

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($^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$)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,