

質問

9月1日の面談資料 2-2 の 34 ページに記載された設定を行った場合、ボイドが発生しないため熱が上昇してドップラの効きが良くなるといった影響が生じていないか、反応度毎の時刻変化をオプション毎に比較して示して下さい。

9月1日の面談資料 2-2 の 34 ページ (抜粋)

ボイド反応度フィードバックに係る不確かさの大きな低温時の制御棒落下事故時のボイド挙動に対する熱水力試験についてはこの 2 種類の試験データベースで出力急昇時におけるボイド発生条件、ボイド率の時間変化などの重要な特性が押さえられている。

しかし、これらの熱水力試験だけではスパーサの影響などの不確かな現象が一部に残るために、CRDA におけるボイド発生のほとんどを担うサブクール沸騰領域のボイド発生を見込まない設定を RIA 模擬ボイドモデルに適用した解析を実施するよう事業者から指示したところである。CRDA 及び起動時の RWE に係るソフトウェア CCF 重畳事象の解析においても、この指示に基づいて解析が実施されている。

このような設定によって通常の CRDA では極めて保守的なボイド反応度フィードバックにつながるボイド挙動につながることを事業者は確認している。

回答

CRDA 時にソフトウェア CCF が重畳して原子炉スクラムが生じない場合、スクラム反応度による反応度の抑制が生じないため、重畳しない場合と比較して燃料エンタルピ及び燃料温度が更に増加します。これは、ドップラ反応度による負の反応度フィードバックを更に高める方向に作用します。ただし、この影響はご質問にあるボイド発生の相違が生じる時期より後に生じるため、ご質問の趣旨に照らして直接に考慮する必要のあるものではありません。

一方、ボイド反応度フィードバックに係るサブクール沸騰領域のボイド発生を見込んだときと有効性評価時のように見込まないときとの関係においても、スクラム反応度の有無の場合と同様に、後者がボイド反応度フィードバックの立上りが遅れ、その絶対値も小さくなることから、燃料エンタルピ及び燃料温度が更に増加し、その分、ドップラ反応度による負の反応度フィードバックを更に高める方向となります。この効果は有意であり、ご質問にある“ボイドが発生しないため熱が上昇してドップラの効きが良くなるといった影響が生じていないか”に直接影響します。

しかし、ご質問にある“反応度毎の時刻変化をオプション毎に比較して示”すことで上記の影響を把握するのは困難です。これは次の理由によります。

サブクール沸騰領域のボイドの有無によるボイド反応度フィードバックの立上りの相違に応じて反応度の計算に影響する中性子束のインポートランスも変化します。サブクールボ

イドを考慮しないと、その分中性子束の低下が抑制されるため、サブクールボイドを考慮したときと比較して、ドップラ反応度フィードバックを高める方向となります。これは、“熱が上昇してドップラ反応度の効きが良くなる”効果以外にもドップラ反応度の変化に同時に同じ方向の影響を及ぼす効果をもつ現象があることを意味します。ボイド反応度フィードバックの相違による中性子インポートランスの変化も大きいことから、反応度の時刻変化をサブクールボイドの有無で比較して示すことによって“熱が上昇してドップラ反応度の効きが良くなる”効果とインポートランスの影響とを区別することはできません。このため、ご質問にある反応度の時間変化を示すことがご質問に対する回答とならないことが分かります。

以上に挙げた現象及びその作用は全て物理的に生じるものであり、また、解析結果に自然に反映されるものです。

なお、今回適用したサブクールボイドの発生を見込まないための計算法では、サブクール沸騰領域での除熱をそのままにした上で界面熱伝達係数を大幅に増加させることで飽和ボイドだけ残す方法を採用しています。このため、ボイドの発生を見込まないことで燃料温度が更に上昇する効果は生じません。逆に、このような効果が生じると、従来の解析コードによる断熱ドップラ反応度フィードバックのように、非物理的、かつ、非保守側のドップラ反応度フィードバック効果が導入されてしまいますが、界面熱伝達係数の大幅増加はこれを避けることのできる飽和ボイド条件の設定法となっています。