

Web シンポジウム『休廃止鉱山のグリーン・レメディエーションに関わる研究の最前線』 講演資料

講演番号：【03】

演題：パッシブ型中和水路を活用した酸性坑廃水処理予測モデルの高精度化

発表者：高谷雄太郎 1-2, 淵田茂司 2, 所千晴 2-1

所属：1 東京大学大学院 工学系研究科
2 早稲田大学 理工学術院

キーワード：休廃止鉱山, 酸性坑廃水 (AMD), パッシブトリートメント, モデリング

要旨：休廃止鉱山における酸性坑廃水処理においては、持続可能性という観点からも日常の管理を必要としないパッシブトリートメントの導入が強く求められている。特に、石灰石などを用いる中和水路は導入の難易度も低く、海外では導入事例も増えている。一方で、急峻な地形の多いわが国では、鉱山のある山間部でも十分なサイズの中和水路を設けることが難しいケースも想定される。最適なパッシブ型中和水路の設計に向けては、中和剤の種類や充填率、水路サイズ（滞留時間）といった各パラメータの変更に対して処理能力がどのように変化するかを正確に予測可能な“酸性坑廃水処理予測モデル”が必要となる。そこで著者らは、石灰石およびセメント由来の高アルカリ環境浄化材 PAdeCS（日本コンクリート工業株式会社）の 2 種を中和剤として選定した上で、水路を模した 1D の中和処理予測モデルの構築を行った[1]。

本研究では、Geochemist's Workbench 15.0 (以下 GWB と表記) を用いて中和処理モデルを作成した。本モデルでは、前段に石灰石水路 (12m, 石灰石充填率 50%, 滞留時間 2.5 時間)、後段に PAdeCS 水路 (6m, PAdeCS 充填率 10%, 滞留時間 2.25 時間) という組み合わせによる中和水路を仮定した。これは、前段の石灰石水路で重炭酸イオンを供給し、後段の PAdeCS 水路で pH を上昇させ、有害金属元素を効率的に炭酸塩鉱物として沈殿させることが狙いである。対象鉱山としては異なるタイプの酸性坑廃水が流出する以下の 3 鉱山 (鉱山 A, B, C) を選定して検討を行った (表 1)。

表 1 対象鉱山 (鉱山 A,B,C) の代表的な坑廃水組成。網掛けは排水基準値超の元素を示す。文献[1]より改変

mine name	flow rate [m ³ /h]	pH	T.Fe [mg/L]	As [mg/L]	Zn [mg/L]	Pb [mg/L]	Cu [mg/L]	Cd [mg/L]	Mn [mg/L]	Al [mg/L]	HCO ₃ ⁻ [mg/L]	SO ₄ ²⁻ [mg/L]
A	11	3.56	9.59	0	61	2.7	44.7	0.64	0.67	11	29	263
B	0.8	6.32	0.2	0.35	3.8	0.00	0.12	0.026	0.02	0.06	96	30.1
C	26	3.21	9.6	0.002	8.1	0.00	6.2	0.019	1.2	45	27	592
effluent standard	-	5.8-8.6	10	0.1	2	0.1	3	0.03	10			

モデルの構築にあたっては、まず各中和剤の鉱物モード組成を算出した。さらに各中和剤を用いた酸性坑廃水の中和試験結果とモデルの計算結果が合うよう、構成鉱物の反応比表面積を設定した。これらの結果を 1D の反応移送シミュレーションに組み込み、中和水路による酸性坑廃水処理予測データを出力した。中和水路による pH および有害金属元素濃度変化の計算結果図 1, 図 2 をに示す。

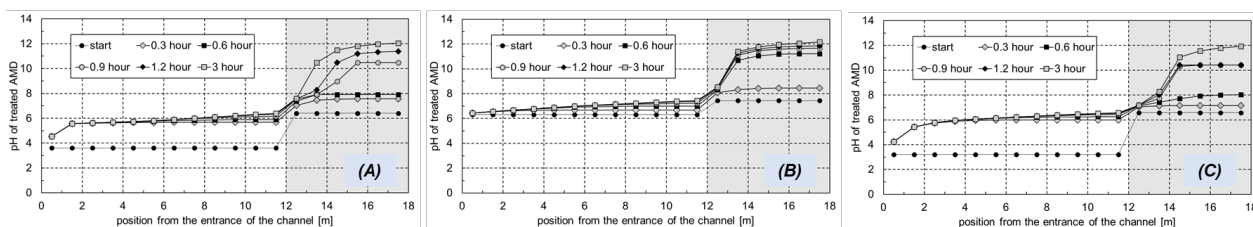


図 1 1D 反応移送シミュレーションによる ADM の pH 変動予測結果。文献[1]より改変

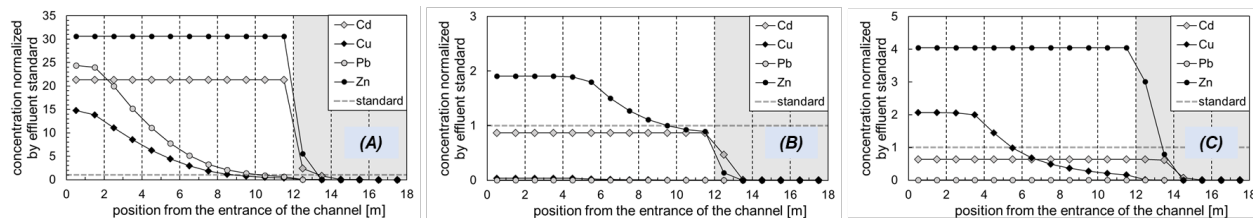


図 2 1D 反応移送シミュレーションによる AMD 中重金属元素の変動予測結果。文献[1]より改変

上記の結果より、酸性坑廃水の組成に関わらず石灰石水路では pH が 6-7 程度まで上昇し、Cu や Pb は十分に排水基準値を下回ることが明らかになった。鉱山 B の結果に見られるように、初期 pH が高く含有金属元素濃度も低い坑廃水の場合には、Zn についても石灰石水路で基準値を満たす。一方で、鉱山 A, C では Zn, Cd について PAdeCS 水路を用いた追加処理が必要であることがわかる。PAdeCS の酸中和能は極めて高く、いずれも滞留時間 1 時間を超える地点 (15m) で pH は 11 を超える。一方で、鉱山 C に対する結果では pH の上昇が鈍く、硫酸イオン濃度の高い酸性坑廃水が強いバッファ効果を有することが明らかになった。本講演では、上記データを基に水路設計への示唆を検討するとともに、表面錯体による影響を考慮したシミュレーション結果についても報告する。

参考文献：[1] 高谷ほか (2022) J. MMIJ (in press), [2] Oelkers et al. (1994) Geochim. Cosmochim. Acta, 58, 2011-2024.