

K27

高速炉蒸気発生器における伝熱管破損事象に関する研究  
(36) 数値解析を用いたセルフウェステージ定量化

Study on Sodium-water Reaction Phenomena in Steam Generator of Sodium-cooled Fast Reactor

(36) Numerical quantification of self-wastage phenomenon

阪大院・工 ○ 山口 彰 高田 孝 北大 大西 裕季  
Akira Yamaguchi Takashi Takata Yuki Onishi

多次元ナトリウム-水反応現象解析コード SERAPHIM を用い、セルフウェステージにおける自孔拡大挙動の解析を行うことで、ターゲットウェステージ移行時における漏えい規模 (開口サイズ) の定量化を行った。

**キーワード:** ナトリウム冷却高速炉, ナトリウム-水反応, 数値解析, セルフウェステージ

**1. 緒言** ナトリウム冷却高速炉の設計・運用において、セルフウェステージによる自管腐食現象の評価手法を開発することは非常に重要である。本研究では、多次元ナトリウム-水反応解析コードSERAPHIM [1]を用い、既報[2]で開発したセルフウェステージ定量化手法をもとに既存実験[3]のベンチマーク解析を実施し、セルフウェステージ現象の定量化を行った。

**2. セルフウェステージ定量化手法** 解析は2次元とし、初期亀裂をもとにナトリウム-水反応の準定常解析を行うことで伝熱管周辺の局所的な物理量 (温度、各生成物濃度等) を求める。これらをもとに以下に示す減肉速度評価式で減肉量を評価する。

$$w = a[\text{NaOH}]^b \exp\left(-\frac{c}{T}\right) \quad (1)$$

ここで[NaOH]は水酸化ナトリウム濃度であり、既報[4]をもとに  $b=1, c=4917$  とした。なお準定常状態で1回の解析あたり一定の減肉量 (肉厚の15%程度) を仮定しているため  $a$  は不要となる。減肉形状を考慮した解析体系の再構築および再解析を、貫通条件 (減肉が肉厚の80%に達した状態とした) に達するまで繰り返すことで自孔拡大挙動を評価する。

**3. セルフウェステージの定量化** 図1に比較的減肉が進んだ状態での解析結果 (気相温度分布) を示す。肉厚方向に減肉が進展するにつれ、主に自孔の中心部分に高温部が存在する。このため減肉は肉厚方向に卓越する形となる。図2に貫通判定時の自孔拡大の数値解析と実験との比較を示す。図に示すように最大開口サイズや自孔形状は概ね実験結果と同様であり、定量化手法の妥当性が確認された。本手法では準定常解析の繰り返しであるため貫通時間の定量評価はできないものの、(1)式の  $a$  を解析中一定値とすることで定性的に評価可能である。図3に貫通時間 (計算回数) および肉厚で規格化した、伝熱管外表面付近での管軸方向および、亀裂中心付近での肉厚方向の減肉率履歴を示す。図に示すように、肉厚方向はほぼ一定速度で減肉されるものの、伝熱管外表面での管軸方向の減肉速度は徐々に低下し、貫通時のセルフウェステージ拡大挙動は有限な範囲で収まるのが解析より示唆された。

**4. 結言** 数値解析を用いたセルフウェステージ定量化手法を構築し自孔拡大挙動のベンチマーク解析を実施した。この結果、構築した手法の妥当性を確認するとともに、セルフウェステージでは自孔拡大挙動は有限な範囲で収まることを明らかにした。本手法を用いることで、セルフウェステージに伴う自孔拡大挙動の定量化が可能であり、減肉の貫通に伴うターゲットウェステージへの移行時における開口サイズ (漏えい率に相当) の推定が可能な見通しを得た。なお本報告は、エネルギー対策特別会計に基づく文部科学省からの受託事業として、大阪大学が実施した平成25年度「蒸気発生器伝熱管破損伝播に係るマルチフィジックス評価システムの開発」の成果である。

**参考文献** [1] T. Takata, et al., JNST, 40, 10, 708-718, 2003. [2] 大西他, 原学会 2011 秋の大会, P11, 2011. [3] 黒羽他, PNC TN94182-101, 1982. [4] 栗原他, 原学会 2011 秋の大会, P09, 2011.

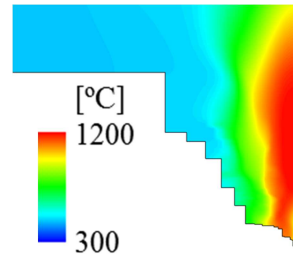


図1 亀裂部周辺の気相温度分布 (準定常解析)

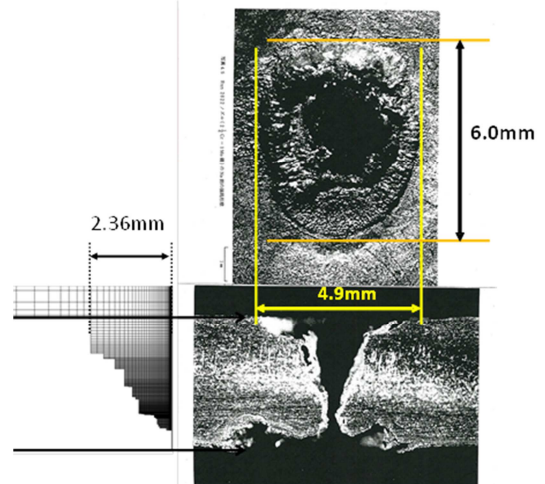


図2 貫通時の自孔形状比較

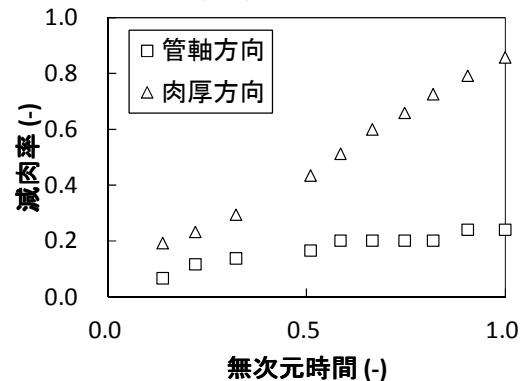


図3 無次元セルフウェステージ減肉率