



新規性のある界面活性剤の分子設計から物性評価までを一手に担う

洗剤や化粧品に使われる界面活性剤の研究を始めて約20年。より付加価値が高く、環境に優しく、高機能な新しい界面活性剤を開発するため、分子設計・合成から物性の評価まで一貫して取り組んでいる。「あと20年くらいはこの研究を続けたい」と、吉村倫一さんはますます意欲を燃やす。

奈良女子大学
研究院自然科学系化学領域教授

吉村倫一

よしむら・ともかず 1973年、和歌山県生まれ（宮崎県、鹿児島県育ち）。熊本大学工学部応用化学科卒。同大学院博士後期課程自然科学研究科生産科学専攻修了。博士（工学）。東京理科大学理学部応用化学科助手・講師を経て奈良女子大学大学院人間文化研究科共生自然科学専攻助教授、准教授の後、2014年4月より現職。奈良女子大学の学生については「もう少し余裕を持ったほうがいいと思うくらい真面目」と評する。研究室の学生の大半は、大学院修士修了後、企業に入って研究者として働いているという。「研究に性差はない」というのが持論。「社会に出て10年後、20年後にトップに立てるような指導をしている」と話す。

「第29回松籟科学技術振興財団研究助成 受賞」

最小限の量で最大の効果を

——界面活性剤が洗剤や化粧品などに広く使われていることはよく知られていますが、そもそもどんな物質なのでしょう。

ひとつの分子の中に親水基と疎水基の両方を併せ持っているのが界面活性剤の大きな特徴です。親水基は水に溶けやすく、疎水基は水に溶けにくく油に溶けやすい。つまり同じ分子の中にまったく相反する性質が共存しているわけです。だから界面活性剤をうまく使うと水と油が混ざりやすくなります。

多くの化粧品は水と油を原料にしていますから、どうしても界面活性剤が必要になります。洗剤や塗料、医薬品などにも使われていますし、

乳化剤の形で食品にも使われています。

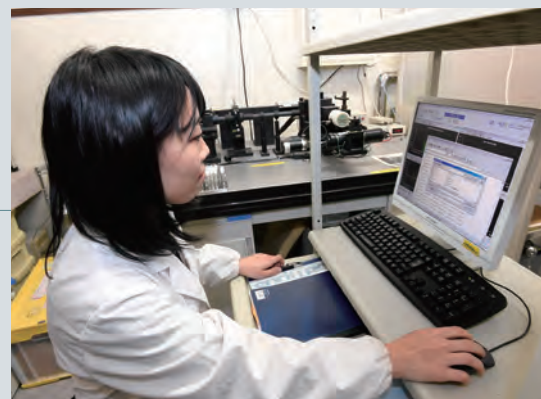
——工業的に広く使われて定着しているものを、あえて新しく開発する必要があるのですか。

地球規模での環境保全への関心が高まる中で、日々大量に消費されている界面活性剤に対してもさまざまな要求が寄せられています。最小限の量で最大の効果を発揮する界面活性剤の開発は、環境負荷低減、省資源、工業プロセスの生産性向上などの観点から、現代的に大きな意義があると考えられます。

——研究内容についてお話しいただけますか。

現在、多くの分野で使われている界面活性剤は、1分子内に1本の炭化水素鎖とひとつの親水基からなる典型的な1鎖型の両親媒性構造をしているものが大半です。しかし、その枠内での構造改変ではおのずから限界があります。そこで私が着目したもののひとつが、分子内に疎水基と親水基をそれぞれ2つずつ持つジェミニ型の界面活性剤です。

ジェミニは双子という意味で、私は10年以上前からジェミニ型界面活性剤の研究をしてきて、さまざまなタイプのものを開発してきました。たとえば、環境への負荷を低減する



動的光散乱 (DLS) で界面活性剤が形成する会合体のサイズを測定、解析。

ため親水部にアミノ酸や糖を持ってきたジェミニ型界面活性剤があります。

アミノ酸と糖のハイブリッド型も

——それはアミノ酸や糖を用いるという着想がよかったのですか、それともアミノ酸や糖を取り入れる技術がよかったのでしょうか。

両方だと思っています。ジェミニ型にしたことと、その構造にアミノ酸などの付加価値を加えたところに新規性があります。こういう研究はあまり例がありません。

もっとも界面活性剤を新規に合成する研究は、年々少なくなっているのが実情です。今、界面活性剤の合成を研究している大学は、日本で数校しかありません。20年前、私が界面活性剤の研究を始めた頃はもう少し多かったのですが…。

——その間、界面活性剤の重要性が低下したというようなことはないのですか。

ありません。ただ、今は同じ化学



アミノ酸と糖のハイブリッド界面活性剤を合成し、その精製を行っているところ。

でも生化学のほうが人気があるので、学生も研究者もそっちのほうに行ってしまうようです。実際、界面化学の研究室がなくなって、そのあとに生化学の研究室ができるというケースもありますから。

——アミノ酸を入れるのは技術的に難しかったのでしょうか。

そうですね、簡単ではありませんでした。しかも、うまく入れ込むことはできても、その後、目的物と副生成物を単離するのが難しかったです。99%以上の純度を目指しているので、そこも時間がかかりました。少し前まではアミノ酸と糖をそれぞれ別個に研究していましたが、今は出発物に両方用いた、アミノ酸と糖のハイブリッド型界面活性剤の研究もしています。こういう研究は、文献では他に見当たりません。

産業利用のハードルはコスト

——その研究で一番難しかったのは？

10年くらい前から糖を扱っていますが、これがなかなか厄介でした。目的物はできても、残った糖を除去することがなかなかできなかったのです。再結晶とかカラムクロマトグラフィーとかいろいろ試してみたの

ですが、うまくいきませんでした。

ただ最近、ある吸着剤を使ったところ、簡単に糖を除去できるようになり、今は収率よく目的物をつくることができるようになっていました。糖の単離に学生はひどく手こずっていましたが、その吸着剤にたどり着いたら意外に簡単だったと…。そういうことってありますよね。

——いただいた資料に、1本または2本のアルキル鎖を有する多鎖型両親媒性 dendritic 分子設計に世界で初めて成功したとあります。

dendritic というのは、木が枝を伸ばしたような分岐した構造を持つ樹状高分子です。その dendritic にアルキル鎖を導入したものができないかと考えて分子設計し、1年半から2年くらいかけて合成に成功しました。

樹状の分岐度を世代と言いますが、今は5世代まで伸ばした状態で、末端の官能基だけで64個あります。調べた限り、こういう界面活性剤的な dendritic の合成に成功したという前例はありませんでした。

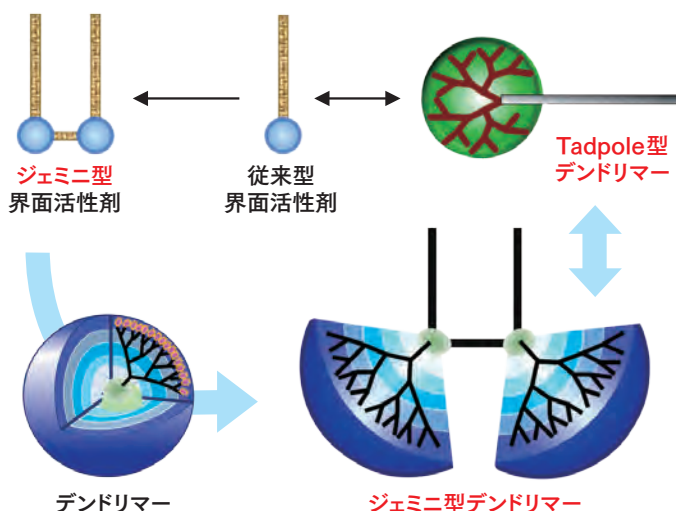
——それが産業的に利用される道はあるのですか。

今のところまだありませんが、学会などで報告したのでいろいろなところから注目されていますし、サンプルを分けてほしいという依頼もありました。ただ、問題はやはりコストです。企業は必ず製造コストを試算しますが、既存の界面活性剤を使ったほうが良いという結果だったようです。化粧品に使う場合は薬事法も絡んできて、そのハードルはかなり高いと言われています。でも、 dendritic ではありませんが、企業と共同で開発したもので、近い将来トイレタリー用品として使われる見込みの界面活性剤はあります。アミノ酸系の界面活性剤で、私がこれまでににかかわった界面活性剤で産業的に使われるのは、これが初めてになります。

企業との共同研究も教育の一環

——企業との共同研究にはどういう姿勢で対応されていますか。

Tadpole型およびジェミニ型 dendritic 分子の開発



学生も参加して、学会発表できるか、論文発表できるかということを必ず確認しています。特許の絡みで研究の成果を公にしながらない企業もあるからです。

私は研究者であると同時に教育者でもありますから、学生が自分の研究を発表する場を持つことを重視します。そういう機会がないのであれば、基本的に共同研究の話はお断りしています。

——企業と共同で研究する利点はあるのですか。

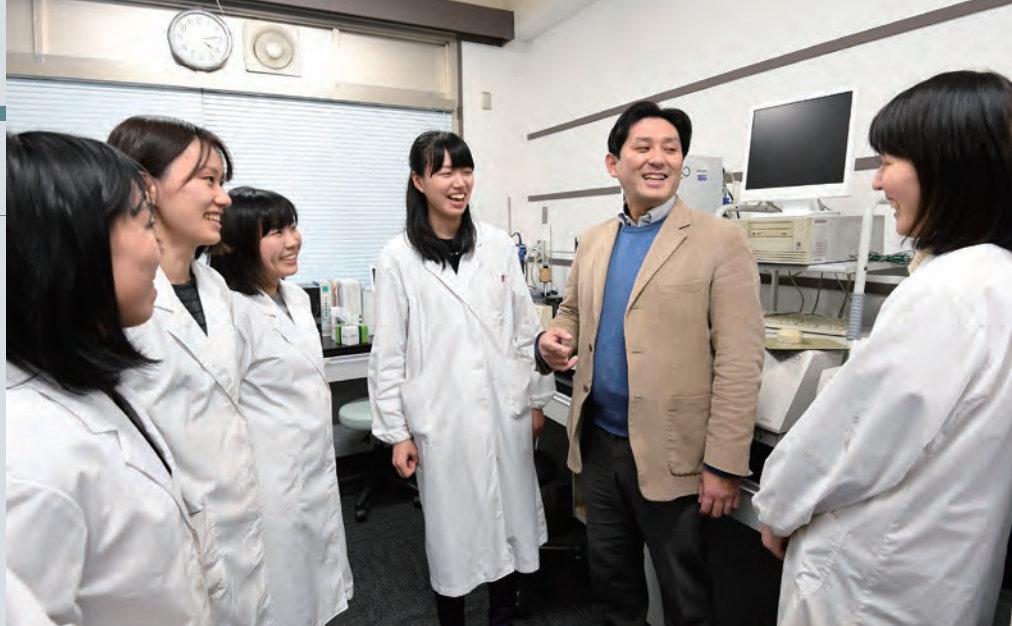
よく、資金的なメリットを指摘されますが、私自身は資金のことはあまり重視していません。それよりは、企業と共同で研究すると、その成果物が具体的な製品となって世の中に出る可能性がある利点のほうが大きいと思います。自分たちの研究成果が製品となって販売されたら、論文とはまた違う達成感、喜びが得られます。

——企業は利潤が最終的な目的であり、その面で考え方が衝突することはありませんか。

私たちは教科書に載るような基礎的なデータを得ることを目指しています。企業もそこは理解していて、基本的な物性を出してくればいい、応用的なことまでは期待していないとよく言われます。だから意見が衝突するようなことはありません。

——企業は共同研究で何を期待しているのでしょうか。

最近、企業からの問い合わせや共同研究の申し出が多いのですが、その際に企業の方からよく聞くのは、ここ数年界面活性剤の応用的な研究開発ばかりしてきて、基礎的なところが抜け落ちているということです。



基礎的なところをもう1度、しっかりしないと新たな道が開けないと考えている企業が増えていると感じます。

構造と物性の 相関性を解明したい

——界面活性剤の研究の歴史は長いのに、まだ基礎的な部分で分かっていることがあるということですか。

既存の界面活性剤のことはだいたいい分かっています。けれどもジェミニ型とか、デンドリマーを導入したような界面活性剤は既存のものとかかなり物性が違ってきます。教科書に書いてあるような理論ではうまく説明できないこともあります。この分野でも構造と物性の関係など、まだ解明しなければならないことがたくさんあります。

私は、分子の設計や合成だけではなく、物性の評価まで自分でやっています。溶液中での会合体の状態などは、スプリングー8にある小角散乱装置を用いて細かく調べます。茨城県のJ-PARC（大強度陽子加速器施設）や東大の物性研に行くこともあります。ここまで幅広く取り組んでいることは、自分でも誇らしく感じています。もちろん幅広くといっても絶対に手は抜きません。合成は純度の高いものしかつくりませんし、物性評価も一つひとつのデータの再現性を何度も検証し、精密で正確な

データを出します。だから私の研究室の学生は、朝から晩まで実験に追われています（笑）。

——これからの研究者は、幅広くやったほうがいいとお考えですか。

研究者によって考え方が分かれるところかもしれませんが、いろいろできたほうがいいと私は思っています。今までやったことがない物性評価などは専門の先生にお願いしたほうが楽かもしれませんが、可能な限り自分たちでやりたい、そこまで含めて研究の成果を自分で確かめたい、味わいたいという気持ちもあります。

——研究に行き詰まったときはどう対処されていますか。

いったん、そのテーマの研究はやめて、他のテーマの研究に力を入れます。そして半年から1年経った頃にもう1度、少し別の角度からトライしてみます。そうすると50%くらいの確率でハードルを越えることができます。

界面活性剤の研究を始めてもう20年くらいになりますが、それでもまだ面白いと感じます。なかなか答えが見つからないところが面白いのでしょうか。構造と物性の相関性はなかなか解明できません。あと20年くらい、私が定年になって辞める頃までに答えが出ればいいのではないですか。なんだか界面活性剤の魔力にはまった感じですね。