

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-R1
研究課題名	大槌湾における堆積物およびその間隙水中における窒素化合物の分布
研究代表者氏名	高巢 裕之
所属・職 (または学年)	長崎大学総合生産科学域・准教授

背景

沿岸堆積物中において微生物分解に伴い再生した栄養塩は、間隙水中に溶存し、潮汐等による堆積物の再懸濁や、間隙水と直上水間の栄養塩の濃度勾配などによって水柱へと拡散する。沿岸域では間隙水中の栄養塩濃度が海底直上水よりも高濃度であることが多いため、特に水深の浅い海域においては、堆積物から水柱への栄養塩供給過程が水柱の栄養塩動態に影響を及ぼすと考えられる。

2011 年 3 月 11 日の 2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う大津波により、三陸沿岸の内湾域では、浅海部での堆積物の分布に変化が生じたほか、陸域からの瓦礫や土砂の流入により、内湾域の物質循環系は大きく攪乱された (Goto et al. 2014; Fukuda et al. 2016)。三陸地方のリアス海岸の中ほどに位置する岩手県大槌湾には、最大波高 15.1 m の津波が襲来し、同湾に隣接する大槌町では 5600 棟もの建造物が全壊し、陸域から同湾に大量の瓦礫や土砂が流入したほか、上下水道や下水処理場などの有機物や栄養塩の処理に関わる設備が破損したことから、湾内の栄養塩循環に影響が及んだことが報告されている (福田ら 2017)。震災以降 5 年間、大槌湾の栄養塩動態をモニタリングした研究によれば、堆積物からの栄養塩溶出に起因すると考えられる水柱の窒素／リン比の変化が見られ、2016 年初頭でも震災前と異なる状況にあったことが報告されている (福田ら 2017)。しかしながら、大槌湾における堆積物中の栄養塩やその起源となる有機態窒素およびリンの分布状況についてはほとんど情報がなく、今後も堆積物からの栄養塩溶出による影響が継続し得るのかど

うか定かではない。

1988 年に大槌湾において採取された堆積物コア (1–20 cm) の間隙水中の無機態および有機態窒素濃度を測定した研究によると、同湾の間隙水中の窒素はアンモニア態窒素と有機態窒素がほとんどを占め、それぞれ 13–130 $\mu\text{mol L}^{-1}$ 、30–100 $\mu\text{mol L}^{-1}$ と報告されている (築田・米田 2000)。一方で、震災後の 2012–2014 年に同湾において採取された堆積物コア (～12 cm) のアンモニア態窒素の濃度は、700 $\mu\text{mol L}^{-1}$ 前後–1000 $\mu\text{mol L}^{-1}$ 以上と報告されており (安達ら 2015)、この濃度は、東京湾や有明海といった富栄養海域の間隙水中のアンモニア態窒素濃度に匹敵する。上述のような報告値の大きな違いが、震災後の一時的な有機物負荷の増加等によって引き起こされたのか、あるいは現在も依然として間隙水中の窒素濃度が高いのかは不明である。

本申請研究では、大槌湾の堆積物間隙水中のアンモニア態窒素濃度および硝酸・亜硝酸態窒素濃度、それに加えて有機態窒素の中でも主要なアンモニア生成源とされるアミノ酸濃度を測定し、大槌湾堆積物中の窒素ストックを評価した。また、この情報をもとに、大槌湾において、堆積物中の窒素が上層海水に対して重要な供給源に成り得るのかを考察した。

方法

既往研究の試料採取時期にあわせ、2024 年の秋 (11 月) に、東京大学大気海洋研究所附属国際沿岸海洋研究センターの協力のもと、大槌湾湾央の定点 (St. 2, 39° 20′ 61″ N, 141° 56′ 78″ E)

において、G.S. 型表層採泥器アシュラを用いた堆積物コアの採取を行った。堆積物コアは採取後速やかに 2 cm ごとに切り分けて保存容器に入れ、冷凍保存した。堆積物中の間隙水を遠心分離により回収し、アンモニア態窒素をインドフェノール法で、硝酸・亜硝酸態窒素濃度は銅-カドミウム還元・ナフチルエチレンジアミン法で測定した。また、堆積物のアミノ酸濃度は 6-アミノキノリル-N-ヒドロキシスクシンイミジルカルバメート (AQC) 法による蛍光誘導体化後、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) により分析を行なった。また、比較として、2020 年 10 月に同地点で採取した堆積物コア試料 (～10 cm) についても同様の分析を行なった。

結果・考察

2024 年に採取した堆積物コアの間隙水中のアンモニア態窒素の濃度は、139–269 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (図 a) と 2012 年～2014 年の報告値の半分以下の濃度であり、震災直後に見られたような間隙水中の高いアンモニア態窒素濃度はいずれの層においても観測されなかった。2020 年に採取した堆積物コアの間隙水中のアンモニア態窒素濃度は、173–367 $\mu\text{mol L}^{-1}$ の範囲であり (図 a)、4 cm 以浅で 2024 年のよりも濃度が高い傾向にあったが、2012–2014 年の報告値に比べると低かった。この

ことから、2012–2014 年に見られた間隙水中の高いアンモニア態窒素濃度は、震災後の一時的な有機物負荷の増加等による可能性が高く、その後間隙水中のアンモニア態窒素濃度は低下していることが明らかとなった。ただし、震災後 2016 年までの同湾の栄養塩観測データによれば、水柱のアンモニア態窒素の濃度は常に $2.5 \mu\text{mol L}^{-1}$ 以下であることから (福田ら, 2017), 堆積物間隙水中のアンモニア態窒素の濃度は水柱のそれよりも現状でも 2 桁程度高く、堆積物から水柱へのアンモニア態窒素の溶出過程が、水柱のアンモニア態窒素の動態に影響を及ぼす可能性が示唆された。なお、2020 年と 2024 年に採取した堆積物コアの硝酸・亜硝酸態窒素濃度は、0–2 cm 層においてそれぞれ $20.5 \mu\text{mol L}^{-1}$, $33.3 \mu\text{mol L}^{-1}$ とアンモニア態窒素濃度より一桁低く、それ以深の層ではほとんど検出限界以下であった。

アンモニア態窒素の主要な生成源と考えられる堆積物中のアミノ酸態窒素濃度は、2020 年と 2024 年ともに同程度であった (図 b)。堆積物中のアミノ酸態窒素濃度に、系統立った鉛直変化は見られず、0–20 cm にかけて $25 \mu\text{mol g-dry}^{-1}$ 前後で増減した。アミノ酸組成から算出した有機物の鮮度の指標である Degradation Index は、いずれの層においても新鮮な状態とされるスコア 1 を超えていたことから (図 c), 少なくとも、20 cm

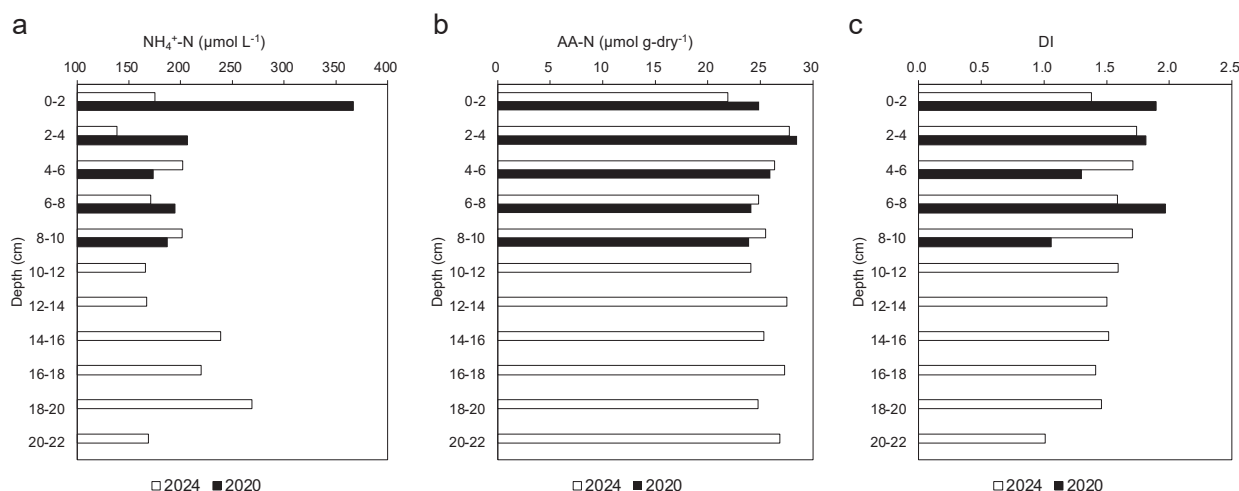


図 8. 2020 年と 2024 年の堆積物コアの間隙水中アンモニア態窒素濃度 (a), アミノ酸態窒素濃度 (b), Degradation Index (c)。

程度の深い層までは、比較的新鮮な状態で有機態窒素が埋没しているものと考えられる。2024年の間隙水中のアンモニア態窒素濃度は、14–20 cm 層において $200 \mu\text{mol L}^{-1}$ 以上とそれ以浅の層よりも高かったことから（図 a）、新鮮な状態で埋没した有機態窒素が微生物に分解されることで、アンモニア態窒素が生成しているものと考えられる。間隙水中のアンモニア態窒素は、濃度勾配に従い拡散することから、過去に新鮮な状態で堆積した有機態窒素が現在進行形で分解を受けることによって、水柱の窒素動態に影響を及ぼすことが示唆された。

今回分析を行った 22 cm までの層で見られた有機態窒素が、2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う大津波によりもたらされた有機物に由来するものかは明らかにできていない。今後は、陸域由来の有機物の指標となる化合物等进行分析することで、津波との関連を調査していく予定である。また、引き続き、堆積物中の全窒素濃度を分析し、窒素蓄積状況のより正確な把握を目指す。

謝辞

堆積物試料の採取にご協力いただいた、東京大学大気海洋研究所附属国際沿岸海洋研究センターの福田秀樹先生および職員の皆様、伊藤光昌氏研究助成金の援助に対し、この場を借りて深く御礼申し上げます。

引用文献

- 安達貴浩，小橋乃子，坂口幸太（2015）大槌湾の養殖海域における底質環境特性．土木学会論文集 B2（海岸工学），71（2）：I_1393–I_I_1398
- Fukuda H, Katayama R, Yang Y-Y, Takasu H, Nishibe Y, Tsuda A, Nagata T (2016) Nutrient status of Otsuchi Bay (northeastern Japan) following the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. *Journal of Oceanography*, 72: 39–52
- 福田秀樹，楊 燕輝，高巢裕之，西部裕一郎，立花愛子，津田淳，永田俊（2017）2011 年東北地方太平洋沖地震以降 5 年間の三陸沿岸大槌湾における栄養塩環境の変化．沿岸海洋研究，54（2）：105–116
- Goto K, Ikehara K, Goff J, Chagué-Goff C, Jaffe B (2014) The 2011 Tohoku-oki tsunami – three years on. *Marine Geology*, 358: 2–11
- 築田満，米田義昭（2000）海底堆積物間隙水中の溶存窒素化合物濃度の海域的特性．Bulletin of the Society of Sea Water Science, Japan, 54: 234–241