

第38回日本大学理工学部図書館公開講座  
 「人類は原子を操れるか—これまでの100年とこれからの100年の化学の話—」  
 回答者:物質応用化学科 大月 穰 教授

	年代・身分	在住	質問	回答
1	10代・中学生	長野県	1. 分子カーなどが最近話題ですが、分子カーはどのように組み立て、どのような動力で進んでいるのですか？ 2. 分子は必ず設計図通りに作ることができるのですか？失敗することはないのですか？	1. 分子カーは、講座で話したような化学的な合成で作られる分子です。その分子を、これも講座で画像をお見せした「走査トンネル顕微鏡」で見ながら動かします。走査トンネル顕微鏡は金属の針で分子を観察するのですが、その針に電圧をかけて、分子を動かすということです。ユーチューブ動画もありますのでご覧になってはいかがでしょうか。 2. 失敗することはよくあります。作れそうなものを設計して、可能性の高そうな反応を使って作っていきませんが、反応が進まなかったり、反応して欲しくない部分が反応してしまうこともありますし、黒い塊ができて、何が起ったかさっぱりわからない場合など、色々失敗のパターンがあります。
2	20代・他大学生	京都府	ソバージュ氏が考案された分子は対称な形をしていたため、銅イオンの価数が変わった際に回転方向が時計回りなのか反時計回りなのか一通りに定まらないと思ったのですが、そのあたりは制御されているのでしょうか？	おっしゃる通り、回転方向は原理的に定まらないと思います。回転方向を制御したのは、同じ年にノーベル化学賞を受賞したフェリング氏で、絶妙な形をした分子と、光と熱をうまく使って回転方向を制御することに成功しています。
3	20代・本大学生	東京都	新しい分子を1から合成して完成するまでにかかる時間は、どのくらいになるのでしょうか？	合成は、分子の一部ずつを変換していく反応を一つずつ進めていきます。したがって、完成までの日数はステップの数にもよります。反応は、100%進むことはほとんどなくて副生成物が混ざるので、欲しいものだけを取り出す精製という操作をします。それからできた分子の構造を様々な測定を駆使して確認します。このようなプロセスをステップごとに行うので、慣れている人でも1ステップで2～3日はかかります。途中のステップで反応が予定通り進まないで別の反応が起こったりすると、一番最初のステップからやり直さなければならなくなることも、しばしばあります。全体では数ヶ月から年単位で時間がかかることや、途中で完成をあきらめて設計からやり直すこともあります。この辺りは、工事を始めれば設計通りの建物ができる建築などはかなり感覚が違います。
4	20代・他大学生	神奈川県	1. ソバージュ先生のカテナンのお話の中で、銅イオンに電子を出し入れすることで電荷を変えられるというのがありますが、どういう反応によって、銅イオンが窒素に囲まれている状態で電荷を変えることができるのでしょうか？ 2. ビビリジン等くぼみのある分子は鉄イオンを囲むことができるということでしたが、電荷などの条件を整えれば他の金属イオンも囲むことが出来るようになりますか？分子歯車のお話では、CeもZrも囲まれていたので、出来るのかもしれませんが…。 3. スライドで紹介されていたような超分子の構造は、どのように決定しているのでしょうか？実際には目に見えないものを、詳細に描けるのが不思議に思います。	1. まず、カテナンを液体に溶かした溶液にします。銅イオンの電荷を変化させるのは、その溶液に酸化剤（電子を奪いやすい臭素）を加えてCu(+1)をCu(+2)にする方法や、溶液に電極を差し込んで電極から銅イオンに電子を供給したり銅イオンから電子を引き抜いたりという方法（電気化学的な方法）で行われています。銅イオンの周りに分子がついていても、この程度のサイズでは電極と銅イオンの電子のやり取りの邪魔にはなりません 2. 適当なくぼみがあって窒素や酸素原子が配置されている分子があれば、色々な金属イオンが取り囲まれます。取り込まれる金属イオンによって色が異なったり、様々な性質が現れたりします。 3. 超分子から単結晶を作ることができれば、構造を決定することができます。単結晶というのは、例えば塩の一粒で、その中ではNa原子とCl原子がひたすら繰り返して積み重なっています。超分子の結晶中では超分子がひたすら繰り返し積み重なっています。そこにX線を当てると干渉してパターンができるので、その干渉パターンから逆に（コンピュータで）計算して構造を決定します。結晶になってくれない場合は、溶液中の構造を核磁気共鳴や質量分析といった色々な専門的な測定データに基づいて、できる限りの推定をします。
5	50代・本学職員	東京都	本日は、分子の楽しいお話をありがとうございました。 動く分子とは、考えたこともなかったので、とても勉強になりました。 さて、今日のお話とはズレますが、原子の話をお聞かせください。 最近、専門家が見ても天然のものと区別がつかないような人工ダイヤを作ることができるという話を読みました。 今後、科学の進歩で金の原子を作れる時代が来るのでしょうか。	ダイヤモンドは炭素原子でできています。炭素原子のつながり方にいくつかパターンがあって、その中で特定のつながり方をしたものがダイヤモンドです。炭素原子にそのつながり方をさせられれば、天然か人工かに関わらず同じダイヤモンドということになります（専門家が何を基準に天然ものと人工ものを判断するのか私にはわかりませんが、大きさや形だったり、微量の不純物の違いなのかもしれません）。というわけで、人工ダイヤモンドは、炭素原子を作っているのではなくて、炭素原子のつながり方を変えているだけということになります。 原子のつながり方が変わる反応を化学反応と言いますが、原子自体を変えるためには、原子核の組成を変えなくてはならず、化学反応よりはるかに大きなエネルギーが必要になります。それが原子力発電で用いられる核反応です。コストに見合って安全に金を生成する核反応技術ができれば、そのような時代が来るかもしれません。
6	50代・会社員	東京都	分子生物学の進歩著しい中、いわゆる有機合成化学の可能性を改めて感じました。この考え方の区分は古いかもしれませんが、生物と合成化学の融合、これによる社会問題の解決も研究が進んでいるのでしょうか？	合成化学で作られる分子は、さまざまな分野で利用されていて、生物関係の中で医療に限っても、治療薬や診断薬、その周辺のさまざまな試薬や材料などに利用されています。新型コロナ関連でも、mRNAワクチンや抗体薬は分子生物学的な薬ですが、合成化学的に作られる治療薬も研究、使用されています。