

Title	私の歩んだ道：自然に学ぶ
Sub Title	
Author	白川, 英樹(Shirakawa, Hideki)
Publisher	慶應義塾大学理工学部
Publication year	2012
Jtitle	人間教育講座：社会を知る自分を知る自分を育てる (2012. ),p.7- 35
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Book
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50001001-20120000-0007">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50001001-20120000-0007</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

---

私の歩んだ道～自然に学ぶ～

筑波大学名誉教授、ノーベル化学賞（二〇〇〇年）

## 白川 英樹



しらかわ・ひでき 一九三六年東京生まれ。東京工業大学理工学部化学工学科卒業、同大学院理工学研究科博士課程修了、工学博士。専門分野は高分子化学、物質科学。東京工業大学助手、米国ペンシルベニア大学化学科博士研究員を経て、一九七九年に筑波大学に助教授として着任。一九八二年同大学物質工学系教授。同大学院理工学研究科長、第三学群長を歴任。二〇〇〇年には筑波大学名誉教授となる。内閣府総合科学技術会議議員（二〇〇一年～二〇〇三年）、日本学士院会員（二〇〇一年）。二〇〇〇年、導電性ポリマーの発見と開発に対して、ノーベル化学賞を受賞。その他、高分子学会賞（一九八三年）、高分子科学功績賞（二〇〇〇年）、文化勲章（二〇〇〇年）、他受賞多数。主な著作に『合成金属——ポリアセチレンからグラファイトまで』（山辺時雄共編／化学増刊87）、『化学に魅せられて』（岩波書店）、『私の歩んだ道——ノーベル化学賞の発想』（朝日新聞社）などがある。

## はじめに

最初に、「人間教育講座」というタイトルを聞いたときは「自分にできるかな」と思っていたのですが、思うところを話せばよろしいとのことでしたので、お引き受けいたしました。理工学部の主催というところですが、理工学部以外のみなさん、ちよつと手を挙げてみていただけませんか？（会場から手が挙がる）いろいろな学部から来ていただいでいて、ありがとうございます。私はもともと理科が好きで、どちらかというと理系人間になるのですが、自分自身が大学で学び、社会に出て教員となり、研究者あるいは教育者としてやってきてつくづく感じるのは、どうも理系・文系の区別はなくなってしまう方がいいのではないかと思うのです。ですから、理系以外の人に私の話を聞いていただくのはたいへんに嬉しく思います。今日の話は理系・文系という話ではないのですが、私が七五年歩いてきた道のなかでいろいろと思うところを皆さんにお話しできればと思っています。

今日の講演には「自然に学ぶ」というサブタイトルをつけたのですが、これはむしろ「自然に学ぶ楽しさ」というサブタイトルにした方がいいかもしれません。つまり「自然に学ぶ楽しさを味わってもらいたい」ということですね。「自然に学ぶ楽しさ」の「自然」とはいわゆるネイチャー（Nature）、自然科学ですね、私はその「自然」を対象として学んできたのですが、実はそういう意味だけではありません。皆さんは幼稚園から小学校・中学校・高校・大学と学んできて、あるいはこれから大学院に進んでいくかもしれません。学校で学ぶことはもちろん大事なことです。果たしてそれだけでいいのかという思いがあるんですね。

私自身は人間嫌いではないのですが、人とつきあうのはあまり得意ではなくて、自分自身を自然の中において自然を見ていくことが好きで、誰から教わることもなく自然から多くを学びました。「自然に学ぶ」の「自然に」というのは「ネイチャー (Nature) に学ぶ」というよりも、「自ずから学んでいく」という意味の方が強いのです。学校で先生から学ぶことだけがすべてではない。自分で自ずから学んでいくことができれば、一番身につくのではないかということなのです。

これからお話しすることは七つです。最初に子どもの頃の話をします。それから、自然は分かっているようでまだまだ分からない宝の山だということ。なぜ化学を好きになったのか。しかも化学のなかでも高分子 (プラスチック) をどうして研究することになったのか。その高分子のなかでポリアセチレンを研究することになるのですが、その研究が電気を通すプラスチックの発見につながりました。そしてそのことが評価されてノーベル化学賞をいただいたのですが、ノーベル賞をいただいて一番嬉しかったのは、もちろん賞金もありますが (笑)、いただいた金メダルです。この金メダルにアルフレッド・ノーベルの横顔が浮き彫りになっている表側はよく知られているのですが、メダルの裏側のデザインはあまり知られていません。化学賞と物理学賞のふたつだけは裏側の絵柄が独特で、二人の女神が立っているんですね。そこで私は科学と技術の区別を強く意識しました。そんな話をします。

それから、必ずしもノーベル賞に結びつくわけではないのですが、ノーベル賞受賞以前に自分の研究をしている過程で「セレンディピティー (serendipity)」という聞き慣れない言葉を知りました。おもしろい言葉があるんだなあと、図書館に行つてこの言葉についていろいろと調べました。今度こそ「セレンディピティー」について書かれた本はいろいろと出ていますが、当時はまったくありま

せんでした。図書館に行っても、日本語の辞書にはほとんど書いてありません。そこで Oxford English Dictionary のいろいろな版を片っ端から調べてみて、ようやくこの言葉を理解することができて、「ああ、自分の発見もセレンディピティーだな」と、そこで気づきました。

今日の話の最後は「自然に学ぶ」でまとめたと思います。これについてはすでに話をしてしまいましたが、こういうことで話を進めていこうと思います。

### 子どもの頃、何が好きで何を考えていたか

子どもの頃、私には好きなことがいろいろとあって、小学生の頃には理科全般が好きでした。中学生になると、理科好きが高じて植物採集や昆虫採集に夢中になっていました。高校生になると、外国語に興味をもつようになりました。当時はテレビがなくて、ラジオだけ。ラジオもNHKの第一放送と第二放送しかありませんでした。ところが、ラジオのダイヤルを回してみると、地方のNHKの放送が入るほかに、いろいろな海外の放送が結構入るんですね。認識できるのは韓国語、中国語、ロシア語、もちろん英語が分かる。そのほかにもいろいろな言葉があつて、もっとも聞きたいと外国語にとっても興味を持つようになりました。そのためにはいわゆる中短波だけでなく、短波放送を聞きたい。短波ラジオを買ってもらえるほどの家ではなかったので、自分でつくるよりしようがない。アマチュア無線をやりたいということもあつて、ラジオを組み立てるようになりました。

ただ、そうやって外に出て遊び回るだけではありません。本が好きで、小学校の頃から家に配達され

る新聞を読んだり、少年少女小説や雑誌などを読んだりしていました。もつと言えば活字なら何でも読みたかったんですね。

小学校のときに昆虫採集に夢中になったのも本と関係があつて、当時読んだファーブルの『昆虫記』にすごく魅せられたからです。昆虫は見当も付かないほど多種多様で、地球上の生物の七〇八割は昆虫だと言われているぐらい種類が多い。小さい子、とくに男の子は収集癖があります。たとえば道ばたに落ちてゐる小石をポケットに入れて集めたりする。まあ、大人もそうですが、そういうことで身近にどれだけの種類の昆虫がいるのかを知りたくなつて、昆虫を集め出したわけです。

実際に昆虫採集をやってみると、多様な昆虫を知ることを知つて、できるだけ多くの種類を集めたくなりました。集めてみると、たとえば昆虫ならカブトムシやチョウチョウというように自分の好きな分野ができてきて、今度はそうした昆虫を卵から育てたくなる。たとえばチョウを卵から育てると、幼虫から何回か脱皮してさなぎになつて、成虫になる「変態」を観察することができるようですが、そのためには何よりも幼虫が食べる植物を知らなければなりません。そして飼うわけですから、その植物を探つてこなければいけない。そうすると、その植物がどんな種類で、どこに生えているかを知ることになります。あれやこれやで自然のからくりが極めて精巧に、しかも巧妙にできていることが分かるわけです。これは先生から教えられなくても、やつていけば分かります。

昆虫の標本もつくつていました。博物館などに行くと、ガラスのカバーがついた標本箱の中に並べられた、たとえばチョウチョウなら展翅標本を、カブトムシでも脚を揃えてきちんとした標本を見ることが出来ます。そういう展翅標本をつくつていたんですね。チョウやハチ、カブトムシなど標本箱を十幾

つかつくっていたのですが、みんなダメになってしまいました。というのは、昆虫の標本箱はしょっちゅう手入れをしていないと、たちまち虫に食われてしまうんですね。大学に入るために東京に出てきて、故郷には夏休みに帰るか帰らないかという生活をしているうちに、大学院を終える頃にはせっかक्तくった標本はすっかり虫に食われてなくなってしまうたんです。

ところが、残っている標本がありました。それは鱗粉転写標本という特殊なつくり方をした標本で、中学二年生のときに『子どもの科学』などを見て、ほんの二カ月間ぐらいでしたが集中的にこういう標本をつくっていたのです。これだけがかろうじて残ってくれていた。五〇種類ぐらい残っているでしょうか。たぶん『子どもの科学』か何かに作り方が書いてあったのでしょうかね。標本の脇には鉛筆で和名や採取場所、採取方法、備考などを書いた標本ラベルも書きつけていました。

これが今となっては貴重な資料になっています。三年ぐらい前にこれを専門家に見てもらったところ、今ではもう普通にはいないようなものが何種類かあると指摘されました。こういう標本をつくったことは、自分の収集のためだけでなく、ほかにも意味があるのかもしれない。これは私が育った飛騨高山の近辺で採ったものなのですが、飛騨高山でも近郊が都市化されて、林がなくなってしまうただけではなく、環境が変化して、ある種のチョウはかなり減ってしまいました。つまり普通ではいなくなってしまうた。よく調べれば、どう環境変化が進行したかがおそらく分かると思います。

ある標本ラベルを見ると、採集日が昭和二五年七月二四日となっていました。七月二十四日の曜日を調べてみると月曜日なんです。たぶん前日の二三日ぐらいから夏休みに入って、もうすぐに山に飛んでいったというような感じでしょうね。そんなふうに野山をほっつきまわって、標本をつくったりしてい



たわけです。

冒頭でも話しましたように、昆虫採取だけでなく、植物採集も好きでした。昆虫採集と植物採集は全然違うんですね。植物と昆虫というまったく違うジャンルを同時に好きで、集めていたのですが、それについての矛盾は自分ではまったく感じていませんでした。ところがあるとき、何かの本で虫を食べる植物があることを知り、驚きました。それは「モウセンゴケ」です。その本にはモノクロで「モウセンゴケ」のペン画が描かれていて、その解説として、湿地に生えていることや大きさなどが紹介されていました。こんな植物があることを知って、是非自分でも見たい、栽培してみたいと思うようになったので、あちこち探して歩いてみたものの、まったく見つかりませんでした。

当時、私は中学生だったのですが、あるとき、高校の文化祭に遊びに行きました。高校生のお兄さんお姉さんがさまざまな展示をしていますが、生物クラブなのでしょね、教室の一角に郷土に生えているいろいろな植物が展示してあったんです。なにげなく見ていたら、水槽のなかに水苔が張ってあって、そのなかにモウセンゴケがたくさん植えてあった。「あ、これはモウセンゴケだ！」とびっくりして、大喜びしましたね。そのときに初めて、モウセンゴケには赤い毛が生えていて、丸いしゃもじみみたいな葉っぱがあり、その先についた水玉のような粘液で昆虫をつけて、酵素でタンパク質を分解して自分の栄養にすることを知ったわけです。そういうことを知って、「じゃあ、このへんにも生えているはずだから、絶対にあるはずだ」と、水苔が生えていそうな湿ったところに行ってみると、今度はちゃんと植物の姿や形が頭の中にはいつているものだから、以前探したときには目に入らなかったものが目に入ってくる。

そういうことで、実物を見る、本物を見ることは大切だと、自分で学ぶことができました。私は生物学をやったわけではないのですが、この経験は化学反応の変化を見ているところでは役に立ったのではないかと思っています。そういうことで、よく観察をする、よく記録する、よく調べる、よく考える——こういうことを知らず知らずのうちにからだにたたき込まれていたのだと思います。

### 自然は未知にあふれた宝の山

自然は解明され尽くしたのかというと、本当はそうではなく、ほんの少し分かっただけです。まだ分からないことがどつさりとおある。分かったことの方が少ない。ですから、教科書に書いてあることは分かったことだけで、先生が教え下さることも分かったことだけ。しかもほんの少ししか分かっていないうえに、教科書が間違っていることもある。化学の分野でひとつだけ例を挙げると、たとえば周期表の一番右側です。長周期で言うと、ヘリウム (He)、ネオン (Ne)、アルゴン (Ar)、クリプトン (Kr)、キセノン (Xe)、ラドン (Rn) という一八族があります。私が大学生のときの教科書には、一八族は最外殻が閉殻だから化合物をつくれないと書いてありました。ところが、大学二年生の頃かな、一九六二年にキセノンとフッ素を高温で反応させると、フッ素が四個キセノンについた四フッ化キセノンという化合物ができることが分かって、希ガスは化合物をつくらないという説は覆されたわけです。それ以降の教科書にはそんなふうに書いてあるはずだと思います。

生物学での例を出すと、たとえばイリオモテヤマネコが発見されたのは一九六五年で、一九六七年に

新種の哺乳類であることが分かったわけですね。さらにもっと最近になると、たとえばヤンバルクイナは一九八一年に発見されている。六〇年ぶりに新種の鳥類が日本国内で発見されたというようなこともあります。そのほか、海洋調査でエビやカニの新種が一気に三九種類も発見されたことが、三年前の朝日新聞の朝刊（二〇〇九年十一月二五日）でも取り上げられましたし、また、二〇一〇年には、二七〇〇人の生物学者が一〇年がかりでいろいろな海洋調査をしたところ、六〇〇〇種以上の新種を発見したというようなニュースもありました。知らないものがまだまだたくさんあるのです。

### 化学を好きになつたきっかけと、プラスチックの不思議

少し話を戻して、私が化学を好きになつたきっかけをちよつとお話したいと思います。

私を通つた高山市立第二中学校では、三年生になると、将来の希望や何になりたいといったことをみんなに書かせて、「みちしるべ」という文集をつくつて、各人に配布することを慣例にしています。私は何を書いたかというと、将来の希望について一〇行に満たない短い文章を書きました。ここで私は、プラスチックがおもしろい、将来は熱に弱いビニールの欠点を改良する研究をしたいと書いたんですね。もちろん昆虫採集も好きだし、ラジオを作るのも好きだし、いろいろなことがあったのだけれど、結局はこういうことを書いたわけなんです。

戦後、物資がなにもないときに初めて出てきたポリ塩化ビニールは、中学生の目には、今で言う新素材のような感じにうつつたわけですね。私がノーベル賞を受賞した翌年、同じ化学賞を野依良治先

生が受賞されました。いろいろな報道があったなかで、野依先生も、中学生のときに父親に連れられて行った会社の新製品の発表の席でナイロンを見て、ナイロンは水と空気と石炭からできると聞かされて、興味を持って化学を志したとおっしゃっています。私のポリ塩化ビニール、野依先生のナイロンという違いはあるけれど、当時としては新しい素材だったわけです。ちなみに、私も教科書でナイロンは水と空気と石炭からできると習いましたが、今ではこんなことは書いてありません。石油製品のひとつで石油からつくると書いてあります。

## 大人になったら研究したかったこと

中学校を卒業して高校生になると、将来何をしたいかをはっきりさせなければいけないこともあって、大人になったら研究したかったことを考えてみました。おそらくこれは友達と受験雑誌を見ながらいろいろと調べたのだろうと思います。まずしたかったのはやはり生物学の勉強です。植物の品種改良などにちょっと興味がありました。二番目はラジオ作りからエレクトロニクスに興味を持ったので、電子工学をやりたいと思っていました。当時はエレクトロニクスとは言わず、おそらく電子工学という言葉しかなかったと思います。三番目が化学で、高分子を作りたい。

そういうことで、じゃあ、どういうところでそういう勉強ができるのかを調べてみると、たとえば生物化学なら理学部生物化学科や農学部農芸化学科がある。電子工学なら、工学部電子工学科や理学部物理学科、化学なら理学部化学科、高分子学科、あるいは工学部応用化学科、高分子工学科を考えました。

今はもつといういろいろな学部があると思いますが、こうした学部学科がありました。そして、たまたま受験して合格した学校で、高分子関係の先生方がわりと充実していたため、高分子の勉強をすることになったわけです。

### ポリアセチレンの研究と導電性プラスチックの発見

大学院を終えたときに、幸い助手のポストが空いて大学に就職できたのですが、そのときに最初におこなった研究がポリアセチレンの研究です。これが電気を通すプラスチックの発見につながりました。そのなかでは、大きく分けると二つぐらいの大きなチャンスがありました。ひとつは一九六七年、ポリアセチレンを薄い膜に合成することが見つかった。二番目はそれから少しぶん後、一九七六年のことで、ペンシルベニア大学に留学することになって、そこで物理学者のヒーガー先生と科学者のマクダミアミッド先生との共同研究でポリアセチレンのドーピングを見つけました。

まずポリアセチレンについて簡単に紹介しましょう(図1)。ポリエチレンにお世話になったことがない人はいないと思いますが、ポリエチレンというのは今では最もポピュラーな石油化学製品で、 $C_2H_4$ の化合物です。これにチーグラマー・ナッタ触媒を使うと、二重結合が開いて、ポリエチレンというものができます。これはエチレンが、何十、何百、もつと何千、何万というふうにして、鎖状に結合する、つまり高分子化合物です。

アセチレンはもつと簡単な三重結合をもった炭化水素ですが、これを同じチーグラマー・ナッタ触媒で

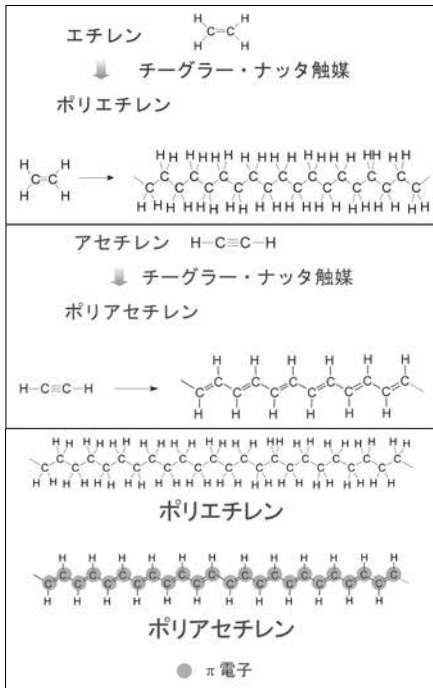


図1 ポリアセチレン

反応させると、ポリアセチレンというものができます。これは先ほどのポリエチレンとはちょっと違って、二重結合と単結合が繰り返してできた高分子（ポリマー）です。

二つを比べてみると、それぞれの炭素に水素が二つついているか、ひとつだけついているか、ひとつついていないか、炭素と炭素の結合は単結合であり、つまり飽和化合物です。一方、ひとつしかついていない方はまだ飽和していない不飽和化合物と呼ばれています。そして、それぞれの炭素には $\pi$ （パイ）電子が一個ずつあります。図は平面分子を上から見ていますから、 $\pi$ 軌道はマルのかたちだけにしか見えませ

んが、これを九〇度ひねって横から見ると、この $\pi$ 軌道は分子の平面の上下の大きく広がった軌道を持っています。その軌道は決して無限に広がるわけではありませんが、少なくとも飽和結合の $\sigma$ （シグマ）軌道が重なって結合ができるような、電子が局所的に存在しているのと違って、大きく軌道が広がっています。そのなかを $\pi$ 電子が動き回っているというのでし

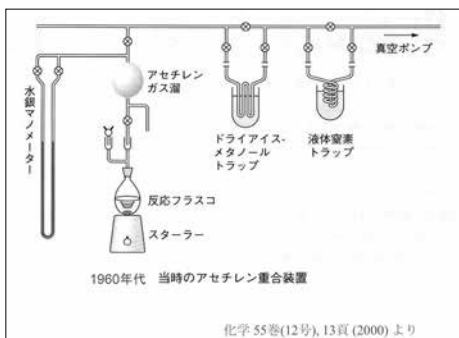


図2 アセチレン重合装置

か。ですから、金属の自由電子ほど自由度はないけれど、若干自由度があると言ったらいいと思います。ずいぶん昔からこういう分子ができれば金属になるかもしれないという理論があつて、私も大学生のときにその理論を学んで知っていました。ところが実際にこういうものができてみると、多くの研究者は半導体でしかないと報告して、金属ではまったくなかった。まあ、この話は長くなるのでこのあたりでやめます。

一九六〇年当時は図2のような装置を使って、フラスコのなかでチーグラー・ナッタ触媒を加え、かき混ぜながらアセチレンガスを反応させると、黒い粉末ができるわけです。おもしろい化合物だと言われながら、粉末から電気的な性質やいろいろな性質を測定するのはたいへんに難しく、ほとんどの人はこの実験に失敗していました。

私はどちらかというと、物性を調べるのではなく、反応を調べることでしたので、ちよつと別の角度からこれを見ることになったのですが、なかなか思うようにはいきませんでした。ところがあるとき、膜状に直接合成する方法を見つけたのです。それは実は失敗実験でして、普通よりも千倍も濃い触媒を使ってしまったのです。触媒が濃ければそれだけ反応速度が早く、かき混ぜる前に溶液の表面で重合反応が起こってしまった。溶けな



図3 ポリアセチレンのフィルム

いものだから、そこで被膜みたいに固まってしまったという、それだけのことなのです。でもそういう簡単なことを誰も着想さえしなかったし、自分自身もそんなふうにしてなかったことが偶然に起こってしまった。どういふものができたかというところ、図3のような金属光沢のようなフィルムができてきたわけです。

当時、みなさんにこのポリアセチレン薄膜を見せると、「何の金属の上に作ったんだ」と言われました。まさに金属光沢なんです。後にいろいろと調べてみると、半導体の一番の原料になる単反結晶のシリコンを磨いた表面の反射率とほとんど同じでした。しかし結局、これも粉末で調べたのと同じように半導体でしかなくて、金属にはならなかった。もともと金属かどうかという物性を調べるのは私の目的ではないのですが、こういう薄い膜ができてみると、分子構造を調べるための手段としての、たとえば赤外吸収スペクトルや電子スペクトル、あるいは結晶構造を調べるためのX線解析などいろいろなことに使えて、ほぼ重合機構もほとんど分かっ

てしまったというわけなんです。それから何年も経って、一九七五年の秋、後に共同研究者となるアラン・マクダイアミッド先生と偶然にお会いしました。マクダイアミッド先生は交換教授として、とうかサバティカルリープで京大に滞在在中でした。その間に、東京で講演をなさる機会があつて、その講演の後にポリアセチレンの薄膜を



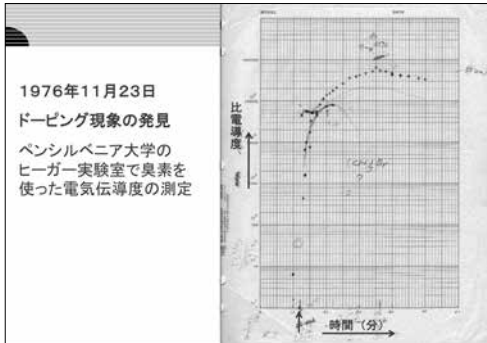


図4 ドーピングの実験グラフ

見せたら、たいへんに驚かれて、是非アメリカで共同研究をやらないかと誘われて、アメリカに行くことになったわけです。マクダイアミッド先生は物理学者のアラン・ヒーガー先生と共同研究をされていて、ヒーガー先生の研究室でいろいろな技術者たちがすでにポリアセチレンのフィルムに電気伝導度を測れるように電極をきっちりつけておいて、それをフラスコのなかに入れておいて、そのフラスコのなかに一滴に満たないほんの少量の臭素を入れる、そういうドーピングの実験をやりました。

図4のグラフの横軸は時間で、小さい目盛りが一分になっています。縦軸は比伝導度といって、ドーピングする前の何も処理をしていない伝導度と逐次変化する伝導度の比です。一滴に満たない臭素を入れると、数分もしないうちにもう一〇〇倍、一〇〇〇倍に上がっていったって、三〇分もたたないうちに、一〇〇万倍のレベルぐらいにまで上がってしまう。物理の実験で物理量が変化するという研究はあるのですが、一〇の六乗も変化するのはめったにない。これには物理学者のヒーガー先生もびっくりして、「何かの間違いではないか」と、何度も繰り返し追試をして、本物だと分かりました。

これを見つけたのは一九七六年ですが、その翌年にニューヨークで開かれた国際会議で発表して、一躍注目を浴びました。その発表のときに、学者だけでなく、企業の人もたくさん来ていて、

おもしろいと持ち帰られて、いろいろな企業での研究につながりました。数年も経たないうちにいろいろな応用が考えられました。

それからもう三〇年ぐらい経っているのですが、導電性高分子はすでにいろいろなかたちで実用化されたり、あるいは開発中であつたりします。プラスチック電池や電解コンデンサー、透明電極、電磁波シールドフィルム、帯電防止剤、スマートガラス、E1素子を用いた表示装置などはすでに実用化されるか開発中です。たとえば松下電子部品（現・パナソニック）の電解コンデンサーや、NECの旧型の携帯の基盤の電解コンデンサー、十年ぐらい前ですが、E1発光素子に応用した薄いエプソンのディスプレイのように、いろいろな実用品に数多く使われています。

また、ダイオード、発光ダイオード、トランジスタ、太陽電池は開発中で近い将来に実用化されると思います。遠い将来には個々の分子からできたトランジスタやLSIなどの分子素子ができるのではないかと予測されています。

### ノーベル賞と金メダル（科学と技術）

もう今から一二年前です。二〇〇〇年に、「電気を通すプラスチックの発見は『有機物は電気を通さない絶縁体』という常識を覆す、画期的で、独創的な研究成果である」として、ノーベル化学賞をいただくことになりました。そして同年十二月十日、ストックホルムのコンサートホールでの授賞式に参列しました。この年の受賞者は、物理学賞三人、化学賞三人、生理学医学賞三人で、文学賞がおひとり、



図5 ノーベル賞の金メダル裏面

そして経済学賞の二人で、スエーデン国王から一人ひとりメダルをいただくことになるのですが、このメダルが冒頭でもお話しした金メダルです。

メダルの裏を見ると、女神が二人立っています(図5)。字がはつきりしませんが、左の女神の横に「NATURA」、右の女神の横に「SCIENTIA」とラテン語が書かれています。ペールをまとうている方の女神が自然の女神であり、そのペールを少し持ち上げている女神が科学の女神というわけです。つまり、自然にちよつと立ち入っているいろいろな現象を見ようとすると、やはりペールがじゃまになっているというわけですね。それでペールを持ち上げている。ペールを持ち上げるというのは科学する

る行為を表している私は受け取っています。

ラテン語で「NATURA」は「自然」という意味で、ここから英語のNATUREになるわけです。「SCIENTIA」は「知識」で、英語のSCIENCEになってもまだ知識という意味を残しています。しかし辞書には狭い意味で「科学」となっている。もともと「科学」には人文科学も社会科学も自然科学も含まれていると思うのですが、もとよりラテン語の「知識」から生まれてきた言葉です。

自然の女神のペールを持ち上げて、自然の秘密を解き明かすことが科学の女神の役割だったわけですが、これにはふたつ意味があって、ひとつは自然をよりよく知ろうとする知的好奇心、

もうひとつは、人間は自然のなかで生きていくわけですから、それと共存するための知識がいくつあります。このふたつがどうやらそれぞれ科学と技術に対応するのではないかと。自然をよりよく知ろうとする好奇心が科学であり、自然と共存するために必要ないろいろな知識を得ることが技術なのです。ですから、よく「科学技術」とひとりで言ってしまうですが、科学と技術は別のものだと考えた方がいいと思います。

## セレンディピティーとは

セレンディピティー (Serendipity) の話を少ししたいと思います。

ノーベル賞授賞式の二日前、十二月八日に受賞記念の講演会があり、化学賞の受賞者三人も講演しました。当日の司会をされたのが、当時、化学賞の選考委員長をしていたベンクト・ノルディエン先生です。私たちの講演後にノルディエン先生が改めて私たちを紹介してくださったのですが、その紹介のなかにわれわれ三人は「セレンディップの三人の王子だ」という表現がありました。最初に言いましたように、私はすでに「セレンディピティー」という言葉を知っていて、意味や語源などをいろいろと調べていたので、ノルディエン先生、あるいは選考委員会は私たちの失敗実験のことも調べていたんだなと思つてびっくりしました。

「セレンディップの三人の王子」というのはペルシャで生まれた物語で、ここからセレンディピティーという言葉がうまれました。実はこの物語は日本語に翻訳されて『セレンディップの三人の王子』(エ

リザベス・J・ホッジス著、バベルプレス）という本になって出版されています。二〇〇〇年の受賞のときにはまだこの本は日本で翻訳されておらず、二〇〇四年に出版されました。セレンディップというのは国名で、今で言うスリランカ、昔のセイロンですね。旅にでたセレンディップの三人の王子が、ある国でどろぼうの疑いをかけられたのですが、その容疑をすぐれた機転によって晴らし、王様の命も救う……という冒険譚です。そして、小さい頃にこのお話を聞いていたイギリスの文筆家のホレス・ウォルポール（Horace Walpole）という人が、後に「セレンディピティー」という言葉をつくったと言われています。日にちまで分かっているのが驚きなのですが、一九五四年一月二八日に友人に宛てた手紙のなかで彼が初めて使っているのですね。つまり、セレンディップの三人の王子たちが、求めてはいなかったものを偶然や賢明さによって見つけ出す能力から作った言葉が「セレンディピティー」なのです。

このように偶然、あるいは失敗がもとで生まれた発見にはたくさん例があります。そのひとつひとつを説明する時間がないのですが、たとえばニュートンによる万有引力の発見や、レントゲンのエックス線発見、フレミングのペニシリン発見、ワットによる蒸気機関の発見、コロンブスによる新大陸の発見などがそうした例だと言われています。

ただ、失敗がすべてそのように成功に結びつくかという点、そうではありません。電磁誘導を発見したアメリカの物理学者のジョセフ・ヘンリー（Joseph Henry）は、「偉大な発見の種は、いつでも私たちのまわりを漂っている。しかし、それが根を下ろすのは、それを待ちかまえている心だけである」と言っています。英語で言うと、受け取る準備をされた心（the minds well prepared to receive them）です。

まったく同じことですが、フランスの科学者であり、生物学者であるルイ・パスツール (Louis Pasteur) は、フランスの大学の講演で「チャンスは、待ちかまえた知性の持ち主だけに好意を示す」と言っています。「待ちかまえた知性」とは、フランス語で「Les esprits préparés」、英語で言うところの「the prepared mind」です。つまり、知性を準備しておく必要があるということを行っているわけです。

私にとつてのセレンディピティーは、「ポリアセチレン薄膜の偶然（失敗）による合成」と「ドーピング効果の発見」の二つがあります。先ほども言ったように、セレンディピティーとはこういう思いがけない失敗や偶然によって思った以上に大きな効果を上げることなのですが、では、失敗すればいいか、あるいは偶然に期待をすればいいのが問題なのです。失敗を期待するのは邪道であり、偶然を積極的に求める、あるいはなぜ失敗したのかを調べるなど失敗を十分に反省することには意味があるのです。

では、どうしたら偶然により多く出会えるか。澤泉重一さんと片井修さんによる著書『セレンディピティーの探究——その活用と重層性思考』（角川学芸出版、二〇〇七年）で、澤泉さんは「偶然には二種類がある」としています。ひとつは「やってくる偶然」、もうひとつは「迎えに行く偶然」です。「やってくる偶然」というのは、図らずも生ずる偶然。「迎えに行く偶然」というのは、本人が積極的に関与して、何らかの期待をもって行動した結果として出会う偶然。つまり自分の方から行動を起こして、偶然を引き寄せようということですね。「やってくる偶然」というとたとえば「棚からぼた餅」ということわざを思い浮かべるかもしれません。でも「棚からぼた餅」の語源をよく調べると、実は棚の上にはぼた餅があることを知っている人が、棚の下で口を開けて落ちてくるのを待っていることだそうですから、

そうだとすると、それは「迎えに行く偶然」となるわけです。

常識や当たり前だと思っていること、決まり切っていることを改めて疑ってみることが大切ですね。そのためには、何事も積極的に実行することが大切です。結局は知性を増やすことも大切ですが、できるだけ多くのことを学ぶ、たくさんの経験をする、何にでも興味を抱く—そういうことに關してできるだけだけの努力を常日頃から怠らない。こうした努力によって、「迎えに行く偶然」を少しでも増やすことができるのではないかと思います。

最後のまとめです。自然にはまだまだ分からないこともたくさんあるわけですから、それに向かつて少しでも歩んでいくことが大切なのではないか。それが、私が七五年を生きてきた反省としてあります。

### 質疑応答

Q1 学生A (薬学部1年生) 先生が電気を通すプラスチックを発見したとき、興奮などを感じたと思うのですが、それは科学者としてどのくらいすごいものだったのでしょうか。

A 実験すると、いろいろと楽しいことがあって、いつも新鮮な驚きがあります。でも、最初からあんなきれいなフィルムができたわけではないんですね。最初の失敗実験のときにできたものは、少なくとも粉末ではなかったという程度です。本当なら粉末ができるはずなのにできていないというのが

第一の驚きで、その驚きは別に感激するほどではないのですが、粉末ではないことが重要だという直感があり、それがいいフィルムが出来るきっかけになりました。というところで、翌日からなぜ失敗したのかを調べる段階で、意識的に濃い触媒を使ってみました。実際には触媒の濃度をずつと変えていくわけなのですが、その途中でいろいろな工夫をしていくと、ああいうきれいなフィルムができることが分かったわけですね。それが、最も大きな感激ですね。

**Q2 学生A (薬学部1年生)** もうひとつお聞きしたいのですが、今の私は、受動的に聞いた先生の講義内容を勉強することで、科学者たちがしている研究など最先端に行くまでの予備知識を蓄えている段階だと思っています。そして、この期間はいつ頃までに終わるのかなと疑問をもっているのですが、先生はいつ頃、専門分野の知識を持たたという実感が湧いてきましたか？

**A** 逆にあなたに聞きたいのですが、なぜ薬学部に入ったのですか？

**Q** ふたつ理由があります。ひとつはしようもないことなのですが、白衣を着たかったからです(笑)。もうひとつは有機化学に興味があって、有機化学をやっているだけですごく楽しいので、一生これだけやっていけるような仕事はないかなと思って、薬学部で研究をしようと思って薬学部を選びました。

**A** ありがとうございます。りっぱな目的があるじゃないですか。そして、そのための準備がどうかですが、もちろん有機化学の勉強は薬学部の中でできることですよ。実は有機合成というのは化学だけでなく、いろいろなことからくるわけです。ちょっと関係ないかもしれないけれど、物理や数学もしなければならぬし、生物学も大切で、できるだけどんな欲にいろいろなことを学んでほしいと思



ます。そのための方法があるかどうか、私は分かりませんが、とにかく目的にこだわらずにさまざまなことを学んでほしいと思います。

Q3 学生B（理工学部1年生） 先生は科学と技術は別物だとおっしゃったのですが、科学を研究するうえで、実用化を目的とした、どちらかというと技術寄りの学問ももちろんあると思うのですが、学問の追究としての科学と技術化を目的とした科学には違いがあると思われませんか。

A ちよつと難しいけれど、普通に「科学」と言うと、自然のいろいろな現象に共通する法則を見つけて出すことだろうと思いますね。じゃあ技術に普遍的な法則があるかどうかになると、ちよつと別問題でしょう。技術というのは、いわゆる「ブレイクスルー」があつて一段と飛躍的に発展するのだけれど、そんな特別なものではなくて、一步一步階段を上がるような小さな改良が積み上がつて行つて、ひとつの大きなシステムができることだつてあるんですね。そういう意味では、法則があるかないかという違いでは言いづらいでしょう。

科学と技術の違いをもう一度言うと、科学というのはもともと好奇心を満足させるために自然の科学を明らかにしてきたのであつて、それ自身は何のお金にもならないですよ。お腹の足しにはならないと言つたほうがいいかな。経済にも寄与しない。ところが技術は、その科学のいろいろな成果を利用して、われわれの実社会に少しでも役立つような工夫をする。そしてその結果、それがお金になる場合もあるわけですね。だから人間の福祉や健康、人間社会の基盤をかたちづくっているのになくしてはならないものである。だから、科学が経済的にはそれほど関係ないとすると、技術にはそれにとまなう経済が

ある、あるいは人間の社会をよりよくするためにあるのではないでしょうか。

**Q4 学生C (理工学部修士1年生)** 白川先生が電気を通すプラスチックを発見する前にはやはり何

度も失敗もしたと思います。たとえば1万回失敗して、1万1回目に成功すると分かっていればがんばれると思うのですが、科学というのはそういうものではなく、成功するかしないかはいつまで経っても分かりません。こんな研究をして、果たして成果が出るかどうか分からない暗闇のなかで、自分を突き動かしているものは何だったのでしょうか。何を原動力として研究を続けて来られたのでしょうか。

**A** 何を原動力にしていたかについては、やはり「化学反応が好きだ」以外にはないですね。野依先生の話を出しましたが、水と空気と石炭からあんな絹糸のようなナイロンができることは驚きです。そんな似ても似つかないものができるといようなことが好きなわけです。

場合によっては、たとえばある病気に効く薬をつくるというのはきちんとした目的があるわけです。それこそたいへんなことで、いろいろな実験を繰り返し返さなければなりません。何度繰り返し返そうとも、そういう目的と意志があるからできる。やはり好きだから、やっていけるとい面があると思います。

**Q5 学生D (理工学部1年生)** 「やってくる偶然」と「迎えに行く偶然」の二つがあるというお話でしたが、「やってくる偶然」というのは具体的にどの様なものなのでしょうか。

**A** これは私が言ったのではなく、澤泉さんが著書の中で書かれています。私も納得できるものですから引用させていただいたわけです。「やってくる偶然」というのはそれはそれこそ本人は予期しないで起こる偶然だと言った方がいいと思います。たとえば街角で親しい友人に会う。それが日吉駅前だっ

たら、いくらでも起こることかもしれません。遠いところに旅行に行つて、そこでたまたま親友に会つたとしたら、どうでしょう。予期してましたか？ そういうことを「やってくる偶然」の一例として出してもいいかもしれません。つまりまったく予想していかない、そういう偶然です。こういう偶然は結構日常で起こるのではないかと思ひます。

Q 科学において考えると、すべてが決まつていて、「偶然」はない気がするのですが……。

A ああ、あなたは運命論者ですね（笑）。

Q たとえば旅行に行つたときに友人に会つたとしても、それを「たまたま会つた」と言えますが、実はたまたまかどうかは分かりませんし、それを実証することもできません。

A うん、検証できないことですね。そういう検証できない偶然を「やってくる偶然」だと、そう考えられてもいいと思ひます。

Q6 学生E（理工学部修士1年生） 冒頭で大学では学べないこともあり、外で出た方がよかつたというお話があつたのですが、自分の環境面が変わらないと学べない、教育機関では学べることができないこととはどういふことがあるのでしょうか。実際にどのようなことを思つてそういうことをおっしゃつたのでしょうか。

A 今はどうか知りませんが、学校で学ぶことは全部座学なんです。少なくとも私は小中高、大学とそうでした。大学院になるとさすがに違ひましたが、教室の中で座つて、先生が言うことを一生懸命に聞いてノートを取つたり、教科書を読んだり、つまりどちらかという受け身でした。ですから授業に

出ていかないと学ばなかったのではないかと思います。

今はどうですか、みなさん。そうではなくて、自分の方から課題を見つけていくと言うと大げさかも知れませんが、教室以外で学ぶこともたくさんあるのではないかとというのが、私が言いたかったことなのです。それには、図書館に行つて本を読むことも入るだろうし、自然に出て行つて虫を集めることだつていろいろなことを知ることになる。環境変化について調べるために、特定の土地の生物を調べるようなこともあるでしょう。自分から出て行つて学ぶことも大切なのではないかとことです。

**Q7 学生F (理工学部1年生)** 簡単な質問です。先生は研究職に進むときに迷いはありましたか？

**A** 迷いはありましたねえ。大学院に進むときから迷いがありました。どうしてかというところ、何しろ小学校六年間、中学校三年間、高校三年間、大学四年間でしよう？ もうそれでいささかうんざりするところもあるんですよ(笑)。いつになったら大人になるんだという感じです。そのうえに修士二年、博士課程三年と、五年も積み重ねなくてはいけない。正直に言つて、少しびびりました。だからみなさんがそう思うのは当然だと思います。でもやっぱり、好きだということもあつて、進みました。みなさんががんばってください。

**Q8 学生G (理工学部1年生)** 大学に進むときに三つの分野に興味があり、結局化学の道を選び、ノーベル賞受賞で世界の頂点に立った白川先生にお聞きしたいのですが、今、振り返つて、ご自身がお選べなかった残り二つの分野に対して、好奇心を満たせなかった欲求不満や悔いのようなものはお

ありでしょうか。

A そうですね。まあ、若干ありますね。今になってみれば、たとえば勉強したかった生物学とは今日でいう分子生物学に近いわけです。電子工学で言えばエレクトロニクスに近い。いずれも今、浸透している学問分野です。二股して学ぶことはちょっとできないことですが、こうした分野に興味を持ったおかげで、電気を通すプラスチックという、導電性の高分子についてはまったく違和感がないんですね。たとえば電気が通ると言ったときに、単にそれができましたというだけではなく、なぜ電気が通ったのか、どんなメカニズムなのか、それは金属とはどう違うのか——物理学の共同研究者がいたこともありませんが、割とスムーズにそういうところの共同研究ができています。そういう意味では良かったなと思う反面、それが自分の専門でなかったことで、ほんのちょっと後悔の念がないとは言えないという程度のことです。

Q9 学生H (理工学部博士課程) 白川先生は科学者としての最大級の喜びであるノーベル賞を受賞

されたわけですが、その喜びというのは、先生の人生のほかの喜びのなかでも一番大きな喜びでしたか？

A いいえ(笑)。一番の喜びは何かとは言い難いですが、ノーベル賞をもらったのはいささか迷惑でしたね(笑)。まあ、そういうことを言うと、「なんだ、あいつは」というようなことを言われてしまうかもしれません。自分の人生がちょっと曲がってしまったかなと思っています。私自身はそれほどうあまり人から騒がれないで、静かに生きていくのが理想だと思っていたのが、その理想が崩れてしまったわけです(笑)。

Q 10 学生Ⅰ（理工学部2年生） 先生の大学生時代の将来の夢や目標としていたことは何でしょうか。

A 目標としていたことはあまりはつきりしないですよ。最初は大学でいろいろと勉強できて嬉しく思っていました。でも、この先どうなるのだろうかという思いがあって、行き先に黒い雲が立ちこめているという感じでした。

講演の中で自分の趣味のことをまったく言いませんでしたが、私は飛騨高山で育って、野山を駆けめぐった延長線として、登山を趣味にしました。大学の山岳部に入って、幸いなことに大学院に入ってもまだ山岳部を続けることができた。ですから、私にとって山岳部は九年間。さすがに山に行くと、研究や勉強のことを忘れてフレッシュな気持ちで帰ってくる。不思議だと思うのですが、そうするとまた「やるぞ」という気持ちになるんですよ。だから今思い返してみると、自分にとって健康を維持して、からだを鍛えることのほかに、良い点があったのだなと思います。