持管理マニュアル－イオン交換処理編－	1985. 3	B5. 134頁
65	第8回公害セミナー会議録 いま 横浜の海は－水質、生物、水ぎわ……－	1985. 1	B5. 133頁
66	道路周辺の植樹帯による物理的及び心理的減音効果に関する研究 －総合報告－	1985. 3	B5. 173頁
67	横浜市公害研究所報第10号	1985. 12	B5. 190頁
68	平潟湾・金沢湾周辺水域環境調査報告	1986. 3	B5. 149頁
69	魚類指標による工場排水規制手法に関する研究	1986. 2	B5. 192頁
70	第9回公害セミナー会議録 静かなまちづくりをめざして－道路緑化と騒音－	1986. 2	B5. 179頁
71	ホテルの生息環境づくり～技術マニュアル試案～	1986. 2	B5. 121頁
72	第10回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち……－	1986. 11	B5. 174頁
73	横浜市公害研究所報第11号	1987. 3	B5. 216頁
74	円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第2報	1987. 3	B5. 275頁
75	排水処理施設維持管理マニュアル－汚泥処理編－	1987. 3	B5. 132頁
76	10年のあゆみ・横浜市公害研究所設立10周年記念誌	1987. 3	B5. 203頁
77	第10回公害セミナー会議録 調べてみよう、身近な環境－水、みどり、まち……－	1987. 3	B5. 127頁
78	横浜市軟弱地盤層調査報告書(土地質試験データ図) 横浜市地盤環境図 横浜市地盤環境図	1987. 3	B5. 217頁 B2. (付図1) A0. (付図2-10)
79	横浜市公害研究所資料室図書目録	1987. 3	B5. 328頁
80	第11回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち……－	1987. 11	B5. 89頁

資料番号	件名	発行年月	体裁等
81	横浜市公害研究所報第12号	1988. 3	B5. 161頁
82	第11回公害セミナー会議録 調べてみよう、身近な環境－水、みどり、まち…－	1988. 3	B5. 139頁
83	横浜市軟弱地盤層調査報告書（軟弱地盤構造と地盤沈下特性）	1988. 3	B5. 103頁
84	横浜市軟弱地盤層調査報告書（縦断面地質柱状図、水準点変動図集）	1988. 3	B5. 162頁
85	植樹帯による歩道環境改善効果に関する調査研究 －横浜市磯子区産業道路沿道植樹帯設置事業のケーススタディー－	1988. 3	B5. 148頁
86	第12回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…－	1988. 11	B5. 133頁
87	横浜市公害研究所報第13号	1989. 3	B5. 210頁
88	水域生物指標に関する研究報告	1989. 3	B5. 348頁
89	浮遊粉じんの発生源推定に関する調査報告書	1989. 3	B5. 195頁
90	第12回公害セミナー会議録 調べてみよう、身近な環境－水、みどり、まち…－	1989. 3	B5. 39頁
91	魚の死亡事故の原因究明に関する研究報告書	1989. 3	B5. 125頁
92	第13回公害セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち…－	1989. 12	B5. 137頁
93	横浜市公害研究所報第14号	1990. 3	B5. 212頁
94	円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第3報	1990. 3	B5. 166頁
95	第14回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち－	1990. 11	B5. 102頁
96	横浜市公害研究所報第15号	1991. 3	B5. 226頁
97	自然観察ワークシート～横浜の都市自然を調べる～	1991. 3	B5. 115頁
98	トンボ生息環境づくり調査報告書	1991. 3	B5. 210頁
99	第15回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち－	1991. 11	B5. 174頁
100	横浜市環境科学研究所報第16号	1992. 3	B5. 164頁
101	環境科学研究所業務案内リーフレット	1992. 2	B5. 4頁
102	横浜港の水質・底質汚濁に関する調査報告書	1992. 3	B5. 133頁
103	第16回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち－	1992. 12	B5. 108頁
104	横浜市環境科学研究所報第17号	1993. 3	B5. 232頁
105	横浜市の陸域生物による環境モニタリング調査報告書	1993. 3	B5. 77頁
106	鶴見川・帷子川水系生態調査報告書	1993. 3	B5. 268頁
107	酸性雨に関する調査研究報告書	1993. 3	B5. 218頁
108	第17回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち－	1993. 12	A4. 105頁
109	横浜市環境科学研究所報第18号	1994. 3	A4. 164頁
110	エコロジカル・ライフスタイルの政策科学的研究	1994. 3	A4. 118頁
111	キショウブによる水質浄化法－実験報告書－	1994. 3	A4. 121頁
112	第18回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち－	1994. 12	A4. 71頁
113	エコロジカル・ライフスタイルの政策科学的研究 パートII	1994. 12	A4. 175頁
114	横浜市環境科学研究所報第19号	1995. 3	A4. 153頁
115	横浜市民の音環境に関する意識調査	1995. 3	A4. 136頁
116	横浜港、生物と環境の変遷－底質柱状試料中の生物化石調査－	1995. 3	A4. 87頁
117	東京湾の富栄養化に関する調査報告書	1995. 3	A4. 133頁
118	第2回陸域生物による環境モニタリング調査	1995. 3	A4. 55頁
119	第19回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち－	1995. 12	A4. 117頁
120	横浜市環境科学研究所報第20号	1996. 3	A4. 83頁
121	エコロジカルライフスタイルの政策科学的研究（III）	1996. 3	A4. 84頁
122	多環芳香族炭化水素（PAHs）に関する調査研究報告書	1996. 3	A4. 130頁
123	大岡川・境川水系生態調査報告書	1996. 3	A4. 200頁
124	横浜の酸性雨 －よりよい環境をめざして－	1996. 6	A4. 6頁
125	酸性雨のはなし	1996. 12	A4. 8頁

資料番号	件名	発行年月	体裁等
126	第20回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち－	1996. 12	A4. 91頁
127	横浜市環境科学研究所報第21号	1997. 3	A4. 141頁
128	短期曝露用拡散型サンプラーを用いた環境大気中のNO _x 、NO ₂ 及びSO ₂ 濃度の測定方法 (YERI METHOD - 1996)	1997. 3	A4. 13頁
129	酸性雨に関する調査研究報告書 (II) -酸性雨による器物影響-	1997. 3	A4. 88頁
130	長期曝露用拡散型サンプラーを用いた環境大気中のNO _x 、NO ₂ 及びSO ₂ 濃度の測定方法 (YERI METHOD - 1997-1)	1997. 7	A4.
131	有害大気汚染物質の沿道実態調査報告書 -環境庁委託報告書-	1997. 3	A4. 60頁
132	第21回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち・・・・	1998. 1	A4. 109頁
133	横浜市環境科学研究所報第22号	1998. 3	A4. 115頁
134	第22回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち・・・・	1999. 1	A4. 104頁
135	酸性雨に関する調査研究報告書 (II) -酸性雨による器物影響- (改訂版)	1998. 12	A4. 142頁
136	横浜市環境科学研究所報第23号	1999. 3	A4. 65頁
137	エコシティ研究報告書	1999. 3	A4. 頁
138	第23回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち・・・・	2000. 1	A4. 76頁
139	横浜市環境科学研究所報第24号	2000. 3	A4. 116頁
140	揮発性有機塩素化合物による地下水汚染に関する調査研究報告書	2000. 3	A4. 98頁
141	第24回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち・・・・	2001. 1	A4. 112頁
142	横浜市環境科学研究所報第25号	2001. 3	A4. 110頁
143	新騒音低減技術の適用研究	2001. 3	A4. 66頁
144	第25回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち・・・・	2002. 1	A4. 135頁
145	横浜市環境科学研究所報第26号	2002. 3	A4. 192頁
146	横浜型エコシティ研究	2002. 3	A4. 118頁
147	第26回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち・・・・	2003. 1	A4. 141頁
148	横浜市環境科学研究所報第27号	2003. 3	A4. 90頁
149	環境ホルモンに関する環境調査報告書 横浜市地盤環境調査報告書 (ボーリング柱状図集、地質断面図・土質試験データ・地下水位観測データ集、ボーリング調査位置及び軟弱地盤分布図、地形地質図)	2003. 3	A4. 550頁 A4. 243頁 A0. 2枚
150	第27回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち・・・・	2004. 2	A4. 114頁
151	横浜市環境科学研究所報第28号	2004. 3	A4. 87頁
152	第28回環境セミナー公募作品集 調べてみよう身近な環境－水・みどり・まち・・・・	2005. 2	A4. 141頁
153	横浜市環境科学研究所報第29号	2005. 3	A4. 153頁
154	横浜市環境科学研究所報第30号	2006. 3	A4. 86頁
155	第1回こどもエコフォーラム公募作品集 一つなごう!広げよう!環境を守るカー	2006. 2	A4. 83頁
156	第2回こどもエコフォーラム公募作品集 一つなごう!広げよう!環境を守るカー	2007. 2	A4. 72頁
157	横浜市環境科学研究所報第31号	2007. 3	A4. 156頁

7. 施設見学者等一覧

日付	団体名等	内 容	人数
H18. 4. 19	福島市立信夫中学校	川のいきもの	6
H18. 4. 27	都立若葉総合高等学校	大気汚染、ごみなど身近な環境問題	4
H18. 5. 25	横浜市医師会看護専門学校	市の環境の現状と汚染対策	42
H18. 6. 8	横浜市医師会看護専門学校	市の環境の現状と汚染対策	43
H18. 6. 21	岐阜県不破郡垂井町立不破中学校	地球温暖化等環境問題	8
H18. 6. 23	横浜市立大学	生物系施設見学、環境ホルモン、酸性雨	22
H18. 7. 5	湘南学園高等学校	酸性雨	5
H18. 7. 6	日枝小学校4年生	植物の役割（総合学習）	8
H18. 7. 12	桜美林大学	水と緑を生かしたまちづくり	4
H18. 7. 13	滝頭小学校3年生	虫の生態、水質検査	9
H18. 9. 28	NHK学校教育番組取材	「酸とアルカリ、酸性雨」	5
H18. 10. 16	（独法）国際協力機構 メキシコ国	大気汚染モニタリング	3
H18. 10. 16	JICA	大気測定機器の精度管理試験システム	3
H18. 10. 30	奈良女子大学	大気常時監視測定器によるNO2測定について	1
H18. 11. 17	文庫小学校	湧き水調査方法	3
H18. 11. 24	横浜国大人間教育学部1年生	ヒートアイランド、環境共生都市等	50
H18. 11. 28	横浜国立大学学生	土壌分析の研修	2
H18. 12. 1	平成19年度採用予定者職場見学会	所と監視センター見学研修	36
H18. 12. 22	あおばビオトープの会	雨水調整池の生物	5
H19. 1. 25	岡村中学校2年生	ヒートアイランド、騒音、水生生物	11
合計	20		270

8. 環境教室等講師派遣一覧

日付	団体名等	内 容	人数
H18. 6. 8	相模川よこはま地域協議会	横浜市の地下水と湧水環境	20
H18. 6. 8	相模川横浜地域協議会	湧水地下水と水環境	
H18. 6. 14	出前講座（平沼小3年）	川の生きもの	30
H18. 6. 14	特別授業（平沼小学校）	帷子川の生き物	30
H18. 6. 24	茅ヶ崎生態園水辺探検隊参加者	プランクトン観察会	25
H18. 6. 30	講義（横浜市立大学）	源流環境の保全と生態系	100
H18. 6. 30	地球環境と生命（横浜市立大学学生1～4年）	総合講義A：河川源流域の生物相・保全と環境作り	
H18. 7. 4	出前講座（子安小4年）	川の生きもの	102
H18. 7. 4	出前講座（岩崎小3年）	川の生きもの（今井川で調査）	80
H18. 7. 4	特別授業（子安小学校）	川の生き物	105
H18. 7. 11	出前講座（永谷小4年）	川の生きもの（平戸永谷川で調査）	40
H18. 7. 16	小学生、市民	こども川の日	
H18. 7. 22	観察会（羽沢小5年）	「きみもフェアブルになれるか」	
H18. 7. 28	国公立の研究・行政職員	騒音振動防止研修	80
H18. 8. 19	日野川市民協働調査	同左	
H18. 8. 19	黒須田川市民協働調査	同左	
H18. 8. 25	講義（市内学童保育児童、小学生）	川の生き物、下水道と水生生物	
H18. 8. 29	瀬谷区民	瀬谷区こどもアドベンチャー2006	
H18. 9. 1	出前講座（岩崎小4年）	川の生きもの（入江川で調査）	102
H18. 9. 1	調査会（子安小学校）	入江川の生き物生き物調べ	105
H18. 9. 4	新治自治会、学校関係者	梅田川水辺の楽校協議会（第3回）	
H18. 9. 7	環境計量講習（筆記試験合格者）	騒音振動	
H18. 10. 4	出前講座（本郷小4年）	川の生きもの（いたち川の環境と歴史）	115
H18. 10. 4	観察会（本郷小4年）	いたち川の生きもの	115
H18. 10. 17	出前講座（保土ヶ谷小5年）	大気のごち	42
H18. 10. 19	環境計量講習（筆記試験合格者）	騒音振動	
H18. 10. 31	出前講座（二つ橋小6年）	酸性雨	85

日付	団体名等	内 容	人数
H18. 11. 1	出前講座（瀬ヶ崎小5年）	暑くなる街	31
H18. 11. 2	出前講座（瀬ヶ崎小5年）	大気のごち	30
H18. 11. 10	環境計量講習（筆記試験合格者）	騒音振動	
H18. 11. 24	観察会（南舞岡小4年）	舞岡公園の池と川の水質検査等	50
H18. 11. 24	特別授業（今宿南小学校）	帷子川の生き物	44
H18. 11. 24	特別授業（今宿南小5年生）	近くの川を調べてみよう	
H18. 12. 5	出前講座（白根小5年）	大気のごち	130
H19. 1. 23	出前講座（洋光台第二小6年）	酸性雨	86
H19. 1. 30	環境計量特別講習（環境計量士合格者）	大気汚染計測	
H19. 2. 1	市職員	エコロジカルプランニング研修	
H19. 2. 14	出前講座（恩田小6年）	騒音で何だろう	90
H19. 2. 21	出前講座（初音ヶ丘小5年）	暑くなる街	110
H19. 2. 21	出前講座（初音ヶ丘小5年）	大気のごち	110
H19. 2. 27	県内環境計量業務者	アスベスト濃度測定の現状と課題	
H19. 3. 20	市職員	知恵の交換会	
H18. 4. 6～ H19. 3. 31	非常勤講師（横浜国立大学）	地球環境学特論	
H18. 4. 6～ H19. 3. 31	中国国内環境大気常時監視業務担当者	浮遊粒子状物質モニタリング機器（β線法等）の運用とPM10高濃度測定技術について	
H18. 5. 27, 6. 3 , 6. 24	ゲストスピーカー（神奈川大学）	環境行政特論	
	45		1,857

9. ふれあい環境学習塾（小中学生塾、社会人塾）

日付	塾テーマ（会場）	内 容	人数
小中学生塾			
H18. 8. 2	小学生塾① 地球温暖化とヒートアイランド （会場：市役所会議室）	なぜ地球が暑くなるの、影響は、ストップ温暖化横浜の気温のようすは、暑いと何がいけないの、温度測定カメラを実際に体験してみよう	参加総数57
H18. 8. 8	小学生塾② 空気のよごれ （会場：市役所会議室）	かげがえのない空気のことを知ろう、今吸ってる空気は汚れてるの、やってみよう！ 排気ガスの測定実験	参加総数57
H18. 8. 25	小学生塾③ 川の野外観察・調査 （会場：栄第二水再生センター、柏尾川）	いろいろな身近な生き物を調べ、河川環境のようすを考えよう オプション：汚れた水をきれいにする栄第二水再生センターの見学	参加総数57
社会人塾			
H18. 7. 26	社会人・教師塾① ヒートアイランド・地球温暖化問題 （会場：市役所会議室）	気温分布、港北屋上緑化、赤外線カメラの体験、本庁壁面緑化の見学	参加総数48
H18. 7. 26	社会人・教師塾② 酸性雨 （会場：市役所会議室）	酸性雨のしくみ、状況、被害について、ブロンズ像の溶ける現象の観察等	参加総数48
H18. 8. 17	社会人・教師塾③ 学校ビオトープの活用 （会場：横浜市こども植物園）	学校エコアップで豊かな自然体験、整備・維持管理、現場での活用等	参加総数48
合計	6		105

◇ 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32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。

研究所の再編に伴い、昨年度発行した第31号から下水道関係の調査研究報告を掲載しています。今号も下水道関係を加えた幅広い分野から、全部で18編の調査研究報告を掲載することが出来ました。

今後とも、新たな視点から編集委員会等で議論をし、一層の充実を図っていきたいと考えています。

所報第32号編集委員会

山内 泉

伊熊 信男

細野 夏木

鹿島 教昭

福田 亜佐子

二宮 勝幸

加藤 善徳

平野 耕一郎

小市 佳延

西高 幸作

石川 孝之

米山 利行

若林 信夫