

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	IMPROVEMENT OF SAFETY FEATURES IN LONG-LIFE PRISMATIC HIGH TEMPERATURE GAS-COOLED REACTORS
著者(和文)	TrinurukPiyatida
Author(English)	Piyatida Trinuruk
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9297号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小原 徹,井頭 政之,齊藤 正樹,千葉 敏,加藤 之貴
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9297号, Conferred date:2013/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Piyatida TRINURUK	
		氏名	職名	氏名	職名
論文審査 審査員	主査	小原 徹	教授	加藤之貴	准教授
	審査員	齊藤正樹	教授		
		井頭政之	教授		
		千葉 敏	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Improvement of Safety Features in Long-life Prismatic High Temperature Gas-cooled Reactors (長寿命ブロック型高温ガス炉の安全特性向上)」と題し、5章より構成されている。

第1章「Introduction」では、はじめに高温ガス炉開発の歴史を概観したのち、特にブロック型高温ガス炉に着目して高温ガス炉の固有安全特性の優位性について述べている。その上で高温ガス炉固有の安全性能上の課題の一つとして減圧事故時の黒鉛酸化を挙げ、さらにより高い安全性を目指すうえで制御棒引き抜きによる反応度事故に対する対策が重要であることを述べている。さらに、天然資源の有効利用の観点からトリウム利用は意義があることを述べ、その際の前記のような事故時の安全対策も同様に重要であることを述べている。これらを踏まえ、減圧事故時の黒鉛酸化の問題及び制御棒全引き抜きによる深刻な反応度事故を本質的に解決する方策を示すという本研究の目的を述べている。

第2章「Prevention of graphite oxidation in accidental conditions using silicon carbide coating」では、黒鉛酸化防止には黒鉛構造材の炭化ケイ素コーティングが有効であることを述べたうえで、黒鉛構造材を炭化ケイ素でコーティングしたブロック型小型長寿命高温ガス炉の概念を示し、本原子炉概念に対して炭化ケイ素コーティングが炉心に対して与える核的及び熱的影響について数値解析により検討を行った結果を述べている。モンテカルロコード MVP 及び MVP-BURN を用いて中性子輸送及び燃焼解析を行った結果、保守的にコーティングの厚さを 500 μm と厚くした場合においても、運転可能日数は 1670 日から 1572 日への 100 日程度の減少であり、これによる燃焼度の変化は 104 GWd/t 程度から 98 GWd/t 程度と約 6 GWd/t 程度であることを明らかにしている。また炉心の熱流動解析の結果、コーティングによる燃料要素の最大温度は約 1,320°C から約 1,350°C と約 30°C 程度上昇すると評価され、許容される燃料温度の上限である 1,600°C に対し十分余裕があることを明らかにしている。以上の解析により、黒鉛酸化の防止に有効な黒鉛構造材の炭化ケイ素コーティングは核的及び熱的に炉心に与える影響は小さく、高温ガス炉の安全特性向上に有効であることを明らかにしている。

第3章「The use of particle-type burnable poisons to prevent reactivity accident during operation」では、ウラン燃料を装荷した高温ガス炉における粒子状可燃性毒物による反応度抑制効果について MVP 及び MVP-BURN を用いて解析を行った結果について述べ、 B_4C 粒子と Gd_2O_3 粒子を混合して装荷または B_4C と CdO 粒子を混合して装荷する方法が反応度の抑制及び燃焼期間中の反応度の平坦化に優れていることを明らかにし、もっとも優れた粒子状可燃性毒物の仕様においては、運転期間中の最大余剰反応度を 1.3 % $\Delta\text{k}/\text{k}$ まで抑制し平坦化できることを示している。さらに即発超臨界事故を防止するために運転中の余剰反応度を常に実効遅発中性子割合以下にすることを提案し、運転中反応度が負となる期間については、運転中の炉心温度を変えることにより反応度を補償することを提案している。解析の結果、このために必要な炉心温度の減少は最大 180°C 程度であることを明らかにし、これによりブレイトンサイクルを採用した場合の熱効率は約 48% から約 42% に減少するが、安全性向上の利点を考えると受け入れられる範囲であるとしている。以上の解析により、ブロック型長寿命高温ガス炉の運転中の全制御棒引き抜きによる深刻な反応度事故の防止に粒子状可燃性毒物が有効であることを明らかにしている。

第4章「Excess reactivity compensation by particle-type burnable poisons in thorium-based fuel」では、トリウム燃料を装荷した高温ガス炉における粒子状可燃性毒物による反応度抑制効果について MVP 及び MVP-BURN を用いて解析を行った結果について述べている。想定する燃料サイクルによってトリウム燃料の組成は異なるため ^{233}U - ^{232}Th 混合燃料、 ^{235}U - ^{232}Th 混合燃料を選定し、また従来型ウラン燃料として ^{235}U - ^{238}U 燃料を選定してそれぞれに対して解析をおこないその効果を比較することで、トリウム燃料の場合においても粒子状可燃性毒物は、長期間余剰反応度を抑制しかつ平坦化することに有効であることを明らかにしている。さらに解析の結果、トリウム燃料装荷炉心では燃焼特性が向上するものの温度係数が正になる場合があることを示し、 ^{233}U - ^{232}Th 混合燃料及び ^{235}U - ^{232}Th 混合燃料の温度係数はそれぞれ $(0.2\sim 3.7)\times 10^{-5}\Delta\text{k}/\text{k}/\text{K}$ 、 $(-0.4\sim -1.4)\times 10^{-5}\Delta\text{k}/\text{k}/\text{K}$ であったが、粒子状可燃性毒物の使用によりそれぞれ $(-2.7\sim -3.9)\times 10^{-5}\Delta\text{k}/\text{k}/\text{K}$ 、 $(-8.7\sim -0.2)\times 10^{-5}\Delta\text{k}/\text{k}/\text{K}$ となり、粒子状可燃性毒物の使用が温度係数の点からも安全性能向上に有効であることを示している。これらの結果により、トリウム燃料装荷高温ガス炉においても粒子状可燃性毒物の使用はその安全特性の向上に有効であることを示している。

第5章「Conclusions」では、以上の各章で得られた成果を総括し、結論を述べている。これを要するに、本論文は、長寿命ブロック型高温ガス炉の概念を提示し、黒鉛構造材の炭化ケイ素コーティング及び粒子状可燃性毒物の使用が長寿命ブロック型高温ガス炉の安全特性の向上に有効であることを明らかにしており、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認められる。