

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Adsorbent fabrication from shrimp shell waste for sustainable shrimp cultivation through nutrient cycles
著者(和文)	YamsomphongKANOKWAN
Author(English)	Kanokwan Yamsomphong
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第342号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高橋 史武,CROSS JEFFREY SCOTT,吉村 千洋,江頭 竜一,中村 隆志
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第342号, Conferred date:2025/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		KANOKWAN Yamsomphong	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	高橋 史武		教授	審査員	中村 隆志	准教授
	審査員	Jeffrey S. Cross		教授			
		吉村 千洋		教授			
		江頭 竜一		准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「**Adsorbent fabrication from shrimp shell waste for sustainable shrimp cultivation through nutrient cycles**」と題して、英文にて書かれ、次の 5 章から構成されている。

第 1 章「Introduction」では、エビ養殖産業での環境問題について概説している。養殖池からの排水による局地的な水環境汚染が深刻化しつつあり、エビの処理工程で大量に発生するエビ殻廃棄物のリサイクルが求められている現状を述べている。そして、エビ殻から新規吸着材を創製し、養殖池排水からの栄養塩回収および有機物除去に活用し、さらに栄養塩を吸着した吸着材をエビ養殖飼料用の固形肥料として用いることで、エビ養殖産業において栄養塩サイクルを形成することができることを提示している。その構想を踏まえ、エビ殻から新規吸着材の創製およびその吸着性能を評価することが本研究の目的であると述べている。

第 2 章「Fabrication and characterization of the shrimp shell derived-adsorbent」では、エビ殻から熱分解およびアルカリ添加（KOH または $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）熱分解による新規吸着材の創製について報告している。アルカリ添加よりも 100℃ の温度増加の方が比表面積や細孔容積の増加に効果的であること、アルカリ添加無しおよび $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 添加により創製した吸着材には hydroxyllellstadite（HDL: $\text{Ca}_{10}(\text{SiO}_4)_3(\text{SO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})_2$ ）や calcite（ CaCO_3 ）が形成されているとしている。また、創製したすべての吸着材において表面電荷が負に帯電していたことから、リン酸や陰イオン性の有機物（メチルオレンジなど）の吸着の点では不利な性状であることを報告している。

第 3 章「Phosphate Removal and Recovery」では、エビ殻から創製した吸着材のリン酸吸着能について報告している。熱分解温度を上げることや $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 添加がリン酸吸着能を向上させることに有効であり、吸着挙動が擬二次反応的であることおよび吸着エンタルピーが 45.95 kJ/mol 程度であったことから、リン酸の吸着は化学吸着が主であるとしている。そして、表面電荷が不利にも関わらず、高いリン酸吸着能（381.24 mg/g）を示したとしている。リン酸の吸着は Ca が特に重要であるが、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 添加の吸着材では anion- π 相互作用が関与している可能性も示唆している。タイ南部を対象にエビ殻吸着材によるリン回収を試算したところ、約 40479 kg のリン酸が回収できると推定している。

第 4 章「Methyl orange removal」では、エビ殻から創製した吸着材のメチルオレンジ（MO）吸着能について報告している。養殖池排水中の有機物は有機酸などのアニオン性のものが多いと考えられること、モデル吸着質として多くの研究例が報告されおり比較検討がしやすいことから、MO をモデル物質として選択している。MO 吸着能が極めて高いが（4033 mg/g）、高濃度では MO のポリマー化が生じ、ポリマー MO の吸着のため見かけ上高い吸着能であることを見出している。低濃度では MO 単体で吸着しており、hydroxyllellstadite 中の Si と MO のアゾ基 N の間で結合が生じ、それが MO の吸着メカニズムに関与していることを見出している。低濃度条件で吸着した MO は脱着できる反面、高濃度条件で吸着した MO はほとんど脱着しない。その理由として、ポリマー MO では多箇所吸着しているため脱着しづらくなっていると報告している。メチルオレンジはモデル吸着質として広く活用されているが、吸着挙動における濃度依存性の影響が大きいことを見出している。

第 5 章「Conclusion and recommendations」では、本研究で得られた成果を総括し、それらの知見について期待される活用内容や、今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文はエビ殻から熱分解（アルカリ添加有り／無し）のみで吸着材を創製し、リン酸およびメチルオレンジ吸着能および吸着メカニズムについて明らかにしている。本研究の成果はエビ養殖産業での栄養塩サイクルの形成および環境負荷低減に活用可能であり、エビ養殖産業の持続可能性向上に貢献するものである。よって、リサイクル工学への貢献は大きく、本論文は博士（工学）の学位論文として十分にその価値があるものと、認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東京科学大学リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。