

0価鉄粉による重金属の固定

JFE ミネラル(株)	正会員	○西田崇人
JFE ミネラル(株)	正会員	須藤達也
JFE ミネラル(株)		渡辺哲哉
JFE ミネラル(株)		澤渡祥
JFE ミネラル(株)		尾崎隆

1. はじめに

日本列島には砒素、鉛、セレンなどの重金属等を多く含む岩石や土壌が広く分布している^{1),2)}。これらの重金属汚染土壌は処分場の確保が困難であり処理費用が嵩む等の問題を抱えている。これらの問題を解決するため、現位置での浄化方法が検討されており、重金属の溶出を抑制するための不溶化材として、比較的安価で確実な材料として鉄が使用されるケースも多い。鉄は0、+2、+3 価の3 態が存在し、それぞれの形態ともに重金属を固定する能力を有する。中でも0 価の鉄は鉄の酸化に伴う各種重金属の還元反応も期待できるため、0 価の金属鉄粉により、Se, As, Pb, Cd, Cr(VI), Hg の重金属6 元素の固定化能力について評価を行った。

2. 試料および試験方法

2.1 試料

実験には自社製造の金属鉄粉 (MSI-X) を用いた。代表特性を表1に示す。

表1 MSI-X の代表特性

含有量			比表面積	粒度	
Fe	O ₂	C	SSA	+250 μ m	-53 μ m
%	%	%	m ² /g	%	%
>95	3.5	0.2	1.5	<1	<45

2.2 試験方法

重金属の吸着固定化試験はポリ容器に所定濃度に調整した各重金属の水溶液と金属鉄粉を所定量添加、必要に応じてpHを調整し、室温、ロータリーシェーカーにて70rpm、30分間振とうした。5分ほど静置した後、0.45 μ mのメンブレンフィルターでろ過し、ろ過液中の重金属濃度と溶液のpHを測定した。使用した重金属種、濃度範囲、鉄粉添加量を表2に示す。なお、重金属濃度の測定はSe, As, Pb, CdについてはICP-MS(誘導結合プラズマ質量分析)装置、Cr(VI)はジフェニルカルバジド吸光度法、Hgは還元気化法により行い、さらにSe, Asについて価数の測定を必要とする場合は液クロマトグラフにより形態別に分離した後、原子蛍光法により測定した。

試験後の重金属濃度をもとに重金属固定量について Freundlich 吸着等温式を作成し評価した。

表2 使用重金属の初期濃度と金属鉄粉添加量

元素	初期濃度 mg/L	鉄粉添加量 %
Se(IV)、(VI)	1, 10	0.1, 0.5, 1, 3, 5
As(III)	1, 10	0.1, 0.5, 1, 3, 5
Pb	1, 5	0.1, 0.5, 1, 3, 5
Cd	1	0.1, 0.5, 1, 3, 5
Cr(VI)	5	0.1, 0.5, 1, 3, 5
Hg	0.1	0.1, 1, 5

3. 試験結果

3.1 Seの挙動

亜セレン酸 SeO₃²⁻(+4 価)とセレン酸 SeO₄²⁻(+6 価)の2形態の吸着固定化能力を評価した。Seの平衡濃度と吸着量の関係の関係を図1に示す。

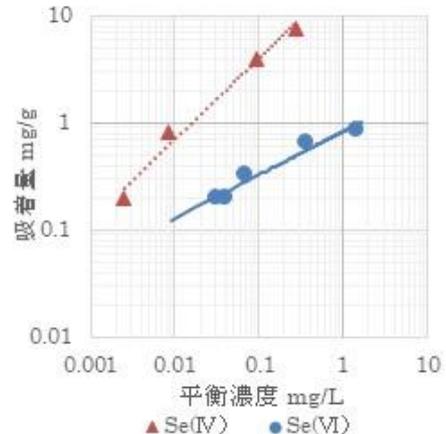


図1 Se(IV), (VI)の固定化能力

図1より+6 価に比べ、+4 価の吸着能が高いことがわかるが、+6 価は+4 価に比べ吸着能は低いものの環境基準における吸着量は0.1mg/gの吸着性能を示した。一般的に+6 価のSeは鉄にはほとんど吸着固定化されない³⁾とされているが、金属鉄粉の0 価Feが酸化する過程で一部の+6 価Seが+4 価まで還元したため吸着固定化されたものと考えられる。

3.2 Asの挙動

亜砒酸 AsO₂³⁻(+3 価)と砒酸 AsO₄³⁻(+5 価)の2形態の吸着固定化能力を評価した。Asの平衡濃度と吸着量の関係の関係を図2に示す。

キーワード：鉄粉, 重金属, 吸着, 不溶化, 酸化還元

連絡先：〒260-0826 千葉県千葉市中央区新浜町1番地 TEL043-262-2176 FAX043-262-4259

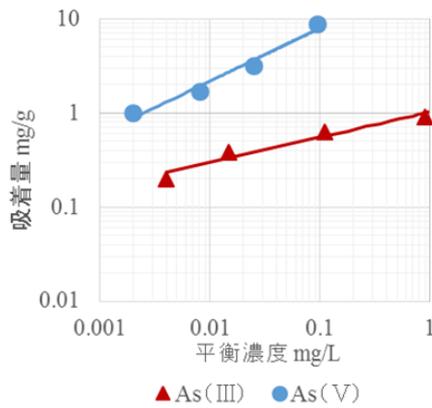


図2 As(III), (V)の固定化能力

図2より+3価の環境基準値0.01mg/Lでの吸着能は0.4mg/gほどであるのに対し、+5価は2mg/gと非常に高い吸着能力を示した。

3.3 Pbの挙動

金属鉄粉はアルカリ環境化下では鉄が不動態化して反応性が極めて低くなるため、pH6~7の中性環境での吸着固定化能について評価した。Pbの平衡濃度と吸着量の関係の関係を図3に示す。

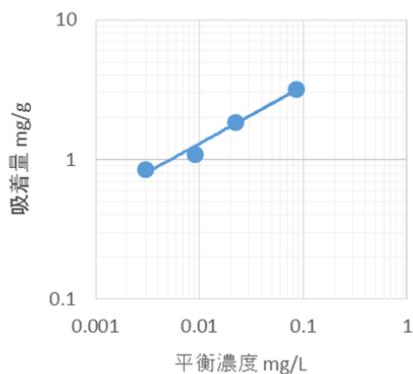


図3 Pbの固定化能力

pH6~7における鉛の溶解度は10mg/L程度であるのに対し、金属鉄粉により0.01mg/L以下まで低下し、環境基準値0.01mg/Lでの吸着能は1mg/g以上を示した。

3.4 Cdの挙動

Cdはアルカリ性で水酸化物の沈殿が析出するため、pH6~7の中性環境での吸着固定化能について評価した。Cdの平衡濃度と吸着量の関係の関係を図4に示す。

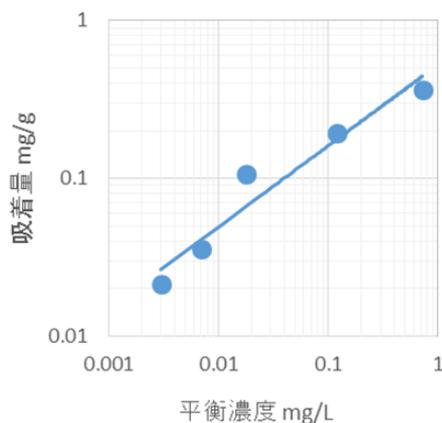


図4 Cdの固定化能力

図4よりCdも吸着固定化するものの、AsやPbに比べると吸着能は低いことがわかる。

3.5 Cr(VI)の挙動

Crは様々な酸化数を取るが、+6価は酸性側では $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ の重クロム酸、アルカリ性側では CrO_4^{2-} のクロム酸といずれも安定に存在するため、+6価の吸着固定化能について評価した。Cr(VI)の平衡濃度と吸着量の関係の関係を図5に示す。

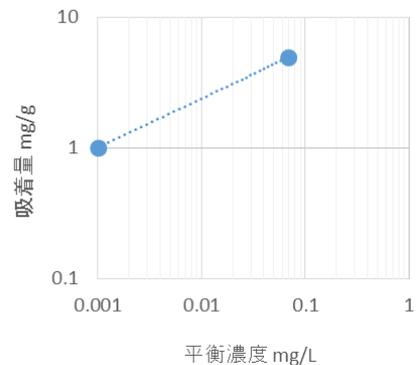


図5 Cr(VI)の固定化能力

図5より平衡濃度が環境基準値0.05mg/Lでの吸着量は4mg/gと高い吸着能を示すことがわかる。

3.6 Hgの挙動

固定化試験の結果、Freundlich吸着等温式には従わないものの少量の鉄粉で除去できることがわかった。表3に鉄粉添加量とHg平衡濃度を示す。

表3 Hgの固定化能力

鉄粉添加量	平衡濃度
w/v%	mg/L
0	0.10
0.1	0.00003

4. おわりに

0価の金属鉄粉による各種重金属の吸着固定化試験を行った結果、Se, As, Pb, Cd, Cr(VI), Hgのいずれの重金属で吸着固定化可能であることが確認できた。従来、吸着固定が困難といわれているSe(VI)も固定化可能であることやHgにも有効であることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 佐々木靖人・阿南修司・伊藤政実・岩石由来の環境汚染対策研究グループ：土木分野における自然由来の重金属問題への対応、地質と調査、'06第2号、p.8-13 (2006)
- 2) 今井登ほか：日本の地球化学図。産業技術総合研究所地質調査総合センター、p.209, (2004)
<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/geochemmap/index.html>
- 3) Alloway, B. J. (1995) : Heavy Metals in Soils, Blackie Academic & Professional.