NEWS LETTER 2024 March

巻頭言：「水処理における分離プロセス工学の重要性」

昨年、分離プロセス部会の委員と膜工学分科会会長を拝命しました東レ株式会社の谷口です。私は会社生活のほとんどを水処理膜とともに過ごして今に至っています。

分離プロセス部会／膜工学分科会では、より社会に貢献できる分離関連技術の研究・開発・実用化のお役に立てるよう、産学が連携しながら会を運営推進しています。

私が携わっている水処理は、水と不純物や有価物を分離することが仕事の中心で、私の会社はそのための分離膜製品を開発・販売していますが、その中で、私は総じて化学工学的視点で、低環境負荷、省エネにフォーカスした技術開発に取り組んでいます。

とくに、私は膜による水処理でもポピュラーな分野の一つである海水淡水化に多く関与してきました。この分野では 21 世紀に逆浸透膜がプロセスの主役となって以降、消費エネルギーは数分の 1（30 年前で 5~10→3~4 kWh/m^3）に下がり、大きく省エネを実現してきています。膜性能の向上が少なからずあるのはもちろんですが、膜以外のユニットやプロセスの寄与（の方）が大きいといっても過言ではありません。今は SDGs を目指す社会です。きれいな（安全な）飲み水を低環境負荷で生み出すのはもちろん、廃水を浄化して環境に戻すことも求められ、究極としてはゼロリキッドディスチャージ（ZLD）という水分を全部抜き取って廃水を出さないプロセス開発も推進されています。非常にハードルが高い「理想」ですが、その実現のためには、私の会社を含め、日本が得意としてきた「素材・部材が世の中を変える」にも増して、様々な分離プロセスの開発・改良、素材特性から設備・システムのライフサイクルまで鑑みた上での単位プロセス技術の開発、そしてそれらの組み合わせ・設計・最適化がさらに必要です。水処理分野で素材を活かす化学工学／分離プロセス工学のポジション・重要性はますます高まっていくと実感しています。

広く深いプロセス化学工学、なかなか自ら網羅することは出来ませんが、大渡部会長を中心に活動する 5 つの分科会を通じて連携を深め、今後さらに深刻さを増すであろう環境問題解決の切り札の一つとして、分離プロセス深化のお役に立てればと考えています。

東レ株式会社
谷口　雅英

活動報告：化学工学会第 54 回秋季大会

分離プロセス部会シンポジウム 2023/9/11-2023/9/13　於　福岡大学

化学工学会第 54 回秋季大会において、分離プロセス部会では、部会横断型シンポジウム 3 件の共催と、4 件の部会シンポジウムを主催しました。

[部会横断型シンポジウム]

ST-22　環境プロセス・材料の開発・設計におけるシミュレーションの展開（第 1 日目、展望講演 1 件、招待講演 2 件、一般講演 20 件）

オーガナイザー：松本 秀行（東京工業大学）・松田 圭悟（名古屋大学）・福島 康裕（東北大学）・小林 大祐（東京電機大学）・堀江　孝史（大阪公立大学）・小玉　聡（東京工業大学）

ST-25　分離プロセス産業セッション 2023（第 3 日目、依頼講演 11 件）

オーガナイザー：大渡 啓介（佐賀大学）・川喜田　英孝（佐賀大学）・南雲　亮（名古屋工業大学）・宮本　学（岐阜大学）

ST-27　反応と分離の協奏（第 2 日目、依頼講演 2 件、一般講演 5 件）

オーガナイザー：荒木　貞夫（関西大学）・赤松　憲樹（工学院大学）

[分離プロセス部会シンポジウム]

SY-58　(1)ポスターセッション（第 3 日目、一般講演 76 件）

オーガナイザー：大渡　啓介（佐賀大学）・川喜田　英孝（佐賀大学）

SY-59　(2)固液分離プロセスの最新動向（第 2 日目、一般講演 8 件）

オーガナイザー：田中　孝徳（大阪電気通信大学）

SY-60　(3)吸着・イオン交換・抽出の最新動向（第 1 日目、招待講演 1 件、一般講演 9 件）

オーガナイザー：大島　達也（宮崎大学）・大渡　啓介（佐賀大学）

SY-61　(4)膜分離技術と機能性材料の接点（第 1、2 日目、優秀論文賞講演 1 件、招待講演 2 件、一般講演 34 件）

オーガナイザー：神尾　英治（神戸大学）・赤松　憲樹（工学院大学）

第 54 回秋季大会は、主にオンサイト形式での開催と戻りました。多くの皆様にご参加いただき、この場をお借りして御礼申し上げます。第 54 回秋季大会で分離プロセス部会が主催したシンポジウムの一部を紹介させて頂きます。ST-22「環境プロセス・材料の開発・設計におけるシミュレーションの展開」においては、数学的な知見と材料そして、プロセスへの展開と幅広く新たな分野の研究が数多く発表されました。今後、機械学習も含めて広く発展する分野であると考えられます。ST-25「分離プロセス産業セッション 2023」では、分離プロセス部会における 5 つの分科会に関係する企業の研究者に招待講演をいただきました。蒸留、吸着、抽出、固液分離、膜工学の各分野で、様々な問題があり、工学における様々な問題に対する多様な技術の紹介に関するご講演でした。学に所属している研究者は産業レベルでの問題についても留意しながら、広い視点で研究を進める必要があることを痛感しました。また、ST-27「反応と分離の協奏」では、反応工学部会と分離プロセス部会（膜工学分科会）との共催で、持続的な循環社会の実現を目指し、プロセスの全体的な設計を含めた発表会となりました。従来からの分離プロセスに関するセッションも開催されました。また、ポスターセッションでは企業の方々や学生による発表が行われました。76 件という昨年の二倍以上の発表件数となりました。学生にとっても様々な分野を包括した学会内容になったと思います。

佐賀大学　　川喜田　英孝

分離プロセス部会ポスターセッション

第 54 回秋季大会の分離プロセス部会ポスターセッションはオンサイト形式での開催となり 76 件の発表の件数となりました。分離プロセス部会では、例年、秋季大会のポスターセッションにおいて、優秀な発表に対して分離プロセス部会ポスター賞を授与しております。

今年度のポスターセッションも、昨年度に引き続き、事前にポスターを提出していただき、発表者や審査員が予め見れるようになっていました。秋季大会 3 日目午前のオンラインによるライブでのポスター発表及び質疑応答を実施いたしました。審査員には研究内容の分かりやすさ、研究の理解度・創意工夫について評価をしていただきました。審査員は、発表学生の指導教員および分離プロセス部会会員を中心とした計 40 名にお願いし、1 件の発表に対して 3 人が審査にあたるように、また 1 人の審査員に約 6 件を審査いただくように設定しました。審査員と発表者との間で活発な討論がされており、76 件の審査対象発表から 13 件の分離プロセス部会ポスター賞を選出しました。下記にポスター賞受賞者からのコメントを掲載しておりますので、是非ご覧ください。

最後になりますが、審査員をお引き受けいただいた皆様に心より御礼申し上げます。お弁当の発注を失念してしまい、大変申し訳ありませんでした。

佐賀大学　　川喜田　英孝

ポスター賞受賞者からのメッセージ

富樫　武大

所属：新潟大学大学院　自然科学研究科　材料生産システム専攻

発表タイトル：スタティックミキサーを用いた流通式抽出装置の検討

この度は、化学工学会第 54 回秋季大会におきまして、分離プロセス部会ポスター賞をいただき大変光栄に思います。学会関係者の皆様、審査員の先生方、並びにポスター発表をお聴き下さった皆様に厚く御礼申し上げます。

当研究室では、従来の有機溶媒抽出法で用いる溶媒の代わりに、地球環境への負荷が小さい環境対応型フッ素系溶剤を使用した新規溶媒抽出法を提案しています。フッ素系溶剤は水と混和せず、低沸点・不燃性であるため、蒸留操作によって容易に再生することができ、抽出金属を濃縮することで二次廃棄物の減容化を達成できるといった利点を有しています。新規溶媒抽出法の連続化は、廃水処理や貴金属リサイクルなど幅広い分野で貢献できる可能性を有していますが、水と溶剤の密度差が大きく、効率的な撹拌操作を検討する必要がありました。そこで、本研究では静止型撹拌器であるスタティックミキサーに着目し、流通式抽出装置を作製しました。装置を用いた抽出実験では、スタティックミキサーによる抽出性能の向上が示唆され、撹拌部の挙動や水相・有機相の流量に影響も確認できました。今後は、装置性能向上を目指して、運転条件や装置改良の見直しや再検討を行い、最適化していく予定です。

本大会では、多くの先生方や参加者の皆様方から頂いた意見・助言をもとに議論を進めることができ、研究方針への展望が見えました。この貴重な経験を糧に、今後も精進していく所存です。最後に、本研究を進めるにあたりご指導を頂きました多島秀男准教授、小松博幸助教、並びに研究室の皆様に心より感謝申し上げます。

武藤　雄太

所属：工学院大学大学院　工学研究科　化学応用学専攻

発表タイトル：ナノろ過膜の電解質溶液透過に伴う pH 変化のモデル化

この度はポスター賞を頂き、大変光栄に思います。今回の発表では多くの先生方と活発に議論し、様々なご指摘をいただくことができ、大変勉強になりました。学会関係者の皆様、発表を聞いてくださった皆様にお礼申し上げます。ここでは本研究の概要と今後の展望をお話したいと思います。ナノろ過(NF)膜への電解質溶液透過に伴い透過液の pH が供給液の pH から変化する現象が知られており、この現象のメカニズムは十分に理解されていません。本研究では NF 膜のイオン透過モデルである DSPM-DE (Donnan Steric Pore Model with Dielectric Exclusion)を用いて H+や OH-の透過を計算し、pH 変化を予測することを試みました。このモデルはふるい機構と静電相互作用、誘電排除効果(膜細孔内で誘電率がバルクの値より低下することによる排除効果のこと)が考慮されています。結果としては、分離試験の結果から膜の細孔径、電荷密度、誘電率といった特性を推算し、1:1 型の電解質である KCl を含む系において様々な条件での pH 変化を予測し、現象を説明することに成功しました。今後は 2 価以上のイオンを含む系や、電荷密度・細孔径の異なる膜にもモデルを適用し、pH 変化を予測できることを示していきます。非常に基礎的な研究ですが、このような知見が膜分離プロセスのさらなる改良の一助になると考えます。また、論文投稿や次回の学会参加も目指しており、研究内容・研究生活ともにより充実したものにしていきます。最後に、本研究を進めるにあたり、赤松先生、王先生、中尾先生を初めとする多くの方々にご指導、ご支援をいただきました。心より感謝申し上げます。

菊地　穂夏

所属：東邦大学大学院　理学研究科　環境科学専攻

発表タイトル：水中フッ化物イオンの吸着除去を目指した UiO-66 結晶の欠損量制御

この度は化学工学会第 54 回秋季大会におきまして栄誉あるポスター賞を授与いただきまして、大変光栄に存じます。学会関係者の皆様、審査員の先生方、並びにポスター発表をお聞きくださいました皆様に心より御礼申し上げます。

本研究は、Metal-Organic Frameworks (MOFs) と呼ばれる多孔質材料の一種である UiO-66 (Universitetet i Oslo-66) を用いた水中フッ化物イオンの吸着除去を目的としております。今年度からの新たな取り組みとして、UiO-66 に生じる欠損量を意図的に制御することによる吸着性能の向上を検討しました。今回最も苦労した点は、欠損量を制御した UiO-66 の合成法の確立です。単に欠損を作るだけでなく意図して欠損量を制御することは難しく、添加剤の種類と量の組み合わせを考えて実験を進めてきたことが合成法の確立に繋がったと考えております。今回の発表では、UiO-66 の合成時に欠損量を制御できる点に加え、欠損量が多いほど水中のフッ化物イオンの吸着が向上することを報告させていただきました。今後は溶液 pH・共存物質・環境温度による影響を確かめるとともに、吸着機構の解明も進めます。そして、将来的に環境浄化に役立つ技術の開発に寄与することが私の大きな目標です。

今回の発表では多くの方々にご助言をいただき様々な知見を得ることができました。この受賞を励みに今後も精進してまいります。最後に、本研究を進めるにあたり熱心なご指導をいただきました今野大輝 准教授、並びに研究や発表に多くのご助言をいただいた研究室の皆様に心より感謝申し上げます。

安田　知弘

所属：関西大学大学院　理工学研究科　環境都市工学専攻

発表タイトル：GME ゼオライトの CO_2 ゲート吸着・拡散特性

この度は、化学工学会第 54 回秋季大会においてポスター賞を授与いただき、大変光栄に存じます。学会関係者の皆様、審査員の先生方、並びにポスター発表にご参加くださった方々に誌面をお借りして厚く御礼申し上げます。

本研究では、Na 型の GME ゼオライトが CO_2 吸着試験において二段階のステップを踏む特異的な挙動を示すことが明らかとなり、この GME ゼオライトが示す CO_2 ステップ吸着挙動のメカニズムに関して検討を行いました。GME ゼオライトはストレートな大細孔と、その円柱を囲む小細孔でつながった GME ケージを持っており、大細孔由来の高い拡散性と小細孔由来の選択性を期待し、着目しました。そして、N_2 や CH_4 といったガス吸着の結果と、計算値と実験値の比較から、Na^+のカチオンサイトを考察し、CO_2 吸着における 1 段階目が大細孔のストレートチャネルへの吸着、2 段階目が GME ケージへの吸着であると考えました。今後は Si/Al 比やカチオン種を変化させ、この吸着挙動をより正確に把握し、CO_2 分離剤としての可能性を検討していきたいと考えています。

本大会の発表に多くの方が来てくださり、様々なご意見ご質問をいただくことができました。中には自身にない視点でのご指摘もあり、今後の研究の課題が明確なものになりました。今回の受賞を励みに、より一層精進し、研究に取り組んでいきたいと考えております。最後に、本研究を遂行するにあたりご指導いただきました田中俊輔教授、研究室の皆様に厚く御礼申し上げます。

夏堀　龍聖

所属：日本大学大学院　生産工学研究科　応用分子化学専攻

発表タイトル：DBU-複素環アミン二成分系 CO_2 吸収剤に関する研究

この度は化学工学会第 54 回秋季大会にてポスター賞に選出していただき大変光栄です。審査をしてくださった先生方をはじめ、学会関係者の皆様に深く御礼申し上げます。

私の将来の夢はプラントエンジニアになることです。小さな頃から京葉工業地帯の近所に住んでおり、車窓からプラントを目にするたびにかっこいいなと感じたことを覚えています。この経験がきっかけとなりプラントエンジニアおよび化学工学に興味を持ちました。大学に進学後は、熱交換機の設計や蒸留塔のシミュレーションなど、プラントについて学べる講義はほぼ全て取りました。学部 4 年次の卒業研究では、モノづくりに携わりたいという思いもあり、実験装置の製作から研究をスタートしました。実験装置の製作は試行錯誤の繰り返しで、うまくいかない時期もありましたが、良い仲間に恵まれ、互いに助け合いながら研究を進めることができました。

発表当日はかなり緊張していましたが、いざ発表が始まると思いのほか楽しく，活発な議論ができました。今回、自身の研究発表がポスター賞という形で評価していただけたことは、とても自信になりました。この経験を活かして将来の夢に向かっていっそう精進したいと思います。

最後に、本研究を遂行するにあたり，研究室配属時よりご指導いただいている保科貴亮准教授、高橋智輝助教に心より感謝申し上げます。

永野　光太

所属：東京都立大学大学院　都市環境科学研究科　環境応用化学域

発表タイトル：表面修飾ナノ粒子/PIM-1 複合膜の気体透過の圧力依存性

この度は、化学工学会第 54 回秋季大会においてポスター賞を受賞賜り、大変光栄に存じます。学会関係者の皆様、審査部の先生方、またポスター発表に足を運んでくださった皆様に、深く御礼申し上げます。

当研究室では、これまで固有微細孔性高分子 PIM-1 中に表面修飾ナノ粒子を高濃度添加することで、超高 CO_2 透過性を発揮する表面修飾ナノ粒子/PIM-1 複合膜を開発してまいりました。本研究では、この表面修飾ナノ粒子/PIM-1 複合膜の低圧における気体透過挙動について明らかにし、低圧 CO_2 源への可能性を検討することを目的としております。その結果、圧力が低下するほど CO_2 透過係数と CO_2/N_2 選択性が増加することが明らかになりました。従来からガラス状高分子である PIM-1 は気体透過に圧力依存性を有することは知られていましたが、無機材料である表面修飾ナノ粒子を複合化させても、圧力依存性を消失させることなく PIM-1 の性質を引き継ぐことを確認いたしました。

本研究により、ガラス状高分子由来の気体分離膜、延いては当研究室の表面修飾ナノ粒子/PIM-1 複合膜が、大気からの直接 CO_2 回収（Direct Air Capture）といった、低圧・低濃度 CO_2 源への応用に有利な性質を示す有望な材料であることを明らかにしました。最後に、本研究を進めるにあたり熱心なご指導ご鞭撻を頂きました川上浩良教授と山登正文准教授、また多くのアドバイスをしてくださった研究室の方々や研究生活を支えてくださった家族に深く御礼申し上げます。

佐藤　颯

所属：九州大学大学院　工学府　応用化学専攻

発表タイトル：疎水性深共晶溶媒を用いたニッケル鉱石からのレアメタルの選択的回収

私は疎水性の深共晶溶媒を用いて鉱石からレアメタルである Ni と Co の回収を行っています。深共晶溶媒は世界的にもトレンドで、ドラックデリバリーや私の研究のように抽出・浸出溶媒としての利用が期待されています。ニッケル鉱石から深共晶溶媒を用いて金属を回収するという研究は私の知る限りでは、私たちの研究室が世界で初めてであり、Ni と Co の回収を達成することができて大変嬉しく思っています。多くの金属が含まれている鉱石からどのようにして Ni と Co だけを選択的に回収するのかという戦略を立てるのが非常に難しかったです。Ni と Co の 100 %の深共晶溶媒への回収は達成できましたが、多少の金属も同時に深共晶溶媒へ回収されてしまうので、これからはさらに、他の金属の回収を抑えた深共晶溶媒を設計していきたいと考えています。

今回はポスター賞を受賞でき大変嬉しく思います。日々、ご指導下さる後藤 教授、神園 女氏に深く感謝申し上げます。

神園　麻裕

所属：九州大学大学院　工学府　応用化学専攻

発表タイトル：再利用可能な環境調和型溶媒による自動車触媒リサイクルプロセスの開発

この度は、化学工学会第 54 回秋季大会分離プロセス部門においてポスター賞を授与いただき、大変光栄です。学会関係の皆様、並びにポスター発表にご参加くださった皆様に厚く御礼申し上げます。

本研究は、疎水性の深共晶溶媒 (Deep eutectic solvent; DES) を浸出溶媒として用いて，廃自動車触媒から白金属金属を選択的に回収するという研究です。これらの金属は資源量が少なく、かつ産出地が偏在しているため 2 次資源から再回収することが求められています。一方で、従来の自動車触媒の湿式リサイクルは、重金属を含む大量の酸廃水が発生するため、環境負荷が大きいことが課題です。本研究では、高濃度塩酸の代わりに疎水性 DES を浸出溶媒として用いることで、廃水の発生を抑え、環境に優しい白金族金属リサイクルプロセスの開発を目指しました。浸出条件を最適化した結果、Pt、Pd および Rh だけを選択的に浸出することができました。また、一度浸出に使用した疎水性 DES は再利用することができました。今後は、白金族金属以外の金属を選択的に浸出することができる新規疎水性 DES の開発を行う予定です。

今回の学会発表において様々な専門分野の先生方や企業の方々と熱く議論を交わし、多くのことを勉強させていただきました。重ねて御礼申し上げます。最後に、この場をお借りして日頃から手厚いご指導を賜っております後藤雅宏教授、日々励まし合いながら共に歩んでくださる研究室の皆様に心より感謝申し上げます。

YUE Yunpeng

所属：名古屋大学大学院　工学研究科　化学システム工学専攻

発表タイトル：Efficient Steady-State Coalescence Separation of Emulsified Oil Droplets Using Electrospun Dual-Layered Nanofibrous Membranes

I am deeply honored to have received the Poster Award from the Division of Separation Processes at the SCEJ 54th Autumn Meeting. I extend my deepest gratitude to the conference committee and to everyone who took the time to attend the poster presentation.

During the poster presentation, our focus was on the utilization of a double-layered polyacrylonitrile (PAN) nanofibrous membrane for coalescence separation of oil-in-water (O/W) emulsions, examining various flow rates and initial oil concentrations. The PAN nanofibrous membrane consistently achieved outstanding separation of O/W emulsions, with separation rates surpassing 99.9%, all while maintaining a pressure drop of less than 80 kPa. Over the course of extended separation experiments, we observed a distinct coalesced oil film on the surface of the outlet liquid, providing unequivocal evidence that the nanofibrous membrane not only effectively separated oil from water but also facilitated the enlargement of oil droplets into a continuous phase. These findings underscore its potential for a broad spectrum of industrial and environmental applications.

I wish to express my profound appreciation for the enriching discussions, as well as the numerous questions and suggestions generously shared during my presentation.

Lastly, my deepest gratitude goes to Prof. Yasuhito Mukai for his unwavering guidance and support throughout the research. In conclusion, I extend my heartfelt thanks to the SCEJ for bestowing upon me this exceptional honor.

中村　日向子

所属：神戸大学大学院　科学技術イノベーション研究科　先端膜工学分野

発表タイトル：界面活性剤による濡れ性制御に基づくイオンゲル調製法に関する基礎的検討

この度は、化学工学会第 54 回秋季大会においてポスター賞を授与いただき、大変光栄に思っております。学会関係の皆様、ならびにポスター発表にご参加下さった方々に、厚く御礼申し上げます。本研究では、界面活性剤により濡れ性を向上させることで、高性能な CO_2 分離膜材料であるイオンゲルの薄膜複合膜 (TFC 膜) を作製することを目的としています。本発表では、非イオン性界面活性剤である polysorbate 40 (Tween 40) を Tetra-PEG プレポリマーを用いたゲル前駆体溶液に添加し、スピンコート法によってイオンゲル薄膜を作製しました。結果は、Tween 40 を添加しなかった場合は、土台に対する前駆体溶液の濡れ性の悪さによって大きな欠陥が生じ、CO_2/N_2 選択性を示さなかった一方で、Tween 40 を添加すると、濡れ性向上によってゲル前駆体溶液を欠陥なく均一に塗布することができ、CO_2/N_2 選択性 40 を示すイオンゲル薄膜の作製に成功しました。これらの結果から、界面活性剤の添加が、薄く高性能な Tetra-PEG イオンゲル TFC 膜を作製する方法として有効であることが示されました。今回の発表では多くの方と有意義な議論を行うことができ、様々なご質問や研究に対する提言を頂戴することができました。今回の受賞を励みに、今後より一層研究に専念し、精進していきたいと思います。最後に本研究を進めるにあたり熱心なご指導を頂きました神尾英治准教授、並びに日ごろから素晴らしい 研究環境を整えてくださる松山秀人教授を始めとする研究室の方々に厚く御礼申し上げます。

Luyao DENG

所属：神戸大学大学院　工学研究科　応用化学専攻

発表タイトル：Influence of carbon nanotube intermediate layer on organic solvent nanofiltration performance of polyamide membrane

"Do the scientific research for facilitating human life"

Back from several years when I was start doing master study, my professor asked me why I want to do scientific research and what kind of scientific research I want to do. At that time, I could not understand the meaning of these two questions and I simply gave the answer that for better job position and high salary. With I starting my master research in a material engineering field, I gained knowledge from both textbook and real application. Then, I made my mind to be an engineer who can turn the science into real application in the future. For this reason, I chose to continue my doctoral study in Japan and joined a research group which values the collaboration of industry and research institute. In here, I started to aware the beauty of science and the significance of achievement transformation from laboratory to real application. For instance, the material and process I studied are for separation purpose. This membrane separation technology has been brought to the forefront for resources recovery energy saving for sustainable production, such as wastewater and solvent reuse. I am glad that I can have these research experiences in the group I stay right now, where I got a clear acknowledge between scientific research and real application, and made my mind to do the scientific research for facilitating human life.

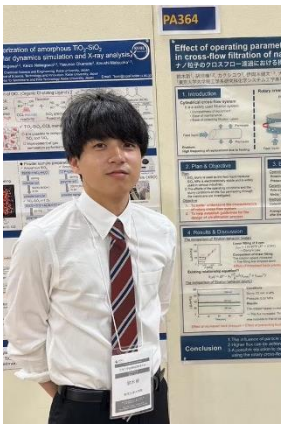
牛﨑　そら

所属：宮崎大学大学院　工学研究科　工学専攻

発表タイトル：アルキルイミダゾール誘導体による塩酸溶液からの Pt(IV)、Pd(II)および Rh(III)の抽出選択性

この度は化学工学会第 54 回秋季大会におきまして、分離プロセス部会の優秀ポスター賞をいただき大変光栄に存じます。学会関係者の皆様、審査していただいた先生方、並びに発表をお聴きくださいました皆様に厚く御礼申し上げます。

私は従来の抽出剤よりも高選択的かつ経済的で環境調和性の高い貴金属抽出剤の開発を目的として、新規抽出剤である深共晶溶媒（Deep Eutectic Solvent: DES）の創製とその応用について研究を行っております。本研究では、貴金属の中でも最も高価な Rh(III)に対して高い選択性を発現する DES を創出するために、まず新規にアルキルイミダゾール誘導体を合成し、化学構造の違いによる抽出挙動への影響や混合抽出剤による選択性の発現機構について検討しました。化学構造の異なる抽出剤による抽出挙動を比較することによって、弱塩基性の抽出剤ほど Rh(III)の抽出能力が向上する傾向にあることが分かりました。さらに、Rh(III)に対する選択性の向上を目的とした 1-ブチルイミダゾールと 4-n-オクチルアニリンとの混合抽出剤において、1-ブチルイミダゾールの添加が Pt(IV)の抽出を大きく抑制し、Rh(III)との分離性能が向上することが分かりました。今後は、各抽出剤による詳細な貴金属抽出機構を明らかにし、混合抽出剤と同様の効果を発現する DES の設計および創出により有機溶媒を使用しない貴金属抽出プロセスの開発を目指していきたいと考えております。最後に、本研究を進めるにあたり熱心なご指導をいただきました馬場由成特任教授、菅本和寛准教授、並びに研究室の皆様に厚く御礼申し上げます。



鈴木　新

所属：東京大学大学院　工学系研究科　化学システム工学専攻

発表タイトル：ナノ粒子のクロスフロー濾過における操作パラメータが処理性能に及ぼす影響

この度は、化学工学会第 54 回秋季大会において栄誉ある分離プロセス部会ポスター賞をいただ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、ポスター発表をお聴きくださった方々に心より感謝申し上げます。

本研究の目的は、ナノ粒子の分級を対象とした回転型クロスフロー濾過装置の性能調査です。この装置は、円盤フィルターが回転することによって、ポンプの供給圧力に依存しない剪断力が獲得できます。加えて、一般的な円筒型クロスフローに比べて高い線速度を発生させられます。しかし、装置の複雑さから基礎的な知見が十分に蓄積されておらず、企業における利用は膜閉塞が起こりやすい高粘度流体の濾過が中心です。当研究においては、装置操作パラメータの 1 つである「円盤フィルターの回転速度」に注目しました。回転速度と透過流束の関係の調査により、既報で述べられていた比例関係ではなく、透過流束が最大値を取る回転速度（これを「最適回転速度」と呼ぶ）が見つかりました。加えて、スラリー濃度や粒径を変化させることで最適回転速度が変化する一方で、透過流束の最大値はあまり変化しないこともわかりました。今後は、粒子の種類やサイズなど、液性のパラメータを変化させることでより多くの知見を蓄えていく予定です。

最後に、本研究を進めるにあたり、いつも熱心にご指導をいただいております脇原徹教授、胡培棟助教をはじめとする先生方、研究員の松倉実様、ならびに発表や研究についてご助言いただいた研究室の皆様に感謝申し上げます。

活動報告：第 19 回 分離プロセス基礎講座　蒸留工学ー基礎と応用ー

2023/12/4　於　日本大学理工学部駿河台校舎 1 号館 132 教室

令和 5 年 12 月 4 日，日本大学理工学部駿河台校舎 1 号館 132 教室にて分離プロセス部会第 19 回分離プロセス基礎講座を開催しました。分離プロセス基礎講座はこの分野の第一線で活躍されている研究者・技術者を講師に迎え，分離プロセスの基礎理論を平易に解説するものであり，「分離プロセス基礎講座」の第 19 回として蒸留工学を取り上げました。講師は応用物性研究所の大場茂夫様にご担当頂き，蒸留プロセス設計の基礎と応用をご講義頂きました。

当日は、11 名の方にご参加いただきました。今回の講座は，「蒸留プロセス設計と物性」，「理想系、非理想系の気液平衡推算の理論と計算法」，「蒸留プロセス設計と蒸留設計への応用」，「省エネルギー蒸留プロセスの考え方と実践」の 4 部構成で行われました。「蒸留プロセス設計と物性」では、基本設計の流れと具体的な作業、物性計算法の歴史について紹介頂いた。「理想系、非理想系の気液平衡推算の理論と計算法」では，気液平衡推算式の特徴とパラメータの設定方法、利用上の注意点をご説明頂いた。「蒸留プロセス設計と蒸留設計への応用」では，抽出蒸留と共沸蒸留の設計方法の考え方と事例をご紹介頂いた。「省エネルギー蒸留プロセスの考え方と実践」では，熱利用の考え方についてご説明頂いた。開催後のアンケートでは，「理想系、非理想系の気液平衡推算の理論と計算法」や「省エネルギー蒸留プロセスの考え方と実践」の内容に多くの参加者から興味を持ったとの回答を頂いており，有意義な基礎講座となったものと思われます。ご参加いただいた方々ならびに講師の大場様、ご協力頂きました関係各位に厚く御礼申し上げます。

蒸留分科会
産業技術総合研究所　　山木　雄大

活動報告：第 17 回 講演会及び見学会　カーボンニュートラルに向けた吸収・蒸留プロセスの革新

2023/12/5　於　日本大学理工学部駿河台校舎 1 号館 132 教室

令和 5 年 12 月 5 日，日本大学理工学部駿河台校舎 1 号館 132 教室にて分離プロセス部会第 17 回講演会及び見学会を開催しました。第 17 回講演会及び見学会では，CO_2 の吸収分離プロセスと省エネルギー蒸留技術に関する最新の技術紹介と，バーチャルリアリティー技術を用いた見学会を企画しました。

当日は，16 名の方に参加いただきました。蒸留分科会副分科会長の大場茂夫様（応用物性研究所）から開会の挨拶を頂戴した後に，3 件の講演が行われました。最初のご講演は金沢大学の山田秀尚先生に「アミンを用いた CO_2 分離回収技術の基礎，動向と展望」と題してお話し頂いた。山田先生には，CO_2 分離回収に関する研究の背景，歴史，技術動向と今後の展望を丁寧にご説明頂いた。2 件目のご講演は，「東芝の CO_2 分離回収技術の取り組みについて」という演題で，東芝エネルギーシステムズ株式会社の柴田遼介様よりご講演頂いた。柴田様から，CO_2 分離回収技術開発のあゆみとパイロットプラントでの検証についてご紹介いただいた。3 件目のご講演は，東洋エンジニアリング株式会社の若林敏祐様から「カーボンニュートラルに貢献する省エネルギー蒸留技術」と題してご講演頂いた。若林様から，これまでの省エネルギー蒸留技術の課題と今後期待される省エネルギー蒸留技術についてご講演頂いた。最後に，株式会社 AVEVA の山田豊様から「VR、クラウド環境を用いた化学工学教育について」と題してバーチャル見学会を開催した。参加者には，VR キッドを使用してプラント内の散策を体験いただきました。ご参加いただいた方々ならびに講師の先生方、ご協力頂きました関係各位に厚く御礼申し上げます。

蒸留分科会
産業技術総合研究所　　山木　雄大

活動報告：第 10 回最新技術講座

2024/1/16　オンライン開催

2024 年 1 月 16 日（火）、オンライン（Zoom）にて化学工学会分離プロセス部会第 10 回最新技術講座を開催しました。本最新技術講座では、省エネルギー分離プロセスとして知られる膜分離技術を取り上げました。膜分離は、造水や排水処理、溶質のろ過分離、有機溶剤の脱水、各種ガス分離といったプロセスなどで用いられる重要な分離技術です。この最新技術講座では、企業から 3 名、産業総合研究所から 1 名の計 4 名の講師をお招きし、実用化を念頭に置いた企業での膜分離技術の開発事例から、今後ますます利用が進むと予想される機械学習の適用まで、幅広いトピックスに関するご講演をいただきました。職場等からオンタイムでご参加いただくことが可能な Zoom でのオンライン開催とすることで、場所を選ばず、多くの方々にご参加いただくことができました。参加者は講師の方々を含めて 70 名に上り、非常に盛況な会となりました。また、オンライン開催とすることで運営コストを削減することができたため、参加費を抑えることもでき、学生の参加費を無料とすることができたこともあり、25 名の学生が受講されました。これからの科学技術を担う学生たちが最新の研究開発動向に触れる良いきっかけになったのではないかと思っています。

この講座では、浸透圧補助型逆浸透法（OARO 法）による超濃縮技術、正浸透膜や膜蒸留法による非加熱濃縮技術、CO_2 分離膜モジュールを用いた排ガスからの CO_2 分離回収技術、および、機械学習の膜分離技術開発への活用に関するご講演をいただきました。受講者には、各講師に作成いただいた資料を PDF にて配布し、化学工学や膜工学を専門としない方にも理解できるような、わかりやすいご講演をいただきました。

1 件目は、「OARO 法を用いた超濃縮技術開発」という題目で、東洋紡エムシー株式会社・合田昌平氏にご講演をいただきました。東洋紡エムシー社の中空糸膜およびそのモジュールの特徴や用途についてご紹介いただいた後、それらの中でも、特に、OARO 法について原理とメリット、用途例をご説明いただくとともに、実証運転事例や大型プラントでの運転事例についてご紹介いただきました。

2 件目は、「正浸透膜・膜蒸留を用いた非加熱濃縮技術の開発～医薬製造分野への応用～」という題目で、旭化成株式会社・高田諒一氏にご講演いただきました。ここでは、熱をかけずに濃縮ができる膜分離法の中でも、正浸透法と膜蒸留法の双方を用いた濃縮プロセスについて、その原理やメリット、その特徴と用途について解説いただき、実際に用いられている膜モジュールによる実証試験結果をご紹介いただきました。

3 件目は、「CO_2 分離膜の実証～製造工場からの排気ガス回収～」という題目で、日東電工株式会社・井原輝一氏からご講演をいただきました。前の 2 件が液体の分離濃縮に関するご講演であったのに対して、本講演では、早期の開発と実装が望まれている CO_2 分離膜について、その膜モジュールを用いた実プロセスからの CO_2 分離回収に関するパイロットスケールでの実証試験結果をご紹介いただきました。膜を用いた CO_2 分離回収技術開発に関する現状と将来の見通しを知ることができる貴重な機会となりました。

4 件目は、「機械学習を活用した膜分離技術の開発」という題目で、産業技術総合研究所 原伸生氏にご講演をいただきました。最近非常に注目され、また、進展著しい機械学習技術を用いて、膜材料の探索や膜プロセスの設計・最適化を行う最新の研究事例についてご紹介、ご説明をいただき、具体例の一つとして CCUS を取り上げた「コスト」と「CO_2 排出量」の 2 つの評価指標に対する二目的最適化設計について、丁寧に解説いただきました。

時間的制約のため、講演後に十分な質疑応答の時間を設けることが叶いませんでしたが、活発な質疑応答と意見交換がなされました。受講した学生からも、膜に関するまとまった講義を受けることができたこと、また、企業におけるスケールの大きい開発について知ることができたこと、最新の機械学習の有用性を感じられた

ことなど、大変有意義だったとの感想をいただきました。

講師の皆様，左上：合田氏，右上：高田氏，左下：井原氏，右下：原氏

膜工学分科会
神戸大学　　神尾　英治

海外発表・調査補助報告

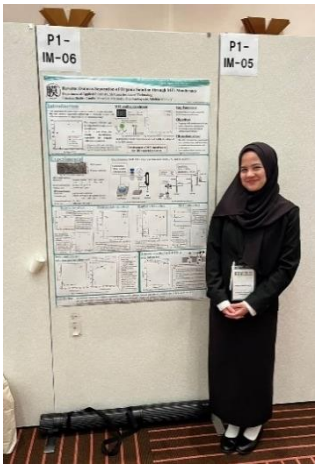
当部会では、分離プロセスに関連する国内外の研究動向を学会会員に情報提供し、分離プロセスに関連する若手人材の育成に寄与することを目的として、分離プロセス研究者に対して資金援助を行っており、2023 年度は下記の 3 件の発表に対し補助を行いましたので、ご報告します。

Irmariza Shafitri Caralin

The 13th International Congress on Membranes and Membrane Processes (2023/7/9-14, Chiba)

Affiliation：Shibaura Institute of Technology

Presentation title：Reverse Osmosis Separation of Organic Solution through MFI Membranes



The 13th International Congress on Membranes and Membrane Processes (ICOM) 2023 was held on July 9-14, 2023, at Makuhari Messe, Chiba, Japan. Irmariza Shafitri Caralin attended that conference as a poster presenter. The title of the poster was “Reverse Osmosis Separation of Organic Solution through MFI Membranes”. The development of an organic solvent separation membrane is important. However, only a few research reported its separation performance through silica-based reverse osmosis (RO) membranes. In her study, she has focused on the development of MFI zeolite membranes for RO separation. The effect of seed crystal size, hydrothermal synthesis time, and Si/Al ratio on MFI membrane performance were investigated. Based on the results, the developed MFI membrane had the highest methanol (MeOH) flux (0.794 kg m-2 h-1) and rejection (36.74) at 95wt% methanol/toluene (MeOH/TOL) in the organic solvent permeation test. MeOH selectivity was also obtained in the MeOH/TOL mixed solution in which the composition ratio changed, suggesting that the MFI membrane may separate the organic solution by molecular sieve. Because of the outstanding results she got, she received the Poster Presentation Award sponsored by World Association of Membrane Societies (WA-MS) in ICOM 2023.

Takanori Hidane

The 12th International Conference on Separation Science and Technology (2023/11/15-17, Okinawa)

Affiliation：　Graduate School of Science and Engineering, Saga University

Presentation title：Prediction of purity of phycocyanin in ammonium sulfate fractions of extracts from *Spirulina*

My presentation in the crystallization/precipitation division at ICSST23 was a rewarding experience, changing to my new research field from membrane separation. It was my first time presenting in an unfamiliar field, initially causing some anxiety. However, I successfully had completed my presentation with relief. By referencing the models of other presenters, I had the opportunity to objectively evaluate my own model. The insights obtained from this process were valuable in assessing the strengths and areas for improvement in my work.

The land of Okinawa, whether inherently or not, seemed to evoke a softer demeanor from the participants. During the banquet, I received valuable advice from a professor specializing in the field, providing me with a new perspective. This added dimension enhanced the overall richness of the conference. Moving forward, I look forward to continued exploration of diverse fields and fostering connections with fellow researchers to further contribute to my growth in the academic community.

佐伯　大輔

The 12th International Conference on Separation Science and Technology (2023/11/15-17, Okinawa)

所属：信州大学工学部物質化学科

発表タイトル：Ultrahigh-water permeable polyamide nanofiltration membranes fabricated via deesterification of cleavable diamine

沖縄市町村自治会館で開催された ICSST23 へ、D) Membrane Separation / Fluid-solid Separation の Session Organizer および Presenter として参加してまいりました。本国際会議は日韓合同の分離技術全般に関する討論会で、当該セッションでは口頭 15 件、ポスター36 件の発表がございました。ガス分離が 26 件、水処理が 19 件、その他、という内訳でした。日本で開催されたこともあり、日本：韓国が２：１と日本側の発表が多かったものの、大きな国際会議よりも発表者同士の距離感が近く、活発な議論が行えている印象を受けました。

私自身は、高透水性を有するポリアミドナノろ過膜の作製方法について口頭発表を行いました。界面重合により作製したポリアミド膜に対し、後処理により孔を拡張することで、透水性を 10 倍以上に向上させる手法について発表しました。ファウリングや膜性能の安定性など、主に実用化の観点からの質問を受け、今後評価すべき課題について、有用な議論をおこなうことができました。

最後に、今回の学会参加にあたり、分離プロセス部会より参加費を補助していただきました。厚く御礼申し上げます。

英文誌 JCEJ における総説・論文の掲載料支援

当部会では、分離プロセスに関連する国内外の研究動向を広く情報発信することを目的として、分離プロセス部会会員に対して化学工学会の英文誌である Journal of Chemical Engineering of Japan（JCEJ）への総説（Review）論文や論文（Research Paper）の掲載料（APC）の援助を行っており、2023 年度は以下の 3 報の論文の掲載料を補助しましたので、ご報告します。

Michiaki Matsumoto, Makoto Ueda, Yoshiro Tahara
Affiliation : Doshisha University
Title：Extraction of Organic Acids with Hydrophobic Eutectic Mixtures Containing Terpenoids and Decanoic Acid

In this study, we prepared eutectic mixtures containing decanoic acid as the hydrophobic hydrogen bonding donor, a lidocaine analog, and quaternary ammonium salt or terpenoid as the hydrophobic hydrogen bonding acceptor. The eutectic mixtures containing terpenoids, especially menthone, had very low viscosities. A series of monocarboxylic and dicarboxylic acid extractions were performed with the eutectic mixtures. The extractability of aliphatic monocarboxylic and dicarboxylic acids with eutectic mixtures containing terpenoids and decanoic acid was proportional to the hydrophobicities of their carboxylic acids. However, lactic acid was more extracted than acetic acid in a menthol-based eutectic mixture, even though lactic acid, a hydroxycarboxylic acid, is more hydrophilic than acetic acid, an aliphatic carboxylic acid.

Kazuki Akamatsu, Tomonori Kimura, Shigeo Oba, Shin-ichi Nakao
Affiliation : Kogakuin University
Title：Analysis of Reverse Osmosis Separation Performances of Ethanol/Water Mixtures and Design of Ethanol Concentration Processes

This study successfully analyzed the reverse osmosis (RO) separation performances of ethanol/water mixture (1–37 wt% of ethanol) with polymeric RO membranes using transport equations derived on the basis of the solution-diffusion mechanism in which the permeation flux is proportional to the chemical potential gradient. It was demonstrated that the obtained permeation data were well correlated with the transport equations. By utilizing the analyzed results, multi-stage RO processes for ethanol concentration from 5 to 40 wt% were evaluated in terms of required energy with the conventional distillation design. According to the process evaluation, existing polymeric RO membranes for desalination were not applicable to the ethanol concentration since estimated required energy was larger than distillation. Instead, RO membrane having assumed hypothetical permeance values for ethanol of 0.1 times and water of 2 times was proved to be feasible to achieve lower energy consumption, which can be used as a design guide.

Syouhei Nishihama, Kei Sasaki, Narito Enta, Nalan Kabay, Kazuhara Yoshizuka
Affiliation : The University of Kitakyushu

Title：Separation of Boron and Arsenic from Geothermal Water Using a Glucamine-Based Chelate Adsorbent

Geothermal water contains several important metals, and the separation and recovery of these elements from the geothermal water has attracted interest. However, geothermal water also contains harmful elements, such as boron (B) and arsenic (As), that need to be removed. In the present work, separation of B and pentavalent As(V) from geothermal water was investigated using a glutamines-based chelate fiber as an adsorbent. In single-metal systems, the adsorption of B was high in the neutral pH region, while the adsorption of As(V) was high in the acidic pH region. In a B/As(V) binary system, adsorption of boron at acidic pH was inhibited by the presence of As(V). The adsorption isotherms of the metals in the single-metal systems at three different equilibrium pH values were of the Langmuir type. The adsorption isotherms in the B/As(V) binary system were described by a modified Langmuir model, which indicated that the adsorption was inhibited or promoted by the co-existing metals. Simultaneous removal of the metals from geothermal water was achieved by column adsorption.

化学工学会　分離プロセス部会
NEWS LETTER 2024 March
令和 6 年 3 月 31 日　発行

化学工学会 分離プロセス部会
Web・広報担当

【お問い合わせ先】
〒135-8548 東京都江東区豊洲３－７－５　１２－G－２７
分離システム工学研究室　　青戸　由佳
TEL&FAX：０３－５８５９－８１６０
E-mail：separation.processes.scej@gmail.com

分離プロセス部会への入退会の連絡や会員個人データ変更は
化学工学会の各種申込ホームページ（https://www.scej.org/inquiry/）を通じて
お願いいたします。

掲載内容の無断転載を禁じます。