

論文の内容の要旨

論文題名 焼結用鉄鉱石の鉱物特性と焼結反応に関する基礎研究

氏 名 岡崎 潤

鉄鋼業の中で資源や環境ならびに省エネルギー問題に最も深く関わっているのが製鉄部門である。その中でも、粉状製鉄原料を塊成化(焼結鉱)する焼結プロセスは、厳しい環境規制を克服しつつ、資源の劣質化に対応しながら、高炉の要求する品質の焼結鉱を生産している。

現在、世界の鉄鉱石埋蔵量は約 1800 億トンであり、その中で使用可能な鉄鉱石は 1200 億トンといわれている。しかし、我が国では地理的条件から Al_2O_3 含有量の高い豪州鉄鉱石への依存度が大きく、その比率は 50%を越えている。製鉄部門における Al_2O_3 の悪影響はよく知られており、焼結操業では成品歩留や強度の低下、焼結鉱の還元粉化率の増大をもたらし、高炉操業においては、焼結鉱の 1100℃近傍での還元停滞や、熔融スラグ粘度の上昇などの問題点が報告されている。

その豪州の鉄鉱石資源は、優良な低りん鉱石(ヘマタイト(Fe_2O_3)主体)の枯渇化に伴い、安価ではあるが難焼結性鉄鉱石(高結晶水鉄鉱石)の比率が急激

に高くなっている (Fig.1)。

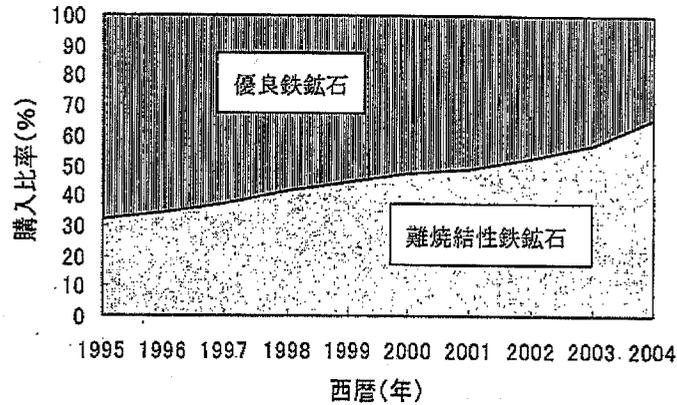


Fig.1 Trend of amount of purchased ores in Nippon steel.

Fig. 2 に難焼結性鉄鉱石の代表である高 Al_2O_3 ピソライト鉄鉱石の $1000^\circ C$ 加熱前後の組織を示す。本鉄鉱石は高結晶水鉄鉱石であり、加熱により結晶水が脱水し、鉄鉱石中に大きな亀裂が発生するため、成品歩留や強度を低下させることが知られている。

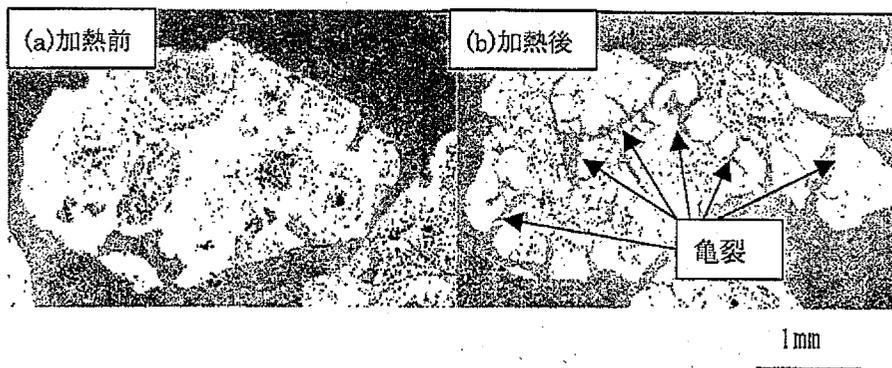


Fig.2 Large cracks formed in pisolite ore heated rapidly up to $1000^\circ C$.

安価な難焼結性鉄鉱石を多量に使用して、高強度、高歩留の焼結鉄を製造するには、使用する各鉄鉱石の鉄物科学的な特徴と焼結反応形態との関係を明確にし、それぞれの鉄鉱石が持つ特性値による焼結原料配合設計の構築が必要で

ある。

本研究は、焼結用鉄鉱石の鉱物特性と焼結反応との関係を明確にするとともに、今後資源の枯渇化に伴い使用量の増加が見込まれる、難焼結性鉄鉱石（高 Al_2O_3 ピソライト鉱石）の多量使用技術の確立を目的とした。

論文の概要を以下に記す。

第1章では、鉄鉱石資源動向、鉄鉱石研究の必要性、過去の研究事例を踏まえながら、本研究の目的、研究方針について述べ、本論文の構成を示した。

第2章では、新しく考案した鉄鉱石の鉱物特性（造粒性、溶融性）を評価する手法について述べ、それに従って主要銘柄鉄鉱石を造粒性では5つのグループに、溶融性では4つのグループに分類できることを示した。溶融性に関しては焼結鍋実験においてその影響を検証し、分類結果の妥当性を得た。安定な焼結操業には、鉄鉱石の選択や組み合わせが重要であり、鉄鉱石の持つ $100\mu m$ 以下の気孔量はその指標になることを明らかにした。

第3章では、第2章で分類した鉄鉱石毎に、主要焼結反応であるCaOとの同化反応を模擬した同化試験を実施し、同化反応を支配する因子を明らかにすることを試みた。その結果、鉄鉱石毎に同化組織（カルシウムフェライト、気孔率や気孔形状）が異なること、同化量（同化率）は鉄鉱石の持つ気孔量と脈石成分の影響が大きいことを明らかにした。さらに、擬似鉄鉱石の同化試験から、従来からの課題であった豪州産高 Al_2O_3 ピソライト鉄鉱石の、同化時における粗大気孔生成挙動は、加熱によりゲーサイド部に生成する粗大亀裂が原因であることを明らかにした。

第4章では、高炉内の還元性が優れている針状化したカルシウムフェライトの生成機構の解明について述べた。焼結反応をIn-Situで観察できる、電気炉内蔵型の走査型電子顕微鏡（ダイナミックSEM）を開発し、針状カルシウムフェライトの生成機構として提案されている、三つの説について解析を行った。

その結果、針状カルシウムフェライトの生成は、固-液反応説が妥当であることを実証した。さらに、初期融液の生成起点は、昇温過程の 1150℃ 付近において Fe_2O_3 と CaO の固相反応により鉄鉱石表面に生成する「 $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 組成相当の小粒物質」であることを明らかにした。

第 5 章では、実機擬似粒子を想定し、核となる粗粒鉄鉱石と付着粉となる細粒鉄鉱石の同化実験から、焼結体の気孔形成に及ぼす諸因子を解析し、気孔構造と強度の関係を検討した。その結果、粗粒鉄鉱石同化時の気孔生成は、鉄鉱石に含まれる化学組成（脈石成分）よりも、鉄鉱石中結晶水と酸化鉄の形状によって決まることを明らかにした。また、細粒鉄鉱石の同化時の気孔生成は、粗粒鉄鉱石と異なり、結晶水や酸化鉄形状よりも鉄鉱石中 Al_2O_3 量の影響を大きく受けることを明らかにした。さらに、 Al_2O_3 量が高い鉄鉱石 ($1.5\text{mass}\% < \text{Al}_2\text{O}_3$) ほど気孔の形状は不規則になり、かつ気孔数の増加が気孔率の増加につながることを明らかにした。

第 6 章では、焼結鉄の強度、歩留を向上させるためには、まず結合材となる融液が擬似粒子内でいかに早く移動できるかが重要であると考え、結合相形成の起点となる、初期融液の擬似粒子内移動現象を解析した。各鉄鉱石における初期融液の移動現象の定量化（融液浸透距離）を行い、その移動現象と鉄鉱石特性の関係を明確にした。

第 7 章では、これまで研究成果を基に、難焼結性原料である高 Al_2O_3 ピソライト鉄鉱石の同化後組織を改善するための技術として開発した (1) 鉄鉱石表面に高融点微粉（蛇紋岩と高 Al_2O_3 ピソライト鉄鉱石の事前造粒）を被覆する自己緻密化焼結法と、(2) 擬似粒子の核となる粗粒鉄鉱石と、付着粉となる細粒鉄鉱石の同化特性を活用した新配合法の開発経緯と、効果及びその実用化について述べた。

第 8 章は本研究を総括した。