

洲原池における窒素化合物の流入・出について

長 沼 健*, 杉 浦 孜*, 水 谷 利 之**
(*愛知教育大学化学教室, **愛知教育大学附属高等学校)

The Flow System of Nitrogen Compounds for Lake SUHARA

Takeshi NAGANUMA*, Tsutomu SUGIURA* and Toshiyuki MIZUTANI**
(*Department of Chemistry, **Senior High School Attached to Aichi University of Education)

1. はじめに

環境教育という視点から, 本学に隣接するため池である洲原池の水質調査を行った。定期的な測定については, 数年間にわたり本学附属高等学校の部活動として水谷が担当した。

洲原池は, 刈谷市北部丘陵地帯にある洲原公園内の, 水田・畑作のために作られたかんがい用のため池である。その大きさは, 水面面積165,000m², 平均水深1.5mとなっている。この池の地形的な考察は, 細山¹⁾によって報告されている。昭和40年代半ばより地域の土地開発に伴い富栄養化が進み, 夏季には緑藻類アオコが大量に発生する。また, 当池のpHはかなりアルカリ性を示している。これらの原因解決のために池内の水および物質の動態を検討することとした。まず, 池の水源については, 愛知用水や降雨ではないかと推測されている。愛知用水や降雨の水質を調査したところ, pHは中性の値を示した。本研究では, 今までに調査してきたデータの解析から窒素化合物について注目し, その挙動を追うことで池の水質の原因を突き止めることを目的とした。

2. 測定項目と方法

pH測定は, pHメーターを用いた他, クレゾールレッドを指示薬としたシュウ酸による中和滴定, 溶存

酸素(DO)はウインクラー法, 化学的酸素消費量(COD)はアルカリ性過マンガン酸カリウム酸化法で滴定を行った。

リン酸イオンはモリブデンブルー法, アンモニア性窒素はインドフェノール変法, 亜硝酸窒素はGR変法, 硝酸性窒素は還元+GR変法のいずれも吸光度法による。吸光度計は島津分光光度計UV-1200を使用した。

植物性プランクトンは顕微鏡下で一定量の試料水の個体数を測定した。植物性プランクトンの個体には, 光合成を行うためにクロロフィルaなどの光合成色素が含まれている。そこで, 個体数の代わりにクロロフィルaを溶媒で抽出して430nmでの吸光度測定を行った。

3. 化学成分の結果ならびに考察

2で示した方法により, 洲原池の試料を平成8年から継続的に測定を行った。

以下に各測定項目ごとに測定結果と考察を記す。

3-1 水素イオン濃度

図-1に平成8年度洲原池の表層水のpHと窒素化合物の日時変化を示した。

水素イオン濃度は, 水温が高い夏季に強いアルカリ性を示している。水温の低い冬季には中性付近の値を

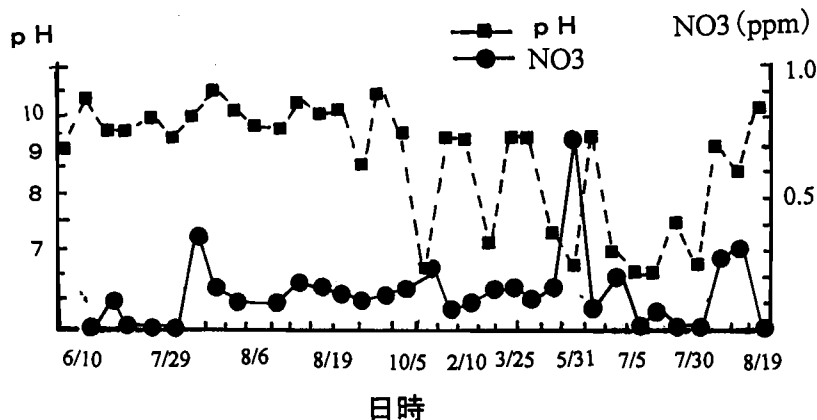


図-1 pHと窒素化合物の日時変化(洲原池)

示すが、1年を通じてほぼアルカリ性を示している。

刈谷市の調査によっても、昭和53年でpH 8.7が昭和59年以降は9.4~9.7とさらにアルカリ側に偏っている²⁾。

この変化は、水温と関係があると思われるが、図-2に示すように、水深80cmでの水素イオン濃度は夏季にはアルカリ性を示していることが判明した。

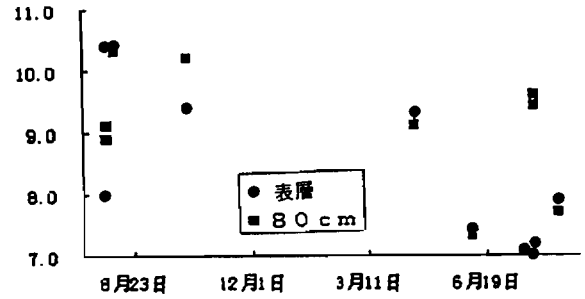


図-2 水深別のpH

3-2 水素イオン濃度と緑藻類

微生物は、顕微鏡下で1mlあたりに含まれる群体の数を測定した。室内での緑藻類の飼育実験を行い、pHとの関係を調べたものが図-3である。

水素イオン濃度と緑藻類アオコの発生率には相関性が見られた。池の水がアルカリ性を示すのは、緑藻類の光合成による溶存二酸化炭素量の減少が原因との指摘もある³⁾。

次に、水槽に洲原池の水を入れ、蛍光灯(熱帯魚用)照射下で窒素化合物の濃度変化を追った(図-4)。なお、微生物量は、顕微鏡下の測定では、誤差が生じやすいため、微生物に含まれる光合成色素クロロフィルを抽出し、その濃度を微生物量と推測した。

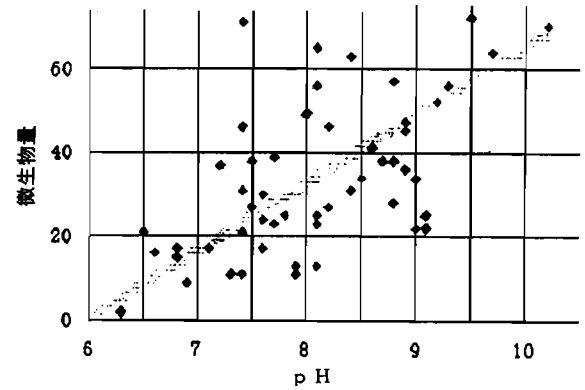


図-3 pHと微生物量の関係

この結果より次のことが分かった。

- 1) 実験開始時には窒素化合物は見られなかった。
- 2) 水槽の底に緑藻類の遺骸が見られ始めた時期(10月23日頃)より、窒素化合物濃度の増加が測定された。これは、遺骸が分解され、アンモニウム体窒素から亜硝酸体窒素を経て硝酸体窒素へと酸化されたためと考えられる。
- 3) 10月23日以降、グラフからは窒素化合物濃度とクロロフィル濃度には関連があるように見られる。すなわち、窒素化合物濃度が、クロロフィル濃度に対して抑制的な働きを持っていると考えられる。

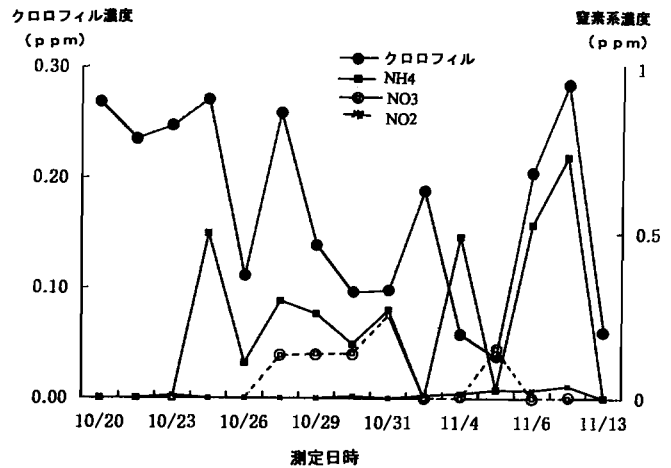


図-4 光照射による藻および窒素化合物の濃度変化

3-3 リン化合物と窒素化合物

洲原池は、アオコの発生や窒素化合物濃度から、富栄養化のため池といえる。そのような池では一般に、

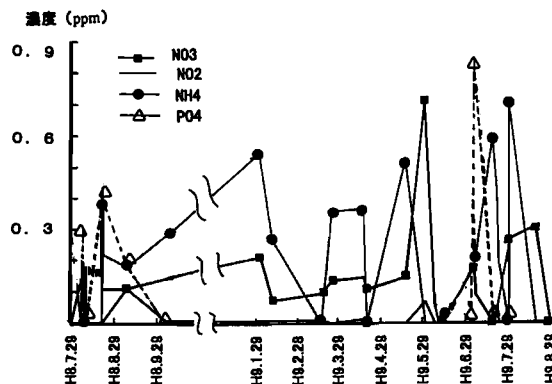


図-5 リン化合物と窒素化合物の日時変化

窒素化合物、リン化合物などが高濃度を示す。しかし、洲原池では、リン化合物はほとんど検出されず、窒素化合物のみ高い値を示している（図-5）。

一般に富栄養化の基準は、窒素濃度で0.5~1.3ppmの範囲とされている。例えば、アオコの大量発生が問題となっている諏訪湖では、平成7年度に0.81ppmであった。洲原池の窒素濃度は、表層および水深80cmでは、それぞれ最大0.97ppm、1.35ppmの範囲で測定されている。池は年に数回灌漑期に水を入れ替えている。しかし、窒素化合物濃度は毎年ほぼ一定の値を示している²⁾。

この事象と春季から夏季にかけて緑藻類アオコが大量発生を繰り返す現象には、何らかの関係があると推測される。

4. 自然水の窒素化合物動態

上記のことから、窒素化合物濃度が一定値を示す原因について、ため池・流入水・雨水・地下水に含まれる窒素化合物を測定し、その挙動から解明を試みた。

4-1 実験方法

採水地点は、図-6に示した。分析方法は先に報告したものと同じ。なお、地下水については辻村⁵⁾の結果を参考とした。



図-6 採水地点

単位:(mg/l)

雨水 0~0.404

流入水 0.120

地下水 11.924

池の水 0~0.356

図-7 自然水の窒素化合物量

4-2 水中の測定結果と考察

窒素化合物濃度は、洲原池の水や流入水、雨水および地下水では、それぞれ最大0.356ppm、0.120ppm、0.404ppm および18ppm を示した（図-7）。

以上のことから、次のことが判明した。

- ①池の水に比べ、地下水中にかなり高濃度の窒素化合物が存在する。
- ②流入水によって池の水量が調整されているのに、池の水の方が流入水より高い値を示す。雨水は、池の水より高い値を示しているが、洲原池の水量に対して降雨量は少なく、窒素化合物濃度に対する影響は小さいと考えられる。
- ③窒素化合物は、測定時期により差がみられた。

4-3 底土中の窒素化合物

窒素化合物が多い理由として、かつて洲原池のまわりには豚舎や鶏舎などがあり、その尿などが流れ込んだのではないかとの見方があった。

しかし、今までの実験結果より、地下水中に存在する高濃度の窒素化合物は、池の底に堆積した微生物の死骸が分解する際、発生した窒素化合物が浸透したものと考えられる。

そこで、洲原池の底の土を採取し、土に含まれる窒素化合物濃度を測定した。

実験方法は、採取した土を水槽に入れ、純水を加えて一定時間後、水に含まれている窒素化合物を測定する。結果を図-8に示した。

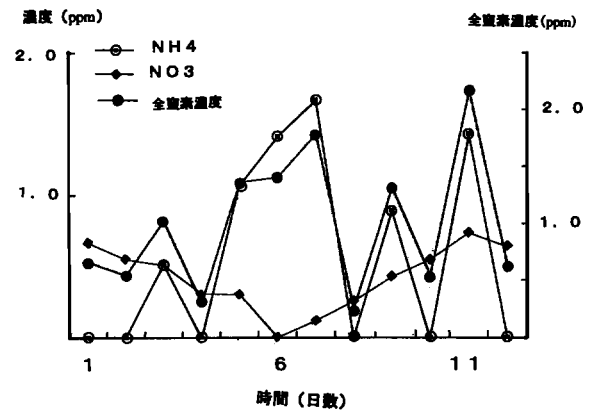


図-8 土からの溶出窒素化合物量

窒素化合物濃度は、池の水や光照射した図-3の結果より高濃度であった。また、実験開始より時間とともに窒素化合物の総量は増加傾向にある。これは土の中から窒素化合物が溶け出すのに時間を要していることを示している。

この結果からも、富栄養化の原因である窒素化合物は、池の水に含まれるだけでなく、底の土・地下水にもかなりの量がふくまれていることがわかった。

5. ま と め

以上の実験結果を踏まえて、窒素化合物について次のような仮説を考えた。

1) 窒素化合物について

窒素化合物の変化は、主に微生物の遺骸分解により発生し、アンモニウム体窒素から亜硝酸体窒素を経て硝酸体窒素へと形態を変化させていく。

2) 洲原池の窒素成分の由来

洲原池で夏季に大量発生した微生物の遺骸が池の底に堆積し、そして遺骸の分解により発生した窒素化合物の一部が、地下水に流れこんでいる。

3) 洲原池の窒素化合物の循環

洲原池では、灌漑時期に合わせて、年に数回水の入替えを行っている。減少した池の水は、流入水によって補われている。

流入水における窒素化合物濃度は、池の水より低い値を示す。また、雨水による水の増加も考えられる。雨水の大部分は、表層から池に流れ込み、一部は地下水となって池に入るものと考えられる。しかし、その量は池の水量に対して影響を与えるほどとは考えられない。

以上の過程で水の循環が行われているのに、窒素化合物濃度は減少しない。そこで、次のような推測を立てた。

I 池の底より流出する。

アオコの遺骸分解物により発生した窒素化合物が、一旦池の底の土に浸透し、その後池の水の濃度減少に伴い溶出するものと思われる。

II 地下水から流入する。

辻村の測定結果から、地下水が大量に池に伏流して

いることが分かっている。この伏流に伴い窒素化合物も流入すると推測される。そして、この窒素化合物と夏季の気温により、再び微生物は大量発生するのではないか。一度流れ込んだ窒素化合物は、ため池、池の底の土、地下水を循環し、そのための濃度が変化しなかったのではないか。

富栄養化の池を浄化するためには、窒素化合物を取り除く必要がある。しかし、今回の実験で窒素化合物が池の底土にも含まれていることが判明した。

仮説より、池の水だけでなく、土や地下水も含めた浄化対策が必要と判断される。

謝 辞

本研究は、愛知教育大学附属高等学校科学部を中心にした高校生による測定を顧問の水谷がまとめ、愛知教育大学の杉浦、長沼と共同で理論付けを行ったもので、大学と附属学校との連携によりなされたものである。ここに多くの測定に携わった高校生、大学生に感謝いたします。また、洲原池の地下水について御助言いただいた愛知教育大学総合科学課程辻村真貴助教授に深謝いたします。

文 献

- 1) 細山光也：愛知教育大学教科教育センター研究報告，21，167-172 (1997)
- 2) 刈谷市：平成6年度公害状況に関する報告書 (1995)
- 3) ため池の談話会編：身近な水辺ため池の自然学入門，P 22，合同出版
- 4) 辻村真貴：私信 (1998)

(平成11年9月10日受理)