



Title	パルス中性子共鳴吸収分光法を用いた核種定量分析に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	長谷美, 宏幸
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11888号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58699
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Hiroyuki_Hasemi_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 長谷美 宏幸

審査担当者 主 査 准教授 加美山 隆
 副 査 教 授 大沼 正人
 副 査 教 授 古坂 道弘
 副 査 教 授 渡辺 精一

学位論文題名

パルス中性子共鳴吸収分光法を用いた核種定量分析に関する研究

(Study on quantitative estimation of nuclide using pulsed neutron resonance absorption spectroscopy)

中性子共鳴吸収分光法 (N-RAS:Neutron Resonance Absorption Spectroscopy) は、原子核による中性子の共鳴的な吸収現象のスペクトルを観測することで、物質内部の核種同定・密度分析・温度測定を非破壊・非接触で行うことが可能とする手法である。パルス中性子源において飛行時間法を用いることでスペクトルを得ることができる。共鳴吸収を中性子の透過率で測定する透過型 N-RAS は 2 次元画像検出器と組み合わせることで効率的に核種イメージングを行うことができ、考古学資料・文化財に含まれる元素のイメージング、核燃料や燃料デブリに含まれる核燃料物質の同定・定量、また各種工業製品に対する温度測定・イメージングなど、様々な分野への応用が期待されている。

共鳴吸収スペクトルは、断面積から計算されるスペクトルに、分解能関数として中性子パルス関数が畳み込まれた形で観測されるが、これまでの研究ではエネルギー依存性を持つ中性子パルス関数を考慮した定量的な解析が行われていなかった。本研究では、エネルギー依存性を持つ中性子パルス関数をモンテカルロ法で計算し、この情報を用いて実測のスペクトルを解析する手法の開発及び実験手法の改良を行い、透過型 N-RAS により定量的な核種数密度分析を行えるようにすることを目的とした。

本論文は 6 章から構成されている。その骨子は、エネルギー依存性を持つ中性子パルス関数の作成法の開発、透過型 N-RAS の定量性を高めた測定体系の開発、決定したパルス関数と測定体系を用いた定量性の評価、ならびに定量的透過型 N-RAS のイメージングへの応用である。

第 1 章では、本研究の背景として、N-RAS の概要について述べるとともにその研究の歴史を概観し、N-RAS の解析定量化へ向けた現在の課題と本研究の目的について述べている。

第 2 章では、共鳴現象を説明する際に用いられる複合核モデルとその記述を行う R-Matrix 理論及び Doppler 効果のモデル化について述べ、定量的解析を目的としたその具体的な表式及び計算例について示している。

第 3 章では、パルス中性子源を利用して定量的な N-RAS 解析を実施するために、1 eV から 10 keV の範囲のパルス関数をモンテカルロシミュレーションコード MCNP 及び PHITS を用いて計算し、その結果に対していくつかの幾つか提案されているパルス関数を用いてフィッティングを行いその中で最適なものが何であるかを調べた。その結果、J-PARC 施設のパルス関数を再現する関数として Cole-Windsor 関数が最適であることが明らかとなり、そのパラメータを中性子エネルギー

ギーに対し内挿することで 1 eV から 10 keV の範囲の任意のエネルギーのパルス関数を再現する解析的近似式を求めることができた。この結果得られたパルス関数を共鳴解析コード「REFIT」に実装し、J-PARC 加速器に特有の陽子ビームのダブルバンチを考慮した精度の高い中性子共鳴スペクトルを求めることに成功している。

第 4 章では、バックグラウンドとなる散乱中性子成分を極小化する試料～検出器距離を決定し、精度の高い定量的解析に適した透過率測定体系とする手法を提案している。。その体系を用い、散乱中性子を見捨てる場合と見捨てる場合について、3 章で開発した共鳴吸収スペクトルの定量的解析システムを利用した解析を行い、その核種数密度分析の定量性について評価している。その結果、開発したシステムによる核種数密度の測定では 1% 程度の誤差で定量化が可能で、J-PARC では 100 eV 以上のエネルギーの場合、ダブルバンチの効果が無視できず、5% 程度まで定量性が悪化することが示されている。さらに、定量性を高めるためにバックグラウンドの正確な評価を目指してブラックレゾナンスフィルターを用いる方法を提案している。

第 5 章では、ここで開発した定量的解析システムや実験手法を核種数密度イメージングに応用した結果について述べている。Ag や Sn など複数の核種を含む鉛フリーはんだを試料として選択し、その厚さの異なる領域における特定核種の数密度を透過型 N-RAS によるイメージングで再現している。2 次元検出器のピクセルごとのスペクトルに対するフィッティングにより核種数密度を導出してマッピングした結果、試料の実効厚さの違いをイメージングすることに成功している。

第 6 章は本研究の総括である。

これを要するに、本研究では、透過型 N-RAS を用いた定量的な核種数密度イメージングに向けた解析システムや実験手法の開発を行うとともに、それに基づいた核種数密度定量性の評価を行い、透過型 N-RAS を用いたバルク材料内核種の定量的分析手法の確立に大きな寄与を果たしており、中性子イメージングの分野において貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。