

電解凝集法と接触酸化法による池の浄化の研究 - 長期的試験による浄化効果の実証及び窒素除去能力についての検討 -

田 窪 祐 子 林 原 茂
小 口 深 志

要 旨

湖沼及びため池などの閉鎖性水域では有機汚濁物質や窒素、リンなどの栄養塩類の蓄積により富栄養化現象が起きている。それらの防止対策として電解凝集法と礫間接触酸化法を組み合わせた浄化法について、その効果を確認してきたが、1年間の四季を通した実績データの蓄積がない等、いくつかの課題があがっていた。

そこで、従来型装置の浄化能力と動作特性を長期的に実証するとともに、新たな接触材（プラスチック）の効果確認、窒素除去能力を付加した処理方法の確認を掛川市北池（1,000m³）にて行った。それにより、以下のことが判明した。

- ・ 汚濁物質の処理能力として目標値である湖沼B類以下、湖沼 類以下を達成した。
- ・ 処理コストは4m³/hで18.8円/m³となることがわかった。
- ・ カーボン繊維と人工ゼオライト不織布の窒素除去能力に顕著な差は見られず、いずれの資材においても優れた窒素除去能力を有していることがわかった。
- ・ プラスチック接触材が従来型の礫の代替材になることから、小規模なため池が複数ある地域での巡回浄化が可能と考えられる。

キーワード ため池 / 水質浄化 / 電解凝集 / 礫間接触 / 窒素除去

目 次

- | | |
|----------|--------|
| 1．はじめに | 4．まとめ |
| 2．試験概要 | 5．おわりに |
| 3．結果及び考察 | |

STUDY ON RESTORATION OF THE POND BY ELECTROLYSIS METHOD AND GRAVEL BED FILTER

Yuko TAKUBO
Fukashi OGUCHI

Shigeru HAYASHIBARA

Synopsis:

Contamination by nourishment salt advances in the pond. How to purify a pond by the electrolysis method and gravel bed filter was able to be considered. However, there was a problem of there not being the results through one year. We report the result by an examination to identify an effect of ability to remove nitrogen as long-term proof.

- The processing ability achieved an aim value, and the processing cost understood 18.8yen and a thing in 4m³/h.
 - The big difference was not seen in ability to remove nitrogen between two material. And both material had superior ability.
 - Plastic material became substitute materials of stones.
 - It depends, purification by a patrol of a small reservoir became possible.
-

1. はじめに

湖沼及びため池などの閉鎖性水域では有機汚濁物質や窒素、リンなどの栄養塩類の蓄積により富栄養化現象が起きている。富栄養化現象が起きた水域ではアオコの発生や悪臭、景観の悪化、貧酸素化による魚類のへい死、親水性の阻害などを招いている。

既報(VOL.36,37)で、電解凝集法と礫間接触酸化法を組み合わせた富栄養化防止対策を試み、その効果を確認してきた。しかしながら、窒素除去能力に課題が残った。また、礫間接触法は、礫間閉塞に伴う維持管理特性や仮設の浄化に付随する据付・撤去の面で不利となり、最近では礫に変わる軽量の樹脂系の資材が増加してきている。

そこで、礫に代わる軽量樹脂（以下、プラスチック）とカーボン繊維や人工ゼオライト不織布による窒素除去能力を付加した処理方法の効果を 1000m³ の水域で行った。その結果について報告する。

2. 試験概要

2.1 試験場所及び期間

試験は静岡県掛川市御所原 17 - 1 生涯学習センター内北池にて行った。北池は水面積約 1000m²、深さ約 1m の池である。以前は、農業用のため池であったが、現在は流入排水路を閉め切り、雨水のみが流入する構造で、オーバーフローして排水される観賞用池となっている。北池の概観を図-1 に示す。

試験は平成 13 年 11 月～平成 15 年 9 月まで行った。浄化装置は 2 系列で実施し、処理水量は 2m³/h ずつ計 4m³/h とした。北池からの循環処理の概要図を図-2 に、工程表を図-3 に示す。また、水質分析を行った試料を採取した場所を図-4 に示す。

2.2 浄化手法

浄化手法は電解法と接触酸化法を組み合わせたもので行った。浄化装置の模式図を図-5 に示す。

浄化効果としては、長期間継続的に行った場合の効果の確認及び、窒素除去機能として使用したカーボン繊維、人工ゼオライト不織布の効果の確認について検討を行うこととした。

表-1 に使用したろ材の一覧を、図-6～10 に電解層及び接触酸化槽の様子を示す。

表-1 ろ材一覧

資材	仕様
礫	100mm～200mm
プラスチック	再生ポリプロピレン、空隙率95%、 表面積52m ² /m ³ 、外形形状は球形
カーボン繊維	CFロープ、全長1.2m、27g、房の長さ 180mm、錘つき
人工ゼオライト不織布	ポリエステル製不織布、人工ゼオライト 180g/m ² 担持



図-1 北池の外観

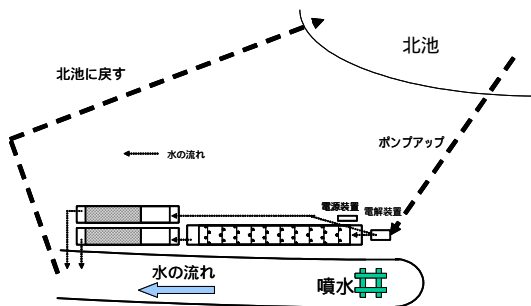


図-2 循環処理概要図

試験ケース	2001	2002	2003
ケース1	11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1 2 3 4 5 6 7 8 9
ケース2			
ケース3			
ケース4			
ケース5			

ケース1: 現状エコグラブ(AI電解法+礫)
 ケース2: 改良エコグラブ(AI電解法+カーボン繊維と礫)
 ケース3: 改良エコグラブ(AI電解法+人工ゼオライト不織布+礫)
 ケース4: 改良エコグラブ(AI電解法+人工ゼオライト不織布とプラスチック)
 ケース5: 改良エコグラブ(AI電解法+人工ゼオライト不織布、カーボン繊維とプラスチック)

図-3 工程表

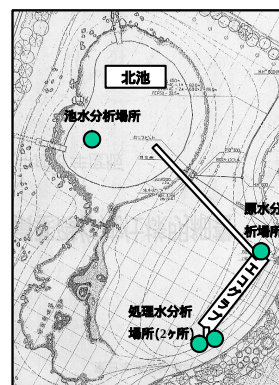


図-4 サンプルング箇所

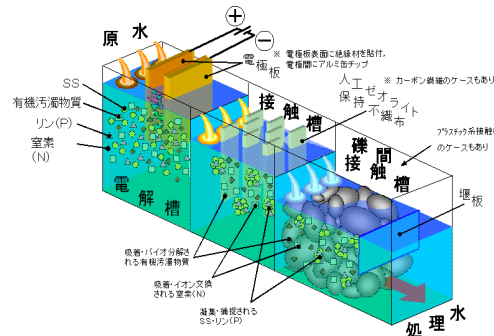


図-5 浄化装置模式図

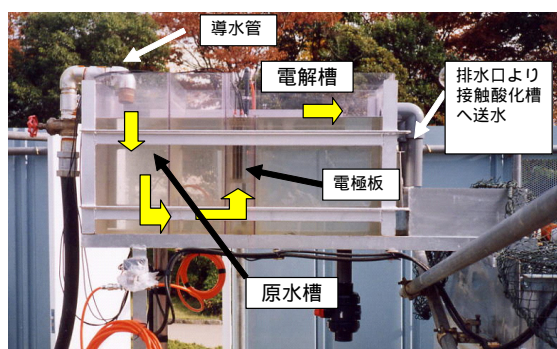


図-6 電解凝集部



図-10 接触酸化槽内に設置された人工ゼオライト不織布



図-7 接触酸化槽内に設置された礫



図-8 接触酸化槽内のプラスチック



図-9 接触酸化槽に設置されたカーボン繊維

2.3 水質分析

浄化効果の確認のため、原水及び処理水について1回/月で採取を行い、水質分析を行った。水質分析項目を表-2に示す。

表-2 水質分析項目

分析項目	目標水質値
SS	15mg/l
COD	5mg/l
T-N	0.6mg/l
T-P	0.05mg/l
pH	

湖沼B類
湖沼 類

3. 結果及び考察

3.1 浄化能力確認について

(1) SS 分析結果

北池における池水のSSの変動を図-11に示す。池水のSSは1.3～18mg/lで推移しているとともに、2002年の梅雨時期に雨による影響により若干高い値を示しているが、全体的にはSSが時間経過に伴い低下していることがわかる。これは、継続的な浄化を行っている浄化効果と判断される。

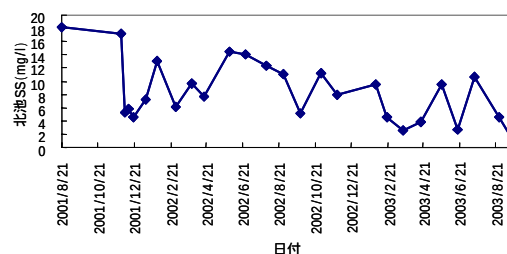


図-11 SSの変動

(2) COD 分析結果

北池における COD 変動を図-12 に示す。この結果より、池水の COD は 6 月頃に高い傾向を示す。これは降雨による湖岸の栄養分の流入によるもの、水温が上がることで底泥から溶出する COD 分などの内部生産によるものと考えられる。しかし、全体的には浄化試験開始当初と比較して、池水の COD が時間経過に伴い低下していることがわかる。これは、継続的な浄化を行っている効果と判断される。

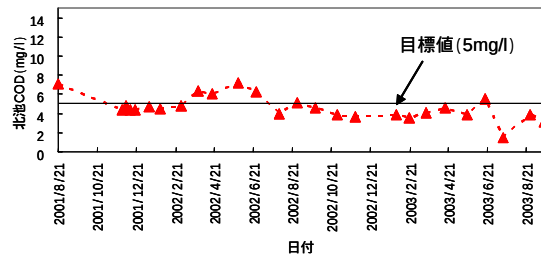


図-12 COD の変動

(3)全窒素(T-N)分析結果

T-N の分析結果を図-13 に示す。T-N については浄化開始前に浄化目標以上であった水質が、浄化することにより浄化目標を達成することができた。北池では夏期に T-N が上昇し、冬期に減少する傾向を示す。これは、降雨期の降雨からの窒素供給によるものと考えられる。また、水温の高い時期に植物性プランクトンが発生するものの、冬期には死滅して沈降するため、池中の T-N が冬期に減少するものと考えられる。

浄化 1 年目においては水質の変動が緩慢に現れたものの、浄化 2 年目においては安定して低い T-N を維持していることを確認した。

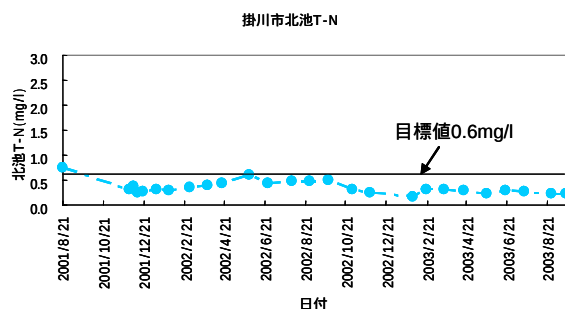


図-13 T-N の変動

(4)全リン(T-P)分析結果

T-P の変動を図-14 に示す。北池では T-P は浄化装置等の前から低濃度であり、藻類等の派生の制限因子とはならないと考えられた。T-P の変動は、降雨期から夏期にかけて上昇し、冬期に減少する傾向を示している。

この原因として、底泥から T-P が再溶出する内部負荷によるものと思われる。

(5)pH の分析結果

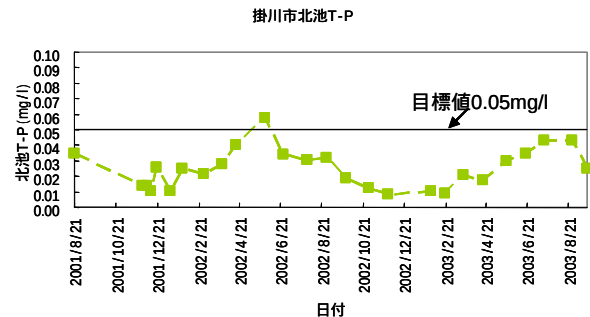


図-14 T-P の変動

図-15 に pH の変動を示す。この図を見ると池の pH は 7.2~8.4 を推移し、中性範囲であることがわかる。水温の高い夏期において、pH は低下し、水温の低い冬期において上昇する傾向を示した。

一般的には湖沼の pH は 6~9 程度であり、水中の二酸化炭素の影響を受けて pH 変化する。植物プランクトンの光合成生産が多い富栄養湖では、鉛直方向に pH の分布を取ると、上部ではアルカリ性、深層部では水中の光量が不足するため、光合成作用が低下して酸性になると言われている。

以上を鑑みれば、北池の pH 変動は夏期と冬期において逆の傾向を示す。現場観察している範囲では、夏期において水面に浮かぶホテイアオイやアオミドロの発生により、池面で遮光され、植物プランクトンの発生が抑制されることが考えられる。一方、冬季におけるホテイアオイやアオミドロの枯死や未発生より遮光物が無くなり、植物プランクトンが二酸化炭素を消費したものと考えられる。しかし、池水は低水温であるので、植物プランクトンの発生は顕著ではないものと推察される。

また、試験の前半期では pH の変動が大きいのにに対し、試験の後半期では安定した pH を示していることが分かる。これは、アルミニウム電解法では、処理水の pH が中性化する傾向にあることが考えられ、図-16 のように、過去に実施した室内試験でもこの傾向を確認している。

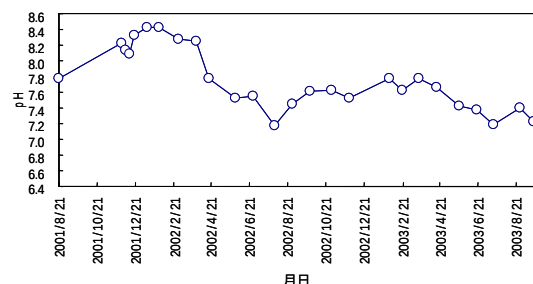


図-15 pH の変動

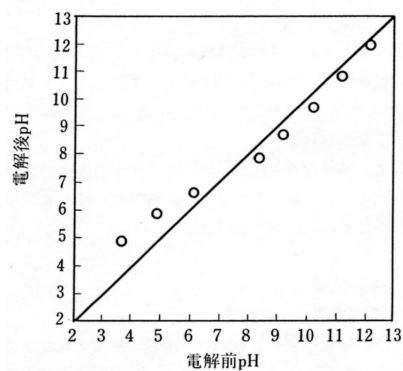


図-16 電解前・後の pH の変動

3.2 改良型エコグラブについて

(1) 処理能力について

エコグラブで処理されて排出される水を処理水とし、装置の処理能力について検討を行った。処理水の SS 変動を図-17 に示す。図中の左側部分にある現状エコグラブとカーボン繊維を付加したケースとの比較を行うと、カーボン繊維を付加した方が処理能力が高いことがわかる。ただし、これはカーボン繊維による過機能ではなく、カーボン繊維槽の水面積増加（礫間接触槽の 1.7 倍）による SS の沈降と考えられる。

次に、カーボン繊維と人工ゼオライト不織布の能力比較では、カーボン繊維の方が高い除去能力を示した。そこで、人工ゼオライト不織布のケースと同じ滞留時間、同じ水面積で比較を行った。その結果、顕著な差は見受けられず、カーボン繊維による除去効果ではないことが判明した。

次に図-18 に処理水の COD 変動を示す。この図を見ると、浄化に供した接触材に寄らず、COD が変動していることが確認できる。ただし、浄化されていないわけではなく、平均除去率は 17% 程度であるため、礫もしくはプラスチック接触材による有機汚濁物質の分解が行われているものと思われる。

図-19 に処理水の T-N を示す。T-N 除去率として評価した場合、高水温の時期に 40～55% に向上するのに対し、低水温の時期に 10% 程度に低下する。その理由として、藻類の発生が考えられる。つまり、藻類が礫やプラスチックろ材により接触沈殿や吸着、生物分解の作用が生じていることと推察される。このことは、低水温の時期に除去率、処理水質ともに低値を示していることから裏付けられる。

また、北池ではアンモニア態窒素として存在しているのではなく、硝化された硝酸態窒素として存在しているため、人工ゼオライト不織布によるアンモニア態窒素の吸着機能を活用しきれいていない。したがって、人工ゼオライト不織布とカーボン繊維の間に顕著な窒素除去能力の差は見受けられなかった。また、両者の窒素除去

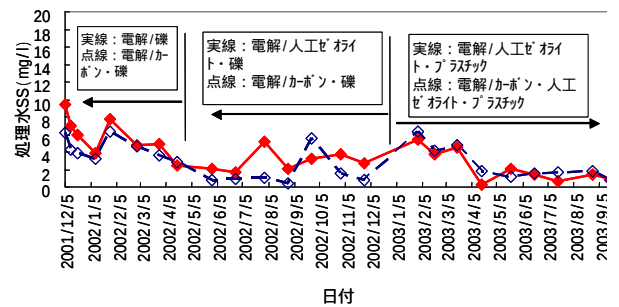


図-17 処理水の SS 変動

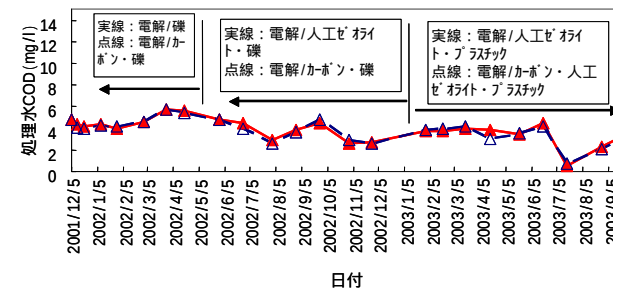


図-18 処理水の COD 変動

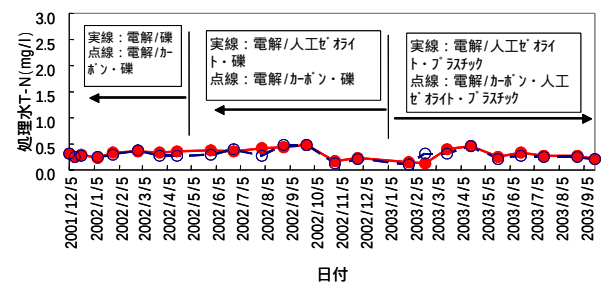


図-19 処理水の T-N 変動

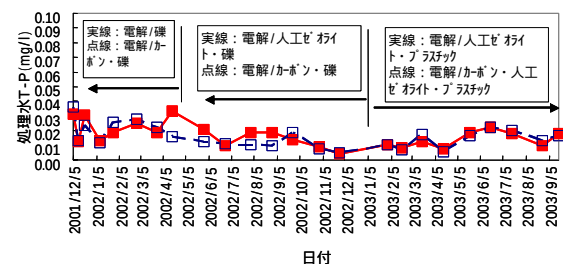


図-20 処理水の T-P 変動

能力に差がないということは、カーボン繊維に定着した生物膜は表層が好気性汚泥、最深部が嫌気性汚泥となることによる脱窒効果が行われていないことを示している。

図-20 に処理水の T-P を示す。T-P について人工ゼオライト不織布とカーボン繊維による能力差が現れているように読み取れる。しかしながら、これはカーボン繊維槽の水面積が大きいことによる SS 除去効果に起因するものと推察する。北池の水質の特徴としてリン酸イオンが検出されなかった。つまり、SS に付着しているまたは SS として計測される T-P であるため、沈殿作用が

大きいものと考えられる。また、顕著な T-P の処理水質を確認できるのは春期から秋期にかけてである。これは同じ電流値でも水温が高いほど溶解するアルミニウムイオンが増大する現象により、処理水の沈降速度が向上しているものと思われる。

プラスチック接触材を投入した試験後半部分においては、人工ゼオライト不織布とプラスチック接触材を投入した水槽と同様に投入した他方の系列にカーボン繊維を追加し、同じ水面積で比較することとした。その結果、カーボン繊維を追加することによる T-P 除去能力向上を確認できなかった。以上より、T-P が SS として凝集され、その沈降速度上昇による処理水の T-P 低下と判断される。

3.3 維持管理特性

電極板については、端面のスケール発生により保持枠からの離脱が困難になるという問題が発生した。これについては以下の解決方法が考えられる。

電極板端面を絶縁構造とする。

指示する保持枠の溝をゴム製などの難質な材料とする。

また、接触酸化槽の泥抜きについては 1 年間の移動で汚泥量が 3m^3 （接触槽容量の 20%）であることから、1～2 回/年の処理が妥当であることが確認できた。

4. まとめ

掛川市北池において 2 年間の浄化実績を築き上げるとともに、夏期、冬期における浄化能力を把握することができた。その結果、得られた成果を以下にまとめる。

・目標水質である湖沼 B 類（SS:15mg/l 以下、COD:5mg/l 以下）、湖沼 Ⅱ 類（T-N:0.6mg/l 以下、T-P:0.05mg/l 以下）に長期的に処理することができた。

・流入負荷が無く、水深が浅いため池では、広大な不栄養化湖と異なり、pH は夏期と冬期で逆の傾向を示す。

・流入水路がないため池においては、水温の高い夏期よりも雨期に水質が悪化することが確認された。

・窒素浄化能力を向上させる目的の人工ゼオライト不織布、カーボン繊維については、高水温時期に窒素除去率 40～55% に上昇し、両者の能力差は同等であった。

・礫とプラスチックによる接触材の能力に顕著な差は見られなかった。取り扱いの点でプラスチック接触材の方が有利であると思われる。

・ $4\text{m}^3/\text{h}$ の処理コスト（設備費+維持管理費）で 18.8 円/ m^3 になることがわかった。

5. おわりに

流入負荷のないため池では、冬期に富栄養化現象による悪影響は見受けられないことが多く、水温の上昇する春期から秋期にかけて浄化を行うことも経済的であると

考えられる。プラスチック材による接触酸化槽にすることで、小さなため池が複数ある地域での巡回浄化が可能と考えられる。従来の定置式浄化装置は設備費が高価なものであったが、移動式とすることで浄化対象を広げることが可能とした。

今後は、浄化装置の休止期間や浄化後の放置期間による水質汚濁の復元速度の把握等を行っていく必要があると考えている。

参考文献

- 1) 丹保憲仁：アルミニウム電解添加法による研究，水道協会雑誌，Vol.552,pp.39-58,1978
- 2) 河合景子，高橋和夫，小口深志，林原茂：電解法による工事濁水の凝集処理に関する研究（その 1），前田建設研究所報，Vol.34,PP95-102,1993
- 3) 公害防止の技術と法規編集委員会編著：公害防止の技術と法規水質編，丸善，1995.
- 4) 建設産業調査会：地下水ハンドブック，pp135-136,1998
- 5) 赤神陽出男：極性変換電解法による用水処理に用いる Al 材の最適条件，電気学会誌，Vol.191，No 10,pp.143-149,1971