

T2-3(MUSASI)回折装置の物質・材料研究利用への最適化

Improvement of T2-3(MUSASI) for application to material research

鈴木 博之¹⁾ 寺田 典樹¹⁾ 長谷 正司¹⁾ 北澤 英明¹⁾

Hiroyuki SUZUKI Noriki TERADA Masashi HASE Hideaki KITAZAWA

¹⁾ 物材機構

本課題では、物質・材料研究機構で行われている物質開発に、中性子回折を積極的に利用することに主眼をおき、T2-3 ポートの高度化や中性子利用の可能性を広めることを主題としている。前期報告としては、タービンブレードの損傷解析を目指した高度化といくつかの磁性体の研究結果について報告する。

キーワード： 高度化、磁気構造解析、フラストレーション

1. 目的

本課題では、物質・材料研究機構で行われている物質開発に、中性子回折を積極的に利用することに主眼をおき、T2-3 ポートの高度化や中性子利用の可能性を広めることを主題としている。高度化における整備については、原研側と歩調を合わせることで、効率的な整備を行う。

前期では、高度化としてタービンブレードの損傷解析を目指したゴニオメーターやコリメーターの導入を行い、物質研究としては、ガーネット構造(A3B5O12: A サイトがガーネット格子を形成)の中でも、A サイトが非磁性でB サイトのみが磁性をもつ稀な系であるNaPb₂Mn₂V₃O₁₂(NPMVO)やAgCa₂Mn₂V₃O₁₂は(ACMVO)等の磁気構造解析や交換相互作用のフラストレーションを持つ1次元量子スピン系Cu₆Ge₆O₁₈-xD₂O(x=0 or 6)の磁気構造解析を行った。

2. 方法

・高度化

タービンブレード等の損傷評価を行うためにはサブミクロン領域の評価が不可欠であり、ビームポートの中性子線の精度から0.1mm程度の領域の評価を可能とするために、位置付けの精度としては、少なくともその1/10である0.01mm以下の精度を持つゴニオメーターを導入した。また、中性子検出効率の向上において、一次元検出器を用いる必要があり、このために、測定領域を制限するためのラジアルコリメーターを導入した。今回導入したものは、ラジアルコリメーターとしての測定体積は、3mm × 入射ビーム幅(3mm) × 入射ビーム高さ(20mm)のものである。

・ガーネット系、1次元量子スピン系の磁気構造解析

主な実験条件、E_f = 13.4 meV, guide-80' -sample-40'

3. 研究成果

・タービンブレードの損傷解析

本来タービンブレード全体で整っている結晶方位が、高温で応力がかかる環境下において、および、相の粗大化と結晶成長方位からの回転の可能性について検証することを目的に、タービンブレード全体に渡って、(110)や(200)の回折実験を行った。これまで組織観測等から期待された部分について、その他の部分とのプロファイルと比較したところ、相対的な変化があることを観測した。

・ガーネット系

NPMVOは及びACMVOは、幾何学的があるA サイトが非磁性で、フラストレーションの無いB サイトのみ磁性を持つ稀な系で、ガーネット系における磁性の研究においてA サイトとB サイトの間の相互作用を個別に理解する上で非常に重要な系である。帯磁率及び比熱測定から、NPMVOは反強磁性転移温度が約14Kで、ACMVOは25Kであることが分かっている。今回の実験では、反強磁性相での磁気構造を調べるために中性子回折実験を行い、両方の化合物において、ネール点以下において磁気Bragg ピークが観測された。低角から順に、(200), (222), (420), (442), (622), (640), (820) とアサインでき、結晶格子の2倍の周期を持った磁気秩序が形成されていることがわかった。

・1次元量子スピン系

帯磁率の結果から、Cu₆Ge₆O₁₈-xD₂Oは鎖内の第1と第2近接反強磁性相互作用(J₁とJ₂)を持ち、その比

(J_1/J_2)が約0.30であることが分かっている[1]。低温で反強磁性転移を起こすが、その転移温度(T_N)と、 J_1 の大きさを反映する帯磁率が極大を示す温度(T_{max})の比は、特異な x 依存性を示す。 x が小さい場合と大きい場合で、磁気構造に違いがあるためと推定し、中性子弾性散乱測定を行い、磁気 Bragg peaks の観測に成功した。

4 . 結論・考察

・タービンプレードの損傷解析

これまでの組織観測等から期待された部分について、他の部分と比較して相対的な変化を観測したが、組織との相関については今後更に詳細な実験が必要であり、特に中性子のビームを更に絞り、位置精度を向上させる必要がある。このため、今後この課題については RESA での実験へ移行する予定である。

・ガーネット系

NPMVOは及びACMVOは、粉末回折パターンがNPMVO と酷似していることから、同様な2-sublattice 磁気構造が実現していると考えられる。Bサイトしか磁性が無いのに関わらず、ガーネット系の中では高いネール温度に表される強い反強磁性交換相互作用を示す起因について、磁気構造の面から現在考察中である。

・1次元量子スピン系

$x=0$ では、 $2\theta = 30.9$ と 41.5 付近に磁気 Bragg peaks が観測された。 $x=6$ では $2\theta = 41.3$ 付近に観測された。よって、磁気構造には何らかの違いがあると思われる。現在、格子定数の精密化を行い、各磁気 Bragg peaks の指数付けに取り組んでいる。

5 . 引用(参照)文献等

[1] M. Hase, K. Ozawa, and N. Shinya, Phys. Rev. B 68, 214421 (2003).