

伝説の  
technology  
テクノロジー  
24

# セルラーゼに魅せられ、 氷河期を乗り越えて 続けた研究 — 森川康さん

2度のオイルショックの直後、日本ではバイオマスの研究開発が活況を呈した。だがその後、原油価格が下がると、研究の熱は一気に冷め、バイオマス氷河期の時代が続いた。それでも森川康さんは「将来の資源はバイオマスしかない」と確信し、ひたすら研究に打ち込んだ。そして約30年を経た今、バイオマスは再び脚光を浴びようになっている。バイオマスの可能性を信じて走り続けてきた森川さんに、ようやく時代が追いついてきたようである。

石油代替エネルギーは  
バイオマスしかない

1973年、イスラエルとエジプト、シリアなど中東諸国との間で第4次中東戦争が勃発すると、ペルシア湾岸の産油国が原油価格を70%も引

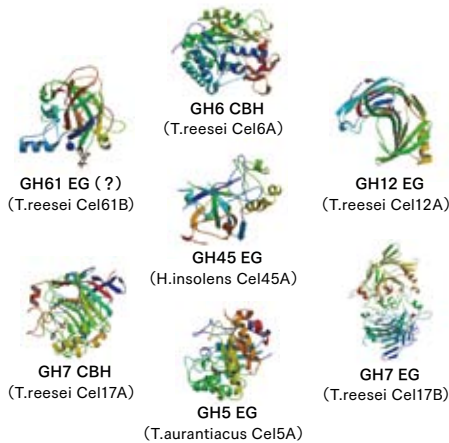
き上げると発表。続いてアラブ石油輸出国機構（OAPEC）はイスラエル支持国への石油禁輸を決定した。これを引き金に世界中で原油価格が高騰し、日本経済も大きな打撃を受けた。

さらに1978年、石油輸出国機構

（OPEC）が翌年からの原油価格引き上げを発表。革命によってイランでの石油生産がストップしたこともあり、1979年に原油価格は再び高騰した。

こうした2度にわたる石油ショックを受けて、世界各国の研究機関や

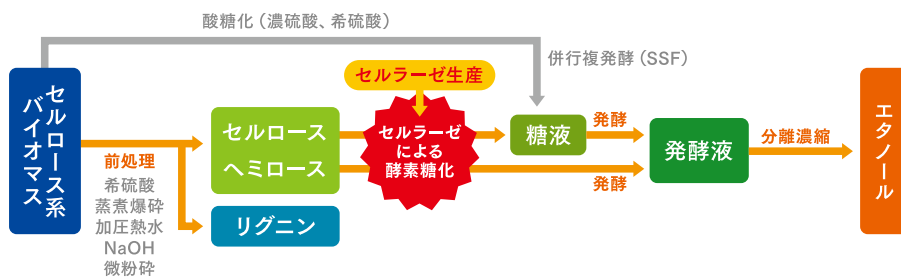
## セルラーゼの立体構造



## セルラーゼ生産菌 トリコデルマ・リーセイ変異体の系統樹



## セルロース系バイオマスの分解利用とそのプロセス



大学、企業などは、石油に替わり得るエネルギーの研究に一斉に取り組み始めた。1972年にローマクラブが資源と地球の有限性に着目した「成長の限界」を発表していたこともあり、石油が枯渇したり輸入できなくなったりするという危機的なシナリオが現実的なものになったからだ。そしてこのとき石油代替エネルギーの有力な候補のひとつとして上がっていたのが、バイオマスだ。

1980年代に協和発酵(現協和発酵キリン)の東京研究所でセルロースの加水分解を触媒する酵素セルラーゼについて研究していた森川康さんは、この頃から「石油代替エネルギーはバイオマスしかない」と考えていた。

「バイオマスには、木材(林産資源)、農産物、海洋資源(水産資源)、農林水産廃棄物などいろいろあり、地球上に膨大な量が存在しています。しかもバイオマスで生産した電力を使っても、トータルとしてCO<sub>2</sub>排出量は増えません。というのも、たとえばセルロース系バイオマスは、もともとの生育過程で光合成により大気中のCO<sub>2</sub>を吸収しているからです」

森川さんが言うセルロース系バイオマスとは、主な構成成分としてセルロースを含む木や草、わらなどの農林産系バイオマスのこと。同じ植物系でも、近年話題になったトウモロコシなどからエタノールをつくる澱粉系バイオマスとは異なる。

澱粉もセルロースも、ブドウ糖が連なった高分子であることは共通している。ただ、植物細胞や繊維の主成分であるセルロースは分解しにくいに対し、穀類やイモ類に多く含まれる澱粉は化学的に分解しやすい。バイオマスをエタノールに変換する工程では分解が必要になるので、その点では澱粉系の方が優位ともいえる。

## ただ一人日本から参加

だが、森川さんは澱粉系バイオマスに懐疑的だ。

「人間はセルロースを消化分解することができません。つまり食べられないのです。でも、ブドウ糖は食べられます。地球上の人口は70億人を超え、食糧危機が深刻になってい

る現在、とうもろこし、小麦などはバイオマスとしてエネルギーに変換するより、そのまま食糧として利用した方がいいのではないのでしょうか」

木は、主にセルロース、ヘミセルロース、リグニンで構成されている。このうちセルロースとヘミセルロースは、セルラーゼで分解して糖化する。森川さんはそのセルラーゼ生産や糖化を主に研究している。1980年からは通産省(現経済産業省)による新燃料油開発技術研究組合がスタートすると、協和発酵から参加し、キシロース発酵性酵母の探索やセルラーゼ高生産株の構築などに心血を注いだ。

「セルラーゼの生産にはトリコデルマ・リーセイという真菌を使っています。これは太平洋戦争のときに米軍がブーゲンビル島で採取した野生株を、米陸軍の研究所がセルラーゼの生産をするように改良したものです。石油ショックのころは、世界各国でこのトリコデルマ・リーセイの変異株を作る研究が盛んに行われました」

そう語る森川さん自身も1983年には、PC-3-7という変異株を開発している。そして1993年には、米国で開かれた第1回アメリカバイオマス会議に参加した。

だが、バイオマス会議の参加者リストを見て森川さんは目を疑った。世界約60カ国から900人ほどの研究者が集まったその会議に日本から参加したのは、なんと森川さんただ一人だったのだ。

実は石油ショック後、1バレル、50~60ドルに高騰した原油価格は、その後徐々に値下がりしていった。1987年ごろには1バレル18ドル程度にまで下がっていた。それとともに日本では、バイオマス研究の熱も冷えていった。値下がりしたのであれば、今までどおり石油エネルギーを使えばいいという機運になってしまったのだった。通産省の研究組合も、96年頃には解散していた。



## 出張もパソコン購入も自腹で

その間に森川さんは、協和発酵から長岡技術科学大学に転じていた。1991年のことだ。研究所から本社へと異動になり、研究現場を離れることになったのがきっかけだった。森川さんはあくまでも研究現場に身をおきたかったのだ。そして長岡技術科学大学に移ると、セルラーゼの研究にさらに打ち込んだ。

けれども時代は“バイオマス氷河期”に入っていた。

「日本でも細々とセルラーゼの研究をしている人は他にもいました。だから孤立感はありませんでした。ただ、とにかく貧乏研究室でした。一番厳しかったときは、大学から出る研究費が年間300万円ほど。科研費など外部から入るものを入れても総額で500万円ほどでした。これではとても足りません。パソコンの購入費とか出張費の一部などは、自腹でした」

何とか研究費を獲得しようと、補助金の申請などにも奔走した。もともとそういうことが得意ではない森川さんにとって、それは決して楽しいことではなかった。それでも研究は面白かったのだ。森川さん自身の熱が冷めることは全くなかった。菌を培養して、培養液からいろいろな酵素を精製して機能を調べたり、それらの酵素の遺伝子を単離するなど地道な作業を繰り返す日々が続いた。

やがて地球環境問題がクローズアップされるようになってくると、ようやく氷河期にも終わりが来る。1997年、京都議定書が採択されると、日本でも再びバイオマスに関わる研究が活発化してきたのだ。

「1980年代の末から90年代の終わり頃にかけては、まさに失われた10年でした。でも、99年ごろからは、研究費も少しずつ上向いてきました」

2002年には政府がバイオマス日本総合戦略を閣議決定。2008年には、バイオ燃料技術革新計画も作成され

た。森川さんもこうしたプロジェクトには積極的に関わり、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) が2008年から進めている加速的先導技術開発では「酵素糖化・効率的発酵に資する基盤研究」のプロジェクトリーダーを務めている。

「市販されている糖化用酵素では、海外で開発されたCellic CTec2が最もいいとされています。しかし私たちが開発したJN13は糖化能力でCellic CTec2を上回っています。現在はJN13を基礎に改良を続け、フラスコレベルではなくタンクレベルで生産する研究を進めています。2012年の3月までにはタンクレベルでつくれるようにする計画です。これが成功すれば、先行していた米国に追いつき追い越すことも可能だと思っています」

## 2020年までの実用化を目指す

2009年、森川さんは長岡技術科学大学を退職した。同年3月に行った最終講義のタイトルは「セルラーゼに魅せられて」。京都大学時代や1968年に入社した協和発酵では酵素を研究していたが、1981年にセル

ラーゼと出会い、以来30年以上にわたりセルラーゼに関わる研究を続けてきた。セルラーゼにはまだ分からないことがあり、興味の尽きない酵素であること、そして今後のバイオマスエネルギー開発のカギを握る重要物質であることが、森川さんにとってはたまらない魅力に映るのだろう。現在も技術顧問を務める財団法人バイオインダストリー協会と、名誉教授を務める長岡技術科学大学を拠点にしながら研究に勤しむ日々だ。

「2015年から20年までの間にセルロース系バイオマスから(ブドウ)糖やエタノールを生産する技術を実用化するのが目標です。糖は食料にもなりますし、化学工業の原料にもなりますから、この研究はバイオリファイナリーの発展につながります。究極的には、右から木や紙を投入したら、左から自動的に糖やエタノールが出てくる、そんな設備がつけられたらいいでしょうね」

口調は穏やかだが、森川さんの言葉の端々からは研究にかける熱い思いが伝わってくる。氷河期を乗り越え、ひたすら研究に打ち込んできた森川さんは、今もセルラーゼに魅せられ続けているのである。



「もりかわ・やすし」長岡技術科学大学名誉教授。財団法人バイオインダストリー協会技術顧問。1944年生まれ。京都大学工学部卒、京都大学大学院修士課程修了(工業化学専攻)。協和発酵(現協和発酵キリン)東京研究所で15年、酵素の研究をしたあと、本社へ異動。研究開発部、研究開発企画室、食品酒類企画開発センター主査を経て、1991年、長岡技術科学大学教授に就任。2009年、同大を退職したあとも、同大とバイオインダストリー協会を拠点にセルラーゼによる糖化などの研究に取り組んでいる。