

令和5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と水素回収」
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 工学部 教授
研究期間:令和4年10月～令和7年3月
研究参加メンバー(所属団体名のみ) 小森正人(株式会社ヤマト)
研究の背景・目的 酸性河川水の中和処理では一般に、石灰などを用いた化学的手法が広く採用されている。その際、大量の中和生成物が発生する。加えて、貴重な鉱物資源を永久的に添加する必要がある。本研究では、石灰の使用量と中和生成物の発生量を抑制できる、酸性河川水の中和処理技術の研究開発を目的とした。ここでは、中和処理において電気化学的手法を適用することを提案し、その実用可能性について検討した。また、中和処理の際にセルより発生する水素の回収方法などについても検討した。
研究内容(研究の方法・項目等) 1. セルの設計・操作因子に関する研究 電気化学的手法による酸性河川水の中和処理の可能性、およびセルの設計・操作因子について、ラボスケールの装置を用いて検討を行った。 図1の装置を用いて、電流(電圧)および滞留時間(HRT)を変化させて連続方式の通電実験を行い、中和効率に影響を与える操作因子について検討した。電流は300mAで、HRTは7～60分の範囲で変化させた。また、本実験で得られた結果と既往研究 ¹⁾ の結果を比較して再現性についても検討した。 また、図1の装置を用いて、電極充填率(円筒形活性炭繊維陽極(ACF)の体積)を変化させて通電実験を行い、セルの設計因子について検討した。 2. セルからの水素回収に関する研究 中和処理(通電)の際に発生するガスの量とその水素含有量(濃度)を測定し、水素の生成効率と回収方法について検討した。 図2の装置を用いて、電流・電圧を変化させて通電実験を行い、セルから発生するガスの量と水素濃度を測定した。また、実際の水素発生量とファラデー則より算出できる理論水素量との比較を行った。 さらに、通電時における水素発生を確認した後、セルからの水素回収の方法について検討した。 3. セルのスケールアップ ラボスケールセルを用いて行った実験の結果(設計・操作因子などの結果)に基づいて、ベンチスケールのセルを構築した。



図1 通電実験に用いた中和処理装置



図2 通電時生成ガスの回収装置

令和5年度 研究成果の概要(2/2)

研究成果の概要

1. セルの設計・操作因子に関する研究

セルの設計・操作因子を検討するため、図1の装置を用いて通電実験(300mA)を行った(図3)。HRT: 60分と15分の条件において、通電を開始してから10分後にpHは10以上となった。HRT: 7分の条件では、通電終了時においてもpHは中性付近であった。電流: 300mA、HRT: 15分以上で酸性河川水はアルカリ性になることがわかった。すなわち、電気化学的手法による中和処理は可能であること、HRTは重要な操作因子であることが確認できた。

図4には電流によるpH変化を示したが、HRTと同様に、電流によりpH上昇の程度は大きく変化すること、すなわち電流も重要な操作因子であることがわかった。

また、セルの設計因子を検討するため、図1の装置を用いて、ACFの体積を変化させて実験(電流: 300mA、HRT: 60分、通電時間: 120分)を行った。ACF体積(充填率)の減少により、pH上昇の程度は大きく低下した。ACFの充填率は重要な設計因子であることがわかった。

2. セルからの水素回収に関する研究

通電時の水素発生量を把握するため、図2の装置を用いて、ガス発生量と水素濃度を測定した。ガス発生量はファラデー則より求めた理論量と概ね一致した。水素濃度は最大88%であった。

また、通電時発生ガスはガスホルダーに蓄積せず、セルの上部より外部に漏れていたため、ガス(水素)を回収できるようにするためには、セル上部の構造を改良する必要があることがわかった。

3. セルのスケールアップ

昨年度と今年度の通電実験の結果(セルの設計・操作因子)に基づいて、ベンチスケールのセルを構築した(図5(活性炭素繊維)および図6)。これまで使用していたラボスケールのセル(多孔質電極充填なしの反応器)の有効容量は約0.5リットル程度であったが、ベンチスケールセルのそれは約12リットルである。被検水の酸性河川水の供給はローラーポンプ(写真・右)、通電は直流安定化電源(写真・左)を用いて行う。また、水素回収はセルの上端部に回収装置を取り付けて連続的に行う。来年度は、新たに構築したベンチスケールセルを用いて、連続方式の実験を行い、電気化学的中和処理の再現性や水素回収方法などについて検討を行う。

【参考文献】

- 1) 田中ら: 多孔質電極装着セルを用いた酸性河川水の電気化学的中和処理、土木学会論文集、78(1)、pp.21-29 (2022)。

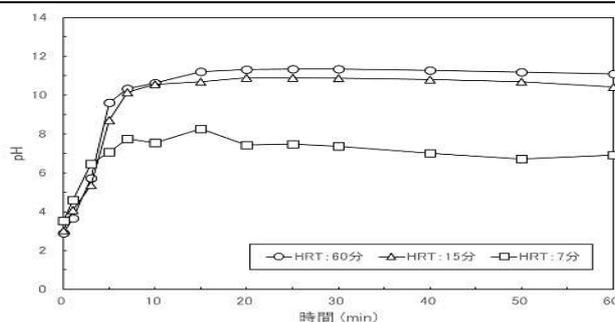


図3 HRTによるpHの経時変化

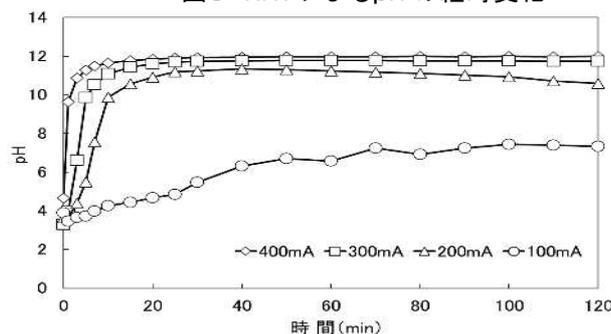


図4 電流によるpHの経時変化(既往研究)

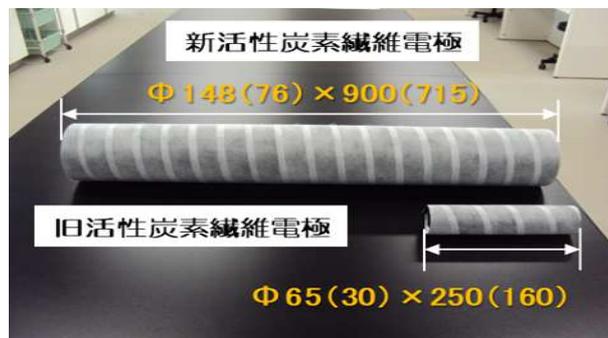


図5 新電極と旧電極

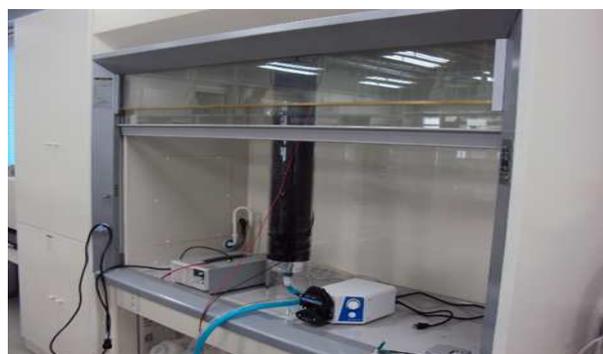


図6 ベンチスケールの通電システム