

No.6

November 20, 1989

Information

講 演

1989年 8 月 23 日 (水) ・ 第 13 回 談話サロン (東京・虎ノ門パストラル)

講師・題目

藤 田 泰 宏 : 植物バイオへの挑戦

— 企業の立場から —

日本工学アカデミー

THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

植物バイオへの挑戦

——企業の立場から——



司会(鈴木) それでは定刻になりましたので、談話会を始めさせていただきます。今夕もお暑いところをお越しくださいませ、大変ありがとうございます。私、アカデミーのバイオ部会の副会長を務めております、東工大学の鈴木でございます。

今夕の話題は、ここにありますように、「植物バイオへの挑戦——企業の立場から——」と題しまして、三井石油化学工業常務取締役の藤田泰宏氏にお願いいたしました。我が国で近年、バイオ、バイオと21世紀に向けての進展が非常に期待されておるわけです。特に我が国は、ご承知のように、酒、しょうゆ、みそ、そういった醸酵生産物が昔から行われておるということで、いわゆる醸酵生産の分野は強いという伝統がございますので、我が国におけるバイオを利用した工業的な生産ということは、世界的に着目されているわけがあります。

ご承知のように、近年いわゆるニューバイオテクノロジー——遺伝子操作、それから、今日お話し下します、細胞の融合、植物細胞のバイオエンジニアリングということが盛んであります。いろいろな試みが、我が国より世界的に試みられておりますが、実際に工業化されたというのは必ずしも多くはないのでございます。その口火を切っ

三井石油化学工業(株) 常務取締役

藤田 泰 宏

昭和 6年10月	東京に生まれる
29年 3月	学習院大学理学部 卒業
32年 3月	京都大学大学院工学研究科 修士課程修了
32年 2月	三井石油化学工業(株) 入社
48年11月	総合研究所 反応合成研究部長
52年 6月	本店 研究調査企画部長
55年 4月	総合研究所長
58年 6月	取締役・生物工学研究所長
60年 6月	常務取締役・生物工学研究所長
62年 長月	常務取締役・ライフサイエンス事業部門長・生物工学研究所
平成 1年 6月	常務取締役・ライフサイエンス事業部門長・生物工学研究所、合成研究所担当

たのが、三井石油化学工業の藤田氏が開発された、今日お話し下しますシコニンの生産でございます。要するに、植物は畑で栽培するのが常道でございます。今やシコニンは栽培しておりませんが、我が国の伝統的な紫根、それをタンクバイオで、その可能性というのは以前から知られていたわけですが、それを工業的なラージスケールで生産の採算ベースに乗るといところまで技術的・経営的になさったのが非常に高く評価され、これが口火になりまして、今日ではベルベリンという医薬品とか、あるいは朝鮮ニンジンその他の生産が、今日我が国で行われています。

そういう意味で、皆様方にお話の内容を十分ご理解いただければ、大変幸いです。

簡単に、藤田泰宏氏の略歴をご紹介申し上げます。昭和29年に学習院大学の理学部化学科を卒業なさって、その後、京都大学工学部の燃料化学科、修士過程大学院を終了後、すぐ三井石油化学に入社されました。それ以降、テレフタル酸生産のプラントの生産・研究に17年間従事されました。その後、研究所部長、それからオイルショッ

クのときは企画部長。このときから、化学的な反応を利用したものの大量生産という立場から、いわゆる植物の組織培養というお考えを具体化されたわけであります。それから、山口県岩国の総合研究所長、それから今日、三井石油化学の生物工學研究所長をされております。今、常務で、ライフサイエンス事業部門のご担当でございます。もともとケミストでございますが、今申し上げましたように、テレフタル酸その他の生産プラントの実際の生産に従事された、そのお立場から、このようなプラントとバイオとは基本的に物の生産という考え方からはそうは違わないと思いますが、扱うもの、対象とするものが大分化学的なものと違いますので、その辺のご苦心が、きょう承れるかと思っております。皆様方に十分ご理解いただけるようお願いしてございます。お話のあと、もしご質問がございましたらいただきたいと思ひます。それでは、どうぞよろしくお願いいたします。

三井石油化学の藤田でございます。ただいま鈴木先生に過分な紹介をいただき、ありがたく思っております。

特に、私の尊敬申し上げます鈴木周一先生のお計らいで、格調高い日本工學アカデミーで講演させていただけることになりました。私にとって大変光栄に存じておりますし、また感謝いたしております。

本日は、「植物バイオへの挑戦——企業の立場から——」というタイトルでございまして、なぜ、今バイオなのか、私どもはなぜバイオに挑戦しなければならなかったのか、実際にやってみてどうだったのか。そして、一応仕事をなし終えた今、振り返ってみて、今後をどのように考えているかというようなことを、私の体験を通して皆様にお話しさせていただきたいと思っております。

さて、先ほど鈴木先生がおっしゃいましたけれども、バイオテクノロジーは、昔からございまして、酒、みそ、しょうゆ、アルコール、あるいは抗生物質、アミノ酸の生産がそれです。ところが、1980年を境といたしまして、ニューバイオテクノ

ロジーというようなことがいわれるようになりました。これによると、2000年での市場規模は10兆億円だと試算され、それではと、いろいろな企業がバイオに参入を図ったわけです。

バイオテクノロジーと ニューバイオテクノロジー

それでは、バイオテクノロジーとニューバイオテクノロジーはどう違うのでしょうか。私なりに整理いたしますと、バイオテクノロジーというのは、ご承知のとおり、世界中で一番いい植物、あるいは生物を選んできて、その生物に目的物質をつくらせる。これがバイオテクノロジーです。従って、みそ、しょうゆ、油、抗生物質とそういったものしかできない。このキーポイントは、人間の目的に合った生物を選ぶということです。そしてその生物につくらせるのですから、他力本願なわけです。この応用範囲として、醗酵・醸造があります。

一方、ニューバイオテクノロジーはどういうことかといいますと、人間がその目的に応じた生物をつくりだす。ここが違うわけです。この今まで世界になかった生物に人間の目的のものをつくらせる。これがニューバイオテクノロジーです。従って、インターフェロンとか、ウィルス・フリーの苗とか、油を食う植物とか、そういうものをつくることのできるわけです。キーポイントとしまして、人間の目的に合った生物をつくり出し、その生物に目的のものをつくらせる。いわゆる自力本願です。従って、応用範囲として、医薬、農薬、化学製品、エネルギー、食品、食料と非常に広いものになります。現在、バイオテクノロジーといっているいろいろな話題になっているのは、実はこのニューバイオテクノロジーなのです。

日本でのバイオフィーバー

それでは、なぜ日本でバイオのフィーバーが起こったのか。考えてみますと、1973年、世界でDNAの組み替えに成功した年がちょうどオイルショックの年でした。そのとき、日本では何をしていたかと申しますと、みんな省資源・省エネルギーの仕事をしていたわけです。一応、これらの技術がかなり達成し、目を世界に向けてみますと、

1977年にはベンチャービジネスとしてジュネンテック社がもうできていました。その次の年には、ヒト・インシュリン、これを大腸菌の中でつくることができるようになっていた。これは大変なことだ、何とかしなければ、ということで日本政府も民間企業もこぞってバイオの技術導入とか、いろいろな勉強を始めたのです。そこで、日本でバイオフィーバーが起ったわけです。

ニューバイオテクノロジーとは

それでは、ニューバイオテクノロジーというのはどういうことかといいますと、先ほど申し上げましたように、細胞の中にある自分の目的にあった遺伝子を取り出してきて、大腸菌の中にこの遺伝子を組み込みます。なぜ、汚い大腸菌に組み込むのか。私も化学出身でございましたからよく分からなかったのです。大腸菌といえば、海水浴でイメージも非常に悪いのに、なぜ大腸菌に組み込むのか。考えてみますと、大腸菌は1時間に8倍増えるのです。

従って、この大腸菌に遺伝子を組み込みますと、1時間後には8倍、2時間後に64倍と次々に増えていくわけです。そうすると、その各々の細胞から有用物質をつくりますから、生産性は抜群に高くなる。ただそれだけの理由で大腸菌を使っているのです。

この遺伝子の組み込みはどちらかといいますと、目的に向かってミサイル攻撃をする。つまり自力本願です。もう1つの方法は、細胞同士を一か八かで融合させて、そのあとに自分の目的とする細胞を選び出す。これが細胞融合の方法です。結果的には同じになりますが、他力本願です。

これらがニューバイオテクノロジーのメイン技術です。それでは、遺伝子を組み替えると、どれだけの威力があるかということをご紹介します。1957年、インターフェロンが発見されましたけれども、大量培養が非常に難しく、1980年に初めて大腸菌の中でそれをつくることができました。それ以前は、がん患者3人分の α -IFN（インターフェロン）をつくるのに200リットルの献血が必要だったのです。200リットルの献血は、1,000人の人達から献血しなければなりません。そこで、

住友化学ではリンパ球の癌化細胞を使いまして、30リットルから50リットルの血液培養で、3人分の α -IFNをつくることに成功しました。林原さんは、ハムスター10匹を使いまして同じ量をつくりました。ところが、遺伝子操作をいたしますと、1リットルの培養槽で、しかも血液を使わないで、大腸菌でそれをつくらせることができる。こういった威力を持っているわけです。

従いまして、ドラム缶3本の大きさの培養槽があれば、一応、日本の全患者を救うことができます。遺伝子操作、遺伝子組み替えというのは、このような威力を持っているということが分かってきたわけです。さあ、それはすばらしい技術だということで、フィーバーになったわけです。

ちょうどそのころ、社会的背景といたしまして、天然物志向、合成品への反省という世の中の流れがございました。それから、私どものように石油化学の巨大化技術の行き詰まりというか、マーケットは無限ではないし、資源からの制約が出てきたというようなこともあって何とか原料・プロセスをバイオで転換できないだろうかというような動きがありました。さらに学問的には分子生物学が進歩いたしまして、バイオで物質の生産だとか、新しい品質の作成ができるというような世の中になってきたわけです。そこで、ニューバイオテクノロジーに弾みがかかった、こう申し上げていいと思います。

バイオテクノロジーは、もちろん医薬ではインターフェロン、農業では耐寒性植物、あるいは微生物を転換しましてメタノール、あるいはエタノールなど、エネルギーの分野、食品、化学の分野、こういった分野にもいろいろな応用の範囲が広がるようになってきたということです。

企業の立場からのバイオテクノロジー

私ども企業の立場といたしまして、常に新しいものに挑戦しなければなりません。なぜか。ご存知のように技術の革新は非常に速く、商品のライフサイクルは短縮化されています。そうしますと、既存の製品をつくっていたのでは企業が衰退してしまいます。企業を永続させるには一定の成長率を維持しなければなりません。そのためには新製

品の開発が不可欠ですが、ここに研究開発が必要になる。研究開発は企業生存の不可欠要因だ、経営成長の原動力だと、今や経営者が認識する時代になってきています。

そこで、技術開発の方向といたしまして、既存分野と新規事業分野がございます。既存分野というのは、合理化の限界とか、数量化の限界、そういった限界にやがてはなってきます。新規事業分野というのは、社会が変動しますと、必ずそこにニーズが生まれます。そのニーズを充足させる。そこに事業チャンスが出てくるわけです。いつの世の中でも社会が変動していますから、円高とか、高齢化とか、そういった社会の変動に伴って必ずそこにニーズが生まれます。これを解決する。そこに事業チャンスが生まれるわけです。既存分野と新規事業分野への技術開発の比率をどうするかは、置かれた企業の位置、経営者の判断、それによって7:3とか、あるいは6:4とか、そういうふうに設定されるものと思います。

私ども石油化学の場合をとってみます。私は32年入社でございますから技術導入の時代でした。その後研究の中であって、自分で考えて、自分でいろいろな仕事をしてきたと思っていました。石油学会に投稿するチャンスがございましたので、石油化学の技術開発の推移というものを調べてみました。その一方に、日本経済の歴史を並べて置いてみました。そうしますと、例えば高度成長時は設備の大型化、それからオイルショック時にはスチームを使わない省資源・省エネルギー、そういったプロセスの見直しあるいは原料の多様化が、また、低成長の時代になりますと製品の高付加価値化となります。先ほど申し上げたように、自分で考えていろいろなことをやってきたと思っておりましたが、これを整理してみて、実は世の中に次々にさせられてきたという感じです。自分の頭の中に何かそういうものがインプットされていて、自分で考えたんだけど客観的に見ると、世の中の動きにのせられて、仕事をさせられてきたというのが実感です。世の中は常に変動しておりますから、研究アイテムがないとか、研究テーマがないとか、言う人がおりますけれどもそんなことは決してないのでございまして、少なくとも世の

中が変動している限り、必ず世の中にニーズが生まれますから、それを解決しなければならない、それが研究開発ですから、研究テーマというのは未来永劫にあるはずだと強く感じたわけです。

ところで、石油化学は大規模になったことによって資源からの制約、それに伴っての原料の多様化、これを使いこなす新技術の開発が必要になってきました。一方、発展途上国、産油国での石油化学の企業化に伴ってスペシャリティ化を図られなければならない段階にあります。これはどの産業でも成熟してきたらこういうことになるのではないかと私は思っています。

こういった背景の中で、たまたまNHKのディレクターでした加藤進さんのお書きになった中公新書を読むチャンスがございました。当時、東京都の水資源を解消すべく利根川水系にダムをつくるという話がありました。そのとき、加藤さんは「そんなことをしても無駄だ」と主張され、自分で奥多摩に家をつくりまして、その家に降った雨を地下に溜め、それを使ってこの本を書いたのです。『資源からの発想』という本でございます。その本を読みまして、私は愕然といたしました。「技術からの発想というのはアマチュアのやることだ。プロの発想というのは資源からの発想だ」と書いてあったからです。私は石油化学の技術をブラッシュアップいたしまして、今日まで生きてきたわけです。それをアマチュアのやることだというのですから。そう、私どもの技術をイランとか、サウジアラビアとか、韓国とかに移転しますと資源さえあれば同じ石油化学製品ができてくる。実はそういうパターンなわけです。そうすると、資源の取り扱いということになります。

加藤さんは、家庭の主婦はまず今日、何をつくるかを考える。例えばカレーライスならカレーライスと決める。それをつくる技術が先にあるわけです。そこでまず、スーパーに行き、その材料を買ってくる。それで製品をつくる。これは家庭の主婦がやることだからアマチュアだということです。資源(材料)からの発想というのは板前のやることであって、例えば、今日、どういう活きのいい魚が入ったか。メバルの活きがいい、そうしたら、その材料を見て、そのメバルを料理して、製品を

つくる。要するに、資源からの発想、これがプロのやることだ。私のやってきた仕事がアマチュアだと言われまして考え込んだわけです。

私は当時、石油資源が非常に問題になりましたものですから、何とか石油から離れて何か考えた、そういうふうに思っておりましたので、この本は非常に感動して読ませていただきました。

さて現在、原料多様化の流れ、スペシャリティ化の流れ、そして、製品の高付加価値化の流れが世の中にあります。それに逆らって仕事をするというのは大変なことです。どうせなら、その流れに乗って仕事をしたいほうがイージーですから、そこで私どもは、原料を石油から離れようじゃないか、そう考えたときに、リニューアブルな資源、この植物資源に到達したのです。植物は、太陽の光と炭酸ガスと水、これがあれば毎年出てまいります。屋根瓦、あるいは舗装道路の脇からでも、必要以上に出てくる資源です。それに偏りがございません。こういったバイオマス、あるいはバイオプロダクトを資源とすれば、石油に影響されることはないだろう。まず、これをセットしたわけです。それから、量から質へ。石油化学が量の時代でないということで質、いわゆる機能性商品です。例えば薬などは、親が病気をしたときに家を売っても買うという人がおります。これは未来永劫あると思います。そういった意味で、これをターゲットにねらったわけです。それで、バイオをやるならば一味違ったバイオをしようじゃないか。一味違ったというのはどういうことか。石油化学の技術を使ってやってみようじゃないか。そう考えたわけです。

私どもの生物工学研究所は、私が先ほどご紹介していただきましたように燃料化学の出身ですし、研究所長は工業化学です。また、所長代理は合成化学、室長は化学工学、班長は高分子化学です。少なくとも高校・大学は物理と化学でしたが、とにかくやってみようじゃないかということで研究を開始いたしました。少なくとも、製薬会社とか、あるいは大学の先生方は、生物学をベースに生物工学へアプローチしているわけです。この方法で私がアプローチしたならば、5番煎じか、6番煎じにしかならないと思います。とにかく、生物工学

で優勝しなければなりません。例えばマラソンでも、あるいはゴルフのプレイオフでも、優勝した人にはインタビューがありますが、2番の人にはインタビューがありません。やるからには優勝しなければいけない。そのときに、生物学をベースに生物工学をやったのでは、絶対に優勝はできない。私はそう確信しています。

従って、石油化学をベースにしてやったらどうだろうか。一か八かで、生物工学のどこか一部分でも穴があげられるかもしれない。ほんのわずかなところであるかも知れないが、その部分であるいは勝てるかもしれない。そこで私どもは、30年も石油化学をやっていますから、その石油化学をベースに生物工学をやってきたわけです。

それでは、なぜ植物を選んだか。植物は、人類が地球上に出現する前から存在していましたから、人類は必ず植物を利用して生きてきたに違いない。もちろん、蛋白質とか、脂肪とか、炭水化物、これは一次代謝物といいますけれども、こういったものは食料ですから、それは今考えない。付加価値の高いものをつくろうじゃないかという思想です。一方、二次代謝物というのは、自分の種を保存するためにつくっている物質です。だから、植物によって違うわけです。例えば、この花が赤い。色がついていて匂いがある。だから、蝶が飛んできて受精して種が保存されるわけです。人類はそれを色がついているから染料になるとか、匂いがあるから香料になる、そういうふうにご利用してきたのです。

しかし、これら有用物質は今、不足の状態にあります。天然志向、野性植物の乱獲で、非常に少なくなっています。これを何とか充足したいというのが私どもの願いです。そのとき、たまたま組織培養という技術があったわけです。それで私どもはこの組織培養の技術を使ってみようじゃないかということになりました。その組織培養には2つの方法がございます。1つは、世界で一番いい植物からクローン苗をつくって増やす。しかし、これは気候風土によって、一定品質には絶対になりません。例えばワインでも、何年物とか、ボルドー地方とか、みんな違うようにです。これが自然というものです。従って、苗の段階でそろえても、

絶対、気候風土によって一定の物にはならない。私どもは、企業の立場にありますから、一定品質の物を安定供給する、これが使命です。それにはどうしたらいいか。完全管理の中でつくるしかない。私どもは考えたわけです。完全管理というと、タンクしかない。従って、タンクの中で細胞を培養してつくってみようじゃないか、そういうふう考えたわけです。タンクになりますと私どもが得意なところですから、それから始めたわけです。

その組織培養という技術はどういう技術かということをご紹介します。例えば、根とか、茎とか、葉とかの一部を5mm位の大きさに切って、栄養の入った寒天の上に載せておきますと、栄養を吸って、次第に形がくずれてどこまでも増えてきます。不思議なことに、この細胞に葉だけつくれというホルモンを加えますと葉だけできます。たばこは葉だけ必要なんですからそれでいいわけです。例えばレタス、あるいはキャベツでも、葉だけ欲しいのはこういうふうにしてつくることができます。朝鮮ニンジンの場合には根だけというように、ホルモンを加えてつくり分けができるわけです。これが植物です。動物は、例えばトカゲなんかの尾っぽを切りますと、尾っぽから頭ができません。必ず尾っぽしかできません。植物はそうではないのです。枝を挿すと根が生えてくる。これはご承知のとおりです。全能性があるからです。

これが植物組織培養の技術です。従って、有用物質というのは、葉とか、根とか、実に入っていますから、そういったものをつくって、それを煎じてとり出す。これはだれでも考えられることです。しかし私どもは、細胞から1つ1つこういうのができてくるわけですから、それだったら、細胞に有用物質を直接1つ1つにつくらせたほうが生産性が高いのではないかと。こういうふうに見えて、細胞培養を始めたわけです。

まず初めはシコニンを選びました。シコニンはムラサキの根にあり、染料として万葉の時代から使われておりましたし、聖徳太子は12の階位のうちの一番最高の位として選んでいます。また、華岡青洲は乳癌の手術に生薬として初めて使っているのです。今日これがなくなっている。日本でつくられたこういったものを何とか復元できないだ

ろうかと考えたのです。

シコニンは5年くらい経ったムラサキの根から抽出するのですが、天然でムラサキを栽培いたしますと、例えば中国産、韓国産、日本産ではそのシコニン含量が22%から52%ぐらいとばらついています。天然というものはそういうものです。

では、合成化学でシコニンを作ろうとしますと、12のステップが必要になります。しかも光学活性ですから分けるのが大変です。従って、経済的にはなかなか難しい。

その時、京都大学の生薬の田端先生が何とかムラサキを日本で絶やさないようにしたいということで細胞で保存なさっておりました。

この細胞を寒天で培養しますと、21日でシコニンができて参ります。私どもはこの細胞をいただいてきて、寒天でなく、工業的観点から液体の中で細胞を培養してその細胞にシコニンをつくらせようと考えました。液体の中で細胞を培養することには成功したのですが、なぜか赤い色素のシコニンを細胞がつくらない。そのために1年半苦労しました。

そのときに一体自然というのはどうしてシコニンをつくっているんだろうかと考えてみました。まず自然の状態を思い浮かべてみたわけです。人間の場合は、人間のエゴから、栄養豊富な環境でできるだけ速く成育させたい。私どもは、1年半そうやってきたわけです。それでできなかったわけですが、自然の場合を考えてみますと、ムラサキは厳しい環境で生きているのです。厳しい環境で、自分が生き抜くためにあのシコニンを根でつくって土のほうに放出して、虫に食われるのを防いでいるのです。栄養が豊富な環境ではそんな心配がないので、ただ増えるだけで、シコニンをつくる必要がない。それに気がつきまして、そこで栄養豊富な環境で細胞を育てておいて、非常に栄養不足で生きていけないような環境に移してみました。そうしますと、見事にシコニンをつくってくれました。ここで私は、生物学は人間と同じではないかと考えるようになりました。私は生物を勉強したことはありませんけれども、これならやれるなと。だから、私の生物学というのは、人間はどうやって生きているんだ、個人、それから集団では

どうやって生きているんだろう。行き詰まったときには、まずそれを考える。それで、人間はこうやっているからそうやったらいい。これが私の生物学の考え方です。

以上のように、環境を整備してシコニンをつくってまいりました。これは言うなら教育ママの発想です。外側から、「おい、つくれ。どうだ」と。もう1つ生産性を向上させる方法とは、エリートを持ってきて、そのエリートにつくらせる方法があります。教育ママ的発想というのは限界があり、私どもも限界になってしまいましたものですから、もっと生産性を高くするにはどうしたらいいか。そうしたら、エリートを持ってくるのが一番いい。こういうふうに思いまして、細胞塊を1つ1つの細胞にばらし、まずエリート1つを選んで、それで増やす。こういうことをいたしました。これがプロトプラスト選抜法といいまして、私どもが成功した方法です。これもやっぱり私どもが生物学を知らないために、分子・原子といった最小の単位を考える化学の考え方でアプローチしたから成功したと思っています。

更に私どもは、細胞を1つ1つに分けたときに、シコニンをつくるエリートと、もう1つ、成育が速いエリートがいるということに気がつきました。それなら、シコニンをつくるエリートと、成育の速いエリートをかけ合わせたらどうなるだろうか。これがニューバイオテクノロジーです。そこで細胞融合して、今までにない細胞をつくり、その細胞を増やし、それで生産性を上げることができました。

私どもがつくったシコニンの細胞を分析してみると、成分は一定でした。私どもがねらった組成のコントロールが細胞培養することによって可能になったわけです。

天然で栽培しますと4年かかりますが、私どもはたった24日です。含量も天然の1.5%と比べ20%と非常に違います。生産性はこの時点で800倍です。800倍というのはどういうことかといいますと、初期のころ、家庭の風呂おけ2杯分に相当する750リットルのタンクでつくっていましたが、これを、1㎡当たり3.5本、ムラサキの草を植えたとしますと、5万2,000坪に相当することになり

ます。

私は、この結果から日本の土地というのは大事なものですから、畑でつくらなければいけないものは畑でつくるべきだけれども、タンクの中でできるものはタンクでつくるべきではないか。こういうふうに考えるようになりました。

私どものシコニンはこれを口紅に入れまして、鐘紡さんからバイオリップスという形で200万本以上、私どもも石けんに入れて、バイオナチュラル紫として市販いたしております。

その次に私どもが何をやったかといいますと、ベルベリンです。これは、キノホルムの薬害が出ましたので、これをつくろうじゃないかと考えたわけです。

キハダという木がありますが、表皮の裏側にベルベリンをつくっています。キハダは鬱蒼とした森の北の斜面に点在して、自分がカブトムシや何かに穴をあけられて樹液を吸われると弱ってしまいますから、それに抵抗するためにベルベリンをつくるわけです。カブトムシはベルベリンを食べますと、すぐ死んでしまいます。従って、人間の腹の薬にもなっているのです。

先ほど申し上げましたように、シコニン生産の場合、まず肥満児をつくって、それから厳しい環境にする。これは、三井石油化学が開発しました二段培養法です。私は工学部出身ですから、細胞からの有用物質の生産はすべてこの二段培養法でいくのではないかと考え、ベルベリンの生産についてもやってみました。ところが、やっぱりシコニンだけで、ベルベリンの場合はだめでした。私は愕然としたわけです。せっかくあれだけ仕事をして、私どもの誇る二段培養法が使えないということですから、それは一体どういったことか考えてみました。

私が研究企画部長の時に、税関統計を見ておりましたら、生糸と砂糖の輸入が非常に多い。日本は生糸をよく使いますから輸入を止めたい。それにはどうしたらいいかということで、桑をタンクの中でつくることを考えていたわけです。そのとき一体なぜ、蚕は桑を食べるのか、いろいろ聞き回りました。そうしましたら、大豆だって食べる、しかし1齢期のみ桑が必要だということでした。

考えてみると人間もそうです。生まれたとき、ピフテキとかラーメンを食べられません。母乳しか飲まない。そういうふうになぜか生物はその種を保存するために強い嗜好性がある。蚕には桑。もし、蚕以外のものが桑を食べたとします。そうすると、一番強いものだけが生き残り、地球上には1種類しか残らないという論理になるわけです。そうじゃないということは、おのおの、蚕には桑というように1対1の関係があるということじゃないでしょうか。大人になれば何でもいいんですけども、一番初めの時期に決まっている。そういうふうになっているんだと私には思えるのです。

私はウナギの生育についても調べてみました。温排水でウナギを養殖するというのではなくて、サケ・マスと同じように、人口飼育・ふ化できないかどうかを調べておりました。1973年、北大の山本先生がこれをされていました。ホルモン注射をしまして、雌雄を分け、人口受精をしてふ化させますが、なぜか6日目にみんな死んでしまいます。

なぜか。ウナギはどこで生まれたかわかりませんから、一番初めにウナギが食う餌がわからないのです。生まれた場所がわかれば、その辺のプランクトンがわかりますから、それを培養して増やして与えれば生きていくはずです。6日目までは自分の卵を抱いてその栄養で生きている。初めて外の餌を食べるときに決められているものじゃないと食べない。それで死んでいく。そして生態系が保たれるわけです。

そういうふうに、蚕の場合もウナギの場合も1対1の関係があるように、シコニンの場合も、シコニンで開発した培養方法というのは、やはりシコニンにしかだめなんだ、ベルベリンをつくるときには、ベルベリンの培養法を開発しなければだめ、生物というのは1対1の関係なんだと考えるようになりました。生物の研究をはじめ、工学部的な、何か1つを見つけますと、それでずうっと整理するというのはできませんので、これは大変だと思いますが、しかし、1つ1つやれば何とか解決できると思うようになりました。

そこで私どもは、ベルベリンにはベルベリンの培地、三井石油化学の102番目の培地というのを

つくりまして、培養に成功いたしました。その結果、38年かけて成長した10メートルの木、一本分に相当するベルベリンを、石油缶1杯半の培養槽で14日で作ることに成功しました。これがバイオテクノロジーの偉力だと申し上げることが出来ます。

先ほど申し上げましたように、シコニンをつくるエリート、生育が速いエリート、これを融合するという話をさせていただきました。

このような仕事をしておりましたら、チューリップとバラのかけあわせはできないかという問題に遭遇しました。とにかく細胞1個にしますと、自分はチューリップとか、自分はバラだという認識が失くなってしまいます。だから融合が可能なわけです。しかし、これは復元できるかどうかというのはわからないわけです。この新しい技術を私どもは、有用物質をつくる仕事から、育種の仕事へ広げることができてきたわけです。

融合細胞から苗をつくることも可能です。植物を増やす場合、挿し木では1年で3万本増やすことができますし、ランのように茎頂培養しますと、年に9万本増やすことができます。しかし細胞からですと、 9×10^6 の6乗万本、年間に増やすことができる。まさに石油化学と同じです。こういう技術になってきたわけです。

更に私どもは、タンクの中で仕事をしていますから、ウィルスに汚染されることがない。ウィルスに汚染されているものと汚染されていないものとはジャガイモの場合、収穫は3倍も違う。ウィルスに汚染されていないところは地球上にどこもないわけです。そうかといって、ウィルスを殺すための薬剤を撒きますと地球汚染になり問題になります。ただ、タンクの中にはウィルスが絶対にいませんから、それで私どもはタンクの中で植物をつくってみようではないかというふうに考えたわけです。

それで、まず取り上げたのはテッポウユリです。テッポウユリというのは、日本の誇るべき古来からのユリですが、それがウィルスに汚染されて問題になっていますから、これをタンクの中でつくってみよう。まずユリの成長点を取ってきてまして、無ウィルスの球根をつくる。これを切断してタン

クの中で増やすわけです。増やしますと、農家で生産されるのに比べて6万4,000倍の生産性があるという計算になりました。私どものタンクで1メートルφ×2メートル、つまり2M³の大きさのタンクで、100万球が生産できます。これを畑でつくりますと、2万坪必要という計算になります。しかも私どもは半年でいいのですが、天然ですと2年かかります。しかも、天然の1.3倍の大きさの花が咲きました。これをホワイティという商品名で市販いたしております。

私どもは球根に成功しましたから、もう1つ、バラにチャレンジしました。これは挿し木で増やす植物で、モデルとしてバラを選んだわけです。タンクを使いまして、液体の中で増殖し、これを鉢上げしまして咲かせると、きれいなバラが咲く。これは、現在、チコローズという形で商品化いたしております。

今後の組織培養技術

先ほど申し上げましたように、植物の一部を切ってきてタンクの中で植物をつくる。この方法は、種子は要らない。種子を使いますと、交配で種子ができますから、どっちかの親に似てしまうわけです。私は子供が2人おりますが似ていません。これは交配でつくっているからです。どうしても交配でつくりますと、一定の品質にはならないのです。タンクを使つての植物生産のメリットは、植物の切片をとりまして種子を使わないことで一定の品質のものができる。それから、土を使わないからいろんな微生物の問題もない。それからウィルスに汚染されることもない。また農薬も要らない。さらにいいことには、タンクの中でつくりますと、完全管理で、しかもいろいろな生育の段階でコントロールができます。私ども人間を見てみましても、子供のときにはどっちかというトンカツが好きですが、大人になると刺身が好きだとか嗜好が変化します。植物も同じではないか。小さいときには、それなりの環境が要るのではないか。大きくなって花が咲くとき、それならそれなりの環境が必要ではないか。しかし、土でやっている限りは、その環境のコントロールは絶対できません。ところが、タンクではそれができますか

ら、もっともっと生産性をよくすることができるのではないかと私は考えているわけです。

そういった意味で、一定品質の物を安定供給できますし、有用物質の生産——シコニンとか、ベルベリンの例でお話ししました。それから、球根とか苗、植物それ自身を生産することができる。私は、これを工業的農業というふうに呼んでいます。私は人間の土地、日本の土地、これは限られた土地ですから、それを有効に使わなければいけないだろう。そのときに、土地でなければいけないものは土地でつくるべきだと、先ほど申し上げたとおりです。アメリカにはアメリカの農業、機械的農業があつていいではないか。あれだけ面積が大きいのですから、機械でなければやっていけません。東南アジアなら東南アジアのように、何毛作もできますから、それならその農業があつていいではないか。ヨーロッパ、北の方には北の方のやり方があつていいではないか。日本には日本の農業があつてもいい。そう考えています。

日本にアメリカの機械的農業をもってきても、アメリカに勝つことは絶対にできないと思うのです。全部とは言いませんけれども、日本の農業の1つとして先ほど申し上げた工業的農業というのが、あつてもいいのではないだろうか。そういうふうに関、私は考えているわけです。

仕事を通して、自然の論理と工業の論理というものを考えてみますと、自然の論理というのは、種々雑多な世界というんでしょうか、どんな環境でも生き抜いていかなければなりませんから。サケとか、あるいはタンポポの種子。サケがあれだけ卵を産むというのは、どんな環境になっても1匹ぐらいは生きていけるだろうというので、いろいろな種類の卵をつくっているわけです。もちろん、タンポポの種子もそうです。それは自然の論理です。

しかし、工業の論理というのは、規格化の世界というんでしょうか、一定の品質、これを要求します。従つて、自然の論理と工業の論理では全く違うのです。

一定品質の物を安定供給するには、どういう方法があるかを考えてみますと、まず柿右衛門型とか、今右衛門型というのがあると思うのです。ま

ず原料からとにかく製品をつくってみる。つくってみまして、自分で気に入った目的物を選ぶ。その他はみんな壊して捨てる。それでも一定品質の物を、まあ、安定供給できます。これも、一定品質の物を安定供給する道です。しかし、これは少量生産、家内工業的といってもいいかもしれません。

もう1つの方法は、石油化学型です。石油化学型というのはどういうのかといいますと、原料を徹底的に高純度にします。高純度ナフサとか、高純度エチレンとか、徹底的に高純度にする。それをつかつて目的物をつくる。だから、一定の品質のものを安定供給できる。

ここで、栽培農業から工業的農業へのアプローチとして、私はここに徹底の高純度化された植物、エリート植物をもってくる。これを原料として植物を再生産して行く。この高純度化、エリートの考えは化学の思想です。さらに、石油化学の技術、完全管理、大量生産の技術、この工業的手法をここに入れる。それで工業的農業、一定品質・安定供給・大量生産の農業が可能になると考えています。

バイオの仕事へのいきさつ

バイオの仕事をするようになったいきさつを振り返ってみますと、オイルショックのときに、何とか脱石油ということを考えていました。その時に、リニューアブルの資源——毎年出てくる資源を選ぼうではないか。それから『資源からの発想』という本を読んでいました。たまたま、醸酵協会か醸酵学会の関東支部の講演会で、私はメンバーではなかったのですが、私の知っている方が発表するということで応援に駆けつけたわけです。その時は、非常に暑い日だったので、真ん中の講演は組織培養ということで、組織培養なんて、そのころ私は知りませんでしたから、三省堂に本を買に行こうというので、池の坊の会場から明治大学の大学院の前に来ましたら、もう暑くてたまらないものですから、また引き返して一番後ろの席で涼んでいたわけです。そうしましたら、組織培養のスライドで説明を、協和醸酵の三沢さんがなさっておりました。「こんなことがあるのか」とショッ

クを受けました。そこで、講演が終わりまして壇上の三沢さんのところに行き、「非常に面白かった。原稿をくれ」とお願いしましたところ、「これ1部しかないから。」とおっしゃられ、本と一緒にコピーして後日送っていただきました。

それで、先ほど申し上げましたように通関統計から、生糸のための桑、砂糖のためのステビアを考えておりましたところ、京都大学の山田先生にお会いし、組織培養の技術を教えていただきました。ちょうどその頃、私のところに田端先生のところから女子社員が入社して参りました。ムラサキをやってきた、ということで先生のところにお伺いしまして、ムラサキカルスをいただいてきて研究を始めたわけです。そして国際会議で発表して、話題になり、市場に出ることになったわけです。

振り返ってみると、問題意識を常に持っていることが大事だということがわかります。

石油化学の手法で組織培養技術に取り組む

私どもがなぜ、石油化学にいて植物組織培養をすることができたかを振り返って考えてみます。

石油化学の技術体系というのは、まず原油を持てきて蒸留する。それで重油とか、ガソリンとか、ナフサに分け、そのうちの一番安価なナフサをクラッキングしてエチレンにする。この一番小さな単位にして、この段階で精製して高純度にし、これを重合してポリエチレンを大量生産する。このエチレンの段階で、プロピレンとか、ブテンとか、そういったものを持ってきて、ここで共重合させると、これは共重合体が得られる。これがスペシャリティケミカルです。また、このエチレンを化学変化させますと、いろいろな付加価値の高い化学製品ができます。これらが石油化学の技術体系です。

それでは、私どものやった組織培養の技術体系とは申しますと、まず植物を持ってきて、これをはさみで切って小さくします。それに酵素を持ってきて、1つの細胞（プロトプラスト）にします。1つの細胞にしてエリートを選びます。エチレンの高純度化と同じです。1つの細胞にして、これを増殖します。9×10の6乗万本増やすことができます。

つまり大量生産です。この細胞1個の段階で細胞融合しますと、新しい品種ができます。これはスペシャリティケミカルと同じで、スペシャリティ植物の生産です。また細胞の段階でシコニンをつくらせることもできます。これは物質生産、高付加価値と同じです。

こういうふうに、人間が考える技術体系というのは、そう特別なものじゃないのです。だから私にもできた。迷わず自分の技術を、自分の今までの体験と自分の知識をベースに、新たなものにチャレンジすれば絶対できるということです。今でも植物組織培養において、石油化学ではどうなっているかな、あるいは人間社会でどうなっているかな、と比較しながら仕事を進めております。

生産者の論理と消費者の論理

植物組織培養と石油化学の技術体系は、原料が植物か石油かというそれだけです。大量増殖がポリエチレンの大量生産、品質改良がスペシャリティポリマーの生産、物質生産が高付加価値、そういうふうになるということです。

それで、ものを考えていくときに、どうしても私どもはメーカー側におりますから、生産者の論理というものがある。既存の技術、既存の装置、こういったものを十分に使って何かしたい。しかし、消費者は安くてよければつくり方はどうでもいいわけです。そういった意味で、まず生産者の論理というのはさて置いて考えないと、失敗する

場合が多くなってきます。やはり消費者側に立って考えていくべきではないか。技術とか、装置というのはまた別途考えればいい、たまたまあればそれでいいのではないかと。それにこだわると問題があるというふうに思うわけです。

おわりに

それでは、新しいものに挑戦しまして一番感じたことは何か、必要なものは何かと振り返ってみますと、まず実験の精神ではないかと思うのです。とにかくやってみるということです。それから、多様性の原理というんでしょうか、富士山に登るには、吉田口、御殿場口、須走口といっぱいあります。1つの道が極まったから、もうそれで終りなのではないかと思うのです。その時代の環境、その時代の技術レベル、そういったもののいろいろなルートがある。1つがで上がったから、もうおれはだめだと、そういうものではないと私は思います。そして最後に、「情熱・決断・実行」、これが一番必要ではないかと、そういうふうに思って今日まで仕事をしてきました。

もう時間が過ぎたようですけれども、非常に独断と偏見というんでしょうか、せっかく鈴木周一先生にお声をかけていただいて、先生のご希望・ご期待に添えたか、そしてお役に立ったかどうか危惧いたしておりますが、私には精一杯これしかできませんのでご了承いただきたいと思います。ご清聴、どうもありがとうございました。



1989年11月20日

編集 日本工学アカデミー
発行

〒140 東京都品川区大井 1-49-15
住友生命大井町ビル 8F

TEL. 03-777-2941
FAX. 03-777-4941