

SMR シミュレータを用いた小型炉システム挙動の学習教材開発

名古屋大学工学部エネルギー理工学科 山本研究室 舟木 拓海

1. 緒言 近年、AI の導入における電力需要の増加やカーボンニュートラル実現に向けた動きが世界的に加速する中で、次世代のエネルギー源として小型炉 (Small Modular Reactor, SMR) が注目され、研究開発が進められている。このような新しい原子炉を導入や運転するにあたり、その設備や通常運転、過渡事象、事故時の挙動を深く理解した人材の育成が不可欠である。そこで本研究では、SMR の一タイプである小型加圧水型原子炉 (Integral Pressurized Water Reactor, iPWR) のシミュレータを用い、iPWR 特有の設備・特性と、通常運転から過渡・事故事象までの挙動を体系的に学べる教材を開発した。学習者がプラント操作を伴うシミュレーションと結果 (各種パラメータの時間変化) の分析を通じて、事故進展や挙動変化の物理的背景を理解することを目標としている。

2. 教材作成 IAEA 配布の「iPWR Simulator」(2017 年、Tecnatom 社開発) [1] を用い、使用/演習マニュアル、事故シナリオおよびその実行結果 (主要パラメータの時系列データ) などを利用して教材を作成した。教材は①設備説明資料、②演習教材、③演習解答の三部構成である。①設備説明資料 (全 29 ページ) では、iPWR の主要系統・機器の仕様および役割を整理し、演習で扱う事故シナリオにおけるプラント挙動を物理的に理解・説明する基盤を与える。大型軽水炉との対比などで、iPWR の特徴が理解できるように配慮した。②演習教材 (全 30 ページ) では、各シナリオの背景、操作手順、考察課題を提示し、学習者がシミュレーションを実施した上で、得られたプラントパラメータの時間変化から変化の原因と因果関係を整理・説明することを求める。③演習解答 (全 100 ページ) では、代表的な考察の解答例を示し、演習後の復習を通じて理解の定着を図る。本教材で扱うシナリオとして、タービン負荷変動、二次系給水流量の減少、タービンランバック、蒸気発生器伝熱管大破断、主蒸気管破断、全交流電源喪失、蒸気配管遮断、加圧器安全弁開弁および原子炉冷却材ポンプトリップがある。例えば、蒸気発生器伝熱管大破断では、蒸気発生器伝熱管が破損した際の特徴的なプラントパラメータの変化を基に、事故シナリオ、各安全系の役割、安全保護系の設計思想、外部への影響などを理解し、説明できることを目標とする。また、全交流電源喪失では、受動安全系の動作及びその設計思想に関して理解・説明できることを目標としている。

3. 演習の試行内容・結果及び今後の課題 作成した教材を用いて演習を実施し、受講者の理解度の変化をアンケートにより確認した。対象は名古屋大学工学研究科 6 名、北海道大学工学部 1 名、社会人 4 名 (いずれも原子力分野) である。アンケート項目は、「iPWR の概要」、「iPWR と PWR の違い」、「異常事象の進展」、「iPWR の設計思想」の全 4 項目から構成した。各項目の理解度は 5 段階で確認し、1 を理解度が最も低い値、5 を理解度が最も高い値とした。演習前後でこれらの項目

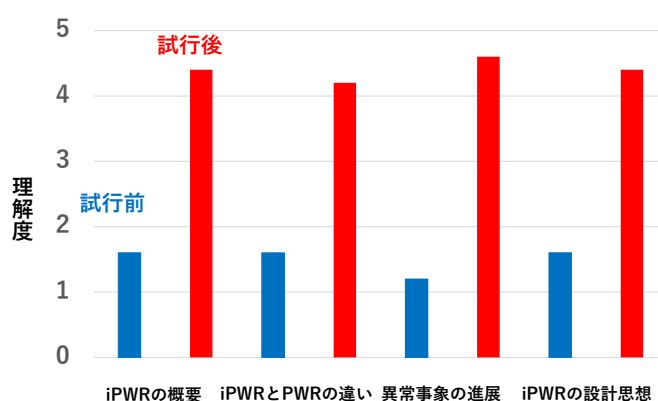


図1 アンケート結果

の平均値を比較し、理解度の変化を評価した (図 1)。演習後の理解度は演習前を上回っており、作成した教材を用いた演習が受講者の理解度向上に寄与したと考えられる。今後の課題として、演習実施後に収集したアンケート回答結果に基づいて、シナリオの改善・拡充および課題の多角化を行い、インストラクターの介入を最小限に抑え、教材単体での学習効果を高める教育システムの構築を目指す。

参考文献 [1] IAEA, “Integral Pressurized Water Reactor Simulator Manual,” (2017).

口頭発表 : 1. 舟木拓海, 遠藤知弘, 山本章夫, 第 57 回日本原子力学会中部支部研究発表会, R24, 12 月 17 日 (2025).

2. 舟木拓海, 遠藤知弘, 山本章夫, 日本原子力学会 2026 年春の年会, 2E10, 3 月 12 日 (2026). (予定)