

東京電力福島第一原子力発電所炉内状況把握の解析・評価

(69) MCCI 時の CCFL 条件下におけるクロスフローの影響に関するパラメータ解析

Assessment of Core Status of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants

(69) Parametric Analysis of Cross-flow Effect at CCFL Condition during MCCI

*近藤 昌也¹, 杉本 純²

¹熱水力研究室, ²京都大学

MCCI が進行中の溶融炉心上部クラスト内の熱水力挙動の基礎的評価を目的としたパラメータ解析を行った結果、CCFL がクラスト内流動に支配的な影響を及ぼしている可能性が高いことを明らかにした。

キーワード : CCFL、MCCI、並行流路、クロスフロー、RELAP5、シビアアクシデント、福島第一原子力発電所

はじめに シビアアクシデント時に、溶融炉心コンクリート反応 (MCCI) が進行中の溶融炉心の上方よりアクシデントマネージメントによる注水がなされた場合、溶融炉心上部にクラストが形成される。そして、そのクラストの空隙内では、下方へと流れる冷却水と上方へと流れる気体 (冷却水の加熱による蒸気及び MCCI による非凝縮性ガス) とが、気液二相流制限 (CCFL) を引き起こす可能性がある。ただし、その熱水力挙動については、クラストのジオメトリや非凝縮性ガスの流量分布が一様ではないことに加え、クラスト内にクロスフローが生じることなど多くの要因が関係する可能性がある。そこで、クラスト内の熱水力挙動の基礎的評価として、蒸気と MCCI による非凝縮性ガスとによる CCFL が生じている条件下において、局所的に接続された並行流路の一方の条件をパラメトリックに変化させた解析を二相流コード RELAP5 Mod3.3 を用いて行った。

計算体系 前報[1]に引き続き、クラストの空隙を垂直並行流路によってモデル化し、流路は長さ 500 mm、水力相当直径 0.3 mm の Heat Structure 付き PIPE とした。水力計算には CCFL オプションを適用し、パラメータは 1.0 とした Wallis の式を適用した。PIPE には 450 K の温度境界を与え、伝熱面積は流路内のクオリティ分布が下方に向かうにつれて明確に減少するように調整した。並行流路は SINGLE JUNCTION を用いて単純に局所的に接続した。それぞれの流路の上方には圧力境界を有する大容量の冷却水タンクを接続し、重力によって冷却水が流路に流入するものとした。また、流路の下方からは、流入した冷却水量に相当する蒸気と共に非凝縮性ガスを一定流量で供給した。そして、一方の流路の非凝縮性ガス流量、流路壁面粗さ、水力相当直径と並行流路の接続位置をパラメトリックに変えて計算を行った。

解析結果 非凝縮性ガスの供給流量を一方の流路では流路内の流速が 0.5 m/s になるように設定し、もう一方の流路では 0.0 ~ 1.2 m/s の範囲でパラメトリックに変えた計算を行った。流路上端と下端の気相 (蒸気と非凝縮ガスの混合気体) 流速を Fig. 1 に示す。供給流量をパラメトリックに変化させた流路に関しては、流路下端の流速に明確に見られた供給流量の影響が上端の流速には見られなかった。そして、並行流路の流路上端の流速を比較すると、流路下端の流速差にかかわらず、ほぼ同一であった。これは、CCFL が流路上端の気相流速を決定しているためと考えられる。すなわち、流路上端の気相流速が一定になるよう、非凝縮性ガスの供給流量によってそれぞれの流路内の蒸気発生量が変化することを意味している。これは、蒸気となるべく上方の冷却水タンクから流路に流入する冷却水の流量が非凝縮性ガスの供給流量によって変化することから確認できた。

このように流路上端の CCFL が気相流速を支配しているため、流路壁面粗さを約 0.02 ~ 0.13 mm の範囲で変化させたが、流路上端の気相流速に有意な影響を及ぼさなかった。従って、本計算体系では、摩擦による圧力損失よりも CCFL のほうが気相流速に大きな影響を与えるものと考えられる。

まとめ CCFL が生じている並行流路を互いに接続した場合の熱水力挙動を RELAP5 によって求めた。その結果、CCFL が流路上端の気相流速を決定しており、それに応じて並行流路内の蒸気発生量が定まること等を明らかにした。

参考文献 [1] 日本原子力学会、2015 年秋の大会 C25 (2015)

*Masaya Kondo¹ and Jun Sugimoto²

¹Thermohydraulics Lab., ²Kyoto Univ.

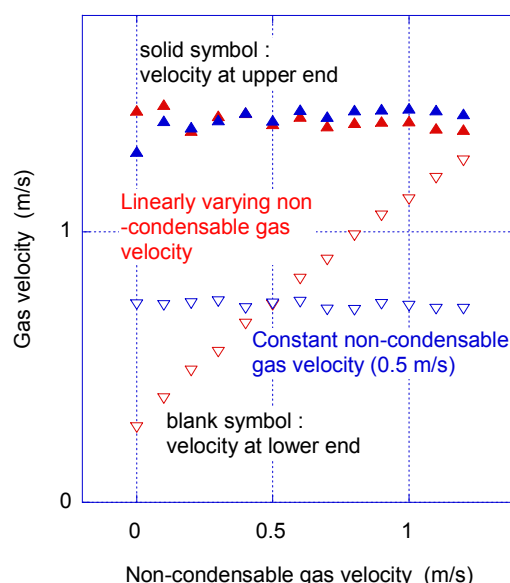


図1 非凝縮性ガス供給流量をパラメトリックに変化させた場合の流路上端と下端の気相流速