

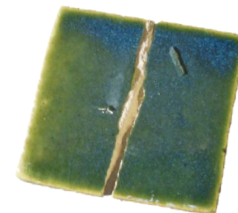
2025年2月15日 令和6年度環境学習成果発表会

焼き物による霞ヶ浦浄化に関する研究 ～陶器くずの活用法を考える～

茨城県立並木中等教育学校
2年次 野末 有紗

目次

- 1) 研究の動機
- 2) 研究の目的
- 3) 実験方法と結果・考察（一部抜粋）
- 4) 研究のまとめ
- 5) 今後の課題
- 6) 謝辞
- 7) 参考文献

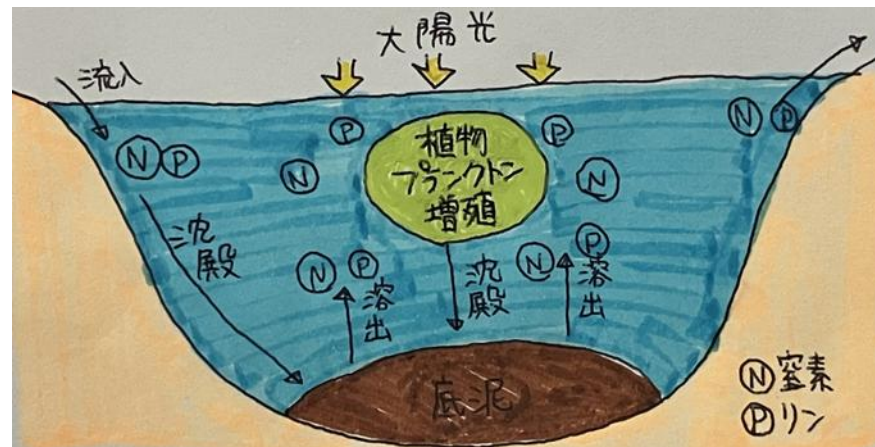


1) 研究の動機

【背景】2つ社会課題



陶磁器の製造工程で発生した不良品
や廃棄くずの活用法^{1) 2)}



霞ヶ浦の富栄養化問題³⁾

【前年度の研究からの知見】

陶磁器は素地に隙間があり、
衝撃により割れる。

➡ この隙間を「**霞ヶ浦の富栄養化問題**」
に活用できないか？



陶器の落下試験の様子
(白土×素焼き)

2) 研究の目的

焼き物の隙間を活用した水中の窒素およびリンを除去する方法を見出すことを目的とする。

<仮説>

- 焼き物には細かな隙間があるから、水中のリンおよび窒素を吸着することで霞ヶ浦の水が浄化できる。
- 焼き物の種類（陶器、磁器、土器、炻器）の中で、土器は低温で焼成しているため素地がガラス化していないので隙間が多い。このことから、土器が最もリンや窒素を除去できる。

3) 実験方法と結果・考察

実験① 霞ヶ浦の水質調査（フィールドワーク）

実験① - 1 水質調査

＜実験の目的＞ 実際に霞ヶ浦に行き水質に関する調査を行うことを目的とする。

＜実験の方法＞ ①霞ヶ浦の2か所（小美玉市高崎沖付近⁵、水郷公園湖畔）を選定、水を採取。



図①-1 水の採取場所(霞ヶ浦)⁴⁾



写真①-3 高崎沖付近



写真①-4 水郷公園湖畔



写真①-5 水を採取

表①-1 パックテスト等による水質調査⁶⁾

調査項目	表記	評価の目安
濁度・外観(目視)	—	
pH(水素イオン指数)		pH6.5～8.5が望ましい。
COD(化学的酸素要求量)		川としては0～5mg/Lが望ましい
アンモニア態窒素	NH ₄ ⁺ -N	0.2mg/Lはきれい。0.5mg/L以上は少し多い。
亜硝酸態窒素	NO ₂ ⁻ -N	0mg/Lはきれい。通常は0.02mg/L以下。
硝酸態窒素	NO ₃ ⁻ -N	1mg/Lはきれい。通常は1～2mg/L前後。
りん酸態りん	PO ₄ ³⁻ -P	0.05～0.2mg/L以上は少し多い。

＜実験の仮説＞

- 小美玉市高崎沖付近は蓮畑が隣接しているため、硝酸態窒素とりん酸態りんの量が多い。
- 水郷公園湖畔は近隣に工場や蓮畑はないため、硝酸態窒素とりん酸態りんの量が少ない。

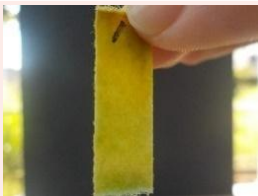
実験① - 2 微生物観察⁷⁾



写真①-6 生物顕微鏡

結果と考察 実験① - 1 水質調査

表①-2 霞ヶ浦の水2種類における水質調査結果

調査項目	① 小美玉市高崎 沖付近	② 水郷公園湖畔
濁度・外観	茶色 	緑 
pH	7 	7 
COD [mg/L]	8 mg/L以上	4 mg/L
アンモニア態窒素 $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ [mg/L]	0.5 mg/L	0.2 mg/L
亜硝酸態窒素 $\text{NO}_2^{-}\text{-N}$ [mg/L]	0.02mg/L	0.005mg/L
硝酸態窒素 $\text{NO}_3^{-}\text{-N}$ [mg/L]	1.0mg/L	0.5mg/L
りん酸態りん $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ [mg/L]	0.2mg/L	0.1mg/L

- ①のCODが②に比べ多いのは、前日の台風の影響で湖底の汚泥が混ざり、茶色く濁ったことが原因の一つと考えられる。また、湖の奥まった場所であることから、水の循環が起こらず滞留していることも原因の一つと考えられる。
- ②の緑色の粉は、湖上全体に浮かぶ「アオコ」だと考えられる。
- ①のアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、りん酸態りんが②に比べ少し多い原因としては、湖底の汚泥または周辺の蓮畑由来の肥料成分の流入が考えられる。

結果と考察 実験① - 2 微生物観察

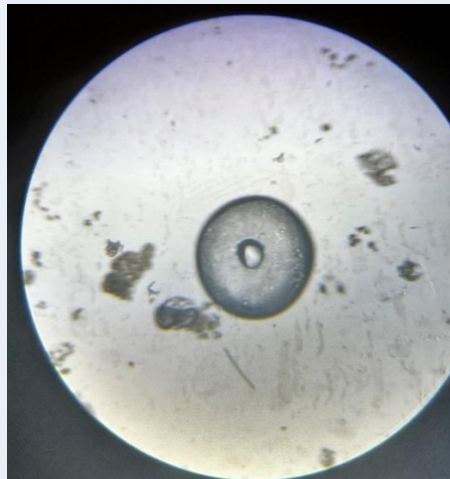
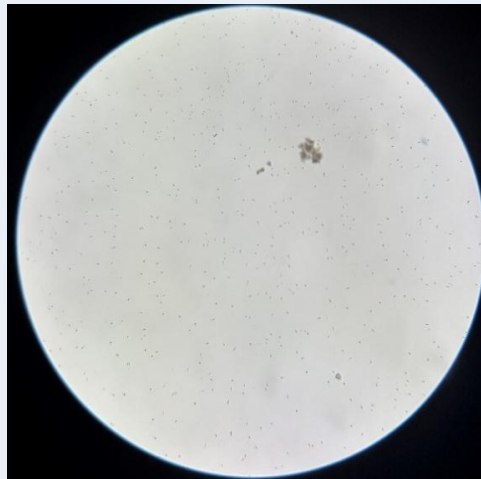
表①-3 ①高崎沖付近および水郷公園湖畔の水の顕微鏡像

①小美玉市高崎沖付近

②水郷公園湖畔

×100

×100

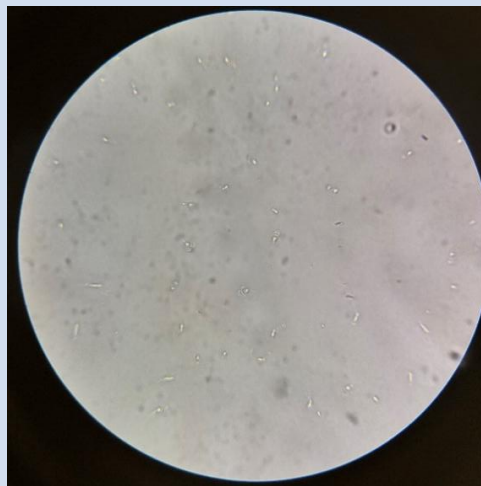


ミドリモ(全体)

ナベカムリ

×400

×400



イカダモ、ツヅミモ(全体)

ミクロキスティス(全体)

<結果>

- ①: 少量のミクロキスティス、イカダモ、ツヅミモのような緑藻。
- ②: ミドリモ類、ナベカムリのようなアメーバの一種を確認。ミクロキスティスが多く見られた。

<考察>

- ①②共に微生物の量が少なかったのは、採取してから2日後に観察を行ったため、植物プランクトンが死んでしまったからだと考えた。
- ②の水にミクロキスティスが多い理由としては、採取時にアオコが大量に浮遊していたことから、その元となるミクロキスティスが多かったと考えた。

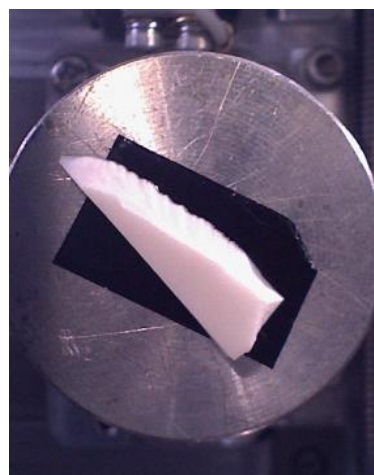
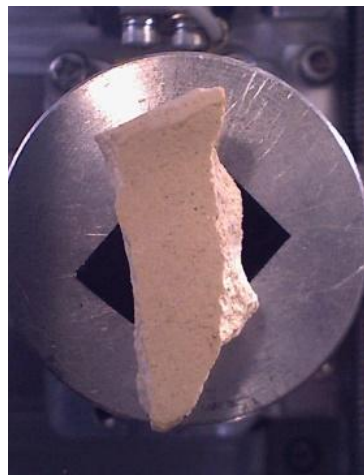
実験② 焼き物の物性調査

実験② - 1 素焼き（土器）および磁器の電子顕微鏡観察

＜実験の目的＞ 素焼き（土器）と磁器がどのような表面なのかを調べることが目的とする。

＜実験機器および測定サンプル＞

- ・ 日立製卓上顕微鏡Miniscope® TM4000Plus II
- ・ 測定サンプル：A) 素焼き（土器）、B) 磁器



A)素焼き(土器) B)磁器
写真②-1,2 サンプル



写真②-3
電子顕微鏡本体



写真②-4
電子顕微鏡操作画面

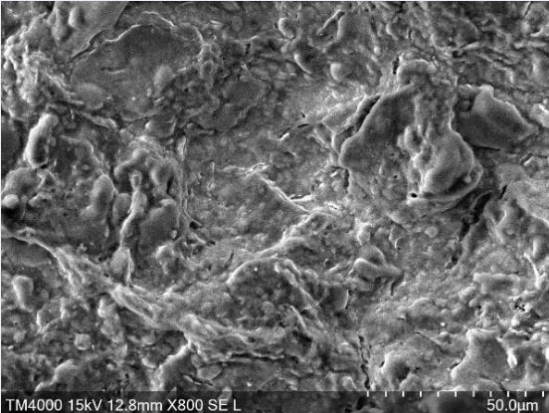
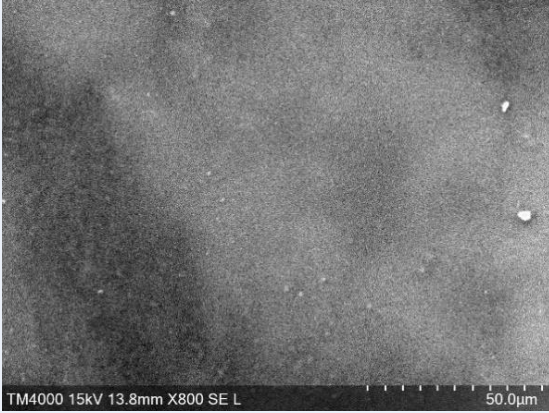
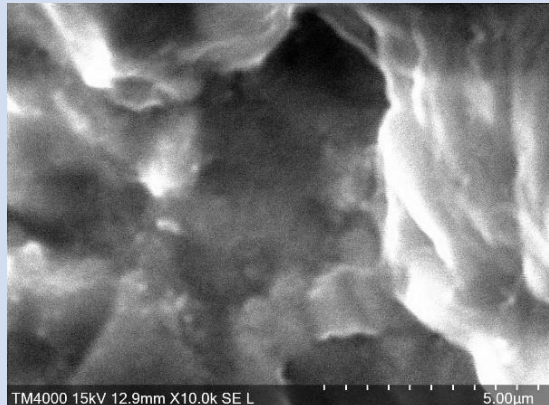
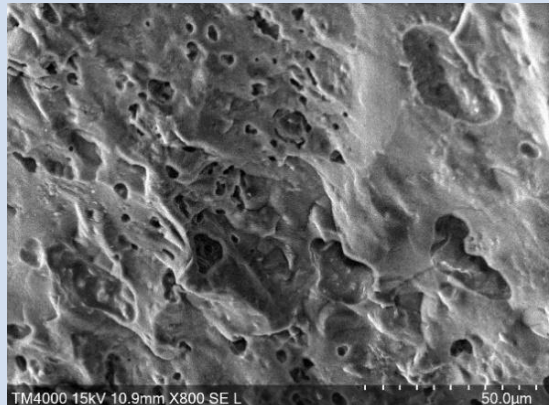
＜実験の仮説＞

- ・ 焼き物の隙間の大きさは焼成温度の違いで変わると思う。素焼きの隙間は大きく、磁器は緻密で隙間は少ない。

結果と考察

実験② - 1 素焼きおよび磁器の電子顕微鏡観察

表②-1 素焼き(土器)と磁器の電子顕微鏡像

A)素焼き(土器)	B)磁器
×800(表面)	×800(表面)
	
表面が凹凸で隙間あり。	表面が平滑で緻密。
×10000(表面)	×800(断面)
	
拡大すると隙間あり。	断面には細かな隙間あり。

<考察>

- 素焼きの表面の凹凸が多く隙間がある要因としては、**焼成温度が低いため、原料の殆どがガラス化していない**ためだと考えられる。
- 磁器の表面が平滑で緻密な要因としては、表面に釉薬を施して**高い焼成温度で焼成**することで**ガラス化**したためだと考えられる。

実験② 焼き物の物性調査

実験② - 2 粉碎サンプル作製および吸水試験

＜実験の目的＞ 焼き物の粉碎サンプルの作製とその吸水率を調べることを目的とする。

＜実験の方法＞ 1) 粉碎サンプルの作製



①厚手のジップロックに焼き物を入れ、スチール製トレイに入れる。



②ジップロックの上にタオルをかけて破片が飛び散らないようにする。



③ゴーグル、マスクをして破片が体内に入らないようにする。



④ハンマーで1.5cm角程度に砕く。

写真②-5,6,7,8 粉碎サンプル作製手順

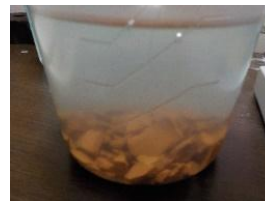
2) 吸水試験

①PP製容器に400mL水を入れ、サンプルを各80g投入した。

②1時間後に水から取り出し重量を測定した。

③吸水率を算出した。吸水率 (%) = $(W - W_0) / W_0 \times 100$

W：水分を含んだ状態での焼き物の重さ、 W_0 ：全乾物での焼き物の重さ



＜実験の仮説＞

- 焼き物の吸水率は隙間が大きい方が水を吸うと考えられるため、土器＞陶器＞磁器の順に高い。

結果と考察

実験② - 2 粉碎サンプル作製および吸水試験

表②-2 各焼き物の作製方法および特徴

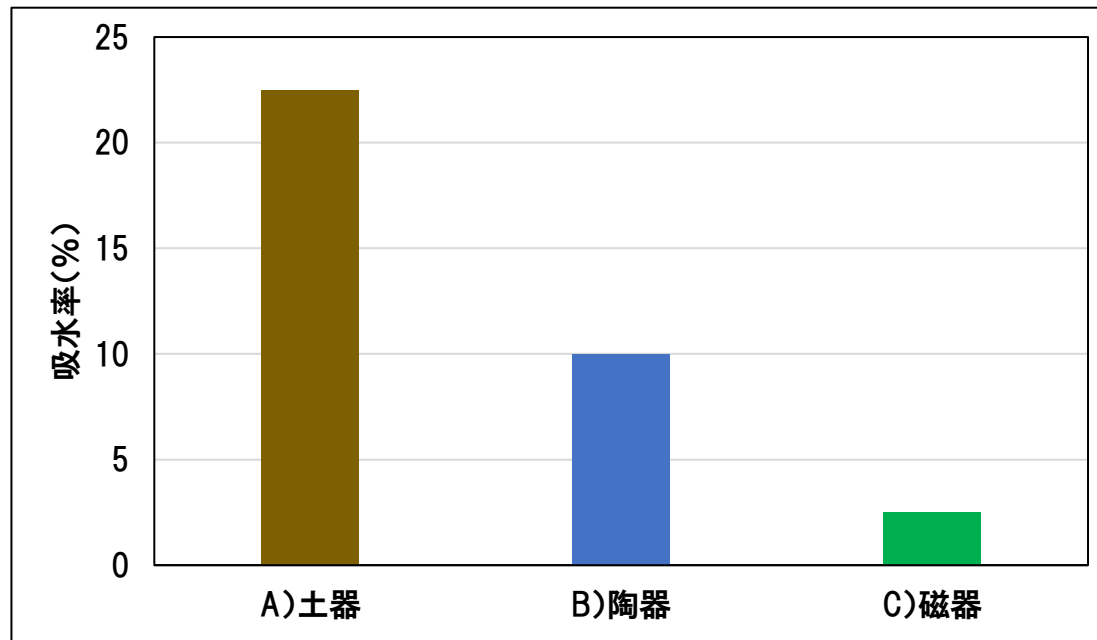
	A) 植木鉢(土器)	B) 笠間焼(陶器)	C) 皿(磁器)
外観			
原料	精製していない粘土	精製した粘土	陶石
作製方法	釉薬をかけずに800℃程度の低温で焼成。	釉薬をかけて1200℃程度で焼成。	釉薬をかけて1300℃以上の高温で焼成。
特徴	焼成温度が低いため、殆どガラス化していない。素地は多孔質。	生地には細かい穴があり吸水性があり、弾くと鈍い音がする。	素地は緻密で吸水性はなく、弾くと金属のような音がする。

表②-3 焼き物の粉碎サンプル一覧

A) 土器	B) 陶器	C) 磁器
		

結果と考察

実験② - 2 粉碎サンプル作製および吸水試験



グラフ②-1 焼き物の吸水率

< 考察 >

- 土器と陶器はすぐに砕けたのは、ガラス化した部分が少なく隙間が多いためと考えられる。
- 磁器がガラスに近い形に割れたのは、表面の釉薬がガラス状態であるためと考えられる。
- 土器の吸水率が一番高くなった要因としては、**隙間が大きい方が水を吸う**からだと考えられる。

実験④ 霞ヶ浦の水を使用した焼き物による水浄化

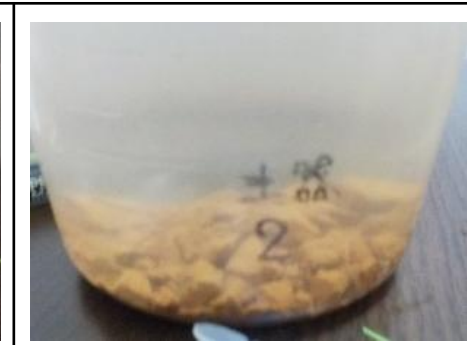
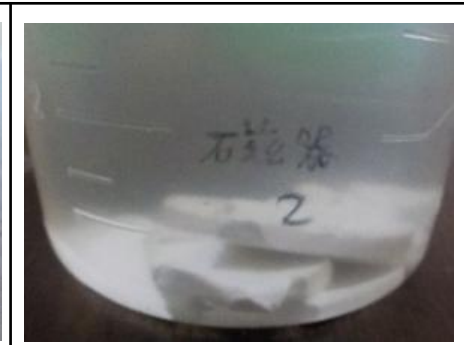
実験④ - 1 水質調査（経時変化）

＜実験の目的＞ 微生物による浄化効果を調べることを目的とする。

＜実験方法＞

①400mLの水に粉碎サンプルを作製する。②パックテストにより測定する。経時変化を見る。

＜粉碎サンプル×水の種類＞

			
写真④-1 土器-水①	写真④-2 磁器-水①	写真④-3 土器-水②	写真④-4 磁器-水②

実験④-2 微生物観察

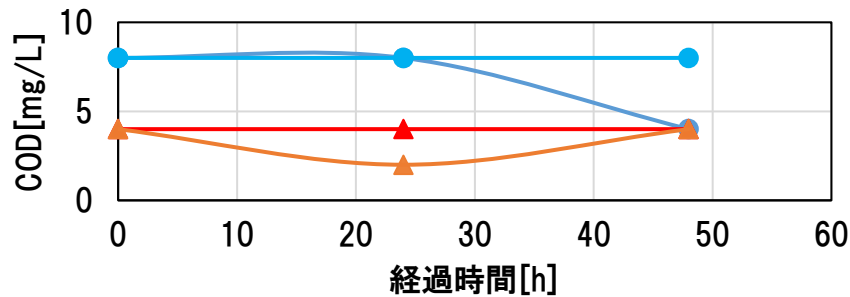
生物顕微鏡を使用して浄化実験後の水の微生物観察を行った。

＜実験の仮説＞

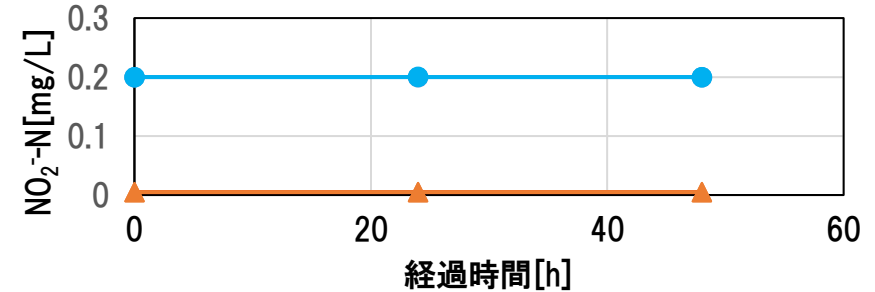
- ・ 焼き物の隙間や表面に霞ヶ浦の微生物が定着して、窒素およびリンを分解することができる。

結果と考察 実験④ - 1 COD濃度、窒素濃度の経時変化

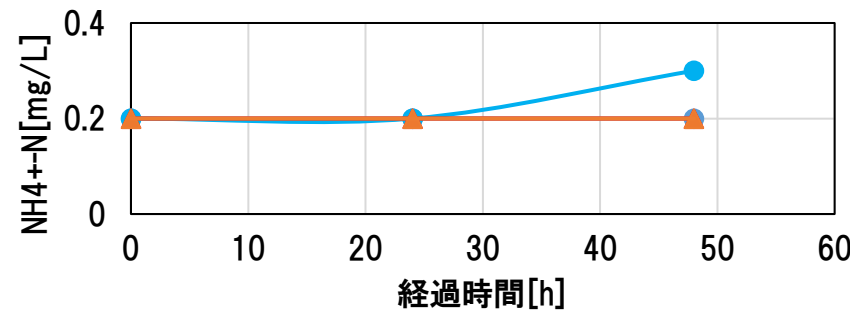
水①小美玉市高崎沖付近 ②水郷公園湖畔



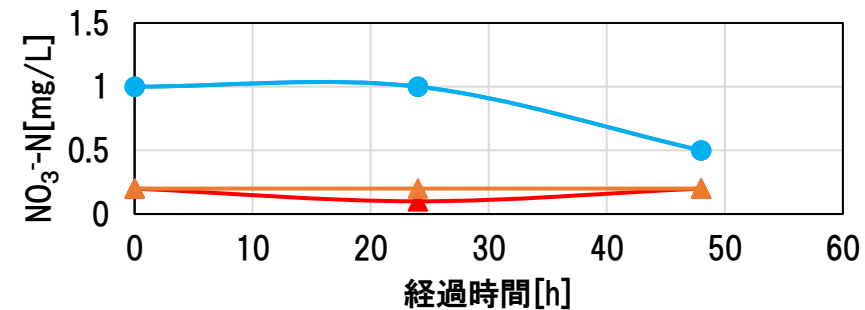
グラフ④-1 COD濃度の経時変化



グラフ④-3 亜硝酸態窒素濃度の経時変化



グラフ④-2 アンモニア態窒素濃度の経時変化

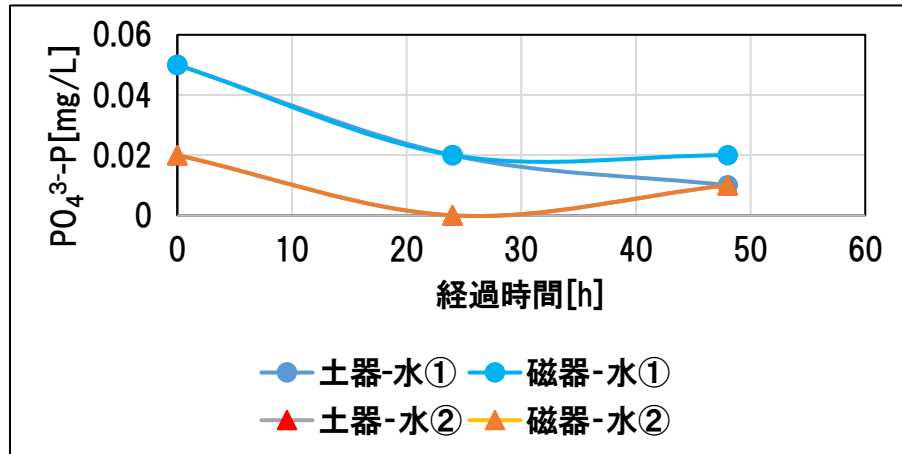


グラフ④-4 硝酸態窒素濃度の経時変化

COD濃度：土器－水①が減少傾向。硝酸態窒素濃度：土器・磁器－水①が減少傾向。

結果と考察 実験④ - 1 リン酸態りん濃度の経時変化

水①小美玉市高崎沖付近 ②水郷公園湖畔



- リン酸態りん濃度：全ての試験区で減少傾向
- 土器と磁器の明確な差はなし。

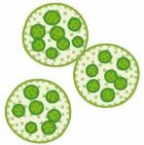
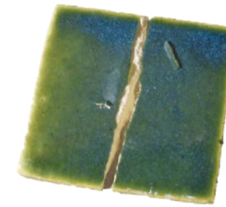
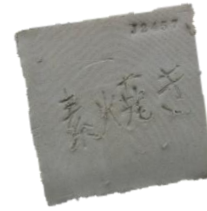
グラフ④-5 リン酸態りん濃度の経時変化

< 考察 >

- 一度濃度が薄くなり、元の濃度に戻ったのは、自分で色を確認し数値を決めるため誤差が出たと考えられる。
- リン酸態りんは4つの試験水全てで濃度が下がったことから、陶磁器類の破片の隙間に吸着した可能性がある。
- 土器、磁器が入っている①の水はどちらも硝酸態窒素の濃度が下がったが、②の水は土器、磁器共に最終的な濃度の数値に変化はなかった。このことから、①の水に含まれる微生物が関連している可能性が考えられる。
- 亜硝酸態窒素の濃度は4つの試験水全てで変化がなかったことから、亜硝酸態窒素は陶磁器類の破片の隙間に吸着されないことが考えられる。

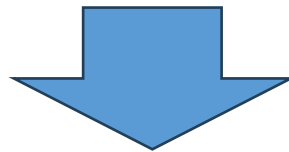
4) 研究のまとめ

< 仮説と今回の結論 >



仮説

- ・ 焼き物には細かな隙間があるから、水中のリンおよび窒素を吸着することで霞ヶ浦の水が浄化できると思う。
- ・ 焼き物の種類（陶器、磁器、土器、炆器）の中で、土器は低温で焼成しているため、素地がガラス化していないので隙間が多い。このことから、土器が最もりんや窒素を除去できると思う。



水中のリンおよび窒素は**焼き物の隙間に吸着されにくい**。霞ヶ浦の水に生息する**微生物が焼き物の表層等に付着し**、水中のリンおよび窒素を**取り込むまたは分解することで**、**リンおよび窒素濃度の低下に寄与する可能性が考えられる**。

5) 今後の課題

- 焼き物（陶磁器）×微生物による水浄化の方法を考えたい
→霞ヶ浦環境科学センターにて浄化槽の説明を受けた。
参考にしたい。

- 霞ヶ浦の微生物の種類、汚泥（リンや窒素）への耐性についての調査。
- 自然の水の取り扱い方。
- リン、窒素の定量方法。
- 大量にできるアオコの活用法など。



写真5)-1 浄化槽模型



6) 謝辞

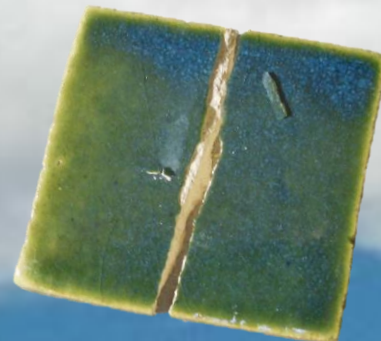
(株)日立ハイテク様には、陶磁器の電子顕微鏡において、卓上顕微鏡を使用させて頂きました。本当にありがとうございました。

本論文の作成にあたり、茨城県霞ヶ浦環境科学センター長濱様、池田様には、微生物についてご教示頂きました。心から感謝いたします。



7) 参考文献

- 1) 電子マニフェストサービスホームページ 陶磁器くずとは
<https://www.e-reverse.com/blog/law069/>
- 2) 環境省ホームページ 産業廃棄物の排出・処理状況等（令和3年度実績）
<https://www.env.go.jp/content/000211701.pdf>
- 3) 霞ヶ浦河川事務所ホームページ霞ヶ浦の汚染要因
<https://www.ktr.mlit.go.jp/kasumi/kasumi00098.html>
- 4) 茨城県霞ヶ浦環境科学センター霞ヶ浦ってどんな湖？
https://www.pref.ibaraki.jp/soshiki/seikatsukankyo/kasumigauraesc/05_gakushu/digital%20content/00_1_kasumigaura.htm
- 5) 霞ヶ浦河川事務所ホームページ 霞ヶ浦の水質調査データ（令和5年水質調査）
https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000888979.pdf
- 6) 共立パックテストによる川の水調査セット取扱説明書
- 7) 茨城県霞ヶ浦環境科学センター学習資料、霞ヶ浦にすむプランクトン



ご清聴ありがとうございました。

