

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	ナノろ過によるチーズホエイの脱塩に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	大川禎一郎
Author(English)	Teiichiro Okawa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10136号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:伊東 章,久保内 昌敏,大河内 美奈,吉川 史郎,谷口 泉
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10136号, Conferred date:2016/3/26, 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	大川 禎一郎	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	伊東 章	教授	吉川 史郎	准教授
	審査員	久保内昌敏	教授	谷口 泉	准教授
		大河内美奈	教授		

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「ナノろ過によるチーズホエイの脱塩に関する研究」と題し、6章から構成される。

第1章「序論」では、本研究の背景として、主にチーズ製造時に副生するホエイは栄養学的価値が高く育児用ミルクの原料に利用されるが、そのためにはホエイの脱塩処理が不可欠であること、脱塩法として従来の電気透析法に代わりナノろ過（以下NF）法が期待できることを述べた。また、ホエイは多成分、高濃度溶液であるため、これまではこのNF法による脱塩・濃縮中の透過流束変化に関する理論的解析が困難であったこと、またNF法のみでは高度脱塩が困難であることも述べている。以上をもとに、本研究の目的と意義について述べ、本論文の構成を示した。

第2章「ホエイのナノろ過濃縮時の透過流束変化に関する理論的解析」では、循環ループを有しない単純な回分濃縮法について、透過流束変化の予測を目的とした理論的解析法の構築を試みた。市販ホエイ粉末溶液を実設備に使用されるNF膜モジュールを用いて、重量比で約2.2倍までの回分濃縮実験をおこない、透過流束の測定および濃縮過程での保持液、透過液の詳細な成分分析を行った。これに対する理論解析にあたり、多種多様な成分からなるホエイ中の溶質をNF膜を透過する成分（透過溶質：ナトリウム、カリウム、塩素など）とNF膜を透過しない成分（非透過溶質：たんぱく質、乳糖など）の2成分からなると仮定した。この方法により膜面濃度、浸透圧、物質移動係数などの操作因子が推定でき、NF濃縮過程における透過流束の経時変化が予測できる。本理論的解析により求めた透過流束の理論値と実験値は一致し、ここで構築した解析法により回分濃縮における透過流束を操作条件から予測することが可能であることが示された。

第3章「循環ループ式ナノろ過装置によるホエイ回分濃縮時透過流束変化に関する理論的解析」では、第2章の単純な回分濃縮法で構築した理論的解析法を、工場の設備に用いられる循環ループを有する回分濃縮実験の結果に適用した。本解析法においてはNFモジュール入口ホエイ溶液の特性値が必要であるが、循環ループを有する濃縮法では、膜モジュール入口ホエイ溶液の採取が困難である。このため膜モジュール出口液および供給タンク液の各種測定値、流量、成分収支等を基にNFモジュール入口ホエイ溶液の特性値を求める新たな方法を導入した。その結果、実用的な循環ループを有するNF回分濃縮操作においても、本理論的解析法により透過流束変化の予測が可能であることを明らかにした。

第4章「塩素型イオン交換処理とナノろ過処理を組み合わせた高度脱塩法」では、塩素型陰イオン交換法とNF法を組み合わせた新規なホエイ高度脱塩法の構築を試みた。ホエイ中のNF膜透過陰イオン（塩素）は透過する陽イオン（ナトリウム、カリウム）と比べて少ないため、NF法のみでは高度脱塩の達成が困難である。そこで、ホエイを事前に塩素型陰イオン交換カラムに通液して塩素イオン量を増加させることでホエイ中のNF膜透過陰イオンと透過陽イオンの比率を1：1にした後にNF操作を行う新たな脱塩法を考案し、試験をおこなった。本新規脱塩法により、イオン交換していない場合に比べて高度な脱塩が可能であることが実験的に示された。また、本法では従来法と比べ、栄養学的価値の高いミネラル（カルシウム、マグネシウム）を多く含む製品が得られることを確認した。

第5章「塩素型イオン交換処理したホエイのナノろ過濃縮における透過流束変化に関する理論的解析」では、第2章で構築した理論的解析法が、第4章で示したイオン交換処理によりミネラル等組成が大きく異なったホエイのNF脱塩・濃縮過程にも適用可能かを検討した。その結果、当該イオン交換処理ホエイにおいても、透過流束の理論値と実験値は一致したことから、本理論的解析法が高度脱塩を達成するために組成を大きく変化したホエイにおいても成立した。

第6章「結論」では、本研究全体を総括し今後の展望を述べている。

これを要するに、本論文は、ホエイのNF脱塩・濃縮過程について透過成分・非透過成分の2成分透過モデルを構築し、それを各種回分濃縮で検証した上で、さらに新規なホエイの高度脱塩法を提案したものであり、工学上ならびに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な価値があるものと認められる。