



## PRESS RELEASE

本リリースは以下に配信しています。

岡山大学記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会、  
筑波研究学園都市記者会、農政クラブ、農林記者会、  
農業技術クラブ

令和元年 7 月 24 日

岡 山 大 学  
農 研 機 構

**報道解禁：令和元年 7 月 31 日（水）午前 0 時（新聞は 31 日朝刊より）**

### ＜ゲノム編集で迅速にコムギの特性を改良＞ ー収穫前の雨で発芽せず良質な小麦生産に向けてー

#### ◆発表のポイント

- ・ゲノム編集を用いて、コムギの特性の改良に国内ではじめて成功しました。
- ・オオムギの遺伝子情報でコムギの特性の改良ができることを示しました。
- ・同じ役割をもつ、3つの遺伝子全てを1年あまりで改変できました。

岡山大学資源植物科学研究所の佐藤和広教授、農研機構（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）の安倍史高主任研究員らの共同研究グループは、コムギの特性の改良にゲノム編集技術を利用することで、収穫時期に雨に濡れても発芽しにくい（休眠が長い）植物体を短期間のうちに開発することに成功しました。複雑なゲノムを持つコムギの特性の改良のため、より単純なゲノムを持つオオムギで発見された遺伝子情報が役立ちました。この手法は、他の植物種の遺伝子情報をもとに、コムギにおいて重複している遺伝子を一度に変えて新たな特性を生み出すための技術として注目されます。本研究成果は 7 月 30 日（米国東海岸時間午前 11 時）、「Cell Reports」電子版に公開されます。

日本や北欧など収穫期に雨の多い地域では、休眠が短い品種などで、穂についたまま芽の出る穂発芽（ほはつが）が発生しコムギの生産に大きな損害が出ています。

コムギの中には穂発芽耐性の改良に役立つような遺伝資源は少なく、本研究成果によって、オオムギなど近縁の植物の遺伝子情報を活用した効率的なコムギの品種開発の可能性が示されました。

## PRESS RELEASE

## ■発表内容

## ＜現状＞

コムギはイネ、トウモロコシとならんで人類の主食をまかなう重要な作物です。コムギは、6千年以上前に3種類の異なる植物が自然に掛け合わさってできたことがわかっていて、3種類のゲノム<sup>1)</sup>をもちます。それぞれのゲノムは7対の染色体からなり、Aゲノム、Bゲノム、Dゲノムとよばれます(図1)。各ゲノムで同じ役割をもつ遺伝子<sup>2)</sup>は完全に同じではないものの良く似た配列で、さらに、最近の研究から、同じく7対の染色体をもつオオムギ(Hゲノム)とも同じ祖先を持ち、配列がよく似ていることがわかってきました。コムギのように類似した遺伝子を重複して持つ植物では、ある特性を改良するには、通常各ゲノムの遺伝子を区別してそれぞれ全てを変える必要があります。このため、オオムギのように1対の遺伝子しかもたない作物にくらべて、コムギでは特性を左右する遺伝子を決めたり、遺伝子鑑定でその特性を選んだりすることは困難でした。これまでは、たいへんな労力と時間をかけて、それぞれの遺伝子が変化した植物を探し、それらを掛け合わせて品種改良に使ってきました。ゲノム編集<sup>3)</sup>技術は、生物がもともと持っている遺伝子の特定の配列を狙って変えることができます。目標とする遺伝子の配列が同じであれば、一度に複数の遺伝子配列が変えられる新しい技術です。そこで、本研究ではコムギの重複する遺伝子を効率的に変えるためにゲノム編集技術を活用することを試みました。

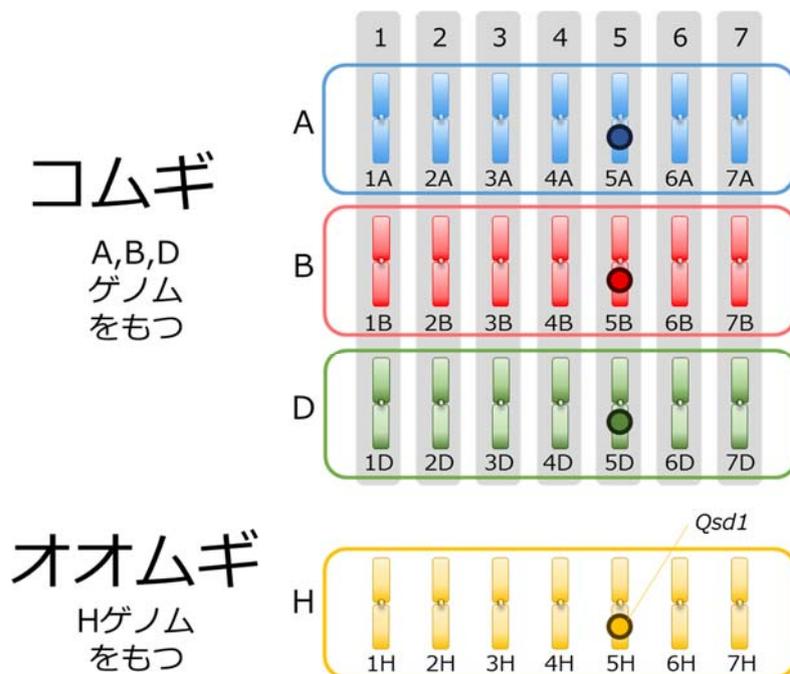


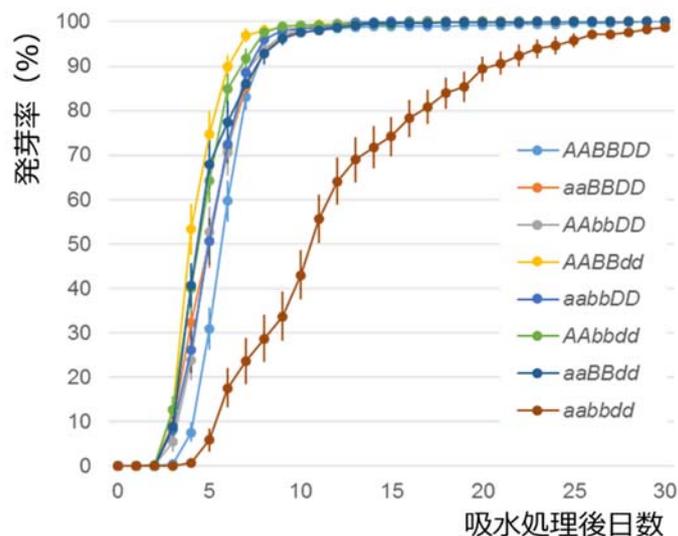
図1 コムギとオオムギは共通の祖先から3百万年前ころに分かれたとされており、それぞれ7対の染色体からなる類似したゲノムを、コムギは3組、オオムギは1組もっています。オオムギの5番目の(5H)染色体には種子休眠<sup>4)</sup>を変える *Qsd1* (キューエスディーワン) があることがわかっていましたが(○印)、コムギでは同じ祖先をもつ遺伝子配列に種子休眠を変える作用があることは知られていませんでした。

## PRESS RELEASE

### <研究成果の内容>

この技術を確認するために、岡山大学がオオムギで発見した種子休眠<sup>4)</sup>に関わる遺伝子「*Qsd1* (キューイステイワン)」の塩基 (DNA) 配列を使用しました。オオムギでは *Qsd1* 遺伝子が働かなくなると種子の休眠が長くなることがわかっていました。そこで、本研究では、まず、コムギの3つのゲノムにそれぞれ存在する *Qsd1* 遺伝子と一番似ている遺伝子の塩基配列を解読しました (図1)。そして、これら3つの遺伝子に共通する塩基配列に着目し、3つの遺伝子に一度に変異<sup>2)</sup>を導入して種子の休眠を長くすることを目指しました。ちなみにオオムギでは *Qsd1* 遺伝子の構造が明らかになる前から遺伝子の存在自体はよく知られていましたが、コムギでは3つの遺伝子が役割を補完しあって、種子の休眠との関係を調べるのが難しいこともあって、これまでの研究では休眠に関係することは全く知られていませんでした。

本研究では CRISPR/Cas9 (クリスパーキャスイン)<sup>5)</sup> とよばれるゲノム編集のための遺伝子をアグロバクテリウム<sup>6)</sup> という微生物を使ってコムギのゲノムに組み込んで、効率よく休眠に関わる遺伝子の配列を変えることに取り組みました。その結果、3つの遺伝子の全てが変わった植物を得ることに成功しました。さらに、その植物とゲノム編集に使った親を交配してできた子供の子供、つまり孫の世代で、3つの遺伝子の変化について全ての組合せを持つ植物をそれぞれ作ることができました。3つの遺伝子の1つだけが変化した植物3種類、2つが変化した植物3種類、3つ全てが変化した植物1種類、そして全く変化がない植物1種類、計8種類の植物になります。ここまでにかかった期間は1年2ヶ月で、品種改良技術としては極めて短期間のうちに3つの遺伝子全てを変えることができました。これらの植物を同時に育てて種子を収穫し、休眠の長さを比較したところ、3つ全ての遺伝子が変わった植物は他の植物に比べて明らかに発芽が遅れることが観察されました (図2の *aabbdd*)。穂の状態の水を吹きかけて濡らした状態で放置し、雨濡れを人工的に起こした場合にも、3つ全ての遺伝子が変わった植物では変化していない植物に比べて明らかに発芽が遅くなりました (図3)。一方で、植物の大きさなど、その他の性質については全ての植物で明らかな違いは見られませんでした。



Cell Reports の Abe et. al. (2019) より作成

図2 A,B,D ゲノムの遺伝子と変異した a,b,d をもつ個体の種子発芽の遅れ (休眠程度)

## PRESS RELEASE



図3 A,B,D ゲノムに変異を持つ植物（左）の種子休眠による発芽の遅れ

## &lt;社会的な意義&gt;

種子の休眠が長いことは収穫時の降雨によって穀物が発芽するいわゆる「穂発芽」<sup>4)</sup>を防ぐために最も重要な特性です。日本において穂発芽による経済損失は、新しいところでは平成 28 年の北海道で 140 億円にのぼっています。コムギでは穂発芽に耐性をもつ品種が少なく、世界中に保存されている数十万とされる遺伝資源の中でも長い休眠をもつコムギはほとんどありません。本研究では、コムギではこれまで知られていなかった休眠にかかわる遺伝子を、遺伝子やゲノムの配列の類似したオオムギの情報によって選びました。さらに、最新のゲノム編集技術を使うことによって、コムギのもつ 3 種類のゲノムに含まれる遺伝子配列を一度に変えて、明らかに休眠が長くなり穂発芽に耐性を持つ植物を得ることに成功しました。また、このような新たな植物を得るまでに 1 年あまりの短い期間しか必要としませんでした。

コムギのように複数のゲノムをもつ植物は全体の四分の一ほどであると推定されており、重要な作物が多く含まれています。今回の成果は、経済的効果および技術開発の意義が大きく、これまで長い時間と労力をかけていた品種改良を効率化させる技術の一つとして今後活用されることが期待されます。



## PRESS RELEASE

### ■論文情報

論文名 : Genome-edited triple recessive mutation alters seed dormancy in wheat

邦文題名「ゲノム編集による三重変異でコムギの種子休眠が変わる」

掲載紙 : *Cell Reports*

著者 : Fumitaka Abe<sup>1</sup>, Emdadul Haque<sup>1</sup>, Hiroshi Hisano<sup>2</sup>, Tsuyoshi Tanaka<sup>1</sup>, Yoko Kamiya<sup>3</sup>, Masafumi Mikami<sup>4</sup>, Kanako Kawaura<sup>3</sup>, Masaki Endo<sup>4</sup>, Kazumitsu Onishi<sup>5</sup>, Takeshi Hayashi<sup>1</sup> and Kazuhiro Sato<sup>2</sup>

所属

<sup>1</sup> Institute of Crop Science, NARO, Tsukuba, 305-8518, Japan

農研機構次世代作物開発研究センター

<sup>2</sup> Institute of Plant Science and Resources, Okayama University, Kurashiki, 710-0046, Japan

岡山大学資源植物科学研究所

<sup>3</sup> Kihara Institute for Biological Research, Yokohama City University, Yokohama, 244-0813 Japan

横浜市立大学木原生物学研究所

<sup>4</sup> Institute of Agrobiological Sciences, NARO, Tsukuba, 305-8602, Japan

農研機構生物機能利用研究部門

<sup>5</sup> Department of Agro-Environmental Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro, 080-8555, Japan

帯広畜産大学環境農学研究部門

U R L : <http://cellreports.cell.com>

D O I : <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2019.06.090>

### ■研究資金

本研究は、内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「次世代農林水産業創造技術」(管理法人: 生研支援センター) および独立行政法人日本学術振興会 (JSPS)「科学研究費助成事業」(基盤研究 (A)・19H00943, 研究代表: 佐藤和広) の支援を受けて実施しました。

### ■関連出願特許

名称 : 植物の種子休眠性を支配する Qsd1 遺伝子およびその利用

出願番号 : 特願 2011-259028 号

出願日 : 2011 年 11 月 28 日

登録 : 特許番号 6188074 号 2017 年 8 月 10 日

出願人 : 国立大学法人岡山大学、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構



## PRESS RELEASE

### ■補足・用語説明

#### <用語説明>

##### 1) ゲノム

それぞれの生物が持つ遺伝情報の一セット。全 DNA 塩基配列を指すこともあります。

##### 2) 遺伝子と変異

遺伝子は、「メンデルの法則」で有名なメンデルが、親から子へ受け継がれていく遺伝物質として仮定した因子であり、実際には DNA 配列の一部を指します。細胞中の蛋白質を構成するアミノ酸の配列は遺伝子の DNA 配列が決めています。このため遺伝子は蛋白質の設計図であり、蛋白質がいろいろな機能を発揮することを通じて生物の形質を決定しています。遺伝子の変異は塩基配列が変化することで、この変異によっては蛋白質の性質の変化が引き起こされることがあります。

##### 3) ゲノム編集

DNA を切断する酵素等を用い、特定の遺伝子配列を標的として、その遺伝子配列内に変異を導入する技術。標的とした遺伝子以外への変異の導入は極めて少ないことが知られています。ゲノム編集では、変異を導入するために外から組み込んだ遺伝子は除くことが可能であり、また最近では、外来遺伝子を組み込まない技術も確立されつつあるため、この技術で出来た植物は従来の突然変異（育種）により生じた植物（品種）と遺伝子配列上の違いがありません。

##### 4) 種子休眠と穂発芽

種子休眠とは、植物の種子が発芽に適した条件（温度、水分）においても発芽しないこと。休眠が短いと、コムギでは穂に種子がついたまま発芽してしまう「穂発芽」が起こりやすくなります。穂発芽したコムギから製粉した小麦粉は品質が劣化して、利用価値が著しく下がってしまいます。

##### 5) CRISPR/Cas9

ゲノム編集技術の手法の一つ。細菌など原核生物の持つ免疫系を活用して、DNA を切断するハサミの役割を果たします。使用に際して設計が容易なこと、効率が高いことなどからゲノム編集技術の中で最も多用されています。

##### 6) アグロバクテリウム

土壌細菌の一種で、宿主となる植物に感染し、自身の持つ植物細胞の増殖を促す遺伝子と自身の栄養を合成する遺伝子を宿主に組み込み、そこで増殖する微生物。遺伝子配列を置き換えることで、外から植物に目的とする遺伝子を組み込むことが可能となります。



## PRESS RELEASE

### <お問い合わせ>

#### 研究に関すること

国立大学法人岡山大学 資源植物科学研究所 教授 佐藤 和広

(電話番号) 086-434-1244 (メール) kzsato@okayama-u.ac.jp

農研機構 次世代作物開発研究センター 主任研究員 安倍 史高

(電話番号) 029-838-8693 (メール) fabe@affrc.go.jp

#### 広報に関すること

岡山大学 総務・企画部広報課

(電話番号) 086-251-7293 (メール) www-adm@adm.okayama-u.ac.jp

農研機構 次世代作物開発研究センター 広報プランナー

(電話番号) 029-838-8942 (メール) www-nics@naro.affrc.go.jp



岡山大学  
OKAYAMA UNIVERSITY



岡山大学は、国連の「持続可能な開発目標 (SDGs)」を支援しています。