

II-8

緩速酸素注入と凝集沈澱による網走湖の水質改善

北見工業大学工学部 正員 海老江 邦 雄
 // 学生員 玉 村 英
 // 学生員 内 田 淳
 // 学生員 土 井 克 哉

1. ま え が き

網走湖には満潮時にオホーツク海からの海水が流入するため、湖内では淡水（上層）と塩水（下層）との2層が混合せずに成層化している。底泥からの溶出に起因する塩水層の酸欠、強風時における同層の湧昇に伴う青潮現象および淡水層におけるアオコの発生など、全般的に同湖の水質はかなり悪化している。著者らは、このような状態におかれている網走湖の水質改善策の一つとして、無酸素状態にある塩水層に人工的に酸素を注入して微量のDOを保持させることにより底泥から栄養塩類の溶出を抑制する緩速酸素注入法を提唱してきた。本論では、昨年を引き続き、前半においてこの緩速酸素注入法により栄養塩類の抑制について検討を行っている。さらに後半においては、1994年夏期にアオコが発生した際に採水した網走湖の淡水についてジャーテストを行ったが、これらの結果について報告したい。

2. 底泥からの栄養塩類の溶出とその抑制に関する実験

2・1 実験方法

溶出実験には、既報と同様に深さ65cm、幅30cm、長さ65cmの寸法の水槽を2槽使用した。両水槽の底部には網走湖の最深部近傍で採取した底泥16リットルを厚さ7cmに敷きならし、この底泥の直上に、北見工業大学水道水に食塩を添加して塩分濃度を2.5%にしたのち亜硫酸ナトリウムを加えて無酸素状態に調整した水を80リットル加えた。その後、一方の水槽には空気を70ml/min供給したが、もう一方の水槽は無酸素状態のまま放置しておいた。以後、本論では前者をA水槽、後者をB水槽と称する。所定の経過時間ごとに両水槽から採水を行い、それらの試料のpH、DO、COD、リン酸態リン、アンモニア性窒素などの水質項目について測定を行い、両水槽の水質濃度の経時変化の比較から溶出抑制傾向について考察した。なお、実験中大気から水中に溶解する酸素を遮断する目的で、流動パラフィンを用いて水面を密封した。

2・2 実験結果と考察

図1～4は底泥からの栄養塩類の溶出に関連する実験結果である。水槽内の水温は21℃から25℃の間に、また、水のpHは、最初、いずれも7.10程度であったが最終の192時間後には、B水槽で6.93、A水槽で7.15となっており、酸素注入を行うことによって水のpHが僅かに高くなることが分かった。図1にDOの経時変化を示した。DOは、静置のB水槽では酸素の確認はできなかったが、A水槽では空気供給開始後徐々に上昇し、その後72時間から120時間までは一旦減少しているが、120時間経過頃から再び上昇している。水槽

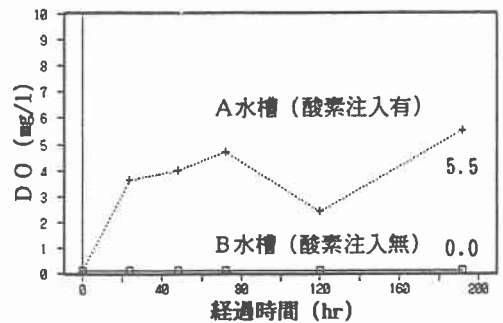


図1 DOの経時変化

Improving Water Quality of Abashiri Lake through Air bubbling, Coagulation and Sedimentation by Kunio EBIE, Suguru TAMAMURA, Jun UCHIDA and Katsuya DOI

内に底泥を敷かず、酸素注入を行った場合には2日間程度でDOが飽和に達していたこと、底泥の表面は当初、墨汁のように真っ黒であったが時間の経過とともに茶色に変わったこと、さらにその性状についても最初は、粘ちょう性で有機質に富んだ状態であったが次第に見脱水が容易な無機的な汚泥に変化していったことなどから、底泥は酸素を利用して好氣的に処理されていったものと考えられる。CODについて見ると実験期間中20mg/lから40mg/lの間で酸素注入の有無に関わらずほぼ同じ傾向で推移している。しかしながらA水槽では酸素の供給によって有機物の代謝が起こるためB水槽より低濃度となっている。リン酸態リンに関しては、酸素供給を開始すると当初0.4mg/l程度であったが、その後徐々に減少し、最終段階では0.13mg/lとなった。一方、B水槽は時間の経過につれて徐々に増加し、最終の192時間後には0.56mg/lとなっていた。この両水槽のリン酸態リン濃度の差は酸素供給の有無による抑制効果に起因すると考えられる。酸素供給に伴ってリン酸態リン濃度が減少したのは、酸化されて底泥表面に吸着された結果と考えられる。さらにアンモニア性窒素に関しては、リン酸態リンと同様に酸素注入による抑制効果が歴然と認められた。最終段階におけるA水槽のアンモニア性窒素濃度はB水槽の濃度の62%に低下している。

以上のようにCODを始めN、Pのいずれについても、緩速酸素注入によって底泥からの溶出を大幅に抑制できることが明らかになった。

3. 網走湖淡水（上層）についてのジャーテスト

3・1 実験目的と方法

網走湖の湖岸の一部は従来よりリクリエーションなどに広く利用されてきたが、最近の水質汚濁の進行によりその前途が危ぶまれている。そこで、湖岸の淡水の水質改善を目的として、ジャーテストおよびろ紙ろ過などによる水処理実験を行った。試料水には、網走湖の呼人浦で採取した淡水（pH 7.7、濁度16度、色度110度、 KMnO_4 消費量40mg/l）を、凝集剤にPAC（ポリ塩化アルミニウム）を用いた。ジャーテストの条件として急速攪拌150rpmで5分間、緩速攪拌50rpmで10分間、沈降30分間を採用した。試料水の処理性を把握するために、pHと凝集剤注入率を変化させてジャーテストが行われた。すなわち、30分沈降後上澄水を取りし

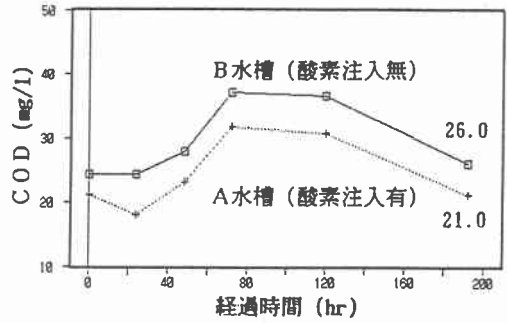


図2 CODの経時変化

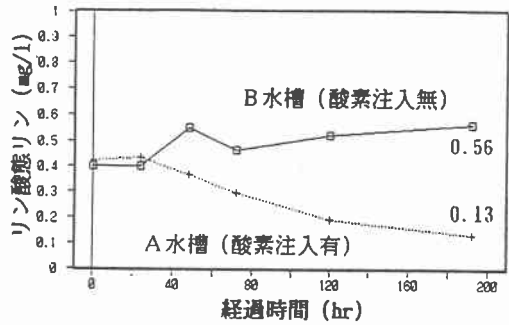


図3 リン酸態リンの経時変化

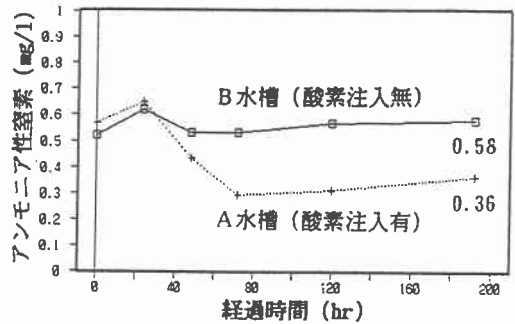


図4 アンモニア性窒素の経時変化

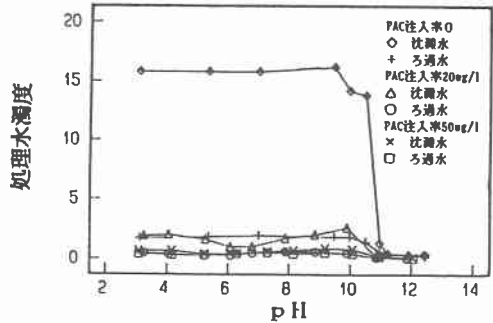


図5 pH変動下での濁度の動き

ろ過 (0.9 μ mのグラスフィルター) 前後の試料水について濁度、色度、 $KMnO_4$ 消費量を測定した。

また、pH11前後で処理性が著しく改善される傾向が認められたので、その原因を探るため、原水および上澄水の陽イオン、陰イオン濃度をイオンクロマトグラフィーで測定した。

3・2 実験結果と考察

図5～7は、試料水のpH変動に伴うジャーテストの結果を示している。最初にpH 3～10における濁度・色度・ $KMnO_4$ 消費量の除去傾向を見ると、pHによるこれら成分の除去傾向には殆ど変化が認められない。また、凝集剤注入率による影響に関しては、凝集剤注入率0mg/lにおける沈澱水とろ過水の水質濃度に極端に大きな差が生じている。これは、原水中にSSが多かったことを示している。この傾向は、濁度だけでなく、色度、 $KMnO_4$ 消費量においても認められることから、無機性だけでなく有機性SSをも含んでいたことを窺わせる。凝集剤注入率を20mg/l、50mg/lと上昇させるに伴って次第に除去率は高まり、最終的に濁度、色度、 $KMnO_4$ 消費量は沈澱水でそれぞれ99%、95%、64%、また、ろ過水ではそれぞれ順に100%、96%、65%となった。

つぎに、pH10～12における各成分の動きをみると、いずれの成分についても、pH10から11付近に達すると急激に濁度、色度、 $KMnO_4$ 消費量が低下している。この原因を明らかにするため、pH11前後におけるイオン濃度を測定した。その結果を表1に掲げる。同表において一例として Mg^{2+} に注目すると、 Mg^{2+} はpH 7.7 (PAC注入率20mg/l)において78.30mg/lであったのに対しpH11.3においては0.88mg/lにまで減少している。

また、 Ca^{2+} に関しても33.80から21.12mg/lへと減少している。PAC注入率0mg/lにおいても同様の傾向が認められる。これらのことから、pH10～11においてはこれらの Mg^{2+} 、 Ca^{2+} が何らかの形で凝集に関与したものと考えられる。また、陰イオンについても同様に測定したが、有意な変動は認められなかった。さらにpH11～12では各成分の濃度には変動がなく、最良の凝集結果を与えている。通常、濁質、フミン質の最適凝集pH領域はそれぞれ中性領域、pH5前後とされていることから、この大きな違いは海水の混入に伴うMg、Caなどの効果が顕在化したものと考えられる。

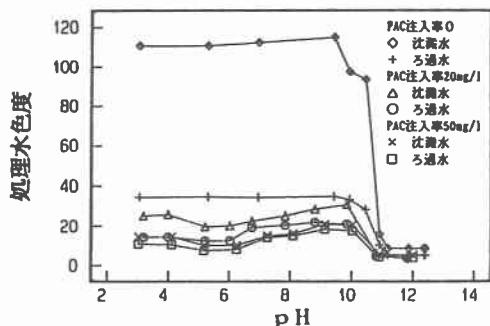


図6 pH変動下での色度の動き

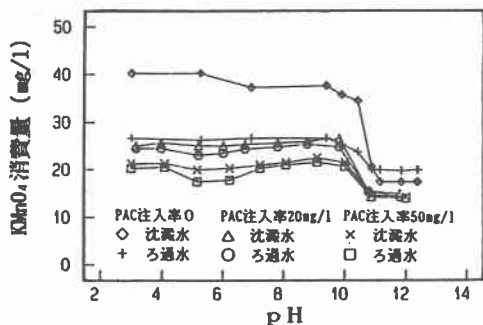


図7 pH変動下での $KMnO_4$ 消費量の動き

表1 試料水中の陽イオン濃度(mg/l)の動き

pH		5.5	7.7	11.3	8.0	11.3
PAC		20.0(mg/l)			0(mg/l)	
陽イオン	Na ⁺	660.14	673.94	1073.43	577.53	699.41
	K ⁺	26.49	26.07	23.07	27.13	26.66
	Mg ²⁺	79.17	78.30	0.88	73.99	13.60
	Ca ²⁺	36.65	33.80	21.12	33.87	20.55

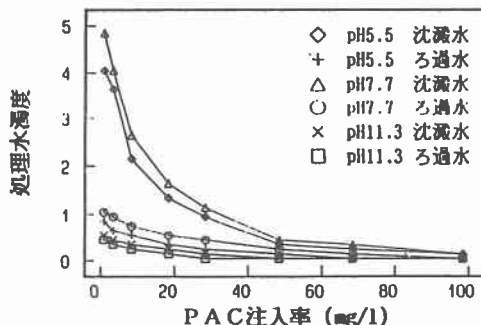


図8 PAC注入率と濁度の動き

図8～10は、試料水のPAC注入率を変動させたジャーテストの結果を示している。いずれのpHにおいても、また、いずれの成分についても、凝集剤注入率の増加に伴って除去率が向上している。特にpH11では、PAC注入率0でもMg、Caの凝析によるフロック形成が起こるため、凝集剤注入率の上昇に伴う除去率の向上は明確には認められない。それに対しpH 5.5とpH 7.7の場合には、注入率とともに除去率が上昇し濁度、色度ではPAC注入率50mg/lでほぼ飽和状態の高い除去効果が得られた。したがってPAC注入率をそれ以上に設定しても、除去率は僅かしか上昇しない。また、先の図7でも認められたようにKMnO₄消費量についてはPAC注入率を100mg/lにしても除去率はせいぜい60%程度となっており、通常指摘されているように、溶解性有機物の除去の困難さが再確認された。

4. ま と め

本実験研究において次の諸知見が得られた。

- (1) 水槽の表面を流動パラフィンで密閉して緩速酸素注入を行うと、水中のDOが次第に上昇するとともに底泥表面が真っ黒から黄土色に変化し好酸化することが確認された。
- (2) 緩速酸素注入法によって底泥から栄養塩類などの溶出に関する192時間継続の実験を行ったところ、COD、リン酸態リンおよびアンモニア性窒素の溶出がそれぞれ19%、77%、38%程度抑制されることが分かった。
- (3) 網走湖の淡水を採水してジャーテストしたところ、pH 3～10においては除去傾向に変動はなく、濁度色度は除去率90～100%、KMnO₄消費量は60%程度除去された。このことから溶解性有機物以外の成分については大幅に改善できることが明らかになった。
- (4) 網走湖淡水を対象としたジャーテストから、pH11～12にはCa、Mgなどの凝析に伴う水処理の最適pH領域が存在することが明らかになった。

【 参 考 文 献 】

- (1) 海老江 邦 雄・玉 村 英 他：網走湖の水環境と緩速酸素注入法による水質改善，土木学会北海道支部論文報告集 第51号 (B)，pp.346-349，'95.2.
- (2) 海老江 邦 雄・玉 村 英：凝集沈澱などによる網走湖淡水層の水質改善，第29回日本水環境学会年会講演集，pp.152，'95.3.
- (3) 井 上 徹 教・中 村 由 行 他：底泥からのリンの溶出速度に関する実験的研究，土木学会第50回年次学術講演概要集 第2部 (B)，pp.900-901，'95.9.
- (4) 若 狭 司・長 林 久 夫 他：山間地湖沼における成層期の湖底付近の水質特性，土木学会第50回年次学術講演概要集 第2部 (B)，pp.1272-1273，'95.9.
- (5) 渡 辺 裕 二・島 谷 幸 宏 他：水流を用いた底泥酸化の試み，土木学会第50回年次学術講演概要集 第2部 (B)，pp.1282-1283，'95.9.

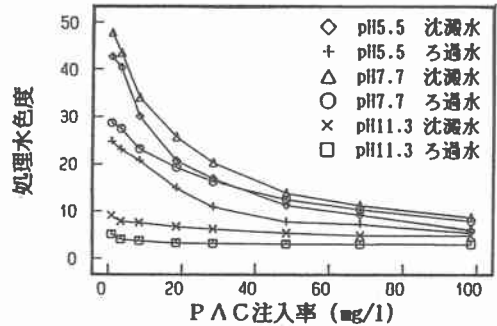


図9 PAC注入率と色度の動き

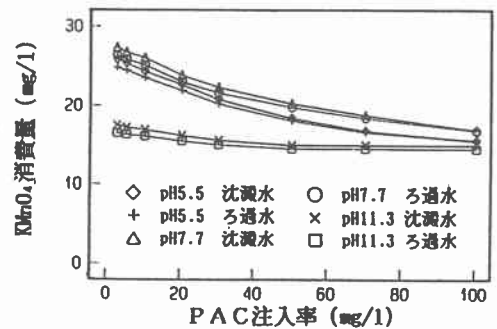


図10 PAC注入率とKMnO₄消費量の動き