シンポジウム記録 東日本大震災の教訓：10年後の現状と地域社会の将来

I-4. 陸起源環境汚染物質の流入実態の解明

小川浩史,¹ 小畑 元,¹ 白井厚太郎,¹ 杉原奈央子,¹

高田秀重,² 眞塩麻彩実,³ 水川薫子,² 南 秀樹⁴

¹東京大学大気海洋研究所, ²東京農工大学農学部,

³金沢大学理工研究域, ⁴東海大学生物学部

I-4. Elucidation of the actual status of land-derived
environmental pollutants

HIROSHI OGAWA,¹ HAJIME OBATA,¹

KOTARO SHIRAI,¹ NAKO MURAKAMI-SUGIHARA,¹

HIDESHIGE TAKADA,² ASAMI SUZUKI MASHIO,³

KAORUKO MIZUKAWA² AND HIDEKI MINAMI⁴

¹Atmosphere and Ocean Research Institute, The University
of Tokyo, Kashiwa, Chiba 277-8564, ²Faculty of Agriculture,
Tokyo University of Agriculture and Technology,
Fuchu, Tokyo 183-8509, ³College of Science and Engineer-
ing, Kanazawa University, Kanazawa, Ishikawa 920-
1192, ⁴School of Biological Sciences, Hokkaido University,
Sapporo, Hokkaido 005-8601, Japan

1. はじめに

東日本大震災によって未曾有の巨大津波に襲われた三陸沿岸では陸域から多量の人工構造物、人工物質が海域に流入した。また、過去長年にわたり、様々な人為起源物質が堆積、蓄積されてきた沿岸堆積物は、同様に巨大津波により大攪乱を起こし、一部は陸上に打ち上げられる一方、一部は沖合まで再輸送された可能性も考えられた。そして、それらに含まれる有機汚染化合物や有害重金属が、食物連鎖を通じて生態系内に濃縮されていく事が懸念されていた。三陸沿岸の漁業従事者が、安心して水産業復興に取り組んでいく上で、このような問題に対し科学的な正しい情報を提供することが不可欠である。そこで、2011年より文部科学省の10年間の補助金事業プロジェクトとして“東北マリンサイエンス拠点形成事業（海洋生態系の調査研究）”が開始されたのを機に、その拠点の一つである東京大学大気海洋研究所では、陸起源環境汚染物質の流入実態解明を目的とした研究班を立ち上げ、この問題に取り組んできた。メンバーとして、東大大気海洋研、東京農工大、東海大、金沢大から、環境中の有機汚染化合物、金属元素に対する最先端の測定技術を有する研究者が参画した。そして、岩手県大槌湾を主フィールドとして、有機汚染化合物や有害重金属元素の分布を沿岸から沖合にかけて広域に調査し、その汚染の広がりの実態と時間経過に伴う変化の把握を目的として研究が進められてきた。¹⁾ 本シンポジウム講演では、本課題で得られた成果概要の一部について報

告を行った。

2. 対象試料と測定項目

環境汚染物質のモニタリングは、基本的に海底堆積物と二枚貝であるムラサキガイの2つを対象に行った。後者については、“Mussel Watch”として世界中で広く行われているモニタリング手法に基づくものである。測定項目は、有機汚染化合物について、ポリ塩化ビフェニル (PCBs)、直鎖アルキルベンゼン (LABs)、多環芳香族炭化水素 (PAHs)、ホパン (Hopanes) の4種類とした。重金属元素については、マンガン (Mn)、カドミウム (Cd)、鉛 (Pb)、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn)、ニッケル (Ni)、クロム (Cr) 等を対象とした。また、白金 (Pt)、銅 (Cu) 等一部の金属元素については、海水中に溶存している形態について、それらの濃度分布の測定も実施した。一方、陸起源環境汚染物質の時空間分布との比較を目的に、海底堆積物試料に対しては、陸起源天然有機物の指標として知られる、炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$)、リグニン由来フェノール類の測定も一部を行った。

3. 成果

(1) ムラサキガイの有機汚染化合物濃度の経年変化

2011年から毎年（一部隔年）、東北太平洋岸の港湾12点から採取したムラサキガイ中の有機汚染化合物濃度の経年変化を調べてきた。得られた濃度範囲を震災前に東京湾で得られた範囲と比較したところ、一部を除き、ムラサキガイ中の有機汚染化合物濃度は東京湾における濃度よりも低く、有機汚染化合物による深刻な汚染は生じていなかったものと判断された。一方、一部のデータを除くと、各成分は震災年に有意に高い濃度を示した後、翌年の2012年以降は1/2以下に減少しており、津波による汚染物質の湾内への流入は明らかに生じていたが、翌年には急速に収束に向かっていたことを示した。^{2,3)}

(2) 大槌湾から湾外への陸起源物質の輸送

巨大津波による大槌湾から湾外への陸起源物質の輸送経路を調べるため、学術研究船新青丸の航海において、湾口から75 km沖までの間の海底堆積物を採取し、汚染物質と陸起源天然物質の指標値の分布について詳細に調べた。その結果、湾口から東方向約8 kmの地点を境に、陸起源指標のリグニン由来フェノール類および $\delta^{13}\text{C}$ 値が（陸上由来から海成由来へ）激変することがわかり、また、有機汚染化合物も、濃度レベルは微量ではあるが、この地点より沖合海域では大きく減少することが示された。津波の引き波により、汚染物質を僅かながら含む陸起源物質が大槌湾口から約8 kmまで輸送され、海底に堆積しているものと推察された。¹⁾

(3) その他の成果

最後に、シンポジウム講演では詳しい紹介はできなかったが、本課題によって得られた研究成果の中から、興味深いものを2点選び簡単に紹介する。

ムラサキイガイのような二枚貝の貝殻は、海水中の化学成分を取り込みながら成長する。一方、貝殻には一定の時間間隔で刻まれる成長線によって時間軸が得られる。つまり、貝殻の成長線に沿った化学成分の変化を高解像度で解析することにより、その貝が生息していた海水中の化学成分の変化を、過去に遡って知ることができる。この点に着目し、通常の海洋観測では知ることができない、津波発生時やその直後に生じた海水中の環境変化が貝殻に記録されているものと考え、津波半年後に大槌湾で採取したムラサキイガイを対象に解析を行った。その結果、成長線に沿った貝殻中のマンガン濃度が、津波直後を示す時間位置で急上昇していることが明らかとなった。⁴⁾ マンガンは、海水中よりも陸上の土砂や海底堆積物中に多く含まれるため、巨大津波により生じたこれらの流入、巻上がりによって、海水の化学組成が劇的に変化したものと考えられた。

一方、貴金属元素の白金は、地球上で最も存在量の少ない元素の一つであり、特に海水中の濃度は極めて微量であることが知られている。陸上でも天然起源は限定的である一方、自動車の排ガス処理の触媒として利用されたり、抗がん剤に含まれていることが知られており、海洋環境中において、陸域の人間活動による影響を極めて鋭敏に反映する元素の一つである。この点に着目し、震災の巨大津波によって、沿岸域の海水にもたらされた陸上の影響を高感度で知るための指標として、白金が利用できるものと考え、大槌湾における海水中の白金元素

の時空間分布の詳細を調べた。その結果、特に、成層期における鉛直分布において、底層近くの海水中の濃度が有意に高くなる傾向が明らかとなった。⁵⁾ 同時に観測を行った河川水中の白金元素濃度は検出限界以下であり、また海底堆積物中の間隙水に含まれる白金の詳しい解析結果も合わせて、湾内に堆積した陸域由来物質から、極めて微量濃度ではあるが、白金が海水中に徐々に溶出していることが明らかとなった。

文 献

- 1) 東北マリンサイエンス拠点形成事業（海洋生態系の調査研究）成果報告書 2020 年、東北マリンサイエンス拠点形成事業（海洋生態系の調査研究）成果報告書編集委員会、東京、2020.
- 2) Mizukawa K, Hirai Y, Sakakibara H, Endo S, Okuda K, Takada H, Murakami-Sugihara N, Shirai K, Ogawa H. Spatial Distribution and Temporal Trend of Anthropogenic Organic Compounds Derived from the 2011 East Japan Earthquake. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2017; **73**: 185–195.
- 3) Ogawa H, Anazawa K, Obata H, Shirai K, Murakami-Sugihara N, Takada H, Suzuki Mashio, Mizukawa K, Minami H. Distribution and fluctuation of land-derived environmental pollutants in Otsuchi Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2017; doi:10.2331/suisan.WA2432-3.
- 4) Murakami-Sugihara N, Shirai K, Hori M, Amano Y, Fukuda H, Obata H, Tanaka K, Mizukawa K, Sano Y, Takada H, Ogawa H. Mussel Shell Geochemical Analyses Reflect Coastal Environmental Changes Following the 2011 Tohoku Tsunami. *ACS Earth Space Chem.* 2019; **3**: 1346–1352.
- 5) Suzuki Mashio A, Obata H, Shimazaki T, Fukuda H, Ogawa H. Spatiotemporal variations of platinum in seawater in Otsuchi Bay, Japan after the 2011 tsunami. *Sci. Total Environ.* 2020, 134659.