

植物の力

植物制御科学の近未来 (I)

植物を栽培することから、人は自然の一部として自らの循環を学んだ。神話の創造は、その学習の結実だった。

やがて、植物のメカニズムを探ることから、科学が芽生えてきた。科学の力によって、食物の確保は安定し、人の数は増えつづけた。未曾有の人口増加は進み、人は今、種として地球上で絶頂期をむかえている。同時に、地球規模の食糧危機に直面し、さらなる植物生産性の向上を追求せねばならなくなった。対処療法的な生産技術の開発だけが、本当の解決法なのだろうか。

新しい解を求めて、人は再び植物のメカニズム、抵抗する力そして進化する力に注目しはじめた。植物本来の力を知るためには、人も本来の神話する力、科学する力を取り戻す必要があるようだ。

「遺伝子組み換え」と「植物ホルモン調整」の拮抗

遺伝子組み換え農産物はどこへ向う？

遺伝子組み換え農産物が市場に登場しはじめて数年になる。確かに組み換え食品を食べた人の体に長期的にどのような影響があるか分からない現在、

マスコミや消費者団体から賛否両論が巻き起こるのは無理もない。人間が生命の神秘であった領域に入り込み、そこにメスを入れた食べ物を口にすると、自然に起こる拒絶的なフィードバックは何ともし難い。

その一方で、迫り来る世界の食糧危

機に対処する方法として、この技術を使わない手はない、という考え方も理性的には理解できる。もちろん、その背景にはバイオ産業の熾烈な組み換え種子マーケットの争奪戦があることは、言うまでもないが。

現在、遺伝子組み換え農産物と呼ばれるものの主流には、2種類ある。一つは、除草剤に対して耐性を持たせるように遺伝子を組み換えることで、除草剤の被害により収量を落とさないことを実現したもの。もう一つは、遺伝子組み換えにより病害に耐性を持つような作物をつくってやり、農薬の手を借りなくても、収量を確保しようとするモノである。

生産者にとっては、農業の低コスト化・高収量化を達成するために、実に有望な技術革新である。アメリカでは、日本やヨーロッパに比べて消費者から全般として好意的に受け止められたおかげで、ここ数年一機に麦・大豆・小麦等で遺伝子組み換え「種子」の使用が一般化した。しかし、この需要はいきなり頭打ちになっていく。「組み換え農産物」輸出先の国々で物議を醸し出したからだ。今年の輸出用遺伝子組み換え作物の作付け面積は逆に減少してしまつたと聞く。いくら有望な技術であっても、生産者は、最終的には消費者の意思表示に耳を傾けるしか術は

ない。

ここにきて、遺伝子組み換え技術の最後の切り札が注目されている。さきほど触れた農薬に対する耐性や農薬の代替技術などではない。もっと斬新な技術である。植物の生育期間の短縮を可能にする種子を作ること、例えば通常かかる小麦の栽培を2ヶ月でやつてしまう。2毛作どころでなく、3毛作4毛作やつてしまえるので、単純に収量が増えるのは想像できる。スーパー穀物の登場として、マスコミ等で報道されていたが、植物のバイオリズムまで変えてしまえる時代になったのかと驚く他ない。

遺伝子技術が生産性向上の唯一の技術か

「事はそう簡単ではない。」と、理化学研究所植物機能研究室の吉田茂男氏はいう。スーパー穀物は現実のモノになつたわけではなく、よく読めばあくまで遺伝子技術を応用した想定可能な目標であるらしい。吉田氏は続けて、「植物の生産性に関与している遺伝子機能の中からどのような遺伝子を選び出すのか、どのような植物に適用するのか、そして、導入した遺伝子の発現はどのように調節するかなどの問題が山積しています。たとえそれらの関門をすべてうまくクリアしたとして

も、植物を自在に制御するための技術の完成までの道のりは遠そうですね。」と、推測する。

遺伝子技術は急速には進んではいるものの、よく考えてみれば、人の遺伝子（ヒトゲノム）でさえまだ解明されていない。90年にはじまった国際ヒトゲノム解読計画によれば、2002年には全ての解読が終わると伝えられている。解読とはいっても、これは、単に塩基配列を決定する作業に過ぎない。実際に医療分野等で応用するためには、それぞれの配列の意味を解読しなければならぬ。解析された塩基数に比べて、その機能がよく分かっている遺伝子の数はあまりにも少ないのだ。

ヒトは、約30億の塩基を持つ生物である。植物の場合、人の食糧となる重要作物だけをとってみても、すべてヒトより多くの塩基対を持つことが分かっている（図1）。世界のバイオ産業および先進国が総力を結集して取り組んでいるヒトゲノム解析の実情をみると、種類の豊富な植物のゲノム構成をそれぞれ解明するのは、かなり厄介そうだ。

（注・植物研究でよく使われる、構造が単純な「シロイヌナズナ」というモデル植物の塩基配列は、ほぼ100%解明されたと最近発表があった）

植物は三元連立高次方程式

その厄介さの理由を吉田氏はこう説明する。

「植物の1つの細胞には、それぞれ独自の使命をもった3種類のゲノムが共存し、強調しています（図2）。細胞の形や機能を定める核のゲノムの他に、原始生物由来の呼吸システムをつくるミトコンドリアのゲノム、そして光合成という植物独自の働きに関係する葉緑体のゲノムがあります。3種類のゲノムは独自の意味合いをもち協調しながら細胞の運命を決めているのです。このように3種類の指揮系統が渾然一体となっている植物の機能解析を行うことは、三元連立高次方程式を解くように難しい。葉緑体のない動物細胞は、言うなれば三元連立高次方程式に相当しており、三元である植物の機能解析が一段と難しさを増すのが分かっていただけだと思います。」

3種のゲノムと植物の進化

このような複雑な仕組みが成立した背景には、植物の進化の過程が見え隠れする（図3）。吉田氏は、植物細胞の起源を俗耳にも入りやすいように解説してくれた。

「太古の単細胞生命体から今日の高等生物へと進化した初期過程で、複数

の単細胞生物間の共生がはじまったと言われています。地球の原始大気は酸素を含有しなかったかわりに高濃度の炭酸ガスを含んでいたのです。この時代に

代には酸素を嫌う細菌も大威張りではびこっていました。また、水中ではラン藻が光合成により炭酸ガスを吸収して酸素を作り出し始めていた頃です。その後、ラン藻の働きにより地球大気の酸素濃度が高まるにつれて、酸素を嫌う細菌が他の大型細菌の中に入り込んで二者による共生を始め、酵母やカビそして動物の先祖細胞になったわけです。さらに、この二者共生細胞にラン藻が取り込まれ、光合成能力をもつ三者共生を始めたものが植物の先祖細胞であると考えられています。この三者共生の痕跡が、さきほど述べた3種類のゲノムの共存という形で高等生物の細胞に残っているのです。」

植物の機能解明は、日本がリード?

植物についても、ヒトと同様、塩基解析のスピードアップは可能だろうが、重要なのはその意味つまり機能の解析である。ゲノム科学のみによる解析にもとづいた場合、植物の機能情報を統一的に把握するのは、植物の複雑なゲノム構成上たいへんな時間がかかることはわかってきた。では、果たし

てその代わりとなる科学研究は進んでいるのか。日本は、この分野で欧米に追い越されたままなのか。吉田氏に訊いてみた。

「欧米、特にアメリカと比較して、バイオサイエンスの農業分野への応用という点では、10年から15年水を空けられている。日本の大学等の研究機関では、学部の縦割り構造により、植物を総合的に科学する体制ができてこなかったからですね。理化学研究所では、大学のしくみとは違い、極めてオープンに他分野との共同研究が古くから行われており、学際的に植物をみており、基礎研究を踏まえた上で農業の実用技術への展開へつなげていこうと研究している。特に植物機能研究室では、遺伝子組み換えだけに頼らず植物の機能を解析していく中で、農業分野で応用できるブレイクスルーを生み出していくことを目的の一つにしています。政府のミレニアム・プロジェクトに指定され、最近、植物科学研究センターが発足したところです。」

欧米では、バイオ産業化の潮流の結果、植物研究が分子生物学に偏ってきており、化学離れが深刻化しています。わが国では、植物の遺伝子組み換え研究を本格化しようかしまいか迷っているうちに、遺伝子解析と並行して植物理解に必要な応用生物学者や生物化学

図1

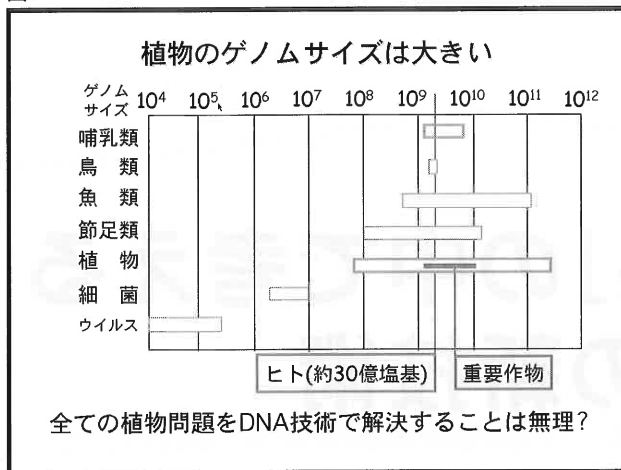


図2

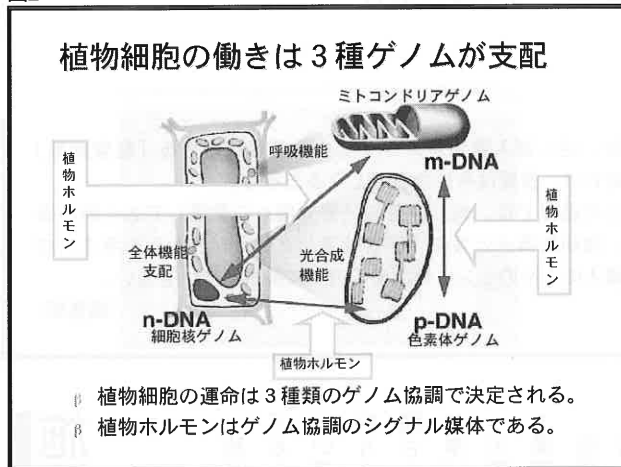
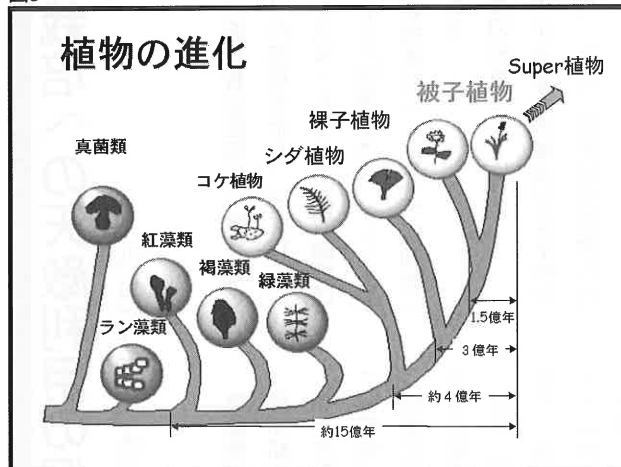


図3



遺伝子組み換えと、植物ホルモン調整によるポジティブ制御。どちらが最初スーパ植物を作り出すのか。来月号でも引き続き、これら未来型の植物制御科学について迫ってみたい。

(浅川芳裕)

植物ホルモンが鍵

とはいえ、欧米では現実には、産学一体となって遺伝子組み換えを主軸としたバイオテクノロジーによる新ビジネス領域に、巨大なスケールで奔走して

者がうまいこと残っているのです。植物の生育を理想的に制御する技術の開発と利用を成功に導く鍵は、この生物学と応用生物学の発想の結集が肝要になってくるのです。欧米が失いつつあるこれらの分野で、我が国が維持している高い水準の技術をしつかり認識して将来のヴィジョンを組み上げれば、欧米に比べて有利な状況に立てる可能性は十分あります。」

いる。では、日本の得意とする農業で応用可能な「植物の機能」解析とは一体どのようなモノなのか。

「植物を解析するには、植物独自の切り口や方法が必要なのです。動物の調べ方とは違う発想があるわけです。当たり前のことですが、植物は、食糧供給源として二酸化炭素吸収源としても、人間の生存を左右する存在なのですが、その機能の理解となるとまだ十分ではない。花はどうして咲くのか。葉緑体はどんな機能を持つのか。休眠状態にある種からどのような仕組みで芽がでるのか。このような植物にとって根源的な現象も完全に説明できない。植物の機能と仕組みがもつとわか

れば、農業分野での活用への手がかりが得られるに違いありません。」

——具体的には。

「切り口としては、植物ホルモンの機能に注目しています。植物ホルモンのバランス調整により作物だけを有利に育成する方法に応用できる技術の確立のために研究を重ねています。この方法は、人類にとって有用な植物の生育をポジティブに制御するという自然生態系に優しい概念です。例えば、田植えから刈り取りまでが2ヶ月で完了するイネ栽培を可能とすると、雑草や病原菌の攻撃はイネの生育スピードに追いつかず、害虫の発生も避けることができるのです。つまり、スピード裁

培が可能になれば、除草剤・殺菌剤・殺虫剤などの農薬を散布する必然性もなくなるわけです。」

スーパ植物誕生なるか

実に壮大な話である。実際、どの程度研究が進んでいるのか。

「イネの栽培に4、5ヶ月かかっているのは、植物がそのように生育(機能)するように制御されているからです。逆にいえば、その生育期間を設定しているシグナル伝達機構と制御物質を解明してやれば、生育をスピードアップする制御法もわかるようになるでしょう。実際に、我々の研究で植物ホルモンの一種であるジャスモン酸関連物質やブラシノライドの生合成阻害剤による植物機能向上を実証し、その応用への可能性の高さを認識しています。」