

酸性鉱山排水環境における生命 水 鉱物相互作用 自然浄化機構に学ぶ新しい処理システムの検討

Life-water-mineral interactions in AMD -Examination of novel processing method learnt to natural attenuation mechanism-

伊藤 健一[1], 大田 由貴恵[2], 湊 美緒[2], 福士 圭介[3], 池田 穂高[1], 橋本 晃一[4], 佐藤 努[5]
Kenichi Ito[1], Yukie Ota[2], Mio Minato[3], Keisuke Fukushi[4], Hodaka Ikeda[1], Koichi Hashimoto[5], Tsutomu Sato[6]

[1] ㈱ソフィア, [2] 金大・理・地球, [3] 金沢大学・自然科学・地球環境科学, [4] 金属鉱業事業団・鉱技, [5] 金沢大・自然計測センター

[1] SOPHIA CO.,LTD., [2] Dept.Earth Science kanazawa Univ, [3] Earth.Sci.Kanazawa Univ, [4] Global Environmental Science and Engineering, Kanazawa Univ, [5] MPCD, MMAJ, [6] Inst. Nature, Environ. Technol., Kanazawa Univ.

<http://www.sophia-anp.co.jp/>

現在、国内に存在した多くの鉱山はほぼ全てが休廃止鉱山となっている。これらの休廃止鉱山では鉱害防止工事と廃水管理に伴う多大な費用と中和澱物処分地の確保に苦慮しており、より低コストで澱物発生量が少なく継続性の高い処理方法が望まれている。そのアイデアの一つとして福士ら(2001)他で報告されている、鉄酸化細菌が合成する低結晶性鉄鉱物シュベルトマナイトのヒ素吸着による自然浄化機構の応用が考えられる。本研究では高濃度のヒ素を伴う硫酸酸性の中和処理に関して旧幌別硫黄鉱山廃水処理をケーススタディーとした調査を行い、シュベルトマナイトのヒ素吸着による自然浄化機構を応用した鉱山廃水処理方法を提案する。

調査は水質と中和澱物について行った。旧幌別硫黄鉱山廃水の pH、ORP 及び EC の測定、並びに採水後の ICP-MS による元素分析を行った。また、中和澱物を回収して XRD による鉱物同定を行い、溶出試験、MgCl₂ 抽出、Morgan 抽出、TAO 抽出、CDB 抽出及び 6M-HCl 抽出および抽出液の ICP-MS による元素分析を行った。

実験では鉱山廃水よりシュベルトマナイトを合成してヒ素の除去を検討した。自然界においてシュベルトマナイトは pH3.0~4.0、ORP500mV 以上で確認例が多いことから、合成を目的とした pH 調整に適したアルカリ薬品を検討した。また、鉄酸化細菌を利用したフロースルーによる鉄及びヒ素除去の試験を行った。併せて建築廃材である廃コンクリート微粉の中和剤としての適性を、フロースルー試験により鉄とヒ素を除去された廃水を用いて検討した。

中和澱物は分析の結果、含まれるヒ素には可溶性及び交換性のものはほとんど無かった。また、澱物の約 6割が中和剤である炭酸カルシウムであり、その炭酸塩相においておよそ 1700mg/kg 程度のヒ素含有が認められた。炭酸塩は雨水のような中性から酸性条件において溶解するため、降雨により中和澱物が雨水にさらされ続けることでもヒ素が溶出する危険性が示唆された。

水質分析の結果、この鉱山廃水は pH2 以下で ORP 約 400mV の酸化的な強酸性廃水であり、シュベルトマナイトを構成する鉄を約 300ppm 程度、硫酸を約 1900ppm 程度と豊富に含んでいた。そこで一般に中和剤として利用が多い消石灰、炭酸カルシウム及び苛性ソーダで鉱山廃水を pH 調整し 3 日間の曝気、攪拌を行った結果、鉱山廃水からシュベルトマナイトの生成が認められた。そのシュベルトマナイト合成後の液相からヒ素は検出されず、パッチでのシュベルトマナイト合成によるヒ素の除去が確認された。フロースルー試験では、苛性ソーダで pH3.0~3.5 に調整した鉱山廃水を鉄酸化細菌の生育する酸化槽に通した。結果、その排水はヒ素が 0.001ppm 以下、鉄が 20ppm 以下に減少し、生成した固相はヒ素を含むシュベルトマナイトであることが認められた。また、廃コンクリート微粉によりこの排水を中和した。排液は速やかに中和されて廃コンクリート微粉が中和剤として有効であることが示された。併せてコンクリート含有のクロムも環境基準以下であることが確認された。

ヒ素を含む澱物の総量について試験結果と現状の処理方法を比較すると、フロースルー試験で得られた澱物量を換算すると年間約 1,550t に相当し、現状の年間 7,000t から大幅な減量化となった。これはヒ素を高濃度に含むためヒ素原料という有価物と捉えられる。それは同様に廃コンクリート微粉についてもアルカリ廃材から中性の骨材という有価物への転換といえる。

これらを踏まえて酸酸性鉱山廃水の新しい処理方法を提案する。その方法とは(1)鉱山廃水を pH3.0~3.5 へ調整し、(2)シュベルトマナイト添加によりヒ素除去(ヒ素の回収)後、(3)鉄酸化細菌を含む酸化槽でシュベルトマナイトを合成(鉄の回収)してヒ素吸着に必要な量を(2)へ供給し、(4)廃水を廃コンクリート微粉により中和する(硫酸の有効活用)というものである。フロースルー試験では(2)と(3)が同時であるが、ヒ素を含む鉄とヒ素を含有しない鉄の分別回収という点から工程を分けることがより有効と考える。この方法は従来の鉱山廃水処理と比較して単なるヒ素除去、中和澱物の減容化というだけではなく、鉱山廃水を有価資源として捉えた環境負荷低減型の鉱山廃水処理方法である。