

海中のハロゲンで 化学の未来を拓く

有機化学の世界では陰の立役者的ポジションだったハロゲン元素。
森山克彦さんはそこに着目し、従来にない有機化学反応を開発。
創薬を目標に、化学の新たな領域を開拓しようとしている。

千葉大学
大学院理学研究院
大学院融合理工学府 准教授

森山克彦

もりやま・かつひこ 1977年、愛知県生まれ。
立命館大学理工学部卒業。京都大学大学院薬学
研究科博士後期課程修了。博士（薬学）。名古屋
大学大学院工学研究科博士研究員、千葉大学
大学院理学研究科助教を経て2016年4月より現
職。「100%無駄なものはない」というのが持
論で「科学者は天然資源の有効活用を考えるべ
き」と説く。趣味は旅行、ドライブ。
[第38回 松籟科学技術振興財団研究助成受賞]

海中に無尽蔵にある資源

——先生の研究室は「反応有機化学
研究室」という名前ですが、具体的
にはどのような研究をされているの
でしょうか。

人体の中で起きている有機化学
反応につながるような反応、環境
に調和した反応の開発をメインに
研究しています。環境調和型にも
いろいろありますが、私は元素周
期表の17族に属する、フッ素、臭
素、ヨウ素などのハロゲンをいか
に有効に使うかを柱にしているの
が1つの特徴です。

——ハロゲンに着目されたのはいつ
頃ですか。

2010年に千葉大学大学院理学
研究科の助教になったとき、東郷
秀雄教授が扱っていたのがヨウ素
でした。面白そうだと思って私も
ヨウ素の研究を始めたのがそもそ
ものきっかけです。

——なぜ、ハロゲンを使うのでしょうか。

日本は天然資源の乏しい国とい
われることも多いですが、周りを
囲む海にはさまざまな資源があり
ます。代表的なのがNaCl（塩化ナ
トリウム）で、そこに含まれてい
る塩素がハロゲンです。

実は、有機化学の世界ではこれ
までハロゲンはどちらかというと
注目はされてこなかった存在でした。
しかし、ハロゲンは海水の中に豊
富にありますから、使えるなら使
ったほうがいい。ハロゲンは酸化
して電荷をプラスにすることがで
きます。また、使った後に電荷を
マイナスに戻すことが容易にでき
るため、環境に負荷を与えず廃棄
できるのも利点です。最近では、
酸化したハロゲンの反応性の高さ
を利用して、同時に2つの異なる
官能基を一度につけて従来より反
応を短縮することができるなど、
他の元素ではできない利点を見出
すことができました。ハロゲンの

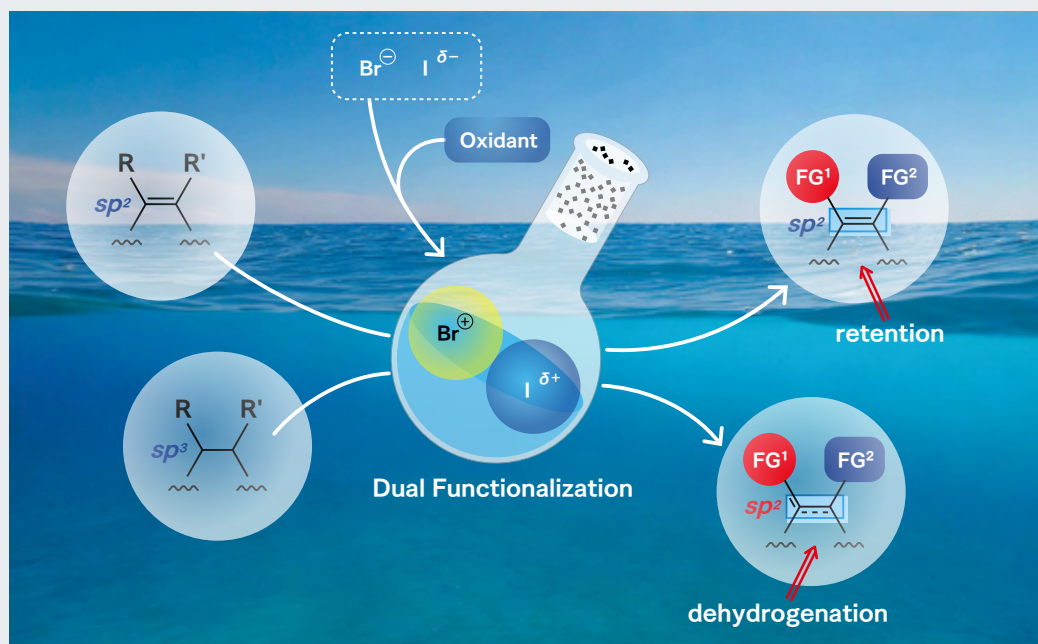
臭素やヨウ素は重金属の性質に類
似していることから、重金属代用
型反応試材としても利用できます。

——資源小国の日本も、ハロゲンなら
ほぼ無尽蔵にあるということですね。

近年、さまざまな資源価格が高
騰しており、日本がどんどん不利
な状況になりつつあります。例え
ばリチウムやレアメタルなどの金
属類はロシアや中国などで産出さ
れており、日本ではほとんど産出
されません。日本がリードできる
科学技術をつくっていかうと考
えたとき、輸入に頼っている遷移金
属やレアメタルではなく、身近に
豊富にあるものを使ったほうがい
いのではないかと考えました。

手つかずのテーマこそ
追求する価値がある

——人体の中で起きている有機化学



反応につながる反応というのは、具体的にどういうことでしょうか。

ハロゲンは通常マイナスの電荷を持っていますが、プラスの電荷に変わってほかの元素と結合し、ハロゲン化有機化合物をつくります。海藻類は海水中にある臭素や塩素といったハロゲンを取り込み、自らの組織内にある有機化合物と結合し、ハロゲン化した独自の有機化合物を生成しています。このようなハロゲンを使った反応は、人間の体内でも起こっています。例えば、甲状腺にあるヨウ素はペルオキシダーゼという酵素によって電荷がプラスになり、チロキシンという甲状腺ホルモンの原料になります。また、臭素の電荷がプラスになると、IV型コラーゲンという体内に入ってきたウイルスを排出する鼻水の成分になります。

——ハロゲンが人体の自己防衛機能につながっているということですね。そういうことです。人体では私

たちの健康に不可欠なさまざまな生体反応が起こっていますが、ハロゲンを使ったメカニズムがあることは最近まであまり知られていませんでした。せっかくアカデミアの世界で人生を過ごすのなら、このようにほとんど誰も手をつけていないテーマを追求することに価値があると考え、研究を進めています。

——今はハロゲンに対する化学界の見方は変わっているのですか。

太陽電池の新しい材料として注目されているペロブスカイトは、鉛とハロゲンの1つであるヨウ素の化合物を主原料としています。そのため海外でも少しずつハロゲンが注目されているようですが、今後の研究動向次第というところもあると思います。

——この研究が成功すれば、日本の有機化学が世界をリードする可能性もありますか。

あると思いますね。ノーベル賞を受賞できるかどうかはわかりませんが、日本の有機化学が世界から今より注目されるようになるはずです。

——このような研究に手をつけている人が少なかったのは、やはりハロゲンが注目されてこなかったからですか。

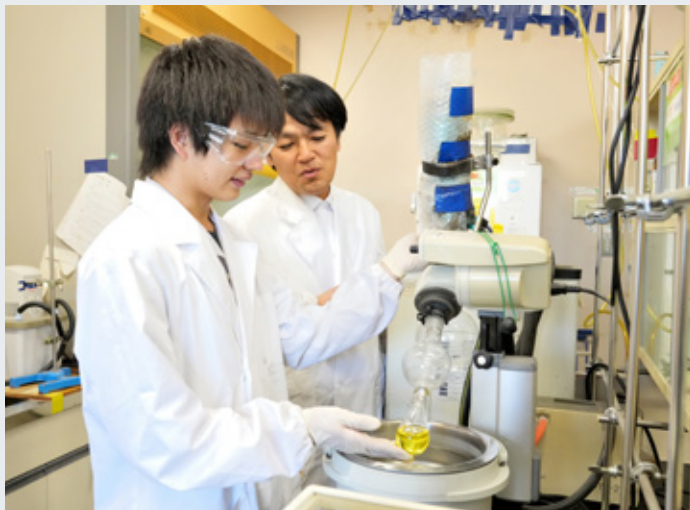
そうだと思います。ハロゲンというと、「ああ、ハロゲンね」というのが多くの研究者の反応でした。遷移金属などの研究に比べると地味ですし、効率がよくないこともあるかもしれません。これは私が研究を始めてひしひしと感じたことですが、ハロゲンは反応活性が非常に高いため、反応をコントロールするのが難しいんです。

研究も「諦めたら終わり」

——先生はその反応をコントロールし、ハロゲンを使って生体反応と同じ反応を人為的に起こし、新しい化合



森山准教授（写真中央）と研究室の皆さん



研究室の学生を指導する森山准教授



HPLCを用いて化合物の光学純度を測定する

物をつくろうとされているのですね。

反応をコントロールするのではなく、セレンディピティ(偶然の産物)を重視し、これまでになかった新しい反応を見つけようとしているといったほうがいいでしょうか。何を狙ってこの反応を開発したのかとよく聞かれるのですが、いろいろな反応をかけてみて、ほんのわずかな変化を見逃さないようにしているのです。観察力が重要で、計算ずくで開発しているわけではありません。

——確かに効率がいい研究ではなさそうです。

最初のうちはそうでした。でも、0から1を生み出すのは大変ですが、1を100にするのはそれほど難しくありません。1を見つけると、そこから一気に効率がよくなっていきます。今は、0から1を見つける作業と、1を100にする作業を並行して進めている状況です。

——見つけたときは、やりがいを感じそうですね。

教育的な視点でいうと、新たな発見は学生にとって喜びが大きく、モチベーションにつながります。学会で研究を発表したときに「それは以前からありますよ」と指摘されるとがっかりしてしまいますが、「どうしてそんなものが見つ

けられたのですか」と驚かれると学生はとても喜びます。学生のモチベーションを維持するのはとても難しく、永遠の課題だと思っていますが、しっかりフォローしながら、学生一人ひとりが自分の頭で考える習慣を持つように指導しています。

——こういった研究を行う研究者には、どのような資質やスキルが必要ですか。

化学は、やはりオリジナリティが大切です。研究内容に限らず、個々のキャラクターにも個性があっていいと思っています。忍耐力は当然必要ですが、それに加えて向上心、とにかく何とかしようという前向きな気持ちは絶対に欠かせません。スポーツ漫画などに「諦めたらそこで試合終了」というセリフがときどき出てきますが、研究もまさしくそれだと思っています。下手でも不器用でもいい。何とか新しいものを見つけないという強い気持ちが、普通なら気がつかないような微小な現象の発見につながります。

創薬という夢に向かって

——先生ご自身の研究の原動力は何でしょうか。

小学生の頃から、人の役に立つ

仕事をしたいと思っていました。有機化学を通じて医薬品をつくらせて人を助けたいと考えるようになり、大学は薬学部を選びました。その気持ちは今も変わっていません。ハロゲンを使った研究には電気電子系の機能性材料などの分野もありますが、基本的には創薬を目指しています。しかし、開発した新しい化合物がどういう疾病に有効なのかといった活性評価は私たちにはできませんから、そこは薬理活性評価ができる生命科学系の方と連携しています。

——創薬に有望な新しい化合物はもうできているのですか。

まだ発表していないので詳しくお話しすることはできませんが、あるアミノ酸にハロゲンを入れることにより、新しい機能が期待できるアミノ酸ができました。タンパクとの親和性などをこれから評価していく予定ですが、うまくいけば医薬品につなげられるかもしれません。

——創薬というゴールが見えていますか。

薬はそう簡単にできるものではありません。手応えは感じていますが、ゴールはまだまだ先です。定年もまだもう少し先ですから、夢の実現をと願っています。