JACI NEWS LETTER
Japan Association for Chemical Innovation
公益社団法人 新化学技術推進協会

No.83 2022.11

HEADLINE

01
膜科学・膜技術とSDGs

02
第21回GSC賞の紹介
奨励賞①

03
第21回GSC賞の紹介
奨励賞②

04
第21回GSC賞の紹介
奨励賞③

05
第21回GSC賞の紹介
奨励賞④

06
第21回GSC賞の紹介
奨励賞⑤

07
JACIトピックス
GSC-IPF出版記念シンポジウム

08
募集案内
第16回STGA
第12回新化学技術研究奨励賞

GSCN
Green & Sustainable Chemistry Network

新化学技術推進協会は、人と環境の健康・安全と、持続可能な社会をめざすGSC推進の考え方にたち、技術革新の原動力となる新しい科学技術発展に貢献することを目的とした、公益社団法人です。

膜科学・膜技術とSDGs

一般社団法人 日本膜学会
会長 岡村 恵美子

新化学技術推進協会の皆様には平素よりお世話になっております。一般社団法人 日本膜学会の岡村恵美子と申します。日本膜学会は1978年に設立され、「膜」をキーワードに、理学、工学、薬学、医学など分野の異なる大学･研究所関係者、膜を扱う産業界関係者が集う異色の学会です。生体膜から人工膜に至る幅広い膜を研究対象とし、その融合を図ることで、新たな膜科学の研究領域を開拓することを目指しています。

2020年代に入り、急速な高齢化社会の到来といわゆる持続可能な開発目標(SDGs)の達成に向けて、学会の社会貢献・国際貢献がさらに求められています。本学会においても、医療の高度化、カーボンニュートラル、水処理をはじめとして、貢献可能な分野も多いと考えられます。学会では、省エネルギーな分離プロセスである膜分離に焦点を当て、「二酸化炭素分離膜開発の最新動向と今後の展望」をテーマとする CO_2分離膜の開発動向に関する講演会を本年開催しました。今後、CO_2排出削減、濃度低減、カーボンニュートラル実現に向けて膜技術開発がさらに加速することを期待しています。 また、11月には、ニューメンブレンテクノロジーシンポジウム2022～カーボンニュートラルに貢献する膜技術～を共催いたします。本学会では学会活動に産業界から多大の貢献をいただき今日に至っております。産官学が共同で課題に取り組み、活動がさらに軌道に乗ることを願う次第です。

来年は、国際膜学会議ICOM2023(International Congress on Membranes and Membrane Processes)が27年ぶりに日本で開催されます。日本の膜科学、膜工学を世界にアピールする機会であるとともに、会議のホストとして、日本膜学会の一層の国際貢献が期待されるところです。

第21回 GSC賞 グリーン・サステイナブル

奨励賞①

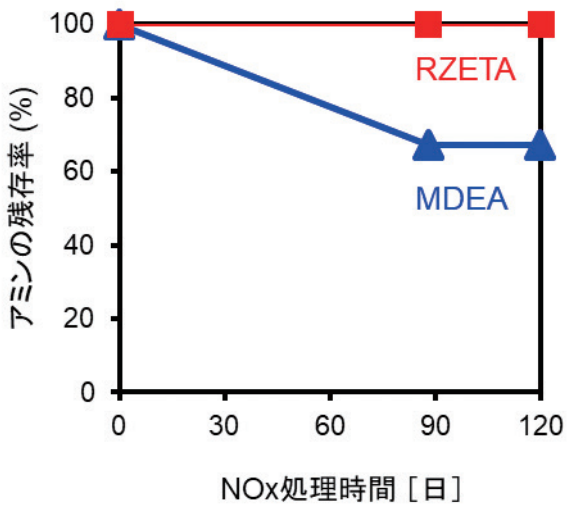
二環式３級アミンを用いたNOx耐久性CO_2分離・回収技術の開発

東ソー株式会社
山本　敦、　藤井　亮太郎、　迫田　孝太郎、
藤原　裕志、　柳瀬　学

昨今、世界的な脱炭素の潮流が加速する中、化石燃料の使用時に発生するCO_2を削減するシステムへの需要が高まっていくことが予想される。その中で、特にアミンを用いた化学吸収法によるCO_2回収システムが注目されている。しかしながら、排気ガス中に含まれる窒素酸化物（NOx）に対して耐久性が低いという課題があった。そこで、東ソーは課題解決に向けて、CO_2回収用アミンの開発に取り組み、水への溶解性が高い水酸基を有する二環式３級アミン（RZETA）を見出し、高いNOx耐久性とCO_2回収性能を示すCO_2回収用アミンを開発した。本成果はNOx耐久性CO_2分離・回収技術としてカーボンニュートラルの実現への貢献が期待される。

昨今、温室効果ガスによる地球温暖化への対策として、世界各国ではカーボンニュートラルに向けて二酸化炭素（CO_2）の分離・回収、資源化、有効利用に関する様々な取り組みが行われている。これらのうち、分離・回収技術は火力発電所や化学工場等から排出されるCO_2や、空気中に含まれるCO_2を回収し、化成品原料として供給可能な技術として注目されている。その中で、化学吸収法によるCO_2回収システムは、化石燃料ボイラー等からのCO_2回収に適しており、使用されるCO_2回収用アミンにはCO_2回収時の省エネルギー性能だけでなく、燃焼排ガスに含まれる夾雑ガス、特に窒素酸化物（NOx）に対して劣化が少ないことが求められている。しかしながら、現在使用されているCO_2回収用アミンはNOxによって分解され、それに伴いCO_2回収性能が低下するため、NOxに対する耐久性が低いという課題があった。そこで、東ソーは課題解決に向けてCO_2回収用アミンの開発に取り組み、水への溶解性が高い水酸基を有する二環式３級アミン（RZETA）を見出し、高いNOx耐久性とCO_2回収性能を両立したCO_2回収用アミンを開発した。CO_2回収用アミンとして広く使用されている*N*-メチルジエタノールアミン（MDEA）はNOxとCO_2を含む混合ガスと接触させると時間と共にNOxにより分解されるが、RZETAは試験時間120日相当でも分解せず、NOxに対して高い耐久性を示した。次に、RZETAを主成分とした東ソー開発剤のCO_2回収性能試験を行ったところ、MDEAを主成分にしたCO_2回収剤よりも高いCO_2回収性能を示すことが確認された。　さらに、東ソー開発剤は２%のCO_2を含む混合ガスに対しても高い吸収性能を示し、低濃度CO_2排ガスに対しても有効であった。これらの結果より、東ソーが開発したRZETAは、高いNOx耐久性とCO_2回収性能を有することから、NOxを含む幅広い燃焼排ガスのCO_2回収システムに適用でき、CO_2回収用アミンの長期安定使用などに貢献することが期待できる。また、東ソーは、RZETAの量産プロセスを構築しており、実機設備で量産製造を行っている。

以上の研究成果は、化石燃料ボイラー等からの排ガスに適用される新たなCO_2回収アミンとしてCO_2分離・回収技術の発展に貢献するものである。今後、東ソーでは、開発したCO_2回収用アミンの製品化に向けて、実排ガスを用いた実証試験プラントでCO_2分離・回収システムを最適化するとともに、回収したCO_2を有効利用するプロセスについても検討を進めていき、カーボンニュートラル社会への貢献を目指していく。



NOx含有ガス処理時の
アミン残存量の変化
（NOx 480 ppm × 約120 日相当）

ケミストリー賞

奨励賞②

VOCフリー・CO_2削減を実現する軟包装水なしオフセット印刷システムの開発

東レ株式会社
井上　武治郎、辻　祐一、小清水　昇、
河合　由里香、亀井　隆幸

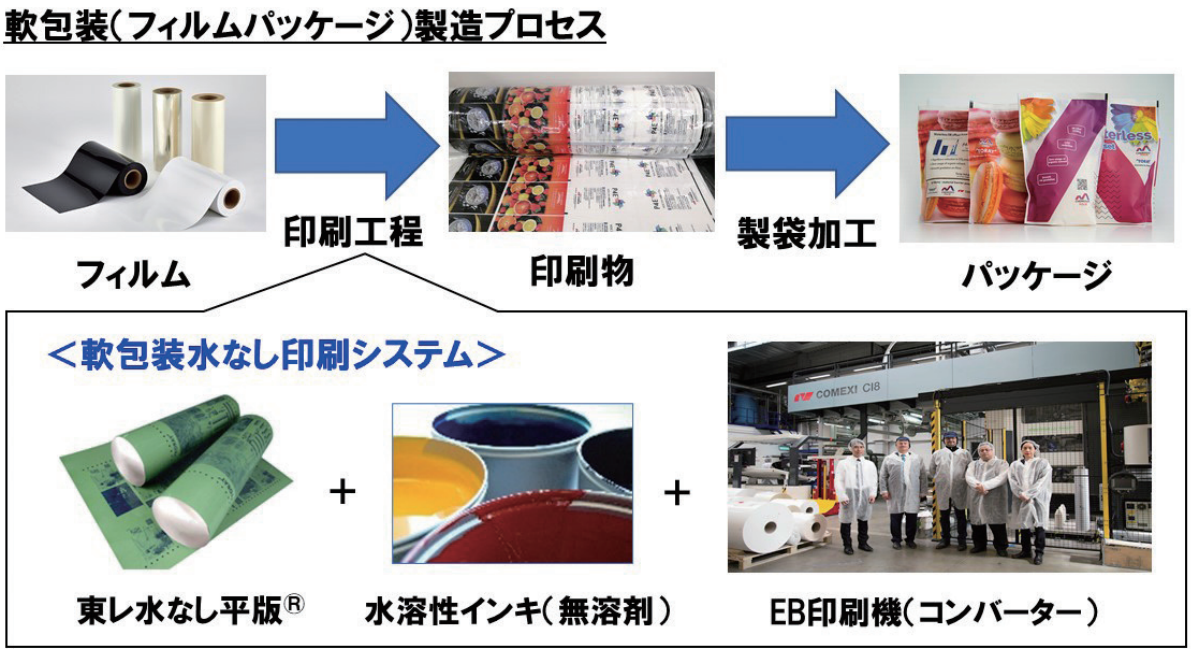
印刷工程において有機溶剤を全く使用せず、かつ消費電力量が少ない新たな軟包装水なしオフセット印刷システムを開発した。1）独自の東レ水なし平版®、2）無溶剤かつ水洗浄可能な水溶性インキ技術、3）軟包装用の薄膜フィルム原反に対してLED-UV（紫外線）やEB（電子線）などの活性エネルギー線の照射によって、瞬間的にインキを硬化・固定化させる印刷方式を組み合わせることで、印刷工程での完全VOCフリー化と、省エネルギー化によるCO_2大幅削減（従来比約80％削減）を両立する。今後、軟包装印刷業界における大気汚染、地球温暖化、労働環境、防災対策など、持続可能な社会の実現に貢献することでGSC活動を推進していく。

軟包装（フィルムパッケージ）印刷物市場は、世界的な人口増加を背景にして年率３％以上で成長を継続している。現在、軟包装印刷において主流のグラビア印刷（凹版）、フレキソ印刷（凸版）は、有機溶剤を含むインキを大量に使うことから、PM2.5（微小粒子状物質）による大気汚染の原因となるVOC（揮発性有機化合物）を多く排出することに加え、有機溶剤の加熱乾燥や排気燃焼処理に膨大な電力を使うことによるCO_2排出が地球温暖化の観点から問題となっている。さらに、印刷作業現場におけるオペレーターへの健康被害など労働環境問題や、防災対策の観点からも有機溶剤を使用しない新たな印刷方式が求められている。

そこで我々は、印刷工程において有機溶剤を全く使用せず、かつ消費電力量が少ない新たな印刷方式の取り組みを進めてきた。１）当社独自の東レ水なし平版®に加えて、２）新たに開発した無溶剤かつ水洗浄可能な水溶性インキ技術を用いて、３）軟包装用の薄膜フィルム原反に対してLED-UV（紫外線）やEB（電子線）などの活性エネルギー線の照射によって、瞬間的にインキを硬化・固定化させる印刷方式を組み合わせることで、印刷工程での完全VOCフリー化と、省エネルギー化によるCO_2大幅削減（従来比約80％削減）を両立できる唯一の「軟包装水なしオフセット印刷システム」を開発した。

本システムのポイントとなる水溶性インキは、独自の機能性高分子設計技術を用いることで、活性エネルギー線照射前の状態では、水洗浄により除去することが可能であるが、活性エネルギー線照射後は、一切、水に溶解せずに、フィルム上で硬化・固定化可能となる。さらにインキとフィルム間で強固に密着することからボイル・レトルトなど高機能包装含めた軟包装の食品包装分野に新規展開を可能とし、世界各国の印刷会社・コンバーターにて基本的な性能を実証して、採用に向けた評価が最終段階まで進んでいる。

今後、本システムへの置き換えを推進し、軟包装印刷業界における大気汚染、地球温暖化、労働環境、防災対策など、持続可能な社会の実現に貢献することでGSC活動を推進していく。



第21回 GSC賞 グリーン・サステイナブル

奨励賞③

不均一系金属ナノ粒子触媒による連続フロー有機合成の開発

東京大学　特任助教
安川　知宏

有機合成に用いる不均一系触媒の開発は、均一系触媒に比べ大幅に遅れている。近年、持続可能な社会の実現に向けて、フロー法による連続合成に対応できる不均一系触媒が注目されている。本研究では、ポリスチレン系共重合体や窒素ドープカーボン担持金属ナノ粒子触媒を開発し、不斉合成を含む様々な有機反応に適用した。これらの不均一系触媒を詰めたカラムに原料を送液することで、目的物が連続的に得られるフロー合成への応用も達成した。

有機化学において、触媒は複雑骨格の効率的合成に不可欠で、研究が盛んに行われている。しかし、その大半は均一系触媒に関するもので、分離の容易さや再利用性などの利点を有する不均一系触媒の研究は大幅に遅れている。これは、均一系触媒の高い触媒回転数に比べ、不均一系触媒の利点が重視されなかったことが一因と考えられる。持続可能な社会の実現に向けて、不均一系触媒を用いたフロー法による連続合成が注目されている。本法は、触媒を詰めたカラムに原料を送液することで、触媒の分離操作を必要とせずに、連続的に目的物が得られる手法である。フロー法は安全性・生産性に優れ、多相系の混合効率の良さゆえバッチ法と比べて優位な反応性を示すことがある。フロー法の実現には、高活性・高選択性・長寿命の不均一系触媒が必要であるが、精密な有機合成に適用可能な触媒の例は限られていた。

本研究では、金属ナノ粒子触媒に着目し、医薬品等ファインケミカル合成において重要な不斉触媒反応を含む種々の反応へ適用した。金属ナノ粒子は、固定化が容易で、高い活性と物理的安定性を併せ持つ。ポリスチレンを基盤とする高分子に固定化したロジウム・銀二元ナノ粒子触媒を開発し、二級アミドを有するキラルジエン配位子存在下で、アリールボロン酸類による不斉アリール化反応が高収率・高エナンチオ選択性で進行することを見出した。本触媒系は、100種類以上の広範な基質に適用可能であり、金属漏出や大幅な活性の低下なしに、複数回の再利用が可能であった。

窒素ドープカーボンを金属種に配位可能な担体として着目し、ナノ粒子触媒の更なる展開を行った。ポリビニルピリジンを原料に窒素ドープカーボン担持金属ナノ粒子触媒を開発し、種々の酸化反応や炭素-炭素結合生成反応に対し高い活性を示すことを見出した。特に、本手法で調製したロジウム触媒がキラルリン酸共触媒存在下で、ジアゾエステルへのアミンの不斉挿入反応に機能することを見出した。本触媒系はフロー反応においても、高活性・高選択性を計90時間以上維持した。いずれの反応も金属は漏出せず、窒素ドーパントが反応の進行に不可欠であった。

これらの結果は、低環境負荷生産に向けた資源消費最小化・反応プロセス高効率化技術として、金属ナノ粒子触媒による連続フロー有機合成の可能性を示したものである。フロー法はエネルギー生産性が高く廃棄物の排出も抑えることが可能であり、医薬品などファインケミカルズのクリーンな合成新手法として期待される。

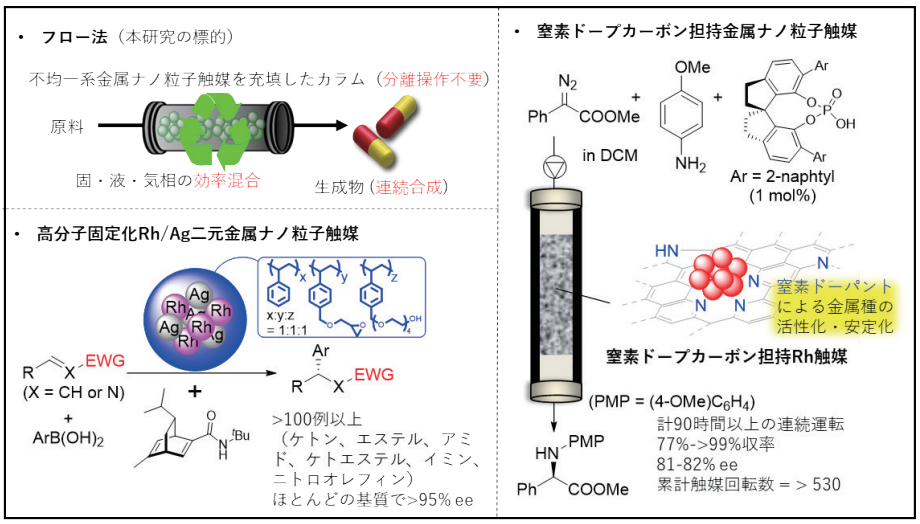


図　金属ナノ粒子触媒による不斉触媒反応

ケミストリー賞

奨励賞④

火炎噴霧熱分解法を活用した新規固体触媒の開発とCO_2有価物変換への応用

茨城大学　助教　多田　昌平
山形大学　助教　藤原　翔

火炎噴霧熱分解法は、特異な形状・性能の固体粉末を得る効果的な手段である。本研究では、火炎噴霧熱分解法を活用することで、銅ナノ粒子をジルコニア上に高担持した触媒を連続合成することに成功している。二酸化炭素水素化反応によるメタノール合成に特化した触媒は多く報告されているものの、商用触媒と遜色ない活性を示すものは稀であり、本研究にて開発した触媒の有用性が示された。我々は、火炎噴霧熱分解法が触媒化学・触媒工学の新たな可能性を拓くものであると考えている。今後は、「特異な形状・性能の触媒」に着目し、CO_2変換触媒の開発を深めていきたい。

二酸化炭素（CO_2）水素化反応によるメタノール製造は、再生可能エネルギーの化学エネルギー化とCO_2の基幹化学品への再資源化、ひいてはゼロ・エミッション社会実現に寄与する重要な技術である。例えば、鹿島臨海工業地域の年間CO_2排出量（2017年）は1230万トンにのぼり、このうち90%以上を鉄鋼業と化学工業が占める。排出したCO_2が10%の効率でメタノールに変換できたと仮定すると、メタノール生成量（90万トン/年）は国内需要の約半分に匹敵する。再生可能エネルギー由来の水素の供給に課題は残るものの、工場排ガスに含まれるCO_2の有価物変換技術には将来性があると考えることができる。

CO_2は化学的・熱的に非常に安定であるため、活性化に苛烈な条件を課さねばならず、より低温（300度以下）にてCO_2を活性化できる固体触媒の開発が待たれている。ゼロ・エミッション社会の実現に向けた世界的な潮流の中で、固体触媒開発の分野もパラダイムシフトを迎えている。本研究では、固体触媒の新たな合成法として火炎噴霧熱分解法（図）に着目した。本合成方式を応用することで、一時間あたり数キログラムの生産速度で固体触媒の連続合成が可能となる。図に示すように、触媒の原料溶液を火炎中で噴霧・燃焼することで触媒粒子を合成する。火炎温度と火炎中における粒子の滞留時間に応じて、触媒粒子の大きさおよび結晶度を制御可能である。よって燃焼条件の調整により種々の構造を有する固体触媒を取得できる。今回は、銅ナノ粒子をジルコニア上に高担持した触媒を火炎噴霧熱分解法にて連続合成した。メタノール合成触媒は多くの報告例があるが、商用触媒と遜色ない活性を示すものは稀であり、本研究にて開発した触媒の有用性が示された。加えて、火炎噴霧熱分解法により調製した触媒の特徴は、副反応を大幅に抑制することができる点にある。

火炎噴霧熱分解法は、特異な形状・性能の固体触媒を得る効果的な手段である。このため、本合成手法は触媒化学・触媒工学の新たな可能性を拓くものであると言える。今後は、「特異な形状・性能の触媒」に着目し、CO_2変換触媒の開発を深めていきたい。

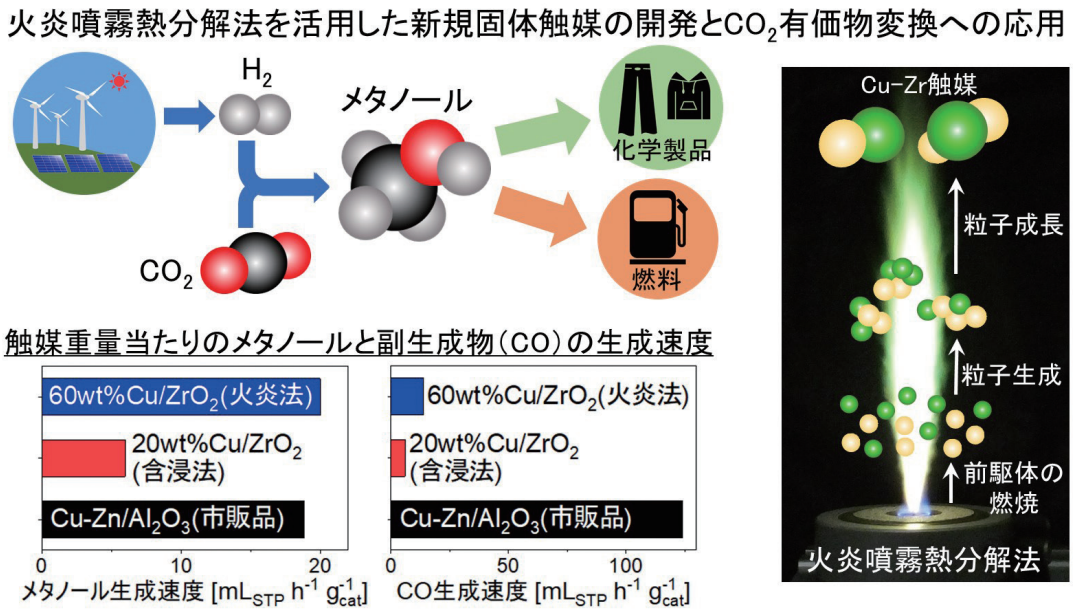


図　火炎噴霧熱分解法を活用した新規固体触媒の開発

第21回 GSC賞 グリーン・サステイナブル ケミストリー賞

奨励賞⑤

不斉有機超強塩基触媒を用いた不斉分子変換反応の開発

東北大学大学院理学研究科　准教授
近藤　梓
kondoha@tohoku.ac.jp

不斉有機塩基触媒を用いた不斉分子変換反応は、基質となる低分子化合物を温和な反応条件下で直接的に光学活性化合物へと変換する環境調和型の有機合成技術である。しかしながら、従来の不斉有機塩基触媒は総じて塩基性が低く、反応に適用可能な基質が高い酸性度をもつ化合物に限られていた。これに対し本研究では、従来の触媒に比べて格段に高い塩基性を有する『不斉有機超強塩基触媒』に着目し、独自の触媒の設計開発とそれらの触媒の特長を活かした合理的な反応設計により、これまで反応に用いることが困難であった酸性度が低い化合物を基質とする不斉分子変換反応を開発することに成功した。

有機触媒は炭素、酸素、窒素などの典型元素から構成され、有機反応の触媒として機能する有機化合物のことである。高価あるいは残留毒性が高い遷移金属を使わずに有機反応を促進することから、環境負荷を減らし、レアメタルの枯渇や高騰といった社会的な問題に応えうる技術として注目を集めている。不斉有機塩基触媒はそのような有機触媒の一つであり、この触媒を用いた不斉分子変換反応は、基質となる低分子化合物を温和な反応条件下で直接的に光学活性化合物へと変換する環境調和型の有機合成技術である。この反応は、触媒による基質のプロトン引き抜き（脱プロトン化）によるアニオン中間体の発生を起点として進行する。そして、このプロセスの進行は触媒の塩基性に大きく依存する。しかしながら、一般に用いられる不斉有機塩基触媒は総じて塩基性が低く、そのため反応に適用可能な基質が酸性度が高い化合物に限られていた。そしてこの制限が、多様な光学活性化合物の合成を実現する上での大きな障害となっていた。

このような背景のもと、本研究では従来の触媒に比べて格段に高い塩基性を有する強塩基性の不斉有機塩基触媒、すなわち『不斉有機超強塩基触媒』を用いることで、これまで反応に適用することが困難であった酸性度が低い化合物を基質とする不斉分子変換反応を開発することに成功した（図１）。例えば、所属研究室で独自に開発した『キラルイミノホスホラン触媒』を用いることで、1,3-ジチアン誘導体のイミンへのエナンチオ選択的付加、直接マンニッヒ型反応による連続する四置換不斉中心の構築、ヘテロアレーンのα位直接不斉修飾など、これまでほとんど例のない高難度分子変換を実現した。また、独自の反応設計の基づくエポキシドとイミンの形式的不斉［３＋２］環化付加反応を開発し、光学活性含酸素五員環の新たな構築法を確立した。さらに、多様な不斉分子変換反応の開拓を指向して、新たな分子設計に基づく不斉有機超強塩基触媒の開発にも取り組んだ。そして有機超強塩基部位と基質認識部位の二つの異なる機能を持つ塩基性部位からなる『キラルグアニジン-ホスファゼン触媒』およびウレアのアニオン種の強塩基性とウレアの基質認識能を活用した『キラルウレエート触媒』という二種類の画期的な触媒の開発に成功した。

これらの成果は、不斉有機塩基触媒反応に適用可能な基質を大幅に拡充し、高難度分子変換を実現したということに加え、触媒分子への強塩基性の付与が新たな不斉有機塩基触媒反応の開発において極めて有効な手段となることを示す成果であり、その波及効果が期待される。今後、更に高性能な有機触媒を開発し、GSCの考え方に適合した環境調和型の次世代型分子変換の実現を目指す所存である。

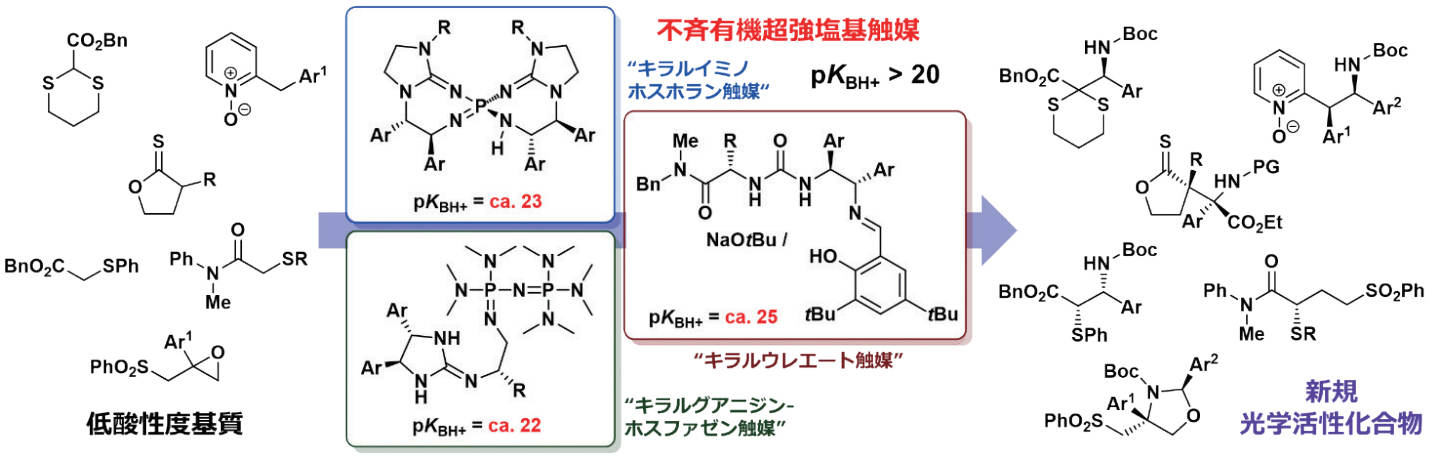


図１　不斉有機超強塩基触媒を用いた不斉分子変換反応

第１回GSCイノベーションプラットフォーム出版記念シンポジウム
～分離工学の革新がカーボンニュートラルにいかに貢献するか～

JACIではGSC活動の一環として、産学官連携による「イノベーションのゆりかご」となる新たな議論の場としてGSCイノベーションプラットフォーム（GSC-IPF）を2019年８月に設立しました。GSC-IPFでは、最初のテーマとして化学プロセスにおいて重要な位置を占める「分離工学」を設定し、産学官によるメンバーで議論を重ねてきました。今般、その成果を背景に執筆された書籍『化学技術のフロンティアシリーズ① サーキュラー・バイオエコノミーを支える分離技術』の出版を記念し、分離工学がカーボンニュートラルに果たす役割を議論するために、「第１回GSCイノベーションプラットフォーム出版記念シンポジウム」を４月15日に早稲田大学リサーチイノベーションセンター コマツ100周年記念ホールにおいて開催しました。

当日はオンラインでの参加も含め200名近くの皆様にご参加いただきました。島田広道氏（産業技術総合研究所 特別顧問・名誉リサーチャー）による開会の挨拶の後、松方正彦氏（早稲田大学 理工学術院 先進理工学研究科 応用化学専攻 教授、GSC-IPF座長）、川尻喜章氏（名古屋大学大学院工学研究科 物質プロセス工学専攻 教授）、小島秀藏氏（日揮ホールディングス株式会社 サステナビリティ協創部 オープンイノベーションチーム チームリーダー）、山口猛央氏（東京工業大学 科学技術創成研究院 化学生命科学研究所 教授）にご講演いただきました。最後にモデレーター遠藤明氏（産業技術総合研究所 研究戦略企画部 次長 PM サーキュラーエコノミー担当）による講師とのパネルディスカッションを行い、2050年のカーボンニュートラル達成にあたってのキーテクノロジーである「分離技術」について議論いただきました。

今回出版した書籍は、GSC-IPF活動の第１弾として「分離技術」に焦点を当て、約２年間、産学官の第一線でご活躍中の先生方に議論を行っていただいた成果を背景に、当該分野における多数の有識者によって執筆されたものです。カーボンニュートラル達成に向けた研究開発プランの立案や新規プロセスを構築する際の分離技術に関して辞書的にご活用いただければ幸いです。

（定価9,790円(税込)；　書籍販売サイト BookWay、Amazon、一般書店へのご注文にてご購入いただけます。併せて、電子書籍版も定価8,000円（税込）で販売中）

開会の挨拶（島田広道氏）

講演（松方正彦氏）

募集案内

第16回 STGA
GSC Student Travel Grant Award

- 対象者は大学院生及びこれに相当する学生
- 今回の募集対象会議は2023年に予定されている協会が指定するGSCに関する国際会議です。
  （例　ニュージーランドで開催予定の第８回GSCアジア・オセアニア会議
  8th Asia-Oceania Conference on Green and Sustainable Chemistry）
- 締切　2023年1月31日

JACIホームページからご応募ください　https://www.jaci.or.jp

第12回 新化学技術研究奨励賞
2023ステップアップ賞

- 新化学技術研究奨励賞
  化学産業界が必要とする技術課題を設定し
  その実現に貢献しうる新たな化学技術に関する研究を奨励
- 本年度の募集詳細は、協会HP（https://www.jaci.or.jp）に2022年12月掲載の予定です。
- 締切　2023年2月6日

編集後記

気候のよい時季はあっという間に過ぎてしまい、冷える日も多くなってまいりましたが、皆様いかがお過ごしでしょうか。日本でも出入国制限がコロナ禍以前のレベルまで戻され、外国からの来訪者が街中にも見かけることも増えてまいりました。皆で折り合いをつけつつ日本がより活気付くことを願います。

今年もあと２カ月となりましたが、JACIでは、STGA、新化学技術研究奨励賞を募集しておりますので、奮ってのご応募よろしくお願いいたします。

JACIニュースレター
発行
公益社団法人新化学技術推進協会（JACI）
〒102-0075 東京都千代田区三番町2
三番町KSビル2F
TEL：03-6272-6880
https://www.jaci.or.jp/
編集　JACI　総務部

JACIのGSCネットワークは、次の団体で構成されています。
（国研）科学技術振興機構、（一財）化学研究評価機構、（公社）化学工学会、（一社）化学情報協会、関西化学工業協会、（一社）近畿化学協会、合成樹脂工業協会、（公社）高分子学会、（公社）高分子学会高分子同友会、（公財）相模中央化学研究所、（国研）産業技術総合研究所、（一社）触媒学会、（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構、（独行）製品評価技術基盤機構、石油化学工業協会、（公社）石油学会、（公財）地球環境産業技術研究機構、（公社）電気化学会、（地独）東京都立産業技術研究センター、（公社）日本化学会、（一社）日本化学工業協会、日本吸着学会、（公社）日本セラミックス協会、（一社）日本塗料工業会、日本バイオマテリアル学会、（一社）日本分析機器工業会、（一社）日本膜学会、（一財）バイオインダストリー協会、（国研）物質・材料研究機構、（一社）プラスチック循環利用協会、（公社）有機合成化学協会、（国研）理化学研究所

禁無断転載