

機械的応答過程における FCI の不確かさの影響

「常陽」第 433 回審査会合コメント「ULOF (i) 及び ULOF (iii) の機械的応答過程の解析に関して、FCI 挙動の解析の不確かさ及び THINA 試験の再現性を含めて、不確かさを十分に考慮していることを説明すること。」

1. 上部プレナムにおける FCI 挙動の違いの影響評価 (第 433 回審査会合において審議済み)

ULOF (i) と ULOF (iii) の不確かさ影響評価ケース (遷移過程における発生エネルギーの不確かさの影響) において、初期の燃料及びスチール温度並びに炉心平均圧力に差はほとんどなく、同程度の初期条件である。発生する機械的エネルギーも同程度である。ところが、ナトリウム噴出量の解析の主要な結果から、プラグの最大変位及びプラグ間隙部へのナトリウム流入量は ULOF (i) の方が大きい。いずれの評価事故シーケンスにおいても間隙の容量には十分に余裕があり、回転プラグ間隙を通じた原子炉容器内からのナトリウムの噴出は生じない。

この違いは、ULOF (i) では ULOF (iii) に比べて、上部プレナムに放出された燃料が炉容器壁側、すなわち UIS の下部よりも外側に放出されたため、一旦収縮を始めた CDA 気泡内で再度 FCI が発生したことによる。この燃料の放出挙動の違いは、ULOF (i) では燃料集合体の径方向中心部から炉心物質が先行して放出されて CDA 気泡が拡大し、UIS 下面の中心部から先行してナトリウムが消失しているのに対して、ULOF (iii) では UIS 下面のナトリウムが径方向に概ね一様に減少しており、UIS 下面中央部にナトリウムが取り残されて FCI が大きくなり、結果として上部プレナムの UIS 下面より外側への放出が抑制されたことによる。

上部プレナム下部における FCI に対する S I M M E R-IV の適用性は、THINA 試験解析によって確認されている。しかしながら、THINA 試験は直径 30cm、深さ約 2.7m のナトリウムプールの下面から高温融体を噴出させた試験であることから、実機体系への外挿性における不確かさ、特に上述の様に燃料集合体出口のような広い流出経路からの流出パターンの違いの FCI 挙動への影響を評価することを目的として、ULOF (iii) の即発臨界超過直後の炉心内の物質配位を組み替えたパラメータ解析を実施した。その結果、基本ケースでは機械的エネルギー約 2.6MJ、プラグ下面圧力の最大値約 1.03MPa であるのに対して、パラメータ解析ケースの中で最大となった値は、それぞれ約 2.9MJ、約 1.35MPa であった。この場合でも、遷移過程におけるエネルギー放出の不確かさ影響評価ケースの約 3.4MJ、約 1.8MPa を超えないとの結論を得た。

2. FCI 挙動の不確かさの影響評価 (今回新規説明)

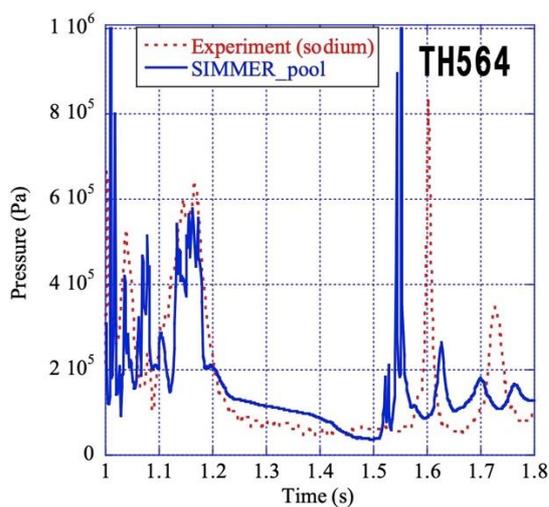
THINA 試験解析における FCI 現象の再現性については、第 1 図に示すように S I M M E R による解析結果は THINA 試験で測定された圧力波形の特徴を適切に捉えているものの、詳細な圧力波形を完全に再現しているとは言えず、FCI で発生する圧力過渡そのものに関する不確かさも残ると考えられる。このため、FCI で発生する圧力過渡の不確かさの影響を確認することを目的として、上部プレナム下部における炉心物質からナトリウムへの伝熱速度を定数倍することで、FCI に

よる発生圧力を保守的に解析するパラメータ解析を実施した。

ULOF (i) 及び ULOF (iii) の基本ケースをパラメータ解析の対象として、それぞれ上部プレナム下部における炉心物質からナトリウムへの伝熱速度を定数倍する。上述の通り、SIMMER は THINA 試験における過渡圧力波形を適切に再現できているため、伝熱速度の倍率は 2 倍程度とすれば十分と考えられるが、ここでは念のため 5 倍とするケースも実施した。パラメータ解析の結果を第 1 表に示す。基本ケースの機械的エネルギーが ULOF (i) の約 1.7MJ、ULOF (iii) の約 2.5MJ に対して、2 倍のケースでそれぞれ約 1.8MJ と約 2.2MJ、5 倍のケースでもそれぞれ約 2.2MJ と約 2.1MJ であり、伝熱速度の影響は顕著ではなく、不確かさ影響評価ケースのそれぞれ約 3.6MJ と約 3.4MJ を超えないことが確認された。

第 1 表 FCI 現象の不確かさの影響評価結果

	基本ケース	伝熱速度 2 倍	伝熱速度 5 倍	不確かさ影響評価ケース
ULOF (i)	約 1.7 MJ	約 1.8 MJ	約 2.2 MJ	約 3.6 MJ
ULOF (iii)	約 2.5 MJ	約 2.2 MJ	約 2.1 MJ	約 3.4 MJ



第 1 図 THINA 試験における FCI 領域圧力履歴の SIMMER 解析結果