

マグネシウム修飾マコモ炭によるリン回収効果に関する基礎的検討

秋田高専 創造システム工学科 土木建築系 学生会員 ○工藤隼人 渡邊聖也
正会員 金主鉉 増田周平

1. はじめに

秋田県では、八郎湖湖岸の植生を回復させ、水質改善や生態系の保全、景観修復を図ることを目的として、平成 23 年までに湖内に 38 基の消波工を造成している。現在、このうちの 11 基で抽水植物や浮葉植物が定着している（写真 1）。特に湖岸に接岸している「閉鎖型」の消波工内で植生の回復が認められている。しかし、閉鎖構造により湖水が停滞し、水生植物の繁茂によって有機物の蓄積や泥質化が進行している状況が観察され、適正な植生管理が必要とされている。

一方、農業用水として循環利用している八郎湖は慢性的な水質汚濁が問題となっており、干拓地の大潟村一帯から湧出する高濃度リン含有地下水によって富栄養化が助長されている。高濃度リン含有地下水は、湧出後農業排水として八郎湖へ流入する。そのリン負荷量は、リン負荷全体の 25%を占めるとされており、対策が求められている¹⁾。

本研究では、以上の背景を踏まえて、八郎湖の消波工内で回復しているマコモの有効利用に着目し、リン回収材としてのマグネシウム修飾マコモ炭について基礎的検討を行ったので、報告する。



写真 1 消波工内のマコモ群落

2. 実験方法

2.1 リン回収材の作製

マコモ炭にマグネシウムを担持させるために、塩化マグネシウム六水和物 ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) を用いた。乾燥させたマコモに 1 M の $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 水溶液を入れて、25℃で 24 時間振とう含浸させた後、ボールミルで乾燥マコモを粉碎した。

さらに、425 μm でふるい分けを行い成形した後 500℃で 30 分間炭化した。なお、乾燥マコモから得られる炭化物の重量収率は、マグネシウム修飾マコ

モ炭(MgCB)で 85%、塩化マグネシウム水溶液の代わりに蒸留水で作製したマコモ炭で 91%であった。電 SEM (JEOL, JSM-7800F) 写真では、細孔構造が観察され、いくつかの針状構造を持つ特徴がみられた。

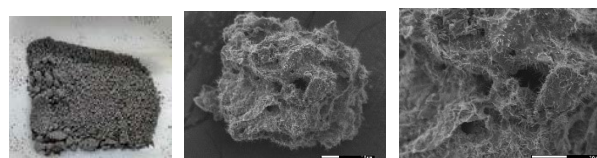


写真 2 MgCB の SEM

2.2 P 含有農業排水の水質

MgCB のリン回収効果を検討するために用いた農業排水の水質を表 1 に示す。採水は、秋田県大潟村南部の方上地内の水路末端で 2021 年 10 月に行った。PO₄-P 濃度は約 1 mg/L で、T-P のほとんどを占めている。

表 1 農業排水の水質

pH	8.2	COD(mg/L)	6.8
電気伝導度(mS/m)	0.223	T-N(mg/L)	1.3
濁度(度)	19	T-P(mg/L)	1.2
SS(mg/L)	20	PO ₄ -P(mg/L)	0.99

2.3 リン回収実験

本研究で作製した MgCB によるリン回収効果を検討するため、リン酸水溶液および農業排水の二つの供試水を用いた。なお、農業排水はリン酸水溶液に比べて、濁質、塩化物、有機物など、リン回収の妨害因子が多く含まれている。

実験では、蒸留水あるいは P 含有農業排水 500mL に対して MgCB を 0.5g 入れ、リン標準液（1000mg-P/L、 KH_2PO_4 in H_2O 、富士フィルム和光純薬）を所定量添加し、作成した供試水を用いた。次に 500 mL の供試水を入れたポリ瓶を 20℃で設定した恒温水槽の中で振とうしながら、リン濃度の変化を検討した。採水は、リン回収試験前後の 0 日目と 2 日目に行い、リン濃度は比色法により求めた。

3. 実験結果および考察

図 1 にリン酸水溶液でのマグネシウム修飾マコモ

炭(MgCB)とマコモ炭(NB)のリン吸着効果の違いを示した。MgCB ではリンの初期濃度の上昇に伴いリン吸着量が増加し、高いリン回収能力が示されたが、NB ではリン回収能力はなく、むしろリンが溶出してしまいう結果が得られた。MgCB は、20℃、初期濃度 20mg-P/L のとき 12.97 mg-P/g の吸着量を示した。おがくず由来のバイオ炭のリン吸着能力は 9.80～14.4 mg-P/g という報告もあり²⁾、本研究の吸着量と同程度である。木質バイオ炭に劣らない吸着能力が示され、今後の活用が期待できる。

農業排水とリン酸水溶液の比較では、20℃、初期濃度 2.5 mg-P/L の条件で、農業排水での P 吸着量が相対的に小さく、リン酸水溶液の 76%程度であった。P 吸着量は、リン酸水溶液、ろ過農業排水、農業排水の順に高い結果となり、農業排水中の妨害因子の影響が認められた(図 2)。また、MgCB による農業排水中の $PO_4\text{-P}$ 濃度が半減するまでは約 2 時間以上を要する結果となった。

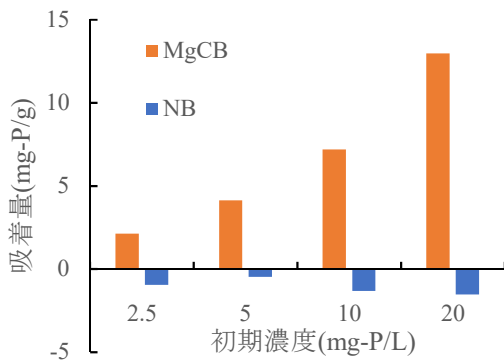


図 1 MgCB と NB の初期濃度別の P 吸着量

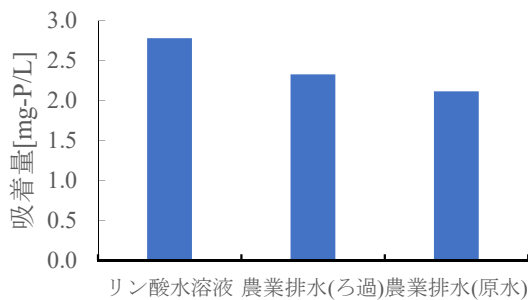


図 2 リン酸水溶液と農業排水の比較

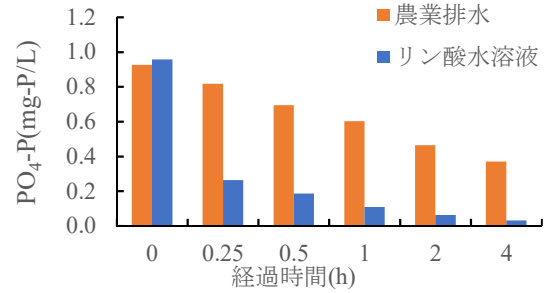


図 3 経過時間別のリン濃度の変化

表 1 に実験前後における MgCB の元素質量比の変化を示す。Mg は、炭化物表面に高い割合で保持され、実験後は P が 3.5%を占めるようになったことから、水中のリン酸イオンは Mg 結合-リン酸塩として炭化物表面に吸着されたと考えられる。図 4 に示す通り EDX マッピング(OXFORD, X-Max50)でも、Mg と P の分布がほぼ一致していることがわかる。

表 1 MgCB 表面の元素質量比の変化

元素	C	Cl	O	Mg	Si	P	Ca
P 吸着前の質量比(%)	44.6	23.8	17.5	12.6	1.3	-	0.2
P 吸着後の質量比(%)	45.4	0.5	34.0	9.6	5.7	3.5	1.3

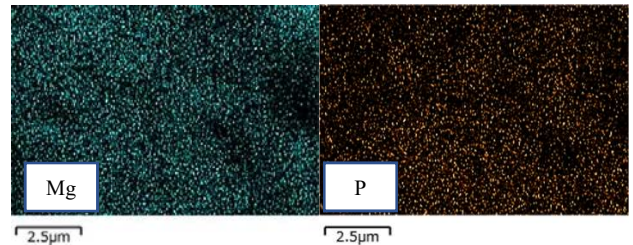


図 4 MgCB 表面の Mg、P の EDX マッピング

4. まとめ

様々な回分実験の結果より、MgCB のリン回収効果は、リン酸水溶液で 13 mg-P/L と高く、P 含有農業排水への適用可能性が示された。

参考文献

- 1) 片野登(1999)八郎潟残存湖に流入するリン負荷量に占める湧出水由来リン負荷量の割合について、日本土壤肥科学雑誌、Vol.70、No.2、177-183
- 2) Oluwatosin Oginni 他(2020) phosphorus adsorption behaviors of MgO modified biochars derived from waste woody biomass resources, Journal of Environmental Chemical Engineering, vol. 8, Issue 2, 2-11.