

TRACE コードを用いた BWR プラントにおける水素拡散挙動の解析

TRACE code analysis for hydrogen diffusion behavior at a BWR plant

*大川 理一郎¹, 古谷 正裕¹

¹電力中央研究所

プラント動特性解析コード TRACE (Ver5 pl4)を利用して、原子炉圧力容器と格納容器の3次元熱流動をプラント動特性と共に計算する解析モデルを作成した。また同コードの水-金属反応計算機能を改良し、動的に発生水素の熱水力挙動を計算する機能を整備した。このモデルを用いて BWR の事故解析を実施し、プラント内の水素拡散挙動が模擬された。

キーワード：TRACE, 福島第一原子力発電所, 格納容器, 水素拡散

1. 緒言 福島第一原子力発電所 1 号機(1F1)の事故^[1]では、炉心冷却不能に陥り高温化した燃料が水蒸気と化学反応を起こして水素が発生・爆発し、重大な事態をもたらす要因の1つとなった。水素は比重が小さく拡散係数が大きいので、RPV からの吹出しや漏洩等による PCV への滞留や偏在等を把握することが重要となる。本研究では、代表的なプラント動特性解析コード TRACE^[2]を用いて 1F1 を対象とした再現解析を行い、水素の拡散挙動を模擬できる解析モデルを構築することを目的とする。

2. 解析体系 本研究では RPV と PCV を共に 3 次元熱流動を解く VESSEL コンポーネントで幾何的に模擬し、両者を連結した体系を解析モデルとする。Fig.1 に代表して PCV のノード分割図を示す。円筒座標系で径方向及び軸方向にノード分割し、熱流動を多次元計算する。RPV 最上部と最下部に D/W への漏洩口を設け、水素拡散に対する影響を調べる。また、TRACE の水-金属反応計算機能を適用して水素生成を模擬し、気相中の非凝縮性ガスとして空気・水素の2種類を考慮する。さらにオリジナルの TRACE に装備されていない機能として、水-金属反応による水素の生成量を炉心部のノードにフィードバックするようコード改良を施す。

3. 解析結果及び考察 Fig.2 に解析結果（炉心損傷直前の水素分布）を示す。RPV からの漏洩を考慮しない場合、RPV の水素は発生源の炉心より上部に偏在し、ダウンカマや下部における存在率は低くなっており、S/C の水素は SRV の吹出しから気相部全域に均質に拡散している。RPV 上部からの漏洩を考慮する場合、RPV の水素は炉心上部への偏在傾向がより強くなり、D/W の水素は漏洩口からの流入により存在率が高くなるが、上部にやや偏在している。RPV 下部からの漏洩を考慮する場合、RPV の水素は漏洩口のある下部の存在率が若干高くなるが、上部方向全域には比較的均質に拡散しており、D/W の水素は漏洩口からの流入により下部から全域にわたり概ね均質に拡散している。

4. 結論 TRACE の 3 次元熱流動計算機能を利用して水素が RPV から PCV に拡散する挙動をシミュレーションできる解析モデルを構築した。ただし本モデルは、質量保存則は水素を含め個々の気相に適用するものの、運動方程式は他の気相と一体的に取扱うため、水素成層化等といった集積現象のさらなる正確な模擬は今後の課題である。

参考文献

- [1] "Fukushima Nuclear Accident Analysis Report", TEPCO, 2012
- [2] "TRACE V5.840 THEORY MANUAL", USNRC, 2013

*Riichiro Okawa¹, Masahiro Furuya¹

¹Central Research Institute of Electric Power Industry

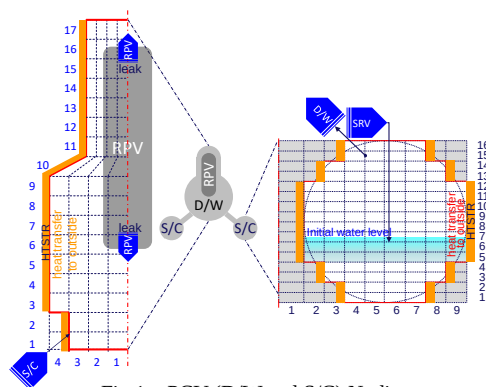


Fig.1 PCV (D/W and S/C) Noding

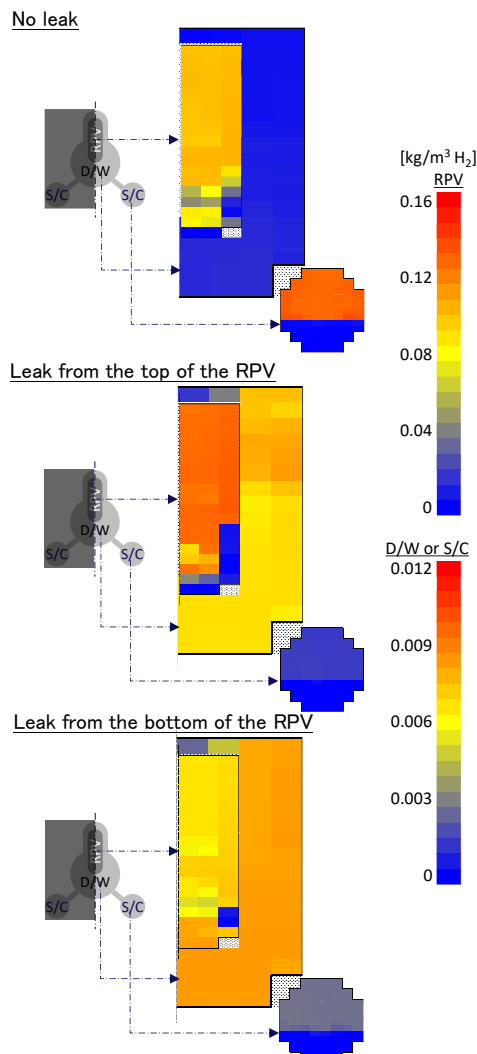


Fig.2 Hydrogen distribution just before core damage