

汽水湖・阿蘇海における水質の空間分布特性と汚濁物質収支の推定

立命館大学 大学院 学生会員 ○柘植 幹哉，笹井 貴央，宮原 亮介
立命館大学 正会員 佐藤 圭輔

1. 研究の背景と目的

閉鎖性汽水湖・阿蘇海では2004年以降、現在に至るまで環境基準（湖沼A/Ⅱ類型）を満たせない状況が続いてきたが、近年は全窒素など一部に改善傾向¹⁾が見られている。主要流入河川（野田川）についても、2008年以降はBODなどで基準値（河川A類型）を十分に達成¹⁾している。しかし、阿蘇海では閉鎖性水域の典型問題である赤潮の発生、ヘドロの堆積、底層の貧酸素化、貝類の異常増殖などが続き、その多くは現在も解決していない²⁾。これらの原因は、強固な塩分成層によると考えられるが、底層（底質）と表層との質的特徴が大きく異なっていることも問題を複雑にしている。そこで本研究では、阿蘇海の現地調査と海水試料の採取により科学的データを取得し、水質空間分布の特徴や季節変動を分析した。また、これらの成果に基づいて本海域の水交換性や汚濁物質収支を試算した。

2. 研究方法：現地調査の概要と分析方法

阿蘇海における水質の調査地点（13地点）を図1に示す。調査は夏季・成層期（2021年8月16日）、冬季・混合期（2022年1月20日）および秋季・混合初期（2022年11月12日）にそれぞれ実施された。各地点における主な作業内容（表1）は、①多項目水質計による水温・水質計測、②電動ポンプによる海水試料の採水である。

多項目水質計は、水深、水温の他、塩分、DO（溶存酸素）などが同時計測できる機器（AAQ-RINKO、JFEアドバンテック）を利用し、0.5m深ごとに測定値を自動記録した。採水には、流量調整が可能な小型電動ポンプ（DIK-

662B-B1+DIK-662B-F2）を利用し、表層から3mごと＋最底層の水深で各2.5Lの海水が採取された。採取された海水試料は、速やかに実験室に運搬され、冷暗所で保管し、各種分析に供された。

水質の分析は、地点・水深ごとの試料に対してそれぞれ行われた。分析項目は、SS（懸濁物質）、TOC（全有機炭素）、TN（全窒素）およびTP（全リン）とした。SSはGFP吸引ろ過法（環境告示第59号）、TOCはハロゲンスクラバー内蔵型の全有機炭素計（TOC-V、島津製作所）、TNはオートアナライザ（QuAAtro2_HR、Bran Luebbe社製）、TPはペルオキシ二硫酸カリウム分解法（下水試験法）にて測定した。底質直上水にはヘドロも一部混入していたため、希釈操作（5倍程度）も行った。

水交換性の分析に向けては、夏季・冬季の塩分鉛直分布を利用し、海水塩分との濃度差で淡水割合を定義した。次に各季節の河川流入量で除すことで交換日数を算定した。物質収支についてはTPを対象に海水中の総量を試算し、底質蓄積量や流入量と比較することで分析した。

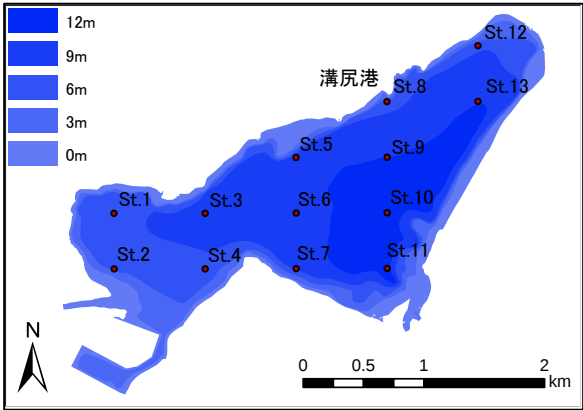


図1 水温・水質の現地計測および海水の採取地点

表1 多項目水質計による測定の実施状況と海水試料の採取個数

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10	St.11	St.12	St.13
水深 (m)	9	6.5	11	7	11.5	12	10	6.5	12	13	13	9	13
多項目水質測定 (△は夏季・冬季調査のみ測定)	○	○	○	○	○	△	○	○	△	△	△	△	△
海水試料数 (個) (秋季調査のサンプル数)	4	4	5	4	5	5	5	4	5	6	6	4	6

キーワード 汽水湖，阿蘇海，水質空間分布，塩分躍層，栄養塩類

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学 びわこくさつキャンパス
トリシア 5F 流域環境情報研究室 TEL077-561-3023

3. 結果1：水温、塩分、DOの空間分布

各季節における水温、塩分およびDOの測定結果を図2に示した。同一季節・同一水深におけるバラツキは、地点間の差異を示す。表層水温の季節差は大きい(約30℃)が、これは気温の年較差(夏季:26.2℃と冬季:3.4℃の差、宮津平年値)や流入水の影響を受けているためと考えられる。対して同一季節における地点差は小さい(<5℃)。一方、表層塩分の地点差は秋季を除いて大きかった。塩分低下の要因は淡水流入が考えられるため、その影響に地点差があることを意味している。秋季・表層塩分の地点差は小さく、濃度水準も高い(27-28PSU)傾向が見られたが、これは降水量が少なかったこと(調査月を含む前半期間で平年値以下、かつ他の季節の半量以下)による影響と考えられた。表層塩分は淡水流入の影響を敏感に受けるが、その水深は3m程度までと考えられ、通年で強固な塩分躍層が形成されていることも確認された。表層DOは、水温や流入水増減の影響を受けて多少の季節差があるものの、飽和に近い水準(7~13mg/L)であった。

中底層の海水は、気温や流入水の影響を受けにくく、水温、塩分およびDOのいずれにおいても、地点間あるいは季節間の差異が小さかった。底層の水温は通年で約15~20℃、塩分は外海水と同じ水準(約29~32PSU)、DOはほぼ無酸素状態(冬期を除く)で安定していた。冬季および秋季の底層塩分が、夏季のそれよりも多少低い値であったのは、冬季外海水の塩分低下や降雨からの淡水寄与が小さかったことで、塩水層内の鉛直混合が多少起こっていた可能性が示唆される。

4. 結果2：TNとTPの空間分布

秋季調査で採水された海水試料のTNとTPの測定結果(同一水深の平均値と標準偏差)を図3に示した。表層のTNは基準値(0.3mg/L)付近、TPは基準値(0.03mg/L)よりもやや高めの結果となったが、標準偏差で示される地点差は限定的であった。一方、底層に向けてはTNで0.5~0.6mg/L程度、TPで0.2~0.3mg/L程度まで高くなる傾向が確認された。特に塩分躍層を境にいずれも2倍程度高くなっていたことが特徴的である。最底層においては、一部にヘドロが混入していたため参考値として示したが、いずれも特に高い値となっていた。このような鉛直方向の変化は、TNはKj-N(ケルダール態窒素)の、TPはPTP(懸濁態リン)の変化による寄与が大きいと推察される。これらは強い嫌気性状態(ORP<-400mV)にある底質からの影響を少なからず受けていると考えられた。

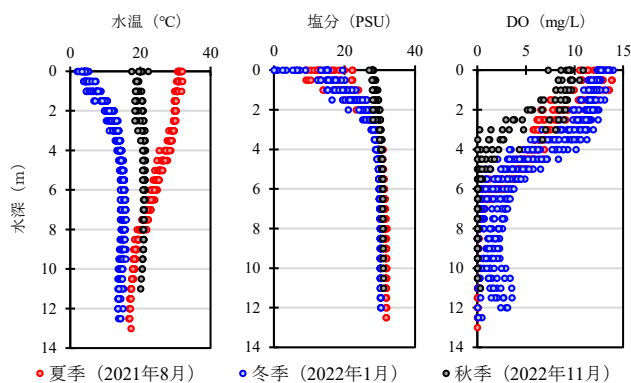


図2 水温、塩分、DOの鉛直・空間分布

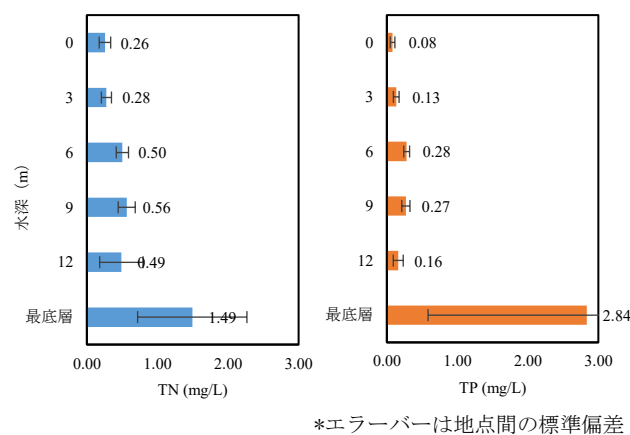


図3 TNとTPの鉛直・空間分布

5. 結果3：阿蘇海の水交換性と汚濁物質収支

塩分の鉛直分布(図2)に基づいて阿蘇海に滞留する淡水量を算定した結果、夏季と冬季でそれぞれ380万m³/年、390万m³/年と同じ水準であった。阿蘇海の容積(約4,200万m³)の約1割を占める水量である。阿蘇海への河川からの淡水流入量は夏季で約820万m³/月、冬季で約1,290万m³/月と試算されており³⁾、それらを踏まえると、淡水交換日数は夏季で約14日、冬季で約9日と比較的短期間であることが分かった。

秋季調査の結果をもとに、海水中のTP総量を計算した結果7.09tonであった。この量は阿蘇海底質に堆積するTP総量(124~577ton)⁴⁾の約1~6%程度である。また、河川から阿蘇海へのTP流入量(52.6ton/年)の約13%、阿蘇海から外海へのTP流出量差(+6.5ton/年)とほぼ同水準の量であることが分かった。この収支計算からも底質へのTPの長期残留性が確認される。

参考文献

- 1) 京都府府民環境部(2022): 環境基準水質測定データ。
- 2) 京都府政策企画部(2022): 2021年京都府受託事業, 19p.
- 3) 森田章仁(2023): 2022年度立命館大学 修士論文, 77p.
- 4) 川口衛(2018): J. EICA, 23(2-3), pp.152-163.