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

No.80 2022.1

HEADLINE

01
地球と共存する化学

02
GSC話題
産総研における「ゼロエミッション国際共同研究センター」の取り組み

04
研究最前線①
固体高分子電解質電解技術に基づく新たな有機電解合成プロセスの構築

06
研究最前線②
ゼオライト水熱転換法による新規多孔質結晶の創製

07
JACI事業紹介
初の早慶ジョイントCPGを開催

08
第11回JACI/GSCシンポジウム開催のお知らせ

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。

地球と共存する化学

公益社団法人日本化学会
会長 小林 喜光

明けましておめでとうございます。年頭にあたり、新化学技術推進協会の皆様にご挨拶申し上げます。

昨年は日本の社会全体でカーボンニュートラル実現に向けての議論が加速し、まさに「カーボンニュートラル元年」とでも言うべき年でした。4月に政府は「2030年度に温室効果ガス排出を2013年度比で46%削減する」と目標設定しましたが、これはCO_2等量で2019年度比4.5億トンもの削減が必要であることを意味し、大変困難なハードルです。10～11月には英国グラスゴーでCOP26が開催され、「グラスゴー気候合意」では温室効果ガスの排出削減対策のとられていない石炭火力発電の段階的削減へ努力するとしました。当面は太陽光発電、風力発電、電気自動車など予測可能な技術を普及拡大する取り組みが主となるでしょうが、電源構成の3割を石炭火力に頼る日本では水素やアンモニアの燃料活用も着実に推進していく必要があります。

一方で2050年のカーボンニュートラル実現には、人工光合成やダイレクトエアキャプチャーなど飛躍的なイノベーションの社会実装が欠かせません。「錬炭素術」ともいえる「化学」に携わる我々は、「カーボンの細工師」としてCO_2そのものを炭素資源に再利用する「循環炭素社会」の構築に貢献していく使命があり、一丸となって取り組んでいく必要があります。そのきっかけの1つとして昨年の化学の日（10月23日）に、カーボンニュートラルの実現をテーマにしたパネルディスカッションを6つの化学系学協会（化学工学会、高分子学会、触媒学会、日本化学会、日本化学工業協会、有機合成化学協会）で共同主催しました。パネリストとしてご登壇いただいた各学協会の会長や副会長の方々と、化学が担う役割、学協会・地域・異分野の連携の必要性などについて議論を重ねました。私たち日本化学会はこのような取り組みを今後も継続し、多くの学協会の皆様とともに地球規模の課題の解決に向けて貢献していく所存です。

GSC話題

産総研における「ゼロエミッション国際共同研究センター」の取り組み

産業技術総合研究所　ゼロエミッション研究戦略部　研究企画室長　近松 真之

エネルギー・環境の技術開発は、社会実装までに長時間を要し、コスト低減に向けた開発リスクが大きい。政府が2020年１月21日の統合イノベーション戦略推進会議で決定した、日本と世界の二酸化炭素排出削減を目指す「革新的環境イノベーション戦略」の中で、産総研ゼロエミッション国際共同研究センター（GZR）は、「世界に先駆けて革新的技術を実現していくため、世界の叡智を結集する」、「G20の研究者12万人をつなぐプラットフォーム拠点となる」と位置付けられている。

GZRは、産総研臨海副都心センターに本部を、つくば西事業所に研究拠点を設置し、研究活動を行っている。2021年11月１日時点で、研究員（兼務者を含む）、サポートメンバーを含めて総計287名、10チームで研究を推進している。この10の研究チームが、「CO_2フリー電源」、「CO_2フリー燃料」、「CO_2リサイクル」などの研究開発や、資源循環や環境・社会評価などの「基盤的・横断的テーマ」の研究に取り組んでいる（図１）。以下に、各チームの主な研究テーマを示す。

- 「有機系太陽電池研究チーム」: 再生可能エネルギーの主力電源化を推進するため、超軽量・高効率な次世代型太陽電池（ペロブスカイト太陽電池）の開発を行う。
- 「多接合太陽電池研究チーム」: 人工衛星など用途が限られていた多接合太陽電池の低コスト化や、既存の太陽電池の軽量化・小面積大容量化などの研究開発を行う。
- 「熱電変換・熱制御研究チーム」: 無駄のないエネルギーの活用を推進するため、未利用熱を利用価値の高い電気に直接変換できる熱電変換材料・技術を開発する。
- 「電気化学デバイス基礎研究チーム」: 蓄電池や燃料電池、電解装置などゼロエミッション社会に欠かせない電気化学デバイスを、ナノレベルまで調べることで劣化原因などを突き止める。
- 「人工光合成研究チーム」: 太陽光を化学エネルギーに変換する人工光合成技術について、技術の普及を図るために、経済合理性の高い製造方法を研究する。
- 「水素製造・貯蔵基盤研究チーム」: CO_2排出量を大幅に削減するため、水素製造・貯蔵・利用技術を開発する。
- 「エネルギーキャリア基礎研究チーム」: CO_2有効活用技術として、CO_2とギ酸・メタノールとの相互変換によるエネルギー（水素）貯蔵技術の研究開発を行う。
- 「CO_2資源化研究チーム」: CO_2を分離回収することで、資源として有効利用するための技術を開発する。
- 「資源循環技術研究チーム」: リチウムイオン二次電池（LIB）、希土類磁石、触媒などの原料となるレアメタル・貴金属の資源制約解消のために、高効率かつ低環境負荷での分離回収技術を開発する。
- 「環境・社会評価研究チーム」: CO_2大幅削減に向けたシナリオを作成するため、新規エネルギー技術の普及がもたらす影響を評価する。

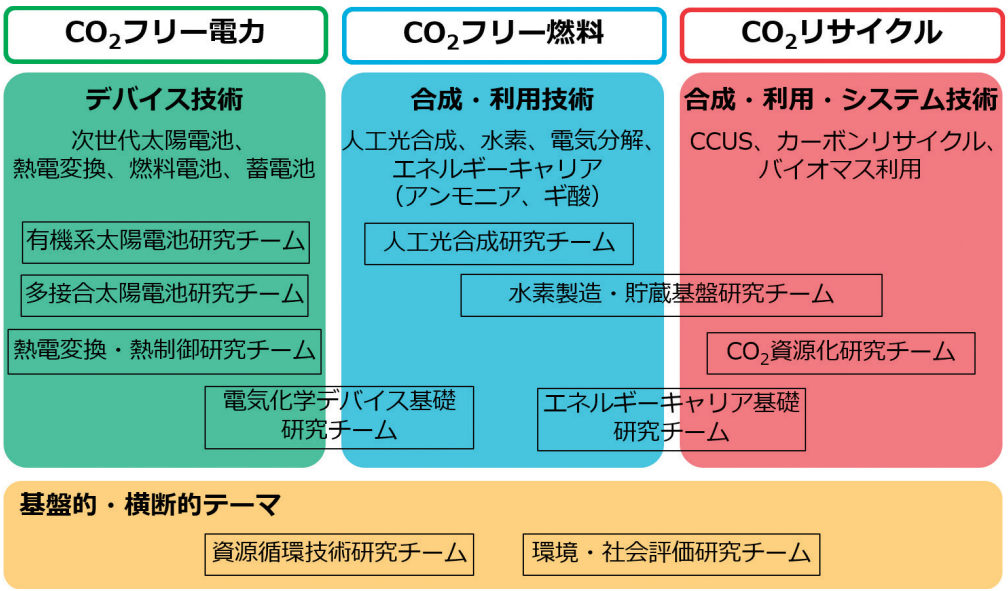


図１　GZRの研究チームとテーマ

GSC話題

産総研ゼロエミッション国際共同研究センター（GZR）は、2020年1月29日に設立され、2019年ノーベル化学賞を受賞した吉野彰博士が研究センター長を務めている。GZRはグリーンイノベーション創出に向けたプラットフォーム拠点として、水素、カーボンリサイクル、エネルギーデバイス等の分野で基盤技術開発を実施している。本稿では、GZRの組織体制と研究テーマ、国内外との連携、現在の活動状況を紹介する。

日本政府は2020年10月、従来の2050年温室効果ガス80％削減目標をさらに前進させ、2050年カーボンニュートラルの実現を目指すと宣言した。さらに2021年４月には、2030年度に温室効果ガス46%削減を目指すという新たな目標も掲げた。上記の目標達成には、相当な困難が予想されるが、GZRではこの社会課題解決のため、以下の３つのテーマを強化して取り組む。

テーマ１：再生可能エネルギーの主力電力化
テーマ２：再生可能エネルギーの貯蔵・輸送とカーボンリサイクル
テーマ３：ネガティブエミッション技術

テーマ１は、ペロブスカイト太陽電池など次世代太陽電池であり、2030年度の目標達成に向けて、重点的に取り組む必要がある。テーマ２は、人工光合成や水素/カーボンリサイクルなどであり、経済合理性のある再エネサプライチェーンの構築が必要となる。テーマ３は、農業分野、工業分野などのうち、電化、省エネではどうしても脱炭素化できない分野のためのイノベーション技術である。具体的には、直接大気回収・貯留（DACCS））、バイオエネルギーCCS（BECCS）などが挙げられる。テーマ２，３は、2050年の目標達成のため、中長期的に取り組む必要がある。

また、国内外のさまざまな関係主体との連携強化のため、国際会議Research and Development 20 for Clean Energy Technologies（RD20）や、東京湾岸ゼロエミッションイノベーション協議会（ゼロエミベイ）と連携した活動・成果発信を行っている。RD20は、G20各国のカーボンニュートラル分野の研究機関のリーダーによる会議を開催し、各機関の研究開発の活動・経験・アイディアを交換するとともに、新たな国際共同研究の可能性を追求している[1]。ゼロエミベイは、東京湾岸を世界初のゼロエミッション・イノベーションエリアとすることを目指して、産学官の関係者の連携強化、研究開発・実証プロジェクトの企画・推進、エリアマップを活用した情報発信などを行っている[2]。

GZRは、カーボンニュートラルの実現に向けた研究開発を実施し、成果を挙げるとともに、ゼロエミベイ、RD20等の活動を通じて国内外のゼロエミッション技術のハブ拠点として、今後も連携や情報発信を進めていく（図２）。

[１] https://rd20.aist.go.jp/ja/
[２] https://unit.aist.go.jp/gzr/zero_emission_bay/

図２　2050年ゼロエミッション社会のイメージ

研究最前線①

固体高分子電解質電解技術に基づく新たな有機電解合成プロセスの構築

横浜国立大学大学院工学研究院　教授　跡部 真人

サステイナブルケミストリーの概念とカーボンニュートラルの重要性が世界的に認知され、省エネかつ環境に調和した物質合成法が重要視されるようになってきた。有機電解反応は電極と電解液に溶存する有機基質間との直接電子移動に基づく酸化還元プロセスであることから、重金属などを含む酸化還元剤を必要としない環境にやさしい電子移動プロセスであると言える。また、反応は電気エネルギーにより駆動されることから、常温・常圧といった温和な条件で実施でき、さらに再生可能エネルギー由来の電力を組み合わせることにより持続可能な社会構築への貢献も期待される。このような原理的特長から有機電解プロセスがサステイナブルケミストリーの一翼を担うものとして、再び脚光を浴びている。しかしながら、有機電解反応にも解決すべき課題がいくつか残されている。例えば、イオン伝導性を溶液に付与するために支持電解質を加える必要がある。そのため、反応後の分離精製操作が煩雑化する上、支持電解質が溶解しにくい非極性溶媒は不適であり、基質適用範囲も限定される。また、反応場が電極表面のみとなるため、生産性の面で不利になる。加えて、作用極と対極との間に生じる溶液抵抗によりエネルギー効率の低下を招いてしまう。これらの課題を解決するものとして、著者らは燃料電池にも採用されている固体高分子電解質電解技術、とりわけプロトン交換膜（PEM: Proton Exchange Membrane）形リアクターの利用を着想した。図１に示すように、このリアクターの電極にはカーボン担持ナノ金属触媒が用いられており、三次元的な反応場による大きな反応表面積が提供されている。また、反応をフロー方式で実施できることから電解反応における生産面での欠点を克服することができる。さらに陽・陰極は交換膜だけで隔てられた、いわゆるゼロギャップ構造を有していることから溶液抵抗によるエネルギー

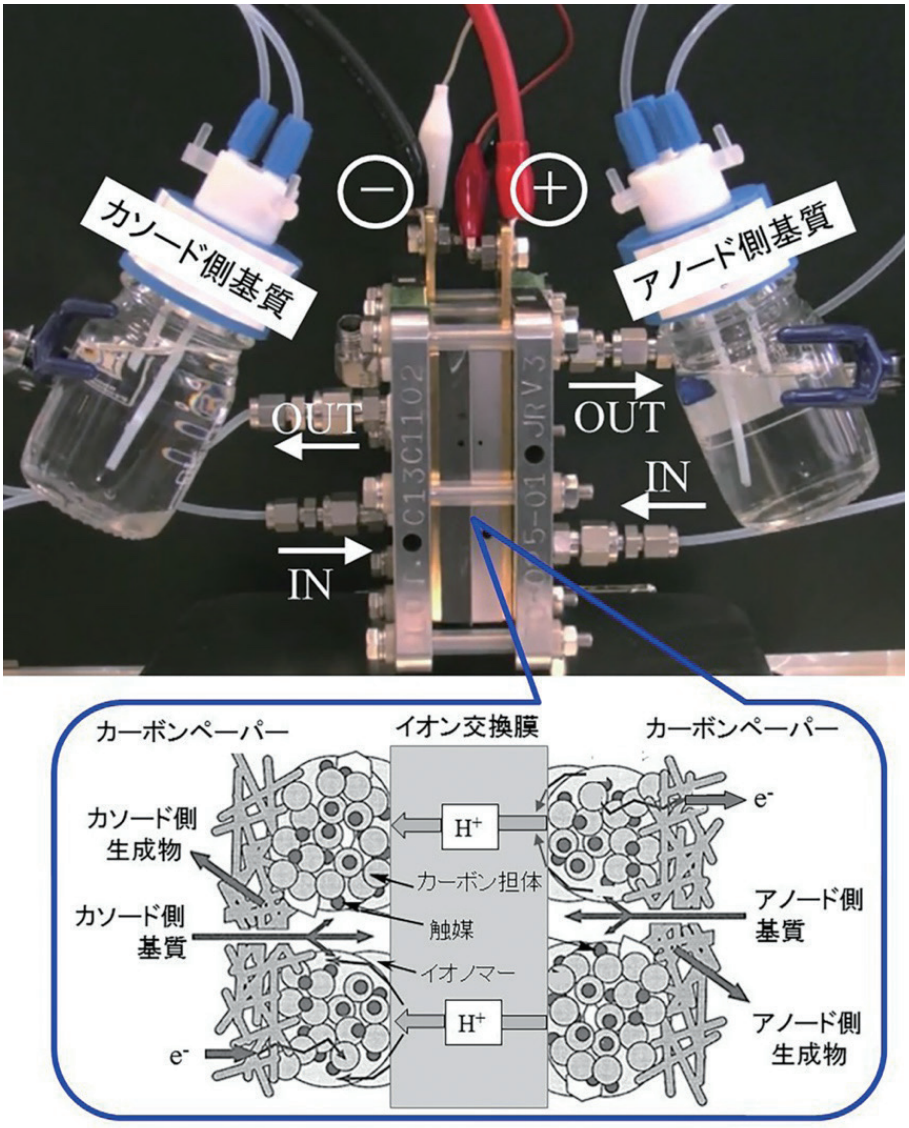


図１　燃料電池を模したPEM形リアクター

近年基礎化学品の生産手段として、有機電解合成への期待が高まりつつある。これは電解反応が環境調和性や省エネに優れた反応プロセスとの認識が進んだことによるものと考えられる。本稿ではグリーン社会の実現を見据え、著者らが先駆的に開発を進めている固体高分子電解質電解技術を用いた有機電解合成について紹介する。燃料電池にも採用されている本技術を利用することで、選択性に優れた各種有機基質の電解水素化反応が実施できることが明らかとなった。

ロスもほとんど生じない。加えて、膜自体がイオン伝導媒体の役割を果たすので、従来の電解反応で必要とされる支持電解質が不要となる点も本リアクターの大きな特長である。本電解技術は、起動停止追従性にも優れていることから、変動電源である再生可能エネルギーとの親和性も高い。また、プロトン源として水の電解酸化を原理的に利用できることから水素ガスを用いない安全かつコンパクトな水素化システムの構築が可能である。

以上のような構成によりPEM型リアクターでは、原理的にカソードで有機化合物の還元や水素化、アノードでは有機化合物の酸化や酸素官能基化が実施できる。著者らはカソード側の水素化反応に着目し、種々の反応基質に対してPEM型リアクターによる電解水素化を試みた。PEM型リアクターによる電解水素化は、アノードでの水あるいは水素などの酸化によって生成するプロトンを、PEMを介してカソード側に移動させ、これをカソード触媒上で活性水素種に還元、有機基質と反応させることで進行する。しかも、触媒金属種や電位の選択により、例えばアルキン類の電解水素化では、シス体のアルケンのみを選択的に合成することも可能になる（図２）[1)]。また、二置換ベンゼン類の電解核水素化でも対応する二置換シクロヘキサンを立体選択的に与えることも明らかにされた[2)]。しかも、カルボキシル基のような還元されやすい官能基を有する場合でも、電解条件を選ぶことによりベンゼン環のみを水素化できることも見いだされた[3)]。さらに、適当な不斉配位子を吸着させた金属触媒を用いれば α,β−不飽和カルボン酸類などの反応基質を不斉水素化できることも明らかにされた[4)]。

最後に、本稿を通じて固体高分子電解質電解技術を用いた有機電解合成法がグリーン社会の実現を見据え満を持していることを読者の皆様にご認識いただければ無上の喜びである。

【参考文献】
1）ACS Susutain. Chem. Eng., **7**, 11050（2019）.
2）Chem. Lett., **45**, 1437（2016）.
3）Org. Biomol. Chem., **19**, 7363（2021）.
4）Electrochem. Commun., **115**, 106734（2020）.

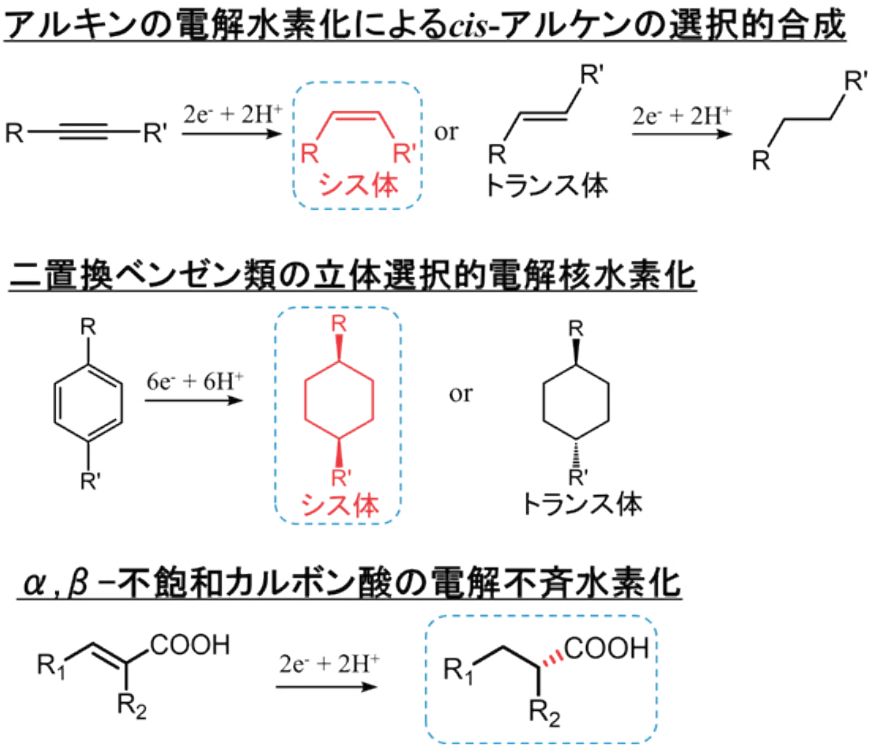


図２　PEM形リアクターによる電解水素化の実施例

研究最前線②

ゼオライト水熱転換法による新規多孔質結晶の創製

岐阜大学　工学部　准教授　小村 賢一

SDGsへの取り組みや政府によるグリーン成長戦略などを通して、環境に対しての世間の関心が高まり、産官学が一体となった「持続可能な社会への貢献」を目的とする化学技術開発が加速している。なかでも多孔質材料であるゼオライトは、低環境·低エネルギーを指向した環境技術において、無視できないキーマテリアルである。本稿では、当研究室が取り組んでいる新しい多孔質結晶の合成について、その紹介を踏まえ、この化学が今後の技術と連携し、将来期待している科学的課題を紹介したい。

ゼオライトの合成は、鋳型分子である有機物（OSDA）を添加した原料ゲルを調製後、自己加圧下で結晶化させる水熱合成法が主流となっている。多種多様なOSDAをデザインし使用することで、これまでに数多くのゼオライトが合成され、250種類以上の幾何構造が異なるゼオライトが承認されている。歴史的背景からアルミノケイ酸塩を中心とする合成ゼオライトの研究が行われてきたが、ゼオライト化学の学術的な発展と相まって、多様な合成法による種々の化学組成をもった多孔質材料が開発され、応用されている。

新しい合成アプローチとして「ゼオライト水熱転換法」が注目されている。水熱合成法では、無機原料として非晶質のゲルを使用するが、本手法は多孔質結晶であるゼオライト自身を出発原料として、異なるゼオライトを合成する手法である。一つの特徴として、使用するゼオライトの骨格構造が、生成するゼオライトの構造に局所的に反映される場合がある。この点に着目し、有機物を添加しない汎用ゼオライトの経済的な合成法などが開発されている。

当研究室では、アルミノリン酸塩系ゼオライトで最もポピュラーな$AlPO_4$-5を原料とした水熱転換により、新しい骨格構造をもつ多孔質結晶（GAM-2）を合成した。また、このGAM-2中に内包する有機物を焼成により除去したところ、さらに骨格構造が変化して新規ゼオライトであるGAM-3を得た。$AlPO_4$-5ゼオライトと同じ構造で、骨格中にケイ素（Si）やコバルト（Co）を含むSAPO-5やCoAPO-5を出発原料として、同様の水熱転換を行ったところ、配位数の異なるアルミニウムが骨格中に混在した新規多孔質結晶（GAM-4、GAM-6）や新しい化学組成を持つGAM-5ゼオライトが得られることが分かり、当研究室では、現在、新物質誕生のルネッサンス期を迎えている。（図1）

当研究室では、新しい機能や性質に期待した物質創製の研究は勿論だが、同等に重要なテーマとして、構造転換前後での部分的および全体の構造類似性に着目している。ゼオライトなど酸化物系の無機化学合成では、意図する分子構造をデザインし、事前に合成条件等の設定を行えないのが現状である。他方、有機合成化学では、デザインした分子構造を意のままに合成することが、おおよそ可能である。有機合成では反応前後での分子構造を適切に把握でき、それに基づいた学術的議論を積み重ねた結果、今の合成技術へ繋がっていると言える。

我々を含め、研究者が水熱転換法に注目している理由は、まさにこの点と言える。現時点では、この合成手法のメカニズムなど、ほとんどが分かっていない。しかし、反応前後での分子構造について、何かしらの規則性や合成条件による法則などの実験的情報を収集することで、ゼオライトのデザイン合成が将来可能になると期待している。これらの情報は、近い将来、Big DataとしてAIに取り込まれ、欲しいゼオライトを意のままにデザインし、AIに入力すると合成レシピが出てくる。現在では夢のような技術であるが、次の世代へ繋ぐべき課題として、技術革新の基礎や発端となればと願い研究している。

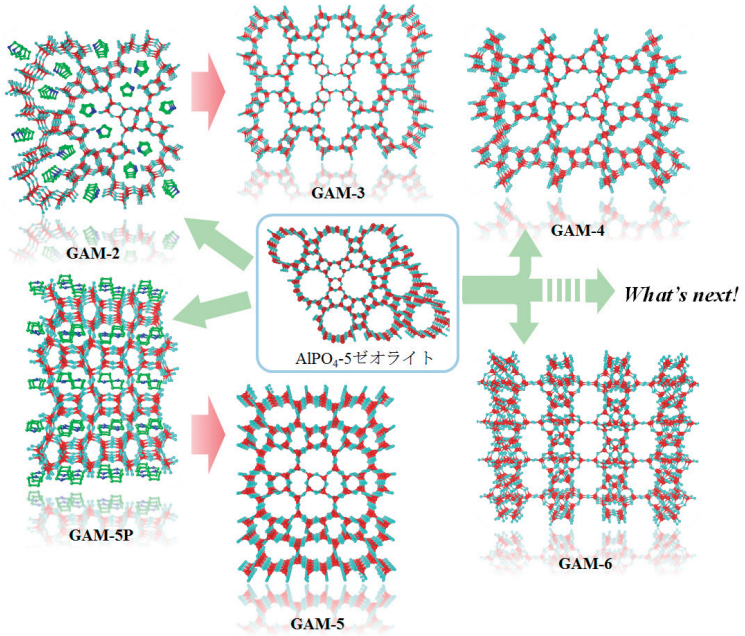


図1　水熱転換法で当研究室が発表した新規多孔質結晶の構造

JACI NEWS LETTER
Japan Association for Chemical Innovation

初の早慶ジョイントCPGを開催

JACI戦略委員会人材育成部会では、理系学生に対する「キャリアパスガイダンス」（CPG）を毎年実施し、大学院生や学部学生に対し、就職後に企業で期待される研究者の姿や、今何をするべきかについて、わかりやすく情報を提供する活動を行ってきました。

今般、2021年度に実施を計画していた早稲田大学と慶応義塾大学のそれぞれのCPGを、WEB環境を活用することにより、両大学をジョイントしたひとつのCPGとして実施する案が大学側から提案され、ご担当の先生方のご尽力により、初の「ジョイントCPG」として12月６日に実施されました。

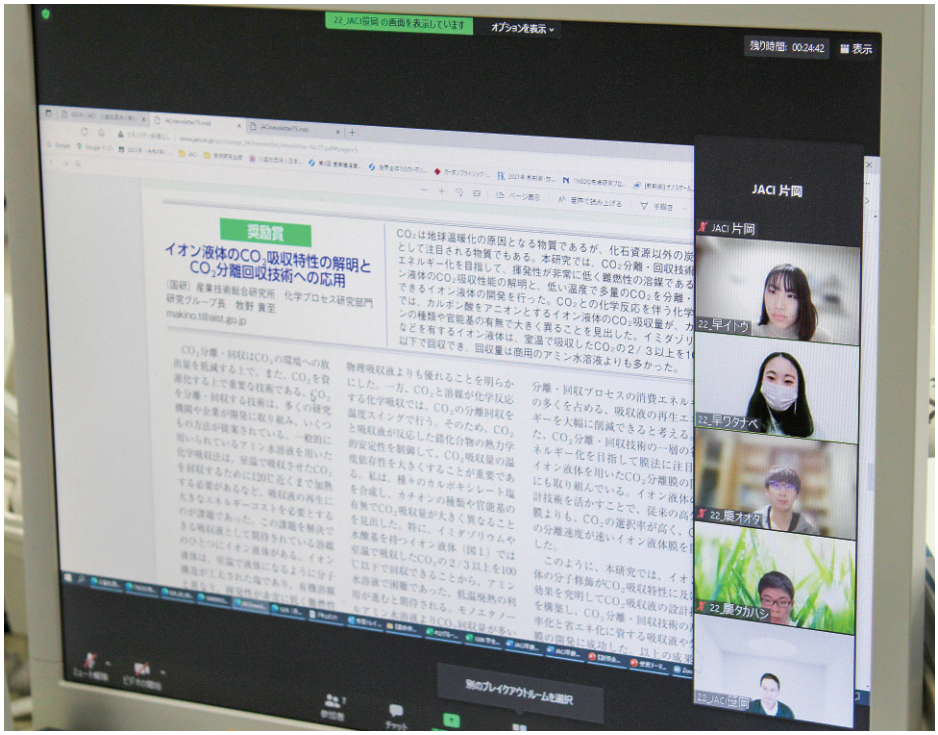
当日は18：10から両大学の１・２年生計128名が参加、前半は「企業で活躍するための大学時代の過ごし方」という講題で講義が行われたのち、後半は25のグループに分かれ、2019年度のGSC賞受賞９テーマを題材に、ブレークアウトセッションを行いました。

セッションは一種の人気投票で、順次、なぜその受賞テーマを推薦するかをプレゼンし、次の番の学生からの質問に答えなければなりません。ガイダンスの後、各グループに分かれ、ファシリテーターのサポートの下、ときに笑い声が起きる和やかな雰囲気の中で、全グループがディスカッションを終了。その中から指名されたグループが自分のグループの結論を発表しました。そして、もっとも支持を集めたGSC賞テーマが、見事「勝手に早慶賞！」を獲得しました。プログラムは20時25分に終了しました。

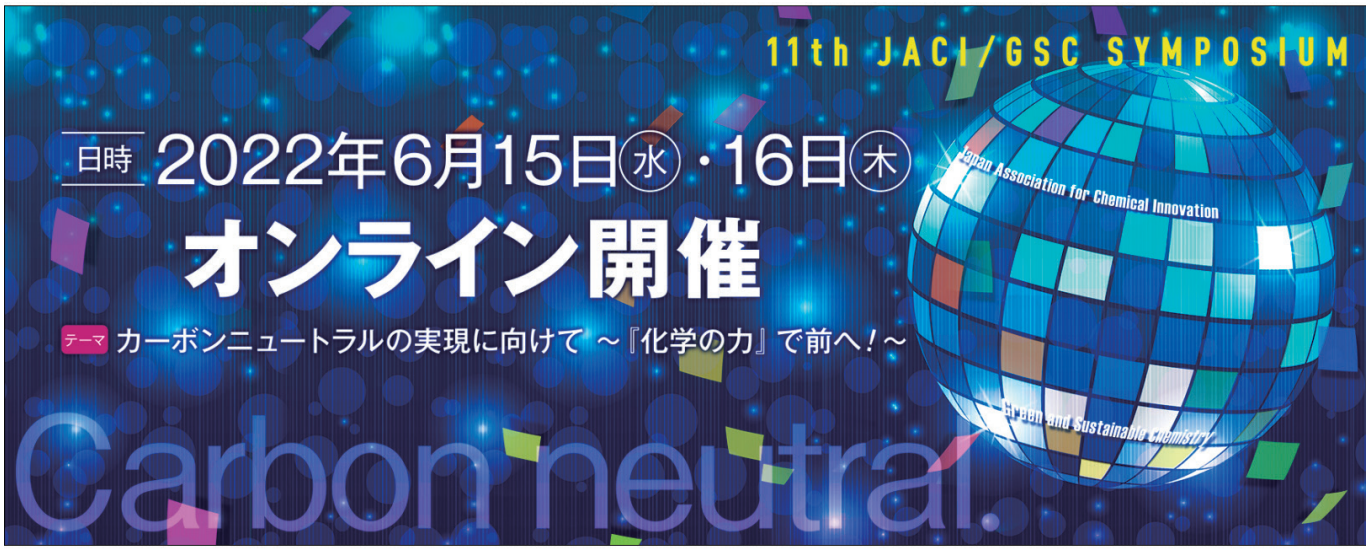
今回のジョイントCPGはJACIとして初めての試みでしたが、WEB上での授業やディスカッションに慣れた両大学の先生と学生の間で、きわめてスムースに行うことができました。今後こうした、垣根を超えた企画が増えるものと、おおいに期待されます。

なお、2021年度中には、早稲田大学において、修士・博士対象のCPGも実施されます。

また、CPG講演につきましては、JACI YouTubeチャンネルでもご覧いただけます。
https://youtu.be/LFhtx_Y1eZ0



進行にあたるファシリテーター



2022年6月15日(水)～16日(木)
第11回 JACI／GSCシンポジウム

公益社団法人新化学技術推進協会は、持続可能な発展に向けた化学技術イノベーションの推進を目的として、毎年JACI/GSCシンポジウムを開催しています。

第11回シンポジウムでは、カーボンニュートラルという目標達成に向けて、『化学の力』を提示します。持続可能な社会が必要とする健全なグローバルコモンズである地球規模の共有財を、未来を担う世代に引き継げるよう、また資源の少ない日本が新たなイノベーションにより世界を牽引できるよう、この課題に果敢にチャレンジする機運が一層醸成されることを期待します。

◇ 開催方法 **オンライン**
◇ テ ー マ **カーボンニュートラルの実現に向けて ～『化学の力』で前へ！**
◇ プログラム **有識者による講演、ポスター発表、GSC賞表彰式、GSC賞受賞講演、JACI事業説明**

ポスター発表締切 2022年3月31日(木)
ポスター要旨締切 2022年4月15日(金)

◇ 2月10日よりシンポジウムウエブサイトを開設します。(予定)

編集後記

謹んで新年のご挨拶を申し上げます。JACIでは、コロナ禍での皆様との繋がり模索して、オンライン配信の取り組みを進めております。キャリアパスガイダンスの紹介「企業で活躍するイノベーション人材となるために」、化学イノベーションをテーマにした講義「JACIキャリアパスガイダンス（イノベーション編）」。JACI／GSCシンポジウム関係では、2021年第10回シンポジウムの中から、寄せられた著名人のビデオ集「GSCNビデオメッセージ」。このほか、JACIから学生の皆さんへの総合的なメッセージ「JACIから学生のみなさんへ　大学は自分の基礎を固める時代」など、YouTube上に順次コンテンツを公開しています。そちらの方もぜひ覗いてみてください。

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

禁無断転載