

公害研資料

No. 44

横浜市公害研究所報

第 7 号

1982年11月

横浜市公害研究所

は し が き

安全で快適な市民生活を実現していくためには、現に発生している公害を防除することによって、都市の自然環境の保全に努めることは勿論必要なことですが、さらに、いきいきと発展する都市にふさわしい良好な環境を、市民生活の広範な分野にわたって創造していく努力も重要です。すなわち環境行政としては現状対応と、将来予測と対処の二面から取り組んでいかななくてはなりません。

都市の生活環境は、多くの要素からなりたっており、しかも、それらが互いに複雑な影響をし合っていますので、実際に有効な行政計画の策定とその実施のためには、なお解明されなくてはならない多くの問題があります。

公害研究所では、公害対策上、直ちに必要な分析業務を処理するとともに、課題の究明のため、必要な調査・研究を行い、科学的環境行政の実施に資すことのできる情報を提供するよう努めております。

本報は、昭和57年9月末現在の業務実績を収録したものです。調査・研究論文としては、各部門において、分析方法の検討や公害発生機構の研究など、基本的な事項から現場での測定調査まで広範なテーマについて研究を進めておりますが、本報には、その一部12編を掲載しました。テーマの中には比較的長期間を要するものもあり、必ずしもすべてが完結したものではありませんが、関係各位の忌憚のない御意見、御批判を頂くことによりさらに発展させていきたいと考えております。

1982年11月

横浜市公害研究所長

田 中 芳 雄

目 次

I 業務報告編

大 気 部 門	1
水 質 部 門	1
公害セミナー	4

II 調査研究編

大 気 部 門

◦ 塗装工場における悪臭調査	7
◦ 自動車排出ガスによる道路周辺での大気汚染に関する研究(第7報) ——道路周辺地域における浮遊ふんじん及びその含有成分II——	15
◦ 蒸気拡散を利用した低濃度炭化水素標準ガスの発生方法について (第2報)	27
◦ 窒素酸化物自動計測器の測定精度の研究	33
◦ ディーゼルエンジン車から排出される有害物質の排出濃度及び排 出係数	39

騒音振動部門

◦ 集合住宅における遮音性能の調査 ——音圧レベル差と床衝撃音レベル——	45
---	----

水 質 部 門

◦ 洗濯業排水の鯉を用いた急性毒性試験	57
◦ コイ(<i>Cyprinus Carpio</i>)における肥満度について	65
◦ <i>Nitzschia palea</i> (付着性ケイ藻)を用いた AGP測定法の検討(第2報)	69
◦ 鶴見川水系における有機物と陰イオンに関する基礎調査	75
◦ 底質汚染指標 ——酸化還元電位, 油分, 示差熱を中心として——	81
◦ 事業所排水中の陰イオン界面活性剤の分析法の検討	89

III 資 料 編

1. 人員及び組織	93
2. 主要機器一覧表	93
3. 予 算	95
4. 学会等研究発表	96
5. 雑誌等投稿	99
6. 横浜市公害研究所発行資料目録	104

I 大気部門

大気部門では行政検体の分析調査及び市民からの苦情等による検体の分析を行っており、昭和56年度に実施した各項目ごとの検体数及び延べ項目数は次のとおりである。

表-1

昭和56年度

検体項目	検体数	延項目数
重油中の硫黄分	361	361
炭化水素	75	119
悪臭	95	178
浮遊粉じん及び重金属	9	48
ばいじん	178	623
窒素酸化物	2	6
その他	131	361
計	851	1,696

1 重油中の硫黄分

重油中の硫黄分の分析はJIS K 2541に基づく燃焼管式一空気法とケイ光X線法を用いて行った。

2 炭化水素

本市の炭化水素系物質蒸気防止設備設置等指導要綱に基づく各種化学工場、油槽所での炭化水素類を測定した。

3 悪臭

三点比較式臭袋法及びガスクロマトグラフ等を用いてドライクリーニング、養豚、油脂工場、下水処理場等から排出される悪臭物質を調査した。

4 浮遊粉じん及び重金属

工場周辺等でローボリュームエアサンプラーを用いて浮遊粉じんを採取し、Pb, Cd, Mn, Fe, V等の重金属を分析した。

5 ばいじん

JIS Z 8808によるばいじん測定法を用いてジーゼル黒煙等を調査し、併せて黒煙中の重金属や陰イオン等も分析した。

6 窒素酸化物

煙道中の窒素酸化物についてPDS法、ケミルミ法を用いて測定した。

7 その他

市民からの苦情による検体が主であるが、苦情検体については未知物質の解明が多く、ケイ光X線、電子顕微鏡、X線マイクロアナライザー、赤外線吸収スペクトル等を用いて定性分析を行った。また大気課からの依頼による大気汚染自動測定機の性能試験も行った。

II 水質部門

昭和56年度に実施した工場排水等の行政検体の分析業務は次のとおりである。なお、行政検体数及び試験項目数は表-1、表-2に示した。

1 工場立入調査に伴う検体の分析

昭和56年度に実施した工場立入調査とそれに伴って採取した検体数及び分析項目は次のとおりである。

(1) 定期立入調査

工場排水679検体…… BOD, COD, 重金属他

(2) 東京湾岸自治体調査

工場排水及び海水計126検体…… COD, 窒素, リン,

(3) 東京湾栄養塩削減対策調査(環境庁受託)

工場排水385検体…… COD, 窒素, リン他

(4) その他

工場排水12検体…… COD, 銅他

2 環境調査に伴う検体の分析

昭和56年度に実施した環境調査とそれに伴って採取した検体数及び分析項目は次のとおりである。

(1) 化学物質調査(環境庁受託)

底質102検体, 海水他102検体…… 有機アミン類他

(2) ドリン系殺虫剤汚染実態調査

底質14検体, 河川水14…… ディルドリン他

(3) 公共用水域水質測定(クロスチェック)

河川水及び海水計72検体…… BOD, 総シアン他

(4) その他

海水28検体…… COD他

3 シアン化合物形態調査

総シアンの排出基準について公害防止契約を締結し

ている事業場の排水他6試料について遊離シアン、錯体シアン、チオシアンの形態別分析を行った。

4 除害施設の維持管理に伴う検体の分析

除害施設の維持管理のため毎月1回、原水、処理水等を採取し、延べ192検体についてBOD、COD、重金属等の分析を行った。

5 苦情処理等に伴う検体の分析

河川などにおける魚の浮上事故の原因調査に必要な魚の検査や水質分析を行った。その他、入江川におけるシアン検出に対する原因調査に伴う検体の分析等を行った。

表-1 行政検体数

検体数	昭和56年度			合計
	工場立入調査	環境調査 底質、水・その他	シアン化合物 形態調査	
1,202	116	216	7	1,775
除害施設	42	192		
苦情処理等				

表-2 試験項目数

試験項目	昭和56年度			合計
	工場立入調査	環境調査 底質、水・その他	シアン化合物 形態調査	
カドミウム含有	9			9
鉛含有	86	12		98
砒素含有	70	12		82
銅含有	46			46
銀含有	6			6
水銀含有	48			48
PCB含有	5			5
生物学的要求	89	24		113
化学的要素	426	26		452
浮遊物質抽出物含有	178			178
ノキソール含有	191			191
銅含有	53			53
鉛含有	58			58
銅含有	90			90
鉄含有	125			125
マンガロ素含有	19			19
クロケ素含有	81			81
ニッケル含有	21			21
メニアル体窒素	50			50
硝酸窒素		18		18
亜硝酸窒素	139			139
有機窒素				
リン酸	42			42
リン酸	139	18		157
リン酸	94	148	21	263
その他				
合計	2,065	247	21	2,333
除害施設				
苦情処理等				

Ⅲ 公害セミナー

開所以来、当研究所では日頃の研究内容と成果を広く市民に伝え、その批判を仰ぐため、また公害環境問題を市民と共に考えていくため、年1回の公害セミナーを開催している。「明日の都市環境を考える」を統一テーマにこれまで4回のセミナーを実施したが、第5回目の開催にあたっては、これまでとすれば見過ごされてきた都市における自然の衰退に目を向け、都市における自然のあり方を考えるため、テーマを「よこはまに自然をもとめて」として行うこととした。

1 論文募集

セミナーの開催に先立って、事前に本テーマに対する市民の考え方、自然観、日常の自然とのふれあいや横浜のこれまでの自然史、地域ごとの自然状況等を把握するため論文募集を行った。

セミナーに先立つ2ヶ月程前から、広報紙、ポスター、報道機関にあって広く募った結果、全体で106編もの論文が寄せられた。応募者の内訳は、小中学生から主婦、高齢者まで、また職業別にもさまざまに広がりがあり、本テーマに関する市民の関心、要望が予想以上の高まりをみせていることがうかがわれた。論文は全部を「第5回公害セミナー公募論文集」(公害研資料 Ⅸ29)に収録し、応募者はもちろん、当日セミナー参加者に資料として配布した。

2 セミナーの開催

1981年8月22日(土)、午前10時半から5時まで、県民ホール会議室で参加者約150名を集めて、開催された。資料として、論文集の他、講演、報告等の要旨集、アンケート票を配布した。

(1) スライド「よこはまに自然をもとめて」

まず、よこはまの自然の現況を概観するため、当研究所が、ほぼ3ヶ月がかりで製作したスライド(100枚)を上映した。よこはまの“都市化”にともなう変遷過程とその中での自然環境、生息する生物たちの推移等を跡づけ、今後の討論に向け、都市と自然の関係、あり方を問いかける素材として活用した。

(2) 講演

「都市の自然史」「ヒトと緑の空間」等の著書があり、都市における自然、人と自然の関係等を研究テーマとして実践的に取り組まれている、文化庁記念物課文化財調査官の品田禎氏より「都市と自然」と題して講演していただいた。

氏はまず、都市における自然の問題を論じる場合、主体と方法論が明確でないため、しばしば混乱が起きていると指摘。そこで、まず、都市の自然を考えるにあたっては、その立場を明確にする必要があること。つまり都市の自然に関する限り、主体はあくまで人間であり、人間のための自然を考えるべきである。そうした観点からこれまでの都市の変遷を各時代別に跡づけてみると、ずしも、それが人間中心の自然、環境づくりという形で発達をみているわけではなく、都市の進展にともなって、逆に住みづらさ、自然の喪失という代価を支払ってきている。生物学的にみても、生き物としてのヒトの受容器官としての目のしくみをみると、自然の緑を最もよく受け入れるような構造にできており、それによるやすらぎ感を覚えるようになっていく。つまり進化の初期の段階で、人間も自然環境と一体化して出来上ってきているという事実を見逃すことはできない。自然の破壊、衰退にともない、人々は自然をもとめて郊外へ出かけていくが、そのための時間的、経済的、空間的ロスが大きく、そうした観点からも身近な自然の大切さをもっと認識すべきである。そこで今後のまちづくりの中では、まず、人々にとって憩いややすらぎを与える自然-雑木林だとかすきの原などの草原-や、教育の場としての自然を優先して確保し残していくこと。そうした自然の中で身近な生物が生活できるような環境づくりを目標にしていくべきである。こうした事を実現するためには、今後の具体的施策の中で、もっと自然のために経費を投入してもよいはずであるし、一方では、都市の中だけの問題としてではなく、都市と農村との相互関係を変えていく必要がある。

都市と農村との対立関係を解決していくための1つの手だてとして、横浜とどこかの村とが姉妹村というような共同体契約をするなどの試みをやってみてはどうか。以上のような内容で、都市と自然のあり方をユニークな具体案などをおりまぜながら講演された。

(3) 論文応募者意見発表

先に募集した論文の中から、年代、職業別、性別などの点も考慮しつつ、自然とのふれあいの体験記、観察記録、横浜の自然史等について論じたものの中から、内容別にそれらを代表する4編を選考し、それぞれ意見発表していただいた。発表者と内容の要旨は次のとおりである。

ア 横山茂 市立新吉田小学校5年：「横浜に自然をもとめて」

港北ニュータウン地区の林でのクワガタやセミなどの虫取りといった自然の中で遊ぶことの楽しさを語り、今住んでいる所が「東京みたいにならないで欲しい」「もっと自然が欲しい」と訴える。

イ 宮崎憲之 市立桜丘高校2年：「横浜の螢を思う」

中学以来、観察してきたホタルの生息地が宅造でつぶされてしまう事態に接し、「螢の光は消してしまうには美しすぎる」と訴え、「螢の火を絶やさないためにはどうしたらよいか」を提案するとともに、自らの試みも発表。

ウ 菅野 徹 県立翠嵐高校教員：「市街地残留林の実情報告とその保護への訴え」

戦前から、自宅近くの雑木林の動物や植物の生物調査を行い、その成果を踏まえて、市街地に島状に残された自然林の保全策や、公園を動植物の豊かな自然に近づけるにはどうしたらよいかを提案。

エ 梅田小夜子 主婦：「よこはまに自然の緑を」

未来に生きる子供達のために「身近な自然のみなおし」を訴え、そのために例えば、地域に「自然保護委員会」を設置するなど、新しい行政・専門家、住民などの協力関係の必要性を提案。

(4) 報 告

都市における自然を考える場合、さまざまなアプローチのし方があり、論点がまとまりづらいため、まず、現況把握と都市の自然の概念、考え方等を報告により補い整理してみることにした。

そこで 横浜の自然行政とそのあり方、自然度の指標としての生物保護の事例紹介やこれからのまちづくりにおける自然の考え方、施策への取り込み方等について、それぞれの方より以下のとおり報告していただいた。

ア 「横浜の公園と自然」、小泉信三（緑政局公園緑地部計画課副主幹）

氏は、これまで横浜の緑の保全の一環としての公園行政に直接携わってきた立場から、市域の緑の現況をその量－緑地残存量、質－植生現況の面から説明するとともに、戦前戦後を通じてのよこはまの公園づくりの歴史的経過を跡づけながら、豊富な資料により紹介。既に本市域の $\frac{1}{3}$ を割ってきている横浜の緑の現況は、早急に対策を行う必要がある。そうしたことから指定都市の中でも、未だ立ち遅れている横浜の公園の質と量を、都市の中の自然の保全事業の一環として、更に積極的に確保していく必要があると報告。

イ 「ミヤコタナゴ」、大内 実（市立桜台小学校校

長）

国の天然記念物であるミヤコタナゴが、港北区勝田町の権田池で、昭和51年に発見されて以来、開発の手から逃れて、ミヤコタナゴを保護するための、これまでの経過を紹介。現在は中区三溪園に移転したミヤコタナゴの生息環境を保護することは横浜の自然を守ることにもつながっていくこと。将来の子供たちに親しまれる環境づくりは今から努力していかなければ将来に禍根を残すことになりかねないと報告。

ウ 研究報告「まちづくりにとっての自然」、

進士五十八（東京農業大講師）

まず、緑の問題、自然の問題を考える場合、これまでの都市づくりに欠けていたのは、生物社会における安定性の問題、つまり様々な種の生物が生きられる環境の確保が、環境計画の基本になるべきで、そうした条件が満たされた環境は、安定した状態を持続できるということ。そのためには、これまでの開発の方法、経済至上主義のあり方を問い直し、個別的、目先の事だけでなく全体のバランスを考えて都市づくりを行う必要がある。具体的には、人間の住環境にとって、自然面が60%以上必要な点を考慮に入れ、公園制度の中での質と量の確保、公共施設前庭のオープンスペース化、緑帯計画の採用等様々な試みを取り入れたまちづくりを行うべきであると報告。

(5) 自由討論（司会、渡部允、神奈川新聞論説委員）

全体構成がかなり盛り沢山であり、また、時間的制約がある中で、一般市民の参加者の中から12名の方に発言していただいた。内容を大まかに概括すると次のようなものである。

これまで、都市の発展、経済の成長優先の中で自然が破壊され、緑が失われ、都市には生物たちが生息しづらい条件が様々もたらされている。こうした事態を招いたのは、企業、行政の責任ばかりでなく、自分たち市民も、身近な自然を守るという観点が弱かったことにも反省がある。

これからの都市における人と自然のかかわりあいを考えていく場合、こうした反省の上に立ち、行政は、その縦割行政からくる弊害を、都市計画という観点から取り除いて努力していくべきであり、また一方では市民もより身近な地域の環境を守るという姿勢を積極的に行動に生かし、日常的に自然を守り育てていくことが必要である。後世に生きる子孫のためにも、よりよい環境のある都市づくりを目指して、今、何からはじめなければならないのか、それぞれの立場で行う必要がある。

以上のように、全体として、市民の身近な目でみた自然のあり方や自然保護の実践に裏づけられたユニークな提案など、豊かな人間性をはぐくむために、かけがえのない自然をもうこれ以上失ってはならないとする真しな意見が多かった。

その中でも、最後に発言された主婦の方の意見の中に、例えば公園をつくる場合でも、臭いのする香りの高い花や手でふれられる類の花や木を植えるといったきめ細かな配慮を行い、身障者をはじめ、子供や誰でもがふれあいを楽しめる自然を身近につくっていくことが大切だという指摘があった。このことは、人と自然とのかかわりあいのありようを根本的なところで示唆していて啓示的であった。討論の内容は「第5回公害セミナー会議録」(公研資料№34)に収録。

ともあれ、当初は、市民に対する教育、啓蒙事業として、開催されてきた公害セミナーも、第5回まで経て、そのワクを大きく越え、行政、研究所、市民相互の交流の場として、それぞれの立場から意見交換を行い、当研究所の年間事業として定着しつつある。ともすれば、専門的分野、領域に陥りがちな研究活動にとっても、こうした場で、多様な意見にふれ、また一方では、研究内容、成果を解りやすく伝えていくことの意義は大きい。今後は、継続的に行っていく努力と共に、それぞれのテーマに即して珠玉のように色どり多様な意見をどのように結びあわせて施策へ生かしていくのか、セミナーの運営方法等も含め、更に工夫をこらしていく必要がある。

塗装工場における悪臭調査

沖津正樹^{*}、安藤浩之^{**}、草野 一^{**}、加藤 勉^{**}

要 旨

塗装工場における悪臭の調査を行い次のことが明らかとなった。

- (1) 塗装ブースの排出ガスの臭気濃度は、3,000～4,000と比較的安定していた。しかし、乾燥炉出口ガスの臭気濃度には、2,300～17,000と大きな幅がみられた。
- (2) 中小規模の塗装工場のT.O.E.R.値は $10^5 \sim 10^6$ であった。なお、塗装ブース及び乾燥炉のO.E.R.値はそれぞれ 10^6 及び 10^5 程度である。
- (3) 悪臭を構成する成分の中で、*iso*-ブチルアルコール、トルエン、キシレン類等が主要成分であり、これらの主要成分の濃度と臭気濃度とは強い相関がみられた。

1. はじめに

塗装作業に伴う悪臭苦情は、本市では毎年30～40件あり、悪臭苦情総数の10数パーセントを占めている。塗装工場からの臭気は主に被塗装物の前処理脱脂工程、吹付塗装工程、焼付乾燥工程から発生し、その臭気の種類は塗装工程時の有機溶剤臭、塗料品焼付乾燥工程時の有機溶剤臭とこげ臭、不完全燃焼臭である。本市においては、要綱¹⁾により炭化水素系物質の排出規制を実施しており、省有機溶剤塗料等を使用することも指導している。しかし、臭気の排出防止という観点からは十分には対策がとられていないのが現状である。

本市に存在する塗装工場の規模は、船舶、自動車車体塗装のように溶剤使用量が20t/月程度ものから、街中の自動車修理工場のように40kg/月程度ものまでさまざまであるが、悪臭苦情は、住工混在地域に立地する中小規模の塗装工場からの臭気についてのものが比較的多い。そこで中小規模の工場を4工場選び、各塗装工場の臭気排出口及び周辺環境の臭気について、

ガスクロマトグラフ法(以下GC法)による成分分析と、官能試験法による臭気濃度の測定を行ったので報告する。

2. 調査対象工場の概要

塗装工場の一般的な作業工程及び臭気発生箇所を図-1に示す。

(A工場)

金属家具の塗装を行っている。塗装工程では自動及び補修用として手吹の静電塗装を行っている。自動静電塗装ブース排気は水洗スクラバーにて処理され、手吹ブースは水洗ブースが用いられている。焼付乾燥には熱風循環方式の脱臭装置が設置されており、脱臭後の排出ガスは再び焼付乾燥炉へダクトで導かれ、被塗装物の乾燥に利用されている。

(B工場)

大型自動車の塗装を開放された建屋内で行っている。塗装工程は手吹で塗装を行っている。乾燥工程は自然

Measurement of Odor from Painting Factories .

^{*}Masaki Okitsu, 横浜市公害研究所大気部門

^{**}Hiroyuki Ando, Hajime Kusano, Tsutomu Kato, 横浜市公害対策局大気課

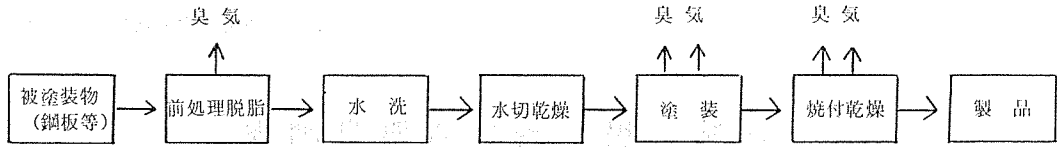


図-1 塗装工程と臭気発生場所

表-1 調査工場

調査工場	塗装対象物	塗料の種類	塗料及び溶剤使用量
A工場	書ロッカー等 27,000台/年 10,000台/年	アミノアルキド樹脂系(メラミン)	2,720kg/月, 780kg/月
B "	トラック, トラクター	アルキド樹脂系, さび止ペイント	不明
C "	ドラム罐 30,000~40,000個/月	アルキド樹脂系(フタル酸)	3,500kg/月, 1,200kg/月
D "	灯体 1,500/月 フット 4,500/月 前面枠 4,500/月	アミノアルキド樹脂系(メラミン)	16~48kg/日, 5~15kg/日

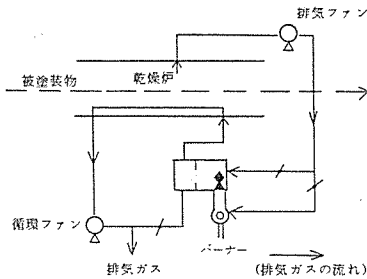


図-2 C工場の脱臭工程

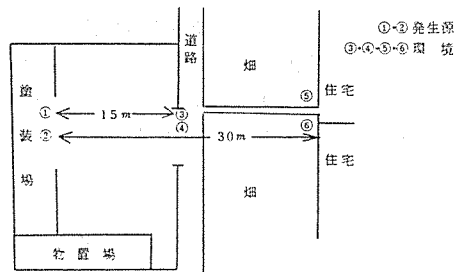


図-4 B工場試料採取場所

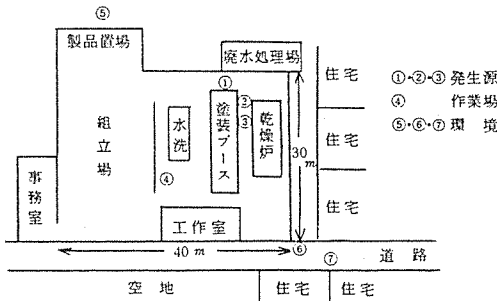


図-3 A工場試料採取場所

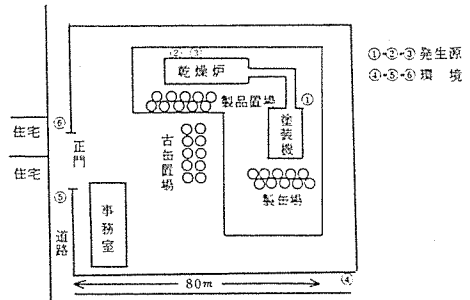


図-5 C工場試料採取場所

乾燥である。

(C工場)

再生ドラム罐の塗装を行っている。塗装工程では自動の吹付塗装をホットエアスタイプのスプレーガンを用いて行っている。焼付乾燥炉はA工場と同様の、脱臭装置が設置されている。

(D工場)

金属製品(照明器具)の製造を行っている。塗装工程では手動の吹付塗装を行っている。焼付乾燥炉はA工場と同様の脱臭装置が設置されている。

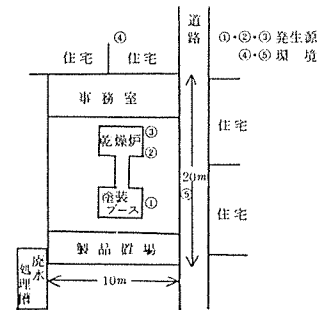


図-6 D工場試料採取場所

表-1に各塗装工場の製造規模と塗料及び溶剤使用量を示す。図-2にC工場の脱臭工程を示す。

表-2 GC-MS 分析条件

型 式	島津 LKB-9000 B
カラム	10% PEG-20M Chromosorb W, AW, 60~80 mesh 3m×3mmφ
カラム温度	80°C
キャリアーガス	He, 30 ml/min
イオン化方式	E.I
イオン化電圧	70eV
イオン化電流	60μA
加速電圧	34KV
イオン源温度	290°C
セパレータ温度	230°C

表-4 GC 分析条件

型 式	島津 GC-6 A
カラム	25% TCP Chromosorb W, AW 60~80mesh 3m×3mmφ
カラム温度	30°C→120°C(6°C/min)
注入口温度	120°C
キャリアーガス	N ₂ ・40ml/min

3. 調査方法

3-1 調査期間

昭和56年6月~11月

3-2 試料採取場所

図-3から図-6までに各工場の試料採取場所を示す。

3-3 試料採取方法

排出口からの臭気ガスは、ダイヤフラム式ポンプを使用しバッグに採取した。環境臭気は、真空ビン採取法とハンディーポンプによるバッグ採取法を併用した。なお試料採取方法の詳細は既報²⁾を参照されたい。

3-4 調査項目及び分析方法

GC-MSによる成分の同定は表-2に示す分析条件で行った。GCによる成分の定量は分離カラムを2種類使用し、表-3、表-4の分析条件で行った。なおGC分析における試料空気の導入は、ガスタイトシリンジにて試料空気2ml採取し直接GCに導入するか、または試料空気100~1,000mlをテナックスGC管³⁾(テナックスGC, 0.5g充てん)に濃縮しGCに導入した。アルデヒド類の分析はDNPH法により行い、表-5の分析条件で行った。なおアルデヒド類の分析はD工場のみ試みた。総炭化水素は柳本製EHF-1006型の総炭化水素計を使用した。排出ガス温度及び流速は、日本科学工業製のアネモマスター⁴⁾を使用した。臭気濃度は三点比較式臭袋法により求めた。

表-3 GC 分析条件

型 式	島津 GC-6 A
カラム	10% PEG-20M chromosorb W, AW 60~80mesh 3m×3mmφ
カラム温度	80°C
注入口温度	120°C
キャリアーガス	N ₂ ・40ml/min

表-5 アルデヒド類 GC分析条件

型 式	島津 GC-6 A
カラム	2% silicone OV-17 chromosorb W, AW DMCS 60~80mesh 3m×3mmφ
カラム温度	230°C
注入口温度	250°C
キャリアーガス	N ₂ ・40ml/min

4. 測定結果及び考察

表-6に各工場の測定結果を示す。臭気の主な発生源は、吹付塗装ブース及び乾燥炉の脱臭装置出口である。なお前処理工程の臭気は事前調査の結果問題にならないものと判断した。一部の工場の周辺環境では、塗装ブースからの排出臭気の影響を強く受けている結果が得られた。なお試料採取時の稼動状況は、A工場の場合、1回目の測定時は金属家具の上塗り、2回目の測定時は本棚の下塗りを行っていた。B工場、C工場、D工場は通常の稼動状況であった。なおC工場の試料採取条件として風下側の試料採取に適した気象状態ではなかった。

以下に各工場ごとに述べる。

(A工場)

検出された物質の中で顕著な値を示しているのは、iso-ブチルアルコールであり乾燥炉出口で200ppm、脱臭装置出口で76ppmであった。岡安⁵⁾によれば、iso-ブチルアルコールの臭気閾値は、0.011ppmであり乾燥炉出口と脱臭装置出口の推定臭気濃度(検出された成分濃度/閾値)を算出すると、18,000, 7,000となる。iso-ブチルアルコールが乾燥炉の臭気としてはかなり強く影響していると思われる。

次に当工場からの排出ガスが周辺環境にどの程度影響を及ぼしているかを、検出された5成分を指標にして求めた。表-7にその結果を示す。自動吹付出口の各成分濃度を1とした場合、トルエンの成分比を除くと作業場の各成分の平均値は0.019、風下境界では

表-6 塗装工場の各工程から発生する臭気の成分濃度と臭気濃度の測定結果

試料採取場所	有機溶剤	(単位 ppm)											臭気濃度			
		アセトン	酢酸エチル	IPA	MEK	トルエン	iso-プロパル	ベンゼン	エチルベンゼン	m-p-キシレン	o-キシレン	m-エチルp-トルエン		1,3,5-トリメチルベンゼン	1,2,4-トリメチルベンゼン	THC計
A工場(1)	自動吹出口	-	-	-	-	1.3	14	12	11	4.7	7.7	4.7	-	8.5	590	3,100
	吹出口(1)	-	-	-	-	0.5	6.9	5.7	6.4	2.2	3.6	0.7	-	4.5		
	吹出口(2)	-	-	-	-	0.7	10	7.2	8.2	3.9	6.5	1.6	-	7.5		
	乾燥炉出	-	-	-	-	tr	200	1.5	2.3	2.0	1.9	5.7	3.9	3.000	9,800	
	脱臭機出	-	-	-	-	tr	76	1.9	3.0	tr	1.9	-	-	5.2	42,000	
	作業場内(1)	-	-	-	-	0.05	0.32	0.16	0.11	tr	-	-	-	-		
	作業場内(2)	-	-	-	-	0.12	0.08	0.04	0.03	0.01	-	-	-	-		
"	自動吹出口	-	-	-	-	0.55	11	9.8	9.1	4.6	-	-	-	-	5,500	
	風上	-	-	-	-	-	-	0.04	0.04	0.01	-	-	-	-		
	風下(境界)	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	20	
	風下(道路端15m)	-	-	-	-	0.04	0.13	0.12	0.11	0.05	-	-	-	-	38	
	作業場内	-	-	-	-	0.01	0.08	0.07	0.08	0.03	-	-	-	-	45	
	作業場内	-	-	-	-	0.06	0.31	0.15	0.16	0.06	-	-	-	-	73	
B工場(1)	作業場内	6.3	5.0	-	17	28	-	-	-	-	-	-	-	-	73	
	作業場下	3.4	3.9	-	8.3	18	-	-	-	-	-	-	-	-	130	
	作業場内	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	16	
"	作業場内	-	4.2	-	2.5	15	-	3.3	2.8	1.1	-	-	-	-	310	
	作業場下	-	1.6	-	1.1	6.3	-	1.1	1.1	0.5	-	-	-	-	130	
	作業場下	-	-	-	-	0.12	-	0.024	0.02	0.01	-	-	-	-	81	
C工場	風上	-	-	-	-	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	10以下	
	風下(1)	-	-	-	-	0.16	-	tr	tr	tr	-	-	-	-	10以下	
	風下(2)	-	-	-	-	0.03	-	tr	tr	tr	-	-	-	-	10以下	
	脱臭機出	-	-	-	-	3.4	-	0.32	0.31	0.11	-	-	-	-	3,100	
	塗装機出	-	-	-	-	79	-	16	16	6	-	-	-	-	4,100	
D工場	乾燥炉内	-	-	tr	-	tr	18	8.2	4.8	2.5	-	-	-	-	77	2,300
	乾燥炉出	-	-	tr	-	tr	0.22	0.78	0.58	0.27	-	-	-	-	16	410
	乾燥炉出口(消火時)	-	-	tr	-	0.09	0.26	1.5	1.2	0.67	-	-	-	-	31	1,700
	塗装機出	-	-	17	-	0.84	46	38	29	11	-	-	-	-	570	3,100
	風下(敷地)	-	-	0.4	-	0.07	1.9	1.8	1.4	0.5	-	-	-	-	22	230
	シンナー	-	-	-	-	-	16	46	25	10	-	-	-	-		

(- = ND) (検出限界 0.001 ppm)

0.012, 風下道路端では0.008となり, 各成分はよく一致した濃度比が得られた。また臭気濃度についても同様に発生源での値を1とした場合, 表-7に示す値が得られ, 成分濃度比の平均値に近い値となっている。このことは作業場及び風下側での臭気が吹付塗装の作業に起因していることを示している。なおトルエンの濃度比が他の4成分より高い値が得られているが, これは塗装ブースでのトルエンの値が低いこと, トルエンの発生源が塗装ブース以外にもあるためと思われる。

(B工場)

検出された物質の中で顕著な値を示しているのはトルエンであり, 風下15mで18ppm及び6.3ppmと高い数値が検出され, また臭気濃度も130という高い値であった。

作業場から風下15m, 30mへの距離減衰を求めると, 風下15mで主要臭気成分=トルエンは約60%減, 30mで99%減少している。また臭気濃度は, 風下15mで約60%減, 30mで70%減となり, 風下30mでは主要臭気成分濃度が99%減であっても臭気としては十分感ぜられる結果が得られている。

(C工場)

検出された物質の中で顕著な値を示しているのはトルエンであり, 塗装機出口で79ppm, 風下で0.11ppmであった。

トルエン, エチルベンゼン, キシレン類の脱臭装置の除去率は, それぞれ96%, 98%, 98%, と良好であったが, 脱臭装置出口の臭気濃度は, 3,100となり, 成分が十分除去された割には高い値であった。(推定臭気濃度, 300)これは, 塗料の乾燥時に発生する熱分解生成物の脱臭が十分ではないことと, 不完全燃焼臭がしたのでそれらの影響であると思われる。

(D工場)

敷地境界でiso-ブチルアルコールが1.9ppm, エチルベンゼンが1.8ppm, m-キシレンが1.4ppm検出され, 臭気濃度は, 230と高い値であった。これは敷地境界の試料採取場所が塗装機出口の排気ダクト付近であ

表-8 臭気濃度とO.E.R.値

	塗 装 ブ ー ス				乾 燥 炉 出 口				乾 燥 炉 脱 臭 出 口			
	臭気濃度	排気量 m ³ /min	O.E.R	その他	臭気濃度	排気量 m ³ /min	O.E.R	その他	臭気濃度	排気量 m ³ /min	O.E.R	その他
A工場	3,100	104 287~571 (補修ブース)	3×10 ⁵	590 (THC)	9,800	12	1.2×10 ⁵	3,000 (THC)	42,000	12	5.0×10 ⁵	1,000 (THC)
C工場	3,100 4,100	120(4台)	1.5×10 ⁶ 2.0×10 ⁶		17,000	25	4.3×10 ⁵		9,800 3,100	25 25	2.5×10 ⁵ 7.8×10 ⁴	
D工場	3,100	180	5.6×10 ⁶		2,300	77.5	1.8×10 ⁵		410	77.5	3.1×10 ⁴	

表-7 A工場の周辺環境への汚染寄与率

有機溶剤	試料採取場所	風上	自動吹付出口	作業場	風下(境界)	風下(道路端)
トルエン		0.00	1	0.109	0.072	0.018
iso-ブチルアルコール		0.00	1	0.028	0.012	0.007
エチルベンゼン		0.004	1	0.015	0.012	0.007
m-キシレン		0.004	1	0.018	0.012	0.009
o-キシレン		0.001	1	0.013	0.011	0.007
平均値(トルエン除く)		0.002	1	0.019	0.012	0.008
臭気濃度		0.00	1	0.013	0.007	0.008

ため, その直接的影響であると思われる。

4-1 臭気濃度とO.E.R.値

表-8に臭気濃度の測定結果とそれから算出されるO.E.R.値(臭気排出強度)をまとめた。塗装ブースの排出ガスの臭気濃度は, 3,000~4,000と比較的安定した値が得られた。乾燥炉出口の臭気濃度は2,300~17,000, また乾燥炉の脱臭装置出口での臭気濃度は410~4,200と値の幅がみられた。

原因としては塗料の熱分解生成物及び不完全燃焼臭のためと思われる。

次に塗装工場のO.E.R.値は塗装ブースが10⁵~10⁶, 焼付乾燥炉が10⁵, 乾燥炉脱臭装置出口が10⁴~10⁵であり, T.O.E.R.値は10⁵~10⁶であった。

4-2 臭気濃度と物質濃度との相関

表-9に推定臭気濃度を求めた(乾燥炉出口及び脱臭装置出口の臭気は除いた)。臭気が単一成分である時は, 推定臭気濃度と測定した臭気濃度とはほぼ一致した値が得られる。しかし, 一般に臭気は低濃度, 多成分の複合体であり, それぞれの物質が相互に相加あるいは相殺しあっている。しかし塗装工場において, 得られたXi/Thiの値の中で一番大きいXi/Thiが, 臭気濃度に影響していると仮定すれば, log y1 = a1 log [Xi/Thi]max + b1 で表わされる。またXi/Thiの総量が臭気濃度に影響していると仮定すれば, log y2 = a2 log Σ Xi/Thi + b2 で表わされる。

表-9 悪臭物質のXi/Thiと臭気濃度

試料採取場所		Xi/Thi								n ΣXi/Thi	臭気濃度	
		X1 アセトン	X2 酢酸 エチル	X3 IPA	X4 MEK	X5 トルエン	X6 iso- ブチルア ルコール	X7 エチル ベンゼン	X8 m- キシレン			X9 o- キシレン
A工場	自動静電出口	-	-	-	-	1.8	1,000	33	460	23	1,520	5,500
	作業場内	-	-	-	-	0.2	28	0.5	8	0.3	37	73
	風下境界	-	-	-	-	0.13	12	0.4	5.5	0.3	18	38
	風下道路端	-	-	-	-	0.03	7.3	0.2	4	0.2	12	45
B工場	作業場内	0.06	5.8	-	39	90	-	-	-	-	135	73
	風下 15 m	0.03	4.5	-	19	58	-	-	-	-	82	130
	作業場内	-	4.8	-	5.7	48	-	11	140	5.5	215	310
	風下 15 m	-	1.8	-	2.5	20	-	3.7	55	2.5	86	130
C工場	塗装机出口	-	-	-	-	255	-	53	800	30	1,138	3,100
	塗装机出口	-	-	-	-	419	-	110	1,950	55	2,534	3,100
D工場	乾燥炉内	-	-	-	-	-	1,636	27	240	13	1,916	2,300
	塗装机出口	-	-	0.6	-	2.8	4,182	127	1,450	55	5,817	3,100
	風下境界	-	-	-	-	0.23	173	6	70	2.5	252	230
閾値	(100)	0.87	(28)	0.44	0.31	0.011	0.3	0.02	0.2			

(Xi:成分iの濃度, ppm, Thi:成分iの臭気閾値⁵⁾ ppm, y1, y2:臭気濃度)

表-8で得られた値を各々の式に代入して係数を求めると次のようになる。

$$\log y_1 = 0.864 \log \left(\frac{X_i}{Th_i} \right)_{\max} + 0.641$$

(r = 0.95 n = 13)

$$\log y_2 = 0.869 \log \sum \frac{X_i}{Th_i} + 0.563$$

(r = 0.94 n = 13)

$\frac{X_i}{Th_i}$ が最大となった物質は、iso-ブチルアルコール、7回、m-キシレン、4回、トルエン、2回である。表-10に臭気濃度(実測値)と得られた式との適合度を求めた。一部の塗装ブースの排気ガスを除いて、上述の2式は塗装工場の臭気濃度を説明できると思われる。

4-3 重回帰分析

次にサンプル数13について、定量限界を1ppbとし、表-9で得られた $\frac{X_i}{Th_i}$ の対数値をとり、変数選択法により重回帰分析を試みた。変数選択された物質として、MEK, m-キシレン, o-キシレンが選択され次の重回帰式が得られた。

$$\log y = -0.106 x_4 - 2.121 x_8 + 3.041 x_9 + 2.330$$

すなわち臭気濃度はMEK, m-キシレン, o-キシレンによって説明できその他の物質は説明力が小さいことを意味する。この結果は岡安らの結果とは一致しなかったが、isoブチルアルコールが変数として選択されな

表-10 臭気濃度(実測値)と $\log \left(\frac{X_i}{Th_i} \right)_{\max}$, $\log \sum \frac{X_i}{Th_i}$ の比較

実測値	$\log \left(\frac{X_i}{Th_i} \right)_{\max}$	$\log \sum \frac{X_i}{Th_i}$
5,500	1,700	2,100
73	77	84
38	37	45
45	24	31
73	210	270
130	150	170
310	310	400
130	140	180
3,100	1,400	1,700
3,100	3,100	3,300
2,300	2,600	2,600
3,100	5,900	6,800
230	370	440

かったことは一致していた。

MEK, m-キシレンは偏回帰係数が負の値となり臭気濃度を下げる結果となった。この原因として、塗装工場で使用している溶剤の種類が異なること、重回帰分析に用いたデータの数が少ないことが考えられる。もし臭気濃度と物質の濃度について安定した重回帰モデルを作成するならば、使用している溶剤によってデータを分け、さらにもっと多数のデータについて重回帰分析を行う必要がある。

5. まとめ

今回調査した塗装工場はわずか4工場ではあったが、次の知見が得られた。

- 1) 塗装ブースの排出ガスの臭気濃度は3,000~4,000,

乾燥炉出口の臭気濃度は2,300～17,000であった。

2) 中小規模の塗装工場のT.O.E.R.値は 10^5 ～ 10^6 であり、O.E.R.値は塗装ブースが乾燥炉よりも大きかった。

3) 悪臭を構成する成分の中で、iso-ブチルアルコール、トルエン、キシレン類等が主要成分であり、これらの主要成分の濃度と臭気濃度とは強い相関があった。

今後の課題としては、更に測定工場を増して臭気濃度及び臭気成分の同定、定量を行い、塗装工場からの臭気対策の資料としたい。

文 献

1) 横浜市炭化水素系物質の蒸発防止設備設置等指導要綱：昭和50年3月。

2) 沖津正樹他：三点比較式臭袋法による悪臭測定結果，横浜市公害研究所報5号，38（1980）。

3) 日本環境衛生センター：悪臭物質の測定等に関する研究，昭和54年度環境庁委託研究報告書，181～196（1980）。

4) 横浜市公害対策局：悪臭対策の暫定指導基準，昭和57年4月。

5) 岡安信二他：悪臭調査における物質濃度と官能試験値との関係，日環セ所報，166，89～96（1979）。

自動車排出ガスによる道路周辺での大気汚染に関する研究(第7報)

—— 道路周辺地域における浮遊ふんじん及びその含有成分Ⅱ ——

新井久雄*, 渡辺善徳*, 太田正雄*, 鈴木正雄*
平野耕一郎*, 中村 貢**, 米山悦夫*

要 旨

道路周辺地域における浮遊ふんじん及びその含有成分が、交通量、気象要素及び各種発生源の影響により、どのように挙動しているかを把握するため、昭和56年2月1日から3月5日まで県道原宿六浦線(交通量約25,000台/日)を対象道路として新たな調査を実施し、次のことが判明した。

- 1) 道路周辺地域における10 μ m以下の浮遊ふんじんの濃度変動(デジタル粉じん計により測定)は、交通量のみならず気象要素の影響が極めて大きいことが確認できた。また、その濃度変動は、調査地域から4Km離れた一般環境大気測定局のそれと類似した傾向を示し、それぞれの濃度は近似していた。
- 2) 浮遊ふんじん中の重金属、水溶性成分及びベンゾ(a)ピレン濃度の時間変化及び距離減衰は、交通量及び気象要素により類似性や相違がみられたことにより、各成分の発生源の相違が明らかになった。

1. はじめに

道路周辺地域における浮遊ふんじん及びその含有成分の挙動は、自動車からの排出ガスのみならず、各種発生源及び気象要素等の影響により複雑多岐にわたっているため、因果関係の究明が迫られている。先に報告したように国道1号線を対象道路とした調査結果では次のことが明らかになった。浮遊ふんじん及びその含有成分の距離減衰により、自動車走行に起因するふんじんの発生形態の相異が確認でき、さらに道路近傍では、自動車排出ガスに加えて、自動車走行に伴う土砂の巻上げが浮遊ふんじん濃度を大きく上昇させていることが判明した。

しかし、前回の調査は浮遊ふんじんの捕集時間が48時間であったことから、交通量及び気象要素の影響による濃度変動は把握できなかった。そこで、浮遊ふんじ

ん及びその含有成分が道路周辺地域で短時間のうちに、どのように挙動しているかを把握するため、昭和56年2月から3月にかけて、県道原宿六浦線を対象道路として調査を実施した。本報告は、この調査のうち、2月18日から2月21日の調査結果をまとめたものである。

2. 調査概要

2-1 調査地域

調査は図-1、2に示す横浜市と鎌倉市の境を通る県道原宿六浦線を対象道路とし、周囲に大規模な固定発生源が認められない鎌倉市岩瀬の京浜女子大のグラウンド内において実施した。測定地点の配置は図-2のように調査期間中の気象を考慮し、西北西-東南東に走っている対象道路と直角に道路端(地点1:1.3m)から

A study on Air Pollution caused by Automobile Exhaust Gas in Areas along a Road (Rep. 7).

— Measurements of Suspended Particulates in Areas along a Road —

* Hisao Arai, Yoshinori Watanabe, Masao Ohta, Masao Suzuki, Koichiro Hirano, Etsuo Yoneyama, 横浜市公害研究所大気部門

** Mitsugu Nakamura, 現在 横浜市公害対策局環境影響評価審査室

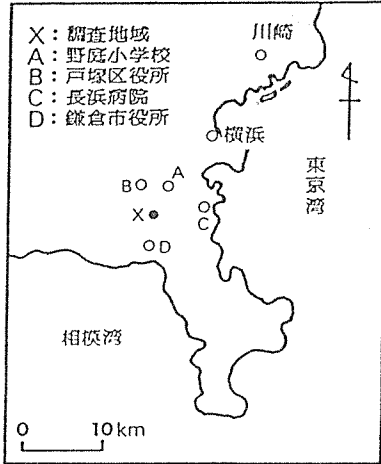


図-1 調査地域及び一般環境
大気測定局 (A~D) の位置

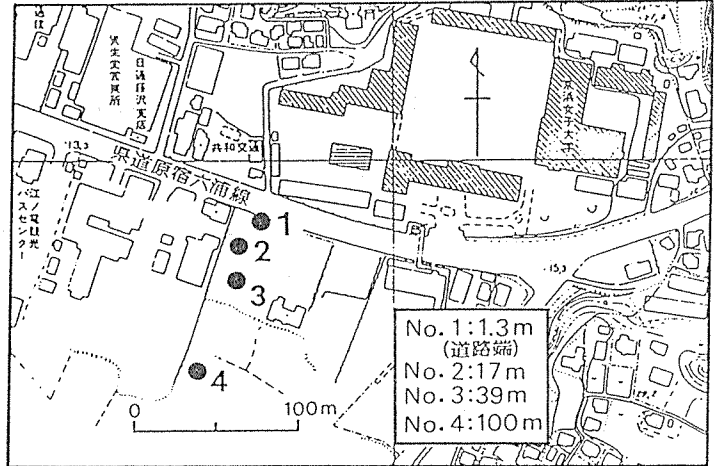


図-2 測定地点

表-2 測定物質及び分析方法の概要

測定物質	分析方法
Fe, Mn, V, Pb, Ni	硝酸一過酸化水素により加熱抽出, ICP発光分析法
Zn	硝酸一過酸化水素により加熱抽出, 原子吸光光度法
SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , Cl ⁻	水一超音波抽出, イオンクロマトグラフィー
Na ⁺	水一超音波抽出, 蛍光光度法
NH ₄ ⁺	水一超音波抽出, インドフェノール法
ベンゾ(a)ピレン	ベンゼン-ソックスレイ抽出, 薄層-蛍光光度法

100m(地点4)までの4地点と道路からの直接の影響が認められない対照地点(地点1の北東約1.3Km)の5地点とした。

2-2 調査期間

昭和56年2月1日~3月5日

2-3 調査内容

光散乱法によるデジタル粉じん計及び3時間捕集のハイボリウムエアサンプラーにより浮遊ふんじん調査をおこない、併せて窒素酸化物、気象観測及び交通量の測定も実施した。また、ハイボリウムエアサンプラーで捕集した浮遊ふんじんは含有成分の分析も行った。表-1に各測定項目の測定機器及び測定期間を、表-2に浮遊ふんじん中の含有成分の測定物質及び分析方法の概要を示した。なお、本報告では、浮遊ふんじんのうろ10μm以下の粒子を測定対象としているデジタル粉じん計によって測定したものを浮遊粒子状物質、ハイボリウムエアサンプラーで測定したものを単に浮遊ふんじんと呼ぶことにする。

表-1 測定項目及び測定期間

測定項目	測定機器, 機種, 型式	測定地点	測定期間
浮遊粒子状物質	光散乱法-デジタル粉じん計, 柴田化学632型及び635型	全測定地点	56年2月1日~3月5日
浮遊ふんじん	ハイボリウムエアサンプラー, 紀本電子120型 パーフレックス石英ろ紙QAST-2500装着	同 上	56年2月18日9時~ 2月20日21時 3時間ごと連続測定
窒素酸化物	ザルツマン式窒素酸化物自動測定器, 電気化学GPH-74型及び紀本電子214型	同 上	56年2月1日~3月5日
風向・風速	超音波式風向風速計SA-200型, 海上電機製	地点 3	同 上
温度・湿度	小笠原計器製	同 上	同 上

3. 調査期間中の天気概況

調査期間中の2月17日から2月22日の地上天気図を図-3に示した。この期間中の天気は、冬から春への季節の変わりめの時期であったため、不安定な気象で、ぐずついた日が多かった。17日に発達した低気圧が関東

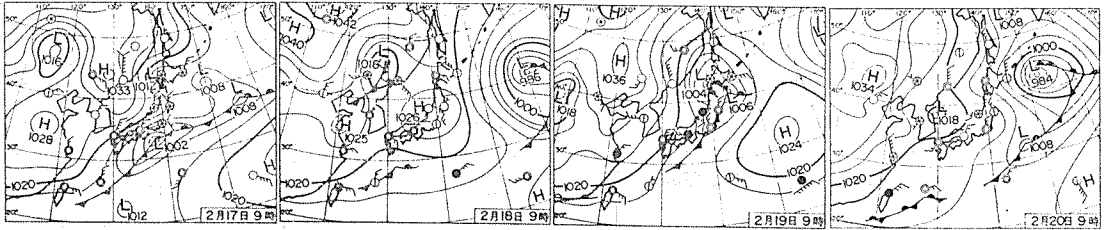
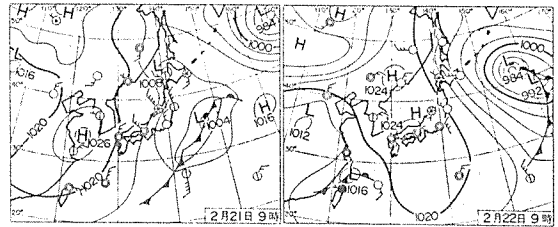


図-3 昭和56年2月17日から2月22日
までの9時における地上天気図
(日本気象協会発行「気象」
から転載)



地方を速いスピードで通過し、17日の早朝から午後にかけて大雪となった。その後、18日には移動性の高気圧が日本を通過し、天気はやや回復したが、19日には次の低気圧に伴う前線が関東地方を通過したため、朝から曇の天気となった。20日には前線も関東地方の東海上に抜け、日本付近は冬型の気圧配置となったが、高気圧の張り出しが北に偏っていたため、雲の多い天気となった。21日にはなお前線が関東地方の東海上にあった。

で風も弱く、風向も定まっていなかった。19日の3時頃から12時頃にかけて、前線の影響により $2\sim 3\text{m/s}$ の南西の風が吹き、その後13時頃から北寄りの風が変わった。20日の早朝から21日の早朝までは風も弱かった。21日の8時頃から風が強くなり、 $1.5\sim 2\text{m/s}$ の北東の風が吹いた。

4. 結果及び考察

4-1 調査期間中の風向風速

調査期間中の2月18日から2月21日の測定地点での地上風(3m)の時間変化を図-4に示した。18日から19日にかけて、移動性の高気圧により比較的穏やか

4-2 調査期間中の交通量

調査期間中の平日の2月18日8時から2月20日8時まで、毎正時から15分間と毎正時半から15分間の合計30分間について車種別に通過台数を測定し、1時間当りの車種別交通量を求め、その時間変化を図-5に示した。2日間の同時間帯における交通量は、総台数及び車種別台数ともよく一致しており、総台数を1日当りの交通量に直すと約2,500台であった。また、交通

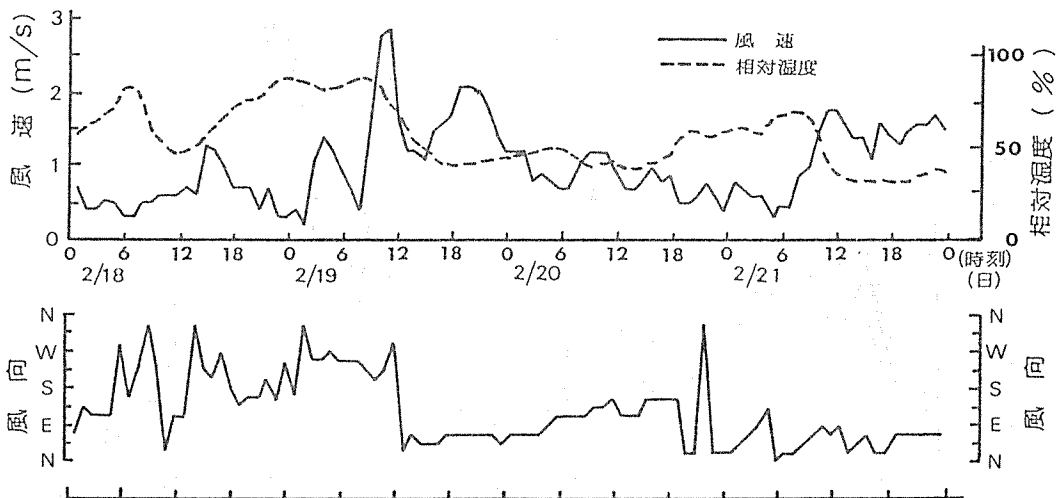


図-4 風向・風速(地上3m)及び相対湿度の時間変化

量は6時頃から急激に増加し、21時頃までの時間帯における総通過台数は1,200~1,400台/時間であった。その後、22時頃から通過台数は減少し、4時頃に最低となった。なお、車種別混入率は、乗用車67%、大型車18%、小型貨物車12%及び二輪車3%であった。

4-3 浮遊粒子状物質の測定結果及び考察

測定期間中の2月18日から2月21日の4日間について、各測定地点での浮遊粒子状物質の3時間値濃度の時間変化を図-6に示した。ここでは、測定地点での浮遊粒子状物質の濃度変動と交通量、気象要素及び一般環境大気中の浮遊粒子状物質の濃度変動との関係並びに窒素酸化物の濃度変動との比較について考察した。なお、浮遊粒子状物質濃度は、F値換算を行っていないため相対値である。

4-3-1 浮遊粒子状物質と交通量及び気象要素との関係

各測定地点間の浮遊粒子状物質の濃度変動はよく一致していた。18日の1時頃から20日の21時頃の時間帯までの濃度変動については、各測定地点とも交通量とおおむね対応した動きをしていた。しかし、濃度変動を詳細に見ると、交通量の多い19日の15時頃から21時頃には濃度は急激に減少した。また、交通量の少ない21日の0時頃から早朝にかけて濃度は高くなり、その後交通量の多くなる日中に濃度は急激に減少するという、交通量と逆の測定結果が得られた。このように、浮遊粒子状物質の濃度変動は交通量に加えて、その他の要因、すなわち気象要素の依存度が極めて大きいと考えられる。

そこで、交通量と逆の測定結果となった時間帯の風向風速を見ると、19日の15時頃からの濃度減少の時間

帯は、前線の通過により風向が南西から北東方向に変わり、風速も増したため、濃度が急激に減少した。また、交通量の少ない21日の0時頃からの濃度上昇については、気象が北寄りの弱い風で穏やかになったため、日中から夜間にかけて拡散効果がみられず、そのため濃度が上昇した。その後の交通量の多い21日の12時頃の濃度減少については、9時頃から北寄りの風が強まったためであった。

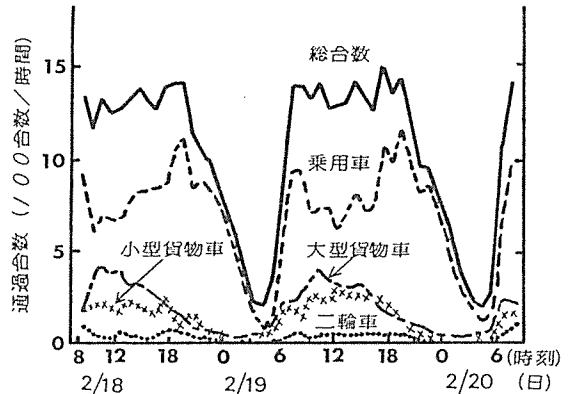


図-5 県道原宿六浦線の交通量 (京浜女子大前)

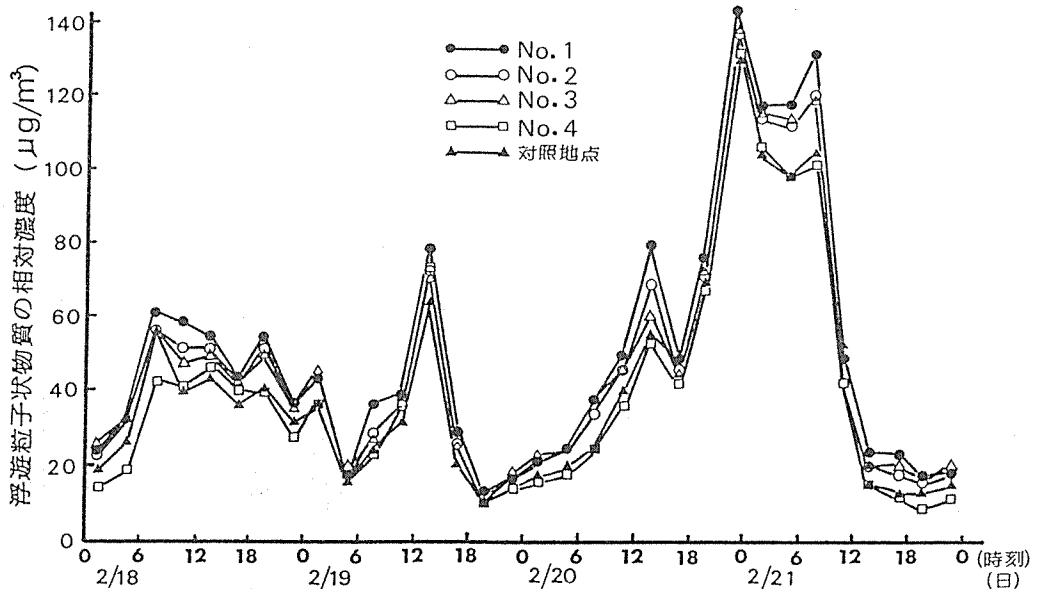


図-6 浮遊粒子状物質濃度の時間変化 (3時間平均値)

4-3-2 浮遊粒子状物質濃度の距離減衰

図-6に示したように、道路端での濃度が明らかに高く、道路から離れるに従って各測定地点の濃度は減衰した。この距離減衰は、濃度ピークがあらわれた時間帯に、著しくなる傾向を示した。また、気象の変化により濃度が急激に変動したり、各測定地点の濃度が低い時間帯については、距離減衰はほとんど見られなかった。次に、各測定地点の濃度差を比較すると、各測定地点の濃度は短時間のうちに大きく上下に同時変動しているため、距離によ

る濃度差は明確な差として現われていない。

4-3-3 一般環境大気中の浮遊粒子状物質との比較

図-1に示したように本調査地域に近い野庭小学校、戸塚区役所、長浜病院及鎌倉市役所に設置してある一般環境大気測定局の浮遊粒子状物質の時間変化を図-7に示した。なお、これらの一般環境大気測定局と道路端(地点1)との距離は、野庭小学校:北東3.8 km, 戸塚区役所:北北西4.2 km, 長浜病院:西8.0 km, 鎌倉市役所:南4.5 kmである。

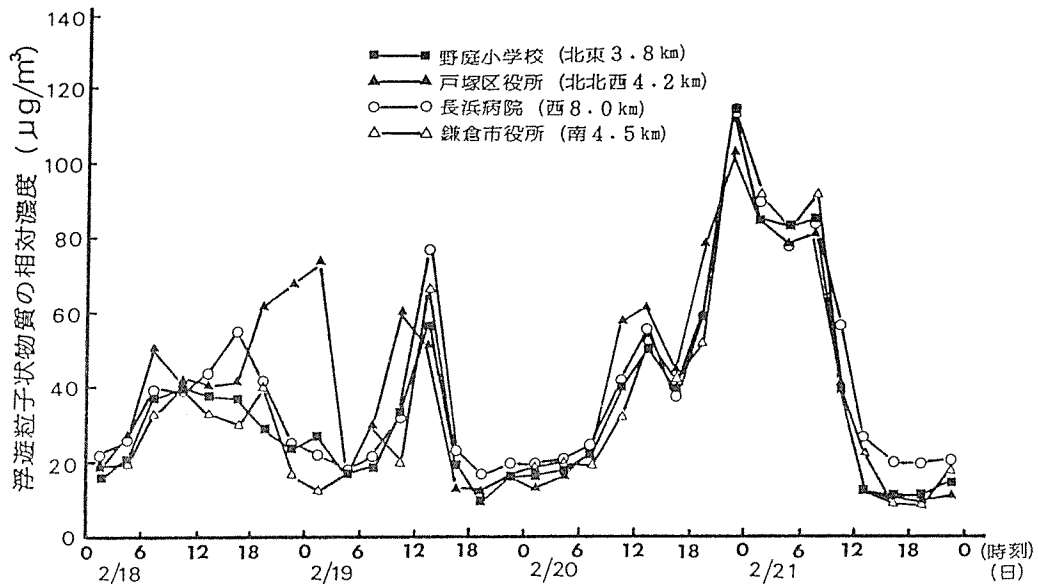


図-7 一般環境大気中の浮遊粒子状物質濃度の時間変化(3時間平均値)

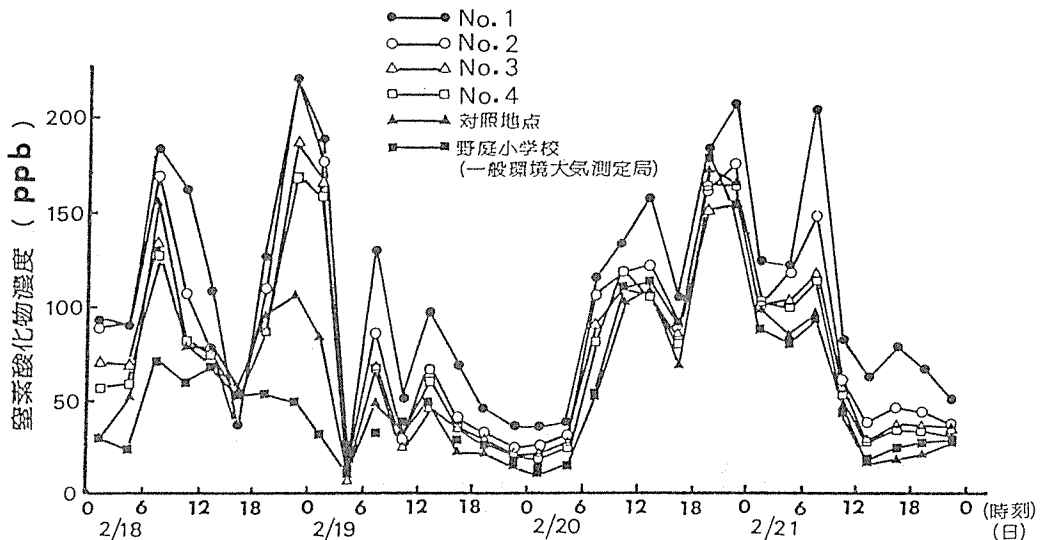


図-8 窒素酸化物濃度の時間変化(3時間平均値)

図-7に示したように、各々の一般環境大気測定局の浮遊粒子状物質の濃度変動は類似しており、また濃度はおおむね同レベルであった。これらの結果を図-6に示した道路周辺地域の測定結果と比較すると、濃度変動は類似した傾向を示し、かつ濃度もおおむね同レベルであった。依田ら²⁾は、約6 km離れた一般環境大気測定局と自動車排出ガス測定局の浮遊粒子状物質の日平均濃度はよく類似した日変動を示すと報告している。今回の結果では、調査地域とその4 km以上離れた一般環境大気測定局の各々の濃度は時間変化も同様な傾向を示した。

4-3-4 窒素酸化物と浮遊粒子状物質の比較

図-8に示したように、窒素酸化物濃度は浮遊粒子状物質濃度より明瞭な距離減衰を示し、道路端と各測定地点の濃度差は窒素酸化物の方が大きかった。また、それぞれの濃度変動のパターンは時間帯によってかなり異なっており、ガス状物質と粒子状物質の挙動の相違が認められた。

4-4 浮遊ふんじんの測定結果及び考察

測定期間中の2月18日9時から2月20日21時まで60時間の浮遊ふんじん濃度の3時間測定値を図-9に示した。各測定地点の濃度変動は、図-6の浮遊粒子状物質のそれと類似していた。濃度変動と交通量の対応は、おおむね一致していた。しかし、前線通過後の交通量の多い19日15時頃から21時頃の時間帯で濃度は減少した。なお、浮遊ふんじんの測定が終了した20日21時以降の交通量の少ない深夜から翌早朝にかけて、浮遊粒子状物質濃度は先に4-3-1で記したように高かったことから、その時間帯における浮遊ふんじん濃度はその濃度と同様に高くなると推定される。

次に、各測定地点間の濃度差を比較すると、道路端での濃度が交通量の多い時間帯で異常に高かった。また、その他の測定地点では道路から離れるに従って濃度が徐々に減衰した。これらの結果を浮遊粒子状物質濃度と比較すると、浮遊粒子状物質は道路端と各測定地点には大

きな濃度差がないのに対して、浮遊ふんじんは道路端と各測定地点との濃度差が大きいところに相違があった。このことは、浮遊粒子状物質が10 μm以下の粒子を、浮遊ふんじんが10 μm以上の粒子についても測定対象としているため、測定法の相違が極端に現われた結果である。すなわち、浮遊ふんじん濃度が道路端において異常に高くなった原因は、沈降の速い粗大粒子によるものと考えられる。

4-5 浮遊ふんじん中の含有成分の測定結果及び考察

測定期間中の各成分濃度の時間変化を図-10~21に、測定地点別の各成分濃度の平均値を表-3に、また各成分間の相関係数を表-4に示した。以下に、各成分の測定結果及び考察を述べる。

4-5-1 重金属の測定結果及び考察

図-9~15に示したように、Fe、Mn、V、Zn、Pb及びNiの重金属と浮遊ふんじんの濃度変動は一致し、各々の相互の相関係数は表-4のとおり高い。そのうち、Fe、Mn、V及び浮遊ふんじんの相互の相関係数はすべて0.9以上で極めて高くなっている。各重金属の測定地点間の濃度差は、図-10~15及び表-3のとおり、すべて道路端において高かった。しかし、各重金属濃度の距離減衰は時間帯によって全く異なり、またそれぞれの重金属によって距離減衰の類似や相違がみられた。

図-10、11に示したようにFe及びMnの濃度は道路端において異常に高く、その後、地点2(17m)から距離と共にそれぞれの濃度が徐々に減衰した。また、各測定地点におけるそれぞれの濃度変動は一致していた。Fe及びMnは土砂中の主要構成成分であることから、道路端におけるそれらの異常な濃度上昇は先に既報¹⁾で報告したとおり自動車走行に伴う土砂の巻き上げによって起ったためである。これにより、道路端において土砂中の成分と同様な挙動を示した浮遊ふんじんの濃度上昇はやはり自動車走行に伴う土砂の巻き上げ

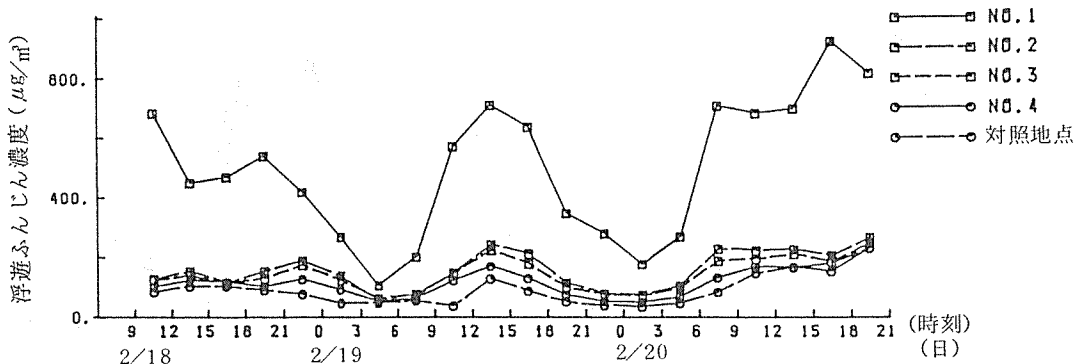


図-9 浮遊ふんじん濃度の時間変化

であると考えられる。

Vは、従来から化石燃料起源とされ、その指標物質となっている。しかし、図-12に示したように、VはFe及びMnと道路端において同様な挙動を示し、またそれらと相関も極めて高いことから、土砂による影響も大きいと考えられる。林ら³⁾は、道路近傍においてVが2 μ m以上の粗大粒子に存在することを確認し、また松本ら⁴⁾は北海道の非暖房期における浮遊ふんじん中のVは土壌からの寄与が50~60%と試算していることと今回の結果による推定が一致している。

図-13, 14に示したようにZn及びPbの濃度は、道路端において、高くなっているが、Fe, Mn, Vの濃度上昇より小さく、その他の測定地間差もそれらより小さいことから、自動車排出ガスの影響が考えられる。Znは潤滑油⁵⁾にジアルキルジチオリン酸亜鉛として添加され、またPbはプレミアムガソリン⁶⁾に四アルキル鉛として添加されていることから、道路端におけるZn及びPbの濃度上昇は自動車排出ガスの寄与といえる。また、道路上の土砂は自動車排出ガスにより汚染され、その汚染された土砂が自動車走行に伴って巻き上げられた結果、道路端のZn及びPb濃度をさらに上昇させたことも要因の一つであると考えられる。

図-15に示したように、Niの濃度は道路端において明らかに高くなっているものの、時間帯によって濃度分布が道路からの距離と一致しておらず、他の重金属と挙動がやや異なっていた。

4-5-2 水溶性成分の測定結果及び考察

図-16, 17に示したように、NO₃⁻及びNH₄⁺は、それぞれの濃度変動はよく一致しており、他成分の濃度変動とはやや異なり各測定地点間に濃度差が認められなかった。また、前線通過後の交通量の多い2月19日15時頃から21時頃までの時間帯において、NO₃⁻及

びNH₄⁺の濃度は、他成分に比較して著しく減少した。これらのことより、道路近傍におけるNO₃⁻及びNH₄⁺の存在は、自動車排出ガス中のNO₃⁻及びNH₄⁺の一次粒子によるものでないと考えられる。

図-18に示したように、SO₄²⁻は、他成分と比較して濃度変動が小さく、濃度と交通量の対応はほとんど認められなかった。特に、交通量の少ない2月19日3時から6時頃にかけて、他成分の濃度が急激に減少しているにもかかわらず、SO₄²⁻濃度はほとんど減少しなかった。また、前線通過後の2月19日15時頃の濃度減少も小さかった。次に、SO₄²⁻の測定地点間の濃度差を比較すると、道路端では明らかに濃度上昇が認められた。道路端におけるSO₄²⁻の濃度上昇は、自動車より排出されたSO₂によるSO₄²⁻への二次粒子変換⁷⁾によるものでなく、自動車排出ガス中のSO₄²⁻の一次粒子によって起ったと考えられる。この一次粒子の存在は、当研究所で実施したディーゼル自動車エンジン台上試験の黒煙分析の結果⁸⁾で確認されている。

図-19に示したように、Na⁺は測定地点間の濃度差もほとんど認められず、濃度変動は図-20のCl⁻のそれと類似しているが、他成分の濃度変動とは異なっていた。特に、前線通過前の南風が吹き込んだ2月19日3時から6時頃には、Na⁺濃度はCl⁻濃度と共に各測定地点で上昇した。これらの濃度上昇は海塩粒子によるものと考えられる。

また、Cl⁻の濃度は道路端において2月18日9時から21時頃まで他の測定地点に比較して高くなった。道路端での濃度上昇は、自動車排出ガス中のCl⁻の一次粒子³⁾によって起ったと考えられる。しかし、前回の調査結果¹⁾では、道路端での濃度上昇は認められなかった。

表-3 各測定地点における浮遊ふんじん及び含有成分濃度の平均値

	浮遊 ふんじん (μ g/ m^3)	Fe (μ g/ m^3)	Mn (μ g/ m^3)	V (μ g/ m^3)	Zn (μ g/ m^3)	Pb (μ g/ m^3)	Ni (μ g/ m^3)	SO ₄ ²⁻ (μ g/ m^3)	NO ₃ ⁻ (μ g/ m^3)	Cl ⁻ (μ g/ m^3)	NH ₄ ⁺ (μ g/ m^3)	Na ⁺ (μ g/ m^3)	ベンゾ(a) ピレン (ng/ m^3)
No. 1 (道路端 1.3 m)	499	13	0.27	0.052	0.50	0.20	0.030	8.2	5.8	8.6	2.4	1.4	5.1
No. 2 (17 m)	158	3.5	0.098	0.019	0.25	0.11	0.017	5.9	5.5	6.7	2.0	1.4	2.4
No. 3 (39 m)	144	3.1	0.093	0.017	0.25	0.11	0.015	6.3	5.4	6.4	2.0	1.4	2.0
No. 4 (100 m)	116	2.6	0.082	0.015	0.24	0.10	0.016	6.2	5.4	6.6	2.4	1.3	0.74
対照地点 (No. 1の北東1.3 Km)	93	2.1	0.075	0.015	0.23	0.09	0.011	5.3	5.4	6.3	2.2	1.6	1.7

(但し、濃度は20試料の平均値)

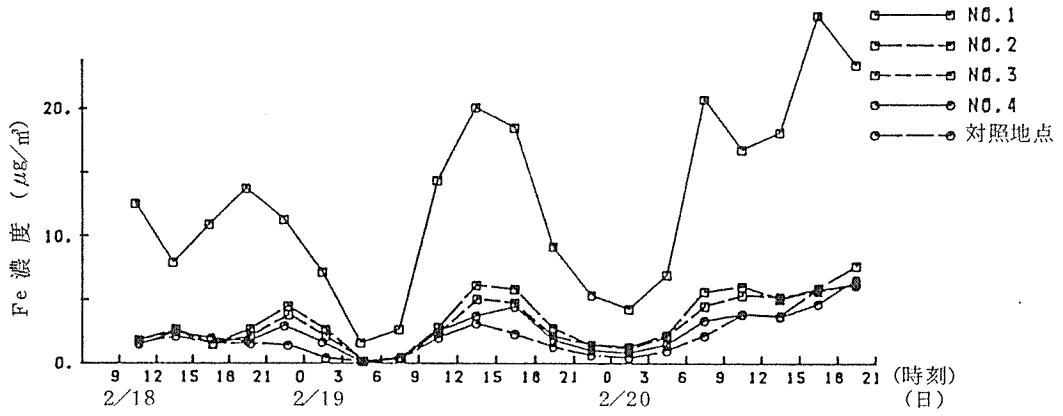


図-10 Fe 濃度の時間変化

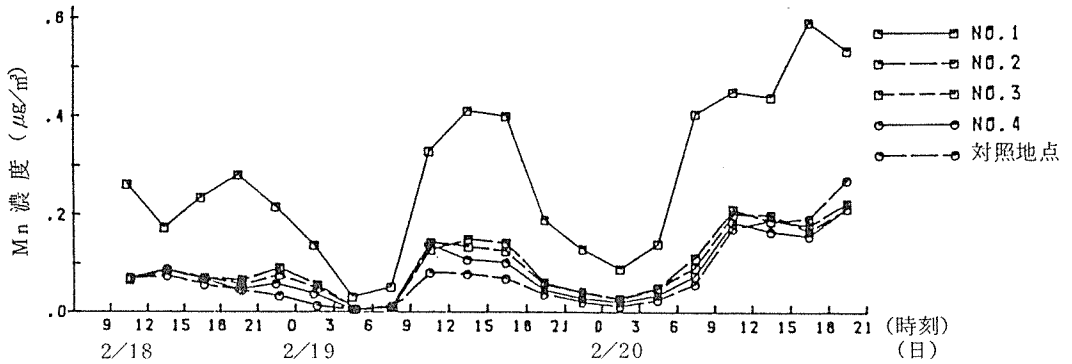


図-11 Mn 濃度の時間変化

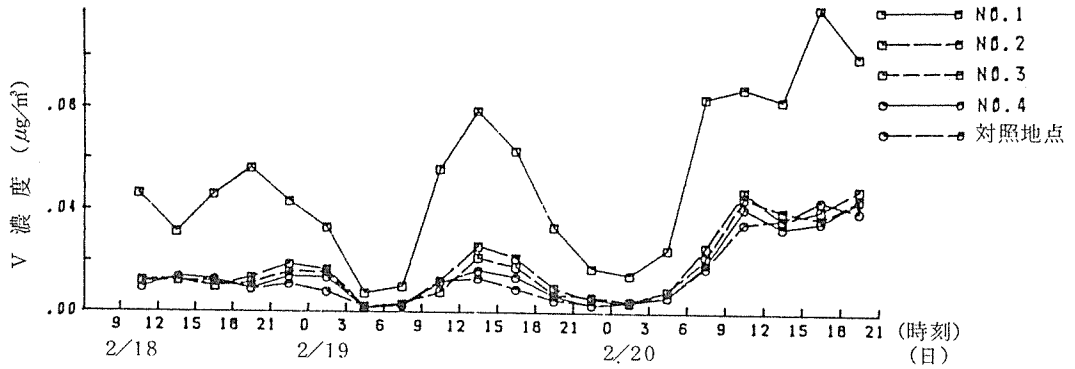


図-12 V 濃度の時間変化

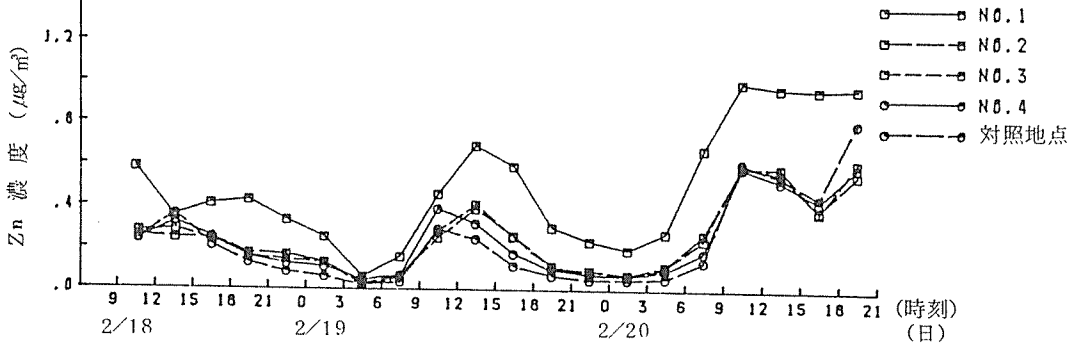


図-13 Zn 濃度の時間変化

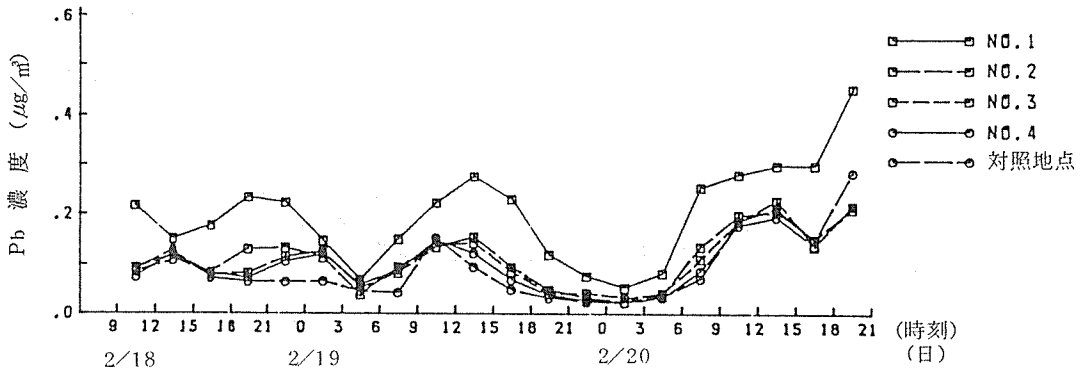


図-14 Pb 濃度の時間変化

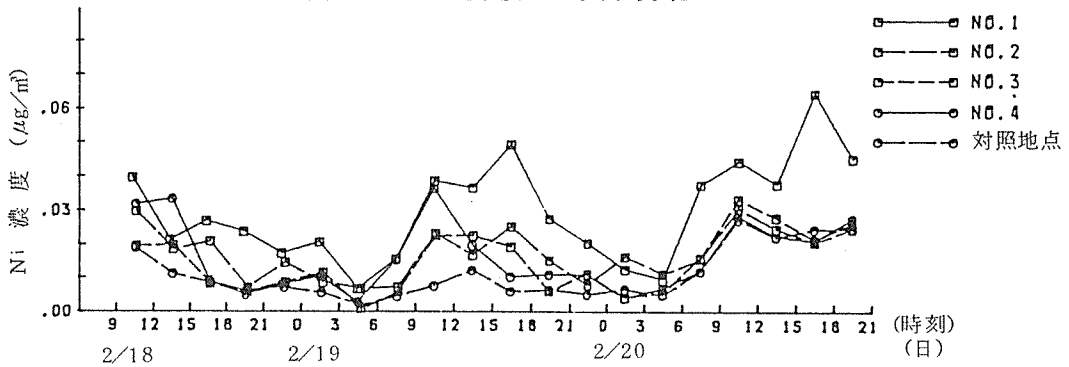


図-15 Ni 濃度の時間変化

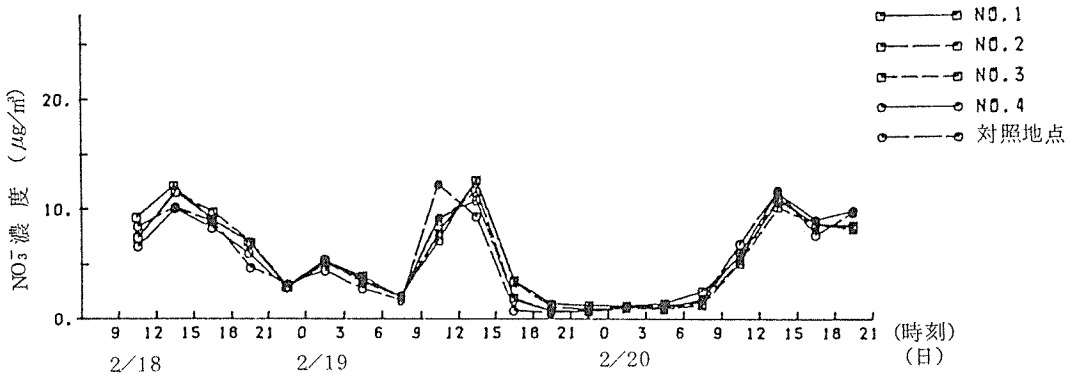


図-16 NO_3^- 濃度の時間変化

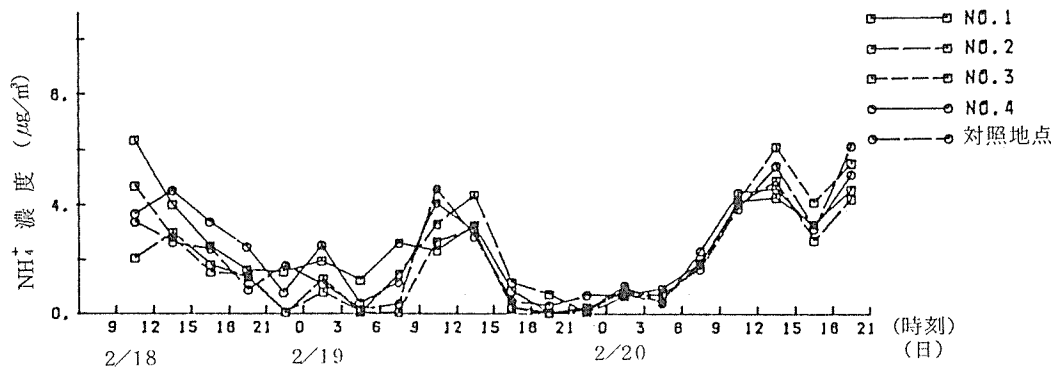


図-17 NH_4^+ 濃度の時間変化

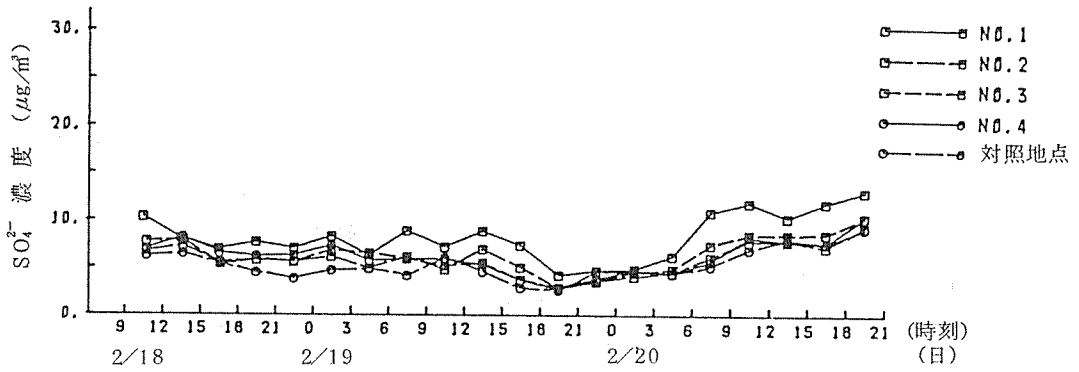


図-18 SO₄²⁻濃度の時間変化

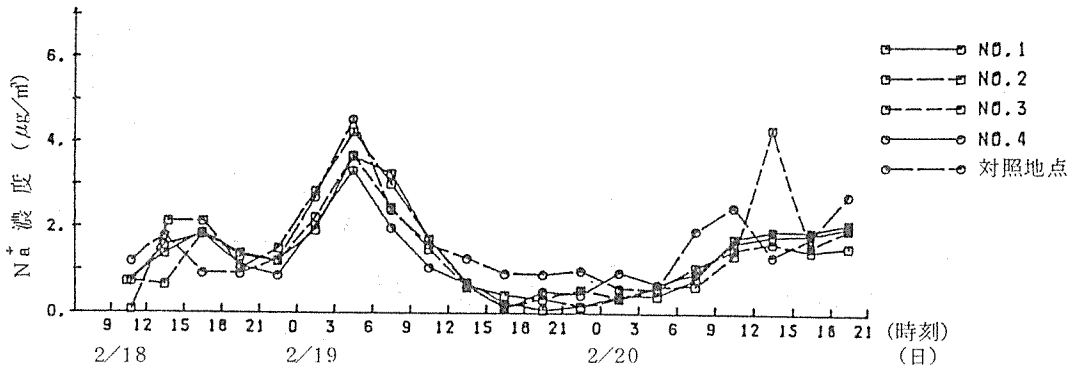


図-19 Na⁺濃度の時間変化

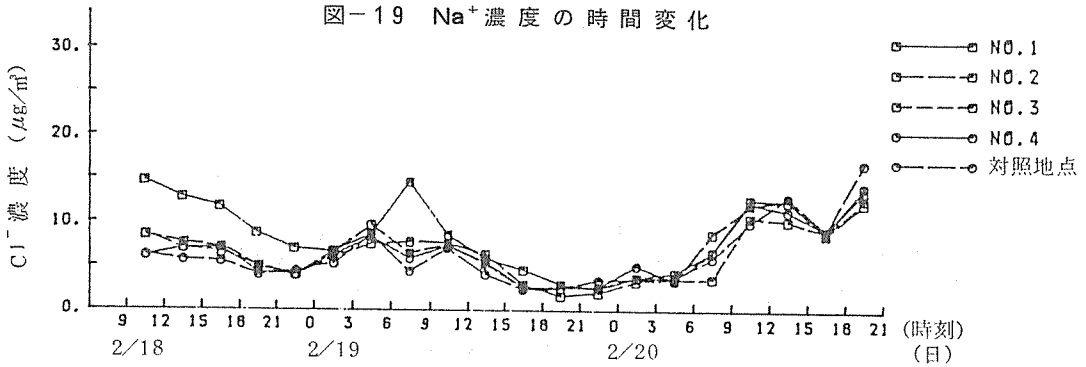


図-20 Cl⁻濃度の時間変化

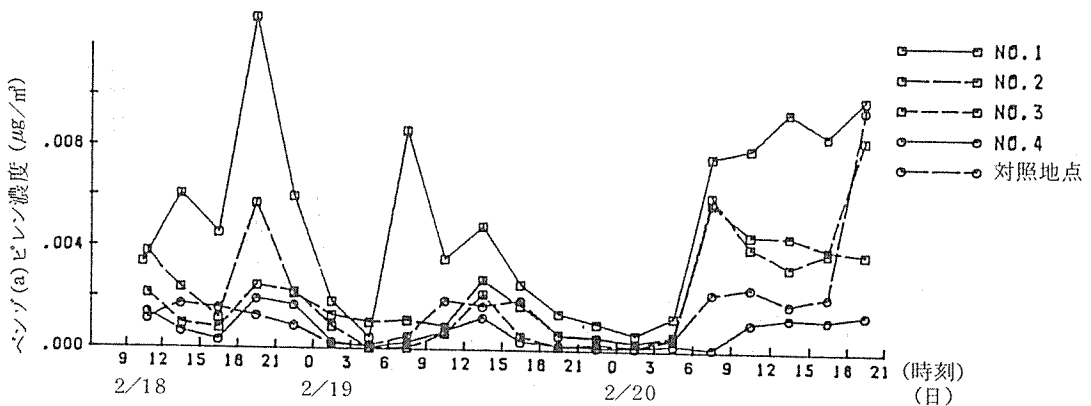


図-21 ベンゾ(a)ピレン濃度の時間変化

表-4 浮遊ふんじん及び含有成分間の相関係数 (n = 100)

	浮遊ふんじん	Fe	Mn	V	Zn	Pb	Ni	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	ベンゾ(a)ピレン
浮遊ふんじん	1.00	0.98	0.94	0.92	0.78	0.81	0.80	0.70	0.31	0.42	0.35	-0.05	0.72
Fe	0.98	1.00	0.96	0.95	0.80	0.82	0.80	0.68	0.28	0.36	0.33	-0.08	0.71
Mn	0.94	0.96	1.00	0.98	0.92	0.90	0.88	0.75	0.42	0.51	0.51	-0.02	0.72
V	0.92	0.95	0.98	1.00	0.91	0.90	0.84	0.80	0.39	0.54	0.51	0.04	0.74
Zn	0.78	0.80	0.92	0.91	1.00	0.92	0.86	0.83	0.59	0.68	0.74	0.06	0.70
Pb	0.81	0.82	0.90	0.90	0.92	1.00	0.80	0.86	0.57	0.71	0.69	0.19	0.77
Ni	0.80	0.80	0.88	0.84	0.86	0.80	1.00	0.72	0.46	0.51	0.59	-0.07	0.57
SO ₄ ²⁻	0.70	0.68	0.75	0.80	0.83	0.86	0.72	1.00	0.56	0.80	0.74	0.31	0.70
NO ₃ ⁻	0.31	0.28	0.42	0.39	0.59	0.57	0.46	0.56	1.00	0.59	0.79	0.21	0.32
Cl ⁻	0.42	0.36	0.51	0.54	0.68	0.71	0.51	0.80	0.59	1.00	0.78	0.52	0.57
NH ₄ ⁺	0.35	0.33	0.51	0.51	0.74	0.69	0.59	0.74	0.79	0.78	1.00	0.19	0.45
Na ⁺	-0.05	-0.08	-0.02	0.04	0.06	0.19	-0.07	0.31	0.21	0.52	0.19	1.00	0.12
ベンゾ(a)ピレン	0.72	0.71	0.72	0.74	0.70	0.77	0.57	0.70	0.32	0.57	0.45	0.12	1.00

4-5-3 ベンゾ(a)ピレンの測定結果及び考察

図-21のように、ベンゾ(a)ピレンの濃度変動は各測定地点ともおおむね浮遊ふんじん及び重金属のそれと類似していた。しかし、道路端での濃度変動は図-6の浮遊粒子状物質及び図-9の浮遊ふんじんのそれより、むしろ図-8のガス状物質である窒素酸化物のそれのほうがより類似していた。道路端での窒素酸化物との濃度変動の類似性については、ベンゾ(a)ピレンが微小粒子に存在していることからガス状物質と同様な挙動を示した点、また道路近傍では、それらの濃度に自動車排出ガスの寄与が極めて大きく作用していることなどの理由があげられる。次に、測定地点間の濃度差を比較すると、濃度は道路から離れるに従って明らかに減衰した。

5. まとめ

道路周辺地域における浮遊粒子状物質、浮遊ふんじん及びその含有成分の各濃度の時間変化を知るため、光散乱法によるデジタル粉じん計並びにハイボリウムエアサンプラー短時間測定法によって調査を実施し、次の知見が得られた。

- 1) 道路周辺地域における浮遊粒子状物質及び浮遊ふんじんの各々の濃度変動は、交通量のみならず気象要素の影響が極めて大きいことが確認できた。
- 2) 浮遊粒子状物質濃度は、道路から離れるに従って減衰したが、各測定地点の濃度が短時間のうちに同時変動しているため、距離による濃度差が大きく現れていなかった。
- 3) 道路周辺地域における浮遊粒子状物質の濃度変動

はその調査地域から4 Km以上離れた一般環境大気測定局のそれと類似した傾向を示し、それぞれの濃度は同レベルであった。

4) 道路周辺地域における浮遊粒子状物質と窒素酸化物のそれぞれの濃度変動は時間帯によってかなり異なっていた。

5) 浮遊粒子状物質と浮遊ふんじんについて道路端と各測定地点との濃度差を比較すると、浮遊ふんじんの濃度差は大きかった。また、土砂中の主要構成成分であるFe及びMnは浮遊ふんじんと同様に挙動し、道路端においてもそれと同様な濃度上昇をしたことから、浮遊ふんじん濃度を上昇させた主因は、自動車走行に伴う土砂の巻き上げであると判明した。

6) 各成分濃度の時間変化及び距離減衰は、交通量及び気象要素により類似性や相違がみられた。これらのことから、各成分の発生源の相違が明らかになった。

謝 辞

調査にあたって神奈川県消防学校、京浜女子大学及び飯田昌好氏の協力を得たことを記し謝意を表する。また、重金属の分析にあたって高周波アルゴンプラズマ分光装置の利用並びに御指導をいただいた横浜市水道局水質試験所中山敬三郎所長、古谷博氏並びに工藤幸生氏に感謝する。

文 献

- 1) 新井久雄, 渡辺善徳, 太田正雄, 鈴木正雄, 平野耕一郎, 中村 貢, 米山悦夫: 自動車排出ガスに

よる道路周辺での大気汚染に関する研究（第5報）道路周辺地域における浮遊ふんじん及びその含有成分，横浜市公害研究所報第6号，75～85（1981）。

2) 依田彦太郎，菊地立，中西基晴：気温逆転層形成時の窒素酸化物と浮遊粒子状物質による大気汚染の構造（第3報）非住宅地の幹線道路周辺における調査，千葉県公害研究所研究報告第13巻第1号，81～91（1981）。

3) 林久緒，石田哲夫，島田ひろ子，永田正信，市橋正之：幹線道路周辺の粒径別浮遊粒子状物質中の重金属，多環芳香族炭化水素及び水溶性成分の挙動について，川崎市公害研究所年報第7号，54～62（1979）。

4) 松本寛，加藤拓紀，酒井茂克：浮遊粉じん中含

有成分への土壌からの寄与について，第21回大気汚染学会講演要旨集，158（1980）。

5) 桜井俊男編：「石油製品添加剤」469～496（1973），幸書房。

6) 佐藤夫二男，菊池正行，関敏彦，近藤師家治：自動車ガソリン及び重油，灯油，軽油中の重金属含有量について，仙台市衛生試験所々報第10号，298～299（1980）。

7) 磯野謙治編：「大気環境の科学2 大気汚染物質の動態」92～98（1979），東京大学出版会。

8) ディーゼル自動車排ガス問題研究会：ディーゼル自動車排出黒煙調査報告書（横浜市公害対策局委託調査），（1980）。

蒸気拡散を利用した低濃度炭化水素標準 ガスの発生方法について（第2報）

前田裕行*，平野耕一郎*

要 旨

大気汚染計測器の精度の検討あるいは分析法の検討をするには、正確で安定した標準ガスの入手が必要である。その中で、炭化水素類については、その成分の種類が多く、高圧ボンベに充てんされたものは容器の吸着あるいは反応などが問題となるため種類も限られている。そこで、任意の炭化水素について安定な濃度で、しかも大量の標準ガスを発生する方法として蒸気拡散の原理を用いた方法を検討した。

今回、前報での直管型拡散セルを改良し、液だめ部に焼結ガラスを入れ、蒸発液面の高さを常に一定に保つ形状の拡散セルを製作した。これを用いて各種の炭化水素について発生実験した結果、濃度5 ppmC以下の低濃度炭化水素ガスを8日間の長時間で連続発生させても発生濃度に実用上支障となる変化はみられず、また、複数のセルを発生器に入れることにより混合ガスの発生も可能となった。

1. まえがき

蒸気拡散を利用した低濃度炭化水素標準ガスの発生方法について、前報¹⁾でトルエンを用いてその発生特性を報告した。その中で、拡散面積の小さな直管型のセルを用いて、長時間ガスを発生させる場合、物質の蒸発に伴って蒸発液面が下降すると同時に発生ガス濃度が次第に減少する傾向が認められた。そこで今回、前報の方法を改良し、蒸発液面の高さを、毛細管の原理を利用することで常に一定となる拡散セルを製作し、これを用いて各種の炭化水素系物質について発生実験したので報告する。

2. 拡散セルの構造

拡散セルは、図-1に示すように外径30 mmの液だめ部を設け、その中に底部が中空で側面にスリット状の切れ込みを付けた空隙の多い焼結ガラスを封入した。

拡散部は、長さ60 mm、内径1~7 mmφの肉厚ガラス管を用い、液だめ部との溶接の際に生じる拡散管のゆがみを避けた。拡散管の下端は、焼結ガラス面と1 mm離れている。

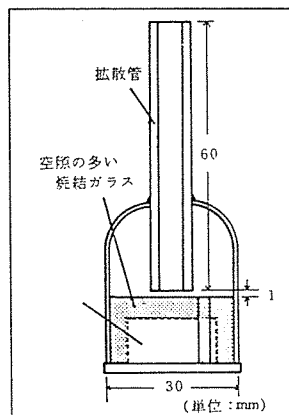


図-1 拡散セルの構造

Studies on Producing Technique of Hydrocarbon
Standard Gases Using Diffusion Dillution Cell.

*Hiroyuki Maeda, Koichiro Hirano, 横浜市公害研究所大気部門

3. 実験方法

3-1 試料ガスの発生手順

試料は、長い注射針(長さ110mm)によって拡散管散管の内壁に試料が付着しないように上部から焼結ガラス面直上まで注入した。各種炭化水素の試料は、特級試薬(和光純薬)を用いた。試料を入れた拡散ビン、セミマイクロ天秤で秤量し、図-2に示したキャリアーガス出入口付共栓三角フラスコ(容量300ml)に入れた。この発生器を所定の温度に設定した恒温水槽に浸し、キャリアーガスとして精製空気を2.00および2.60 ℓ/min で送り、発生してくるガスに4.00および5.30 ℓ/min で更に精製空気を加えて6.00および7.90 ℓ/min の炭化水素含有ガスを得た。ガスの流量制御には、マスフローコントローラーを用いた。各試料炭化水素について、1~10日間連続してガスを発生させ、測定終了時に拡散セルを取り出し、試料物質の蒸発重量を求めた。発生ガスの炭化水素ガス濃度は、非メタン炭化水素計(堀場製 APHA-3000, 柳本製 AG-202)および光イオン化式(PID)連続濃度計(HNU製 PI-201)によってモニターした。発生ガス濃度の安定性実験および多種の物質についての実験に使用したセルの規格および発生条件を表-1, 2に示した。

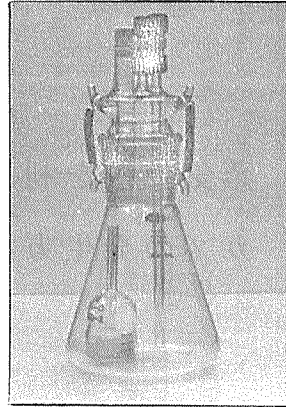


図-2 発生器

3-2 蒸発重量から求める発生濃度の算出

秤量により求めた蒸発重量と発生時間から蒸発速度 N ($\mu g/min$) を求め、次式によって発生濃度を算出した。

$$C = N \times K / f \quad (1)$$

ここに、 C : 発生ガス濃度 (ppm)

N : 蒸発速度 ($\mu g/min$)

f : 発生ガス流量 (ℓ/min)

K : $(22.4/M) \times \{ (273 + \theta) / 273 \}$

(M : 分子量, θ : 温度 $^{\circ}C$)

表-1 発生ガス濃度の安定性実験に使用した拡散セルの規格および発生条件

拡散セル番号	拡散管内径(mm)	拡散管長さ(mm)	セル温度($^{\circ}C$)	キャリアーガス流量(ℓ/min)	希釈ガス流量(ℓ/min)	発生ガス流量(ℓ/min)	発生物質
4	1.8	60.2	25.0	2.00	4.00	6.00	n-ヘキサン
5	3.3	60.1	25.0	2.00	4.00	6.00	トルエン
3	1.8	60.0	25.0	2.00	4.00	6.00	アセトン
1	1.0	60.1	25.0	2.00	4.00	6.00	n-ペンタン

表-2 種々の炭化水素についての発生実験に使用した拡散セルの規格および発生条件

拡散セル番号	拡散管内径(mm)	拡散管長さ(mm)	セル温度($^{\circ}C$)	キャリアーガス流量(ℓ/min)	希釈ガス流量(ℓ/min)	発生ガス流量(ℓ/min)	発生物質
9	2.0	60.5	30.2	2.60	5.30	7.90	アセトン
6	3.4	60.5	38.2	2.60	5.30	7.90	エタノール
3	1.8	60.0	33.2	2.60	5.30	7.90	ベンゼン
5	3.3	60.1	30.1	2.60	5.30	7.90	トルエン
17	7.0	60.4	30.0	2.60	5.30	7.90	m-キシレン
18	7.0	60.4	55.0	2.60	5.30	7.90	n-デカン
16	5.0	60.4	30.4	2.60	5.30	7.90	トリクロルエチレン
9	2.0	60.5	4.7	2.60	5.30	7.90	n-ペンタン
6	3.4	60.5	15.7	2.60	5.30	7.90	混合ガス①
4	1.8	60.2	15.7	2.60	5.30	7.90	エタノール
5	3.3	60.1	15.7	2.60	5.30	7.90	n-ヘキサン
							トルエン
6	3.4	60.5	15.7	2.60	5.30	7.90	混合ガス②
4	1.8	60.2	15.7	2.60	5.30	7.90	エタノール
5	3.3	60.1	15.7	2.60	5.30	7.90	n-ヘキサン
							トルエン

3-3 分子拡散則から求める発生ガス濃度の推算値の散出

蒸気拡散を利用して発生させるガスの濃度は、通常3-2で述べているように蒸発速度Nを実測して①式によって決定されるが、前報¹⁾で報告したようにその発生特性は、分子拡散則²⁾³⁾が成立しているとみなし、次式によって推算することができる。

$$C' = 6 \times 10^4 \times D_G \times S \times (1/L) \times (P/760) \times (1/f) \quad (2)$$

ここに、C': 発生ガス濃度の推算値 (ppm)

D_G: 分子拡散係数 (cm²/sec)

S: 拡散面積 (cm²)

L: 拡散長 (cm)

P: 物質の飽和蒸気圧 (mm Hg)

f: 発生ガス流量 (ℓ/min)

4. 結果および考察

4-1 発生ガス濃度の安定性

n-ヘキサン、トルエン、アセトン、n-ペンタンの4種の物質について25℃における発生濃度の安定性およびモニター値について調べた結果を表-3に示した。各物質について発生濃度の変動は、0.45~1.45の間を示しており、非常に安定した濃度で発生していることが判った。特にn-ヘキサンについては、1700~7000分までの長時間の発生を3回行った結果、蒸発速度の変動係数0.63%であり、少なくとも8日間は安定に1ppm以下のガスを連続発生できることが判った。したがって前報での方法では、直管型のセルを使用していたため、発生濃度が時間の経過とともに減少したが、今回製作した拡散セルには、前述した様に液だめ部に焼結ガラスを入れてあるので試料が蒸発して

表-3 蒸発重量から求めた発生濃度、実測濃度および推算値

物質名	時間(分)	蒸発重量 (mg)	蒸発速度 (μg/min)	発生濃度 (ppm)	推算値 (ppm)	実測濃度* (ppmC)	変動係数 (%)
n-ヘキサン	0~70	16	128.35	18.29	0.792	4.48	1.28
	7016~11021	74.32	18.56	0.804	0.777	4.46	0.49
	11021~12717	31.12	18.35	0.795		4.57	0.20
トルエン	4070	44.55	10.95	0.444	0.450	2.86	0.56
アセトン	2475	69.00	27.88	1.792	1.354	3.39	0.45
n-ペンタン	2853	78.56	27.54	1.424	0.742	6.34	1.45

*非メタン炭化水素計(堀場製 APHA-3000)で測定

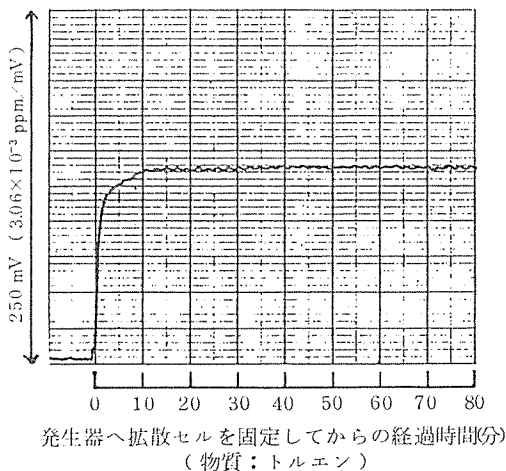


図-3 光イオン化式(PID)連続濃度計による発生ガス(トルエン)濃度の測定結果

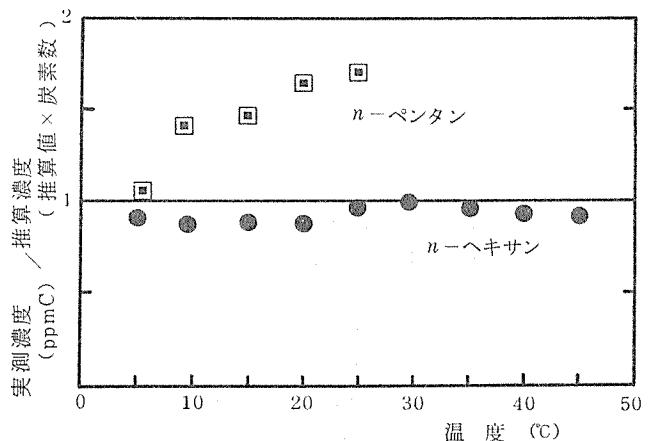


図-4 温度を変化させたときの発生ガスの実測濃度と推算濃度

表一 4 蒸発重量から求めた発生濃度，実測濃度および推算値
(種々の炭化水素についての発生実験結果。)

物質名	時間(分)	発生濃度 (ppm)	推算値 (ppm)	実測濃度 ^米 (ppm C)	変動係数 (%)	試料数 ^米
アセトン	1411	1.88	1.40	3.02	0.53	133
エタノール	1024	1.92	1.94	3.10	0.55	94
ベンゼン	1120	0.702	0.508	3.39	0.45	103
トルエン	1184	0.413	0.387	2.55	0.30	112
m-キシレン	1238	0.445	0.453	3.22	0.33	115
n-デカン	1105	0.375	0.453	1.67	0.38	102
トリクロルエチレン	875	2.19	2.21	4.20	0.18	81
n-ペンタン	1290	0.764	0.718			89
混合ガス①	0~4295	0.467 0.334 0.175	0.538 0.323 0.165	3.71	0.23	121
混合ガス②	4295~14080	0.472 0.333 0.173	0.538 0.323 0.165	3.61	0.45	133

^米 非メタン炭化水素計 (AG-202) で測定
^米 10分間値の測定数

も毛細管の原理によって常に液面は焼結ガラスの表面上にあるために拡散長は全く変化していない。

なお、PID連続濃度計により、拡散セルを発生器へ固定してから濃度が増加するようすは図-3に示したように連続値として確認できた。これによると98%応答値に達する時間は約30分であり、前報で直管型セルを用いた場合と同じ傾向であった

4-2 発生濃度と温度との関係

表-1, 2に示したセルの形状，発生条件から算出した推算値と発生濃度を表-3より比較すると，n-ヘキサン，トルエンでは，比較的良く一致していた。しかし，アセトン，n-ペンタンでは，発生濃度の方が推算値よりも高く，n-ペンタンでは25℃で約2倍近くになっていた。この原因として温度条件によるものが考えられた。そこで，温度すなわち蒸気圧を変化させたときの発生濃度の実測値と推算濃度(推算値×炭素数)の関係をn-ヘキサンとn-ペンタンについて比較した結果を図-4に示した。これによると，n-ヘキサンは，5.0℃(74.1mmHg)~45℃(425mmHg)の広い範囲で推算濃度と比較的一致していた。一方，n-ペンタンでは5.5℃(234mmHg)で推算濃度に近づくものの，それ以上の温度では発生濃度が高くなる傾向を示した。推算濃度と実測濃度が合わなくなる場合は，実測濃度の方が大きいことから考えると，このときの拡散セルからのガスの発生は，拡散による濃度勾配以外の推進力，例えば物質の蒸気圧によるセル内部の全圧が増加することが考えられる。このようにセル内の内圧が大気以上となる場合では，推算値は内圧の補正が必要となるが，セル内の圧力の計測が困難なため，大気圧に近い状態で発生する必要がある。

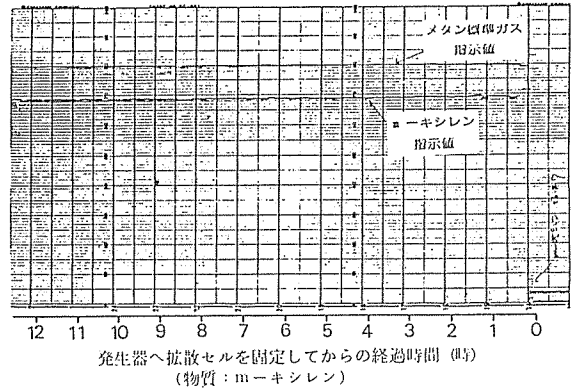


図-5 非メタン炭化水素計による発生ガス(m-キシレン)濃度の測定結果

4-3 種々の炭化水素(含酸素系，有機塩素系，n-アルコール，芳香族等)についての発生濃度の安定性

4-1で実験した物質に加えて，アルコール類，有機塩素類を加えて合計8種の炭化水素について発生実験した。また，3成分混合ガス(エタノール，n-ヘキサン，トルエン)の発生実験も行った。その結果を表-4に示す。発生時間は，各物質について900~1400分，3成分混合ガスでは，14000分までの長時間の発生を2回行った。

発生ガス濃度の変動係数は，アセトンで0.53%，エタノールで0.55%，ベンゼン0.45%，トルエン0.30%，m-キシレン0.33%，n-デカン0.38%，トリクロルエチレン0.18%であった。発生濃度は，今回実験した各種の炭化水素のすべてにおいて，モニター機の実測濃度のドリフトは，ほとんどみられず，また，

濃度の変動についても0.18～0.55%の間であって非常に安定して発生できた。非メタン炭化水素計による発生ガス濃度の測定例をm-キシレンについて図-5に示した。

4-4 混合ガスの発生実験における濃度安定性

エタノール, n-ヘキサン, トルエンの3成分混合ガスによる発生実験結果から, 14080分(約10日)にわたる長時間の連続発生をさせても濃度変動は, 0.23～0.45%と安定していた。図-2に示す発生器にそれぞれの物質を入れた拡散セルを複数個入れることにより, 容易に安定な混合標準ガスが得られることが認められた。

5. まとめ

蒸気拡散を利用した低濃度炭化水素標準ガス発生方法について, 前報で報告した拡散セルの形状を改良し, さらに発生させる物質の種類を多くして発生実験した。その結果から次の知見が得られた。①改良したセルは, 毛細管の原理を応用することで蒸発に伴う液面の下降が全く見られず, そのため発生ガス濃度は, 10日間連続して発生させても濃度のドリフトがなく, 濃度変動0.18～0.55%程度の安定性を持っていること

が確認された。②この方法によって発生可能な炭化水素は, n-アルカン, ケトン, アルコール, 芳香族, 有機塩素等であった。③発生器の中に複数の拡散セルを同時に設置することにより, 容易に安定した濃度の混合ガスを得ることができた。

今後は, 物質によって発生に適する蒸気圧の範囲を解明する必要があると思われる。また, 試料に含有される微量不純物の発生ガス濃度への影響などを検討し, 有用な標準ガス発生方法として確立して行きたいと考えている。

文 献

- 1) 前田裕行, 平野耕一郎: 蒸気拡散を利用した標準ガス発生方法に関する研究, 横浜市公害研究所報, 4, 51-58 (1979)。
- 2) 佐藤一雄: 物性定数推算法, 125-138 (1972)。丸善。
- 3) Walter L. Badger and Julius T. Banchro: Introduction to chemical Engineering, 374-376(1955)。Mcgraw-Hill。Kogakusha。

窒素酸化物自動計測器の測定精度の研究

平野 耕一郎*

要 旨

現在、窒素酸化物濃度を連続測定するのにザルツマンNO_x計が使用されている。この計測器について、JIS B 7953には性能基準とその試験方法が記載されているが、計測器間相互の測定誤差に関する規定がないことから、複数の計測器を配置して測定するときには器差が問題となる。そこで、この器差の原因となるいくつかの要因について検討した結果、次のようなことが明らかとなった。

- 1) 計測器間の標準ガスに対するNO₂指示率とNO酸化率はそれぞれ測定レンジにおいて85～110%及び60～78%の範囲であった。
- 2) 周囲温度が1℃上昇するとNO及びNO₂の指示値はそれぞれ1.57～2.04%、0.57～0.82%の減少を生じた。
- 3) ザルツマンNO_x計ではNO₂濃度の10%に相当する正のNO指示誤差を与えた。
- 4) アゾ色素等によって汚れたバブラーを用いた測定では、NO及びNO₂ガスが高濃度から低濃度が変わっても直ちに測定指示値は低くならず直前の高濃度の残留影響があった。

1. はじめに

環境大気中の窒素酸化物濃度の測定方法としてザルツマン試薬を吸収液とする吸光光度法による自動計測器が広く用いられている。この測定方法は、1954年にSaltzman¹⁾によって発表された方法を測定原理とするものであり、その後、連続測定のための自動計測器に用いられるようになった。更にこの方法は大気汚染に係る環境基準においても二酸化窒素の測定方法²⁾として採用され、地方自治体等が行う窒素酸化物の常時監視も、この測定方法によることとなっている。

このザルツマン法による窒素酸化物自動計測器(以下「ザルツマンNO_x計」とする)は、JIS B 7953³⁾(以下「JIS」とする)により、性能基準(表-1)とそれに対する試験方法が規定されている。しかし、JISには計測器間相互の測定誤差に関する規定がないことから複数の計測器を配置して窒素酸化物を測定するとき、各計測器は現行JISの性能基準を満足しているにもかかわらず、計測器間相互で同一指示値を示

すとは限らない。また、計測器が置かれる温度環境、すなわち機器周囲の温度変動による指示値の変化について配慮されていない。更に、NO₂ガスが吸収液中に溶解するとき一部NO₂がNOに還元されることからNO指示値に正の測定誤差を与えるが、これに対する補正の必要があるにもかかわらず、具体的な記載がない。

これらの点を検討するためにザルツマンNO_x計2タイプ延6台を用いて計測器間相互の指示誤差について、また、2タイプ各1台を用いて機器周囲の温度変化による指示値の影響について試験検討した。

2. 実験方法

2-1 実験装置

表-2に実験で使用したザルツマンNO_x計および主要な機器類の仕様を示す。図-1には、ザルツマンNO_x計の器差および温度影響に関する実験に用いた標準ガス発生器の装置構成図を示す。

Quality Assurance Test for NO_x Monitors.

*Koichiro Hirano 横浜市公害研究所大気部門

表-1 ザルツマンNO_x計の性能基準, JIS B 7953

項目	性能
測定範囲	0~0.1, 0~0.2, 0~0.5, 0~1ppm
繰返し性(再現性)	FS±2%
ゼロドリフト	FS±2%/24hr
スバンドリフト	FS±2%/24hr
直線性(指示値誤差)	FS±4%
周囲温度に対する安定性	FS±2%/5°C・24hr
電源変動に対する安定性	FS±1%/100±10V 試料大気の設定流量: ±4%/100±10V
試料大気流量の経時安定性	±7%/7 day 瞬間変動幅=±5%
吸収液採取量の誤差	±4%
二酸化窒素捕集率	97%以上
一酸化窒素酸化率	60%以上
伝送出力	DC0~1 V若しくは1~5V (500Ω以下) 又はDC4~20mA
耐電圧	AC1000Vを1分間加えて 異常がないこと(電気回路 を閉の状態)
絶縁抵抗	2MΩ以上

注: FSは最大目盛値である。

2-2 既知濃度のNO及びNO₂ガスの調製方法

NO及びNO₂標準ガスボンベから導びかれたNO及びNO₂ガスと精製空気とをマスフローコントローラーを用いて希釈混合し、質量流量比希釈混合法によって、0~500 ppbの範囲で一定濃度のNO及びNO₂ガスを調製し、実験に供した。また、NO、NO₂混合ガスは、著者⁴⁾らがすでに報告した気相滴定法(GTP)法によって調製した。すなわち、NOとO₃とを反応させ、NOとNO₂の混合比がほぼ1対1になるように調製後、精製空気により希釈し、0~500 ppbの範囲の一定濃度に調製し、実験に供した。

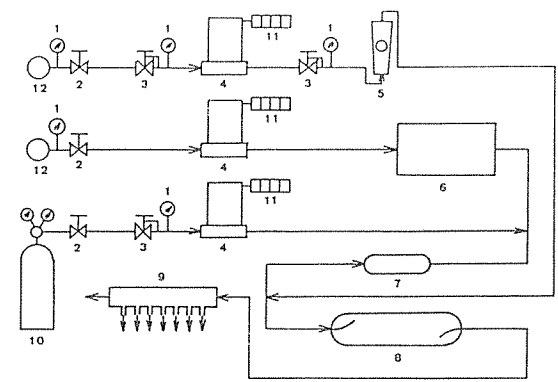
なお、この実験で用いたNO標準ガスは化学品検査協会検定の514ppm高精度NO標準ガス、NO₂標準ガスは高千穂化学工業の478ppmNO₂標準ガスである。

2-3 ザルツマンNO_x計, CLD-NO_x計の目盛較正

実験に使用したザルツマンNO_x計2社延8台は等価液によって、CLD-NO_x計1台は標準ガス発生器から導びかれたNOガスによってそれぞれの計測器の所定

表-2 実験に使用した計測器と機器類

器機	メーカー	型式
ザルツマンNO _x 計	電気化学工業	GPH-74 GPH-74M
	紀本電子工業	MODEL-214 MODEL-231
	MONITOR LABS	MODEL-8440
CLD-NO _x 計	MONITOR LABS	MODEL-8440
標準ガス精密希釈装置	製鉄化学	SDS-401
標準ガス発生器	紀本電子工業	MODEL-AFC-100S
オゾン発生器	京都電子工業	OG-1
精密空気製造装置	横浜市公害研究所製作 (最大供給量: 300 l/min)	
コンプレッサ	日立製作所	OBP-7TL
	日立製作所	CAU-80
除湿器	紀本電子工業	RG-70B
触媒コンバータ	紀本電子工業	RG-30
ゼロガス発生器	紀本電子工業	RG-30
マスフローコントローラ	tylan	FS-260 (500ml/min)
調圧器	製鉄化学	YSR-2009 YSR-2003
温度湿度計	小笠原計器製作所	
記録計	理科電機	MODEL PG-6
湿式ガスメータ	品川製作所	WE-1A
乾式ガスメータ	品川製作所	DP-2A-1
精密膜流量計	スタンダードテクノロジー	SF-11(L)



- | | |
|---------------|--------------------------------|
| 1 圧力ゲージ | 2 ニードルバルブ |
| 3 レギュレータ | 4 マスフローコントローラ |
| 5 フローメータ | 6 オゾン発生器 |
| 7 反応器 | 8 混合器 |
| 9 マニホールド | 10 NO, NO ₂ 標準ガスボンベ |
| 11 デジタルボルトメータ | 12 精製空気製造装置 |

図-1 実験装置の構成図

表-3 NO及びNO₂ 標準ガスに対する各NO_x計の応答指示値

計測器	NO ₂									NO									
	100ppbレンジ			200ppbレンジ			500ppbレンジ			100ppbレンジ			200ppbレンジ			500ppbレンジ			
	Cppb	ε%	A%	Cppb	ε%	A%	Cppb	ε%	A%	Cppb	ε%	B%	Cppb	ε%	B%	Cppb	ε%	B%	
ザ ル ツ マ ン	1	56	-9.7	90	122	-6.9	93	318	-7.6	92	73	9.0	76	152	7.8	75	395	9.7	77
	2	58	-6.5	94	130	-0.8	99	344	0	100	73	9.0	76	152	7.8	75	400	11.1	78
	3	54	-12.9	87	121	-7.6	92	325	-5.5	94	72	7.5	75	152	7.8	75	396	10.0	77
	4	53	-14.5	86	117	-10.7	89	313	-9.0	91	72	7.5	75	151	7.1	75	394	9.4	77
	5	62	0	100	140	6.9	107	379	10.2	110	57	-14.9	60	115	-18.4	57	317	-11.9	62
	6	61	-1.6	98	139	6.1	106	368	7.0	107	70	4.5	73	153	8.5	76	398	10.6	77
CLD-NO _x	61	-1.6	—	130	-1.8	—	338	-1.7	—	67	0	—	141	0	—	370	2.8	—	
標準ガス	62	—	—	131	—	—	344	—	—	67	—	—	141	—	—	360	—	—	

注：偏差(ε)=100×〔計測器の指示濃度(C)-標準ガス濃度(S)〕/〔標準ガス濃度(S)〕

注：指示率(A)=100×〔計測器の指示濃度(C)〕/〔標準ガス濃度(S)〕

注：酸化率(B)=70×〔計測器の指示濃度(C)〕/〔標準ガス濃度(S)〕

注：計測器1～4と5, 6は同一メーカー同型式

の測定レンジについて目盛校正をした。

2-4 実験室の温度調節

実験室(床面積約57m²)の温度を5～35℃の範囲に制御できる冷暖房装置(DAIKIN UCP8AM及びLCH10FB)によって実験時の室内温度(10, 20, 30℃)を調節した。

2-5 標準ガスに対する指示誤差の実験

等価液により目盛校正したザルツマンNO_x計2タイプ延6台,及び標準ガスにより目盛校正したCLD-NO_x計1台を実験室に同時に設置し,図-1に示した標準ガス発生器のマンホールよりそれぞれの計測器に同時に標準ガスを供給する方法を用い,NO及びNO₂ガスの0～500ppbの範囲の一定濃度についてそれぞれの計測値の指示値を記録させた。

2-6 周囲温度による影響実験

ザルツマンNO_x計2タイプ各1台,CLD-NO_x計1台を実験室に設置し,一定濃度のNO,NO₂混合ガスをマンホールより各計測器に同時に供給して測定した。その測定中に冷暖房装置によって室内温度をおよそ10, 20, 30℃に変化させ,各温度について24時間測定をした。室内温度は実験中常時サーミスター温度計で測定記録した。

3. 結果及び考察

3-1 ザルツマンNO_xの指示誤差

NO及びNO₂標準ガス(NO₂濃度:62,131,344ppb,NO濃度:67,141,360ppb)をザルツマ

ンNO_x計2タイプ延6台,CLD-NO_x計1台によって測定したとき最大目盛100,200,500ppbの各測定レンジの応答指示値を表-3に示す。

NO₂では標準ガスに対するザルツマンNO_x計のNO₂指示値の偏差(ε)は100ppbレンジで-14.5～0%,200ppbレンジで-10.7～6.1%,500ppbレンジで-9.0～10.2%の範囲と各レンジにおいて偏りが認められた。また,NO₂の指示値の標準ガス濃度に対する比,すなわち指示率(A)はNo.1～4の計測器で各レンジ併せて85～100%,同様にNo.5,6で98～100%の範囲にあり,No.1,2,4の計測器はJISに規定されている性能基準「捕集率97%以上」に適合していなかった。また,適合はしているもののNo.5,6の計測器にみられるように指示率(A)が100%を超えるものがあつた。

同様にNOの指示値の偏差(ε)は100,200,500ppbレンジでそれぞれ-14.9～9.0%,-18.4%～8.5%,-11.9%～11.1%の範囲にあつた。このうちNo.5の計測器を除けば,各測定レンジで4.5～9.0%,7.1～8.5%,9.4～11.1%の範囲となり,各レンジの指示誤差はNO₂より小さかつた。No.5の偏差(ε)は-11.9～-18.9%の範囲であり,これは酸化率(B)が60%と他の計測器に比べて著しく低いことによる。また,NOの酸化率(B)はNo.5を除けば各レンジ併せて73～78%の範囲にあり,JISによる等価液調製のとき標準の酸化率と考えている70%より3～8%大きかつた。従つて,ザルツマンNO_x計間相互にはNO₂指示率(A),NO酸化

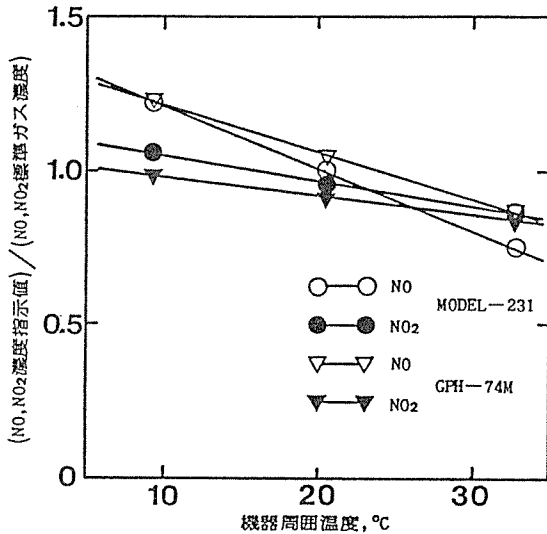


図-2 ザルツマンNO計の機器周囲温度と(NO, NO₂濃度指示値) / (NO, NO₂標準ガス濃度)の比との関係

率(B)に無視できない指示誤差がある。しかし、この標準ガスに対する指示値が同一モデルの計測器でも実用上無視できない器差があることについて何ら対策が講じられていない。これを解決するためには、ザルツマンNO_x計に対する標準ガスによる検定制度の採用、かつ、メーカーにおいて少なくとも出荷時に、すべての計測器が同一標準ガスに対して同一の指示値を示すように品質管理の強化が必要であると考えられる。

3-2 周囲温度による指示値への影響

室内温度 9.3, 20.5, 30.3 °Cの各温度について、ザルツマンNO_x計MODEL-231, GPH-74M各1台でNO, NO₂混合標準ガス(NO:191ppb, NO₂:

表-4 ザルツマンNO_x計に対する周囲温度によるNO, NO₂濃度の回帰式
 $y = ax + b$

	MODEL-231		GPH-74M	
	NO	NO ₂	NO	NO ₂
回帰係数 a	-2.04×10^{-2}	-0.82×10^{-2}	-1.57×10^{-2}	-0.57×10^{-2}
b	1.42	1.13	1.37	1.04

y : (NO, NO₂ 指示濃度 ppb / NO, NO₂ 標準ガス濃度 ppb)
x : (機器周囲温度 °C)

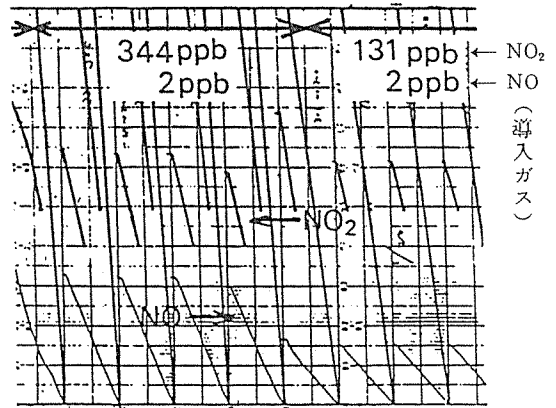


図-3 NO₂の還元によるNO指示値 (最大目盛値は100, 200, 500ppbの自動レンジ)

210 ppb)を測定した。NO, NO₂標準ガスの濃度に対するNO, NO₂濃度指示値の比と機器周囲温度との関係を図-2に示す。

計測器の周囲温度が1°C上昇するとMODEL-231の指示値はガス濃度に対してNOで2.04%, NO₂で0.82%, 同様にGPH-74MはNOで1.57%, NO₂で0.57%の割合でそれぞれ減少することが認められた。このときの回帰式は表-4のようになった。この温度による指示値への影響は、JISに記載されている性能基準「5°C変化して、スバンドリフト±2%の範囲」とあることに比べて、MODEL-231, GPH-74MはNO, NO₂ともにJISの性能基準を満足していなかった。従って、周囲温度による指示値への影響が明らかであることから、表-4に示した周囲温度によるNO, NO₂指示値の関係式による補正あるいは計測器の測定部を恒温にするなどの対策が必要である。

3-3 NO₂の還元によるNO指示値への影響

NOを含まないNO₂ガスをザルツマンNO_x計に通したとき、NO₂吸収器、NO酸化器、NO吸収器の順に試料空気が通気される構成方式の計測器では、NO₂吸収器で反応したNO₂からNOが発生し、NOが含まれていないにもかかわらず、NOがあたかも含まれているように指示値にあらわれるという現象があり、このことはJIS解説においても指摘されている。そこで、NO₂131 ppb (NO 2 ppbを含む)及びNO₂344 ppb (NO 2 ppbを含む)をザルツマンNO_x計に通して実験した。このとき図3に示すようにNO₂131 ppbのときNOとして15 ppb, またNO₂344 ppbのときNO

表5 アゾ色素で汚れたバブラーを使用したときのザルツマンNO_x計の測定指示値

経過時間 (時間)	導入ガス	GPH-74 (ppb)		MODEL-231 (ppb)	
		NO ₂ 指示値	NO 指示値	NO ₂ 指示値	NO 指示値
-4	NO ₂ 210ppb + NO 191ppb	191	194	189	183
-3		192	198	194	192
-2		196	208	192	194
-1		196	212	199	200
0					
1	NO ₂ , NOいずれも	18	18	9	16
2	1ppb以下	7	4	3	2
3		5	3	2	2
4		4	3	2	1
5		4	2	2	1
6		3	2	1	1
7		3	2	1	1
8		3	2	1	1

として32ppbの指示値が得られた。これは、NO₂ガスが吸収液中にNO₂とNO₃として溶解するとき、NO₂の一部がNOに還元され、NOとして指示されるためと考えられており、原理上避けられない指示誤差であり、NO₂による対応量をNO指示値に対して補正する必要がある。本実験では、NO₂指示値の10%に相当する正のNO指示誤差が認められ、JIS解説の7~8%よりも大きい値を示した。

3-4 バブラーの汚れの指示値に及ぼす影響

ザルツマンNO_x計GPH-74M及びMODEL-231を通常の状態では測定するとき、NO₂吸収器、NO吸収器に使われているガラスフィルター製バブラーは次第にアゾ色素等が付着し、汚れが増してくる。汚れの指示値に対する影響を知るため、約4週間洗わずに使用していたバブラーによりこの実験を行った。

バブラーの大きさはGPH-74Mの方がMODEL-231より大きく、GPH-74MはMODEL-231に比べてアゾ色素等による汚れが多かった。初めに、NO₂ 210ppb、NO 191ppbと比較的高濃度のガスを通じ、その直後にNO₂及びNOをまったく含まないガスを通じた。その結果は表5に示すようにNO₂及びNOガスが高濃度から低濃度になっても、直ちに測定指示値は低くならず高濃度ガスの残留影響がみられ、この傾向は汚れが多かったGPH-74Mの計測器に顕著であった。

従って、アゾ色素等によって汚れたままのバブラー

で測定を続けると指示値に正の誤差を与えることから、バブラーの汚れを少なくするために、バブラーの洗浄を数多くすることが必要である。

4. 結 論

現在、地方自治体等は大气中の窒素酸化物の測定にザルツマンNO_x計を使用している。JISには性能基準とその試験方法が規定されているものの、周囲温度に対する安定性やNO₂還元によるNO指示値への影響などの誤差要因があるにもかかわらず、それに対する具体的な指示がない。また、計測器相互間の指示誤差に関する規定がないことから、複数の計測器を配置して測定するときに器差が問題であり、本実験によって得られた知見は次の通りである。

- 1) ザルツマンNO_x計の標準ガスに対するNO₂指示率は85~110%、同様にNO酸化率が60~78%の範囲であり、同一モデルの計測器であっても無視できない器差が認められた。
- 2) ザルツマンNO_x計の周囲温度が1℃上昇するとNOでは指示値が1.57%~2.04%、同様にNOでは0.57~0.82%減少し、周囲温度による指示値への影響が認められた。
- 3) ザルツマンNO_x計ではNO₂濃度の10%に相当する正のNO指示誤差が認められた。
- 4) バブラーがアゾ色素等で汚れるとNO及びNO₂ガスが高濃度から低濃度になっても直ちに測定指示値

は追従して低くはならず高濃度による残留影響を生じることが認められた。

5. おわりに

本実験では、計測器の性能を試験するのに、較正用標準ガスを用いる、いわゆる動的試験方法によった。JISの中でNO₂捕集率とNO酸化率の試験方法として、この動的試験方法によることが記載されているが、計測器間の指示誤差や温度影響について試験方法が明示されていない。従って、計測器の性能を試験する場合には、実際の測定に近い状態で試験されることが望ましいことから、動的試験方法がすべての性能試験の標準的な方法とすることが今後必要である。

文 献

- 1) B. E. Saltzman : Colorimetric Micro-determination of Nitrogen Dioxide in the Atmosphere. *Analytical Chemistry*, **26**, 1949-1955 (1954).
- 2) 環境庁：大気汚染に係る環境基準について（昭和46年環境庁告示25号）。
- 3) 日本工業標準調査会：大気中の窒素酸化物自動計測器JIS B 7953-1981。
- 4) 平野耕一郎，渡辺善徳，小林善雄，町山徹：オゾン計の較正のための1%中性ヨウ化カリウム吸収液による測定方法（1%NBKI）と気相滴定による測定方法（GPT法）との比較検討・横浜市公害研究所報，**3**，25～34（1978）

ディーゼルエンジン車から排出される有害物質の 排出濃度及び排出係数

太田正雄*, 渡辺善徳*

要 旨

ディーゼルエンジン車から排出される有害物質について、エンジンダイナモメータ、シャシダイナモメータ上で、運転条件別排出濃度、排出係数を調査し、以下のことがわかった。

- 1) 硫酸イオン排出濃度は燃料消費量と良い相関を示し、燃料(硫黄分0.44%)1ℓ当りの硫酸イオン排出量は約93 mgであった。
- 2) リン酸イオンは軸出力20 psから排出が始まり、その後の排出量は軸出力の増加にともない、比例的に増加した。
- 3) CO, ベンゾ(a)ピレン, ベンゾ(ghi)ペリレン, ホルムアルデヒドは空気燃料比と良い相関を示し、空気燃料比の増加にともない、これらの排出濃度は減少する傾向を示した。
- 4) 測定車(ディーゼルエンジン排気量2.659ℓ)のM-15モードでの排出係数は黒煙: 0.418 g/Km, 硫酸イオン: 13.3 mg/Km, リン酸イオン: 0.082 mg/Km, ベンゾ(a)ピレン: 3.9 μg/Km, ベンゾ(ghi)ペリレン: 24 μg/Km, ホルムアルデヒド: 6.0 mg/Kmであった。

1. はじめに

移動発生源からは種々の汚染物質が排出され、大気環境を汚染している。特にディーゼル自動車については、黒煙の他に排ガス中に含まれる硫酸塩や、発がん物質といわれるホルムアルデヒド(HCHO), ベンゾ(a)ピレン(BaP)¹⁾等、多種多様な有害物質による大気汚染が深刻な問題となってきている。さらに最近の石油価格事情から、燃料費の安いディーゼル乗用車の増加が見込まれており、ディーゼル車特有の有害物質が増加するものと思われる。今後の大気汚染防止対策を実施する上で、ディーゼル自動車からの大気汚染物質の排出係数を、正確に知ることは重要なことである。

本調査ではディーゼル自動車から排出される物質のうち、黒煙、燃料由来成分(硫酸イオン)、潤滑油由来成分(リン酸イオン)及び、燃焼由来成分〔ベンゾ(a)

ピレン(Bap), ベンゾ(ghi)ペリレン(Bghip), HCHO〕について、エンジンダイナモメータ実験により運転条件別排出濃度、シャシダイナモメータ実験によりM-15モードにおける排出係数を求めたので報告する。

2. 実験装置と運転条件

2-1 エンジンダイナモメータ

実験に供したディーゼルエンジンは三菱・4DR5型、排気量2.659ℓ、最大出力80 ps/3700 rpmを用いた。実験装置、測定用配管は前報²⁾と同じものを用い、本実験では多環芳香族炭化水素(PAH), HCHO用採取孔を追加し、採取測定を行った。

エンジンの運転条件は路上走行を想定し、表-1に示すようにアイドリングから高負荷、高回転まで7種の条件を設定した。負荷の設定は回転数2000 rpm、

Measurement of Emission Factor of Hazardous
Compounds in Diesel Exhaust.

Masao Ohta, Yoshinori Watanabe *横浜市公害研究所大気部門

表-1 運転条件

回転数 (rpm)	負荷率 (%)	軸出力 (ps)	吸気量 (ℓ/s)	燃料消費量 (ml/min)	空気燃料比 (ml/ml)
750	—	0	15.5	11.3	104
2,000	25	11.6	40.0	57.1	60.5
	50	23.3	40.6	89.0	34.6
	75	34.9	42.5	121.7	27.4
3,000	25	16.5	56.7	87.0	53.9
	50	33	58.0	136.9	34.9
	75	49.5	58.0	187.1	25.8

表-2 シャシダイナモメータの主要諸元

主要諸元	
メーカー・型式	楢バンザイ・BCD1600E1D
動力吸収部	渦電流式水冷電気動力計 吸収トルク：400 kg・m
ドラム	最大吸収馬力：280PS φ1591.5mm×1軸
フライホイール	最大軸荷重：4000 kg 等価慣性質量：875～3750 kg (5枚125 kgピッチ)
増速機	ギア式 増速比：3
エンジン冷却ファン	車速追従型 吐出口径：φ680 mm 風量：600 m ³ /min

3000 rpmの軸出力46.5, 66PSを100%負荷率として、25, 50, 75%負荷に相当する軸出力を計算により求めた。実験に際しては、所定の回転数のときの、負荷に対応する軸出力を発生させる方法をとった。

2-2 シャシダイナモメータ

実験車両は三菱T200C型で、エンジンはエンジンダイナモメータの実験に供したものと同型の4DR5型、最大慣性重量は最大積載量の1/2に車両重量と乗員1名を加えたものとして、フライホイールを設定した。運転モードは図-1に示すように、ディーゼル車の平均的市街地走行モードであるM-15モードを用いた。M-15モードはアイドリング、20 Km/h定速、40 Km/h定速、加速(0→20→40 Km/h)減速(40→0 Km/h)から構成され、実験ではこのモードを7回繰り返して測定した。なおシャシダイナモメータの主要諸元は表-2に示すとおりである。

2-3 測定項目及び測定方法

測定項目は黒煙及び黒煙に吸着している硫酸イオン(SO₄²⁻)、リン酸イオン(PO₄³⁻)、ガス成分であるホルムアルデヒド(HCHO)、一酸化炭素(CO)、ガス及び黒煙に吸着しているBaP、BghiPの7種類である。

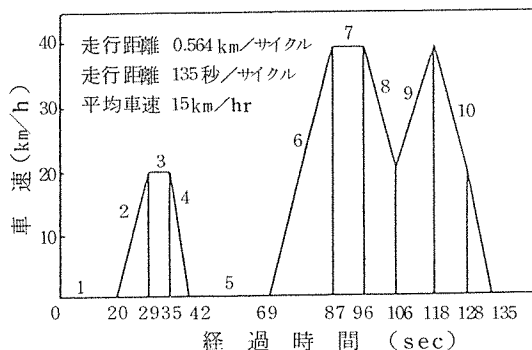


図-1 M-15モードの1サイクル

表-3 採取方法及び分析方法

測定項目	採取方法	分析方法
黒煙	JISZ8808に準じたばいじん採取法	—
硫酸イオン	同上	イオンクロマトグラフ法
リン酸イオン	同上	同上
BaP	アイストラップ法	蛍光分光光度法
BghiP	同上	同上
CO	直接採取法	非分散形赤外分析法
HCHO	インピンジャ法	DNP-HPLC法
吸気量	層流式	—
燃料消費量	ビュレツレ法	—

測定方法は表-3に示すとおりであり、黒煙採取には石英繊維ろ紙(パルフレクス2500QAST)を用いた。黒煙採取の吸引速度はエンジンダイナモメータでは等速、シャシダイナモメータでは非等速の20 ℓ/min一定で吸引採取し、吸気量、燃料消費量、空気燃料比は表-1に示すように実測により求めた。

3. 結果及び考察

3-1 エンジンダイナモメータによる実験

エンジンダイナモメータでは排ガス成分の運転条件別排出濃度を求めるため、回転数、負荷率を変化させ、7種の条件で成分測定を行った。実験結果を図-2に示す。

3-1-1 黒煙

黒煙濃度は回転数(2000 rpm, 3000 rpm)に関係なく、負荷率の増加にともない、黒煙濃度は増加した。排出濃度の変化は負荷率25%から50%より50%から75%の方が大きく、高負荷、高回転時に黒煙濃度は高くなる傾向を示した。運転条件別での最高値はアイドリング時を除き、負荷率75%、回転数3000 rpm時で147 mg/Nm³となった。またアイドリング時

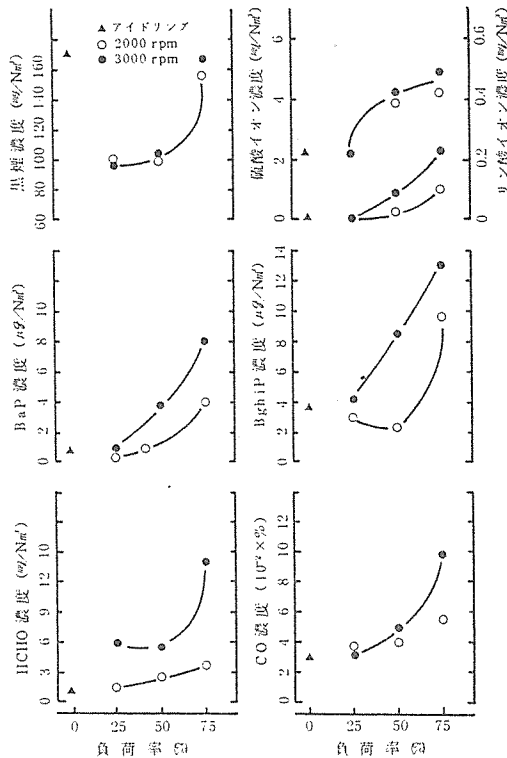


図-2 負荷率と排出濃度の関係

の高濃度は、オイルミスト等の未燃焼成分の混入によるものと思われる。

3-1-2 硫酸イオン

硫酸イオンは黒煙と同様に回転数に関係なく、負荷率の増加にともない濃度が増加する傾向を示した。排出濃度の変化をみると、負荷率25%から50%へ増加させたときの方が50%から75%へ増加させたときより、硫酸イオンの増加の程度は大きかった。運転条件別での最高値は、回転数3000rpm、負荷率75%時の4.8 mg/Nm³であった。また黒煙中の硫酸イオン含有率は図-3に示すとおりであり、最高値は回転数2000rpm、負荷率50%時に含有率5%であった。なお実験に使用した軽油中の硫黄分は0.44%であった。硫酸イオン濃度は図-4に示すように、燃料消費量の増加にともない比例的に増加した。両者の関係はアイドリング時を除き、相関係数が0.91 (n=41)と良い相関を示し、燃料1ℓ当りの硫酸イオン排出量は約93 mgと推定された。また燃料中の硫黄から硫酸イオンへの転換率は、アイドリング時を除き0.7%~0.9%、アイドリング時は1.6%となった。残余の硫黄分はSO₂として排出されたと思われる。

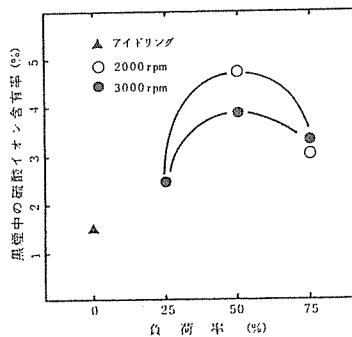


図-3 負荷率と黒煙中の硫酸イオン含有率の関係

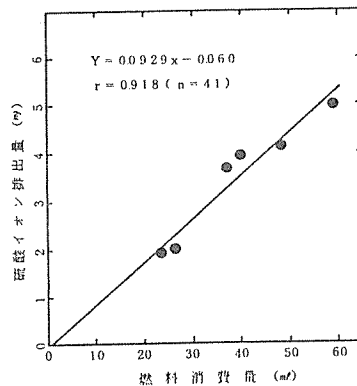


図-4 燃料消費量と硫酸イオン排出量の関係

3-1-3 リン酸イオン

リン酸イオンはアイドリング、負荷率が25%のような低負荷率時には検出されず(検出限界5 μg/Nm³)、負荷率50%、75%と負荷率の増加にともない、急激に濃度を増す傾向を示した。回転数別では、2000rpmより3000rpmの方が高濃度となり、運転条件別での最高値は負荷率75%、回転数3000rpm時の0.23 mg/Nm³であった。また黒煙中のリン酸イオン含有率は図-5に示すとおりであり、最高値は回転数3000rpm、75%負荷率時に0.16%であった。図-6に軸出力とリン酸イオン濃度の関係を示す。20PSまではリン酸イオンは排出されず、20PSを越えると軸出力の増加にともない、比例的に濃度が増加する。両者の関係はアイドリング、負荷率25%時を除き、相関係数が0.95 (n=22)となり、良い相関を示した。一般に軸出力の増加は潤滑油の消費を高めるといわれ、潤滑油中にはリンが含有されることから³⁾、リン酸イオンは潤滑油由来と推定される。

3-1-4 BaP, BghiP, HCHO, CO

BaP, BghiP, HCHO, COは、ともに高負荷、高回転側で高濃度になる傾向を示した。運転条件別で

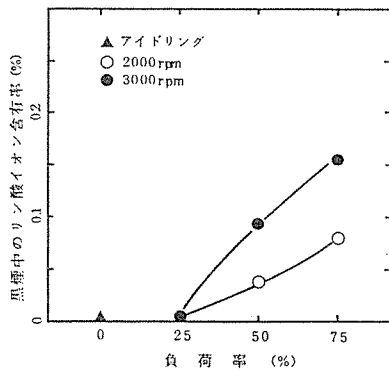


図-5 負荷率と黒煙中のリン酸イオン含有率の関係

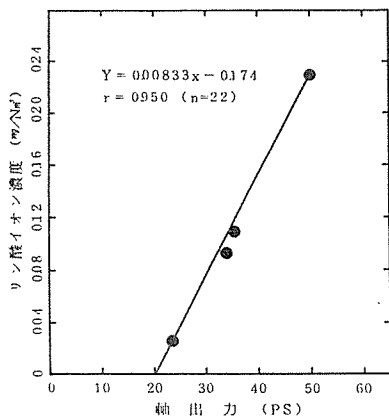


図-6 軸出力とリン酸イオン濃度の関係

の最高値は、回転数3000rpm、負荷率75%時にBaP： $7.8\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、BghiP： $13\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、HCHO： $14\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、CO：0.098%であった。これらはいずれも燃料の不完全燃焼生成物である。図-7に燃焼状態を示す要因である空気燃料比と排出濃度の関係を示す。4成分ともに空気燃料比の減少にともない、排出濃度は急激に増加する傾向を示し、空気燃料比23で排出濃度は最高値を、空気燃料比60で最低値を示した。本実験に使用したディーゼルエンジンは、空気燃料比60で燃焼状態が最良になるものと思われる。

Daiseyらは各種の発生源から排出される多環芳香族炭化水素の測定を行い、BaP/BghiP比を用いて発生源の推定を行っている。Daiseyらは自動車排ガスのBaP/BghiP比を0.3～0.44と推定しているが⁴⁾、本実験では図-8に示すように0.17～0.63までの範囲にあり、Daiseyらの示す範囲より更に広い範囲となっていたことから、BaP/BghiP比を指標として、自動車排ガスの大気汚染に対する寄与の程度を推定する方法として用いるのは無理であろう。

3-2 シャシダイナモメータによる実験

シャシダイナモメータ上でのM-15モード、及び定

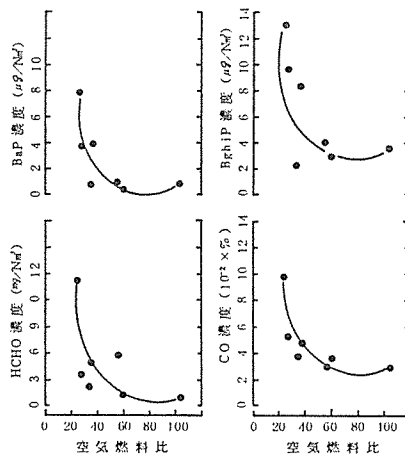


図-7 空気燃料比と排出濃度の関係

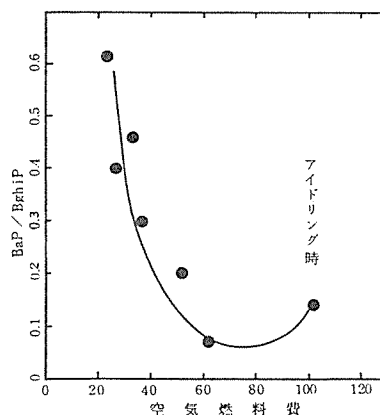


図-8 空気燃料比とBaP/BghiPの関係

速走行(アイドリング、20Km/h、40Km/h)の排出係数測定結果を、成分別に表-4に示す。

3-2-1 黒煙

黒煙の排出係数は20Km/hを越えると、エンジンの型式によって差が生じてくるといわれている⁵⁾。渦流室式エンジンをういた本実験の黒煙排出係数は $418\text{mg}/\text{Km}$ となり、福岡らの測定した同型のディーゼルエンジンの排出係数 $313\sim 520\text{mg}/\text{Km}$ と同程度であった。また、燃料消費量と黒煙排出量の間には、エンジンの型式にはあまり関係せず、 $3\text{g}/\text{l}$ と推定されており⁵⁾、本実験の $2.8\text{g}/\text{l}$ とほぼ一致していた。

3-2-2 硫酸イオン

燃料中硫黄分が0.44%の軽油を用いたとき、M-15モードの硫酸イオン排出係数は $13.3\text{mg}/\text{Km}$ 、燃料中の硫黄分の硫酸イオンへの転換率は0.81%となった。排出係数は福岡らの $47\text{mg}/\text{Km}$ の $1/3$ であり、また

表-4 成分別排出係数

走行条件	黒煙		硫酸イオン		硫黄からの 転換率(%)	リン酸イオン		BaP		BghiP	
	g/Nm ³	g/Km	mg/Nm ³	mg/Km		mg/Nm ³	mg/Km	μg/Nm ³	μg/Km	μg/Nm ³	μg/Km
M-15モード	0.0566	0.418	2.18	13.3	0.81	0.013	0.082	0.64	3.9	4.0	24
600rpm (アイドリング)	0.0465	—	2.48	—	1.33	0	—	0.62	—	3.6	—
20Km/h (定速)	0.0734	0.636	2.00	17.4	1.07	0.014	0.120	0.62	5.4	3.0	23
40Km/h (定速)	0.0679	0.190	1.95	5.5	0.84	0	0	0.45	1.3	2.4	6.6

Springerらによる米国連邦標準モードでの実験では、軽油中硫黄分0.19～0.25%のとき、硫酸イオン排出係数は約8.3mg/Kmよりは大きかった。

3-2-3 リン酸イオン

リン酸イオンの排出係数はM-15モードで0.082mg/Km, 20Km/h定速で0.12mg/Kmであり、アイドリング, 40Km/h定速では排出されなかった。このようにリン酸イオンが排出されたり, 排出されなかったりするの、すでにエンジンダイナモメータによる実験の項で説明したように、リン酸イオンの排出は回転数と負荷率, すなわち軸出力に関係し, アイドリング時・40Km/h定速(トップギア)時では負荷が小さく, 軸出力20PS以下のため, ほとんど排出されなかったものと推定される。

3-2-4 BaP, BghiP

BaP, BghiPのM-15モードでの排出係数はそれぞれ3.9μg/Km, 24μg/Kmとなった。またM-15モードでのBaP排出濃度は0.64μg/Nm³となり, これを交通量60000台/日の国道で実測した環境濃度³⁾と比較すると, 道路沿道の濃度の200倍, 対照地点の濃度の320倍にあたる。

4. まとめ

エンジンダイナモメータ, シャンダイナモメータを用いて, ディーゼルエンジン車の有害成分排出量, 排出係数の調査を行った結果, 次のことがわかった。

- 1) 黒煙の排出係数はM-15モードで418mg/Kmであり, 燃料1ℓ当りの排出量は28gであった。
- 2) 硫酸イオンは燃料消費量, すなわち硫黄量と良い相関を示し, 燃料(硫黄分0.44%)1ℓ当りの硫酸イオン排出量は93mg, M-15モードでの排出係数は13.3mg/Kmであった。
- 3) リン酸イオンは軸出力20PSから排出が始まり, 軸出力に比例して, リン酸イオン排出量は増加した。

4) BaP, HCHO, CO濃度は空気燃料比の増加にもない減少し, 空気燃料比約60で最低となった。

文 献

- 1) Springer, K. J., Stahman, R. C.: Removal of Exhaust Particulate from a Mercedes 3000D Diesel Car, SAE paper No.770716 (1977).
- 2) 渡辺善徳, 今関 勲: ディーゼル自動車から排出される黒煙について, 横浜市公害研究所報5, 19-25 (1980).
- 3) 桜井俊男: "石油製品添加剤", 492 (1974). 幸書房.
- 4) J. M. Daisey and P. J. Liroy: Transport of PAH into New York City. *J. Air Pollut. Control Assoc.*, 31, 567~569 (1981).
- 5) 舟島正直ほか: 大型ディーゼル車からの汚染物質排出実態, 東京都公害研究所報, 9~21 (1982).
- 6) 福島三郎ほか: 小型ディーゼル車からの汚染物質排出実態, 東京都公害研究所年報, 10~20 (1980).
- 7) Springer, K. J., Stahman, R. C.: Diesel car Emission Emphasis on Particulates and Sulfate, SAE paper No.770254 (1977).
- 8) 新井久雄ほか: 自動車排ガスによる道路周辺での大気汚染に関する研究(第5報), 横浜市公害研究所報6, 75~85 (1981).

集合住宅における遮音性能の調査

— 音圧レベル差と床衝撃音レベル —

中村俊亮*, 鹿島教昭*

要 旨

壁構造の鉄筋コンクリート造り5階建の集合住宅において、室間音圧レベル差、アルミサッシの内外音圧レベル差及び床衝撃音レベル等の調査を行い、次のことがわかった。

- 1) 戸境壁(コンクリート厚180mm)の遮音性能は、JIS A 1419に規定する遮音等級D-45に該当し、集合住宅として許容できるものであった。
- 2) 床及び天井(床スラブ厚140mm)の遮音性能は、高音域において戸境壁より優れていたが、250 Hz以下の低音域では戸境壁と同程度か、それ以下となった。
- 3) アルミサッシ(ガラス厚3mm)の遮音性能は、D-20に該当し、環境騒音が高くない地域にある窓の遮音性能としては満足できるものであった。
- 4) 和室と洋室の重量床衝撃音レベルは、音源室直下の部屋でそれぞれ遮音等級L-60とL-55になり、床衝撃音に対する遮音性能は良くなかった。また、和室の畳は重量床衝撃音に対して有効な緩衝材になっていなかった。
- 5) 人工芝と断熱材の敷かれたベランダ直下の部屋における重量床衝撃音レベルは、遮音等級L-50に該当し満足できるものであった。
- 6) 床衝撃音は固体音となるため、音源室直下の部屋と、その部屋の直下に当る部屋との床衝撃音レベル差(9~16 dB)は、室間音圧レベル差の測定における床の遮音性能(30 dB以上)に比べ少かった。
- 7) 各部屋における床衝撃音レベルは、固体音の建物構造体における伝搬距離によりある程度決定され、床衝撃音レベルの高さは音源室の直下、隣接及び斜下、2階下及び直上の部屋の順になる傾向があった。

1. はじめに

近年、都市部における人口の増加にともない、有効な土地利用をはかる目的から住宅の高層化、高密度化が進み、都市住宅に占める集合住宅の割合も高くなってきている。しかし、集合住宅に限られた空間に多数の人が居住することから生活環境に対する苦情が多く、特に生活騒音に関する苦情は大きな社会問題となってきている。そこで、集合住宅における騒音問題の解決手段を探る上での基礎資料を得ることを目的として、中層集合住宅の遮音性能の調査を行った。調査項目を

以下に示す。

- 1) 壁、床及び天井を界して接している部屋の室間音圧レベル差。
- 2) ベランダに面したアルミサッシの内外音圧レベル差。
- 3) 和室及び洋室と人工芝の敷かれたベランダにおける重量床衝撃音レベル。

2. 調査住宅の状況

調査対象とした住宅は、壁構造の鉄筋コンクリート

Measurement of Sound Insulation in Apartment House - Sound Pressure Level Difference and Floor Impact Sound Level -

*Toshiaki Nakamura, Noriaki Kashima, 横浜市公害研究所騒音振動部門

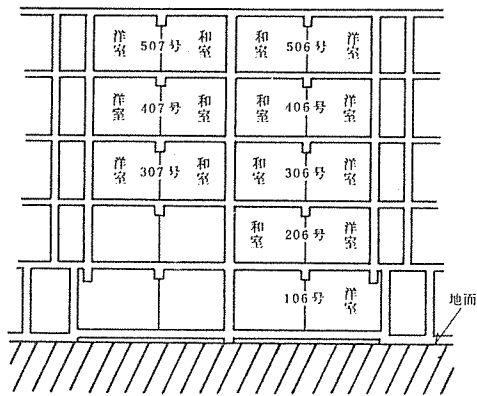


図-1 調査住宅の正面断面図

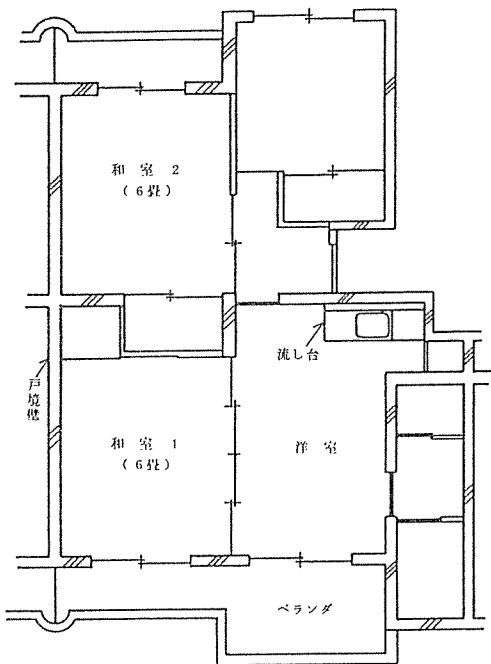


図-2 調査住宅平面図(406号室)

造り5階建の公営集合住宅(戸数40)である。また、測定に使用した部屋は、図-1に示すように307～507号室、106～506号室である。

部屋の間取りはすべての階で戸境壁に対して鏡対称であり、2～4階の部屋はすべて同一である。1階と5階の部屋は他の階の部屋と多少異なり、2階のベランダは他より広い。406号室の平面図を図-2に例として示す。なお、各戸を仕切る戸境壁のコンクリート厚は180mmであり、ビニルクロスにより表面仕上げされている。

次に和室、洋室及び206号ベランダの床構造を図-3に示す。図に示すように和室と洋室は置床工法(ア

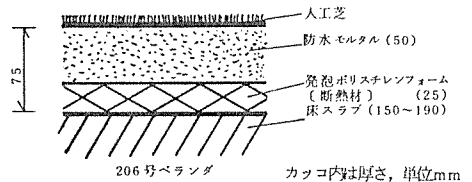
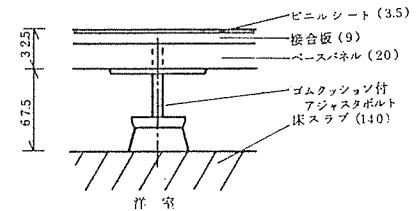
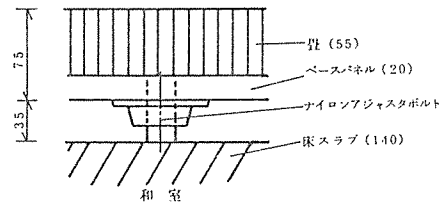


図-3 床構造

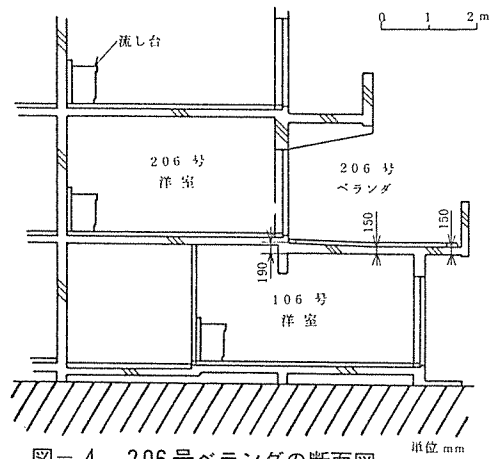


図-4 206号ベランダの断面図 単位mm

ジャスタフロア)が採用されており、床スラブ厚は140mmとなっている。206号ベランダは図-3からわかるように人工芝が敷きつめられており、その下に防水モルタルと発泡ポリスチレンフォーム(断熱材)の層がある。なお、ベランダの床スラブ厚は図-4に示すように150～190mmとなっている。

表-1 室間音圧レベル差の測定結果(和室1)

受信室位置(測定対象)		平均音圧レベル(パワー平均) dB						
		63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
隣接(戸境壁)	音源室(406号和室1)	110	108	105	112	109	111	105
	受信室(407号")	75	74	63	63	56	54	44
	音圧レベル差	35	34	42	49	53	57	61
直下(床)	音源室(406号和室1)	110	108	105	111	110	112	105
	受信室(306号")	76	74	64	55	47	42	31
	音圧レベル差	34	34	41	56	63	70	74
直上(天井)	音源室(406号和室1)	109	107	105	111	110	112	106
	受信室(506号")	71	73	62	55	46	40	28
	音圧レベル差	38	34	43	56	64	72	78
斜下(戸境壁斜下)	音源室(406号和室1)	109	108	105	112	110	112	105
	受信室(307号")	71	66	55	52	45	41	30
	音圧レベル差	38	42	50	60	65	71	75
斜上(戸境壁斜上)	音源室(406号和室1)	109	108	105	111	110	112	106
	受信室(507号")	67	68	54	52	41	38	26
	音圧レベル差	42	40	51	59	69	74	80

表-2 室間音圧レベル差の測定結果(和室2)

受信室位置(測定対象)		平均音圧レベル(パワー平均) dB						
		63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
隣接(戸境壁)	音源室(406号和室2)	107	106	104	110	109	112	107
	受信室(407号")	68	72	63	62	56	58	48
	音圧レベル差	39	34	41	48	53	54	59
直下(床)	音源室(406号和室2)	107	105	102	109	109	111	105
	受信室(306号")	76	73	62	55	47	44	33
	音圧レベル差	31	32	40	54	62	67	72
直上(天井)	音源室(406号和室2)	107	106	103	110	108	112	106
	受信室(506号")	69	75	61	56	47	43	30
	音圧レベル差	38	31	42	54	61	69	76
斜下(戸境壁斜下)	音源室(406号和室2)	106	105	102	109	109	112	105
	受信室(307号")	65	66	53	52	45	43	32
	音圧レベル差	41	39	49	57	64	69	73
斜上(戸境壁斜上)	音源室(406号和室2)	107	105	103	109	109	112	106
	受信室(507号")	60	68	53	51	44	42	29
	音圧レベル差	47	37	50	58	65	70	77

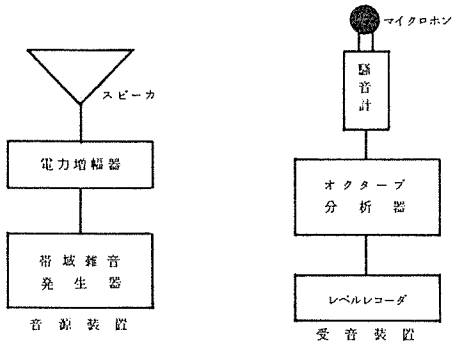


図-5 音源装置と受信装置

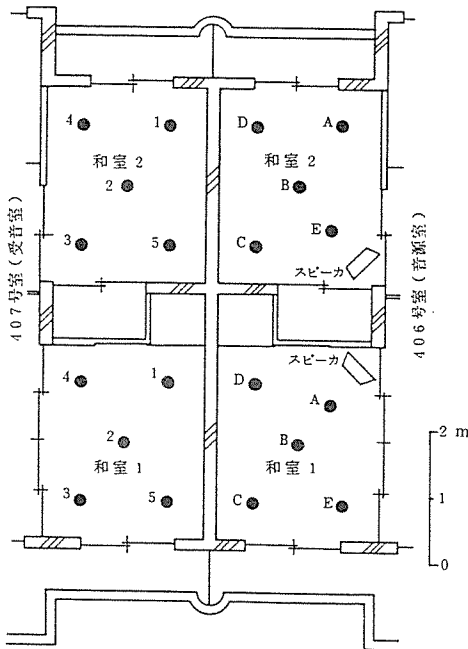


図-6 室間音圧レベル差測定時のスピーカー位置と測定位置

3. 室間音圧レベル差の測定

406号和室1, 2を音源室, 音源室と戸境壁, 床, 天井等を介して接している部屋を受音室として, 音源室と各部屋との室間音圧レベル差を測定した。

3-1 測定機器

測定に使用した機器は次の通りである。

帯域雑音発生器 SF-05	リオン	1台
電力増幅器 A-1	日本楽器	1台
スピーカー HS-1300	日立	1台
騒音計 NA-09	リオン	2台
オクターブ分析器 SA-55	リオン	2台
レベルレコーダ LR-04	リオン	2台

3-2 測定方法

406号和室1, 2を音源室とし, 音源室を囲む506

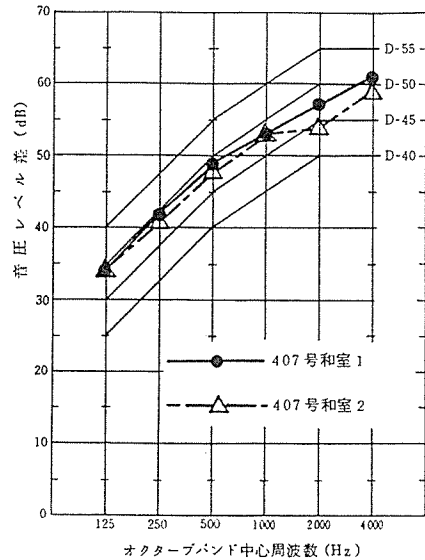


図-7 室間音圧レベル差と遮音等級 (隣接室)

号 (直上, 以下部屋位置は音源室から見た位置とする), 507号 (斜上), 407号 (隣接), 307号 (斜下), 306号 (直下) 和室1, 2を受音室とした (図-1参照)。

測定はJIS A 1417に準拠して行った。測定に使用した音源装置と受信装置を図-5に示す。スピーカーとマイクロホンの配置を, 受音室が407号の場合を例として図-6に示す。スピーカーは部屋の限に向けて設置し, マイクロホンは部屋の壁, 間仕切りから約70cm離して配置した。

音源室(406号和室1)において, スピーカから63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000Hzのオクターブ帯域雑音を発生させ, これを音源室の測定位置A及び受音室(和室1)の測定位置1で騒音計からオクターブ分析器を通してレベルレコーダに記録し, オクターブ帯域の音圧レベルを測定した。測定位置をそれぞれA~E, 1~5まで順に移動させ同様に測定した。各受音室においても同様な方法により音圧レベルを測定した。また, 和室2の測定も同様にして行った。

3-3 測定結果及び考察

測定位置A~E(音源室), 及び1~5(受音室)で得られた音圧レベルをオクターブ帯域ごとにパワー平均し, 各部屋の平均音圧レベルを求めた。次に音源室の平均音圧レベルから各受音室のそれを引いて, 音源室との室間音圧レベル差を求めた。結果を表-1, 表-2に示す。

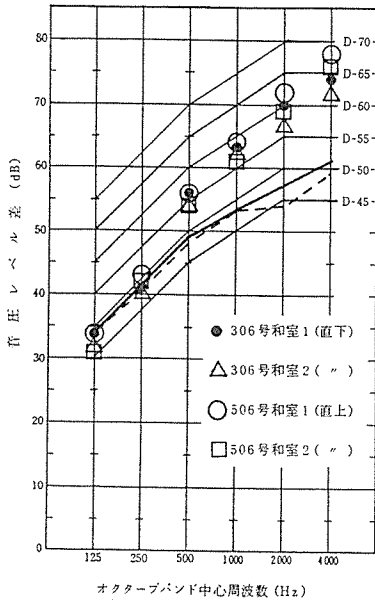


図-8 室間音圧レベル差と遮音等級
(直上, 直下の部屋)

図中の太い実線及び破線は隣接室の
室間音圧レベル差

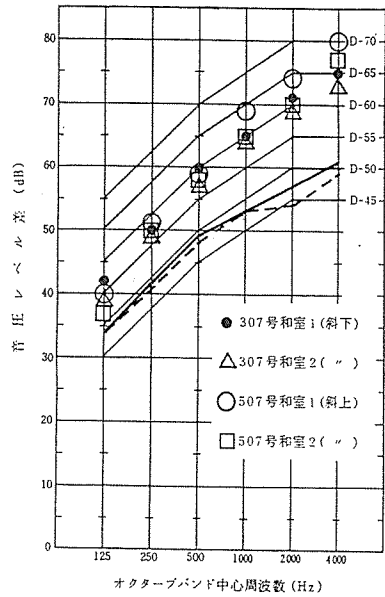


図-9 室間音圧レベル差と遮音等級
(斜上, 斜下の部屋)

図中の太い実線及び破線は隣接室の
室間音圧レベル差

3-3-1 407号室(隣接)における室間音圧レベル差

受音室が隣接室(407号和室1, 2)の場合の室間音圧レベル差を, JIS A 1419に規定される遮音等級の基準周波数特性と比較したものが図-7である。

図-7より, 和室1の方が若干, 遮音が良好である。また, 和室2は2000Hzの値がD-45の基準曲線を下まわるが, JISのただし書きにより測定値に2dB加えると上まわり, 和室1, 2共に遮音等級D-45に該当する。建築学会の用途別適用等級¹⁾によれば, D-45は集合住宅の2級に該当し“遮音性能上ほぼ満足しうる(許容)”¹⁾と評価される。生活実感としては“テレビ, 会話等はほとんど聞こえないが, ピアノ等は聞こえる”²⁾程度である。しかし, 苦情の発生した集合住宅の遮音等級はD-45が約32%を占めD-50になると5%以下に減るとの報告³⁾もあり, 苦情発生の可能性を減らすことを考えると, 集合住宅の遮音性能とし

表-3 内外音圧レベル差の測定結果(206号室)

測定対象	平均音圧レベル(パワー平均) dB						
	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
建物外部(ベランダ)	105	102	108	109	107	108	101
受音室(洋室)	87	88	88	88	84	81	71
アルミサッシ							
音圧レベル差	18	14	20	21	23	27	30

ては理想的にはD-50以上となることが望まれる。

前報に報告した調査結果⁴⁾では, 戸境壁のコンクリート厚が今回と同じ180mmの住宅の場合, 遮音等級はD-55を示し今回の住宅より優れている。今回の住宅の遮音性能が悪くなった一つの原因として, 住宅の躯体構造が梁を用いない壁構造であることからくる, 壁の剛性低下が考えられる。

3-3-2 音源室周囲の部屋における室間音圧レベル差

音源室の直上, 直下及び斜上, 斜下に当る受音室の室間音圧レベル差を, JISの基準周波数特性と比較して図-8, 図-9に示す。なお, 図中の太い実線及び破線は隣接室(407号和室1, 2)における室間音圧レベル差を示す。

各周波数帯で隣接室と比較すると, 各部屋とも高音域においては隣接室より優れた遮音性能を有しているのがわかる。しかし, 250Hz以下の低音域において

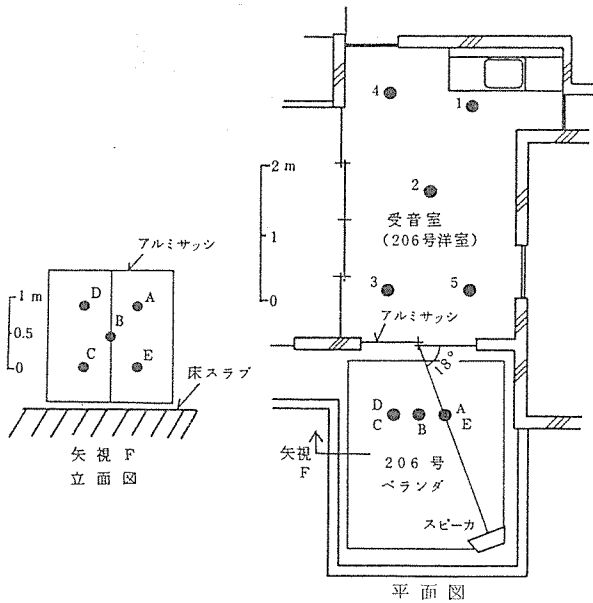


図-10 内外音圧レベル差測定時のスピーカー位置と測定位置

直上、直下の部屋の遮音性能は隣接室と同程度か、それ以下に悪化しており、床の遮音性能が低音域において戸境壁より悪くなることを示している。

遮音等級でみると、斜上と斜下の部屋は和室1、2共にD-50以上である。直上と直下の和室1はD-50であるが、和室2はD-45となっている。しかし、和室1及び和室2共に125Hzと250Hzの遮音性能を向上することにより、D-55の遮音等級になりうる。

4. アルミサッシによる内外音圧レベル差の測定

206号ベランダにスピーカを置いて、ベランダに面した洋室のアルミサッシ(ガラス厚3mm)の遮音性能を調査した。

4-1 測定方法

測定機器及び測定方法は3の場合と同じである。図-10に示す様に、ベランダの隈にスピーカをアルミサッシに向けて配置し、測定位置はベランダと洋室に設けた。ベランダにおける測定位置は、図-10に示す様に窓と平行な垂直平面内に5点ある。

4-2 測定結果及び考察

ベランダの測定位置A~Eで得られた音圧レベルをパワー平均し室外平均音圧レベルを求め、同様にして室内平均音圧レベルを求めた。また両者の差から内外音圧レベル差を求めた。結果を表-3に示す。

内外音圧レベル差を、JISに規定された基準周波数特性と比較したものを図-11に示す。図より206号

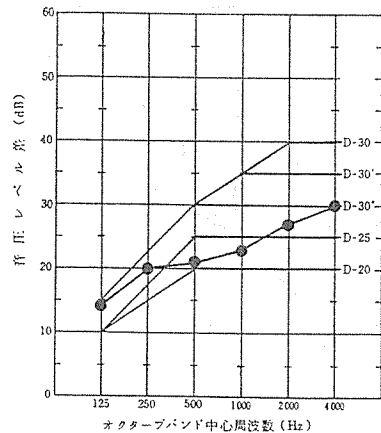


図-11 内外音圧レベル差と遮音等級 (アルミサッシ3mm厚)

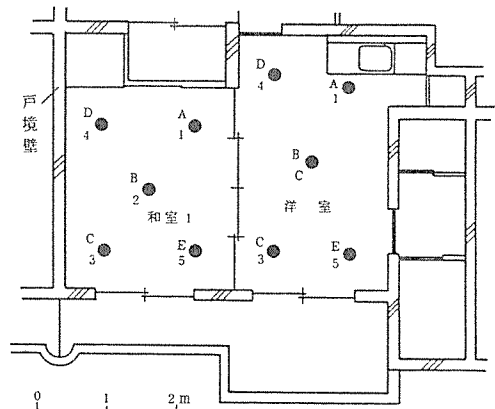


図-12 床衝撃音レベル測定時(和室1, 洋室)の音源位置と測定位置
ただし A~Eは音源室の場合の音源位置
1~5は受音室の場合の測定位置

洋室のアルミサッシはD-20に該当するのがわかる。この性能はガラス厚3mmの公共住宅用引違いアルミサッシとしては十分なものである。室内の騒音レベルは外部騒音の影響を強く受けるものであるが、この住宅がある地域は主要道路、鉄道等に面した外部騒音の高い地域ではないので、D-20程度の遮音性能を有していれば、外部騒音が室内で特に問題にはならないと思われる。

5. 重量床衝撃音レベルの測定

日本の集合住宅において、子供の跳びはね音に対する苦情の訴え率は最も高い⁶⁾。この跳びはね音を想定した重量床衝撃音を、重量床衝撃音発生器により406号の和室1、洋室及び206号ベランダで発生させ、床衝撃音に対する遮音性能を調査した。なお、重量床衝

表-4 床衝撃音レベルの測定結果

音源室	受音室位置	音源位置	床衝撃音レベル(パワー平均値) dB						
			63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
406号 和室1	直下 (306号和室1)	A	76	70	65	58	48	40	31
		B	75	69	65	55	44	34	25
		C	74	69	64	55	41	32	21
		D	76	69	64	54	41	32	22
		E	77	69	65	54	44	36	26
		平均	76	69	65	55	44	35	25
	隣接 (407号和室1)	A	79	65	60	48	36	27	
		B	79	65	62	45	34		
		C	69	64	57	44	34		
		D	79	58	56	43	32		
		E	78	62	58	45	33		
		平均	77	63	59	46	34	27	
	斜下 (307号和室1)	A	78	64	62	55	32	23	
		B	73	62	60	46	30		
		C	68	61	56	51	32		
		D	78	58	56	48	30		
		E	77	61	59	50	28		
		平均	75	61	59	50	30	23	
	直上 (506号和室1)	A	66	60	55	47	34	24	13
		B	67	60	55	42	32	22	17
		C	65	62	53	43	29	20	
D		68	57	50	41	29	19		
E		67	58	52	42	30	24		
平均		67	59	53	43	31	22	15	
2階下 (206号和室1)	A	70	60	56	48	28			
	B	64	61	56	40	27			
	C	61	62	53	44	30			
	D	62	55	49	41				
	E	68	58	55	43	25			
	平均	66	60	55	44	28			
406号 洋室	直下 (306号洋室)	A	79	68	59	48	40	31	20
		B	78	68	55	45	35	27	17
		C	82	68	56	46	38	31	26
		D	84	75	60	50	54	41	31
		E	78	67	55	47	36	28	18
	平均	80	69	57	47	41	32	22	
206号 ベランダ	直下 (106号洋室)	A	67	63	54	46	31	24	
		B	71	60	54	46	34	24	
		C	64	60	55	45	32	23	
		D	67	61	54	46	35	23	
		E	66	59	54	48	36	27	16
	平均	67	61	54	46	34	24	16	

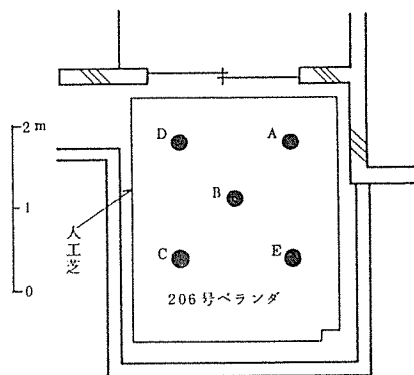


図-13 床衝撃音レベル測定時
(ベランダ)の音源位置

騒音発生器による床衝撃音は子供の跳びはね音に類似していることが確認されている。

5-1 測定機器

測定に使用した機器は次の通りである。

重量床衝撃音発生器 (自動車用タイヤ)

5.20-10-4PR グッドイヤー 1本

騒音計 NA-09 リオン 5台

オクターブ分析器 SA-55 リオン 5台

レベルレコーダ LR-04 リオン 5台

5-2 測定方法

重量床衝撃音は、JIS A 1418「建築現場における床衝撃音レベルの測定方法」が使用を認める自動車用タイヤ (JIS D 4202に規定する5.20-10-4PR)を90cm床上から自由落下させることにより発生させた。なお受音装置は3の場合と同一である。

音源室は406号和室1とし、受音室は506号(直上)、306号(直下)、206号(2階下)、407号(隣接)、307号(斜下)の各和室1とした。また、406号洋室を音源室とした場合は306号(直下)の洋室を受音室とした。その他に、206号ベランダ上で床衝撃音を発生させ、その直下の106号洋室で測定した(図-1参照)。

音源室の音源位置及び受音室の測定位置を図-12に示す。図のA~Eは音源室(406号室)の音源位置、1~5は各受音室(ただし洋室は306号室のみ)の測定位置である。

音源室(406号和室1)の音源位置Aより床衝撃音を発生させ、これを各受音室(和室1)で測定位置1~5の順に騒音計よりオクターブ分析器を通して、各オクターブ帯域ごとにレベルレコーダに記録する。音源位置A~Eまで順に移動させ同様に測定した。洋室においても同様に測定した。

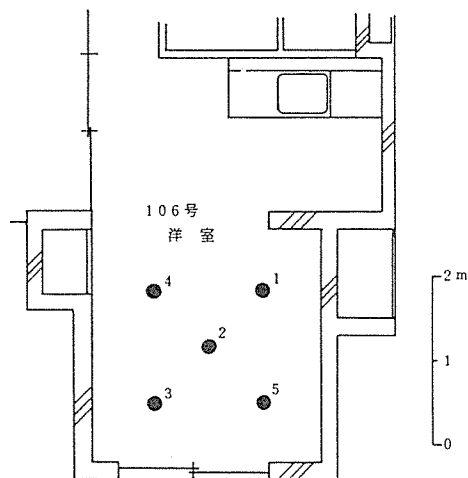


図-14 床衝撃音レベル測定時
(ベランダ)の測定位置

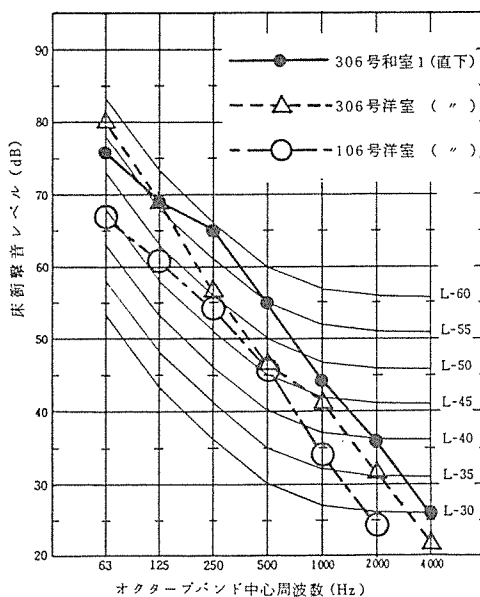


図-15 床衝撃音レベルと遮音等級
(直下の部屋)

206号ベランダの測定における音源位置を図-13に、受音室(106号洋室)における測定位置を図-14に示す。測定方法は406号和室1、洋室の場合と同様である。

5-3 測定結果及び考察

1つの音源位置ごとに得られた測定位置1~5の床衝撃音レベルを周波数別にパワー平均し、音源位置の床衝撃音レベルとした。音源位置の床衝撃音レベルを音源位置A~Eまで周波数別に平均し、受音室の床衝撃音レベルとした。結果を表-4に示す。

音源直下に当る306号和室1、洋室及び106号

洋室の床衝撃音レベルを、JIS A 1419に規定された遮音等級の基準周波数特性と比較して図-15に示す。

5-3-1 306号(直下)和室1及び洋室における床衝撃音レベル

図-15より、306号和室1はL-60の基準曲線を下まわり遮音等級L-60に該当する。また、306号洋室は63Hzと125HzにおいてL-55の基準曲線を上まわっているが、JISのただし書きによって測定値から2dB減ずると下まわり、L-55に該当する。

406号(音源室)和室1と洋室の床スラブ厚が等しいにもかかわらず、306号和室1と洋室の遮音等級が異なっているが、この原因は和室と洋室の床構造(図-3参照)の違いによるものと考えられる。畳が敷かれている和室1の遮音等級が悪いことから、今回の住宅においても一般に言われる⁸⁾様に、跳びはね音の様な重量床衝撃音に対しては、畳は有効な緩衝材にはなっていないといえる。

建築学会の用途別適用等級¹⁾によれば、和室1のL-60と洋室のL-55はそれぞれ3級と2級に該当し、集合住宅として床衝撃音に対し十分な遮音性能を有しているとはいえない。特に、和室1の3級は“遮音性能上最低限度である(最低限)”¹⁾と評価され、苦情発生の可能性も高い。今回の住宅において床衝撃音の遮音性能が悪くなった原因としては、床スラブ厚(140mm)が不足していることが考えられるが、他に「407号室(隣接)における室間音圧レベル差」で記述した様に、住宅が壁構造であることによる剛性の低下も原因として考えられる。

5-3-2 ベランダの床衝撃音レベル

人工芝と断熱材の敷かれた206号ベランダの直下に当たる106号洋室の床衝撃音レベルは、図-15に示す様に他室より低い値となり、その遮音等級はL-50となる。この程度の遮音性能があれば、ベランダにおいて子供が跳びはねたりしても、ほとんど気になることはないと言える²⁾。この様に良好な遮音性能となったのは、和室、洋室に比べ、206号ベランダの床面積が小さく床スラブ厚が150mm~190mmと厚いことと、図-3に示した様な床構造(人工芝+防水モルタル+発泡ポリスチレンフォーム)を採用しているため床衝撃を十分に緩衝していることが理由として考えられる。このことは、そのまま床衝撃音に対する対策手段を示しており、床衝撃音に対しては床スラブを厚くして床剛性を高めることと、床上に衝撃の緩衝構造を設けることが対策上有効であることがわかる。

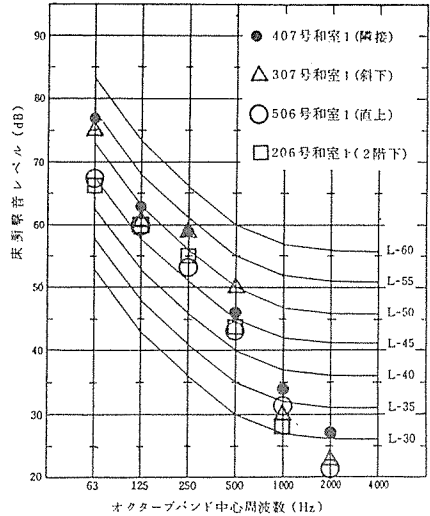


図-16 床衝撃音レベルと遮音等級 (音源室周囲の部屋)

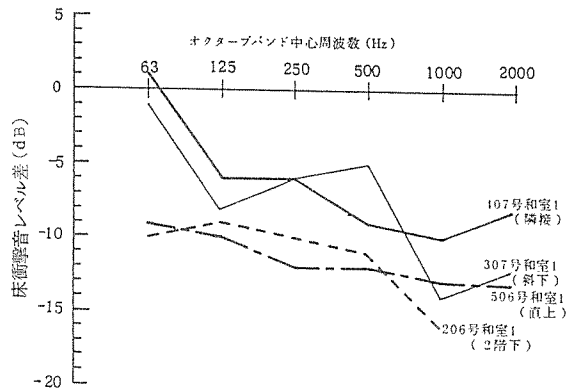


図-17 直下の部屋との床衝撃音レベル差

5-3-3 音源室周囲の部屋における床衝撃音レベル

音源室(406号和室1)の隣接、斜下、直上及び2階下に当たる各部屋の床衝撃音レベルをJISによる遮音等級の基準周波数特性と比較して図-16に示す。図より、隣接、斜下の部屋はL-55となり、直上の部屋はL-45(JISのただし書きにより2dB減じた時)、2階下の部屋はL-50に該当するのがわかる。また、図-16から床衝撃音レベルは音源室の上階よりも下階及び隣接室において高くなる傾向が見られる。

次に、音源室直下の部屋(306号和室1)の床衝撃音レベルを基準にして、各部屋の床衝撃音レベルとのレベル差を調べたものが図-17である。この図は負になるほど床衝撃音レベルが音源室直下の部屋より低いことを示している。図-17より、306号和室1(直下)

と、その直下に当たる206号和室1(2階下)との床衝撃音のレベル差は、各周波数において9~16dBとなっている。室間音圧レベル差の測定において、406号和室1とその直下に当る306号和室1との室間音圧レベル差は、どの周波数でも30dB以上の音圧レベル差をもっていることから(表-1参照)、306号和室1の床も各周波数で30dB以上の遮音性能をもっていると推定できる。このことを考えると、306号和室1(直下)と床を介している206号和室1(2階下)との床衝撃音のレベル差9~16dBはかなり少いと言える。これは床衝撃音の大部分が、直接空气中を伝わる空気音ではなく、建物の構造体中を振動として伝搬し床、壁から音として放射される固体音となるためであり、固体音の距離減衰が非常に少い⁹⁾ことによると考えられる。

また、図-17の500Hz以下の低音域において、407号和室1(隣接)と307号和室1(斜下)は似た値となり、506号和室1(直上)と206号和室1(2階下)も似た値となっている。床衝撃音は406号和室1の床から加えられ、固体音となって建物の構造体を伝搬しそれぞれの部屋まで達するのであるが、上に述べた近似した値となった部屋は固体音の構造体における伝搬距離がそれぞれ等しいことが考えられる。このため固体音の距離減衰が等しくなり近似した値になったと考えられる。

以上のことから、各部屋における床衝撃音レベルは固体音の構造体における伝搬距離である程度決定されるため、伝搬距離の短い音源室直下の部屋で最も高いレベルとなり、続いて音源室の隣接及び斜下、2階下及び直上の部屋の順になる傾向があると言える。

6. まとめ

壁構造の鉄筋コンクリート造り5階建集合住宅で遮音性能の調査を実施し、次のことがわかった。

- 1) 戸境壁(コンクリート厚180mm)の遮音性能は、JIS A 1419に規定する遮音等級D-50に該当し、集合住宅として許容できるものであった。
- 2) 床及び天井(床スラブ厚140mm)の遮音性能は、戸境壁より高音域で優れていたが、250Hz以下の低音域では戸境壁と同程度か、それ以下になった。
- 3) アルミサッシ(ガラス厚3mm)の遮音性能はD-20に該当し、環境騒音の高くない地域にある窓の遮音性能としては満足できるものであった。
- 4) 和室と洋室の音源室直下の部屋における重量床衝撃音レベルは、それぞれ遮音等級L-60とL-55に

該当し、床衝撃音に対する遮音性能は良くなかった。

- 5) 和室に敷かれた畳は、子供の跳びはね音の様な重量床衝撃音に対して、有効な緩衝材になっていなかった。
- 6) 人工芝と断熱材の敷かれたベランダ直下の部屋における重量床衝撃音レベルは、遮音等級L-50に該当し満足できるものであった。
- 7) 床衝撃音は固体音となって伝搬するため、音源室直下の部屋と、その部屋の直下に当たる部屋との床衝撃音レベル差(9~16dB)は、室間音圧レベル差の測定における床の遮音性能(30dB以上)に比べ、かなり少かった。
- 8) 各部屋における床衝撃音レベルは、固体音の建物構造体における伝搬距離によりある程度決定され、床衝撃音レベルの高さは音源室の直下、隣接及び斜下、2階下及び直上の部屋の順になる傾向があった。

7. おわりに

本調査では軽量床衝撃音の測定も実施したが、あまり問題となる程のレベルではないため、本報告ではその細な数値等を割愛した。参考までに音源室直下の部屋における軽量床衝撃音の遮音等級を示すと、和室1でL-50、洋室でL-60である。L-60は良好とは言えないが、室内で靴をはく習慣のない我国ではこの程度はあまり問題とはならないであろう。また床にカーペット等を敷くことにより遮音性能は簡単に改善されると考えられる。

今回の調査において、周囲の部屋の床衝撃音レベルは、固体音の構造における伝搬距離に関係することがある程度確かめられたが、固体音の曲がり分岐等、伝搬経路に関する影響は明確にならなかった。今後、検討していきたい。

なお、今回の調査にご協力いただいた横浜市建築局、ならびに神奈川県公害センター、川崎市公害研究所の方々に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 木村 翔：建築の遮音性能基準 - 建築学会作成分科会の動向 - 騒音制御, 2(2), 9-12 (1978)。
- 2) 日本建築学会編：建築物の遮音性能基準と設計指針. 33-41(1979). 技報堂出版。
- 3) 飯田茂隆, 村井信義, 中野満憲, 荒木邦彦：集合住宅戸境壁の遮音性能. 騒音制御, 6(1), 34-37(1982)。

- 4) 鹿島教昭, 樋高雄治: 国道に近接した高層集合住宅における遮音測定 - 室間音圧レベル差と道路交通騒音 -. 横浜市公害研究所報, 5, 71-76 (1980).
- 5) 日本建築学会編: 建築物の遮音性能基準と設計指針. 119-124 (1979). 技報堂出版.
- 6) 日本音響学会編: 騒音・振動(上). 157-158 (1978). コロナ社.
- 7) 井上勝夫: 集合住宅の床振動と床衝撃音. 騒音制御, 6(3), 27-31 (1982).
- 8) 日本音響材料協会: 騒音振動対策ハンドブック. 687-720 (1982). 技報堂出版.
- 9) 日本音響学会編: 騒音・振動(上). 160-166 (1978). コロナ社.

洗濯業排水の鯉を用いた急性毒性試験

齊 藤 治 子*

要 旨

凝集処理効果を生物学的に評価する試みとして、捺染業に引き続き洗濯業を選択し、移動式魚類試験装置を用いて現場実験等を行った。総合排水の凝集処理前および後の水を用いて、鯉に対する75時間急性毒性試験を行った結果、凝集処理によって死亡率は100%から0%へ、内部および鯉形態の異常出現率は100%から50%とかなりの改善が認められた。しかし、処理後の水でも横転遊泳など強度の障害が認められたことから、模擬排水および成分別試験を行い、死亡および形態の異常を起こす主因物質は非イオン系界面活性剤であることが推定された。

1. はじめに

洗濯工場排水の処理方法には一般に微生物を用いた生物処理および消石灰を用いた凝集処理法が採用されている。横浜市内では敷地面積等の関係から凝集処理方法を採用している所が多く、凝集効果と作業性の面から、必ずしも消石灰を採用しているわけではなく、硫酸アルミニウムやポリ塩化アルミニウム、および高分子凝集剤を用いている所も多い。そして、その処理効果の判定には、一般に化学的酸素要求量および生物化学的酸素要求量等が用いられている。筆者は、その方法として生物学的方法を用い、生体影響という視点から、鯉を用いた評価法の検討を試みた。

前回の捺染業¹⁾に引き続き洗濯業を選び、硫酸アルミニウムおよび高分子凝集剤を用いた凝集沈澱処理前後の水について、鯉を用いた急性毒性実験を現場実験を中心に行ない、若干の知見を得たので報告する。

2. 作業と原材料

2-1 作業行程

現場実験を行った事業場の作業内容は、シーツ、包布、浴衣等の洗濯である。その工程は図1に示すとおりであり、こゝでは自動洗濯機と連続自動洗濯機の2機種が用いられている。そして、排水は下洗い、洗濯、

すすぎの工程から排出される。自動洗濯機は270Kg/回の能力をもつものが2基、200Kg/回が3基、45Kg/回が1基、の計6基が設置されており、いずれもバッチ式である。このため各作業ごとに排水の汚濁量が変化する。連続自動洗濯機は35Kg/回のもの1基が設置されており、これは各作業がベルトコンベアーによる移動で、各作業が同時に進行するため、運転時間中の排水の汚濁量はほとんど変化しない。

2-2 使用原材料

洗濯業で使用される原材料は、主として洗剤、助剤、漂白剤と糊剤の4種類に分けられる。洗剤は更に合成洗剤と石ケンに分けられる。合成洗剤にはそのイオン性により陰イオン、陽イオン、非イオン系の3種があり、今回の対象事業場で用いられている合成洗剤は非イオン系を主体とした配合洗剤である。更に本事業場では洗濯能力を強化するために一部油脂石ケンを用いている。

助剤としては、メタケイ酸ナトリウムを用いており、この主な目的は乳化、防錆作用およびケーキング防止等²⁾である。

漂白剤としては、次亜塩素酸ナトリウムおよび過酸化水素が用いられており、糊剤としてはコンスターチが用いられている。

Acute toxicity of laundry effluent to carp (*Cyprinus Carpio*).

* Haruko Saito 横浜市公害研究所水質部門

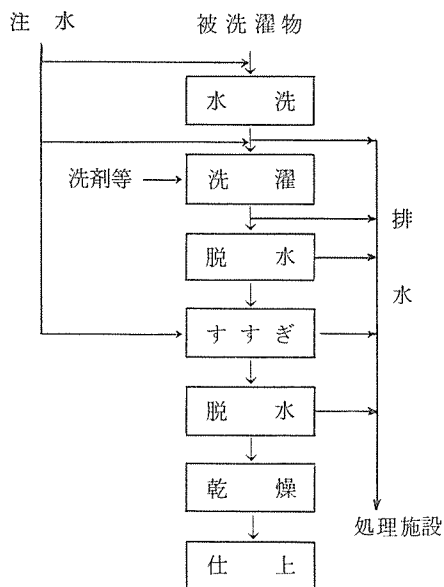


図-1 洗濯工程図

又、被洗濯物は前述の通りであり、その主たる素材は綿である。

従って、排水に混入して来るものは、綿の微小剝離物および汚れと洗剤等の混合物であり、高い化学的酸素要求量(COD)と懸濁物質が予想される。又洗剤の

中でも特に非イオン界面活性剤は凝集処理されにくい物質とされている^{3),4)}がその洗浄力の点から当業界でも繁用されている。

2-3 排水処理方法

排水処理方法は図2に示すように凝集沈澱法であり、各工程からの排水を汚水槽に貯溜し、ポンプにより反応槽へ送り、そこで硫酸アルミニウムを40~120mg/lの濃度になるように添加する。更に高分子凝集剤を3~5mg/lの濃度になるように添加し、沈澱槽に入れて固液分離し、上澄水を放流している。

処理能力は300t/hを有し、化学的酸素要求量を指標として見る時、100~160mg/lを20~30mg/lに処理している。

3. 実験方法

3-1 供試魚

群馬県水産試験場において孵化2ヶ月後の稚魚を購入し、選別後7ヶ月間蓄養した鯉を20.0℃±1.0℃で2週間馴化した後、異常のないもの120尾を用い、各試験水毎に10尾ずつ用いた。使用した鯉の平均体重は3.73±0.93gであり、平均体長は5.50±0.48cmである。又、試験前3日間は無給餌とし、試験期間中も無給餌とした。

3-2 試験装置

実験に用いた試験装置は図3に示した移動式魚類試

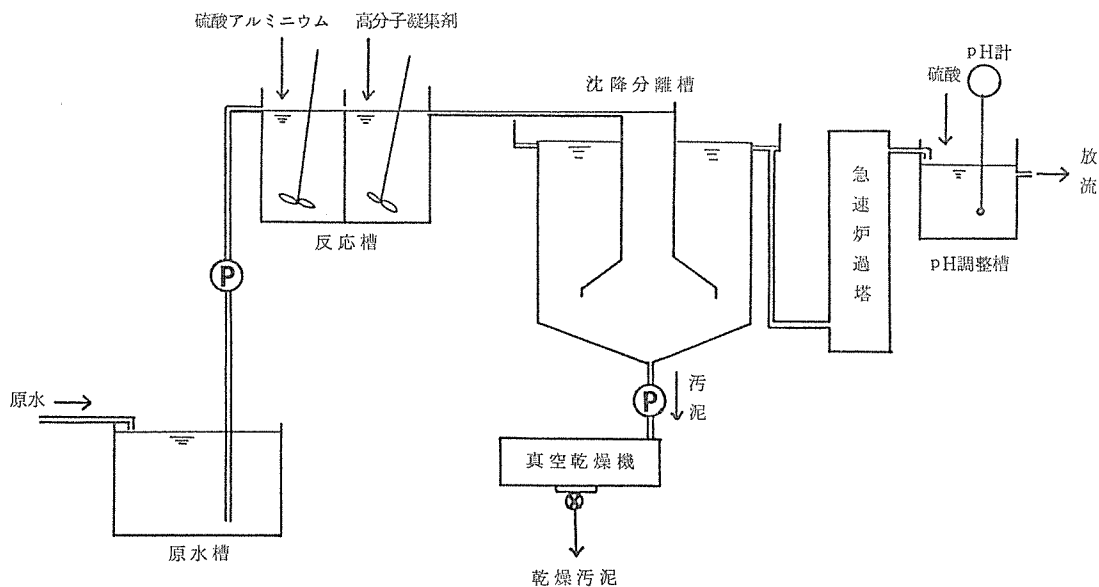


図-2 排水処理フローシート

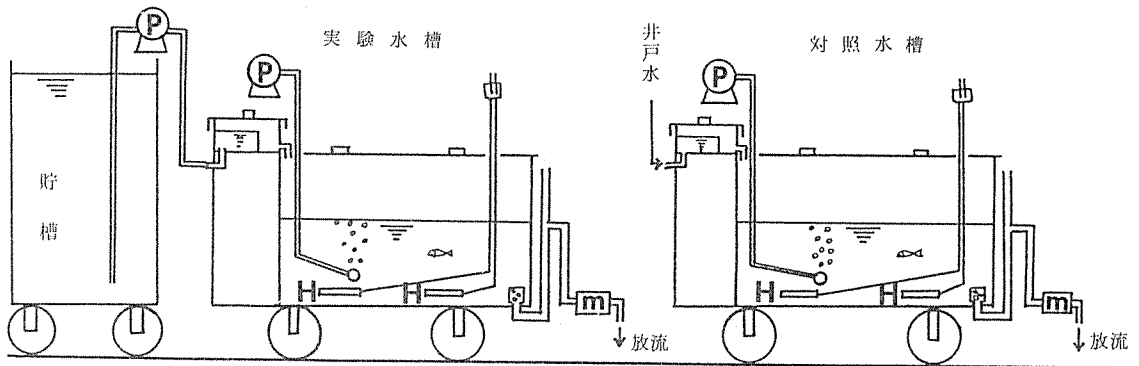


図-3 移動式魚類試験装置

P: ポンプ H: ヒーター m: メーター

験装置である。

実験槽では、貯溜槽に貯溜した試験水を75 ml/minの流速で、交換率が約1回/日となるようにポンプで実験水槽に移送した。槽の水容量は100 lとし、オーバーフロー水は水量メーターを通して排水される。貯水槽は外気温-2~10℃に放置し、更に腐敗を防ぐために曝気した。

対照水槽では、現場実験を行った事業場の用水である地下水を用い、直接槽内に導入した。流水量および槽内水容量は実験水槽と同条件になるよう調整した。

試験水の状況から、溶存酸素量を鯉にとって良好な状態とされている^{5),6)}、6 mg/l以上を確保するために、各槽共に曝気をした。又、野外実験のため、水温が外気温と共に変動することから、各槽に500 Wサーモヒーターを2本設置し、水温を20℃になるように設定した。更にpHによる影響を抑えるために、各試験水のpHを地下水に合わせ8.4に近づけるよう調整した。

3-3 試験水

試験に用いた水は、総合排水の凝集処理前および後の水であり、処理前の水は、各工程から汚水槽へ入る入口の水を、1時間毎に4回採取し、混合したものを用いた。処理後水は、2-3で述べた排水処理施設からの放流水を採取し用いた。

3-4 試験方法および測定

試験は流水方式による75時間暴露急性毒性試験方法により行った。試験期間は57年2月5日から3月10日であった。

試験期間中、自記温度計により気温と各槽の水温を測定し、毎日1回流量チェックおよび溶存酸素量をウィンクラーアジ化ナトリウム法によって測定した。pH

測定は自記pH計により行った。又実験槽のみに自記電気伝導度計を設置した。

試験開始前、開始時および終了時に試験水および対照水について以下に示す項目の理化学分析を行った。

- ①水素イオン濃度(pH) JISK-0102-12, ガラス電極法
- ②化学的酸素要求量(COD) JISK-0102-17, 100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量
- ③懸濁物質(SS) JISK-0102-14-1, ろ過残留物の乾燥重量
- ④非イオン界面活性剤(POEn) 飯塚による方法⁷⁾

鯉の状態観察は毎日7回、約1時間毎に行った。実験終了後、鯉を槽より取り上げ、遊泳状態、鱗、体表面等の外部形態を観察し、延髄刺殺の後、鰓の状態観察を顕微鏡により行った。その後、体重、体長を測定し、解剖して、肝臓、消化管、脾臓、腎臓、胆のう等の色、形、大きさについての内部形態観察を行った。

4. 結果

4-1 槽内条件

各実験における槽内条件は表1に示すとおりである。水温は20.5±0.0℃から20.5±1.0℃とほとんど同一であり、交換率は対照水で0.85±0.26回/日と多少バラツキがあったが、他は0.97±0.04回/日から、1.06±0.01回/日でありほぼ一定であった。溶存酸素については、処理前水と模擬排水で28 mg/lという高値が測定された。これは排水中に含まれる過酸化水素等の影響によるものと考えられる。他の試験水につ

表-1 槽内条件の測定結果

試験水	水温	交換率回/日	水素イオン濃度	溶存酸素量 mg/ℓ
処理前水	20.2 ± 0.2 ^{a)}	0.97 ± 0.04 ^{a)}	8.40 ± 0.00 ^{a)}	28 ± 0.0 ^{a)}
処理後水	20.3 ± 1.0	1.06 ± 0.01	7.91 ± 0.08	9.1 ± 0.2
対照水 ^{b)}	20.5 ± 1.0	0.85 ± 0.26	8.39 ± 0.03	8.9 ± 0.3
模擬排水	20.0 ± 0.0	1.00 ± 0.00	7.61 ± 0.09	26 ± 0.0
模擬対照水	20.0 ± 0.0	1.00 ± 0.00	7.30 ± 0.00	9.0 ± 0.0

a) 平均値±標準偏差

b) 繰返し数2実験の平均

いては8.9 ± 0.3 mg/ℓ から 9.1 ± 0.2 mg/ℓ の範囲にあり、差も少く、ほぼ飽和状態であった。従って各試験水において鯉に必要な酸素量は充分確保され、溶存酸素による影響はないと考えた。

4-2 総合排水

総合排水実験における水質の測定結果は表2に示す通りである。処理前後の水質を比較すると、CODでは99.2 ± 5.3 mg/ℓ から 18.5 ± 1.5 mg/ℓ となり、約80%の除去率が得られた。懸濁物質は41.0 ± 4.0 mg/ℓ から、5.4 ± 1.3 mg/ℓ へ約87%の除去となり、非イオン界面活性剤は29.35 ± 3.35 mg/ℓ から 2.56 ± 1.76 mg/ℓ へ約90%の除去が示された。しかし、電気伝導度は727 ± 11 μΩ/cm から 1325 ± 31 μΩ/cm と増加した。これは凝集処理の特徴で、前述のように凝集剤として無機物が添加されることと、中和を目的として、酸、アルカリを添加するため、塩濃度が高まり、電気伝導度が増加すると考えた。又、この他に残留塩素の測定も行ったが、処理前でも痕跡程度であり、処理後では不検出であった。

対照水の水質は各項目共に非常に低値であった。

総合排水実験における鯉の死亡率および異常出現率を表3に示した。

処理前では実験開始後2時間以内に全魚が死亡したが、処理後では横転、眼球突出等の強度な外部形態の異常が認められたが、75時間後に死亡魚は認められなかった。

内部形態では処理前で全魚の10尾に異常が認められたが、処理後では6尾となり、内部形態に対する影響の改善が認められた。又、処理後の異常の特徴としては胆のうの肥大があげられ、10尾中4尾に認められた。

鰓形態においても処理前で全10尾に異常の認められたものが、処理後では5尾と半減した。異常の内容も

表-2 総合排水実験における水質測定結果

項目	実験槽		対照槽
	処理前	処理後	
化学的酸素要求量 mg/ℓ	99.2 ± 5.3 ^{a)}	18.5 ± 1.5 ^{a)}	2.1 ± 0.5 ^{a)}
懸濁物質 mg/ℓ	41.0 ± 4.0	5.4 ± 1.3	<5.0
非イオン界面活性剤 mg/ℓ	29.35 ± 3.35	2.56 ± 1.76	0.09 ± 0.00
電気伝導度 μΩ/cm	727 ± 11	1325 ± 31	220 ± 10

a) 平均値±標準偏差

処理前では、二次鰓弁のよじれが10尾中10尾に、鰓弁先端部の曲化は10尾中9尾に認められた。又、二次鰓弁の委縮、二次鰓弁のゆ着が10尾中3尾に認められた。処理後では二次鰓弁の委縮が10尾中5尾に認められたのが特徴的であった。

対照群では表3にも示したように異常は全く認められなかった。

4-3 模擬排水

総合排水の処理前で全魚が死亡したことから、その原因物質を抽出するために、当日の使用原材料とその使用量および用水量から表4に示す模擬排水を脱塩素水で調整し、24時間曝気混合後、これによる急性毒性試験を行った。対照水は脱塩素水とした。

模擬排水実験における水質の測定結果は表5に示す通りである。実験槽でのCODは46 mg/ℓ と実排水より低く、懸濁物質も5 mg/ℓ 以下と低値を示した。又、非イオン界面活性剤も12.3 mg/ℓ と低値であった。この他に残留塩素を測定したが痕跡程度であった。対照槽は総合排水実験における対照槽の水質結果とほぼ同程度

表-3 総合排水実験における鯉の死亡率および異常出現率

症 状	実 験 群		対照群
	処理前	処理後	
死 亡	10 a)	0 a)	0 a)
外部形態の異常	10	9	0
体表の粘液分泌が 顕著	10	0	0
眼球突出	0	3	0
横転静止	0	2	0
横転遊泳	0	4	0
時々横転遊泳	0	4	0
内部形態の異常	10	6	0
腹腔内出血有	9	2	0
胆のうの肥大	0	4	0
胆のうの淡緑色化 と帯茶褐色	0	1	0
鰓形態の異常	10	5	0
二次鰓弁のよじれ	10	0	0
二次鰓弁の萎縮	3	5	0
鰓弁先端部曲化	9	1	0
二次鰓弁のゆ着	3	0	0
鰓弁先端部の浮腫	0	1	0
鰓弁、二次鰓弁先 端部の壊死崩壊	1	0	0

a) 10尾当りの出現頻度

の低値を示した。残留塩素も不検出であった。

模擬排水実験における鯉の死亡率および異常出現率は表6に示すとおりであり、実験群においては実験開始後、2時間40分以内に全魚10尾が死亡した。特記すべき外部形態の異常は認められなかったが、内部形態の異常は10尾に認められ、腹腔内出血が全魚に認められた。又、鰓の形態異常は9尾に認められ、二次鰓弁の萎縮が8尾に認められたことが特徴的であった。

対照群においては異常が全く認められなかった。

4-4 室内実験

模擬排水の実験結果が総合排水の処理前と同様の結

表-4 原材料使用量および用水量から算出した模擬排水

原 材 料 名	使用量 (kg/日)	模擬排水濃度 (mg/ℓ)
非イオン系配合合成洗剤A	15.7	54.9
非イオン系配合合成洗剤B	20.0	69.9
粉末石ケンC	7.4	25.9
メタ硅酸ソーダ	27.2	95.0
過酸化水素	46.0	160.7
次亜塩素酸ソーダ溶液	13.8	48.2
澱 粉	5.0	17.5
用 水 量	286 ^t	-

表-5 模擬排水実験における水質測定結果

項 目	実 験 槽	対 照 槽
化学的酸素要求量 mg/ℓ	46±6	2.4±0.5
懸濁物質 mg/ℓ	<5	<5
非イオン界面活性剤 mg/ℓ	12.3	不検出
電気伝導度 μΩ/cm	650	206

a) 平均値±標準偏差

表-6 模擬排水実験における鯉の死亡率および異常出現率

症 状	実 験 群	対 照 群
死 亡	10 a)	0 a)
外部形態の異常	0	0
内部形態の異常	10	0
腹腔内出血有	10	0
胆のうの淡緑色化	1	0
鰓形態の異常	9	0
二次鰓弁の萎縮	8	0
鰓弁先端部曲化	1	0

a) 10尾当りの出現頻度

果を示したことから、主要成分である洗剤に重点を置き、各成分を溶解した液についての室内実験を行った。用いた溶液は表7に示す通りであり、調整後24時間曝気混和し、試験に供した。方法は24時間換水方式で、試験水量を20ℓとし、使用尾数5尾で、水温、DO等の試験条件は現場実験と同一となるよう調整し、75時間試験を2回繰返し行った。

水温等の槽内条件の測定結果は表8に示す通りであり、現場実験との差はなかった。

室内実験における水質測定結果は表9に示す通りである。COD値は石鹼水Cで最も低く5.5±0.5mg/ℓであり、最も高かったのは試験水1の27±3mg/ℓであった。理論上は洗剤水A、Bおよび石鹼水Cを合計し

表 - 7 室内実験に使用した試験水

原 材 料 名 a)	試験水 1	試験水 2	洗剤水 A	洗剤水 B	石鹼水 C
非イオン系配合合成洗剤 A	○ ^{b)}	○	○		
非イオン系配合合成洗剤 B	○	○		○	
粉末石ケン C	○	○			○
メタ硅酸ソーダ	○				
澱 粉	○				

a) 各原材料の溶解濃度は、模擬排水と同一である。

b) ○印の原材料を溶解

表 - 8 室内実験における槽内条件測定結果

試験水	水温 °C	水素イオン濃度	溶存酸素量 mg/l
試験水 1	20.0±0.0	7.65±0.25	8.5
試験水 2	20.0±0.0	7.63±0.18	8.8
洗剤水 A	20.0±0.0	7.65±0.24	9.2
洗剤水 B	20.0±0.0	7.76±0.34	8.8
石ケン水 C	20.0±0.0	7.64±0.06	8.7
対 照 水	20.0±0.0	7.30±0.00	9.0

たものが試験水 2 になるはずであるが、分析法上の問題から試験水 2 の方がわずかに低い値を示している。懸濁物質も全て 5mg/l 以下と低値であった。非イオン界面活性剤は、試験水 1, 2 は各々 13.7, 13.4mg/l であり、洗剤水 A, B は両液とも 5.0mg/l であった。石鹼水 C は不検出であった。電気伝導度は試験水 1 で 425 $\mu\Omega/cm$ であり、試験水 2, 洗剤水 A, 洗剤水 B, 石鹼水 C は各々 332, 295, 295, 210 $\mu\Omega/cm$ であった。対照槽においてはいずれも総合排水実験時とほぼ同様の低値であった。

室内実験における鯉の死亡率および異常出現率は表

10 に示すとおりである。石鹼水 C および対照群を除いては全魚死亡した。試験水 1 では 2 時間 40 分以内に全 10 尾が死亡し、試験水 2, 洗剤水 A, 洗剤水 B では各々 3 時間 40 分, 11 時間, 9 時間 40 分以内に全 10 尾ずつが死亡した。外部形態の異常は全魚に認められなかった。内部形態の異常は試験水 1, 2 では 10 尾中各々 9, 8 尾に認められ、洗剤水 A, B および石鹼水 C では 10 尾中各々 4, 5, 4 尾に認められた。その特徴は石鹼水 C では胆のうの肥大であったが、その他の群では腹腔内の出血が最多であり、次いで胆のうの淡緑色化が認められた。鰓形態の異常は試験水 1, 2, 洗剤水 A, B, 石鹼水 C で 10 尾中各々 4, 5, 9, 10, 9 尾に認められた。そしてその特徴は石鹼水では二次鰓弁のよじれ、鰓弁先端部の曲化であったが、他の実験群では二次鰓弁の萎縮であった。

5. 考 察

凝集処理効果を生物学的に評価する試みを、第 1 回の擦染業排水に引き続き、第 2 回として洗濯業排水を選択して、移動式魚類試験装置を用いて現場実験により行った。その結果は、凝集処理により水中の COD, 懸濁物質, 非イオン界面活性剤は共に低下し、同時に鯉に対する急性毒性にもかなりの改善が認められた。

表 - 9 室内実験における水質測定結果

項 目	実 験 槽					対 照 槽
	試験水 1	試験水 2	洗剤水 A	洗剤水 B	石ケン水 C	
化学的酸素要求量 mg/l	27 ± 3 a)	23 ± 1	8.5 ± 0.5	13 ± 1	5.5 ± 0.5	2.4 ± 0.5
懸濁物質 mg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
非イオン界面活性剤 mg/l	13.7	13.4	5.0	5.0	不検出	不検出
電気伝導度 $\mu\Omega/cm$	425	332	295	295	210	206

a) 平均値 ± 標準偏差

表-10 室内実験における鯉の死亡率と異常出現率

症 状	実 験 群					対 照 群
	試験水 1	試験水 2	洗剤水 A	洗剤水 B	石ケン水 C	
死 亡	10 a)	10	10	10	0	0
外部形態の異常	0	0	0	0	0	0
内部形態の異常	9	8	4	5	4	0
腹腔内出血有	6	8	1	3	0	0
胆のう肥大	2	0	0	0	4	0
胆のう淡緑色化	3	0	3	2	0	0
形態の異常	4	5	9	10	9	0
二次鰓弁のよじれ	0	0	0	0	7	0
二次鰓弁の萎縮	4	5	9	10	1	0
鰓弁先端部曲化	0	0	0	0	6	0

a) 10尾当りの出現頻度

しかし、処理後においても、75時間で死亡には到らなかったものの、横転遊泳等の強い障害が認められた。処理水の水質としては、COD $18.5 \pm 1.5 \text{ mg/l}$ 、懸濁物質 $5.4 \pm 1.3 \text{ mg/l}$ であることから、排水規制値は遵守されており、その点での問題はないが、障害の原因物質を知ることは意義がある。

その一つの手段として模擬排水および原材料成分毎の試験水による実験を行った。総合排水と模擬排水の違いは、被洗濯物、すなわち、汚れの成分と洗濯工程の物理的作用により出て来る繊維成分である。それは水質の分析結果からも知られる。即ち、総合排水の処理前においてCOD値は 99.2 mg/l であるが、模擬排水では 46 mg/l となっており、懸濁物質も同様に 41 mg/l が 5 mg/l 以下となっている。しかし、これらの試験水の鯉に与えた影響は、いずれも数時間で死亡したこと、形態の異常の特徴も類似していることから、原因物質は模擬排水中に含まれる成分であると考えた。

室内実験に用いた水のCODは模擬排水と比較するとさらに低い値を示した。反面、鯉に対する影響からみると、模擬排水から酸化剤を除いた試験水1で最も強く、模擬排水と同様で、2時間40分以内に全魚が死亡し、洗剤、石ケンのみを溶解した試験水2がこれに続き、3時間40分以内に全魚が死亡した。洗剤水Aおよび洗剤水Bでは11時間以内に全魚が死亡し、石ケン水Cでは75時間後で全魚が生存し、横転等の強い障害も示さなかったことから、鯉の死亡原因の主要物質は非イオン系配合洗剤であると考えられた。そして、これら非イオン系配合洗剤を含む試験水の結果から、

内部形態の異常の特徴が腹腔内出血および胆のうの淡緑色化であることや形態の異常の特徴が二次鰓弁の萎縮にあったことから裏付けられる。そしてこれは、前回の捺染業における水洗排水の結果^{1), 6), 9)}とも良く一致した。さらに非イオン系配合洗剤の成分表示から、この中の非イオン系界面活性剤がその主因物質であると考えた。試験水のCOD値には関係なく、非イオン界面活性剤の量と死亡との関係がこれを裏付けている。

非イオン界面活性剤の濃度は処理後で $2.56 \pm 1.76 \text{ mg/l}$ であり、前回の捺染業の総合排水の処理後の 13.8 mg/l と比較すると低濃度である。しかし、捺染業の処理後水では横転等の強い障害は認められなかった。これはMacekら¹⁰⁾ およびKurataら¹¹⁾ の報告にもあるように、非イオン界面活性剤の構造の違いによるものと考えられる。即ち、合成洗剤の原料として使用されている非イオン界面活性剤は主として、ポリオキシエチレンアルキルエーテルおよびポリオキシエチレンアルキルフェニルエーテルであり、これらはアルキル基の炭素数およびオキシエチレン基の付加モル数によってその魚類に対する急性毒性が異なり、通常用いられている炭素数および付加モル数の範囲で、前者の48時間半数致死濃度は $5.1 \sim 12.0 \text{ mg/l}$ であり、後者は、 8.9 mg/l であると報告している。これらのことから、今後は、非イオン界面活性剤の構造についても検討する必要があると考えた。

以上工場排水の凝集処理効果を生物学的な見地から、鯉を用いて行った結果、処理後では水質の改善がみられたことから、今後の排水処理の評価に当たって、有効

なことが判った。

6. まとめ

排水の凝集処理効果を生物学的に評価する試みとして、捺染業に引き続き洗濯業を選択し、移動式魚類試験装置を用いて現場実験を行った結果次のことが判明した。

1) 洗濯総合排水を凝集処理することによって、鯉に対する75時間急性毒性は、死亡率および形態の異常出現率においてかなりの改善が認められた。即ち、死亡率100%から0%へ、形態の異常出現率は100%から約50%に改善された。

2) 総合排水の処理前の死亡および処理後における横転遊泳等の強い障害は原材料中の非イオン系界面活性剤であることが推定されたが前報で報告した捺染業の処理後水では濃度的に今回より高かったにもかかわらず横転等の障害がみられなかったことから、今後は非イオン界面活性剤の構造等の違いによる影響についての検討が必要であろう。

文 献

- 1) 広田勝彦, 斉藤治子: 捺染排水の鯉を用いた急性毒性試験, 横浜市公害研究所報, 6, 135-116, (1982)
- 2) 荻野圭三: 合成洗剤の知識, 116-126, (1978) 幸書房
- 3) 横浜市公害対策局編: 捺染々色加工業の排水処理処分について (1974)
- 4) 飯塚貞男: 非イオン界面活性剤の凝集処理に及ぼす影響, 横浜市公害研究所報, 4, 129-133, (1979)
- 5) A. P. H. A., A. W. W. A. and W.P. C. F.: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 14 th. (1975). American Public Health Association.
- 6) 水尾寛己: 酸素欠乏・過多, 及び残留塩素暴露時におけるコイ (*Cyprinus carpio*) の鰓の形態学的変化について, 横浜市公害研究所報, 4, 143-152, (1979).
- 7) 飯塚貞男: 排水中の非イオン界面活性剤の定量法, 横浜市公害研究所報, 5, 79-83, (1980).
- 8) 富山新一: 界面活性剤の魚に対する作用について, 日水誌, 40, 1291-1296, (1974).
- 9) Lemke, A. E. and Mount, D. I.: Some Effects of Alkyl Benzene Sulfonate on the Bluegill, *Lepomis macrochirus*. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 92, 372-378, (1963).
- 10) Macek, K. J. and S. F. Krzeminski : Susceptibility of blue gill sunfish (*Lepomis macrochirus*) to nonionic surfactants. *Bull. Envir. Contam. Toxicol.*, 13, 377-384, (1975).
- 11) Kurata, N., Koshida, K. and Fujii, T. : Biodegradation of surfactant in river water and their toxicity to fish. *Yukagaku*, 26, 115-118, (1977).

コイ (*Cyprinus Carpio*) における肥満度 について —— 日間増重率との関係 ——

水尾寛己*, 樋口文夫*, 畠中潤一郎*, 福嶋 悟*

要 旨

コイの肥満度について日間増重率および日間増重率と日間体長増加率との関係から検討を行った。実験結果から肥満度と日間増重率に正の相関が見られ、これは又数学的にも明らかになった。また、日間増重率と日間体長増加率との間に相関関係が見られ、このことから、肥満度と日間増重率との間に相関があることが数学的に明らかになった。

1. はじめに

魚類の健康診断を行う場合の指標の1つとして体重または体長で表わされる成長量がある。他に成長による診断指標には、飼料効率、成長率、肥満度等があるが、有効な診断指標としては、まだ、確立されていない。筆者らはこれらの項目を有効な健康診断指標として確立していくための研究の一環として、すでに飼料効率¹⁾については若干検討をおこなってきた。今回は、肥満度について、日間増重率、および日間増重率と日間体長増加率との関係から検討をおこなったので報告する。

39.0%、粗脂肪 3.0%、粗繊維 5.0%、粗灰分15.0%カルシウム 1.7%、リン 1.5%で、給餌は、1回につき20分以内で、1日2回の割合で行った。給餌率は表-1に示すように0.9%から4.3%の範囲で変化させた。試験期間は、昭和55年6月19日から11月2日までの133日間で、そのうち、83日間の飼育結果について検討した。

体長、体重の測定は、体長は被鱗体長 (cm) を測定し、体重(g)は、自動上皿天秤で測定し、それぞれ小数点以下1ケタまで求めた。

2. 材料および方法

今回、使用したコイは、昭和54年7月、神奈川県淡水魚増殖試験場から購入し、その後、当研究所で10ヶ月間、水温約22℃で蓄養した健康な1年魚である。

試験水槽は、角型、硬質ガラス製、容積200ℓのもの3個を用い、水容積は100ℓとし、試験魚をそれぞれ15尾ずつ収容した。換水率は1日12回とし、水温は22℃±1℃に調整した。試験に使用した餌は、市販の浮餌(4mm)を用いた。飼料の主成分は粗たんぱく質

表-1 各試験区の摂餌条件

試験区	期間(日)	0 ~ 14 ~ 28 ~ 42 ~ 56 ~ 71 ~ 83					
		I 区	II 区	III 区	IV 区	V 区	VI 区
日餌 間率 摂(%)	I 区	2.6	2.1	1.0	3.4	2.4	0.9
	II 区	3.2	4.3	2.5	3.5	2.7	1.1
	III 区	2.6	3.8	1.6	3.5	2.8	1.0
試験 日数		14	14	14	14	15	12
無給 餌日数		2	2	5	2	1	1

* 日間摂餌率 = $\frac{\text{期間摂餌量}}{\text{体重} \times \text{試験日数}} \times 100$

Relation between fatness and growth rate in *Cyprinus Carpio*

* Hiromi Mizuo, Fumio Higuchi, Junichiro Hatakenaka, Satoshi Fukushima
横浜市公害研究所水質部門

3. 結果と考察

試験魚の飼育結果についてはすでに報告した¹⁾ところであるが、飼育開始時の平均体重はⅠ区 6.3g、Ⅱ区 5.9g、Ⅲ区 5.7gで、83日目の平均体重はⅠ区 41.7g、Ⅱ区 61.8g、Ⅲ区 50.0gで83日目の飼料効率率はⅠ区 107%、Ⅱ区 105.2%、Ⅲ区 103.9%であった。

筆者らは、この報告の中で、(1)摂餌率と飼料効率との関係において、日間摂餌率と日間増重率との間に直線関係が見られ、その直線関係が飼料効率を規定すること、また、(2)日間増重率と肥満度との関係において、図-1に示すような正の相関 (n=30, r=0.667)が見られ、この関係は体重と体長の3乗の間に直線関係が見られれば水温が一定条件下では相関が見られる

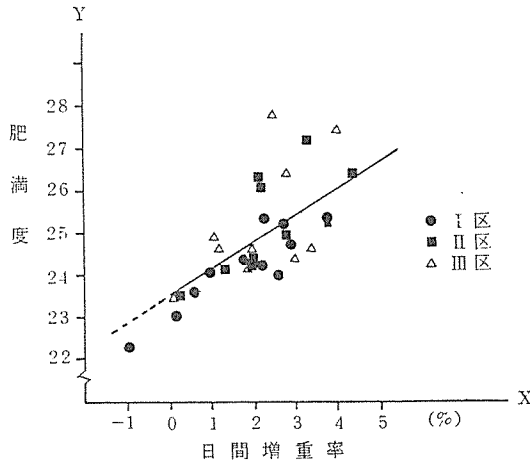


図-1 日間増重率と肥満度との関係

と述べた。しかし、このうち肥満度に関しては、今回の検討の結果、肥満度と日間増重率との相関は体重と体長の3乗の間に直線関係の有無に関係なしに成立することがはっきりしたので、まず、その点を明らかにする。

日間増重率は次の式で示される。

$$X = \frac{\Delta W}{W_r(n-r)} \times 100 = \frac{W_n - W_r}{W_r(n-r)} \times 100 \dots (1)$$

(但し、 ΔW : 増重量 W_r : r日目の体重)
 W_n : n日目の体重 (n-r): 日数)

肥満度は体重/(体長)³に1,000を乗じたものとする、r日目の肥満度は、

$$A_r = \frac{W_r}{L_r^3} \times 1,000 \dots (2)$$

n日目の肥満度は

$$A_n = \frac{W_n}{L_n^3} \times 1,000 \dots (3)$$

(但し、 L_r : r日目の体長、 L_n : n日目の体長)

(2)式より

$$W_r = A_r \cdot L_r^3 \times \frac{1}{1,000} \dots (2')$$

(3)式より

$$W_n = A_n \cdot L_n^3 \times \frac{1}{1,000} \dots (3')$$

次に(2)', (3)' 式を(1)に代入すると

$$X = \frac{A_n \cdot L_n^3 \times \frac{1}{1,000} - A_r \cdot L_r^3 \times \frac{1}{1,000}}{A_r \cdot L_r^3 \times \frac{1}{1,000} \times (n-r)} \times 100$$

$$= \frac{A_n L_n^3 - A_r L_r^3}{A_r L_r^3 (n-r)} \times 100$$

$$= \left\{ \left(\frac{A_n}{A_r} \right) \left(\frac{L_n}{L_r} \right)^3 - 1 \right\} \times \frac{100}{(n-r)} \dots (4)$$

表-2 日間増重率、日間体長増加率、肥満度、肥満度比について

項目	試験区		Ⅰ区				Ⅱ区				Ⅲ区			
	試験日数 (n-r)	無給餌日数	日間増重率 $\frac{\Delta W \times 100}{W_r(n-r)}$	日間体長増加率 $\frac{\Delta L \times 1,000}{L_r(n-r)}$	肥満度 $\frac{W}{L^3} \times 1,000$	肥満度比 $\frac{W_n}{W_r} \frac{L_r^3}{L_n^3}$	日間増重率 $\frac{\Delta W \times 100}{W_r(n-r)}$	日間体長増加率 $\frac{\Delta L \times 1,000}{L_r(n-r)}$	肥満度 $\frac{W}{L^3} \times 1,000$	肥満度比 $\frac{W_n}{W_r} \frac{L_r^3}{L_n^3}$	日間増重率 $\frac{\Delta W \times 100}{W_r(n-r)}$	日間体長増加率 $\frac{\Delta L \times 1,000}{L_r(n-r)}$	肥満度 $\frac{W}{L^3} \times 1,000$	肥満度比 $\frac{W_n}{W_r} \frac{L_r^3}{L_n^3}$
0日	-	-	-	-	25.2	-	-	-	26.3	-	-	-	27.7	-
14日	14	2	2.9	9.3	24.7	0.98	3.3	8.7	27.2	1.03	2.8	8.8	26.4	0.95
28日	14	2	2.3	6.4	25.3	1.02	4.4	12.5	26.4	0.97	4.0	11.7	27.4	1.03
42日	14	5	0.6	3.4	23.6	0.93	2.2	7.4	26.1	0.99	1.1	5.0	24.9	0.91
56日	14	2	3.8	8.8	25.3	1.07	3.8	11.9	25.2	0.97	3.0	11.7	24.4	0.98
71日	15	1	2.6	9.3	24.0	0.95	2.8	7.7	24.9	1.01	3.4	8.2	24.6	1.01
83日	12	1	1.0	3.1	24.1	1.00	1.3	5.1	24.1	0.96	1.2	3.6	24.6	1.00

注) W_r : r日目の体重、 W_n : n日目の体重、 L_r : r日目の体長、 L_n : n日目の体長
 ΔW : n日目とr日目の体重の差、 ΔL : n日目とr日目の体長の差

この関係式は、 $L_n \geq L_r$, すなわち $(\frac{L_n}{L_r})^3 \geq 1$ の場合、ないしは、 $L_n < L_r$, すなわち $(\frac{L_n}{L_r})^3 < 1$ の場合のいずれにおいても、日間増重率 X と肥満度比 (A_n/A_r) の間に相関関係が成立することを示す。このことより肥満度と日間増重率との関係は、体重と体長の3乗の間の直線関係にかかわりなく相関があることを示す。

次に肥満度と日間増重率、体長増加率との関係について検討の結果を以下に示す。表-2に、試験期間中の日間増重率、日間体長増加率、肥満度、肥満度比について示した。

3-1 日間増重率と日間体長増加率との関係

肥満度は体重と体長の3乗の比で表わされることより、肥満度の大小の変化は、一定期間における体重の増重割合と体長の増加割合との関係によって示すことが可能である。図-2では、試験結果をもとに、これらの関係について示したものである。図に示されているように、I区は、 $Y=2.19X+1.91$, $n=6$, $r=0.908$, II区は $Y=2.44X+1.64$, $n=6$, $r=0.964$, III区は $Y=2.52X+1.66$, $n=6$, $r=0.889$ で、I, II, III区全体の相関は $Y=2.41X+1.69$, $n=18$, $r=0.921$ で、日間増重率と日間体長増加率において相関関係が見られることが明らかになった。

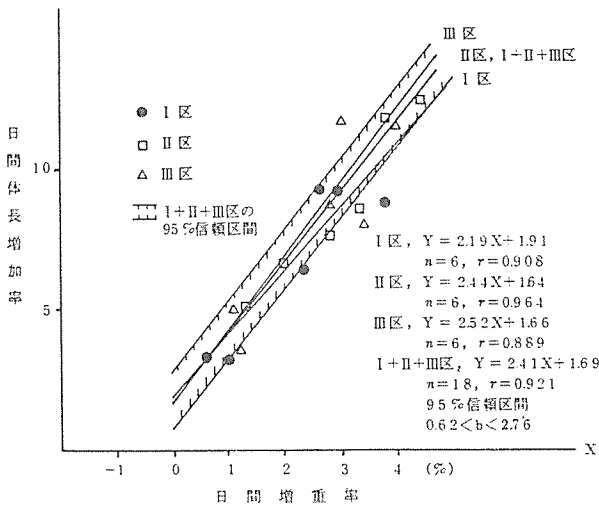


図-2 日間増重率と日間体長増加率との関係

3-2 日間増重率と肥満度比について

先の日間増重率と日間体長増加率との関係が肥満度とどのような関係になるかを実験データをもとに示したのが図-3である。この図からは、日間増重率が大きくなると肥満度比が大きくなり、日間増重率が小さ

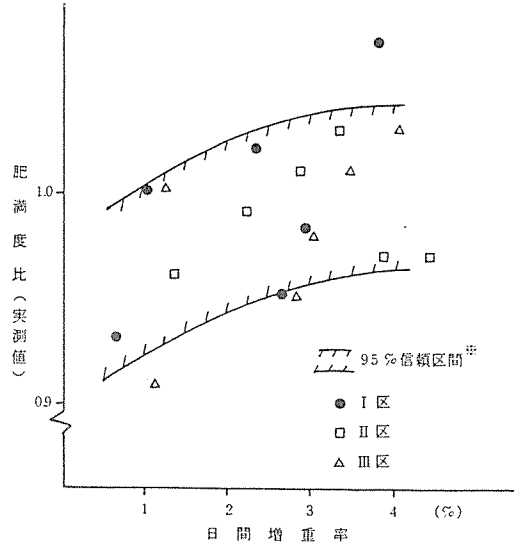


図-3 日間増重率と肥満度比との関係

※95%信頼区間は、図-2のI+II+III区の回帰直線における95%信頼区間より算出

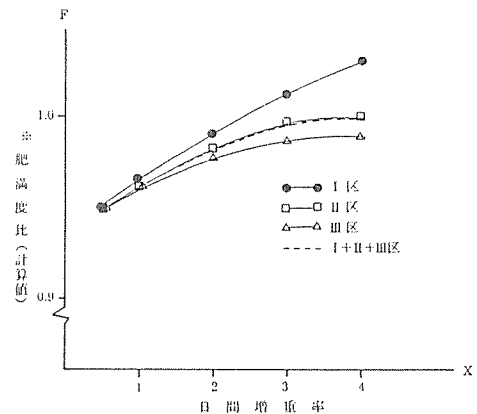


図-4 日間増重率と肥満度比との関係

※肥満度比は図-2の日間増重率と日間体長増加率との間の関係式より求めた値(但し、 $n-r=14$ とする)

くなると肥満度比が小さくなる傾向が見られるようであるがバラツキも大きい。

日間増重率と肥満度比との関係をさらに明確にするために、日間増重率と日間体長増加率との直線関係式から日間増重率と肥満度比との関係を計算で求め、図-4に示した。この図から、図-3の日間増重率と肥満度との相関性が数学的に裏づけられた。

3-3 日間増重率と日間体長増加率と肥満度比との関係について — 一般式化 —

先の結果をもとに、日間増重率と日間体長増加率との関係、および日間増重率と肥満度比との関係について一般式化を試みた。

日間増重率と日間体長増加率との間に直線関係が見られるとすると、これを

$$Y = aX + b \quad (b \geq 0) \dots (1)$$

(但し、X: 日間増重率
Y: 日間体長増加率
a, b: 定数)

この関係により、日間増重率と肥満度比との関係式を求めると以下の式のようなになる。

肥満度比は

$$F = \frac{W_n}{L_n^3} \times 10^3 / \frac{W_r}{L_r^3} \times 10^3 \dots (2)$$

(但し、W_n, L_n: n日目の体重, 体長
W_r, L_r: r日目の " , ")

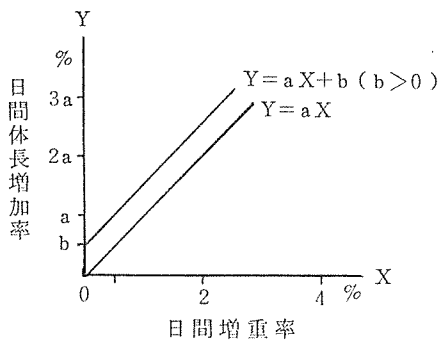
日間増重率は

$$X = \frac{W_n - W_r}{W_r(n-r)} \times 100 \dots (3)$$

(n-r: 日数)

日間体長増加率は

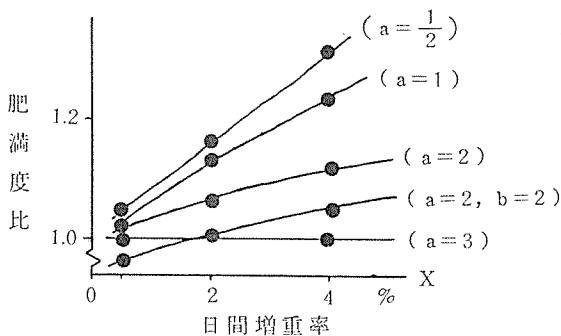
$$Y = \frac{L_n - L_r}{L_r(n-r)} \times 1,000 \dots (4)$$



$$Y = aX + b$$

X: 日間増重率
Y: 日間体長増加率

図-5 日間増重率と日間体長増加率との関係



$$F = \frac{W_n}{L_n^3} \times 10^3 / \frac{W_r}{L_r^3} \times 10^3$$

$$= \left\{ 1 + \frac{X}{10^2} (n-r) \right\} / \left\{ 1 + \frac{aX+b}{10^3} (n-r) \right\}^3$$

(但し、図は n-r=10 の場合である)

図-6 日間増重率と肥満度比との関係

(3)式より

$$W_n = W_r \left\{ \frac{X(n-r) + 10^2}{10^2} \right\} \dots (3)'$$

(4)式より

$$L_n = L_r \left\{ \frac{Y(n-r) + 10^3}{10^3} \right\} \dots (4)'$$

(3)', (4)'式を(2)式に代入

$$F = \frac{W_r \left\{ \frac{X(n-r) + 10^2}{10^2} \right\}}{L_r^3 \left\{ \frac{Y(n-r) + 10^3}{10^3} \right\}^3} / \frac{W_r}{L_r^3}$$

$$= \left\{ 1 + \frac{X}{10^2} (n-r) \right\} / \left\{ 1 + \frac{Y}{10^3} (n-r) \right\}^3 \dots (5)$$

(5)式に(1)式を代入

$$F = \left\{ 1 + \frac{X}{10^2} (n-r) \right\} / \left\{ 1 + \frac{aX+b}{10^3} (n-r) \right\}^3$$

以上より、一定の飼育期間中の肥満度比は日間増重率によって規定されることが数学的に明らかとなった。これらの関係について図-5, 6に示した。この関係から肥満度と日間増重率との間における相関性のあることが頷推された。

4. まとめ

コイの肥満度と日間増重率に相関が見られ、数学的にも明らかになった。また、肥満度について、日間増重率と日間体長増加率との関係から検討をおこなった。

- (1) 日間増重率と日間体長増加率との間に直線関係が見られた。
- (2) 日間増重率と肥満度比との関係は実験データから、相関が見られた。
- (3) (2)の相関関係は、日間増重率と日間体長増加率との間に直線関係が見られれば成立することが数学的に明らかになった。

文献

- 1) 水尾寛己, 畠中潤一郎, 樋口文夫, 福島悟, 鈴木重之: コイ (*Cyprinus carpio*) における摂餌率と飼料効率について, 横浜市公害研究所報 5, 97~107 (1980).

Nitzschia palea(附着性ケイ藻)を用いた AGP測定法の検討 (第2報) — 河川水による培養試験 —

福 嶋 悟*

要 旨

Nitzschia palea を供試藻とするAGP測定法を確立するため、河川水を用いた藻類培養試験等の実験を行った。その結果以下のことが明らかになった。1) 熱分解法とろ過法で前処理した試水の無機窒素化合物濃度はほぼ同じであるが、リン酸態リン濃度は熱分解法で前処理した試水で小さくなる傾向を示した。2) 試水の希釈は最大増殖量が1,000 chl·a $\mu\text{g}/\ell$ 前後になるように調整する必要がある。3) 培養試験期間中の藻体の培養管壁面への附着防止は、振とう培養を行うことにより可能である。4) 増殖量測定頻度は対数増殖期中途以降は1日1回程度必要となる。

1. はじめに

藻類培養試験による藻類増殖の潜在能力(AGP)の測定により、水域の富栄養化の状況、藻類増殖の制限栄養物質及び阻害物質、排水が放流水域の富栄養化に及ぼす影響、高度処理効果等を評価することができる。

河川を対象としたAGPの測定は、多くの場合湖沼に生育する浮遊性藻類を供試藻としているが、種により栄養要求性が異なるため、AGP値や制限栄養物質が異なることもある。河川のAGP測定は河川に生育する種を供試藻とすべきであるが、河川に生育する附着性藻類を供試藻とするAGP測定法はまだ確立されていない。

本報では前報¹⁾にひき続き、河川に広く分布し、有機汚濁の著しい河川で代表的な附着性藻類の*Nitzschia palea* を供試藻とするAGP測定法を確立するため、河川水を試水として行なった藻類培養試験結果を中心に報告する。

2. 実験方法

2-1 試水の調製

2-1-1 前処理

原水の前処理はろ過法と熱分解法で行った。ろ過法は河川より採取した原水をメンブランフィルター(ミリポア、孔径0.45 μm 、直径142mm)で加圧ろ過した。熱分解法は原水をオートクレーブで1 kg/cm²、121℃で20分間処理した後、メンブランフィルターで加圧ろ過した。

2-1-2 希 釈

前処理した試水を無希釈から10倍希釈の範囲内で、最大で3段階に希釈した。

2-2 前処理した試水の分析法

前処理した試水のリン酸態リン、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素の分析は、イオンクロマトグラフ(DIONE-X-10)、又は海洋観測指針の分析法で行った。アンモニア態窒素の分析は、海洋観測指針の分析法で行った。なお、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素の合計値を無機窒素化合物の値とした。

A study on algal growth potential measurement method with periphytic diatom, *Nitzschia palea*, 2. Cultivation test with river water samples.

* Satoshi Fukushima 横浜市公害研究所水質部門

2-3 培養試験

2-3-1 供試藻

供試藻は東京大学応用微生物研究所、微細藻類系統保存株B-18の*Nitzschia palea*である。

2-3-2 前培養

試水に接種する藻体は、Gorham No. 11 改変培地 (MG No. 11) でAGP試験と同じ条件、方法で培養し、最大クロロフィルa濃度に達したもの、もしくは最大クロロフィルa濃度に達した直後のものである。

2-3-3 接種

前培養した藻体をあらかじめ濃度調製し、その液を10ml接種した時のクロロフィルa濃度が10 $\mu\text{g}/\text{l}$ となるようにした。

2-3-4 培養方法

培養試験は振とう培養と静置培養で行なった。

振とう培養は1 ℓ L型培養管に500mlの試水を入れ、30回/分のモノ型振とう機を使用した。

静置培養は300ml三角フラスコに200mlの試水を入れ、1日1回の振とう撹拌を行なった。

2-3-5 培養条件

培養は温度20 $^{\circ}\text{C}$ 、照度4 Kluxで14時間明、10時間暗のサイクルで行なった。

2-3-6 増殖量の測定

増殖量の測定はクロロフィル法で行った。増殖量の測定に用いた試水は50mlである。なお培養管壁面に付着した培養藻のクロロフィルの測定は培養管内の試水を捨て、少量の95%アセトン溶液を入れ、振とう抽出操作を色素が抽出されなくなるまで繰り返して行った。

3. 結果及び考察

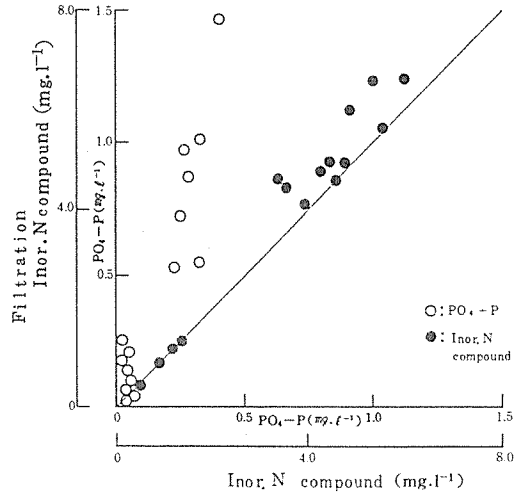
3-1 前処理による栄養塩の損失

AGPの測定を行なう場合、原水を前処理して藻類、細菌類を除去する必要がある。

ろ過法と熱分解法で前処理した試水の、藻類増殖に影響の大きい無機窒素化合物とリン酸態リン濃度を比較すると、無機窒素化合物の濃度はほぼ同じであるが、リン酸態リンは熱分解法で前処理した時の濃度が低くなる傾向を示した(図-1)。このような現象は、熱分解の過程で原水中の浮遊物へのリン酸態リンの吸着作用等が生じたためと考えられる。

以上のことより、汚濁が進行した河川のAGP測定のための前処理は、ろ過法が適していることが明らかになった。

しかし湖水の場合、逆にリン酸態リンはろ過法に比べ熱分解法で前処理すると多くなる傾向が報告されて



Autoclaving and membran filtration
Inor. N compound : $\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_4$

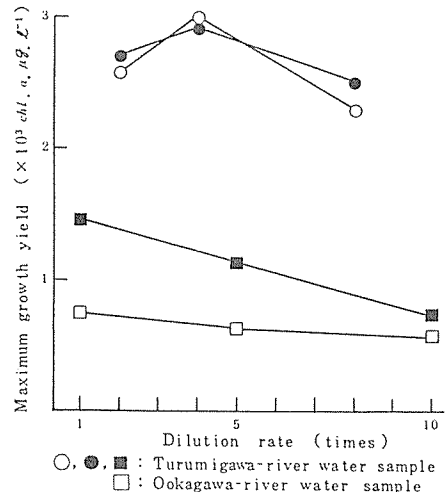
図-1 熱分解法と3過法で前処理した試水のリン酸態リンと無機窒素化合物濃度

おり²⁾、前処理法として熱分解法がよいとされている³⁾。また、本報の結果と同様に熱分解法は栄養塩の損失がろ過法に比べて大きいとする報告もあり¹⁾、有機物を含む原水の前処理はろ過法がよいとされている³⁾。

AGPの測定を行う水域に適した前処理法を採用するためには、事前にろ過法と熱分解法の両方で前処理した試水の栄養塩濃度の測定を行う必要がある。

3-2 試水の希釈倍率と最大増殖量の関係

栄養塩濃度が高い試水中では、制限因子となる栄養塩の他に、藻体が多く増殖することによる培養管内の照度の低下も藻体の増殖に影響を与えることが考えられる。そのため、栄養塩濃度が高い試水のAGPを測定する場合は希釈をする必要がある。希釈率はAGPが最大となるように設定することが望ましいとされて



○, ● : Turumigawa-river water sample
□ : Ookagawa-river water sample

図-2 試水の希釈倍率と最大増殖量の関係

いる。^{6),7)}

栄養塩濃度の異なる4種類の試水についてそれぞれ3段階に希釈を行い、振とう培養により最大増殖量をもとめた。その結果栄養塩濃度の低い2種類の試水は無希釈で800と1400 $chl. a \mu g/l$ の最大増殖量を示し、栄養塩濃度の高い2種類の試水を2培, 8培希釈した時には最大増殖量を示さず、4倍希釈で両者とも約2,900 $chl. a \mu g/l$ の最大増殖量を示した。(図-2)。

以上のことより、本報の培養条件下で振とう培養した *Nitzschia palea* の最大増殖量は1,000 $chl. a \mu g/l$ 前後と推定され、AGPが大きい値となる可能性のある試水は最大増殖量が1,000 $chl. a \mu g/l$ 位になるように希釈する必要がある。

表-1 培養方法の相違が藻体の付着に与える影響

方法	試水No.	培 養 日 数						
		2	3・4	5・6	7・8	9・10	11・12	13・14
静置培養	1	—	114(84)	239(74)	277(41)	217(3)	129(2)	—
	2	—	127(59)	469(37)	610(12)	589(1)	—	—
振とう培養	3	100(1)	161(4)	105(0)	74(0)	56(0)	—	—
	4	—	193(2)	372(2)	225(1)	157(0)	—	—
	5	—	187(0)	759(1)	713(2)	—	—	—
	6	—	113(18)	—	977(30)	1000(42)	841(28)	752(20)
	7	—	102(15)	—	189(34)	156(34)	137(43)	116(43)

単位: $chl. a \mu g/l$, (): 付着率. %, 試水No. 6, 7は培養管に試水を入れ72時間静置後培養した。

No.11における傾向と一致し、対数増殖期から死滅期にいたる培養期間中の藻体の付着率は極めて低かった。また、試水を培養管に入れ72時間静置してから振とう培養を始めたNo.7と8の試水では、対数増殖期から死滅期にいたる培養期間中の藻体の付着率は高かった(表-1)。

これらの結果より、河川水を試水とした場合メンブリンフィルターを通過した微粒子が藻体の付着基物となると考えられ、微粒子を懸濁状態に保つため、振とう培養をすることにより藻体の培養管壁面への付着は防げること、微粒子が培養管壁面に付着もしくは吸着され、水中の微粒子が少なくなると、振とう培養しても藻体の培養管壁面への付着は防ぐことができないことが明らかになった。

3-4 藻体の増殖期の違いによる付着性の相違 振とう培養により対数増殖期(300 $chl. a \mu g/l$)

3-3 振とう培養と静置培養における藻体の付着

MGN0.11(作成法は前報¹⁾B-1による)を用い振とう培養すると、藻体の培養管壁面への付着率は極めて低いのにに対し、静置培養では対数増殖期の付着率は高く、静止期の付着率は低くなる傾向が認められた。¹⁾このような両方法における異なる傾向は藻体の付着基物となる水酸化鉄を主体とした沈澱物にリン酸が吸着したものを懸濁状態に保つか、静置状態に保つかの相違により生じたものである。

河川水を静置培養したNo.1と2の試水では、MGN0.11における傾向と同様に、対数増殖期の藻体の付着率は高く、静止期ではMGN0.11の傾向とは異なり、藻体の付着率はやや高く、死滅期の藻体の付着率は極めて低くなった。振とう培養したNo.3~5の試水では、MG

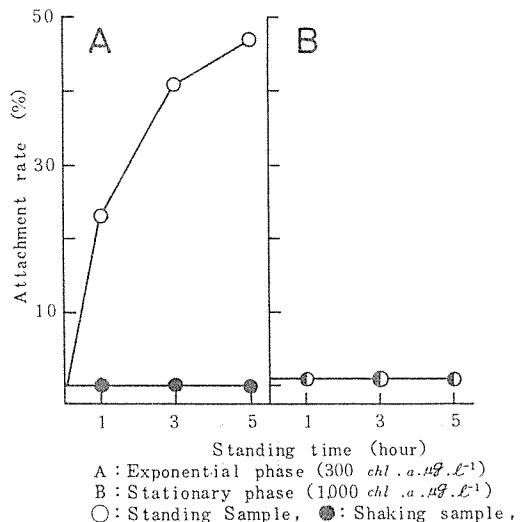


図-3 振とう培養藻を静置状態にした時の付着率の経時的変化

表-2 最大増殖量の変動

試水No.	最大増殖量 ($chl \cdot a \mu g/l$)					平均値	標準偏差	変動率
1	557	601	655	670	602	617	45.6	7.4
2	1190	1120	1200	1230	1180	1180	40.4	3.4
3	1120	1240	1160	1120	1090	1150	58.1	5.1
4	316	322	335	329	330	326	7.3	2.2

になった藻体を静置状態にすると、その直後より藻体の培養管壁面への付着率は増加し始め、5時間後には約50%の藻体の付着が認められた。しかし、振とうを続けた藻体の付着は認められなかった。また、静止期(1,000 $chl \cdot a \mu g/l$)になった藻体を、静置状態にしても、振とうを続けた場合と同様に付着は認められなかった(図-3)。

静置培養で対数増殖期の藻体の付着率が高いのは、対数増殖期の藻体の付着性が極めて高いためである。

3-5 最大増殖量の変動率

No.1 からNo.4 の試水をそれぞれ5本の培養管に入れ、振とう培養した藻体の最大増殖量の平均値は326 ~ 1,180 $chl \cdot a \mu g/l$ で、変動率は2.2 ~ 7.4%であった(表-2)。

緑藻類の *Chlorella* sp. を用い乾燥重量で測定した最大増殖量の変動率は9 ~ 17%と報告されており、⁷⁾これに比べ本報に示した方法で *Nitzschia palea* を用い測定した最大増殖量の変動率は小さくなっている。これは培養条件を統一していることに加え、重量法に

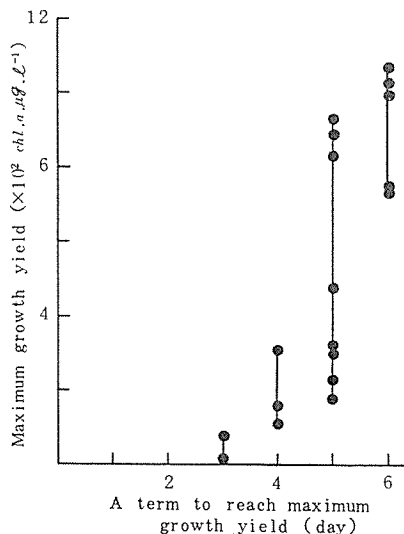


図-4 最大増殖量と最大増殖量に達するまでの期間

比べ測定法としての精度の高いクロロフィル法で測定しているためである。

3-6 培養試験期間

種々の試水で振とう培養した藻体の最大増殖量は、20 ~ 1,100 $chl \cdot a \mu g/l$ で、培養を始めてから3 ~ 6日で最大増殖量に達し、最大増殖量が大きいほど、最大増殖量に達するまでの期間は長くなる傾向が認められた(図-4)。

緑藻類の *Selenastrum capricornatum* や藍藻類の *Microcystis aeruginosa* を供試藻とする培養試験では条件は異なるが、最大増殖量に達するまで14日間前後の期間を要し、^{2), 8)}これに比べ *Nitzschia palea* を用いた時の最大増殖量に達するまでの期間はかなり短い。

最大増殖量に達するまでの期間が短く、クロロフィル濃度は最大増殖量を示した後急激に減少するため、AGP測定のための増殖量測定頻度は、対数増殖期中途以降は1日1回程度必要となる。

3-7 クロロフィルa濃度から乾燥重量への換算

AGPは一般に藻体の乾燥重量で表示される。乾燥重量の測定は多量の試水を必要とするため、一般には

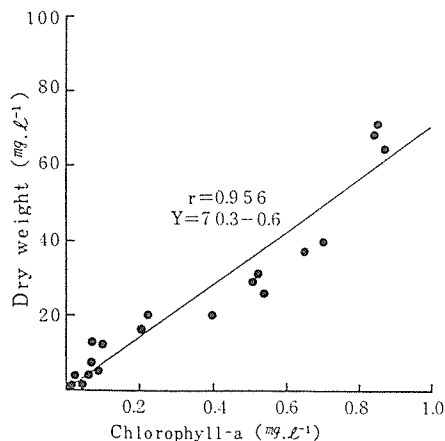


図-5 *Nitzschia palea* のクロロフィル濃度と乾燥重量の関係

藻類の細胞数を乾燥重量に換算する例が多い。しかし、*Nitzschia palea* のようなケイ藻類は、細胞が死滅した後も殻はそのままの形で残り、顕微鏡下での細胞の生死の判別がむずかしく、コールターカウンターの利用も困難である。

クロロフィル *a* 濃度を乾燥重量に換算し、AGP 値を求めるため両者の関係を検討した。培養は *Nitzschia palea* を MGNo.11 で静止期まで振とう法で行った。その結果クロロフィル *a* 濃度 (x) と乾燥重量 (y) の間に、相関係数 $r = 0.956$ で、 $y = 70.3x - 0.6$ の回帰直線が得られ、有意水準 0.01 で有意な正の相関関係が認められた (図-5)。

4. まとめ

本報と前報¹⁾の AGP 測定法に関する検討結果をまとめ、以下にケイ藻類の *Nitzschia palea* を供試藻とする河川の AGP 測定法の要点を示す。

- 1) 前処理はろ過法か熱分解法の両方法のうち、栄養塩類の損失の少ない方法を採用する。
- 2) 試水の希釈は最大増殖量が $1,000 \text{ chl} \cdot a \text{ } \mu\text{g}/\ell$ 前後になることを目安に行う。
- 3) 前培養は藻体の培養管壁面への付着を除き、増殖量の正確な測定を可能にするため、培地については Gorham No.11 改変培地の全成分を混合後、高压蒸気滅菌して作成し、培養は振とう法で行う。
- 4) 接種する藻体は前培養で静止期もしくは静止期をすぎた直後のもの (クロロフィル *a* 濃度より判断する) とし、クロロフィル *a* 濃度として $10 \mu\text{g}/\ell$ となるように試水に接種する。
- 5) 培養条件は温度 20°C 、照度 4 klux で 14 時間明、10 時間暗サイクルとする。
- 6) AGP 測定のための培養は、藻体の培養管壁面への付着を防ぐため、振とう法で行う。
- 7) 増殖量の測定は、精度が高く最大増殖量を明確に把握できるクロロフィル法で行う。測定頻度は対数増殖期中途以降は 1 日 1 回程度必要となる。
- 8) AGP は最大クロロフィルの *a* 濃度を乾燥重量に換算して現わす。

文 献

- 1) 福嶋悟: *Nitzschia palea* (付着性ケイ藻) を用いた AGP 測定法の検討, 横浜市公害研究所報. 6, 147-161 (1981).
- 2) V. Eloranta and O. Laitinen: Evaluation of sample preparation for algal assays on waters receiving effluents, *Verh. Internat. Limnol.* 21, 770-775 (1981).
- 3) 須藤隆一・田井慎吾・矢木修身・岡田光正・細見正明・山根敦子: 藻類培養試験法による AGP の測定, 陸水域の富栄養化に関する総合研究(X), 国立公害研究所, 53 PP. (1981).
- 4) W. N. Doemel and T. D. Brock: The physiological ecology of *Cyanidium caldarium*, *J. Gen. Micro.* 67, 17-32 (1971).
- 5) W. E. Miller, J. C. Greene and T. Shiroyama: The *Selenastrum capricornutum* Prinz algal assay bottle test, EPA 600/9-78-018, 126 PP. (1978).
- 6) 岡田光正・須藤隆一: AGP をめぐる諸問題, 用水と廃水, 20, 765-779 (1978).
- 7) 森忠洋・須藤隆一・岡田光正: 下水 3 次処理水の藻類培養試験, 日本水処理生物誌, 14 (2), 22-29 (1978).
- 8) 須藤隆一・森忠洋・大竹久夫・岡田光正・合葉修一: 都市下水の 2 次処理水が示す藻類生産の潜在能力, 下水道協会誌, 12 (133), 34-42 (1975).

鶴見川水系における有機物と陰イオン に関する基礎調査

福 島 博*

要 旨

横浜市北部を流れる鶴見川における水質の現状を把握するため、10調査地点を選びCOD、BOD等の有機汚濁指標及び陰イオン濃度を夏、冬の2度にわたり測定し、あわせて河川水中の有機物のゲル分画を行なった。

その結果、鶴見川本流よりも支流において汚濁の著しい地点のあること、また上流域では谷本川よりも恩田川において汚濁の著しいことが明らかとなった。また陰イオンについては塩素イオン濃度が有機汚濁指標と相関があり、さらにCOD、BODや塩素イオン、リン酸態リンは冬期において夏期より高くなる傾向が認められたが、硫酸イオン、硝酸性窒素等は季節によりその濃度があまり変化しなかった。さらに河川水の有機物のゲル分画の結果、BOD等の指標がほとんど同じでもその成分にはかなりの違いのあることが明らかとなった。

1. はじめに

水域の環境は水質・底質・生物等の要因により構成され、各々について密接な関係が保たれている。その中で水質の果たす役割は最も重要であり、また絶えずその性質も変動し、長期的にみれば底質や生息生物にも多くの影響を及ぼすものと考えられる。

鶴見川は横浜市北部を流れる一級河川であり、水質汚濁防止法にもとずき、8測定地点において定期的に水質測定が行われている¹⁾。しかし上流部はその対象から除かれており、鶴見川全体の水質特性を把握するには更にきめ細かい調査が必要である。

そこで今回は鶴見川水系10地点につき、BOD、COD、陰イオン濃度を測定するとともに、有機物のゲル分画を行ない、調査地点の特徴について若干の考察を加えたので報告する。

2. 調査方法

2-1 調査時期

1982年1月12日(冬期)および同年7月19日(夏期)の2度にわたり調査を実施した。

2-2 調査地点

調査地点は図-1に示す鶴見川水系の10地点であり、地点名は表-1のとおりである。このうちST.3(千代橋)、ST.6(都橋)、ST.8(亀の子橋)、ST.10(末吉橋)の4地点は水質汚濁防止法にもとづく公用水域の測定点である。また、ST.1(寺家川)、ST.2(寺家橋)、ST.4(堀の内橋)、ST.5(三保橋)、ST.6、ST.8、ST.10の7地点は横浜市が過去に実施した生物相調査²⁾の地点と一致している。さらにこの他に、ST.7(新開橋)は極めて有機性汚濁の高い中小都市河川の1例として、またST.9(三歩野橋)は家庭雑排水の占める割合が多いと思われる地点の例として調査地点のひとつに加えることとした。

2-3 分析方法

2-3-1 COD, BOD

いずれもJISK0102(工場排水試験方法)に拠った。

2-3-2 TOC(全有機炭素濃度)

ベックマン915-B型を使用した。塩酸⁺性で無機炭素をスパージして除去した後、高温で燃焼酸化し、NDIRでCO₂を定量する方法を用いた。

Measurements of Organic Substances and Anion in Tsurumi River.

* Hiroshi Fukushima 横浜市公害研究所水質部門

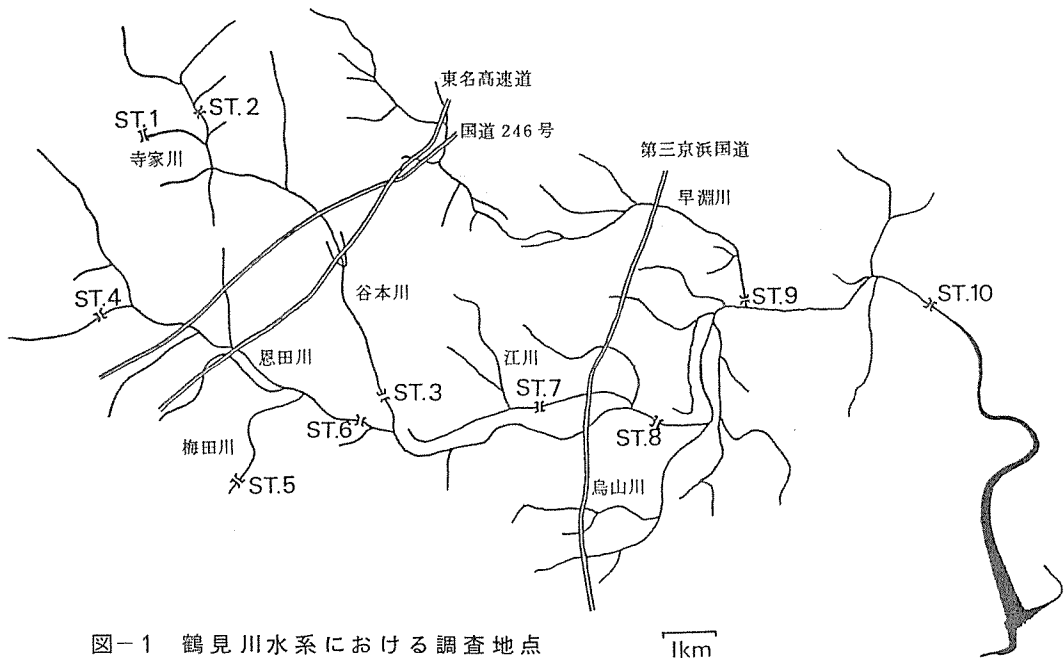


図-1 鶴見川水系における調査地点

表-1 調査地点

ST. No.	採水地点名
1	寺家川 (熊ノ神社横)
2	谷本川 (寺家橋)
3	谷本川 (千代橋)
4	恩田川 (堀の内橋)
5	梅田川 (三保橋)
6	恩田川 (都橋)
7	江川 (新開橋)
8	鶴見川 (亀の子橋)
9	早瀬川 (三歩野橋)
10	鶴見川 (末吉橋)

2-3-3 亜硝酸性窒素

海洋観測指針³⁾に拠った。

2-3-4 塩素イオン, 硫酸イオン, 硝酸性窒素, リン酸態リン

イオンクロマトグラフDionex10を使用した。溶離液としては0.0024 M炭酸ナトリウム, 0.003 M炭酸水素ナトリウムを用いた。

2-3-5 ゲルクロマトグラフィーによる有機物の分画⁴⁾

水試料2ℓをロータリーエバポレータにより40ml

になるまで常温減圧濃縮し, そのうち10mlにつき, 溶解性有機物の分子量分画を行なった。使用したゲルはセファデックスG-25であり, カラムは2.6×95cm (ベッド容積504cm³), 溶出液は蒸留水とした。フラクションコレクターにより1フラクション10mlずつを採取し, 各フラクションについてTOC濃度を測定した。

3. 結果および考察

3-1 鶴見川における有機物濃度

昨年(1981年)実施された河川の全国水質測定結果によれば, 鶴見川はBODで全国ワースト2となっている。また, ここ数年その値はほぼ横ばい傾向にあり, 改善の方向に向かっているとはいえない。⁵⁾表-2, -3には今回行なった冬期, 夏期の調査結果を示した。

表-2より明らかなように冬期の場合, CODはその値が2.4~40mg/ℓとなっておりBOD(1~66mg/ℓ)と同様に地点により大きな違いがある。特に上流においては谷本川(ST.2, 3)よりも恩田川(ST.4, 6)における有機汚濁が相変わらず進んでおり, BODの値も20mg/ℓ以上となっている。またこのような傾向は夏期においても見られた。さらに冬期の場合, 市内では地下湧水などを主な水源としているST.1やST.5などを除けば, ほとんどの地点でBOD値が10mg/ℓを越えている。最近, 水域環境にお

表一 2 各調査地点における有機物汚濁指標 (1982年1月)

ST. No.	COD (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	TOC (mg/ℓ)	COD/TOC	BOD/TOC
1	2.4	1.0	3.3	0.73	0.30
2	9.4	11.5	6.5	1.45	1.77
3	10.3	16.3	7.4	1.39	2.20
4	20.5	24.0	10.2	2.01	2.35
5	4.0	4.4	3.2	1.25	1.38
6	20.8	25.0	8.6	2.42	2.91
7	40.0	66.0	17.1	2.34	3.86
8	10.8	11.0	8.0	1.35	1.38
9	13.2	32.5	9.5	1.39	3.42
10	8.7	14.5	8.5	1.53	1.71

表一 3 各調査地点における有機物汚濁指標 (1982年7月)

ST. No.	COD (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	TOC (mg/ℓ)	COD/TOC	BOD/TOC
1	8.4	1.8	5.1	1.65	0.35
2	7.3	8.0	3.7	1.97	2.16
3	6.8	6.4	3.5	1.94	1.83
4	17.8	13.0	5.0	3.56	2.60
5	7.4	2.1	3.2	2.31	0.66
6	8.6	11.0	3.7	2.32	2.97
7	15.4	18.0	4.8	3.21	3.75
8	8.4	5.6	3.9	2.15	1.44
9	9.4	9.3	3.9	2.41	2.38
10	6.7	4.4	4.0	1.68	1.10

ける有機汚濁指標としてのTOCが着目され、COD、BOD、TOC三者間の比による有機物の質的相違に関する議論が行われている。⁹⁾それによればBOD/TOCの値は家庭排水等の人為的汚染と密接な関係があると考えられ、鶴見川水系の場合は、恩田川、江川、早淵川において高い値がみられた。さらに自然汚染の支配的な地点ではBOD/TOCに比べCOD/TOCが高くなる傾向となるが、本調査においてもST. 1 (冬)、ST. 1 (夏)、ST. 5 (夏)などにその例が見られた。しかし、一般的には鶴見川の場合BOD/TOCの値が高い地点ではCOD/TOCの値も高いという結果であった。また、季節の違いによる有機物汚濁濃度は夏期に比べ、冬期に高い値を示した。これは夏期の調査時に少量の降雨があったことにもよるが、詳細については更に調査を行なう予定である。

表一 4 有機汚濁指標間での相関

	TOC	COD	BOD
TOC			
COD	0.960		
BOD	0.950	0.947	
			(1982. 1)
TOC			
COD	0.580		
BOD	0.244	0.782	
			(1982. 7)

表一 2, 3から明らかなように、TOCはBODやCODなどの指標に比べると地点による差はあまり見

表一 5 各調査地点における陰イオン濃度 (1982年1月)

ST. No.	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N	PO ₄ ³⁻ -P
1	6.4	16.1	0.34	0.01>	0.03
2	42.7	40.6	2.26	0.17	0.39
3	38.9	38.1	1.29	0.14	0.39
4	97.0	57.0	2.15	0.38	1.47
5	10.4	9.3	0.84	0.02	0.03
6	62.0	46.9	1.56	0.38	1.08
7	107.0	73.6	0.16	0.01	0.52
8	63.0	40.5	1.24	0.18	0.69
9	40.5	28.6	0.56	0.12	0.75
10	320.4	70.1	1.54	0.14	0.69

表一 6 各調査地点における陰イオン濃度 (1982年7月)

ST. No.	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N	PO ₄ ³⁻ -P
1	5.7	11.1	0.69	0.04	0.01>
2	20.6	56.2	1.48	0.35	0.07
3	25.2	58.1	1.28	0.25	0.10
4	29.7	32.0	1.44	0.27	0.09
5	6.0	16.0	1.09	0.04	0.01>
6	28.6	43.5	1.15	0.20	0.20
7	29.9	54.9	0.01	0.02	0.01
8	32.0	53.6	2.02	0.35	0.14
9	25.9	46.3	0.49	0.12	0.17
10	52.6	51.1	2.47	0.30	0.05

られなかった。さらに、BOD、COD、TOC間の関係を調べたところ、冬期では極めて高い相関を示すのに対し、夏期ではあまり良い相関が得られなかった(表一4)。このような傾向は他の調査⁶⁾においても明らかとなっている。

3-2 鶴見川における陰イオン濃度

表一5、6に冬期、夏期における各調査地点の5種類の陰イオン濃度の分析結果を示した。今回の調査により、鶴見川水系における陰イオン濃度の全体的な傾向をほぼ把握できたものと考えられる。

はじめに、塩素イオンについては夏期に比べ冬期において高い傾向を示し、感潮域を除けばその値は、数mg/lから100mg/lの範囲であった。河川水中の塩素イオンは主にし尿や家庭排水等に由来していると考えられ、3-1の有機物濃度と高い相関を有していた。

図一2には冬期におけるBOD、COD濃度と塩素イオンとの関係を示した。

リン酸態リンも夏期に比べ冬期の方が高いという同様の傾向を示したが、それに対して、硫酸イオン、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素は季節の違いによる変化があまり見られなかった。また河川別では3-1と同様に恩田川における塩素イオン、リン酸態リン濃度は谷本川におけるそれよりも明らかに高い値であった。

いずれにせよ今後は他の環境要因との関係について更に調査を実施する予定である。

3-3 ゲルを用いた有機物の分画

河川水中の有機物(主として溶解性)の性質をより詳細に把握するため分子量分画を行なった。ゲルはG-25を使用し、分画範囲は分子量が1,000から5,000であった。また今回使用したゲルのポイドボリュームを

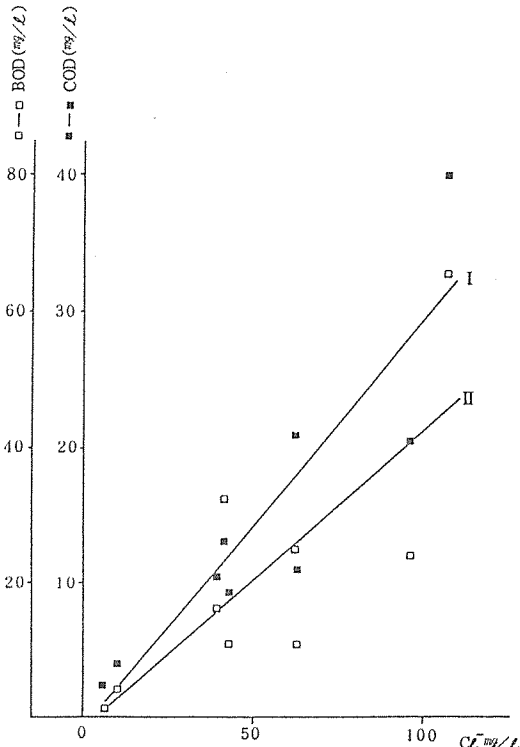


図-2 鶴見川におけるBOD, CODと塩素イオンとの関係(冬期)

ブルーデキストラン(分子量 2×10^6)により求めたところ、フラクシオン番号21の位置に出現した。ベッド容積は、 504 cm^3 であるため有機物はフラクシオン番号21から51の範囲で分離されることになる。今回は夏期において、ST. 3, 6, 8, 9の四地点につき河川水中の有機物のゲル分画を行なった。1例として図-3に、ST. 3(千代橋), ST. 6(都橋)における水中有機物のゲルクロマトグラムを示した。これらを比較すると、全体のゲルパターンにはあまり違いは見られないものの、例えばST. 3の3番目の分子量の小さい部分に相当するピークがST. 6では明確には検出されておらず、また分子量の大きい1番目のピークの高さにも違いがある等、細部においては相違がみられた。

そこで、これら有機物の内容の違いを詳細に検討する目的で、フラクシオン番号18~24をI, 以下25~31をII, 32~38をIII, 39~45をIV, 46~52をVとグループ化し、全体の有機物のうち各グループのTOCの占める割合を各々求め、図示したものが図-4である。図-4には2種類の藻、*Microcystis aeruginosa*(ラン藻), *Nitzschia palea*(ケイ藻)の増殖の際に生じる有機物を同一のゲルで分画した場

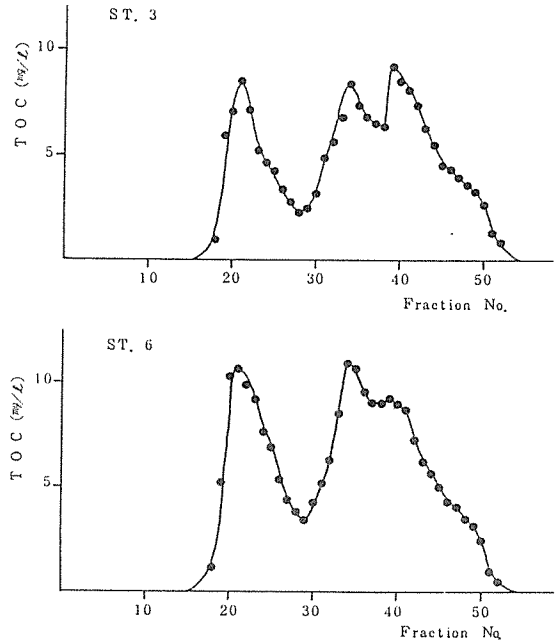


図-3 ST. 3(千代橋), ST. 6(都橋)における有機物のゲルクロマトグラム

合のデータを参考に示した?)このように有機物の種類により、それを構成する成分がかなり異なることが明らかである。

図-4の鶴見川4地点における分子量分布をみると、各グループの全体の有機物に占める比率はST. 6・ST. 8で同じパターンになっている。これに比べるとST. 3ではグループI, IIの高分子の占める割合がやゝ少なく、その反面、グループIV, Vの低分子の割合が多い。一方、ST. 9では反対に高分子部分が多く、低分子はやゝ少ないという傾向になった。河川水について測定されるCOD, BOD等の有機汚濁指標の値は各種の混合された有機物の総称として表現されるものであり、このように有機物を分画した結果、得られた有機汚濁指標がどのような成分と最も関連があるのかについて今後検討を加える予定である。またゲルで分画された成分の内容についても最近研究がすすめられている⁸⁾ため、これに関してもあわせて検討したいと考えている。

4. まとめ

鶴見川水系における水質の特徴を把握するため、10地点を対象にCOD, BOD等の有機汚濁指標および陰イオン濃度の測定を夏, 冬にわたり実施したところ次の結論が得られた。

1) 鶴見川上流では谷本川に比べ、恩田川の有機汚濁

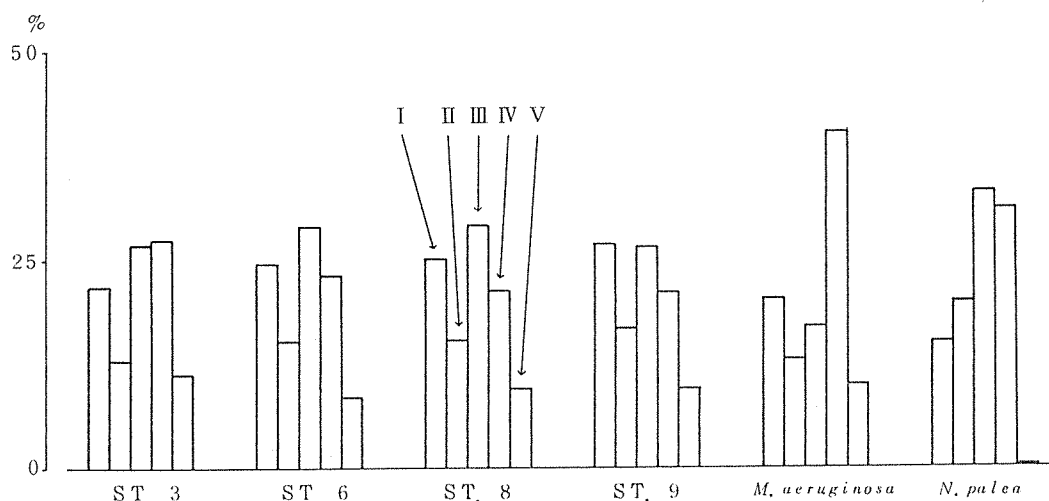


図-4 全体の有機物に占める各分画成分の割合

がより進行しており、上流においてもBODが5 mg/ℓ以下のところは見当たらなかった。

2) COD, BOD, リン酸態リン, 塩素イオンは夏期に比べ冬期に高い傾向を示したが、それに対し硫酸イオン, 硝酸性窒素, 亜硝酸性窒素は季節の違いによる濃度の相違がみられなかった。

3) 4地点の河川水のゲル分画を行なったところ、地点間で有機物の成分比に相違のあることが明らかとなった。

文 献

1) 神奈川県・横浜市・川崎市・横須賀市・藤沢市・相模原市：昭和55年度公共用水域水質測定結果報告書。

2) 横浜市公害対策局：横浜の川と海の生物(第3報), 公害資料No.92 (1982)。

3) 日本海洋学会：海洋観測指針(気象庁編)(1970)。

4) 亀井翼・丹保憲仁：水質のマトリックス的評価のためのゲルクロマトグラフィー, 水道協会雑誌第519号, 24-41(1977)。

5) 横浜市公害対策局：公害との戦い 昭和56年版 (1982)。

6) 西崎日佐夫・青山勲・別府洋吾：水圏環境における有機汚濁指標としてのTOC-湿式灰化(アンブル)法によるTOC測定一, 第16回水質汚濁学会講演集, 152-153(1982)。

7) 福島博・相沢貴子・真柄泰基：藻類増殖過程で生成されるトリハロメタン前駆物質の評価, 水質汚濁研究 投稿中。

8) 渡辺紀元・岸政美：ゲルクロマトグラフィーによる河川水と底泥の有機汚濁特性について, 水22, 389-95(1980)。

底質汚染指標

— 酸化還元電位、油分、示差熱を中心として —

二 宮 勝 幸*

要 旨

横浜市沿岸の底質汚染状況を把握するため、酸化還元電位・強熱減量・四塩化炭素抽出物質・油分を測定した。その結果、各々に相関関係が認められ、本牧以北は以南と比較してかなり汚染されていることが明らかとなった。¹³C-NMRスペクトルから、油分は石油由来のものが大部分であり、石油汚染は重油濃度として0.5mg/lを境に汚染地域と非汚染地域に区分することができた。示差熱-熱重量の同時測定による熱分析手法は、強熱減量の測定に使用でき、その設定温度は600℃が妥当であること、示差熱スペクトルのパターンより汚染底質と非汚染底質及び生活系と非生活系による汚染内容の違いが認められ、底質の汚染状態の把握に有用なことが明らかとなった。

1. 目 的

近年、東京湾等の閉鎖性水域での水質汚濁の進行が著しくなっており、その対策としてCOD総量規制の導入・窒素とリンの排出量削減の指導が進められている。しかし、そのような水域では底質も汚染されていることが多く、その汚染底質が種々な形で水質に影響を与えていることが指摘されている。¹⁾ ²⁾水質と底質とは不可分のものであり、水域環境全体を把握するためには底質の汚染状態を知っておくことは重要である。

底質中にはFe, Mn, N, Sなどの無機物と有機物、さらに微生物の不可逆反応による酸化還元系も存在するなど、底質は各種の酸化還元系の複雑な集団とみなされ、底質の酸化還元電位を測定したとしてもその理論的意義づけが困難である。それにも拘わらず底質の酸化還元電位の測定が行われている^{3), 4), 5)}のは、有機物による底質汚染と酸化還元電位の変化にかなり密接な関係のあることが確かめられているからである。このように生物質を含めた動的な汚染状態を調べるには酸化還元電位の測定が簡便、かつ有用である。

一方、底質の有機物含有量の指標として強熱減量がある。前述したように、底質は無機物を基本成分とし、

それに天然由来と汚染による有機物が加わったものなので、示差熱-熱重量同時測定で強熱減量の内容成分を調べれば、地域による汚染状態の違いが解明できると考えられる。⁶⁾

又、タンカー事故等による海域の石油汚染が言われて久しいが、都市沿岸域の底質も船舶・工場・道路からの雨水^{7) 8)}などによる流水を発生源として石油で慢性的に汚染されており、^{9) 10) 11)}底質汚染に占める比重は大きい。特に沿岸底質中にはペントス等の生物相が豊富であり、その生息に対する影響も無視できない。¹²⁾

以上、底質の汚染状態を把握するため、酸化還元電位・示差熱-熱重量分析・油分を主体に検討した結果、若干の知見が得られたので報告する。

2. 調査地点

昭和56年4月24日に、①京浜運河、②鶴見川河口、③横浜港外、④横浜港、⑤本牧沖、⑥根岸湾、⑦富岡沖、⑧金沢湾の計8地点でエックマンバージ式採泥器を用いて底質を採取した。図-1に調査地点を示す。

Pollution Index of Sediment

— Eh, Oil and Differential Thermal Analysis —

* Katsuyuki Ninomiya 横浜市公害研究所水質部門

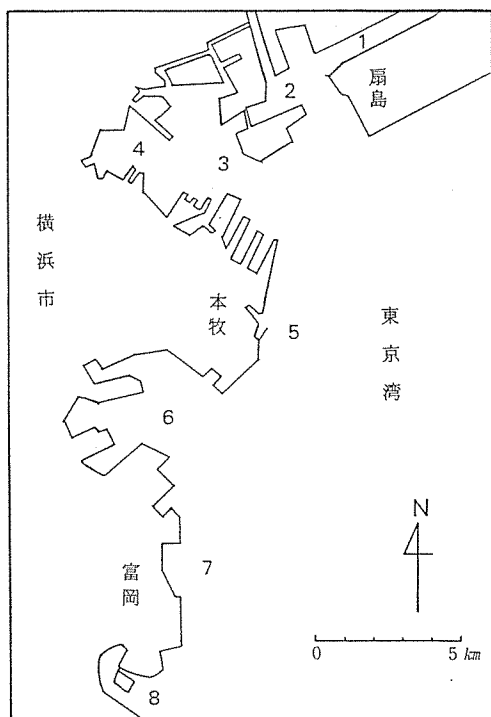


図-1 調査地点

3. 実験方法

3-1 試薬

四塩化炭素：吸光スペクトル用
 ジオキサン：特級
 無水硫酸ナトリウム：残農用
 テトラメチルシラン (TMS)
 重クロロホルム：99.98%

3-2 器具

磁製ルツボ、共栓付三角フラスコ、目盛付共栓試験管、シャーレを使用した。

3-3 装置

ロータリーエバポレーター・電気炉・恒温器
 東亜電波工業製RM-1 K型酸化還元電位計
 日立製R-600形核磁気共鳴装置
 日本電子製FX-90 Q型核磁気共鳴装置
 島津製DTG-30 M型示差熱・熱重量同時測定装置

3-4 測定方法

3-4-1 酸化還元電位

採取した湿泥をそのまま、酸化還元電位計で測定し、その値を温度補正した。

3-4-2 強熱減量

底質調査方法¹³⁾に従って分析を行った。

3-4-3 四塩化炭素抽出物質

湿泥を風乾し、その30gを共栓付三角フラスコにとり、四塩化炭素100mlを加えて振盪機で1時間抽出した後、吸引ろ過する。この操作をもう一度繰返し、ろ液を合わせて無水硫酸ナトリウムで脱水する。それをロータリーエバポレーターで大部分の溶媒を留去した後、チッ素ガスで残りの溶媒を除去する。更に70℃の恒温器内に1時間保持し、溶媒を完全に除去した後、抽出物質の重量を測定する。なお、濃度は乾泥単位とした。

3-4-4 油分

(測定原理)

¹H-NMRにおいて、炭素原子に隣接したメチル基-CH₃、メチレン基-CH₂、メチン基-CHはそれぞれ0.6~1.9ppm、1.0~2.1ppm、1.7~2.2ppm付近にプロトン共鳴スペクトルを与える。従って、0.5~2.0ppmの全ての共鳴スペクトルの積分値(以下、 $\int_{0.5}^{2.0}$ とする)と適当な内部標準スペクトルの積分値との相対的評価によって試料中のメチル基、メチレン基、メチン基の合計量が定量できる。¹⁴⁾

B重油、サラダ油の¹H-NMRスペクトルを図-2、3に示す。

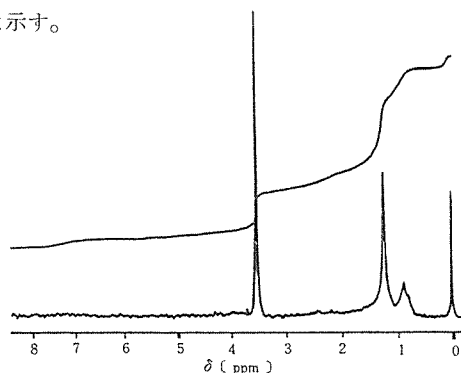


図-2 B重油の¹H-NMRスペクトル

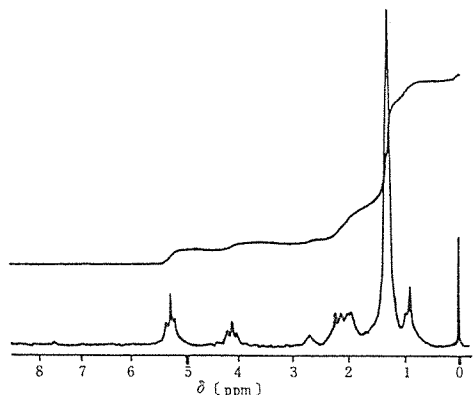


図-3 サラダ油の¹H-NMRスペクトル

(定量方法)

四塩化炭素抽出物質を四塩化炭素で再溶解させ、それにジオキサン(内部標準)40mgおよびTMSを加えて10mlとする。その一定量をサンプル管にとり、NMRスペクトルを測定する。得られたNMRスペクトルを積分して、ジオキサンのNMRスペクトルの積分値 $\int_{3.3}^{3.8}$ に対する $\int_{0.5}^{2.0}$ の比によって定量する。横浜港および富岡沖底質中の油分の¹H-NMRスペクトルを図-4, 5に示す。

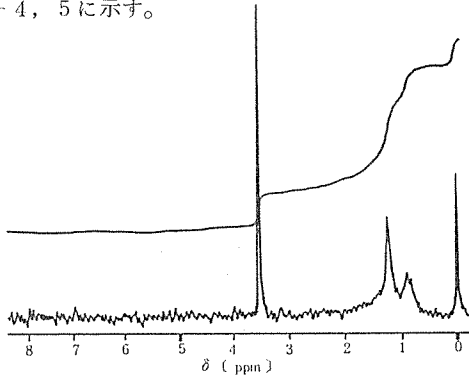


図-4 横浜港底質油分の¹H-NMRスペクトル

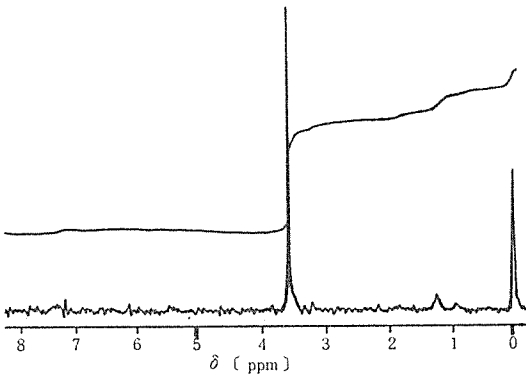


図-5 富岡沖底質油分の¹H-NMRスペクトル

(検量線)

B重油の検量線を図-6に示す。

3-4-5 示差熱-熱重量

風乾した底質を105~110℃の恒温器内で2時間乾燥した後、その約40mgをとり酸化アルミニウムを標準として、示差熱-熱重量同時測定装置で熱分析を行った。

4. 結果と考察

4-1 油分の性状

種々の方法を用いて海域の底質中の油分の性状が調べられているが、⁹⁾ ¹⁰⁾ ¹⁵⁾ Guard等¹⁶⁾は¹³C-NMRを

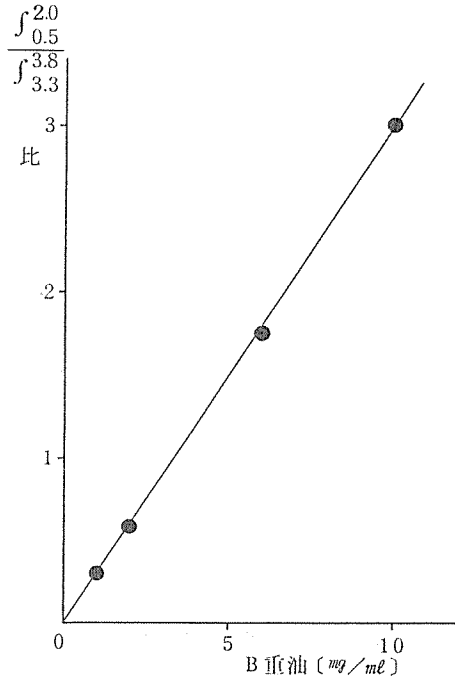


図-6 検量線

用いて、カリフォルニア湾の底質から抽出した油分の特性を検討した結果、それは石油に由来するものであることを示した。そこで、B重油および横浜港底質の油分について¹³C-NMRスペクトルを測定した。その結果を図-7, 8に示す。これらの¹³C-NMR, ¹H-NMRおよび赤外線吸収スペクトルから、多環芳香族化合物と脂肪酸の存在も認められたが、Guard等の結論と同様に横浜市沿岸底質中の油分の主要成分は、石油であることがわかった。

4-2 測定結果

酸化還元電位・強熱減量・四塩化炭素抽出物質・油分(以下、Eh・IL・CCl₄-Ext・Oilという)の測定結果を表-1に、各々の関係を図-9~14に示す。

図-9, 10, 13から、比較的汚染されていない地域St-5, 6, 7, 8と汚染地域St-1, 2, 3, 4とに区分でき、特にSt-4の汚染が大きいこと、即ち、京浜工業地帯を抱える北部の汚染が顕著なこと、その中で船舶の往来の激しい横浜港の汚染が目立っていることがわかった。酸化還元電位は全般的に低い値を示し、かなり還元状態にあるが、-250mvを越えることはないようである。図-9と図-12から、本市沿岸における石油汚染の基準として、0.5mg/gを境に、比較的汚染の大きい本牧以北と、汚染の少ない以南とに区分できるようである。

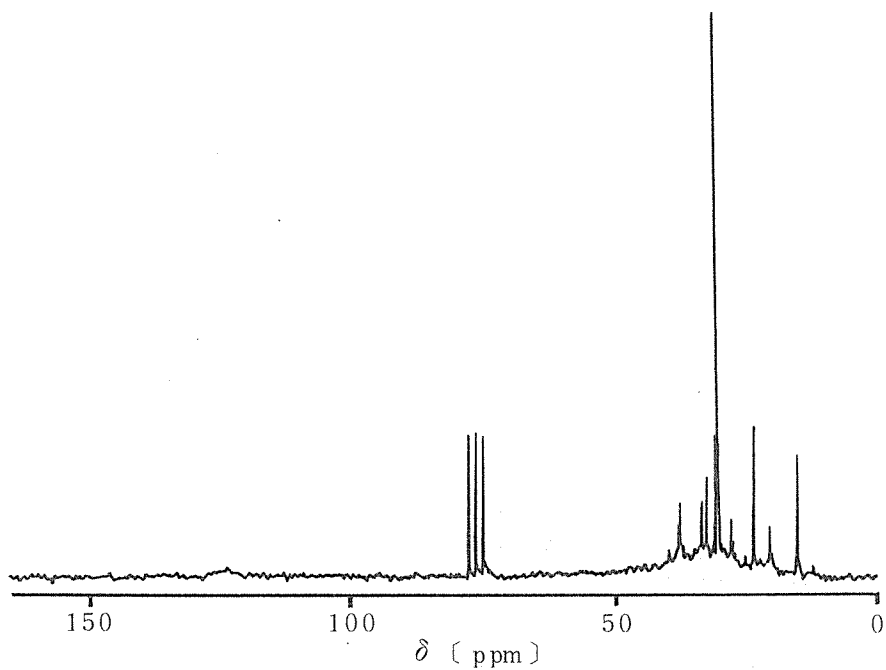


図-7 B重油の ^{13}C -NMRスペクトル

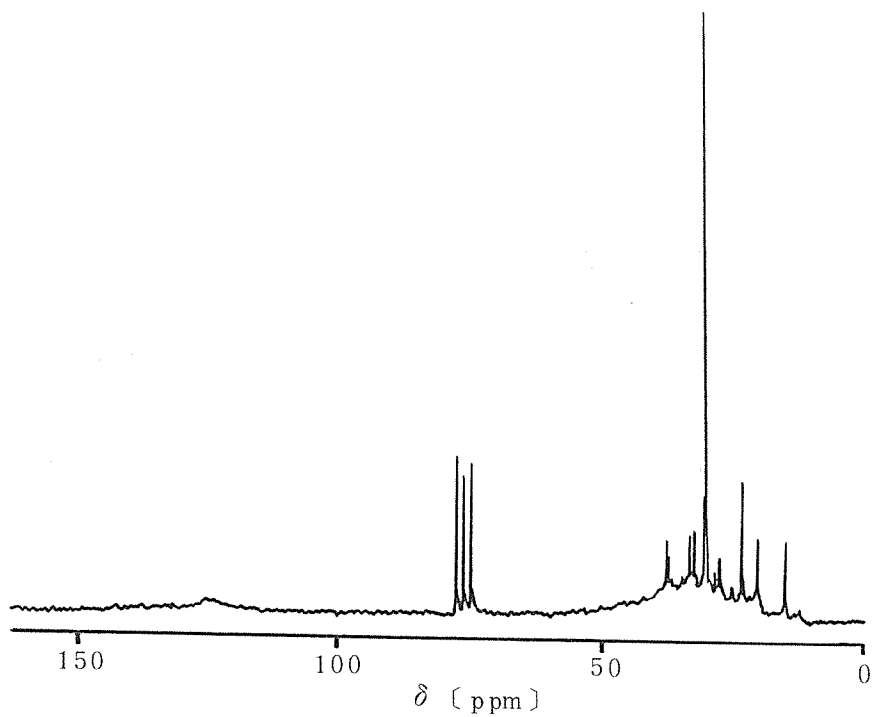


図-8 横浜港底質油分の ^{13}C -NMRスペクトル

表 - 1 測定結果

St.	Eh(mv)	Oil($\mu\text{g/g}$)	I. L. (%)	$\text{CCl}_4\text{-Ext}(\mu\text{g/g})$
1	-220	871	12.7	2533
2	-210	918	12.6	2511
3	-240	930	13.2	3404
4	-240	2162	15.1	6734
5	-190	351	11.3	1096
6	-180	325	6.6	595
7	-180	192	10.2	868
8	-150	337	6.7	638

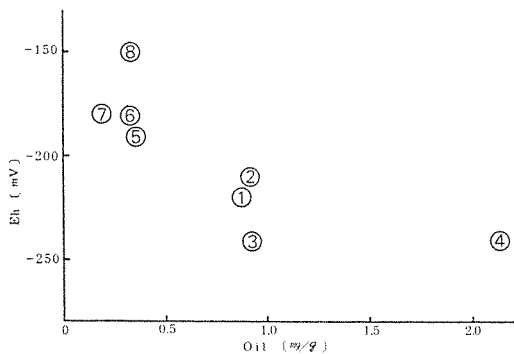


図-9 酸化還元電位と油分の関係

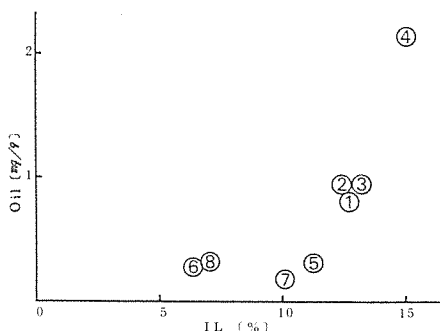


図-12 油分と強熱減量の関係

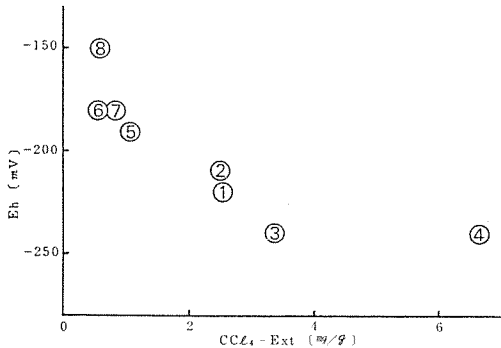


図-10 酸化還元電位と四塩化炭素抽出物質の関係

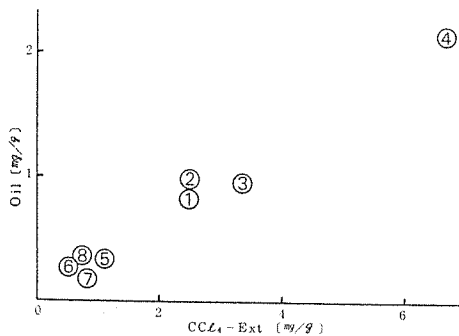


図-13 油分と四塩化炭素抽出物質の関係

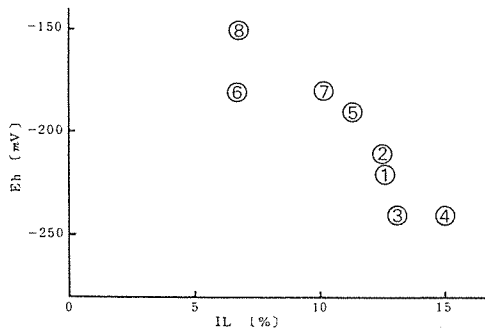


図-11 酸化還元電位と強熱減量の関係

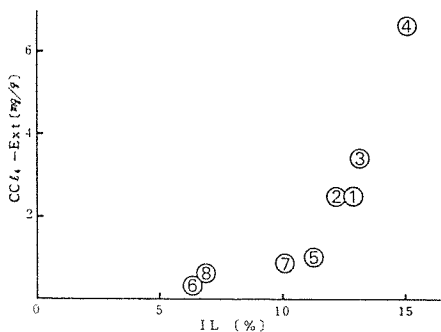


図-14 四塩化炭素抽出物質と強熱減量の関係

Ehと $\text{CCl}_4\text{-Ext}$ の関係(図-10)は、EhとOilの関係(図-9)と同様な傾向を示し、汚染地域と非汚染地域の区分は $\text{CCl}_4\text{-Ext}$ としてOilの3倍量の 1.5mg/g 程度となっている。四塩化炭素抽出液の濃縮時に多量の硫黄結晶の析出が認められることから、 $\text{CCl}_4\text{-Ext}$ 中には油分以外に硫黄がかなり含まれていると思われる。一方、図-13から、Oilと $\text{CCl}_4\text{-Ext}$ の相関係数(r)およびその回帰式を求めたところ、各々 $r=0.974$ 、 $(\text{CCl}_4\text{-Ext})=3.2\times(\text{Oil})-0.13$ となり、かなり高い相関関係があることがわかった。回帰式から $\text{CCl}_4\text{-Ext}$ は、Oilの約3倍になっていることが示され、 $\text{CCl}_4\text{-Ext}$ 中にはOil以外にその約2倍量のものが含まれていることが明らかとなった。

図-11等からILはOilおよび $\text{CCl}_4\text{-Ext}$ と比較して非汚染地域での分散が大きく、汚染地域での分散が小さいことが認められた。これは、底質の構成成分・粒度分布等の違いが影響しているためと考えられる。一方、図-14から、ILは $\text{CCl}_4\text{-Ext}$ が増加するに従って増加するが、その増加曲線は指数関数型に近く、ILは15%を越えることは少ないようである。これらのことから、ILは底質汚染の大ざっぱな目安とはなり得るが、IL単独で汚染の評価をするのは危険であり、そのためには底質の粒度分布等を把握しておく必要がある。

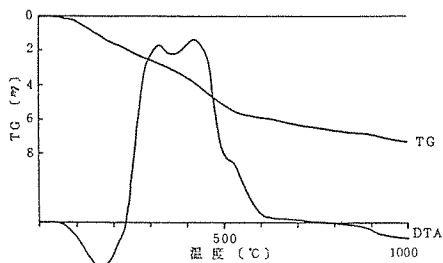


図-15 横浜港底質のDTA-TGスペクトル

4-3 示差熱-熱重量(DTA-TG)

本市沿岸の底質は、シルトと砂を基本成分として、それに汚染による有機物質等が加わったものと考えられる。シルト等は化学組成の変動が大きく、結晶構造も不規則である。このような場合には、示差熱分析が有用である。そこで、汚染地域の横浜港(St-4)の底質、非汚染地域の富岡沖(St-7)の底質、生活系の汚染が大きいと推察される平潟湾の底質、および、平潟湾底質を四塩化炭素で抽出した後の底質の4試料について、示差熱-熱重量分析を行った。その結果を図-15~18に示す。

4-3-1 I.L.との関係

底質調査方法¹⁹⁾によると、ILの温度設定値として、 600°C を指定しているが、DTAにおいて発熱ピークがなくなるまでということを考慮すれば、これらのDTA-TGスペクトルから 600°C が必要十分条件を満たすことが確認できた。しかし、 $120\sim 150^\circ\text{C}$ の脱水による吸熱ピークが存在することから、IL測定前の乾燥方法に問題があることが指摘される。

St-4 および St-7 の底質についてDTA-TGスペクトルからILを計算してみると各々14.9%、10.9%となり、常法から得られた値15.1%、10.2%とほぼ近い値が得られた。誤差を考慮すれば十分に信頼できる値と思われる。

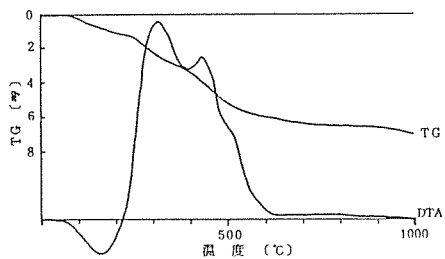


図-17 平潟湾底質のDTA-TGスペクトル

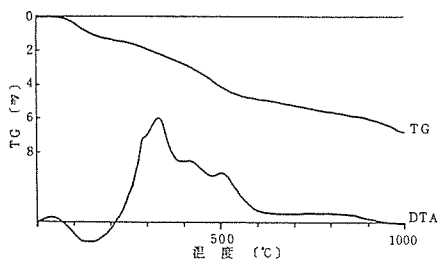


図-16 富岡沖底質のDTA-TGスペクトル

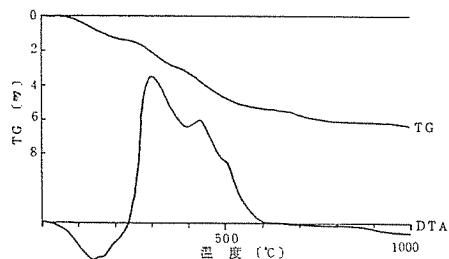


図-18 平潟湾底質を四塩化炭素抽出した残渣のDTA-TGスペクトル

4-3-2 DTAパターンの違い

図15, 16, 17から明らかなように、地域によってDTAスペクトルパターンが異なっている。DTAスペクトルは、120~150℃の脱水による吸熱ピークと、320℃・420℃・510℃の発熱ピークに大きく分けられる。

非汚染地域である富岡沖の底質のDTAスペクトルは、汚染地域である横浜港および平潟湾のそれと比較して、

- Ⓐ ピーク高が全体的に小さくなっており、その中で特に420℃のピークが小さくなっている。
- Ⓑ 320℃のピークが2つに分かれている。
- Ⓒ 510℃のピーク高はあまり変化していない。

ことがわかった。Ⓐから、420℃のピークが汚染に対して敏感に反応を示すことが明らかとなった。又、ⒷとⒸから295℃と510℃のピークは底質の基本成分であると推察される。

富岡沖を非汚染地域の基準とすると、船舶・工場の影響の大きい横浜港は320℃と420℃のピークが高く、420℃のピークは320℃のピークを越えており、生活系の汚染の大きい平潟湾は320℃と420℃のピークは高いが、そのDTAパターンは、富岡沖と同じ傾向を示す。一方、TGでは510℃のピークの減少量はいずれもほとんど変わらないことから、510℃のピークの減少量に対する320℃と420℃のピークの減少量の比を求めた。その結果を表-2に示す。このTGの結果はDTAパターンの違いを裏づけている。以上のことから、汚染内容の違いにより、DTAパターンが異なるものであることが明らかとなった。

表-2 発熱ピークのTG比

試料	320℃	420℃	510℃
富岡沖	1.44	1.22	1.00
横浜港	1.56	2.22	1.00
平潟湾	2.33	1.89	1.00
同上をCCl ₄ 抽出したもの	2.38	1.50	1.00

4-3-3 四塩化炭素抽出前後のDTA-TG

四塩化炭素抽出により底質の成分内容の変化を調べるため、平潟湾底質とそれを四塩化炭素抽出した後の残渣についてDTA-TGを測定したものが、図-17と18である。DTAパターンから抽出後は抽出前と比べて、320℃と420℃の両ピークとも減少しているが、TGでは表-2からも明らかなように320℃のピーク

は抽出前後で各々2.33, 2.38とほとんど変化していないが、420℃のピークは抽出前の1.89から、抽出後に1.50となり、420℃のピークの減少量が大きいことを示している。このことから、四塩化炭素抽出物質のほとんどは420℃のピークに帰因する物質であることが明らかとなった。

5. 結論

横浜市沿岸の底質の汚染状況を調べたところ、次の結果が得られた。

- 1) 底質中の油分は大部分が石油由来のものである。
- 2) 酸化還元電位・強熱減量・四塩化炭素抽出物質・油分の測定結果から汚染地域と非汚染地域に区分でき、本牧以北は以南よりかなり汚染されている。
- 3) 特に油分については0.5mg/gを境界に明確に区分され、底質の汚染指標となり得る。
- 4) 強熱減量の設定温度として600℃が妥当である。
- 5) 示差熱パターンが汚染地域と非汚染地域とで異なる。
- 6) 示差熱-熱重量分析が汚染内容を調べるのに有用である。

謝辞

本研究を行うにあたり、横浜国立大学工学部応用化学科広田穰教授・末沢裕子技官、鳥津製作所分析センター、水質部門職員の指導および協力を得たので、感謝します。

文献

- 1) 村上健：底泥中の有機物質と水質汚濁、公害と対策、11(6), 623-629(1975)
- 2) 福永勲, 宇野源太, 石井隆一郎：河川底質沈澱物と河川汚濁対策について、水処理技術、14(1), 15-30(1973)
- 3) S. O. Stanley, J. Leftley, D. Miller : Chemical changes in the sediments of Loch Eil arising from the input of cellulose fibre. *Anal. Tech. Environ. Chem.* 409-418 (1980)
- 4) C. Christainsen, S. Lomholt : On non-biological variations in Eh in a marine sediment. *Vatten* 36(4), 295-300(1980)
- 5) R. D. Delaune, C. N. Reddy, W. H. Patrick : Effect of PH and redox potent-

- ial on concentration of dissolved nutrients in an estuarine sediment. *J. Environ. Qual.* 10(3), 276-279(1981)
- 6) 神戸博太郎：熱分析, 197-201(1975) 講談社
- 7) W. Pope, N. J. D. Graham, R. J. Young, R. Perry: Urban run off from a road surface - A water quality study. *Prog. Water Technol.* 10(5), 533-543(1978)
- 8) R. P. Eganhouse, B. R. T. Simoneit, I. R. Kaplan: Extractable organic matter in urban stormwater runoff. 2. Molecular characterization. *Environ. Sci. Technol.* 15(3), 315-326(1981)
- 9) S. C. Brassell, G. Eglinton: Environmental chemistry An interdisciplinary subject. Natural and pollutant organic compounds in contemporary aquatic environments. *Anal. Tech Environ. Chem.* 1-22(1980)
- 10) G. H. D. Mille, G. Cristiani, G. Guisti: Hydrocarbures presents dans des sediments cotiers superficiels mediterraneans I. Etude qualitative et quantitative fine. *Environ. Pollut. Ser.* 2(6) 437-450(1981)
- 11) D. G. Shaw: Pollutant distribution. A review of hydrocarbons in marine sediments. *Environ. Conserb.* 8(3), 235-239(1981)
- 12) 日本水産学会：石油汚染と水産生物<水産学シリーズ>, 93-108(1976) 恒星社厚生閣刊
- 13) 環境庁水質保全局：底質調査方法, 昭和50年版
- 14) 柴田次郎, 奥村為男, 永井迪夫：底質中の油分の核磁気共鳴吸収による測定(淀川, 大和川, 大阪湾の概況), 大阪府公害監視センター調査室研究報告, (4) 113-116(1973)
- 15) P. J. Gearing, J. N. Gearing, R. J. Pruell, T. L. Wade, J. G. Quinn: Partitioning of No.2 fuel oil in controlled estuarine ecosystems. Sediments and suspended particulate matter. *Environ. Sci. Technol.* 14(9), 1129-1136(1980)
- 16) H. E. Guard, W. M. Coleman: The use of ^{13}C nuclear magnetic resonance spectrometry for characterization of petroleum residues and for the study of petroleum biodegradation. *Chemosphere* 9(7/8), 377-383(1980)

事業所排水中の陰イオン界面活性剤の分析法の検討

飯塚 貞 男*

要 旨

工場排水中の陰イオン界面活性剤の分析方法として、JISK0102などで採用されているメチレンブルー法には、排水成分により妨害を受けやすいといった問題点があるため、メチレンブルー法に代わる分析法について検討した。検討した分析法は、銅-エチレンジアミン錯体と陰イオン界面活性剤との反応生成物中の銅を原子吸光で測定することにより、陰イオン界面活性剤を定量する方法である。この分析方法を工場排水に応用したところ、再現性が良好であり、メチレンブルー法と比較して、妨害物質も少なく、迅速に分析できることが判った。

1. 緒 言

横浜市内では、アルキルベンゼンスルホン酸型(LAS)やアルキル硫酸エステル(AS)の陰イオン界面活性剤を使用している事業所が多い。特に染色、精練、クリーニング等の事業所では、その使用量も多く、環境汚染が懸念される。そのためこれらの事業所から排出される陰イオン界面活性剤の水処理過程における推移や河川中の濃度を調査することは、重要なことである。

陰イオン界面活性剤の分析法としては、メチレンブルー法(以下「M-B法」という)が最も広く使用されており、JISK0102 工場排水試験方法や衛生試験法などに採用されている。しかしM-B法には、次に示すいくつかの問題点がある。

- 1) 排水の成分により妨害を受けやすい。
- 2) 操作が煩雑で、測定に時間を要する。
- 3) クロロホルムをかなりの量を使用するため、換気などに注意しなければならない等である。

そのためM-B法に代わる分析法がいくつか発表されているが、CRISP⁹⁾らは、銅-エチレンジアミンの錯体を用い、これと陰イオン界面活性剤とを反応させ、生成物質中の銅を原子吸光法で測定することにより、迅速に陰イオン界面活性剤を分析する方法を提案している。そこでこの方法を種々の工場排水中の陰イオン界面活性剤の分析に用いたところ、再現性、回収

率が良好で、適応性があることが判ったので報告する。

2. 実験方法

2-1 試 薬

銅-エチレンジアミン試薬：硫酸銅5水塩62.3gと硫酸アンモニウム49.6gの混合物を水に溶かし、さらにエチレンジアミン50mlを加え、1ℓにする。

陰イオン界面活性剤：ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム(LAS) 和光純薬製標準品

2-2 実験操作

250mlの分液ロートに、100mlの試料を入れる。試料中には、LASとして1000mg以下の陰イオン界面活性剤が含有するように採取する。pHを5~9に調整する。次に銅-エチレンジアミン試薬を10.0mlとクロロホルム20.0ml加えて、3分間振とうする。静止後、クロロホルム層を脱脂綿でろ過し、25mlの共セン付試験管へ入れる。そこから10.0mlを別の25mlの共セン付試験管へ分取した後、0.1規定の硝酸を、10.0ml加え、30秒間振とうする。静止後、硝酸層に含有している銅を原子吸光法で測定する。ブランク及び標準も同様な方法で行ない、検量線を作成し、陰イオン界面活性剤をLASの濃度として算出する。

The determination of anionic detergents in waste waters

* 飯塚貞男 横浜市公害研究所 水質部門

3. 結果及び考察

3-1 測定精度

精製水 100 ml に LAS を 200 μg 、500 μg 、1000 μg それぞれ添加し、2-2項に従って分析し、変動係数を求め、再現性について検討した。その結果は表-1に示すように、再現性は、各濃度とも満足すべきものであった。また 5 μg ~ 2000 μg の範囲内で検量線を作成し、図-1に示したが、1000 μg 以上の濃度になると、やや直線性がなくなる傾向を示した。

このことから、分析に供する試量中の陰イオン界面活性剤の含有量は、LASとして1000 μg 以下になるように試料を分取すれば、定量性が良いことが判った。

表-1 精製水にLASを添加した場合の再現性

項目 添加量(μg)	チャートの高さ(mm)	平均値(mm)	変動係数(%)
200	20.8	22.5	4.9
	23.2		
	24.0		
	21.8		
	22.8		
500	57.3	60.1	3.9
	57.2		
	61.8		
	62.8		
	61.2		
1000	129.4	119	5.4
	124.0		
	114.8		
	112.0		
	115.0		

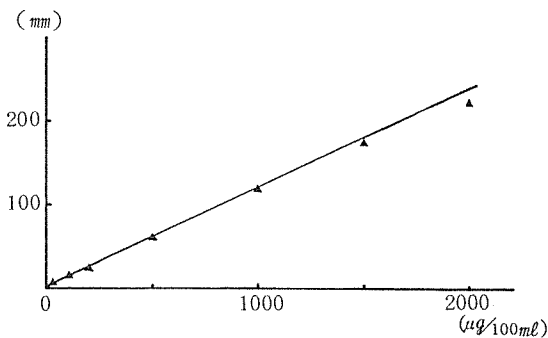


図-1 LASの検量線

3-2 妨害物質の影響

事業所排水は、その成分が多様であるために、妨害物質については、各排水毎に検討していくのが最善と考えられるが、ここでは、排水中に含有していると予想される物質やM-B法で妨害する物質を数種選び、LASと共に100 mlの水溶液中にそれぞれ添加し、2-2項に示す方法で分析し、その影響を検討した。そ

表-2 妨害物質を添加した場合のLAS・200 μg の回収結果

物質	項目	添加量(μg)	LASの回収量(μg)
SCN ⁻		100	195
Cl ⁻		10000	190
SO ₄ ²⁻		1000	198
NO ₃ ⁻		1000	195
Al ³⁺		100	193
Fe ³⁺		100	196
S ²⁻		100	192

の結果を表-2に示す。表-2より明らかなように、M-B法で妨害するチオシアン酸イオン、硝酸イオン等は、妨害物質とならないことが知れた。また排水処理過程で添加する凝集剤に含まれる第2鉄イオン、塩素イオン、硫酸イオン、アルミニウムイオン等についても妨害はみられず、平均回収率も95%と良好な結果を得た。妨害物質として問題となったのは、精練排水中に含有するポリビニルアルコール(PVA)である。PVAが存在すると、銅-エチレンジアミン錯体とLASとの反応生成物を抽出する際に、クロロホルム層が乳化してしまうために、分析操作が困難となる。そのためPVAを除去することが必要となり、比較的短時間でできる次の2つ方法について検討した。1) 試料中のPVAをあらかじめ弱アルカリにしてクロロホルムで除去しておく。2) PVAで乳化してしまったクロロホルム層を遠心分離機で処理する。この2つである。実排水を用い1)と2)の方法を比較した。

1)の方法は、排水 100 ml に対し、20 ml のクロロホルムと炭酸ナトリウム 1 g を加え、振とうし、PVAを除去する。

2)は、乳化したクロロホルム層を、毎分 3000 回転で 5 分間、遠心分離機にかけ、PVAを分離させる。

この2通りの除去方法を用い、排水中のLASの濃度をそれぞれ定量し、さらにLAS 200 μg を添加し、回収率を求め、その結果を表-3に示した。表-3より明らかに、1)法は2)法より排水中のLASの検出濃

表一 3 PVA除去方法の比較

項目 除去法	定量値	LAS 200 μg 添加後の濃度	平均回収率
クロロホルム 抽出法	160	250	66 (%)
		240	
		220	
遠心分離法	220	390	95 (%)
		400	
		410	

度が低く、回収率も67%であった。これは、PVAを除去する際に、LASの一部も、クロロホルム層へ移行してしまうと考えられる。このため、1)法では、低濃度のLASが含有する排水では、検出されない可能性がある。一方2)法は1)法と比較して、回収率が95%と良好な値を示した。また再現性も満足すべき値を示している。この結果、PVAの除去方法として、遠心分離法を用いて行なうのが、有効な手段と考えられる。そこで、精練排水中のLASの分析には、この方法を用いることにした。この他にも、排水中には、妨害する物質が含有している可能性はあるが、いずれにしても本法はM-B法と比較して、妨害物質の影響の少ない分析法といえる。

表一 4 事業所排水の再現性

項目 排水	LAS濃度 ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	平均値 ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	変動係数 (%)
クリーニング	10.2	11.1	4.6
	10.8		
	11.6		
	11.5		
	11.2		
染 色	49.2	49.5	1.4
	48.7		
	50.8		
	49.5		
	49.3		
精 練	21.3	22.2	6.9
	24.4		
	23.5		
	20.4		
	21.1		

3-3 事業所排水への応用

排水として、クリーニング、染色の各事業所の排水を採取し、2-2項に従って測定した結果を表一4に示したが、再現性は満足すべきものであった。この結果からみて工場排水の測定にあたっては、測定誤差として5%程度見込まれる。また3-1項の検討より、定量性を良くするには、LASとして5 μg は必要とするので、試料採取量を100mlとした場合、検出限界は、0.05 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 前後と考えられる。またこれらの排水にLASを添加して分析した結果を表一5に示し

表一 5 各排水に添加したLASの回収結果

項目 排水	含有量	添加量	結 果
クリーニング	220	200	410
染 色	250	200	430
精 練	220	200	400

(単位 μg)

たが、平均回収率は、96%と良好な値を示した。従ってこれらの事業所の排水を対象とする限り、本法に影響をあたえる物質は、PVA以外は、ほとんどないと考えられる。また河川水をM-B法と本法で測定した結果を表一6に示したが、両法の測定値は、ほぼ一致しており、本法は河川水の測定にも充分可能なことを示している。

表一 6 M-B法と本法の比較

分析法 河川水	M-B法 ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	本法 ($\mu\text{g}/\text{ml}$)
1	1.1	0.90
2	0.30	0.31
3	0.10	0.18
4	0.50	0.41
5	0.30	0.49
6	0.90	1.1

4. 結 語

事業所排水中の陰イオン界面活性剤の分析方法について検討した。その結果、本法を従来使用されているM-B法と比較して次のことが判った。

- 1) 分析を妨害する物質が少ない。
- 2) 分析時間が短かくてすみ、10検水を、1時間程度で処理可能である。
- 3) クロロホルムの量が少量ですみ、1検水あたり20mlであるため、換気には、それほど注意しなくてすむ。

以上の点から、本法は、M-B法の問題点を補っているといえる。また妨害物質として、PVAがあっ

たが、本法では、PVAと同様にクロロホルム層を乳化させる物質が含有する試料は、分析が困難となる。そのため、クロロホルムで予め、除去しておく方法と、遠心分離で除去する方法の2通りについて実験したが、遠心分離法が良好であることがわかった。

文 献

- 1) 足立昌子他：原子吸光光度法による水中の陰イオン界面活性剤の定量，衛生化学，28(2)，99-105，1982
- 2) 竹下隆三他：陰イオン界面活性剤に関する研究，衛生化学，21(4)，209-215，1975
- 3) 今井田雅示他：アルキルベンゼンスルホン酸塩のガスクロマトグラフィーによる分析法について，食衛

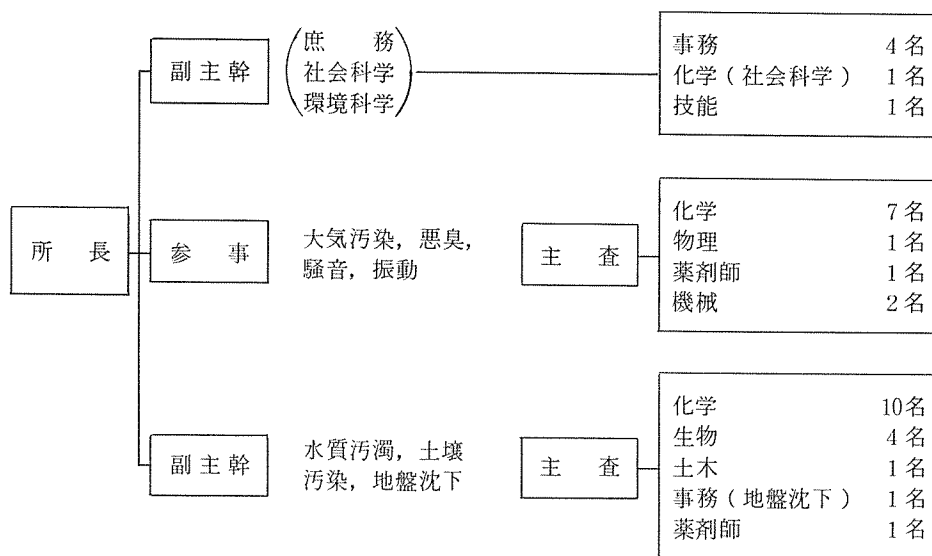
誌，16(4)，218-224，1975

- 4) 田口茂他：陰イオン界面活性剤定量用試薬としてのコバルト-2-(2-ピリジルアゾ)-5-ジエチルアミノフェノール錯体の利用，工業用水，12，11-14，1980

- 5) P. T. CRISP：The determination of anionic detergents with the bis (ethylene diamine) copper (II) ion, *Analytical chimica acta*, 78, 391-396, 1975

- 6) Michel J. Gagnon, note on a rapid and sensitive method for the determination of anionic detergents in natural waters at the ppb level, *Water Research*, 13, 53-56, 1979

1. 人員・組織



2. 主要機器一覧表

品名	規格	数量	配置
ガスクロマトグラフ質量分析計	島津 LKB, GC-MS-9000B	1 式	第二機器分析室
同上用データ処理装置	島津 GC-MS-PAC 3000 型	1 式	"
走査型電子顕微鏡	日立 S-550 型	1 式	電子顕微鏡室
同上用 X 線分析装置	The keveX 5100	1 式	"
蛍光 X 線分析装置	理学電機 MODEL 4053A3	1 式	第二機器分析室
原子吸光光度計	日電バリアン AA-1150A	1 式	第一機器分析室
"	島津 AA-620	1 式	"
"	島津 AA-630-02	1 式	"
ガスクロマトグラフ FID 他	島津 GC-6 AMP TF 他	9 式	第三機器分析室
液体クロマトグラフ	島津 FRC-1A	1 式	第二機器分析室
赤外分光光度計	日本分光 A-3	1 式	恒温室
光化学反応実験装置	600A スモークチャンバー	1 式	"
分光光度計	日立 139-0018	2 式	3 階天秤室 5 階天秤室
"	ダブルビーム自記 日立 200-10 型	1 式	第二水質実験室
分光蛍光光度計	日立 MPF-4	1 式	放射能研究室
水銀分析計	島津 UV-201	1 式	第一機器分析室
低温灰化装置	ヤマト科学 PR-503	1 式	"
二次導函数微量ガス分析装置	LEAR SIEGLER MODEL 400	1 式	恒温室
超軟 X 線発生装置	SOFTEX-CSM-2	1 式	第二機器分析室

品名	規格	数量	配置
重油中S分分析装置	東芝	1式	放射能研究室
標準粒子発生装置	東京高周波電気炉SRF-305W	1式	工学実験室
標準ガス精密希釈装置	製鉄化学工業SDS-401	1式	恒温室
窒素酸化物自動記録計	MONTIOR RABS MODEL-8440	1台	第二大気実験室
〃	紀本電子工業MODEL-214	1台	〃
〃	〃	1台	〃
オキシダント自動記録計	電気化学	1台	〃
オゾンメータ	京都電子工業OX-21	1台	〃
風向風速計	海上電機SA-200	1台	〃
〃	〃 RA-211S	1台	〃
イオン濃度測定装置	オリオン801A型	1台	〃
多チャンネルデジタル騒音計	リオンSV-70型の改良型	1台	騒音研究室
データレコーダ	NAGRA-M-SJ型	1台	〃
騒音振動解析装置	YHP 5420型	1式	〃
〃 データ処理装置	YHP 9845 S	1式	〃
シアンイオン蒸留装置	桐山製作所製	1式	第一水質実験室
アンモニアイオン	〃	1式	〃
ふっ素イオン	〃	1式	〃
水銀分解装置	〃	1式	〃
グデルナーダーニッシュ濃縮装置	〃	2式	第二及び第三水質実験室
流動電位測定装置	島津ZP-10B	1式	4階予備室
魚に対する慢性毒性試験装置	関東工機製作所製	1式	生物研究室
〃	〃	1式	〃
波高分析機	東芝USC-1 MODEL 10	1式	放射能研究室
電子計算機	ACOS 250	1式	電子計算機室
微粒子自動計測器	ロイコ社 MODEL 226	1式	第二大気実験室
攪拌実験装置	佐竹化学機械工業製	1式	処理実験室
標準圧密試験器(3連型)	丸東S43-3UL-1	1台	地盤沈下研究室
ソイルミキサー	〃 SE-27	1台	〃
一軸圧縮試験装置	〃 SG-2033	1式	〃
核磁気共鳴装置	日立製作所R-600形	1式	第二機器分析室
凝縮核モニター	日本科学工業MODEL 3020	1台	第二大気実験室
14チャンネルデータレコーダ	ソニーUN61430	1台	騒音研究室
イオンクロマトグラフ	ダイオネックス社 MODEL 10	1台	第三水質実験室

3. 昭和56年度 予算額

(単位：千円)

科 目	金 額	付 記
賃 金	4,580	
報 償 金	605	
旅 費	1,991	普通旅費
需 要 費	74,678	消耗品費 25,200
		燃 料 費 299
		食 料 費 681
		印刷製本費 6,314
		光 熱 水 費 38,119
		修 繕 料 4,065
役 務 費	3,418	通信運搬費 1,615
		手 数 料 1,803
委 託 料	37,712	清掃その他委託料
使 用 料 及 び 料	13,210	
賃 借 料		
工 事 請 負 費	12,400	雑 工 事 費
備 品 購 入 費	20,000	
負 担 金 補 助 金	180	会費及び負担金
及 び 交 付 金		
公 課 費	-	
計	168,774	

管 理 運 営 費	78,849
試 験 検 査 費	8,240
主 要 機 器 維 持 費	12,685
管 理 運 営 費	
調 査 研 究 事 業 費	36,600
機 器 整 備 事 業 費	20,000
施 設 改 修 工 事 費	12,400
計	168,774

4. 学会等研究発表

学会大会名	年月	題名	発表者・共同研究者
第4回公害研究合同発表会	55. 6	鶴見川低地の地盤構造と地盤沈下	高井健雄
"	"	横浜市沿岸海域における貧酸素水塊の分布	畠中潤一郎
"	"	ボイラーからのばいじんの粒度分布	◦佐保満夫・平野耕一郎・渡辺善徳
"	"	コンプレッサーを発生源とする低周波空気振動について	◦樋高雄治・鹿島教昭
第5回公害研究合同発表会	56. 6	道路からの浮遊ふんじんの距離減衰とその含有成分	◦新井久雄(横浜市公害研究所)
"	"	道路高架橋からの低周波空気振動について	◦樋高雄治・鹿島教昭(横浜市公害研究所)
"	"	横浜市内河川の生物相調査	◦福嶋 悟・水尾寛己・樋口文夫・畠中潤一郎・阿久津卓(横浜市公害対策局水質課)
"	"	米国における排水処理装置の効率の組合せの現況	野木一男
第16回横浜市衛生局・公害対策局研究発表会	56. 8	横浜市内河川の生物相調査	◦阿久津卓(横浜市公害対策局水質課), 水尾寛己・樋口文夫・福嶋 悟・畠中潤一郎
"	"	横浜付近の地形・地質と河川	高井健雄
"	"	大気汚染常時監視用測定機器の性能評価方法について	◦町山徹(横浜市公害対策局大気課)・平野耕一郎・前田裕行(横浜市公害研究所)
"	"	NO _x パーソナルサンプラーの開発と生活環境中のNO _x 個人暴露量の測定	◦前田裕行, 平野耕一郎(横浜市公害研究所)
"	"	京浜工業地帯から排出される窒素酸化物の輸送過程	◦鶴田治雄(横浜市公害研究所)
日本陸水学会第46回大会	56. 9	<i>Nitzchia palea</i> (kütz) W. Smith の増殖特性	福嶋 悟
"	"	河川底質中の底生動物の垂直分布(3), ナミトビイロカゲロウ <i>Paraleptophlebia chocorata</i> のサイズと消化管内容物	◦金田彰二(日本工学院公害工学科), 福嶋 悟
第22回国際分光学会議	"	Mass spectrometric determination of spin adducts in spin trapping technique	Hironori Suezawa, Kazuhisa Abe, ◦Minoru Hirota(yokohama National University), Tetsuo Ishii(yokohama Environmental Research Institute)

学会大会名	年月	題名	発表者・共同研究者
日本水産学会秋季大会	56.10	コイにおける摂餌率と飼料効率および肥満度との関係について	水尾寛己
"	"	セルローズアセテート電気泳動法による血漿蛋白分画の検討	樋口文夫
日本化学会第44秋季大会	"	トルエンの臭素化合物存在下における光酸化反応	三浦千尋・中田昌宏・福土幸雄(千葉工大), 広田 稷(横浜国大), 石井哲夫(横浜市公害研究所)
第36回関東水道衛生協議会	"	ニトリロトリ酢酸(NTA)による環境汚染	○石井哲夫(横浜市公害研究所)
第22回大気汚染学会	"	道路近傍における浮遊ふんじん及びその含有成分の挙動	○新井久雄・渡辺善徳・太田正雄・鈴木正雄・平野耕一郎・中村貢(横浜市公害研究所)
"	"	海陸風循環に伴う1次および2次汚染物質濃度の相模湾上における日変化(I)	○鶴田治雄・平野耕一郎・前田裕行・太田正雄(横浜市公害研究所)
"	"	同上(II)	○平野耕一郎・鶴田治雄・前田裕行・太田正雄(横浜市公害研究所)
"	"	東京湾地域から排出される大気汚染物質に関する立体調査(I) -汚染物質の輸送過程-	○鶴田治雄ほか, 神奈川県臨海地区大気汚染調査協議会(神奈川県, 横浜市, 川崎市, 横須賀市)
"	"	同上(II) -XMA-SEMによる エロゾルの形態分析-	○平野耕一郎ほか, 神奈川県臨海地区大気汚染調査協議会(神奈川県, 横浜市, 川崎市, 横須賀市)
"	"	生活環境のNO, NO ₂ と個人暴露量との関係	○平野耕一郎, 前田裕行, 中村貢, 米山悦夫(横浜市公害研究所)
"	"	蒸気拡散を利用した低濃度炭化水素標準ガスの発生方法について(II)	○前田裕行・平野耕一郎(横浜市公害研究所)
"	"	大気汚染常時監視用測定機器の試験方法について	○町山徹(公害対策局大気課), 平野耕一郎(横浜市公害研究所)
"	"	NO, NO ₂ の同時測定用パーソナルサンプラーの検討	○前田裕行, 平野耕一郎(横浜市公害研究所)
"	"	大気境界層の日変化と汚染物質の輸送過程(I)	○鶴田治雄(横浜市公害研究所)
"	"	大気および自動車排気ガス中の過酸化水素	○芳住邦雄・青木一幸・福田三郎・石黒辰吉(東京都公害研究所), 鶴田治雄(横浜市公害研究所), 大喜多敏一(北大)

学会大会名	年月	題名	発表者・共同研究者
日本化学会第44回秋季大会	56.10	化学物質による環境汚染問題の情報化学的検討 -特にPCBの環境中における動態を中心として-	近藤純三郎・石井哲夫・福島博・二宮勝幸・小市佳延・大場栄次 (横浜市公害研究所), ○広田夙・安倍和久・遠藤裕子(横浜国大)
第18回全国衛生化学技術者協議会小シンポジウム	"	トリハロメタン前駆物質としての藻類およびその代謝物	福島 博
第18回日本水処理生物学会大会	56.11	横浜市の生物指標と生物相調査	福嶋 悟
日本気象学会	56.12	相模湾における海陸風と汚染物質の分布 - 1980年 - 汚染物質の立体分布	鶴田治雄・平野耕一郎・前田裕行・太田正雄ほか広域大気汚染の動態観測グループ
"	"	同上：湾上での1次および2次汚染物質濃度の日変化	"
第8回環境保全・公害防止研究発表会	"	非イオン界面活性剤の処理の実態調査	飯塚貞男
第5回環境における化学物質分析法研究発表会	57. 3	ベンゾ(a)ピレン, ベンゾ(e)ピレン及びフルオランテン	○太田正雄(横浜市公害研究所)
第16回水質汚濁学会	"	藻類増殖過程における有機物およびトリハロメタン生成能の変化	○福島 博, 相沢貴子・真柄泰基(国立公衆衛生院)
第5回環境における化学物質分析法研究発表会	"	塩化トリフェニル錫	大場栄次

5. 雑誌等投稿

報告書名	巻・号	執筆者	発行機関
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	57. 3	佐俣満夫 他10名	横浜市公害研究所

(要旨)

- (1) 中型燃焼実験炉を用いたばいじんの生成過程に関する調査。(昭和55年11月)
 中型燃焼実験炉(バーナー能力690 ℓ/h)を用いて燃料(LSC重油, LSA重油, 灯油), 空気比負荷を変えてばいじんの粒度分布変化を調査したところ, 1 μ m以下の微小粒子群(気相反応型粒子)と1~10 μ mの粗大粒子群(残留炭化型粒子)に分かれ, 気相反応型粒子は灯油燃焼の場合に多く, 残留炭化型粒子は重質油の燃焼に多く排出されることがわかった。
- (2) ボイラーからのばいじんの粒度分布調査 (昭和54年2月~5月)
 調査した液体燃料のボイラーのほとんどのばいじんは1 μ m以下の微小粒子が多く, 粒度分布も2山型あるいは3山型であり, 0.2 μ m以下, 0.5, 3~5 μ m付近にピークがみられた。
- (3) 加熱炉等からのばいじんの粒度分布調査 (昭和54年12月~55年4月)
 大別して微小粒子の多いものと2山型を示すものとがあり, 金属加熱炉等ではそれぞれの施設でかなりの粒度分布の相違が見られた。
- (4) 集じん機の集じん効率に関する調査 (昭和56年1月~2月)
 実際に稼動している集じん機の部分集じん効率は決して単一なものではなくバグフィルターも電気集じん機とともに複雑に変化し, 特に若干のメンテナンスの不良等により著しく集じん効率が低下することがわかった。

雑誌名	執筆者	題名
国立公害研究所研究報告 第32号 スモッグチャンパーによる炭化水素・窒素酸化物系光化学反応の研究 昭和54年度特別研究中間報告 環境大気中における光化学二次汚染物質生成機構の研究(フィールド研究I)	鶴田治雄 奥田典夫 小川靖 若松伸司 村野健太郎 五井邦宏 油本幸夫	航空機を用いた光化学二次汚染物質立体分布の研究, 航空機による光化学二次汚染物質の観測結果

(要旨)

1978年8月9日から12日まで, 首都圏上空で光化学大気汚染に関する立体調査を, 航空機を用いて国立公害研究所, 埼玉県公害センター, 富山県公害センター, 横浜市公害研究所が共同で実施した。その結果, 東京都市域および京浜工業地帯で排出された汚染物質中で光化学反応により生成した高濃度の光化学オゾンを含む汚染気塊は, 大規模な海風で次第に埼玉県方面へ輸送されることがわかった。また, 夜間の北寄りの風が弱い時には, 当日生成した汚染気塊は逆転層より上層に滞留して翌朝まで存在することがわかった。さらに, 混合層の日変化と汚染物質の垂直分布との関係についても考察した。

雑誌名	巻・号	執筆者	題名
天気 季刊環境研究	vol. 28 No.12 1981 No.34 1981	鶴田治雄	大気汚染物質の長距離輸送、 変質および除去過程

(要旨)

硫黄酸化物および窒素酸化物等の長距離輸送と酸性降水現象、窒素酸化物と炭化水素から生成される光化学オゾンの長距離輸送現象を解明するために、北米および欧州大陸で取り組まれている調査研究の現状を述べた。欧州ではOECDが中心となって酸性降水と汚染物質の長距離輸送過程解明のためのプロジェクトが5年間実施され、調査およびそのモデル化を行ない、発生源と環境濃度との定量的な因果関係を明らかにした。また、米国とカナダは2国間協定を結んで、北米大陸東部での酸性降水の解明に取り組んでいる。一方、光化学オゾンの、高気圧の移動に伴う数日間に及ぶ長距離輸送についての調査研究は、米国東部で大規模に実施されており、同時に600 Kmに達するトレーサーの拡散実験も初めて試みられた。

日本での、汚染物質の長距離輸送現象の解明への取り組みは、現在始まったばかりであり、その現象の規模に応じた調査研究体制を組織し、また、隣接するアジア諸国と共同で、これらの現象の解明を行なっていくことが、今後の大気汚染研究の課題の一つであろう。

雑誌名	巻・号	執筆者	題名
空気清浄	vol. 19 No.3 1981	中村 貢 米山悦夫	道路周辺における窒素酸化物 濃度と気象の関係

(要旨)

実測したデータをもとに自動車排出ガスによる道路周辺のNO_x汚染と気象の関係について解析した。その中で特に逆転層の形成時には、道路周辺のNO_xはかなり高濃度になることが判明した。逆転層は冬期にその出現頻度が高くなるが、年間を通じて出現するものであり、特殊な気象状態として例外的に考えるのは問題である。

逆転層形成時のNO_x濃度は、非形成時の濃度の数倍高くなることもあり、道路から100 m以上離れた場所においてもかなり高濃度となる。

雑誌名	巻・号	執筆者	題名
空気清浄	vol. 19 No.3 1981	太田正雄	自動車から排出されるPAH の道路周辺での挙動について

(要旨)

都市環境大気中のPAH濃度、PAHの粒径分布、清浄大気中のBaP濃度について概説するとともに、道路周辺でのPAHの挙動、特に自動車専用トンネル内、交差点におけるPAHの粒径分布、PAHの道路からの粒径別距離減衰などを考察した。

雑誌名	巻・号	執筆者	題名
クリーン (横浜市環境保全協 議会会報)	No.3 1981	沖津正樹 中村貢 米山悦夫	三点比較式臭袋法による悪臭 測定結果

(要旨)

三点比較式臭袋法による悪臭測定法を説明し、その方法による悪臭測定及び改善対策を行った例を紹介した。

測定対象：畜舎，コーヒーばいせん工場，ゴマばいせん工場，焼却施設，バキュームカー，ドライクリーニング工場など。

雑誌名	巻・号	執筆者	題名
環境と測定技術	vol.8 No.10 1981	平野耕一郎	オキシダント測定の問題点－ 現在使用されているオキシダ ント自動計測の誤差要因につ いて－

(要旨)

現在使われているオキシダント自動計測器の誤差要因を中心に、オキシダント測定の問題点を解説した。

中性よう化カリウム吸収液を用いた大気中のオキシダント自動計測器の指示値に影響を与える諸要因、特に二酸化硫黄，窒素酸化物，よう化カリウム溶液の濃度，温度について詳説した。

雑誌名	巻・号	執筆者	題名
市民グラフ，ヨコハマ	No.37 1981	樋口文夫	淡き魚影

(要旨)

過去3回の魚類相調査の結果から境川を中心に現状，過去の状況，及び今後の問題点について述べた。

雑誌名	巻・号	執筆者	題名
水質汚濁研究	vol.4, No.5 1981	福島博， 相沢貴子・真柄泰基 (国立公衆衛生院)	藻類によるトリハロメタン前 駆物質の生成 －培養時期と前駆物質－

(要旨)

THM前駆物質としての藻類に着目し、らん藻の *Microcystis aeruginosa* の室内培養を行ない、THM前駆物質生成の有無および培養日数とTHM生成との関係につき検討した。その結果、死滅過程で細胞からのTHM生成に比べ、ろ過液からの生成が急激に増加することから多量の有機物がTHM前駆物質として培地中に溶出したことが明らかになった。また、ゲル分画の結果よりこの前駆物質は細胞外の高分子多糖類ではなく、分解にもなって生成される有機物であると推定された。

報 告 書 名	執 筆 者	発 行 機 関
昭和56年度陸水域の有機ハロゲン化合物の分析手法に関する研究報告書	福島 博・菅野明男 (横浜市公害研究所) 他 12機関	厚生省環境衛生局

(要 旨)

水道水をはじめとする陸水中の全有機塩素化合物(TOX)およびTOXを構成する個々の塩素化合物の分析方法につき検討した。当研究所では、このうち揮発性物質の分析法において、溶媒抽出法を採用し各種の検討を試みた。またイオンクロマトグラフを用いた場合の低濃度の塩素イオンの定量下限についても考察を加えた。

報 告 書 名	執 筆 者	発 行 機 関
水質管理計画調査(調査方法検討)	福嶋 悟, 田中正明(愛知県公害調査センター), 小田泰史(熊本県衛生公害研究所), 石崎修造(長崎県衛生公害研究所)	(社) 日本の水をきれいにする会

(要 旨)

環境庁の「水生生物相調査法(案)」について、全国の自治体を対象とした調査上の技術的事項に関するアンケート調査を実施し、その結果をもとに「調査法(案)」の修正・検討を行なった。

雑 誌 名	巻 ・ 号	執 筆 者	題 名
Verh. Internat. Verein. Limnol.	No. 21 1981	Masayuki Yasuno,* Sato-shi Fukushima,* Fusao Shioyama,* Junichi Hasegawa, Seiichi kauga,* (* : 国立公害研究所)	Recovery, processes of benthic flora and fauna of slag containing cyanide

(要 旨)

1978年1月14日の地震により、金鉱山の鉱滓溜めよりシアン化合物を含む多量の鉱滓が狩野川(静岡県)に流入し、10km以上の範囲が鉱滓に被われたため、河川の付着藻群落と底生動物群集は死滅した。その回復過程を把握するため調査を経続的に行なった。

鉱滓流出後1ヶ月以内に水面上に出た礫を被たシルトの上に付着藻群落が形成されたが、水面下ではほとんど付着藻群落は形成されなかった。

ほとんどの底生動物は死滅してしまったが、例外的に *Elmis* sp., *Chironomid* そして *Anthoca* sp. の幼虫は生き残っていた。

鉱滓の影響により付着藻の優占種が消滅してしまった時に、付着藻類群落は複雑な構造を形成するが、*Navicula viridula* は流下シルトに対し耐性があるため、本種が出現すると単純な群落が形成された。

河川の回復により *Navicula* の優占性が低くなると、*Chamaesiphon - Homoeothrix* の優占的な群落に回復する前に過渡的な複雑な群落が形成された。

底生動物群集の再形成に先立って、極めて大量の *Chironomi* の幼虫が出現した。6~7ヶ月で付着藻類群落、底生動物群集とも回復した。

雑誌名	巻・号	執筆者	題名
川崎市公害研究所年報	No. 8 1980	松尾清孝・平山南見子・山田茂 (川崎市公害研究所), 福嶋悟	多摩川及び鶴見川水系の付着藻類, 植生と底生動物相による水質の調査研究

(要旨)

- (1) 昭和55年8～11月に, 多摩川水系21地点, 鶴見川水系11地点の33地点の付着藻類相と底生動物相の調査を行なった。
- (2) 付着藻類は多摩川上流で *Chamaesiphon polymorphum*, *Chamaeioiphon* sp. *Homoeothrix - janthina*, *Cymbella ventricosa* が, 多摩川支流で *Navicula minima*, *Chlorococcum* sp. が, 鶴見川上流と支流で *Nitzschia palea* が多く出現し, 底生動物は多摩川上流で *Ephemeroptera* や, *Trichoptera* が, 中流で *Asellus hilgendorfi* が, 下流で *Tubificidae* が, 多摩川支流で *Tubificidae* が, 鶴見川では *Chironomidae* が多く出現した。
- (3) 生物相から見た水質の状況は多摩川, 上流以外の各地点は全てL-中汚濁域もしくは強汚濁域であった。

6. 横浜市公害研究所発行質数目録

1981年12月末日現在

資料番号	件名	発行年月	体裁等
	明日の都市環境を照らす	1977. 3	A 4. 16頁 (パンフレット)
16. 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	B 5. 49頁
2	横浜市公害研究所報(創刊号)	1977. 11	B 5. 56頁
3	公募論文集・クルマ社会をどうするか — 明日の都市環境を考える —	1977. 11	B 5. 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	B 5. 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	B 5. 36頁
6	横浜市公害研究所報(第2号)	1978. 8	B 5. 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	B 5. 195頁
8	横浜市公害研究所報(第3号)	1978. 12	B 5. 156頁
9	第2回公害セミナー会議録・合成洗剤	1979. 3	B 5. 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	B 5. 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	B 5. 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	B 5. 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	B 5. 201頁
14	横浜市公害研究所報(第4号)	1980. 3	B 5. 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	B 5. 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	B 5. 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	B 5. 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	B 5. 84頁
18	魚類の健康評価に関する研究Ⅰ(昭和53年度)	1981. 2	B 5. 20頁
19	魚類の健康評価に関する研究Ⅱ(昭和54年度)	1981. 2	B 5. 51頁
20	横浜市公害研究所報(第5号)	1980. 12	B 5. 236頁

資料番号	件名	発行年月	体裁等
№ 21	帯水層々序確定のための地質調査	1981. 3	B 5. 32頁 付図4枚別添
22	第4回公害セミナー資料提言要旨	1981. 3	B 5. 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	B 5. 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	B 5. 46頁
26	第4回公害セミナー会議録・80年代の環境政策の課題	1981. 3	B 5. 115頁
27	低周波空気振動実態調査報告書	1981. 3	B 5. 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	B 5. 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	B 5. 150頁
30	横浜市公害研究所報第6号	1981. 12	B 5. 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関する調査研究 —	1981.	B 5. 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	B 5. 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	B 5. 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	B 5. 123頁
35	魚類の健康評価に関する研究(3)	1982. 3	B 5. 34頁
36	魚類指標による排水評価のための技術要領	1982. 3	B 5. 30頁
37	横浜市深層地下水調査中間報告書	1982. 3	B 5. 44頁 付図2
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	B 5. 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	B 5. 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	B 5. 11頁
41	自動車騒音公害対策模型実験 — 車線内遮音壁 —	1982. 7	B 5. 87頁
42	第6回公害セミナー資料 大気汚染 — 青空はよみがえったか、この横浜に —	1982. 8	B 5. 31頁

◇ 編 集 後 記 ◇

研究所発足以来、毎年刊行してまいりました所報もここに「第7号」をとりまとめることができました。

引き続き、内容構成は「業務報告編」「調査研究編」及び「資料編」とからなっております。

例年のことながら、調査、研究業務のかたわら、その成果を論文としてとりまとめることは、大変な労力を要します。

今号は、例年と較べ、やや薄手の所報となりましたが、その分、次号に豊富化される予定であります。

今後は、編集方針のたて方や、時宜に即した対応が図られるよう十分な検討を加え、より充実した所報をつくり出していきたいと考えております。

今回の反省点を生かし、更に努力していく所存であります。

所報第7号編集委員会

五十嵐 浩

笠原 美枝子

斎藤 治子

佐俣 満夫

杉本 実

中村 俊亮