

原子力技術応用工学科

キーワード

小型モジュール原子炉、SMR、新型炉、原子炉熱応用利用、産業・地域親和性



講師 / 博士 (工学)

青木 祐太郎

Yutaro Aoki

学歴

福井工業大学 工学部 原子力技術応用工学科、福井工業大学大学院 工学研究科 応用理工学専攻 博士前期課程、福井工業大学大学院 工学研究科 応用理工学専攻 博士後期課程

経歴

福井工業大学 非常勤実習助手、福井工業大学 博士研究員、オンタリオ工科大学 博士研究員

相談・講演・共同研究に応じられるテーマ

原子炉熱の産業応用利用、日本における小型モジュール炉の需要、モンテカルロ法による放射線線量シミュレーション

メールアドレス

yaoki@fukui-ut.ac.jp



主な研究と特徴

「日本における小型モジュール原子炉技術の適応可能性の研究」

世界では小型モジュール炉 (SMR) の開発が注目されており、多くの地域で設置の検討・建設開始されている。SMRは高い安全性、設備製造・建設の短期間化および低コスト化などが期待され、火力発電所の代替による低炭素化、都市部の大規模グリッドに接続されていない遠隔地集落への電力・熱供給など、地域ごとにSMRの使用法を検討する必要がある。

日本は福島原子力発電所事故以降、2022年4月現在までに再稼働できた原子炉は10基であるが、エネルギー資源を輸入に頼っている日本では、原子力発電は重要なベースロード電源である。一方、日本の原子力発電所は設置できる場所が限られているため、敷地面積を最大限に活用するためには、大型の原子炉が必要となる。このため、電力供給のためだけに低出力のSMRを設置することは適さないと考え、SMRの多目的利用を検討し、日本におけるSMRの適応可能性を検討した。今回は、化学プロセスなどの産業における熱利用について検討した。

現在、SMRには様々な設計が提案されている。その中には、原型炉に近いものから、先鋭的な新設計のものまである。IAEA (国際原子力機関) は、小型原子炉のいくつかのバージョンを文書化しており現在100以上の概念設計が、公開文献で議論されている。図1は現在開発中のSMRについて原子炉出力と冷却材炉心出口温度に関して示している。冷却材炉心出口温度の上昇と共に軽水炉から液体金属炉、熔融塩炉、ガス冷却炉へと炉型が移行していくことが分かる。このことは、特定の応用利用において適したSMRを決定できることを意味する。

石油精製や化学プラントなど、多くの産業プラントには熱プロセスが存在する。これらの熱源にも化石燃料が使用されているため、産業プラントからの二酸化炭素排出量を削減することができる。日本の製油所、アンモニア工場、製鉄所、ソーダ工場などは互いに近接していることもあり、石油化学プラントは製油所と一体化している場合が多くあり産業プラントはある程度集中して分布している。そのため、工業地域の近傍にSMRを設置し、各工業プラントに電気と熱の両方を供給することが可能であると考えた。図2にSMRの熱を利用した石油化学・製鉄工業プラントのシステム概略図を示す。熱を供給する産業現場には、上記のように複数の工場が近接し、複数の熱処理が行われている。工業用熱供給の一例として、まず、石油精製プラントの常圧蒸留装置に350℃の熱を供給し石油製品を得る。次に、800℃以上の熱を熱分解炉に供給し、石油製品であるナフサからエチレンなどの化学製品を得る。以上のように、SMRから得られる熱エネルギーを日本の産業へ利用できる可能性が示唆される。

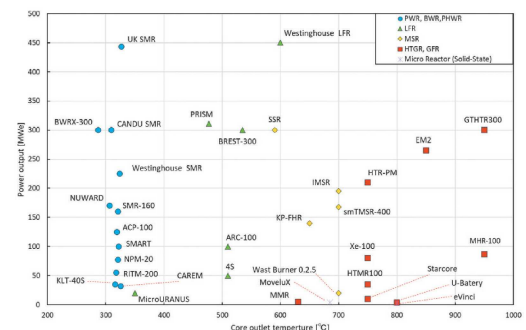


図1. Current Power-Core Temperature relationships of different proposed SMR Design Concepts.

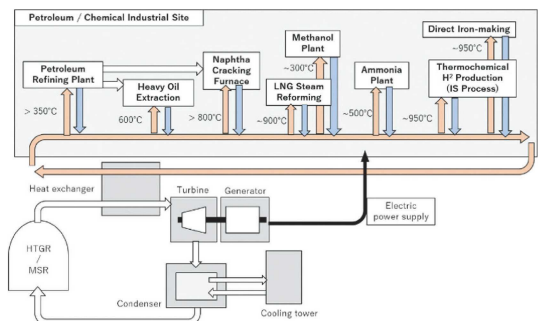


図2. System overview of SMR heat application for industry

今後の展望

以上のように、SMRの熱エネルギーを様々な用途に利用することで、SMRが日本にとって価値あるものになる可能性がある。今回述べた石油化学などの熱プロセス利用の他に、地域熱供給、海水淡水化、水素製造などが考えられる。しかし、ここでは日本における原子力発電所の立地に関する現行の法律や規制を考慮していない。例えば、日本の原子力施設には緊急時計画区域としてPAZ (Precautionary Action Zone) とUPZ (Urgent Protective action Planning Zones) があり、PAZは約5km、UPZは約30kmの範囲をカバーする。SMRが工業プラントの近くに設置される場合、そのほとんどの地域では、PAZやUPZ内に非常に多くの住宅地や他の工業施設が存在し、緊急時の避難計画や工業施設の停止手続きは非常に困難となる。SMR技術が社会に受け入れられ、日本で採用されるために、SMR技術が生み出す社会経済的及び環境影響的要因を検討する必要がある。

所属学会

一般社団法人 日本原子力学会
一般社団法人 日本放射線化学会

主要論文・著書

Y. Aoki, G. Harvel,
"Applicability of SMR Technology for Japan",
CNS, Proc. of the 41th Annual CNS Conference, (2022)