

## ●膜シンポジウム2016 学生賞受賞者紹介

### P-2S アミロイドーシス変異アポA-I Iowaの脂質膜結合状態の解析

水口智晴 (Mizuguchi Chiharu) 徳島大学大学院薬科学教育部, 京都薬科大学



このたびは日本膜学会膜シンポジウム2016にて学生賞を受賞させていただき、大変光栄に存じます。会長の高野幹久先生をはじめ、学会関係者の方々、またポスターに足をお運びいただいた皆様にこの場をお借りして深く御礼申し上げます。以下に本発表の概略を示します。

HDL構成タンパク質であるアポリポタンパク質A-I (アポA-I) のIowa (G26R) 変異は、アミロイドーシス発症の原因として知られています。私たちは、その組織沈着領域であるN末1-83残基のフラグメントの線維形成がIowa変異により促進されることを報告しています。さらに、脂質膜環境下において、アポA-I 1-83フラグメントの線維形成にIowa変異が重要な役割を担うことを見出しています。今回、アポA-I 1-83フラグメントの脂質膜結合状態を解析したところ、Iowa変異はアポA-I 1-83フラグメントの脂質膜結合親和性には影響を及ぼしませんが、フラグメント中に2カ所存在する線維形成領域のうち、N末側領域のヘリックス形成が阻害されることが分かりました。これにより、Iowa変異は脂質膜環境下での構造転移・アミロイド線維形成を促進すると考えられました。今後は、脂質組成の影響などを検討することにより、Iowa変異による線維形成制御機構のさらなる解明につなげたいと考えております。

発表では多くの先生方から御質問や御意見をいただき、自身の研究内容についてより深く考える機会となりました。最後になりましたが、常日頃熱心に御指導をいただいております京都薬科大学 斎藤博幸教授、有益な御助言をくださいました徳島大学大学院 奥平桂一郎准教授、また共同研究者の皆様に心より感謝申し上げます。

### P-6S 肺胞上皮細胞における異物排出ポンプP-glycoproteinの発現と機能に及ぼすタバコ煙抽出物の影響

仲 亮輔 (Naka Ryosuke) 広島大学大学院医歯薬保健学研究科薬科学専攻



このたびは膜シンポジウム2016において、学生賞という素晴らしい賞を頂き大変光栄に存じます。学会関係者の皆様、ならびにポスター発表に足を運んで下さった方々に厚く御礼申し上げます。以下に簡単ではありますが、今回発表した研究概要を紹介させていただきます。

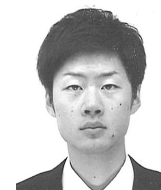
肺には異物排出ポンプであるP-glycoprotein (P-gp)が発現しており、生体防御を担っています。また肺はタバコの煙に直接暴露される器官であり、肺におけるP-gpに対する喫煙の影響を明らかにすることは極めて重要であると考えられます。そこで本研究では、ラット初代培養肺胞上皮細胞を用い、P-gpの発現・機能と分化転換との関係およびタバコ煙抽出物 (cigarette smoke extract; CSE) の影響について検討しました。また長期的なCSE処置の影響を解析するために、ヒト由来株化培養細胞A549からP-gp活性を持つ新たな*in-vitro*モデル細胞株を樹立しました。その結果、初代培養II型細胞は培養日数とともにI型様細胞に分化転換し、それに伴いP-gpのmRNA発現、タンパク質発現および輸送活性が有意に上昇しました。A549細胞では、明確なP-gp発現や輸送活性は観察されませんでした。セルクロニングによって高いP-gp活性を持つクローン細胞A549/P-gpの樹立に成功しました。そこで、I型様細胞およびA549/P-gp細胞を用いてP-gp機能に及ぼすCSEの影響について解析した結果、CSE共存によってP-gpは阻害され、基質であるRho123の細胞内蓄積量は有意に増加しました。さらにA549/P-gp細胞をCSEで96時間前処置したところ、P-gp活性は有意に低下し、P-gpのmRNA発現およびタンパク質発現も低下しました。以上の結果から、喫煙はP-gpの発現および機能を低下させる可能性が示されました。また樹立したA549/P-gp細胞は、肺のP-gp機能を解析する上で有用な*in-vitro*モデル細胞であると考えられました。

このたびの発表では膜を専門的に研究している先生方と様々な議論を交わすことができ、非常に有意義な経験となりました。学生賞という素晴らしい賞を頂いたことを励みにし、さらなる研究の発展に貢献できるよう精進

してまいります。最後にこの場をお借りして、本研究を進めるにあたり御指導，御鞭撻を賜りました高野幹久教授，湯元良子准教授をはじめとする高野研究室の皆様に深く御礼申し上げます。

### P-13S ミニエマルション表面での精密重合を利用した刺激応答性ゲルカプセルの創製

中浦 宏 (Nakaura Hiroshi) 関西大学大学院理工学研究科化学生命工学専攻

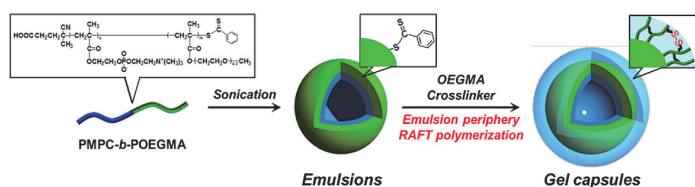


この度は膜シンポジウム 2016において，学生賞という素晴らしい賞を頂きまして大変光栄に思います。学会関係者の皆様，審査して頂いた先生方，発表に足をお運び頂いた皆様方に深く御礼申し上げます。

本研究では，内水相を有するエマルション表面に両親媒性のゲル膜を形成させたゲルカプセルの作製とその薬物放出挙動について発表させていただきました。エマルションの形成に用いるブロック共重合体を精密重合の一つである可逆的付加開裂連鎖移動 (RAFT) 重合により合成しました。そのブロック共重合体を水/クロロホルム混合溶液中で界面活性剤として利用し，内水相を有する w/o エマルションを形成させました。

さらに，エマルション表面に存在する RAFT 剤末端を反応開始点として，両親媒性モノマーと還元応答性架橋剤を加え重合することにより，エマルション表面に両親媒性のゲル膜を有するゲルカプセルを作製しました (Scheme 1)。作製したゲルカプセルは，細胞内環境を模倣した還元環境において，ゲル膜の架橋構造が切断されることで薬物の放出量が増加することが明らかになりました。

最後にこの場をお借りして，日頃の御指導および学会発表の機会を与えてくださいました宮田隆志教授，河村暁文助教，ならびに研究室の皆様に深く御礼申し上げます。



Scheme 1 Preparation of gel capsules by emulsion periphery RAFT polymerization.

### P-23S 高分子多孔膜を支持体とした supported lipid bilayer への生体分子の導入

宮下若菜 (Miyashita Wakana) 神戸大学大学院工学研究科応用化学専攻，先端膜工学センター



この度は膜シンポジウム 2016において学生賞を頂き，大変光栄に存じます。学会関係者の皆様，審査員の先生方，発表に足を運んで下さった皆様に心より感謝いたします。以下，簡単ではございますが，研究内容をご紹介します。

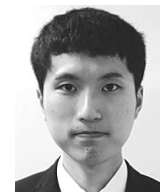
リン脂質二分子膜は膜タンパク質などの生体分子を担持させることで高度な分子認識能・物質透過性を発現しています。近年，平滑な固体支持体上にリン脂質二分子膜を展開した supported lipid bilayer (SLB) をこれらの生体分子の担持基材とする研究が盛んであり，バイオセンサーや生体触媒など様々な分野への応用が期待されています。本研究では，SLBを用いた生体分子の機能発現を実現する上で重要であると考えられる，支持体が生体分子に及ぼす影響の低減や，支持体への透過性付与を目指し，支持体として高分子多孔膜を用いる SLB 形成手法を確立しました。また，SLBへの生体分子の導入についても検討しました。リポソーム融合法を用いて SLB を形成させるため，孔径や材質の異なる様々な高分子多孔膜に対してアルキル鎖を導入し，リポソームと接触させたところ，流動性を有する平面的な脂質二分子膜が形成できることが分かりました。Streptolysin O (SLO) をモデル生体分子として用い，上記のように得られた SLB を SLO 溶液に浸漬したところ，SLO の SLB への導入を免疫染色により確認できました。以上より，本研究で確立した SLB 形成手法は，様々な多孔膜支持体に適応可能であり，生体分子の担持基材として応用できる可能性が示されました。

今回の発表では様々な分野の先生方からご質問やアドバイスを頂くことができ，大変勉強になりました。今回

の受賞を励みにし、より一層研究に精進して参ります。最後になりますが、本研究を進めるにあたり日々ご指導ご鞭撻を賜りました松山秀人教授、佐伯大輔特命助教並びに研究室の皆様に深く感謝申し上げます。ありがとうございました。

#### P-24S 検体透過式検出法を用いた生体分子認識ゲート膜の細孔開閉制御

奥山浩人 (Okuyama Hiroto) 東京工業大学大学院総合理工学研究科化学環境学専攻



このたびは膜シンポジウム 2016において学生賞を頂き、大変光栄に存じます。この機会を与えてくださった学会関係者の皆様や、本発表に足をお運びいただいた皆様にこの場をお借りして心より御礼申し上げます。

本会では、分子認識部位と感温性高分子の共重合体を多孔質膜の細孔表面に固定した分子認識ゲート膜について報告しました。分子認識ゲート膜は、標的分子認識時のみ細孔を塞ぐことが可能ですが、研究ははまだ初期段階であり、検体溶液中にゲート膜を浸漬させ分子認識を行う従来の認識法ではデバイスの小型化や高感度化に限界がありました。そこで本研究では、検体溶液をゲート膜の片側から全量透過させる新規分子認識法 (Fig. 1 (b)) を構築し、感度・簡便性の向上を図りました。既往の浸漬法 (Fig. 1 (a)) 及び新規検体透過法を用いて、標的分子であるアビジン及びコントロールとしてウシ血清アルブミン (BSA) の認識試験を行いました。その結果既往の浸漬法と比べ、新規検体透過法では短い認識時間、少ない検体量においても高いアビジン認識が可能であることが明らかとなりました。

最後になりましたが、本研究に関し様々なご指導ご鞭撻を賜りました山口猛央教授はじめ、研究室の方々に心より感謝申し上げます。

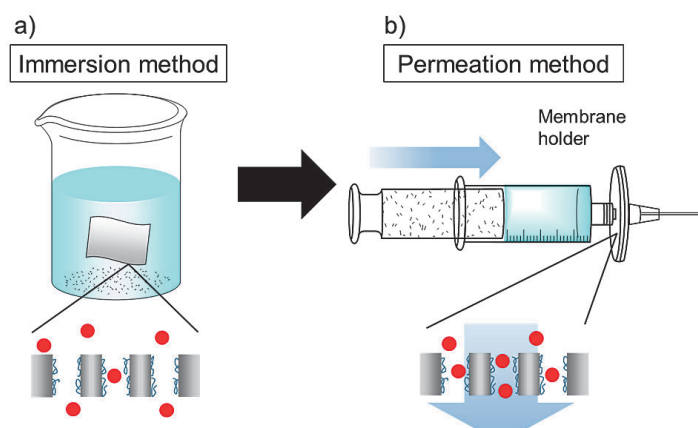


Fig. 1 Images of molecule recognition, a) previous immersion method and b) novel permeation method.

#### P-27S ミクロな滞留時間に着目した各種溶媒中のCO<sub>2</sub>拡散メカニズム解析

村木幸弘 (Muraki Yukihiro) 名古屋工業大学大学院工学研究科物質工学専攻



このたびは膜シンポジウム 2016において学生賞を頂き、大変光栄に思います。学会関係者の皆様、審査員の方々、ポスター発表を聴いてくださった皆様に厚く御礼申し上げます。以下に簡単ではありますが、今回発表した研究内容を紹介させていただきます。新規CO<sub>2</sub>分離材料の開発には、粘度や拡散係数といったマクロな物性値の推算が不可欠です。そこで本研究は、ミクロな観点からマクロな物性値を表現できないかをテーマに掲げ、分子動力学法によってミクロな滞留時間 $\tau$ を算出することで、CO<sub>2</sub>溶解条件下での種々の溶媒分子の拡散係数の推算を試みました。 $\tau$ を算出するために、まずは溶媒のある構成原子から半径 $r$ の球内に $t$ ピコ秒後も滞留している他の分子の割合を表す、

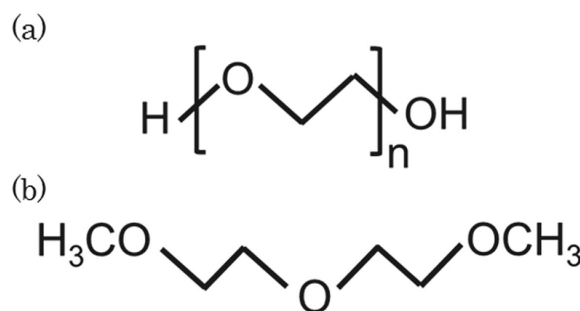


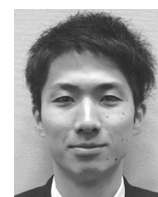
Fig. 1 Chemical structural formula. (a) polyethyleneglycol (PEG), (b) diethyleneglycol dimethylether (DEGDME)

滞留率  $C(t)$  を算出しました。  $C(t)$  の経時変化を指数関数で近似し、  $\tau$  をフィッティングパラメータとして決定しました。ここでは、溶媒-溶媒間(sol-sol)、溶媒-CO<sub>2</sub>間(sol-CO<sub>2</sub>)の  $\tau$  をそれぞれ算出することで、支配的な相互作用を検証しました。その結果、Fig. 1の(a)に示すように、ヒドロキシ基を有するPEG系の溶媒ではsol-solの  $\tau$  の方が大きいのに対し、Fig. 1の(b)に示すようにヒドロキシ基を持たないDEGDME系の溶媒では、sol-CO<sub>2</sub>の  $\tau$  の方が大きいことが分かり、溶媒の分子構造によって支配的な相互作用が異なることが判明しました。さらに、溶媒分子やCO<sub>2</sub>の拡散係数と  $\tau$  の相関性を検証したところ、両者に有意な相関性があることも確認しました。今後は、イオン液体をはじめとする様々な溶媒でも解析を進め、粘度やCO<sub>2</sub>溶解度など、他のマクロな物性値との相関についても検証する予定です。

最後になりましたが、本研究におきまして懇切丁寧なご指導を頂きました南雲亮先生、岩田修一先生、森秀樹先生他、研究室の諸先生方ならびに共同研究者の山田秀尚様に心より感謝申し上げます。

### P-33S Fドーパオルガノシリカ膜の細孔径制御と気体透過特性

村田将章 (Murata Masaaki) 広島大学大学院工学研究科化学工学専攻



このたびは膜シンポジウム2016において、学生賞を受賞させて頂き大変光栄に存じます。また、学会関係者の皆様、ポスター審査をして下さった先生方、ポスター発表に足を運んで下さった皆様に厚く御礼申し上げます。以下に簡単ではございますが本研究の概要を説明します。ゾル-ゲル法による気体分離膜において、スパーサーにSi-C-Si基を有するオルガノアルコキシシラン Bis (triethoxysilyl) methane (BTESM) を用いることで、分子サイズが近接しているC<sub>3</sub>H<sub>8</sub>とC<sub>3</sub>H<sub>6</sub>の分離に有効なネットワークの形成が可能であるという報告があります。さらに、Tetraethoxysilane (TEOS) により形成されたネットワークにFをドーパすることで、シロキサン結合角の増加により細孔径がルースになるという報告もあります。本研究ではプレカーサーとしてBTESM、F源としてNH<sub>4</sub>Fを用いることで、高選択透過C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>分離膜の作製を期待し、Fドーパがネットワークサイズに及ぼす影響について評価しました。F-BTESMゲルのXPS分析から、Fはネットワーク中にSi-F基として存在することが示されました。Fドーパ量の異なる膜の結果では、Fドーパ量増加に伴いHe選択性が低下したことからネットワークサイズがルースになり、細孔径制御が可能であることが確認されました。本シンポジウムでは、ポスター発表を聞きに来られた方々との議論により大変勉強になり、貴重な経験をさせていただけたことに感謝しています。

最後になりますが、この賞を受賞できたことを励みに、ますます研究に精進していくとともに、本研究を進めるにあたり常日頃からお指導をいただきました都留稔了先生、金指正言先生、長澤寛規先生、研究室の皆様へ深く感謝いたします。

### P-37S 異なる炭化水素種を用いた熱分解による silicalite-1 膜の細孔径制御

戸巻圭祐 (Tomaki Keisuke) 早稲田大学院先進理工学研究科応用化学専攻



このたびは、膜シンポジウム2016におきまして学生賞をいただき、大変光栄に思っております。学会の関係者はじめ、ポスターを見に来て下さった先生、企業の方々に深く御礼申し上げます。

私の研究は他に先行している研究例というものがなく、研究を始めた当初は実験方法や分析・解析に四苦八苦しました。しかし松方先生のご指導、研究室の皆様からの助言をいただき、研究に邁進していった結果、この受賞に至ったのだと思います。ポスターやショートプレゼンテーションでは分かりやすい発表というものを心がけました。学会には同じ膜を専攻しているといえど、分野・材料の異なる膜では中身が大きく変わるため、簡潔にイメージしやすい言葉を選んで説明することで、ポスターセッションでも、様々な方々と内容の濃い活発なディスカッションができたと思っております。

私の研究テーマはゼオライトである silicalite-1 膜の細孔径制御でありまして、今回の発表は異なる炭化水素種

を用いた熱分解による silicalite-1 膜の細孔径制御でした。p-xylene と 1-hexene という二つの熱分解活性の異なる炭化水素を用いることで、炭素の析出場所を制御し、その析出場所が分離性能の向上に寄与していることを明らかにしました。

今後も微力ながら、日本の膜工学の発展に貢献できるよう研究に邁進する所存であります。最後に、研究のご指導をいただいた松方正彦先生、瀬下雅博先生、研究の議論を共にしていただいた研究室の皆様深く御礼を申し上げますと共に、残り短い期間ではありますが、これからもご指導ご鞭撻の程よろしく申し上げます。

## P-46S 粘弾性を考慮した高分子多孔性膜の形成シミュレーション

矢野恭平 (Yano Kyohei) 京都大学大学院工学研究科化学工学専攻



このたびは膜シンポジウム 2016 において学生賞を頂き、大変光栄に思います。膜を専門的に研究されている方々と議論を交わせたこと、また様々な膜の研究についての発表を拝聴できたことは、非常に有意義な経験となりました。学会関係者の皆様、ポスター発表を聞いて下さった皆様に厚く御礼申し上げます。

我々は高分子溶液の粘弾性を考慮した新しい相分離モデルの開発、ならびにこれを用いた NIPS 法での水処理膜の形成シミュレーションに取り組んでおります。従来のフェーズフィールド法を用いた場合、Fig. 1(a) に示しますように、高分子溶液の粘弾性を考慮していないため界面張力の影響が支配的となり、相分離後直ちに細孔が球状に変形します。一方、Fig. 1(b) が我々の提案する粘弾性相分離モデルのシミュレーション結果です。高分子鎖の絡み合いによる弾性の影響で界面張力による変形が抑制され、高分子ネットワーク構造が形成され易くなりました。

今回の受賞を励みに、NIPS 法で形成される高分子膜のより詳細な細孔形成メカニズム、及び細孔構造に影響を与えるパラメータの解明を目指し一層研究に精進したいと思います。最後になりましたが、日頃よりご指導頂いている、大嶋正裕教授、谷口貴志准教授、吉元健治特定准教授、ならびに研究室の皆様、この場をお借りして心より感謝申し上げます。

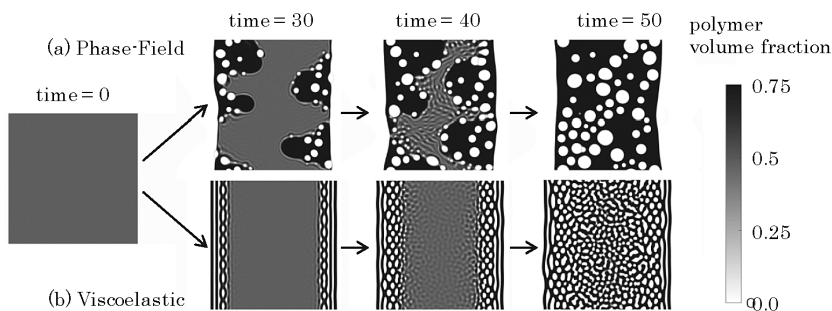
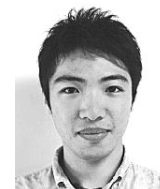


Fig. 1 Time evolution of the membrane formation by the NIPS method: (a) Phase-Field model, and (b) Viscoelastic model.

## P-55S 高効率なプロトン伝導を発現する PEFC 用含ヘテロ芳香族系高分子電解質膜の開発

甘利俊太郎 (Amari Shuntaro) 東京工業大学大学院総合理工学研究科化学環境学専攻



この度、膜シンポジウム 2016 におきまして学生賞を頂き、大変光栄に思います。審査員の先生方、学会関係者の皆様に厚く御礼を申し上げます。

現在、固体高分子形燃料電池用のプロトン交換型高分子電解質膜は、主要なプロトンキャリアである水が少ない環境下でプロトン伝導性が大幅に低下する問題を抱えています。そこで、本研究では、特異な分子間相互作用を有し、非常に強い疎水性を示すヘテロ環を基盤とした新規芳香族系高分子電解質膜を設計致しました。ヘテロ環を導入することで、電解質膜の膨潤を抑制し、イオン交換基を高密度に集積させることによって、高効率なプロトン輸送の発現を目指しております。今回の発表では、2種類のヘテロ環を利用することによって、膜の表面構造が著しく変化し、膨潤抑制能と低湿度環境下におけるプロトン輸送が飛躍的に向上することを報告致しました。

当日の発表では、多くの先生方と議論させて頂き、幅広い観点から現状の課題と今後の方針を考え直す良い機会になりました。最後に、本研究の遂行にあたり、ご指導を賜りました指導教員の山口猛史教授、ならびに多大なご協力を賜りましたKAST研究員安藤伸治氏をはじめ、お世話になりました多くの方々にご場をお借りして深く感謝申し上げます。今後ともご指導ご鞭撻のほどよろしくお願い致します。

### P-63S バイオエタノール生産プロセスにおける浸透圧駆動型膜分離法を利用した糖液濃縮の検討

渋谷真史 (Shibuya Masafumi) 神戸大学大学院工学研究科応用化学専攻, 先端膜工学センター



このたびは膜シンポジウム2016において、学生賞を受賞させて頂き、大変光栄に思います。学会関係者の皆様、ポスターを審査して頂いた先生方、ならびにポスター発表に足をお運びいただいた皆様方に深く御礼申し上げます。簡単ではありますが、研究内容をご紹介します。

本研究では、バイオエタノール生産プロセスにおける正浸透 (forward osmosis: FO) 膜法を利用した糖液濃縮の検討を行いました。この糖液濃縮プロセスで膜に求められている性能は、糖濃縮倍率が高く、逆に阻害物質の濃度は低いことです。阻害物質の透過性能をFO膜とNF膜と比較すると、NF膜は有効に阻害物質を透過させることが示唆されました。従って前段のNF膜により阻害物質を透過させ、後段のFO膜により糖液を濃縮させるというNF膜法とFO膜法を組み合わせた手法を考案しました。この方法により、エタノール濃度24 g/L、エタノールの収率0.43を達成しました。以上のことから、NF-FO法ハイブリットプロセスは、バイオエタノール生産プロセスでのより効率的な糖液濃縮プロセスとして期待できます。

最後になりますが、本研究を進めるにあたりご指導頂いた松山秀人教授をはじめとする松山研究室の皆様にご感謝いたします。この受賞を励みとし、研究活動により一層注力し、研究をさらに発展させるべく努力いたします。

### P-65S 超分子ポリマーを利用した新規高効率水透過膜の創製

樋口隼人 (Higuchi Hayato) 工学院大学大学院工学部環境エネルギー化学科



このたびは膜シンポジウム2016において学生賞という素晴らしい賞を頂き大変光栄に思います。今回の受賞は、高羽洋充先生の熱心なご指導と研究室の皆様の支えがあったのだと思っております。

本研究では超分子である2-フェニル-1,3,4-オキサジアゾールの環状四量体の柱状構造に着目し、これを膜化したときの透水性と水透過機構について非平衡分子動力学法を用いて検討しました。この分子には管状細孔があり、直鎖状に水分子を含めることができます。したがって管状細孔内での水分子同士および膜官能基の間に形成される水素結合作用を利用した新しい輸送機構が期待できると考えました。2-フェニル-1,3,4-オキサジアゾールの環状四量体膜モデル (Fig. 1) に供給側には500 atm、透過側には1 atmの圧力を加え、300 Kで分子動力学法を用いて計算を行い、それぞれの領域間を移動する水分子数から水透過性を評価しました。環状四量体膜の透過流束は $7.7 \times 10^{-6}$  kg/(Pa m<sup>2</sup> s)と一般的な逆浸透膜の $5.7 \times 10^{-8}$  kg/(Pa m<sup>2</sup> s)より高い透水性を示し、新規な水選択透過膜として有望であることが明らかとなりました。

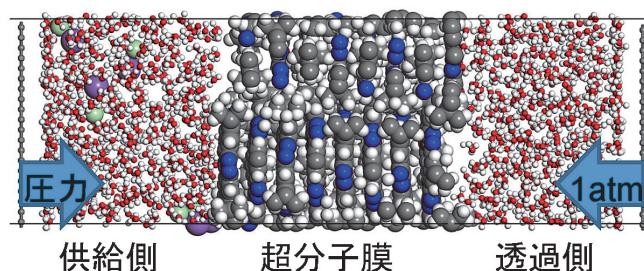


Fig. 1 Transmission simulation Figure.