

# 論文審査の結果の要旨

氏名 高 旭

鉄鋼中不純物元素のりんを除去する鉄鋼精錬の脱りんプロセスでは、脱りん処理に用いられるフラックスは固相  $\text{CaO}$  を含む固液共存融体である  $\text{CaO}$  系マルチフェーズフラックスとなっており、マルチフェーズフラックスへのりんの濃化反応機構の研究が進められている。本研究は、反応機構を検討するための基礎となる  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{FeO}-\text{P}_2\text{O}_5$  系フラックスの平衡相関係を明らかにした研究であり 7 章からなる。

第 1 章は序論であり、研究の背景、鉄鋼製錬における脱りん反応に関するこれまでの研究、マルチフェーズフラックスによるりんの除去反応機構に関するこれまでの研究について述べ、本研究の位置づけ、重要性を明らかにし、本研究を行う背景、目的について述べている。

第 2 章では、本研究で用いた化学平衡法による実験方法について述べ、実験条件の決定法について説明している。

第 3 章では、実際の脱りんプロセスにおける操業条件に近い酸素分圧  $10^{-10}$  atm、温度 1673K での  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{FeO}-\text{P}_2\text{O}_5$  系フラックスの固溶体相と液相の相関係を明らかにした結果について述べている。 $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{FeO}-5\text{mass}\%\text{P}_2\text{O}_5$  系フラックスを 1923K で熔融し、酸素分圧  $10^{-10}$  atm で 1673K まで 10K/min で冷却し、固液共存状態を保持し平衡させたのち試料を急冷した。冷却後の試料を SEM 観察し、また EDS により組成分析することにより、固溶体相、液相の相の同定、組成の分析を行い、相関係を明らかにし、その結果を  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{FeO}$ 、および  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$  系三元系状態図にまとめた。液相線は  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{FeO}$  系の液相線とほぼ同様であり 5mass% $\text{P}_2\text{O}_5$  の影響は小さく、固溶体相の組成は  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2-3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  の組成となっていることを明らかにした。

第 4 章では、相関係に及ぼす酸素分圧、温度の影響を調べるため、第 3 章と同様の実験を、酸素分圧  $10^{-8}$  atm、温度 1673K および 1623K で行い、 $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{FeO}-\text{P}_2\text{O}_5$  系フラックスの相関係を測定した結果について、 $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{FeO}$ 、および  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$  系三元系状態図にまとめている。液相線は高 FeO 側に移動し、液相領域は小さくなる。固溶体相の組成は  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

-3CaO・P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の組成となっていることを明らかにした。

第5章では、精錬プロセス中でフラックス中に含まれる Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の相関係に及ぼす影響を明らかにするため、酸素分圧 10<sup>-10</sup> atm、温度 1673K での CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO-5mass%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-5mass%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系フラックスの相関係を測定した結果について述べている。得られた CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO、および CaO-SiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 系三元系状態図から、5mass%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の添加により液相線は高 CaO 側に移動し、液相領域が拡大することを報告している。これは CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO 系で報告されている Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の添加効果と同様であり、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 添加による液相領域の拡大効果を明らかにした。また、固溶体相の組成は 2CaO・SiO<sub>2</sub>-3CaO・P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の組成であり、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 添加による影響はないことを報告している。

第6章では、第3章から第5章までで得られた固溶体相-液相の相関係の実験結果を基に、CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系マルチフェーズフラックスの相関係を考察し、また、マルチフェーズフラックスを用いた脱りんプロセスの検討結果について述べている。実験結果から推定した CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 四元系状態図での固溶体相-液相の相関係に基づいて、脱りんプロセスにおいて、固溶体相へ鋼中りんがりん酸化合物として除去される機構を新しく提案している。また、マルチフェーズフラックスを活用したりんの除去プロセスでの操作条件を検討し、CaO 原単位を大きく減らすことができるという結果を示している。

第7章では本論文の統括である。

以上のように、本論文では CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 系フラックスの固溶体相-液相の平衡相関係を明らかにし、鉄鋼精錬プロセスでのマルチフェーズフラックスによる脱りん反応を相関係に基づいて考察して、精錬プロセスに関する重要な知見を得ており、本研究の成果はマテリアルプロセス工学への寄与が大きい。

なお、本論文第3章、第4章、第5章、第6章は松浦宏行、月橋文孝との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上、1944字