

## 硫黄山から流出する酸性水の中和とヒ素の除去 Neutralization and Arsenic Removal for Acidic Water from Mt. Iwo

○伊藤 健一\*・鈴木 祥広\*\*

Kenichi ITO and Yoshihiro Suzuki

**1. はじめに** 2018年4月の硫黄山噴火に伴い、重金属を含む酸性水が噴出して河川を汚染した<sup>1)</sup>。上流のえびの高原や赤子川に沈殿池や堰堤を整備後、中流域の長江川は透明に戻り、下流の川内川の水質は環境基準値以下に改善した。しかし、その後も赤子川から長江川の広い範囲で酸性を呈し、ヒ素等は環境基準値を超過した<sup>2)3)4)</sup>。そこで、宮崎大学は宮崎県より「長江川・川内川水系河川白濁に係る水質等改善研究」の研究業務を受託して水や沈殿物の処理などについて検討した。このうち、硫黄山下流域の河川水質環境の改善を目的とした酸性水の中和とヒ素の除去に関する処理方法の結果について報告する。

酸性水中和対策には、鉱山廃水や酸性河川における微生物酸化と炭酸カルシウム注入や石灰石中和が知られる<sup>5)6)</sup>。これらは大型設備と中和殿物処分に莫大なコストと場所を要し、さらに硫黄山は国立公園・国有地内に位置し十分な場所がなく、噴火の危険から人の常駐ができないため、他の方法を模索した。そこで、大型中和設備に代わり、無人で動力源等を要しない小型設備による処理として、自然力活用型処理「パッシブトリートメント」を提案し、石灰石水路に酸性水を通して中和する方法を検討した(図1)<sup>7)</sup>。

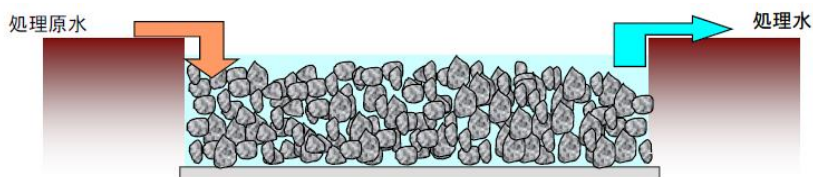


図1 パッシブトリートメントの模式図<sup>7)</sup>

**2. 実験および結果** 宮崎県の河川水質調査結果から、中和の目標pHを検討した。えびの橋、大原橋、長江橋におけるpHとヒ素の間には高い相関が得られ、pH3以上でヒ素は環境基準値0.01 mg/L以下となる傾向を得た。したがって、中和処理後の目標pHをpH3.0~3.5と設定した。

次に、炭酸カルシウム、水酸化ナトリウム、水酸化カルシウムの中和剤3種を赤子上流の酸性水(pH1.53)に加えて中和滴定実験を行い比較した。結果、水酸化ナトリウムと水酸化カルシウムは過剰添加時にアルカリ性を呈したが、炭酸カルシウムはpH約6で止まることから(図2)、炭酸カルシウムが石灰石水路のような省管理下でも安全に使用できる事を確認した。また、中和の管理目標値pH3.5に要する量は約3.1 g/L (kg/m<sup>3</sup>)と推算された。

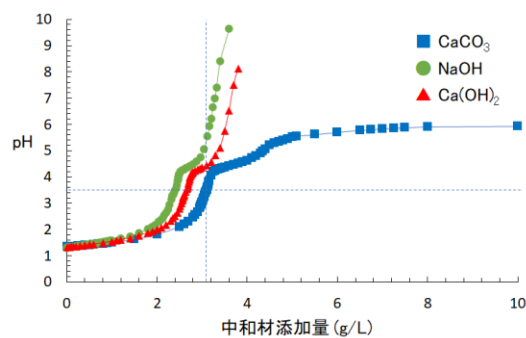


図2 中和材3種の中和滴定曲線

地球科学コード Geochemist's Workbench を用いて石灰石中和の化学反応モデリング計算を行った。pH1.53の酸性水をpH3.0~3.5に中和する石灰石(炭酸カルシウム)の必要量は約2.1~2.3 g/kgと示された。また、中和過程でギブサイトなどの二次鉱物が生成するほか、

\* 宮崎大学国際連携センター \*\* 宮崎大学工学教育研究部  
キーワード：中和、パッシブトリートメント、石灰石水路

pH 3 となる石灰石約 2.1 g/kg から残留石灰石が急増した(図3)。以上から、石灰石は pH3 以下で反応しやすく、pH 3 以上では残留しやすいことが示唆され、目標 pH 3~3.5 が石灰石の中和効率や中和生成物量抑制の観点からも妥当性であることが確認された。また、中和滴定実験では石灰石の未反応により計算値以上に炭酸カルシウムを要したと考えられた。

以上の検討結果を基に、えびの高原において、赤子川上流より酸性水(pH 1.5~1.8、ヒ素 0.3~0.4 mg/L)を揚水し簡易石灰石水路(小粒:0~40 mm、中粒:40~80 mm の2本)に通水する実証実験を2018年9月に行った(図4)<sup>8)</sup>。通水は、流速 2.8~3.0 L/min、水路内滞留時間 1.1~1.2 h、線流速 0.94~0.10 m/min とした。通水初期 pH 上昇したが経時的に低下し、6 m の出口は pH 3~4 で推移した。ヒ素は原水での濃度が出口で排水基準値 0.1 mg/L 以下となり低減効果が確認された。実験後、水路内の石灰石は上層で鉄酸化物の生成がみられたが、下層では認められず、酸化が不十分であり、下層で水が停留することと考えられた。そこで、鉄の酸化・共沈によるヒ素除去効果と中和効率を向上させるため、小粒の水路内に水中ポンプを設置して乱流を起こして通水した。その結果、pH は水路の 2 m 地点から上昇し、出口は pH 3~3.5 に維持され、ヒ素も著しく減少した(図5)。

**3. まとめ** 本研究の結果から、硫黄山酸性水の中和目標 pH と、パッシブトリートメント「石灰石水路」による中和処理の有効性が示された。現在、本成果を基に宮崎県が仮設石灰石中和水路をえびの高原に設置して継続的な効果を検証している。酸性水策におけるパッシブトリートメントは、鉱山廃水処理を除き国内初の事例であり、本事例が、今後、他地域でも適用され、自然由来酸性水・重金属問題に対する対策の合理化、コスト低減等の役に立てば幸いである。

謝辞 本発表は、宮崎県の委託事業の成果の一部と公表するものである。協力いただいた関係の行政機関各位、ならびに宮崎大学関係者、現場実験については協力企業各社に深く感謝申し上げます。

参考・引用文献

- 1) 気象庁, 2018. 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺)の活動状況.(2018年6月時点)
- 2) えびの市, 2018. えびの市役所ホームページ.(2018年6月時点)
- 3) 宮崎県, 2018. 環境森林部環境管理課ホームページ.(2019年1月時点)
- 4) 国土交通省, 2018. 川内河川国道事務所ホームページ.(2018年6月時点)
- 5) JOGMEC, 2013. 旧松尾鉱山新中和処理施設の運営管理 HP.(2018年7月時点)
- 6) 国土交通省, 東北整備局玉川ダム管理所ホームページ, 中和処理施設の概要.(2020年5月時点)
- 7) JOGMEC, 2013. JOGMECにおけるパッシブトリートメント技術開発について.
- 8) 宮崎大学, 2019. 宮崎県委託研究業務「長江川・川内川水系河川白濁に係る水質等改善研究」報告書.

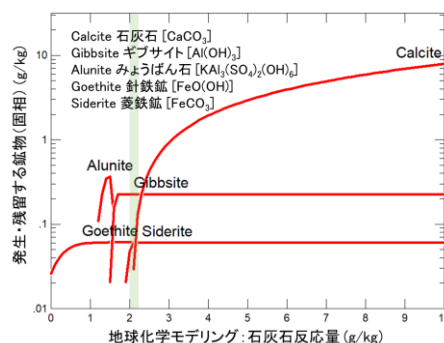


図3 石灰石中和で生じる鉱物

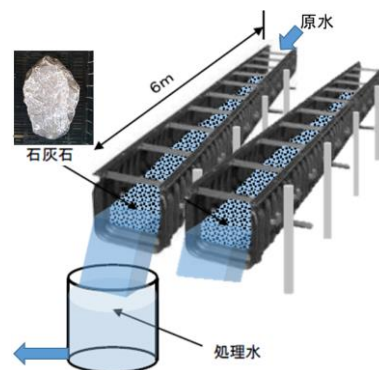


図4 簡易石灰石水路<sup>8)</sup>

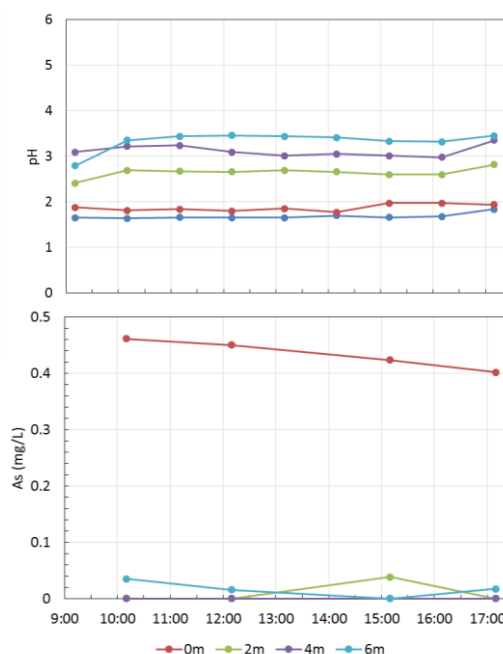


図5 実証実験の pH とヒ素の推移