



# 化学に効率を 求めてはいけない

Takuzo Aida

## 相田卓三

東京大学大学院工学系研究科 教授

超分子重合を世界に先駆けて提唱し発展させてきた化学者が  
「常識を疑え」と喝破する。

### 材料リサイクルが容易に

1988年、東京大学工学部の助手だった私は、分子同士を化学反応でつなぐのではなく、接着させることでつなぎ、ポリマーを合成できないかと考えて実験をし、溶液中である分子が共面集合して一次元の集合体を形成することを見つけました。ただ、そのとき私は古典的な化学反応で高分子をつくるのが本業でしたし、研究室の目指す方向とは違っていたの

で、この研究をいったんやめました。もともと好奇心で始めたことでしたし、この考え方がそれほど重要だとは思っていなかった、ということもありました。

実はこのとき得られたものが、超分子ポリマーのプロトタイプとみなすことができるものだったのです。

従来の重合反応では、分子が共有結合によって不可逆的に結ばれて鎖を形成します。したがって、いったん結ばれた鎖は簡単には切断できま

せん。それに対して超分子重合では、非共有結合により分子が接着するように結ばれて鎖を形成するので、その鎖は簡単に切断したり再構築したりできるようになります。

この超分子重合を使ってモノをつくれば、それが不必要になったとき、捨てるのではなく、つくり替えることができるようになります。リサイクルを考えなくてもよくなるということです。

### アクアマテリアルの開発

今、プラスチックゴミによる海洋汚染が世界的な問題になっていますが、超分子重合によってプラスチックに替わる材料ができれば、その問題の解決につながる可能性があります。もちろんそうしたことを実現するにはまだまだ多くの研究が必要ですし、コストなどの問題も解決しなければなりません。できる可能性はあると思います。

私はアクアマテリアルや自己修復性のガラスを開発してきましたが、これらも超分子重合の考え方を発展



させたものと言えます。

水をたくさん含んだゲル状の物質はこれまでもありました。ゼリーとか寒天もそうです。ただ、ゼリーや寒天は脆弱で、何とか形を保っていてもすぐに壊れてしまいます。それでは材料としては使えません。

物性には、「柔らかい」と「硬い」のほかにもう一つ、「堅牢」という概念があります。硬くても堅牢でないものは、叩くと簡単に壊れてしまいます。いろいろな力を加えても壊れないのが堅牢という意味で、多くの場合、材料には堅牢さが求められます。

## 蒸発を防ぐには

私たちが開発したアクアマテリアルの組成は、水が98%で無機物が約1.9%、有機物が0.1%程度です。水の含有率が同じくらいのこんにゃくと比べると、このアクアマテリアルはその500倍くらいの強度を持っています。また非共有結合によって形成されているため、切り口同士を接合すると、すぐに接着するという自己修復性も持っています。

ただし、このアクアマテリアルには、構成成分の水が蒸発してしまうという問題があります。水が蒸発していくと、材料としての特性も変わってしまいます。だから使える場面が限定されます。人間の体内

で使うということは考えられるでしょう。人間の体もほとんど水でできていますが、皮膚があるため蒸発しにくくなっています。

2008年にフランスの研究者が自己修復性を示すゴムを開発したとの発表がなされました。私はその論文を読んで、ゴムが自分で修復するのは面白いが、それほど驚くようなことなのかなと思いました。ゴムのような柔らかい材料は引きちぎれても分子がまた絡んでいくことが不可能ではないかも、つまり自己修復ゴムもありかなと思いました。

## マインドチェンジが必要

でも、硬い材料でそれができたら面白い。そんなことを考えているときに学生がちょっと変わった現象を発見し、報告に来ました。そして私の部屋で議論して、面白いからその研究をしようということになりました。そこから生まれたのが「自己修復ガラス」です。

最近、最初に決めた研究計画どおりに研究を進めることに、ことさらこだわる人がいます。しかしサイエンスは常識を破らないといけない学問です。研究計画どおりに進めていたら、常識は破れません。学生が予想外の現象を見つけたときも、もし研究計画にこだわっていたら、「それは計画とは違う」と切り捨てていたでしょう。

私の研究室では、常識を破ると「すごい」と言われます。ところが日本の教育は常識を疑う教育になっていません。子どもの頃からずっと常識を共有することばかりを教えられて育ちます。ですから私の研究室に入ってきた学生はまず、常識を疑うというマインドチェンジをする必要があります。そしてしばらくするともう1回、マインドチェンジを迫られ

ることになります。言われたことを粛々とやっているだけでは、面白いことはできないという現実を体験するからです。

## 研究者の層の厚さが必要

私は大分県の田舎で生まれ育ち、子どもの頃は虫とりとか魚とりばかりして、勉強なんてほとんどしませんでした。遊ぶときは年上の子どもも一緒だったので、今日はどういうルールで遊ぶのかとか、毎日交渉をしていたものです。

今の子どもはそういう経験をしていないのではないのでしょうか。答えは1つだけという学校の勉強ばかりして、常識を守ることばかり植え込まれる教育を変えないことには、みんなが同じ方向を向いてしまうような日本の傾向は、これからも変わることがないでしょう。

日本の科学技術が衰退していることは、ずいぶん前から言われています。トップ1%論文などのデータを見ても、それははっきりしています。ただ、これは難しい問題で、そこにはいろいろな要因があると思います。一つ言えるのは、層の厚さが大事だということです。中国の科学技術は今、すごく伸びています。もちろんそこは玉石混交で非常に優れた論文もあれば、レベルの低い論文もあります。ただ、研究者の層が非常に厚いことは事実です。

かつて日本のサッカー選手が欧州でプレーすることなど、ほとんど考えられませんでした。しかしJリーグができ、J1、J2などができてどんどん層が厚くなってきた今、欧州のリーグでプレーする日本人選手はもうすっかり珍しくなくなりました。

サイエンスの世界ではその逆の現象が進んでいます。お金や人を減らすと、極端にその影響が出てくるの



## その時々の結果に一喜一憂せず、自分の道に邁進する。 それが本物の研究者です。

あいだ・たくぞう 1956年、大分県生まれ。横浜国立大学工学部卒業。東京大学大学院工学系研究科合成化学専攻博士課程修了。同助手・助教授を経て1996年より現職。2013年から理化学研究所創発物性科学研究センター副センター長（現職）。学生ときは登山が趣味で、北アルプスには頻りに登っていた。今は電子サックスを演奏するのが楽しみ。今でも深夜2時ごろまで起きていることは普通にあり、「疲れたときにサックスをガンと演奏すると気分がすっきりする」と言う。

です。人口が減り、博士課程に進学する学生も減っている今の日本で層を厚くするのは難しいかもしれませんが、例えば私たちのような研究者が研究の面白さを若い人たちに伝えていくことも大事だと思います。

### 脇道、寄り道の効用

小学校の高学年から本格的な受験勉強が始まる日本の学校教育では、間違えないための戦略、方法論が教え込まれます。今は教員の中にもそ

ういう教育を受けてきた人が増えて、マジョリティを形成しています。けれども研究というものは、間違ふことのほうが多いのです。間違いを怖がっていたらいい研究などできません。だから若いうちに失敗すること、間違ふことこそ大事なのです。

失敗して脇道に逸れたって構いません。寄り道とか脇道に行くことで新しいものを発見したり気がついたりすることはよくあります。効率が大事な組織もあるでしょうが、新しいものをゼロから見つけることが要

求されるところでは非効率の連続で、効率などありえません。化学はその最たるものでしょう。

自分が信じたことをとことん追究する。その結果としてすぐに何かの役に立つものができることもあるでしょう。その一方で10年後、20年後に役に立つことがわかったりすることもあります。だから今の結果に一喜一憂せず、自分がやりたいことを決めたら、その研究に邁進する。それが本物の研究者だと私は思っています。