

JST News

Vol.2/No.4
2005/July

7 月号

Special Report

水をめぐる知、
地をめぐる水



独立行政法人

科学技術振興機構

Japan Science and Technology Agency



「水循環」の考え方に欠かせない地域での水と人とのかかわり。清流を取り戻そうと新潟県魚沼地方を流れる魚野川では、毎年、手づくりのいかだで川下りとクリーン作戦を展開、「夏の風物詩」となった。（「魚野川を育む会」提供）

What is JST?

JSTの基礎研究支援

Japan Science and Technology Agency

科学技術創成立国を目指す方針のもとに、新しい技術を生み出すものとなる基礎的な研究を推し進めることがJST（科学技術振興機構）の重要な業務の一つです。

科学技術政策や社会的ニーズを踏まえ、将来実現が期待される「戦略目標」の達成を目指した研究を支援しています。

研究者は個人またはチームを結成して研究テーマを提案します。その中から優れた提案が選り抜かれて、研究費を受けることとなります。各地に分散する研究者（チーム）は研究領域という集合の中で、研究総括という指導者と意見交換をするなどつながりを持ちながら研究を進めます。

いわば「姿なき研究所」として運営されるのが、JSTの研究支援の特徴となっています。

C O N T E N T S

03 *People*

多チャンネルで社会に情報発信

村井眞二 日本化学会会長

04 *Special Report*

「つながり」の水循環 水をめぐる知、地をめぐる水

水の季節—。大気と水の循環の仕組みについての解明で、世界の気候変動をはじめ、異常気象の予測や災害防止に期待がかかる。水不足が深刻化する21世紀の水利用のあり方を考える研究も進む。先端科学技術が明らかにする知見と、長年人が水と付き合ってきた知恵をどう生かすか。地球規模で、また地域で、水と人とのつながりを考えてみた。

08 *Venture*

連載・大学発ベンチャー③

「産学連携のフロンティアに」 研究と経営がかみ合うめっき技術—関東学院大

10 *R & D*

がんや薬物中毒の治療につながる 酸化ストレスの防衛機構を追う

12 *Literacy*

カフェでサイエンス 科学者が街にやってくる

14 *Information*

手軽に使える「日本化学物質辞書」

16 *Entertainment*

石田寛人が選ぶ 「7月の本・映像・演劇・建築」

編集長

佐藤年緒

編集委員

古旗憲一 前田義幸

佐藤雅裕 森本茂雄

齋藤仁志 久米敏雄

瀬谷元秀

制作協力

サイテック・コミュニケーションズ

表紙はりがねアート

羽田智恵

デザイン

グリッド

写真撮影・提供

由利修一

日本河川協会

木本昌秀

沖 大幹

船水尚行

門脇 仁

関東学院大学表面工学研究所

山本雅之

武田計測先端財団

鍊仙会

文部科学省

金沢21世紀美術館

多チャンネルで社会に情報発信

会員数3万8000人という日本有数の規模を誇る日本化学会。

その会長としてリーダーシップをとる村井眞二さん。社会からの視線を冷静に受け止めながら、化学と化学技術の可能性を一般理解に向けた“攻め”の姿勢で語る。



村井眞二
日本化学会会長

「ケミスト(化学者)やケミストのソサエティは、多様な形で化学の情報を社会に発信していかななくてはならない」。JST 研究開発戦略センター上席フェロー、プラザ大阪館長で、日本化学会会長に就任した村井眞二さんは、決意を込めてこう語る。

最近の化学研究は「まったく違う世界に踏み込んできている。隣の科学である生物や物理の分野でも、研究が進歩したのに伴い、事実を正確に表現するため分子や原子といった化学の言葉、用語を多用するようになってきた」。化学はこれまで学問分野として成熟していると見られていたが、「ここにきて大きく広がり、深化し、サイエンスの中で力を発揮するポジションになっている」とみる。

しかも「化学分野の人々は気付かないのですが、周囲の科学からのケミストに対する信頼は厚いのです」と言い切る。なぜなら「化学は証明、再現性が必要で、結果は誰の眼にも明らか。化学ほど真実を扱う骨太の方法論はないから。先端産業でも化学なしには存在せず、化学はこの先10年さらに爆発的に成長していく」と読む。

JST 研究開発戦略センターの村井上席フェローの部屋で。背後に張られている元素周期表は、日本化学会などの監修で科学技術週間に配布したもの。生活に身近な元素を例示した周期表として人気を呼んでいる。

世間で化学のイメージは決して良くはない。むしろ“化学物質”は悪者扱いされている。「理由は二つ。一つは明治以来、わが国知識人のメニューに化学は入っていなかった。物理学、天文学、DNA、ケインズ経済学は知っておかなければならないが、化学は知らんでも良かった。二つ目、化学のマイナス面だけが強調されすぎた。リスク・ベネフィットがきちんと社会に伝わっていないのが問題なのです」

化学者が言うべき場面で発言してこなかったのも一因だ。村井さんは「ただ、^{まなじり}臆を決して『化学がこれだけ生活に有用だ、優れたものだ』と説いてもあまり効果は期待できない。基本的には真っ当なことを真っ当に行い、信頼に込めていくことです」

そのうえで化学者や日本化学会などが「多様なチャンネル、多様な形で情報を発信し、生活者が現代の生活をそのまま受け入れる中で、化学の有用性とリスクを知り、互いに“なじんていく”ことが必要だ」と語る。

今年1月、同会は内部に論説委員会を設置した。「委員の方々には積極的に発言、発信して下さいとお願いしている。今、『化学物質』という表現に『問題あり』と大論争をしているところ。今後もさまざまなテーマ、課題についてディスカッションし意見を発信していく」

会長として「すべきことはいっぱい。政策提言の能力、機能を強化したい。また学界は独特のヒエラルキーがあり、若い芽を摘んでしまうケースも少なくない。階層の中に閉じ込めず、若い勢いを伸ばすことに心がけたい」。改革へのアイディアは尽きない。

(月刊「化学経済」主幹 瀬田博)

「つながり」の水循環

水をめぐる知、地をめぐる水

水をめぐる「知」は、先端科学による知見であり、伝統的な暮らしに伝わる知恵でもある。

「地」をめぐる水は、気象のような地球規模の現象とかかわり、地域における人と自然をつなぐ。

「水の世紀」といわれる今日、世界の水危機や災害に対処し、水の恵みを未来に引き継ぐためにも、水循環の正確な把握や、持続可能な水利用のしくみが注目される。

気象には海と陸と大気のあいだの水循環が大きく作用している。地球規模での水循環の予測は、異常気象による干ばつや洪水の危機を緩和することにもつながる。

この夏の空模様は？ そんな目先の関心もつのらせながら、まずは大気とともに循環する水のゆくえに目を向けてみたい。

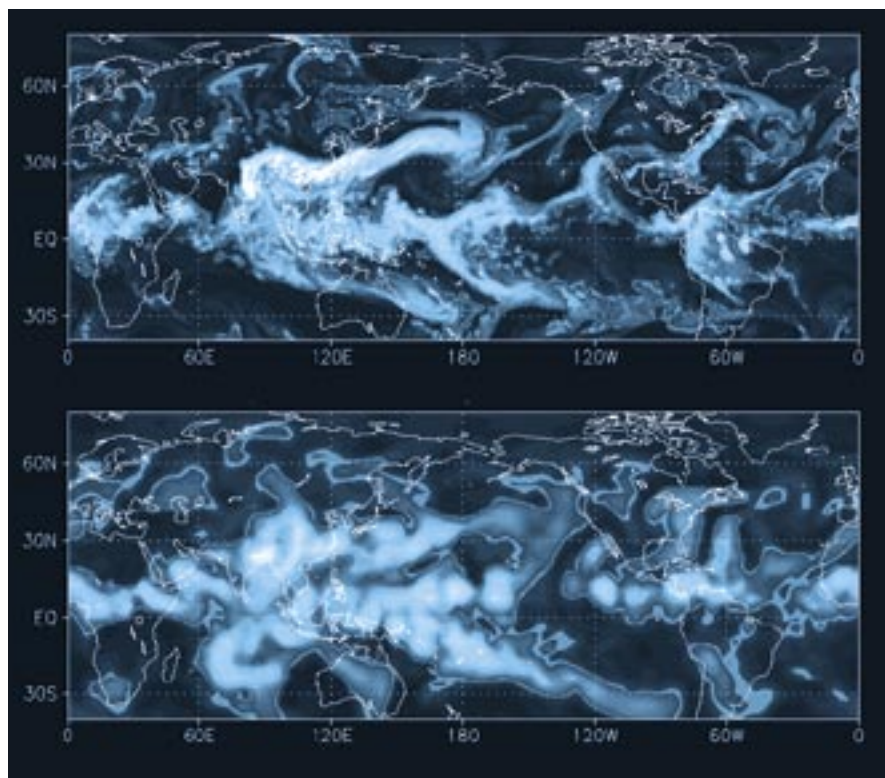
長期気象を予測するモデル

東京大学気候システム研究センターの木本昌秀教授は、JSTの戦略的創造研究推進事業(CREST)で水循環の予測に取り組んでいる。木本教授の研究テーマは二つある。一つは精度が高く、広い範囲で気象の長期変動を予測できるモデルの構築。現在のところ、「大気大循環モデル」など5つのモデルを備えている。もう一

つの研究テーマは、気象の長期予測が可能かどうか、また可能だとすればどんな現象が、いつ、どのように、なぜ予測可能なのかを追究すること。経験や統計による予測はできるだけ排除し、物理法則に従って定量解析して、シミュレーションする。長期的な気象予測の世界で、科学的に実証できる研究分野を増やそうとしている。

「日本の夏の気象予測は確かに難しいですが、期待できる研究分野はあります。いま注目しているのはシベリア。ここは日本の天候に影響を与えている可能性があります」

木本教授によれば、春先のシベリアが平年よりも暖かい年は、日本の気圧配置は冷夏型になることが多い。オホーツク海高気圧が発達し、梅雨前線が北上できなくなるためだ。し



近年、気候モデルの精度が上がり、6月の日本付近の梅雨前線の様子も以前のモデル(下)に比べて、実際のものに近い形で表せるモデル(上)が出来てきた。

かし従来、シベリアの気候の「下流」にあたる日本に与える影響は見過ごされる傾向があったという。

一方、冷夏は地球温暖化とも関係がありそうだ。地面は海面よりも比熱が小さいため、温暖化によってシベリアの気温は一層上昇しやすくなる。その結果、オホーツク海高気圧への影響も大きくなる。ちなみに温暖化の進んだ過去30年間の気象データを見ても、冷夏の年は増えている。そして今年の春先も、シベリアの空気は温かかった。「冷夏」の前ぶれとなるかどうかはともかく、すでに5月は平年よりも涼しかった。

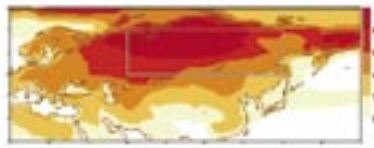
もちろん気候に大きな影響を与える現象はひとつではない。エルニーニョ、モンスーン、ジェット気流など、さまざまな強弱をもつ複数の要素の組み合わせにより、長期的な気候が決まる。木本教授は、シミュレーション・モデルを充実させることによって、たとえその組み合わせが過去に一度も例を見ない年でも、長期予測が可能になると見ている。

人間活動を考慮した水資源のアセスメント

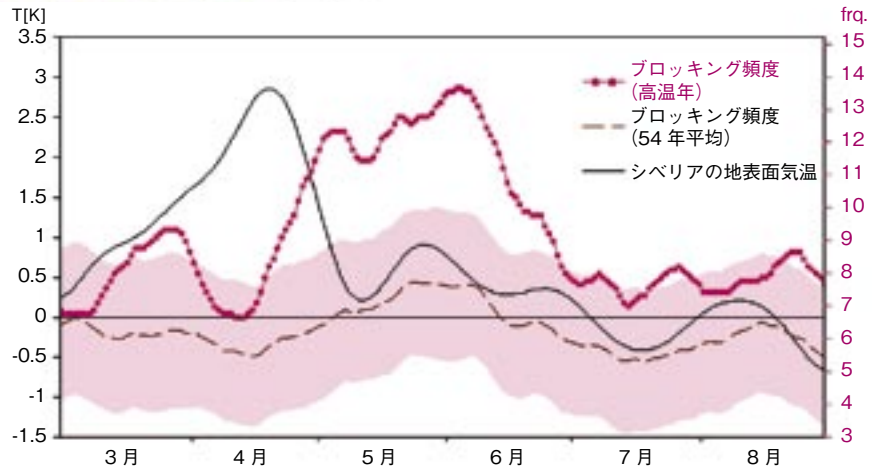
ところで水循環の研究には、自然系と人間系のアプローチがある。自然界の物理現象として水循環を扱うのを自然系とすると、社会活動や経済活動なども考慮に入れるのが人間系のアプローチといえる。

たとえば急速な人口増加は、水不足や食糧危機の原因になる。アジアの稲作農業は、灌漑農業にもなって河川の流量に影響する。東京大学生産技術研究所の沖大幹・助教授は、こうした人間活動を考慮しながら世界的な水資源シミュレーション・システムを構築しようとしている。いわば自然系と人間系の統合である。

「自然科学にとって、人間活動は自然でなく恣意的なもの、いわば取り除くべきノイズでした。ところが例えば地球温暖化問題などでは、人間起源のCO₂増加を扱います。これは新しいパラダイムです。1990年代に



4月にシベリアが高温だった年は、極東でのブロッキング現象にもなってオホーツク海高気圧が強まり、日本に冷夏をもたらしやすい。



地球環境科学が確立し始めた頃から、自然科学は人間活動をも対象とするようになってきました」と沖教授はいう。

欧米中心のこれまでの研究は、乾燥地や渇水に重点を置いたものが多かった。しかしアジアモンスーン気候では、稲作文化が水循環と深いつながりをもっている。沖助教授は灌漑モデル、陸面モデル、河川モデル、ダムモデルとう4つのモデルを統合し、農業活動なども考慮して河川流量を検証している。その結果、河川環境保全に必要な水量(環境用水)の推定(湿地における貯水作用なども考慮)や、グローバルな農業土地利用の将来予測が実現した。

水資源については、必要な場所、必要なときに、必要な質で、安価な水を手入れできることが大切だという。一方で水不足や洪水がいつ、どこに起こるか予測できるようにすることも課題のひとつだ。

「昨年日本で、風水害によって200人以上の死者が出てしまいました。しかも多くの高齢者を含む何人もの人が逃げ遅れて溺死したというのは、1982年の長崎水害以来のことです。工学系で水循環に取り組んできた研究者としての反省もあり、これからは50年後、数カ月先、1日後といった3種類ぐらいの時間スケールで、水循環予測をやっていく必要が

あると思っています」

水と人のかかわりを取り戻す

水と人のつながりを「生活環境論」の観点から研究しているのが、「水と文化研究会」の代表・嘉田由紀子氏である。

琵琶湖のまわりの水環境を住民自身で調査するこの研究会の活動は、1989年にスタートした。活動の柱は、ホテルの調査を通じて身近な河川や流域の環境に目を向ける「ホテルダス」や、水道がなかった頃の水利利用や排水のしかたを調査する「水環境カルテ」、昔の子どもの水辺のかかわりを探る「水辺遊び」や水辺の怖さも体験の中から知ろうという「水害体験史」など。

嘉田氏は、こうした調査研究を通じて、「見えなくなった水と人のつながりをふたたび見えるようにするには?」と問い続けている。

昭和30年代頃までは、日本の水辺では、生き物があふれ、子供たちの遊びも、暮らしの水も深くつながっていた。水害も地域社会で対応してきた。ところがその後の経済発展の中で、大規模な上下水道事業や治水事業などが進み、近代技術の適用と、その知識を駆使できる専門家と行政にすべてをおまかせ、という暮らしが広まった。それにより、文化と経済性が両立していたかつてのし



くみが失われ、水と人のつながりが見えにくくなってきた。

もちろん近代技術は生活の物質的豊かさを確保し、表向きの安全性を高める。しかし人びとの暮らしからみると、精神的豊かさは生まれない。すべてを行政や専門家に委ねることは結果的に、たとえば水害に対処する意識や知恵も失われ、生活の潜在リスクは増大すると嘉田氏は指摘する。「人と水のかかわりの再生」こそが今の問題だろう。

それには、何が一番大切だろうか。「投網を打つように、一度にすべてを変えようとしても無理です。それよりもこころざしをもった取り組みが点のように生まれたら、それを面に広げていくこと。たとえばかつて琵琶湖岸の田んぼは魚の産卵場所だった、という事を水辺遊びの調査の中から発見しました。その記憶と経験を柱にして、田んぼにニゴロブナ(鮒寿司の材料として知られる淡水魚)を放流しようと提案をする。田んぼ

に魚が入るとおじいちゃんも子供たちも気になって頻繁に田んぼへ行くようになった。こういう体験が人を、環境を、世代をつないでいきます。『うちでもやってみよう』と別の地域にも飛び火します。田んぼに魚を、という動きは今では琵琶湖じゅうに広がっています」

こうした研究会の成果が社会にも評価され、今年、日本河川協会の日本水大賞を受賞した。嘉田氏は、行政と住民をつなぐ地域コーディネー

「ヴァーチャル・ウォーター」が教えてくれること

「日本人の水消費量はどのくらい？」

こう考えるとき、私たちが真っ先に思い浮かべるのは生活用水や工業用水ではないだろうか。ミネラルウォーターなどごく一部を除けば、国内で消費される水は国内で供給されている。だが実際はそれだけではない。外国から輸入される農畜産物や工業製品には、生産プロセスで多くの水資源が使われている。いわば間接的に消費される水という意味で、これらは「間接水」(ヴァーチャル・ウォーター)と呼ばれる。

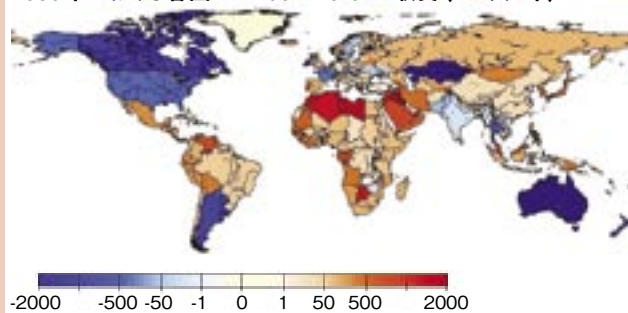
ヴァーチャル・ウォーターの概念は1990年代、ロンドン大学のトニー・アラン教授によって考案された。その後、東大生産技術研究所の沖研究室は「ヴァーチャル・ウォーターを考慮した世界水資源アセスメント」を発表し、水危機の現状を訴えた。

たとえばコムギを1キログラム生産するには、推定値で2000リットルの間接水を必要とする。国民一人あたりの年間使用量で見ると、間接水は約500立方メートル(約500トン)にのぼる。これは国内で直接に消費する水の年間使用量(約750立方メートル)のおよそ3分の2にあたる。日本の間接水消費量は世界的に見ても多く、私たちが他国の水資源にどれほど頼っているかを示すバロメーターになっている。

沖教授は、こうした工業製品や農畜産物について、水に関するライフ・サイクル・アセスメント(LCA)の必要性があると考え。つまり生産、加工、流通などの各段階でどれだけの間接水が投入され、最終的にどこで消費されたかを明らかにすることだ。

ヴァーチャル・ウォーターという「見えない水」は、私たちの生活で生じる環境負荷だけでなく、地球規模でバランスの取れた水収支への示唆も与えてくれる。

2000年における各国のVirtual Waterの収支 (m³/人/年)



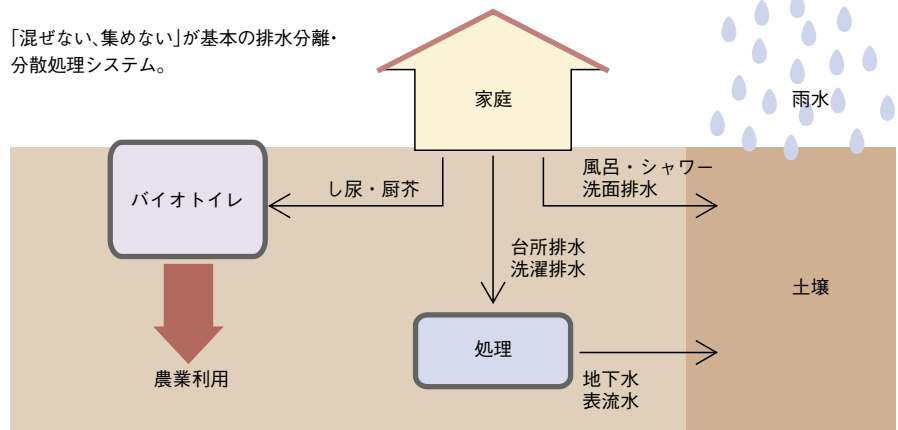
輸入国トップ10のうち7カ国が水資源の少ない国
輸出国トップ10のうち7カ国が水資源の豊かな国
デンマーク(10位)とインド(18位)は水資源が少ないが正味で輸出。

ヴァーチャル・ウォーターを考慮しながら世界の水収支を見ると、水は貧しい国から豊かな国へと流れていることがわかる。



水辺の生き物をつかまえる子供たち。昭和30年代まではよく見られた光景。現在こうした水環境と人間のつながりが見えにくくなっている。

「混ぜない、集めない」が基本の排水分離・分散処理システム。



バイオトイレは、し尿や厨芥を雑排水から分離し、再利用できるよう設計されている。現在、北海道旭川市、埼玉県秩父市、沖縄県宮古島、中国(南京、西安、長春)などで実証実験がおこなわれている。

ターの役割にも期待を寄せる。

「利用しながら、かかわりながら、結果として水環境を守る」という水と人びとの意識の循環のしくみを取り戻すため、今後は水行政にソフトの予算をもっと導入して欲しいと願う。

新しい水循環システムを根づかせるには？

こうして見てくると、社会と自然の水循環にとって最も大きな課題は、持続可能な水利用システムにありそうだ。

北海道大学大学院工学研究科の船水尚行教授は、CRESTの研究で持続可能な衛生システムを水循環系に導入しようとしている。世界では約4割の人々が排水や水処理などの衛生設備をもたない。建設にも維持管理にもコストのかかる下水道システムだけで対処しようとすると、現在の経済規模ではとてもこれだけの衛生需要を満たせない。そこで下水道に代わるシステムが必要になってくる。

「混ぜない、集めないというのがわれわれの考え方です」と船水教授はいう。雑排水やし尿などを下水道で一

括して運び、一カ所の施設で処理するのがいままでの方式だった。そうではなく、ゴミを種類で分別すると同じく、水や排出物も排出源で分別する。厨芥(大便)はバイオトイレでコンポスト化。し尿も処理すれば農業利用できる。台所や洗濯で出る雑排水は処理して土壌へ流す。お風呂の水も土壌へ。こうした「分離型処理システム」を使えば、水や有機物の再利用はしやすくなり、同時に人体からの排出物に含まれる微量の有害物(マイクロ・ポリユータンツ)や病原菌微生物の処理も向上する。

さらに、回収や運搬に必要な雇用の創出が見込めるし、コンポストを建設資材などに加工すれば輸出もできる。先ほど見たように、日本には輸入食物などのかたちで膨大な間接水が途上国から入ってきている。有価物としての有機物や栄養塩を少しでも途上国へ返すようにすれば、地球規模で見た水収支バランスの是正にもつながる。日本の技術を投入する意義はそこにもある。コストなどの面でクリアすべき課題はまだあるが、こうしたシステムが循環型社会

の創造に大きく役立つことは間違いなさそうだ。

最後に、CRESTの研究領域「水の循環系モデリングと利用システム」を統括している福島大学教授(理工学群共生システム理工学類環境システムマネジメント専攻、元東京大学生産技術研究所教授)の虫明功臣研究総括は、水循環研究の課題をこうまとめる。

「水問題はローカルからリージョナル、グローバルまで多様な広がりを見せています。環境問題、災害問題としてとらえる立場もあれば、資源問題としてとらえる立場もある。水問題を考える場合、まずそうした多様性を認識すべきです。一方、個別の現象を全体のなかにきちんと位置づけて評価する軸がないと、問題解決は難しい。医学でいえば基礎と臨床を合わせたような、総合的な評価基準が必要です」

豊かな水環境をめぐる知の継承と価値観の創造。「水の世紀」の訪れとともに、科学にとっての大きなチャレンジが始まっている。

(環境ジャーナリスト 門脇 仁)

「産学連携のフロンティアに」 研究と経営がかみ合うめっき技術—関東学院大

「起業よりも経営の難しさ」が広く認識されている大学発ベンチャー。

そんな中、研究と経営の両面で見事な舵取りを見せているのが、関東学院大学表面工学研究所だ。

産学連携のベンチャーとして起業して3年、その成功の秘訣を聞いた。

Venture

研究と経営は「クルマの両輪」。それを設立の計画段階から強く意識して実践し、初年度から黒字を連続計上。環境管理の国際規格ISO14001の認証も受け、3年目にして委託研究だけでなく人材教育や技術ライセンスの供与にも事業を拡大。順風満帆の船出をした関東学院大学表面工学研究所だが、この成功は一朝一夕で生み出されたものではなかった。その裏には産学連携に関する数十年におよぶ独自のノウハウの蓄積があった。

産学協同のルーツはここに

関東学院大といえば、めっきを中心とする表面処理技術の研究でわが国のリーディング大学として認知されている。現在その核となっている研究者は、表面工学研究所長で同大工業化学科の本間英夫教授である。本間教授は学生時代から独創的なめっき技術の研究開発とその事業化をつぶさに見てきた。「産学協同のルーツは本学にあります」との言葉に、苦楽を共にした先人への尊敬の念も込められている。

「関東学院大学は戦後の設立当初より学内に木工と表面処理の実習工場をもち、自動車のバンパーなどのめっきを手がけていました。1950年代に入って事業部として正式に収益事業が認可され、関東自動車お

よびトヨタ自動車向けの生産を開始。1962年には世界に先駆けてプラスチック上へのめっき(プラめっき)の工業化に成功したことは非常に有名です。私も当時、専攻科生から大学院生となり、研究と工業化のお手伝いをしました」と本間教授。

プラスチック上のメッキについてはそのキーテクノロジーである無電解銅めっきの電気化学的プロセスを解明し、「混成電位論」と呼ぶ理論を提唱したことで同大の技術力は世界的に認められた。

プラめっき工業化の成功から事業部の規模は拡大。それに伴って利益も出るようになり、一部は工学部の研究費として還元された。「当時の実験の進め方、新しい技術の現場への適用はすさまじいもので、多くの失敗を繰り返しながら果敢にチャレンジし、最終的にはすべてが成功しました。優れた先生方の強力なリーダーシップのもと、すでに40年も前に産学協同のモデル事業が進められていたわけです」と振り返る。

大学内では手狭になったことから、工場移転を計画。京浜急行沿線の金沢八景・六浦のキャンパスから横須賀をこえて北久里浜に用地を求め、1960年代半ばに久里浜工場が稼働する。そして、折からの大学紛争のあおりを受け、1969年に関東学院から独立する形で関東化成工業株式会社が設立された。現在、トヨタ自動車の一次メーカーとして内外装部品をトヨタグループ各社に供給するなど、幅広い事業を展開している。

小さく産んで大きく育てる

大学の研究成果をもとにベンチャー



関東学院大学表面工学研究所の実験室やスタッフルームの様子。どの部屋も整理整頓がゆきとどいており、めっき工程で使用される劇薬や試薬も共有財産として保管されている。廃棄物は細かく分別され、学生たちは一日の研究が終わると自主的に床を磨き上げる。「研究は楽しくやろう。でもルールは守ろう」が合言葉。産学連携のメリットは学生の意識向上にも生かされている。本間所長が執務するスタッフルームの他、会議室や学習室、クラス100のクリーンルームもある。



(写真左)電子線マイクロアナライザー (EPMA) を操作する研究員。(写真右)第1、第2試験室の様子。表面工学の研究には欠かせない走査電子顕微鏡 (SEM) や、蛍光X線測定装置 (XRF) など最新の分析機器を完備する。

起業を興す場合、研究者個人と既存の企業が出資するケースが多い。その点、関東学院大学表面工学研究所は、大学と関東化成工業(株)が「21世紀にふさわしい産学協同はいかにあるべきか」を模索して設立にいたった。大学発ベンチャーとしては例外的なケースといえるだろう。経営面での事業設計を任されたのが、副所長の豊田稔氏だ。同氏は関東化成の取締役・開発部部长でもある。

「関東化成の創立30周年の記念式典で当時の社長が関東学院との産学協同の推進を宣言されたのがきっかけです。私が具体案を練る役割を仰せつかったのですが、これは失敗できないぞ、という大きなプレッシャーをまず感じましたね」と笑う。

豊田副所長によると、大学に対しても各方面で活躍しているOB研究者、産業界に対しても、「最も説得力があり、最も成功を収める可能性が高い最適解は何か?」が難しかった。本間教授が研究所を作りたいという気持ちがあるのは分かっていたが、夢とロマンだけでは会社は立ちゆかない。といって他に手本がない。しかし、原点に返れば、自分たちは表面工学に関する研究と教育では国内外をリードする存在。この知的資源を最大限に活用する研究所組織としての経営プランを立て、大学のトップを交えて具体案を煮詰めていったが、それでも準備に1年半かかった。

研究所設立にあたってはリスクを回避したいとの声も大きかった。そこで当初は有限会社とし、関東化成の事業所内で300平方メートルの分

室から始めることとした。2002年7月に設立。「歴史ある関東学院のCOE (センター・オブ・エクセレンス=卓越した研究拠点) となるように、小さく産んで大きく育てる。その気概は大きかったですね」と豊田副所長。

早速、研究者に加えて、博士課程や学部卒研究生を受け入れた。スタッフルーム、ミーティングルーム、クリーンルーム、一般実験室、機器分析室を完備。「各自で整理整頓、床掃除。企業でも通用するマナーも徹底させ、独立採算で初年度から黒字を計上した」という。

強力なリーダーシップと奉仕の精神

豊田副所長の尽力もあって、よりアクティブな研究活動ができるようになり、すでに多くの実績が上がっていると本間教授は語る。最近の成果では光触媒のプラめっきへの応用などが注目されている。

「従来のプラスチック上へのめっきは、基材へのめっき被膜の密着性を高めるため、6価クロムや過マンガン酸など環境負荷の高い物質を使っていました。ところがこの技術は、光触媒である二酸化チタンを用いた水溶液中で、基材に紫外線を照射し、被膜の密着性を確保することに成功しました。自動車のエンブレムやラジエーターグリルなどの装飾めっきや、携帯電話などの微細な多層配線プリント基板にも応用できます。有害物質フリーで環境に優しいめっき技術として今後が楽しみです」と本間教授は期待する。

光触媒といえば、(財)神奈川科学技術アカデミー理事長の藤嶋昭博士らによって原理が発見された日本発のオリジナル技術である。同財団は(財)神奈川高度技術支援財団の時代にJSTの地域研究開発促進拠点支援事業に参加しており、同研究所にも研究費を出し支援している。

スタートして3年。同研究所は各企業からの委託研究に加えて、表面処理技術のライセンス供与事業、国内外の研究者を受け入れる人材教育事業、表面処理の基礎および実習講座を開設する教育事業など、事業を拡大し確実に経営の実をあげている。そこには本間教授と豊田副所長という強力なリーダーシップが「クルマの両輪」として機能している。

本間教授は産学協同にはもうひとつ「奉仕の精神」も必要だという。かつて関東学院はプラめっきの研究成果をすべてオープンにした。これは同大学の校訓「人になれ奉仕せよ」を実践したものだ。海外の学会でこの話をすると「あなたの大学はスタンフォード大のミニチュア版だね」といわれるという。産業界と広く連携していくには、「奉仕の哲学」にも学べし。多くの失敗と成功体験から得た本間教授の貴重な教訓だ。

(サイエンスライター 才目謙二)

がんや薬物中毒の治療につながる 酸化ストレスの防衛機構を追う

酸素は、呼吸においては大きなエネルギーを生み出すが、一方で、DNAに傷をつけて突然変異を引き起こす「両刃の剣」だ。細胞が受けるストレスの代表格である酸化ストレスに対して、生物はどのように身を守っているのか？

RED

私たちはさまざまなストレスに囲まれて生活しているが、身体を構成する細胞もまた、多種多様なストレスにさらされている。筑波大学人間総合学研究科の山本雅之教授は、2002年から、JSTの戦略的創造研究(ERATO)「山本環境応答プロジェクト」を推進し、環境から受けるストレス、とくにエネルギー獲得に関連するストレスに対して、生体がどのような対応をとっているかを分子レベルで探っている。

細胞には「毒」にもなる酸素

生物の多くは、体内に酸素を取り込んでブドウ糖などを燃やし、エネルギーを得ている。この酸素呼吸は、無酸素状態でブドウ糖を分解する解糖にくらべて、約20倍も多いエネルギーを生み出せる。

ところが一方で、酸素の「ものを燃やす力」、すなわち酸化力は、細胞にとって毒にもなる。金属が酸素でさびて朽ちていくように、細胞にとっても酸素は傷みの原因になるのだ。「酸素は、私たちの細胞に悪影響を

与える、もっとも重大な環境ストレスです。生物は酸素の良いところだけを使い、ストレスを抑え込むメカニズムを進化させてきましたが、この防御機構がうまくはたらかないと、がんなどのさまざまな病気が引き起こされます」。山本教授は、そう話す。

異常事態に働く別の機構

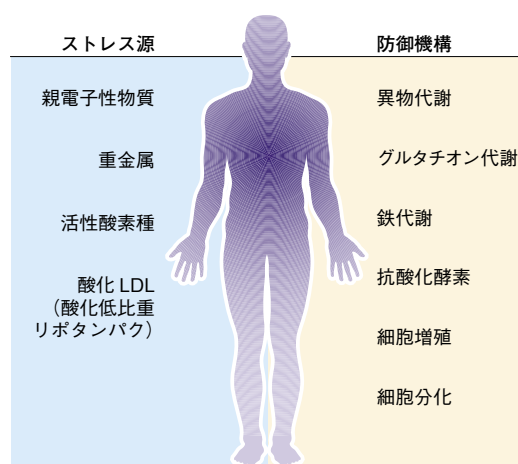
では、なぜ酸素が生体に悪影響を及ぼすのか考えてみよう。酸素は電子を欲しがる性質をもっている。一方、遺伝情報をになうDNA(デオキシリボ核酸)やタンパク質、脂質などの生体分子は、電子が余った状態にある。なんらかの要因で、細胞が酸素過剰な状態に陥ると、DNAがもつ余分な電子が酸素に渡されて両者が結びついてしまう。

DNAは、A(アデニン)、T(チミン)、G(グアニン)、C(シトシン)の4種の塩基が長く連なり、2本がセットになって、らせんを描いた構造をしている。そこでは、AはTと、GはCとペアを組んで、二重らせん構造の橋渡しをしている。このA、T、G、

Cからなる配列に、あらゆる遺伝情報が書き込まれているため、遺伝子として機能する部分が一文字でも置き換わってしまうと、正常な機能を果たすことができなくなる。

ストレス源となる酸素は、Gのある特定部位に結合してしまうことが知られている。酸素が結合したGはあたかもAのように振る舞い、CではなくTとペアを作るようになってしまう。これこそが、代表的なDNAの突然変異だが、

環境ストレス源とさまざまな生体防御機構



変異したのが細胞の分化や増殖にかかわる遺伝子だと、その変異をもつ細胞ががん化に向かってしまうことがある。また、肝臓や肺で急性障害が引き起こされることもある。

「このような事態に陥らないために、生体では、酸素の毒性を打ち消す機構が常にはたらいっています。しかし、突然の大きな酸化ストレスには対応できません。そのような異常事態が生じたときのみ誘導される、別の機構があり、これが私の研究テーマです」と山本教授。こうした防衛機構は「酸化ストレス応答」と呼ばれている。

この誘導的な応答では、ストレス発生が引き金となって、ある遺伝子のスイッチがオンになり、有害な酸素を無毒化するためのタンパク質が作られる。ストレスがなくなると、遺伝子のスイッチはオフに戻って、タンパク質は作られなくなる。

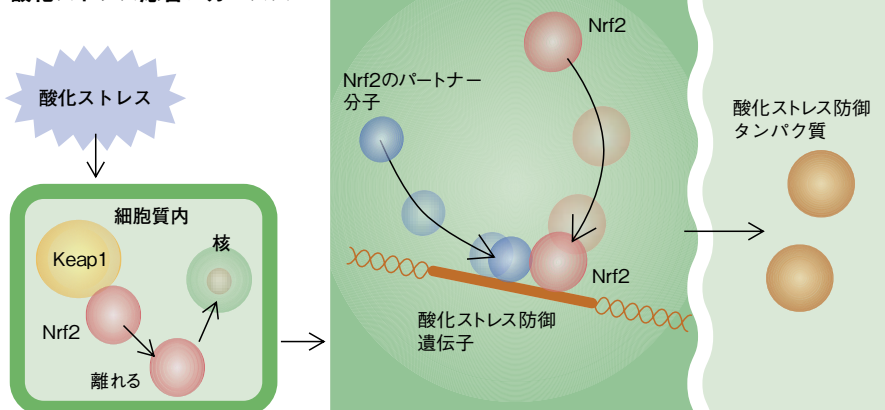
はじめは赤血球の研究から

山本教授は、誘導的な酸化ストレス応答が、Keap1とNrf2という2種のタンパク質の相互作用によって引き起こされることを突き止めた。きっかけは、赤血球の研究だった。「赤血球は、常に酸素にさらされた状態にあります。そもそも、赤血球造血を調節する因子に興味があり、ニワトリのNrf2を発見して、その機能解析を進めていました。結局、Nrf2の赤血球形成における役割は見いだせなかったのですが、研究の過程で、Nrf2が酸化ストレス防御に関係しているのではないかと考えるようになりました」。

Nrf2は、さまざまな細胞の細胞質内に存在していた。さらに、Nrf2は片方の端を削ると、細胞質から核内に移行することがわかった。そこで、Nrf2の端に結合して、Nrf2を細胞質に留めている分子を探したところ、Keap1が見つかったという。

「Keap1は通常の酸化ストレス状態では、Nrf2と結合して、Nrf2を壊すようにはたらきます。ところが酸化ストレスのシグナルが増大すると、

Nrf2の酸化ストレス応答メカニズム

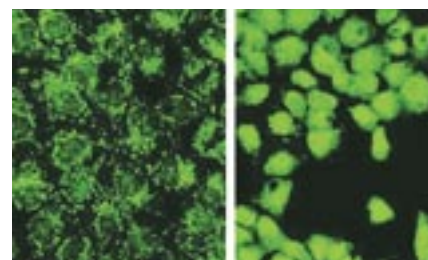


Nrf2と結合できなくなり、Nrf2は核に入ります。Nrf2は核内で酸素を無毒化するタンパク質を作る遺伝子のスイッチをオンにし、DNAに傷がつくのを防ぐのです」。

創薬のターゲット分子としても

山本教授によると、がんの8割は化学物質を原因とする「化学発がん」だと考えられているという。18世紀のロンドンで、煙突掃除夫に多発した陰嚢がんや膀胱がんが、煤に含まれるベンツピレンという化学物質によるものだった例は、よく知られている。「こうした発がん物質も、広い意味では酸化ストレスです。1972年、ベンツピレンと、抗酸化作用のある防腐剤と一緒にマウスに与えると、がんの発生が抑えられることが示され、1978年にはこのときの防腐剤が酸化ストレス応答を誘導していたことが明らかにされました。そして1999年、私たちはこの誘導的な応答が、主にKeap1とNrf2によるものであることを突き止めたのです」。

今、Keap1やNrf2はがんや急性薬物中毒を治療する薬のターゲット分子として、世界中から注目を浴びているという。山本教授も、共同研究により、ブロッコリーの新芽に多く含まれる物質が、Keap1に作用してNrf2のはたらきを高めることを示しており、機能性食品の分子基盤を明らかにしようとしている。ただし、「Nrf2の活性を高めさえすればいい」という短絡的な話ではないらしい。



写真左：Nrf2はストレスのない状態では細胞質に局在しているが（緑色の部分）、写真右：ストレス下では核に移動する。

「Keap1のはたらきを破壊し、Nrf2の活性を高めたマウスを作ってみました。生まれてきたのは食道が異常に固い個体で、ミルクが飲めずに3週間で死に至りました」。

なんと、食物に含まれる異物に対して備わっていたと思われる防衛システムが常に稼働してしまい、食道の扁平上皮細胞がケラチン（角質化成分のタンパク質）を異常生産・蓄積して固くなってしまったという。「Nrf2は、少なすぎるとがんになると思われます。しかし、私は、Nrf2が多すぎる防衛力が異常に強い細胞からも、がん細胞が生まれると考えています。適正な範囲で活性化される必要があるのでしょう」。山本教授は、そうコメントする。

ERATOプロジェクトとしての任期は、折り返しの2年半を過ぎたところ。今後は、Keap1が酸化ストレスを感知する分子メカニズムを明らかにし、一連の成果を、健康と福祉の増進のために役立てたいという。「研究が私の夢ですから」と控え目に話す山本教授。夢が尽きることはない。

（サイエンスライター 西村尚子）

カフェでサイエンス 科学者が街にやってくる

コーヒーカップやワイングラスを手に、科学者からライブでサイエンスの話を聞き、気楽に語り合う。

アフターファイブの楽しみに、最近こんな選択肢が加わった。

テーマは本格的な先端科学。「サイエンスカフェ」が各地に広がっている。

Literacy

都心にありながら豊かな緑を背景にした東京都庭園美術館(港区白金台)。そのアールデコ様式の建物に付設して、昼間は来館者でにぎわうこじんまりしたカフェがある。美術館が閉じる夕刻からここで開かれるのは(財)武田計測先端知財団主催の「カフェ・デ・サイエンス」。

3月に始まった催しは、毎回出席するリピーターもあらわれて7月で3回目を迎える。

サイエンスを^{さかな}着に 笑いあり議論あり

「科学の知識を学ぶのではなく、科学者と語り合うことで、科学的にもごとを考えるとはどういうことかを体験してほしい」。カフェ・デ・サイエンスの企画と進行役をつとめる三井恵津子さん(武田計測先端知財団)は、催しのねらいをそこに絞り込む。

あらかじめ申し込んだ40人ほどの参加者は、ドリンクと軽食でまず一服。リラックスしたところで話が始まった。

初回のテーマ「脳をつくる遺伝と環境」の話し手は、市民とのコミュニケーションについても経験豊かな遺伝学者で、国立遺伝学研究所所長を

つとめた堀田凱樹さん。

「脳は自在に学習し、環境の影響でいろいろに変わる。遺伝子で決定論的に決まっている機械である脳が、どうやって非決定論的な柔軟性をもつのか、これが一番おもしろいところ。私が遺伝学を研究しようと考えた理由です」と、集う人々を一気にサイエンスの世界に引き込んだ。

休憩時間をはさんで、進行役の誘導で質問と対話が広がる。

5月に開かれたシリーズ2回目では、バトンは気鋭の脳科学者で東大助教授の酒井邦嘉さんに。酒井さんは、言語が脳のどこでどのようにつくられるかを研究してきた。堀田さんもやり取りに加わって、笑いあり、議論あり、驚きありの2時間。参加していた外国語同時通訳者や音楽家からの話題提供をきっかけに、話は思いがけない展開をみせた。

「生き生きした話題が芽づる式に出てきて、話すほうにとっても刺激的。実験室にいると堂々巡りになりそうなのところが一気に開ける感じがする。互いに思いついたことを自由に言い合えるという点でよい試みだと思う」と、酒井さんはこうした催しは科学者にとっても大いに意義があると評価する。

少人数で 双方向コミュニケーション

専門の科学者が街にやってきて、普段は科学や技術とは縁のないカフェやバーの気軽な雰囲気なかで、進行中の研究のこと、考えている

「Miraikanサイエンスカフェ」では、しゃれた印刷物やYes/Noカードなどの気のきいた小物が活躍。



ことを語り、市民と自由に話し合う。サイエンスカフェが、今、科学コミュニケーションの新しい形として、注目と期待を集めている。自分たちの手でやってみようという計画しているグループや公共機関も少なくない。

サイエンスカフェに期待するひとり、文科省科学技術政策研究所上席研究官の渡辺政隆さんは次のように話す。

「金曜日の夜、あそこのカフェに行くといつもなにかサイエンスの話をしている。おしゃれだな、ちょっと寄ってみようかな、というのが理想的なカタチかもしれない。だが、いろんな関心のレベル、いろんな地域に対応したサイエンスカフェがあっていると思う」

4月の週末、東京・丸の内のカフェで午後の時間帯に開かれた「Miraikan サイエンスカフェ」では、およそ40人の参加者のうち3分の1は、チラシや看板を見てふらりと立ち寄った人々だった。

日本科学未来館館長の毛利衛さんが進行役をつとめて、「20年後、私たちは宇宙に生命を見つけているか?」をテーマに、3回のセッションがおこなわれた。

このカフェでは、参加者の興味を刺激し、質問を引き出すために、小さなツールがいくつか仕掛けられていた。1回目の話がはじまる前に配られたカードには、「宇宙で暮らすのに持っていくと便利だと思う道具とその理由を教えてください」と質問がある。答を書き込むと、集められたカードはすべてカメラを通してスクリーン上に写され、進行役はそれを見ながら適当な質問を取りあげ、発言をうながす。

ドリンクに添えられたコースターは「Yes/No」カード。今度は毛利さんや話し手の科学者からの問いかけに参加者がカードを掲げて答える。いっしょに手渡された冊子は、小脇に抱えて丸の内を歩きたくなるようなしゃれたデザインだ。

このカフェを企画した一人、長神



「カフェ・デ・サイエンス」(財武田計測先端知財団主催)は7月にシリーズ3回目を迎える。堀田「映画『ゴジラ』に実は私のショウジョウバエが出演したんです。私も現場に行って撮影風景を見てきました」(第1回目)。酒井「ここに海馬と言うのがあります。海馬が何かトラブルを起こすと新しいことが覚えられない」(第2回目)。つまみとドリンクもカフェの楽しみ。

風二さん(日本科学未来館)は、「こうしたツール使用は効果的。サイエンスカフェでは、テーマや話し手、場所の選択のほかに、マイクを使うか、パワーポイントを使うか、ドリンクの取り方、休憩のはさみ方に至るまで、考えなくてはならない細かい要素がいっぱいある」と語る。

今回初めて館外でサイエンスカフェを試みた日本科学未来館では、参加者の協力を得てアンケート調査をおこない、結果をデータとして蓄積し、カフェ開催に関心をもつ人たちとノウハウを共有していきたい考えだ。経験を語り合うネットワークができれば、さらに心強い。

井戸端会議から 科学を共通意識に

もともと英国の小都市リーズで、元・TV科学番組プロデューサーが手作りではじめたというサイエンスカフェ。主要な科学雑誌に取りあげられて、数年のうちに世界に広がった。思い立ったきっかけは、パリのカフェで哲学者が開いていた市民との対話の場「カフェ・フィロゾフィク」

だという。

その英国の事情を見てきた渡辺さんは、科学者が話している間に参加者が突っ込むように質問を浴びせて議論を展開させるのが英国スタイルなら、日本は井戸端会議風でいったらいい、と考える。

日本の伝統的な双方向コミュニケーションである井戸端会議。その井戸端会議も近ごろはネット上でおこなわれることが日常化している。サイエンスと井戸端会議の組み合わせは、ちぐはぐのようでいて、案外しっくりなじむのかもしれない。

酒井さんは、「私たちはデザインされた研究ばかりしていて、市民の感覚から遊離しがち。社会意識を取り戻し、敏感になるチャンスがカフェにはある」と言う。

小さなカフェでの会話が科学者にハッと気づかせ、井戸端会議のサイエンスがだんだん市民の共通意識に育つとしたら、科学と社会の新たな接点であるサイエンスカフェは、楽しさ以上のものをもたらししてくれるだろう。

(サイエンスライター 古郡悦子)

手軽に使える「日本化学物質辞書」

国語辞典や英和辞典があるように、化学物質を調べる辞書もある。

JST が3月末から無料で公開を始めた「日本化学物質辞書(日化辞)」は、日本では最大級のものだ。

化学のプロには欠かせないこのデータベースは、どんな役割を果たしているのだろう。

製薬会社や化学品メーカーにとって、化学物質についての情報収集は死活問題だ。これまでに知られている化学物質は2800万種を超えており、今も増え続けている。このため、各種のデータベースやインターネットを駆使し、最新の情報を収集することになる。

実はそのとき、化学物質に特有の厄介な問題が立ち上がる。それは、1つの化学物質がさまざまな名前で呼ばれることだ。

210万種の物質を収録

もちろん、個々の物質には、正式な命名法による「体系名」がつけられている。これは人間でいえば戸籍上の名前にあたり、分子の構造をきちんと表せるが、その分だけ複雑なため、つけにくくわかりにくい。

このため、古くからの「慣用名」や、

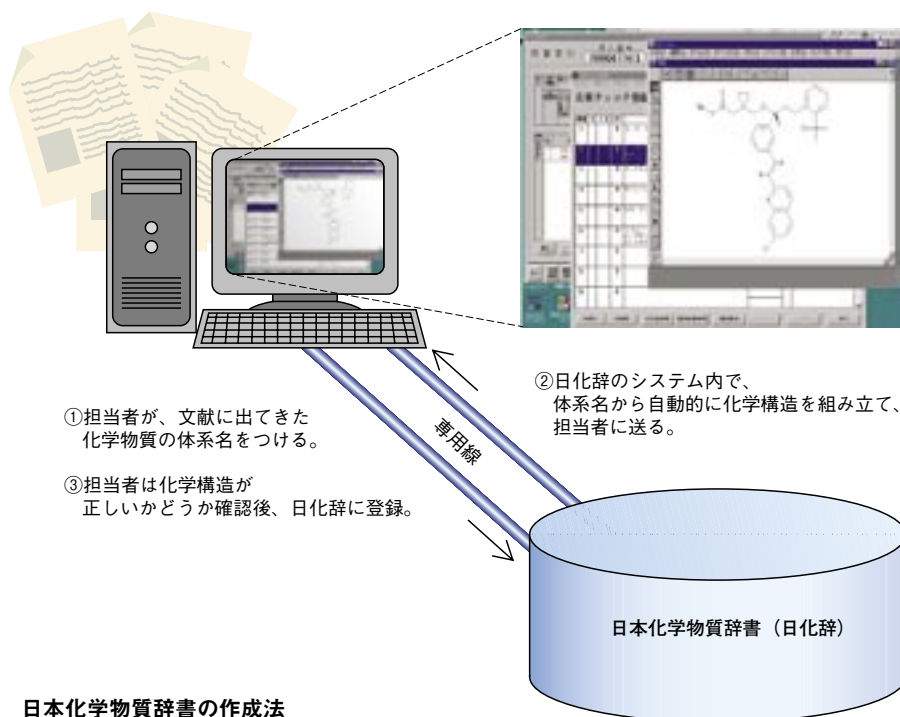
医薬品などとしての「一般名」や「商品名」も使われ、さらには、同じグループの物質をひとまとめにした呼び名も使われる。一人の人間が、戸籍上の名前、あだ名、芸名、所属組織名など何通りもの名前で呼ばれるという状態になっているわけだ。

そこで役立つのが、化学物質の構造式と、その物質を呼ぶのに使われる種々の名称を対応させた辞書である。「日化辞」はこの種の辞書としては日本最大級であり、しかも、Web公開版は無料で利用できる。現在、約210万種の有機物質(高分子を除く)を収録し、毎月1万種ほどが追加されている。この辞書を使えば、化学構造式や“あだ名”からも、その物質の情報を効率的に検索できる。

国の情報戦略の一環として誕生

それもそのはずで、「日化辞」は、国内で化学物質データベースを作る試みの中で生まれた。化学物質の名称、構造、合成法、性質、文献情報などをまとめたデータベースとしては、アメリカ化学会の「ケミカル・アブストラクト・サービス(CAS)」やドイツの「パイルシュタイン」が有名だ。科学文献に出てくる化学物質情報を、古いものでは1800年代から収録しており、網羅性の高さには定評がある。

しかし、日本語では検索できないし、日本の研究成果もこれらの海外データベースに取り込まれ、安からぬ料金を払って「使わせてもらう」ことになる。そこで1980年代に、国産の化学物質データベースを構築するための国家的な研究プロジェクトが立ち上げられた。



日本化学物質辞書の作成法

検索例 名称、分子式(元素記号の文字列)、化学構造(専用のソフトで描画)での検索が可能だが、ここでは化学構造検索の例を示す(上)。該当の構造を含む物質の一覧が現れ(中)、その1つを選ぶと詳細が表示される(下)。

当時、日本では、現JSTである日本科学技術情報センター、国立衛生研究所、国立食品総合研究所などがそれぞれの目的に応じた化学物質情報データベースをもっていた。これらを有機的にリンクさせて1つの物質に関する情報をどこからも引き出せるようにし、実質的な巨大化学物質データベースにしようという研究が行われたのである。

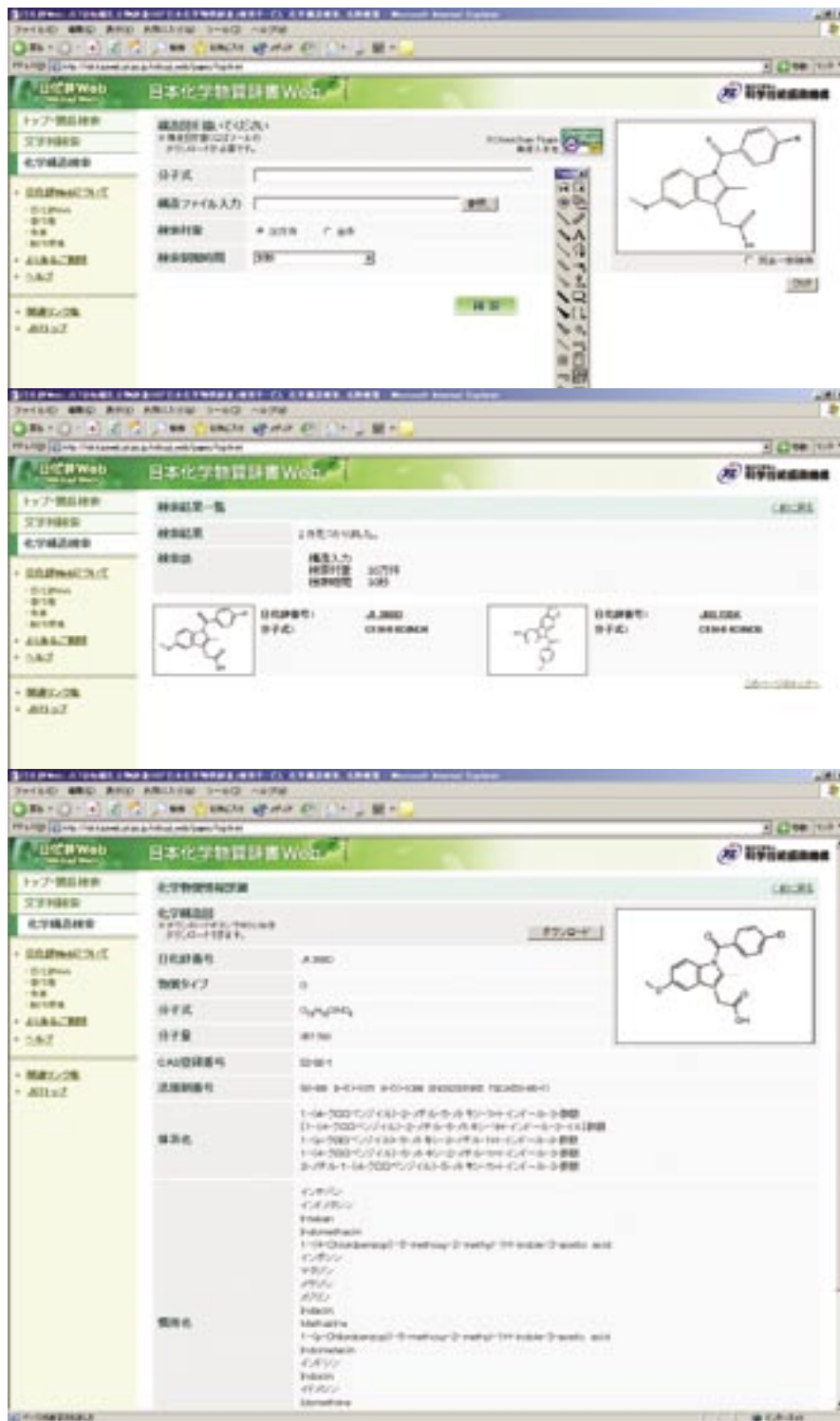
インターネットのなかった当時、このプロジェクトは画期的な試みであったが、種々の事情から大きく実を結ぶことはなかった。しかし、貴重な財産が残った。それは、このプロジェクトのためにJSTが作成した日本語で引ける化合物辞書であり、これが「日化辞」の前身である。

プラットフォームとして データベース拡充に貢献

その後もJSTは、文献ファイルに登場する化学物質を日化辞に収録し続けてきた。また、前身を作ったときから、化学物質の法規制に関する情報も盛り込み続けている。

「新規化学物質の製造や輸入の際には、事前に安全性審査を受けることが法律で義務づけられています。安全性に問題なしとされた物質は『既存物質』として順次、官報に公示され、それ以降の製造や輸入に審査は不要となるのですが、その情報をいつもウォッチしているのはたいへんです。日化辞をみれば、ある物質が既存物質かどうかすぐわかるので、化学品メーカーさんには非常に役立つと思います」(JST情報事業本部梶正憲辞書課長)。

一方、日本新薬(株)知的財産部調査課の網本淳子さんは「既存の医薬品の文献調査の際によく使います。文献にはさまざまな名称が使われている上、それらの日本語表記もまちまち



なので、ある物質についてもれなく情報を得るには、この辞書が非常に役立ちます。化学構造検索も活用していますが、鎮痛剤といった“用途”でも物質名を検索できると、さらに便利になると思います」という。

ただし、法規制や名称の調査だけが日化辞の役割ではない。JSTがめざすのは、作成当初の目的通り、化学構造式や慣用名から文献抄録データベース(JDream)を検索したり、国内の種々のデータベースとリンクす

るための「プラットフォーム」として日化辞を活用することだ。

「来年度以降には、開発中のJDreamII(仮称)や他の研究機関のデータベースとのリンクを進めていきたい」(梶課長)と、そのための検討は着実に進んでいる。国内のユーザーにとって利用しやすい本格的化学情報データベースの誕生に向けて、日化辞の果たす役割はますます大きいものになりそうだ。

(サイエンスライター 青山聖子)



石田寛人が選ぶ 7月の本・映像・演劇・建築

ほとんどの芸術は個人でなされる。科学技術研究も、個人のものだったが、多数が協力するプロジェクトが主力になってきた。最近、多数が参加、創造する芸術が着目されている。今月は「集団と芸術・創造」の観点を入れました。

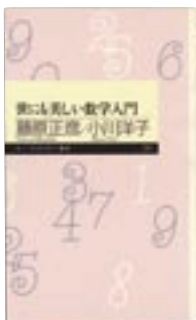
Profile

石田 寛人(いしだ・ひろと) / 金沢学院大学学長。日本科学未来館総館長。6月まで在籍したJST研究開発戦略センターでは、内外の研究開発動向や社会的ニーズを分析し、研究戦略の企画・立案に貢献した。歌舞伎など伝統文化に親しみ、小芝居、地芝居にも興味をもつ。

Book

美の存在が数学の天才を生む

数学者の藤原正彦氏と、「博士の愛した数式」で読売文学賞を受賞した作家小川洋子氏との対談。藤原氏の「たった17文字で大自然を表現しつくすという俳句の美的感覚が、日本を数学大国にしている…」などをはじめ、印象的な言葉が散りばめられている。



世にも美しい数学入門

藤原正彦・小川洋子 著 ちくまプリマー新書 798円(税込み)

哲学的思考から生じる笑いの渦

哲学者土屋賢二氏の処女ユーモア・エッセイ集。ワープロ、健康診断など日常の些事から愛、老い、日本、女性といった壮大なテーマに至るまで、土屋流形式論理を展開、その連鎖反応の中で、笑いの渦が巻き起こっていく。



われ笑う、ゆえにわれあり

土屋賢二 著 文春文庫 490円(税込み)

Image

芭蕉の世界をアニメーションで描く

松尾芭蕉七部集「冬の日」の連句を、国内外35人の世界的なアニメ作家が表現。明治以降、発句だけが芸術と主張され、集団で句を付け合う連句はすたれたが、また復興の兆しを見せている。この「座の文芸」を現代のコラボレーションで映像化したとても面白い試みだ。



冬の日

DVD 紀伊国屋書店

自然界の秩序をになう数列

「1、1、2、3、5、8、13、21…」と続くフィボナッチ数列。前2つの数字を足すと次の数字になる。この数列は自然界の形態形成に深く関係する。これを、松かさやヒマワリの種子、巻き貝を例に紹介している。興味溢れる科学案内。今年の科学技術映像祭入選作。



自然にひそむ数と形

①不思議な数列

サイエンスチャンネル

オンデマンドで

ストリーミング配信を行っている。

<http://sc-smn.jst.go.jp/>

Play/Architecture

アインシュタインの世界を能で表現

免疫学者の多田富雄氏による新作能。時間が伸び縮みする相対論の世界が物語られ、シテとして一石仙人(アイン=一、シュタイン=石)が登場、核子の解放などの見せ場をつくる。多くの方々の協力で世界物理年の記念に公演される。大きな会場での演能に興味はつきない。



一石仙人

7月4日 19時開演
新宿文化センター

現代建築の軽みを味わう

ガラスを多用した円形の開放的な建物。地下に大きな空間を抱かせ、地上階数を押さえているため、軽やかさが際立つ。設計は今をときめく妹島和世と西沢立衛。平面よりも立体のオブジェが映え、イベント参加の観客そのものが展示物となる空間の妙。



金沢 21 世紀

美術館

石川県金沢市

[http://](http://www.kanazawa21.jp/)

www.kanazawa21.jp/

JST News

Vol.2/No.4
2005/July

発行日/平成 17 年 7 月

編集発行/独立行政法人 科学技術振興機構 総務部広報室

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ

電話/03-5214-8404 FAX/03-5214-8432

E-mail/jstnews@jst.go.jp ホームページ/<http://www.jst.go.jp>