

PS-17 ROVによる東北沿岸域での海底土放射能分布調査

海洋リスク評価系 *大西 世紀、浅見 光史、鎌田 創
東京大学生産技術研究所 ソートン ブレア、長野 和則
九州工業大学（海技研フェロー） 浦 環
三井造船株式会社 小池 敏和

1. はじめに

海技研はこれまで東京大学と共同で曳航式 γ 線スペクトロメータを運用し、東北沿岸域での海底土中の放射性セシウム広域分布を測定してきた¹⁾。この測定の結果測線上で数十m以下の範囲で局所的に放射性セシウム濃度が周囲平均の10倍以上を示す異常分布(アノマリー)の存在が明らかとなった。一方他の測定では、海底土中で周囲環境からの吸着だけでは説明できない高濃度の放射性セシウムを含有する粒子(以下Cs粒子と呼称)の存在が確認されている²⁾が、このCs粒子が曳航測定や放射性セシウム分布にどの程度影響を及ぼしているかは明らかではない。

しかしながら曳航式スペクトロメータは操船上の制約により2ノット以下では曳航できない。これが空間分解能の制約となり、粒子状物質の探査には不向きである。そこで、高精度な位置制御ができ、海底で静止可能なROVを用いてアノマリー周辺の詳細な放射性物質分布測定とサンプル採取を行い、Cs粒子の影響を調査した。以下では調査用ROVの概要、ROVによって計測した海底土表面放射性物質分布測定結果、及び取得した海底土サンプルの分析結果について述べる。

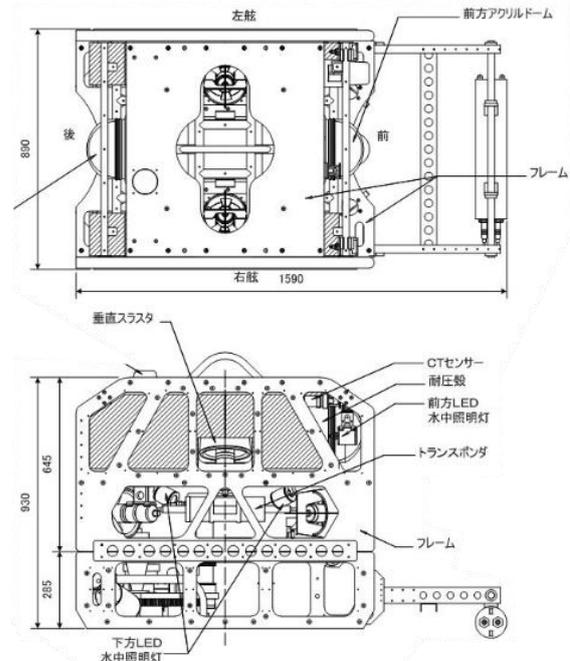


図-1 改良型RTV概観図

2. ROV概要

海底調査用ROVには三井造船製改良型RTV(図-1)を用いた。ROV外形は約1590(長さ)×890(幅)×965(高さ)mmであり、質量約200kg、速力最大2.5ノットである。推進機は前後進・左右横・旋回用に4台、上昇下降用に2台が装備され、着底状態での海底土の放射能測定及び採泥作業が可能である。センサー類は水中照明やHDカメラ等の光学機器、前方探査ソナーや水中音響測位装置等の音響機器に加え、放射線測定用の6インチ Φ ×3インチNaI(Tl)シンチレーション検出器を装備している。図-1に示す概観の内、右側に張り出したアームの先の円筒部がシンチレーション検出器であり、海底を航行しながら放射線スペクトルを測定することができる。またフレーム下部には吸引式海底土サンプル採取装置が装備されており、回転機構でタンクを切り替えることにより複数地点でのサンプル採取が可能となっている。

3. 福島第一原子力発電所近傍でのROV調査結果

調査では福島第一原子力発電所近傍の海域にROVを投入し、海底土表面の放射性物質濃度を測定しながら海底土サンプルの取得と分析を行った。測定地点には過去の測定結果²⁾で高濃度の放射性物質分布が認められた2地点を選定した。

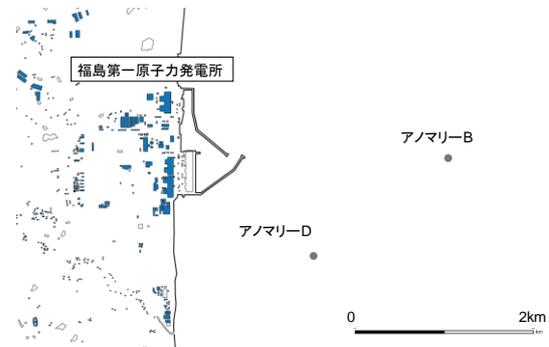


図-2 ROV投入アノマリー位置
(地図データは国土地理院電子地形図による)

これら2点(アノマリーB: 発電所港入り口東約2km、アノマリーD: 同南西に約1km)を図-2に示す。

アノマリーB、DにROVを投入し、周辺の海底での γ 線検出器の計数率を記録した。航行中計数率の急激な上昇があった地点を主とし、適時採泥作業を行った。ROVでの測線にそった計数率分布を示したものが図-3並びに図-4である。図中ラベルと矢印はサンプル名とサンプル採取位置に対応しており、点は放射性Cs粒子の存在が推定される位置を示している。放射性粒子の存在をROVで検知する試みは過去にイギ

リス北部ドーンレイ沿岸での核燃料片流出事故後の調査³⁾等があり、計数率の平均値からの乖離が統計誤差の何倍かを越えた場合に粒子が存在する、と判定する手法が一般的であるが、ここでは曳航調査に対して影響を及ぼしうような高濃度 Cs 粒子を対象とするため、全チャンネル計数率を対象に前後 100 m 平均値の 2 倍を超えた点を放射性 Cs 粒子存在位置と判定した。これら粒子の測線あたりの存在量と、粒子直上での計数率への影響をまとめたものが表-1 である。

水中での Cs-137 放出 γ 線 (662 keV) の平均自由行程は 13 cm 程度である。ゆえに測線 D 上を曳航式 γ 線スペクトロメータで測定した場合、平均的に見れば 87 m 曳航する間に 26 cm 程度の区間で 2.99 倍の計数率を記録することになるため、計数率への寄与としては $0.26/87 \times 2.99 = 0.0089$ 、すなわち 0.89% 程度の増加が期待される。従って測線の平均値や放射性セシウムインベントリなど巨視的な量に対しては放射性 Cs 粒子の影響は限定的であることがわかる。

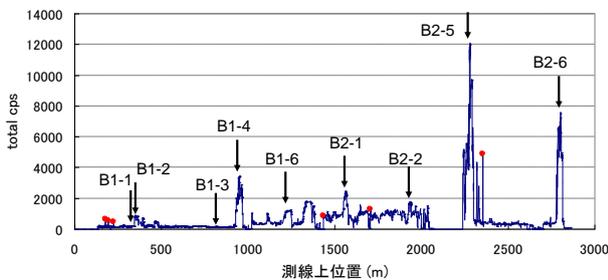


図-3 アノマリー-B 測線上での計数率分布

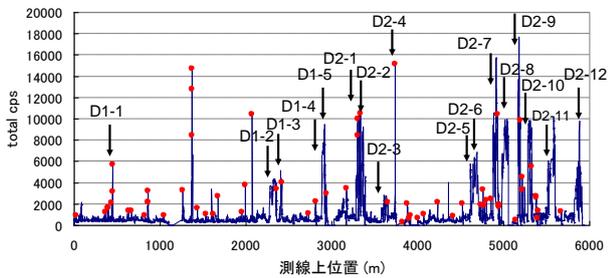


図-4 アノマリー-D 測線上での計数率分布

表-1 放射性 Cs 粒子存在頻度と計数値増加量

基準		アノマリー-B	アノマリー-D
平均値の 2 倍	粒子数/m	2.37E-03	1.15E-02
	m/粒子数	448.3	87.3
	計数増加量	355%	299%

4. 海底土サンプルの分析

ROV によって採取した海底土サンプルの放射性セシウム濃度を高純度ゲルマニウム検出器 (HPGe) を用いて測定した。測定した Cs-137 濃度を図-5 に示す。アノマリー-B、D の海域では海底は岩礁混じりの比較的粒径の大きな砂質であるため、平均的な放射性セシウム濃度はそれほど高くなく、概ね 200 Bq 以下となっている。しかしながらサンプル B2-6 と D1-5 は

1000 Bq/kg-wet 近い値を示し、これらのサンプルには放射性 Cs 粒子が含まれていることが推定されたため、分取と測定を繰り返し、粒子を取り出した。放射性 Cs 粒子は B2-6 から 3 個、D1-5 から 1 個採取された。含有放射性 Cs 量を HPGe で測定した結果が表-2 である。粒子の $^{137}\text{Cs}/^{134}\text{Cs}$ 比を 2011 年 3 月時点換算した場合、いずれも 1 程度となり原子力プラントに由来することがわかった。

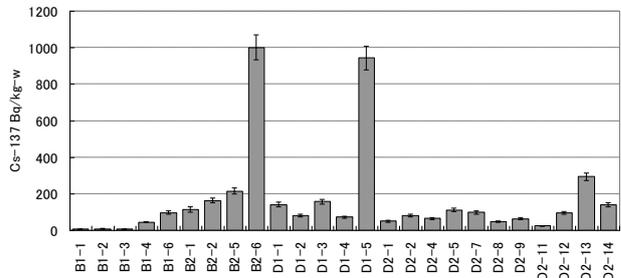


図-5 海底土サンプル Cs-137 測定結果

表-2 放射性 Cs 粒子含有放射能

粒子	Cs-137 (Bq)	誤差	Cs-134 (Bq)	誤差
B2-p1	3.17E+02	6.4%	4.69E+01	11.39%
B2-p2	1.79E+01	6.5%	2.67E+00	13.71%
B2-p3	5.09E+00	6.7%	6.25E-01	22.42%
D1-p1	9.37E+01	6.1%	1.58E+01	7.2%

5. まとめ

福島第一原子力発電所近傍のアノマリーに ROV を投入し周囲の放射性物質分布測定とサンプル採泥調査を行った。測線でのデータから放射性 Cs 粒子の量を推定した結果、インベントリ等の巨視的な量への影響は無視できることがわかった。採取された Cs 粒子の放射能強度は最高で 300 Bq 程度であったが、ROV 調査中に観測された局所的な計数率の増加は今回採取した粒子よりも更に高濃度の放射性 Cs 粒子が存在することを示唆しており、曳航調査時の局所的な計数率の変動要因としての可能性は無視できないと考えられる。

謝辞

本研究は、原子力規制庁委託事業平成 28 年度 放射性物質測定調査委託費 (福島県沿岸海域における放射性核種の蓄積状況等に関する調査) の一部として実施されました。関係者の皆様に感謝致します。

参考文献

- 1) 原子力規制庁、平成 27 年度 放射性物質測定調査委託費 (福島県沿岸海域における放射性核種の蓄積状況等に関する調査) 事業報告書
- 2) 小池敏和他、JST 先端計測分析技術・機器開発プログラム「海底土放射能分布測定ロボットの開発」報告書
- 3) J Toole et al., "ROV Mapping Surveys Offshore of Dounreay in 2005 and 2006", UKAEA report EPD(06) (2007)