



<短報>ため池の水質とその浄化機構：  
堺市のため池水質調査を中心として

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2009-08-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 橘, 淳治, 長尾, 寛行, 小山, 修平, 桑原, 孝雄, 五味, 智夫 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24729/00009693">https://doi.org/10.24729/00009693</a>

## ため池の水質とその浄化機構

——堺市のため池水質調査を中心として——

橘 淳治・長尾寛行\*・小山修平\*・桑原孝雄\*・五味智夫\*\*

(大阪府立天王寺高校, \*大阪府立大学農学部, \*\*共生機構株式会社)

### 要 旨

ため池の水質を化学分析と人間の感覚情報で調べ、汚濁実態を把握するとともにその浄化方法を考察した。堺市の園池（通称、府大池）を中心に、においや栄養塩類現存量等の季節変化を調べたほか、堺市を中心に15カ所のため池についても水質調査を行った。

園池では、においや栄養塩類現存量は抽水植物の発達した護岸の方がコンクリートのみの護岸よりその値は低く、抽水植物やこれらに付着する藻類によって浄化された可能性が推察された。また、ニューラルネットワークを用いた解析により、においや濁度と、栄養塩類現存量等の間に関連性が見られ、汚濁の指標としての適用可能性が考えられる。

堺市のため池は、池ごとに栄養塩類に大きな差異が見られ、また、極端に汚濁が進行しているものも多く見られた。

ため池の水質改善には、生物のもつ浄化作用を高めるような護岸工や管理の必要性が強く認識された。

キーワード：ため池、水質、浄化、ニューラルネットワーク、堺市

### Abstract

**Water quality of irrigation ponds (Tameike) and its clarifying mechanism - An analysis of water pollution for Tameike in Sakai city -** (Junji TACHIBANA, Hiroyuki NAGAO,\* Shuhei KOYAMA,\* Takao KUWABARA\* and Tomoo GOMI\*\* (Osaka Prefectural Tennoji High School ; \* College of Agriculture, Osaka Prefecture University ; \*\* Kyosei Mechanism Co.)

Many of irrigation ponds have been emitted unpleasant smell, and the water quality has been worse mainly due to drainage by the human activity at Sakai in Osaka Prefecture.

In this study, the relation between the construction materials of embankment and the water qualities in an irrigation pond (e.g., Sonoike in Osaka Prefecture University) was surveyed mainly. Additionally, We have tried to develop a prototype of artificial neural network system for irrigation ponds to find out the scientific indexes of water qualities from the sensuous items such as smell and feeling.

**Key Words:** clarifying, irrigation pond, neural network system, Sakai city, water quality.

### はじめに

近年、海洋や河川の富栄養化は改善傾向にあるが、内湾や湖沼などの閉鎖性水域については停滞ないし悪化の傾向にあり、その浄化が今日的な課題になっている。

湖沼のうち農業の観点から重要なため池は全国に約25万ヶ所、大阪府内においては1万2千ヶ所存在している（中谷ほか1988）。最近の産業構造の

変化に伴い、ため池は農業用水としての役割以外に、地域防災面から洪水調節池としての役割、人々に水辺空間を提供する公園や多目的施設の一部としての役割が注目されている（中谷1984）。そのため、ため池の改修や整備事業も、以前のコンクリート護岸とフェンスの設置を基本としたものから、親水護岸を中心とし遊歩道の設置や植栽を行い人々を水辺へ積極的に近づけるものへと変わりつつあ

り、今まで以上にため池の水質改善が重視されている。

大阪府においても親水護岸と自然生態系への配慮をした「オアシス整備事業」というため池整備事業が推進され、富田林市の栗ヶ池や枚方市の地蔵池などで実施済みである（農の振興整備室1998）。

本研究は、ため池の水質を栄養塩分析などの化学的手法とにおいや色などの人間の感覚情報により調べ、これらと護岸形態との関連性を考察した。このような化学的指標と感覚的指標の関連性を検討することは、多数のため池の現状を極めて迅速に評価する上で重要となる。すなわち、ため池の水質判定の指標作りと、ため池の水質浄化機能を高める護岸工のあり方やため池の管理方法を検討した。

### 調査地点ならびに方法

大阪府のため池の一般的な特徴は、ほぼ100%がアースダムで築造年も古く、小規模なものが多いことである。これらのため池は湖に比べて水量が少ないため、生活排水等の流入によって水質汚濁が急激に進む可能性があるほか、季節変化やため池ごとの水質の特異性が大きいことも考えられる。

そこで、ため池の各種水質項目の季節変化を調べるために、多様な護岸形態があり、流入水路が無いため人為汚染の影響が少ないと考えられる大阪府堺市の「園池」を選び、そこで継続的な観測を行った。

園池の概要は、周囲約500m、最大水深は1.5m程度で、皿池状をなしており、沿岸部の水深は数十cmの浅い池であり、池に直接降る降雨以外の流入は無い。流出は1ヶ所の排水路と2ヶ所の小さな排水溝があるが、通常はここからの流出が無く、降雨が続いて水位が上昇した時のみ流出が見られる程度である。池の護岸の大半はコンクリートであり、池がいつ作られたかは不詳であるが、少なくとも60年以上は経つため、ヨシやマコモなどの抽水植物の発達した護岸が50%近くある。調査にあたった抽水植物帯ではヨシの高さは約3m、密度は1㎡あたり平均150本程度でよく発達しており、水中の茎には付着藻類がマット状に付着していた。また、水温の高い時期には抽水植物帯を除き、ヒシなどの浮葉植物が発達し、水面全体を覆いつくしていた。また、動植物プランクトン、ベントス、魚類のほか昆虫や鳥類などの生物相も豊富である。

園池において、抽水植物の見られないコンクリート護岸と抽水植物の発達した護岸に定点（Sta.A, Sta.B）をそれぞれ設け、週に1回の割合で定期観測を行った（図1）。

また、多くのため池水質の特徴を知るため、堺市を中心として菰池や岸池をはじめとする大小様々な15の池沼においても各種の調査を実施した（図2）。

現場において、気温と水温はサーミスター温度計で測定し、水色は（株）共立理科学研究所の「池の色標準色表」を用いた。電気伝導度は（株）堀場のTwin EC計で、pHは（株）堀場のTwin pH計で測定した。採水はポリバケツで表面水を取り、ポリエチレン製の瓶に入れて実験室に持ち帰った。

試水のものには、人間の感覚を定量化するのが困難なので、（株）相互薬品工業の水晶振動子を用いたにおいセンサーSF-450(98)を用いて測定した。なお、池のにおいのように藻類臭の一種類のみを対象とする場合は、人間の感覚とセンサーのにおい強度は比例することがわかっているため、センサー

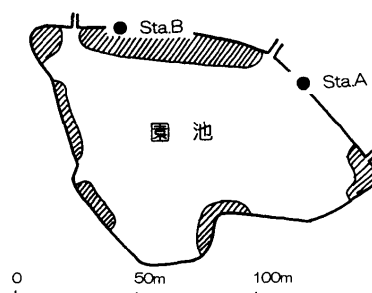


図1 園池の調査地点

図中の斜線部分は抽水植物の生育場所を表している。抽水植物の見られないコンクリート護岸に定点 Sta.A を、抽水植物のみられる護岸に定点 Sta.B を設置した

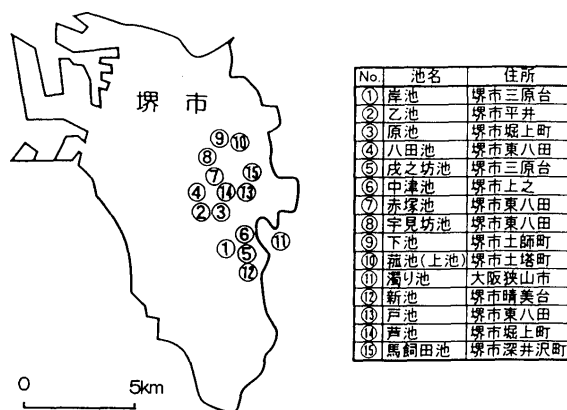


図2 調査にあたった堺市のため池

でのにおい強度を単ににおいとした。濁度は分光光度計を用いて660nmの波長での吸光度を測定し、有機汚濁の指標として化学的酸素要求量(COD)はアルカリ性過マンガン酸カリウム酸化法で測定した。

また、試水の一部はWhatman社のグラスファイバーフィルター(GF/C)で濾過し、濾液は栄養塩分析用に、濾紙はクロロフィルおよび有機物分析用に冷凍保存した。アンモニア態窒素はSagi (1966)のインドフェノール法、亜硝酸態窒素はBendschneider & Robinson (1952)のN-1- $\alpha$ -ナフチルアミンを用いる方法、硝酸態窒素は硫酸ヒドラジン法、リン酸態リンはMurphy & Riley (1962)のアスコルビン酸還元法、尿素態窒素はNewll et al. (1967)のジアセチルモノオキシム法で、また、ケイ酸態ケイ素はMullin and Riley (1955)のモリブデン青法で測定した。さらに、簡易法でカルシウム硬度、全硬度、酸度、アルカリ度、塩化物イオン、全鉄、マンガン、ほか一般細菌や大腸菌群などの定量も行った。

## 結 果

### 1. 園池の季節変化

#### (1) 物理化学的項目

1998年4月から1999年1月末までの調査結果をまとめた。

#### ①水温

水温は、Sta.Aが6.2~34.6℃(平均22.8℃)、Sta.Bが5.8~33.5℃(平均22.2℃)で気温同様Sta.Aが高い傾向であった。

#### ②電気伝導度

水中の総イオン量と密接な関係を持つ電気伝導度はSta.Aが54~210 $\mu$  S/cm(平均127 $\mu$  S/cm)、Sta.Bが45~220 $\mu$  S/cm(平均110 $\mu$  S/cm)であった。採水地点が近いにも関わらず電気伝導度に差が生じたのは水の交換が十分に行われていないことが考えられる。また、9月中旬にあった台風を境にして電気伝導度が上昇したが、原因は不明である。

#### ③pH

pHはSta.Aが6.4~10.8(平均8.1)、Sta.Bが6.5~10.3(平均8.1)であった。春から夏場にかけて高いpHが観測されたが、これは植物プランクトンの光合成により水中の二酸化炭素が使われ平衡が移動した結果として水がアルカリ性側に傾いたと考えられる。特にSta.Aにおいては夏場はヒシが水面を覆いつくすほど発達しているため、これの光合成によるpHの上昇も働いたと推察される。

#### ④水色

水色は、両地点共に「標準色表」の40-20(緑系統の色)から80-60(茶系統の色)で大きな差は

認められなかったが、Sta.Bの方が若干茶色が強い傾向で、Sta.Bでは腐植質が含まれる可能性がある。⑤におい

においセンサーによるにおい強度(水晶振動子の周波数変位)は、Sta.Aが75~1018Hz(平均354Hz)、Sta.Bが99~575Hz(平均265Hz)で両地点とも夏場に高くなる傾向が見られたが、Sta.BはSta.Aに比べその値は低かった(図3)。これは、ヨシをはじめとする抽水植物やその付着性藻類により、においに関わる有機物が分解・吸収されたほか、抽水植物帯では植物プランクトン量が少ないため、結果として藻類臭が低い可能性が考えられる。

#### ⑥濁度

濁度はSta.Aが5ppm~105ppm(平均39ppm)、Sta.Bが5ppm~90ppm(平均34ppm)であった。春と秋に高い季節変化が見られ、また、Sta.Bの方が低い結果であった。

これは、濁りの原因が粘土鉱物ではなく植物プランクトンによるものと考えられ、春と秋は適度の温度と栄養塩の条件がそろうことにより植物プランクトンの増殖がおこった結果と推察される。また、Sta.Bの濁度が低いのは、ヨシなどの抽水植物の成長に伴う水面への光の減少と、これら植物や付着藻類の栄養塩吸収による水中の窒素やリンの不足が原因で植物プランクトンが増殖できなかった結果と考えられる。

#### ⑦化学的酸素要求量

化学的酸素要求量(COD)はSta.Aが10~100ppm(平均28ppm)、Sta.Bが5~50ppm(平均21ppm)であった。測定値はSta.Bの方がその値は低く、におい同様、抽水植物帯で水質浄化が働いた結果と考えられる。

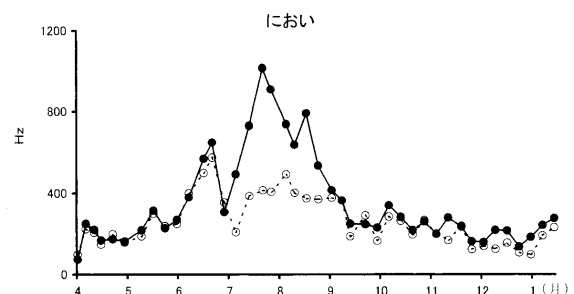


図3 1998年4月から1999年1月までの園池におけるにおい強度の季節変化

横軸は季節、縦軸はにおいセンサーによるにおい強度  
●: コンクリート護岸のSta.A, ○: 抽水植物護岸のSta.B  
におい強度(Hz)は、水晶振動子の発振周波数変位の大きさ

(2) 栄養塩類

①アンモニア態窒素

アンモニア態窒素の現存量はSta.Aが0.6~33.5  $\mu$  g-at.N/l (平均6.5  $\mu$  g-at.N/l), Sta.Bが0.5~23  $\mu$  g-at.N/l (平均3.4  $\mu$  g-at.N/l) であった(図4)。ヨシやヒシなどが枯れて分解し始める秋に現存量が高くなる季節変化が見られ, Sta.Aではその変動が大きい傾向を示した。主な供給源は動植物プランクトンや浮葉植物の分解・排出のほか底泥からの溶出が考えられる。

5月に見られた, Sta.Aのアンモニア態窒素をはじめとする栄養塩類現存量の急激な増加は, 電気伝導度やケイ酸態ケイ素に大きな変化が見られなかったことより, 外来性の原因ではなく, 水温の上昇により4月頃に植物プランクトンが増殖し, それが生産して分解し, 一時的に底泥付近が低酸素状態になって窒素やリンが底泥より溶出したのが可能性として考えられる。

②亜硝酸態窒素

亜硝酸態窒素の現存量はSta.Aが0.7~4.2  $\mu$  g-at.N/l (平均1.1  $\mu$  g-at.N/l), Sta.Bが0.8~2.0  $\mu$  g-at.N/l (平均1.0  $\mu$  g-at.N/l) であった(図5)。両地点とも春に若干高くなる傾向が見られたが, 全体的に現存量, 変動幅ともに小さかった。亜硝酸態窒素はアンモニア態窒素から硝酸態窒素に向かう硝化の過程で一時的に増加したと考えられる。

③硝酸態窒素

硝酸態窒素の現存量はSta.Aが0.4~61.3  $\mu$  g-at.N/l (平均6.5  $\mu$  g-at.N/l), Sta.Bが1.5~20.0  $\mu$  g-at.N/l (平均4.2  $\mu$  g-at.N/l) であった(図6)。季節変化が大きく, Sta.Aではその変動が顕著であった。春や秋にその現存量が高くなるのは硝化細菌の活性が高まり, アンモニア態窒素が植物プランクトンなどに取り込まれるよりも速く硝化が進み, 硝酸態窒素になって蓄積した結果と考えられる。

N/l (平均4.2  $\mu$  g-at.N/l) であった(図6)。季節変化が大きく, Sta.Aではその変動が顕著であった。春や秋にその現存量が高くなるのは硝化細菌の活性が高まり, アンモニア態窒素が植物プランクトンなどに取り込まれるよりも速く硝化が進み, 硝酸態窒素になって蓄積した結果と考えられる。

④無機態全窒素

無機態全窒素(DIN)の現存量は, Sta.Aが2.5~96.2  $\mu$  g-at.N/l (平均14.0  $\mu$  g-at.N/l), Sta.Bが4.1~27.8  $\mu$  g-at.N/l (平均8.6  $\mu$  g-at.N/l) であった。抽水植物がある護岸(Sta.B)の方が抽水植物の無い護岸(Sta.A)より現存量が低いことや季節変動量が小さいことより, 植物による浄化機能が働いている可能性が高いと推察される。

さらに, 両地点とも無機態全窒素に占めるアン

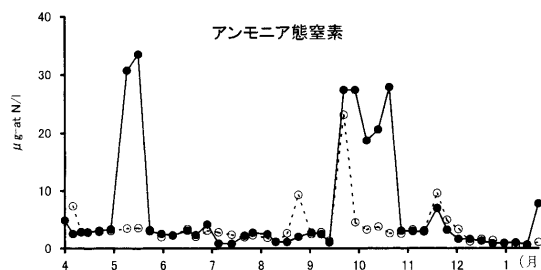


図4 1998年4月から1999年1月までの園池におけるアンモニア態窒素の季節変化

横軸は季節, 縦軸はアンモニア態窒素の現存量  
●: コンクリート護岸のSta.A, ○: 抽水植物護岸のSta.B

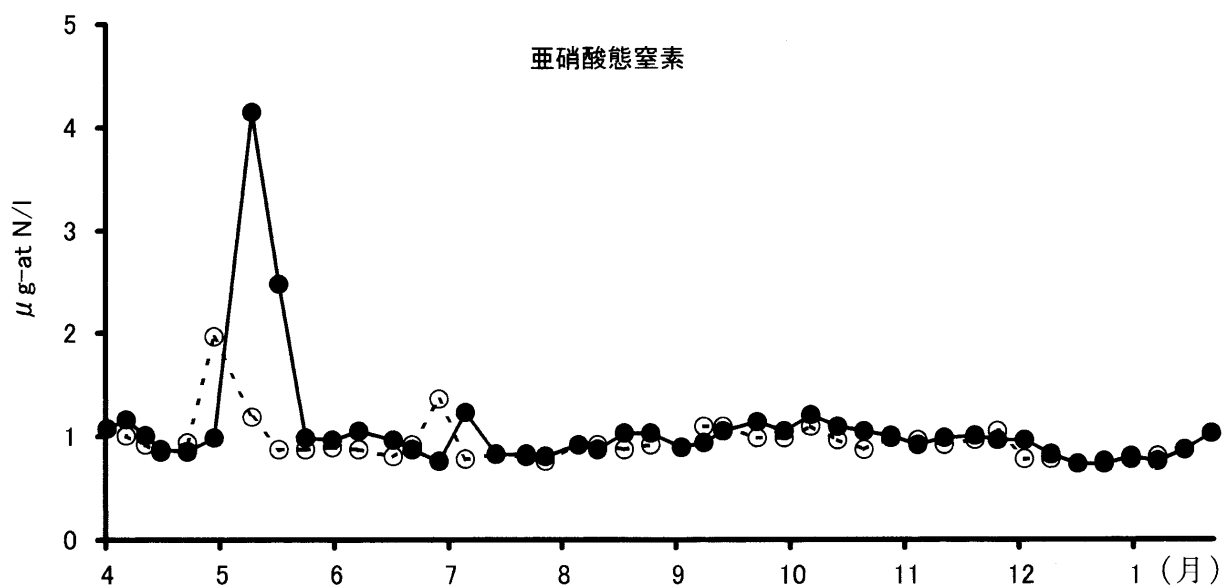


図5 1998年4月から1999年1月までの園池における亜硝酸態窒素の季節変化

横軸は季節, 縦軸は亜硝酸態窒素の現存量, ●: コンクリート護岸のSta.A, ○: 抽水植物護岸のSta.B

モニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素の割合は、調査期間中で平均するとそれぞれ37%、12%、52%程度であった。硝酸態窒素の割合が高いことから、この池は酸化的であり、硝化が良く進行しているものと考えられる。

⑤リン酸態リン

リン酸態リンの現存量は、Sta.Aが0.2~5.0 $\mu$  g-at. P/l (平均0.7 $\mu$  g-at. P/l)、Sta.Bが0.3~1.0 $\mu$  g-at. P/l (平均0.44 $\mu$  g-at. P/l)であった(図7)。リン酸態リンも春や秋にその現存量が高くなる傾向が見られ、Sta.Bの方がSta.Aより全体的に低い傾向

で、ここからも抽水植物による水質浄化の可能性が高いと考えられる。

水中の窒素とリンの比を調べることにより、植物プランクトンの増殖にとってどちらの元素が必要であるかが推察できる。ここでは、リン酸態リンに対する無機態全窒素の割合(N/P)を計算した。N/PはSta.Aが5~114(平均22)、Sta.Bが8~74(平均21)であった。海洋の生物を構成する窒素とリンの比、いわゆるレッドフィールド値は16:1程度であるため、この値から推察すると、園池では窒素に比べてリンが少ないと考えられる。従って、

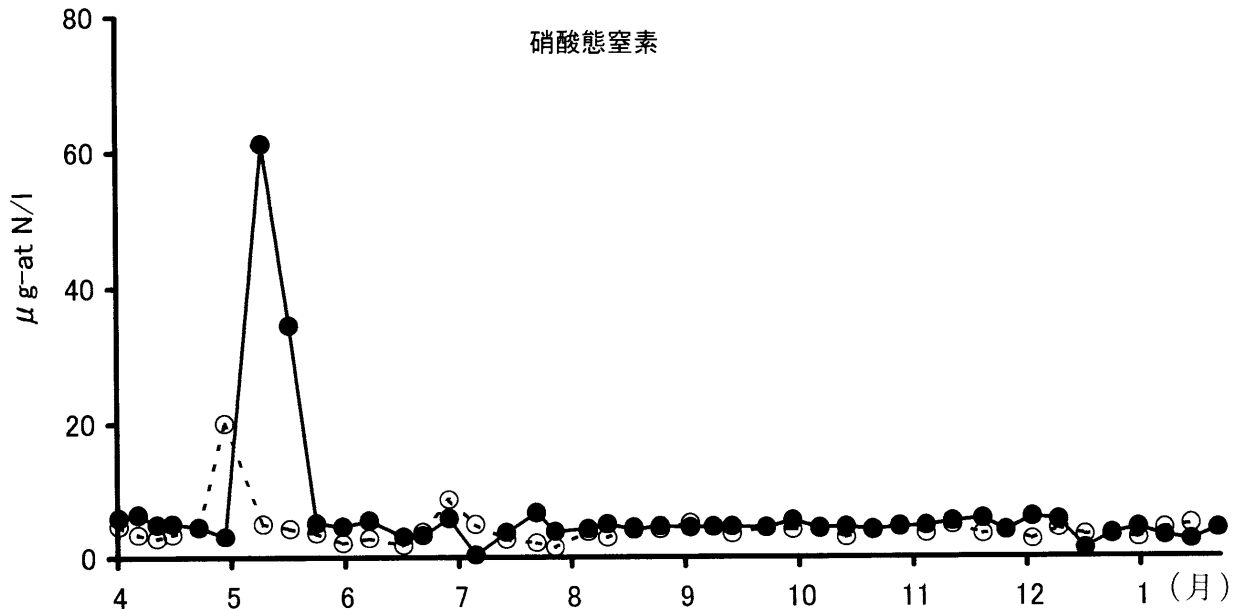


図6 1998年4月から1999年1月までの園池における硝酸態窒素の季節変化  
横軸は季節、縦軸は硝酸態窒素の現存量 ●: コンクリート護岸のSta.A, ○: 抽水植物護岸のSta.B

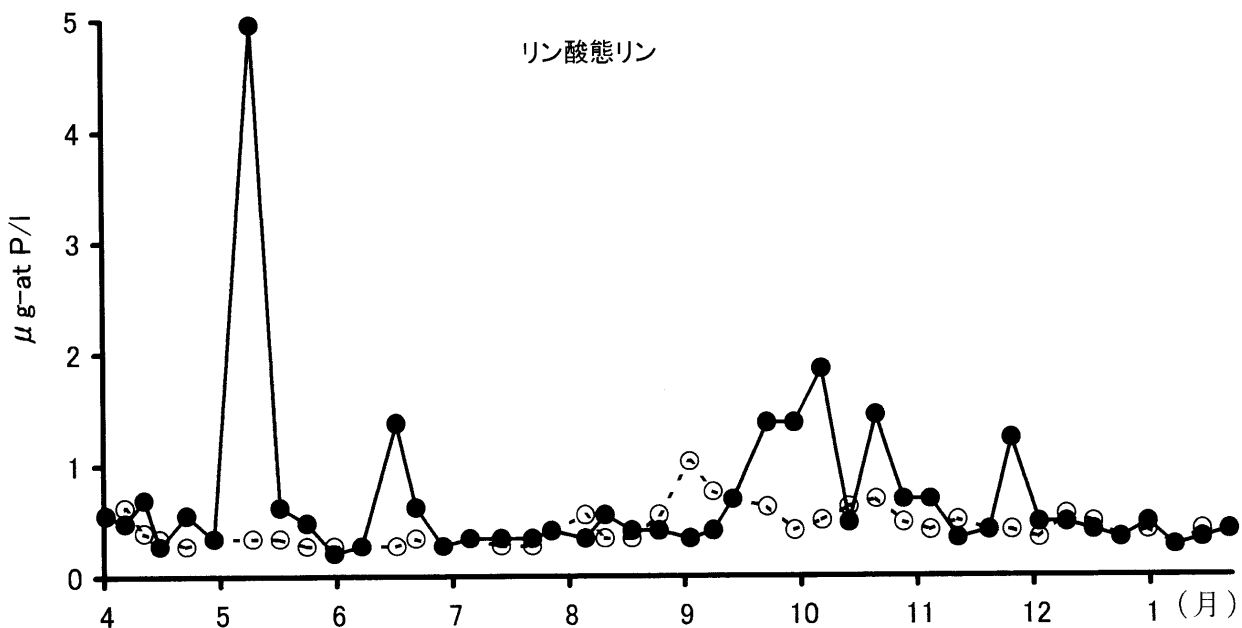


図7 1998年4月から1999年1月までの園池におけるリン酸態リンの季節変化  
横軸は季節、縦軸はリン酸態リンの現存量 ●: コンクリート護岸のSta.A, ○: 抽水植物護岸のSta.B

この池に何らかの原因でリンが流入するとさらに植物プランクトンの増殖が促進され、汚濁が進む可能性がある。

⑥ケイ酸態ケイ素

ケイ酸態ケイ素は、ケイ藻類の増殖に必要なため栄養塩類の1つに入れることが多い。ケイ酸態ケイ素はその集水域の地質によって決まるので水の起源を知る上でも参考になる。ケイ酸態ケイ素の現存量はSta.Aが30~124 $\mu$  g-at. Si/l(平均69 $\mu$  g-at. Si/l), Sta.Bが30~110 $\mu$  g-at. Si/l(平均67 $\mu$  g-at. Si/l)であった(図8)。両地点とも秋にその現存

量が高くなる季節変化が見られた。これは、水位の低下に伴う地下水の流入の可能性も考えられるが詳細は不明である。また、この現存量から考えてケイ藻類の増殖には十分な量であったと考えられる。

⑦尿素態窒素

尿素態窒素は最も簡単な溶存有機物の一つで、水中にかなりの量が存在することや、植物プランクトンの窒素源としてアンモニアに次いでよく利用されるので、窒素源として重要である。そのため溶存有機物であるが栄養塩類の一つとして考え

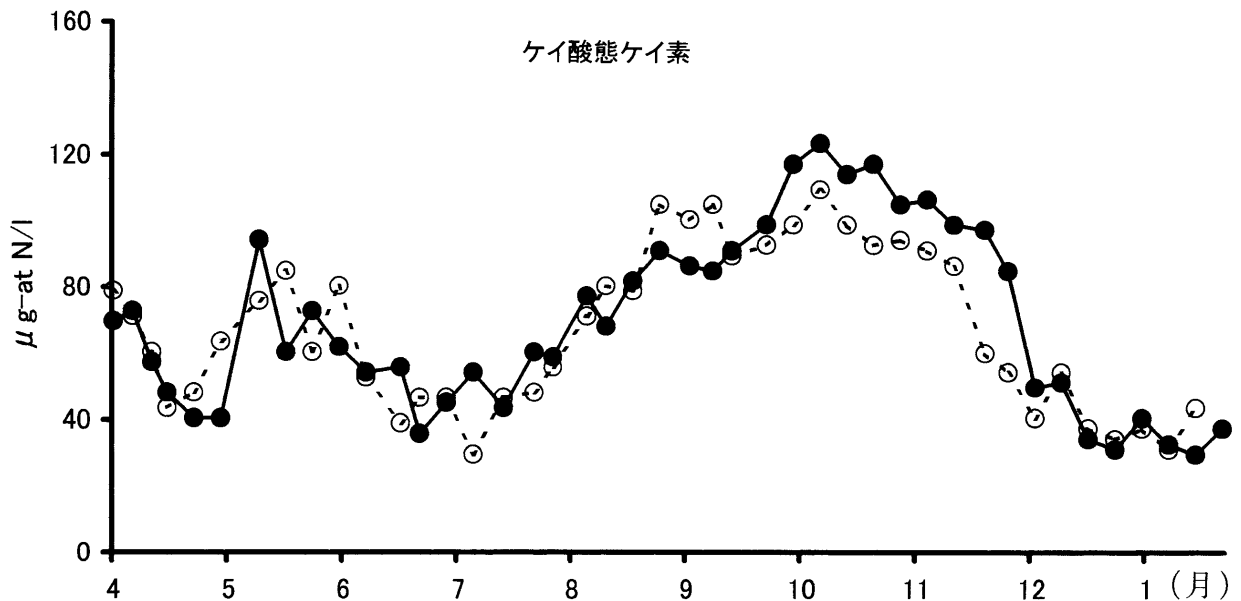


図8 1998年4月から1999年1月までの園池におけるケイ酸態ケイ素の季節変化  
横軸は季節、縦軸にはケイ酸態ケイ素の現存量 ●: コンクリート護岸のSta.A, ○: 抽水植物護岸のSta.B

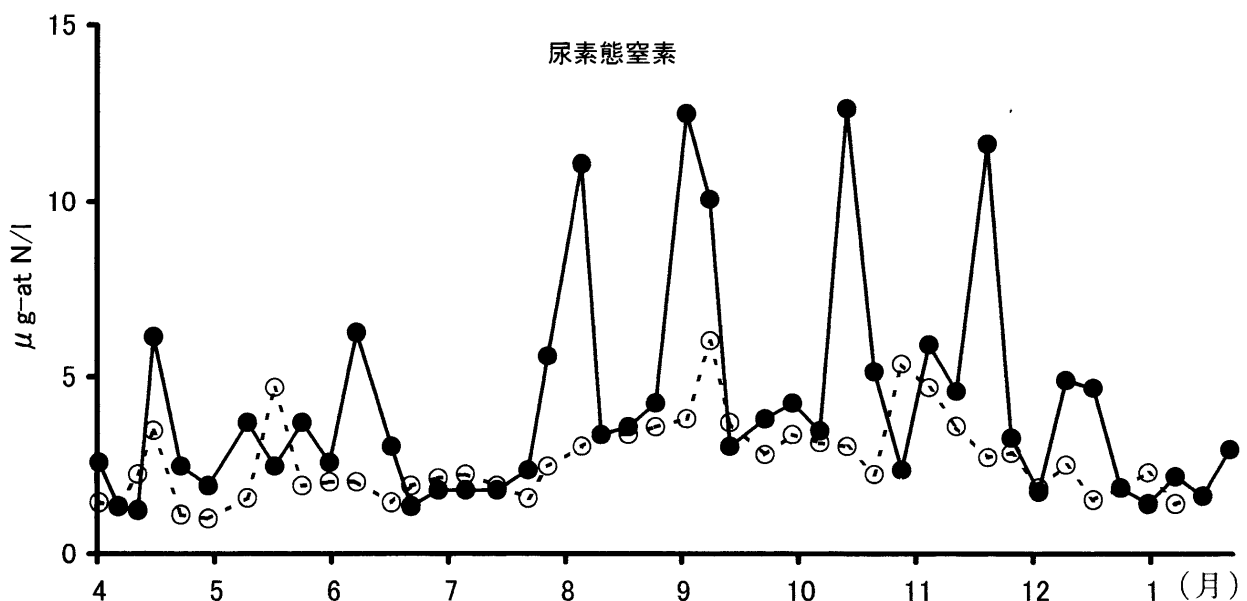


図9 1998年4月から1999年1月までの園池における尿素態窒素の季節変化  
横軸は季節、縦軸は尿素態窒素の現存量 ●: コンクリート護岸のSta.A, ○: 抽水植物護岸のSta.B

られることもある。尿素態窒素の現存量はSta.Aが1.2~12.7 $\mu$  g-at. N/l (平均4.2 $\mu$  g-at. N/l), Sta.Bが1.0~6.1 $\mu$  g-at. N/l (平均2.6 $\mu$  g-at. N/l)であった(図9)。Sta.Aは窒素やリン同様にSta.Bに比べてその現存量が高く、また、変動の幅が大きい結果となった。

### (3) 園池の水質項目相互間の関係

水質変数相互間の関係を知るため、両地点の各測定項目について全ての項目のデータがそろっている5月8日以降のものを用いて単相関係数を計算し、その主なものを示した(表1)。

においは水温と相関が見られた。同様に濁度も水温との相関が見られた。これは、水温の上昇に伴って藻類が増殖したため、濁度や藻類臭が上昇したことなどが原因と考えられる。栄養塩に関してはアンモニアと亜硝酸や硝酸との相関が見られたほか、これらとリンとの相関も認められた。なお、両地点共に水温と電気伝導度の間に高い負の相関が見られた。これは、たまたま見かけの相関があったのかも知れないが、原因は不明である。

## 2. 堺市のため池

### (1) 物理化学的項目

堺市を中心とする15のため池調査を1998年10月20日、10月26日および11月4日の3回にわたり行った。

調査した池の護岸はほとんどコンクリート護岸であったが、一部にはヨシなどの抽水植物やヒシなどの浮葉植物、ホテイアオイなどの浮漂植物が見られた。

水温は18.5 $^{\circ}$ C~22 $^{\circ}$ C、電気伝導度は123~300 $\mu$  S/cm、pHは7.2~9.9、濁度は5~205ppm、においセンサーによるにおい強度は190~383Hz、標準色表による水色は40-0(黄緑色)~80-60(黒っぽい緑色)と多様であった。

地質との関連で池の水質を見るため、全硬度、カルシウム硬度、p酸度、Mアルカリ度を調べた。全硬度は65~200ppm、カルシウム硬度は55~125ppm、p酸度は5~30ppm、Mアルカリ度は50~195ppmと多様であった。

また、人為汚染との関係を見るため塩化物イオン、鉄、マンガン、COD、BOD、一般細菌数および大腸菌群数を調べた。塩化物イオンは10~45ppm、鉄は定量限界の0.2ppm未満、マンガンも定量限界の0.5ppm未満であった。CODは10~50ppm、BODは3~46ppm、一般細菌は1ml当たり $1 \times 10^5 \sim 5.4 \times 10^6$ 個体、大腸菌群は100ml当たり $8 \times 10^4 \sim 1.4 \times 10^5$ 個体であった。ため池によっては、生活排水などによってかなり汚濁が進行しているものも見られた。

### (2) 栄養塩類

アンモニア態窒素の現存量は1.4~61.9 $\mu$  g-at. N/l、亜硝酸態窒素の現存量は0.7~88.1 $\mu$  g-at. N/l、硝酸態窒素の現存量が3.6~125 $\mu$  g-at. N/l、これらの合計である溶存無機窒素の現存量は6~274 $\mu$  g-at. N/lであった(図10)。リン酸態リンは0.3~41.3 $\mu$  g-at. P/lであった(図11)。ケイ酸態ケイ素は11~291 $\mu$  g-at. Si/l、尿素態窒素は0.9~3.8 $\mu$  g-at. N/lであった(図12)。今回調査したこれらのため池は栄養塩類の現存量についての差異が大きく、

	におい	水温	pH	EC	濁度	COD	アンモニア態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	DIN	リン酸態リン	N/P	尿素態窒素	ケイ酸態ケイ素
におい		0.69	0.20	-0.51	0.22	0.44	-0.15	-0.14	-0.13	-0.16	-0.15	-0.05	0.27	0.03
水温			0.44	-0.85	0.60	0.26	0.05	0.11	0.04	0.06	-0.02	0.16	0.07	0.13
pH				-0.23	0.13	-0.16	-0.17	0.03	0.05	-0.07	-0.07	0.07	-0.24	-0.37
EC					-0.61	-0.18	0.06	-0.08	0.01	0.04	0.13	-0.18	-0.09	-0.18
濁度						0.13	0.15	0.22	0.14	0.17	-0.00	0.30	0.13	0.24
COD							-0.00	-0.16	-0.19	-0.11	-0.05	-0.12	0.34	0.29
アンモニア態窒素								0.60	0.55	0.87	0.62	0.48	0.18	0.46
亜硝酸態窒素									0.95	0.88	0.75	0.42	0.03	0.25
硝酸態窒素										0.89	0.73	0.44	-0.01	0.12
リン酸態リン											0.77	0.52	0.10	0.33
DIN												-0.09	0.04	0.38
尿素態窒素													0.09	0.03
N/P														0.50
ケイ酸態ケイ素														

表1 園池における水質項目の単相関係数行列

1998年5月8日から1999年1月25日までのSta.AとSta.Bの76サンプルについて水質項目間の積率相関係数を計算した。  
EC: 電気伝導度, COD: 化学的酸素要求量, DIN: 溶存無機態全窒素, N/P: 溶存無機態全窒素とリン酸態リンの比



また、無機態全窒素に占めるアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素の割合もため池ごとに大きく異なる結果であった。さらに、乙池、下池、菰池、馬飼田池のように極端に富栄養化の進行したものが見られた。

なお、同時期の園池の無機態全窒素は9~33 $\mu$  g-at. N/l、リン酸態リンは0.7~1.9 $\mu$  g-at. P/lであり、

堺市の各ため池に比べると富栄養化の程度は低い結果であった。

(3) 水質項目相互間の関係

園池と同様に水質変数相互間の関係を知るため、単相関係数を計算した。濁度とCOD、アンモニア態窒素と硝酸態窒素、アンモニア態窒素とリン酸態リンの間で相関が見られたが、においては尿素と

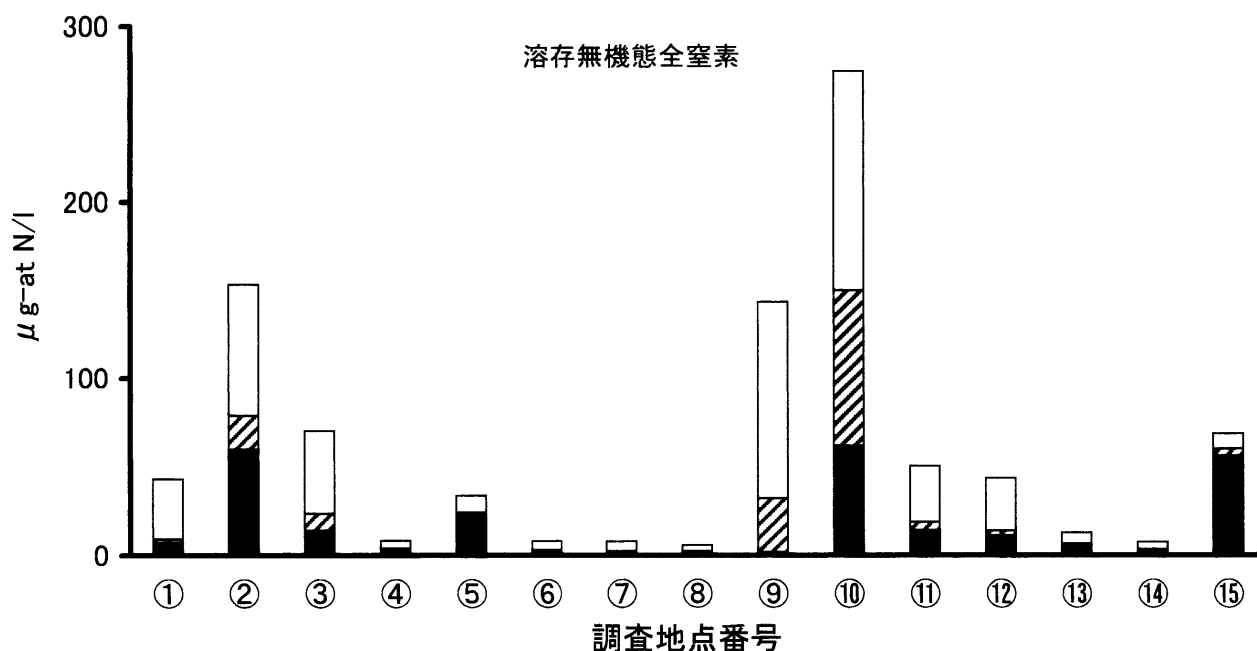


図10 堺市のため池の無機態窒素の分布

図中の黒い部分がアンモニア態窒素、斜線部分が亜硝酸態窒素、白い部分が硝酸態窒素を示す。横軸の番号は調査地点(池)の番号、縦軸は溶存無機態窒素の現存量。

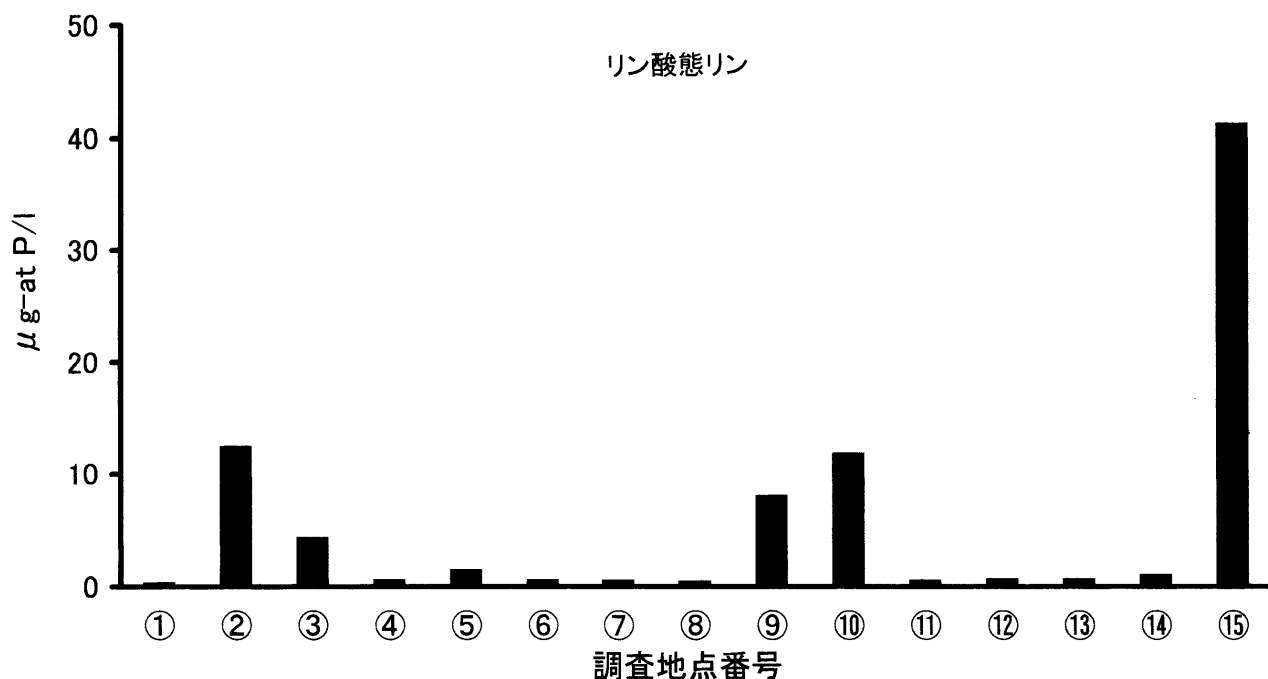


図11 堺市近郊のため池におけるリン酸態リンの分布

横軸の番号は調査地点(池)の番号、縦軸はリン酸態リンの現存量

相関 ( $r=0.57$ ) が見られた以外に相関はあまり認められなかった。

### 3. ニューラルネットワークによる水質の評価

自然現象は非線形であることが多く、多数の因子が相互関係を持ちながら複雑に関連し合っているのが通例で、その解析には従来の相関分析では不可能なことが多い。特に環境関連のデータについては説明変数と目的変数の間には線形関係が存在しないので、人間の情報処理システムを真似たニューラルネットワーク（人工神経回路）を利用した解析が有効な手段になると考えられる。

そこで3層構造の階層型ニューラルネットワークを考え、入力層（説明変数）には今回測定した水温ほか物理化学データや栄養塩などのデータを入れ、出力層（目的変数）には人間が水質をきれいや汚いと感じる（あるいは判断する）においと濁度を用いた。

詳細は紙面の関係上省略するが、学習回数と誤差の大きさを見ながら、中間層のデータ数や学習回数を変えて収束状況を調べ、学習によりネットワークを完成させた。なお、誤差逆伝播法（BP法）でシナプス間の結合荷重を調整した。

ニューラルネットワークによる解析を行った結果、園池においては、誤差が $10^{-3}$ 程度にまで収束し、においや濁度は水温、栄養塩のほか水位との結合荷重が大きいことがわかった。この結果より、化

学的な水質と人間が感じる水質の間には関連性のあることが裏付けられた。また、逆に人間が感じる感覚的な水質を指標にすると、本研究で得られた結果の範囲内での化学的な水質が予測され、人間の感覚による水質指標が作れる可能性が得られた。

さらに、ニューラルネットワークによる解析を堺市の池においても行ったところ、においや濁度は栄養塩やCODと結合荷重が大きい結果が得られた。

今後は、これらを一般化するため、さらに多くの池において水質調査を実施すると共に、調べていない環境要因が多数あるため、プランクトンや魚類調査の他、より多くの項目についても調査を実施する必要がある。

### 考 察

これらの研究結果から園池の抽水植物護岸では、水質汚濁に関わる測定項目がコンクリート護岸に比べて低いことが明らかになった。溶存有機物や懸濁態有機物等の分析結果を待たなければはっきりとしたことは言えないが、抽水植物やその付着微生物群集による栄養塩類等の吸収による水質浄化作用が働いたためと推察される。

今回調査した2地点間において電気伝導度に差が見られた。これは、地下水などの流入の可能性も考える必要があり、2地点間において認められた汚濁物質やにおい強度などの違いが、抽水植物

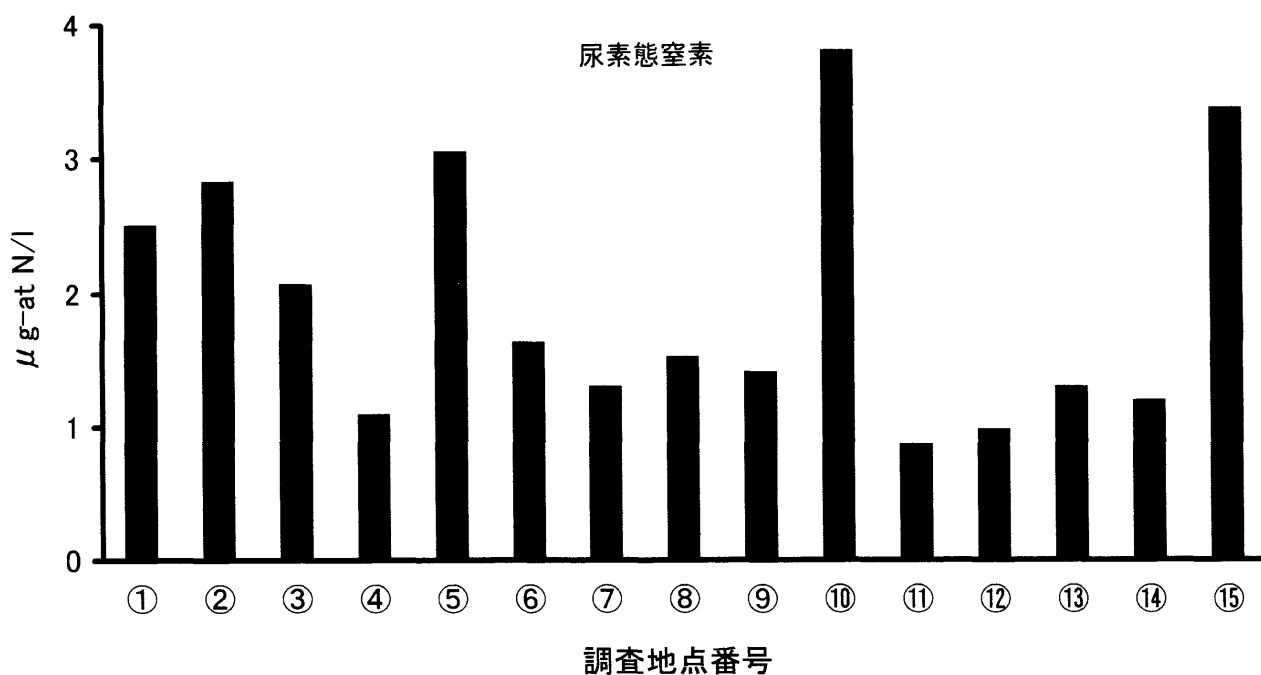


図12 堺市近郊のため池における尿素態窒素の分布  
横軸の番号は調査地点（池）の番号、縦軸は尿素態窒素の現存量

や付着性藻類の水質浄化以外にも要因が考えられ、これらを調べることも今後の課題として残されている。

また、ニューラルネットワークによる解析により、ヒトの感覚情報も化学的な水質を知る一つの手掛り（指標）になる可能性がわかったので、今後はこれらの逆解析などを行い、正確な指標作りをする必要がある。

最後に、このように富栄養化の進行した園池の悪臭や水質汚濁を改善する方法としては、抽水植物護岸を残して自浄作用を高めるほか、ヒシなどの浮葉植物やヨシなどの抽水植物を秋に刈り取り、植物に吸収させた窒素やリンを水中より取り除くなど、生物のもつ自然浄化機能を利用するのが現実的であると考えられる。

また、この池に関しては水深が浅く、水の供給が雨水のみであるので夏場には水位が40cm以上低下する。水位低下は抽水植物などの付着藻類そのものや付着藻類と水との接触面積の減少を招き自浄作用の低下を引き起こすほか、水の蒸発による水量の減少に伴い、汚濁物質が濃縮される可能性も考えられるので、排水路や排水溝の高さを高くして池の水位を上げて、汚濁につながる要因を除くのも水質改善につながると期待される。

大阪府内には1万2千ヶ所のため池がある。その多くは富栄養化が進行しており、その対策に苦慮している。ため池の防災と生態系を配慮した改修を考えると、今後は、強度面からコンクリート護岸を基本としながら、浸透性護岸材の使用及び礫の投入や抽水植物を植えるなどして生物のもつ浄化作用を高めて水質浄化を行う護岸整備を行う

必要がある。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、分析法などをご教示下さいました滋賀県立大学教授の三田村緒佐武先生にはお礼を申し上げます。

なお、本研究の一部は、平成10年度の共同研究（水辺環境の整備に関する研究）によるものであることを付記する。

## 引用文献

- Bendschneider, K. and Robinson, R.I. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.*, 11, 87-96.
- Mullin, J. and Riley, J.P. 1955. The colorimetric determination of silicate with special reference to sea and natural waters. *Anal. Chim. Acta.*, 12, 162-176.
- Murphy, J. and Riley, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.*, 27, 32-36.
- 中谷三男 1984. ため池の技術史. 大阪建設業協会.
- 中谷三男 1988. 老朽溜池改修法に関する研究. 文部省科学研究費報告書, 182p.
- Newell, B. S. , Morgan, B. and Candy, J. 1967. The determination of urea in seawater. *J. Mar. Res.*, 25, 201-202.
- 農の振興整備室 1998. 大阪の農業農村整備. 大阪府, 23p.
- Sagi, T. 1966. Determination of ammonia in sea water by the indophenol method and its application to the coastal and offshore waters. *Oceanogr. Mag.*, 18, 43-51.

(1999年3月1日受領；1999年3月31日受理)