

REHSE「高校生による環境安全とリスクに関する自主研究活動支援事業」

## 2024年度 研究活動報告書

### 1 研究の背景

現在、人類が生きていくうえで、工業・農業生産や日々の生活にも多量の水を必要としている。しかし、SDGsの目標6「安全な水とトイレを世界中に」、7「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」、12「つくる責任つかう責任」、14「海の豊かさを守ろう」にあげられているように、使用後の水の浄化は喫緊の課題である。また、汚泥の処理には大きなコストがかかり、水分量を減らしてコストを削減することも可能だが、分離設備等を作ることも考えると安価で効果が継続して得られる手法が求められる。その一つの方法として、光触媒として研究が進む酸化チタンによる水質浄化があり、我々はこれに着目した。ただし、水に不溶な酸化チタンを水溶液に効率的に接触させるため、多孔質ゲルで親水性が大きいカルボキシメチルセルロースナノファイバー（以下CMCF）を用いた凍結ゲルを組み合わせることで効果の向上を検討している。

### 2 研究の目的

酸化チタンを含むCMCF凍結ゲルを作製し、太陽光を照射することで、水質浄化における有効性を評価し、さらに、低コストで持続可能なゲルの吸着性能を最大化できるように工夫して、より実用的なゲルを作製することを目的としている。

### 3 活動の内容

- 3.1 出前講義 特になし
- 3.2 見学 特になし
- 3.3 その他の活動 特になし

### 4 研究の成果

#### 実験1（酸化チタンの浄化作用の確認）

<CMCFゲルの作製>

- ① CMCF (3 g) を冷凍庫で一週間静置し、凍結する。
- ② クエン酸水溶液を滴下し、室温で一週間放置する。

<CMCF+TiO<sub>2</sub>ゲルの作製>

- ③ CMCF (3 g) と酸化チタン 0.05 g を混合し、冷凍庫で一週間静置し、凍結する。
- ④ クエン酸水溶液を滴下し、室温で一週間放置する。

### <メチレンブルーの分解>

- ⑤ 上記手法で作成した2種類のゲルについて、メチレンブルーを分解する能力を比較するため、これらのゲルをメチレンブルー溶液に入れ、1日経過後の波長663nmにおける吸光度変化を測定する。

### 結果

Table 1 実験開始時と開始から1日後のメチレンブルー濃度

ゲル種類	開始時	1日目
CMCF	9.5	4.1
CMCF+TiO <sub>2</sub>	9.1	0.35

単位( $\times 10^{-6}$  mol/L)

(ランベルト・ベールの法則より測定した吸光度からモル濃度に換算)



写真1 酸化チタンの水質浄化の効果  
(左からCMCF+TiO<sub>2</sub>ゲル、CMCFゲル)



写真2 測定後のゲルの様子

### 実験2 (TiO<sub>2</sub>と吸着剤との浄化作用比較、酸化チタンの再利用可能性の検討)

#### <吸着剤混合ゲルの作製>

- ① CMCF(3g)にカーボンナノファイバーまたはゼオライトを0.05g混合したゲルを実験1と同様に作製する。

#### <メチレンブルーの分解>

- ② ①で作製した2種類のゲルおよび、実験1と同様に作製したCMCF+TiO<sub>2</sub>ゲルの計3種類のゲルをメチレンブルー溶液にそれぞれ入れ、メチレンブルーの吸光度(663nm)を経時的に測定する。

#### <再利用可能性>

- ③ 2日目経過時点で、それぞれのゲルの水質浄化の能力の持続性を調べるため、ゲルをメチレンブルー水溶液へと入れる。メチレンブルーの吸光度(663nm)を経時的に計測する。

## 結果



Fig. 2 添加したものが異なるゲルによる吸光度の経時変化  
(2日目についてはゲルを新たなメチレンブルー水溶液に入れた前後のデータを記載)

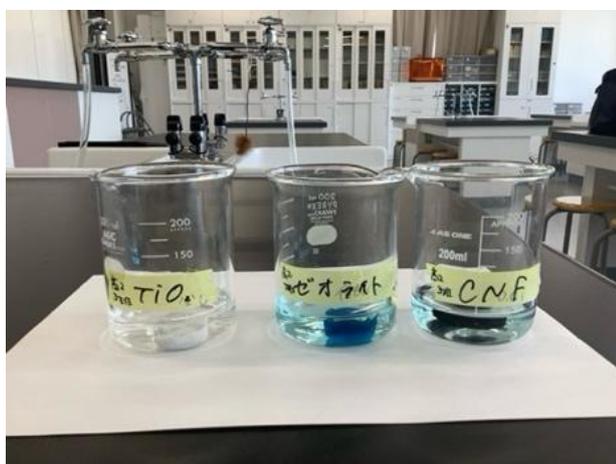


写真3 添加したものによる1日後のメチレンブルー溶液の違い  
(左:CMCF+酸化チタン、中:CMCF+ゼオライト、右:CMCF+カーボンナノファイバー)

### 実験3 (最適な酸化チタンとCMCFゲルの比率)

#### 〈吸着剤の作製〉

CMCFゲル3gと0g、0.0125g、0.025g、0.050g、0.10g、0.20gのTiO<sub>2</sub>を含むゲルを実験1同様作製する。

#### 〈メチレンブルーの分解〉

- ① で実験1と同様に作製したCMCF+TiO<sub>2</sub>ゲルの計6種類のゲルをメチレンブルー溶液にそれぞれ入れ、メチレンブルーの吸光度(663 nm)を経時的に測定する。

## 結果

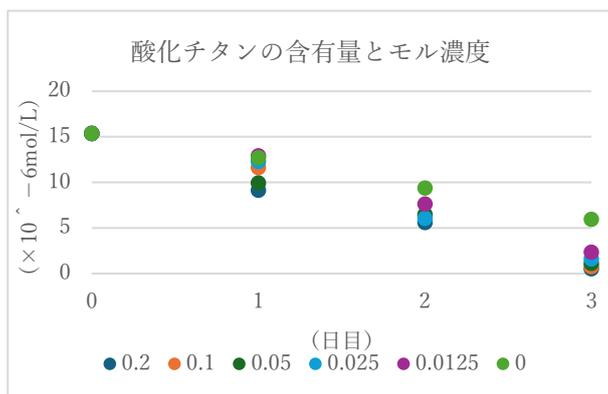


Fig. 3 酸化チタンの含有量(g)の違いによる吸光度測定  
(ランベルト・ベールの法則より測定した吸光度からモル濃度に換算)

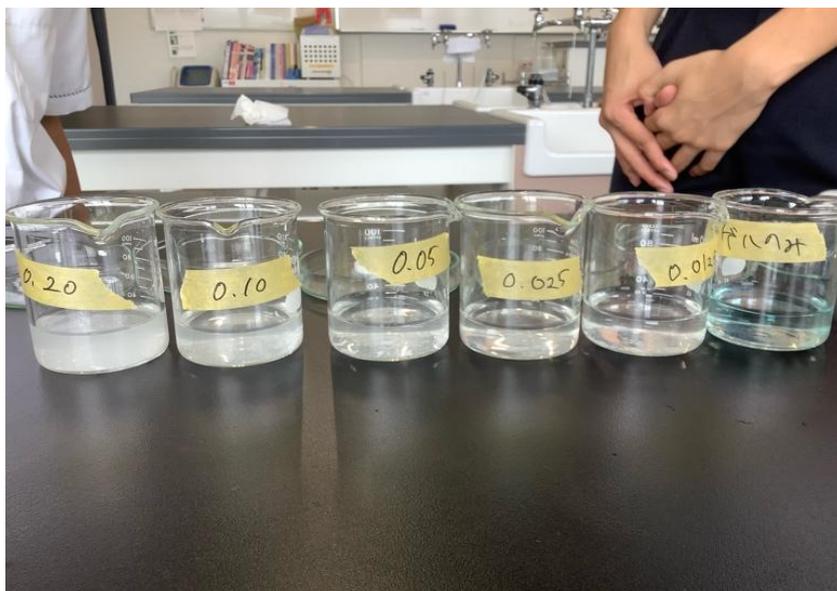


写真4 ゲルを取り除いた後のビーカー内の様子

### 実験4 (酸化チタンを含むゲルの持続性)

#### 〈吸着剤の作製〉

CMCF3.0g と 0.025g の酸化チタンを含むゲルを 4 つ実験 1 同様に作製する。

#### 〈メチレンブルーの分解〉

それら 4 つのゲルをメチレンブルー溶液にそれぞれ入れ、メチレンブルーの吸光度(663nm)で 3 日ごとに測定した。また 3 日ごとに新しいメチレンブルー溶液を用意しゲルをそこに移し変えた。

## 結果

Table2 光触媒の永続性

	0日目 (初期値)	3日目	3日目 (初期値)	6日目	6日目 (初期値)	9日目	9日目 (初期値)	12日目
モル濃度	15.2	2.75	10.5	0	10.5	0.577	10.5	0

( $\times 10^{-6} \text{mol/l}$ )

(ランベルト・ベールの法則より測定した吸光度からモル濃度に換算)

## 実験5(ゲル形状の比較)

<形状の異なるゲルの作製>

- ① 実験1、実験2と同様の方法でCMCF+TiO<sub>2</sub>ゲルを作製する。その際に型となる容器を4種類(プラスチック筒、時計皿、シャーレ、アルミカップ)用いる。

<メチレンブルーの分解>

- ② ①で作製した4種類のゲルをメチレンブルー溶液に入れ、メチレンブルーの吸光度(663 nm)を経時的に測定する。

## 結果

Table3 形状が異なるゲルにおけるメチレンブルー溶液の吸光度の変化

ゲル形状	0日目	1日目	2日目
筒型	1.72	1.41	0.77
時計皿	1.72	1.42	0.86
シャーレ	1.72	1.28	0.87
アルミカップ	1.72	1.52	0.70

(Abs)



写真5 異なる容器を用いたゲル作製

(左から、筒型、時計皿、シャーレ、アルミカップ)

## 考察

実験 1 より酸化チタンによるメチレンブルーの分解が起こったことがわかる (Table 1)。ゲルに酸化チタンを内包しても光触媒としての機能は失われず、ゲル内に入り込んだメチレンブルーは酸化チタンにより分解されたと推察できる。

実験 2 より吸着剤は、メチレンブルーの吸着量に限界が存在するが、酸化チタンによる分解は吸着ではないため、持続的な水質浄化に好適であると考え (Fig. 2)。

実験 3 より  $\text{TiO}_2$  の割合が大きくなるほど水質浄化の効果が向上する (Fig. 3) が、 $\text{TiO}_2$  の割合が大きくなるほど CMCF が脆くなり、 $\text{TiO}_2$  が流出してしまうので CMCF3g あたり  $\text{TiO}_2$  0.025g が適切だと考える。

実験 4 より  $\text{TiO}_2$  を含むゲルは日を経るごとに強度が落ちるという欠点はあるものの壊れ切らない限りは永続的に水質の汚れを改善することができる。

実験 5 より形状による水質浄化作用に明確な差は見られなかった。筒形が最も形状が崩れていなかったため、形状の安定した筒型ゲルが実用的である。

## 5 研究成果の発表

- ① 日時：2024 年 9 月 24 日 (火) 16:00~17:40  
発表の場：第 12 回応用糖質フレッシュシンポジウム  
発表項目：「光触媒を用いた凍結セルローズゲルによる水質浄化」  
発表形態：ポスター  
発表者名 鐘ヶ江勇星 (2 年) 橋本怜矢 (2 年) 松本悠輝 (2 年)

## 6 「環境保全とリスク」に関する意見と感想

環境問題への対策は長年人間が取り組んできた課題であったが、いまだに決定的な対応策は見つかっていない。どの対応策も利点とともにまた別のリスクが生まれてしまい、現在はどのようにしてその利点を増やしてリスクを減らすかに焦点が当てられている。私たちの研究も太陽光で持続可能な水質浄化ができるという利点があるとともに、化学物質の流出や、強度の低下などのリスクがあり、改めて環境保全の複雑さ、現在の環境問題の対策の難しさに気がついた。

## 7 今後の課題

水質浄化の改善への決定的な解決策が見つからないのは、それぞれの方法に利点と欠点があるからだと言うことを実験を通して再認識した。私たちの研究は太陽光のみでの持続可能で低コストで浄化できるという利点があるものの、内包している化学物質が河川に流出する懸念や耐久性の低

さという欠点がある。今後は耐久性の強化や生物が暮らす水槽など自然界に近い環境での水質浄化の研究を行いたい。

## 8 まとめ

本研究により、酸化チタンを含む CMCF 凍結ゲルが低コストで持続可能な水質浄化手段として有望であることが示された。特に、酸化チタンによる分解作用が吸着とは異なる持続的な水質浄化を可能にすることが確認された。また、酸化チタンとカルボキシメチルセルロースナノファイバーの適切な比率や最適なゲルの形状が明らかになり、これにより水質浄化の効果がさらに向上することが期待される。ただし、内包している化学物質が河川に流出する懸念や耐久性の低さという課題があるので、今後は、耐久性の向上や自然界に近い環境での実験を通じて、実用化に向けた研究を進めたい。