

# 喜多が行く



明るい未来テクノロジー紀行

第7話

## サケの白子から産まれる光通信デバイス

世の中のおちこちにバラバラに存在するコトやモノを拾い集め、誰も気づかなかった1つの環につないで見せる仕事をやる人のことを、昔は預言者とか革命家と呼んだ。現代では多くの場合、科学者がこの仕事に携わっている。

千歳科学技術大学の緒方直哉名誉教授は、麗々たる経歴の高分子化学者だ。東レ時代にナイロンの研究に取り組み、上智大学にスカウトされて研究を続け、同大学で副学長まで務めた。その間の1981年から5年間、ERATO<sup>1</sup>の「緒方ファインポリマープロジェクト」の総括責任者も務めている。

### 生命情報記録メディア「DNA」の構造に着目

その緒方教授は、開学と同時に赴任した千歳科学技術大学で、DNAを光スイッチや光メモリーなどの機能材料として役立つようという研究を進めている。

一見なんの関連もないように見えるバラバラに存在するいくつかの事象を、見事に1つの環にして我々に見せてくれる現代の科学者の「仕事」の典型的なケースを、ご紹介しよう。

まずバラバラな事象のその1、「光機能を持つ特殊な色素」について触れてみたい。

ある種の有機色素には、光を増幅したり、蛍光を発生したりする性質がある。うまく調整することで、入力光のオンオフで別の経路を通る光をオンオフする光スイッチの機能を果たしたり、繰り返し使用できる光メモリーの効果を持つものもある。色素の名前は「スピロピラン」とか「アゾベンゼン」「フタロシアニン系誘導体」など耳慣れないものばかりで、「ユーロピウム」という元素をいっしょに使う場合もあるというが、いずれにせよかなり「レア」な現象だ。中には発ガン性を持つモノもあるというから、我々にとって決して身近とはいえない事象である。

次に「DNAの構造」がここからんでくる。

ワトソンとクリックがDNAの二重らせん構造を発見したのは1953年のこと。それまでに、生命体の遺伝情報は細胞の核の中に存在する繊維状の分子に担われており、それが糖と核酸とリン酸が結合した繰り返し構造であることや、アデニン、グアシン、シトシン、チミンという4種類の塩基がそれを構成していることもわかってきた。ワトソンとクリックはX線回折法による解析からDNA分子の構造が「二重らせん」

の形をしていることを見出し、ここに20世紀を特徴づける学問分野「遺伝子工学」が誕生した。現在ではヒトゲノムの全解読も終了し、研究者のターゲットはゲノムからプロテオミクス(タンパク質を対象とした学問分野)に移っている。プロテオミクスにおいても、個々のタンパク質の「構造」を見極めることが非常に重要なポイントとなっている。

### 年間1万トン! 廃棄DNAの用途を見出す

さらに北海道を代表する秋の味覚「サケ」が、これからんでくる。

「いや、オレは大好きだぞ」という人もいるかもしれないが、サケの白子は現実問題として大部分が産業廃棄物として処理されている。固く調理も難しいため「珍味」にしかならないためだが、その量、北海道だけでなんと年間1万トン。そしてこの白子(精巢)生体内で最も高密度にDNAが存在する器官であり、サケの白子には重量比にして約10~12%という大量のDNAが含まれている。つまり北海道では少なくとも年間約1200トンのDNAが捨てられている。これを「豊富なDNA資源が未利用のまま放置されている」と見たのが、緒方教授だった。

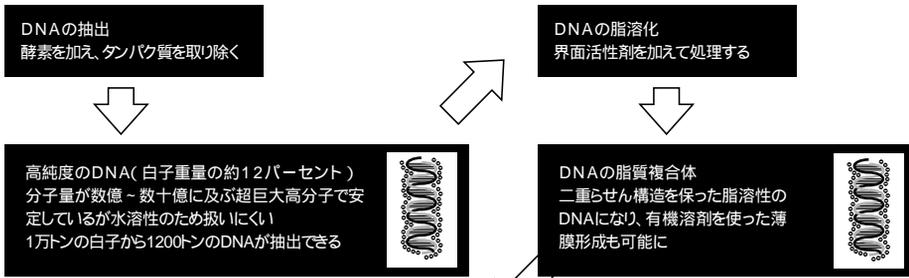
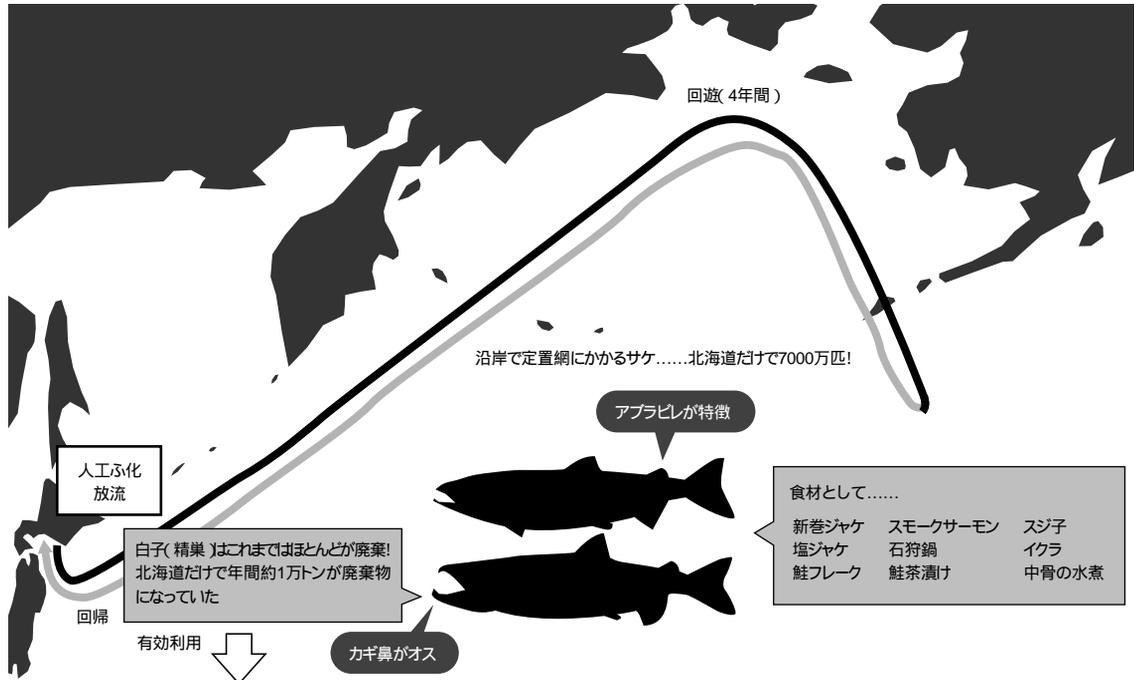
「千歳科学技術大学の創設とともに赴任することになったが、せっかく世界でも唯



千歳科学技術大学の緒方直哉名誉教授。今回は杉並区の閑静な住宅街にあるご自宅にて話を伺った。

1 科学技術振興事業団による戦略的創造研究推進事業

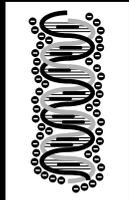
# 図説 光機能材料となるまでのサケの長い旅



光機能材料  
・スピロピラン  
・アゾベンゼン  
・フタロシアニン誘導体

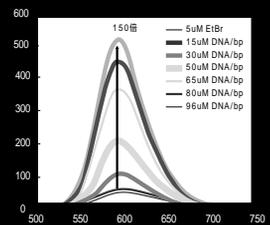
さまざまな光機能性有機色素が存在する。単結晶でも蛍光増幅効果を持つ

## インターカレーション

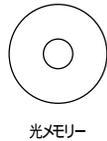
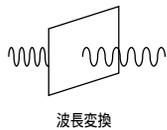


DNAと有機色素の層間化合物  
DNAを有機溶剤に溶かした状態で光機能性有機色素を加えると、光機能性有機色素がDNAのらせん構造に入り込み(インターカレーション)、層間化合物となる。DNAにインターカレーションした光機能性有機色素は、単結晶の状態に比べてその機能がはるかに大きくなり、しかも成膜が容易に行える

## インターカレーションによる蛍光増幅効果



## 光機能材料としての用途



## その他の用途





瓶に入っているのは抽出精製された高純度のDNA。サケの白子から取り出したもの以外にも、ホタテの生殖腺から抽出するDNAも材料として期待されている。真っ白な綿状の物質で、水溶性ということもあり、手に取ると汗で少し溶ける、ちょうど綿菓子のようなものだ。現在はまだ高純度なDNAの価格は現在キログラムあたり30万円程度するという。

一という光科学を研究領域とする単科大学で、しかも場所は北海道。調べてみてたどり着いたのが、サケの白子から大量に採れるDNAの利用という研究テーマだったんです」

サケの白子から抽出精製されたDNAは、そのままでは水にしか溶けない。しかし、これにリンスなどに使う界面活性剤を加えて処理すると、アルコールなどの有機溶媒に溶けるようになる。そこに「光機能

性有機色素」を加えると、不思議な現象が起きる。色素の分子が二重らせんの中に入り込み「層間化合物」を形成するのである。

「インターカレーションと言いまして、以前から明らかになっていた反応です。これが起こると、二重らせんのハシゴにはまりこむ形で色素の分子が規則的に並び、色素の持っていた光機能が大幅に増強されるんです」

この種の色素は、先にも述べたように従来は非常に扱いづらいものだった。条件を整えて単結晶を作るか、PMMA(ポリ・メチル・メタ・アクリレート = 水族館の水槽や自動車のブレーキランプのカバーなどに使われる透明度の高いプラスチック)などに混ぜ込むかしか、固体として保持する方法がなかった。単結晶をつくるのは非常に難しく、混ぜれば濃度が薄まってしまい機能が落ちる。ところがDNAと層間化合物を形成した色素は、その光機能が増幅され、場合によっては単体のときに比べて150倍もの効果を持つのだという。乱暴な例えだが、電池を直列につないで電圧が増すのと同じようなことが起きるわけだ。

そもそも「発ガン性」という物性は、その物質が遺伝情報を担うDNAの機能を阻害してしまう性質を有する、ということの意味する。発ガン性のある環境ホルモンなどの有害物質を、生命体のDNAではなく、単なるモノとしてのDNAに吸着させ無害化する「DNAフィルター」の研究も、実は北海道で進められていたりする。発ガン性のある物質を閉じこめるばかりでなく、

## 植物由来のプラスチック、環境時代に続々

プラスチックのことを日本語では合成「樹」脂というが、たまたま初期のプラスチックが松ヤニと性質や見た目が似ていたからこう名付けられただけのこと。プラスチックの原料は大部分が石油由来であり、日本では現在、輸入された石油のうち20%近くがプラスチック原料として使われている。

だが、環境意識の高まりとともによく聞かれるようになった「生分解性プラスチック」は、生まれが違う。農業用のシートや請求書封筒の窓を覆う透明フィルムなどに使われる生分解性プラスチックの原料は「トウモロコシ」。穀物メジャーのカーギル社とダウ・ケミカルの

合併会社がこのプラスチックの原料となる「ポリ乳酸」で世界最大のサプライヤーであり、年間14万トンの工場をネブラスカ州に擁し、日本の大手化学メーカーはここから原料の供給を受け製品を送り出している。またトヨタ自動車がサツマイモやサトウキビを原料としたプラスチックの製造工場を、既存の国内工場に併設する形で建設すると発表。同社ではすでにフロアマットなどへの導入例もあり、内装材などへの導入を拡大していく方針だ(写真)。さらには生ゴミの残飯を生分解性プラスチックの原料にするという究極のリサイクルに成功している大学(九州工業大学・福

岡県北九州市)もあり、「2015年には国内樹脂需要の1割を占めるようになる」との予測も出ているほど。環境時代の追い風を受け、合成樹脂も「名は体を表す」存在となりつつある。



## 植物由来のプラスチック、環境時代に続々

CPUのヒートシンクで「高性能」の代名詞である銅の2倍(アルミの3~4倍!)の熱伝導率を持ち、しかも比重は銅の9分の1。松下電子部品の「PGSグラファイトシート」は、高密度化する小型電子機器を設計する上での鬼門、「放熱」における救世主的な素材である。といってもLSIの放熱のために使われる裏方の存在なのに、専門紙にカラーで全面広告が出るくらい会社を背負って立つ商品なのである。

高分子のフィルムを熱分解にして炭

素原子だけから構成される層状構造の物質「グラファイト」を生成する点は、アクリル繊維などを蒸し焼きにして作られる強靱な繊維「カーボンファイバー」と原理的には似通っている。ちなみに日本が最大の生産国で、繊維大手の東レは世界的カーボンファイバーメーカーだったりする。

そしてこのグラファイトシート、実は「緒方ファインポリマープロジェクト」での研究の成果物の1つなのである。当時は軽くて導電性が高いことから電池

電極などへの用途が考えられていたが、小型化高性能化し熱密度の高まる電子機器の熱を逃がす素材として、いまブレイクしているのである。

フィルム上の高分子から水素や酸素を熱で飛ばし、骨格たる炭素原子だけを残して利用するというグラファイトフィルムの発想、DNAの二重らせん構造を利用するDNA光機能デバイスと、似ていると言えば似ている。

さらにその機能を増強することにもなるDNAは、光機能性色素にとつてうつつけの「容器」だったわけである。

## 生命の記録メディアの目的外(!?) 使用

誰も気が付かなかったこれらの事象を1つの環としてまとめ上げた緒方教授は、謙虚に語る。

「長年高分子化学の研究をしてきましたが自然というのはすごいものなんです。DNAの分子量は数億から数十億。化学合成では分子同士の衝突という偶然に左右されるため、そこまでの超巨大分子はどうやって作れないし、あるものを作ろうとしても確率論でしか語れない。自然は必然の世界。反応するべくして反応し、しかも収率100パーセント。つまりすべての素材が反応に供されるわけです。しかも人間がやるなら、圧力を変えたり温度を変えたりpH(ペーハー=酸性度)を変えたりと苦労するところが、常温常圧で起きている。自然にはかなわないですね」

しかもDNAはかなり丈夫だ。映画ジュラシックパークにあった、琥珀の中に閉じこめられた蚊が吸った血液中に、太古の生物のDNAが保存されているという話はあながちあり得ない話ではない。「十分乾燥して低温であれば、あり得る話」なのだそう。

自然界に存在するDNAの、そこに記された遺伝情報ではなく、二重らせんという構造を借用して作られる光機能材料。緒方教授はサケだけでなく、ホタテの生殖腺(実はサケよりも大量にある)の利用も考えている。この研究には国の予算もつき、精製の量産手法や応用研究などが飼料メーカー、デバイスメーカーなどのエンジニアとともにすすめられている。分離精製プロセスや量産化のための工業技術が確立しつつある段階なのだという。

現代文明は「石油の上に浮かんでいる」と言われて久しい。最初は灯火に、そして暖房やエンジンに利用されてきた石油に、我々は別の意味でも依存している。合成樹脂や合成繊維などの原料としてである。

石油から作られた最初の合成繊維はナイロンだった。ナイロンの前駆物質であるカプロラクタムという物質は、工業原料として初めて光化学反応が製造プロセスに利用された物質だったという。

そもそも生命の誕生には有機分子の溶け込んだ海と、稲妻の光が大きな役割を果たしているという。そこから営々と数十億年受け継がれてきた生命情報の記録媒体「DNA」が、光機能材料として利用され始めているということに、奇妙な符合を感じてしまうのである。

## 喜多充成(きた みつなり)

1964年石川県生まれ。

産業技術・モノ作りを10年来のテーマとする技術系ライターで、本誌草創期からの執筆陣の1人。連載「インターネットビジネス利用の現場から(1995~)」「2005年へ光る道(1998~)」「超未来ラボ(2001~)」特集「電子メール革命(1995)」「いまそこにある定額制(1999)」などを担当。ウェブ上ではキャノン広報記事『開発者が語る「これがキャノン!」』などがある。

☞ <http://web.canon.jp/technology/interview/>

今回は「握手でデータ交換」に行く!(予定)



## [インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ] ご利用上の注意

このPDFファイルは、株式会社インプレスR&D(株式会社インプレスから分割)が1994年～2006年まで発行した月刊誌『インターネットマガジン』の誌面をPDF化し、「インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ」として以下のウェブサイト「All-in-One INTERNET magazine 2.0」で公開しているものです。

<http://i.impressRD.jp/bn>

このファイルをご利用いただくにあたり、下記の注意事項を必ずお読みください。

- 記載されている内容(技術解説、URL、団体・企業名、商品名、価格、プレゼント募集、アンケートなど)は発行当時のものです。
- 収録されている内容は著作権法上の保護を受けています。著作権はそれぞれの記事の著作者(執筆者、写真の撮影者、イラストの作成者、編集部など)が保持しています。
- 著作者から許諾が得られなかった著作物は収録されていない場合があります。
- このファイルやその内容を改変したり、商用を目的として再利用することはできません。あくまで個人や企業の非商用利用での閲覧、複製、送信に限られます。
- 収録されている内容を何らかの媒体に引用としてご利用する際は、出典として媒体名および月号、該当ページ番号、発行元(株式会社インプレス R&D)、コピーライトなどの情報をご明記ください。
- オリジナルの雑誌の発行時点では、株式会社インプレス R&D(当時は株式会社インプレス)と著作権者は内容が正確なものであるように最大限に努めましたが、すべての情報が完全に正確であることは保証できません。このファイルの内容に起因する直接のおよび間接的な損害に対して、一切の責任を負いません。お客様個人の責任においてご利用ください。

このファイルに関するお問い合わせ先

**株式会社インプレスR&D**

All-in-One INTERNET magazine 編集部

[im-info@impress.co.jp](mailto:im-info@impress.co.jp)