

シニアネットワーク連絡会セッション

次世代革新炉について語ろう

—原子力の社会的受容性を改善するゲームチェンジャーになるには—

Let's talk about next-generation innovative reactors

How to be a game changer to improve the social acceptance of nuclear power

(4) 学生視点からの革新炉政策

(4) Innovative Reactor Policies From A Student's Perspective

*篠原 知篤¹¹ 東京都市大学

1. はじめに

日本政府は2013年度比で2030年までに温室効果ガスの46%削減、さらに2050年までのカーボンニュートラルを目標に掲げておりエネルギー分野においても温室効果ガス削減は急務と言える。脱炭素化に有力な発電方法として再生可能エネルギーと並び、原子力が挙げられている。福島第一原子力発電所の事故以降、新規規制基準に対応した発電所は順次再稼働が進められようとしている。さらに、経済産業省の原子力小委員会において革新炉ワーキンググループが発足し、革新炉についても益々の注目が集まっている。

既存の炉と区別して、革新炉に求められているのは次のものである。第一に福島第一原子力発電所の事故を教訓としたさらなる安全性向上であり、これらは特に革新軽水炉へ適応され既存炉に置き換わることが期待されている。次に準国産エネルギーによるエネルギー自給率向上を目的とした燃料増殖炉および核燃料サイクルの確立が求められる。この核燃料サイクルの実現に向け、高速実験炉「常陽」、高速増殖原型炉「もんじゅ」が建設され、動力炉・核燃料開発事業団から現在の日本原子力開発機構に渡って研究が行われてきた。さらに、実証炉建設に向け三菱重工業が中核企業に選定され、高速炉の開発を専門とする三菱FBRシステムズが発足し、開発が続けられている。2022年1月には米国のテラパワー、エネルギー省と日本の原子力機構の協力に向けた覚書が交わされ、現在もなお意欲的に高速炉の研究開発が行われている。

このようにNa冷却高速炉は長い研究の歴史がある。その歴史の中で福島第一原子力発電所の事故を経験し、安全性への意識がより一層高まっている。Na冷却高速炉の安全性に対して、慎重な視点から今一度再検討を行いたい。大型のNa冷却高速炉は冷却材がボイド化した場合や、万一の炉心溶融に伴い燃料が集合した場合（コンパクション時）に正の反応度が入る傾向を有する。このような場合にも正の反応度投入がない高速増殖炉概念の成立可能性について検討を行った。

2. 再臨界を生じない増殖炉の追求

Na冷却高速増殖炉と軽水炉、低減速軽水増殖炉における冷却材体積/燃料体積と実効増倍率の相関を比較した。結果を図1に示す。

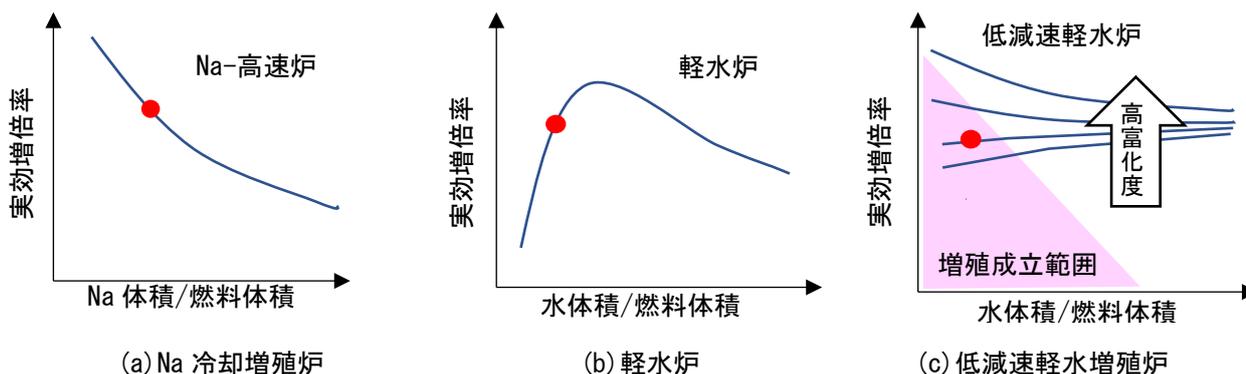


図1 減速材体積割合と実効増倍率の相関

Na 冷却高速炉では冷却材の割合が減少した際に実効増倍率が増加している。すなわち、冷却材温度が上昇し、沸騰により冷却材体積が減少した場合の反応度(ボイド反応度)が正になる傾向がある。「反応度が正」とは通常運転時と比較して実効増倍率が増加し、核分裂反応が促進されることである。また、冷却材の沸騰が続き、炉心が溶融して燃料が集積(冷却材体積が減少)した際の反応度(コンパクション反応度)も正になる傾向がある。現在主流の軽水炉では反対に冷却材割合が減少すると実効増倍率が減少し、ボイド反応度、コンパクション反応度は負になる。しかし、軽水炉では燃料増殖を達成できない。同じ軽水冷却であっても低減速軽水増殖炉であれば増殖可能である。この炉型では冷却材の割合減少時、Pu 富化度が小さいと実効増倍率が減少し、ボイド反応度、コンパクション反応度を負にできる領域が存在する。

3. まとめ

常陽やもんじゅによって永らく開発が行われてきた Na 冷却増殖炉だが、福島第一原子力発電所の事故を経験し、安全性への意識が高まっていることもあり慎重な視点から安全性の考察を行った。Na 冷却増殖炉はボイド反応度、コンパクション反応度が正になる傾向があるが、これらは設計次第で低減することも可能である。これまでも炉心扁平化による Na ボイド反応低減や FADUS 導入による再臨界回避などの研究が行われている。しかし、ボイド反応度、コンパクション反応度が負になる傾向がある水冷却増殖炉も革新炉の候補の一つに追加し、研究を促進することは意義深いと提案する。

*Tomoatsu Shinohara¹

¹Tokyo City Univ.