

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：11201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26850151

研究課題名(和文)水生植物の繁茂する閉鎖性水域における流動 - 水質予測モデルの構築

研究課題名(英文)Field Observation for Construction of Water Quality Prediction Model in Closed Waters with Aquatic Plants

研究代表者

濱上 邦彦 (Hamagami, Kunihiko)

岩手大学・農学部・准教授

研究者番号：20571699

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、閉鎖性水域における水生植物を用いた水質浄化法において、適切な水生植物の管理手法を確立するための基礎的データとなる実水域における水質挙動を現地観測を基に検討した。その結果、DOの測定結果に関しては植生の繁茂によって日中の光合成によりDO量増加が抑制されること、またその抑制効果は植生の密度が増加すると大きくなることがわかった。そして日射の無い夜間では植生部と水面部で値がほぼ同程度になることから、日サイクルの流体交換が行われていることが示唆された。また、水生植物の繁茂率と水質項目との関係を検討した結果、水質濃度は植生繁茂率と負の相関を持つことがわかった。

研究成果の概要(英文)：Water quality purification by use of an aquatic plant is proposed in a closed water body. In this study, a field observation was conducted in order to consider the effects of the abundance of aquatic plants on the water quality and water flow in a small water body, such as an agricultural pond. As the results, the following results were obtained:

(1) The measuring of the luminance showed that solar radiation was blocked significantly due to the abundance of vegetation. This effect increased with the increase of the vegetation abundant density. (2) There is a negative correlation between nutrients and the rate of vegetation abundance. (3) Although the nutrients decreased due to the absorption and adsorption from the vegetation during the flowering period in the summer, these nutrients increased in reversal due to the elution from the bottom of the water body after the vegetation decayed in the winter.

研究分野：農業工学

キーワード：閉鎖性水域 水生植物 溶存酸素 熱対流 水中照度

1. 研究開始当初の背景

近年、生活雑排水などでの水質汚濁が顕在化している。それは大都市圏のみならず農村地域の河川や農業用水路、ため池なども例外ではなく現在も有機汚濁が進行している状況である。

農業水利施設における水質改善法として様々な方法が提案されている。例えば、曝気施設による水質浄化や栄養塩類を吸着する水質浄化護岸工法などがあるが、各々の手法において様々な問題や課題を抱えているという現状である。

このような水質改善法のなかで、近年注目されている自然浄化力に着目した方法の一つとして水域に生息する水生植物の繁茂による水質改善法が挙げられる。この方法は植物体に汚濁原因物質である栄養塩類の吸収・吸着されることで水質浄化を行うものであるが、一方で、植生繁茂による流動の駆動力の抑制が起こるなど、その適切な管理手法は確立していない。

水生植物を用いた水質浄化法に関しては、栄養塩類の吸収・吸着という生物化学的側面に着目した研究例はいくつか存在しており、実験用容器で水生植物を生育し実際に窒素・リンに対する吸収・吸着の実験を行っているもの(藤田ら, 2006)や、島根県にある淡水池を対象池として水生植物の生育状況と水質の季節変化を実験したもの(國井秀ら, 1985)などが挙げられる。しかしながら、一方で、水生植物の存在自体が水域の流動の駆動力である風や熱の作用を抑制するという物理的側面とのバランスを考慮したものは皆無であった。

2. 研究の目的

本研究は、上述した物理的現象および生物化学的現象の両者を考慮した閉鎖性水域の流動-水質予測モデルを構築し、具体的な水質の改善・保全手法の策定に資することを目的とした。すなわち、物理的および生物化学的両側面からのアプローチにより、両者がバランスする適切な水生植物の管理手法の確立を目指すものである。

その基礎的データとなる実水域における水質挙動を現地観測を基に検討した。実際の水域において水生植物の繁茂が水域内流動に及ぼす影響を明らかにするために水温分布計測を、また、しばしば問題となる貧酸素水塊の発生要因について検討するために溶存酸素の動態を計測した。これにより、実際の水域における水生植物の繁茂特性を明らかにするとともに、水域内流動および水質変動への影響について検討を行った。さらに、水生植物の繁茂による効果を多面的に評価するために、その景観効果について検討を行った。

3. 研究の方法

今回対象池としたのは岩手大学農学部内

に位置する北水の池である。池水面積は実測値より 960m²、池の貯水容量は 450m³、池に流入している地下水の流量は 33m³/d の小規模な貯水池である。水生植物は主に睡蓮が繁茂していた。

気象項目(日射・気温・雨量・湿度・風速・風向)は気象観測機 HOBO weather station を使用し 1 時間間隔で観測、DO、水温は mniDOT ロガーで 5 地点に設置し 10 分間隔で測定、TOC・TN・TP の水質項目は週に 1 度各地点で採水を行い、それぞれ分析を行った。植生繁茂状況は定点カメラを 3 か所に設置し 1 時間間隔で撮影、照度は照度計 T-10MA を植生直下と水面直下の 2 か所に設置しそれぞれ 2 分間隔で測定を行った。



図1 現地観測対象池(北水の池)

4. 研究成果

(1) DO と水温の地点別の推移

図2に各地点の水温とDOの経時変化を示す。DO値の全体傾向としては植生繁茂の多い夏期に大きく値の変動が起こっている。これは日中の光合成と夜の呼吸による為であるが、繁茂が多いことで植物プランクトンが貧酸素状態となり全体的にDO値は小さくなっている。冬期では植生が枯死し、底泥に堆積しており、DO値は夏期に比べて平均的に高く、その変動幅は小さかった。農業用水の水質基準におけるDO値は約5mg/lであり、夏期においてはそれを大きく下回っていることがわかる。水温については、夏期~初秋にかけて上昇し、冬期に向かって下降している。

地点ごとの傾向としては、DO値に関しては植生繁茂の無い地点4の変動が植生被覆のある他の地点よりも大きく、値も大きいことがわかる。水温に関してはあまり地点ごとの差はこの実測結果からは見受けられなかった。

なお、地点5の測定結果が全月を通して他の地点と違い異常値が続いていたため、検討項目からは除外している。地点5は他の地点に比べ10cmと極めて水深が浅く、そのため水面部と植生部での水循環が激しく、DOの変化はあまり表れなかったのではないかと考えられる。

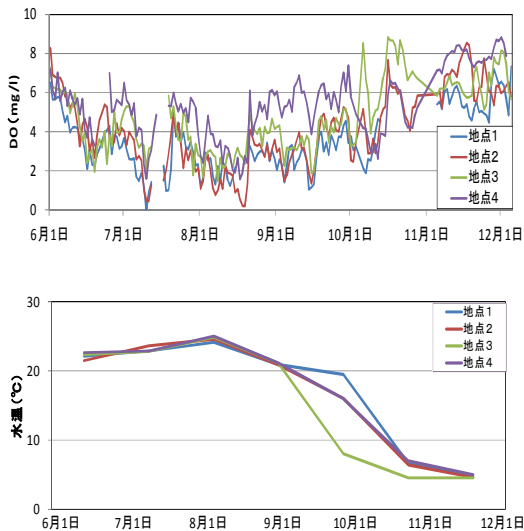


図2 水温とDOの経時変化

(2) DOと水温の日サイクル変化

DO値に関しては夏期の変動が卓越しているため、夏期の1週間分のデータに着目して検討を行った。なお、既往の論文においても、DOが日サイクルの変動が大きく、特に夏期にその傾向が見られることが示されている(森・四ヶ所・平松, 2001)。

検討期間は8月24日～8月31日とし、項目はDOと水温に加え、DOの変動や値に大きな影響を与える日射量の3項目とした。図3に日射量、水温、DOの経時変化を示す。植生被覆のある点を代表して地点3と、植生被覆の無い地点4の2か所での比較を行っている。まず、水温に関しては植生部と水面部であまり差が無く、今回の測定では差異が見受けられなかった。一方、DO値は日射量の日中増加に伴い植生被覆の無い地点4では大きく増加しているのに対し、植生被覆のある地点3ではあまり変化していないことがわかった。

日サイクルの推移から判断しても水温に関しては両地点で大きな差は無く、植生被覆との関係は見受けられなかった。水中日射の差異があることを考えると、両水域間には水温差が生じると予測されるが、本研究で対象とした水域が小規模であったため、両測定地点間において流体交換が起き水温が一様化していることが考えられる。

DOに関しては日中の日射量の変化に対し、植生被覆のある地点3はほとんど変化していないが植生被覆のある地点4では日射量が増加するにつれて徐々に値が増加していくことがわかった。すなわち、地点4では日中において植物プランクトンにより光合成が行われることによるDOの上昇が起きていると考えられる。8月24日～8月31日の機関においては基本的に晴れの日が続いており、日サイクルでのDO値の上昇および下降が繰り返されていることが確認できた。

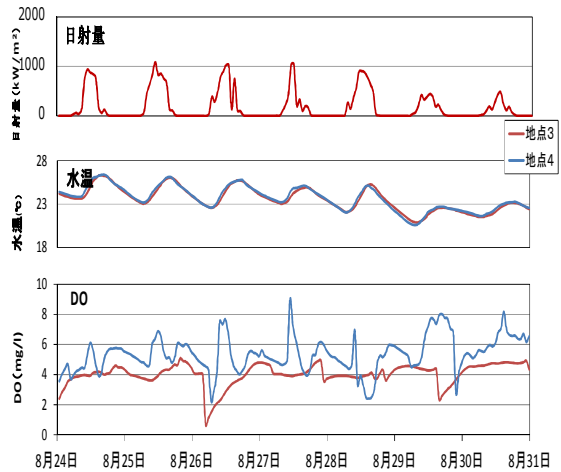


図3 日射量、水温、DOの経時変化

(3) 植生の遮蔽効果

DOの日中変化には植生被覆による日射の遮蔽効果が関係していると考えられる。そこで、水中照度計の測定結果から考察を行った。図4は水面直下の水中照度と植生繁茂直下の水中照度の関係を示している。近似直線の傾きから、日射は植生被覆があることで約98%の遮蔽効果があると判断された。測定を行ったのは10月末と繁茂が減少している期間であったため、繁茂が最盛期を迎える夏期にはほぼ日射は植生により完全に遮蔽されていたと考えられる。

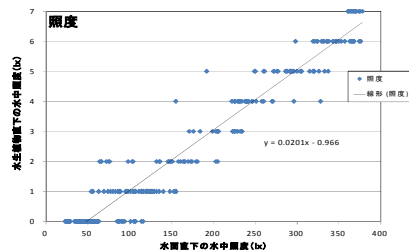


図4 水面直下および植生繁茂直下の水中照度の関係

(4) 植生の密生度

DOの変動は植生の繁茂状況に大きく依存することがわかったため、つぎに、水生植物の繁茂状況の指標として繁茂している区域内の植生の割合を示す密生度を算出した。密生度の算出には定点カメラの写真と各地点の拡大写真を使用して区画法を用いた。この密生度は植生の折り重なりを考慮するため、密生度が200%を超える場合もある。図5に水生植物の密生度の経時変化を示す。図より、密生度は夏期～初秋にかけて最盛期を迎えることがわかり、また初冬にかけてまで8割程度の密生度を保っており、その影響が長く続くことが確認された。なお植生の無い地点4の密生度は0として示している。

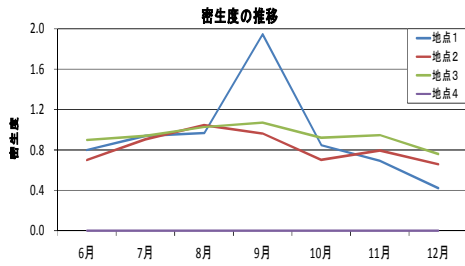


図5 水生植物の密生度の経時変化

(5) DOの増分量の推移

水生植物の繁茂の指標となる密生度がDOの変動に与える影響を考察するため、図6に地点別のDOの増分量の経時変化を示す。なお、DOの増分量に関しては、日サイクルのデータからDO値の最小値および最大値から算出している。植生被覆の無い地点4の変動が他地点に比べて大きいことがわかる。そして植生繁茂が最盛期を迎える夏から初秋にかけてDOの増分量が大きくなることがわかる。以上の結果から、植生の密生度がDOの増分量に大きく影響を及ぼしていることがわかる。

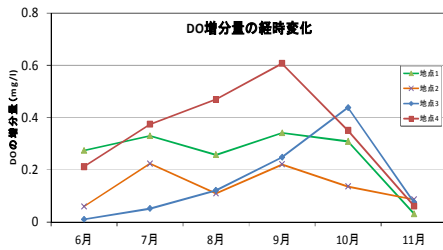


図6 DOの増分量の経時変化

(6) 植生の密生度とDO増分量・日射量の関係

植生の密生度がDOの増分量に及ぼす影響について詳細に検討するために、図7に、DO増分量と日積算日射量の関係について、密生度を3つの領域に区分して整理したものを示す。全体的な傾向として、日積算日射量が増加するとDO増分量が大きくなっている。各密生度領域毎に比較を行うと、密生度が大きくなるほどDO増分量は小さくなることがわかった。この結果から植生の繁茂によってDOの増分量が抑制され、その効果は密生度が大きいほどに増加することがわかった。

今回は小規模なため池を観測対象池としており、植生部および水面部において流体交換が起こっていると考えられ、その結果DO値についてもある程度混合がなされていると考えられるものの、明らかな差異があることが確認された。大規模な水域を考えた場合、繁茂の割合が高い範囲が大きく広い分布に及ぶと考えられるため、より貧酸素状態が起こりやすくなると考えられる。

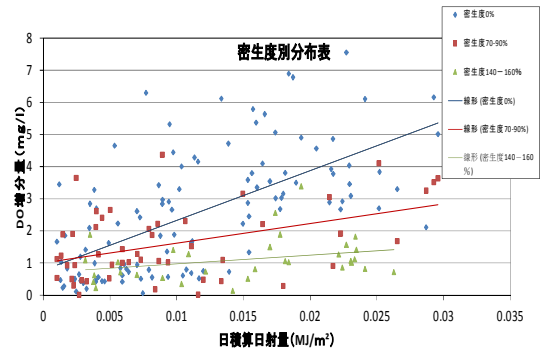


図7 DO増分量と日積算日射量の関係

(7) 栄養塩類と繁茂率の関係

水生植物の繁茂状況と水質項目の関係について検討を行うために、図8に水生植物の繁茂率と、水質項目としてTOC、TN、TPとの関係を示す。全体的な傾向として、TOC、TN、TPともに植生繁茂率と負の相関を持つことがわかる。すなわち、繁茂率が上昇する夏期～初秋にかけて栄養塩類は吸収・吸着されて減少するものの、冬期において繁茂率が下がると栄養塩類は再び上昇することを示している。このことから、富栄養化が問題になるような水域においては冬期に繁茂率が減少した際に植生の刈り取りを行い、系外への排出が重要であるといえる。

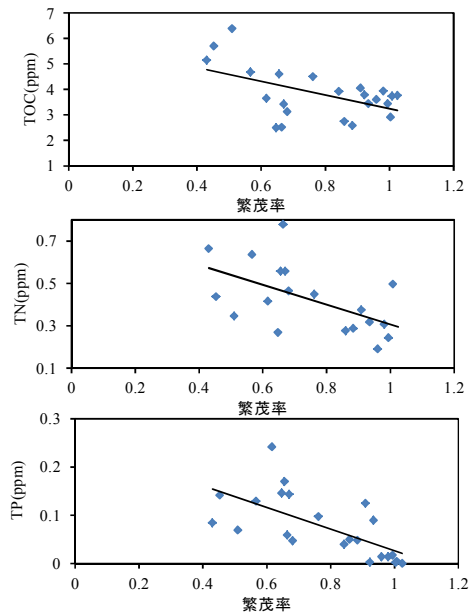


図8 植生繁茂率と水質濃度の関係

(8) まとめ

本研究では、閉鎖性水域における水生植物を用いた水質浄化法において、物理的および生物化学的両側面からのアプローチにより、両者がバランスする適切な水生植物の管理手法を確立するための基礎的データとなる実水域における水質挙動を現地観測を基に検討した。

DOの測定結果に関しては植生の繁茂によ

って日中の光合成により DO 量増加が抑制されること、またその抑制効果は植生の密生度が増加すると大きくなることがわかった。そして日射の無い夜間では植生部と水面部で値がほぼ同程度になることから、日サイクルの流体交換が行われていることが示唆された。

また、水生植物の繁茂率と水質項目との関係を検討した結果、水質濃度は植生繁茂率と負の相関を持つことがわかった。このことにより、繁茂が減少する冬期に枯死した植生を系外に排出することが必要であることが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

①濱上邦彦, 小澤亮介, 菅原立, 三陸河川の流出量と物質負荷量の関係-気仙川および盛川における定期観測に基づく検討-, *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 査読有, Vol.21, No.2, 2016, pp.7-12

②Kozue Yuge, Kunihiko Hamagami, Mitsumasa Anan and Kosuke Hamada, Effect of soil moisture condition and irrigation regime on bioelectric potential of crops at different growth stages *Food, Agriculture and Environment*, 査読有, Vol.13, 2015, Issue 2, 156-161

③濱上邦彦, 三輪式, 可動堰敷上の堆砂フラッシュに関する水理模型実験, *農業農村工学会論文集*, 査読有, No.290, 2014, 67-72

[学会発表] (計 8 件)

①濱上邦彦, 安藤優樹, 村上千映, 成層化したため池における短期水質変動と藍藻の挙動の検討, *農業農村工学会全国大会*, 岡山市, 2015 9/1-3, 522-523, 岡山大学

②弓削こずえ, 濱上邦彦, 阿南光政, 濱田耕佑, 干拓農地における水分および塩分ストレスが作物生育に及ぼす影響評価, *農業農村工学会全国大会*, 岡山市, 2015 9/1-3, 322-323, 岡山大学

③村上千映, 三浦早織, 濱上邦彦, アオコの発生するため池における栄養塩類の増加要因に関する検討, *農業農村工学会全国大会*, 岡山市, 2015 9/1-3, 322-323, 岡山大学

④Kunihiko Hamagami, Effect of Aquatic Plants on Water Qualities in Small Closed Waters, E-proceedings of the 36th IAHR World Congress, 80571:1-62015, 2015 6/28-7/3, Hague

⑤ Kozue Yuge, Kosuke Hamada, Kunihiko Hamagami and Mitsumasa Anan, Evaluation of

the effect of groundwater condition on water and salinity stresses at crop field in Isahaya Central Polder, Japan, E-proceedings of the 37th IAHR World Congress, 80391:1-7, 2015 6/28-7/3, Hague

⑥村上千映, 濱上邦彦, 小規模ため池の水質変動と水生植物の繁茂状況の関する現地調査, *農業農村工学会東北支部第 57 回研究発表会*, 仙台市, 2014 10/3, 150-153, ハーネル仙台

⑦Kunihiko Hamagami, Structure of thermal convection development in a closed water body with aquatic plants, 11th International Conference on Hydrosience & Engineering, ICHE2014, 173:1-5, 2014 9/28-10/2, Hamburg

⑧濱上邦彦, 浅利健也, 可動堰ゲートフラッシュの成否に及ぼすゲート戸溝形状の影響, *農業農村工学会全国大会*, 新潟市, 2014 8/26-29, 発表番号 3-40, 朱鷺メッセ

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

濱上邦彦 (HAMAGAMI Kunihiko)

岩手大学・農学部・准教授

研究者番号: 20571699

(2)研究分担者 なし

(3)連携研究者 なし