

twitter
はじめました
@keiokyuri

K y u r i z u k a i

新版

窮理図解

2012 January
no.

09

慶應義塾大学工学部広報誌

<http://www.st.keio.ac.jp/kyurizukai>

English versions are also available:

http://www.st.keio.ac.jp/kyurizukai/top_eng.html

慶應理工の 海洋天然物化学

天然由来のユニークで
新しい化合物

化学科

す え な が き よ た け

末永聖武

(准教授)



海洋生物のもつ 未知物質が面白い

医薬品開発に向け研究を加速

この世の中には、どれほどの物質が存在しているのだろうか？ 天然物化学研究室の末永聖武准教授は、「まだまだ知られていない有効な物質がたくさんあるはずだ」と海洋生物の未知物質探索を続けている。最近では、シアノバクテリアから見つかった物質に、がんや骨粗鬆症の治療薬として期待される作用が見つかるなど、医薬品への応用の可能性が高まっている。

未知物質探索の始まり

5月の沖縄の海。強い日差しのもと、長袖シャツに笠をかぶった一団が、懸命に何かを探している。末永准教授と学生たちが、海洋生物を採取しているのだ。未知物質の探索は、気の遠くなるような材料集めから作業が始まる（図1）。

末永さんが慶應義塾大学に移ってきた2006年頃からは、主に海洋シアノバクテリアを採取している。シアノバクテリアは葉緑素をもち光合成を行う細菌（バ

クテリア）で、原始の地球において酸素をつくり出したとされる。末永さんは、特別な可能性を感じてシアノバクテリアを選んだのではないという。「研究材料に選んだ論理的な理由は、特にありません。何から面白い物質が見つかるかなんて誰にもわからないのですから…」。未知物質の探索に思い込みは禁物だ。

あえて理由をつければ、シアノバクテリアが学生時代に研究していたアメフラシのエサの海藻に付着していたから。アメフラシがもつ変わった物質はエサ由来

と考えられており、シアノバクテリアは以前から気になる存在だったのだという。

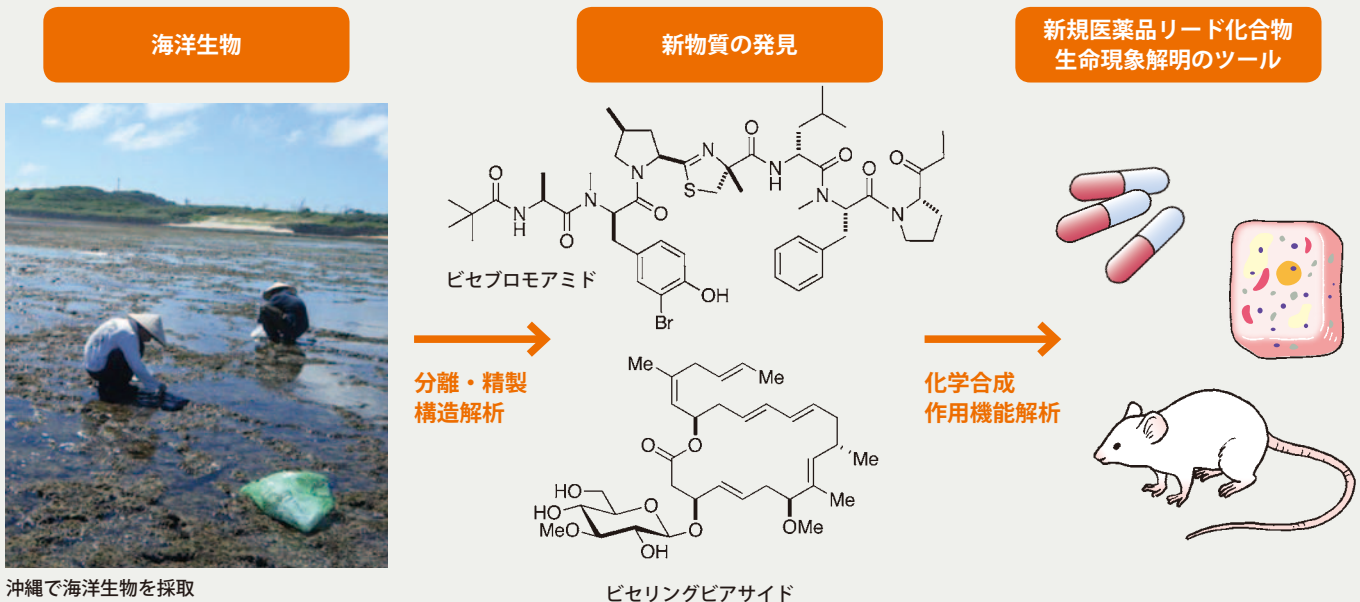
抗がん活性を指標として

この5年間で採取したシアノバクテリアは、合計でおよそ150kg。抽出してエキスにして、そこから“これ”と決めた物質を単離する。つまり、クロマトグラフィー¹などを駆使して、ほかの物質が混ざっていない状態にまで精製する（図2）。“これをとってみよう”と決める指標として末永さんは抗がん作用²の有無を基準にしている。だから、これまでにとってきた物質の多くは抗がん作用をもっている。

続いて、化学構造を調べる。学内にある核磁気共鳴装置（NMR）を使えば、だいたいの構造が短時間でわかる。構造が複雑なときには、学外の分解能の高いNMR装置を使うこともある。さらに細かい部分は、反応性を調べたり、結晶構造解析を行ったりして決める。構造が決まると、単離した物質が本当にこれまで

図1 海洋天然物化学

海洋生物には、陸上生物には見られないユニークな化学構造と生物活性をもつ物質が含まれている。このような物質を発見することは、単に新しい物質の発見にとどまらず、医薬品開発や生命現象を解明するための道具として役立つので非常に重要である。



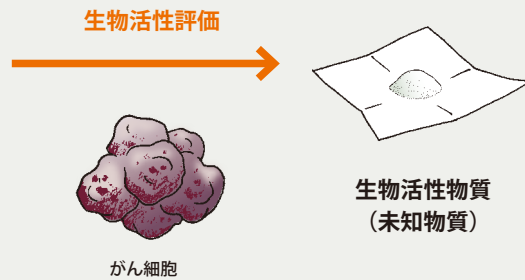
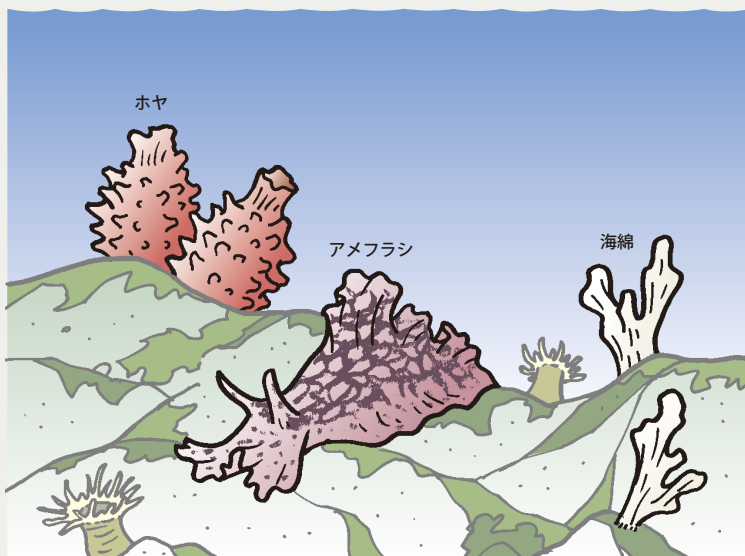


図2 生物活性物質の探索

海洋生物由来の生物活性物質は、非常に微量しか得られないため、抽出材料を普通に精製しても取り出すことが困難である。しかし、生物活性を指標にすれば、極微量であっても単離することが可能である。例えて言うなら、アリが甘みを頼りに砂糖を見つけるようなものである。

に知られていないものかどうか分かる。

このようなプロセスを経て、シアノバクテリアのエキスから最初に見つかったのが、ピセプロモアミドだ。「沖縄県の備瀬^{びせ}という場所で採取したシアノバクテリアから見つかった、プロモ原子（臭素、Br）をもつアミドだから“ピセプロモアミド”です」。発見した物質には、地名や分子の特徴などをもとに名前をつけている。次いで、ピセリングピアサイドやレプトリングビオライド類が見つかり、さらに4つ目を捕らえることができそうだという。

ただ、いずれの物質も数キログラムの材料から数mg～数十mg程度とごく少量しか取れないため、物質の性質や作用をさらに詳しく調べるのが難しい。そこで、十分な量の物質を得るために人工的な化学合成を試みている。ピセプロモアミドとピセリングピアサイドの合成法は、まもなく確立されそうだ。

研究の目のつけどころ

順調に進んでいるかにみえる末永さんの研究だが、最初の2年間は何も見つけることができなかった。海洋生物はたくさんいるのだから、ほかの生物を調べようとは思わなかったのだろうか。「もともとほかの海洋生物をやっていて、成果が出せずにいました。それで、シアノバクテリアをやることにしたので、2年くらいで諦めようなんて思いませんでした

た」。未知物質の探索には粘り強さも必要なようだ。

転機が訪れたのは、これまでと違う種類のシアノバクテリアを採取するようになった頃からだった。「シアノバクテリアといえば、鮮やかな緑色の藻のような目立つものに目を奪われがちです。ところが、2年もシアノバクテリアばかりを見てみると、地味で目立たないものも生息していることに気づいたのです」。こうして快進撃が始まった。

注目される海洋生物由来の物質

「たくさんの物質を知っていますが、ピセプロモアミドは、D型のアミノ酸や臭素原子（Br）、*t*-ブチル基が入っている点で珍しい物質です」。海洋生物由来の物質が興味深いのは、構造ばかりではない。「最近、『面白い物質ない?』と知り合いの研究者からよく尋ねられます。試料を送ると、こんな作用が見つかったと後日報告が返ってきます」。中部大学の禹済泰^{うじよて}教授からは、ピセリングピアサイドが骨粗鬆症に効く可能性がある^{と知らされた}。

まだ有効な治療法が見つからない骨粗鬆症。その薬が生まれるかもしれないと注目を集めている。「私は未知物質をとってくることはできても、それらのすべてがどのような作用をもっているかまで詳しく調べられる環境にはありません。ほかの研究者が調べてくれるのは、本当に

ありがたいことです」と謙虚だが、このような共同研究が成立しているのは、末永さんが見つけた物質が魅力的だからに他ならない。

2011年3月23日の『化学工業日報』には、末永さんが見つけた物質を本格的に医薬品向けに開発するという内容の記事が掲載された。「高い安全性と有効性が求められる医薬品開発は、非常に難しいことなのです」と、多大な期待はせず、地道に研究を続ける一方で、「薬にならなかったとしても、生命現象の解明につながります」と、未知物質を深く研究する意義は大きいと胸を張る。

「海洋生物は、殻をもたない、動きが鈍いなど無防備なものが多いのです。それでも生きていられるのは、何か体を守る防御物質をもっているためではないか、と発想した先人がいました。これが、海洋生物の未知物質探索の始まりだといわれています。この発想が正しいかどうかはわかりませんが、少なくともこれまでの研究で、海洋生物が人知の及ばない活性物質をもっていることは確かです。世の中には、まだ知られていない面白い物質がたくさんあると思いますよ」。天然物化学研究は、ますます注目されていくことだろう。

(取材・構成 池田亜希子)

*1: 担体との親和性の違いを利用して物質を分離する手段のひとつ。

*2: がん細胞の増殖を抑制する作用。



尊敬できる師匠との 出会いがあったから、 今の自分がある

海洋シアノバクテリアから次々に未知物質を発見し、その有用性に迫ろうとしている末永さん。研究者としての心得も指導者としての在り方も、大学時代に出会った師匠から受け継いでいる。化学に特に興味のなかった少年が、どのようにして未知物質探索に夢中になっていったのだろうか。

—どんな子ども時代を過ごしたのでしょうか？

福島県会津生まれの仙台育ちです。ノビリしたところで育ったので、周囲に塾に通っている子どもはいませんでしたし、親に勉強しろといわれたこともありませんでした。だから、中学校くらいまでは家で勉強をしたことがほとんどありません。

小さい頃は、国鉄（現在の JR）に勤めるものと思っていました。わが家は曾祖父の代から3代続いて国鉄職員で、私は国鉄の官舎で育ちました。実は父は、東北新幹線の初代運転士の1人だったんです。私が小学生の頃、東北新幹線の開通に向けて父が運転士になるための勉強をしていたのを覚えています。私の子どもは、何をやっているのかわからない私よりも、私の父のことを尊敬しているようです。

—化学に進もうと思ったきっかけは何だったのでしょうか。

宇宙にあこがれた時期もありましたし、大学に入るまでは物理の方が好きでした。しかし、大学で研究室を選ぶ頃には、天然物や複雑な物質に興味をもつようになっていました。ただ、当時の名古屋大学の理学部化学科で有機化学系に進むのは、ちょっとした覚悟が必要でした。後にノーベル化学賞を受賞することになる野依良治先生と、僕の師匠の山田静之先生が研究室をもっていたのですが、どちらもとても厳しい先生だったんです。結局、私は山田先生の研究室に行きました。

—どんな雰囲気の研究室だったのでしょうか。

所属した当初は知らなかったのですが、山田研究室はとても伝統のある研究室でした。山田先生の前任でかつ師匠の平田

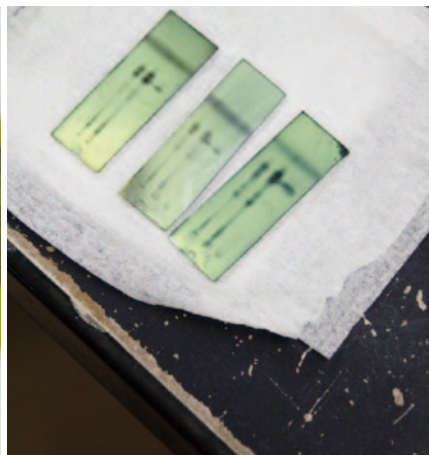
義正先生は、フグ毒のテトロドトキシンの研究で世界的に有名な方です。クラゲの発光物質の研究で、2008年にノーベル化学賞を受賞した下村脩先生は平田先生の研究室で研究していたことがあります。私は、偶然にも天然物化学がもっとも盛んな場所の1つに身を置くことになったんです。

今でも「生物活性分子の化学」という学部3年生向けの授業のはじめに、師匠である山田先生の「ワラビ発がん物質」の研究を紹介しています。

—人生最初の研究はどのようなものだったのでしょうか？

アメフラシという大きなナメクジみたいな海洋生物からとれるアプリロニンAという物質の合成でした。アプリロニンAは山田研究室で発見された抗がん物質なんですが、アクチンに作用する点が当時非常に珍しかったのです。修士2年の終わりに、あと一歩というところまで行っただけで、最後の反応がどうしても進まなくて、結局、万策つくいてしまいました。仕方なく、ずっと手前の物質まで戻って改めて合成方法を組み立て直しました。9合目まで登ったのに、アツという間に3合目までずり落ちてしまった気分でした。それでも、途中で投げ出すわけにはいかないと頑張りました。合成に成功した時には、博士1年の終わりを迎えていました。

なお、この物質の作用機構の研究は山田先生の弟子の木越先生（筑波大学）が



(左) 海洋シアノバクテリアを有機溶媒で抽出しているところ。数日間抽出した後、ろ過・濃縮して抽出エキスを得る。(右) 化学合成の研究では、反応の進行を薄層クロマトグラフィー (TLC) で調べる。TLCを分離の手段として用いることもある。

末永聖武 Kiyotake Suenaga

専門分野は天然物化学。海洋生物からの生物活性物質探索に従事。現在は、海洋シアノバクテリアを中心に研究を進めている。1992年名古屋大学大学院理学研究科に入学。1995年同大学理学部化学科助手になるため中退。1997年博士(理学)を取得。その後、静岡県立大学薬学部助手、筑波大学化学系講師等を経て、2006年慶應義塾大学理工学部化学科助教授、現在に至る。1998年には井上研究奨励賞、2003年には日本化学会進歩賞を受賞。

引き継がれています。最近、学会で講演を聴いたのですが、新たな展開が見えてきたようです。

合成が完了したので、博士に進んだらやりたいと思っていた「単離と構造決定をやらせて欲しい」と山田先生にお願いする決心をしました。誰かが単離・構造決定したものを合成するのではなく、自分で新しいものを見つけたかったんです。そうしたら、先に山田先生の方から「単離をやれ」といわれました。何もいわずとも、気持ちは伝わっていたんだと感じましたね。

タツナミガイ 250kg 分のエキスを材料に、地道な単離作業を繰り返して、最終的に 0.5mg ほどのオーライドという物質を採取しました。

——根気のいる研究のようですが、息抜きはどうしていますか。

趣味は、音楽鑑賞です。大学に入った頃から、名古屋周辺のコンサートを聴きに行くようになりました。年に 50～60 回通っている時期もありました。東京には 9 つもプロのオーケストラがあるのを知っていますか。音楽好きにはたまりませんね。東京交響楽団の定期会員になっていますし、昨日は N 響のコンサートに行ってきました。公演によっては託児サービスがあって、6 歳と 3 歳の息子を預けられるんです。9 歳の娘と一緒に聴きますが、寝ていることが多いです。私が好きで行くのでそれでいいかなと思っています(笑)。とてもリフレッシュします。

それから、できるだけ子どもとの時間をとるようにしています。朝ご飯と夕ご飯は一緒に食べます。家が近いので、一

学生には、自分の専門分野・関連分野の幅広い知識を身に付けて欲しい



度家に帰って夕ご飯を食べて、子どもたちをお風呂に入れてからまた大学に戻ります。子どもとの時間も、息抜きです。

——素敵なパパですね。教え子の学生さんたちにはどのように接しているのですか。

厳しい先生かもしれません。英語で書かれた教科書を持ち回りで読む輪講、自分たちの読んだ専門雑誌を紹介する雑談会、機器分析について学ぶ勉強会をそれぞれ週 1 回やっています。研究室の学生十数人のうち 5 人が担当するので、2～3 週に一度は何かを担当します。これは、かなり勉強させていると思います。

実験をおろそかにして欲しくはありませんが、それ以上に広く勉強して力をつけて欲しいんです。この分野なら、有機化学の知識を一通り身につけて欲しい。単離・構造決定をやっているからといって、有機合成反応のことは知らないとか、天然物合成をしていて生合成を知らないなどということがあってはいけないと思うのです。

私自身、学生時代にはずいぶん教育さ

れました。思い返してみると、当時は大変でしたが、今となっては役に立っていることが多いですよ。企業に就職した私の友人もそういっています。

◎ちょっと一言◎

学生さんから：

● 徳之島で忘れられないことがありました。手違いのためか民宿の部屋が予約されておらず、夕方になって暗くなってきたので、頼み込んで何とか 2 間続きの部屋を貸してもらいました。そんな状況でも、シアノバクテリア採取を精力的に行いました。いつも先生のパワーに引っ張られています。(M さん)

● 有機化学反応でいろんな物質をつくってみたいと思ってここに来たので、好きにやらせてもらえるのが心地いんです。困ったときには、一緒に考えてくださるし、僕の提案も聞いてくださいます。(N さん)

(取材・構成 池田亜希子)

さらに詳しい内容は
<http://www.st.keio.ac.jp/kyurizukai>

末永聖武の1日

平日編 2011年11月25日(金)

6:30 ~

起床、朝食。新聞を読む。

8:00 ~

長女が小学校へ行くのを見送り、自分も家を出る。

8:30 ~

研究室に到着。授業の資料をコピー。

9:00 ~

授業(生物活性分子の化学、学部3年向け)今日はβ-ラクタム抗生物質の話。自分の専門分野に近いので、結構楽しく授業をしている。

10:40 ~

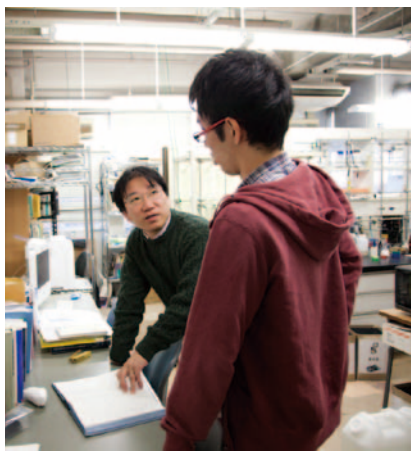
伝票の整理など事務仕事。

12:00 ~

昼食(弁当)

12:30 ~

学生とディスカッション。その後、測定装置(NMR)の調子が悪いとの連絡。少し調整したら、わりとすぐに直った。



15:00 ~

調べものをしたり、論文を読んだり。

18:00 ~

一時帰宅。帰宅途中で音楽教室に立ち寄り、長女と一緒に帰宅。子どもたちと風呂に入る(今日は上の2人と)。その後夕食。

20:00 ~

研究室に戻る。学生とディスカッション。てこずっていた難題が解決するかもしれない。

22:00 ~

NMRの終夜測定を仕掛けた。自分で測定するのは久しぶり。順調に進んでいるか気になり何度か様子を見に行く。

0:00 ~

帰宅。お酒(ビール、日本酒)を飲みつつ、音楽を聴く。2時頃就寝。

休日編 2011年11月27日(日)

7:00 ~

起床。朝食の後、テレビを見る。「仮面ライダー」など子ども向け番組を見て、9時から「題名のない音楽会」。

10:00 ~

家族5人で渋谷へ。東京都児童会館が閉まっていたのでこどもの城に行く。

13:00 ~

NHKホールに向かう。途中、やや遅めの昼食。

15:00 ~

NHK交響楽団定期演奏会(マーラー:交響曲第4番ほか、準メルクル指揮)を聴く。未就学児2人は託児。2011年はマーラー没後100年なので聴く機会が多い。来週の日曜にもN響定期演奏会でマーラーの交響曲第8番を聴く予定。

18:00 ~

帰宅後、夕食。お酒(ビール、ワイン)も飲む。いろいろ話をしながら、テレビを見たり…。その後、子どもたちと風呂に。

21:00 ~

子どもたちの要望により「南極大陸」を見る。子どもたちはいま、私が子どもの時に読んだ本(越冬隊員が書いた『カラフト犬物語一生きていたタロとジロ』)を読んでいる。23:00頃就寝。

演奏会のススメ

私の趣味はクラシック音楽を聴くことです。大学入学の頃からなので、研究よりも長く続いています。定期会員になっている東京交響楽団(東響)を中心に、在京オーケストラや室内楽など年に30回程度、演奏会に行きます。東京・神奈川にはプロのオケが9つもあり、海外からもたくさんの演奏家やオケが絶えずやってきます。音響の良いホールも幾つもあります。東京・神奈川は、実は世界一の音楽都市かもしれません。皆さんも親しんでみてはいかがでしょうか？

最近聴いた演奏会

- ロリン・マゼール指揮 / 東響 (於 昭和音楽大学)
ベートーヴェン & マラー: 交響曲第1番 (11/12)
世界的巨匠が客演した注目の演奏会。後半のマラーは所々に独自の表情をつけた個性的な演奏、ホルン8本を横一列に並べた楽器配置で視覚的にも楽しめた。
- ユベール・スダーン指揮 / 東響 (於 サントリーホール)
シェーンベルク: 期待 & フォーレ: レクイエム (11/19)
後半のフォーレは清澄な演奏で、特に弦楽と女声合唱が美しかった。ソプラノ(森麻季)の透明感のある声は素晴らしく、客席の高いところで歌わせた演出も効果的で、まさに天使の声だった。前半の不安と緊張を後半で癒す、良くてきたプログラムだと思う。



2011年のマイベスト

クシシュトフ・ウルバンスキ指揮 / 東響のショスタコヴィチ: 交響曲第10番ほか (6/12)。次点はジョナサン・ノット指揮 / 東響のラヴェル: ダフニスとクロエ全曲ほか (10/7)。

好きな作曲家

シューマンとシベリウス。ベートーヴェン、シューベルト、ブラームス等ロマン派、フランクとその弟子達、フォーレ、北欧&ロシア音楽、バルトーク、「ゴジラ」の映画音楽でも有名な伊福部昭、ピアソラ等も好きです。

私の My favorite books 本棚



● Introduction to Organic Chemistry

学生時代の有機化学の教科書で、今までにいちばん時間をかけて読んでいます。学生の時に買ったものはボロボロになってしまい、今持っているのは2冊目です。多色刷りのカラフルな教科書が多くなった今では、2色刷りの地味な教科書ですが、使い慣れたこの本が私にとっては一番です。教科書はいろいろありますが、自分で選んだ教科書をきちんと読んで専門分野の基礎をしっかりと固めていただきたいです。

● Modern Methods of Organic Synthesis

研究室の輪講で使っています。学生の勉強のためにやっていますが、自分自身の知識の整理にもなっています。学生時代の研究室でもこの本の旧版を使っていました。著者が亡くなり永久に改訂されなれなかったと思いましたが、弟子が引き継いで20年ぶりくらいに内容が一新された改訂版が出ました。天然物合成からの反応例も豊富で、新しい反応も含まれています。有機合成の知識を幅広く身につけるのに最適だと思います。一通り読みこなせば、かなり力がつくはずですよ。

● 天然物化学—海洋生物編

海洋天然物化学の研究者が分担執筆した本で、生物活性海洋天然物の単離構造決定・全合成・生合成、海洋生物の生命現象の解明・ケミカルバイオロジーなど多岐にわたる内容が盛り込まれています。専門的な内容になりますが、比較的分かりやすく書かれており、この分野の歴史や研究動向なども知ることができます。私も一節を書きました。

● 世界で一番売れている薬

世界で一番売れている薬は、スタチンと総称される高脂血症治療薬です。そのもとになった物質は日本で発見されました。この本は、最初のスタチンを発見した遠藤章博士の半生記です。スタチンがどのように発見され、どのような運命をたどったのか、そのドラマが描かれています。難しく感じるところもあるかもしれませんが、研究者が高い志をもち、強い意志と努力と執念でさまざまな困難を乗り越えていく様子は伝わると思います。

● 地図

私は理数系以外の科目では地理が好きでした。地図を見るのが好きで、今でもよく地図を見ている。最近はパソコンなどで地図を見ることが多くなりました。今度はどこに試料採集に行こうかと考えながら、沖縄や奄美地方などの海辺の地図や航空写真をしょっちゅう眺めています。最近では、GPS機能付きのデジカメを

持ち歩いてGPSログを取り、自分が通った経路を地図上で眺めたりもします。GPSは研究用の試料採集でも活用しています。

● かわ

川が山で雪解け水から生まれ、上流から田舎、都会を通って海に注ぐまでを描いた絵本です。著

者のかこさとしさん自身が川のさまざまな風景を丁寧に描いており、細部をいろいろ探すと楽しみもあります。他にも「たいふう」「よわいかみつよいかたち」などが特に印象に残っています。私が子供の時に読んだ絵本を両親が取っておいてくれて、今では私の子供たちが読んでいます。かこさとしさんの科学絵本は、子供の好奇心を刺激するとともに親も勉強になると思います。

期待される新薬の開発

私たちは、頭が痛い、熱がある、お腹の調子が悪いといったようなとき、薬を飲みます。薬には、街の薬局で手軽に買えるものから医師の処方箋がないと入手できないもの、病気やけがで入院した際に使用されるものなど多種多様なものがあります。

こうした医薬品は様々な物質をもとにつくられていますが、現在使われている医薬品はその3分の1が天然物に由来する物質からつくられています。例えば、FK506（タクロリムス）と呼ばれる免疫抑制剤は、筑波山の土壌から発見された物

質をもとに日本でつくられた薬品です。

新しい医薬品を人工的に作りだすのはたいへん難しいのですが、天然には人知が及ばないような複雑な構造をもつ未知の物質が無尽蔵にあり、新しい医薬品のもとになるような物質を探すための大きな供給源になっています。

この号で紹介されている末永准教授は、天然物のなかでも海洋生物を対象に研究しています。海洋生物由来の物質は、ユニークな化学構造と生物活性をもっているため、新しい医薬品候補物質の探索源として注目されるようになり、1970年代から盛んに研究されるようになりました。

しかし、海洋生物からは医薬品につながる有望な物質はごく微量しか得られま

せん。さらにその構造が複雑なため、化学的に合成することが難しくなかなか実用化には至りません。

こうした状況の中で、海洋生物のクロイソカイメンから得られたハリコンドリノBという物質をもとに設計・合成されたエリプリンが2011年4月に抗がん剤として承認されました。これは日本初の海洋生物由来の抗がん剤で、ハリコンドリノBの発見者は慶應義塾大学理工学部在籍（2008年4月～2011年3月）していた上村大輔博士です。

天然物由来物質の研究はますます盛んになっており、今後、海洋生物に由来する物質からも新しい医薬品が誕生することが期待されます。

理工学 Information

第13回慶應義塾先端科学技術研究センター（KLL） 産学連携セミナー

「電子の特性を探究する！」

2012年2月24日（金）15:00～17:30
日吉キャンパス 協生館2階 多目的教室1
参加費無料・事前申込制
<http://www.kll.keio.ac.jp/>

KLLが主催する産学連携セミナーです。今回は電子の物性や作用を探究し、革新的エレクトロニクス技術の基礎となることをめざす研究を紹介します。セミナー後には懇親・意見交換会を開催予定です。お申し込みは上記URLからどうぞ。

イノベーション創出戦略マネジメント講座（ソニー寄附講座） 公開シンポジウム2011 人類・未来の新たな発展をめざして 「第4回 新たな価値の創造に向けて」

2012年3月2日（金）18:00～
日吉キャンパス 協生館藤原洋記念ホール
参加費無料・事前申込制
<http://www.koukai-sympo.net/portal/>

大学院理工学研究科に設置されている寄附講座による、4回シリーズの公開シンポジウムの最終回です。理工学研究科特任教授でもある、(株)ソニーコンピュータサイエンス研究所代表取締役会長の所眞理雄氏が司会をつとめ、京都造形芸術大学教授・Earth Literacy Program 代表の竹村真一氏、(株)日立製作所役員待遇フェローの小泉英明氏を迎えて行われます。お申し込みは上記URLからどうぞ。

編集後記

末永准教授は、みずからの研究を宝探しにたとえます。広大な海にいる数えきれないほどの生物から、わずかにとれる活性物質という宝を見出し、育てていくのだ、と。



“体力と根気”の研究生活を象徴するものを、取材中に発見しました。筑波大学教員時代から愛用している大学ノート。短く見積もっても6年ものです。長期的視野に立つ堅実な研究が新しい発見を生み、これからの私たちの健康を支えようとしています。 (平良沙織)



矢上キャンパスの雪景色

©慶應義塾大学

新版 窮理図解

No.09 2012 January

編集 新版窮理図解編集委員会
写真 邑口京一郎
イラスト 中村知史
デザイン 八十島博明、石川幸彦（GRID）
編集協力 サイテック・コミュニケーションズ
発行者 青山藤詞郎
発行 慶應義塾大学理工学部
〒223-8522 横浜市港北区日吉3-14-1
問い合わせ先（新版窮理図解全般）
kyurizukai@info.keio.ac.jp
問い合わせ先（産学連携）
liaison@educ.cc.keio.ac.jp
web版 <http://www.st.keio.ac.jp/kyurizukai>
twitter <http://twitter.com/#!/keiokyuri>