

論文審査の結果の要旨

氏名 張 曉瑞

鉄鋼の製鋼プロセスでの副産物である製鋼スラグは国内で年間約 1,400 万トン発生し、その大部分はリサイクル利用されているが、利用量の減少に伴い新たな用途の開発が望まれている。その中で、海洋域で製鋼スラグを土壌に混合して固化した材料を用いて、海洋環境における海洋植物の成長を促進する海洋埋立材料などの新たな海域環境修復材の利用法が進められ、海洋での海藻類の成長促進には鉄イオンの存在が重要な役割を果たしていることが確認されている。しかし、製鋼スラグからの海水中への各種元素の溶出機構、共存する有機酸による溶出促進機構、製鋼スラグと土砂の混合材の海中における経年変化などは十分解明されていない。本研究は、製鋼スラグからの各種元素の溶出反応機構、および有機酸の影響、土壌の影響を明らかにし、製鋼スラグの海洋環境での有効利用方法を提案した研究であり 7 章からなる。

第 1 章は序論であり、研究の背景、鉄鋼製造プロセスにおける製鋼スラグの発生、海洋域の環境について述べ、海洋環境での製鋼スラグの利用に関するこれまでの利用実績、既往の研究について説明し、本研究の位置づけ、重要性を明らかにし、本研究を行う目的について述べている。

第 2 章では、本研究で得た結果を熱力学的に検討するために必要となる各種元素の安定相図と電位-pH 図の作成方法を説明し、これらの図を電気化学データから計算した結果を示している。

第 3 章では、海水中への製鋼スラグからの Fe、Si、P、Ca、Mg の溶解挙動を測定し、これら元素の溶解機構を明らかにした結果について述べている。製鋼スラグを模擬した酸化物試料および実際の製鋼プロセスで発生したスラグ試料粉を人工海水中で振盪し、溶出試験を行った。スラグ組成の違いによる溶出元素濃度の時間変化を測定し、また、溶出前後のスラグ試料の XRD による相同定を行い、溶出反応機構を検討した。特に海洋植物の成長に寄与する元素である鉄イオン溶出濃度は ppb のオーダーと非常に小さく、2 価または 3 価のイオンとして存在していることを明らかとした。

第 4 章では、製鋼スラグから海水中への各種元素の溶出挙動に及ぼすグルコン酸の影響について測定した結果を述べている。有機酸の共存により鉄イオンの溶出が促進される現象は確認されているが、その溶出機構は明確でないため、本章で有機酸としてグルコン酸を海水中へ添加して

振盪・溶出実験を行い、グルコン酸濃度とスラグ組成の Fe、Si、P、Ca の溶出量への影響を調べ、溶出機構の検討を行った。グルコン酸の共存により、Fe、Si、P、Ca の溶出量は増加しており、グルコン酸の添加効果を明らかにした。この効果を鉄イオンがグルコン酸とキレート化合物を生成し溶出する機構により説明している。

第5章では、製鋼スラグと浚渫土の混合物から海水中への各種元素の溶出挙動を調べた結果を述べている。海洋環境修復材料として製鋼スラグは浚渫土などの土壌と混合して用いられ、土壌中の有機酸であるフルボ酸やフミン酸の存在により鉄イオンの溶出に影響があることから、本章では浚渫土添加量とスラグ組成を変えて振盪・溶出実験を行っている。Fe、Si、P、Ca の溶出量は浚渫土添加量の増加とともに増加することを示した。安定相図と電位-pH 図および溶出後のスラグ構造の変化に基づいて各元素の溶出機構を提案している。鉄イオンについては、溶出量はいったん増加してから減少しており、いったん生成した鉄キレート化合物が時間とともに分解する反応から、その機構を説明している。

第6章では、第3章から第5章で得られた知見に基づいて、海洋環境修復材料として製鋼スラグを使用する方策について検討し、また海洋での製鋼スラグ利用による環境負荷について述べ、今後の検討事項を指摘している。有機酸の共存による製鋼スラグからの有用元素の海水中への連続的な溶出の促進による、海洋環境の修復のための製鋼スラグの新しい有効利用方法について提案を行っている。

第7章では本論文の統括である。

以上のように、本論文では製鋼スラグから海水中への種々の元素の溶出挙動を測定し、スラグ組成、スラグの組織、共存する有機酸の影響、および土壌の影響を明らかにし、安定相図、電位-pH 図に基づいて、製鋼スラグからの元素の溶出機構を考察して、製鋼スラグの有効利用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、1940字