

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25287138

研究課題名(和文) 堆積速度の低下による汽水域底質の酸性化問題の提起とその解決へ向けた基礎研究

研究課題名(英文) Implication to the sediment acidification in brackish water due to the change of sedimentation rate, and its improvement

研究代表者

野村 律夫 (Nomura, Ritsuo)

島根大学・教育学部・教授

研究者番号：30144687

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：汽水湖における酸性化現象の解明のため、宍道湖・中海を中心にして、堆積速度と石灰質有孔虫殻の保存について調べた。宍道湖では、湖底堆積物の堆積過程が東西で異なることを確認し、宍道湖・中海の有機物の堆積が1970～80年代に増加したことをPb-210法とCs-137法によって明らかにした。また、1950～60年代には、陸域起源物質の供給が低下したことをRa-226の減少で確認した。コア堆積物の分析によって炭酸塩の溶解が低塩分域で顕著であること。また、貝殻片の湖水中で溶解量の検証から、炭酸塩の溶解には、有機物の分解速度のほか、海水による緩衝作用が関係していることが明確になった。

研究成果の概要(英文)：In order to clarify the acidification of brackish water, we carried out the measurements of sedimentation rate and dissolution of the meiobenthic calcareous foraminiferal tests in brackish lakes Shinjiko and Nakaumi. By using Pb-210 and Cs-137 methods, it was clarified that sedimentation rates and the processes are different in each side of the western and eastern Shinjiko. The change of sedimentation rate of organic matter occurred in the 1970's-80's in both lakes, and the decrease of Ra-226 transported by river from land occurred in the 1950's-60's. Dissolution of calcareous tests of foraminifera was distinct in lowered salinity. We confirmed that the dissolution of calcareous tests occurred in the high sedimentation and the high decomposition rates of organic matters, but the dissolution was buffered by marine water.

研究分野：地質学

キーワード：酸性化 汽水域 堆積速度 水循環 有機物負荷 アンスロポーション

## 1. 研究開始当初の背景

近年、異常な気象現象が多発するなど地球温暖化は、より一層顕著になっている。IPCC 第 5 次レポート(2013)は、“気候システムの温暖化には疑う余地がなく、また 1950 年代以降、観測された変化の多くは数十年から数千年間にわたり前例のないものである。大気と海洋は温暖化し、雪氷の量は減少し、海面水位は上昇し、温室効果ガス濃度は増加している(気象庁, 2014)”といった極めて衝撃的な指摘をしている。日本海南西部の表層水温は 100 年間で 1.28 上昇し、海面水位についても 1960 年以降 2.3mm/年の明瞭な上昇率を示している(気象庁, 2014)。このような統計的にも明確になった海洋環境の変化が、汽水域の水環境にどのような影響を及ぼしているのか、議論があまり深まっていない。

人類世 (Anthropocene) とよばれる現代におけるグローバル現象のひとつが海洋の酸性化であり (Crossland et al., 2005; Doney et al., 2009), 沿岸域でもこの現象について明らかにする必要がある。とくに、汽水域は、海洋と陸水の境界水域として極めて重要な場所といえ、沿岸の生態系にも影響を及ぼしている (Feely et al., 2012)。このような背景のなかで、一般的な大気を介した海洋の酸性化とは全く異なったメカニズムの酸性化が閉鎖性汽水域では起っていることがこれまでの研究で指摘されてきた。

## 2. 研究の目的

沿岸・汽水域の環境の変化は近年著しい。このような水域では、地球温暖化のようなグローバルな環境変動と地域的人為的影響とが複雑に交差し、地球史的イベントに相当するような環境変化を起こしているとみられる。メイオセントスの石灰質有孔虫は、水中の炭酸塩濃度の化学的指標として、簡便な環境情報を提供してくれることが多くの海洋調査で解明されてきた。近年、この石灰質有孔虫にみられる殻の溶解現象が汽水域にお

いて顕著になっている。とくに、富栄養化した水域でみられることから堆積物中の間隙水の酸性化が進行しているとみられる。

本研究は、その歴史的背景と形成メカニズムの解明を目的とし、閉鎖性汽水湖の酸性化現象に対する防止策についても基礎研究を進める。

## 3. 研究の方法

(1) 閉鎖性汽水湖の代表的な場所として、宍道湖および中海の水質と湖底堆積物について、(1)水温、塩分、pH、クロロフィル量、濁度などの水質基本情報の測定、(2)湖水中のラジウム (Ra-224, 226, 228), Th-228 放射線の測定 (線測定装置および RaDDEC), (3)柱状採泥による堆積物の堆積速度の測定 (Pb-210 法, Cs-137 法) と有機元素量の分析 (CHN コーダ) を行った。ラジウムとトリウムは半減期を利用して、湖水の混合過程を明らかにすることを目的とするもので、その結果は堆積過程との関係に応用した。

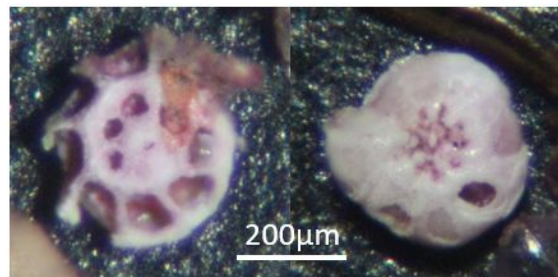


図 1 有孔虫 (*Ammonia beccarii*) の石灰質殻の溶解

(2) 堆積物中のメイオセントスの代表種である有孔虫に注目し、石灰質の有孔虫 (*Ammonia beccarii*) の保存状態から酸性化の程度の指標にした(図 1)。また、湖水中での炭酸塩殻の溶解実験を宍道湖と中海の湖心で 1m 毎に垂下して、月ごとの溶解量を求めた。

## 4. 研究成果

(1) 宍道湖では、41 地点のコア試料で堆積速度の分布をまとめることができた。その中

で、東西間の堆積速度の不連続が確認され、堆積過程が異なることが明らかになった(図2)。中海で湖水の循環とその結果を基にしたコア採取は、宍道湖に比べ不十分な状況にあったため、堆積速度と有機物量の変化について、大橋川河口域から湖心まで、及び飯梨川河口沖の7地点のコア分析を行った。その結果、湖心部では0.15cm/年、河口と湖心の中間で0.27~0.30cm/年であった。しかし、河口域ではCs-137とPb-210から求めた堆積速度に大きな隔たりがみられた。Pb-210の濃度変化から1950年代後半から1960年代前半と1970年代中期以降1980年代前半に堆積速度の変化が顕著に起こっていることが明らかとなった。

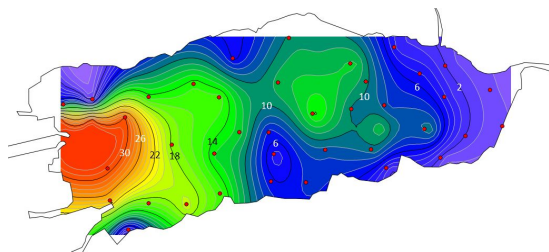


図2 宍道湖における湖底堆積物中のCs-137のピーク深度の分布

(2) 有機物の分解速度が放射壊変式に近似できることから、Pb-210放射濃度と有機炭素(有機窒素)の相関を求めることで、有機物の堆積と分解の時間変化を求めることができた。それによると、宍道湖・中海では、主に1970~1980年代以降、有機物の湖底への堆積負荷が促進されたことが明らかになった。

(3) 石灰質殻の溶解と高い有機物負荷量の堆積速度との相関については、塩分が関係していることが予想されるため、宍道湖より塩分の高い中海のコア堆積物のなかで有機炭素・窒素分析と石灰質有孔虫の保存状態について検討した。中海のコア堆積物でも有機炭素・窒素のほぼ一定した分解曲線が確認されたが、有孔虫の石灰質殻の保存には顕著な変化がみられなかった。そのため、海水による

緩衝作用が石灰質殻の溶解を低下させる主要な要因になっていることが確認された。

(4) 宍道湖の水深5.5mに貝殻片を1m間隔で設置して、1ヶ月の炭酸塩の溶解量の変化を捉える検証調査において、極めて明瞭な時間と溶出量との相関を確認することができた。溶解は、季節変化とも関係し、夏季での溶解がより明瞭であった(図3)。しかし、中海における溶解量は極めて小さく、溶解の起こらない月もあった。このことから、炭酸塩の溶解に対する海水による塩分効果を確認した。

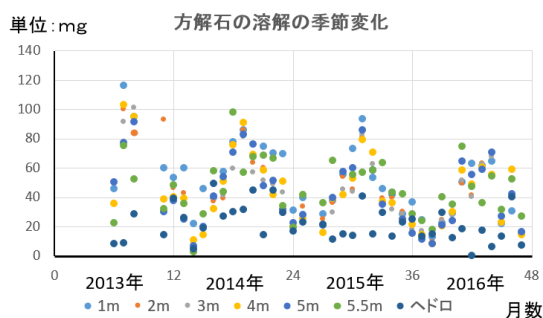


図3 宍道湖における炭酸塩の溶解量の月別変化

(5) 26年度以来、RaDeCC装置で短時間に測定できるRa-224とTh-228比が水の動態を捉えるのに効果的であることを検証してきたが、沿岸の砂泥堆積物中の間隙水のRa/Th比が高く、湖水域での分散源となっていることが確認された。この手法を用いて、宍道湖、中海、鳥取県湖山池の表層水(水深1m)の循環過程と滞留時間を計算した。宍道湖では約10日間以内で対流していることが明らかになった(図4)。

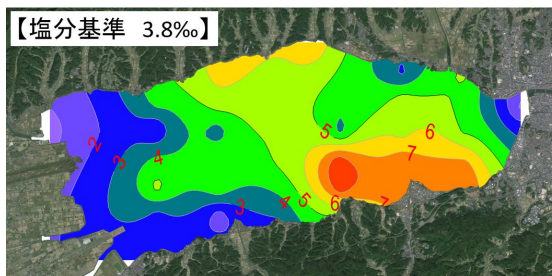


図4 宍道湖表層水の滞留日数(湖岸間隙水の塩分を3.8‰とした場合)

(6) 宍道湖と中海より堆積物とその直上の

底層水をセットにした不攪乱試料を採取し、堆積表面の 10 cm の底層水中に貝殻片を 4 か月間、垂下した。この実験では、炭酸カルシウム粉末を堆積表面に散布した場合とそうでない場合の比較についても行った。結果は、宍道湖水で炭酸カルシウム粉末を散布していない場合の貝殻片が最も顕著に溶解した。貝殻片の溶解率 1.8% とシジミ殻のそれは 3.4% であった。また、中海水での溶解は、炭酸カルシウム粉末の散布有無にかかわらず、溶解の程度は最大でも 0.13% と低かった。

### 引用文献

Crossland, C.J., Kremer, H.H., Lindeboom, H.J., Crossland, J.I.M., Trissier, M.D.A. (eds.) Coastal Fluxes in the Anthropocene. The Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone Project of the International Geosphere-Biosphere Programme, 2005, 231 pp.

Doney, S.C., Fabry, V.J., Feely, R.A., Kleypas, J.A., Ocean Acidification: The Other CO<sub>2</sub> Problem. *Annu. Rev. Mar. Sci.*, 1, 2009, 169-192.

Feely, R.A., Klinger, T., Newton, J.A., Chadsey, M., Scientific Summary of Ocean Acidification in Washington State Marine Waters. NOAA OAR Special Report, 2012, 157 pp.

#### 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 26 件)

Kawahata H., Nomura R., Matsumoto K., Nishi H., Linkage of deep sea rapid acidification process and extinction of benthic foraminifera in the deep sea at the Paleocene/Eocene transition. *Island Arc*, 24(3), 2015, 301-316, DOI:

10.1111/iar.12106.

Nomura R., Inoue M., Kofuji H., Inspection of residual flow using <sup>224</sup>Ra/<sup>228</sup>Ra ratios in the semi-closed water body of Nakaumi, a coastal lagoon in southwest Japan. *Jour. Radioanal Nucl. Chem.*, 303(2), 2015, 1595-1599, doi:10.1007/s10967-014-3680-2.

Nomura R., Nakamura K., Seto K, Inoue M., Kofuji H., Opening of the closed water area and consequent changes of <sup>228</sup>Ra/<sup>226</sup>Ra activity ratios in coastal lagoon Nakaumi, southwest Japan. *Applied Radiation and Isotopes*, 81, 2013, 310-314, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apradiso.2013.03.069>

[学会発表](計 38 件)

野村律夫・辻本 彰・井上睦夫 汽水湖・宍道湖における湖底有機物の分布と湖水の動態からみた石灰質有孔虫殻の溶解. 日本地質学会第 123 年学術大会(2016 東京・桜上水大会), 平成 28(2016)年 9 月 11 日 日本大学(東京)

野村律夫・辻本 彰・井上睦夫・小藤久毅 汽水湖・中海における <sup>224</sup>Ra/<sup>228</sup>Ra 比; <sup>224</sup>Ra/<sup>228</sup>Th 比の分布特性と湖水の動き 日本地質学会第 122 年学術大会(2015 長野大会), 平成 27(2015)年 9 月 12 日 信州大学(長野市)

Nomura, R., Tsujimoto, A., Takata, H., Kawano, S. Collapse of sandbar and the impacts on lagoon organisms in Lake Fuhren-ko, eastern Hokkaido, Japan. *International Union for Quaternary Research, XIX Congress (INQUA Congress 2015)*, 2015 年 8 月 1 日 名古屋国際会議場(名古屋市)

野村律夫 時間軸でみる宍道湖・中海の環境問題 シンポジウム: 中海・宍道湖にお

ける最近の環境変化 その原因と対策」  
島根大学研究機構汽水域研究センター第  
22 回新春恒例汽水域研究発表会 汽水域  
研究会第 3 回例会 合同研究発表会，平成  
27（2015）年 1 月 10 日 くにびきメッセ  
（松江市）

野村律夫 近年，顕著になった宍道湖にお  
ける有孔虫炭酸塩殻の溶解について 日  
本地質学会第 120 年学術大会（2013 仙台大  
会），平成 25（2013）年 9 月 16 日 東北大学  
（仙台市）

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

野村 律夫（NOMURA, Ritsuo）

島根大学・教育学部・教授

研究者番号：30144687

### (2) 研究分担者

入月 利明（IRIZUKI, Toshiaki）

島根大学・総合理工学研究科・教授

研究者番号：60262937

井上 睦夫（INOUE, Mutsuo）

金沢大学・環日本海域環境研究センター・准  
教授

研究者番号：60283090

辻本 彰（TSUJIMOTO, Akira）

島根大学・教育学部・講師

研究者番号：60570554

林 広樹（HAYASHI, Hiroki）

島根大学・総合理工学研究科・准教授

研究者番号：80399360

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

高田 裕行（TAKATA, Hiroyuki）

釜山国立大学・海洋学部・研究員