



PRESS RELEASE

岡山大学記者クラブ

文部科学記者会

科学記者会

御中

令和3年9月29日

岡山大学

ゲノム編集技術によってオオムギの種子休眠の長さを調節することに成功！ ビール醸造に適した穂発芽に強いオオムギの開発に期待

◆発表のポイント

- ・ゲノム編集技術（CRISPR/Cas9法）により、種子発芽を促進する遺伝子 *Qsd1* および *Qsd2* が働かない変異オオムギを作成しました。
- ・変異オオムギは野生型（元の品種）に比べて発芽が抑えられるので、種子の休眠が長くなっていることが示されました。
- ・本研究成果は、ビール醸造に適した品種や収穫前に発芽してしまう「穂発芽（ほはつが）」に強い品種の開発に貢献します。

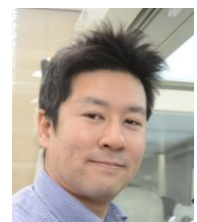
岡山大学資源植物科学研究所の久野裕准教授、農研機構（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）およびドイツ・ライプニッツ植物遺伝作物学研究所の国際共同研究グループは、ゲノム編集技術 CRISPR/Cas9（クリスパー・キャスナイン）法によって種子休眠性遺伝子への変異導入に成功し、種子休眠が長くなったオオムギを開発しました。これらの成果は、8月29日、英国の植物バイオテクノロジー専門誌「*Plant Biotechnology Journal*」の Research Article としてオンラインで早期公開されました。

ビールやウイスキーの原料となる醸造用オオムギは、種子休眠が短く一斉に発芽する品種が選ばれてきました。一方で、日本などの収穫期に雨の多い地域では、休眠が短い品種が収穫前に発芽してしまう「穂発芽」が発生し、品質低下などの農業被害が出てしまいます。

オオムギの生産や醸造業にとって、種子休眠のバランスは非常に重要です。本研究成果によって、ゲノム編集技術を活用してオオムギの種子休眠の長さを調節する可能性が示され、穂発芽に強く醸造にも適した品種の開発が期待されます。

国内で初めてオオムギのゲノム編集に成功しました。最初は失敗続きで心も折れそうになりましたが、研究支援員、共同研究者そして様々な研究費によって長年支えて頂きました。この場を借りて感謝申し上げます。

研究室では大学院生を募集しています。岡山大植物研（倉敷）は、研究するには最適の場所です。私たちと一緒に研究しませんか？



久野 准教授



PRESS RELEASE

■発表内容

<現状>

オオムギは、栽培地域や用途によって種子休眠の長短（発芽しやすさ）に大きな差があります。ビールやウイスキーの原料となるオオムギは、麦芽の品質をそろえるために、種子休眠が短く一斉に発芽する品種が好まれます。一方、日本や北欧、北米の一部のように収穫期に雨の多い地域では、穂を収穫する前に種子が発芽する「穂発芽」がしばしば発生します。特に、種子休眠が短い品種は穂発芽被害が発生しやすく、種子の品質が低下するために大きな損害となります。このように、種子休眠の長さを制御することは、オオムギの生産や醸造業にとって非常に重要な課題です。

<研究成果の内容>

本研究では、ゲノム編集技術のひとつである CRISPR/Cas9 法によって、オオムギの種子休眠の長さを支配している *Qsd1*（キューエスディーワン）および *Qsd2*（キューエスディーツー）遺伝子の DNA 配列の一部を改変することに成功しました（図 1）。また、これらの改変によって *Qsd1* または *Qsd2* 遺伝子の機能を失ったゲノム編集オオムギ（変異体）は、発芽が遅延する、すなわち休眠が長くなることを明らかにしました（図 2）。

さらに変異体同士を交雑し、*Qsd1* と *Qsd2* の両方の機能を失った二重変異体を作成しました。オオムギが発芽しやすい低温条件においても野生型に比べて変異体の発芽は遅延しましたが、中でも *Qsd2* 変異体の発芽遅延は顕著でした（図 3）。*Qsd1* と *Qsd2* の発芽への貢献度の違いはこれまで明らかにされていませんでしたが、ゲノム編集技術によって同一の品種の 1 つの遺伝子だけを改変することが可能となったため、本研究で明らかにできました。人工的な穂発芽試験を行った結果、野生型は容易に発芽しましたが、単一ならびに二重変異体は全く発芽しなかったことから、いずれも穂発芽に強い耐性を持つことが示されました（図 4）。

*Qsd1*のDNA配列

野生型 GGAGATCGCCAGGCACG CAG
変異1 GGAGATCGCCAGGCACGTCAG
変異2 GGAGATCGCCAGGCAC- CAG
変異3 GGAGATCGCCAGGC--- CAG

*Qsd2*のDNA配列

野生型 CAAGGGCGGCGTCAGCA CCA
変異1 CAAGGGCGGCGTCAGCAACCA
変異2 CAAGGGCGGCGTCAGC- CCA
変異3 CA-----A

図 1 ゲノム編集技術により *Qsd1* および *Qsd2* に導入された変異の種類の場合

「野生型」は元の品種の DNA 配列（太字）、「変異 1~3」はゲノム編集技術によって作成された変異体の DNA 配列で、赤で示した文字は塩基の挿入(T:チミン, A:アデニン)または塩基の欠失(-)を示しています。DNA 分子は T, A のほかに G:グアニンと C:シトシンによって構成されています。



図2 野生型オオムギ（左）およびゲノム編集オオムギ（右）の発芽試験の様子

野生型オオムギはほぼ発芽していますが、ゲノム編集オオムギは全く発芽していません。すなわち、ゲノム編集オオムギは休眠が長くなっていることを示しています（写真は吸水から7日目の様子）。

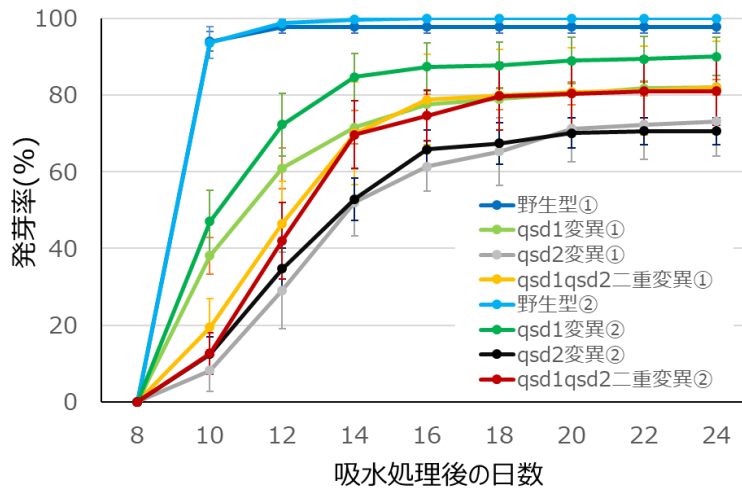


図3 野生型オオムギおよびゲノム編集オオムギ（変異体）の4°Cでの発芽率の推移

発芽率が高いほど休眠が短いことを示しています。野生型（青と水色）は吸水後10日目ではほぼ100%発芽していますが、変異体はどれも発芽が遅れており、休眠が長くなっていることが判ります。特に *Qsd2* の機能を失った変異オオムギ(*qsd2*)は最も発芽が遅くなりました。



図 4 野生型オオムギおよびゲノム編集オオムギを用いた穂発芽試験の様子

野生型オオムギは容易に発芽しますが、ゲノム編集オオムギ（変異体）はいずれも発芽しませんでした（写真は湿らせた土の上に置いて 11 日目の様子）。

<社会的な意義>

私たちの研究は、オオムギの種子休眠を支配する遺伝子の一部をゲノム編集技術で改変することにより、休眠の長さを調節できる可能性を示しました。本研究成果は、穂発芽に強く醸造利用にも適したオオムギの品種改良に大きく貢献します。

■論文情報

論文名：Regulation of germination by targeted mutagenesis of grain dormancy genes in barley

掲載紙：Plant Biotechnology Journal

著者：Hiroshi Hisano¹(責任著者), Robert E. Hoffie², Fumitaka Abe³, Hiromi Munemori¹, Takakazu Matsuura¹, Masaki Endo⁴, Masafumi Mikami⁴, Shingo Nakamura³, Jochen Kumlehn², Kazuhiro Sato¹

¹ Institute of Plant Science and Resources, Okayama University, Japan (岡山大学資源植物科学研究所)

² Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK), Germany (ドイツ・ライプニッツ植物遺伝作物研究所)

³ Institute of Crop Science, NARO, Japan (農研機構・作物研究部門)

⁴ Institute of Agrobiological Sciences, NARO, Japan (農研機構・生物機能利用研究部門)

D O I : 10.1111/pbi.13692

U R L : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/pbi.13692>

■研究資金

本研究は、岡山大学資源植物科学研究所の共同利用・共同研究「平成 29 年度国際共同研究」、日本学術振興会(JSPS)「科学研究費助成事業」(基盤研究 A・19H00943・代表：佐藤和広、基盤研究 B・



PRESS RELEASE

19H02930・代表：久野裕）、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」（管理人：生研支援センター）の支援を受けて実施しました

■補足・用語説明

- 1) 岡山大学プレスリリース：「オオムギの休眠を制御する新たな仕組みを発見 ー降雨による収穫前の発芽防止が可能にー」（2016.05.18）https://www.okayama-u.ac.jp/tp/release/release_id394.html
- 2) 岡山大学プレスリリース：「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」（2019.07.24）https://www.okayama-u.ac.jp/tp/release/release_id651.html

<ゲノムとゲノム編集>

ゲノムは、生物が生命活動するために必要な遺伝情報の1セット、またはその生物が持つDNA全体のことで、ゲノム編集は、特定のDNA配列を切断するように設計された酵素等を用いて、ゲノム上の目的の場所を切断することにより突然変異を人為的に誘発する（遺伝子を改変する）技術です。従来行われてきた放射線などによる人為突然変異技術ではランダムに変異が誘発されますが、ゲノム編集技術では特定の位置を狙って変異導入できます。

<CRISPR/Cas9法>

ゲノム編集技術のひとつで、DNA配列を切断する能力を持つCas9タンパク質と目的DNA配列に相同で案内役となる一本鎖RNAを組み合わせることで、特定のDNA配列に変異を誘発する手法です。CRISPR/Cas9によるゲノム編集法を開発したエマニュエル・シャルパンティエ博士とジェニファー・ダウドナ博士は2020年にノーベル化学賞を受賞しました。

<種子休眠と穂発芽>

種子休眠は、生育に適さない環境で発芽しないよう、多くの植物が持つ生存戦略のひとつです。種子休眠が長いオオムギ品種は、収穫して間もないものは発芽に適した環境（温度や水分）でも発芽しません。一方で、休眠が短い品種では穂に種子がついたまま発芽してしまう「穂発芽」が発生しやすくなります。穂発芽したオオムギ種子は品質が劣るため、麦芽や食用に利用できなくなります。

<お問い合わせ>

岡山大学資源植物科学研究所
准教授 久野 裕
(電話番号) 086-434-1243
(FAX) 086-434-1243



岡山大学は持続可能な開発目標(SDGs)を支援しています。