

サロン A 「水処理」 (C2-101) 対面開催	サロン B 「水処理」 (C2-201) 対面開催
担当教員：長谷川進	担当教員：岡本泰直
「高性能繊維ろ過 (F-CAP) 設置による 後段膜の目詰まり抑制効果」	「ダイレクトナノ濾過膜とその応用」
水処理施設では膜ろ過装置を導入している設備が多いが、膜の目詰まりが問題となることが多い。目詰まりの要因としては有機物（粘性物質）による目詰まりや、微生物（バイオフィルム）による目詰まりのほかに、夾雑物による目詰まりに大別される。そのため、膜の前処理で夾雑物を除去することが基本的に重要となる。福岡県の某工場では、工業用水を UF 膜でろ過した水を工業内で使用しているが、この UF 膜の目詰まりが頻発していたため、協和機電工業㈱の高性能繊維ろ過装置 (F-CAP) を使った対策を行ったので、その内容と効果について発表する。 高性能繊維ろ過装置 (F-CAP) は、長毛繊維濾材を独自の CAP 構造で圧縮して濾過に用いるため、凝集剤を使わずに $5\mu\text{m}$ の粒子も除去可能な性能を有している。また、繊維の充填条件を任意に調整することで、ろ過差圧と微粒子除去性能の両方を、必要な目標値に近づけることも可能である。当然ながら、一般的な砂ろ過装置よりもろ過速度が速いためにろ過塔はコンパクトになり、凝集剤なしでの除去性能は高いものである。 今回の事例では、河川水を主とした水を凝集沈殿処理した工業用水を対象に、UF 膜の前処理として高性能繊維ろ過装置 (F-CAP) を設置した。約 40m/h のろ過速度で 18 か月間の運転を行い、平均ろ過圧力は 32kPa 程度、SS 除去率は 91% が得られた。装置設置前は 1 か月毎に UF 膜が目詰まりしていたが、装置設置後は 18 か月間以上 UF 膜の洗浄は必要無い状態を維持することができた。その他の結果については口頭発表で紹介する。	ナノ濾過膜そのものの開発、応用が始まった時期は、現在 RO 膜の主力になっている全芳香族系ポリアミド複合膜に比べて決して遅いものではなく、1980 年代には超純水システムにおける TOC 除去、米国フロリダ州の地下水の硬度・フミン質除去への応用などが始まっていたが、ニッチ用途向けが多く、マス市場での応用例は限定されていた。しかしながら、近年、飲料水への低分子有機物分離に関する需要は、これまで見過ごされてきた環境中の医薬残留成分や PFAS 汚染等の問題から、より注目されるようになっていく。 このような需要を背景に、NX フィルトレーションが新たに開発した中空糸型のナノ濾過膜は、中空糸 UF 膜の内層に、Layer-by-Layer の技術を用いてカチオン系ポリマーとアニオン系ポリマーを交互にコーティングした構造となっている。既存の NF 膜はスパイラル型であるが、この構造は原水の流路保持のためにネット状の成形品を使用しているため、原水濁度への許容度が低い。これに対して中空糸膜の内部はストレートで単純な流路構造となっているため濁質への許容度が相対的に高く、前処理を著しく簡略化できる。またバリア層がタイトなナノ濾過膜であるため凝集剤添加も不要である。 東南アジア地域での高濃度のフミン質の阻止、欧州でのコミュニティ単位での家庭排水の再利用、医薬残留成分や PFAS などの微量有機成分阻止、メキシコでの大規模な下水の再生利用など、商業プラント、パイロットプラントでの応用事例は多岐にわたり、その阻止性能と経済性の優位性が実証されている。

サロンC 「水処理」 (C1-201) 対面開催	サロンD 「機能性薄膜」 (C3-101) 対面開催
担当教員：井原一高・吉田 弦	担当教員：舟橋正浩、南秀人、菰田悦之、堀家匠平、鈴木登代子、秋山吾篤、小柴康子
「廃棄物最終処分場における処理前浸出水中 PFAS およびその処理技術」	「生体組織接着材としての金属膜-開発と応用-」
地方独立行政法人 大阪府立環境農林水産総合研究所 環境研究部の矢吹芳教先生をお招きして、廃棄物最終処分場、つまり埋立地から排出される処理前浸出水中 PFAS 濃度の実態とその処理技術の現状と課題について話題提供をいただきます。概要は以下の通りです。 有機フッ素化合物 (PFAS) のうち、PFOS、PFOA、PFHxS 及び長鎖 PFCA (炭素数：9～21) は、有害性、残留性及び長距離移動性の観点から、それぞれ 2009 年、2019 年、2022 年及び 2025 年に POPs 条約への追加が採択され、製造・使用・輸出入等が原則禁止されている。一方で、我々が日常で使用する製品や製造過程の残渣は中間処理を受けた後に廃棄物処分場に埋め立てられており、泡消火剤、撥水剤およびメッキ液飛散防止剤など様々な用途で使用されてきた PFAS も例外ではない。 国内外の廃棄物最終処分場の処理前浸出水中から PFAS が検出される事例が報告されており、PFOA が PFOS よりも高濃度であることが多い。現在、廃棄物処分場からの放流水中の PFAS に対する法的規制は無いが、自主的な取組も含めて PFAS 低減策を講じている事例もある。現地浸出水処理施設では、凝集沈殿や生物処理による PFAS 除去率は低く、活性炭吸着処理や RO 膜分離による除去率は高い。これら既存の処理技術に加えて、ラボスケールではあるが、泡沫分離による PFAS 濃縮特性および電気化学的酸化処理による PFAS 分解特性についても紹介する。	サロンD「機能性薄膜」では、金属薄の新しい応用である生体組織接着材について、東北大学特命教授 岡田正弘先生に話題提供をして頂きます。概要は以下の通りです。 【講演概要】 生体組織用接着剤は、その適用部位から硬組織用と軟組織用に大別されます。硬組織は無機成分が多く含まれる骨や歯であり、軟組織は硬組織以外の軟らかい組織を指します。硬組織用接着剤は、歯科治療を中心として大いに普及しています。例えば、虫歯を削った窩洞に対して、体外で製作した詰め物を固定する『間接法』や、口腔内で窩洞に直接充填・成形して硬化させる『直接法』で接着剤の使用は必要不可欠となっています。一方で軟組織用接着剤は、現在使用されている製品には改善の余地が大きく、現在でも様々なアプローチで改良・開発が進められています。 講師らはこれまでに、固体状態のセラミックスや金属が特定の軟組織へ瞬時に接着することを報告しました。固体でありながら被着体と接触させるだけで接着する材料を『固体接着材 (solid-state adhesive)』と称しています。本講演では、軟組織接着の必要性和固体接着材の概要を簡単にまとめた後、講師らが開発してきた軟組織用の固体接着材とその応用例について解説します。

サロンE 「膜材料合成化学」 (C4-201) 対面開催	サロンF 「ガスバリア膜」 (C2-202) 対面開催
担当教員：岡野健太郎、杉田翔一	担当教員：蔵岡孝治
「高歪化合物の反応制御とその合成」	「有機-無機ハイブリッドガスバリア膜の開発」
ベンザインは歪の大きな高反応性中間体であり、反応性が高く様々な反応剤と反応するため有用であり古くから研究されてきた。しかしその高い反応性が逆に災いし、反応の制御が難しい。著者らはこれまでにベンザインに置換した配向基の電子密度と立体障害を利用することで、反応の位置制御を達成することに成功している。著者らがこれまでに開発した配向基は、主にベンザインと反応剤の静電的な相互作用により反応位置が制御されたが、配向基の分散相互作用を利用するベンザインの(2+2)付加環化反応を新たに開発し、新規らせん分子を合成することに成功した。らせん状の分子は、右巻きと左巻きの二種類の分子に分離可能でキラリティを有しており、その美しい構造的特徴から多くの化学者を魅了してきた。著者らは、合成したらせん分子を新規機能性らせん分子として開発すべく現在、精力的に研究を推進しており、本講演の前半では、最新のらせん分子の合成について紹介させて頂く。一方、著者らはホウ素官能基を配向基とするベンザイン反応の位置制御法を開発している。ホウ素官能基は、カップリング反応を用いることにより容易に別の官能基へと変換できる特徴を有しており、ホウ素配向基は、ベンザインが抱える低い選択性の問題を根本的に解決する手段のひとつと考えている。最近著者らは、新規ホウ素官能基を開発し、ベンザイン反応の配向を制御するだけでなく、単離精製容易なボロン酸誘導体の開発にも成功した。本講演の後半では、最新のホウ素官能基の開発の現状についても紹介したい。	膜工学サロン「ガスバリア膜」では、有機-無機ハイブリッド材料の作製及びその評価とガスバリア膜の開発及びその評価に携わる研究者やこれから当該分野を勉強しようとする方々を対象として、主に「有機-無機ハイブリッド材料」と「ガスバリア膜」をキーワードに意見交換、情報交換を行っております。 今回は、本膜工学サロンの世話人である神戸大学大学院 海事科学研究科の蔵岡 孝治が「有機-無機ハイブリッドガスバリア膜の開発」と題して、有機-無機ハイブリッド材料の主な製法であるゾル-ゲル法の基礎から、有機-無機ハイブリッド材料の基礎、表面改質法の基礎、ガスバリア膜の基礎、実際に開発した有機-無機ハイブリッドガスバリア膜の作製法及びその特性に関する話題を提供致します。 本話題について会員の皆様とざっくばらんに議論することで、本膜工学サロンでは、有機-無機ハイブリッド材料の様々な分野への応用、新規なガスバリア膜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っております。「有機-無機ハイブリッド材料」、「ガスバリア膜」にご興味のある方は、是非、本膜工学サロンにご参加ください。

サロンG 「ガス分離膜」(C2-301) 対面開催	サロンH 「ソフトマターの計測評価と光を使ったものづくり」 (C1-301) 対面開催
担当教員：市橋祐一、神尾英治	担当教員：大西 洋
「気水界面を利用した多孔性分子ナノシート結晶の創製」	① 山下直輝「潤滑添加剤が形成する膜構造とトライボロジー特性評価」 ② 松原亮介「環境問題の解決を目指した高難度光還元反応の開発」
本サロンでは、分離膜への利用が期待されている多孔性金属錯体(MOF)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、大阪公立大学大学院工学研究科 物質化学生命系専攻 マテリアル工学分野の牧浦 理恵先生先生を講師として講演いただき、機能性材料としての MOF の今後の可能性につい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。 “ナノシートはサイズと次元性に由来したバルク物質に見られない特異な性質を示すことに加え、究極に薄い機能材料として、基礎・応用の両方の観点で活発に研究が進められています。金属イオンと有機配位子の組み合わせと細孔構造により多様な機能が創出可能な多孔性金属錯体 metal-organic framework (MOF) においては、錯体の骨格に加えナノ細孔の利用により分子貯蔵や分離などさらなる機能化が可能です。水面に油膜ができる現象に着目して、気水界面を利用して MOF のナノシート合成に初めて成功しました。これまでに報告してきた多種多様な MOF ナノシートを紹介します。”	① 山下直輝先生（京都工芸繊維大学助教） 機械の可動部分は潤滑油で湿潤されており、潤滑油中に含まれる添加剤が金属表面に膜を形成することで、摩擦や摩耗を低減している。本研究では、この潤滑添加剤が形成する膜の構造を、原子間力顕微鏡および中性子反射率測定により評価した。形成された膜構造と摩擦・摩耗特性（すなわちトライボロジー特性）との関係を検討した。 ② 松原亮介先生（神戸大学教授） 地球温暖化の進行と化石燃料資源の枯渇は、現代社会が直面する最も深刻なエネルギー・環境問題であり、その解決には化石燃料依存型エネルギー体系からの脱却が不可欠である。こうした背景のもと、CO₂を単なる排出物ではなく資源として捉え、化学品や燃料へと変換するカーボンリサイクル技術が注目を集めている。中でも、再生可能エネルギーである太陽光を直接駆動力として利用する CO₂の光化学的変換反応は、持続可能性の観点から非常に魅力的である。本講演では、我々が取り組んでいる高難度光還元反応の開発について、金属フリーの光触媒系による CO₂変換に関する研究成果を中心に紹介する。

サロン I 「膜バイオプロセス」(C2-302) 対面開催	サロン J 「有機溶剤超濾過膜」 (C4-301) 対面開催
担当教員：荻野千秋、丸山達生	担当教員：熊谷和夫
「酵母遺伝子の発現制御技術の開発とタンパク質分泌生産への応用」	「OARO 法による有機溶剤濃縮」
酵母は、アルコール発酵をはじめとする有用物質の生産や、真核生物モデルとしてのヒト遺伝子研究への利用など、生物学・生物工学全般の発展に古くから寄与してきた微生物である。そのような酵母が発揮するさまざまな機能は、遺伝子が転写・翻訳される（発現する）ことによって実現されるが、これには遺伝子の種類だけでなく、遺伝子が発現する量やタイミングなどの「制御」も重要である。しかし、遺伝子発現のプロセスは非常に複雑で、自在に制御できる状況にはいまだ至っていない。講演者はこれまでに、酵母遺伝子の発現制御システムを進化工学手法によって改良・改変する技術を確立し、意図した通りに酵母遺伝子の発現を制御するためには遺伝子周辺の DNA 配列をどのように設計すればよいかについての設計指針を明らかにしてきた。講演では、酵母の遺伝子発現の自在な制御を目指した合成生物学者のこれまでの取り組みを紹介するとともに、講演者が開発してきた遺伝子発現の制御系を用いた、医薬関連タンパク質の細胞外分泌への応用例も紹介し、生体膜工学を含めた酵母工学・微生物学の将来展望について議論したい。	本サロンでは毎回、膜ろ過法による有機溶剤分離について議論を行っている。今回は、担当教員自身が現在取り組んでいる OARO（Osmotically Assisted Reverse Osmosis; 浸透圧補助逆浸透）法による有機溶剤濃縮について、これまでに報告済みの内容をベースに紹介する予定である。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】 OARO 法は RO 膜の透過側にも浸透圧を持った液を流すことで膜の両面の濃度差（浸透圧差）を減らして濃縮を行う方法で、RO 法と同じ操作圧力でその数倍の高濃度まで濃縮が可能となる膜濃縮法である。蒸留濃縮に比べ圧倒的に省エネルギーである。一般には OARO 法は塩類の濃縮に用いた研究が多いが、我々はこれをいち早く有機溶剤水溶液の濃縮に応用し、これまでにイソプロパノールやジメチルホルムアミド等の有機溶剤について、モデル液あるいはそれらを含む工場廃水の濃縮に適用可能であることを報告してきた。有機溶剤および濃縮条件によっては 50wt% を超える濃度まで濃縮が可能であることを見出している。本膜サロンとしては今回初めて OARO 法有機溶剤濃縮について解説する予定で、OARO 法で有機溶剤を濃縮する場合の注意点などを紹介し、本方法の可能性と有用性を議論したい。

サロン K「先進膜材料・膜プロセス」(C3-302) 対面開催	サロン L「バイオ・メディカル・食品プロセス膜」(C3-202) 対面開催
担当教員： 吉岡朋久 中川敬三	担当教員：中塚修志、塩見尚史
「CO ₂ 分離回収・資源化を目指した分離膜の研究～ゼオライト膜を利用した膜型反応器と CO ₂ 分離膜の標準評価法について～」	「ポリイミド多孔質膜を用いた動物細胞培養技術の紹介」
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、「CO₂分離回収・資源化を目指した分離膜の研究～ゼオライト膜を利用した膜型反応器と CO₂分離膜の標準評価法について～」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】 カーボンニュートラル実現のためには、CO₂の分離回収と資源化技術が重要である。膜分離法は、様々な排出源からの CO₂分離回収技術として有望である。加えて、化学反応と組み合わせた膜型反応器は資源化技術の1つとして期待される。本講演の前半は、ゼオライト膜を利用したエステル交換について紹介する。後半は、GI 基金事業「CO₂分離素材標準評価基盤の確立」で設立した CO₂分離素材評価センター（JEC₃M）で取り組んでいる CO₂分離膜の素材特性評価と分離性能評価、加速劣化試験について紹介する。ゼオライト膜を利用した膜型反応器の展開先や CO₂分離膜の標準評価について議論したい。	本膜サロンでは、UBE株式会社 研究開発本部 みらい技術研究所 所長の大矢修生様に講師としてご登壇いただき、ポリイミド多孔質膜を動物細胞の培養基材として適用されている新規な技術をご紹介いただきます。 ご講演では、粘弾性相分離現象を利用して作製したポリイミド多孔質膜の構造的特徴と、それを活用した動物細胞の培養技術についてご紹介いただきます。ポリイミドは、高い熱安定性、寸法安定性、機械的強度、化学的安定性を備えた高機能高分子材料であり、相分離を介した多孔質化によって、細胞の増殖や機能維持に適した三次元的な足場構造を形成できる特徴があります。この膜は、従来の培養基材と比べて細胞の接着性や長期安定培養に優れており、再生医療、創薬スクリーニング、有用物質産生など多様な分野への応用が期待されています。また、ポリイミドの素材特性を活かすことで、細胞の凍結保存技術への展開も可能であり、現在検討が進められています。当日は、多孔質膜の作製プロセスや形態制御の原理、細胞培養における特徴的な現象や細胞挙動について実験結果を中心に解説し、今後の応用展開に関する展望についても紹介いただきます。 注目される再生医療等への膜技術の展開として大変興味深いご講演ですので、多くの方にご参加いただくことを希望します。

サロン M 「中国事情について」(C3-203) 対面開催

担当教員：北河 享

**「政策駆動で拡大する中国水ビジネス市場：
過去 10 年の変化と日本企業の挑戦」**

2012 年当時、中国は深刻な水不足と水質汚染という二重の危機に直面しており、1 人当たりの水資源量は世界平均の 4 分の 1 に過ぎず、都市の約 3 分の 2 が慢性的な水不足に陥っていた。また、農村人口の約 3 億人が安全な飲用水を得られない状況にあった。こうした中、中国政府は約 5 兆円規模のインフラ投資を行い、上下水道や海水淡水化施設の整備を推進した。2002 年以降、外資参入の規制が緩和され、都市水道事業の市場化が進展した結果、欧米の水メジャーが主要都市の水処理市場に参入した。その一方で、日本の中小企業である株式会社ナガオカは、大都市の激しい競争を避け、中小都市および農村部のニッチ市場に照準を合わせて中国市場に進出した。トップセールスによる地域・業界ネットワークの構築を強みとし、中国政府や企業との関係性を丁寧に築きながら事業を展開してきた。現在の中国では、水処理産業が国家の重点産業と位置づけられ、「水安全計画」や「双炭目標」などの政策の下、都市の再生水利用率 35%、農村部の下水処理普及率 60%以上といった明確な数値目標が掲げられている。2024 年には水資源税の全国実施が開始され、省ごとに最低税率が設定されると共に、過剰な地下水取水や水不足地域での使用には高税率が適用される仕組みが導入された。徴収された税収は水源保護や地方の水保全プロジェクトに充てられ、水の効率的利用と環境保全が両立されつつある。さらに、AI・IoT 技術の導入、膜分離技術の高度化、スマート水網の構築など技術革新が進み、現地市場の競争環境は著しく変化している。中国の水ビジネス市場は、かつての“供給不足型”から“統合管理型”へと進化しつつある。こうした状況において、外国企業に求められるのは、単なる技術提供ではなく、地域社会との連携や現地化戦略の深化である。

