

2024年度 春季膜工学サロンのタイトル・要旨

サロンA 「水処理」

担当教員：長谷川進

光触媒とセラミック平膜を用いた雨水・下水再生処理における
ファウリング抑制に関する研究
～光触媒促進酸化によりファウラントを分解～

京都大学 大学院工学研究科都市環境工学専攻環境デザイン工学講座
特定研究員 本間亮介氏

安心・安全な水資源の確保に膜処理は有効な方法であるが、不純物を微細孔で排除する原理から、膜の汚れ（ファウリング）は避けては通れない課題である。膜を親水化して汚れにくい素材の開発や汚れた膜の洗浄方法など種々ファウリング対策が検討されているが、今回は、触媒促進酸化によるファウリング抑制法について、京都大学 本間亮介先生に話題提供いただく。

促進酸化処理は、オゾン、過酸化水素、光触媒、紫外線などの物理化学処理を併用することでOHラジカルを生成し、難分解有機物の分解、ウィルスの不活性化等を可能にするものであるが、触媒を利用する場合は、触媒の流出や触媒の回収が問題となる。演者らは、触媒として酸化チタン（ TiO_2 ）粉体を用い、セラミック平膜上に酸化チタンケーキ層を形成させ、低圧水銀ランプでUV照射することにより、触媒の流出がない光触媒酸化法を提案した。本法によると、セラミック平膜上の酸化チタンケーキ層で光触媒反応により活性ラジカルを発生し、セラミック平膜に堆積するファウラントが酸化され、ファウリングが抑制される効果が認められた。光触媒を用いる場合は、光の透過性が問題となるが、濁度が低い浄水分野や水再生分野での適用が期待できる。

当サロンが、膜ファウリングについての、ユーザー側からの悩みの話題提供の場、研究者側からの対応策の提案の場と、双方に益となる情報交換の場となれば幸いである。

サロンB 「水処理」

担当教員：松岡 淳・岡本泰直

パーフルオロスルホン酸水蒸気透過膜を用いた中空膜モジュール

AGCエンジニアリング株式会社 鈴木 翔氏

パーフルオロスルホン酸樹脂は水との親和性が高いことから、水蒸気透過性能が高く、除湿膜や加湿膜として市販されている。水蒸気透過特性は、操作温度や相対湿度といった操作条件に応じて水蒸気透過率が変動することが知られている。そこで、擬平衡状態における条件の検討を行い水蒸気透過率を求めた。擬平衡状態における水蒸気透過率を用いて、中空膜モジュールの性能予測をする際の一方法に関する提案を行う。また、中空膜の内側(ボア側)もしくは外側(シェル側)の一方を水で満たした際には、被加湿ガスに水蒸気のみを転嫁する形で加湿を行うことが可能である。この際の加湿用途のプロセスでは除湿用途と異なる透過の傾向を示すため、操作条件の及ぼす影響に関しても検討をした。

2024年度 春季膜工学サロントイトル・要旨

サロンC 「水処理」

担当教員：井原一高

食品廃棄物を対象とした都市型バイオガス化施設の取り組みについて

株式会社リヴァックス 処理センター 城戸 祐 氏

株式会社リヴァックス 城戸 祐 様をお招きして、食品廃棄物を対象とした都市型バイオガス化施設に関する話題提供を頂きます。概要は以下の通りです。

食品加工施設等から排出される食品廃棄物は産業廃棄物であるが、資源として循環させ利活用できることが望ましい。

メタン発酵による廃棄物のバイオガス化は、下水汚泥、家畜ふん尿、生ごみといった有機物を対象に展開されている。有機成分の分解によって得られたバイオガスは約60%のメタンを含むことから、電気や熱エネルギーに変換し再生可能エネルギーとして利用できる。多くのメタン発酵施設（バイオガスプラント）では、固定価格買取制度（FIT）による売電収入を得ている。

食品加工施設等から排出される食品廃棄物は、家庭から排出される生ごみとは性状が異なることや、排出量等の要因によって、特定の食品廃棄物を除いてバイオガス化があまり進んでいない。

阪神地域には大小の食品工場が集積していることから、食品廃棄物の賦存量が多いと推定できる。地域の特性を生かした、主として食品廃棄物を対象とした都市型バイオガス化施設の設置経緯、資源循環のビジネスモデル、今後の方向性等に関する話題を提供する。

サロンD 「機能性薄膜」

担当教員：舟橋正浩・南秀人・菰田悦之・堀家匠平・鈴木登代子・小柴康子

新規Eu(III)錯体の創成と赤色蛍光体としての活用 ～フィンオキシド配位子の構造と溶解性、発光特性の相関～

株式会社東芝Next ビジネス開発部 新規事業推進室
立教大学理学部化学科客員教授 岩永寛規 氏

マイクロLEDディスプレイは、屋内外どこでも明るく鮮明な表示が得られかつ長寿命であるため、2030年頃にはOLEDに代わり市場が拡大することが予想されている。マイクロLEDディスプレイに用いる赤色蛍光体に対しては、色純度と量子収率が大きいことのみならず、マイクロLEDチップの大きさに適合する小粒径が要求される。しかしながら、これまで主流であった無機赤色蛍光体は粒径5 μm 以下の小粒径になると量子収率が小さくなり、発光強度が低下するという課題がある。この状況に対して蛍光錯体、量子ドット、有機蛍光体が脚光を浴びている。今、蛍光体の世界は大きな転換点に差し掛かっている。本講演では、第1として、赤色に発光する蛍光錯体であるEu(III)錯体に焦点を絞り、高い量子収率とポリマーに対する溶解性（溶解することにより無色透明となる）を両立する、新しい分子設計指針について述べる。強いルイス塩基性であるホスフィンオキシド配位子が鍵である。第2として、新分子設計指針に基づいて創成したEu(III)錯体の発光特性について論じる。第3に、新しいEu(III)錯体のアプリケーションとして、LEDデバイス実装評価について述べる。従来の無機蛍光体との差異を明確にする。高溶解性Eu(III)錯体は、ポリマーや溶媒に溶解すると無色透明で視認性がなくなり、紫外光、紫色光の照射により色純度が高い赤色に発光する「透明蛍光体」を構成する。透明蛍光体は、セキュリティ、センシング等多彩な用途が期待できる。第4として、これらソフトマテリアルとしてのアプリケーションの可能性について紹介する。

2024年度 春季膜工学サロントイトル・要旨

サロンE 「膜材料合成化学」

担当教員：森 敦紀・岡野健太郎・杉田翔一

イリジウム触媒が拓く合成化学の新展開

京都工芸繊維大学 分子化学系 教授 大村智通 氏

京都工芸繊維大学大村智通先生は、合成化学・触媒化学の分野の第一線で活躍される新進気鋭の研究者で、特に遷移金属触媒反応開発において著名な業績を挙げられています。コバルトやロジウムと同じ9族の遷移金属元素であるイリジウムは、1990年代半ば頃まで、安定な錯体を形成するため触媒としては機能しにくい、と考えられていました。Vaska錯体 $\text{IrCl}(\text{CO})(\text{PPh}_3)_2$ の研究からそのような認識がなされていたと推察され、実際にCrabtree 触媒 $\text{Ir}(\text{cod})(\text{PCy}_3)(\text{py})$ による四置換アルケンの水素化や、イミンの効率的な水素化に特徴が垣間見えていたものの、イリジウムを触媒に用いる有機合成は未開の領域でした。しかしながら、分岐型生成物を選択的に与えるアリル位置置換反応や、ベンゼン化合物の $\text{C}(\text{sp}^2)\text{-H}$ 直接ホウ素化反応が登場して以降、イリジウムは特徴ある分子変換触媒としての輝きを放つようになってきました。大村先生の研究グループでは、イリジウムの優れた $\text{C}(\text{sp}^3)\text{-H}$ 結合活性化能力に着目した触媒的合成反応のデザイン・創出に取り組んでおり、これまでにアルキル基 $\text{C}(\text{sp}^3)\text{-H}$ 結合の直接ホウ素化反応や不斉分子内 $\text{C}(\text{sp}^3)\text{-H}$ 付加反応、 $\text{C}(\text{sp}^3)\text{-H}/\text{C}(\text{sp}^3)\text{-H}$ 酸化的カップリングの開発に成功しています。

本サロンでは、この四半世紀におけるイリジウム触媒反応の発展を振り返りつつ、最近の研究成果について紹介いただき、膜材料合成に有用な手法としての応用の可能性について議論したいと思います。

サロンF 「ガスバリア膜」

担当教員：蔵岡孝治

パッケージにおける機能性制御技術の開発とその応用について

レンゴー株式会社 中央研究所 研究企画部長 堀 美智子 氏

膜工学サロン「ガスバリア膜」では、ガスバリア膜を中心としたパッケージ材料の開発及びその評価と有機-無機ハイブリッド材料の作製及びその評価に携わる研究者やこれから当該分野を学ぼうとする方々を対象として、ガスバリア膜と有機-無機ハイブリッド材料をキーワードに意見交換、情報交換を行っています。

今回は、レンゴー株式会社 中央研究所 研究企画部長の堀 美智子氏をお迎えして「パッケージにおける機能性制御技術の開発とその応用について」と題して、これまでに開発されてきた機能性パッケージに関する話題を提供して頂きます。ご講演概要は以下の通りです。

「パッケージメーカーであるレンゴグループは、主力商品である段ボールをはじめ、フレキシブルパッケージについて、これまでに様々な機能性パッケージを開発してきました。パッケージにバリア機能を付与する技術や応用製品についてご紹介するとともに、環境負荷低減素材として注目されるセルロース関連製品をご紹介し、これら独自の特長を活かした新しい活用可能性について、意見交換などもさせていただければ幸いです。」

本話題について会員の皆様と議論することで、本膜工学サロンでは、新規なガスバリア膜、機能性パッケージの開発などについて今後の具体的な研究課題や研究体制などを含めて、その方向性を検討したいと思います。ご興味のある方は、是非、本膜工学サロンにご参加ください。

2024年度 春季膜工学サロントイトル・要旨

サロンG 「ガス分離膜」

担当教員：神尾英治・市橋祐一

ナノレベルでの材料設計によるゼオライトの高機能化

大阪大学大学院基礎工学研究科 物質創成専攻 化学工学領域
助教 三宅浩史 氏

本サロンでは、分離膜への利用が多数報告されている、ゼオライトの高機能化に向けた材料設計に関して、議論することを目的としています。

今回は、大阪大学大学院基礎工学研究科 物質創成専攻 化学工学領域の三宅浩史先生を講師として講演いただき、先生のご研究および最近のトピックスなどをご紹介いただき、機能性材料としてのゼオライトの分離膜への利用など、今後の可能性に関しての議論を深めたいと考えています。

講演概要は以下の通りです。
“ゼオライトは機能性の多孔質無機材料であり、触媒、吸着材、分離膜などに幅広く応用されている。ゼオライトの主な機能は、ナノレベルでの幾何学的な構造および化学状態に起因しており、ゼオライトの高機能化に向けて、ナノレベルでの材料設計が極めて重要である。本講演では、ナノレベルでの材料設計を通じたゼオライトの高機能化についての自身の研究を紹介する。”

サロンH 「イオン液体」

担当教員：持田智行

レドックスイオン液体を用いたエレクトロクロミックデバイス

長崎大学 総合生産化学域（工学系）物質科学部門
助教 田原弘宣 氏

イオン液体は多彩な機能性を有し、ガス分離膜など各種の機能膜への有用性が高い物質群です。本サロンでは、イオン液体および関連物質の機能性および物質開発に関して、基礎から応用まで含めた話題を取り扱います。今回は、長崎大学 総合生産化学域（工学系）物質科学部門 田原弘宣 博士にご講演いただきます。講演概要は以下の通りです。

【講演概要】

イオン液体を構成するアニオンとカチオンのうち、少なくとも一方が酸化還元活性なイオンであるものをレドックスイオン液体という。レドックスイオン液体そのものが示すイオン伝導性によって、支持電解質を共存させることなく電極反応を進めることができたり、高濃度のレドックス種によるレドックスイオン間の電子ホッピングによる電子メディエート能など、通常のイオン液体とは大きく異なる性質を示す。我々は、主に電気化学的機能性に着目したレドックスイオン液体の開発とデバイス応用を目指して研究を進めている。講演では、我々のグループで取り組んでいるレドックスイオン液体の分子設計や基礎電気化学と、電気化学デバイス応用について紹介する。例えばビピリジニウムのような酸化還元反応によって色が変わる（エレクトロクロミックな）イオンを有するレドックスイオン液体を用いることで、10 μ m程度の液膜層でも、高コントラストで均一に着色し、クラックが発生しない、エレクトロクロミックデバイスについて紹介する。

2024年度 春季膜工学サロンのタイトル・要旨

サロンI 「膜バイオプロセス」

担当教員：荻野千秋・丸山達生

消化管膜境界の物質輸送システムが刻む概日リズムを利用した 機能性食品研究

神戸大学大学院農学研究科生命機能科学専攻応用生命化学講座
教授 榑原啓之氏

サロンでは神戸大学大学院農学研究科 生命機能科学専攻教授 榑原 啓之 博士にご講演をお願いします。代表的な機能性食品成分であるフラボノイドに焦点をあて、食品成分の輸送システムに関してご講演いただきます。以下の詳細をご参照ください。

私たちの体内には、外界からの刺激に対応するための様々な恒常性維持機構が備わっている。その一つが、うつ病などの精神疾患の原因となるストレスに対する応答機構である。興味深いことに、生体内でのストレス応答には、1日の中で高まる時間帯が存在する。すなわち、夜間の睡眠期である。したがって、ストレス応答が高まる睡眠期に、その機構を補助できる食品成分を届けることが重要である。一方、私たちが摂取する食品成分の吸収率は極めて低く、また、吸収された成分も薬物代謝系の働きにより代謝されて、速やかに体外に排泄されてしまう。故に、摂取した食品成分の体内分布を量的・空間的・時間的に制御し、「必要な時間」に「必要な場所」に「必要な量」を届ける輸送システムが重要である。

私たちの身体には、体内と体外を隔てている壁（膜）が存在しており、大部分の摂取（暴露）した食品成分（環境化学物質）は、摂取した形態で体内に吸収されることはない。例えば、食品成分の主要な吸収の場である小腸粘膜上には、グルコシダーゼのような消化酵素、ナトリウム-グルコース共輸送体（SGLT）のような吸収トランスポーターが局在しており、生体内への物質輸送を制御している。さらに近年、このような輸送システムの活性には日内リズムがあり、同じ成分を同じ量摂取しても、体内への吸収量（体内動態）が異なることが報告されている。本講演では、代表的な機能性食品成分であるフラボノイドに焦点を当て、食品成分の輸送システムと食べる時間の関係について紹介したい。

サロンII 「有機溶剤超濾過膜」

担当教員：熊谷和夫

オルガノシリカ膜を用いた RO/NFプロセスによる有機溶剤回収

広島大学大学院先進理工系科学研究科
准教授 長澤寛規氏

本サロンでは今回、広島大学大学院先進理工系科学研究科准教授の長澤寛規先生に話題提供をお願いしました。オルガノシリカ膜は、ガス、水、有機溶剤など極めて多様な分離に使える膜で、NEDO事業でも一緒に研究させていただきました。今回は有機溶剤分離を中心とした講演をお願いしており、有機溶剤膜分離にご興味をお持ちの方は是非ご参加下さい。

【講演概要】

オルガノシリカ膜は、シロキサン鎖に有機架橋を導入した有機無機ハイブリッドネットワークがつくるサブナノスケールの微細孔構造を有し、分子ふるいによる高い選択性を有する。また、無機材料であることから化学的に安定で、セラミック支持体上に製膜することで100気圧を超える高压での操作も可能である。この様なオルガノシリカ膜の特長を活かして、広島大学では超高压RO/NF法による有機溶剤濃縮・回収プロセスの開発を進めてきた。本公演では、NEDO事業での成果を中心に、構造制御したオルガノシリカ膜の有機水溶液系における透過特性（透水性能および阻止性能）や有機水溶液濃縮の実例について紹介する。また、物質輸送モデルに基づく透過データの解析やプロセスシミュレーションの結果から、オルガノシリカ膜を用いた超高压RO/NF法による有機溶剤濃縮プロセスの実現可能性や、蒸留法をはじめとする既存濃縮プロセスの代替による省エネルギー効果について議論したい。

2024年度 春季膜工学サロントイトル・要旨

サロンK 「先進膜材料・膜プロセス」

サロンL 「バイオ・メディカル・食品プロセス膜」

担当教員：吉岡朋久・中川敬三

担当教員：中塚修志・塩見尚史

脱メタノールゼオライト膜を利用した膜型反応器の開発

ライフサイエンス分野に適用される、 処理量が向上するアルミナ製精密ろ過膜

国立研究開発法人産業技術総合研究所 材料・化学領域
化学プロセス研究部門 ナノ空間設計グループ 主任研究員 池田 歩 氏

住友化学株式会社ICT&モビリティソリューション研究所
無機材料グループ 村上節明 氏

サロンK「先進膜材料・膜プロセス」では、これまでにない膜材料や製膜法、またそれらの様々な物性・利点に焦点を当て、分離膜の高性能化と新たな膜プロセスへの応用の可能性を探ります。
今回は、産業技術総合研究所 池田 歩 氏 をお招きし、「脱メタノールゼオライト膜を利用した膜型反応器の開発」に関する話題提供をして頂きます。ご興味をお持ちの方は是非ご参加下さい。

【講演概要】

持続可能な社会の実現には、炭素循環が重要であり、CO₂資源化に関する化学プロセスの効率化が期待できる反応分離技術に着目している。これまで、平衡反応であるエステル交換反応に、脱メタノール（メタノールを選択的に透過する）ゼオライト膜を適用し、副生メタノールを除去することで収率を向上させる膜型反応器の開発に取り組んできた。本講演では、はじめにゼオライト膜の合成とアルコールやエステルからの脱メタノール性能について紹介する。次に、脱メタノール膜を利用した蒸気透過型エステル交換反応について、反応基質の影響や速度解析、ゼオライト膜の反応液中における安定性について講演する。

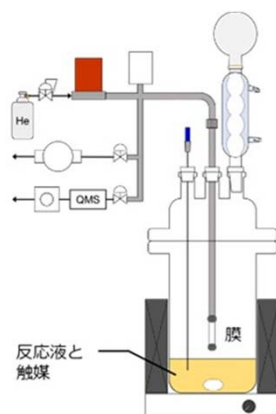


図 ゼオライト膜を用いた蒸気透過型
エステル交換反応の装置図

アルミナ (Al₂O₃) は、耐熱性、絶縁性、耐摩耗性、耐食性といった優れた物理的・化学的特性を有することから各種用途に幅広く使用されており、実用化されている無機膜にもアルミナが使われている。

ご講演者の会社（住友化学株式会社）では、バイヤー法によって製造した純度が99.6～99.9%のアルミナや、アルミニウムアルコキシドの加水分解法というユニークな製法による純度が99.99%以上のアルミナを開発・製造しており、様々な用途に適合させた多機能性のアルミナを取り扱っている。

今回、同社のアルミナ製造技術を活用し、膜を透過する流体の流れを制御することで、一般的なアルミナから構成される既存の無機膜よりも、菌体水溶液のろ過速度を飛躍的に向上させることができる精密ろ過膜を開発した。ご講演では、開発したアルミナからなる精密ろ過膜をご紹介いただき、同社の開発膜のライフサイエンス分野での適用可能性に関して議論させていただきます。