

ヘマタイト～古くて新しい赤色無機顔料～

橋本英樹*[†]・稲田博文**

*工学院大学先進工学部応用化学科 東京都八王子市中野町2665-1 (〒192-0015)

** (地独) 京都市産業技術研究所 京都府京都市下京区中堂寺栗田町91 (〒600-8815)

[†] Corresponding Author, E-mail: hideki-h@cc.kogakuin.ac.jp

(2023年4月17日受付, 2023年4月28日受理)

要 旨

酸化鉄の中で、最も安定でこれ以上錆びることがないヘマタイトは色材として魅力的であるため、赤色無機顔料としてわれわれの身の回りの製品に幅広く使用されている。ヘマタイトが活用されている多くの分野において彩度を向上させたいという要望があるが、高彩度化にはさまざまな困難がある。ヘマタイトの彩度を制御し色材として活用するためには、ヘマタイトの結晶構造、電子状態、彩度の制御因子、光触媒活性などを全体として理解して、新しいヘマタイトを合成することが求められる。本論文ではヘマタイトの色を理解し新しいヘマタイト赤色顔料を開発するうえで必要な情報を整理した。

キーワード：酸化鉄、結晶構造、半導体、バンドギャップ、粒子径

1. 緒 言

自動車、パソコン、スマートフォンなど、私達の身の回りに溢れる便利な製品は、さまざまな機能をもつ材料が集積されて作られている。半導体製品はその代表であり、化学組成式であらわすと実に単純なSi (シリコン) が多様な機能をもつ半導体製品の素材である。その他にも、C (炭素) は多様な物性を示す材料として幅広い用途に使用されている。たとえば、グラファイトやダイヤモンドは産業を支える重要な材料であり、カーボンナノチューブ、フラーレン、グラフェンなどのナノカーボンも、これまでの製品の性能を格段に向上させることのできる夢の素材であるが、化学組成式であらわすとCであり、やはり単純である。ガラスはSiO₂ (シリカ) が基本組成であり、言うまでもなくガラスなくして私達の生活は成り立たない。Al₂O₃ (アルミナ) はアル

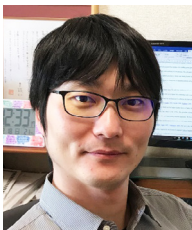
ミニウムの表面を保護するために欠かせない材料であるとともに電子材料としての機能をもつ。このように私達の生活を支える無機材料には実に単純な組成であらわされるものが多くある。著者らは、単純な組成であらわされる材料には、化学産業を支える機能が備わっており、その背景には新しい学理に繋がる奥深い科学が広がっていると考えている。酸化鉄も単純な組成であらわされる材料の一つであり、色材、触媒、磁性材料など、幅広い用途で実用されているとともに、次世代の光触媒や電極材料としての可能性を秘めている。本稿では酸化鉄、とくに赤色を示すヘマタイト (α -Fe₂O₃) について「色材」の観点から概説する。

2. 酸化鉄の分類¹⁾

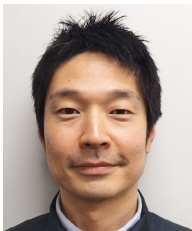
鉄の酸化数は変化しやすいことから酸化鉄には多くの組成がある。また、広義に酸化鉄を捉えると水酸基を含む酸化物 (水酸化鉄) もその中に入る。そのため、Fe₂O₃、Fe₃O₄、FeO、FeOOHなどの組成をもつものが酸化鉄と呼ばれる。Fe₂O₃の鉄は3価であり、Fe₃O₄は2価と3価の混合、FeOは2価、FeOOHは3価である。また、Fe₂O₃やFeOOHには、同じ組成であるが異なる結晶構造をとる結晶多形が存在する。Fe₂O₃には α 型、 β 型、 γ 型、 ϵ 型の四つの多形があり、FeOOHには α 型、 β 型、 γ 型、 δ 型の四つの多形がある。それぞれ、結晶構造 (原子配列) に起因する諸物性 (光学的性質、磁気的性質、電気的性質など) が異なる。このように酸化鉄の分類を整理するときには、まず組成を考え次に結晶構造を考えると良い。水酸化鉄も広義には酸化鉄に含まれると説明したが、一般にはFeOOHは水酸化鉄と呼ばれることが多い。しかし、FeOOHを酸化鉄に分類して説明する場合もあるので文献を読むときには注意が必要である。

3. 酸化鉄における鉄イオンの電子配置

鉄は0, 2, 3, 4, 5価をとりうるが、4以上の異常高原子価は高



【氏名】 はしもと ひでき
【現職】 工学院大学先進工学部応用化学科 准教授
【趣味】 音楽鑑賞、映画鑑賞
【経歴】 2008年日本学術振興会特別研究員 (DC2)。2009年岡山大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了。博士 (工学)。同年岡山大学大学院自然科学研究科 助教 (特別契約職員)。2015年工学院大学先進工学部応用化学科 助教。2020年同准教授。2022年JSTさきがけ研究員兼任。2023年物質・材料研究機構客員研究者兼任。現在に至る。



【氏名】 いなだ ひろふみ
【現職】 (地独) 京都市産業技術研究所 主席研究員
【趣味】 アウトドア (キャンプ)、バドミントン
【経歴】 2001年福岡大学理学部応用物理学卒業。2003年奈良先端科学技術大学院大学博士前期課程修了。同年5月京都市産業技術研究所。現在に至る。

【図表について】 電子ジャーナルサイト「J-STAGE」ではカラーでご覧いただけます。https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikizai-char/ja/