

ASFREにおける質量流量の保存の妥当性

ASFREコードでは、一般的な多次元熱流動計算コードと同様に、冷却材の質量保存式と運動量保存式から、各サブチャンネル内の抵抗（ワイヤによる圧力損失、被覆管表面の摩擦等）と浮力の効果（定格流量となる本解析の場合、その影響は小さい）を考慮して、燃料集合体内の各サブチャンネルの流速が計算される。燃料集合体内に閉塞物を設定した場合、その閉塞サブチャンネルは冷却材が通過できず、閉塞のないサブチャンネルを流れることになる。第1図に千鳥格子状閉塞の状態を示す。千鳥格子状閉塞では、閉塞物に隣接する健全なサブチャンネルに流入し、燃料集合体内を通過する。ASFREコード内では、質量保存式により、断面内での通過質量流量が保存されるように流速が計算される。第2図に、代表位置（第1図に赤枠で示したサブチャンネル（SC））として、閉塞物を設置した燃料集合体中心部の閉塞サブチャンネル（SC：No.92）と隣接する健全サブチャンネル（SC：No.116）、さらに燃料集合体周辺部にある健全サブチャンネル（SC：No.80）について、軸方向流速の鉛直方向分布を示す。燃料集合体に流入した冷却材は、閉塞部上流側で隣接する健全サブチャンネルに振り分けられ、閉塞物のある高さの健全サブチャンネル内では、およそ流路断面積の変化に応じた流速（入口部での平均流速（約 5.3 m/s）に対して約 1.6 倍（「全サブチャンネル面積」を「閉塞部の健全サブチャンネル面積」で除した値）の約 8.5 m/s）となっている。閉塞部の健全サブチャンネル内で流速分布が変化しているのはワイヤによる影響（流路断面積の減少と旋回流の影響（健全 SC の No.80 のみ））が考慮されているためである。

本評価事故シーケンスでの設定とは異なるが、ASFREコードによる流速分布の計算性能を把握するため、周辺1列のサブチャンネルを健全サブチャンネルとして閉塞物を設置した場合（ケース1）及び中心部の1サブチャンネルを健全サブチャンネルとして閉塞物を設置した場合（ケース2）について、千鳥格子状閉塞の解析と同じ境界条件（出入口境界面で同じ圧力を設定）で計算を行い、流路が大規模に閉塞される場合でも、質量流量を保存して流速が計算されることを確認した。なお、流速分布に着目することから、集合体出力をゼロとし燃料要素及び冷却材の温度は 350℃で一定とした。第3図に燃料集合体内の閉塞条件を示し、第4図にケース1及びケース2について、代表位置（ケース1については第3図（a）、ケース2については第3図（b）のそれぞれ赤枠としたサブチャンネル）とした、閉塞物を設置した閉塞サブチャンネルと、それに隣接する健全サブチャンネルについて、軸方向流速の鉛直方向分布を示す。ケース1では周辺部近くの閉塞サブチャンネル（SC：No.79）とそれに隣接する健全サブチャンネル（SC：No.80）を、ケース2では燃料集合体中心部の閉塞サブチャンネル（SC：No.92）とそれに隣接する健全サブチャンネル（SC：No.116）をそれぞれ選定した。第2図と同様に、閉塞サブチャンネル内では、流量は隣接する健全サブチャンネルに振り分けられ、健全サブチャンネル内の流速は、およそ流路断面積に応じた値（ケース1は入口部での平均流速（約 3.9 m/s）に対して約 15 m/s、ケース2は入口部での平均流速（約 0.054 m/s）に対して約 16 m/s）となる。何れのケースについてもASFREコードでの計算結果と概ね一致する。また、閉塞部の健全サブチャンネル内で流速分布が変化

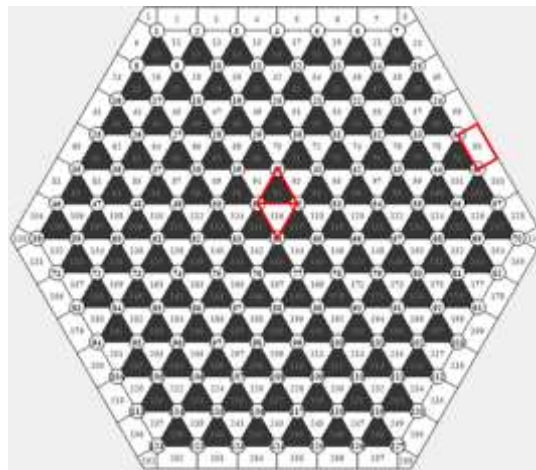
しているのはワイヤによる影響（流路断面積の減少と、ケース1では旋回流の影響も加わる）が考慮されているためである。

第1表に、以上の解析結果について、各代表断面での通過流量をまとめて示す。何れの解析ケースにおいては、各断面で質量流量が保存されていることが確認できる。

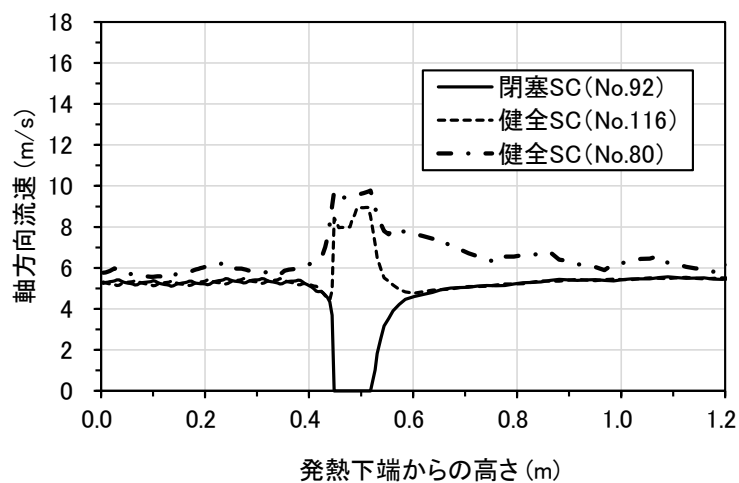
以上

第1表 各代表断面での通過質量流量 (kg/s)

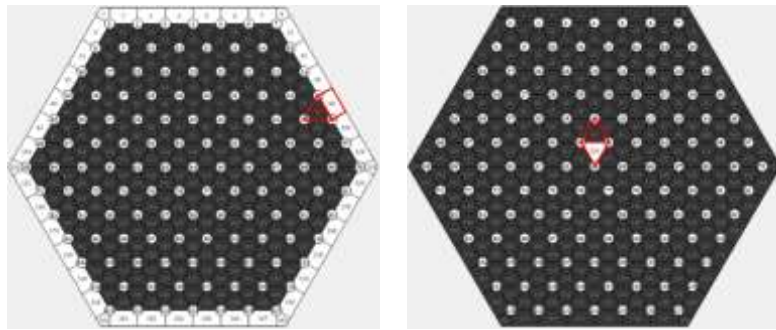
代表断面 (発熱下端から の高さ)	閉塞領域上流側 L63 (約 0.24 m)	閉塞領域下端 L111 (約 0.45 m)	閉塞領域上端 L126 (約 0.52 m)	閉塞領域下流側 L155 (約 0.93 m)
千鳥格子状閉塞	8.02	8.02	8.02	8.02
ケース1	5.81	5.81	5.81	5.81
ケース2	0.0813	0.0813	0.0813	0.0813



第1図 閉塞条件（千鳥格子状閉塞）



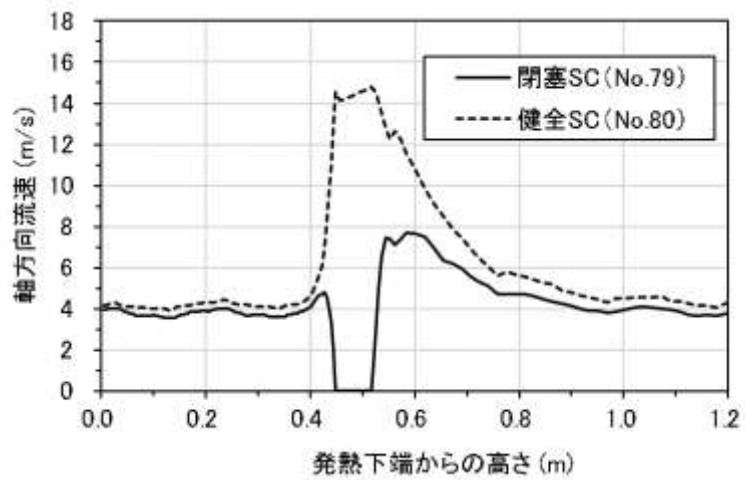
第2図 代表位置における軸方向流速（千鳥格子状閉塞）
(代表位置は第1図参照)



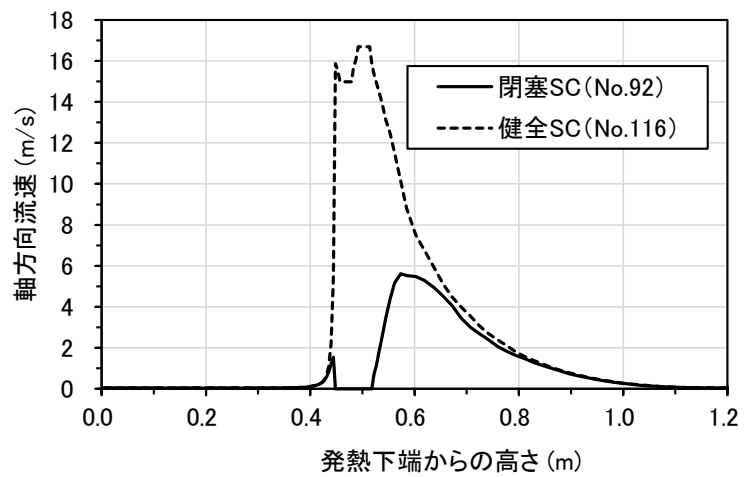
(a) ケース 1

(b) ケース 2

第 3 図 閉塞条件（黒塗り部分は閉塞領域）



(a) ケース 1（代表位置は第 3 図 (a) 参照）



(b) ケース 2（代表位置は第 3 図 (b) 参照）

第 4 図 代表位置における軸方向流速分布