

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 ^{99}Mo 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、 ^{99}Mo - ^{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 ^{99}Mo 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、 ^{99}Mo 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 ^{99}Mo の製造の特徴・利点

国内で検討されている ^{99}Mo の製造は放射化法 ($^{98}\text{Mo}(n, \gamma)^{99}\text{Mo}$) 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 ^{99}Mo 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 MoO_3 を 6 日間の照射で、凡そ 4.7 TBq の ^{99}Mo 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えると、 ^{99}Mo 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.