

日本の遺伝子研究における 筑波大学遺伝子実験センターの役割

鎌田 博

生物科学系教授 遺伝子実験センター長

ここ数年、遺伝子組換え食品、クローン動物、狂牛病など、バイオ関連の話題が新聞紙上にしばしば取り上げられ、時に社会問題ともなっている。このようなバイオ関連の話題を正しく理解し、自分なりの判断を下せる人はごく少数で、大部分はマスメディアの情報（たぶんに危険性のみが誇張されているのだが）に頼っているのが現状だろう。20世紀後半に飛躍的に発展した生物学（生物学・医学・農学・生物工学などを含む生命科学の語の方が適切である）においては、難解な専門用語を駆使しなければ現象を正しく説明できず、上述した問題の本質が専門外の人にとってはちんぷんかんぷんなことが原因である。

生命科学の研究が実験室内でのみ行われており、その成果も我々の日常生活に関わらないのであれば、一般の人にとってもそれを理解する必要がなかったのであろうが、生命科学のさまざまな成果が

食品や医療のように日常生活の場面で使われるようになるといろいろな軋轢が生じ、上述したような社会問題となって表面化してくる。21世紀はバイオの時代とも言われており、さまざまなバイオ研究の成果が短期間のうちに我々の日常生活のさまざまな場面で使われる時代が到来しようとしている。このようなバイオ研究の中で中心的な役割を果たしているのが遺伝子研究である。

遺伝子研究と遺伝子組換え技術

微生物、動物、植物など多種多様な生物において、個々の生物の姿形ばかりでなくその基本的な行動パターンなども遺伝子によって決定されており、そのような形質が遺伝子として親から子供へと伝達される（遺伝する）ことはよく知られている。このような遺伝の仕組み、遺伝子の実体解明、遺伝子が個々の形質を引き起こす機構などを解明するのが生物学

の主要な研究課題であり、最近では、多種多様な生物の分類、生命・生物の進化、生態学など、昔は遺伝子研究とは一見無縁であった分野でさえも遺伝子研究が必須となりつつある。

遺伝子に関する1世紀以上に及ぶ研究の積み重ねによって、遺伝子の構造や機能に関する研究が飛躍的に進み、現在では、生命に関する諸現象を理解するためには遺伝子研究が必要不可欠となっている。一方では、このような遺伝子に関する研究の成果をもとに、遺伝子を取り扱うための技術が次々と開発され、新しい技術によって得られた研究成果がさらに新しい技術を生み出し、遺伝子の研究に用いられる技術はまさに日進月歩の勢いで発展している。

遺伝子を操作するあるいは遺伝子を組換えるといって何か恐ろしいことをしていると感じる人が多い。時には、遺伝子を食べるなんてとんでもないという人もいるぐらいで、生物学者としてはとまどうばかりである。現在では、遺伝子の本体がDNAであり、DNAを構成する4種類の塩基（A、T、G、C）の並びをもとにタンパク質が作られ、このタンパク質が機能することで生物の性質が決定されていくことが明らかになると同時に、基本的に全ての生物がDNAを遺伝子の本

体として使っていることが明らかになっている。我々が日常食べている食品もその多くが生物であり、我々は毎日膨大な量の遺伝子を食べている。

遺伝子を取り扱う研究の中で、20世紀半ばには、DNAを人為的に切ったりつないだりする技術が開発され、この技術を用いて計画的に、別々な遺伝子（DNAの塩基の並び）の一部を入れ換え（組換え）、この組換えた遺伝子を生きている別な細胞（微生物）に導入し、新しい性質を付与する（形質転換と呼ばれている）実験が可能になった。これがよく言われる組換えDNA実験（遺伝子組換え実験）である。遺伝子組換え（形質転換）の言葉の意味は、遺伝子のある生物から別な生物に導入し、この導入した遺伝子に基づく新しい性質を付与することであり、人為的に遺伝子を切ったりつないだりする以外は、もともとは自然界でも一般的に見られることである。抗生物質に耐性を示す微生物が出現し、急速に広がるのも微生物における自然の遺伝子組換えによるものが大部分である。私が専門とする植物では、アリストテレスの時代から知られていた植物の病気（クラウンゴール病）は、土壤微生物が自身の持つ遺伝子を植物細胞中に導入（遺伝子組換え）し、その結果こぶがで

きることが明らかになっており、まさに自然界で見られる遺伝子組換えに他ならない。

遺伝子を人為的に切ったりつないだりすることが可能となった1970年代半ばには、生物の性質を決定している遺伝子を操作し、別な生物に導入すると、予期せぬ危険な事態（生物災害：バイオハザード）が生じるのではないかとの危惧が研究者の中に広がり、科学史上で始めてと言われる研究者自らによる研究実施の自粛が行われた。この声明に対してどのように対処して実験を進めていったらよいかについてさまざまな議論が研究者の間で行われ、予期せぬ危険を未然に回避するための具体案が協議され、遺伝子組換え体を物理的に実験室内から出ないようにする工夫（物理的封じ込め）、および、間違っても実験室外に出てもその遺伝子組換え体自身が生存できないような工夫（生物的封じ込め、具体的には、特定の栄養物がないと生存できないようにする工夫など）を組み合わせて実施することが最も適切な方法であり、研究者自らがその方法を用いて研究を実施することが決められた。これがよく知られている1975年のアシロマ会議である。

この決定を受け、各国が遺伝子組換え実験を実施する際に遵守しなければいけ

ない規則（実験手順）を策定し、その規則に則って実験をすることとなった。1979年、我が国においても、文部省と科学技術庁が、遺伝子組換え実験実施の際に研究者自らが遵守しなければいけない規則として組換え DNA 実験指針（通称ガイドラインと呼ばれている）を策定した。罰則を伴わない指針の形を取った理由は、実際に遺伝子組換え実験を実施してみて当初危惧されたような予期せぬ危険が生じなければ（安全性が確認されれば）段階的に規則を緩くできるようにしたことである。実際、この指針に基づいてその後世界中で膨大な量の遺伝子組換え実験が行われ、当初危惧されたような危険な事態は全く起きなかったことから、世界中で実験指針の改訂が何度も行われ、封じ込めの方法や適用される実験の種類などが順次緩和されてきた。

各大学における遺伝子実験施設の設置とその役割

我が国においても、実験指針が策定されたことを受けて東大を始め数大学で組換え DNA 実験が開始されたが、組換え DNA 実験を実施するためには、多くの先端機器を必要とすると同時に、上述した物理的な封じ込め（P1-P4；P1レベルは通常の微生物を取り扱う程度の実験室

でよいが、数字が大きくなるほどより厳密な封じ込めを必要とし、P3レベルでは実験室内部の空気が実験室外に流れ出さないように特殊な工夫がなされている)を行う必要があり、特殊な実験室が必要であった。そこで、文部省においては、P1からP3レベルの実験を実施できる実験室を備えた施設(遺伝子実験施設)を、生命科学の研究を実施している全ての国立大学に設置することを決め、毎年2-3の大学に遺伝子実験施設を設置することとなった。筑波大学遺伝子実験センターは初期(1984年)に設置された施設の1つであり、現在でも引き続き各大学への設置が進められている。

このような経緯から、各大学における組換えDNA実験の安全管理、学内共同利用施設としての高度な組換えDNA実験機器・実験場所の提供、専任教官による先端的な遺伝子研究の実施が遺伝子実験施設(遺伝子実験センター)の主な業務となった。

筑波大学遺伝子実験センターの特殊性

初期に設置された遺伝子実験施設については、大学毎に特別な任務が与えられている。東京大学遺伝子実験施設は世界各国の組換えDNA実験指針の情報の収集の役割を担っており、筑波大学遺伝子

実験センターは、組換えDNA実験に必要な基礎技術の我が国および東南アジア地区への普及と若手研究者の養成を担っている。このため、筑波大学遺伝子実験センターでは、毎年秋に1週間の日程で、日本全国および東南アジア地区の25名の若手研究者を集め、実技を通して技術を身につけるための技術研修会(トレーニングコース)を開催しており、既に15年以上の歴史がある。特に、東南アジア地区の研究者の招聘には、UNESCOジャカルタ支部の協力を得ており、国際貢献の一翼を担っているものと自負している。

筑波大学遺伝子実験センターはこのような若手研究者の養成の他にも我が国の遺伝子研究の推進に特別な役割を果たしてきた。上述したように、遺伝子組換え実験の実施に際しては、組換えDNA実験指針を遵守することとなっており、この指針自身は実際に実験を実施してみて当初予想されたような予期せぬ危険が起こらないことが確認されたならば、順次その規則を緩めることとなっている。筑波大学遺伝子実験センターの専任教員による遺伝子研究は多方面に渡っているが、遺伝子組換え動物・植物の育成とその利用については常に我が国をリードする先端的な研究を実施してきた。遺伝子

組換え動物としては、つくば高血圧マウスやつくば低血圧マウス等が有名であり、基礎研究ばかりでなく、高血圧治療薬の開発など応用研究においても広範に利用されている。一方、植物に関しては、遺伝子組換え植物の育成を我が国で始めて手がけ、その実施に必要な組換えDNA実験指針の制定や改訂を文部省と共同で行い、栄養物さえ与えておけば根の形態を維持しながら試験管の中で無限に増殖する遺伝子組換え植物（毛状根）の研究等、我が国ばかりでなく、世界をリードする研究を実施し、基礎研究から応用研究に渡る広範な分野で利用されている。

筑波大学遺伝子実験センターの役割の拡大と改組

筑波大学遺伝子実験センターは、他大学の遺伝子実験施設とは異なり、学内共同利用施設としての役割にとどまらず、組換えDNA実験指針の制定や改訂、組換えDNA実験技術の普及、若手研究者の養成など、我が国および東南アジアにおける遺伝子研究に大きな貢献をしてきた。この間、遺伝子研究の急速な進展とともに時代は劇的に変化し、遺伝子研究が単に実験室内の基礎研究にとどまらず、遺伝子組換え農作物を始めとする遺

伝子組換え食品の開発・利用、遺伝子組換えを利用した各種工業製品・診断薬・医薬品の製造、遺伝子診断、遺伝子治療等我々の日常生活のさまざまな場面で実際に利用されるようになってきた。

このような流れの中で、遺伝子や遺伝子組換えに関する基礎知識や最新知識を教えられていない一般の人達（国民や消費者等）の中にさまざまな不安が生じ、遺伝子組換え食品に見られるような社会問題となってきた。遺伝子組換え動・植物の育成・利用の研究に関して我が国をリードしてきた筑波大学遺伝子実験センターとしてもこのような社会問題をそのまま放置しておくことはできないと考え、センター専任教官を中心に、遺伝子の基礎知識や遺伝子組換え実験における安全性の確保等についてさまざまな機会を捉えて社会に普及する活動を行ってきた。この活動の中で、遺伝子実験センターとして新たに2つの役割を担うことを文部省に提案し、平成12年に遺伝子実験センターの改組・拡充が認められた。

遺伝子組換えに関する現在の社会的な問題を解決するための方策の1つは、遺伝子や遺伝子組換えの基礎知識を中学・高校生の段階から教育し、正しい知識のもとに賛成反対を含め各自が判断できるようにすることである。そのための1つ

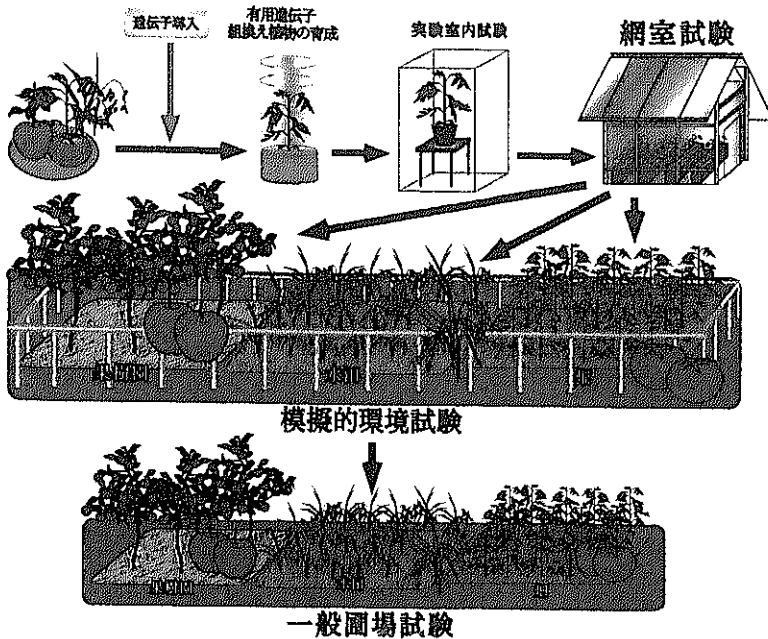
の方法は、中学・高校の理科・生物の授業の中で遺伝子の基礎知識を学ぶだけでなく、組換えDNA実験を実際に体験してもらうことである。米国ではかなり以前から遺伝子教育と呼んで中学・高校で組換えDNA実験を実践しているが、我が国においては、組換えDNA実験指針の中に教育を想定した規則が制定されていないためにこれを実践することができなかった。そこで、組換えDNA実験指針を改訂し、新たに中学・高校においても組換えDNA実験を実施できるように制度を改めた。この場合、極めて安全な組換えDNA実験に限定することはもちろんのこと、教える側の教師にも遺伝子組換え実験に精通していることが求められる。

そこで、指針の改訂に重要な役割を果たしてきた筑波大学遺伝子実験センターでは、中学・高等学校の理科教員を対象とする新たな組換えDNA実験講習会（理科教員のための組換えDNA実験教育研修会）を開催することとなり、昨年夏に第1回目を開催し、20名の教員が参加し、大変好評であった。この講習会はこれからも毎年開催される予定であり、筑波大学が我が国における遺伝子教育の中心的役割を担うことになる。

もう1つの役割は、遺伝子組換え植物

について総合的な研究を実施し、マスコミ等で指摘されている遺伝子組換え植物（農作物を含む）に関するさまざまな不安が科学的に見て本当に問題があるかどうかを純粹に中立的・科学的立場から検証し、正しい知識を公表・普及することである。現在、組換えDNA実験指針においては、図に示すような手順にしたがって、遺伝子組換え植物の育成、特性解析、環境への影響、食品としての安全性等を段階的に確認しつつ研究を進めることが規定されている。もちろん、各々の段階毎に個々の実験の安全確保の方策が学内あるいは文部省（現、文部科学省）の委員会（組換えDNA実験安全委員会等）で検討され、その委員会の意見に則って安全を確保しながら実験が実施されることは言うまでもない。

現在、世界的には遺伝子組換え植物（農作物）の商業栽培が大規模に行われており、2001年には、13カ国、5260万ヘクタールに達している。残念ながら、我が国においては、基礎研究の段階のものも含めて遺伝子組換え植物の開放系（図中の網室試験以降の段階）での試験の実施例が極端に少なく、環境への影響や食品としての安全性に関する研究の大部分は欧米を始めとする諸外国においてなされたものである。もちろん、我が国では



商業栽培を目的とするものは農林水産省において試験が実施されているが、基礎研究を担う大学における実施例は極めて少ないのが実態である。その理由の1つは、網室試験用の温室や模擬的環境試験を行う圃場が大学に設置されていないことであり、日本の各大学に設置することは文部科学省全体の予算を考慮しても極めて困難である。そこで、これまでの研究活動実績をもとに、遺伝子組換え植物の研究を実施するための中核拠点を筑波大学に作り、この施設を中心として我が国の大学における遺伝子組換え植物研究を

推進することを文部省に提案し、その要求が認められて遺伝子実験センターの大規模な改組・拡充が実現した。昨年春には、新たに増員が認められた教員が全員着任し、遺伝子組換え植物に関する総合的な研究を開始しており、この春には網室試験用の温室と模擬的環境試験用の圃場が完成する予定となっており、我が国を代表する遺伝子組換え植物の研究拠点となるべく研究推進と社会啓発に努めている。

遺伝子組換え生物の利用についてはさまざまな議論があるが、近い将来に予想

されている地球規模での大規模な食糧不足を回避するための食糧の増産，悪化しつつある地球環境の修復，枯渇が心配されている石油エネルギーに代わる新たなエネルギー源としての植物の利用等，人類の生存にとって急務の課題は多く，中でも遺伝子組換え技術，遺伝子組換え植物の利用は必要不可欠となっている。大学においても，遺伝子組換え生物の育成とその安全な利用に対しては，純粋に中

立的・科学的立場から安全性を含めた広範な研究を実施し，その利用の是非や政策提言をも含めた活動を実施し，人類の生存のために少しでも役に立つ研究を行いつつ，社会に対する貢献を果たすことが重要であり，筑波大学遺伝子実験センターの今後の最も重要な役割がこの点にある。

(かまだひろし 植物分子生物学)

