

福井大学平成22年度重点研究「プロジェクト研究支援経費」
高速炉の構造設計プロジェクトのための要素技術

研究代表者： 竹田 敏一（附属国際原子力工学研究所・所長/教授）
共同研究者： 宇埜正美、有田裕二、島津洋一郎（附属国際原子力工学研究所・教授）、
望月弘保、泉佳伸、福元謙一（同・教授）、山野直樹（同・特命教授）、
山口勝久、一宮正和、此村守、榊原安英（同・客員教授）、
月森和之、宮原信哉（同・客員教授）、
鬼塚貴史、野際貴宏、松尾陽一郎、芝原雄司（同・特別研究員）、
小高知宏、玉川洋一（工学研究科・教授）

概 要	当研究所は国際的・総合的な原子力研究・教育拠点を目指している。現在取り組んでいる『「もんじゅ」における高速増殖炉の実用化のための中核的研究開発』において、オールジャパン体制で①炉心・燃料、②プラント安全性、③プラント保全の各技術に関する研究を、本学が主体となり取りまとめていくことになっている。事業終了後も原子力研究で中心的役割を担うためには、事業の成果と研究ネットワークを活かし、次期プロジェクトの立ち上げを円滑に行う必要がある。 そこで、次期プロジェクトの中心課題と戦略を検討し、総合的な原子力研究の拠点を目指すこととし、現在取り組んでいるプロジェクトでの各研究開発項目の成果の適切な取りまとめほか、社会的に注目されている構造・耐震性の研究に関する動向を調査した。
関連キーワード	高速炉、構造設計、炉心・燃料、プラント安全性、プラント保全、耐震性

研究の背景および目的

当研究所は国際的・総合的な原子力研究・教育拠点を目指しており、平成21-24年度の4ヶ年の予定で、学術振興機構（JST）「原子力システム研究開発事業」特別推進分野「高速増殖原型炉「もんじゅ」に係わる課題」において、『「もんじゅ」における高速増殖炉の実用化のための中核的研究開発』が採択された。この事業では、オールジャパン体制で①炉心・燃料、②プラント安全性、③プラント保全の各技術に関する研究について、本学が主体となって取りまとめていくことになっている。事業終了後も本学が高速炉をはじめとした原子力研究で中心的役割を果たしていくためには、

事業の成果と研究ネットワークを活かし、次のプロジェクトの立ち上げを円滑に行う必要がある。

そこで「プロジェクト研究支援経費」を活用し、次の大型プロジェクトの中心課題と戦略を検討し、総合的な原子力研究の拠点を目指すこととした。現在取り組んでいる『「もんじゅ」における高速増殖炉の実用化のための中核的研究開発』は高速炉に関する課題の大半を含む広い分野を扱っており、これらの課題に、社会的にも注目されている耐震性の研究を加えれば、「もんじゅ」ばかりでなく実証炉、実用炉のための高速炉構造研究をほぼ網羅出来る。

研究の内容および成果

『「もんじゅ」における高速増殖炉の実用化のための中核的研究開発』においては、「もんじゅ」の運転並びに高速増殖炉の実用化のために必要な①炉心・燃料、②プラント安全性、③プラント保全の各技術について、各技術開発目標を適切な研究開発マネジメントの下、達成することを目的として、当初計画通りに研究開発を遂行した。研究開発グループ毎に進捗状況を確認する会議を開催するとともに、福井大の研究開発推進リーダー教員で組織される研究推進委員会を逐次開催し、研究グループ間の相互の研究調整を図った。

また、目標管理を徹底するため、各研究項目の業務参加者には、達成目標と自己点検項目・達成度判定基準を設定し、11月末時点での自己点検評価を実施した。自己点検評価結果については、

福井大の研究推進委員会で再点検するとともに、原子力機構－福井大学包括的連携協力協定の下に組織された「もんじゅ特進公募タスクフォース」（目標管理会議）において、外部専門家を含む委員によって再評価された。この結果を受けて、一部の研究開発項目において「選択と集中」の観点より業務計画を見直し、平成23年度より変更した計画に沿って、より効率的な研究開発を実施する予定である。以下に、①炉心・燃料、②プラント安全性、③プラント保全の各技術に関する研究成果を記す。

炉心技術に関しては、高速実証炉・実用炉では経済性、安全性向上のために燃料集合体は断面積が大きくなり、燃料ピンも太径・中空ペレットとなる。また、シビアアクシデント時の再臨界防止

用に、インナーダクトを持つ。このため、従来の炉心核設計用解析手法をそのまま適用することの可否を確認・検証する必要がある。この観点から、実用炉燃料に対応できる炉心核設計手法の技術開発を行っている。

また、燃料技術に関しては、「もんじゅ」および実用炉では、中空ペレットや ODS 被覆管など新しい形状や材料の燃料が用いられる。そこで、燃料の安全上重要な照射済ペレットの熱伝導度をホットセル内で測定する技術を確認するため、中空センサを用いたホットディスク法により模擬中空ペレットの熱伝導度を評価した。また、もんじゅサイトでの X 線 CT を用いた非破壊検査により燃料研究の高度化を図るため、照射にともなう燃料の組織変化データ等を整理し、必要な X 線 CT の性能を評価して、X 線 CT を用いた非破壊試験やそれを利用した破壊試験方法を提案した。今後必要な X 線 CT システムを検討する。

プラント安全性に関しては、低流量時の中間熱交換器 (IHx) 内部温度分布と炉心上部プレナムや大口径配管に生じると考えられる温度成層界面の挙動を 3 次元で解析し、構造の健全性を評価できる手法の開発と検証を行った。IHx 内部の伝熱流動では、中間熱交換器 IHx の胴側の 3 次元メッシュを作成して計算が行えるようになった。温度成層化解析では、「もんじゅ」45%出力からのタービントリップ時の炉心上部プレナム内で発生した温

度成層変化を 3 種類の乱流モデルを用いて解析し、統計科学的手法を適用して構造への熱影響を適切に評価する手法を提案した。

プラント保全技術に関する研究開発では、実機負荷を模擬した 550°C における軸・ねじりの非比例多軸疲労試験を実施し、多軸疲労変形による寿命低下が生じることが示された。クリープ・疲労劣化損傷評価に適用可能な磁気センサ技術を用いた劣化損傷非破壊計測解析システムを製作した。機器・配管の歪みと温度をオンラインで高精度に同時計測するファイバブラッググレーティング (FBG) モニタリング装置を製作し、600°C 以上の高温にて高精度で微小歪み率を測定する技術を開発した。高速炉プラント狭隙部での検査補修用ロボットの概念設計をまとめた。

高速炉構造研究の動向調査では、原子力安全基盤機構 (JNES) の委託調査研究のテーマや学会などでの耐震・構造研究の発表内容を調査した。また、新潟工科大学に整備された「耐震安全研究拠点」の研究概要を調査したところ、21 年度に当研究所が応募して不採択となった内閣府「最先端研究開発支援プログラム (中心研究者・研究課題)」の研究計画の中に組み込んでいた「地震動、断層モデルを含む原子力発電プラントの 3 次元振動シミュレーション」が、耐震・構造研究の中では今後取り組むべき先端的研究課題の一つとして重要であることを確認した。

本助成による主な発表論文等、特記事項および競争的資金・研究助成への申請・獲得状況

「主な発表論文等」

論文

- ・ "原子力プラント高経年化に向けて～技術・国際協力・人材育成～" エネルギー政策研究, 特別号(7), pp.28-31 (2010).
- ・ "Improvement of Neutronics Calculation Methods for Fast Reactors", Joint International Conference on Supercomputing in Nuclear Applications and Monte Carlo 2010 (SNA+MC 2010), Tokyo, JAPAN, October 17-21 (2010).
- ・ "Heat Transfer in Intermediate Heat Exchanger under Low Flow Rate Conditions", Nuclear Technology, 170, pp.90-99 (2010).
- ・ "QUALITY MANAGEMENT SYSTEM PROPOSED TO JENDL EVALUATION PROJECT", The 2010 International Conference on Nuclear Data for Science and Technology, Jeju, Korea, April 26-30 (2010). (accepted for publication, Invited) など、合計 10 件。

学会発表

- ・ "「もんじゅ」性能試験成果の研究利用", 日本原子力学会「2010 年秋の大会」総合講演・報告 7「高速増殖原型炉もんじゅの性能試験再開と研究利用への展開」(平成 22 年 9 月 15～17 日@北海道大学)
- ・ "CFD Flow Pattern Analysis on Primary-side of IHx for Fast Reactors", ICONE-19, Chiba,

Japan (2011) (Accepted). など、合計 35 件。

新聞記事・取材など

- ・ 『社会貢献データ 世界拠点 地域に根差した福井大学の社会貢献』 2010 年 11 月 21 日 福井新聞。
- ・ 『福井県から世界レベルの原子力研究と人材育成を目指す』, 未来へげんき, No. 19, pp. 8-9 (2010).
- ・ 『もんじゅ活用して高速炉研究を』, エネルギーレビュー, Vol.30, No.11, pp.28 (2010).

「競争的資金・研究助成への申請・獲得状況」

- ・ 文部科学省/学術振興機構・「原子力システム研究開発事業」特別推進分野「高速増殖原型炉「もんじゅ」に係わる課題」, 平成 21～24 年度, 『「もんじゅ」における高速増殖炉の実用化のための中核的研究開発』, 代表・採択・約 16 億円 (トータル、予定)。
- ・ 文部科学省・「原子力人材育成等推進事業費補助金」国際原子力人材育成イニシアティブ, 平成 22 年度, 『北陸・中京・関西圏を中心とした大学連携による次世代原子力人材育成(FS)』, 代表・採択・6,941.4 千円。
- ・ 日本学術振興会・「先端研究拠点事業 拠点形成型」, 平成 23～24 年度, 『グリーンイノベーションのための革新的原子炉研究』, 代表・不採択・39,660 千円。