

# 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

## (16) 超高温時のレジリエンス向上策の有効性評価方法の考案

Development of Failure Mitigation Technologies for Improving Resilience of Nuclear Structures  
(16) Effectiveness Evaluation Methodology of the Measures for Improving Resilience at Ultra-High Temperatures

\*小野田 雄一<sup>1</sup>, 栗坂 健一<sup>1</sup>, 山野 秀将<sup>1</sup>

<sup>1</sup>原子力機構

ナトリウム冷却高速炉において除熱機能喪失により超高温状態に至る事故シーケンスに注目してイベントツリーを定量化するとともに、レジリエンス向上策の導入前後の炉心損傷頻度の低減効果を評価することで、レジリエンス向上策の有効性を評価する方法を考案した。

**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** ナトリウム冷却高速炉 (SFR) を例に、設計想定を超える超高温や過大地震によって破損や損傷が生じた場合に、その拡大を抑制する技術を開発し、原子炉構造のレジリエンス向上に資する研究を実施している[1]。この一環として本研究では超高温時のレジリエンス向上策の有効性を評価する方法を考案する。

**2. 有効性評価の方法** 図1の簡略化したイベントツリー (ET) に示すように、既存の AM 策等に失敗した場合に炉心損傷に至る事故シーケンスに対して、レジリエンス向上策を導入することにより炉心損傷を回避することが可能になる。本研究で考案した方法は、図1に概念[1]として示す ET を用いてレジリエンス向上策の導入前後

| 起因事象 | 設計基準事故への対処 | 重大事故等への対処 | レジリエンス向上策 (対策A+対策B) | 炉心の終状態               |
|------|------------|-----------|---------------------|----------------------|
|      | P1         | P2        | P3                  |                      |
|      | ⇒成功        |           |                     | 健全<br>健全<br>健全<br>損傷 |
|      | ⇒失敗        | ⇒成功       |                     |                      |
|      |            | ⇒失敗       | ⇒成功                 |                      |
|      |            |           | ⇒失敗                 |                      |

対策A: 冷却材の高温化によって原子炉容器が自重により鉛直下向きに延伸し下部構造に接触したとしても開口破損を抑制し1次冷却材を保持する対策  
対策B: 炉心損傷を防止するために必要となる次の二つの対策: 超高温条件下で使用可能な熱輸送系の追設、及び1次系の減圧及びナトリウム蒸気の捕集

図1 簡略化したイベントツリーの例

の炉心損傷頻度の低下の割合を定量的に評価することでレジリエンス向上策の有効性を評価するものである。

**3. 適用性検討** もんじゅ及び次世代 SFR を例題として、本方法の適用性を検討した。破損拡大抑制技術により炉心損傷を回避することが可能と見込まれる重要な事故

シーケンスとして原子炉容器が超高温状態となる LOHRS を同定した。もんじゅの内的事象を起因として LOHRS に至るすべての事故シーケンスを対象に図1に示すような簡略化した ET を構築した。考慮したレジリエンス向上策は、原子炉容器の高温化とそれによる鉛直下向きへの延伸により底部が支持構造に着座して応力が除荷され開口破損を防止する対策 (対策 A) と、原子炉容器内の加圧を防止し、炉心を冷却する対策 (対策 B) とからなる。レジリエンス向上策の条件付き成功確率を 80% と暫定した結果、図2に示すように向上策による炉心損傷頻度の低減効果を事象グループ毎に

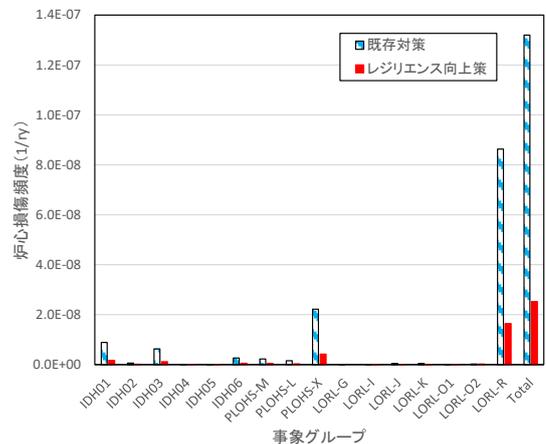


図2 レジリエンス向上策による炉心損傷頻度の低減効果 (もんじゅ)

定量的に確認できた。次世代 SFR についても同様に確認した。このように本方法は適用性を有するといえる。

**4. 結言** 除熱機能喪失に至るイベントツリーを定量化し、超高温時のレジリエンス向上策の有効性を評価する方法を考案するとともに、もんじゅ及び次世代 SFR への適用性を確認した。今後は超高温時のレジリエンスを向上させる具体的な対策、原子炉容器内の加圧防止策及び炉心冷却対策を検討する。

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。

**参考文献** [1] 小野田ら, 原子力学会 2021 年秋の大会, 2K09 (2021).

\* Yuichi Onoda<sup>1</sup>, Kenichi Kurisaka<sup>1</sup>, and Hidemasa Yamano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>JAEA