

「シビアアクシデント時の核分裂生成物挙動」研究専門委員会，核燃料部会，水化学部会合同セッション

核分裂生成物と燃料デブリの比較 - 廃炉作業時の影響比較の観点より  
Comparison of fission products and fuel debris - From the viewpoints of their effects on decommissioning work

(3) 廃炉作業時に想定される燃料デブリと核分裂生成物の挙動の比較

(3) Comparison of fuel debris and fission products assumed under decommissioning work

\*逢坂 正彦<sup>1</sup>、宮原 直哉<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 日本原子力研究開発機構

1. 本比較の目的・ねらい

デブリ取出し作業等において不可欠なデブリの格納容器内分布の把握において、放射性セシウム等のFPによる高放射線量が大きな阻害要因となるため、FP分布の把握も極めて重要である。数十年にわたる作業期間中には、デブリ切削等の取出し作業の進展や雰囲気・放射線等格納容器内環境の影響により、デブリやFPの性状が変化し、ひいては分布の変化につながることから、デブリ・FPの分布とその長期的な変化をできるだけ正確・精緻に把握することが根源的な課題となる。本シリーズ発表(1)(2)においてそれぞれ報告されたデブリ及びFPの挙動を踏まえ、本報告においては、デブリ及びFP両者の分布と変化を整理して比較することにより、特に今後必要となる研究課題案の抽出を試みる。抽出された研究課題案は、後報における廃炉時の管理面での考察に資するとともに、「シビアアクシデント時の核分裂生成物挙動」研究専門委員会等における今後の検討に反映する。

2. 「比較」の視点の整理

前2報から、主に、Sr等の非揮発性のFPは燃料の溶融・移行と挙動を共にしてデブリに残留するためその分布はデブリ分布に準拠する一方、Cs等の揮発性のFPは燃料から放出され格納容器内では構造材表面に付着物等として存在しデブリとは異なる分布状態となることが予想される。これらについては、事故後TMI-2の炉内、既往のSA再現実験PHEBUS等において得られたFP分布の評価結果に表されている(図1、[1][2])。

これらを踏まえ、本報においてデブリ・FPの分布の比較を容易にするために、FPの分布状態として、主にデブリに随伴するFPが含まれるデブリと、主に揮発性FPが含まれる構造材等への付着FPの2種類の分布状態を考える。便宜上、前者を「デブリ随伴FP(分布)」、後者を「付着FP(分布)」と称することとする。

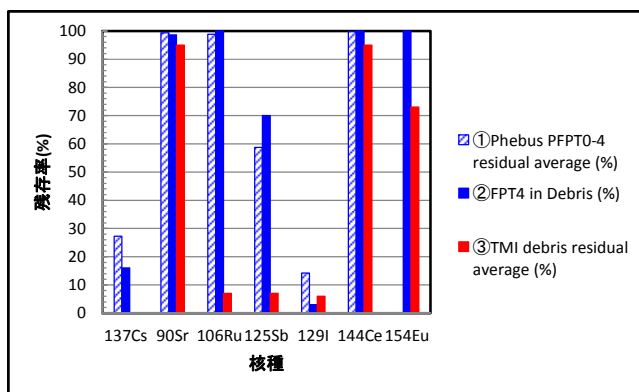


図1 既往研究等における主なFPのデブリ内残存傾向

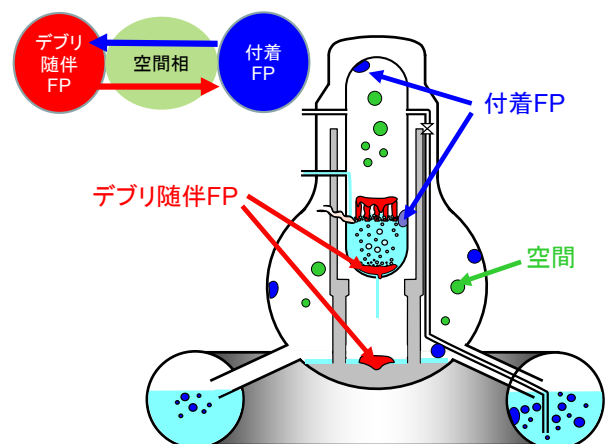


図2 FP分布状態の区分概念

\* Masahiko Osaka<sup>1</sup> and Naoya Miyahara<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Japan Atomic Energy Agency.

以上の2種類のFP（分布）に加えて、両者の間に介在する気相や水相であって、短期・長期的に両者間をFPが移行することができる「空間（分布）」を加えた3種類のFP（分布）に区分した（図2）。本報では、多数のFPのうち、インベントリや人への被ばくに与える影響等を考慮して、FPのうち主にCs, I, Te, Ru, Sr等を対象とした。

### 3. FPの分配傾向の整理

表1に、主なFPについて、それらの挙動がデブリ随伴FPと付着FPに係る分布に与える影響を整理したものを示す。デブリ随伴FPと付着FPのうち、各FPが主に含まれるものに下線を付している。主な付着FPとしてはCs, I, Teが含まれ、これらは熔融に至るまでの高温状態で燃料から放出し、冷却系移行による温度低下に伴う凝縮やエアロゾル生成により配管等の構造材表面に付着して主要な外部放射線源となる。デブリ随伴FPとしては主に非揮発性のSr, Baがあり、これらはデブリ内の放射線源や熱源となる。

表1 付着FP/デブリ随伴FP分布状態への影響

核種	特徴	付着FP	デブリ随伴
Cs	γ線放出、揮発性、長期影響	<u>構造材等に物理的・化学的に付着</u>	デブリ表面等への再付着？
Sr	β線放出、非揮発性、長期影響	海水注入・還元雰囲気下での揮発性増大	<u>デブリ随伴(主要な放射線源)</u>
Te	β線放出、揮発性	<u>構造材等に物理的・化学的に付着(挙動に不明な点あり)</u>	被覆管に化学的にトラップされる影響？
Ba	β線放出、準揮発性	Moとの複合化合物形成による揮発性増大	<u>デブリ随伴(主要な熱源)</u>
Ru	γ線放出、可変揮発性	空気混入で揮発性増大	デブリ随伴
I	γ線放出、可変揮発性	<u>構造材等に物理的に付着</u>	デブリ表面等への再付着？

### 4. 研究課題案の抽出

3.で述べた各FPの基本的な分布状態に加えて、それらと異なる分布状態をもたらすFP挙動の考慮が重要であり、今後の研究課題である。例えば、Ruについては事故時空気混入条件において非揮発性であったものが揮発性となることが知られている。また、CsやTeについてはステンレスやジルカロイ等と高温で化学的に反応すること、Mo等他のFPや制御材B等はCs, I等と化学反応を生じることなど、これら化学的挙動についてはFP挙動全体に影響を及ぼす重要課題として認識されている[3,4,5]。さらに、数十年間に及ぶことが予想されるデブリ取出し作業期間中には、付着FPの水分への溶出や作業時の圧力変動による再浮遊、長期間の酸化等によりチェルノブイリ原発事故で生じたデブリ表面の変性とそれによる放射性物質の再浮遊等、空間へのFP放出を介して分布状態変化に与える挙動を考慮する必要がある。

これらの課題解決のためには、各々の現象・挙動評価とそれに基づくモデル化を継続的に行って炉内FP分布推測へ反映することが不可欠であり、1F事故により環境中や格納容器内に放出されたFPの詳細な分析結果はそれら継続的反映のための重要な検証材料となる。

#### <参考文献>

- [1] 日本原子力学会水化学部会、日本原子力学会水化学部会報告書#2017-0001(2017).
- [2] 永瀬文久、エネルギーと動力、2012年秋季号(279) 2-7(2012)
- [3] S. Suehiro, et al., Nucl. Eng. Des., 286 (2015) 163-174.
- [4] M. Osaka et al., Proc. ERMSAR 2017, 2017.
- [5] L.E.Herranz, et al., Nucl. Eng. Des., 288 (2015) 56-74.