

「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

(4) 廃炉作業時の放射性物質管理の留意事項

(4) Remarks on radioactive material control under decommissioning work

*高木 純一¹、内田 俊介²

¹東芝エネルギーシステムズ、²日本原子力研究開発機構

1. はじめに

福島第一原子力発電所の廃炉作業は、まずは、燃料デブリの存在箇所を同定し、これらを安全かつ確実に取り出して、最終的に安全に保管することで終結する。長期にわたる燃料デブリ取り出し作業においては、環境への放射性物質の飛散を最小限に抑え、同時に廃炉作業に従事する作業者の放射線被ばく（外部被ばく、内部被ばく共）を最小に抑制することが必須である。

原子炉あるいは格納容器内の燃料デブリの分布位置は、シビアアクシデント解析コードによる予測とムーオンを用いた測定で推定はされているものの、その正確な位置は、今後の調査により少しずつ明らかになって行くものとする。一方で、作業を進めて行く上で障害となるのが、セシウムを初めとする放射性の核分裂生成物（FP）である。もともと燃料体に存在したウラン他の核原料物質、超ウラン元素（TRU）とFPのうち、メルトダウンの過程で揮発性のFPは原子炉内、格納容器内に飛散し、燃料デブリ中にはウラン、TRUと不揮発性のFPなどが燃料被覆材や構造材の酸化物と混在して含まれる。

従って廃炉作業を進めるにあたっては、取り出し対象とする燃料デブリのみでなく、FPの挙動にも十分配慮し、放射性物質の飛散、被ばく抑制を図ることが必須である。

本セッションでは、前3報において、燃料デブリとFPの基礎特性と事故時のふるまいを述べた上で、両者の挙動を比較し、FPの分配傾向の整理を行った。

以下では、これらの発表に基づいて、マスバランスを含めた炉内でのFP分布の差異、廃炉作業時の燃料デブリ及びFPの取扱い、被ばく影響、環境影響についてまとめる。

2. 廃炉作業時の放射性物質管理の留意事項

廃炉作業の今後の進展においては燃料デブリ取り出しが主体となるが、放射線影響（被ばく管理）や汚染インベントリー（廃棄物管理）の観点からは、FP挙動及び分布を把握することが必須である。特に、燃料デブリ中に存在しているFPの存在について知見を深める必要がある。そこで、前報では、作業対象となる放射性核種を、“デブリ随伴FP”（燃料デブリ中のFP）、及び、“付着FP”（PCV内の構造材等への付着FP）に分類することとした。以下では、廃炉作業時の観点から両者の比較検討を行う。表1に放射性物質管理の留意事項を示す。

2.1 放射能分布

デブリ随伴FP：固体の表面線量率は¹³⁷Cs等の高γ線放出核種で決まるが、その残存率は小さいと考えられる。⁹⁰Sr等のβ線放出核種の残存率は比較的大きいと想定される。

付着FP：¹³⁷Cs等の高γ線放出核種の残存率は比較的大きい、汚染水への移行割合は大きいと推定される。

2.2 存在形態

デブリ随伴FP：主として固体中に存在すると考えられる。取り出し作業中に一部粉体化する可能性がある。難溶性だが一部溶解性の場合がある。飛散性は比較的軽微だが、破碎作業時に一部飛散する可能性がある。

*Junichi Takagi¹ and Shunsuke Uchida²

¹Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation, ²Japan Atomic Energy Agency

付着 FP：粒子として壁面に付着していると考えられる。一部可溶性であり汚染水へ移行する。広範囲に分布していることが特徴である。揮発性の FP の飛散には注意が必要であり、ガス状の FP への対応も必要である。

2.3 作業対象

デブリ随伴 FP：燃料デブリは取り出しの主対象となる。ただし、残存する FP は阻害要因となる。

付着 FP：FP 自体は燃料デブリ取り出しの阻害要因であり対象外である。場合により作業前除染が必要となる。

2.4 臨界管理

デブリ随伴 FP：重点評価項目であり、厳密な臨界管理が必要となる。

付着 FP：FP 単独であれば、臨界評価は不要である。

2.5 被ばく影響

デブリ随伴 FP： α 核種、 β 核種を含み、内部被ばくへの配慮が必要である。外部被ばくは ^{137}Cs 、 ^{154}Eu 等の γ 線源が主要線源である。体積線源であり、線源強度に比較して線量率は小さいと考えられる。

付着 FP： β 核種（特に ^{90}Sr ）の内部被ばくへの配慮が必要である。外部被ばくは ^{137}Cs が主要線源である。面積線源であり、線源強度に比較して線量率が大きいと考えられる。

2.6 環境影響

デブリ随伴 FP：直接的な影響は比較的小さい。流出に対しての影響も比較的軽微と考えられる。ただし、粉塵や微粒子の挙動には注意が必要である。

付着 FP：ガス・粒子としての飛散、汚染水としての拡散に留意が必要である。特に、流出による汚染水への影響が大きいと考えられる。

表1 廃炉作業時の放射性物質管理の留意事項

分類	項目		デブリ随伴 FP	付着 FP
FP 分布	1	放射能分布	固体の表面線量率は ^{137}Cs 等の高 γ 線放出核種で決まるが、その残存率は小さい。 ^{90}Sr 等の β 線放出核種の残存率は大きい。	^{137}Cs 等の高 γ 線放出核種の残存率は比較的大きいが、汚染水への移行が大きい。
	2	存在形態	主として固体中に存在。取り出し作業中に一部粉体化。難溶性だが一部溶解。飛散性は比較的軽微だが、破碎作業時に一部飛散の可能性あり。	粒子として壁面に付着。一部可溶性であり汚染水へ移行。広範囲に分布。揮発性のFPの飛散には注意が必要。ガス状のFPへの対応も必要。
作業対象	3	取扱い方法	燃料デブリは取り出しの主対象。ただし、残存するFPは阻害要因。	FPは燃料デブリ取り出しの阻害要因であり対象外。場合により作業前除染が必要。
影響評価	4	臨界管理	重点評価項目であり、管理が必要。	臨界評価は不要。
	5	被ばく影響	α 核種、 β 核種を含み、内部被ばくへの配慮が必要。外部被ばくは ^{137}Cs 、 ^{154}Eu 等が主要線源。体積線源であり、線源強度に比較して線量率は小さい。	β 核種の内部被ばくへの配慮が必要。外部被ばくは ^{137}Cs が主要線源。面積線源であり、線源強度に比較して線量率が大きい。
	6	環境影響	直接的な影響は比較的小さい。流出に対しての影響も比較的軽微。	ガス・粒子としての飛散、汚染水としての拡散に留意。特に流出による汚染水への影響が大きい。

3. まとめ

以上より、燃料デブリ中の“デブリ随伴 FP”と構造材等への“付着 FP”について、FP 分布、作業対象、影響評価の観点から両者の挙動を比較評価し、以下の観点から今後の廃炉作業に資するものとする。

1. 廃炉計画時には、核種の存在量と存在場所を推定して計画する。
2. 廃炉作業の進捗とともに、存在量と存在場所の把握精度を向上させ、併せて、存在形態を把握する。
3. 廃炉作業時の影響評価として、被ばく影響、環境影響を適切に評価する。
4. 上記2.、3. に則り、適宜、廃炉作業、工程の見直しを図る。