

令和元年6月20日現在

機関番号：82101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K12814

研究課題名(和文) 海洋溶存態有機物の分子サイズとバクテリアによる利用・分解特性

研究課題名(英文) Molecular weight distribution and bacterial availability of marine dissolved organic matter

研究代表者

土屋 健司 (Tsuchiya, Kenji)

国立研究開発法人国立環境研究所・地域環境研究センター・JSPS特別研究員

研究者番号：70739276

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)：新規手法を用いて海洋溶存態有機炭素(DOM)の分子サイズ分布の時空間変動と、バクテリアによる利用特性を相模湾で調査した。海洋DOMの分子サイズは千および十万Da程度の2つのピークを持つことが明らかとなり、全DOMに対して90%以上を千Da程度の低分子DOMが占めた。一方、十万Da程度のDOMはバクテリア増殖速度と強い関係を示し、高分子DOMは全DOMに対して最大で10%程度を占めるに過ぎないが、バクテリア生産の制限要因として重要であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海水には多量の塩が含まれることから、海洋DOMの分子サイズ分布の測定は技術的に困難であったが、本研究では脱塩とサイズ排除クロマトグラフィーを組み合わせた新規の測定手法を用いることにより、これまで測定されてこなかった海洋DOMの分子サイズ分布の季節・空間変動を初めて明らかにした。海洋DOMは莫大な現存量を示す上、その分子サイズは生物利用・分解性に関係することから、本研究結果は海洋の炭素循環を見積もる上で重要な知見となり得るものである。

研究成果の概要(英文)：Using a novel method, seasonal and spatial variations of molecular weight distribution of marine dissolved organic matter (DOM) and bacterial availability of DOM were examined in Sagami Bay, Japan. The present study revealed that marine DOM had two peaks of molecular weight, around thousand and hundred thousand Da, and DOM of the lower molecular weight accounted for more than 90% of total DOM amount. Whereas, DOM of the higher molecular weight strongly correlated to bacterial growth rate, suggesting that although the higher molecular weight DOM accounted for less than 10% of the total DOM amount, the higher molecular weight DOM should be an important factor to regulate bacterial production in marine ecosystems.

研究分野：生物海洋学

キーワード：溶存態有機物 分子量分布 バクテリア生産

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

海洋は約 662 PgC の有機炭素を貯留しており、陸域の植生と並んで地球表層における最も大きな炭素リザーバーである(Carlson and Hansell 2015) . ほとんどの海洋有機炭素は溶存態の形態で存在し、懸濁態有機炭素の 200 倍以上の量である(Hansell et al. 2009) . そのため、DOM 動態は海洋の炭素循環を理解する上で重要であり、DOM の分子サイズ分布や、各分子サイズの DOM 生物利用性は有用な指標となる . しかし、海水には多量の塩が含まれることから、海洋 DOM の分子サイズ分布の測定は技術的に困難であったが、脱塩と全炭素量(TOC)検出器によるサイズ排除クロマトグラフィー(SEC-TOC)を組み合わせた新規の測定手法が開発された(Shimotori et al. 2016) . 本手法を用いることにより、炭素量ベースで分子サイズ分布を測定することが可能となり、海域の DOM の分子サイズ分布に関する理解は急速に進展すると考えられる . しかし、本手法を用いた自然環境中の DOM 分子サイズ分布の季節・空間変動や、海産バクテリアによる各分子サイズの DOM 生物利用性といった知見はこれまで得られていない .

2. 研究の目的

本研究では、上述の DOM 分子サイズ分布を測定する新規手法を用いて、1) 沿岸域における DOM の分子サイズ分布の時空間変動を明らかにし、2) DOM の各分子サイズのバクテリア利用能を明らかにすることを目的とした .

3. 研究の方法

2017 年 6 月から 1 年間、相模湾で調査を行った . 沖合定点 M において、各層よりニースキン採水器を用いて採水した . DOM 分子サイズ分布は脱塩・SEC-TOC により測定した(Shimotori et al. 2016) . バクテリア生産速度は放射性同位体を全く用いない方法を用いて測定した(^{15}N -dA 法 : Tsuchiya et al. 2015) . 環境要因として、水温、塩分、栄養塩濃度、クロロフィル *a* 濃度、DOC 濃度を測定した .

4. 研究成果

水温、塩分は年間を通してそれぞれ 13.4~25.1 , 32.9~34.6 の範囲で変動し、夏季成層期の表層において、塩分は最低値を示した . 溶存態有機炭素(DOC)濃度は夏季表層で高く、最大で 1.1 mgC L^{-1} に達した後、冬季にかけて低下し、最低値 0.66 mgC L^{-1} を示した . DOM 分子サイズ分布は殆どのサンプルにおいて、千 Da (低分子 DOM; LMW-DOM)および十万 Da(高分子 DOM; HMW-DOM)程度の 2 つのピークが見られた . LMW-DOM が常に卓越して存在し、全 TOC 量の 90%以上を占めていた . 一方、HMW-DOM は夏季表層で最大値 0.11 mgC L^{-1} を示し、全 TOC 量の 9.6%に相当した(図 1) . また、混合層以深や冬季にかけて HMW-DOM の存在量は低下し、特に 1 月~2 月は全層において検出限界以下であった .

バクテリア生産量は調査期間中、 $0.0141\sim 37.3 \text{ pmol}^{-15}\text{N-dA L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ の範囲で変動し、夏季表層で高い値を示した(図 2) . バクテリア生産量の変動要因として、水温、塩分、クロロフィル *a* 濃度、DOC 濃度、LMW-DOM、HMW-DOM との関係を解析した結果、いずれの変数とも有意な相関関係が認められた($p < 0.01$) . 一方、決定係数は HMW-DOM との関係において最も高い値を示した($r^2 = 0.47$) . 以上のことから、HMW-DOM は全 TOC 量の 10%に満たない存在量にも関わらず、バクテリアによる利用能は高く、バクテリア生産量の制限要因として重要な役割を果たしていることが示唆された .

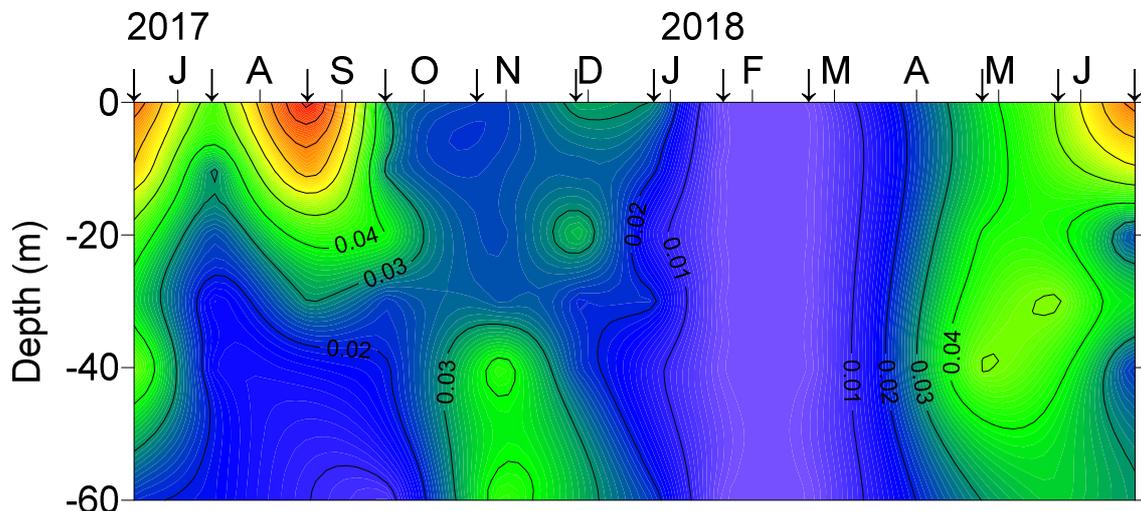


図 1 高分子サイズの溶存態有機物(HMW-DOM; mgC L^{-1})の時空間変動 .

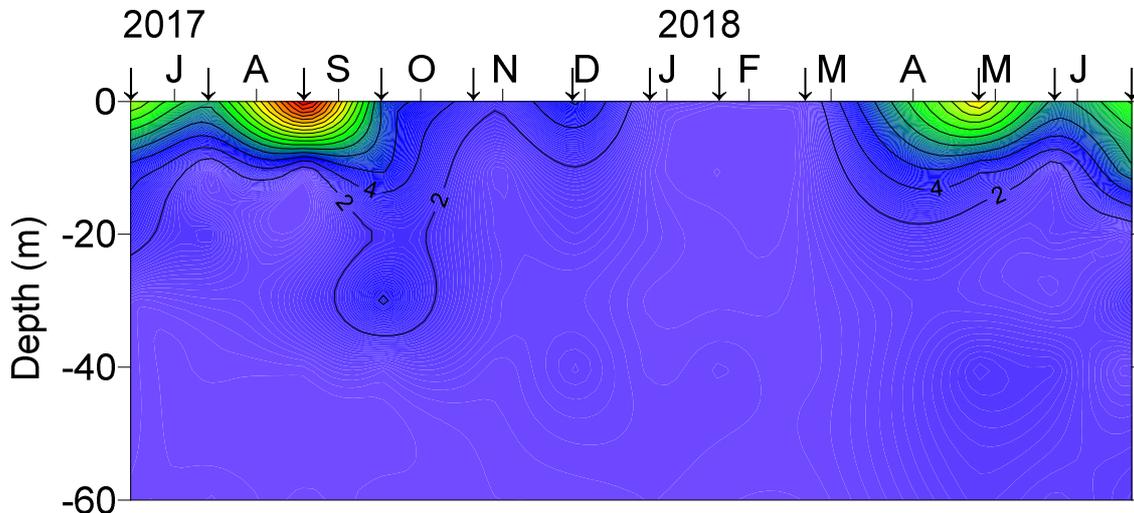


図2 バクテリア生産量($\text{pmol-}^{15}\text{N-dA L}^{-1} \text{h}^{-1}$)の時空間変動。

<引用文献>

- Carlson, C. A., & Hansell, D. A. (2015). Chapter 3 - DOM Sources, Sinks, Reactivity, and Budgets. In D. A. Hansell & C. A. Carlson (Eds.), *Biogeochemistry of Marine Dissolved Organic Matter (Second Edition)* (pp. 65-126). Boston: Academic Press.
- Hansell, D. A., Carlson, C. A., Repeta, D. J., & Schlitzer, R. (2009). Dissolved organic matter in the ocean: A controversy stimulates new insights. *Oceanography*, 22(4), 202-211.
- Shimotori, K., Satou, T., Imai, A., Kawasaki, N., Komatsu, K., Kohzu, A., Tomioka, N., Shinohara, R. & Miura, S. (2016). Quantification and characterization of coastal dissolved organic matter by high-performance size exclusion chromatography with ultraviolet absorption, fluorescence, and total organic carbon analyses. *Limnology and Oceanography: Methods*, 14(10), 637-648.
- Tsuchiya, K., Sano, T., Kawasaki, N., Fukuda, H., Tomioka, N., Hamasaki, K., Tada, Y., Shimode, S., Toda, T. & Imai, A. (2015). New radioisotope-free method for measuring bacterial production using $[^{15}\text{N}_5]$ -2'-deoxyadenosine and liquid chromatography mass spectrometry (LC-MS) in aquatic environments. *Journal of Oceanography*, 71(6), 675-683.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

1. **K. Tsuchiya**, T. Sano, T. Noriko, A. Kohzu, K. Komatsu, R. Shinohara, T. Noriko, M. Nakagawa, Y. Sugai, V. S. Kuwahara, T. Toda, H. Fukuda and A. Imai, 2019.
Seasonal variability and regulation of bacterial production in a shallow eutrophic lake.
-*Limnology and Oceanography*, 9999: 1-14. doi:10.1002/lno.11196 (査読有り)
2. Sugai, Y., **K. Tsuchiya**, S. Shimode and T. Toda, 2018.
Seasonal variations in microbial abundance and transparent exopolymer particle concentration in the sea surface microlayer of temperate coastal waters.
-*Aquatic Microbial Ecology*, 81: 201-211. doi:10.3354/ame01869 (査読有り)
3. **土屋健司**・江濱睦人・安永佳秀・中川裕子・平原南萌・岸正敏・水林啓子・桑原ビクター伸一・戸田龍樹, 2018.
長崎県五島列島北部沿岸海域における栄養塩の季節的・空間的変動.
-*沿岸海洋研究*, 55: 125-138. (査読有り)
4. Kishi, M., M. Kawai, **K. Tsuchiya**, M. Koyama, N. Nagao and T. Toda, 2018.
Enhancement of microalgal production through bacterial mineralization of ethylene glycol.
-*Journal of Environmental Biology*, 39: 725-731. (査読有り)
5. **Tsuchiya, K.**, V. S. Kuwahara, T. Yoshiki, R. Nakajima, S. Shimode, T. Kikuchi and T. Toda, 2017.
Response of phytoplankton and enhanced biogeochemical activity to an episodic typhoon event in the coastal waters of Japan.
-*Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 194: 30-39. doi:10.1016/j.ecss.2017.05.019 (査読有り)

〔学会発表〕(計9件)

1. **土屋健司**・富岡典子・小松一弘・高津文人・今井章雄・佐野友春・早川和秀・永田貴丸・岡本高弘・廣瀬佳則, 2019.
琵琶湖北湖における細菌生産の30年間の变化.
- 第53回日本水環境学会年会(山梨大学), 2019年3月, 講演要旨集: 105.

2. **Tsuchiya, K.**, K. Komatsu, R. Shinohara, A. Imai, S. Matsuzaki and A. Kohzu, 2019.
Spatial variations in contributions of methane-derived carbon to chironomid larvae and oligochaeta in a shallow, eutrophic Lake Kasumigaura, Japan.
- ASLO 2019 Aquatic Sciences Meeting, San Juan, Puerto Rico, February 23- March 2, 2019, Abstracts: 75. (Poster)
3. **Tsuchiya, K.**, T. Sano, N. Tomioka, N. Takamura, M. Nakagawa, A. Kohzu, K. Komatsu, R. Shinohara and A. Imai, 2018.
Bacterial production and carbon budget at the center of Lake Kasumigaura, Japan.
- 17th World Lake Conference, Tsukuba International Congress Center, Japan, October 15-19, 2018, Proceedings: 74-75. (Poster)
4. **土屋健司**・佐野友春・富岡典子・高津文人・小松一弘・三浦真吾・今井章雄, 2018.
放射性同位体を用いない細菌生産測定法の開発と応用.
- 日本陸水学会第83回大会(岡山大学), 2018年10月, 講演要旨集: 46.
5. **土屋健司**・佐野友春・富岡典子・小松一弘・高津文人・今井章雄, 2018.
枝角類動物プランクトン2種のバクテリア生産量への影響.
- 2018年度日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会(創価大学), 2018年9月, 講演要旨集: 126
6. **土屋健司**・霜鳥孝一・佐野友春・富岡典子・小松一弘・高津文人・今井章雄・佐藤貴之・菅井洋太・高山佳樹・戸田龍樹・下出信次, 2018.
夏季沿岸域における溶存態有機物の分子量分布.
- 海洋生物シンポジウム2018(東京海洋大学), 2018年3月, 講演要旨集: 15.
7. **土屋健司**・佐野友春・富岡典子・小松一弘・高津文人・今井章雄・早川和秀・岡本高弘・廣瀬佳則, 2018.
琵琶湖北湖の細菌生産動態.
- 第52回日本水環境学会年会(北海道大学), 2018年3月, 講演要旨集: 3.
8. **土屋健司**・佐野友春・富岡典子・高村典子・中川恵・高津文人・小松一弘・今井章雄, 2017.
細菌生産速度から見る霞ヶ浦湖心の物質収支.
- 日本陸水学会第82回大会(田沢湖温泉郷 駒ヶ岳グランドホテル), 2017年9月, 講演要旨集: 87.
9. **土屋健司**・佐野友春・富岡典子・小松一弘・高津文人・今井章雄・早川和秀・岡本高弘, 2017.
琵琶湖北湖におけるバクテリア生産量の季節変動.
- 2017年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会(滋賀県立大学), 2017年9月, 講演要旨集: 87.