



研究課題名 「パルス中性子による物質材料および空間場の組織構造・物理量イメージング」

北海道大学・大学院工学研究院・教授 きやなぎよしあき
鬼柳 善明

研究分野：原子力工学

キーワード：放射線、中性子、イメージング、結晶組織構造、磁場

【研究の背景・目的】

パルス中性子を用いたエネルギー分析型イメージングは、従来のラジオグラフィとは全く異なり、物質内部の結晶歪、配向、結晶子サイズ、元素などの情報、また、磁場や磁気ドメインなどの情報を、厚い物質に対して実空間イメージとして与えられることが分かってきた。このような物理量を非破壊で総合的に取得することができるのは中性子だけであり、物質材料評価・開発の点で非常に有用で応用範囲も広い。結晶組織情報導出は、現在、日本だけができるもので、世界を大きくリードしている。本研究では、本手法を発展させるために必要な技術を開発し、物質材料の総合評価手法として確立し、先進的応用研究を進める。

【研究の方法】

パルス中性子源では、中性子が一定間隔で発生する。色々なエネルギーの中性子が一度に発生するため、ある距離のところを時間を依存で観測すると、時間が早いところで、エネルギーの高い中性子が、時間が遅い所でエネルギーの低い中性子が観測される。この飛んでくる時間を測って、中性子の速度(エネルギー)を決める方法を飛行時間法という。図1に示すように、中性子と物質の相互作用の強さを表す中性子断面積はエネルギーによって大きく異なる。エネルギーが高いところには元素特有の共鳴ピークが表れる。これは元素の指紋のようなものであり、これを分析することによって、元素の種類や量、またこの幅から温度情報も引き出せる。一方、エネルギーが低いところでは、ギザギザが表れるが、これは結晶構造に対応するものである。ここから結晶子サイズ、

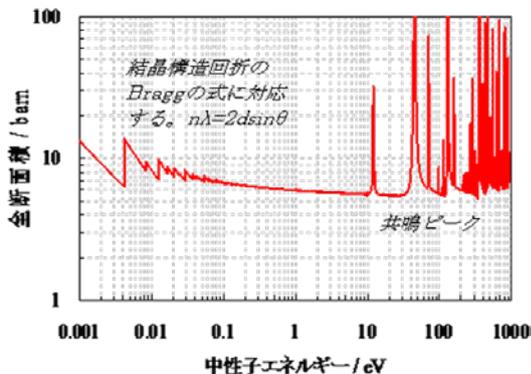


図1 中性子と物質の相互作用の大きさ

結晶配向の程度、結晶歪の情報が得られる。また、水素を含む物質では低エネルギーで断面積が増加し、水素の結合が弱いと傾きが大きくなる。さらに、中性子にはスピンのあり、小さな磁石と見なすことができる。中性子が磁場と相互作用して歳差運動し、スピンの回転の様子を解析することによって磁場の強さを測定することができる。

パルス中性子を用いて、飛行時間法で物質の透過実験を行なうと、透過強度のエネルギー依存性を位置依存で一度に取得できる。このデータを解析することによって、例えば図2に示すような結晶子サイズ、結晶歪などの情報を得ることができる。これは鉄の引っ張り試験片内の情報である。

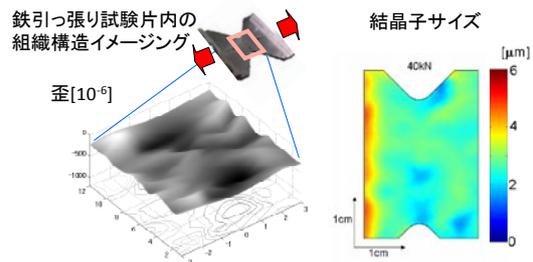


図2 結晶歪(左)と結晶子サイズ(右)

【期待される成果と意義】

結晶組織構造解析コードの汎用化をはかり、解析できる結晶構造を広げる、磁場の定量的評価を可能とするなど、非破壊で物質材料の内部情報を得る方法を確立する。さらに、構造材の信頼性評価、水素エネルギー機器評価、磁気機器や磁性材料開発、日本刀など古美術品の組織構造評価などを行なうことで、新規機能性材料開発・省エネルギー社会・文化への貢献が期待できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

H. Sato, T. Kamiyama and Y. Kiyonagi, A Rietveld-Type Analysis Code for a Pulsed Neutron Bragg-Edge Transmission Imaging and Quantitative Evaluation of Texture and Microstructure of a Welded Iron, *Materials Transactions*, 52, 1294-1302(2011).

【研究期間と研究経費】

平成23年度-27年度
204,400千円

【ホームページ等】

<http://toybox.qe.eng.hokudai.ac.jp/about.html>