

事故進展を考慮した格納容器デブリ特性に関する包括的な予測

Comprehensive prediction on the PCV fuel debris characteristics considering accident scenarios

*横山 諒¹, 鈴木 俊一¹, 岡本 孝司¹, 原田 賢²

¹ 東京大学, ² 東京電力 HD

福島第一原子力発電所(1F)の格納容器燃料デブリの取り出しのために、デブリ中での成分分布等を含めた包括的な予測が求められている。本稿では、複数の事故シナリオを基に、熔融金属拡散試験と高温アーク溶解試験を行い、事故シナリオの違いが燃料デブリに与える影響について報告する。

キーワード：廃止措置，燃料デブリ，デブリ分布，コリウム拡散

1. 緒言

1F 事故進展解析及び炉内調査結果等により、1F 各号機で事故シナリオが異なる可能性が示唆されている^[1]。このような事故シナリオの違いが燃料デブリの特性に与える影響を検討することは、デブリ取り出し工法の最適化や取り出し時に派生する種々のマネジメント方法を検討するにあたり極めて重要である。本研究では、各号機で発生する可能性のある事故シナリオを選定し、そのシナリオに基づいて熱流動的視点の熔融金属拡散試験と材料的視点の高温アーク溶解試験を行った。

2. 研究方法

熔融金属拡散試験の実験体系を図1に示す。模擬材には燃料成分と構造材成分間で比重比の似ている低融点合金を用いる。拡散の様子をカメラで捉え、モデル式の作成及び無次元数評価を行うことによって熔融金属の拡散と凝固に関する支配的なパラメータの検討を行う。またアーク溶解試験の試験体系を図2に示す。Hf, Zr からなる燃料由来模擬材と SUS316L の構造材模擬材を下部に穴の空いた黒鉛坩堝の中に入れ、アーク溶解させる。黒鉛坩堝の穴から流出した模擬燃料デブリ試料を SEM-EDX 等で分析し、評価する。

3. 試験結果及び結論

試験結果を表1に示す。二つの試験結果をまとめたところ、シナリオによらない共通事項とシナリオ特有の結果が得られた。事故シナリオの違いにより、燃料デブリの性状が異なる可能性が示唆された。

表 1 試験結果一覧

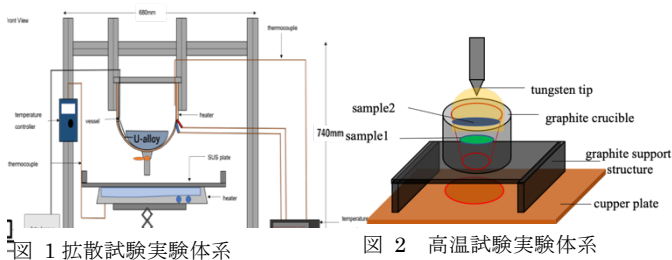


図 1 拡散試験実験体系

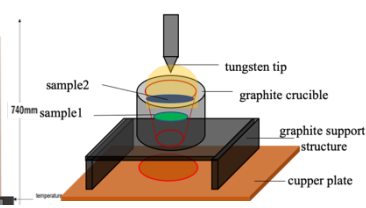


図 2 高温試験実験体系

	熱流動的視点		材料的視点	
	共通事項	号機特有の事象	共通事項	号機特有の事象
1号機	<ul style="list-style-type: none"> 融点の違いが拡散の違いに大きな違いを与えない。 融液の温度が高い方がより拡散する。 坩堝の方が凝固時間が早く、中心付近ほど遅やかに凝固する。(中心の方が、結晶が大きい) 層分離した方が初期においてより拡散する。(密度差に起因する圧力差が原因) 全溶融金属のうち、約60%が流出したのうち、拡散が緩やかになる。 停止に際しては、表面張力、粘性力及び凝固のメカニクスが重要なパラメータとなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 均質化現象が、最も拡散しない。(1) 上層の高密度物質が優先的に流出し、底部に高濃度物質が堆積する可能性がある。これは、浮力と粘性力または、浮力と粘性力のバランスで決まる。(2) 時間により異なる傾向がある。(2,3) 	<ul style="list-style-type: none"> 堆積したデブリの上層の方が結晶が長く、表面は細かい。 上層では、HfとSUS316Lの化合物が多いが、鉄では、Zr,Siの構造物が圧倒的に多くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 上部に燃料成分が多く、下部に構造材成分が多い(結晶、拡散係数の影響) 微視的な結晶粒中粒界で、成分の分離は確認されない(1)
2号機	<ul style="list-style-type: none"> 全溶融金属のうち、約60%が流出したのうち、拡散が緩やかになる。 停止に際しては、表面張力、粘性力及び凝固のメカニクスが重要なパラメータとなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 下層の高密度物質が優先的に流出し、底部に高濃度液体が多数堆積する可能性がある(3) 	<ul style="list-style-type: none"> 上部の方が若干、燃料成分が多い。(2) 上部はHf-rich層と混合物質で分離し、下部はZr-rich層と混合物質で分離している(結晶粒中粒界)(2) 	
3号機				

4. 謝辞

本研究は社会連携講座「統合廃炉工学」の燃料デブリ組成の推定に係る三菱重工委託研究の一部として実施したものである。研究の遂行にあたり有益な助言をいただき、感謝の意を表します。

参考文献

[1] Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit 2 Primary Containment Vessel Internal Investigation Results, Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. February 1,2018

*Ryo Yokoyama¹, Shunichi Suzuki¹, Koji Okamoto¹ and Masaru Harada²

¹Univ. of Tokyo, ²TEPCO HD