

原子炉ダウンカマー内の混合

米国原子力規制委員会(NRC)

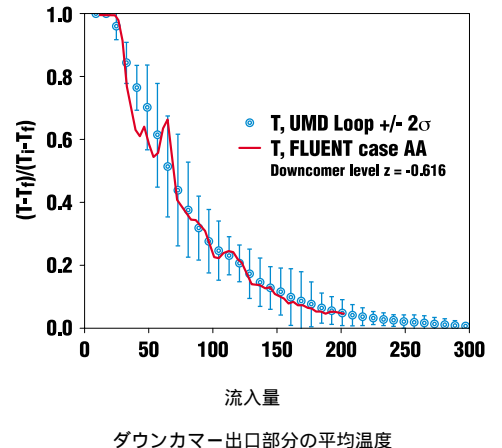
原子力業界では、発生の可能性が少しでもあるプラント事故の分析に多大な努力を払っている。事故が実際に発生する可能性は極めて低い、重大危機の回避を支援するものとして、こうした分析は現在実施されている研究の中で重要な要素となっている。世界中のエンジニアが事故分析に参加する方法の1つに、国際標準問題(ISP)がある。組織や団体が標準問題を定義し、各国の研究者たちが独自に問題を解決するというものだ。

経済協力開発機構(OECD)内の原子力施設安全委員会(CSNI)が主催した最近の研究(ISP #43)では、加圧水型原子炉のダウンカマー内におけるホウ素の混合をCFDを使って予測するという問題が提起された。ホウ酸はすぐれた中性子吸収材であるため、ホウ酸水は、反応を制御する目的で使われている。ISP #43では、原子炉容器内の一時的な冷却材喪失が沸騰を引き起こすというケースが検討された。沸騰によって発生する水蒸気は原子炉容器内でホウ酸と分離し、蒸気発生に使用する熱交換器内で凝集して純水になる。しばらくすると、この水が、熱交換器の原子炉ループ内にたまる。ポンプが再起動すると、この水は再び炉心のほうに移動するが、原子炉容器内に残存するホウ酸水と十分混ざらない場合には、暴走反応が引き起こされることになる。

水は、コールドレグまたはインレットパイプを通して容器に入ったあと、炉心外側の環状の空間であるダウンカマーを移動する。その後、下部プレナムに移動し、そこで上向きに方向を変えて炉心に入る。ISP #43の目的は、水が炉心に向かって移動するときのダウンカマーおよび下部プレナムでの混合を予測するというものだった。実験(およびCFDシミュレーション)では、スラグに

は冷水、原子炉容器内のホウ酸水には温水を使用して、実装置内におけるホウ素の混合に相当する熱的な混合を実施した。

米国原子力規制委員会(NRC)のChristopher Boyd氏は、FLUENTを使用して事故のシナリオをシミュレーションし、結果をISP #43に提出した(最終レポートはまだ入手できない)。また、4月の第8回原子炉工学国際会議ではこの結果を発表した。Boyd氏の非定常3次元モデルは、ダウンカマー領域での熱的な混合に焦点を当てた



ものだった。ブラインド調査であったため、研究者たちは分析完了前の実験データを見ることができなかったが、その後公開されたデータとFLUENTによる予測はみごとに一致していた。たとえばダウンカマーの出口付近の平均温度は、実験による誤差範囲内に十分おさまっていた。温度は時間の関数として記録され、装置に流入する冷たい純水が増加するにつれて、炉心に流入する前の平均温度は低下していた。ダウンカマー幅が階段状に変化している付近での水の拡散は、報告された実験値とほぼ一致していた。水は4つある入口のうち使用可能なものを通して注入されるため、温度の分布にも関心が集まった。これについても、FLUENTによる分析結果は実験データとほぼ一致していた。

このシミュレーションにより、CFDが原子力業界における事故分析に必要な不可欠なツールであることが証明された。現在より現実的なシナリオを用いたさらなる分析が進行中である。



炉内に入る前の熱的な混合を示す、ダウンカマー垂直断面上の温度分布