

理工系

低温反応により、これまでの常識を覆す
「平らな鉄の酸化物」を生み出すことに成功

京都大学大学院理学研究科准教授 陰山 洋

【研究の背景】

資源危機が叫ばれる今、希少元素の代わりにありふれた元素を用いて高機能な材料の実現を目指すユビキタス元素戦略において、鉄は最も重要な金属元素です。

鉄酸化物は多種多様に見えますが、その局所構造(鉄原子のまわりの酸素原子の結合形態)はほぼ共通して立体的であり(図1)、新たな機能をもつ鉄酸化物の開拓は困難であると考えられていました。

【研究の成果】

私たちは、通常の酸化物の反応温度(1000℃以上)よりずっと低い温度(300℃以下)で反応を行うことにより、新しい鉄の配位構造を実現することに成功しました。具体的には、 SrFeO_3 (Sr:ストロンチウム、Fe:鉄、O:酸素)と水素化カルシウムを300℃で反応させることによって SrFeO_2 を得ました(図2)。

SrFeO_2 では、鉄原子のまわりに四つの酸素原子が正方形に配位し、さらにその正方形が互いに繋がり合って二次元格子を組んでいます。ついで、 $\text{Sr}_3\text{Fe}_2\text{O}_7$ に対して同様の低温還元反応を行ったところ、「平らな配位」の鉄が一次元状に並んだ $\text{Sr}_3\text{Fe}_2\text{O}_5$ を得ることに成功しました(図3)。

このような配位構造は鉄酸化物に関する膨大な研究に基づくこれまでの無機化学の常識を覆すものです。

【今後の展望】

私たちの開発した手法を多数存在する通常の鉄酸化物に適用することで、「平らな配位の鉄酸化物」という大きなパラダイムを創りだすことができると考えています。

最近の研究により、これらの鉄酸化物は従来型のものに比べ化学結合が強いことがわかってきました。したがって、例えば、強力磁石、高温超電動体などの開発に弾みをつけると期待されます。

また、図2、3のような酸素の離脱を伴う反応が、低い温度で迅速に起こることは、固体中での酸素伝導に新しいメカニズムがあることを示唆しており、

その理解が固体燃料電池(SOFC)の低温動作化の実現に貢献することが期待されます。

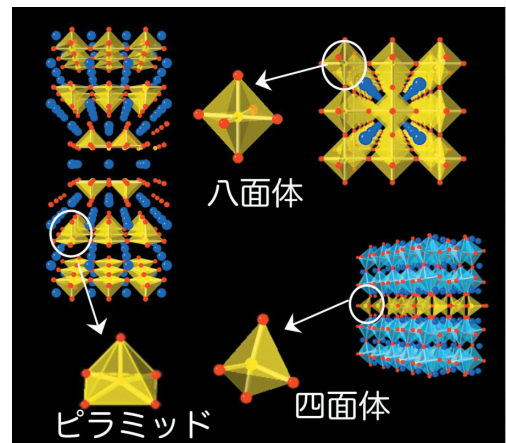


図1 通常の鉄化合物の局所構造。八面体や四面体やピラミッドのような立体的な構造を好みます。鉄原子と酸素原子はそれぞれ黄色、赤色です。

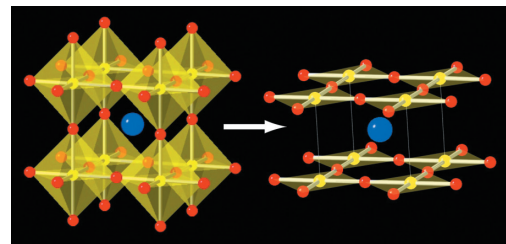


図2 SrFeO_3 (左)から SrFeO_2 (右)への反応スキーム。

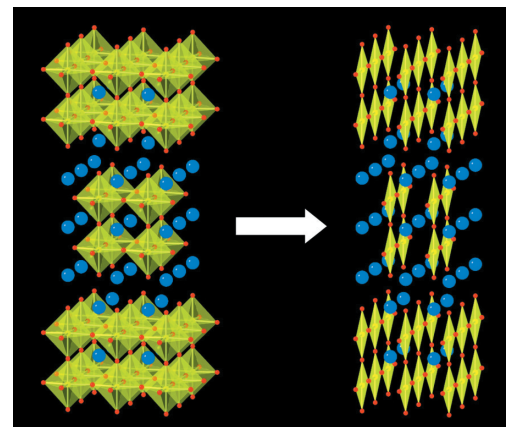


図3 $\text{Sr}_3\text{Fe}_2\text{O}_7$ (左)から $\text{Sr}_3\text{Fe}_2\text{O}_5$ (右)への反応スキーム。

活用された科研費

平成17-19年度 若手研究(A)「低温イオン交換法を用いた新規低次元磁性体の開発」
平成19-23年度 特定領域研究「フラストレーションが創る新しい物性」