

勤務先

建設省霞ヶ浦工事事務所

会員資格

正会員

講演者名

林 明男

はしがき

水質保全行政において、最も必要とされるものは、一般大衆の理解と決定的な評価に役立つように、水質を客観的に評価し、そうすることによって進歩を図ることである。最近になって、環境に関係した指数が、大気や水や環境全般についての質を評価するために開発されたが、長い伝統によって進歩した経済指数(卸売物価指数、小売物価指数等)と違って、極めて初歩段階であるので、今後、更に開発し、発展させる必要があろう。本調査においては、現在湖沼の環境基準で用いられている有機物汚濁の指標としての  $COD(KmO_4)$  に代わる新しい汚濁指標を求めるとともに、霞ヶ浦が直面している有機汚濁の総合評価を試みたものである。

## 1. 調査内容

大半は、昭和49年度の定期観測(霞ヶ浦16地点)のデータも使用したが、更に霞ヶ浦富栄養化対策調査のS49年9月からS50年2月までの、西浦4地点のデータも追加して、解析を行なった。その主な問題は次のとおりである。

- (1)  $COD(KmO_4)$  に対して各指標( $BOD$ 、 $COD_{(Cr)}$ 、 $COD_{(Mn)}$ 、 $TOD$ 、 $TOC$ )は、どのような関係にあり、また植物性プランクトンに対して適格な量を示し得るか否かについて検討し、相関係数を求めた。
- (2) 植物性プランクトンの増加に対する  $COD$  の増加の要化量を求めるために、クロロフィルaの値をもとにして、 $COD$  の浮遊値も推定し、実測値と比較検討も行なり、更に実験データからクロロフィルaの増加と各指標の増加との係数を算出してみた。
- (3) 有機汚濁の各指標は、個々には、ある程度の直交も表現しているが、湖水全体の状況の的確に判断するには、問題があり、総合的な汚濁の状況を判断するための表現が必要になってくる。そこで、National Sanitation Foundation Foundation(1970年、U. S. A.)によって提言された水質指数による表示法を採用し、その概念を取り入れて検討した。パラメーターとしては、化学的、物理的、生物学的及び人間の視覚によるものが必要となるので、可能なデータは、すべて取り入れて解析した。

## 2. 各指標の意義

### (1) $BOD$

長所としては、僅かの汚濁も表われること、自然の再現実験であり、更に歴史が古くデータの集積が多い。(英国では、1912年に流水基準に関する王立委員会の勧告が  $BOD$  で示されている) 欠点としては、有機物量全体の表示にならない。毒物の共存は測定不可である。実験期間が長い。湖沼の指標としては、植物プランクトンが多いと、植物の呼吸量の測定になってしまう。

### (2) $COD$

長所としては、化学反応であるので再現性がよい、毒物も含む試料も測定できる、分析時間が短い。しかし、欠点としては、酸化剤、酸化時間、酸化温度により分析値が異なる。更に植物性プランクトンに対する分解率は未知である。

### (3) $TOC$

殆ど全ての有機物を100%近く分解し、その有機物中の炭素を測定するので、値としては絶対値であり、その再現性もよく、自動化も可能である。しかしこの指標がいずれも酸素要求量で有機物の表示をしているので、データの連続性が低い。CNが大きな正の妨害をする。

#### (4) TOD

TODと同様に、殆ど全ての有機物を分解するので、絶対値であり、再現性も高い。しかし $NH_4^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $Cl^-$ 、 $CN^-$ 等の妨害が大きく影響し、防ぎ方法がない。また定量下限が5PPM前後で精度、再現性が悪い。

### 3. 各指標とその考察

表-1 CODと各指標との相関

| CODを中心、相関グラフと相関係数 |                                                     |       | 相関係数r |                                         |       |
|-------------------|-----------------------------------------------------|-------|-------|-----------------------------------------|-------|
| N0                |                                                     |       | N0    |                                         | 相関係数r |
| 1                 | COD - BOD                                           | 0.413 | 6     | TOD - TOC                               | 0.710 |
| 2                 | COD - $\frac{\text{重クロム酸}}{\text{COD}}$             | 0.698 | 7     | TOC - $\frac{\text{重クロム酸}}{\text{COD}}$ | 0.820 |
| 3                 | COD - $\frac{1/100N \times \text{COD}}{\text{COD}}$ | 0.101 | 8     | TOD - $\frac{\text{重クロム酸}}{\text{COD}}$ | 0.999 |
| 4                 | COD - TOD                                           | 0.649 | 9     | 透明度 - 濁度                                | 0.757 |
| 5                 | COD - TOC                                           | 0.567 | 10    | 透明度 - SS                                | 0.679 |

CODを中心、相関グラフと相関係数からみるとCOD(CN)、TOD、TOCでは、ある程度の相関がみられるが、BODはあるとはいえない。 $1/100N \times \text{COD}$ は全く無意味である。

#### 4. 植物性プランクトンとCODの関連について

霞ヶ浦においては、6月～10月の期間はCODの測定値が著しく増大する傾向がみられる。これは富栄養期であるので、植物性プランクトンが異常に増殖して、水の華を形成する時期である。そこでCOD濃度における溶解性、浮遊性について次のような検討を行なった。

- (1) 全濃度に対する溶解性、浮遊性の割合。(2) SSに対するクロロフィルaの割合の月変化。  
(3) 浮遊性に対するクロロフィルa、SSの変化 (4) 浮遊性とクロロフィルaの相関。

この結果、浮遊性物質の増減と植物性プランクトンとの相関を求めてみた。

表-2 植物性プランクトンとCOD

|         | クロロフィルaとの相関係数 | 増加量 mg/L | 推定値、実測値の相関  |
|---------|---------------|----------|-------------|
| 浮遊性-COD | 0.774         | 0.047    | $r = 0.827$ |
| 浮遊性-TOC | 0.553         | 0.030    | $r = 0.842$ |
| 浮遊性-TOD | 0.610         | 0.120    | $r = 0.820$ |

### 5. 水質指標(Water Quality Index)

水質指標として表わされる数字は、物理的、化学的パラメーターを合わせた総合的な水質の評価を示すものである。この方法による特長として (1) 水質のパラメーターに関するデータを処理し、これを単一の数値として示し、信頼出来る資料として使用すること。(2) 関心を持つすべての人々と、水質の状態について、効果的コミュニケーションを行なうプロセスの利用を促進すること。である。

本調査では、そのパラメーターとして、化学的分析による項目は、BOD、COD(MN)、TOC、COD(CN)、TOD、T-N、T-Pの7項目とし、物理的、生態的な項目は、透明度、濁度、透視度、クロロフィルa、臭気、色相の6項目を取り上げた。各項目については、霞ヶ浦の実態に対応するように、上限値と下限値を設定し、その間は単純な直線変化と仮定し、毎月、各地実の総合点を算出して比較した。更に個々の総合点とパラメーターに採用した各項目との相関グラフおよび相関係数を求め、その総合点が実際の分析結果とどのように関連するかを検討してみた。配点、上限および下限については、検討の結果、表-3のように決定した。

Group Aは化学分析のデータによるグループ、Group Bは、物理的、生態的のデータによるグループとし、各グループとも合計100点、両者を合わせて総合点を200点とした。

表-3 水質指標配点表

| Group A | 最 大      |        | 最 小      |        | 計 算 式                                 |
|---------|----------|--------|----------|--------|---------------------------------------|
|         | 濃度 (PPM) | 配点 (点) | 濃度 (PPM) | 配点 (点) |                                       |
| BOD     | 0        | 16     | 25       | 4      | $16 - \frac{12}{25} \times (BOD)$     |
| COD(Mn) | 0        | 16     | 25       | 4      | $16 - \frac{12}{25} \times (COD(Mn))$ |
| TOC     | 0        | 16     | 25       | 4      | $16 - \frac{12}{25} \times (TOC)$     |
| COD(Cr) | 0        | 16     | 50       | 4      | $16 - \frac{12}{25} \times (COD(Cr))$ |
| TOD     | 0        | 16     | 50       | 4      | $16 - \frac{12}{25} \times (TOD)$     |
| T-N     | 0        | 10     | 2.0      | 2      | $10 - \frac{8}{2} \times (T-N)$       |
| T-P     | 0        | 10     | 0.2      | 2      | $10 - \frac{8}{0.2} \times (T-P)$     |

| Group B  | 最 大    |        | 最 小      |        | 計 算 式                                          |
|----------|--------|--------|----------|--------|------------------------------------------------|
|          |        | 配点 (点) |          | 配点 (点) |                                                |
| クロロフィル a | 0 ug/l | 30     | 200 ug/l | 3      | $30 - \frac{27}{200} \times (\text{クロロフィル a})$ |
| 透明度      | 3 m    | 25     | 0 m      | 0      | $25 \times (\text{透明度})$                       |
| 濁 度      | 0 度    | 10     | 50 度     | 0      | $10 - \frac{10}{50} \times (\text{濁度})$        |
| 透視度      | 50 CM  | 5      | 20 CM未満  | 1      | 別 表                                            |
| 色 相      | 無 色    | 15     | 淡黄色      | 3      | 別 表                                            |
| 臭 気      | 無 臭    | 15     |          |        |                                                |

表 3 別表

|     |      |      |      |      |       |      |      |     |      |     |
|-----|------|------|------|------|-------|------|------|-----|------|-----|
| 透明度 | ≥ 50 | 5 点  | ≥ 40 | 4 点  | ≥ 30  | 3 点  | ≥ 20 | 2 点 | < 20 | 1 点 |
| 色 相 | 無色   | 15 点 | 微淡緑色 | 13 点 | 微淡黄緑色 | 11 点 | 微淡黄色 | 9 点 | 淡緑色  | 7 点 |
|     | 黄緑色  | 5 点  | 淡黄色  | 3 点  |       |      |      |     |      |     |

表 4 各地点 月別計算結果 (西浦の代表地点を示す)

#### 高 崎 沖

| 月  | G. A + G. B = TOTAL |
|----|---------------------|
| 9  | 70 + 61 = 131       |
| 10 | 70 + 52 = 122       |
| 11 | 71 + 57 = 128       |
| 12 | 69 + 60 = 129       |
| 1  | 81 + 83 = 164       |
| 2  | 83 + 85 = 168       |

#### 西 浦 湖 心

| 月  | G. A + G. B = TOTAL |
|----|---------------------|
| 9  | 66 + 63 = 129       |
| 10 | 78 + 74 = 152       |
| 11 | 79 + 66 = 145       |
| 12 | 83 + 85 = 168       |
| 1  | 88 + 83 = 171       |
| 2  | 82 + 85 = 167       |

水質指数と各指標との相関係数を検討して、どの指標が、水質指標を忠実に代表しているかという観点から、次のような順位が得られた

表 5 水質指標と各指数の相関順位

|             |             |            |             |            |             |
|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| 1. クロロフィル a | $r = 0.942$ | 2. COD(Cr) | $r = 0.851$ | 3. 透明度     | $r = 0.850$ |
| 4. TOD      | $r = 0.834$ | 5. 濁度      | $r = 0.827$ | 6. COD(Mn) | $r = 0.757$ |
| 7. TOC      | $r = 0.742$ | 8. T-N     | $r = 0.564$ | 9. T-P     | $r = 0.540$ |
|             | $r = 0.525$ | 11. 透視度    | $r = 0.413$ | 10. BOD    |             |

#### 6 今後の問題点

6-1 各指標の共存妨害物の影響および分析上の問題点について、整理してみたいところ、G・Aでは TOC、COD(Mn)、COD(Cr)、T-P、T-Nの順になり、G・Bでは、透明度、透視度、クロロフィルa

色相の順になっている。したがってこれらの結果からみて、水質指標としてのパラメーターを選ぶ際には、ある程度参考になるものと考えられる。

#### 6-2 新指標の検討と今後の課題

現在、湖沼の水質汚濁に係る環境基準は、PH、COD、SS、DO、大腸菌群数が決められている。しかしPHとDOは、植物プランクトンの存在によって変動する。すなわち窒素、リン等の栄養塩類等によって、植物プランクトンおよびその他の生物量が決まる。生物量は、春夏秋冬の季節変化、水温変化、日射量等によって変動するものであり、PHとDOは、それらの生物量の活動量によって1日の中でも大きく変動する。これは、水草の多い池や沼、植物性プランクトンの多い表層水でよくみられる現象であり、霞ヶ浦もまたこのような現象が多い。SSについても霞ヶ浦の様は浅い湖沼は、吹送流によって底泥が巻きあげられたり、SSの量イコール植物性プランクトンの量にはならない。また植物性プランクトンは表層に多く水中に少ない等の問題がある。大腸菌群について大きい湖沼では、ほとんど検出されなく補足的な指標という意味合いが濃い。したがってCOD(Mn)が唯一の汚濁指標となっているが、これもまた多くの問題点がある。そこで有機汚濁の指標としてのCOD(Mn)の適否を調べて、COD(Mn)に変わるべき新指標を検討するとともに、湖沼汚濁の中心が、富栄養化であるならば、これに対応すべき指標も考えるべきである。単に窒素とリンを環境基準項目に入れる事によって解決される問題ではない。多くの指標を有機的に組合せることによって適切な新指標を求めなければならない。今回の報告は、新指標を求めるための一つの提案であり、今後さらに研究して行きたいと考えている。