



原子力発電

## 原子炉内気液二相流のシミュレーションを高精度化

● BWRのボイド率の予測精度を高め、熱的な安全裕度を適正に評価

## ボイド率

気液二相流の中での気体の体積割合。

## X線CT

X線を用いて、らせん状に対象物を撮影する測定手法。断面の詳細を画像として取得することができる。

## データ同化

→p.11参照

## 背景

沸騰水型軽水炉(BWR)では、燃料を有効活用するために燃料棒の形状と配置を工夫して取り出せるエネルギーを増やしてきました。その一方で、燃料集合体の構造が複雑になり、熱出力評価に影響を及ぼす水と蒸気の混相流(二相流)の状態を予測することが難しくなる課題が生じています。炉心の核分裂の反応や熱出力の状態は二相流の空間分布である**ボイド率**により決定されるため、様々な燃料集合体の形状に対して二相流を高解像度で実測し、そのデータに基づいたボイド率の予測モデルを開発する必要があります。

\* 経済産業省「平成27～令和3年度原子力の安全性向上に資する技術開発事業(燃料集合体内冷却水の気液二相流の挙動解明に向けた研究開発)」の委託事業として実施。

## 成果の概要

## ◇様々な燃料集合体形状に対応した二相流データベースの構築

BWR炉内の高温高圧の二相流を試験装置で再現し、**X線CT**により二相流の空間分布を70 $\mu$ mの高解像度で計測しました。様々な燃料集合体の形状に対して二相流実測データを取得することで、解析コード開発と妥当性確認、現状および将来の核熱水力設計に役立つ二相流データベースを構築しました。

## ◇二相流データベースに基づくボイド率の予測モデルの開発

機械学習と類似の**データ同化**を用いた予測モデルを開発し、二相流シミュレーションの精度を向上させました(図1)。開発した予測モデルは、様々な解析コードに広く適用することができ、現行炉や新設炉の核熱水力設計、安全設計の解析コードにも利用することができます。

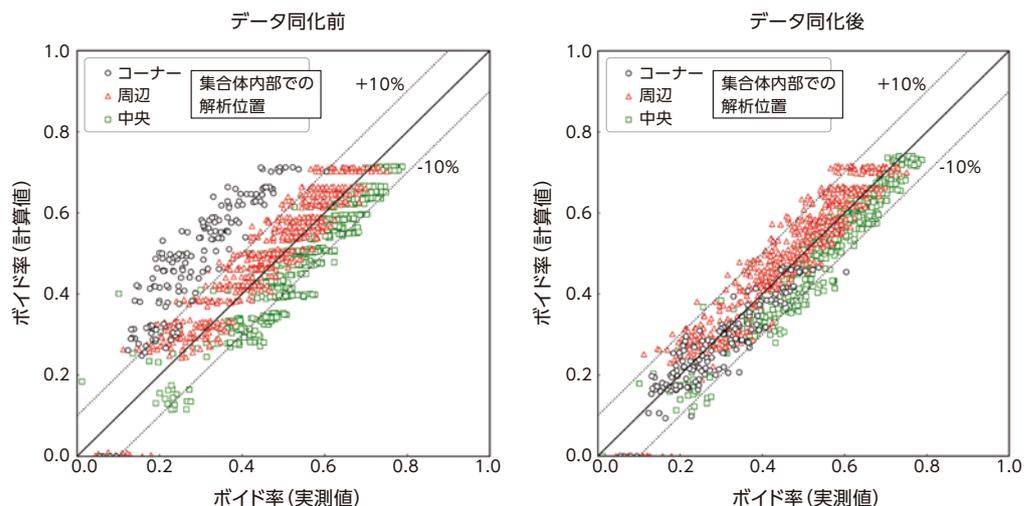


図1 データ同化による既存モデル・コードの予測精度向上の例

データ同化前は燃料集合体内のコーナー部においてボイド率の予測が難しく、実測値との誤差が大きくなっていましたが、データ同化により位置によらず高い精度で予測することが可能となりました。

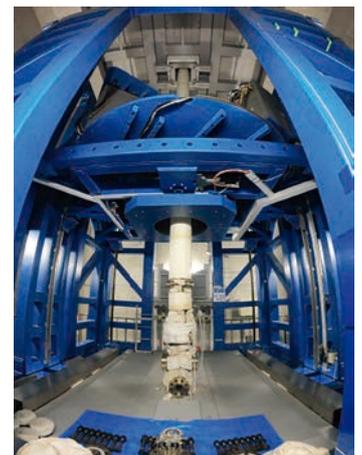


宇井 淳(うい あつし)  
エネルギー変換研究本部  
プラントシステム研究部門



新井 崇洋(あらい たかひろ)  
エネルギー変換研究本部  
プラントシステム研究部門

軽水炉三次元熱流動実験設備 原子炉プラントの高温高圧条件を再現し、安全評価の高度化に貢献します。



X線CT装置  
青色のフレーム部が回転しながら  
上下に移動し、中央白色の試験部  
分のX線像を撮影する。

## 成果の活用先・事例

開発した予測モデルは、国内電力の解析コードNASCAに追加されました。また、構築した二相流データベースと開発した予測モデルを活用すれば、BWRの熱的安全裕度の予測性が高まり経済性の向上が期待できます。

参考 Ui et al., Mult. Sci. Technol., 2022043255 (2022)  
Arai et al., Mech. Eng. J., Vol. 8, p. 21-00001 (2021)