



Title	高速炉の事故時における冷却材ナトリウム燃焼挙動に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	西村, 正弘
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	乙第7079号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74097
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Masahiro_Nishimura_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 西村 正弘

審査担当者 主 査 教 授 澤 和弘
 副 査 教 授 小崎 完
 副 査 特任教授 森 治嗣
 副 査 准教授 千葉 豪

学位論文題名

高速炉の事故時における冷却材ナトリウム燃焼挙動に関する研究

(Study on Combustion Behavior of Liquid Sodium Coolant under Accident Condition in Fast Reactor)

本学位論文は、液体金属ナトリウム冷却型の高速炉の安全評価における評価手法の高度化を目的とした、事故時のナトリウム燃焼に関する研究である。深刻な地球温暖化、異常気象による地球環境の著しい変化のなか、持続可能な社会の実現のため大量消費型の社会からリサイクルを旨とする循環型社会への構造改革が不可欠である。その中で省資源、循環型社会の流れに沿ってクリーンで持続的なエネルギー源として原子力エネルギーは有力な候補であり、安全性を一層向上させた原子力システムの利用を進める必要がある。その中で、核拡散抵抗性、廃棄物と天然資源利用の最小化の観点でナトリウム冷却高速炉が着目されてきた。高速炉の安全上の特徴として、冷却材であるナトリウムは、優れた伝熱特性と低い運転圧力といった水を冷却材とする炉と比較してシステム上の利点がある一方で化学的に活性であることから空気中の酸素や湿分と反応して熱を発生し、構造物に熱的なダメージを与えることなどが懸念されている。

本学位論文における研究は、このような背景のもと、液体金属ナトリウム冷却型の高速炉の実用化を目指すにあたり必要とされている安全性向上のため、ナトリウム燃焼について従来の基本的な安全確保の考え方を踏まえつつ、合理的な設計のための評価手法高度化に必要な現象解明のための実験研究に取り組んだものである。本論文は 6 章で構成されている。以下にその概要を示す。

第 1 章では、研究背景として国内外の高速炉開発の状況と本研究の位置付け、本論文の構成について記述している。

第 2 章では、これまでの関連研究をレビューするとともに、未解決の課題の抽出・整理を行っている。

第 3 章では、ナトリウムの小規模漏えい時のプール拡がり挙動と燃焼挙動に関する研究について記述している。小規模 (10kg/h 程度) のナトリウム漏えいに着目し、燃焼実験を行った結果、床ライナの限定した範囲でナトリウムが燃焼する条件におけるライナの最高温度とこれに影響を及ぼす燃焼速度、ナトリウムプール拡がり挙動について明らかにすることができた。

第 4 章では、ナトリウム燃焼における反応継続機構および着火遅れに関する研究について述べている。ナトリウムの特徴的な樹枝状酸化物を介した燃焼形態に着目し、要素的な単一ナトリウム液滴の燃焼実験を実施することにより、燃焼評価解析コードにおける機構論的評価モデル構築に資する知見を取得した。すなわち、反応の継続機構において、ナトリウム反応生成物 (樹枝状酸化物) 中をナトリウムが反応界面に向けて移行する経路が、燃焼継続における重要な要因となることを明ら

かにした。

第5章では、ナトリウムの燃焼反応抑制に関する研究について記述している。第4章で見出したナトリウムの特徴的な樹枝状酸化物を介した反応の継続機構において、ナノ粒子分散ナトリウムの反応抑制効果を確認したものである。特に酸素との安定化合物を形成するチタンナノ粒子を供試したナノ粒子分散ナトリウムの燃焼において、樹枝状酸化物中のナトリウム供給経路が阻害され、ナトリウムが残存しているにもかかわらず反応が停止することを実証した。このことによって、従来、ナトリウム燃焼の消火に関しては、表面を消火剤で覆ったり、閉空間に窒素を注入したりして酸素濃度を薄くして反応を停止させる方法が対策設備として準備されていたが、反応の原料であるナトリウムそのものの反応性を抑制するという全く異なる概念によって燃焼反応を停止、つまり消火できることを明らかにした。

第6章は、以上の章の結論として、本研究で得られた結果の要点を述べている。

これを要するに、著者はナトリウムの燃焼にかかる未解決の課題として、小規模漏えい時のライナの最高温度とこれに影響を及ぼす燃焼速度、ナトリウムプール拡がり挙動について実験的に明らかにするとともに、ナトリウム反応生成物(樹枝状酸化物)中をナトリウムが反応界面向けて移行する経路が、燃焼継続における重要な要因となることを初めて示した。また、これらの成果をもとに、ナノ粒子分散ナトリウムの反応抑制効果を確認し、反応の原料であるナトリウムそのものの反応性を抑制するという全く異なる概念によって燃焼反応を停止、つまり消火できることを明らかにした。

これらの功績は、液体金属ナトリウム冷却型の高速度炉の実用化にあたって、安全性にかかわる評価手法の高度化に貢献するところ大きく、すなわち原子力工学の発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。