

様式3

愛媛大学沿岸環境科学研究センター
共同利用・共同研究拠点「化学汚染・沿岸環境研究拠点」
共同研究報告書

平成 30年 2月 26日

化学汚染・沿岸環境研究拠点 拠点長 殿

申請者（研究代表者）

所属機関 岡山大学大学院環境生命科学研究

科職 特任助教

氏名 齋藤 光代

下記の共同研究について、別紙の通り報告します。

1 研究課題

沿岸堆積物中の栄養塩および炭素量変化に及ぼす海底地下水湧出の影響評価

2 研究組織

氏名	所属	職	分担研究課題
代表者 齋藤 光代	岡山大学・大学院環境生命科学研究科	特任助教	研究統括・沿岸海域への海底地下水湧出評価
分担者 小野寺 真一	広島大学・大学院総合科学研究科	教授	海底湧水由来の栄養塩動態解析
金 広哲	広東海洋大学・海洋気象学部 (申請時：広島大学・大学院総合科学研究科)	特任助教 (申請時；研究員)	沿岸柱状堆積物試料中での栄養塩量変動解析
拠点対応教員 加 三千宣	愛媛大学・沿岸環境科学研究センター 環境動態解析部門	准教授	沿岸柱状堆積物試料中での炭素量変動解析

3 研究内容

【研究課題名】

沿岸堆積物中の栄養塩および炭素量変化に及ぼす海底地下水湧出の影響評価

【代表研究者】

齋藤 光代（岡山大学・大学院環境生命科学研究科）

【共同研究者】

小野寺 真一（広島大学・大学院総合科学研究科）

金 広哲（広東海洋大学・海洋気象学部，

申請時：広島大学・大学院総合科学研究科）

加 三千宣（愛媛大学・沿岸環境科学研究センター 環境動態解析部門）

【研究目的】（*文中の上付き番号は引用文献リストに対応）

海底地下水湧出（**Submarine Groundwater Discharge: SGD**）は地下を經由した海域への水の輸送を指す。この **SGD** については、1980 年代に河川などの地表水の流出と同様に海域への物質輸送パスとなっていることが指摘されて以降、世界の多様な地域において研究結果が蓄積されてきた。代表研究者および共同研究者はこれまで、瀬戸内海の燧灘などを対象に地下水のトレーサーとして有用なラドン (^{222}Rn) の時空間分布から、海岸線から数 km 沖合に至る比較的広域で **SGD** が生じている可能性が高いことを明らかにしてきた^{1),2)}。さらに、流出水の組成に近いと考えられる海底堆積物中の間隙水が、海水よりも塩分が低く栄養塩濃度（特にリン）が高い特徴を示すことを柱状試料の分析により確認した³⁾。これらの結果は、燧灘において **SGD** 経由の栄養塩供給が生じている可能性を示すものであり、特に後者の結果は、海底堆積物中で **SGD** とみられるシグナルが発見されたという新規性の高い結果である。しかしながら、**SGD** が堆積物中の栄養塩や炭素の動態に及ぼす影響については十分な考察に至っていなかった。そこで本研究では、瀬戸内海の燧灘を対象に、沿岸堆積物中の栄養塩およ

び炭素量の変化に及ぼす SGD の影響評価を行うことを目的とした。

【研究内容】（*下線は LaMer の共同利用機器）

前述のように、これまで代表研究者および共同研究者は、燧灘の堆積物中の間隙水の塩分や栄養塩濃度組成に SGD が影響している可能性を明らかにしてきたが³⁾、これらのデータは水深が約 10m の比較的近接した 2 地点のものに限られていた。そこで、平成 28 年度に LaMer の支援（課題番号 28-19：沿岸柱状堆積物試料を用いた海底地下水湧出のシグナル抽出）を受け、2016 年 9 月 10 日に燧灘南西部の水深約 20m の 2 地点（それぞれ MS1 および MS2：図 1a）において 調査実習船いさな とグラビティコーラーを用いた柱状堆積物試料の採取を実施し、試料の分析を進めてきた。これらの 2 地点は、Saito et al.^{1),2)}による底層海水のラドン (^{222}Rn) 濃度をもとに選定した。 ^{222}Rn はウラン系列の放射性核種の一つであり、水域における水の挙動の解析などに用いられるが、特に地表水に比べて地下水中で高濃度を示すことから、SGD のトレーサーとして有用であるとされている。Saito et al.^{1),2)}による燧灘南西部での成層期および非成層期を含む複数回の観測結果から、西部（今治側）においては底層海水の ^{222}Rn 濃度が比較的高く、対照的に東部（新居浜側）では低い傾向を示すことが確認さ

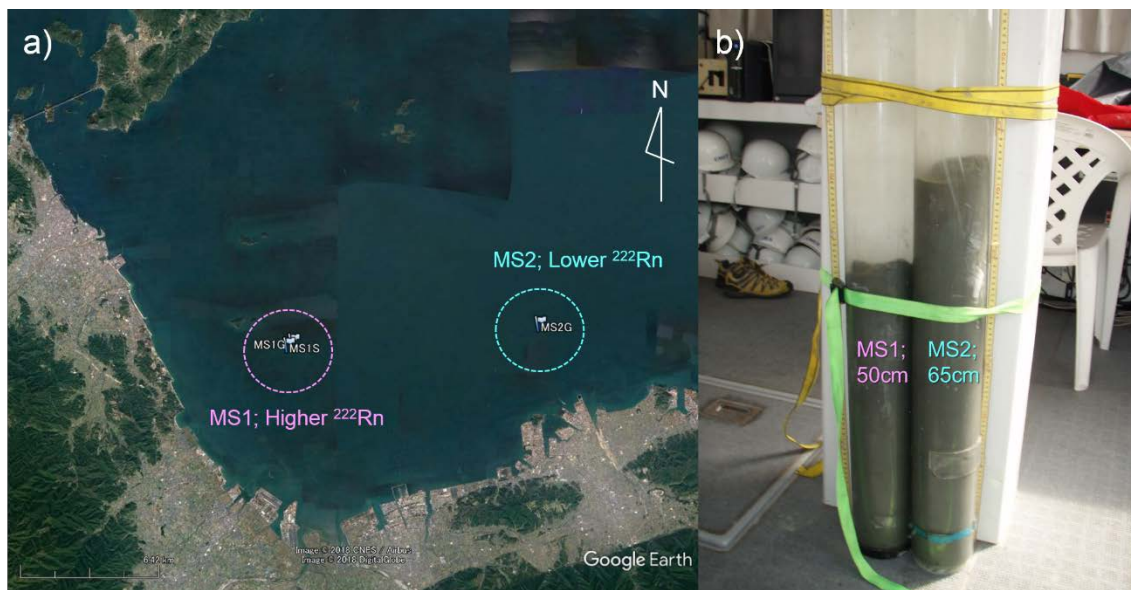


図 1 燧灘南西部における試料採取地点(a)および柱状試料の様子(b)

れており、すなわち SGD は西部においてより大きい (MS1>MS2) と推定され、それらの違いが堆積物中の栄養塩動態に影響を及ぼしていることを想定した。採取された柱状コアの長さは MS1 で約 50cm, MS2 で約 65cm である (図 1b)。

採取した堆積物試料は実験室に持ち帰り、縦方向に二分割し、堆積物の状態の記載を行ったのちに 1cm 間隔で堆積年代および有機態炭素 (TOC)・窒素 (TN), 生物起源珪素 (BSi) 測定用の試料を、2cm 間隔で栄養塩測定用の試料を採取した。なお、MS1 の柱状コアには木片のような混入物が確認され、その表面には化学成分の析出が見てとれた (写真 1)。

堆積年代については、ガンマ線測定システム による Pb-210, Pb-214 および Cs-137 の測定結果に基づき推定し、TOC および TN 含有量の測定は元素分析計により実施した。また、堆積物中の間隙水は遠心分離機によって採取し、間隙水の栄養塩 (溶存無機態窒素 : DIN, 溶存無機態リン : DIP および溶存態珪素 : DSi) 濃度および堆積物中の形態別リン含有量^{4),5)} については、広島大学において定量分析を実施した。



写真 1 MS1 の柱状試料断面 (中央部に木片とみられる混入物が確認できる)

【研究成果】

堆積物の年代分析の結果、MS1 については深度 24.5cm がおよそ 1899 年に、MS2 については深度 20.5 cm がおよそ 1885 年に相当すると推定された。また、堆積物から抽出された間隙水の栄養塩濃度および堆積物中の TOC, TN 含有量の変化は表 1 に示すとおりであり、間隙水の DIN および DIP 濃度については表層で最も高く、深度約 20cm までは深さ方向に若干低下するが、それより深部 (表中の網掛け部分) では再度上昇する傾向を示し、特に MS1 においてその傾向が顕著にみられた。また、全体的に MS1 のほうが MS2 よりも若干高い濃度を示した。一方で、堆積物中の TOC,

TN 含有量は間隙水の栄養塩濃度と同様に表層で最も高い値を示したが、間隙水とは異なり、20cm 以深で増加する傾向は確認できなかった。また、堆積物中の形態別リン含有量の結果も、TOC、TN 含有量と似通った傾向を示した。以上の結果から、20cm 以深の間隙水中での栄養塩濃度の上昇は、堆積物由来の栄養塩供給によるものである可能性は低く、深部からの別の栄養塩供給源、すなわち SGD に影響を受けていることが示唆された。さらに、SGD の影響がより大きいと考えられる MS1 においてこれらの傾向が顕著であったことも、SGD による栄養塩の寄与を支持していると考えられる。ただし、今回分析が実施できた堆積物中の TOC、TN 含有量は深度約 30cm までであり、より深部の結果も重要であることが明らかになった。また、SGD の影響については、今回の結果を踏まえて間隙水、堆積物および直上海水間でのインタラクションなどについてより詳細な解析（移流・拡散過程にともなう栄養塩濃度のシミュレーションなど）を実施し、検証していく必要がある。

表 1 間隙水の栄養塩濃度および堆積物中の TOC、TN 含有量
(*MS2 の TOC、TN については深度 25cm の結果)

Depth (cm)	MS1				MS2			
	DIN (mg L ⁻¹)	DIP (mg L ⁻¹)	TOC (%)	TN (%)	DIN (mg L ⁻¹)	DIP (mg L ⁻¹)	TOC (%)	TN (%)
0	4.61	1.04	1.31	0.14	2.76	0.58	1.55	0.16
10	3.34	0.59	1.16	0.11	2.27	0.49	1.37	0.14
20	2.80	0.38	0.91	0.09	1.66	0.31	1.26	0.13
30	3.80	0.50	1.10	0.10	2.03	0.32	1.21*	0.13*
40	3.26	0.52	—	—	4.23	0.47	—	—
50	3.98	0.68	—	—	2.29	0.35	—	—
60	—	—	—	—	2.27	0.42	—	—

【成果発表】

齋藤光代・金 広哲・小野寺真一・加三千宣・友澤裕介，燧灘沿岸堆積物中の栄養塩分布の決定要因について，地下水学会秋季学術大会，2018 年 10 月（発表予定）

【今後の問題点】

昨年度に引き続き、今年度の共同研究により、燧灘を対象に SGD の影響が異なると考えられる 2 地点での堆積物柱状試料の分析をほぼ完了することができた。また、得られた結果から、堆積物からの栄養塩供給のみでなく、SGD による栄養塩の寄与が堆積物中の栄養塩動態に影響していることが示唆された。今後、さらに追加の分析を実施するとともに、これらの結果をもとにより詳細な解析を進め、SGD の影響を検証するとともにその定量的な評価を実施していくことが課題である。

引用文献

- 1) Saito, M., Onodera, S., Guo, X., Onishi, K., Shimizu, Y., Yoshikawa, M., Jin, G., 他 2 名, Seasonal variation of the ^{222}Rn concentration in the central part of the Seto Inland Sea, Japan. *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry*, 6, 339-344, 2012.
- 2) Saito, M., Guo, X., Onodera, S., 他 5 名, Spatial variation of submarine groundwater discharge (SGD) in the central part of Seto Inland Sea. *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry*, 5, 117-123, 2011.
- 3) Jin, G., Onodera, S., Saito, M., Shimizu, Y., Guo, X., 他 3 名, Evaluation of the effect of submarine groundwater discharge on the nutrient property of the coastal sediment in Seto Inland Sea, Japan. 2012 ASLO Aquatic Sciences Meeting, Otsu, Japan, 2012 年 7 月.
- 4) Jin, G., Onodera, S., Saito, M., 他 5 名, Vertical distribution of sediment phosphorus in Lake Hachirogata related to effect of land reclamation on phosphorus accumulation. *Environmental Technology*, 37, 486-494, 2016.
- 5) Jin, G., Onodera, S., Amano, A., Saito, M., 他 2 名, Effects of dam construction on sediment phosphorus variation in a semi-enclosed bay of the Seto Inland Sea, Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 135, 191-200, 2013.