

四万十川における農業排水による濁水化の改善 ～より効果的な凝析効果の研究～

2年4組 薬師寺晃久 2年4組 江里 文花
2年3組 村田 萌桃 2年3組 中井 千聖
指導者 吉良 春英

1 課題設定の理由

宇和島市三間町は「寒暖差が激しい気候と粘土質の多い土壌に恵まれている」⁽¹⁾ことから、米どころとして有名である。しかし、地域のブランド米である「三間米」を作る水田では、代かきなどにより粒の細かい泥（粘土鉱物）が巻き上がり、濁った状態となる。その濁水が、農業排水として三間川を通じて本流である清流四万十川まで流れ、景観を損ねてしまうことが近年問題視されている



図1 三間川と広見川の合流地点

（図1）⁽²⁾。愛媛県や宇和島市などの周辺自治体や四万十川財団は、その対策として滋賀県の事例⁽³⁾を参考にしながら、浅水代掻きの実施や硫酸カルシウムを主成分とするセッコウ資材を水田に散布する⁽⁴⁾ことで、濁水を低減するための実証実験を進めている。

また宇和島東高校では、水産業で有名な宇和島市ならではの廃棄物であるさまざまな種類の貝殻の活用に向けた研究を行ってきた⁽⁵⁾。濁水対策として散布されるセッコウ資材の成分は硫酸カルシウム（ CaSO_4 ）であり、カルシウムイオンを多く含むという点で貝殻と類似点がある。先行研究ではアコヤ貝の貝殻から生成した酢酸カルシウムはセッコウ資材と同程度の凝析効果を示すことを明らかにしている。⁽⁶⁾また、大西ら（2016）は有機酸である酢酸が植物の成長を促進することを報告している。⁽⁷⁾そこで私たちは酢酸カルシウムの濃度差による凝析効果・植物への生育効果を明らかにする、酢酸カルシウムの濃度によって凝析効果に差が出ることを明らかにするための研究を行った。また将来的には廃棄物である貝殻を有効利用し、地域の課題である農業排水による四万十川濁水を解決したいと考えこの課題を設定した。

2 仮説

- (1) 酢酸カルシウム水溶液の濃度を高くすることによって凝析効果を高くすることができる。
- (2) 塩基性である酢酸カルシウムによって水の性質が塩基性に偏り、動植物にとって害となる。
- (3) 有機酸の塩である酢酸カルシウムは植物の成長を促進する。

3 研究の方法

(1) 酢酸カルシウム水溶液の濃度差による沈殿効果の比較

この凝析効果の比較実験には三間町迫目の土を用いた。この土は実証実験が行われている地区と同じ場所の水田の物を用意した。水は純水を用いた。この実験で使う酢酸カルシウムは純粋な酢酸カルシウム水溶液を用いて実験した。土 20g をそれぞれペットボトルに入れ、 $1.0 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ 、 $5.0 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ 、 $1.0 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ に濃度を設定した酢酸カルシウム水溶液をそれぞれ入れ、1 分間振とうしたのち静置して観察をした。

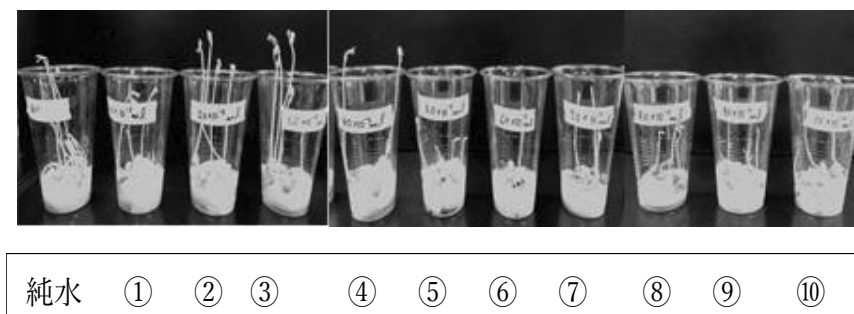
振とう後、10、30、50、70 分後の吸光度を島津 UV-mini1240 を用いて測定した。この吸光度は純水の透過率を 1 としたときの透過率の割合である。装置の都合上、吸光度は赤(700nm)の物を計測した。また、比較資料として既存資料として三間町の水田で使われている硫酸カルシウムの吸光度を計測した。サンプルの採取は水面下 1cm を駒込ピペットを用いて採取した。

(2) 酢酸カルシウム水溶液が与える環境への影響

- a (1)で使用した 70 分後の模擬濁水の pH を pH メーター(APERA 社 PH-60Z) を用いて計測した。
- b (1)で使用した 70 分後の模擬濁水の COD 値をパックテスト(TZ-RW-3、低濃度用)を用いて計測した。
- c $1.0 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ 、 $5.0 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ 、 $1.0 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ の酢酸カルシウム水溶液について COD 値を測定した。

(3) 酢酸カルシウム水溶液の濃度差による豆苗の成長効果の比較

異なる濃度の酢酸カルシウム水溶液 30mL と豆苗の種子 5 粒をプラスチック製コップの中に入れ、定温機の中で暗所、 20°C で栽培した。1 日おきに成長した芽の長さを計測した。この長さは種子から伸びた芽の先端までの長さである。また、このとき、コップの底に酢酸カルシウム水溶液をしみこませ、種子が水没して呼吸ができなくなることを防ぐためにキッチンペーパーを敷いた。計測は 14 日間行った。図 2 は実験 6 日目の様子である。 $1.0 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ の間隔で① $1.0 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ ~ ⑩ $1.0 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ の 10 段階の濃度を設定して実験を行った。



No.	①	②	③	④	⑤
濃度 ($\times 10^{-3} \text{mol/L}$)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
No.	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
濃度 ($\times 10^{-3} \text{mol/L}$)	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0

図 2 豆苗の成長の様子 (実験 6 日目)

4 結果

(1) 酢酸カルシウム水溶液の濃度差による沈殿効果の比較

図3は純水の透過した光の量に対する赤色における各サンプルの透過率を100%から引くことで得られた吸光度 [%] である。

吸光度実験(1)の吸光度をグラフにしたもので、値が高いほど濁度が高いことを表す。この図より酢酸カルシウムの濃度が高いほど凝析効果が高まることが分かる。

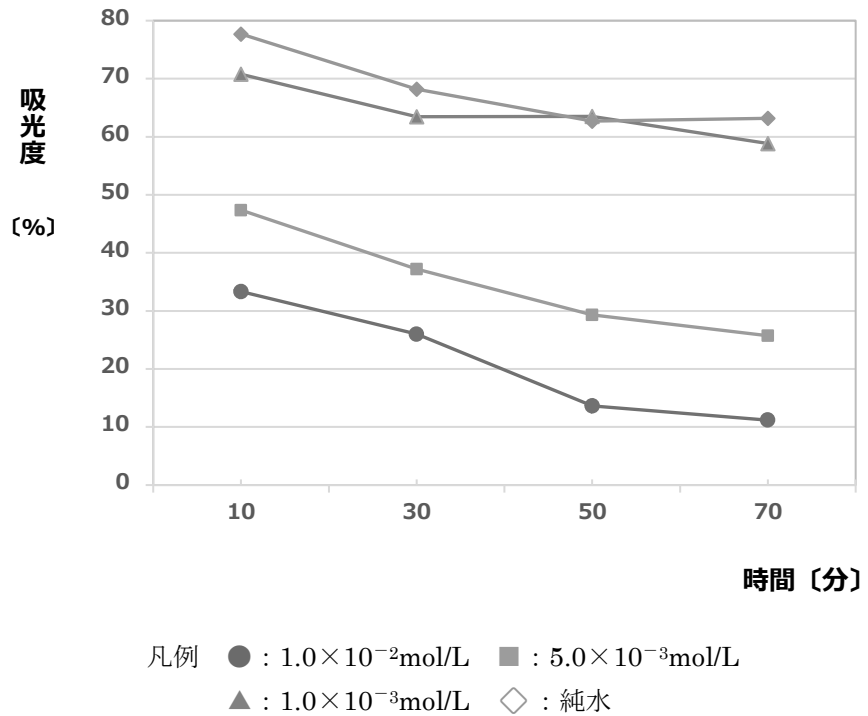


図3 酢酸カルシウム水溶液の濃度と吸光度の関係

(2) 酢酸カルシウム水溶液が与える環境への影響

a 酢酸カルシウム水溶液の濃度変化による pH の値に大きな差はないことも確認できた。(表1)

表1 酢酸カルシウムの濃度差による pH の変化

濃度 (×10 ⁻³ mol/L)	1.0	5.0	10.0
pH	6.93	7.14	7.21

b COD 値はパックテストの測定限界である 8 に達した。そのため正確な結果は測定できなかった。

c 各濃度の酢酸カルシウム水溶液の COD 値は 1~2 の範囲となった。

b、c の結果より、COD 値を上げた原因は酢酸カルシウムでなく土にあるということが分かる。また、コロイドを沈殿させた水にも有機物が多く含まれていることが分かった。

(3) 酢酸カルシウム水溶液の濃度差による豆苗の成長効果の比較

図4は14日目の純水のみで育てた豆苗の長さを 1.00 としたときの各サンプルの長さの相対値を表している。発芽し成長した芽の長さの平均値をその濃度で成長した芽の長さとした。2.0×10⁻³mol/L、3.0×10⁻³mol/L の濃度で豆苗が一番大きく成長した。これを境に濃度が高くなると発芽率が減少していった。図4から分かる通り、濃度が高くなるにつれて、成長した芽の長さの相対値は減少した。また種子やキッチンペーパーに発生したカビの量が増加した。5.0×10⁻³mol/L、6.0×10⁻³mol/L ではそれぞれ 2 個、1 個の種子からしか発芽していなかった。

5 考察

実験(1)において図3より、5.0×10⁻³mol/L の濃度では 140 分後には吸光度の割合が 10%以下になることが予想される。しかしそれ以上に時間がかかるという予想もある。濁水の中に酢酸カルシウムを添加すると沈殿が起きやすくなるのは負に帯電したコロイド(疎水コロイド)が反発

しているのを酢酸カルシウムが電離することにより生じたカルシウムイオンが電荷を打ち消し、反発を失くすためである。そのため水溶液中のカルシウムイオンがコロイドとの凝析にすべて使われると凝析効果がなくなり、沈殿する速度が遅くなるはずである。一方、同条件で開始した実験(1)であるが10分後には大きな差が現れている。そのため実験開始10分で最も凝析が起き、コロイドが沈殿していることが予想される。

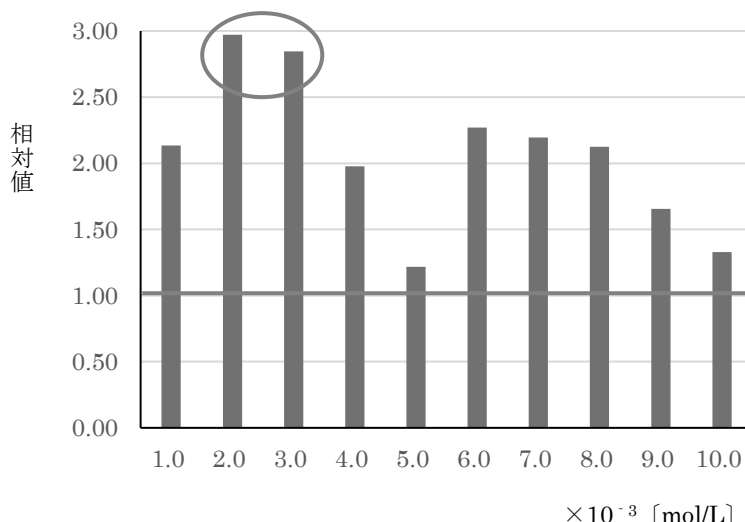


図4 酢酸カルシウム水溶液の濃度と豆苗の成長の関係

実験(2)aの結果より酢酸カルシウムの濃度を高めても、液性が塩基性に偏らないことが分かる。そのため田畑に酢酸カルシウムを過剰に投入した場合でも環境に与える影響は少ないだろう。また、実験(2)b、cの結果からCOD値が高かった原因は酢酸カルシウムでなく土にあると考えられる。土中には有機物が多く含まれているためだと考えられる。

実験(3)において、 4.0×10^{-3} mol/L、 5.0×10^{-3} mol/Lの濃度の酢酸カルシウム水溶液の値は外れ値の可能性がある。同条件で繰り返し実験を行いたい。

6 今後の課題

今回は育てやすく栽培期間が短い豆苗を実験に用いたが、今後は稲の生育に酢酸カルシウム水溶液がどのような影響を与えるか実際に稲を用いて検証していきたい。そして、今回得られた結果より 2.0×10^{-3} mol/Lと 3.0×10^{-3} mol/Lの酢酸カルシウム水溶液を用いた沈殿実験を行いたい。また、現状では貝殻から酢酸カルシウムを合成するためにとっても手間がかかるため貝殻から酢酸カルシウムを効率的に合成する方法を確立することによって四万十川濁水と貝殻の大量廃棄という2つの地域課題の解決につなげていきたい。

7 参考文献

- [1] 宇和島市, 2020, 『ふるさとうわじま newsletter★vol.24』
- [2] 公益財団法人四万十川財団, 2020, 『清流通信四万十川物語 Vol. 285』
- [3] 横田仁子, 大森誉紀, 2011, 「土壌診断に基づいた土壌改良材の施用による田面水の清水化と水稻の収量性」
- [4] 赤江剛夫, 1994, 「セッコウによる代かき濁水浄化」, *Inorganic Materials*, Vol.1 No.252
- [5] 石山春菜, 二宮紗弥, 東野乃, 2016, 「カキ殻粉末を用いた水質浄化」
『平成28年度SSH課題研究論文集』, 愛媛県立宇和島東高等学校
- [6] 小松凌大, 薬師寺晃久, 中井千聖, 薬師神杏美, 村田萌桃, 水野陽向, 2023,
「貝殻を用いた農業排水による四万十川濁水の改善」, 『令和4年度SSH課題研究論文集』,
愛媛県立宇和島東高等学校
- [7] 大西奏音, 香取之美, 2016, 「食酢が植物に与える影響」,
『平成28年度SSH課題研究論文集』, 愛媛県立宇和島東高等学校