

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16151

研究課題名(和文)溜池における浮葉植物の大量繁茂による水生植物相の貧弱化メカニズムの解明

研究課題名(英文) Weakening mechanism of aquatic flora due to mass generation of floating-leaved plants on a pond

研究代表者

手塚 公裕 (TEZUKA, Masahiro)

日本大学・工学部・講師

研究者番号：60624575

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：自然豊かな溜池は地域住民の親水域や希少生物の生息場となっている。しかし、浮葉植物の大量繁茂により水面が覆われて光阻害や貧酸素化が生じ、それらに伴って水中に生息する希少な沈水植物が駆逐され、水生植物相が貧弱化する可能性がある。しかし、水生植物相の貧弱化メカニズムは解明されておらず、適切な管理手法も確立されていない。本研究は、水生植物相の貧弱化が課題となっている福島県白河市南湖を対象とした現地観測と室内実験により、浮葉植物の大量繁茂に伴う水生植物相の貧弱化メカニズムの一端(浮葉植物による光の減衰、水生植物による貧酸素化等)を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Mass generation of floating-leaved plants can cause light attenuation and poor oxygenation in a pond. Consequently, rare submerged plants are reduced, and thus, aquatic flora may be weakened. The weakening mechanism of aquatic flora has not been clarified. In this study, field observations and laboratory experiments were conducted on Lake Nanko of Shirakawa City, Fukushima Prefecture, and a part of the mechanism was clarified. The results are as follows: 1) light in water attenuates when the density of the floating-leaved plant is high. Therefore, it is hypothesized that the growth of the submerged plant is obstructed by the mass generation of the floating-leaved plants; 2) wind-induced flow attenuates when the density of the floating-leaved plant is high. The effect of this phenomenon on dissolved oxygen was not confirmed; and 3) the bottom layer of summer was poor oxygen water. The cause was breath and rot of the hydrophyte.

研究分野：水環境工学

キーワード：溜池 浮葉植物 光阻害 溶存酸素 貧酸素化 吹送流 生物多様性 水生植物相の貧弱化

1. 研究開始当初の背景

溜池は市街地に点在する貴重な水辺空間であり、地域住民の親水域や希少生物の生息場となっている。特に、溜池は水生植物にとって重要で、絶滅危惧種の半数(45種)が主な生息場としている。水生植物は、生態系の生産者に位置し、他の動物群集の成立や構成に大きく影響する。従って、「生物多様性国家戦略 2012-2020(2012年閣議決定)」の目指す生物多様性に支えられた自然共生社会を実現するためには、我が国に21万箇所(1997年)点在する溜池を適切に管理し、多様な水生植物相を保全することが極めて重要である。

このような背景のもと、申請者らの研究室では10年程前より福島県白河市南湖(以下、南湖とする)における水生植物の多様性を保全するために、水生植物の水質浄化機能のモデル化や希少種の保全方法についての検討を進めている。南湖は、1801年に白河藩主松平定信が「灌漑」、「藩土の水練」および「日本で初めて四民(土農工商)に解放された公園」を目的に造成した溜池である。現在は国指定の史跡名勝や溜池百選に選定され、白河市の主要な観光資源となっているが、浮葉植物ヒシの大量繁茂により景観悪化が問題となっている。また、環境省絶滅危惧B類の沈水植物イトバラモや福島県絶滅危惧類の沈水植物イバラモ等の多様な在来種が生息していたが、ヒシ群落の拡大に伴って減少し、希少種や景観の保全が喫緊の課題となっている。

これまでの研究成果により、南湖において水生植物相の貧弱化(特に、希少な沈水植物の減少)が進む原因は、富栄養化に伴う浮葉植物ヒシの大量繁茂と推測されるが、その現象解明には至っていない。浮葉植物の大量繁茂が水生植物相の貧弱化をもたらすメカニズムには、直接的・間接的に影響する現象が想定される。直接的に影響する現象には、「光の遮断による沈水植物の生育阻害」がある。間接的に影響する現象には、「大気から水への酸素供給の阻害」、「呼吸による酸素消費」、「枯死後の好気分解による酸素消費」がある。酸素の供給阻害と消費が増大することで貧酸素化が進み、貧酸素化による底泥からの栄養塩溶出量の増加が結果として浮葉植物の好む富栄養化した環境を生み、沈水植物の減少に繋がると推測される。

既往の研究では、浮葉植物群落の光阻害が植物プランクトンの増殖を抑える影響について被覆率を用いて検討した事例はあるが、光量子の減衰や光条件が沈水植物の生息に及ぼす影響は検討されていない。また、アメリカのハドソン川河口や諏訪湖では、ヒシ等の浮葉植物が貧酸素化を招くことが報告されているが、水質観測のみによる研究であり、流動による大気と水の酸素交換、水生植物の呼吸や枯死後の好気分解による酸素消費の影響は検討されていない。申請者らは、南湖

の現地調査により、浮葉植物(ヒシ)群落と沈水植物群落では光量子と溶存酸素(DO)の鉛直分布が異なることや、湖表層の流速が大きくなると大気と水の酸素交換が活発になる傾向を捉えている。しかし、浮葉植物の被覆率が光量子の減衰に及ぼす影響や吹送流が深層のDOに及ぼす影響等の把握には至っていない。

2. 研究の目的

本研究では、現地観測と室内実験により、浮葉植物の大量繁茂に伴う水生植物相の貧弱化メカニズム(特に水中の光と酸素に及ぼす影響)を明らかにし、今後の水生植物の管理手法の開発、ひいては溜池における生物多様性の保全に寄与する。

3. 研究の方法

本研究で検討した現象は、(1)浮葉植物による光阻害、(2)浮葉植物による大気から水への酸素供給の阻害、(3)水生植物の光合成・呼吸による酸素生成・消費、(4)水生植物の枯死後の好気分解による酸素消費である。これらの現象解明を進めることで、浮葉植物が水生植物相(特に希少な沈水植物)の貧弱化に及ぼす影響を検討した。各項目の研究方法は下記の通りである。

(1) 浮葉植物による光阻害

水生植物密度調査と光量子束密度の鉛直分布観測から、浮葉植物による光阻害について検討した。

水生植物密度調査

水生植物密度調査は、平成27年の7月~11月、平成28年6月~11月において約2週間に1回の頻度で計28回行った。湖内に設置した地点1~10(図-1)に木枠(1m×1m)を浮かべ、内側の水生植物全てをレーキで採取した。地点毎に採取した水生植物を、日本水草図鑑を用いて種類別に分類した。それらの湿潤重量、乾燥重量を測定し、乾燥重量の水生植物密度(単位:gDW/m²)を算出した。

光量子束密度の鉛直分布観測

水中における光量子束密度の鉛直分布観測は、浮葉植物密度調査と同一日、同一地点で行った。光量子計(DEFI-2L, JFEアドバンテック)と深度計(DEFI-D10, JFEアドバンテック)を合わせて水面から沈め、深さ約10cm間隔の水中光量子束密度を観測した。また雲の動きによる空中の光の変化を考慮するため、空中光量子束密度を同時に測定した。これらの観測は同一地点で5回行い、その中で空中光量子束密度の変動がないデータを解析に採用した。

水中における光量子束密度の減衰を評価するため、水面の光量子束密度を100%として水中の各観測水深における光量子束密度の割合を算出し、光量子百分率とした。さらに、水中の光の減衰を定量化するため Lambert-Beer の式(1)を用いて光量子減衰係

数 K を求めた。

$$I_z = I_0 e^{-Kz} \quad (1)$$

I_z は水深 z m における光量子束密度, I_0 は水深 0 m における光量子束密度とし, K を光量子減衰係数とした。 K は光が減衰の度合いを定量化したもので, K が大きいほど光の減衰が大きいことを示す。

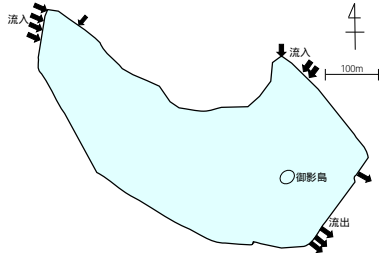


図-1 調査地点

(2) 浮葉植物による大気から水への酸素供給の阻害

浮葉植物密度と光量子束密度の調査, DO の長期連続観測から, 浮葉植物による吹送流の抑制で生じる大気から水への酸素供給の阻害について検討した。

水生植物密度調査

「(1) 浮葉植物による光阻害」と同様の方法で実施した。

流向流速・DO の長期連続観測

流向流速と DO の長期連続観測は, 平成 27 年の 7 月~11 月では地点 3, 7, 平成 28 年 6 月~11 月では地点 3, 10 で行った。水面から 30cm 下に電磁流速計(AEM-HR, アレック電子)と蛍光式小型メモリーDO 計 (miniDOT, 環境システム) を設置し, 1 時間毎に流向流速と DO 飽和度を観測した。水位が変動しても水面から一定の深さに流速計を保てるように浮きとアンカーを用いて設置した。また, データロガー付水位計 (DL/N, 光進電気工業) を御影島西側 (図-1) に設置し, 1 時間毎の水位を観測した。風速, 降水量は, 南湖から 1.2km 北にある白河気象観測所 (気象庁) の 1 時間毎のデータを用いた。

(3) 水生植物の光合成・呼吸による酸素生成・消費

DO の長期連続観測, 水質の鉛直分布観測, 水生植物密度調査および水生植物の培養実験から, 水生植物の光合成・呼吸による酸素生成・消費について検討した。

溶存酸素の長期連続観測

DO の長期連続観測は, 平成 27 年 6 月~11 月, 平成 28 年 6 月~11 月に行った。平成 27 年は地点 3, 7, 平成 28 年は地点 3, 10 を対象とし, 上層 (水面から 30cm 下) と下層 (水底から 30cm 上) に, 蛍光式小型メモリーDO 計 (miniDOT, 環境システム) を設置し, 1 時間毎の水温, DO 飽和度を観測した。上層では浮葉植物, 下層では沈水植物の影響を受けるものと考えて設定した。既往の調査により, 地点 3 では浮葉植物が多く, 地点 7 では沈水植物が多かったため, 平成 27 年ではこれらの地点を選定した。しかし, 平成 27 年

では地点 7 の沈水植物が少なかった。そこで, 平成 28 年では平成 27 年に沈水植物が多かった水域に地点 10 を追加した。

水質の鉛直分布観測

水質の鉛直分布観測は, 「(1) 浮葉植物による光阻害 水生植物密度調査」と同一日に同一地点で行った。総合水質計 (AAQ-RINKO, JFE アドバンテック) により DO, 水温, Chl-a 等の鉛直分布を観測し, 長期連続観測と同一水深 (上層, 下層) におけるデータを抽出して用いた。

水生植物密度調査

「(1) 浮葉植物による光阻害」と同様の方法で実施した。

水生植物の培養実験

培養実験は水生植物の光合成と呼吸による DO の変動を把握するために行った (表-1)。

平成 28 年 9 月上旬に, 南湖の代表的な浮葉植物であるヒシ, オヒルムシロと沈水植物のイバラモ, クロモを採取し, 4L の湖水と共に生きた状態で 4.3L 容量の円筒に入れた。実験に用いた湖水は水生植物の光合成・呼吸の変動のみを把握するため, 植物プランクトン等の SS を孔径 $1\mu\text{m}$ のガラス繊維ろ紙でろ過した。また, 初期条件としてエアレーションにより DO 飽和度を 100% とした。温度条件は南湖における水生植物の増殖が盛んな夏季を想定し 30 とした。光条件は明条件, 暗条件, 明暗条件, 暗明条件の 4 条件で行った。

南湖水面上の 8 月の晴天時の光量子束密度の最大値は約 $280\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 曇天時の最小値は約 $88\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 雨天時の最小値が $46\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 本実験の明条件時の光量子束密度は $68\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ であった。

明条件・暗条件は 0, 1, 3, 6, 12, 24 時間後, 明暗条件・暗明条件は 0, 1, 3, 6, 12, 15, 18, 24 時間後に水質を測定した。ただし, 12 時間後は明暗条件を入れ替えた。DO の測定は蛍光式 DO 計 (Monoline Oxi 3310, WTW 社), pH, ORP, 電気導電率の測定はポータブル型 pH, ORP, 電気導電率メータ (D-74, HORIBA) を用いた。既往研究では各実験槽に投入した水生植物の湿潤重量が均一ではなく, その差が水質に及ぼす影響が懸念されたため, 本実験では全実験で湿潤重量を 10g に統一した。

表-1 実験方法

	培養実験	枯死分解実験
福島県白河市南湖		
光条件	明条件 ($68\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 暗条件 明暗条件 暗明条件	暗条件
実験試料	(1) 生きた浮葉植物 (2) 生きた沈水植物 (3) ろ過した湖水	(1) 枯死した浮葉植物 (2) 枯死した沈水植物 (3) 蒸留水
重量	10g (湿潤)	0.1g (乾燥)
測定時期	明条件・暗条件 : 0, 1, 3, 6, 12, 24 時間後 明暗条件・暗明条件 : 0, 3, 6, 12, 15, 18, 24 時間後 (実験開始後から 24 時間後に条件を変更)	0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 60, 90 日
温度条件	30	20
開放条件	開放	密閉 (流動パラフィン)
分析項目	DO, pH, ORP, 電気伝導率	DO, pH, ORP, 電気伝導率, COD, T-N, T-P

(4) 水生植物の枯死後の好気分解による酸素消費

DOの長期連続観測、水質の鉛直分布観測、水生植物密度調査および水生植物の枯死分解実験から、水生植物の枯死後の好気分解による酸素消費について検討した。

溶存酸素の長期連続観測

「(3) 水生植物の光合成・呼吸による酸素生成・消費」と同様の方法で実施した。

水質の鉛直分布観測

「(3) 水生植物の光合成・呼吸による酸素生成・消費」と同様の方法で実施した。

水生植物密度調査

「(1) 浮葉植物による光阻害」と同様の方法で実施した。

水生植物の枯死分解実験

枯死分解実験は水生植物の枯死分解によるDO消費と栄養塩の変動を把握するために行った(表-1)。平成28年10月上旬に南湖でヒシ、オヒルムシロ、イバラモ、クロモを採取した。それらを細かく切断し、乾燥重量0.1gとなるように湿潤状態の試料を分取し、4.2Lガラス瓶に入れた。そこに蒸留水4.0L入れ、実験槽外からの酸素の侵入を防ぐために流動パラフィンを約0.2L(厚さ約3cm)充填し、密閉した。暗条件で静置し、0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 60, 90日後に水質を測定した。初期条件として蒸留水はエアレーションでDO飽和度を100%にした。温度条件は南湖において水生植物が枯死する秋季を想定して20とした。測定項目はDO, pH, ORP, 電気伝導率, T-N, T-P, CODとした。DOの測定は蛍光式DO計(Monoline Oxi 3310, WTW社), pH, ORP, 電気伝導率の測定はポータブル型pH, ORP, 電気伝導率メータ(D-74, HORIBA)を用いた。T-N, T-P, CODの分析は河川水質試験方法(案)に従った。なお、実験に用いる水生植物の乾燥重量は予備実験により定めた。

4. 研究成果

(1) 浮葉植物による光阻害

平成28年の地点3における水生植物密度の経日変化を図-2に示す。調査を開始した6月20日ではヒシがパッチ状に繁茂し、浮葉植物密度は16.1gDW/m²であった。7月11日までは同程度であったが、7月25日には減少し1.6gDW/m²となった。8月8日と8月29日の浮葉植物密度は0.0gDW/m²であった。これは7月19~23日に地点1~3付近で行われたヒシの刈り取りによるものである。しかし、その後、ヒシが増加し、9月13日ではパッチ状に繁茂し、調査期間中の最大値36.7gDW/m²を示した。10月1日以降は枯死し0.0gDW/m²となった。一方、沈水植物は調査期間中、0.0gDW/m²であった。

平成28年の地点3における光量子百分率鉛直分布を図-3に示す。浮葉植物密度が段階的に異なる3日(7月11日, 8月8日, 9月13日)を比較した。浮葉植物密度が高いほど光の減衰が大きくなることが確認された。浮

葉植物の生息していた7月11日と9月13日では水深0.2mで光量子百分率が約20%まで減少し、0.2m以深ではほぼ光が届かない状態であった。

光の減衰と光量子減衰係数Kの関係を図-4に示す。水深0.2mの光量子百分率は、K=1で54.9%, K=5で34.8となる。また、Kが10を超えると0.4m以深から光量子百分率がほぼ0%となる。

浮葉植物密度と光量子減衰係数の相関(沈水植物0gDW/m²)を図-5に示す。浮葉植物密度が10gDW/m²(ヒシがパッチ状に繁茂した程度)を超えるとKが10を大きく超え、水中の光は大きく減衰する。

南湖の水深は平均0.8m程、南湖に生息する沈水植物の全長は最大で0.5m程あることから、沈水植物が生息するためには最低でも深さ0.3mまで光が届いていなければならないと考えられる。これらのことから、浮葉植物が生息しKが10を超えると、0.3m以深の光は水面の5%以下となり、沈水植物の生育が阻害されると推測される。

一方、浮葉植物密度が0gDW/m²の場合にKは3~8の範囲で分布したことから、濁り等の影響でKが変化する可能性が示唆された。今後は濁りが光の減衰に及ぼす影響について検討する必要がある。

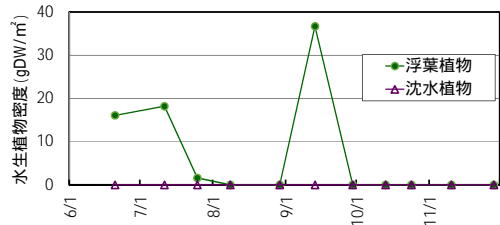


図-2 地点3の水生植物密度の経日変化

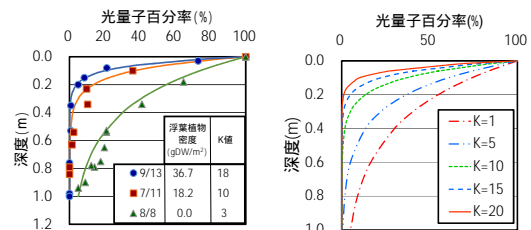


図-3 地点3の光の鉛直分布 図-4 光減衰とKの関係

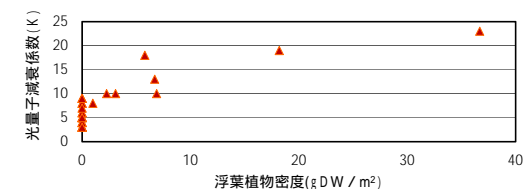


図-5 浮葉植物密度と光量子減衰係数の相関 (沈水植物0gDW/m²)

(2) 浮葉植物による大気から水への酸素供給の阻害

平成28年9, 10月の地点3における流速とDOの長期連続観測結果を図-6に示す。平成28年の地点3では、9月は浮葉植物が生息しており、10月は生息していなかった。9,

10月で共に風速が12m/sを超えた日の流速を比較すると、浮葉植物の生息していた9月では流速が1cm/s程度であったが、生息していなかった10月では流速が10cm/s程度となっていた。このことから、浮葉植物が吹送流を減衰するものと考えられる。一方、浮葉植物による吹送流の減衰がDOに及ぼす影響は確認できなかった。

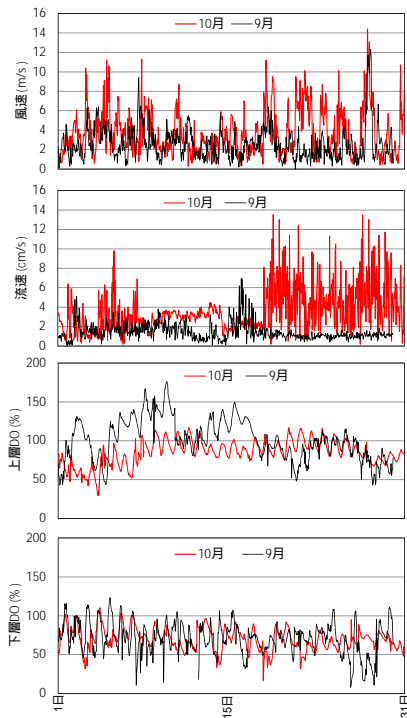


図-6 流速とDOの長期連続観測結果

(3) 水生植物の光合成・呼吸による酸素生成・消費

平成27年と平成28年における南湖の気象、水文、水質、水生植物及びDO飽和度の経時変化を図-7に示す。平成27年と平成28年の各調査地点では、浮葉植物はヒシ、ホソバミズヒキモ、沈水植物はイバラモ、クロモ、コカナダモ、オヒルムシロが主に分布していた。地点3では、平成27年、平成28年で共に浮葉植物が主に生息していた。平成27年7月上旬では浮葉植物密度が最も高く、約180gDW/m²であった。平成27年の地点7では、地点3よりも沈水植物が多く生息した。沈水植物密度は8月上旬から増加し、9月上旬で1度目のピーク(6.6gDW/m²)に達し、9月下旬まで減少し、その後、増加に転じ、10月下旬に2度目のピーク(15.1gDW/m²)に達した。平成27年の地点7では、地点3よりも浮葉植物が少なかった。

平成27年、平成28年では7月上旬から10月上旬の期間(図中A)において、全地点の上下層で大きなDO飽和度の変動がみられた。平成28年の地点10上層では、最大で約230%、最小で約1%となった。日中のDO上昇は水生植物の光合成、夜間のDO低下は水生植物の呼吸に起因すると考えられる。

平成28年の8月中旬から10月上旬の期間

(図中B)における地点10下層では、DO飽和度が0%近くで推移しており、貧酸素化が進んでいた。地点10では地点3よりも沈水植物が多く生息しており、沈水植物による呼吸や枯死した際のDO消費の影響が懸念される。しかし、平成27年の地点7において同程度の沈水植物密度であったが、平成28年ほどの貧酸素化はみられなかった。これは沈水植物密度のピークや枯死した時期が異なることに起因していると考えられる。

平成27年、平成28年では10月上旬から11月下旬の期間(図中C)において、全地点の上層でDO飽和度が70~100%の間で変動し、地点間の差が小さくなった。南湖において大部分の水生植物が枯死した時期と概ね一致しており、水生植物による光合成や呼吸による影響がなくなったものと考えられる。また、この期間では上層においてもDO飽和度が100%よりも低い値で推移していたことから、枯死した水生植物によるDO消費が生じていた可能性がある。一方、上層と下層のDO飽和度の差が小さくなっていった。これは秋季になり水温成層が消滅し、鉛直混合が生じていたものと推測される。

培養実験におけるDO飽和度の経時変化を図-8に示す。明条件では全ての水生植物でDO飽和度が増加し、24時間後では、クロモが135%、イバラモが131%、オヒルムシロが127%、ヒシが115%となった。暗条件では全ての水生植物でDO飽和度が減少し、ヒシが26%、オヒルム

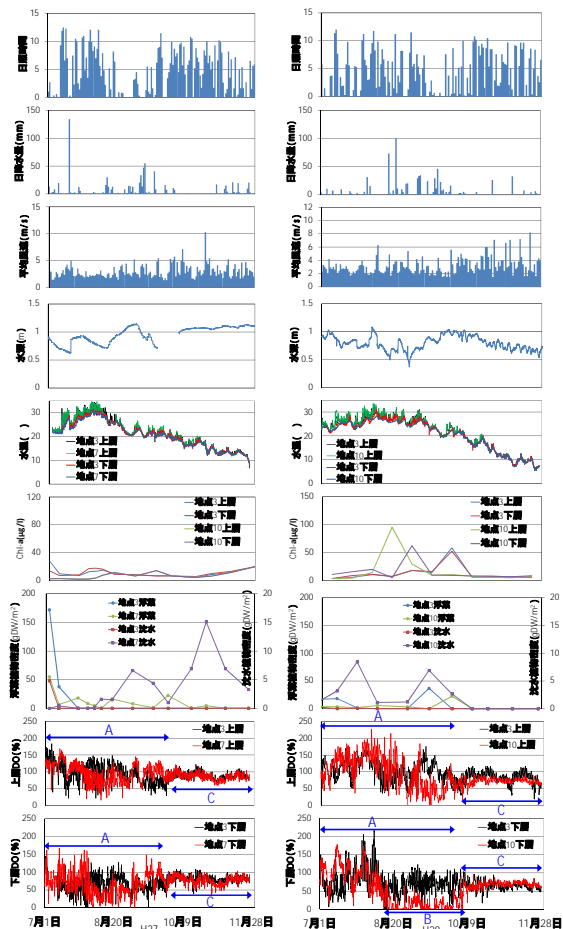


図-7 気象、水文、水生植物及びDO飽和度の経時変化

シロが 31%, クロモが 62%, イバラモが 63%となった。明条件時における DO 増加は水生植物による光合成, 暗条件時における DO 減少は呼吸によるものと考えられる。また, 明条件における DO 増加は浮葉植物よりも沈水植物, 暗条件における DO 減少は沈水植物よりも浮葉植物で卓越した。このことから, 沈水植物が減少し浮葉植物が増殖した場合, 水域の DO が減少する可能性が示唆された。明暗条件, 暗明条件では全ての水生植物で明条件時に DO が増加し, 暗条件時に減少した。ただし, 24 時間後の DO 飽和度を比較すると, 明暗条件では 100% 以下, 暗明条件では 100% 以上と相違が見られた。よって, 光条件の履歴が水生植物による光合成や呼吸に影響する可能性がある。

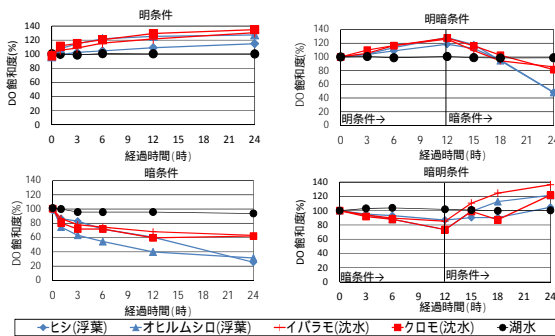


図-8 培養実験における DO 飽和度の経時変化

(4) 水生植物の枯死後の好気分解による酸素消費

枯死分解実験における DO 飽和度の経時変化を図-9 に示す。枯死分解に伴い全ての水生植物で DO 飽和度が減少し, 90 日後にはクロモが 4.2%, 他はほぼ 0% に達した。10 日後の DO 飽和度は, ヒシ(葉)が 43%, オヒルムシロが 59%, イバラモが 52%, クロモが 68% であり, DO の減少速度は種類による差が見られ, クロモが最も小さかった。

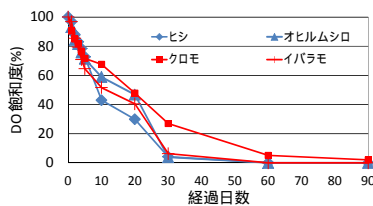


図-9 枯死分解実験の DO 飽和度の経時変化

枯死分解実験における COD, T-N, T-P 濃度の経時変化を図-10 に示す。枯死分解に伴い全ての水生植物で COD, T-N, T-P 濃度が増加したが, 種類による差がみられた。90 日後の COD 濃度は, ヒシとイバラモが 36~38mg/L 程度と高く, クロモとオヒルムシロが約 22mg/L と低い値を示した。90 日後の T-N 濃度は, イバラモが 7.6mg/L と高く, ヒシとオヒルムシロが約 6mg/L, クロモが 5.0mg/L であった。90 日後の T-P 濃度は, イバラモが 0.48mg/L と高く, ヒシとオヒルムシロが約 0.3mg/L, クロモが 0.19 mg/L であった。90 日後では COD, T-N, T-P 濃度の全てでイバラモが高い値, クロモが低い値を示した。

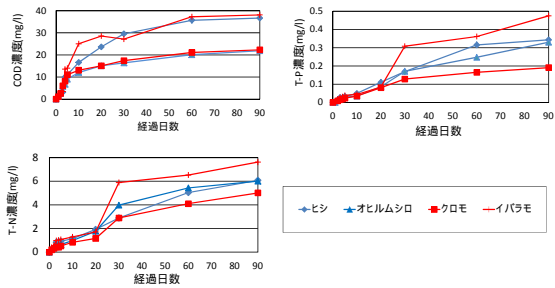


図-10 枯死分解実験における COD, T-N, T-P の経時変化

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 8 件)

山田夏希, 手塚公裕, 溶存酸素と栄養塩の変動に及ぼす水生植物の影響に関する実験, 平成 28 年度 土木学会東北支部技術研究発表会, 平成 29 年 3 月 4 日, 東北工業大学(宮城県仙台市)

渡辺凱生, 手塚公裕, 南湖の現地観測に基づく光の減衰に及ぼす浮葉植物の影響に関する解析, 平成 28 年度 土木学会東北支部技術研究発表会, 平成 29 年 3 月 4 日, 東北工業大学(宮城県仙台市)

横山顕仁, 手塚公裕, 南湖における浮葉植物ヒシの刈り取りが水質に及ぼす影響に関する検討, 平成 28 年度 土木学会東北支部技術研究発表会, 平成 29 年 3 月 4 日, 東北工業大学(宮城県仙台市)

松澤陽太, 手塚公裕, 南湖の現地観測に基づく溶存酸素に及ぼす水生植物の影響に関する検討, 平成 28 年度 土木学会東北支部技術研究発表会, 平成 29 年 3 月 4 日, 東北工業大学(宮城県仙台市)

高橋智史, 手塚公裕, 南湖における流入・流出汚濁負荷特性の調査, 平成 29 年 3 月 4 日, 東北工業大学(宮城県仙台市)

藤田陽, 手塚公裕, 水生植物の消長に伴う溶存酸素の変動に関する室内実験による検討, 平成 27 年度 土木学会東北支部技術研究発表会, 平成 28 年 3 月 5 日, 岩手大学(岩手県盛岡市)

椎名陸, 手塚公裕, 南湖における水生植物の消長が溶存酸素の季節変動に及ぼす影響に関する調査研究, 平成 27 年度 土木学会東北支部技術研究発表会, 平成 28 年 3 月 5 日, 岩手大学(岩手県盛岡市)

若倉翔平, 手塚公裕, 福島県白河市南湖における水生植物が吹送流と光の減衰に及ぼす影響, 平成 27 年度 土木学会東北支部技術研究発表会, 平成 28 年 3 月 5 日, 岩手大学(岩手県盛岡市)

6. 研究組織

研究代表者

手塚 公裕 (TEZUKA, Masahiro)

日本大学・工学部・講師

研究者番号: 60624575