

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	燃料デブリによる臨界事故時の影響評価に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	福田航大
Author(English)	Kodai Fukuda
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11996号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小原 徹,千葉 敏,赤塚 洋,相樂 洋,筒井 広明
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11996号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	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	福田 航大		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	小原 徹	
			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「燃料デブリによる臨界事故時の影響評価に関する研究」と題し、6章より構成されている。

第1章「序論」では、福島第一原子力発電所事故により生まれた燃料デブリについて現時点で判明している一般的な情報を整理し、同発電所の廃止措置における燃料デブリ取り出しの重要性を述べている。また、燃料デブリによる臨界事故のリスクを適切に評価するためにその影響評価が重要であることを述べている。さらに、燃料デブリによる臨界事故の影響評価手法には燃料デブリ特有の効果を適切に取り入れることができる手法を用いるべきであることを述べ、そのような手法を用いた先行研究、課題や本研究における着目点を述べた上で、「燃料デブリによる臨界事故時の影響評価を行う上で重要な因子を明らかにすること」という本研究の目的及び位置づけを明確にしている。

第2章「燃料デブリによる即発超臨界事故時の線量評価」では、燃料デブリ特有の体系である気中-水中弱結合体系における解析を燃料デブリ体系に適した空間依存動特性解析コード MIK と放射線輸送計算コード PHITS を組み合わせて行った結果、仮想的な燃料デブリ体系における即発超臨界時の水位と線量の関係を明らかにしている。特に、燃料デブリが完全に水没して水位が高い場合に反応度が高く即発量臨界時の核分裂数が大きいにもかかわらず、燃料デブリの一部が気中に露出しているような場合に即発超臨界事故時の線量が最も大きくなることを明らかにしている。この結果より、福島第一原子力発電所において燃料デブリ取り出し時に水位が低い状態で臨界事故が発生した場合、総核分裂数は少ないものの直接線による線量が大きくなると考えられる一方で、水位が十分高い状態であれば、臨界事故が起きる可能性や臨界事故時の総核分裂数は多くなるものの直接線による線量は小さくなる可能性があることを明らかにしている。

第3章「燃料デブリを対象とした即発超臨界過渡解析における反応度フィードバック効果の影響」では、臨界事故時の影響評価に大きな影響を与える「反応度フィードバック効果」として知られている放射線分解ガス生成および減速材沸騰に関する解析を空間依存動特性解析コード MIK による即発超臨界過渡解析を組み合わせて行った結果、燃料デブリ体系における即発超臨界事故時の放出エネルギー予測時に、多くの場合で反応度フィードバック効果の中でもドブラー反応度効果が支配的であることを明らかにしている。しかしながら、燃料デブリ粒子半径が 0.1 cm よりも小さいような場合には、水の沸騰による反応度フィードバック効果を取り入れなければ、過度に保守的な放出エネルギー評価を行ってしまう可能性があることを明らかにしている。以上より、放射線分解ガス生成及び減速材沸騰現象による反応度フィードバック効果が放出エネルギー量予測に与える影響はほとんどの条件下で無視可能であること及び影響に注意しなければならない条件を明らかにしている。

第4章「遅発中性子寄与を含まない解析手法によるランプ状反応度印加時の即発超臨界過渡解析」では、燃料デブリの特性を適切に考慮することができる空間依存動特性コード MIK をはじめとした遅発中性子の効果を含まない解析手法がランプ状反応度印加時に適用可能であるかどうかを放出エネルギーへの遅発中性子寄与の観点から PKM を用いて確認する手法を確立し、その手法を用いて単純な燃料デブリ体系における解析を行った結果、印加反応度が大きくかつ反応度印加率が小さいような場合に、遅発中性子を含まないことが即発超臨界過渡解析に無視することができない影響を与えることを明らかにし、そのような条件下では遅発中性子の効果を含まない動特性解析手法をランプ状の反応度印加による即発超臨界過渡解析に適用することができないと結論付けている。一方、その他の条件下では、遅発中性子の効果を含まない動特性解析手法でもランプ状の反応度印加による即発超臨界過渡解析を行うことができることを明らかにしている。

第5章「燃料デブリ水中落下による即発超臨界事故時の解析における中性子世代時間の影響」では、燃料デブリ特有の臨界事故シナリオの一つである落下燃料デブリ体系において、中性子世代時間の変化を考慮する場合としない複数の場合の解析を行った結果、反応度が大きい場合、体系が未臨界状態へと転じる際にドブラー反応度フィードバック効果による反応度変化が支配的となるため、中性子世代時間の時間変化が放出エネルギー評価に影響を与えないことを明らかにしている。一方で、反応度が小さい場合、体系が未臨界状態へと転じる際に落下による燃料位置変化に起因する反応度変化が支配的となるため、中性子世代時間の時間変化が放出エネルギー評価に大きな影響を与えることが明らかにしている。以上より、落下燃料デブリ体系における放出エネルギーを評価する場合に中性子世代時間の変化を考慮する必要があると結論付けている。

第6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。

以上より、本論文は燃料デブリによる臨界事故時の影響評価を行う上で重要な因子を明らかにしている。特に、影響評価の結果に影響を与えるパラメータや状況及び影響評価時の適切な解析条件の設定方法に関する知見を明らかにしている。本研究で得られた成果は、福島第一原子力発電所 1~3 号機における燃料デブリ取り出し時の臨界事故リスクを適切かつ効率的に評価すること、万が一臨界事故が発生した場合を想定した対策の構築、延いては福島第一原子力発電所の廃止措置を無事に達成することに寄与するものである。

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： 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	福田 航大		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	小原 徹	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

To begin and progress the removal of fuel debris in the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station, it is necessary to evaluate the impact of unexpected criticality accidents in advance. Estimations of the number of fissions and radiation dose are especially important. However, the demand of such analysis for criticality accidents has been in fuel solution systems and general nuclear reactor systems. Therefore, there is little knowledge about the evaluation of the impact of criticality accidents by fuel debris. Thus, the purpose of this study is to clarify the important factors for the evaluation of the effect of criticality accidents by fuel debris.

Space-dependent kinetics analysis method based on the neutron transport theory, which is able to take special characteristics of fuel debris into account, is mainly used. The research works are conducted by combing this kinetics analysis with various analyses such as radiation transport analysis, heat transfer analysis, radiolysis gas analysis and so on. As a results, several important factors for the evaluation of the effect of criticality accidents by fuel debris are clarified. In particular, parameters and situations that have an impact on the results of criticality accidents by fuel debris are clarified. In addition, important knowledge on appropriate analysis conditions in the evaluation of the impact of criticality accidents by fuel debris are obtained.

Accomplishment of this study is useful for appropriate and efficient evaluation of the risk of criticality accidents during the retrieval of fuel debris in Unit 1, 2 and 3 of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station. Furthermore, it would contribute to an establishment of countermeasures for unexpected criticality accidents by fuel debris and the successful achievement of the decommissioning of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station.

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。