

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

リサイクル資材を活用した酸性温泉廃水の中和処理における環境安全性評価

研究代表者氏名 川辺 能成¹⁾
研究分担者氏名 斎藤 健志¹⁾
研究分担者氏名 渡部 直喜²⁾

1) 産業技術総合研究所地質調査総合センター 2) 新潟大学災害・復興科学研究所

研究要旨

本研究では、炭酸カルシウムなど天然の中和剤の代替として、リサイクル資材であるリサイクルコンクリート、鉄鋼スラグ、軽量気泡コンクリートを活用し、酸性廃水と酸性土壌の中和処理性能、また、その環境安全性を評価することを目的とした。酸性土壌の中和処理に着目すると、中和 (pH 7 と想定) までに至るリサイクル資材と炭酸カルシウムの3種類の酸性土壌 (pHは低い順に、4.75、4.91、5.54であった) に対する添加率で評価した場合、リサイクルコンクリートと軽量気泡コンクリートは同程度の添加率を示した。鉄鋼スラグの添加率はより低く、具体的には、0.4%~1.8%の範囲であった。一方、炭酸カルシウムは0.3%~1.6%の範囲を示し、鉄鋼スラグと同程度であった。よって、リサイクル資材の中鉄スラグの中和性能が最も高く、それは、炭酸カルシウムと同程度であり、鉄鋼スラグは、炭酸カルシウムの代替となる可能性が高いことが明らかになった。

A. 研究目的

日本列島では、酸性の温泉廃水や鉱山廃水などが、しばしば認められる。このような酸性の廃水が流入することなどにより、酸性河川が形成される。酸性河川では、pHが低いだけでなく、ヒ素や鉛に代表される有害重金属類が比較的高濃度に検出されることもあり、周辺の自然環境や人間生活などへの影響が懸念されている。

一方、降水量が比較的多い日本列島では、pHが5.5以下の酸性土壌も広く分布する。酸性土壌には、酸化することで硫酸が生じる硫化鉱物(例、黄鉄鉱)を含む土壌、また、上述の酸性廃水によるインパクトを受けた土壌なども含まれる。農地として、このような土壌を利用する場合には、その酸性ゆえに、アルミニウムやマンガン、鉄などの溶出による農作物への影響、また、カルシウムやマグネシウム、リンなどの養分欠乏などが問題となる。また、酸性廃水でも同様ではあるが、酸性土壌は、鋼構造物やコンクリート構造物であるインフラ施設などへの影響も懸念される。

このような酸性廃水ならびに酸性土壌に対しては、中和処理が施される事例も、しばしば認められる。中和処理では、石灰石の主成分であり、天然資源でもある炭酸カルシウムが使用されることが多く、酸性の温泉廃水や鉱山廃水を処理している実現場では、24時間365日の中和処理が必要なケースもある。また、農地においても、大量の炭酸カルシウムなどが広く用いられている。循環型社会の形成や、近年、注目されているSDGsの推進などに向けて、炭酸カルシウムなど天然資材の代替として、アルカリ性を呈するリサイクル資材による中和処理への適用性検討が重要であり、2019年度より、その研究を進めている。

昨年度(2020年度)は、コントロールとなる炭酸カルシウムに加え、リサイクル資材として、リサイクルコンクリート、鉄鋼スラグ、軽量気泡コンクリート、草木灰、牡蠣殻石灰などを活用し、pHが2前後の強酸性温泉廃水に対する室内中和試験を実施して、特にリサイクル資材の中和性能およびヒ素や鉛の除去性能を評価した。加えて、

予備的に、逐次抽出法を用いた中和生成物中におけるヒ素や鉛の安定性も評価した。その結果、中和処理ならびに有害重金属類除去性能、また、環境安全性の観点から総合的に考察すると、鉄鋼スラグとリサイクルコンクリートの代替性が高いことが示唆された。

本年度は、酸性廃水における環境安全性評価の再現性試験（さらなるデータを加える試験）に取り組み、また、リサイクル資材の用途拡大を目指し、新たに酸性土壌中和へのリサイクル資材の適用性（中和処理性能の観点から）について、評価を行った。ここでは、特に後者、酸性土壌中和に関する内容を報告する。

B. 研究方法

リサイクル資材としては、リサイクルコンクリート、鉄鋼スラグ、軽量気泡コンクリートを選定し、コントロールとして、炭酸カルシウムを用いた。酸性土壌としては、pHが4.75、4.91、5.54を示す、3種類の土壌を利用した。

室内中和試験は、100 mLポリプロピレン製容器に、風乾した酸性土壌5 g、0~300 mgのリサイクル資材もしくは炭酸カルシウム、12.5 mLの超純水をそれぞれ混合し、20°Cならびに相対湿度60%の環境下で24時間、養生した。その後、180 rpmにて、5時間振とうし、この過程で生成された過剰なCO₂をエアレーションにより除去した。最後に、pHを測定した。

C. 研究結果

図1に、酸性土壌の中和（pH 7と想定）までに至るリサイクル資材（リサイクルコンクリート、鉄鋼スラグ、軽量気泡コンクリート）ならびに炭酸カルシウムの3種類の土壌に対する添加率（%）を示す。

中和に至るまでの添加率は、リサイクルコンクリートおよび軽量気泡コンクリートは同程度を示し、鉄鋼スラグはより低く、炭酸カルシウムと同程度であった。具体的には、鉄鋼スラグの3種類の土壌に対する添加率は、0.4%~1.8%の範囲であり、炭酸カルシウムのそれは、0.3%~1.6%の範囲を示した。

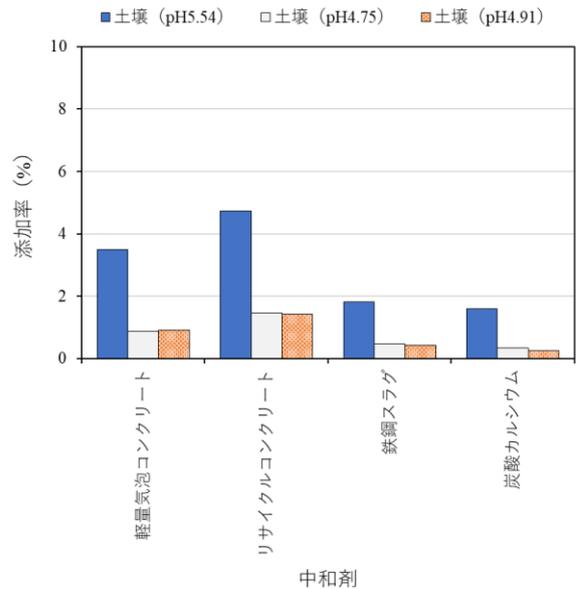


図1 酸性土壌の中和（pH 7と想定）までに至るリサイクル資材および炭酸カルシウムの3種類の土壌に対する添加率（%）

D. 考察

リサイクル資材の中和性能を評価するに当たり、中和までに至るリサイクル資材の3種類の土壌に対する添加率が低い方が、中和性能が高いと言えることができる。この添加率が最も低かったのは鉄鋼スラグであり、また、その添加率は上述のように、炭酸カルシウムと同程度であった。言い換えると、鉄鋼スラグは、炭酸カルシウムとほぼ同程度の中和性能を示したと考えられる。したがって、鉄鋼スラグの代替性が最も高いことが明らかになった。

E. 結論

本研究では、炭酸カルシウムなど天然の中和剤の代替とし、リサイクル資材（リサイクルコンクリート、鉄鋼スラグ、軽量気泡コンクリート）を活用して、3種類の酸性土壌に対する中和処理性能を評価した。

中和（pH 7と想定）までに至るリサイクル資材および炭酸カルシウムの3種類の酸性土壌（pHは低い順に、4.75、4.91、5.54であった）に対する添加率を実験的に検討したところ、リサイクルコンクリートならびに軽量気泡コンクリートは同程度の添加率を示した。鉄鋼スラグの添加率はより低く、炭酸カルシウムと同程度であった。具体的な添加率は、鉄鋼スラグで0.4%~1.8%の範囲を

示し、炭酸カルシウムで0.3%~1.6%の範囲をとった。

このことは、リサイクル資材の中で鉄鋼スラグの中和性能が最も高く、それは、炭酸カルシウムと同程度であることを示唆している。換言すると、鉄鋼スラグは、炭酸カルシウムの代替となる可能性が高いことが明らかになった。

F. 研究発表

1. 論文発表 (掲載誌名・巻号・頁・発行年を記入し、 掲載論文あるいはPDFファイルを別紙で1部提出)

なし

2. 学会発表 (学会名・発表年月・開催地なども記入)

- 1) Saito, T. and Watanabe, N. (2021): Neutralization using recycled waste materials for acid wastewater from the Kusatsu hot spring area in Japan. Japan Geoscience Union Meeting 2021, Online, June 2021.

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし