

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Methods for determination of nuclear fission probability and fission barrier heights
著者(和文)	KEANKUN RATHA
Author(English)	Kun Ratha Kean
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11333号, 授与年月日:2019年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:千葉 敏,林崎 規託,片淵 竜也,相樂 洋,赤塚 洋
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11333号, Conferred date:2019/9/20, 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

(博士課程)

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	Kean Kun Ratha	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	千葉 敏	教授	赤塚 洋	准教授
	審査員	林崎 規託	教授		
		片渕 竜也	准教授		
相楽 洋		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Methods for determination of nuclear fission probability and fission barrier heights」と題し、7章より構成されている。

第1章「Introduction」では、核分裂研究の歴史及び核分裂が理工学のような分野において重要な物理現象であることを述べている。一方、核分裂性核種の多くが天然に存在しない放射性原子核であるため核分裂障壁の決定が困難であることを述べ、これまで核分裂障壁の測定において用いられて来なかった重イオンを用いる多核子移行反応によって核分裂障壁及び核分裂確率を導出すること、および理論計算で用いられる有効核力を改良して理論の計算精度を向上させることが本研究の目的であると述べている。

第2章「Theoretical and methodological background」では、核分裂研究で用いられてきた理論計算及び実験手法についてのレビューを行っている。理論においては、原子核の液滴的な性質に加え殻補正が重要であることを述べ、理論が予測する核分裂特性に関する精度の現状を明らかにしている。さらに核分裂障壁の透過確率として用いられる Hill-Wheeler の公式について説明している。実験面では本研究で用いる重イオン多核子移行過程を理解するために必要な物理的背景を概説し、本手法と複合核の生成と崩壊の独立性を用いることによって核分裂特性の導出が可能となる原理について述べている。

第3章「Experiments」では ^{18}O を入射ビームとする核子移行反応から核分裂障壁及び核分裂確率を導出するため ^{237}Np を標的として行った実験について述べている。実験は日本原子力研究開発機構原子力科学研究所に設置してあるタンデム加速器施設を用い、 ^{18}O を 162MeV に加速し、 ^{237}Np 標的は電着により製造、検出器としては放出粒子の同定及びエネルギー測定のためにセグメント化されたシリコン $\Delta E-E$ 検出器、核分裂片の測定のために多芯線比例計数管を用いて行ったと述べている。

第4章「Data analysis」では、第3章で説明した実験装置を用いて得られた多重度の大きいデータの解析、すなわちエネルギー較正、放出粒子の同定、残留核の励起エネルギーの決定、バックグラウンドの差し引き、誤差推定の方法について詳述している。次いで得られた核分裂確率を Hill-Wheeler の式を用いてフィットし、核分裂障壁に関するパラメータを導出する方法について述べている。本研究では手法の妥当性検証を主目的として、比較的移行核子数の少ない $2n$ 、 np 、 $2np$ 移行反応で生成された複合核 ^{239}Np 、 ^{239}Pu 及び ^{240}Pu を解析対象とすると述べている。

第5章「Experimental results and discussion」では、前2章の実験の結果として得られた核分裂障壁及び核分裂確率について議論している。核分裂確率については中性子誘起核分裂または軽粒子による核子移行反応で得られている同じ複合核に対する核分裂障壁の値と比較している。本研究の方法では、この質量数領域での二山分布の核分裂障壁のうち高い障壁の値を求めることに対応することを述べ、それらに対してデータの比較を行い、その結果本研究で得られた核分裂障壁値がこれまでの伝統的な方法を用いて得られている値と 2~4% という高い精度で一致すること、およびこれらがすべて誤差範囲内に入っていることを示し、重イオン多核子移行反応が核分裂障壁の値を決定する新規で有効な手法であることを明らかとしている。ただし核分裂障壁の曲率については従来値に比べ数倍程度大きい値となったが、それは本来の二山障壁を一山の Hill-Wheeler 透過確率公式を用いて解析しているためであることを述べている。

第6章「Three-body force effects on fission barrier height」では、核分裂障壁の計算で拘束条件付き Hartree-Fock + BCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer) 法が良く用いられることを述べ、その方法が核分裂障壁の推定においては実用的な精度に達していないことを述べている。本研究においては、この計算において頻繁に使用される Skyrme 型の有効核力のうち、多体力を模擬する密度依存項のべきパラメータが核分裂障壁の値に大きく影響を与えることを明らかとし、それを調整することで核分裂障壁の計算精度を向上できることを述べている。一方、本来の Skyrme 相互作用が再現できていた多くの原子核の基底状態の性質の再現性を損なわないようにするために密度依存項の強度を変化させることが有効であると述べている。これによって今後の Skyrme 型の原子核密度汎関数構築に対して重要な一知見が得られたと述べている。

第7章「Conclusions」では、以上の各章で述べられた結果を総括し、結論及び将来展望を述べている。

これを要するに、本論文は核分裂の理解に最も重要な核分裂障壁を重イオン多核子移行反応から実験的に導出可能であることを明らかとし、理論においては量子多体論的扱いで用いられる有効核力の密度依存項に簡単な修正を加えることで核分裂障壁の再現性が格段に良くなることを明らかとしている。これによりいまだ未知の点の多い物理現象及び原子力の基礎としての核分裂に対する理解が着実に進められ、学術上貢献するところが大きい。よって、本論は博士(学術)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。