

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	加速器駆動システムを用いたTRU燃料サイクルの核不拡散性に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	大泉昭人
Author(English)	Akito Oizumi
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12234号, 授与年月日:2022年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:相樂 洋,小原 徹,千葉 敏,林崎 規託,片淵 竜也
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12234号, Conferred date:2022/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	融合理工学 原子核工学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	大泉 昭人		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	相樂 洋	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「加速器駆動システムを用いた TRU 燃料サイクルの核不拡散性に関する研究」と題し 7 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、放射性廃棄物処理処分の課題、加速器駆動システム (ADS) を用いた分離変換技術の研究開発の意義を述べた後に、包括的な核不拡散性研究がなされていない課題を既往研究から指摘し、ADS サイクルの潜在的核拡散リスクを定量化すること、それを活用した核セキュリティ並びに保障措置の設計要求と成立性を明らかにすることを目的とし、本研究の位置づけ、意義を述べた。

第 2 章「ADS サイクルにおける潜在的核拡散リスク定量化手法の開発」において、従来の不正利用価値評価手法では、乾式分離プロセスにおけるリスクや、TRU 燃料サイクル特有の ^{234}U を多く含む U の潜在的に高い不正利用価値を、適切に評価できない課題を指摘し、非国家及び国家主体を対象とした不正利用価値を評価できる新たな潜在的核拡散リスク定量化手法を開発した。

第 3 章「ADS サイクルにおける潜在的核拡散リスクの定量評価」では、ADS サイクル内の各施設で扱われる核物質を対象に、開発した手法を用いて潜在的核拡散リスクを定量的に評価した。まず、Pu を使用対象とした評価では、ADS サイクル内に存在する新燃料及び使用済燃料問わず全ての核物質の不正利用価値は 4 段階中下から 2 番目の 3 と評価され、使用済 BWR-MOX 燃料と同等の低い潜在的核拡散リスクに抑えられることを明らかにした。次に、U を使用対象とした評価では、非国家主体に対しては 3 または 4 と潜在的核拡散リスクを非常に低く抑えられるが、国家主体想定に対しては 2 または 3 と評価され、ADS サイクルの中で最も高い潜在的核拡散リスクとなることを見出した。ただし、 ^{234}U 単離を困難にさせる TRU 燃料サイクルにより技術的に解決可能であることを明らかにした。

第 4 章「ADS サイクルの核物質防護システムの設計」では、第 3 章で得た潜在的核拡散リスク情報に基づいた核物質防護区分を決定し、リスク評価により核物質防護システムを設計評価した。その結果、ADS サイト内の施設で扱う核物質は一般的な MOX 燃料を使用した軽水炉施設で求められる区分から 1 段階下げることが可能であり、内部区域が不要となり、建設コストを削減しても防護性能を維持できる合理化可能性を明らかにした。

第 5 章「ADS サイクルの保障措置システムの設計」では、第 3 章で得た潜在的核拡散リスク情報を用いて実効的な保障措置システムの設計を行った。計量管理システムの設計評価では、核物質の測定技術毎の測定精度目標を参考に、ADS サイクル内の核物質流量に対し、事業者側による計量測定及び規制者側による検認測定の不確かさ (σ_{MEF}) をそれぞれ導出し、1 有意量 (SQ) 及び使用済燃料基準 (5% 相当) と比較した。Pu に対する σ_{MEF} は、事業者側及び規制者側共に 1SQ を超えるが使用済燃料基準は概ね達成可能であること、U に対する σ_{MEF} は、事業者側及び規制者側いずれも 1SQ 以下となるが、使用済燃料基準と比較すると事業者側は満足するものの規制者側は同基準を満足しないことを明らかにした。また、補完システムとして、封じ込め・監視、非破壊測定に加え、原子炉及び加速器運転履歴の常時監視により、核物質転用や施設の不正使用を検知/阻止できることを明らかにした。

第 6 章「潜在的核拡散リスク情報を活用した ADS サイクルの核セキュリティ及び保障措置への要求と課題」では、第 2 章から第 5 章で得られた知見を基に、ADS サイクル設計に反映すべき方策や課題について議論した。TRU 燃料サイクル特有の ^{234}U を多く含む U を高濃縮 U 相当として厳しく規制すべきであること、またその潜在的核拡散リスク低減のために TRU 回収時の U の低除染化や、U 単離を困難にするケイ化物燃料の活用を提言した。また核物質防護において、ADS 安全研究の進捗に合わせ、枢要区域の特定と妨害破壊行為に対する防護措置の研究必要性を示した。さらに、保障措置において、高放射線源である TRU を多く含む燃料中の U、Pu 量の測定を行うことが可能な新たな非破壊測定技術、及び乾式再処理の溶融塩電解槽中の核物質測定技術の必要性を示した。以上の議論を通し、ADS サイクルの核セキュリティや保障措置を掘り下げたことによる、再処理プロセスへの逆提案を可能とした。

第 7 章「結論」では、各章によって得られた結果を総括し、本論文の結論とした。

これを要するに本論文は、ADS サイクルの潜在的核拡散リスク情報に基づく合理的な核セキュリティ並びに保障措置の設計が可能であることを明らかにした。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース：	融合理工学	系
Department of, Graduate major in	原子核工学	コース
学生氏名：	大泉 昭人	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士	(工学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主)：	相楽 洋	
Academic Supervisor(main)		
指導教員 (副)：		
Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Although transuranium fuel cycle using accelerator-driven system (ADS cycle) has been investigated to reduce the adverse environmental impact of high-level radioactive waste disposal, their comprehensive nuclear non-proliferation study has not been conducted. The objectives of this study were to develop methods for quantifying the potential nuclear proliferation risk of the ADS cycle, to quantitatively evaluate the risks, and to clarify the design requirements and/or feasibility of nuclear security and safeguards using the quantified data. As a result, first, quantification methods for potential nuclear proliferation risk were developed for the non-state actor assumption considering the pyro-processing technology and for the state actor assumption with ^{234}U high content uranium (U) equivalent to highly enriched U. As results of evaluation using the methods for quantifying the potential nuclear proliferation risk of the ADS cycle developed in this study, second, it was quantitatively clarified that U and plutonium (Pu) in ADS fuel have different characteristics from those in mixed oxide (MOX) fuel of existing light water reactors. Third, a rational design and evaluation of the nuclear material physical protection system for the ADS site was carried out using the categorizing method of nuclear material physical protection based on the quantitative data of the potential nuclear proliferation risk developed in this study. It was clarified that the protection function is sufficient even in the category one step lower than the facility of a general light water reactor, which leads to cost reduction. Fourth, the design of the safeguards system based on the quantitative data on the risk of potential nuclear proliferation has clarified the requirement for measurement accuracy and feasibility of effective accounting of nuclear material. Finally, legal and technical challenges were pointed out in terms of the regulation of nuclear security and safeguards in the ADS cycle.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).