

転炉スラグを用いた生物膜付着型担体の開発

九州大学工学部 学生員 ○堂蘭洋昭

正会員 大石京子

フェロー 楠田哲也

1. はじめに

製鉄過程で発生する転炉スラグは年間約1000万トンあり、その約1割が産業廃棄物として埋立て処分されている。現在、その有効利用が種々検討されており、その一つに転炉スラグが有するリン除去能を利用して水域の富栄養化防止、改善が試みられている¹⁾。本研究は、転炉スラグにリン除去以外の機能を見出すことを考え、河川において生物膜付着型担体として用いることを目的とする。担体化にあたり、密度の大きな転炉スラグが河床へ沈埋するのを防止するため、見かけ密度の低減化が必要である。その方法の一つとして転炉スラグを焼成することが考えられた。そこで今回は、焼成前の転炉スラグと焼成したものをを用いて、転炉スラグの溶出特性とそれを河川に放置した場合の生物膜の付着特性について検討した。

2. 実験方法

まず、焼成前の転炉スラグを粒径毎に5.00～9.52mm(粒径1)、0.85～1.40mm(粒径2)、0.425～0.850mm(粒径3)、0.30mm以下(粒径4)にふるい分けし、それぞれ5.0gと蒸留水1lをビーカーに入れ、スターラーを用いて300rpmで搅拌した。搅拌初期のpH変化と、搅拌を数日間継続した後、溶液をメンブレンフィルター0.1μmでろ過したろ液のpH、アルカリ度(pH5.6までの酸消費量)、さらにICP-MSを用いて溶出元素の測定を行った。溶液を取り除いた後のスラグに新たに蒸留水を加え、上記の実験を繰り返した。また、比較のために焼成後の転炉スラグ粒径3を用い、上記の実験を行った。

次に、転炉スラグの生物膜付着特性を調べるために、ステンレス製の金網で製作した籠に粒径0.85～1.40mmにふるい分けした焼成前後の転炉スラグを別々に入れ、下水処理場放流口付近の河床に放置した。数日おきにその籠の中から少量ずつ転炉スラグを採取し、表面に付着した微生物の脱水素酵素活性を測定した²⁾。水素受容体には0.2%のINT溶液を用いた。

3. 実験結果及び考察

搅拌初期のpH変化を測定した結果、pHは急速に上昇し、いずれの粒径においてもわずかに数分で9以上の高い値を示した。pHの最高は粒径4で11.6、粒径1で10.2と全ての粒径で10以上の高い値を示した。pHの上昇速度、最高値ともに粒径の小さいものほど大きく高い値を示した。また、焼成したものとししないものとは、pH変化に大きな違いは見られなかった。

ろ液のアルカリ度を測定した結果を図1に示す。粒径の小さい転炉スラグほどアルカリ成分の溶出量が多く、これは、粒径の小さいものほど単位質量当たりの比表面積が大きいと推測される。また、アルカリ成分の溶出量は搅拌初期ほど多く、その後次第に減少した。これらのことから、転炉スラグの河川への設置に際し、アルカリ成分の溶出抑制が必要な場合は粒径を大きくするか、あるいは前処理として水中に放置してアルカリ成分を溶出させる必要があると考えられる。さらに、焼成したものとししないものを比較したがpH同様ほとんど差はなかった。

ICP-MSを用いて転炉スラグからの溶出元素を測定した結果、Ca、Si、Al、Mgの順に溶出量が多かった。各元素の溶出量とそれらの転炉スラグ中の組成比はほぼ等しかったが、含有量の3番目に多かつ

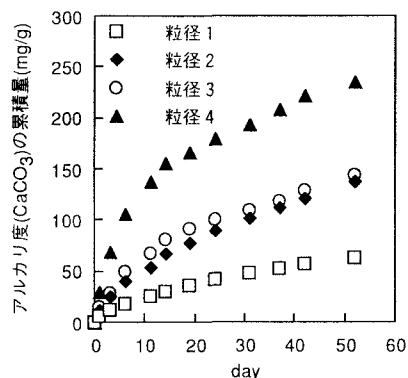


図1. 粒径別転炉スラグからのアルカリ成分溶出の経時変化

たFeの溶出量は他の元素に比べ極端に少なかった。

図2、3は、溶出量の多かったCa、Siの溶出曲線を示したものである。Caの溶出曲線はアルカリ度のそれとよく合致している。また、溶出沈殿物をX線解析で分析した結果、 CaCO_3 と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を同定した。溶出の際pHが急激に10以上に上昇したことから、スラグ中のCaOが溶出後 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ となり、水中の CO_2 と反応して CaCO_3 を形成したものと考えられる。一方、Siの溶出曲線は粒径1～3は図1、2と同じ様な傾向を示したが、粒径4は他と異なり溶出量が小さかった。このことは、転炉スラグに含まれるSiの溶出可能量は、ある粒径までは粒径が小さくなるほど増加するが、それ以下になるとあまり増加しないことを示している。

次に、転炉スラグへの生物膜の付着状況を調べた結果を図4に示す。付着生物の脱水素酵素活性は時間の経過に伴い増加した。また、焼成前の転炉スラグは焼成後のものに比べ脱水素酵素活性が2倍以上大きかったが、前述のように溶出特性には焼成前後で大差はなく、したがって表面のpHやアルカリ成分の溶出量が原因ではないと考えられた。そこで、SEMを用いて焼成前後の転炉スラグの表面を観察したところ、焼成前のものは凹凸が多く非常に入りこんでいるのに対し、焼成後のものはFeが溶融したことで非常に滑らかになっており、その形状に大きな違いがみられた。このことから、焼成後のスラグは表面形状が変化したことによる比表面積の減少や滑らかになったことで微生物膜が付着しにくくなったことが考えられる。

さらに、脱水素酵素活性を測定した転炉スラグを用いて溶出実験を行い、溶液のアルカリ度を測定したところ、例えば河川放置5日目の転炉スラグでは、アルカリ度は同一粒径で行った溶出実験の1日目よりも高い値を示した。このことから、河川に設置した転炉スラグには、アルカリ成分の溶出量が多く、表面のpHが非常に高い段階から微生物膜が付着することが分かった。

4. まとめ

粒径別に分けた転炉スラグからの溶出特性を調べたところ、pHの上昇速度、最高値およびアルカリ成分の溶出量は単位質量当たりの比表面積が大きいものほど大きくなった。また、転炉スラグからの溶出元素はCa、Si、Al、Mgの順に多く、アルカリ度を支配する主要元素はCaであることが分かった。生物膜付着実験では、焼成前後の転炉スラグを河川に設置し酵素活性を測定したところ焼成前のものが後に比べ2倍以上大きな値を示した。

参考文献

- 1) 伊藤一明、西嶋渉、正藤英司、岡田光正 (1996) 鉄鋼スラグ散布による沿岸海域でのリン除去の基礎的研究—室内実験と長期現場実験—、水環境学会誌、vol19、pp501—507
- 2) 社団法人日本下水道協会 (1997) 下水試験方法 1997年版、上巻、pp760—763

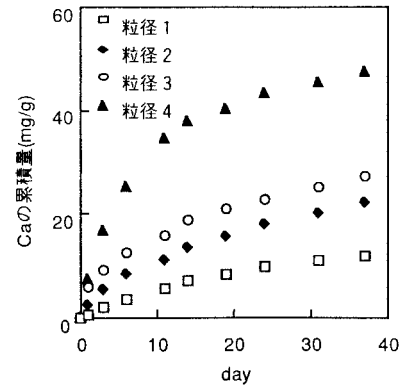


図2. 粒径別転炉スラグからのCaの溶出量変化

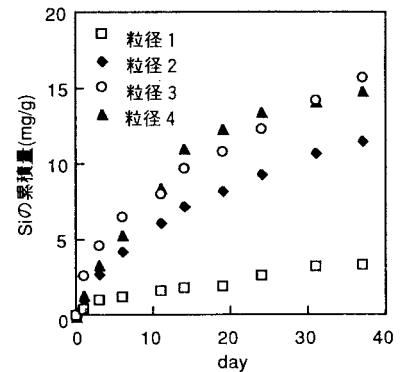


図3. 粒径別転炉スラグからのSiの溶出量変化

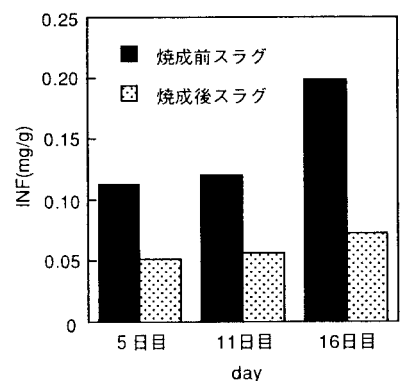


図4. 焼成前後の転炉スラグに付着した生物膜の脱水素酵素活性比較