



平成28年5月16日  
岡山大学  
農研機構

## オオムギの休眠を制御する新たな仕組みを発見 —降雨による収穫前の発芽防止が可能に—

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）の小松田隆夫主席研究員らの国際共同研究グループは、オオムギの発芽を一定期間休止させる主要な種子休眠性遺伝子「*Qsd1*（キュー-イステイ-ワン）」の配列を特定。*Qsd1*が種子の胚の中で特異的に作用し、植物種子の休眠性では報告のないアラニンアミノ酸転移酵素を制御することで、休眠をコントロールする仕組みを世界で初めて突き止めました。また、300品種余りの遺伝子配列の比較解析によって、イスラエル付近（南レバント）の野生オオムギから醸造用のオオムギ（休眠の短い品種）の祖先が起源し、その後その中から、ビールなどの麦芽製造の際に休眠の短い突然変異品種が選抜され、世界各地に伝わった歴史も判明しました。本研究成果は5月18日（英国時間午前10時）、「*Nature Communications*」電子版に公開されました。

現在、世界で栽培されているオオムギは、地域やその用途によって種子休眠の長短に大きな差があります。ビールやウイスキー用のオオムギは、醸造を効率的に行うため、休眠が短く、一斉に発芽するものが適しています。一方、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。農業生産に大きな損害が出ています。

オオムギの休眠性を制御することは、オオムギの生産や醸造業にとって極めて重要な課題です。本研究成果によって、オオムギ品種の遺伝子配列の差を利用した種子休眠の調節が可能になり、穂発芽の防止や麦芽醸造に適したオオムギの品種開発が進むと大いに期待されます。

### <本研究のポイント>

- ① オオムギの発芽を一定期間休止させる主要な種子休眠性遺伝子「*Qsd1*」の配列を特定した。本遺伝子は、これまで植物種子の休眠性では報告のないアラニンアミノ酸転移を制御し、種子の胚のみで特異的に作用することで休眠をコントロールしていた。
- ② 醸造用のオオムギは、ビールやウイスキー用の麦芽醸造の際に休眠性の短い突然変異品種が選抜され、世界各地に伝わった歴史を持つことが判明した。
- ③ 穂発芽（ほはつが）の防止や、麦芽製造に適したオオムギの開発が可能となる。



## PRESS RELEASE

### <背景>

現在栽培されているオオムギの祖先となった野生オオムギは、中東を中心に自生しています。野生オオムギは秋から春にかけて生育しますが、成熟後、夏の高温乾燥を耐えるために発芽を一定期間休止し、数カ月を種子の状態休眠して過ごします。オオムギは1万年ほど前にこの野生オオムギから生まれ、世界各地に伝わりました。

岡山大学では約50年前からオオムギの種子休眠を研究しており、世界中の栽培オオムギと野生オオムギあわせて約5千品種の休眠程度を調査して、野生オオムギに長い種子休眠のあること、栽培オオムギの中にも地域や用途によって種子休眠の長短に大きな差があることを確認していました。さらに、その後の遺伝解析によって、種子休眠性には多数の遺伝子が関わっていることが示されていましたが、その遺伝子の構造や機能は分かっていませんでした。

### <業績>

岡山大学資源植物科学研究所の佐藤和広教授、農研機構の小松田隆夫主席研究員らの国際共同研究グループは、遺伝学的、分子生物学的な手法で、オオムギの発芽を一定期間休止させる主要な種子休眠性遺伝子 *Qsd1* を解析し、① *Qsd1* がアラニンアミノ酸転移酵素を制御すること、②醸造のための麦芽製造によって次第に休眠性が短い品種が選抜されたこと、③ *Qsd1* が種子の胚のみで特異的に働くことを見いだしました。

#### ① 種子休眠性遺伝子の同定と機能

今回、本研究グループはゲノム情報、遺伝学的解析、分子生物学的な証明を組み合わせた最新の科学技術を用いて、野生オオムギに存在する主要な種子休眠性に関わる *Qsd1* の DNA 配列を決定。遺伝解析に用いた種子休眠に差のある品種の遺伝子配列を解析し、遺伝子内のアミノ酸の1つが変化して休眠性遺伝子が休眠型から非休眠型に変わることを突き止めました。

さらに、種子休眠性遺伝子 *Qsd1* はこれまで植物種子の休眠性では報告のないアラニンアミノ酸転移酵素を制御することを発見しました。従来、植物の種子の休眠にはアブシジン酸 (ABA) などの植物ホルモンが関わっていると

考えられていました。しかし、今回解析されたオオムギの種子休眠性遺伝子は、植物ホルモンの作用とは直接的に関わりのない原因で制御されていることがわかりました。

#### ② 種子休眠は醸造によって短くなった

世界中から集めた300品種あまりの野生オオムギと栽培オオムギの *Qsd1* 遺伝子配列を比較すると、休眠性が短くなった品種では同じ部分の配列が変異してアミノ酸が変わり、





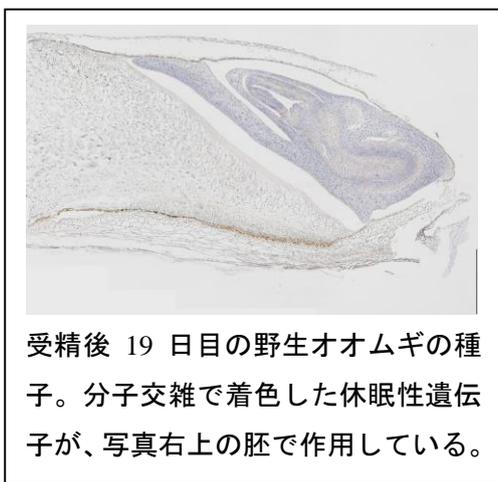
## PRESS RELEASE

別のタンパク質として発芽を促進することがわかりました。これらの休眠の短い品種の多くは醸造用で、遺伝子配列を解読した進化解析の結果、その祖先はイスラエル付近（南レバント）の野生オオムギに起源することが示されました。イスラエル起源の野生オオムギは、その後、栽培オオムギとしてヨーロッパに伝わり、チェコや英国を中心に醸造用オオムギとして改良された際に休眠性が短くなり、近代になって日本を含む世界各地に伝わったことがわかりました。

### ③ 種子休眠遺伝子は胚でのみ働く

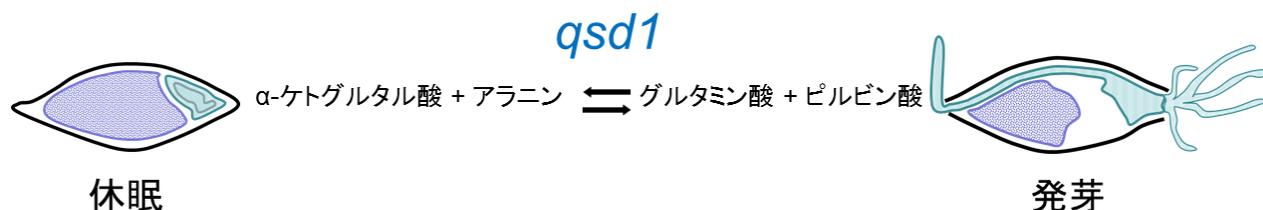
オオムギにはアラニンアミノ酸転写酵素遺伝子が5種類（*Qsd1*を含む）があると報告されています。本酵素は、ピルビン酸とグルタミン酸をアラニンなどに相互変換する機能を持ち、種子や葉、根など、生育の全期間を通じて働いています。

しかし、本研究で解析した *Qsd1* は、これまで報告されているオオムギのアラニン酸転写



酵素遺伝子と異なり、種子が成熟するに従って、種子中の胚で特異的に作用することがわかりました（左写真）。オオムギは、本遺伝子が胚で特異的に作用することで、アラニンの代謝を制御し、種子の休眠の長さを調節する仕組みを持つことを発見しました（下図）。

他の植物にもアラニンアミノ酸転写酵素遺伝子が存在し、特にイネの遺伝子の中にはオオムギと同じように胚で働く遺伝子も含まれていますが、アラニアミノ酸転写酵素遺伝子が休眠に作用するという報告はこれまでありませんでした。



### <見込まれる成果>

栽培オオムギには休眠の長短があり、遺伝子配列の違いによってこれらの差が生じていると考えられます。ビールやウイスキー用の麦芽を造るオオムギは休眠が短く、同じタイミングで斉一に発芽する必要があります。一方、日本や北欧など収穫期に雨の多い地域のオオムギ生産では、穂についたまま芽の出る穂発芽が大きな障害となっています。

本研究成果を用いて遺伝子鑑定による休眠性の長短を制御することで、醸造業や収穫時に雨の多い地域のオオムギ生産に貢献することが期待されます。



岡山大学

OKAYAMA UNIVERSITY



農研機構

## 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

農研機構次世代作物開発研究センター 主席研究員 小松田 隆 夫

上級研究員 中 村 信 吾

(電話番号) 029-838-7482

#### 広報に関すること

岡山大学広報・情報戦略室

(電話番号) 086-251-7293

農研機構連携広報部広報課

(電話番号) 029-838-8988

### <論文情報>

論 文 名 : " Alanine aminotransferase controls seed dormancy in barley "

「オオムギの種子休眠性はアラニンアミノ酸転写酵素で調節されている」

著 者 : Kazuhiro Sato<sup>\*1</sup>, Miki Yamane<sup>1</sup>, Nami Yamaji<sup>1</sup>, Hiroyuki Kanamori<sup>2</sup>, Akemi Tagiri<sup>2</sup>, Julian G. Schwerdt<sup>3</sup>, Geoffrey B. Fincher<sup>3</sup>, Takashi Matsumoto<sup>2</sup>, Kazuyoshi Takeda<sup>1</sup>, and Takao Komatsuda<sup>2</sup> (\*責任著者)

1 Institute of Plant Science and Resources, Okayama University, 710-0046 Kurashiki, Japan  
(岡山大学資源植物科学研究所)

2 National Institute of Agrobiological Sciences, 305-8602 Tsukuba, Japan  
(農業生物資源研究所、現：農研機構)

3 ARC Centre of Excellence in Plant Cell Walls, School of Agriculture, Food and Wine, University of Adelaide, Waite Campus Glen Osmond, SA 5066, Australia (豪・アデレード大)

発 表 誌 : *Nature Communications*

D O I : 10.1038/NCOMMS11625

<http://www.nature.com/naturecommunications>



## PRESS RELEASE

### <予算>

科学技術振興機構戦略的基礎研究創造事業「植物の機能と制御」(平成 12-17 年度)

農林水産省委託プロジェクト「アグリ・ゲノム研究の総合的な推進」(平成 17-19 年度)

農林水産省委託プロジェクト「新農業展開ゲノムプロジェクト」(平成 21-24 年度)

農林水産省委託プロジェクト「次世代ゲノム基盤プロジェクト」(平成 25-29 年度)

### <特許>

特許番号 4298538 休眠性に関与する遺伝子座に連鎖する遺伝マーカーおよびその利用

特願 2013-547167 植物の種子休眠性を支配する Q s d 1 遺伝子およびその利用

### <用語説明>

#### 遺伝子と突然変異

「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するものです。遺伝子の突然変異は塩基配列が変化することによって蛋白質の性質が変化する現象です。

#### 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。

#### 胚

種子の主な器官には、栄養分を蓄える胚乳、次の世代の芽や根の原基である胚、それを覆う種皮などがあり、発芽の際には胚乳の養分によって胚から根と芽が出ます。

#### アラニンアミノ酸転移酵素

アラニンはオオムギの発芽に必要で、アラニンアミノ酸転移酵素はピルビン酸とグルタミン酸をアラニンと  $\alpha$ -ケトグルタル酸に相互変換する酵素です。

#### 麦芽

オオムギの種子を発芽させて根が出た状態で乾燥し、根を除いたもの。粉碎して水を加え、麦芽中の酵素で種子中のデンプンを糖化し、その後酵母とホップを加えて発酵したものがビールとなります。