

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	水処理用芳香族ポリアミド膜およびポリベンズイミダゾール膜に関する研究
Title(English)	Fundamental Studies on Aromatic Polyamide and Polybenzimidazole Membranes for Water Treatment
著者(和文)	相羽誉礼
Author(English)	Motohiro Aiba
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10114号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:松本 英俊,扇澤 敏明,大塚 英幸,斎藤 礼子,早川 晃鏡
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10114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)	論文要旨
Type(English)	Summary

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	有機・高分子物質	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	相羽 誉礼		指導教員（主）： Academic Advisor(main)	松本 英俊	
			指導教員（副）： Academic Advisor(sub)		

### 要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

本論文は「Fundamental Studies on Aromatic Polyamide and Polybenzimidazole Membranes for Water Treatment (水処理用芳香族ポリアミド膜およびポリベンズイミダゾール膜に関する研究)」と題し、英語で書かれており、以下の6章から構成されている。

第1章「General Introduction (序論)」では、水処理プロセスに用いられる浸透膜の研究動向を概観している。全芳香族架橋ポリアミドをはじめとする高分子材料を利用した既存浸透膜における課題を整理し、高分子材料の化学構造および凝集構造と選択透過性との関係解明が浸透膜の材料設計において重要であることを指摘している。

第2章「Preparation and Structure-Property Relationship of Wholly Aromatic Polyamide Membranes (全芳香族ポリアミド膜の作製と膜構造-透水性の関係)」では、膜の透水性能向上に関係する因子を明らかにするために、8種類の新規ポリアミドを合成し、製膜と透水性能の評価を行っている。スピコート膜において水および塩透過性の向上が確認されたカルボン酸基を導入したポリアミドから非溶媒誘起相分離法によって製膜を行い、スピコート膜と比較して著しく透水量が向上することを見出し、詳細な構造解析により、膜表面および内部での細孔形成に加えて、高分子鎖間の水素結合の抑制に伴う高分子鎖の運動性の向上が透水量の向上に大きく影響していることを明らかにしている。

第3章「Effect of *N*-Methyl Amide Linkage on Hydrogen Bonding Behavior and Water Transport Properties of Random Aromatic Copolyamide Membranes (芳香族ポリアミドランダム共重合体膜における水素結合形成及び透水性能に与える *N*-メチル化アミド結合の影響)」では、部分 *N*-メチル化結合を有する6種類の新規ポリアミドランダム共重合体を合成し、*N*-メチル化アミド結合が分子間相互作用および凝集構造、さらに透水性能に及ぼす影響について調べている。*N*-メチル化アミド結合の導入によって、高分子鎖間の水素結合が抑制されると同時に *cis* 体の増加に伴うコンフォメーション変化が誘起されることを見出し、高分子鎖の局所的な運動性の向上と自由体積サイズの増加によってチャンネル形成が促され、水と塩の両方の拡散係数が向上することを明らかにしている。

第4章「Effect of Crosslinking Reaction of *N*-Substituted Polybenzimidazole Membranes on Water Transport Properties (*N*-置換ポリベンズイミダゾール膜の架橋反応が透水性能に与える影響)」では、分子間相互作用の抑制を志向した *N*-置換ポリベンズイミダゾールを合成し、架橋反応が分子間相互作用および凝集構造、さらに透水性能に及ぼす影響について調べている。架橋反応に伴う高分子鎖間水素結合の抑制によるチャンネル形成と塩の水和半径より小さなサイズを持つ自由体積の形成によって、架橋 *N*-ブチルスルホネート化ポリベンズイミダゾールでは、水の拡散係数のみを選択的に増加することを見出し、これにより透水量と塩阻止率を同時に向上させることが可能であることを明らかにしている。

第5章「Solution and Solid-State Structures of Dynamic Covalent Aromatic Polyamides: Effect of Thermal Reorganization Behaviors (動的共有結合を有するポリアミドの熱的再組織化が溶液及び固体構造に与える影響)」では、主鎖中に可逆動的共有結合部位を有する新規ポリアミドを合成し、溶液中および薄膜での構造解析を行っている。製膜時の温度調整により可逆的ラジカル開裂反応の速度を変化させることによって、高分子鎖間の水素結合形成、膜密度、さらに表面親疎水性の制御が可能であることを見出し、膜の構造制御方法として動的共有結合高分子の利用が有用であることを明らかにしている。

第6章「General Conclusion (総括)」では、本研究の結果を総括するとともに、今後の展望について述べている。

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 1 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 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	有機・高分子物質	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	相羽 誉礼		指導教員（主）： Academic Advisor(main)	松本 英俊	
			指導教員（副）： Academic Advisor(sub)		

要旨（英文 300 語程度）

Thesis Summary (approx.300 English Words )

In this dissertation, “Fundamental Studies on Aromatic Polyamide and Polybenzimidazole Membranes for Water Treatment” was summarized into the following six chapters.

In chapter 1, the general introduction regarding the background of the present study was described.

In chapter 2, the semipermeable membranes based on the various wholly aromatic polyamides were prepared through spin-coating or non-solvent induced phase separation methods to reveal the fundamental structure-property relationship and to identify the crucial factors toward the enhancement of transport properties. It was found that controlling interchain interaction in polymers is important for improvement in transport properties.

In chapter 3, the influence of the tertiary *N*-methylated amide linkage on the transport properties was studied. The suppression of the hydrogen bonding and the change in the conformational preference increased free volume and fractional free volume and thus led to an increase in water flux while lowering NaCl rejection due to an increase in water and NaCl diffusion coefficients.

In chapter 4, the effect of the cross-linking of *N*-substituted polybenzimidazole on the polymer aggregation behavior and transport properties was investigated. Cross-linked *N*-butyl sulfonated polybenzimidazole membrane showed higher water permeability with relatively low NaCl permeability compared to conventional membrane materials, since cross-linking reaction with divinyl sulfone induced the change in the pore radius distribution from monomodal curve to bimodal one and led to a selective enhancement in water diffusion coefficient.

In chapter 5, novel main-chain type dynamic covalent polyamide and random copolyamide were synthesized to study the effect of the radical crossover reaction on the solution and solid-state. A rise in the film fabrication temperature led to a suppression of the interaction between the polymer chains, a formation of a clear phase separated structure, and an increase in the number of carboxylic acids to be involved in the surface reorganization induced by water molecules.

Finally, the present study on novel semipermeable membranes for water treatment is concluded in chapter 6.

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 1 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 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).