

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study on Chitosan Nanoparticle-Based Structures for Acoustic Cavitation Enhancement
著者(和文)	XIEXue
Author(English)	Xue Xie
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353号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:北本 仁孝,曾根 正人,和田 裕之,林 智広,中村 健太郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第353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

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	XIE Xue		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	北本 仁孝	教授	審査員	林 智広	准教授
	審査員	曾根 正人	教授			
		中村 健太郎	教授			
	和田 裕之	准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“Study on Chitosan Nanoparticle-Based Structures for Acoustic Cavitation Enhancement”と題し、英文で書かれ、5章から構成されている。

Chapter 1 “General Introduction”では、本研究の背景とともに超音波照射下でキャビテーションを効率的に発生させるためにナノ粒子を基盤とした微小構造体を活用することが有効であること、特徴とともに本研究の目的を述べている。期待される応用分野として薬剤送達などの医療分野と反応促進などのための化学プロセス分野をとりあげ、キャビテーション効果促進のためにキトサンナノ粒子と同ナノ粒子の複合構造体を本研究の対象とすることを説明している。さらに本研究で創製するキトサンナノ粒子をシェルとしマイクロバブルをコアとする複合構造体の設計概念について述べている。

Chapter 2 “Chitosan Nanoparticles and Its Ability as Drug Carriers”では、カルボキシメチルキトサン (CMCN) ナノ粒子をキャリアとして活用し、塩基性線維芽細胞増殖因子 (bFGF) を経皮送達する際に超音波照射によるキャビテーション効果で送達効率が向上することを明らかにしている。キャビテーションの発生が確認された実効値 40 kPa 以上の音圧となる条件で周波数 42 kHz の超音波をマウスの皮膚に照射し、bFGF を内包した約 100 nm の CMCN ナノ粒子を経皮送達する実験系を説明し、超音波照射下で bFGF を単独で経皮送達する系と比較して、約 2 倍の bFGF 送達量を実現した結果を示している。

Chapter 3 “Size and Structural Analysis of Chitosan Nanoparticle-Shelled Composites”では、Chapter 2 でのナノ粒子によるキャビテーション効果促進の結果を踏まえ、キトサンナノ粒子とマイクロバブルとのコアシェル複合体を設計し、その作製結果について述べている。作製プロセスとしてマイルドな条件探索を行い、複合体形成に適していると考えられる最も小さなキトサンナノ粒子として約 20 nm を実現することができると述べている。キトサンナノ粒子をシェルとするマイクロバブルとのコアシェル構造体を、界面活性剤であるドデシル硫酸ナトリウム (SDS) を水中で攪拌して発生させたマイクロバブル表面に、混合したキトサンナノ粒子を吸着させる手法で作製した結果を述べている。SDS とキトサンナノ粒子の混合比が複合体が形成されるかどうかにとって重要なパラメータであるが、形成可能な条件範囲では作製された構造体の形態的な特性に大きな変化は観察されなかったと述べている。

Chapter 4 “Analysis of Acoustic Cavitation Enhancement by Chitosan Nanoparticle-Shelled Composites”では、Chapter 3 で作製したキトサンナノ粒子集積体のキャビテーション効果の促進を実験的に明らかにしている。ヨウ化カリウム (KI) 水溶液に超音波を照射して得られる三ヨウ化物イオンの生成量からキャビテーション効果を評価し、キトサン/マイクロバブル複合体を混合した KI 溶液において、KI 溶液単独、キトサンナノ粒子混合 KI 溶液よりも多くの三ヨウ化物イオンの生成を確認できたことを実験的に明らかにしている。別のキャビテーション効果検証手法としてテレフタル酸 (TA) 溶液を用いたソノケミカル反応を確認する実験を行った結果を述べている。TA 溶液を用いた反応ではキトサン/マイクロ

バブル複合体を形成する際に用いた SDS が TA の反応に影響し、キャビテーション効果とは反対の負の効果を発現することを見出している。SDS を混合した TA 溶液に対する超音波照射実験結果から SDS による負の効果を見積もり、キトサン/マイクロバブル複合体の TA 溶液中でのキャビテーション効果があることを明らかにしている。

Chapter 5 “General Conclusions and Outlook”では、本研究で得られた知見をまとめ、本論文の結論とともに今後の研究の展望を述べている。

以上を要するに本論文では、キトサンナノ粒子、及び同粒子を基盤とするマイクロバブルとの複合構造体を創製し、超音波照射によるキャビテーション効果の促進剤として活用することが可能であることを実験的に明らかにしており、医療や化学プロセスの分野に応用することが可能であるという有益な知見を提供しており、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として十分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。