

令和 6 年度伊藤光昌氏記念学術助成金(研究助成)成果報告書

研究課題番号	R6-R4
研究課題名	異常昇温に伴う溶存有機物分解特性の解明
研究代表者氏名	橋濱 史典
所属・職 (または学年)	東京海洋大学学術研究院・准教授

背景と目的

海洋における溶存有機態炭素 (DOC), 溶存有機態窒素 (DON), 溶存有機態リン (DOP) は微生物によって分解され, それぞれ二酸化炭素 (CO_2), 溶存無機態窒素 (DIN), 溶存無機態リン (DIP) となる. この溶存有機物の分解が CO_2 放出源として過去に温暖化を引き起こした可能性が指摘されている (Sexton et al., 2011). 近年, 海水温が過去数十年と比較して顕著に高い状態が 5 日間以上続く海洋熱波の発生が危惧されている (Laufkötter et al., 2020). 海洋熱波は今後, 発生頻度および期間の増大やさらなる水温上昇が見込まれており, 喫緊の課題となっている. 中緯度海域の表層には無機栄養塩が低濃度で存在するが, DOC, DON, DOP は豊富に存在する (Hansell et al., 2021; Liang et al., 2022). 仮にこれらが海洋熱波に伴い分解されると, 大量の CO_2 や DIN, DIP が放出され, 生物地球化学循環に大きな影響を及ぼす可能性があるが, 海洋熱波と溶存有機物分解の関係を調査した研究はない. 本研究では, 西部北太平洋の表層水を用いて海洋熱波を再現した高温環境で分解実験を行い, 表層水中の溶存有機物の分解特性を定量的に評価した.

方法

2024 年 7 月に東京海洋大学「汐路丸」の 141.5°E トランゼクト航海に参加し, 親潮・黒潮混合域 (36.5°N) と亜熱帯循環域 (27.0°N) の表層から CTD ニスキン採水により試水を採取した. 試水は, GF/F フィルターで重力ろ過を行い, 30 mL 容ガラスバイアルに分注した. ろ過試水は,

36.5°N については 25°C (現場水温), 30°C (現場水温 +5°C), 35°C (現場水温 +10°C), 27.0°N については 30°C (現場水温), 35°C (現場水温 +5°C) のインキュベーター (暗所) で 40 日培養した. 培養開始時 (0 日) と 5, 10, 20, 40 日にサンプリングし, 冷凍保存した. DOC 濃度は高温接触酸化法 (Kubo and Kanda, 2020), DIN, DIP 濃度は長光路吸光光度法 (Hashihama et al., 2009; Hashihama et al., 2015) で測定した. 本研究では培養期間中の DIN, DIP の増加分を DON, DOP の無機化分とみなした.

結果と考察

36.5°N の実験において, 0 と 40 日の DOC 濃度を比較すると, 25°C と 30°C で有意な増加がみられた (Fig. 1). 40 日の各温度の DOC 濃度からは明確な温度依存性は認められなかった. 40 日間で増加した DOC は, アンモニウム塩の減少と, 亜硝酸塩の増加に概ね対応しており, 硝化による化学合成が示唆された. 0 から 40 日にかけて各温度の DIN 濃度は減少傾向にあり, DIP 濃度には有意な増減はみられなかった. DIN 濃度の減少は低温ほど大きく, 窒素制限の微生物による DIN 利用に起因すると推察される. 27.0°N の実験では, 0 と 40 日の DOC 濃度差から 30°C と 35°C で有意な減少がみられた. 一方, 40 日の各温度の DOC 濃度には有意差はみられなかった. また, 0 から 40 日にかけて各温度の DIN 濃度は減少傾向にあり, 40 日の DIN 濃度比較から 30°C の減少の方が大きかった. これは 36.5°N と同様に窒素制限の微生物による DIN 利用に起因する

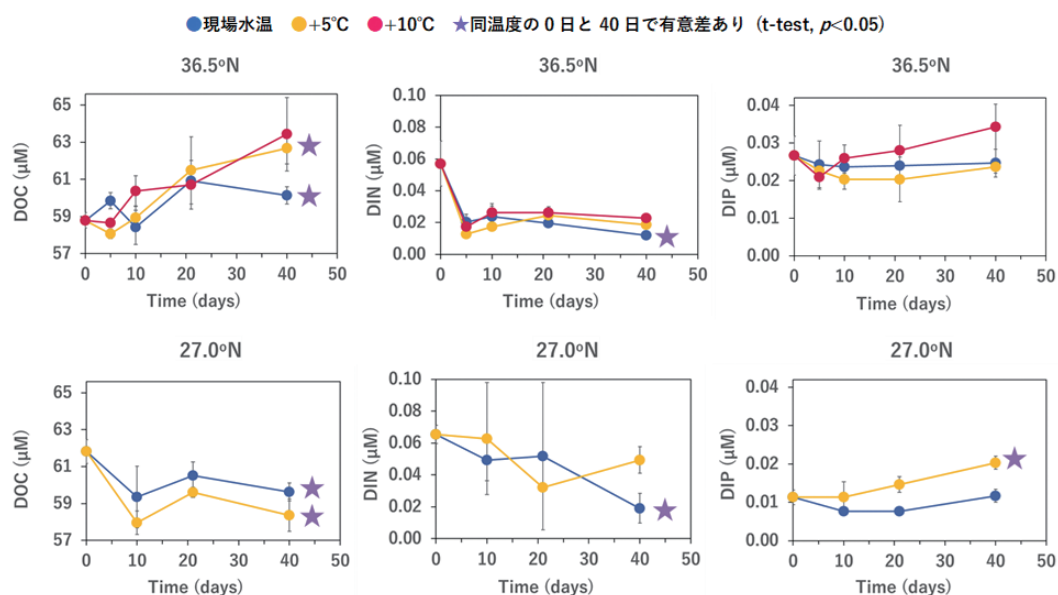


Fig. 1. Time-course changes of DOC, DIN, and DIP concentrations in the incubated samples collected at northern and southern stations in the western North Pacific. Error bars denote standard deviation.

と推察される。さらに、0 から 40 日にかけて 35°C の DIP 濃度が有意に増加していた。貧栄養な亜熱帯循環域の表層では DIP が枯渇しており、DOP から再生される DIP 供給と当該海域で活発な窒素固定を通じて光合成による CO_2 吸収に繋がることが推察される。35°C において 40 日間で増加した DIP 濃度にレッドフィールド C:P 比 (106:1) を乗じ、光合成による CO_2 吸収分を求めたところ 0.95 μM であった。35°C において 40 日で減少した DOC 濃度から推定される CO_2 放出分が 3.46 μM であったが、光合成による CO_2 吸収分を差し引くことで正味の CO_2 放出分は 2.50 μM と見積もられた。亜熱帯循環域では、海洋熱波により DOP 分解が起こり DIP の供給が光合成を促進するポテンシャルはあるが、DOC 分解は大きく、正味では CO_2 放出に繋がることが示唆された。

参考文献

Hansell, D. A. et al. (2021) Compilation of dissolved organic matter (DOM) data obtained from global ocean observations from 1994 to 2020, Version 2 (NCEI Accession 0227166). NOAA Natl. Centers Environ. Inform. Dataset.

Hashihama, F. et al. (2009) Macro-scale exhaustion of surface phosphate by dinitrogen fixation in the western North Pacific. *Geophys. Res. Lett.* 36, L03610.

Hashihama, F. et al. (2015) Liquid waveguide spectrophotometric measurement of nanomolar ammonium in seawater based on the indophenol reaction with *o*-phenylphenol (OPP). *Talanta* 143, 374–380.

Kubo, A., and J. Kanda (2020) Coastal urbanization alters carbon cycling in Tokyo Bay. *Sci. Rep.* 10, 20413.

Laufkötter, C., J. Zscheischler, and T. L. Frölicher (2020) High-impact marine heatwaves attributable to human-induced global warming. *Science* 369, 1621–1625.

Liang, Z. et al. (2022) A global ocean dissolved organic phosphorus concentration database (DOPv2021). *Sci. Data* 9, 772.

Sexton, P. S. et al. (2011) Eocene global warming events driven by ventilation of oceanic dissolved organic carbon. *Nature* 471, 349–352.