

時系列セジメントトラップを用いた福島沖底層生態系における放射性セシウムの動態に関する研究

三野義尚（名古屋大学）、鋤柄千穂（東京海洋大学）、森本昭彦（愛媛大学）

研究目的

2011年3月11日のFDNPP事故によって拡散した放射性物質は、周辺海域の海洋生物に移行し、特に魚介の汚染を通じて水産業に大きな影響を与えている。2011年7月から実施してきた震災復興プロジェクト航海による現場調査によって、FDNPP南方50kmに渡る沿岸域において底生生物の汚染が確認され、この底層生態系の汚染レベルは表層生態系に比べて高いことが明らかになっている。この要因として、海底で沈降および再懸濁する有機物に富んだ低密度粒子が高い ^{137}Cs 濃度を持ち、それらがデトリタス食性生物を介して底層生態系に移行し、系内で長時間滞留することが推察される。本研究では、2014–2016年にかけてFDNPP周辺域でセジメントトラップ実験を実施し、 ^{137}Cs 粒子束および粒子特性を時系列で観測することによって、底層における ^{137}Cs の移動・集積メカニズムの解明を目指す。

研究内容

福島沖観測点 TRY（図1）において3回のセジメントトラップ係留実験を実施し、沈降粒子試料（約80m深）を時系列で採取した。実験期間は、実験1が2014年10月–2015年1月（秋–冬）、実験2が2015年7–10月（夏）、実験3が2016年6–9月（夏）である（表1）。トラップ本体には水深および水温センサーが取り付けられ、実験3では電磁流向流速計も取り付けて係留観測を行った。採取したトラップ粒子は大学に持ち帰り、分析処理を行った。名古屋大学で実施した分析項目は、全粒子束(TMF)、有機炭素含有率(w_{oc})、炭素・窒素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) の

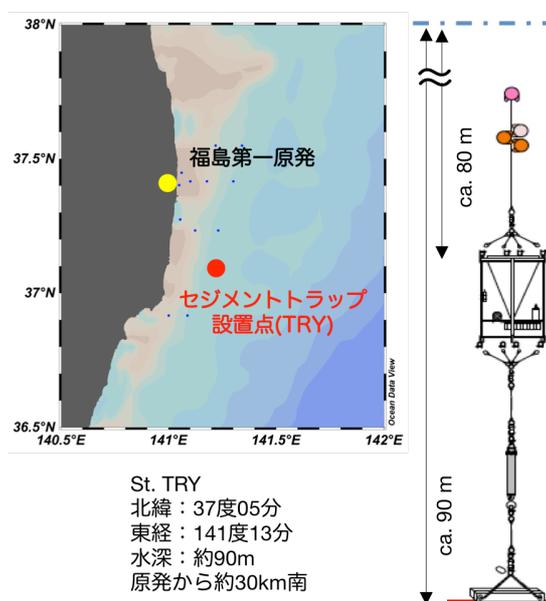


図1：観測海域とセジメントトラップ係留系。

図1：観測海域とセジメントトラップ係留系。

みで、放射性セシウム ^{137}Cs の分析は東京海洋大学で実施した。試料中の ^{137}Cs 濃度 (Bq g-dry^{-1}) は、ゲルマニウム半導体検出器を用いて測定した。

研究成果

実験 1~3 における TMF、 ^{137}Cs 粒子束、 ^{137}Cs 濃度の平均値を表 1 に記した。

表 1：各係留実験期間および全粒子束 (TMF)、 ^{137}Cs 粒子束・濃度の期間平均値。

	period	Sampling d	TMF $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$	^{137}Cs flux $\text{Bq m}^{-2} \text{d}^{-1}$	^{137}Cs conc. Bq g^{-1}
Exp#1	2014.10.17 – 2015.01.28	8	3.3 ± 2.7	2.0 ± 1.6	0.6 ± 0.2
Exp#2	2015.07.29 – 2015.10.04	3	6.4 ± 6.1	2.4 ± 2.4	0.3 ± 0.2
Exp#3	2016.06.12 – 2016.09.23	4	6.1 ± 9.8	2.1 ± 2.8	0.3 ± 0.1

平均 TMF は、実験 1 ($3.3 \text{ g m}^{-2} \text{d}^{-1}$) に比べて実験 2・3 ($6.1\text{--}6.4 \text{ g m}^{-2} \text{d}^{-1}$) で 2 倍程度大きかった。一方で、トラップ粒子中の平均 ^{137}Cs 濃度は 0.3 Bq g^{-1} であり、これは実験 1 (0.6 Bq g^{-1}) の半分程度であった。結果的に ^{137}Cs 粒子束の平均値はどの期間もあまり変わらなかった ($2.0\text{--}2.4 \text{ Bq m}^{-2} \text{d}^{-1}$)。ここでは主に、実験 2・3 (2015 年と 2016 年の夏) のトラップ粒子の時系列データを用いて、 ^{137}Cs ソースについて考察する。

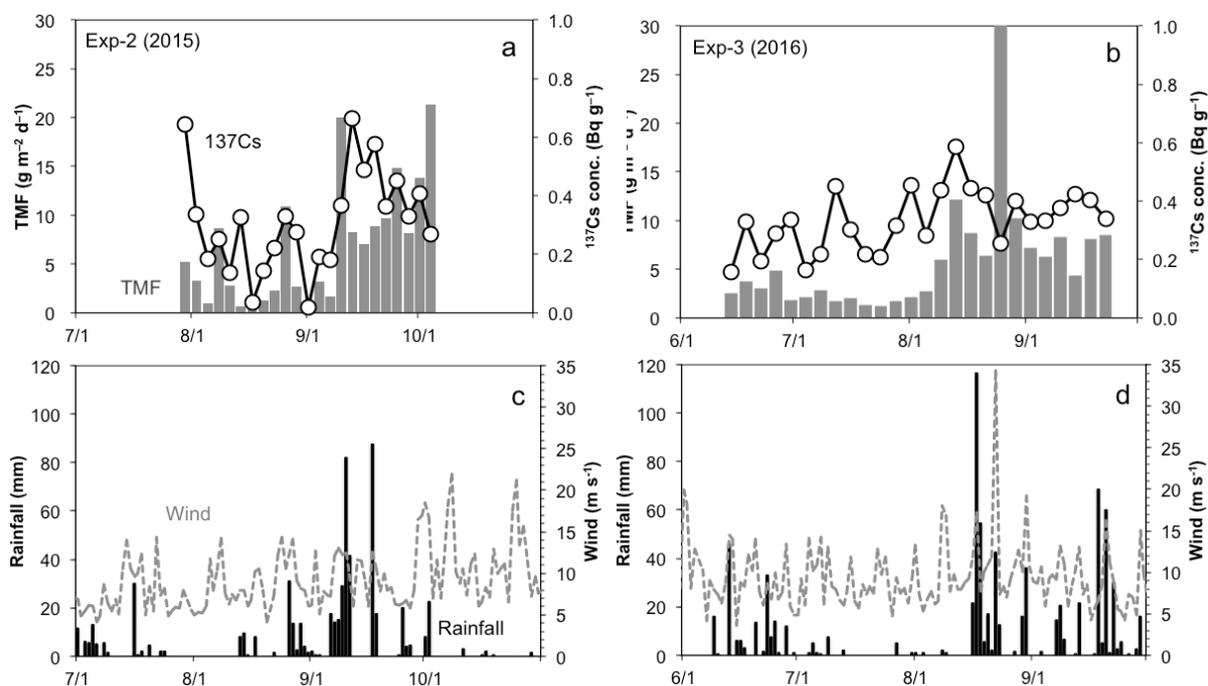


図 2：係留実験 2 (a, c) と実験 3 (b, d) における粒子特性の変化および環境変化. a, b) 全粒子束と ^{137}Cs 濃度、c, d) 小名浜の気象データ (降水量・最大瞬間風速)。

TMF は両期間ともに実験後半に増加する傾向があり、実験後半の粒子中の ^{137}Cs 濃度も比較的高いことがわかった (図 2a, b)。実験 2 の TMF は、2015 年 9 月前半に約 $20 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ の高い粒子束を記録し、それ以降も $8 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 以上の値を示した (図 2a)。同時期 (9 月 7-11 日) に関東・東北豪雨が発生したことから、この出水が及ぼした沿岸環境の変化が TMF 増加を引き起こした可能性が高い (図 2c)。実験 3 では 2016 年 8 月中旬を境に TMF が増加し ($>10 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)、特に 8 月下旬に最大値 ($>50 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) が観測された (図 2b)。これらも 8 月初旬に起こった福島県内の局所的大雨や 8 月後半の台風第 7、11、9、10 号の上陸に伴う大雨・高潮が、著しい粒子ピークのトリガーになったと考えられる (図 2d)。また、トラップ設置水深 80m における水平流速は 8 月以降に増加し、さらに半日周期の変動を示した (図 3c, d)。8 月中旬からは水温も同様の周期性をもつことから (図 3b)、密度躍層の発達に伴って内部潮汐が発生していたと考えられる。2015 年夏季 (実験 2) にも同様の水温の短時間変動 (図 3a) が見られた。これらは、同海域で夏季に発生する内部潮汐が海底堆積物の巻き上げや水平輸送などを介して、底層の粒子挙動に影響することを示唆している。

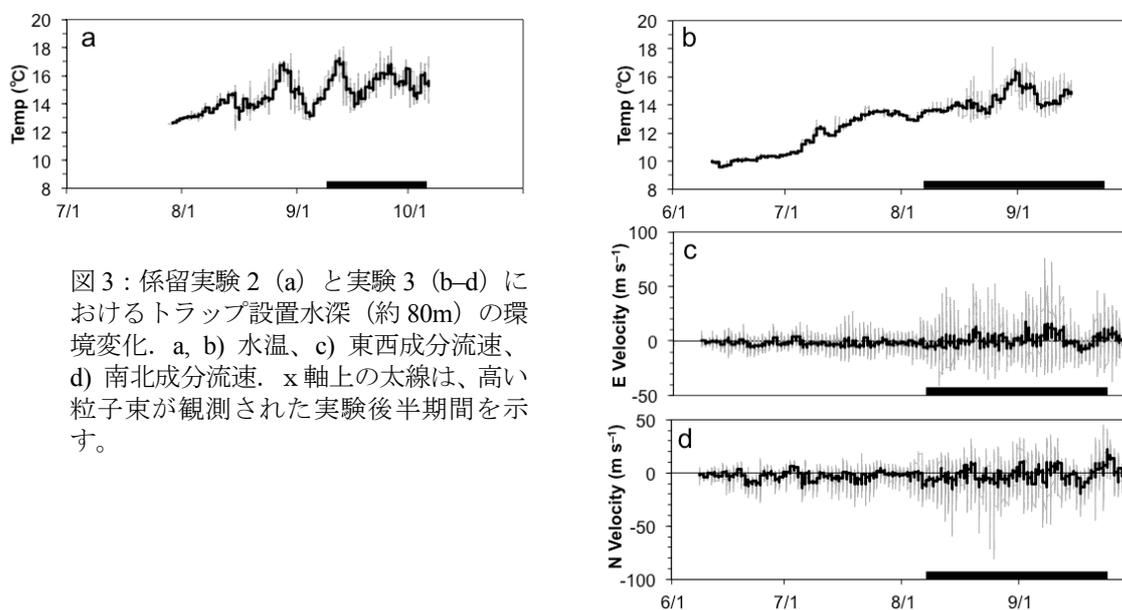


図 3 : 係留実験 2 (a) と実験 3 (b-d) におけるトラップ設置水深 (約 80m) の環境変化. a, b) 水温、c) 東西成分流速、d) 南北成分流速. x 軸上の太線は、高い粒子束が観測された実験後半期間を示す。

実際に、実験 2・3 のトラップ粒子の平均有機炭素含有率 (w_{oc}) は $3.2 \pm 1.8 \%$ 、 $4.9 \pm 2.9 \%$ であり、一般的な表層懸濁粒子 ($>20 \%$) に比べて低い。このことは、トラップ粒子の起源について、表層懸濁物より再懸濁した海底堆積物の寄与が大きいと推察される。さらに両実験の後半期間に捕集した粒子の有機成分パラメータは前

半にくらべて変化が小さく、一定の値をとるようになる（図4）。このことは、海底堆積物が比較的安定した粒子特性（低 w_{OC} =2.7%、高C:N比=7.6–8.9、 $\delta^{15}N$ =5.1–5.3‰、 $\delta^{13}C$ =-22.5‰）をもち、比較的高い ^{137}Cs 濃度をもつ高フラックス粒子の主なソースであった可能性が高い。すなわち、夏季の気象擾乱や内部潮汐に関連した底層流動が、このような堆積粒子の水平輸送を左右し、結果的に ^{137}Cs の分散・集積に大きく影響すると考えられる。

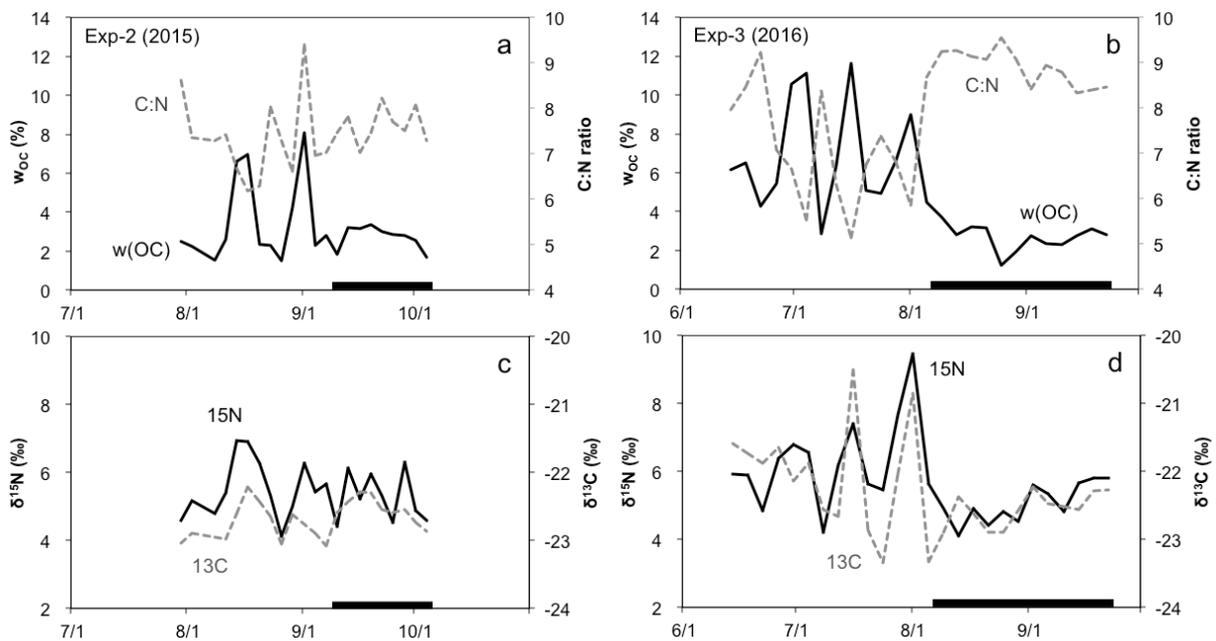


図4：係留実験2 (a, c) と実験3 (b, d) におけるトラップ粒子特性の変化。a, b) 有機炭素含有率とC:N比、c, d) 炭素・窒素安定同位体比。x軸上の太線は、高い粒子束が観測された実験後半期間を示す。

成果発表

なし。

今後の問題点

表層堆積物試料の有機成分の分析を行い、その結果を流向流速データとともに解析を行い、高い ^{137}Cs 濃度をもつソース粒子の同定およびその分布についてより定量的な検討が必要である。