

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	正浸透法による海水淡水化実現のための膜性能及びプロセス設計指針の確立
Title(English)	
著者(和文)	天宮清一
Author(English)	Seiichi Amamiya
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10702号, 授与年月日:2017年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山口 猛央,田巻 孝敬,上田 宏,多湖 輝興,吉川 史郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10702号, Conferred date:2017/12/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	化学環境学	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名： Student's Name	天宮 清一		指導教員 (主)： Academic Advisor(main)	山口 猛央 教授
			指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)	田巻 孝敬 准教授

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「正浸透法による海水淡水化実現のための膜性能及びプロセス設計指針の確立」と題し、正浸透 (FO) 法による海水淡水化実現に必要な膜性能とプロセスの設計指針を確立することを目的として、プロセス計算による研究を行った内容であり、全 8 章により構成されている。

第 1 章「緒論」では、FO 法に関する既往の研究を概説し、FO 法による海水淡水化実現に必要な膜性能とプロセスの設計指針が確立されていないことを示し、本研究の目的を述べている。

第 2 章「非平衡熱力学に基づく正浸透膜透過モデル」では、非平衡熱力学の輸送方程式に基づく FO 膜透過モデルを提案している。本モデルは、従来モデルで無視されていた対流を考慮している。本モデルを用いて FO 膜の水透過流束と塩透過流束を計算し、水透過流束の大きい FO 膜では対流の影響が大きく、従来モデルでは正確な解析が行えず、対流の影響を考慮する必要性を示している。

第 3 章「正浸透法による海水淡水化プロセスの実現性と要求膜性能の検討」では、現行の逆浸透海水淡水化プロセス (RO プロセス) と同じ膜面積 (モジュール本数)、海水処理速度を仮定し、平膜モジュールを用いた FO 海水淡水化プロセス (FO プロセス) の実現性と要求膜性能について検討している。圧力損失を無視して FO プロセスの消費エネルギーを計算したところ、現行の RO プロセスより消費エネルギーを低下させられる可能性があるが、薄い支持体が必要であることを示している。

第 4 章「正浸透海水淡水化プロセスの運転条件と要求膜性能の検討」では、第 3 章で用いた平膜モジュールのモデルに圧力損失の効果を導入し、より現実的な計算を行い、FO プロセスの運転条件と要求膜性能について検討している。FO プロセスの消費エネルギーを RO プロセスより小さくするためには、支持体厚を薄くするだけでなく、RO プロセスよりもモジュール本数を増やす必要があることを示している。

第 5 章「中空糸モジュールを用いる正浸透海水淡水化プロセスの運転条件と要求膜性能の検討」では、Axial-flow 型中空糸モジュールを用いた場合の FO プロセスの運転条件と要求膜性能について検討している。FO プロセスの消費エネルギーを RO プロセスより小さくするためには、FO 膜の支持体厚を薄くし、活性層の透水性を向上させて、さらにモジュール本数を増やす必要がある。また、中空糸膜は平膜に比べて形状的に支持体を薄くでき、FO 膜に向いている。また、エレメント内の膜面積を大きくできる中空糸モジュールは、平膜モジュールに比べて、より低コストで海水淡水化を行える可能性が高いことを明らかにしている。

第 6 章「中空糸モジュールの設計指針」では、中空糸モジュールの設計指針について検討している。Axial-flow 型と Radial-flow 型の中空糸モジュールを用いた FO プロセスの消費エネルギーを比較し、Axial-flow 型がより省エネルギーに運転でき、FO プロセスに適していることを示している。また、中空糸径とモジュール長が消費エネルギーに及ぼす影響について検討し、中空糸径は消費エネルギーにあまり影響しないが、モジュール長を短くすると消費エネルギーを低下させられることを明らかにしている。

第 7 章「平膜モジュールと中空糸モジュールの比較」では、第 4-6 章の結果に基づき、平膜モジュールと中空糸モジュールの比較を行っている。平膜モジュールと中空糸モジュールの両方において現行の RO プロセスと比較して省エネルギー化が可能であり、また、今回の検討は現行の RO モジュールの構造をベースにしているが、モジュール構造を FO プロセスに最適化すれば、さらに省エネ化・低コスト化を実現できることを示している。

第 8 章「総括及び今後の展望」では、得られた結果を総括し、今後の展望を述べている。以上、本論文は、FO 法による海水淡水化実現に必要な膜性能とプロセス設計指針を明らかにし、FO プロセスの研究開発に貢献した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	化学環境学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名 : Student's Name	天宮 清一		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	山口 猛央 教授
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	田巻 孝敬 准教授

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Forward osmosis (FO) process is an osmotically driven membrane process, which uses the high concentrated draw solution to extract water from the feed solution such as seawater and wastewater. Although FO processes are expected to be an alternative desalination technology to reverse osmosis (RO) processes, the feasibility and process design guideline of FO desalination processes are not clear. In this thesis, the feasibility and process design guideline of FO desalination processes are investigated via mathematical modeling. First, FO membrane permeation model considering convection is established to predict water and salt permeation flux of FO processes more accurately than the previous solution-diffusion model. Then, the energy consumption of FO desalination processes with flat sheet and hollow fiber membrane modules are calculated via the model. Suggestions by calculation results are as follow.

- (1) FO desalination processes has a potential to be an alternative of RO desalination process.
- (2) FO membranes should be designed to have high water permeability and water/salt selectivity, and thin support layer. Hollow fiber membranes are easier to reduce support layer thickness than flat sheet membranes because of their high mechanical strength.
- (3) The length of hollow fiber membrane modules for FO desalination should be designed to be shorter than the length of that for RO desalination.
- (4) Feasible module for FO desalination depends on the cost of the flat sheet and hollow fiber membrane modules.

From the above, FO desalination processes are feasible and the process design guideline is established in this thesis.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).