



令和 6 年 9 月 26 日

デンプン粒子の形を変える遺伝変異の発見

◆発表のポイント

- ・ 種子に蓄積するデンプン粒の形が変化した複数のオオムギの変異体を発見しました。
- ・ これらの変異は、単独でもデンプン粒の形を変化させますが、二つの変異を組み合わせることでより劇的にデンプン粒の形を変えたり、また組み合わせによっては変異の効果を弱めたりすることが分かりました。
- ・ デンプン粒の形は、デンプンの精製効率や加工特性等に影響する重要形質です。今回得られた知見や材料は、デンプン粒の形を人為的にデザインする技術につながる可能性があります。

デンプンはブドウ糖（グルコース）が鎖のようにつながった物質で、あるところではグルコースが直線状に、またあるところでは枝分かれしてつながっています。デンプンは穀物の種子中の70%以上を占めていて、植物が発芽する時のエネルギー源として使われます。穀物の種子は人間にとって主食であり、デンプンは人類にとっても大切なエネルギー源です。

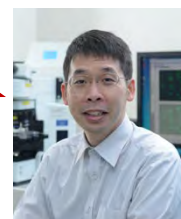
デンプンは漢字で書くと「沈殿する粉」という意味の「殿粉」になり、細胞内では不溶性で、デンプン粒という粒子を形成します。私たちは、種子中のデンプン粒を簡便に観察する方法を用いて、デンプン粒の形が普通品種と異なる変異体の探索を行いました。

今回、普通品種のオオムギよりもデンプン粒が細長くなる *hvbe2a* 変異体を単離しました。*hvbe2a* 変異体では、デンプンのグルコース鎖の枝分かれを作る酵素の遺伝子に変異が生じていました。以前単離していたデンプン粒の形が普通品種と異なる *hvisal* 変異体（注1）や *hvflo6* 変異体（注2）との交配により多重変異体を作成した結果、*hvbe2a* 変異は *hvisal* 変異の効果を打ち消すこと、また *hvbe2a* 変異と *hvflo6* 変異を組み合わせると表現型が相加的にあらわれることを、岡山大学資源植物科学研究所の松島 良准教授らが明らかにしました。これらの単独変異体や多重変異体では、普通品種とは異なるさまざまな形のデンプン粒が形成されました。デンプン粒の形は、デンプンの精製効率や加工特性等に影響する形質であり、今回の知見はデンプン粒の形の人為的なデザイン技術につながる可能性があります。

本研究成果は、日本時間 8 月 31 日、国際科学雑誌「*Theoretical and Applied Genetics*」オンライン版で早期公開されました。

◆研究者からのひとこと

これまでにデンプン粒を簡便に観察する方法を開発し、イネとオオムギを用いてデンプン粒の形に関係する変異体の単離を行ってきました。同じ方法を用いれば、他の作物でもデンプン粒の形に関係する突然変異体を単離できると思います。モチ米やスイートコーンのように長く愛されるデンプン関連の変異体を開発したいと思っています。



松島 准教授

PRESS RELEASE

■発表内容

＜背景＞

デンプンはグルコースが鎖のようにつながっている物質です。種子のデンプンは我々の主食としてだけでなく、甘味料、増粘剤、接着剤、印刷改良剤といった加工製品としても利用されています。デンプンは不溶性のため細胞内では粒子を形成します。この粒子は「デンプン粒」と呼ばれています。デンプン粒の形は植物の種類によって決まっています。例えば、イネの種子のデンプン粒は複数の小型のデンプン粒子が集合して出来ており複粒型と呼ばれています。一方、オオムギのデンプン粒は1つのデンプン粒子からできていて単粒型と呼ばれています（図1）。

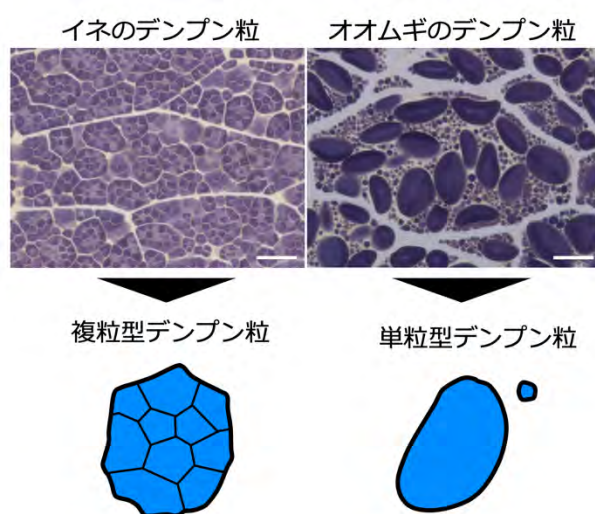


図1 イネとオオムギのデンプン粒の形の
違い

イネとオオムギの穀粒から厚さ1 μm の切片を作成して、ヨウ素溶液でデンプン粒を染色した。紫色に染色されているのがデンプン粒。イネのデンプン粒は、複数の小型のデンプン粒子が集合して出来ており複粒型と呼ばれている。一方、オオムギのデンプン粒は1つのデンプン粒子からできていて単粒型と呼ばれている。スケールバー = 20 μm 。

デンプン粒の形は、デンプンの精製効率や加工特性等に影響することが知られており、デンプン粒の形が変わる変異体では、普通品種と異なるデンプン特性を示します。発表者らはこれまでにデンプン粒の形を簡便に観察する方法を開発しており、この方法を用いてデンプン粒の形が普通品種と異なる変異体の探索を行っています。これまでに、オオムギの普通品種では見られない複粒型デンプン粒を発達する *hvisal* 変異体と *hyflo6* 変異体を単離していました（Matsushima et al. 2023）。

＜研究成果の内容＞

今回新たに、オオムギ普通品種よりも細長いデンプン粒が多く形成される *hvbe2a* 変異体を単離しました。*hvbe2a* 変異体では、デンプンのグルコース鎖の枝分かれを作るための酵素をコードする遺伝子に変異が有りました。*hvbe2a* 変異体ではデンプン粒の形だけではなく、デンプンの消化性ならびにグルコースの鎖の長さの分布が普通品種と異なることも分かりました。以前私たちが単離した複粒型デンプン粒が増える *hvisal* 変異体と *hyflo6* 変異体との遺伝的な相互作用を明らかにするために、人工交配を行い、3つの変異体の全ての組み合わせで二重変異体ならびに三重変異体を作成しました。その結果、*hvbe2a* 変異は *hvisal* 変異の効果打ち消すこと、*hvbe2a* 変異と *hyflo6* 変異を組み合わせると表現型が相加的にあらわれることを明らかにしました。これらの変異体のデンプン粒の形は、著しい多様性を示しました（図2）。

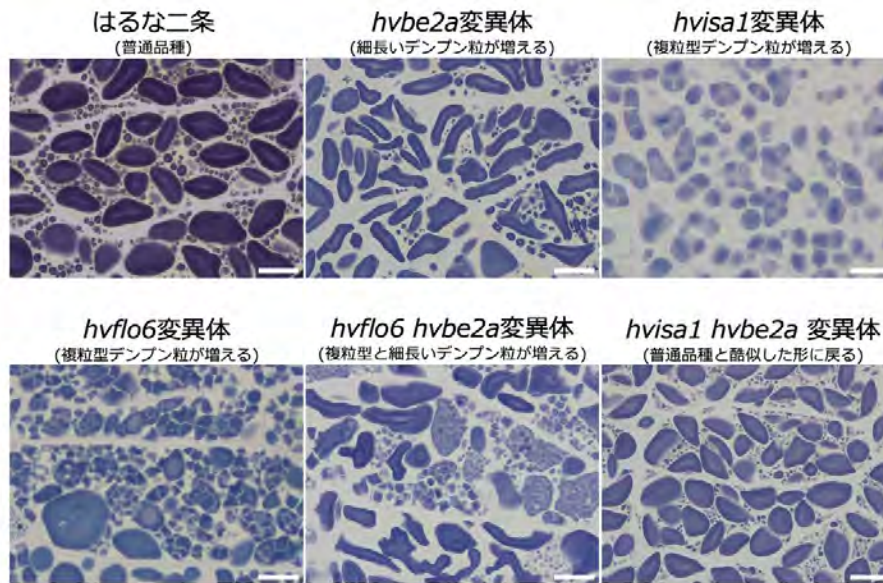


図2 今回作出したデンプン粒の形が変化したオオムギ突然変異体

はるな二条 (野生型)では、レンズ型の大デンプン粒と球形の小澱粉粒が形成される。*hvbe2a*、*hvisa1*、*hvflo6*各変異体では、それぞれ野生型とは異なる形のデンプン粒を形成する。二重変異体にすることで、デンプン粒の形はさらに変化したり、変異の効果が弱まったりする。スケールバー = 20 μ m。

今回の結果と以前の研究成果を合わせると、オオムギでは *hvflo6* 変異は *hvisa1* 変異による表現型を高進し、*hvbe2a* 変異は *hvisa1* 変異の表現型を抑制することが分かりました。これは、植物がデンプン合成時に行っている複雑な遺伝的な相互作用の一部を解明した成果になります。

<社会的な意義>

デンプンは食用ならびに工業用製品として利用されています。デンプン粒の形は、デンプンの精製効率や加工特性等に影響する重要形質であり、今回の知見はデンプン粒の形の人為的なデザイン技術につながる可能性があります。また、オオムギは世界で4番目に多く栽培されている穀物で、醸造用、食用、飼料用、飲料用に利用される多用途作物です。主に種子を利用する作物のため、種子のデンプン特性は重要形質です。今回単離した変異体ならびに明らかにした遺伝的な相互作用を品種改良に利用することにより、新しいデンプン特性を持つオオムギを作り出し、高付加価値素材として利用することが期待できます。

■論文情報

論文名 : Mutations in starch *BRANCHING ENZYME 2a* suppress the traits caused by the loss of *ISOAMYLASE1* in barley

掲載紙 : *Theoretical and Applied Genetics* 137: 212 (2024)

著者 : Ryo Matsushima, Hiroshi Hisano, June-Sik Kim, Rose McNelly, Naoko F. Oitome, David Seung, Naoko Fujita, Kazuhiro Sato

DOI : 10.1007/s00122-024-04725-7

URL : <https://link.springer.com/article/10.1007/s00122-024-04725-7> (オープンアクセス)



PRESS RELEASE

■研究資金

本研究は、日本学術振興会 科学研究費補助金（研究者：松島 良、研究期間：2023 年 4 月 - 2026 年 3 月, No. 23K05167）、新エネルギー・産業技術開発機構 官民による若手研究者発掘支援事業（研究者：久野裕・松島良、研究期間：2021 年 1 月 - 2023 年 1 月）、食生活研究会（研究者：松島良、研究期間：2023 年 4 月 - 2024 年 3 月）、アサヒグループ財団（研究者：松島 良、研究期間：2023 年 4 月 - 2024 年 3 月）、G-7 奨学財団（研究者：松島 良、研究期間：2024 年 1 - 12 月）ならびに大原奨農会の支援を受けて実施しました。また、研究資金として個人的なご寄付を松島三雄氏（研究代表者の叔父）より受けました。研究材料については、文部科学省ナショナルバイオリソースプロジェクト（オオムギ）の支援を受けました。

■補足・用語説明

（注 1） *hvisa1* 変異体

デンプンのグルコース鎖が合成される過程で形成された不要な位置のグルコース鎖を除去するイソアミラーゼという遺伝子に変異を持つオオムギ変異体。オオムギでは通常ほとんど発達しない複粒型デンプン粒（小型のデンプン粒子が集合して形成されるデンプン粒）が増える。

（注 2） *hvflo6* 変異体

複数のデンプン合成酵素と結合する FLOURY ENDOSPERM(FLO)6 タンパク質をコードする遺伝子に変異を持つオオムギ変異体。FLO6 は、デンプン合成酵素の機能を補助していると考えられている。*hvflo6* 変異体においても、複粒型デンプン粒が増加する。

■参考文献

Matsushima R, Hisano H, Galis I, Miura S, Crofts N, Takenaka Y, Oitome NF, Ishimizu T, Fujita N, Sato K *FLOURY ENDOSPERM 6* mutations enhance the sugary phenotype caused by the loss of ISOAMYLASE1 in barley. *Theoretical and Applied Genetics* 136, 94 (2023) <https://doi.org/10.1007/s00122-023-04339-5>

<お問い合わせ>

岡山大学 資源植物科学研究所

准教授 松島 良

（電話番号）086-434-1224



岡山大学は持続可能な開発目標 (SDGs) を支援しています