



Title	核融合・核分裂ハイブリッド炉の中性子工学解析のための連続エネルギーモンテカルロ法に基づく厳密未臨界燃焼計算法に関する研究
Author(s)	松中, 允亨
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/49587">https://hdl.handle.net/11094/49587</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href=" <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> ">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【65】

氏 名	まつ なか まさ ゆき 松 中 允 亨
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 2 9 5 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 21 年 3 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当
工学研究科電子情報エネルギー工学専攻	
学 位 論 文 名	核融合・核分裂ハイブリッド炉の中性子工学解析のための連続エネルギー・モンテカルロ法に基づく厳密未臨界燃焼計算法に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 准教授 村田 獢 (副査) 教 授 飯田 敏行 教 授 堀池 寛 教 授 児玉 了祐 教 授 田中 和夫 教 授 上田 良夫 教 授 三間 圭興 教 授 實野 孝久

## 論文内容の要旨

本研究論文は核融合・核分裂ハイブリッド炉のような未臨界体系の原子炉に対する燃焼計算をモンテカルロ法に基づいて厳密に行うための計算手法について論述したものである。

第1章では序論として、人類が直面しているエネルギー問題や環境問題等の観点から核エネルギー開発の必要性について述べた。また、今後の核エネルギー開発において必要となると考えられる、未臨界体系の燃焼計算における問題点について言及し、その改善と、未臨界体系用燃焼計算システム構築を本研究の目的とすることについて記述した。

第2章では核融合炉や原子炉、核エネルギーの燃料資源等、核エネルギーの利用や開発に関する現状について概説し、本研究で取り上げた核融合・核分裂ハイブリッド炉の利点や特徴について述べた。

第3章では、主に核融合・核分裂ハイブリッド炉を対象とした未臨界体系の燃焼計算をモンテカルロ法に基づいて厳密に行うための計算システム構築について述べた。特に輸送計算から連続エネルギーの中性子束分布のデータを取り出す方法、及び、それを用いた核反応率計算の方法について詳述した。未臨界体系用の燃焼計算システムはモンテカルロ中性粒子輸送コードMCNPとポイント燃焼計算コードORIGENを組み合わせて構築した。

第4章では構築した計算システムの高度化について述べた。具体的には、核データのデータ密度に応じて中性子束データのパンチを行うデータパンチ手法と、MCNPの分散低減法の一つであるウエイトウインドウを用いて効率的にトラックレングスデータを生成する手法について述べた。

第5章では構築した燃焼計算システムを利用してITERモデルを用いた核融合・核分裂ハイブリッド炉の中性子工学解析を行った。検討した炉型はヘリウムガス冷却炉と水冷却炉の二種類である。それぞれの炉型についてU-Puサイクル燃料とTh-Uサイクル燃料を装荷したシステムについて解析を行った。その結果、水冷却システムの核融合・核分裂ハイブリッド炉はU-Puサイクル燃料、Th-Uサイクル燃料の違いに関わらず成立する可能性が高いことがわかった。

第6章では本研究を総括した。本研究で開発した計算の高度化手法は核融合・核分裂ハイブリッド炉だけでなく、ADS等、他の型の原子炉の燃焼計算においても利用が期待される、燃焼計算の分野において本質的かつ汎用的な手法であると結論した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、核融合・核分裂ハイブリッド炉に代表される未臨界の原子炉に対する燃焼計算を、モンテカルロ法に基づいて厳密に行うための計算コードシステム開発研究についてまとめられており、以下の6章から構成されている。

第1章では序論として、人類が直面しているエネルギー問題や環境問題等の観点から核エネルギー開発の必要性について述べている。また、今後の核エネルギー開発において必要になると考えられる、未臨界体系の燃焼計算における問題点について言及し、その改善策の提案及び未臨界体系用燃焼計算システムの構築を本研究の目的とすることについて記述されている。

第2章では、核融合炉や原子炉等の核エネルギー源、核燃料資源など、核エネルギーの利用や開発に関する現状について概説し、本研究で取り上げた核融合・核分裂ハイブリッド炉が提案されるに至った経緯を、その利点や特徴とともに詳述している。

第3章では、主に核融合・核分裂ハイブリッド炉を対象とした未臨界体系の燃焼計算をモンテカルロ法に基づいて厳密に行うための計算システム構築について述べている。特に輸送計算から連続エネルギーの中性子束分布情報データ（トラックレングス、ウエイト、エネルギー）を取り出す方法、及びそれらを用いた厳密核反応率計算手法につ

いて詳述している。未臨界体系用の燃焼計算システムは、モンテカルロ中性粒子輸送コードMCNPとポイント燃焼計算コードORIGENを組み合わせて構築している。

第4章では構築した計算システムの高度化について述べている。第3章で述べている手法は、厳密な手法であるが、かなりの計算時間を要する。本計算手法を実際の設計計算に使用可能とするため、計算過程の高速化及び効率化を行っている。具体的には、核データのデータ密度を基準に、トラックレングスデータ密度がそれよりも大きい場合、考慮するトラックレングスデータ数を減少させるデータパンチ手法を開発している。また、その逆の場合、トラックレングスデータを核データ密度と同程度になるように、MCNPの分散低減法の一つであるウエイトウインドウを用い、効率的にトラックレングスデータを生成する手法について紹介している。

第5章では構築した未臨界燃焼計算システムを利用してITERモデルを用いた核融合・核分裂ハイブリッド炉の中性子工学解析結果について述べている。検討した炉型はヘリウムガス冷却炉と水冷却炉の二種類である。それぞれの炉型についてU-Puサイクル燃料及びTh-Uサイクル燃料を装荷したシステムについて解析を行っている。その結果、水冷却システムの核融合・核分裂ハイブリッド炉は、U-Puサイクル燃料及びTh-Uサイクル燃料の違いに関わらず成立する可能性が高いことを示している。

第6章では本研究を総括している。本研究で開発した反応率計算手法及びその高度化手法は、未臨界燃焼計算の分野において本質的かつ汎用的な手法を含んでいる。臨界システムでは燃焼計算手法は確立されていると言えるが、未臨界システムではその計算は依然難しく、本手法は、そのような場合でも、厳密にそして十分高速に計算することができる初めての計算システムと言える。以上の通り、本手法は、核融合・核分裂ハイブリッド炉だけでなく、将来的にはADSや他の型式の未臨界原子炉の燃焼計算においても幅広く利用が期待される強力な燃焼計算システムと言え、その原子力エネルギー分野への寄与は大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。