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

No.79 2021.11

HEADLINE

01 人々との出会いの効能
02 第20回GSC賞の紹介 奨励賞①
03 第20回GSC賞の紹介 奨励賞②
04 第20回GSC賞の紹介 奨励賞③
05 第20回GSC賞の紹介 奨励賞④
06 第20回GSC賞の紹介 奨励賞⑤
07 第14回STGA受賞者の紹介
08 募集案内 第15回STGA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。

人々との出会いの効能

理化学研究所
理事長 松本 紘

まとまって考える。そういった時間を確保することは容易ではない。ましてや、思考が逸脱しないよう、一つのテーマを考え続けることはとても難しい。のめり込み、思考し続けるにはトレーニングが必要なのだろう。

思考して得られた材料を、独自にまとめあげ、さらに思考を深めるにはどうしたら良いのだろうか。例えばソクラテスは、通行人を捕まえて問答を続け、思索を深めていったと言われている。ソクラテスのようにしつこく問答をすることはないが、私の場合も、自らの思考をまとめるには、他者とのコミュニケーションが助けとなっている。

特に、思考を「ぶつけ合うことができる関係性」は重要だ。真剣な議論になればなるほど、ともすれば相手を傷つけない。家族だから、信頼があるから、強い言葉や主張であっても受け入れる、受け入れてもらえることができる。互いに相手の本質、心根にある魂のようなものを感じ取れる「良縁」を、十数年の人生の中で、何人と構築できるか。こうした人々との出会いが、思考の深さと広さを決めているように思う。

私のような老人と若者とでは、心理状態も境遇もまったく異なる。これらは、そう交わることもない。昇る朝日と、沈みゆく夕日は、同じ太陽でも全く別物なのだ。こうした年代等に起因する価値観の違いを超えるために、以前は「向こう三軒両隣のコミュニティ」が役に立ってきた。これが失われた今、「本来はつながるべき人々」をつなぎなおす、新しい時代の触媒が必要ではないか。

確かに、現代社会は通信網を駆使して、時間や空間を超えて同じ情報にアクセスできる。コロナ禍は遠隔でのコミュニケーションを日常の当たり前に変えた。しかし、人の体温が全くない距離感で得られる「情報」は、「情けのある報せ」とは感じられないことが多い。彼の地で起きた不幸な事件に、我々がシンパサイズを持てないことに似ている。

化学という、原子・分子レベルからなり、環境やエネルギーといった地球全体のスケール、つまり万物に影響を与える学問の徒である皆さんが、良縁に恵まれることを祈念する。

第20回 GSC賞 グリーン・サステイナブル

奨励賞①

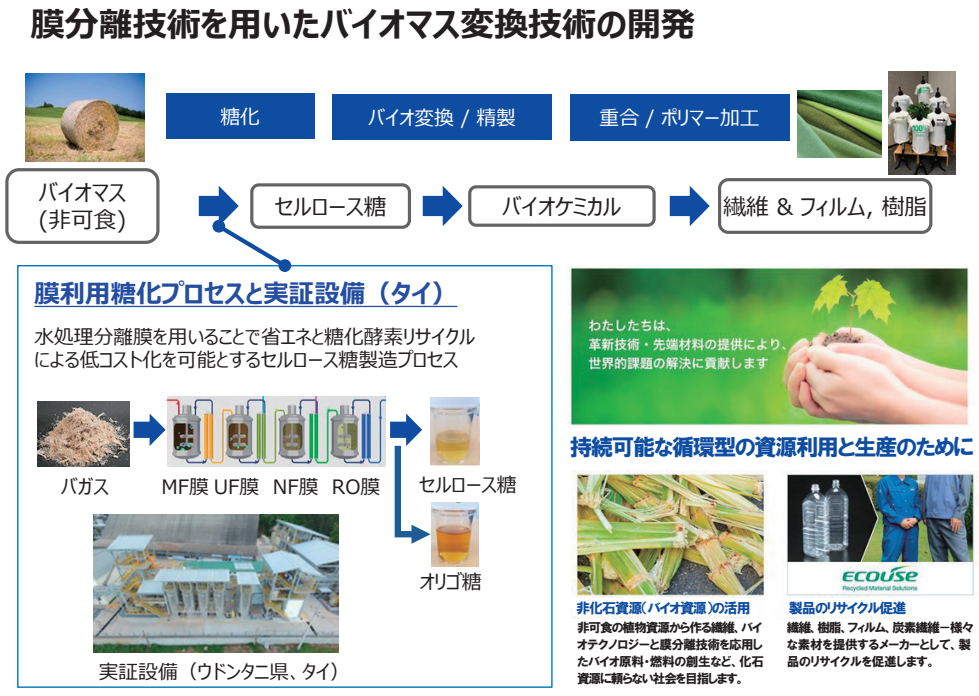
膜分離技術を用いたバイオマス変換技術の開発

東レ株式会社
舩田　茂行、小林　宏治、笠原　拓也、
栗原　宏征、山田　勝成

食糧資源と競合せず再生可能な非可食バイオマスを原料に、安価で高品質な糖を製造するバイオマス変換技術を開発した。本技術は膜分離技術を活用することで、比例費の高い酵素を回収・再利用し、膜でオリゴ糖・セルロース糖・発酵阻害物質を分離するとともに糖を濃縮することで品質の高い糖液を得ることができる。この２つの基本技術により、非可食バイオマスであるバガス（サトウキビ絞り滓）を原料に、品質の良いセルロース糖（発酵原料）と高付加価値品であるオリゴ糖（食品・飼料用途）を併産する技術を開発した。本技術は非可食バイオマスからケミカルやポリマー製造の道を開く基盤技術であり、GSC活動に貢献する技術である。

二酸化炭素の排出削減及び過度の化石資源への依存脱却の観点から、再生可能なバイオマス資源の活用は重要性が増しつつある。中でも「食糧資源との競合」という社会的側面から、将来は、非可食バイオマス（稲藁、コーンストーバーなど穀物収穫後の廃棄物として得られる食糧にならないセルロース系のバイオマス）の活用が不可欠となりつつある。

従来、非可食バイオマスから糖を作る工程で、１）セルロースを糖に変換する酵素の比例費が高い、２）バイオマス由来の発酵阻害物質によりコーン澱粉由来のグルコース（可食糖）なみの発酵効率が得られないという課題があった。そこで我々は、水処理で培った分離膜技術を複合的に活用した糖化プロセスを開発した。本プロセスは、１）糖化工程の残渣からの酵素回収・再利用、２）NF膜（ナノろ過膜）を用いた糖液の濃縮／精製に特徴がある。膜でオリゴ糖・セルロース糖・発酵阻害物質を分離するとともに糖を濃縮することができ、蒸発濃縮のみで濃縮する方法に比べて、50%のエネルギー削減が期待される。この２つの基本技術をベースとした複合分離膜システムにより、非可食バイオマスであるバガス（サトウキビ絞り滓）を原料に、品質の良いセルロース糖（発酵原料）を低コストで製造すると共に、高付加価値品であるオリゴ糖（食品・飼料用途）を併産することで経済性が向上する技術を開発した。このバイオマス変換技術は、非可食バイオマスからケミカルやポリマー製造の道を開くインパクトの高い基盤技術であり、また未利用バガスを有効活用することで、バガス堆積中に発生するメタンガス（温室効果ガス）を削減することができ、高いCO_2削減効果も期待される。本技術はNEDO国際実証事業に採択され、タイの製糖会社に原料バガス5,000トン／年の設備を設置して、三井製糖株式会社と共同で実証運転を行っている。今後は、当該バイオマス変換技術の普及を促し、再生可能資源を最大限に有効利用する社会の実現に貢献することでGSC活動を推進する所存である。



ケミストリー賞

奨励賞②

DDR型ゼオライト膜を用いた CO_2分離回収技術の開発

日揮グローバル株式会社
長谷川　裕晃、寺谷　彰悟
日本ガイシ株式会社
新野　真紀子、谷島　健二

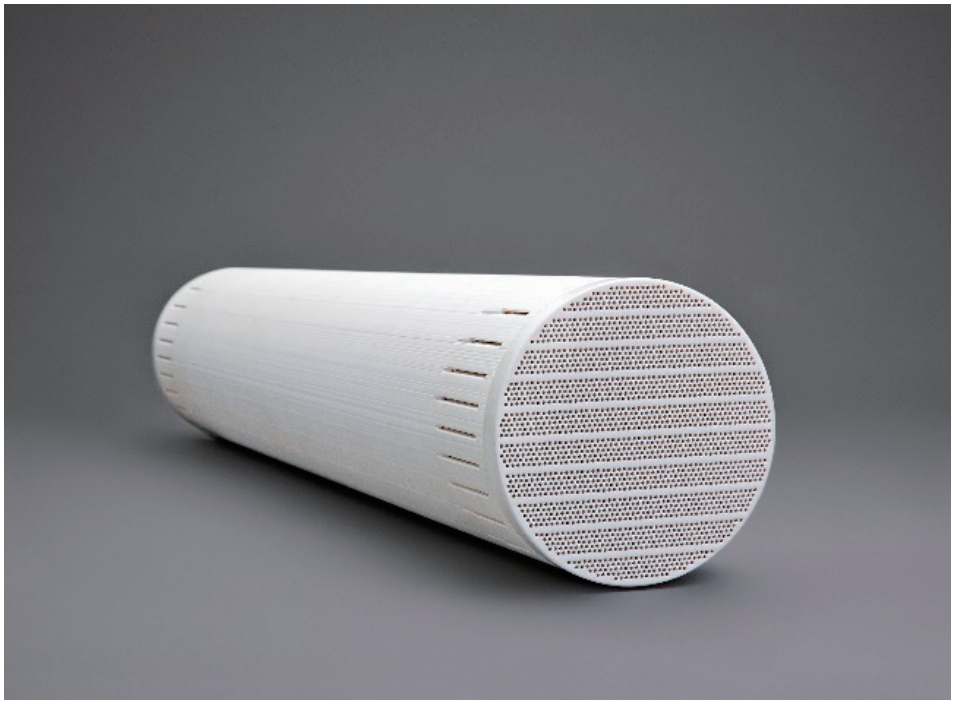
世界的にもCO_2の削減が求められる中、石炭等に比べるとCO_2発生量の少ない天然ガスやCO_2を活用して原油生産を行うCO_2-EOR（Enhanced Oil Recovery）等に注目が集まっている。それらの天然ガスやCO_2-EOR時に発生する随伴ガスにはCO_2が含まれているため、そのCO_2を効率的に分離回収する技術の必要性が高まっている。DDR型ゼオライト膜は従来の膜分離技術に比べてCO_2の高い選択分離性、耐久性などを有しており、前述するようなCO_2分離回収に適した技術であり、加えてCO_2を回収して貯留するCCS（Carbon dioxide Capture and Storage）、あるいは、回収されたCO_2を有効に利用するCCUS（Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage）に貢献できる技術である。

温室効果ガスを原因とする地球温暖化への対策が求められる中、化石資源由来のエネルギーから再生可能エネルギーへの転換が進められようとしている。その一方で人口の増加と経済発展に伴って世界のエネルギー消費量は増加の一途を辿っており、一部のエネルギーを従来の化石資源に頼らざるを得ない状況はまだしばらく続くであろうと考えられる。そのような中、同じ化石資源であってもCO_2発生量の少ない資源への注目が集まっている。例えば、天然ガスは石炭等に比べて発熱量あたりのCO_2排出量が小さく、発電等の燃料として積極的に利用がされている。また、CO_2-EORはCO_2を油層に圧入し、原油を増産する技術であるが、圧入されたCO_2の一部は油層に保持されるため、原油の増産とともにCO_2を地中に隔離することを可能とする。これらの開発において、従来よりもさらに効率的なCO_2分離技術が求められており、当研究グループではその一助とするべく、DDR型ゼオライト膜を用いたCO_2分離回収技術を開発している。

DDR型ゼオライトは、長径 0.44nm、短径 0.36nmの楕円型の均一な細孔を有しており、その細孔に比べて小さい分子径を持つ水素やCO_2は高い透過率を示すが、メタン等の分子径の大きな分子の透過率は低い。一方、従来から使われている高分子膜は高CO_2分圧環境下での耐久性およびCO_2/メタン分離係数の低さが課題となっている。

DDR型ゼオライト膜は特に高圧かつ高濃度CO_2を含む環境であっても高い耐久性を示し、また高分膜子に比べて高いCO_2/メタン分離係数を有する。そのため、現在高分子膜が抱えている技術課題を解決できる可能性がある。また、このDDR型ゼオライトを用いた膜エレメントは１本あたり12m^{2}の膜面積を有しており、大きな処理量が求められる天然ガス精製等に経済的にDDR型ゼオライト膜を利用できる可能性が見出された。

このDDR型ゼオライト膜を用いたCO_2分離回収技術は既にラボレベルにおけるデータを取得済みであり、これから商業的利用を示すことを目的として実証試験を実施する。米国テキサス州の油田から産出される随伴ガス３MMSCFDを処理する実証試験の準備を進めており、この実証試験を経て商業化となる予定である。（当該実証試験は、独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構の支援のもと実施しており、同機構のDDR型ゼオライト膜開発への協力に謝意を表する）



DDR型ゼオライト膜エレメント（写真提供：日本ガイシ株式会社）

第20回 GSC賞 グリーン・サステイナブル

奨励賞③

CO_2メタン化反応の低温化触媒とCO_2メタン化ー水電解連携システムの確立

国立研究開発法人　宇宙航空研究開発機構
島　明日香

有人宇宙開発では、生存に欠かせない酸素を、人の排出するCO_2の化学変換で再生する研究が進んでいます。一方、今日の地上社会では、炭酸ガス（CO_2）の活用が世界的に注目されており、再生可能エネルギーから水素を生成し、更にCO_2と反応させてメタンを合成する技術が期待されています。本研究では、従来よりも低温下で高効率CO_2メタン化反応を可能とする触媒の創製、およびメタン化反応で生じる熱を利用可能な液相の水電解装置の確立を軸に、これらを組み合わせたCO_2メタン化ー水電解連携システムの創出に成功しました。本成果は、持続可能社会に向け、地上／宇宙を問わず、将来のカーボンニュートラルな環境づくりに貢献できると期待されます。

筆者が普段関わる有人宇宙開発では、宇宙飛行士の生存に欠かせない酸素を、人体より排出されるCO_2の化学変換で得る技術の研究開発が活発に進んでいます。他方、地上では増え続けるCO_2を活用するCarbon dioxide Capture and Utilization（CCU）の気運が世界的に高まっています。この二つの分野でそれぞれ注目が集まっているのが、再生可能エネルギーによる水電解で得られる水素とCO_2からのメタン合成です。

発熱反応であるCO_2のメタン化は、熱力学的には低温下ほど有利になりますが、速度論的には進行しにくい性質があります。そのため、本反応は一般に300℃以上の温度域での運用を余儀なくされ、特に反応初期には外部からの熱投入を要しつつ、大きな生成熱の制御も欠かせず、系全体のエネルギー収支の最適化には課題があります。

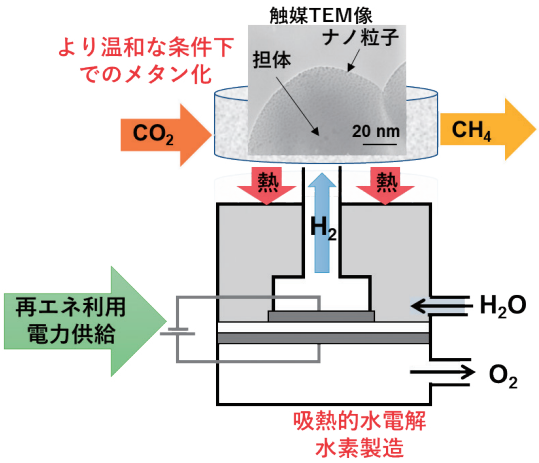
これに対し、本研究では「メタン化反応の発熱を水素生成過程である水電解で吸熱的に利用し、投入エネルギーの最小化を可能とするデバイスの創出」を構想しました。具体的には、約220℃で高転化率なメタン化反応を維持し、その発熱を水電解で吸熱的に活用する連携システムとすることで、最適なエネルギー利用効率が発揮できることをエクセルギー計算から見出し、これを実現するCO_2メタン化－水電解連携システム（以下、「一体化デバイス」）の確立を目指しました。

メタン化反応では、貴金属ナノ粒子を金属酸化物との同時担持で微細化することで、上記「約220℃での高転化率メタン化反応」を可能とする触媒の製造に成功しました。加えて、担持された貴金属ナノ粒子がもたらす特異的な反応機構によって、本触媒系が化学量論量を下回る水素供給下（有人宇宙利用で想定される反応条件）でも、選択的にCO_2をメタン化することも見出しました。水電解では、メタン化反応からの熱入力を電気分解に取り入れるべく、電解に用いる水を循環させない加圧水供給式水電解セルの開発を行いました。

これら要素研究を踏まえ、メタン化反応槽を電解セルのエンドプレート内に有する一体化デバイスを製作し、最終目標である水電解への投入電気エネルギーの低減を実現するとともに、大型化への拡張性や熱的自立性を数値解析的に実証しました。一体化デバイスは起動時の必要エネルギー低減と、メタン化反応の生成熱を液体の水電解に利用することで系全体の投入電気エネルギーの削減を可能とすることを示したのです。

以上の研究成果は、持続的水素生成からメタン合成までを一貫したプロセスとして実現する画期的な技術です。地上／宇宙を問わず、将来のカーボンニュートラルな環境を支える技術として、今後発展させていきたいです。

※本研究は、JST-CRESTによる助成を受けて実施されました（JPMJCR1442）。また、各関係機関の皆様には、本研究開発におけるご支援に心より感謝申し上げます。



製造した一体化デバイス

©JAXA

ケミストリー賞

奨励賞④

未利用廃棄バイオマスを原料とする環境調和型機能材料の創出

東京農工大学　准教授
兼橋　真二
kanehasi@cc.tuat.ac.jp

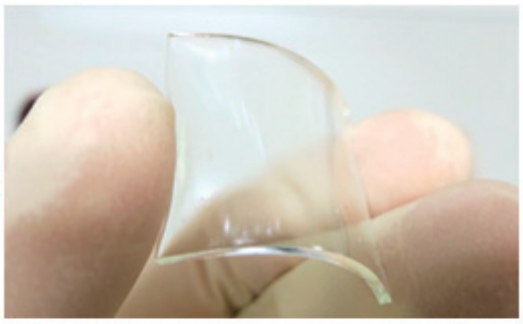
2050年までのカーボンニュートラル社会の構築とサーキュラーエコノミーの実現に向け、オイルベース社会からバイオマス利用社会との共存へのパラダイムシフトが求められている。本研究では、未利用な非可食資源である天然フェノール性の植物油を原料とする新規な環境調和型な機能性バイオマスプラスチックの創出を目的として、ホルムアルデヒドや重金属触媒を用いない光硬化反応、酸化重合を利用した新規機能材料を創出した。これらの研究成果は、未利用かつ非可食資源の有効利用技術として、GSCの推進と発展に貢献することが大いに期待される。

2019年の環境省のプラスチック資源循環戦略に従い、基本原則に３R（Reduce, Reuse, Recycle）にRenewable（持続可能な資源）としていることから、再生可能資源の有効活用がますます重要になっている。特に、将来的な食糧との競合の恐れのない非可食な未利用廃棄資源の有効活用に大きな期待が高まっている。

本研究では、未利用な非可食資源である天然フェノール性植物油に着目した。天然フェノール性化合物は、紫外線吸収特性や抗酸化作用、抗菌活性をはじめとする興味深い特性を有する。なかでも廃棄資源であるカシューナッツ殻には、フェノール性化合物からなる植物油が含まれている。現状、ホルムアルデヒドや重金属触媒、揮発性有機化合物（VOC）を使用してフェノール樹脂、エポキシ硬化剤、微粒子、塗料等が製造されている。これらの化合物は環境や人体に負荷のある化学物質である。これに対し本研究では、天然フェノール植物油の特長をさらに活かすべく、環境調和な機能性バイオマスプラスチックの創出を進めている。フェノール部位を種々の反応性官能基へと化学変換し、光硬化反応や酸化重合を利用することで、ホルムアルデヒドや重金属触媒を使用せず、さらに材料成形時にVOCを使用しない革新的な環境調和なバイオマスプラスチックの開発に成功した。これらの材料は、短時間での材料形成が可能であり、さらに350℃までの耐熱性や耐薬品性、大腸菌や黄色ブドウ球菌に対する抗菌活性、光学的に無色透明かつしなやかな特長をもつ。さらに現在の取り組みの社会実装に向け、産学連携体制の構築、ASEAN地域をはじめとする資源を有する海外との国際協同展開を積極的に進めている。

これらの研究成果は、未利用かつ非可食資源の有効利用技術として、環境調和をベースとした各種機能性を有する新規なバイオマスプラスチックの創出に大きく貢献するものであり、学術界のみならず産業界にも大きな波及効果が期待できるものである。このように本研究は、昨今のプラスチックが引き起こす諸問題のみならず、地球温暖化の解決に向けた新規な未利用・非可食資源由来の機能性バイオマスプラスチックの研究開発を通し、GSCの推進と発展、2050年のカーボンニュートラル社会の実現にむけて、大きく貢献するものである。

未利用・非可食資源



環境調和な機能性
バイオマスプラスチック

第20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

アミン・アミノ酸類の環境調和型新規触媒的合成法の開発

九州大学大学院薬学研究院
講師　森本　浩之
hmorimot@phar.kyushu-u.ac.jp

アミンやアミノ酸類は、医薬品をはじめとした窒素原子を含むファインケミカルズ合成における重要な構成素子であり、その環境調和型合成法の開発が望まれている。本研究では、新たな触媒技術を用いて、従来廃棄物の副生や不要な保護基の使用が不可避だったアミンやアミノ酸類を、廃棄物を可能な限り低減化した環境調和型反応で合成可能とした。また、合成原料の１つである無保護ケチミンの新規触媒的合成法を開発し、ワンポット反応を活用することで、中間体を単離せずに様々な窒素原子を有する有用化合物を合成可能であることを実証した。

アミンやアミノ酸類は、医薬品をはじめとした窒素原子を有するファインケミカルズ合成における重要な構成素子であり、その効率的な合成法の開発が望まれている。しかし、その合成には従来廃棄物を副生する手法が用いられており、環境調和性の点で改善が望まれていた。また、多くの場合反応性や選択性の制御を容易にするために窒素原子上に保護基が使用されており、保護・脱保護の工程が必要な点にも改善の余地を残していた。

これらの課題に対し本研究では、新たな触媒技術を用いて、従来廃棄物の副生や保護基の使用が不可避だったアミンやアミノ酸類を、廃棄物を可能な限り低減化した環境調和型反応で合成可能とした（図１）。まず、プロトン移動のみで進行する原子効率100%の触媒反応を用いて、様々な非天然α－アミノ酸類の環境調和型合成法を確立した。本研究では、詳細な反応機構解析から見いだされた触媒活性種前駆体を用いることで、より少ない触媒量で非天然α－アミノ酸類を合成することに成功した。

次に、反応性や選択性の制御が困難なためにこれまで利用されてこなかった、窒素原子上に保護基を持たない無保護ケチミンに対する様々な触媒的求核付加反応を開発した。本研究では、無保護ケチミンを適切に認識・活性化可能な触媒を選択することにより、高い収率および立体選択性で目的の無保護アミン・アミノ酸類が得られた。これにより、これまで必要であった窒素原子上の保護基の着脱を不要とする、無保護アミン・アミノ酸類の環境調和型新規触媒的直接合成法が実現できた。

さらに、上記反応の基質である無保護ケチミンの効率的な新規合成法の開発に取り組み、入手容易な市販の触媒および窒素源を用いた実用的な無保護ケチミンの直接合成手法を確立した。本合成手法は10グラムスケールでの合成に適用可能であり、生成物を蒸留精製することで廃棄物を低減化することが可能だった。加えて、得られた無保護ケチミンを単離することなくそのまま次の反応に使用することで、様々な窒素原子を有する有用化合物へと変換可能であることも実証した。

以上のように、本研究ではアミンやアミノ酸類の様々な触媒的合成法を開発し、窒素原子を有するファインケミカルズの環境調和型新規合成手法を確立した。これらの成果は、合成プロセスにおける省資源・省エネの実現や副生成物・廃棄物の発生量低減に貢献できることから、GSCの観点からも持続可能な社会の構築に大きな進展をもたらすことが期待される。今後は本研究をさらに発展させ、様々なアミンやアミノ酸類の環境調和型合成法へと展開していきたいと考えている。

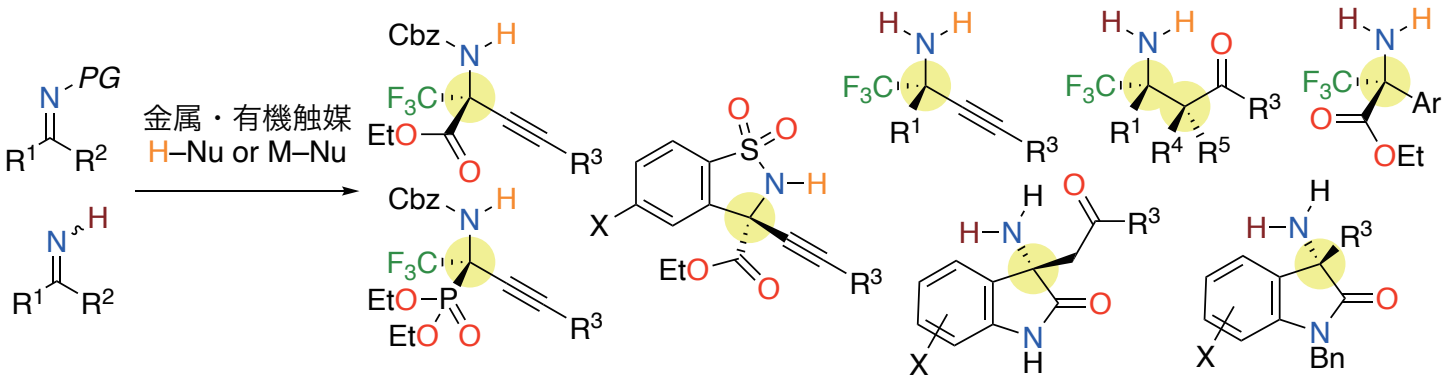


図１　アミン・アミノ酸類の環境調和型新規触媒的合成法

JACI NEWS LETTER
Japan Association for Chemical Innovation

第14回 STGA受賞者(GSC Student Travel Grant Award)

2020年11月に第14回STGAの応募が始まり、多数の応募の中からGSCに関する優れた業績が認められた６名が選出されました。受賞者は2021年12月16日から21日にハワイで開催されるPacific Basin Societies 2021 (Hybrid Congress) に参加されます。第14回GSC STGA受賞者６名の方々からのメッセージをご紹介します。

（敬称略、学年は2021年４月時点）

王　佩芬　弘前大学大学院理工学研究科 D3

「低結晶度を有する高効率な新規有機揮発物低温除去触媒の開発」

本研究では、より多くの欠陥を有する低結晶化度の遷移金属酸化物触媒を開発し、大気中の有害な揮発性有機化合物（VOC）の低温完全酸化を実現した。この度は第14回STGAに選出され、大変嬉しく存じます。ご支援いただきました新化学技術推進協会をはじめとする関係者の方々に深く御礼申し上げます。

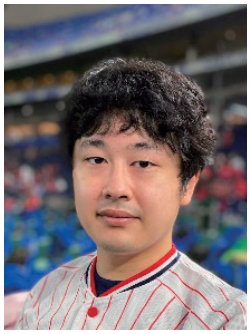
野上　周嗣　横浜国立大学大学院理工学府 M2

「PEM型リアクターを利用したPtPd/C触媒によるアルキン類の選択的部分水素化反応」

第14回STGAに選出していただき、大変光栄に思います。第14回STGAへの応募は、本研究のGSCに関連する意義を再考する良い機会となりました。国際会議ではより広いGSCの視点を獲得したいと思っています。第14回STGAの受賞につきまして、この場を借りて御礼申し上げます。

竹井　大輔　東京大学大学院工学系研究科 D2

「固体触媒の精密設計による触媒的C–H結合活性化を鍵とした環境調和型脱水素反応の開発」



この度は第14回STGAに選出していただき、新化学技術推進協会をはじめとする関係者の方々に厚く御礼申し上げます。C–H結合活性化への固体触媒の適用は真にGSCに寄与するプロセス開発です。Pacifichemにおいても固体触媒によるC–H結合活性化を広める発表をする所存です。

本間　諒　神奈川大学大学院理学研究科 D3

「アルカリ条件下でのポリフッ化ビニリデンの亜臨界水分解」

この度は第14回STGAに選出して頂き誠にありがとうございます。全世界でのフッ素ポリマー生産量の増加に伴い、その廃棄物の分解・再資源化の需要が高まってきています。Pacifichem 2021では、世界各国の参加者に本研究の重要性を伝えていきたいと思います。

門田　哲弥　九州大学大学院薬学研究 D1

「窒素上無保護ケチミンに対する触媒的不斉Strecker反応の開発」

この度は、第14回STGAに選出して頂き誠に光栄に思います。今年度のPacifichemへの参加でGSCを志向した化学反応についての知見を深め、国際的な研究者として一回り成長したいと考えています。最後に、今回の受賞につきまして、新化学技術推進協会の皆様にこの場をお借りして心より御礼申し上げます。

土居内　大樹　九州大学大学院理学府 D2

「水を定量的酸素源とする触媒的C–H酸化反応」

この度は、輝かしい賞を頂戴し、誠に光栄です。今回、水の保全を目的に、水の酸素を無駄なく、C–H結合に固定化することに成功しました。本成果は国際学会にて発表し、議論を深め、研究の発展に繋げたいと思います。最後に、本受賞につきまして、JACIの方々に御礼申し上げます。

募集案内

第15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2022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　2022年1月31日

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

第11回 新化学技術研究奨励賞
2022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（http://www.jaci.or.jp）に2021年12月掲載の予定です。**
- 締切　2022年2月予定

編集後記

急に寒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。気が付けば今年もあと２カ月となりました。コロナ感染の繰り返す波の中、東京オリンピックも駆け足で過ぎ去り、日々新しいテーマを模索しているうちに、あっという間に1年が過ぎてしまいそうです。毎日の忙しさを振り返った時、自身の成長が実感できるようにありたいですね。JACIでは来年に向けて、GSC賞、STGA賞、新化学技術奨励賞と募集が始まっておりますので、引き続き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
http://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、(一財)総合研究奨励会、(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

JACI

禁無断転載