



Title	軽元素の核融合中性子誘起荷電粒子放出反応に関する実験的研究
Author(s)	近藤, 恵太郎
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/23433
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	近 藤 恵 太 郎
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 2 0 5 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 20 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻
学 位 論 文 名	軽元素の核融合中性子誘起荷電粒子放出反応に関する実験的研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 准教授 村田 勲 (副査) 教授 飯田 敏行 教授 堀池 寛 教授 兒玉 了祐 教授 田中 和夫 教授 上田 良夫 教授 西原 功修 教授 三間 圀興

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は将来のエネルギー源として研究が進められている核融合炉を構成する軽元素材料について、発熱や材料の損傷の原因となる荷電粒子放出反応に関する実験的な研究について論述したものである。

第 1 章では序論として本研究の背景となる核融合炉研究と中性子工学について述べた。本論文では、核融合炉の構成元素として特に重要で 4 体ブレークアップ反応の起こるベリリウムと炭素を、ブレークアップ反応の起こらない軽元素の典型例としてフッ素を取り上げ、荷電粒子放出二重微分断面積の測定と解析によって荷電粒子放出反応の機構に対する知見を得ること、及びその方法論の確立を研究の目的とすることを述べた。

第 2 章では中性子入射による荷電粒子放出二重微分断面積の測定を従来より高精度でおこなうための新しい測定手法について述べた。ビーム状にコリメートされた DT 中性子ビームを中性子源として用いることで測定の妨げとなっていた問題点が本質的に解消され、高いエネルギー分解能、角度分解能、幅広い測定エネルギー範囲、良好な粒子弁別能を現実的な測定時間と両立できる測定手法が確立された。試料内で放出された荷電粒子のエネルギー損失を厳密に補正するための手法についても詳細な検討を行った。

第 3 章ではベリリウムの荷電粒子放出二重微分断面積の詳細測定について述べた。得られた二重微分断面積に対して運動学に基づく一貫した解析を行い、 ${}^9\text{Be}(n, 2n+2\alpha)$ 反応の機構について検討を行った。その結果、実験値を説明するためには、最初に α 粒子を放出する反応チャンネルや 3 体同時ブレークアップを考慮する必要があることが明らかになった。

第 4 章では炭素の荷電粒子放出二重微分断面積の詳細測定について述べた。得られた二重微分断面積に対して運動学に基づく一貫した解析を行い、 ${}^{12}\text{C}(n, n'+3\alpha)$ 反応の機構について検討を行った。その結果、最初に α 粒子を放出するチャンネルの寄与がかなり存在し、その割合が従来推定されていたものよりも大きいことを明らかにした。

第 5 章ではフッ素の荷電粒子放出二重微分断面積の測定について述べた。Proton、deuteron、triton、 α 粒子の放出二重微分断面積を高精度で測定した。評価済み核データとの比較から、測定値との間には大きな差が存在することを明らかにした。

第 6 章では研究全体の総括を述べた。本研究を通して軽元素についての評価済み核データライブラリの精度には依

然として問題があることが明らかとなったが、本研究で開発した測定手法を適用することで、これまで測定データが乏しく十分な評価が行えなかった元素についても詳細な検討が進むことが期待される。

論文審査の結果の要旨

本論文は、将来のエネルギー源として研究が進められている核融合炉を構成する軽元素材料について、発熱や材料の損傷の原因となる荷電粒子放出反応に関する実験的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章は序論であり、本研究の背景となる核融合炉研究と中性子工学全般について詳述している。核融合炉の構成元素のうち特に重要な軽元素である、ベリリウムと炭素を4体ブレークアップ反応の起こる典型元素として、また、ブレークアップ反応の起こらない軽元素としてフッ素を取り上げ、中性子誘起荷電粒子放出反応の機構に関する知見を得ることを研究目的としている。それを実現するため、新しい実験方法の確立及び荷電粒子放出二重微分断面の詳細な測定並びに解析を実施するとしている。

第2章では中性子入射による荷電粒子放出二重微分断面を、従来よりも高精度で測定できる新しい測定手法の開発について述べられている。ビーム状にコリメートされたDT中性子ビームを中性子源として用いることで、測定の妨げとなっていた問題点が本質的に解消され、高いエネルギー及び角度分解能、幅広い測定エネルギー範囲並びに良好な粒子弁別能、を現実的な測定時間で実現できる新しい測定手法を開発している。特に測定範囲の低エネルギー側への拡張については、これまで困難なことが知られていたが、斬新なアイデアを取り入れ実現している。また、ベイズ推定法による厳密な荷電粒子のエネルギー損失補正も実施しており、測定データの高精度化を達成している。本測定手法は、標準サンプルを用いた放出荷電粒子測定により、その妥当性を確認している。

第3章ではベリリウムの荷電粒子放出二重微分断面の詳細測定について述べている。得られた二重微分断面に対して運動学に基づく一貫した解析を行い、 ${}^9\text{Be}(n, 2n+2\alpha)$ 反応の機構について議論している。その結果、実験値を説明するためには、初めに α 粒子を放出する反応チャンネルや3体同時ブレークアップを考慮する必要があるなど、核反応メカニズムの解明に役立つ新しい知見を報告している。

第4章では炭素の荷電粒子放出二重微分断面の詳細測定について述べている。得られた二重微分断面に対して運動学に基づく一貫した解析を行い、 ${}^{12}\text{C}(n, n'+3\alpha)$ 反応の機構について議論している。その結果、最初に α 粒子を放出するチャンネルの寄与がかなり存在し、その割合が従来推定されていたものよりも大きいことを明らかにしている。

第5章ではフッ素の荷電粒子放出二重微分断面の測定について述べている。2次的に放出される proton、deuteron、triton、 α 粒子の放出二重微分断面を、幅広い角度及びエネルギー範囲にわたり高精度測定し、評価済み核データとの比較を行っている。その結果、測定値との間には大きな差が存在し、評価済み核データを見直す必要があることを提言している。

第6章では研究全体の総括を述べている。3つの軽元素について、荷電粒子放出二重微分断面の測定結果を評価済み核データと比較し、評価済み核データには依然として精度上の問題がかなり存在することを指摘している。本研究で開発した新しい測定手法を適用することにより、これまで測定データが乏しく十分な評価が行えなかった元素についても詳細な検討が可能になると結論している。

以上のように、本論文は、これまで実験値が不十分で核モデルに基づく評価が難しかった、軽元素の荷電粒子放出二重微分断面の新しい測定手法を提案・開発し、それにより、典型的な3つの軽元素について高精度の断面データを取得している。これらのデータは、いずれも世界初となる高品質データであり、核データ評価のみならず、核反応理論における核モデル構築に役立つ貴重な基礎データである。本手法により、核融合炉以外のエネルギー領域や元素についても高精度データを得られると考えられ、様々な核施設の工学設計の高精度化にも広く資することが期待できるなど、電磁エネルギー工学分野に貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。