

閉鎖性水域の貧酸素化に及ぼす陸域負荷の影響と対策手法に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 21～平 24

担当チーム：水質チーム

研究担当者： 上席研究員 池田 茂
総括主任研究員 小森 行也
研究員 柴山 慶行

【要旨】

東京湾や伊勢湾等においては、汚濁負荷削減により水質は改善傾向にあるものの、底層の貧酸素化により底生生物の死滅などの被害が生じている。また、アオコの発生が減少している諏訪湖においても、底層の貧酸素化は長期化しているとの報告がある。現時点で、底層貧酸素化における酸素消費機構や、有機物負荷のうち陸域からの外部負荷と藻類発生による内部負荷の寄与度が明確ではないことから、効果的な対策の選定や対策実施による効果の評価が困難となっている。このため、底層における酸素消費機構と汚濁源ごとの酸素消費への寄与度を明らかにし、効果的な対策を提示することが求められている。底質性状の分析、底泥の酸素消費・溶出速度実験等を行い、水質改善事業の進む西浦と対照的な北浦を対比し、水質と底質の違いを明らかにするとともに、夏季の高水温期における栄養塩類と金属類の溶出が藻類増殖に及ぼす影響について最新の知見を得た。

キーワード：底泥間隙水、栄養塩類と金属類の溶出、底泥酸素消費速度、藻類増殖潜在能力

1. はじめに

東京湾や伊勢湾等においては、汚濁負荷削減により水質は改善傾向にあるものの、底層の貧酸素化により底生生物の死滅などの被害が生じている。また、アオコの発生が減少している諏訪湖においても、底層の貧酸素化は長期化しているとの報告がある。現時点で、底層貧酸素化における酸素消費機構や、有機物負荷のうち陸域からの外部負荷と藻類発生による内部負荷の寄与度が明確ではないことから、効果的な対策の選定や対策実施による効果の評価が困難となっている。このため、底層における酸素消費機構と汚濁源ごとの酸素消費への寄与度を明らかにし、効果的な対策を提示することが求められている。本研究においては、底層の酸素濃度、N・P濃度、微量必須元素濃度の分布を調査するとともに湖沼水の藻類（藍藻、緑藻）増殖能力を測定し水質と藻類増殖特性との関係、異なる酸素条件下において底泥からの栄養塩類の溶出速度を測定し、底質の性状と酸素条件が各物質の動態に与える影響を検討すると共に水質保全対策の違いによる底質の性状・酸素条件を把握し、浚渫等の水質改善事業が藻類増殖に与える影響の評価を行った。また、陸域汚染源から負荷される有機物や内部生産される藻類の酸素消費速度を評価するため、都市域の河川水、水田排水及び集

積培養した珪藻と霞ヶ浦で異常発生したアオコの酸素消費量の検討を行った。

2. 研究方法

2.1 底泥および湖水の採取

1) 調査地点

調査は霞ヶ浦の西浦（湖心、浚渫区）と北浦（釜谷沖）を対象として行った（図-1）。西浦（浚渫区）ではH18年度に浚渫を行っており、一方、西浦（湖心）や北浦（釜谷沖）は未浚渫の状態であり、更に北浦は下水道の普及率が低く、流域の負荷が高い状況である。

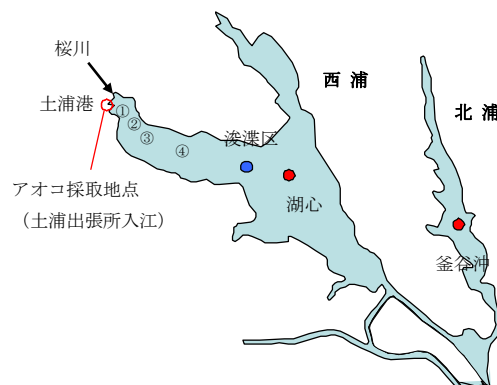


図-1 調査地点

2) 調査・試料の採取時期

霞ヶ浦の3地点について、現地観測と底泥・湖水の試料採取を行い、各種試験および分析を実施した。また、水質・底質が藻類の増殖に与える影響を把握するために、西浦（土浦出張所入り江）にて採取した天然アオコ（優占種藍藻：*Microcystis* sp.）株を試験に供した。

また、西浦の流入河川（桜川）と土浦港から湖心に向けての4地点（①～④）において金属類（Fe, Mn）の分布確認を行った（図-1）。

2.2 水質・底質の栄養塩類と金属類の分析方法

表層、中層、下層に切り分けた底泥は、遠心分離により間隙水を採取するとともに、強熱減量、窒素およびリン含有量、粒度分布を測定した。

分析用に採水した直上水および間隙水の試料は、GF/Bろ紙（保留粒子径：1.0 μ m）によるろ過を行った後、栄養塩自動分析装置（TRAACS2000型：ブラン・ルーベ社製）にてアンモニア性窒素（NH₄-N）、亜硝酸性窒素（NO₂-N）、硝酸性窒素（NO₃-N）、溶存態窒素（D-N）、オルトリン酸態リン（PO₄-P）、溶存態リン（D-P）の濃度を測定し、溶存態有機炭素（DOC）の分析には全有機体炭素計（TOC5000型：島津製作所社製）を用いた。

また、栄養塩類と共に藻類増殖の必須微量元素である鉄（Fe）とマンガン（Mn）¹⁾についても、測定を行った。

2.3 底泥の酸素消費速度試験

霞ヶ浦では底泥浚渫や下水道整備等により、湖内の底質等に変化が生じており、現在の藻類増殖にも起因していることが考えられる。底質にもたらす改善効果を検討するため、各水域における底泥を用いた攪拌系による酸素消費速度試験を行った。

各地点および鉛直層毎の底質の特性を評価することを目的に、採取した底泥の深さ方向の詳細な酸化還元状態をORP計により測定するとともに、底泥を酸化層（0～0.2cm）、還元層（0.2～1cm, 1～2cm, 2～3cm, 3～4cm および 4～5cm）の5層に切り分け、攪拌系による酸素消費速度試験に供した。

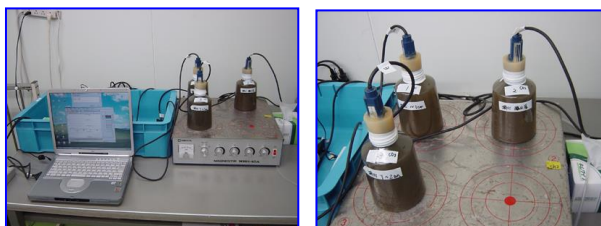


写真-1 底泥酸素消費速度試験

試験においては、まず、500mLの三角フラスコに底泥試料を各10g投入し、ろ過後Air曝気にて溶存酸素濃度を8mg/L以上の飽和状態にした各地点の底泥直上水を加えて満水（600mL）にした。その後、連続攪拌（400rpm）を行いながら、カラム内のDO濃度の連続測定を行い（写真-1）、酸素消費速度を算出した。

2.4 底泥溶出試験

現地にて簡易柱状採泥器により採取した試料を、底泥厚が15cmとなるように底泥量を調整した。試験水は別途採取した直上水をGF/B（1.0 μ m）にてろ過後（Mn：200 μ L添加）、底泥表面を乱さないよう底泥上30cmまでサイホンにて注入し、20 $^{\circ}$ Cの恒温室（暗条件）にてAir曝気による好気条件（DO：8mg/L以上）とN₂曝気による低酸素条件（DO：1mg/L以下）で溶出試験を行った。分析用に採取した試料はNH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, T-N, PO₄-P及びT-Pの分析を行った。

2.5 藻類増殖潜在能力試験

1) 試験方法および条件

藻類増殖を助長する要因並びに阻害要因について検討するために藻類増殖潜在能力試験を実施し、各水域の底質性状（栄養塩類、金属類等）が藻類増殖に及ぼす影響の評価を行った。試験に用いた藻類は、西浦（土浦出張所入り江、図-1、写真-2）にて採取した天然アオコ（優占種 藍藻：*Microcystis* sp.）株とした。優占種である藍藻（*Microcystis* sp.）を顕微鏡観察にて単離、その後、単離培養を繰り返して増殖した株を試験に用いた。

試験においては、底泥溶出実験終了後20日目の各直上水を別途採取し（その水質を表-1に示す）、0.22 μ mのメンブレンフィルターにてろ過後、ろ液

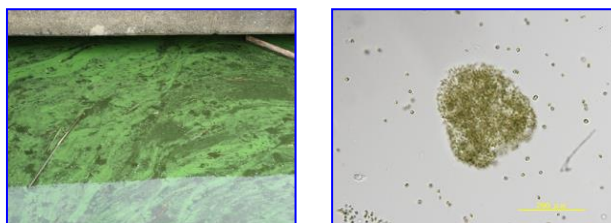


写真-2 アオコ発生状況（左）と優占藍藻：*Microcystis* sp.（右）（ $\times 200$ ）

表-1 藻類増殖試験（培養液水質）

試験水（溶出実験終了時）	NH ₄ -N mg/L	PO ₄ -P mg/L	NO ₃ -N mg/L	NO ₂ -N mg/L	D-P mg/L	D-N mg/L	DOC mg/L
湖心	0.39	0.13	2.93	0.12	0.18	4.19	8.38
淺瀬区	0.40	0.09	4.01	0.16	0.13	4.13	9.50
釜谷沖	1.17	0.53	2.38	0.06	0.54	4.62	17.59
湖心	1.54	1.19	0.59	1.04	1.25	3.85	9.88
淺瀬区	3.02	1.34	0.02	0.22	1.38	3.84	10.63
釜谷沖	0.72	1.54	0.67	3.27	1.54	5.31	11.72

各 50mL を三角フラスコ (100mL) 中に入れ、西浦から単離・培養した *Microcystis* sp. 株をクロロフィル a 濃度として 20 μ g/L を添加、藻類培養実験を開始した。藻類の培養試験条件を下記に示す。

藻類培養試験条件

照度：明暗条件：各 12 時間

温度：26 $^{\circ}$ C (アオコ発生時の現地水温)

照度：5000 Lux

培養期間：30 日間

静置：試験期間中は 1~2 日に一回、手振り又はミキサーにて各三角フラスコを混合した。

2) 分析方法

試料は試験期間中の 0, 3, 7, 15, 22 および 31 日目に各 4mL を採取し、直ちに 1.0 μ m のフィルターにてろ過を行い、そのろ紙をメタノールにて抽出、分析試料とした。

クロロフィル a は、HPLC-蛍光検出器を用いて定量分析を行った²⁾。測定条件を以下に示す。

使用機器:GL サイエンス社 GL-7400, 設定条件:

- ① カラム :Inertsil ODS-3 3 \times 250mm (GL-サイエンス)
- ② 移動相: メタノール:エタノール=8:2
- ③ 流量: 1mL/min
- ④ 蛍光波長: 励起波長 430nm, 測定波長 670nm
- ⑤ カラム温度: 40 $^{\circ}$ C
- ⑥ 注入量: 50 μ L
- ⑦ 分析時間: 15 分

クロロフィル a 標準品: Chlorophyll a , シグマアルドリッチ社 (No.6144-1MG)

また別途、緑藻: *Pseudokirchneriella subcapitata* を用いた藻類の増殖試験を行い、マイクロプレートリーダーによる吸光度を測定する方法³⁾により、最大増殖細胞数についても評価を行った。

藻類培養条件

照度：明暗条件：各 12 時間

温度：24 $^{\circ}$ C

照度：4000 Lux

培養期間：21 日間

2.6 排水及び藻類の酸素消費量測定

都市域の河川水、水田排水及び集積培養した珪藻を酸素消費量測定用瓶 500mL に採取し、クーロメータを用いて酸素消費量を測定した。クーロメータ内の温度は 20 $^{\circ}$ C とし、酸素消費量を 5 日間連続測定した。また、平成 23 年の夏に霞ヶ浦で異常発生したアオコの酸素消費量を測定した。土浦港に吹き寄せら

れたアオコを 9 月に採取し、遠心分離により集積した後、10 $^{\circ}$ C、20 $^{\circ}$ C、30 $^{\circ}$ C の温度条件下で保存した。約 6 ヶ月間経過した各アオコに霞ヶ浦底泥の上澄液数 mL を植種しクーロメータにより酸素消費量を測定した。

3. 研究結果

3.1 水質の季節変動

2008 年の 4 月から 2009 年の 3 月までの期間、月に 1 回、西浦 (湖心) と北浦 (釜谷沖) において、上層水 (水面より 50cm 付近) と下層水 (底泥表面より 50cm の直上) の採取を行った後、水の分析は公定法に準拠し行った。試料採取時に現地観測を行った DO の季節変動と鉛直分布 (4 月から 11 月) を図-2 に示す。DO 濃度は、春季に濃度が高くなる傾向が西浦と北浦で確認された。水温が上昇する夏季には、北浦にて DO 濃度が上層水で高く、下層水で低くなる傾向が確認された。春季・夏季における表層付近の DO 上昇は藻類増殖とそれに伴う光合成によるものと考えられる。なお、今回の調査時には下層の DO 濃度は 5mg/L であったが、霞ヶ浦においては下層水の貧酸素化が報告されており⁴⁾、風浪等の気象条件により湖内の水温成層状況が異なると、貧酸素水塊の形成と消長が発生していると考えられる。

T-P, T-N, TOC, DOC の季節変動を図-3、クロロフィル a, D-COD, SS の季節変動を図-4 に示す。

T-P 濃度は西浦に比べ北浦が高い傾向を示した。T-N 濃度は西浦と北浦で近い傾向を示したが、北浦の 8 月が高い値を示した。また、北浦は上層よりも下層水の濃度が高い傾向が認められ、底泥からの溶出の影響と考えられる。

クロロフィル a 濃度は、春季から夏季までの間、西浦に比べ北浦が高い傾向を示した。春季のクロロフィル a 濃度が高い原因は、珪藻によると考えられ、7~9 月に高い傾向を示しているのは、夏季の優先種である藍藻類によると考えられる。クロロフィル a の他項目との相関に関しては、SS が北浦の上層において、TOC が西浦・北浦の上下層において相関が強く、D-COD についても相関性が見られた。

なお、西浦と北浦の夏季 (7~9 月) における T-N/T-P 比の平均は、西浦の上層: 14, 下層: 13, 北浦の上層: 7, 下層: 6 であり、北浦の T-N/T-P 比が西浦の 1/2 と低い傾向を示した。

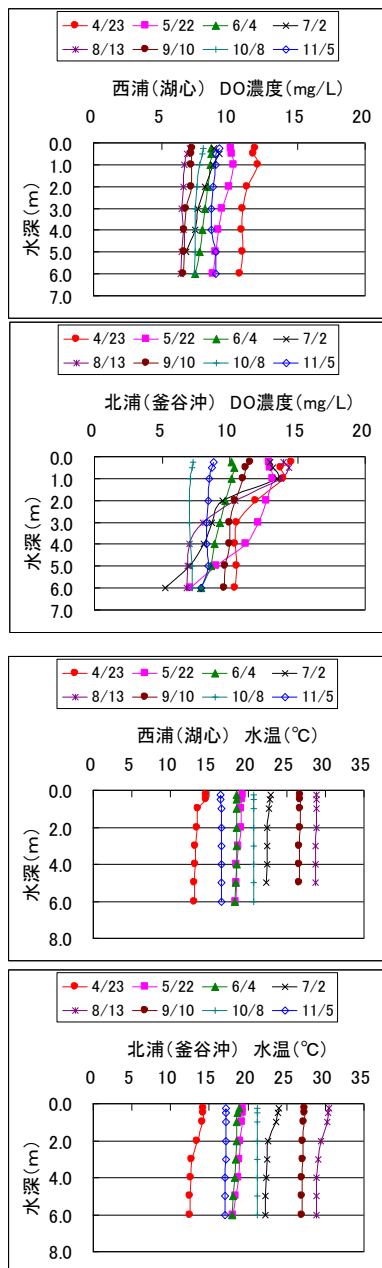


図-2 現地調査時における DO と水温の季節変動と鉛直分布（西浦と北浦）

水中の金属類（Totalと溶存態-Fe, Mn）の季節変化を図-5に示す。TotalのFeとMnは共に、下層の濃度が上層に比べ高く、更に西浦（湖心）より北浦（釜谷沖）の濃度が高い傾向を示した。溶存態のMnについては、北浦において上層より下層が高い傾向を示しており、Total-MnやFeが下層で高い理由として底泥からのMn溶出の影響と推察される。なお、定期調査の試料の採水は、霞ヶ浦河川事務所の調査時に同時に行った。

流入河川（桜川）および湖水中のFe, Mn濃度の分布確認を行った結果を図-6に示す。水中の溶存

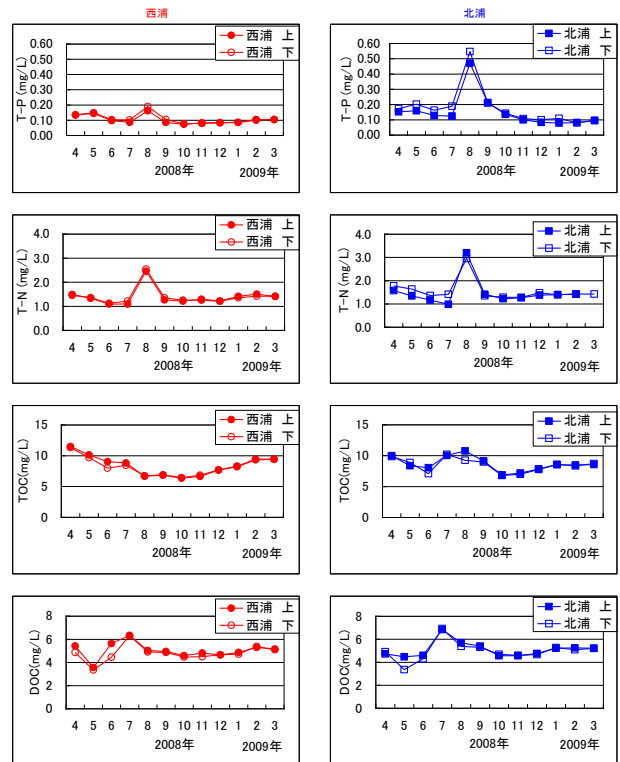


図-3 T-P、T-N、TOC、DOCの季節変動（西浦と北浦）

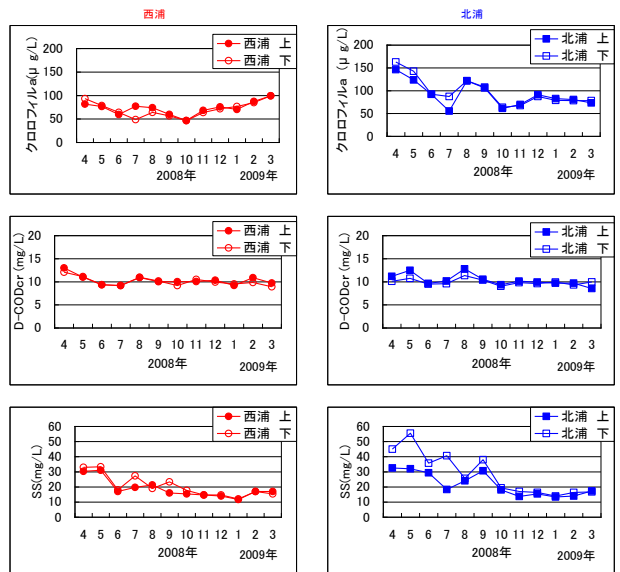


図-4 クロロフィルa、COD、SSの季節変動（西浦と北浦）

態Fe, Mnは流入河川から湖内に向かうにつれ低下し、特にMnにおいて湖水中での濃度が極端に小さくなった。マンガンは、pHが10以上でないと起きないことから、溶存態マンガンの低下は湖内に存在するマンガン酸化細菌の影響によると考えられる。

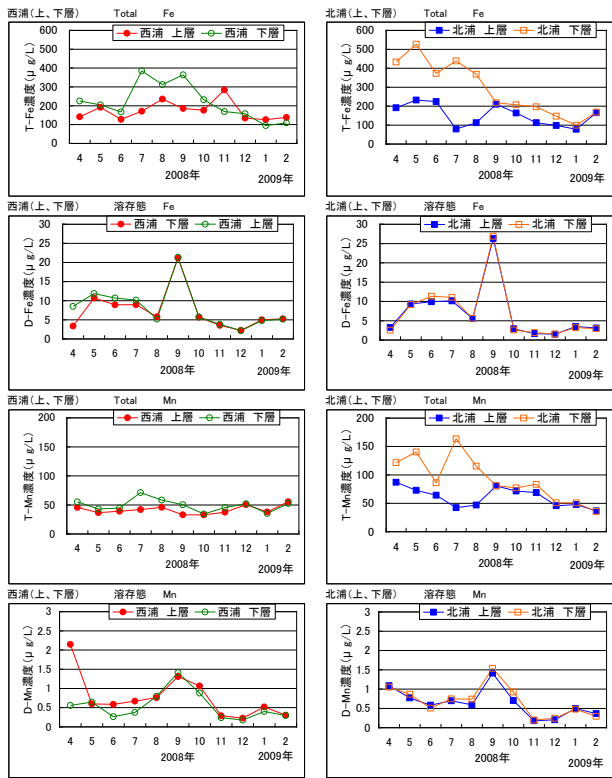


図-5 Total、溶存態の Fe・Mn の季節変動（西浦と北浦）

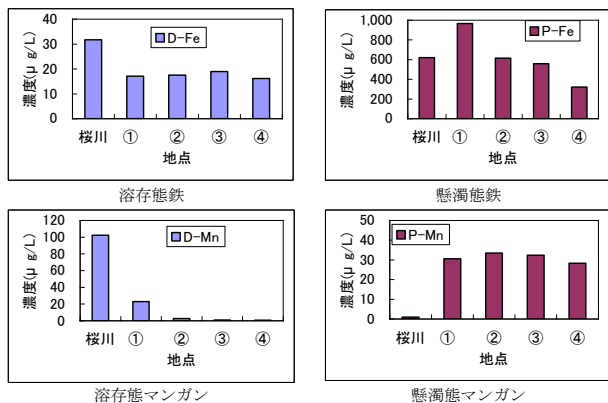


図-6 流入河川および湖水中の金属類 (Fe, Mn) 濃度

3.2 底質の性状

調査期間中の底泥および間隙水に含まれる富栄養物質（窒素・リン等）と微量必須元素（鉄・マンガン等）の調査を行った。底泥中の ORP（酸化還元電位）の変化を図-7 に示す。夏季における底泥中の全リン、全窒素および全炭素の含有量を図-8 に、底泥鉛直方向の間隙水中の D-N、D-P、DOC および Fe・Mn の濃度を図-9 に示す。

夏季の霞ヶ浦底泥中の全リン、全窒素、全炭素含有量の鉛直分布を地点毎に比較すると、北浦（釜谷沖）>西浦（湖心）>浚渫区（牛込沖付近）となっ

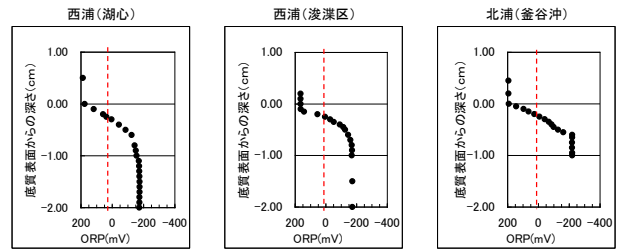


図-7 底泥中の ORP 鉛直分布（夏季）

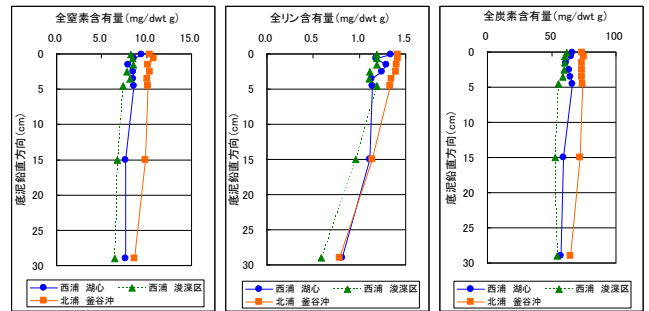


図-8 底泥中の全リン、全窒素、全炭素含有量（夏季）

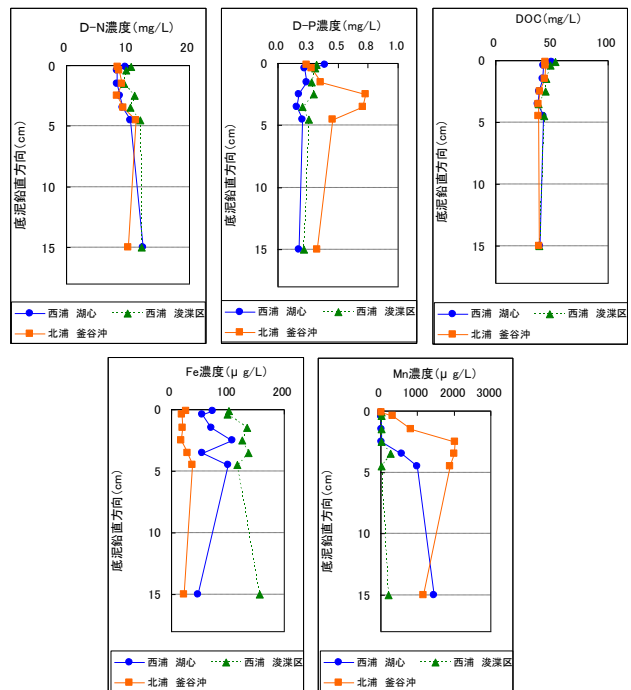


図-9 底泥間隙水における D-N、D-P、DOC と Fe・Mn の濃度

ており、北浦が西浦の2地点よりも高い値を示した。底泥間隙水中の D-P 濃度は、北浦（釜谷沖）の2～5cm までの濃度が西浦（湖心、浚渫区）よりも顕著に高かった。DOC 濃度は、西浦と北浦ともに差は確認されなかった。Fe 濃度は、西浦（浚渫区）が最も高く、北浦は西浦に比べ低かったが、最大濃度は $100 \mu\text{g/L}$ 程度であり、湖水と比べて顕著に高くはなかった。Mn 濃度は、北浦が西浦に比べ高く、底泥表層下数 cm がより高かった。さらにその濃度は、

2,000 $\mu\text{g/L}$ に達し、湖水に比べて非常に高い値であった。なお、西浦の最表層において低い値を示しているのは、北浦よりも還元状態が弱く、Mn の還元反応が生じにくくなっているためと考えられる。この測定により、北浦において栄養塩類・有機物含有量が大きく、還元性が強いために $\text{PO}_4\text{-P}$ や Mn の間隙水中の濃度が高くなっていると底質性状を把握することができた。このため、水温の上昇や DO の低下、風浪等による巻き上げにより⁵⁾、栄養塩類等の溶出は北浦において高い可能性が示唆された。

3.3 底泥の酸素消費速度

各地点の層別底泥における攪拌系での DO 濃度の変化 (30°C : 暗室) を図-10 に示す。実験は 2 時間までを行い、0.5 時間目までの平均的酸素消費速度について評価を行った。(図-11)。

表層酸化層における 0.5 時間後の酸素消費速度を水域別に見ると北浦 (釜谷沖) : 2.9 $\text{mgO}_2/(\text{g}\cdot\text{h})$ 、西浦 (湖心) : 3.1 $\text{mgO}_2/(\text{g}\cdot\text{h})$ 、西浦 (浚渫区) : 3.5 $\text{mgO}_2/(\text{g}\cdot\text{h})$ となり、各地点とも近い値を示した。しかしながら、0.2~1cm と 1~2cm の還元層では、北浦 (釜谷沖) > 西浦 (浚渫区) > 西浦 (湖心) であり、北浦に比べると西浦の酸素消費速度が

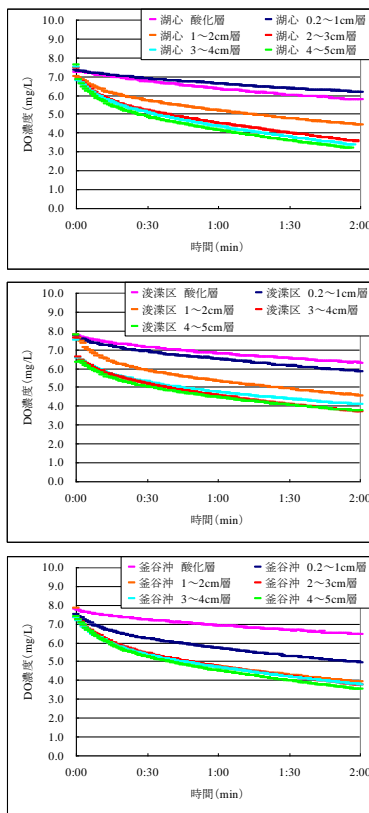


図-10 各地点の層別底泥における DO 濃度の変化

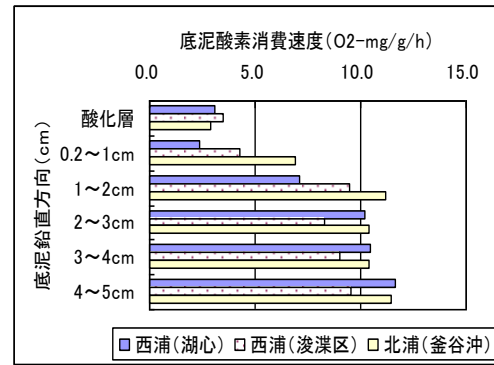


図-11 各層別による底泥の酸素消費速度

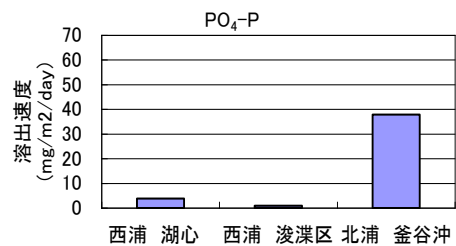
低いことが分かった。時間別にみると、初期の 0.5 時間が最も速く、時間の経過につれ DO の消費速度が低下する傾向を示した。これにより、北浦の 0.2~2cm 深さの底泥は酸素消費能力が高く、底層水の混合状態が弱まった場合には、DO 濃度が低下しやすいことが明らかとなった。

3.4 底泥の栄養塩類と金属類の溶出

夏季の高水温期 (30°C) に採取した底泥からの $\text{PO}_4\text{-P}$ 溶出速度の結果を図-12 に示す。また、底泥からの $\text{PO}_4\text{-P}$ と DOC および溶存態金属類 (Fe, Mn) の溶出挙動を図-13、図-14 に示す。

溶出速度は 0~5 日目にて算出した。 $\text{PO}_4\text{-P}$ の溶出速度は、好気条件において北浦 (釜谷沖) が 37.9 $\text{mg/m}^2/\text{day}$ と最も高く、西浦 (湖心) : 3.8 $\text{mg/m}^2/\text{day}$ および西浦 (浚渫区) : 0.93 $\text{mg/m}^2/\text{day}$

好気での溶出速度 ($\text{mg/m}^2/\text{day}$) 0~5 日目



嫌気での溶出速度 ($\text{mg/m}^2/\text{day}$) 0~5 日目

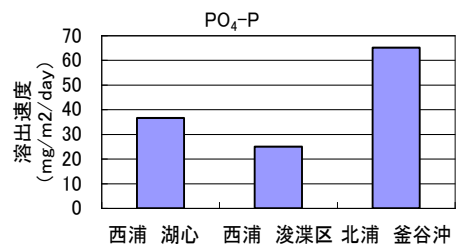


図-12 底泥溶出試験における溶出速度の比較 (好気・嫌気条件)

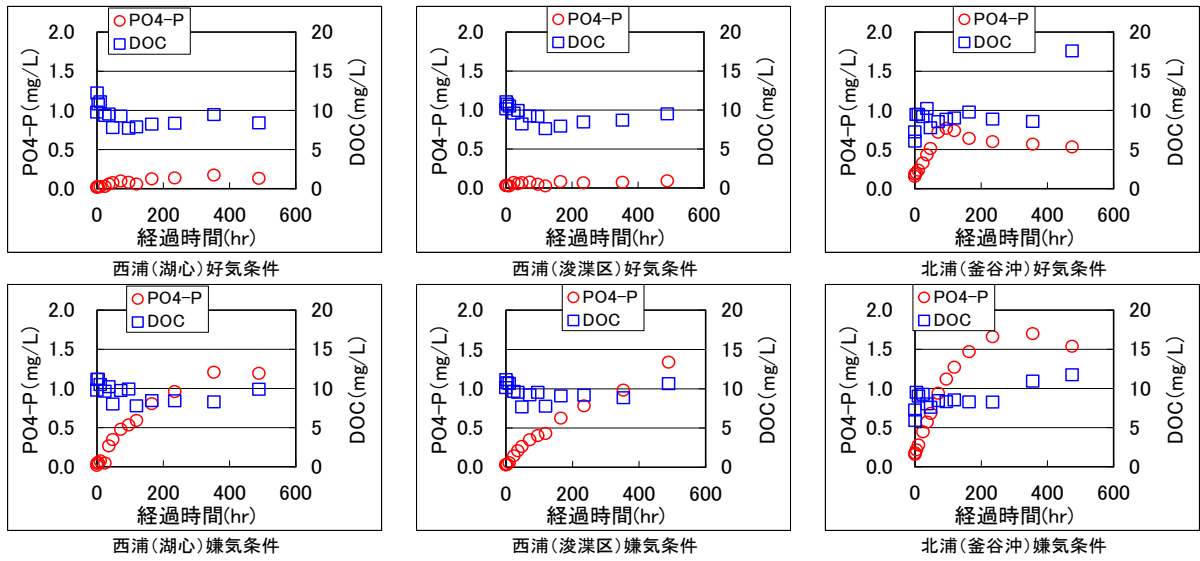


図-1 3 底泥溶出実験における PO₄-P と DOC の溶出挙動

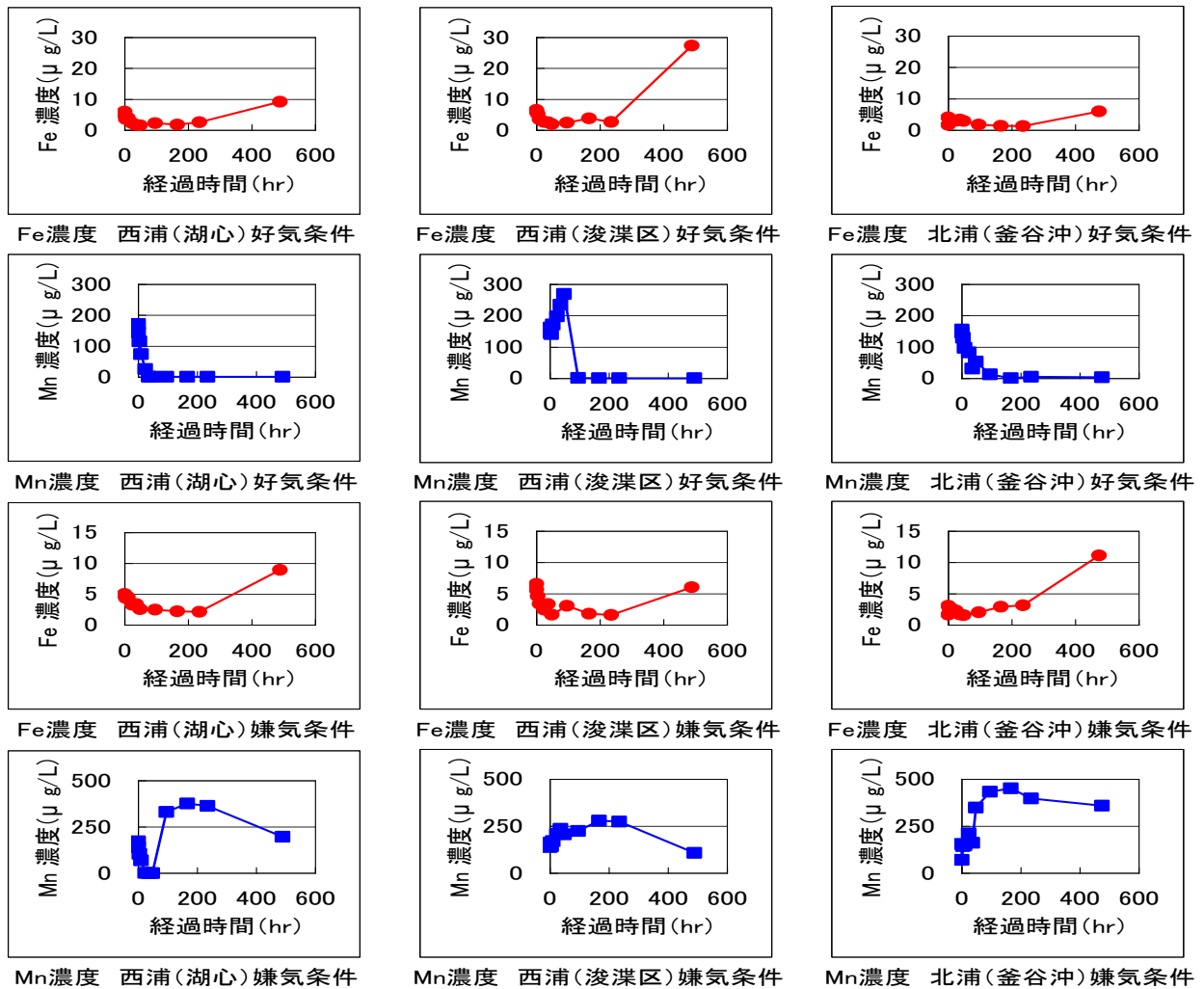


図-1 4 底泥溶出実験における溶存態金属類 (Fe, Mn) の溶出挙動

は低い値を示した。嫌気条件においては、更に北浦（釜谷沖）が 65.1mg/m²/day と高く、次いで西浦（湖心）で 36.6mg/m²/day、西浦（浚渫区）の溶出速度が最も低く 24.9mg/m²/day であり、好気・嫌気条件共に北浦（釜谷沖）>西浦（湖心）>西浦（浚渫区）の傾向を示した。底泥浚渫により底泥表層の分解されやすい有機物を含んだ層が除去された浚渫区は、PO₄-P 溶出において低い傾向を示した。なお、冬季の低水温期（5.5℃）に採取した底泥では、夏季と比較して顕著に溶出が抑えられていた。

底泥中の全リン含有量、間隙水中の PO₄-P 濃度、底泥の酸素消費速度は、西浦に比べ北浦の底質が高く、DO の低下やそれに伴うリン溶出が、北浦において進行しやすいことが分かった。

好気条件においては、Fe・Mn 共に濃度の低下が見られた。これは、酸素条件下において、溶存酸素による金属の酸化反応と凝集沈殿が起こったことが原因と考えられる。なお、西浦（好気）の湖心と浚渫区の Fe 濃度が 489 時間目に高かったのは、長期間の溶出試験中に底泥の還元層からガス泡が突沸し、直上水に影響したものである。一方、嫌気条件においては、Fe と Mn の溶出が確認された。特に北浦（嫌気条件下）の Mn 溶出が非常に大きかった。

底泥表面が DO の存在により酸化され、その状態が維持されると、有機物の酸化や微生物の働きにより金属類の溶出が抑制される一方、DO の低下に伴い、栄養塩類と金属類の水中への溶出が起こりやすくなることが確認された。

3.5 藻類増殖潜在能力

現地藍藻の単離培養株（*Microcystis* sp.）を用いた藻類増殖試験に用いた試験水の各濃度を表-2 に、結果を図-15 に示す。嫌気条件における最大増殖細胞数を示した 15 日目のクロロフィル a の濃度は、

西浦の湖心水で 90 μg/L、浚渫区水で 108 μg/L、北浦の釜谷沖水では 368 μg/L であり、北浦が西浦に比べ 3 倍以上高い値を示した。また、好気条件での溶出水についても、クロロフィル a は同様な傾向を示した。種類の異なる緑藻（*Pseudokirchneriella subcapitata*）を用いた試験結果を図-16 に示す。クロロフィル a 濃度が最も増加した培養液は、藍藻と同様に北浦（釜谷沖）の溶出試験嫌気条件 20 日目終了後の直上水であった。

D-N/D-P 比をレッドフィールド比と比べると、好気条件では P 制限、嫌気条件では N 制限となっていると考えられる。好気条件の浚渫区と北浦を比較すると、D-P 濃度比は北浦/浚渫区=0.54/0.13=4.2 であるのに対し、クロロフィル a 比は北浦/浚渫区= (226-20) / (63-20) =4.8 である。

このため、浚渫区の方が、北浦よりも藍藻類が増殖しにくい水質条件が存在すると思われる。D-Mn は浚渫区で 0.8 μg/L であり、このような低濃度においては、下水処理水を用いた付着藻類増殖実験において、藻類の増殖抑制が見られた⁶⁾ことから、D-Mn 濃度が影響している可能性がある。

嫌気条件では、制限因子と考えられる D-N 濃度にはあまり差が見られないけれども、藻類濃度には大きな違いが見られた。N 濃度レベルからすると、最大クロロフィル a 濃度は、300~500 μg/L 程度になる可能性があると考えられるが、北浦以外は極端にその濃度が抑制されていた。D-Mn 濃度は十分にあることから、制限因子については明確ではない。

しかし、D-Mn の溶出濃度が北浦で大きいことから、底質の還元性は北浦が強いと考えられ、同時に溶出すると想定される有機物等の影響によって好気・嫌気の結果を併せて見ると、還元性の強い北浦において藻類増殖が大きいことから、底質の性状が

表-2 藻類増殖試験水（溶出実験：好気・嫌気条件 20 日目終了後の直上水）

藻類培養試験水		NH ₄ -N mg/L	NO ₂ -N mg/L	NO ₃ -N mg/L	I-N mg/L	D-N mg/L
湖心	好気条件	0.39	0.12	2.93	3.44	4.19
浚渫区		0.40	0.16	4.01	4.57	4.13
釜谷沖		1.17	0.06	2.38	3.61	4.62
湖心	嫌気条件	1.54	1.04	0.59	3.17	3.85
浚渫区		3.02	0.22	0.02	3.26	3.84
釜谷沖		0.72	3.27	0.67	4.65	5.31
		PO ₄ -P mg/L	D-P mg/L	DOC mg/L	D-Fe μg/L	D-Mn μg/L
		0.13	0.18	8.38	9.2	0.6
		0.09	0.13	9.50	27.4	0.8
		0.53	0.54	17.59	6.0	3.9
		1.19	1.25	9.88	9.0	197
		1.34	1.38	10.63	6.0	108
		1.54	1.54	11.72	11.1	359

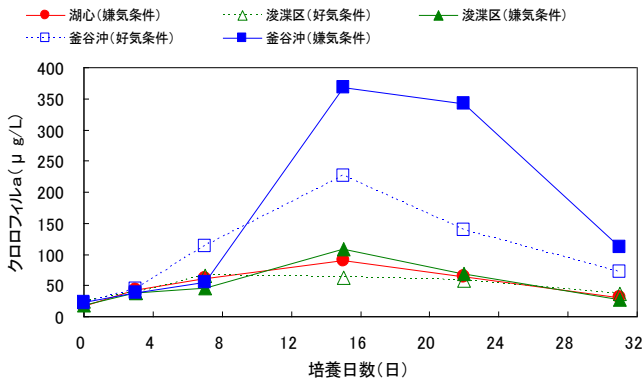


図-15 藻類(藍藻)培養結果

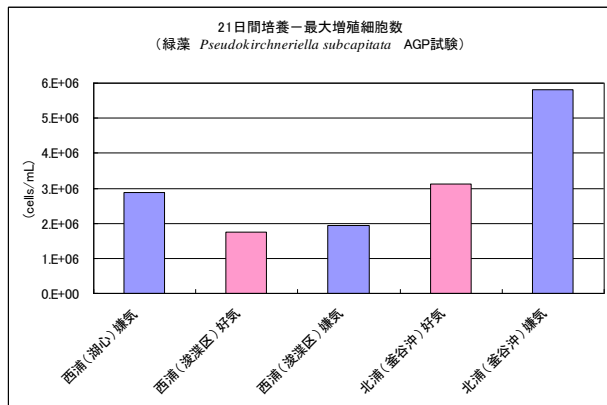


図-16 藻類(緑藻)培養結果

藻類増殖に影響を及ぼしている可能性があるのではないかと考えられる。

3.6 排水及び藻類の酸素消費量測定

都市域の河川水、水田排水及び集積培養した珪藻の酸素消費量を図-17、霞ヶ浦で採取したアオコの酸素消費量を図-18に示す。図-17に示すとおり、都市域の河川水、水田排水の酸素消費量は、5日経過時でほぼ同じであるのに対し、集積培養した珪藻の酸素消費量は、都市域の河川水、水田排水の約3倍であった。これらの酸素消費量は、COD 1 mg/L 当たりで比較すると都市域の河川水(1.6mg/L)、

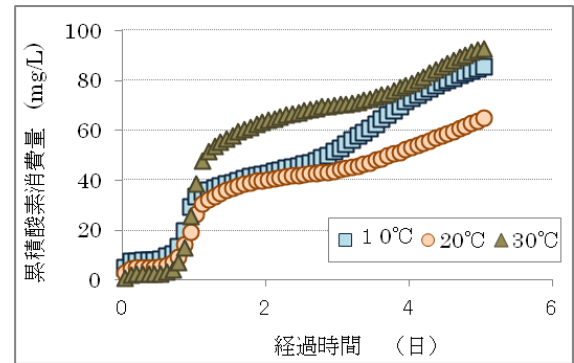


図-18 アオコの酸素消費量

水田排水(1.3mg/L)、珪藻(0.05mg/L)であり、珪藻の酸素消費量は都市域の河川水、水田排水に比べ小さいことが分かった。

また、H23年の夏に霞ヶ浦で異常発生したアオコの5日経過時の酸素消費量は、保存温度による大きな違いは観察されず概ね同じであった。各温度条件下で保存した試料の酸素消費量は、COD 1 mg/L 当たりで比較すると 1.4mg/L(10°C)、1.0mg/L(20°C)、1.5mg/L(30°C)であり、集積培養した珪藻の酸素消費量(0.05mg/L)に比べ大きいことが分かった。

4. まとめ

本研究は霞ヶ浦の底泥の酸素条件と湖水・底泥中のN・P濃度、微量必須元素濃度、および、藻類の増殖特性に着目し検討を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 夏季の高水温期には、北浦においてDO濃度が下層ほど低くなる傾向があり、それに伴い底泥からの栄養塩類と金属類の溶出が増し、湖水に影響している実態の把握が行えた。
- 2) 水質改善事業対策の実施状況の異なる西浦と北浦では、水質だけでなく底質状況も異なった。対策等

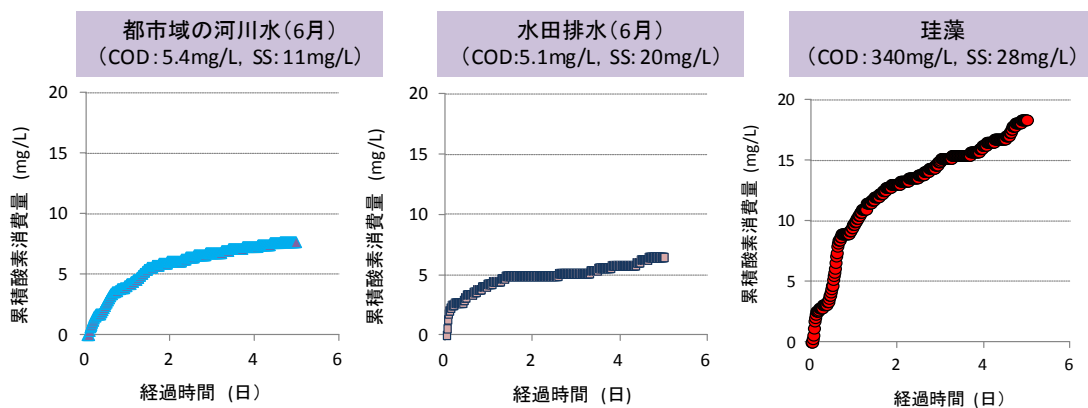


図-17 都市域の河川水、水田排水及び集積培養した珪藻の酸素消費量

が遅れている北浦において、底泥間隙水中の $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度と D-Mn の濃度が大きいとともに、これらの溶出速度も大きかった。また、酸素消費速度も表層近くで大きい値を示した。

以上のように、北浦の底質は還元性が強く、これが水質に影響を及ぼしていると考えられる。

3) 都市域の河川水、水田排水及び集積培養した珪藻の各試料の酸素消費量は、5日経過時の COD 1 mg/L 当たりの酸素消費量と比較すると都市域の河川水 (1.6mg/L)、水田排水(1.3mg/L)、珪藻(0.05mg/L)であり、珪藻の酸素消費量は都市域の河川水、水田排水に比べ小さいことが分かった。

また、H23年の夏に霞ヶ浦で異常発生したアオコを遠心分離により集積した後、10°C、20°C、30°Cの温度条件下で約6ヶ月間保存したものについて酸素消費量を測定した。各温度条件下で保存した試料の酸素消費量は、5日経過時の COD 1 mg/L 当たりの酸素消費量と比較すると 1.4mg/L (10°C)、1.0mg/L (20°C)、1.5mg/L (30°C) であり、集積培養した珪藻の酸素消費量(0.05mg/L)に比べ大きいことが分かった。

参考文献

- 1) 藤永太郎, 宗林由樹, 一色健司 (2005) 海と湖の化学—微量元素で探る—, 京都大学学術出版会, pp.312-332
- 2) Akira Otsuki, Noriko Takamura (1988) Comparison of chlorophyll-a concentrations measured by fluorometric HPLC and spectrophotometric methods in highly eutrophic shallow Lake Kasumigaura, Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie. Verhandlungen IVTLAP Vol. 23, No. 2, pp. 944-951
- 3) 山下尚之, 田中宏明, 宮島潔, 鈴木穰 (2005) マイクロプレートを用いた AGP 試験の検討, 水環境学会誌, Vol.28, No8, pp.493-499
- 4) 小松伸行, 北村立実, 石井裕一, 北澤大輔 (2007) 霞ヶ浦における貧酸素水塊の現地観測, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報 第3号, pp.83-92
- 5) 関智弥, 福島武彦, 今井章雄, 松重一夫 (2006) 霞ヶ浦の濁度上昇と底泥巻き上げ現象, 土木学会論文集 G, Vol.62, No1, pp.122-134
- 6) 岡安祐司, 原田新, 鈴木穰 (2009) 下水の高度処理による付着藻類増殖の抑制, 第43回日本水環境学会年会講演集, pp.359

A STUDY ON THE INFLUENCE AND MEASURE TECHNIQUE OF POLLUTAT LOAD FROM RIVER BASIN WHICH ARE EXERTED ON OXYGEN-POOR CONDITION OF A CLOSED WATER BODIES

Budged: Grants for operating expenses
(General account)

Research Period: FY2009-2012

Research Team: Water Quality Research Team,
Water Environment Research Group

Author: IKEDA, Shigeru
KOMORI, Koya
SHIBAYAMA, Yoshiyuki

Abstract:

The water quality of Tokyo Bay and Ise Bay are in an improvement tendency by pollution load reduction. However, damage, such as extinction of a benthic organism, has arisen by oxygen-poor condition of bottom layer. Moreover, there is a report that oxygen-poor condition of bottom layer is protracted even in Lake Suwa. The effective measure against oxygen-poor condition of bottom layer is difficult. It is necessary to clarify the oxygen consumption mechanism of bottom layer, and the contribution to the oxygen consumption for every source of contamination, and to show an effective measure. The oxygen-consumption-rate examination of bottom sediment of Lake Kasumigaura was done. Elution of the nutritive salts of the high water temperature term of a summer and metal acquired the newest knowledge about the influence which it has on algal growth.

Key words: Interstitial water, elution, oxygen utilization rate, algae growth rate