

産学官との連携



取材日：2022年5月9日
公益社団法人 化学工学会

早稲田大学 理工学術院 先進理工学部 応用化学科 教授

まつかた まさひこ

松方 正彦 先生 に聞く

カーボンフリー社会時代の実現へ。
生活にも工業生産にも直接寄与する
触媒化学と膜分離工学を研究 下

聞き手：西岡光利 日本科学機器協会 広報副委員長
岡田康弘 日本科学機器協会 事務局長
(取材・撮影・編集協力：クリエイティブ・レイ(株) 安井久雄)

松方 正彦 先生のプロフィール

【学 歴】

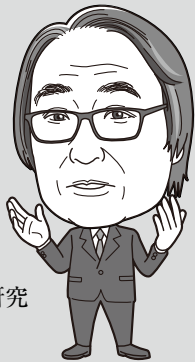
1984年 3月 早稲田大学理工学部応用化学科 卒業
1984年 4月 早稲田大学大学院理工学研究科修士課程応用化学専攻 入学
1986年 3月 同課程修了
1986年 4月 早稲田大学大学院理工学研究科博士後期課程応用化学専攻 入学
1989年 3月 同課程修了
工学博士

【職 歴】

1989年 4月 成蹊大学工学部工業化学科助手
1992年 1月 大阪大学助手(基礎工学部化学工学科)
1996年 4月 大阪大学助教授(基礎工学研究科化学系専攻改組による)
1997年 4月 早稲田大学理工学部応用化学科助教授
2001年 4月 同 教授
現在に至る

【受賞歴】

1995年 3月 平成7年度・化学工学会奨励賞
気相輸送法によるゼオライト合成法の開発と薄膜化
1996年 5月 平成7年度・石油学会奨励賞
高機能性表面をもつ無機材料の合成とその作用に関する研究
1998年12月 平成10年度・触媒学会奨励賞
ドライゲルコンバージョン法によるゼオライトの合成と薄膜化
2001年 2月 平成12年度・日本エネルギー学会進歩賞
石灰石と硫黄および塩素化合物との高温反応に関する基礎研究
2014年 1月 ナノテク大賞プロジェクト賞(グリーンナノテクノロジー部門)
「規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発」



CO₂の再利用は
副産物である水との闘い

CO₂の再利用であるCCU(Carbon Capture and Utilization) など、松方先生の研究が、環境面の問題解決にどのような形で寄与してくるのか、お聞かせいただけますか。

松方 まず、CO₂を再利用する仕組みを簡単に説明します。炭素(C)と酸素(O)が結合して出来ているCO₂に他の場所から調達してきた水素(H)を反応させ、炭素を水素と結合させた化学品を作って再利用に回します。その一方で、酸素は水素と結合されることで水にするということになります。

この水が実は大きな課題で、「CO₂の再利用は水との闘い」と言えるのです。CO₂は炭素1個に対して酸素が2個付いているわけで、これを水素で剥がしてH₂Oを作るとなると、大量の水蒸気が出て、水でジャブジャブになってしまうのです。

フィッシャー・トロプシュ合成(FT合成)という、一酸化炭素であるCOと水素から、いわゆる軽油や灯油を得るための反応があります。これは第2次世界大戦の戦時下から行われているものです。この反

産学官との連携

応でも、目的の軽油や灯油を得るために水が出来るわけですが、COがCO₂になると、水が出来る量はさらに増え、それによって色々な問題が起きるのです。

例えば、炭素のCが16個並んでいる物質を、CO₂から得ようとする場合を考えてみます。もともとは16個のCそれぞれに、2つのOがあったことになります。ということはC16という分子1つを得る時には、水分子のH₂Oは、32個出来ます。これが何を意味するかと言うと、生成物は水で薄められ、濃度はものすごく低くなってしまっているということです。実際に反応を起こして見てみると、とにかく水が大量にできてしまい、得たい油分は水の上にちょっとだけ浮いているような状態です。

目的とした物質はわずか、一方で水ばかりが大量に出来るわけですね。

松方 そうなのです。そして水蒸気がたくさん出来るので、反応に必要な触媒にもダメージを与えます。そして反応が進むほど、水がどんどん出来て原料がどんどん薄まってしまい、反応自体が起こらなくなってしまうのです。

FT合成を用いてCO₂から燃料

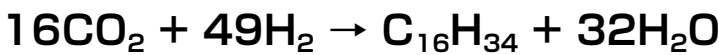
を作る反応はすごく大変なのですが、そのような大変な思いをしたにも関わらず、再利用出来る燃料はジャブジャブと大量にある水の中に浮くほんのちょっとの量だけ、ということになってしまうので、水との闘いなのです。

これをより効率良くしていくのは、生成物と水を高い精度で分離出来ないといけません。そのためには、出来あがってから分けるのではなく、反応系の中で直接水を抜くことは出来ないのかというアプローチもあります。そういうところに、私が研究している膜分離や触媒が活用出来るのではないかと思います。例えば、FT合成の新しい触媒にゼオライトを利用して作るといったことも考えられ、そうした研究を色々な形で進行しています。

今、ひとつの例をあげましたが、もちろん他のアプローチも多々あります。共通するのは、基本的にCO₂をいかにして化学品に出来るのかということです。そのための反応の研究を行っていますし、さらにそこに膜分離の技術を持ち込んで、より精度や効率を上げるというアプローチでも研究を進めているところです。

私の研究の大きな柱が、触媒化学と膜分離工学の2つであることを前号でお話してきましたが、例えばCO₂から燃料を作ろうと思ったら、両方の力が必要です。CO₂から化学製品を作る場合も同様です。言わば、今まで出来なかった新しい反応条件を作ってあげるということになり、そしてそれを適切

CO₂からセタン(炭素数16の直鎖脂肪族炭化水素)が
生成する反応式



産学官との連携

に制御していくということになります。そうしたところで、今後のカーボンニュートラル社会の実現に貢献をしていきたいですし、実際に出来る仕組みの実現を考えています。

2050年に予想されるカーボンニュートラル社会での3つの制約とは

実際にプラントなどで実用化していくにあたっては、どのような作業や課題解決が必要になるとお考えでしょうか。

松方 日本は2050年にカーボンニュートラル社会を実現することを宣言しましたが、2050年の世界では、大きく3つの制約条件があると考えられます。

1つ目は資源制約、2つ目は原料の制約、そして3つ目はエネルギー制約です。

まず資源制約は、文字通り資源が不足するということです。例えば、リチウムイオン電池を作るには、多くの場合コバルトが不可欠で、そのコバルトの方がリチウムよりも足りなくなっていくだろうとよく言われています。コバルトはどうやっても作れないので、コバルトを使ったリチウムイオン電池は作れなくなるでしょう。特にそうした金属資源に関する資源制約の問題が出てきます。

2つ目の原料制約は、2050年には石油が使えないとか、CO₂を使わなければいけないとか、バイオマスを使おうとか、色々な制約が生まれているということです。今までのように、安い原料や使いやす

い原料を使えばいいという化学ではなくなっていて、原料の使い方自身に制約がかかってくるということです。

3つ目は、カーボンニュートラルを実現する製造プロセス、すなわち化学プロセスの中での、エネルギー制約の問題です。2050年の未来では、プロセスを動かすのに必要なエネルギーは、ほぼ再生可能エネルギーを使うことになっていると思います。その最有力候補は水素です。先程、CO₂を再利用するためには水素と反応させて化学物質を作ることが必要になることを話しましたが、それだけでなく、エネルギーとしても水素が必要になるわけです。とにかく水素を何とかして作らないといけなくなるわけです。例えば、CO₂再利用に必要な水素量を、化学式を書いてこれだけの水素が必要だ、ということでは済ませられません。そこにはエネルギーとしての水素が考慮されていないからです。ですので、エネルギー供給のことまでを含めて必要な水素を考える必要があります。そうすると、より少ない水素の量で稼働しようとするので、「化学プロセス全体としての、所要エネルギーの絶対値をどのように下げるか」ということを一段と考えようになります。つまり省エネです。しかも数%や10%レベルの省エネでなく、「60%～70%レベルのドラステックな省エネをどうすれば実現出来るのか」と考えていくようになります。そして化学プロセスにおいて現在全体の約40%ものエネルギーを消費しているのが、物を

製造する時でなく、その出来上がった物を分離精製する過程なので、私としては膜分離技術に非常に興味があるわけです。

2050年カーボンニュートラル社会へ3つの制約条件

- 資源制約
- 原料制約
- エネルギー制約

ものづくり産業において省エネは、今とは桁違いにシリアスな問題になる

松方 今挙げた2050年に予想される3つの制約の中で、特に私たちの分野が考えなければならぬのは、2つ目の原料制約と3つ目のエネルギー制約です。

1つ目の資源制約は、例えばコバルトを増やしたくてもそんなことは出来ませんので、どうしようもないことになります。原料制約の解決策としては原料転換です。例えば、石油からバイオマスに原料を転換するといったことです。しかし原料を転換したとしても、結局作らなければいけないのは、プロピレンやエチレンだったりするわけです。この作るための化学プロセスをどうやって省エネにするかというところが、私たちの応用化学、さらには化学工学が力を発揮すべき場所だと思っています。

産学官との連携

そして、既存の装置や技術を組み合わせても、何十%もの省エネが出来るわけではありません。もし既存技術で大幅省エネを出来る余地が残っていたら、もう誰かが行っています。そこには新しい技術が必要になるのです。そして、全てのプロセスに対してとまでは言いませんが、膜分離理工学はその省エネをもたらす新技術の中の、1つの重要なカギとなる技術だと私は思っています。

今までは、重油を燃やして得た蒸気などで出来たエネルギーを使っていたわけですが、これは安価だったのです。それがいきなり水素になると、このエネルギーが省エネ出来た場合にもたらす利益は、ものすごく大きなものになるわけです。これからのものづくり産業において、エネルギーの問題は、これまでとはケタ違いにシリアスな問題になると思っています。

今の研究分野へ進んだ運命のいたずら…!?

松方 先生は、研究者となられて他大学などにも在籍した後に、学生時代に所属していた早大理工学部研究室を引き継いでおられます。学生時代の研究はどのようなものだったでしょうか。

松方 そもそも今の研究室に進んだきっかけは“じゃんけん”でした。実は第1志望は別の研究室だったのですが、6人が定員のところに7人が志望したので、私がじゃんけんで決めようと提案し、そして1回

現在63代目の化学工学会の会長ですが、この職を早稲田の人間が務めるのは初代の小林久平先生以来のことですので、とても光栄に思っています。

先生が研究者への道を決めた理由をお聞かせいただけますでしょうか。

松方 大学院の博士の後期課程を終える時には、ある石油会社から熱心にお誘いをいただいたのですが、そこへは進みませんでした。理由は、父親が弁護士事務所を1人でやっていた姿を見て育っていたので、会社に勤めて給料をもらって働くイメージが思い描きにくかったのです。

そして修士課程、博士課程と進む中で、最初は何をやってもうまくいかなかったのですが、研究のやり方なども覚え、研究者としてやっていけるかもしれないといった手ごたえも感じていきました。

そんな時、現在は早稲田大学の理工学術員の名誉教授になっておられる菊地英一先生、そして成蹊大学の小島紀徳先生と、学



◀ 化学工学会 初代会長 小林久平先生

公益社団法人 化学工学会の役割

化学工学の学術的水準の進展を支え、人材を育成し、それらの成果を社会的に有機的に還元するための中心的学会として活躍、多くの関連学会との連携を進めています。

URL : <http://www.scej.org>

産学官との連携

会の合宿か何かで一緒にさせていただく機会があり、小島先生がこれから助手を募集するところだという話を菊地先生が聞いてきてくれたのです。

実は小島先生の研究室は工業化学科の化学工学研究室で、私がそれまでやっていた燃料化学は、むしろ工業化学の分野ということで、違う分野でした。しかし内容としては環境に関係する事を行っているようでしたので、「小さな違いはあるけど何でもいい」というような思いで小島先生とお会いさせていただきました。結果、採用いただいたわけで、それから、私の研究分野は化学工学になったということです。

現在、化学工学会の会長である松方先生ですが、助手時代の研究についても、お聞かせいただけますか。

松方 小島先生は、銅やレアアースやレア金属類の、膜分離の研究を行っていました。実は、早稲田での学生時代に、私ではないのですが、別の学生が分離膜の研究を始めていたのをよく見ていました。そういったことが、今研究している膜に繋がってくるわけです。

もう1つは石炭のガス化です。鉄鋼会社とコークス炉の研究をするなど、きわめて化学工学の分野のことです。そうした中で、早稲田の学生の時に横目で見ていた膜の研究も、助手だったので色々と関わる中で、知識やノウハウ、興味が広がっていったような形です。

そして2年半程たった後、小島先生の先輩である大阪大学の上山惟一先生の助手となりました。上山先生は物理に基づく研究が得意な方で、私が人生で会った“唯一の紙と鉛筆だけで研究ができる方”です。コンピュータも不要で、

未だにそのような方にお会いしたことは上山先生の他にはありません。その上山先生の下では、私は完全に実験研究者なので、言わば好き勝手にやらせていただいたような気がしています。そのようなことで成蹊大学から大阪大学に移る頃に、今研究テーマとしているゼオライトの研究を始めました。

ゼオライトは分子サイズと同じぐらいの細孔を持つ物質で、色々な分子を吸着したり出来る性質を持つこととお話してきましたが、これを、成蹊大学時代に扱うようになった膜にしたら面白いかもしれないと思ったわけです。

そして上山先生と京都で食事をしながら「ゼオライトという物質があり、これを分離膜に出来れば、まだ世界中の誰もやってないし、もしかしたらその膜を使って分子を濾し分けることが出来るかもしれないので面白いと思うんですよ」といっ

た話をして、研究をやらせてもらうようになったのが、今に至るすべての始まりかもしれません。

そこから始まったゼオライトの研究が、CO₂の再利用やカーボンニュートラル社会に向けた研究に繋がっていったわけですね。

化学が社会で役立つ姿を理科教育で教える必要性

今の日本の理科教育について思うことがありましたら、お聞かせいただけますか。

松方 実は工学系の化学を出た理科の先生が特に少なく、それは問題があるように思っています。また、理科の教師の中には教育学部や理学系の学部を出てすぐ、大学院を経ずに教師になる人も多いますが、そうすると社会で化学がどう使われているか、化学が世の中でどのように変化をしていくかを勉強することなく教える立場になります。そのような経歴で全国的に優秀な先生はもちろんいらっしゃいますが、現実的にそうではない人が多いと感じます。つまり、社会との接点をどのように考えるか、学ぶかという点が一番欠けてしまっているのだと思うのです。その点を学ぼうという意思があっても、時間が取れずに苦勞をされているのでは…そしてここが理科教育の課題ではないかと思っています。

一方で、大人である教師や、我々おじさん、おばさんが余計な事を言わずに、子ども達がどのよう

産学官との連携

な未来を描きたいと思っているのかを重視する方が、もっと大事だと思います。教師や大人が、最初からお題や考えるテーマを与えてしまうことが、未来の制約条件をかけていると思うのです。

今の子どもたちは、折しも2050年のカーボンニュートラル社会に向かっていくわけです。だからこそ子ども達が、自分の頭で、どうなると良いかを考えた未来の姿、つまり「子ども達が描く未来を、素直に彼らに考えさせる」ことが一番大事で、またこれを考えること自体に価値があると思います。その理想があって、どうすればいいのかと行き詰った時に、大人がアドバイスしてあげるとするのが理想的だと思います。

おっしゃる通り、2050年の未来は今の子どもが主役になっているわけですね。

松方 大人は、目標を定めて考えるというフォアキャスト型で未来を思考しがちですが、私が思うには、フォアキャスト型で考えた未来像はほとんど当たったことがないです。30年前に、未来はカーボンニュートラルが盛んに叫ばれている時代になっていると思っていた人なんて誰もいなかったでしょう。

そのように2050年に日本人が何を考えていてどうなっているかは分かるわけがないのですが、どんな未来を作りたいかを考えることは大事です。「こういう未来でありたい、それを作るためには、今はないけど、こういう事が出来たらいいね」と思

う事自体が大事で、実現する手段が全く分からなくても構わないと思います。というのは、「科学者よりも漫画家の手塚治虫の方がよっぽど未来を予測してた」とよく言われます。鉄腕アトムは空を飛んでいます、これはつまりドローンです。そして今、自動車が空を飛んでいますけど、30年前には「車が空飛ぶなんて」と多くの人が思っていたでしょう。予測していたのは米国映画「バック・トゥ・ザ・フューチャー」ぐらいかもしれません。

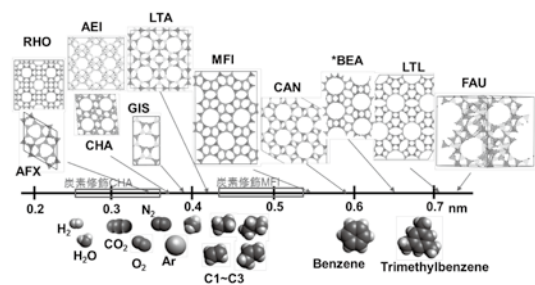
過去の片づけ事は大人で未来を作る仕事は若者へ

松方先生の信条などをお聞かせいただけますでしょうか。

松方 信条という程のものではないのですが、やはりカーボンニュートラルの実現に向けて、もうひと仕事、やってみたいと思っています。でも、先程申し上げたように2050年の社会に向けて走っていくのは、今の若い人々です。そういう意味では、若い人が研究室で難しく、苦しいことも行っていますが、その苦勞の末に得た成果を成功体験として持って、社会で働く場に出てもらいたい、切に願っています。

そしてもう一つ、コンビナートやプラントを持つ企業の方を前にしてよく話をするのが、「『お片付け』をしなくてはいけない」ということです。今、日本の基礎化学品の製造プラントはどんどん止まっています。コンビナート全体のリストラクチャリング（事業構造を再構築）

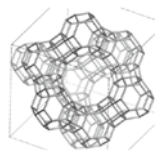
ゼオライトの種類と分子サイズとの関係



管状ゼオライト分離膜

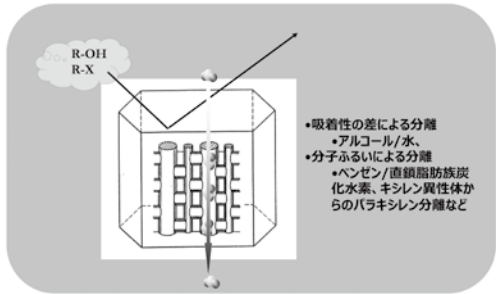


800 mm L, 12 mm O.D. 1,000 mm L, 16 mm O.D.

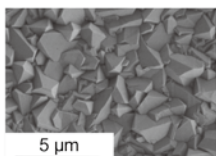


オレフィン分離用Agイオン交換FAUゼオライト膜

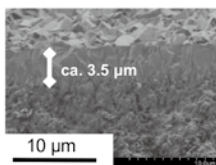
ゼオライトの膜による分離の原理



ゼオライト膜表面の電子顕微鏡像



ゼオライト膜断面の電子顕微鏡像アルミナの多孔体の上にゼオライト層が生成している



産学官との連携

が必要で、その中で、いくつかのプラントは、今以上に止まることになるでしょう。その場合に「お願いですから、お片付けは、おじさん、おばさんでやってください」そして「片づけた後どうするか、2050年に向かってどうやって走っていくのかという未来へ向かう仕事を若い人にやらせてください」という事を企業の方に話しています。これは本当に願う事で、未来を作る仕事は、私達年配の者の既成概念にとらわれずに、若い人に託してほしいと思います。

また、授業においても、研究室においてもそうなのですが、自分の研究テーマに没頭し続けていると、「そもそも論」を忘れがちになります。学生にもよく言うことですが「自分の頭で考えて、自分の未来にこのテーマは本当に意味があるのか、どこが面白いと思って研究をしているのか、何の役に立つと思ってやっているのか」という事が大事なのです。研究にフォーカスしすぎると、研究室の学生も実際にそうしてしまうのです。

今話したことを考えるには、2つの軸が必要です。1つは、研究がカーボンニュートラルの実現にどう役立つのかということ、そしてもう1つ大事なことは、学術として何が新しいのかという目線を持つことです。それがないと、言わば、ただの御用聞きになってしまいます。つまり、サイエンスあるいはエンジニアリング、テクノロジーを作っていくという軸と、社会から要請される軸と、2つの軸の交点のところで研究テーマというのは作るわけ

です。そういうことで「アカデミックなワクワク感」を大切にしながら、学生たちには未来を作るために社会に出て欲しいですし、そのための力をつける努力をして欲しいと思っています。

先生のお話をうかがっていると、先生は未来を生きる当事者である若い人を主役において、常に考えられているように感じます。

松方 今一番思うことは、次の世代にどう繋いでいくかということです。ただしその中で、自分達の既成概念や固まった常識などを、押し付けられないようにすることが大事ではないかなと思っています。例えば、今の学生は全くと言っていいほどテレビを見ていなくて、YouTubeやTikTokを見ています。だとすると、私たちはどうやってそこに情報を打ち込んでいくかということ、を、きちんと考えなければいけないのです。

松方先生は研究の取り組みなども、Youtubeで発信されていますね。

松方 今の学生や若い世代は、どういう情報の集め方をして、どのような考え方に至るのか、というところを理解して、そういう彼らと一緒に物事を考えるということが大事なのだと思います。とにかく、年配者が自分たちはこうやって社会を作ってきた、こうやって成功してきたという過去の自慢話や論理で物事を考え手はいけないと思います。

松方先生の個人的な趣味についてもお聞きしてよいでしょうか。

松方 趣味は音楽です。一緒に音楽を行う仲間は、私以外はほぼ全員が音楽を生業としているプロです。そういう仲間に混って、ジャズやポップスのボーカルを担当しています。ですから、コロナ禍において音楽仲間は非常に厳しい状況でした。

最後に、科学機器業界についてのご意見やご要望など、お聞かせください。

松方 研究内容の性質から、研究室には何十台とガスクロマトグラフがあってお世話になっています。クロマトグラフィー関係の他も、走査型の電子顕微鏡やX線顕微鏡、また最近はプラスチックリサイクルも研究しているので、ゲルパーミエーションクロマトグラフィーや、二次元のガスクロマトグラフ、それに吸着装置は展示会のように各メーカーの製品が並んでいて、そうした分析機器には昔から非常にお世話になっています。

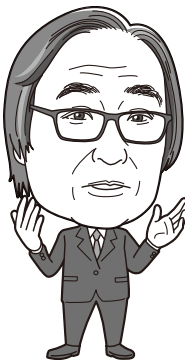
また、私の研究テーマである膜分野、特にセラミックを使った膜分野は研究ジャンル自体がなかったので、評価する装置と一緒に試行錯誤や改良を重ねて開発していただきました。それが今、メーカーさんが製品ラインナップの1つに加えて販売されているという例もあります。

要望としては、デザイン性です。最近は良くなりましたが、実は日本

の分析メーカーさんの機器は、見た目の格好が悪いと思っていました。欧米メーカーの製品は、性能は別として、格好が良いのです。最近では、日本のデザインも良くなってきましたが、並べてみるとまだ外見の面で劣る点があるのかな、と感じていて、もっとスマートで格好良くなって欲しいと思います（笑）。また、実用的な面では、分析装置が多数並ぶとコードだらけになってしまうので、とにかくケーブルレスにしてほしい希望があります。そうなると、ものすごく配線の量が減ります。

そして今は、電子顕微鏡にしても、別の部屋や自宅などから、リモートでもコントロール出来るようになって、とても便利になりました。このように、全ての装置がリモートで操作出来たりデータが見られたり、ケーブルレスになると良いなと思います。

ありがとうございました。
カーボンニュートラル社会に向けた、触媒化学と膜分離工学の取り組みに期待しております。



カーボンニュートラルの未来へ最も大事ななのは、その時主役になる若い人が理想とする未来の姿です

次号「科学の峰々」では、大阪大学大学院 医学系研究科生化学・分子生物学講座 遺伝学教室 / 生命機能研究科 時空生物学講座 細胞内膜動態研究室 吉森 保先生にお話を伺います。

産学官との連携

- 【松方先生の研究プロジェクト】**
実施中のPJ
- ・NEDO「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」プロジェクトリーダー（2020-2024）
 - ・NEDO「ムーンショット型研究開発事業／産業活動由来の希薄な窒素化合物の循環技術創出ープラネタリーバウンダリー問題の解決に向けて」（分担者）（2021-2025）
 - ・NEDO「エネルギー環境先導プログラム／革新的ハイブリッド分離膜と酸素富化プロセスの開発」（分担者）（2021-2022）
 - ・NEDO「機能性化学品の連続精密生産プロセス技術の開発」（2019-2025）（分担者）

- 終了したPJ**
- ・NEDO「二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発／二酸化炭素資源化プロセス技術開発」（2017-2022）（分担者）
 - ・NEDOエネルギー環境先導プログラム「NEDO先導研究プログラム/エネルギー・環境新技術先導研究プログラム/プラスチックの化学原料化再生プロセス開発」（2019-2020）（分担者）
 - ・NEDO「エネルギー・環境新技術先導プログラム」「ファインケミカルズ製造のためのフロー精密合成の開発」、分担者（2017.1-2018.12）
 - ・JST-CREST 戦略的創造研究推進事業、超空間制御に基づく高度な特性を有する革新的機能素材等の創製、精密分子ふるい機能の高度設計に基づく無機系高機能分離材料の創製、チームリーダー（2013-2018）
 - ・NEDO「ベンチャー企業等による新エネルギー技術革新支援事業／ベンチャー企業等による新エネルギー技術革新支援事業（バイオマス）／実バイオ燃料精製用ゼオライト膜等の耐久性評価手法の開発」（2017-2018）
 - ・JESCO「平成30年度除去土壌等の減容等技術実証事業」粘土質を多量に含んだ汚染土壌の減容化技術の実証（2018）研究代表
 - ・NEDO「エネルギー・環境新技術先導プログラム」革新的分離技術の導入による省エネ型基幹化学品製造プロセスの研究開発、研究代表（2016.1-2017.12）
 - ・NEDO「エネルギー・環境新技術先導プログラム」高機能CO₂選択透過膜を用いた低コスト省エネルギー型CO₂分離・回収技術の開発、研究代表（2015.3-2016.3）
 - ・NEDO環境部「基礎化学品製造における革新的省エネルギープロセスに関する先導的検討」共同受託（2014）
 - ・グリーン・サステナブル・ケミカルプロセス基盤技術開発／資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発／規則性ナノ多孔体精密分離膜部 材基盤技術の開発」プロジェクトリーダー（2009-2013）
 - ・土壌汚染対策のための技術開発プロジェクト「ラジアルウェルを活用したパッシブな新規土壌修復技術の研究開発」チームリーダー（2009-2014）

- 【研究の興味】**
- ・エネルギーと環境問題、特に資源循環（CCUS、プラリサイクル）
 - ・無機多孔質結晶を用いた膜分離工学と分離技術のイノベーション
 - ・無機多孔質結晶を用いた固体触媒化学