

分子を計測する技術を開発し 生体への物質の影響力を立証

九州大大学院 総合理工学府 物質理工学専攻 ^{はらた}原田明研究室

環境汚染や疾病の要因を突き止めるためには、物質が生体にどのような影響を及ぼしているかを解明する必要がある。それには物質の分量や状態を正確に測定することが不可欠だが、温度や湿度によって形態が安定しないため、測定方法が確立されていない物質も多い。九州大大学院総合理工学府の原田明教授は、試行錯誤を重ねて、不可能と思われることを可能にする過程にこそ研究の魅力があると話し、複数の光線を照射することによって液体内の分子を測定する方法を研究している。

フローチャートで分かる原田明研究室

大学院生の 主な出身分野

化学

物理学

材料工学

機械工学

など

◎物質の最も基本的な構成要素である分子について研究する学問であるため、化学や物理学を専攻した学生が多く集まる。ものづくりを志して大学に入学した学生が、学部時代に分子の性質や機能に対する関心を高め、大学院で分子計測学を研究するようになるケースも多い。

研究にかかわる 学問分野と研究内容

分析化学

分子計測学

物理化学

応用
物理学

◎分子の性質や機能を分析するため、同じく分子を研究対象とする化学や物理学との関連が深い。物質を分析し分子の機能を把握する分析化学、光線を用いて物質を測定する物理化学、電気信号によって分子の分量を数値化する応用物理学など、複数の分野の知見を集めて研究に取り組んでいる。

研究成果と 社会のかかわり

政策立案
のための
データ提供

など

◎分子計測技術を開発すると共に、分子の性質や機能に関するデータを公開。物質を基礎から分析できる技術であり、物質の性能を把握できるデータであるため、汎用性が高く、疫学や薬学などさまざまな分野で用いられ、環境汚染や疾病の要因を解明し、改善することに生かされている。

論理的に知識を活用し、仮説を立てる力が大切

分子計測学が求める学生像

論理的思考力

持続力

広い視野

分子計測学は、物質を測定するための方法を見つけ出す学問です。化学や物理学などの公式や解法をただ覚えているだけでは、今まで通りの結論しか得られません。新たな方法を発見するためには、公式や解法が導かれる理由まで把握し、それらを必要に応じて自在に組み合わせて用いる必要があります。知識を身に付けるだけでなく、知識を論理的に活用する力があってこそ、新発見につながる仮説を立てられるのです。

根気よく実験に取り組む力も、必要です。仮説を裏付けられるようなデータはなかなか得られないので、面倒がらずにコツコツと研究を続けなければなりません。実験結果が予想と大きく外れれば、精神的に動揺することもあります。しかし、落ち込んでいるだけでは研究は前に進みませんから、失敗の要因をしっかりと分析することが重要です。

また、学際的な広い視野を持つことも求められます。自分の専門以外の分野の知見も取り入れることで、柔軟な発想が生まれるからです。他分野でどのような実験を行っているかを知っていれば、機材を必要に応じて改良したり、自作したりする必要に迫られた時、それらを解決するためのヒントも得られるはずですよ。

高校生へのメッセージ

書物は知識の源ですから、本を読むことが好きになると視野は大きく広がると思います。まずは自分が面白いと思う本をたくさん読みましょう。楽しければ続けられますから、読書の習慣が身に付くはずですよ。



原田 明 教授

はらた・あきら 九州大学院総合理工学部物質理工学専攻教授。博士課程教育リーダーディングプログラム「グリーンアジア国際戦略プログラム」コーディネーター。東京大学院工学系研究科博士課程修了(工学博士)。東京大助手、九州大助教授などを経て、現職。「光熱変換分光法による非破壊3次元分析法の開発研究」により、1993年日本分析化学会奨励賞を受賞。

研究を志したきっかけ

環境調査に携わり 測定できない物質が 多いことを知った

長野県の諏訪湖の近くで生まれ育った私は、高校時代に環境問題に関心を抱くようになりました。きっかけは、クラス対抗のボート大会に向

がたくさんあることを学びました。1990年代末にマスコミなどで大きく取り上げられた環境ホルモンも、私の学生時代には気体中の濃度を測る方法がありませんでした。「環境汚染が生じる原因を科学的に立証するための、正確な情報が不足している」と感じるようになった私は、物質を測定する技術を開発する学問、分子計測学の研究を志すようになったのです。

研究概要

液体内の分子に 複数の光線を照射し 反応を見取る

私は、液体内の分子の存在量を測ることで、物質の状態を把握する研究に力を入れています。液体内では油脂やタンパク質などが障害となり、

何の分子がどの程度、どのような状態で存在するかを正確に測りにくい。そのため、気体内や固体内に比べると測定技術の開発が進んでいません。

つまり、この分野には多くの未知の可能性が秘められているということです。例えば、血液内にある分子の種類と分量を把握できるようにすれば、細胞一つひとつに対して、ど

環境汚染の要因を突き止めるためには、温度や湿度などの外的な条件にかかわらず、あらゆる物質を検出し、その分量を正確に測れるようにする必要があります。ところが、水の上に浮かぶ分子や固体に付着した分子など、測定しにくい物質

の分子がどれくらいの量で影響を及ぼしているかが見えてきます。

分子は細胞の10000分の1ほどの大きさしかないので、1つでは細胞に対して劇的な影響は及ぼさない、理論上は考えられるのですが、1つの細胞に1つの分子しか侵入しない濃度の薬品によって、生体に悪影響が出たように見えるケースなどが報告されています。その要因を解明するためには、細胞の変化と、分子の量や作用との因果関係を明らかにしなければなりません。

研究は、分子への光線照射によって行います。液体内の分子は、光に当たるとエネルギーを持ち、光を発したり、高調波を生じたりと、分子の性質によってさまざまな反応を示します。それを数値化することで、分子の存在量を測定できるので、分子によって反応する光の種類や波長などが異なるため、パルスレーザー光やシンクロトロン光といった複数の光線を用い、それらを組み合わせた時、波長を変えたりして照射しています。必要な波長の光線を発する装置が市販されておらず、自作することもしばしばです。

液体に溶けている分子の状態も、分析しています。液体内の分子の機能を解明するために、分子1つひとつの様子を把握したいのですが、分析装置を標準的に用いるだけでは、溶液1リットル中で約0.01マイクロモル以上の濃度に達していないと溶質を検出することが出来ません。

1リットル中に10の16乗個以上集まった状態では分子の様子は分からないのです。また、溶質を化学変化によって別の分子に変えなければならぬことも多く、全ての分子の性質に迫れるわけではありません。

そこで、分析する分子の性質に応じて異なる温度の溶液を用いるなど、装置の使い方を変えています。分子を吸着させる固体を変えたり、検出機を自作したりと、更に低い濃度の溶液でも分子を検出できるように、装置自体にも工夫を加えています。確立された手順にただ従うだけでは、新たな発見は出来ないと思います。試行錯誤を重ねて自分で手順を見いだすことが重要なのです。今まで不可能だったことを可能にする過程にこそ研究の醍醐味があると、私は感じています。

研究の成果と展望

あらゆる分子を測定できる技術の開発を目指す

私の学生時代から現在までの30年ほどの間に、国内外の研究者によって、液体内の分子計測技術も随分進歩しました。蛍光分子

は1つひとつを測定できるようになっています。ただ、アミノ酸や核酸塩基などの生体関連物質に多く含まれる、非蛍光分子の測定には課題があります。それが測れるようになれば、生体機能をより正確に把握できるようにになるはずですが。

私は近年、実態がよく分かっていたなかった、液体と気体や固体との境界面に存在する分子の計測も積極的に行っています。研究の結果、蛍光分子が境界面にいくつ、どのような状態で浮かんでいるかを測定可能になりました。研究を更に進め、あらゆる分子について、外的環境による性質変化の仕組みを明らかにしたいと考えています。分子の機能を解明し、必要に応じて変化させられるようになれば、特効薬の開発などにもつながると期待しています。

用語解説

1 高調波

基本周波数の整数倍の周波数の電気。東日本の商用電源周波数50 Hzを基本波とすると、第2次高調波は100 Hz、第3次高調波は150 Hzとなる。

2 パルスレーザー光

短い間隔で点滅するレーザー光。

3 シンクロトロン光

真空中で光速に近い速度で進む電子が発する光。電子の進行方向が変えられた際に発生する。

4 マイクロモル

モルは溶液の濃度の単位の1つで、1リットル中に溶けている溶質の量を表す。マイクロモルは、モルの100万分の1。

5 蛍光分子

光線を照射するとよく光る性質の分子。光線を照射しても光りにくい性質の分子は、非蛍光分子と呼ぶ。

6 ナノ粒子

ナノとは10億分の1を表す言葉。ナノ粒子は、最長の幅が1〜数百ナノメートルの粒子を指す。

7 指示薬

イオンの濃度などを判定するために用いる試薬。

8 基

化学反応の際、分解せずとまったまま分子から分子へ移動する原子団。

代謝効率を測る 指標を実用化したい



富田健太郎さん

とみた・けんたろう 九州大学院総合理工学府物質理工学専攻博士後期課程3年。福岡県立城南高校卒業。

Q **なぜこの分野に進んだのですか**

A 小学生の頃から理科が好きだった私は、高校は普通科の理数コースを選びました。普通科コースに比べて、実験が多いことに魅力を感じたからです。せっけんを作る化学の実験では、油脂などの材料次第で洗浄力や手触りの異なるものが出てくることを実感しました。社会に役立つものづくりをしたいと考えるようになり、大学で化学を学ぶことに決めたのです。

大学4年生の時に所属した研究室では、燃料電池を研究しました。研究を通して、基材の表面に分散させた触媒微粒子の、表面に吸着した物質の違いが、得られる電力の違いとして現れることに興味を持ち、表面の専門家を志すようになりました。そこで、表面の分析を行っている原田先生の研究室に修士課程1年生から所属するようになったのです。

Q **原田先生の研究室での研究内容を教えてください**

A 金のナノ粒子を用い、水中のイオンを計測する研究に取り組んでいます。金のナノ粒子はレーザー光線を照射すると、表面に付着した物質によって異なる光り方をします。私はこの性質を応用し、生体内の薬物代謝を担う物質、硫酸イオンの濃度を測る指示薬を作りました。

指示薬が出来るまでは試行錯誤の連続でした。金のナノ粒子に硫酸イオンだけを直接、選択的に吸着させることは出来ませんから、硫酸イオンを選び取る性質がある有機物、チオ尿素基を持つ分子で、金のナノ粒子を覆うことを試みました。ところが、

水中に分散した金のナノ粒子を水に溶けない分子で覆うと、金のナノ粒子が凝集し、役に立たなくなってしまう。チオ尿素基で覆った金ナノ粒子を水に溶けやすくしようと実験を繰り返した末、水に溶けやすい分子とチオ尿素基を持つ分子とを混ぜ合わせて覆うという、新たな方法を見いだしたのです。この方法で試作した指示薬では、光る強さが硫酸イオンの濃度に応じて変わることを発見しました。苦心がようやく実ったと感じ、うれしさがこみ上げてきたことをよく覚えています。

Q **高校生へのメッセージをお願いします**

A 硫酸イオンの指示薬作りは、失敗の連続でした。それでも諦めなかったのは、なぜ期待通りの結果が得られないのかを考察することが楽しかったからです。皆さんにも、「なぜ？」を考える面白さを知ってほしいと思います。スマートフォンが動く仕組みなど、身の周りには自分では説明できないことがあふれているはず。そして、納得できる理由を見つげるために、本などで調べましょう。疑問を持ち、その答えを自分で探す力は、今後ますます社会で求められると思います。高校時代にその基礎をしっかり身に付けてください。

私の高校時代

納得するまで打ち込んだ釣りの擬似餌作り

● 高校時代は趣味の釣りに熱中し、特に擬似餌作りにごだわりました。

擬似餌は、餌となる魚やミミズなどに似せて作っても、必ずしもよく釣れるわけではありません。釣ろうとする魚によっては、実物とは似ても似つかない色と形をした擬似餌を用いた方がよい場合もあるのです。それはなぜなのかと疑問を持ち、どの魚がどのような擬似餌に反応するかを図書館で調べるようになりました。ただ、文献からだけでは抽象的な情報しか得られず、いま一つ納得できなかった。「自分で作ってみよう」と考えたのです。擬似餌作りでは、素材の大きさを確認し、形を修正する作業を繰り返しました。1つ仕上げるまでに、数か月かかることもありました。

納得がいくまで打ち込む経験は、諦めないで研究に取り組もうとする今の姿勢の素地になっていると思います。