

BWR 压力容器下部構造物と熔融金属物質の反応による熔融物の流出挙動

Reaction behavior of BWR lower head structure and molten metals

*佐藤拓未¹、山下拓哉¹、間所寛¹、永江勇二¹

¹ 日本原子力研究開発機構

本研究では、沸騰水型軽水炉の压力容器下部構造物である制御棒駆動機構の金属系デブリとの反応・熔融試験を実施し、その破損挙動を観察した。その結果、構造材/金属デブリの反応により、単体での融点よりも低い低温で CRD 構造物の破損が進行することが明らかになった。

キーワード：シビアアクシデント、下部ヘッド、CRD、熔融コリウム

1. 緒言

沸騰水型軽水炉の压力容器（RPV）下部には制御棒駆動機構（CRD）が存在し、ステンレス鋼ハウジングや、その固定にインコネル管が使用されている。過酷事象（SA）時では、炉心から落下してきたステンレス鋼の制御棒材、 B_4C 、ジルカロイのチャンネルボックス材や燃料棒材の金属物質が RPV 下部構造物と反応、熔融する可能性がある。特に福島第一原子力発電所事故における 2 号機では、燃料酸化物の多くが未熔融であったと考えられ¹、ステンレス鋼やジルカロイを主成分とする金属デブリによる RPV 破損が考えられる。そこで、SA 時の RPV 破損挙動を理解するために、CRD 構造物一部の試験体により、熔融金属物質の流出挙動をその場観察した。

2. 実験方法

富岡に整備した LEISAN 装置（Large-scale Equipment for Investigation of Severe Accidents in Nuclear reactors）を用いて、RPV 下部の CRD 構造物を模擬した試験体に模擬金属デブリを装荷し、Ar 雰囲気下で炉内温度 1800℃まで徐々に昇温した。装荷する模擬金属デブリ形状について、ステンレス及び Zr の単体試料片を装荷した条件と、共晶組成の低融点 SUS304-Zr 合金を装荷した条件の 2 種類の試験を実施した。試験中の熔融の様子は炉上部からその場観察した。試験後に試験体を切断し、断面観察を行い、CRD 構造部の SEM/EDS 分析を実施した。

3. 結果・考察

試験結果では、CRD 構造材は単体の融点よりも低い温度（約 1100℃～1200℃）で金属デブリと反応して熔融、破損することが判明した。また、CRD 内部に熔融物が流入する様子が観察され、SA 時における下部ヘッドの破損では CRD 構造物が優先的に破損することが推測された。試験体断面の組織観察及び状態図の比較から、CRD のハウジング及びスタブチューブがそれぞれ熔融金属デブリ中の Zr との Zr-Fe、Zr-Ni 共晶反応を起こし、熔融・破損することが判明した。



Fig.1 試験後 CRD 試験体断面図

参考文献

[1] 廃炉・汚染水対策事業費補助金（総合的な炉内状況把握の高度化），国際廃炉研究開発機構；
http://irid.or.jp/_pdf/20170000_01.pdf (current as of Jul. 1, 2021)

*Takumi, Sato¹, Takuya Yamashita¹, Hiroshi Madokoro¹, Yuji Nagae¹

¹Japan Atomic Energy Agency