

鉄鋼スラグからの陰イオン吸着材の合成とその吸着特性

The synthesis of the anion adsorbent from the slag and its adsorption character

伊藤 亜希子[1]; 伊藤 健一[2]; 佐藤 努[3]

Akiko Ito[1]; Kenichi Ito[2]; Tsutomu Sato[3]

[1] 金沢大・理・地球; [2] 金沢大自然科学; [3] 金沢大・自然計測センター

[1] Earth Sci., Kanazawa Univ; [2] Kanazawa Univ. Natural Sci. & Tech.; [3] Inst. Nature, Environ. Technol., Kanazawa Univ.

はじめに

我々の生活を支えている重要な産業の一つに鉄鋼業が挙げられる。その製鉄過程では、人工資源であるスラグが鉄と共に生成する。スラグは年間3700万トン発生しており、「シリカ、カルシウム、アルミニウム、マグネシウムを含有する反応性の高い非晶質」「水と反応して高アルカリ化する」という特徴を有しており、その特性を利用した用途(99%はコンクリート、セメントなど)にリサイクルされている。しかし、製鉄過程で蛍石(CaF₂)が溶剤として使われることで、生成されるスラグは高濃度にフッ素を含む。フッ素は平成13年に環境基準値が0.8mg/lに制定され、大量摂取により人体や植物に悪影響を及ぼす規制物質である。上述の規準が平成16年度から施行され、制定以前には問題視されていなかったスラグでも、基準値を上回るフッ素の溶出が認められれば、膨大な量の廃棄物と化してしまう。したがって、フッ素溶出の抑制を念頭に置いた新しいスラグのリサイクル技術が早急に求められている。

高い陰イオン交換容量を持ち、様々な用途において注目されているハイドロタルサイト(以下HTと省略)は、pH 10以上で2価と3価の金属イオンと炭酸などの陰イオンを常温で混合するだけで合成可能な代表的 anionic clayである。上述したスラグの化学的特徴から、スラグと水を反応させることにより容易にHTの合成条件が達成され、スラグに含まれるフッ素を取り込んだHTの生成が考えられる。

そこで本研究では、比較的低温な条件でスラグからHTの合成を試みるとともに、その生成条件について明らかにする。さらにスラグから合成されたHTによるフッ素イオンの吸着特性も明らかにする。

試料と実験

試料: 実験に用いた水砕スラグの主な化学組成(wt%)はSiO₂:34.33、CaO:40.88、Al₂O₃:14.19、MgO:6.86であり(蛍光X線分析による)、X線回折(XRD)分析からは結晶性の物質が認められず非晶質物質であった。

ハイドロタルサイトの合成実験: イオン交換水と水砕スラグを、イオン交換水/水砕スラグ質量比(L/S)=2、10、50、100で混合し、室温(20程度)または50で1、24、120、168、240、408時間、攪拌または静置して反応させた。試験後、反応溶液のpHを測定してから固液分離し、固体はXRD分析により鉱物同定を行い、イオンクロマトグラフィーによりフッ素濃度をそれぞれ測定した。

フッ素吸着実験: HTの生成を確認したスラグのフッ素イオン吸着特性を調べるため、フッ素100mg/lの溶液中に、溶液/スラグ質量比=10の条件で添加し、常温で1、3、6、12、24時間反応させた。その後試料をろ過し、イオンクロマトグラフィーにより溶液中のフッ素濃度を測定した。

結果と考察

合成実験: 反応溶液のpHは、全ての試料で試験開始1時間後にはHTの生成に必要なpH10以上を示し、時間の経過とともに上昇した。XRDによる鉱物同定より、室温・放置・L/S=2条件で408時間反応後、50・放置・L/S=2条件で240時間反応後、50・攪拌・L/S=2条件で168時間反応後、50・攪拌・L/S=10条件で240時間反応後にHTの回折ピークが観測された。50・攪拌・L/S=2条件で最も速くHTの生成が確認された。以上のことより、スラグからの溶出速度が速く(高温・攪拌条件)、スラグから溶出するHT生成に必要な元素(Al、Mg)が高濃度で存在する条件(低L/S条件)でHTの生成が達成されるものと考えられる。

スラグ-水反応中のフッ素濃度について、路盤材など他の物質と混合せず利用される形態に最も近い条件である常温・放置・L/S=2の実験試料で分析したところ、HTの生成が確認された408時間後でフッ素濃度の減少が認められた。これは、HTが生成することによりフッ素がHT構造中に取り込まれ、スラグからのフッ素の溶出が抑制されたためと推察される。また環境基準値と比較するためデータを補正したところ、408時間後にフッ素濃度0.5mg/lを示したことから、HT生成によりフッ素の溶出は環境基準値以下に抑制されることが分かった。

フッ素吸着実験: 最も早くHTが生成した50・攪拌・L/S=2で合成した試料でフッ素吸着実験を行ったところ、1時間後にフッ素濃度は100mg/lから23mg/lまで減少し、24時間後には19mg/lまで減少した。このことから、スラグから合成されたHTは陰イオン吸着材としても機能することが明らかとなった。

以上の結果より、水砕スラグを水と反応させるだけでソフトケミカルにHTを合成することが可能であり、スラグからのフッ素溶出の抑制、スラグの陰イオン吸着材としての利用が可能であることが判明した。