

# 1998 (第14回) 日本国際賞受賞者

## 1998(14th) Japan Prize Laureates



ジョセフ・S・シエル博士 (ベルギー王国)

ドイツ・マックスプランク研究所・植物育種遺伝学部長  
1935年生まれ

**Prof. Dr. Jozef S. Schell (Belgium)**

Director, Department of Genetic Principles of Plant Breeding,  
Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung, Germany  
Born in 1935.



マルク・C・E・ファン・モンタギュー博士 (ベルギー王国)

ゲント大学教授 (理学部遺伝学研究室主任)  
1933年生まれ

**Dr. Marc C. E. Van Montagu (Belgium)**

Professor, Faculty of Sciences, Laboratory of Genetics,  
University of Ghent, Belgium  
Born in 1933.

### 「農業生産のバイオテクノロジー」分野

授賞対象業績: 遺伝子組換え植物作出の理論と方法の確立

シエル、ファン・モンタギュー両博士は協力して、土壌細菌アグロバクテリウム的一种である *Agrobacterium tumefaciens* による双子葉植物でのクラウンゴール形成の分子機構を解析し、この腫瘍化がこの細菌のもつプラスミド (Tiプラスミド) 中の特定のDNA領域 (T-DNA) が宿主植物のゲノム中に組み込まれるために起こることを明らかにし、この系を利用して、外来遺伝子の植物ゲノムへの効率よい組み込み方法を確立した。すなわち、このTiプラスミドが腫瘍化を引き起こす要因であること、TiプラスミドのT-DNAと名づけた領域が宿主植物細胞に転入し、その細胞の核ゲノム中に組み込まれることを見だし、このT-DNA上の植物ホルモンの合成にあずかる酵素の遺伝子群の作用によって腫

瘍が形成されることを明らかにした。ついで、T-DNAの植物ゲノムへの組み込みの分子機構を研究し、植物ホルモン形成関連遺伝子などを除いたT-DNA断片でも植物ゲノムに組み込まれること、T-DNAの両端にある25塩基対の繰り返し配列が組み込みにとって極めて重要であることなど、その分子機構の詳細を明らかにした。そして、このT-DNAの宿主植物のゲノムへの組み込みを、遺伝子組換え植物の作出に応用するために、まず双子葉植物の傷害組織やプロトプラストにアグロバクテリウムを感染させる方法を確立した。ついで、TiプラスミドのT-DNA部分に外来遺伝子を挿入し、これをアグロバクテリウムに入れると、その感染によってこの外来遺伝子が宿主植物のゲノム中に組み込まれること

を明らかにした。その後、両博士は独立に研究を進め、実際に、外来遺伝子の導入によって害虫抵抗性植物や除草剤抵抗性植物の試作に成功した。

今日では、双子葉植物のみならず単子葉植物でもアグロバクテリウムによる遺伝子導入が可能となっており、両博士の業績は遺伝子組換え

植物作出分野の発展の源となった。また、この遺伝子導入法は、両博士を含む多くの植物分子生物学者によって植物遺伝子の機能解析や発現調節機構の解析などの研究にも広範囲に利用されており、農業生産に直接的のみならず間接的にも大きな貢献を果たしてきた。

## Category of Biotechnology in Agricultural Sciences

**Reasons for Award:** Establishment of the theory and method of the production of transgenic plants

Drs. Schell and Van Montagu together studied the molecular mechanisms of crown-gall formation in dicotyledonous plants infected with soil bacteria, *Agrobacterium tumefaciens*. They presented abundant evidence to show that the tumor is formed due to insertion of a specific DNA region (T-DNA) of a plasmid (Ti plasmid) contained in the bacteria into the genome of the host plant. Taking advantage of this fact, they developed an efficient method for the transfer of a foreign gene into a plant genome.

They showed that the tumor is formed through the action of genes located on T-DNA; the genes encode enzymes involved in the synthesis of plant hormones and thus regulate the growth of infected cells. Then, they clarified the molecular mechanisms of the insertion of T-DNA into plant genomes; for example, they showed that even when the genes for plant hormones are deleted from T-DNA the modified T-DNA can still be inserted into plant genomes, but that 25-base-pair repeated sequences at both ends of T-DNA play essential roles in the insertion. In order to put the insertion system into practical use for production of transgenic plants, they first

developed the method of infecting wounded tissues and protoplasts of dicotyledons with *Agrobacterium*. They then showed that when a foreign gene is inserted into the T-DNA part of a Ti plasmid, the infection of a plant with *Agrobacterium* carrying such a plasmid results in the introduction of the gene into the host genome. Thereafter, they separately conducted much work with transgenic plants and succeeded in trial production of transgenic plants with insect- or herbicide-resistance.

By now the introduction of foreign genes into plant genomes with *Agrobacterium* can be made not only with the dicotyledons but also monocotyledons. Recent development of the production of various transgenic plants has thus been based upon the work of Drs. Schell and Van Montagu. The method of gene transfer with *Agrobacterium* has also been widely used for basic studies on the functions and control mechanisms of plant genes by many plant molecular biologists, including Drs. Schell and Van Montagu. They have thus greatly contributed towards enhancing agricultural production, both directly and indirectly.

# 人類とその環境のための植物科学

ジョゼフ・S・シェル

責任をまっとうする社会というものは、現在の人々の幸福だけでなく、将来の世代をも気づかうものであって、植物バイオテクノロジーの進歩を無視したり妨げることは許されないことです。

それどころか逆に、社会は、その新しい進歩を奨励しなければなりません。将来、それも近い時期においてさえ、農業は、地球的にみても地域的にみても、集約農業か粗放農業かを問わず、また企業的であろうと家内工業的であろうと、新しい科学知識のかなりの助力がなければ、また最善で最も効率的な技術を確実に活用できなければ、もうこれ以上最適に生産的なものにはならなくなるでしょう。

農業科学のバイオテクノロジー分野の1998年日本国際賞を受賞するにあたって、私は、現在の植物バイオテクノロジーの基礎となっているいくつかの科学的発見について、簡単にふれることでスピーチをはじめたいと思います。ついで、植物バイオテクノロジーがいかに現在および将来の諸問題の解決に助力となるポテンシャルを持っているかについてお話ししたいと思います。そして、基礎および応用研究が社会にもたらす価値について云われている一般的な論議を評価することで、結論にしたいと思います。

植物の遺伝子工学は2つの科学的躍進が基礎になっています。第一は、組換えDNA技術の飛躍的發展で、これによってどの生物からも個々の遺伝子を単離することが可能になりました。第二は、土壌には*Agrobacterium tumefaciens*というバクテリアが存在していて、これが遺伝子を植物内へ転移させるという発見です。これは、自然界で遺伝子操作が行われているという事例の最初の証明です。

*Agrobacterium tumefaciens*というバクテリアは、植物細胞のゲノムに新しく特異な遺伝子要素を導入することによって、寄生植物細胞の性質を自己に有利なように変化させます。この研究は、植物に新奇な、改良された遺伝子を導入させ発現させるためのベクターと方法を開発する基礎をつくったものであり、植物分子育種への道を切り開いたものであります。このようなベクターや方法は、

これまで、植物細胞の成長や植物ホルモンの役割を明らかにする上でも、重要なものとなってきていたし、また、植物生理学や植物生化学において、さらには分類学や植物生態学においてすら、いろいろな面を再検討し、さらに一層発展させていくために活用できるでしょう。

植物バイオテクノロジーの将来性を評価するためには、次のことを念頭におくことが肝要です。

1. 農業は、現在実際に行われているやり方のままでは、環境汚染の最も大きな原因の1つです。このままつづけていけば、環境破壊が急速に進み、おそらくもとにもどすことができないような状態にさせて、農業を持続させるかどうかという問題を引き起こすにいたりします。
2. 農業は、採算がとれ、しかも社会的にも環境的にも受け入れられるように、生産性を高めさせなければなりません。農業が魅力的な職業でありつづけるためには、経済的な見かえりが必要です。環境に対する農業の悪い影響を減少させようと望むならば、生産性を適切なものにしなければなりません。例えば、投入する資本や労力を減少させ、しかも同時に品質と収量を維持し、向上さえすることができるよう、ある限られた資本・労力の投入のもとで、品質と収量を最大にすべきです。
3. 植物育種は、環境を悪化させることなく、農業の生産性を向上させる数少ない、しかも最も効率的な方法の1つです。このことは先進国は勿論、おそらく発展途上諸国においてもあてはまり、しかも集約農業、粗放農業の両方にあてはまることです。
4. 植物育種が、これから先数十年の間に我々が直面せざるをえない大きな問題を解決することに貢献するはずだとすれば、遺伝子工学を含む最善の技術が使われなければなりません。そして、作出した植物の人類の健康や環境に対する影響を既存の作物と比較検討すべきです。

特に遺伝子工学に関しては、次のことを思い浮かべるべきでしょう。

理解がゆきわたることではないでしょうか。

1. 遺伝子組換え植物や微生物は、集約農業の環境への悪影響を減少させるのに役立つことができる。
2. この分野では世界中で数え切れないほど試験研究が行われ、予測のつかない危険または結果は全く認められていない。
3. 遺伝子の転移は自然界で起こっている (*Agrobacterium tumefaciens* の場合のように)。

植物への遺伝子転移と標識を利用した植物育種は、植物バイオテクノロジーにおける次の4つの最終目標の達成に貢献することができます。

1. 植物生産物の特質の向上
2. 害虫、病原菌や生命に危険をおよぼすようなストレスに対する植物の抵抗力の強化
3. 収穫量の増大
4. 薬剤、ワクチンなどのユニークな代謝産物の生産

新しい科学や技術は注意深く、且つ実際に不安の念をもって評価されるものです。このことはヨーロッパで特に著しいものがあります。不幸なことに、正確には環境保全と最適社会条件づくりに支持の基礎を置いている組織や政党が植物バイオテクノロジーを最も強く拒否してきています。この新しい技術の環境保護に対する将来性が大幅に無視されてきました。一方、原子力の利用でえられた経験、例えばチェルノブイリ事故、や化学物質の利用に由来する環境汚染は、新しい技術が新しい予期できぬ危険をもたらしかねないということを明らかにしています。

従って、ある種の規制が必要です。しかしながら、それは妥当なものでなくてはならず、確かな事実とさまざまな考慮に基づいたものであるべきです。それ以上に大切なことは、教育やマスコミによる客観的な報道を通じて、一般の人々に情報

# 熱帯農業のための新しい植物： いかに、誰がこうした新しい植物の開発をなしとげうるのか？

マルク・C・E・ファン モンタギュー

世界の人口が急速に増加したのは、この50年間のことだとわかっている人の数は多くありません。第2次世界大戦が終った時点では地球の人口は20億でしたが、今や60億に近づき、出生率の低下を計算に入れても、来世紀前半のうちには100億から120億に達するものと考えられています。この人口増加の80%は熱帯地域でおこるものと予測され、このことがまさしく食糧生産、環境や医学にとって大変な問題となっているのです。

農産物の収穫量を増やすためには2つの方法しかありません。

生産性を高めるかそれとも耕作地域を拡大するかです。後者は現在残っている限られた生物の生息地域を失っていくという犠牲をはらって、はじめて可能となる方法です。人間の英知が、新しい栽培品種の作出と農業実践系の改善によって、生産量の実質的増大を達成させたということを、緑の革命が示しています。このようにして作り出された新しい品種は、肥料および除草剤・殺虫剤のような環境にやさしくない化学薬品を大量に必要とします。また、これら新しい品種は、狭い遺伝学的背景に基礎をおいています。ということは、これらの植物が自然のままではもっていた抵抗力を失っているため、ある種の悪性な病気が現われるかも知れないという恐れが常にあることを意味します。さらに、このような集約農業的なやり方は、主に先進国で栽培されている、限られた作物用としてのみ発達してきたもので、熱帯農業地域の最低の生活をしている農家が用いている植物用として発展されてきたものではありません。

現在の段階で、集約農業はすでにかかなりの公害をもたらしていると考えられています。いくつかの産業での公害をもたらす程度は、不幸なことにもっと深刻であります。それでいて私どもは、貧しく人口過剰な熱帯地域が産業化を進めることができるならば、地球全体の平和と安定をえるだろうとのみ希望しているわけで

す。このような事態にありますから、私どもが、努力のかぎりをつくして、新しく環境的に受け入れられる産業を創設していく責任を負っていることは明らかであります。

人口過剰の世界で考えられる医学上の諸問題の中で特に重大なことは、あらたな感染性の病気が出てくるということでありましょう。貧しい地域を助けるためには、コストの安い予防接種、薬品や抗体を開発するよう全ての医学システムを再方向づけしなければなりません。この分野でもまた、従来より、より多くより良質の二次代謝産物やタンパク質を生産する植物を生物工学的に作り出すことは、特色ある将来性をもっているのです。このように見てくると、植物のバイオテクノロジーの研究と開発を一層強力に押し進めることによって、上で述べた3つの問題すべてに取り組むことが可能になると確信しております。

アグロバクテリウムが植物の遺伝子工学を仲介していることがわかったおかげで、植物の生長・発育の分子レベルでの研究に道が開かれるやいなや、バイオテックR&D社は、いち早く、植物の改良操作に努力しました。初期の試みで、バクテリアからの改変遺伝子を植物に転移させるとよいレベルで発現するということがわかり、この方法は大きい有効な、研究法であると確信しました。その後徐々に、いくつかの大手の農業会社が、このような新しい努力にむけて投資を開始したのであります。

以上のような方向の研究・開発からえられた主要な成果として、下記のようなものがあります。

ある殺虫作用のあるタンパク質を合成することによって、ある種の害虫に対して自分で防御することができる植物を作出。

新しい環境的に受け入れられる除草薬を分解する主要な作物品種を作出。このことは将来非農耕地型の農業の可能性に道を開くものである。

雑種強勢、これは、1930年代半ばから、トウモロコシの収穫量を大巾に増やす目的で用いられてきましたが、雄性不稔を植物に工学的に導入することによって安価でえられるようになりました。

この方法は、ゲント市に本拠をおく植物遺伝システム社によってセイヨウアブラナ(Canola)に適用され、収穫量が25%増加する品種が開発されました。そして雑種強勢の概念を多くの新しい植物に拡大適用して開発が進められました。他の成功例としては、果物の熟成を遅らせて保管や運送に有利なものとしたこと、種子のオイル含量を変えたこと、もっと最近では、抗体や酵素のような医学的に重要なタンパク質を植物内に作らせたことがあげられ、すべて遺伝子組換え植物の経済的重要性が増大していることを示しています。ヒトゲノム研究計画と同様に、植物ゲノム研究計画は、重要な特質に影響を与えるような遺伝子を私どもに提供しつつあり、また作物や産業的に利用可能な新しい植物を改良するためには植物にどのような変化を工学的にほどこすことができるかを暗示しています。

私どもはまた、交雑の結果の分析を早めることが期待でき、また今まで栽培されたことのない植物種の遺伝分析を可能にするような新しいDNAフィンガープリント法を使える状態になっています。この方法は、まだ無傷な生物生息地に存在している非常に多様な植物種が経済的および商業的に価値があることを確認し、それを活用するために確保するための道を開いているものであります。このことが次のようなことの助けになることが望まれます。すなわち、多くの国々がそれぞれ所有している生物の多様性の重要性・価値を確信し、またかけがえのない生物生息地が破壊されてそのすみかが急速且つ元に戻せないように消滅してしまうことをくい止めるということです。

この数年の間に、ノバティス、デュボン、モ

ンサントのような大手の農薬企業や他のいくつかのやや小規模な企業は、次の世紀こそ生命科学の世紀であると確信していることを表明しています。今やこれら企業は、激しい企業合併や買収をへて、植物バイオテクノロジー分野における特許と独占情報の所有者であり、あとはいつ、どこで新しい植物を商業ベースにのせるか決定だけすればよいという地位についています。

それでは、以上述べてきたすべてのことは熱帯農業にとって何を意味することになるのでしょうか？進歩できるかどうかは、その地域の諸国の農業研究所の質と地元の種苗会社の企業精心のいかに依存しています。国際的には、世界銀行をスポンサーとする国際農業研究諮問グループ(CGIAR)を通じて、より豊かな国々の多くからの援助がえられます。この機関は、25年以上にわたって、大部分の熱帯地域に展開しているCGIARの16の研究所における指定農作物の研究に資金を提供してきました。しかしながら、人口爆発のため、残り時間はそんなにありません。熱帯農業に必要な改良植物をこの残りの時間内に作り出すためには、植物バイオテクノロジーの研究結果が急速且つ効率よく実地に応用されなければなりません。

このことは技術的に可能でしょうか？技術を適用していく自由度はあるのでしょうか？実際には経済協力開発機構(OECD)が、すべての国々に知的所有権に関する国際法に署名することを求めるとすれば、熱帯植物の工学的操作に当っては、大手の多国籍企業が所有している現存の特許にほとんどすべて左右されることになるのは明らかです。ですから、熱帯農業は、大企業の認可のもとに作り出された操作種子を使用できるような、そういう選ばれた農家だけの特権となってしまう可能性がないのでしょうか？特許侵害という事態があるにもかかわらず最低生活をしいられている農家が使用している膨大な数の栽培品種を改善することは可能でしょう

か？

私は、高度の水準に達している研究所の科学者と熱帯農業の専門家の方々が協力することによって、分子植物生理学の分野での新しい主要な発見が生み出されるものと信じております。この新しい知識は、現在のリーダー的多国籍企業を含めて、すべての人々が必要としている技術の創意ある方向と新しい手段を発展させることになるでしょう。

さらに、たとえ特許によって充分保護されているとしても、この科学者と専門家の協力を通じて得られる発見は特許使用の相互交換をもたらし、それによって熱帯農業に必要な実施・適用の自由裁量権がもたらされるようになるでしょう。私の考えでは、進んだ研究所にはすでに知識の積みかさねがあり、権限が付与される技術がかなり存在しており、今後もっと開発されていくでしょう。それにつけても、時間が限られており、直ちに行動を開始することが必要であります。