

ゲノム情報が広げる 穀物生産の可能性

気候変動や人口増加という社会課題に直面し、食糧危機を懸念する声が高まる中、主要穀物であるオオムギ、コムギのゲノム情報の解読が進み、ゲノム情報に基づく育種が穀物生産の可能性を広げようとしている。

世界のオオムギ集め多様性を生かす デジタル育種で低炭素社会の実現へ



さとう かずひろ
佐藤 和広

岡山大学 資源植物科学研究所 教授
2018年より未来社会創造事業研究代表者

遺伝子配列やゲノム配列といったデジタル情報は、生物そのものと同様に重要な資源として取り扱われるようになってきた。世界中で50万系統ともいわれる多様性を生かし、オオムギの有用品種を効率的に作る「デジタル育種」の確立に取り組むのは岡山大学資源植物科学研究所の佐藤和広教授だ。有用な遺伝子が見つかる日まで、デジタル情報と種子を一体化して管理保存し、未来につなげる。

国際チームで10年以上かけ 配列のジグソーパズル解く

今から1万年ほど前に中東で栽培が始まったオオムギは、世界各地に伝播し、数多くの品種が生み出されてきた(図1)。その主な用途はビール、ウイスキーなどの醸造用をはじめ、食用

や家畜の飼料だ。今後は寒さ、乾燥、塩害といった他の作物が生育しにくい環境にも強い性質を利用して砂漠化が進む地域での栽培や、地球温暖化を食い止めるバイオマス資源としての利用も期待され、新たな用途に適した品種開発が望まれている。

従来、育種では食味は良いが病気

に弱い品種と、食味は悪くても病気に強い品種といった特徴の異なる品種を掛け合わせ、両者の良いところを併せ持つ作物を作ってきた。近年では植物の遺伝子情報を利用した育種も進みつつある。岡山大学資源植物科学研究所の佐藤和広教授も、大学生の時からオオムギの育種研究に携わっ



図1 岡山大学で保存されているオオムギ。世界に広がる中でさまざまな品種が生まれ、穂の大きさや色、形も多様だ。

てきた1人だ。「2003年にヒトゲノム解読がニュースになりましたが、オオムギのゲノムは非常に大きく、ヒトの1.7倍、イネの13倍もあり、高精度にゲノムを解読するのは簡単ではありません」と語る。

将来的に育種に役立てていくために立ち上がったオオムギゲノム解読の国際プロジェクトに参加を決めた佐藤さんは、まず1品種の概要配列を解読して12年に公開した。次いで、2万系統以上のオオムギのゲノムを一部解読し、多様性のある20品種を選抜してゲノム解読に取り組んだ。「オオムギには7対の染色体がありますが、当時は細切れにしか塩基配列を解読できませんでした。ジグソーパズルのように配列を並べ直して1本1本の染色体に再構成していきました」と当時の苦労を振り返る。他国のプロジェクトのメンバーが一度に解読できる配列を大幅に増やすことにも成功し、段階的に解読速度が増していった。そして10年以上を要し、20年ようやく20品種のオオムギの全ゲノム解析が終了した。

解析すると20品種の遺伝子領域で63パーセントしか共通配列がなく、最大で37パーセントは異なることが明らかになった。この共通しない領域に品種ごとの特性につながる遺伝情報が含まれており、どの特性がどの配列に由来するのかが分かれば、新品種を作る際の大きな手がかりとなる。岡山大学には世界から集めたオオムギのコレクションがあり「現在もゲノム解

読を続けています。最近解読技術が劇的に進歩したおかげで、追加の2品種の解読が終わり、さらに3品種を解読中です。植物のデジタル配列情報は今や重要な資源です。

ゲノム情報を生かした『デジタル育種』につなげたいです」と佐藤さんは展望を語る。

生物も遺伝子も資源改良の追跡も可能に

オオムギそのものは自然物であるが、中東で栽培が始まって以降、世界中に伝播して各地の気候風土に合わせて改良された結果、それぞれの地域が育んだ固有の資源となった。佐藤さんは「ある特定の地域に生息する植物から抽出した化合物をもとに薬を開発できれば、大きな利益を生み出すかもしれません。そのため各国はそれぞれに生物を遺伝子資源と捉えて、生物多様性条約で保護の対象にしています。こうした遺伝子資源の保護は農作物にも及んでいます」と現状を説明する。

岡山大学では1940年代から始まったオオムギ研究の一環で、世界各地から数多くの野生種や栽培品種・系



図2 岡山大学資源植物科学研究所の種子貯蔵庫には世界各地から集められた約2万系統のオオムギが保存されている。貯蔵庫内の環境を整えるだけでなく、定期的に栽培して新しい種子に更新することで発芽力を維持している。主な系統はゲノムの部分配列を確認してから保存しており、系統の純度が高く付加情報が豊富なことから利用者の信頼も厚い。

統を収集しており、その数2万系統にも達する(図2)。保存されているものの多くは生物多様性条約が発効した93年以前に収集されたものだが、その後も各国の研究機関と提携して貴重な種子を収集してきた。今後は新品種の登録にゲノム情報が必要となる時代が訪れるかもしれない。有用な遺伝子資源に対する価値を正しく認識することが、デジタル育種の可能性を広げていく。

世界最大の貯蔵庫 現代版「ノアの箱舟」

ゲノム解読と並行してオオムギの種子の保全も重要な課題だ。気候変動で生物種の絶滅が危惧されるが、農作物も気候や時代のニーズに合わず育てる人がいなくなれば、いつの間にか失われる。かつて日本でも盛んに栽培されていたオオムギも、現在ではわずかに10品種程度が栽培されているのみだ。岡山大学は生命科学の研究に供するサンプルを収集、保存、提供する文部科学省の「ナショナルバイオリソースプロジェクト」に参加し、国内外のオオムギ研究者に種子サンプルの提供も行う。

このサンプルは災害などに備えて農業・食品産業技術総合研究機構の長期種子貯蔵施設に重複保存されているほか、北極圏にある世界最大の種子貯蔵施設「スバルバル世界種子貯蔵庫」に約5000点が預託されている(図3)。「世界中から10万点ものオオムギ種子が保存されており、現代



図3 北緯78度に位置するスピッツベルゲン島の「スバルバル世界種子貯蔵庫」は、予想されるさまざまな危機に備え、作物種子の喪失を防ぐ目的で設立された。2014年に訪れた佐藤さんは、岡山大学資源植物科学研究所のオオムギ種子575系統(各300粒)を収納し、その後計5000系統余りを預託した。現在100万系統以上の作物種子が貯蔵されており、万が一、事故や紛争等で世界各地の種子が失われても栽培が再開できるよう支援する。



版『ノアの箱舟』といわれています。中でも岡山大学のものは系統管理が厳密になされ、由来も正確な種子だと世界的に高く評価されています」と佐藤さんは胸を張る。

実際に岡山大学で保存されていた種子が役立つ事例もある。アフリカのエチオピアでは化学肥料の過剰使用による土壌の酸性化で、主食であるオオムギの収量が大幅に減少している。そこで佐藤さんはエチオピアのハワッサ大学との共同研究で、日本古来の「むらさきもち」に酸性土壌耐性があることを発見し、現地のオオムギと掛け合わせた新品種開発を行っている。「むらさきもち」は火山灰の多い日

本の土壌で育つ中で酸性耐性を獲得したと考えられるが、現在日本ではほとんど栽培されていない。「長く種子が保存されていたからこそこの成果です。今後も種子や耐性遺伝子を選抜する技術を提供し、世界に貢献していきたいです」と力強く語る。

ビール用途で新品種開発 プラスチック代替も視野

産業用途の研究開発にも岡山大学のオオムギコレクションは威力を発揮する。サッポロビール(東京都渋谷区)との共同研究から生まれたオオムギの新品種「きたのほし」もその1つだ。

ビールは新鮮なものほどおいしいといわれるのは、時間が経つとオオムギに含まれる酵素がビールに含まれる脂質を酸化し風味を損なうためだ。この酵素を持たない品種をコレクションから見つけ、ビールに適した品種「きたのほし」が開発された。

さまざまな産業資源としても利用できる高バイオマスな新品種の実現も期待されている。オオムギは自分自身の花粉を受粉する「自殖」も可能だが、別系統の花粉と交雑した雑種のバイオマス生産が高いので、意図的に交雑した雑種を作っている。しかしオオムギは開花する程度が小さく、別系統のおしべから受粉する花の数が少ないため、種子の価格が高くなっていった。

こうした問題を解決するため、佐藤さんはオオムギの開花に関わる遺伝子の研究も進めている。花が開きやすい超開花性のオオムギができれば、安価な種子を供給できる。価格が下がればオオムギの生産も盛んになり、石油由来のプラスチックに代わる材料としての利用や、実だけでなく茎を原料にした紙や建築資材への活用も期待できる(図4)。「岡山大学ではこれまでの研究で穂や茎などのバイオマス生産が高い雑種オオムギを見つけ、さらに超開花性の高バイオマス品種ができれば、低炭素社会の実現に大きく貢献できます」と力強く展望を語る。未来に多くの資源と適切な情報を残すために、佐藤さんはオオムギと共に、農業の新しい形を模索し続ける。

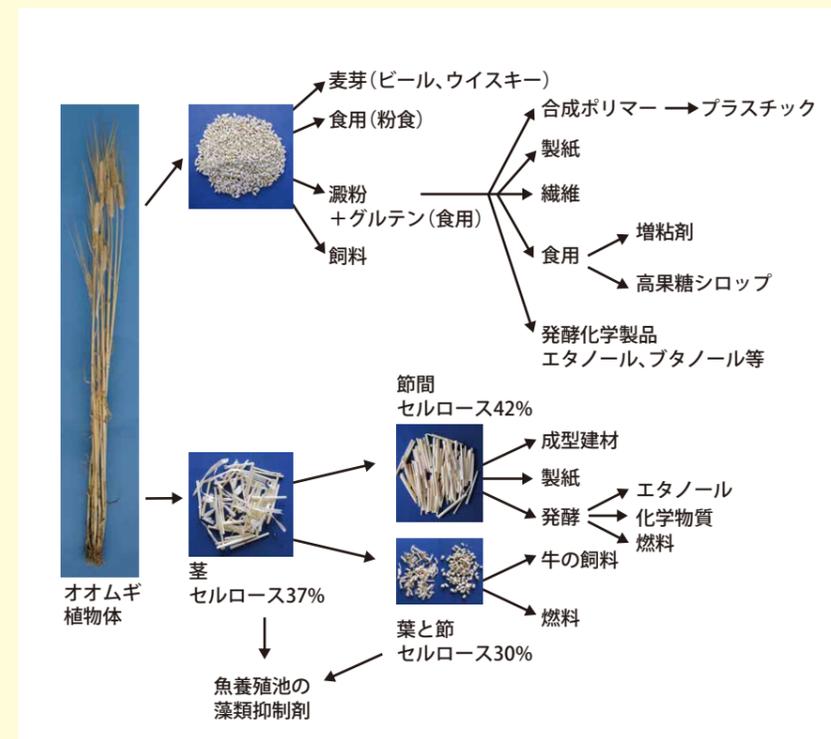


図4 オオムギは食用や飼料以外にも多くの用途が期待されている。