

B-20 鉄鋼スラグの散布による海底底質の改善に関する基礎的研究

広島大学工学部 ○西嶋 渉、伊藤一明、正藤英司、岡田光正
近畿大学工学部 河野賢通、砂原広志

1. 緒言

閉鎖性水域の富栄養化を防止するために、排水の適正処理、汚濁負荷量の制限などの外部流入負荷を抑制する様々な方策が講じられてきた。しかし、閉鎖性水域の水質改善は未だ十分とはいえないのが現状である。その原因の一つに、底泥に蓄積された栄養塩類の溶出がある。しかし、外部負荷対策に比べて、底泥からの栄養塩類の溶出に対する対策はこれまで十分行なわれていない。

これまでとられてきた底泥対策は、浚渫、覆砂、薬品散布および曝気等がある。覆砂材料としては、土砂や土などが主として用いられてきたが、石灰やフライアッシュ、鉄鋼スラグなどの廃棄物の利用も検討されている。鉄鋼スラグの散布は、覆砂効果のみならず、スラグ成分と栄養塩類の物理化学的反応による栄養塩抑制効果が期待できると考えられている。

鉄鋼スラグは、製鉄過程で多量に生成する副産物である。その量は年間約3700万トンにものぼっている。製鉄の生成工程の違いによって、生成される鉄鋼スラグの組成も異なり、高炉スラグ、転炉スラグおよび電気炉スラグに分類される。

スラグの散布による海底底質からのリンの溶出抑制効果は、これまで山田ら^{1, 2)}によって確認されてきたが、その抑制メカニズムの解明、定量的検討は十分に行なわれていない。

そこで本研究では、鉄鋼スラグ散布による海水底質からのリン酸イオンの溶出抑制メカニズムについて明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

2.1 連続反応実験

実験ではまず、スラグとリン酸イオンの反応がスラグ表面への吸着反応によるものであるか化学反応によるものであるかを検討した。粒経200~280メッシュに粉碎した転炉スラグ40mgと2、5、10mg l⁻¹に調整した海水100mlを混合し、pH8に調整した。このようにして調整した試料は、ロータリーシェイカーを用いて25℃、90rpmで振とう攪拌した。一定時間毎に液中リン濃度とpHを測定し、リン酸イオンの添加、pHの調整によって、常に初期リン濃度、pHを維持した。この操作は、リン濃度が低下しなくなるまで続けた。

2.2 吸着等温線の作成

スラグのリンに対する吸着等温線は、上記の連続実験に準じて、スラグ40mgを30mM Tris-HCl 緩衝液存在下で、濃度の異なるリン酸イオンを含む海水100mlに添加して、2日間浸透攪拌後、平衡リン濃度、吸着量を求めて作成した。

2.3 スラグの組成変化

直径20~40mm、厚さ5mmの転炉スラグの薄片をスライドガラスに接着し、30~50μm厚まで研磨し、薄片試料とした。薄片試料をリン濃度(0.1、10、100mg l⁻¹)、pH(7、8、9)の異なる30mM Tris-HCl 緩衝液を含む海水300mlに浸漬し、25℃で7日間振とう攪拌した。浸漬した試料は、24時間風乾した後、60℃で5時間乾燥した。表面にカーボン蒸着し、X線マイクロアナライザー(XMA)を用いてスラグ表面の反射X線像観察および組成分析を行なった。

3. 結果及び考察

3.1 連続反応実験

図1に連続反応実験におけるリン濃度の経日変化を示す。添加スラグ量が一定であるにもかかわらず、液相のリン濃度に依存してリンの減少量が增加する傾向が明らかとなり、化学反応によらず、吸着によってリンの減少が起こっていることが推定された。そこでリンの積算減少量を縦軸に、液相濃度を横軸にとり、両対数プロットしたものが図2である。図2からリンの積算減少量と液相濃度はFreundlichの吸着等温線に従うことが明らかとなり、スラグ添加によるリンの減少は吸着作用によるものであることが明らかとなった。同時に、吸着量はFreundlichの吸着等温線により定量的に把握できることがわかった。

3.2 吸着等温線

図3に高炉スラグ、転炉スラグおよび電気炉スラグのpH 8、25℃における吸着等温線を示す。吸着等温線から低濃度において転炉スラグが最も高い吸着能と示した。この結果より、海底底質からのリンの溶出抑制において転炉スラグが最も有効であると考えられる。

そこで、転炉スラグについてpHの違いによる吸着能の違いを明らかにするために、pH 7、8、9における吸着等温線を求めた(図4)。pH 7、8における吸着等温線には大きな違いはなかったが、pH 9においては、明らかに吸着能が高まった。pH 9においては、吸着と同時に液相に白色の沈殿が生じたことから、吸着と共にスラグからの溶出成分とリンとの化学反応が起こったことが推定された。

3.3 スラグの組成変化

XMAを用いた海水浸漬前の転炉スラグの表面反射X線像を図5に示す。転炉スラグ表面は、大きく3部分に分けられる。すなわち、明るい部分(以下A領域)、次に明るい部分(B領域)、暗い部分(C領域)。各領域の体積の割合はA領域36%、B領域30%、C領域32%であった。

pH 8、 10 mg l^{-1} のリンを含む海水中に転炉スラグを浸漬したときの各領域の組成変化を図6に示す。A領域はFeO、B領域はFeOとCaOを主成分とした組成となっており、リンの吸着

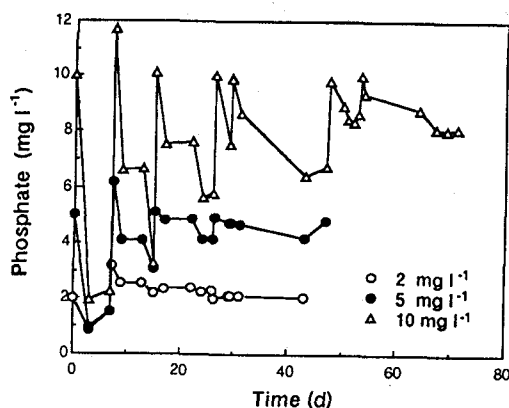


図1 連続実験におけるリン濃度の経日変化

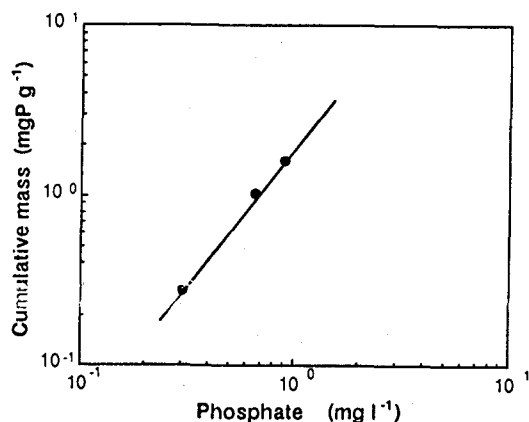


図2 リンの積算減少量と液相リン濃度の両対数プロット

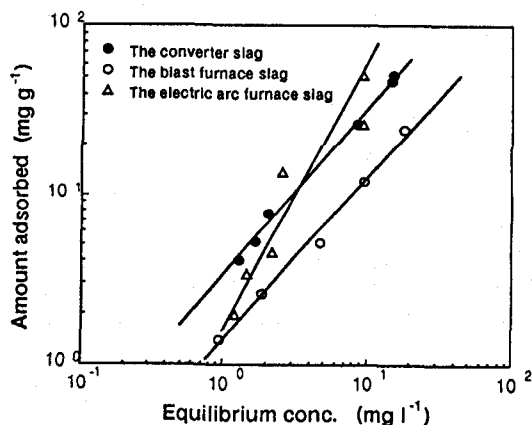


図3 高炉スラグ、転炉スラグ及び電気炉スラグのpH 8、25℃における吸着等温線

は少ない。一方で、C領域はCaO、SiO₂を主成分とし、リン酸溶液に浸漬することによってリン含量が増加しており、主としてリンはC領域に吸着されていることがわかった。

4. まとめ

- 1) スラグによるリン除去は、スラグ表面への吸着作用によっておこり、Freundlichの吸着等温線によって定量化できることがわかった。しかし、pH9においては、スラグからの溶出成分とリンの化学反応によってもリンの減少がおこり、pH7、8に比べてリンの除去量が高くなることがわかった。
- 2) 高炉スラグ、転炉スラグ、電気炉スラグでは、低濃度のリン酸イオン存在下では、転炉スラグが最も吸着能力が高いことがわかった。
- 3) 転炉スラグは組成の異なる3つの領域から構成されており、その中で、CaO、SiO₂を主成分とする領域に特異的に吸着されていることがわかった。

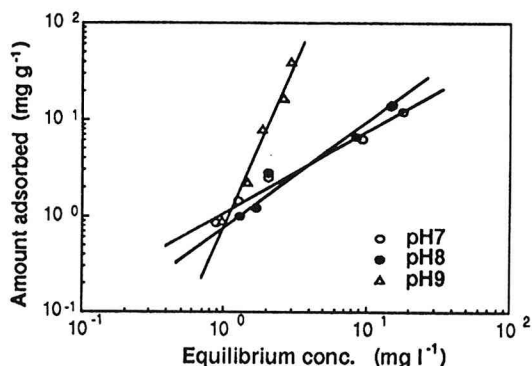


図4 転炉スラグのpH7、8、9における吸着等温線

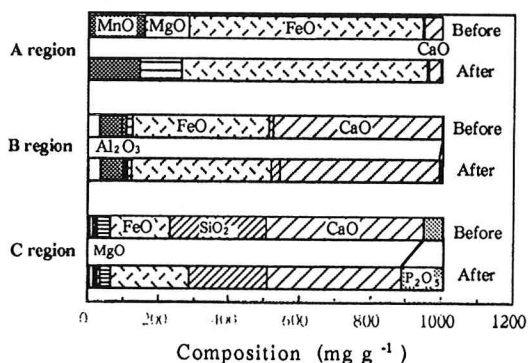


図6 海水浸漬前後の各領域における組成変化

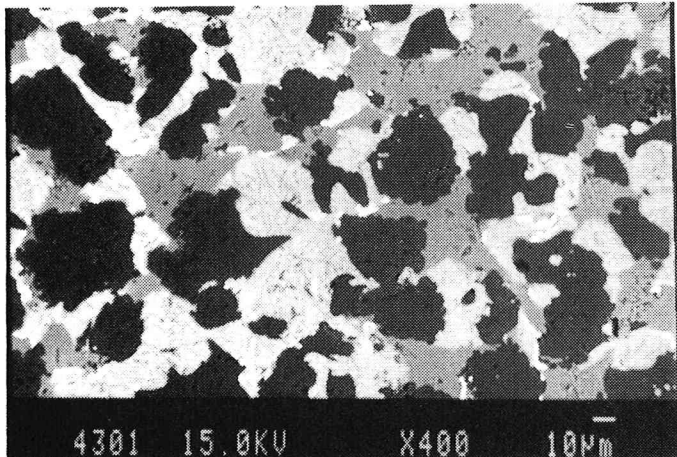


図5 転炉スラグの表面X線像

- 参考文献 1) H. Yamada, M. Katayama, K. Saito and M. Hara (1986) A fundamental research on phosphate removal using slug, Water Research, 20, 547-557
- 2) H. Yamada, M. Katayama, K. Saito and M. Hara (1987) Suppression of phosphate liberation from sediment by using iron slug, 21, 325-333