

論文審査の結果の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏 名 花田 一利

鉄鋼は私たちの生活にはなくてはならない金属であり、一説によれば現代もまだ鉄器時代が続いているといわれている。鉄が利用されるようになって以来、鉄の高性能化にはたゆまぬ努力が払われてきた。鉄はその中に含まれる鉄以外の成分により著しく性能を変化させる。代表的なのは少量成分である炭素の含有量である。炭素の含有量により鉄は、純鉄、鋼、そして銑鉄に分類される。炭素含有量が0.02%から2%の鉄が鋼でと呼ばれ、汎用されている。鋼への微量元素の添加は、鋼に様々な特性を与える。従って、鋼に含まれる微量元素の含有量を正確に測定することは、製品の管理だけでなく、鋼の機能向上に欠かせない。また、鉄鋼の生産過程で再生される鉄鋼スラグは、体積ベースでみると鉄とほぼ同じ量だけ産生される。このため、鉄鋼スラグの利材化は鉄鋼業界にとって最大の関心事の一つである。

そこで本研究では、精度と正確さとを兼ね備えた鉄鋼中微量元素分析法を開発するために化学的な分離・濃縮技術と高感度な原子スペクトル法を組み合わせた新たな方法の開発について検討した。それに加えて、鉄鋼スラグの利材化を目指し、鉄鋼スラグ中の遊離マグネシアの計測法の開発、鉄鋼スラグからの不要元素の除去、および有害元素の吸着機能の開発、について検討した。

本論文では以下の成果を得ている。

- 1) 高感度分析法の開発において、周囲からの汚染は甚大な悪影響を及ぼす。そこで、この汚染を極力低減させるために、一本の試験管内あるいはイオン交換カラムでマトリックスである鉄の分離除去をする分離濃縮法を開発し、これと原子スペクトル法の中でも最高感度を有する誘導結合プラズマ-質量分析法とを組み合わせた鉄鋼中微量元素分析法を開発した。これにより、従来技術では分析が困難であった鉄鋼材料中に $\mu\text{g g}^{-1}$ からサブ $\mu\text{g g}^{-1}$ レベルでしか含まれないアルミニウム、クロム、ニッケル、銅、ジルコニウム、ニオブ、モリブデンはじめとする30元素以上のごく微量不純物元素を精度よくかつ正確に分析することが出来るようになった。
- 2) 鉄鋼スラグに含まれる遊離マグネシアは水分との反応により鉄鋼スラグを膨潤させることから鉄鋼スラグの利材化の妨げとなる。そこで、鉄鋼スラグに含まれるマグネシウム化合物の中で遊離マグネシアだけを選択的に抽出できる媒質を探索し、抽出されたマグネシウムを測定することにより鉄鋼スラグに含まれる遊離マグネシアを選択的に分析できる手法を開発した。

- 3) 鉄鋼スラグを土木用資材として環境中で使用する場合、含まれるイオウ分が酸化され黄色の浸出液が発生することがある。亜臨界水を用いて鉄鋼スラグからイオウ分を完全に除去する方法を開発し、これまで利材化が困難であったイオウ分を多く含む鉄鋼スラグの利材化に寄与することが出来た。
- 4) 鉄鋼スラグを人工鉱物とみなし、アルカリ処理あるいは硫酸処理を行うことにより、セシウム(I)あるいはセレン(IV)をそれぞれ吸着する機能を開発した。これにより鉄鋼スラグの新たな利用用途を開拓できた。

以上、本研究では新たな機能性材料としての鉄鋼および鉄鋼スラグの開発を目指し、化学反応に基づく高性能微量元素の開発や利材化技術の開発を行った。得られた成果は鉄鋼関連分野における学術的かつ技術的な進歩に大きく寄与しているだけでなく、原著論文をはじめ、国内外での口頭発表を通じて関連学会や産業界からも高い評価を得ている。

本論文については、2021年2月12日に本学工学部323教室において、審査委員を含む関係者の出席のもとに公聴会が開催され、本論文の内容を詳細に審査した。その結果、論文内容の学術的意義、独創性、工学的実用性、および将来の発展性を高く評価した。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文に値するものと認める。