

# TMS2025 154th Annual Meeting & Exhibition

東京大学 工学系研究科 マテリアル工学専攻  
助教 齋藤 啓次郎  
(2024 年度 国際会議等参加助成 AF-2024058-Y2)

キーワード：製鋼，脱リン，リン酸カルシウム，Gibbs エネルギー，熱力学

## 1. 開催日時

2025 年 3 月 23 日 - 2025 年 3 月 27 日

## 2. 開催場所

アメリカ合衆国 ネバタ州 ラスベガス  
MGM Grand Las Vegas Hotel & Casino

## 3. 国際会議報告

### 3.1 会議概要

本会議は、The Minerals, Metals & Materials Society (TMS) が主催する世界最大級の国際会議であり、約 70 カ国から 4000 名以上の研究者・技術者が参加する。鉱物・金属・材料に関する幅広い研究分野をカバーしており、今回の年次大会は計 124 のシンポジウムで構成された。例年 3 月頃に北米で開催されるが、著者にとっては今回が初めての参加であった。

### 3.2 発表概要

“Thermodynamic and Kinetic Considerations in Metallurgical Processing”セッションにおいて、“Novel Approach to Measure the Thermodynamic Property of Tri-calcium Phosphate Using the Phase Relation in the  $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{P}_2\text{O}_5$  Ternary System”と題して発表を行った。

製鉄プロセスにおいて、リンは鋼材を脆化させる典型的な有害不純物として知られている。鉄鋼の高強度化や加工性向上のためには脱リンプロセスにおける厳密な濃度制御が不可欠であり、この脱リンプロセスでは、鉄中のリンを酸化してリン酸カルシウム  $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$  としてスラグ相へ分離除去している。このような精錬プロセスを理解し、最適化を目指す際には、化合物の安定性を意味する熱力学データ (Gibbs エネルギー) が基礎的な設計指針を与える。ところが、 $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$  の熱力学データに関しては過去の複数の報告間<sup>1-5)</sup>で大きなばらつきが見られるという問題が存在し、信頼性の高いデータが求められていた。

先行研究では  $\text{CaO} - \text{P}_2\text{O}_5$  二元系を用いた測定手法に基づいていたのに対し、本研究では  $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{P}_2\text{O}_5$  三元系に着目した新たなアプローチを提案した。具体的には、測定対象の  $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{P}_2\text{O}_5$  系酸化物で自作したるつばに  $\text{Cu} - \text{P}$  合金を挿入し、酸素分圧を制御した加熱反応炉内

で平衡させる実験を行った。平衡後の合金中 P 濃度を分析することで  $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$  の熱力学データが得られた。この時、 $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{P}_2\text{O}_5$  三元系の相平衡と熱力学的な関係を考慮すると、 $\text{CaO} - \text{P}_2\text{O}_5$  二元系を用いるよりも合金中のリンを高精度に検出できることが示され、従来以上の精密測定に成功した。また、測定における系統誤差に関する考察を行い、本測定値の信頼性の高さを示すことができた。

さらに、本測定結果に基づいて過去の報告値の大きなばらつきの原因を探り、測定に用いられてきた参照合金の熱力学データからの誤差伝播に起因していることを特定した。この成果は、今回の測定対象とした  $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$  だけでなく、今後その他の化合物の熱力学測定を高精度に実施するためにも広く活用できる有用な指針となるものと考えられる。

発表後のディスカッションでは、「測定系に  $\text{SiO}_2$  を加えたことによる誤差は生まれるのか」という本研究の独自のアプローチに対する質疑や、化合物の熱力学性質を整理する上でのデータ解析に対する議論の機会を頂いた。ここで得られた新たな視点は、今後、研究を深めるために反映したいと考えている。熱力学データの利用・測定に携わる研究者との意見交換やネットワーク構築を目指して参加した本国際会議であったが、目的を達成でき有意義な研究交流の機会となった。

## 謝 辞

今回の国際会議の参加にあたり、公益財団法人天田財団より 2024 年度 国際会議等参加助成 (若手研究者枠) を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) J. B. Bookey: *J. Iron Steel Inst.*, 171 (1952), 61.
- 2) A. Tagaya, F. Tsukihashi and N. Sano: *Trans. ISS.*, 13 (1991), 63.
- 3) H. Yama-zoe, E. Ichise, H. Fujiwara and M. Iwase: *Trans. ISS.*, 18 (1992), 41.
- 4) T. Nagai, M. Miyake and M. Maeda: *Metall. Mater. Trans. B*, 40 (2009), 544.
- 5) E. Yamasue, K. Shimizu and K. Nagata: *ISIJ Int.*, 53 (2013), 1828.