

平成 22 年 6 月 16 日現在

研究種目：基盤研究 B  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19380007  
 研究課題名 イネスターチシンターゼアイソザイムを用いたテーラーメイドデンプンの創製  
 研究課題名 Production of tailor-made starches in starch synthase-related double mutants and transgenic rice.

研究代表者  
 藤田 直子 (FUJITA NAOKO)  
 秋田県立大学・生物資源科学部・准教授  
 研究者番号：90315599

## 研究成果の概要（和文）：

デンプン生合成には多数の酵素、アイソザイムが関与しており、これらの欠損変異体は、独特の構造・物性を持つデンプンを蓄積する。中でもデンプンの直鎖を伸長するスターチシンターゼ(SS)は、最も多くのアイソザイムをもち、それらによって伸長する長さが異なり、機能分担している。本研究では、SS アイソザイムの変異体を片親あるいは宿主にして、二重変異体および組換え体を作成することで、産業利用可能なものを含むユニークな米デンプンの生産に成功した。

## 研究成果の概要（英文）：

At least four classes of enzymes responsible for starch biosynthesis in higher plants have been known. Rice mutants deficient in specific isozymes of each class accumulate unique starch in the endosperm. Starch synthase (SS), which elongate linear glucosyl-chains of starch, have the largest numbers of isozymes, and each SS isozyme has been suggested to play distinct roles. In this study, double mutants of SS and other classes and transgenic lines were produced. Their starches show unique physicochemical properties that are useful for production of food, foodstuffs, and other materials in industrial scale.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	6,600,000	1,980,000	8,580,000
2008年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2009年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
総計	15,600,000	4,680,000	20,280,000

研究分野：植物遺伝生理学

科研費の分科・細目：農学・育種学

キーワード：デンプン科学、変異体、組換え体、イネ

## 1. 研究開始当初の背景

食糧資源、エネルギー資源の不足の解決のため、より豊かな生活を送るために、デンプンのより質の高い、積極的な利用が求められている。食品の品質、食味および加工特性の向上あるいは、工業品としての利用においても、これまでにない多様な

構造をもった新規デンプンの開発が必要不可欠である。デンプン生合成には、少なくとも基質供給酵素 (AGPase)、直鎖伸長酵素 (スターチシンターゼ、SS)、枝(分岐鎖)作り酵素 (BE)、枝切り酵素 (DBE)の4つのキー酵素が関与し、高等植物においては、各酵素に多種類のアイソザイムが存在する。

これは、比較的単純な構造のグリコーゼンを蓄積するシアバクテリアから高等植物の複雑な構造をもったデンプンへの進化の過程で、同じ触媒反応をもちながら組織特異性や基質特異性などによって役割分担を進化させた結果である。デンプンは、ほぼ直鎖のみからなるアミロースと、枝分かれ構造をもったアミロペクチンからなるが、後者がその主成分であり、結晶部位と非結晶部位の規則的な繰り返しから構成されるクラスター構造をしていると推測されているが、その構造および生合成機構の詳細については、未解明な点が多く残されている。

我々は、これまでに、イネの変異体および組換え体実験を通してデンプンの主成分であるアミロペクチンの生合成に関わる個々のアイソザイムの機能の解明を推進してきた。その成果から、1) 特定のアイソザイムが欠失した多数のイネ突然変異体を単離し、新規構造澱粉を蓄積する種子が安定的に得られることを見いだした。2) 変異体の解析から、澱粉生合成に関与する主要なアイソザイム機能が明確になった。3) 機能が明確になったアイソザイムの変異体や組換えイネ(サイレンス、相補および強発現実験)は、実際に構造が変化したアミロペクチンを蓄積することを見いだした。4) アミロペクチンの構造変化はデンプン物性にも影響を与え、新たな利用可能性を示唆するものであった。これらの成果の中で、SS アイソザイムである *SSI*, *SSIa*, *SSIIa* は胚乳においてアミロペクチンの 1,4 直鎖を伸長する酵素であるが、それぞれ伸長する長さや、ターゲットにする鎖の長さが異なっていることが明確になってきた(Fujita ら, 2006)。また、デンプン粒結合性の *GBSSI* もアミロース合成のみならずアミロペクチンの超長鎖(ELC)の伸長に関与することが明らかになってきた(Hizukuri, 1995; Fujita ら, 2007)。アミロペクチンの鎖長はデンプン物性に多大な影響を与えるため、これら SS アイソザイムを制御することで鎖長や分岐頻度が多様化させたメタボリックエンジニアリングが可能になると考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、我々が機能解明に用いた変異体の中から、独特のアミロペクチン構造を示す代表的な 6 種類(*SSI*, *SSIa*, *SSIIa*, *BEI*, *BEIb*, *ISA1*)の変異体と *SSI* や *SSIIa* 変異体を組み合わせた二重変異体と、さらに、*SSIIa*, *GBSSI* 遺伝子等を強発現させた組換えイネを作出することで、単一変異体には見られなかったさらに新しい構造のデンプンを生産させることを目的とする。本研究では、特に、これまでの知見に基づいて、超高アミロース米、超レジスタントスターチ米、高分岐長鎖長米等になる組み合わせを予想し、テラーメイド澱粉の創製を試みた。

## 3. 研究の方法

二重変異体は、既存の異なる単一変異体同士を交配し、 $F_2$  種子から種子形態、PCR 法、

ウエスタンブロッティング法、Native-PAGE/活性染色法等を用いて、二重劣性ホモ個体を単離した。組換えイネは、アグロバクテリウム法を用いて *SS* 遺伝子を導入し、発現が認められた個体を選抜し、その  $T_2$  種子を分析に用いた。

デンプンの構造解析には、キャピラリー電気泳動法、ゲル濾過法等を用いた。またデンプンからアミロペクチンおよびアミロースを分別し、HPLC でその構造の詳細を調べた。

## 4. 研究成果

### *SSI*/*SSIIa* 二重変異体イネ

*SSI* は、半透明(正常)種子、*SSIIa* は心白種子を示すのに対し、これらの交配後代  $F_2$  種子には白濁種子が得られた。しかし、この白濁種子を播種すると、再び、分離したことから、この白濁種子が二重劣性ホモでないことが明らかになった。白濁種子の自殖種子

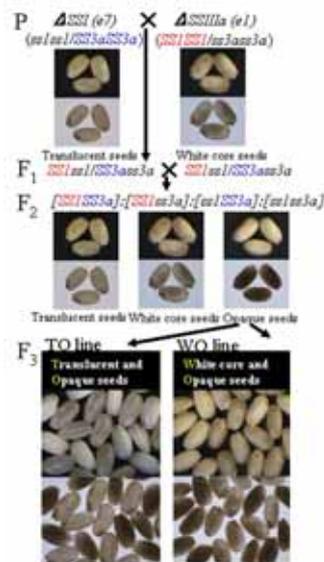


図1. *SSI*と *SSIIa*の交配後代の種子形態

からは、半透明種子と白濁種子が分離する系統(TO 系統)と心白種子と白濁種子が分離する系統(WO 系統)が存在することがわかった(図1)。TO 系統の白濁種子と WO 系統の白濁種子の遺伝子型を PCR 法で調べたところ、前者は *ss1ss1/SS3ass3a*、後者は *SS1ss1/ss3ass3a* と、*SSI*か *SSIIa* 遺伝子のいずれかが劣性ホモでいずれかがヘテロであることがわかった。さらに、これらの登熟種子の抽出液を Native-PAGE/SS 活性染色法で SS 活性を調べたところ、遺伝子型がヘテロのものは、親系統よりさらに SS 活性が低下しており、これらの残りのアミロペクチン構造が白濁種子のパターンと一致したことが明確になった。一方、*SSI*と *SSIIa* 活性バンドの両方が欠失した登熟種子は存在せず、両酵素が同時に欠失すると不稔になることが明らかになった。以上のことをまとめると、*SSI*と *SSIIa*の交配後代からは、二重劣性ホモは、不稔になるため、得られなかったが、いずれかの遺伝子がヘテロであれば、SS 活性は劇的に低下するが、白濁種子となり、稔実することが明らかとなった。

*SSI*と *SSIIa*の交配後代から得られた

T0およびW0系統の白濁種子は、SS活性が劇的に低下しているにも関わらず、野生型のそれぞれ89%および87%の種子重量を維持しており、澱粉含量も野生型のそれぞれ80.1%および75.5%を維持していた。また、みかけのアミロース含量がそれぞれ28.6%と32.5%であり、特にW0系統の白濁種子は、SSIIa(30.2%)と同様に、これまで知られているイネの中で、最もアミロース含量が高いグループに属した。W0系統の白濁種子は、アミロペクチンの長鎖の減少が見られたが、親系統であるSSIIaほどではなかった。T0およびW0系統の白濁種子の胚乳澱粉は、いずれもA形結晶を示したが、結晶性は、野生型より低かった。澱粉粒の形態は、野生型とSSIが多角形であるのに対し、

SSIIaは、やや丸みを帯びたものが含まれた。両系統の白濁種子は、SSIIaより丸い澱粉粒を含む割合が高かった。ラピッドビスコアライザーによる糊化粘度測定では、SSIは、野生型より粘度ピーク値が高かったが、

SSIIaは、低かった。T0系統の白濁種子は、野生型より粘度が低下していたが、SSIIaより高かった。W0系統の白濁種子は、SSIIaと同様、粘度が低かった。DSCによる糊化温度測定では、T0系統の白濁種子は糊化開始温度が野生型より10 高く、W0系統の白濁種子で糊化開始温度が3 高かった。

次に、SSIおよびSSIIa活性の低下が他の澱粉生合成関連酵素に与える影響について調べた。SSIIaは、SSIおよびGBSSI遺伝子の発現が高くなり、それらのタンパク質量も増加することが知られている(Fujitaら., 2007)。W0系統の白濁種子は、SSI遺伝子がヘテロであるにもかかわらずSSIタンパク質量は野生型と同等であった。SSIのGBSSIタンパク質量は、野生型とほぼ同等であったが、T0系統の白濁種子は、野生型の1.5倍、W0系統の白濁種子は1.8倍であった。GBSSIは、アミロース合成に関与していることから、これが、アミロース含量の増加につながっていると考えられた。Native-PAGE/活性染色法によるISA、PUL、PHO、BEI、BEIIa、BEIIb活性においては、両白濁種子で野生型とめだつた変化は見られなかった。最後に、SSの基質であるADPGを供給する酵素であるAGPaseの活性を調べた。SSIおよびSSIIaでは、野生型よりAGPase活性が高い(約1.5倍)ことが知られている(Fujitaら., 2006, 2007)が、両系統の白濁種子は、これらの両親よりもさらに高い(約2倍)活性を示した。

T0およびW0系統の白濁種子の胚乳澱粉をアミロースとアミロペクチンとに分別調製し、蛍光標識法を組み合わせた高速ゲル濾過クロマトグラフィーを主として用いて、分子構造の解析を行い、親変異体および野生型と比較した。真のアミロース含量は、前述した結果と良く一致していた。数平均重合度はい

ずれも1200程度であったが、重合度分布ではT0系統、W0系統ともに親変異体よりもわずかに変化が大きかった。アミロースの平均鎖長は日本晴が260であるのに対し、SSI、

SSIIaはそれぞれ205、167と短かったが、T0系統、W0系統はそれぞれ156、152と親変異体より短くなっていた。また、分岐分子の割合では、日本晴が34.3%であるのに対し、T0系統は42.0%とSSIの36.8%とより高く、W0系統は41.3%とSSIIaの41.1%と同等に高くなっていた。

アミロペクチンの単位鎖長分布では、キャピラリー電気泳動法による分析と一致した(Fujitaら., 2006, 2007、投稿中)。また、ELC含量はT0系統、W0系統はそれぞれ3.8%、3.9%で、SSI、SSIIa(それぞれ3.4%、3.5%)とほぼ同じ高い値であった。

次に、アミロペクチンのアミラーゼ限界デキストリンを調製してその単位鎖長分布を調べることにより、分岐の内部構造についても比較を行った。T0系統は日本晴および

SSIと大きな差異はなく、W0系統はSSIIaと類似しており、B<sub>2</sub>+B<sub>3</sub>鎖画分の割合の低下とB鎖の割合の増加が見られた。また、B<sub>2</sub>+B<sub>3</sub>鎖画分の数平均鎖長は、親系統である日本晴の37.2に対し、SSIは33.5と小さくSSIIaは42.3と大きかったが、T0系統、W0系統はそれぞれ36.5、37.1と日本晴と同程度であった。

#### SSIIa/BEIIb二重変異体イネ

BEIIbは、古くからamylose-extender変異体と呼ばれており、アミロペクチンの短鎖が激減し、難糊化性を示す変異体である(Nishiら., 2001)。この変異体の種子重量は、野生型の約6割であるが、これとSSIIaとの二重変異体の種子重量は野生型の83%と、むしろ増加した。BEIIbのアミロペクチンの鎖長分布は、DP13の短鎖が激減し、DP>14の鎖が増加することが知られているが、二重変異体の鎖長分布は、短鎖の激減はBEIIbと類似していたが、DP12~17は野生型

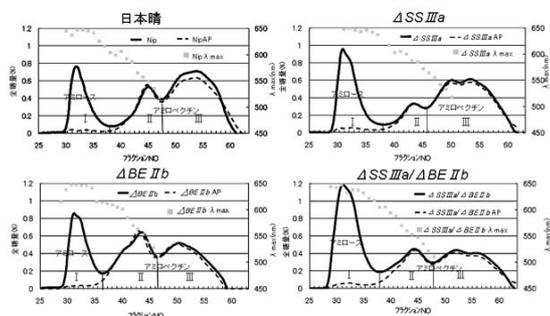


図2. ΔSSIIa/ΔBEIIbとその親系統の胚乳澱粉のゲル濾過解析。

よりむしろ増加し、長鎖の増加はBEIIbほどではなかった。一方、澱粉のゲル濾過によって求めたみかけのアミロース含量は、両親変異体が約30%であるのに対し、二重変異体

では 47%と、イネにおいてこれまでに最も高いアミロース含量を示す上記の WO 系統白濁種子よりさらに1.5倍高い値を示した(図2)。また、SEM による精製澱粉の形態は、*BE11b* が、野生型の澱粉粒より大きいものと小さいものが混在する不定形であるのに対し、二重変異体では、やはり野生型より大きいものと、ピーナッツ形の真ん中がくびれた、表面がなめらかな澱粉粒が観察できた。

#### SSIIa'/ISA1組換えイネ

高等植物の澱粉生成関連酵素のうち、アミロペクチンのトリミングに關与する枝切り酵素(DBE)の1種、イソアミラーゼ1(ISA1)の変異体イネである *sugary-1(sug-1)* 変異体は、デンプンの代りに短鎖が多く分岐頻度が高い可溶性のフィトグリコーゲンを胚乳に蓄積する(Nakamura ら., (1997)他)。一方、

グルカン伸長に關与するスターチシンターゼ(SS)のアイソザイムの1つである SSIIa は、インディカ米とジャポニカ米間のアミロペクチンの糊化温度および澱粉のアルカリ崩壊性の違いを制御する酵素である。この酵素が正常なインディカ米ではアミロペクチンのクラスター内の枝が長い L-アミロペクチンを蓄積し、SSIIa 活性が低下しているジャポニカ米では、枝が短い S-アミロペクチンを蓄積しているからである(Nakamura ら., 2005)。本研究では、ユニークな グルカン構造の創出を目的に胚乳のほぼ全てにフィトグリコーゲンを蓄積する *sug-1* 系統を親系統とし、これに DP < 12 を 13 DP 24 に伸長する機能が知られているインディカ型 SSIIa (*SSIIa'*)を *Waxy* プロモーターで強発現させた形質転換イネ(*SSIIa'/ISA1*)を作出した。

グルカンの鎖長分布解析を行ったところ、元のフィトグリコーゲンと比べて *SSIIa'/ISA1* は全体的に鎖長が伸長しており、DP < 10 が減少し、DP11-30 の中鎖が増加していた。いずれの グルカンも澱粉と異なり DP40 付近の鎖長にピークは見られず、DSC による結晶性も示さなかった。元のフィトグリコーゲンが、可溶性であるのに対し、*SSIIa'/ISA1* は、不溶性画分が増大し、種子断片のヨウ素

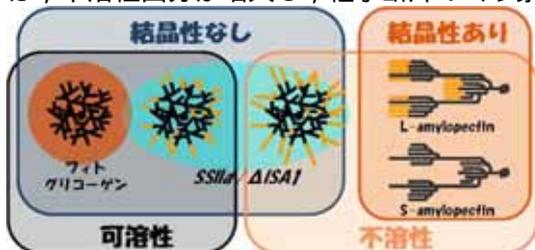


図3. *SSIIa'/ISA1*組換えイネおよび親系統の $\alpha$ グルカンの予測構造と可溶性、結晶性の関係

染色で染色される部分が出現した。以上の結果から、*SSIIa'/ISA1* は、分岐頻度は元のフィトグリコーゲンと変わらないが、鎖長が伸長したために可溶性だった グルカンが

不溶性に変化したと考えられた(図3)。

#### GBSSI<sup>WT</sup>/SSIIa組換えイネ

*GBSSI* (Granule-bound starch synthase I) は、植物デンプンのアミロース合成に關与する遺伝子として古くから *waxy* 遺伝子として知られている。この遺伝子が欠失すると、アミロペクチン 100%のモチ性澱粉になる。一般に、イネでは、インディカ米(約25%)はジャポニカ米(約20%)に対して高アミロース含量である。これは、ジャポニカ米では *GBSSI* 遺伝子のイントロン1のスプライシングが不完全であり、正常な mRNA の量が少ないことが原因である(Isshiki ら., 1998)。一方、インディカ米の *GBSSI* 遺伝子をジャポニカモチ品種(ムサシモチ)に導入したところ、通常のジャポニカ品種より高アミロースとなった。これらの詳細な分析から、特に ELC が増加していることが明確となり、*GBSSI* 遺伝子配列の点変異が、ECL 量を制御している可能性が示された(Hanashiro ら., 2008)。本研究では、高アミロースになる *SSIIa* にインディカ型高 ECL タイプの *GBSSI* 遺伝子(*GBSSI<sup>WT</sup>*)を導入することを試みたが、残念ながら、再分化個体を得ることができなかった。そこで、ムサシモチに *GBSSI<sup>WT</sup>* を導入して高アミロース化した WAB と *SSIIa* を交配し、その F<sub>2</sub> 種子からサザンブロットングおよび PCR 法で *GBSSI<sup>WT</sup>* の導入と *SSIIa* の欠損した個体を選抜し、種子1粒の胚乳デンプンをゲル濾過法で分析し、見かけのアミロース含量を測定した(図4)。

WAB の見かけのアミロース含量が 25.5%であったのに対し、*GBSSI<sup>WT</sup>/SSIIa* は約 40% の超高アミロース含量を示した。一方、*SSII* も同様に WAB と交配し、同様の分析を行ったが、25-27%と WAB と変わらないアミロース

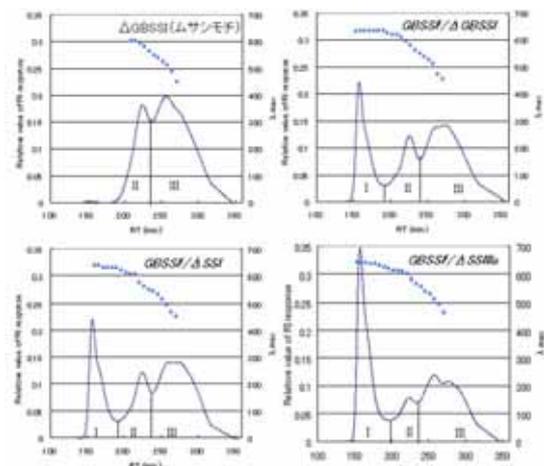


図4. *GBSSI/ΔSSI*, *GBSSI/ΔSSIIa*組換えイネとその親系統の胚乳澱粉のゲル濾過解析。

含量を示し(図4)片親が *SSIIa* であることが重要であることが明確になった。今後、固定系統を多量に得て、胚乳デンプンからアミロペクチンを精製して ELC を測定する必要

がある。

#### 総合考察

本研究で、アイソザイムが最も多数存在する SS の中でも、胚乳での発現が顕著な SSI, SSIIa, SSIIIa の機能の違いを利用して、二重変異体イネおよび組換えイネを作出した。これまで、農水省を中心に、米飯用良食味米として、低アミロース米を中心とした開発が盛んであった。これらの研究は、主として既に存在する品種を掛け合わせることによって育種されたものであり、その形質の原因は偶然の賜であり、多くの場合不明のままである。本研究は、デンプン生合成に関与するアイソザイムの発現量をあえて変化させることでテーラーメイド的にユニークなデンプンの作出に成功した。このような研究は、イネを初めとする多くの作物で初めての試みであった。その中で、食品、工業品等の用途を含む米粉として有効な高アミロースデンプンを複数作出することに成功した。アミロース含量を増加させるためには、SSIIIa の欠失と GBSSI の発現量増加が重要であることを実証した。また、枝作り酵素 BEIIb と SSIIIa の同時欠失で劇的にアミロース含量が増加する現象を発見した。さらに、イネの登熟胚乳で主要な SS 活性を示す SSI と SSIIIa の同時欠失は、不稔になることが明らかになった。これらの原因解明は今後の課題である。さらに、可溶性のフィトグリコーゲンの鎖長を伸長することで不溶性に改変することも可能となった。本研究で得られたデンプンはアミロース含量のみならず、アミロペクチンの構造も非常に特徴的であり、今後の産業利用を目指した研究が期待される。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 11 件)

Mitsui T, Itoh K, Hori H, Hiroyuki Ito H, (2010) Biosynthesis and Degradation of Starch. **Bull. Facul. Agric, Niigata Univ.** 62(2) 49-73 (査読有)

Fujita N(1 番目),..., Hanashiro I(5 番目), ..., Akuzawa S (7 番目) et al., (15 名) (2009) Characterization of PUL-deficient mutants of rice (*Oryza sativa* L.) and the function of PUL on the starch biosynthesis in the rice endosperm. **Journal of Experimental Botany** 60: 1009-1023 (査読有)

Toyosawa Y, Fujita N (2 番目) et al., (5 名) (2009) Screening of Pullulanase deficient mutants of rice. **Rice Genetic Newsletters** 25: 42-43 (査読有)

Nakamura Y, Fujita N, Utsumi Y, Nishi A, Satoh, H. (2009) Revealing the complex system of starch biosynthesis in higher plants using rice mutants and transformations. Q. Y. Shu (ed.)

Induced Plant Mutations in the Genomics Era. **Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome**, 183-186. (査読有)

Hanashiro I (1 番目), ..., Itoh K (5 番目) et al., (7 名) (2009) Structures of endosperm starch from a rice wx cultivar expression Wxa transgene. **Journal of Applied Glycoscience** 56,65-70 (査読有)

藤田直子(2008) 2007 年 Starch Round Table (SRT) in San Antonio に参加して. **Journal of Applied Glycoscience** 55: 68-69 (査読無)

Fujita N, Goto S, Yoshida M, Suzuki E, Nakamura Y (2008) The function of rice starch synthase I expressed in *E. coli*. **Journal of Applied Glycoscience** 55:167-172 (査読有)

Hanashiro I (1 番目), Itoh K (2 番目) et al. (7 名) (2008) Granule-bound starch synthase I is responsible for biosynthesis of extra-long unit chains of amylopectin in rice. **Plant and Cell Physiology** 49: 925-933 (査読有)

Satoh H, ..., Fujita N (9 番目) et al., (15 名) (2008) Plastidic  $\alpha$ -glucan phosphorylase mutation dramatically affects the synthesis and structure of starch in rice endosperm. **The Plant Cell** 20: 1833-1849 (査読有)

Hasegawa M, Sekikawa A, Tanno F, Itoh K. (2008) Establishment of high-amylose type Japonica rice by *Agrobacterium*-mediated gene transfer. **Bull. Facul. Agric. Niigata Univ.** 61(1), 41-45 (査読有)

Fujita N (1 番目) et al. (13 名)(2007) Characterization of SSIIIa-deficient mutants of rice (*Oryza sativa* L.); the function of SSIIIa and pleiotropic effects by SSIIIa deficiency in the rice endosperm. **Plant Physiology** 144: 2009-2023 (査読有)

〔学会発表〕(計 20 件)

藤田直子ら(藤田直子)スターチシンターゼアイソザイムによってフィトグリコーゲンの構造を改変させたイネの作出、日本農芸化学会、2010年3月29日、東京大学

阿部克ら(伊藤紀美子, 藤田直子)アミロライスの開発とその特性の研究(2)、日本育種学会、2010年3月26日、京都大学

藤田直子ら(藤田直子)、スターチシンターゼ SSI/SSIIIa 活性が低下したイネ変異体、日本植物生理学会、2010年3月17日、熊本大学

藤田直子、ユニークな澱粉を貯める二重変異体の開発、アグリビジネス創出フェア 2009、2009年11月25日、幕張市

藤田直子ら(藤田直子)イネ *sugary-1* 変異体が蓄積するフィトグリコーゲンの構造を改変させたイネの作出、日本育種学会、2009年9月25日、北海道大学

藤田直子ら(藤田直子)外部鎖長が変化し

たフィトグリコーゲンを蓄積するイネの作出、日本応用糖質科学会、2009年9月16、弘前大学

樋口利幸ら(花城勲, 藤田直子)澱粉合成酵素 SS<sub>a</sub> 活性の欠損によるイネ胚乳澱粉の分子構造変化、日本応用糖質科学会、2009年9月16、弘前大学

Fujita N, The novel starches accumulated in the rice mutants having extremely low starch synthase I (SS)/SSIIa. Starch Round Table 2009, 2009年9月12日ボルチモア(USA)

池上 享ら(阿久澤さゆり, 藤田直子)イネスターチンターゼ(SSIIa)変異体米澱粉の分子構造と利用性に関する研究、日本食品科学工学会、2009年9月12日、名城大学

阿部克ら(藤田直子, 伊藤紀美子)高アミロース米の研究、日本農芸化学会、2009年3月29日、福岡市マリンメッセ

藤田直子ら(藤田直子) SSI/SSIIa活性が低下したイネ変異体のユニークな澱粉構造、日本農芸化学会、2009年3月29日、福岡市マリンメッセ

阿部克ら(藤田直子, 伊藤紀美子)アミロライスの開発とその特性の研究、日本育種学会、2008年10月11日、滋賀県立大学

藤田直子ら(藤田直子)高アミロースデンプンを蓄積するイネ変異体系統の解析、日本育種学会、2008年10月11日、滋賀県立大学

藤田直子、コメデンプンの改変、東京農業大学先端研究シンポジウム(招待講演) 2008年10月3日、東京農業大学世田谷キャンパス

西愛子ら(藤田直子)イネ枝作り酵素(BE)の二重変異の胚乳澱粉特性、日本応用糖質科学会、2008年9月18日、琉球大学

藤田直子ら(藤田直子)スターチンターゼSSI/SSIIa活性が低下したイネ変異体の解析、日本応用糖質科学会、2008年9月18日、琉球大学

山崎美奈ら(伊藤紀美子)GBSSIタンパク質の生化学的機能解析、日本分子生物学会日本生化学会、2007年12月12日、神戸ポートピアアイランド

関川晶子ら(伊藤紀美子)胚乳特異的RNAi法による高アミロース成分米の研究、日本農芸化学会、2007年3月25日、東京農業大学世田谷キャンパス

藤田直子、Distinct functions of multiple starch synthase isozymes in rice. Starch Round Table 2007, 2007年10月5日、サンアントニオ(USA)

藤田直子ら(藤田直子)イネスターチンターゼI(SSI)の機能解析、日本応用糖質科学会、2007年8月29日、日本大学藤沢キャンパス

[産業財産権]

出願状況(計1件)

名称:イネ変異体及びその製造方法、並びに該イネ変異体に由来する澱粉及びその製造方法

発明者:藤田直子

権利者:秋田県立大学

種類:特許

番号:特願2008-232298

出願年月日:2008年9月10日

国内外の別:国内

取得状況(計2件)

名称:デンプン合成酵素類

発明者:中村保典, 藤田直子, 佐藤光

権利者:(独)科学技術振興機構

種類:特許

番号:特許第4308002号

取得年月日:2009年5月15日

国内外の別:国内

名称:イネ SSIIa の活性の制御方法、及びその変異体

発明者:中村保典, 藤田直子, ペリジオフランシスコジュニア

権利者:(独)科学技術振興機構

種類:特許

番号:特許第4358006号

取得年月日:2009年8月14日

国内外の別:国内

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

藤田 直子 (FUJITA NAOKO)

秋田県立大学・生物資源科学部・准教授

研究者番号:90315599

### (2)研究分担者

伊藤 紀美子 (ITO KIMIKO)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号:10281007

阿久澤さゆり (AKUZAWA SAYURI)

東京農業大学・応用生物科学部・准教授

研究者番号:60256641

花城 勲 (HANASHIRO ISAO)

鹿児島大学・農学部・准教授

研究者番号:30336325