

国立公害研究所研究報告 第24号

Research Report from the National Institute for Environmental Studies, No.24, 1981.

陸水域の富栄養化に関する総合研究(Ⅷ)

*Comprehensive Studies on the Eutrophication of Fresh-water Areas*

# 富栄養化が湖利用に及ぼす影響の定量化に関する研究

*Quantitative Analysis of Eutrofication Effects on Man's Utilization of Lake Water Resources*

昭和53～54年度

1978—1979

青木 陽二・北畠 能房・内藤 正明  
中杉 修身・萩原 清子

Yoji AOKI, Yoshifusa KITABATAKE, Masaaki NAITO,  
Osami NAKASUGI, Kiyoko HAGIHARA

環境庁 国立公害研究所

THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

## 序

本冊は特別研究「陸水域の富栄養化に関する総合研究」の昭和53～54年度報告となった8分冊の一つである。

湖の富栄養化を防止する適切な対策を見出すには、多くのしかも多方面の基礎的データを集積することが必要であることは言うまでもない。その中にはもちろん、湖内で生ずる富栄養化の現象のメカニズムを主として自然科学的手法で解明するためにも自然現象に関するデータ収集がまず第一に要求される場所である。これに加えて、そのような富栄養化による水質の変化が湖周辺に居住する人々の社会生活にとってどのような影響を与えているかということを出来るだけ数量的にとらえることもまた必要不可欠である。それはたとえば周辺に住む一部の人々にとっては水質悪化より水害被害が重大であることもありうるし、またある人々はアオコ発生により直接的に深刻な経済被害をうけていることがしばしば伝えられることから明らかである。しかしどのような現象が、社会のどの側面に、どの程度の被害や影響を与えているかという点を総合的に把握する確かなデータはこれまでまだほとんど得られていない。そこでこのような情報の収集をはかることを目標にここ数年にわたり実施された調査・研究の要点を中間報告の形でまとめたのが本報告集である。しかし成果としてはまだ十分とは言い難い。

社会事象の解析は自然現象の解明とはまた違った多くの難しさを伴うことは周知の通りである。特にデータ収集の方法論からまず研究開発していかねばならないといった困難さを考えると、この種の研究が終結するまでにはまだ多くの努力の集積を必要とするであろう。そこでこのあたりまでの成果を一応第1段階のまとめとし、大方の御批判を仰いでおくことが今後の研究を進める上からも適当ではないかと判断し、ここに公表するものである。

昭和56年1月

国立公害研究所

所長 近藤 次郎

## 緒 言

**本報告の位置づけ** 本冊では総合解析・評価の立場から霞ヶ浦汚濁の影響が漁業や水道などにどうあらわれているか、影響の定量的評価を試みたものである。中でも漁業に及ぼす影響の実証と評価に多くのページを割いている。

北畠、青木は現地、漁協などで得た霞ヶ浦漁業の経営形態、漁業実績、アンケート調査等をもとに、張網、曳き網漁業、養殖漁業などにおける水質汚濁による被害度を比較検討した。北畠は更に、霞ヶ浦漁業中、近年著しい伸びを見せ、汚濁原因としても重要視されている養殖業における富栄養化の影響の計量経済学的解析を行なったほか、わかさぎ・しらうお漁業における汚濁の影響を収獲減という観点から分析、解明した。

水道の影響については萩原らが、浄水生産過程での薬剤や動力のかかりの実態を、季節的な変化でとらえ、富栄養化の影響の著しい7、8月が他の月とどのように異なるか等を明らかにした。また青木は、湖岸環境評価における被験者の心理的反応の特性を論じて、視覚的に捉えられる水の濁りや視野の広さ、水辺への近づき易さなどが、通常用いられる透視度、クロロフィル等の指標とどういう相関があるかを論じた。

**研究のいきさつ** この特別研究は当研究所創立の翌年、すなわち昭和50年に企画され、約1年ていどの準備・調整期間を経て実施に移されたもので、対象陸水として研究所から至近の距離にある霞ヶ浦を選び、フィールド調査とデータ収集が始まった。52年4月に特別研究として正式にスタートしてからは霞ヶ浦のみでなく、全国の湖沼をも対象としたが、湖沼と汚染源の流域の関係が比較的シンプルな系として独特の調査を行った湯の湖を除き、霞ヶ浦以外の他湖沼では霞ヶ浦で行ったようなルーチンサーベイが不可能であったので、主として夏期における各湖沼の水質特性をつかむためのフィールド調査のみに止め、その成果は湖沼一般の富栄養度評価の研究や、他湖沼との比較における霞ヶ浦の特性把握に役立てた。

**研究スタッフと研究の性格** この特別研究には、研究所の9部のうち6部が参加し、35名の研究者が寄与している。その内訳は水質土壌環境部13、総合解析部6、生物環境部5、環境情報部5、計測技術部4および技術部2である。その専門分野も陸水学、生態学、環境工学のようなフィールド調査に直接関係のあるものから、気象学、地文学、情報工学、社会工学といった諸分野にまで亘っていて、まさに典型的な学際研究である。第1期の特別研究の特徴は、第2期(昭55年4月より)のそれが「陸水域の富栄養化防止」をかかげたのに対し、明らかに基礎研究の色彩が濃い。霞ヶ浦でいえば、その流域、後背地まで含めた面、空間でみられる物質移動、状態変化から、視覚・心理学的価値評価まで、富栄養化に関連する可能な限りの角度からスポットをあてて、その実態、実相をつかむことを試みた。

**本報告各分冊の紹介** 成果をまとめて1冊にするには種々難点があるので、全体をRシリーズで8分冊(R-19……R-26)、プラス総括編(R-27)計9冊とした。本冊はその一つであるが、全

体との関係を知って貰うため分冊のタイトルを紹介すると、Ⅲ、「霞ヶ浦（西浦）の湖流」、Ⅳ、「霞ヶ浦の微地形、気象水文特性およびその湖水環境に及ぼす影響」、Ⅴ、「霞ヶ浦流入河川の流出負荷量変化とその評価」、Ⅵ、「霞ヶ浦の生態系の構造と生物現存量」、Ⅶ、「湖沼の富栄養化状態指標に関する基礎的研究」、Ⅷ、「湖利用におよぼす富栄養化の影響の定量化」、Ⅸ、「*Microcystis*の増殖特性」、Ⅹ、「藻類培養試験法」で、これに加えて総括編がある。Ⅲ～Ⅹを通じて、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵは標題が示す通り霞ヶ浦、とくに西浦の現象を扱ったもので、Ⅷもその色彩が強い。

**霞ヶ浦をめぐる行政の現実と研究の今後** 第一期特別研究のこれらの成果（Ⅰ～Ⅹ）を足がかりに第二期特研で富栄養化防止策を研究するにあたり、霞ヶ浦の現実を見直すと、一方で現行水質環境基準 A 類型を達成すべしという命題が重くのしかかっており、富栄養化防止関係の諸要求充足のための対応策を早急に講じなければならない。また一方では、水資源公団が昭和60年度完成を期している霞ヶ浦開発事業があって、その主たる目的である43m<sup>3</sup>/秒の新規利水と沿岸の浸水や塩害防止のため湖周の護岸や常陸川水門の改造が行われ、それにより調節可能水深は2.85mとなり、治水容量3.4億m<sup>3</sup>、利水容量2.8億m<sup>3</sup>となる。この合計である有効貯水量6.2億m<sup>3</sup>は、霞ヶ浦の現貯水容量8.8億m<sup>3</sup>に比し極めて大きな数字であり、この新規利水により常陸川水門を流下する放流量は、現在の14億m<sup>3</sup>/年から5億m<sup>3</sup>/年と大幅に減ずる。富栄養化しやすい浅湖の代表である霞ヶ浦にとって極めて重大なこの改造が将来水質にどう影響するかの予測も重要な課題である。われわれはこうした行政上の現実を注視して今後の研究を有効に展開することを心掛けるつもりだが、将来水質の予測は正直なところ難しいものになると予想される。研究グループがなお保持している高いポテンシャルに期待するのみである。

昭和56年1月

国立公害研究所

水質土壌環境部長

合 田 健

## 目 次

1. 湖利用に及ぼす富栄養化の影響について.....	1
内藤 正明	
2. 心理的反応を用いた湖岸環境評価の試み.....	3
青木 陽二	
3. 浄水生産に与える富栄養化の経済的影響の予備的解析.....	17
萩原 清子・北島 能房・中杉 修身・内藤 正明	
4. 霞ヶ浦漁業における水質汚濁影響に関する実証的研究.....	27
北島 能房・青木 陽二	
5. 養殖業における富栄養化影響の経済的評価.....	53
北島 能房	
6. わかさぎ・しらうおびき網漁業における水質汚濁影響：被害魚による収量減と いう観点からの経済的評価.....	65
北島 能房	

## Contents

1. Summary of Studies on "Effects of Eutrophication on the Utilization of Lake Water Resources".....	1
M. NAITO	
2. An Empirical Study on Psychological Evaluation of Lakesides.....	3
Y. AOKI	
3. Preliminary Analysis of the Eutrophication Effects on Municipal Water Supply.....	17
K. HAGIHARA, Y. KITABATAKE, O. NAKASUGI and M. NAITO	
4. Empirical Study of the Eutrophication Effects on Commercial Fishing at Lake Kasumigaura.....	27
Y. KITABATAKE and Y. AOKI	
5. Economic Study of Eutrophication Effects on Carp Culture at Lake Kasumigaura .....	53
Y. KITABATAKE	
6. Water Pollution Effects on a Fishing Method of Trawling at Lake Kasumigaura : Economic Study of Reduced Landing Revenue due to Pollution-caused Fish Kills.....	65
Y. KITABATAKE	

## 1. 湖利用に及ぼす富栄養化の影響について

内藤正明<sup>1</sup>

### Summary of Studies on "Effects of Eutrophication on the Utilization of Lake Water Resources"

Masaaki NAITO<sup>1</sup>,

湖の富栄養化問題を総合的に解析するためには、湖中での富栄養化発生現象のメカニズムを解明することと併行して、富栄養化発生というものが湖に関わりをもつ周辺社会にどのような影響を及ぼすかを把握することが必要である。しかも富栄養化の程度や特質に対応してその被害をできるだけ定量的に評価しようとする関数関係を見出すことが、最終的に防止対策を検討する際の基礎情報となる。

本報はこのような認識の下に、霞ヶ浦の藻類発生等水質汚濁が種々の湖利用の過程に与えている影響を特に経済的被害として計量化することを試みたものである。ただし言うまでもなく湖の利用価値は、直接的なものに限っても様々な形態をとるものであり、さらに間接的に湖の存在自体がもたらす価値はその項目の同定すらむづかしい。通常考えられる湖の利用価値の諸側面をまとめたものが表1である。しかも問題はこのような評価の基となる自然及び社会事象にまたがるデータを収集することは容易でないことである。したがってここでの成果もまだ霞ヶ浦の利用形態の内、限られた項目（表1に示した“漁業”、“上水”及び“レクリエーション価値”）についての試算ないしはそのための方法論の開発段階のものである。

先ず報告1では湖の水辺が有するレクリエーションや人々の憩いの場としての価値の評価を扱ったものであるが、このような心理的な判断にかかる項目についてはまだ研究が始ったばかりであり、その評価の方法論すら確立されていない。そこで本報ではそのような環境場が人々の主観を通じた評価によってどのようにとらえられるかを計量するための実験手法の検証にまず主眼を置いて検討した。報告2は霞ヶ浦の水資源、特に上水源としての価値が富栄養化によってどのように影響をう

---

1. 国立公害研究所 総合解析部 〒305 茨城県筑波郡谷田部町小野川16番2  
Systems Analysis and Planning Division, The National Institute for Environmental  
studies, Yatabe-machi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

けているかを把握しようとしたものである。具体的には藻類による水源水質の悪化と浄水コストの上昇との間の関係式を実データの統計処理によって見出そうとしたものである。ただし対象とした浄水場の稼働歴が短いため、まだ十分な時系列データの蓄積が少なく、導かれた結果は今後のデータによって改良することが必要である。報告3～5は霞ヶ浦で行なわれている各種水産業に対する影響評価の試みである。先ず報告3では霞ヶ浦漁業従事者の悉皆調査の結果を要約して全体的にまとめたものである。報告4と報告5はその調査結果を分析し、それぞれ“養殖業”と“わかさぎ・しらうお曳網漁業”に対する水質変化影響の経済評価を行なった。今回のデータの範囲でみると、養殖業の生産性に与える富栄養化の被害は顕著であるが、一方曳き網漁業に対しては被害魚という観点から評価したため水質悪化の影響は強く見出されなかった。

以上のような研究結果が霞ヶ浦富栄養化の社会影響の評価の資料として実用に耐えるには、さらに一層のデータ蓄積と分析の継続が必要となろうが、本報での成果がそれに至る第一歩となれば幸いである。

表1 湖利用モデルの変数体系

Table 1. Illustrative example of variables used in the Lake Utilization Model

Man's Active and Passive Uses	Sports and commercial fish catches (common carp, shrimp)	Water supply (municipal, industrial, agricultural)	Acquisition of new land (agricultural, residential, municipal)	Mineral resources (gravel and sand)	Floods	Amenity and recreation (swimming, beach, picknning, esthetic enjoyment)
Resource Inputs to the Man's Utilization Processes	Labour Fuel Energy Fishing gear and boat Feeds	Labour Energy (power, fuel) Waste treatment Chemicals (aluminum, sulfate, liquid, chlorine)	Labour Energy Drege	Labour Energy Workboat		Labour Energy Party Boat
Environmental Conditions of the Lake	Distribution of fish populations Distribution of bottom deposits Distribution of underwater grass	Storage of Water Depth Water level Water quality	Area of shallow water Depth Water Level	Resource reserves	Area of floodplains Depth Water level	Area of open shore Vegetation map Scarification of the land Water quality



## 2. 心理的反応を用いた湖岸環境評価の試み\*

青木陽二<sup>1</sup>

### An Empirical Study on Psychological Evaluation of Lakesides

Yoji AOKI<sup>1</sup>

#### Abstract

To apply psychological responses to site planning, there are three problems to be solved. The first, a method of measurement on psychological responses must be developed. The second, a structure of the psychological responses must be elucidated. The third, physical quantities related to the psychological responses must be found. As for the first problem, on-site evaluation and the Nominal scale method were used and evaluative questions which were site's interest, pleasantness of activities and physical features of site were measured at Lake Kasumigaura. As for the second problem, the method of variable selection by AIC and the Quantification Theory II were used and relationships among the responses were isolated. As for the third problem, physical quantities measured on-site were related to the physical features recognized by respondents.

After two times of preliminary surveys, main survey was executed with 85 persons at 10 points of lakeside on 13 september 1978.

As a result, four important activities contributing to site's interest were found and five physical features of site and two personal attributes of respondents which contribute to these activities were also found. With these results, the structure of psychological responses was elucidated. And physical quantities were successfully related to the psychological responses. With this result, useful applications of psychological responses to site planning were obtained.

---

\* 本稿は LANDSCAPE PLANNING に投稿中の筆者の論文と先に行った予備調査の結果について心理的反応を中心に書き直したものである。

1. 国立公害研究所 総合解析部 〒305 茨城県筑波郡谷田部町小野川16番2  
Systems Analysis and Planning Division, The National Institute for Environmental  
Studies, Yatabe-machi, Tsukuba, Ibaraki 305Japan

## 1. 心理的反応に応じた環境要素発見の必要性

存在が確認される“もの”すべてが環境を構成する要素となり得ることは衆知のことである。しかしながら存在する“もの”が環境を構成する“もの”であると認められるには主体=環境系（梅棹，1969）という考え方から、主体との関係が確かめられなければならない。その主体が人間であると仮定すると、人間と“もの”との関連は主体となった人間が一番良く知っているはずである。そこで外界からの影響を一番良く受ける部分を人間に探すと、受容器、すなわち感覚器があげられる。この感覚器を通した外界からの反応を主体でない他の人間が知るには、言語、動作を通した伝達手段によって探る方法が簡便である。このような伝達手段によって伝わる事がらを“意識”とか“反射”としてとらえることができるが、本研究では前者を環境要素による心理的な反応としてとらえたい。当然のことながらこれらの環境要素の認知はその環境の主体である人間が行なうもので研究者が決めるものではない。

心理的な反応を起すすべての“もの”は環境要素としてとり扱わねばならないであろうか。人間が知覚しうる身の回りのものを数えただけで恐ろしく多いことは自明である。このような“もの”全てについて研究を広げることは、環境計画や環境改善のように施策に結びつき易い研究のテーマとしては適さない。その理由は、施策に用いる環境要素が余りに多い場合、各要素を把握し、コントロールできるまで研究を行なうには、長い時間と膨大な資源と、多大な労力を必要とする。一方、計画手法など施策に資する研究とするには、時間、資源、労力共に限られた中で有効な成果を得なければならない。このような場合、環境要素に対して何らかの選定を施さなければならない。この目的に対し、環境の主体である人間の心理的反応を測定し、この反応に強い関連のある“もの”だけを環境要素として取り上げるのも良い方法である。

そのような方法によって環境要素を選ぶ場合、目的とする心理的反応のとり方によって、抽出される環境要素も違う可能性がある。研究の目的となるこの心理的反応はある環境に対する主体となった人間の評価に他ならない。日常の生活環境ではこのような評価を行う主体となる人間は、特別な人間ではなく、ごく一般的な人間である。よってこのような人々によって下される評価を求めるには、良い悪い、好き嫌いなど単純な判断を問う方が各人による解釈のずれは少ない。

このような評価と、それに関連した環境要素を見つけることは、環境を計画したり、改善する施策に考慮すべき目的変数や操作変数を探ることになる。これらの変数を探し、心理的反応との関連を明らかにすることは、施策の有効性と限界を示すに有用な資料を提供する。

このような研究の取り組み方は、人間のその時、その時の勝手気ままな意向を追うだけでなんら役に立たない成果しかもたらさないという見方をされるかもしれない。確かに全ての現象のメカニズムが明らかとなり、それらを踏まえた上でモデルを構築し、最適解を求める総合的な施策に供する研究方法も必要であるが、悪いと言われる所を1ヶ所づつでもつくろいながら進む施策に供する研究の方法も並行して進めることは前者に対しても重要な資料を提供することになる。

## 2. 心理的反応の構造に応じた調査項目の設定

環境要素による心理的反応の構造は図1に示すように仮定した。現存する環境要素の集合としての物理的環境は人間が認知しうる物理的な特性としての環境項目としてとらえられる。この環境項目は、心理的反応としての評価を支えていると考えられる。この評価は目的とする評価が単純に物理的な環境の特性と結びつかない場合には、中間に個別の評価項目を作り、総合評価を補助することを考える場合もある。これらの人間が認知、評価する反応には全て、主体となった人間がもつ個人的な特性、例えば、性別、年齢、過去の体験などが影響すると仮定した。

このような仮定に従うと図に示すような4種類の調査項目を立てる必要がある。第1は総合評価となるべき項目でこれは研究の目的とすべきいかなる項目でもこの位置を占めることができる。第2は個別評価の項目で、総合評価が主体の意志決定に結びつく重要な項目でありながら、抽象的で存在する物理的な環境要素と直接結びつくとは考えられない場合、中間的な変量として設定する。第3は物理的環境を主体がどのように認知しているかである。これは主体の評価がどのような物理的環境要素によってもたらされているか知る重要な目安を与えてくれているものである。このように物理的環境を要素としてとらえるのは、物理的環境を存在するがままにとらえるという方法では記述すべきことが多く、筆者の能力から考えて不可能と考えるからである。第4は主体となった人間の特性についての項目である。主体となった人間の個人的な体験や属性を全てとらえることは、これもまた不可能なことと考えられる。そこで評価や認知に影響を与えると考えられる項目をとり出して調査項目とした。

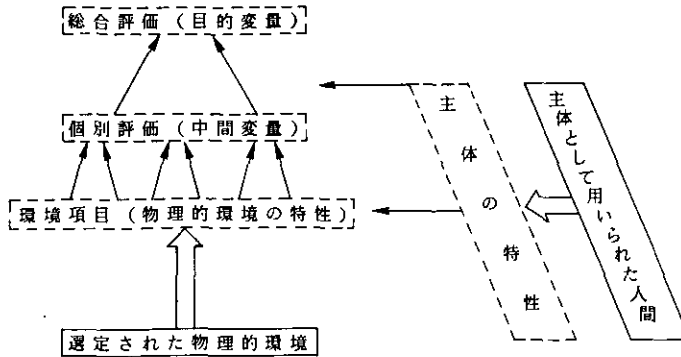
このような人間の認知を通して物理的環境の特性や主体となった人間の特性をとらえているので、調査項目から外れてとらえられなかった特性が生じると思われるので、選ばれた物理的環境としての地点や主体となった人間個人個人をひとつずつを変数として解析は行なうことにした。

## 3. 霞ヶ浦における湖岸評価の結果

調査の方法は、主体となる人間を選び、各人の特性を調べ、2つのグループを作り、各グループを別々のマイクロバスに乗せ、先に選定した各地点に立たせ、1地点ごとの心理的反応を調査用紙に記入してもらうという方法をとった。この調査ではグループ間の相互の干渉を避けるように誘導した。またこのような調査方法の安定性を知るために始まりと終わりの地点は同じ地点を用いた。

### (1) 第1回予備調査の結果

この調査では総合評価としては湖岸の全体的な汚れの項目を用いた。この項目は単純な物理的環境要素と結びつくと考えられたので、中間の個別評価項目を設定しなかった。そして環境項目として表1に示す廃船、あきかんなどのゴミ、流木などの自然ゴミ、土木工事土砂採取、アオコの量、水の濁り、水草、水の色水へのアプローチの9項目を設定した。また、主体となった人間の特性を



注1 総合評価は目的とする変量であり、研究の目的とすべき全ての項目がこの位置を占めることができる。

注2 個別評価は目的変量が抽象的であり、物理的環境と結びつかない場合に設定されるものである。

注3 環境項目は物理的環境の特徴を人間の知覚を通して表わしたものである。

注4 主体の特性は主体となる人間の特性を人間の知覚を通して表わしたものである。

図1 心理的反応の構造 (仮定)

示す項目として、性別、年齢、職業、住居から湖までの距離、湖との接触頻度、調査時に設定されたグループの6項目を設定した。

調査は1977年11月27日、湖岸住民22名、湖を知らない人として筑波大学生20名の男女を被験者にし、霞ヶ浦21地点で調査を行なった。この実施結果について国立公害研究所所究報告（国立公害研究所、1979）に詳しく報告した。

これらの調査結果はカテゴリーで調べられているので、数量化の手法で分析するのが一般的である。しかしながら数量化II類では、変数が大きくなればなるほど相関比は上昇し、カテゴリー分割の多い要因ほどレンジが大きくなりやすい傾向を示す。このようなことから数量化II類による変数選択は困難であり、調査した項目間の関連を最小の項目数で求めることはできない。ところが近年、AIC という情報量基準によってカテゴリーデータによる変数選択の手法が、坂元、赤池によって導かれた。この手法によって先に得られたデータを解析すると図2のようになった。湖岸の汚れは水の濁りと廃船の存在によってもたらされた。またこれらの環境項目は調査地点にのみ依存し、主体の特性による影響は受けていなかった。このことは調査に用いた被験者がどのような人であってもこのような判断を下したということになる。この結果は総合評価が湖岸の全体的な汚れという非常に

わかりやすい項目だった為に得られたものである。また特に水の濁りと湖岸の汚れとの関連が強く得られた。このことは調査時期が秋になりアオコもなくなり湖岸の汚れがすなわち水の濁りと考えられたからであろうと推定される。

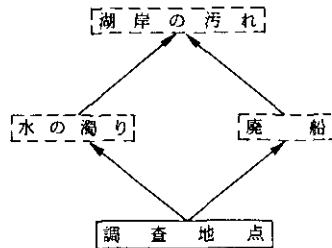


図2 第1回予備調査の結果

## (2) 第2回予備調査の結果

前回の調査が余りにも単純な評価の構造となったので、この調査では総合評価の項目として、表1に示すように、住む環境として適するか否かを求めた。この項目は単純に物理的な環境と結びつかないと推定されたので、中間変数としてそこで行なえる活動項目を個別評価項目として設定した。それらは、水遊びをするに適するか否か、ボート、ヨットをするに適するか否か、釣をするに適するか否か、散歩するに適するか否か、景色を見るに適するか否かを問う項目である。また環境項目としては子供が走り回れる広場があることと水鳥がいるかどうかという項目を加えた。また主体の特性を表わす項目としては、釣の経験、散歩の経験についての項目を加えた。

調査は1978年3月1日、湖岸住民22名、湖を知らない人として筑波大学生20名の男女を被験者にし、霞ヶ浦の北部11地点で調査を行った。この調査の実施結果についても国立公害研究所所究報告(国立公害研究所、1979)に詳しく報告した。この時は筑波おろしが吹き湖岸に長い間立つというこの実験には不向きで、調査の結果にかなりのひずみを生じていた。

この調査の結果も第1回と同様に分析し図3のような結果を得た。住む環境としての適否にボート・ヨットに適することが寄与し、被験者群を変数とした項目が適さないという評価に寄与していた。またボート・ヨットに適するという評価は、調査地点に影響され、調査地点の特性を示す環境項目は選定されなかった。この結果は天候条件から考えて十分な結果とは考えられないが、ボート・ヨットができそうな場所は湖岸が整備されていて、住む環境としても良いと判断されたものと推測される。また湖岸に住んでいない筑波大の学生にとっては、調査地点に対し住みたいと言う評価は出しにくかったものと推定される。さらに環境項目が説明変数として選ばれなかったのは、調査地

表1 各調査における調査項目

	第1回予備調査	第2回予備調査	本 調 査	
総合評価	全体としての汚れ	住む環境として適	ここにまた来たいか	
個別評価		水遊びをするに適 ボート・ヨットに適 釣をするに適 散歩をするに適 景色を見るに適	水遊びをするに快適 ボート・ヨットをするに快適 散歩をするに快適 サイクリングをするに快適 釣をするに快適 虫とり・つみ草をするに快適 景色を見るに快適	
環境項目	廃 船 あきかんなどのゴミ 流木などの自然ゴミ 土木工事土砂採取 ア オ コ 水 の 濁 り 水 草 水 の 色 水へのアプローチ	廃 船 あきかん・流木などのゴミ ア オ コ 水 の 濁 り 水 草 水辺までの行きやすさ 堤 防 子供が走り回れる広場 水 鳥	水辺までの行きやすさ 子供が走り回れる広場 堤 防 臭 花 看板・その他広告物 廃 船 野 鳥 あきかん・流木などのゴミ 生 物 の 死 体 油 膜 水 の 濁 り	ア オ コ 水 中 の 水 草 防 ア オ ヨ シ など 鳥 や 蛙 の な き 声 鳥
主体の特性	性 別 年 令 職 業 住居から湖までの距離 湖との接触 調査時のグループ	性 別 年 令 職 業 住居から湖までの距離 湖との接触 釣の経験 散歩の経験 調査時のグループ	性 別 年 令 職 業 住居から湖までの時間 湖までの交通手段 湖との接触 水遊びの経験 ボート・ヨットの経験 散歩の経験 サイクリングの経験	釣の経験 虫とりつみ草の経験 調査時のグループ

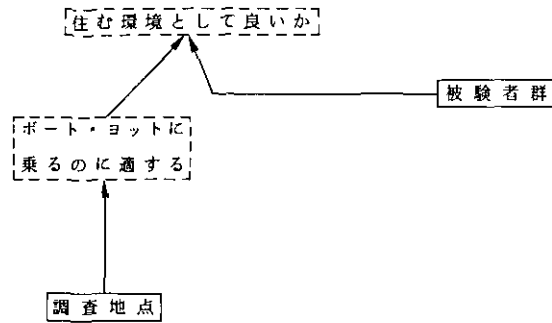


図3 第2回予備調査の結果

点の特性の中で評価に寄与するような項目が十分でなかったからであろうと考えられる。

### (3) 本調査の結果

この調査では湖岸の魅力を表わす総合評価の項目として、その地点にまた来たいか否かを問うことにした。この評価は、そこで何ができるかという活動の可能性によって支えられるのではないかと考え、この項目として表1に示すように前回の活動項目にサイクリングと虫とり。つみ草の項目を加えた。またこれらの活動を支える環境項目として、前回の環境項目に堤防の高さ、悪臭、看板、その他の広告物、生物の死体、油膜、水中の水草、アシヨシなど背の高い水草、花鳥や蛙のなき声の項目を加えた。また被験者の特性を示す項目として、住居から湖までの時間、湖までの交通手段、各活動の経験度合の項目を加えた。

調査は前2回の成果に基づきアオコが出ていて、天候も余り悪くならなかった1878年9月13日に湖岸住民43名、湖を知らない人として筑波大学生42名の男女を被験者として、図4に示す霞ヶ浦北部の11地点で調査を行った。

その結果各地点における総合評価としてまたそこを訪れたいと答えた人の比率は表2のようになった。天候の影響で全体として反応は低い値にとどまっている。50%以上の人に好まれたのは歩崎だけであった。t検定の結果、土浦港、歩崎、高須は湖岸住民によって好まれていた。これは湖岸住民はこれらの地点が茨城百景に選ばれている地点であることを知っているからであろうと推察される。また石田は筑波大学の学生の群により好まれていた。これは筑波大の学生が自然的な場所を好んだからであろう。また表に示すように大多数の人々に好まれるような地点は今回の調査では含まれていなかった。調査の始まりと終わりにおける地点の評価の値には有意な差が表われなかった。このことはこの調査方法の安定性を示すと考えられる。

個別評価としての活動快適性に関する結果では表3に示すように、水遊びとサイクリングを除いて50%以上の人々が適すると認めた地点があり、比較するに十分なデータを得ている。ボート・ヨット

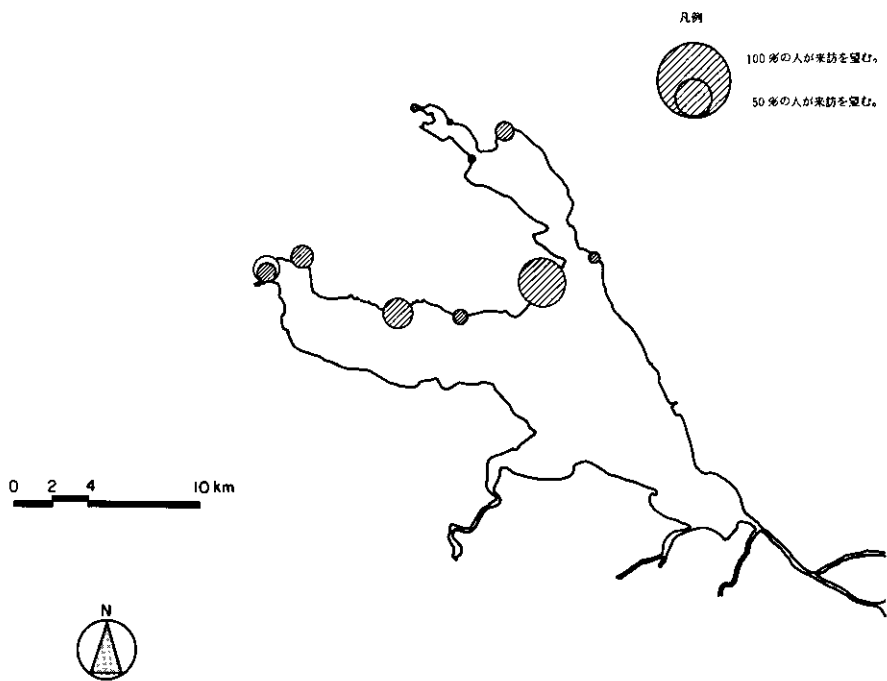


図4 調査地点の魅力度

表2 各地点における場の魅力

評価者	土浦港	石田	崎浜	八田	歩崎	八木	高浜	下高崎	川中子	高須	
住民 43人	51.2	44.2	18.6	34.9	23.3	79.1	11.6	4.7	9.3	30.2	27.9
その他 42人	16.2	4.8	40.5	45.2	23.8	52.4	11.9	16.7	4.8	21.4	2.9
全員 85人	34.1	24.7	29.4	40.0	23.5	65.9	11.8	10.6	7.1	25.9	15.3
t 値	3.68	4.77	2.28	0.97	0.05	2.73	0.04	1.82	0.81	0.93	4.27
	2回目	1回目									

有意水準 0.05 t 値 1.96 以上有意

有意水準 0.01 t 値 2.58 以上有意



トに適する場所は崎浜、歩崎であり、散歩するに適する場所は石田、崎浜、歩崎であり、釣に適する場所は石田、崎浜、八田、歩崎であり、虫とり、つみ草は石田、景色を見るには崎浜、八田、歩崎、川中子であると認知されていた。

環境項目としての物理的環境の特性は表4に示すように、ゴミ、生物の死体、油膜、花、鳥や蛙

表3 各地点における活動快適性

活動項目	土浦港	石田	崎浜	八田	歩崎	八木	高浜	下高崎	川中子	高須	変化の範囲	
水遊びに適する	15.3	5.9	11.8	20.0	10.6	45.9	1.2	7.1	2.4	11.8	24.7	1-46
ボート・ヨットに適する	42.4	30.6	27.1	60.0	36.5	83.5	9.4	4.7	7.1	32.9	12.9	7-84
散歩に適する	45.9	34.1	63.5	55.3	36.5	68.2	24.7	34.7	4.7	45.9	29.4	5-68
サイクリングに適する	44.7	36.5	34.1	28.2	9.4	44.7	18.8	30.6	2.4	20.0	23.5	2-45
釣に適する	27.1	25.9	50.6	62.4	56.5	64.7	12.9	43.5	10.6	30.6	20.0	10-65
虫とりつみ草に適する	9.4	8.2	50.6	38.8	22.4	25.9	11.8	23.5	12.9	28.2	22.4	8-51
景色を見るに適する	21.2	24.7	42.4	62.4	55.3	71.8	34.1	5.9	20.0	57.6	20.0	6-72

2回目 1回目

表4 各地点における物理的特性

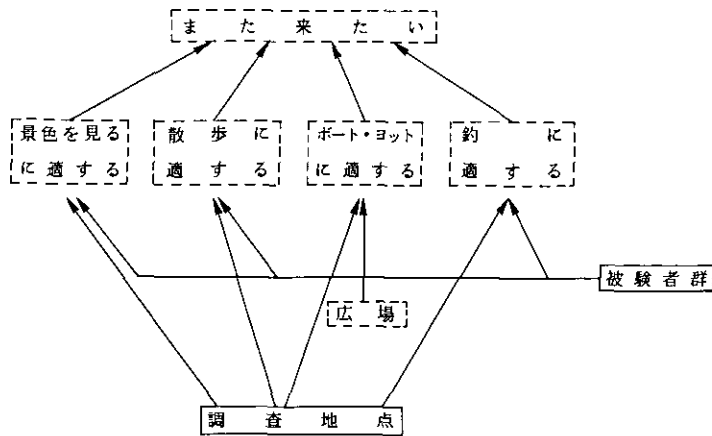
物的条件	土浦港	石田	崎浜	八田	歩崎	八木	高浜	下高崎	川中子	高須	変化の範囲	
アプローチがよい	81.4	83.5	20.0	57.6	45.9	97.6	38.8	34.1	20.0	48.2	76.5	20-98
広場がある	82.4	76.5	42.4	31.8	23.5	96.5	18.8	29.4	0.0	35.5	58.8	0-82
高い堤防がある	15.3	10.6	20.0	40.0	55.3	22.4	40.0	11.8	1.2	50.6	38.8	1-55
悪臭がする	28.2	21.2	15.3	44.7	40.0	34.1	49.4	11.8	67.1	18.8	1.2	1-67
広告がある	60.0	54.2	15.3	10.6	11.8	28.3	8.3	41.2	7.1	12.9	11.8	7-60
廃船がある	62.4	58.8	57.6	45.9	40.0	36.5	35.3	5.9	62.4	4.7	12.9	5-62
ゴミが多い	10.6	9.4	4.7	21.2	21.2	11.8	10.6	23.5	32.9	12.9	15.3	5-33
生物の死体がある	2.4	2.4	4.7	5.9	9.4	12.9	5.9	9.4	10.6	3.5	1.2	1-13
油膜がある	41.2	35.5	4.7	15.3	22.4	3.5	11.8	48.2	35.3	7.1	2.4	2-48
水が濁っている	81.2	82.4	56.5	61.2	64.7	52.9	91.8	81.2	84.7	52.9	17.6	18-92
アオコが多い	61.2	20.0	2.4	7.1	37.6	1.2	95.3	8.2	71.8	1.2	2.4	1-95
水草が多い	5.9	2.4	21.2	7.1	22.4	2.4	57.6	29.4	63.5	9.4	3.5	2-64
アンヨシが多い	10.6	12.9	94.2	85.9	85.9	42.4	64.7	91.8	87.1	49.4	40.0	11-94
花がある	8.3	8.3	28.3	16.5	23.5	15.3	41.2	38.8	45.9	42.9	16.5	8-46
鳥や蛙の音がする	1.2	3.5	24.7	28.2	43.5	7.1	12.9	29.4	41.2	35.3	22.4	1-44
野鳥が見える	27.1	10.6	18.8	42.4	51.8	14.1	52.9	18.8	38.8	45.9	22.4	11-53

2回目 1回目

の声を除いて50%以上の人に認知された地点があって、比較するに十分なデータを得た。アプローチが良かったのは土浦港、崎浜、歩崎、広場があるのは土浦港、歩崎、高須、高い堤防があるのは八田、川中子、悪臭がしたのは下高崎、広告があったのは土浦港、廃船があったのは土浦港、石田、下高崎、水が濁っていたのは高須を除く全ての地点、アオコが多かったのは土浦港の1回目と八木、下高崎、水草が多かったのは八木、下高崎、アシヨシが多かったのは石田、崎浜、八田、八木、高浜、下高崎、野鳥が見えたのは八田、八木であった。

これらの結果に対し、予備調査のときと同じ手法によって変数を選び、心理的反応の構造を求めると図5のようになった。その地点の総合的な魅力は、景色を見る、散歩、ボート、ヨット、釣の4つの活動に対する適性である個別評価に支えられ、これらの活動に対する評価はボート、ヨットの活動を除いて調査地点と被験者を分けた群によって説明された。ボート、ヨットの活動の適否は、調査地点と広場の有無によって説明されていた。この結果から総合評価には個別評価が有効に寄与しているが、個別評価は環境項目によって十分説明されていないことがわかった。しかしながら調査地点や被験者群がそのまま変数となっていることは、どのような物理的環境要素や個人の特性が評価と結びつけるべきかが明らかにならないことを示している。

そこで調査地点と被験者群の変数を落として分析をやり直した。その結果図6に示すように景色



- (1) 個別評価が有効
- (2) 被験者群の差は主体の特性差なのか、誘導条件の差なのか。
- (3) 環境項目は広場を除いて有効でない。

図5 本調査の結果

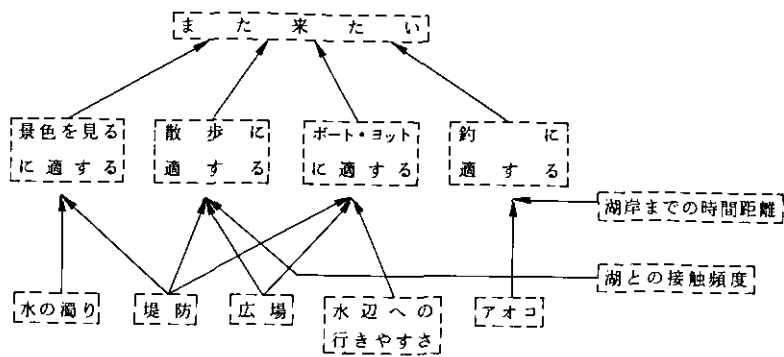


図6 心理的反応の構造

を見る活動には水の濁りと堤防の高さ、散歩の活動には堤防の高さと広場の有無と湖との接触頻度、ボート、ヨットの活動には堤防の高さと広場の有無と水辺への行きやすさ、釣の活動にはアオコの量と住民から湖までの時間距離がそれぞれ寄与していた。これらの変数の詳細な関連は LANDSCAPE PLANNING (Aoki, 1981) に報告した。

#### 4. 環境要素の推定

先の分析で選ばれた環境項目に関連した物理的環境要素を見つける為に、有用と思われる物理的諸量を測定した。その結果表5に示すように、堤防の高さ、湖岸の高さ、近づける湖岸の長さ、広場の広さ、透視度、クロロフィルaの量のデータを得た。なお水質関係のデータは当研究プロジェクトの他のグループによって同日測定されたものであり、地形的なデータは後日巻尺等によって測定したものである。このデータと先の分析で得られた環境項目の心理的反応との関連分析の結果次の式(1)~(5)のように得られた。

##### ①水の濁り

表5 物理的諸量

物理的項目	土 浦	石 田	崎 浜	八 田	歩 崎	八 木	高 浜	下高崎	川中子	高 須
堤防の高さ(m)	0.8	2.2	2.2	2.4	0.9	2.4	1.9	0.4	2.5	2.2
湖岸の高さ(m)	0.8	2.2	0.4	0.9	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.2
近づける湖岸の長さ(m)	333	3	29	38	77	1	2	1	1	20
広場の広さ(4a)	0.31	0.02	0.01	0.01	0.29	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03
透 視 度(cm)		40				40		30		70
クロロフィルAの量(μg/l)		59				180		107		69

$$Y = -65.1 \log X_1 + 33.1 \log X_2 + 156.9 \quad (1)$$

Y : 水が濁っていると答えた人の割合 (%)

X<sub>1</sub> : 透視度 (cm)

X<sub>2</sub> : クロロフィルの量 (μg / ℓ)

#### ②堤防の高さ

$$Y = 22.0 \log X + 19.5 \quad (2)$$

Y : 堤防が高いと答えた人の割合 (%)

X : 堤防の高さ (m)

#### ③広場の広さ

$$Y = 19.6 \log X + 110.0 \quad (3)$$

Y : 広場があると答えた人の割合 (%)

X : 地点の広さ (ha)

#### ④アオコの量

$$Y = 92.0 \log X - 375.3 \quad (4)$$

Y : アオコが多いと答えた人の割合 (%)

X : クロロフィルの量 (μg / ℓ)

#### ⑤水辺への近づきやすさ

$$Y = 10.9 \log X_1 + 16.4 \log X_2 + 13.9 \quad (5)$$

Y : 水辺へのアクセスが良いと答えた人の割合 (%)

X<sub>1</sub> : 人が近づける水辺の長さ (m)

X<sub>2</sub> : 湖岸の高さ (m)

これらの関連式のうち水質関連の(1)と(4)に関してはデータが少ないので十分な結果は得られなかった。しかしながらこれらの式が持つ相関係数の大きさから判断して今後十分な測定を加えることにより計画に対し有効な示唆を与えると推察される。

これらの結果より50%以上の人々が認める判断を基に計画の指針となる提案を導くと、景観を見る為の堤防の一部に4.0m位の高い場所を造り、散歩や船遊びの為に0.05ha以上の広場を造り、人が近づける湖岸を(水面より0.6mとする)長さ20m以上造り景色を見たり船遊びをする為にクロロフィルの量を102μg / ℓ以下にし、透視度を54cm以上にした方が良いことを示している。

これらの提案はさらに精密な調査や測定が行なわれなければ有効にはならないが、物理的な環境要素へ心理的反応が結びつくことを示している。

## 5. 結論と今後の発展

心理的反応を用いた湖岸評価の調査結果から次の3つの結論を得た。

①湖岸評価における心理的反応の構造が明らかとなった。湖岸の魅力は景色を見るに適する、散歩に適する、ボート、ヨットに適する、釣に適するという4つの活動項目によって支えられていた。これらの活動項目は水の濁り、堤防の高さ、広場の有無、水辺の行きやすさ、アオコの量という5つの環境項目と居住地から湖岸までの時間距離と湖との接触頻度という2つの主体特性と関連を持っていた。

②この構造より得られた環境項目に影響する物理的環境要素が明らかとなった。水の濁りは透視度とクロロフィルの量と関連をもち、堤防の高さは湖面からの高さに関連をもち、広場の有無は調査地点の広さと関連をもち、水辺への行きやすさは湖岸の高さと近づける湖岸の長さに関連をもち、アオコの多さはクロロフィルaの量と関連を持った。

③ここで関連づけられた環境要素を用いて計画に有効な提案を得た。景観を良くする為に堤防の一部を高くし、散歩や船遊びの為に広場と人が近づきやすい湖岸を造り、景観や船遊びの為にクロロフィルAを少なくし水の透視度を上げなければならない。

しかしながらこれらの結論の中には未だ十分な結果が得られていないものも多い。

①図4に示したように環境項目よりも調査地点の方が説明力を持っていた。このことは環境項目自体これらの活動項目を十分に説明しうる要因でないことを示している。

②また表5に測定された水質項目は、測定地点数が少な過ぎて十分な関連を得ていない。

③これらの結果が違った特性を持つ主体となる人間、季節や調査地点など選定された物理的環境が変わった場合どのように変化するかは明らかでない。

これらの問題点をふまえ今後さらに数多くの調査が行なわれなければならない。

## 引用文献

AOKI, Y. (1981): A study of on-site evaluation for site planning

Lake kasumigaura・Landscape Planning (投稿中)

国立公害研究所 (1979): 湖岸環境に関する臨場意識調査 (その1) - 第1回調査結果の解析, (その2) - 第2回調査結果の解析. 国立公害研究所研究報告, 第6号, 317-326, 327-334.

梅棹忠夫 (1969): 思想の科学事典, 25-26.

### 3. 浄水生産に与える富栄養化の経済的影響の予備的解析

萩原清子<sup>1</sup>・北畠能房<sup>2</sup>・中杉修身<sup>2</sup>・内藤正明<sup>2</sup>

#### Preliminary Analysis of the Eutrophication Effects on Municipal Water Supply

Kiyoko HAGIHARA<sup>1</sup>, Yoshifusa KITABATAKE<sup>2</sup>  
Osami NAKASUGI<sup>2</sup>, Masaaki NAITO<sup>2</sup>

#### Abstract

One of the significant effects of eutrophication on the surrounding regions of a closed waterbody like a lake is the effects of intake water quality deterioration on municipal water supply.

The following three effects are taken into account: the change in the system of water purification processes, the change of a intake point for water supply, and the resource costs relating the fluctuation in the quality of energy consumption. The first and the second effects have to be considered by means of a long-term analysis, while the third effect may be analyzed by means of both a short-term and a long-term analysis.

The study constitutes a preliminary analysis for the integrated evaluation of the eutrophication effects on municipal water supply, and tries to quantify the above-mentioned third effect in terms of data taken from a municipal water supply plant at Lake Kasumigaura, where the reference periods is from July 1978 to March 1979.

The result shows that the seasonal variation of intake water quality is reflected in the variations of resource costs for municipal water supply.

- 
1. 筑波大学社会科学系 〒305 茨城県新治郡桜村天王台1-1-1  
Institute of Social Sciences, University of Tsukuba, Sakura-mura, Niihari, Ibaraki, 305, Japan.
  2. 国立公害研究所 総合解析部 〒305 茨城県筑波郡谷田部町小野川16番2  
Systems Analysis and Planning Division, The National Institute for Environmental Studies, Yatabe-machi, Tsukuba, Ibaraki, 305, Japan.

## 1. はじめに

湖沼で代表される閉鎖性水域の富栄養化が周辺地域に及ぼす主要な影響の1つに、水源水質変動の浄水生産に与える経済的影響がある。本報告はこの影響を定量化することによって、浄水生産という観点から望ましい水源水質のあり方をさぐるための1つの予備的解析例をまとめたものである。

浄水生産に与える水源水質変動の影響評価を行うには、少なくとも2つのことが整理されていなければならない。これは、1) 評価の観点、及び、2) 影響の側面である。前者は水源水質変動を少なくとも数年ないし数十年という長期的な観点から評価するのか、それとも、季節変動といった短期的観点から評価するかということである。後者は、浄水生産に与える影響の側面として、2a) 浄水処理方式(急速ろ過、緩速ろ過)の変更、2b) 取水地点の変更、2c) 水質基準を満足する浄水を一定量生産するために必要な資源エネルギー量に与える影響が考えられるが、このいずれの側面を評価の対象とするかということである。表1は、これらの関係をまとめたものである。この表を見てもわかるように、水源水質変動の浄水生産に与える影響の総合評価は、かなり長期にわたるデータにもとづいて行う必要がある。

表1 分析のフレームワーク\*

影響の側面 評価の観点	浄水処理方式 の変更	取水地点の 変更	浄水生産に必要な 資源エネルギー量
長期的観点	○	○	○
短期的観点	×	×	○

\* ○印は考察可能なものを、×印は考察不可能なものを示している。

本報告は、長期的評価を行うための予備的解析例として、霞ヶ浦浄水場をとりあげ、昭和53年7月～昭和54年3月の9か月間の水源水質変動の浄水生産に及ぼす影響評価を試みたものである。ただし、このように短期間データしか得られなかったため、解析は必然的に表1の短期的観点から行うことになった。

## 2. 霞ヶ浦浄水場の状況

水源水質変動、特に、季節変動の浄水生産に及ぼす影響としては、薬品注入量の変化、ろ過池の表洗・逆洗回数の変化、汚泥処理量の変化などが考えられる。

個々の浄水過程での影響をみる前に、霞ヶ浦浄水場の状況を概観することとする。霞ヶ浦浄水場は全国の浄水場の中では、富栄養化がかなり進行した湖沼を水源とする浄水場の1つとみなされる。そして、水利用上の影響としては藻類の増殖に伴うpH値の上昇による凝集沈澱処理への障害、ろ過

池の閉そく及び異臭味の発生等が考えられる。したがって、霞ヶ浦浄水場では原水水質の監視を密にし、それに対処する浄水処理方法がとられている。霞ヶ浦においては、上記のような浄水管理に影響を及ぼす藻類として、ろ過池をつまらせる珪藻類の *Melosira*, *Synedra* や緑藻類の *Closterium*, 異臭の原因となる藍藻類の *Oscillatoria*, *Microcystis*, *Phormidium*, の存在が認められている。

このような湖を水源としている霞ヶ浦浄水場は図1に示す処理システムを有しており、浄水方法は凝集沈澱急速ろ過方式に活性炭処理を併用したものである。急速ろ過方式では前段として凝集剤の注入により凝集沈澱池において形成されたフロックを物理・化学的作用により砂層で抑留させ急速ろ過する。凝集剤としてポリ塩化アルミニウム (PAC) を用いて沈でん処理を行っている。一般に、急速ろ過の効率に最も大きな影響を与えるものは凝集沈澱効果の良否である。すなわち、沈澱処理水の濁度が低くフロックが少ないほどろ水の水質がよく、ろ過池の損失水頭の上昇も遅い。しかし、ろ過を継続していると、時間の経過とともにろ水の水質が次第に上昇する。したがって、ろ水に濁りが流出する以前にろ過池の洗浄 (表面洗浄, 逆流洗浄) を行って砂層の浮遊物抑留能力を回復させることが必要である。さらに、急速ろ過法では、緩速ろ過法と違い、臭味を取り除けないので、活性炭層を通すことによってこれを取り除くことが必要である。霞ヶ浦浄水場で採用されている粒状活性炭でろ過する方法は、効果は大きいが施設費が高いのが難点である。

霞ヶ浦浄水場では、原水の水質項目として、水温、遊離残留塩素、pH 値、霞ヶ浦水位、濁度、塩素イオン、総アルカリ度、過マンガン酸カリウム消費量、総マンガン、臭気濃度、臭味濃度を測定しており、この他に生物試験が行われている。図2は浄水過程に沿って代表的な水質値 (月平均値) の変化を月別に示したものである。また、表2には、薬品注入量等の月平均値を示している。以下では、図1に示した浄水過程に沿って、原水水質が各処理に及ぼす影響の基礎式を求めることとする。

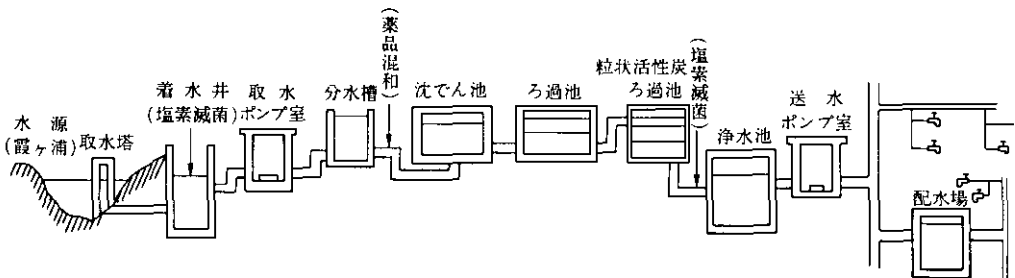


図1 霞ヶ浦浄水場の処理システム



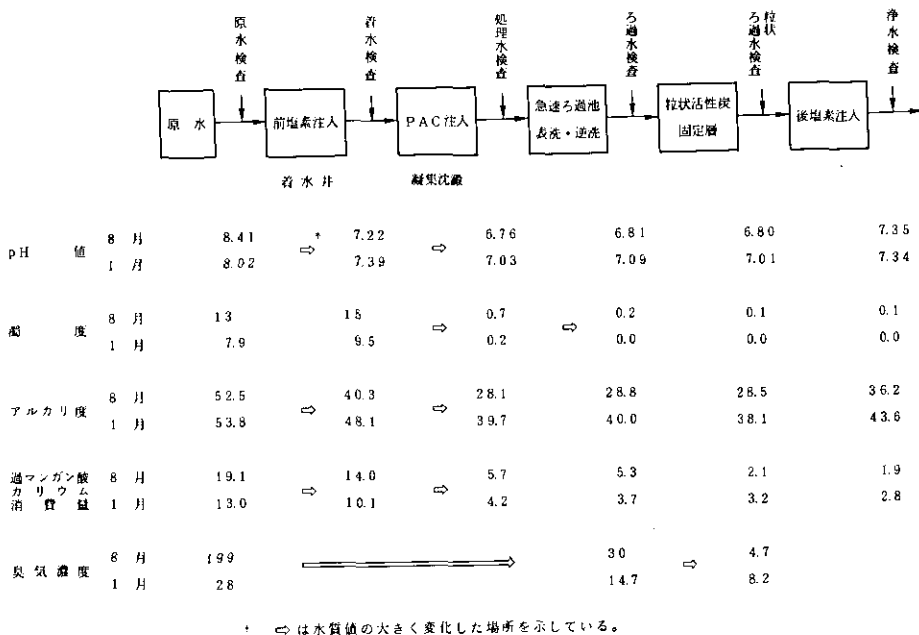


図2 処理過程順水質値の変化

表2 主要費用構成項目の月平均値

項目 月	二拡分水 流 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	前塩素 (kg)	PAC (10ℓ)	消費電力 ** (kwh)	表洗・逆 洗流量 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	汚泥池流 出量 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	珪藻土 (10 <sup>-1</sup> t)	後塩素 (kg)
7	292	204	183	9,377	23	8	42	54
8	246	232	193	12,004	21	13	45	45
9	289	226	230	9,833	11	14	41	50
10	497	327	309	9,590	9	23	93	82
11	498	—*	224	8,739	14	22	98	89
12	392	—	242	8,877	29	22	55	71
1	375	139	207	8,408	28	21	39	67
2	464	173	258	10,133	35	21	77	72
3	472	217	279	10,056	45	27	78	68

\* 11月, 12月の前塩素についてはデータが欠除している。

\*\* 消費電力は, 取水ポンプ, 中間ポンプ, 脱水機, 送水ポンプ, 表洗ポンプ, 逆洗ポンプ, 活性炭逆洗ポンプの運転時間に各ポンプの能力を掛けたものの合計である。また, 各ポンプ能力は, 各々, 取水ポンプ: 280kW, 中間ポンプ: 90kW, 脱水機: 22kW, 送水ポンプ: 315kW, 150kW, 80kW, 45kW, 75kW, 45kW, 表洗ポンプ: 190kW, 逆洗ポンプ: 330kW, 活性炭逆洗ポンプ: 190kWとして計算した。

### 3. 露ヶ浦の水質が浄水管理に及ぼす影響

#### 3.1 着水井 (塩素滅菌)

塩素の注入目的は, 一般細菌の減少, 藻類や生物等の死滅, 鉄・マンガンの酸化, アンモニア性



### 3.2 凝集沈澱池

霞ヶ浦のように湖の富栄養化に伴いプランクトンが著しく増殖すれば、一般に pH 値が上昇する。さらに、浮力の大きい藍藻類が多い場合、プランクトンの比重が水の比重と大差ないため、凝集したフロックも軽量となり沈でんが困難となる。特に、Synedra は薬品沈澱によって除去しがたいプランクトンであると言われている。

凝集剤の注入率は濁度、アルカリ度、pH 値等を相関的に考慮して決定すべきであるが、濁度と水質によって凝集剤の注入率に差異があるため、いずれの水にも共通して用いることのできる凝集剤の注入率の決定方法は得られない。現在においては各水道独自に自己の原水について種々な条件のもとにジャーテストを行い、その結果を実際の処理に応用してさらに修正を加え、この実績を積み重ねてその原水に最適の注入率を定め、これを表にまとめて実際上の凝集剤注入率表を作っている。このように、霞ヶ浦で凝集剤として使用されている PAC についても前塩素と同様に現場技術者の経験に依るところが大きいものと見受けられる。しかしながら、PAC についても前塩素と同様に全体フレームワークの観点により、次の 2 式を求めた。

$$\frac{\text{PAC (10 } \ell \text{)}}{\text{流 量 (10}^3 \text{ m}^3\text{)}} = 0.27400 + 0.00044 \text{ (臭気濃度(度))} \\ (2.550) \\ + 0.02342 \text{ (過マンガン酸カリウム消費量 (ppm))} \quad (2a) \\ (10.179)$$

$$\text{重相関係数} = 0.8286 \quad n = 142$$

$$\frac{\text{PAC (10 } \ell \text{)}}{\text{流 量 (10}^3 \text{ m}^3\text{)}} = 0.23977 + 0.02764 \text{ (過マンガン酸カリウム消費量(ppm))} \\ (16.935) \quad (2b)$$

$$\text{重相関係数} = 0.8197 \quad n = 142$$

### 3.3 急速ろ過池

表面洗浄ならびに逆流洗浄は砂ろ過池が一定の損失水頭に達したときに行なわれる。霞ヶ浦に発生する藻類の中で、ろ過池をつまらせると言われているのは、珪藻類の Melosira, Synedra, 緑藻類の Closterium である。これらの大部分はいずれも沈澱処理水中で除去されるが、多少は残留するのでろ過池での目づまりの原因になっているものと考えられる。したがって、表面洗浄・逆流洗浄の説明には、これら藻類の個数 (1 m ℓ 中) を用いた。また、表面洗浄 (表洗) ・逆流洗浄 (逆洗) に関しては、水量とポンプ運転時間の 2 つが水質によって変わると考えられるので、以下の 2 式を求めた。

$$\frac{\text{(表洗+逆洗) 流量 (10}^3 \text{ m}^3\text{)}}{\text{流 量 (10}^3 \text{ m}^3\text{)}} = 0.04353 + 0.00002 \text{ Closterium (個/ 1 m } \ell \text{)} \\ (2.407) \\ + 0.0009 \text{ Melosira (個/1 m } \ell \text{)} \quad (3a) \\ (4.454)$$

重相関係数=0.6875            n=26

$$\frac{\text{(表洗+逆洗) ポンプ運転時間 (時間)}}{\text{流 量 (10^3 m^3)}} = 0.13876 + 0.00001 \text{ Closterium (個/1 m}\ell\text{)} \quad (1.510) \\ + 0.00007 \text{ Melosira (個/1 m}\ell\text{)} \quad (3b) \\ (1.977)$$

重相関係数=0.6545            n = 9

なお、ろ過閉そくには、プランクトン数よりもプランクトンの面積単位の大小の方が一層大きく影響することが認められているが、ここでは、原水1 mℓ中のプランクトンの個数を用いた。

### 3.4 粒状活性炭ろ過池

活性炭処理は、通常の浄水操作で除去できない異臭味、合成洗剤、フェノール類、その他有機物に対して適用される。一般的に、藻類の臭気は、珪藻類の *Cyclotella* が芳香臭から魚臭を、*Melosira* が芳香臭からかび臭を、藍藻類の *Oscillatoria* が青草臭からかび臭や薬味臭を、珪藻類の *Synedra* が青草臭からかび臭、緑藻類の *Closterium* が青草臭を発臭すると言われている。粒状活性炭ろ過池において富栄養化による影響を受けるものとして本報告では活性炭逆洗流量を選んだ。しかしながら、ミシガン湖で発生する藻類臭を除くために2~3カ月間使用する活性炭の費用がばん土(凝集剤)の年間経費よりも高いというシカゴ市の例もあるように、富栄養化による影響を受けるものとしては、逆洗流量の役割は微々たるものである。したがって、活性炭に関する検討が今後の研究課題となるものと考えられる。なお、霞ヶ浦では活性炭再生の賦活時期は8カ月に1回であり、賦活費用は1,000万円/池程度である。

活性炭逆洗流量に関しては、

$$\frac{\text{活性炭逆洗流量 (10^3 m^3)}}{\text{流 量 (10^3 m^3)}} = 0.00198 + 0.00004 \text{ (臭気濃度 (度))} \quad (4) \\ (1.664)$$

重相関係数=0.5323            n=142

を得た。

### 3.5 汚泥池、脱水機

どの浄水場においても汚泥ケーキの内陸処分地設定には、用地及び搬入路の確保・環境衛生及び住民対策・費用等多くの問題があり、各水道事業体は、ケーキの有効な処理処分法の開発や再利用の可能性の検討を迫られている。霞ヶ浦浄水場においては凝集沈澱池の排水汚泥が脱水されて汚泥ケーキとなり埋立処分されている。ただし、ここでは、汚泥池流出量を用いた。この汚泥池流出量と脱水機運転時間に関しては、次の2式が得られた。

$$\frac{\text{汚泥池流出量 (10}^4 \text{ m}^3\text{)}}{\text{流量 (10}^3 \text{ m}^3\text{)}} = -0.03743 + 0.00679 \text{ (過マンガン酸カリウム消費量 (ppm))} \\ (2.821) \quad (5a)$$

$$\text{重相関係数} = 0.4990 \quad n = 9$$

$$\frac{\text{脱水機運転時間 (分)}}{\text{流量 (10}^3 \text{ m}^3\text{)}} = -1.52310 + 0.52671 \text{ (過マンガン酸カリウム消費量 (ppm))} \\ (2.365) \quad (5b)$$

$$\text{重相関係数} = 0.6665 \quad n = 9$$

なお、助剤として用いられている珪藻土についても、臭気濃度、過マンガン酸カリウム消費量や藻類 (Microcystis) による説明を試みたが、有意な結果を得ることができなかった。浄水場での説明では、運転時間にもよるがおよそ30t/月の使用であるとみた方がよいとのことであった。

#### 4. 富栄養化に伴う単位生産量当り費用

霞ヶ浦浄水場と同規模の53年度の上水道事業 (地方公営企業) 給水量1m<sup>3</sup>当たりの原価 (給水原価) の平均値は85.52円である (田尾, 1980)。この内訳は、資本費が全体の35.6%を占め、次いで職員給与費が全体の28.3%、受水費が全体の13.5%、その他 (動力費・修繕費等) が全体の23.8%となっている。この場合の給水原価は総費用 (営業費用+営業外費用) から受託事業費を控除した額を年間有収水量で除したものである。すなわち、

$$\text{給水原価} = (\text{資本費} + \text{維持管理費}) / \text{年間有収水量}$$

である。なお、年間有収水量 = 1日最大取水量 × 0.93 × 負荷率 × 有収率 × 365日である。

霞ヶ浦浄水場における単位生産量当り原価 (有収水量を使っていないので上述の給水原価と多少異なる) のうち、上記給水原価のその他に該当する動力・薬品費を月別に概算してみると、表3のように、7月—13.8円、8月—18.0円、9月—12.5円、10月—8.4円、11月—10.8円、12月—11.2円、1月—12.4円となり、変動の大きいことがわかる。なお、この計算は、表2の月平均値を用い、そ

表3 給水原価構成項目中の動力・薬品費

月	費用	動力・薬品費
7		13.8 円
8		18.0
9		12.5
10		8.4
11		—
12		—
1		10.8
2		11.2
3		12.4

それぞれ薬品単価、電気代を掛けて求めたものである。上記の給水原価のその他費用が20.4円（田尾，1980）に対して概算値の平均値は12.4円であるが，その差は表2にのせていない他の薬品・修繕費等を計算していないところから生じている。

次に，3節で得られた水質が浄水生産に及ぼす影響の基礎式を用いて，各項目の単位生産量当たり費用を求めてみることにする。まず，影響の基礎式の説明変数として臭気濃度，過マンガン酸カリウム消費量，藻類数の各月平均値により，各月毎の流量当りの各項目値，すなわち，前塩素注入量，パック注入量，表洗・逆洗流量，表洗・逆洗ポンプ運転時間，汚泥池流出量，脱水機運転時間，活性炭逆洗流量，を求める。次いで，各数値に対応する薬品単価（塩素：95円/kg，パック：34円/kg），電気代（夏期（7・8・9月）：16.86円/kWh，夏期以外：15.65円/kWh），水道代（54円/m<sup>3</sup>），汚泥ケーキ単価（53円/m<sup>3</sup>）\* を掛けて，表4に示す単位生産流量当たり費用を求めた。なお，汚泥ケーキ量は，次式により算出した。

$$\text{汚泥ケーキ量 (m}^3\text{)} = \text{汚泥池流出量} \times 800\text{ppm} \times 0.02 \times 1.35 \times 0.8$$

薬品注入やポンプ運転等は，富栄養化が生じていなくてもある一定水準は必要なものであるが，得られたデータ期間からのみでは，この一定水準をみつけることはできない。しかしながら，表3より，わずかに9か月の間とはいえ費用の変動は見受けられ，各月の合計値を比較すると富栄養化現象が顕著となる夏期に費用が高くなっているのがうかがえる。

表4 富栄養化の影響による費用の変動

項目(円) 年・月	前塩素	PAC	表・逆洗流量	表・逆洗ポンプ消費電力	汚泥池流出量	脱水機消費電力	活性炭逆洗流量	計
1978 7	0.55	2.10	6.39	0.14	0.06	0.34	0.25	9.83
8	0.93	2.75	3.70	0.12	0.08	0.53	0.54	8.65
9	0.78	2.62	2.45	0.10	0.08	0.53	0.34	6.90
10	0.67	2.45	2.63	0.10	0.08	0.45	0.25	6.63
11	0.60	2.31	3.15	0.10	0.07	0.41	0.21	6.85
12	0.55	2.19	3.59	0.10	0.06	0.37	0.18	7.04
1979 1	0.48	2.01	4.38	0.11	0.05	0.31	0.17	7.51
2	0.44	1.91	3.88	0.10	0.04	0.27	0.17	6.81
3	0.49	2.05	4.59	0.11	0.05	0.32	0.17	7.78

\*汚泥ケーキ処分地は霞ヶ浦浄水場に関しては約71aを確保している。土地取得費はわからないが，昭和53年版国土統計要覧によると山林素地価格は，5万円/10aであり，田畑価格は48万円/10aとなっている。そこで，ここでは，処分地の価格を山林と田畑の中間位とみなし，21万円/10aとし，またここに4mの高さに積み上げるものとして，1m当りの価格を算定した。

## 5. おわりに

富栄養化で代表される水源水質変動が浄水生産に及ぼす影響の予備的解析を試みてきたが、短期間のデータのため非常に粗っぽい定量化で今後いくつかの課題を残している。例えば、3節でも述べたように薬品の注入量に関しては、マクロな関係を推定しているため必ずしも現場での注入量の操作と対応していないこと、さらに、上水の供給ということからかなり安全側に処理がなされているという点をどのように扱うかという問題がある。しかしながら、今後、長期間のデータを用いて、水源水質変動の浄水生産に与える影響の総合評価を行うためのフレームワークは一応、確立しえたものと考えられる。

## 謝 辞

データの収集ならびに処理過程の説明に関して霞ヶ浦水道事務所の方々にお世話になった。東京都立大学工学部の小泉明講師には貴重な助言を載いた。また「陸水域の富栄養化に関する総合研究」の他のメンバーの方々にも数々の助言を載いた。ここに記して深く感謝いたします。

## 引用文献

- 衛生常設委員会報告（1979）：水道水のかび臭の原因と対策〔1〕。水道協会雑誌，第532号，67—90。  
衛生常設委員会報告（1979）：水道水のかび臭の原因と対策〔2〕。水道協会雑誌，第533号，81—112。  
合田健（1975）：水質工学基礎編。丸善  
橋本徳蔵他（1978）：日本の湖沼，貯水池におけるかび臭の実態。水道協会雑誌，第531号，30—47。  
茨城県企業局：昭和53年度茨城県企業局水質年報，第10報。  
洞沢勇（1979）：飲料水の水質評価と考え方。生活と環境，24（2），13—18。  
小島貞男・相澤金吾（1977）：新水質の常識。日本水道新聞社。  
中杉修身・北畠能房・宮崎忠国・原科幸彦・内藤正明（1979）：富栄養化防止対策総合解析のフレームワーク。第7回環境問題シンポジウム講演論文集，1—6。  
日本水道協会（1977）：水道施設設計指針・解説。  
日本水道コンサルタント（1974）：水処理ハンドブック。  
扇田彦一（1975）：水道技術——建設と管理——。日本水道新聞社。  
田尾泰幸（1980）：昭和53年度水道事業（地方公営企業）の決算概況。水道協会雑誌，第546号，57—74。  
東京都首都整備局（1967）：水のコスト分析——各種水源についての経済的側面からの分析。  
山村勝美（1976）：浄水場の水質管理についての一考察。

4. 霞ヶ浦漁業における水質汚濁影響に関する実証的研究\*

北畠能房<sup>1</sup>・青木陽二<sup>1</sup>

**Empirical Study of the Eutrophication Effects  
on Commercial Fishing at Lake Kasumigaura**

Yoshifusa KITABATAKE<sup>1</sup>, Yoji AOKI<sup>1</sup>

**Abstract**

Water Pollution due to organic substances, called eutrophication, has gained growing social concern in a region with a closed water body. It is not only detrimental to withdrawal uses such as municipal water supply, but to in-stream uses such as commercial fishing. A survey questionnaire was undertaken in order to estimate eutrophication-caused damage on fish production on a monthly basis.

The survey was executed from December 1978 to March 1979, where the survey period was four consecutive months, June to September, of 1978. All the fishery households were sampled for the self-reporting survey, who carried out the designated fishing gears of fixed netting, trawl net and carp culture. A total of 450 out of 976 households responded to the questionnaire. The items included in the questionnaire were: (1) the species composition of the catch and the damage with the specified symptoms such as fish died in net, infected fish, malformed fish, and stinking fish; (2) the fishing effort involved in obtaining the catch and in avoiding the damage.

The survey results show that fishery households operating either fixed netting or carp culture were affected in terms of the production loss by lake eutrophication more strongly than those engaged in trawl netting. Second, the significant mean difference were detected for the average production loss per culture net between fishermen with automatic feeding devices and those feeding with their hands. Third, the regression analysis of the survey data along with the water quality data of Lake Kasumigaura revealed that the damage per catch were positively related to Chlorophyll a data and negatively related to Secchi depth data for fishermen who were actively and in large scale engaged in fixed netting operation.

---

\* 本稿は地域学研究第十巻に掲載された筆者の論文のうち主としてわかさぎ・しらうおびき網漁業に関する部分を書き直したものである。

1. 国立公害研究所 総合解析部 〒305 茨城県筑波郡谷田部町小野川16番2  
Systems Analysis and Planning Division, The National Institute for Environmental Studies, Yatabe-machi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.



## 1. はじめに

霞ヶ浦のような閉鎖性水域の水環境改善のための施策を明らかにするには、その対象地域における水質環境状況、とくに特異な季節変動をもち地域差によって特色づけられる富栄養化現象が、主要な湖利用者である漁業者にどのような影響を与えているかを定性的、定量的に把握する必要がある。こうすることによって各種の水環境改善施策の性格づけを行ない、またそれらの施策を講じた結果の水環境が地域社会にどのような影響を与えるかを評価するための基礎資料とすることが出来る。この目的にもとづいて昭和53年度に「霞ヶ浦水質汚濁の漁業に及ぼす影響に関する調査」という表題でアンケート調査を実施した。対象者は、霞ヶ浦における主要な漁業種類を営んでいる漁家（個人経営体）の方々である。又、対象とした調査期間は、富栄養化の影響の出ていると思われる昭和53年6月から9月にかけての4か月間である。本研究はこの調査の集計解析結果をまとめたものである。

## 2. 調査の概要

### 2.1 調査のフレームワーク

本調査は、霞ヶ浦水質汚濁の漁業影響に関するデータを実際に漁業に携わっている人々の漁獲活動を通して収集しようとするものである。それゆえ、得られるデータは、対象者に固有の経営体特性及び対象者が操業の場としている漁場特性の双方によって特徴づけられるものと考えられる。経営耕地面積とか経営体の操業規模の差が調査データに影響を与えうることも考えられる。例えば、漁業専業のような人は、片手間に漁業をやっているような人に比べて水質汚濁による漁業影響には敏感であるかもしれない。他方、漁場特性については、大別して、資源量分布のかたよりの及ぼす効果、努力量分布のひずみの惹き起こす混雑効果、環境要因の3つが考えられる（Huang, 1976）。資源量の豊かな漁場とそうでない漁場においては水質汚濁の漁業影響には差が生じるかもしれない。又、漁場沿長距離1単位あたりに張られている網の数といった漁場当たり漁獲努力量の異なる漁場間においては、影響データのもつ意味が異なるかもしれない。これらが第1、第2の効果の例である。第3の環境要因としては、農薬による影響（金沢, 1976 ; 春日ほか, 1979）、クレゾール系の毒物による影響（茨城県内水試, 1979）等の有害物質の影響のほか、富栄養化及び水質汚濁一般による影響（Snieszko, 1974）及び、地形による影響（赤野ほか, 1975）等が考えられる。

これら経営体特性、漁場特性との関連において、霞ヶ浦水質汚濁、とくに夏期における富栄養化現象の漁業に与える影響の実態が把握されるように調査のフレームワークが設定された。

### 2.2 調査データの概要

調査データは大別して、経営体特性、漁場特性、操業内容、操業結果及び漁業影響の原因、防止対策、費用負担に関する評価項目という5つから成っており、その概要は図1に示すとおりである。

漁民の特性

経営耕地面積 (田, 蓮田, 畑, 山林, 果樹園, 貸地)  
 畜産飼育頭数 (牛, 豚, 鶏)  
 兼業内容 (農業, 商工業, 会社員・公務員, その他, 不明)  
 漁業種類数 (いさごころひき, トロール, 張網, 養殖, 笹浸, 掛網……)

操業内容 (月別)

ストック量 { 漁船 (トン数, エンジン価格, 用途)  
 漁網 (入手年, 価格, 耐用年数)  
 張網使用統数 }  
 フロー量 { 曳き漁業 { 操業日数, 操業時間/日, 曳網回数/日  
 曳き時間/回, 重油使用量, 底びきの頻度 }  
 定置漁業 (操業日数, 採り上げ回数/日)  
 防止対策 (張網をしている人: 網洗いをされましたか)

一般漁業

ストック量 { 漁船 (トン数, エンジン, 用途)  
 使用面積 (種苗用含む)  
 自動給餌機  
 曝気機 }  
 フロー量 { 労働時間  
 投餌量 (配分餌料, サナギ, 生魚, その他)  
 投餌時間・回数  
 薬品使用額  
 曝気装置の使用日数  
 沖出し回数・日数  
 船による送水日数

栽培漁業

漁場特性

西浦  
 北浦

漁場図

漁場の分布図

水質データ

操業結果 (月別)

漁獲量 被害量 症状  
 浮遊魚 1. 自然死  
 こい, わかさぎ 2. 病魚  
 ふな, しらうお 3. 奇型魚  
 底魚 4. 悪臭魚  
 ごろ, えび 5. その他  
 いさざ

現存量

販売量

被害量

病状

1. 自然死
2. 病魚
3. 奇型魚
4. 悪臭魚
5. その他

原因・対策・費用負担

被害発生原因	対策	負担主体
1. 降雨量が少ない	1. 工場汚水の削減	1. 国, 自治体
2. 異常高温	2. 家庭汚水の削減	2. 汚染者
3. 水質悪化	3. 畜産汚水の削減	3. 漁協
4. アオコの異常増殖	4. 農業汚水の削減	4. 自己
5. 酸素欠乏	5. 養殖汚水の削減	5. わからない
6. 水位・水温変動	6. アオコの直接除去	
7. 有害物質流入	7. ソウギョ・レンギョの放流	
8. その他	8. ヘドロの浚渫	
	9. 浄化水の導入	
	10. その他 (具体的に)	

以下  
 養殖の人のみ  
 影響をうけている人のみ (以下の項目が被害発生にきいていますか。)

1. 漁場の地形
2. 放養密度
3. 餌料過多
4. その他

被害をうけていない人のみ (以下の防止対策をとられましたか。)

- |            |                |
|------------|----------------|
| 1. 漁場の移設   | 2. 浮かしいけすの使用   |
| 3. 放養密度の減少 | 4. 投餌量の制御      |
| 5. 餌料の改善   | 6. 養殖による堆積物の浚渫 |
| 7. 曝気装置の導入 | 8. その他         |

図 1 調査データの概要

まず、対象漁業種類は一般漁業3種類と栽培漁業1種類に分けられる。前者は、手操第1種漁業（地方名称：いさごころひき網漁業）、その他の小型機船底びき網漁業（地方名称：わかさぎ・しらうおひき網漁業）といった霞ヶ浦における代表的な曳き漁業と、ます網漁業（地方名称：張網漁業）である。後者は小割式養殖（網生け簀）業である。これら各漁業種類の概要（茨城県、1976）を図2から図6に示す。図3、図4は同一の漁業種類に属しているが、帆びき網は動力源を主として風力に依存しているのに対して、トロールは内蔵した推進機関によっている。

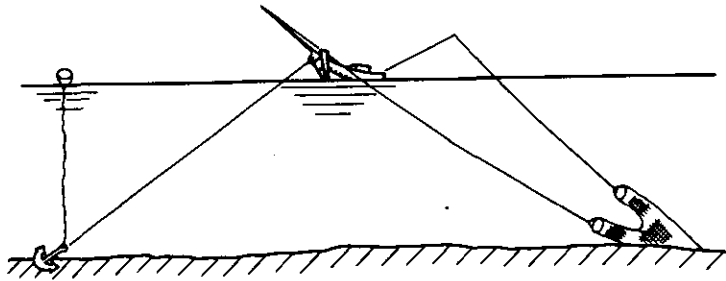


図 2 いさごころひき網漁業

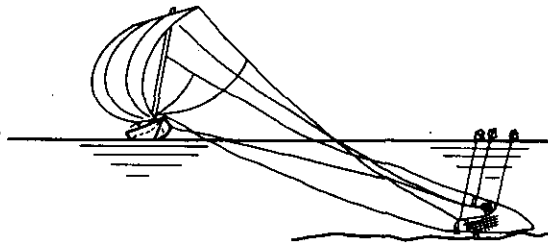


図 3 わかさぎ・しらうおひき網漁業（帆びき網）

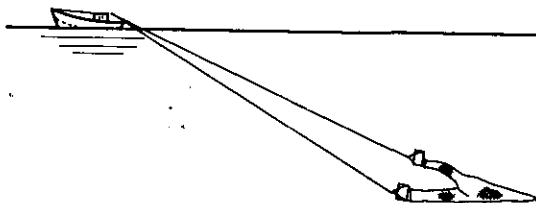


図 4 わかさぎ・しらうおひき網漁業（トロール）

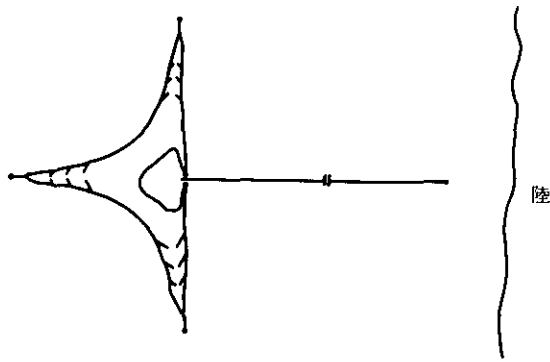


図 5 張網の鳥瞰図

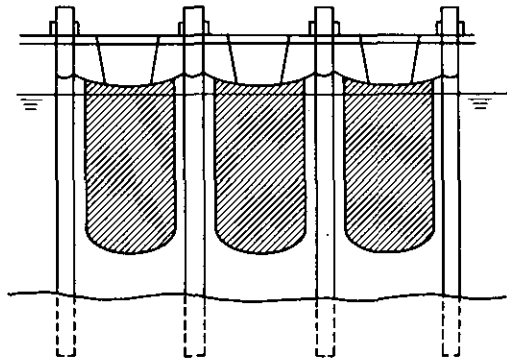


図 6 網生け簀による養殖業

これら各漁業種類ごとに、操業にあたって必要となる物財、エネルギー、労働量等の操業内容に関するデータ及び、操業によって得られた魚種別漁獲量、魚種別被害量、被害症状等の操業結果に関するデータを収集する。本調査では、水質汚濁の被害症状として、自然死（腐敗状態含む）、病魚、奇型魚、悪臭魚、その他という5種類のみを選び、これらの症状のいずれか又は複数個をもつ魚種の被害量の月合計を対象者に記入してもらうという方法をとった。養殖業においては、漁獲量のかわりに現存量、販売量に関するデータをとった。漁場特性に関するデータは、漁場図、水質データ、水生植物の分布図である。このうち漁場図については、漁業操業に際しての諸々の取決め（茨城県、1973、1974、1975）及び漁業者からの聞き取りデータを参考にした。また、各漁場に張られている網の総数は、指定湖沼水産統計（関東農政局茨城統計情報事務所）のうち、調査対象期間に対応するデータを引用した。水質データは茨城県（1978）のを用いる。水生植物の分布図は桜井（1973）が昭和53年に作成したものが未公表なので、本研究では解析から除外する。

原因・対策・費用負担に関するデータとして、被害魚の発生原因、効果的な防止対策、及び防止対策をとった場合の負担主体に関して漁民の意識を調査した。調査対象者の属性を把握するためのフェイス項目として、年令、経営耕地面積、蓄産飼育頭数、兼業漁業種類等を調査した。

### 2.3 調査の実施

この調査を下記の要領により実施した。実査段階及び調査データの磁気テープ化に関する作業は、株式会社サーベイ・リサーチ・センターに委託して行なった。

#### (1) 調査の要領

- (i) 対象水域：昭和25年農林省告示129号によって指定された霞ヶ浦海区
- (ii) 調査対象：対象水域において対象漁業を営み、かつ霞ヶ浦漁業協同組合連合会ないし北浦漁業協同組合連合会に属する24の協同組合（図7参照）に属している個人経営体
- (iii) 対象数：対象組合24で総数1176経営体
- (iv) 標本抽出方法：茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所が昭和50年に実施した昭和49年漁業実態調査の原票にもとづく全数抽出

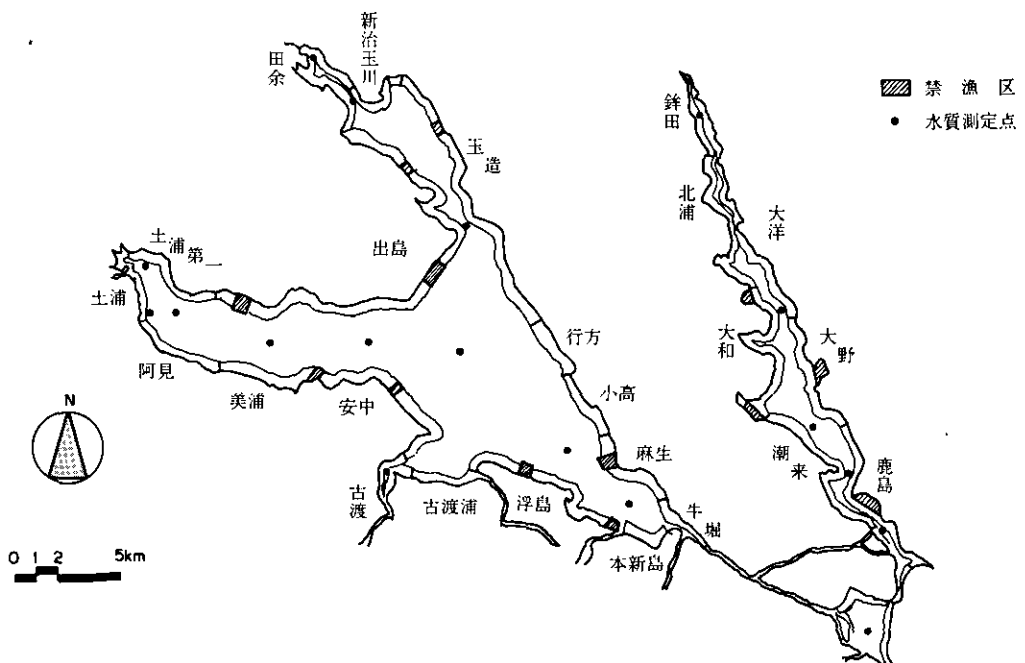


図 7 調査対象組合及び対応する共同漁業権漁場

(V) 調査対象期間：昭和53年 6月 1日～昭和53年 9月30日

(VI) 調査方法：留置法

(VII) 調査時点：昭和53年11月～昭和54年 3月

## (2) 回収結果

対象数1176経営体のうち、死亡・休業・新規加入等の変動分を調整した適格標本数は976経営体で、アンケート調査票の有効回収票は450票(46.1%)である。

## 2.4 回答者の属性分布

アンケート調査への回答者450経営体について、調査対象期間中に営んだ対象漁業種類の組み合わせをみると表1のとおりである。全体の72%が単一操業経営体である。残りの28%が複数操業であるが、曳き漁業と養殖業の組み合わせは少なく、多くは曳き漁業同志ないしは、張網業と養殖業の組み合わせである。次に漁業種別に経営体主の就業形体を示したのが表2である。いずれの漁業種類においても30～40%程度の不明票がみうけられるが、全回答者の84.5%が田、畑等の経営耕地を所有していることから、漁家ないし経営体としては農業との兼業が多いようである。表3は、経営体主の年齢、農業収入、調査対象期間中に営んだ漁業種類の総数に関する平均値及び変動係数(平

表 1 営んだ漁業種類の組合せ別経営体数

漁業種類		種類		経営体数
いさぎ・ごろひき	わかさぎ・しらうお	張網	網殖	
1	1	1	1	3
1	1	1	0	16
1	1	0	1	1
1	1	0	0	47
1	0	1	1	0
1	0	1	0	10
1	0	0	1	1
1	0	0	0	40
0	1	1	1	1
0	1	1	0	19
0	1	0	1	7
0	1	0	0	28
0	0	1	1	22
0	0	1	0	206
0	0	0	1	49

1) 表中の1は当該漁業種類を営んでいることを、0は営んでいないことを示している。

表 2 漁業種類別・就業形態別経営体数

漁業種類	経営体数 (計)	経営体主の就業形態				
		漁業のみ	漁業と農業	漁業と やとわれ	その他 <sup>1)</sup>	不明
いさぎ・ごろひき	138	40	49	1	2	46
わかさぎ・しらうお	122	8	61	3	2	48
張網	275	65	121	3	7	79
養殖	81	18	23	0	6	34

1) その他は商工自営業や出稼ぎと漁業との兼業のこと。

表 3 漁業種類別経営体特性

漁業種類	年 令		農業収入(推定)		営んだ漁業種類数	
	平均	変動係数	平均(万円)	変動係数	平均	変動係数
いさぎ・ごろひき	46.6	0.18	103.0	2.54	2.78	0.42
わかさぎ・しらうお	47.3	0.19	147.5	4.33	2.61	0.44
張網	53.4	0.21	204.9	1.71	2.15	0.53
養殖	47.7	0.29	118.0	1.71	1.96	0.63

均値/標準偏差)を示したものである。ここで農業収入は経営耕地収入と蓄産収入から成り、前者については田、畑、山林等の区別なく一律に1アール当り1.078万円として、又、後者については豚1頭6.878万円、鶏1羽0.22万円、牛1頭37.636万円というデータ(茨城農林統計協会, 1977)にもとづいて推定した。表3の内容であるが、年令については張網業においてやや高いが、いずれの漁業種類においても40代後半が多く、年令のばらつきも小さい。農業収入については、曳き漁業において分散が大きく、張網業において平均値が高いのが特徴である。また兼業漁業種類数については表1から計算される漁業種類数の平均値よりも表2の平均値のほうが、いずれの漁業種類においても高くなっている。このことは、調査対象期間中に対象漁業種類以外の漁業種類を操業している経営体の多いことを示している。

### 3 霞ヶ浦漁業における富栄養化影響の実態

#### 3.1 調査対象期間を通しての集計結果

まず第1に、どの漁業種類でどれくらいの被害が生じているか、被害症状にはどのようなものが

表 4 霞ヶ浦漁業における被害の実態

漁業種類	経営体数	魚種	魚価 (円/kg)	漁獲量 (kg)	被害量 (kg)	被害率	被害症状(件数)				
							自然死	病魚	奇型魚	悪臭魚	その他
いさぎごころびき網	138 (259)	ごろ	115	317,050	27,410	0.086	85	37	22	68	7
		えび	165	312,713	11,900	0.038	79	17	9	34	10
		いさぎ	30	98,650	9,806	0.099	32	2	2	32	2
		その他	0	24,770	808	0.033	20	10	6	16	0
		総計		753,183	49,924	0.066	216	66	39	150	19
		総計(万円)		9,102	541	0.059					
わかさぎ・しらうおびき網	122 (363)	わかさぎ	500	103,183	1,244	0.012	38	26	30	14	5
		しらうお	1200	2,555	70	0.028	12	3	0	1	0
		ごろ	115	231,385	5,356	0.023	16	16	11	15	8
		えび	165	49,772	310	0.006	6	2	1	1	4
		その他	0	830	30	0.036	0	4	2	0	0
		総計		387,725	7,010	0.018	72	51	44	31	17
		総計(万円)		8,948	137	0.015					
張網(あじろ網含む)	275 (541)	こい	375	92,278	15,425	0.167	155	103	153	76	21
		ふな	200	140,714	23,566	0.167	181	188	162	67	19
		ごろ	135	511,729	64,642	0.126	251	136	56	68	22
		えび	480	381,453	44,908	0.118	206	38	17	46	23
		いさぎ	0	14,486	845	0.058	14	2	1	12	3
		その他	0	32,685	4,789	0.147	71	53	34	14	20
		総計		1173,345	154,175	0.131	878	520	423	283	108
		総計(万円)		31,493	4,078	0.129					
養殖	81 (206)	こい	445	1256,000	86,560	0.069	44	18	7	0	16
		総計(万円)		55,892	3,851	0.069					

あるかなどを調べた。表4はその結果をまとめたものである。経営体数の欄の括弧内の数字は、指定湖沼水産統計の同時期のデータである。本研究で集計対象とした経営体数と指定湖沼水産統計の数字の比は、わかさぎ・しらうおびき網及び養殖業で低くなっているが、他はほぼ有効回収率(0.46)に近い値となっている。また、漁獲量とは被害量を含む総漁獲量のことである。

著者らのその後の現地調査によって、エビの酸欠死のように被害量の全てが商品として販売不能でないことが判明したが、ここでは簡単化のため被害の全てが販売できないとして被害金額を算出している。又、魚価については各漁協からの聞きとりで得られた月間単価にもとづいて算出し



たものである。鮮度、販売量等の関係で、漁法によって魚価は異なっている。魚種「その他」については簡単化のため魚価はゼロとおいている。なお、養殖業においては、調査データにもとづいて生産量（養魚の増肉量）を推定することが困難なため、販売量に被害量を加算したものととの比率で被害率を算定している。又、養魚の販売には釣り堀用と食用の2種類あるが、ここでは食用魚の平均単価445円/kgを用いて貨幣価値に換算した。

表4の示すように、被害金額、被害量ともに張網業、養殖業、いさざごろひき網、わかさぎ・しらうおびき網の順で影響を蒙っている。被害症状については、魚種、漁業種類によって差はあるが、一般的に富栄養化ないし水質汚濁一般によると考えられる自然死、病魚、悪臭魚の比率が高い。有害物質による影響とみられる奇型魚の比率はこい、ふな、わかさぎといった浮遊魚に高くなっている。なお、被害症状「その他」の占める比率が、養殖業（19%）で高くなっている。養殖業の「その他」については、原票に「酸欠死」と明記したものがみられることから、調査票の被害症状欄に「酸欠死」という項目をもうけなかったことによるものと思われる。他方、わかさぎ・しらうおびき網漁業の原票には、水質汚濁以外の原因（トロールによる乱獲）を症状欄に明記したものが含まれていたが、これらは表4の被害量算定から除外した。

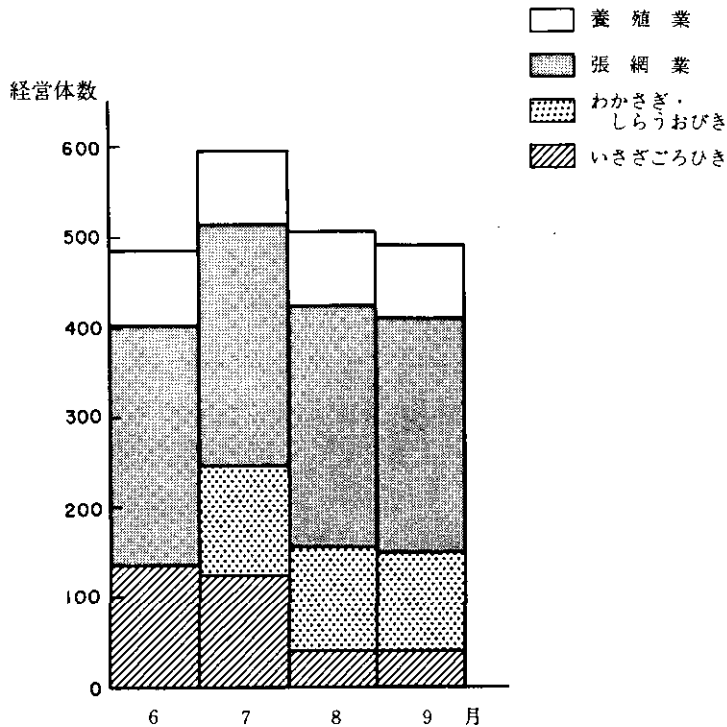


図 8 漁業種類別、月別経営体数

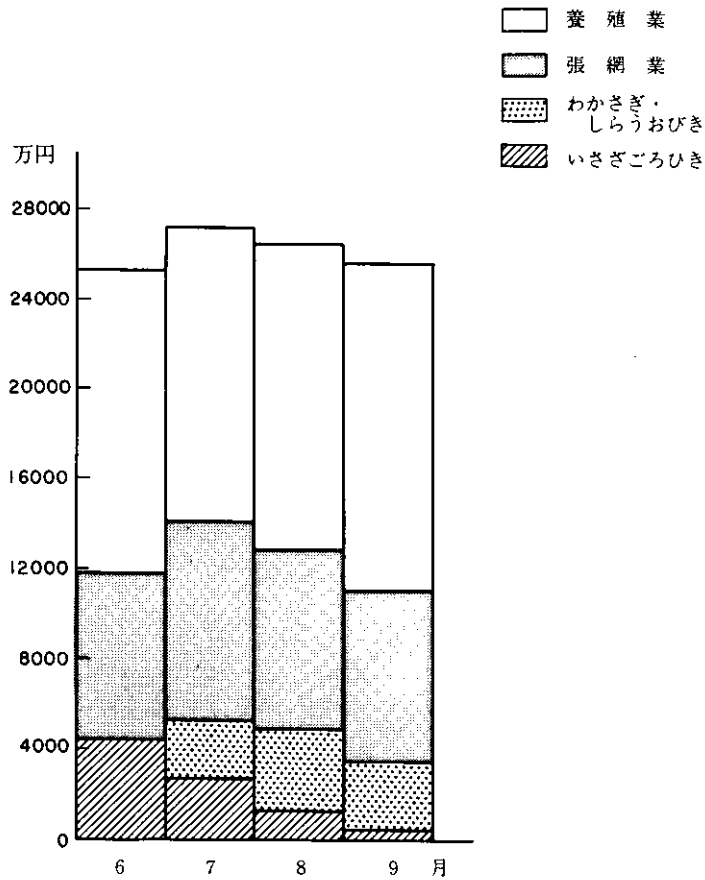


図 9 漁業種類別、月別漁獲金額

### 3.2 月ごとの集計結果

調査対象期間を通しての集計結果をみたのが表4であるが、月ごとの変化を示したのが図8～図10である。図8は経営体数の月変化を示しているが、いさざごろひき網の操業者は6月から7月にかけて若干減少し、7月20日のわかさぎ・しらうおびき網漁業の解禁と共に大幅に減少している。これは表1の示すように曳き漁業間での兼業が多いことによっている。わかさぎ・しらうおびき網漁業の操業者は7月が最も多く、その後、序々に減少している。張網業、養殖業の操業者数はほとんど不変である。図9は漁獲金額（ただし養殖業のは販売額）を示したものであるが、養殖業を除いてほぼ図8の経営体数に比例したものになっている。ただし、解禁日の関係でわかさぎ・しらうおびき網漁業の7月の漁獲金額は図8の経営体数に比べて少なくなっている。

図10は被害金額の月変化を示したものである。曳き漁業においては図9の漁獲金額にほぼ比例し

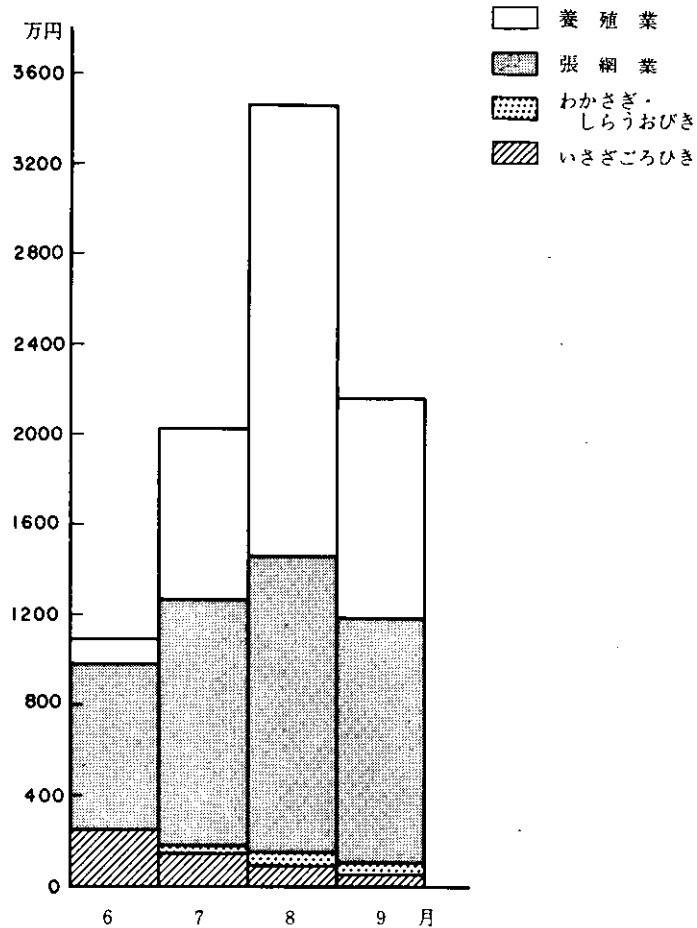


図 10 漁業種類別、月別被害金額

た動きをしているが、張網業、養殖業においては6月から8月にかけて被害率が上昇し、9月になると逆に減少している。この傾向は養殖業において著しく、8月などは月間総被害金額の6割弱が養殖業で占められている。漁場をかなり自由に選択できる曳き漁業に較べて、張網業、養殖業は定置性漁業であることを考えると、富栄養化現象の顕著になる夏場にこのような傾向のみられることは頷けるところである。

### 3.3 地点ごとの集計結果

調査データを地点ごとに集計するために、ここではまず対象水域を漁場特性、とくに水質データにもとづいて分類することを試みる。各種の富栄養化関連水質データのうち、過去からの資料が最

表 5 調査対象期間中の霞ヶ浦北浦海区における透明度 (単位cm)

番 号	測定 点名	月			
		6	7	8	9
西 浦	1 土 浦 港	45	35	40	30
	2 水道事務所沖	55	50	40	30
	3 掛 馬 沖	65	80	65	70
	4 木 原 沖	85	90	60	65
	5 牛 込 沖	78	145	100	85
	6 山 王 川 沖	55	45	0	40
	7 高 崎 沖	55	60	25	40
	8 玉 造 沖	65	90	60	10
	9 湖 心	80	177	110	80
	10 小 野 川 沖	65	45	50	40
	11 西ノ洲沖	60	182	90	80
	12 麻 生 沖	40	130	110	65
北 浦	1 巴 川 沖	70	55	20	45
	2 武 井 沖	110	160	110	48
	3 釜 谷 沖	110	170	120	60
	4 鹿島水道沖	105	65	100	50
	5 神 宮 橋	65	100	75	50
	6 外 浪 逆 浦	60	80	65	45

も多く、又、霞ヶ浦の富栄養化と霞ヶ浦漁場との関連を分析するさいにしばしば検討の対象となってきた「透明度」に焦点をあててみる(浜田ほか、1976)。すなわち表5の透明度に関する4か月間のデータにクラスター分析をほどこして、霞ヶ浦海区(西浦と略す)、北浦海区別々に測定点の分類を行うと以下の結果が得られる。

西浦

分類1：測定点番号 1, 2, 6, 7, 10

分類2：測定点番号 8

分類3：測定点番号 12

分類4：測定点番号 3, 4, 5, 9, 11

北浦

分類1：測定点番号 1, 5, 6

分類2：測定番号 2, 3, 4

この結果及び漁業協同組合の境界等も考慮に入れて対象水域を9つの水域に分類する。これら9つ

LAKE KASUMIGAURA

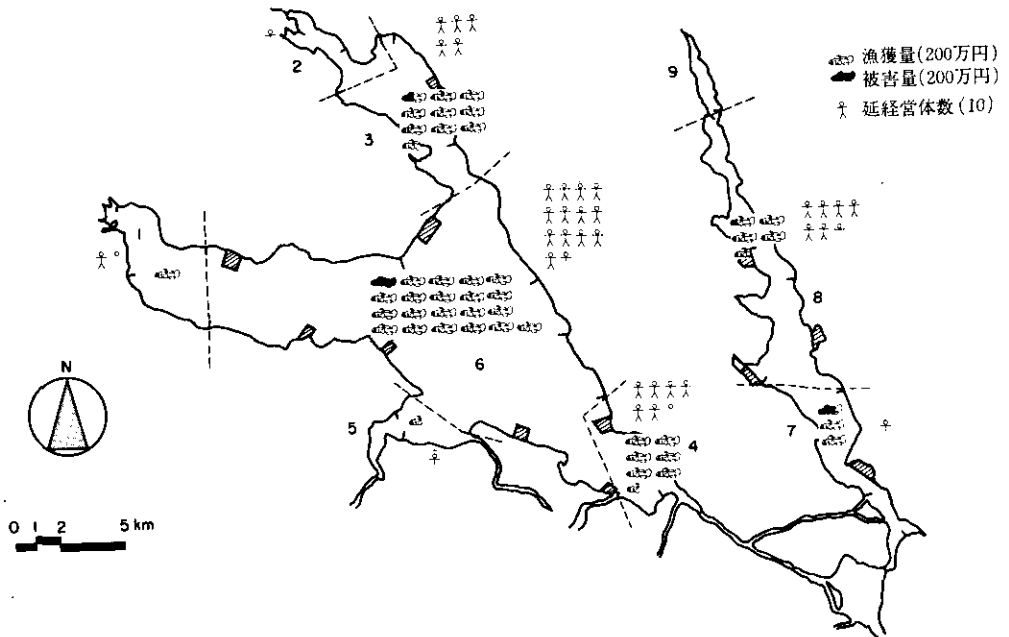


図 11 いさざごろひきの漁獲量と被害量 (4か月計)

の水域ごとに、曳き漁業及び張網業について漁獲金額及び被害金額を示したのが図11～図13である。ただし、曳き漁業については操業水域との対応でなく、各水域沿岸に居住する経営体について集計したものである。また図12については、水域7の境界が図11、図13と異なっている。北浦海区のわかさぎ・しらうおびき網漁業においては、図12で水域7とされている地区に居住する漁民は伝統的な帆曳き網漁業(図3参照)を、水域8とされている地区に居住する漁民はトロール漁業(図4参照)というように漁法が異なっており、前者の操業水域は北浦海区の南半分、後者の北半分という具合に、操業水域も峻別されている。それゆえ、図12において、水域7の境界が他の図におけるとは異なっている。なお、西浦におけるわかさぎ・しらうおびき網漁業は全てトロール漁業である。

まず、水域1, 2, 4, 5, 9といった湖の奥部ないし入江は、トロール漁業が禁止されていることもあって張網の敷設総数が多く、又、漁獲金額も多い。ただし、水域2のように富栄養の度合いのはなはだしい水域では被害金額も多くなっている。水域4は張網業、曳き漁業ともに盛んで、かつ漁獲金額の高さに比して被害金額が少ない。これは、この水域及び周辺が比較的水のきれいな水域で、かつ昔から水の流出口にあたって好漁場の条件を備えていることによるものと思われる。

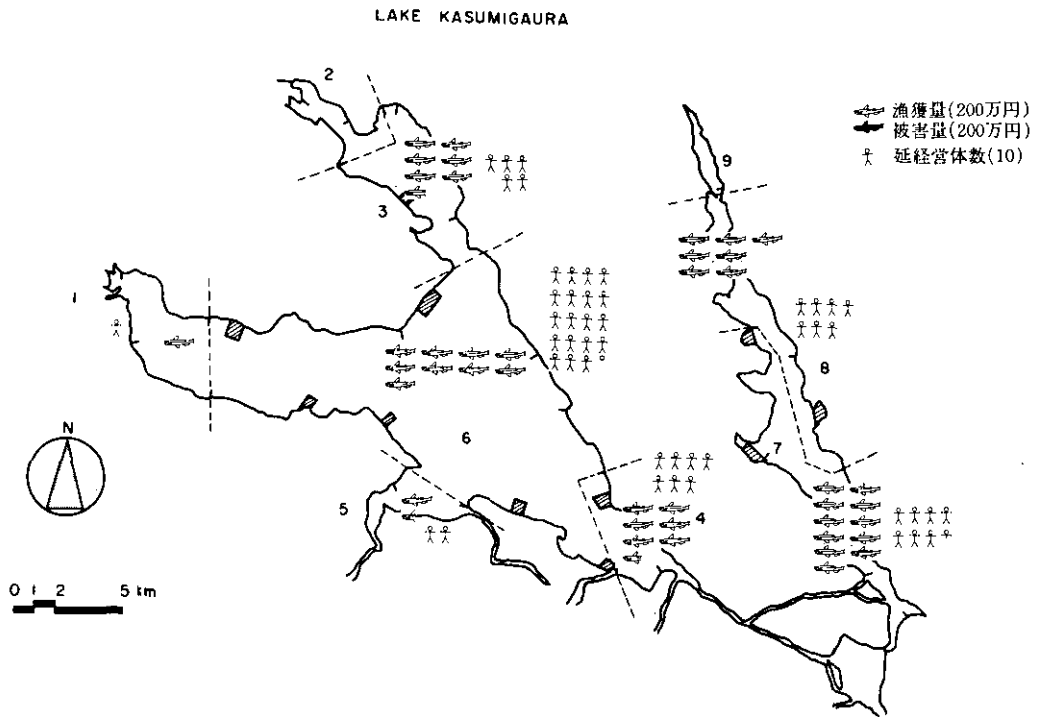


図 12 わかさぎ・しらうおびきの漁獲量と被害量(4か月計)

る。水域7で特徴的なことは、図12の示すように、経営体あたりの漁獲金額が他の水域に比べて非常に高いことである。また、トロール漁業についても北浦海区における方が西浦よりは若干高くなっている。このことは、西浦でのわかさぎ資源量激減の原因がトロール漁業導入による乱獲にあると指摘されている(加瀬林ほか, 1973)ことを考えても、伝統的な帆曳き網漁業が資源保護の観点からは効果的であることを示唆している。曳き漁業の被害金額については、図11の水域7, 8においていさごろひき網漁業の被害が多い以外は、ほぼ漁獲金額に比例した被害が生じている。

次に養殖業に関するデータを水域別に要約したものが表6である。表中の各集計項目は、水域ごとに4か月間の総計をとったものである。それゆえ、各集計値を4で割って得られるのが4か月間の平均値である。なお、推定現存量は養魚の魚体重を400g/匹と仮定して、霞ヶ浦における対象期間中の平均水温26.8℃, 浜田ら(1966)の作成した給餌率表及び調査データ(1日当たり投餌量)より推定したものである。水域7において現存量(放養量)の値が極端に低くなっている以外は、各水域とも現存量と推定値に大きな差はない。ただし、調査対象期間中に発生した養殖コイ大量死に関する新聞記事(朝日新聞, 1978. 8. 13)と調査データを見比べてみると、現存量が幾分少なめに記入されていることが窺われる。

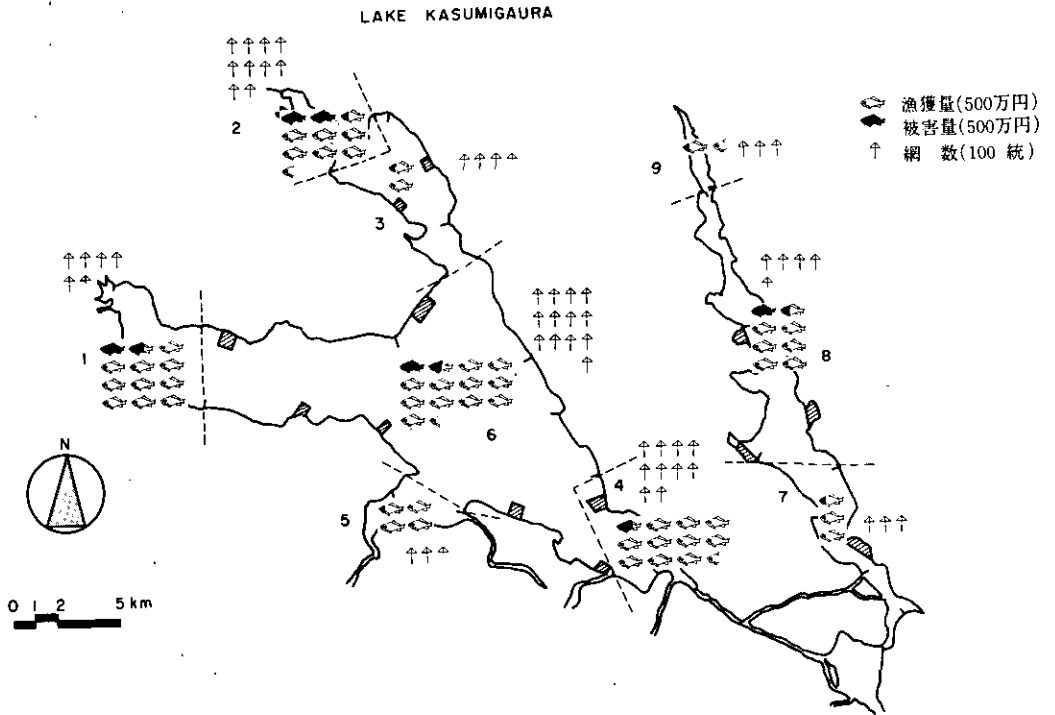


図 13 張網の漁獲量と被害量 (4か月計)

表 6 養殖業における水域別集計データ (4か月間総計)

集計項目 \ 水域番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
経営体数	4	58	24	0	20	173	4	13	8
面数 (1面を .5m×5mに換算して集計)	120	634	820	0	152	4,673	60	178	80
販売量 (t)	21	52	218	0	18	915	25	3	4
現存量 (t)	160	586	756	0	117	5,280	107	104	43
推定現存量 (t)	87	439	637	0	95	5,255	590	146	51
投餌量 (kg/日)	2,600	13,170	19,110	0	2,850	157,650	17,700	4,380	1,530
被害量 (kg)	0	9,700	6,200	0	150	70,040	470	0	0

被害については、最も富栄養化の進んだ水域で被害がとくに大きくなっているが、残りはほぼ現存量に比例した被害が生じている。

### 3.4 被害原因・防止対策・費用負担に関する集計結果

表7に被害原因に関する項目の、表8に防止対策・費用負担に関する項目の集計結果を示す。ただし、原因・対策に関する項目番号は図1中の番号に対応している。被害原因については、一般に、水質汚濁関連項目である項目3～5の比率が高く、次に自然現象項目である項目1～2の比率が高くなっている。また、養殖業で原因項目5（酸素欠乏）が、曳き漁業で原因項目7（有害物質流入）の比率が高くなっている。

表 7 被害原因項目に関する漁業種別集計

漁業種類	回答者数	回答件数	原因項目別比率							
			1	2	3	4	5	6	7	8
いさぎ・ごろひき	135	184	.12	.12	.29	.17	.09	.04	.15	.02
わかさぎ・しらうおひき	122	189	.15	.15	.25	.16	.10	.05	.13	.01
張網	268	504	.11	.10	.29	.21	.13	.04	.10	.02
養殖	81	140	.17	.11	.24	.21	.20	.04	.03	0

表 8 防止対策，費用負担項目に関する漁業種別集計

漁業種類	回答件数	対 策 項 目 別 比 率										選好された防止対策と負担主体					
												回答件数の最も多かったもの		2番目に多かったもの		3番目に多かったもの	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	対策番号	負担主体	対策番号	負担主体	対策番号	負担主体
いさぎ・ごろひき	236	.21	.11	.14	.03	.13	.10	.01	.10	.16	.01	1	特定の汚染者	9	国又は自治体	3	国又は自治体
わかさぎ・しらうおひき	209	.17	.12	.12	.01	.14	.13	.05	.08	.18	0	9	国又は自治体	1	特定の汚染者	5	国又は自治体
張網	544	.19	.17	.14	.05	.06	.13	.03	.09	.12	.01	1	特定の汚染者	2	国又は自治体	3	特定の汚染者
養殖	135	.19	.15	.19	.04	.01	.10	.05	.14	.13	.01	1	特定の汚染者	3	国又は自治体	2	国又は自治体

表8の防止対策については、各回答者がよいと思われるものを3項目まで選択できるとして設問されたものを集計したものである。また、負担主体については防止対策ごとに最も件数の多かった



ものを表に示してある。わかさぎ・しらうおびきを除くどの漁業種類とも、工場汚水の削減を第一の防止対策にあげている。わかさぎ・しらうおびき網漁業者は浄化用水の導入を最優先の防止対策としている。第2番目の対策としてはいさごろひき網漁業者が浄化用水の導入を、わかさぎ・しらうおびき網漁業者が工場汚水の削減を、張網業者が家庭汚水の削減を、養殖業者が蓄産汚水の削減をあげている。第3の対策として興味深いのは、養殖業との兼業の少ないわかさぎ・しらうおびき網漁業者が養殖汚水の削減をあげていることである。なお、霞ヶ浦のほぼ全域を自由に移動できる曳き漁業者が浄化用水の導入を第1ないし第2番目に選択し、霞ヶ浦沿岸域に定着して操業している張網業者及び養殖業者が家庭汚水の削減、蓄産汚水の削減をそれぞれ第2番目に選択しているのは、今後とりうる浄化対策を考慮する際に参考になりうるものと思われる。

費用負担については、一部の例外を除いては、工場汚水の削減、蓄産汚水の削減、養殖汚水の削減といった生産活動に係る対策費用の負担主体は汚染者に、家庭汚水の削減や浄化用水の導入といった生活活動、公共投資に係る費用の負担主体は国又は自治体となって、PPPの原則に較べてもほぼ常識的な結果と思われる。

### 3.5 養殖業における被害原因・防止対策に関する集計解析結果

3.1, 3.2節において、富栄養化現象の影響を最も強く受けているのが定置性漁業であることが明らかにされた。定置性漁業のなかでも、養殖業は張網業に較べて操業者の側での投下努力量の選択の幅が大きい。いいかえれば、多様な被害防止対策がとられる可能性がある。それゆえ、本節では養殖業における防止対策について詳しくみとみる。

表 9 養殖業における被害原因、被害防止対策に関する集計結果

経営 体 数 (件)	被害をうけた 経営体数	被害原因 (件数)							
		漁場の地形が被害に きいている		放養密度が被害に きいている		餌量過多が被害に きいている		その他の原因が被害に きいている	
		思う	思わない	思う	思わない	思う	思わない	思う	思わない
81	43	19	11	4	1	12	2	13	0
被害をうけな かった経営体数	漁場の移設	被害防止対策 (件数)							
		浮かしいけ すの使用	放養密度の 減少	投餌量の 制御	飼料の改善	養殖による堆 積物の液深	曝気装置の 導入	その他	
		8	0	12	16	1	0	4	0

表9は回答者である81経営体について、被害を蒙ったと回答したグループと、蒙らなかつたと回答したグループに分類し、前者については被害原因を、後者についてはとられた被害防止対策を質

問した結果を纏めたものである。まず、回答者の半数以上が何らかの被害を蒙っている。被害原因として最も多く回答されているのは「漁場の地形」であるが、これを否定する意見もかなり多い。次に多いのは「その他」であるが、表8において水質汚濁関連項目の比率が高いのを見ても、この結果は頷るところである。被害原因として第3番目に多いのは「餌料過多」である。被害を蒙っていないグループにおいてとられた防止対策の第1番目に「投餌量の制御」が挙げられていることを考え合わせても、被害防止という観点からみた操作変数として、投餌量のもつ意味は大きいと思われる。

被害を蒙らなかったグループのとした防止対策として、次に多いのは「放養密度の減少」であるが、放養密度が被害発生にきいていると答えた経営体はそれほど多くない。このように両グループ間で放養密度について意見が異なることと、被害を蒙った経営体数の75%が自動給餌機をもっていることを考え合わせて、自動給餌機をもっている経営体（グループ1）ともっていない経営体（グループ2）についてデータを纏めたのが表10である。

表 10 養殖業における平均値の差<sup>1)</sup>

変量名 データの層別	面 数 (1面=5m×5m)	面数あたり現存量 (t/面)	面数あたり労働時間 (人・時/日・面)	面数あたり被害量 (kg/面)	面数あたり投餌量 (kg/日・面)
給餌機をもっているグループ (n=172)	25.558 (20.794)	1.464 (0.963)	0.4317 (0.336)	42.973 (129.31)	33.782 (21.734)
給餌機をもっていないグループ (n=152)	15.170 (13.403)	0.771 (0.541)	0.5614 (0.3921)	3.303 (17.175)	22.788 (32.157)

1) 平均値の下の括弧内の数字は標準偏差

各平均値は調査対象期間4か月の平均値である。これら2グループの平均値の差をみるために、危険率1%で検定すると、全ての変量について有意な差がある。ただし、等分散の検定(1%水準)より面数、面数あたり現存量、面数あたり被害量については等分散の仮説が棄却されたので、t検定ではなく、Welchの検定法(国沢:1966)によって検定をおこなった。グループ1はグループ2に較べて面数が多く、放養密度も高く、又、投餌量、被害量も面数あたりにすると多くなっている。ただしグループ1はグループ2にくらべて面数あたり労働時間は低くなっている。この結果と表9は、1) 養殖経営の規模が大になり、省力化が進むにしたがって夏期における環境要因変動の影響を受けやすく、被害も大になる傾向にあること、2) 大規模化すると共に餌料費の生産費用に占める比重も大になるから、放養密度を高くして生産効率を高めようとする意欲も強いと予想されることなどを物語っている。

以上、養殖業における被害は自動給餌機に象徴される経営規模の大型化と関連があり、大規模に

なると共に被害も受けやすく、放養密度の減少といった防止対策もとりにくい状況にあることが明らかになった。

#### 4. 水質汚濁の張網漁業に与える影響に関する統計解析

本節では、アンケート票に被害量を記入した経営体の比率が対象漁業種類中で最も高く(77%)、また霞ヶ浦沿岸全域にわたって操業をおこなっている張網漁業を対象にして、水質汚濁の漁業影響を統計的に解析することを試みる。とくに、調査対象期間が霞ヶ浦における水質汚濁のなかで最も重要な富栄養化現象の盛んな時期でもあるので、富栄養化の張網漁業に与える影響、なかんずく、収量に与える影響に関する重回帰分析を試みる。

##### 4.1 解析の方針

富栄養化が張網漁業の収量に与える影響は大別して2種類考えられる。第1は漁獲量に影響を及ぼす場合である。栄養塩類の増加により魚の餌となるプランクトンが増加したり、産卵や隠れ場所となる藻場の植被面積の増減がおきたりすることなどである。第2は被害量に影響を及ぼす場合である。藻類の異常増殖による無酸素水塊の発生や、網にアオコ等の藻類が付着してできる目づまりのために水の交流が悪くなって網に入った魚が死んだり、アオコの臭いが魚について売り物にならないといったことがこの場合である。このうち漁獲量への影響については、本調査で得られた短期的なデータより、長期的なデータによって説明されると思われるので、本論では被害量を目的変数として分析をおこなう。なお、富栄養化を中心にして分析するためにも、経営体の属性や操業状態とは比較的中立的な目的変数を用いたほうがよい。各種の目的変数に対する分散分析の結果目的変数として、被害率(被害量/漁獲量)を用いる。ここで、統数とは張網の数のことであり、図5に示すのは張網1統である。また、魚種の違いによって影響が異なる可能性もあるので魚種別に分析をおこなう。

説明変数は図14に示すように、経営体特性に係るものと漁場特性に係るものから成っている。経営体特性変数は、1) 調査対象期間中に使用した張網統数、2) 操業日数、3) 張網の魚捕部を1日に何回あげるかという採り上げ回数、4) 調査対象期間中に網洗いをしたかどうか、5) 張網漁業以外に営んだ漁業種類数の5つである。次に漁場特性変数は、6) 各漁場に張られている全ての張網統数を漁場沿長距離で割って得られる混雑効果変数、と有害物質に係る変数及び水質変数から成っている。このうち混雑効果変数中の張網統数については、本調査の回収率が100%でないことを考慮して、同時期の指定湖沼水産統計データを使用した。

調査対象期間中に発生した有害物質による影響に、ベンゾール系の毒物による高橋川の汚染及び魚類斃死がある。斃死の原因は、昭和53年4月にオープンした日本競馬会美浦村トレーニング・センターで使用する消毒液にあるとみられている(茨城県内水試, 1979)が、高橋川の流入する水域

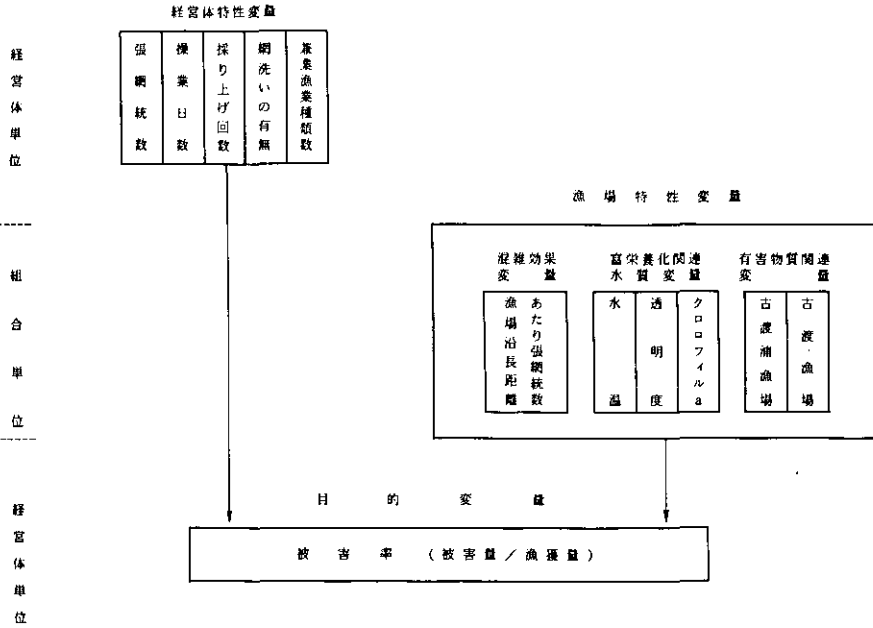


図 14 目的変数と説明変数 (張網業)

5に属する古渡浦，古渡両組合から回収された調査データにこれの影響が出ていることも考えられる。それゆえ，ここでは有害物質関連変数として2つのダミー変数（変数番号7，8）を導入して，これら2つの組合（ないし漁場）の特殊性を際立たせることにする。

富栄養化関連水質指標としてよく用いられるのに，水温，透明度，溶存酸素量，全リン，クロロフィルaなどがあるが，測定の信頼性，解釈の容易さ等を考慮して，9)水温，10)透明度，11)クロロフィルaの3つを採用した。なお，図7の水質測定点と漁業組合との対応に関して，いくつかの組合は測定点と必ずしも対応しないが，最も近い測定点ないし測定点の組で代替した。各組合（及び当該組合に属する経営体）の水質データは，対応する測定点の単純平均値を用いた。説明変数番号1，4，7，8は調査対象期間4か月を通じて経営体ごとに一定値をとるが，その他の変数は全て月ごとに変動する値をとる。また，漁業組合には図7の示すように24の組合があるが，調査対象期間中に測定された水生植物データが西浦についてのみ存在するので，後日，このデータが利用可能になった場合のこと，及び西浦と北浦との水産資源量の差が調査データに与える影響等を考慮して，以下では西浦に属する17組合についてのみ分析する。なお，重回帰分析については説明変数間の内部相関等も考慮して，予測性を重んじたPSS基準（奥野，1978）を用いて変数選択をおこなうことにする。用いたデータ数は，個票の月々のデータ735個である。

表 11 全データ (n=735) に対する変数選択型重回帰分析の結果<sup>1)</sup>

	網洗い	張網統数	兼業漁業種類数	操業日数	採り上げ回数	古渡浦	古渡	水温	透明度	クロロフィル	網密度	重相関係数
こい	⊕	⊕								⊕	⊕	0.419
ふな	⊕	⊕				⊕		⊕	⊖	⊕		0.482
ころ	⊕		⊕							⊕		0.345
えび	⊕	⊕	⊕							⊕		0.461

1) ○：有意水準0.01で有意      ⊕：有意水準0.001で有意

#### 4.2 変数選択型重回帰分析の計算結果の説明

表11は変数選択型重回帰分析の計算結果を示したものである。重相関係数（自由度修正済み）をみてもわかるように、回帰式のあてはまりはかなり悪い。そこで推定の精度を上げるために、経営体特性変量のうち、ほとんど全ての魚種の説明式に登場してくる「網洗い」と「張網統数」に関して調査データを層別して分析することを試みる。すなわち、「網洗いをする」「網洗いをしない」と「平均（5.3統）以上の張網統数を使用している」「平均以下の張網統数を使用している」に関して調査データを4水準に分類する。ただし表11において、有害物質に係るダミー変量が有意となった古渡浦組合のデータは、層別から除外した。

表12～表15は変数選択型重回帰分析の計算結果を要約したものである。重相関係数（自由度修正済み）の値をみてもわかるように、回帰式のあてはまりは、第1グループ（網洗いをし、かつ平均以上の張網統数を使用しているグループ）において最も高くなっている。また、全般的に網洗いをするグループにおける方が、網洗いをしないグループよりも高い重相関係数をとっている。著者らの現地調査によって確かめられたように、夏期における網洗いが張網漁業者にとって不可欠であること

表 12 網洗いをし、かつ平均以上の張網統数を使用しているグループ (n=112) に対する変数選択型重回帰分析の結果<sup>1)</sup>

	統数	兼業種類数	操業日数	採り上げ回数	水温	透明度	クロロフィル	網密度	重相関係数
こい	⊕					⊖		⊕	0.653
ふな	⊕	⊖	⊖	⊕	⊕	⊖		⊕	0.582
ころ	⊕	⊕	⊕				⊕	⊕	0.662
えび	⊕	+					⊕	⊕	0.684

1) ○：有意水準0.01で有意      ⊕：有意水準0.001で有意

表 13 網洗いをし、かつ平均以下の張網統数を使用しているグループ (n=199) に対する変数選択型重回帰分析の結果

	統数	兼業種数	操業日数	採り上げ回数	水温	透明度	クロロフィル	網密度	重相関係数
こい	⊕		-	+	+		⊕		0.458
ふな	⊕	⊕	⊖	⊕	⊕			-	0.371
ごろ	⊕	⊕					⊕		0.363
えび	⊕	+					⊕		0.421

表 14 網洗いをしないで、かつ平均以上の張網統数を使用しているグループ (n=125) に対する変数選択型重回帰分析の結果

	統数	兼業種数	操業日数	採り上げ回数	水温	透明度	クロロフィル	網密度	重相関係数
こい	⊕								0.181
ふな	⊕								0.232
ごろ		+	+		+			⊕	0.252
えび		⊕	+					⊕	0.287

表 15 網洗いをしないで、かつ平均以下の張網統数を使用しているグループ (n=279) に対する変数選択型重回帰分析の結果

	統数	兼業種数	操業日数	採り上げ回数	水温	透明度	クロロフィル	網密度	重相関係数
こい		+					⊕	⊕	0.247
ふな		+					⊕		0.277
ごろ							⊕		0.194
えび		⊕	+				⊕		0.454

を考え合わせると、経常的にかつ大規模に張網業を営んでいる経営体について回帰式の説明力が高いことを表12～表15の結果は示している。

次に、最も高い重相関係数をもつ第1グループについて説明変数と各回帰式の関連をみても、いずれの回帰式においても経営体特性変量、水質変量、混雑効果変量が高い説明力をもっている。

とくに、張網統数と網密度は全ての魚種の被害率にプラスにきいている。また、水質変量の符号も経験的事実とよく一致している。とくに、透明度の低下は浮魚の被害率を増大させ、クロロフィルaの上昇は底魚の被害率を増大させるという結果は、湖の富栄養化と魚種別被害量との関係を考えていくうえで重要な手がかりを与えるものと思われる。

以上で張網業における漁業影響をみてきたが、張網データは、網洗いや張網統数で代表される経営体特性変量、透明度及びクロロフィルaで代表される水質変量、及び混雑効果変量によって特徴づけられることが明らかになった。とくに、経常的にかつ大規模に張網漁業を営んでいる経営体について、富栄養化現象の収量に与える影響が顕著に窺われた。

## 5. おわりに

本論では昭和53年6月から昭和53年9月を調査対象期間として実施されたアンケート調査の集計結果にもとづいて、霞ヶ浦水質汚濁による漁業影響の実態を明らかにすることを試みた。まず漁業種類別にみた被害については、総被害金額、総被害量とも、張網漁業、養殖業、曳き漁業の順で被害を蒙っている。ただし、盛夏における養殖業の被害は甚大で、8月などは月間総被害金額の6割弱が養殖業で占められている。次に、漁業影響を最も強くうけている養殖業、張網漁業について若干の統計解析をおこなった。その結果、養殖業における被害は、自動給餌機に象徴される省力化及び経営規模の大型化と関連があり、大規模になると共に被害もうけやすい状況にあることが明らかにされた。他方、張網業については、経常的にかつ大規模に張網漁業を営んでいる経営体において、水質汚濁の収量に与える影響が顕著に窺われた。また漁業被害を防止するものとして考えられる9つの対策の選好を調査した結果については、対象とした4つの漁業種類のいずれを営んでいる漁業者も工場汚水の削減ないし、浄化用水の導入を最もよいとしていることが判明した。とくに霞ヶ浦のほぼ全域を自由に移動できる曳き漁業者が浄化用水の導入を第1ないし第2番目に選択し、霞ヶ浦沿岸域に定着して操業している養殖業者、張網業者が蓄産汚水の削減ないし家庭汚水の削減を第2番目に選択しているのは、今後とりうる浄化対策を考慮する際に参考になりうるものと思われる。今後は、本論の成果にもとづいて湖の浄化ないし汚濁にはたす漁業の役割を総合的に解明してゆくことが必要と考えられる。

## 謝 辞

本調査に御協力下さった漁民各位をはじめ、霞ヶ浦漁業協同組合連合会、北浦漁業協同組合連合会の方々、現地調査に御協力下さった諸岡茂、生井沢隆両組合長に感謝の意を表す。またアンケート票に付属する地図の複製に関しては建設省霞ヶ浦工事事務所、建設省国土地理院に、調査に関連する資料の利用に関しては茨城県霞ヶ浦水産事務所、茨城県農林水産部、関東農政局茨城統計情

報事務所にお礼を申し上げます。

なお、本研究を進めるにあたり「陸水域の富栄養化に関する総合研究」のメンバー諸氏、とくに春日清一主任研究員の適切な助言をうけたことに感謝の意を表す。又アンケート票の設計等に関しては茨城県農林水産部の浜田篤信氏、田代貞司氏、茨城県環境局の加瀬林成夫氏、国立公害研究所昭和53年度客員研究員一橋大学宮川公男教授の御指導をいただいたことを深く感謝申し上げます。

## 引用文献

- 赤野誠之ほか (1975) : 霞ヶ浦における網いけす養殖ゴイのへい死について—(1) 茨城県内水試報告, 12, 25—47.
- 朝日新聞 (1978. 8. 13) : 無酸素水塊移動の恐れ—霞ヶ浦のコイ大量死.
- 浜田篤信ほか (1966) : 網生す養鯉に関する研究—(Ⅲ) 投餌について. 茨城県内水試報告, 8, 56—60.
- 浜田篤信ほか (1976) : 霞ヶ浦の富栄養化に関する研究—(Ⅳ) 茨城県内水試報告, 13, 29—43.
- Huang, D. S, et al. (1976) : Toward a general model of fishery production. *Southern Economic Journal*, 43(1), 846—854.
- 茨城県 (1974) : 茨城県霞ヶ浦北浦海区漁業調整規則.
- 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所 (1975) : 茨城県霞ヶ浦北浦海区における漁業操業上の心得.
- 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所 (1976) : 霞ヶ浦の水産.
- 茨城県環境局 (1978) : 公共用水域の水質測定結果. 茨城県報号外, 昭和53年9月26日, 和年53年10月11日, 昭和53年11月11日, 昭和53年12月11日.
- 茨城県内水試 (1979. 5. 1) : 高橋川における魚類へい死について. 内水試第56号.
- 茨城農林統計協会 (1977) : 茨城農林水産統計年報, 昭和50年—51年版.
- 金沢 純 (1976) : 魚の脊椎骨変形と農薬, *科学*, 46(2), 108—115.
- 加瀬林成夫, 浜田篤信 (1973) : 霞ヶ浦におけるワカサギ資源とその管理. 茨城県内水試報告, 11, 1—22.
- 春日清一ほか (1979) : 霞ヶ浦における魚類個体群の生態学的研究—一 張網採集による高浜人魚類相の周年変動. 国立公害研究所研究報告, 第6号, 133—137.
- 北畠能房 (1979) : 霞ヶ浦水質汚濁の漁業に及ぼす影響に関する調査結果について. 国立公害研究所研究発表会予稿集, 77—95.
- 国沢清典編 (1966) : 確率統計演習 2. 培風館, 117.
- 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.
- 桜井善雄ほか (1973) : 水生植物. 霞ヶ浦生物調査報告(Ⅷ). 建設省霞ヶ浦工事事務所, 78—148.
- Snieszko, S. F. (1974) : The effects of environmental stress on outbreaks of infectious diseases of fishes. *J. Fish Biol.*, 6, 197—208.



5. 養殖業における富栄養化影響の経済的評価

北畠能房<sup>1</sup>

Economic Study of the Eutrophication Effects on Carp  
Culture at Lake Kasumigaura

Yoshifusa KITABATAKE<sup>1</sup>

**Abstract**

In this paper a production function and a damage function for carp culture at Lake Kasumigaura are estimated on survey questionnaire and water quality data of the lake, where the survey period was four consecutive months, June to September, of 1978. The equations are used to quantify profit loss when eutrophication-caused fish kills are considered and fishermen behaves so as to maximize profit. The results show that the following three factors play important role in quantification of profit loss; water quality such as temperature and Secchi depth of culture ground, the feeding mode of culture operator such as feeding by hands or feeding by electric means, and a preventive measure such as the use of aeration devices taken by operator.

1. はじめに

本論の目的は、人間による湖利用活動の1つである養殖業を例にとって富栄養化影響の経済的評価を試みることである。対象とする霞ヶ浦は網生簀による鯉養殖が盛んで、農林省統計情報部(1980)によれば、表面積200K<sup>2</sup>のうち約0.26K<sup>2</sup>の水面が養殖業によって利用されている。また、養殖鯉(食用)の生産量は全国の内水面生産量(29,160t)の約22%を占めている。他方、湖富栄養化の進行と共に、種々の環境変動要因(低酸素水塊の形成等)の影響をうけやすい状況にあり、1973年夏期には1500トンの養鯉が斃死している。

本論では、養殖業の生産関数及び被害関数を統計的に推定することによって、養殖業を営む経営

---

1. 国立公害研究所 総合解析部 〒305 茨城県筑波郡谷田部町小野川16番2  
Systems Analysis and Planning Division, The National Institute for Environmental  
Studies, Yatabe-machi, Tsukuba Ibaraki 305 Japan.

体の利益が、湖富栄養化によってどの程度減少するかを昭和53年夏期を例にとって定量化することを試みると共に、定量化にあたっての問題点を明らかにする<sup>†</sup>。

## 2. 経済的評価の枠組

まず第1に、養殖業を営む経営体の生産量（養魚の増肉量）は一般に、網生簀の建設や投餌器の購入に投下される資本量（ $K$ ）、及び網生簀の運転管理に費やされる労働量（ $L$ ）、投餌量（ $S$ ）の関数とみなされる。この他にも、漁期中の水温とか漁場地形、種苗のサイズ等も影響すると考えられるが、これらをパラメーター $A$ で表現すると、養殖業の（ミクロの）生産関数は

$$y = A K^\alpha L^\beta S^\gamma \quad (1)$$

とかける。ここで、 $\alpha, \beta, \gamma$ は定数でありまた、 $K, L, S$ 間での代替の弾力性は1と仮定して、生産関数に両対数型を採用する。

第2に、富栄養化現象が養殖業にどのような影響を与えるかを定量的に把握する必要がある。ところが、富栄養化現象と養殖鯉の生物影響に関する Dose-Response 関係についての定量的なデータはまだ見当たらない。それゆえ、ここでは Dose-Response 関係について一般的な関係式を仮定することにする。すなわち養殖鯉の被害率（生産量（ $y$ ）に占める被害量（ $D$ ）の比率）は、経営体の操業状態、漁場の水質、及び曝気装置の使用といった被害防止対策の3つに依存しているとして次式を仮定<sup>††</sup>する。

$$D/y = g_1(K, L, S, T, SD, CH, K_a) \quad (2)$$

ここで、 $K, L, S$ は操業状態に対応する変量で（1）式におけるのと同じものである。富栄養化関連水質指標としては、Carlson (1977)の研究を参考にして透明度（ $SD$ ）、クロロフィル  $-a$ （ $CH$ ）及び水温（ $T$ ）を採り上げる<sup>†††</sup>。また、被害防止対策を代表するものとしては、曝気装置の使用期

† 水資源のように、市場経済の枠組外で取引されているいわゆる「環境財」を競合する利用目的間でどのように配分するかに関して、Kneese and Bower (1968)が（被害関数）Damage function 計測の必要性を指摘して以来、多くの試みがなされている（これらの試みのサーベイについては、例えば Tihansky (1975)がある）。この際、物量で表示される被害量にいかなる価値付けをおこなうかが1つの重要な争点となっている。本研究では、理解の容易さという点から販売価格で評価したが、資源配分の効率性や他の同種の影響（例えば農業利水への影響）との比較という目的からは、市場価格でなく、例えば生産者余剰概念で評価することが適当と考えられる。これについては Kitabatake (1981)を参照されたい。

†† （2）式の左辺に被害量（ $D$ ）をとることも出来るが、後述の統計解析においてあてはまりが悪かったので、ここでは省略する。

††† これまでに提案された富栄養化指標は主として年間平均的な状況の比較に用いられているが、後述の統計解析で必要となるのは月平均値である。それゆえ、他の指標、とくに溶存酸素（ $DO$ ）と全リン（ $TP$ ）は測定値の地域ないし時間代表性や流入河川の影響などのためにここでは採り上げない。

間が適当であるが、データの不足のため、ここでは曝気装置購入に投下された資本量 ( $K_a$ ) を用いることにする。

(2) 式の  $g_1$  が微分可能として点 ( $K^*, L^*, S^*, \bar{T}, \underline{SD}, \underline{CH}, 0$ ) の近傍でテーラー展開して一次項までをとると

$$D/y = g_1 (K^*, L^*, S^*, \bar{T}, \underline{SD}, \underline{CH}, 0) + b_1 (K - K^*) + b_2 (L - L^*) + b_3 (S - S^*) \quad (3)$$

$$+ b_4 (T - \bar{T}) + b_5 (SD - \underline{SD}) + b_6 (CH - \underline{CH}) + b_7 (K_a - 0)$$

となる。ここで、 $K^*, L^*, S^*$  は、水質指標が富栄養化の臨界値以下、例えば中栄養湖の値 ( $\underline{SD}, \underline{CH}$ ) をとり、曝気装置も使用しない ( $K_a = 0$ ) 状態で、ある平均水温 ( $\bar{T}$ ) のもとで一定の生産量  $y$  を達成するために最も効率的な資本量、労働量、投餌量の組み合わせとする。ここで「最も効率的」とは、(1) 式の生産関係のもとで総費用

$$C(y) = \omega_k K + \omega_l L + \omega_s S \quad (4)$$

が最小になることを意味している。 $\omega_k, \omega_l, \omega_s$  はそれぞれ資本の減価償却率、労賃、餌料単価をあらわしている。それゆえ、(3) 式の意味するところは次の通りである。養殖業における被害率は、操業状態の非効率性に起因する3つの項と、水温で代表される自然現象に起因する項と、湖の富栄養化に起因する2つの項と、曝気装置の導入で代表される被害防止対策に起因する項と、これらのいずれにもよらない定数項の8項で一次近似される。

漁期中に一定の生産量 ( $y$ ) を達成する経営体の利益 ( $\pi$ ) は、魚価を  $P$  とすると

$$\pi(y) = Py - C(y) \quad (5)$$

となる。それゆえ、効率的な操業状態のもとで経営体のこうむる収益減及び防止対策にかかる費用を差し引いた後の純利益 ( $\pi_n$ ) は

$$\pi_n(y) = \max_{\bar{K}_a(y) \geq K_a \geq 0} \left\{ \pi(y) - P \left( g_1 + b_4 (T - \bar{T}) + b_5 (SD - \underline{SD}) + b_6 (CH - \underline{CH}) + b_7 K_a \right) y - \omega_a K_a \right\} \quad (6)$$

となる。(6) 式の右辺は、 $(-Pb_7 y - \omega_a) K_a > 0$  ならば  $K_a = \bar{K}_a(y)$  となる。すなわち、曝気装置を導入したことによる被害回避額が減価償却費用 ( $\omega_a$  は曝気装置の減価償却率) より大ならば、曝気装置を導入した方が得であるということである。なお  $\bar{K}_a(y)$  は生産量 ( $y$ ) の関数として外生的に定まるものとする。

### 3. 霞ヶ浦における試算例

霞ヶ浦における網生簀の様子を示したのが図1である。同図は、網生簀三面（一面は5m四方）と自動給餌器3台を使って養殖業を営んでいる例を示したものである。これらの網生簀に放養された養殖鯉の給餌期間は通常、3月下旬から11月下旬までで冬期は無給餌である。

以下では、主として国立公害研究所が昭和53年度におこなった漁業調査<sup>†</sup>データ（以下、「漁業調査データ」と略す）を用いて養殖業における生産関数及び被害関数を統計的に推定すると共に、養殖漁家に与える富栄養化影響を利益の減少という形で定量化することを試みる。

#### 3.1 生産関数の推定

漁業調査データは昭和53年夏期（6月から9月の4か月間）を対象としたものであるが、調査の主眼が被害量におかれているため、対象期間中の生産量（増肉量）を推定するには不十分である。そこで、ここでは（1）式のかわりに以下の2つの式を統計的に推定することとする。

$$y = a_1 S^{\gamma} \quad (7)$$

$$\bar{y} = a_2 K^{\alpha} L^{\beta} \quad (8)$$

すなわち、霞ヶ浦北浦水産事務所が養殖漁家を対象におこなった昭和51年度の調査資料にもとづいて、養殖業を営む経営体の年間投餌量と年間生産量との関係式（7）を求め、次に漁業調査データ中の投餌量を（7）式に代入することによって各経営体の対象期間中（4か月間）の生産量（ $\bar{y}$ ）を推定する。この推定生産量と漁業調査データ中の資本量、労働量を用いて推定されるのが生産関数（8）式である。ここで年間生産量とは（販売量+翌年繰越量）と（前年からの繰入量+種苗量）の差のことであり、資本量とは養殖網の価格を5万円/面、給餌器の価格を7万円/台として、養殖面数、給餌器台数から算定したものである。労働量とは従事人数に労働時間を掛けて求めたものである。

（7）式に対応するものとして以下の2式を得る。給餌器を用いずに手撒きで投餌している経営体について

$$\log_{10} y = -0.220 + 0.937 \log_{10} S \quad (9)$$

(-4.290)(27.559)

$$R^2 = 0.9302, \quad n = 59$$

給餌器を使用している経営体について

---

<sup>†</sup> 調査の概要については、北畠・青木（1981）を参照されたい。

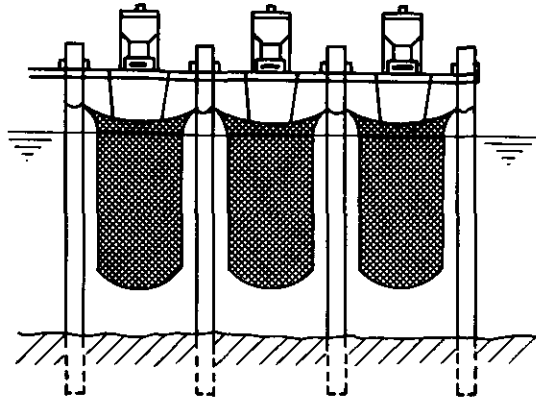


図1 網生簀養殖業

$$\log_{10} y = -0.155 + 0.899 \log_{10} S \quad (10)$$

(-1.483) (16.095)

$$R^2 = 0.8993, n = 31$$

である。ただし、括弧内の数字は係数の $t$ 値、 $n$ はサンプル数である。また漁業調査データ中の餌料がほとんど配合餌料であったので、ここでは配合餌料の比率が8割以下の経営体は計算から除外した。(9)、(10)式からわかるように、投餌量が51.4トン以上の経営体については手撒きの餌料効率が給餌器におけるよりも若干高くなっている。ただし(9)、(10)式の計算に用いた標本のうち、手撒きの年間生産量の最大が69トンで、給餌器を使用している経営体の最大が173トンであることを考慮すると、手撒きによる養殖経営は小規模にとどまらざるを得ないようである。また、(9)、(10)式から計算される餌料効率は、現存量ないし放養量の増分にもとづいて計算される餌料効率よりも低くなっている。これは年間生産量算定に販売量(出荷量)データを用いていることにも因っているものと思われる。すなわち、養殖鯉を販売するには、通常、井戸水で3日間生きしめをするが、この過程で養殖鯉がやせるためである。

表1は生産関数推定に用いたデータを纏めたものである。重回帰分析の結果は、手撒きの経営体について

$$\log_{10} \bar{y} = -1.244 + 1.104 \log_{10} K + 0.113 \log_{10} L \quad (11)$$

(-2.658) (5.451) (0.554)

$$R^2 = 0.5943, n = 37$$

給餌器を使用している経営体について

$$\log_{10} \bar{y} = -0.885 + 0.797 \log_{10} K + 0.196 \log_{10} L \quad (12)$$

(-4.356) (5.004) (1.123)

$$R^2 = 0.8955, n = 43$$

である。労働量の説明力が (11)、(12) 式のいずれにおいても低くなっているが、とくに手撤きの経営体の生産関数 (11) 式において極端に低くなっている。表 1 の労働量データは家族労働と雇傭労働を区別してないので、労働の質のばらつきがこのような結果をもたらしたものと、とくに、従事者数に占める雇傭者の比率の低いとみられる手撤き経営体の場合にこの傾向が強く出ているものと思われる。

表 1 生産関数推定に係るデータ一覧

経営体 No.	面数	給餌器 台数	$\bar{y}$	K	L	S
1	30	0	36.260	150.000	608.000	79.200
2	20	0	21.704	100.000	976.000	45.800
3	30	18	53.788	276.000	1464.000	125.150
4	33	23	45.542	326.000	1220.000	104.000
5	80	40	96.946	680.000	2196.000	241.000
6	20	17	26.657	219.000	488.000	57.320
7	20	20	24.093	240.000	1100.000	51.220
8	39	26	39.471	377.000	1040.000	88.700
9	50	20	42.618	390.000	976.000	96.600
10	18	2	16.673	104.000	488.000	34.010
11	40	20	80.397	340.000	976.000	195.700
12	44	27	54.310	409.000	1464.000	126.500
13	44	21	52.570	367.000	1464.000	122.000
14	12	0	4.499	60.000	122.000	8.540
15	2	2	6.755	24.000	122.000	12.450
16	2	2	5.448	24.000	122.000	9.800
17	2	2	6.330	24.000	122.000	11.580
18	2	2	5.001	24.000	122.000	8.910
19	2	2	4.052	24.000	122.000	7.050
20	1	1	2.258	12.000	122.000	3.680
21	2	2	3.066	24.000	122.000	5.170
22	2	2	3.536	24.000	122.000	6.060
23	2	2	4.529	24.000	122.000	7.980
24	2	2	4.687	24.000	122.000	8.290
25	2	2	4.824	24.000	366.000	8.560
26	2	2	1.913	24.000	122.000	3.060
27	20	0	41.639	100.000	976.000	91.800
28	64	0	42.064	320.000	1464.000	92.800
29	40	20	53.808	340.000	1464.000	125.200
30	21	0	2.034	105.000	1452.000	3.660
31	40	0	46.635	200.000	1464.000	103.600
32	7	0	3.894	35.000	1098.000	7.320
33	4	0	3.894	20.000	732.000	7.320
34	4	0	2.034	20.000	366.000	3.660
35	4	0	3.282	20.000	519.000	6.100
36	4	0	0.374	20.000	488.000	0.600

表1 (つづき)

経営体 No.	面数	給餌器 台数	Y	K	L	S
37	4	0	1.714	20.000	214.000	3.050
38	6	6	11.821	72.000	122.000	23.200
39	10	0	9.169	50.000	488.000	18.260
40	4	0	5.391	20.000	488.000	10.360
41	11	0	11.457	55.000	488.000	23.160
42	3	0	2.190	15.000	122.000	3.960
43	10	0	15.120	50.000	366.000	31.140
44	6	0	2.663	30.000	488.000	4.880
45	4	0	1.882	20.000	122.000	3.370
46	6	0	21.091	30.000	610.000	44.420
47	6	0	21.687	30.000	610.000	45.760
48	25	0	33.679	125.000	1464.000	73.200
49	5	0	1.391	25.000	732.000	2.440
50	26	26	75.839	312.000	976.000	183.400
51	27	12	82.499	219.000	2196.000	201.400
52	33	27	82.499	354.000	2196.000	201.400
53	36	36	50.201	432.000	2928.000	115.900
54	24	24	23.279	288.000	1464.000	49.300
55	36	36	31.965	432.000	1494.000	70.150
56	26	24	45.463	298.000	2196.000	103.800
57	24	24	100.112	288.000	1464.000	249.770
58	21	21	59.570	252.000	1464.000	140.200
59	36	0	40.346	180.000	2196.000	88.760
60	40	3	54.965	221.000	976.000	128.200
61	39	13	73.530	286.000	976.000	177.200
62	88	37	321.673	699.000	1952.000	914.999
63	23	16	52.492	227.000	1464.000	121.800
64	27	27	43.901	324.000	1097.000	99.840
65	60	50	141.145	650.000	2016.000	366.000
66	15	0	25.678	75.000	1464.000	54.800
67	26	0	27.036	130.000	366.000	57.900
68	20	20	33.130	240.000	1344.000	73.000
69	24	22	33.212	274.000	1464.000	73.200
70	10	0	23.034	50.000	1464.000	48.800
71	10	0	17.600	50.000	610.000	36.620
72	10	0	6.294	50.000	544.000	12.220
73	13	0	11.735	65.000	122.000	23.760
74	8	0	10.196	40.000	488.000	20.450
75	12	0	12.884	60.000	244.000	26.250
76	11	0	28.390	55.000	609.000	61.000
77	40	25	33.212	375.000	1220.000	73.200
78	24	0	23.034	120.000	1464.000	48.800
79	38	0	33.679	190.000	1220.000	73.200
80	24	0	23.034	120.000	2196.000	48.800

### 3.2 被害関数の推定

表2は3.1節の生産関数推定に用いた80経営体について、対象期間中に生じた養殖鯉の被害量を症状別に纏めたものである。夏期における富栄養化現象の影響と見做される「自然死」の比率が、

表2 養殖鯉の投餌形態別症状別被害量 (kg)  
(昭和53年6月～9月計)

投餌形態	被害量を 記入した 経営体数	被害量						計
		被害症状					症状 無回答	
		自然死 (輸入死含む)	病魚	奇形魚	悪臭魚	その他		
手撒き	13	14,380	1,200	0	0	0	261	15,841
給餌器	30	32,103	4,500	755	16,330	16,330	14,600	68,288

手撒きの経営体群について91%，給餌器を使用している経営体群について47%となっている。以下では(3)式の被害関数を漁業調査データにもとづいて推定する。まず、各経営体の月別被害量(単位は10kg/月)をその推定生産量( $\hat{y}$ )で割って得られる被害率( $D/\hat{y}$ )を目的変量とする。説明変量を計算するには、 $\hat{y}$ を生産するのに最も効率的な資本量( $K^*$ )、労働量( $L^*$ )の組み合わせを求めねばならない。これは生産関数(11)式又は(12)式のもとで資本の減価償却費用と労働費用の和を最小にすることによって求められる。この際、聞きとり調査にもとづいて、資本の減価償却年数を3年( $\omega_k=0.333$ )、労賃( $\omega_l$ )は時間当り0.125万円(雇用労働)とする。次に、資本量変量データ( $K-K^*$ )は経営体ごとに同一値を月別データとする。労働量変量データ( $L-L^*$ )は月ごとの労働量( $L$ )より( $L^*/4$ )を差し引いたものを月別データとする。ただし、手撒きの経営体については、生産関数(11)式において労働量変量の説明力が極端に低いので、 $K^*$ 、 $L^*$ のかわりに標本平均値( $\bar{K}=77.66$ 万円、 $\bar{L}=201.38$ 時間)を用いることにする。

霞ヶ浦の水質データは茨城県(1978)のを用いるが、水質測定点と養殖漁場が極端にかけ離れている場合もある。ここでは図2において、水質測定点と実線でもって対応づけられている52経営体を(4)式推定の標本とする。この際、2つ以上の測定点と対応づけられている標本には、これらの測点点の平均値を割り振ることとする。次に、中栄養湖における水質値( $SD, CH$ )はGakstatter, Allum and Omernik(1976)にもとづいて $SD=2$  m,  $CH=10$ ppbとする。また、平均水温は対象期間中の霞ヶ浦湖心における平均水温 $\bar{T}=26.35^\circ\text{C}$ を採用する。このようにして纏めたデータに変数選択型重回帰分析(変数増加法)を適用して求めたのが次式である。ただし、変数を取り込むため及び取り除くためのF値はともに2.0を与えた。

$$\begin{aligned}
 D/\hat{y} = & -4.733 + 0.008(K-K^*) + 0.801(T-\bar{T}) - 4.526(SD-S\bar{D}) \\
 & (-3.015)(2.625) \quad (6.025) \quad (-4.077) \quad (13) \\
 & -3.936\delta_1 + 4.609\delta_2 \\
 & (-4.162) \quad (4.588)
 \end{aligned}$$

$$R^2 = 0.2752, \quad n = 224$$

ここで $\delta_1$ は曝気装置を使用している( $\delta_1=1$ )か使用していない( $\delta_1=0$ )かに関するダミー変量、 $\delta_2$ は給餌器を使用している( $\delta_2=1$ )か使用していない( $\delta_2=0$ )かに関するダミー変量である。



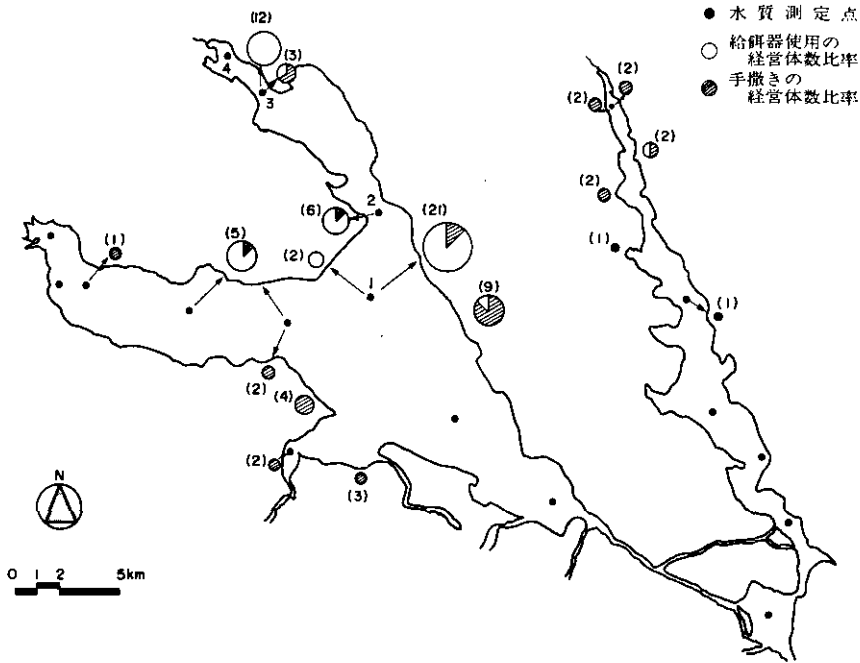


図2 本研究で対象とした養殖業経営体の地点分布  
(括弧内の数字は経営体数)

$\delta_i$ の代わりに $K_a$ を用いても同様の結果が得られるが、 $\bar{K}_a(y)$ の推定が困難なため、ここでは(13)式を用いる†。(13)式において各偏回帰係数がゼロであるという帰無仮説は有意水準1%で棄却される。また、(13)式の分散分析表より求まる分散比 $F_0=16.551$ は有意水準1%で有意であるから、(13)式は統計的にみて意味のある式と考えられる。さらに、投下資本が過大になること、水温が平均水温を上回ること、透明度が低下すること、給餌器を使用していることが被害率の上昇をもたらし、曝気器の使用が被害率の低下をもたらすという解釈もそう無理がないと思われる。とくに、透明度の低下が被害率を上昇させるという結果は、張網業における結果とも合致している(北畠・青木(1981))。

† 被害率変量の歪度(Skewness)=3.45, 尖度(Kurtosis)=15.23であることから、対数変換( $D/g=0$ なるサンプルにはごく小さい正の値を与える)をして回帰計算を試みたが、(13)式におけるような線形回帰式の説明力の方がより高かったため、ここでは対数線形回帰式の計算結果は省略する。

### 3.3 経営体の利益関数に与える富栄養化影響の定量化

経済的にみて効率的な規模で養殖業を営む経営体に与える富栄養化影響は、水温、給餌形態、被害防止対策の有無といった要因と密接に関連していることが、前節で統計的に明らかにされたので、以下ではこれらの関連要因を考慮して富栄養化影響を定量化することにする。

経営体の利益関数は、(9)、(11) 式ないし (10)、(12) 式の制約のもとで (5) 式で示される利益を最大にすることによって導出される。ここで魚価、餌料単価とも昭和53年夏期の平均値 ( $P=44.5$  万円/t,  $\omega_s=13.5$  万円/t) を用い、また (9)、(10) 式の  $y$  は  $\gamma$  と読みかえるものとする。ただし、(11) 式において労働量に係る偏回帰係数の精度が極端に低いので、ここでは給餌器を使用している経営体についてのみ利益関数を導出する。図3はこのようにして求めた利益関数  $\pi(y)$  を示したものである。

効率的な操業状態及び夏期における富栄養化現象のもとで蒙る可能性のある被害量は、(13) 式に  $K=K^*$  及び月別水質値及びダミー変量値を代入することによって月別被害率を出し、これらを4ヶ月間足し合わせたものに  $\gamma$  を掛けることによって求められる。表3は図2の測定点番号1、2、3における水温、水質変動を示したものである。表3にもとづいて、各測定点に対応する漁場で養殖業を営んでいる経営体の富栄養化影響の有 (○) 無 (×) を投餌形態、防止対策の有無別に示したのが表4である。ただし (13) 式より求まる月別被害率の和が負になるものについては富栄養化影響が無いものとして扱うことにする。平均操業規模の小さい手撒き経営体は曝気装置を使用すれば、表3に示された水温、水質値のもとではどの水域においても富栄養化影響を受けないこと、他方、平均操業規模の大きい給餌器使用経営体は漁場の水質が悪くなると曝気装置を使用しても富栄養化影響を免れないことなどを表4は示している。

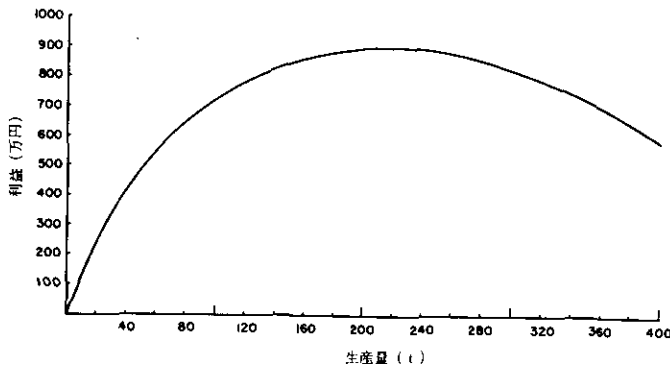


図3 富栄養化影響なしとした場合の昭和53年価格のもとでの利益関数 (給餌器を使用している経営体)

富栄養化影響を差し引いた純利益 ( $\pi_n$ ) は、(13) 式より求まる月別被害率の和を (6) 式に代入し、曝気装置に投下された平均資本量 (給餌器を使用している経営体について52.6万円、手撒きの経営体について27.8万円) 及び減価償却年数 (10年) より計算されるが (13) 式の決定係数が低く、それゆえ被害率の推定にかなりの誤差を伴うためここでは純利益の算定は省略する。

表3 測定点別月別水温 (T), 透明度 (SD)

測定点番号		月			
		6	7	8	9
1	T (°C)	23.1	29.2	30.3	22.8
	SD (m)	0.80	1.77	1.10	0.80
2	T (°C)	23.2	30.5	30.0	22.3
	SD (m)	0.65	0.90	0.60	0.10
3	T (°C)	24.4	31.1	30.1	25.6
	SD (m)	0.55	0.60	0.25	0.40

表4 測定点別, 投餌形態別, 防止対策別  
富栄養化影響の有 (○) 無 (×)  
—昭和53年夏期—

	手撒き			給餌器使用		
	測定点	測定点	測定点	測定点	測定点	測定点
	1	2	3	1	2	3
曝気装置使用せず	×	○	○	○	○	○
曝気装置使用	×	×	×	×	○	○

#### 4. おわりに

本論は湖富栄養化の養殖業に与える影響の定量化を、養殖業を営む平均的な経営体の利益がどの程度減少するかという観点から、限られた調査データを用いて、定量的な分析を試みた。この際、経営体の操業状態、とくに手撒きで投餌しているか、給餌器を使用しているかという投餌形態、操業水域の水温、水質 (とくに透明度)、及び曝気装置を使用しているかどうかという防止対策の有無が定量化にあたって重要なポイントとなることが統計的に明らかにされた。

本論では、養殖業を湖富栄養化の被害者という観点からのみとらえたが、湖への汚濁負荷源としての役割も見落とせない。今後は、ハクレンやテラピアの無給餌養殖といった代替案をも考慮しつつ、環境保全、国民にとっての必要タンパク源確保、地場産業の振興といった各種の目標との関連において、湖利用活動としての養殖業を見直すことが必要と考えられる。

## 謝 辞

調査資料の利用に関して便宜をお図りいただいた茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所にお礼を申し上げます。また、養殖業の実態等に関して、茨城県内水試の矢口正直氏、茨城県農林水産部の山崎耿二郎氏の御指導をいただいたことを記し深く感謝の意を表す。

## 引 用 文 献

- Carlson, R. E. (1977) : A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.*, **5** (22), 361-369.
- Gakstatter, J. H., M. O. Allum and J. M. Omernik (1976) : Lake eutrophication—results from the national eutrophication survey. EPA-600/3—76—079, 185—205.
- 茨城県環境局 (1978) : 公共用水域の水質測定結果. 茨城県報号外, 昭和53年9月26日, 昭和53年10月11日, 昭和53年11月11日, 昭和53年12月11日.
- 北畠能房・青木陽二 (1981) : 霞ヶ浦漁業における水質汚濁影響に関する実証的研究. 本報告書, 27—51.
- Kitabatake, Y. (1981) : Welfare cost of eutrophication-caused production losses : a case of aquaculture in Lake Kasumigaura (投稿中).
- Kneese, A. V. and B. T. Bower (1968) : Managing water quality—Economics, Technology, Institutions. Johns Hopkins press, 328pp.
- 農林省統計情報部 (1980) : 昭和53年漁業養殖業生産統計年報. 財農林統計協会, 310pp.
- Tihansky, D. (1975) : A survey of empirical benefit studies. Cost-Benefit Analysis and water Pollution Policy, H. M. Peskin and E. P. Seskin eds., The Urban Institute, 127—171.

6.

わかさぎ・しらうおびき網漁業における水質汚濁影響  
—被害魚による収量減という観点からの経済的評価—

北畠能房<sup>1</sup>

Water pollution effects on a fishing method of trawling  
at Lake Kasumigaura : Economic study of reduced landing  
revenue due to pollution-caused fish kills

Yoshifusa KITABATAKE<sup>1</sup>

**Abstract**

In this paper a production function, which is a function of labour and fuel consumption, for the fishing method of trawling at Lake Kasumigaura, is estimated on survey questionnaire data, where the survey period was four consecutive months, June to September, of 1978. Derivation of the variable cost function from the production function, along with the estimated fixed cost and price data, shows that landing revenue at the breakeven point for a fishery household engaged in trawling is estimated to increase by 0.3 per cent due to pollution-caused fish kills.

1. はじめに

本論の目的は漁船漁業(わかさぎ・しらうおびき網漁業)に与える水質汚濁影響の経済的評価を漁業者の立場から試みることである。このためには少なくとも2つのことが整理されていなければならない。これらは 1) 評価の観点、及び 2) 影響の側面である。前者は水質汚濁で代表される漁場環境の変動を少なくとも数年ないし数十年という長期的な観点から評価するのか、せいぜい数ヶ月間にわたる限られた調査データにもとづいて短期的観点から評価せざるを得ないかということである。後者は、漁船漁業に与える影響の側面として 2a) 魚種別資源量に与える影響、 2b) 収量に与え

---

1. 国立公害研究所 総合解析部 〒 305 茨城県筑波郡谷田部町小野川 16番2  
Systems Analysis and Planning Division, The National Institute for Environmental  
Studies, Yatabe-machi, Ibaraki 305, Japan.

る影響、2c)一定の収量を確保するために必要な努力量に与える影響、2d)漁業者の営漁意志に与える影響の4つが考えられるが、このいずれの側面を評価の対象とするかということである。このうち、魚種別資源量に与える影響評価は数年ないし数十年というかなり長期間のデータにもとづいてのみ可能なものである。

本論は、国立公害研究所が昭和53年夏期（6月から9月の4か月間）を対象におこなった漁業調査データ\*（以下、「漁業調査データ」と略す）にもとづいて、水質汚濁の収量に与える影響（被害魚による収量減）の経済的評価を短期的観点から試みるものである。短期的観点からみた重要な影響に、漁獲効率のいい漁場選択にかかる努力量（労働量、エネルギー量）への影響があるが、漁業調査データにおいて個々の経営体の操業水域が正確に把握されていないので、この影響についての分析は今後の検討課題である。

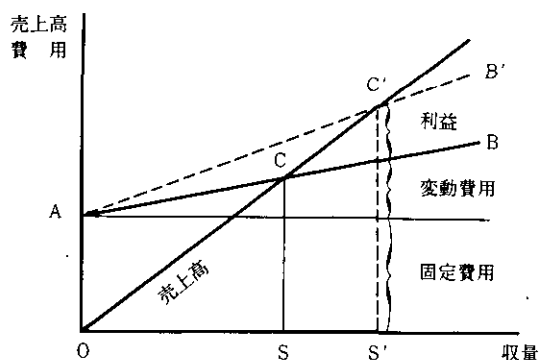


図1 損益分岐点の算定

前述の影響の側面のうち、才4の営漁意志に与える影響は漁業者の立場からみた漁業影響の総合評価とも見做せるものである。一般に漁業者が特定の漁法を継続していくかどうかという営漁意志は、漁期を通じての収量が損益分岐点の水準以上であるかどうかによって決定されるものと思われる。図1は損益分岐点（C、C'）を示したものであるが、一定の努力量（労働、エネルギー、資本）を投入して得られる収量が、奇型魚、悪臭魚、病魚等の被害魚のために減少するとすれば、あるいは資源量の減少ないし魚種組成の変化のために、一定の収量を確保するために努力量の付加的な投下が必要であれば、図1の費用線ABは上方（AB'）にシフトし、利益が減少すると共に損益分岐点での収量OSもOS'と増加しなければならない。すなわち、費用増を補填するに十分なだけ水揚価格が上昇しない限りは、漁業経営が苦しくなり、営漁意志も弱まらざるを得ないことを示している。

\* 調査の概要については、北畠・青木（1981）を参照されたい。

以下では、霞ヶ浦におけるわかさぎ・しらうおびき網漁業を対象として、損益分岐点を推定すると共に、病魚、奇型魚、悪息魚のように漁業者によって認知された被害魚のために、損益分岐点がどの程度変化するか算定することを試みる。

## 2. 霞ヶ浦におけるわかさぎ・しらうおびき網漁業の概要

図2は霞ヶ浦北浦海区における3つの操業水域を示したものである。各操業水域には漁法指定があり、操業水域1及び2はその他の小型機船底びき網漁業（以下「トロール漁業」と略す）、操業水域3は帆びき網漁業と定められている。これらの指定漁法については、資源保護の観点から茨城県霞ヶ浦北浦海区漁業調整規則によって操業時間が定められている。すなわちトロール漁業については、1)毎週日曜日及び水曜日は休漁日とすること、2)操業時間については、7月21日～7月31日は午前5時～午前6時半、8月1日～9月30日は午前5時～午前8時、10月1日～12月10日は午前6時～午前9時とすること。また、帆曳き網漁業の操業時間は午前5時～午後7時とすること、および、トロール、帆曳き網漁業共、1月1日から7月20日までは操業禁止と定められている。

表1は農林省統計情報部（1980a）にもとずいて昭和53年の経営体当り魚種別漁獲量をまとめたものである。わかさぎ、しらうおといった浮魚（高価格魚種）の漁獲量が北浦で高く、はぜ、えびと

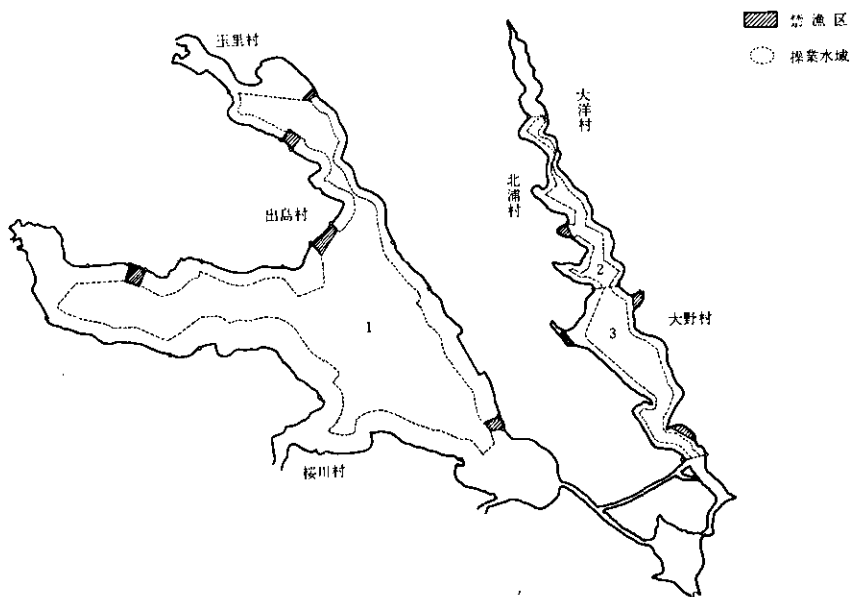


図2 操業水域

いった底魚（低価格魚種）の漁獲量が西浦で高くなっている。他方、表2は漁業調査データにもとづいて魚種別漁獲量、被害量を集計したものである。回収率、集計期間の違いのために若干の差はみられるが、浮魚の盛漁期が7、8月であることを考慮すると収量についてはほぼ妥当な結果が得られている。

トロール漁業、帆曳き網漁業に使用する投下努力量には大別して、使用漁船（W）、労働時間（L）、

表1 水域別漁法別魚種別漁獲量（kg/経営体）  
—昭和53年7月～12月計—

		西 浦 トロール	北 浦 トロール	北 浦 帆 曳 き
経 営 体 数		295	51	43
経漁 営 体 獲 当 り 量	わかさぎ	169.5 <sup>kg</sup>	1882.4 <sup>kg</sup>	2372.1 <sup>kg</sup>
	しらうお	23.7	98.0	69.8
	は ぜ	6450.8	352.9	0
	え び	3772.9	1019.6	0
	そ の 他	183.1	0	0

表2 水域別漁法別魚種別漁獲量・被害量（kg/経営体）  
—昭和53年7月～9月計—

		西 浦 トロール	北 浦 トロール	北 浦 帆 曳 き	魚 価 種 格
経 営 体 数		86	17	19	
回 収 率		29%	33%	44%	
経漁 営 体 獲 当 り 量	わかさぎ	328.3 <sup>kg</sup>	1580.0 <sup>kg</sup>	2531.3 <sup>kg</sup>	500 <sup>円</sup> /kg
	しらうお	14.0	5.9	66.1	1200
	は ぜ	2646.4	164.7	52.6	115
	え び	549.3	48.8	89.5	165
	そ の 他	7.9	8.8	0	0
経被 営 体 害 当 り 量	わかさぎ	6.7	24.7	12.9	
	しらうお	0.8	0.2	0	
	は ぜ	59.8	12.7	0	
	え び	3.0	0	2.6	
	そ の 他	0.4	0	0	



重油使用量( $F$ )、使用エンジン( $E$ )の4種が考えられる。図3は、漁業調査データにおいて全項目に回答したサンプルの平均値をまとめたものである。ここで、漁獲高( $Y$ )、純漁獲高( $NY$ )は、経営体ごとの魚種別漁獲量、被害量に表2の魚種価格を適用して算出したものである。また $W$ については、「帆びき網漁業」及び「その他の小型機船底びき網漁業」の許可台帳(茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所)に記載されているトン数と原票をクロス・チェックし、異なるものについては許可台帳の値を採用した。さらに、 $F$ の単位はドラム缶(200リットル)の本数、 $E$ の単位はエンジンの

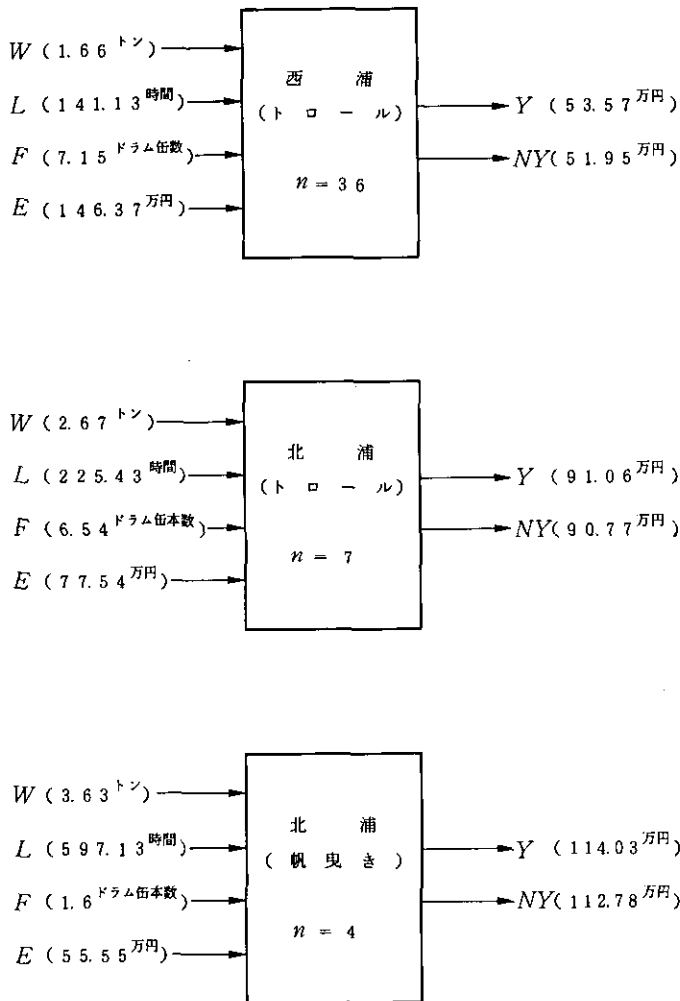


図3 トロール漁業、帆曳き網漁業における投下努力量と収量の関係  
-昭和153年7月~9月計-

購入価格を昭和53年価格（万円）に換算したものである。なお労働時間は、

$$L = \text{月別操業人数} \times \text{月別操業日数} \times \text{月別曳き時間} / \text{日}$$

として計算される労働時間の3か月合計として算出した。

西浦のトロール漁業は操業水域が広く、又、底魚の漁獲が主体のため（表1、2参照）、北浦のトロールに比べて高馬力エンジンを装備しており、労働時間に比べて重油使用量も多い。他方、帆曳き漁業においては、許可されている操業時間も長く、また漁場への行き帰り以外は風力に頼るため、トロールに比べて労働時間は多く、重油使用量は少なくなっている。また、いずれの漁法においても、漁獲高と純漁獲高（漁獲高－被害高）の差は小さいことをみても、漁業者に認知される被害魚の存在が、わかさぎ・しらうおびき網漁業に従事する漁業者にとってさほど問題でないことが推察される。

### 3. 損益分岐点の算定

ここでは、トロール漁業、帆曳き網漁業の損益分岐点を計算し、被害魚で代表される水質汚濁影響について考察することを試みる。水産資源という再生可能資源の経済学的側面について論じた論文は多いが（例えば、Crutchfield and Zellner (1962)、Schaefer (1957)、Gordon (1954)）、以下では Abgrall (1975) を参考にしつつ、まず漁法別生産関数を推定して、次に生産関数と価格データにもとづいて費用関数を導出して損益分岐点を求めることにする。

才  $j$  操業水域において才  $k$  番目の漁法を用いて操業している漁民の生産関数は一般に次式で表現される。ここで、 $Y_k^j$  は漁期（7月21日から12月30日）中の漁獲高、 $A^j$  は資源量（ベクトル）、 $Q^j$  は

$$Y_k^j = f_k(A^j, Q^j, W_k^j, L_k^j, F_k^j, E_k^j) \quad (1)$$

地形、水質といった環境要因（ベクトル）、 $W_k^j$ 、 $L_k^j$ 、 $F_k^j$ 、 $E_k^j$  は漁民の投下努力量とする。(1)式は当該漁法を完全にマスターしている出来るだけ多くの漁民についてとった時系列データにもとづいて推定するのが望ましい。しかしながら、現在、著者に利用可能なデータは前述の漁業調査データであるから、ここでは(1)式のかわりに

$$Y_k^j = f_k(W_k^j, L_k^j, F_k^j, E_k^j) \quad (2)$$

を統計的に推定することとする（(1)式にもとづいて推定を試みた結果については付録を参照されたい）。ここで  $j = 1$  は西浦の、 $j = 2$  は北浦のトロール操業水域、 $j = 3$  は北浦の帆曳き網操業水域に、また  $k = 1$  はトロール漁業に、 $k = 2$  は帆曳き網漁業に対応している。

表3は推定に際して対象としたデータをまとめたものである。表3の延曳き時間の列をみても、トロール漁業の数経営体については、7月～9月の最大法定操業時間である141時間と極端に

かけ離れた数字（例えば、323時間）がみられるが、これらは現実の一端を反映しているものとしてあえて除外しないことにする。なお、図4は漁法別水域別に延曳き時間を横軸に、漁獲高を縦軸にとってプロットしたものである。

表3 生産関数推定に用いた経営体別データの概要

漁民 番号	水域 番号	漁法 番号	曳き時間						
			Y	NY	(hr)	L	W	F	E
1	1	1	153.0	153.0	110.5	110.5	3.6	12.1	0.0
2	1	1	64.1	64.1	134.0	134.0	1.3	4.7	0.0
3	1	1	5.0	5.0	40.0	80.0	2.2	3.2	66.7
4	1	1	42.5	42.5	150.0	150.0	1.6	4.2	0.0
5	1	1	154.0	154.0	177.0	177.0	2.9	12.3	92.5
6	1	1	126.0	113.4	322.5	333.0	1.3	15.3	300.0
7	1	1	12.5	12.3	88.5	88.5	3.5	6.5	170.0
8	1	1	115.0	112.7	165.0	165.0	1.9	0.0	173.6
9	1	1	93.0	93.0	105.0	210.0	1.2	13.8	325.0
10	1	1	9.7	9.7	135.0	135.0	1.4	0.0	119.0
11	1	1	17.5	17.5	192.0	192.0	1.4	0.0	119.0
12	1	1	19.8	19.8	70.0	70.0	1.4	0.0	0.0
13	1	1	16.1	16.1	143.0	143.0	1.3	0.0	109.2
14	1	1	0.3	0.3	9.0	9.0	2.3	0.8	92.5
15	1	1	13.5	13.5	60.5	121.0	2.2	5.0	188.5
16	1	1	23.2	23.2	78.5	78.5	0.0	2.0	53.2
17	1	1	15.6	15.6	53.0	53.0	1.2	1.2	0.0
18	1	1	6.7	6.7	96.0	96.0	1.3	9.6	178.6
19	1	1	31.2	31.2	92.5	185.0	1.3	2.4	0.0
20	1	1	17.2	17.2	40.5	70.5	1.2	2.2	106.8
21	1	1	54.5	54.5	170.5	330.5	0.0	10.7	190.0
22	1	1	165.0	165.0	68.0	68.0	2.4	2.7	0.0
23	1	1	78.3	78.3	137.5	137.5	2.3	6.4	0.0
24	1	1	29.8	26.6	102.0	204.0	1.2	7.2	111.6
25	1	1	84.3	84.3	95.0	190.0	0.0	10.0	0.0
26	1	1	80.0	80.0	92.0	92.0	1.2	4.8	100.5
27	1	1	43.3	43.3	111.0	222.0	1.3	9.3	0.0
28	1	1	20.1	20.1	58.0	116.0	1.2	4.0	113.0
29	1	1	26.1	26.1	59.0	59.0	1.7	3.1	99.3
30	1	1	1.7	1.6	21.0	42.0	1.2	0.0	72.2
31	1	1	28.6	28.6	102.0	102.0	1.1	5.3	138.2
32	1	1	8.9	8.9	79.5	79.5	1.3	5.3	0.0
33	1	1	29.2	29.2	78.0	78.0	0.0	5.6	25.1
34	1	1	32.5	29.2	66.0	66.0	0.0	4.2	0.0
35	1	1	23.9	23.9	82.0	82.0	1.2	4.1	145.6
36	1	1	15.5	15.5	29.0	29.0	1.6	1.8	57.2
37	1	1	111.2	99.7	277.5	487.5	2.7	10.8	125.8
38	1	1	55.9	55.9	190.5	381.0	1.7	4.9	0.0
39	1	1	54.0	54.0	103.5	207.0	2.4	3.0	0.0
40	1	1	92.9	92.9	265.5	531.0	3.3	7.3	0.0
41	1	1	82.1	82.1	250.5	501.0	3.6	9.0	0.0
42	1	1	102.4	96.0	122.5	122.5	1.8	10.4	189.3
43	1	1	89.5	87.0	140.0	280.0	1.2	10.6	198.6
44	1	1	22.5	22.5	67.5	67.5	1.2	5.0	0.0
45	1	1	55.9	55.9	61.5	61.5	0.0	5.3	0.0
46	1	1	10.4	10.4	66.5	133.0	1.2	4.1	33.0

表3 (つづき)

漁民 番号	水域 番号	漁法 番号	曳き時間						
			Y	NY	(hr)	L	W	F	E
47	1	1	2.1	2.0	5.0	5.0	1.2	0.6	0.0
48	1	1	73.2	73.2	80.5	80.5	3.5	6.7	0.0
49	1	1	80.4	71.9	232.0	232.0	3.4	6.0	0.0
50	1	1	87.9	87.9	123.5	247.0	0.0	7.1	0.0
51	1	1	123.5	123.5	158.0	316.0	1.4	6.8	0.0
52	1	1	42.5	42.5	60.5	60.5	1.6	8.6	0.0
53	1	1	70.8	66.8	171.0	342.0	0.0	12.0	148.9
54	1	1	58.0	57.4	100.0	200.0	1.7	4.2	0.0
55	1	1	10.1	10.0	11.0	22.0	1.2	0.0	0.0
56	1	1	48.2	39.0	165.0	165.0	3.5	12.0	0.0
57	1	1	11.3	11.3	15.0	28.0	1.2	0.0	0.0
58	1	1	2.5	2.4	12.0	24.0	1.2	0.8	102.4
59	1	1	21.3	17.0	72.0	144.0	1.3	5.3	65.6
60	1	1	147.3	144.2	135.0	135.0	2.5	9.7	0.0
61	1	1	27.5	27.2	86.5	86.5	2.0	9.0	175.0
62	1	1	105.0	94.5	335.5	335.5	2.5	20.2	232.0
63	1	1	223.3	223.3	94.0	94.0	1.3	11.8	129.1
64	1	1	110.7	107.6	212.5	212.5	1.3	5.6	157.0
65	1	1	149.3	147.0	165.0	330.0	2.7	15.3	0.0
66	1	1	51.0	41.8	165.0	330.0	0.0	12.0	59.4
67	1	1	210.3	210.3	267.0	534.0	1.9	5.2	0.0
68	1	1	56.9	56.9	80.5	80.5	1.2	4.2	0.0
69	1	1	28.3	28.3	84.9	169.8	1.3	3.1	95.1
70	1	1	47.5	47.5	105.0	105.0	1.6	17.5	0.0
71	1	1	57.3	57.3	112.0	224.0	1.8	6.9	110.5
72	1	1	82.0	82.0	109.5	109.5	1.6	10.2	0.0
73	1	1	75.5	75.5	98.5	98.5	0.0	7.3	0.0
74	1	1	95.2	94.6	100.5	100.5	1.3	10.4	153.6
75	1	1	60.8	60.8	91.5	91.5	1.2	8.0	148.5
76	1	1	102.6	102.6	98.5	98.5	1.2	5.1	0.0
77	1	1	103.9	103.9	88.5	88.5	1.4	4.6	0.0
78	1	1	7.0	7.0	40.5	81.0	1.8	5.1	198.6
79	1	1	90.0	89.1	111.0	222.0	1.8	13.1	227.7
80	1	1	84.0	83.5	111.0	222.0	1.6	13.1	200.0
81	1	1	23.6	23.6	10.5	31.5	1.8	1.4	178.6
82	1	1	3.1	3.1	16.0	26.0	1.6	1.3	0.0
83	1	1	15.0	15.0	10.5	10.5	1.6	0.7	0.0
84	1	1	8.6	8.6	26.0	26.0	2.5	0.0	125.6
85	1	1	6.5	6.5	40.0	80.0	2.0	2.0	62.8
86	1	1	20.0	18.0	70.0	70.0	1.7	7.0	200.0
87	2	1	83.5	83.5	147.0	294.0	2.7	9.8	31.8
88	2	1	125.0	123.8	112.5	180.0	2.6	7.8	59.1
89	2	1	101.9	101.4	147.0	294.0	3.6	3.6	150.0
90	2	1	29.8	29.8	70.5	70.5	2.0	4.7	52.8
91	2	1	49.6	49.6	139.5	139.5	1.9	5.0	53.8
92	2	1	45.0	44.0	113.5	170.3	1.5	7.6	0.0
93	2	1	93.6	93.6	144.0	288.0	1.6	5.3	0.0
94	2	1	67.4	54.6	135.0	135.0	1.7	5.0	0.0
95	2	1	70.0	70.0	98.0	196.0	1.3	6.8	0.0
96	2	1	57.4	57.3	136.5	147.0	1.8	4.9	0.0
97	2	1	161.7	158.6	142.5	285.0	2.9	0.0	0.0
98	2	1	62.5	62.5	138.0	138.0	2.9	5.0	0.0
99	2	1	72.5	72.5	150.0	300.0	2.8	8.5	0.0

表3 (つづき)

漁民 番号	水域 番号	漁法 番号	曳き時間						
			Y	NY	(hr)	L	W	F	E
100	2	1	50.0	49.7	147.0	294.0	3.2	7.3	128.7
101	2	1	57.5	57.5	141.0	282.0	1.7	9.4	0.0
102	2	1	76.0	71.2	141.0	141.0	2.6	9.4	0.0
103	2	1	197.5	197.5	153.0	306.0	2.6	7.6	66.5
104	3	2	250.0	250.0	412.5	825.0	2.2	3.7	0.0
105	3	2	100.0	100.0	202.0	404.0	0.9	0.9	0.0
106	3	2	106.5	104.0	371.3	742.5	2.8	1.5	50.2
107	3	2	150.0	146.3	363.0	726.0	2.7	8.0	0.0
108	3	2	168.3	163.9	616.8	1233.5	3.9	2.1	0.0
109	3	2	127.4	127.4	320.0	640.0	2.0	0.0	0.0
110	3	2	102.4	102.4	490.0	980.0	3.0	1.7	0.0
111	3	2	147.4	147.4	295.5	591.0	3.8	2.6	0.0
112	3	2	274.0	274.0	675.8	1351.5	2.7	6.1	0.0
113	3	2	151.0	151.0	282.0	564.0	3.9	2.1	60.0
114	3	2	113.3	113.3	324.0	648.0	3.6	2.7	0.0
115	3	2	68.6	66.1	267.8	535.5	3.8	1.7	56.0
116	3	2	82.4	82.4	474.0	948.0	3.8	0.0	0.0
117	3	2	172.2	172.2	358.0	716.0	3.3	2.2	0.0
118	3	2	130.0	130.0	250.8	546.5	4.0	1.1	56.0
119	3	2	90.0	90.0	219.0	438.0	2.9	2.5	0.0
120	3	2	86.0	86.0	400.0	800.0	3.7	5.0	0.0
121	3	2	94.3	94.3	196.0	392.0	2.7	0.0	0.0

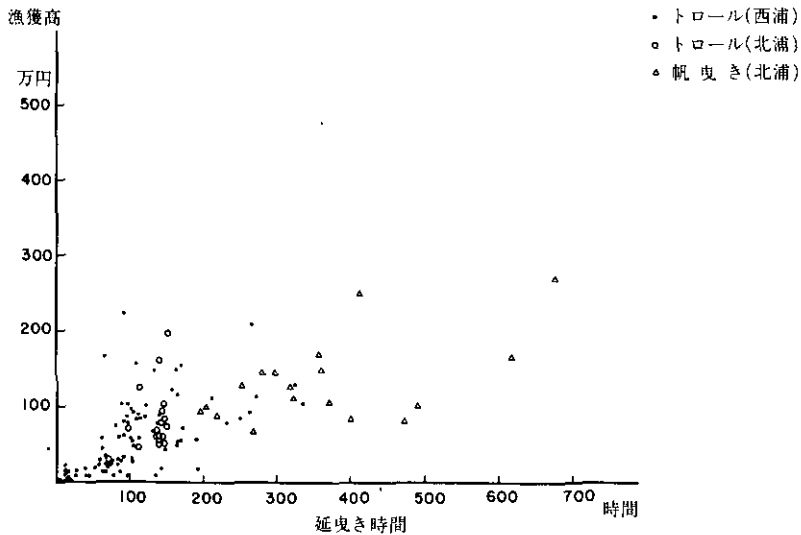


図4 漁法別水域別曳き時間・漁獲高プロット図

図4及び表3を見てもわかるように、北浦のトロール業は標本数 $n$ も少なく、また投下努力量の幅も西浦のトロール業に比べて小さい。それゆえ、トロール漁業については西浦と北浦をプールしたデータ群について(2)式の推定を試みる。ただし、西浦と北浦間でみられる資源量や環境要因の差を考慮するために、ダミー変量 $\delta$  ( $\delta=1$ は北浦,  $\delta=0$ は西浦)を導入する。また、関数型としてはAbgrall (1975) にならって、コブ-ダグラス型を採用する。その結果は、以下の通りである。

$$\ln Y = 0.063 + 0.549 \ln L + 0.584 \ln F + 0.208 \delta \quad (3)$$

(3.947)      (3.692)      (0.971)

$R^2 = 0.564, \quad n = 93$

ここで括弧内の数字は係数の $t$ 値,  $n$ はサンプル数であり、また、 $W$ と $E$ は有意な変数としては採用されなかった。さらに興味のあることに、ダミー変量 $\delta$ の $t$ 値は低く、 $\delta=0$ という仮説は有意水準25%でも棄却されない。すなわち、北浦は浮魚、西浦は底魚というように漁獲対象魚種に大きな差があるにもかかわらず、北浦トロールと西浦トロール間には漁獲効率上大きな差はないということである。<sup>\*</sup>それゆえ、ダミー変量 $\delta$ を除外して推定したのが次式である。

$$\ln Y = -0.027 + 0.581 \ln L + 0.567 \ln F \quad (4)$$

(4.301)      (3.607)

$R^2 = 0.560, \quad n = 93$

$$\ln N Y = -0.025 + 0.581 \ln L + 0.553 \ln F \quad (5)$$

(4.255)      (3.480)

$R^2 = 0.549, \quad n = 93$

他方、帆曳き網漁業についての推定結果は以下の通りである。

$$\ln Y = 1.418 + 0.522 \ln L \quad (6)$$

(2.246)

$R^2 = 0.240, \quad n = 18$

$$\ln N Y = 1.442 + 0.518 \ln L \quad (7)$$

(2.202)

$R^2 = 0.233, \quad n = 18$

$W$ ,  $F$ ,  $E$ については有効データの不足等により有意な変数として採用されなかった。ただし、帆曳き網漁業が風力という自然現象に依存しているため、又、漁業調査データ中の労働時間には実際

\* 曳き時間 ( $T$ ) と漁獲高 ( $Y$ ) についての重回帰分析の結果は次の通りである。

西浦のトロールについて  $\ln Y = -1.220 + 1.082 \ln T \quad R^2 = 0.5653, \quad n = 86$   
(10.451)

北浦のトロールについて  $\ln Y = -1.503 + 1.191 \ln T \quad R^2 = 0.2496, \quad n = 17$   
(2.233)

となる。西浦トロール、北浦トロールの曳き時間の弾性値 (1.082, 1.191) が、それぞれ、北浦トロール、西浦トロールの弾性値に等しいという帰無仮説は10%水準で棄却されないことをみてみても、西浦トロールと北浦トロールとの曳き時間効率に顕著な差はみられない。

の曳き時間と風待ち時間が不統一に混在しているとみられるため、労働時間データの精度が低くなっており、推定式の説明力はトロール漁業に比べて半分以下になっている\*。

漁法別費用関数は、(2)式の生産関数を制約式として年間総費用

$$e_w W_k^j + e_L L_k^j + e_F F_k^j + e_E E_k^j$$

を最小にすることによって求められる。ここで、 $e_w$ は漁船のトン当り減価償却費用、 $e_L$ は労賃、 $e_F$ は重油価格、 $e_E$ はエンジンの減価償却率である。ただし(4)~(7)式のプロダクション関数は、 $W$ 、 $E$ という固定的投入要素は含まないので、トロール漁業については $F$ 、 $L$ からなる変動費用関数を、帆曳き網漁業については労働費用関数を求めることになる。なお、農林水産省統計情報部(1980b)及び聞きとりデータを参考にして、 $e_F=0.75$ 万円/ドラム缶、 $e_L=0.0653$ 万円/時間(負の経済余剰で使用漁船1~3tの海面漁業漁家の平均見積り家族労賃)とする。

(4)式より導出される変動費用関数と、表4より計算される実際の変動費用を経営体ごとにプロットしたのが図5であるが、とくに高収量をあげている経営体において費用関数のあてはまりが悪い。

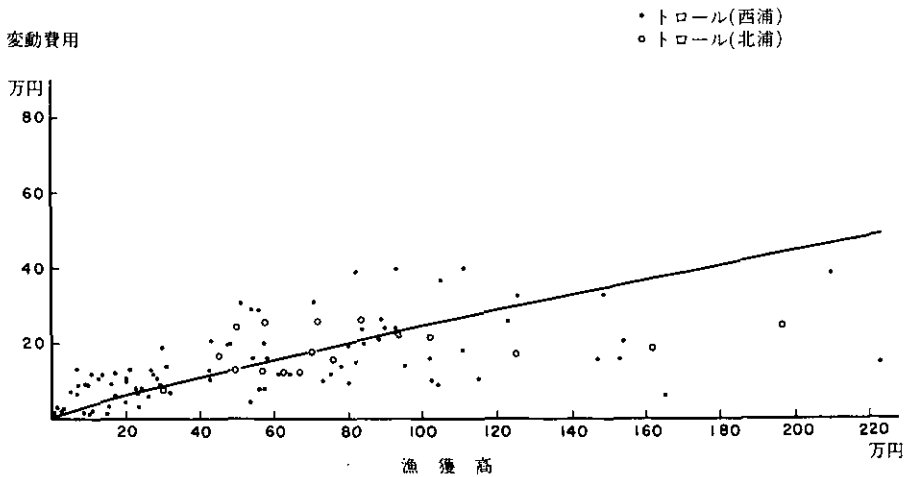


図5 トロール漁業における変動費用関数

\* 帆曳き網漁業の労働量データが風待ち時間を含むとして、これらを帆曳き網漁業に特有の固定的な労働量として、線型の生産関数をあてはめると次式が得られる。

$$Y = 49.381 + 0.117L \quad R^2 = 0.311, \quad n = 18$$

(2.687)

表4 所与要素価格のもとでの最適な投下努力量の組み合わせ  
—トロール漁業—

漁獲高 (万円)	変動費用 (万円)	労働時間 (hr)	重油使用量 (ドラム缶数)	漁獲高 (万円)	変動費用 (万円)	労働時間 (hr)	重油使用量 (ドラム缶数)
5.00	1.81	14.06	1.19	110.00	26.80	207.69	17.65
10.00	3.32	25.72	2.19	115.00	27.86	215.89	18.34
15.00	4.72	36.62	3.11	120.00	28.91	224.04	19.04
20.00	6.07	47.04	4.00	125.00	29.95	232.15	19.73
25.00	7.37	57.14	4.85	130.00	30.99	240.22	20.41
30.00	8.64	66.97	5.69	135.00	32.03	248.25	21.09
35.00	9.88	76.60	6.51	140.00	33.06	256.24	21.77
40.00	11.10	86.04	7.31	145.00	34.09	264.19	22.45
45.00	12.30	95.34	8.10	150.00	35.11	272.11	23.12
50.00	13.48	104.50	8.88	155.00	36.13	280.00	23.79
55.00	14.65	113.55	9.65	160.00	37.14	287.85	24.46
60.00	15.80	122.49	10.41	165.00	38.15	295.67	25.12
65.00	16.95	131.34	11.16	170.00	39.15	303.46	25.78
70.00	18.08	140.10	11.90	175.00	40.16	311.22	26.44
75.00	19.20	148.77	12.64	180.00	41.15	318.95	27.10
80.00	20.31	157.38	13.37	185.00	42.15	326.65	27.76
85.00	21.41	165.91	14.10	190.00	43.14	334.33	28.41
90.00	22.50	174.38	14.82	195.00	44.12	341.98	29.06
95.00	23.58	182.79	15.53	200.00	45.11	349.60	29.71
100.00	24.66	191.14	16.24	223.30	49.65	384.83	32.70
105.00	25.73	199.44	16.95				

このことは、高収量をあげている経営体のうち、変動費用の極端に低いいくつかのデータを除外すれば、生産関数推定の精度があがり、図5の費用関数も若干高めに導出されることを示している。表4は所与の要素価格のもとで、一定の生産額（ $Y$ ）を最小費用で達成するための労働時間（ $L$ ）と重油使用量（ $F$ ）との最適な組み合わせを示している。

同様に図6は帆曳き網漁業について、(6)式より求められる労働費用関数と実際の労働費用とをプロットしたものであるが、あてはまりは悪い。

次に、昭和51年度霞ヶ浦北浦漁家経済調査報告書（1977）を参考にして、わかさぎ網等の漁具費用（23.5万円/年）、修理費用（12万円/年）、漁船の購入費用（50万円/トン）、漁船の耐用年数（15年）、エンジンの耐用年数（7年）、トロール漁業依存率（0.6）として、図4よりトロール漁業の年間平均固定費用を計算すると

$$\text{トロール（西浦）} = 51.37 \text{万円}$$

$$\text{トロール（北浦）} = 47.49 \text{万円}$$

となる。図7の示すように、トロール漁業の損益分岐点は西浦において69.5万円、北浦において64.5万円となる。

(5)式により導出される変動費用関数（図省略）より計算される損益分岐点は西浦で69.7万円、北浦で64.7万円となる。すなわち、表2に示す被害魚がすべて水質汚濁によってもたらされたと仮定



すると、損益分岐点での漁獲高が約0.3%増加せねばならないことを示している。

帆曳きについても同様に損益分岐点の算定が試みられるが、固定費に関する資料がないことと、(6), (7)式の推定精度が悪いことから、ここでは省略する。

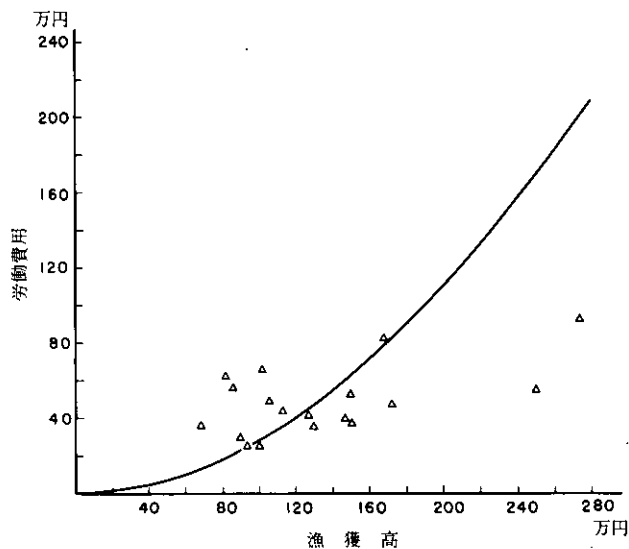


図6 帆曳き網漁業における労働費用関数

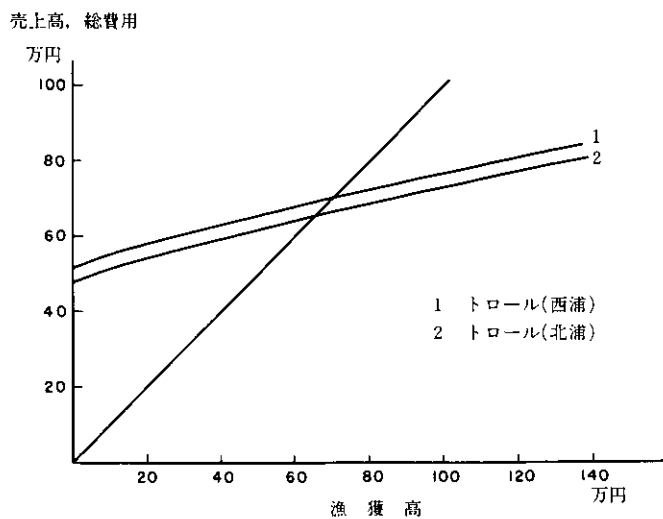


図7 被害魚による収量減がないとした場合の損益分岐点の算定

#### 4. おわりに

病魚、奇型魚、悪臭魚といった被害魚による収量減のため、トロール漁業者の損益分岐点漁獲高を約 0.3% 引き上げていると推定される。それゆえ、被害魚で示される水質汚濁影響は、現在のところ、トロール漁業に従事する漁業者の営漁意志に重大な影響を与えないと見做せないと結論される。

また、西浦におけるトロール漁業と北浦におけるトロール漁業は主たる漁獲対象魚種が異なるにもかかわらず、経済的な漁獲効率には顕著な差はみられない。このような現象が、現在、北浦で問題視されている帆曳き網漁業かトロール漁業かという問題といかにかかわり合っているかについての分析は、長期的観点からの富栄養化影響の分析と共に、今後の検討課題である。

#### 謝 辞

本研究に関連する資料の利用に関して便宜をお図りいただいた茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所にお礼を申し上げる。また、本報の予稿に対して有益なコメントを寄せられた国立公害研究所昭和55年度客員研究員高橋淳氏（茨城県内水面水産試験場）、同じく昭和53年度客員研究員宮川公男教授（一橋大学）に深く感謝申し上げます。

#### 引 用 文 献

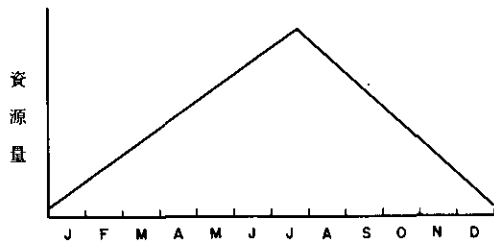
- Abgrall, Jean-Francois (1975) : A Cost-Production Analysis of Traps and Hand line Fishery in Puerto Rico. Official Publications of the Area of Special Services, 7 (2). Dpt. of Agriculture, Puerto Rico.
- Crutchfield, J. A. and A. Zellner (1962) : Economic Aspects of the Pacific Halibut Fishery. Fishery Industrial Research 1 (1), U. S. Dpt. of Interior.
- Gordon, H. S. (1954) : The Economic Theory of A Common Property Resource : The Fishery. J. of Political Economy, 62 (2), 124—142.
- 浜田篤信 (1978) : 霞ヶ浦の魚類. 霞ヶ浦とその周辺の自然と人間活動. 「環境科学」研究報告集 B 3—R12—1, 143—150.
- 茨城県霞ヶ浦水産事務所 (1977) : 昭和51年度霞ヶ浦北浦漁家経済調査報告書, トロール漁業について.
- Kitabatake, Y. (1981) : A Dynamic Predator-Prey Model for Fishery Resources : A Case of Lake Kasumigaura to be published in Environment and Planning A.
- 北畠能男, 青木陽二 (1981) : 霞ヶ浦漁業における水質汚濁影響に関する実証的研究. 本報告書, 31—56.
- 農林水産省統計情報部 (1980 a) : 昭和53年漁業経済調査報告 (漁家の部)
- 同 上 (1980 b) : 昭和53年漁業養殖業生産統計年報.
- Schaefer, M. B. (1957) : Some Considerations of Population Dynamics and Economics in Relation to the Management of the Commercial Marine Fisheries. J. Fish. Res. Bd. Canada, 14 (5), 669—681.

### 付録. 魚種別生産関数推定の試み

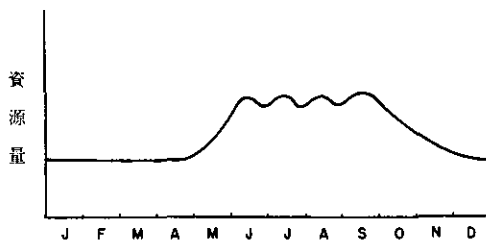
ここでは、本論3節の(1)式で示される魚種別生産関数を漁業調査データにもとづいて推定することを試みる。そのためには、西浦トロール操業水域、北浦トロール操業水域、北浦帆曳き操業水域における浮魚（わかさぎ+しらうお）と底魚（はぜ+えび類）の月別（7月～9月）資源量を推定せねばならないが、後者の資源量推定は難しい。図A.1及び図A.2は、浮魚、底魚の漁獲対象となる資源量の季節変動を簡略化して図化したものであるが、浮魚については産卵期が春期にあり、7月21日の解禁と共に資源量は減少する。他方、底魚の産卵期は数か月間（5～9月）にわたるので、資源量のピークは必ずしも単一ではない。それゆえ、ここでは浮魚についてのみ資源量推定を試みる。そのために、まず指定湖沼水産統計（関東農政局茨城統計情報事務所）にもとづいて、昭和53年7月～9月の各月の努力量あたり漁獲量（＝わかさぎ・しらうおびき網漁業者によって漁獲された浮魚の量を当該漁業者の出漁日数で割ったもの）を計算する。次に、浜田（1978）を参考にして表1の浮魚の水域別年間漁獲量が資源量の95%であると仮定して、月別漁獲能率の比率に応じて資源量を割りふって求めたのが、表A.1の推定資源量である。

本論3節の式(1)のかわりに次式を推定することにする。まず、才 $k$ 漁法（ $k=1$ ：トロール漁業、 $k=2$ ：帆曳き漁業）によって才 $J$ 操業水域で浮魚をとっている漁民の生産関数を

$$Y_k^J = f_k(A_k^J, W_k^J, L_k^J, F_k^J, E_k^J) \quad (A.1)$$



図A.1 浮魚の資源量の季節変動



図A.2 底魚の資源量の季節変動

表 A.1 浮魚の月別・操業水域別・漁獲能率及び推定資源量  
—昭和53年7月～9月—

	西 浦 (トロール)			北 浦 (トロール)			北 浦 (帆曳き)		
	7	8	9	7	8	9	7	8	9月
漁 獲 率	kg/日 6.68	1.47	0.72	59.85	27.39	13.76	98.57	50.00	24.33
推 定 資源量	kg 59,513	44,635	10,117	106,094	63,073	28,864	110,602	63,043	32,075

とする。ここで  $Y_k^j$  は浮魚の月別漁獲量 (kg)、 $A_1^j$  は浮魚の月別資源量 (kg)、 $W_k^j$ 、 $L_k^j$ 、 $F_k^j$ 、 $E_k^j$  は月別投下努力量である。他方、西浦においてトロール漁業によって底魚をとっている漁民の生産関数を

$$Y_3 = f_3(W_3, L_3, F_3, E_3) \quad (A.2)$$

とする。ここで  $Y_3$  は底魚の月別漁獲量 (kg)、他の変量は月別投下努力量である。次式が統計的に推定された月単位の生産関数である。

$$\ln Y_1 = -9.636 + 1.110 \ln A_1 + 0.715 \ln L_1 + 0.636 \ln F_1 \quad (A.3)$$

(4.38)            (3.47)            (2.22)

$R^2 = 0.5233, \quad n = 57$

$$\ln Y_2 = -6.986 + 0.929 \ln A_1 + 0.642 \ln L_2 \quad (A.4)$$

(5.34)            (3.96)

$R^2 = 0.4580, \quad n = 42$

$$\ln Y_3 = 4.661 + 0.765 \ln W_3 + 0.440 \ln L_3 + 0.445 \ln F_3 \quad (A.5)$$

(1.83)            (2.04)            (1.95)

$R^2 = 0.4252, \quad n = 52$

ただし、(A.3)、(A.4) 式については月別漁獲量に占める浮魚の比率が 0.8以上の経営体を、(A.5) 式については底魚の比率が 0.8以上の経営体のみを標本とした。各推定式の符合も常識通りであり、かつ帆曳き網漁業の生産関数 (A.4) は、資源量変数を導入したために、3節の(6)式よりも説明力が大幅に増加している。

なお、霞ヶ浦における浮魚と底魚にみられるような捕食関係を伴う水産資源の最適管理問題に上記の結果の適用を試みた研究に、Kitabatake (1981) がある。

## 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。(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。(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 Multielement analysis studies by flame and inductively coupled plasma spectroscopy utilizing computer-controlled instrumentation. (1980)  
(コンピュータ制御装置を利用したフレイムおよび誘導結合プラズマ分光法による多元素同時分析)
- 第 13 号 Studies on chironomid midges of the Tama River. (1980)  
Part 1. The distribution of chironomid species in a tributary in relation to the degree of pollution with sewage water.  
Part 2. Description of 20 species of Chironominae recovered from a tributary.  
(多摩川に発生するユスリカの研究  
— 第1報 その一支流に見出されたユスリカ各種の分布と下水による汚染度との関係 —  
— 第2報 その一支流に見出された *Chironominae* 亜科の20種について —)
- 第 14 号 有機廃棄物, 合成有機化合物, 重金属等の土壌生態系に及ぼす影響と浄化に関する研究 — 昭和53, 54年度特別研究報告。(1980)
- 第 15 号 大気汚染物質の単一および複合汚染の生体に対する影響に関する実験的研究 — 昭和54年度特別研究報告。(1980)
- 第 16 号 計測車レーザーレーダーによる大気汚染遠隔計測。(1980)
- 第 17 号 流体の運動および輸送過程に及ぼす浮力効果 — 臨海地域の気象特性と大気拡散現象の研究 — 昭和53/54年度 特別研究報告。(1980)

- 第 18 号 Preparation, analysis and certification of PEPPERBUSH standard reference material. (1980)  
(環境標準試料「リョウブ」の調製, 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)

### **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 1966. (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)
- No.14\* Studies on the effect 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. (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 hydro-meteorological 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 *Microcystis* – 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)

\* in Japanese



RESEARCH REPORT FROM  
THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

No. 24

国立公害研究所研究報告 第24号

(R-24-'81)

---

昭和56年3月31日発行

編集・発行 国立公害研究所  
茨城県筑波郡谷田部町小野川16番2

---

印刷 勝美印刷株式会社  
東京都文京区小石川1-3-7

Published by the National Institute for Environmental Studies

Yatabe-machi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

March, 1981