

科学新聞

週刊

(金曜日発行)

発行所 科学新聞社

本社 (〒105-0013)

東京都港区浜松町1-8-1

電話 03-3434-3741

FAX 03-3434-3745

mail:edit@sci-news.co.jp

振替 00170-8-33592

酸素分子の磁気励起 —横浜市立大の益田准教授ら— 中性子散乱実験で観測

さらにデータの解析と考察を深め、今回の結果と地球磁場の観測データを結びつけるヒントを探っていくという。

酸素分子は、単純な2原子分子でありながら大きさがS=1のスピン(磁性)

3体衝突の効果を取り入れた方程式に直して計算したところ、その結果が実験で観測された空間形状と極めてよく一致することが確認できた。これは、今回用いた、拡張された3次元グロス・ピタエフスキー方程式が、磁気相互作用を行うBECの崩壊・爆発現象にも適用可能であることを示している。

また、今回の計算結果では、互いに反対方向に回転する2本の超流動渦リングが形成されることも示された。今後、この計算で予想される渦の輪を実験で確認することや、渦の輪について詳細な研究を行うことなど、BEC研究の新たな展開が期待される。

をもっているが、酸素分子からなる磁性体の設計といった試みは数少ない。横浜市立大学国際総合科学研究科の益田隆嗣・准教授のグループは、東京大学、京都大学と共同で、細孔性ホスト金属錯体に吸着した酸素分子の磁気励起を中性子散乱実験で観測することに成功。散乱強度の解析から、低温では隣接する2個の酸素分子スピンの二重体(合成スピンの大きさがゼロという意味で、非磁性状態ともよばれる)の磁性状態の一つ)となっていることを明らかにし、温度を上昇させるとその量子状態が変わる、柔らかい磁性体である可能性を指摘した。

用いられた物質は細孔性金属錯体の一種『CPL-1』(C₆H₂Cu₂N₆O₆)。断面積が4・0×6・0平方Å程度の一次元チャンネルが存在し、ここに様々な気体分子が吸着する。フレーム物質からのポテンシャルと酸素分子間のファン・デル・ワールス結合で決まる酸素分子の結合構造は、チャンネル方向に梯形的に並んだ構造となる。その方向の隣接する酸素分子スピン間には、分子軌道の重なりを通じた磁気相互作用が働き、二重体(O₂dimer)が形成される。益田准教授によると「通常の磁性体では金属元素が磁性を担うが、これを酸素分子で置き換えることはできないか」という素朴な疑問が研究のきっかけで「酸素磁性体の設計に、細孔性金属錯体を利用したこと、磁性の直接観測に、マイクロな磁気プローブである中性子散乱技術を用いたことが研究成果を得るポイントとなった」と指摘した。

実際、日本原子力研究開発機構に設置された東京大学物性研究所の分光器『PONTA』を用いた中性子非弾性散乱実験でスピン二重体に特有な磁気励起が観測された。S=1スピン二重体の理論曲線できれいに再現され、酸素分子スピンの二重体が実現されているとしている。

一方、温度を上昇させていくと、散乱強度の温度依存性は同モデルの理論予測から有意なずれを示すことが観測された。このずれの原因を詳しく調べたところ、温度上昇に伴わずかな結晶構造の変化が、ファン・デル・ワールス結合を通じた、スピン二重体の磁性状態の敏感な変化を考慮することで、ある程度説明することができた。つまり、CPL-1で実現されている酸素分子磁性体は、温度・磁場などでその磁性状態が容易に変化する、柔らかい磁性体の可能性があるという。

益田准教授の話「今後は、様々なホスト物質を用いることで、一次元鎖や梯子鎖、二次元系など、バラエティに富んだ酸素磁性体の探索を行いたい。酸素磁性体は、その主な凝集力であるファン・デル・ワールス結合がイオン結合や金属結合などと比べるとはるかに柔らかいため、温度や圧力により様々な磁気状態(さらには巨視的磁気秩序相が存在し得ると考えられる。柔らかいフレームワークをベースとした酸素分子磁性体の設計、実現をさらに進展させたい」

この研究は、日本物理学会発行の英文学術誌Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ)の2008年8月号に掲載された。