原子炉構造レジリエンスを向上させる破損の拡大抑制技術の開発
（7）超高温時のレジリエンス向上策の有効性評価技術

Development of failure mitigation technologies for improving resilience of nuclear structures
(7) Effectiveness evaluation technology of the measures for improving resilience at ultra-high temperatures

*小野田 雄一[1]，西野 裕之[1]，栗坂 健一[1]，山野 秀将[1]，出町 和之[2]
[1]原子力機構，[2]東京大学

ナトリウム冷却高速炉を対象に、超高温時の原子炉構造に注目してプラントの特徴を把握し、格納機能に影響を与える事故シーケンスを同定するとともに、破損の拡大抑制技術によるレジリエンス向上策の有効性を評価する概念を構築した。

キーワード：レジリエンス向上策，超高温，炉停止後の除熱機能喪失，事故シーケンス、炉心損傷頻度

1. 緒言　原子力機構は、東京大学と共に、ナトリウム冷却高速炉を対象に、破損の拡大抑制技術を活用したレジリエンス向上策の有効性評価技術の開発を実施している。本研究では超高温時の原子炉構造に着目して同向上策の有効性を評価する概念を構築する。

2. 検討結果　もんじゅおよび次世代原子炉の PRA のイベントツリーを調査し、プラントの特徴を把握するとともに、レジリエンス向上策が有効となり得る事故シーケンスとして、崩壊熱除去機能喪失（PLOHS）および原子炉容器液位確保機能喪失（LORL）を同定した。これらの事故シーケンスでは、除熱機能の喪失によって設計想定を超えて冷却材温度が上昇した場合に、高温化した原子炉容器が自重により鉛直下向きにクリープ変形し、応力の高い容器上部でクリープ破断に至り、原子炉容器底部がガードベッセルおよびその下方の構造物と干渉して開口破損する恐れがある。開口破損が生じた場合、冷却材の流出により原子炉容器内の液位が急速に低下して炉心が溶融する。これに対して、原子炉容器が下部構造と干渉したとしても破損の拡大抑制技術によって開口破損が生じないことが示されれば、急速な液位低下は生じず、冷却材の沸騰に起因する緩慢な液位低下に留まり、炉心の露出とそれに伴う炉心溶融・崩壊に至るまでに大きな時間余裕が生じる。この時間余裕を生かして、超高温下で運用可能な冷却設備の追設、およびナトリウム蒸気による原子炉容器内の過圧防止対策により炉心溶融を防止できる。このため、破損の拡大抑制技術を活用した一次冷却材の保持対策、冷却設備の追設、および原子炉容器の過圧防止対策を、喪失した除熱機能の回復を可能にするレジリエンス向上策として想定した。図 1 はこれら対策を考慮した、もんじゅの外部電源喪失を起因とする PLOHS 炉心損傷頻度の低減効果を示したものである。図から、頻度低減に着目すれば本検討で想定したレジリエンス向上策の有効性が確認できる。

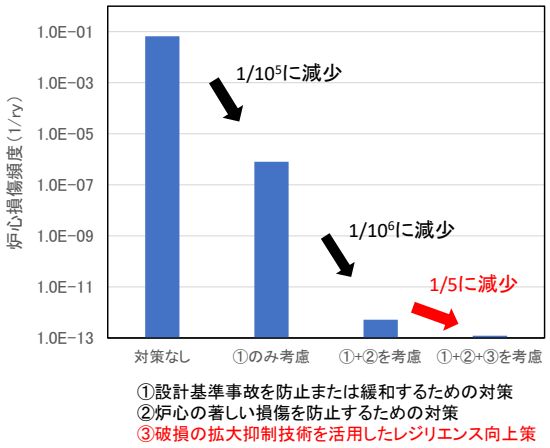

図1 レジリエンス向上策によるPLOHS炉心損傷頻度の低減効果（もんじゅ）

3. 結論　ナトリウム冷却高速炉を対象に、超高温時の原子炉構造に注目してプラントの特徴を把握し、格納機能に影響を与える事故シーケンスとして炉停止後の除熱機能喪失事象を同定するとともに、破損の拡大抑制技術を活用した一次冷却材の保持対策、冷却設備の追設、および原子炉容器の過圧防止対策をレジリエンス向上策として想定し、その有効性を評価する概念を構築した。今後はレジリエンス向上策の有効性評価の手法を検討する。

本研究は文部科学省原子力システム研究開発事業 JPMXD0220353828 の助成を受けたものです。

*Yuichi Onoda[1], Hiroyuki Nishino[1], Kenichi Kurisaka[1], Hidemasa Yamano[1], and Kazuyuki Demachi[2]
[1]JAEA, [2] Univ. of Tokyo