

研究の進捗状況

二つの原子核の間には引力的で短距離力である核力と斥力的で長距離力であるクーロン力が働き、ポテンシャルエネルギーはそれらの和として原子核同士が接触する手前で障壁を描く事になる。この障壁はクーロン障壁と呼ばれ、低エネルギー原子核反応を議論する上で重要なエネルギーの基準となる。二つの原子核が一つの原子核へとくっつく核融合反応はクーロン障壁を越える事により起こるが、入射エネルギーがクーロン障壁より低い場合その透過は量子トンネル効果によって実現する事となる。他方、原子核が核子の多体系であるという事を反映して、特に高い入射エネルギーにおいて、散乱の前後で原子核の運動エネルギーが大きく失われるという実験結果も報告されている。こうした実験事実は、核融合反応においてもクーロン障壁を透過する過程においてエネルギーの散逸が重要な役割を果たす事を示唆している。

このように、核融合反応を議論する際重要な視点として量子性と散逸が挙げられるが、既存の理論モデルはどちらか一方のみを記述するものとなっている。入射エネルギーが低い場合、量子力学に基づいた方法が成功を収めてきたが、散逸の欠如から高い入射エネルギーへと応用した際系統的に実験結果を過大評価する傾向が指摘されている。他方、入射エネルギーが高い場合、散逸を加えた古典力学に基づいた方法が成功を収めてきたが、量子トンネルが記述できないために低いエネルギー領域への応用は不可能となっている。核融合反応の理解をより深めるためには、これらを統一したモデルが求められており、私はその開発に取り組んできた。

本研究は三部構成として進めてきた。まず第一に、モデルの構築と具体的な計算方法の開発を行った。モデルとしては、先行研究との対応を重視し、先述した二つの既存のモデルをそれぞれの極限において再現できるものを採用した。計算方法について、従来の方法では核融合反応に応用する事ができなかったため、それを可能にする新たな方法を開発した。その有用性を厳密解が分かる系への応用を通じて実際に確かめ、またその方法を吟味し量子開放系に対する新たな見方を指摘する事に成功した。これらの成果は、論文として発表した(参考資料:論文 3,4)。

第二に、散逸を伴う障壁透過問題の基礎的理解を深めるため、一次元障壁透過問題への応用を行った。簡単に言えば、井戸型ポテンシャルの透過問題において、井戸を透過する過程でエネルギー散逸が生じたら結果はどう変わるかという問題設定である。同様な問題は過去様々な文献で議論されてきたが、それらは近似解であったり、あるいは解が解析的に求まる特殊な状況に限られていたが、本研究では初めてより一般的な障壁透過問題へと応用する事に成功した。これらの成果は、京都で行われた国際的研究会において報告をした(参考資料:国際会議 4)。

第三に核融合反応への応用が挙げられ、現在これに取り組んでいる。技術的な理由から、当初三次元系への拡張は難しいと思われたが、今夏新たな方法を導入する事で困難を突破する事に成功した。主な目的は実験結果の再現ではなく、核融合反応におけるエネルギー散逸の評価を様々な角度から行う事である。例えば、今春、クーロン障壁以下の入射エネルギーにおける核子移行反応を介したエネルギー散逸を評価する実験的研究成果が報告されている。このエネルギー領域における散逸は、量子力学的な枠組みによる記述が必要となっているため既存の方法は応用できない

い。そこで、本研究で開発したモデルと方法を用いて、これら実験結果から散逸が核融合反応に与える評価を行おうと試みている。これまでに様々な計算結果を得、現在解析を行っている。これらの成果の一部は、今夏参加した国際的サマースクールにおいて報告をした(参考資料:国際会議 5)。

博士論文執筆状況

博士論文に関して、今春より全体の枠組みの構想を始め、九月初頭より具体的に執筆を開始した。これまでに、上述した第一部を書き上げており、それ以外の導入、先行研究、第二部、そして第三部についてもそれぞれ小節を設け、全体構造を既に作り上げた。また、指導教員とも相談を重ね、中間報告日を具体的に決めるなどして、今後も計画的に進められる様努めている。