高速炉の重大事故防止対策有効性評価に関する検討
(2) 燃料に関わる判断基準の設定根拠

Study on effectiveness evaluations of countermeasures against severe accidents in fast reactor
(2) Bases of criteria on fuel

*深野 義隆[1]，西村 正弘[1]，小野田 雄一[1]，山田 文昭[1]
[1]原子力機構

前報の具体的判断基準案のうち、過出力時原子炉停止機能喪失（UTOP）事象及び除熱機能喪失（LOHRS）事象についてその選定根拠を示す。UTOP 事象については、燃料が溶融しても被覆管が破損しないこと、また、LOHRS 事象については、被覆管が破損しても燃料が溶融、崩壊しないことを示す。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉，重大事故，判断基準，UTOP 事象，LOHRS 事象

1. 緒言

前報では、炉心の著しい損傷防止対策の有効性評価における具体的判断基準案を示した。過出力時原子炉停止機能喪失（UTOP）事象※については、運転時の異常な過渡変化（AOO）では許容されていない燃料の溶融を許容した。このため、具体的判断基準案とした 50%程度の燃料断面溶融割合では、燃料が溶融しても被覆管が破損しないことを示す。他方、除熱機能喪失（LOHRS）事象※については、AOO では許容されていない被覆管の破損を許容した。このため、被覆管が破損しても燃料が溶融、崩壊しないことを示す。

※設計基準事故対処設備の機能喪失

2. UTOP 事象

既往のスローTOP 試験結果の評価値[1]から、中低スミア密度燃料（85%TD 程度以下）では、図１に示すように、70%程度の燃料断面溶融割合まで破損しないことがわかる。これに対して、具体的判断基準案としては、データ数と不確実性を考慮して余裕を持たせ、燃料断面溶融割合 50%以下とした。なお、CABRI-RAFT 計画の RB1 試験では、20%以上の燃料断面溶融割合と被覆管の開口破損を実現したが、溶融した燃料は被覆管内に閉じ込められていることを確認している[2]。

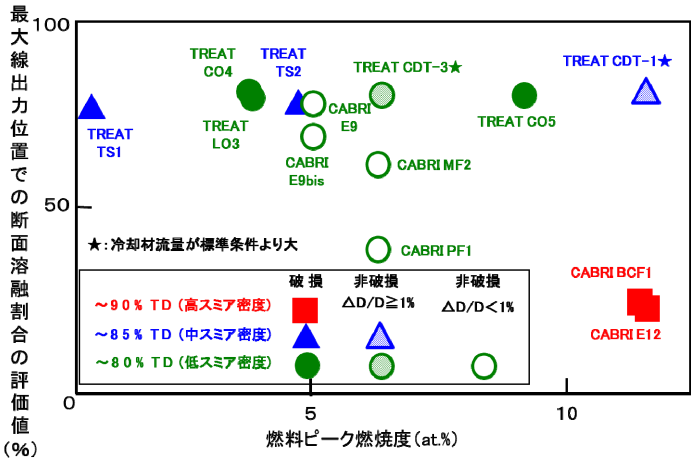

図1 炉内ランプ型過出力試験の断面溶融割合

3. LOHRS 事象

LOHRS 事象については、被覆管の破損を許容したが、被覆管が破損した場合、(1)燃料ナトリウム反応生成物の形成に伴う伝熱低下、(2)ガスブランケティングによる除熱低下等によって、燃料の溶融と冷却材流路中への放出が懸念される。これらについては、LOHRS 事象のような崩壊熱レベルでは、解析的な評価により燃料の溶融、崩壊は生じないことが明らかになっている[3]。また、LOHRS 事象では、被覆管温度が高温化した際に燃料温度が崩壊熱レベルで低いため、熱膨張差によって燃料被覆管ギャップが開き、ギャップコンダクタンスの低下、さらには、上記(1)や(2)との重ね合わせによる燃料溶融が懸念される。本研究では、図２に示すようにこれらの重ね合わせによっても、燃料の溶融までに十分な裕度があることを解析的に確認した。

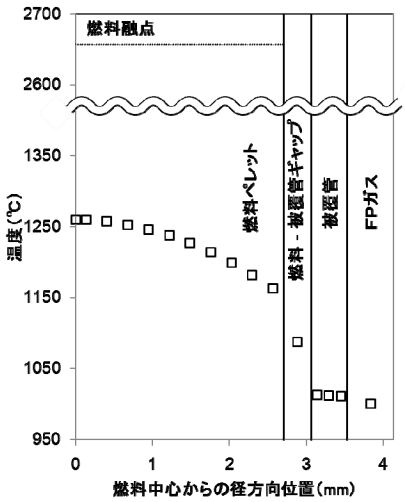

図2 燃料−被覆管ギャップが開いた場合におけるガスブランケティング時の燃料温度分布

4. 結言

UTOP 事象及び LOHRS 事象の具体的判断基準案の設定根拠として、前者については燃料が溶融しても被覆管が破損しないこと、後者については被覆管が破損しても燃料が溶融、崩壊しないことを示した。

参考文献

[1] Y. Fukano et al., J.Nucl.Sci.Technol., Vol.46, p.1049-1058 (2009), [2] Y. Fukano and J. Charpenel, Proc. of ICONE12, Arlington VA (2004), [3] Y. Fukano et al., Proc. of NURETH16, Chicago IL (2015)

*Yoshitaka Fukano[1], Masahiro Nishimura[1], Yuichi Onoda[1], Fumiaki Yamada[1]
[1]Japan Atomic Energy Agency