

授賞業績

ゲノム解析手法の開発を通じた
近代作物育種への貢献

スティーブン・タンクスリー博士

1954年4月7日生まれ(61歳)
コーネル大学名誉教授

概要

人類は、農業を始めて以来、優れた作物を求めて品種改良を行ってきました。多くの場合、その手法は経験と勘と偶然に頼ったものでしたが、1980年代以降にゲノム解析技術が急速に進歩したことで大きく進歩しました。そして、この分野をリードし続けたのがスティーブン・タンクスリー博士です。

博士は、ゲノム解析により作物の染色体地図を作成し、その後、果実の大きさなど農業の生産性に関連した遺伝子を同定するなど、品種改良に役立つゲノム解析手法を開発しました。博士の研究がもたらしたゲノム情報と育種技術の融合は、優れた形質を持つ作物の選択精度を高め、求められる作物の計画的育種にかかる時間の短縮に大きく貢献しました。

経験と勘に頼った品種改良から
分子遺伝学を応用した品種改良へ

私たち人類が農業を始めたのは、今から1~2万年前のことだと考えられています。それまで食物にしていた野生の植物を、自らの手で作物として栽培し始めました。その長い試行錯誤の過程で、人類は作物のなかから収穫量の多い個体、病害虫に強い個体などを選別したり、優れた個体同士を交配するなど「品種改良」にも取り組み、多様な「作物」を作り出してきました。

こうした伝統的な品種改良の多くは経験と勘と偶然に頼ったものでしたが、そこに「科学の目」が加えられたのは19世紀のことです。グレゴール・ヨハン・メンデルは、エンドウマメを2系統交配したときに、子孫に現れる形質(生物のもつ性質や特徴)には一定の法則があることを実験で明らかにしました。これが、よく知られた「メンデルの法則」です。

メンデルの法則は、科学的な品種改良を進めることにつながりましたが、この法則どおりの結果が出るのは、「豆の色が黄色か緑か」「シワがあるか無いか」といった個体の「質的」な違いを決める遺伝子(質的形質遺伝子)に関係する性質で、多くは単独の遺伝子でした。

それに対して「より大きく育つ」「たくさん実る」「早く花が咲く」「病害虫に対して抵抗力がある」など、私たちが作物に求める性質の多くは、単独の遺伝子による「クロカシロカ」で決まる質的な違いではありません。これらの形質は、染色体上の複数の遺伝子と環境要因が複雑に作用することで決定されるもので、こうした遺伝子のことを「QTL(Quantitative Trait Loci: 量的形質遺伝子)」と呼んでいます。

20世紀に入っても、このQTLで決定される形質に関しては、経験と勘に頼った品種改良が行われていたが、遺伝子が存在する2本鎖のDNAを切断する制限酵素

が発見された1980年代に入ると、作物のゲノム解析技術が急速に進歩したことで、品種改良は新たな時代を迎えました。

トマトの染色体地図を作成
実の大きさのQTLを解明

1980年代、この分野で最初の大きな業績を上げたのが、スティーブン・タンクスリー博士です。ニューメキシコ州立大学(1981~1985年)やコーネル大学(1985年以降)で植物分子遺伝学や品種改良の研究に携わっていた博士は、当時開発されたRFLP(Restriction Fragment Length Polymorphism: 制限酵素断片長多型)法を用いてトマトやイネなど、作物のDNAのどこに重要な遺伝子があるかを示す「染色体地図」の作成に挑戦したのです。

RFLP法は、DNAを制限酵素で切断し、断片の長さから「個体ごと」の染色体の特徴を分析する手法です。塩基配列がまったく同じならば切断された断片の長さも同じになり、一部の遺伝子が異なれば断片の長さが異なるからです。

まず博士は、このRFLP法を用いてトマトの染色体地図を作成することに成功しました。そして、個体ごとに断片の長さが異なる部分の位置情報を解析(遺伝子マッピング)し、そこから染色体上に存在する6つのQTLがトマトの実の大きさと関係していることを明らかにしたのです。

この研究成果が1988年の『Nature』誌に掲載されると、動物、植物にかかわらず、品種改良に携わっている世界中の研究者は色めき立ちました。論文が示すように、重要な形質にかかわるQTLを「DNAマーカー」、つまりDNAの「目印」とすれば、品種改良における個体の選別に科学的な裏付けができるからです。こうした研究の革新性が認められ、博士は1995年に米国科学アカデミーの会員に選出されました。

DNAマーカーの利用により 効率の良い品種改良が実現

1990年代、2000年代に入ってもタンクスリー博士は、品種改良および植物遺伝学をリードする存在であり続けました。研究の一つは、私たち人類が野生種の植物のどの遺伝子を利用することで現生種を生み出してきたか、その起源を明らかにすることでした。

例えば、トマトの野生原種は南米にあります。原種と現生種を比べると、果実の大きさが数百倍にもなっていると博士は論文で指摘しています。博士は、果実の大きさが異なるトマトを交配し、遺伝子マッピングを行うことで、トマトの大きさに関与している主要なQTLについて研究を続けてきました。その結果、実の大きな現生種では特定の遺伝子の転写量が少なくなる変化が起きているのに対し、実の小さな野生のトマトでは転写量が多いことなどを解明しました。

博士は、こうした変異はトマトの栽培過程で生じ、私たち人類が大型の果実を意図的に選ぶことで加速したと考えています。このほか、博士の研究は、病害虫に対する耐性を高める遺伝子の解明など、多岐にわたっています。

そして、博士の研究に先導されるように、世界中でDNAマーカーを利用した品種改良が行われるようになりました。日本では、主食であるイネについて、「いもち病など病害虫に対する耐性」「耐冷性」「出穂性(早生・晩生の違い)」「食味」など、農業上重要な形質にかかわるDNAマーカーを利用して新品種の育成が進められ、そのなかから優れた品種も生まれています。

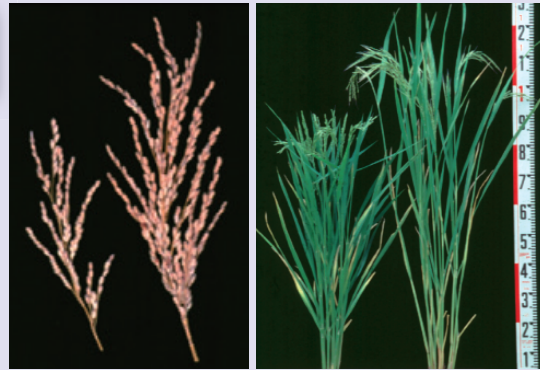
また現在、品種改良において最も重要なテーマの一つが地球温暖化に対する適応策といえます。急速に進む気候変動に農業が適応できなければ、深刻な食糧不足をもたらすでしょう。温暖化に適応した品種をいかに迅速かつ的確に作り出すか。そこでもタンクスリー博士がリードしてきた「DNAマーカーの開発とその利用による育種」(MAS: Marker Assisted Selection)は重要な役割を果た

量的形質遺伝子

(QTL: Quantitative Trait Loci)

作物の背の高さ、収量、花の咲く時期などを左右している遺伝子群(右写真)

質的形質遺伝子:メンデルの法則のエンドウ豆の「黄と緑」、「丸としわ」など

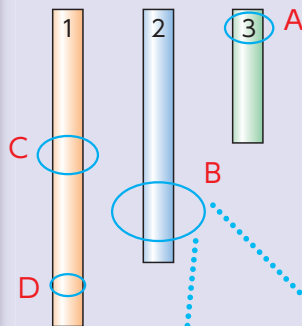


穂の大きさ

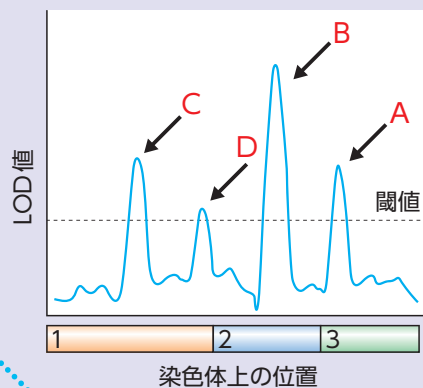
作物全体の大きさ

量的形質遺伝子は複数の染色体に存在する

円の大きさはひとつの量的形質に関わる個々の遺伝子の寄与率を示す

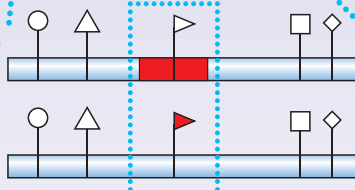


LOD値: 表現型とDNAマーカーの位置関係を推定する統計学的値

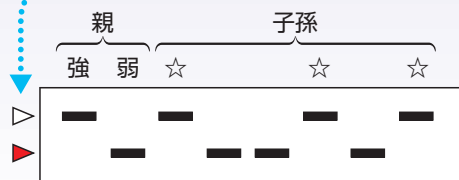


寄与率の高い遺伝子をDNAマーカーで選ぶ

作物を改良する作用の強いDNAマーカー
弱いDNAマーカー



寄与率の高い遺伝子の染色体地図における位置情報(DNAマーカー)



DNAマーカーによる優良子孫個体の選抜(MAS): どちらの親の染色体断片を受け継いだか正確かつ迅速に判別できる

☆ 強いDNAマーカーを持つ子孫

しています。

このようにスティーブン・タンクスリー博士の研究がもたらした新たな時代の育種は、これからも食糧の安定的な増産の実現をもたらすなど、私たち人類の未来を切り拓くために最も重要な技術の一つといっても過言ではありません。