

Short Report

新規機能性米の普及を目指して

高難消化性澱粉 (RS) 米の栽培特性と市場調査

藤田直子¹, クロフツ尚子^{1,2}

¹ 秋田県立大学生物資源学部生物生産科学科

² 日本学術振興会特別研究員 (RPD)

我が国の稲作は、主食用米の作付けが圧倒的に多く、これに加え、もち米、酒米、加工用米、飼料用米がわずかに作付されており、用途のバリエーションは決して多いとは言えない。我々は、これまでの米品種とは、全く異なる澱粉を蓄積する米を開発し、それらの実用化と普及を目指している。特に、血糖値上昇抑制効果や、整腸作用などの機能性が期待される難消化性澱粉 (RS) を多量に含む高 RS 米や、通常の米とは食感の異なる高アミロース米が品種登録間近である。これらの米を実用化、普及させるために、2019 年に品種登録申請予定の高 RS 米「A6」を農家や農業法人に委託栽培し、その栽培特性を調べた。苗立ち率がすぐれない点が指摘されたが、最終的には、通常米と遜色ない収穫が得られた。育苗箱に播種する際に、多くの種子を播種するなどの対策で改善することが可能である。また、2018 年に品種登録申請予定の高アミロース米「K1」と「A2」は、炊飯した際、パラパラとした食感が特徴であるが、これらを使ってピラフや麺を試作し、イベント等で試食会を行ったところ、高評価であった。以上のように、品種登録間近の 3 系統は、外食産業や冷凍食品等への加工用米、病院や高齢者施設での給食などとしての普及が期待される。

キーワード：稲作農業、機能性米、難消化性澱粉、高アミロース米

我々のグループは、イネの澱粉生合成メカニズムの解明を目指して、澱粉生合成に関与する遺伝子のうち、いくつかが壊れた「変異体米」を多数単離し、それらの澱粉構造、物性や性質を調べてきた (Fujita, 2014)。変異体米の中には、通常米とは全く異なるユニークな澱粉を蓄積し、且つ、澱粉蓄積量が通常米と比べてそれほど低下しないものがあつた。我々は、これらユニークな変異体米の農業形質を向上させるため、優良品種である「あきたこまち」や「秋田 63 号」との戻し交配を行い、品種登録申請を目指してきた (藤田ら, 2014)。2018 年には、我々のグループとしては第 1 号、第 2 号となる高アミロース米 (「K1」と「A2」) を申請し、2019 年は第 3 号となる高難消化性澱粉米 (高 RS 米) 「A6」を品種登録申請する予定である。普及には、実際に農家や農業法人が栽培可

能であることが大前提である。大潟村における大規模栽培が可能であることは既に確認済み (藤田ら, 2017) であるが、変異体が元となっている我々の系統は、野生型のジャポニカ米と比べて澱粉を作る酵素が 1 つまたは 2 つ壊れており、戻し交配した系統でも既存の品種に比べると農業形質はやや劣る。従って、これらに伴う栽培上の注意点を整理する必要がある。本研究では、実際に農家あるいは農業法人に委託栽培し、「A6」の栽培上の注意点を洗い出すことを目的とした。

また、高アミロース米や高 RS 米は、炊飯米としては、主食用米と比べて食味がすぐれない欠点がある。その傾向は特に高 RS 米である「A6」で顕著であることから、美味しく、継続して食べることができるレシピ開発や加工方法の開発が不可欠である。我々は、昨年、「A6」のレシピ開発

を行い、調理方法によっては、美味しく食べることが十分可能であることを示した（藤田ら、2017）。本研究では、「K1」を用いたピラフおよび「A2」の米粉を20%混合したうどんを試作し、イベント等で試食会を行ったので、簡易的な市場調査についても報告する。

1. 委託栽培による栽培特性調査



図1 2017年度のA6BC₂の栽培地。

2017年度に、本学フィールド教育研究センターに加え、県内の有志の農家あるいは農業法人に2回戻し交配した「A6」系統（A6BC₂）の栽培を依頼した（図1）。各農家等に種籾を10キロ程度配布し、各自の通常の方法、設備で約20アールの面積で栽培してもらった。各農家から寄せられた栽培上の問題点は、育苗率に関することであった。一般農家では、

成苗全自動播種機を使って苗を作るのが一般的であり、「あきたこまち」の場合、播種箱1枚当たり110g前後の種籾を播種する。A6BC₂は、秋田63号と戻し交配しているため、種子が大きいこともあり、また発芽率が悪いであろうことも予想して多めに播種するようにお願いした。実際には、それでも「あきたこまち」と比べて苗の密度が低く、田植え機にセッティングする際に、難儀であったことが報告された。また、「あきたこまち」よりも1週間晩生である「秋田63号」と「A6」は、2017年は田植え直後の低温と秋の多雨の影響で、収量が伸び悩んだが、最終的には、十分な収量が得られた。田植え機にセットする際に難儀しない苗を作るためには、さらに多くの種籾（播種箱1枚あたり160-200g程度）を撒くことで改善できると考えられる。

次に、収穫した種子に混入した他品種の種子に関して調査した。「あきたこまち」等の主食用米は、種子が半透明であるのに対し、A6BC₂の種子は、白濁している。将来、この米を生産するにあたり、A6BC₂以外の米の混入を極力なくすることが必要となってくる。混入の原因は、①種籾の段階での他の米の混入、②育苗や田植え時の他の米の混入、③前年度の落穂の発芽による混入、④コンバインや乾燥機での混入などの可能性が考えられる。2017年に各地で栽培したA6BC₂の白濁種子以外（心白や半透明種子）の混入割合は、3.0-4.1%程度であった。これらの数値を極力減少させるためには、種籾の品質管理が必要である。種籾用の種子を繁殖する際、遺伝的に固定された系統を繁殖することは言うまでもないが、配布した農家に逆塩水選等で主食用米の混入を排除してもらうことも有効だと考えられる。通常、農家が主食用米を播種するときは、塩水選（1.13%の塩分を含んだ水で沈んだ種籾のみを使うことで、空籾を除去し、育苗率を上げる方法）を行う。一方、A6BC₂は、一般的な主食用米より種子の密度が低いため、塩分1.13%では、ほとんどが浮く。一方、主食用米は沈むため、沈んだ種籾を除去する「逆塩水選」を行うことでこれらを排除することが可能である。さらに、逆塩水選をする前に、風などで空籾を排除しておけば、育苗率を向上できると考えられる。田植えや収穫時の、コンバイン中での混入を防ぐために

は、もち米を生産する際と同様の注意を払うことで、その大部分を防ぐことが可能だと考えられる。

2. 試食会による簡易市場調査

2018 年に品種登録申請予定の高アミロース米「K1」と「A2」は、澱粉合成関連酵素のうちスターチシンターゼ (SS) IIIa が欠損した変異体である「e1」(Fujita ら, 2007) に、良食味米の「あきたこまち」と超多収米の「秋田 63 号」をそれぞれ戻し交配した系統である。アミロース含量が高くなると食感がパラパラすることは以前から知られていたが、我々が開発した「K1」と「A2」の最大の特徴は、ジャポニカ米由来の高アミロース米であることである。これまでも高アミロース米は既に品種化されているが、いずれもタイ米などのインディカ米由来の遺伝子の導入により高アミロースの性質をもつ系統であった。我々の系統は、特に「K1」はインディカ米の遺伝子を一切含まない(ただし、A2 の戻し交配親の「秋田 63 号」の来歴には、一部インディカ米が含まれている)。また、食味は日本人好みであるが、食感だけがパラパラしているのが特徴である。現時点で、「K1」の用途は、ピラフやチャーハン、カレーなど、洋食や中華料理などの加工用米や冷凍食品等を想定している。「K1」は、戻し交配親である「あきたこまち」より収量はやや落ちるが、農業形質は「あきたこまち」とほぼ同じである。一方、「A2」は、戻し交配親である超多収品種の「秋田 63 号」よりは収量がやや落ちるが、「あきたこまち」よりは格段に多収である。米粒が大きいため、米飯としてだけでなく、米粉や米ゲルにして、麺、パン、菓子等に利用することを想定している。

また、「K1」と「A2」は、「あきたこまち」と比べて難消化性澱粉がそれぞれ約 2 倍と 3 倍多く含まれていることが明らかになっている。さらに、炊飯した際、「あきたこまち」より体積が増える、炊き増えの現象が見られ(図 2)、同じ米の量を炊飯しても「あきたこまち」や「秋田 63 号」よりも盛りが良い、という特徴を持つ。また、通常の加水量で炊飯した際は、パラパラな食感が得られるが、通常よりも多くの水分で炊飯しても粒感が維持され、通常の米飯と

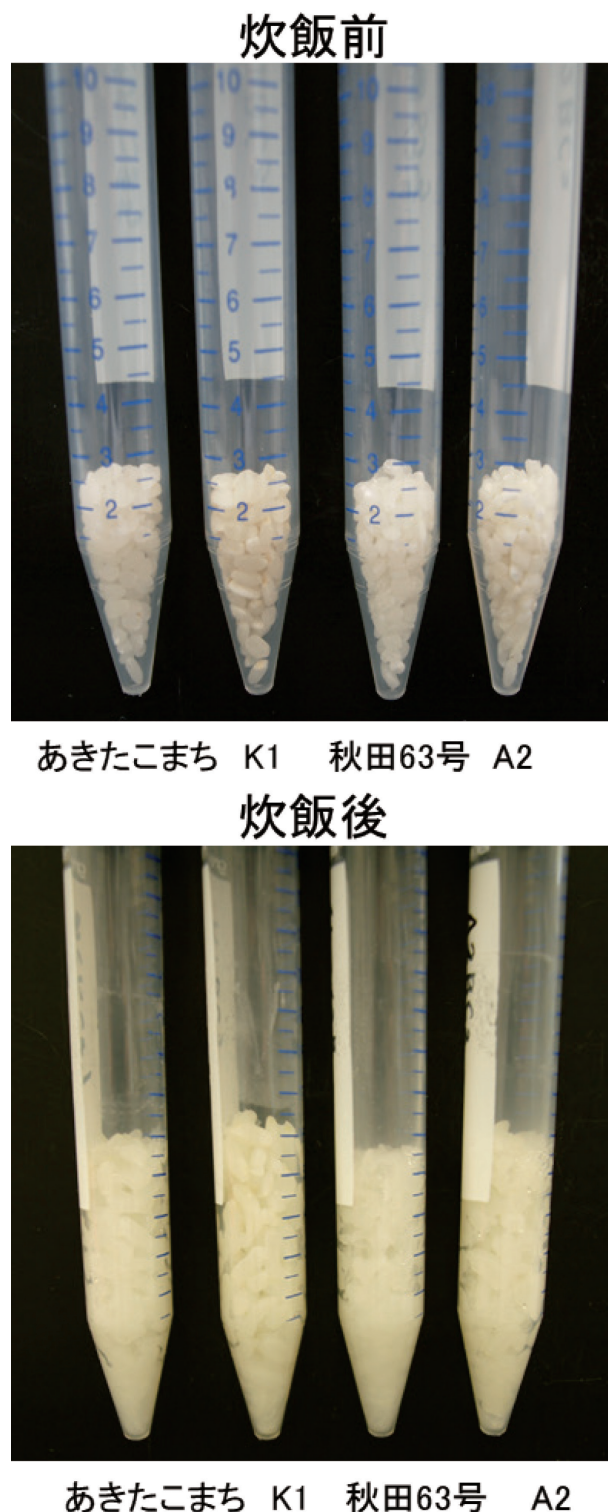


図 2 「K1」、「A2」の炊き増えの様子。炊飯前の精米 (2 g) の体積は「あきたこまち」と「秋田 63 号」とそれぞれ変わらないが(上写真)、炊飯すると、「K1」と「A2」は 1.07 倍に体積が増加する(下写真)。

してより多くの水分を含んだ低カロリー米として食

べることが可能である。

2017年度は、いくつかのイベントで試食会を行った。タイ米と「K1」でピラフを作り、食べ比べしていただいたところ、98%の方が、「K1」で作ったピラフの方が美味しいと評価された (N=97)。また、「あきたこまち」と「K1」でピラフを作って食べ比べしていただいたところ、62%の方が「K1」で作ったピラフの方が美味しいと評価された (N=80)。興味深いことに、このうち男性は78% (N=41) が、女性は46% (N=39) が「K1」で作ったピラフが美味しいと評価したことから、ごはんの食感の好みは男女差が顕著であることが明確になった。

次に、「A2」の米粉を20%含んだうどんを試作して、「A6」の米粉を20%含んだうどんと小麦100%のうどんと食べ比べしてもらった。「A2」の米粉を含ませることで、よりつるつる感が増したことから、「A2」の米粉を20%含んだうどんが、小麦粉100%のうどんよりわずかに高評価であった。

3. 今後の取り組み

高アミロース米の「K1」と「A2」および高RS米の「A6」は、品種登録申請後、順調に手続きが進めば新しい品種名がつき、半年～1年後には販売が可能となる。現在、これらを用いたさまざまな食品の商品開発を推進している。さらに、「A6」においては、ヒト試験を用いてその機能性を証明する試みを行っている。血糖値上昇抑制作用や、腸内環境改善効果が明らかになれば、秋田県立大学で初めて開発した高機能性米として普及させることが可能になると考えている。

謝辞

本研究は、本学生物資源科学部植物生理研究室の卒業生、在学生および研究員の方々、地研センターの皆様およびフィールド教育研究センターの職員の方々の多大なご協力をいただいた。また、快く委託栽培を行ってくださった農家、農業法人の方々、品種登録申請に関してご協力いただいている秋田県農業試験場作物部および JIRCAS の皆様、麵の試作でご協力いただいた (有) 高山製麵の高山康樹社長に

厚く御礼申し上げます。

本研究は、本学部局間提案型推進事業および農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業・実用技術開発ステージ (28029C) の支援で行われた。

文献

Fujita, N. (2014) Starch biosynthesis in rice endosperm. *Agri-Bioscience Monographs* 4, 1-18.

藤田直子, 大野智子, 保田謙太郎 (2017). 「低カロリー機能性米の地域普及を目指して～調理法の開発と栽培簡易化～」『秋田県立大学ウェブジャーナル B』4: 158-163

藤田直子, 立木芳, 追留那緒子, 阿部美里, クロフツ尚子, 川本朋彦, 小玉郁子, 加藤和直, 佐藤健介, 高橋竜一, 伏見力 (2014). 「新規澱粉米品種の育成に向けて～BC₂F₃ 種子および BC₂F₂ 植物の解析～」『秋田県立大学ウェブジャーナル B』1: 7-11

Fujita, N., Yoshida, M., Kondo, T., Saito, K., Utsumi, Y., Tokunaga, T., Nishi, A., Satoh, H., Park, J.-H., Jane, J.-L., Miyao, A., Hirochika, H., Nakamura, Y. (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.

〔平成30年6月30日受付〕
〔平成30年7月10日受理〕

Toward the dissemination of low calorie and functional rice cultivars

Facilitation of cultivation and market research of high RS rice

Naoko Fujita¹, Naoko Crofts^{1,2}

¹ *Department of Biological Production, Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University*

² *Japan Society for the Promotion of Science (Restart Postdoctoral Fellowship)*

Japan has a limited variation of rice cultivars since most of the rice grown in the country is used as a source of staple food, and only a small proportion of rice is grown for other purposes such as brewing, processing, and feed for livestock. In this study, we generated new rice lines with novel starch properties for commercialization. Some of these rice lines contain high levels of resistant starch (RS), which is expected to suppress a drastic increase in blood glucose levels and to improve the colon environment. Other lines have high amylose content that confer a unique texture. Field trials were conducted to examine the agricultural properties of these lines. Although the high-RS rice line “A6,” which will be registered in 2019, initially demonstrated a reduced seedling establishment rate, its final crop yield was similar to that of ordinary rice cultivars. The high-amylose lines “K1” and “A2,” which will be registered in 2018, exhibited a less sticky texture. The prototype pilaf and noodles that were prepared using these cultivars proved popular at tasting events. Therefore, it is anticipated that these new rice lines will be utilized in the production of processed rice, such as by the catering and frozen meal industries, and for food services in hospitals and nursing homes.

Keywords: Functional rice foods, Novel demand mutant rice lines, Rice agriculture, Starch