

# In situ $\gamma$ 線測定による海底放射能汚染マッピングの効率的 手法に関する調査検討

(財)日本海洋科学振興財団 むつ海洋研究所分析部 小藤 久毅

## 調査結果の概要

平成23年3月11日の東日本大震災により発生した福島第一原発事故により、大量の放射性核種が環境中に漏洩し広範囲が汚染された。海洋にもたらされた放射性核種は、太平洋に拡散し既に海水中濃度は低下したものの、海底については、粒子沈降に伴う海水中からの供給や、河川等を通じての陸上からの加入などによって、比較的高濃度の地点が存在し、福島第一原発周辺海域においては底棲の魚介類を中心として食品中の規制値を超える濃度が検出されている。海底の汚染は、局地的な流れの影響や底質の違いなどにより、非常にまだらな分布となって局所的に高濃度の部分が存在する可能性があり、またこの汚染分布は、底泥の移動や陸上からの放射性核種を伴った懸濁物供給によって時間的に変化していく可能性がある。そのため、生態系への影響を明らかにするための基礎データとして、海底の汚染分布調査が長期にわたって必要となる可能性がある。このような調査の着実な実施には、あらかじめ調査手法についての情報収集・検討を行い、効果的かつ効率的な手法を早期に整備しておく必要がある。

海底の放射性物質を測定する方法として、ガンマ線検出器を耐水圧容器に入れ、海底に沈めて現場のガンマ線スペクトルを取得する方法 (in situ ガンマ線スペクトロメトリー) がある。本調査では、既存の海底の放射能汚染を現場で連続的に観測できる手法・システムについての情報を収集するとともに、福島第一原発事故の影響が見られる海域において水中ガンマ線測定システムを用いた試験を実施し、事故による海底の放射能汚染の分布把握調査 (マッピング調査) を実施する上での問題点の抽出とその対策について検討した。さらに、データ解析手法と、調査を効果的かつ効率的に実施するための手法とシステムについて検討した。

海上試験は平成24年9月6日および9月7日に宮城県仙台湾の沿岸海域(水深37~38m)の底質が異なる2地点(泥および砂の地点)において、NaI(Tl)検出器を搭載した2つのシステムを用いて行った。一つは海底曳航システムであり、海底に着底させた曳航体を船で引き摺りながらガンマ線計測を行うものであり、もう一方は作動用の電池とデータロガーを搭載した、海底の定点で長時間の測定を行う海底設置システムである。海底でのこれらシステムによる計測の状況を水中カメラ映像で観察したところ、センサと海底の位置関係がガンマ

線のカウントに大きく影響すること、そしてその位置関係は海底の凹凸や底質への装置の沈み込み等により大きく変化することが確認され、正確なデータの評価には、ガンマ線データとともに海底やセンサの状況を把握できる映像等の情報を同時に取得することが重要であることを確認した。更に、底質に関する情報の取得方法、さらに、海底に障害物が多い海域で安全に運用するための手法について検討を行った。

データ解析手法の検討では、ガンマ線データから  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  濃度を算出する上で必要な仮定である堆積物中での  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  の鉛直分布に関して、福島・茨城沿岸で実施された調査結果等から検討するとともに、鉛直分布の仮定の違いがどの程度濃度換算に影響するかについての評価を行った。また、従来から行われているガンマ線のピーク面積による解析での堆積物中濃度と検出に必要な計測時間について海上試験データを用いて評価した。更に、短い計測時間のデータから  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  濃度を求める方法として、海底でのガンマ線スペクトルが天然放射性核種である  $^{40}\text{K}$ 、U 系列核種および Th 系列核種、更に事故でもたらされた  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  のスペクトルの合成であると考え、計測したスペクトルの形状からマトリックス法により各成分の寄与割合を算出する方法について適用した。この手法では、ガンマ線のピーク面積による解析では検出できない低濃度の  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  であっても比較的短い計測時間のデータから ( $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ ) 濃度が算出できることを確認した。

本研究で行った、海底の放射能汚染を現場で連続的に観測できる手法・システムについての情報収集、宮城県仙台湾における海上試験、海底 in situ ガンマ線データの効率的解析法検討の結果に基づき、福島第一原発事故による放射能汚染を対象とした海底の汚染分布把握調査（マッピング調査）を効率的に実施する手法およびシステムについて述べる。

In situ ガンマ線システムによる海底の放射能汚染調査は古くから実施されてきており、様々な装置が開発されてきた。水中ロボットにセンサを搭載した高機能なシステムも存在するが、広範囲のマッピングを効率的に行うには、船舶から曳航して計測を行う機動性の高いシステムが有効と考えられる。また、福島第一原発事故で生じた海底放射能汚染で、現在 in situ ガンマ線計測で検出される核種は  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  のみであることが分かっているため、過去には高分解能での Ge 半導体検出器を搭載したシステムも開発されてきたが、多くの情報が得られるが冷却などの手間がかかる高性能なセンサよりも、調査時の取り回しの良さを重視してセンサを選定した方が効率的な調査が可能と考えられる。海底放射能汚染調査の重要性は海洋生態系への影響を調べるための基礎データと

してのものであるので、魚類が集まる岩礁や漁礁周辺のように障害物が多い海域でも安全に調査実施できる方法を準備することも重要であり、下方撮影用水中カメラにより様子を確認しながら容易に上げ下ろしができるシステムも有効と考えられる。

また、ガンマ線測定でわかることは直接的には海底の  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  濃度がどれだけかということであるが、それだけでは無く、どのようにしてそうなっているか、今後どのような影響があるのかについてアプローチできることが重要であるため、底質、流れ、生物の蛸集状況などの情報を同時に収集することも必要なことである。しかしながら、一つの機体に多数の機器を搭載するとシステムが大掛かりとなり運用の柔軟性が低下する。音響装置の様に船上に設置して使用できるものを使うなどすることで調査が効率的に行えると考えられる。