The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	鉄鋼を中心とした金属資源循環プロセスの要素技術に関する研究
Author(s)	田口, 謙治
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46894
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏　　名　田口謙治（たぐち　けんじ）

博士の専攻分野の名称　博　士（工　学）

学位記番号　第　20318　号

学位授与年月日　平成18年3月24日

学位授与の要件　学位規則第4条第1項該当

工学研究科マテリアル応用工学専攻

学位論文名　**鉄鋼を中心とした金属資源循環プロセスの要素技術に関する研究**

論文審査委員　（主査）

教　授　碓井　建夫

（副査）

教　授　松尾　伸也　　教　授　田中　敏宏　　助教授　中里　英樹

論文内容の要旨

環境汚染や資源枯渇に関する問題が重要視される中、資源リサイクルや省エネルギープロセスへの関心が高まっている。本論文では、省エネルギーかつ高効率的な鉄鋼を中心とした金属資源循環プロセスの構築を目指し、以下の3つの要素技術について検討を行った。

【1】効果的な溶鉄中トランプエレメントの除去（第2～4章）

【2】廃棄自動車等から発生するシュレッダーダスト中金属資源の回収（第5、6章）

【3】回分式操作を必要とする材料製造プロセスの高効率化（第7章）

第1章では、本研究の背景、目的および本論文の構成について述べた。

第2章では、通常の実用真空度以下の条件下でも、十分な脱Cu速度を達成する手法として、溶媒-溶質間に働く化学親和力に着目した。133 Paから大気圧までのチャンバー圧下において、溶媒金属であるFeと親和力が強いSi、Cを添加した場合の溶鉄中Cuの蒸発速度を測定した。133 Paの実用真空下では、既往のFe-Cu系の脱Cuの速度定数の2.4～3.5倍に相当する値が得られた。溶鋼の脱Cu処理を想定した場合、本研究の速度定数から見積もられる処理時間は従来の約1/5に相当することを示した。

第3章では、1923 K、チャンバー圧133 Paにおいて、溶鉄中Cu、Snの蒸発除去速度に及ぼす合金元素（Al、B、C、Si）の影響について調べた。溶鉄中CuおよびSnの活量係数に及ぼす合金元素の影響を表す相互作用母係数を算出して、脱Cuおよび脱Snに及ぼす合金元素の影響を評価した。脱Cu速度ならびに脱Sn速度を促進する効果的な元素はそれぞれB＞C＞Si、Si＞C＞B＞Alの順であることを明らかにした。

第4章では、溶鉄-固体間の濡れ性を利用し、表面偏析する溶鉄中Cuの除去を試みた。浸漬する固体物質として、$NiO \cdot Al_2O_3$および$CaO \cdot Al_2O_3$の2種類を使用した。$NiO \cdot Al_2O_3$を使用した場合、Fe-Cu 2元系のメタルに対して脱Cuが進行し、最大で20%の脱Cu率が得られた。一方、$CaO \cdot Al_2O_3$を使用した場合、メタル中にSを含む系で脱Cuが進行し、効果的に浸透脱Cuが進むS濃度（0.05～0.5 mass%）が存在した。そのときの最も大きい脱Cu率は14%であった。

第5章では、廃棄自動車由来のシュレッダーダストから、含有する鉄および銅を各々の金属資源として分離・回収することを想定し、Fe-Cu-B(-C)系のFeとCuの2液相相分離について調べた。FeとCuの分離には、既往の研究で報告されているC、P、Siに比べ、Bが最も効果的な元素であることを明らかにした。本2液相分離を利用して、

Fe-20 mass%Cu 合金から Cu をおよそ 80%回収でき、通常の銅鉱石に比べ高品位銅資源として、新たに利用しうることを示した。

第6章では、老廃スクラップ中に混入する銅には、その質量に対して約 10%に相当する質量の錫が付随しており、Fe-Sn-Cu-B 4元系に拡張して、1523 K おける Fe 相と［Sn-Cu］相の2液相分離について調べた。1523 K、Fe-Sn-Cu-2.66 mass%B 系における Fe-Sn-Cu 擬3元系等温断面図を提示した。Fe-Sn-Cu 合金からの Fe、Cu、Sn の濃縮率を評価した結果、シュレッダーダスト中に含まれる金属組成を想定した場合、Fe は 90%、Cu、Sn は 80%以上をそれぞれの金属濃縮相に回収できることを示した。

第7章では、自由渦防止による共存する2液体の高効率分離・排出法を提案した。水モデル実験より、水槽底部に設けた排出口近傍に円柱状の物体を設置すると、出水の際に生じる自由渦を抑制できることを新たに見出した。鉄鋼や非鉄金属をはじめとする多くの材料製造プロセスにおける回分式操作の処理時間の短縮や歩留まりおよびスラグ巻き込み防止による製品品質の向上が望めることを示した。

第8章は結論であり、本研究の成果を総括した。

論文審査の結果の要旨

資源枯渇や環境汚染問題が深刻化する中、資源リサイクルの重要性の高まりとともにそのプロセスの確立が大きな課題となっている。本論文は、鉄鋼を中心とした金属資源循環プロセスの構築に必要な要素技術について検討したものである。得られた結果を要約すると以下のとおりである。

(1) 鉄スクラップのリサイクル過程で混入する Cu の除去に関して、溶媒金属 Fe と親和力が強い Si、C を添加することにより Cu の蒸気圧が増大することに着目し、溶鉄中 Cu を蒸発により気相中に効果的に除去する方法について検討している。溶鉄中 Cu の蒸発速度の温度依存性、チャンバー圧依存性、Si、C 濃度依存性を測定し、1923 K、133 Pa の実用プロセス条件下において、溶鋼の減圧処理を最適化することにより、脱 Cu の処理時間を従来の約 1/5 に短縮できることを示している。

(2) 1923 K、133 Pa の実用プロセス条件下において、溶鉄中 Cu、Sn の蒸発速度に及ぼす合金元素（Al、B、C、Si）の影響について系統的に調べている。脱 Cu および脱 Sn に及ぼす合金元素の影響について熱力学的考察を加え評価しており、脱 Cu 速度を増大させる元素は Si、C、B の順に効果が大きく、また、脱 Sn 速度に関しては、Al、B、C、Si の順に効果が大きいことを明らかにしている。

(3) 電炉などの鉄スクラップを原料として鋼を製造するプロセスにおいては、一般に Cu 濃度を制御する必要があり、簡便に Cu 濃度を許容値以下に低減する方法の確立が望まれている。表面張力の差により Cu が溶鉄表面に偏析しやすい点に着目し、Cu を $NiO \cdot Al_2O_3$ または $CaO \cdot Al_2O_3$ の固体物質内に濡れ・浸透させることにより優先的に除去する方法を試みている。溶鉄にそれらの固体物質を接触させることによって、溶鉄中に含まれる Cu の約5～20%を固体物質中に除去できることを示している。

(4) 廃棄自動車由来のシュレッダーダスト中に金属資源として主に含まれる Fe および Cu の分離・回収方法について検討している。Fe-Cu-B(-C) 系の相平衡について調べ、Fe-Cu 系の均一液相が B 添加によって Fe-B および Cu を主に含む2液相に分離することを見出している。2液相分離を利用して Fe、Cu を濃縮することにより、シュレッダーダスト中から約 80%の Cu を回収可能であり、高品位銅資源としてリサイクルできることを示している。

(5) Fe-Sn-Cu-B 4元系における相平衡について調べ、Fe 相と［Sn-Cu］相の2液相分離組成について明らかにしている。老廃鉄スクラップならびにシュレッダーダスト中に含まれる金属組成を想定した場合、2液相分離を利用することにより Fe は 90%以上、Cu、Sn は 80%以上をそれぞれの金属濃縮相に回収できることを示している。

(6) 槽型反応容器を使用する材料製造プロセスの回分式操作の高効率化を目指して、自由渦防止による共存する2液体の高効率分離・排出法を提案している。水槽底部に設けた排出口近傍に円柱状の物体を設置することにより、出水の際の自由渦発生を防止できることを新たに見い出し、回分式操作の処理時間の短縮や歩留まりおよび製品品質の向上が望めることを示している。

以上のように、本論文は「効果的な溶鉄中トランプエレメントの除去」、「シュレッダーダスト中金属資源の回収」、および「回分式操作を必要とする材料製造プロセスの高効率化」について、理論と実験により解析を行ったもので、金属生産工学、資源環境学上寄与するところが大である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。