

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K00614

研究課題名（和文）淡水湖沼への海水侵入が水質および物質循環に及ぼす影響の検討

研究課題名（英文）Study on the effects of seawater intrusion into freshwater lakes on water quality and nutrient cycling

研究代表者

増田 貴則（MASUDA, Takanori）

鳥取大学・工学研究科・准教授

研究者番号：20293897

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：淡水域に海水が浸入した場合の水質形成、生物量への影響を把握することを目標に研究を行った。淡水に近い汽水湖および感潮河川より底泥を採取し、人工海水を用いて、塩分濃度が海水と同等（等倍）～1/128倍となるように調整し、温度等を変更し海水侵入を模擬した溶出試験の再現試験を行ったところ、pH、溶存酸素濃度等には塩分濃度による差は見られなかったが、塩分濃度が高いほどアンモニア態窒素、リン酸態リンともに溶出量が大きくなるという結果が得られた。模擬実験の結果に基づき数値計算を行った結果、塩分濃度上昇後のプランクトン相の変化と底層の貧酸素化にともなう栄養塩等の物質移行量の増加がみられることが確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究の結果より、海水侵入の初期に底質からの溶出した栄養塩類は、細菌および動物プランクトン相に利用されるものと考えられた。本実験の成果を踏まえて海水侵入後の水質および物質循環を検討することが重要となる可能性が示唆されたと考えている。

気候変動あるいは人為的変化により淡水湖沼に海水が浸入した場合に、生物種に大きな変化が発生するのみならず、物質循環にも大きな影響が発生することが示唆されるものである。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to understand the effects of seawater intrusion into a freshwater body on water quality and biomass. We collected bottom sediment from brackish lakes and tidal rivers close to freshwater, adjusted the salinity to be equal to seawater (equal to or 1/128 times) using artificial seawater, and reproduced the elution test simulating seawater intrusion by changing the temperature, etc. The results showed that there was no difference in pH and dissolved oxygen concentration depending on salinity, but the higher the salinity, the greater the amount of ammonium nitrogen and phosphate phosphorus eluted. Based on the results of the simulated laboratory experiments, numerical calculations showed that there was a change in the plankton community and an increase in the amount of nutrients and other substances transferred due to the anoxic condition of the bottom layer after the salinity increased.

研究分野：環境工学

キーワード：底質 溶出 栄養塩 海水侵入

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

淡水湖沼として管理されていた鳥取県湖山池は平均水深 2.8m の浅い湖沼であるが、池と名のつくもののなかでは日本一の大きさを誇る自然湖沼(海跡湖)である。かつては日本海とつながり汽水湖であったが、洪水防御と農業利水のため昭和 50 年代からは淡水湖として管理運用されてきた。しかし、漁獲量が激減したうえ、アオコや枯死したヒシによる悪臭が問題となったため、住民の間で汽水湖への回復を望む声があがっていた。そこで県はヒシやアオコが消滅する以上の塩分導入を想定した水質シミュレーションを実施し、水質面への悪影響がないとの予測結果をえるとともに利害関係者間の調整を行い、地元合意を得て平成 24 年度より海水導入を実施し高濃度の塩分(CI 濃度で 2000-5000ppm)にて管理を行い始めた。

その結果、海水導入により期待通りヒシ・アオコが消滅したが、水質や生物の種類・量に大きな変化が発生した。平成 23 年度末より定期的に湖水を採水し、細菌数、原生動物数、動植物プランクトン数、細菌種、動植物プランクトン種、水質について調査・分析を行ってきた結果、細菌と動植物プランクトン種が海産種に変化してきたことを確認できたが、それらの現存量に大きな変化は見られなかった。一方で、微小原生動物(2~20 μ m 程度の原生動物)についてはその現存量が大きく増加したことを確認した。他方、海水導入により期待通りにヒシ・アオコが消滅したが、ヨシやガマまでも姿を消してしまい、水質(栄養塩、COD)が変動しながら大きく悪化し、貧酸素水塊の拡大や赤潮発生を招いた。海水導入に始まるこれらの変化は水質や原生動物相を形成する現象に変化を引き起こし、微小生物を通じた食物連鎖や水質の変化を通して水塊全体の物質循環へも影響したと想定される。

2. 研究の目的

これまでの調査により微小原生動物の現存量および水中の栄養塩量が大きく増加したことを明らかにしたが、現場調査のレベルでは、その要因を明らかにするほどのデータ数を得ることが難しいことから、本研究では、淡水湖に海水が浸入した場合の水質形成、生物量への影響因子を把握することを目標に、実験室環境において海水侵入模擬試験を行う。また、開発してきた数値モデル(加藤・増田, 2014, 2016)に上記の室内実験の成果を組み込んだうえで海水侵入後の環境変化(底質境界条件の変化、水生植物の消滅など)を模擬した数値実験を行うことで海水侵入が引き起こす微生物間の相互関係の変化や物質循環、水質形成への影響を定量評価することを目標とする。

3. 研究の方法

(1) 淡水に近い汽水湖沼である鳥取県水尻池より底泥を採取し、海水侵入を模擬した溶出試験を行った。採取した底泥に対し、リン、おおび、窒素の濃度を水尻池の水質濃度に調整した模擬湖水を人工海水を用いて、塩分濃度が海水と同等(等倍)、1/2 倍、1/4 倍、1/8 倍、1/16 倍、1/128 倍(ほぼ水尻池採泥時とほぼ同程度)となるように調整し、20℃、暗所、好氣的環境において海水侵入を模擬した 3 日間の溶出試験を繰り返し行った。人工海水についてはマリンアート SF-1(海洋生物の飼育および試験研究用 富田製薬)を蒸留水に溶解したものをを用いた。

(2) 淡水域に近い感潮河川より採取した底泥を用いて、含有成分の異なる 2 種類の人工海水を用いて、塩分濃度が海水の 60%、40%、20%、10%、0%となるように調整し、20℃、暗所にて、海水侵入を模擬した 2 週間までの溶出再現試験を繰り返し行った。

(3) 開発してきた数値モデル(加藤・増田, 2014, 2016)の条件や構成を組み替えて、鳥取県湖山池および鳥取県東郷池における海水侵入を模擬的に計算するための数値モデルを開発し海水侵入時の水質、植物プランクトン相等の数値計算を行った。

4. 研究成果

(1) pH、D0(溶存酸素)濃度等には塩分濃度による差は見られなかったが、NH₄-N(アンモニア態窒素)、PO₄-P(リン酸態リン)とともに塩分濃度が高いほど溶出量が大きくなるという結果が得られた。特に、海水と等倍濃度に調整した試験区では、他の試験区よりも高い溶出量が確認された。淡水湖沼に海水が浸入する際には、密度差により海水が底層を這うように侵入してくるとともに塩分躍層をつくり長時間底泥と高塩分濃度の海水が接することになることが想定されるため、本実験の成果を踏まえて海水侵入時の水質および物質循環への影響を検討することが重要となる可能性が示唆された。

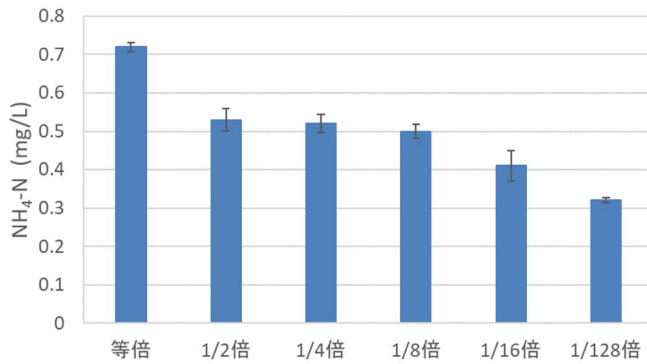


図 NH₄-N 溶出結果(n=3, AVE. ± S.E.)

(2) 室内試験の結果、実験初期(4日目)のPO₄-P(リン酸態リン)濃度においては塩分濃度が高いほど溶出量が大きくなったが、実験後期(14日目)においては塩分濃度が低い方がPO₄-P濃度が高くなるという現象が見られた。初期のPO₄-P濃度の上昇は過年度の実験でもみられた現象であり、それを再現する結果であった。また、暗所条件における実験であることに留意は必要であるが、塩分濃度が高い条件の実験7日目以降において、TOC(有機炭素)濃度、T-N(全窒素)濃度、E260(紫外線吸光度)、DAPI計測による細菌数が他の条件に比べて高い値を示す現象が見られた。

(3) 池内の塩分濃度の上昇、および、それともなう植物プランクトン相の変遷等についてまずまずの精度で再現できるモデルを作成することができた。また、過年度の鳥取県湖山池の植物プランクトン、動物プランクトンの調査データをもとに、海水侵入前後でプランクトン相に大きな変化があったことを整理により明らかにした。

また、本研究において開発し再現精度の確認を行った鳥取県湖山池および鳥取県東郷池における海水侵入を模擬的に計算するための数値モデルを用いて、海水侵入時の水質、植物プランクトン相の数値解析を行った。数値計算の結果、海水侵入後(塩分濃度上昇後)のプランクトン相の変化と底層の貧酸素化にともなう栄養塩等の物質移行量の増加がみられた。

これらの結果から、海水侵入の初期に溶出により濃度上昇したPO₄-Pは、細菌および動物プランクトン相に利用されるものと考えられた。本実験の成果を踏まえて海水侵入時の水質および物質循環への影響を検討することが重要となる可能性が示唆されたと考えている。

<引用文献>

加藤伸悟, 増田貴則*: 微生物食物連鎖を含む概念的食網モデルの構築と細菌が食物網動態におよぼす影響, 土木学会論文集G(環境), Vol.70, No.7, 389-401, 2014

加藤伸悟, 増田貴則: 流域汚濁負荷量と湖水中有機物量の関係についての概念的食網モデルを用いた考察, 水環境学会誌, Vol.39, No.1, pp.1-15, 2016.

増田貴則: 沿岸湖沼への海水流入の影響 - 鳥取県湖山池と東郷池を例に -, 第23回日本水環境学会シンポジウム講演集, p.304, 2020.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 増田貴則
2. 発表標題 沿岸湖沼への海水流入の影響 - 鳥取県湖山池と東郷池を例に -
3. 学会等名 第23回日本水環境学会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaki Miyake, Takanori Masuda, Yugo Takabe, Yoshiko Hoshikawa
2. 発表標題 Comparing Suppression Effect of Bottom Ash, Granulated Coal Fly Ash, and Sea Sand against Nutrient Release from River Sediment
3. 学会等名 WET2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅真生, 増田貴則, 高部祐剛, 星川淑子
2. 発表標題 室内実験によるクリンカアッシュ, 石炭灰造粒物（細粒分）および海砂による底質からの栄養塩溶出抑制効果の比較
3. 学会等名 土木学会中国支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村太郎, 増田貴則, 河崎大志, 高部祐剛, 星川淑子
2. 発表標題 リン吸着剤添加による湖沼底質からのリン溶出抑制の試み
3. 学会等名 第70回土木学会中国支部研究発表会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------