

Research Report from the National Institute for Environmental Studies, Japan, No.120, 1988.

国立公害研究所研究報告 第120号

自然浄化機能による水質改善に関する総合研究(Ⅸ)

Comprehensive Studies on Effective Use of Natural Ecosystems for Water Quality Management(Ⅸ)

昭和58～61年度 特別研究総合報告

Final Report in 1983～1986

環境庁 国立公害研究所

THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

特別研究「自然浄化機能による水質改善に関する総合研究」
(期間 昭和58年～61年度)

特別研究責任者：合田 健* 水質土壌環境部長(昭和58～60年度)

村岡浩爾 同 上 (昭和61年度)

特別研究幹事：須藤隆一・矢木修身・海老瀬潜一・田井慎吾・中杉修身・原沢英夫

報告書編集担当：村岡浩爾・矢木修身

(* 昭和61年3月 退任)

序

自然の浄化機能を応用した水質改善に関する本特別研究は、富栄養化防止に関する特別研究(55～57年度)のあとを受けて昭和58年から昭和61年度にかけて実施された。現在、湖や内湾などの閉鎖系水域及び都市内の中小河川の水質汚濁が問題となっているが、省資源、省エネルギー的である森林、土壌、水路、池沼及び水草帯のもつ自然の浄化力を定量化し、この浄化力を水質改善に応用することを目的として研究が遂行された。

本特別研究の成果は、Ⅰ「汚濁負荷の発生と流出・流達」、Ⅱ「水草帯・河口域・池沼の生態系構造と機能」、Ⅲ「水路及び土壌による水質浄化」、Ⅳ「自然浄化機能を活用した処理技術の開発と応用」、Ⅴ「汚濁負荷の発生と流出・流達」、Ⅵ「湖沼の生態系構造と自然浄化」、Ⅶ「自然浄化機能を活用した水路・土壌による浄化と処理技術の開発」、Ⅷ「自然浄化システムの評価方法」、Ⅹ「総合報告」の9分冊としてまとめられた。第1～第4分冊は、中間報告として既に昭和61年3月に出されており、第5～第9分冊が特別研究終了によって今回まとめたものである。

本報告書は第9分冊に当たる。そしてこれをもって本特別研究の総合報告書とする。すなわち、8分冊までは本特別研究の副課題に沿って専門的に詳述されたものであり、個々の研究を詳細に参考とされるに十分な内容となっているが、特別研究全体の成果をまとめて理解しようとするには不便である。したがって本報告書では、本研究所の年報に記載されている程度の長さで、図表を入れ、四年間の成果をわかりやく記述することによって、関係読者の理解が得られるようにしたつもりである。それに加えて本研究の目的や成果の評価も解説したので、自然浄化機能の持つ意義と、これを活用することによって汚濁の進行している湖沼や河川の水質改善のために私達の研究を役立てようとするねらいを、少しでも御理解頂ければ幸いと考えている。

本研究を推進する上で、非常に多くの大学や試験研究機関の研究者の御指導と御助言を頂いた。本書において、2. 研究の組織でその方々の氏名を記し、改めて深く感謝の意を表する次第である。

なお、本研究所においては本報告書にもられた結果をも踏まえて昭和62年度より新しい特別研究として「環境容量から見た水域の機能評価と新管理手法に関する研究」を開始している。今後ともきたんの無い御批判と御指導を頂ければ幸いである。

昭和63年3月

国立公害研究所
所長 江上信雄

目 次

Abstract	1
I 研究の目的	3
II 研究の組織	7
III 研究の成果	11
IV 総合評価	73
V 本特別研究にかかわる刊行物	77

CONTENTS

Abstract	1
I Purpose of the research project	3
II Research organization	7
III Research results	11
IV Concluding remarks	73
V The NIES publications related to this research project	77

Abstract

This is the final report of the research on "Comprehensive Studies on Effective Use of Natural Ecosystems for Water Quality Management" which had been conducted from 1983 to 1986. The purpose of this research is the higher utilization of natural ecosystems such as pond, stream, aquatic plant zone, wet land, soils, etc. in order to improve the water quality of river and lake. In contrast with hard strategies like sewage treatment, the target of this research was focused on the effective use of natural function in consideration of not only energy saving but sustaining sound environment. About fifty researchers in our institute and another fifty guest researchers from universities and other institutes joined this project, and the following results were obtained;

1. Forested area, which forms 60 percent of area of Japan Island, is generally known as a contributor of water quality purification, but its quantitative workability had been vague. The field survey for two years at a test basin of Mt. Tsukuba was performed, but the results did not show the expected value of purification for nitrate because Kanto lorm has special characteristics to hold much nitrogen but to release it out easily by rainfall.

2. The channel near river mouth is a special region that inorganic nutrients tend to be changeable to organic and suspended matters. According to the observation at river mouths of Lake Kasumigaura and Lake Teganuma, various matters are trapped there and this fact was reconfirmed by the experiments considering of retention time in waters. These will be useful data to design a lagoon as a purifier in nature.

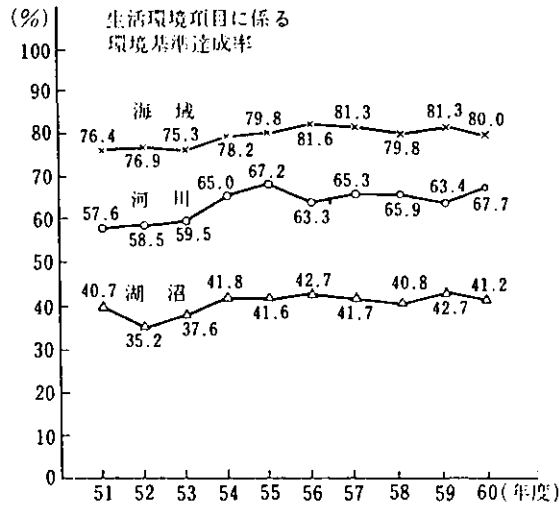
3. Small stream channels as easily seen around our lives in the rural district should not be ignored to be a system of natural purification, though it is not enough efficient. We had some model tests, however, to raise the treatment efficiency of BOD by inserting contact materials in the stream. Soils, which compose a complex ecosystem, are also one of media to be expected as a sustainable treatment method, but it tends to cause such a trouble as filling up the pore of soils with something like sludge.

4 . Lake Kasumigaura, which is a highly eutrophied lake we designate as a field model, has a special trouble that the inflow of much nutrients has been received because 70 percent of people in the basin live in the rural district where the sewerage system is not adaptable. The wide use of small scale treatment for domestic wastewater, especially for gray water, is one of strong strategies, but cutting off the nutrients loads is not always depending on technological solution. In our research project, the adaptability of experts system in the rural district, as a knowhow engineering method, was discussed to develop a new treatment system in consideration of local characteristics.

5 . Limnological field survey of Lake Kasumigaura had been pursued for these ten years. Transparency at the center of the lake in winter season for recent two years was regarded as increasing gradually. Accompanied with this variation, zooplankton and other biomass deeply related to the circulation system of lake showed slight variation, too. As the lake ecosystem is originally complex, we can say no more in scientific view for these temporary changes but feel the necessity to continue this field survey. The Water Conveyance Work, one of the big development projects of the Kasumigaura, is progressing now. It is necessary to do the field survey also from the viewpoint of inspection of the influence on lake environment due to these projects.

I 研究の目的

河川及び湖沼の水は水資源として今まで絶え間なく開発され、保全の努力も払われてきた。特に水質面においては水質汚濁防止の立場から、産業排水の中心とする水質規制、都市を中心とする下水道整備が進み、重金属等の有害物質による汚染、有機物質による汚染は著しく改善された。しかし大都市周辺や、下水道整備の遅れている中小都市においては、水質規制対象外の小規模産業排水、あるいは無処理放流の家庭雑排水を中心とする生活系排水対策の遅れなどによって、中小河川あるいは大河川の支流では汚濁の改善は必ずしも進んでいない。このため湖沼に代表される閉鎖性水域では、依然として富栄養化が進んできた。この事情は図I-1に見られるように、環境基準のうち生活環境項目にかかわる達成率が湖沼において非常に低く、閉鎖性水域の水質改善の難しさを如実に物語っている。この点に鑑み、昭和59年「湖沼水質保全特別措置法(湖沼法)」が制定され、特に指定された湖沼については湖沼水質保全計画の策定とその実施によって、一段と積極的な保全対策が進められ始めている。



(備考) 1. 環境庁調べ。

2. 達成率は、 $\frac{\text{環境基準達成水域数}}{\text{環境基準当てはめ水域数}} \times 100(\%)$

3. 生活環境項目に係る環境基準は、利用目的に応じ河川については6類型、湖沼については4類型、海域については3類型設けられている。

図I-1 水質汚濁の推移 (62年版「環境白書」より)

本特別研究が企画され始めたのは昭和57年頃で、それまでの特別研究の課題であった湖沼の富栄養化現象の機構解明と防止対策に関する研究成果が「湖沼法」成立を支援するものであったことに続き、その法律に折り込まれた湖沼水質保全計画の立案に具体的な施策が盛り込まれるための基礎研究を行うことをもくろんだのである。その成果、流域及び水域において、各種の自然浄化機能を持つ媒体あるいはシステムの特性解析と、その活用による省エネルギー型の水質改善に関する研究を行うことになった。

一方、これまでの治水、利水の両面に力点をおいた湖沼、河川の事業に対し、近年、水辺景観の向上と維持といった水に親しみ、そこに憩いを求めようとするいわゆる親水機能の回復とそれを創造しようとする気運が高まってきていた。すなわち、現在汚濁の進行しつつある河川や湖沼の水質改善を図るためには、小規模産業排水や生活系排水対策等のきめの細かい対策の実施が必要であるとともに、これらの対策は地域住民の生活環境の中か、極く近い環境で行われるため、地域住民の深い理解が必要となる。水に対するこの住民の意識も含めて親水性を定義し、この特別研究のすべての点でこれを折り込むことを一つの基本事項と考えている。

生活系の排水対策は、本来下水道の整備を基本とするが、財政力の弱体な市町村において都市型下水道施設を普及させることは困難であろうし、人口密度の低い地域での都市型下水道はもとと不向きである。また、小規模産業排水においても、大企業並みの高度な排水処理を義務づけるのは何かと困難を伴う。このような状況において、安価で、省エネルギー型で、しかも維持管理の容易な小規模排水処理プロセスが開発されることが当然望まれる。このためには、池沼、小水路、土壌、水辺の水草帯などの自然が持つ浄化機能を理解し、それを活用することによる水質改善を図る必要がある。また、これらの自然浄化機能を有する水域や水辺では、散策、自然観察、魚釣り等のレクリエーションの場としての価値も考え、地域住民の理解を得た水質改善対策を講じなければいけない。

しかしながら現実には水域の護岸はコンクリートで固められ、河道の一部は暗きょ化され、さらに湖沼や河川は利水、治水の両面から同様な手法で整備され、自然浄化機能そのものが失われて行く傾向がある。したがってこれからの汚濁河川や湖沼の水質改善には、水辺の水草帯や土壌微生物の浄化力を評価しながら、それらの機能を向上させ、利用して行くものであってほしい。

このような願いのもとに、本研究は以下の四つのサブテーマに問題を整理した。

1 汚濁負荷が水質に及ぼす影響について

点源負荷に分類される生活排水、畜舎排水、小規模工場排水等、面源負荷に分類される農耕地、山地、市街地等からの汚濁負荷量調査を実施し、それぞれの水域への影響を明らかにする。また実際の排水路、実験水路、現地観測井を用いて、有機物、窒素、リンなどの汚濁負荷の流出機構を解明するとともに、その自然浄化機能についても評価する。これらをまとめ、地域の汚濁

負荷特性をモデル化あるいは数値シミュレーションによって定量化する。

2 池沼、水路、水草、土壌の自然浄化機構について

生活排水、畜舎排水等の各種の排水の流入する池沼、水路、水草帯、土壌において、有機物、窒素、リン等の分解と除去に關与する動物プランクトン、微生物、水生植物等の現存量と分解活性並びに各種環境条件を調査し、水質改善に及ぼす生物的、物理的、化学的要因を明らかにする。さらにモデル池沼、人工水路、土壌カラム装置を用いるとともに、水草帯の2～3地点にモデル地域を設定し、池沼、水路、水草帯、土壌における物質浄化機構を解明し、有機物、窒素、リン等の分解除去機能の定量化を行う。

3 池沼、水路、水草帯、土壌の自然浄化機能の維持促進技術の確立

各種排水の負荷水量、負荷濃度を変えた条件でモデル池沼、人工水路におけるエアレーション、水生植物、接触材等の水質浄化効果を調べるとともに、土壌処理モデル装置における水質浄化実験を行う。従来確立されている処理法と自然浄化処理法の比較も行うとともに、現場にモデルと同様の装置を組み込む浄化実験を行い、自然浄化機能の維持促進技術の確立を図る。

4 水質改善に伴う水環境評価手法の確立

全国の二三の地点において排水の処理状況の処理状況、処理性能、処理コスト、地域特性等の調査を行い、排水の浄化・処理システムの地域適合性を評価するとともに、自然浄化機能のシステムの中での位置付けをする。またアンケート調査や現地実態調査を実施し、総合的な水辺環境評価手法を確立する。水環境を評価するうえで地域活動が密接に關係してくるため、地域活動と水環境との相互作用についても定量的な検討を加える。

以上の研究目標に対して研究所内研究者の専門と陣容を考え、以下の10課題にまとめ直すとともに、これに沿って10研究グループを構成して研究を遂行してきた。なお、後述の研究成果については、この課題ごとにまとめられている。

- 1) 汚濁負荷発生の実態に関する研究（汚濁負荷グループ）
- 2) 汚濁負荷の流出、流達機構に関する研究（流出・流達グループ）
- 3) 池沼の自然浄化機能の解明とその維持促進技術の確立（池沼グループ）
- 4) 水路の自然浄化機能の解明と維持促進技術の確立（水路グループ）
- 5) 土壌の自然浄化機能の解明とその維持促進技術の確立（土壌グループ）
- 6) 水草帯の自然浄化機能の解明と機能の維持促進技術の確立（水草帯グループ）
- 7) 排水処理技術の評価に関する研究（処理技術グループ）

- 8) 水域の水質及び生態系に及ぼす影響因子の解明と評価（生態系グループ）
- 9) 水辺環境評価手法の確立に関する研究（環境評価グループ）
- 10) 自然浄化機能を活用した処理システムの確立（処理システムグループ）

Ⅱ 研究の組織

本特別研究には表Ⅱ-1に示す国立公害研究所内の5部（水質土壌環境部，総合解析部，計測技術部，生物環境部，技術部）の研究員が参加し，さらに表Ⅱ-2，表Ⅱ-3に示す多数の客員研究員，共同研究員が参加した。

表Ⅱ-1 研究担当者

特別研究責任者	水質土壌環境部長 合田 健*（昭和58～60年度） 同 上 村岡浩爾（昭和61年度） （*現在 摂南大学）
水質土壌環境部	
陸水環境研究室	須藤隆一・矢木修身・稲森悠平・内山裕夫・ 細見正明・稲葉一穂・富岡典子・岡田光正** （**現在 東京農工大学）
水質環境計画研究室	海老瀬潜一・相崎守弘・大坪国順・平田健正・ 福島武彦
土壌環境研究室	高松武次郎・袴田共之・向井 哲・久保井徹・ 服部浩之・広木幹也
臨湖実験施設	田井慎吾
総合解析部	
部 長	内藤正明
第一グループ	乙間末広・原沢英夫
第二グループ	甲斐沼美紀子・青柳みどり
第三グループ	仁科克己
第四グループ	青木陽二・森 保文
第五グループ	中杉修身・天野耕二
計測技術部	
大気計測研究室	安部喜也・横内陽子
水質計測研究室	大槻 晃・河合崇欣・古田直紀・白石寛明・ 野尻幸宏
分析室	西川雅高

生物環境部

水生生物生態研究室 安野正之・春日清一・高村典子・花里幸幸

生物環境管理研究室 岩熊敏夫・高村健二・上野隆平・野原精一

技術部

技術室 松重一夫

理工施設管理室 土屋重和

表Ⅱ-2 客員研究員

青山莞爾	(東邦大学理学部)	(61年度)
新井孝昭	(日本大学生産工学部)	(58~61年度)
今岡 務	(広島大学工学部)	(58~61年度)
稲垣 正	(東京大学海洋研究所)	(58年度)
今田和史	(北海道立水産孵化場)	(60,61年度)
浮田正夫	(山口大学工学部)	(58~61年度)
大竹久夫	(東京大学応用微生物研究所)	(58~60年度)
岡田光正	(東京農工大学工学部)	(61年度)
沖 陽子	(岡山大学農業生物研究所)	(58~61年度)
小倉紀雄	(東京農工大学工学部)	(58,59年度)
小沼洋司	(東北大学農学部)	(58年度)
川原 浩	(東京都公害研究所)	(58,59年度)
加藤憲二	(信州医療技術短期大学)	(60年度)
河村清史	(国立公衆衛生院衛生工学部)	(60年度)
北村 博	(日本大学生産工学部)	(60,61年度)
木村 允	(東京都立大学理学部)	(59~61年度)
国松孝男	(滋賀県立短期大学農業部)	(58~61年度)
合田 健	(摂南大学工学部)	(61年度)
坂本 充	(名古屋大学水圏科学研究所)	(58~61年度)
新藤静夫	(筑波大学地球科学系)	(58年度)
鈴木基之	(東京大学生産技術研究所)	(58~60年度)
関 文威	(筑波大学生物科学系)	(58~61年度)
瀬戸裕之	(東京理科大学理学部)	(60,61年度)

宗宮 功	(京都大学工学部)	(58~61年度)
高村義親	(茨城大学農学部)	(60,61年度)
滝井 進	(東京都立大学理学部)	(58~61年度)
滝 和夫	(千葉工業大学土木工学部)	(61年度)
高橋正征	(筑波大学生物科学系)	(60,61年度)
橋 治国	(北海道大学工学部)	(58~61年度)
立川賢一	(東京大学海洋研究所)	(58年度)
田中 勝	(国立公衆衛生院衛生工学部)	(59年度)
田中 正	(筑波大学地球科学系)	(58,59年度)
田中昌一	(東京大学海洋研究所)	(58~60年度)
茅原一之	(明治大学工学部)	(61年度)
津野 洋	(京都大学工学部)	(58~61年度)
辻本哲郎	(京都大学工学部)	(60年度)
手塚泰彦	(京都大学工学部大津臨湖実験所)	(60,61年度)
寺西靖治	(広島大学工学部)	(59,60年度)
中沢雄平	(長野県衛生公害研究所)	(59年度)
中本信忠	(信州大学繊維学部)	(58~61年度)
中島拓男	(滋賀県琵琶湖研究所)	(58~61年度)
中辻啓二	(大阪大学工学部)	(58,59年度)
中村良夫	(東京工業大学社会工学科)	(58年度)
西村仁嗣	(筑波大学構造工学系)	(58,59年度)
橋本 奨	(大阪大学工学部)	(59~61年度)
萩原清子	(立正大学経済大学)	(58年度)
日野幹雄	(東京工業大学工学部)	(59,60年度)
松岡 譲	(京都大学工学部)	(59,60年度)
松沢克典	(長野県衛生公害研究所)	(59年度)
松本 聡	(鳥取大学農学部)	(59~61年度)
松尾友矩	(東京大学工学部)	(58~61年度)
三村信男	(茨城大学工学部)	(61年度)
武藤暢夫	(関東学院大学工学部)	(59年度)
森 忠洋	(島根大学農学部)	(58,59年度)
山根爽一	(茨城大学教育学部)	(60,61年度)
山本哲也	(茨城県公害技術センター)	(58~61年度)

山本満寿夫	(信州大学繊維学部)	(60,61年度)
吉野善弥	(東京理科大学工学部)	(58~61年度)
吉田富男	(筑波大学応用生物科学系)	(58~61年度)
矢崎仁也	(日本大学農獣医学部)	(61年度)
渡辺泰徳	(東京都立大学理学部)	(61年度)

表Ⅱ-3 共同研究員

岩佐克彦	(東邦大学理学部)	(60年度)
風見敏明	(東邦大学理学部)	(58年度)
見城卓也	(日本大学生産工学部)	(60年度)
酒井光夫	(東京大学海洋研究所)	(58~61年度)
佐藤陸雄	(筑波大学環境科学研究科)	(59~61年度)
鈴木統久	(東邦大学理学部)	(61年度)
高橋智巳	(東邦大学理学部)	(59年度)
谷内俊昭	(明治大学工学部工業化学科)	(61年度)
谷野 充	(東邦大学理学部)	(58,59年度)
辻井正己	(茨城大学教育学部)	(60,61年度)
土谷岳令	(東京都立大学理学部)	(58~61年度)
戸張邦夫	(東邦大学理学部)	(61年度)
豊嶋照夫	(千葉工業大学)	(61年度)
畠中寿一	(東邦大学理学部)	(60,61年度)
林 紀男	(東邦大学理学研究科)	(58~61年度)
松沢克典	(長野県衛生公害研究所)	(60年度)
森沢 拓	(筑波大学環境科学研究科)	(61年度)
山本泰広	(東邦大学理学部)	(60年度)

Ⅲ 研究の成果

研究課題 1) 汚濁負荷発生の実態に関する研究

〔担当者〕 須藤隆一・矢木修身・稲森悠平・細見正明・稲森一穂・富岡典子・田井慎吾・安部喜也・横内陽子・松重一夫・土屋重和・岡田光正*・中沢雄平* (*客員研究員)

種々の水域における自然浄化能を把握する際に、また自然浄化能を積極的に活用して水域の水質保全を図る際に、各水域への排水の負荷量を推定することは不可欠な作業である。

そこで、本研究においては、公共水域への汚濁負荷が大きいと推定される種々の排水の原単位を推定することを目的として、まず、現在最も大きな問題となっている生活系排水を中心として、またいずれの水域に対しても考慮しなければならない負荷である降水について、実態調査を行い、各原単位を明らかにした。

(1) 生活系排水の汚濁負荷原単位

生活系排水の平均的な汚濁負荷原単位を推定するため、土浦市(3か所)、長野市、上田市の住宅地を選び、生活排水及び生活雑排水の水量、水質を測定した。同時に、アンケート調査を行い、人口、洗剤使用状況、生活パターンなどを把握し、汚濁負荷との関係について検討した。

生活排水の排水量の経時変化は、午前6時頃から11時頃までと、17時すぎから24時頃までの二つのピークからなる。生活排水の汚濁負荷原単位は、水量 $180 \text{ l} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、SS $43 \sim 56 \text{ g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、BOD $44 \sim 68 \text{ g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、COD $21 \sim 26 \text{ g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、T-N $8.1 \sim 8.5 \text{ g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、T-P $1.1 \sim 1.4 \text{ g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、MBAS $1.6 \sim 2.6 \text{ g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ の範囲にあった。排水量のパターンや生活排水の汚濁負荷原単位は、長野県と土浦市との地域差は認められなかった。また、休日の各汚濁負荷原単位は、いずれの地域とも、平日の各汚濁負荷原単位の4~20%分が増加していた。これは、アンケート調査結果から推定されるように、昼間人口が、平日では、30~40%であるのに対し、休日には、90%程度が在宅しているためと考えられた。

生活雑排水の原単位についても、水量 $140 \sim 190 \text{ l} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、SS $11 \sim 24 \text{ g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、BOD $13 \sim 35 \text{ g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、T-N $1.9 \sim 2.3 \text{ g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、T-P $0.22 \sim 0.40 \text{ g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ の範囲にあり、土浦市と上田市との地域差は、認められなかった。

それぞれ、接近した地域における生活排水と生活雑排水から推定したし尿の原単位は、SS $32 \sim 36 \text{ g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、BOD $22 \sim 33 \text{ g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、COD $13 \sim 15 \text{ g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、T-N $5.8 \sim 7.0 \text{ g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、T-P $0.7 \sim 1.1 \text{ g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ と、既に報告されている値と比較すれば、T-N、T-Pは低め、BODやSSは高めであった。

(2) 生活雑排水の汚濁負荷原単位並びに実践活動の効果

生活雑排水の汚濁負荷原単位の特性を把握するため、し尿が汲み取り処理されている茨城県八郷町の集落（25戸）を対象として、各季節における原単位調査を行うとともに、サンプリング頻度から推定した原単位調査結果の解析や生活雑排水の発生原単位対策としての実践活動の効果について検討した。

生活雑排水の汚濁負荷原単位の季節変化は、ほとんど認められなかった。対象地域におけるBODやCODなどの有機物関連項目の原単位は、文献値の最低値に近い値を示した（表Ⅲ-1）。

表Ⅲ-1 茨城県八郷町陣馬地区における生活雑排水の汚濁負荷原単位

期 間	水 量 ($l \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)	BOD	COD	TOC ($g \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)	SS	T-N	T-P
春	179	19.7	7.36	7.96	9.4	1.43	0.224
夏	264	19.4	9.53	8.92	18.2	1.76	0.244
秋	199	15.6	6.41	9.63	4.9	1.11	0.192
冬	217	15.2	6.57	8.37	5.2	1.38	0.211
年間の平均値	216	16.7	7.25	9.17	8.5	1.33	0.210
変動係数(%)	22	25	32	30	107	32	32

サンプリング間隔の違いによる汚濁負荷量の評価値のばらつきを推定したところ、1時間に1回のサンプリング頻度では、流量やTOC、T-N、T-Pの汚濁負荷量とも20%前後のばらつきを有した値であることが示された。

生活雑排水の発生源対策としての実践活動は、平均的には、TOC、MBASを除けば、15%前後の除去効果を示した（表Ⅲ-2）。しかし、窒素やポリオキシエチレン型非イオン性界面活性剤（POE-NS）を除けば、統計的には実践活動前後の原単位に有意な差が認められなかった。これは、1時間に1回のサンプリング頻度から推定した原単位は、20%前後のばらつきを有していること、また、対象地区では、実践活動以前から生活雑排水に対する意識が高く、住民がそれぞれ工夫して汚濁負荷量の削減に努めていたためと考えられた。

(3) 大気からの栄養塩降下量とその変動

湖沼の水面あるいは流域に四季を通じて供給される栄養塩量とその季節変動の特性を明らかにした。1か月単位で採取した降水のみの試料と降下物全体についての試料について、窒素及びリ

表 Ⅲ- 2 茨城県八郷町陣馬地区における実践活動の前後における生活雑排水の汚濁負荷原単位

項 目	実践活動前における 原単位の平均値	実践活動後における 原単位の平均値
流入水量 ($m^3 \cdot 人^{-1} \cdot d^{-1}$)	0.23	0.20
BOD ($g \cdot 人^{-1} \cdot d^{-1}$)	18	15
COD ($g \cdot 人^{-1} \cdot d^{-1}$)	8.0	6.4
窒素 ($g \cdot 人^{-1} \cdot d^{-1}$)	1.5	1.1
リン ($g \cdot 人^{-1} \cdot d^{-1}$)	0.22	0.19
SS ($g \cdot 人^{-1} \cdot d^{-1}$)	8.0	4.6

ン濃度を測定した。

全リンの降下量は、春から夏にかけて高く、秋及び冬に低かった。NO₃-N や NH₄-N も類似の傾向を示したが、春先の増加はさらに顕著であった。年間降下量は、全リン23.2~45.5 (平均31.8) mg・m⁻²・y⁻¹、全無機態窒素732~1364 (平均1031) mg・m⁻²・y⁻¹の範囲にあった。

経年的にみると、全リン降下量は1981年頃から一様に減少傾向を示したが、1986年以降は再び上昇傾向を示した。窒素降下量については、NO₃-N は 500mg・m⁻²・y⁻¹前後で安定していたが、NH₄-N は2ないし3年周期で変動しながら増加する傾向を示した。その結果、この9年間に全無機態窒素の降下量は、約1.5倍増加した。

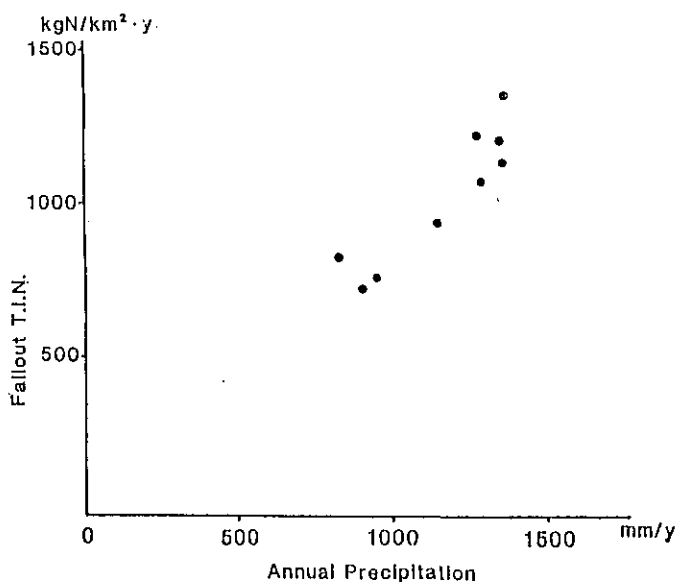


図 Ⅲ- 1 年間降水量と年間 T.I.N. 降下量の関係

年降水量と全無機態窒素の降下量との間には、正の相関が認められた(図Ⅲ-1)。降水による降下量とドライフォールアウトによるものとを比較すると、全リンでは、降下量のうち66%がドライフォールアウトであるのに対し、全無機態窒素は、60%が降水とともに降下していた。また、降下物質中の窒素/リン比は、ドライフォールアウトの場合、約23と植物のそれに近かったが、降雨時の窒素/リン比は約66と高かった。これらの結果から、降雨時に窒素の降下量が増大するのは、 NO_2 や NO_3 などガス体の雨水中への取込によると考えられた。

〔印刷発表〕

- Ambe, Y. and M. Nishikawa (1983) : Measurements of fluctuations of the concentrations of trace elements in rain water. Proc. 6th World Congr. Air Qual., 1983, Paris, 97-99.
- 安部喜也・西川雅高(1985) : 筑波地域における降水成分の特性について. ハイドロロジー, 15, 2-11.
- 合田 健(1984) : 水質汚濁防止対策の将来像—排水問題を考える前に—. 用水と廃水, 26, 457-472.
- 合田健・須藤隆一 他(1985) : 生活排水処理システムの高度化に関する研究. 昭和59年度排水処理の高度化に関する総合研究(環境庁240p.), 9-1~9-23.
- Hosomi, M. and R. Sudo (1986) : Simultaneous determination of total nitrogen and total phosphorus in freshwater samples using persulfate digestion. Int. J. Environ. Stud., 27, 267-275.
- 細見正明(1987) : モデル水系における底質土の物質浄化機能. 土・水研究会資料, 農業環境技術研究所, 63-78.
- Inaba, K. (1987) : Determination of trace levels of polyoxyethylene-type nonion surfactants in environmental waters. Int. J. Environ. Anal. Chem., 31, 63-73.
- 稲森悠平(1984) : 生活雑排水および屎尿浄化槽流水による公共用水域の富栄養化とその対策. 建設設備と配管工事, 22(2), 39-46.
- 稲森悠平・須藤隆一(1983) : 生活排水の窒素, リン対策について. 公害と対策, 19(7), 48-55.
- Inamori, Y., R. Sudo and T. Goda (1985) : Domestic sewage treatment using anaerobic bio-filter joined with aerobic bio-filter. IAWPRC's first asian conference on treatment, disposal and management of human wastes. 214-220.
- Inamori, Y., R. Sudo and T. Goda (1985) : Domestic sewage treatment using anaerobic biofilter joined with aerobic biofilter. Water Sci. Technol., 18, 209-216.
- 稲森悠平・矢木修身・須藤隆一(1986) : 沿岸海域の水質保全のための窒素, リン除去対策. 用

- 水と廃水, 28(1), 66-77.
- 稲森悠平・矢木修身・須藤隆一 (1987) : 土壌トレンチ法による生活排水処理とその浄化特性. 用水と廃水, 29(1), 51-59.
- 岡田光正・須藤隆一・江島玄泰・稲森悠平 (1984) : 水路浄化法による生活雑排水処理に関する基礎的研究. 用水と廃水, 26, 595-605.
- 岡田光正 (1985) : 生活系排水の原単位. 第2回自然浄化シンポジウム-自然浄化機能による水質改善- (国立公害研究所), 7-14.
- 須藤隆一 (1983) : 雑排水をどうするか. 用水と廃水, 25(4), 47-53.
- 須藤隆一 (1984) : これからの生活排水処理をめぐって. 化学工学シンポジウムシリーズ. 4, 1-10.
- 須藤隆一 (1984) : これからの生活排水処理技術. 化学装置, 26(1), 58-63.
- 須藤隆一 (1984) : 生活雑排水処理における回転円板法. 環境技術, 13, 435-438.
- 須藤隆一 (1984) : 小規模生活排水処理における将来の処理システム. 環境技術, 13, 734-740.
- 須藤隆一 (1984) : 生活雑排水の処理技術. 水質汚濁研究, 7, 146-153.
- 須藤隆一 (1984) : 生活雑排水対策-小型合併処理の処理技術. 生活と環境, 29(7), 16-24.
- 須藤隆一 (1984) : これからの生活排水の処理技術. 住宅設備, 6(1), 45-50.
- 須藤隆一 (1984) : 生活雑排水対策の現状と課題. 設計資料, 21, 43-47.
- 須藤隆一 (1984) : 湖沼の汚濁と生活排水. 統計, 36(12), 7-12.
- 須藤隆一・稲森悠平 (1986) : 湖沼水質保全のための生活雑排水対策. 用水と廃水, 28, 825-835.
- 山根敦子・岡田光正・須藤隆一 (1983) : 有リン洗剤の使用禁止に伴う生活排水の汚濁負荷単位の変化. 下水道協会誌, 7(1), 1-9.

〔口頭発表〕

- 安部喜也・西川雅高 (1983) : 降水中の粒子の元素組成について. 1983年度日本地球化学会年会, 八王子 (58.10)
- 安部喜也 (1983) : 降水成分のデータ解析における二三の問題点. 第24回大気汚染学会, 四日市 (58.11)
- 安部喜也・西川雅高 (1983) : 上越地域および最上川流域における降雪中の微量成分濃度とその分布. 第24回大気汚染学会, 四日市 (58.11)
- 安部喜也 (1984) : 大気降下物中の栄養塩とその変動. 日本陸水学会第49回大会, 筑波 (59.9)
- 安部喜也・西川雅高 (1984) : 降水中の粒子とその含有成分の変動. 日本地球化学会昭和59年度年会, 名古屋 (59.10)

- 安部喜也・西川雅高 (1984) : 東京一筑波における積雪中の化学成分濃度の分布. 第25回大気汚染学会, 宇部, (59.11)
- 安部喜也・西川雅高 (1984) : 筑波地域における降水中の微量成分濃度の変動と降雨特性. 第25回大気汚染学会, 宇部 (59.11)
- 安部喜也・西川雅高 (1984) : 筑波地域における降水の水質特性とその変動. 水文学研究会・陸水物理研究会第3回合同研究会, 東京 (59.11)
- 安部喜也 (1985) : 湖沼の栄養塩収支における大気降下物の意義. 日本陸水学会第50回大会, 大津 (60.10)
- Ambe, Y. and M. Nishikawa (1984) : Variations of chemical constituents in particulate matter in rain water. The 1984 Int. Chem. Congr. Pac. Basin Soc. Honolulu (59.12)
- 安部喜也・横内陽子・西川雅高 (1986) : 筑波における大気降下物中のリン, 窒素含量とその変動. 第27回大気汚染学会, 京都 (61.11)
- 合田 健 (1984) : ノンポイントソースの制御. 第3回琵琶湖研究シンポジウム, 大津 (59.12)
- 細見正明・稲葉一穂・稲森悠平・原沢英夫・須藤隆一 (1986) : アン原による生活雑排水の処理. 日本水処理生物学会第23回大会, 猪苗代 (61.10)
- 細見正明・稲葉一穂・稲森悠平・原沢英夫・須藤隆一 (1987) : アン原の自然浄化能を活用した生活雑排水処理. 第4回自然浄化シンポジウム, 筑波 (62.3)
- 稲葉一穂・須藤隆一 (1986) : C T A S法による非イオン性界面活性剤の分析法の検討. 第20回水質汚濁学会, 東京 (61.3)
- 稲森悠平・風見敏明・須藤隆一 (1983) : 回転円板法による生活排水の脱窒. 日本水処理生物学会第20回大会, 大阪 (58.11)
- 須藤隆一 (1983) : これからの生活排水処理をめぐって. 化学工学協会第17回秋季大会, 仙台 (58.9)
- 須藤隆一 (1983) : 生活雑排水処理における回転円板法. 第5回回転円板法研究シンポジウム, 東京 (58.10)
- 須藤隆一 (1983) : 自然浄化機能を活用した雑排水対策. 日本水質汚濁研究協会, 雑排水対策セミナー, 東京 (58.11)
- 須藤隆一 (1985) : 生活雑排水に関する技術的諸問題. 生活系排水処理に関する講演会, 東京 (60.11)
- 須藤隆一 (1985) : 今後の生活雑排水処理対策について. 第12回環境保全公害防止研究発表会, 東京 (60.12)
- 須藤隆一 (1986) : 生活雑排水対策. 第2回手賀沼シンポジウム, 柏 (61.8)
- 須藤隆一 (1986) : 私たちの生活雑排水と水. 日本水処理生物学会第23回大会, 猪苗代 (61.10)

- 須藤隆一（1986）：生活雑排水について，第2回水環境問題対策推進協議会，秋保（61.10）
- 鈴木基之・岡田光正・河田孝雄（1983）：酸化池による生活雑排水の処理．化学工学協会第48年会，京都（58.4）
- 山根敦子・岡田光正・須藤隆一（1983）：浅い汚濁都市河川の自浄作用．日本陸水学会第48回大会，松本（58.9）
- 山根敦子・岡田光正・須藤隆一（1983）：生活雑排水の原単位．日本水処理生物学会第20回大会，大阪（58.11）
- 山根敦子・岡田光正・須藤隆一（1984）：汚濁都市河川の底泥における有機物の分解．第18回水質汚濁学会，東京（59.4）

研究課題 2) 汚濁負荷の流出・流達機構に関する研究

〔担当者〕 村岡浩爾・海老瀬潜一・平田健正

流出・流達グループは、森林域の浄化機能を評価するために渓流水質に焦点を合わせた研究と、種々の土地利用形態の流域からの汚濁負荷量算定と、河道や水路の流下過程における水質変化の定量的研究を行った。

(1) 森林域の水収支と物質収支

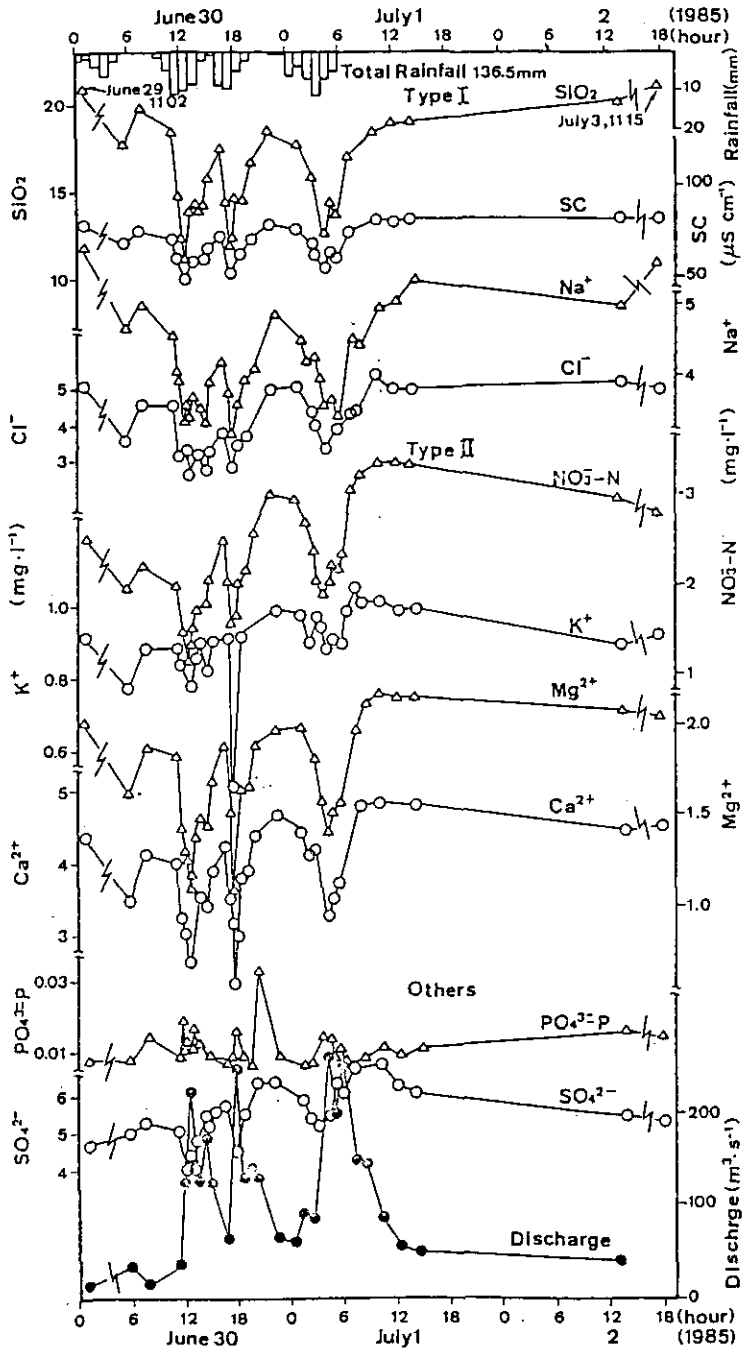
筑波山系に 67.5ha の森林試験地を設定し、林外雨・林内雨・土壌水・地下水・渓流水の水量と水質の定期観測を実施して 1985年4月～1986年3月 (Case 1), 1986年4月～1987年3月 (Case 2) の水収支と物質収支を表Ⅲ-3のように明らかにした。Case 1, 2 の両水文年について、降水量は 1560mm 前後、流出量は 760mm 強と両者にほとんど差がなく、流出率も 48 %と 49%と大差なかった。物質収支は、系への入力としての溶存物質濃度の多くは降水量の増加に対して減少する傾向にあった。無機態窒素は降水量とともに増加傾向にあり、その内訳は $\text{NH}_4\text{-N}$ 50%, $\text{NO}_2\text{-N}$ 1%, $\text{NO}_3\text{-N}$ 49%であった。渓流水としての流出の季節変化は無機態窒素についてのみ特徴があり、夏期に濃度も負荷量も高く、その 98%は $\text{NO}_3\text{-N}$ であった。流出負荷量変化は流量変化に支配されており、流量の多い夏期に高い傾向を示した。収支としては、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ が入力より出力が小さく、無機態窒素はその逆になった。 SiO_2 , Na, K, Mg, Caは濃度、負荷量とも流出超過となっている。また、毎木調査による植物体現存量変化では、N21, P 2, K13, Ca30, Mg 6 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{y}^{-1}$ 年の固定量となっている。これだけの量は降水からの入力では足りず、森林土壌からの補給が考えられる。

(2) 渓流水の溶存物質の流出

1984年9月から筑波森林試験地において、降水から渓流水への水移動に伴う溶存物質の濃度変化を追跡した。隔週ごとの定期調査と4回の降雨時流出調査より水質濃度の季節変化や降雨流出時の変化を明らかにした。渓流水の水質濃度では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が夏期に高濃度、冬季に低濃度の変化を示し、Caがこれに似た季節変化を示した。他の水質項目には季節変化の特徴は見られなかった。降雨流出時の渓流水の水質濃度変化は、図Ⅲ-2のように全般に流量増加時に濃度減少して、流量逓減時に濃度増加するが、降雨終了後にはほぼ降雨前の濃度レベルに回復する物質 (タイプⅠ) と、それを上回る物質 (タイプⅡ) に分かれる。ただ、 SO_4^{2-} と $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ はどちらもとも言えない変化であった。流出負荷量(L) は流量(Q) に支配され、流域面積をAとすれば、一つの降雨時流出についての比累加流出負荷量は次式のように比累加流出水量の関数、 $\Sigma L/Q = a \cdot (\Sigma Q/A)^b$ として表現できる。ここで、a, bは係数であり、bは 1.0 に近い値となる。

表 III-3 筑波森林試験地の水収支と物質収支

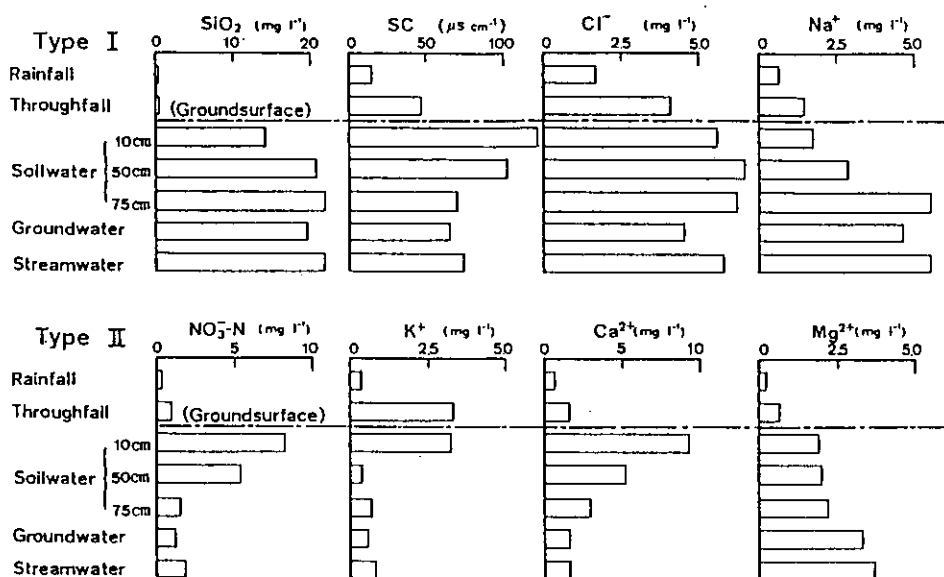
		NH ₄ ⁺ -N	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	Inorg-N	PO ₄ ³⁻ -P	SiO ₂	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	pH	SC
Apr.1985-Mar. 1986															
Input	Water amount (mm)	1576.5													
	Mean conc. (mg·l ⁻¹)	0.389	0.007	0.310	0.706	0.015	0.177	1.66	1.47	0.634	0.271	0.195	0.314	5.1	14.9
	Loading(kg·ha ⁻¹ ·y ⁻¹)	6.13	0.113	4.89	11.13	0.241	2.79	26.2	23.2	10.0	4.28	3.08	4.93		
Output	Water amount (mm)	733.7													
	Mean conc. (mg·l ⁻¹)	0.037	0.003	1.67	1.71	0.010	21.1	5.79	3.76	5.89	1.01	3.59	1.67	7.0	73.2
	Loading(kg·ha ⁻¹ ·y ⁻¹)	0.270	0.025	12.22	12.51	0.076	154.7	42.5	27.6	43.2	7.40	26.3	12.3		
Budget(kg·ha ⁻¹ ·y ⁻¹)		5.86	0.088	-7.33	-1.38	0.168	-151.9	-16.2	-4.40	-33.2	-3.11	-23.2	-7.34		
Apr.1986-Mar. 1987															
Input	Water amount (mm)	1552.5													
	Mean conc. (mg·l ⁻¹)	0.294	0.004	0.355	0.653	0.008	0.174	1.70	1.50	0.660	0.313	0.223	0.586	5.0	14.6
	Loading(kg·ha ⁻¹ ·y ⁻¹)	4.56	0.067	5.51	10.14	0.116	2.70	26.21	22.7	10.2	4.87	3.46	9.09		
Output	Water amount (mm)	711.4													
	Mean conc. (mg·l ⁻¹)	0.034	0.003	1.77	1.804	0.007	21.7	5.83	3.38	5.50	0.788	3.60	1.66	6.7	74.4
	Loading(kg·ha ⁻¹ ·y ⁻¹)	0.239	0.023	12.57	12.84	0.047	154.3	41.5	24.0	39.1	5.60	25.6	11.8		
Budget(kg·ha ⁻¹ ·y ⁻¹)		4.33	0.045	-7.06	-2.69	0.070	-151.6	-15.2	-1.30	-28.9	-0.74	-22.1	-2.70		



b Event 2

図 III-2 溶存物質の流出特性

降雨流出時の中間流出成分は地表面近くの土壤水に由来すると考え、降雨前後での土壤水の採水により、タイプⅠの物質は鉛直方向に濃度が一樣か、土壤表層で小さく分布、タイプⅡの物質は土壤表層にかなり高濃度に蓄積されていることが確認できた。さらに、降水・林内雨・土壤水・地下水・渓流水へと鉛直方向の水移動に伴う物質濃度変化は図Ⅲ-3のようになる。これは



図Ⅲ-3 水移動に伴う物質濃度の変化

Case 2の平均値であるが、タイプⅠとⅡの物質の土壤層内での分布の違いの特徴がよく現れている。

(3) 無機イオンの流出負荷量原単位と流出特性

湖沼の富栄養化の要因として N,P は最も重要であるが、他の無機イオンの関与もまた重要である。特に、農耕地への肥料等の大量投入による土壤層への蓄積の影響、大気汚染による降水としての負荷量の増加や酸性雨による土壤層への影響が懸念されたため、河川での無機イオン流出負荷量原単位を算定し、その流域内の土地利用形態との相関解析を行うとともに、その面源負荷としての流出特性を種々の調査により明らかにした。用いたデータは 10 河川について毎週 1 回定時で 1 年間の流出負荷量調査結果である。各種無機イオンの流出負荷量原単位を河川ごとに表Ⅲ-4に示す。全般的には有機汚濁の進んだ市街地河川でほとんどの項目の比流出負荷量が高いが、NO₃-N は農耕地の多い河川でも高く、市街地河川でも小さい場合がある。流域内の土地利用形態と無機イオンの相関分析では、人為的な汚濁を反映する水質項目では、表Ⅲ-5のようにい

表 Ⅲ- 4 無機イオンの平均濃度と比流出負荷量

		桜川	小野川	清明川	境川	花室川	靖前川	新利根川	恋瀬川	山王川	園部川
COD	平均濃度 (mg · l ⁻¹)	4.3	4.8	8.3	13.0	5.7	16.7	9.1	5.2	8.6	8.1
	比流出負荷量 (t · km ⁻² · y ⁻¹)	1.33	1.54	3.94	4.92	4.39	6.87	21.41	2.45	10.58	5.48
NH ₄ -N	平均濃度 (mg · l ⁻¹)	0.40	0.22	1.08	1.69	0.48	3.47	0.52	0.46	1.00	2.29
	比流出負荷量 (t · km ⁻² · y ⁻¹)	0.10	0.07	0.47	0.64	0.32	1.45	0.78	0.22	1.10	1.36
NO ₂ -N	平均濃度 (mg · l ⁻¹)	0.08	0.10	0.20	0.20	0.17	0.40	0.08	0.07	0.31	0.70
	比流出負荷量 (t · km ⁻² · y ⁻¹)	0.02	0.03	0.09	0.09	0.12	0.16	0.21	0.03	0.37	0.42
NO ₃ -N	平均濃度 (mg · l ⁻¹)	1.46	1.82	2.43	0.98	2.75	0.56	0.58	1.52	1.18	2.37
	比流出負荷量 (t · km ⁻² · y ⁻¹)	0.47	0.68	0.60	0.41	1.84	0.24	0.33	0.88	1.51	1.86
PO ₄ -P	平均濃度 (mg · l ⁻¹)	0.04	0.05	0.16	0.31	0.18	0.64	0.06	0.09	0.35	0.26
	比流出負荷量 (t · km ⁻² · y ⁻¹)	0.01	0.02	0.07	0.12	0.13	0.26	0.03	0.05	0.33	0.14
Cl	平均濃度 (mg · l ⁻¹)	21.8	28.2	30.5	29.6	32.3	44.0	58.4	14.9	26.0	22.7
	比流出負荷量 (t · km ⁻² · y ⁻¹)	6.2	9.1	13.7	12.6	23.0	18.0	78.7	6.7	29.5	15.2
K	平均濃度 (mg · l ⁻¹)	6.2	6.8	9.2	9.7	9.4	15.0	18.7			
	比流出負荷量 (t · km ⁻² · y ⁻¹)	1.9	2.2	4.2	4.5	7.0	6.3	28.9			
Na	平均濃度 (mg · l ⁻¹)	8.5	10.9	14.4	14.4	14.8	26.0	41.9			
	比流出負荷量 (t · km ⁻² · y ⁻¹)	3.0	3.4	6.5	6.5	10.8	10.5	53.1			
Ca	平均濃度 (mg · l ⁻¹)	11.8	12.4	14.1	10.5	19.3	14.7	12.5			
	比流出負荷量 (t · km ⁻² · y ⁻¹)	3.7	4.0	6.3	4.9	13.7	6.1	30.6			
2価陽イオン	平均濃度 (mg · l ⁻¹)	20.6	22.1	23.8	18.8	32.8	26.1	24.9			
	比流出負荷量 (t · km ⁻² · y ⁻¹)	59.2	7.2	10.5	8.0	23.1	10.7	54.9			

表 Ⅲ- 5 土地利用と比流出負荷量の相関係数

	人口密度	市街地	畑地	水田	耕地	林地
COD	0.809	0.686	0.078	-0.677	-0.276	-0.741
NH ₄ -N	0.601	0.474	-0.082	-0.270	-0.230	-0.518
NO ₂ -N	0.353	0.230	0.428	-0.495	0.193	-0.458
NO ₃ -N	-0.011	0.007	0.569	-0.606	0.284	-0.192
PO ₄ -P	0.882	0.745	-0.066	-0.647	-0.412	-0.736
Cl	0.775	0.746	0.140	-0.794	-0.272	-0.831
Na	0.827	0.884	-0.479	-0.575	-0.756	-0.850
K	0.783	0.877	-0.395	-0.648	-0.708	-0.873
Ca	0.316	0.507	-0.004	-0.692	-0.337	-0.563
2価陽イオン	-0.431	-0.395	-0.175	0.484	0.058	0.764

いずれも市街地面積比率との相関が高く、NO₃-N は畑地面積比率と相関が高く、水田面積比率とは負の相関があることが明らかとなった。これらはある土地利用形態がほとんどを占める流域での流出負荷量調査結果と合致する。

無機イオンの濃度や負荷量の季節変化には、雨量に依存した流量の影響が大きく、水温の影響はあまり大きく現れなかった。降雨流出時の調査から、流量増加に対して濃度をあまり減少させず、かえって濃度増加を示す無機イオンがあり、いずれの無機イオンも降雨流出時に大量の流出負荷量となる流出特性が明らかとなった。NO₃-N や SO₄²⁻ の陰イオンが降雨による流量増加時に濃度上昇するだけでなく、陽イオンの K でも図Ⅲ- 4のように濃度上昇することが確認され、Ca, Mg 及び Na の陽イオンについても同様の濃度上昇が見られる場合が存在した。

(4) 流下過程の水質変化の定量

河川や水路での流達過程では、有機物質の分解、沈殿・吸着、硝化・脱窒等水質の形態変化を伴う流出負荷量変化があり、これを定量的に評価することは河川の自浄作用や汚濁負荷の流達率を明らかにすることになる。途中からの流出入が無視できる市街地河川の山王川の石岡市街地下流区間(2.85km)と途中からの流出入のない土浦用水の研究学園都市区間(2.90km)において、上下流端での物質収支によって流下に伴う水質の濃度や負荷量変化を検討した。山王川でのデータは毎週1回定時で1年間の流出負荷量調査と各季節1回で年間4回の晴天時24時間流出負荷量調査の結果である。土浦用水でのデータは1983~1986年の夏季に流下時間の遅れを考慮した3回の晴天時24時間負荷量調査と1回の毎日定時で3週間の経日負荷量調査の結果である。山王川では2時間強の流下に伴い、わずかながら途中から流入負荷量があるにもかかわらず T-N で 8~13%, T-P で 14~35%, T-COD で 14~23%, SS で 21~27%の負荷量減少となった。流下時間の短さから有機物質の分解による減少のウェイトは小さく、多くは懸濁態物質としての河床

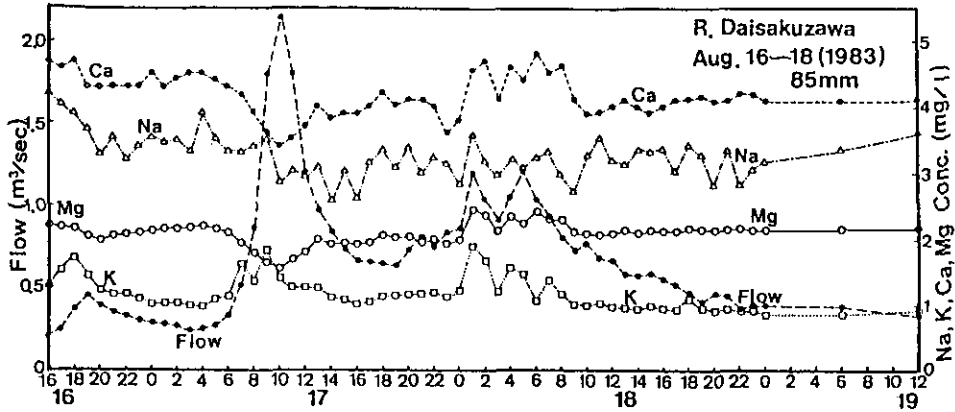


図 Ⅲ- 4 降雨時流出の陽イオン濃度変化

への沈殿・たい積によるものと考えられる。特に PO_4-P の懸濁物質への吸着により、その沈殿による減少が目立った変化であった。土浦用水では PO_4-P と SSとも山王川に比べて濃度が小さく、その傾向が一部のケースで見られるにとどまった。

土浦用水では、上流側の区間(0.95km)と下流側の区間(1.95km)及び両者を併せた区間(2.90km)の三つのケースについて、それぞれの上下流端での物質収支が表Ⅲ- 6のように日平均流達率を求めた。流速が大きいため懸濁態の有機物質で 0.7~1.0 の値となるものの、他は1に近い値であった。また、上下流端での流量重みづけをした有機物質の日平均の濃度差から、酸化分解に沈殿や吸着などを含めた総括的な自浄係数を脱酸素係数の算定式によって求めると、表Ⅲ- 7のような値となった。通常の自浄係数は高濃度の精製有機化合物を上流に瞬時投入して下流での回収量から算定されるが、この1日の物質収支による総括的な自浄係数の評価法は通常の負荷量状態で種々の周日変化を含めた形で評価している点で意義のある手法である。

表 III-6 日平均の流達率

	BOD		T-COD		P-COD		D-COD		POC		PON			Cl						
	1985	1986	1983	1985	1986	1983	1985	1986	1983	1985	1986	1983	1985	1986	1983	1985	1986			
上流点-下流点	0.91	0.78	—	0.94	0.99	—	0.83	0.77	—	1.05	1.01	—	0.92	0.91	—	0.91	0.87	—	0.99	0.96
上流点-中流点	—	—	—	0.96	0.98	—	0.85	0.91	—	0.98	1.09	—	0.96	0.91	—	0.93	0.92	—	0.99	0.96
中流点-下流点	—	—	0.98	0.98	1.01	0.99	0.97	0.85	0.97	1.03	1.11	0.97	0.96	0.89	0.99	0.99	0.94	1.01	1.00	1.00
	DOC		O-N		O-P		Chl-a		SS		SiO ₂			K						
	1985	1986	1983	1985	1986	1983	1985	1986	1983	1985	1986	1983	1985	1986	1983	1985	1986	1983	1985	1986
上流点-下流点	0.85	0.67	—	1.04	0.73	—	1.10	0.84	—	0.89	0.87	—	0.96	0.77	—	0.99	0.99	—	1.00	1.05
上流点-中流点	0.90	0.67	—	1.03	0.80	—	1.16	0.97	—	0.97	0.98	—	1.03	1.01	—	1.01	1.00	—	1.00	1.00
中流点-下流点	0.95	0.99	0.99	1.01	0.92	1.21	0.95	0.87	—	0.92	0.89	1.16	0.97	0.75	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	1.05

表 III-7 日平均の総合的な自浄係数 (d⁻¹)

	BOD		T-COD		P-COD		POC		PON		DOC		O-N		O-P					
	1985	1986	1983	1985	1986	1983	1985	1986	1983	1985	1986	1985	1986	1983	1986	1985	1986			
上流点-下流点	0.83	1.89	—	0.48	0.04	—	1.56	2.01	—	0.86	1.67	—	0.75	1.10	1.36	3.40	—	2.43	×	1.07
上流点-中流点	—	—	—	0.76	0.45	—	3.31	2.00	—	0.77	1.94	—	1.47	1.73	2.26	8.22	—	4.78	×	0.71
中流点-下流点	—	—	0.28	0.29	×	0.11	0.39	2.02	0.35	0.59	1.51	0.13	0.26	0.72	0.75	0.17	0.99	1.02	0.03	1.71

〔印刷発表〕

- 海老瀬潜一・相崎守弘・大坪国順・村岡浩爾 (1983) : 河川流出負荷量としての河床沈殿・堆積物量の評価. 水質汚濁研究, 6, 93-103.
- 海老瀬潜一 (1984) : 降雨時流出負荷量算定のための回帰モデル. 衛生工学研究論文集 (土木学会), 20, 27-38.
- 海老瀬潜一・村岡浩爾・佐藤達也 (1984) : 降雨流出解析における水質水文学的アプローチ. 第28回水理講演会論文集 (土木学会), 28, 547-552.
- Ebise, S. (1984) : Separation of runoff components by $\text{NO}_3\text{-N}$ loading and estimation of runoff by each component. In : Hydrochemical Balances of Freshwater Systems, (ed) E. Eriksson, Int. Assoc. Hydrol. Sci. 393-405.
- 海老瀬潜一 (1984) : 晴天時と降雨時流出を併せた土地利用形態別流出負荷量原単位, 京都大学環境衛生工学研究会第6回シンポジウム講演論文集, 6, 152-158.
- 海老瀬潜一 (1985) : 降雨による土壌層から河川への NO_3^- の排出. 衛生工学研究論文集 (土木学会), 21, 57-68.
- Ebise, S. and T. Goda (1985) : Regression models for estimating storm runoff load and its application to Lake Kasumigaura, Intern. Jour. of Envir. Stud., 25, B, 73-85.
- 海老瀬潜一 (1985) : 汚濁物質の降雨時流出特性と流出負荷量. 水質汚濁研究, 8 (8), 31-36
- 海老瀬潜一 (1986) : 陰イオン物質流出動態の土地利用形態による相違, 第30回水理講演会論文集 (土木学会), 30, 37-42.
- 平田健正・村岡浩爾 (1986) : 山地小流域における溶存物質の降雨流出特性について. 第30回水理講演会論文集 (土木学会), 30, 43-48.
- 平田健正・村岡浩爾 (1987) : 山地小流域における溶存物質の降雨流出特性について(2). 第31回水理講演会論文集 (土木学会), 31, 59-64.
- 村岡浩爾 (1987) : 森林と河川の役割. 水資源の保全. 吉良竜夫編, 人文書院, 京都, 113-118.

〔口頭発表〕

- 海老瀬潜一 : 河川流出負荷量から見た土地利用形態別流出負荷原単位. 土木学会第38回年次学術講演会, 横浜 (58.9)
- 海老瀬潜一 : 降雨流出による溶存物質負荷量の増加. 日本陸水学会第49回大会, 筑波 (59.9)
- 海老瀬潜一 : 晴天時と降雨時の流下区間物質収支による河川自浄作用の評価. 土木学会第39回年次学術講演会, 京都 (59.10)
- 海老瀬潜一 : 降雨時に流出する河床付着藻類・付着生物量の評価, 土木学会第40回年次学術講演会, 仙台 (60.9)

- Ebise, S. : Estimation on drainage of nitrate from surface layer to river by storms, Int. Congr. "Nitrates in Water", Paris (60.10)
- 海老瀬潜一：りん酸態りんの流下に伴う汚濁物への吸着による減少，第20回水質汚濁学会，東京 (61.3)
- 海老瀬潜一：霞ヶ浦集水域における汚濁負荷の動態，集水域からの汚濁負荷の発生と流出，日本土壌肥科学会（昭和61年度筑波大会），筑波 (61.4)
- 海老瀬潜一：物質収支法による流下過程の水質変化の評価，第21回水質汚濁学会，小金井 (62.3)
- 平田健正・村岡浩爾：山地小流域の渓流水質について．日本陸水学会第50回大会，大津 (60.10)
- 平田健正・村岡浩爾：筑波山系の渓流水質について．日本陸水学会第51回大会，清水 (61.10)
- 平田健正・村岡浩爾：森林小流域の渓流水質．土木学会第41回年次学術講演会講演概要集，福岡 (61.11)
- Hirata, T and K. Muraoka : Separation of runoff components by stream solute. 23rd. SIL Congress, New Zealand, Hamilton (62.2)
- 平田健正・村岡浩爾：筑波山とその周辺の渓流水質．土木学会第42回年次学術講演会講演概要集，札幌 (62.9)
- 村岡浩爾・平田健正・岩田 敏：孤立林地の地下水水質の変化．第18回水質汚濁学会，東京， (59.3)
- Muraoka, K. and T.Hirata : Field observation of water quality in runoff process. US— Japan Seminar on Physical Hydrology, Honolulu, Hawaii (62.1)

研究課題 3) 池沼自然浄化機能とその維持促進技術の確立

〔担当者〕 相崎守弘・福島武彦・天野耕二・海老瀬潜一・細見正明・高村典子・花里孝幸・野原精一・河合崇欽・大槻 晃

池沼の自然浄化機能の解明とその維持促進技術の確立を目標として、主に湖沼河口部における自然浄化機能の解明と河口域のラグーン化の有用性、屋外実験池において池沼の自然浄化機能に果たす水の滞留時間及び動物プランクトンの役割、及び藻類の分解速度及び分解に伴う栄養塩類の回帰の3課題に関して調査研究を行った。

以下にそれぞれの研究成果を要約する。

(1) 河口域における自然浄化機能

河川と湖沼との接合部である河口域は、水をとるまく物理、化学、生物的環境が急変する場であり、水質の空間的、時間的変化が激しい。と同時に、河川流入物質の沖帯への移流の観点から見ると、主に懸濁態物質（懸濁物）の沈降等による蓄積、降雨時の激しい流入負荷変動の平滑化といった意味でフィルターの役割を有している。こうした機能を積極的に利用する計画として河口域のラグーン化が考えられ、非特定汚染源の比率が高い湖沼における流入負荷量削減の水際作戦として効用が期待される。本研究では、こうした河口域での各種物質の動態を明らかにすることを目的として、霞ヶ浦高浜入及び手賀沼において調査研究を行った。

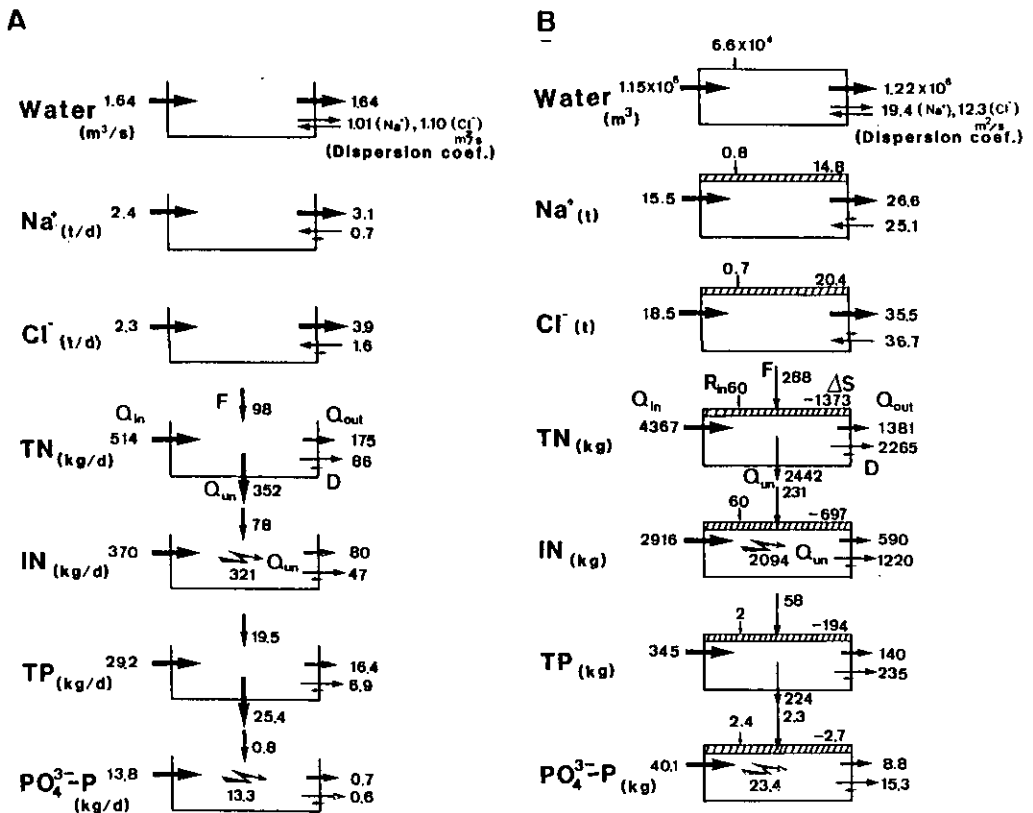
霞ヶ浦高浜入湾奥部には恋瀬川が流入しており、河口から上流約4kmは湖水位の影響を受ける背水域となっている。背水域に天の川及び山王川の2河川が流入している。調査は以下のように行った。A：1か月約2回の頻度で（全24回、1985年3月～1986年5月）、流入3河川及び背水域、湖沼の11地点で採水し、水質の流下方向変化、懸濁物組成等を評価した。B：1984年4月19日～20日の23mmの降雨を対象に、恋瀬川、天の川、山王川三河川での48時間連続毎時観測、並びに湖内で各日1～3回の頻度で採水を1週間続け、降雨時の流入物質の挙動を解析した。得られた結果は以下のようなものである。

- ① 懸濁物・底泥組成は背水域から湖内への間で変化が大きい。湖内では各地点までの容量の対数にはほぼ比例する形で変化する項目が多い。
- ② 河川では懸濁物のTi, POC, PON, PP含量等が相互に高い相関を有する。湖内ではTi, POC, PON, Chl-a含量相互に強い相関関係が見られたが、PP含量はこれらのものと相関が低い。
- ③ 23mmの降雨によって、晴天時の4.8日分の流量、29日分のSS、10日分のCOD、5.8日分のTN、9日分のTPの増加があった。降雨時には、懸濁態の割合が増加すること、市街地河川では田園地河川に比べ懸濁態成分の単位面積当たりの流出量が多く、溶存態成分のそれは小

さいことが分かった。

- ④ 降雨に伴い、河口域ではクロロフィル a, 金属イオン濃度は低下し, 無機溶存態栄養塩量は増加した。降雨の影響は河口に近いほど大きかった。
- ⑤ 流入する窒素, リンといった栄養塩の内, 晴天時で約55%, 降雨時で約40%のものが河口に近い湾奥部でトラップされた (図Ⅲ-5)。次の水域へ移行する形態としては分散の寄与が大きい。このため, 湾奥部をラグーン化して仕切ることによりこの寄与を減少して, 湾奥部でトラップする比率を増加させることが可能である。
- ⑥ 無機溶存態として流入した栄養塩の内, 晴天時には 70~90%, 降雨時には約 50%のものが湾奥部で有機態, 懸濁態に変化した。

手賀沼は表面積 6.5km², 平均水深 0.86m の湖で, 全国一有機汚濁が進行した湖沼として有名である。主な流入河川は大堀川, 大津川で, 流出口は手賀水門である。流入河川の河口部から流出口へ向けての水質調査の結果, 全窒素は上流から下流に向かって顕著に減少していた。特にア



図Ⅲ-5 霞ヶ浦高浜入における物質収支 A;晴天時 B;降雨時

ンモニア態の減少が著しかった。水中のリンについても下流に向かうに従って無機態リンが著しく減少し、全リン濃度も低下した。霞ヶ浦と比較すると手賀沼底泥の窒素含有量は 1.5~2 倍、リン含有量は 2~5 倍も高かった。湖水中のリン濃度と底質中のリン含有量とに比例関係が認められるところから、水中のリンは沈殿が吸着により底泥に移行したと考えられる。仮に消失量/全流入負荷量を浄化率とすると、窒素については 35~39%、リンについては 45~56% となった。特に非かんがい期にはリンが沈殿等により水中から除去されやすいことが分かった。また窒素については、水・底泥界面だけでなく、水中での脱窒もかなり重要であることが予測された。

このような霞ヶ浦高浜入河口部及び手賀沼の調査結果から、河口域では現状でもかなり高い自然浄化能があることが分かり、河口域の保護保全に取り組む必要があることが判明した。さらに積極的に河口域の自然浄化機能を湖沼の水質改善に利用するため、河口域をラグーン化することの有用性が示された。

(2) 屋外実験池における池沼の自然浄化機能に関する研究

湖沼における自然浄化機能を実験的に調べる目的で臨湖実験施設にある屋外実験池 6 個を使用して実験を行った。それぞれの実験池は一辺が 3m の六角型をしており、深さは 1.8m、容量は約 40m³ である。霞ヶ浦の除濁湖水を用いて滞留時間を 10, 20 及び 40 日に設定し、No. 1~No. 3 の実験池ではリンの表面積当たりの負荷量を 10mg・m²・d⁻¹ とした。No. 4~No. 6 実験池では、それぞれ 20, 10 及び 5mg・m²・d⁻¹ となるように調整した。窒素は N/P 比が 10 となるように加えた。

実験の結果、池沼の自然浄化力に対する水の滞留時間及び動物プランクトンの影響が大きなことが明らかになった。実験池は完全混合槽とみなすことができるので池内の栄養塩濃度は以下のような式で表される。

$$P_p = \frac{L_p(1-R)}{q_s} = P_i(1-R) \quad (1)$$

ここに、 P_p は池水平均栄養塩濃度 ($g \cdot m^{-3}$)、 L_p は面積負荷 ($g \cdot m^{-2} \cdot y$)、 q_s は水量負荷 ($m \cdot y^{-1}$)、 P_i は流入水の平均濃度 ($g \cdot m^{-3}$)、 R は蓄積率である。 R は以下の式で表現される。

$$R = v / (v + q_s) \quad (2)$$

ここに v は見かけの沈降速度 ($m \cdot y^{-1}$) である。(1) 及び (2) 式より (3) 式が得られる。

$$R = 1 - P_p / P_i = v / (v + q_s) \quad (3)$$

したがって P_p/P_i 比及び q_s の値より見かけの沈降係数 v を求めることができる。

動物プランクトンの増殖がなかった実験期間でのリンに関する P_p/P_i 比は以下のようであった。実験池 No. 1, 0.456; No. 2, 0.601; No. 3, 0.782; No. 4, 0.765; No. 5, 0.614; No. 6, 0.472。窒素に関しては実験池 No. 1, 0.588; No. 2, 0.663; No. 3, 0.816; No. 4, 0.780; No. 5, 0.698; No. 6, 0.558 であった。すなわち、リンに関しても窒素に関しても、流入負荷量とは関係なしに水の滞留時間（水量負荷）にのみ依存した値が得られた。これらの値から見かけの沈降速度 v を計算するとリンに関しては $17.8 \sim 21.1 \text{ m}\cdot\text{y}^{-1}$ の値が得られ平均値は $19.3 \text{ m}\cdot\text{y}^{-1}$ であった。窒素に関しては $11.2 \sim 18.3 \text{ m}\cdot\text{y}^{-1}$ の値が得られ平均値は $15.1 \text{ m}\cdot\text{y}^{-1}$ であった。これらの結果から、動物プランクトンの影響のない場合は v はほぼ一定値を示し、池内水質は滞留時間によって規定されていることが明らかにされた。

動物プランクトンが池内で増殖すると P_p/P_i 比は増殖したプランクトン種組成の違いによって変化した。増殖しない状態に比べると低い値を示した。動物プランクトンが増殖した池の滞留時間及び増殖時の P_p/P_i 値よりリンに関する見かけの沈降速度 v を求めると、動物プランクトンの種類の違いにより以下のような値が得られた。枝角類: *Simocephalus* sp., $65.6 \sim 104.3 \text{ m}\cdot\text{y}^{-1}$; *Moina* sp., $19.1 \sim 23.9 \text{ m}\cdot\text{y}^{-1}$; *Bosmina* sp., $22.8 \sim 28.5 \text{ m}\cdot\text{y}$; *Daphnia* sp., $26.6 \sim 36.4 \text{ m}\cdot\text{y}^{-1}$ 。ワムシ類: *Brachionus* sp., $49.0 \sim 57.5 \text{ m}\cdot\text{y}^{-1}$; *Keratella* sp., $17.0 \sim 35.8 \text{ m}\cdot\text{y}^{-1}$ 。これらの結果から動物プランクトンの浄化能力は非常に大きなことが明らかになった。

(3) 藻類の分解速度及び分解に伴う栄養塩類の回帰。

植物プランクトンの暗条件下における分解過程を霞ヶ浦の植物プランクトンを対象に調べた。光合成活性、懸濁態炭素・窒素及びクロロフィル a 濃度は 1~4 日の遅滞時間の後に減少し始めた。溶存態窒素及びリン濃度は同様な遅滞時間の後に増加し始めた。これらのことから、暗状態に維持された植物プランクトンは 1~4 日間程度は分解せず、その後分解が始まることが明らかになった。

分解過程は一次反応式に従ったが、分解速度はクロロフィル a > 懸濁態窒素 > 懸濁態炭素 > 懸濁態リンの順であった(表 III-8)。分解速度は水温と密接な関係が認められたが、その他にも分解速度を決定する重要な要素があることが判明した。その一つとして藻類組成が重要であり、緑藻やラン藻類は比較的容易に分解されるがケイ藻は分解しにくいことが明らかとなった。

栄養塩の回帰は植物プランクトンの死滅後に生じた。窒素の回帰速度は、TIN 及び DTN の増加速度とも PON の減少速度から求めた値とほぼ一致し、溶存態窒素の増加が PON 分解に由来するものであることが明らかとなった。

表 III-8 通気・暗条件下における植物プランクトン成分の分解速度定数の比較

Exp. time	Chl.a	POC	PON	Org.p
	$K_{chl} (d^{-1})$	$K_c (d^{-1})$	$K_N (d^{-1})$	$K_p (d^{-1})$
Jul., 1983	0.185	0.098	0.092	0.038
Aug., 1983	0.077	0.047	0.082	0.025
Sep., 1983	0.120	0.076	0.101	0.046
Oct., 1983	0.049	0.027	0.033	—
Feb., 1984	0.033	0.036	0.029	N.D.
May., 1984	0.016	0.005	0.015	0.007
Jul., 1984	0.205	0.069	0.096	0.045
Jul., 1985	0.111	0.066	0.074	0.041

〔印刷発表〕

- 相崎守弘・大槻 晃・海老瀬潜一(1983)：霞ヶ浦高浜入における全リン及びクロロフィル a 濃度の季節変化特性. 水質汚濁研究, 6, 327-333.
- Aizaki, M. (1985) : Total number of bacteria as a trophic state index. Verh. Int. Ver. Limnol., 22, 2733-2738
- 相崎守弘・福島武彦・海老瀬潜一・(1985)：霞ヶ浦高浜入における河川流出物の挙動. 文部省「環境科学」研究報告集B281-R12-8「河川における物質循環」, 1-9.
- Aizaki, M., A. Otsuki and T. Kawai (1986) : Relationship between nutrient loading and phytoplankton standing crop in outdoor experimental ponds with continuous flow systems. Water Res., 20, 859-863.
- 天野耕二(1986)：水質汚濁現象の予測手法の現状と問題点. 環境情報科学, 15, 13-21.
- 天野耕二・福島武彦・中杉修身(1986)：統計データによる湖沼特性と水質の関係. 衛生工学研究論文集, 22, 87-101.
- 福島武彦・村岡浩爾(1984)：浅い湖沼における水質変化特性のモデル化と水質観測方法. 衛生工学研究論文集, 20, 107-118.
- 福島武彦・相崎守弘・村岡浩爾(1985)：深い湖沼における懸濁態物資の沈降現象とその物質循環に及ぼす影響. 衛生工学研究論文集, 21, 211-224.
- 福島武彦・天野耕二・村岡浩爾(1986)：日本全国90湖沼の水質変動特性の統計解析. 衛生工学研究論文集, 22, 75-85.
- 福島武彦・天野耕二・村岡浩爾(1986)：湖沼水質の簡易な予測モデル 1. 湖沼流域の諸特性と湖水栄養塩濃度との関係. 水質汚濁研究, 9, 775-785.

- 福島武彦・天野耕二・村岡浩爾(1986)：湖沼水質の簡易な予測モデル 2. 湖水栄養塩濃度と内部生産COD, クロロフィルaとの関係. 水質汚濁研究, 9, 775-785.
- 福島武彦・相崎守弘・海老瀬潜一(1987)：湖沼河口域での懸濁物質組成の特性と底泥組成との関係. 衛生工学研究論文集, 23, 31-40.
- Muraoka, K. and T. Fukushima (1983) : Study on water quality prediction by box model. Trans. JSCE (Hydraul Sanitary Eng. Div.), 15, 285-286.
- Muraoka, K. and T. Fukushima (1984) : Some considerations on adequate construction of box model and its application. Verh. Int. Limnol., 22, 136-148.
- Muraoka, K. and T. Fukushima (1986) : On the box model for prediction of water quality in eutrophic lakes. Ecol. Modelling, 31, 221-236.

〔口頭発表〕

- 相崎守弘：ボトルエフェクトによる生菌数の増加について. 日本生態学会第31回大会, 東京(59.4)
- 相崎守弘：霞ヶ浦における窒素・リンの循環. 第48回日本陸水学会, 松本(58.9)
- 相崎守弘・大槻 晃・岩熊敏夫・高村典子・花里孝幸・河合崇欽：水界隔離実験による浅い湖での炭素及び窒素の動態に関する研究-4. 第48回日本陸水学会, 松本(58.9)
- 相崎守弘・大槻 晃：中禅寺湖の水質特性. 第18回水質汚濁学会, 東京(59.3)
- 相崎守弘・大槻 晃・河合崇欽・花里孝幸：屋外実験池におけるリンの挙動に関する研究. 第20回水質汚濁学会, 東京(61.3)
- 相崎守弘・花里孝幸・河合崇欽・大槻 晃：屋外実験池における動物プランクトンの捕食による植物プランクトン量変動と栄養塩回帰について. 第33回日本生態学会大会, 京都(61.4)
- 相崎守弘・福島武彦：湖沼における溶存有機炭素濃度変動. 第51回日本陸水学会大会, 清水(61.10)
- 相崎守弘：走査型電子顕微鏡による霞ヶ浦の微生物の観察. 第2回日本微生物生態学会, 東京, (61.11)
- 相崎守弘・大槻 晃・河合崇欽・花里孝幸・青山莞爾：屋外実験池におけるSS中のC, N, PおよびChl, a 含量の変化. 第1回環境科学シンポジウム, 東京(61.11)
- 天野耕二：閉鎖性水域関連モデルの研究動向-現状の整理・分析-. 第50回日本陸水学会大会, 大津(60.10)
- 天野耕二・福島武彦・稲葉一穂・細見正明：手賀沼底質中のLASの分布. 第21回水質汚濁学会, 東京(62.3)
- 福島武彦・相崎守弘・村岡浩爾：浅い湖沼における懸濁物質, 底泥の地点変化特性. 土木学会

- 第38回年次学術講演会，横浜(58.9)
- 福島武彦・相崎守弘・村岡浩爾：浅い湖沼での沈殿物の内容分離について、第49回日本陸水学会大会，筑波(59.9)
- 福島武彦・村岡浩爾：深い湖沼における懸濁態物質の分解。土木学会第40回年次学術講演会，仙台(60.9)
- 福島武彦・天野耕二・村岡浩爾：湖沼水質と流域特性の関係について。第20回水質汚濁学会，東京(61.3)
- 福島武彦・相崎守弘・海老瀬潜一・大槻 晃：湖沼流入河川の河口域での物質動態。第51回日本陸水学会大会，清水(61.10)
- Fukushima, T. and K. Muraoka : Simple model to predict water qualities in 90 Japanese lakes, 23rd Congr. Int. Assoc. Limnol., Hamilton (62.2)
- Fukushima, T., M. Aizaki and K. Muraoka : Characteristics of deposited matter and its role in nutrients cycle in a deep lake. 4th. Symp. Interaction Sediments water, Melbourne (62.2)
- Muraoka, K. and T. Fukushima : On the box model for prediction of water quality in eutrophic lakes. 4th. Int. Symp. Ecol. Modelling, Tsukuba (59.8)

研究課題 4) 水路の自然浄化機能の解明と維持促進技術の確立

[担当者] 稲森悠平・須藤隆一・矢木修身・細見正明・相崎守弘

水路は農業用水路、都市下水路などにみられるようにかんがいあるいは雨水排除を目的として作られたものであり、都市部、農山村部、漁村部を問わず存在する。この水路には家庭から排出された生活雑排水及びし尿浄化槽放流水の多くが流入するが、適正負荷範囲内であれば水路をこれらの排水が流下する過程で自然浄化がおり水質は向上する。このことは、自然水域に流入する汚濁源を削減する上では水路を効果的に活用することは極めて重要なことを意味している。しかし、水路に流入する有機物濃度が高く、水量が多く、かつ流下距離が短い場合には、既存の水路において浄化を進行させることにはそれほど大きな期待を持つことのできないことも事実である。

そこで、本研究ではU字型のコンクリート三面張りの水路の底面の生物膜のみの浄化に期待するのではなく、水路内に接触材を充てんし生物膜の付着面積を増大させそこに生息する細菌、菌類、原生動物、微小動物からなる生物膜による浄化能を増強させ汚濁負荷源を削減し、湖沼、河川の陸水環境を保全するうえで必要な諸条件を明らかにすることを目的として検討を加えることにした。なお、本研究は基礎研究と実用研究とからなるが、基礎研究においては浄化に大きく貢献する微小動物を水路に定着させ水路浄化能を高めるための光、流速、温度、有機物濃度などの生物、物理、化学的因子の適正環境を明らかにすること、また実用研究においては実際の水路の水路浄化施設の調査を行い維持管理及び設計する上での問題点を明らかにすることに重点をおいてなされた。

本研究は水路の自然浄化機能の解明と維持促進技術を確立することをめざして行われたものであるが得られた研究成果及び今後の課題、問題点等は以下に列記するとおりである。

(1) 生活排水等の流入する水路において水質調査を行った結果、その多くが $BOD\ 10\sim 50\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ の範囲にあることが分かり、水路における浄化研究はこの範囲内で行えば十分に一般性をもつであろうことが明らかとなった。

(2) 実験水路における生物間の相互作用は図Ⅲ-6に示すとおりであるが光の存在する場合と存在しない場合における発生バイオマス量は光が存在する場合には藻類が空中の CO_2 を固定して増殖するため大きく異なった。すなわち、流入水 BOD を $10, 20, 50\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ とし各々光照射系 ($4,000\ \text{lx}$) と光遮断系における発生バイオマス量を比較したところ、水路内で摂取された BOD 量に対する生物体の生産量の比は光照射系では光遮断系の数倍以上であった(図Ⅲ-7)。このことから発生バイオマスの処理処分という観点からみれば水路内で藻類が増殖しないように光を遮断する必要のあることが明らかとなった。

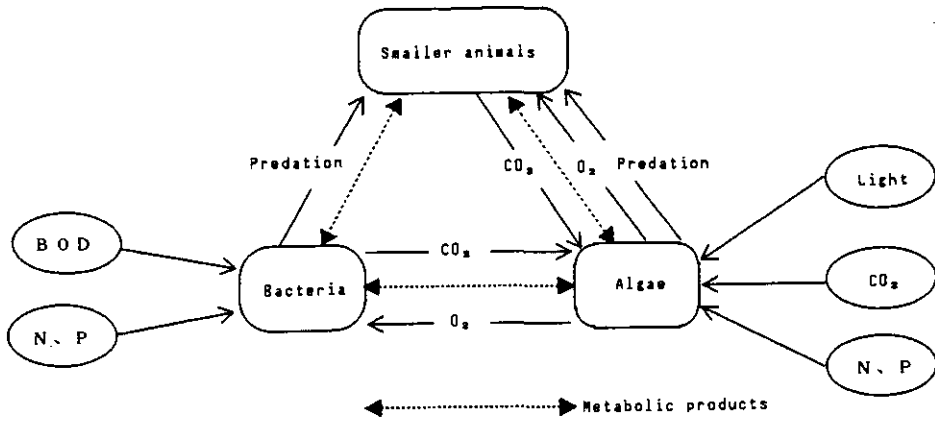


図 III-6 水路における生物間の相互作用模式図

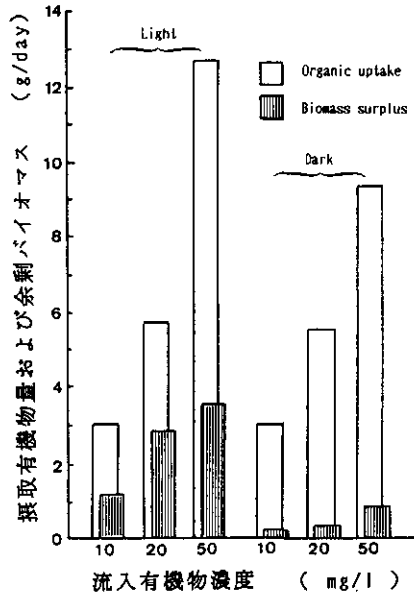


図 III-7 水路における摂取有機物量と余剰バイオマスとの関係

(3) 実験水路の流入水の有機物濃度を実際の水路で観察される BOD 10~50 mg·l⁻¹ に変化させて浄化特性を調べたところ、BOD 除去能はいずれにおいても高かったが、硝化能の効率が高まるのは BOD 10mg·l⁻¹ 程度であることが確認された。なお、このことは硝化細菌の生菌数からも裏づけられた。

(4) 実験水路において水温 5, 10, 20, 30℃ とし BOD をそれぞれ 10~50 mg·l⁻¹ に変化させた場合の浄化特性及び生物相について検討を加えた結果、いずれの流入有機物濃度のもとでも、

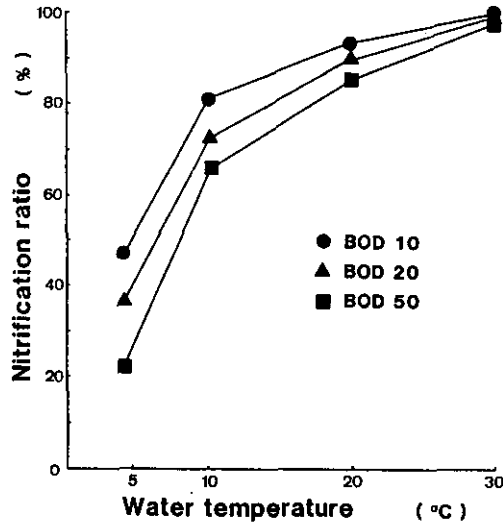


図 III-8 水路における水温と硝化率との関係

硝化反応は、10℃以下で低下する(図III-8)こと、5℃という低水温では微小動物の現存量が減少しかつバイオマスの生成量も高まること、また30℃という高水温下ではバイオマスの生成量が少なく高い浄化効率の得られることが明らかにされた。

このことから、低水温時のことを考慮すると水路の滞留時間は少なくとも1時間位を維持しておくことが必要であると考えられた。

(5) 実験水路には、細菌、菌類、微小動物が主として出現したが、糸状性の *Beggiatoa* は BOD $50\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ の流入点の好気性部分に多く、また微小動物ではカイミジシコは BOD $10\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ の水路に多く、水生ミミズ類、ワムシ類は BOD $20\sim 50\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ の特に流下方向に行くほど出現個体数が多くなり、生物種によって出現の程度が水質に応じて大きく異なることが明らかにされた。なお、ワムシ類の *Philodina* 属、貧毛類水生ミミズ類の *Aeolosoma* 属などの微小動物は捕食作用による上澄水の透明化及びバイオマスの減量化に果たす役割の大きいことが明らかにされていることから、これらの微小動物を水路内に定着化させる条件を見いだすことが極めて重要になると考えられた。そこで定着条件について検討したが、水路内の溶存酵素濃度が高く維持され、有機物濃度が低く、かつ水温が高い条件下であれワムシ類及び貧毛類は定着しやすいことが分かった。実際水路においてもこれらの微小動物が優占化すると浄化能が高まったことから、浄化能の効率化を図る場合における微小動物の活用は不可欠だと考えられた。

(6) 実験水路及び実際水路において生物体の増殖及びはく離と同時に再曝気による酸素供給と密接に関連する因子として流速があるが、水深を3cmとし流速を $0.1\sim 20\text{cm}\cdot\text{min}^{-1}$ に変化させた場合のワムシ類、貧毛類を指標とした生物膜の付着状態とはく離・流出状態を観察した結果、

流速が $0.1 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ では付着は良好であるが平均した連続はく離は認められず、 $0.5 \sim 5 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ で付着、はく離状態とも良好でそれ以上の速い流速では生物膜がはく離し、浄化能が低下する現象が認められた。このことから、水路浄化法は流速が $1 \sim 5 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ 程度のところで活用することが望ましいことが明らかとなった。

(7) 水路浄化法において水深は、大気からの酸素の供給と密接に関連し、水路を好氣的に維持する上での重要な因子であることから、浄化を促進する上では適正水深に維持されなければならないと考えられる。ひも状接触材及び波板状プラスチック接触材の充てんされた実際の水路において、水塊中の BOD が $10 \sim 30 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 、流速が $2 \sim 3 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ に保持されている条件下、水深を $2 \sim 70 \text{ cm}$ に変化して水塊中の DO の測定を行ったところ、ひも状接触材では水深 10 cm 以上、波板状プラスチック接触材では 30 cm 以上になると DO が著しく低下し、また水塊中の BOD が $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 以上になると水深 $2 \sim 3 \text{ cm}$ でも DO の著しい低下が認められた。このことから水路内を曝気しない場合は、水深はひも状接触材では 10 cm 以下、波板状プラスチック接触材では 30 cm 以下に設定することが必要であることがわかった。また、同時に敷地の限られた場において水路浄化法を活用する場合は、水深 1 m 程度の曝気式水路を適用することが望ましいことも明らかとなった。

以上より、水路浄化法を適用する場合には、①光は遮断する、②水深は無曝気の場合、ひも状接触材で 10 cm 以下、波板状プラスチック接触材で 30 cm 以下とする、③流速は $1 \sim 5 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ 程度とする、④滞留時間は少なくとも 1 時間は確保する、⑤流入有機物濃度の高すぎる場合は他の方法と併用すること(表Ⅲ-9)などに留意し、微小動物の優占化する水路にすることが必要なことが示唆された。

表 Ⅲ-9 最適水路設計諸元

接触材の種類	ひも状	波板状
曝気の有無	無	有
流入 BOD ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	$10 \sim 50$	$50 \sim 200$
水深 (cm)	10以下	30以下
滞留時間 (h)	$1 \sim 3$	$1 \sim 3$
水路幅 (cm)	$50 \sim 100$	$100 \sim 400$

本研究で得られた成果は上記したとおりであるが、今後解明あるいは解決すべき点もまだ残されている。その課題及び問題点は以下に列記するとおりである。

① 都市下水路等に水路浄化法を活用する場合、洪水時における種々の障害の起こることを考慮するとバイパス水路を設けることが必要であり、敷地面積、地域特性を十分考慮して適用を検討する必要がある。

② 無曝気型水路あるいは曝気型水路のいずれの方式を採用するかは水路の構造、排水の性状、都市部か郊外かなどを十分検討した上で決める必要がある。

③ 水路浄化法においては、接触材を充てんすることが前提条件となるが、このような場合流入水に無機性砂泥が多量に含有すればこれにより水路に充てんした接触材が埋没し浄化能を発揮しなくなる恐れがあるので、前部にスクリーン及び沈殿槽を設置することを義務付けることが必要である。

④ 水路浄化法において有機物が除去されればその分バイオマスが増加し、汚泥が発生することになるが、浄化能を継続させて維持するためには定期的な汚泥の引抜きが必要となるので、この発生汚泥の収集・処理処分法については、汚泥専用処理施設の建設をも含めて十分に検討しておくことが必要である。

⑤ 水路浄化法を正常に機能させる上では維持管理が重要な要因となり、これを満足できなければ浄化能を発揮させることが困難となることから、定期的な維持管理の行える体制を確立しておくことが必須である。

⑥ 水路浄化法の生物膜には、衛生害虫として知られている *Psychoda alternata* (チョウバエ) 及び *Chironomus yoshimatsui* (ユスリカ) が多量に出現し、幼虫が羽化し成虫になった場合住民に影響を及ぼす可能性が高いので、水路は遮へいできる構造にしておく必要がある。

⑦ 水路浄化法は敷地面積を広く要するため、既存の水路を適切に利用できるように、実施する場合には水路の構造、利用目的等を十分調査した上で検討することが必要である。

以上述べたごとく水路浄化法は、水路内に充てんした接触材上に形成される生物膜中の微生物の働き及び物理的沈殿作用等で有機物等を除去する自然浄化機能を活用した浄化法であり、適切な条件下では高い浄化能の得られる方法であるが、まだ解決されるべきいくつかの問題点が残されていることから今後さらに検討していくことが必要である。

〔印刷発表〕

稲森悠平・須藤隆一(1983)：河川生態系の制御と利用。環境技術研究会，大阪，475p.

須藤隆一(1983)：雑排水をどうするか。用水と廃水，25(4)，47-53.

岡田光正・須藤隆一・江島玄泰・稲森悠平(1984)：水路浄化法による生活雑排水処理に関する基礎的研究。用水と廃水，26(6)，19-28.

稲森悠平・須藤隆一(1983)：生活雑排水中の窒素，リン対策について。公害と対策，19，48-55

稲森悠平・林 紀男・須藤隆一(1986)：水路に出現する微小後生動物輪虫類 *Philodina sp.* の増殖特性。国立公害研究所研究報告，第97号，63-72.

稲森悠平・林 紀男・須藤隆一(1986)：水路における浄化とその意義。国立公害研究所研究報告，第97号，5-33.

稲森悠平・林 紀男・須藤隆一(1986)：水路における生物相と水質浄化特性．国立公害研究所
研究報告，第97号，35-62.

須藤隆一・稲森悠平(1986)：水路における排水の浄化と餌料化．文部省「環境科学」研究報告書
R281-R12-1「河口・沿岸域・水田生態系における環境機能の評価と制御に関する研究」.

〔口頭発表〕

須藤隆一：自然浄化機能を活用した雑排水対策．日本水質汚濁研究協会，雑排水対策セミナー，
東京(58,11)

稲森悠平・林 紀男・須藤隆一：水路における生物相の構造と水質浄化特性．日本水処理生物
学会第22回大会，倉敷(60.11)

稲森悠平：接触材を充てんした水路における水質浄化．日本水処理生物学会第22回大会，倉敷
(60.11)

須藤隆一：生活雑排水に関する技術的諸問題．生活系排水処理に関する講演会，東京(60.11)

稲森悠平・林 紀男・須藤隆一：水路における生物相，水質と環境因子．第20回水質汚濁学会，
東京(61.3)

須藤隆一・稲森悠平：接触材を充てんした水路における排水の浄化．第3回自然浄化シンポジ
ウム，筑波(61.3)

稲森悠平・林 紀男・須藤隆一：水路における浄化特性及び生物相に及ぼす温度の影響．日本
水処理生物学会第23回大会，猪苗代（福島）(61.10)

稲森悠平・須藤隆一・林 紀男・畠中寿一：アオコの分解における微小動物の役割．第21回水
質汚濁学会，小金井(62.3)

研究課題 5) 土壌の自然浄化機能の解明とその維持促進技術の解明

〔担当者〕 矢木修身・須藤隆一・稲森悠平・細見正明・富岡典子・田井慎吾・内藤正明・乙間末広・高松武次郎・袴田共之・向井 哲・久保井徹・服部浩之・広木幹也・松重一夫・土屋重和・西川雅高

全国各地で生活排水の処理法の一つとして土壌処理が行われている。土壌処理は、設備コストが安価で、維持管理が容易な点また排水中の有機物、リンに対し高い除去能を有する点で優れているが、一方では窒素の除去能が低くかつ目詰まり現象を引き起こす欠点があり、土壌処理がすべての場合にうまくいっているわけではない。本研究の目的は、土壌のもつ有機物、リン、窒素の除去能を物理的、生物的、化学的側面から解明するとともに、目詰まり現象を解明し、かつ窒素の除去に有効な土壌処理技術を開発することにある。そこで臨湖実験施設あるいはほ場にある土壌浸透実験装置、室内におけるカラム実験装置、全国各地の土壌処理装置を用いて検討を加えた。

(I) 土壌のもつ汚濁物質の浄化能

臨湖実験施設に設置された土壌浸透実験装置を図Ⅲ-9に示すが、この装置を用いて、霞ヶ浦

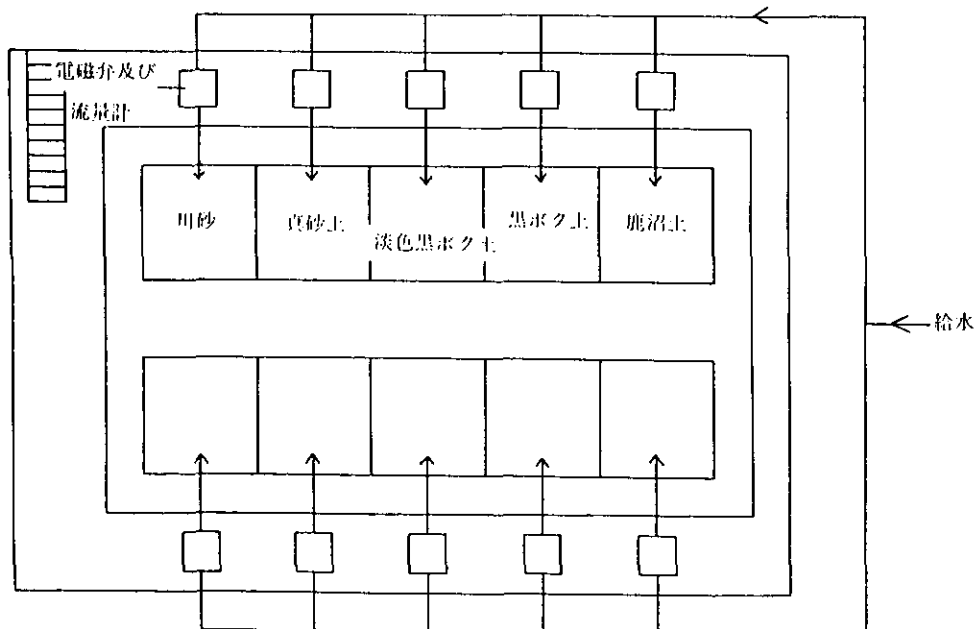


図 Ⅲ-9 土壌浸透実験装置の平面図

の湖水を用いて、低濃度排水の土壌処理特性について検討を加えた。土壌として鹿沼土、黒ボク土、淡色黒ボク土、マサ土、川砂の5種を用い、通常の土壌処理の5～25倍の水量に当たる $50 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$ 及び $250 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$ の低負荷及び高負荷条件で通水し、約3年間にわたる有機物、窒素、リンの除去特性を調べた。3年間の湖水及び浸透水の平均水質を表Ⅲ-10に示すが、湖水の平均水質は $6.4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ であったが浸透水の平均 COD は、低負荷条件では淡色黒ボク土、黒ボク土、マサ土、鹿沼土、川砂で $0.9, 1.2, 1.2, 1.4, 1.4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ で除去率は 86, 81, 81, 79, 78% であった。高負荷条件では $1.1, 1.4, 1.6, 2.1, 1.9 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ で除去率は 82, 79, 75, 67, 70% であった。淡色黒ボク土が最も除去能が高く次いで黒ボク土で鹿沼土、川砂は除去能が低くなるが、いずれの土壌も COD が $2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 以下の水質の確保が可能であり、低負荷の方が高い除去率を示した。

窒素に関しては低負荷の場合流入水の平均 T-N は $0.95 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ であったが、5種の土壌の浸透の T-N は $0.63 \sim 1.04 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 、高負荷で $0.55 \sim 1.00 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ の範囲で低負荷、高負荷の差はほとんど認められなかったが、最も除去能の高かったものはマサ土の 42% で、次いで淡色黒ボク土であった。黒ボク土は逆に浸透水が流入水より T-N が高く、窒素の溶出が認められた。黒ボク土は有機物除去能は高いが、窒素の除去能が認められず土壌処理用には適していないものと考えられた。いずれの場合も浸透水の T-N のほとんどが $\text{NO}_2, \text{-N}$ であった。

リンに関しては、流入水の平均の T-P は $0.048 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ であったが、浸透水はいずれの土壌も $0.004 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 以下であり除去率は 92% 以上と非常に高い値を示した。

通水による目詰まりは、低負荷条件では2年間経過してからマサ土、黒ボク土、川砂、淡色黒ボク土の順に目詰まりが生じ鹿沼土は3年間経過後も目詰まりを生じなかった。高負荷条件ではマサ土、淡色黒ボク土で9か月後に目詰まりが生じた。鹿沼土でも2年6か月後に目詰まりが認められた。

以上のことから、有機物、窒素、リンの除去能という点では淡色黒ボク土が最も好ましいが、目詰まりの点では鹿沼土が最も良いため、実際の土壌処理には両者を混合して使用することが好ましいと考えられた。

一方全国各地の生活排水を対象とした土壌処理装置の処理特性を調べた。一般に、生活排水を土壌処理する場合、前処理として嫌気性処理あるいは接触曝気処理が用いられる。今回調査した土壌処理施設はいずれも生活排水を前処理した後に土壌処理をしたものであるが、いずれの処理水も、COD は $5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 以下で除去率は 80～93% と高い値を示した。また BOD は 90% 以上、TOC は 76～93%、T-P は 74～99% の除去率を示し、土壌処理は、有機物、リンの除去に大変有効であった。また土壌処理を行う場合、1人当たり最低 2 m^2 は必要であると考えられた。一方窒素除去に関しては、20～30% 程度と除去率は低く土壌処理による窒素の除去はあまり期待できず、また処理水の形態はほとんどが $\text{NO}_2, \text{-N}$ であり、飲料水の基準が $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 以下であることから、土壌処理施設の近傍の井戸水を飲料にする場合には、 $\text{NO}_2, \text{-N}$ のモニタリングを行う必要がある

表 III-10 各種土壌のもつ浄化特性

負荷量	土壌の種類	COD		T-N		NH ₄ -N	NO ₂₊₃ -N	T-P		目詰まり発生までの通水期間(年月)
		(mg・l ⁻¹)	除去率(%)	(mg・l ⁻¹)	除去率(%)	(mg・l ⁻¹)	(mg・l ⁻¹)	(mg・l ⁻¹)	除去率(%)	
低 負 荷 50l・m ⁻² ・d ⁻¹	鹿沼土	1.4	79	0.70	26	0.017	0.55	0.003	94	目詰まりせず
	黒ボク土	1.2	81	1.04	-11	0.018	0.98	0.003	94	2年1月
	淡色黒ボク土	0.9	86	0.65	32	0.014	0.55	0.001	97	2年5月
	マサ土	1.2	81	0.63	34	0.011	0.47	0.002	96	2年
	砂 土	1.4	78	0.65	32	0.011	0.47	0.004	92	2年4月
高 負 荷 250l・m ⁻² ・d ⁻¹	鹿沼土	2.1	67	0.67	30	0.011	0.51	0.003	93	2年6月
	黒ボク土	1.4	79	1.00	-1	0.009	0.93	0.003	93	1年
	淡色黒ボク土	1.1	82	0.61	36	0.008	0.49	0.001	98	9月
	マサ土	1.6	75	0.55	42	0.005	0.39	0.002	96	9月
	砂 土	1.9	70	0.69	27	0.006	0.53	0.004	92	1年2月
流 入 湖 水		6.4		0.95		0.018	0.32	0.048		

(1984.5~1986.12の平均値)

と思われた。

さらに土壤処理を行った場合のトリハロメタンの生成能の変化について検討を加えた。湖水は $59\sim 89\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ のトリハロメタンの生成能を有していたが、土壤処理によりトリハロメタン生成能を $38\sim 80\%$ 減少させることができ、その減少量は、有機物含量の除去量に比例した。

(2) 目詰まり現象の解明

カラム実験及び土壤浸透実験装置を用いて目詰まり現象を検討した。室内において円筒カラムを用い、土壤及び石英砂を充てんし、生活排水濃度の人工排水を表面及び地中散布し、土壤の浄化力、目詰まりを調べた。目詰まりを起こすまでの処理水の水質は一定しており、土壤の浄化は、流入場所の近傍で行われ、5 cm の浸透距離で TOC が 85% も除去された。目詰まり発生後に土壤中の有機物含量を調べたところ、排水の流入地点近傍に有機物量のピークがあり 10 cm 以上離れると有機物の蓄積は認められず、目詰まりは排水の流入地点の 10 cm 以内に、増殖した微生物も含めた有機物の増加が目詰まりの要因と考えられた。目詰まりの進行に伴い ORP の低下が認められ、これに伴い処理水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の増大が認められた。ORP 及び $\text{NH}_4\text{-N}$ の測定により目詰まりの程度がモニターできるものと考えられた。

一方、臨湖実験施設における土壤浸透実験装置において目詰まりが生じたものについて、土壤を掘り起こし、土壤中の炭素、窒素の含量及び目詰まりの様子を観察した。目詰まりを生じた土壤では、トレンチの近傍部で炭素、窒素の蓄積が認められ、これら有機物の増加が浸透を妨げているものと考えられた。目詰まりの認められない鹿沼土ではこのような現象は認められなかった。

以上より、目詰まりは排水口のごく近傍で起こることから、排水口の近傍を孔径の高い物性を有するもので充てんすることにより目詰まりを防ぐことが可能と思われた。また目詰まりが発生した後に約半年間通水を停止すると黒ボク土、淡色黒ボク土では目詰まりの回復が認められた。

(3) 土壤処理による窒素除去

土壤は NH_4 を $\text{NO}_2, \text{NO}_3\text{-N}$ に変換させる高い能力を有しているが、窒素を除去する能力が非常に低い。土壤は脱窒能を有するが、脱窒させるためには $\text{NO}_2, \text{NO}_3\text{-N}$ と有機物が必要である。そこで土壤のもつ高い硝化力を活用し $\text{NO}_2, \text{NO}_3\text{-N}$ に変換させ、これに生活排水を有機物排水源として添加し、嫌気性ろ床処理を行い、その後再度土壤処理しリンを除去する土壤処理と嫌気性処理を組み合わせた生活排水処理システムの処理特性を検討した。システムフローを図Ⅲ-10、処理水質を表Ⅲ-11に示した。

まずし尿排水を全曝気型の浄化槽で処理しこれを第1次土壤処理を行うと、窒素は 90% 程度が $\text{NO}_2, \text{NO}_3\text{-N}$ となる。これに生活雑排水を混ぜ嫌気性ろ床処理すると $\text{NO}_2, \text{NO}_3\text{-N}$ は $0.2\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以

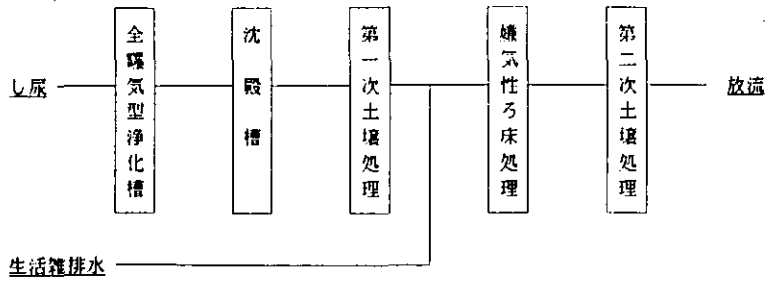


図 III-10 土壌処理と嫌気性ろ床処理を組み合わせた生活排水処理

表 III-11 土壌処理と嫌気性処理を組み込んだ生活排水処理の浄化特性

水質項目	第一次土壌処理		生活雑排水	第二次土壌処理	
	流入水	処理水		流入水	処理水
	(全曝気型 浄化槽処理水)			(嫌気性ろ床処理水)	
BOD (mg・l ⁻¹)	80	2	110	23	1
COD (mg・l ⁻¹)	41	4	54	11	2
TOC (mg・l ⁻¹)	20	3	31	10	2
T-N (mg・l ⁻¹)	58.5	46.8	7.2	5.5	3.3
NH ₄ -N (mg・l ⁻¹)	44.6	3.9	0.63	3.1	0.03
NO ₂₊₃ -N (mg・l ⁻¹)	8.9	41.8	2.2	0.17	2.7
T-P (mg・l ⁻¹)	12.9	0.20	0.59	0.26	0.05
SS (mg・l ⁻¹)	32	4	28	14	3
pH	7.3	6.1	6.6	6.9	6.8
大腸菌群 (N・l ⁻¹)	1,000	9	5,500	2,300	2

下となり T-N も $5.5\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ に低下する。これを第2次土壌処理すると T-N は $3.3\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ にまで低下する。し尿排水の T-N が $58.5\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 、また生活排水の T-N が $7.2\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を考えるとこれらの排水中の窒素がこのシステムにより効率よく除去されることが判明した。処理水の COD は $2\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 、T-P は $0.05\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ であり良好であった。この方式は放流先のない地域において水洗化する上で大変有効な方法と思われる。

(4) 土壌中での物質移動

土壌を有効に利用するためには、土壌中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 、塩素イオン、水分等の挙動を把握すること

が重要である。ほ場において塩素イオン、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 等の挙動のモデルシミュレーション及び供給速度等の推定を行い、ほ場における土壌中の塩素イオンは作土 20cm を比較的速く通過するが下層土 80cm で滞留すること、また水分の挙動は降雨量、蒸発量、植物吸収量等により大きく左右される等の多くの基礎的知見を得た。

〔印刷発表〕

稲森悠平・矢木修身・須藤隆一(1987)：土壌トレンチ法による生活排水処理とその浄化特性。

用水と廃水, 29, 51-59.

S. Otoma and T. Kuboi (1985) : Model simulation of solute leaching and its application for estimating the net rate of nitrate formation under field conditions. J. Hydrol., 82, 193-209.

乙間末広・久保井徹(1984)：ほ場における土壌水分分布予測モデルとシミュレーション。日本土壌肥科学雑誌, 55, 499-506.

乙間末広・久保井徹・森 忠保(1984)：ほ場における土壌水分吸引圧の自動測定システムとその精度の検討。日本土壌肥科学雑誌, 55, 564-566.

矢木修身(1983)：環境浄化のための微生物学。講談社サイエンティフィック, 須藤隆一編, 東京, 216p.

〔口頭発表〕

乙間末広・久保井徹・藤井国博・内藤正明：ほ場における塩素イオン挙動のモデルシミュレーションと硝酸態窒素供給速度の推定。昭和60年度日本土壌肥科学会, 金沢(60.4)

乙間末広・久保井徹・藤井国博・内藤正明：ほ場における水分分布モデルとシミュレーション。日本土壌肥科学会, 仙台(59.8)

矢木修身・稲垣典子・稲森悠平・田井慎吾・松重一夫・須藤隆一：土壌による湖水の浄化—水質の変化。第19回水質汚濁学会, 東京(60.3)

矢木修身・稲垣典子・稲森悠平・田井慎吾・松重一夫・須藤隆一・笹本和博・根本雄二：土壌による湖水の浄化, トリハロメタン生成能の変化。第19回水質汚濁学会, 東京(60.3)

研究課題 6) 水草帯の自然浄化機能の解明と機能の維持促進技術の確立

〔担当者〕 安野正之・春日清一・高村典子・花里孝幸・岩熊敏夫・高村健二・野原精一・上野隆平・相崎守弘・福島武彦・細見正明・大槻 晃・河合崇欽

湖沼の水草帯は水生植物が繁殖し生物現存量が高く、生物種も多く複雑な生態系構造を持ち、湖沼の物質循環上で極めて重要な役割を持っている。また、湖岸帯は波砕帯となっており、水温変動も大きく、周辺域からの影響を受けやすいなどの物理化学的にも湖央域とは異なった性質を持っている。この研究ではこのような水帯が湖沼の物質循環上で占める役割を明らかにし、その自然浄化機能を維持しさらにより良く機能するための技術を確立するための基礎的研究をするものである。研究対象は霞ヶ浦江戸崎入水草帯を主として霞ヶ浦高浜入、手賀沼などの現場調査及び国立公害研究所臨湖実験施設における水槽実験等である。

(1) 1984年5月から1985年12月まで霞ヶ浦江戸崎入の抽水植物群落と浮葉植物群落において、水質、プランクトン、底生植物及び付着藻類について調査した(図Ⅲ-11)。水質では無機態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$)の濃度は7~10月に低く、冬は高く最高値は順に1.286, 0.118, 1.820 mg

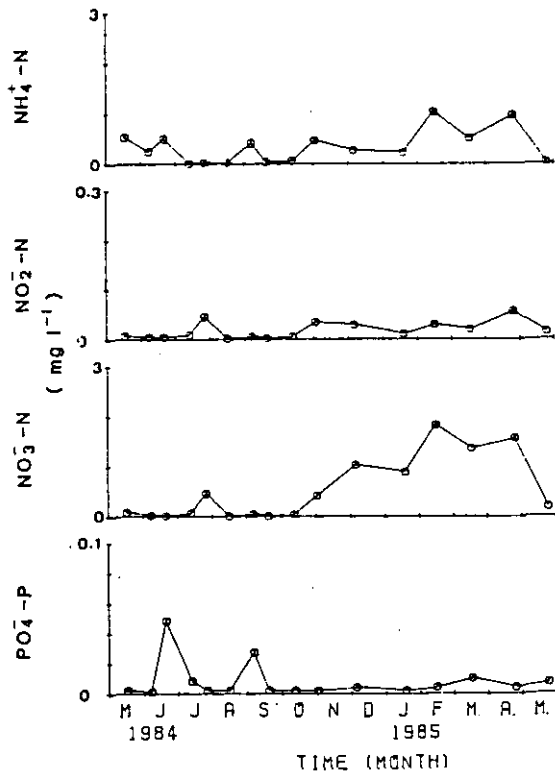


図 Ⅲ-11 無機態窒素とオルソリン酸の変化

$\cdot l^{-1}$ であった。オルソリン酸は6月及び12月に高い値(最大値 $0.056 \text{ mg}\cdot l^{-1}$)を示したが他の時期は低かった。DOC, DON, DOP は夏一秋に高い傾向を示したが変動幅は大きくなかった。植物プランクトンの現存量はラン藻 *Mycrocystis* spp. が優占する7~11月に高く冬は低かった。秋から春はケイ藻の *Synedra runpens*, 緑藻の *Chlamydomonas* spp., クリフト藻の *Cryptomonas* sp. が優占した。光合成速度は春が最も高く $15.8 \text{ gO}_2 \cdot \text{gChl-a}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ に達し、冬は低かった。光合成速度は抽水植物群落では光が、浮葉植物では水温が制限要因になっていると考えられた。動物プランクトンの現存量は沖帯に比べて少なかった。付着藻類では抽水植物に付着する藻類の現存量は冬一春に高く (約 $100 \text{ mgChl-a}\cdot\text{m}^{-2}$)、浮葉植物に付着する藻類では6月, 12月, 1月に高く (約 $30 \text{ mgChl-a}\cdot\text{m}^{-2}$) これらの時期には植物プランクトンの現存量を上回った。夏一秋の現存量は低かった。付着藻類の日生産量は現存量の多い時期に多く4月に $0.4 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ を示し、年平均生産量では $73 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ となり植物プランクトンの生産量を大きく上回った。夏一秋の付着藻類の低い現存量はアオコによる光の減衰が一因であると考えられた。細菌の現存量は水草の成育期より枯死期で多く、浮葉植物群落では浮遊性細菌の量が付着性細菌の量の約 10~50 倍であったが抽水植物群落ではほぼ同程度であった。水草帯の一次生産量者と分解者から見ると、浮葉植物群落ではプランクトンが、抽水植物群落では付着生物が系内の物質循環に関与している割合が高いと考えられたが、夏から秋にかけて *Mycrocystis* spp. が多量に抽水帯にトラップされその影響が大きいことが明らかにされた。

(2) 江戸崎入の水草帯における水生大型植物の現存量は抽水植物のヨシ帯で最大 $1557 \text{ g DW}\cdot\text{m}^{-2}$ 、マコモ帯で $1420 \text{ gDW}\cdot\text{m}^{-2}$ 、ヒメガマ帯で $1597 \text{ gDW}\cdot\text{m}^{-2}$ であった。また年間純生産量はヨシ帯で $1894 \text{ gDW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{y}^{-2}$ 、マコモ帯で $1420 \text{ gDW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{y}^{-1}$ 、ヒメガマ帯で $2336 \text{ gDW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{y}^{-1}$ と計算された。浮葉植物のアサザは地上部現存量は6月まで増加し、7, 8月には $29 \text{ gDW}\cdot\text{m}^{-2}$ でほぼ一定となり、秋に再び増加して $37 \text{ gDW}\cdot\text{m}^{-2}$ となった。地下部は $6 \text{ gDW}\cdot\text{m}^{-2}$ でほぼ一定し、秋一冬にやや増加したアサザの最大現存量は $48 \text{ gDW}\cdot\text{m}^{-2}$ 、年間純生産量は $156 \text{ gDW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{y}^{-1}$ と計算された(図Ⅲ-12)。

(3) 江戸崎入の水草帯における底生動物は抽水植物帯ではユスリカ幼虫及びイトミミズが、浮葉植物帯ではヨコエビ、ユスリカ幼虫及びイトミミズが優占した。ユスリカ幼虫現存量は *Glyptotendipes tokunagai* が優占する6~7月に最高となり抽水植物帯で $0-1471.5 \text{ mgDW}\cdot\text{m}^{-2}$ 、浮葉植物帯で $0-95.14 \text{ mgDW}\cdot\text{m}^{-2}$ であった。イトミミズ現存量も6~7月に最高となり抽水植物帯で $0-1761.5 \text{ mgDW}\cdot\text{m}^{-2}$ 、浮葉植物帯で $0-66.4 \text{ mgDW}\cdot\text{m}^{-2}$ であった。ヨコエビ現存量は7~8月に最高となり抽水植物帯で $0-27.5 \text{ mgDW}\cdot\text{m}^{-2}$ 、浮葉植物帯で $0-186.8 \text{ mgDW}\cdot\text{m}^{-2}$ であった。現存量の主なピークは6~8月と1~3月にあった。両植物帯の年平均現存量を比較するとユスリカ幼虫、イトミミズともに抽水植物帯の方が18倍程度高く、ヨコエビでは浮葉植物帯の方が4倍以上高かった。付着動物については、ユスリカ幼虫及びイトミミズが優占した。ユスリカ幼虫現存量

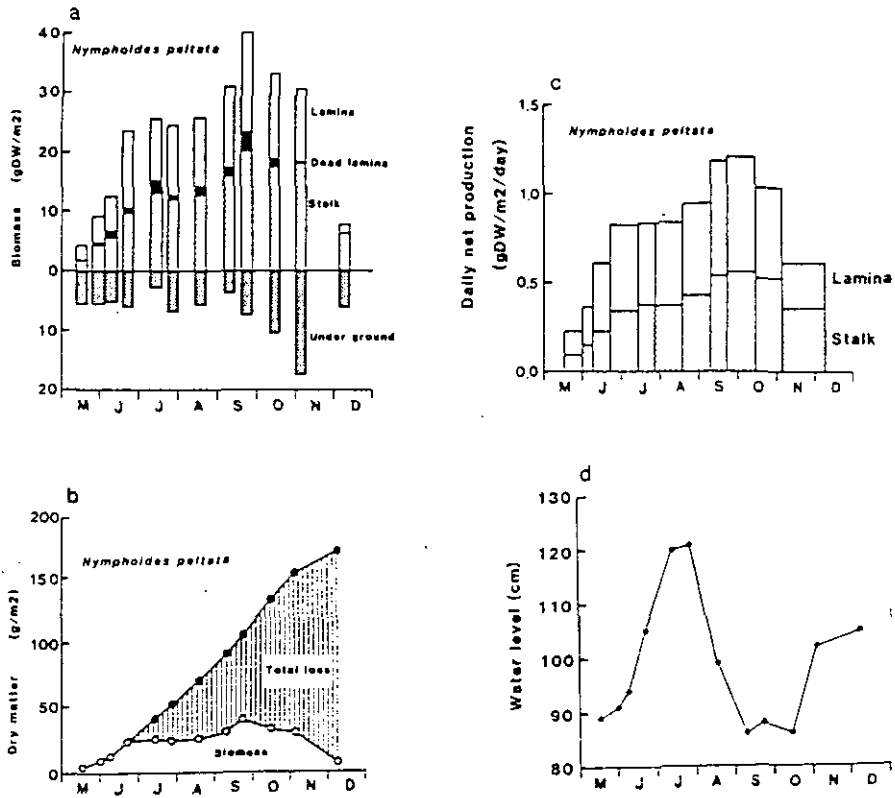


図 Ⅲ-12 アサザの現存量と純生産量及び水位変化

(a) 現存量(乾重)の季節変化。(b) 現存量と枯死脱落量の季節変化(純生産量の積算)。(c) 一日当たりの純生産速度の季節変化。(d) 葎ヶ浦の水位(Y.P.)の季節変化。

は両地点とも6~7月に最高となるが、抽水植物帯では *G. tokunagai* が優占し、浮葉植物帯では *G. sylvestris* が優占した。ユリスカ幼虫の種組成について水草帯を比較すると、沖帯では *T. akamusi* 及び *C. plumosus* を優占種とする6種が記録され、水草帯では *G. tokunagai*, *C. sylvestris* 及び *O. glabripennis* を優占とする19種が記録された。水草帯と沖帯では共通種は *G. tokunagai* のみであった。

(4) 高浜入最奥部の湖岸帯及び沖帯で魚類群集の現存量及び種組成の季節変動と生産量を調べた。湖岸帯では初夏から秋にかけてモツゴ、ウキゴリ、ジュジュカケハゼ、ウシガエル、おたまじゃくしが優占し、冬から春にかけてイサザアミのみが優占した。沖帯ではテナガエビが最も多く、チチブ、ジュジュカケハゲ、キンブナがこれに次ぎ、初夏から秋にかけて優占した。湖岸帯の魚類の種類数及び現存量共に沖帯に比べ多かった。また、湖岸帯でフナの産卵期(5~6月)に産卵回遊を定置網により調べた。また同時に湖岸帯と水温を連続記録し、両者の水温変動パ

ターンを明らかにした。フナの産卵回遊である「乗っこみ」現象は明瞭ではなく、湖岸帯の水溫変動幅が十分でないことが、フナの産卵回遊や排卵を抑制している可能性が示された。このことは近年のフナの漁獲量減少と関係しているものと思われる。

(5) 国立公害研究所臨湖実験施設に設置した9基の水槽内に高浜入より採取した泥とヒシを移植し、栄養塩を添加した湖水を掛け流して、物質収支を調べた。各水槽への流入量を変化させて栄養塩負荷量を DIN で 70 から 280 $\text{mgN}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 、 $\text{PO}_2\text{-P}$ で 12 から 48 $\text{mgP}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ の範囲に設定した。ヒシの生長は流入負荷量に比例して高くなり、7月から8月にかけての1月間の流入負荷量の約40%がヒシの生産量となった。また流出水の窒素及びリン濃度は低く、約80%が水槽内の生態系にトラップされた。

(6) 臨湖実験施設の底泥を敷いたコンクリート池 (30m×10m×深さ3m) 2面に湖水を掛け流し、一方の池にイサザアミを加えた。イサザアミを加えた池ではイサザアミが高密度に達し、動物プランクトン、ベントス等は極めて少なく、クロロフィルa及び懸濁物質濃度は高く、透明度は低かった。一方イサザアミを加えない池では動物プランクトンが多く、クロロフィルa及び懸濁物質濃度は低く透明度が高い良い水質が維持された。これらのことより、湖内の生態系を管理することにより水質を改善することの可能性が示された。

霞ヶ浦を主とした調査によって水草帯では水生大型植物の生長期にはかなり多くの栄養塩をトラップし、また湖中央部から吹き寄せられたアオコなどがたい積しこれらの分解場所となっており、湖沼全体の物質代謝の上で大切な役割を持つこと、さらに、湖岸帯は生物種も多く複雑な構造を持つことから湖沼全体の生態系形成上重要な位置にあることが明らかにされた。

〔印刷発表〕

春日清一(1986)：霞ヶ浦湖岸帯の水溫変動とフナの産卵回遊及び排卵。霞ヶ浦臨湖実験施設研究発表会講演報告集-1, 55-62.

河合崇欣(1968)：水質自動連続測定法に関する基礎的研究。霞ヶ浦臨湖実験施設研究発表会講演報告集-1, 5-10.

野原精一・土谷岳令・岩熊敏夫(1968)：霞ヶ浦江戸崎入水草帯における水生大型植物の生産。霞ヶ浦臨湖実験施設研究発表会講演報告集-1, 63-68.

〔口頭発表〕

春日清一：湖岸帯の水溫変動とフナの産卵回遊。日本陸水学会第49回大会, 筑波(59.9)

野原精一・土谷岳令・岩熊敏夫・上野隆平・高村典子・花里孝幸：霞ヶ浦江戸崎入における水生植物の分布と現存量の季節変化。日本陸水学会第50回大会, 大津(60.10)

酒井光夫・春日清一：霞ヶ浦の湖岸帯魚類群落構造に与える漁業の影響について。昭和58年度

日本水産学会春季大会，東京(58.4)

高村典子・岩熊敏夫・相崎守弘・安野正之：霞ヶ浦江戸崎入の水生植物群集における植物プランクトンと付着藻類の生産と窒素吸収．第33回日本生態学会大会，京都(61.4)

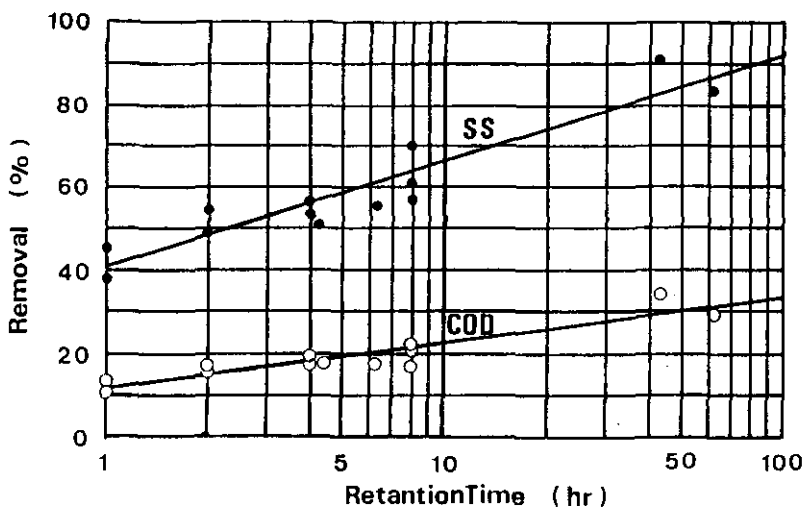
上野隆平・岩熊敏夫・土谷岳令・野原精一・高村典子・花里孝幸：霞ヶ浦湖岸水草帯の付着動物現存量．日本陸水学会第50回大会，大津(60.10)

研究課題 7) 排水処理技術の評価に関する研究

〔担当者〕 田井慎吾・稲森悠平・岡田光正・須藤隆一・松重一夫

本研究では既存の小規模排水処理技術を処理機能、経済性及びエネルギー効率などの諸側面から評価するとともに、この観点からの処理技術の開発をも合わせて行うことを目的とした。

(1) 処理施設のエネルギー効率による評価については、処理施設に係る物質とエネルギーをエクセルギーによって表すことによって熱力学的効率を求める手法を開発した。回転円板法と浸漬ろ床法のパイロットプラント（規模： $10\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ）を用いた富栄養化湖水の浄化実験で、図Ⅲ-13に示したように滞留時間24時間で、SSは90%程度除去できるが、CODは30%程度しか除去できない



図Ⅲ-13 滞留時間とSS及びCOD除去率の関係

ことを確認した。そして両処理法とも1%以下の極めて低い熱力学的効率であることを示した。

(2) 地域し尿処理施設（24か所）、農業集落排水事業（25か所）、特定環境保全公共下水道（17か所）及び小規模な公共下水道（28か所）を対象として、小規模な生活排水処理施設の処理面積、処理人口などの諸元並びに建設・管理費を調査した。表Ⅲ-12に全調査箇所（93か所）を対象に処理方法別の建設及び管理費の処理能力（ $X: \text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ）当たりの費用関数（建設費C：千円・ $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 管理費M：千円・ $\text{y} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ）を示した。一方、事業区分別の処理能力（ $\text{m}^3 \cdot \text{d}$ ）当たりの建設費は合併浄化槽：90万円、地域し尿処理施設：25万円、農業集落排水事業：65万円、特定環境保全公共下水道及び小規模公共下水道：100万円であった。同じく、処理能力（ $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ）当たりの年間維持管理費は、合併浄化槽：5万円、地域し尿処理施設：4.5万円、農業集落排水事業：6.5万円、特定環境保全公共下水道及び小規模公共下水道：7万円であった。地域し尿処理施設の建

設費と管理費が最も小さいのは、人口がちゅう密な住宅団地等を対象とするため管きょにかかる費用が小さいためである。農業集落排水事業及び公共下水道の建設費の内、管きょにかかる費用の占める割合は大きく、全建設費の50～80%に達している。このことから、農業集落排水事業や公共下水道に圧力式下水道システムを導入して建設費を低減し、建設期間を短縮する必要があることを提案した。このシステムは各戸にポンプを設け、排水を圧送することによって管径を小さくする排水収集方式である。

表 III-12 処理方式別の建設及び管理費の費用関数

処 理 方 式	建 設 費		管 理 費	
	費 用 関 数	100m ³ ・d ⁻¹ の場合	費 用 関 数	100m ³ ・d ⁻¹ の場合
標準活性汚泥法	$C = 67.72X^{1.26}$	22,424 千円	$M = 452 X^{0.58}$	6,533 千円・y ⁻¹
長時間エアレーション法	$C = 4301 X^{0.701}$	108,535 千円	$M = 134 X^{0.74}$	4,047 千円・y ⁻¹
回転円板法	$C = 1488 X^{0.97}$	129,600 千円	$M = 7 X^{1.14}$	1,334 千円・y ⁻¹
接触エアレーション法	$C = 10174 X^{0.58}$	134,120 千円	$M = 518 X^{0.28}$	1,881 千円・y ⁻¹

(3) 処理技術の開発として排水処理施設の動力源として風力エネルギーを利用することを試みた。すなわち、霞ヶ関臨湖実験施設に風力発電装置（最大出力：風速10m・s⁻¹で200W）を設置し、得られた風力発電電力によって小型回転円板装置を運転した。その結果、年間平均風速が4 m・s⁻¹程度のとき風力発電装置の規模に見合った排水処理装置（例えば回転直径4 mの風車に対して100m³・d⁻¹の処理装置）であれば必要エネルギーの50%程度を風力発電電力でまかなえることが分かった。

以上、主として小規模処理技術を処理機能、経済性及びエネルギー効率などの諸側面からの評価を行った成果を述べてきたが、次に湖沼、河川の汚濁源の中で高い割合を占め浄化の必要性の叫ばれている生活系排水の処理技術開発において得られた成果を述べることにする。なお自然浄化機能を活用した処理技術としては河川底部の生物膜で行われている自浄作用をコンパクトな反応槽の中で行わせようとする接触材の充てんされた接触曝気法、接触材表面に形成された嫌気性微生物の生物膜の働きを活用した嫌気性ろ床法、接触材に付着した生物膜の働きではなく浮遊微生物の浄化能力を活用した活性汚泥法及び土壌浄化能を活用した土壌トレンチ法などがある。しかし、本研究ではこれらの一つ一つのプロセスを単独で用いるのではなく目的に応じていろんな型で組み合わせて用いることに特徴をもたせることにした。得られた成果を列記すると以下に示すとおりである。

(4) 嫌気・好気循環ろ床装置を用い、好気性ろ床への循環水量を循環比として0, 1, 2, 4, に変化させて調べたところ、有機物除去率はいずれの循環比においてもほとんど差はなかつ

表 III-13 嫌気・好気循環ろ床法の浄化特性

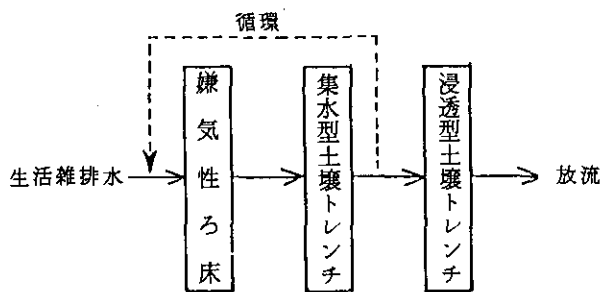
Items		Recirculation ratio			
		R-R	O-1	R-2	R-4
TOC	(mg·l ⁻¹)	8.3	8.5	6.5	4.4
T-N	(mg·l ⁻¹)	19.5	12.5	8.8	7.0
NH ₄ -N	(mg·l ⁻¹)	17.2	11.5	7.6	3.7
NO ₂ , -N		0.2	0.1	0.3	1.9
ORP (mV)	Above	-282	-262	-122	-60
	Middle	-258	-220	-112	-50
	Bottom	-249	-192	-111	-40
DO	(mg·l ⁻¹)	0	0	0	0
pH		7.3	7.3	7.2	7.2

Items		Recirculation ratio			
		R-0	R-1	R-2	R-4
BOD	(mg·l ⁻¹)	6.3	6.5	6.6	5.6
COD	(mg·l ⁻¹)	7.6	6.9	6.9	7.2
TOC	(mg·l ⁻¹)	4.0	3.6	3.2	3.0
T-N	(mg·l ⁻¹)	17.2	11.3	8.0	6.9
NH ₄ -N	(mg·l ⁻¹)	0.6	0.1	0.4	0.3
NO ₂ , -N	(mg·l ⁻¹)	16.7	11.2	7.6	6.6
VFA	(mg·l ⁻¹)	12.5	11.0	12.1	13.0
Alkalinity	(mg·l ⁻¹)	2	14	19	23
ORP	(mg·l ⁻¹)	+118	+100	+105	+109
DO	(mg·l ⁻¹)	6.4	6.5	7.0	6.6
pH		6.3	6.9	7.0	7.3
Trans.	(cm)	100	100	100	100
SS	(mg·l ⁻¹)	2.0	1.2	1.0	1.4

だが、窒素除去能は循環比が高まるほど大となり対照の30%に対して循環比2以上では70%以上となることが分かった(表III-13)。このことは5人家族の個別家庭に設置した生活排水処理を目的とした実規模の嫌気・好気循環ろ床法でも同様な結果が得られたことから裏付けられた。このことから本法は生活排水から有機物及び窒素を削減し湖沼の富栄養化を抑制できる効果的な方法であることが分かった。

(5) 維持管理が容易で安価な生活排水処理技術として開発した嫌気性ろ床法において、個別家庭で観察される午前と午後の流量変動が浄化能に及ぼす影響を及ぼすかについて検討したところ、一日の平均流量の6倍量の排水量変動に対しても嫌気性ろ床の水理学的滞留時間を30時間にとれば浄化能力は低下しないことが明らかとなった。このように本法は負荷変動に対して大きな影響を受けず、かなり高い浄化能を有していることから、有機汚濁物質の効果的削減法として重要な役割をになっていくものと考えられた。

(6) 嫌気性ろ床法と土壤トレンチ法を組み合わせたプロセスは、生活排水中の有機物、リンを効果的に削減する有用な方法であること、また、嫌気・好気循環ろ床と土壤トレンチ法を組み合わせる方法を用いるかあるいは嫌気性ろ床と土壤トレンチ法を組み合わせ、この土壤浸透水を嫌気性ろ床に循環させる方法を用いれば、有機物だけでなく、富栄養化の制限因子である窒素、リンまでもが効果的に除去できるようになることが明らかとなった。なお、個別家庭に設置した循環式嫌気性ろ床・集水型土壤トレンチプロセス（図Ⅲ-14）の浄化能を調べたところベンチスケール実験の場合と同様極めて高い浄化能力が得られ、実用に供することの可能なことが分かった。



図Ⅲ-14 循環式嫌気性ろ床・集水型土壤トレンチプロセス

(7) 集合住宅から排出される生活排水を対象とした技術開発研究からは、排水の流量を回分的に行う回分式活性汚泥法、及び嫌気槽と好気槽を汚泥がサイクリックに循環するようにした嫌気・好気活性汚泥法が、有機物、窒素、リンを同時に除去する上で効果的な方法であることが明らかとなった。

このように、排水処理の技術開発研究から生活排水を効果的に処理できるいくつかのプロセスを見いだすことができた（表Ⅲ-14）。しかし、処理条件、プロセスの組み合わせ方、浄化機構などの面でさらに検討を加えていく必要がある。なお、個別家庭から排出させる生活排水の適正な処理法として本法から開発された代表的な処理法である嫌気・好気循環ろ床法＋土壤トレンチ法、循環式嫌気性ろ床土壤トレンチ法が、今後広く活用されれば自然水域の有機汚濁及び富栄養化の抑制につながるものと考えられる。

表 III-14 生活排水の処理プロセスの種類

対象排水	処理プロセスの種類	除去対象物質
生活雑排水	1) 簡易ろ過槽 2) 沈殿分離槽 3) 接触曝気槽 + 土壌トレンチ 4) 腐敗槽 5) 嫌気性ろ床*	有機物 リン
し尿浄化槽放流水 及び 生活雑排水 +	6) 接触曝気法 7) 嫌気性ろ床・接触曝気法 + 土壌トレンチ 8) 回転円板法 9) 活性汚泥法	有機物 リン
し尿浄化槽放流水	10) 嫌気・好気循環ろ床法 11) 嫌気・好気循環活性汚泥法 + 土壌トレンチ 12) 回分式活性汚泥法	有機物 リン 窒素

* 土壌トレンチで浄化の進行した処理水を嫌気性ろ床に開環して腹室すること可能

〔印刷発表〕

田井慎吾(1983)：膜による排水処理技術．製薬工場，3，539-543.

Tai, S. and T. Goda (1985) : Entropy analysis of water and wastewater treatment processes. Int. J. Environ. Stud., 25, 13-21.

田井慎吾・土井賢二郎(1985)：排水処理における小型コンピューターの利用—概論—．公害と対策，21，1313-1317.

松重一夫・田井慎吾・土井賢二郎(1986)：風力エネルギーを利用した廃水処理システム．衛生工学研究論文集，22，187-193.

田井慎吾・松重一夫(1986)：風力エネルギーを利用した水質改善システム．国立公害研究所研究報告，第98号，7-18.

稲森悠平・池谷正雄・須藤隆一(1983)：嫌気性ろ床を組みこんだ生活排水処理に及ぼす温度の影響．下水道協会誌，20(10)，10-17.

稲森悠平(1984)：生活雑排水及び尿浄化槽放流水による公共用水域の富栄養化とその対策．建築設備と配管工事，22(2)，39-46.

須藤隆一(1984)：これからの生活排水処理技術．化学装置，26(1)，58-63.

須藤隆一(1984)：生活雑排水の処理技術．水質汚濁研究，7，146-153.

稲森悠平・谷野 充・須藤隆一(1985)：嫌気・好気ろ床法の浄化特性に及ぼす循環比の影響．下水道協会誌，22(255)，23-32.

岡田光正・須藤隆一・寺蘭克博(1985)：回分式活性汚泥法による窒素，リン及び有機物の同時除去に関する研究，水質汚濁研究，8，729-736

- Okada, M. and R. Sudo (1985) : Simultaneous removal of phosphorus and nitrogen by sequencing batch reactor activated sludge process. *Water Sci. Technol.*, 17, 315-316.
- 稲森悠平・高橋智巳・須藤隆一(1986) : 嫌気性条件の活性汚泥法における効果. 下水道協会誌, 23(264), 61-69.
- Inamori Y., R. Sudo and T. Goda (1985) : Domestic sewage treatment using an anaerobic biofilter with an aerobic biofilter. *Water Sci. Technol.*, 18, 209-216.
- 稲森悠平・矢木修身・須藤隆一(1987) : 土壌トレンチ法による生活排水処理とその浄化特性. 用水と廃水, 29(1), 51-59.
- 須藤隆一・稲森悠平(1986) : 湖沼水質保全のための生活雑排水対策. 用水と廃水, 28, 825-835.
- Okada, M. and R. Sudo (1986) : Performance of sequencing batch reactor activated sludge processes for simultaneous removal of nitrogen, phosphorus and BOD as applied to small community sewage treatment. *Water Sci. Technol.*, 18, 363-370.
- 稲森悠平・国安祐子・須藤隆一(1986) : 原生動物繊毛虫類によるバルキングの制御. 下水道協会誌, 23(267), 74-86.
- 西嶋 渉・岡田光正・須藤隆一(1986) : オキシデーションディッチ法シミュレータの開発. 水質汚濁研究, 9, 179-182.

〔口頭発表〕

- 田井慎吾・松重一夫・土井賢二郎・横内正彦 : 風力エネルギーによる排水処理システム. 京大環境衛生工学研究会第6回シンポジウム, 京都(59.7)
- 田井慎吾 : 自然エネルギーを利用した水質浄化システム. 第1回霞ヶ浦臨湖実験施設研究発表会, 美浦(60.4)
- 田井慎吾・松重一夫・伊藤睦雄 : 風力エネルギーによる排水処理システム. 京大環境衛生工学研究会第7回シンポジウム, 京都(60.8)
- 田井慎吾・松重一夫・伊藤睦雄 : 富栄養化湖水の生物学的浄化. 京大環境衛生工学研究会第8回シンポジウム, 京都(60.8)
- 田井慎吾 : 富栄養化湖水の生物学的浄化. 第3回自然浄化シンポジウム—自然浄化機能による水質改善—, 筑波(61.3)
- 田井慎吾 : 湖沼における水質汚濁のメカニズム. 筑波(61.3)
- 岡田光正・須藤隆一 : 回分式活性汚泥法による脱窒, 脱リンに関する研究. 下水道研究発表会第21回大会, 東京(59.4)
- Okada, M. and R. Sudo : Simultaneous removal of phosphorus and nitrogen by sequencing

- batch reactor activated sludge process. Post-Conference Seminar, Enhanced biological Removal of phosphorus from Wastewater, Paris (59.9)
- 岡田光正・須藤隆一：回分式活性汚泥法による脱窒・脱リンー運転サイクルと基質濃度の影響ー化学工学協会第18回秋季大会，福岡(59.10)
- 岡田光正・須藤隆一：回分式活性汚泥法による脱窒・脱リンー運転サイクルの影響ー日本水処理生物学会第21回大会，筑波(59.10)
- 稲森悠平・谷野 充・須藤隆一：嫌気性ろ床と好気性ろ床を組み合わせた生活排水中の脱窒処理に及ぼす循環化の影響．日本水処理生物学会第21回大会，筑波(59.11)
- 稲森悠平・高橋智巳・須藤隆一：嫌気好気活性汚泥法と好気活性汚泥法の処理性能の比較．日本水処理生物学会第21回大会，筑波，(59.11)
- 稲森悠平・谷野 充・須藤隆一：嫌気性ろ床処理に及ぼす有機物濃度の影響．日本水処理生物学会第21回大会，筑波，(59.11)
- 稲森悠平・山本泰弘・須藤隆一：Eisenia foetidaの生息する土壌トレンチにおける浄化特性．日本水処理生物学会第22回大会，倉敷(60.10)
- Inamori, Y., R. Sudo and T. Goda : Domestic sewage treatment using anaerobic bio-filter joined with aerobic bio-filter. IAWPRC 1st Asian Congr. Treat., Disposal Manage. Hum. Wastes. Tokyo (60.10)
- 岡田光正・須藤隆一・寺菌克博・長沼孝宣：回分式活性汚泥法による脱窒・脱リンに関する研究，第19回水質汚濁学会，東京(60.3)
- 岡田光正・須藤隆一：回分式活性汚泥法による脱窒・脱リンーリン除去能の獲得と消失ー，化学工学協会第19回秋季大会，名古屋(60.10)
- Okada, M. and R. Sudo : Performance of sequencing batch reactor activated sludge processes for simultaneous removal of nitrogen, phosphorus and bod as applied to small community sewage treatment. IAWPRC 1st Asian Congr. Treat., Tokro (60.10)
- 稲森悠平・須藤隆一・松沢克典・岩佐克彦：嫌気性ろ床法の浄化特性に及ぼす負荷変動の影響．第23回下水道研究発表会，仙台(61.7)
- 須藤隆一：生活雑排水対策．第2回手賀沼シンポジウム，柏(61.8)
- Inamori, Y., Y. Kuniyasu and R. Sudo : Role of smaller metazoas in the waste water treatment. Third Ger-Jpn. Workshop Wastewater Sludge Treat., Tsukuba (61.9)
- 稲森悠平・須藤隆一・鈴木統久：生物膜に出現する嫌気性原生動物．第21回水質汚濁学会，小金井(62.3)
- 須藤隆一・矢木修身・稲森悠平・鈴木統久・畠中寿一：嫌気性ろ床法を活用した生活雑排水の浄化．第21回水質汚濁学会，小金井(62.3)

研究課題 8) 水域の水質及び生態系に及ぼす影響因子の解明と評価

〔担当者〕 大槻 晃・河合崇欣・白石寛明・野尻幸宏・海老瀬潜一・相崎守弘・福島武彦・細見
正明・安野正之・春日清一・高村典子・花里孝幸・岩熊敏夫・上野隆平・田井慎吾・
西川雅高

霞ヶ浦は飲料水・農業用水・工業用水等の水源として、また養殖を含めた内水面漁業の場として、さらにヨット・釣等のレクリエーションの場として多面的に利用されている湖である。しかし、一方で毎年夏期には大量のアオコの発生する富栄養化の進んだ湖沼としても有名である。本研究は、このような水深が浅く、湖水の鉛直混合の活発な霞ヶ浦において、水質及び生態系に影響を及ぼす因子を明らかにし、生態系の維持機構を明らかにすることを目的とした。そのために、霞ヶ浦西浦10地点において毎月1回の定期調査を本特別研究期間の4年間及びそれ以前に6年間、合計10年間継続してきた。

この期間、霞ヶ浦を取り巻く環境は大きく変化した。昭和56年には茨城県霞ヶ浦富栄養化防止条例が公布され、その後、全窒素・全リンに係る環境基準の設定、湖沼、水質保全特別措置法の制定等がなされた。霞ヶ浦は琵琶湖と並んで国直轄の指定湖沼となり、昭和62年には湖沼水質保全計画も設定された。一方、これらの法体系の整備とは別に、霞ヶ浦総合開発計画に基づく湖岸堤の整備は着々と進行し、湖岸の生態系は大きく変化しつつある。また流域下水道の一部も供用され始めた。

調査は、現地観測項目とともに (a) 主要元素 (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} 等), (b) 栄養塩 ($\text{PO}_4\text{-P}$, DTP , TP , $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, DTN), (c) 懸濁態乾燥重量, 有機炭素及び窒素, (d) 植物プランクトン種組成, 現存量及び一次生産, (e) 動物プランクトン種組成及び現存量, (f) 細菌数, (g) 底生動物の種組成及び現存量, (h) 魚類の現存量と種組成について行った。

調査の結果、以下のような特徴が明らかになった。

(1) 水温の変動はサイン曲線で近似できるとともに、全域ではほぼ同様に変化した。最低水温は2~4℃で2月頃に観測され、最高水温は28~31℃で8月頃に観測された。

(2) 透明度は湾奥部の St.1 及び6を除き、昭和58年以後冬期~春期に著しい上昇がみられるようになった。この傾向は特に湖心域で強かった(図Ⅲ-15)。本調査で観測された最高値は昭和61年2月の3.3mという値で、この値は霞ヶ浦の過去の記録の中でも最高の値である。このような高い透明度が観測されるようになったのは、冬期に大型の動物プランクトンが大量に発生するようになったためと考えられる。

(3) オルトリン酸態リンは、湖心及び流出口付近 (St.11,12) を除き、冬~春期にかけて濃度は $10\mu\text{gP}\cdot\text{l}$ 以下であり、植物プランクトン現存量の増加する夏~秋期にかけて、増加する傾向が続いている。

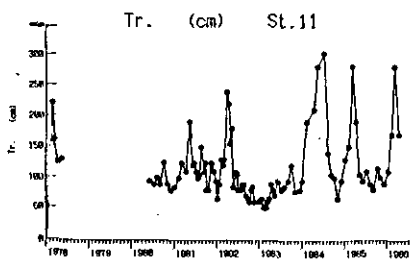
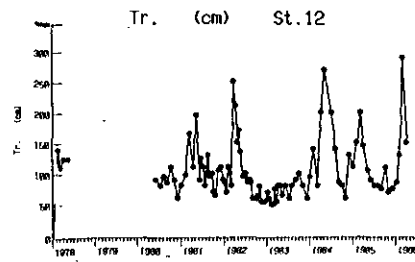
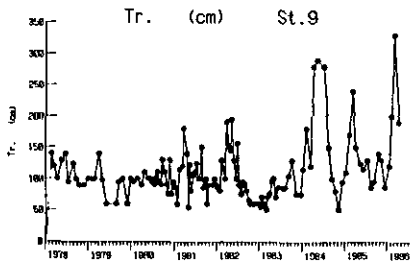
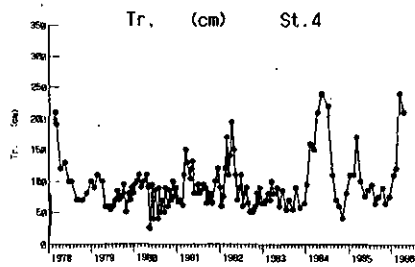
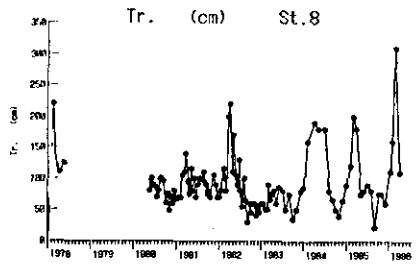
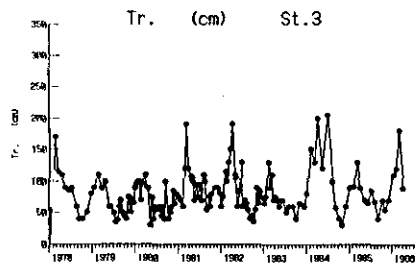
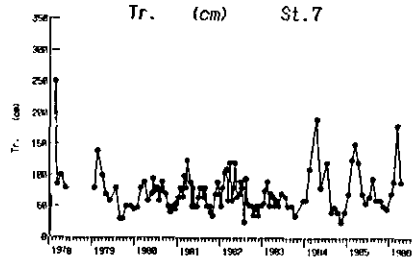
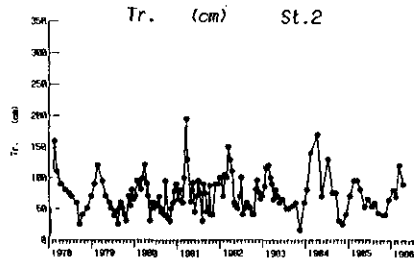
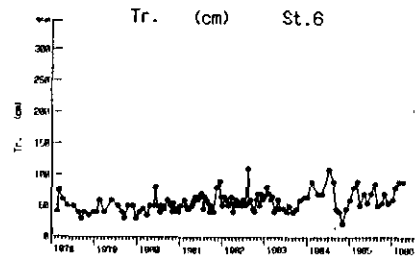
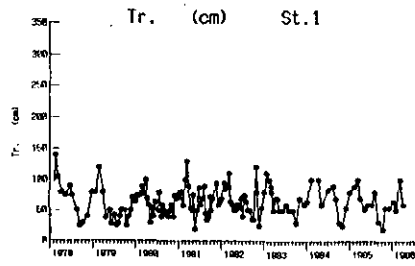


図 III-15 霞ヶ浦の各地点における透明度の経年変化

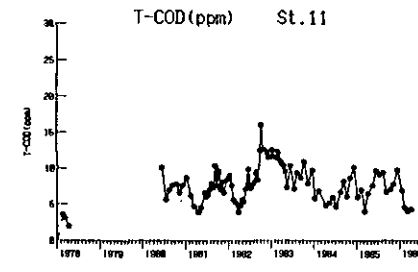
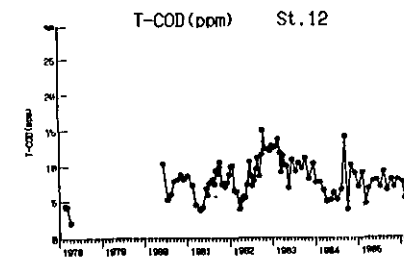
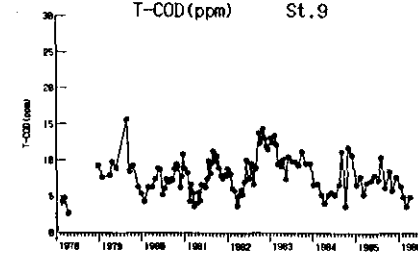
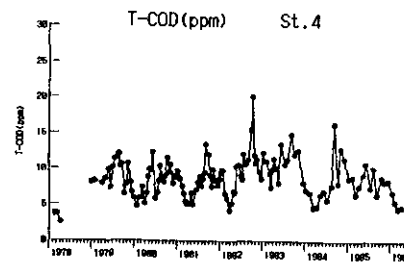
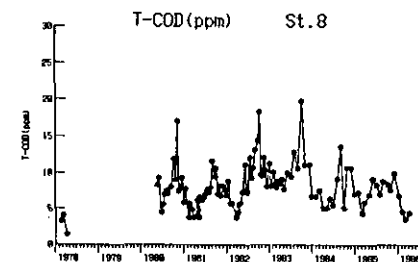
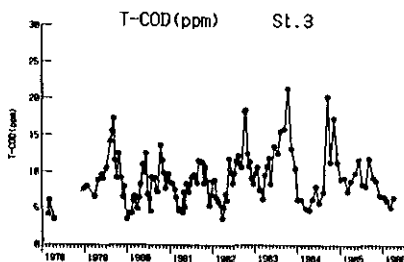
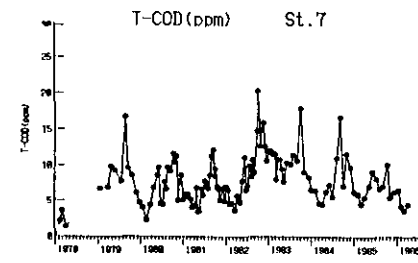
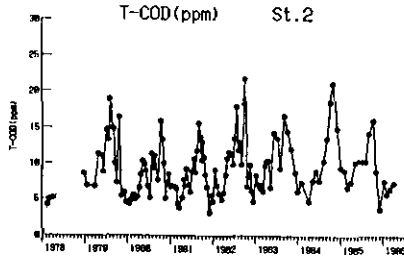
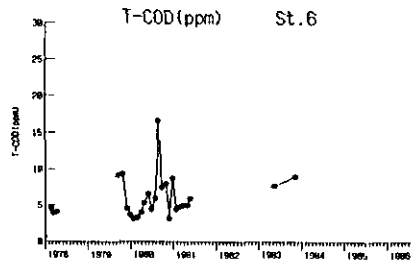
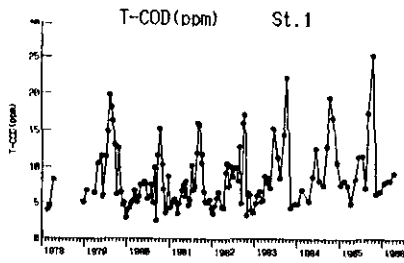


図 Ⅲ-16 霞ヶ浦の各地点における COD 濃度の経年変化

(4) 全リンは夏期に増加する傾向は続いているが、湖水流出口付近ではその傾向は顕著でなくなっている。比色ケイ酸濃度等から見ると新利根川河川水が湖内に入り込んで、影響しているように見える。

(5) 無機態窒素濃度は、秋～冬期にかけて増加し、夏期に減少する傾向は続いており、その主成分は、硝酸態窒素である。

(6) 全 COD 濃度は高浜入及び土浦入奥部 (St. 1, 2, 3, 7) では夏期に増加し、冬期に減少するという規則正しい変化を示したが、湖心域及び流出口付近ではこのような変動傾向が消えつつある。高浜入では冬期に $4 \sim 5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, 夏期に $15 \sim 20 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ の範囲で変動していた (図 III-16)。

(7) 懸濁態炭素・窒素濃度の変動傾向は、高浜入奥 (St. 1, 2) 及び土浦入奥 (St. 6, 7) を除き、夏に増加し、冬期に減少する変動幅が少なくなり、徐々に減少する傾向を示した。

(8) 従属栄養細菌数は、高浜入 (St. 1～4) で徐々に増加する傾向を示しているが、他の地点ではほぼ一定の傾向を続けている。

以上のデータからみると、流入河川の影響の強い湾奥部では、透明度、COD、全リン濃度、植物プランクトン現存量、細菌量とも過去10年間大きな変化はみられず、霞ヶ浦富栄養化防止条例の施行にもかかわらず、河川水の水質はあまり改善されていないようにみられた。一方、湖心域では冬期の透明度の上昇に象徴されるように、ここ数年間で水質にかなりの変化がみられるようになった。その原因の一つとして冬期に現存量が異常に高かったイサザアミの現存量変動が考えられた。イサザアミは動物プランクトンを好んで捕食するため、現存量が高くなると動物プランクトン現存量が低下してしまうが、昭和58年度冬期～春期にかけてイサザアミの現存量は極端に低くなっていた。昭和59年以後は復活しつつあるが58年以前に比べて現存量はかなり少ない。湖心域での水質変化はこのような生態系構造の変化に伴って生じたものと推測され、今後の継続的な観測の必要性が明らかになった。

〔印刷発表〕

Aizaki, M. (1988) : Seasonal and horizontal variations of heterotrophic bacterial number in eutrophic shallow Lake Kasumigaura. Jpn. J. Limnol., (in press).

Aizaki, M. and Otsuki (1988) : Characteristic of variations of C:N:P:Chl ratios of seston in eutrophic shallow Lake Kasumigaura. Jpn. J. Limnol., (in press).

Ebise, S. (1988) : Characteristics of changes in distribution and size composition of particulate matter in Lake Kasumigaura. Jpn. J. Limnol., (in press).

Fukushima, T., M. Aizaki and K. Muraoka (1988) : Characteristics of autochthonous deposition and resuspension of sediments in the Takahamairi Bay of Lake

- Kasumigaura. Jpn. J. Limnol., (in press).
- Hanazato, T. and M. Yasuno (1988) : Characteristics of biomass and production of Cladoceran zooplankton in Lake Kasumigaura. Jpn. J. Limnol., (in press).
- Hosomi, M. and R. Sudo (1988) : Nutrient concentrations in the interstitial water of the sediment in Lake Kasumigaura. Jpn. J. Limnol., (in press).
- Iwakuma, I. (1988) : Density, biomass, and production of Chironomides (Diptera) in Lake Kasumigaura. Jpn. J. Limnol., (in press).
- Otsubo, K. and K. Muraoka (1988) : Field studies on physical properties of sediment and sediment resuspension in Lake Kasumigaura. Jpn. J. Limnol., (in press).
- 大槻 晃(1983) : 湖沼の富栄養化とその指標. ぶんせき, 32, 573-579.
- Otauki, A., M. Aizaki, T. Iwakuma, N. Takamura, T. Hanazato, T. Kawai and M. Yasuno (1985) : Coupled transformation of inorganic stable carbon- 13 and nitrogen- 15 isotopes into higher trophic levels in eutrophic shallow lake. Limnol. Oceanogr., 30, 820-825.
- Otsuki, A., M. Aizaki and T. Kawai (1988) : Long-term variations of three types of phosphorus concentrations in highly eutrophic shallow Lake Kasumigaura. Jpn. J. Limnol., (in press).
- Takamura, N., T. Iwakuma and M. Yasuno (1988) : Primary production in Lake Kasumigaura. Jpn. J. Limnol., (in press).
- Takamura, N. and M. M. Watanabe (1988) : Seasonal changes in the biomass of four species of *Microcystis* in Lake Kasumigaura. Jpn. J. Limnol., (in press).
- Tsuchiya, T., S. Nohara and H. Iwaki (1988) : Annual variation of the seasonal change in biomass of a floating-leaved plant, *Trapa natans* L., in Takahamairi Bay of Lake Kasumigaura, Japan. Jpn. J. Limnol., (in press).

〔口頭発表〕

- 大槻 晃・相崎守弘・岩熊敏夫・高村典子・花里孝幸・河合崇欣・安野正之 : 水界隔離実験による浅い湖での炭素及び窒素の動態に関する研究-I. 第48回日本陸水学会, 松本(58.9)
- 大槻 晃・河合崇欣・相崎守弘 : 霞ヶ浦高浜入における溶存有機態リン濃度の季節変動とその化学的性質. 1983年度日本地球化学会年会, 八王子(58.10)
- 大槻 晃 : ^{13}C と ^{15}N をトレーサーとして用いた霞ヶ浦における物質動態の研究. 第13回微生物生態シンポジウム, 東京(59.1)
- 大槻 晃・岩熊敏夫・河合崇欣・相崎守弘 : 霞ヶ浦高浜入における全リン現存量の温度依存性.

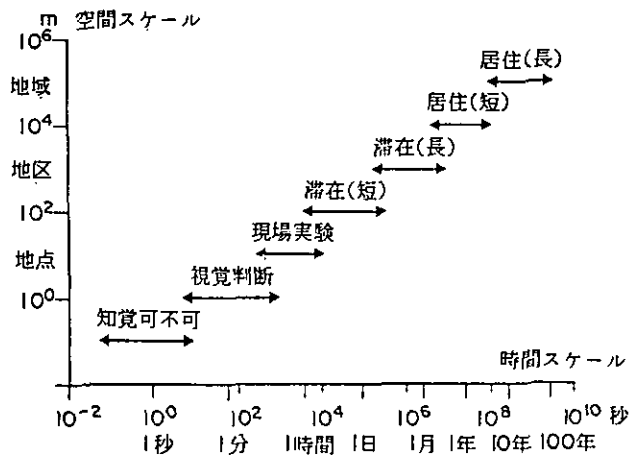
- 日本陸水学会第49回大会，筑波(59.9)
- 大槻 晃・白石寛明・高村典子：逆相高速液体クロマトグラフィーによるクロロフィル a，b 及びフェオフィチン a，b 同時定量，日本陸水学会第50回大会，大津(60.10)
- 大槻 晃・高村典子：富栄養湖のクロロフィル a 測定における UNESCO/SCOR 法とメタノール抽出蛍光検出逆相高速液体クロマトグラフ法の比較，日本陸水学会第51回大会，清水(60.10)
- 大槻 晃・相崎守弘・河合崇欣：霞ヶ浦におけるリン・窒素の動態，第1回環境科学シンポジウム，東京(61.11)
- Otsuki, A. and N. Takamura : Comparison of chlorophyll-a concentrations measured by HPLC spectrophotometric methods in highly eutrophic shallow Lake Kasumigaura. 23rd Congr. Int. Assoc. Limnol., Hamilton (62.2)

研究課題 9) 水辺環境評価手法に関する研究

〔担当者〕 青木陽二

自然浄化能を利用した排水処理システムによる水質の浄化は、水のきれいさの観点からは水辺の快適性向上に役立つと考えられる。このような処理水を生かした快適な水辺は都市周辺で失われつつある人々の憩いの場として重要であり、これをさらに人々が使いやすいように実現するには快適性に寄与すると考えられるその他の物理的条件を明らかにしなければならない。

水辺に関する今までの評価方法は水質や水生生物を中心として発達してきたが、近年人々を水辺に近づきやすくするような護岸の設計など親水性を重視する研究が進みつつある。このような水辺評価の方法は図Ⅲ-17に示すように、環境を与える空間の大きさとその中で環境と接する時



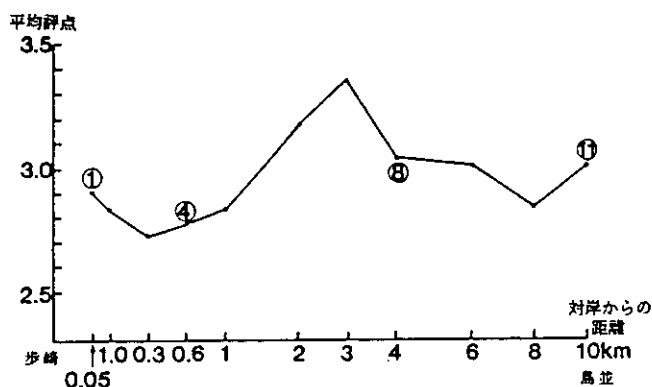
図Ⅲ-17 環境からの刺激時間と空間スケール

間の関係から多様な方法が考えられる。感覚器に感じられるかどうかを判断するような時間の短い室内の実験から、その環境にしばらく浸っているような現場実験、さらには数時間滞在するような方法、人が生活することによって感じられるような広がり調べの方法などがある。これらの評価方法のなかで本研究は、被験者を使った室内実験による評価手法と現場に被験者を誘導する現場実験による評価手法の開発を行った。

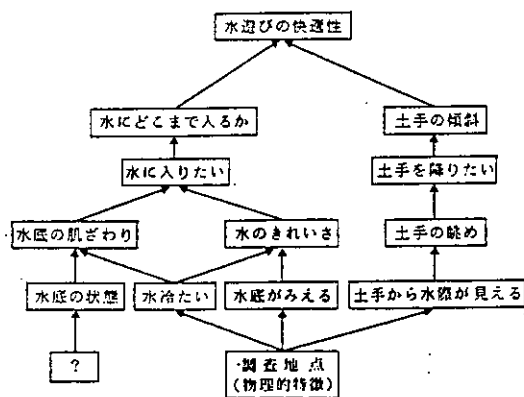
(1) 対岸を見るに好ましい評価はどのくらいの距離で得られるかを明らかにするため、対岸距離を変化させたスライドを用い、室内実験で被験者に見せ評価させた。その結果図Ⅲ-18のように湖岸の見えかたに対しては3~4kmの距離で良い評価を得、地図を用いた住民意識調査の結果を裏付けた。

(2) 同一の被験者が多様な水辺を訪れ、そこで水に入ったり景色を眺めたりする現場実験で

は、水辺の評価を決定する心理的反応の構造と反応をもたらす物理的諸量の関係を求めた。その結果図Ⅲ-19に示すような心理的評価の構造を得、水辺の快適性評価に寄与する現場の状況が明らかとなった。地点の快適性に寄与する外法面傾斜角、河川敷の表面、流速、色相、濁度、水際の植物、道路からの距離などの項目が明らかとなった。また水遊びの快適性に寄与する水底の状態、水の冷たさ、水底が見える、土手から水際が見えるなどの項目が明らかとなった。そしてこれらの項目の心理的反応と物理的諸量の関係から図Ⅲ-20、21のように流速、色相などの寄与の仕方が明らかとなった。



図Ⅲ-18 対岸距離の評価の関連 (歩崎-島並)



図Ⅲ-19 水遊びの快適性評価の構造

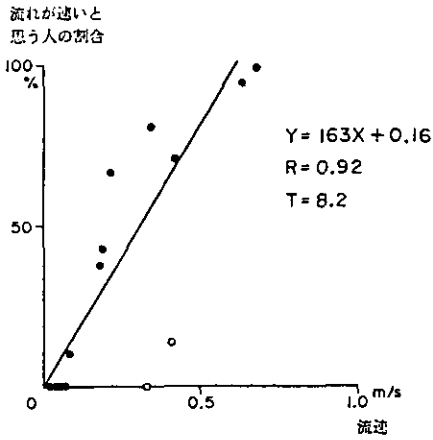


図 III-20 流れの速さの感じ方

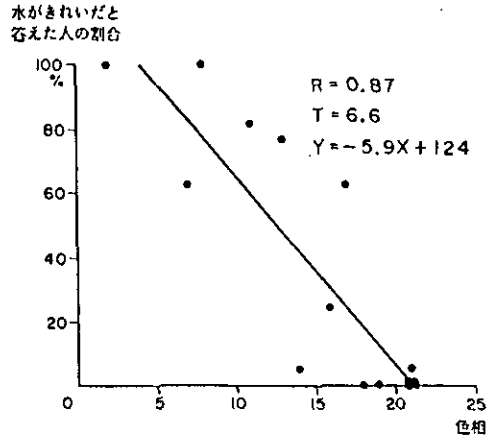


図 III-21 水のきれいさと色相の関係

〔印刷発表〕

青木陽二(1985)：現場実験による水辺快適性評価．環境情報科学，14(3)，43-46．

青木陽二(1986)：現場実験による都市水辺快適性評価．環境情報科学，16(2)，62-69．

青木陽二(1987)：身近な水辺の快適性評価．下水道協会誌，24(279)，13-19．

青木陽二(1988)：都市の水環境．建築環境設備学，彰国社（印刷中）

研究課題 10) 自然浄化機能を活用した処理システムの確立

〔担当者〕 内藤正明・中杉修身・乙間末広・原沢英夫・天野耕二・青柳みどり

湖沼の富栄養化現象の主たる原因の一つとして生活排水、特に雑排水が問題となっており、これらを効果的に処理して河川・湖沼への流出負荷を減少させることが緊急課題となっている。雑排水に起因する発生負荷を減少させるためには、発生源での処理が効果的であり、各種排水処理方式の適用や、また周辺に自然浄化機能を発揮し得る空間があれば、それらを活用することが考えられる。

本研究は、従来の排水処理プロセスや自然浄化機能を活用した水質改善方法など多種多様な方法を地域に適用する際に、社会的・自然的な地域特性をいかに考慮し、処理技術を組み合わせて採用するのが最も適切であるかを決定する方法論を確立することを主たる目的としている。

(1) 地域特性を考慮した排水処理システムの選定方法

表Ⅲ-15に示したように、地域特性に応じた処理システムを確立するためには、①各種処理方式の評価、②対象地域の特性評価、③処理システムの選定要因（評価基準）、の三つの評価軸が必要であり、これらを組み合わせ、処理システムとして適切なものを選定するためのシステム論的な検討が必要である。

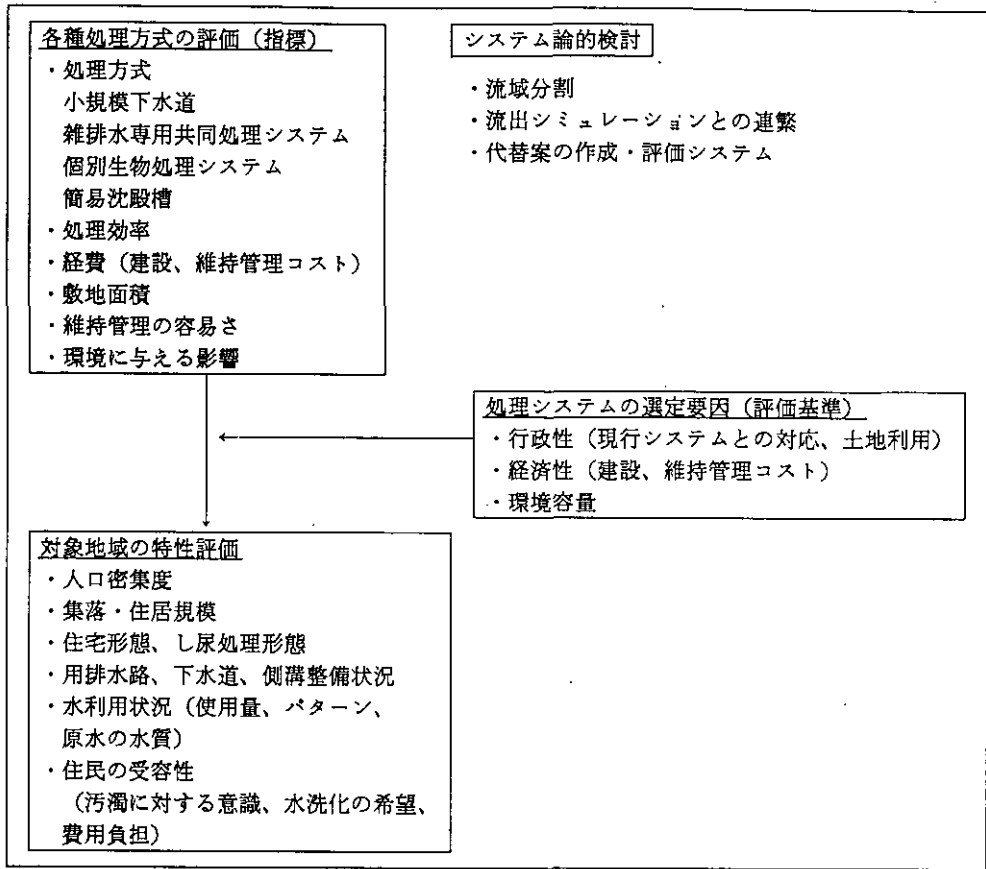
集落・地区レベルに適した排水処理方式を自然浄化機能の活用も考慮しながら選定する知識工学的的手法を開発し、霞ヶ浦流域の集落への適用を試みた。知識工学的的手法としては、知識ベースに推論機構を付加したプロダクション型のエキスパートシステムを採用した。地域の社会・自然条件と各種の処理方式との関係をルールとして知識ベース化し、地域の諸条件を対話的に入力することにより、その地域に最適な処理方式を決定するシステムである。図Ⅲ-22は本システムにおける選択プロセスと特にその中心となる共同処理方式の選定要因について示したものである。処理方式の選定では、処理特性、維持管理特性、立地条件を考慮している。本システムを霞ヶ浦北部の石岡市の集落（下水道計画区域外）に適用した結果を図Ⅲ-23に示している。集落①～⑩について選定された処理方式のみを示したが、例えば集落①ではE：共同処理一回転円板法が適すると判定されたことを示している。記号のない集落は、現在の知識が不十分であり判定できなかったことを示しており、さらに知識を増やすことが必要であることを示している。

知識工学的的手法を用いた選定システムの特徴として、1) 経験など定性的な知識を取り扱えること、2) 選定ルールを逐次充実できることなど、地域特性を考慮した処理システム選定手法として効果的な方法であることが明らかとなった。

(2) 自然浄化機能を活用した処理システムの適用

本システムの適用対象とした集落のうちから特に自然浄化機能の活用が図れる集落を取り上げ

表 Ⅲ-15 地域特性に応じた処理システム選定の関連要因



モデル地区 (八郷町陣場地区) とし、雑排水処理として嫌気性処理及び接触ばっ気処理を行い、さらにその処理水をアソ原を用いて浄化するシステムを設置した。アソ原には約 50 戸分の雑排水が流入している状態であったが、一年にわたる水質調査の結果、有機物関連項目 (BOD, COD, TOC) については、除去率 60~93%、リンについては 51~75%、N については 18~75% であった。特に N については季節変動が激しく冬季において低い除去率となった。アソ原の浄化能を処理プロセスに組み入れるためには、BOD の限界負荷率として $10\text{g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{d}^{-1}$ 以下であること、冬季の N 除去を別途行うこと、あしの刈り取りなど維持管理が必要であることが分かった。これらの知見は、上記選定システムの自然浄化能の活用可能性判定に用いている。

(3) 生活排水に対する住民の受容性

設置した処理施設の維持管理は住民自身が行うことが原則であることから、地区に根ざした処

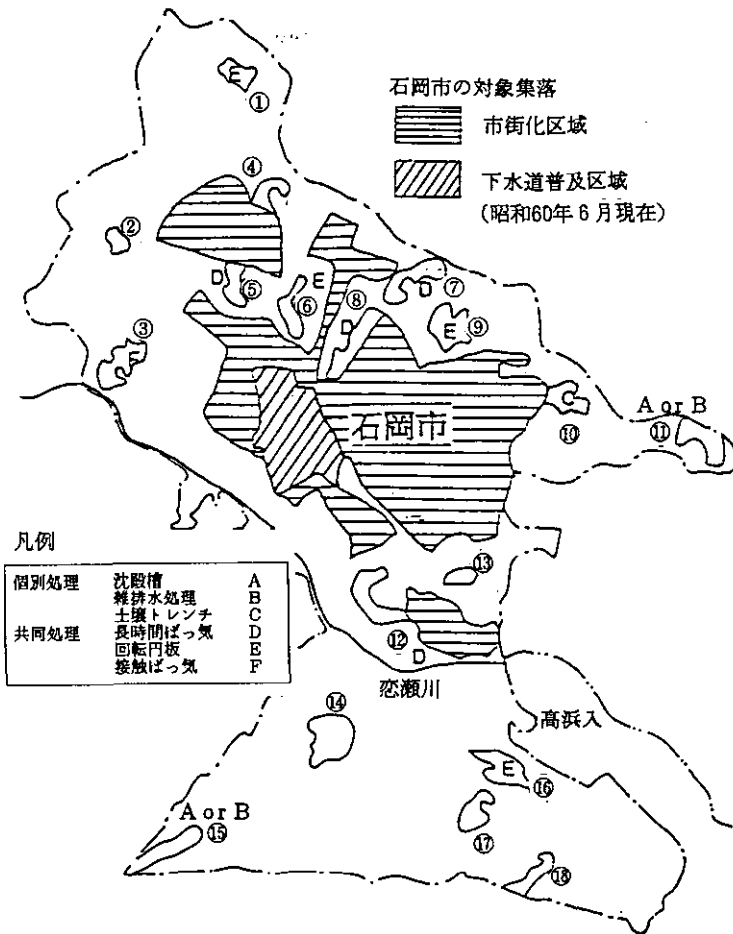


図 III-23 集落に適した処理方式の選定結果

理システムとするためには、その処理システムを地区の人々が如何に受け入れるかといった住民の受容性が大きな問題となる。そこで、モデル地区に住む人々の意識について 1) 周辺環境、2) 処理施設、3) 実践活動に対する意識をアンケートにより把握し、解析した。本地区は、これまで雑排水により地区の水環境が悪化していたため、住民の環境保全に対する意識が高いこと、しかしながら共同処理方式のような高額な費用が必要なものに対しては、行政への依存性が高いことから、水洗化などの直接的な利点が無い場合では、共同処理システムは普及がなかなか困難であることが明らかとなった。また、維持管理に関しては、水路清掃など作業負担に対しては積極的に取り組む意向を示していること、電気代等には月 1000円/戸程度ならば負担感無く支出できると考えていることが分かった。台所からの排出負荷削減を目的とした実践活動の意義

・効果についての調査では、地区の人々に実践活動を要請し、その前後で水質を測定したが、約 BOD で 10～20%程度削減の効果があること、また住民の意識面でも環境保全の点から台所から厨芥を流さない、洗剤の節約を図るなど啓発的效果も顕著であることが分かった。

〔印刷発表〕

天野耕二・福島武彦・中杉修身(1986)：統計データによる湖沼特性と水質の関係．土木学会衛生工学研究論文集，22，87-102.

天野耕二(1986)：水質汚濁現象の予測手法の現状と問題点．環境情報科学，14(3)，43-46.

原沢英夫・天野耕二・内藤正明(1985)：排水処理プロセスにおける数学モデル（Ⅰ）．水質汚濁研究，8，53-65.

原沢英夫・天野耕二・内藤正明(1985)：排水処理プロセスにおける数学モデル（Ⅱ）．水質汚濁研究，8，122-128.

甲斐沼美紀子・原沢英夫・内藤正明(1986)：廃水処理プロセス最適構成のためのエキスパートシステム．環境技術，15，803-812.

中杉修身(1984)：雑排水対策の考え方．水質汚濁研究，7(3)，21-26.

〔口頭発表〕

青柳みどり・原沢英夫・中杉修身・細見正明・須藤隆一：雑排水対策に対する住民の意識について．第21回水質汚濁研究発表会，東京(62.3)

青柳みどり・原沢英夫・細見正明：雑排水対策に対する住民の意識と行動について，土木学会第15回環境シンポジウム，東京(62.8)

天野耕二：閉鎖性水域関連モデル研究動向について—現状の整理・分析—．日本陸水学会第50回大会，滋賀(60.10)

原沢英夫・甲斐沼美紀子・中杉修身・内藤正明：地域特性を考慮した下水道処理システムの選定—エキスパートシステム適用の試み—．京都大学環境衛生工学研究会第9回シンポジウム；京都(62.7)

甲斐沼美紀子・中杉修身・原沢英夫・内藤正明：エキスパートシステムによる環境保全対策の作成 その一．第21回水質汚濁学会研究発表会，東京(62.3)

IV 総合評価

湖沼の水質を良好なものにして水環境としての価値を高めるという目標設定のためには、良好な水質とはいかなる状態をいうのかをまず合意しておかなければならない。私達が行ってきたこの特別研究では、湖沼の水が飲料水源としても、漁業やその他の目的のためにも利用されなければならないことを知りつつも、多くの需要に応える湖沼目標を予め設定したわけではなかった。そういう意味では、公共用水域の環境基準という既成の目標を、とりあえずこの研究の背景に据えた形であった。そうであっても、ここ10年来、霞ヶ浦という富栄養化の進んだ湖を見てきて、この湖の水質改善は環境基準達成はそう簡単なものではない、水質改良技術が進んだとはいえ、そればかりに頼って効果の上がるものではない、そういう意識が研究者にあったはずである。湖の利用の仕方やそれからの利便を合理的に決めようとする前に、もう一度自然の原理に立ち戻り、湖とそこへ各種の物質を送り込む流域において、自然の浄化力がどう評価され、どう活用され得るかを考える研究を行おうとしたのがこのこの特別研究のスタンスである。もとより自然浄化力に関しては既に多くの研究があるが、霞ヶ浦という重要ではあるが水環境として健全とは言えない湖沼を主たる研究対象として、約50名の専門を異にする研究者が組織を組んで研究してきたのはユニークなことかと思われる。以下に全体の成果を踏まえて、総合的な判断を試みる。

湖沼の環境は、湖沼に流入する物質を受け入れて生態系を構成する。湖沼へ物質を流出させる場は流域であり、その流出経路は一般には河川である。したがって河川水の起源である降水と、降水中の物質及びそれ以外の降下物の特性を調べることから始める必要がある。この降水も含めた降下物は、当研究所の屋上で量的質的な変化の観測を続けてきている。年変化でみると、窒素などは年降雨量の増減に従ってその降下量も増減するため、変動特性は明確ではないが、この9年間で全無機態窒素の降下量は約1.5倍増加した。全リン降下量は1981年頃から減少傾向にあったが、最近再び増加している。我が国では窒素酸化物など大気汚染にかかわる物質の排出は改善されてはいるが、この問題は単なる一つの島国だけではなく地球規模での課題であるだけに、日本国土に及ぼす降下物の影響は当然注目して行く必要がある。

森林の面積率が約60%と言われる日本の国土で、森林が水質浄化に大きく貢献していると一般にみられているが、量的にどれだけの浄化力があるかとなると十分な研究成果がない。それは森林と一口に言っても、自然林なのか人工林なのか、森林管理の程度、土壌や岩石の質など、森林学、森林土壌学の立場から複雑な研究分野に分かれてしまっているためでもある。ここでは水の移動に注目して森林土壌生態系を考慮しながら、筑波山地の渓流水の水量と水質の観測から森

林の持つ自然浄化力が検討されている。2年間の物質収支では、リンやアンモニア態窒素では浄化の作用があるが、硝酸態窒素では流出負荷量の方が降下物としての流入負荷量を上回る結果となった。この結果は浄化力の強い琵琶湖流域の森林とは対照的である。特に窒素の関係では森林土壌に保有される量が、季節変化のある雨でどう洗い流されるか、関東土壌の特有さを背景とした現象が生じているとみられる。

溪流から河川へ、そして河口へ流れるに従って、その地域の土地利用や社会活動の特性に影響される負荷流出形態をとる。霞ヶ浦へ流入する河川と一部の水路の流下過程での水質変化の定量化のため、週1回の定期調査、降雨時の詳細な調査が繰り返し行われてきた。無機イオンの濃度と負荷量は、季節変化と気象特性に土地利用形態が加わって複雑な現象を呈するが、表Ⅲ-5に示されたように、土地利用と比流出負荷量との相関が明らかとなった。硝酸態窒素では、水田が負の相関であるのに対し、畑地とは逆に強い正相関を持ち、農耕において畑地活動に注目すべきものがあることを示唆している。河道での物質は、有機物質であれば、分解、吸着、沈殿たい積、洗掘等の現象を伴い、生物化学的意味での自浄作用だけではない流達過程がある。この見積もりは湖沼への負荷量を算定する上で重要であるが、正確に求めることは極めて困難である。ここでは市街地河川と農業用水路で精密な観測を繰り返し、年間負荷量の上下流の差から、流達率を精度よく求めることに成功した。

流域には池や沼が散在する。これらを池沼と称して、それ自身が持つ浄化機能とその活用について研究された。池沼の特徴は水が滞留し、したがって各種の流入物質も滞留することになり、太陽からのエネルギーを受けて生物的環境変化を起こすことである。その現象の発端が池沼への接合部である河口域であるため、そこに焦点が当てられた。河口域では底質や懸濁態物質の特性が急変する場である。また無機栄養塩が有機態、懸濁態に変化しやすい場である。そのため、湖沼の中心部に入る前に、多くの物質が河口域にトラップされることが、霞ヶ浦高浜入湾奥部、手賀沼の調査で判明した。この結果は、以前から話題にされている河口部のラグーン化に対し、重要な設計資料となり得る。また、滞留効果に関してより系統的な知見を得るため、臨湖実験施設における人工池6基を用いた実験で、池沼の自然浄化力が評価された。

都市部、農村部を問わず存在する各種の下水路や農業用排水路、また民家の周囲に存在する側溝等は、従来浄化機能という観点からは顧ることのない存在であった。確かに滞留時間が短く距離の短いこういった水路での自然浄化力は全体としては小さいかも知れないが、水路に接触材を充てんする等の工夫をすることにより活用が期待できる浄化法である。効果的な浄化力を持たせるための実験により、光、温度、滞留時間、流況、対象とするBOD値の範囲等の適正条件が検討

され、実際水路でも実験された。現実には、出水時の対応、接触材の埋没防止、汚泥除去対策等のいくつかの問題も残るが、きめの細かい浄化施策を行うには是非この手法を取り入れたいものである。

土壌は植物に栄養を与えるメディアとして、土壌微生物を始めとする非常に多くの生物が存在して土壌生態系を構成している。この土壌に生活排水を処理させる機能をもたせる試みが最近注目されている。簡潔にこの土壌処理の特徴を言えば、設備コストが安価で維持管理が容易であるという利点に対し、ある程度の用地面積を必要とし、また有機物やリンの除去能は高いが窒素の除去に難点がある。したがってこれらの特徴を理解した利用を行うことのはかに、欠点を改善する研究も進めなければならない。臨湖実験施設にある土壌浸透実験装置を用いた5種類の土壌を用いた霞ヶ浦湖水原水の処理実験でも、窒素の除去能が悪く、土壌のほとんどが目詰まりを起こしてしまうという結果になった。土壌というのは極めて多様性の高い構造を持つがゆえに、持続性を持たせてこそその機能が発揮される。したがって目詰まりを始め、急激なインパクトによる機能喪失が生じないための研究と、機能の特徴を生かしたシステム化の考案が必要であろう。

湖沼の沿岸にみられる水草帯も自浄機能をもつ存在の一つである。水草帯は水草だけの世界でなく、小魚類、動物プランクトン、底生生物との共存関係の強い場所である。特に霞ヶ浦のように、アオコの発生がある場合には、その集積場所ともなり、その分解量の大きいことにも特徴がある。地道な調査によって、この水草帯が湖沼の物質代謝に対して重要な役割をもつことが知られてきたが、水草帯の自浄力の量的評価を踏まえて、どのような保守管理やそのための技術的問題があるのかも、今後検討していかねばならない。

湖沼の富栄養化現象の主たる原因の一つとして、生活排水、特に雑排水が問題になっていることは言うまでもない。処理技術の問題としては、先に述べた土壌処理も含め、水路内に接触材として充てんされた接触曝気法、嫌気性微生物膜の働きを活用した嫌気性ろ床法、活性汚泥法などの個々の処理能力の向上を目指すとともに、これらをどのような組み合わせで行えば効果があるかという面での技術も考案されてきている。

一方これらの処理方法が、単なる処理技術機能のシステムでなく、処理を必要とする地域の特性を考慮した処理システムに拡大することも非常に重要である。すなわち、霞ヶ浦の流域を例にとると、下水道施設が機能し得る地域に比べ、それが困難な地域が随分と多く、農業・畜産負荷の大きい流域の中での集落については、単なる既成の技術論だけでは片付かない面がある。このような場合に、知識工学的手法によるエキスパートシステムの採用が有用ではないかとみられた。モデルとして特に自然浄化機能の活用が図れる集落を選び、アン原の浄化力を実際に測定しながら、地域性を考えた処理システムを検討した。同時に地域住民の排水対策に対する意義、あるい

は水質改善そのものに対する意義などについても調査され、興味ある結果を得ている。

霞ヶ浦での水質及び生物の定期調査を10年続けてきて、最近それらの一部に変化が見られるようになった。流入河川の河口域では変化はみられないが、湖心付近では昭和61年2月には透明度が3.3mという記録的な値を示したほか、一般に冬期の透明度が高まりつつある。これに伴って冬期の大型動物プランクトンの発生がみられるようになった。生態系の構造は複雑で、一つの物質の状態変化だけが見られることはなく、必ず循環系の中で近い関係にある物質の状態も変わってくる。上の変化は、動物プランクトンを好んで捕食するイサザアミにも及び、昭和59年の冬から春にかけて、イサザアミが極端に減っていた。その後回復しつつあるが昭和58年以前のような現存量までには戻っていない。透明度が上がるということは、一般的に言って富栄養化状態が改善されたということになるが、霞ヶ浦の全域がこれに当てはまるわけではなく、今後の調査の結果に注目したい。殊に、霞ヶ浦は水資源開発事業の一つとして、他流域との導水が今後行われることになっている。これによる湖環境への影響を詳細に見て行くためにも、この定期調査が重要であることが理解されよう。

湖を愛する人々が多くなってこそ、根づいた湖沼保全が生まれてくる。水を理解するには、人々の生活史の中で水と接する体験がなくてはならないだろう。水辺はその前提的存在である。失われつつある水辺を快適なものとして復活させる願いは切実なものがあるが、昔の水辺に戻そう、というようなキャッチフレーズだけでは事を行うのが困難となってきた。すなわち、適切な評価をすれば、下水処理水の流用で快適な水辺を得るといような気転の効くやり方もあるように、人間の水辺環境の量的評価の手法を確立することにより、極めて合理的に親水性を取り入れた事業が行われるものと思われる。このような手法についても研究が進められてきたが、今後の湖沼水質保全のための計画にも積極的に取り入れられるように願っている。

V 本特別研究にかかわる刊行物

本特別研究の研究成果は関連する学会，研究雑誌の外に，国立公害研究所研究報告第95～98号(1986)，第116～120号(1988)，国立公害研究所研究資料第33号(1988)，第1～4回自然浄化シンポジウムにおいて公表された。研究所刊行物のリストを以下にまとめた。

国立公害研究所報告 第95号，(1986)

自然浄化機能による水質改善に関する総合研究(Ⅰ)——汚濁負荷の発生と流出・流達——
昭和58～59年度 特別研究報告。

I. 研究の概要

海老瀬潜一 3

II. 報 文

1. 生活系排水の原単位 7

岡田光正・須藤隆一

2. 溪流水質から見た森林の浄化機能に関する研究(第1報) 21

筑波山試験流域の概要と植生調査

村岡浩爾・平田健正

3. 溪流水質から見た森林の浄化機能に関する研究(第2報) 水文流出と水質調査 ... 37

平田健正・村岡浩爾

4. 面源負荷流出に及ぼす水文条件の影響 57

海老瀬潜一

5. 流達過程における水質負荷量変化とその評価 71

海老瀬潜一

国立公害研究所研究報告 第96号，(1986)

自然浄化機能による水質改善に関する総合研究(Ⅱ)——水草帯・河口域・池沼の生態系構造と機能——昭和58～59年度 特別研究報告。

I. 研究の概要	3
岩熊敏夫	
II. 報 文	
1. 河口域の降雨時流入物質の挙動	13
福島武彦・相崎守弘・海老瀬潜一	
2. 植物プランクトンの分解による栄養塩の回帰	29
相崎守弘・高村典子	
3. 手賀沼の水生生物現存量と一次生産量	45
高村健二・菅谷芳雄・高村典子・花里孝幸・岩熊敏夫・安野正之	
4. 霞ヶ浦江戸崎入水草帯における水生高等植物の生産	59
野原精一・土谷岳令・岩熊敏夫・上野隆平・花里孝幸	
5. 霞ヶ浦江戸崎入水草帯における水質とプランクトン及び付着藻類の生産	73
高村典子・岩熊敏夫・相崎守弘・花里孝幸・大槻 晃	
6. 生育期のヒシによる湖水からの栄養塩除去の実験的研究	101
岩熊敏夫・土谷岳令	
7. 霞ヶ浦湖岸域の水温変動とフナの産卵回遊及び排卵	127
春日清一	
8. 霞ヶ浦（西浦）における湖水アルカリ度の変動と底泥の緩衝作用について	141
河合崇欣・西川雅高・大槻 晃	

国立公害研究所研究報告 第97号, (1986)

自然浄化機能による水質改善に関する総合研究 (Ⅲ) ——水路及び土壌による水質の浄化——
昭和58～59年度 特別研究報告.

I. 研究の概要	1
須藤隆一	
II. 報 文	
1. 水路における浄化とその意義	5
稲森悠平・林 紀男・須藤隆一	
2. 水路における生物相と水質浄化特性	35

	稲森悠平・林 紀男・須藤隆一	
3.	水路に出現する微小後生動物わむし類 <i>Philodina sp.</i> の増殖特性	63
	稲森悠平・林 紀男・須藤隆一	
4.	土壌による水質浄化 (I) 土壌浸透実験装置の概要	73
	矢木修身・稲垣典子・稲森悠平・松重一夫・田井慎吾・須藤隆一	
5.	土壌による水質浄化 (II) 土壌の種類及び負荷水量の処理水質への影響	85
	稲垣典子・矢木修身・稲森悠平・松重一夫・田井慎吾・須藤隆一	
6.	土壌による水質浄化 (III) トリハロメタン生成能の変化	107
	矢木修身・稲垣典子・稲森悠平・松重一夫・田井慎吾・須藤隆一	
	根本雄二・笹本和博	
7.	土壌による排水の自然浄化—浄化能と目づまりについて—	121
	岡田光正・土屋重和・須藤隆一	
8.	ほ場における土壌水分分布予測モデルとシミュレーション	131
	乙間末広・久保井徹	

国立公害研究所研究報告 第98号, (1986)

自然浄化機能による水質改善に関する総合研究 (IV) ——自然浄化機能を活用した処理技術の開発と応用——昭和58~59年度 特別研究報告.

I.	研究の概要	3
	原沢英夫	
II.	報 文	
1.	風力エネルギーを利用した水質改善システム	7
	田井慎吾・松重一夫	
2.	嫌気・好気循環ろ床法による生活排水の浄化特性	19
	稲森悠平・谷野 充・須藤隆一	
3.	生物学的リン摂取機構に及ぼす嫌気好気活性汚泥法における嫌気性条件の効果	39
	稲森悠平・高橋智巳・須藤隆一	
4.	水辺の快適性評価の方法	63
	青木陽二・中島昭寛	
5.	水環境管理における自然浄化機能を活用した処理システムの位置づけ	73

中杉修身・天野耕二・内藤正明	
6. 自然浄化機能を活用した処理システム選定のフレームワーク	85
原沢英夫・中杉修身・内藤正明	
7. 流域管理のための計画モデル	101
原沢英夫・中杉修身・内藤正明	
8. 水環境管理を支援するデータベースについて	119
天野耕二・福島武彦・中杉修身・内藤正明	
9. 環境影響を考慮した広域廃棄物埋立処分システムの最適化	133
乙間末広・河村清史・田中 勝・内藤正明	

国立公害研究所研究報告 第116号, (1988)

自然浄化機能による水質改善に関する総合研究 (V) —汚濁負荷の発生と流出・流達—
昭和58~61年度 特別研究報告

I. 研究の概要	3
海老瀬潜一	
II. 報 文	
1. 大気からの栄養塩降下量とその変動 —降水とドライフォールアウトによるものの特性—	13
安部喜也	
2. 生活雑排水に含まれる合成洗剤の負荷原単位	25
稲葉一穂・須藤隆一	
3. 生活雑排水の汚濁原単位調査	39
細見正明・稲葉一穂・原沢英夫・須藤隆一	
4. 溪流水質から見た森林の浄化機能に関する研究 (第3報) 溶存物質の流出機構 ...	53
平田健正・村岡浩爾	
5. 溪流水質から見た森林の浄化機能に関する研究 (第4報) 水収支と物質収支	75
村岡浩爾・平田健正	
6. 流下過程の水質変化の物質収支法による評価	99
海老瀬潜一	
7. 流域からの無機イオンの流出負荷量原単位と流出特性	111

海老瀬潜一

8. 小河川流域の流出負荷量とその流出特性 133

海老瀬潜一

国立公害研究所研究報告 第117号, (1988)

自然浄化機能による水質改善に関する総合研究 (VI) —湖沼の生態系構造と自然浄化—
昭和60/61年度 特別研究報告

I. 研究の概要 3
 春日清一・野原精一

II. 報 文

1. 底泥の再浮上現象の現地観測及びそのシミュレーション 13
 大坪国順・村岡浩爾

2. 河口域における懸濁態物質の動態 39
 福島武彦・相崎守弘・海老瀬潜一・大槻 晃

3. 湖沼底質中の栄養塩・重金属・化学物質の分布 57
 天野耕二・福島武彦

4. 手賀沼における栄養塩収支 69
 細見正明・須藤隆一

5. 湯ノ湖の生態系モデル 87
 細見正明・須藤隆一

6. 霞ヶ浦江戸崎入水草帯における水質変動特性 127
 相崎守弘・野原精一・河合崇欣

7. 霞ヶ浦江戸崎入水草帯における栄養塩の挙動 139
 野原精一・土谷岳令・岩熊敏夫・高村典子・相崎守弘・大槻 晃

8. 霞ヶ浦江戸崎入水草帯の底生及び付着動物 155
 上野隆平・岩熊敏夫・野原精一・土谷岳令・高村典子・花里孝幸

9. 霞ヶ浦高浜入における枝角類の個体群動態と生産、及びアオコとの関係 165
 花里孝幸・安野正之

10. 藻類増殖過程の水質連続測定 179
 河合崇欣・相崎守弘・大槻 晃・青山莞爾・西川雅高・菊地京子

11. 屋外実験池における池沼の自然浄化機能	193
相崎守弘・河合崇欣・大槻 晃・花里孝幸・青山莞爾	
12. 霞ヶ浦における大雨後のイサザアミの減少とそれによる動物プランクトン 及び水質の変化	237
春日清一	

国立公害研究所研究報告 第118号, (1988)

自然浄化機能による水質改善に関する総合研究 (VI) —自然浄化機能を活用した水路, 土壌による浄化と処理技術の開発—昭和60/61年度 特別研究報告.

I. 研究の概要	3
稲森悠平	
II. 報 文	
1. 水路浄化法に及ぼす温度の影響	9
稲森悠平・林 紀男・須藤隆一	
2. 水路浄化法におけるアオコの分解に果たす微小動物の役割	39
稲森悠平・林 紀男・須藤隆一	
3. 土壌による水質の浄化 (IV) 土壌処理による水質の長期変動	67
富岡典子・松重一夫・矢木修身・須藤隆一	
4. 土壌による水質の浄化 (V) 通水による土壌成分の変化	89
富岡典子・山本満寿夫・矢木修身・須藤隆一	
5. 土壌トレンチ法を活用した生活排水の高度処理	105
稲森悠平・松重一夫・菊地寿一・矢木修身・須藤隆一	
6. 土壌処理と嫌気性処理を組み合わせた生活排水処理	121
矢木修身・富岡典子・見城卓也・稲森悠平・須藤隆一	
7. 土壌処理過程におけるリンの形態変化	141
細見正明・稲森悠平・須藤隆一	
8. 土壌水分分布及び浸透水量に対する土壌水分特性曲線の影響 無次元式による数値解析	151
乙間末広	
9. 嫌気性ろ床法の浄化特性に及ぼす負荷変動の影響	167

稲森悠平・松重一夫・菊地寿一・岩佐克彦・須藤隆一

10. 小規模排水処理施設の建設及び管理費について	191
田井慎吾・松重一夫	

国立公害研究所研究報告 第119号, (1988)

自然浄化機能による水質改善に関する総合研究 (Ⅷ) —自然浄化システムの評価方法—
昭和60/61年度 特別研究報告

I. 研究の概要	3
青木陽二	
II. 報 文	
1. アシ原の自然浄化能を活用した生活雑排水処理	7
細見正明・稲葉一穂・稲森悠平・原沢英夫・須藤隆一	
2. 湿地における合成洗剤の自然浄化能の季節変動	19
稲葉一穂・須藤隆一	
3. 雑排水対策に対する住民の意識と行動について	31
青柳みどり・原沢英夫・細見正明	
4. 現場実験による水辺快適性評価の試み	47
青木陽二	
5. エキスパートシステムによる地域特性を考慮した処理システムの選定	73
原沢英夫・甲斐沼美紀子	

国立公害研究所研究報告 第120号, (1988)

自然浄化機能による水質改善に関する総合研究 (Ⅸ) 昭和58~61年度 特別研究総合報告

1. 研究の目的	3
2. 研究の組織	7
3. 研究の成果	11
4. 総合評価	73

5. 本特別研究にかかわる刊行物	77
------------------------	----

国立公害研究所研究資料 第33号, (1988)

自然浄化機能による水質改善に関する総合研究—霞ヶ浦全域調査— 付. 霞ヶ浦江戸崎入調査資料昭和58～61年度

1. 霞ヶ浦全域調査データ	
全域調査グループ (相崎守弘・福島武彦・海老瀬潜一・細見正明・岩熊敏夫・花里孝幸・高村典子・野原精一・大槻 晃・河合崇欣・白石寛明・野尻幸宏)	
2. 霞ヶ浦江戸崎入調査データ	
相崎守弘・野原精一・河合崇欣・岩熊敏夫・高村典子・花里孝幸・大槻 晃	

第1回自然浄化シンポジウム

I. 自然浄化特研の第1回シンポジウム開催にあたって	1
国立公害研究所水質土壌環境部 合田 健	
II. 自然流出による負荷	7
1. 森林小流域における流出機構と負荷流出	9
筑波大学地球科学系 田中 正	
2. 土地利用形態別流出負荷原単位とその特性	21
国立公害研究所水質土壌環境部 海老瀬潜一	
3. 討 論	29
III. 土壌による浄化	33
1. 下水2次処理水の土壌処理	35
広島大学工学部 寺西靖治	
2. 生活排水二次処理水の土壌処理による実例	43
鳥取大学農学部 松本 聰	
3. 討 論	53
IV. 水生植物による浄化	55
1. ホテイアオイの塩類除去効果について	57

	大阪府立大学農学部 佐藤治雄	
2.	水生生物による汚水処理と食糧生産に関する研究	67
	大阪大学工学部 橋本 奨	
3.	討 論	79
V.	微生物による浄化	81
1.	嫌気性微生物による浄化	83
	国立公害研究所水質土壌環境部 稲森悠平	
2.	浸漬ろ床法による排水の処理	95
	豊橋技術科学大学 北尾高嶺	
3.	微生物による浄化	105
	横浜国立大学工学部 浦野紘平	
4.	討 論	115
VI.	浄化システムの考え方	121
1.	家庭排水処理システムについて	123
	——長野県における処理実態を中心として——	
	長野県生活環境部環境自然保護課 百瀬敦海	
2.	自然浄化システムの考え方	131
	大阪大学工学部 盛岡 通	
3.	討 論	141

第2回自然浄化シンポジウム

I.	自然浄化特研の第2回シンポジウム開催にあたって	1
	国立公害研究所水質土壌環境部 合田 健	
II.	原 単 位	5
1.	生活系排水の原単位	7
	国立公害研究所水質土壌環境部 岡田光正	
2.	汚濁負荷量の算定について	15
	山口大学工学部 中西 弘	
3.	討 論	29
III.	有機物の分解過程	31
1.	霞ヶ浦における植物プランクトンの分解過程について	33

	国立公害研究所生物環境部	高村典子	
2.	富栄養化水域水中での有機物分解と微生物の働きについて		41
	京都大学工学部	藤井滋穂	
3.	河川における有機物の分解過程		49
	東京農工大学農学部	小倉紀雄	
4.	討 論		55
N.	池 沼		57
1.	霞ヶ浦高浜河口域における自然浄化機能		59
	国立公害研究所水質土壌環境部	相崎守弘	
2.	内湖の浄化機能		69
	滋賀県琵琶湖研究所	倉田 亮	
3.	討 論		77
V.	処理システム		79
1.	自然浄化力を活用した処理システムに関する研究		81
	国立公害研究所総合解析部	原沢英夫	
2.	自然浄化機能からみた小規模処理システム		97
	東京大学生産技術研究所	鈴木基之	
3.	討論及び総括		107

第3回自然浄化シンポジウム

I.	流出・流達		
1.	河口域における物質動態		3
	国立公害研究所水質土壌環境部	福島武彦	
2.	筑波山森林試験流域の溪流水質		11
	国立公害研究所水質土壌環境部	平田健正	
3.	農耕地河川からの汚濁負荷流出		21
	滋賀県立短期大学農業部	国松孝男	
4.	討 論		35
II.	水 路		
1.	接触材を充てんした水路における排水の浄化		39
	国立公害研究所水質土壌環境部	須藤隆一	

2. 流路内浄化工による河川水質の改善	49
建設省土木研究所下水道部 森田弘昭	
3. 植物を用いた家庭雑排水の処理	57
長野県衛生公害研究所環境科学部 松井優実	
4. 討 論	65
Ⅲ. 土 壤	
1. 土壌による水質の浄化	69
国立公害研究所水質土壌環境部 矢木修身	
2. 生活系排水の土壌処理	81
長野県衛生公害研究所環境科学部 鈴木富雄	
3. 討 論	91
Ⅳ. 処理システム	
1. 自然浄化機能を活用した水環境管理について	95
国立公害研究所総合解析部 原沢英夫	
2. 富栄養化湖水の生物学的浄化	107
国立公害研究所水質土壌環境部 田井慎吾	
3. 富栄養化防止を目的とした集水域と受水域の対話型システムモデル	115
明治大学工学部 茅原一之	
4. 討 論	121
Ⅴ. 池沼・水草	
1. 霞ヶ浦江戸崎入 水草帯における一次生産と水質について	127
国立公害研究所生物環境部 野原精一	
2. 水界生態系における有機物代謝とバクテリア	137
信州大学医療技術短期大学部 加藤憲二	
3. 砂浜・岩石湖岸の生物化学的機能	147
滋賀県琵琶湖研究所 中島拓男	
4. 討 論	157

第4回自然浄化シンポジウム

セッション I 流出・流達

- ：N, P以外の無機イオンの流出特性 海老瀬潜一（国公研）
- ：森林小流域における降雨時の渓流水質 平田健正（国公研）

セッション II 池沼・水草・生態系

- 霞ヶ浦の長期水質変動・全域調査10年間の記録 相崎守弘（国公研）
- 霞ヶ浦のイサザアミと水質 春日清一（国公研）
- 屋外実験池における水質自動計測 河合崇欣（国公研）
- 手賀沼の栄養塩収支 細見正明（国公研）

セッション III 水路・土壌・処理技術

- 自然浄化機能を組み込んだ排水処理技術 岡田光正（東京農工大）
- 小規模生活排水の窒素、リン除去技術 稲森悠平（国公研）
- 小規模排水処理施設の諸元 田井慎吾（国公研）

セッション IV 親水性・処理システム

- エキスパートシステムによる地域特性を考慮した
処理システムの選定 原沢英夫（国公研）
- あし原の自然浄化能を活用した生活排水処理 細見正明（国公研）
- 身近な水辺の快適性評価の方法 青木陽二（国公研）
- 生活雑排水対策に対する住民の意識 青柳みどり（国公研）

*本シンポジウムの報告集は出版されておられません。

国立公害研究所特別研究成果報告

- 第1号 陸水域の富栄養化に関する総合研究—霞ヶ浦を対象域として—昭和51年度.(1977)
第2号 陸上植物による大気汚染環境の評価と改善に関する基礎的研究—昭和51/52年度 研究報告.(1978)

(改称)

国立公害研究所研究報告

- ※第3号 A comparative study of adults and immature stages of nine Japanese species of the genus *Chironomus* (Diptera, Chironomidae). (1978)
(日本産ユスリカ科 *Chironomus* 属9種の成虫、サナギ、幼虫の形態の比較)
- 第4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52年度 中間報告.(1978)
- 第5号 芳香族炭化水素-窒素酸化物系の光酸化反応機構と光酸化二次生成物の培養細胞に及ぼす影響に関する研究—昭和51、52年度 研究報告.(1978)
- 第6号 陸水域の富栄養化に関する総合研究(Ⅱ)—霞ヶ浦を中心として—昭和53年度.(1979)
- ※第7号 A morphological study of adults and immature stages of 20 Japanese species of the family Chironomidae(Diptera). (1979)
(日本産ユスリカ科20種の成虫、サナギ、幼虫の形態学的研究)
- ※第8号 大気汚染物質の単一および複合汚染の生体に対する影響に関する実験的研究—昭和52、53年度 研究報告.(1979)
- 第9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53年度 中間報告.(1979)
- 第10号 陸上植物による大気汚染環境の評価と改善に関する基礎的研究—昭和51~53年度 特別研究報告.(1979)
- ※第11号 Studies on the effects of air pollutants on plants and mechanisms of phytotoxicity. (1980)
(大気汚染物質の植物影響およびその植物毒性の機構に関する研究)
- 第12号 Multielement analysis studies by flame and inductively coupled plasma spectroscopy utilizing computer-controlled instrumentation. (1980)
(コンピュータ制御装置を利用したフレイムおよび誘導結合プラズマ分光法による多元素同時分析)
- 第13号 Studies on chironomid midges of the Tama River. (1980)
Part 1. The distribution of chironomid species in a tributary in relation to the degree of pollution with sewage water.
Part 2. Description of 20 species of Chironominae recovered from a tributary.
(多摩川に発生するユスリカの研究
—第1報 その一支流に見出されたユスリカ各種の分布と下水による汚染度との関係—
—第2報 その一支流に見出された Chironominae 亜科の20種について)
- 第14号 有機廃棄物、合成有機化合物、重金属等の土壌生態系に及ぼす影響と浄化に関する研究—昭和53、54年度 特別研究報告.(1980)
- ※第15号 大気汚染物質の単一および複合汚染の生体に対する影響に関する実験的研究—昭和54年度 特別研究報告.(1980)
- 第16号 計測車レーザーレーダーによる大気汚染遠隔計測.(1980)
- ※第17号 流体の運動および輸送過程に及ぼす浮力効果—臨海地域の気象特性と大気拡散現象の研究—昭和53、54年度 特別研究報告.(1980)
- 第18号 Preparation, analysis and certification of PEPPERBUSH standard reference material. (1980)
(環境標準試料「リョウブ」の調整、分析および保証値)
- ※第19号 陸水域の富栄養化に関する総合研究(Ⅲ)—霞ヶ浦(西浦)の湖流—昭和53、54年度.(1981)
- 第20号 陸水域の富栄養化に関する総合研究(Ⅳ)—霞ヶ浦流域の地形、気象水文特性およびその湖水環境に及ぼす影響—昭和53、54年度.(1981)
- 第21号 陸水域の富栄養化に関する総合研究(Ⅴ)—霞ヶ浦流入河川の流出負荷量変化とその評価—昭和53、54年度.(1981)
- 第22号 陸水域の富栄養化に関する総合研究(Ⅵ)—霞ヶ浦の生態系の構造と生物現存量—昭和53、54年度.(1981)
- 第23号 陸水域の富栄養化に関する総合研究(Ⅶ)—湖沼の富栄養化状態指標に関する基礎的研究—昭和53、54年度.(1981)
- 第24号 陸水域の富栄養化に関する総合研究(Ⅷ)—富栄養化が湖利用に及ぼす影響の定量化に関する研究—昭和53、54年度.(1981)
- 第25号 陸水域の富栄養化に関する総合研究(Ⅸ)—*Microcystis* (藍藻類)の増殖特性—昭和53、54年度.(1981)

- 第26号 陸水域の富栄養化に関する総合研究(X)――藻類培養試験法によるAGPの測定――昭和53、54年度。(1981)
- 第27号 陸水域の富栄養化に関する総合研究(XI)――研究総括――昭和53、54年度。(1981)
- 第28号 複合大気汚染の植物影響に関する研究――昭和54、55年度 特別研究報告。(1981)
- 第29号 Studies on chironomid midges of the Tama River. (1981)
Part 3. Species of the subfamily Orthoclaadiinae recorded at the summer survey and their distribution in relation to the pollution with sewage waters.
Part 4. Chironomidae recorded at a winter survey.
(多摩川に発生するユスリカ類の研究
――第3報 夏期の調査で見出されたエリユスリカ亜科Orthoclaadiinae 各種の記載と、その分布の下水汚染度との関係について
――第4報 南浅川の冬の調査で見出された各種の分布と記載)
- ※第30号 海域における富栄養化と赤潮の発生機構に関する基礎的研究――昭和54、55年度 特別研究報告。(1982)
- 第31号 大気汚染物質の単一および複合汚染の生体に対する影響に関する実験的研究――昭和55年度 特別研究報告。(1981)
- 第32号 スモッグチャンバーによる炭化水素-窒素酸化物系光化学反応の研究――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1)――昭和54年度 特別研究中間報告。(1982)
- 第33号 臨海地域の気象特性と大気拡散現象の研究――大気運動と大気拡散過程のシミュレーション――昭和55年度 特別研究報告。(1982)
- ※第34号 環境汚染の遠隔計測・評価手法の開発に関する研究――昭和55年度 特別研究報告。(1982)
- 第35号 環境面よりみた地域交通体系の評価に関する総合解析研究。(1982)
- ※第36号 環境試料による汚染の長期モニタリング手法に関する研究――昭和55、56年度 特別研究報告。(1982)
- ※第37号 環境施策のシステム分析支援技術の開発に関する研究。(1982)
- 第38号 Preparation, analysis and certification of POND SEDIMENT certified reference material. (1982)
(環境標準試料「池底質」の調整、分析及び保証値)
- ※第39号 環境汚染の遠隔計測・評価手法の開発に関する研究――昭和56年度 特別研究報告。(1982)
- 第40号 大気汚染物質の単一及び複合汚染の生体に対する影響に関する実験的研究――昭和56年度 特別研究報告。(1983)
- 第41号 土壌環境の計測と評価に関する統計学的研究。(1983)
- ※第42号 底泥の物性及び流送特性に関する実験的研究。(1983)
- ※第43号 Studies on chironomid midges of the Tama River. (1983)
Part 5. An observation on the distribution of Chironominae along the main stream in June with description of 15 new species.
Part 6. Description of species of the subfamily Orthoclaadiinae recovered from the main stream in the June survey.
Part 7. Additional species collected in winter from the main stream.
(多摩川に発生するユスリカ類の研究
――第5報 本流に発生するユスリカ類の分布に関する6月の調査成績とユスリカ亜科に属する15新種等の記録
――第6報 多摩本流より6月に採集されたエリユスリカ亜科の各種について
――第7報 多摩本流より3月に採集されたユスリカ科の各種について)
- 第44号 スモッグチャンバーによる炭化水素-窒素酸化物系光化学反応の研究――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2)――昭和54年度 特別研究中間報告。(1983)
- 第45号 有機廃棄物、合成有機化合物、重金属等の土壌生態系に及ぼす影響と浄化に関する研究――昭和53～55年度 特別研究総合報告。(1983)
- 第46号 有機廃棄物、合成有機化合物、重金属等の土壌生態系に及ぼす影響と浄化に関する研究――昭和54、55年度 特別研究報告 第1分冊。(1983)
- 第47号 有機廃棄物、合成有機化合物、重金属等の土壌生態系に及ぼす影響と浄化に関する研究――昭和54、55年度 特別研究報告 第2分冊。(1983)
- ※第48号 水質観測点の適正配置に関するシステム解析。(1983)
- 第49号 環境汚染の遠隔計測・評価手法の開発に関する研究――昭和57年度 特別研究報告。(1984)
- ※第50号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究(1)――霞ヶ浦の流入負荷量の算定と評価――昭和55～57年度 特別研究報告。(1984)

- ※第51号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究(II)―霞ヶ浦の物質循環とそれを支配する因子―昭和55～57年度 特別研究報告。(1984)
- ※第52号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究(III)―霞ヶ浦高浜入における隔離水界を利用した富栄養化防止手法の研究―昭和55～57年度 特別研究報告。(1984)
- 第53号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究(IV)―霞ヶ浦の魚類及び甲かく類現存量の季節変化と富栄養化―昭和55～57年度 特別研究報告。(1984)
- 第54号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究(V)―霞ヶ浦の富栄養化現象のモデル化―昭和55～57年度 特別研究報告。(1984)
- 第55号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究(VI)―富栄養化防止対策―昭和55～57年度 特別研究報告。(1984)
- 第56号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究(VII)―湯ノ湖における富栄養化とその防止対策―昭和55～57年度 特別研究報告。(1984)
- ※第57号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究(VIII)―総括報告―昭和55～57年度 特別研究報告。(1984)
- 第58号 環境試料による汚染の長期的モニタリング手法に関する研究―昭和55～57年度 特別研究総合報告。(1984)
- 第59号 炭化水素-窒素酸化物-硫黄酸化物系光化学反応の研究―光化学スモッグチャンバーによるオゾン生成機構の研究―大気中における有機化合物の光酸化反応機構の研究―昭和55～57年度 特別研究報告(第1分冊)。(1984)
- 第60号 炭化水素-窒素酸化物-硫黄酸化物系光化学反応の研究―光化学エアロゾル生成機構の研究―昭和55～57年度 特別研究報告(第2分冊)。(1984)
- 第61号 炭化水素-窒素酸化物-硫黄酸化物系光化学反応の研究―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1)―昭和55～57年度 特別研究報告(第3分冊)。(1984)
- 第62号 有害汚染物質による水界生態系のかく乱と回復過程に関する研究―昭和56～58年度 特別研究中間報告。(1984)
- 第63号 海域における富栄養化と赤潮の発生機構に関する基礎的研究―昭和56年度 特別研究報告。(1984)
- ※第64号 複合大気汚染の植物影響に関する研究―昭和54～56年度 特別研究総合報告。(1984)
- ※第65号 Studies on effects of air pollutant mixtures on plants―Part 1.(1984)
(複合大気汚染の植物に及ぼす影響―第1分冊)
- ※第66号 Studies on effects of air pollutant mixtures on plants―Part 2.(1984)
(複合大気汚染の植物に及ぼす影響―第2分冊)
- 第67号 環境中の有害物質による人の慢性影響に関する基礎的研究―昭和54～56年度 特別研究総合報告。(1984)
- ※第68号 汚泥の土壌還元とその環境影響に関する研究―昭和56～57年度 特別研究報告。(1984)
- ※第69号 中禅寺湖の富栄養化現象に関する基礎的研究。(1984)
- 第70号 Studies on chironomid midges in lakes of the Nikko National Park.(1984)
Part I. Ecological studies on chironomids in lakes of the Nikko National Park.
Part II. Taxonomical and morphological studies on the chironomid species collected from lakes in the Nikko National Park.
(日光国立公園の湖沼のユスリカに関する研究
―第1部 日光国立公園の湖のユスリカの生態学的研究
―第2部 日光国立公園の湖沼に生息するユスリカ類の分類学的、生態学的研究)
- ※第71号 リモートセンシングによる残雪及び雪田植生の分布解析。(1984)
- 第72号 炭化水素-窒素酸化物-硫黄酸化物系光化学反応の研究―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2)―昭和55～57年度 特別研究報告(第4分冊)。(1985)
- ※第73号 炭化水素-窒素酸化物-硫黄酸化物系光化学反応の研究―昭和55～57年度 特別研究総合報告。(1985)
- ※第74号 都市域及びその周辺部の自然環境に係る環境指標の開発に関する研究。環境指標―その考え方と作成方法―昭和59年度 特別研究報告。(1984)
- 第75号 Limnological and environmental studies of elements in the sediment of Lake Biwa.(1985)
(琵琶湖底泥中の元素に関する陸水学及び環境化学的研究)
- 第76号 A study on the behavior of monoterpenes in the atmosphere.(1985)
(大気中モノテルペンの挙動に関する研究)
- 第77号 環境汚染の遠隔計測・評価手法の開発に関する研究―昭和58年度 特別研究報告。(1985)
- 第78号 生活環境保全に果たす生活者の役割の解明。(1985)
- 第79号 Studies on the method for long term environmental monitoring―Research report in 1980-1982.(1985)
(環境試料による汚染の長期的モニタリング手法に関する研究)
- ※第80号 海域における赤潮発生のモデル化に関する研究―昭和57/58年度 特別研究報告。(1985)

- 第81号 環境影響評価制度の政策効果に関する研究—地方公共団体の制度運用を中心として。(1985)
- 第82号 植物の大気環境浄化機能に関する研究—昭和57~58年度 特別研究報告。(1985)
- 第83号 Studies on chironomid midges of some lakes in Japan. (1985)
(日本の湖沼のユスリカの研究)
- 第84号 重金属環境汚染による健康影響評価手法の開発に関する研究—昭和57~59年度 特別研究総合報告。(1985)
- 第85号 Studies on the rate constants of free radical reactions and related spectroscopic and thermochemical parameters. (1985)
(フリーラジカルの反応速度と分光学的及び熱力学的パラメーターに関する研究)
- 第86号 GC/MS スペクトルの検索システムに関する研究。(1986)
- 第87号 光化学二次汚染物質の分析とその細胞毒性に関する研究—昭和53~58年度 総合報告。(1986)
- 第88号 都市域及びその周辺の自然環境等に係る環境指標の開発に関する研究Ⅱ. 環境指標—応用例とシステム—昭和59年度 特別研究報告。(1986)
- 第89号 Measuring the water quality of Lake Kasumigaura by LANDSAT remote sensing. (1986)
(LANDSAT リモートセンシングによる霞ヶ浦の水質計測)
- 第90号 ナショナルトラスト運動にみる自然保護にむけての住民意識と行動—知床国立公園内100平方メートル運動と天神崎市民地主運動への参加者の分析を中心として。(1986)
- 第91号 Economic analysis of man's utilization of environmental resources in aquatic environments and national park regions. (1986)
(人間による環境資源利用の経済分析—水環境と国立公園地域を対象にして)
- 第92号 アオコの増殖及び分解に関する研究。(1986)
- 第93号 汚泥の土壌還元とその環境影響に関する研究(I)—昭和58~59年度 特別研究総合報告第1分冊。(1986)
- 第94号 汚泥の土壌還元とその環境影響に関する研究(Ⅱ)—昭和58~59年度 特別研究総合報告第2分冊。(1986)
- 第95号 自然浄化機能による水質改善に関する総合研究(I)—汚濁負荷の発生と流出・流達—昭和58~59年度 特別研究報告。(1986)
- ※第96号 自然浄化機能による水質改善に関する総合研究(Ⅱ)—水草帯・河口域・池沼の生態系構造と機能—昭和58~59年度 特別研究報告。(1986)
- 第97号 自然浄化機能による水質改善に関する総合研究(Ⅲ)—水路及び土壌による水質の浄化—昭和58~59年度 特別研究報告。(1986)
- 第98号 自然浄化機能による水質改善に関する総合研究(Ⅳ)—自然浄化機能を活用した処理技術の開発と応用—昭和58~59年度 特別研究報告。(1986)
- 第99号 有害汚染物質による水界生態系のかく乱と回復過程に関する研究—昭和56~59年度 特別研究総合報告。(1986)
- 第100号 バックグラウンド地域における環境汚染物質の長期モニタリング手法の研究—特定汚染選択的検出法及び高感度分析技術の開発—昭和58~60年度 特別研究報告。(1986)
- 第101号 複合ガス状大気汚染物質の生体影響に関する実験的研究—昭和57~60年度 特別研究報告。(1986)
- 第102号 地球規模大気質変動に関する予備的研究。(1986)
- 第103号 環境調和型技術としての電気自動車の評価に関する基礎的研究。(1987)
- 第104号 Studies on chironomid midges in lakes of the Akan National Park. (1987)
(北海道阿寒国立公園の湖におけるユスリカ相の研究)
- 第105号 知地土壌における水分と諸元素の動態。(1987)
- ※第106号 筑波研究学園都市における景観評価と景観体験に関する研究。(1987)
- 第107号 遠隔計測による環境動態の評価手法の開発に関する研究—昭和59~60年度 特別研究報告。(1987)
- 第108号 植物の大気環境浄化機能に関する研究—昭和57~60年度 特別研究総合報告。(1987)
- 第109号 地域環境評価のための環境情報システムに関する研究。(1987)
- 第110号 海域における赤潮発生のモデル化に関する研究—昭和59~60年度 特別研究総合報告。(1987)
- 第111号 Application of X-Ray Photoelectron Spectroscopy to the Study of Silicate Minerals. (1987)
(ケイ酸塩鉱物研究へのX線光電子分光法の応用)
- 第112号 光化学汚染大気中における有機エアロゾルに関する研究—有機エアロゾルの生成と挙動に関する研究—昭和58~61年度 特別研究報告。(1988)
- 第113号 光化学汚染大気中における有機エアロゾルに関する研究—昭和58~61年度 特別研究総合報告。(1988)
- 第114号 水界生態系に及ぼす有害汚染物質の影響評価に関する研究—昭和60~61年度 特別研究

- 総合報告。(1988)
- 第115号 複合ガス状大気汚染物質の生体影響に関する実験的研究――昭和57～61年度 特別研究総合報告。(1988)
- 第116号 自然浄化機能による水質改善に関する総合研究(V)――汚濁負荷の発生と流出・流達――昭和58～61年度 特別研究報告。(1988)
- 第117号 自然浄化機能による水質改善に関する総合研究(VI)――湖沼の生態系構造と自然浄化――昭和60～61年度 特別研究報告。(1988)
- 第118号 自然浄化機能による水質改善に関する総合研究(VII)――自然浄化機能を活用した水路・土壌による浄化と処理技術の開発――昭和60～61年度 特別研究報告。(1988)
- 第119号 自然浄化機能による水質改善に関する総合研究(VIII)――自然浄化システムの評価方法――昭和60～61年度 特別研究報告。(1988)
- 第120号 自然浄化機能による水質改善に関する総合研究(IX) 昭和58～61年度 特別総合研究報告。(1988)

※ 残部なし

Report of Special Research Project the National Institute for Environmental Studies

- No. 1* Man activity and aquatic environment—with special references to Lake Kasumigaura—Progress report in 1976. (1977)
- No. 2* Studies on evaluation and amelioration of air pollution by plants—Progress report in 1976-1977. (1978)

{Starting with Report No. 3, the new title for NIES Reports was changed to:}
Research report from the National Institute for Environmental Studies

- ※No. 3 A comparative study of adults and immature stages of nine Japanese species of the genus *Chironomus*(Diptera, Chironomidae). (1978)
- No. 4* Smog chamber studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen oxides system—Progress report in 1977. (1978)
- No. 5* Studies on the photooxidation products of the alkylbenzene-nitrogen oxides system, and on their effects on cultured cells—Research report in 1976-1977. (1978)
- No. 6* Man activity and aquatic environment—with special references to Lake Kasumigaura—Progress report in 1977-1978. (1979)
- ※No. 7 A morphological study of adults and immature stages of 20 Japanese species of the family Chironomidae(Diptera). (1979)
- ※No. 8* Studies on the biological effects of single and combined exposure of air pollutants—Research report in 1977-1978. (1979)
- No. 9* Smog chamber studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen oxides system—Progress report in 1978. (1979)
- No. 10* Studies on evaluation and amelioration of air pollution by plants—Progress report in 1976-1978. (1979)
- ※No. 11 Studies on the effects of air pollutants on plants and mechanisms of phytotoxicity. (1980)
- No. 12 Multielement analysis studies by flame and inductively coupled plasma spectroscopy utilizing comouter-controlled instrumentation. (1980)
- No. 13 Studies on chironomid midges of the Tama River. (1980)
Part 1. The distribution of chironomid species in a tributary in relation to the degree of pollution with sewage water.
Part 2. Description of 20 species of Chironominae recovered from a tributary.
- No. 14* Studies on the effects of organic wastes on the soil ecosystem—Progress report in 1978-1979. (1980)
- ※No. 15* Studies on the biological effects of single and combined exposure of air pollutants—Research report in 1979. (1980)
- No. 16* Remote measurement of air pollution by a mobile laser radar. (1980)
- ※No. 17* Influence of buoyancy on fluid motions and transport processes—Meteorological characteristics and atmospheric diffusion phenomena in the coastal region—Progress report in 1978-1979. (1980)
- No. 18 Preparation, analysis and certification of PEPPERBUSH standard reference material. (1980)
- ※No. 19* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas—Lake current of Kasumigaura(Nishiura)—1978-1979. (1981)
- No. 20* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas—Geomorphological and hydrometeorological characteristics of Kasumigaura watershed as related to the lake environment—1978-1979. (1981)
- No. 21* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas—Variation of pollutant load by influent rivers to Lake Kasumigaura—1978-1979. (1981)
- No. 22* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas—Structure of ecosystem and standing crops in Lake Kasumigaura—1978-1979. (1981)
- No. 23* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas—Applicability of trophic state indices for lakes—1978-1979. (1981)
- No. 24* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas—Quantitative analysis of eutrophication effects on main utilization of lake water resources—1978-1979. (1981)
- No. 25* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas—Growth characteristics of Blue-Green Algae, *Mycrocystis*—1978-1979. (1981)
- No. 26* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas—Determination of algal growth potential by algal assay procedure—1978-1979. (1981)

- No. 27* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas—Summary of researches—1978-1979. (1981)
- No. 28* Studies on effects of air pollutant mixtures on plants—Progress report in 1979-1980. (1981)
- No. 29 Studies on chironomid midges of the Tama River. (1981)
Part 3. Species of the subfamily Orthocladiinae recorded at the summer survey and their distribution in relation to the pollution with sewage waters.
Part 4. Chironomidae recorded at a winter survey.
- ※No. 30* Eutrophication and red tides in the coastal marine environment — Progress report in 1979-1980. (1982)
- No. 31* Studies on the biological effects of single and combined exposure of air pollutants—Research report in 1980. (1981)
- No. 32* Smog chamber studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen oxides system—Progress report in 1979—Research on the photochemical secondary pollutants formation mechanism in the environmental atmosphere (Part 1). (1982)
- No. 33* Meteorological characteristics and atmospheric diffusion phenomena in the coastal region—Simulation of atmospheric motions and diffusion processes — Progress report in 1980. (1982)
- ※No. 34* The development and evaluation of remote measurement methods for environmental pollution—Research report in 1980. (1982)
- No. 35* Comprehensive evaluation of environmental impacts of road and traffic. (1982)
- ※No. 36* Studies on the method for long term environmental monitoring—Progress report in 1980-1981. (1982)
- ※No. 37* Study on supporting technology for systems analysis of environmental policy —The Evaluation Laboratory of Man-Environment Systems. (1982)
- No. 38 Preparation, analysis and certification of POND SEDIMENT certified reference material. (1982)
- ※No. 39* The development and evaluation of remote measurement methods for environmental pollution—Research report in 1981. (1983)
- No. 40* Studies on the biological effects of single and combined exposure of air pollutants—Research report in 1981. (1983)
- ※No. 41* Statistical studies on methods of measurement and evaluation of chemical condition of soil—with special reference to heavy metals—. (1983)
- ※No. 42* Experimental studies on the physical properties of mud and the characteristics of mud transportation. (1983)
- ※No. 43 Studies on chironomid midges of the Tama River. (1983)
Part 5. An observation on the distribution of Chironominae along the main stream in June, with description of 15 new species.
Part 6. Description of species of the subfamily Orthocladiinae recovered from the main stream in the June survey.
Part 7. Additional species collected in winter from the main stream.
- No. 44* Smog chamber studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen oxides system—Progress report in 1979—Research on the photochemical secondary pollutants formation mechanism in the environmental atmosphere (Part 2). (1983)
- No. 45* Studies on the effect of organic wastes on the soil ecosystem—Outlines of special research project—1978-1980. (1983)
- No. 46* Studies on the effect of organic wastes on the soil ecosystem—Research report in 1979-1980, Part 1. (1983)
- No. 47* Studies on the effect of organic wastes on the soil ecosystem—Research report in 1979-1980, Part 2. (1983)
- No. 48* Study on optimal allocation of water quality monitoring points. (1983)
- No. 49* The development and evaluation of remote measurement method for environmental pollution—Research report in 1982. (1984)
- ※No. 50* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters—Estimation of input loading of Lake Kasumigaura—1980-1982. (1984)
- ※No. 51* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters—The function of the ecosystem and significance of sediment in nutrient cycle in Lake Kasumigaura—1980-1982. (1984)
- ※No. 52* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters—Enclosure experiments for restoration of highly eutrophic shallow Lake Kasumigaura—1980-1982. (1984)
- No. 53* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters—Seasonal

- changes of the biomass of fishes and crustacia in Lake Kasumigaura—1980-1982. (1984)
- No. 54* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters—Modeling the eutrophication of Lake Kasumigaura—1980-1982. (1984)
- No. 55* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters—Measures for eutrophication control—1980-1982. (1984)
- No. 56* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters—Eutrophication in Lake Yunoko—1980-1982. (1984)
- ※No. 57* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters—Summary of researches—1980-1982. (1984)
- No. 58* Studies on the method for long term environmental monitoring — Outlines of special research project in 1980-1982. (1984)
- No. 59* Studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen oxides-sulfur oxides system — Photochemical ozone formation studied by the evacuable smog chamber—Atmospheric photooxidation mechanisms of selected organic compounds — Research report in 1980-1982, Part 1. (1984)
- No. 60* Studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen oxides-sulfur oxides system—Formation mechanisms of photochemical aerosol—Research report in 1980-1982, Part 2. (1984)
- No. 61* Studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen oxides-sulfur oxides system — Research on the photochemical secondary pollutants formation mechanism in the environmental atmosphere(Part 1) — Research report in 1980-1982, Part 3. (1984)
- No. 62* Effects of toxic substances on aquatic ecosystems — Progress report in 1980-1983. (1984)
- ※No. 63* Eutrophication and red tides in the coastal marine environment — Progress report in 1981. (1984)
- ※No. 64* Studies on effects of air pollutant mixtures on plants—Final report in 1979-1981. (1984)
- ※No. 65 Studies on effects of air pollutant mixtures on plants—Part 1. (1984)
- ※No. 66 Studies on effects of air pollutant mixtures on plants—Part 2. (1984)
- No. 67* Studies on unfavourable effects on human body regarding to several toxic materials in the environment, using epidemiological and analytical techniques— Project research report in 1979-1981. (1984)
- ※No. 68* Studies on the environmental effects of the application of sewage sludge to soil—Research report in 1981-1983. (1984)
- ※No. 69 Fundamental studies on the eutrophication of Lake Chuzenji — Basic research report. (1984)
- No. 70 Studies on chironomid midges in lakes of the Nikko National Park
Part I. Ecological studies on chironomids in lakes of the Nikko National Park.
Part II. Taxonomical and morphological studies on the chironomid species collected from lakes in the Nikko National Park. (1984)
- ※No. 71* Analysis on distributions of remnant snowpack and snow patch vegetation by remote sensing. (1984)
- No. 72* Studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen oxides-sulfur oxides system—Research on the photochemical secondary pollutants formation mechanism in the environmental atmosphere — Research report in 1980-1982, Part 4. (1985)
- ※No. 73* Studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen oxides-sulfur oxides system—Final report in 1980-1982. (1985)
- ※No. 74* A comprehensive study on the development of indices system for urban and suburban environmental quality—Environmental indices—Basic notion and formation. (1984)
- No. 75 Limnological and environmental studies of elements in the sediment of Lake Biwa. (1985)
- No. 76 A study on the behavior of monoterpenes in the atmosphere. (1985)
- No. 77* The development and evaluation of remote measurement methods for environmental pollution—Research report in 1983. (1985)
- No. 78* Study on residents' role in conserving the living environment. (1985)
- No. 79 Studies on the method for long term environmental monitoring—Research report in 1980-1982. (1985)
- No. 80* Modeling of red tide blooms in the coastal sea—Research report in 1982-1983. (1985)

- No. 81* A studies on effects of implementing environmental impact assessment procedure
- With particular reference to implementation by local governments. (1985)
- No. 82* Studies on the role of vegetation as a sink of air pollutants—Research report
in 1982-1983. (1985)
- No. 83 Studies on chironomid midges of some lakes in Japan. (1985)
- No. 84* A comprehensive study on the development of assessment techniques for health
effects due to environmental heavy metal exposure—Final report in 1982-1984.
(1985)
- No. 85 Studies on the rate constants of free radical reactions and related spectro-
scopic and thermochemical parameters. (1985)
- No. 86* A novel retrieval system for identifications of unknown mass spectra. (1986)
- No. 87* Analysis of the photochemical secondary pollutants and their toxicity on
cultured cells—Research report in 1978-1983. (1986)
- No. 88* A comprehensive study on the development of indices systems for urban and
suburban environmental quality II - Environmental indices—Applications and
systems. (1986)
- No. 89 Measuring the water quality of Lake Kasumigaura by LANDSAT remote sensing.
(1986)
- No. 90* National trust movement in Japanese nature conservation - Trustworthy or
illusion? (1986)
- No. 91 Economic analysis of man's utilization of environmental resources in aquatic
environments and national park regions. (1986)
- No. 92* Studies on the growth and decomposition of water-bloom of *Microcystis*. (1986)
- No. 93* Studies on the environmental effects of the application of sewage sludge to
soil (I)—Research report and papers (Part 1) in 1983-1984. (1986)
- No. 94* Studies on the environmental effects of the application of sewage sludge to
soil (II)—Research report and papers (Part 2) in 1983-1984. (1986)
- No. 95* Comprehensive studies on effective use of natural ecosystems for water quality
management (I)—Drainage and flowing down of pollutant load— Research report
in 1983-1984. (1986)
- ※ No. 96* Comprehensive studies on effective use of natural ecosystems for water quality
management (II)—Structure and function of the ecosystems of littoral zone -
Research report in 1983-1984. (1986)
- No. 97* Comprehensive studies on effective use of natural ecosystems for water quality
management (III)—Self-purification in stream and soil—Research report in 1983-
1984. (1986)
- No. 98* Comprehensive studies on effective use of natural ecosystems for water quality
management (IV)—Development and application of wastewater treatment technolo-
gies utilizing self-purification ability—Research report in 1983-1984. (1986)
- No. 99* Effects of toxic substances on aquatic ecosystems—Final report in 1981-1984.
(1986)
- No. 100* Studies on the methods for long-term monitoring of environmental pollutants in
the background regions—Development of highly sensitive and selective analyt-
ical methods for measurement of pollutants in the background regions—Progress
report in 1983-1985. (1986)
- No. 101* Experimental studies on the effects of gaseous air pollutants in combination
on animals. (1986)
- No. 102* A review on studies of the global scale air quality perturbation. (1986)
- No. 103* Technological assessment of electric vehicle from the environmental protection
viewpoint. (1987)
- No. 104 Studies on chironomid midges in lakes of the Akan National Park. (1987)
Part I. Distribution of chironomid larvae in Lake Akan, Lake Panke and Lake
Kussyaro.
Part II. Chironomid midges collected on the shore of lakes in the Akan National
Park, Hokkaido (Diptera, Chironomidae)
- No. 105* Formulation of the dynamic behavior of water and solutes leaching through the
field soil. (1987)
- ※ No. 106* Appraised landscape and thier environmental value in Tsukuba Science City.
(1987)
- No. 107* Studies on remote sensing for spatial and temporal analysis of environment—
Research report in 1984-1985. (1987)
- No. 108* Studies on the role of vegetation as a sink of air pollutants—Final report in
1982-1985. (1987)

- No.109* Studies on environmental information system for regional environmental evaluation. (1987)
- No.110* Modeling of Red Tide Blooms in the Coastal Sea - Final report in 1984-1985. (1987)
- No.111 Application of X-Ray Photoelectron Spectroscopy to the Study of Silicate Minerals. (1987)
- No.112* Study on the Organic Aerosols in the Photochemically Polluted Air - Studies on Formation and Behavior of Organic Aerosols - Research report in 1983-1986. (1988)
- No.113* Studies on the Organic Aerosols in the Photochemically Polluted Air - Final Report in 1983-1986. (1988)
- No.114* Studies on the Assessment of the Hazard of Chemical Substances to Aquatic Ecosystems - Progress Report in 1985-1986. (1988)
- No.115* Experimental Studies on the Effects of Gaseous Air Pollutants in Combination on Animals - Final Report in 1982-1986. (1988)
- No.116* Comprehensive Studies on Effective Use of Natural Ecosystems for Water Quality Management(V)-Drainage and Flowing Down of Pollutant Load- Research Report in 1983-1986. (1988)
- No.117* Comprehensive Studies on Effective Use of Natural Ecosystems for Water Quality Management(VI)-Lake Restoration and Ecosystems- Research Report in 1983-1986. (1988)
- No.118* Comprehensive Studies on Effective Use of Natural Ecosystems for Water Quality Management(VII)-Use of Self-purification in Soil and Stream, and Development of Biological Waste Water Treatment Technology- Research Report in 1985-1986 (1988)
- No.119* Comprehensive Studies on Effective Use of Natural Ecosystems for Water Quality Management(VIII)-Evaluation methods of Self-purification Water Treatment System - Research Report in 1985-1986. (1988)
- No.120* Comprehensive Studies on Effective Use of Natural Ecosystems for Water Quality Management(IX)-Final Report in 1983-1986. (1988)

* in Japanese
 ※ out of stock

[昭和62年11月30日受領]

RESEARCH REPORT FROM
THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES, JAPAN

No.120

国立公害研究所研究報告 第120号
(R-120-'88)

昭和63年3月31日発行

発行 環境庁 国立公害研究所

〒305 茨城県つくば市小野川16番2

印刷 株式会社エリート印刷

〒300-12 茨城県牛久市柏田町3269

Published by the National Institute for Environmental Studies
16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305, JAPAN
March 1988