

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	効率的なPu燃焼特性を有する高温ガス炉システムの3S特性とシナジー効果
Title(English)	
著者(和文)	青木健
Author(English)	Takeshi Aoki
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10809号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:相樂 洋,小原 徹,千葉 敏,木倉 宏成,林崎 規託
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10809号, Conferred date:2018/3/26, 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

(博士課程)

## 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	青木 健	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	相楽 洋	准教授	林崎 規託	准教授
	審査員	小原 徹	教授		
		千葉 敏	教授		
木倉 宏成		准教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「効率的な Pu 燃焼特性を有する高温ガス炉システムの 3S 特性とシナジー効果」と題し 7 章より構成されている。

第 1 章「緒論」では、柔軟な Pu 管理方策と Pu 燃焼高温ガス炉の社会的な重要性を述べ、その工学的実現のためには安全性のみならず核セキュリティ・核不拡散性 (3S) とこれらの協働性を向上させる必要性を指摘し、関連する既往研究を概観して課題を抽出し、設計により本質的に 3S 特性を向上させる先進的的高温ガス炉システム概念を提案することを本研究の目的としていることとその意義を述べている。

第 2 章「効率的な Pu 燃焼特性とマスマランス」では、Pu 燃焼において大きな余剰反応度の制御性と偶数 Pu 同位体比増加による技術的課題を述べた上で、不活性母材を導入した新しい超ウラン元素燃料核による効率的 Pu 燃焼及び小さな燃焼反応度変化を可能にする燃料設計条件を明らかにしている。本高温ガス炉を約 47t の分離 Pu 燃焼に適用した場合、総 Pu 量を約 20t に、核分裂性 Pu 核種量を約 6t にまで低減できることを明らかにしている。一方で膨大な黒鉛ブロック体廃棄物管理に関する新たな課題を指摘している。

第 3 章「原子炉安全」では、ウラン酸化物燃料核を用いたブロック型高温ガス炉 GT-HTR300(熱出力 600MW)を参照炉とし、2 章で導出した燃料を装荷した原子炉の事故事象への応答を評価している。反応度挿入事故解析の結果、燃料最高温度は設計温度を下回り健全性を確認している。一方、減圧事故解析の結果、高次超ウラン核種の蓄積により崩壊熱が増加し燃料および压力容器最高温度が設計温度を超過する課題を見出し、参照炉から炉心高さを伸長し発熱密度を低下させ健全性を確保する新たな炉心設計を提案している。

第 4 章「核セキュリティ性」では、非国家主体に対する本高温ガス炉システムの物質的特性、技術的特性、妨害破壊行為への応答性を評価している。核燃料の核爆発装置への転用しやすさ (不正利用価値) の評価結果、多重被覆粒子燃料や不活性母材燃料核の化学的安定性が Pu 分離抽出時の処理時間と複雑性を増大させることに加え多くの不法取得を課し、燃料サイクル内いづれにおいても照射済燃料と同等以下に抑えられることを明らかにしている。物理的防護システムのリスク解析により、乾式燃料貯蔵ピットは湿式貯蔵と比較して不法取得行為の遅延に大きく寄与し検知確率向上に重要な役割を有することを明らかにしている。安全-セキュリティ複合事象として、不測の SCRAM 失敗を伴う反応度挿入事故、妨害破壊行為による炉容器冷却機能低下を伴う減圧事故解析により、燃料最高温度は設計温度を下回るものの、後者について压力容器最高温度を上回る条件を明らかにし、新たな技術課題を見出している。

第 5 章「核不拡散性」では、核物質の不法転用を意図する国家に対し、不正利用価値、システム全体の核拡散抵抗性、計量管理に求められる Pu 量測定精度を評価している。本燃料サイクルに存在する核物質の不正利用価値の評価結果、多重被覆粒子燃料や不活性母材燃料核の化学的安定性が転換時間を増大させるため、全ての核物質について照射済燃料と同等以下に抑えられ低くなることを明らかにしている。またこれにより不法転用時の必要輸送頻度が増大し検知頻度が増大されるため、核拡散抵抗性を向上させることを明らかにしている。計量管理について、物質収支区域の設計と物質不明量の測定誤差評価に基づき Pu 量測定精度要求を評価し、高い保障措置水準に対して新燃料で約 4%以下、使用済燃料で約 6%以下の要求精度を明らかにしている。

第 6 章「3S シナジーを実現する革新的高温ガス炉の概念設計」では第 2 章から第 5 章の結果を受け、不活性母材燃料核による効率的な Pu 燃焼特性、化学的安定性、乾式燃料貯蔵ピットによる物理的境界、本質的安全性といった設計的特徴を有する革新的高温ガス炉概念を提案し、各特徴による効率的 Pu 燃焼と 3S 特性の向上やシナジー効果への寄与を定量的に示している。また不正利用価値に基づく等級別扱いを導入することで、物理的防護措置や保障措置共に、現行規制で使用済燃料に求められる水準以下に合理化できる可能性を明らかにしている。

第 7 章「結論」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、不活性母材燃料核を用い、迅速な Pu 低減性能、安全・核セキュリティ・核不拡散特性とこれらの協働性能を本質的に有する先進的的高温ガス炉システム概念を提示しており、工学上およ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のあるものとして認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。