

氏 名	かわ ばた ゆう じ 川 端 祐 司
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 1042 号
学位授与の日付	昭 和 63 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 原 子 核 工 学 専 攻
学位論文題目	基 礎 研 究 の た め の 超 冷 中 性 子 応 用 装 置

(主 査)
論文調査委員 教授 岡本 朴 教授 木村逸郎 教授 東 邦夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、これまでよく用いられてきた熱中性子に比べて、遙かにエネルギーが低く、波長が非常に長い超冷中性子を基礎物理学や物質科学等の研究に応用できるようにすることを目的とし、超冷中性子の発生およびその利用に関する実験と解析の結果をまとめたもので、6章より成っている。

第1章は緒論であり、超冷中性子の発生方法とその応用について概説し、そこにおいて現在問題となっている項目を整理して、本研究の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、原子炉等から極冷中性子や冷中性子を超冷中性子発生装置まで導くための中性子導管の特性を解析するための新しい方法を提案している。この解析法は、重力の効果と導管間の接合誤差を中性子の軌跡の計算に取り入れている点が特長である。この方法を実際の極冷中性子導管の特性の解析に適用し、その結果を電子線型加速器を用いて行った中性子飛行時間分析法による特性試験の結果と比較してよい一致を得ている。また、重力の効果による中性子損失率および導管間の接合誤差による中性子透過率への影響を定量的に示している。

第3章では、超冷中性子発生装置の一つであるスーパーミラー中性子タービンを取り上げ、この中で極冷中性子が超冷中性子へと減速された後検出されるまでの過程を数値計算によって解析する方法を提案し、これを京都大学原子炉実験所で初めて製作されたスーパーミラー中性子タービンの特性解析に適用した結果について述べている。この場合、得られる超冷中性子に速度が約 15 m/s より速いものと 5 m/s 程度のものとの2成分が存在することを明らかにし、そのことを実験的にも確認している。また、これら二つの中性子成分の発生機構について吟味し、今後スーパーミラー中性子タービンを設計するさいの指標を与えている。

さらに、発生した超冷中性子を単色化するための新しい方法として、多層膜透過法を提案している。これは多層膜により特定の波長を持つ中性子のみを透過させるもので、その透過率を量子力学的に求めている。ここではアルミニウム基板およびガラス基板上にニッケルとチタンを交互に真空蒸着した多層膜につ

いて解析するとともに実験的にも中性子の単色化を観測している。

第4章では、超冷中性子応用装置の一つとして将来製作が期待されている落差集束式超冷中性子散乱装置に関し、数値計算による特性評価を行った結果について述べている。重力による超冷中性子分光法として、飛程集束原理に基づくものが既に発表されているが、ここではそれとは異なり重力による中性子の落下距離すなわち落差による集束を利用する新しい方式を提案し、これについて解析を行った結果を示している。いずれも直径約1 mの球面状をした水平型および鉛直型中性子分光器により、 $0.084-1.2\mu\text{eV}$ の中性子を分析した場合、エネルギー分解能はそれぞれ $5.2-27\text{neV}$ と約 30neV 、運動量の測定精度はそれぞれ $8\times 10^{-3}\text{\AA}^{-1}$ と $5\times 10^{-2}\text{\AA}^{-1}$ となることが分かる。このような解析をもとに、この型式の中性子散乱装置を実際に製作するための技術的検討を加え、実現の見通しを得ている。

第5章では、超冷中性子応用装置として注目されている中性子ボトルを取り上げ、その最大の問題点である中性子鏡材料の表面に吸着した水素の絶対量および深さ方向分布を荷電重粒子(約 50MeV の ^{40}Ar イオン)ビームの弾性反跳検知法によって求めた結果を示している。ここで対象としたニッケル、ベリリウム等の主な中性子ボトル材料の場合、水素量は $10^{15}-10^{16}\text{H原子}/\text{cm}^2$ あり、このままでも中性子の電気双極子能率を追求する実験には用い得るが、中性子寿命の測定や中性子による表面物理研究のためには水素量を $10^{13}-10^{14}\text{H原子}/\text{cm}^2$ 程度まで減少させる必要があるとしている。

第6章は結論であり、本研究で得られた成果を要約し、併せて今後の研究課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

極めて低いエネルギーを持つ超冷中性子は、波長が数百 \AA 以上もあるため、この程度の大きさの構造を持つ物質の構造解析に役立ち、また中性子それ自身の特性測定を介して基礎物理学への寄与の可能性があるなど今後その利用が期待されているが、効率よくこれを発生させ、さらにそれを巧みに使用するための開発研究が乏しいためその実用化が遅れている。本研究は、超冷中性子を効率よく作り出し、またそれを材料科学や基礎物理学等の研究に有効に利用する方法について解析と実験を行ったものであり、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 極冷中性子導管の特性を解析するための新しい方法を提案した。この方法は、重力の効果と導管間の接合誤差を取り入れて中性子の軌道を解くものであり、実際の中性子導管に適用して得られた結果は測定値によく合致した。またこれにより、重力の効果による中性子損失率および導管間の接合誤差による中性子透過率の変化が定量的に求められるようになった。

2. 超冷中性子発生のためのスーパーミラー中性子タービンの特性を実例について数値計算により解析した。この場合、得られる超冷中性子に速度が約 15m/s 以上のものと 5m/s 程度のものの2成分が存在することを明らかにし、そのことを実験的にも確認した。この結果をもとにして、今後本格的なスーパーミラー中性子タービンを設計する上で必要ないくつかの改良点を示した。

3. 多層膜を透過させることにより超冷中性子を単色化する新しい方法を提案し、計算によってその特性を示すと同時に、実際にニッケルとチタンの多層膜について実験し中性子の単色化を観測した。

4. 重力による落差集束原理を応用する新型の超冷中性子散乱装置の設計研究を行い、 $0.084-1.2$

μeV の中性子を分光した場合のエネルギー分解能と運動量測定精度を求めた。この結果をもとに、超冷中性子を用いる散乱実験の種別に応じて使用すべき分光器の型式を示した。

5. 中性子を閉じこめるいわゆる中性子ボトルの材料の表面水素量の測定に、初めて荷電重粒子ビームの弾性反跳検知法を応用した。ここで対象としたニッケル、ベリリウム等の中性子ボトル材料には、共通して水素が $10^{15}-10^{16}\text{H}$ 原子/ cm^2 存在することを明らかにし、その素材で中性子ボトルを製作した場合中性子の電気双極子能率の追求には役立つが、中性子寿命等の実験のためには水素量を 1~2 桁以上低減化する必要があることを提唱した。

以上要するに、本論文は基礎研究のための超冷中性子応用装置の特性について研究を行い、多くの新しい知見を得ることにより今後の超冷中性子実用化の基礎を築いたものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、昭和63年4月23日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。