

沖縄県内の農業用沈砂池における赤土等懸濁物質の凝集処理法

大分工業高等専門学校 学生会員 ○伊東雄一朗
大分工業高等専門学校 学生会員 河野 李奈
大分工業高等専門学校 正会員 前 稔文
大分工業高等専門学校 非会員 嶋田 浩和

大分工業高等専門学校 学生会員 安藤 りほ
大分工業高等専門学校 正会員 佐野 博昭
大分工業高等専門学校 非会員 上野 崇寿
大分工業高等専門学校 非会員 PROCHAZKA Zdenek

1. まえがき

近年、国内における大雨により災害が激甚化しており、中でも沖縄県の赤土等流出問題は依然として危機的な状況にある。とくに農地からの赤土等流出が非常に深刻となっており、河川や海水の汚濁、底質汚染が生じ、河川生物や沿岸海域のサンゴなどの生態系を破壊し、観光業や水産業に大きな被害をもたらしている。

写真-1 は、沖縄県における農業用沈砂池の 1 例を示す。写真より、沈砂池全体にわたって赤土等が浮遊していることがわかる。このような状況下で降雨にともなう赤土等の流出水がさらに沈砂池に流入した場合、高濁度の赤土等流出水が沈砂池を越流して河川から海域へと流出することが容易に想像できる。

懸濁水を処理する方法としては、ポリ塩化アルミニウム (PAC) や硫酸アルミニウム (LAS) などの凝集剤を添加する凝集沈降法が多く用いられているが、人工薬品を使用することによる配慮が必要となる。そこで、これに替る方法として電解凝集法が挙げられる。

この方法は、薬剤を添加する替りにアルニウムなどの金属を陽極に用いることによって陽極の金属を溶出させ、そのイオンにより凝集を促進させるものである。

著者らは、ICT, AI, IoT などの情報技術を積極的に活用した沖縄地域における赤土等流出抑制技術の開発に取り組み始めたところである。この研究では、既存の農業用沈砂池に対して電解凝集設備を後付けし、沈砂池に流入した赤土等懸濁液を早期に凝集させ、基準値 200mg/L を満足した処理水を放流することを目指している。また、PAC や LAS などの凝集剤に替る材料を用いた凝集沈降法と電解凝集法とを併用した 2 段階凝集法の検討も開始したところである。さらに、太陽電池を電源とし、赤土等流出水の沈砂池への流入出量、降水量、気温、濁度、pH、電気伝導率などを測定する沈砂池の省力的管理システムを構築する予定である。

そこで、本研究では、赤土等に対する電解凝集法の効果を確認するために、山元・恒成¹⁾、大佐々ら²⁾、大野木ら³⁾の研究成果を参考にして、基礎的な電解凝集実験を行ったのでその結果について報告する。

2. 電解凝集実験に用いた試料および実験方法の概要

(1) 国頭マージの基本的性状

実験にあたっては、沖縄県うるま市石川地区から採

取した国頭マージ（土粒子の密度 $\rho_s=2.74\text{g/cm}^3$ ， $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})=8.5$ ，電気伝導率 $\chi=19.1\text{mS/m}$ ）を $(110\pm 5)^\circ\text{C}$ で 24 時間炉乾燥し、 $75\mu\text{m}$ ふるい通過分を用いた。

(2) 電解凝集実験

写真-2 は、電解凝集実験装置の概要を示す。実験装置は、①容器、②電極、③可変直流定電圧定電流電源装置、④濃度測定装置から構成されている。

容器 ① は、プラスチック容器 ((株) 大創産業製、有効内寸法: $14.8\text{cm}\times 6.5\text{cm}\times 8.8\text{cm}$) を用いた。

電極板 ② は、縦 70mm、横 130mm、厚さ 2mm の Al 板を陽極と陰極に使用した。電極板の 4 箇所直径 3.5mm の穴をあけ、長さ 10mm のスペーサを用いて電極板の間隔を一定とし、プラスチックネジで固定した。この電極板をプラスチック容器の中に置き、電極板に端子を取り付け、可変直流定電圧定電流電源装置 (菊水電子工業 (株) 製、PAC 35-5 形) ③ に接続した。

その後、容器に懸濁物質 $\text{SS}=20,000\text{mg/L}$ になるように調整した国頭マージ懸濁液を投入し、1 分間静かに攪拌した後、1 分間静置し、電圧を印加した。なお、試験水としてはイオン交換水を用いた。

電解凝集実験は、電流が 0.2A、0.4A、0.6A となるように印加電圧を 10V、20V、30V と調整した。また、通電時間は凝集の進行状況により設定した。なお、比較のために、電圧を印加しない条件 (0V、0A) についても同様に実験を行った。

一般に、Al 板を陽極に用いた場合、電解反応は次式 (1)、(2) で与えられる。

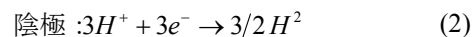
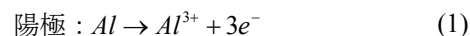


写真-1 沖縄県における農業用沈砂池の 1 例 (2017 年 3 月 11 日撮影)

印加にともなう陽極側の Al の溶出量は、通電前後の電極板の質量から求めた。通電後の電極板は、表面を水洗いし、110℃で 24 時間乾燥した後、質量の測定を行った。

(3)電解凝集効果の評価

電解凝集効果の評価は、濃度測定装置⁴⁾(④)を用いて行った。この装置は、発光部から生じる中心波長 650nm の赤色レーザ(WEN TAI ENTERPRISE CO., LTD 製, LM-101-A2)を受光部のホトトランジスタ(Vishay Intertechnology, Inc.製, BPW17N)が受けて、レーザ光の透過度を電圧値として出力する仕組みである⁴⁾。

原理としては、懸濁液濃度が大きい場合には、ホトトランジスタのベースのレーザの受光が低下するため、エミッタに出力される電圧が低くなることを利用するものである。

濃度測定位置は容器底面から 2.7cm の位置とし、電圧値の測定は 30 秒あるいは 1 分ごとにデジタルテスターを用いて行った。また、電解凝集実験は、室内灯などの光の影響を取り除くために装置全体を箱で覆って行った。

懸濁液濃度 C_s は次式(3)により評価するものとする。

$$C_s = \frac{V_0 - V_t}{V_0} \times 100 = \left(1 - \frac{V_t}{V_0}\right) \times 100 \quad (3)$$

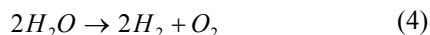
ここに、 C_s ：懸濁液濃度(%), V_0 ：懸濁液濃度 0% 状態(使用した容器にイオン交換水を満たした状態)の電圧(V), V_t ：所定の時間が経過した時点での電圧(V)

3. 電解凝集実験による効果

図-1 は、印加電圧が 0V (電流 0.0A) (記号○), 10V (電流 0.2A) (△), 20V (電流 0.4A) (□), 30V (電流 0.6A) (▽) の場合の電圧印加後の通電時間 t_E と懸濁液濃度 C_s および懸濁物質 SS との関係を示す。

図より、印加電圧が 0V (電流 0.0A) (○), すなわち電圧を印加しない場合は懸濁液濃度 C_s の変化は全く認められないが、電圧を印加した場合(△□▽)、通電時間 t_E の経過にともなって、電流値の大小によらず、ある時間を境として懸濁液濃度 C_s は急激に減少し、0.2A (△) では 27 分、0.4A (□) では 15.5 分、0.6A (▽) では 11 分でゼロになっている。また、電流値が大きいほど、懸濁液濃度 C_s の減少速度が大きいことがわかる。

一方、実験中、陰極板から微細な気泡の発生が認められた。これは、次式(4)のように水の電気分解により発生した水素や酸素と考えられる。



この過程で発生する微細な気泡がフロックに付着し、フロックが灰汁の様相を呈して浮上する様子が認められた。この影響を除去するためには、攪拌などの操作を行うことが有効である¹⁾。

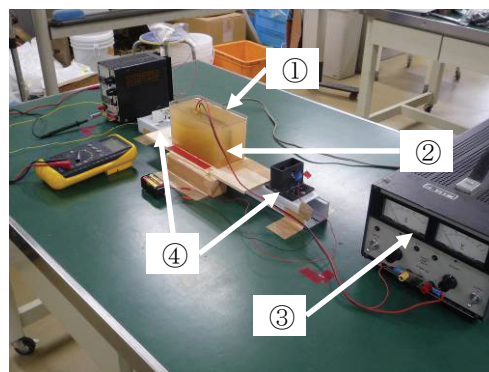


写真-2 電解凝集実験装置の概要

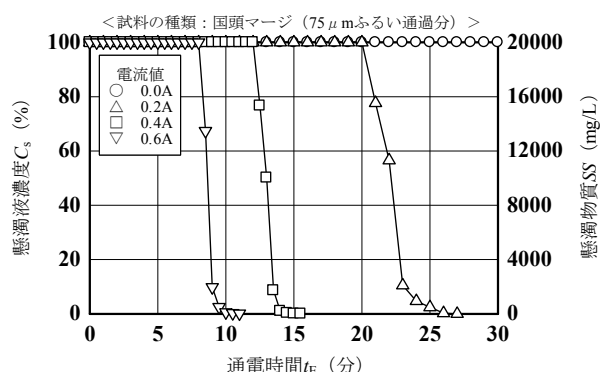


図-1 通電時間と懸濁液濃度および懸濁物質との関係

4. まとめ

本研究では、電解凝集法の効果について検討を行ったところ、その有効性を確認することができた。今後は、懸濁液濃度や電極板間隔などを変え、さらに、攪拌操作を追加して実験を繰り返すとともに、凝集剤を用いた凝集実験を行い、電解凝集法と凝集沈降法を組み合わせた省力的な沈砂池管理法の確立を目指す。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、「全国 KOSEN 沖縄赤土等流出抑制技術研究会(会長：佐野博昭)」関係各位には貴重なご助言をいただいた。ここに、深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 山元義徳, 恒成正吾：アルミニウム陽極を用いた直流電解法による濁水の処理方法について, ダム工学, No. 8, pp. 71-79, 1992.
- 大佐々邦久, 中倉英雄, 田中宏幸：犠牲電極を用いた電解浮上分離によるコロイド状懸濁物質の処理, 化学工学論文集, 第 19 巻, 第 2 号, pp. 317-324, 1993.
- 大野木景子, 高橋和夫, 小口深志, 林原 茂：電解法による工事濁水の凝集処理に関する研究(その 1)-濁水性状が凝集沈降効果に与える影響-, 土木学会第 48 回年次学術講演会講演概要集, II-598, pp. 1292-1293, 2003.
- 佐藤 駿, 上野崇寿：高電圧を用いた霧除去装置の最適化に関する研究, 平成 28 年度(第 7 回)電気学会九州支部高専研究講演会セッション A (A1-A17: 電力・電気機器工学, A18-A20: 電子デバイス・機器工学), 2016.