

MELCOR-2.2 を用いた福島第一原子力発電所 2 号機の減圧後 7 時間の熱状態推定に係る感度解析

Investigation on accident progression of 1F2 during the 7 hours after the depressurization
using MELCOR-2.2

*大迫 昇太郎¹, 山路 哲史¹, Li Xin¹

¹ 早稲田大学

東京電力福島第一原子力発電所 2 号機 (1F2) の原子炉圧力容器 (RPV) 減圧後約 7 時間のプラント熱状態を MELCOR-2.2 による感度解析で推定した。RPV から格納容器ドライウェル (D/W) への気相漏洩、逃し安全弁の不完全な閉止、炉心部から崩落した燃料デブリの割合、崩落した燃料デブリと RPV 下部プレナム水との伝熱、炉心部の蒸気による酸化反応等をパラメータに検討した。

キーワード: 福島第一原子力発電所 2 号機, 1F2, 燃料デブリ熱状態推定, 事故進展解析, MELCOR-2.2

1. 背景と目的

東京電力福島第一原子力発電所 2 号機 (1F2) の廃炉には、事故進展時の原子炉圧力容器 (RPV) 減圧後約 7 時間とその間の炉心物質の熱状態を推定し、現在の燃料デブリ性状を推定することが有用である。しかしこれまでの研究では、この間のプラントデータの記録と十分に整合した事故進展が示されていない[1][2]。特に RPV 減圧後約 4~5 時間の格納容器ドライウェル (D/W) 圧力上昇が、この間の炉心部の除熱を伴う RPV から D/W への蒸気漏洩によるものであったのか、あるいは炉心部酸化発熱反応に伴い発生した水素の圧力抑制室 (S/C) を経由した D/W への移行によるものであったのかの検討が必要である。本研究では MELCOR-2.2 による事故進展解析により、RPV 減圧後約 2~7 (スクラム後約 78~83) 時間の炉心部熱状態を推定した。

2. 解析手法・条件

解析条件は先行研究[1][2]を参考に、炉心部の蒸気による除熱と酸化反応熱、RPV から D/W への気相漏洩、逃し安全弁 (SRV) の不完全な閉止、炉心部から崩落した燃料デブリの割合、崩落した燃料デブリと下部プレナム水との熱伝達等をパラメータに感度解析を行った。RPV 減圧後の第一圧力ピークから第二圧力ピーク前の炉心部酸化反応は、炉心部酸化反応を停止する計算オプションや、バルブモデルを活用した下部プレナムから炉心部への蒸気流の遮断等を組み合わせて抑制した。また、RPV 第一圧力ピーク終了時以降は、第三圧力ピークを模擬できる程度の小さな気相漏洩孔を RPV から D/W に設定した。

3. 結果と考察

RPV 減圧後の第一圧力ピークを炉心部への限定的な水の供給及び SRV の完全閉止とその後の再開で模擬した場合、SRV 閉止中の炉心部酸化反応を抑制し、その間の水素発生量を標準的な MELCOR 解析の約 60% に低減すると、SRV 再開に伴う D/W 圧力上昇が測定データと良く一致した。この間、炉心部蓄熱は標準的な解析に比べ約 17GJ 減少し、ピーク炉心温度は約 2400K から約 2100K に低下した。その後、第二圧力ピークが始まるまでの約 1.5 時間の D/W 圧力推移は、この間の水素発生量を炉心部残留蒸気による炉心部の酸化程度に限定した場合に良く再現できた。この間の炉心部への蒸気供給量や酸化反応の有無をパラメータとした感度解析の結果、炉心部蓄熱推定結果の差は最大でも約 1GJ 程度であり、この間のピーク炉心温度の差も約 30K と小さかった。一方、第二圧力ピーク中の D/W 圧力上昇を模擬するには RPV から D/W への気相漏洩と多量の水素発生両者が必要であり、炉心部熱状態推定結果の差が大きくなった。

参考文献

[1] K. Wadayama et al., Proc. FDR2019 (2019).

[2] T. Sevón, VTT-R-01242-20 (2020).

*Shotaro Osako¹, Akifumi Yamaji¹ and Xin Li¹

¹Waseda Univ.