特集・シンポジウム「環境用水の浄化および水処理の高度技術」より(2)

小規模な閉鎖性水域の浄化に関する基礎実験

石川 宗孝*・五十嵐 照人**・村上 祥一***

1. はじめに

池、お堀等の比較的小規模な閉鎖性水域におけるアオコ等の富栄養化現象は、市民の憩いの場としての価値観を損ねることや悪臭を発することによる嫌悪感等から浄化対策が叫ばれ、実際に対策がなされつつある。しかし、現状では、浄化方法の大部分が水処理施設からの応用という面からのみの対策にすぎない嫌いもあり、これといった効果的な浄化方法はなく、今後の課題となっている。こうした背景から、本研究では、小規模な閉鎖性水域の富栄養化に対する水質浄化対策の一端として、これまで行われている浄化方法を参考としながら、実験水槽をモデルとし、それぞれに種々の工夫を加え、水質状況の変化の計測から最も効率的な浄化対策はどのようになるかを検討した。

2. 実験方法

2. 1 実験水槽

(1)水槽に砂ろ過装置を取りつけたもの。(2)石灰ろ過装置を取りつけたもの。(3)礫ろ過装置を取りつけたもの。(4)水槽に石灰の粉末を散布したもの。(5)基礎データとして水槽に何も施さないもの。以上の5種類の水槽を使用した。各水槽には、底泥とランプを取り付けアオコ培養装置とした。

〔底泥〕各水槽ともA城のお堀の底泥を採取し、水槽に約10cm高となるように投入し、水道水を一杯に張り、よくかき混ぜて3日間放置後の上澄水を抜き、その後、底泥が巻き上がらないように蒸留水を水槽一杯に張った。

〔ろ過装置の流量〕ろ過装置の流量は、31 ml/minとし、水槽の水が1日で交換できる流量である

(水槽1, 2, 3)。

〔光源〕光源として、蛍光灯を水槽横部よりあてて、AM 6:00~PM 9:00を明とし、PM 9:00~AM 6:00までを暗とした。

〔実験水槽の番号〕砂ろ過装置、石灰ろ過装置、礫ろ過装置、石灰散布した水槽、ベースとなる水槽をそれぞれ水槽1, 水槽2, 水槽3, 水槽4, 水槽5とした。実験装置概略図と各水槽の仕様を図-1~5に示す。

2. 2 実験方法

各水槽とも蒸留水の投入時を実験開始時として、原則的に、分析時(週2回)は全ての水槽から水1,000 mlを抜き取り、不足分は淀川河川水をろ過したものを1,000 ml加えた。他の日は(日曜日は除く)同様に500 mlの水の交換を行った。採水は、水深1/2の高さから採水し、それぞれ水質状況の経時変化をみた。水質分析項目は、水温、pH、DO、COD、TOC、Total-N、NH₄-N、NO₂、₃-N、Total-P、PO₄-P、SS及びクロロフィル-a等である。

図-1 使用した水槽とろ過装置の概要

* 大阪工業大学 Munetaka ISHIKAWA

** ㈱日水コン Teruhito IGARASHI

*** 箕面市役所 Shoichi MURAKAMI

図-2 砂ろ過装置を設置した水槽1
ろ過装置 (φ10mm礫4 cm, φ1.2mm砂12cm)

図-3 石灰をろ過装置に設置した水槽2
ろ過装置 (φ10mm礫4 cm, 顆粒状石灰30 g)

図-4 礫によるろ過装置を設置した水槽3
ろ過装置 (φ10mm礫17cm)

図-5 底泥上部に消石灰を散布した水槽4
水槽に消石灰を10 g 散布, 10日後10 g 加え, 合計20 g 散布

3. 結果と検討

3. 1 水 温

水温に関しては20~36度で推移していた。毎日500 mlの淀川の水をろ過し、水槽水と入れ替えていたが、分析日は1,000mlの水を入れ替えていた為水温が下がっている。水温変化の要因としては、主に毎日交換している淀川の水温変化や水槽の側面ガラスに付着した藻類による蛍光灯への光の照射量変化等が上げられる。また水槽5の水温が全体的に高かったのは、水が停滞し循環がないことや水面に大量の藻が発生していたために放熱されにくかったからだと考えられる。

3. 2 pH

実験開始直後から上昇し、アルカリ側に移行した。これは、底泥からアルカリ物の溶出と緑藻類等の藻類

の発生による炭酸塩類の消費によるアルカリ側への移行と考えられる。石灰を使用している水槽1, 2では、投入直後 pH の上昇が見られたが、その後漸減し、他の水槽と同様の経過を示している (図-6)。

3. 3 DO

DO値は、実験開始直後の4~6 mg/ℓから漸減し、アオコ等が顕著に発生した40日経過後付近から再度上昇し始め、過飽和値に近い値を示した。その後、ミジンコ等の微小生物の発生後は、また漸減している。このため、藻類の発生等からみた相関性はみられなかった。

3. 4 全 COD_{Mn}

全体的にみると漸増の傾向にあり、水槽4, 5及び礫によるろ過装置を設置した水槽3で高い値を示した。底泥と藻類から溶出したCOD物質を取り込み、酸化する機能がないためと考えられる。特に、水槽3ではアオコ等はろ過されず、そのまま流下するためと考えられる (図-7)。

3. 5 溶解性COD

全CODと同様の傾向を示すが、液の循環のない水

図-6 pHの経時変化

図-7 COD_{Mn}の経時変化

槽4, 5では、特に他の装置よりも高い値を示している。

3. 6 TOC

TOCは、ろ過した試料を分析したが、前述の溶解性CODと同様に漸増状態にあり、それも水槽4, 5においてその傾向が強く、最終的には、20~25mg/ℓ前後を示した。しかし、他の水槽では5~10mg/ℓを推移した。

3. 7 全リン及び溶解性リン

全リン及び溶解性全リン（ろ過液のTotal-P）の変化を図-8, 9に示す。全リン及び溶解性全リンともほぼ同様な経日変化を示し、全リンは0.1~0.6mg/ℓ、溶解性全リンは0.02~0.20mg/ℓの範囲内を推移した。濃度的にみると全リンがオーダーの高い値を示しており、この差は、SSや藻類中への蓄積量と考えられる。水槽2では一定して全リン濃度が低く、石灰ろ過槽によるリンの取り込みが行われていることがうかがえる。逆に、石灰を散布した水槽4では、リン濃度が他の水槽よりも高い値を示したが、これは底泥からの溶出量よりも石灰添加量が少なかったためと思われる。

図-8 全リンの経時変化

図-9 溶解性全リンの経時変化

図-10 クロロフィル-aの経時変化

れる。なお、クロロフィル-aとの相関性がみられた。

3. 8 全窒素及び無機性窒素

全窒素は、当初、1mg/ℓであったものが漸増し、水槽5では、最終的に8mg/ℓ程度となった。他の水槽では4mg/ℓまで上昇した。NH₄-Nは、実験開始当初は、全窒素のほとんどを占めていたが、全窒素の増加にも関わらず、0.2mg/ℓ付近で一定していた。その差の大部分がNO_{2,3}-Nで占められた。

3. 9 SS

試料採取時の人為的誤差による影響を受けやすいが、水槽ごとの比較でも水槽2の値が低い。これは他の水槽よりも藻類の発生が少なかったためと考えられる。他の水質項目との相関はみられなかった。

3. 10 クロロフィル-aと藻類

実験開始40日前後までは、藻類として緑藻類が優先した。その後、アオコ的一种で藍藻類であるAnabaenaが優先種となった。クロロフィル-aは、アオコの出現とともに変化し、水槽3, 5では、1,000µg/ℓ以上と大きな値を示した。水槽1では、65日経過後700µg/ℓ付近に達したがミジンコの発生とともに減少した。石灰を施した水槽2, 4では、他の水槽と比べて大きな数値での検出はなかった。とくに、水槽2に関しては、藻類の抑制ができ低い値を保つことができた。また、各水槽ともクロロフィル-aと全リンは正の相関性があることが認められた(図-10)。

4. 結論と今後の課題

以上、約100日間における11項目の定期的な測定から、各水槽の結論と課題が得られた。

①本水槽モデルにより、特に底泥を水槽下に設置したことにより実験開始当初は藻の発生、ある期間後はア

オコの発生をみた。これは、本モデル装置がアオコ培養実験装置として十分に使用することができることが確認された。

②砂ろ過、礫ろ過法は、実験開始当初は藻の発生が大きくあまり効果がみられなかった。しかし、砂ろ過と礫ろ過を比べた場合、砂ろ過層上部に生物膜を生成した場合はある程度効果があることが判明した。これは、アオコ等の藻類は、直径が約5 μm 前後であり、礫や砂ろ過装置では捕足されないことを示している。いずれにしても浄化能力を一定期間保つ安定性には両者とも欠けることがうかがえた。

③石灰とリンを化学的に結合させる試みである石灰の散布は、本実験ではあまり効果がみられなかった。これは底泥からのリン溶出に対しては効果的に反応して制御が可能であるが、淀川等のある程度汚染された河川からのリン流入に対しては対処しきれないためと考えられる。よって、流入水の栄養塩濃度の高い地域で

は、石灰の添加法はあまり効果がみられないものと考えられる。

④顆粒状石灰のろ過装置は、水の循環方式であるため、溶解した石灰が水槽全体にいきわたるため、水槽中のリン成分に対して反応が可能であり、藻類の抑制がうまく制御できた。しかし、石灰使用に際しては石灰投入量、溶解速度によってはpHの上昇に注意する必要がある。そのため、前もって、投入する石灰の成分、溶解度量を知り、あわせて停滞水域の季節変動、水質、水流などの特性を考慮するなどの経験が必要とする。

今後の課題として、今回有効であった石灰ろ過循環方式は、石灰の質や形状を考慮して次第に溶解するような品質にすることにより、さらに効率化をはかる必要がある。砂ろ過に対してはろ過槽内が嫌気的な状態になり、リンが再溶出しないような工夫が必要である。

さらにスケールアップして長期的に季節や水の循環等を考慮して実用的な実験を行う必要がある。

海外環境情報

地球氷河期の気象推定と地球温暖化研究の議論

Deep Ice Stirrs Debate on Climate Stability

地球温暖化現象を研究する方法の一つとして、地球物理学者らは北極と南極の氷河の氷を分析することにより、地球の過去における大きな気象変化の発生の度合いを推定し、この分析結果を未来の地球温暖化現象の予測に役立てようという研究を実施している。

この研究プロジェクトは、米国および欧州7カ国が参加して、それぞれの氷河データを比較しながら地球温暖化の動きを分析している。これまで4年間にわたり、米国チームと欧州チームはグリーンランドの異なる氷河域において氷片採掘を実施し、この氷片の化学成分や放射性同位元素の分析を通して13万～11万年前の地球の大気温度の推定を試みている。

地球には過去に幾つかの氷河期と大気温度上昇期が

あったとされており、この気温変化を定量的に推定することは、地球規模の寒冷・温暖現象の動特性を研究する上で非常に役立つとされている。

欧州7カ国の研究チームは、Eemian期と呼ばれる時期に地球上の気象はかなり急激に変化し、短期的には極めて突発的とも言える急激な大気温度の昇降があったという推定理論を検証するため、氷河域下3,000m付近の氷片を採取して分析し、この大きな気温変化を裏付けるデータを得たとしている。

これに対して、米国チームの一員である Nevada 大学の Kendrick Taylor 氏らは、米国の測定データと比較した結果、類似点が多いことを認めつつも、Eemian期の気象変化についてはこれだけのデータで単純に結論を出すことはできないとして、欧州チームの発表に否定的な見解を示している。

R. Monastersky

Science News Vol.144, No.24, December 11, 1993

(科学技術国際交流センター発行 MOVEMENT 第16号より転載)