

企画セッション | 部会・連絡会セッション：放射線工学部会

■ 2018年9月6日(木) 13:00 ~ 14:30 | 会場 A会場 B棟 B11

[2A_PL] 福島第一事故由来物質に対する環境モニタリング手法の最先端

座長:河原林 順(東京都市大)

13:00 ~ 14:30

[2A_PL01] 福島第一原発事故で放出した放射性粒子

不溶性セシウム粒子の概要

*佐藤 志彦¹ (1. JAEA)

[2A_PL02] 福島第一原子力発電所事故に伴う海底のモニタリング手法

*大西 世紀¹ (1. 海技研)

[2A_PL03] 事故7年後の福島の放射線分布状況及び環境モニタリング技術の最前線

*眞田 幸尚¹ (1. JAEA)

放射線工学部会セッション

福島第一事故由来物質に対する環境モニタリング手法の最先端

Recent development of environmental monitoring method for substances derived from Fukushima Daiichi accident

福島第一原発事故で放出した放射性粒子 —不溶性セシウム粒子の概要

Radioactive particles emitted at the 1FNPS accident -Overview of insoluble Cesium particle-

*佐藤 志彦¹

¹ 日本原子力研究開発機構

1. 福島第一原発事故と放射性粒子

福島第一原子力発電所事故では、大量の放射性物質が環境中に放出したが、チェルノブイリ原発事故のような炉心の大気開放は起きておらず、核燃料を主とした放射性粒子の放出はないものと考えていた。しかし2013年にAdachiらによって、大量のセシウム(Cs)を取込んだ放射性粒子が報告され、Cs-bearing particle、不溶性セシウム粒子などの名称でその存在が認知されるようになった。この想定になかった未知の放射性粒子に対し、様々なバックグラウンドを持つ研究者が、物性、微量元素、そして生成過程に至る解明を試みている。

2. 不溶性セシウム粒子の特徴

不溶性セシウム粒子の最大の特徴は主成分がケイ酸化合物であることで、これまでに2種類の不溶性セシウム粒子が見つかった。Cs 同位体比(¹³⁴Cs/¹³⁷Cs)および試料採取の行われた場所の特徴から、1号機と2号機由来であることが特定されており、発見された順番に2号機由来をType A、1号機由来をType Bと呼称している。Type Aは含有するCs濃度が高く、Csが10wt%に達する粒子も存在するため、電子顕微鏡に付帯するエネルギー分散型X線分析(EDS)でCsを含む粒子として検出することが可能である。また球状の粒子も多く見られることからセシウムボールと呼ばれることもある。これまでに見つかったType Aは採取した場所にも依存するが、数マイクロメートルの粒子が多い。これは水蒸気の環境放出のような比較的穏やかな現象で放出したためと推定される。一方、Type Bは水素爆発に伴って放出したため、粒子の大きさも数百マイクロメートルに達する物が多く、肉眼で確認できることからGMサーベイメーターを使用して、環境試料から分離することが可能である。またType Bは粒径が大きい、単位体積あたりの放射能(比放射能)はType Aに比べ小さく、EDSでCsを検出することが困難なため、EDSに比べ検出限界の低いシンクロトロン放射光を使用した蛍光X線分析により粒子内のCsを確認している。粒子の内部構造にも大きな違いが認められ、Type Aは一部例外があるものの、基本的に大多数の元素が密に詰まり、均一な分布を示していることから、一度、全ての元素が溶融し凝縮する過程があったと推定される。一方、Type Bは内部に無数の気泡が存在し、さらに構成元素が不均一に分布しており、2種類の粒子の生成過程が異なることを示唆している。

3. 不溶性セシウム粒子の原料供給源

複数のType B粒子の表面に数十ミクロンほどの太さの繊維状のケイ酸化合物が付着していることが確認された。繊維は粒子の表面に溶け込むように付着し、元素組成も粒子とほぼ一致していた。繊維の太さなどの情報からこれらは1号機原子炉建屋周辺で使用されていた断熱材の可能性が高く、炉心から何らかの放出経路を経てCsが断熱材に吸着し、水素爆発の熱と爆風により微粒子化して飛散したものと考えられる。一方、2号機から放出したType Aについては諸説あるものの、生成過程やケイ酸の供給源を裏付ける決定的な証拠は得られておらず今後の解明が待たれる。

*Yukihiko Satou¹

¹Japan Atomic Energy Agency,

放射線工学部会セッション

福島第一事故由来物質に対する環境モニタリング手法の最先端

Recent development of environmental monitoring method for substances derived from Fukushima Daiichi accident

福島第一原子力発電所事故に伴う海底のモニタリング手法

Monitoring method for radioactive cesium in marine sediment after Fukushima NPP1 accident

*大西 世紀¹, 浅見 光史¹, 鎌田 創¹

¹海上技術安全研究所

1. 背景

2011年3月東日本大震災により福島第一原子力発電所事故が発生し、環境中に多量の放射性セシウムが放出された。その後、海水中の放射性セシウム濃度は原子力発電所前面における大半の海域で検出限界以下になったが、海底土中の放射性セシウムが残存したため、海底土のモニタリングを実施することとなった。本講演ではこれらのモニタリング手法についての解説を行う。

2. 測定装置と手法

海底土中放射性セシウムに関して、モニタリングの目的に応じて以下の3つの手法による測定を行った。

2-1. マルチコアサンプラーによる採泥サンプル測定

マルチコアサンプラーを用いて複数地点において柱状採泥を行い、層ごとの放射性セシウム濃度測定を行った。これは定点観測というだけではなく、後述の曳航式スペクトロメータによる測定結果の定量化のためにも用いられる。

2-2. 曳航式スペクトロメータによる広域分布測定

2-1における採泥調査は限られた地点の計測となる。広域分布を把握するために、曳航式スペクトロメータを導入し、東北沿岸海域での測定を行った。曳航式スペクトロメータでは毎秒1回波高分布が内蔵ロガーに記憶され、揚収後の解析で光電ピーク計数率を取得し、採泥サンプルの測定結果を考慮して計数率(cps)から放射性セシウム濃度(Bq/kg)へと換算している。

2-2. ROVによる高位置分解能測定

曳航式スペクトロメータでは操船の限界上2ノット未満での曳航が難しく、曳航速度の下限が位置分解能の限界となる。さらに高い分解能が要求される異常分布の詳細調査のため、操船速度の下限が存在しないROVにスペクトロメータを装着し、位置分解能の高い測定を行った。このとき粒子状放射性物質の存在が予想されるため、ROVには吸引式採泥器を導入し、狭いスポットでの放射性物質分布測定と粒子状放射性物質の取得を同時に試みた。

3. 結果

測定の結果、地形によっては放射性セシウム濃度が周囲より高くなる分布(アノマリ)の存在が明らかになった。また原子力発電所近傍では放射性セシウム粒子の存在が確認された。複数年の結果を比較した場合、大半の海域では放射性物質濃度は漸減傾向にあることがわかった。

謝辞

本研究の一部は、平成25年から平成27年度に実施された原子力規制庁受託研究「海域における放射性物質の分布状況の把握に関する調査研究」の成果である。

*Seiki Ohnishi¹, Mitsufumi Asami¹ and So Kamada¹

¹National Maritime Research Institute

放射線工学部会セッション

福島第一事故由来物質に対する環境モニタリング手法の最先端

Recent development of environmental monitoring method for substances derived from Fukushima Daiichi accident

事故 7 年後の福島の放射線分布状況及び環境モニタリング技術の最前線

Environmental radiation distribution at seven years after the accident and new technology development

*眞田幸尚¹

¹原子力機構, 福島環境安全センター

1. はじめに

福島第一原子力発電所事故から 7 年が経過し、現在でも周辺環境では様々なモニタリングが実施されている。主な環境中でのモニタリングは原子力規制庁の受託事業として実施されており、有人のヘリコプターを用いた航空機モニタリング、無人ヘリを用いた発電所周辺のモニタリング、車両を用いたモニタリング及びサーベイメータを用いた定点測定等である。これらの測定結果は、除染範囲の決定や避難指示区域の解除等の政策の意思決定に利用される重要な情報を提供しているが、実際に帰還する住民のニーズとしては自宅の敷地内における放射性セシウムの存在状況や、微小なホットスポットの位置情報などより詳細な情報が求められている。本発表では、大規模におこなわれている放射線モニタリングの情報を整理するとともに事故直後からの線量率の変化傾向の考察および住民のニーズに応えるための地形や構造物を考慮した無人機を用いた放射線計測技術の新技术について紹介する。

2. 大規模モニタリングと環境半減期の評価

上記で示した政府の行う大規模なモニタリング結果は、事故 7 年の間蓄積され、それらの測定結果を比較することによって変化傾向に関する情報を得ることができる。また、測定手法毎に対象物が異なるので、相互に比較することも効果的である。例えば、車両サーベイは道路上の測定結果であることから他のモニタリング結果と比較すると空間線量率は低くなる。一方、有人ヘリの測定結果は森林も含めて測定できない場所はないが、地上を平面モデルとして換算していることから、地上での測定と比較すると高めに評価されやすい。事故後からの変化傾向の評価は、複数の指数関数での近似が用いられる。実際には、近似曲線の傾きを環境半減期と定義し、早い成分と遅い成分に分けて評価される。一例として、発電所から 80 km 圏内の航空機モニタリングの結果から環境半減期を求めると、早い成分が 0.61 年、遅い成分が 57 年と評価されている。このような情報は、将来の線量率分布の変化や被ばく量の予測に有効である。

3. 放射線計測技術へのニーズと新技术

前述のように現在の放射線測定へのニーズはより精密な測定に変化してきており、ハード面やソフト面で様々な開発・改善が行われている。ここでは、測定された放射線結果を補正する際の計算シミュレーション等を駆使した手法について紹介する。有人ヘリや無人機を用いた空からのモニタリング情報は、動きながら計測することから 1 地点における測定情報の不確かさは大きいが多方向からの放射線計測情報を得ることができる。このような複数方向からの放射線情報を元に強度分布（画像）を構築する方法は、PET などに代表される医療放射線計測技術を通ずる。ここでは、医療放射線計測技術の画像再構成技術として使われている ML-EM (Maximum Likelihood - Expectation Maximization) 法を空からの測定データの解析に適用した例とその課題について報告する。この手法は、空からだけでなくすべての環境中での放射線計測手法に適用なのであること、技術革新の著しい写真測量やレーザ測量による 3 次元測量手法と相性がいいため様々な応用が期待できる。

*Yukihisa Sanada¹

¹Japan Atomic Energy Agency, Fukushima