

令和7年度 研究成果の概要(1/2)

研究テーマ:「電気化学的手法による酸性河川水の中和処理コストの低減化に関する研究」	
研究代表者 ・氏名(ふりがな):田中 恒夫(たなか つねお) ・所属、役職:前橋工科大学 教授	
研究期間:令和7年4月～令和10年3月	
研究参加メンバー(所属団体名のみ) 前橋工科大学、株式会社ヤマト	
研究の背景・目的 群馬県草津町を流下する酸性河川の湯川、谷沢川、大沢川において、石灰を用いた大規模な中和処理が行われているが、そのプロセスにセルを組み込むことを想定している。中和処理において、石灰の使用量や中和生成物の発生量の低減とともに、水素を用いた燃料電池発電によるエネルギー回収も目指す。 既往研究より、電流やHRTが重要な操作因子であること、およびセルの大きさによらず電気化学的手法により酸性河川水の中和処理は可能であることがすでにわかっているため、本研究では大学実験室および品木ダム水質管理所においてベンチスケールセルおよび多段型中和処理システムを用いて通電実験を行い、①多孔質電極の再生方法と多孔質電極内の濃縮液の有効利用、②中和処理と電極再生の自動化、③セルから発生する電解水素による燃料電池発電の効率などについて検討する。	
研究内容(研究の方法・項目等) 1. 品木ダム水質管理所における通電実験 ベンチスケールの単槽型中和処理装置(電気化学セル)を品木ダム水質管理所(現地)に設置して連続方式の通電実験を行った。 現地実験で用いたベンチスケールセルを図1に示す。反応容器はアクリル製で、内径:148 mm、高さ:800 mm(流出口までの有効高さ:約700 mm)、有効容量は約12Lである。その中に、外径:148 mm、内径:76 mm、長さ:900 mmの活性炭素繊維、および直径:10 mm、長さ:1,200 mmのチタン母材白金メッキ棒を装着してセルを構築した。電極への印加は直流安定化電源、被検水のセルへの供給は蠕動ポンプを用いて行った。 通電実験は、湯川の酸性河川水を蠕動ポンプでセルへ直接供給し、電流とHRTを変化させて行った。電流:8Aで一定の場合、HRTは0.5～2.0hrの範囲、一方HRT:2hrで一定の場合、電流を4～10Aの間で変化させた。流出pHの測定は、セルの流出口に電極プローブを取り付けて2min間隔で行った。また、流出入水について、TOCと陰・陽イオンの濃度の測定も行った。	
2. 通電と石灰ミルクの併用実験 酸性河川水は現在、石灰ミルク(石灰を酸性河川水に溶かした溶液)を用いて中和処理されているが、通電と併用した場合、その添加量をどの程度低減できるか検討した。 反応容器は、300mLのガラス製ビーカーを用いた。反応容器内の被検水のpHは、ガラス電極(メーター)を用いて測定した。反応器内はマグネティックスターラーを用いて攪拌した。 反応容器に200mLの湯川の酸性河川水(初期pH:1.94)を入れ、1Nの水酸化ナトリウムでpHを上昇させた。目的のpHは、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5の5条件とした。次に、各pHから湯川で実際に使用されている石灰ミルク(pH6.4)を用いてpHを4.5まで上昇させ、その際に要した石灰ミルクの量を調べた。同様に、酸性河川水を電気化学的処理によりpHを上昇させた後、石灰ミルクを添加してpHの上昇傾向を確認した。	図1 現地で用いた中和処理装置

令和7年度 研究成果の概要(2/2)

研究成果(通電実験)の概要

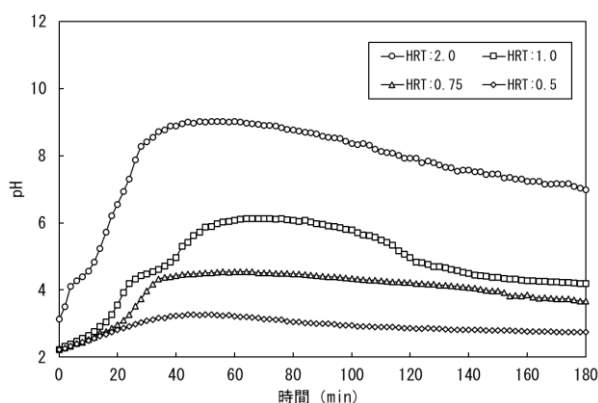


図2 HRTによるpH上昇の変化

表1 アニオンとカチオンの濃度の変化(10A)

時間 (min)	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
0	260	630	42	19	63	31
30	100	330	63	32	87	36
60	43	150	73	37	79	38
90	41	130	79	39	74	42
120	45	140	81	39	78	50
180	55	160	78	36	73	53

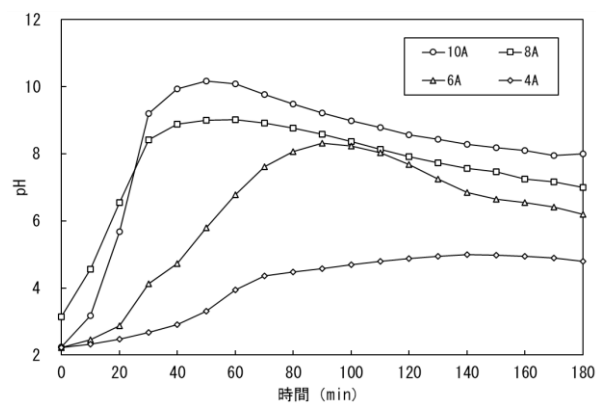


図3 電流によるpH上昇の変化

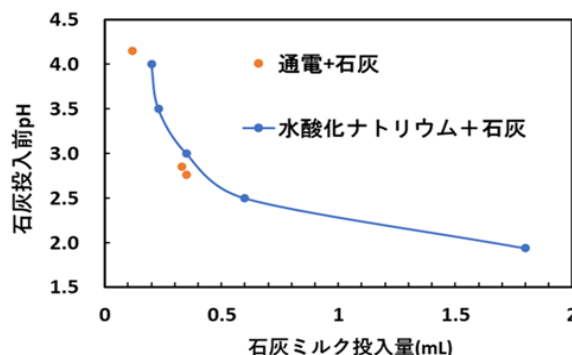


図4 通電前処理による石灰ミルク添加量の変化

1. ベンチスケールを用いた現地実験

(1) HRTによる中和効率の変化

HRTを変化させた現地実験の結果を図2示す。HRT:2hのとき流出pHは9付近まで上昇したが、HRT:1h以下の条件では通電により流出pHは上昇したものの、アルカリ性になることはなかった。流出pHはHRTにより大きく変化することが確認できた。

(2) 電流による中和効率の変化

電流を変化させた実験の結果を図3に示す。電流:6~10Aのとき流出pHは8以上となったが、電流:4Aの条件では通電により流出pHは上昇したものの、アルカリ性になることはなかった。流出pHは電流によっても大きく変化することが確認できた。現地ベンチスケール実験においても通電によるpH上昇は確認できたことから、電気化学的中和処理法の実用性は高いと考えられる。

(3) 流出入水の陰・陽イオン濃度の変化

流出入水の陰・陽イオン濃度の変化を表1に示す。アニオン濃度は時間の経過とともに減少したが、カチオン濃度は上昇傾向であった。また、活性炭素繊維陽極内のアニオン濃度を測定したところ、液本体でのそれより200~300mg/L高かった。アニオン濃度の減少は、その活性炭素繊維陽極内における蓄積の影響と考えられる。

2. 通電と石灰ミルクの併用実験

電気化学的手法と石灰ミルク添加を併用した際の結果を図4に示す。縦軸は石灰投入前pH、横軸は石灰ミルク添加量である。酸性河川水のpHを水酸化ナトリウムを添加して予め上昇させた場合、石灰ミルクの添加量は極端に減少していることがわかる。例えば、水酸化ナトリウム無添加の条件では石灰ミルクの添加量は1.8mLであったが、pHを4付近まで上昇させた条件では石灰ミルクの添加量は0.2mLであった。

通電によりpHを上昇させた場合も同様で、石灰ミルクの添加量は減少していることがわかる。通電によりpHを2.5~3.0まで上昇させた条件では、石灰ミルクの添加量は0.3~0.4mLであった。電気化学的手法の併用により、石灰ミルク添加量を低減できることがわかった。