

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

化学プロセス研究部門



Research Institute for
**Chemical
Process
Technology**



ABOUT

研究部門長あいさつ

研究部門長

山口 有朋



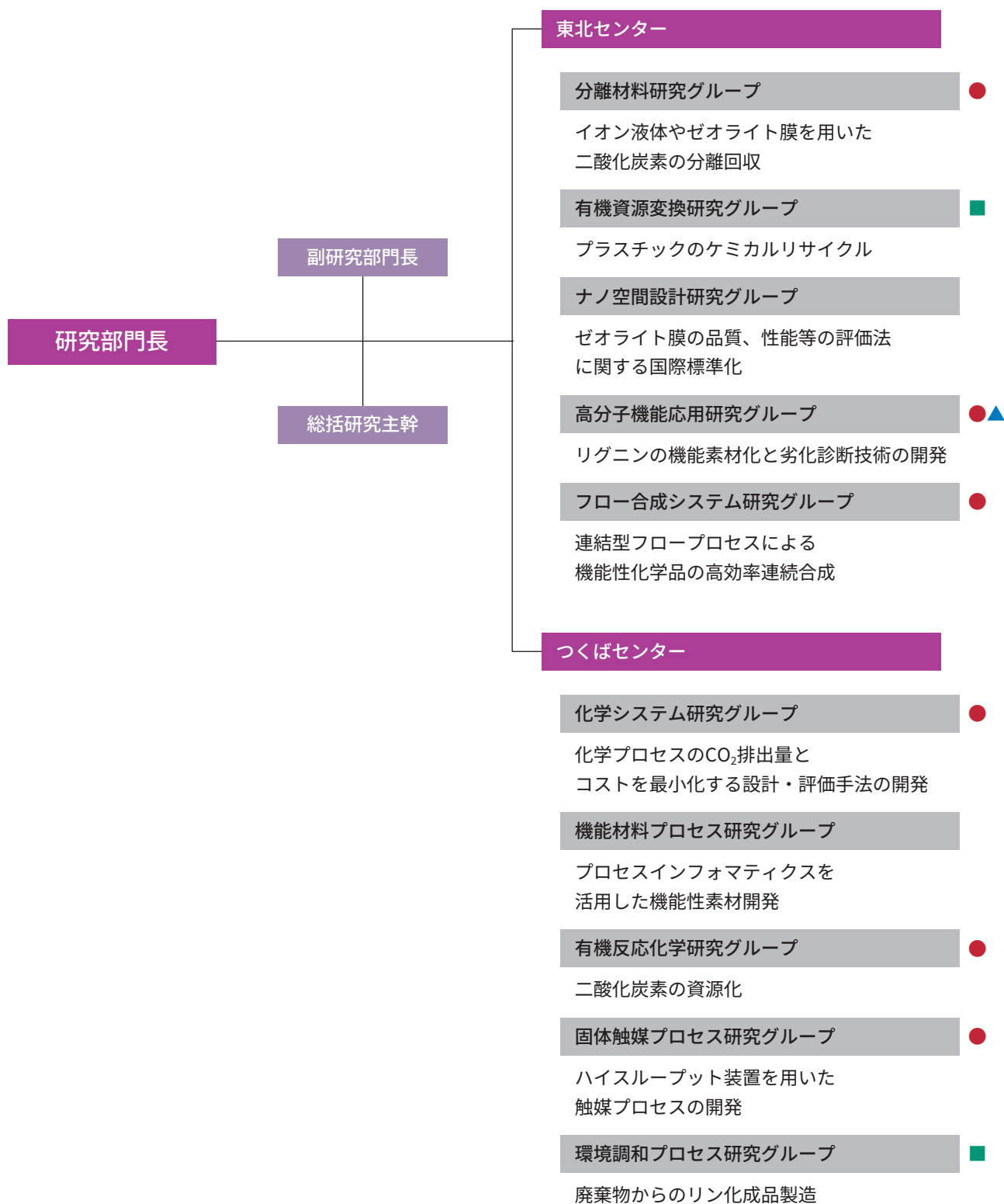
産総研は2025年4月より第6期中長期目標期間を開始しました。ミッションは、「社会課題の解決と我が国の産業競争力強化に貢献するイノベーションの連続的創出」です。近年、気候変動の深刻化や資源の枯渇など、環境をめぐる社会課題が急速に深刻化しています。特にこの10年間で、異常気象や自然災害の頻発、世界的な資源争奪の激化などが顕著になり、従来の大量生産・大量消費型社会の限界が明らかとなりました。その結果、環境と経済の両立が強く求められるようになっていきます。こうした背景を受け、再利用や回収・再生を前提とした循環型社会への移行が急務であり、持続可能な社会の実現が一層求められるようになっていきます。

化学プロセス研究部門では、持続可能な循環型社会の構築を目指し、資源循環利用に関する要素技術とプロセス構築、およびシステム設計・評価技術に関する研究開発を推進します。限られた資源、廃棄物、未利用資源等を無駄なく活用するだけでなく、省エネで環境に優しく、安全な製造を実現することも不可欠な要素です。また、材料設計から解析・評価・成形加工・最適化までを一貫して実施できる開発プロセスの整備に取り組み、化学ものづくりの高度化・スマート

化にも貢献します。重点課題としては、①資源循環技術の開発、②プロセス開発・材料開発におけるDXの推進、③国際標準化の推進を設定しています。

これらの研究活動により、企業の皆様との連携を強化し、企業の新規事業創出や事業の加速化に貢献します。東北センターに設置されたナノマテリアル試作・評価プラットフォーム (NEPP) とCO₂分離素材評価センター (JEC³M)、およびつくばセンターに設置されたマテリアル・プロセスイノベーション (MPI) プラットフォームの「先進触媒拠点」の設備群を最大限に活用することで、課題の解決やイノベーションの創出に繋がります。また、CO₂分離回収やプラスチックのリサイクルにおいては、社会実装を見据えた研究開発をCCUS実装研究センター、サーキュラーテクノロジー実装研究センター、レジリエントインフラ実装研究センター、AIST Solutionsと一体となって進め、エネルギー・環境・資源制約等の社会課題の解決と、我が国の素材・化学産業の国際競争力強化に貢献します。さらに、材料・プロセスの機能強化を通じて化学ものづくりや資源循環に貢献することを目指します。

体制図



実装研究センターを主務とする研究職員が所属しているグループ

- CCUS実装研究センター
- サークュラーテクノロジー実装研究センター
- ▲ レジリエントインフラ実装研究センター

RESEARCH

研究グループの概要

分離材料研究グループ

カーボンニュートラルの実現に向け、CO₂分離回収をはじめとする各種分離プロセスの省エネルギー化が不可欠です。分離材料研究グループでは、分離材料の要素技術開発から部材化、性能評価までを一体的に進め、省エネ分離プロセスへの早期展開に加え、反応プロセスとの統合による適用領域の拡大を目指します。

●イオン液体やアミンを用いた省エネCO₂分離回収技術の開発

商用吸収液と比べてCO₂分離回収エネルギーを低減できる非水系アミン吸収液や、既存高分子膜よりCO₂透過選択性に優れたイオン液体膜を開発しました。これらの分離材料を駆使して、低濃度CO₂を対象とする省エネルギーなCO₂分離回収プロセスの開発を進めています。

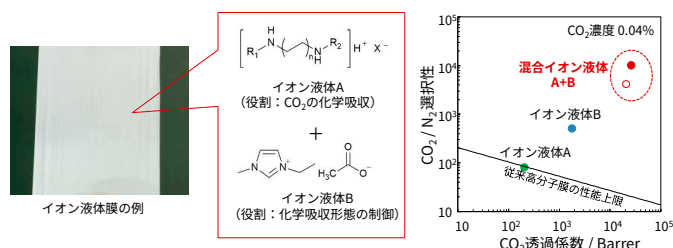


図. 低濃度CO₂を分離回収するイオン液体膜の開発

●無機多孔膜を用いた反応分離技術の開発

膜分離プロセス設計と性能予測技術を基盤として、平衡制約を克服可能な膜型反応器の開発や、高度な膜分離モデリング技術の開発を進めています。例えば、水やメタノールを選択的に分離可能なゼオライト膜を開発し、これをエステル交換反応などの平衡反応に利用することで、副生成物の除去による収率向上を実現しました。

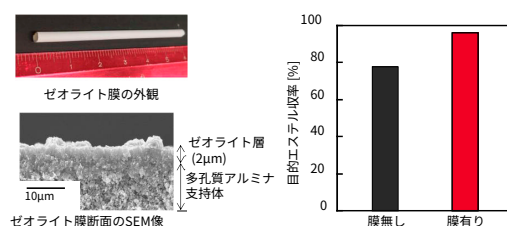


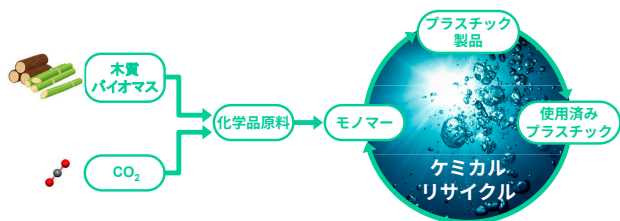
図. 平衡反応の収率向上に向けたゼオライト膜の開発

有機資源変換研究グループ

有機資源の安定確保を目的に、資源獲得手段の多様化に資する、二酸化炭素や廃プラスチック、バイオマス、リン等の未利用資源を化学品原料に変換する反応プロセスの開発に取り組んでいます。機械学習予測や自動実験ロボットによる触媒プロセス開発のDX化を通じて、企業における開発期間の短縮に貢献することを目指します。

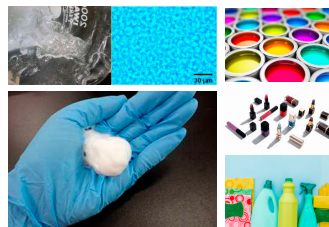
●高温水による物質変換技術

PETやナイロン等の使用済みプラスチックを高温の水のみで連続処理するケミカルリサイクル技術を開発しています。また高温水と固体触媒を組み合わせ、国内に賦存するバイオマス等から芳香族化合物などの化学品原料を製造する反応プロセス技術の開発にも取り組んでいます。



●バイオベース化学品の利用技術

バイオマスの変換反応によって得られる化学品の社会実装に向け、主に、微生物の発酵プロセスによって得られる二次代謝物の機能性素材としての利用技術の開発を進めています。生物が作る分子ならではの化学構造と機能を活かした用途展開を通じて未来産業の創出を目指します。

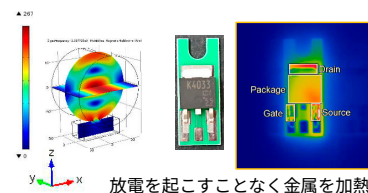


●マイクロ波による局所選択加熱技術

マイクロ波の共振モードを制御した局所選択加熱技術を用いて、廃棄物由来のリンを工業用リン製品の中間原料である黄リンに高効率で変換する反応プロセス技術を開発しています。また、マイクロ波「磁場」加熱を用いて、電子部品等の製造に不可欠なはんだ実装技術の開発にも取り組んでいます。



はんだ実装技術

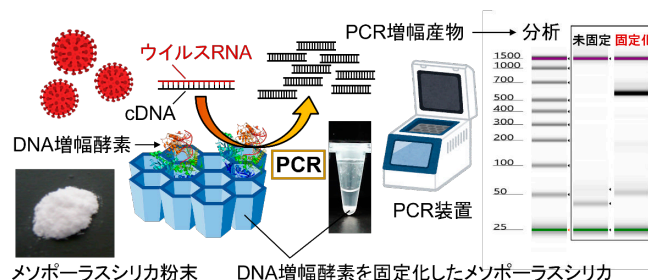


ナノ空間設計研究グループ

持続可能な循環型社会の構築へ向けて、ナノメートルサイズの空間を持つナノ多孔体の調製技術、精密な構造解析技術、およびセンシング等の利用技術に関する研究開発を実施しています。また、ナノマテリアルの国際標準化に取り組んでいます。

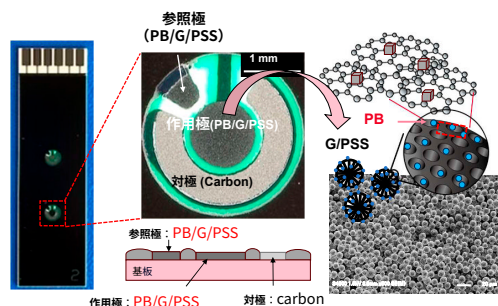
●高感度・高精度PCR技術

酵素の大きさや表面性状に着目してメソポーラスシリカの細孔径や親疎水性を制御することによって1分子レベルの核酸を正確に増幅するPCR技術を開発しています。酵素に安定性や耐久性を付与することで反応阻害物質に対する耐性や常温での長期保存安定性の向上に成功しています。



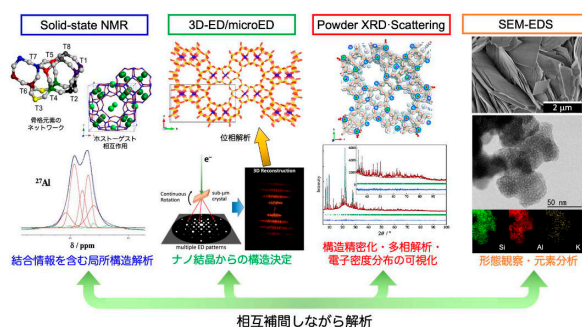
●グラフェン被覆多孔性シリカ球を利用したセンサー開発

PB/G/PSSを用いた小型センサーの開発を進めており、これまでにPB/G/PSSを参照極として使用することで、作用極での銀(Ag)汚染を抑制し、小型酸素センサーの長寿命化に成功しました。また、PB/G/PSSを作用極に用いることで、溶存酸素やビタミンCの分解電位をシフトさせ、夾雑物除去装置を必要としない貴金属フリーの血糖値センサーの実現にもつながりました。



●ナノ空間物質のマルチプローブ結晶構造解析

ナノサイズの空隙が規則配列したゼオライト等の無機多孔性物質の結晶構造を、粉末XRD/散乱、固体NMR、3D-ED、電子顕微鏡を相互補完的に用いて解析します。サブミクロンの微結晶から、平均・局所構造、多相分析、結晶形態および構造欠陥を評価でき、新物質開発、精密構造物性、希少サンプル評価等の研究を推進しています。



高分子機能応用研究グループ

化石資源に依存したものづくりから、再生可能資源を活用したものづくりへの転換は、脱炭素社会の実現に不可欠です。本研究グループは、木質バイオマスなど未利用資源を活用した高分子機能材料の開発を通じて、産業成長と環境調和の両立に資する技術の創出を目指しています。

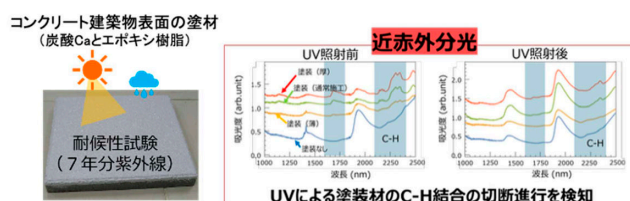
●リグニン白色化技術の開発

植物由来の芳香族系高分子であるリグニンには機能性材料としての利用が期待されていますが、着色による意匠性の低さに課題がありました。本グループでは、様々なリグニン誘導体の白色化に世界で初めて成功しました。白色化リグニンを用いた透明塗工膜や耐熱/絶縁性を有する樹脂複合物などの開発を進めています。



●非破壊劣化診断技術の開発

エポキシ樹脂など有機高分子における非破壊劣化診断技術の開発を行っています。近赤外分光分析により塗装などの初期段階の劣化を捉えることが可能です。例えば、耐候性試験(紫外線照射と降雨条件)により塗膜表面に含まれるエポキシ樹脂が破壊され、炭酸カルシウムの粒子が剥き出しになったことを、非接触かつ簡易に判別できました。

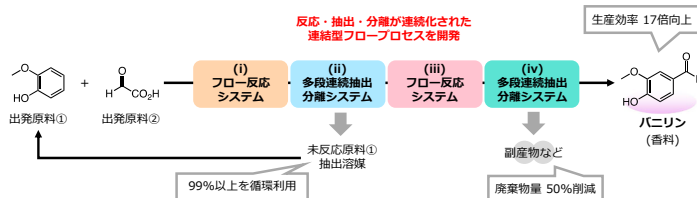


フロー合成システム研究グループ

大きな反応釜を使う従来のバッチ法による化学品製造は、広い土地スペースを必要とし、工程毎に人手を介するため人件費が嵩み、そのため中国、インド等に依存しています。当研究グループでは国内回帰によるサプライチェーンの強靱化に貢献すべく、コンパクトで自動連続運転可能なフロー法によるプロセスを開発しています。

●連結型フロープロセスによる機能性化学品の高効率連続合成

2つのフロー反応システムと2つの多段連続抽出分離システムからなる連結型フロープロセスを構築し、香料の一種であるバニリンの連続合成に成功しました。本プロセスは従来のバッチ法と比較して、生産効率17倍向上、廃棄物量50%削減を示し、フロープロセスによる効率化が示されました。



開発したバニリン連続合成プロセスの概略図

●フロープロセス構築のための要素技術の開発

大きな液液界面積と分相性を併せ持つスラグ流のスラグ長さを自在に変化可能なデバイス開発と抽出への利用、分配係数を予測可能な機械学習モデルの構築、抽出排出弁や液液界面の監視を必要とせず自発的に分液可能なデバイス開発、コンパクトな連続蒸留分離装置の開発など各種要素技術の開発に成功しています。



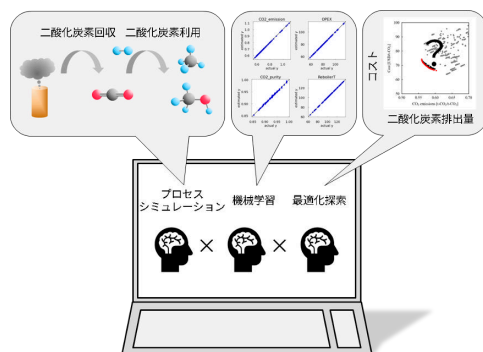
開発した各種要素技術の概略図
(左からスラグ長さを変化させたスラグ流発生の様子、連続液液分離の様子、連続蒸留分離装置の概略図)

化学システム研究グループ

ライフサイクルアセスメント (LCA) に基づいて、CO₂排出量と経済性の両面から最適な化学プロセスを設計・評価する手法の開発に取り組めます。CO₂排出量や生産コスト、資源循環率など多角的な指標で評価を行うことで、材料やプロセスの要素技術の研究開発を加速させ、サーキュラーエコノミーやCCUSの実現に貢献します。

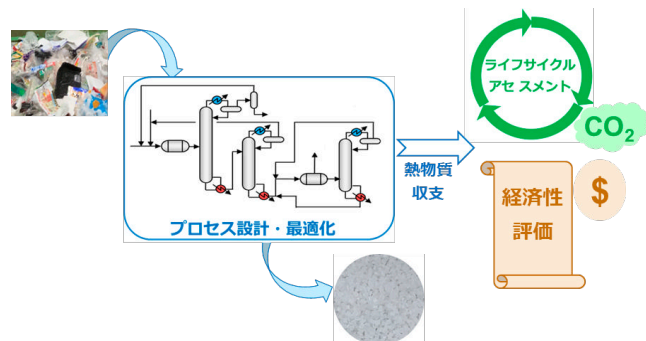
●CCUSプロセスの多目的最適化手法の開発

二酸化炭素の分離・利用・貯留プロセス (CCUS) について、プロセスシミュレーションによる解析と、コストおよび二酸化炭素排出量に対する多目的最適化を実施しています。電力・熱・水素等の価格や二酸化炭素排出係数を設定して、CCUSの各プロセスの装置構成および操作条件の最適解を解析します。



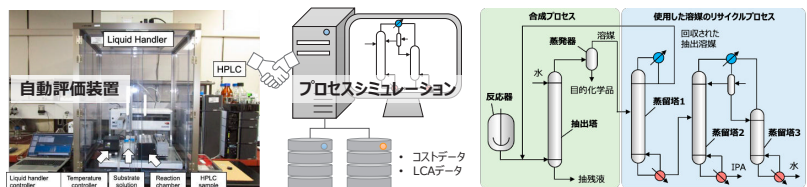
●廃棄プラスチックリサイクル評価法の開発

サーキュラーエコノミーの実現に向けて、廃プラスチックの各リサイクル工程に対してプロセス設計、コストやカーボンフットプリントの評価、ボトルネックの分析を実施しています。また、リサイクル率の向上を目指し、プラスチックの特性を考慮した適切な素材選定や、不要な異種素材の削減策も検討しています。



●サーキュラーに向けた溶媒評価法の開発

反応性能の自動評価装置と、反応から溶媒リサイクルまでのプロセスシミュレーションを統合した溶媒評価法を開発し、化学品生産プロセス全体のCO₂排出量と製造コストの最小化を目指します。現状では主に焼却されている使用済み溶媒の循環システムをデザインし、サーキュラー型の化学品生産の実現に貢献します。

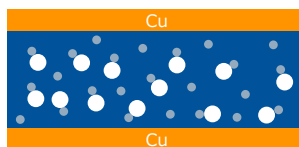


機能材料プロセス研究グループ

革新的機能性素材や機能性化学品のための高い技術シーズを創出しています。移動通信システムへの貢献や高機能エアロゲル、フロー合成技術、マイクロ波加熱などを推進しています。また、プロセス・インフォマティクスを活用し、機能性素材や化学品製造技術の開発を実施しています。

●低誘電低損失基板材料

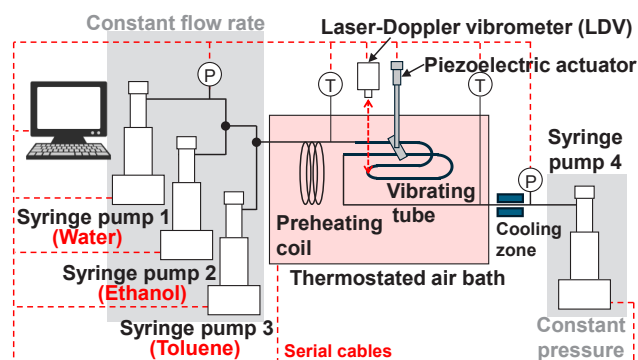
第6世代移動通信システム実現に向け、高周波化と低消費電力のニーズが高まっています。高分子とセラミックスの複合材料+超臨界発泡技術を活用し、次世代の通信を支える各種要求性能を満たす材料開発を進めています。



ポリイミド系に対して、COP-AIN発泡体は伝送損失（理論値）が6%まで低減

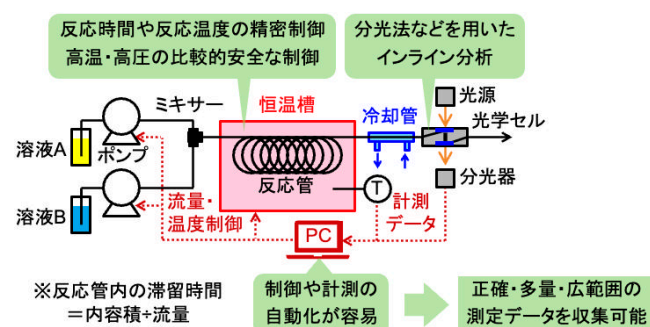
●自動ハイスループット流体物性測定システムの開発

反応解析やプロセス設計には溶媒の物性データが重要ですが、新規開発溶媒や高温高压条件でのデータ取得は困難です。そこで、広範な温度・圧力領域で混合溶媒の物性をハイスループットで測定可能な装置を開発しました。従来の手間を省き、1データ15分で自動的に蓄積できる装置を実現し、200℃以上の密度測定も対応可能になりました。



●自動制御とインライン分析を組み込んだフロー反応解析装置の開発

フロー反応装置に、流量や温度の自動制御機構と、赤外・近赤外分光法によるインライン分析を組み合わせ、反応速度の解析や滞留時間分布の測定を効率良く実現するための手法を開発しました。

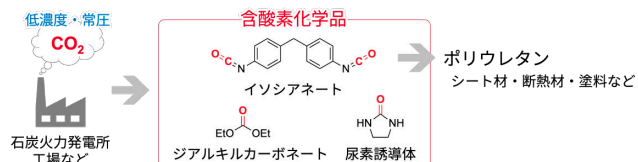


有機反応化学研究グループ

グループ員の専門分野である有機合成化学・有機金属化学・錯体化学・触媒化学等を基盤とし、基礎・応用・実用化のそれぞれのフェーズにあった研究開発を行っています。

●二酸化炭素を原料とする含酸素化学品合成技術の開発

石炭火力発電所や工場から排出される排気ガス中の低濃度・常圧の二酸化炭素を化学吸着し、それをカルバメートやジアルキルカーボネートなどの含酸素化学品へと直接変換する技術の開発を行っています。カルバメートは脱アルコールすることでポリウレタン原料であるイソシアネートへと変換することが可能です。



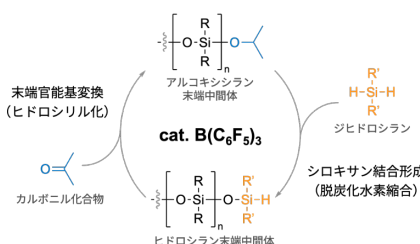
●使用済タイヤのケミカルリサイクル技術の開発

使用済タイヤに含まれる加硫ポリイソプレンゴムなどを低温分解・解重合することで、ゴム原料となるイソプレン等の基礎化学品やカーボンブラックを回収するケミカルリサイクル技術の開発を行っています。



●シリコン・シロキサン・有機ケイ素材料の精密合成技術の開発

シリコン材料の基本骨格を成しているシロキサン結合を精密かつ自在に制御して形成する技術を基盤として、新規シリコン材料/含シロキサンハイブリッド材料の創出やシロキサンのモノマー配列構造と各種物性との相関を体系化することを目指した研究開発を行っています。



シリコン・シロキサンのモノマー配列構造を精密かつ自在に制御

■ 固体触媒プロセス研究グループ

炭素循環型社会の実現に向けてCO₂や廃棄物由来の合成ガス、バイオエタノール等からアルコール、オレフィン、BTX等の基礎化学品を合成する固体触媒プロセスの開発に取り組んでいます。さらに化学品製造のための触媒、分離膜、吸着材等として有用なゼオライト等機能性多孔体の合成・評価・機能解明に関する研究も行っています。

● CO₂、CO、H₂からの基礎化学品合成触媒の開発

CO₂、CO、H₂をアルコール、オレフィン、BTX等の基礎化学品に高選択的に変換する固体触媒の開発を行っています。高圧での反応実験が可能な多様な流通式反応器を導入し、基礎的な触媒材料の探索から、大規模実証試験に向けたスケールアップ検討まで幅広く触媒開発に取り組んでいます。



(左) 16連反応器、(右) ベンチスケール反応器

● バイオエタノールからの高効率ブタジエン合成プロセス開発

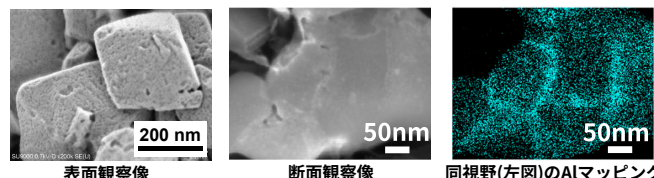
触媒自動合成装置と触媒活性迅速評価装置を用いたハイスループット実験により、エタノールからブタジエンを高効率で合成可能な二段固体触媒反応プロセスを開発しました。さらに、本手法で合成したブタジエンから実際にタイヤを製造できることを実証しました。現在、本手法の社会実装に向けて大規模実証試験を進めています。



試作したタイヤ (NEDO「超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト」にて実施)

● 機能性多孔体物質の合成・評価・機能発現

高分解能電子顕微鏡観察、試料ダメージを低減させた断面作製、高精度吸着測定による細孔特性評価を組み合わせた機能性多孔体の内部細孔構造・組成分布評価技術を保有しています。これら多面的分析手法を駆使して、触媒として利用される高シリカゼオライトY調製における脱Alとメソ孔形成のメカニズムの解明に成功しました。



表面観察像

断面観察像

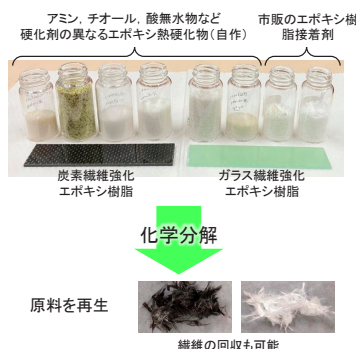
同視野(左図)のAlマッピング

■ 環境調和プロセス研究グループ

資源制約の観点から、従来廃棄物と見なされてきた難処理未利用資源に対するケミカルリサイクルやアップサイクル技術に対する重要性が高まっています。当グループでは炭素やリンなどの循環利用を実現するため、触媒化学・有機合成化学・材料化学などを基盤とした新規環境調和プロセスに関する技術開発を進めています。

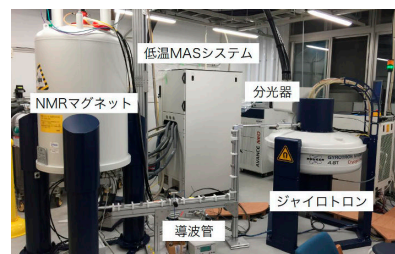
● エポキシ樹脂の分解

エポキシ樹脂は接着剤や航空輸送機、風力発電機などに使用される高安定プラスチックです。私たちはエポキシ樹脂を化学的に分解して、原料化合物に効率よく分解することに成功しました。炭素繊維やガラス繊維との複合体にも利用でき、繊維材料の回収も可能です。本技術は同じく安定で知られるスーパーエンジニアリングプラスチックの化学分解にも適用できます。



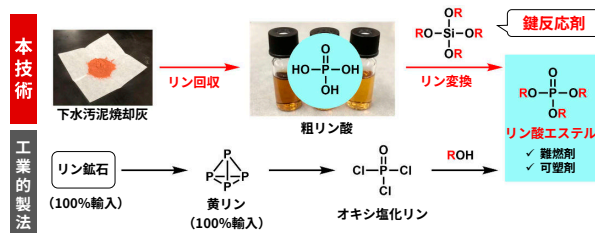
● DNP-NMR

動的核偏極(Dynamic Nuclear Polarization)を利用する固体NMR(DNP-NMR)は、ピラジカル化合物の共存下、強力なマイクロ波をサンプルに当てることで、シグナル感度を大幅に向上させる最先端NMR測定手法です。この手法により、材料中に微量しか含まれないスーパーエンブラの末端官能基の構造解析や、固体に担持された活性な触媒周辺の精密構造解析に成功しました。



● リン酸エステル化反応

日本はリン資源のほとんどを輸入に依存しており、国内未利用リン資源の循環利用技術の開発が喫緊の課題となっています。当グループではケイ素化合物を鍵とした手法により、下水汚泥焼却灰から回収した粗リン酸を一段階でエステル化する反応を開発しました。



材料開発拠点

■ ナノマテリアル試作・評価プラットフォーム(東北)



ナノマテリアル試作・評価プラットフォーム (Nanomaterial Evaluation and Prototyping Platform, NEPP) は、東北の地域資源を活用したナノスケール材料(粘土やゼオライトなど)をはじめ、多様な先端材料の開発・評価を支援する拠点です。材料の設計から最適化、成形加工、物性評価、耐久性評価までを一貫して実施できる設備を整え、産業競争力強化に貢献します。

また、産総研が蓄積した基盤技術やノウハウを活かし、測定方法の標準化を行うことで、開発した材料の特性値を全国のユーザーと共有し、国内の材料サプライチェーンの構築にも貢献します。

■ CO₂分離素材評価センター(東北)



CO₂分離素材評価センター (Japan Evaluation Center for CO₂ Capture Materials, JEC³M) では、評価を希望する企業などから受け入れたCO₂分離素材(吸収液・吸着剤・分離膜)に対し、実用化に向けて重要となる素材特性・分離性能・耐久性について信頼性の高い評価を提供します。また、独自に開発した簡易評価ツールを用いて、分離素材ごとのエネルギー消費量とコストの評価を行うことが可能です。

これらの評価により、事業化を検討するための基礎データを揃えることができます。個社では困難な客観的な評価は、素材メーカーなどのCO₂分離素材を開発する側とエンジニアリング会社などの利用する側の双方にメリットがあり、CO₂分離回収技術の実用化を加速させます。

■ マテリアル・プロセスイノベーションプラットフォーム 先進触媒拠点(つくば)



マテリアル・プロセスイノベーションプラットフォーム (MPIP) 先進触媒拠点では、自動実験装置や機械学習の活用により、触媒の設計・合成から触媒を用いた反応までの各種プロセス開発や最適条件探索を一体的に行うことが可能なプラットフォームを提供し、企業の実用化を支援します。

特に、触媒インフォマティクスを活用した触媒設計システム、プロセスインフォマティクスのためのハイスループット触媒探索用自動合成・評価装置や触媒を用いた機能性化学品連続生産装置などの最先端技術を導入しています。

また、データ科学を利用した触媒プロセス開発の専門人材育成を、産学官が一体的に行うことが可能な拠点であることも特長です。(触媒化学研究部門と連携して運用)

産学官連携・技術移転プロセス

化学プロセス研究部門の技術分野でお困りの際には、下記よりお問合せください。

E-mail: tohoku-counselors-ml@aist.go.jp もしくは産総研グループの公式お問い合わせHP

企業の方

<https://www.aist-solutions.co.jp/contact/form.html>

大学・公的機関の方

https://www.aist.go.jp/aist_j/inquiry/index.html

産総研グループ(産総研及びAIST Solutions)の連携担当が、具体的なご相談内容の対応をします。

- 共同研究
- 技術コンサルティング
- 受託研究
- 研究設備の利用・支援
- 研究試料提供
- 知的財産の実施許諾

などの、ご要望に応じた多彩な連携メニューで、基礎から社会実装まで様々なステージでサポートいたします。

研究職員募集

化学プロセス研究部門では、未利用資源の分離回収・資源化技術、省エネで効率的な化学プロセス技術、高機能材料の製造プロセス技術などの研究開発に積極的に取り組む意欲のある研究者を広く募集しています。博士や修士の学位を有している方だけでなく、企業での実務経験を研究開発や研究成果の社会実装に生かす意欲のある方の応募も歓迎します。



(博士卒・入所6年目・女性)

基礎から応用、社会実装に向けた様々なステージの研究ができると考え、入所しました。現在は、企業や大学とともに無機膜の利用に関する研究に取り組み、CO₂分離素材の評価も行っています。分野や年齢に関係なく研究者同士で話ができる環境があり、若手を育てようとしてくれる職場だと感じています。



(博士卒・入所1年目・男性)

異分野の研究者と活発に議論しながら、基礎から応用、そして実用化に至るまで幅広い段階の研究に携わる機会があり、この部門ならではの学びや気づきを日々得ています。さらに、高度な分析機器が充実しており、思いついたアイデアをすぐに検証できる恵まれた環境だと感じています。



(博士卒・入所2年目・男性)

My research on process simulation is used to optimize and evaluate processes for circularity, from CO₂ capture and utilization to plastic recycling. It is exciting to work with a variety of researchers, government departments, and companies to promote the adoption of novel technologies.



(修士卒・入所1年目・女性)

修士卒で入所しました。挑戦を後押しする環境のもと、自動実験や機械学習の新しい技術を取り入れながら、二酸化炭素を有効利用する研究開発に打ち込んでいます。経験豊富な研究者と日々議論し刺激を受けながら博士号取得を目指すことができ、とても充実した研究生生活を送っています。

ACCESS

アクセス



国立研究開発法人 産業技術総合研究所

化学プロセス研究部門

〒983-8551 宮城県仙台市宮城野区苦竹4-2-1



● 化学プロセス研究部門 ウェブサイト

<https://unit.aist.go.jp/cpt/>