

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K12355

研究課題名(和文) 駿河湾の生物生産に対する富士山系地下水の化学的影響

研究課題名(英文) Influence of chemical constituents in Mt. Fuji's groundwater on the biological production in the Suruga Bay

研究代表者

宗林 留美 (Sohrin, Rumi)

静岡大学・理学部・准教授

研究者番号：00343195

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、河川を介して駿河湾に流入する富士山系地下水による駿河湾内の生物生産への影響を調査した。駿河湾に流入する主要河川のうち、富士山系地下水が湧出または流入している狩野川と富士川では、多変量解析の結果、富士川の方が河口付近の水質が富士山系湧水に近いことが明らかとなった。富士川と狩野川の河口付近の河川水は、駿河湾沖合部より有機物濃度が低い傾向にあり、湾内の従属栄養性微生物群集の生産に対する直接的な寄与が低いことがわかった。しかし、両河川は、富士山系地下水を含まない他の流入河川と比べて栄養塩、中でもリン酸塩の濃度が顕著に高く、富士山系地下水はリン源として湾内の生物生産に影響することがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、富士山南麓の地下水と湧水中の主要栄養塩、微量元素、有機物を分析して、富士山で涵養した地下水(富士山系地下水)の生物地球化学的特徴づけを行ったことにより、富士山の自然科学的価値を再評価した点で学術的意義があるといえる。また、駿河湾に流入する主要河川についても同様の分析を行い、これらが流入する駿河湾に対する富士山系地下水と人間活動による生態学的影響を評価したことにより、SDGsの目標14(海の豊かさを守ろう)に寄与した点に本研究の社会的意義がある。駿河湾は沿岸近くに沖合部を持つ希少な環境であり、陸域からの物質輸送がその水産資源に及ぼす影響を調べた本研究の成果は社会的に有用と考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study addressed the influence of the Mt Fuji's groundwater on biological production in the Suruga Bay, especially for the groundwater inflowing to the bay through rivers. By comparison between the rivers receiving the Mt Fuji's groundwater (Fuji River and Kanogawa River), surface water near the river mouth of the Fuji River was more similar to the spring water of Mt Fuji than that of the Kanogawa River with regards to the chemical constituents. The Fuji River and the Kanogawa River had lower concentrations of organic carbon than the oceanic province of the Suruga Bay, revealing the relatively low contribution of the Mt Fuji's groundwater to the heterotrophic microbial production in the Suruga Bay. The Fuji River and the Kanogawa River contained much more amount of phosphate compared to the rivers without Mt Fuji's groundwater. From this result, it is inferred that Mt Fuji's groundwater stimulates primary production in the Suruga Bay as the source of phosphorus.

研究分野：生物地球化学

キーワード：栄養塩 有機物 微量元素

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

駿河湾は日本一深い水深を有し、水深 200m を超える沖合部が沿岸のすぐ近くから始まる世界的にも有数の急峻環境である。また、広い湾口を有する開放性の湾であり、太平洋や黒潮の影響を強く受け、しばしば貧栄養状態になる。一方で、駿河湾にはサクラエビなどの特徴的な生物種が生存しており、陸域からの物質輸送がこれらの貴重な水産資源を支えている可能性が高いものの、その輸送経路については不明な点が多い。

2. 研究の目的

本研究は、陸域から駿河湾への物質輸送経路として富士山で涵養した地下水(富士山系地下水)に着目し、駿河湾の生物生産に対する河川水を介したその影響を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

駿河湾に流入する主要河川である狩野川、富士川、安倍川、大井川の河口に最も近い流量観測所と、駿河湾沖合部の2つの測点で毎月採水を行い、主要栄養塩、有機物、微生物現存量(クロロフィル a 濃度および原核生物細胞数など)を分析した。また、富士山系地下水の湧水として、柿田川などの12か所でも採水を行い、上記の項目と微量金属元素を分析した。更に、比較対象として、富士山系地下水が混入しておらず、富士山とは地質が異なる南アルプスに水源を有する安倍川について、起点から河口付近までの表流水と、地下水、伏流水を採水して分析した。これらの水分析に加えて、水産的に高付加価値種の生物生産の指標として駿河湾でサクラエビを採集してそのカロテノイドを分析した。

4. 研究成果

駿河湾への主要流入河川のうち、富士山系地下水が湧出・流入している富士川と狩野川で下流域の水質を比較すると、富士川の方が富士山系地下水の湧水に近いことが多変量解析から示された。狩野川は、他の河川水や湧水と比べて窒素の栄養塩が多く、特にアンモニウム塩と亜硝酸塩といった中間的な酸化還元状態を有する成分に富んでいたことから、窒素肥料の施肥の影響とそれに伴う微生物の活性化が大きな特徴となっていることが考えられた。また、富士山系地下水の影響が強いことが示された富士川は、主要栄養塩の中でケイ酸とリン酸塩の濃度が高く、特にリン酸塩の濃度が極めて高かった。先行研究では、富士山系地下水は駿河湾へのケイ酸の供給源として注目されていたことから、本研究で得られた知見は新規性が高い。富士川は、生物生産に強く関わる鉄などの微量金属が比較的乏しかったことから、リンの供給源として駿河湾の一次生産に主に影響していると予想された。また、富士山系地下水について多くの先行研究で高濃度であることが指摘されている微量金属のバナジウムについては、深井戸の地下水で顕著に高濃度であったものの、バナジウムよりもストロンチウムの方が高濃度で検出された湧水が柿田川など複数あった。しかし、ストロンチウムの濃度は、富士山系地下水が混入していない安倍川と大井川でも著しく高く、富士山系地下水の湧水の中には安倍川と大井川の値を下回った観測点が多数あったことから、ストロンチウムが富士山系地下水を特徴づける成分ではないことが示された。

河川から駿河湾に供給される有機物の多くが溶存有機物であることが確認され、大井川以外の河川は駿河湾沖合部よりも溶存有機物濃度が低い傾向にあり、これらの流入により湾内の有機物が希釈されていることがわかった。溶存有機物の濃度は安倍川で突出して低く、安倍川は流域の人口を考慮すると世界的にも珍しい、溶存有機物濃度が超低濃度の都市型河川であることが新たにわかった。その要因として、人口が密集する下流域で溶存有機物濃度が低い伏流水と浅部地下水が湧出していることが溶存有機物の光学分析から明らかとなり、これらの湧水による溶存有機物の希釈に加え、狩野川河川水中の溶存有機物を用いた実験から安倍川の懸濁物質が溶存有機物を吸着して有機物を溶存態から粒子態に移行させていることが示され、更に、安倍川が急流であることから一次生産により供給された溶存有機物が安倍川内で微生物代謝により循環され難分解化して蓄積する前に駿河湾に流出していることが予想された。これらの知見は、陸域から海域への有機物輸送の制御機構の理解において重要な意味を持つと評価できる。

駿河湾沖合部では、一次生産の低い初夏に原核生物細胞数が増加し、この時期に溶存有機物中のタンパク質様成分が減少することが溶存有機物の光学分析から確認された。この結果から、初夏に原核生物が同成分を消費して増殖していることが考えられた。このタンパク質様成分は、年間を通して流入河川水の方が駿河湾沖合部より多く、溶存有機物に占める同成分の割合は特に富士川と狩野川で高かった。初夏は河川流量が高いことから、富士山系地下水を含む河川水がタンパク質様成分を供給することで、貧栄養期の駿河湾の生物生産を支えていることを示唆した。一方、駿河湾が貧栄養となる初夏は、駿河湾に生息するサクラエビの摂餌行動が低下していることがサクラエビのカロテノイド成分から示唆された。従って、富士山系地下水を含む河川水によるタンパク質様成分の供給は、サクラエビには影響していないことが予想された。そこで、原核

生物とサクラエビをつなぐ栄養段階に着目したところ、微生物食物連鎖で原核生物の上位に位置するナノ鞭毛虫と繊毛虫の細胞数と、繊毛虫を捕食する動物プランクトンの枝角類の個体数が原核生物の細胞数と同様に駿河湾沖合部で初夏に増加していることが確認された。繊毛虫は、枝角類だけではなく、サクラエビの重要な餌として考えられているカイアシ類にも捕食されるが、初夏は繊毛虫が枝角類に捕食されることで、河川から供給されたタンパク質様成分がサクラエビを通らない食物連鎖に伝達されていることが考えられた。また、溶存有機物を構成する化学成分として、上記の光学分析に加えて、海水でこれまでに同定された化合物の中で最も量が多い糖についても調査した。低分子の糖は微生物に利用されやすく水柱に蓄積しにくい成分であることが先行研究で指摘されているが、駿河湾沖合部には湾内の原核生物の代謝により特定のオリゴ糖が中層に蓄積し、ゆっくり消費されていることが明らかとなった。これらのオリゴ糖と陸域からの物質輸送との関連について今後明らかにすることができれば、海洋中深層の低次生態系を支える炭素循環における陸域の影響について化合物レベルで理解が深化することが期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Zhongyu Guo, Tingting Wang, Hidetaka Ichianagi, Mohamed Ateia, Guo Chen, Jieqiong Wang, Manabu Fujii, Kaichii En, Tiansheng Li, Rumi Sohrin, Chihiro Yoshimura	4. 巻 253
2. 論文標題 Photo-production of excited triplet-state of dissolved organic matters in inland freshwater and coastal seawater	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Water Research	6. 最初と最後の頁 121260 ~ 121260
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.watres.2024.121260	査読の有無 無
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 Schilling O. S., Nagaosa K., Schilling T. U., Brennwald M. S., Sohrin R., Tomonaga Y., Brunner P., Kipfer R., Kato K.	4. 巻 1
2. 論文標題 Revisiting Mt Fuji 's groundwater origins with helium, vanadium and environmental DNA tracers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Water	6. 最初と最後の頁 60 ~ 73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s44221-022-00001-4	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 該当する
1. 著者名 Kenmochi Akiyuki, Matsuura Hiroyuki, Yoshikawa Takashi, Sohrin Rumi, Obayashi Yumiko, Nishikawa Jun	4. 巻 17
2. 論文標題 Seasonal abundance of marine cladocerans in the offshore waters of Suruga Bay, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 57 ~ 65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3800/pbr.17.57	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 Kenmochi Akiyuki, Takahashi Daisuke, Matsuura Hiroyuki, Yoshikawa Takashi, Sohrin Rumi, Obayashi Yumiko, Kuroda Hiroshi, Nishikawa Jun	4. 巻 79
2. 論文標題 Cladoceran communities in offshore Suruga Bay, Japan: How are they formed?	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 49 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-022-00662-5	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 松本浩茂、伊藤史晃、程谷浩成、真鍋尚司、栗山康弘、土屋郁夫、十田一秀、宮本健也、舟橋弥生、澤田みつ子、宗林留美、永翁一代、加藤憲二	4. 巻 -
2. 論文標題 ドローンをを用いた河川水温の測定による地下水湧出箇所の探査	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 陸水学雑誌	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) 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 Yoshikawa, T., R. Sohrin, Y. Obayashi, H. Matsuura, J. Nishikawa and K. Hayashizaki	4. 巻 77
2. 論文標題 Seasonal and vertical variations in phytoplankton photosynthetic parameters and primary production in Suruga Bay, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 797-818
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-021-00610-9	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 -

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 有水聡志・宗林留美・西川淳
2. 発表標題 駿河湾産サクラエビの各成長段階におけるアスタキサンチン異性体組成を用いた食性推定
3. 学会等名 日本海洋学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 増井和樹・宗林留美・西川淳・松浦弘行・吉川尚・大林由美子
2. 発表標題 海産細菌による難分解性オリゴ糖の生産の検証
3. 学会等名 日本海洋学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 相田奈々・池上輝・吉川尚・宗林留美・大林由美子・松浦弘行・西川淳
2. 発表標題 駿河湾における植物プランクトン群集構造の経時変動
3. 学会等名 日本海洋学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山岡望海・宗林留美・久保篤史・西川 淳・松浦弘行・吉川 尚・大林由美子
2. 発表標題 駿河湾における溶存有機物と原核生物の関係
3. 学会等名 日本海洋学会2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 上田裕希・宗林留美・西川 淳・松浦弘行・吉川 尚・大林由美子
2. 発表標題 駿河湾の海水を用いたオリゴ糖様化合物の生産実験
3. 学会等名 日本海洋学会2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 剣持瑛行・日高弥子・Dhugal Lindsay・Mehul Naresh Sangekar ・松浦弘行・吉川 尚・宗林留美・大林由美子・西川 淳
2. 発表標題 駿河湾湾奥部におけるメソ動物プランクトンの群集構造：海産枝角類を中心として
3. 学会等名 日本海洋学会2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Rumi Sohrin, Taichi Hatano, Nozomi Yamaoka, Atsushi Kubo, Yoshio Ishikawa, Kenji Kato, Akira Tsukagoshi
2. 発表標題 Low dissolved organic carbon concentration in the Abe River, an urban river running from a landslide area to the Suruga Bay: comparison with the Kanogawa River
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Mei Ishikura, Akiyuki Kenmochi, Hiroyuki Matsuura, Takashi Yoshikawa, Rumi Sohrin, Yumiko Obayashi, Jun Nishikawa
2. 発表標題 Effects of the Kuroshio Large Meander on euphausiids in Suruga Bay, Japan
3. 学会等名 PICES-2021 Virtual Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akiyuki Kenmochi, Hiroyuki Matsuura, Takashi Yoshikawa, Rumi Sohrin, Yumiko Obayashi, Jun Nishikawa
2. 発表標題 Mass occurrence and its ecological significance of marine cladocerans in offshore Suruga Bay, Japan
3. 学会等名 PICES 2019 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 剣持瑛行・松浦弘行・吉川 尚・宗林留美・大林由美子・西川 淳
2. 発表標題 駿河湾沖合域および折戸湾における海産枝角類の個体群動態
3. 学会等名 2019年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊東 宏・松浦弘行・吉川 尚・宗林留美・大林由美子・西川 淳
2. 発表標題 駿河湾におけるメソ・マクロ動物プランクトンの季節群集とその生物量，生産速度
3. 学会等名 2019年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 剣持瑛行・松浦弘行・吉川 尚・宗林留美・大林由美子・西川 淳
2. 発表標題 駿河湾沖合域および折戸湾における海産枝角類の個体群動態
3. 学会等名 2019年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 剣持瑛行・高橋大介・石倉明依・松浦弘行・吉川 尚・宗林留美・大林由美子・西川 淳
2. 発表標題 駿河湾沖合域における海産枝角類の大量出現メカニズム 粒子追跡実験による検証
3. 学会等名 2020年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石倉明依・剣持瑛行・松浦弘行・吉川 尚・宗林留美・大林由美子・西川 淳
2. 発表標題 2016-2019年における駿河湾のオキアミ類群集の個体群動態
3. 学会等名 2020年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小澤祐斗・宗林留美・西川 淳・吉川 尚・松浦弘行・大林由美子
2. 発表標題 エビ綱におけるアスタキサンチ ンのcis-trans異性体の分析法の検討
3. 学会等名 2019年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石倉明依・剣持瑛行・松浦弘行・吉川 尚・宗林留美・大林由美子・西川 淳
2. 発表標題 駿河湾におけるオキアミ類Euphausia similisの生活史
3. 学会等名 2021年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 剣持瑛行・石倉明依・松浦弘行・吉川 尚・宗林留美・大林由美子・西川 淳
2. 発表標題 駿河湾沖合域におけるウスカワミジンコ Penilia avirostrisの繁殖および個体群動態
3. 学会等名 2021年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山岡望海・宗林留美・久保篤史・西川 淳・松浦弘行・吉川 尚・大林由美子
2. 発表標題 駿河湾における溶存有機物と原核生物の関係
3. 学会等名 日本海洋学会2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kenji Kato, Rumi Sohrin, Akira Tsukagoshi, Koji M o r i
2. 発表標題 Impact of groundwater on the Kano River system
3. 学会等名 Japan Geoscience Union 2022 Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宗林留美・高野勇知・茂木篤・峰澤卓巳・西川 淳・松浦弘行・吉川 尚・大林由美子
2. 発表標題 駿河湾沖合部における微生物群集の時空間分布
3. 学会等名 2021年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 有水聡志・小澤祐斗・宗林留美・西川 淳・松浦弘行・吉川 尚・大林由美子
2. 発表標題 小型軟甲綱におけるアスタキサンチンの異性体
3. 学会等名 2021年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 相田奈々・池上 輝・吉川 尚・宗林留美・大林由美子・松浦弘行・西川 淳
2. 発表標題 駿河湾における植物プランクトン群集構造の季節変動
3. 学会等名 2021年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宗林留美・西山貴博・西川 淳・松浦弘行・吉川 尚・大林由美子・児玉武稔
2. 発表標題 駿河湾における栄養塩の窒素：リン比の季節変化とその生物学的要因
3. 学会等名 2020年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小澤祐斗・宗林留美・西川淳・松浦弘行・吉川尚・大林由美子
2. 発表標題 駿河湾産軟甲綱におけるアスタキサンチンの鏡像異性体分析
3. 学会等名 海洋生物学研究会シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 有水聡志・宗林留美・西川 淳・松浦弘行・吉川 尚・大林由美子
2. 発表標題 駿河湾の小型遊泳性軟甲綱のアスタキサンチンのcis-trans異性体
3. 学会等名 海洋生物学研究会シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宗林留美
2. 発表標題 駿河湾の水質
3. 学会等名 日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Rumi Sohrin	4. 発行年 2019年
2. 出版社 CRC Press	5. 総ページ数 350
3. 書名 Green Science and Technology	

〔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
---------	---------