

福島第一発電所における臨界対策を常時行う燃料デブリ回収案

ホウ素結晶ブラストによる燃料デブリ連続回収

Fuel debris recovery plan that constantly carries out critical measures at Fukushima Daiichi Station

Continuous collection of fuel debris by boron crystal blasting

*森重晴雄¹, 森重晴貴¹, 山敷庸亮²

¹福島事故対策検討会, ²京都大学

2016年春の大会において投稿者は東京電力福島第一発電所向けに燃料デブリの回収工法を提案した。引き続き臨界を阻止する為に、回収中、常時、臨界対策を加えた工法を提案する。

キーワード：福島事故対策，臨界，プルトニウム，自発核分裂，燃料デブリ回収，ホウ素結晶，切削，アイス，真空蒸着，保管

1. 緒言

表 1 燃料デブリの自発核分裂の割合

元素	原子個数密度 atoms/b cm	自発核分裂 回/sec-kg
235U	6.310E-04	5.60 E-3
238U	2.284E-02	6.93
239Pu	1.038E-04	7.01
240Pu	1.931E-05	489000

発電炉においてU237は中性子を吸収しPr238となり、さらに吸収を繰り返しPr239, Pr240へと転換が進む。燃料デブリに含まれる主な原子の原子個数密度^[1]と自発核分裂の割合を表-1に示した。燃料デブリにはプルトニウムの15.4%相当するPr240が存在すると推定されている。Pr240はkgあたり50万に近い自発核分裂を繰り返し、少量であっても自発的に臨界する可能性が高い。7%を超えると制御が困難とされている。世界の再処理施設の臨界事故の多くがPr240の自発核分裂に起因している。燃料デブリは炉心や燃料ピットなどに700tを超える核燃料が眠る福島第一発電所において臨界、核爆発が起これば取り返しのつかない惨事となる。熔融した燃料デブリは各号機約100tであり、約84kgのPr240が存在すると推定され毎秒4000万回を超える自発核分裂があり中性子が毎秒1億以上発生し連鎖反応に進む可能性が潜在している。プルトニウムはウランより融点が高いため燃料デブリが冷え固まる過程でプルトニウムが集結しやすく、さらに臨界の可能性が高い。

2. 臨界を阻止する燃料デブリ回収工法

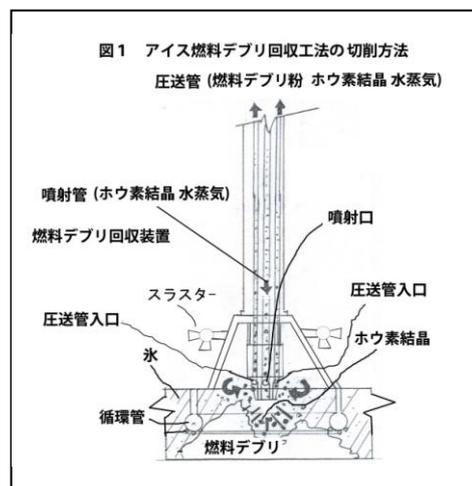
2-1. 切削方法の原則

- (1) 臨界質量に達しないように少しずつ燃料デブリを削る。
- (2) 回収した燃料デブリから発生する中性子を吸収させる。
- (3) 回収した燃料デブリに中性子を近づけないようにする。

2-2. 臨界させない回収工法

図-1のように研磨材として一般的に使用されているホウ素結晶をブラストとして燃料デブリを削り取る。

燃料デブリの硬さは最大20Gpaであると推定される。このホウ素結晶は立方晶系でダイヤモンド並みの硬さ40~80Gpaの硬さを持つ。ホウ素は中性子を吸収する。燃料デブリをホウ素結晶のブラストでマイクロ単位で削り取りながら燃料デブリに入り込む中性子を吸収し燃料デブリを臨界させない。そのほか前後の手順及び工法は前回と同じ。^{[2][3]}



3. 結論

燃料デブリはPr240を多量に含んでいるために臨界しやすい。特に燃料デブリを回収する際には吸収体が外れ中性子が反射し臨界しやすい。この危険を避ける為に前回提案した工法を改善しホウ素結晶のブラストを用いて常時、臨界対策を行うことができるようになった。

参考文献

- [1] 原子力規制庁 平成26年度原子力施設の臨界管理安全基盤強化委託費（東京電力福島第一原子力発電所燃料デブリの臨界評価手法の整備）事業報告書 平成27年3月（独）日本原子力研究開発機構
- [2] 日本原子力学会 2016年春の大会 福島事故対策・燃料デブリアイス回収工法 森重晴雄、山敷庸介
- [3] ASME PVP2017 ICE FUEL DEBRIS COLLECTION METHOD AT FUKUSHIMA NUCLEAR POWER STATION (PRESENTATION ONLY) 2017年7月18日 Haruo Morishige, Yosuke Yamashiki.

*Haruo Morishige¹, Haruki Morishige¹ and Yosuke Yamashiki²

¹ Fukushima Nuclear Accident Countermeasures Review Group, ² Kyoto Univ