

森林バイオマスで 化学産業の 炭素資源革新をめざす

鉄と樹木(森林バイオマス)に注目した25年間の研究。
どこにでもある鉄を触媒としたクロスカップリング反応の開発を行い、
そして今、石油や石炭といった化石資源に代わる炭素資源として
木質分子変換反応の開発に取り組む。
次世代の化学産業を切り拓く中村正治の研究はまだ続く。

みちやす(岡本道康)作「いのちの森の化学のしずく」



元素科学国際研究センター 有機分子変換化学 教授 中村 正治

1986年東京都立西高校水泳部卒、1991年東京理科大学応用化学科卒(体育局水泳部神楽坂主将)、1996年東京工業大学大学院理工学研究科化学専攻修了。博士(理学)。東京大学助手・講師・助教授を経て現職。2010年から合気道を始めるも白帯。2021年より京都大学体育会空手道部部长。愛車はKawasaki W800(普通免許は無し)。

研究テーマは、次世代有機合成化学の開拓。モットーは“Toward the best synthesis for Better Society”有機分子変換の探究と、もの・こと創りへの応用(=合成化学の真髄の探究)を通して、より良い社会の実現に取組む。これらの研究を通して、常識に囚われることなく新たな価値観を産み出すこと、そういう次世代研究者・求道者(科学・技術に拘らず)育成に奮闘中!

「化学はものの“つながり”を研究する学問だと思います。素粒子から原子、分子、生体高分子、細胞、生体組織、脳、人間の思考・感情、社会文化まで、そのつながりを化学として研究出来る日が来るのを楽しみにしています。現在のテーマである化学反応の開発研究はどの辺りに位置しましょうか。」これは、季刊化学総説No47、2000年「有機合成化学の新潮流」に書いた研究テーマと豊富です。これ以来20年に渡って、自分が見つけた反応で、社会を変える、世界を変える、を目標に研究を進めてきました。

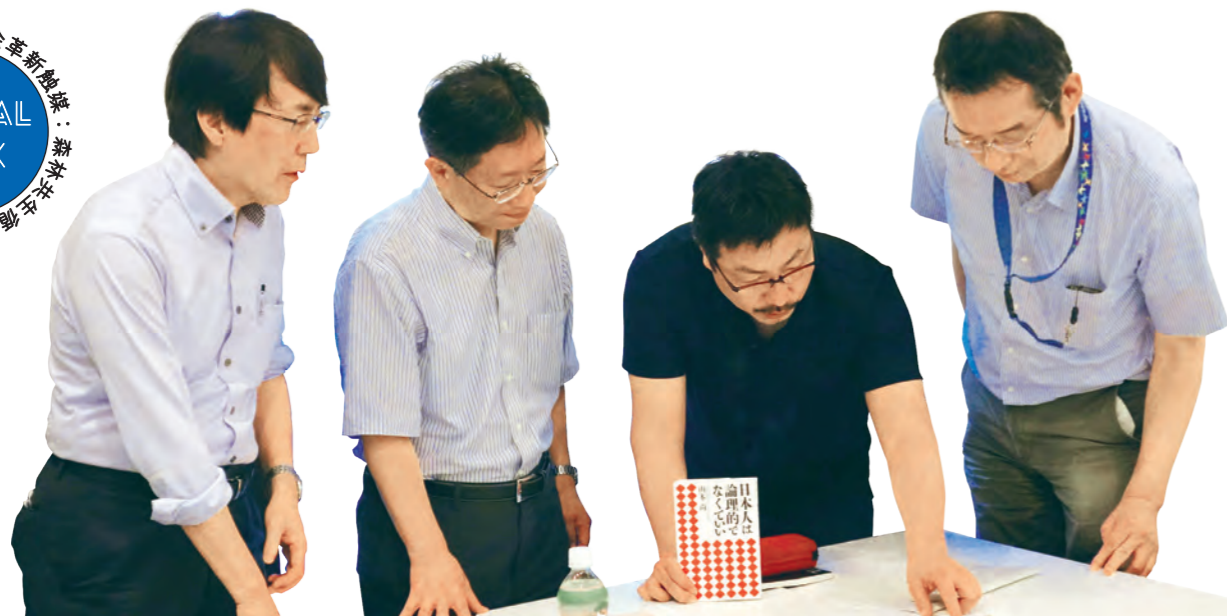
「なにを、なにから、どうつくる」が合成化学の大本です。「なにを、どうつくる」は、プロダクトイノベーションやプロセスイノベーションとして注目を集めやすいです。一方、私どもは、リソースイノベーションが化学産業、延いては社会構造をも革新すると直感し、金属元素資源として鉄に注目、炭素資源として樹木(=森林バイオマス)に注目した研究を展開して参りました。

2010年のノーベル化学賞は、鈴木章、根岸英一(故人)、Richard F. Heck(故人)の「有機合成におけるパラジウム触媒クロスカップリング」研究です。鈴木先生にはICRIS'14で来所、ご講演をいただいていますので、ご記憶にある方もいらっしゃるかも知れません。パラジウムは優れた触媒なのですが、地殻中の埋蔵量、採掘精製にかかる物質エネルギー消費量、産地の偏在、毒性などの合成化学的な課題があります。私どもは、このような貴金属、稀少金属に変えて身の回りどこにでもある「普遍金属」鉄を触媒としたクロスカップリング反応の開発を行いました。一連の研究は代表的なオリジナル論文10報の引用回数が2000回を超えるなど、元素活用戦略(後の「元素戦略」)を先導することとなりました。

しかしながら、触媒は化学反応を促進する、あくまでも「手段」です。化学産業の根本的な変換には、石油・石炭などの炭素資源の革新が必要です。2006年に化学研究所に赴任した際に、生存基盤研究ユニットの萌芽研究として、生存圏研究所の渡辺隆司先生との共同研究「バイオリニューアブル炭素資源活用した有機合成反応の探究」を開始しました。渡辺先生は、バイオマス変換学の第一人者であり、この共同研究が現在のプロジェクトの起点となります。その後、渡辺先生のCREST研究の中で、エネルギー理工学研究所の片平正人先生(生体高分子のNMR構造解析の第一人者)と知り合うことができました。片平先生とはALCAホワイトパイオテクノロジー(研究代表:大田ゆかり先生・現群馬大学)「リグニンを分解する海洋微生物酵素による芳香族ポリマー材料(人工漆)創成」研究(2015-2019年)で、木質バイオマス=木質細胞壁の重要成分であるリグニンからの機能性材料の創出研究を御一緒に、研究の視野を広げることができました。

2018年には京都大学SPIRITSプロジェクトに「社会革新触媒:森林共生循環社会システム研究ハブの構築」で産官学共創型課題として採択いただきました。同PJは私としては初のフィールドワークを含む研究でした。URAの田上さんと、研究現地の笠置町建設産業課石川課長に説明に行きました。何をしたいのですか?の質問に、「山に化学コンビナートを作りたいのです」と答えた時の、石川さんの「そんなこと、とんでもない!」と困惑された顔が忘れられませんが、今では良き理解者となっただいています。同プロジェクトに参画いただいた、(株)ダイセル北山健司博士を代表とするNEDO新産業創出技術先導研究プログラム研究を2019年にかけて行い、幾つかの特許技術を開発しました。これらの技術基盤とネットワークをフルに活かして、次世代の化学産業、明るい社会、素晴らしい世界の実現に貢献する「化学」を目指して、研究を楽しんで参ります。





森林バイオマス座談会

- 自然と人の融け合う世界を! -

プロジェクトチームを構成する研究者、生存圏研究所 バイオマス変換分野 教授 渡辺 隆司、エネルギー理工学研究所 エネルギー構造生命科学研究分野 教授 片平 正人、株式会社ダイセル サーチセンター リサーチグループ(兼) マテリアルSBU事業推進室研究開発グループ 上席技師 北山 健司、そして化学研究所 教授 中村 正治の座談会を開催しました。化学とは? 研究で重要なことは? 大学の役割とは? 人類はどうなっていくべき? 研究の技術的な事にとどまらない、多方面に踏み込んだスペシャルトークをお届けします。

研究のきっかけ

中村「このプロジェクト自体は2018年にSPIRITS^{*1}に採択されてスタートしたものです。個人的なきっかけは、現代化学(出版 東京化学同人)に掲載されていた三重大学の船岡正光先生(現 三重大学名誉教授)の『森林資源-分子レベルでの新しい循環型フロー』を読んだことでした。2001年10月号なので20年前ですね。化学の分野にいと『森林資源』というテーマは関わりが薄いため、印象に残りました。その頃僕は東京大学の化学教室にいて、鉄触媒カップリング反応の研究をしていました。丁度この頃、ポスの中村栄一先生(現 東京大学特別教授)から『そろそろ公募に出したら?』というお声がかかり、化学研究所に採ってもらえたのが2006年です。研究室の前任がグロスカップリング反応^{*2}を開発した玉尾皓平先生(現 京都大学名誉教授)で、ご縁を感じました。そうやって京大に来て、さあ研究を始めようという時に、江崎信芳所長(現 京都大学名誉教授・公立鳥取環境大学学長)に渡辺先生をご紹介いただき、生存基盤科学研究ユニット(現 持続可能社会創造ユニット)に参加しました。」

渡辺「私の専門がバイオマス^{*3}変換で、中村先生と研究することになりました。2011年~2016年にCREST採択課題のプ

ロジェクトがあり、ご尽力いただいたんです。」

片平「私はNMR^{*4}を使って生体高分子^{*5}の構造を解析している関係で誘っていただきました。」

中村「一緒に研究を始めてからもう10年ぐらいになりますね。このプロジェクトでも一緒にできて嬉しい限りです。そうしている間に研究内容も大きくなってきて、社会と繋がらなきゃいけない時、ダイセルの北山さんとも合流しました。」

北山「中村先生とは大学院生の頃からの知り合いということもあり、スムーズにプロジェクトに入っていくことができました。」

舞台・笠置町

中村「高校の水泳部の同期で渡部清二くん(複眼経済塾株式会社 代表取締役・塾長)という人がいます。彼は四季報を二十数年間読み続けていて、日本の上場会社のつながりが全部頭に入っています。いまプロジェクトをすすめている京都府相楽郡笠置町との出会いは、彼から森本昌清さん(株式会社吉野森久銘木店)という山主さんを紹介していただいたのがきっかけでした。」

中村「森本さんは私財を投じて笠置山の山林の手入れをしてき

P.05 ※1 SPIRITS
京都大学の国際化、未踏領域への挑戦、イノベーションの創出を促進するチーム研究を支援する学内ファンドプログラム。

P.05 ※2 クロスカップリング反応
ニッケル触媒を用いるクロスカップリング反応は1972年に玉尾皓平先生らが世界に先駆けて発見。中村は1996年から鉄触媒カップリング反応を元素戦略のはしりとして研究!

P.05 ※3 バイオマス
生物学では、生物(bio)そのものの質量(mass)を表す用語であるが、資源・エネルギー分野では、生物由来の有機資源のうち、石油、石炭、天然ガスなどの化石資源を除いた再生可能資源をさす。

P.05 ※4 NMR
核磁気共鳴。病院にあるMRIと同様な原理で動作する装置であるが、分子の化学構造(構造式)や3次元立体構造を決定する事ができる。

P.05 ※5 生体高分子
タンパク質や核酸のように生物が有する高分子量の分子。木質バイオマス中のセルロースやリグニンもこれに該当する。

P.06 ※6 包括的研究連携協定
特定の研究分野の進展や目的遂行のため、大学組織と企業が連携して双方の研究力を総合的に活用して共同研究を実施する仕組み。人材育成を目的の一つとする場合もある。大学全体と企業間で締結する連携協定の他、大学の研究科・研究所などの部局と企業間の連携協定がある。

P.07 ※7 有機合成化学
有機化合物を作るための方法論に関する研究分野。医薬品や電子材料などの産業分野でも応用されている。

P.07 ※8 有機資源
炭素を含む化合物のうち、一酸化炭素、二酸化炭素など構造が単純な一部の化合物を除いた物質で、生物が生産する再生可能炭素資源という意味を込めて使用する場合が多い。



た方で、そういう問題意識のある方と合流することができたんです。現地の森林管理者の方たちも紹介していただいた。現場の人たちは『材にならない木でもなんとかできないか、山を健全に保てないか』ということをやっと考えていたそうです。」

中村「最初に紹介してもらった櫻井さんという方は残念ながら2年前に亡くなってしまったのですが、森林管理の後を継いだ柚木さんという方が協力してくれて、笠置の山林に出入りするようになりました。」

中村「当初町役場をおとずれ、『山に化学コンビナートをつくる』と言うと、建設課長さんから『とんでもない』と最初は言われていて。化学のイメージが悪いな、というスタートだったんですが今はご理解賜りサポートしていただいています。」

中村「森里海連環学教育研究ユニットの創設者、田中克先生(京都大学名誉教授・京都府宇治市在住)は他の研究ユニットの先生方と近くの河川や近隣の南山城村で活動されていて、またそこから面識もできました。地域のつながりも今後さらに広がりそう期待しています。」

中村「自治体の人には『大学の人だけでやっている、大学のための研究なのか?』という疑問を抱かれる場合も多いです。そうではなくて、社会に繋がる・関わるためのものであるということを実践していきたいですね。」



森林を復活させれば河川や海も豊かになります



見方を変えてシステムをつくるのが大事です



化学だけの将来を考えていてもダメです

京都大学
エネルギー理工学研究所
エネルギー構造生命科学研究分野
教授 片平 正人

1984年早稲田大学卒、1986年東京大学修士修了、1989年大阪大学博士号取得、1989年オランダ・ユトレヒト大学博士研究員、1992年横浜国立大学講師・准教授、2005年横浜市立大学教授、2010年京都大学教授。木質バイオマスと疾病関連分子に関する構造生命科学研究遂行。

京都大学
生存圏研究所
バイオマス変換分野
教授 渡辺 隆司

1984年京都大学大学院農学研究科修士課程修了。2016-2020年京都大学生存圏研究所長、京都大学副理事。2020年から京都大学研究連携基盤長。専門は、バイオマスの構造解析と有用物質への変換。国際木材科学アカデミーフェロー。

株式会社ダイセル
サーチセンター リサーチグループ
(兼)マテリアルSBU事業推進室研究開発グループ
上席技師 北山 健司

1992年京都大学大学院工学研究科合成化学専攻修士課程修了。1996年北海道大学大学院薬学研究科製薬化学専攻博士課程修了、薬学博士。同年ダイセル入社。2021年より現職。2020年、日本化学会理事。専門:有機合成化学。

渡辺「ものづくりだけではなく、林業や地域、産業を含めて活性化させ、持続可能な社会をつくることにつなげていくことが重要なんです。京大の一部の研究室や一部の企業はコアの役割を担って研究を開かれたものにし、様々な専門の研究者や企業が連携して入ってくるといった形にしていきたいですね。」

渡辺「地球温暖化や炭素負荷が大きいことが問題になっていますが、例えば太陽光発電や風力発電はエネルギーとか電気とか熱はつくれても、材料はつくれません。再生可能資源で材料ができる資源はバイオマスしかない。陸上バイオマスの9割ぐらいは森林のバイオマスなので、圧倒的に利用できる量が大きいのです。」

渡辺「現状のエネルギー政策では縦割り行政も相まって『電気には電気』とか、どの再生可能エネルギーが安いとか考えていないけれど、森林の価値はそれに留まらない。先ほどの話も踏まえるとトータルですごく大事な分野であると思います。」

北山「こちらの先生がたと共同研究を始めて、穏和な条件で木材を変換して材料に使うというようなことから、ダイセルは2025年がゴールの中期戦略に『バイオマスプロダクトツリー構想』を掲げています。」

北山「弊社は木の成分を抽出したパルプ、セルロースを仕入れて化学変換し、酢酸セルロースというものにして、たばこのフィルターや液晶のフィルムをつくっています。しかし、木に由来するから必ず環境に良い訳ではないんです。パルプを仕入れた段階で、すでに石油由来のプラスチックに匹敵するぐらいの価格になっています。値段が高いということは、加工に手間暇がかかっているということです。つまり木材チップからセルロース(紙)をつくる際に何か環境に悪いことをしている。そこを含めて改善する必要があるんです。穏和な条件というのはエネルギーを使いませんし、木は捨てる部分もなく、丸ごと使えますので、いいなと思って取り組んでいます。林業はもちろん、農業とか水産業などにもつながり、SDGsや環境に配慮した社会をつくりたいですね。」

北山「これまでの共同研究では年間数百万円ぐらいで、『この材料が完成したら事業化できますので、3年間で検討していただけないか』というものです。完成できなかつたら、『残念ながら目標に到達できませんでした』で終わり。しかし、弊社は10年かけて2030年のSDGsのゴールや弊社の長期ビジョンのゴールまでバイオマスを使いこなす研究基盤をつくりましょうということで取り組んでいます。『ものをつくる』という共同研究ではなく基礎研究なんですね。石油化学に関する有機合成化学^{*7}は当然、石油化学の産業が発展しているから充実していますが、この分野でもそういった『教科書を塗り替えるような仕事』に取り組みたいと考えています。

中村「ダイセルの小河社長は『ダイセル式』という、いろんな工場を繋いで情報やノウハウを共有する仕組みを作った方なんです。例えばそんなふうに、色んな地域を活性化できるような『化け学の工場』をつくっていききたい。名前だけは里山化学工房と決めています。沢山つくって、僕はそこで働きたい。近い将来、まず日本の里山でつくり、東南アジア、パングラデシュからインド、中東を経て、アフリカ、南アメリカ。そういうところで里山化学工房をつくりたいんです。働きながら世界中をぐるぐる回れます。今後15年ぐらいで形にしたいですね。包括的研究連携協定で5年ぐらいの内に成果が得られて、10年の内に世界中につくる。この計画でいきたいです。」

中村「環境や人間は、なんというか一体ですよ。環境の一部に人間がある。もう人間という言葉はやめて、『ぶつげん』とか。よく分からないけど、そういうところまでもっていくのが学問としての化け学の役目だと思います。物質とかエネルギーの変化とかを追求して気づいたところは、全部一体であるということ。自分たちの命はその一部でしかなく、それらが集まって社会、世界ができています。『全部一体だ』という考え方を自然の摂理へのアプローチを通して共有するというのが化け学の究極の目標だと思います。」

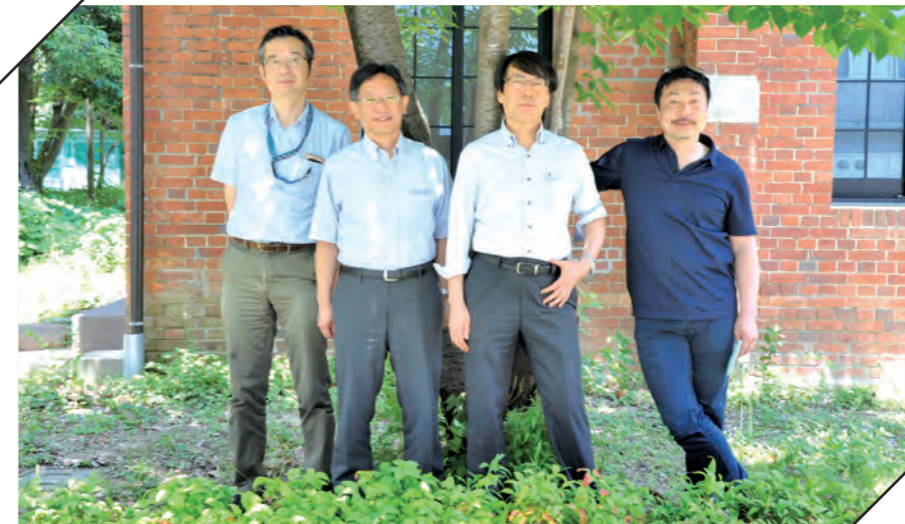
渡辺「二十世紀の社会は石油依存でした。地下資源の石油を掘り出して変換して、社会は豊かになったけれども、それでは炭素負担が大きい。今はそのシステムに慣れきってしまっている。そうなる有機資源^{*8}が重要になってきます。しかし必ずしも石油化学の手法だけに依存してバイオマスに変換していくと限界があって、バイオマスの構造も正しく理解しないとイケないし、変換に対しても色んなアプローチができます。」

渡辺「例えばかかる時間に関してです。工場は短時間・流れ作業でものを作っていくことが重要ですが、山のような広大な土地で自由な時間があると、その要素は重要ではなくなります。時間をかけることができれば、穏和な条件で木材を解体して有機資源化できる。石油化学ベースの発想ではなく、見方を変えてシステムをつくっていくことが大事なのです。」

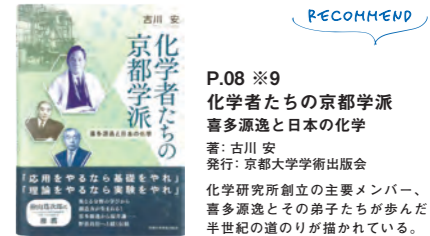
渡辺「しかし新しい考えというのは発信しないと仲間が増えません。包括的研究連携協定でさらに進めていきたいですね。」

中村「バイオマス変換や触媒反応がどういう製品になるか考える際、分子や元素のレベルで何が起きているか構造を明らかにする技術が絶対に必要なんです。その点は片平先生が担ってくれているのが大きい。」

片平「木質バイオマスを有効に活用する為には、元々はどのような分子構造の物質であり、それが変換プロセスによってどのような分子構造の物質に変化したのかを知る事は必須です。本プロジェクトでは、私が得意とする分子構造の決定の分野で貢献ができ、やりがいを感じます。また、本プロジェクトの目指す理念に強く惹きつけられました。まずは木質バイオマスを活用する事で利益を得て、それを原資に森に手を入れてこれを再生し、再生した森をさらに活用して利益を得る事で、森周辺の地域が活性化される。また森が再生されれば、栄養分に富んだ水が下流の河川と海に供給され、河川・海も豊かになる。これ



化学研究所 碧水舎にて座談会後の記念撮影



RECOMMEND
P.08 ※9
化学者たちの京都学派
喜多源逸と日本の化学
著：古川 安
発行：京都大学学術出版会
化学研究所創立の主要メンバー、喜多源逸とその弟子たちが歩んだ半世紀の道のりが描かれている。

により漁業が振興し、さらに一回り広い地域が活性化される。木質バイオマスの活用を通して、森に関する正の循環の確立と森から下流への良き波及効果の具現化を指向している点が、とても魅力的です。中村先生、渡辺先生及び北山さんが提案しているこのビジョンに大いに賛同します。」

中村「森のねんど作家である、みちやす(岡本道康)さんがつくってくれたコンセプト模型があります。『森のねんど』は吉野杉の端材からできています。割りばしは端材からできていますが、その割りばしの端材である木粉を原料にしているんです。つまり端材の端材。岡本さんは子どもや大人、いろんな人に『森のねんど』を使ってもらって、共存できる社会の大事さをみんなで共有しようという活動をされています。」

北山「化学だけの将来を考えていてもダメです。化学研究所の事だけを考えていてもいけない。経験してくれた子供たちが、分野は何でもよいので、サイエンスに興味を持ってくれることが大事なのです。」

中村「費用対効果で考えると50年スパンとかで見ないとイケない。結果を自分が見ることができなくても別にいいと思っています。森林が良くなるなんて100年かかる。それでも今やらないと100年、200年後の森林は良くならない。人間の目先の利益なんか通じないのが木ですから、『どうなるか分からないから止めましょう』というのは森林では通用しない。木と一緒にそういうことをやっていく事によって人間が成長する。『人間が成長する』という考え自体がもう間違いなのかもしれない。これまでは石油と付き合って成長もしたし、ダメになった部分もある。森林の場合もそうかもしれない。縄文時代からぐるぐる回ってきたことです。」

中村「今回の包括的研究連携協定を通して、京大全体で人文科学や社会科学、自然科学、工学といった分野を関係なく、よりよい人間の在り方とか、よりよい世界を考えるということにつながっていくと思います。それで学生が色んな分野で頑張ると。

目先の利益や税収が上がるとかではなくてね。それは究極的に大学のあるべき姿だと思います。」

北山「それは偏差値だけで大学を選ばないということに繋がると思います。高校生の時に『化学が面白かった』という『選ぶための材料』を子供たちに提供したいと思います。」

中村「いろんなパスがあって、多様性がある寛容な世の中になるといいなと思います。」

中村「学会の中での評価も大事ですが、それを越えて別のところでちゃんと役に立つようなことが出来るようになりたい、というのが一番根っこにあることですね。それで渡辺先生に教えていただいたりとか、大学の中だけじゃなくて北山さんに声をかけたり、投資のエキスパート渡部くんにも声をかけたり。」

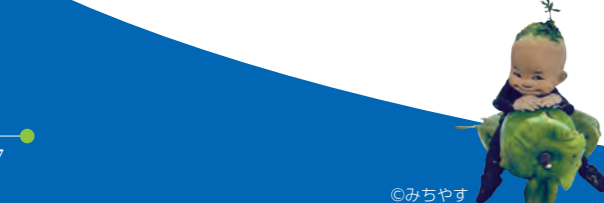
中村「色んな人に教えていただいてやってみると『自分は化学わかってないな』と思ったら片平先生のところに行ってもう一回教えていただいて…その繰り返しです。これからも勉強させていただくの続けていきたいと思っています。みんなできなれば人類が進化していくのではないのでしょうか。それを目指したいなと思います。一緒に進化していきましょう！」

北山「僕がいうのも変ですが、附置研究所(国立大学に付属・設置された研究所)は時代のニーズに応えるべきだと思います。そこで研究所が一体になり、スタートするのはとても意義のあることです。」

中村「まさにそれは最強のコメントで、産業とつながって基礎と応用を展開するのが化学研究所の大もとでした(参考文献 化学者たちの京都学派 喜多源逸と日本の化学^{*9})。それがいまこのメンバーでグレードアップして推進できるというのは非常にありがたいし、ご縁だなあと感じます。いや～面白いです!!」



もっと詳しいことは
こちらから



©みちやす