炉内腐食環境評価モデルの実機適用に向けた高度化
（5）炉内ラジオリシス解析の 3 次元化

Improvement of the Model for Evaluating the Corrosive Environment in a Nuclear Power Plant

(5) 3-D Analysis of the Water Radiolysis in the Reactor

*洞山　祐介 [1]，馬渡　峻史 [1]，柴崎　理 [1]，原　宇広 [1]，高木　純一 [1]

[1] 東芝エネルギーシステムズ

沸騰水型原子炉（BWR）で懸念される応力腐食割れ（SCC）対策として、炉内腐食電位分布の解析評価に取り組んでいる。評価の過程で重要となるラジオリシス解析について、流動解析の 3 次元体系へ統合し、炉内ラジオリシス分布の 3 次元化を図った。

キーワード：応力腐食割れ，放射線分解，腐食電位，熱流動，HWC

1. 緒言　BWR の SCC 対策として、腐食電位を指標とした腐食環境を定量的に評価する「炉内腐食環境評価モデル」[1]を開発している。腐食電位評価のためには、水の放射線分解により生成する化学種濃度をラジオリシス解析により求めることが重要となる。しかし、既存モデルは 1 次元体系で計算されていたため、例えば炉内の下部ダウンカマと呼ばれる部位では化学種濃度変化が急峻である一方でメッシュが荒く、評価精度に課題があった。そこで、本モデルでは、ラジオリシス解析を流動解析の 3 次元体系へ統合することでメッシュを細分化させ、且つ炉内の任意の点における流速分布・温度分布・ラジオリシス分布を同時に解くことを目指している。

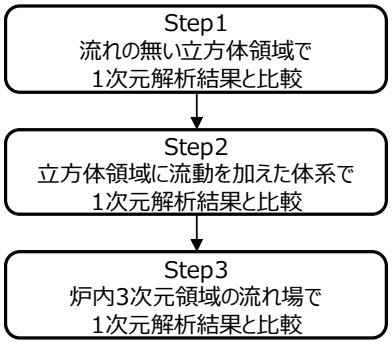

図 1　ラジオリシス解析の成立性確認フロー

2. 解析条件および評価結果　解析には流動解析ソフトウェア FLUENT®Release18.2 およびユーザーサブルーチン機能を用いて、化学種濃度の変化および輸送を計算する解析モデルを構築した。解析の手順は**図 1** に示すように、Step1：流れのない立方体領域（1 辺 0.1m、メッシュ数 8000）において検証済みの 1 次元解析結果を再現すること、Step2：Step1 の領域に流動を加えた体系で検証済みの 1 次元解析結果を再現すること、Step3：炉内 3 次元領域（メッシュ数約 1000 万）の流れ場で検証済みの 1 次元解析結果を再現すること、の順に成立性を確認した。

Step1 では各化学種濃度推移は 1 次元解析結果（初期濃度：H^+, OH^- = 0.002951 mol/m^3, O_2 = 0.235 mol/m^3，ガンマ線吸収線量率 = 1 kGy/h の条件）をほぼ再現し、反応開始 0.1 秒後時点で全ての化学種濃度について±5 %の範囲に収まっていた。次に Step2 において、流速 1 m/s を与えた結果、**図 2** に示すように流出境界面における化学種濃度推移は 1 次元解析結果（0.1 秒後）に対し-7～＋4%の範囲に収まっていた。Step2 の成立性確認をもって Step3 へ移行し、メッシュ数を拡張させた炉内ラジオリシス解析評価を進めている。

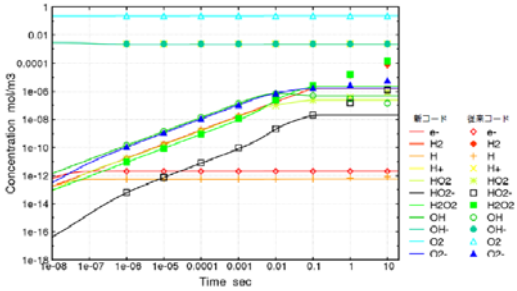

図 2　高温純水系の流れ場における
ラジオリシス解析と 1 次元解析結果との比較

3. 結言　流動解析ソフトウェアを用いたラジオリシス解析により、炉内の 3 次元ラジオリシス分布を得る見込みを得た。今後は、対象範囲の拡張、解析コードの検証等を進め、さらなる精度向上を図る。

FLUENT is a registered trademark or a trademark of ANSYS, Inc. or its subsidiaries in the United States or other countries.

参考文献　[1] N. Ichikawa, et al., Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.40, No.8, p.583-590(2003)

*Yusuke Horayama[1], Takashi Mawatari[1], Osamu Shibasaki[1], Takahiro Hara[1], and Junichi Takagi[1]

[1]Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation