

●第 43 年会学生賞受賞者紹介

E101 ポリアミド-TFC 膜特性に及ぼす多孔質セラミック基材の影響

高橋 涼佑

Takahashi Ryosuke

神戸大学大学院工学研究科応用科学専攻

この度は、日本膜学会第 43 年会において学生賞を授与いただき、大変光栄に思っております。オンライン開催にも関わらず、開催にご尽力してくださった学会関係の皆様、発表を審査していただいた先生方、そして発表をご視聴してくだ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、本研究の紹介をさせていただきます。

水処理膜などで広く利用されているポリアミド複合薄膜 (PA-TFC) は、支持膜である有機高分子膜の低い有機溶剤耐性、耐熱性の影響で使用用途が限られます。そこで、支持膜にセラミック膜を用いることで、有機溶剤中や高温下など過酷な条件下での利用が期待できます。PA 膜はセラミック支持膜上に製膜されることが少ないため、本研究ではまず、セラミック支持膜上に緻密な PA 膜を製膜するためのセラミック支持膜の条件最適化に取り組みました。セラミック支持膜としては、 Al_2O_3 や $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$ から成る細孔径が異なる膜を 4 種類 (900 nm, 40 nm, 5.2 nm, 2.8 nm) 作製しました。PA 膜は、支持膜を MPD 水溶液に浸漬後、TMC/n-Hexane 溶液に浸漬させ、加熱することで作製しました。NaCl 阻止性能を測定した結果、UF~NF 相当の細孔を有するセラミック支持膜が最適であると考えました。そして、今後は、有機溶剤逆浸透 (OSRO) や高温下での利用を検討したいと思っています。

今回の発表では多くの方と有意義な議論を行い、様々なご質問、ご意見をいただき、大変勉強になりました。最後になりましたが、本研究を進めるにあたり、日頃より熱心にご指導いただきました吉岡朋久教授をはじめとする研究室の方々に深く感謝いたします。

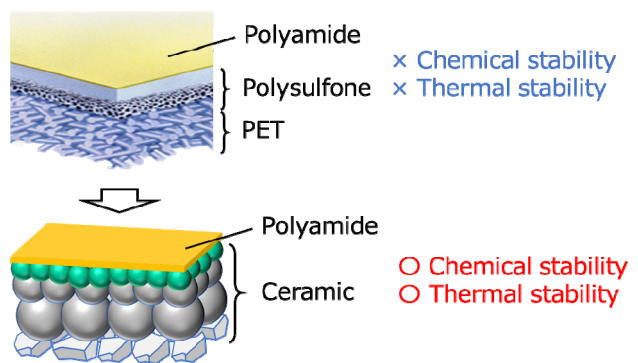


Figure 1 Schematic of this work
(M. Kurihara *et al.*, *Journal of Membrane Science & Research* 3, 157-173 (2017))

NaCl 阻止性能を測定した結果、UF~NF 相当の細孔を有するセラミック支持膜が最適であると考えました。そして、今後は、有機溶剤逆浸透 (OSRO) や高温下での利用を検討したいと思っています。

E106 多孔質膜内での抗原抗体反応を利用した膜透過型イムノセンサの高感度化

小島 菜々子

Kojima Nanako

東京工業大学 物質理工学院 応用化学系 応用化学コース

この度は日本膜学会第 43 年会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、発表を審査して頂いた先生方、発表を聞いてくださった方々に御礼を申し上げるとともに、本研究においてご指導、ご鞭撻を賜りました山口猛央教授、大柴雄平助教、ならびに研究室の皆様がこの場を借りて深く感謝を申し上げます。以下に、本会で発表した研究内容を紹介します。

在宅やベッドサイドで行うポイント・オブ・ケア検査は、疾病の早期診断に向け注目されていますが、利用拡大には高感度かつ迅速な分子検出技術が不可欠です。当研究室では、多孔質膜内の微小細孔を反応場とし、膜透過を利用することで従来法の ELISA よりも迅速・高感度な膜透過型免疫センサを開発しています。膜透過型免疫センサは、①抗原透過、②二次抗体透過、③基質透過の3ステップで抗原検出を行います。モデル計算より、現状のシステムではステップ①の抗原の拡散律速は解消されたものの、ステップ②ではサンドイッチ形成反応が律速となっていることが明らかとなり、より高感度な膜透過型免疫センサの実現に向けてステップ②の最適化が課題です。本研究では、ステップ②において、二次抗体濃度の最適化を行うことで、検出感度の増大を達成しました。本研究で最適化した膜透過型免疫センサと、ELISA、従来条件での膜透過型免疫センサの検出感度を比較したところ、本研究で最適化した膜透過型免疫センサの検出感度が大幅に増大し、多くの疾病検査で必要とされる 0.01 ng/ml での抗原検出が可能となりました。最後に、この学生賞を励みに、今後より一層研究に邁進していきたいと思っております。

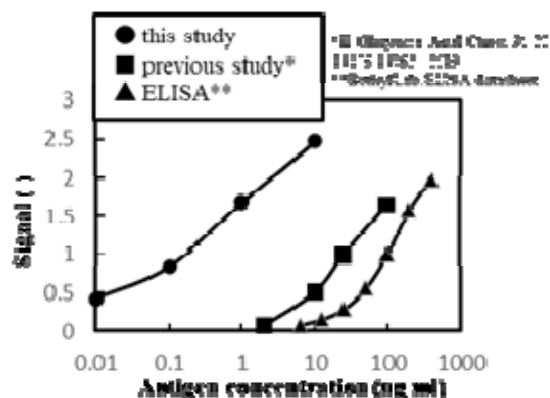


Figure 1 Comparison of signals in ELISA and membrane based immunosensors

E107 分極結晶を有するナノファイバーからなるリチウム塩含有

ポリカーボネート系複合電解質膜の作製と評価

寺側 菜々

Terasoba Nana

東京都立大学院 都市環境科学研究科 環境応用化学域

このたびは日本膜学会第 43 年会において、学生賞を授与して頂き誠にありがとうございます。学会関係者の方々、ポスターを審査して頂いた先生方、発表を聴いて下さった方々に御礼申し上げます。

本研究では、リチウムイオン伝導特性の向上を目的として、分極結晶を有するポリフッ化ビニリデン (PVDF) ナノファイバーを複合化したポリエチレンカーボネート (PEC) 電解質膜を作製しました。ナノファイバーフレームワークの導入により、高塩濃度下においても全固体型二次電池応用に適した自立膜の作製が可能となりました。また、PVDF ナノファイバーの複合化により、高分子の運動性が向上し、リチウムイオン伝導特性が向上しました。

当日の発表では、多くの方々からご質問やご意見を頂き大変勉強になりました。また、幅広い観点からアドバイス頂き、貴重な経験となりました。最後に、ご指導頂いている川上浩良先生、田中学先生をはじめ、お世話になっております多くの方々に深く感謝申し上げます。

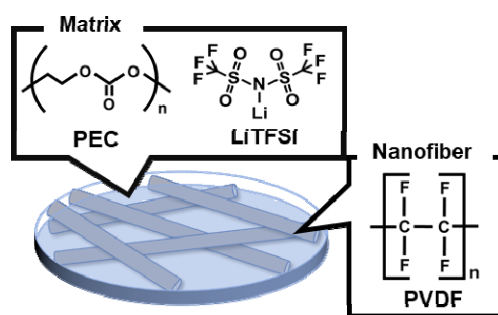


Figure 1 The concept of polycarbonatetype solid electrolyte membranes composed of polymer nanofibers.

E201 アンチファウリング膜表面設計に向けた簡便・汎用的な精密修飾法の構築

栗原 雄大
Kurihara Yudai

東京工業大学物質理工学院応用化学系応用化学コース

このたびは、日本膜学会第43年会において学生賞を頂き、大変光栄に存じます。発表を聴講して頂いた皆様、審査して下さった先生方、ならびに学会関係者の方々に、この場をお借りして心より御礼申し上げます。以下簡単ではありますが、今回の発表内容を紹介します。

世界的な水不足問題の解決に向け注目を集めている水処理膜では、処理水中の不純物が膜表面に吸着・堆積することで膜の透水性が低下するファウリングが問題となっています。ファウリング問題の解決には、各処理水に対して最適なアンチファウリング表面の設計が重要となっています。設計指針の獲得に向け、膜表面の修飾ポリマーの長さや固定化密度の制御を行う精密修飾法による評価が重要であり、その手法の簡便化・汎用化が必要となっています。そこで本研究では簡便で汎用性の高いドーパミン修飾に着目することで、アンチファウリング膜表面設計に向けた簡便・汎用的な精密修飾法を開発しました(Figure 1(a))。本手法では、まず膜基材のドーパミン溶液等への浸漬によって膜表面にポリマーを固定化する反応点を導入します。この反応点に対し、精密重合により長さを制御したポリマーの固定を行い、その際に用いる溶媒の選択により固定化密度を制御することで精密修飾に成功しました(Figure 1(b))。そして、タンパク質吸着試験により、本手法における修飾膜のアンチファウリング特性を確認しました。今後は、より詳細な評価を行うことでアンチファウリング膜表面設計の指針獲得を目指していきたいと考えています。

最後になりますが、日頃よりご指導を頂いている山口猛央教授、大柴雄平助教、ならびに研究室の方々に心より感謝申し上げます。

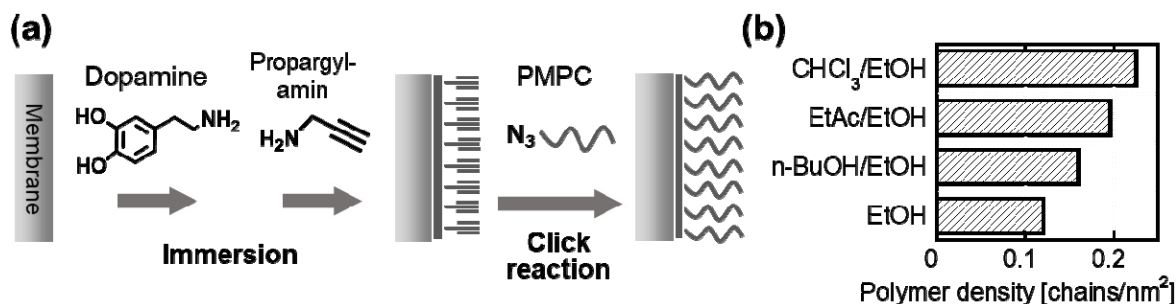


Figure 1 (a) The scheme of precise modification with dopamine. (b) Polymer densities of PMPC modified membranes with different solvents.

E206 非イオン性マテリアルと有機溶媒の相溶性に着目した耐

ファウリング性能の計算化学的解析

中田 惟吹
Nakata Ibuki

名古屋工業大学大学院工学研究科工学専攻生命・応用化学系プログラム

このたびは、日本膜学会第 43 年会において学生賞を授与いただき大変光栄に思っております。オンライン開催となりましたが、学会運営にご尽力いただいた関係者の皆様、審査員の先生方に厚くご御礼申し上げます。以下に簡単ではありますが、研究内容をご紹介します。

ファウリング現象は浄水膜やバイオマテリアルの性能低下に繋がるため、その抑制は欠かせません。そこで本研究では、非イオン性のバイオマテリアルを有機溶媒に混合した 2 成分系の相溶性と熱力学的な自由エネルギーを分子動力学法によって解析し、耐ファウリング性能を簡便に予測するアプローチを構築することを目的としました。

まず、2 成分の相溶性を定量的に評価する数値指標を導入し、透析膜の親水化剤として使用されているポリビニルピロリドンの素材モノマーを対象に、分散・凝集挙動を評価しました。その結果を踏まえ、Figure に模式図を示す通り、種々のバイオマテリアル素材とファウラントのモデル物質が接近する際の自由エネルギー変化を解析しました。その結果、優れた耐ファウリング性を有する非イオン性マテリアルの繰り返し単位は、芳香族アミド素材を構成する素材モノマーと比べて有機ファウラントとの親和性が有意に低く、実験的な傾向を熱力学的な観点から解釈できることを確認しました。今後は、耐ファウリング性能を簡便かつ理論的に予測する方法論の構築を目指していきます。

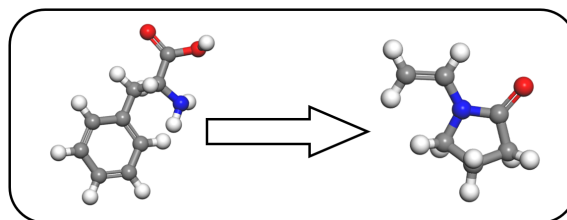


Figure Schematic figure of a foulant molecule approaching to a repeat unit of a material.

本学会では、様々な視点からのご質問やご意見をいただき、大変貴重な経験となりました。今回の受賞を励みに、そして本学会における講演や議論から得られた知識や経験を活かし、より一層研究に邁進してまいります。最後になりましたが、日頃よりご指導いただいている南雲亮准教授、岩田修一教授、ならびに研究室の皆様に心より感謝申し上げます。

E-210 AEI 型ゼオライト膜を用いた酢酸エチル合成膜反応器の開発

関根悠真
Sekine Yuma

早稲田大学先進理工学研究科応用科学専攻

このたびは日本膜学会 43 年会において、学生賞を授与していただきありがとうございます。学会関係者の方々、ポスターを審査して頂いた先生方、発表を聞いて下さった方々に御礼申し上げます。今回の受賞を励みに、これからの研究活動に邁進していきます。以下、簡単に研究内容を紹介させていただきます。

本研究では AEI 型ゼオライト膜の合成と、合成した膜を導入した膜反応器による酢酸エチルのフロー合成の検討を行いました。高い水の選択性と透過度、耐酸性をもつ AEI 型ゼオライト膜を反応器に導入することにより、エステル化反応と同時に生成する水を引き抜くことで、酢酸エチル収率の向上が期待できます。メンブレンリアクター試験では、浸透焔化分離膜反応器による酢酸エチルのフロー合成において、AEI 型ゼオライト膜を導入することにより、熱力学的平衡制約(69 %)を超える酢酸エチル収率 75 %を達成しました。

当日のポスター発表では、鋭いご指摘や改善方法などを頂き大変勉強になりました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。最後に、日々熱心

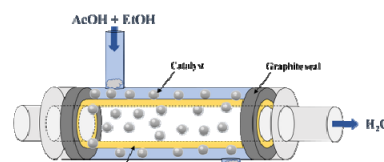


Fig.1 Esterification membrane reactor

に指導いただいている松方正彦教授，実験の指導・助言をくださり発表の練習にもお付き合いいただいた酒井求先生をはじめ，研究活動に協力いただいている研究室の仲間の皆さんに心より感謝を申し上げます。

E303 界面活性剤添加アルカリ処理法によるゼオライト膜の自己欠陥修復

堀 隼太
Hori Hayata

早稲田大学大学院先進理工学研究科応用化学専攻

この度は，膜学会第 43 年会において学生賞を頂き，大変光栄に思います。学会関係者の方々，ポスターを審査して頂いた方々，発表を聴いて下さった方々に御礼申し上げます。以下に簡単ではありますが，本研究の紹介をさせていただきます。ゼオライト膜には，製膜時に結晶間空隙が生じ，分離性能や生産性が低下してしまうという課題がありました。これ

まで結晶間空隙を閉塞する様々な後処理法が報告されてきましたが，結晶間空隙のみならずゼオライト細孔まで閉塞してしまい，透過性能が低下することが問題でした。本研究は，主にゼオライト触媒に用いられ，触媒活性や結晶性の向上効果を示す界面活性剤添加アルカリ処理をゼオライト膜に対して行いました。結果として，短時間アルカリ処理を行うとゼオライト膜の分離性能が向上することを見出しました。また本手法はこれまでの後処理法と異なり，透過度を維持したまま，分離性能を向上させることが可能であるため，今後，ゼオライト膜の生産効率向上やコスト低減に繋がると期待されます。今回の発表では様々なご助言を賜り，とても勉強になりました。今回の受賞を励みに，今後より一層研究に邁進していきたいと思っております。最後に，日頃よりご指導頂いております松方正彦教授，酒井求先生，研究室生活を共にした研究室の皆様に深く御礼申し上げます。

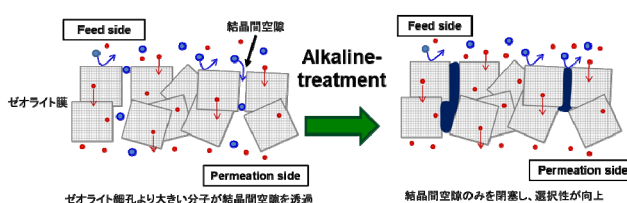


Figure 1 Alkaline-treatment for self-defect healing

E405 モジュール構造変更アナログ脂質の合成と二重膜物性

中尾 俊樹
Nakao Toshiki

徳島大学大学院先端技術科学教育部物質生命システム工学専攻

この度は日本膜学会第 43 年会において学生賞を頂き，大変光栄に思っております。会関係者の方々，ポスターを審査して頂いた方々，発表にご参加くださった方々に厚く御礼申し上げます。以下，簡単ではございますが，今回の発表内容を紹介いたします。

真核生物の生体膜構成しているリン脂質の分子構造は，疎水鎖，骨格への結合様式，親水基頭部の 3 つの可変可能な構造（モジュール）により構成されています。本研究では，各モジュール内変化では無く，モジュールの基本的な配列様式自体を変化させ，天然脂質と構造が類似したモジュール構造変更アナログ脂質，アミド結合型リン脂質，極性頭部転置型リン脂質，脱リン酸脂質，の 3 種類の非天然脂質をそれぞれ有機合

成し、それら非天然脂質が形成する二重膜の膜状態について示差走査熱量法を用いて調査しました。いずれの脂質二重膜においてもゲル-液晶転移である主転移の吸熱ピークを観測しました。得られた熱的諸量を構造が類似した天然脂質（ホスファチジルコリンやホスファチジルグリセロールなど）と比較したところ、モジュールの配列様式の変化は、二重膜の膜状態へ顕著な影響をおよぼすことが明らかとなりました。今後、高圧力実験を導入することにより、これら非天然脂質の膜状態をさらに精査する予定です。

今回の発表では、多くの先生方と有意義な議論させて頂き、様々な視点からのご助言を頂戴し、非常に勉強になりました。今回の受賞を励みに、今後もより一層研究に精進していきたいと思っております。最後になりますが、本研究を進めるにあたり日頃より熱心なご指導をして頂きました松木 均教授、安澤幹人教授、玉井伸岳准教授、倉科 昌助教、後藤優樹助教、ならびに研究室の皆様にご心より感謝申し上げます。

E406 機能化リンクモジュールの開発と ECM 模倣ハイドロゲルの創製

大川 将志

Masashi Okawa

東京大学大学院工学系研究科バイオエンジニアリング専攻

この度は第43回膜学会において学生賞をいただき、大変光栄に思います。オンライン開催となりましたが学会運営にご尽力いただいた関係者の皆様、審査員の先生方に厚く御礼申し上げます。今後も本受賞を励みとして研究活動に邁進していきたいと思っております。以下に簡単ではありますが研究内容をご紹介します。

細胞外マトリックス (ECM) は、細胞が接着・増殖・分化等、その生物機能を発揮している場であり、細胞にとってはまさに理想的な環境と言えます。そのため ECM を模倣することができれば細胞機能を最大限に引き出すことのできる優れた材料開発に繋がると期待できます。ECM はヒアルロン酸 (HA) を主成分とするハイドロゲルであり、HA にはリンクプロテインを介して糖やタンパクが結合し、複合化・構造化されております。

一方で生物学の発展により、このリンクプロテインに代表される HA 結合タンパクの機能や役割が明らかになってきました。そこで本研究では HA 結合タンパクの一つである TSG6 に着目し、その HA 結合ドメインであるリンクモジュールを用いた新たな ECM 模倣ハイドロゲルの開発を目指しました。本研究では、まず近年汎用的な機能化方法として着目されている微生物由来のトランスグルタミナーゼ (MTG) 反応性 tag をリンクモジュールの C 末端に導入した機能化リンクモジュール (LinkCFQ) を設計しました。大腸菌で発現し、精製は SDS-PAGE によって確認しました。また、精製した LinkCFQ は等温滴定カロリーメトリーにより HA との相互作用が確認され、加えて ECM の主成分の一つであるコラーゲンの誘導体であり MTG 反応の基質でもあるゼラチンとの混合系において MTG 反応性も有することが明らかになりました。最後に HA とゼラチン、MTG との混合系において ECM 模倣ハイドロゲルの作製を試みました。粘弾性測定からゲル物的物性が確認され、ECM 模倣ハイドロゲルの作製に成功いたしました。

本学会では多くの方々と議論を交わし、また貴重なご意見を頂くことができました。最後になりましたが、

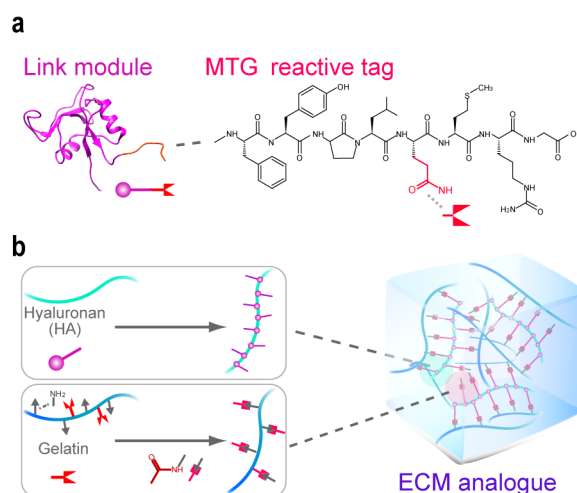


Figure 1. Schematic illustration of this study (a) Genetically engineered Link module (b) ECM analogue

本研究を遂行するにあたりご指導を賜りました伊藤大知教授，津本浩平教授，長門石暁特任准教授，太田誠一准教授，田部亜季特任助教ならびに研究室の皆様にご心より感謝申し上げます。

E409 スプレー法によるトーラス状アルギン酸薬物徐放担体の開発

松宮 和生

Matsumiya Kazuki

東京大学大学院工学系研究科バイオエンジニアリング専攻

この度は日本膜学会第43年会において学生賞を頂いたことを大変光栄に思います。学会関係者の皆様，発表をお聞きくださった皆様，審査して下さった先生方に厚く御礼申し上げます。以下に本研究の概要をご紹介します。

本研究では，肝硬変を治療するための新しい血管内局所療法を創成することを目的とし，トーラス状の薬物徐放担体を作製して，その薬物放出挙動を評価しました。エレクトロスプレー法により吐出されたアルギン酸の液滴が塩化カルシウムを含む架橋剤溶液と衝突すると，トーラス状の Vortex ring が形成され，イオン架橋により固まります。この動的な過程を複数のパラメータを制御することにより，安定したサイズ分布を持つトーラス状アルギン酸微粒子が得られます。外径が約 200 μm の大きさのトーラス粒子はこれまでに報告されたものの中でも最小であり，薬物の放出は主に拡散支配であることが考えられます。

今回の発表において短い時間ではありましたが，多くの先生方とディスカッションできたことを大変嬉しく思います。今回の受賞を励みに，より一層研究に邁進して参ります。最後になりましたが，本研究を遂行するにあたりご指導を賜りました伊藤大知教授ならびに研究室の皆さまにご心より感謝申し上げます。

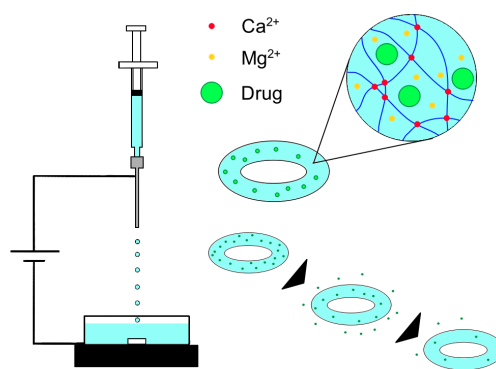


Fig. 1 Schematic illustration of this study.

E509 生体由来材料を用いたイオン液体による経皮吸収液晶製剤の開発

原 江希

Hara Koki

九州大学工学府化学システム工学専攻

このたびは，日本膜学会第43年会において学生賞をいただき，大変光栄に存じます。学会関係者の皆様，発表を審査して下さいました先生方，並びに発表を聞いて下さった皆様にご厚く御礼申し上げます。以下に簡潔ではありますが，本研究の概要を紹介致します。

現在，既存の薬剤をより安全で非侵襲的に自己投与可能な薬剤に製剤化することが重要となっています。近年では非侵襲的な方法の中でも特に経皮投与が注目されています。しかし，薬物の経皮投与の大きな課題として皮膚最外層に存在する角質層のバリア機能が挙げられます。この課題を解決する材料として，リオトロピック液晶 (LLC) が注目されており，優れた安定性・粘度などの経皮投与に適した物性を有しています。しかし，既往の LLC 製剤では浸透性が不十分でした。そこで本研究では，経皮薬

物浸透促進効果について報告されているイオン液体 (Ionic Liquid : IL) を用いた新たな液晶製剤の創製を目指しました。SAXS 測定により Choline (Cho) をカチオン、Oleic acid (Ole) をアニオンに用いた IL[Cho][Ole] と水を 7:3 で混合した ILC-70 はジャイロイド構造を有していることが分かり、マウス皮膚を用いた経皮浸透試験では薬物の浸透が有意に向上しました (Fig.1)。また、FT-IR 測定によって ILC-70 は角層の細胞間脂質を乱すことによってバリア機能を低下させ、薬物の浸透を促進させることが示唆されました。

本学会では多くの先生方からご質問やご意見をいただき、非常に有意義な議論を行うことができました。最後になりましたが、本研究を遂行するにあたりご指導を賜りました後藤雅宏教授、ならびに研究室の皆様にご心より感謝申し上げます。

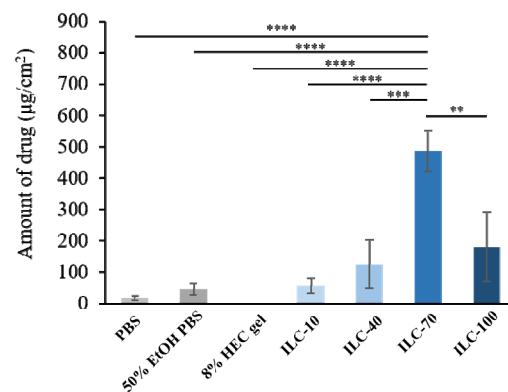


Fig. 1 Amount of drug permeation into the skin.