

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	積分型動特性モデルによる福島第一原子力発電所燃料デブリ体系の多領域超臨界動特性解析
Title(English)	Supercritical transient analysis in possible fuel debris systems at Fukushima Daiichi NPS by multi-region approach based on integral kinetic model
著者(和文)	トゥヤデルゲルサイハ
Author(English)	Delgersaikhan Tuya
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10650号, 授与年月日:2017年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小原 徹,千葉 敏,赤塚 洋,筒井 広明,相樂 洋
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10650号, Conferred date:2017/9/20, 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	Delgersaikhan Tuya		
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	小原 徹	教授	審査員	相楽 洋	准教授
	審査員	千葉 敏	教授			
		赤塚 洋	准教授			
		筒井広明	准教授			

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Supercritical transient analysis in possible fuel debris systems at Fukushima Daiichi NPS by multi-region approach based on integral kinetic model (積分型動特性解析モデルによる福島第一原子力発電所燃料デブリ体系の多領域超臨界動特性解析)」と題し、6章より構成されている。

第1章「Introduction」では、炉心溶融を起こした福島第一原子力発電所1号機から3号機の廃止措置について概観した後、燃料デブリ取り出し作業において臨界安全に関する検討は必要不可欠であることを指摘し、その際燃料デブリの再臨界を防止すると同時に、万一再臨界事故が発生した場合を想定した動特性解析を行い放出エネルギーと線量を精度よく評価することはデブリ取り出し作業時のリスク評価及び作業者の安全確保の方策を検討する上で極めて重要であると指摘している。さらに、この動特性解析においては炉心解析で広く用いられている一点炉近似モデルでは複雑なデブリの状態を適切に取り扱うことが困難である点を指摘した上で、積分型動特性モデルを用いた解析が有効であるとし、福島第一原子力発電所の様々な状態の燃料デブリの再臨界事故時を想定した積分型動特性モデルを用いた解析手法を確立するという本研究の目的を述べている。

第2章「Transient analysis in simple coupled fuel debris system by integral kinetic model based approach」では、積分型動特性モデルによる解析手法について述べ、本手法では、ある領域で核分裂が1回発生した場合にそれによって次の核分裂が発生する時間依存の確率密度関数をモンテカルロ法による中性子輸送計算で求め、求めた確率密度関数を用いることで各領域の時間依存の核分裂発生数の変化を求めており、燃料のドブラー効果による反応度フィードバック効果もこの確率密度関数によって表すことにより、あらゆる体系において即発超臨界となった場合の各領域での核分裂発生数の時間変化を求めることが可能であることを述べた上で、粒子状の燃料デブリが水中で2つの球形をなしている仮想的な体系に対し、本解析手法を適用することで、燃料デブリでの再臨界事故時の本手法の適用可能性について検討し、その結果本手法が適用可能であることを明らかにしている。

第3章「Comparative analysis between integral kinetic model based approach and one-point kinetics model」では、積分型動特性モデルによる解析と従来の一点炉近似モデルによる解析を、核的に弱く結合された対称及び非対称の2領域体系での即発超臨界状態での動特性解析を行いその結果を比較考察し、対象とした体系ではピーク出力、積分出力とも一点炉近似モデルを用いると過大評価となることを明らかにしている。さらに、この過大評価は体系の非対称性が顕著である場合により大きくなることを明らかにし、この原因が積分型動特性モデルでは各領域のフィードバック効果が体系の各領域の核分裂に適切に反映されるのに対し、一点炉近似モデルでは各領域のフィードバック効果が特に体系の非対称性が顕著な場合には反応度に適切に反映されないためであることを明らかにしている。

第4章「Improved integral kinetic model based approach」では、これまでに開発されていた積分型動特性解析モデルを用いたコードの解析誤差の原因となる時間依存の核分裂確率密度関数のフィッティングを不要とする新たな確率密度関数の算出方法に基づく解析コードを開発し、その解析結果の検証について述べている。新しい解析手法では、確率密度関数をモンテカルロコードから得られる時間依存の核分裂数と統計処理した結果得られる実効増倍率から求め、関数形ではなく時間ステップごとのデータとして得ることにより、求めた時間依存の核分裂数の確率密度を直接動特性解析に用いるとしている。本手法によって作成したコードを、高濃縮金属ウラン球からなる原子炉 Godiva を用いた実験の解析に適用した結果、金属ウラン球を複数の体系に分けて熱膨張によるフィードバック効果を適切に取り入れることで解析結果が実験結果と一致し、これにより本コードの解析結果が妥当であることを明らかにしている。

第5章「Transient analysis in hypothetical fuel debris systems by improved integral kinetic model based approach」では、新たに開発した積分型動特性解析モデルを用いたコードの、福島第一原子力発電所の1号機から3号機内で予想される燃料デブリ体系への適用可能性について検討した結果について述べている。解析では、水中のコンクリート床面の上に燃料デブリ塊の層があり更にその上に粒子状の燃料デブリが上部より落下し円錐状の形状をしている体系を対象とし、組成の異なる核燃料デブリを複数の領域に分けて開発したコードを用いて再臨界時の動特性解析を行っている。解析パラメータのうちどの要素が解析結果に最も影響を与えるかを解析により検討した結果、燃料デブリを構成しているウランの濃縮度がもっとも影響が大きく、次に影響の大きいパラメータは粒子状燃料デブリの円錐形状の頂点の角度であることを明らかにしており、これらのパラメータが本体系での燃料デブリ再臨界事故時の放出エネルギーに大きく影響することを明らかにしている。

第6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、本論文は積分型動特性モデルを用いたコードを改良し、さらに本コードが燃料デブリ体系での再臨界事故時の動特性解析に適用可能であることを明らかにし、さらに想定した燃料デブリ再臨界事故時の放出エネルギーに影響を与えるパラメータを明らかにしており、福島第一原子力発電所の廃止措置を安全に行う上で極めて意義が高く、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あるものと認められる。

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。