

一般セッション | I. 総論：総論

2024年9月13日(金) 11:10 ~ 12:00 会場(講義棟B棟1F B104)

[3J07-09] 原子力利用戦略・SMR

座長: 稲村 智昌(電中研)

11:10 ~ 11:25

[3J07]

原子力発電シナリオの諸量評価のための日本詳細モデルの構築

*鈴木 大河¹、岡村 知拓¹、中瀬 正彦¹、西原 健司²、阿部 拓海² (1. 東工大、2. JAEA)

11:25 ~ 11:40

[3J08]

日本におけるSMR技術の適応可能性について - SMRを利用したRI製造 -

*青木 祐太郎¹、ハーヴェル グレン² (1. 福井工大、2. オンタリオ工科大)

11:40 ~ 11:55

[3J09]

原子力エネルギー産業のビジネスモデルの地政学的一考察

*筒井 潔^{1,2,3}、渡邊 崇^{3,4}、佐々木 一彰³ (1. アジアパシフィックコーポレーション株式会社、2. 慶應義塾大学共生知能創発社会研究センター、3. クリーンエネルギーイニシアティブ、4. 同志社大学)

11:55 ~ 12:00

座長持ち時間

原子力発電シナリオの諸量評価のための日本詳細モデルの構築

Development of Detailed Japanese Models for Quantitative Evaluation in Nuclear Power Generation Scenarios

*鈴木 大河¹, 岡村 知拓¹, 中瀬 正彦¹, 西原 健司², 阿部 拓海²

¹東京工業大学, ²日本原子力研究開発機構

原子力発電の将来シナリオを検討するには諸量評価に基づいた量的な議論が必要不可欠である。本研究では核燃料サイクルシミュレータ NMB4.0 を用いて九州・関西・中部電力の原子力発電所ごとに諸量評価モデルを作成し、中間貯蔵量・プルトニウムバランス・ガラス固化体発生量を詳細に評価する環境を整備した。

キーワード：核燃料サイクル, 原子力発電シナリオ, 諸量評価, NMB4.0

1. 緒言

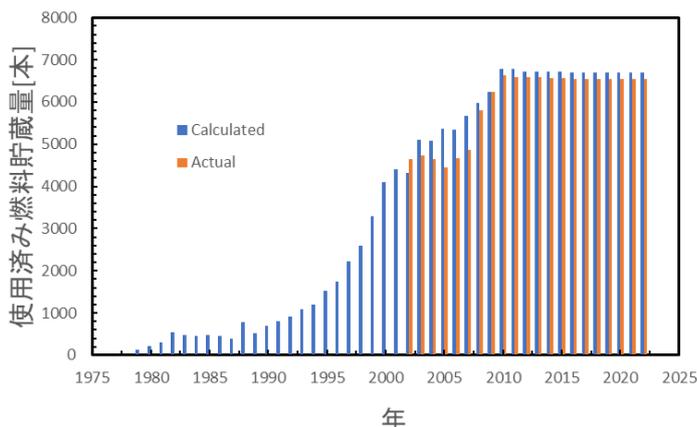
わが国の政府の GX 実行会議では、原子力発電および核燃料サイクルを推進する方針が示されている。既設炉の再稼働や、六ヶ所再処理工場の運転開始に伴う Pu 利用、新設・リプレースの計画策定等の将来シナリオを定量評価するためには、既設炉の運転実績を適切に把握し、それを統合した詳細な諸量評価モデルの構築が必要である。そこで、本研究では運転実績が公開されている九州電力・関西電力・中部電力 3 社 22 基の既設炉の諸量評価モデルを構築した。

2. モデルの構築方法

諸量評価モデルの構築には、オープンソースのコードである NMB4.0^[1]を用いた。炉型や出力、プルサーマル割合、燃料型式などの情報を各電力会社のウェブサイトや原子炉設置許可申請書^[2]などの公開資料から収集し、入力データを作成した。これをもとに NMB4.0 で解析を行い、使用済み燃料の貯蔵量やプルトニウム貯蔵量など複数の項目の解析値を公開値と比較して、モデル精度の検証を行った。

3. 結果・考察

図は構築したモデルを使って計算した浜岡原発の使用済み燃料貯蔵量（青棒グラフ）と中部電力から公開されている値（橙棒グラフ）の比較であった。2008 年以降の計算精度は非常に高く、この期間での平均的な誤差は 2.2% である。2003 年から 2007 年に見られた誤差は燃料取り出しに関する NMB コードの仕様に起因するものと考察した。浜岡原発 1 号機、2 号機は 2009 年に廃止措置が決定しているが、実際にはそれ以前に運転を停止しており、コード上では運転停止直後に燃料の取り出しが行われている。このため、計算された値が一時的に大きな値となっていると考えられる。公開データでは廃止措置の決定に伴って装荷されていた燃料が使用済み燃料として扱われたことで 2009 年ごろに大きく貯蔵量が増えている。



図：浜岡原発の使用済み燃料貯蔵量

参考文献

[1] EPJ Nuclear Sciences & Technologies, 7, 19. (2021)

[2] https://www.nra.go.jp/disclosure/law_new/power_plants/hamaoka.html など

*Taiga Suzuki¹, Tomohiro Okamura¹, Masahiko Nakase¹, Kenji Nishihara² and Takumi Abe²

¹Tokyo Institute of Technology, ²Japan Atomic Energy Agency

日本における SMR 技術の適応可能性について - SMR を利用した RI 製造 -

Applicability of SMR Technology in Japan - RI production by SMR -

*青木 祐太郎¹, グレン ハーヴェル²

¹福井工大, ²オンタリオ工科大

日本における小型モジュール炉(以降 SMR)の需要として、電力生産・供給に加えた産業や社会地域への多目的な利用が重要であり、その一つとして放射性同位元素(RI)の製造が考えられる。日本国内では特に医療用 RI として使用される ^{99m}Tc の親核種である ⁹⁹Mo は 100%輸入に頼っている状況であり、Tc 製剤の国内の安定供給のために、国内製造についての研究が進められている。SMR を利用した RI の国内製造について検討する。

キーワード：小型モジュール炉、RI 製造、⁹⁹Mo - ^{99m}Tc、SMR の導入可能性

1. はじめに

SMR の開発・設置計画が世界中で活発であり、高い安全性、低コスト化が期待でき、火力発電所の代替や、遠隔地への電熱併供給など、地域ごとに SMR の使用方法を検討する必要がある。日本においては SMR の設置計画は現状無いが、設置する場合は原子炉熱の産業応用など多目的利用を想定するなど運用方法を考える必要がある^[1]。今回、SMR を利用した RI 製造について考察をした。特に医療用 RI における Tc 製剤は、核医学検査において最も使用されている核種であるが、その原料の ⁹⁹Mo を 100%輸入に頼っている。医療用 RI の国内製造と自給率の確保は重要な課題である。ここでは、⁹⁹Mo を例にした RI 製造に SMR を利用することによる特徴・利点について検討した。

2. SMR による ⁹⁹Mo の製造の特徴・利点

国内で検討されている ⁹⁹Mo の製造は放射化法 (⁹⁸Mo(n, γ)⁹⁹Mo) であり安定かつ高いフルエンスの中性子源として原子炉が必要となる。候補としては研究炉、商業炉などであるが、商業炉では試料を炉内に装荷した場合、次の定期点検時まで取り出すことができない不自由さが課題となる。また、医療用 RI はその殆どが短寿命核種であり、RI の精製後に製剤化及び輸送の迅速化が好ましい。研究炉については RI 製造・研究の実績のある KUR が 2026 年に運転停止することなど稼働研究炉が減少の傾向にあることは、大きな問題である。

SMR は従来炉より小型で高い安全性を持つことから、都市近接設置が期待できる。医療・製剤作製施設近隣に設置ができ、各地に分散設置することで RI の製造から製剤調整、治療施設への輸送までが迅速に行うことができる。NuScale 社の「VOYGR」を例にすると、この SMR は一体型 PWR であり、格納容器 1 基を 1 ユニットとして、4 以上の複数ユニットでの運用がシステムの基本性能である。1 ユニットが定期点検期間に入ったとしても施設全体の稼働率を落とすことなく定期的に RI の製造、取出しが可能となると考える。

3. 国内研究炉と SMR の ⁹⁹Mo 生成量比較

VOYGR の熱中性子束は、約 10^{14} (n/cm²·s)程度^[2]とし、450g の MoO₃ を 6 日間の照射で、凡そ 4.7 TBq の ⁹⁹Mo が生成されると試算できる。これは JRR-3 水力照射での試験報告^[3]と比較すると若干劣る。しかし、VOYGR のように SMR を複数基同時もしくは時差起動によって中性子照射が可能と考えると、⁹⁹Mo の生成量はより増加し、研究炉での製造と合わせて国内供給を担えることが示唆される。詳細は講演時に報告する。

参考文献

[1] Y. Aoki, G. Applicability of SMR Technology for Japan”, CNS, Proc. of the 41th Annual CNS Conference, (2022)

[2] L. M. Krall, A. M. Macfarlane, R. C. Ewing “Nuclear waste from small modular reactors” PNAS, Vol. 119, No.23 (2022)

[3] JAEA ”モリブデン 99/テクネチウム 99m 国内製造に向けた JAEA の進捗報告” 第 21 回原子力委員会(2023)

*Yutaro AOKI¹, Glenn Harvel² ¹Fukui Univ. of Tech., ²Ontario Tech Univ.

原子力エネルギー産業のビジネスモデルの地政学的一考察

A geopolitical consideration on business models of nuclear energy industry

筒井 潔^{1,3,4}、*渡邊 崇^{2,3}、佐々木 一彰³

¹慶應義塾大学共生知能創発社会研究センター、²同志社大学、

³ (一社) クリーンエネルギーイニシアティブ、⁴ アジアパシフィックコーポレーション (株)

前回の発表での結論の一つは、原子力エネルギー産業のビジネスは、原子力の必要性について「国家安全保障と関われ」ということであった。だとすれば、ビジネスモデルは必然的に地政学的考察の対象である。燃料のサプライチェーン、核廃棄物処理方法など従来から語られてきた地政学的要素のほかに、資本主義の変容もビジネスモデルには重要な要素である。

キーワード: 地政学、原子力発電、ビジネスモデル、資本主義

1. 緒言

これまで原子力産業は、他のエネルギー産業と同様、国家によって支えられてきた。しかし、今後原子力エネルギー産業は市場機能を取り込み、コモディティ化して行くだろう。これまでに、コモディティ化の鍵のひとつは事業保険の制度設計にあることを指摘した。さらに小型原子力発電が安全にデータを生み出し情報の流通を支えるインフラストラクチャとしての役割を担えるのであれば、社会的に受け入れられる可能性があり、再生可能エネルギーとの差別化の可能性もあることも指摘した[1][2]。

2022年に始まるウクライナ紛争がロシア・ドイツ間の天然ガスネットワーク構築とロシアのアメリカのガスパイプラインへのサイバー攻撃に起源を持つように、エネルギー産業は常に地政学的な束縛を受ける。しかしその束縛がビジネスモデルにどのように関連しているのかに関する考察は不足している。

2. データ分析

ニューヨークマーカンタイル取引所のウラン価格データ、IAEAによる世界の電力発電量データなどをベースに分析をした。

3. 結論

現実には、原子力エネルギー産業は、分散型電力システムの発展と小型原子力発電へのシフト、ウラン取引市場のプレイヤーの交代の進行という方向に動いている。

今の原子力エネルギー産業が普通の産業として発展して行く過程における課題は、(i)世界的な原子力発電所の閉鎖、(ii)ウラン鉱山の採算性、(iii)市場の無関心、(iv)地政学的パラダイムシフト、と整理される。(i)の発電所の閉鎖には、経済学における「市場の失敗」や、政治における原子力推進に反対する市民への対応も含む。(ii)のウラン鉱山の採算性には、ウランの供給地であるアフリカの問題が深く関わる。(iii)市場の無関心は原子力エネルギー産業への投資意欲に関わる。(iv)の地政学的パラダイムシフトによって、世界中で様々なレベルでの分断が進行している。それは資本主義自体の変容であり、グローバリゼーションの揺り戻しでもある。

参考文献

[1] 筒井潔、渡邊崇、佐々木一彰「原子力・核融合テックベンチャーの作り方についての一考察」日本原子力学会 2023 年秋季大会、2023 年 09 月 07 日 講演番号: 2H17

[2] 筒井潔、渡邊崇、佐々木一彰「小型モジュラー炉テック企業のビジネスモデルについての一考察一考察」日本原子力学会2024年春季大会、2024年03月27日 講演番号: 2F01

[3] 飯坂彰啓、渡邊崇、筒井潔、佐々木一彰「エネルギー投資の経済的評価に応用される金融工学モデル」日本応用経済学会 2021 年春季大会、2021 年 6 月 27 日 セッション 2-4A 第 1 報告

*Kiyoshi Tsutsui^{1,3,4}, Takashi Watanabe^{2,3} and Kazuaki Sasaki³

¹ Keio Univ. Center of Advanced Research for Human-AI Symbiosis Society, ²Doshisha Univ., ³Clean Energy Initiative, ⁴Asia Pacific Corporation, Ltd.