

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：51401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K05961

研究課題名（和文）イネ澱粉枝作り酵素アイソザイムの各組織における機能と相補作用の解析

研究課題名（英文）Analysis of function and complementary effect of rice starch branching enzymes in various tissues

研究代表者

クロフツ 尚子（CROFTS, Naoko）

秋田工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：30583330

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではイネ澱粉枝作り酵素（BE）欠損変異体の花粉や葉鞘の澱粉構造および植物体の生育を詳細に分析した。精製澱粉を用いてキャピラリー電気泳動法を行ったところ、be2aとbe1 be2aは野生型よりもDP 6-15のアミロペクチン短鎖が減少した。また、葉鞘澱粉のアミロース含量は、野生型が22%であったのに対し、be2aは37%、be1 be2aは30%といずれもアミロース含量が大幅に増加した。一方、be1 be2bの葉鞘澱粉の構造は野生型と同様であり、アミロース含量は15%と低アミロースであった。以上より、葉鞘澱粉の合成にはBEIIaが重要な働きをすることが明確になった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

イネの胚乳においてBEIIbが重要な働きをし、BEIIbが欠失すると胚乳のアミロース含量と難消化性澱粉含量が増加することは知られていた。しかし、BEアイソザイムの欠失が胚乳以外の組織の澱粉構造や特性にどのような影響を与えるかは、これまで検証されていなかった。栄養組織でいかに澱粉を合成・蓄積するかを解明できると、収量の改善や稲わらの飼料への利用などにつながる。本研究の結果から、3種類のBEアイソザイムのなかでもBEIIaが欠失すると、葉鞘のアミロペクチンの短鎖が激減し、アミロース含量が増加することが明らかになり、BEIIaが葉鞘澱粉の生合成に重要な働きをすることが明確になった。

研究成果の概要（英文）：In the present study, starch structure of leaf sheath and plant growth of rice BE-deficient mutant lines were analyzed. Capillary electrophoresis using starch purified from leaf sheath showed a reduction in short amylopectin chains with DP 6-15 in be2a and be1 be2a lines. The amylose content of leaf sheath starch was significantly increased in be2a and be1 be2a, 37% and 30%, respectively, compared to 22% in the wild type. In contrast, the leaf sheath starch structure of be1 be2b was similar to that of the wild type, and low in amylose (15%). These results clearly indicate that BEIIa plays an important role in leaf sheath starch biosynthesis.

研究分野：澱粉生合成

キーワード：イネ 葉鞘 澱粉 枝作り酵素 アミロペクチン アミロース

### 1. 研究開始当初の背景

植物は胚乳などの貯蔵組織だけでなく、葉や花粉など、その他の組織にも澱粉を蓄積する。葉身(葉)は光合成産物を一時的に澱粉として蓄積し、成長や呼吸に使用する。葉鞘(茎)は出穂直前に澱粉を蓄積し、胚乳へ転流する。花粉は受粉時に花粉管を伸長するエネルギー源として澱粉を蓄積する。栄養組織の澱粉粒の大きさや澱粉の微細構造は胚乳とは異なるが、その違いを生み出すメカニズムは不明である。

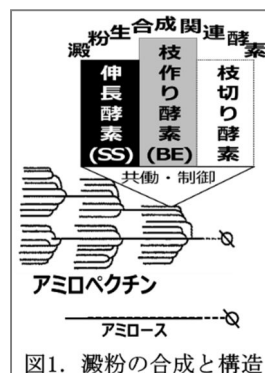
澱粉はグルコースポリマーである直鎖のアミロースと規則的な枝分かれ構造をもつアミロペクチンから構成され、アミロペクチンが澱粉の大部分を占める(図1)。アミロペクチンは、複数のアイソザイムから構成される以下の酵素が相互作用して合成される。

- ・直鎖伸長酵素(Starch synthase: SS)
- ・枝作り酵素(Branching Enzyme: BE)
- ・枝切り酵素(Debranching Enzyme: DBE)

その中でもBE(BE1, BE1a, BE1b)はアミロペクチンの枝を形成する最も重要な働きを担う。

RiceXpro データベースによると、3種類のBEは組織によって発現量が異なる(図2)。また、BEアイソザイムは相互作用する酵素・好む基質や産物の長さが異なり、イネ胚乳ではBE1bが澱粉特性に大きく影響し、BE1bが欠失すると胚乳のアミロース含量と難消化性澱粉含量が増加する(Nishi et al., 2001; Tsuiki et al., 2016)。

しかし、BEアイソザイムの欠失が胚乳以外の組織の澱粉構造や特性にどのような影響を与えるかは、これまでのところ検証されていない。栄養組織でいかに澱粉を合成・蓄積するかを解明できると、収量の改善や稲わらの飼料への利用などにつながる。



### 2. 研究の目的

栄養組織でいかに澱粉を合成・蓄積するかを解明できると、収量の改善や稲わらの飼料への利用などにつながる。そのため、本研究ではBEアイソザイムの欠失が胚乳以外の組織の澱粉構造や特性にどのような影響を与えるかを明確にすることを目的とする。

### 3. 研究の方法

(1)野生型とBE変異体を用いて、植物体の生育調査、光合成速度の測定、カップリング法により澱粉と糖の定量を行い、生育や光合成速度・澱粉蓄積量の違いを明確にした。

(2)野生型とBE変異体を用いて、パーコール法により葉鞘から澱粉精製した。精製澱粉を用いて、アミロペクチンの鎖長分布構造を分析し、ゲルろ過法を用いてアミロース含量を測定し、走査型電子顕微鏡を用いて澱粉粒の形態観察を行い、グルコアミラーゼを用いて澱粉の消化性試験を行った。

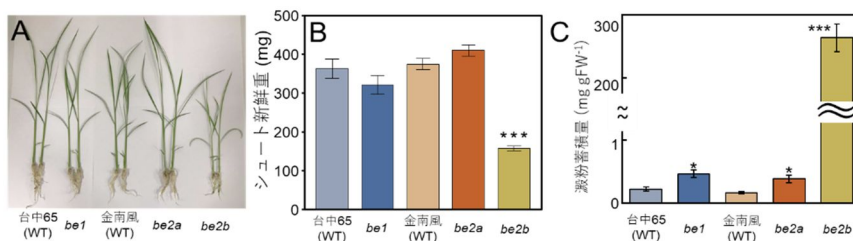
### 4. 研究成果

(1)BEアイソザイムの機能欠失が植物体の生育および澱粉代謝へ及ぼす影響の解析

BEアイソザイムの欠失による澱粉の蓄積量や分子構造の変化が植物体の生育および澱粉代謝に及ぼす影響を明らかにするために、始めにBE各アイソザイムのシングル変異体と野生型系統を用いて発芽後の初期生育の解析を行なった。be1およびbe2aシングル変異体の初期生育はそれぞれの野生型系統と同程度であった(図3A, B)。一方be2bシングル変異体では、培養開始後6日目のシュート長が顕著に低下し(図3A)、シュート新鮮重は野生型、be1およびbe2aシングル変異体のおよそ50%であった(図3B)。

幼苗の生育速度の違いが胚乳澱粉の分解速度に起因するのではないかと考え、培養開始6日後の胚乳に残存する澱粉含量を測定した(図3C)。その結果、be2bシングル変異体の胚乳には新鮮重1g当たり250mgの澱粉が残存していた。一方で野生型、be1シングル変異体、be2aシングル変異体の培養開始6日後の胚乳には新鮮重1g当たり0.2~0.5mgしか澱粉が残存しておらず、be2bシングル変異体の胚乳には約1000倍も多く澱粉が残存していた。

幼苗の生育遅延の原因が胚ではないことを明確にするため、胚のみを2%ショ糖



を含む MS 培地で培養した。その結果、系統間での初期成育に有意な差は見られなかった。これらの原因を解明するためアリュロン層を含む胚乳から RNA を抽出して遺伝子発現解析を行ったところ、*be2b* シングル変異体ではイネ発芽時の胚乳における澱粉分解に重要な複数の -アミラーゼ (*RAmy*) 遺伝子の発現量が顕著に増加していた。さらにウエスタンブロット解析により、*RAmy1A* および *RAmy3D* はタンパク質レベルも増加していた。これらのことから、育苗時のエネルギー源として使いやすい構造の澱粉を胚乳に蓄積するためには *BEI1b* が重要であり、*BEI1b* 機能欠損による難消化性澱粉はイネ胚乳における澱粉代謝に重大な影響を与えることが明確になった。

次に東京大学生態調和農学機構の水田において、野生型系統、各 *BE* シングル変異体、*be1 be2a* および *be1 be2b* 二重変異体の栽培試験を行った。出穂後の穂、葉身、葉鞘、稈の澱粉蓄積量の経時変化と成熟期の稲わら乾物重と穂重を測定した。なお、*be2b* シングル変異体および *be1 be2b* 二重変異体は *BEI1b* 機能欠損の影響で苗が小さく、田植え後に多くが流されてしまったため、正常に活着した個体の成熟期の稲わら乾物重と穂重のみの解析を行なった。*be1* シングル変異体および *be2a* シングル変異体の穂と葉身の澱粉蓄積量は、出穂 0~22 日目まで有意な差はなかった。しかし、*be2a* シングル変異体では葉鞘と稈において、*be1* シングル変異体では葉鞘のみにおいて、澱粉蓄積量が有意に減少していた。また *be1 be2a* 二重変異体においても葉鞘と稈における澱粉蓄積量は顕著に減少しており、その減少程度はシングル変異体よりも大きかった (図 4)。

成熟期の *be* シングル変異体と *be1 be2b* 二重変異体の稲わら乾燥重は野生型と同程度であったが、*be1 be2a* 二重変異体の稲わら乾燥重は減少傾向にあった。一方、穂重は *be1* シングル変異体、*be2b* シングル変異体、*be1 be2b* 二重変異体では野生型に比べて減少傾向であったが、*be2a* シングル変異体と *be1 be2a* 二重変異体は野生型と同等であった。

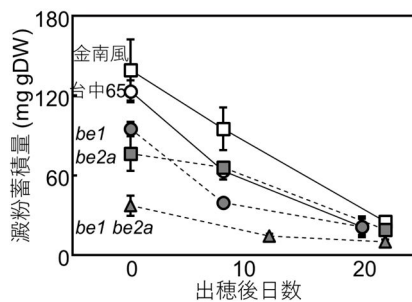


図4. 葉鞘の澱粉蓄積量の変化

## (2) CRISPR-Cas9 法による新規 *be2a* シングル変異体を用いた出穂期の茎部澱粉蓄積量測定

(1) の通り、*BEI1a* はイネ葉鞘と稈における澱粉蓄積に重要な働きをする可能性が強く示唆された。そこで再現性を確認するために CRISPR-Cas9 法により、日本晴を親系統とした新規な *BEI1a* 機能欠損変異体を作成し、隔離温室内のポット試験により出穂期における穂、葉身、葉鞘、稈における澱粉蓄積量の経時変化を解析した。解析には  $T_2$  世代で、PCR 法により外来遺伝子が除去されたことが確認された *be2a-#2* (1 塩基挿入(T)) と *be2a-#6* (1 塩基挿入(A)) を用いた。野生型と *be2a* 変異体の穂や葉身の澱粉蓄積量には有意な差はなかった。一方で、*be2a-#2* と *#6* の葉鞘と稈の澱粉蓄積量は野生型よりも顕著に減少した (図 5)。以上より、*BEI1a* は葉鞘・稈の澱粉蓄積に重要であることが明確になった。

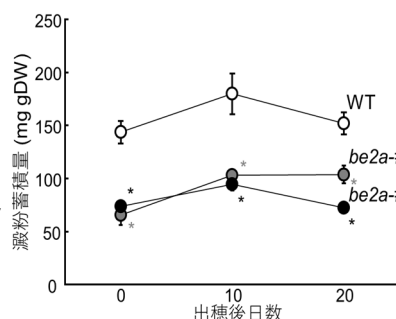


図5. 新規 *be2a* シングル変異体の稈の澱粉蓄積量

## (3) 植物体の光合成速度の測定

播種後 30 日の *be2a* シングル変異体と野生型を暗順化させ、最上位完全展開葉を光合成測定装置 (LI-6400) に挟み、3 分間暗期の後に光強度  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  の光を 60 分間照射し、その間の光合成速度と気孔コンダクタンスを測定した。その結果、*be2a* シングル変異体は野生型と比較して、光合成速度 (図 6A) と気孔コンダクタンス (図 6C) の最大値が有意に高かった。光合成速度の最大値の 50% に達する時間 ( $t_{50}$ ) は系統間に有意な差はなかったが (図 6B)、気孔コンダクタンスの最大値の 50% に達する時間 ( $t_{50}$ ) は *be2a* シングル変異体の方が大きく (図 6D)、気孔の応答性が低いことが明らかになった。

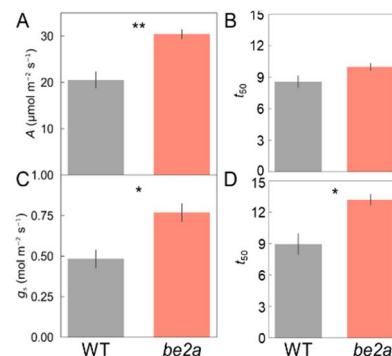


図6. *BEI1a* シングル変異体の光合成特性  
(A) 光合成速度 (B) 気孔コンダクタンス  
(C) 最大光合成速度の50%に達するまでの時間  
(D) 最大気孔コンダクタンスの50%に達するまでの時間

近年、シロイヌナズナ気孔の孔辺細胞で発現する澱粉分解酵素の変異体では、気孔における澱粉分解の低下、およびそれに伴う気孔コンダクタンスと光合成速度の低下が報告されている。本研究で用いたイネ *be2a* 変異体でも孔辺細胞における澱粉代謝の変化が起き、気孔コンダクタンスや光合成速度の変化が起きたと推察されるが、今後詳細な解析が必要である。

## (4) 葉鞘のアミロペクチンの鎖長構造

胚乳では *BEI1b* が欠失すると分岐鎖が形成されず、アミロペクチンの DP17 以下の分岐鎖が大幅に減少するため、相対的に DP20 以上の長鎖が増加する (Nishi et al., 2001)。一方、*BEI* が欠失すると DP10 以下の分岐鎖が微増し、DP12~21 の分岐鎖が微減する (Satoh et al., 2003)。しかし、*BEI1a* が欠失しても胚乳のアミロペクチン構造に変化は見られない (Nakamura, 2002)。



植物体の生育調査から、**BEIIa** が欠失すると葉鞘の澱粉含量が減少することが明確になった（図 3）。**BE** アイソザイムが欠失すると葉鞘の澱粉構造にどのような影響を与えるのかを明確にするために、葉鞘から精製した澱粉をキャピラリー電気泳動法で分析した。その結果、**BEIIa** が欠失した *be2a* シングル変異体と *be1 be2a* 二重変異体は **DP15** 以下の分岐鎖が劇的に減少し、**DP15** 以上の分岐鎖が増加した（図 7A）。一方、*be1* シングル変異体、*be2b* シングル変異体、*be1 be2b* 二重変異体、*be2a be2b* 二重変異体の鎖長分布のパターンは多少の違いはあるものの、より野生型に近いものであった（図 7B,C）。これらのことから、**BEIIa** は葉鞘のアミロペクチン合成において重要な働きをすると言える。**BEIIa** と **BEIIb** が両方欠失し、**BEI** のみが残された場合に、葉鞘のアミロペクチン構造が野生型に近づいたことは意外であった。*be2a be2b* 二重変異体は極めて稔実率が低いため、株分けにより個体数を増やし、他の個体と交雑しないように隔離施設で育成していた。そのため、伸長酵素であるスターチシンターゼを始めとした他の酵素との酵素間相互作用や伸長と枝作りのバランスが変化したこと、結果的にアミロペクチン構造が野生型に近づいたのではないかと推測している。

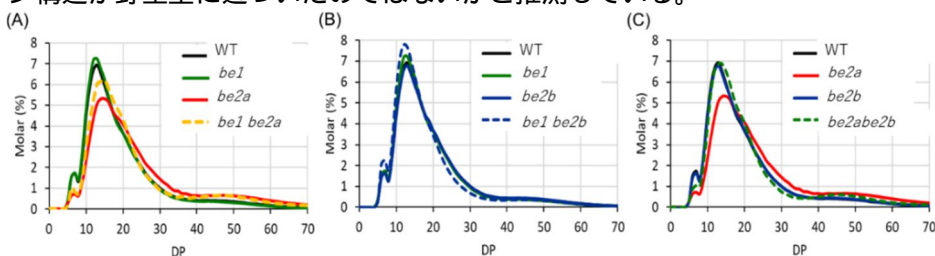


図7. BE変異体の葉鞘のアミロペクチン構造

### (5) 葉鞘のアミロース含量

胚乳では **BEIIb** が欠失するとアミロース含量が増加する (**Nishi et al., 2001**)。 **BE** アイソザイムの欠失が葉鞘のアミロース含量にどのような影響を与えるのかを明確にするために、澱粉をイソアミラーゼで枝切り処理した後、**Toyo-Pearl 55S** カラム 1 本と **Toyo-Pearl 50S** カラム 3 本を用いたゲルろ過法によりアミロース含量を測定した。

その結果、野生型、*be1* シングル変異体、*be2b* シングル変異体の葉鞘のアミロース含量が **21 ~ 22%** であったのに対し、*be1 be2b* 二重変異体の葉鞘のアミロース含量は **15%** と低アミロースであった。一方、*be2a* シングル変異体の葉鞘のアミロース含量は **37%**、*be1 be2a* 二重変異体は **29%**、*be2a be2b* 二重変異体は **26%** と、葉鞘において **BEIIa** が欠失するとアミロース含量が増加することが明らかになった（表 1）。

表 1. BE欠失変異体の胚乳と葉鞘のアミロース含量

系統	アミロース含量 (%)	
	胚乳	葉鞘
WT	21	22
<i>be1</i>	22	22
<i>be2a</i>	18	37
<i>be2b</i>	27	21
<i>be1 be2a</i>	17	29
<i>be1 be2b</i>	52	15
<i>be2a be2b</i>	17	26

### (6) 葉鞘澱粉の糖化特性

イネ胚乳において、アミロペクチン短鎖が少なく、アミロペクチン長鎖とアミロース含量が多いと消化酵素で消化されにくい難消化性澱粉含量が高くなる (**Tsuiki et al., 2016**)。 **BEIIa** を欠失すると葉鞘のアミロペクチンの長鎖とアミロース含量が高くなったため、澱粉が分解(糖化)されにくい構造になると推測された。葉鞘に蓄積された澱粉の糖化性を明確にするために、葉鞘から精製した澱粉をグルコアミラーゼで分解したところ、*be2a* の葉鞘澱粉は他の系統と比較して極めて消化しにくいことが明らかになり（図 8）、**BEIIa** が葉鞘のアミロペクチン合成において主要な働きを担うことが明確になった。一方で、*be2b* の葉鞘澱粉では野生型に比べて糖化効率が有意に上昇した。今後詳細を解析する必要がある。

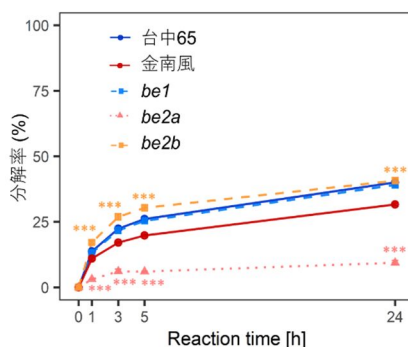


図8. グルコアミラーゼによる葉鞘澱粉の糖化特性

### (7) 葉鞘の澱粉粒の形態観察

野生型のイネの胚乳澱粉は多角形であるが、**BEIIb** を欠失すると澱粉粒が丸みを帯びて大きくなる（図 9）。 **BE** アイソザイムの欠失が葉鞘の澱粉粒の形態にどのような影響を与えるのかを明確にするために、精製澱粉を金蒸着し、走査型電子顕微鏡で観察した。葉鞘の澱粉粒は、いずれの系統も丸みを帯びており、胚乳の澱粉粒よりも大きかった。特に、**BEIIa** を欠失すると複数の澱粉粒が融合し、巨大な澱粉粒を形成することが明らかになった（図 9）。

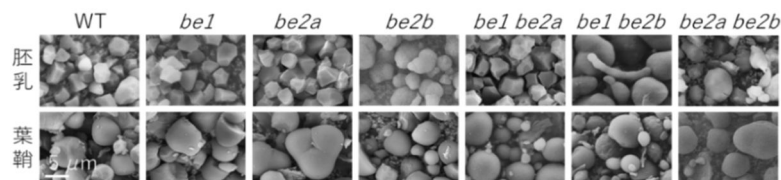


図9. BE変異体の胚乳澱粉と葉鞘澱粉の澱粉粒形態

### (8) 花粉のヨウ素染色

**be2a be2b** 二重変異体は極めて稔実率が低い。その原因が花粉の澱粉合成に起因するのではないかと考え、花粉の澱粉をヨウ素で染色し顕微鏡で観察した。その結果、いずれのシングル変異体系統 (**be1**, **be2a**, **be2b**) 二重変異体系統 (**be1 be2b**, **be1 be2a**, **be2a be2b**) の花粉も、野生型と同様に青紫色に染色されたことから、花粉に澱粉を蓄積することが明らかになった(図10)。

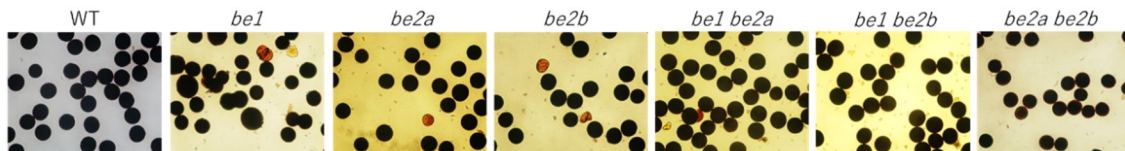


図10. BE変異体の花粉のヨウ素染色

### (9) 花粉のアミロペクチンの鎖長構造

いずれの **BE** 変異体系統も花粉に澱粉を蓄積していたが、アミロペクチン構造が原因で澱粉が分解されにくくなり、花粉管の伸長に必要なエネルギー合成ができなくなったのではないかと考え、花粉のアミロペクチン構造をキャピラリー電気泳動法により分析した。**be2b** シングル変異体は他の系統と比較して **DP7-12** のアミロペクチン短鎖が減少し、**DP13-22** と **DP35** 以上の中長鎖が増加した(図11)。一方、**be1** シングル変異体と **be2a** シングル変異体の花粉のアミロペクチン構造は野生型と同等であった(図11)。

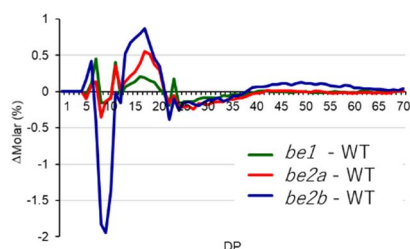


図11. BE変異体の花粉のアミロペクチン構造

以上のことから、**BEI** と **BEIIa** は花粉のアミロペクチン合成に関与せず、**BEIIb** は胚乳に加えて花粉のアミロペクチン合成を行うことが明確になった。

### (10) まとめ

本研究の結果から、3種類の **BE** アイソザイムの中でも、イネの胚乳と花粉のアミロペクチン合成には **BEIIb** が中心的な役割を果たし、葉鞘のアミロペクチン合成には **BEIIa** が主要な働きをすることが明らかになった。イネの胚乳と葉鞘における **BE** アイソザイム欠失の影響を以下にまとめる。

- **be1** シングル変異体：胚乳ではアミロペクチン短鎖が微増し、長鎖が微減するが (**Satoh et al., 2003**) 葉鞘の澱粉構造にはほとんど影響しない(投稿準備中)。
- **be2a** シングル変異体：胚乳のアミロペクチン構造やアミロース含量には影響しない (**Nakamura., 2002**)。高い光合成能力を示すが、葉鞘や稈の澱粉蓄積量は激減する。また、葉鞘のアミロペクチンは短鎖が減少し、長鎖が増加するため難消化性を示す(投稿準備中)。
- **be2b** シングル変異体：胚乳は白濁し、アミロペクチン短鎖が激的に減少し、長鎖が増加するため糊化温度が上昇する (**Nishi et al., 2001**)。胚乳のアミロースと難消化性澱粉の含量が増加する (**Tsuiki et al., 2016**)。花粉の澱粉も難消化性を示す。幼苗は生育が遅延し、発芽中の胚乳には澱粉が野生型の **1000** 倍も多く残存する。しかし、葉身や葉鞘の澱粉含量やアミロペクチン構造には影響せず、生育遅延は成長とともに緩和される(投稿準備中)。
- **be1 be2b** 二重変異体：胚乳が白濁し、胚乳のアミロース含量や難消化性澱粉の含量は **be2b** シングル変異体よりも極端に多い (**Miura et al., 2021**)。葉鞘のアミロペクチン構造は野生型と同等であるが、葉鞘のアミロース含量は低下する(投稿準備中)。
- **be1 be2a** 二重変異体：胚乳の外観や澱粉含量、アミロペクチン構造は野生型と同様であり、若干アミロース含量が少ない傾向にある。葉鞘のアミロース含量が増加するが、**be2a** シングル変異体よりもその増加率は低い(投稿準備中)。
- **be2a be2b** 二重変異体：強い不稔性を示すが植物体は正常に成長する。花粉に澱粉は蓄積するが、登熟中の胚乳には澱粉は蓄積せず、多量の単糖や二糖を蓄積し、培養しても発芽しない。**be2a** シングル変異体ほどではないが葉鞘のアミロース含量は微増する(投稿準備中)。

以上のように、各 **BE** アイソザイムのシングル変異体を分析することで葉鞘などの栄養組織と胚乳などの貯蔵組織における各アイソザイムの役割の違いが明確になり、さらに、二つの **BE** を欠失させることで、残り一つとなった **BE** の機能と相補作用も明らかになった。

特に、葉鞘の澱粉合成では **BEIIa** が主要な働きを担い、**BEI** や **BEIIb** はその機能を完全には相補できないことが明らかになった。一方で、当初、胚乳でのみ機能すると考えられていた **BEIIb** であるが、**BEIIb** だけが残された **be1 be2a** 二重変異体でも葉鞘にアミロペクチンが合成されたことから、栄養組織においても機能を有することが判明した。また、胚乳だけでなく、花粉の澱粉合成においても **BEIIb** が主要な働きをすることが明らかになり、**BEI** や **BEIIa** ではその機能を完全には相補できないことが明らかになった。これまで、胚乳では明確な機能がないと考えられていた **BEIIa** ではあるが、**BEI** のみが残された **be2a be2b** 二重変異体では胚乳形成に異常をきたすことから、**BEIIa** と **BEIIb** は **BEI** の機能の一部を相補することが明らかになった。さらに、**BEIIa** のみが残された **be1 be2b** 二重変異体でも難消化性ではあるが胚乳にアミロペクチンを蓄積することから、**BEIIa** が **BEIIb** の欠失を何らかの形で相補することが示唆された。これらの新たな知見の積み重ねが、イネの収量改善や稲わらの質の改善につながると期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Miura Satoko, Crofts Naoko, Hosaka Yuko, Fujita Naoko	4. 巻 11
2. 論文標題 [Regular Paper] Digestive Properties of New Mutant Rice Cultivars	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bulletin of Applied Glycoscience	6. 最初と最後の頁 180 ~ 187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5458/bag.11.4_180	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Miura Satoko, Narita Maiko, Crofts Naoko, Itoh Yuki, Hosaka Yuko, Oitome Naoko F., Abe Misato, Takahashi Rika, Fujita Naoko	4. 巻 15
2. 論文標題 Improving Agricultural Traits While Maintaining High Resistant Starch Content in Rice	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Rice	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12284-022-00573-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計23件（うち招待講演 2件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 三浦聡子, 中村保典, クロフツ尚子, 保坂優子, 藤田直子
2. 発表標題 イネの澱粉枝作り酵素 (BE) IIaとIIb欠損二重変異体の葉鞘澱粉の特性解析と登熟種子の糖分析
3. 学会等名 第71回 日本応用糖質科学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦聡子, クロフツ尚子, 保坂優子, 中泉裕子, 藤田直子
2. 発表標題 “ 澱粉枝作り酵素 (BE) IIaとIIbの二重変異体 #1310の単離と胚乳特性解析
3. 学会等名 第12回 日本応用糖質科学会東北支部会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoko Fujita, Satoko Mira, Nana Koyama, Naoko Crofts, Yuko Hosaka, Misato Abe
2. 発表標題 Starch Properties of non-transgenic BEI and BEI <b>1</b> b double mutant rice with ultra-high level of resistant starch.
3. 学会等名 Starch Round Table 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ○三浦聡子, クロフツ尚子, 森田隆太郎, 保坂優子, 追留那緒子, 阿部美里, 藤田直子
2. 発表標題 イネ枝作り酵素 (BE) 二重変異が及ぼす胚乳と葉鞘の澱粉構造の違い
3. 学会等名 第69回 日本応用糖質科学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 ○三浦聡子, クロフツ尚子, 森田隆太郎, 保坂優子, 追留那緒子, 中泉裕子, 阿部美里, 藤田直子
2. 発表標題 イネの枝作り酵素 (BE) の3酵素のうち2つを欠損させた時の種子形態、稔実率及び澱粉構造への影響
3. 学会等名 第138回 日本育種学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 ○三浦聡子, 成田真衣子, 伊藤優季, クロフツ尚子, 保坂優子, 追留那緒子, 阿部美里, 藤田直子
2. 発表標題 枝作り酵素 (BE) I <b>1</b> b変異体にインディカ米由来の遺伝子を導入した#1203系統の戻し交配による農業形質の向上と胚乳澱粉の特性解析
3. 学会等名 2021年 日本農芸化学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 難消化性澱粉高含有イネ変異体、米粉製造方法、難消化性澱粉製造方法、米粉ゲル製造方法、食品製造方法、及び難消化性澱粉高含有イネ変異体の作出方法	発明者 49) 藤田直子、クロフツ尚子、三浦聡子	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-010264	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	森田 隆太郎  (MORITA Ryutaro)  (30866075)	東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・助教   (12601)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	藤田 直子  (FUJITA Naoko)  (90315599)	秋田県立大学・生物資源学科学部・教授   (21401)	
研究協力者	三浦 聡子  (MIURA Satoko)  (60973047)	秋田県立大学・生物資源学科学部・特任助教   (21401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------