

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：23401

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H06200

研究課題名(和文)新しい沿岸複合生態系像の構築に向けた海底湧水研究の広域展開

研究課題名(英文) Research for submarine groundwater discharge and its biological impacts in coastal ecosystems

研究代表者

杉本 亮 (Sugimoto, Ryo)

福井県立大学・海洋生物資源学部・准教授

研究者番号：00533316

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 17,600,000円

研究成果の概要(和文)：海底湧水が沿岸生態系に及ぼしている影響を一般化し、新しい沿岸複合生態系概念を提案することが本研究課題の目的である。そのためまず初めに、海底湧水が沿岸海域の一次生産速度を有意に向上させることを実証した。次いで、空間スケールはそれほど大きくないものの、海底湧水が高次動物の生物量や生物多様性を高めるホットスポットを創出していることを明らかにした。最後に、海底湧水による栄養塩輸送量が河川と同等もしくはそれを大きく上回っていることをメタ解析から明らかにするとともに、世界中で報告されている研究事例のレビュー作業を通じて、海底湧水が駆動する沿岸生態系の生物生産過程の概念モデルを提示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は大きく2つある。1つは、海底湧水が沿岸域の生物生産や生物多様性に及ぼす影響を実証した点にある。もう1つは、海底湧水による栄養塩輸送の普遍性を河川水と比較したメタ解析から明らかにし、それが引き起こす生物生産像をレビュー過程を通じて提案した点にある。これらの研究成果は、健全な水循環や生態系の機能を維持するための評価・管理手法、陸と海の連環を適切に考慮した沿岸域総合管理の策定に大いに貢献するものであり、SDGs(持続可能な開発目標)が掲げる目標に資する。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study was to generalize the effects of submarine groundwater discharge (SGD) on coastal ecosystems and to propose a new concept of coastal ecosystems. The results demonstrated that SGD significantly increased phytoplankton primary productivity in coastal waters. Furthermore, we found that SGD can create biological hotspots that enhance higher biomass and biodiversity of coastal animals. Finally, a meta-analysis revealed that nutrient transport by SGD is equal to or significantly exceeds that of rivers, and a conceptual model of biological production in coastal ecosystems driven by SGD was presented through a review of studies reported around the world.

研究分野：生物地球化学

キーワード：海底湧水 沿岸域 栄養塩 一次生産 食物網 複合生態系 放射性同位体 地下水

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

世界人口の6割以上は沿岸域の近傍に暮らしており、沿岸生態系がもたらす生態系サービスに大きく依存した生活を送っている。沿岸域の高い生物生産力の源は、陸域の豊富な栄養が河川を介して運ばれるためだと考えられてきた。ところが近年、地下水が沿岸域に多量の栄養を供給していることが度々報告されており、陸と海をつなぐ隠れた水の流出経路である海底湧水が沿岸域の生態系や水産資源に果たす役割の理解が求められている。

海底湧水研究は、IUGG傘下のIAPSO/IAHSやSOCR/LOICZ等により、世界中で広く展開され始めているが、陸から海への物質フラックスを評価することに焦点が当てられており、沿岸生態系や水産資源が海底湧水に対して、どのように応答しているのかという生物学的な研究はあまり行われていない。なぜなら、海底湧水は通常目で捉えることが難しいため、環境変動の激しい沿岸域において、水産資源への影響を評価することが困難だからである。もし、目に見えない海底湧水を可視化することができれば、海底湧水と沿岸生態系の連環研究の道を新たに切り拓くことができる。本研究では、近年の海底湧水研究の発展を支えるラドントレーサー法に加え、様々な新規的な海底湧水評価技術と古典的な沿岸生態系研究手法を組み合わせ、海底湧水の可視化と沿岸生態系への影響評価を同時に行う。これにより、沿岸域における海底湧水の普遍性を明確にし、地下水を導入した新しい沿岸複合生態系の概念を提案する。

### 2. 研究の目的

沿岸域の生態系・水産資源研究にブレークスルーを起こしうる海底湧水現象に着目し、分野横断的手法を駆使して、以下の3項目を実施する。

(1) 地下水トレーサーであるラドン $^{222}\text{Rn}$ を用いた湧出箇所・湧出量の推定法に加えて、ラジウム同位体や他の新規的な評価手法(温度や電気による物理探査)も組み合わせ、多様な時空間スケールに適用できる評価手法を開発する。

(2) 東北から九州にいたる環境条件の異なる様々な単一生態系から複合生態系までを対象に、上記で開発された手法を適用する。そして、海底湧水により沿岸海域へもたらされる地下水・栄養塩の輸送量を定量するとともに、海底湧水が沿岸域の生物生産過程を活性化させているのかを評価する。

(3) 本研究の現地調査から得られるデータに加え、世界各地で得られているデータを整備し、沿岸生態系における海底湧水の重要性をメタ解析から明らかにする。さらに、海底湧水に対する沿岸生態系の応答過程に対するレビューを最終年度に実施し、沿岸生態系における海底湧水の普遍性を明確にし、新しい沿岸複合生態系の概念を提案する。

### 3. 研究の方法

様々な沿岸海域における海底湧水環境(湧水量や湧出箇所)を評価することができる手法を開発するために、地下水トレーサーとして有用な放射性物質のラドン $^{222}\text{Rn}$ やラジウムの各種同位体( $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ )、船舶曳航型の電気探査調査、ドローンを用いた海面温度マッピングを適用し、その最適化を行う。さらに、海底湧水の影響度合いの異なる場所において、植物プランクトンの一次生産速度や現存量、さらに魚類群集等の観測を行い、海底湧水に対する沿岸生態系の応答を評価する。最後に、本研究成果に加え、海外で実施されている関連研究のレビューおよびメタ解析をすることで、海底湧水の一般性および特異性を評価する。

### 4. 研究成果

#### (1) 海底湧水の探査・定量法の高度化

海底湧水の空間マッピング: 沿岸浅海域において海岸線に沿った地下水流入現象は普遍的なものと考えられており、船舶を利用した $^{222}\text{Rn}$ の空間マッピングがよく実施されている。海底湧水が顕著に生じている小浜湾の浅海域(<2m以浅)を対象に、ラドン測定器(RAD7)を3台並列につないだマルチディテクター法を2セット組むことで、空間解像度100m程度の表層海水(0.5-1.0m程度)の $^{222}\text{Rn}$ マッピングに成功した(図1: Kobayashi et al. 2017)。さらに、RAD7を外ポンプで制御するとともに、船舶の航行速度を1knot以下に抑えることで、空間解像度100m以下のマッピングにも成功した(Hata et al. 2016)。ただし、後者は測定値そのものの精度には問題があり(20-35%程度の誤差を含む)これらのデータをもとに定量化を行うためには更なる改善が必要である。また、小型ソリネットを船舶で曳航し、連続的に底層水をポンプアップすることで、海底直上水の $^{222}\text{Rn}$ 空間マッピングも可能となった(杉本ほか2017)。一方、物理探査手法の適用についても検討を行った。例えば、船舶からフロート付きの電極を曳航し、連続的に海底下の比抵抗分布を得ることができる電気探

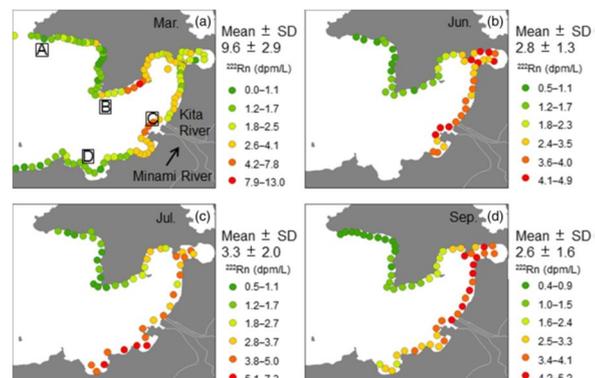


図1. 小浜湾東部浅海域での $^{222}\text{Rn}$ 濃度の空間分布(Kobayashi et al. 2019)

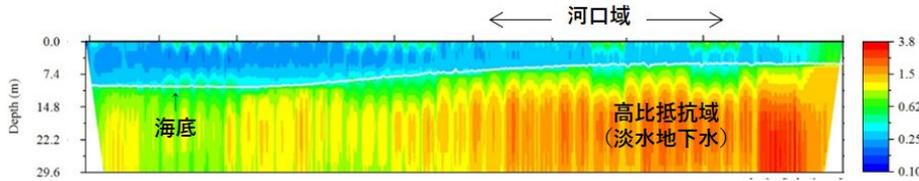


図 2. 2017 年 3 月 2 日に小浜湾奥部で電気探査機器を用いて測定した比抵抗値の鉛直分布 (杉本ほか、未公表データ)

査機器 (SuperSting Marine) を使用することで、小浜湾に流入する被圧地下水の海域への張り出し (流動経路) を可視化することに成功した (図 2)。また、別府湾沿岸部の海底湧水噴出域において、ドローンに搭載した熱赤外線カメラにより、飛行高度 10m の撮影で高解像度 (<1m<sup>2</sup>) の可視画像を得ることができ、浅海域においては海底湧水によって形成される海面の温度異常帯を捉えられることも分かった (山田ほか 2016)。

**地下水成分の定量識別:** 海底湧水には淡水性分以外に、再循環性海水の湧出があるが、シーページメーターを用いることで、両者の寄与を識別できるが、評価できる空間スケールが極めて限定的 (1m<sup>2</sup> 程度) である。より広範囲の湧出現象とその成分を評価するためには、地下水トレーサーを利用する必要がある。そこで、瀬戸内海の竹原市沿岸域にて <sup>222</sup>Rn と <sup>224</sup>Ra の 24 時間連続観測を実施し、同時に計測したシーページメーターの結果と比較することで、<sup>222</sup>Rn が正味の海底湧水量、<sup>224</sup>Ra が再循環性地下水のみの海底湧水量を評価するのに最適であることを明らかにした (Nakaima et al. 2018)。

## (2) 沿岸生態系への影響評価

**二次生産への影響:** 海底湧水が顕著な鳥海山沿岸海域、小浜湾東部海域、別府湾北部海域を対象に、海底湧水と植物プランクトンの一次生産速度の関係を調べた (Sugimoto et al. 2017)。シーページ型 (滲みだし型) の海底湧水が顕著な小浜湾 (site A) では、海底湧水の影響が強いほど、一次生産速度が有意に高くなることが明らかになった (図 3)。一方、スプリング型 (噴き出し型) の海底湧水が顕著な鳥海山沿岸域 (site B) および別府湾北部 (site C) では、海底湧水直上では、一次生産速度が低下しており、湧水タイプの違いによって沿岸域の一次生産者の応答が大きく異なることが明らかになった。<sup>222</sup>Rn を用いた海底湧水評価手法と <sup>13</sup>C 法による現場での一次生産速度の培養実験を高度に組み合わせることで、海底湧水域における一次生産速度を世界で初めて報告した論文であり、海底湧水が沿岸生態系に果たしている生態学的意義の理解に向けた第一歩となった。また、<sup>222</sup>Rn や物理パラメータ (水温・塩分・光量子・水深) と同時に二酸化炭素分圧やクロロフィル a 濃度、溶存酸素濃度を同時連続的にモニタリングすることで、SGD と一次生産の時空間変化を評価することにも成功した (Honda et al. 2018)。さらに鳥海山沿岸域において、地下水由来の硝酸イオンが浅海域の海藻類に重要な栄養源として取り込まれていることを、安定同位体比解析から明らかにした (小林ほか 2019)。

**高次生産への影響:** 海底湧水と高次生物の関係についての理解は、目に見えた湧出のあるごく浅海域を除き、世界的にも十分な知見がない状況にあった。本研究課題では、(1) の海底湧水評価手法により、海底湧水影響域と非影響を特定することで、高次動物への影響評価を可能とした。その結果、空間スケールはそれほど大きくないものの、

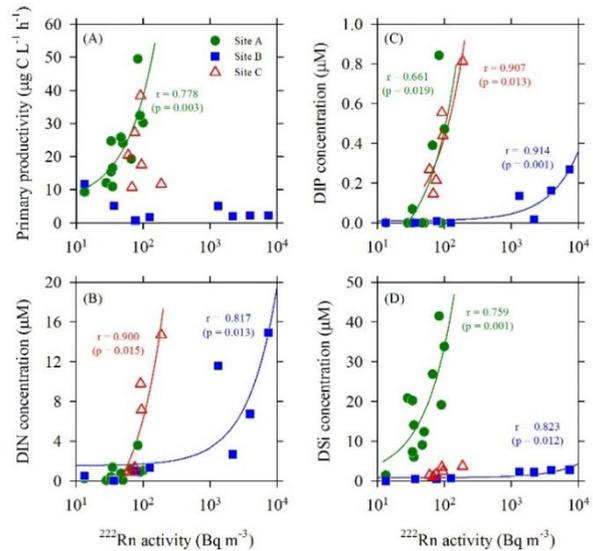


図 3. 海底湧水の指標である <sup>222</sup>Rn 濃度と一次生産力および栄養塩濃度の関係 (Sugimoto et al. 2017)

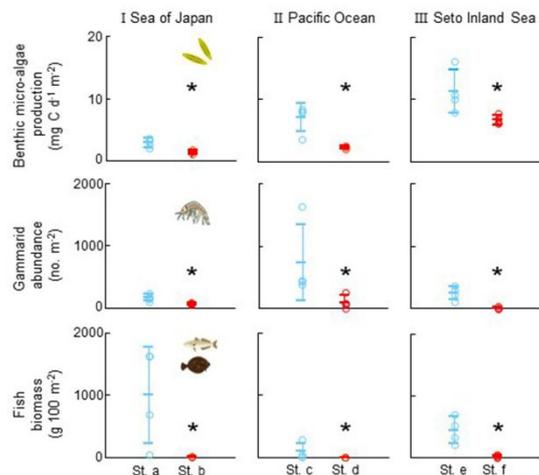


図 4. 海底湧水の影響が強い場所 (a, c, e) と弱い場所 (b, d, f) での生産力・生物量の比較 (Fujita et al. 2019)

海底湧水は湧出場所の生物量や生物多様性を高めることを実証した (Hata et al. 2016; Utsunomiya et al. 2017; Fujita et al. 2019). 特に Fujita et al. (2019)では、栄養段階ごとに海底湧水影響域で有意に生産力・生物量が高くなることを示し、海底湧水による栄養塩供給を介したボトムアップ効果の重要性が明確に示された (図4)。これらの結果を根拠に、地下水をめぐる水利用 (上水道利用や消雪の利用) と食糧生産 (水産資源生産) のトレードオフ関係の費用便益解析も実施した (Burnett et al. 2018)。

### (3) メタ解析およびレビューによる沿岸生態系における海底湧水の重要性の検証

海底湧水が沿岸生態系にもたらす栄養塩量は、河川に匹敵することが数多く報告されている。研究代表者は、海外の研究者らと共同で 250 編程度の研究事例をメタ解析し、海底湧水 (淡水+再循環水) による栄養塩輸送量が河川と同等もしくはそれを大きく上回っていることを明らかにした (図5)。海底湧水による栄養塩輸送としては、再循環性海水の寄与が特に顕著であった。さらに、海底湧水が沿岸生態系に及ぼす影響も、本研究の成果も含め、世界中で報告されている事例のレビュー作業を通じて一般化することで、海底湧水が駆動する沿岸生態系の生物生産過程の概念モデルを提示した (図6: Taniguchi et al., 2019)。

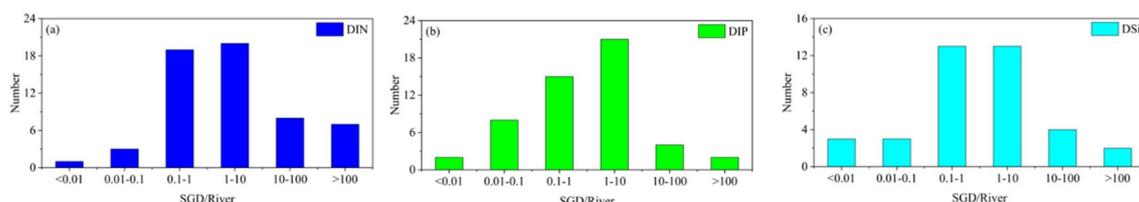


図5. 海底湧水と河川水により栄養塩輸送量 (窒素・リン・ケイ素) の比較。縦軸は論文数 (Santos et al. 未公表)

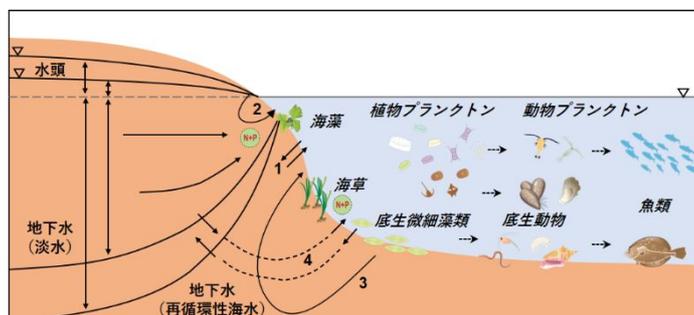


図6. 沿岸生態系への地下水の流入プロセスと沿岸生態系内の生物生産構造 (Taniguchi et al. 2019)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 小林志保、生田健吾、杉本亮、本田尚美、山田誠、富永修、小路淳、谷口真人	4. 巻 85
2. 論文標題 山形県釜淵海岸における海底湧水の定量化と栄養塩環境への影響評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本水産学会誌	6. 最初と最後の頁 30 ~ 39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.2331/suisan.18-00020">https://doi.org/10.2331/suisan.18-00020</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Nakajima Toshimi, Sugimoto Ryo, Tominaga Osamu, Takeuchi Masaru, Honda Hisami, Shoji Jun, Taniguchi Makoto	4. 巻 5
2. 論文標題 Fresh and Recirculated Submarine Groundwater Discharge Evaluated by Geochemical Tracers and a Seepage Meter at Two Sites in the Seto Inland Sea, Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Hydrology	6. 最初と最後の頁 61 ~ 61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.3390/hydrology5040061	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Burnett Kimberly, Wada Christopher, Taniguchi Makoto, Sugimoto Ryo, Tahara Daisuke	4. 巻 10
2. 論文標題 Evaluating the Tradeoffs between Groundwater Pumping for Snow-Melting and Nearshore Fishery Productivity in Obama City, Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 1556 ~ 1556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.3390/w10111556	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kobayashi Shiho, Sugimoto Ryo, Honda Hisami, Miyata Yoji, Tahara Daisuke, Tominaga Osamu, Shoji Jun, Yamada Makoto, Nakada Satoshi, Taniguchi Makoto	4. 巻 4
2. 論文標題 High-resolution mapping and time-series measurements of 222Rn concentrations and biogeochemical properties related to submarine groundwater discharge along the coast of Obama Bay, a semi-enclosed sea in Japan	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-017-0124-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sugimoto R, Kitagawa K, Nishi S, Honda H, Yamada M, Kobayashi S, Shoji J, Ohsawa S, Taniguchi M, Tominaga O	4. 巻 563
2. 論文標題 Phytoplankton primary productivity around submarine groundwater discharge in nearshore coasts	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Marine Ecology Progress Series	6. 最初と最後の頁 25 ~ 33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.3354/meps11980">https://doi.org/10.3354/meps11980</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 本田尚美, 杉本 亮, 小林志保, 田原大輔, 富永 修	4. 巻 80
2. 論文標題 小浜湾における一次生産過程の時空間変化	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 水産海洋研究	6. 最初と最後の頁 269-282
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Taniguchi Makoto, Dulai Henrietta, Burnett Kimberly M., Santos Isaac R., Sugimoto Ryo, Stieglitz Thomas, Kim Guebuem, Moosdorf Nils, Burnett William C.	4. 巻 7
2. 論文標題 Submarine Groundwater Discharge: Updates on Its Measurement Techniques, Geophysical Drivers, Magnitudes, and Effects	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Environmental Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00141">https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00141</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Fujita Koji, Shoji Jun, Sugimoto Ryo, Nakajima Toshimi, Honda Hisami, Takeuchi Masaru, Tominaga Osamu, Taniguchi Makoto	4. 巻 7
2. 論文標題 Increase in Fish Production Through Bottom-Up Trophic Linkage in Coastal Waters Induced by Nutrients Supplied via Submarine Groundwater	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Environmental Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00082">https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00082</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hata Masaki, Sugimoto Ryo, Hori Masakazu, Tomiyama Takeshi, Shoji Jun	4. 巻 111
2. 論文標題 Occurrence, distribution and prey items of juvenile marbled sole <i>Pseudopleuronectes yokohamae</i> around a submarine groundwater seepage on a tidal flat in southwestern Japan	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Sea Research	6. 最初と最後の頁 47～53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1016/j.seares.2016.01.009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Utsunomiya Tatsuya, Hata Masaki, Sugimoto Ryo, Honda Hisami, Kobayashi Shiho, Miyata Yoji, Yamada Makoto, Tominaga Osamu, Shoji Jun, Taniguchi Makoto	4. 巻 11
2. 論文標題 Higher species richness and abundance of fish and benthic invertebrates around submarine groundwater discharge in Obama Bay, Japan	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Hydrology: Regional Studies	6. 最初と最後の頁 139～146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.11.012">https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.11.012</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山田 誠, 小路 淳, 寺本 瞬, 大沢 信二, 三島 壮智, 杉本 亮, 本田 尚美, 谷口 真人	4. 巻 46
2. 論文標題 夏季の大分県日出町沿岸部におけるドローンを用いた海底湧水の探索	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 日本水文科学会誌	6. 最初と最後の頁 29～38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.4145/jahs.46.29">https://doi.org/10.4145/jahs.46.29</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計54件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 中島壽視, 楠隆大, 高尾祥丈, 杉本亮
2. 発表標題 気仙沼舞根湾における再循環性地下水が植物プランクトン動態に及ぼす影響
3. 学会等名 日本惑星地球科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Trista McKenzie, Ceylena Holloway, James Tucker, Ryo Sugimoto, Toshimi Nakajima, Kana Harada, Henrietta Dulai, Isaac Santos
2. 発表標題 Submarine groundwater discharge as a source of contaminants of emerging concern to the coastal ocean (Sydney, Australia)
3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toshimi Nakajima, Ryo Sugimoto, Katsuhide Yokoyama, Makoto Taniguchi
2. 発表標題 Groundwater inflows and associated material fluxes in the estuarine ecosystem modified by the 2011 Tohoku earthquake
3. 学会等名 Goldschmidt 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田充司, 長尾誠也, 落合信也, 杉本亮, 芳村毅, Matthew A. Charette, Paul B. Henderson
2. 発表標題 Rn-222を用いた能登半島七尾西湾での海底湧水流出解析
3. 学会等名 第63回放射化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島壽視, 杉本亮, 角野悠太, 谷口真人, 富永修
2. 発表標題 ラジウム同位体を用いた若狭湾中央部の砂浜域における地下水湧出および物質フラックスの定量化
3. 学会等名 日本惑星地球科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石田健大, 竹内優, 中島壽視, 杉本亮, 小林志保, 木庭啓介, 福島慶太郎, 富永修
2. 発表標題 Estimation of contribution rate of Submarine Groundwater Discharge to <i>Ulva pertusa</i> using nitrogen stable isotope ratio analysis
3. 学会等名 日本惑星地球科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹内優, 杉本亮, 石田健大, 平井タケル, 中島壽視, 小路淳, 本田尚美, 谷口真人, 富永修
2. 発表標題 固着性二枚貝イワガキ貝殻の炭素・酸素安定同位体比を用いた海底湧水環境の評価
3. 学会等名 日本惑星地球科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹内優, 石田健大, 中島壽視, 平井タケル, 杉本亮, 小路淳, 本田尚美, 谷口真人, 富永修
2. 発表標題 遊佐町沿岸域におけるイワガキ貝殻の炭素・酸素安定同位体を用いて3ソースモデルにより推定した 地下水環境
3. 学会等名 平成31年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石田健大, 竹内優, 杉本亮, 中島壽視, 木庭啓介, 福島慶太郎, 小林志保, 富永修
2. 発表標題 窒素安定同位体比分析を利用したアナアオサ <i>Ulva pertusa</i> に対する海底湧水の寄与率推定
3. 学会等名 平成31年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島壽視, 杉本 亮, 富永 修, 竹内 優, 本田尚美, 小路 淳, 谷口真人
2. 発表標題 短寿命放射性同位元素 $^{222}\text{Rn}$ と $^{224}\text{Ra}$ を用いた瀬戸内海沿岸域の海底湧水量評価
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉本 亮, 中島壽視, Isaac Santos, 谷口真人
2. 発表標題 気仙沼湾奥部における地下水湧出に伴う炭素輸送
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田 誠, 杉本 亮, 本田尚美
2. 発表標題 海底湧水の流出場の条件が海底湧水由来の熱の空間的広がり及ぼす影響
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本田尚美, 宮下雄次, 濱元栄起, 小路 淳, 杉本 亮, 河村知彦, 富永 修, 山田 誠, 谷口真人
2. 発表標題 岩手県大槌町赤浜沿岸 陸海同時観測: 海底から湧出する地下水の探査
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮下雄次, 本田尚美, 濱元栄起, 小路 淳, 杉本 亮, 河村知彦, 富永 修, 山田 誠, 谷口真人
2. 発表標題 岩手県大槌町赤浜沿岸 陸海同時観測: 沿岸部地下水の水質、水温、流速測定
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤田充司, 長尾誠也, 落合伸也, 杉本 亮, Charette MA, Henderson PB
2. 発表標題 Research of submarine groundwater discharge using $^{222}\text{Rn}$ in Nanao West Bay
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤田充司, 長尾誠也, 落合信也, 杉本 亮, Charette MA, Henderson PB
2. 発表標題 能登半島七尾西湾底層水中の $^{222}\text{Rn}$ の水平分布から見た地下水流出の寄与
3. 学会等名 2018 日本放射化学会年会・第62回放射化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸田立, 本田尚美, 三島壮智, 杉本 亮, 大沢信二
2. 発表標題 ラドン曳航観測データを用いた別府湾沿岸域の海底温泉の検出
3. 学会等名 第83回日本陸水学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉本亮
2. 発表標題 小浜湾流域における森から海までの物質動態
3. 学会等名 第83回日本陸水学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kouji Fujita, Ryo Sugimoto, Toshimi Nakajima, Hisami Honda, Masaru Takeuchi, Osamu Tominaga, Makoto Taniguchi, Jun Shoji
2. 発表標題 Contribution of submarine groundwater discharge on coastal fisheries production: increase in feeding and growth rates of juvenile fishes revealed by a cage experiment
3. 学会等名 European Geosciences Union General Assembly 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉本亮
2. 発表標題 地下水と沿岸生態系 見えない水の役割を考える-
3. 学会等名 平成29年度瀬戸内海研究フォーラムin京都「川と海のつながりが育む豊かな文化と生態系」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中島壽視, 竹内 優, 富永 修, 本田尚美, 谷口真人, 小路 淳, 杉本 亮
2. 発表標題 Ra同位体を用いた海底湧水量評価～瀬戸内海沿岸域における事例～
3. 学会等名 2017年度水産海洋学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Paul Henderson, Matt Charette, Seiya Nagao, Atsushi Fujita, Ryo Sugimoto, Shinya Ochiai
2. 発表標題 Submarine groundwater discharge in Tsukumo Bay, Japan
3. 学会等名 金沢大学環日本海域環境研究センター共同利用報告会「環日センターが育む共同利用の輪」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤田浩司, 杉本 亮, 中島壽視, 竹内 優, 富永 修, 本田尚美, 谷口真人, 塩山恭平, 小路 淳
2. 発表標題 地下水と水産資源のつながりを検証するための野外実験：マコガレイ稚魚の摂餌・成長から
3. 学会等名 平成30年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kouji Fujita, Ryo Sugimoto, Toshimi Nakajima, Hisami Honda, Masaru Takeuchi, Osamu Tominaga, Makoto Taniguchi, Jun Shoji
2. 発表標題 Contribution of submarine groundwater discharge on coastal fisheries production: increase in feeding and growth rates of juvenile fishes revealed by a cage experiment
3. 学会等名 European Geosciences Union General Assembly 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島壽視, 杉本 亮, 富永 修, 竹内 優, 本田尚美, 小路 淳, 谷口真人
2. 発表標題 短寿命放射性同位元素 $^{222}\text{Rn}$ と $^{224}\text{Ra}$ を用いた瀬戸内海沿岸域の海底湧水量評価
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉本 亮, 中島壽視, Isaac Santos, 谷口真人
2. 発表標題 気仙沼湾奥部における地下水湧出に伴う炭素輸送
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田 誠, 杉本 亮, 本田尚美
2. 発表標題 海底湧水の流出場の条件が海底湧水由来の熱の空間的広がり及ぼす影響
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮下雄次, 本田尚美, 濱元栄起, 小路 淳, 杉本 亮, 河村知彦, 富永 修, 山田 誠, 谷口真人
2. 発表標題 岩手県大槌町赤浜沿岸 陸海同時観測：沿岸部地下水の水質、水温、流速測定
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本田尚美, 宮下雄次, 濱元栄起, 小路 淳, 杉本 亮, 河村知彦, 富永 修, 山田 誠, 谷口真人
2. 発表標題 岩手県大槌町赤浜沿岸 陸海同時観測：海底から湧出する地下水の探査
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤田充司, 長尾誠也, 落合伸也, 杉本 亮, Matthew Charette, Paul Henderson
2. 発表標題 Research of submarine groundwater discharge using 222Rn in Nanao West Bay
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jun Shoji, Ryo Sugimoto, Osamu Tominaga, Hisami Honda, Shiho Kobayashi
2. 発表標題 Spatial variability in fish community and productivity around submarine groundwater seepages in coastal area
3. 学会等名 ECSA 56 Coastal systems in transition: From a 'natural' to an 'anthropogenically-modified' state (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 本田尚美、大沢信二、三島壮智、杉本亮、小路淳、谷口真人
2. 発表標題 別府湾沿岸域における海底地下水湧出の空間分布調査
3. 学会等名 環境科学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 宇都宮達也、本田尚美、山田誠、杉本亮、富永修、小林志保、谷口真人、小路淳
2. 発表標題 海底湧水噴出域周辺に出現する魚類：山形県と大分県における結果の解析
3. 学会等名 2016年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 北川勝博、杉本亮、小林志保、小路淳、山田誠、本田尚美、谷口真人、富永修
2. 発表標題 山形県釜磯海岸において海底湧水がメイオベントスの生息環境と空間分布に及ぼす影響
3. 学会等名 2016年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 富永修、北川勝博、竹内優、石井建祐、杉本亮、小林志保、小路淳、山田誠、本田尚美、谷口真人
2. 発表標題 山形県釜磯海岸における海底湧出地下水量と淡水割合の空間マッピング
3. 学会等名 2016年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大沢信二、杉本亮、本田尚美、三島壮智、谷口真人
2. 発表標題 曳航型ラドン濃度観測による別府湾沿岸域の海底温泉湧出の検出
3. 学会等名 2016年度日本陸水学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西村碩教、杉本亮、宮村和良、大竹周作
2. 発表標題 大分県猪串湾における海底湧水の空間分布と湧出量の評価
3. 学会等名 2016年度水産海洋学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 宇都宮達也、杉本亮、富永修、本田尚美、山田誠、小林志保、谷口真人、小路淳
2. 発表標題 海底湧水が魚類の出現に与える影響～水中カメラで撮影された画像の解析から
3. 学会等名 2016年度水産海洋学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 北川勝博、杉本亮、小林志保、小路淳、山田誠、本田尚美、谷口真人、富永修
2. 発表標題 福井県小浜湾の浅海域におけるメイオVENTスの分布に及ぼす海底湧水の影響
3. 学会等名 2016年度水産海洋学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 富永修、北川勝博、竹内優、石井建祐、杉本亮、小林志保、小路淳、山田誠、本田尚美、谷口真人
2. 発表標題 福井県小浜湾の浅海域における海底湧水環境
3. 学会等名 2016年度水産海洋学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Makoto Yamada、Ryo Sugimoto、Hisami Honda
2. 発表標題 Impact of submarine groundwater discharge heat-flux on the coastal area
3. 学会等名 2016 American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 宇都宮達也、杉本亮、富永修、本田尚美、山田誠、小林志保、谷口真人、小路淳
2. 発表標題 海底湧水が沿岸海域の魚類群集と食物網に与える影響
3. 学会等名 第64回日本生態学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 北川勝博、杉本亮、竹内優、小林志保、小路淳、山田誠、本田尚美、谷口真人、富永修
2. 発表標題 湧水環境の異なる山形県釜磯海岸および福井県小浜湾のメイオベントス群集構造の比較
3. 学会等名 2017年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹内優、杉本亮、北川勝博、小林志保、小路淳、山田誠、本田尚美、谷口真人、富永修
2. 発表標題 一次生産者と貝殻の安定同位体比分析による海底湧水環境の評価
3. 学会等名 2017年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宇都宮達也、小路淳、杉本亮、富永修、小林志保、本田尚美、山田誠、谷口真人
2. 発表標題 沿岸海底湧水が魚類群集に与える影響：水中画像の解析を中心に
3. 学会等名 2017年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤田浩司、杉本亮、富永修、本田尚美、谷口真人、宇都宮達也、小路淳
2. 発表標題 海底湧水が沿岸域の食物網に与える影響：岩手県大槌湾周辺における調査
3. 学会等名 2017年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉本亮
2. 発表標題 若狭湾の海洋環境～水産資源を育む恵みの水～
3. 学会等名 平成28年度日本水産学会中部支部大会ミニシンポジウム「若狭湾と若狭小浜を知って地域活性化につなげよう」（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 杉本亮、小路淳、富永修
2. 発表標題 地下水流入が沿岸海域の生物生産・水産資源に及ぼす影響
3. 学会等名 平成29年度水産学会春季大会シンポジウム企画「森川里海のつながりを科学で説明できるか？」（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本田尚美、杉本亮、三島壮智、大沢信二、小路淳、富永修、谷口真人
2. 発表標題 別府湾および大槌湾の浅海域の一次生産速度に地下水湧出が及ぼす影響
3. 学会等名 2017年度日本惑星地球科学連合
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西村碩教、大竹周作、宮村和良、杉本亮
2. 発表標題 Rn同位体を用いた九州東部リアス式海岸地域における海底湧水環境評価
3. 学会等名 2017年度日本惑星地球科学連合
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 富永修、杉本亮、北川勝博、竹内優、山田誠、小路淳、本田尚美、小林志保、谷口真人
2. 発表標題 付着性二枚貝の貝殻に記録された炭素安定同位体比を用いた海底湧水環境の評価
3. 学会等名 2017年度日本惑星地球科学連合
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山田誠、杉本亮、本田尚美
2. 発表標題 福井県小浜湾における海底湧水由来の熱フラックスの推定
3. 学会等名 2017年度日本惑星地球科学連合
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤田浩司、杉本亮、本田尚美、谷口真人、小路淳
2. 発表標題 海底湧水が魚類の成長に与える影響：カレイ類稚魚のケージ実験による検証
3. 学会等名 2017年度日本惑星地球科学連合
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 秦正樹、杉本亮、本田尚美、谷口真人、小路淳
2. 発表標題 瀬戸内海中央部の海底湧水域におけるカレイ類を中心とした魚類の出現
3. 学会等名 2017年度日本惑星地球科学連合
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 杉本亮、本田尚美	4. 発行年 2018年
2. 出版社 近代科学社	5. 総ページ数 143-151
3. 書名 「沿岸海域における水と水産資源のつながり」、地熱資源をめぐる 水・エネルギー・食料ネクサス (編：馬場 健司、増原 直樹、遠藤 愛子)	

1. 著者名 Hisami Honda, Ryo Sugimoto, Shiho Kobayashi	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 101-115
3. 書名 Submarine Groundwater Discharge and its Influence on Primary Production in Japanese Coasts: Case Study in Obama Bay. In: Endo A., Oh T. (eds) The Water-Energy-Food Nexus. Global Environmental Studies. Springer, Singapore	

1. 著者名 杉本亮、大河内允基、山崎大輔	4. 発行年 2017年
2. 出版社 恒星社厚生閣	5. 総ページ数 38-53
3. 書名 「沿岸海域に湧き出す地下水を可視化する方法」、地下水・湧水を介した陸-海のつながりと人間社会	

〔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
研究協力者	小路 淳  (Shoji Jun)		
研究協力者	山田 誠  (Yamada Makoto)		
研究協力者	谷口 真人  (Taniguchi Makoto)		
研究協力者	富永 修  (Tominaga Osamu)		
研究協力者	小林 志保  (Kobayashi Shiho)		