

Research Report from the National Institute for Environmental Studies, Japan, No. 119. 1988.

国立公害研究所研究報告 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)

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

# 自然浄化システムの評価方法

Evaluation Methods of Self-purification Water Treatment System

昭和60/61年度 特別研究報告

Research Report in 1985/1986

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 58～61 年度)

本研究報告 (VIII) 「自然浄化システムの評価方法」

(研究期間 昭和 60/61 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：青木陽二

( \* 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（昭和55～57年度）のあとを受けて昭和58年度から昭和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9分冊としてまとめられた。第1～第4分冊は中間報告書として既に昭和61年3月に出版されており、第5～9分冊が最終報告書としてこの度刊行された。

本報告書はその第8分冊であり、自然浄化機能を活用した最適な排水処理システムの選択に際しての、水域の浄化機能からみた評価方法及び住民の意識を考慮した評価方法を提示したものである。本報告書は五つの研究成果からなっている。初めの2編は有機物、リン、窒素、合成洗剤等の汚濁物質の、自然の場であるアシ原での挙動を明らかにし、アシ原のもつ浄化能が季節によって変動する状態を明らかにした研究である。その他の3編は自然浄化機能を活用した排水処理システムを導入する際の住民の意識調査手法に関する研究及び処理システム導入による水辺の快適性の事前評価手法の開発に関する研究と地域に適合した排水処理システムを選定する方法として、従来の知識、推論機構及び対話型式を組み込んだ知識工学的手法が検討され、実用可能なエキスパートシステムが開発された研究である。このような水質改善の問題は単なる自然科学的手法だけによって解決できぬ面をもっており、このような総合解析的な研究が行われたことは当研究所の特性を生かしたものである。

本研究の成果が汚濁の進行している湖沼、河川の水質改善に利用されれば幸いである。今後の研究推進のためにも御意見をいただければ幸いである。

昭和63年3月

国立公害研究所

所長 江上 信雄

## 目 次

Abstract	1
I. 研究の概要	3
青木陽二	
II. 報 文	
1. アン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	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	

## CONTENTS

Abstract . . . . .	1
I. Outline of the Studies . . . . .	3
Yoji AOKI	
II. Papers	
1. Treatment of Gray Water Using the Natural Purification of Wetland . . . . .	7
Masaaki HOSOMI, Kazuho INABA, Yuhei INAMORI, Hideo HARASAWA and Ryuichi SUDO	
2. Seasonal Change of Ability of Self-purification for Synthetic Detergents in Wetland . . . . .	19
Kazuho INABA and Ryuichi SUDO	
3. Analysis of Local Residents' Consciousness of the Measures for Domestic Wastewater . . . . .	31
Midori AOYAGI, Hideo HARASAWA and Masaaki HOSOMI	
4. An on-site Evaluation for the Measurement of Waterside Amenity . . . . .	47
Yoji AOKI	
5. Application of a Knowledge-based Expert System to the Design of Proper Sewerage System Considering Regional Conditions . . . . .	73
Hideo HARASAWA and Mikiko KAJIUMA	

## Abstract

This research report represents following research topics, evaluations of the physio-chemical quality of the water, social concern of the saving eutrophication, psychological appraisals of the watersides and the evaluation methods by the expert system for the waste water treatment systems utilizing self-purification ability.

The results of the measurement of the organic physio-chemical qualities shows efficient removal of the 60-93% of organic matter (BOD, COD and TOC) . The removal of nitrogen and phosphorus was observed lower than that of organic matter.

The results of the measurement of the linear alkylbenzenesulfonate (LAS) show the effect of temperature and decrease of LAS in summer season. The behavior of LAS contained in mud show the similar tendency.

The resident mostly interested in saving the water from the eutrophication. But it was not approved to bear the expense of the water treatment facilities.

Waterside amenity was approved by the pleasantness of the sites and pleasantness for wadding. The significant factors of the wadding were the condition of the river bottom, clearness of the water and the slope of bank.

The expert system was tested the rural area at Yasato village in Ibaraki prefecture. The system can choose the optimal waste water treatment system using not only factual and causal knowledge but also empirical information and rules which were based on the physio-chemical quality data.

## I 研究の概要

### Outline of the Studies

青木陽二

Yoji AOKI

#### 要 旨

本報告書は自然浄化機能による水質改善を効率的に行うために必要とされる浄化処理システム開発のため水域の水質浄化能から見た評価や住民の自然な協力を得るための評価の方法を提示するものである。研究は五つの論文からなっており、モデル地区の水質の変化測定に関する研究が2編、住民の水質浄化に協力を得ることに関する論文が1編、浄化水によって得られる快適な水辺に寄与する条件を探るための論文が1編、これらを総合した排水処理システムの評価に関する論文が1編で構成されている。それらの論文の要旨は下記のとおりである。

アシ原の自然浄化能を探るために行われた生活雑排水処理の結果は約1500平米という広さで45戸の雑排水からアシの繁茂する6月にはBODでは90%以上、窒素では60%除去されていた。有機関連項目の除去率は60~90%でリンについては51~77%であったが窒素は冬期には18%と低い除去率を示した。アシ原の窒素浄化を決定する底質からの溶出は $\text{NH}_4\text{-N}$ で認められ $\text{NO}_x\text{-N}$ の脱窒も期待できる。

アシ原における合成洗剤の自然浄化能の測定では流出水中のLASは年間を通して量成分ともに大きな変動は見られるが、流出地点の底泥中では冬期に $400\mu\text{g/g}$ 以上、夏には $100\mu\text{g/g}$ 以下に変化し、夏期における生分解と冬期における吸着があることが分かった。

雑排水対策に対する住民の意識と行動の調査結果からは周辺環境の汚れが環境汚染の認知と対策の必要性を意識させるが、処理施設の設置などの対策については、費用負担を好まず行政を頼るという傾向が強いことが分かった。また実践活動については、調査によって良く理解され、BODで10~20%の削減効果があった。そして今後も続けて行く意向を得た。

浄化水を使った快適な水辺はどうあるべきかを探るため、このような浄化水が流れ込むと考えられる都市の多様な水辺へ被験者を連れて行き心理的評価を得た。その結果濁度の低いきれいな水や、水の流れを確保するとともに、水際の段差や人々が足を入れても気持ちが悪くならないような底質の水辺が必要なが分かった。

このような自然浄化能を取り入れた排水処理システムを全体として評価するために、知識工学的手法を導入した。この方法はエキスパートシステムと呼ばれ、知識ベース、推論機構、対話的なユーザーインターフェースから構成される。下水道整備のない集落を対象に自然・社会条件を対話的に入力し、地域条件と処理方式との関係をルール付け、結果をパーソナルコンピュータに画面表示できるようにした。この方法により定性的な知見も活用することができるようになり、地域レベルの排水処理システム選定に有効であることが分かった。

## 1 研究の目的と概要

下水道の建設や工場排水の規制により有害重金属などによる生命の破綻をもたらすような危機的な水質汚染は減少したものの、生活雑排水や農畜産排水など広域に分布する汚染<sup>1</sup>負荷による富栄養化現象は広く水辺を汚している。このような広域に分布する点源負荷が下水道整備対象区域外や整備の進捗状況が良くない地域にある場合には、人々が生活を行う場にある身近な水辺（小川、湖沼）を汚し、長年にわたって底泥に蓄積することにより不快な接触感とにおいから人々が水辺に近づかないほど魅力のないものになっている。処理水を用いた身近な水辺の復活、さらには快適な水辺空間の創造など住環境の整備の面からも非点源負荷の制御方法を確立することが必要になっている。

本報告書では国立公害研究所研究報告 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）で行われていた嫌気・好気循環ろ床、活性汚泥による汚濁物質処理方法の開発など実験的に行われていた研究が、（1）屋外で自然に得られるアシ原での有機関連物質の自然浄化能の分析測定による関する研究として発展した。また同報告書において自然浄化施設の地域受け入れを検討していた水辺評価に関する研究は、（2）アシ原を用いた水質浄化に対する住民反応の調査に関する研究と（3）浄化によってもたらされる水辺の快適性評価に関する研究へと発展した。一方、同報告書において検討してきた自然浄化機能を活用した処理システム選定の研究は今までの数理モデルの検討から、（4）排水処理システムの総合的評価のための人工知能的評価手法開発に関する研究へと発展した。このように本報告書は自然浄化特別研究のうち自然浄化機能を活用した排水処理システムの評価方法に関する四つの研究分野の成果からなり、以下のようにまとまった。

- （1）アシ原の自然浄化能を探るため1年を通じた水質調査を行い有機関連項目や合成洗剤の浄化能の変化を明らかにした。
- （2）アシ原に排水している集落にアンケート調査を行い、排出削減に関する協力と処理施設の設置に関する意向を明らかにした。
- （3）快適な水辺の物理的諸条件を明らかにするために、都市にある多様な水辺に被験者を誘導し心理的評価を得、評価を支える物理的諸量を明らかにした。
- （4）新しい総合的な排水処理システムの評価手法を確立するため知識ベースや推論機構、対話的ユーザーインターフェースの整備を行いエキスパートシステムを用いた評価手法を確立した。

## 2 研究組織

本研究は国立公害研究所の3部（総合解析部、水質土壌環境部、技術部）の研究員のほか、客員研究員、及び共同研究員が参加した（表1.2）。



表1 研究担当者所属・氏名

総合解析部	甲斐沼美紀子, 原沢英夫, 青柳みどり 青木陽二, 仁科克己
水質土壌環境部	稲森悠平, 細見正明, 稲葉一穂
技術部	須藤隆一

表2 客員研究員・共同研究員

客員研究員	滝和夫: 千葉工業大学土木工学科助教授 橋本契: 大阪大学土木工学科教授
共同研究員	豊島照夫: 千葉工業大学土木工学科

### 3 研究結果の発表

昭和60年度及び61年度までに得られた研究成果をまとめたものが、この中間報告書（国立公害研究所研究報告, 第119号）である。この他関連する学会, 研究雑誌などにおいて研究成果が公表された(表3)。

表3 発表リスト

(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回水質汚濁研究会, 東京 (1987)
- 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回環境問題シンポジウム, 東京 (1987)
- 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 (1987)
- 細見正明・稲葉一穂・稲森悠平・原沢英夫・須藤隆一: アシ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 (1986)
- 細見正明・稲葉一穂・稲森悠平・原沢英夫・須藤隆一: アシ原による生活雑排水の処理, 第4回自然浄化シンポジウム (1987)
- 稲葉一穂・須藤隆一: 湿地帯における直鎖型アルキルベンゼンスルホン酸塩の挙動の季節変動,

日本陸水学会第52回大会，札幌（1987）

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1-，第21回水質汚濁学会研究発表会，東京（1987）

〔印刷発表〕

青木陽二（1985）：現場実験による水辺快適性の評価，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評価の試み，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，彰国社，（印刷中）

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4，  
農業環境技術研究所，63-78.

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.

---

細見正明<sup>1</sup>・稲葉一穂<sup>1</sup>・稲森悠平<sup>1</sup>・原沢英夫<sup>2</sup>・須藤隆一<sup>3</sup>

Masaaki HOSOMI<sup>1</sup>, Kazuho INABA<sup>1</sup>, Yuhei INAMORI<sup>1</sup>, Hideo HARASAWA<sup>2</sup> and Ryuichi SUDO<sup>3</sup>

### 要 旨

水-底質系に水生植物が加わったアシ原における浄化機能について、実際に生活雑排水が流入しているアシ原で評価した。アシ原は、1年を通じて、BODなどの有機物関連項目については大きな浄化能力を示したが、窒素やリンの浄化能力については、BODなどに比べるとやや小さい値を示した。特に、冬期における窒素の浄化能力は非常に小さいことが示された。これは、アシ原底質（枯死した植物も含む）からの窒素溶出による影響と考えられた。

### Abstract

Surveys on influent and effluent in the wetland (about 1500 m<sup>2</sup>) covered with rooted plants such as reed and cattail, which is located in Yasato-machi (Ibaraki Prefecture) and has been loaded for 12 years by the gray water from the small residential area, were carried out to determine the capacity of wetlands for natural purification by the loading of gray water.

The wetland had between 60% and 93% organic matter (BOD, COD, and TOC) removal throughout a year. Particularly, BOD removal was satisfactory with the range of 75% to 97%.

Nitrogen and phosphorus removal by the wetland, however, was lower than that of organic matter. Little nitrogen was removed during winter. The reason for this is that internal loading of nitrogen from the sediments (containing reeds and cattails decayed) was more than rate of nitrogen removed by denitrification, plant uptake, and microbial assimilation (immobilization) in the wetland.

- 
1. 国立公害研究所 水質土壌環境部 〒305 茨城県つくば市小野川16番2  
Water and Soil Environment Division, the National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.
  2. 国立公害研究所 総合解析部 〒305 茨城県つくば市小野川16番2  
Systems Analysis and Planning Division, the National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.
  3. 国立公害研究所 技術部 〒305 茨城県つくば市小野川16番2  
Engineering Division, the National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

## 1 はじめに

我が国では、河川、湖沼、沿岸海域などの公共用水域の生活系排水等による汚濁が進行し、問題となっている。その最も大きな原因は、無処理で放流されている生活雑排水である。本来、生活雑排水はし尿と混合させ、下水処理場又は合併式処理装置により処理されるべきものである。しかし、小規模な地域における下水道の急激な普及が望めないこと、また我が国では400万基以上のし尿浄化槽のうち99%以上を占める単独し尿浄化槽が普及しており、これをすぐに合併式に改善することは難しいので、今後も生活雑排水のたれ流しが続くと思われる。そのような地域では生活雑排水単独の処理方法が必要とされる<sup>1-3)</sup>。

生活雑排水対策には発生源である各家屋別に処理を行う方法と集落単位で共同処理を行う方法とがある。その処理技術としては、活性汚泥法、生物膜法などが一般的に用いられているが、そうした従来の処理法だけでなく、最近水路、池、土壌、水生植物などの自然浄化機能を活用した処理方法が注目されている<sup>4,5)</sup>。自然浄化機能を有効に利用することにより、維持管理が容易で、電力等のエネルギー消費量も少なく、経済的に安く実施できることが期待される。

欧米では、自然浄化機能のひとつであるホテイアオイやウキクサなどの水生植物を利用した排水処理がよく検討されている<sup>6,7)</sup>が、湿地(Wetland, 湿原ともいえる)における浄化機能についても検討されている<sup>8-11)</sup>。湿地は、水、土壌(底質)、水生植物が共存した系としてとらえることができるので、それぞれ池沼、水生植物、土壌のみの系と比較して、湿地のもつ浄化能力が大きいものと期待される。

本研究では、水、土壌(底質)、水生植物が混在した系であるアシ原(湿地)を対象として、アシ原における有機物、窒素、リン収支を明らかにし、アシ原に有する自然浄化機能を評価することを目的とし、実際に生活雑排水が流入しているアシ原を対象として現地調査を行い、アシ原による生活雑排水処理の可能性について検討した<sup>12-14)</sup>。

## 2 調査並びに実験方法

### (1) モデル地区の概要

調査対象としたアシ原(約1500m<sup>2</sup>)モデル地区は、茨城県新治郡八郷町大字山崎字陣馬地区にあり、休耕田にアシ、ガマを中心とした水生植物が繁茂した湿地である。このアシ原にミニ開発された住宅地区1(25戸)と住宅地区2(20戸)からの生活雑排水が11年近くにわたり放流されている(図1)。アシ原は谷地田にあり、上流からの谷水や水田排水が流入し、アシ原での物質収支がとりにくい。そこで、短絡流を防ぎ、アシ原の有する自然浄化機能を高めることと、アシ原のより正確な物質収支を明らかにすることを目的として1986年8月に工事を行った。工事は、アシ原全域を利用するため、4区画に仕切る畔の建設と、アシ原上流からの排水をアシ原内に入れないための排水路(桑畑側と山林側)の建設からなる。

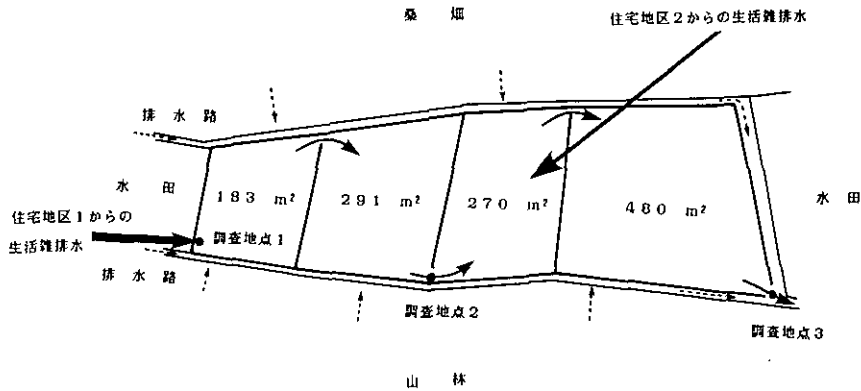


図 1 アシ原モデル地区の概要

Fig.1 Study area in the wetland (Yasato-machi)

## (2) アシ原モデル地区における有機物、窒素、リン収支調査

工事前は、住宅地区1のU字溝の末端部（調査地点1）及びアシ原流出部（調査地点3）で1時間ごとの採水試料と流量観測結果から混合試料を作成し、各水質項目を表1に示す方法<sup>15-17)</sup>に従って測定した。工事後は、アシ原中央部の調査地点2を加えた。アシ原の物質収支調査は、1986年3月、5月、6月、8月、10月、12月、1987年1月、2月に行った。

またアシ原底質と水との栄養塩の交換量を推定するため、6月にアシ原の上流部、中流部、下流部において、できるだけアシなどの水生植物が入らないような地点で底質コア試料を採取し、コア擬似現場法<sup>18)</sup>により、栄養塩溶出速度を評価した。また、同時に底質直上水に $\text{NO}_x\text{-N}$ を添加した系でも溶出実験を行った。直上水中の $\text{N}_2\text{O}$ 濃度をECDガスクロマトグラフィーにより測定<sup>19)</sup>

表 1 水質分析項目及び分析方法

Table 1 Methods for chemical analysis of water and wastewater

分析項目	分析方法
BOD	下水試験方法
COD	下水試験方法（酸性過マンガン酸カリウム法）
TOC	全有機炭素分析計
SS	グラスフィルター（GF/C）法
$\text{NH}_4\text{-N}$	インドフェノール法に基づいた自動分析
$\text{NO}_x\text{-N}$	カドミウム-銅還元カラム法に基づいた自動分析
$\text{PO}_4\text{-P}$	アスコルビン酸法に基づいた自動分析
T-N	過硫酸カリウムを用いた窒素とリンの同時分解法
T-P	過硫酸カリウムを用いた窒素とリンの同時分解法

し、直上水中の  $N_2O$  濃度変化からアセチレン阻害法により脱窒速度を推定した<sup>20)</sup>。

### 3 調査結果並びに考察

#### 3.1 アシ原流入水及び流出水水質の季節変化

アシ原への流入水及び流出水の各水質濃度を月別にまとめると図2のようになる。ここで、8月及び10月における調査結果は、それぞれ7回及び17回の調査データの平均値で示した。調査地点1におけるアシ原流入水質は、BOD 55~143 mg/l、COD 24~53 mg/l、TOC 29~60 mg/l、T-N 4.93~8.66 mg/l、T-P 0.64~1.49 mg/l、SS 17~69 mg/l、といずれの項目とも、変動幅がかなり大きかった。調査地点2における流出水の水質濃度は BOD 6~17 mg/l、COD 8~12 mg/l、TOC 7~18 mg/l、T-P 0.4~0.5 mg/l と各項目とも、比較的安定した値を示した。しかし、T-N については 1.8~4.7 mg/l と秋期から冬期にかけて（水温の低下とともに）濃度が著しく上昇した。調査地点3における流出水については、BOD 2~12 mg/l、COD 4~8 mg/l、TOC 2~13 mg/l、T-P 0.1~0.3 mg/l、といずれも調査地点2よりもさらに低く安定した値を示した。また T-N についても 0.6~3.3 mg/l と、調査地点2の流出水よりは低い値を示したが、調査地点2の流出

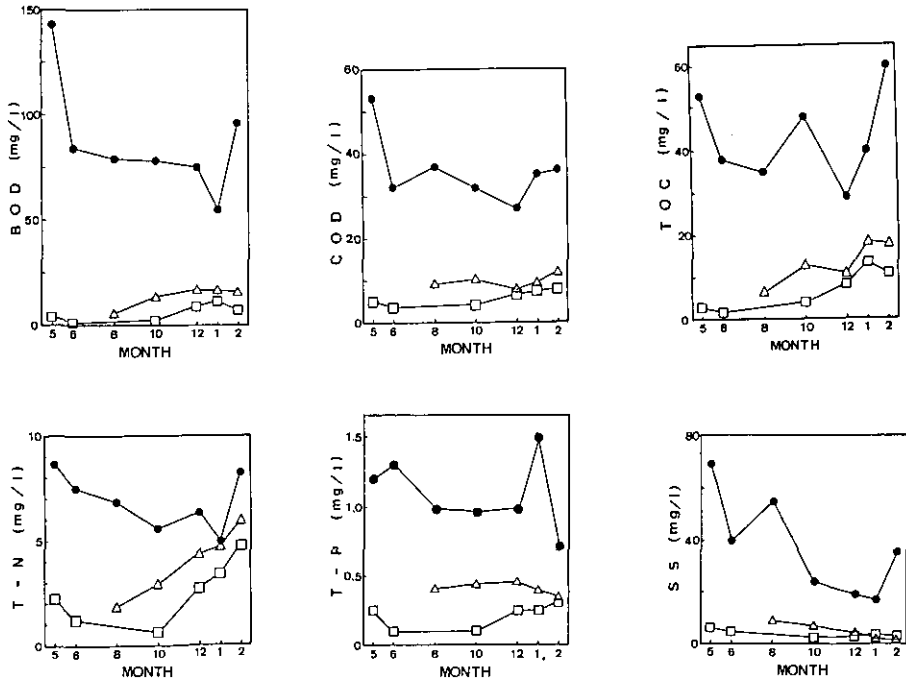


図 2 アシ原への流入水及び流出水中の各水質濃度の季節変化  
 Fig. 2 Seasonal changes of concentrations of BOD, COD, TOC, T-N, T-P, and SS in the influent and effluent in the wetland

水の場合と同様に冬期にかけて濃度が高くなる傾向がみられた。概略的には、その他の項目についても調査地点2及び3の流出水はともに秋期から冬期にかけて若干高くなる傾向が認められた。

### 3. 2 アシ原における物質収支

#### (1) 工事前のアシ原における物質収支

工事前は、アシ原の上流から谷水や水田からの流出水、また桑畑や山林側のアシ原周囲から地下水が流入するため、アシ原における物質収支は、調査地点1と調査地点3における水質並びに流量調査結果のみから明らかにすることはできない。生活雑排水以外の流入負荷量を明らかにするためには、生活雑排水以外の流入水量を、調査地点1と調査地点3との水量の差として、その代表水質をどのようにとるのが問題となる。そこでアシ原上流からの谷水は、地下水起源と考えられるので、この谷水を生活雑排水以外の流入水の代表として、まず、植物への吸収や酸化分解などによる変化量が少ないと考えられる主要な元素、すなわち、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{K}^+$ 、の各イオンについて、収支を明らかにした。その結果を図3に示す。図中のINPUT/OUTPUTは、流入量流出量の比を示しており、ここでは、この数値が1に近いほど、収支がとれていると考えた。図3から明らかなように、いずれの項目ともおおむね収支がとれていると考えられる。このような結果は、6月でも得られた。したがって、アシ原上流からの谷水を生活雑排水以外の流入水の代表水質として表すことの妥当性が示されたと考えられる。

次に、先程と同様の方法で、アシが繁茂した6月（工事前）のアシ原における BOD, COD, 窒素

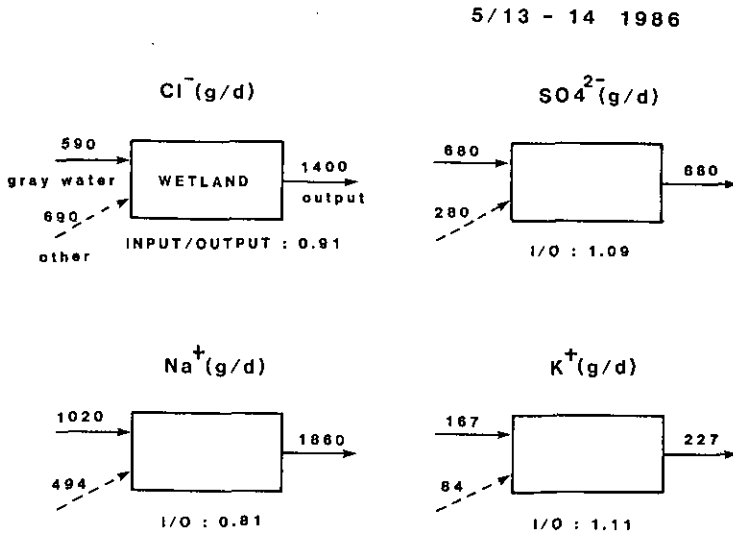


図 3 アシ原における $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{K}^+$ 収支

Fig.3 Budgets of  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、and  $\text{K}^+$  in the wetland

6/23 - 24 1986

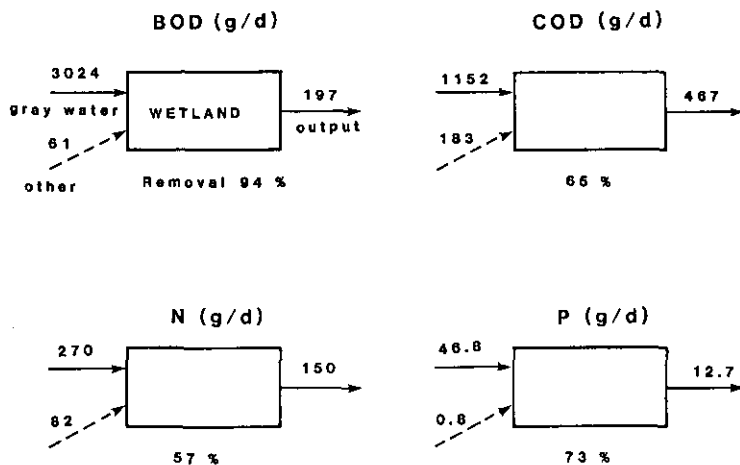


図 4 アシ原における BOD, COD, 窒素, リン収支  
 Fig.4 Budgets of BOD, COD, nitrogen, and phosphorus in the wetland

リンの収支を明らかにした。結果を図 4 に示す。BOD は90%以上がアシ原で除去されたが、窒素は60%弱しか除去されなかった。

(2) アシ原の自然浄化能

アシ原における各水質項目ごとの除去率の平均値を表 2 に示す。ここに示した除去率は、住宅地区 1 からの流入負荷量と流出点 1 での流出量から算出した値である。なお、表中の ( ) 内の数値は、アシ原全域への総負荷量 (住宅地区 1 及び住宅地区 2) と流出点 2 からの流出量から算出した除去率である。この ( ) 内の除去率は、流出 1 での除去率よりも高い値を示しているのは、生活雑排水の流入から流出 1 に至る平均的な滞留時間が約 1 日であるのに対し、流出 1 から流出 2 までのそれは 1.5~2 日と滞留時間が大きいことによると考えられる。

有機物関連項目の除去率は 60%~93%と非常に高い値を示した。リンについては 51~77%と有機物関連項目と比較するとやや低い値を示した。しかし、窒素については、18~75%と季節によって大きく変動した。特に冬期においては、窒素の除去率が、18%(1月), 27%(2月)と非常に低い値を示した。

(3) アシ原内での窒素の挙動

(1)及び(2)で示したように、アシ原における窒素浄化能が他の項目に比べ、低い結果が得られたので、アシ原における窒素の挙動について検討した。



表 2 アシ原における各水質項目別除去率

Table 2 Removal of BOD, COD, TOC, T-N, T-P, and SS in the wetland

項目		3月	5月	6月	8月	10月	12月	1月	2月
BOD	除去率	--	--	--	93	85	83	75	83
	総除去率	89	91	94	--	97	--	88	94
COD	除去率	--	--	--	76	72	77	75	66
	総除去率	73	77	65	--	87	--	87	84
TOC	除去率	--	--	--	82	77	62	60	70
	総除去率	73	86	84	--	92	--	80	87
T-N	除去率	--	--	--	75	55	47	18	27
	総除去率	58	36	50	--	89	--	60	58
T-P	除去率	--	--	--	60	60	53	77	51
	総除去率	76	51	73	--	90	--	90	68
SS	除去率	--	--	--	85	74	83	89	95
	総除去率	88	83	69	--	90	--	88	93

除去率：調査地点1から調査地点2における流入量及び流出量から算出  
 総除去率：調査地点1から調査地点3における流入量及び流出量から算出

窒素について、流入及び流出量を比較したのが図5である。3月は、アシ原内で懸濁態窒素、溶存態有機窒素や  $\text{NO}_x\text{-N}$  が減少し、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が増大した。6月には、3月と同様に懸濁態窒素や溶存態有機窒素は減少したが、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が減少し、代わって、 $\text{NO}_x\text{-N}$ が増大した。3月は、アシ原の一部が凍結して、流出水の水温も1℃前後であったのに対し、6月は20℃前後であった。3月では、懸濁態窒素の沈殿、溶存態有機窒素の無機化、脱窒及び  $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出が卓越して、硝化はほとんど起こらず、一方、6月では、懸濁態窒素の沈殿、溶存態有機窒素の無機化、硝化、脱窒素及び  $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出が同時に起こっていると推定される。このように、アシ原底質（枯死した水生植物を含む）からの  $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出並びに硝化は、アシ原の窒素浄化能力を決定する大きな要因と考えられる。

アシ原底質からの栄養塩溶出速度を表3に示す。リンは、アシ原上流部のみ溶出が認められるが、中流部及び下流部では、負の値、すなわち底質へのリンの吸着が認められた。一方、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出速度は、80～230mg/m<sup>2</sup>/dの範囲にあり、アシ原への生活雑排水による流入窒素負荷（アシ原全域を基準とすると約250mg/m<sup>2</sup>/d）のほぼ1/2に匹敵する大きさである。また、 $\text{NO}_x\text{-N}$ につい

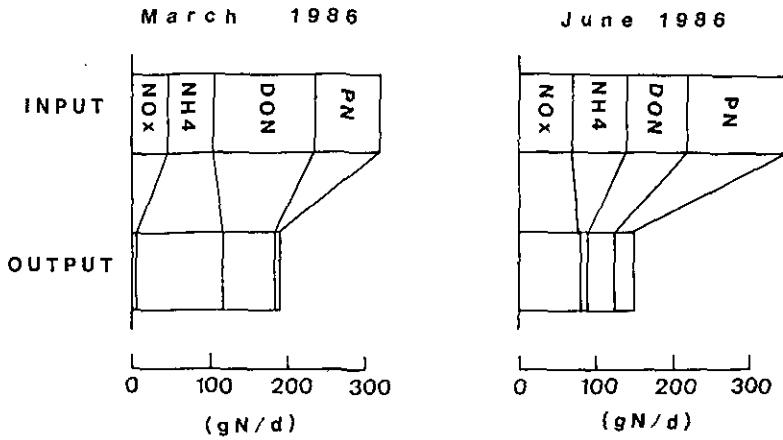


図 5 アシ原における流入窒素量と流出窒素量との比較

Fig. 5 Comparison of input nitrogen and output nitrogen in the wetland

表 3 アシ原の水-底質系における栄養塩交換速度

Table 3 Exchange rates of nutrients in water-sediment system in the wetland

地 点	速 度 (mg/m <sup>2</sup> /d)		
	PO <sub>4</sub> -P溶出	NH <sub>4</sub> -N溶出	脱窒*
アシ原上流部	4.4	234	223
アシ原中流部	-7.9	115	74
アシ原下流部	-3.8	79	76

実験条件：20°C，好気条件，暗所，1986年6月採取

\*ただし，NO<sub>3</sub>-Nを添加した系における活性を示す。

ては，アシ原底質コアの直上水にNO<sub>x</sub>-Nを添加した系での脱窒速度を示しており，アシ原底質の脱窒活性といえよう。これから，NO<sub>x</sub>-Nを含む排水がアシ原に流入すれば，かなりの脱窒効果が期待できると思われる。

図6に，アシが成育期にある6月頃のアシ原における窒素収支の概略を示す。アシによる窒素吸収速度は，アシが4月から9月まではほぼ直線的に成育するとして，アシ原内のアシ現存量と窒素含有量から評価した。ただし，水中の窒素を吸収すると仮定している。窒素収支の概略図における未知数は，アシ原内に沈殿除去される窒素量並びにアシ原内で実際に脱窒除去される窒素量で，これらを評価していく必要がある。また，アシの成育期だけでなく，アシの枯死期に当たる冬期における窒素の挙動を明らかにしていく必要がある。

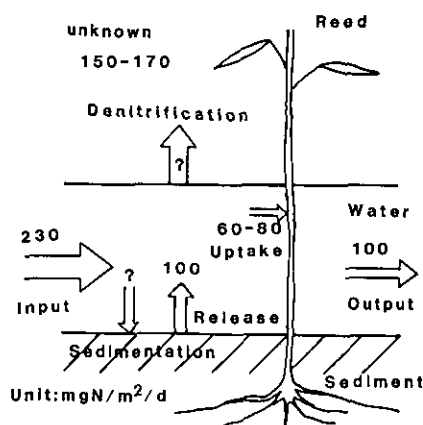


図 6 アシ原における窒素収支 (成育期)

Fig.6 Budget of nitrogen in the wetland during growing season

#### 4 おわりに

水-底質系に水生植物が加わったアシ原における浄化機能について、実際に生活雑排水が流入しているアシ原で評価した。アシ原は1年を通じて、BODなどの有機物関連項目については大きな浄化能力を示したが、窒素やリンの浄化能力については、BODなどに比べるとやや小さい値を示した。特に、冬期における窒素の浄化能力は非常に小さいことが示された。これは、アシ原底質(枯死した植物も含む)からの窒素溶出による影響と考えられた。

アシ原における浄化機能をより正確に評価するためには、アシ原内での物質の挙動(底質への沈澱速度、底質内での分解速度、吸着速度、硝化・脱窒速度、植物への吸収速度並びに植物からの放出速度等)についてより精度良く明らかにしていく必要がある。さらには、冬期におけるアシ原の浄化能力について、枯死したアシからの再溶出を防ぐためのアシの刈り取り効果についても検討する必要がある。また、アシやその他の水生植物の茎や葉のまわりに付着した生物膜や水-底泥界面における生物膜が果たす浄化の役割評価についても今後の大きな検討課題である。

アシ原の自然浄化能を活用した生活雑排水処理は、BODなどの有機物関連項目は、良好な結果が得られると期待されるが、今回は、住宅区域とアシ原との距離がかなり離れていたため、生活雑排水の流入口部での臭気や衛生害虫の発生、景観等の問題が、顕在化しなかった。今後は、こうした問題を負荷量との関係などから定量的に検討していく必要がある。

現在アシ原モデル地区において、アシ原の自然浄化能を活用した生活雑排水処理システムとして、アシ原に流入する前に、好気・嫌気ろ床式簡易処理装置(住宅地区1)及び嫌気ろ床式簡易処理装置(住宅地区2)を設置し、これらの処理機能とアシ原の自然浄化能とを組み合わせ、維持管理、処理効率の問題を含めた小規模排水の最適処理システムの確立を目指して検討中であ

る。しかし、こうした小規模な排水の処理システムを普及していくためには、住民の費用負担の問題や住民によるアシ原を含めた簡易処理装置システムの維持管理など、生活雑排水をめぐる、よりよき身近な環境づくりを目指した地域社会システムとしてのソフトづくりという大きな検討課題も残されている。

## 謝 辞

生活雑排水の通日調査やアシ原の整備工事に際し、御協力を頂いた陣馬地区住民の方々をはじめ、八郷町環境衛生課並びに茨城県環境局霞ヶ浦対策課の方々に感謝致します。

## 引 用 文 献

- 1) 須藤隆一(1982): 生活雑排水からの負荷とその処理対策. 用水と排水, **24**, 397-407.
- 2) 須藤隆一(1983): 雑排水をどうするか. 用水と排水, **25**, 365-371.
- 3) 須藤隆一(1987): 生活雑排水をめぐる. 公衆衛生, **51**, 380-386.
- 4) 日本水産学会編(1979): 水域の自浄作用と浄化. 水産学シリーズ 30, 恒星社厚生閣, 142p.
- 5) 小島貞男(1982): 自然の浄化力を利用した水質改善. 用水と排水, **24**, 5-12.
- 6) Hyde, H. C., R. S. Ross and L. Sturmer (1984): Technology assessment of aquaculture systems for municipal wastewater treatment. EPA-600/2-84-145. 118p.
- 7) Seminar Proceedings and Engineering Assessment (1980): Aquaculture systems for wastewater treatment. PB81-156705.
- 8) Gersberg, R. M., B. V. Elkins, S. R. Lyon and C. R. Goldman (1986): Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands. Water Res. **20**, 363-368.
- 9) Brinson, M. M., H. D. Bradshaw and E. S. Kane (1981): Nitrogen cycling and assimilative capacity of nitrogen and phosphorus by riverine wetland of forests. PB81-218307, 90p.
- 10) Graetz, D. A., P. A. Krottje, N. L. Erickson, J. G. A. Fiskell and D. F. Rothwell (1980): Denitrification in wetlands as a means of water quality improvement. PB80-222227, 75p.
- 11) Pope, P. R. (1981): Wastewater treatment by rooted aquatic plants in sand and gravel trenches. EPA-600/2-81-091. 23p.
- 12) 細見正明・稲葉一穂・稲森悠平・原沢英夫・須藤隆一(1986): アシ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, 講演要旨集. 32p.
- 13) 細見正明・稲葉一穂・稲森悠平・原沢英夫・須藤隆一(1987): アシ原による生活雑排水の処理, 第4回自然浄化シンポジウム.
- 14) 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, No. 4, 農業環境技術研究所, 63-78.
- 15) 日本下水道協会(1985): 下水試験方法-1984年版-.
- 16) APHA-AWWA-WPCF(1980): Standard methods for the examination of water and wastewater. 15th edition.

- 17) 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.
- 18) 細見正明(1982) : 底泥からの回帰調査. 湖沼環境調査指針, 日本水質汚濁研究協会編, 公害対策技術同友会, 161-166.
- 19) 久保井徹(1986) : 土壌から発生するガスの測定法. 国立公害研究所研究報告, 第94号, 33-48.
- 20) 細見正明(未発表)

湿地における合成洗剤の自然浄化能の季節変動  
Seasonal Change of Ability of Self-purification  
for Synthetic Detergents in Wetland

稲葉一穂<sup>1</sup>・須藤隆一<sup>2</sup>

Kazuho INABA<sup>1</sup> and Ryuichi SUDO<sup>2</sup>

要 旨

湿地の持つ自然浄化の能力を把握するために、直鎖型アルキルベンゼンスルホン酸塩 (LAS) を指標として、浄化能力の季節変動を測定した。流入水中の LAS は年間を通して量、成分ともに大きな変動は見られなかったが、流出水中の LAS は量、成分ともに季節変化が大きく、夏には量が減少し易分解性成分の比率が減少した。さらに底泥中の LAS を定量した結果、流入地点では年間を通して高濃度の LAS が吸着していたが、流出地点では冬に多く夏には少ないという季節変動を示した。これらの測定値より、湿地帯における自然浄化機能には吸着と生分解の二つの作用が関与していること、季節によりその比率が変化することが分かった。

Abstract

In order to know the ability of self-purification in wetland, seasonal change of the material balance of linear alkylbenzenesulfonate (LAS) in wetland was measured. It was found that the content and the component of LAS in the inflow were not affected through a year while in the outflow, they were changed by the change of temperature. In summer, the content of LAS in outflow was decreased and the distribution of the easily degradable component was also decreased. Moreover, the behavior of LAS contained in mud showed a similar tendency. From these, it was concluded that the process of the self-purification of LAS in wetland was made by adsorption on mud and bio-degradation, and the ratio of these two process was changed by the change of the temperature.

- 
1. 国立公害研究所 水質土壌環境部 〒305 茨城県つくば市小野川16番2  
Water and Soil Environment Division, the National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.
  2. 国立公害研究所 技術部 〒305 茨城県つくば市小野川16番2  
Engineering Division, the National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

## 1 はじめに

国内の各地の湖沼や内湾において水質の悪化が進行し、アオコや赤潮の発生などの問題が生じている。近年これらの問題を引き起こす原因として生活雑排水が注目されてきている。生活雑排水は工場廃水やし尿と異なり、法的な規制がなく、しかも下水道や合併式浄化槽といった根本的な対策が立ち遅れているため全国でおよそ64%が未処理のまま放流されており、河川、湖沼での水質汚濁の負荷の50%を上回るものと言われている<sup>1)</sup>。

このような生活雑排水による汚濁を防止するには恒久的な対策が必要であるのは言うまでもないが、未対策地域においては対策実施までの間小規模な方法でできる限り負荷量を減少させてから放流することが必要である。この点では湿地帯や水路、土壌といった自然の持つ浄化能力を活用することは、費用やエネルギーの点から見ても恒久的な対策が行われるまでの代案として有効であろう。既にこのような観点に立って自然浄化を用いた水処理の試みがなされてきている<sup>2,3)</sup>。しかしながらこれらはあくまでも実際の雑排水対策としての応用的な色彩が強く、それぞれの場で汚濁負荷物質がどのような挙動を示すのかの研究はあまり多くない<sup>4,5)</sup>。特に生活雑排水中の一成分に注目して、その挙動を検討した例はほとんどない。

本研究ではこのような自然浄化の有効性を評価し最適な応用条件を推察することを最終目標として、湿地帯における年間の自然浄化能力を定量的に把握するために流入地点と流出地点での水中及び底泥中に含まれる直鎖型アルキルベンゼンスルホン酸塩(LAS)の分析を行った。モデル物質としてLASを選んだ理由としては、LASは生活雑排水にはほとんどの場合含まれておりしかも1日当たりの負荷量がおよそ一定であること、合成化学物質であるため湿地帯内での内部生産が無く物質収支が取りやすいことが挙げられる。さらに言えば、上記の理由からLASは生活雑排水による水質汚濁の指標に成り得るため、他の場における自然浄化能力との比較に際しても有効であると考えられる。

## 2 調査方法

### 2.1 調査対象

茨城県新治郡八郷町陣馬地区にある湿地帯を対象とした。図1に概略図を示す。この湿地は東向きに開けた谷地にあり、以前は水田であったが現在は休耕田となっており、アシ、ガマといった水生植物が成育したものである。湿地の上下には水田があり、両側面は桑畑と畑になっている。これらの水田、畑及び谷の側面からしみ出した水は物質収支をとる上で問題となるので湿地内に流入しないよう塩化ビニール板による境界を設けた。この湿地には上流にある25戸及び北側にある20戸の集落より生活雑排水が未処理のまま流入しているが、本研究では上流側の25戸を調査対象とし、採水、採泥は図1に示した2地点で行った。なお調査機関は61年8月より62年7月の間である。

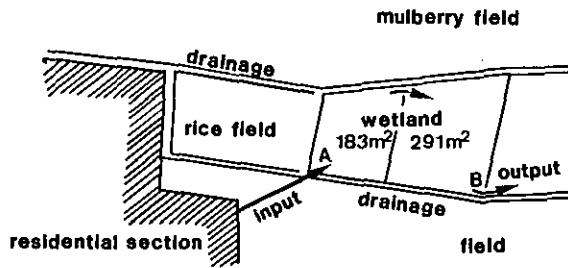


図 1 湿地の概略  
Fig. 1 Outline of wetland

## 2. 2 調査方法

### 1) 採水方法<sup>6)</sup>

採水は図1のA, B両地点において1時間間隔で24時間分を自動採水機またはビニール袋で行った。このサンプルをそれぞれの採水時の流量に比例して混合し、1日分のサンプルを作成した。流量は採水地点にパーシャルフリューム型流量計を設置して測定した。なお採水は15時より始めて翌日の14時までを1日分とした。

### 2) 採泥方法

採泥は図1のA, B両地点において内径4cmのコアサンプラーにより行った。この柱状試料を表層より鉛直方向に5cmずつ切断し、それぞれを-20℃の冷凍庫で凍結した。完全に凍結した試料を真空乾燥機で乾燥させた後、細かく粉碎し1000番のステンレス製ふるいにかけ粉末試料として保存した。

### 3) 分析項目

高速液体クロマトグラフィーによるLASの成分分別定量を行った<sup>6)</sup>。LASの異性体についてはアルキル鎖長(n)及びフェニルスルホン酸置換位置(m)を用いて $m\phi C_n$ LASとして表した。水中のLASはGF/Cろ紙でろ過を行い、溶存態として定量した。泥中のLASはメタノールへと超音波抽出して測定した。データ解析には気温の変化を用いたが、これは水戸地方気象台発表の土浦のデータ<sup>7)</sup>を用いた。

## 3 結果及び考察

### 3. 1 溶存態 LAS の季節変動

#### 1) LAS量及び成分の季節変動

流入及び流出両地点における溶存態LASの全量( $W_{in}$ ,  $W_{out}$ )を表1に示す。流入水では溶存



態 LAS 量は年間を通してほぼ一定となっているが、流出水では大きく変動し、夏に少なく、冬に多いことが分かる。

一方これらの測定値に占める LAS の成分別の比率 ( $P_{m,n \text{ in}}, P_{m,n \text{ out}}$ ) を図 2 に示す。

なお測定の結果、本調査の試料水に含まれる LAS はアルキル鎖長 10~14 であったが、10と 14 のものは含有量が低く無視し得る量であったので以後の成分比の検討においてはアルキル鎖長 11~13 までの三種を対象とした。流入水中の LAS の成分比は年間を通してほとんど変化していないが<sup>6)</sup>、流出水中の LAS の成分比は季節による変化が大きく夏季にはアルキル鎖長では短いもの、置換位置では中央寄りのものほど比率が高くなるのに対して、冬季にはアルキル鎖長の長いもの、置換位置が末端寄りのものの比率が夏季よりも上昇した。

表 1 流入及び流出水中の全 LAS 量  
Table 1 Total LAS contents in inflow and outflow

Date	LAS <sub>in</sub>	LAS <sub>out</sub>
	g d <sup>-1</sup>	g d <sup>-1</sup>
Aug. 1986 Av.	91.8	6.7
Oct. 1986 Av.	104.0	35.4
Dec. 17 1986	76.5	30.0
Jan. 26 1987	75.5	55.4
Feb. 25 1987	86.8	29.9
Mar. 27 1987	96.1	27.3
Apr. 24 1987	44.1	5.6
Jun. 1 1987	60.5	6.8

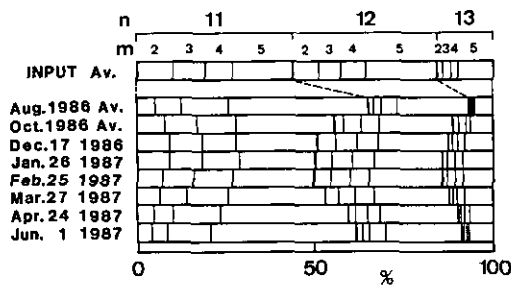


図 2 流入及び流出水中のLAS 異性体の成分比  
Fig. 2 Percentage distribution of LAS isomers in inflow and outflow

2) LAS の流出率の季節変動

湿地帯における LAS の流出率は式(1)で表される。

$$F_T = \frac{\sum \sum m \phi C_n \text{LAS}_{out}}{\sum \sum m \phi C_n \text{LAS}_{in}}$$

$$= W_{out} / W_{in} \quad (1)$$

図3に湿地帯へ流れ込んだ全 LAS の流出率 (F<sub>T</sub>) の季節変化を示す。夏季にはおよそ 90% の LAS が湿地帯内で何らかの浄化作用を受けているが、季節変化が大きく1月にはわずか 30% が浄化作用を受けているに過ぎないことが分かる。

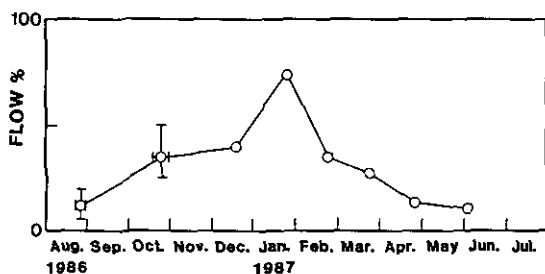


図 3 湿地からの LAS 流出率の季節変動

Fig. 3 Seasonal change of outflow percentage of LAS through the wetland

3. 2 泥中に含まれる LAS の季節変動

流入及び流出両地点の泥に含まれる LAS の濃度を図4に、その中に占めるそれぞれの成分の割合を図5に示す。

流入地点では測定開始後日数がたつにつれて吸着量が上昇する傾向があるものの、測定日より濃度の変動が非常に大きく季節による変動は確認できなかった。また、深さ方向での濃度変化も一定の傾向を示さなかった。これは流入水が配管から1か所へと放流されているため、排水量、水深、水温(結水の有無)などの外部因子の変化によって底泥の巻き上げや滞留時間の変化などが起こるため均一な吸着が起りにくくなることによると考えられる。また流入地点では他の汚濁物質、特に懸濁態の有機物が流入し沈殿するため、汚泥が蓄積しており流入地点の有機物含量が変化することが考えられる。汚泥の量は調査の進行とともに増加していることも考え合わせると、図4(a)の変動が説明できると思われる。同様に図5より成分比もかなりバラツキが大きいことが分かる。特に10~15 cm層に比べてそれより上層部では成分の変動が大きいことが分かり、流入地点での水理学的な影響が示唆される。変動は大きいものの、図4より平均して400 μg/g程度は常に吸着されているものと思われる。

流出側では、いずれの深さでも夏には吸着量は少なく、冬にはかなり高い濃度の LAS が吸着

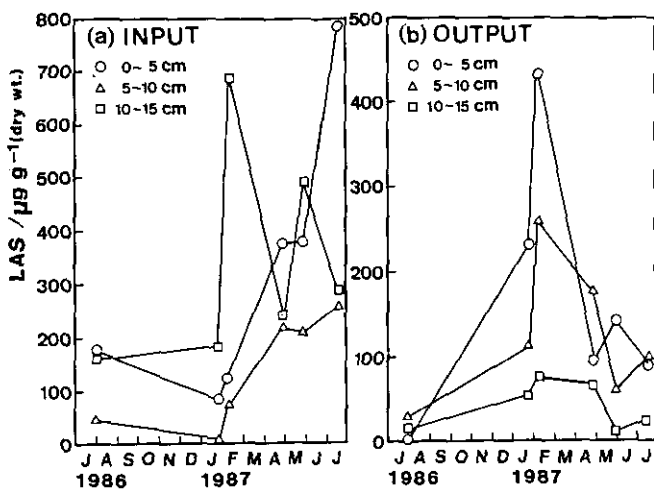


図 4 泥に含まれる全 LAS 量の季節変動  
 Fig. 4 Seasonal change of LAS contained in mud

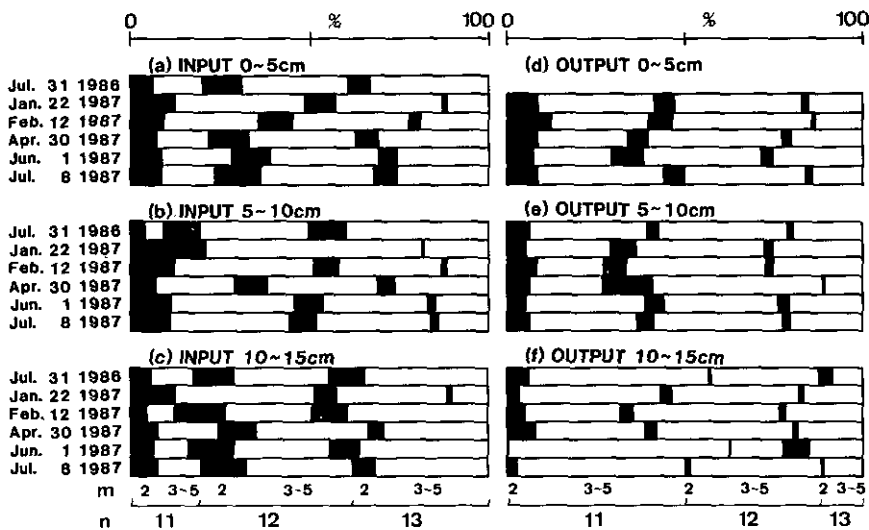


図 5 泥に含まれる LAS の異性体の成分比  
 Fig. 5 Percentage distribution of LAS isomers contained in mud

していることが分かった。また、深さ方向では表層ほど吸着量が多いことも分かった。さらに成分を見るといずれの深さでも夏に C<sub>11</sub>LAS が多くて C<sub>13</sub>LAS が少なく、冬は逆となる傾向があった。深さ方向でアルキル鎖長の異なる LAS の比率はやや変化し 10~15 cm 層では C<sub>11</sub>LAS の比率がやや大きめとなった。またそれぞれの 2 φ 置換体の比率は表層が最も高く、深くなるにつれ

て減少した。図4より、冬には最大で 400  $\mu\text{g/g}$ 以上の LAS が吸着されているのに対して、夏には 100  $\mu\text{g/g}$ 以下まで減少していることが分かる。

さらに流入と流出の両地点を比較すると、流入側の方が  $\text{C}_{13}\text{LAS}$  の比率が高いことと 2  $\phi$  置換体の比率が高いことが分かる。これはアルキル鎖長や置換位置の異なる LAS により吸着しやすさが異なるためと考えられる。

### 3. 3 自然浄化機能の内容の分画

3. 1 及び 3. 2 より LAS に対する湿地帯の持つ自然浄化機能は季節変動に伴うことが明らかとなった。一般に自然浄化作用は泥粒子への吸着によるため込みと微生物による分解の二項が関与すると考えられている<sup>8)</sup>。この内、生分解量は微生物活動の活性により影響を受けるため気温の変化に伴ってその効率が大きく変化すると考えられる。したがって図3に見られる流出率の季節変動は、吸着と生分解という自然浄化作用の二項の絶対値及び比率が気温に伴って変化するために起きていると言える。そこでこの二つを分画し定量化することができれば自然浄化機能をシミュレートすることが可能となる。そのために調査地付近の水田の泥を用いて吸着実験を行い、その特性から二項の分画を試みた。

#### 1) モデル実験による LAS の吸着特性の検討

調査対象の湿地帯の下流側にある水田より 2. 2 2) の方法で採取した泥を用いて吸着実験を行った。表層より 5 cm の画分のこの泥サンプルには LAS は無視し得る量しか吸着していなかった。この泥を 50 $\text{m}^2$  の共栓付遠沈管に一定量秤量して取り、1~25ppm までの濃度の  $\text{C}_{12}\text{LAS}$  水溶液を加えて振とうした。遠心分離後、上澄み液を液体クロマトグラフィー用フィルターでろ過し、2. 2 3) に従って成分分析を行った。なお、温度依存性試験以外の実験はすべて  $25 \pm 0. 5^\circ\text{C}$  の恒温室内で行った。

#### (a) 振とう時間の影響

泥及び LAS の量を同一にしたサンプルを多数作成し振とう時間を変えて測定を行い吸着平衡に達するまでの時間を求めた。その結果、およそ1時間の振とうで吸着平衡に達していることが分かった。このことから以後の実験はすべて振とう時間を1時間とした。

#### (b) LAS 濃度の影響

泥の量を一定にして、LAS 濃度を1から 25ppm まで変化させて濃度と吸着量の関係を求めた。図6に全体量での、図7には異性体別の吸着曲線を示す。平衡時の溶存態 LAS 濃度と吸着量の間には低濃度側では直線関係が成立し、高濃度側では飽和する傾向にあった。このことからLASの吸着は本実験の範囲ではラングミュア型の吸着式で表せることが分かった。

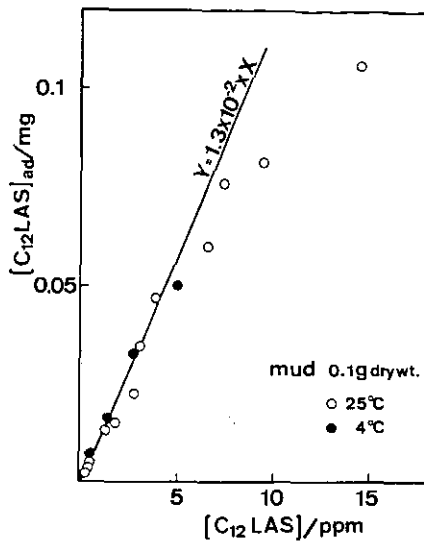


図 6 C<sub>12</sub>LAS の泥への吸収量と平衡時の水中濃度の関係

Fig. 6 Amount of C<sub>12</sub>LAS adsorbed on mud as a function of LAS coccentration in water at equilibrium

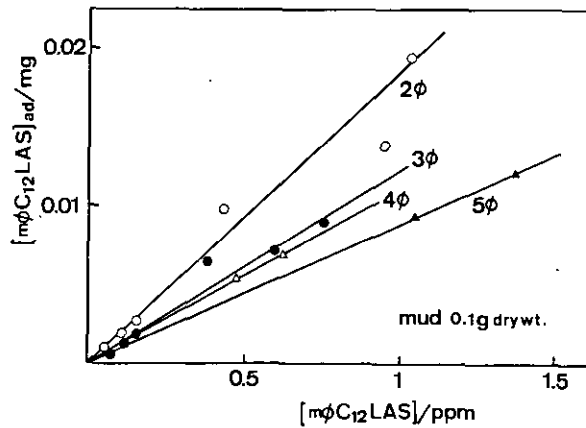


図 7 C<sub>12</sub>LAS の異性体別の泥への吸着量と平衡時の水中濃度の関係

Fig. 7 Amount of C<sub>12</sub>LAS isomer adsorbed on mud as a function of LAS concentration in water at equilibrium

(c) 泥の量の影響

LAS 濃度を一定として泥の量を変化させて測定を行った。その結果、平衡時の LAS 濃度が一定の場合には、吸着量は泥の量に比例することが分かった。

(d) 温度の影響

夏季と冬季の吸着特性の差を検討するため4℃の恒温室内で吸着実験を行った。その結果を図6に示す。LASの吸着は4℃においても25℃の場合と同様の傾向を示し、吸着量も温度による差はあまり見られなかった。

(e) 吸着定数の算出

以上のデータを基にC<sub>12</sub>LASの吸着定数を算出した。吸着量A<sub>m,12</sub>はラングミュア型の等温吸着式で式(2)のように表される。

$$A_{m,12} = A_{m,12 \max} \times M \times K_{0m,12} \times C / (1 + K_{0m,12} \times C) \quad (2)$$

ここでA<sub>m,12 max</sub>は飽和吸着量、Mは泥の重量、Cは平衡時の水中の濃度である。図6より平衡時の溶存態LAS濃度が5ppmより低い領域では直線で近似できることが分かる。調査結果より流入するC<sub>12</sub>LAS濃度は一日の平均では1~1.5ppm程度とこれより低いことから式(2)は式(3)のように書き直すことができる。

$$\begin{aligned} A_{m,12} &= A_{m,12 \max} \times M \times K_{0m,12} \times C \\ &= K_{m,12} \times M \times C \end{aligned} \quad (3)$$

表2に算出した吸着平衡定数K<sub>m,12</sub>を示す。

なお、これらの値を用いて流入及び流出水中のLAS濃度から泥へ吸着する最大量を見積もると、C<sub>12</sub>LASで100~150 μg/gとなり、全LASではおよそ300~500 μg/g程度と考えられる。

2) 吸着データを用いた自然浄化作用の分別

本研究対象の湿地帯内での吸着反応がいずれの測定時においても平衡に達しているものと仮定すると3.1 1)で求めた流出及び流入するLASの量を式(3)に代入して湿地帯の持つ吸着定数を求めることができる。

$$m \phi C_{12LASin-out} = K_{m,12} \times m \phi C_{12LASout} \times M \quad (4)$$

式(4)より、湿地帯の吸着能力は有効な吸着を起こす泥の量の関数となるが、同一サンプル中

表 2 C<sub>12</sub>LASの吸着定数  
Table 2 Summary of adsorption constants for C<sub>12</sub>LAS obtained

K <sub>2,12</sub>	K <sub>3,12</sub>	K <sub>4,12</sub>	K <sub>5,12</sub>	K <sub>total,12</sub>
l mg <sup>-1</sup>	l mg <sup>-1</sup>	l mg <sup>-1</sup>	l mg <sup>-1</sup>	l mg <sup>-1</sup>
1.8 × 10 <sup>-4</sup>	1.2 × 10 <sup>-4</sup>	1.1 × 10 <sup>-4</sup>	9.0 × 10 <sup>-5</sup>	1.3 × 10 <sup>-4</sup>

の各異性体に関しては泥の量は等しいから、各異性体間の $K_{m,12}$ の値の比は泥の量によらないことになる。この比の季節変動を3.2 1)で求めた吸着実験の平衡定数の比と比較することにより、湿地帯内での自然浄化作用について検討することができる。図8に吸着定数の比の値の季節変動と調査地点付近の気象観測所の発表した気温<sup>7)</sup>を示す。吸着定数の比の値は気温の変動によく対応し、12月から2月にかけて極小値をとり、吸着実験による値と一致するようになるが、気温が高い時期には置換位置がアルキル末端側のLASの値がより上昇し、浄化効率が吸着のみの時よりも良くなっていることを示している。図8より、平均気温が7℃よりも低くなると生分解が無視できるようになることが分かる。本調査期間中で7℃以下となったのは12月上旬から3月上旬までであり、その間に図3及び図4(b)に見られるように1月下旬には流出地点の表層の泥には400  $\mu\text{g/g}$ 以上のLASが蓄積され、流出水はわずか30%しか浄化を受けなくなる。これはこの湿地の持つ吸着容量が小さいため2か月間で泥がLASにより飽和されてしまったことを示している。

この現象を吸着のモデル実験の結果から考えると次のように説明できる。3.3 1)(e)で述べたように、流出水中のLAS濃度から考えられる吸着量はおよそ400  $\mu\text{g/g}$ であり、図4より吸着に関与する泥は表層から15cm程度である。泥の性状は表層から5cmでは0.2 g dry wt/cm<sup>3</sup> wet, 5cmから15cmでは0.35 g dry wt/cm<sup>3</sup> wetであり湿地面積474m<sup>2</sup>から換算すると湿地全体では約8.5kgのLASを吸着することになる。この量は調査地区の住宅から流入するLASの3か月分の量であり、平均気温7℃以下の期間が2か月で流出量が上昇した実際の結果よりもやや大きい値となった。しかし秋以降気温の低下とともに吸着による蓄積が少しずつ起こり始めると考えれば現象を良く説明することができる。また今回のデータから計算すると湿地1m<sup>2</sup>当たり18人・日分のLASを蓄積することができると言える。

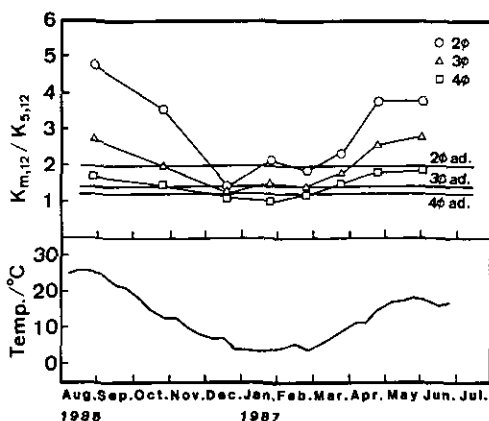


図 8 吸着定数の比の季節変動

Fig. 8 Seasonal change of ratio of adsorption constants

一方、生分解に関しては気温とともにその活性が変化するため定量的な説明は難しいが、図4(b)より気温の上昇とともに冬季に蓄積されたLASが消費されていることが分かる。このことから、平均気温が7℃以上になると流入水中のLASとともに吸着されていたLASも分解され、高温期が長く続くならば湿地に蓄積されていたLASはほとんど消費される。よって湿地の持つ生分解容量はかなり大きなものと言うことができよう。

#### 4 まとめ

茨城県新治郡八郷町にある湿地帯におけるLASの動態の調査から、湿地帯の持つ自然浄化機能の詳細及びその問題点が次のように求められた。

湿地帯の持つ自然浄化作用は底泥への吸着と生分解の二項で説明される。流入したLASは湿地帯内でこの二つの作用により浄化されるが、吸着は温度の影響が小さいのに対して、生分解は温度により効率が大きく変化するため、湿地帯全体としての浄化能力は質、量ともに変化する。流入したLASは流入地点付近から下流に向けて、吸着定数に従ってある一定の割合で泥へと吸着し減少していくが、気温の高い時期には生分解による減少が加わるため吸着量は下流側では非常に少なくなり、流出地点の泥に含まれるLASはほとんどなくなる。気温が低下すると生分解による減少が少なくなるため下流側へと流下するLAS量が増加するため流出地点での吸着量も増加する。ここで吸着は吸着定数から分かるように対応する水中の濃度と平衡となり、それ以上は吸着しない。流入地点は常に同じ濃度のLASと接触しているため、年間を通して飽和となるが、冬季にはこの飽和帯が下流側へと広がっていき、ついには湿地帯全面が飽和となることも考えられる。春になり気温が上昇すると再び生分解が起こり始めるため、湿地帯に吸着していたLASは消費され、水及び泥中のLAS量は下流側から次第に減少し始める。

本調査結果から見ると、高温期には流入したLASの90%が浄化されており、湿地帯による自然浄化は有効な方法と言える。しかし低温期にはおよそ70%のLASが流出すること、流出地点の泥中にはほぼ飽和量といえる400 µg/g以上のLASが吸着していることなど気温及び湿地帯の面積といった因子の影響がかなり表れていることが分かった。このことから、人口当たりの湿地面積を大きく取れてしかも温暖な地方では問題ないが、都市域や寒冷地ではこの方法を用いるのは有利とは言えない。さらに流入地点では他の汚濁物質の流入による汚泥の蓄積があり、これをいかに除去していくかも湿地帯を用いた自然浄化による水質改善の鍵と言えよう。

#### 謝 辞

本研究を行うに当たり、調査対象地区の設定に御協力頂いた茨城県、八郷町、そして住民の皆様へ感謝致します。また、調査結果について御討議頂いた国立公害研究所水質土壌環境部陸水環境研究室 細見正明研究員に感謝致します。



## 引用文献

- 1) 藤原正弘 (1987): 生活排水と水質保全. 用水と排水, 29, 5-10.
- 2) 松井優實・松沢克典 (1986): 植物を用いた家庭雑排水の処理. 第3回自然浄化シンポジウム, 57-63.
- 3) 鈴木富雄・山浦源太郎 (1986): 生活系排水の土壌処理. 第3回自然浄化シンポジウム, 81-89.
- 4) R. M. Gersberg, B. V. Elkins and C. R. Goldman (1983): Nitrogen removal in artificial wetlands. Water Res., 17, 1009-1014.
- 5) 川島博之・鈴木基之 (1987): 湖沼葦帯の自然浄化機能. 第21回水質汚濁学会講演集, 東京, 139-140.
- 6) 稲葉一穂・須藤隆一 (1988): 生活雑排水に含まれる合成洗剤の負荷原単位. 国立公害研究所研究報告, 第116号, 23-37.
- 7) 水戸地方気象台 (1986, 1987): 茨城県気象月報.
- 8) 日本水質汚濁研究協会 (1986): 界面活性剤の水環境に及ぼす影響等に関する調査報告書, 76-109.

雑排水対策に対する住民の意識と行動

Analysis of Local Residents' Consciousness of the Measures for  
Domestic Wastewater

青柳みどり<sup>1</sup>・原沢英夫<sup>1</sup>・細見正明<sup>2</sup>

Midori AOYAGI<sup>1</sup>, Hideo HARASAWA<sup>1</sup> and Masaaki HOSOMI<sup>2</sup>

要 旨

近年、閉鎖性水域の富栄養化の原因として生活排水の占める割合が高まっており、生活系からの発生負荷の削減対策が緊急課題となっている。対策を実効あるものとするためには、地域住民の理解と協力が必要不可欠である。

本報告は、自然浄化機能を活用した雑排水処理施設を設置した一集落を対象に、住民の周辺環境、排水処理施設に対する意識、及び雑排水対策としての実践活動に対する意識・行動をアンケート調査を通して解析を行ったものである。周辺環境の汚れが環境汚染の程度、対策の必要性に対する意識を高めるが、処理施設の設置など具体的な対策になると高額な費用負担を強いられるということもあり、行政に頼る傾向が強いことが分かった。また、処理施設の維持管理については、作業負担に対して積極的な姿勢を示し、比較的維持管理の容易な地区であると考えられる。

実践活動については、当初内容・意識などについてはよく知られていなかったが、活動の重要性を認識した後は、今後も活動を続けていくとの意欲を示している。同時に実施した水質調査からは、実践活動により BODで10～20%の削減効果があることが分かった。実践活動を持続するためには、活動の内容・意義を浸透させるとともに費用負担についても行政側で考慮する必要があると指摘し得る。

Abstract

In recent years, among the causes of eutrophication in semi-closed water areas, domestic wastewater represents a high percentage of the total pollution load. So effective measures must be worked out to reduce the pollution load from household effluent. At the same time, the role of local residents has gained considerable importance to implement these measures fruitfully.

- 
1. 国立公害研究所 総合解析部 〒305 茨城県つくば市小野川16番2  
Systems Analysis and Planning Division, the National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.
  2. 国立公害研究所 水質土壌環境部 〒305 茨城県つくば市小野川16番2  
Water and Soil Environment Division, the National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

The purpose of this paper is to analyze local residents' consciousness of the measures for household effluent through questionnaire surveys in a study area. Following results are obtained;

1) Residents' consciousness of their living environment and their need for wastewater treatment facility is analyzed. The majority of residents see the necessity of treatment facilities, but there are few who have willingness to pay for a such costly measure. And they are greatly expecting the financial support from the local government.

2) The effect of environmental campaign activities is analyzed. The significance of campaign activities is in helping residents to understand the importance of environmental conservation. And keeping up their attention to it is a key issue to realizing a better environment.

3) Judging from results of water quality monitoring of household effluents, residents' positive activities reduce BOD loading about 10-20%.

## 1 はじめに

閉鎖性水域、特に湖沼の富栄養化の主要原因とされる生活排水の対策としては、排水処理施設の設置・改善及び家庭からの発生負荷量の削減があげられる。排水処理が根本的な対策として重要視されているが、排水処理方法としては雑排水のみを対象とした簡易沈殿槽や集落単位での共同雑排水処理施設、し尿との合併処理可能な合併浄化槽や公共下水道などがある。その中で最も処理効果の期待される対策は公共下水道であるが、普及率はまだ40%を割っている。また、これを補完するものとしてコミュニティプラントや農村下水道などの計画が実施されつつあるものの、時間及び経費の面からみて速やかな普及は無理であり、優先地域を選定し重点的に実施しているのが現状である。したがって、これらの方法によってもすべての地域をカバーできるわけではなく、他の地域においては小型合併浄化槽を始めとした様々な代替案の中からその地域の特性に見合った適切な処理方法を選択していくのが最善と考えられる。

生活排水の処理方式を選択していくうえで一つの重要な点は、地域の人々がその処理施設をいかに受け入れ、自分たちの生活基盤として維持管理していくかである。すなわち、そこに生活する人々がどのように自分たちの周囲の水環境をとらえ、その排水処理施設の必要性を感じているかが大きくかかわっていると考えられる。

同様に家庭からの発生負荷量削減でも、生活者としての住民の水環境に対する意識や行動が重要なポイントとなる。食物残渣の回収・処分、調理済油の適正処分、リン負荷を減らすような洗剤の選択と適正量の使用などが具体的な活動としてあげられるが、こうした実践活動の普及も一つの対策として重要度が増しつつある。

本報告は、霞ヶ浦流域内の一団地の居住者を対象に（1）周辺環境、雑排水対策としての処理施設に対する意識、（2）雑排水対策の実践活動に対する意識についてアンケート調査を実施し、

その結果から得た雑排水対策に対する意識と行動についての知見を取りまとめたものである。なお、本地区ではアシ原を活用した雑排水処理施設を設置し処理実験を行っているが、地区住民を対象としたアンケート調査もその研究の一環である。

## 2 対象地区とアンケート調査の概要

アンケートの対象地区は、50戸ほどの住宅団地であり、図1に示したように霞ヶ浦に流入する主要河川の一つである園部川沿いにある。本地区は谷津田地形となっており、民間デベロッパーが開発・分譲した比較的新しい住宅団地である。しかし、排水処理施設が未整備であり、雑排水は垂れ流しに近い状況であったため、周辺の用水路などに排水が流れ込み水質が悪化し、下流の田の耕作者から苦情が出るなど、雑排水が環境衛生上問題となっていた。

周辺環境と処理施設に関するアンケートは、処理施設の設置前である昭和61年4月に留め置き・面接回収法で行った。調査項目は、水の利用状況と周辺環境・雑排水対策に関する意識等である。地区全戸を対象とし、配布数 52、有効回収数 47（有効回収率 90.3%）であった（表1）。

また、実践活動に対する意識についてのアンケート調査では、実践活動用として、台所用紙、油吸い取り紙及び計量カップを配布したうえ、約2か月後に実践活動に対する意識及び、費用負担などについて尋ねた（表2）。

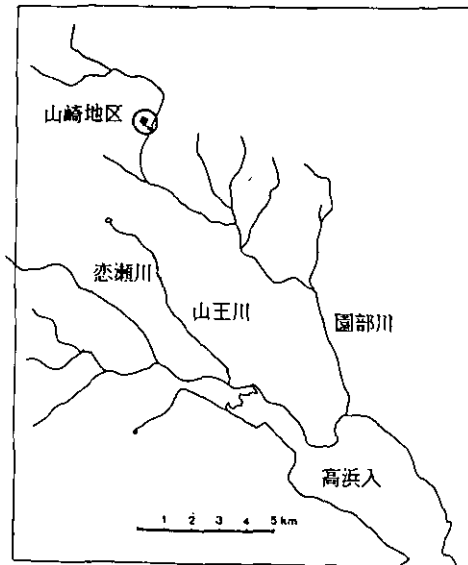


図 1 対象地区の位置

Fig. 1 The map of case study area

表 1 周辺環境・処理施設アンケートの概要  
 Table 1 Outline of a questionnaire survey on local environment and wastewater facilities

調査名	家庭排水についての意識調査
調査項目 (主要項目)	水利用状況, 周辺環境, 雑排水対策に関する意識
実施時期	昭和61年4月
調査対象者	地区住民(世帯主) 52戸
アンケート方法	留め置き, 面接回収
回収率	90.3%

表 2 実践活動アンケートの概要  
 Table 2 Outline of a questionnaire survey on campaign activity

調査名	生活雑排水対策実践活動意識調査
調査項目 (主要項目)	活動に対する意識, 感想, 費用負担, 使用洗剤の種類・量など
実施時期	実践活動開始(昭和61年10月) 2か月後昭和61年12月
調査対象者	地区住民(主婦) 52戸
アンケート方法	留め置き, 面接回収
回収率	94.2%

### 3 地区居住者の環境の認識構造

まず, 周辺環境, 排水処理施設に対するアンケートの集計結果から得られた知見を示す。このアンケートはサンプル数が少なく限定された対象のものであり, 対象地区の住民意識の特徴をとらえるために, 昭和56年に行った印旛沼流域の40集落(サンプル数1070)についてのほぼ同様な内容のアンケート結果を比較をし, 考察を加えた<sup>1)</sup>。

3. 1 対象地区におけるアンケート結果の概要

今回のアンケートの対象地区は、①居住者の家族構成についてみると30代～40代の会社員を世帯主とする核家族がほとんどであり(農業 12.2%, 会社員 81.6%, 公務員 4.1%), ②昭和46年以降に分譲された新興住宅地であること、が特徴である。したがって、印旛沼流域のアンケート(農業 54%, 会社員 22%, 公務員 6%, 商店 6%)との比較では、印旛沼流域での会社員の属性に類似した回答が予想された。また、回答者の属性が均一であり、狭い地区の調査であることや、自治会の活動が活発であることから、広い範囲を対象とした印旛沼地域の回答とは、地域特性に差が出ることも予想された。

以下で対象地区の回答の概況をみる(表3)。現在、し尿処理形態は、汲み取り86.0%, その他はし尿浄化槽である。下水道などの公共排水処理施設は未整備であり、水洗化されているのは

表 3 周辺環境・処理方法に関するアンケート単純集計結果(単位%)  
Table 3 Results of the questionnaire on local environment and wastewater facilities (unit:%)

し尿処理形態*	汲み取り 86.0, 浄化槽 14.0, その他 0.0
水洗化の状況*	非水洗化 82.5, 水洗化 17.5
水洗化の希望	是非改造 17.6, それほどでもない 61.8, 分からない 20.6
下水道不公平感	不公平 61.1, 仕方がない 25.0, 分からない 13.9
家庭周辺水路汚れ	汚れている 63.6, 汚れていない 22.7, 分からない 13.6
一汚れている点	ハエ・カ 47.6, におい 23.8, ごみ 23.8, その他 4.8
必要な公共施設	道路 3.7, 下水道 57.4, 学校 0.0, 公園 14.8, 公民館 24.1 その他 0.0
水路整備の必要性	必要 95.5, 必要なし 0.0, 分からない 4.5
近くの河沼の汚れ	汚れている 53.3, 汚れていない 15.6, 分からない 31.1
一主な原因	家庭雑排水 65.5, し尿浄化槽 6.9, 工場排水 13.8, 畜産排水 10.3 商店など 0.0, その他 3.4
家庭雑排水の影響	かなり 63.6, 少し 36.4, なし 0.0
下水処理対策	必要 73.2, 必要なし 9.8, 分からない 17.1
一不要の理由	関係ない 0.0, 汚れていない 33.3, 金がかかる 33.3 効果がない 16.7, その他 16.7
簡易沈殿槽	自費で設置 0.0, 官庁援助 67.7, 不必要 10.0, 他 0.0
共同雑排水処理	自費で設置 0.0, 官庁援助 54.5, 不必要 33.3, 他 12.1
小規模下水道	自費で設置 0.0, 官庁援助 44.8, 不必要 37.9, 他 17.2
最適な対策	簡易沈殿槽 13.8, 共同雑排水処理 37.9, 小規模下水道 44.8 その他 3.4
維持管理一負担	委託費用の負担 20.9, 作業負担 78.1
維持管理一関心	費用負担 20.9, 作業負担 12.2, 処理水の水質 14.8, ハエ・カ の発生 17.4, におい 15.7, 安全性 16.5, 景観 2.6

注意 \*のついた項目に関しては、無回答があるため一致しない。

17.5%にすぎない。そこで、水洗化の希望について、その改造費用（約40万円）を提示して希望を聞いたところ、「それほどでもない」が61.8%となった（図2）。しかし、下水道が既に整備されている地域もあることに対する不公平感については、61.1%が「不公平」と感じている（図3）。また、この地区で必要な公共施設についても、「下水道」が57.4%と過半数を占め、最も希望が多くなっている。

生活雑排水による家庭周辺水質の悪化の現状の認識は高く、家庭周囲水路の汚れに対して、63.6%が「汚れている」と回答している（図4）。汚れている点としては「ハエ・カの発生」が多

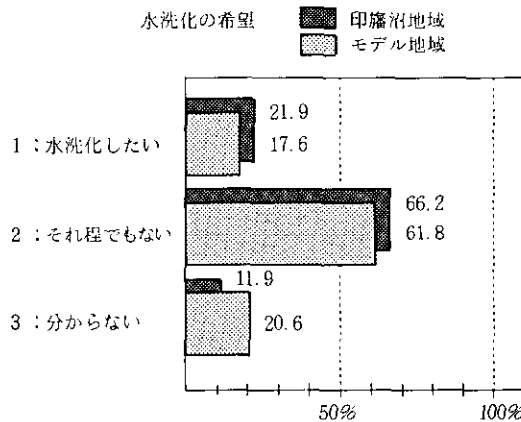


図 2 アンケート結果（水洗化に対する希望）

Fig. 2 Consciousness of residents' need for a water closet

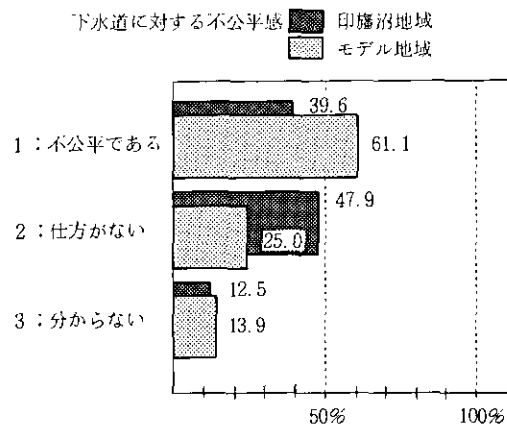


図 3 アンケート結果（下水道に対する不公平感）

Fig. 3 Residents' feeling of unfairness toward a sewerage plan

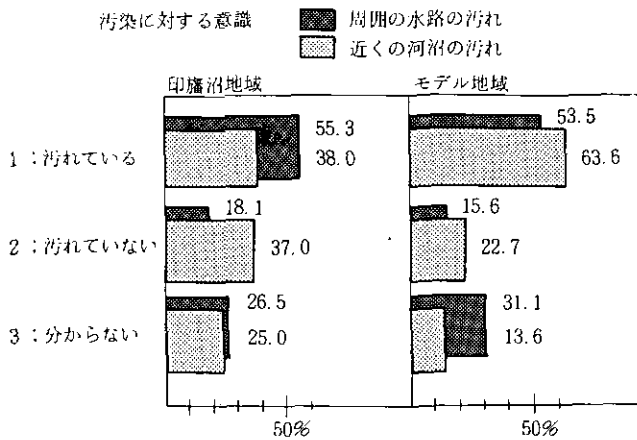


図 4 アンケート結果 (汚染に対する認識)  
Fig. 4 Residents' recognition of the water pollution

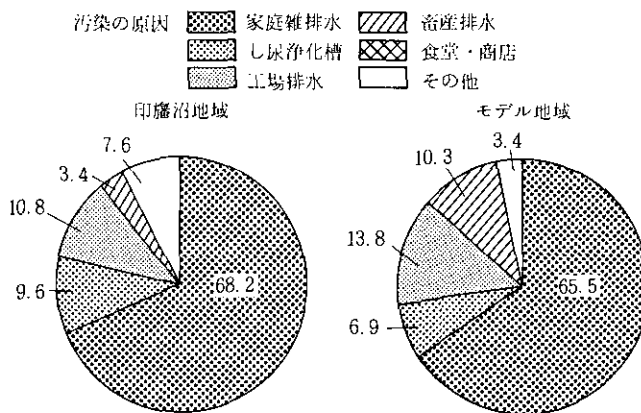


図 5 アンケート結果 (汚染の原因)  
食堂・商店などは回答が0.0%であった  
Fig. 5 Residents' consciousness on the cause of water pollution

く、「汚れている」と回答した者のうち 47.6%を占めている。

近くの河沼 (例として園部川をあげた) の汚れについては、53.5%が「汚れている」と回答しているが、「わからない」も 31.1%と多い。またその汚れの主な原因は、「家庭雑排水」が65.5%となっている。家庭雑排水の影響が近くの河沼などの周辺の水質にどの程度影響しているかについては、「かなりである」が 63.6%となっている(図5)。一方、水路整備の必要性については95.5%が「必要」と答えており(図6)、また下水処理の対策については73.2%が「必要」と考えている。家庭からの生活雑排水が周辺水質を悪化させており、それに対して下水道や水路の整備



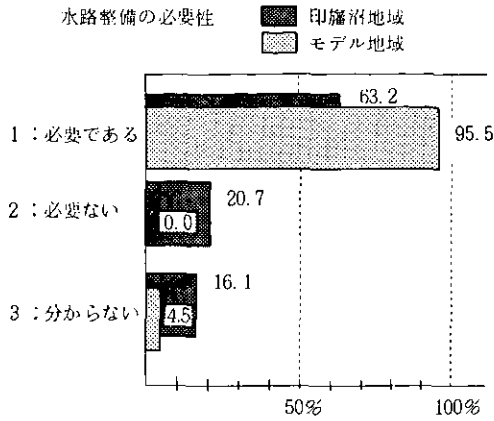


図 6 アンケート結果 (水路整備の必要性)  
 Fig. 6 Residents' needs for a waterway maintenance

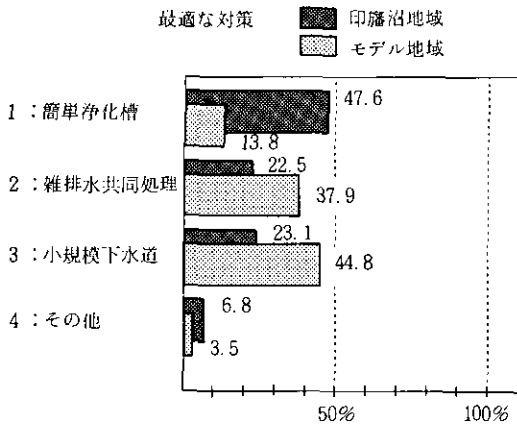


図 7 アンケート結果 (最適な対策)  
 Fig. 7 Residents' judgement on selection of a proper wastewater treatment system

などの対策が必要である、という認識が高いと考えられる。

具体的な家庭雑排水の処理方法の適否について費用及び水洗化の可能性を提示して質問した。提示した対策は ①戸別簡易沈殿層 (2万円/戸) であるが、②集落単位の雑排水共同処理施設 (30万円/戸)、③集落単位小規模下水道 (100~200万/戸) であるが、どれも「自費でも設置」との回答はない。これは、他の地域で下水道が整備されていることに対して不公平感を感じる者が多いにもかかわらず、自宅の水洗化について費用を示した時に「是非水洗化したい」と回答するものが少なかったことと関連しており、自らが汚染源と認識していても費用負担がその行動を制

約する大きな原因となっているものと考えられる。またこの地区での最適な対策については、小規模下水道、雑排水処理施設、簡易浄化槽の順となっており、設置費用負担を別とすれば、共同処理が望ましいと考えていることが分かる(図7)。

### 3.2 印旛沼流域におけるアンケートとの比較

以下で周辺環境及び排水処理対策に関する認識構造を印旛沼流域と比較検討する。印旛沼流域の会社員の回答(サンプル数 233)と比べるため、それぞれの項目について回答の分布についての $\chi^2$ 検定を(1)印旛沼流域全体と印旛沼流域の会社員、(2)印旛沼流域の会社員と対象地区、の二つのケースについて行った(表4)。(1)について、「し尿処理形態」、「下水道の不公平感」、「家庭周囲の水路の汚れの認識」、「必要な公共施設」、「近くの河沼の汚れ」、及び「最適な対策」、について10.0%以上の水準で有意な差が認められた。(2)については「し尿処理形態」、「家庭周囲水路の汚れの認識」、「必要な公共施設」、「水路整備の必要性の認識」、「排水等対策の必要性」、「簡易沈

表 4  $\chi^2$ 検定による回答分布の類似度  
Table 4 The similarity of answers tested by  $\chi^2$  distribution-test

	印旛(全体)と 印旛(会社員) との比較	印旛(会社員) とモデル地区 との比較	影響を及ぼす と考えられる 項目特性
し尿処理形態	*	***	地域・属性
水洗化状況	○	○	共通
水洗化希望	○	○	共通
下水道不公平感	***	○	属性
家庭周囲水路の汚れ 一汚れている点	***	***	地域・属性
必要な公共施設	***	○	共通
水路整備の必要性	○	***	地域・属性
近くの河沼の汚れ 一主要因	***	○	属性
家庭雑排水の影響	○	○	共通
排水等対策の必要性 一対策不要の理由	○	***	地域
簡易沈殿槽	○	○	共通
共同雑排水処理	○	○	共通
小規模下水道	○	○	共通
最適な対策	**	**	地域・属性

\*\*\* 0.1%で有意差あり      \*\*\* 1.0%で有意差あり  
\*\* 5.0%で有意差あり      \* 10.0%で有意差あり  
○ 有意差なし

殿槽に対する認識」,及び「最適な対策」,について 10.0%以上の水準で有意な差が認められた。

その結果から、会社員であることに影響される項目としては、「し尿処理形態」,「家庭周囲水路の汚れの認識」,「必要な公共施設」,及び「最適な対策」があげられ、地域に影響される項目としては、「し尿処理形態」,「家庭周囲水路の汚れの認識」,「必要な公共施設」,「水路設備の必要性の認識」,「排水等対策の必要性」,「簡易沈殿槽に対する認識」,及び「最適な対策」があげられる。属性・地域の両方に影響される項目としては、「家庭周囲水路の汚れの認識」,「必要な公共施設」,「最適な対策」である。

印旛沼流域のアンケートの結果では、一般に「会社員」は他の属性と比較して周囲の環境に対して認識が低く、家庭周囲の水路が汚れているか、また近くの河沼が汚れているか等の問いに対して、「わからない」とする回答の比率が高かった。これは農家などに比べて、身近な水辺との接触程度の違いなどが影響しているためと推測された。対象地区についてみると、「家庭周囲水路の汚れの認識」については「汚れている」が非常に高く、印旛沼流域の会社員とも、他の属性を併せた印旛沼流域全体とも違った地域としての特徴を見せている。このことは、既に問題が生じていることが大きく影響しているものと考えられる。一方、「近くの河沼の汚れ」に関しては、印旛沼の会社員と同様に「わからない」の回答が多い。このやや遠い環境に対して認識が低いことは印旛沼の会社員についても指摘されており<sup>1)</sup>、会社員が多いことの特徴と考えられる。実際にその環境をどの程度みているかがその認識に大きな影響を与えることが分かる。

また興味ある点として全体に共通して水洗化の希望があまり強くないことである。印旛沼流域についても同様な傾向がみられたが、下水道の整備については水路の汚れの認識によるものや会社員など都市型し尿処理形態を経験している者の不公平感などの影響が大きいと考えられるが、水洗化のように自らの費用負担を伴うことについては積極的な行動はとらない傾向にあると考えられる。

### 3. 3 雑排水処理施設に対する意識

具体的な処理方については、印旛沼流域では最も費用のかからない① 個別簡易沈殿槽で「自費でも設置」の回答が多く、② 集落雑排水共同処理施設と③ 集落単位小規模下水道については、対象地区と同様に「自費で設置」はほとんどなかった。最適な対策についても印旛沼では、費用のかからない①の選択が③の下水道に次いで多いのに対して、対象地区では、③ 小規模下水道の選択の次には② 共同雑排水処理の選択が多い。

アシ原を活用した雑排水処理施設の設置に際しての留意事項に関する質問では「処理効果」や「作業負担」及び「費用負担」に最も大きな関心をもっており、維持管理（あしの刈り取りや溝さらいなど）の負担についても、委託費用を負担するよりも作業の負担を選ぶ回答が多い。排水処理に対する意識が高く作業負担がネックでないことから、処理施設維持管理の比較的容易な地区であると考えられる(図8)。

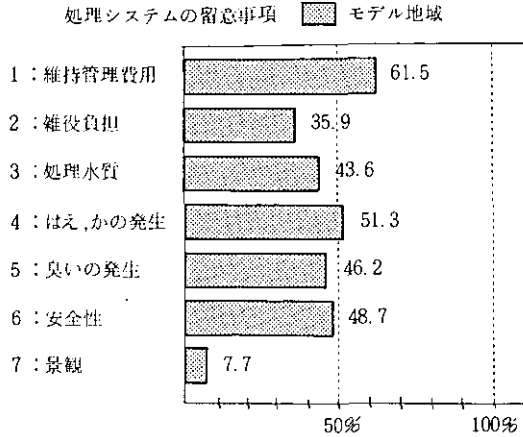


図 8 アンケート結果 (処理システムの留意事項)  
 Fig. 8 The residents' attention for wastewater treatment system

また、処理施設（二次処理）の電気代や汚泥処分費についても、原則的には住民負担であり、いくらぐらいまでなら負担感がなく支出できるかが注目される。維持管理費として毎月負担してもよいと考える金額については、100円～5000円と幅広いが、平均 1050円(標準偏差 930円)という結果が得られた（ただし、回答者の比率は 50%）。

#### 4 雑排水対策としての実践活動に対する意識

##### 4.1 実践活動の内容

雑排水対策のうち発生源対策として家庭からの排出量を削減する実践活動の推進があげられる。実践活動の趣旨は、住民一人一人が雑排水による環境汚染を認識することにより、家庭からの汚濁発生、排出量を削減しようとするものであり、意識啓発や教育効果を狙うと同時に、排出量も多少なりとも削減しようとするものである。具体的な効果についてはいろいろな報告があり、高い場合には BOD で 30%程度削減できるとの報告もある<sup>2)</sup>。

対象地区について、実践活動の効果及び住民意識を把握するためのアンケート調査の概要については表 2 に示したが、さらに今回は水質向上効果も評価するために実践活動前後に水質調査を実施した。実践活動については主婦を対象とした説明会を催した。まず、実践活動に対する意識を調査した後に、雑排水対策の必要性、実践活動の内容と意義について説明し、三角コーナー、和紙製の台所用水切りろ紙、油吸い取り紙、洗剤計量カップを配布し、その日から積極的に実践活動を実施するように要請した。

##### 4.2 実践活動に対する意識

以下でこの実践活動に関するアンケートより得られた知見を示す(表 5)。県・市町村・霞ヶ浦

表 5 実践活動に関するアンケート単純集計結果（複数回答あり）（単位％）  
 Table 5 Results of the questionnaire survey on campaign activity (unit:%)

<u>厨芥の回収</u>	
水切りろ紙等の利用	和紙水切りろ紙18.4, ビニール水切り袋36.7 食品包装用ビニール袋18.4, ストッキング等0.0 使用せず28.6
<u>和紙水切りろ紙の使い勝手</u>	
水はけ	悪い18.4, 問題なし77.6, その他4.1
ごみのとれ具合	野菜くずなど細かいものが取れる63.3, ごみ処分が面倒6.1 そのまま捨てられて便利28.6, その他4.1
配布ろ紙の使用頻度（/日）	1枚59.2, 2枚34.7, 3枚4.1, 5枚以上2.0, その他2.0
費用負担	出費したくない4.1, 200円まで53.1, 500円まで34.7, 1000円4.1 わからない2.0, 無回答4.1
今後利用の意向	以前+今後22.4, 今後は69.4, わからない6.1, 無回答2.0
<u>天ぷら油の処分</u>	
現在の処分方法	油吸取り紙26.5, 油凝固剤4.3, 紙等36.7, 油使い切り8.2 使用せず14.3
油吸取り紙の使い勝手	便利53.1, 面倒4.1, 吸収量少34.7, その他2.0, 無回答6.1
使用頻度（/週）	1枚18.4, 2～3枚49.0, 4～5枚10.2, 6枚以上10.2
費用負担額	出費したくない14.3, 200円まで30.6, 500円まで38.8 1000円まで2.0, わからない4.1, 無回答10.2
今後利用の意向	以前+今後32.7, 今後は44.9, 使わない2.0, わからない16.3 無回答4.1
<u>洗剤の計量</u>	
現在の計量方法	洗剤付属のカップ28.6, 計量カップ6.1, 洗濯機付属の カップ14.3, コップに目分量42.9, 箱から直接8.2
計量カップの使用	面倒6.1, 洗剤の節約87.8, 適量を計るのが難しい2.0, その他4.1
今後利用の意向	以前+今後46.9, 今後は46.9, 使わない2.0, わからない2.0
<u>実践活動の費用負担</u>	
費用負担額（合計）	出費したくない2.0, 500円まで28.6, 1000円まで51.0, 2000円まで6.1, わからない4.1, その他8.2

協議会などで呼びかけている実践活動に対する地区の人々の認識は実践活動前には、「良く知っている（4.1%）」、「内容についてある程度知っている（36.7%）」、「聞いたことがあるが内容についてはよくわからない（57.1%）」であり、実践活動の内容については良く知らない人が半数を越えていた。対象地区は霞ヶ浦から地理的にも離れた内陸部に位置すること、近くを流れる園部川を認知している割合も少ないことから、霞ヶ浦の汚濁を意識することはあまりないと考えられる。このことは、実践活動の重要性については以前からマスメディアを通じて啓発や教育が進

められてきたわけであるが、マスメディアによる宣伝にも限界があり、今回を実施した説明会のような地域に密着したきめ細かな対応が必要であることを示唆しよう。

説明会で実践活動用に水切りろ紙などを配布したが、こうした品物の使い勝手が、今後とも継続的な活動を続けていくためには必要であろうとの観点から各々の使用感について質問した。

水切りろ紙については、以前に市販のビニール製の水切り袋や食品包装用のビニール袋などを用いていた者が55.1%を占めている。配布したろ紙は和紙製のもので、水はけも良く野菜くずや茶かすなど細かいものがとれることが特徴である。発生源対策として台所からの厨芥の回収率が高い程効果があるわけだが、毎日使用するものであり水はけなど使い勝手の悪いものは、普及に際してかえって逆効果になることも予想される。水切りろ紙は多くの回答者（約94%）が実践活動では1日1～2枚使っている。したがって1か月で約200～400円の費用を負担しなければならない。費用負担については、200円までなら出費するが53.8%、200円～500円までが34.7%と大半の人々がこの程度の費用ならば支出することが分かった。今後の使用については、「以前は使用していなかったが今後使って行きたい」が69.4%、それに「以前から使ってきたし今後も使用していく」を合計すると91.8%が水切りろ紙を使用していくと答えている。

調理済油の処理は油が高負荷源となることから、説明の際負荷削減の点で重要であることを強調、実践活動として積極的に調理済油を適正処分するよう要請した。以前よりなんらかの形で排水に流れ込まないように油を処分していたのは85.1%を占め、この地区では特に油の処理処分に関しては問題が無かったと言えよう。配布した油吸い取り紙については、便利であるとする反面、吸い取り量が少ないといった不満もみられる。一週間で2～3枚使用が半数であることから、一か月で200円程度かかることになる。こうした経費に500円程度まで出費できるとしたのは、69.4%にのぼる。

以上のような市販品を用いた雑排水対策に総額としていくら位まで出費できるかという問いに対しては500円までが28.6%、1000円までが51.0%となっている。おおよそ月1000円程度までならば雑排水対策の費用として出費してもよいと考えている。今後雑排水対策としての実践活動を推進するうえで一つの目安となろう。

洗剤の適正使用量は使用している洗剤に応じて異なるため、計量カップを配付するとともに洗剤の適正量を各々計って使用するよう要請した。箱から直接入れていた（8.2%）以外は普通のカップや計量カップを用いて量を計って使用していた。計量カップで計ることにより、洗剤の節約となると答えたのが87.8%と大半であり、面倒である（6.1%）は非常に少なかった。「今後は使っていこう」が46.4%、これに「以前からも使ってきたし今後も使用する」を併せると93.8%が使っていこうとしている。

実践活動の効果を水質の点からみると、実践活動開始前から継続的に実践した水質調査からおおむねBODで約10～20%程度の削減であった。本地区では比較的水環境に対する意識が高いとともに、調理済油の回収など現状でも相当程度実施していたことなどから、実践活動による水質向

上効果についてはあまり顕著に現れなかったと考えられる。

## 5 おわりに

霞ヶ浦北部に位置する住宅団地の居住者を対象に行ったアンケート調査から得られた知見について以下に示す。まず、周辺環境、雑排水対策については、

① 比較対象として印旛沼流域での同様のアンケート結果を取り上げて、対象地区の位置づけを行った。この地区については、印旛沼における会社員の属性に類似した性格と地域独自の性格を持っていること、属性として会社員が多いことからふだん見る機会のないやや遠い環境である河や沼については認識があまりないことが分かった。地域独自の特性として家庭周辺の家庭雑排水による水質汚濁の状況とその対策の必要性については認識が高い。これは、水路の汚れが実際問題となっていたこと、そのために水路の溝さらいなど自治会活動が活発であるなどの地区の特殊性も関連すると考えられる。そのような問題の生じていない印旛沼流域周辺では、本地区に比べると認識の程度は低い。

② 排水処理施設の設置に関しては、作業負担がネックとなっていないが、自費でも設置するという考えはない。印旛沼流域と同様に下水道の整備については希望は高いが、その動機は水洗化よりもむしろ、周囲の水環境の汚れの認識や、下水道が既に設置されている地区と比べた時の不公平感からであると考えられる。

③ 対象地区は水環境、特に家庭周辺の水環境について意識は高いが、具体的な処理方法の選択については、官庁の指導や援助に頼る姿勢がやや強い。しかし、この地区ほどではないが印旛沼流域においても同様の傾向がみられることから、このような水環境保全対策は行政の仕事であるとの考えが浸透している結果ともいえる。

発生源対策の実践活動に対しては、

① 対象地区ではその意義等についてあまり知られていなかったが、周囲の水路の汚れに起因するハエ・カや臭気の発生等身近な水環境の汚濁が顕著であったために、一部の家庭では既に排出量を削減する努力がなされていた。実践活動が契機となって「まず身近な環境から積極的に保全していこう」という意識の向上と活動の定着を図ることにこうした活動の意義が見いだせよう。

② 実践活動の意義、内容については、従来マスメディアを通じて伝えられていたが、内容まで十分に把握している場合は少ないと考えられる。各地区での主婦を集めての説明会などきめ細かな対応がこの種の活動を実りあるものにするためには必要であろう。また、実践活動用品は少額であるが費用負担を伴うため、費用の一部負担や無償配布などの公的な配慮が継続的な活動を維持するためには必要であろう。

以上雑排水対策に対する住民意識についての解析結果を示したが、本地区の処理施設は雑排水のみの処理施設であり、水洗化などの生活の利便性には直接結びつくものではないと言ってよい。それだけに、雑排水対策といった水洗化など直接的なメリットの乏しい施策に対して、地区の住

民がいかに考え、それに対応していくかについて把握しておくことは、今後雑排水対策を効果的に推進していくためにも必要であると考えられる。50戸程の住宅団地を対象にしたものであり、結果については一般性に乏しいと思われるが、雑排水対策を推進する際の参考になれば幸いである。

最後にアンケートにご協力いただいた山崎地区住民の方々に謝意を表します。また、解析に当たって当研究所須藤隆一技術部長、内藤正明総合解析部長、中杉修身資源循環研究室長から貴重な意見をいただいたことを記して謝意を表します。

### 引用文献

- 1) 中杉修身・原沢英夫・西岡秀三・市川 新・藤原正弘(1981)：下水処理代替案に係る住民の選択 -印旛沼周辺の下水道整備対象外地域を例として- . 土木学会第9回環境問題シンポジウム講演論文集, 36-41.
- 2) 環境庁(1985)：生活雑排水対策マニュアル, 198p.
- 3) 青柳みどり・原沢英夫・中杉修身・細見正明・須藤隆一(1986)：雑排水対策に対する住民の意識について. 第21回水質汚濁学会講演論文集, 265-266.



青木陽二<sup>1</sup>

Yoji AOKI<sup>1</sup>

### 要 旨

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、水辺の快適性を向上するのに役立つが、このような処理水を生かした快適な水辺を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。本研究では多様な水辺に被験者を誘導し、その回答と現場の状況とを関連分析することにより、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ことなどが明らかとなった。また心理的反応と直接結びつく水温、濁度、流速、色相が明らかになった。

### Abstract

The water which was provided by treatment system using the self-purification ability may contribute the amenity of the waterside. To clarify the another physical factors of the waterside, the respondents was employed to evaluate the various types of the waterside in the city. The results had found the significant physical factors to contribute the amenity; slope of the bank, surface of the riverside, current of the water, color of the water, turbidity, waterside plants, distance from the access road. And the physical property of the bottom soil, coldness of the water, visibility of the water, view from the bank to the waterside are effected to the pleasantness of wadding. The significant relations were obtained between the psychological responses and the water temperature, turbidity, current of the water, color of the water.

### 1 はじめに

戦後の人口の大都市への集中はわずか40年の間に当時の人口のほぼ半数が大都市域へと移動する民族大移動を行わせしめた。このような急速な都市化によって水際線は構築物によって侵され

---

1. 国立公害研究所 総合解析部 〒305 茨城県つくば市小野川16番2

Systems Analysis and Planning Division, the National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

ていった。上下水道の発達により水は水道管に流れ、川の水量の減少は排出された大量の汚水を希釈できなくなり、川は下水道となってしまった。川は下水とみなされるようになるのと同時に人々から見捨てられ、水面はコンクリートの垂直護岸によって人々の生活空間から切り離されてしまった。このような変化を背景に人々は水質の浄化を望むだけにとどまらず、水辺全体をかつて楽しんだような場所として整備されることを望むようになった。

このような要求に伴い水質の良否を判定するに限っていた水質環境基準が周辺の景観や地形、構造物や生物に至るまでの基準の改訂を検討するに至った<sup>1-3)</sup>。また現在では見捨てられた水辺をよみがえらせるための調査研究も始まった<sup>4-9)</sup>。このような研究は水辺の見えかたから景観のデザイン<sup>10-20)</sup>へと発展していった。また、水のあるところには生物がいることが大切であり、川魚や鳥、昆虫などが水辺に戻るような、水環境の改善を考えるようになった<sup>21-25)</sup>。

さらにそのような場所でのどのような遊びができれば快適かという研究<sup>26-30)</sup>や、快適な水辺で遊べるにはどれ位までお金を払っても良いかについて<sup>31,32)</sup>も研究するようになった。

これらの研究が目指すものは人々が楽しめる水辺をどのように実現したらよいかを示しているといえる(表1)。本研究では、現場の設計に役立つ数値的基準を検討するに十分な評価方法を確立するため、同一の人が多様な水辺を体験し評価する方法を都市域に分布するいくつかの河川で試みることにした。

## 2 被験者を連れた方法

水辺の快適性は水辺の物理的性状の体験による感覚的評価の結果である。このような評価は人間しか回答し得ない。猿が温泉に入って気持ち良さそうにしている状態は猿にとっての環境の快適性と言えるが、人間の快適性とは言い難い。このように環境の快適性評価を得るには、人の心に問わなければならない。よって快適性を測るには問いかけの方法によって、図1のようにいくつかのパターンが考えられる。環境と心の反応時間の長さで分けると室内における視覚提示実験や、聴音実験のような瞬時的判断に問いかける方法、現場実験のようにある程度その環境に慣れるまで時間をかけて問いかける方法、その場所で一つの作業目的を完了させるだけの時間を必要とする滞在型の問いかけ方法の三つに分かれる。

子供時代に水辺で遊んだことのある人は必ずズボンの裾をまくって水に入ったことを、思い出すであろう。このような水遊びをするのは、今でも変わりなく行われ、暑い夏の日には楽しい思い出をつくってくれる。このような体験的評価を得るには写真やスライドのような瞬間的提示による問いかけでは用が足りない。一方滞在型の問いかけでは多くの地点を同じ被験者が同じ天候条件で比較することは困難となる。よって現場に被験者を誘導し、30分～1時間遊んでもらう方法はいくつかの現場を同一の気象条件で比較するには良い方法である。このような評価実験によって得られた結果を解析することにより、水遊びに必要な水の流れ、水際の地形条件などを明らかにできる。

表 1 水辺評価に関する今までの調査研究

Table 1 Recent researches on the appraisals of waterside amenity

研究分野	水の汚れ	水流	生物生息	人間活動
水辺の環境調査	合田, 1979	加藤, 1980	森下, 1977	鈴木, 1980
	環境庁水質保全局, 1980	小山・村瀬, 1983	長友, 1981	渡辺, 1984
	環境庁水質保全局, 1983	荒井, 1986		原田, 1985 村川・西名, 1986
水辺のデザイン	Aoki, 1981	吉田・吉田, 1979 青木, 1985	田畑, 1979 小山, 1981 大江, 1986	日本緑化センタ, 1979 坂田, 1980 建設省土木研究所, 1981 北村, 1981 中村, 1981 建設省九州地建, 1982
	水辺全体の計画	Spaulding, 1976 横須賀三浦市町・海の問題委員会, 1980	日本建築学会, 1984 泉, 1984	千代田デイムス・アンド・ムーア, 1983 青木・鈴木, 1985 田嶋, 1985 吉村・芝原, 1985

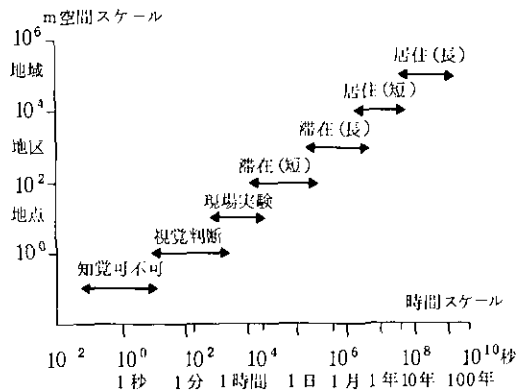


図 1 環境からの刺激時間と空間スケール

Fig. 1 Scale of the area and stimulating time

### 3 調査地点の選定

このような実験により期待する成果を得られるかどうかは、実験を行う場所が目的とする条件を十分カバーしているかどうかによって依存する。そこで 58, 59 年度にわたって、東京都周辺に分布する 9 系統の中小の河川や用水について、写真撮影による河岸や橋の上からの景観調査や水辺環境としての堤や河川の構造を表す物理的諸元、河底の性状、悪臭・水鳥・ゴミなどの状態を調べた。調査区間は総延長 21km, 218地点, 130橋に及んだ(表 2)。これらの地点では川幅は 5~30m と多様であり、水面までの段差も 0.5~11m と多様であった。また流速も 0~3.8 m/s とよどんでいるところからかなりの速さで流れているところまでを含んでいた。

この調査によって都内の中小河川はほぼ全域で周辺に道路があり、人々が近くまで行けることが分かった。しかしながら水辺と岸との間には柵や 10m を越える段差があり、人々が容易に水と触れ合うことができないことが分かった。また橋の上からの水と人々との触れ合いでは、水面が主景となるように視野の 1/4 を占める地点は 16 か所で全体の 12% しかなかった。このような調査結果から、本研究で必要とする人々と水との多様な水辺を選定するには、大川や公園化された人工の水辺も含むと水辺の多様性が増すことが分かった。

よって現場実験を行う対象地として図 2 に示すように、都内の 6 河川に多様な水辺 16 地点を選定した。実験時における移動の便利さからなるべく同じ水系で多くの地点を選定し、水系の異なる場合も距離の近い場所を選んだ。

第 1 の地点は多摩川下流で大田区のカス橋付近である(写真 1)。この河川は潮入り河川で干潮時には底にヘドロが厚く堆積したものが現れ、この時は水辺に近づき難い。法面は緩やかで河川敷まで容易に降りられるがアシが密生しこれも水辺への接近を妨げている。

第 2 地点も多摩川の公園化された河川敷のある地点で丸子橋付近である(写真 2)。水際は古い

表 2 都内中小河川の景観調査水系  
Table 2 Rivers investigated on the landscapes

水系名	区間数	距離	調査地点数	区間の橋梁数
玉川上水系	1	3.0km	31	12
野川水系	1	3.0km	31	10
香川水系	1	3.0km	31	23
神田川水系	1	3.0km	31	16
石神井川水系	2	3.0km	32	19
大横川水系	1	1.0km	10	5
仙台堀川水系	2	1.7km	17	12
横十間川水系	1	0.3km	4	2
葛西用水系	1	3.0km	31	31



図 2 調査対象地点  
Fig. 2 Sites investigated

石積みで容易に水際まで行けるが、石積みが急傾斜であり、また水の富栄養化で表面がヌルヌルしているので水と接するには危険がある。

第3の地点は二子玉川の野川で兵庫島に新しく造られた水辺へのアクセスを配慮した設計の護岸である(写真3)。芝生による緩やかなスロープと水際は段々になった石積みで造られている。こも石の表面はヌルヌルであり、また越水時には芝生まで泥が上がり汚れてしまい管理が難しいところである。全面にがけが迫り対岸にゆとりがなく、またがけの上には宣伝用のビニール製の大きな人形があり、景観的には好ましくない。

地点4も兵庫島で多摩川側の護岸で国道246号線の新二子橋付近である(写真4)。幾分傾斜した石積みで水際に降りやすいが、水際の近くは深く流れも速いため水には入り難い。

地点5は地点4の少し下流に当たり、親水性を高めるために石組を川に突き出した部分である(写真5)。水の中に入りやすい形になっている。しかしながら、突き出した部分の付け根付近は水の流れがよどみゴミがたまって奇麗ではない。

地点6はさらに下流部の田園都市線の新二子橋付近で、自然のままの岸辺の状態の地点である(写真6)。ほとんど傾斜のない水際に水に入りやすいがかなり先までいっても水深は深くならず流れも遅い。しかしながらコンクリートで造られていないため水はジャリの間を流れよどむことはなく流れる。

地点7は野川公園内にある野川へ流入する湧水のある場所である(写真7)。川幅は狭く小川であるが水は透き通っており、子供達がいつも大勢遊んでいるところである。護岸は造園的なしつらえがなされていて周辺の芝生とともに見た目にも美しい。

地点8は野川公園の上流部で岸は自然風に造られている。水際には草が生え、水中にも水草が密に生えているので水底は見えない(写真8)。

地点9は野川のさらに上流部で護岸はコンクリートで固められ、水際に行きやすく水中には足を乗せる台まで造られている(写真9)。しかしながら水草が密生し水の流れが速く底の状態は岸からは分からない。

地点10は江戸川橋近くの神田川で10mもの擁壁上の場所である(写真10)。この地点からは柵を通してもしくは柵の上からしか水面を見ることができない。採水や流速の測定は困難な地点であるが市街中心部では良く見られる水辺である。

地点11は江戸川区にある小松川境川公園内の人工的に造られた水辺で水に入りやすいようジャリをちりばめたコンクリートのスロープになっている(写真11)。流水は浄化された水で透き通っている子供達が水に漬かっても安全なように非常に浅い。

地点12は11と同じ小松川境川公園の地点であるが岩をちりばめた水辺で、岩に腰掛けて水と接することができる(写真12)。ここの水深も水の危険を恐れて浅い。

地点13は四ツ木橋付近の綾瀬川で土手の傾斜は人が降りるに苦労する程の角度で下部には河川敷もなく水辺に行くには危険がある(写真13)。また水質が悪いため水の色が汚く、前面には高速道路の高架橋もあり景観的にも優れていない。

地点14は新堀切橋近くの荒川で緩い法面と広い河川敷のある場所である(写真14)。水際はコンクリートの穏やかな護岸で底質は砂とヘドロの混ざった状態で足を降ろすことができる。

地点15は京成高砂駅近くの中川の河岸で、急な傾斜のコンクリート護岸で降りるのは困難であり、金網によって水に近づくことはさらに困難になっている(写真15)。河岸にはアシが密生し、水際の河底はヘドロがたい積し歩きにくく、また水も黒く汚れている。地点16は常磐線鉄橋下の江戸川の河岸で前面が広く開け、広い河川敷と緩い法面で水際には近づきやすい(写真16)。また水際は緩い傾斜のコンクリート護岸で近づきやすく水も水量が多いため汚れは自立たない。

#### 4 現場実験の実施

水研究の現場実験は1985年7月30、31日に行われた。調査日の天候は30日が快晴で、気温は現場で33~37度、湿度49~57%であった。また31日も快晴で気温は現場で27~36度、湿度50~69%で両日とも水に入るには良好な条件であった。被験者の数は21名で、学生を中心とした若者のグループで年齢は20~32歳、男11名、女10名であった。アンケートは各被験者ごとに用紙を持たせ、各地点において土手の上、河川敷、水際で観察と体験を行わせ、そこで感じたものを回答させるという方法をとった。回答は選択肢を用意し、その番号を回答する方法で行った。選択肢で十分

でないところはフリーアンサーで回答させた。各地点の快適さだけは、1～5の数値で評価してもらうことにした。属性などのフェイス項目は、最後にまとめて回答させた。現場での誘導は見る方向と歩く方法を指示し、土手の降りかたや水への入りかたは自由に行わせた。そのため極度に汚れた地点では水に入らなかった被験者もあった。実験は9～15時にかけて行い、途中昼食のため休みをとった。地点間の移動はマイクロバスで行い、移動中の車内は実験についてのインストラクションと回答のチェック、休息に当てた。

### 5 水辺の快適性に寄与する現場の条件

水辺の快適性に寄与する物理的諸量を明らかにするには、快適性評価をもたらす現場の特徴を求めなければならない。このような特徴は現場での被験者の判断結果として得られる。このような心理的反応は連続した数値というより、分類項目として表される。このようなカテゴリー項目として得られたデータの関連を分析するにはCATDAPという便利な分析方法がある。この方法は一つの項目に対して一番説明力のある項目の組み合わせをAICという情報量基準で選んでくれる<sup>33)</sup>。この方法を用いて快適性に寄与する現場の物理的特徴を明らかにした。まず各地点の総合的評価としてその地点を再び訪れたいかという質問項目を取り出した。この項目に対して関連の強い項目を表3のように求めた(計算上ではすべての項目について求めているが10位まで示す)。その結果、各地点の快適さを表すために5点満点で評価させた項目が一番説明力があった。次いで水遊びに良いか、水にどこまで入りたいか、水の冷たさが続いた。AICの値は9.2以上離れると有意水準0.01で差が有ると言えるので、快適性得点は他の項目を圧していることを示す。

次にいくつかの項目が組み合わさった場合の結果を表4に示す。この結果では快適性得点が一番であるが、2番の快適性得点と水遊びに良いとの組み合わせによるAICとあまり差がない。こ

表 3 再来希望に関連する要因 (AIC による変数選択)

Table 3 Factors contribute to the revisit

順位	変数	カテゴリー数	AIC	AICの差
1	快適性得点	5	-146.44	
2	水遊び快適	2	-94.07	52.37
3	水どこまで入るか	4	-93.56	0.51
4	水の冷たさ	3	-90.82	2.74
5	水に入りたい	3	-90.25	0.56
6	水底の肌ざわり	3	-87.44	2.82
7	調査地点	16	-85.20	2.24
8	水のきれいさ	3	-64.01	21.19
9	河岸を歩きたい	3	-50.41	13.60
10	河岸の眺め	4	-47.87	2.54

表 4 再来希望に関連する要因群 (AIC による変数選択)  
Table 4 Groups of factors contribute to the revisit

順位	変数	カテゴリー数	AIC	AIC の差
1	快適性得点	5	-146.44	
2	快適性得点・水遊び快適	10	-143.34	3.10
3	快適性得点・河岸歩きたい	15	-139.78	3.56
4	快適性得点・河岸歩きやすい	15	-139.32	0.45
5	快適性得点・散歩する	10	-138.09	1.23
6	快適性得点・年齢	10	-137.18	0.91
7	快適性得点・性別	10	-135.25	1.93
8	快適性得点・サイクリング	15	-134.21	1.04
9	快適性得点・水遊びをする	15	-133.22	0.99
10	快適性得点・水底の肌ざわり	15	-130.99	2.23

表 5 快適得点に寄与する要因群 (AIC による変数選択)  
Table 5 Groups of factors contribute to the amenity

順位	変数	カテゴリー数	AIC	AIC の差
1	調査地点	16	-206.28	
2	水遊び快適・年齢・河岸歩きたい	12	-155.09	51.19
3	水遊び快適	2	-151.01	4.08
4	水の冷たさ	3	-150.59	0.42
5	水に入りたい	3	-145.88	4.31
6	水底の肌ざわり	3	-137.74	8.14
7	年齢・水遊び快適	4	-136.67	1.07
8	水にどこまで入るか	4	-134.06	2.61
9	河川敷へ降りたい	3	-122.64	11.42
10	水きれい	3	-122.60	0.04

のことは水遊びに良いという項目は無視できないが再来希望の説明項目として快適性得点だけで十分であることを示している。そこでこのような場合、本研究では一番良い説明力のある項目群を求めることにする。次にこの快適性得点を目的変数にして同様の分析を行った（再来希望項目は除いてある）。その結果表5のように調査地点が単独で一番良い説明力を示した。この結果は田園地域で行った結果<sup>34)</sup>と異なり、都市地域では地点の評価が本調査で用いた水辺評価の要因だけでは設立していないことを示し、周辺の建物や広告、緑による景観や道路の交通量などもっと都市的な要素によってもたらされていることを示す。これらのことをまとめると地点の再来希望の評価構造は図3のようにまとめられる。



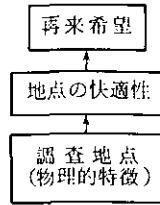


図 3 地点の魅力の構造

Fig. 3 Structure of the psychological responses on the site's attraction

表 6 各地点の快適度

Table 6 Amenity of the sites

番号	調査地点名	快適度	水辺の状況	河川形態	水底の状況
1	多摩川ガス橋	2.2	自然緩傾斜	潮入河川	ヘドロ
2	多摩川丸子橋	3.3	急傾斜護岸	潮入河川	土
3	兵庫島野川側護岸	3.7	階段護岸	中河川	砂利
4	兵庫島多摩川側上流	3.0	階段護岸	大河川	コンクリート
5	兵庫島多摩川側下流	3.0	緩傾斜護岸	大河川	コンクリート
6	多摩川二子玉川橋	3.6	自然緩傾斜	大河川	砂利
7	野川公園野川支流	4.7	自然緩傾斜	小川	土
8	野川公園野川本流	3.4	自然緩傾斜	小河川	土
9	野川コンクリート岸	2.6	緩傾斜護岸	小河川	砂利
10	神田川 (江戸川橋)	2.0	垂直護岸	中河川	砂利
11	小松川境川公園斜面	3.9	緩傾斜護岸	小河川	コンクリート
12	小松川境川公園石積	3.7	緩傾斜護岸	小河川	コンクリート
13	綾瀬川 (四ツ木橋)	1.1	急傾斜護岸	大河川	ヘドロ
14	荒川 (牛田)	3.1	急傾斜護岸	大河川	土
15	中川 (京成高砂)	1.6	急傾斜護岸	大河川	ヘドロ
16	江戸川 (常磐線橋)	3.1	緩傾斜護岸	大河川	コンクリート

そこで各地点の快適性をもたらす物理的な要因を探るため、被験者が5点満点で快適性を評価した値（快適性得点）を地点ごとに平均し各地点の快適度を求めた。その結果表6のように地点7において最も高い値を示した。この地点は写真7のように多摩川の河岸段丘の下できれいなわき水があり、子供たちが遊びやすいつくりとなっていた。一方地点13では一番低い評価となった。この地点は写真13に示すように荒川と合流する綾瀬川下流部で土手から降りる困難をきたす斜度の法面、ほとんど幅のない河川敷、汚れた水、ゴミ、悪臭、前面には工事中の高速道路と垂直護岸があった。このような条件では人々は水辺にほとんど近づかないことが分かった。ここで算出した各地点の快適度と再来希望の関係は図4のように指数関数的に関連していることが分かった。快適性得点が4点以上になれば半数以上の人々がまた来たいと感ずるような地点であることが分か

った。

次に、各地点の快適性と現場の物理的状況を示す諸量との関連を求めた。このようなデータは一般に連続量として求められるので、関連分析は PSS<sup>35)</sup>を用いた変数選択の重回帰分析で行った。その結果表7に示すように七つの変数による説明力が一番効率が良いことが分かった。各地点においては外法面傾斜角が小さい程、河川敷の表面がコンクリートなど歩きやすい程、水の流れがゆるい程、水の色がうすい程、濁度が低い程、水際の植生が少ない程、道路からの距離が遠い程、快適さは高くなることが分かった。

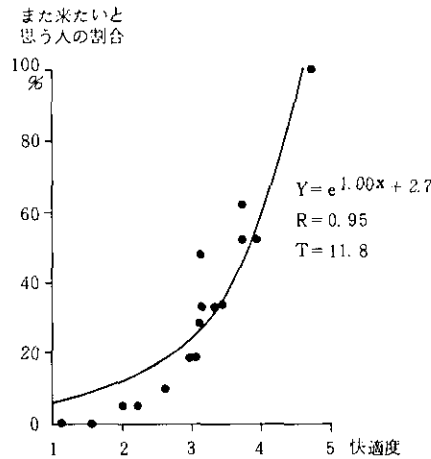


図 4 快適性とまた来たい人の割合

Fig. 4 Relation between the amenity and the ratio of revisit

表 7 快適性得点に寄与した物理量 (PSSによる変数選択)

Table 7 Physical quantities contribute to the amenity

物理的諸量	回帰係数	T 値	偏相関係数	相関係数
外法面傾斜角	-0.0043	-1.8	-0.65	-0.57
河川敷の表面	0.33	2.3	0.82	0.38
流速	-1.3	-2.2	-0.80	0.59
色相	-0.046	-2.0	-0.72	-0.82
濁度	-0.054	-2.7	-0.97	-0.74
水際の植生	-0.0061	-2.2	-0.79	-0.57
道路からの距離	0.057	2.5	0.90	0.18
定数項	4.36	7.5		
修正重相関係数				0.99
PSS	0.49			

### 6 水遊びの快適さに寄与する現場の条件

それでは本研究の主目的である水遊びの快適さはどのような構造になっているのであろうか。前項と同様の分析を行うと、表8のように水にどこまで入るかと土手の傾斜が優れた説明力を示した。これらの項目をそれぞれ目的変数にして各地点の物理的特徴に結びつくまで分析を繰り返すことにした。

その結果水にどこまで入るかは、図5のように水に入りたいと感じられるか否かと結びついた。

表 8 水遊びの快適性に寄与する要因群 (AIC による変数選択)  
Table 8 Groups of factors contribute to the pleasant wadding

順位	変数	カテゴリー数	AIC	AIC の差
1	親水度・土手の傾斜	12	-214.49	
2	親水度・水際にゆける	12	-202.57	11.92
3	親水度・性別	8	-202.20	0.36
4	親水度	4	-201.46	0.74
5	親水度・河川敷へ降りたい	12	-201.19	0.27
6	親水度・水底見える	12	-200.86	0.33
7	親水度・斜面の歩きやすさ	12	-200.77	0.09
8	親水度 水際見える	12	-200.51	0.26
9	親水度 土手の傾斜・性別	24	-198.38	2.13
10	親水度 ボートやヨットに乗る	12	-198.26	0.13

親水度：どこまで水に入りたいか

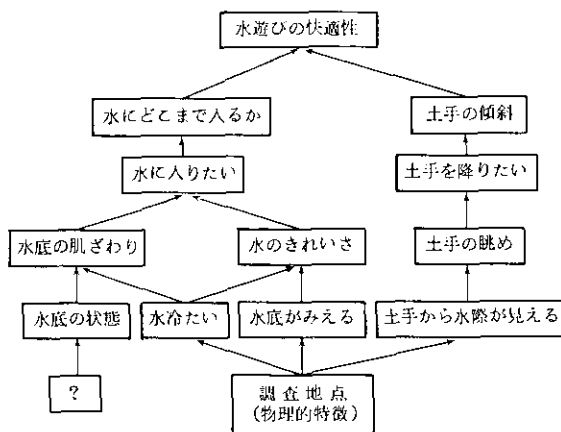


図 5 水遊びの快適性評価の構造

Fig. 5 Structure of the psychological responses on the pleasant wadding

水に入りたいかどうかは水底の肌ざわりと水のきれいさの組み合わせによってよく説明されていた。水底の肌ざわりは水底の状態と水の冷たさによって説明され、水のきれいさは水の冷たさと水底が見えるかどうかによって説明されていることが分かった。水底の状態は表9に示すようにそれ以上有効な項目は見つからなかった。また水の冷たさ、水底が見えるかどうかは表10、11のように調査地点との結びつき、物理的な諸量との関連を求めるべきであることが分かった。

表 9 水の冷たさに寄与する要因群 (AIC による変数選択)  
Table 9 Groups of factors contribute to the coldness of water

順位	変数	カテゴリー数	AIC	AIC の差
1	調査地点	16	-246.30	
2	調査地点・年齢	32	-191.51	54.79
3	調査地点・性別	32	-162.70	28.81
4	調査地点・散歩する	32	-154.94	7.76
5	調査地点・土手から水際が見える	48	-129.22	25.72

表 10 水底の肌ざわりに寄与する要因群 (AIC による変数選択)  
Table 10 Groups of factors contribute to good touch of the river bottom

順位	変数	カテゴリー数	AIC	AIC の差
1	年齢	2	-2.62	
2		0	0.0	2.62
3	土手の傾斜	3	2.42	2.42

表 11 水底が見えるに寄与する要因群 (AIC による変数選択)  
Table 11 Groups of factors contribute to see the river bottom

順位	変数	カテゴリー数	AIC	AIC の差
1	調査地点	16	-285.34	
2	調査地点・年齢	32	-243.21	42.13
3	調査地点・性別	32	-190.54	52.67
4	調査地点・散歩する	32	-189.34	1.20
5	調査地点・河岸から水際が見える	48	-185.48	3.86

一方、土手の傾斜は土手を降りたいかどうかと結びついた。これはさらに土手の眺め、土手から水際が見えるかどうかに関連していた。土手から水際が見えるかどうかは、表12のように調査地点と結びつき、現場の物理的な条件を調べるべきであることが分かった。

これらの調査地点と結びついた項目を各地点ごとに集計すると表13, 14 のようになる。水底の状態では、ヌルヌル・ベトベトしているが多く、すべての地点で観察され、富栄養化が都市内の

表 12 土手から水際が見えるに寄与する要因群 (AIC による変数選択)  
Table 12 Groups of factors contribute to see the waterside

順位	変数	カテゴリー数	AIC	AIC の差
1	調査地点	16	-405.76	
2	斜面の歩きやすさ	3	-372.94	32.83
3	調査地点・年齢	32	-344.95	27.99
4	調査地点・性別	32	-291.59	53.36
5	調査地点・散歩	32	-286.04	5.55

表 13 各地点における水底の状態 (%)

Table 13 Touches of the bottom at the sites

地点	調査地点	ヌル ヌル	ベト ベト	ザラザラ チクチク	ゴツ ゴツ	水草	ガラス や缶が あたる
1	多摩川ガス橋	95	0	5	0	0	0
2	多摩川丸子橋	95	5	0	0	0	0
3	兵庫島野川側護岸	67	24	0	0	0	10
4	兵庫島多摩川側上流	95	5	0	0	0	0
5	兵庫島多摩川側下流	90	10	0	0	0	0
6	多摩川二子玉川橋	48	52	0	0	0	0
7	野川公園野川支流	100	0	0	0	0	0
8	野川公園野川本流	95	5	0	0	0	0
9	野川コンクリート岸	90	10	0	0	0	0
10	神田川 (江戸川橋)	100	0	0	0	0	0
11	小松川境川公園斜面	81	14	0	0	5	0
12	小松川境川公園石積	81	10	5	0	5	0
13	綾瀬川 (四ツ木橋)	100	0	0	0	0	0
14	荒川 (牛田)	100	0	0	0	0	0
15	中川 (京成高砂)	90	5	0	0	5	0
16	江戸川 (常磐線橋)	100	0	0	0	0	0

表 14 各地点における水遊びに寄与する項目の値 (%)

Table 14 Coldness, visibility of the bottom and visibility of the waterside at the sites

地点	調査地点	水の冷たさ	水底が見える	土手から水際が見える
1	多摩川ガス橋	0	5	61
2	多摩川丸子橋	5	19	24
3	兵庫島野川側護岸	29	100	0
4	兵庫島多摩川側上流	0	0	0
5	兵庫島多摩川側下流	5	10	0
6	多摩川二子玉川橋	38	90	0
7	野川公園野川支流	100	100	0
8	野川公園野川本流	10	100	57
9	野川コンクリート岸	24	100	10
10	神田川 (江戸川橋)	0	5	0
11	小松川境川公園斜面	0	100	0
12	小松川境川公園石積	0	100	0
13	綾瀬川 (四ツ木橋)	0	5	43
14	荒川 (牛田)	0	0	5
15	中川 (京成高砂)	0	5	100
16	江戸川 (常磐線橋)	0	5	0

水辺の至るところで影響しているようである。岩や砂利、水草による影響は少なかった。またガラスやカンなどのゴミによる影響も思った程多くないことが分かった。また水の冷たさでは、水温が16度を示した地点7で「冷たい」と回答する人が多く見られた。水底が見えるかという問いでは見える地点と見えない地点がはっきりと現れた。半数以上の人土手から水際が見えると答えた地点は1、8、15であった。

水底の状態を除いてこれらの項目が単純に一つの物理的な量と結びつくことは容易に推察し得るので、物理的諸量と単回帰分析を行うことにした。水の冷たさは水温との関連を求めると図6のように有意な相関があることが分かった。しかしながらこの関連は低温部が16度しか得られていないので、関連の仕方を十分に描ける程明らかな結果は得られなかった。次に水底の見えかたと濁度との関連を求めると図7のように濁度10以上ではほとんどの人が見えないと回答していた。しかしながらこの結果も濁度10以下では結果が分かれ、関連の仕方を描くには十分な結果ではなかった。これは調査地点での水深と水底の性状が関連していると思われる。土手から水際が見えるかどうかについては各地点での可視不可視であるのでこれ以上解析はしなかった。

水辺の快適性の分析において最適な説明変数として選ばれなかった項目の中で、先の分析(再

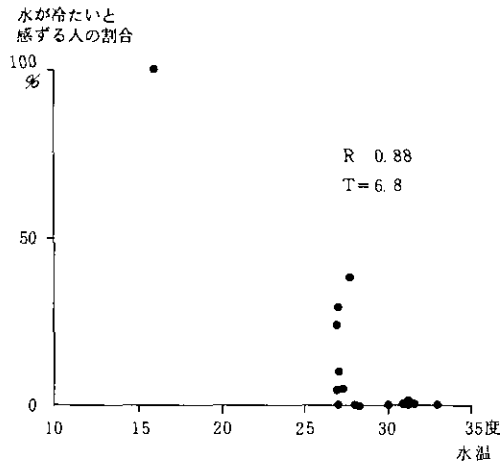


図 6 水の冷たさの水温の関連

Fig. 6 Relation between the coldness and the water temperature

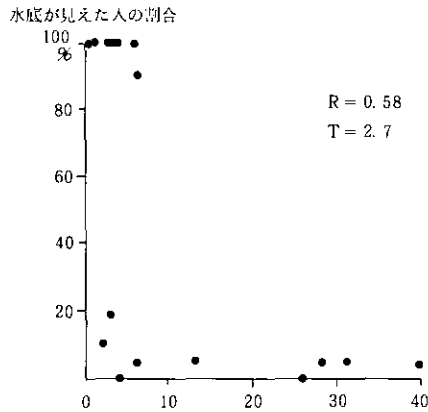


図 7 水底の見た人の割合と濁度の関連

Fig. 7 Relation between the visibility of the bottom and the turbidity of the water

来希望に寄与する要因) では重要な項目であった 2 項目について物理的諸量との関係で有効な結果を得たので報告する。

流れが速いと感ずる人々の割合と流速との関係は図 8 に示すように、水と接することのできなかつた地点 10 と水深に比べて浅い所までしか水に入れなかつた地点 9 を除いて、有意な関連があり、相関係数 0.92, T 値 9.2 で有効な結果を得た。流れが速いと感ずる人の割合は流速の増加に従って増し、流速が 0.3~0.4m/s 以上になると半数以上の人流れが速いと感ずることを示した。

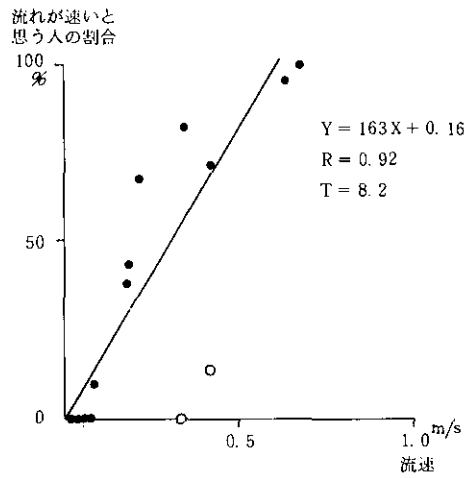


図 8 流れの速さの感じ方  
Fig. 8 Relation between the feeling of the current and the speed of the water-flow

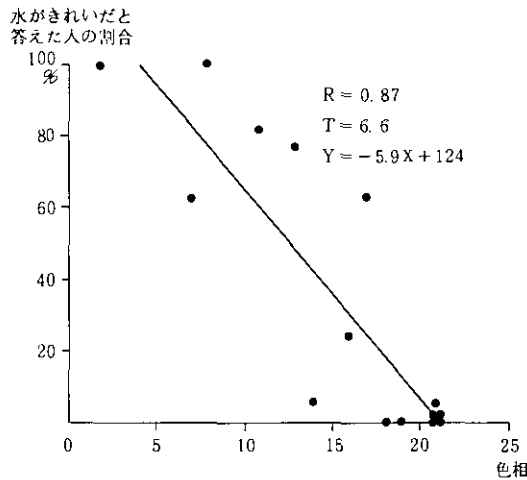


図 9 水のきれいさと色相の関係  
Fig. 9 Relation between hue of color and the clearness of water

この結果は先に報告した結果<sup>34)</sup>とはほぼ一致するのでかなり信頼のおけるものと判断される。しかし地点9が示すように水深が異なる場合の流れの速さの感じ方は異なることを示し、水辺の快適性をもたらす流速を明らかにするには、さらに研究が必要であると思われる。

また水のきれいさと色相との関連は図9に示すように、相関係数は0.87、T値6.6で十分ではないが、有意な関連を得た。この結果から色相値が低くなるに従って、水がきれいであるという人



が多くなり、フォーレル・ウーレの水色計が示す値<sup>34)</sup>と逆の関係になることを示している。この関連の方向の違いは使用している尺度の違いであるが、人々の感覚と物理化学的に定められた尺度が関連していることを示し、水の富栄養化指標と人々の感覚に関連を見いだせなかった<sup>26)</sup>結果を補うものである。またこの結果を十分に考慮することにより色相値が10以下になると水がきれいだと答える人の割合が半数以上になることが分かった。

## 7 まとめ

都市域の水辺の快適性を明らかにするため、被験者を現場に連れていく実験方法を試み、次の3点が明らかとなった。

① 地点の再来希望をもたらす快適性評価得点は現場の状況を表す七つの物理的諸量（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）と関連があることが分かった。

② 水遊びの快適性は、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ことと関連していることが分かった。

③ 水辺の快適性に寄与する物理的条件である水温、濁度、流速、色相とは被験者の心理的反応と結びつくことが分かった。

本研究の分析では物理的諸量の測定方法が確立されておらず、心理的評価を十分に説明できる結果が得られなかった。今後これらの測定方法などいまだ不確かなものは多くの実験によって明らかにしなければならない。

## 謝辞

本研究における実験の実施に協力を得た(株)地域開発研究所の神田稔弘、伊納浩氏と被験者として協力を得た菅博嗣、岡田一天氏を始めとする東京工業大学の方々、東京農業大学の方々、環境庁国立公害研究所総合解析部仁科克己研究員に感謝します。

## 引用文献

- 1) 合田 健 (1979): 水環境指標. 思考社. 329p.
- 2) 環境庁水質保全局 (1980): 定住圏構想における快適な環境づくりに関する調査報告書 (別冊). 71p.
- 3) 環境庁水質保全局 (1983): 水浴場環境条件評価調査結果. 17p.
- 4) 加藤 迪 (1973): 都市が滅ぼした川. 中公新書, 207p.
- 5) 鈴木信宏 (1980): 水のイメージ構造と水空間の演出手法. 建築学会論文報告集, 293, 419-453.
- 6) 荒井 正 (1986): 都市河川の環境保全と維持用水. 建築学会水環境シンポジウム要旨集,

3-10.

- 7) 中村 博 (1981): 水と緑の再生計画-用水美の復活. グリーンエイジ, 8(11), 124-27.
- 8) 渡辺一二 (1984): 生きている水路. 東海大学出版会, 164p.
- 9) 小山季廣・村瀬 誠 (1983): 東京に緑と土を. グリーンエイジ, 10(11), 42-47.
- 10) 吉田徳見・吉田行伸 (1979): 河川改修計画の景観面に関する計量心理学的評価手法の適用事例. 土木計画学研究発表会講演集(1), 147-155.
- 11) 村川三郎・西名大作 (1986): 住民意識による都市内河川環境評価の分析. 日本建築学会計画系論文報告集, 336, 42-51.
- 12) 中村良夫 (1981): 川に見る景観工学. 自然, 81(7), 92-102.
- 13) 北村真一 (1981): 河川景観デザインのために. グリーンエイジ, 8(9), 13-20.
- 14) 建設省土木研究所都市河川研究室(1981): 河川環境整備に関する研究. 昭和55年度研究調査報告書, 55-96.
- 15) 建設省九州地方建設局(1982): 河川景観計画マニュアル(案). 157p.
- 16) 原田 聡 (1985): 親水空間の計画的デザイン手法に関する研究. 都市公園, 90, 69-73.
- 17) 日本建築学会 (1984): 建築と水のレイアウト. 148p.
- 18) 日本緑化センター (1979): 河川景観の研究. 64p.
- 19) 坂田正史 (1980): 都市河川景観の保全策-多摩川~関戸橋区間をケーススタディとして. 都市公園, 72, 34-40
- 20) 吉村元男・芝原幸夫 (1985): 水辺の計画と設計. 鹿島出版会, 205p.
- 21) 森下郁子 (1977): 川の健康診断. NHKブックス, 210p.
- 22) 田畑貞寿 (1979): 河川の合流地点の自然環境変容からみた多摩川流域の環境保全と回復に関する研究. 186p.
- 23) 小山弘道 (1981): 国営淀川公園と自然. グリーンエイジ, 8(3), 15-20.
- 24) 長友宗之 (1981): 一の板川のホタル護岸・山口県. グリーンエイジ, 8(9), 36-41.
- 25) 大江雅弘 (1986): 水辺環境の保全施策. 水質汚濁研究, 9(3), 10-15.
- 26) Aoki, Y. (1981): A study of on-site evaluation for site planning-Lake kasumigaura-. Landscape Planning, 8, 235-256.
- 27) 千代田ディムス・アンド・ムーア (1983): 水質管理計画調査. 191p.
- 28) 泉 和明 (1984): 江戸川区の親水公園-せせらぎからコミュニティの大きなうねりへ. 都市公園, 86, 56-64.
- 29) 青木陽二・鈴木忠義 (1985): 海水浴場の評価方法に関する研究. 造園雑誌, 49(2), 7-15.
- 30) 田嶋隆俊 (1985): 臨場意識による河川環境の総合評価手法について. 水質汚濁研究, 8(9), 23-27.
- 31) Spaulding, J.A. (1976): Factors influencing willingness to pay for use of marine recreational facilities. Sand Beach. 52p.
- 32) 横須賀三浦地区市町連絡協議会・海の問題行政施策検討委員会 (1980): 海浜レクリエーション客アンケート調査結果. 15p.
- 33) 坂元慶行・赤池弘次 (1981): カテゴリカルデータの解析. 数理科学, 213, 24-29.
- 34) 青木陽二 (1985): 現場実験による水辺快適性の評価. 環境情報科学, 14(3), 43-46.
- 35) 奥野忠一 (1978): 予測平方和による変数選択. オペレーションズリサーチ, 23(5), 290-298.



写真 1 多摩川ガス橋近く（地点1）  
Photo 1 Tama river near the Gas-bashi (Site 1)



写真 2 多摩川丸子橋近く（地点2）  
Photo 2 Tama river by the Marukobashi (Site 2)



写真 3 野川兵庫島護岸（地点3）  
Photo 3 Nogawa stream at Hyogojima (Site 3)



写真 4 多摩川新二子橋（地点4）  
Photo 4 Tama river by the Shinfutagobashi (Site 4)



写真 5 多摩川兵庫島突出し護岸（地点5）  
Photo 5 Tama river at the Hyogoshima (Site 5)



写真 6 多摩川二子橋付近（地点6）  
Photo 6 Tama river by the Futagobashi (Site 6)



写真 7 野川公園内の湧水（地点7）  
Photo 7 An affluent in Nogawa park (Site 7)



写真 8 野川公園内野川（地点8）  
Photo 8 Nogawa stream in Nogawa park (Site 8)



写真 9 野川公園内野川上流部（地点9）

Photo 9 Nogawa canal in Nogawa park (Site 9)



写真 10 神田川江戸橋付近（地点10）

Photo 10 Kanda River by the Edogawabashi (Site10)



写真 11 小松川境川公園内スロープ護岸 (地点11)  
Photo 11 Sloped waterside at the Komatsugawasakaigawa (Site11)



写真 12 小松川境川公園内の石組護岸 (地点12)  
Photo 12 Rocked waterside at the Komatsugawasakaigawa (Site12)





写真 13 綾瀬川四ッ木橋付近 (地点13)  
Photo 13 Ayase river by the Yotugibashi



写真 14 荒川新堀切橋付近 (地点14)  
Photo 14 Arakawa river by the Shinhorikiribashi



写真 15 中川京成高砂駅付近 (地点15)

Photo 15 Nakagawa river by the Keisei-Takasago st (Site15)



写真 16 江戸川常磐線鉄橋付近 (地点16)

Photo 16 Edogawa river by the Jyoban line (Site16)

II-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

Application of a Knowledge-based Expert System to the Design of Proper  
Sewerage System Considering Regional Conditions

原沢英夫<sup>1</sup>・甲斐沼美紀子<sup>1</sup>

Hideo HARASAWA<sup>1</sup> and Mikiko KAINUMA<sup>1</sup>

要 旨

湖沼の富栄養化対策として下水道など排水処理施設の整備が重点施策として実施されてきた。下水道にも幾つかの種類があり、また排水処理の方式も多くのもが開発されている。地域に適した排水処理システム計画では、地域の自然・社会条件を考慮した最適な処理システムを構成する方法論の確立が研究課題となっていた。

本報告は、地域レベルの排水処理システム計画に、知識工学的手法の適用を試みたものである。プロダクションルールをもとにしたパソコンによるエキスパートシステムであり、知識ベース、推論機構、対話的なユーザーインターフェースから構成される。下水道整備区域外の集落を対象に、集落の自然・社会条件を対話的に入力し、地域条件と処理方式との関係をルールとしてもつ知識ベースを用いて最適な処理方式を推論しながら決定する。個別処理・共同処理の判定、処理方式の決定、自然浄化利用の可能性、施設・維持管理費用等が結果としてパソコン画面に表示される。このシステムを霞ヶ浦北部の集落に適用した結果、地域条件と処理方式との関係について定量的知見の他に定性的・経験的知見も活用することができ、地域レベルの排水処理システム選定の方法論として有効なことが明らかとなった。

Abstract

Sewerage system is an essential element of infrastructure for maintenance of good living environment and the prevention of eutrophication. To resolve eutrophication problems, construction of sewerage systems and installation of wastewater treatment facilities have to be accelerated. In the planning and design of treatment facilities, one of the most important issues is that a proper combination of treatment facilities for household effluents must be provided to meet regional requirements, e.g. natural and social conditions.

This report presents a microcomputer-based design support system for selecting a proper treatment facility to meet natural and social conditions of an object area. This system is formulated as a knowledge-based expert system based on production rules and composed of a knowledge

- 
1. 国立公害研究所 総合解析部 〒305 茨城県つくば市小野川16番2  
Systems Analysis and Planning Division, the National Institute for Environmental  
Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

base, an inference-engine, and an interactive user-computer interface.

This system is applied to small communities located out of the planned service area of municipal sewerage in the northern part of Lake Kasumigaura. It is still a trial system, however, it has great advantages to the regional sewerage system design. These are as follows;

1) Not only factual or causal knowledge but empirical information or rules can be used.

2) Adding and correcting rules in knowledge-base can be handled easily. This feature makes the system to be very flexible compared with various optimization methods.

3) It has the capability to explain why particular rule is chosen and used. This explanation feature is useful for a user to trace the system reasoning process and is also important in dealing with ill-structured problems.

## 1 はじめに

湖沼の富栄養化防止対策として生活雑排水処理の必要性が認識されて以来、各方面で雑排水対策が推進されてきたが、湖沼の水質改善状況は芳しくなく、今後一層雑排水対策の強化を行う必要がある。生活雑排水対策は(1)発生源対策と(2)処理対策に大別される。(1)の発生源対策では、家庭からの排出量を削減すべく、実践活動が推進され効果があることが報告されている。実践活動の効果については、特に環境に対する住民の意識や雑排水対策に対する関心の程度が大きく関与しているであろうと考えられる。また、(2)の処理対策としての排水処理施設の設置や維持管理は住民自身が行うことが原則であることから、住民の施設受け入れに対する意識(受容性)についての考慮も必要である。

(2)の処理対策では、雑排水対策が法的にも規定されていないことから、各省庁、自治体が種々の方法で対処しているのが現状である。現段階では、対策として小型合併浄化槽の速やかな普及が、下水道整備に次いで効果的な方法と考えられる。処理技術や費用負担などの問題もあるが、有効な処理対策として認識されており、自治体のなかには小型合併浄化槽の補助制度を取り入れているところもある。しかしながら、地域の諸々の条件を考慮すれば、小型合併浄化槽も絶対的な処理対策ということもできない。例えば、下水道計画区域でありながら財政的な制約で当分下水道施設の整備が望めない地域では、小型合併浄化槽の設置はいずれ下水道が設置されることを考慮すれば、二重投資となる可能性がある。また小型合併浄化槽が用地的、経済的な制約から設置できない地域などでは他の対策を立てることが必要となる。

雑排水対策として利用し得る処理方法は、従来の公共下水道の処理方式の他に、最近開発された処理方式も加わり、種類も多くバラエティに富んだものとなっている。こうした多種多様な処理方式をいかに地域の自然的、社会的特性に応じて使い分けていくかが、効果的な雑排水対策を

立案、実施するためには重要な視点である。この点について、従来から雑排水対策に関する報文で取り上げられてきたが、多くの場合抽象的な表現にとどまっており、実際には行政担当者や処理施設の計画設計者の経験、あるいは既存の事例を踏まえて処理方式の決定をすることが多いと推察される。この一つの要因として、処理施設と地域特性の関連が定量化できるものばかりではなく、いわゆる専門家の知識（経験）に頼ることが多いことが挙げられる。これらの知識を集約しマニュアル化したものとしては、環境庁の「雑排水対策マニュアル」<sup>1)</sup>がある。このマニュアルでも、処理システムを選定する際に地域特性に適合したものとする旨が述べられている。

本報告は、地域特性に応じた雑排水処理システムの選択を知識工学的手法を用いて行う方法を提案するものである。まず2でここで用いた知識工学的手法としてのエキスパートシステムの概要について述べる。3. 1では、雑排水対策にかかわる現行制度の検索システムについて述べ、3. 2では比較的人口のまとまった集落、地区を対象として社会的、自然的条件からその集落、地区に適した処理方式を選定するエキスパートシステムを紹介する。4ではこのシステムを霞ヶ浦北部流域の集落に適用した結果について述べる。

## 2 エキスパートシステムの概要<sup>2)</sup>

### 2. 1 エキスパートシステムについて

エキスパートシステムは、専門家もっている知識や、仕事を進める手順、推論過程、決定方法等を計算機に組み込み、素人でも専門家の援助が得られるのと同様の解決が行えるようにしたシステムである。エキスパートシステムの応用は、質量分析スペクトルから有機化合物の構造を同定する DENDRAL や血液中のバクテリアを同定し抗生物質の投与法を助言する MYCIN の他、作物病害診断、機械やプラントの故障診断、構造物の解析支援システムなど広範囲に及んでいる。また、環境問題に適用しようとした試みとしては、河川総合診断システムや生物環境診断システムなどがある。

エキスパートシステムの構成は図1に示すように

**知識ベース：**専門家の持つ経験的な知識やルール及び一般的なデータを蓄積する。ルールは『もし～ならば（前提部）、～である（結論部）』といった規則（プロダクション・ルール）からなる。

**作業記憶：**利用者のもっている対象に関するデータやその時々の状態を記憶しておく。

**推論機構：**知識ベースからルールを取り出し、ルールの前提部の内容と作業記憶の内容が一致すれば、その規則を適用し、その結論部を実行する。

**ユーザーインターフェース：**利用者対話的にシステムを利用できるように、推論を進めて行くうえで必要とする知識を利用者に質問したり、推論結果を利用者に提示する。

からなる。

エキスパートシステムの特徴には、（1）知識のモジュール性が高いので、その追加、修正が容易である、（2）構造が簡単であることが挙げられる。逆に短所は、（1）試行錯誤が多いので

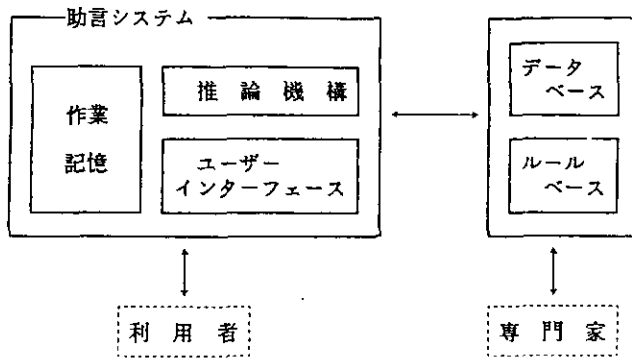


図 1 エキスパートシステムの構成<sup>2)</sup>  
Fig. 1 Components of an expert system

推論効率が悪い、(2)数値演算機能が弱い、などである。ルール数が増すと推論の速度が著しく遅くなるので、これを防ぐためルールをグループ化しておき、状況に応じてグループのルールだけを働かすような工夫が必要となる。

## 2. 2 本研究で用いたエキスパートシェルについて

エキスパートシステムの構築には、いろいろなプログラム言語が用いられ、特に人工知能言語としての LISP や PROLOG などが使用されている。一方これらの言語になじみのない者でも容易にエキスパートシステムが構築できる汎用ツールとしてエキスパートシェルがマイコン用にも開発され、プロダクション型のエキスパートシステムを比較的容易に作成できる。エキスパートシェルについてはいくつか市販されているが、ここでは (1) 知識ベース作成と利用が日本語でできること、(2) 比較的ルールの登録、修正が簡単なこと、(3) 数値変数、数式も利用できること、(4) 推論課程で WHY 機能や HOW 機能を利用できるためエキスパートシステムの開発が容易な点を考慮して「創玄」(エー・アイ・ソフト社)を用いた。WHY 機能は、利用者に対してなぜこの質問をするかをシステムが利用者説明する機能、HOW 機能は得られた結論の推論過程を逆に追跡できる機能で、結論に至る過程で用いられたルールなどが知りたい場合など特にデバックの時に効果的な機能である。「創玄」は、後ろ向き推論方式をとり、ルールをグループ化するためのメタルールの機能を備えている。また、利用者の回答の助けとなる情報を種々の画面で表示できるなどの特徴がある。

## 3 処理システム選定のためのエキスパートシステム

### 3. 1 雑排水対策にかかわる現行制度検索システム

雑排水対策として処理施設を検討する際の第一ステップは、対象地域の土地利用計画や下水道

にかかわる諸計画制度があるかどうかである。公共下水道をはじめ種々の処理施設の制度があり、目的、採択条件、補助、所轄官庁等が異なっている。これらの制度は、① 公共(流域)下水道(建設省)、② 特定環境保全下水道(建設省)、③ 農業集落排水施設(農林水産省)、④ 地域し尿処理施設(厚生省)、⑤ 生活排水処理施設事業(厚生省)、⑥ 都市下水路雑排水対策モデル事業(建設省)、⑦ 湖沼における雑排水対策緊急モデル事業(建設省)であるが、対象地域の土地利用計画及び人口規模に応じて、適用対象地域がオーバーラップしないようになっている。

各制度については先の雑排水対策マニュアル<sup>1)</sup>に集められており、それを参考にすればよいわけだが、この内容をエキスパートシステムにルールとして組み込んだ検索システムを作成した。そのフローを図2に示した。対象地域の土地利用計画(市街化区域、調整区域、農業振興地域など)、人口規模(集落人口)を入力し、さらに適用し得る制度の有無について質問されるのでいずれかを選択することにより、各処理施設の制度ごとに、① 財政制度として採択条件/補助/地方債/受益者負担、② 技術的基準として計画構造等の基準/維持管理基準、③ 法的手続き等、④ その他の問題点等に関連した情報を表示する。

このシステムは文献に記載されている制度に関する情報を対話的に検索できるに過ぎないが、関連知識を随時更新、追加できることが特徴であり、さらに関連法規の条文や既存の事例の一覧表示などの関連知識を組み込むことにより、制度の財政や技術的基準等に不慣れな人々でも使えるシステムへと発展させることが可能である。検索結果の表示例を図3(a)、(b)に示した。雑排水対策にかかわる諸制度は所轄官庁が異なることもあり、オーバーラップすることによる複

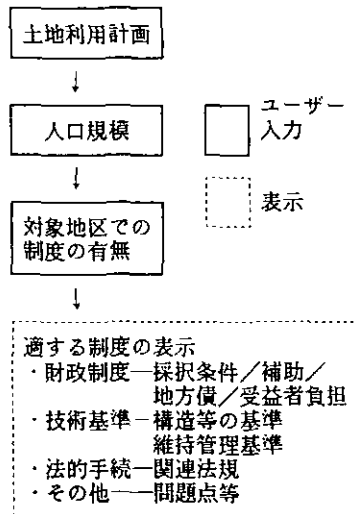


図 2 雑排水対策にかかわる制度検索システムのフロー

Fig. 2 Flow diagram of a reference system to seek a applicable institution for gray water treatment

ファイル名 ZATUHAI.EXP 事業データ入力画面 雑排水対策としての現行制  
 =====

- 対象地域の土地利用計画は  
 (1) 都市計画区域  
 (2) 農業振興地域  
 (3) 都市計画区域内の農業振興地域  
 (4) その他の地域

-----  
 適切な項目を一つ選択して下さい。  
 ↑↓:移動 番号 [ 1 ] RETURN:選択  
 W H Y 再実行 値不明 キャンセル ヘルプ 入力終了

ファイル名 ZATUHAI.EXP 事業データ入力画面 雑排水対策としての現行制  
 =====

(a) date input

ファイル名 ZATUHAI.EXP 出力画面 雑排水対策としての現行制  
 =====  
 地域し尿処理施設整備事業の財政項目

\*\*\* 財源 \*\*\*  
 ↓ 建設費 ↓ 国庫補助 ↓ 起債 (特別地方債)  
 ↓ 市町村負担 ↓ 一般財源  
 ↓ 維持管理費 ↓ 地方債

\*\*\* 国庫補助 \*\*\*  
 ・補助対象範囲  
 厚生省算出の計画処理人口一人当たりの事業費に処理人口を乗じた額。  
 (昭和58年における一人当たりの事業費84、206円)

・補助率 (昭和56年度)  

種別	環境衛生施設整備費補助率	離島振興事業補助率	沖縄開発事業費補助率
地域し尿施設整備費	1/3	1/2	1/2

 (続く) ----- (ROLL-UP:上スクロール ROLL-DOWN:下スクロール) -----  
 画面を読み終ったらF10キーを押して下さい

印刷 再実行 全選択 前画面 次画面 キャンセル ヘルプ 次へ進む

(b) a result of reference

図 3 データ入力と検索結果の表示画面

Fig. 3 Output screens of a reference system

雑さはないが、縦割的に機能しているために相互の関連やその制度そのものに関する情報が分散して存在する。こうした制度関連の情報検索システムもエキスパートシステムで実現でき、また実用的であると考えられる。

### 3. 2 地域特性を考慮した処理システムの選定のためのエキスパートシステム

現行の制度が利用できない場合は、なんらかの形で雑排水処理対策を実施する必要がある。処



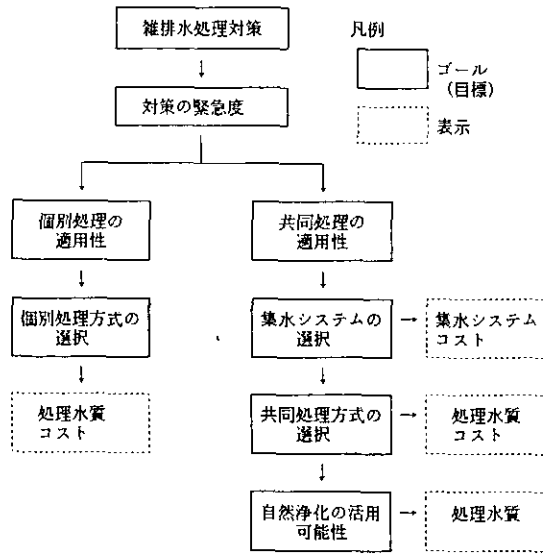


図 4 処理システム選定のエキスパートシステムのフロー

Fig. 4 Flow diagram of an expert system selecting a proper combination of treatment facilities

理方式選定のエキスパートシステムの概要を図4に示した。地域の社会的、自然的条件を対話的に逐次選択していくと、フローに示したような中間的な目標（ゴール）に相当する事柄が知識ベースに入力されているルールを用いた推論によって得られる。まず、対策の緊急度を判定し、続いて個別処理が適するか、共同処理が適するかを判定する。個別処理の場合は、処理施設のコスト、処理水の水質を表示する。共同処理の場合は、集水システムについての検討を行った後、集水システムのコストを算定表示する。さらに共同処理方式を選定した後、処理施設コスト、処理水の水質を表示する。さらに自然浄化機能を発揮し得る池沼、アン原、水路があるかを問い、ある場合には水質向上が期待できるかどうかを判定表示する。各ステップの概要について以下に示す。

a) 対策の緊急度の判定

システムが利用者に質問する形で進行するが、まず対策の緊急度を判定するための質問をする。地区の下水道計画の有無及び環境問題の有無、それに湖沼と集落の位置関係より緊急度を判定する。

b) 個別処理、共同処理の判定

対策の緊急度の高い集落について人口及び面積を入力し、さらに集落の広がり、建物状況、し尿処理形態を答えると個別処理、共同処理のいずれが適するかを判定する。人口及び面積については人口密度を計算し、表1に示したような判定ルールで集中処理の適否を決定したうえで、上

表 1 集中処理の適・不敵の判定ルール

Table 1 Rules to decide whether a centralized treatment facility is suitable or not

条件	人口密度	$d \leq 20$	$20 < d \leq 40$	$d > 40$	$d \leq 20$	$20 < d \leq 40$	$d > 40$
	人口規模	$P \leq 100$			$P > 100$		
結論	集中処理	不適	どちらともいえない		不適	適	

備考:人口密度 (人/ha), 人口規模 (人)

述の他の地域特性を組み合わせで判定している。

c) 個別処理方式の選定

個別処理が適すると判断した場合には、建物状況、住民の水洗化の希望、し尿処理形態から、① 沈殿槽、② 単独雑排水処理槽、③ 合併浄化槽、④ 土壌浸透トレンチを選択する。実際問題として地域住民の水洗化の希望を把握することは一般に困難であり、対象地域にアンケート調査を行う以外ないわけであるが、ここでは住民意識が分からない場合は、集落条件から類推することにした。個別処理施設では設置、維持管理に地域住民の合意が得られなければならないことが前提であり、こうした住民の意向を無視しては、有効な対策となり得ず、社会条件として今後ますます重要な点であると言えよう。取り上げた個別処理方式のコスト及び除去率を表2に示した。コスト、除去率については処理方式により、また設置条件により相当幅があるが、ここでは参考

表 2 個別処理方式の特徴<sup>1,4)</sup>

Table 2 Characteristics of small wastewater treatment alternatives which are taken into the knowledge-base

処理方式	費用 (万円/戸)		除去率 (%)			摘要
	建設費	維持管理費	BOD	T-N	T-P	
沈殿槽	5	0	35	0	0	雑排水
単独雑排水処理槽	40	1	80	30	30	雑排水
合併浄化槽	60	1	80	20	20	し尿+ 雑排
土壌浄化トレンチ	25	0	90	70	95	雑排水

表 3 生活排水の水量・発生負荷原単位<sup>1,3)</sup>

Table 3 Per capita loading of domestic wastewater

	水量	BOD	T-N	T-P
し尿	40	25 ( 625)	7.5 ( 188)	0.95 (23.8)
雑排水	200	20 ( 100)	1.5 ( 7.5)	0.25 (1.25)
計	240	45 ( 188)	9.0 (37.5)	1.2 ( 5.0)

単位：水量 1/人/d  
 負荷量 g/人/d (上段)，濃度 ( ) 内 mg/l

値として処理方式関連費用と水質効果を比較するために求めている。こうした値は知見が集積されるにつれ、逐次更新することはエキスパートシステムでは簡単にできる。また、流入水量、水質については生活排水（し尿＋雑排水）と雑排水について表3のように設定している。

d) 共同処理方式の集水システムの選定

共同処理システムが対策上適当であると判定した場合には、次に集水システムの選定を行う。集水システムとしては、① 管路（自然流下）方式、② 管路（圧送）方式、③ 側溝方式、④ 側溝・管路併用方式に分かれるがこれを地域条件として、傾斜・起伏、集落の特性（都市周辺部か農村部かなど）、側溝の整備状況を考慮して選定する。

選定後集水システムコストを試算するが、集水システムコストは特に地形や排水路の状況等に大きく影響される。コスト関数による評価は難しいわけであるが、ここでは概略集落ごとの相対的な評価を行うことを目的として面整備コストとしてとらえる。面整備コストは次の式を用いた<sup>6)</sup>。

$$C_p = 18.74 + 0.036 \times P / 1000$$

ここで、 $C_p$ ：面整備コスト(万円/人、昭和60年単価)、 $P$ ：計画人口(人)である。また、側溝方式及び側溝・管路併用方式については、対象集落の側溝整備状況や集落の地形、処理施設の位置などに大きく関連しており、より詳しい地域の情報によりコスト算定することが必要である。ここでは第一次近似として管路施設の面整備量の 1/10 程度とした<sup>5)</sup>。

e) 共同処理方式の選定

集水システムの選定に続いて共同処理方式の選定に入っている。この際、合併処理と雑排水単独処

理では流入汚水の濃度が異なり、処理特性も異なることから分けてルールを作成し推論するようにしている。取り上げた処理方式は、①長時間曝気法、②回転円板法、③接触曝気法、④オキシデーションディッチ法、⑤土壌式接触曝気法である。これらの処理方式の特性を一覧としたのが表4である。

処理方式を選択するうえで考慮した項目は図5に示したように、処理特性として流入汚水の負荷変動、濃度の変動、気温変動を、維持管理特性として運転管理の容易さ、所要電力、施設立地条件として施設面積、施設周辺の住宅の有無、地下水利用の有無等である。処理特性、維持管理、立地条件からみて適当な処理方式を総合的に勘案してこの集落に最も適当な処理方式を決定する方式としている。

選択後に処理施設コストと維持管理コストの試算を用いた。表4には、処理水量 200m<sup>3</sup>/d 程度の規模での各処理方式のコストの比較を示している。除去率については、生活排水及び雑排水を対象としているので一定値として与えている。

f) 自然浄化機能による水質向上

富栄養化防止の点からは N、P の効率的な除去が必要とされるが、上述の個別・共同処理方式は一部の方式を除いて N、P の除去は期待できない。N、P の効率的除去については公共下水道では三次処理、高度処理として検討が進められているが、多額の費用を要するためにいまだ普及していない。雑排水処理方式として N、P まで処理できる嫌気・好気活性汚泥法や回分式の活性汚泥法など実用化が進みつつあるが、地域条件や処理特性もいまだ十分明らかでない。ここでは、

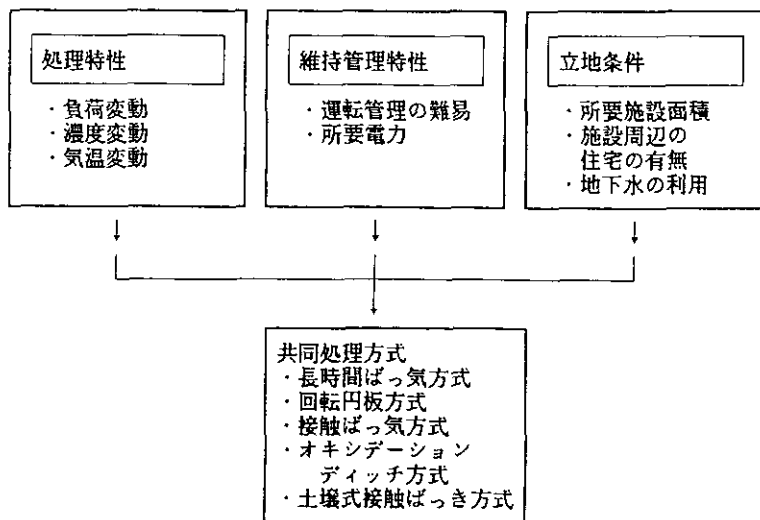


図 5 共同処理方式選定の関連事項

Fig. 5 Relevant items to be considered in selecting a suitable treatment for a community sewerage system

表 4 共同排水処理システムの諸特性一覧<sup>1,4)</sup>

Table 4 Specifications of community sewerage system

処理方式 の評価項目	生 物 膜 法		活 性 汚 泥 法		土壌式接触曝気法
	回転円板法	接触曝気法	長時間曝気法	オキシデーションディッチ	
1. 処理特性					
①低濃度水への対応	△生物膜の成長が阻害されることがある	◎特に問題なし	×比較的難しい	◎特に問題なし	◎特に問題なし
②高濃度水への対応	△目づまりの恐れあり	△目づまりの恐れあり	○問題は少ない	◎特に問題なし	△目づまりの恐れあり
③負荷変動に対する対応	○ほぼ良好	○ほぼ良好	△負荷変動に対して弱い	◎良好	◎良好
④気温に対する対応	△若干不安定	○比較的安定	○比較的安定	○比較的安定	◎安定
⑤BOD 除去率	85%	85%	95%	90%	90%
⑥T-N 除去率	30%	20%	35%	50%	50%
⑦T-P 除去率	25%	20%	35%	70%	20%
2. 維持管理特性					
①余剰汚泥発生量	除去BOD の50%程度	除去BOD の25%程度	除去BOD の55%～75%程度	除去BOD の25%程度	
②運転管理の容易性	◎容易	◎容易	△汚泥の管理が必要	△汚泥の管理が必要	○目づまり等の管理
③所要動力	◎少ない	△比較的高い	×高い	○比較的小さい	◎少ない
④管理手法	△若干不十分	△若干不十分	◎確立されている	◎確立されている	△若干不十分
3. その他					
①建設費*	120	100	115	100	100
②維持管理費*	120	100	115	100	100
③敷地面積*	比較的多い(135)	比較的小さい(100)	比較的多い(170)	比較的多い(125)	多い(200)
④二次公害	臭気、騒音	臭気、発泡、騒音	臭気、発泡、騒音	臭気、騒音、水しぶき	地下水汚染

\* : 処理水量200m<sup>3</sup>/d 程度の処理施設の場合

自然浄化機能を活用した水質向上の可能性を判定するルールを組み込み地域条件から評価する方式をとった。N、P を除去できる処理方式などについては今後処理特性及び地域条件との関係が明らかとなれば、容易に本システムに組み込めることは前述のとおりである。

自然浄化機能については、既に報告したように自然界のあらゆる条件下で発揮されている。この機能に多少人手を加えることにより、水質の向上を図ることが考えられる。ここでは特に集落といった比較的狭い範囲で活用し得る自然浄化法として、酸化池、ホテイアオイによる水生植物繁殖池、アシ原による処理及び水路浄化を取り上げた。これらの処理方式の機能が十分に発揮されるためには、適当な池沼、アシ原や休耕田あるいは適当な規模の水路が集落の内外になくてはならない。

取り上げた四つの自然浄化法の特徴を整理したのが表5である。これらの処理方式に影響する地域特性としては、場所の有無、面積、負荷強度、気温等である。これらの自然浄化による処理についてはまだ費用算定に十分なデータがないために、本システムでは適用上の注意点の表示と予想される流出水質（自然浄化による水質浄化と共同処理施設との総合的な水質浄化）にとどめた。

#### 4 エキスパートシステムの適用

##### 4.1 エキスパートシステムの適用手順

ある集落を対象とした時のエキスパートシステムの適用手順は以下のとおりである。現地調査で収集したデータ及び図6のような対象集落の水環境要素、例えば側溝、水路、水環境上の問題箇所を記載した地図（水環境地図と呼ぶ）を参考としてエキスパートシステムの質問に対話的に答え、選択肢及び数値を入力していく。質問の内容が不明な場合には、WHY キーを押すことにより、質問の意図や答える際の留意点が表示される。

エキスパートシステムの入力には2種類に分かれる。一つは、図3(a)に示したように選択肢から一つ選ぶ場合と、人口、面積など数値を直接入力する場合である。入力に際しては同時に確信度を入力することができる。確信度は、人間が確信する強さの度合を表現する一つの指標として推論に伴う不確かさの処理に導入された概念である。確信度を導入することにより、専門家の経験的知識や勘といった従来コンピュータにはなじまなかった知識が表現、処理できるようになった点で重要な概念であり、EMYGIN の確信度処理や Dempfer-Schaffer の測定がよく利用されている<sup>15)</sup>。本研究で用いたエキスパートシェルも確信度の算定が可能であり、条件部の確信度が結論部に影響を及ぼすモードを用いている<sup>16)</sup>。また計算は Combination 関係による決定法を採用している。

一連の質問に答える際に、選択肢と数値入力とともに確信度を入力するが、質問項目によっては確信度が不要な項目もある。例えば、人口や面積などの定量値で表現される事実であり、この場合は確信度を1として処理している。

表 5 自然浄化を活用した処理の特性<sup>8-14)</sup>

Table 5 Characteristics of natural purification processes

	水路浄化 (接触材型)	アシ原 (休耕田)	水生植物繁殖池	酸化池
処理特性				
①低濃度汚水への対応	接触材の生物膜がつきにくい場合あり	特に問題なし	あまり低濃度であると植物の発育を阻害	特に問題なし
②高濃度汚水への対応	接触材の目づまりの恐れがある	過栄養では正常に機能しない場合がある	比較的高濃度でも機能する	—
③限界 BOD 負荷		10g/m <sup>2</sup> /d以下		
④負荷変動への対応	大きく影響される	比較的良好	良好 (池によるバッファ効果)	良好 (池によるバッファ効果)
⑤水深	30cm以下 (流速 5 cm/s以下)		50cm 以上 (ホテイアオイの成長)	2~3m 程度以下
⑥滞留時間	最低30分, 平均3時間			1日以上必要
⑦気温に対する対応	最低気温10℃以上, 25℃前後が適当	気温 0℃以上	植物の生育に適した温度	気温 0℃以上
⑧BOD 除去率	$95 \times (1 - \exp(-60 \times \text{HRT} / \text{BOD}))$ T ≥ 20℃	90%	80~90%以上	60~90%
⑨T-N 除去率	BOD 除去率 × (1.02) <sup>T-20</sup> T < 20 $60 \times (1 - \exp(-100 \times \text{HRT} / \text{BOD}))$ T ≥ 20℃	70% T ≥ 10℃ 70 × (1.15) <sup>T-10</sup> T < 10	80%以上	面積負荷, 水量負荷, 滞留時間に依存
⑩T-P 除去率	N 除去率 × (1.09) <sup>T-20</sup> T < 20 = 0	80% T ≥ 10℃ 80 × (1.15) <sup>T-10</sup> T < 10	80%以上	
⑪その他	洪水時に種々の可能性あり 発生した汚泥の処分 衛生害虫発生あり	あしの刈り取り あし枯死後 (冬場) の水質悪化	繁茂植物の処理・処分	

HRT: 滞留時間 (h), BOD: 流入BOD濃度 (mg/l), T: 温度

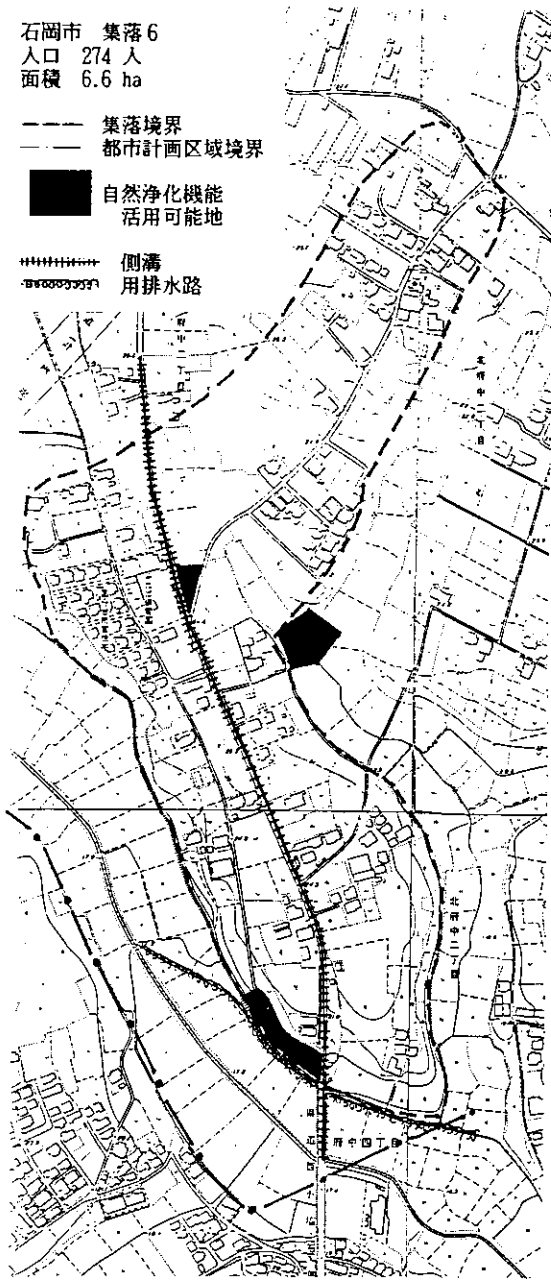


図 6 集落の水環境地図の例

Fig. 6 Map describing water environments of a small community



#### 4. 2 エキスパートシステムの適用結果

先に示した図6は、石岡市の1集落の水環境地図である。本集落は人口274人、面積6.6haの市街化区域に隣接した集落であり、集落周辺にはアシ原による自然浄化が期待される休耕地が数か所ある。また排水は側溝により小排水路に流入した後、山王川に流入している。

図7(a)はエキスパートシステムの表示例であり、この集落では共同処理が適すると判定され、まず集水システムの選定結果を表示している。集水システムとして自然流下の管路方式が選定され、建設費用として約5600万円かかることを示している。この費用は面整備費として人口規模より求めたものであり、より詳細な費用算定では、水環境地図をもとに管路位置や規模等について対話的に入力して設計するシステムを構築することが考えられる。

図7(b)では、処理方式として回転円板法が選択され、処理施設建設費用、維持管理費用の表示と、処理効果をBOD、T-N、T-Pについて流入濃度、流出濃度、除去率として示している。

図7(c)は、休耕地を利用したアシ原による処理について検討した結果である。アシ原の面積から、BODの面積負荷が限界値よりも低い場合には、処理が可能と判断して処理効果を計算する。さらに、共同処理施設とアシ原の両方による発生活濁負荷量の削減量について表示している。両者を組み合わせることによりBODで98.5%、T-Nで79%、T-Pで85%の削減が期待できる。

以上と同様な手順で石岡市内の18集落を対象としてエキスパートシステムを適用した結果のうち、個別処理か共同処理かの別と、共同処理の場合については選定された処理方式を図8に示した。処理方式は処理特性、維持管理特性、立地条件から決定しているが、これらの条件については、現地調査による詳細なデータが必要である。ここでは試算ということもあり、これらの項目については以下のような状況を設定したうえでエキスパートシステムを適用した。

##### ①処理特性

流入量の変動	人口規模500人以下では流入量の変動は大とした。
流入濃度の変動	住商工混在の集落では高濃度排水流入の可能性ありとした。
気温変動	いずれの集落も小さいとした。

##### ②維持管理特性

専従保守管理員	市街化区域周辺では確保できるとした。
所用電力	人口規模500人以下では少ない方が良くとした。

##### ③立地条件

処理施設敷地面積	市街化区域周辺では150m <sup>2</sup> 、郊外部では200m <sup>2</sup> とした。
処理施設周辺住宅の有無	市街化区域周辺部ではありとした。
地下水利用の有無	井戸水利用のときはありとした。

図8では、個別の沈殿槽が適当と判断された集落については『個：沈』、共同処理として例えば長時間ばっ気方式が選択された場合は『共：長』と表示している。共同処理が選択されたが、処理方式が決定できない集落もいくつかある。これは地域条件の組み合わせと処理方式を関連づ

```

ファイル名  WASTE2.EXP          出力画面          地域特性に適合した処理シ
-----
*** 集積の人口、面積 ***
集積人口  274 人   集積面積  6.6 ha

人口の伸び率(10年間) 10.0 %
処理人口(計画人口)   301 人

*** 集水システム ***
集水システムは
(5.01) 管路(自然流下)方式 が適する      (確信度 = +1.00)

集水システムのコストは          6,662 万円
    
```

画面を読み終ったらF10キーを押して下さい

HOW 印刷 再実行 全選択 画面ヘルプ 次へ進む

- (a) 集水システムの推論結果
- (a) Collection system of wastewater

```

ファイル名  WASTE2.EXP          出力画面          地域特性に適合した処理シ
-----
☆☆☆ 集積の人口、面積 ☆☆☆
集積人口  274 人   面積  6.6 ha
処理人口  301 人

共同処理方式は
(4.01) 回転円板法 が適する      (確信度 = +0.70)
    
```

```

☆☆☆ 共同処理方式のコスト ☆☆☆
共同処理施設建設コスト      6,592 万円
共同処理施設の維持管理コスト  467 万円/年
    
```

```

☆☆☆ 流入水質と処理水質 ☆☆☆
成人水量 240.00 l/人/日 (処理水量 72.3 m3/日)
成人BOD  190.00 mg/l → 処理水BOD  28.500 mg/l (除去率 85.0 %)
成人T-N   37.50 mg/l → 処理水T-N  26.250 mg/l (除去率 30.0 %)
流入水T-P  5.00 mg/l → 処理水T-P  3.750 mg/l (除去率 25.0 %)
    
```

---- (続く) ----- (ROLL-UP:上スクロール ROLL-DOWN:下スクロール) ----  
画面を読み終ったらF10キーを押して下さい

HOW 印刷 再実行 全選択 画面ヘルプ 次へ進む

- (b) 処理方式の推論結果と処理効果の表示
- (b) Wastewater treatment method

```

ファイル名  WASTE2.EXP          出力画面          地域特性に適合した処理シ
-----
あし原による水質向上効果の推定
    
```

```

*** あし原の面積等 ***
あし原面積  400.0 m2
BOD面積負荷  5.2 g/m2/日   限界BOD面積負荷  10.0 g/m2/日
    
```

```

*** あし原による除去率 ***
流入水BOD  28.50 mg/l → あし原流出水BOD  2.85 mg/l (BOD 除去率 90.0 %)
流入水T-N  26.25 mg/l → あし原流出水T-N  7.88 mg/l (T-N 除去率 70.0 %)
流入水T-P  3.75 mg/l → あし原流出水T-P  0.75 mg/l (T-P 除去率 80.0 %)
    
```

```

*** 施設負荷削減率、率 (共同処理+あし原) ***
BOD発生負荷  13.74 kg/日 → BOD排出負荷  0.21 kg/日 (BOD総削減率 98.5 %)
T-N発生負荷  2.71 kg/日 → T-N排出負荷  0.57 kg/日 (T-N総削減率 79.0 %)
T-P発生負荷  0.36 kg/日 → T-P排出負荷  0.05 kg/日 (T-P総削減率 85.0 %)
    
```

画面を読み終ったらF10キーを押して下さい

HOW 印刷 再実行 全選択 画面ヘルプ 次へ進む

- (c) 自然浄化による水質向上の推定結果
- (c) Natural purification capability

☒ 7 エキスパートシステムの結果

Fig. 7 Some executed outputs of an expert system

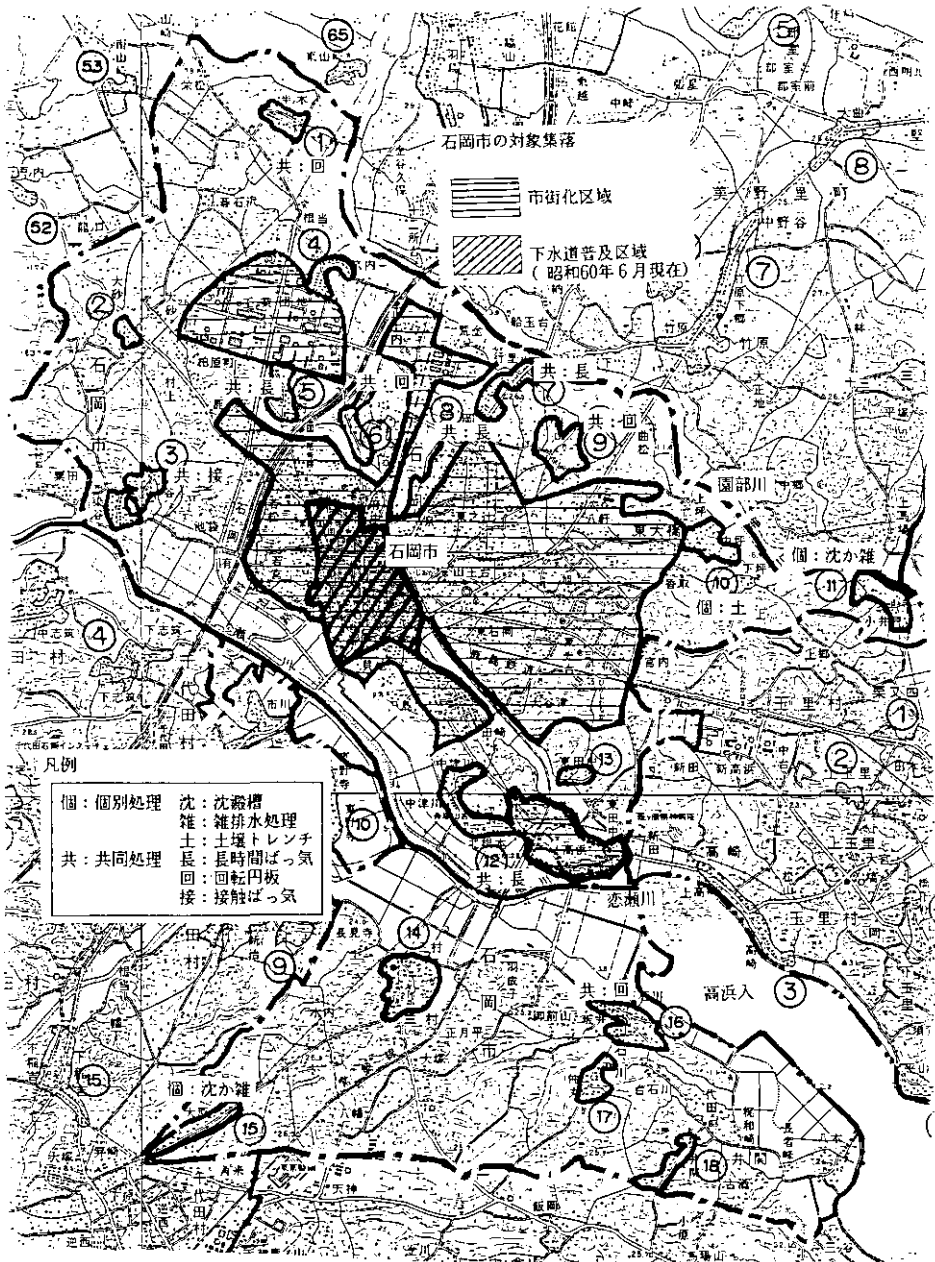


図 8 集落に適した処理方式の選定結果

Fig. 8 Graphical presentation of results of an expert system applied to small communities located in Ishioka city

けるためのルールが不足しているためである。処理方式が決定された集落について概観すると、市街化区域周辺部では共同処理が、郊外部の比較的人口密度の粗な集落では個別処理が適すると判定されている。

集落の条件として大半は現地調査結果を用いているが、処理方式関連の条件は上記のような仮定を設けたうえでの試算例であり、また結論が得られない場合もあるなど、必ずしも十分な結果が得られていない。これらの諸点は、地域条件と処理方式特性の関連研究を整理し、知識ベースを充実させることにより解決できると考えられ、相当高度な専門的判断も可能とするようなシステムへ発展させることができると考えられる。

## 5 おわりに

地域特性に応じた処理システムを選定するエキスパートシステムについて示した。このシステムは雑排水対策マニュアルや関連の研究論文を知識源として作成したものであり、現在組み入れている知識はその一部である。特に、処理関連では汚泥の処理・処分について、また費用関係では管路の維持管理費などはまだ取り入れていない。今後、これらの項目についても組み入れていくとともに関連分野の専門家から知識を獲得しながら知識ベースの拡張を行っていく予定である。

処理システム選定のエキスパートシステムについては以下のような特徴がある。まず、長所としては、

① 個別処理か共同処理かなどの判定に比べ、処理方式の選定を定量的な手法で評価することは実際困難であり、このため従来、経験或いは既存の実施例から判断して行ってきた。こうした知識を各種処理方式ごとに集め、ルールとして蓄積することにより合理的な処理システム選定が可能となる。さらに、別途報告している処理プロセス組み合わせ選定のエキスパートシステムとの連動も考えられる<sup>2)</sup>。こうした不確実な要素を含む問題に対しては従来の最適化手法では十分対応できない。

② 専門家の知識を逐次取り入れることにより、徐々に知識ベースを充実していくことができる。新たな知見の導入は比較的容易であり、こうした柔軟性のある処理は従来の手順型のプログラムでは実現できない。

また、逆に短所としては

③ 専門家の有する知識をいかにうまくルール化するかにについての手法が確立されていない。このため、問題にかかわる専門家の知識を体系的に整理する方法を見出す必要がある。また、経験として無意識のうちに用いている知識をどう引き出すかも工夫を要する。

④ ここでは、集落住民の意識までもあえて取り入れたが、こうした質問に的確に答えることは、現段階では研究事例も少なく困難な点の一つである。こうした不確実な点は確信度で表現できるわけだが、計算方法にもいろいろあり、どれをとったらよいかの判断基準も確立されていない。などが挙げられる。

環境分野へのエキスパートシステムの応用は、問題の複雑さのためにあまり例がない。環境問題への応用では、多分野にわたるいろいろな知識をどう整理、体系化して知識ベースとするかがポイントであり、現在模索している段階である。具体的には流域単位での富栄養化防止対策の選択を行うシステムについて検討しつつある<sup>17)</sup>。ここで示した処理システム選定のためのエキスパートシステムもその一環である。対策選定のためのエキスパートシステムは実用化まではまだ距離はあるが、環境分野における問題解決の一つの支援ツールとなり得ると考えている。

## 引用文献

- 1) 環境庁 (1985) : 生活雑排水対策マニュアル.
- 2) 甲斐沼美紀子・原沢英夫・内藤正明 (1986) : 排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.
- 3) 岡田光正・須藤隆一 (1985) : 生活系排水の原単位. 国立公害研究所研究報告, 第95号, 7-20.
- 4) 厚生省 (1980) : 家庭排水処理対策調査報告書.
- 5) 千葉県 (1979) : 家庭雑排水の集水及び処理システムの研究開発報告書.
- 6) 中日本建設コンサルタント (1986) : 生活排水処理施設の諸元調査. 国立公害研究所委託報告書.
- 7) 原沢英夫・中杉修身・内藤正明 (1986) : 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. 国立公害研究所研究報告, 第98号, 85-99.
- 8) 宗宮 功・藤井滋穂 (1982) : 酸化池による汚水の浄化, 用水と廃水, 24, 32-38.
- 9) Eckenfelder, W.W. and J.D. J. O'coner (岩井重久訳) (1965) : 廃水の生物学的処理, コロナ社.
- 10) 青山 勲 (1982) : 水生植物を利用した水質改善. 用水と廃水, 24, 87-95.
- 11) 細見正明・稲葉一穂・稲森悠平・原沢英夫・須藤隆一 (1986) : あし原による自然浄化機能. 水処理生物学会第23回論文集.
- 12) 細見正明 (1987) : 未公表資料.
- 13) 須藤隆一・稲森悠平 (1986) : 水路における排水の浄化と飼料化. 文部省環境科学特別研究, B281-R12-1, 73-77.
- 14) 林 紀男 (1987) : 水路における生物相の構造と水質浄化特性. 東邦大学修士論文.
- 15) 岡田二郎・川崎比呂志・鈴木真理子・山本 稔・庄司甲一・島村文女・夙 孝 (1987) : エキスパートシステム構築のノウハウ, OHM別冊.
- 16) エー・アイ・ソフト (1985) : 創玄マニュアル—付録マニュアル.
- 17) 甲斐沼美紀子・中杉修身・原沢英夫・内藤正明 (1987) : エキスパート・システムによる環境保全対策の策定—その1—, 第21回水質汚濁学会研究発表回講演論集, 267-268.

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 スモッグチャンバーによる炭化水素-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 スモッグチャンバーによる炭化水素-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 Multi-element 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「リュウブ」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 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.  
(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Orthocladiinae 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 南浅川の冬期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 Orthocladiinae 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(I)――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/M S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 畑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)

※ 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 computer-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 spectroscopic 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 technologies 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 analytical 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)

\* in Japanese

※ out of stock

〔昭和62年10月21日受領〕

RESEARCH REPORT FROM  
THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES, JAPAN

No. 119

国立公害研究所研究報告 第119号  
(R-119-'88)

---

昭和63年3月14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 谷田部印刷株式会社

〒305 茨城県つくば市谷田部1980

Published by the National Institute for Environmental Studies

16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

March 1988