

ナノ空間で創る新奇磁性体

茨城大学 大学院理工学研究科 量子線科学専攻 准教授

中野 岳仁

(お問い合わせ先) E-MAIL : takehito.nakano.phys@vc.ibaraki.ac.jp



研究の背景

電子はミクロな磁石である「スピン」を持っています。永久磁石などの磁性体の中では、電子のスピンが自発的に向きを揃えています。これは電子間の量子力学的な相互作用によるものですが、膨大な数のスピンの向きを揃える条件が満たされることはあまりなく、磁性体になり得る物質は限られます。それを得意とする元素があり、磁性体には鉄などの遷移金属元素やネオジムなどの希土類元素が含まれていることが普通です。

しかし、その常識を覆すいろいろな新物質が開発されており、本研究の物質はその代表的なものと言えます。ゼオライトと呼ばれる結晶では、カゴ状のナノ空間が周期配列しています。そこにNaやKなどのアルカリ金属原子を吸蔵させ、ナノクラスター(10個程度の原子集団)を作って並べると(図1)、結晶構造や化学組成に依存して、強磁性、反強磁性、フェリ磁性などの多彩な磁気秩序状態が発現します。元のアルカリ金属は決してこのような磁性を示さないの、元素の個性を超越した現象と言えますが、その発現機構には多くの謎があります。

研究の成果

本研究は、周期的なナノ空間中のアルカリ金属が磁性体になる機構の解明を目的としています。まず、良質な試料を大量に合成する方法を確立しました。そして、原子炉や加速器で生み出される中性子やミュオンといった量子ビームを活用し、磁気的性質を詳細に調べました。

ソーダライトと呼ばれるゼオライトでは、内径が約0.7ナノメートルのカゴ状の空間が体心立方構造で配列しています。これにアルカリ金属原子を吸蔵すると電子スピンの互い違いに配列した反強磁性秩序が発現します。中性子回折実験によって、このスピンの配列構造を直接的に解明しました(図2)。また、Na、K、K-Rb合金とアルカリ元素が重くなるほど秩序が発現する温度(転移温度)が高くなりますが、それに対応してカゴの中の電子

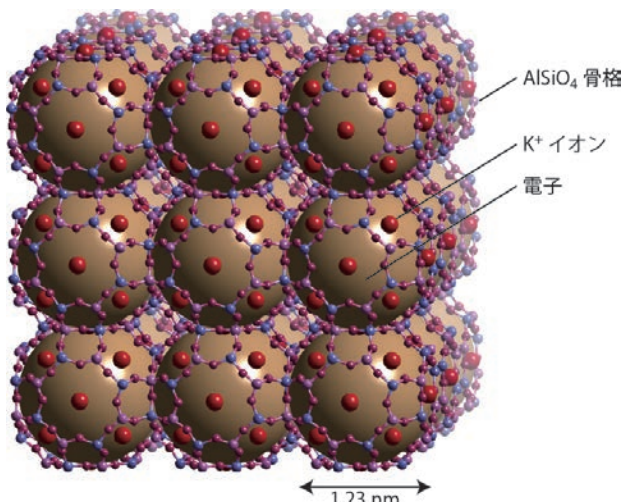


図1 A型と呼ばれるゼオライト結晶中に配列したカリウムナノクラスターの模式図。

の空間的な広がりが増すことでスピン間の相互作用が増強されることを突き止めました。さらに、強磁性やフェリ磁性を示す系についても同様の研究を進めています。

今後の展望

本研究の物質系において、容器としてのホストの結晶構造とゲストとして吸蔵する原子の種類のリ組み合わせの数は膨大で、研究が手付かずの広大な領域が残されています。ここで紹介した磁性以外にも、超伝導などのさらに興味深い相が隠されているかもしれません。学術的に重要性の高い物質開拓をさらに進め、量子ビームも活用して、ナノ空間を舞台に発現する物理現象の機構を解明してゆきます。

関連する科研費

2014-2016年度 基盤研究(C)「中性子散乱によるs電子強磁性の機構解明」

2016-2018年度 国際共同研究加速基金(国際共同研究強化)「中性子散乱によるs電子強磁性の機構解明(国際共同研究強化)」

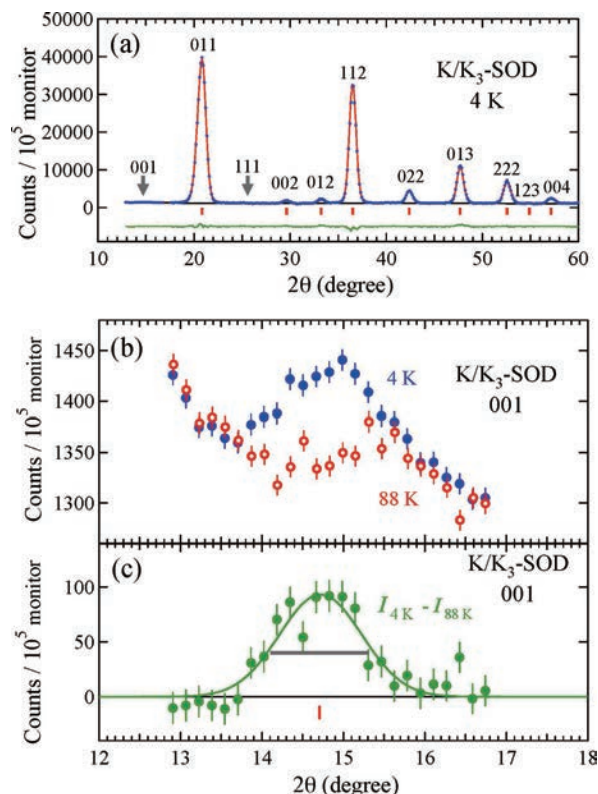


図2 ソーダライト中に配列したカリウムナノクラスターの中性子回折パターン。下部の緑色のデータが、カゴの中に広がった電子スピンの由来する信号。