

【原子カワポイント】 広く利用されている放射線

(103) 未知の放射性粒子「セシウムボール」を探る(その2)

本コラムで前回、「セシウム (Cs) ボールは極めて水に溶けにくい」と紹介しました。これまで、原発事故で放出された Cs は「大気中の粉塵 (硫酸ミストなど) と混合、水に溶けやすい性質をもって広がっていく」と考えられてきました。Cs ボールは何故水に溶けにくいのでしょうか？ 東京理科大学の中井泉教授および阿部善也助教の研究グループは、兵庫県播磨科学公園都市にある「大型放射光施設 (SPring-8)」を使って、Cs ボールの正体を探る実験を行いました。

ゆりちゃん：最初に基本的なことを聞きますが、大型放射光施設 (SPring-8) ってどのような施設ですか？

タクさん：ゆりちゃんはまだ生まれていなかったのだから知らないでしょうが、1998年、和歌山で「カレー毒物混入事件」が起きました。そのとき活躍したのが SPring-8、事件の1年前の1997年、国立研究開発法人理化学研究所によって建設されました。図1を見てください。SPring-8は4つの加速器で構成された「大型放射光施設」です。ちょっと専門的になりますが、放射光とは、電子を光とほぼ等しい速度まで加速し、磁石によって進行方向を曲げた時に発生する太陽の約10億倍もの輝度を持つ電磁波 (X線) のことです。物質にこの高輝度なX線を照射すると元素固有のX線が発生する原理を利用し、発生したX線の種類 (エネルギーまたは波長) と量を測定することによって、物質に含まれる元素や微量元素の種類と量を識別できます。これを蛍光X線分析法と言います。この蛍光X線分析法を使って、カレーに混入されたごく微量の毒性の強い「亜ヒ酸」が容疑者の保有する「亜ヒ酸」と同一であると鑑定したのです。放射光発生技術は進化し、X線のビームをさらに細く (約 $0.1\mu\text{m}$) することができ、現在では物質の原子配列を解明する構造解析あるいは物質がどのような元素から構成されているかを調べる「蛍光X線分析」など、幅広く利用されています。レントゲンがX線を発見したのが1895年、それから約120年が過ぎた今、放射線利用の分野は驚くほど広がりましたね。

ゆりちゃん：中井先生らは、このSPring-8を使って、どのような調査を行ったのですか？

タクさん：中井先生らは、原発事故直後につくば市の気象研究所で採取されたCsボールに対して、SPring-8において複合的な (測定器をいろいろ変える) X線分析研究を行いました。図1をもう一度見てください。具体的には、Csボールの詳細な化学組成、化学状態、結晶構造に関する情報を調べるため、蓄積リングに付属する1本のビームライン (BL37XU) で集められたX線を用いて蛍光分析を行いました。その結果が2014年8月8日にプレス発表されました。発表資料から引用します。「Cs以外にどのような元素が含まれているのかを調べたところ、(図2に示す通り) バリウム (Ba) やルビジウム (Rb)、モリブデン (Mo) など燃料の核分裂生成物と思われる元素と共に、一部の粒子には、燃料であるウラン (U) の含まれることが明らかとなった。この分析結果は、揮発性の高い共有結合性のCsだけが、炉から大気中に放出されたのではなく、燃料であるUそのものを外部に放出する程度に、事故当時、炉が破損していた可能性を示している」と述べられました。

ゆりちゃん：ちょっと頭を整理したいので少し考える時間をください。

タクさん：そうですね。さて、それではまた発表資料に戻しましょう。「さらにCsボールには、核燃料由来の元素だけでなく、ケイ素 (Si) や鉄 (Fe)、亜鉛 (Zn) など炉自体の構成物に由来する元素も多く含まれていた。そしてX線の吸収効果と回折現象 (X線が障害物のうしろへ回り込む現象) を分析することによって、Csボールがガラス状態、かつ高酸化状態 (CsOやCsO₂など) で生成したことを突き止めた。これ

らの分析結果から、Cs ボールが採取された 2011 年 3 月 14 日～3 月 15 日に事故を起こした原子炉内部（多分 2 号炉）では、核燃料だけでなく、容器や構成物も溶融し混合された状態にあり、それが大気中に放出され急冷されたことでガラス状になったという“Cs ボールの生成・放出シナリオ”を推定することができる。本研究で示された Cs ボールの生成シナリオは、メルトダウンした核燃料が容器の底を抜けて落下したとする事故当時の炉内状況に関する指摘を科学的に裏付ける研究と言える」と述べられました。大きさが僅か 2 ミクロンの微粒子から、「事故当時の原子炉の状況や放射性物質の大気放出に関する多くの情報」が得られることには驚かされます。しかし、原発事故の進展過程を知り、健康影響の全体像を把握するためには、Cs ボールについてのさらに詳しい研究が必要になるでしょう。

(原産協会・人材育成部)



* Spring-8とは、兵庫県の播磨科学公園都市にある世界最高の放射光を生み出すことができる大型放射光施設。放射光とは、電子を光とほぼ等しい速度まで加速し、磁石によって進行方向を曲げた時に発生する、細く強力な電磁波(X線)のことである。

* Spring-8は線形加速器、シンクロトロン、蓄積リングおよびニュースパルの四つの加速器で構成され、蓄積リングは高輝度・硬X線の生成と利用を主目的とする施設である。

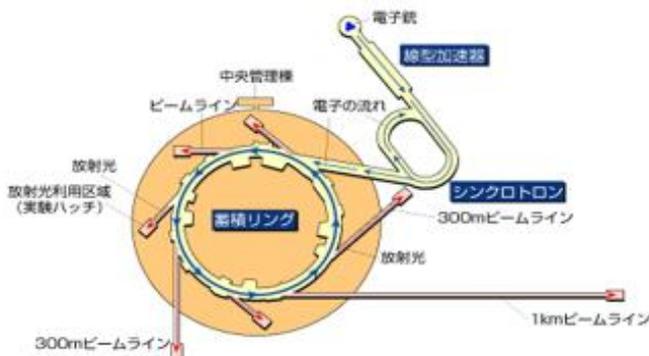


図1 大型放射光施設(Spring-8)の外観と機器構成 (参考:理化学研究所資料)

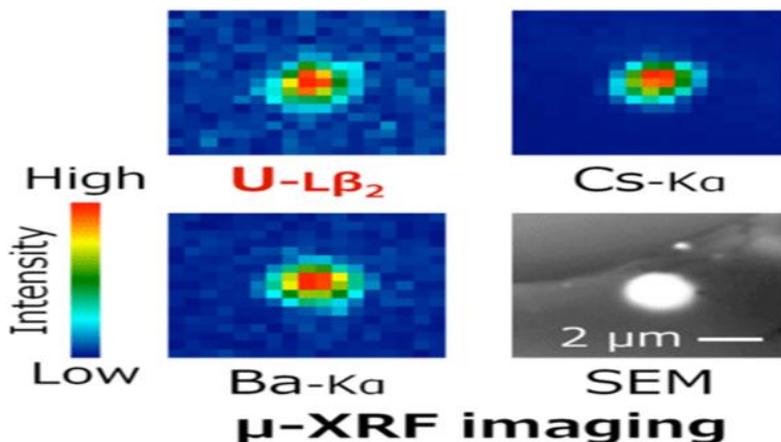


図2 マイクロX線蛍光分析法によるセシウムボール(右下:電顕写真)におけるウラン、セシウム、バリウムのイメージ画像 (参考:東京理科大学プレスリリース(2014年8月8日))