

イネの遺伝を知り、役立てる

文・漆原次郎

矢野 昌裕
やの まさひろ

1956年（昭和31年）11月4日生まれ。お米を実らせる植物である「イネ」をおもな対象に、形や性質などの特徴を定める「遺伝子」のしくみを解き明かしてきた。また、その研究で得られたことをもとに、ほしい特徴をもたせたイネをつくりだすための研究もしてきた。



生きものには、みずからの形や性質などの特徴を次の世代に伝える「遺伝」のしくみがある。矢野昌裕さんはイネと向きあい、イネの遺伝のしくみを解き明かしてきた。さらに、その成果を使って、早く実る・遅く実る、病気に強いといった、人に役立つ特徴をイネにあたえる研究にもとりくんできた。

遺伝のしくみに惹かれて

矢野さんは、福岡県の北のほうにある遠賀町で生まれ、県内で育った。

高校生のときのことだ。生物の先生から遺伝についての問題を出された。教科書にある遺伝の法則は、丸い豆だけを実らせる父エンドウと、シワのある豆だけを実らせる母エンドウからは、丸い豆3、シワのある豆1の比で孫たちが生まれるというもの。でも先生は、3対1でなく、複雑な比を示して、「こうなったとき、もとの親はそれぞれどんな遺伝子をもっているか」と聞いてきた。矢野さんはおもしろがって問題に挑んだ。「たとえ比が複雑でも、計算すれば説明できるところに惹かれました」

九州大学に入り、農学部農学科へと進んだ。遺伝を学ぶための対象として矢野さんはイネを選んだ。大学院に進み、イネに含まれる粘り気あるでんぷんの成分と、粘り気のないでんぷんの成分の量の比にかかわる遺伝子を見つけた。生きものの形や性質の特徴が、どのように遺伝するかを解き明かすという目標を矢野さんはもっていた。

イネの遺伝子の連鎖地図をつくる

その後、矢野さんが遺伝の研究をするなかで、深く携わるようになったことがある。遺伝子の「連鎖地図」づくりだ。

わたし

私たちは地図を見れば、何々町の何丁目にどんな建てものがあり、ほかの建てものとどのくらい距離があるかわかる。遺伝を研究する人たちもまた「地図」をつくらうとしてきた。この地図は、生きものの細胞にある染色体のなかの遺伝子たちがそれぞれどこにあるかを示すもの。この地図を見れば、何番目の染色体にどんな遺伝子があり、ほかの遺伝子とどのくらい距離があるかわかる。ただし、ここでいう「距離」は、ものさしで測るものでなく、遺伝子どうしの「結びつきの強さ」を示すものだ。遺伝子どうしの結びつきを「連鎖」というため、この地図は「連鎖地図」とよばれる。

連鎖地図ができれば、その情報から、ほしい遺伝子がどこにあるかを突きとめやすくなる。また、遺伝のしくみを用いて、私たちの役に立つイネなどの作物をつくりだすときにも、連鎖地図を頼りにすればはかどる。さらに連鎖地図からは「ゲノム」という、その生きものの遺伝についての設計図のようなものも得られる。地図を頼りに旅するように、連鎖地図を頼りにいろいろな研究を進めることができるのだ！

矢野さんは、イネの連鎖地図づくりに携わった。連鎖地図づくりでポイントとなったのが、イネの染色体にある「マーカー」とよばれる目印を揃えることだ。地図づくりでは、番地などの目印を多く載せるほど、より詳しい地図をつくることができる。連鎖地図づくりでも目印となるマーカーを多く揃えれば、詳しい連鎖地図をつくれるようになる。マーカーは、ほかにも、ほしい遺伝子を突きとめたり、新たな作物をつくったりするのに役立つ。

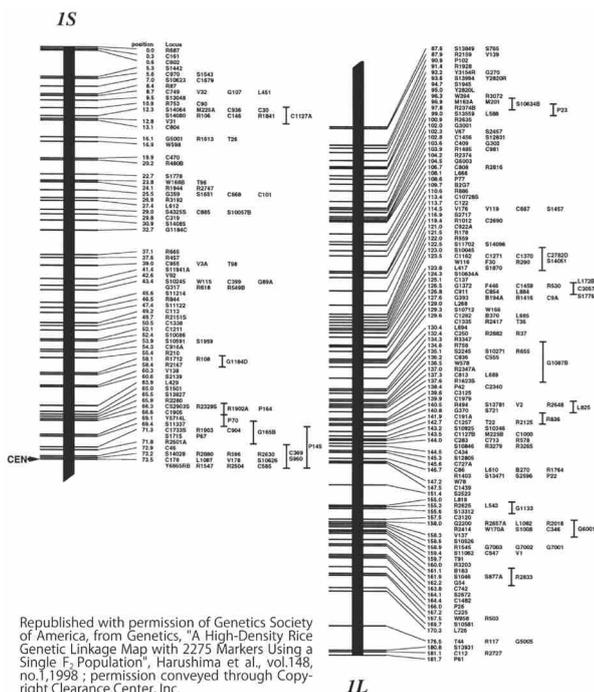
どんなものがマーカーになるのだろうか。それは、イネならイネの染色体のなかで、おなじところにあるけれど、塩基とよばれる物質のつくりに「ちがいが」が現れる部分となる。そのちがいを目印にすれば、その近くの遺伝子が、父と母のどちらから来たものかがわかり、そこから連鎖のしかたをつかめるのだ。連鎖のしかたを詳しくつかめれば、詳しい連鎖地図をつくることができる。

矢野さんが扱ったマーカーは、遺伝子の「制限酵素断片多型」(RFLP) とよばれる「長さ

せいげんこうそだんぺんたいけい

のちがいが」だった。1987(昭和62)年に赴いたのうりんすいさんしょう ほうりくとうきょうしけんしょう のうけん 農林水産省の北陸農業試験場(いまの農研機構中央農業研究センター北陸研究拠点)で、機構中央農業研究センター北陸研究拠点(いまの農研機構中央農業研究センター北陸研究拠点)で、こうちゅうおうとうきょうけんきゅう ほうりくけんきゅうきょてん 日本晴というイネと、インドなどで育てられてきたカサラスというイネをかけあわせて孫の世代をつくり、仲間の研究者が遺伝子分析した。「私は研究の材料づくりをしたわけですが、その後の連鎖地図づくりやイネの研究でも役に立ちました」

1994年(平成6年)からは「イネゲノム研究プログラム」という国のとりくみに加わり、詳しい連鎖地図をつくりあげるチームのリーダーになった。マーカーの数は2275個にもなる。世界でもっとも詳しいRFLPの連鎖地図をつくりあげた。



Republished with permission of Genetics Society of America, from Genetics, "A High-Density Rice Genetic Linkage Map with 2,275 Markers Using a Single F₂ Population", Harushima et al., vol.148, no.1, 1998; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

矢野さんがつくった連鎖地図の一部。染色体上に遺伝子やマーカーを記す。

矢野さんは、とくに「マーカーの位置が正確であること」に気がつけた。「おかしなマーカーが載った地図を使っていくと、研究者たちはまちがった遺伝子にたどり着いてしまいますからね。マーカーの位置にまちがいがいいか、何度も確認しました」

いくつもの遺伝子がかかわる遺伝を研究

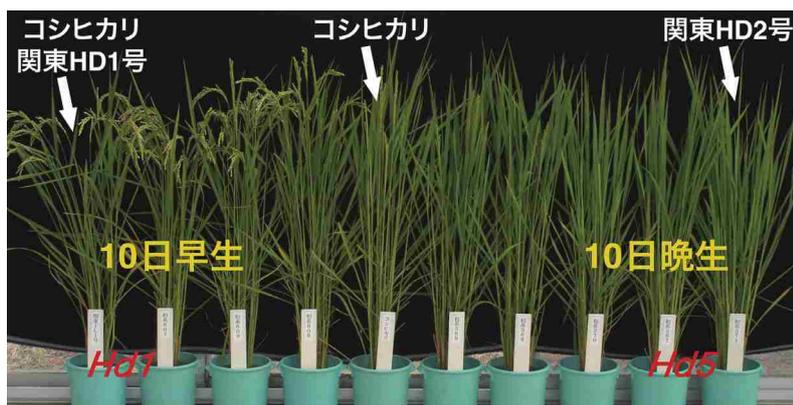
連鎖地図やマーカーが整ったことで、ある形やある性質の特徴を決めるイネの遺伝子がどれか突きとめられるようになり、ほしい特徴をもつイネをつくるのに役立てられた。だが、矢野さんをはじめイネの遺伝の研究者たちはまだ大きな課題をもっていた。ある形や性質の特徴に「いくつもの遺伝子」がかかわるようなときは、複雑すぎてどれがそれらの遺伝子なのか突きとめられずにいたのだ。いくつもの遺伝子がかかわるイネの特徴は、実る時期、実るお米の量、背の高さ、病気への強さなど多くある。

矢野さんはこの課題にも挑んだ。まずは「イネの穂が出る時期」にかかわる遺伝子たちを見つけ出すことにした。穂とは花や実（お米）のことだ。「実ったお米の量などを調べるのにくらべて、穂が出たかはわかりやすいですからね。それに、穂が出る時期は日の長さで決まるため、寒さなどの影響を受けず観察できる利点もあります」

矢野さんが、ここでも頼りにしたのはマーカーだ。まず、穂が出る時期の異なるイネの品種どうしをかけあわせる。その子どもたちを調べると、穂が早く出るものと遅く出るものでパターンのちがうマーカーが見つかることがある。そのマーカーの近くには「穂が出る時期」にかかわる遺伝子があるのだ。そこで、パターンのちがいが出るかどうかを、染色体に散らばっているマーカーそれぞれで調べていき、穂が出る時期にかかわる遺伝子を絞りこんでいく。そして「これだろう」という遺伝子を突きとめたら、その遺伝子が入ったイネと入っていないイネで穂の出る時期にちがいが出るのを確かめて「この遺伝子はこの特徴にまちがいをなくかかわっている」と決めるのだ。

「今年はここまで絞りこめたけれど、もうすこしほかのマーカーも使って絞りこまないと、と進めました。プロジェクトチームのみなさんと力を合わせました」

ついに矢野さんは、穂の出る時期にかかわる遺伝子のひとつ、*Hd1* 遺伝子を突きとめた。とりくみ始めてから5年後の2000年（平成12年）に発表することができた。*Hd1* は、日の長さによって花を咲かせるしくみの遺伝子だった。研究者たちがモデルの植物にしてきたシロイヌナズナでもおなじ遺伝子がすこし前に見つかっており、イネの*Hd1* が見つかったこと



(左) コシヒカリに *Hd1*、*Hd5* を入れたイネ。それぞれ早生・晩生になる。
(上) 穂が出ているイネ。

で植物が花を咲かせるしくみの研究が大きく進んだ。さらに矢野さんは、おなじく穂の出る時期にかかわる *Hd3a* や *Hd5* などの遺伝子も見つけている。「研究の材料づくりから粘り強くやる」ことを大切にしてきた成果だ。

農業に役立て、技術をさらに築く

イネの形や性質の特徴にさまざまにかかわる遺伝子が、矢野さんをはじめとする研究者たちの手で見つかった。それにより、お米を収穫する時期を早めたり、遅くしたりといったこともできるようになった。

さらに、病気に強いイネをつくりだすことにも矢野さんのチームは貢献した。みどりの葉を茶色に変え、茎や穂にも広がる「いもち病」というイネの病気は、お米づくりをする人たちを悩ませてきた。病気の原因となる菌をやっつける遺伝子をイネに入れても、そのうち菌が姿を変えてふたたび強くなってしまふ。そこで、菌がどのように変わっても、それなりにいもち病に耐えられるような特徴をイネに入れることをめざし、その遺伝子も突きとめた。いま、富山県では「いもち病に強い」などの特徴をもつ「富富富」というお米が新たに出ていふ。矢野さんたちの研究が実ったお米だ。

「日本は、水田の農業を維持していかなければなりません。生物のいる自然の状態を保つためにも」と矢野さんは話す。そのために、価値の高いお米をつくれる状況を整え、多くの人に「農業をしたい」と思ってもらふことが大切と考える。



農研機構にて。後ろの列、右3番目が矢野さん。

矢野さんは2019年（平成31年）3月まで農研機構の次世代作物開発研究センターで所長をつとめ、研究者たちを支えたり、研究の進むべき方向を考えたりしてきた。未来の農業や研究のあり方について、矢野さんはこう話す。

「これまでは熟練した人が新たなイネづくりに携わってきましたが、担い手が減ってきています。これからはだれもが携われるように、人

工知能なども使ってデジタルの技術を築いていかなければなりません。また、とれるお米の量を増やすなどの、より多くの特徴をイネににあたえるための方法を研究することも大切です」

一方で矢野さんは、イネなどの作物の性質をより楽に、正確に調べるための新たな技術が進むことも望んでいる。

「センサーを乗せた無人航空機を飛ばし、田んぼの上からイネの状態を調べるといった技術も試みられています。また、土のなかの根の張り方をX線の装置を使って見るといった方法も考えられています。こうした技術を発展させるには、農業以外の分野との関係をより強くすることも大切です」

お米づくりをはじめとする農業やその研究にも新たな技術が使われていく。それは、矢野さんがイネと向きあい、特徴あるイネをつくりだした成果の先にあるものだ。