

茨城農総七
生工研研報
Bull. Ibaraki
Plant Biotech. Inst.
No. 10 2007

ISSN 1341-2809

BULLETIN
OF THE
PLANT BIOTECHNOLOGY INSTITUTE
IBARAKI AGRICULTURAL CENTER

NO. 10
March 2007

茨城県農業総合センター 生物工学研究所研究報告

第 10 号

平成 19 年 3 月

茨城県農業総合センター
生物工学研究所

茨城県笠間市安居 3 1 6 5 - 1
Ago, Kasama, Ibaraki, 319-0292, Japan

目 次

報 文

陸稲系統「関東糯 172 号」の高速餅硬化性に関する研究	1
岡本和之	

総説

根部エンドファイト <i>Heteroconium chaetospira</i> によるハクサイ根こぶ病 防除に関する研究	45
成澤才彦・薄 史暁・羽柴輝良	

研究資料

陸稲指定試験地のあゆみ	53
石井卓朗	

陸稲系統「関東糯 172 号」の高速餅硬化性に関する研究

岡本和之

第1章 緒言

第2章 陸稲餅硬化性検定法の開発と高速餅硬化性品種・系統の探索

第1節 緒言

第2節 果実硬度計による餅硬化性検定法の確立

第3節 陸稲糯米におけるラピッド・ビスコ・アナライザーによる餅硬化性の検定条件の検討

第4節 ラピッド・ビスコ・アナライザーによる餅硬化性の簡易検定法の確立

第5節 高速餅硬化性品種・系統の探索と陸稲系統「関東糯 172 号」

第6節 登熟期の気温が高速餅硬化性へ及ぼす影響

第7節 「関東糯 172 号」の栽培特性および切り餅の食味

第8節 考察

第3章 陸稲系統「関東糯 172 号」の理化学的特性

第1節 緒言

第2節 「関東糯 172 号」のデンプンにおけるアミロペクチン側鎖長分布の特徴

第3節 「関東糯 172 号」におけるデンプン合成酵素活性の特徴

第4節 考察

第4章 高速餅硬化性に関する遺伝分析

第1節 緒言

第2節 F_2 世代と F_3 検定世代における高速餅硬化性の遺伝分析

第3節 戻し交雑 (BC_1F_1) 個体における高速餅硬化性の検定

第4節 F_1 個体および F_3 系統における餅硬化性の評価

第5節 正逆交雑の精白米におけるアミロペクチン側鎖長分布の差異

第6節 考察

第5章 総合考察

摘要

謝辞

引用文献

Summary

第1章 緒言

陸稲は水稻と同一種 (*Oryza sativa* L.) に属し両者の間に植物学的な差はない。しかし、長い間水分条件の厳し

い畑条件下で栽培され選抜されてきたために、水稻とは異なるいくつかの特徴を有することが指摘されている。すなわち、陸稲は水稻に比べて、形態的特性として粗剛かつ繁茂型で長稈・穂重型のものが多く、生理学的には

低温・乾燥条件下での発芽特性，初期伸長性，根の伸長性が高く耐干性に優れ，畑栽培に適応した特徴を有している．さらに，畑栽培条件はいもち病の発病に好適であるため，耐病性の選抜が行われた結果，陸稲にはいもち病抵抗性に優れる品種が多い（小野 1977）．

明治時代までは，我が国の陸稲は畑作地帯においてヒエやアワにまさる重要な食用作物の一つであった．1880年代前半の陸稲栽培面積は約 30,000ha で全稲作面積の 1% であったが，第二次世界大戦後の食料不足により水稻の不足を補う作物として陸稲の作付けは増大し，1960年には約 184,000ha に達し全稲作面積の 6% を占めるに至った．とくに，北関東の茨城，栃木，群馬の 3 県では全稲作面積の 2 割から 3 割を占めていた．しかし，1960年代以降，水田の基盤整備が進んだこと，米の生産過剰や水稻良食味品種の作付け面積が増え始めたことなどから，陸稲梗品種の作付けは激減し，陸稲栽培面積のほとんどを糯品種が占めるようになった．その後，収益性の高い野菜や果樹等への作付転換が伸展し，陸稲の作付け面積は減り続け，2003 年には約 5,560ha にまで減少した（図 1）．このように，近年米の生産における陸稲の地位は著しく低下したものの，畑作体系における陸稲の栽培はむしろ重要性を増している．畑作農業の動向は収益性の高い野菜を中心とした集約栽培や施設栽培に向かっているが，近年とくに連作障害による収量や品質の低下が

重大な問題となっている．輪作体系における陸稲の栽培は，ハクサイの根こぶ病，キュウリつる割れ病，ゴボウのヤケ発生やネコブセンチュウの寄生による被害等を軽減する効果が認められていることから，連作障害を回避するための輪作作物として重要な役割を有している（大久保 1976，林 1997a，林 1997b，林 1998）．さらに，連作障害は陸稲にも現れることから，畑作農家では陸稲と野菜等とを組み合わせる輪作している．このように，陸稲はいわゆる畑のクリーニングクロップとして野菜生産のために非常に重要な作物でもある（図 2）．日本の陸稲育種は，組織的な品種改良の取り組みが 1929 年に設置された 5 ヶ所の陸稲育種指定試験地（秋田：大館，茨城：石岡，三重：白子，鳥取：赤崎，鹿児島：鹿屋）で始められた．その後，1942 年から 1951 年までに他の 4 試験地が改廃されたことにより，茨城県農業総合センター生物工学研究所のみが 2006 年 3 月まで全国を対象とした陸稲育種事業を遂行した．当試験地は 1967 年から水戸市の現在地に移転した．1968 年からは青森県藤坂支場に現地選抜圃場を設け，寒冷地向けの陸稲育種も進めている．1929 年以降，これまでに育成された陸稲品種は 60 品種に上る．このうち，茨城県では 27 品種を育成し，そのうち 16 品種が茨城県で奨励品種として採用され，全国の陸稲奨励 10 品種のうち 8 品種が当試験地の育成品種である．これまでに，日本の陸稲の品種改良において最も重視さ

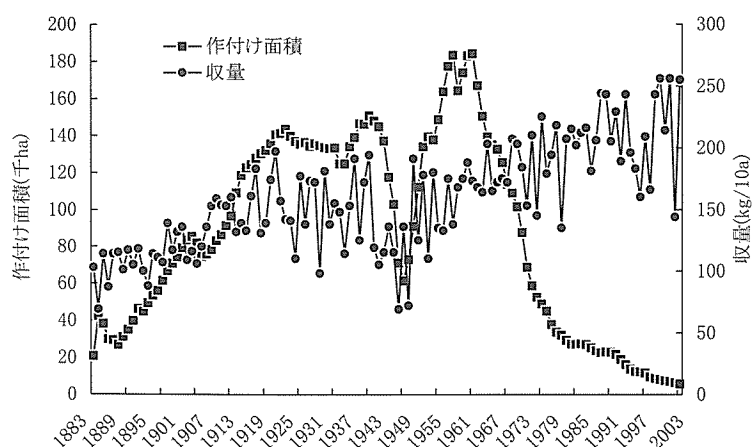


図 1 陸稲の作付け面積および収量の推移

1954 年までの数値は農作物累年表・稲（農林省統計情報部編）の全国数値を，1954 年以降は農林水産省統計表から作成した．

農作物累年表は農務省統計表（1883 年～1923 年）および農林水産省統計表（1924 年以降）によって作成したものである．

1884，1885 年および 1944 年～1973 年は沖縄県を含まない．



図 2 現地農家圃場における陸稲栽培と輪作の様子

手前左：陸稲，手前右：ジネンジョ，奥：ゴボウ．

れてきた育種目標は、耐干性の向上と米の高品質化である。昔も今も、陸稲の生産性を不安定にしている最大の要因は干魃害であり、1994年の干魃により茨城県下の陸稲は約7億円の被害を受けている。これまで、茨城県では大規模な干魃が3年に1回の頻度で起こり、局地的な干魃はほぼ毎年記録されていることから、耐干性の強化が育種目標の第一に挙げられてきた（金 1990）。

陸稲の高品質化については、①外観品質の向上、②餅食味の改善および③加工適性の改良が挙げられてきた。陸稲の梗品種では一般に玄米の蛋白質含量が水稻に比べて高く、玄米品質や米飯としての食味が水稻に比べて劣ることから、水稻粳米が供給過剰になってからは陸稲栽培面積の99%を糯品種が占めるに至っている（平 1970, 平 1972）。陸稲の糯品種における餅食味の改良はこれまで主に水稻との交雑によって進められてきた。1974年に旧茨城県農業試験場（現生物工学研究所）において、水稻品種「越路早生」と陸稲品種「ハタコガネモチ」との組合せから、畑地灌漑栽培用水稻品種「ミズハタモチ」が育成され、畑地灌漑下で栽培した水稻品種と比べても同等の玄米品質および餅食味を有するとされた（小野ら 1970）。玄米品質が水稻と同等であれば流通上水稻として登録した方が生産者の利益になると考え「ミズハタモチ」は水稻として登録されたという経緯がある（石原 2001）。

我が国における糯米の用途は、主食用としては切り餅、おこわ、加工用として、あられ、おかき、羽二重餅および大福餅などがあげられる。このうち、切り餅、あられ、おかきなどは餅生地を冷蔵した後に切断・加工するため、これらの食品には餅生地が早く固まる品種が適するとされる。逆に、羽二重餅および大福餅ではやわらかい食感を保つ必要があるため、餅生地は固まりにくい品種が適するとされる（斎藤 1987）。餅生地の湯溶けは切り餅の調理および食味に与える影響が大きいとされる。餅生地の湯溶け固形物量（熱湯中に溶け出した餅生地の乾物重量）は製餅方式により異なるとされ、練り出し式で調整した切り餅では杵搗き式および回転羽根式で調整した切り餅の約2倍の固形物が溶け出すため湯溶けし易いとされる（柳瀬ら 1983）。しかし、水稻糯米と陸稲糯米との間に差異はなく、同一品種でも玄米での貯蔵期間が長い場合に湯溶け固形物量が減少すると報告されている（柳

瀬ら 1984）。また、水稻糯米で作成した餅生地の組織構造は、回転羽根式で製餅した方が杵搗き式よりもペーストの割合および気泡の数が多いとされる。さらに、冷蔵した餅生地は時間の経過とともに硬化が進行するのに対し、 -20°C で冷凍保存した餅生地では1週間後でもほとんど硬化しないこと、回転羽根式で搗いた餅生地はある程度時間が経つと杵搗き式で搗いた餅生地よりも硬化の進行が早く、食味の低下も早いことなどが報告されている（永島 1996）。一方、日本の米菓は、主食米を調整する過程で生じたくず米を用いて製造されてきたため、一般に、製品の品質は米の品質よりも製造技術に負うところが大きいとされる。しかし、近年では、品種・産地間で餅硬化性に差があること、糯米の貯蔵性、餅生地の固まり易さやビスコグラフによる物理化学的な特性の評価、餅生地の老化および膨化伸展性の銘柄間の違いなど、加工適性に関する研究が数多く報告されている（柳瀬ら 1981, 1982a, 1982b, 1982c, 1983, 1984, 有坂ら 1991, 有坂 1994, 松江ら 2002, 柳原 2002, Kobayashi ら 2003）。品種としては、新潟県産「こがねもち」は餅生地が早く固まり加工しやすいため実需者の評価が高く、北海道産「はくちょうもち」は本州産の糯米に比べて餅生地が固まりにくいとため、赤福もちなど和菓子の材料として重用されている。このように、用途が明確であり、それぞれの食品に適する特性を持つことは、米の市価が下落する中で陸稲の安定した需要を保つために重要である。

水稻糯品種における育種学的研究についても多くの研究が報告されている。新潟県では白玉団子の硬度を測定することで、既存の方法よりもさらに小規模かつ簡易な餅硬化性検定法を開発した（柳瀬ら 1983, 石崎 1994, Kobayashi ら 2003）。さらに、新潟県ではこの検定法により餅硬化性に優れる系統を効率的に育成したことが報告されている（小林ら 1999）。さらに、*O. glaberrima*の糯突然変異系統は「こがねもち」以上の餅硬化性を示し、*O. sativa*の糯突然変異系統では実用品種に比べて糊化開始温度が低く餅硬化性が劣ることなどが報告されている（小林ら 2003）。一方、国内外の水稻糯品種におけるアミログラム特性について、海外の品種には豊富な変異が存在すること、突然変異系統と原梗品種との最高粘度の差は、 α -アミラーゼ活性の高低には起因せず、糯米と粳米との酵素による分解の難易によるとされている

(平林・八木 1995, 松倉ら 2004).

水稲糯米の用途は主に切り餅および米菓原料用であるが、従来の陸稲の糯米は水稲の糯米に比べると光沢が不良で外観品質が著しく劣り、陸稲の餅生地も水稲糯米に比べて伸展性や滑らかさが劣り餅食味が悪いとされてきた(柳瀬ら 1984). このため、従来の陸稲糯米は、主にあられやおかきなどの米菓原料の増量材として用いられてきた. 近年では、安価な輸入米の需要が増えて米菓の原材料に用いられているが、陸稲糯米はあられやおかきの固さおよび表面のひびを調整するために必要不可欠な材料であり、現在も実需者からは安価かつ安定供給が切望されている. また、水稲糯米の出荷量と生産量に差があることから、陸稲の一部は水稲糯米と混合され、切り餅やおこわなどにも用いられていると推定される. 一般に、陸稲糯米の市場価格は水稲糯米の市価の5割から6割と安価に推移している. また、近年、全国における水稲糯米品種の作付け面積は約50,000ha前後で推移し、主産地である九州北部地域および北海道が全国の作付け面積の約3割を占める. このため、糯米の主産地が台風の被害や冷害の影響を受け、水稲糯米が供給不足になった場合には、陸稲糯米の市価は水稲糯米に連動して高騰する. このように、水稲糯米の相場が暴騰あるいは下落するのに伴い陸稲糯米の需給関係も不安定になるため、実需者からは安定供給が望まれている. しかし、陸稲糯米の市場価格は米余りを背景とした水稲粳米の価格下落の余波を受け低迷を続けている. このような状況で陸稲栽培を続けていても農家の利益は少なく、生産意欲の減退により作付け面積は減少していく一方である. 1996年に育成された陸稲糯米の中晩生品種「ゆめのはたもち」は、餅食味が水稲品種「コノエモチ」並みに優れた極良食味品種で、育成品種として初めて食味区分が上の上に分類され、同時に耐干性極強であることから普及面積の拡大が期待された(平澤ら 1998). しかし、野菜との輪作体系からは従来どおりの極早生品種が望まれること、熟期中晩生では過酷な干魃に曝される機会が多くなることなどから、現在も栽培面積は300ha前後のままである. 今後、陸稲の需要を拡大していくためには、極早生品種の高品質化を図ることや、新たな加工食品を開発するための材料として付加価値を高めていくことについて研究の推進が期待されている.

しかしながら、水稲糯米品種については様々な観点から多数の研究が報告されているのに対し、陸稲糯米についての研究例は極めて少ないのが現状である(竹生ら 1983, 有坂 1994). とくに、陸稲糯米の加工適性については1984年以降ほとんど報告されておらず、現在の奨励品種を対象とした陸稲糯米の加工適性についての研究例はない. 一般に、切り餅、あられおよびおかきを製造する工程では、練り上がった餅生地を切断・成型するため、冷蔵により餅生地を硬化させる必要があり、餅生地の固まり易さ(餅硬化性)は作業効率に影響する要因として最も重視されている. しかし、陸稲糯米の餅硬化性は水稲糯米に比べて劣り、餅搗き後の成型により長い時間を要すること、餅生地が膨化伸展性に劣ることから、米菓原料用としては水稲糯米より評価が低いとされる(柳瀬ら 1982a, 1982c). そこで、陸稲糯米における餅硬化性の変異を拡大し、固まり易い餅から固まりにくい餅まで、さまざまな製品に対応できるような品種を育成するとともに、陸稲を利用した新しい加工食品を開発するための材料を提供し、用途を拡大することは緊急かつ重要な課題であると考えられる.

本論文では、加工適性として最も重視されている餅硬化性について、果実硬度計による簡易検定法、および、ラピッド・ビスコ・アナライザー(Rapid Visco Analyzer: 以下、RVAと略す)による新たな簡易検定法を開発して、全国で奨励品種として栽培されている陸稲糯米の餅硬化性を評価した. さらに、RVAによる検定法を利用し、多数の品種・系統の中から高速餅硬化性を有する「関東糯172号」を見出し、「関東糯172号」における餅硬化性の遺伝様式およびその機作の解明を試みた.

第2章 陸稲餅硬化性検定法の開発と高速餅硬化性品種・系統の探索

第1節 緒言

我が国では、陸稲は2003年に全国の約5560haで栽培されているが、粳品種は米飯としての食味が水稲に比べて著しく劣ることから、栽培面積の99%を糯品種が占めている. 糯米の用途は主に切り餅用と米菓原料用であるが、陸稲糯米の場合は、価格が水稲の5割から6割と安価なこと、切り餅としての食味が水稲糯米に比べて劣ることから、用途が米菓原料に限られている(図3). 糯米



図3 陸稲糯米を利用した加工食品の一例

の米菓原料米としての適性は、練り上げた餅生地を冷蔵した場合の固まる速さ（餅硬化性）、餅生地を圧延した場合の伸びの良さ（伸展性）および製品における嵩高の増減（膨化性）などにより評価される。あられやおかきを製造する工程では、練り上がった餅生地を切断・成型するため、冷蔵により硬化させる必要があり、とくに、餅硬化性はあられやおかきを製造する工程の作業効率に影響する要因として最も重視されている（柳瀬ら 1982a, 柳瀬ら 1984）。しかし、一般に陸稲の糯米は水稻の糯米に比べて餅硬化性に劣り、餅搗き後の成型に長時間を要するため、米菓原料米としての評価は低いとされる（柳瀬ら 1982c）。今後、原料米として陸稲糯米の需要確保を図る上で、米菓製造の作業を効率化できる優れた餅硬化性を備えた陸稲品種を育成することが重要な課題である。一般に、あられやおかきを製造する場合には、餅生地の冷蔵に1日から3日を要するとされる（赤間・有坂 1992）。そこで、従来の品種に比べて一定時間内に餅生地が早く固まり、短時間で切断処理できる糯米の特性を高速餅硬化性と定義する。

餅硬化性の検定法としては、従来、冷蔵した餅生地を長さ50cm×幅5cmに切り出し、餅生地の中点を針金や棒に吊し、生地のになり具合から縦横比を算出し、この値を餅硬化性指数として利用してきた（柳瀬ら 1982c, 有坂 1994）。さらに、硬度測定器の一種であるテクスチュロメーターやテンシプレッサーにより餅生地の硬度

を測定することによって、国産の糯米には品種間差や産地間差があることが報告されている（江川・吉井 1990, 有坂 1994）。一方、粘度計の一種であるビスコグラフは小麦や水稻の品質評価に用いられ、餅硬化性とビスコグラフ糊化開始温度との間には相関関係があり、この温度を指標として利用できることが報告されている（柳瀬ら 1982c, 江川・吉井 1990, 有坂 1994, Matsue and Ogata 1998）。しかし、これらいずれの方法においても多くの試料と労力を要し、一度に多数の品種・系統を扱う育種事業の特性検定法としては不向きであるため、より簡易で精度の高い検定法を確立する必要がある。また、近年開発されたRVAは粘度計の一種であり、水稻梗米デンプンの糊化特性の評価に利用されている機器である（朝岡ら 1994, 不破ら 1994, 水上ら 1996, 豊島ら 1997）。しかし、現状ではRVAを利用した糯品種の研究事例は少なく知見も限られており、水稻糯米に用いた例は高橋（1993）、深井・松澤（1998）、杉浦ら（2005）を除いて報告が少ない。

本章では高速餅硬化性を備えた陸稲糯品種を育成するため、廉価な果実硬度計を利用し、簡易に餅生地の硬度を測定する方法を確立し、従来の方法と比較した。さらに、RVAを利用して間接的かつ簡易に餅硬化性を検定する方法を確立するとともに、餅硬化性に関する陸稲の品種探索を実施した。

第2節 果実硬度計による餅硬化性検定法の確立

1. 目的

果実硬度計はメロンなど果実の果肉の硬さを測定するために用いられる簡易な機器である（藤原・坂倉 1999）。この果実硬度計を利用して餅生地の硬度を測定し餅硬化性の評価を試みた。さらに、果実硬度計による検定方法と新湯式餅硬化性検定法との相関関係を検討し、本法と従来の方法とを比較した。

2. 材料および方法

供試材料には全国で奨励品種として栽培されている主要陸稲品種を用いた。1995年と1996年に、「農林糯20号」、「ハタキヌモチ」、「ワラベハタモチ」、「ツクバハタモチ」、「ミサトハタモチ」、「トヨハタモチ」、「ナエバハタモチ」、「ナツハタモチ」、「サキハタモチ」、「ミズハタモチ」および「関東糯168号（後のゆめのはたち）」の

計 11 品種・系統を畑栽培した。畦間は 60cm，播幅は 10cm で，播種量は 5g/m² とし，1995 年，1996 年とも 4 月 17 日に条播した。両年とも基肥として化成肥料を，10a 当たり窒素，リン酸，カリを成分量でそれぞれ 6，12，9kg 施用した。追肥として化成肥料を，1995 年は 6 月 2 日と 7 月 18 日に，1996 年は 6 月 10 日と 7 月 15 日に，それぞれ，10a 当たり窒素成分で 4kg 施用した。その他の栽培方法は茨城県普通作物耕種基準に従った。収穫は 9 月上旬から 10 月上旬まで適宜行い，はさ掛けにより適正水分まで自然に乾燥させ，10 月中旬から 11 月中旬にかけて収納・脱穀した。なお，これ以降の試験において，稲体を刈り出した場合ははさ掛けによって籾を乾燥した。

餅生地は，搗精歩留まり 88% の精白米 650g を一晩水に浸し，市販の餅搗き器（もちっこ：東芝製 AFC-166 型）で練り上げ作成した。得られた餅生地を 27.5cm×18cm×1.5cm に成型したのち，表面をポリフィルムで覆い，4℃ で 10 時間冷蔵した。餅硬化性は，直径 12mm の円筒形プランジャーを装着した果実硬度計（藤原製作所製：KM-5 型）により測定した餅生地上における任意の 5 点の平均

硬度を算出し評価した（図 4）。このときの餅生地の硬度の値を用いて，数値が大きいほど硬化速度が早く，小さいほど硬化速度が遅いと評価した。

一方，従来の新潟式の餅硬化性検定法に準じ，成型した餅生地を 27.5cm×3cm×1.5cm に切り出し，餅生地を中心を針金で吊るした。しなった餅生地の両端を結ぶ線と餅生地を中心からの垂線の交わる点を中点とし，中心から中点までを縦（a）の長さ，中点から餅生地の右端または左端までを横（b）の長さとして，餅硬化性指数（縦（a）/横（b））を算出した（有坂ら 1988）。餅硬化性指数の数値が小さいものは硬化速度が早いことを，大きいものは硬化速度が遅いと評価した（図 5）。

3. 結果

表 1 に果実硬度計によって評価した我が国の主要陸稲品種・系統の餅硬化性を示した。1995 年産米における餅生地の硬度は 2.26kg/cm² から 3.33kg/cm² までの範囲に，1996 年産米の餅硬度は前年よりやや低く，1.54kg/cm² から 2.70kg/cm² までの範囲に分布した。しかし，両年の品種間差の傾向はほぼ一致し，年次間で有意な正の相関（r

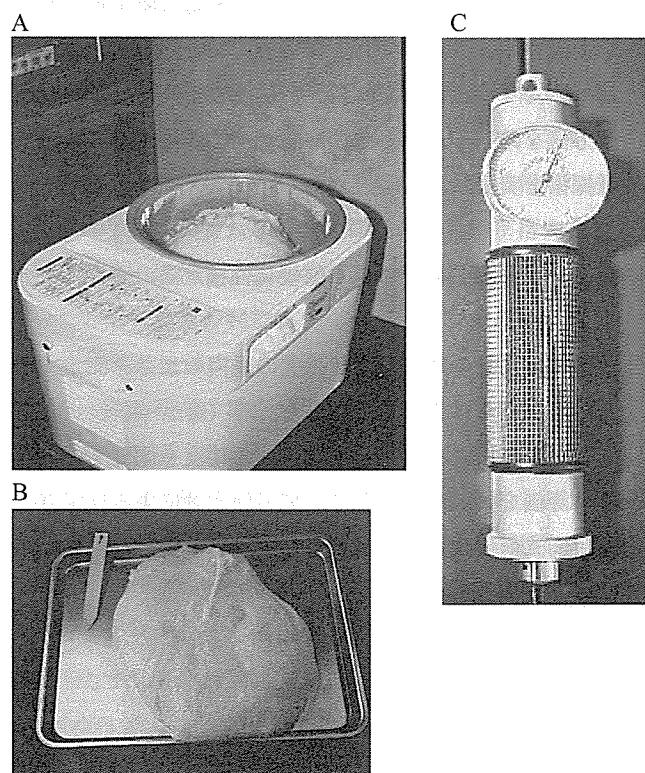


図 4 果実硬度計による餅硬化性検定法

- A：餅つき（東芝製：AFC-166）
- B：成形
- C：果実硬度計（藤原製作所製：KM-5 型）

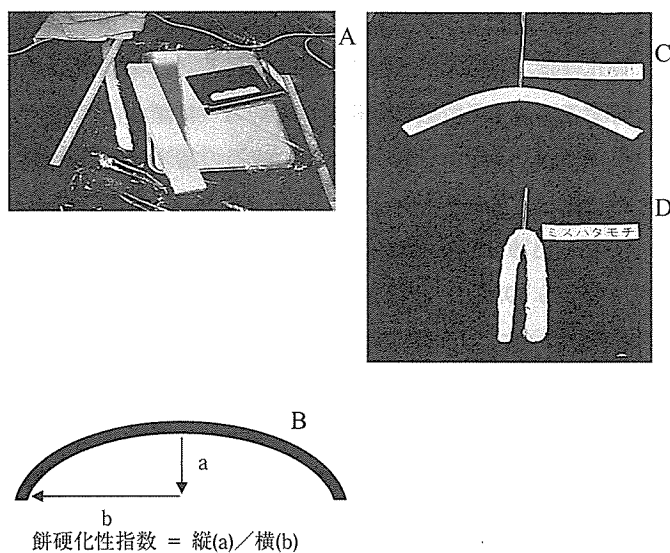


図 5 新潟式餅硬化性検定法による評価

- A：冷蔵 10 時間後の切り出し
- B：餅硬化性指数（a/b）
- C：こがねもち（新潟県産）
- D：ミズハタモチ（茨城県産） いずれも 1996 年産

= 0.850***) が認められた。「ナエバハタモチ」の硬度は1995年産が3.33kg/cm²、1996年産が2.70kg/cm²で、供試した11品種・系統中で餅生地が最も早く固くなることが明らかになった(図6、表1)。

新潟式餅硬化性検定法によって算出した餅硬化性指数は、1995年産米では0.61から2.57までの範囲に、1996年産米の指数は前年よりも大きく、2.20から12.15までの範囲に分布した。しかし、両年の品種間差の傾向はほぼ一致し、年次間で有意な正の相関($r = 0.775^{***}$)が認められた。一方、両検定法の間には有意な負の相関関係($r = -0.929^{***}$, $r = -0.815^{***}$)が認められ、果実硬度計による餅硬化性の評価は従来の検定方法との相関が高かった。また、「ナエバハタモチ」の餅硬化性指数は

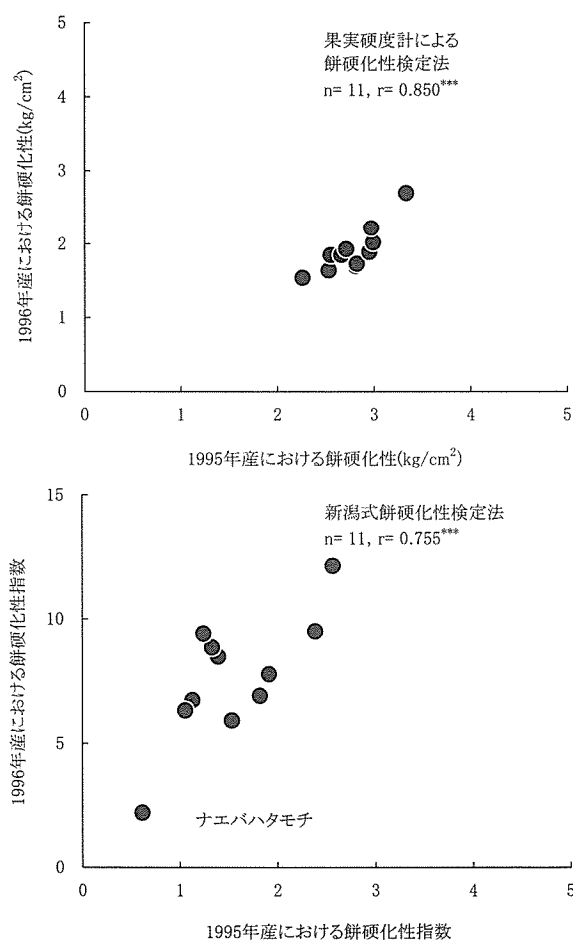


図6 果実硬度計および新潟式餅硬化性検定法による餅硬化性の1995年産と1996年産との関係

***は0.1%水準で有意な相関関係があることを示す。

以下の11品種・系統を供試験した。

ミズハタモチ	陸稲農林糯20号	ハタキヌモチ
陸稲関東糯168号	サキハタモチ	ツクバハタモチ
ワラベハタモチ	ナツハタモチ	ナエバハタモチ
トヨハタモチ	ミサトハタモチ	

1995年産が0.61、1996年産が2.20で、両年とも供試した11品種・系統中で最も指数が小さく、餅生地硬化速度が最も早く、果実硬度計による評価結果と一致した(図6)。

4. 考察

我が国の主要陸稲11品種・系統について、果実硬度計による検定方法と従来の新潟式検定方法により餅硬化性を評価した。1995年と1996年において、両検定法の間には有意な負の相関関係($r = -0.929^{***}$, $r = -0.815^{***}$)が認められ、果物等で利用されている果実硬度計による評価は従来の検定方法と相関が高く、餅硬化性の測定方法として適切であることが示された(図7)。一方、陸稲糯品種においては品種間差が年次間でほぼ同

表1 果実硬度計による餅硬化性の検定結果

品種名	餅硬化性 (kg/cm ²) ¹⁾	
	1995年産	1996年産
ミズハタモチ	2.26f	1.54g
陸稲関東糯168号	2.53e	1.64f
ワラベハタモチ	2.55e	1.85d
トヨハタモチ	2.66d	1.85d
陸稲農林糯20号	2.71d	1.93d
サキハタモチ	2.81c	1.70ef
ナツハタモチ	2.82c	1.73e
ミサトハタモチ	2.95b	1.89d
ハタキヌモチ	2.99b	2.02c
ツクバハタモチ	2.97b	2.22b
ナエバハタモチ	3.33a	2.70a

¹⁾ 餅硬化性は、餅生地地上の任意の5点の平均硬度で示した。同一英文字間にはTukeyの多重検定法による5%水準での有意差がないことを示す。

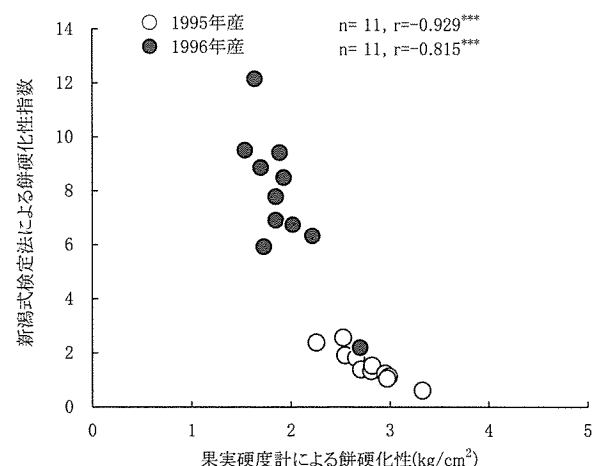


図7 果実硬度計による餅硬化性と新式検定法による餅硬化性指数との関係

***は0.1%水準で有意な相関関係があることを示す。

以下の11品種・系統を供試験した。

ミズハタモチ	陸稲農林糯20号	ハタキヌモチ
陸稲関東糯168号	サキハタモチ	ツクバハタモチ
ワラベハタモチ	ナツハタモチ	ナエバハタモチ
トヨハタモチ	ミサトハタモチ	

じ傾向を示すことから、餅硬化性は遺伝的形質であることが示唆された(図6)。水稻糯品種についても餅硬化性の遺伝力の高いことが報告されているが、畑圃場で栽培される陸稲糯品種でも知見が一致することが明らかになった(石崎ら 1995, 石崎ら 1996, 石崎ら 1997, 杉浦ら 2005)。餅硬化性が低い品種・系統では金型から餅生地をはがすことが難しいことや、餅生地の切り出しや餅生地のしなり具合を計測するのに長時間を要することから、育種試験における評価法としては果実硬度計による餅硬化性検定が従来法より効率的であると判断された。

一般に、我が国の水稻糯米では登熟期の平均気温が高いほど餅生地が早く固まり、平均気温が低いほど餅生地は固まりにくくなるとされている(斎藤 1987)。このため、餅硬化性に影響を与える主な原因としては登熟期の平均気温が考えられる。一方、北海道は本州と比べて登熟期の平均気温が低いため、北海道産の糯米は本州産に比べて餅生地が固まりにくいとされる(斎藤 1987, 江川・吉井 1990)。1996年は登熟期に低温に遭遇するいわゆる冷害年であったため、果実硬度計による餅硬化性の評価は同一品種でも1996年産米が1995年産米に対して低い値を示し餅硬化性は劣ったと考えられた(図7)。供試した陸稲品種・系統の出穂期から30日間の平均気温は、1996年は21.3℃から24.2℃であったのに対し、1995年が26.0℃から27.6℃の範囲であり、1996年産米は1995年産に比べ登熟期の気温が低いことが主な原因となり、餅生地の固まりが遅かったと推察された。さらに、実験を行った2年間について果実硬度計による餅硬化性の評価結果と出穂期から20日間および30日間の平均気温との関係を検討したところ、出穂期から20日間および30日間の平均気温と餅硬化性との間に、それぞれ、正の相関関係($r = 0.807^{***}$, $r = 0.827^{***}$)が認められた(図8)。同様に、新潟式検定方法による餅硬化性検定でも、平均気温と餅硬化性指数との間には負の相関関係($r = -0.891^{***}$, $r = -0.892^{***}$)が認められた(図9)。このため、畑圃場で栽培される陸稲糯品種においても、登熟期間の温度が高い場合は餅生地の固まりが早くなることが示唆された。

第3節 陸稲糯米におけるラピッド・ビスコ・アナライザーによる餅硬化性の検定条件の検討

1. 目的

従来の餅硬化性に関する理化学的検定法は多くの試料と労力を要するため、一度に多数の品種・系統を扱う育種事業の特性検定法としては不向きである。近年開発されたRVAは水稻や小麦のデンプンの物理化学的な特性を測定する機器であり、精白粉3.5gと少量で分析できるが、水稻糯品種についての応用例が少なく知見が限られている(高橋 1993, 深井・松澤 1998, 杉浦ら 2005)。本節では、水稻とは品種特性や栽培様式が異なる陸稲糯品種について、水稻品種の分析条件を改変し陸稲糯米に適切なRVAの検定条件について検討した。

2. 材料および方法

供試材料には茨城県農業研究所の畑圃場で栽培した1994年産の「トヨハタモチ」、1995年産の「ナエバハタモチ」と「ミズハタモチ」を用いた。「トヨハタモチ」は全国の栽培面積の70%を占める極早生品種である。畦間は60cm、播幅は10cmで、播種量は1㎡当たり5gとし、1994年は4月20日に、1995年は4月17日に各品種を条播した。両年とも基肥として、10a当たり窒素、リン酸、カリを成分量でそれぞれ6, 12, 9kgを施用した。追肥として化成肥料を、1994年は6月15日と7月20日に、1995年は6月2日と7月18日に、窒素成分で10a当たり4kg施用した。畑地灌漑栽培用品種である「ミズハタモチ」はスプリンクラー灌水(計185mm³, 5回)を行ったが、他の品種は無灌水で栽培した。収穫は9月中旬から下旬まで適宜行った。図10にRVA機器本体、試料を入れるアルミ缶容器および攪拌部分のパドルを示した。RVAの測定には、搗精歩留り88%の白米をオートクラシャー(佐竹製作所製: AC-1A型)で粉碎し、200メッシュを通過した精白粉を用いた。測定の温度工程として水稻粳米用に設定された豊島ら(1997)の工程を改変し、50℃で1分間保持後、10℃/分で95℃に昇温・2.5分間保持、10℃/分で50℃に降温・2分間保持を基本工程とした。

ビスコグラフにより糯米粉の糊化特性を分析する場合、内在性のアミラーゼによる胚乳デンプンの加水分解を阻害するため硫酸銅を添加する必要があるとされている(渋谷ら 1983, 庄司・米倉 1988)。このため、RVA

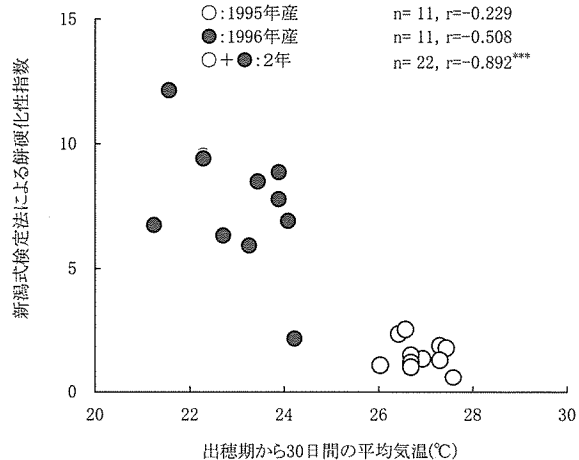
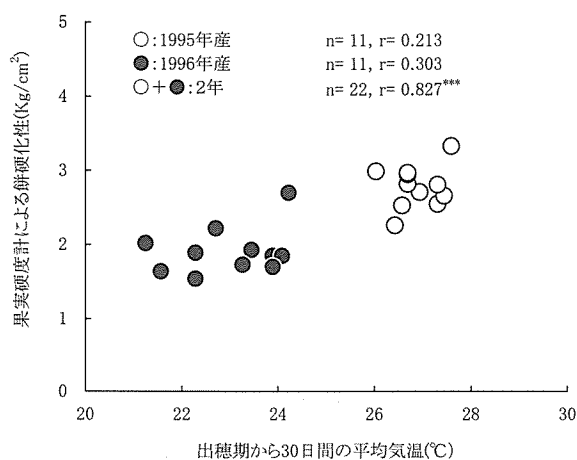
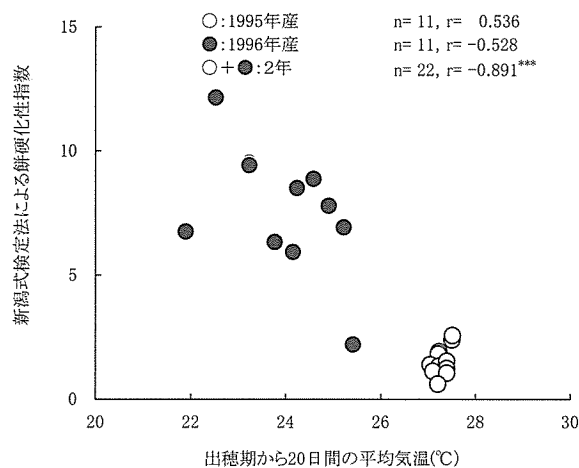
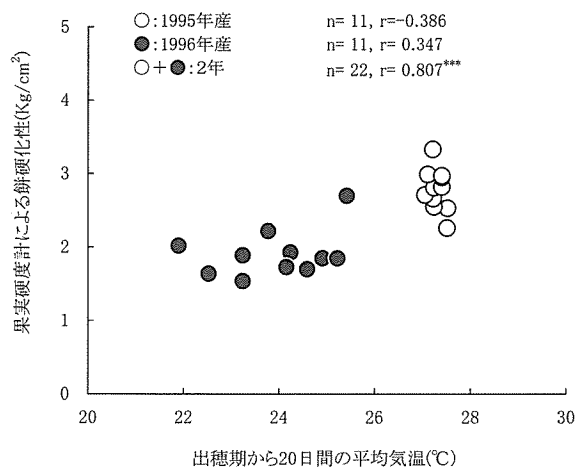


図8 出穂期から20日間および30日間の平均気温と果実硬度計による餅硬化性との関係

*** は0.1%水準で有意な相関関係があることを示す。

以下の11品種・系統を供試験した。

ミズハタモチ	陸稲農林糯20号	ハタキヌモチ
陸稲関東糯168号	サキハタモチ	ツクバハタモチ
ワラベハタモチ	ナツハタモチ	ナエバハタモチ
トヨハタモチ	ミサトハタモチ	

図9 出穂期から20日間および30日間の平均気温と新式検定法による餅硬化性指数との関係

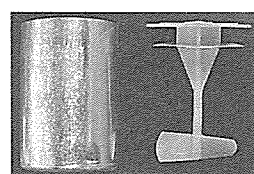
*** は0.1%水準で有意な相関関係があることを示す。

以下の11品種・系統を供試験した。

ミズハタモチ	陸稲農林糯20号	ハタキヌモチ
陸稲関東糯168号	サキハタモチ	ツクバハタモチ
ワラベハタモチ	ナツハタモチ	ナエバハタモチ
トヨハタモチ	ミサトハタモチ	



A



B

図10 ラピッド・ビスコ・アナライザー (RVA: Rapid Visco Analyzer)

A: RVA 本体 (左) およびパソコン (右)

B: アルミ缶 (左) およびパドル (右)

の検定条件として硫酸銅の添加濃度が RVA 特性値に及ぼす影響を検討した。「トヨハタモチ」の精白粉 3.5g に、各 0, 200, 400, 600 または 1000ppm の硫酸銅水溶液 25mL を加えて前述の基本工程で測定し、各添加濃度における糊化開始温度（図 11, A: ベースラインから粘度が 2 上昇し、精白粉が糊化により粘り始める温度）、ピーク温度（B: 最高粘度に達する温度）、最高粘度（C）、最低粘度（D）、ブレイクダウン（C-D）、最終粘度（E）、コンシステンシー（E-D）を測定した。これらの分析値を総称して RVA 特性値と呼ぶ。次に、陸稲糯品種の測定に適した温度工程を設定するために、RVA の分析開始温度と温度勾配（加熱・冷却時の温度変化）を検討した。「ナエバハタモチ」と「ミズハタモチ」の精白粉を用い、分析開始温度として 50℃, 40℃, 30℃, 温度勾配として 12.2℃/分, 10.0℃/分, 6.9℃/分の各条件において、糊化開始温度とピーク温度を比較した。なお、精白粉はそれぞれ水分含量が異なるため、米麦水分計（Kett 社製: PB-1D2-型）により水分含量を測定し、各試料が水分含量 15% 換算で精白粉 3.5g となるよう調整した。

3. 結果

糯米の糊化特性を測定する場合、胚乳デンプンが内在するアミラーゼにより加水分解を受けるため、アミラーゼ活性阻害剤を添加する必要がある。今回、供試した陸稲「トヨハタモチ」の精白粉では、阻害剤として添加した硫酸銅溶液の濃度が高くなるにつれて RVA 特性値は上昇し、硫酸銅の濃度が 200ppm 以上でピーク温度が、400ppm 以上で、最高粘度、最低粘度、ブレイクダウン、最終粘度、コンシステンシーがほぼ一定となった。しかし、糊化開始温度は添加濃度に関係なく 62.2℃ から 62.5℃ で一定であり、硫酸銅による影響を受けなかった（表 2）。

分析開始温度と温度勾配の検討は、餅硬化性の異なる「ナエバハタモチ」および「ミズハタモチ」を用い、両品種間の糊化開始温度およびピーク温度について最も大きな差が得られる条件を求めた。分析開始温度を 50℃ から 40℃ または 30℃ に下げると、糊化開始温度では品種間差が有意に縮小するのに対し、ピーク温度では品種間差が拡大する傾向を示した（表 3）。次に、分析開始温度を 40℃ に固定して、温度勾配の違いが糊化開始温度とピーク温度へ及ぼす影響を検討した。温度勾配について

は、糊化開始温度およびピーク温度とも、勾配 12.2℃/分においては品種間差が小さくなったが、勾配 10℃/分と 6.9℃/分との間で差はなかった（表 4）。

4. 考察

水稻糯米を対象とした RVA の測定条件としては、本節で用いた豊島ら（1997）の方法以外にも、分析開始温度が 25℃, 温度勾配が 10℃/分, 累計 22 分間の測定条件が報告されている（柳原 2002）。陸稲糯品種を対象とした測定条件の検討では、分析開始温度 50℃ の場合は他の設定温度に対して 2 品種の差が小さくなること、糊化開始温度とピーク温度の両方を対象とするため、分析開始温度を 40℃ に設定した（表 4）。また、温度勾配が緩いほど品種間差は大きくなったが、12.2℃/分から 6.9℃/分のいずれの条件においても「ナエバハタモチ」と「ミズハタモチ」との間には有意な差が認められた。温度勾配を 10.0℃/分とすると所要時間は 16.5 分で、6.9℃/分の 21.5 分に比べて 5 分短いこと、温度勾配 12.2℃/分では 10℃/分と比べると品種間差がやや小さくなることから、作業効率を考慮して陸稲糯品種の分析では温度勾配を水稻糯品種と同じ 10℃/分とした（表 4）。これらの結果、RVA による陸稲糯品種の最適な検定条件は、硫酸銅濃度が 400ppm, 分析開始温度 40℃, 温度勾配 10℃/分, 所要時間は 16.5 分が適切であると考えられた。

第 4 節 ラピッド・ビスコ・アナライザーによる餅硬化性の簡易検定法の確立

1. 目的

本節では、果実硬度計による餅硬化性検定および新潟式餅硬化性検定法と RVA 特性値との相関関係を検討し、RVA 特性値を指標として簡易な餅硬化性の検定法の開発および評価を試み、本法が餅硬化性に関する一次選抜法として有効か検討した。

2. 材料および方法

材料は第 2 節と同じ主要陸稲 11 品種・系統を用いた。果実硬度計による餅硬化性検定法および新潟式餅硬化性検定法は第 2 節の方法に従った。RVA による測定は第 3 節で決定した条件に従い、調整した精白粉 3.5g に 400ppm の硫酸銅水溶液 25mL を加え、40℃ で 1 分間保持、10℃/分で 95℃ まで昇温、2.5 分間保持、10℃/分で 50℃ まで降温、さらに 2 分間保持の工程で実施した（図 11）。

表2 硫酸銅添加がRVA特性値に与える影響

硫酸銅 の濃度 (ppm)	糊化開 始温度 (℃)	ピーク 温度 (℃)	最高 粘度 (RVU) ⁴⁾	最低 粘度 (RVU)	ブレイクダウン ²⁾ (RVU)	最終 粘度 (RVU)	コンシステンシー ³⁾ (RVU)
0	62.7a ¹⁾	74.6b	136c	75c	61c	97d	22c
200	62.5a	77.3a	227b	112b	114b	168c	61a
400	62.2a	77.4a	280a	133a	147a	194a	57b
600	62.5a	77.3a	287a	135a	152a	194a	59a
1000	62.2a	77.0a	293a	129a	164a	185b	57b

陸稲品種「トヨハタモチ」のRVAの糊化特性値，2反復の平均値。

¹⁾同一英文字間にはTukeyの多重検定法による5%水準での有意差がない。

²⁾ブレイクダウン：最高粘度－最低粘度，³⁾コンシステンシー：最終粘度－最低粘度。

⁴⁾RVU:Rapid Visco Unitの略称。

表3 陸稲糯品種において分析開始温度が糊化開始温度とピーク温度に及ぼす影響

糊化開始温度 (℃)			
分析開始温度 (℃)	ミズハタモチ	ナエバハタモチ	差
50	61.6	65.6	4.0a ¹⁾
40	62.2	65.6	3.4ab
30	62.6	65.6	3.0b

ピーク温度 (℃)			
分析開始温度 (℃)	ミズハタモチ	ナエバハタモチ	差
50	76.2	77.8	1.6a
40	78.5	80.8	1.8a
30	80.3	83.1	2.3a

¹⁾同一英文字間にはTukeyの多重検定法による5%水準での有意差がない。

表4 陸稲糯品種において温度勾配が糊化開始温度とピーク温度に及ぼす影響

糊化開始温度 (℃)				
温度勾配 (℃/分)	ミズハタモチ	ナエバハタモチ	差	分析所要時間 (分)
12.2	62.2	65.6	3.4a ¹⁾	14.0
10.0	61.3	65.0	3.7a	16.5
6.9	60.8	64.5	3.8a	21.0

ピーク温度 (℃)				
温度勾配 (℃/分)	ミズハタモチ	ナエバハタモチ	差	分析所要時間 (分)
12.2	78.5	80.3	1.8b	14.0
10.0	75.9	78.3	2.4a	16.5
6.9	72.7	75.0	2.3a	21.0

¹⁾同一英文字間にはTukeyの多重検定法による5%水準での有意差がない。

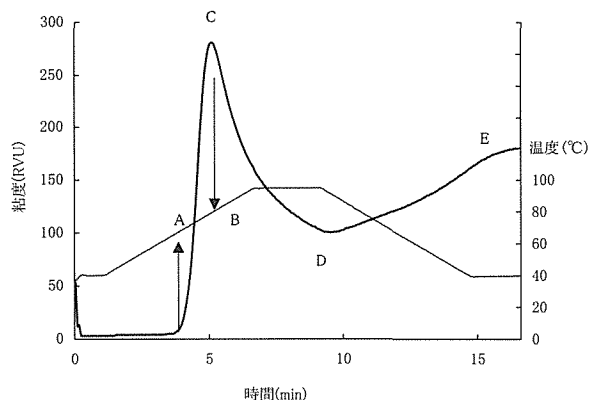


図11 陸稲精白粉におけるRVAによる糊化特性の解析例

A：糊化開始温度，B：ピーク温度，C：最高粘度，

D：最低粘度，E：最終粘度

——：糊化粘度曲線，———：温度変化

RVU：Rapid Visco Unitsの略。

3. 結果

陸稲 11 品種・系統を果実硬度計および RVA による餅硬化性検定法に供し、果実硬度計による餅硬化性と RVA 特性値との相関関係を検討した。1995 年および 1996 年の試料において、糊化開始温度は果実硬度計による餅硬化性と有意な正の相関関係 ($r = 0.663^*$, 0.662^*) が認められた (表 5)。一方、RVA 特性値と従来の新潟式検定法による餅硬化性指数との相関関係を検討したところ、糊化開始温度と餅硬化性指数との間には、1995 年および 1996 年に有意な負の相関関係 ($r = -0.747^{**}$, $r = -0.631^*$) が、ピーク温度と餅硬化性指数との間にも有意な負の相関関係 ($r = -0.777^{**}$, $r = -0.673^*$) が認められた (表 6)。

4. 考察

餅硬化性を評価するには、冷蔵餅生地のにしなり具合や、ビスコグラフによる糊化開始温度の測定あるいはテンシプレッサーによる餅生地の硬度を評価する検定法が報告されている (柳瀬ら 1982a, 江川・吉井 1990, 有坂 1994, Matsue and Ogata 1998)。しかし、これらの方法は分析試料や餅生地の調整に必要とされる糯米の量が多いこと、測定に長時間を要することから、育種事業において育成材料の選抜に用いるには不適當である。また、白玉団子 1 枚当たり 3.3g と少量の糯米で測定できる簡易検定法も報告されているが、白玉粉生地の練り出し、熱湯浸漬、冷蔵など餅生地の調整に細かい作業を要する (石崎 1994)。第 4 節で用いた果実硬度計による餅硬化性の評価は、表 1 に示すとおり、冷蔵餅生地のにしなり具合の比較にくらべると簡便な検定方法であり、陸稲糯品種において餅硬化性の品種間差を検出できることが確認されている (柳瀬ら 1982c, 有坂 1994, 石崎ら 1995)。しかし、餅生地の作成には家庭用餅搗き器を利用しても最低 400g の精白米が必要であり、多数の系統や個体を対象とした育種事業の検定法としては適當ではない。このため、小麦粉や水稻粳米などのデンプンの品質評価 (高橋 1993, 不破ら 1994, 水上ら 1996, 豊島ら 1997) に利用されている RVA によって陸稲の餅硬化性の評価を試みたところ、簡易検定法は既存の検定法に対して少量かつ簡便に餅硬化性を評価できることを実証できた。

果実硬度計による餅硬化性と RVA 特性値との相関係

数から、糊化開始温度およびピーク温度の餅硬化性への寄与率 (r^2) は、1995 年で 44% と 29%, 1996 年で 49% と 28% を示した。さらに、新潟式餅硬化性検定と RVA 特性値との相関関係から、糊化開始温度およびピーク温度の餅硬化性への寄与率は、1995 年で 56% と 60%, 1996 年で 40% と 45% を示すことから、餅硬化性の評価には糊化開始温度とピーク温度の両方を指標とすべきであると考えられた (表 5, 表 6)。

これらの結果、餅生地を作ることなく精白粉 3.5g で餅硬化性を評価できることが明らかとなり、RVA は餅硬化性の一次選抜に役立ち、RVA の利用により陸稲の餅硬化性の選抜を極めて効率的に進めることができると考えられた。

第 5 節 高速餅硬化性品種・系統の探索と陸稲系統「関東糯 172 号」

1. 目的

餅硬化性の多様化を図るため、我が国の陸稲在来品種や育成品種・系統について、RVA を用いて糊化開始温度とピーク温度を測定し、これらを餅硬化性の指標として高速餅硬化性に関する品種探索を実施し、選定した系統および水陸稲主要品種の餅硬化性を比較した。

2. 材料および方法

(1) 高速餅硬化性品種・系統の探索

茨城県生物工学研究所で保存している日本の在来陸稲品種 102, 陸稲育成品種 30, 1994 年度奨励品種決定調査に配付した 7 系統、計 139 品種・系統を用いた (表 7)。供試した品種・系統は 1994 年に茨城県農業研究所水田圃場において茨城県普通作物耕種基準に従って栽培した。育苗箱への播種は 5 月 9 日に行い、6 月 2 日に稚苗を水田に移植した。栽植密度は条間 30cm, 株間 15cm, 1 株 1 本植えとした。肥料は、10a 当たり窒素, リン酸, カリを成分量でそれぞれ 6kg を全量基肥として施用し、追肥は行わなかった。収穫は 9 月上旬から 10 月中旬まで株毎の成熟期に適宜行った。これ以降の試験において株毎に刈り取った場合、収穫物はガラス温室内で天日により乾燥した。RVA による餅硬化性検定は第 2 章に従った。

(2) 陸稲主要品種と高速餅硬化性系統との比較

餅硬化性の簡易検定法により見いだされた RVA の糊化開始温度とピーク温度が極めて高い陸稲系統と茨城県

表5 果実硬度計による餅硬化性と RVA 特性値との相関係数

栽培年	RVA 特性値						
	糊化開始温度	ピーク温度	最高粘度	最低粘度	ブレイクダウン ¹⁾	最終粘度	コンシステンシー ²⁾
1995	0.663*	0.534	0.100	0.235	-0.013	0.130	-0.044
1996	0.662*	0.532	-0.192	0.045	-0.303	0.015	-0.013

* は 5% 水準で有意な相関関係があることを示す。

1995 年, 1996 年にそれぞれ, 11 品種・系統を供試した。

¹⁾ブレイクダウン: 最高粘度 - 最低粘度, ²⁾コンシステンシー: 最終粘度 - 最低粘度。

表6 新潟式検定法による餅硬化性と RVA 特性値との相関係数

栽培年	RVA 特性値						
	糊化開始温度	ピーク温度	最高粘度	最低粘度	ブレイクダウン ¹⁾	最終粘度	コンシステンシー ²⁾
1995	-0.747**	-0.777**	-0.037	-0.238	0.125	-0.145	-0.003
1996	-0.631 *	-0.673 *	0.254	-0.053	0.403	0.007	0.064

*, ** はそれぞれ, 5%, 1% 水準で有意な相関関係があることを示す。

1995 年, 1996 年にそれぞれ, 11 品種・系統を供試した。

¹⁾ブレイクダウン: 最高粘度 - 最低粘度, ²⁾コンシステンシー: 最終粘度 - 最低粘度。

表7 高速餅硬化性の品種検索に供試した品種・系統の一覧

在来糯品種	育成品種・系統
水野黒糯	農林糯 1 号
巴糯	農林糯 2 号
夜の雪	農林糯 3 号
最上糯 1 号	農林糯 8 号
夜の雪糯	農林糯 13 号
夜の雪 36 号	農林糯 17 号
定平旭	農林糯 18 号
太郎作糯	農林糯 20 号
鴻巣陸稲 5 号	農林糯 25 号
千本	農林糯 26 号
東京支那糯	ハタコガネモチ
旭糯	オワリハタモチ
大黒糯	トサハタモチ
良温	スソノハタモチ
凱旋茨城 2 号	ミナミハタモチ
定温	イワテハタモチ
豊年糯	ミヤマモチ
赤糯	ハタミノリモチ
大島 4 号	ハタフサモチ
蝦夷早生	ハタキヌモチ
大島 1 号	ワラベハタモチ
早凱旋	ハツサクモチ
支那糯	ヤシユウハタモチ
江曾島糯 *	フクハタモチ
江曾島糯 *	ツクバハタモチ
江曾島	ミサトハタモチ
団子 b	トヨハタモチ
早生団子糯	ナエバハタモチ
団子糯 2 号	ナツハタモチ
高砂早生	サキハタモチ
上州 b	関東糯 168 号 ³⁾
支那 b	関東糯 172 号
早生江曾島糯 20 号	関東糯 173 号
金芳崎 43 号	関東糯 174 号
	関東糯 175 号
	石岡糯 37 号
	石岡糯 38 号

¹⁾: 同名異種。

²⁾: 育成糯品種だが出穂期が異なるため在来品種の項目とした。

³⁾: 後の品種「ゆめのはたち」。

の奨励品種「トヨハタモチ」および「ツクバハタモチ」について餅硬化性を比較した。製餅法は第2章に従い、餅生地を作成直後における硬度を果実硬度計により測定し、その後4℃で貯蔵し、冷蔵から3時間後、6時間後、10時間後における餅生地の硬度を測定し、冷蔵時間による餅硬化性の変化を比べた。材料には1996年に茨城県農業研究所の畑圃場で栽培した陸稲品種・系統である「トヨハタモチ」、「ツクバハタモチ」、「関東糯172号」を用いた。畑圃場での栽培は、畦間は60cm、播幅は10cmで、播種量は5g/m²とし、4月17日に各品種・系統を条播した。基肥として、10a当たり窒素、リン酸、カリを成分量でそれぞれ6、12、9kg施用した。追肥として化成肥料を、6月10日と7月15日に、それぞれ、窒素成分で10a当たり4kg施用した。

(3) 水陸等主要品種と高速餅硬化性系統との比較

1996年に全国各県より収集した主要水稻糯米および陸稲糯米について餅硬化性と糊化開始温度との関係を検討し、これらの品種と品種探索により見いだした陸稲系統とを比較した。材料には1996年に茨城県農業研究所の畑圃場で栽培した陸稲品種・系統、「トヨハタモチ」、「ナエバハタモチ」、「ツクバハタモチ」、「ゆめのはたち」、「ミズハタモチ」、「関東糯172号」、および、水田圃場で栽培した水稻品種「こがねもち」、「マンゲツモチ」を用いた。また、各県から分譲された水稻糯米、北海道産「はくちょうもち」、佐賀県産「ヒヨクモチ」および新潟県産「こがねもち」を用いた。畑圃場での栽培は、畦間は60cm、播幅は10cmで、播種量は5g/m²とし、4月17日に各品種・系統を条播した。基肥として、10a当たり窒素、リン酸、カリを成分量でそれぞれ6、12、9kg施用した。追肥として、6月10日と7月15日に、それぞれ、窒素を10a当たり成分量で4kg施用した。水稻糯米2品種は茨城県農業研究所の水田圃場で栽培した。育苗箱への播種は5月9日に行い、6月6日に稚苗を水田に移植した。栽植密度は条間30cm、株間15cm、1株1本植えとした。肥料は、10a当たり窒素、リン酸、カリを成分量でそれぞれ6kgを全量基肥として施用し、追肥は行わなかった。収穫は9月上旬から10月中旬までに適宜行った。また、果実硬度計による餅硬化性検定およびRVAによる餅硬化性の簡易検定は第2章に従って、1997年2月に実施した。果実硬度計による餅硬化性は冷蔵10時間

後における餅生地の硬度で示した。

3. 結果

(1) 高速餅硬化性品種・系統の探索

陸稲在来糯品種および育成糯品種・系統の精白粉をRVAに供試し、糊化開始温度とピーク温度を指標として餅硬化性を比較した。「関東糯172号」を除いた育成品種の糊化開始温度は64.1℃から69.0℃、ピーク温度は78.4℃から82.1℃であり、在来品種の糊化開始温度は62.6℃から69.4℃、ピーク温度が77.6℃から83.8℃で、在来品種の範囲を越える育成品種を見出すことはできなかった。しかし、「関東糯172号」の糊化開始温度は77.3℃、ピーク温度は91.3℃で、今回供試した品種・系統の中で最も両温度が高かった。一方、「関東糯172号」を除いた供試138品種・系統では糊化開始温度とピーク温度との間に有意な正の相関関係($r = 0.792^{***}$)が認められた。また、「関東糯172号」とその他の138品種・系統との間に分布するような中間的性状を示す品種は見出せなかった(図12)。さらに、出穂期から20日間の平均気温と糊化開始温度との関係を検討したところ、69.0℃から77.3℃までの間に分布する品種・系統は「関東糯172号」以外に見出せなかった(図13)。

(2) 陸稲主要品種と高速餅硬化性系統との比較

糊化開始温度とピーク温度を指標とした高速餅硬化性品種・系統の探索により見出した「関東糯172号」の餅硬化性を、「トヨハタモチ」および「ツクバハタモチ」と比較した。「トヨハタモチ」と「ツクバハタモチ」との間では、餅生地を作成した直後から冷蔵10時間後まで、餅生地の硬度に差は認められなかった。しかし、「関東糯172号」の餅生地の硬度は作成直後では「トヨハタモチ」と「ツクバハタモチ」並みであったが、冷蔵3時間後には2.77kg/cm²に達し「トヨハタモチ」と「ツクバハタモチ」の冷蔵10時間後の硬度2.22kg/cm²、1.85kg/cm²よりも高かった(図14)。

(3) 水陸等主要品種と高速餅硬化性系統との比較

我が国における主な糯米産地から分譲された水稻糯米、および、茨城県で栽培した陸稲糯米について、果実硬度計により餅生地の硬度を評価した。佐賀県産「ヒヨクモチ」の硬度は1.14kg/cm²、北海道産「はくちょうもち」は1.33kg/cm²と低く、新潟県産「こがねもち」は3.06kg/cm²と高く、茨城県産の陸稲糯米における餅生地

の硬度は 1.64kg/cm^2 から 2.70kg/cm^2 の間に分布し、水稻糯米3品種の間に分布した。茨城県産「こがねもち」の硬度は 1.86kg/cm^2 で新潟県産「こがねもち」よりも低かった。「関東糯172号」における餅生地 の硬度は 4.54kg/cm^2 で、新潟県産「こがねもち」よりも高く餅生地は早く固くなった(図15)。一方、RVAにより測定した糊化開始温度は佐賀県産「ヒヨクモチ」で 59.4°C 、北海道産「はくちょうもち」で 60.3°C と低く、新潟県産「こがねもち」は 68.3°C と高く、茨城県産の陸稲糯米では 62.6°C から 65.8°C までで水稻糯米3品種の間に分布した。茨城県産「こがねもち」の糊化開始温度は 65.7°C で新潟県産「こがねもち」よりも低かった。「関東糯172号」の

糊化開始温度は 71.9°C で、供試した品種・系統の中で最も高かった(図15)。

4. 考察

RVAで測定される精白粉の糊化開始温度とピーク温度を指標として我が国の陸稲在来品種、育成品種および育成系統について高速餅硬化性に関する品種探索を行ったところ、従来の日本陸稲には存在しない高い糊化開始温度とピーク温度を示す「関東糯172号」を見出し、この陸稲系統が高速餅硬化性を有することを確認した(図12～図15)。「関東糯172号」は、「ツクバハタモチ」とコートジボアール(西アフリカ)で育成された粳品種「IRAT109(英数文字だが品種名)」(*O.sativa* L.)との交

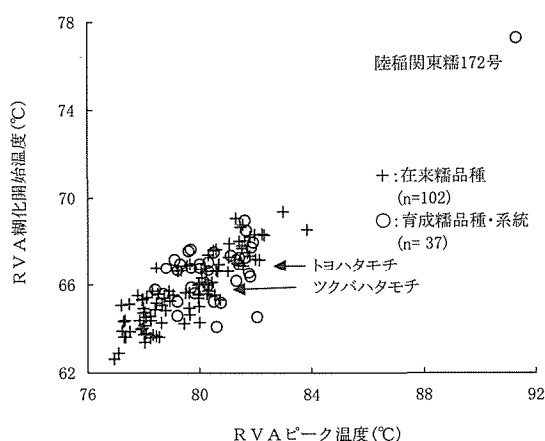


図12 陸稲在来糯品種と育成糯品種・系統における RVA ピーク温度と糊化開始温度との関係

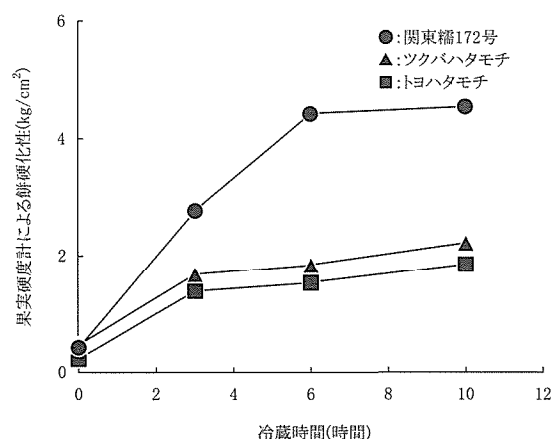


図14 陸稲主要品種と関東糯172号における冷蔵時間による餅硬化性の変化

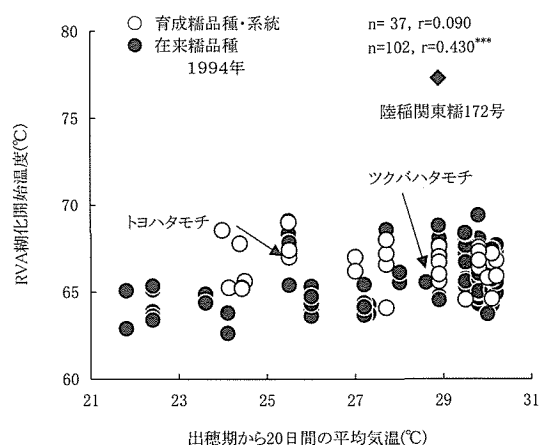


図13 陸稲糯品種・系統における出穂期から20日間の平均気温と RVA 糊化開始温度との関係

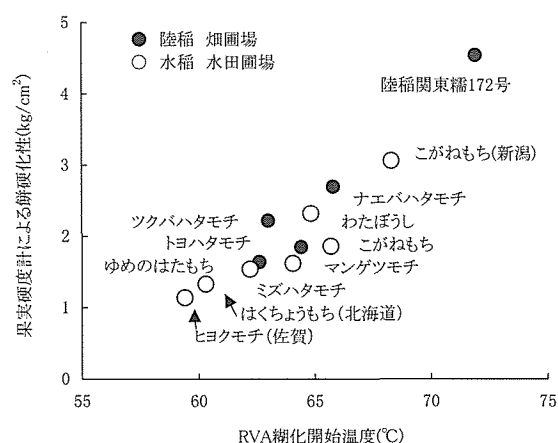


図15 1996年産の水稻・陸稲品種・系統における RVA 糊化開始温度と餅硬化性との関係。

()内に生産県を示す。()なしは茨城県産。餅硬化性：果実硬度計によって測定した冷蔵餅生地 の硬度。

雑から育成された系統である（図 16, 図 17）。「関東糯 172 号」の系譜に示したとおり、「ツクバハタモチ」は在来粳品種「葉冠」, 「田優 1 号」, および, 在来糯品種の交雑育種により育成された「農林糯 1 号」, 「農林糯 4 号」から育成された（図 17）。RVA による品種検索の結果から, 在来品種および育成品種には「関東糯 172 号」のように高速餅硬化性を示す品種は認められなかった（図 12, 表 7）。さらに, 「ツクバハタモチ」の餅硬化性は従来の日本陸稲品種並みのため, 「関東糯 172 号」の餅硬化性は「IRAT109」に由来すると推察される（図 12～図 15）。一方, 「IRAT109」の両親等については入手することが困難な品種もあり RVA による検定を実施していない。このため, 高速餅硬化性がどの外国稲品種に由来するかは不明である。

また, 「関東糯 172 号」の餅硬化性の機作については明らかではないが, 水稻糯品種では餅硬化性に優れる品種は, ビスコグラフによる糊化開始温度が高く, 尿素糊化によるデンプン溶出量の少ないことが報告されている（江川・吉井 1990）。「関東糯 172 号」は糊化開始温度とピーク温度が今回供試した品種・系統の中で極めて高いことから, 尿素により糊化しにくく, 従来の陸稲糯品種とは異なったアミロペクチン側鎖長構造をもつ可能性がある。「関東糯 172 号」の高速餅硬化性の機作については第 3 章で, 遺伝様式については第 4 章で検討する。

一方, 新潟県で栽培された「こがねもち」は茨城県で栽培された「こがねもち」と比較して, 糊化開始温度で 2.6°C , 餅生地地の硬度について $1.2\text{kg}/\text{cm}^2$ 高かった（図 15）。栽培県により餅硬化性が異なるのは, 茨城県における晩植栽培および茨城県と新潟県との気候の違いにより登熟期の平均気温に差を生じたためと考えられる。おそらく, 新潟県における登熟期の気温が茨城県よりも高かったため, 同一品種でも環境の影響により餅硬化性に違いを生じたと推察された。

第 6 節 登熟期の気温が高速餅硬化性へ及ぼす影響

1. 目的

餅硬化性は登熟期の気温の影響を受け, 登熟期の気温が低い北海道や全国各地の山間部では水稻糯品種の餅生地は固まりにくくなるとされる（斎藤 1987）。そこで, 高速餅硬化性を示す「関東糯 172 号」を 5 年間栽培し,

登熟期の平均気温が高速餅硬化性に及ぼす影響を検討した。

2. 材料および方法

材料には, 第 2 節の結果から, 「関東糯 172 号」以外に従来の品種のうち餅生地地の硬度が高い「ナエバタハモチ」, 主要品種「トヨハタモチ」, 餅生地地の硬度が低い「ゆめのはたち」および「ミズハタモチ」を比較として用いた。これら 5 品種・系統を茨城県農業研究所の畑圃場で栽培した。畦間は 60cm, 播幅は 10cm で, 播種量は m^2 当たり 5g とし, 1995 年は 4 月 17 日, 1996 年は 4 月 17 日, 1997 年は 4 月 16 日, 1998 年は 4 月 22 日, 2003 年は 4 月 16 日に各品種・系統を条播した。各年とも基肥として, 10a 当たり窒素, リン酸, カリを成分量でそれぞれ 6, 12, 9kg 施用した。追肥として化成肥料を, 1995 年は 6 月 20 日と 7 月 17 日に, 1995 年は 6 月 9 日と 7 月 14 日, 1997 年は 6 月 13 日と 7 月 18 日, 1998 年は 6 月 13 日と 7 月 18 日, 2003 年は 5 月 26 日と 7 月 1 日に, それぞれ窒素成分で 10a 当たり 4kg 施用した。畑地灌漑栽培用品種である「ミズハタモチ」はスプリンクラー灌水（計 185mm, 5 回）を行った。それぞれ, 1995 年は 90mm・4 回, 1996 年は 150mm・4 回, 1997 年は 65mm・2 回, 1998, 2003 年は 40mm・1 回を灌水したが, 1998 年および他の品種・系統については無灌水で栽培した。収穫は 9 月中旬から下旬まで適宜行った。

餅生地地の作成および果実硬度計による餅硬化性検定法は第 2 章の方法に従った。検定はそれぞれの栽培年の翌年 2 月に実施した。

3. 結果

1995 年から 1998 年および 2003 年において, 「トヨハタモチ」および「ナエバタハモチ」における到穂日数はともに 106 日だったのに対し, 「関東糯 172 号」, 「ゆめのはたち」, 「ミズハタモチ」の到穂日数はそれぞれ, 118 日, 117 日, 115 日で, 極早生品種と中晩生の品種・系統との間には有意な差が認められた（表 8）。一方, 陸稲 4 品種および「関東糯 172 号」の餅硬化性を検定し, 品種・系統を比べたところ, 「関東糯 172 号」の餅生地地の硬度は $4.5\text{kg}/\text{cm}^2$ で, 出穂期から 20 日間の平均気温が 27.1°C から 22.3°C まで低下してもほぼ一定であった。しかし, その他の 4 品種には, 出穂期から 20 日間の平均気温と果実硬度計による餅生地地の硬度との間に正の相関関



図 16 陸稲関東糯 172 号の草姿（於：水田）

表 8 各年における主要品種および関東糯 172 号の到穂日数

品種・系統名	各栽培年における到穂日数（日）					
	1995	1996	1997	1998	2003	平均
トヨハタモチ	105	110	104	101	111	106b ¹⁾
ナエバハタモチ	104	109	106	101	110	106b
ミズハタモチ	114	121	116	106	118	115ab
ゆめのはたもち	114	124	116	111	118	117a
関東糯 172 号	116	125	119	111	118	118a

関東糯 172 号の出穂日（月／日）	8/11	8/20	8/13	8/11	8/12	8/13

¹⁾同一英文字間には Tukey の多重検定法による 5% 水準での有意差がない。

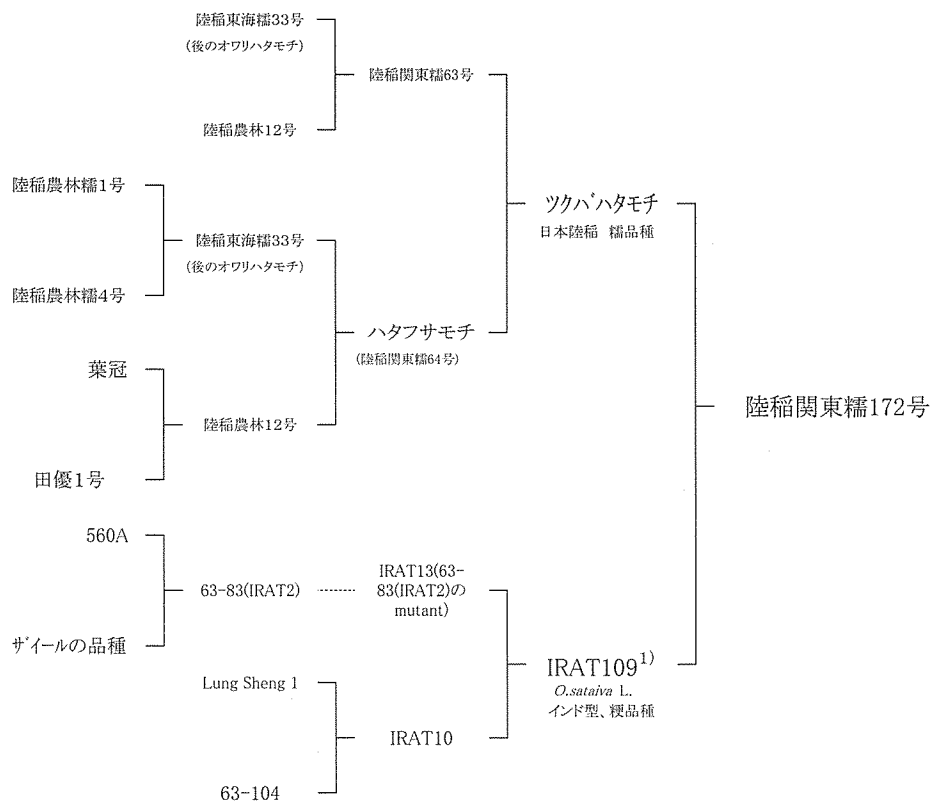


図 17 陸稲関東糯 172 号の系譜

¹⁾IRAT : Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des cultures vivrières で育成された品種

係 ($r = 0.759^{***}$) が認められ、平均気温の低下にともなって餅生地硬度も低下した (図 18)。

4. 考察

餅硬化性は登熟期の気温の影響を受け、登熟期の気温が低い北海道や全国各地の山間部では水稻糯品種の餅生地は固まりにくくなるとされる (斎藤 1987)。畑で栽培する陸稲においても、出穂期から 20 日間の平均気温と果実硬度計による餅生地硬度との間に正の相関関係 ($r = 0.759^{***}$) が認められ、平均気温の低下にともなって餅硬化性は低下した。とくに、1996 年は冷害のために出穂が平年よりも遅れ、出穂期から 20 日間の平均気温の低下によって餅硬化性が低くなったと推察された。しかし、「関東糯 172 号」の餅生地硬度は 5 か年とも $4.5\text{kg}/\text{cm}^2$ で安定し、出穂期から 20 日間の平均気温が 27.1°C から 22.3°C まで低下しても餅硬化性にほとんど影響は認められなかった (図 18)。以上のように、「関東糯 172 号」の高速餅硬化性は、陸稲に限らず、寒地および寒冷地における水稻糯品種の餅硬化性を向上する上でも有望な育成系統であると考えられる。また、冷害年では登熟期の気温が低下し餅生地が固まりにくくなるため、「関東糯 172 号」をブレンド米として利用することで餅硬化性を改善し、さらに、ブレンド比率を変えることでそれぞれの米菓に適した餅硬化性を調整できると考えられる。

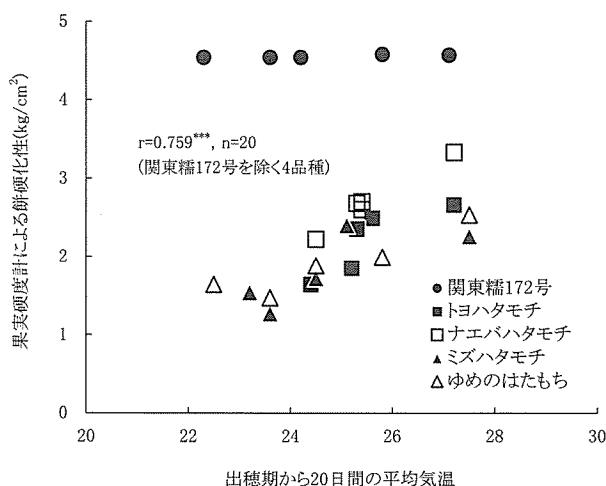


図 18 各年における餅硬化性と出穂期から 20 日間の平均気温との関係

1995 年から 1998 年および 2003 年に畑圃場で栽培された陸稲糯米。

*** は 0.1% 水準で有意な相関関係があることを示す。

第 7 節 「関東糯 172 号」の栽培特性および切り餅の食味

1. 目的

「IRAT109」はフランス設立の IRAT (Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des cultures vivrières) がコートジボワール (Bouake) で育成した梗品種で、高度の耐干性を有するため 1980 年に旧茨城県農業試験場 (現生物工学研究所) に導入された (金田 1999)。「関東糯 172 号」は「ツクバハタモチ」を母親、「IRAT109」を父親に耐干性の強化を目的に育成された中晩生系統で、育成途中で高速餅硬化性を有することが判明した。そこで、日本の在来品種から育成された「ツクバハタモチ」と「関東糯 172 号」との栽培特性を比較した。

一方、餅硬化性は切断作業の効率に関わるため、米菓に限らず切り餅の加工にも重要な形質である (斎藤 1987)。しかし、高速餅硬化性の餅食味についての知見はこれまでに報告されていない。そこで、切り餅の食味官能試験を実施し陸稲糯米における切り餅食味を評価した。

2. 材料および方法

供試材料には茨城県農業研究所の畑圃場で栽培した 1992 年産、1993 年産および 1994 年産の「ツクバハタモチ」および「関東糯 172 号」を用いた。畦間は 60cm、播幅は 10cm で、播種量は 1m^2 当たり 5g とし、1992 年は 4 月 17 日に、1993 年は 4 月 19 日に、1994 年は 4 月 18 日に、各品種を条播した。両年とも基肥として、10a 当たり窒素、リン酸、カリを成分量でそれぞれ 6, 12, 9kg 施用した。追肥として化成肥料を、各年の 6 月上旬および 7 月上旬に窒素成分で 10a 当たり 4kg 施用した。各年とも、品種・系統は無灌水で栽培した。生産力検定試験本試験は 3 区制で行った。達観調査において出穂率が約 50% に到る日を出穂期とした。畑圃場における生育調査は出穂期から 3 週間以降に適宜調査した。刈り取り面積は 1 区当たり 3.6m^2 で、収穫は 9 月中旬から 10 月上旬まで適宜行った。はさ掛けにより十分に乾燥し、籾すり後に得られた玄米を 1.7mm 幅の篩に供し屑米を除いた。玄米重の測定および玄米品質における達観調査は 11 月に、玄米千粒重の測定は 12 月に実施した。

餅生地は、搗精歩留まり 88% の精白米 1kg を一晩水に浸し、市販の餅搗き器 (もちっこ: 東芝製 AFC-166 型) で練り上げ作成した。得られた餅生地を $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times$

1cm に成形し 3 時間から 4 時間放冷し、ビニール袋に収納し - 30℃ の冷凍庫に保存した。切り餅の食味官能試験は茨城県生物工学研究所の慣行法に従い、試験当日に自然解凍した餅生地を小片に切り、熱湯でやわらかく戻した状態で実施した。見た目の餅質、味、滑らかさ、歯応え、粘りおよび総合評価について調査し、「ツクバハタモチ」を基準 (0) とした極めて悪い (- 5) から極めて良い (5) までの 11 段階で評価した。パネラーは茨城県生物工学研究所職員および茨城県農業研究所職員を含む 18 名から 20 名とした。

3. 結果

「関東糯 172 号」および「ツクバハタモチ」の栽培特性を調査した。3 年間の平均値から、「ツクバハタモチ」に比べて、「関東糯 172 号」の出穂期は 4 日遅く、穂数は

23% 少なかった。稈長、穂長は「ツクバハタモチ」と同等であったが、「関東糯 172 号」の玄米重は「ツクバハタモチ」よりも 50% 多く、玄米千粒重も 3.8g 重く、玄米品質も「ツクバハタモチ」に優った (表 9)。

1992 年に餅食味官能試験を実施したところ、「関東糯 172 号」の切り餅食味は基準品種の「ツクバハタモチ」に比べて、味 (- 2.38***), 滑らかさ (- 2.90***), 歯応え (- 2.29***), 粘り (- 2.62***), 総合評価 (- 3.10***) が劣った。1993 年においては、「ツクバハタモチ」に比べて、粘り (- 1.06**), 総合評価 (- 1.17***) が、1994 年においては、「ツクバハタモチ」に比べて、見た目の餅質 (- 1.45***), 味 (- 2.65), 滑らかさ (- 3.15***), 歯応え (- 1.60***), 粘り (- 3.10***), 総合評価 (- 3.20***) が明らかに劣った (表 10)。

表 9 ツクバハタモチおよび関東糯 172 号の栽培特性

品種・系統名	年次	出穂期 (月 / 日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本 / m ²)	玄米重 (kg/a)	玄米千粒重 (g)	玄米 ^リ 品質
ツクバハタモチ	1992	8/19	72	21.8	257	21.3	18.5	5.4
	1993	8/18	84	19.6	342	26.4	18.8	4.9
	1994	8/08	60	17.8	317	0.9	15.7	6.3
	平均	8/15	72	19.7	305	16.2	17.7	5.5
関東糯 172 号	1992	8/21	67	20.0	233	26.8	20.5	6.0
	1993	8/26	83	20.2	253	36.7	22.6	4.5
	1994	8/11	62	17.7	220	10.3	21.5	4.9
	平均	8/19	71	19.3	235	24.6	21.5*	4.9

* は t 検定による 5% 水準での有意差があることを示す。

^リ 玄米品質 上上 : 1 ~ 下下 : 9 の 10 段階で評価。

表 10 ツクバハタモチおよび関東糯 172 号における餅食味官能試験の結果

年産	品種・系統名	見た目の餅質	味	滑らかさ	歯応え	粘り	総合評価
1992	ツクバハタモチ	0	0	0	0	0	0
	関東糯 172 号	-0.38	-2.38***	-2.90**	-2.29***	-2.62***	-3.10***
1993	ツクバハタモチ	0	0	0	0	0	0
	関東糯 172 号	-0.33	-0.67*	-0.50	0.83*	-1.06**	-1.17***
1994	ツクバハタモチ	0	0	0	0	0	0
	関東糯 172 号	-1.45***	-2.65***	-3.15***	-1.60**	-3.10***	-3.20***

パネラー数は 1992 年および 1994 年が 20 名、1993 年は 18 名で実施。

「ツクバハタモチ」を基準 (0) として、極めて悪い (-5) から極めて良い (5) までの 11 段階で評価した。

*, **, *** は、それぞれ、t 検定による 5%, 1%, 0.1% 水準での有意差があることを示す。

4. 考察

1992 年および 1994 年は干魃害を受けたため、「ツクバハタモチ」の収量は 1993 年に比べて減少した。とくに、1994 年の早魃による被害は大きく、「ツクバハタモチ」の玄米収量は 0.9kg/a まで激減し、「関東糯 172 号」の収量も 1993 年の 3 分の 1 まで低下した。玄米千粒重については、「関東糯 172 号」は「ツクバハタモチ」よりも明らかに重く、干魃害による影響も少なかった。このため、「関東糯 172 号」は従来の日本陸稲よりも干魃に強いことが確認された（表 9）。

1992 年、1993 年および 1994 年に餅食味官能試験を実施したところ、「関東糯 172 号」の切り餅食味は基準品種「ツクバハタモチ」に比べて、味、粘り、滑らかさ、総合評価がかなり劣り、全ての項目が負の値を示した。一方、1993 年と 1992 年および 1994 年とを比較すると、「関東糯 172 号」の切り餅食味は 1993 年の結果よりも 1992 年および 1994 年において負の値が大きくなる傾向を示した（表 10）。おそらく、1992 年および 1994 年は平年よりも出穂期の平均気温が高く畑圃場では干魃が発生し、登熟期の高温や水分不足などが原因で切り餅食味が劣化したと推察された。さらに、パネラーからは「関東糯 172 号」の餅生地はざらつきや伸びの悪さを感じると指摘されたことから、「関東糯 172 号」は切り餅には不向きであると考えられた。これらの結果から、高速餅硬化性の導入により切り餅食味が劣化する可能性が示唆された（表 10）。今後、「関東糯 172 号」に水稻糯品種「マンゲツモ

チ」を反復親とした戻し交雑を実施し、遺伝的背景を水稻に近づけるとともに、栽培圃場を水田に置き換え、高速餅硬化性が餅食味に及ぼす影響を明らかにしていく必要がある。

一方、「関東糯 172 号」は株枯れ病に特異的に弱く、その年の気象により畑圃場において出穂期前後に黄化して枯れる個体が散見される（図 19）。「関東糯 172 号」を、須賀・小川（1987）により開発された株枯れ病検定法を適用したところ、枯死率は 30% 程度で病害に対する抵抗性は「トヨハタモチ」並の中と判断されたが、どうして生育後期に黄化、枯死するかは不明である（図 19）。このため、「関東糯 172 号」に日本の水陸稲を交配しさらに栽培特性や耐病性を改良していく必要がある。これまでに、「関東糯 172 号」を母材として、耐病性、玄米品質や栽培特性などを改良した「関東糯 210 号」、「石岡糯 46 号」などの系統が育成されている。今後、これらの系統を利用し新規性を有する米菓や新たな加工用途の開発が期待される。

第 8 節 考察

陸稲糯品種は主にあられやおかきの増量材として利用されているが、今後、陸稲の需要を確保していく上で、餅硬化性の変異を拡大し、様々な用途に応じた品種を開発することは重要な課題である。本章では優れた餅硬化性を備えた陸稲糯品種を育成するため、RVA を用いた餅硬化性の簡易な検定法を確立するとともに、RVA によ



図 19 関東糯 172 号における株枯病の被害（於：畑）

て測定される精白粉の糊化開始温度とピーク温度を指標として、餅硬化性に関する陸稲の品種探索を実施した。

著者は、果実硬度計を初めて餅硬化性の検定に利用した。全国各地の主要陸稲品種を材料として餅硬化性検定法を開発し、本法が従来の新潟式餅硬化性検定と比べても的確な検定法であることを明らかにした。これまでの餅硬化性検定法では多くの試料と労力を要するので、さらに簡易な検定方法の開発が必要である。粘度計の一種である RVA は水稻粳品種や小麦の品質改良に用いられているが、この機器を水稻品種とは栽培条件が異なる陸稲品種で利用するために分析条件を検討し、陸稲品種に最適な条件を設定することができた。一方、餅硬化性と糊化開始温度など RVA 特性値との関係を検討したところ、果実硬度計により評価した餅硬化性と糊化開始温度およびピーク温度との間に有意な正の相関関係を認め、RVA によって簡易に餅硬化性を検定することが可能になった。果実硬度計による餅硬化性検定の評価は有効であるが、餅生地を作成するには精白米 400g が必要である。餅硬化性の評価は、生産力検定試験の予備試験を始める F₆ 世代以降に実施される。しかし、RVA による餅硬化性検定法では精白粉 3.5g で餅硬化性を評価できるため、育種事業としてはより初期の世代から選抜が可能となり、餅硬化性に関する育種の効率化を図ることができると考えられる。従来の新潟式の餅硬化性検定法については、金型から餅生地を剥がし縦横比を計測するため手間がかかること、餅生地が固まりにくい材料を扱う場合には餅生地を金型から抜き取ることが困難なため、果実硬度計を利用する場合に比べて作業が煩雑である。このため、今後、RVA による餅硬化性検定を一次選抜に、果実硬度計による餅硬化性検定を二次選抜に利用することで効率良く餅硬化性の育種を進めることができると考えられる。また、我が国の水稻育種において餅硬化性の遺伝に関する報告は 1 例のみで、陸稲育種についての事例は報告されていない。RVA は個体ごとに測定が可能のため、RVA を用いて餅硬化性に関する遺伝分析も可能であると考えられる（岡本ら 2003）。

RVA による糊化開始温度およびピーク温度を餅硬化性の指標として、我が国の陸稲在来品種、育成品種および育成系統について高速餅硬化性に関する品種探索を実施し「関東糯 172 号」を見出した。「関東糯 172 号」は茨

城県の陸稲奨励品種「トヨハタモチ」および「ツクバハタモチ」よりも餅生地が早く固まることから、「関東糯 172 号」が高速硬化性を有することは明らかである。一方、我が国の主な陸稲糯品種、「関東糯 172 号」および全国各地の主な水稻糯品種について、果実硬度計による餅硬化性と RVA による糊化開始温度との相関関係を検討したところ、「関東糯 172 号」は実需者の評価が高い水稻糯品種「こがねもち」よりも早く固まり、水稻糯品種の育種素材としても期待できることが確認された。

水稻糯米では餅硬化性が登熟期の平均気温に影響され、平均気温が高いほど餅生地が早く固まるとされる（斎藤 1987）。そこで、陸稲糯米について、果実硬度計による餅硬化性検定法により評価した餅硬化性と出穂期から 20 日間および 30 日間の平均気温との相関関係を検討したところ、餅硬化性と出穂期から 20 日間の平均気温および 30 日間の平均気温との間にはそれぞれ有意な正の相関関係を認めた。さらに、新潟式餅硬化性検定法によって算出された餅硬化性指数と出穂期から 20 日間の平均気温および 30 日間の平均気温との間にはそれぞれ有意な負の相関関係が認められた。したがって、畑圃場で栽培する陸稲においても、餅硬化性は登熟期の気温の影響を受け、平均気温が高いほど餅は固まりやすくなることが明らかになった。また、登熟期の気温の低い北海道や各地の山間部では、水稻糯品種の餅硬化性が低く、餅質は固まりにくくなるとされる（斎藤 1987）。しかしながら、「関東糯 172 号」の高速餅硬化性は平年および冷害年においても安定していたことから、陸稲に限らず、低温地域における水稻糯品種の餅硬化性向上にも有効な育種母材になり得ると考えられる。一方、畑圃場で栽培した水陸稲の玄米はタンパク質含量が高いことやその他の遺伝的な要因や環境要因が高速餅硬化性にも複雑に影響している可能性もある。今後、水稻糯品種に高速餅硬化性を導入し、遺伝的要因や環境要因の影響を軽減することで、高速餅硬化性が餅食味やおこわ食味へ与える影響をより明瞭にすることができると考えられる。

第 3 章 陸稲系統「関東糯 172 号」の理化学的特性

第 1 節 緒言

デンプンは米成分のなかで最も大きな割合を占め、グ

ルコースが直鎖状に結合したアミロースと樹状構造を有するアミロペクチンから成る。水稻梗品種ではアミロースの胚乳中に占める割合が増えるほど粘りの少ない炊飯米になるため、アミロース含量と米の粘りおよび粘度特性との間には負の相関関係があるとされる（朝岡ら 1994, 豊島ら 1997）。世界の稲にはアミロース含量については 0% から約 35% まで大きな変異があり、これまでに育種事業や食品分野の研究において、アミロース含量が食味に及ぼす影響、低アミロースや高アミロース米の品種育成については数多くの研究が報告されている（Nakagahra ら 1986, Suzuki ら 2003）。しかし、糯米についての成分育種的な研究はほとんど報告例がない。

糯米のデンプンはアミロペクチンのみから構成されるため、梗品種のような多様な変異は報告されていない。近年、高アミロース米には 2 種類あり、直鎖状のアミロース含量が増えた品種、アミロース含量に変化はないがアミロペクチンの側鎖長が伸長し、見かけのアミロース含量が増えた品種があることが明らかになり、初めてアミロペクチンの変異に関する研究が報告された（Nishi ら 2001）。一方、これまでに、餅硬化性については品種間差や産地間差があり、それぞれの品種は尿素に対して溶解度が違うことや水素結合の親和性の違いなどが報告されているが、どのような機作によって差異が起きるのかは不明のままである（江川・吉井 1990）。

近年、陰イオン交換樹脂を装備した高速液体クロマトグラフィー（High Performance Liquid Chromatography：以下、HPLC と略す）を利用して米のアミロペクチン側鎖長が解析され、高アミロース米での品種間差が報告されている（Koizumi ら 1991, 水上ら 1996）。一方、日本型品種とインド型品種との間には明確なアミロペクチン側鎖長分布の違いがあり、インド型品種は日本型品種に比べて短鎖の割合が減り、中鎖の割合が増えるため、精白米はアルカリ溶液によって崩壊しにくいことが報告されている（Satoh ら 1995, Umemoto ら 1999）。このため、「関東糯 172 号」では、アミロペクチンの側鎖長分布が日本の陸稲品種と異なるために高速餅硬化性を有する可能性が考えられる。

本章では高速餅硬化性の機作を明らかにするため、「関東糯 172 号」およびその両親の胚乳デンプンを、陰イオン交換樹脂を装備した HPLC に供試し、アミロペク

チン側鎖長分布を解析した。さらに、ポリアクリルアミド電気泳動による可溶性デンプン合成酵素（Soluble starch synthase：以下、SS と略す）の活性を比較し、高速餅硬化性とこれらの生化学的な特性との関連についても検討した。

第 2 節 「関東糯 172 号」のデンプンにおけるアミロペクチン側鎖長分布の特徴

1. 目的

糯米デンプンはアミロペクチンのみから構成されるため、アミロペクチンの側鎖長分布の違いが餅硬化性の原因である可能性が高いと考えられる。これまでに、「日本晴」と外国稲「Kasalath」（インド型品種）との間には明確なアミロペクチン側鎖長分布の違いが報告されている（Umemoto ら 1999）。そこで、高速餅硬化性を有する「関東糯 172 号」およびその両親についてアミロペクチン側鎖長分布の解析を試みた。

2. 材料および方法

材料には、「関東糯 172 号」、その種子親「ツクバハタモチ」と花粉親「IRAT109」、外国稲「Kasalath」、茨城県の水稲奨励品種「日本晴」および「マンゲツモチ」を 1/5000a ワグネルポットに播種し、日中 12 時間・25℃/夜間 12 時間・20℃ の条件で栽培した。

アミロペクチン側鎖長の分布は、イソアミラーゼによってアミロペクチンから短鎖の枝を切り出し、これらのグルコース重合度の異なるアミロペクチン鎖を HPAEC-PAD（Dionex 社製（USA）：Dionex BioLC モデル DX-500 型）で分析した（Nakamura ら 1997, Umemoto ら 1999）。小型精米器パーレスト（Kett 社製）で玄米を搗精し、サンプルミル（ヘイコ社製：TI-100 型）で 30 秒間粉碎した。精白粉 5mg を熱湯で糊化し、*Pseudomonas amlyloderamosa* 由来のイソアミラーゼ（林原社製）で分解した。分解産物であるマルト-オリゴサッカロイドを還元化して CarboPac PA-1 カラム（Dionex 社製（USA）：陰イオン交換樹脂充填 4mm×25cm）を装備した HPAED-PAD（Dionex 社製（USA）：Dionex BioLC モデル DX-500 型）を用いて分離した。溶出には 0.1N 水酸化ナトリウムを含むナトリウム-酢酸水溶液を用い、溶出速度は 1mL/分とした。なお、溶出ピーク間の分離を鮮明にするため、酢酸溶液

は 25mM から 250mM まで直線的に上昇させ濃度勾配を設けた。なお、各重合度のアミロペクチン鎖は複数のグルコースから成るが、重合度 6 はグルコースが 6 個連なった状態を指す。供試した品種・系統について、重合度 6 から重合度 64 のピーク面積を合算して総面積 (A) を算出し、各重合度の面積 (B) を総面積で割り各鎖長の相対比率 (B/A) を算出した。インド型品種「Kasalath」は日本型品種「日本晴」とは異なるアミロペクチン側鎖長分布を有し、アミロペクチン側鎖長の短鎖が少なく中

鎖が多いことが報告されている (Umemoto ら 1999)。そこで、「Kasalath」の相対比率を基準 (0) として各品種・系統におけるアミロペクチン側鎖長の相対比率の差を算出した。

3. 結果

「関東糯 172 号」, その種子親「ツクバハタモチ」と花粉親「IRAT109」, 水稻品種「マンゲツモチ」および「日本晴」のアミロペクチン側鎖長分布を分析した。「関東糯 172 号」および「IRAT109」のアミロペクチン側鎖長分

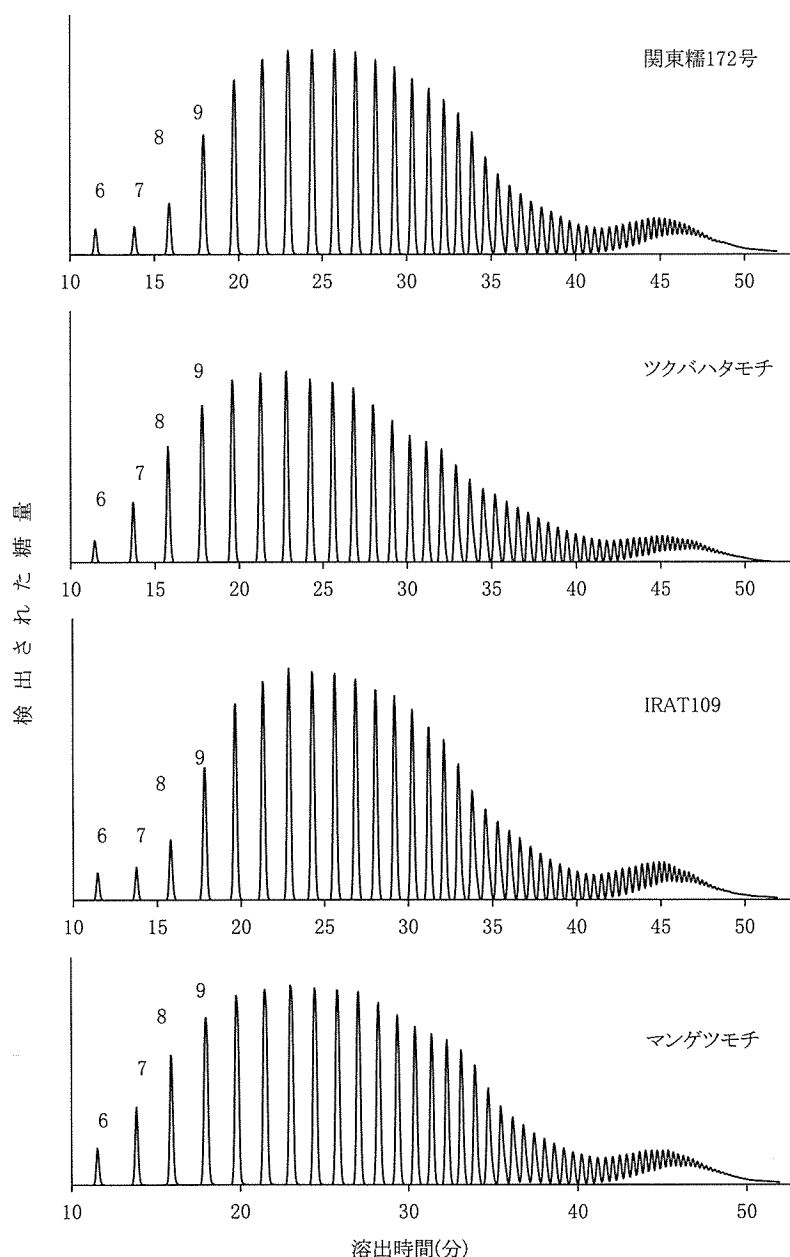


図 20 各品種・系統における胚乳アミロペクチンの側鎖長分布
グラフ内の数字はグルコースの重合度 (DP) を示す。

布は「ツクバハタモチ」や「マンゲツモチ」に比べて、重合度7から重合度9のピーク面積が少なかった(図20)。各重合度のピークが鮮明に分離することから、総面積に対する各重合度のピークについてそれぞれの相対比率の差を算出した。「関東糯172号」と「IRAT109」におけるアミロペクチン側鎖長分布は基準品種「Kasalath」とほぼ一致した。一方、「ツクバハタモチ」と「マンゲツモチ」におけるアミロペクチン側鎖長分布は「日本晴」に近く、「Kasalath」に比べると重合度7から重合度10の短鎖が多く重合度12から重合度21の中鎖がやや少なかった(図21)。

4. 考察

糊化開始温度と餅硬化性の間には高い相関関係があり、糊化開始温度が高いほど餅生地は早く固まるとされ、糯品種における糊化特性と加工特性は分子の大きさやアミロペクチン構造の違いによると推定されている(柳瀬ら 1982c, Juliano and Villareal 1987, 岡本・根本 1998, 小林ら 1999)。近年、小麦においてHPLCを利用したアミロペクチン側鎖長分布の解析が報告されている(Koizumiら 1991)。水稻においても同様にアミロペクチン側鎖長分布の解析が報告されているが知見は限られている(Umemotoら 1999, Nishiら 2001, Nakamuraら 2002, Okamotoら 2002, Umemotoら 2002, Satohら 2003)。「ツクバハタモチ」と「マンゲツモチ」は「日本晴」と良く似たアミロペクチン側鎖長分布を示したのに対し、「関東糯172号」と「IRAT109」は、「日

本晴」に比べて重合度6から重合度10の短鎖が少なく、重合度12から重合度21の中鎖が多く「Kasalath」と良く似たアミロペクチン側鎖長分布を示した(図20, 21)。このようなアミロペクチン側鎖長分布の違いは「日本晴」と「Kasalath」との間ですでに観察され、この違いは、第6染色体に座乗した作用力の強いアルカリ崩壊性遺伝子(*alk* (t))に支配されると推定されている。この座乗位置には同時に、アミロペクチンの鎖長分布を制御する遺伝子 *acl* (t) および可溶性デンプン合成酵素2a遺伝子が座乗するとされている(Umemotoら 2000, Umemotoら 2002)。「関東糯172号」のアミロペクチン側鎖長分布は「Kasalath」に酷似することから、「関東糯172号」でも同様の現象が起きている可能性が高いと推察される。

今後、DNAマーカーおよび「関東糯172号」と「マンゲツモチ」の雑種後代を利用し、「関東糯172号」に由来するアミロペクチンの側鎖長分布の違いやアルカリ崩壊性について遺伝子の座乗位置を確認する必要がある。

第3節 「関東糯172号」におけるデンプン合成酵素活性の特徴

1. 目的

インド型品種「Kasalath」は、日本型品種「日本晴」とは異なるアミロペクチン側鎖長分布を有し、アミロペクチン側鎖長の短鎖が少なく中鎖が多い。この違いは可溶性デンプン合成酵素2a(SS2a)に起因する可能性が高いと推定される(Umemotoら 2002)。ここでは、「関東糯172号」を含む品種・系統についてSS2aの酵素活性を比較し、SS2aがアミロペクチン側鎖長分布に与える影響を検討した。

2. 材料および方法

材料には、「関東糯172号」、その種子親「ツクバハタモチ」と花粉親「IRAT109」、茨城県の水稲奨励品種「マンゲツモチ」を供試した。水田圃場で栽培した乳熟期後期の籾を採取し、籾5粒から6粒より糠層と胚を除き、得られた胚乳150mgに対しに緩衝液(2mMジチオスレイトール, 10%グリセロールを含む50mM Tris, 10mM EDTA, pH7.2) 1mLを加えてガラス棒で摩砕した。デンプン合成酵素の失活を防ぐため操作はすべて水中で行った。懸濁液を遠心分離(15000rpm, 5分)し、再びガラス棒で摩砕し遠心分離器に供した後、上清を粗酵素液と

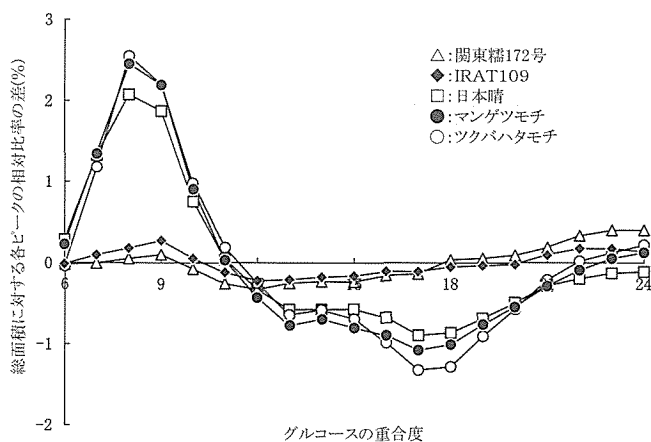


図21 各品種・系統における総面積に対する各ピークの相対比率の差

Kasalathを基準(0)とした場合のピークの相対比率の差。

して用いた。Native-PAGE は 150mm×60mm× 厚み 1mm の 6% アクリルアミド (アクリルアミド 30 : ビスアクリルアミド 8), 375mM Tris pH8. 8, 8mg/mL ラビッド・リバー・グリコーゲンを用い、泳動用緩衝液は Laemmli (1970) の方法に従った。タンパク質変成剤である SDS や尿素は用いなかった。ゲル 1 枚当たり 15mA 定電流で泳動し 140 分間の後、取り出したゲルを 4℃ の合成用緩衝液 35mL (100mM Bis-Glycine, 1mM EDTA, 2mM ジチオスレイトール, 10%グリセロールを含む) に 15 分間浸し緩衝液を置換した。もう一度緩衝液を交換した後、ゲルを 1mM ADP - グルコースを加えた 30mL 合成用緩衝液に移し 25℃ で一晩放置した。合成反応の後、ゲルを蒸留水で十分に洗浄し、0.67% ヨード - 3.33% ヨードカリウム溶液に浸し生成されたデンプンを染色した。

3. 結果

4 品種・系統の粗酵素溶液を電気泳動に供試し、生成されたデンプンを染色したところ、2 種類の可溶性デンプン合成酵素を検出した。泳動像の上部にある分子量の大きい活性部位を SS1, 下部にある分子量の小さい活性部位を SS2a と呼ぶ。SS1 はすべての品種・系統で検出されたのに対し、SS2a の活性はアミロペクチン側鎖長分布が「Kasalath」に酷似した「関東糯 172 号」と「IRAT109」

のみで検出され、アミロペクチン側鎖長分布が日本晴型の「ツクバハタモチ」と「マンゲツモチ」からは検出されなかった (図 21, 図 22)。

4. 考察

図 22 に示すとおり、SS により生成されたデンプンをヨード・ヨードカリウム溶液で染色したところ 2 種類の SS を検出した。供試した 4 品種・系統全てにおいて SS1 の活性を検出した。一方、Umemoto ら (2000, 2002) により、「Kasalath」と「日本晴」とでは SS2a の酵素活性の違いによりアミロペクチン側鎖長分布に品種間差を生じるとされるが、「関東糯 172 号」および「IRAT109」のみに SS2a の活性を認めた。SS2a の酵素活性が検出された品種と未検出だった品種の間にはアミロペクチン側鎖長分布に差異を認め、「関東糯 172 号」と「IRAT109」では「日本晴」と比べてアミロペクチン側鎖長のうち短鎖が少なく中鎖が多かった。一方、「ツクバハタモチ」と「マンゲツモチ」におけるアミロペクチン側鎖長分布は「日本晴」に近く、「Kasalath」に比べると重合度 7 から重合度 10 の短鎖が多く、重合度 12 から重合度 21 の中鎖がやや少なく、「Kasalath」と「日本晴」との品種間差と同様に、SS2a が欠損する品種では短鎖が多く中鎖が少ないという現象が観察された (図 21, 図 22)。この結果、

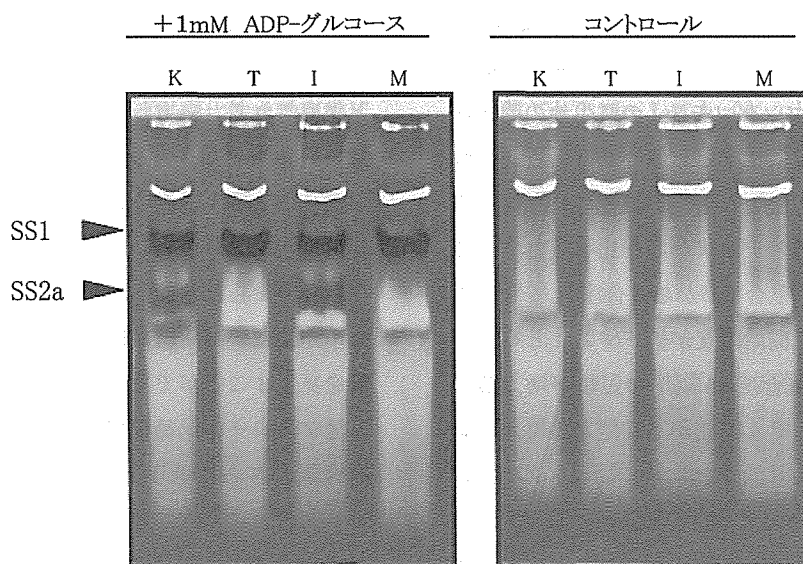


図 22 胚乳より抽出した可溶性デンプン合成酵素の泳動像

SS1 : 可溶性デンプン合成酵素 1
 SS2a : 可溶性デンプン合成酵素 2a
 K : 関東糯 172 号 I : IRAT109
 T : ツクバハタモチ M : マンゲツモチ

糯品種・系統においても、SS2a はアミロペクチン側鎖長の分布に寄与すると推察され、SS2a を有する品種はアミロペクチン側鎖長分布が Kasalath 型に、欠損した品種は日本晴型を示すと考えられた。

以上の結果、SS2a 欠損品種では相対的にアミロペクチン側鎖長の中鎖が少なく短鎖が多いことから、SS2a はアミロペクチン側鎖長について短鎖を伸長する役割を有すると推定された (図 21)。

第 4 節 考察

「関東糯 172 号」と「IRAT109」は、重合度 6 から重合度 10 の短鎖の割合が少なく、重合度 12 から重合度 21 の中鎖の割合が多く、「Kasalath」と良く似たアミロペクチン側鎖長分布を有するのに対し、「ツクバハタモチ」と「マンゲツモチ」は「日本晴」と良く似たアミロペクチン側鎖長分布を示した。一方、「関東糯 172 号」は「ツクバハタモチ」や「マンゲツモチ」よりも餅生地が早く固まり、RVA で測定した糊化開始温度は他の品種・系統に比べて特異的に高かった (岡本・根本 1998)。このため、陸稲においてもアミロペクチン側鎖長分布と糊化開始温度との間には密接な関係があることが示唆された。また、「マンゲツモチ」のアミロペクチン側鎖長分布は、「Kasalath」を基準とした場合には、重合度 6 から重合度 10 までの短鎖の相対比率が増えるため、「関東糯 172 号」と比べると餅の固まりは遅く、相対的に糊化開始温度が低い。このため、「マンゲツモチ」の餅生地の固まる速さは「関東糯 172 号」に比べると遅くなると考えられた。このような現象は、SS2 の活性が阻害されたジャガイモの変異系統と野生種のデンプンとを比べると、アミロペクチン側鎖長のうち重合度 7 から重合度 11 までの短鎖が増えるとともに糊化開始温度が低下することや、アミロペクチン側鎖長の重合度 10 以下の短鎖が増えるとアミロペクチンの二重らせん構造が不安定となり、デンプンの糊化開始温度がより低くなり、アミロペクチンの老化が阻害されて糊化デンプンの老化が遅れる現象からも支持される (Gidley and Bulpin 1987, Moetes ら 1997, Noda ら 1998, Safford ら 1998, Wursch and Gumy 1994)。

SS2 のアンチセンス遺伝子を導入したジャガイモの遺伝子組み換え系統において、SS2 の活性が減少することでアミロペクチン側鎖長分布の重合度 6 から重合度 12 の

短鎖が増加し、重合度 13 から重合度 25 の中鎖が減ることが報告されている (Edwards ら 1999)。ジャガイモの塊茎の SS 活性では、SS2 が活性の 10% から 15% を、SS1 が活性の 80% を占めることから、SS2 にはアミロペクチン側鎖長の短鎖を伸長する機能があるが、SS1 がこの機能を有する可能性は低いと考えられている (Marshall ら 1996, Edwards ら 1999)。一方、陸稲では SS2a の酵素活性が「関東糯 172 号」と「IRAT109」のみに認められた。このため、SS2a を欠損する「マンゲツモチ」ではアミロペクチン側鎖長のうち、短鎖が増えて中鎖の割合が減り、酵素活性を検出できた品種と未検出だった品種との間にはアミロペクチン側鎖長分布に違いが認められることから、SS2a はアミロペクチン側鎖長の伸長に寄与すると推察された。したがって、「関東糯 172 号」の有する高速餅硬化性は、SS2a の酵素活性によりアミロペクチン側鎖長における中鎖の割合が増加したことに起因すると考えられた。

近年、アジアで栽培される稲はアミロペクチン側鎖長分布により短鎖が相対的に少ない「Kasalath」型と短鎖が多い「日本晴」型の 2 群に分類できること、また、これら 2 群の中間的なアミロペクチン側鎖長分布を示す品種も存在することが報告された (Nakamura ら 2002, 中村 2003)。この中間的な品種では何らかの原因により SS2a の酵素活性が低下し、アミロペクチン側鎖長の分布が「Kasalath」と「日本晴」との中間的な性状を示したと推察される。一方、高速餅硬化性がアミロペクチン側鎖長の短鎖を伸長させる SS2a の有無に由来する可能性が高いことから、SS2a の酵素活性を低下させることで「関東糯 172 号」と従来の品種との中間型品種を育成できると考えられた。しかし、供試した陸稲の在来糯品種の中からは「関東糯 172 号」と従来の品種との中間型品種を見出すことができなかった。

低アミロース米品種では出穂期の天候によりアミロース含量がさらに低下してモチ臭が強くなったり、アミロース含量に年次間差を生じるため、登熟期間の気温に影響を受けにくい低アミロース米品種が開発されている (Suzuki ら 2003)。一般に、糯米の場合も登熟期間の気温が低くなると餅生地が固まりにくくなるとされる (斎藤 1987)。Umemoto ら (1999) は、人工気象室で平均気温を制御して登熟温度の異なる米を作出し、アミ

ロペクチン側鎖長分布を比較した。その結果、「金南風」、「IR36」、および、それぞれの糯性変異系統においては、平均気温が上昇すると重合度5から12までの短鎖の相対面積が、重合度13から24までの中鎖の相対面積に対して減少し、アミロペクチン側鎖長分布は登熟期間の気温の影響を受けることが報告されている。今後、食品の原料として様々な用途に対応していくためには、固まりにくい糯品種およびやや高速で固まる糯品種に加え、餅硬化性が登熟期の気温に影響されにくい品種を育成することが重要な課題であると考えられる。

第4章 高速餅硬化性に関する遺伝分析

第1節 緒言

日本の稲育種において品質と食味は最も重要な課題として多くの研究が行われているが、餅硬化性の遺伝様式を検討した報告は限られている。とくに、餅の品質に関する研究では、白玉団子の硬度を餅硬化性の指標として、水稻糯品種「こがねもち」に由来する餅硬化性の遺伝様式が報告されているのみである（石崎ら 1996, 1997, 小林ら 1999）。一方、前章までに、陸稲糯品種の餅硬化性について、RVAを用いて陸稲糯米の餅硬化性と糊化特性との関連を調べ、糊化開始温度とピーク温度とが陸稲の餅硬化性の指標として有効であることを証明し、RVAによる餅硬化性の簡易検定法を開発した。

本章では、「関東糯 172 号」の高速餅硬化性を効率的に育種事業で利用するために、「関東糯 172 号」と水稻糯品種「マンゲツモチ」との雑種後代を、第2章で明らかにした簡易で有効な RVA による餅硬化性検定法に供試し、ピーク温度と糊化開始温度を指標として高速餅硬化性の遺伝様式を解析した。また、「関東糯 172 号」と「マンゲツモチ」の正逆交雑から得た稔実種子について、アミロペクチン側鎖長分布を定量し遺伝子の量的効果についても検討した。

第2節 F₂世代と F₃検定世代における高速餅硬化性の遺伝分析

1. 目的

「関東糯 172 号」の高速硬化性を効率的に育種事業で利用するために、「関東糯 172 号」と水稻糯品種「マンゲ

ツモチ」との雑種後代を用いて、F₂世代と F₃世代において、RVA によるピーク温度と糊化開始温度を指標として高速餅硬化性の遺伝様式を解析することを目的とした。

2. 材料および方法

材料の養成は茨城県農業研究所内の水田で行い、栽植密度は 30cm×15cm で、1 株 1 本植えとした。全量基肥として化成肥料（N-P-K：6-6-6kg/10a）を施用した。

「関東糯 172 号」と餅硬化性の低い水稻糯品種「マンゲツモチ」との交雑による F₁, F₂, F₃ 世代を用いた。1996 年に「関東糯 172 号」を種子親、「マンゲツモチ」を花粉親とする交雑を行い、翌年、水田圃場で雑種第 1 代（F₁）を栽培した。1998 年、水田圃場で両親および F₁ を各 10 個体、F₂220 個体を栽培し、収穫後に RVA を用いて個体ごとに糊化特性を測定した。ピーク温度と糊化開始温度に基づいて、F₂ 個体を関東糯 172 号型（以下、K 型と略す）、マンゲツモチ型（以下、M 型と略す）ならびに F₁ 型（以下、F 型と略す）の 3 集団に分け、そのうち K 型と M 型の F₂ 個体から各 10 個体を、F 型から 20 個体を選別し、各個体から採種した 20 粒を集団ごとに混合し、翌年に F₃ 集団として両親および F₁ 個体とともに前年同様に水田で養成した。両親および F₁ 個体を各 10 個体ずつ、F₃ 世代については計 797 個体を成熟期に収穫し、個体毎の RVA 特性値を測定した。収穫は株毎の成熟期に行った。

RVA 特性値の測定は第2章の方法に従った。それぞれの個体ごとにパーレスト（ケット社製）で歩留まり 88% に搗精した精白米をオートクラシャー（佐竹製作所製：AC-1A 型）で粉碎し、200 メッシュを通過した精白粉を用いた。次に、精白粉 3.5g（水分換算 15%）に、400ppm の硫酸銅水溶液 25mL を加え、RVA 糊化開始温度（精白粉が糊化して粘り始める温度：以下、糊化開始温度と略す）と RVA ピーク温度（最高粘度に達する温度：以下、ピーク温度と略す）を測定した。温度設定については、40℃ で 1 分間保持した後、5.5 分間で 95℃ に昇温、95℃ で 2.5 分間保持し、その後 5.5 分間で 40℃ に温度を下げ、40℃ で 2 分間保持し、計 16.5 分とした（図 11 に同じ）。「関東糯 172 号」、「マンゲツモチ」およびその F₁ 個体（関東糯 172 号 / マンゲツモチ）の精白粉の RVA による分析例を図 23 に示す。

遺伝における分離比の適合度は χ^2 検定により行った。

理論値と実際の観測数との差から χ^2 を算出し、 χ^2 分布の表に照らし確率 (P) を決定した。

3. 結果

(1) F_2 世代

図 24 に「関東糯 172 号」, 「マンゲツモチ」, その F_1 および F_2 220 個体におけるピーク温度と糊化開始温度の相関および両温度の頻度分布を示した。図 24A に示したように、両親の RVA 特性値には明確な差が認められ、「関東糯 172 号」は「マンゲツモチ」より明らかに高いピーク温度と糊化開始温度を示した。また、「関東糯 172 号」と「マンゲツモチ」の F_1 個体は、ピーク温度は「関東糯 172 号」並みに高かったが、糊化開始温度は「関東糯 172 号」と「マンゲツモチ」の間であった。 F_2 個体は、「関東糯 172 号」と同じくピーク温度と糊化開始温度が高い個体 (K 型), F_1 個体と同じくピーク温度が高く糊化開始温度が両親の中間の個体 (F 型), および、「マンゲツモチ」並みに両温度の低い個体 (M 型) の 3 群に明確に分かれた。図 24B にピーク温度の頻度分布を示した。M 型は 74℃ から 80℃ まで, F 型と K 型は 85℃ から 91℃ までの 2 群に明確に分かれた。糊化開始温度も、図 24C のとおり, M 型と F 型は 62℃ から 71℃ まで, K 型は 73℃ から 77℃ までに分かれた。各集団の出現比は K 型 : F 型 : M 型 = 51 : 121 : 48 であった。期待分離比を 1 : 2 : 1 と仮定した場合, 220 個体における理論上の比率は 55 : 110 : 55 なので、これを適合度の計算式に代入すると、 $\chi^2 = (51 - 55) 2/55 + (121 - 110) 2/110 + (48 - 55) 2/55 = 2.282$ となり、さらに χ^2 分布の表の自由度 2 (3 - 1) に照らすと確率は $0.25 > P > 0.1$ であった。 χ^2 検定の結果、各集団の出現比 K 型 : F 型 : M 型 = 51 : 121 : 48 は、期待分離比 1 : 2 : 1 に適合した。

(2) F_3 世代

図 25 に F_2 世代で K 型と M 型に分類された F_2 個体に由来する F_3 400 個体のピーク温度と糊化開始温度の分布を示した。比較として供試した「関東糯 172 号」, 「マンゲツモチ」, F_1 は前年に分析した糊化開始温度とピーク温度とはほぼ一致した (図 24)。K 型と M 型の F_2 個体に由来する F_3 個体はそれぞれ F_2 世代と同様のピーク温度と糊化開始温度の分布を示し、 F_2 世代のように 3 群への分離は認められなかった。

一方、図 26 に F_2 世代で F 型に分類された F_2 個体に由

来する F_3 397 個体のピーク温度と糊化開始温度の分布を示した。F 型に由来する F_3 個体は、ピーク温度と糊化開始温度の両方が高い K 型、ピーク温度が高く糊化開始温度が両親の中間の F 型、および、両温度とも低い M 型に明確に分離した。前世代で F 型と分類された F_3 個体における各集団の出現比は、K 型 : F 型 : M 型 = 97 : 210 : 90 であった。期待分離比を 1 : 2 : 1 と仮定した場合, 397 個体における理論上の分離比は $99.25 : 199.5 : 99.25$ なので、 $\chi^2 = (97 - 99.25) 2/99.25 + (210 - 199.5) 2/199.5 + (90 - 99.25) 2/99.25 = 1.579$ となり、これを χ^2 分布の表の自由度 2 に照らすと確率は $0.5 > P > 0.25$ であった。 χ^2 検定の結果、各集団の出現比 K 型 : F 型 : M 型 = 97 : 210 : 90 は、期待分離比 1 : 2 : 1 に適合し、 F_2 世代における分離比と一致した。

4. 考察

イネの胚乳デンプンはアミロースおよびアミロペクチンから構成される。胚乳中のアミロースは顆粒結合型デンプン合成酵素により生成され、cDNA における構造遺伝子の塩基配列も明らかになっている (Okagaki 1992)。一方、糯品種、粳品種、およびその正逆交雑から得た胚乳についてアミロース含量を比較すると、胚乳中のアミロース含量は、糯品種 (遺伝子型 : wxwxwx) ではほとんど 0% を示し、糯品種 / 粳品種 (Wxwxwx), 粳品種 / 糯品種 (WxWxwx), 粳品種 (WxWxWx) の順に高くなるとされる。正逆交雑から得られる稔実種子では、胚乳組織が 3 倍性の組織であること、Wx 遺伝子が 1 個または 2 個の場合、十分にアミロースが合成されず、粳品種と糯品種との中間的なアミロース含量となるため、Wx 遺伝子には量的効果が認められている (Okuno 1978)。

本節では、RVA のピーク温度と糊化開始温度を指標として「関東糯 172 号」の高速餅硬化性の遺伝様式を検討した。「関東糯 172 号」と「マンゲツモチ」との F_2 個体は、糊化開始温度とピーク温度が高い K 型、ピーク温度が高く糊化開始温度が両親の中間の F 型、糊化開始温度とピーク温度の低い M 型の 3 群に明確に分離した (図 24)。この 3 群の頻度は 1 対の遺伝子を仮定したときの期待分離比 1 : 2 : 1 に適合し、Okuno (1978) の研究報告から各型における胚乳の遺伝子型は、それぞれ、K 型が AAA, F 型は AAa と Aaa, M 型は aaa であると推察される。また、K 型と M 型に由来する F_3 集団では、糊化開

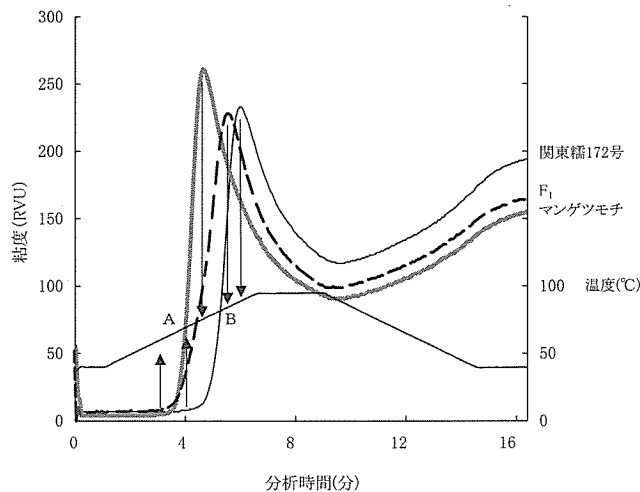


図 23 関東糯 172 号, マンゲツモチおよびその F_1 個体の精白粉についてラピッド・ビスコ・アナライザー (RVA) で測定したの熱糊化特性曲線の一例

A: 糊化開始温度, B: ピーク温度.

——: 関東糯 172 号の糊化粘度曲線

- - -: F_1 個体 (関東糯 172 号/マンゲツモチ) の糊化粘度曲線

——: マンゲツモチの糊化粘度曲線

——: 温度変化

RVU: Rapid Visco Units の略

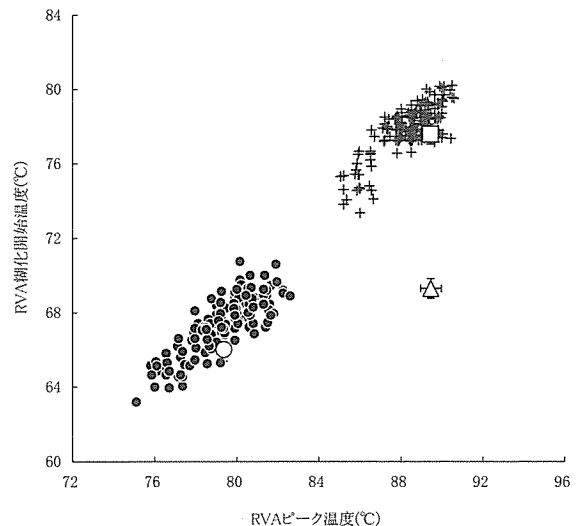


図 25 関東糯 172 号/マンゲツモチの K 型および M 型 F_2 個体による F_3 集団における RVA ピーク温度と RVA 糊化開始温度の関係

□: P1 関東糯 172 号, ○: P2 マンゲツモチ

△: F_1 (関東糯 172 号/マンゲツモチ)

+: F_3 関東糯 172 号型 (K 型)

●: F_3 マンゲツモチ型 (M 型)

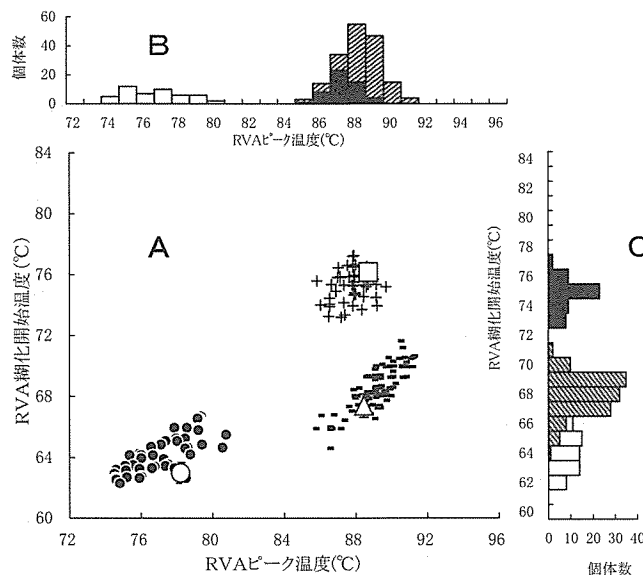


図 24 関東糯 172 号/マンゲツモチの F_2 集団における RVA ピーク温度と RVA 糊化開始温度の関係および頻度分布

A: F_2 集団における RVA ピーク温度と RVA 糊化開始温度の関係

B: F_2 集団における RVA ピーク温度の頻度分布

C: F_2 集団における RVA 糊化開始温度の頻度分布

□: P1 関東糯 172 号, ○: P2 マンゲツモチ,

△: F_1 (関東糯 172 号/マンゲツモチ)

(両親と F_1 は平均値 ± 標準偏差で示した)

+, ■: F_2 関東糯 172 号型 (K 型)

-, ▨: F_2 F_1 型 (F 型)

●, □: F_2 マンゲツモチ型 (M 型)

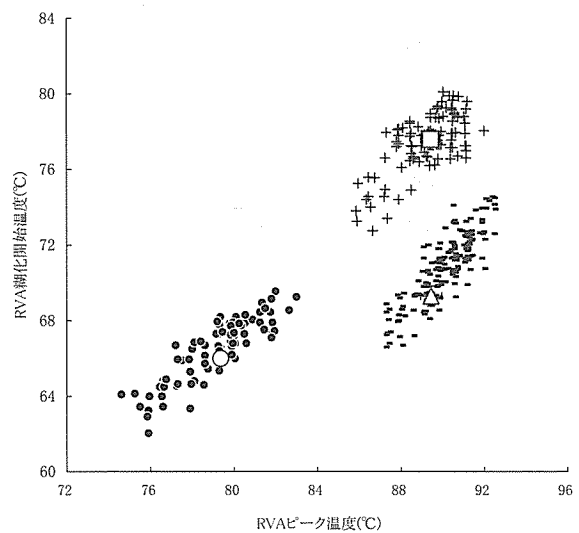


図 26 関東糯 172 号/マンゲツモチの F_2 個体による F_3 集における RVA ピーク温度と RVA 糊化開始温度の関係

□: P1 関東糯 172 号, ○: P2 マンゲツモチ

△: F_1 (関東糯 172 号/マンゲツモチ)

+: F_3 関東糯 172 号型 (K 型)

●: F_3 マンゲツモチ型 (M 型)

始温度およびピーク温度について分離を認めなかったため、それぞれ優性と劣性のホモ型接合であると推察された(図 25)。一方、F 型に由来する F₃ 集団では、F₂ 集団と同じ頻度で K 型、F 型および M 型の分離が認められたことから、F 型はヘテロ型接合であることが推察された(図 26)。

第 3 節 戻し交雑 (BC₁F₁) 個体における高速餅硬化性の検定

1. 目的

F₂ 世代と F₃ 世代における遺伝分析に加え、戻し交雑集団において高速餅硬化性の遺伝様式を検討した。

2. 材料と方法

1997 年に「マンゲツモチ」を種子親、「関東糯 172 号」と「マンゲツモチ」の F₁ を花粉親とする戻し交雑を行い、翌年、得られた BC₁F₁65 個体(マンゲツモチ // 関東糯 172 号 / マンゲツモチ)を水田圃場で栽培し、RVA 特性値の測定は第 2 章の方法に従って実施した。

なお、材料の養成は茨城県農業研究所内の水田圃場で行い、栽植密度は条間 30cm、株間 15cm、1 株 1 本植えとした。全量基肥として化成肥料 (N-P-K: 6-6-6kg/10a) を施用した。収穫は株毎の成熟期に行った。

3. 結果

図 27 に「マンゲツモチ」を戻し交雑した BC₁F₁ 個体におけるピーク温度と糊化開始温度の関係を示した。供試した BC₁F₁65 個体はピーク温度が高く、糊化開始温度が F₁ 個体と同じ温度分布を示す F 型と、両温度が「マンゲツモチ」並みに低い M 型のみが認められ、両温度が高い K 型は出現しなかった。各集団の出現比は、F 型: M 型 = 36: 29 であった。分離比を 1: 1 と仮定した場合、65 個体における理論上の分離比は 32.5: 32.5 となり、 $\chi^2 = (36 - 32.5)^2 / 32.5 + (29 - 32.5)^2 / 32.5 = 0.754$ となり、これを χ^2 分布の表の自由度 1 に照らすと確率は $0.5 > P > 0.25$ であった。 χ^2 検定の結果、各集団の出現比、F 型: M 型 = 36: 29 は期待分離比 1: 1 に適合した。

4. 考察

「関東糯 172 号」と「マンゲツモチ」の F₁ に「マンゲツモチ」を戻し交雑した BC₁F₁ 集団においても、F 型と M 型の出現頻度は 36: 29 で 1: 1 の分離比に適合し、K

型は出現しなかった(図 27)。したがって、第 2 節および本節の結果から、K 型、F 型および M 型の分離は一遺伝子座の対立遺伝子に支配されていると推定されたので、この遺伝子座を、hyper-hardening glutinous rice (以下、Hhg と記す) と仮称する (Okamoto ら 2002)。「関東糯 172 号」の示す高いピーク温度および糊化開始温度は対立遺伝子 Hhg-k (t) に、「マンゲツモチ」に見られるピーク温度および糊化開始温度の低い特性は、Hhg-m (t) によるものと推察された(図 24, 図 26)。なお、ピーク温度について、Hhg-k (t) は完全優性を示すが、糊化開始温度については不完全優性を示すものと考察された。

第 4 節 F₁ 個体および F₅ 系統における餅硬化性の評価

1. 目的

本節では、ヘテロ型個体が後代で 3 群に分離することから、後代系統において果実硬度計による餅硬化性検定が困難なため、F₁ 個体を用いて餅生地 の硬度を検定しヘテロ型個体の餅硬化性を検討した。また、糊化開始温度およびピーク温度を指標として選抜した F₅ 系統を餅硬化性検定に供試し、Hhg の存在が餅硬化性に及ぼす効果を検証した。

2. 材料と方法

1998 年に「関東糯 172 号」と「マンゲツモチ」の正逆 F₁ 個体を両親とともに水田で栽培し、F₁ 個体の餅硬化性を両親と比較した。材料の養成は茨城県農業研究所内の水田で行い、栽植密度は条間 30cm、株間 15cm、1 株 1 本植えとした。全量基肥として化成肥料 (N-P-K: 6-6-6kg/10a) を施用した。追肥は施用しなかった。

1994 年に「関東糯 172 号」を種子親、「マンゲツモチ」を花粉親とする交雑を行い、冬季に温室内で F₁ 個体を栽培した。翌年、F₂ 世代で糊化特性を指標に K 型の 6 個体と M 型の 4 個体を選び、F₃ 世代、F₄ 世代でそれぞれ糊化特性の固定を確認した。1998 年に F₅ 系統を畑圃場で栽培し餅硬化性を両親と比較した。K 型系統を RC1 から RC6、M 型系統を RC7 から RC10 と呼ぶ。畦間は 60cm、播幅は 10cm で、播種量は 5g/m² とし、4 月 22 日に各品種系統を条播した。基肥として化成肥料 (N-P-K: 6-12-9kg/10a) を施用し、追肥として 6 月 9 日と 7 月 15 日に、それぞれ 10a 当たり窒素成分で 4kg 施用した。

餅硬化性の測定は第 2 章の方法に従って実施した。搗

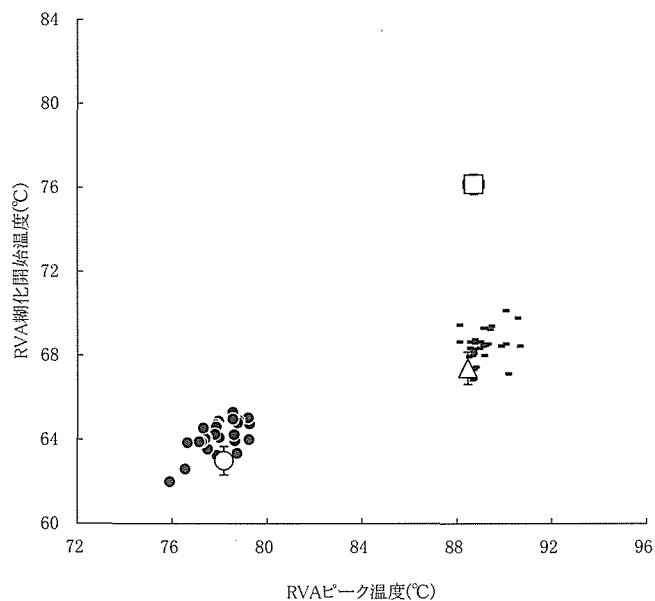


図 27 BC₁F₁ 集団 (マンゲツモチ／／関東糯 172 号／マンゲツモチ) における RVA ピーク温度と糊化開始温度の関係

□ : P1 関東糯 172 号, ○ : P2 マンゲツモチ
△ : F₁ 関東糯 172 号／マンゲツモチ
- : BC₁F₁ F₁ 型 (F 型)
● : BC₁F₁ マンゲツモチ型 (M 型)

表 11 関東糯 172 号, 水稻マンゲツモチ, およびその F₁ 系統における餅硬度の検定結果

品種・系統名	餅硬化性 (冷蔵 10 時間後の餅硬度 (kg/cm ²)) ¹⁾			
関東糯 172 号	4.59	±	0.05	a ²⁾
F ₁ (関東糯 172 号／マンゲツモチ)	4.03	±	0.06	b
F ₁ (マンゲツモチ／関東糯 172 号)	4.10	±	0.02	b
マンゲツモチ	1.66	±	0.01	c

¹⁾ 餅硬化性は果実硬度計により測定した餅生地の任意の平均硬度で示した (平均値 ± 標準偏差)。

²⁾ 同一英文字間には Newman-Keuls 法の多重検定法による 5% 水準での有意な差がない。

表 12 関東糯 172 号, 水稻マンゲツモチおよびその F₁ 系統における餅硬度の検定結果

品種・系統名	表現型 ¹⁾	餅硬化性 (冷蔵 10 時間後の餅硬度 (kg/cm ²)) ²⁾			
関東糯 172 号		4.58	±	0.05	a ³⁾
RC1	K	4.59	±	0.02	a
RC2	K	4.57	±	0.03	a
RC3	K	4.57	±	0.03	a
RC4	K	4.56	±	0.01	a
RC5	K	4.54	±	0.01	a
RC6	K	4.52	±	0.02	a
RC7	M	2.95	±	0.07	b
RC8	M	2.92	±	0.04	b
RC9	M	2.55	±	0.01	c
RC10	M	2.21	±	0.06	d
マンゲツモチ		1.60	±	0.06	e

¹⁾ K 型: 関東糯 172 号型 (高速餅硬化性), M 型: マンゲツモチ型。

²⁾ 餅硬化性は果実硬度計により測定した餅生地任意の平均硬度で示した (平均値 ± 標準偏差)。

³⁾ 同一英文字間には Newman-Keuls 法の多重検定法による 5% 水準での有意な差がない。

精歩留まり 88%の精白米 650g を一晩水に浸し、市販の餅搗き器「もちっこ（東芝製：AFC-166 型）」で練り上げ餅生地を作成した。得られた餅生地を 27.5cm×18cm×1.5cm に成型したのち、表面をポリフィルムで覆い 4℃ で冷蔵した。餅硬化性は、冷蔵 10 時間後に、藤原製作所製の果実硬度計（KM-5 型）により測定し、餅生地上における任意の 5 点の平均硬度で評価した。

3. 結果

果実硬度計によって測定した「関東糯 172 号」、「マンゲツモチ」およびその正逆 F_1 個体の餅生地の硬度を表 11 に示した。冷蔵により供試材料の餅硬度には明らかな差が認められ、水田で栽培した「マンゲツモチ」の餅硬度は冷蔵 10 時間で 1.66kg/cm² を示したのに対し、「関東糯 172 号」は 4.59kg/cm² で、「マンゲツモチ」に比べて 2.77 倍の餅硬度を示した。一方、正逆 F_1 個体の餅硬度は、関東糯 172 号／マンゲツモチおよびマンゲツモチ／関東糯 172 号で、それぞれ 4.03kg/cm² と 4.10kg/cm² を示したが、「関東糯 172 号」よりも有意に低かった。

同様に、果実硬度計によって測定した「関東糯 172 号」、「マンゲツモチ」およびその F_3 系統における餅生地の硬度を表 12 に示した。畑栽培で「マンゲツモチ」の餅硬度は 1.60kg/cm² であったのに対し、「関東糯 172 号」は 4.58kg/cm² で「マンゲツモチ」の 2.86 倍の餅硬度を示した。一方、K 型 F_2 個体群に由来する RC1 から RC6 の餅硬度は、4.52kg/cm² から 4.59kg/cm² を示し、「関東糯 172 号」並みに高い餅硬度を示した。M 型の F_2 個体群に由来する RC7 から RC10 の餅硬度は 2.21kg/cm² から 2.95kg/cm² で、「関東糯 172 号」や K 型に由来する F_3 系統よりも明らかに低かったが、「マンゲツモチ」の 1.38 倍から 1.84 倍の餅硬度を示した。

4. 考察

表 11 に示したように、冷蔵 10 時間後における正逆交雑の F_1 個体の餅硬度は、「関東糯 172 号」に近い硬度を示したが、「関東糯 172 号」と正逆 F_1 個体との間には有意な差が認められた。また、本章ではピーク温度と糊化開始温度を餅硬化性の指標としたが、 $Hhg-k(t)$ の餅硬化性への発現程度を確認するため、表 12 に示したとおり、K 型と M 型に分類された 10 系統の餅硬化性を比較した。その結果、 $Hhg-k(t)$ のホモ型と考えられる K 型は「関東糯 172 号」並みの高速餅硬化性を示し、 $Hhg-k(t)$ の

餅硬化性への作用が確認された。これらの結果、ホモ接合個体では各々の両親並の餅硬化性が、ヘテロ接合型個体では両親の中間の餅硬化性が確認された。両温度が餅硬化性の指標となることや遺伝子型によって餅生地の硬度が異なる点からも、 F_1 個体の高速餅硬化性は $Hhg-k(t)$ の作用によるものであり、その発現は不完全優性であると推定された。しかし、M 型 4 系統における餅生地の硬度は「マンゲツモチ」より有意に高いことから、 $Hhg-k(t)$ 以外にも餅硬化性に影響する要因が存在する可能性がある。餅硬化性は品種や産地によって異なるが、登熟期の気温が高くなるとアミログラフの糊化開始温度が上昇し、餅生地の固まりが早くなることが報告されている（柳瀬ら 1982a, 斉藤 1987, 松江ら 2002）。M 型 F_3 系統の場合、出穂期は「マンゲツモチ」よりも 18 日から 25 日早く、出穂期から 20 日間の平均気温も「マンゲツモチ」の 23.6℃ よりも 1.5℃ から 1.7℃ 高くなったため、餅硬化性に有意差を生じた可能性が考えられる。

第 5 節 正逆交雑の精白米におけるアミロペクチン側鎖長分布の差異

1. 目的

「関東糯 172 号」、「マンゲツモチ」および正逆交雑した精白米を陰イオン交換樹脂を装着した HPLC に供試し、アミロペクチン側鎖長分布の違いから高速餅硬化性の遺伝子が量的効果を有するか否かを検討した。

2. 材料および方法

供試材料には 2002 年に農業研究所水田圃場で栽培した「関東糯 172 号」、「マンゲツモチ」および両者の正逆交雑により得られた稔実種子を用いた。

育苗箱への播種はそれぞれ 5 月 15 日に行い、6 月 5 日に稚苗を水田に移植した。栽植密度は条間 30cm、株間 15cm、1 株 1 本植えとした。全量基肥として化成肥料（N-P-K：6-6-6kg/10a）を施用した。追肥は施用しなかった。収穫は 9 月上旬から 10 月中旬まで適宜行った。

アミロペクチン側鎖長分布の解析は第 3 章にしたがった。供試した品種・ F_1 個体について、重合度 6 から重合度 64 のピーク面積を合算して総面積（A）を算出し、各重合度の面積（B）を総面積で割り各鎖長の相対比率（B/A）を算出し、アミロペクチン側鎖長分布とした。分析は 4 反復とした。茨城県の水稲奨励品種「コシヒカリ」

を基準 (0) として品種・系統および F_1 個体におけるアミロペクチン側鎖長分布の相対比率の差を算出した。

3. 結果

「関東糯 172 号」のアミロペクチン側鎖長分布は、基準品種「コシヒカリ」に比べて重合度 6 から 12 までの短鎖の割合が少なく、重合度 13 から 27 までの中鎖の割合が多かった。「関東糯 172 号」を種子親とした F_1 個体の精白米では、重合度 6 から 11 までの短鎖が少なく、重合度 12 から 28 までの中鎖の割合が多かった。「関東糯 172 号」を花粉親とした F_1 個体の精白米では、重合度 7 から 11 までの短鎖が少なく、重合度 12 から 24 までの中鎖の割合が多かった。一方、「マンゲツモチ」のアミロペクチン側鎖長分布は、重合度 8 から 10 までの短鎖が多く、重合度 11 から 13 までの中鎖の割合が少なかった。このため、正逆交雑の精白米におけるアミロペクチン側鎖長分布は「関東糯 172 号」に酷似し、「マンゲツモチ」とは異なる分布を示した (図 28)。

4. 考察

「コシヒカリ」を基準 (0) として、アミロペクチン側鎖長の相対比率の差を算出したところ、「関東糯 172 号」と「マンゲツモチ」との正逆交雑から得られた F_1 種子 (関東糯 172 号/マンゲツモチ、および、マンゲツモチ/関東糯 172 号) では、アミロペクチン側鎖長分布が「マンゲツモチ」とは明らかに異なり「関東糯 172 号」に近く、相対的に短鎖が減少し中鎖が増加した (図 28)。このため、「関東糯 172 号」の有する高速餅硬化性遺伝子 $Hhg-k$ (t) には、アミロースで報告されたような遺伝子の量的効果は認められなかった (Okuno 1978)。また、正逆交雑においてアミロペクチンの側鎖長分布にほとんど差がないことから、種子親由来の細胞質の影響はないと推察された (図 28)。

第 6 節 考察

本章では、「関東糯 172 号」の高速硬化性を効率的に育種事業で利用するために、「関東糯 172 号」と水稻糯品種「マンゲツモチ」との雑種後代を用いて、RVA によるピーク温度と糊化開始温度を指標として高速硬化性の遺伝様式を解析した。「関東糯 172 号」と水稻糯品種「マンゲツモチ」との F_2 個体、各 F_3 集団、各 F_3 系統、「関東糯 172 号」と「マンゲツモチ」の F_1 に「マンゲツモチ」を

戻し交雑した BC_1F_1 集団について遺伝分析を行った。その結果、ピーク温度および糊化開始温度に基づいて分類された K 型、F 型および M 型の分離は一遺伝子座の対立遺伝子に支配されていると推定されたので、この遺伝子座を、*hyper-hardening glutinous rice* (以下、 Hhg (t) と記す) と仮称した。「関東糯 172 号」の示す高いピーク温度および糊化開始温度は対立遺伝子 $Hhg-k$ (t) に、「マンゲツモチ」に見られるピーク温度および糊化開始温度の低い特性は $Hhg-m$ (t) によると推察された。なお、ピーク温度について、 $Hhg-k$ (t) は完全優性を示すが、糊化開始温度については不完全優性を示すと考察した。

冷蔵 10 時間後の正逆交雑の F_1 個体は、「関東糯 172 号」に近い餅硬度を示したが、「関東糯 172 号」とは有意な差が認められた (表 11)。一方、ピーク温度と糊化開始温度を餅硬化性の指標として $Hhg-k$ (t) の餅硬化性への発現程度を確認するため、K 型と M 型に分類された後代 10 系統の餅硬化性を比較した。その結果、 $Hhg-k$ (t) ホモ型と推定される K 型は「関東糯 172 号」並の高速餅硬化性を示し、 $Hhg-k$ (t) の餅硬化性への作用が確認された。したがって、ホモ接合個体では各々の両親並みの餅硬化性だが、ヘテロ接合型個体では両親の中間の餅硬化性が再現されていると確認された。糊化開始温度およびピーク温度が餅硬化性の指標となることや遺伝子型によって餅硬

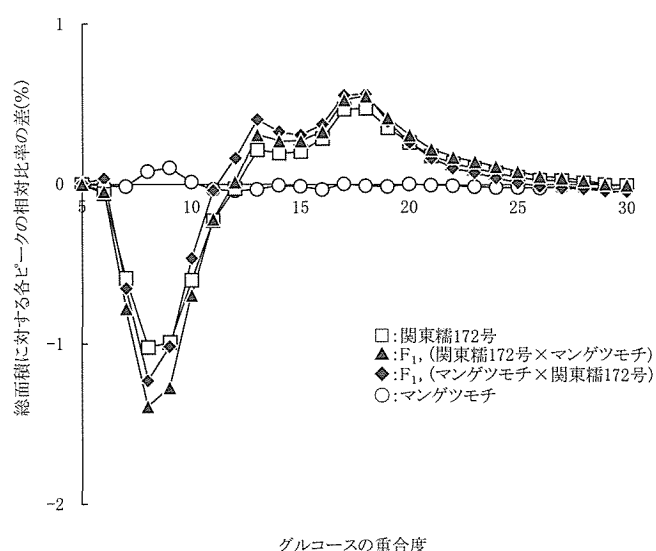


図 28 関東糯 172 号とマンゲツモチおよびその正逆交雑の精白米におけるアミロペクチン側鎖長分布の総面積に対する各ピークの相対比率の差コシヒカリを基準 (0) とした各ピークの相対比率の差。

度が異なる点からも、F₁ 個体の高速餅硬化性は *Hhg-k* (t) の作用によるものであり、その発現は不完全優性であると推定される。しかし、M 型 4 系統の餅硬度が「マンゲツモチ」に対して有意に高くなることから、*Hhg-k* (t) 以外にも作用力の小さな遺伝子が存在する可能性や環境要因などによる影響が示唆された。

水稻糯品種「こがねもち」は餅硬化性に優れ、加工しやすいことから実需者における評価が高い。供試した「関東糯 172 号」と「マンゲツモチ」との F₂ 世代および F₃ 世代において、M 型の中に糊化開始温度が「こがねもち」並みに高く餅硬化性に優れると推定される個体が観察された。おそらく、雑種後代の極早生個体は登熟期の平均気温が高くなるため、糊化開始温度およびピーク温度が「マンゲツモチ」よりも高く「こがねもち」並みになったと推察された。しかし、水稻糯品種において極早生品種は中晩生品種と比べて玄米蛋白質含量が高くなり食味が劣化すること、陸稲糯米は水稻糯米と比べて玄米中の蛋白質含量が高いため米菓が膨らみにくく、製品の嵩高が減少すると報告されている（柳瀬ら 1984, 杉浦ら 2005）。このため、水陸稲糯品種において極早生化により餅硬化性を向上させた場合、玄米中の蛋白質含量が増加するため、従来のおかきやあられの原料米には適さないと推察された。一方、K 型の中には「関東糯 172 号」に比べて糊化開始温度が低い個体が認められた。おそらく、9 月上旬に出穂した極々晩生の個体においては登熟期の平均気温が低くなるため、糊化開始温度およびピーク温度が「関東糯 172 号」よりも低くなったと考えられた。しかし、これらの個体については *Hhg-k* (t) の作用力が強く糊化開始温度およびピーク温度は「こがねもち」よりも高くなる傾向を示すこと、ビスコグラフによる糊化開始温度が高い系統では米菓の嵩高が減少する傾向を示すことから、従来の米菓には不向きであることが示唆された（有坂 1994）。また、RVA の検定結果から、K 型および M 型はそれぞれホモ型を示し、ヘテロ型個体は後代で 3 群に分離し続けることが明らかになった。ヘテロ型個体は次世代で 3 群に分離するため遺伝的に固定することができない。このため、「関東糯 172 号」と「マンゲツモチ」との雑種後代から「こがねもち」と同等の餅硬化性を有する品種を育成することは困難であると考えられた。

第 5 章 総合考察

本研究の結果、従来採用されてきた多大な労力と試料量を要する餅生地を検定方法に替わって、粘度計の一種であるラピッド・ビスコ・アナライザー（RVA）を利用する新しい簡易検定法が開発された。餅生地の新しい検定方法では、従来のビスコグラフの測定に必要な精白粉 50g に対して、わずか 3.5g で測定が可能となり、RVA で測定できるデンプンの糊化開始温度とピーク温度を指標として容易に餅硬化性が検定できる。この RVA による評価方法の開発により、F₂ 世代の 1 個体単位でのデンプン特性の評価が可能となり、陸稲品種・系統におけるデンプンの餅硬化性に関する効率的な評価と選抜が可能となった。

これまで高速餅硬化性を有する陸稲の糯品種・系統は知られていなかった。しかし、糯米を加工・製品化している実需者においては、作業効率を左右する餅生地的高速硬化性は加工適性の中で最も重視されている形質であり、陸稲の糯米の需要を確保・増大するためには、最初に高速餅硬化性を有する遺伝子源を確保しなければならなかった。このため、RVA による評価により、陸稲の 136 品種・系統についてデンプンの特性を測定した結果、特異的に高い糊化開始温度およびピーク温度を示し、高速餅硬化性を有する唯一の系統として、「関東糯 172 号」を見出した。

一般に、水稻糯米の餅硬化性は登熟期の平均気温に影響され、平均気温が高いほど餅生地が早く固まるとされる。本研究では、日本の主要陸稲品種を用いて果実硬度計による餅硬化性検定法を開発し、陸稲糯米には水稻糯米と同様に餅硬化性について品種間差があること、畑圃場で栽培する陸稲糯米においても登熟期の気温が高いほど餅生地が早く固まることを明らかにした。陸稲品種と水稻品種とでは遺伝的な背景および栽培条件が異なるが、陸稲糯米における餅硬化性が登熟期の平均気温に影響を受け水稻での研究報告と合致することは新たな知見として興味深い。

登熟期の気温が低い北海道や各地の山間部では、水稻糯品種の餅硬化性が低く餅質は固まりにくくなるとされる。「関東糯 172 号」は平年および冷害年においても安定して高速餅硬化性を示し、登熟期における気温の影響を

ほとんど受けないため、陸稲に限らず低温地域における水稻糯品種の餅硬化性の向上にも有効な育種母材であると考えられる。しかしながら、本系統は株枯れ病に特異的に弱いこと、茨城県の陸稲の栽培面積は極早生品種が70%以上を占めることから、農家が扱い易い実用品種を育成するには、極早生化および耐病性の改良が課題である。「関東糯172号」の孫にあたる「関東糯210号」は、極早生系統で主要品種「トヨハタモチ」よりも収量性および玄米品質に優れ、2005年度から奨励品種決定調査に供試された。今後、さらに耐病性、栽培特性および品質が改良された高速餅硬化性系統が供試される予定である。また、極早生化された高速餅硬化性を北海道および東北地方で栽培し、登熟期の気温を下げることで高速餅硬化性の有効性を証明することが可能であると考えられる。

「関東糯172号」の高速餅硬化性を効率的に育種事業で利用するために、「関東糯172号」と水稻糯品種「マンゲツモチ」との雑種後代を用いて、RVAによるピーク温度と糊化開始温度を指標として高速餅硬化性の遺伝様式を解析した。「関東糯172号」と水稻糯品種「マンゲツモチ」とのF₂個体、各F₃集団、「関東糯172号」と「マンゲツモチ」のF₁に「マンゲツモチ」を戻し交雑したBC₁F₁集団について遺伝分析を行った。その結果、K型、F型およびM型の分離は一遺伝子座の対立遺伝子(hyper-hardening glutinous rice (*Hhg* (t)))に支配されていると推定され、「関東糯172号」の示す高いピーク温度と糊化開始温度は対立遺伝子 *Hhg-k*(t) によると推察された。なお、ピーク温度について、*Hhg-k* (t) は完全優性を示すが、糊化開始温度については不完全優性を示すと考えられた。一方、「関東糯172号」と「マンゲツモチ」との雑種集団ではF型が次世代で3群に分離し続け、餅硬化性についてF₃世代では集団の8分の3がK型に、F₄世代では集団の16分の7がK型に固定される可能性が高く、無選抜の集団から高速餅硬化性個体を効率よく選ぶことができると考えられた。今後、「関東糯172号」の栽培特性を効率よく改良していくためには、F₄単独系統において個体選抜した残りの株をRVAに供試し、早い世代から餅硬化性検定を実施し個体を選抜していく必要があると考えられた。

冷蔵10時間後の餅硬度は、「関東糯172号」で4.59kg/cm²、正逆交雑のF₁個体でそれぞれ4.03kg/cm²、

4.10kg/cm²、「マンゲツモチ」1.66kg/cm²で、3品種・系統には有意な差が認められた。一方、ピーク温度と糊化開始温度を餅硬化性の指標として *Hhg-k* (t) の餅硬化性への発現程度を確認するため、K型とM型に分類されたF₃10系統の餅硬化性を比較した。その結果、*Hhg-k* (t) ホモ型と推定されるK型は「関東糯172号」並の高速餅硬化性を示し、*Hhg-k* (t) の餅硬化性への作用が確認された。一方、M型F₃系統における餅生地硬度が「マンゲツモチ」より有意に高くなることから、*Hhg-k* (t) 以外にも作用力の小さな遺伝子の存在や環境要因などによる影響が示唆された。このため、ホモ接合個体では各々の両親並の餅硬化性が、ヘテロ接合型個体では両親の中間の餅硬化性が再現されていると考えられた。糊化開始温度及びピーク温度が餅硬化性の指標となることや遺伝子型によって餅生地硬度が異なる点からも、F₁個体の高速餅硬化性は *Hhg-k* (t) の作用によるものであり、その発現は不完全優性であると推定された。また、ヘテロ型接合個体では次世代で3群に分離するため、「関東糯172号」と「マンゲツモチ」との雑種集団からは従来の糯品種と高速餅硬化性品種との中間型品種を育成することは困難であると推察された。

本研究で供試した「関東糯172号」と「IRAT109」のアミロペクチンの側鎖長構造は、日本晴と比べて重合度6から10の短鎖が少なく、重合度12から21の中鎖の割合が多いKasalath型アミロペクチンの特徴を示し、「ツクバハタモチ」と「マンゲツモチ」は日本晴とほぼ同じアミロペクチン側鎖長分布を示した。一方、SS2aの酵素活性は「関東糯172号」と「IRAT109」だけに認められ、それ以外の品種では検出されなかったため、SS2aの有無がアミロペクチン側鎖長分布の違いに寄与すると推察された。「マンゲツモチ」および「関東糯172号」のアミロペクチン側鎖長分布を比べると、相対的に「マンゲツモチ」では短鎖が多く中鎖の割合が少なく、「マンゲツモチ」の餅生地は成形してから固くなるまでに時間がかかるため、これらの品種・系統における餅硬化性の差はアミロペクチンの側鎖長分布の違いにより生じたと考えられる。このため、「関東糯172号」とそれ以外の糯2品種との間には、SS2aの活性によりアミロペクチン側鎖長分布に品種間差を生じ、デンプンの性状の違いにより餅硬化性が明らかに異なるため、それぞれの形質は密接に関

連していると推察された。今後、人為的な突然変異などにより SS2a の酵素活性を低下させることで、高速餅硬化性と従来の品種との中間的な餅硬化性を有する品種を育成できる可能性が示唆された。

陸稲糯品種は主にあられやおかきの増量材として利用されているが、水稻糯品種では餅硬化性の高い「こがねもち」や餅硬化性の低い「はくちょうもち」など、特徴を有する品種が実需者から高い評価を受けている。今後、陸稲の需要を確保していくには、米菓の製造工程で重視されている餅硬化性についての変異を拡大し、固まりにくい餅から固まり易い餅まで、様々な加工用途に応じた品種を開発し、おかきの増量材以外の用途を創造していくことが重要である。今後、従来の品種育成に加え、遺伝資源の探索や突然変異の誘発により餅硬化性の変異を拡大するとともに、その変異に対応した新たな食感を有する食品を開発していく必要があると考えられる。一方、陸稲糯品種に水稻「こがねもち」の餅硬化性を導入すること、高速餅硬化性を有する「関東糯 172 号」と水稻糯品種とをブレンドすることで餅硬化性を調整することも可能であり、今後、陸稲における餅硬化性の改良には多くの可能性が残されていると考えられる。

謝 辞

本論文をとりまとめるにあたり、茨城大学教授松田智明博士には終始懇篤な御校閲と貴重な御教示を頂いた。宇都宮大学教授吉田智彦博士には懇切な御校閲を頂いた。ここに深甚なる感謝の意を表します。

本研究を実施するにあたり、農業・食品産業技術総合研究機構作物研究所研究交流課根本博博士には、本研究の端緒を与えられ終始ご指導と激励を賜るとともに、本論文をまとめるにあたり有益なご教示を頂いた。

茨城大学教授白井誠博士には本論文をとりまとめるにあたり種々有益なご教示と激励を頂いた。

筑波大学教授奥野員敏博士、農業・食品産業技術総合研究機構熱帯農業研究所研究部長池田良一博士、元作物研究所研究交流課牧野徳彦博士には遺伝解析を理解する上でご指導を賜った。農業・食品産業技術総合研究機構研究所梅本貴之博士には、アミロペクチン側鎖長分布の解析および可溶型デンプン合成酵素の活性染色について、

ご指導ご助力頂いた。新潟県農業大学校小林和幸博士には論文作成に当たり貴重な分析データの使用を承諾頂いた。

茨城県農業総合センター生物工学研究所、大澤勝次元所長、西村繁夫元所長、岡成美元所長には多くの助言を頂いた。同研究所普通作育種研究室、須賀立夫前室長、平澤秀雄室長、平山正賢研究員、同センター農業研究所宮本勝博士および同室研究員には、研究の遂行にあたりご配慮を賜った。さらに、生物工学研究所の臨時職員の方々、および、同センター農業研究所庶務課の方々からは、試験圃場の管理及び調査について、多大なご協力を頂いた。

以上の各位に心から謝意を表します。

最後に、私の研究生生活を支え続けてくれた妻子に感謝の意を表します。

本研究は農林水産省の陸稲指定試験事業における研究の一環として実施された。

摘 要

陸稲は 2003 年に全国の約 5560ha で栽培されているが、粳品種では玄米蛋白質含量が水稻に比べて高く、米飯としての食味が著しく水稻に比べて劣ることから、陸稲作付面積の約 99% を糯品種が占めている。糯米の用途は主に切り餅用と米菓原料用であるが、陸稲糯米の場合は価格が安価なこと、切餅としての食味が水稻糯米に劣ることなどから、用途は主に米菓原料用に限られている。米菓を製造する工程では、練り上がった餅生地を切断・成型するため、冷蔵により硬化させる必要があり、餅生地の固まる速さ（餅硬化性）は、米菓を製造する工程の作業効率に影響する要因として重視されている。しかし、一般に陸稲の糯米は水稻の糯米にくらべて餅硬化性が劣り、餅搗き後の成型に長い時間を要するため、米菓原料米としての評価は低いとされる。このため、今後、陸稲糯米の需要確保を図るには、良食味味化に加えて品質・加工適性に優れた品種を育成していく必要がある。

そこで、陸稲糯品種における餅硬化性の簡易な検定法として、ラピッド・ビスコ・アナライザー（以下、RVA と略す）を利用する方法を検討した。検定条件のうち、内在するアミラーゼの活性を抑えるため添加する硫酸銅

溶液の濃度を検討したところ、400ppm で安定して RVA 特性値を測定できた。また、陸稲糯品種における RVA の測定工程は、餅硬化性に差のある陸稲 2 品種の比較から、分析開始温度 40℃、温度勾配 10℃/ 分の設定が最適であった。これらの検定条件を用いて、陸稲主要 11 品種・系統における餅硬化性と RVA によって測定される特性値の関係を検討した。その結果、糊化開始温度およびピーク温度と餅硬化性との相関係数が他の特性値に比べて高く、両温度を指標に餅硬化性を簡便に推定することができた。本法は精白粉 3.5g と少量で分析できるため、育種において餅硬化性の一次選抜に有効であった。次に、本法により日本在来の陸稲糯品種と育成糯品種を対象とした餅硬化性に関する品種の探索を実施したところ、供試した 139 品種・系統の中から従来の陸稲糯品種にはなかった高速餅硬化性（一定時間内に餅生地が早く固まり、短時間で切断できる性質）を示す陸稲系統「関東糯 172 号」（以下、関東糯 172 号）を見出した。

「関東糯 172 号」の有する高速餅硬化性について、糊化特性を指標として遺伝様式を明らかにするため、「関東糯 172 号」と水稻糯品種「マンゲツモチ」との F_2 個体について、RVA によりピーク温度と糊化開始温度を測定した。その結果、「関東糯 172 号」並みにピーク温度と糊化開始温度が高い個体（K 型）、「関東糯 172 号」並みにピーク温度が高く、糊化開始温度が両親間の中間値を示す個体（F 型）、両温度とも「マンゲツモチ」並みに低い個体（M 型）が 1 : 2 : 1 の比率で分離した。さらに、K 型と M 型の F_2 個体に由来する F_3 集団では、それぞれ「関東糯 172 号」や「マンゲツモチ」と同程度のピーク温度と糊化開始温度を示した。一方、F 型の F_2 個体に由来する F_3 集団は、 F_2 世代と同様に K 型、F 型および M 型の 3 群に 1 : 2 : 1 の比率で分離した。したがって、両温度について K 型と M 型はホモ接合、F 型はヘテロ接合であると推定された。「マンゲツモチ」を戻し交雑した BC_1F_1 世代では、F 型と M 型個体が 1 : 1 の比率で出現し K 型は出現しなかった。これらの結果から、K 型、F 型および M 型の分離は一遺伝子座、hyper-hardening glutinous rice (*Hhg* (t)) の対立遺伝子によるものであり、「関東糯 172 号」の示す高いピーク温度と糊化開始温度は、対立遺伝子 *Hhg-k* (t) に、「マンゲツモチ」に見られる両温度の低い特性は、*Hhg-m* (t) によるものと推察された。さら

に、この結果は、 F_3 系統群における K 型と F 型の餅硬化性の違いからも確認された。なお、ピーク温度について *Hhg-k* (t) は完全優性を示すが、糊化開始温度については不完全優性を示すものと考察した。

高速餅硬化性の原因を探るため、HPLC によりアミロペクチンの側鎖長構造の違いを調べたところ、「関東糯 172 号」では水稻「マンゲツモチ」や母親である陸稲「ツクバハタモチ」に比べ、重合度 7 から 10 までの短鎖が少なく、重合度 12 から 21 までの中鎖の割合が多かった。一方、同系統の父親で西アフリカにおいて育成された「IRAT109」は、「関東糯 172 号」と同様のアミロペクチン側鎖長分布を示すこと、今回供試した日本の陸稲糯品種・系統には高速餅硬化性品種が存在しないことから、「関東糯 172 号」の高速餅硬化性は父親に由来すると推察された。また、胚乳からデンプン合成酵素（スターチシンターゼ）を抽出し活性を比較したところ、「関東糯 172 号」と「IRAT109」だけにスターチシンターゼ 2a の活性が認められた。したがって、アミロペクチン側鎖長分布の違い、デンプン合成酵素活性の品種間差異、RVA の糊化開始温度およびピーク温度と餅硬化性との間には、それぞれ密接な関係があると考えられた。

以上のことから、「関東糯 172 号」の有する高速餅硬化性 (*Hhg-k* (t)) は、外国稲「IRAT109」に由来すること、ピーク温度については完全優性を示すが糊化開始温度については不完全優性を示すこと、スターチシンターゼ 2a の有無によりアミロペクチン側鎖長の重合度 7 から 10 までの短鎖が減少し、重合度 12 から 21 までの中鎖の割合が増加することに起因することが明らかになった。

引用文献

- 赤間芳洋・有坂将美 1992. もち米. 楠渕欽也監修. 日本の稲育種－スーパーライスへの挑戦－. 農業技術協会, 東京. 202-208.
- 朝岡正子・中山朝雄・遠藤楯・井ノ内長良・不破英次 1994. 形質米胚乳澱粉の糊化特性－1990, 91 年産うるち米について－. 応用糖質科学 41 : 25-33.
- 有坂将美・中村雅彦・吉井洋一・谷地田武男 1988. 破

- 碎糯米の性状及び米菓加工性. 新潟県食品研究所研究報告 23 : 15-19.
- 有坂將美・吉井洋一・今井誠一 1991. 糯米米製造工程における澱粉の糊化, 老化, 崩壊. 日本食品工業学会誌 38 : 86-93.
- 有坂將美 1994. 米菓製造における澱粉の性質評価に関する研究. 新潟県食品研究所研究報告 特別号 : 22-34.
- 竹生新治郎・渡辺正造・杉本貞三・酒井藤敏・谷口嘉廣. 1983. 米の食味と理化学的性質の関連. 澱粉科学 30 : 333-341.
- Edwards, A., Fulton, D.C., Hylton, C.M., Jobling, S.A., Gidley, M., Rossner, U., Martin, C. and Smith, A.M. 1999. A combined reduction in activity of starch synthase II and III of potato has novel effects in the starch of tubers. *Plants J.* 17:251-261.
- 江川和徳・吉井洋一 1990. 産地・品種を異にした糯米による餅の硬化性. 新潟県食品研究所研究報告 25:29-33.
- 藤原孝之・坂倉元 1999. メロンの甘さに及ぼす硬度の影響と識別可能な糖度差. 研究成果情報 関東東海農業の新技術 (平成 10 年度). 農林水産省農業研究センター研究情報部情報資料課編集, つくば. 319-323.
- 深井洋一・松澤恒友 1998. 糯米の理化学的性質と加工適性. 糯米の加工適性に関する研究 (第 1 報). 日本調理科学会誌 31 : 262-268.
- 不破英次・朝岡正子・新谷宏高・重松利典・大柴正之・井ノ内長良 1994. 新形質米胚乳澱粉の性質 - 巨大胚米, 香り米, 高アミロース米, 低アミロース米, 大粒米について -. 日本食品工業学会誌 41 : 413-418.
- Gidley, M.J. and Bulpin, P.V. 1987. Crystallisation of malto-oligosaccharides as models of the crystalline forms of starch: Minimum chain-length requirement for the formation of double helices. *Carbohydr. Res.* 161:291-300.
- 林幹夫 1997a. フェノール性酸のゴボウ苗立枯病菌, ゴボウ萎ちょう病菌に対する抗菌活性とその発病に及ぼす影響. 日本土壌肥料学会誌 68 : 116-122.
- 林幹夫 1997b. フェノール性酸のゴボウ連作障害の軽減. 日本土壌肥料学会誌 68 : 116-122.
- 林幹夫 1998. 陸稲輪作による野菜連作障害軽減効果の機作に関する研究 - 陸稲中に含まれるフェノール性酸の役割と利用法 -. 茨城県生物工学研究所報 2 : 1-56.
- 平澤秀雄・根本博・須賀立夫・石原正敏・平山正賢・岡本和之・宮本勝 1998. 高度耐干性・極良食味陸稲品種「ゆめのはたもち」の育成. 育種学雑誌 48:415-419.
- 平林秀介・八木忠之 1995. 水稻インド型糯, 日本型糯系統のアミログラム特性, 第 2 報 海外在来糯品種及び突然変異糯系統の最高粘度と α -アミラーゼ活性. 日本作物学会九州支部会報 61 : 1-3.
- 石原正敏 2001. 陸稲の良質多収品種「トヨハタモチ」, 「ミズハタモチ」等の育成 - 第 56 回農業技術功労者表彰受賞記 -. 農業技術 56 (2) : 53-56.
- 石崎和彦 1994. もち品種の加工特性に関する研究 第 1 報 もち硬化性の簡易検定法. 北陸作物学会報 29 : 26-28.
- 石崎和彦・中村恭子・東聡志・小林和幸・阿部聖一・星豊一 1995. もち品種の加工特性に関する研究 第 2 報 もち硬化性の品種間差. 北陸作物学会報 30 : 7-8.
- 石崎和彦・中村恭子・東聡志・小林和幸・阿部聖一・星豊一 1996. もち品種の加工特性に関する研究 (第 3 報) こがねもちに由来するもち品種のもち硬化性. 北陸作物学会報 31 : 16-17.

- 石崎和彦・中村恭子・東聡志・小林和幸・阿部聖一・星豊一 1997. もち品種の加工特性に関する研究(第4報) 雑種集団のもち硬化性. 北陸作物学会報 32: 4-5.
- Juliano, B.O. and Villareal, R.M. 1987. Varietal difference in physicochemical of waxy rice starch. *Starch* 39:298-301.
- 金田忠吉 1999. 熱帯の陸稲. 熱帯農業シリーズ 熱帯作物要覧 No. 28. 社団法人 国際農林業協力協会, 東京. 132-141.
- 小林和幸・石崎和彦・阿部聖一・東聡志・樋口恭子・重山博信・松井崇晃・平尾賢一・星豊一 1999. 餅硬化性の簡易測定法による初期選抜の効率化と餅硬化性極良系統「新潟糯 61 号」の育成. 新潟県農業総合研究所研究報告 1: 9-15.
- 小林和幸・合田梢・河合由起子・松井崇晃・重山博信・石崎和彦・西村実・山元皓二 2003. イネ糯誘突然変異系統の餅加工特性. 育種学研究. 45-51.
- Kobayashi, K., Ishizaki, I., Kawai, Y., Matsui, T., Kasaneya, H. and Hoshi, T. 2003. Development of rapid measuring method on rice-cake hardness in waxy rice. *Breeding Sci.* 53:169-175.
- Koizumi, K., Fukuda, M. and Hizukuri, S. 1991. Estimation of the distribution of chain length of amylopectin by high-performance liquid chromatography with pulsed amperometric detection. *J. Chromatogr.* 585:233-238.
- 金忠男 1990. 耐干性(新稲育種講座 21). 農業技術 45 (9): 38-43.
- Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227:680-685.
- Marshall, J., Sidebottom, C., Debet, M., Martin, C., Smith, A.M. and Edwards, A. 1996. Identification of the major starch synthase in the soluble fraction of potato tubers. *Plant Cell* 8:1121-1135.
- Matsue, Y. and Ogata, T. 1998. Physicochemical and mochi-making properties of the native red and black-kernelled glutinous rice cultivars. *Plant Prod. Sci.* 1:126-133.
- 松江勇次・内村要介・佐藤大和 2002. アミログラム特性の糊化開始温度による水 稲もち品種の餅硬化性速度の評価方法と餅硬化速度からみた糊化開始温度と登熟温度. 日本作物学会紀事 71 (1): 57-61.
- 松倉潮・鈴木保宏・岩井陽子・門間美千子・青木法明・金子成延 2004. α -アミラーゼ活性の粳米と糯米の比較および糊化粘度への影響. 日本食品工業学会誌 51: 554-558.
- 水上浩之・檜作進・竹田靖史 1996. 新形質米の澱粉の構造と糊化特性. 応用糖質科学 43: 15-23.
- Moets, G.K., Noel, T.R., Parker, R. and Ring, S.G. 1997. The effect of chain length and solvent interactions on the dissolution of the B-type crystalline polymorph of amylose in water. *Carbohydr. Res.* 298:327-333.
- 永島伸浩 1996. 餅肌の調理科学. 日本調理科学会誌 29: 138-144.
- Nakagahra, M., Nagamine, T. and Okuno, K. 1986. Spontaneous occurrence of low amylose genes and geographical distribution of amylose content in Asia rice. *Rice Genet. Newslet.* 3:46-48.
- 中村保典 2003. コメの糊化特性にアミロペクチンの側鎖構造を支配する遺伝子が関与していることを解明. ブレインテクノニュース 95: 16-20.
- Nakamura, Y., Kudo, A., Shimamune, T., Matsuda, T., Harada, K. and Satoh, H. 1997. Correlation between activities of

- starch debranching enzyme and α -polyglucan structure in endosperms of *sugary-1* mutation of rice. *Plant J.* 12:143-153.
- Nakamura, Y., Sakurai, A., Inaba, Y., Kimura, K., Iwasawa, N. and Nagamine, A. 2002. The fine structure of amylopectin in endosperm from Asian cultivated rice can be largely classified into two classes. *Starch/Stärke* 54:117-131.
- Nishi, A., Nakamura, Y. and Satoh, H. 2001. Biochemical and genetic analysis of the effects of *amylose-extender* mutation in rice endosperm. *Plant Physiol.* 127:459-472.
- Noda, T., Takahata, Y., Sato, T., Suda, I., Morishita, T., Ishiguro, K. and Yamakawa, O. 1998. Relationship between chain length distribution of amylopectin and gelatinization properties within the same botanical origin for sweet potato and buckwheat. *Carbohydr. Poly.* 37:153-158.
- 大久保隆弘 1976. 作物輪作技術論. 社団法人農山漁村文化協会, 東京 97-102.
- Okagaki, R.J. 1992. Nucleotide sequence of along cDNA from the rice waxy gene. *Plant. Mol. Biol.* 19:513-516.
- 岡本和之・根本博 1998. ラピッド・ビスコ・アナライザーによる陸稲糯品種の餅硬化性の評価と高度の餅硬化性を持つ陸稲品種「関東糯 172 号」. 日本作物学会紀事 67 (4) : 492-497.
- Okamoto, K., Kobayashi, K., Hirasawa, H. and Umemoto, T. 2002. Structural differences in amylopectin affect waxy rice processing. *Plant Prod. Sci.* 5(1):45-50.
- 岡本和之・平澤秀雄・根本博 2003. 陸稲関東糯 172 号における高度餅硬化性の遺伝子の同定. 育種学研究 1 : 1-7.
- Okuno, K. 1978. Gene dosage effect of waxy alleles on amylose content in endosperm starch in rice. *Japan. J. Genetics* 53:219-222.
- 小野信一 1977. 植物特性と栽培の意義. 農業技術大系. 〈オカボ〉基礎編. 社団法人農山漁村文化協会, 東京. 1-12.
- 小野信一・根本博雄・新妻芳弘・阿部祥治・石原正敏 1970. 畑地かんがい栽培用水稲新品種「ミズハタモチ」について. 茨城県農業試験場研究報告 11 : 1-11.
- Safford, R., Jobling, S.A., Sidebottom, C.M., Westcott, R.J., Cooke, D., Tober, K.J., Strongitharm, B.H., Russel, A.L. and Gidley, M.J. 1998. Consequences of antisense RNA inhibition of potato starch. *Carbohydr. Polym.* 35:155-168.
- 斎藤昭三 1987. 「稲と米」生産から食卓まで. 農業研究センター・生研機構編集. 農林水産技術情報協会, 東京. 47-82.
- Satoh, H., Tanaka, K., Baba, T. and Nishi, A. 1995. Variation in amylopectin of endosperm starch between japonica and indica rice. *Breeding J.* 45(suppl.2):227.
- Satoh, H., Nishi, A., Yamashita, K., Takemoto, Y., Tanaka, Y., Hosaka, Y., Sakurai, A., Fujita, N. and Nakamura Y. 2003. Starch-branching enzyme-deficient mutation specifically affects the structure and properties of starch in rice endosperm. *Plant physiol.* 133:1111-1121.
- 渋谷直人・鈴木信隆・岩崎哲也 1983. 精白米粉末のアミログラフィーに対する内在性 α -アミラーゼの影響. 澱粉科学 30 : 284-287.
- 庄司一郎・米倉文夫 1988. 米ならびに米デンプンの調理科学的研究 第 14 報 もちおよびうるち米粉のアミログラム粘度におよぼす水洗, 硫酸銅添加の影響. 日本家政学会誌 39 : 237-241.
- 須賀立夫・小川奎 1987. 陸稲株枯病に対する品種抵抗性

- と発生生態. 農業技術 42 : 549-554.
- Suzuki, Y., Sano, Y., Ishikawa, T., Sasaki, T., Matsukura, U. and Hirano, H.-Y. 2003. Starch characteristics of rice mutant *du2-2* Taichung 65 highly affected by environment temperatures during seed development. Cereal Chem. 80:184-187.
- 杉浦和彦・坂紀邦・工藤悟 2005. 水稲糯品種における育種選抜のための餅硬化性及び切り餅食味の簡易評価法. 日本作物学会紀事 74 : 30-35.
- 平宏和 1970. 陸稲玄米の蛋白質含量. 栄養と食料 23 : 94-97.
- 平宏和 1972. 米のタンパク質含量と栽培条件. 農業および園芸 47 : 279-284.
- 高橋節子 1993. 新形質米の性状と調理特性. 澱粉科学 40 : 245-254.
- 豊島英親・岡留博司・大坪研一・須藤充・堀末登・稲津脩・成塚彰久・相崎万裕美・大川俊彦・井ノ内直良・不破英次 1997. ラピッド・ビスコ・アナライザーによる米粉粘度特性の微量迅速測定方法による共同試験. 日本食品工業学会誌 44 : 579-584.
- Umemoto, T., Nakamura, Y., Satoh, H. and Terashima, K. 1999. Differences in amylopectin structure between two rice varieties in relation to the effects of temperature during grain-filling. Starch 51:58-62.
- Umemoto, T., Yano, M., Satoh, H., Shomura, A., Okamoto K., Kobayashi, K. and Nakamura, Y. 2000. The *alk* locus controls amylopectin structure and a starch synthase activity. Abst. 4th Int. Rice Genetics Symp. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 129.
- Umemoto, T., Yano, M., Satoh, H., Shomura, A. and Nakamura, Y. 2002. Mapping of a gene responsible for the differences in amylopectin structure between japonica-type and indica-type rice varieties. Theor. Appl. Genet. 104:1-8.
- Wursch, P. and Gumy, D. 1994 Inhibition of amylopectin retrogradation by partial beta-amylolysis. Carbohydr. Res. 256:129-137.
- 柳原哲司 2002. 北海道米の食味向上と用途別品質の高度化に関する研究. 北海道立農業試験場報告 101:1-93.
- 柳瀬肇・遠藤勲・竹生新次郎 1981. もち米の品質, 加工適性に関する研究. 第1報 もち米の性状, 搗精品質ならびに二, 三の貯蔵性. 食品総合研究所報告 38 : 1-9.
- 柳瀬肇・遠藤勲・竹生新次郎 1982a. もち米の品質, 加工適性に関する研究. 第2報 国内産もち米の貯蔵と加工適性. 食品総合研究所報告 39 : 1-14.
- 柳瀬肇・遠藤勲・竹生新次郎 1982b. もち米の品質, 加工適性に関する研究. 第3報 輸入もち米の特徴. 食品総合研究所報告 40 : 1-7.
- 柳瀬肇・遠藤勲・竹生新次郎 1982c. もち米の品質, 加工適性に関する研究. 第4報 国内産もち米と輸入もち米の品質指標ならびに品質評価. 食品総合研究所報告 40 : 8-16.
- 柳瀬肇・遠藤勲・奥野元子 1983. もち米の品質, 加工適性に関する研究. 第5報試験の小規模, 簡易化と製餅方式. 食品総合研究所報告 42 : 1-9.
- 柳瀬肇・大坪研一・橋本勝彦 1984. もち米の品質, 加工適性に関する研究. 第6報 もち生地の湯溶けならびに膨化伸展性の銘柄間差異. 食品総合研究所報告 45 : 1-8.

Studies on the Rapid Hardening Quality of Rice Cake in Upland Rice Line “Kantomochi 172”

Kazuyuki Okamoto

*Plant Biotechnology Institute, Ibaraki Agricultural Center,
Ago, Kasama, Ibaraki, 319-0292, Japan*

Summary

The glutinous upland rice is utilized for a material of rice crackers in Japan. The elite varieties with the processing suitability are requested to increase the demand of upland rice. Hardening quality of rice cake in glutinous rice is the most important trait, to improve the working efficiency in manufacturing of rice cakes and rice crackers. I tried to establish an evaluation method for that hardening quality of rice cake in upland rice by using rapid visco-analyzer (RVA). At first, I established the test conditions for RVA in glutinous upland rices. By the addition of 400ppm solution of copper sulfate to the fine rice flour, each value of RVA characteristics were measured. Based on difference in hardening quality between two varieties, the idling temperature 40°C and the temperature slope of 10°C/min were most suitable for glutinous upland rice. Under these conditions, the pasting temperature and peak temperature of RVA showed a significant correlation coefficient with hardening quality of rice cake among major 11 varieties. The hardening quality of rice cake in glutinous upland rice was estimated by their pasting and peak temperatures. I carried out the indirect varietal screening on hardening quality of rice cake by both temperatures. It is suggested that the present evaluation method was efficient for the primary selection of hardening quality of rice cake, analyzing only 3.5g milled rice flours. In total 139 Japanese glutinous upland rice varieties of landrals, improved varieties and breeding materials were evaluated. An upland rice variety “Kantomochi 172” was identified as a variety with the rapid hardening quality of rice cake among the tested varieties of upland rice.

Moreover, a novel gene for rapid hardening quality of rice cake was identified in “Kantomochi 172”, based on the segregation ratio of both temperature trait's progenies of a cross between “Kantomochi 172” and a lowland rice variety “Mangetsumochi” with low hardening quality. Two hundred and twenty F₂ plants were classified into three groups; “Kantomochi 172(K)” type with higher peak and pasting temperatures, F₁ (F) type with higher peak and intermediate pasting temperatures and “Mangetsumochi(M)” type with lower temperatures. The segregation frequency of the K, F and M-types significantly fitted to the expected ratio of 1:2:1 suggesting that the differences in the peak and pasting temperatures might be controlled by a single gene. F₃ populations harvested from each of 20 F₂ plants randomly selected from either K, F or M-type were also analyzed. The peak and pasting temperatures of the F₃ populations derived from F₂ plants of the K or M-type corresponded to those of the parental plants, while, the F-type was not observed in either populations. The F₃ population derived from F₂ plants of the F-type segregated into K, F and M-types. Sixty five BC₁F₁ plants (Mangetsumochi// Kantomochi 172/Mangetsumochi) segregated into F and M-types at a ratio of 1:1. Therefore, it could be concluded that the K and M-types were homozygous, and, that the F-type was heterozygous for both temperature traits. The segregation frequencies in the F₂, F₃ and BC₁F₁ generations fitted to the expected ratio under the single genic control suggesting that the allele for the peak temperature of “Kantomochi 172” was dominance and that for the pasting temperature was of incomplete dominance. Tentatively, the gene on this locus was designated as hyper-hardening glutinous rice (*Hhg(t)*). The influence of *Hhg(t)* on the hardening quality of rice cake was examined using F₃ lines of K and M-types that were classified by their peak and pasting temperatures. The F₃ lines of the K-type harboring *Hhg-k(t)* showed a rapid hardening quality of rice cake similar to that of “Kantomochi 172”. On the other hand, the hardening quality of rice cake in the F₃ lines of the M-type harboring *Hhg-m(t)* was lower. Therefore, it is considered that the rapid hardening quality of rice cake in “Kantomochi 172” is controlled by a dominant allele at the *Hhg(t)* locus.

I researched the relationship between the hardening quality of rice cake and the structural differences of amylopectin in rice

endosperm using high-performance liquid chromatography (HPLC). “Kantomochi 172” had fewer short chains(DP7 to DP10) and more intermediate-length chains(DP12 to DP21) of amylopectin than “Tsukubahatamochi” and “Mangetsumochi”, the hardening trait of which were more slowly when made into rice cake than “Kantomochi172”. Based on zymogram analysis of soluble fraction from the developing endosperm, the activity of starch synthase2a (SS2a), a candidate enzyme responsible for the difference in the amylopectin chain length was detected with “Kantomochi 172” and “IRAT109”. SS2a activity was absent, however, in “Tsukubahatamochi” and “Mangetsumochi”. These results indicated that the differences in chain length distribution of amylopectin, polymorphisms in starch synthase activity, differences in rice flour gelatinization temperature, and differences in hardening quality of rice cake are not merely correlated with each other but are intimately linked since they are related to amylopectin properties.

Therefore, it is considered that the rapid hardening quality of rice cake in “Kantomochi 172” is controlled by a dominant allele at the *Hhg* locus derived from “IRAT109”, where the allele for the peak temperature of “Kantomochi 172” was dominant and that for the pasting temperature was partial dominant. In amylopectin structure, “Kantomochi 172” had fewer short chains of amylopectin and much intermediate-length chains than “Tsukubahatamochi” and “Mangetsumochi”, caused by the activity of the enzyme SS2a.

Keywords : amylopectin, Genetics, Hyper-hardness glutinous rice, Kantomochi 172,
Rapid Visco Analyzer(RVA), Starch, Upland rice

総説

根部エンドファイト *Heteroconium chaetospora* による ハクサイ根こぶ病防除に関する研究

成澤 才彦¹⁾・薄 史暁²⁾・羽柴 輝良³⁾

¹⁾ 現 茨城大学農学部 〒 300 - 0393 茨城県稲敷郡阿見町中央 3 - 21 - 1

²⁾ 現 財団法人日本園芸生産研究所 〒 000 - 0000 松戸市紙敷 2 - 5 - 1

³⁾ 前 東北大学大学院農学研究科 〒 981 - 8555 仙台市青葉区堤通雨宮町 1 - 1

はじめに

世界の主な地域では、経済性を重視し、大消費型の社会を發展させてきた。しかし、急激な生活環境の変化により、地球温暖化、オゾン層の破壊、ダイオキシン類等の環境問題が顕在化し、環境に配慮した生産・消費活動が必要視されている。また、化学農薬や肥料に依存した生産システムに伴う環境破壊も、極めて深刻な状況である。この問題解決には、自然生態系を考慮した作物生産を広めることが重要である。

茨城県、特に県西地域は、古くから、日本一のハクサイ生産地域である。そのため、根こぶ病や黄化病など、連作に伴う土壌病害が頻発している。主に土壌消毒を行うことにより、病害防除を行っているが、地球環境を考慮した新たな防除法が望まれている。

化学農薬に依らない防除法として生物防除が知られている。環境負荷の少ない有用微生物を利用した生物防除法は、総合防除体系の中で今後ますます重要な位置を占めるものと思われるが、微生物農薬の登録数は、化学農薬に比較してわずかであり、しかも少ない微生物種に限定されている(成澤, 2003)。また、茎葉病害や種子伝染性病害に関しては実用的な生物防除技術が開発され、徐々に普及が進んできているが、土壌病害に関しては、安定した効果を示す防除技術が極わずかであり、広く普及には至っていない(成澤, 2003)。これは、既報の生物防除資剤の大部分は、土壌および植物根圏に定着する

微生物を中心に探索されてきたため、土壌中の多様な他の微生物との競合や変化の激しい土壌環境要因の影響によって、安定した定着と防除効果が得られていないのが原因であると考えられている。そこで、近年、これら環境変化の影響を受けにくい植物内部に生息する微生物に注目し、その土壌病害防除への利用の取り組みが注目されている。

植物の根には、その組織や細胞内に侵入し、明らかな病徴も示すことなく生息している菌類、「根部エンドファイト」が存在する。この根部エンドファイトは、多種・多様な植物根から分離されているが(Narisawa ら, 1998)、その分類学的な所属や生理的機能については不明な点が多く、また、今までに生物防除には利用されていなかった。そこで、我々はこの根部エンドファイトにねらいを絞り、病害抑制効果を有する菌株の探索を行った。その結果、ハクサイの根に共生することのできる糸状菌類 *Heteroconium chaetospora* (Grove) M.B. Ellis を発見し、根こぶ病の防除に成功した(図 1)(Narisawa ら, 1998;2000)。本論文では、この根部エンドファイトの分離法から実際の土壌病害防除までの一連の研究成果について紹介し、最後に今後の研究に関して考察を行った。

1. 根部エンドファイトを効率よく分離する方法

小麦や大豆栽培圃場、牧草地、海浜、森林など様々な環境から土壌を採取し、その土壌中に生息している微生物

物を分離した。採取してきた各土壌をポットにつめ、対象作物を生育させた後、根部を回収し、回収した根片を界面活性剤入りの滅菌水でよく洗浄し、定着してきた菌類を分離した。次に、分離した菌株の中で、病害防除活性の高い菌株をスクリーニングするため、殺菌土壌と無殺菌土壌を用いてハクサイ根こぶ病のポット試験を行った。その結果、小麦栽培土壌から得られた *Heteroconium chaetospira* H4007 株が高い定着能力を有しており、根こぶ病を効果的に抑制することが明らかとなった (Narisawa ら, 2000)。ハクサイ根部への定着能力が低い他の菌株は病害抑制効果を示さないことから、病害抑制にはエンドファイトの根部への定着が鍵であると推察した。

Heteroconium chaetospira は培地上での生長は遅く、隔壁を持つ暗色の菌糸が暗緑色のコロニーを形成する。一般に、暗色の菌糸およびコロニーを形成する根部エンドファイトは Dark septate endophytes (DSE) と呼ばれ、亜高山帯の森林土壌でよく観察される。これまで *Phialocephala fortinii*, *Cadophora finlandia*, *Chloridium*

paucisporum, *Leptodontidium orchidicola* の4種が報告されていた。*H. chaetospira* はこれまで畑土壌や樹木の枝、動物の糞などの有機物から分離される腐生菌類として報告されているが (Matsushima, 1975; Ellis, 1976; Domsch ら, 1980), 植物根に内生的に感染する DSE としての報告は初めてであった。その後、我々の研究成果により、現在では、DSE として認知されている。

2. 植物根内での行動観察

—エンドファイトとしての確認—

根部エンドファイトの宿主植物根内での行動様式は、*P. fortinii* で報告されているが、他の種では、ほとんどされておらず、*Heteroconium chaetospira* のハクサイ根部への感染過程も本研究で初めて明らかとなった。まず、土壌中の *H. chaetospira* の分生子が発芽し、根の表面に付着器を形成する。そして付着器から菌糸が細胞内に侵入し、細胞内菌糸を形成する。この細胞内菌糸は皮層細胞壁面に再び付着器を形成して細胞内や細胞間隙を伸長して感染部位を拡大していく (図 2A-C) (Narisawa ら,

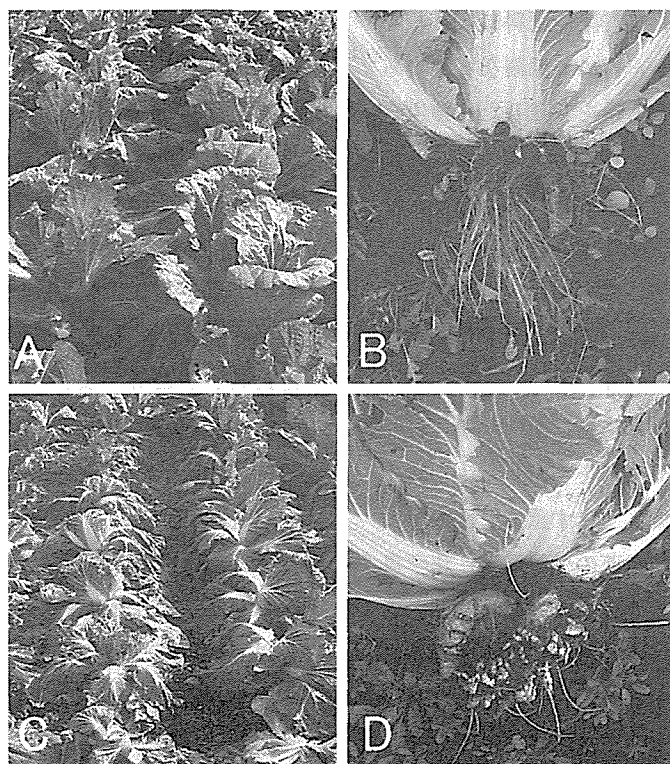


図 1. 根部エンドファイト *Heteroconium chaetospira* によるハクサイ根こぶ病防除効果

A および B: *H. chaetospira* 接種区, C および D: 対照区

2000; Ohki ら, 2002). アーバスキュラー菌根で見られるような樹枝状体やコイル状菌糸, 外生菌根で見られるハルティヒネットなど菌根菌に特徴的な感染構造は形成されない. なお, *H. chaetospira* が侵入した植物細胞や組織では壊死反応は認められず, また菌糸が植物の維管束組織まで侵入することがない (Narisawa ら, 2000; Ohki ら, 2002). 何らかの理由で宿主植物の生育が不良な場合や老化した根組織では, *H. chaetospira* は細胞間隙や細胞内に耐久体構造を形成する (図 2). これは, *P. fortinii* で頻繁に観察されている微小菌核に類似していた. また, まれに根表面に分生子を形成する (Ohki ら, 2002). これらが新たな感染源となり, 再感染するものと考えられる. *P. fortinii* と比較して, ハクサイ根内に認められる *H. chaetospira* の菌糸や構造物は, 特徴的であり区別が容易であった.

なお, *H. chaetospira* を接種してもハクサイ苗には異常はまったく認められず, むしろ生育が促進されるという特徴がある. また, *H. chaetospira* は宿主範囲が広く, アブラナ科以外にも, ウリ科, セリ科, キク科, アカザ科,

アオイ科, ネギ科などにも同様に定着することが確認されている (Narisawa ら, 2000).

3. 植物根部との相互作用

—窒素源と炭素源に焦点をあてて—

アーバスキュラー菌根菌や外生菌根菌では, 植物根部との相互作用が詳細に研究されているが, *H. chaetospira* が属する DSE のグループでの報告はない (Dimsh ら, 1980). そこで, *H. chaetospira* とハクサイをモデルとして, 相互作用に関する研究を行った. その結果, *H. chaetospira* は土壤中の窒素源を吸収してハクサイに供給することが明らかとなり, 特に硝酸態窒素よりアミノ酸が効率的に植物へ供給されることが明らかとなった (Usuki and Narisawa, in press). 窒素供給の詳細なメカニズムは不明であるが, エリコイド菌根や外生菌根などで知られる有機態窒素の吸収促進と同様な機能を有していると推察している.

一方, *H. chaetospira* はハクサイに窒素源を供給する代わりに, 炭素源をハクサイから獲得していた (Usuki and

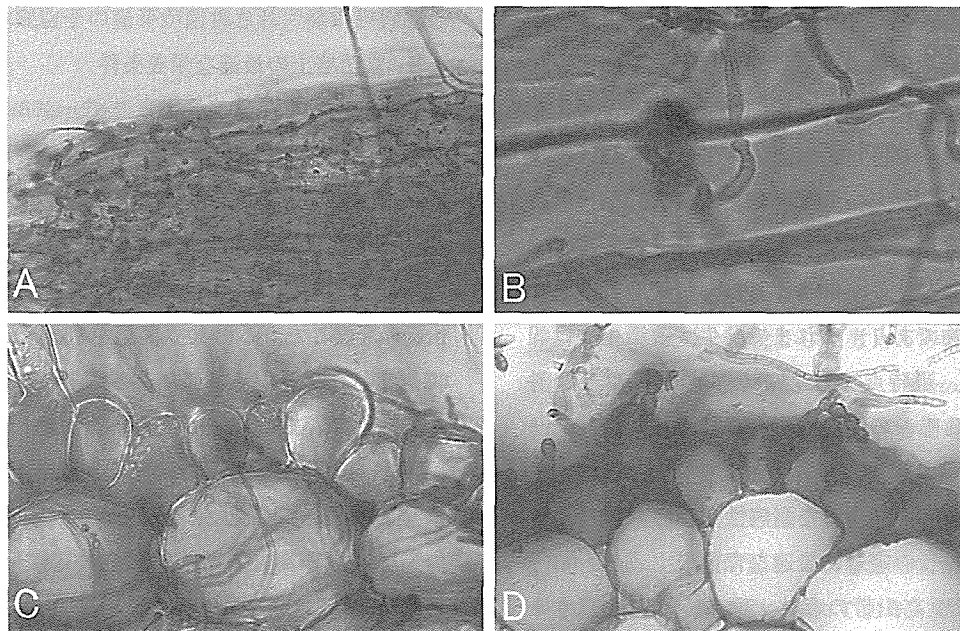


図 2. 根部エンドファイト *Heteroconium chaetospira* のハクサイ根部への感染
ハクサイ根の表面に形成された付着器から菌糸が細胞内に侵入し, 細胞内菌糸を形成する. この細胞内菌糸は皮層細胞壁面に再び付着器を形成して細胞内や細胞間隙を伸長して感染部位を拡大していく (A,B). ピートモスに 0.1% グルコースを添加すると, 皮層細胞内への感染が高まるが (C), 1% 以上の過剰なグルコース添加は, 皮層細胞内への感染を妨げ, 細胞間隙にとどまる (D).

Narisawa, in press). 糖類濃度が低く炭素源が不足している条件になると菌が炭素源を求めてハクサイ根部に感染するが、過剰な炭素源が存在すると腐生生長が盛んになり、細胞内部への感染が認められなくなる (図 2-D). 実際に菌体のバイオマス (エルゴステロール) を測定すると、糖濃度が低く菌が根に感染する条件では、菌体バイオマスは菌単独で培養した場合と比較して 2 倍以上増加する。しかし、糖類濃度が高くハクサイ根に感染しない場合、菌体バイオマスの増加は認められない。また、*H. chaetospira* が感染すると、ハクサイ根部のスクロース濃度が減少し、菌体特異的な糖類であるマンニトールやトレハロースが蓄積するため、*H. chaetospira* はスクロースを炭素源として宿主から獲得していると考えられる。なお、植物に安定同位体炭素 ^{13}C で標識した CO_2 を与え、NMR 分析法を用いて同位体を追跡すると、マンニトールのピーク強度が増加し、同位体がハクサイから菌に移行することも確認された (Usuki and Narisawa, in press).

このように根部エンドファイト *H. chaetospira* とハクサイは一定の条件が整えば、菌から植物に窒素源が、植物から菌へ炭素源が供給される相利共生的な関係を結ぶことが初めて明らかになった。また、その関係は、糖類や窒素源などの外部要因によって、寄生と共生の間を行き来する微妙なバランスの上に成り立っていると考えられた。こうした菌と植物の共生関係を利用すれば、*H. chaetospira* がより安定して根部に定着し、高い病害抵抗性を有する苗の育苗法が確立できると思われる。また、ハクサイをはじめとするアブラナ科は、菌根を形成しない非菌根性の植物であり、これまで共生する微生物は報告されておらず、現時点で *H. chaetospira* はアブラナ科植物に共生できる唯一の微生物である。

4. *H. chaetospira* を利用した耐病性植物の育苗

4.1 *H. chaetospira* の定着に最適な育苗培土

一般に DSE は亜高山帯の森林土壌やそこに生息する植物から頻繁に分離されている。*H. chaetospira* も、カナダ西部の森林腐植土壌からは、畑土壌と比較して 10 倍以上の高い頻度で分離できた。このことから、育苗培土は、亜高山森林土壌に広く分布するピートモスを主体とした貧栄養条件に調整することが適していると推察される。そこで、ピートモスをはじめ、鹿沼土、バーミキュ

ライト、市販の園芸培土を単独、あるいは複数組み合わせ、菌の分生子を 10^4 個/ml で混和した育苗培土を作成し、ハクサイ根部への感染とハクサイ地上部の生育に最適な培土の選定を試みた。その結果、*H. chaetospira* の感染および適度なハクサイの生育の両条件を満たしているのは、ピートモスを単独に培土として用いた場合であった (Usuki ら, 2002)。一方、市販の園芸培土を用いた場合には、ハクサイ地上部の生育が良好であるが、*H. chaetospira* の感染率は極めて低い。このように市販の園芸培土は養分や pH が植物の生育に適度に調整されているが、*H. chaetospira* の感染には不適であり、感染率の低下を招くことが分かった。アーバスキュラー菌根など菌根の場合でも、培地の栄養分が豊富な条件では感染率が低下する同様な現象が知られている。また、栄養条件ばかりでなく、土壌の pH 条件が感染率に影響することも明らかとなった。*H. chaetospira* は、pH4 ~ 5 の酸性条件で細胞内への感染が良好であり、逆に pH6 以上の中性に近い条件では、細胞内への感染が抑制され、感染率が低下した。ピートモスの pH は 4 前後の酸性であり、そのため *H. chaetospira* の感染に最適であったと考えられる。

4.2 育苗培土の最適な栄養条件

一般に、菌類は、炭素源として、グルコース、シュクロース等、様々な糖類を利用して生育している。*H. chaetospira* は宿主植物であるハクサイと物質交換を伴う相利共生関係にあり、炭素源を求めて根に感染し、植物から炭素源の供給を受けていた (Usuki and Narisawa, in press)。そこで、この共生関係を利用し、育苗培土として選定したピートモスに加える培養液のグルコース濃度を 0 から 2% まで段階的に調整することで宿主植物への感染率向上を試みた。その結果、グルコース 0.1% で感染率が約 75% と最大に達した。一方、0.1% 以上グルコース濃度が高まると次第に感染率が低下した (Usuki ら, 2002)。適度な炭素源の添加は *H. chaetospira* の菌糸の伸長と根内部への感染を促進すると考えられ、特に表皮細胞や皮層細胞への感染が活発になる (図 2-C)。一方、培土中に過剰な炭素源が存在する条件下では、*H. chaetospira* の腐生生長が旺盛となり、炭素源を宿主植物に依存しなくなるため、根の細胞内への感染が減少した。この条件下にあって細胞壁が厚くなった菌糸は、根の細

胞間隙にとどまり、微小菌核様の耐久体構造物を形成し、宿主植物の生育も抑制した（図 2-D）（Usuki ら, 2002）。

5. *H. chaetospira* を利用したハクサイ根こぶ病の防除

5.1 土壌中の水分、pH および病原菌密度と発病および病害抑制効果との関係

ハクサイ根こぶ病では、土壌水分、土壌中の休眠孢子密度、土壌 pH が発病に大きく影響する。根こぶ病菌（*Plasmodiophora brassicae*）は、土壌中で休眠孢子が発芽し、第一次遊走子が土壌中を遊泳する。遊走子が根毛侵入し、変形体を形成後、第二次遊走子が土壌に放出される。これが、根部皮層組織に侵入、感染し、変形体を形成後、感染部位が肥大化してこぶを形成するという生活史をとる。休眠孢子から発芽した遊走子の運動が高水分条件では活発化し、水田裏作など土壌水分の多い圃場では、発病が促進されることが明らかになっている。さらに、土壌中の休眠孢子密度が高まると発病が激化し、 10^6 個/g 土壌以上の密度は殺菌剤処理でも完全な防除は困難となる。一方、土壌 pH は休眠孢子的発芽に影響し、一般的に pH 4.6 から 6.5 の酸性条件が最適と言われ、pH が 7 以上では休眠孢子的発芽が阻害され、発病が抑制される。

そこで、*H. chaetospira* 処理の効果が最も期待できる条件および適用限界を把握するため、これらの土壌条件を人為的にポットレベルでコントロールし、防除効果に与える影響について検討した。その結果、適度な土壌水分条件（最大容水量の 60%）では、休眠孢子密度が $10^4 \sim 10^5$ 個/g で対照区の発病指数が約 50 ～ 60 と中発生条件になり、この場合 *H. chaetospira* 処理が病害を効果的に抑制した。しかし、休眠孢子密度が 10^6 個/g では対照区の発病指数が 100 と甚発生条件になり、エンドファイト処理の効果は認められなかった。土壌水分が低水分条件（40%）では、土壌の休眠孢子密度が高くても対照区の病害発生程度は低く、*H. chaetospira* 処理は病害抑制効果を示した。しかし、土壌水分が 80% のような多湿条件では、休眠孢子密度が 10^4 個/g でも対照区の発病指数が 100 と甚発生条件になり、*H. chaetospira* 処理の効果が認められなかった。

一方、土壌 pH は *H. chaetospira* の効果に影響せず、根こぶ病菌休眠孢子密度が 10^5 個/g 以下であれば効果的に

病害を抑制した。しかし、休眠孢子密度が 10^6 個/g では土壌をアルカリ化（pH7.2）しても発病が激化し、*H. chaetospira* 処理の効果は認められなかった。

以上、ポット試験の結果、*H. chaetospira* の病害抑制効果には土壌中の休眠孢子密度と土壌水分が影響し、対照区の発病指数が 60 程度の中発生条件で *H. chaetospira* 処理の効果が得られることが明らかとなった。

5.2 *H. chaetospira* を利用した汚染程度の異なる圃場での防除試験

次に汚染程度の異なる圃場で防除試験を行い、*H. chaetospira* の効果を検討した。*H. chaetospira* 接種区の対照区に対する防除価をグラフにプロットしてみると（図 3）、エンドファイト処理は対照区の発病指数が 50 前後で最も高い防除価（約 60）が得られた。また、対照区の発病指数が 30 前後の少発生条件でも、防除価は 40 前後と効果を示した。一方、対照区の発病指数が 70 以上の甚発生条件下では防除価は 20 以下となり、効果が不十分であった。以上のことから、*H. chaetospira* 処理の効果が最も発揮されるのは、対照区の発病指数が 50 前後の中発生条件で、防除価 50 以上の効果が期待できることが明らかとなった。

また、*H. chaetospira* 処理区では、根こぶがある程度形成された場合でもハクサイの生育が促進され、中～重発生条件下では対照区の約 2 倍、甚発生条件下でも約 1.5 倍の調整重量が得られた（図 4）。この生育促進効果について、根こぶ病防除に広く使用されている殺菌剤、フルスルファミド粉剤を比較として考えてみる。対照区の発病指数が約 72 の甚発生条件では *H. chaetospira* の防除価は約 16 と殺菌剤の防除価 46 に比べると効果が低い。しかし、地上部生育を比較すると、*H. chaetospira* 接種区と殺菌剤処理区とでは、それぞれ地上部調整重量が 1670g と 1700g であり、差が認められなかった。同じような現象が小発生圃場でも認められており、防除価ではエンドファイト処理は殺菌剤に劣るが、最終的に得られる地上部重や可販率では、殺菌剤処理と同程度の値を示した。ただし、甚発生条件の圃場では次作以降の根こぶ病菌休眠孢子密度が増加してしまう懸念があるため、*H. chaetospira* の単独使用は避け、抵抗性品種や耐病性品種と組み合わせるのが望ましい。耐病性品種と *H.*

chaetospira を組みあわせた場合、甚発生条件でも防除価 70、地上部重量も 2260g となり、防除効果が飛躍的に高まった。

一方、有効な防除効果が得られない試験例も認められた。前述のように、根こぶ病の発生には、土壤水分が大きく影響する。高水分条件では、遊走子の運動が活発になり、発病が促進される。特に、定植後の 3 週間の感染が宿主根部の基部に感染し、大きく肥大したこぶを生じさせるため、宿主へのダメージが大きくなる。ハクサイの定植時期である 8 月下旬から 9 月上旬にかけては、台風などの影響で圃場が多湿条件となることがある。そのため、この期間の高水分条件が防除効果に大きく影響すると考えられる。

そこで、雨天による影響を避けられるパイプハウス内に灌水装置を設置し、高水分条件 (pF 約 1.6 ~ 1.8) と中程度水分条件 (pF 約 2.0 ~ 2.2) の 2 区を設定し、定植後 3 週間水分をコントロールして防除試験を行った。この圃場は根こぶ病菌の休眠孢子密度が高く、両水分区とも対照区の発病指数が 72 の甚発生条件である。中程度水分区では、エンドファイト処理区でも根こぶの形成がある程度認められたが、地上部重量および可販率は明らかに高くなり、*H. chaetospira* の生育促進効果が認められた。高水分区では、防除価および地上部重量ともに著しく低下し、*H. chaetospira* による効果が全く認められなかった。

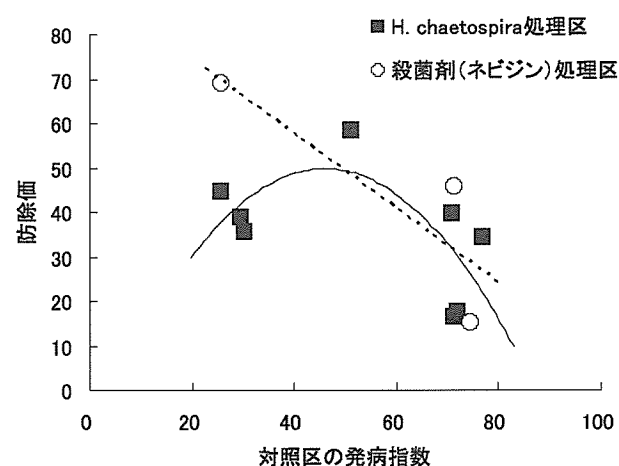


図 3. *Heteroconium chaetospira* によるハクサイ根こぶ病抑制試験結果

5.3 *H. chaetospira* の畑土壌における動態と土壤水分の影響

次に、水分条件を前節の実験に準じてコントロールした土壌に *H. chaetospira* を接種したハクサイを定植し、育苗培土中および畑土壌に伸長した根における *H. chaetospira* の動態を観察した。中程度水分区では、育苗培土中の *H. chaetospira* の感染率は定植後 70% 以上であり、その後次第に減少したが、病害抑制のポイントである 3 週間後でも約 40% と高い感染率を維持していた。そして、収穫時期となる 60 日後にも 20% 以上の感染率を示した。一方、高水分条件区では定植後 10 日を過ぎると急激に感染率が低下し、3 週間後に 25%、収穫時の 60 日目には約 5% に低下した。畑土壌に伸長した根では、両水分区とも感染率が低く、最大でも約 4% であった。このように、定植後の多湿条件は *H. chaetospira* の感染率を減少させるため、十分な防除効果が得られない原因の一つであると推察された。さらに、多湿条件では、同菌は、畑土壌に伸長した根への再感染も抑制された。

5.4 *H. chaetospira* による防除メカニズム

一般に、植物体に病原菌が侵入すると、過敏感反応に伴って抵抗性反応が誘導される (Systemic acquire resistance; SAR)。植物の抵抗性反応が早期に完成してしまえば、病原菌は侵入できないが、通常病原菌はこれらの抵抗性反応を抑制するように働きかけ、細胞内に侵入し、病気を引き起こしてしまう。一方、根部エンド

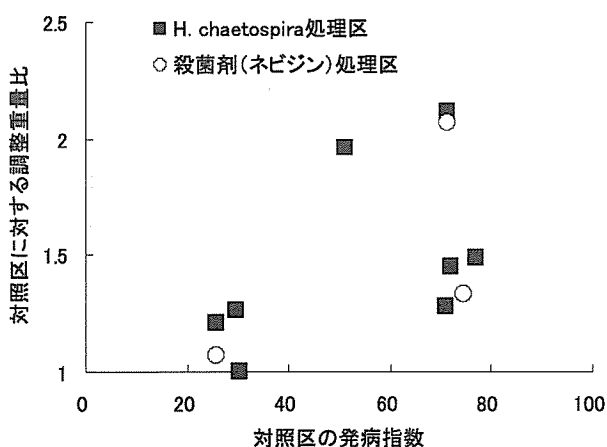


図 4. *Heteroconium chaetospira* によるハクサイ生育促進効果試験結果

ファイトや植物生育促進根圏細菌 (Plant growth promoting rhizobacteria ; PGPR) などの有用微生物の場合、過敏反応を伴わず植物の抵抗性反応を誘導する (Induced Systemic Resistance ; ISR)。この誘導抵抗は病原菌を用いたときに誘導される SAR とは異なったシグナル伝達経路によって起こっていると考えられている。そして、エンドファイトは病原菌のように抵抗性反応を抑制することがないが、それらの反応に耐性を有していることが次第に明らかになってきた (Schulz ら, 1999)。

H. chaetospira の場合も、植物の ISR を誘導することが主な病害抑制メカニズムであると推察している。実際、*H. chaetospira* が感染した根では、壊死反応などは認められず、定着しており、後から病原菌を接種すると、*H. chaetospira* が定着した宿主の細胞壁の肥厚や物質の沈着など、抵抗性反応が頻繁に観察されている。また、*H. chaetospira* を根部に接種したハクサイ苗を地上部病害である黒斑病などの抑制試験に供試すると、病害抑制効果を示した。*H. chaetospira* は根部のみに定着し、地上部に感染することはないため、この結果も地上部へ抵抗性が誘導されていることを示唆している (Morita ら, 2003)。

おわりに

本研究により、根部エンドファイト *H. chaetospira* は、アブラナ科植物と共生関係にあることが明らかとなった。そのため、同菌は、育苗時に条件を整えれば、根内部に安定して定着することができ、圃場定植後の複雑な土壌環境の影響を受けにくくなると考えられる。このことは、これからの土壌病害の生物防除エージェントとして必要な特性である。また、病害防除メカニズムは、主に宿主の抵抗性を誘導することにあると考えられる。さらに、*H. chaetospira* は宿主範囲が広いので、ハクサイだけでなく他の作物病害に対して適用できる可能性を有しており、最近ではナス半身萎凋病の防除効果が確認されている (Narisawa ら, 2002)。

今後は、この抵抗性誘導や共生の詳細なメカニズムの解明が必要である。これら一連の分子機構が明らかになれば、高度耐病性育苗や耐病性分子育種、肥料の効率的な利用による環境保全型農業、砂漠化の防止や荒廃地の緑化など種々の産業に応用することが可能であろう。

H. chaetospira はアブラナ科植物を宿主範囲に含むため、モデル植物として広く認知されているシロイヌナズナを利用することも可能である。今後、シロイヌナズナ-*H. chaetospira* の実験系を用いて抵抗性誘導や共生に関わる遺伝子発現抑制、情報伝達機構の解明が進展するものと期待している。

引用文献

- Domsch, KH., W. Gams and T-H. Anderson (eds.): "Compendium of Soil Fungi," Academic Press, London, 1980
- Ellis, MB.(eds.): "More Dematiaceous Hyphomycetes," Commonwealth Mycological Institute, Kew, London, 1976.
- Matsushima, T.: Icones mucrofungorum a Matsushima lectorum, Kobe, Japan, 209 and 415 plates, 1975.
- Morita, S., Azuma, M., Aoba, T., Satou, H., Narisawa, K. and Hashiba, T. Induced systemic resistance of Chinese cabbage to bacteria leaf spot and *Alternaria* leaf spot by root endophytic fungus, *Heteroconium chaetospira*. Journal of General Plant Pathology 69: 71-75, 2003
- Narisawa, K., Tokumasu, S. and Hashiba, T. Suppression of Clubroot Formation in Chinese cabbage by Root endophytic Fungus, *Heteroconium chaetospira*, Plant Pathology. 47; 206-210, 1998
- Narisawa, K., Ohki, T. and Hashiba, T. Suppression of clubroot and *Verticillium* yellows in Chinese cabbage in the field by the root endophytic fungus, *Heteroconium chaetospira*, Plant Pathology 49: 141-146, 2000
- Narisawa, K., Kawamata, H., Currah, R. S. and Hashiba, T. Suppression of *Verticillium* wilt in Eggplant by some fungal root endophytes, Eur. J. Plant Pathol. 108: 103-109, 2002

成澤才彦 微生物農薬－さまざまな分野での応用技術－
「微生物の取り扱いと利用・応用技術」情報機構 p74-
85, 2003 年

Ohki, T., Masuya, H., Yonezawa, M., Usuki, F., Narisawa, K. and Hashiba, T. Colonization process of the root endophytic fungus *Heteroconium chaetospira* in root of Chinese cabbage, Mycoscience 43: 191-196, 2002

Schulz, B., Rommert, A.-K., Dammann, U., Aust, H.-J. and Strack, D. The endophyte-host interaction: a balanced antagonism? Mycol. Res. 103:1275-1283, 1999

Usuki, F. and Narisawa, K. A mutualistic symbiosis between a dark, septate endophytic fungus, *Heteroconium chaetospira*, and a non-mycorrhizal plant, Chinese cabbage, with bi-directional nutrient transfer. Mycologia (in press)

Usuki, F., Narisawa, K., Yonezawa, M. and Hashiba, T. An efficient inoculation method for colonization of Chinese cabbage seedlings by the root endophytic fungus *Heteroconium chaetospira*. Journal of General Plant Pathology 68: 326-332, 2002

研究資料

陸稲育種指定試験地のあゆみ

石井 卓朗

現 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構作物研究所

〒305-8518 茨城県つくば市観音台2-1-18

1. 沿 革

昭和4年5月、国内食糧の自給率を高めるために農林省は全国の5ヶ所に陸稲育種指定試験地を設けた。当陸稲育種指定試験地は、その一つとして、新治郡石岡町大字石岡字茨城（現石岡市）に茨城県農事試験場石岡試験地として開設され、翌5年より、関東地方を中心とした11県を対象とする陸稲育種が本格的に開始された。当試験地と同時に設立された陸稲育種指定試験地は、秋田県（大館）、三重県（白子）、鳥取県（赤碕）、鹿児島県（鹿屋）である。

昭和22年5月、茨城県農事試験場石岡試験地は農林省に移管され、農林省石岡農事改良実験所として陸稲育種に取り組みることとなった。このとき、秋田県（大館）は規模を縮小、他の3ヶ所は廃止された。

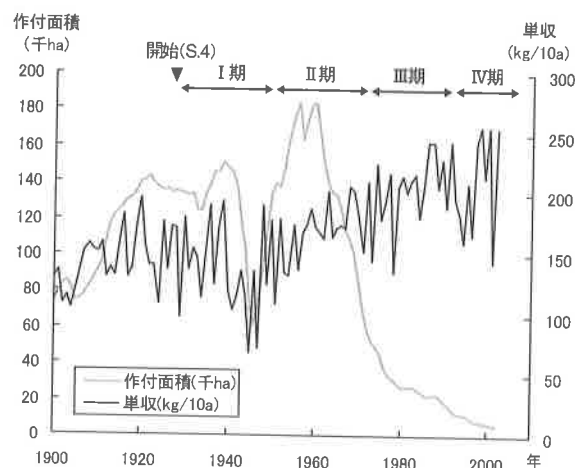
昭和26年4月、石岡農事改良実験所は指定試験地として再び県に移管され、茨城県農業試験場石岡試験地として陸稲育種を継続した。秋田県（大館）で行われていた陸稲試験はこのときに中止された。この後、昭和31年から36年までの6年間は宮崎県農試都城分場に陸稲育種指定試験地が置かれたものの、当試験地は国内で唯一の陸稲育種研究機関として、陸稲育種事業を行ってきた。

昭和36年の機構改革により石岡試験地は茨城県農業試験場育種部と改称し、昭和42年、農業試験場の移転に伴い現在の水戸市上国井町に移転した。平成4年7月の機構改革により、当試験地は農業試験場育種部から農業総合センター生物工学研究所普通作育種研究室へ移管され現在に至っている。

当試験地は、開設されてから現在までの77年間に、28品種（梗9品種、糯18品種、畑栽培用水稲糯1品種）を育成し、わが国農業の発展に大きく貢献してきた。しかし、昨今の陸稲栽培面積・生産額の減少等の理由から、平成18年3月31日をもって幕を降ろすこととなった。

2. 陸稲育種指定試験地の77年をふり返って

陸稲は、作付面積が増加したのは明治以降で、畑作地帯で自家用主食として重宝されてきた。右図は、茨城県の農事試験場が現在の水戸市酒門に開設された明治33年（1900年）以降の陸稲の作付面積と単収の推移を示したものである。作付面積は戦時中に一時的に落ち込むものの増加の一途をたどり、昭和35年（1960年）には最高作付面積約18万haを記録した。しかし、その後、作



陸稲の作付面積と単収の推移（1900～2005）

付面積は急速に減少し、平成8年(1996年)には1万haを割り込み、平成17年(2005年)現在では約4,500haに落ち込んでいる。地域別では、茨城県で最も多く作付けされており、全国の約7割の3,000haが作付けされている。単収は、干ばつによる年次間変動が著しいものの、少しずつ上昇し、現在では約220kg/10aである。

本章では、昭和4年～平成17年度までの育種期間を時代背景などに基づいて、大きくⅠ期からⅣ期、すなわち、Ⅰ期：戦争による作付面積の落ち込みはあるが、基本的に増産の時代、Ⅱ期：ピークを迎えた陸稲の黄金期、Ⅲ期：米の生産過剰の中で大きく減少した時期、Ⅳ期：新たな方向性を求めた時期、に分けてふり返ってみたい。

1) Ⅰ期(昭和4年～25年)

食糧の増産が強く求められた時期である。特に、開拓地・開墾地において、陸稲は経営が安定するまでの食糧として欠かせないものとされ、畑作農家の食生活に大きく寄与した。

この時期の陸稲育種は主に耐干性の向上と多収性を目標として推進され、この結果、「農林12号」(昭和15年)や「農林糯26号」(昭和22年)など6品種(梗3、糯3)が育成された。「農林12号」は、短稈で栽培しやすく、また当時としては良食味で、昭和27年に最大作付面積24,000haを記録した梗品種である。この24,000haという作付面積は、陸稲品種としての最高の値である。一方、「農林糯26号」は、耐干性に優れた多収品種であり、昭和30年代から50年代の長期にわたり、陸稲糯品種のリーディングバリエティであった。

陸稲に関連する当時の試験としては、播種期や播種量、栽植密度、畝幅、輪作栽培等、陸稲栽培に関する基礎的な試験が目立つ。また、カリ欠乏土壌やリン酸欠乏土壌等の開墾地で栽培するための品種比較試験が行われている。

耐干性試験として、栽植密度や移植、葉身切除等が耐干性の向上に及ぼす効果が検討されている。葉身切除とは、葉身を少し切断することによって蒸散量を減らし、耐干性の向上を図る方法である。また、敷わらやペーパーマルチの利用の効果も試験されている。

2) Ⅱ期(昭和26年～45年)

引き続き食糧の増産が求められる中で、畑地かんがい設備が整備され始めた時期である。また、陸稲の作付面積が最高の約18万ha(昭和35年)を記録した輝かしい時期でもある。畑地かんがいの整備となると現在では野菜作を連想するが、食糧増産の当時は水稻が栽培された。しかし、水稻品種ではいもち病の多発等のため、うまく転用できなかったことから、畑地かんがいを前提とした専用品種、すなわち、畑かん用品種の育成が大きな目標とされ、主に、水稻と陸稲との交雑により品種育成が進められた。これを受けて、昭和41年からは畑かん栽培用水稻系統である石岡系統の配付が開始された。

この時期には、梗では「オカミノリ」(昭和41年)など6品種、糯では「ミズハタモチ」(昭和44年)など5品種の計11品種が育成された。「オカミノリ」は、「農林24号」×水稻「農林29号」の水陸稲交雑に由来する強稈・多収の品種である。また、茨城県における最後の陸稲梗品種で昭和48年まで奨励品種であった。「ミズハタモチ」も「越路早生」×「ハタコガネモチ」の水陸稲交雑に由来する良質・多収品種であり、平成6年まで茨城県で奨励品種であった。「ミズハタモチ」は茨城県では陸稲扱いであるが、水稻として品種登録されている。

食糧増産の熱意を背景として、Ⅱ期では陸稲に関連する試験が数多くなされている。この時期の前半では、陸稲の麦間栽培法に関する試験、例えば、麦間栽培における陸稲の播種期、移植期、麦による遮光が陸稲の初期生育に及ぼす影響等を調べた試験が多く行われている。昭和30年代になると、かん水栽培に関するものが増加し、節水栽培やマルチ栽培についても検討されている。

耐干性に関しては、地上部重量と根重の比(T/R比)が耐干性と関連が深いことから、T/R比を耐干性の指標として、T/R比に及ぼす栽培密度、表土の深さ及び生育初期の遮光の影響等が試験されている。また、T/R比と幼苗の草型との関係をも調べ、幼苗での耐干性品種の選抜の有効性を検討している。さらに、オジギソウが萎凋して葉を閉じた時点の土壌水分下での陸稲品種の生育状態を比較することにより、耐干性の強弱を判断するというミモサ法の有効性が検討されている。

耐病性に関しては、胡麻葉枯、紋枯病、株枯病に対する品種比較試験がなされている。

3) Ⅲ期（昭和46年～63年）

I期、II期における陸稲生産は、水稻を補完する形で食糧増産の一翼を担ってきた。しかし、米の生産過剰が顕在化した第Ⅲ期以降には、陸稲はその存在理由を大きく変更せざるを得なくなり、作付面積は急速に減少することとなった。II期にはほぼ全国で作付けされていた陸稲は、Ⅲ期の後半になると茨城を中心とした北関東と鹿児島を中心とする南九州に局在化することとなった。陸稲の中でもとくに粳品種の作付の減少は急激で、この時期にほとんど消滅している。茨城県においても、昭和49年以降は粳の奨励品種は存在しない。

この時期、国内の麦作は、昭和30年代からの輸入麦の影響でほぼ壊滅しており、畑作経営は、換金性の高い野菜作を中心としたものになりつつあった。陸稲は野菜の連作障害を緩和する効果があることから、クリーニングクロップとしての機能を全面に出して、野菜作との輪作栽培にその存在理由を求めていくこととなった。

このため、野菜作との組合せが容易でかつ干ばつ回避効果もある早生品種の育成が大きな育種目標とされ、品種育成が推進された。この結果、極早生熟期で短強稈の「フクハタモチ」（昭和53年）、その後、株枯病抵抗性を改良した「トヨハタモチ」（昭和60年）や早生熟期の「キヨハタモチ」（昭和63年）など8品種が育成された。「トヨハタモチ」は、現在でも、全作付面積の約75%を占める陸稲のリーディングバリエティである。

その他、東北北部向け極早生品種育成のための現地選抜圃が青森県農試藤坂支場（青森県十和田市）に設けられたのもこの頃である（昭和43年）。

この時期の陸稲に関連した試験としては、陸稲を畑作輪作体系に取り入れることで、果菜類の萎凋病やセンチュウの発生等の連作障害が緩和されることを示した試験やその仕組みに関するものがある。耐干性に関連した試験としては、断水処理時期と干ばつ害との関係から減数分裂時が干ばつの影響を一番受けやすいことを明らかにした試験や外国陸稲の耐干性評価、耐干性ハウスによる検定法の開発が挙げられる。これらのうち、外国陸稲の評価や耐干性ハウスによる検定法の開発は、Ⅳ期になってから大きな成果をもたらすこととなる。耐病性に関しては、いもち病圃場抵抗性の遺伝解析、株枯病の幼苗検定法の開発・遺伝解析が行われた。

4) Ⅳ期（平成元年～17年）

野菜作を中心とした集約的な畑作経営が進む一方で、陸稲の作付面積の減少に歯止めがかからず、さらに、追い打ちをかけるように、輸入され始めたミニマムアクセス米が原料用として利用され始めた時期である。研究面では、イネゲノム研究の進展に伴い、遺伝資源としての陸稲の利用が注目された時期である。

この時期、野菜作との組合せがより容易な極早生熟期で、安定生産が可能となる高度耐干性品種の育成及び需要の拡大を図るための多様な加工適性を有する品種の育成を主な育種目標として品種育成が推進された。この結果、「ゆめのはたもち」（平成8年）、「ひたちはたもち」（平成17年）など3品種が育成された。「ゆめのはたもち」は、外国陸稲「JC81」に由来する深根性を導入した高度耐干性を有した良食味品種である。「ひたちはたもち」は、「ゆめのはたもち」の耐干性と「関東糯166号」の早生・耐冷性を組み合わせることに成功した早生・安定多収品種である。

また、あられの製造工程では作業性の向上のため、現在の固まりにくい陸稲品種よりも早く固まる特性（高速餅硬化性）が望ましいことから、外国陸稲（IRAT109）を母本として高速餅硬化性系統「関東糯172号」を育成し、さらに株枯病抵抗性等の栽培特性を改良した「石岡糯46号」、「関東糯210号」を育成した。

関連する試験としては、陸稲の新たな用途の開発のため、特異的なデンプン構造をもつ陸稲在来品種の検索や、イネゲノム研究の進展を受けて、耐干性に関連する量的形質遺伝子座（QTL）の検出、陸稲「嘉平」の有する新規のいもち病圃場抵抗性遺伝子の検出と利用が行われた。また、直播用水稲品種の交配母本として、低温出芽性に優れた陸稲品種の検索と利用が行われた。

5) 今後の陸稲の位置づけと可能性

畑作物としての陸稲は、野菜等の連作障害を防止する効果が大きく、副産物としての稲わらは貴重な有機源となるため、今後、資源循環型の畑作輪作体系の確立を図る上で有効な作物である。また、機械化体系の最も整った畑作物の一つであり、省力・低コストで生産が可能であることから、高齢農家にも作付けが容易であり、耕地の維持・活用に有効と考えられる。さらに、米菓加工の

実需者にとっても、国内産の陸稲は、あられ等の堅さを調節する安全・安心な原材料として重宝されるであろう。

また、これまでは陸稲のもつ劣悪形質を除去することが困難であったため、水稻品種育成の交配母本としてはあまり用いられてこなかったが、DNA マーカーを利用した選抜技術が発展するにつれて、陸稲は水稻育種の手頃な遺伝資源となることが期待される。

世界的にみると、中南米や西アフリカ等の途上国では、陸稲は重要な栽培作物である。また、水資源が世界的に悪化している現状をふまえると、節水栽培が可能となる陸稲の諸特性は今後ますます注目されることが期待される。

〈参考資料〉

1. 茨城県農業試験場研究業績集 創立 60 周年記念
2. 茨城県農業試験場創立 70 周年記念誌
3. 茨城県農業試験場創立 80 周年記念誌
4. 茨城県農業試験場創立 90 周年記念誌
5. 農業総合センター農業研究所百年のあゆみ
6. 指定試験事業 50 年史
7. 指定試験事業 70 周年記念誌

3. 育成品種・系統

陸稲関東系統に加えて、昭和 41 年より、水陸稲組合わせによる系統のうち、玄米品質優良なものについては、畑かん栽培用水稲として石岡番号を付すこととした。

白 髪
千 成 - 早生千成
八作早生 - 最上糯
1号
高 千 穂
三 重
田 優 a
田 優 - 陸羽5号変
田 優 1号
早不知
フクトン
上州 b
凱 旋 - 凱旋糯
秋田在来21号 - 陸羽15号
凱旋34号 - 陸羽20号
早生支那糯 - 陸羽22号
江曾島糯
ヤスモチ
反二石取
大 畑 - 大畑早生
美濃早生
美濃糯
戦捷茨城1号
戦 捷
藤蔵糯
国光糯
黒 禾
長柄早生
長柄早生浦26号
浦 三 - 浦三1号
葉 冠
鹿兒島葉冠1号
世 直
霧 島
鹿兒島霧島1号
嘉 平
四 国 糯
常陸 錦

東北糯1号
農林糯2号
農林糯8号
農林糯18号
農林糯25号
農林糯20号
農林糯13号
農林15号
農林22号
東北11号
東北糯18号
農林12号
農林14号
農林糯3号
農林糯4号
農林糯1号
農林5号
農林9号
農林糯6号
農林10号
農林21号
農林11号
農林16号
農林糯17号
農林19号

関東糯76号
ハタホナミ
チヨミノリ
イワテハタモチ
関東糯83号
関東糯124号
ナエバ
ハタモチ
サキ
ハタモチ
キヨ
ハタモチ
トヨハタモチ
石系
309号
関東糯
166号
フク
ハタモチ
F1
ハタサンゴク
ハタフサモチ
ナツハタモチ
ミサトハタモチ
関東糯98号
F1
オカミノリ
ミズハタモチ
関東糯
166号
F1
ひたち
はたもち
F1
ゆめのはたもち
BF1
JC 81
F1

ハタメグミ
オオスミ
ハツサクモチ
タチミノリ
トサハタモチ
ハタコガネモチ
オワリハタモチ
ハタキヌモチ
ハタミノモチ
ハタムラサキ
スソノモチ
ミナミハタモチ
ギンマサリ
南 糯
水稻農林29号
越路早生
農林糯4号
JC 81
F1
BF1
ゆめのはたもち

交雑品種・系統
下線;水稻品種

Jaypole Collection No.81

金 忠男 (2003作成)
(2006改訂)

— 57 —

1) 関東系統

育成年次	系統名	組合せ		旧系統名
		母	父	
昭和 11 年	関東糯 1 号	美濃糯	田優 1 号	
	関東糯 2 号	美濃糯	田優 1 号	
	関東 3 号	無芒愛國	常陸錦	
	関東 4 号	無芒愛國	常陸錦	
	関東 5 号	葉冠	田優 1 号	
	関東 6 号	東京平山	浦三 1 号	
	関東 7 号	常豊	戦捷	
	関東 8 号	反二石取	田優	
12 年	関東 9 号	葉冠	浦三 1 号	
	関東 10 号	常豊 (水)	戦捷	
13 年	関東 11 号	世直	田優 1 号	
	関東糯 12 号	黒禾	早生江曾島糯	
	関東糯 13 号	美濃糯	凱旋糯	
	関東 14 号	浦三 1 号	黒禾	
	関東 15 号	田優 1 号	黒禾	
	関東 16 号	葉冠	田優 1 号	
	関東 17 号	葉冠	早不知	
	関東 18 号	葉冠	田優 1 号	
	関東 19 号	田優 1 号	黒禾	
	関東 20 号	田優 1 号	黒禾	
	関東糯 21 号	田優 1 号	田優 a	
	関東 22 号	浅賀	胡桃早生	
15 年	関東糯 23 号	平川晩稲	四国糯	
	関東 24 号	身代起茨城 1 号	黒禾	
16 年	関東 25 号	浦三 1 号	黒禾	
	関東 26 号	栃木田優 1 号	岡玉錦	
	関東 27 号	戦捷茨城 1 号	太田田優 1 号	
	関東 28 号	九州	黒禾	
	関東糯 29 号	戦捷茨城 1 号	四国糯	
	関東糯 30 号	陸稻農林糯 1 号	巴糯	
17 年	関東糯 31 号	東海 5 号	農林糯 4 号	
18 年	関東 32 号	黒禾	東海 9 号	
	関東糯 33 号	農林糯 1 号	農林糯 4 号	
	関東糯 34 号	農林糯 1 号	東海 9 号	
	関東 35 号	胡桃早生 43 号	関東 10 号	
	関東 36 号	農林 5 号	農林 9 号	
	関東糯 37 号	農林糯 3 号	戦捷茨城 1 号	
	関東糯 38 号	農林糯 1 号	農林糯 4 号	
	関東糯 39 号	農林糯 4 号	最上糯 1 号	
19 年	関東 40 号	農林 10 号	胡桃早生 43 号	
	関東糯 41 号	農林糯 1 号	東海 25 号	
	関東糯 42 号	農林糯 4 号	東海 16 号	
	関東 43 号	農林糯 1 号	東海 25 号	
	関東 44 号	農林糯 1 号	東海 25 号	
	関東 45 号	浦三 1 号	農林 7 号	
	関東糯 46 号	農林糯 1 号	農林糯 17 号	
	関東 47 号	関東 19 号	戦捷茨城 1 号	
21 年	関東 48 号	農林糯 1 号	東海 25 号	
	関東 49 号	東海 31 号	農林糯 4 号	
	関東 50 号	東海 25 号	東海 20 号	
	関東 51 号	農林 12 号	農林 5 号	
22 年	関東糯 52 号	農林糯 1 号	関東糯 39 号	
	関東 53 号	戦捷	農林糯 4 号	
	関東 54 号	東海 31 号	富士岡選	

交配番号	糯 粳 別	特性	備考	(独) 生物研 ジーンバンク 保存の有無
鴻交 108	糯	強程にして良型	陸稲農林糯 3 号	○
	糯	短程, 強程, やや穂重型, 耐干性やや弱		
	粳	短程, 細程, 米質良いが食味優れざること大		
	粳	短程, 細程, 倒伏多, 米質良く多収だが食味不良	陸稲農林 7 号	○
	粳	中生, 中程, 耐病性にして良型, 米質良く食味佳良		
	粳	長程, 強程食味佳良		
	粳	極早生, 短程, 米質不良, 食味良いほう		
	粳	草型申し分なし, 稔実良好, 品質中の上		
鴻交 98 鴻雑 1896 鴻雑 79 鴻雑 1891 鴻交 132 鴻交 101 鴻交 81 鴻交 101 鴻交 132 鴻交 132 鴻交 259 鴻雑 188	粳	中程, 粒着粗	陸稲農林 12 号	○
	粳	早生, 長程, 大穂		
	粳	長程, 強程, 穂首いもち少, 良稔		
	糯	葉いもち, 穂いもち有り		
	糯	美濃型, 稔実良		
	粳	白穂有り稔実不良, 初期生育旺盛		
	粳	中程, 生育旺盛, 稔実良		
	粳	中生, 中程, 大穂, 生育旺盛, 偏穂数型, 稔実良		
	粳	生育旺盛		
	粳	中程, 大穂, 生育旺盛, 良稔		
	粳	中程, 生育旺盛, 稔実良		
	粳	中程, 生育旺盛, 稔実良		
	糯	短程, 細程, 早熟		
	粳	中程, 良質, 生産力高		
	糯	中生～晩性, 強程, 多穂, 穂揃い良		
	粳	晩生, 強程, 多穂, 良質耐病性大		
茨交 22 茨交 35 鴻交 130 茨交 169 鴻交 573 茨交 114 鴻交 508 鴻交 667 鴻交 680 鴻交 632 鴻交 713 鴻交 701 茨交 199 鴻交 728 茨交 205 鴻交 713 茨交 208 茨交 210 鴻交 777 鴻交 777 鴻交 777 鴻交 686	粳	晩生, 強程, 多穂, 多収	陸稲農林 21 号	○
	粳	長程, 大穂, 粗剛型, 多収		
	粳	晩生, 長穂, 多穂, 耐病性強, 多収型		
	粳	晩生, 強程, 多穂, 多収型, 米質良好		
	糯	長程, 強程, 多穂, 耐病性強, 多収型		
	糯	早生, 耐病性, 耐干性強		
	糯	長程, やや稈弱, 多収型		
	粳	中生の早, 中程, 強程, 偏穂数型, 耐病性強, 多収		
	糯	強程にして良型, 成熟期早い		
	糯	耐干性強, 成熟期早い, 穂寂しく低収		
	粳	早生, 強程, 粒着粗, 白葉枯れ有り		
	粳	中生, 良穂, 稔実不良		
	糯	中生～晩生, やや長程, 偏穂重型, 耐干性強, 多収	陸稲農林糯 26 号 ハタコガネモチ	○
	糯	晩生, 中程, 耐干性やや強, 脱粒性難, 多収性有り		
	糯	早生, 耐干性有り, いもち病有り		
	粳	早生, 耐干性強, 耐病性に優れる		
	糯	晩生, 耐干性強, 多収		
	糯			
	粳	中生～晩生, 草状良, 多収		
	粳	中生～晩生, 草状良, 多収		
	粳	晩生, 長程, 穂状良, 多収		
	糯			○
	粳			○
	粳			○
	粳			○
	粳			○
	粳			○
	糯			○
	粳			○

育成年次	系統名	組合せ		旧系統名
		母	父	
26年	関東糯55号	関東糯30号	東海32号	
	関東56号	東海29号	東海25号	
27年	関東57号	東海31号	富士岡選	
28年	関東糯58号	農林糯1号	農林7号	
29年	関東59号	農林12号	関東38号	
30年	関東糯60号	農林糯1号	農林7号	石系4号
	関東61号	関東48号	農林10号	石系19号
32年	関東62号	関東48号	農林12号	石系40号
33年	関東糯63号	東海33号(後のオワリハタモチ)	農林12号	
34年	関東糯64号	東海33号(後のオワリハタモチ)	農林12号	石系49号
	関東糯65号	農林糯26号	農林糯4号	石系69号
	関東66号	農林22号	関東糯39号	石系70号
36年	関東67号	関東48号	農林12号	石系21号
	関東68号	農林24号	農林29号(水)	石系77号
37年	関東糯69号	農林糯4号	関東30号	石系53号
	関東糯70号	農林糯26号	農林29号(水)	石系78号
	関東71号	東海33号(後のオワリハタモチ)	農林12号	石系93号
	関東72号	農林24号	農林29号(水)	石系79号
	関東73号	農林24号	農林29号(水)	石系98号
	関東74号	農林12号	農林41号(水)	石系99号
38年	関東75号	農林22号	関東糯39号	石系84号
	関東糯76号	農林22号	農林糯25号	石系80号
39年	関東77号	農林22号	農林糯25号	石系86号
	関東78号	農林22号	農林糯20号	石系103号
	関東79号	関東43号	農林22号	石系104号
	関東糯80号	農林22号	関東糯39号	石系109号
	関東糯81号	農林糯4号	農林糯26号	石系106号
	関東糯82号	東海33号(後のオワリハタモチ)	農林12号	石系89号
40年	関東糯83号	関東53号	東北40号	石系121号
	関東糯84号	農林22号	農林糯20号	石系123号
	関東85号	農林12号	農林24号	石系124号
	関東86号	ギンマサリ(水)	農林12号	石系114号
	関東87号	ギンマサリ(水)	農林24号	石系126号
41年	関東88号	農林22号	農林糯20号	石系120号
	関東糯89号	農林22号	関東糯39号	石系122号
42年	関東90号	農林22号	農林糯20号	石系117号
	関東糯91号	農林22号	農林糯25号	石系102号
	関東糯92号	農林糯4号	農林24号	石系137号
43年	関東93号	藤坂5号(水)	農林21号	石系141号
	関東94号	ギンマサリ(水)	農林12号	石系143号
	関東95号	ギンマサリ(水)	農林24号	石系135号
	関東96号	関東43号	農林22号	石系118号
	関東糯97号	太平糯(水)	関東糯60号(後のハタキヌモチ)	石系147号
44年	関東糯98号	農林糯26号	南糯(水)	石系156号
45年	関東糯99号	農林糯26号	南糯(水)	石系170号
	関東糯100号	農林糯20号	藤坂5号(水)	石系171号
	関東糯101号	農林糯26号	南糯(水)	石系161号
	関東糯102号	太平糯(水)	農林糯4号	石系162号
	関東糯103号	太平糯(水)	関東糯60号(後のハタキヌモチ)	石系163号
46年	関東糯104号	信濃糯3号(水)	農林糯4号/関東糯66号(水・後のカグラモチ)	石系178号
	関東糯105号	農林糯26号	南糯(水)	石系155号
47年	関東糯106号	ハタコガネモチ	金南風(水)/フジガネ, F1	石系192号
	関東糯107号	農林糯20号	農林糯4号/関東糯66号(水・後のカグラモチ)	石系177号
48年	関東糯108号	農林糯20号	農林糯4号/関東糯66号(水・後のカグラモチ)	石系195号
	関東糯109号	信濃糯3号(水)	農林糯4号/関東糯66号(水・後のカグラモチ)	石系197号
	関東糯110号	信濃糯3号(水)	農林糯20号	石系(藤)198号
	関東糯111号	関東糯76号	石系116号/タチミノリ, F1	石系201号

交配番号	糯 梗 別	特性	備考	(独) 生物研 ジーンバンク 保存の有無
茨交242	糯	早生の晩, 強稈多収, 耐干性耐病性に強い		○
鴻雑A8053	梗	中生, 中稈, いもちに強い, 強稈多収		○
鴻雑A7631	梗	中生, 中稈, 大穂, 粒着密, 多収		○
茨交251	糯	中生の早, 中稈, 稔実良く多収	ハタミノリモチ	○
茨交247	梗	中生の晩~晩生, 中稈, 強稈, 偏穂数型, 熟色品質良い	ハタサンゴク	○
茨交251	糯	中生, 短稈, 強稈, 耐干性, いもち病に強い	ハタキヌモチ	○
茨交261	梗	中生の晩, 中稈, 耐干性強, 穂揃い熟色良い		○
茨交262	梗	中生, やや短稈, 強稈, 草状, 穂状, 熟色良い		○
茨交1951-276	糯	中生の早, 中稈, 稔実良く熟色良い	ハタフサモチ	○
茨交1952-286	糯	中生の早, 中稈, 草状, 穂状, 熟色良い		○
茨交1952-285	梗	早生の中, 短稈, 多けつ, 偏穂数型	ナスコガネ	○
茨交262	梗	中生のやや晩, やや穂重型, 耐干性は深根性で強い	タチミノリ	○
茨交1952-296	梗	中生, 草型は陸稲型, やや穂重型, 畑かん栽培用系統		○
茨交264	糯	中生の早, 中稈, 品質, 餅質良い		○
茨交1952-295	糯	中生, 陸稲の草型で穂数型, 畑かん栽培用系統		○
茨交1951-276	梗	中生の早, やや穂数型, 多収, 畑かん栽培用系統		○
茨交1952-296	梗	中生, 草型は水稻に近いやや穂数型, 畑かん栽培用系統		○
茨交1952-296	梗	中生, やや短稈, 強稈, 草型は陸稲型, やや穂数型	オカミノリ	○
茨交1954-320	梗	中生, 短稈, やや水稻に近い草型, 穂数型, 畑かん栽培用系統		○
茨交1952-285	梗	早生, 偏穂数型, 多収性		○
茨交1954-311	糯	早生, 短稈, 偏穂数型		○
茨交1954-311	梗	早生, 短稈, 偏穂重型, 玄米は極大粒,	ハタホナミ	○
茨交1953-300	梗	早生, 長稈, 穂重型, 生育量多, 低温発芽性良い		○
茨交1953-301	梗	早生, 長稈, 穂重型, 低温発芽性良い, いもち病に強い		○
茨交1952-285	糯	早生長稈, 穂重型, いもち病に強く耐干性も強い		○
茨交1955-322	糯	中生, 中稈, 穂重型, いもち病に強い		○
茨交1951-276	糯	中生, やや長稈, 穂重型		○
茨交1956-331	糯	早生, 中稈, 穂重型		○
茨交1953-300	糯	早生, やや長穂, 穂重型, 品質良好, 多収性	ワラベハタモチ	○
茨交1956-336	梗	中生~晩生, 中稈, 強稈, 多収性		○
茨交1957-412	梗	中生, やや短稈, 穂数多く草状は水稻的, 畑かん栽培用系統		○
茨交1957-411	梗	中生, 極短稈, 穂数型, 草状は水稻的, 畑かん栽培用系統		○
茨交1953-300	梗	早生, やや短稈, 中間型~穂重型, 耐干性やや強	チヨミノリ	○
茨交1952-285	糯	早生, やや長稈, 中間型~偏穂数型		○
茨交1953-300	梗	早生, 短稈, 中間型~偏穂数型		○
茨交1954-311	糯	早生, 中稈, 中間型		○
茨交1955-324	糯	中生の早, 中稈, 中間型, 品質良く多収	ヤシウハタモチ	○
都交59-05	梗	中生, 短稈, 中間型, 登熟性に優れる		○
茨交1957-412	梗	中生, 短稈, 穂数型		○
茨交1957-411	梗	中生, 中稈, 穂数型, 玄米品質良		○
茨交1953-301	梗	早生, 中稈, 穂重型		○
茨交1959-439	糯	早生の晩, 極短稈, 草状は中間型, 穂数型, 熟色良く多収		○
都交59-10	糯	極早生, やや短稈, 穂数型, 多収, 玄米品質良		○
都交59-10	糯	極早生, やや短稈, 穂数型, 多収, 玄米品質良		○
都交59-8	糯	早生の晩, やや短稈, 穂重型, 草状はやや陸稲型, 多収		○
都交59-10	糯	早生, 短稈, 強稈, 品質良い, 草型やや水稻型		○
都交1959-438	糯	早生の晩, 短稈, 強稈, いもち強, 登熟良		○
茨交1959-439	糯	中生, 中稈, 偏穂数型, 多収		○
茨交1963-883	糯	中生の早, やや短稈, 葉いもち極強, 耐干性強		○
都交59-10	糯	早生, 短稈, 穂数型, やや水稻型の草状		○
茨交1963-862	糯	中生の早, 中稈, 耐干性はやや強, 多収		○
茨交1963-882	糯	中生の早, やや長稈, 耐干性強		○
茨交1963-882	糯	中生の早, 中稈, いもち強, 玄米品質は中		○
茨交1963-883	糯	中生, やや長稈, いもち病は強, 耐干性強		○
茨交1963-871	糯	極早生, 極短稈, いもち病はやや弱い, 耐干性中, 玄米品質良い		○
茨交1965-1033	糯	極早生, 短稈, 偏穂数型, 草状やや水稻的, 多収	フクハタモチ	○

育成年次	系統名	組合せ		旧系統名
		母	父	
49 年	関東糯 112 号	ヨネシロ(水)	農林糯 4 号 / 白光 (水)	石系 (藤) 199 号
	関東糯 113 号	農林糯 4 号	トワタ (水)	石系 210 号
	関東糯 114 号	農林糯 20 号	関東 74 号 / 関東 73 号	石系 212 号
50 年	関東糯 115 号	関東糯 63 号	ハタフサモチ	石系 214 号
	関東糯 116 号	ハタキヌモチ	石系 129 号	石系 218 号
	関東糯 117 号	関東糯 76 号	石系 116 号 / タチミノリ, F1	石系 219 号
51 年	関東糯 118 号	タチミノリ	関東糯 84 号 (後のワラベハタモチ)	石系 223 号
	関東糯 119 号	農林糯 20 号	関東 77 号 (後のハタホナミ)	石系 224 号
	関東糯 120 号	農林糯 20 号	関東 77 号 (後のハタホナミ)	石系 222 号
52 年	関東糯 121 号	関東糯 63 号	ハタフサモチ	石系 232 号
	関東糯 122 号	ハタコガネモチ	関東糯 84 号 (後のワラベハタモチ)	石系 240 号
	関東糯 123 号	関東糯 83 号	関東糯 82 号	石系 225 号
	関東糯 124 号	関東糯 83 号	関東糯 82 号	石系 241 号
	関東糯 125 号	レイメイ(水)	巴糯	石系 (藤) 226 号
53 年	関東糯 126 号	水野黒糯	関東糯 83 号	石系 (藤) 227 号
	関東糯 127 号	ミヤマモチ	石系 169 号	石系 (藤) 248 号
	関東糯 128 号	工藤糯(水)	農林糯 20 号	石系 247 号
54 年	関東糯 129 号	ハタコガネモチ	関東糯 84 号 (後のワラベハタモチ)	石系 254 号
	関東糯 130 号	農林糯 4 号	農林糯 4 号 / 農林 29 号 (水), F1	石系 260 号
	関東糯 131 号	農林糯 20 号	関東糯 98 号	石系 267 号
55 年	関東糯 132 号	ワラベハタモチ	北海 9 号 (水)	石系 246 号
	関東糯 133 号	水野黒糯	関東糯 83 号	石系 (藤) 272 号
	関東糯 134 号	関東糯 98 号	農林糯 26 号	石系 274 号
56 年	関東糯 135 号	石系 174 号	農林糯 26 号	石系 279 号
	関東糯 136 号	農林糯 26 号	ミズハタモチ (水)	石系 288 号
	関東糯 137 号	石系 201 号 (後のフクハタモチ)	ワラベハタモチ	石系 290 号
57 年	関東糯 138 号	石系 222 号	ワラベハタモチ	石系 295 号
	関東糯 139 号	ワラベハタモチ	工藤糯 / ワラベハタモチ, F1	石系 (藤) 293 号
	関東糯 140 号	ハタキヌモチ	ハタフサモチ	石系 297 号
58 年	関東糯 141 号	ハタキヌモチ	ハタフサモチ	石系 298 号
	関東糯 142 号	ハタフサモチ	石系 223 号	石系 304 号
	関東糯 143 号	ワラベハタモチ	石系 223 号	石系 305 号
59 年	関東糯 144 号	関東糯 118 号	石系 241 号	石系 308 号
	関東糯 145 号	関東糯 118 号	石系 241 号	石系 313 号
	関東糯 146 号	石系 202 号	オトメモチ (水)	石系 (藤) 311 号
60 年	関東糯 147 号	工藤糯(水)	47 早予 N-7	石系 (藤) 310 号
	関東糯 148 号	石岡糯 16 号	石系 267 号 (後のナエバハタモチ)	石系 328 号
	関東糯 149 号	50 普予 G3 (後のミサトハタモチ)	石系 234 号	石系 325 号
61 年	関東糯 150 号	ハタフサモチ	50 普予 G3 (後のミサトハタモチ)	石系 326 号
	関東糯 151 号	フクハタモチ	52 早 2600 (石岡糯 7 号 / チヨミノリ)	石系 333 号
	関東糯 152 号	52 早予 G1 (工藤糯 / 農林糯 20 号)	石系 267 号 (後のナエバハタモチ)	石系 (藤) 342 号
62 年	関東糯 153 号	石系 269 号	53 早予 G7 (石系 201 号 / 石系 (藤) 198 号)	石系 343 号
	関東糯 154 号	関東糯 131 号 (後のナエバハタモチ)	53 普 2836 (農林糯 26 号 / ミズハタモチ)	石系 345 号
	関東糯 155 号	関東糯 131 号 (後のナエバハタモチ)	53 普 2836 (農林糯 26 号 / ミズハタモチ)	石系 354 号
63 年	関東糯 156 号	関東糯 121 号	ワラベハタモチ	石系 355 号
	関東糯 157 号	53 早予 G2 (工藤糯 / 農林糯 20 号)	53 早 2747 (ミズハタモチ / ミヤマモチ)	石系 (藤) 351 号
	関東糯 158 号	関東糯 131 号 (後のナエバハタモチ)	石系 290 号 (後のトヨハタモチ)	石系 353 号
平成元年	関東糯 159 号	オオスミ	関東糯 137 号 (後のトヨハタモチ)	石系 362 号
	関東糯 160 号	関東糯 115 号 (後のツクバハタモチ)	関東糯 136 号	石系 356 号
	関東糯 161 号	関東糯 136 号	石系 296 号	石系 357 号
2 年	関東糯 162 号	石系 (藤) 310 号	藤陸 101	石系 (藤) 370 号
	関東糯 163 号	ツクバハタモチ	関東糯 140 号 (後のナツハタモチ)	石系 366 号
	関東糯 164 号	関東糯 136 号	ツクバハタモチ / 関東糯 140 号 (後のナツハタモチ)	石系 375 号
3 年	関東糯 165 号	関東糯 112 号	石系 (藤) 311 号	石系 (藤) 372 号
	関東糯 166 号	石系 (藤) 309 号	石系 308 号 (後のサキハタモチ)	石系 364 号
	関東糯 167 号	石系 (藤) 311 号	関東糯 144 号 (後のサキハタモチ)	石系 (藤) 382 号
4 年	関東糯 168 号	農林糯 4 号	NG4/JC81/NG4、F1	石系 373 号
	関東糯 169 号	関東糯 144 号 (後のサキハタモチ)	石系 318 号	石系 384 号
	関東糯 170 号	トヨハタモチ	関東糯 145 号 (後のキヨハタモチ)	石系 393 号

交配番号	糯梗別	特性	備考	(独) 生物研 ジーンバンク 保存の有無
茨交 1963-831	糯	極早生, 短程, 穂数型, 粒型は水稻型に近くやや小粒, 畑かん系統として育成後		○
茨交 1962-700	糯	中生の早, やや長程, いもち病は強, 耐干性強, 穂発芽はやや易		○
茨交 1965-1035	糯	中生, 中程, いもちはやや強, 耐干性は強		○
茨交 1967-1126	糯	中生, 中程, 偏穂重型, はいもち極強, 穂いもち強, 耐干性強, 多収	ツクバハタモチ	○
茨交 1965-1029	糯	早生, やや短程, 穂発芽はやや易, 食味良		○
茨交 1965-1033	糯	早生の晩, 短程, 中間型, 生育量多, 多収		○
茨交 1965-1032	糯	早生の晩, 短程, 強程, 偏穂数型, やや陸稲型, 穂発芽難		○
茨交 1966-1081	糯	極早生, 中程, 草型は偏穂数型, やや陸稲型		○
茨交 1966-1081	糯	極早生, 短程, 穂数型, 草状はやや水稻型		○
茨交 1967-1126	糯	中生の晩, やや長程, 偏穂重型, いもち病は強, 多収		○
茨交 1965-1046	糯	早生, やや長程, 穂重型, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1966-1087	糯	早生の晩, 中程, 偏穂重型, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1966-1087	糯	早生の晩, 中程, 強程, 偏穂重型, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1967-1120	糯	早生, 短程, 草状は水稻型		○
茨交 1968-1138	糯	極早生, 短程, 偏穂数型, 草状はやや水稻型～中間型		○
茨交 1969-1190	糯	超極早生, やや短程, 草型は中間型, 初期成育旺盛		○
茨交 1970-1265	糯	超極早生, やや短程, 草型は中～やや穂数型, 耐干性やや強		○
茨交 1965-1046	糯	中生の早, 中程, 偏穂重型, 関東糯 122 号と姉妹		○
茨城 1969-1248	糯	中生, 中程, 草型は中間型, 熟色良い, いもち病極強	ミサトハタモチ	○
茨交 1969-1197	糯	極早生, 偏穂重型, 草状は中間型, 強程	ナエバハタモチ	○
茨交 1970-1257	糯	極早生, やや長程, 穂重型, 草状は陸稲型, 耐干性極強		○
茨交 1968-1138	糯	極早生, 極短程, 穂数型, 草状は水稻的		○
茨交 1970-1274	糯	極早生, やや短程, 草型は中程～偏穂数型, 草状は中間型		○
茨交 1971-1362	糯	晩生, 中程, 草型は陸稲型		○
茨交 1971-1370	糯	晩生, 中程, 極強程, 草状は水稻的, 熟色良い		○
茨交 1972-1441	糯	極早生, 短程, 草型は穂数型, 草状はやや陸稲的	トヨハタモチ	○
茨交 1974-1585	糯	極早生, 短程, 草型は偏穂数型, 草状は陸稲型		○
茨交 1971-1346	糯	極早生, やや短程, 草型は穂数型, 草状は陸稲型		○
茨交 1973-1527	糯	中生, 短程, 極強程, 草型は偏穂重型	ナツハタモチ	○
茨交 1973-1527	糯	中生の晩, 長程, 草状は中間型, いもち病は極強		○
茨交 1975-1658	糯	早生の晩, 中程, 強程, 偏穂重型, いもち病極強		○
茨交 1975-1655	糯	早生の晩, 中程, 草型は偏穂重型		○
茨交 1976-1726	糯	早生の晩, 中程, 草型は偏穂数型, いもち病抵抗性は強	サキハタモチ	○
茨交 1976-1726	糯	早生の晩, やや長程, 草型は中間型	キヨハタモチ	○
茨交 1972-1476	糯	極早生, やや短程, 偏穂数型		○
茨交 1973-1502	糯	極早生, 中程, 草状は中間型, 多収		○
茨交 1978-1857	糯	極早生, やや短程, 草型は穂重型, 食味良い		○
茨交 1976-1737	糯	中生の晩, やや短程, 極強程, 草型は偏穂重型		○
茨交 1976-1742	糯	中生の早, 中程, 強程, 草型は偏穂重型		○
茨交 1978-1870	糯	極早生, やや短程, 草型は中間型, 多収		○
茨交 1978-1859	糯	極早生, やや長程, 草型は中間型, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1979-1941	糯	極早生, やや短程, 草型は中間型, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1979-1955	糯	早生の晩, やや長程, 草状は中間型, 草型は偏穂重型		○
茨交 1979-1955	糯	中生の晩, やや長程, 草型は偏穂重型, いもち病抵抗性は強		○
茨交 1980-2012	糯	中生の中, やや長程, 草状はやや陸稲型, いもち病抵抗性は強		○
茨交 1979-1938	糯	極早生, 短程, 草型は中間型, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1980-1993	糯	極早生, やや短程, 草型は中間型, 草状は中間型		○
茨交 1981-2072	糯	極早生, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1981-2094	糯	中生の中, やや長程, 草型は偏穂重型		○
茨交 1981-2095	糯	中生の晩, やや長程, 草型は偏穂重型		○
茨交 1982-2173	糯	極早生, 短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1982-2174	糯	中生の晩, 中程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1983-2248	糯	中生の中, 中程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1983-2219	糯	極早生, 短程, 草状は中間型		○
茨交 1982-2168	糯	極早生, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1983-2222	糯	極早生, 中程, 草型は中間型		○
茨交 1981-2116	糯	中生の晩, 中程, 草型は偏穂重型	ゆめのはたち	○
茨交 1983-2228	糯	早生の早, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1987-2507	糯	極早生, 短程, 草状はやや陸稲型		○

育成年次	系統名	組合せ		旧系統名
		母	父	
5 年	関東糯 171 号	関東糯 145 号(後のキヨハタモチ)	ナエバハタモチ / 良温 ,F1	石系 394 号
	関東糯 172 号	ツクバハタモチ	IRAT109	石系 386 号
6 年	関東糯 173 号	関東糯 144 号(後のサキハタモチ)	59 早 2700(52 早予 G1/ 藤陸 101,F7)	石系 392 号
	関東糯 174 号	藤陸 101	58 早予 G28 (石岡糯 13 号 / 石系 (藤)248 号)	石系 (藤) 403 号
	関東糯 175 号	60 かん 2710(石系 280 号/53 かん 2975)	60 かん 2695(石系 280 号 / ウルマモチ (水))	石系 (藤) 405 号
7 年	関東糯 176 号	関東糯 152 号	関東糯 145 号 (後のキヨハタモチ)	石系 410 号
	関東糯 177 号	関東糯 150 号	石系 354 号	石系 413 号
	関東糯 178 号	ハタフサモチ	石系 354 号	石系 414 号
8 年	関東糯 179 号	関東糯 143 号	関東糯 145 号 (後のキヨハタモチ)	石系 418 号
	関東糯 180 号	関東糯 144 号(後のサキハタモチ)	62 早予 G33 (関東糯 131 号 /53 早予 G7)	石系 420 号
	関東糯 181 号	ハタフサモチ	石系 354 号	石系 422 号
9 年	関東糯 182 号	石系 364 号	63 早予 G24 (石系 307 号 / 石系 308 号)	石系 427 号
	関東糯 183 号	石系 364 号	63 早予 G24 (石系 307 号 / 石系 308 号)	石系 428 号
	関東糯 184 号	石系 366 号	63 普 2789(NG4/3/NG4/JC81//NG4,B3F7)	石系 432 号
10 年	関東糯 185 号	関東糯 144 号(後のサキハタモチ)	石系 364 号 (後関東糯 166 号)	石系 430 号
	関東糯 186 号	トヨハタモチ	1 早 2694(関東糯 144 号 / 石系 319 号)	石系 437 号
	関東糯 187 号	石系 378 号	1 普 2715 (ツクバハタモチ /IRAT109)	石系 439 号
11 年	関東糯 188 号	石系 384 号	関東糯 166 号	石系 444 号
	関東糯 189 号	石系 385 号	関東糯 166 号	石系 445 号
	関東糯 190 号	関東糯 160 号	1 普 2715 (ツクバハタモチ /IRAT109)	石系 440 号
	関東糯 191 号	キヨハタモチ	キヨハタモチ / 石系 373 号 ,F1	石系 447 号
12 年	関東糯 192 号	関東糯 158 号	62 早予 G33 (関東糯 131 号 /53 早予 G7)	石系 443 号
	関東糯 193 号	石系 392 号	関東糯 168 号 (後のゆめのはたもち)	石系 450 号
	関東糯 194 号	石系 393 号	関東糯 168 号 (後のゆめのはたもち)	石系 451 号
	関東糯 195 号	関東糯 168 号(後のゆめのはたもち)	3 早予 G15 (トヨハタモチ / 石岡糯 26 号)	石系 452 号
13 年	関東糯 196 号	トヨハタモチ	関東糯 168 号 (後のゆめのはたもち)	石系 449 号
	関東糯 197 号	関東糯 166 号	関東糯 166 号 / 関東糯 168 号	石系 460 号
14 年	関東糯 198 号	トヨハタモチ	トヨハタモチ / 関東糯 168 号	石系 466 号
	関東糯 199 号	関東糯 167 号 / 関東糯 168 号	関東糯 166 号	石系 467 号
	関東糯 200 号	キヨハタモチ	石系 395 号	石系 462 号
	関東糯 201 号	石系 402 号	5 かん 2709(毫剛/石岡糯 27 号//石岡糯 24 号)	石系 470 号
15 年	関東糯 202 号	関東糯 159 号	関東糯 168 号 (後のゆめのはたもち)	石系 457 号
	関東糯 203 号	関東糯 166 号	関東糯 166 号 / 関東糯 168 号	石系 473 号
	関東糯 204 号	サキハタモチ	6 早 2566(トヨハタモチ /63 早予 G24)	石系 474 号
	関東糯 205 号	関東糯 168 号(後のゆめのはたもち)	4 普予 G33 (ツクバハタモチ /IRAT109)	石系 475 号
16 年	関東糯 206 号	関東糯 147 号 / 関東糯 168 号	関東糯 168 号 (後のゆめのはたもち)	石系 478 号
	関東糯 207 号	石系 429 号	ナエバハタモチ	石系 479 号
17 年	関東糯 208 号	関東糯 166 号	6 早 2594	石系 484 号
	関東糯 209 号	石系 437 号	関東糯 182 号	石系 486 号
	関東糯 210 号	関東糯 175 号	9 かん 1520	石系 488 号
18 年	関東糯 211 号	トヨハタモチ	Dourado/ トヨハタモチ	石系 490 号
	関東糯 212 号	トヨハタモチ	トヨハタモチ //Dourado/ キヨハタモチ	石系 491 号
	関東糯 213 号	石系 437 号	キヨハタモチ	石系 492 号
	関東糯 214 号	ナエバハタモチ	石系 443 号	石系 494 号
	関東糯 215 号	石系 439 号	ゆめのはたもち	石系 496 号
	関東糯 216 号	石系 428 号	トヨハタモチ //Dourado/ キヨハタモチ	—
	関東糯 217 号	関東糯 175 号	関東糯 175 号 / 風の子もち	—
	関東糯 218 号	石系 443 号	IRAT212	—
	関東糯 219 号	トヨハタモチ	東北糯 161 号 / ゆめのはたもち	—
	関東糯 220 号	トヨハタモチ	石系 443 号	—
	関東糯 221 号	ナエバハタモチ	石系 443 号	—
	関東糯 222 号	ナエバハタモチ	石系 444 号	—
	関東糯 223 号	トヨハタモチ	石系 449 号	—
	関東糯 224 号	トヨハタモチ	石系 455 号	—
	関東糯 225 号	キヨハタモチ	石系 449 号	—
	関東糯 226 号	キヨハタモチ	石系 455 号	—
	関東糯 227 号	石系 455 号	石系 449 号	—
	関東糯 228 号	石系 455 号	石系 451 号	—

交配番号	糯 梗 別	特性	備考	(独)生物研 ジーンバンク 保存の有無
茨交 1987-2509	糯	早生の早, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1982-2183	糯	中生の晩, 中程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1985-2355	糯	早生の晩, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1984-2277	糯	極早生, 短程, 草状はやや水稲型		○
茨交 1986-2471	糯	極早生, 短程, 草状はやや水稲型		○
茨交 1987-2519	糯	早生の晩, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1987-2534	糯	中生の晩, やや長程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1987-2535	糯	中生の晩, やや長程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1987-2501	糯	早生の晩, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1988-2588	糯	早生の晩, 中程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1987-2535	糯	中生の晩, やや長程, 草状は中間型		○
茨交 1989-2675	糯	極早生, 中程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1989-2675	糯	早生の早, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1989-2696	糯	晩生の早, 中程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1989-2679	糯	早生の早, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1990-2746	糯	極早生, 短程, 草状は中間型		○
茨交 1990-2784	糯	中生の晩, 中程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1991-2822	糯	早生の早, やや短程, 草状は中間型		○
茨交 1991-2823	糯	早生の早, やや短程, 草状は中間型		○
茨交 1990-2785	糯	中生の晩, 中程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1991-2855	糯	中生の中, 中程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1988-2590	糯	極早生, やや短程, 草状は中間型		○
茨交 1992-2908	糯	早生の早, 中程, 草状は中間型		○
茨交 1992-2909	糯	早生の早, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1992-2927	糯	中生の早, 中程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1992-2904	糯	早生の早, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1993-2956	糯	早生の早, やや短程, 草状はやや陸稲型	ひたちはたもち	○
茨交 1993-2954	糯	極早生, 短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1993-2975	糯	早生の晩, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1993-2994	糯	中生の早, やや長程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1994-3034	糯	中生の早, 中程, 草状は中間型		○
茨交 1992-2906	糯	極早生, 中程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1993-2956	糯	極早生, やや短程, 草状は中間型		○
茨交 1995-3044	糯	極早生, 短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1993-2988	糯	中生の早, 中程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1993-2973	糯	極早生, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1996-3127	糯	極早生, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1995-3054	糯	極早生, やや短程, 草状は中間型		○
茨交 1997-3216	糯	極早生, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1997-3237	糯	極早生, 中程, 草状は中間型		○
茨交 1996-3111	糯	極早生, 中程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1997-3211	糯	極早生, やや短程, 草状は中間型		○
茨交 1997-3199	糯	極早生, 中程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1998-3294	糯	極早生, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1997-3209	糯	中生, やや長程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1997-3226	糯	極早生, 長程, 草状は中程型		○
茨交 1997-3215	糯	極早生, 中程, 草状は中間型		○
茨交 1998-3299	糯	極早生, やや長程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1999-3373	糯	極早生, やや短程, 草状は中間型		○
茨交 1998-3284	糯	極早生, やや短程, 草状は中間型		○
茨交 1998-3294	糯	極早生, やや短程, 草状は中間型		○
茨交 1998-3295	糯	極早生, やや短程, 草状は中間型		○
茨交 1999-3358	糯	極早生, やや短程, 草状は中間型		○
茨交 1999-3361	糯	極早生, やや短程, 草状は中間型		○
茨交 1999-3363	糯	極早生, やや長程, 草状は中間型		○
茨交 1999-3366	糯	極早生, やや短程, 草状はやや陸稲型		○
茨交 1999-3367	糯	極早生, 短程, 草状は中間型		○
茨交 1999-3369	糯	極早生, やや長程, 草状は中間型		○

育成年次	系統名	組合せ		旧系統名
		母	父	
昭和 41 年	石岡 1 号	農林 12 号	農林 41 号 (水)	石系99号(関東74号)
	石岡 2 号	ギンマサリ (水)	農林 12 号	石系114号(関東86号)
	石岡 3 号	ギンマサリ (水)	農林 24 号	石系126号(関東87号)
	石岡 4 号	農林 32 号 (水)	農林 12 号	石系 125 号
	石岡 5 号	新 5 号 (水)	農林 12 号	石系 159 号
	石岡糯 6 号	越路早生 (水)	ハタコガネモチ	石系 132 号
	43 年 石岡糯 7 号	農林糯 26 号	南糯 (水)	石系 146 号
	47 年 石岡糯 8 号	関東糯 70 号	ギンマサリ (水)	石系 180 号
	48 年 石岡糯 9 号	石系 101 号	越路早生 (水)	石系 184 号
	50 年 石岡糯 10 号	カグラモチ (水)	農林糯 3 号	石系 216 号
51 年	石岡糯 11 号	ナスコガネ	石岡糯 6 号 (後のミズハタモチ)	石系 228 号
	石岡糯 12 号	石岡糯 7 号	ツキミモチ (水)	石系 231 号
52 年	石岡糯 13 号	ミズハタモチ	オトメモチ (水)	石系 236 号
	石岡糯 14 号	ミズハタモチ	石岡 3 号 / 石系 144 号, F1	石系 238 号
53 年	石岡糯 15 号	ミヨウジョウ (水)	ミズハタモチ	石系 250 号
	石岡糯 16 号	ミズハタモチ	早生金南風 (水) / 石岡 3 号	石系 252 号
	石岡糯 17 号	石岡糯 7 号	ツキミモチ (水)	石系 253 号
54 年	石岡糯 18 号	北海 188 号 (水)	農林糯 20 号 / 双豊糯 (水)	石系 265 号
55 年	石岡糯 19 号	石岡糯 6 号 (後のミズハタモチ)	石岡 3 号	石系 262 号
	石岡糯 20 号	石岡糯 6 号 (後のミズハタモチ)	石岡 3 号 / 石系 144 号, F1	石系 280 号
56 年	石岡糯 21 号	石系 202 号	オトメモチ (水)	石系 284 号
57 年	石岡糯 22 号	ワラバハタモチ	石岡 3 号	石系 282 号
58 年	石岡糯 23 号	石系 179 号	オトメモチ (水)	石系 301 号
59 年	石岡糯 24 号	ミズハタモチ	石系 230 号	石系 320 号
	石岡糯 25 号	石系 230 号	タカサゴモチ (水)	石系 321 号
60 年	石岡糯 26 号	石系 249 号	石系 252 号	石系 323 号
	石岡糯 27 号	51かん予G31(ミズハタモチ/石岡3号)	石系 252 号	石系 324 号
61 年	石岡糯 28 号	石岡糯 11 号	50 かん 2635(ミズハタモチ / 石岡 3 号)	石系 335 号
	石岡糯 29 号	ミズハタモチ	石系 265 号	石系 337 号
62 年	石岡糯 30 号	石系 262 号	53かん2710(ミズハタモチ/タカサゴモチ(水))	石系 347 号
63 年	石岡糯 31 号	石系 262 号	53かん2710(ミズハタモチ/タカサゴモチ(水))	石系 348 号
平成元年	石岡糯 32 号	石系 280 号	ウルマモチ (水)	石系 358 号
2 年	石岡糯 33 号	関東糯 136 号	石岡糯 19 号	石系 368 号
3 年	石岡糯 34 号	中部 41 号 (後のチヨニシキ)	石系 285 号	石系 367 号
	石岡糯 35 号	石岡糯 19 号	55 かん準 1648 (ミズハタモチ / 石系 230 号)	石系 377 号
4 年	石岡糯 36 号	石系 324 号	58 かん予 G28 (石岡糯 11 号 / 50 かん 2635)	石系 380 号
5 年	石岡糯 37 号	石系 324 号	ウルマモチ / 石系 321 号, F1	石系 379 号
	石岡糯 38 号	石岡糯 27 号	トヨハタモチ	石系 397 号
7 年	石岡糯 39 号	石岡糯 27 号	石系 345 号	石系 402 号
9 年	石岡糯 40 号	石系 350 号	中部糯 57 号 (水)	石系 433 号
	石岡糯 41 号	石系 368 号	63 かん 2624 (石岡糯 21 号 / 57 かん準 1671)	石系 434 号
10 年	石岡糯 42 号	石系 368 号	63 かん 2660 (たんねもち / 石岡糯 23 号)	石系 442 号
11 年	石岡糯 43 号	石系 368 号	63 かん 2624 (石岡糯 21 号 / 57 かん準 1671)	石系 441 号
12 年	石岡糯 44 号	石岡糯 27 号 / 石岡糯 32 号	愛知 76 号 (水)	石系 448 号
13 年	石岡糯 45 号	石系 379 号	石岡糯 34 号	石系 463 号
14 年	石岡糯 46 号	中国糯 120 号 (水)	関東糯 172 号	石系 471 号
16 年	石岡糯 47 号	石岡糯 39 号	北育糯 88 号 (水)	石系 482 号
17 年	石岡糯 48 号	石岡糯 41 号	石系 441 号	石系 489 号

交配番号	糯 粳 別	特性	備考	(独) 生物研 ジーンバンク 保存の有無
茨交 1954-320	粳	中生の早, 短程, 草型は水稻に近い,		○
茨交 1957-412	粳	中生, 中程, 草状はかなり水稻型に近い		○
茨交 1957-411	粳	中生の早, 極短程, 草状は水稻型		○
茨交 1957-414	粳	中生の早, やや長程, 草型は中間型		○
茨交 1958-426	粳	中生, 短程, 草型は水稻型		○
茨交 1956-379	糯	中生の早, 短程, 草型は水稻に近い	ミズハタモチ	○
都交 59-10	糯	早生, 短程, 草状は中間型		○
茨交 1962-713	糯	早生の晩, 短程, 草状は陸稲に近い		○
茨交 1962-625	糯	早生の晩, やや短程, 草型は中間型		○
茨交 1963-873	糯	中生の晩, やや長程, 草状は水稻型		○
茨交 1967-1122	糯	中生の早, やや短程, 草状は水稻に近い		○
茨交 1969-1223	糯	中生の晩, やや短程, 草状は水稻型		○
茨交 1969-1221	糯	早生, 中程, 草状は中間型		○
茨交 1968-1164	糯	中生の早, やや長程, 草状は中からやや陸稲型		○
茨交 1968-1155	糯	早生, 中程, 草状はやや水稻型		○
茨交 1968-1163	糯	早生, やや長程, 草状は中間的		○
茨交 1969-1223	糯	中生の中, 中程, 草型は中から偏穂重型		○
茨交 1970-1311	糯	早生の晩, 中程, 草状はやや水稻的		○
茨交 1968-1157	糯	中生の晩, 極長程, 草型は編穂数型		○
茨交 1968-1164	糯	早生の晩, 中程, 草状はやや水稻的		○
茨交 1972-1476	糯	早生の晩, 短程, 草状はやや水稻的		○
茨交 1971-1337	糯	早生, 長程, 草状は陸稲的		○
茨交 1971-1387	糯	早生, 中程, 草型は中間型		○
茨交 1975-1699	糯	早生の晩, 中程, 草型は中間型		○
茨交 1975-1706	糯	中生の早, 中程, 草状は中間型		○
茨交 1977-1839	糯	早生の晩, やや短程, 草状はやや水稻型		○
茨交 1977-1846	糯	中生の中, 中程, 草型は偏穂重型		○
茨交 1976-1769	糯	中生の晩, やや短程, 草型は中間型		○
茨交 1978-1916	糯	中生の早, やや短程, 草型は中程から編穂数型		○
茨交 1979-1988	糯	中生, 中程, 草型は偏穂重型		○
茨交 1979-1988	糯	中生の早, 中程, 草型は中間型		○
茨交 1979-1976	糯	中生の早, やや長程, 草型は編穂数型		○
茨交 1981-2145	糯	中生, 長程, 草状は水稻的		○
茨交 1981-2136	糯	中生, やや短程, 草状はやや水稻型		○
茨交 1981-2122	糯	中生, やや短程, 草型は中間型		○
茨交 1984-2323	糯	中生の早, やや短程, 草状はやや水稻型		○
茨交 1984-2319	糯	早生の晩, 中程, 草状はやや水稻型		○
茨交 1985-2344	糯	中生の早, やや短程, 草状は中間型		○
茨交 1986-2468	糯	中生の早, 中程, 草状は中間型		○
茨交 1987-2560	糯	中生の中, やや長程, 草状は中間型		○
茨交 1989-2725	糯	中生の中, やや長程, 草状は中間型		○
茨交 1989-2728	糯	中生の中, やや長程, 草状は中間型		○
茨交 1989-2725	糯	中生の中, やや長程, 草状は中間型		○
茨交 1990-2789	糯	中生の中, やや長程, 草状は中間型		○
茨交 1991-2865	糯	中生の中, 中程, 草状は中間型		○
茨交 1995-3105	糯	中生の早, やや短程, 草状は中間型		○
茨交 1996-3156	糯	早生の中, 中程, 草状は中間型		○
茨交 1997-3240	糯	早生の中, やや長程, やや水稻型		○

4. 主な品種育成基礎試験

1) 陸稲の特性に関する試験

- (1) 光線制限に対する陸稲品種の適応性変異に関する研究 昭和5～9年
- (2) 陸稲品種の分けつ性と生産力との関係試験 7～13
- (3) 陸稲種子の発芽ならびにその発芽植物のホウ素に対する害微の品種間異について 14
- (4) 陸稲の水田産と畑地産種子との生産力について 27
- (5) 陸稲品種の蒸散量におよぼす茎葉重と蒸散度の影響について 29～30
- (6) 水陸稲の発芽性に関する試験 38,43,45
- (7) 日本陸稲品種の来歴について 40
- (8) 稲品種の土壤水分の差と生育との関係について 40
- (9) 陸稲品種の系譜について 41
- (10) 陸稲品種の出穂特性について 41
- (11) 日本陸稲品種の止め葉の大きさ、開葉角度について 43
- (12) 水陸稲の低温発芽性と穂発芽性について 45
- (13) 陸稲品種玄米のアルカリ反応について 46
- (14) 陸稲の耐冷性に関する試験 60
- (15) 陸稲遺伝資源の特性調査 61～H.15
- (16) 陸稲の作期幅拡大に関する試験 63～H.5
- (17) 葉身に剛毛をもつ陸稲品種の検索と着生密度 H.7～9
- (18) 陸稲遺伝資源の生理・生態的分類とコアコレクションの作成 H.16～17

2) 耐干性に関する試験

- (1) 陸稲の要水量に関する研究 9～10
- (2) 陸稲の根群について 14～17
- (3) 陸稲耐干性特性検定試験 27～37
- (4) 耐干性の品種間差異に関する研究 27～28
- (5) 耐干性検定法に関する試験 27～29
- (6) T/R比の品種間差異について 27～31
- (7) 栽植密度がT/R比におよぼす影響 28～30
- (8) 幼苗期における生理的耐旱性検定方法としての

「ミモサ法」の検討 28～33

- (9) 陸稲品種の蒸散量におよぼす茎葉重と蒸散度の影響について 29～30
- (10) 陸稲品種の幼苗草型とT/R比との関係 29～31
- (11) 土質の差異が陸稲品種の水分経済的要素におよぼす影響 29
- (12) 幼苗期における生理的耐旱性検定方法としての「同時法」の検討 29
- (13) 表土の深さがT/R比におよぼす影響 30
- (14) 多肥及び追肥がT/R比におよぼす影響 30
- (15) 陸稲品種の耐干性に関する研究 30,31,33
- (16) 移植と直播におけるT/R比の差異 31
- (17) 施肥の位置と燐酸の施用量がT/R比におよぼす影響 31
- (18) 生育初期の遮光がT/R比に及ぼす影響 33
- (19) 幼苗期における生理的耐旱性検定方法としての「交互播法」の検討 31
- (20) 「交互播法」による生理的耐旱性の品種間差異 32
- (21) 遮光と高温が生理的耐旱性に及ぼす影響 33
- (22) 生理的耐旱性におよぼす栽植密度の影響 33
- (23) 生理的耐旱性におよぼす窒素肥料の影響 33
- (24) 生理的耐旱性と低温抵抗性との関連性について 34
- (25) 生理的耐旱性と低温抵抗性との関連性について 34
- (26) 生理的耐旱性検定法に関する研究 35
- (27) 畑栽培稲の根系深度に関する試験 36～37
- (28) 畑栽培の稲品種の根系に関する試験 38
- (29) 耐旱性についての幼苗期選抜方法とその効果に関する試験 44
- (30) 陸稲の耐干性に関する研究 49～
- (31) 出穂期前後の断水処理が生育、特に不稔発生におよぼす影響とその品種間差異 56～57
- (32) 外国稲の耐干性素材の検索 56～58
- (33) ハウス利用による耐干性検定法について 57～61
- (34) 登熟力および採種条件が耐干性選抜に及ぼす影響 H.5
- (35) 陸稲の耐干性と深根性との関連 H.6

36 傾斜畑を利用した耐干性検定法の検討	H.6	5 ~ 6
37 耐干性と形態的特性との関係	H.6	
38 コアサンプリング法による陸稲品種の根系分布解析	H.6 ~ 12	
39 葉身の気孔開度と根系分布	H.6 ~ 12	
40 蒸散速度による耐干性評価法の開発	H.7 ~ 9	
41 剛毛による耐干性向上の効果	H.7 ~ 9	
42 耐干性に関する QTL 解析	H.8 ~ 15	
3) 耐病虫性に関する試験		
(1) 陸稲胡麻葉枯病と肥料との試験	27	
(2) 陸稲胡麻葉枯病と品種との試験	27	
(3) 陸稲の根アブラ虫防除試験	28 ~ 29	
(4) 陸稲品種の紋枯病検定方法に関する試験	30 ~ 31	
(5) 陸稲品種の紋枯病耐病性検定法に関する研究	31	
(6) 陸稲株枯病菌に関する一二の試験	33	
(7) 陸稲いもち病抵抗性に関する試験	43 ~ 51	
(8) 陸稲品種系統の縞葉枯病抵抗性について	51 ~ 52	
(9) 陸稲株枯病に関する試験	54	
(10) 茨城県における陸稲株枯病（馬鹿苗病）発生の実態とその防除効果試験	54 ~ 56	
(11) 株枯病菌の接種による圃場試験	56	
(12) 陸稲品種の縞葉枯病抵抗性の品種間差異	57	
(13) 陸稲開花期の株枯病菌接種法による圃場検定	58 ~ 60	
(14) 株枯病幼苗検定法確立試験	58 ~ 62	
(15) 株枯病抵抗性の遺伝分析	59 ~ 60	
(16) いもち病圃場抵抗性遺伝子の QTL 解析	H.8 ~ 15	
(17) 陸稲「嘉平」のいもち病圃場抵抗性遺伝子導入同質遺伝子系統の育成	H.16 ~ 18	
4) 栽培法に関する試験		
(1) 陸稲連作試験	5 ~ 6	
(2) 陸稲輪栽に関する試験	5 ~ 6	
(3) 陸稲の栽植密度に関する試験	5 ~ 6	
(4) 陸稲の採種条件及び種子の良否に関する試験		
(5) 陸稲土入れ回数対施肥法試験	5 ~ 6	
(6) 前作物の除去時期が陸稲の諸形質に及ぼす影響に関する試験	7 ~ 9	
(7) 播種期に対する適応性検定試験	14 ~ 27	
(8) 早期麦間移植栽培における播種期と移植期に関する試験	27 ~ 29	
(9) 大麦間作陸稲の品種と播種期を異にした場合の遮光の影響	28	
(10) 早期麦間移植栽培における苗床播種量及び栽植本数を異にした場合の品種間差異	29	
(11) 早期麦間移植栽培における品種比較試験	29	
(12) 深耕と堆肥の増施が作物の増収とくに陸稲の旱害及び連作障害防止におよぼす影響	29 ~ 31	
(13) 水稻品種の畑かん水栽培における生産力に関する研究	34 ~ 36	
(14) 畑栽培稲の播種期と出穂期との関係に関する研究	35 ~ 36	
(15) 水陸稲品種の混植による競争に関する試験	36 ~ 38	
(16) 稲品種の畑かん栽培における栽培時期が生育収量におよぼす影響に関する試験	37 ~ 39	
(17) 稲品種の節水適応性に関する試験	38 ~ 40	
(18) 畑水稻の増収性に関する試験	41 ~ 44	
(19) 畑栽培稲の晩播適応性に関する試験	42	
(20) 陸稲晩播栽培の出穂特性に関する試験	42	
(21) 稲糯品種への粳粒の混入とその防止試験	43 ~ 47	
(22) 陸稲栽培の動向と育種上の問題点	46	
(23) 陸稲品種系統の晩播適応性について	48 ~ 50	
(24) 陸稲の播種期移動に伴う到穂日数の品種間差異	53	
5) 施肥に関する試験		
(1) 陸稲連作に対する肥料試験	5 ~ 6	
(2) 陸稲の燐酸欠乏土壌に対する特性検定試験	21 ~ 22	
(3) 陸稲の加里欠乏土壌に対する適応性検定試験	21 ~ 27	
(4) 陸稲に対する三要素の施用量試験	29	

(5) 陸稲の形態と耐肥性に関する試験	43 ~ 44
(6) 畑水稻栽培施肥法試験	51

H.17

6) 品質に関する試験

(1) 畑栽培稲の玄米品質と栽培環境の関係に関する試験	35 ~ 38
(2) 水陸稲間の糯質について	39
(3) 畑栽培稲の搗精特性について	39,40,42
(4) 水陸稲品質の粒形に関する調査	43 ~ 47
(5) 搗精試験における白度、とう精度及びとう精歩留まりの関係について	45
(6) 糯品種の栽培環境と玄米品質ならびに搗精特性に関する試験	46
(7) 陸稲糯玄米の水分含量とハゼについて	48 ~ 49
(8) 陸稲玄米のタンパク質含量と葉緑素含量との関連	H.4
(9) 陸稲玄米のタンパク質含量の遺伝	H.4
(10) ラピッド・ビスコ・アナライザーによる陸稲糯品種の分析	H.6 ~ 16
(11) 関東糯 172 号に由来する餅硬化性の遺伝様式	H.7
(12) 陸稲の玄米タンパク質含量が加工適性に及ぼす影響	H.7 ~ 16
(13) 粗蛋白質含量が餅・おこわの食味に及ぼす影響	H.5 ~ 16

7) 育種法に関する試験

(1) ストーマー粘度計による粘り気強い陸稲品種の選抜試験	9
(2) 陸稲の選抜効果に関する試験	30 ~ 31,34
(3) 陸稲の選抜効果に関する試験	34
(4) 水陸稲間雑種集団の栽培条件及び採種方法が後代におよぼす影響について	39 ~ 41
(5) 土壌水分が玄米品質に及ぼす影響	44 ~ 47
(6) 水陸稲雑種の形質の遺伝について	47
(7) 陸稲育成におけるデータベースの利用	58
(8) 陸稲における葉緑素含量選抜効果について	H.4
(10) 低温土中出芽性検定法・育種素材の開発	H.13 ~ 17
(11) 土壌 pH ストレス耐性の簡易検定法の開発	

5. 命名登録された陸稲品種一覧

(◎は茨城で育成された品種を示す)

陸稲農林糯 1 号 (陸稲農林糯 1 号：東海 4 号)

登録年度：1936；育成場所：三重県農業試験場；育成者：育成方法：藤蔵糯×戦捷；特性：糯種，晩生の中，長稈，穂重型，繁茂力大，芒性少短，ふ先色黄白，耐干性強，耐倒伏性中，葉・穂いもち強，稈質やや剛，脱粒性中，玄米粒形は中，中粒，品質・食味中；普及：埼玉，千葉，東京，神奈川，山梨，長野，静岡，愛知，岐阜，三重，京都，奈良，和歌山，鳥取，島根，岡山，徳島，愛媛，高知，熊本，大分，作付面積 18,507ha (1952)；文献：農作物品種解説 (農業技術協会 1984)

陸稲農林糯 2 号 (陸稲農林糯 2 号：東北 5 号)

登録年度：1937；育成場所：秋田県農業試験場大館試験地；育成者：育成方法：白鬚×陸羽 20 号；特性：糯種，早生，中稈，多けつ，芒性中中，ふ先色黄白，いもち病強，耐冷性強，多収；普及：文献：

◎陸稲農林糯 3 号 (陸稲農林糯 3 号：関東 2 号)

登録年度：1937；育成場所：茨城県農業試験場石岡試験地；育成者：育成方法：美濃糯×田優 1 号；特性：糯種，中間～やや穂重型，強稈，無芒，ふ先色黄白，耐干性やや弱，脱粒性難，玄米品質良，食味中；普及：茨城，栃木，愛知；文献：農作物品種解説 (農業技術協会 1955)

陸稲農林糯 4 号 (陸稲農林糯 4 号：東海 6 号)

登録年度：1937；育成場所：三重県農業試験場；育成者：育成方法：戦捷×江曾島糯；特性：糯種，中生の中，やや長稈，中間型，強稈，穂数多，止葉立つ，芒性稀短，ふ先色紫，ふ色黄白，耐干性やや強，葉いもち極強，穂いもち強，耐倒伏性やや強，耐冷性弱，脱粒性やや易，玄米粒形は長く，やや大粒；普及：群馬，島根；文献：農作物品種解説 (農業技術協会 1955)

陸稲農林 5 号 (陸稲農林 5 号：山陰 8 号)

登録年度：1937；育成場所：鳥取県農業試験場；育成

者：育成方法：浦三1号×黒禾；特性：梗種，早生，中稈，偏穗重型，葉幅広く，止葉立つ，芒性多長，ふ先色紅，葉いもちやや強，穂いもち強，耐冷性中，耐倒伏性やや易，脱粒性やや易，玄米品質中上，食味中；普及：石川，鳥取，島根，岡山，徳島，作付面積288ha（1952年）；文献：農作物品種解説（農業技術協会1955）

陸稲農林糯6号（陸稲農林糯6号：西海5号）

登録年度：1937；育成場所：鹿児島県農業試験場鹿屋分場；育成者：育成方法：葉冠×田優a；特性：糯種，晩生の晩，長稈，穂数多，偏穗重型，芒性稀短，ふ先色黄白，脱粒性中，耐干性強，葉いもちやや強，穂いもち強，玄米は中～やや大粒，品質食味は中，多収，やや肥沃地向き；普及：徳島，長崎，熊本，宮崎，鹿児島，作付面積2,311ha（1952年）；文献：農作物品種解説（農業技術協会1955）

◎陸稲農林7号（陸稲農林7号：関東5号）

登録年度：1937；育成場所：茨城県農業試験場石岡試験地；育成者：育成方法：葉冠×田優1号；特性：梗種，中生，中稈，中間型，強稈，分けつやや多，芒性中長，ふ先色黄白，耐干性強，葉いもち中～やや強，穂いもち強；普及：茨城，栃木，群馬，長野，作付面積1,209ha（1952年）；文献：農作物品種解説（農業技術協会1955）

陸稲農林糯8号（陸稲農林糯8号：東北3号）

登録年度：1937；育成場所：秋田県農業試験場大館試験地；育成者：育成方法：白鬚×陸羽20号；特性：糯種，中生の中，中稈，中間型，芒性多長，ふ先色黄白，耐干性中，葉いもち弱，穂いもち中，耐倒伏性弱，耐冷性中，玄米品質中上；普及：宮城，愛知；文献：農作物品種解説（農業技術協会1955）

陸稲農林9号（陸稲農林9号：東海17号）

登録年度：1938；育成場所：三重県農業試験場；育成者：育成方法：浦三1号×黒禾；特性：梗種，中生，中稈，中間型，芒性中中，ふ先色紅，ふ先色黄白，耐干性強，いもち病強，脱粒性難，玄米品質不良，食味不良，多収；普及：山梨；京都；和歌山；文献：農作物品種解説（農業技術協会1955）

陸稲農林10号（陸稲農林10号：東海12号）

登録年度：1938；育成場所：三重県農業試験場；育成者：育成方法：葉冠×長柄早生浦26号；特性：梗種，早生，短稈，分けつやや多，無芒，ふ先色黄白，耐干性やや強，耐倒伏性強，多収；普及：岐阜；文献：

陸稲農林11号（陸稲農林11号：西海8号）

登録年度：1939；育成場所：鹿児島県農業試験場鹿屋分場；育成者：育成方法：嘉平×鹿児島葉冠1号；特性：梗種，晩生，中稈，長穂，やや穂重型，葉色淡い，芒性稀短，ふ先色褐，耐干性やや弱，葉いもちやや強，穂いもち強，白葉枯病強，耐倒伏性やや強，脱粒性中，玄米品質中上，食味中；普及：長崎，宮崎，鹿児島，栽培面積8,524ha（1952年）；文献：農作物品種解説（農業技術協会1955）

◎陸稲農林12号（陸稲農林12号：関東16号）

登録年度：1940；育成場所：茨城県農業試験場石岡試験地；育成者：育成方法：葉冠×田優1号；特性：梗種，中生，やや短稈，短穂，偏穂数型，繁茂量少ない，草状は水稻型に近い，稈はやや太く，やや剛，芒性少短，ふ先色淡褐，ふ先色黄白，耐干性中，耐冷性やや弱，カラバエ強，耐倒伏性強，脱粒性やや難，玄米粒形は長中，中粒，品質中中，食味中；普及：茨城，栃木，群馬，埼玉，千葉，東京，神奈川，静岡，愛知，熊本（農林24号以前は梗品種の作付第一位，作付面積23,677ha（1952年））；文献：農作物品種解説（農業技術協会1955）

陸稲農林糯13号（陸稲農林糯13号：東北16号）

登録年度：1941；育成場所：秋田県農業試験場大館試験地；育成者：育成方法：凱旋糯×高千穂；特性：糯種，早生，中稈，強稈，芒性稀短，ふ先色黄白，葉・穂いもち病強，多収；普及：福島；文献：陸稲の新品種（農水省技会1951）

陸稲農林14号（陸稲農林14号：東北17号）

登録年度：1941；育成場所：秋田県農業試験場大館試験地；育成者：斉藤周一，田中稔，黒崎正美，菅野行也，浦川清雄；育成方法：陸羽15号×長柄早生；特性：梗種，早生，中稈，中間型，稈質剛，芒性稀短，ふ先色黄白，

耐倒伏性中，耐冷性中，葉・穂いもち強，脱粒性中，玄米粒形は長く，大粒，心白腹白少なく品質中；普及：宮城；文献：陸稲の新品種（農水省技会 1951）

陸稲農林 15 号（陸稲農林 15 号：東北 19 号）

登録年度：1941；育成場所：秋田県農業試験場大館試験地；育成者：斉藤周一，田中稔，黒崎正美，菅野行也，浦川清雄；育成方法：凱旋糯×高千穂；特性：粳種，早生，中稈，穂数型，稈質やや弱，芒性中中，ふ先色紅，ふ色黄白，耐干性強，耐冷性やや弱，カラバエ強，脱粒性中，食味良，多収；普及：福島；文献：陸稲の新品種（農水省技会 1951），農作物品種解説（農業技術協会 1955）

陸稲農林 16 号（陸稲農林 16 号：山陰 13 号）

登録年度：1941；育成場所：鳥取県農業試験場；育成者：育成方法：霧島×浦三 1 号；特性：粳種，晚生，やや長稈，芒性稀短，ふ先色褐，耐干性やや強～中，葉・穂いもちやや強，脱粒性中，食味中；普及：愛媛；文献：農作物品種解説（農業技術協会 1955）

陸稲農林糯 17 号（陸稲農林糯 17 号：山陰 18 号）

登録年度：1941；育成場所：鳥取県農業試験場；育成者：育成方法：国光糯×四国糯；特性：糯種，早生，中稈，芒性稀短，ふ先色黄白，耐干性やや強，耐倒伏性やや強；普及：文献：

陸稲農林糯 18 号（陸稲農林糯 18 号：東北 23 号）

登録年度：1943；育成場所：秋田県農業試験場大館試験地；育成者：鈴木美代七，菅野行也，浦川清雄，斉藤周一，黒崎正美；育成方法：最上糯 1 号×東北 1 号；特性：糯種，中生の早，中間型，無芒，ふ先色黄白，止葉やや小さく開く，耐干性やや弱，葉・穂いもち強，耐冷性中，脱粒性難，耐倒伏性中，玄米品質良，食味良，多収；普及：山梨；文献：陸稲の新品種（農水省技会 1951）

陸稲農林 19 号（陸稲農林 19 号：山陰 21 号）

登録年度：1943；育成場所：鳥取県農業試験場；育成者：野田愛三，小里運一，山岡卓，杉浦巧；育成方法：戦捷×常陸錦；特性：粳種，早生，やや短稈，芒性稀短，ふ先色淡紅，分けつ多，耐干性中，葉・穂いもち強，玄

米品質不良，多収；普及：鳥取，文献：陸稲の新品種（農水省技会 1951）

陸稲農林糯 20 号（陸稲農林糯 20 号：東北 26 号）

登録年度：1943；育成場所：秋田県農業試験場大館試験地；育成者：鈴木美代七，菅野行也，浦川清雄，斉藤周一，黒崎正美；育成方法：反二石取×最上糯 1 号；特性：糯種，早生の晩，やや長稈，偏穂重型，稈はやや太，稈質やや弱，芒性中中，ふ先色黄白，葉・穂いもち強，耐倒伏性中，耐冷性中，脱粒性中，玄米粒形はやや円，中粒，品質は中上，早生では極多収；普及：秋田，宮城，福島，茨城，群馬，栃木，静岡，徳島，熊本，宮崎，1978 年は 11,760ha で栽培され，全国第 2 位；文献：陸稲の新品種（農水省技会 1951），農作物品種解説（農業技術協会 1984）

◎陸稲農林 21 号（陸稲農林 21 号：関東 32 号）

登録年度：1944；育成場所：茨城県農業試験場石岡試験地；育成者：栗田義郎，常吉正男，桐山穀；育成方法：黒禾×東海 9 号；特性：粳種，中生の早，中稈，偏穂数型，芒性多長，ふ先色紫，茎基部紫，葉いもち強，穂いもち中～やや弱，耐倒伏性やや弱，リン酸欠乏に強，脱粒性難，穂発芽性難，玄米品質中上，食味良，多収；普及：茨城，栃木，群馬，埼玉，鹿児島，作付面積 8,063ha（1952 年）；文献：陸稲の新品種（農水省技会 1951），農作物品種解説（農業技術協会 1955）

陸稲農林 22 号（陸稲農林 22 号：東北 27 号）

登録年度：1944；育成場所：秋田県農業試験場大館試験地；育成者：鈴木美代七，菅野行也，浦川清雄，斉藤周一；育成方法：奥羽 23 号×三重；特性：粳種，早生，短稈，やや短穂，穂数型，稈質剛，止葉立つ，無芒，ふ先色紫，ふ色黄白，脱粒性中，耐倒伏性中，耐冷性強，穂発芽易，玄米粒形は長く，大粒，品質中下，食味中～良；普及：青森，秋田，山形，岩手，福島，栃木，群馬，山梨，徳島，作付面積 697ha（1952 年）；文献：陸稲の新品種（農水省技会 1951），農作物品種解説（農業技術協会 1955）

陸稲農林 23 号 欠番

陸稲農林 24 号 (陸稲農林 24 号: 東海 31 号)

登録年度: 1944; 育成場所: 三重県農業試験場; 育成者: 小松一太郎, 安藤仁; 育成方法: 農林糯 1 号 × 東海 9 号; 特性: 粳種, 中生の晩, 中稈, 中間～偏穂重型, 多けつ, 繁茂量やや少ない, 芒性中中, ふ先色黄白, 稈質やや弱, 耐干性やや強, 葉・穂いもち強, 株枯病弱, 耐冷性強, 耐倒伏性中, 脱粒性中, 玄米はやや小粒, 玄米品質は陸稲粳では最上, 食味も上; 普及: 茨城, 栃木, 群馬, 埼玉, 千葉, 東京, 神奈川, 静岡, 岐阜, 愛知, 三重, 奈良, 高知, 熊本, 大分, 宮崎 (長く陸稲粳品種の作付 1 位を占めた, 作付面積 6,751ha (1952 年)); 文献: 陸稲の新品種 (農水省技会 1951), 農作物品種解説 (農業技術協会 1955)

陸稲農林糯 25 号 (陸稲農林糯 25 号: 東北糯 25 号)

登録年度: 1947; 育成場所: 大館農業改良実験場; 育成者: 鈴木美代七, 菅野行也, 浦川清雄, 斉藤周一, 黒崎正美; 育成方法: 最上糯 1 号 × 早生千成; 特性: 糯種, 中生の早, 短稈, 穂重型, 芒性稀短, ふ先色黄白, 葉・穂いもちやや強, 耐倒伏性中, 耐冷性強, カラバエ強, 脱粒性難, 食味中下; 普及: 青森, 作付面積 323ha (1952 年); 文献: 陸稲の新品種 (農水省技会 1951), 農作物品種解説 (農業技術協会 1955)

◎陸稲農林糯 26 号 (陸稲農林糯 26 号: 関東糯 37 号)

登録年度: 1947; 育成場所: 石岡農業改良実験場; 育成者: 栗田義郎, 常吉正男, 桐山穀, 宮崎公市, 鈴木巖; 育成方法: 農林糯 3 号 × 戦捷茨城 1 号; 特性: 糯種, 晩生の早, やや長稈, 偏穂重型, 稈はやや太く, やや剛, 芒性少短, ふ先色黄白, 耐干性強, 耐冷性強, 耐倒伏性中, 脱粒性難, 玄米はやや細長でやや大粒, 品質中上, 食味良; 普及: 茨城, 栃木, 東京, 神奈川, 熊本 (昭和 30 年代から 50 年代まで, 陸稲の作付第 1 位品種, 作付面積 5,127ha (1952 年)); 文献: 陸稲の新品種 (農水省技会 1951), 農作物品種解説 (農業技術協会 1955)

◎ハタコガネモチ (陸稲農林糯 27 号: 関東糯 38 号)

登録年度: 1950; 育成場所: 石岡農業改良実験場; 育

成者: 栗田義郎, 常吉正男, 桐山穀, 宮崎公市, 目黒猛夫, 鈴木巖; 育成方法: 農林糯 1 号 × 農林糯 4 号; 特性: 糯種, 晩生, 中稈, 稈はやや太く, やや剛, 芒性中中, ふ先色黄白, 耐干性やや強, 耐倒伏性中～やや弱, 脱粒性難, 穂発芽性易, 玄米粒形は中, 中粒, 品質上下; 普及: 栃木, 群馬, 東京, 山梨, 静岡, 熊本, 作付面積 1,149ha (1952 年); 文献: 陸稲の新品種 (農水省技会 1951), 農作物品種解説 (農業技術協会 1955)

フジガネ (陸稲農林 28 号: 東北 35 号)

登録年度: 1950; 育成場所: 大館農業改良実験場; 育成者: 浦川清雄, 鈴木美代七, 菅野行也, 河原栄治, 茂木虎雄; 育成方法: 陸羽 5 号変 × 東北 11 号; 特性: 粳種, 中生の早, 中稈, 多けつ, 穂数型, 芒性稀短, ふ先色褐, ふ色黄白, 耐干性やや強, 葉・穂いもち強, 耐倒伏性中, 低温発芽性良, 耐冷性中, 玄米品質中上, 食味不良; 普及: 岩手, 山梨, 静岡, 作付面積 14ha (1952 年); 文献: 陸稲の新品種 (農水省技会 1951), 農作物品種解説 (農業技術協会 1955)

ハタムラサキ (陸稲農林 29 号: 東海 32 号)

登録年度: 1951; 育成場所: 三重県農業試験場; 育成者: 鈴木弥, 小林温, 藤吉清次, 安藤仁, 小松一太郎, 戸川真五, 足立武二, 和田栄太郎; 育成方法: 農林糯 1 号 × 東海 9 号; 特性: 粳種, 中生, 中稈, 中間型, 芒性稀短, ふ先色紫, ふ色黄白, 耐干性強, 耐倒伏性強, 脱粒性中, 白葉枯病弱, 玄米品質中上; 普及: 静岡, 作付面積 72ha (1952 年); 文献: (農業技術協会 1955)

オワリハタモチ (陸稲農林糯 30 号: 東海糯 33 号)

登録年度: 1951; 育成場所: 三重県農業試験場; 育成者: 鈴木弥, 小林温, 藤吉清次, 安藤仁, 小松一太郎, 戸川真五, 足立武二, 和田栄太郎; 育成方法: 農林糯 1 号 × 農林糯 4 号; 特性: 糯種, 中生の晩, やや短稈, 中間型, 強稈, 芒性少短, ふ先色黄白, 耐干性中～やや強, 葉・穂いもち強, 耐倒伏性強, 脱粒性中, 耐冷性弱, 玄米品質中上, 多収, 肥沃地向き; 普及: 神奈川, 山梨, 愛知, 作付面積 212ha (1952 年); 文献: 農作物品種解説 (農業技術協会 1955)

シンハカブリ (陸稲農林 31 号：西海 29 号)

登録年度：1951；育成場所：鹿児島県農業試験場鹿屋分場；育成者：持田貞次，紙屋貢，渡辺昌幸，酒 景明，早川国次；育成方法：西海 6 号×葉冠；特性：粳種，晩生，やや長稈，偏穂重型，芒性稀短，ふ先色黄白，耐干性極強，葉・穂いもち強，耐倒伏性強，脱粒性易，玄米は極大粒，品質食味は中上，肥沃地向き；普及：宮崎，鹿児島，作付面積 647ha (1952 年)；文献：農作物品種解説 (農業技術協会 1955)

トサハタモチ (陸稲農林 32 号：西海 30 号)

登録年度：1951；育成場所：鹿児島県農業試験場鹿屋分場；育成者：持田貞次，紙屋貢，渡辺昌幸，酒 景明，早川国次；育成方法：ヤスモチ×農林 1 号；特性：糯種，早生，やや長稈，穂重型，穂数やや少，芒性稀短，ふ先色黄白，耐干性中，葉いもち強，穂いもちやや強，耐倒伏性中，脱粒性中，玄米粒形はやや長，大粒，多収，暖地の早期栽培向き；普及：高知，作付面積 34ha (1952 年)；文献：農作物品種解説 (農業技術協会 1955)

スソノモチ (陸稲農林 33 号：西海 26 号)

登録年度：1952；育成場所：鹿児島県農業試験場鹿屋分場；育成者：持田貞次，紙屋貢，渡辺昌幸，酒 景明，早川国次；育成方法：農林 6 号×農林 1 号；特性：糯種，晩生，短稈，やや長穂，穂数型，芒性少短，ふ先色黄白，葉・穂いもち強，耐倒伏性中，脱粒性難，玄米粒形やや長，大粒，品質中中，晩播適応性良；普及：熊本，作付面積 150ha (1952 年)；文献：農作物品種解説 (農業技術協会 1955)

ミナミハタモチ (陸稲農林 34 号：西海 31 号)

登録年度：1952；育成場所：鹿児島県農業試験場鹿屋分場；育成者：持田貞次，紙屋貢，渡辺昌幸，酒 景明，早川国次；育成方法：農林 6 号×農林 1 号；特性：糯種，晩生，長稈，穂重型，芒性稀短，ふ先色黄白，耐干性強，耐倒伏性中～やや強，脱粒性難，玄米粒形中～やや長，やや大粒，品質中下，食味は中上；普及：熊本，鹿児島，作付面積 278ha (1952 年)；文献：農作物品種解説 (農業技術協会 1955)

イワテハタモチ (陸稲農林 35 号：東北 40 号)

登録年度：1956；育成場所：秋田県農業試験場大館試験地；育成者：鈴木美代七，河原栄治，佐藤重一，萩野虎男，佐々木勝男，菅野綾子，目黒猛夫，鈴木厳，高橋正甚，岡隆夫，福屋豊，石川次郎，田村繁司；育成方法：東北 26 号×農林 15 号；特性：糯種，中生，中稈，偏穂数型，芒性中中，ふ先色黄白，耐干性やや強，カラバエ被害少，脱粒性難，玄米粒形中，中粒；普及：岩手，福島；文献：陸稲の新品種 (農水省技会 1965)

ミヤマモチ (陸稲農林 36 号：東北 39 号)

登録年度：1957；育成場所：秋田県農業試験場大館試験地；育成者：鈴木美代七，河原栄治，佐藤重一，萩野虎男，佐々木勝男，菅野綾子，目黒猛夫，鈴木厳，高橋正甚，岡隆夫，福屋豊，石川次郎，田村繁司；育成方法：東北 18 号×奥羽 24 号；特性：糯種，早生の中，やや長稈，偏穂重型，長穂，稈やや太い，芒性稀短，ふ先色黄白，低温発芽性良，耐冷性強，耐倒伏性弱，脱粒性中，玄米粒形は中，中粒，やや低収，食味中下，瘦地向き；普及：岩手，秋田，山形，福島，群馬；文献：陸稲の新品種 (農水省技会 1965)

ハタニシキ (陸稲農林 37 号：東北 38 号)

登録年度：1958；育成場所：秋田県農業試験場大館試験地；育成者：鈴木美代七，河原栄治，佐藤重一，萩野虎男，佐々木勝男，菅野綾子，目黒猛夫，鈴木厳，高橋正甚，岡隆夫；育成方法：農林 14 号×農林 15 号；特性：粳種，中生の早，長稈，偏穂重型，稈質やや剛，穂が開く，芒性中短，ふ先色紫，ふ色黄白，耐干性弱，葉・穂いもち強，低温発芽性強，初期生育良，耐倒伏性中，耐冷性やや強，脱粒性やや難，玄米粒形中，やや大粒，品質上中，食味良，やせ地向き；普及：秋田，山形，福島；文献：陸稲の新品種 (農水省技会 1965)

◎ハタサンゴク (陸稲農林 38 号：関東 59 号)

登録年度：1959；育成場所：茨城県農業試験場石岡試験地；育成者：目黒猛夫，鈴木厳，本田太陽，岡野博文，稲毛正雄，野村馨，宮崎公市，高橋正甚；育成方法：農林 12 号×関東 38 号；特性：粳種，晩生，中稈，偏穂数型，芒性中中，ふ先色は出穂時は黄白，成熟期に淡褐，

耐干性中～やや強，葉・穂いもち強，耐倒伏性強，脱粒性中，玄米粒形はやや長，多収；普及：神奈川，静岡；文献：茨城農試報 4，28-39 (1962)，農及園 38 (11)，85-88 (1963)

◎ハタミノリモチ（陸稲農林糯 39 号：関東糯 58 号）

登録年度：1960；育成場所：茨城県農業試験場石岡試験地；育成者：目黒猛夫，鈴木敏，小野敏忠，本田太陽，岡野博文，稲毛正雄，野村馨，宮崎公市，高橋正甚，坂本文男，岡隆夫；育成方法：農林糯 1 号×農林 7 号；特性：糯種，中生，中稈，中間型，やや稈質弱，芒性少短，ふ先色紫，ふ色黄白，耐干性中，玄米品質中上；普及：群馬，埼玉，東京，熊本；文献：茨城農試報 4，40-53 (1962)，農及園 38 (11)，85-88 (1963)

◎タチミノリ（陸稲農林 40 号：関東 67 号）

登録年度：1962；育成場所：茨城県農業試験場石岡試験地；育成者：目黒猛夫，小野敏忠，鈴木敏，本田太陽，岡野博文，高橋正甚，野村馨，稲毛正雄，坂本文男，丘陵夫，加藤富造；育成方法：関東 48 号×農林 12 号；特性：梗種，中生の晩，中稈，中間型，強稈，芒性中中，ふ先色淡褐，ふ色黄白，耐干性中～やや強，葉・穂いもち強，耐倒伏性強，耐冷性やや弱，脱粒性やや難，玄米品質は中中，食味は上下；普及：茨城，埼玉，山梨；文献：茨城農試報 5，35-45 (1963)，農業及園芸 38 (11)，85-88 (1963)

オオスミ（陸稲農林 41 号：九州 3 号）

登録年度：1962；育成場所：宮崎県農業試験場都城分場；育成者：副島四郎，有村清光，野崎国彦，篠原和民，柳衛庄一郎，目黒猛夫，鈴木敏，高橋正甚，本田太陽，野村馨，坂本文雄，岡野博文；育成方法：（関東 43 号×農林 22 号）F1×農林糯 20 号；特性：梗種，中生，やや長稈，長穂，中間型，芒性少短，ふ先色紫，ふ色黄白，葉いもち極強，耐倒伏性やや弱，脱粒性難，穂発芽性易，玄米品質は中，食味はやや上，早生種では極多収；普及：鹿児島；文献：陸稲の新品種（農水省技会 1965）

ハタメグミ（陸稲農林 42 号：九州 4 号）

登録年度：1962；育成場所：宮崎県農業試験場都城分場；

育成者：副島四郎，有村清光，篠原和民，松永義迪，柳衛庄一郎，野崎国彦，目黒猛夫，鈴木敏，高橋正甚，本田太陽，野村馨，坂本文雄，岡野博文；育成方法：（関東 43 号×農林 22 号）F1×農林糯 20 号；特性：梗種，中生の早，やや長稈，長穂，中間型，稈質やや弱，芒性稀短，ふ先色黄白，葉いもち極強，耐倒伏性やや弱，脱粒性やや難，玄米粒形は中～やや長，品質は中，食味は上下，多収；普及：宮崎；文献：陸稲の新品種（農水省技会 1965）

◎ハタフサモチ（陸稲農林糯 43 号：関東糯 64 号）

登録年度：1964；育成場所：茨城県農業試験場石岡試験地；育成者：目黒猛夫，小野敏忠，鈴木敏，岡野博文，稲毛正雄，野村馨，高橋正甚，阿部祥治，石原正敏；育成方法：東海糯 33 号（のちのオワリハタモチ）×農林 12 号；特性：糯種，中生の晩，中稈～やや長稈，偏穂重型，稈質剛～やや剛，芒性中中，ふ先色黄白，耐干性やや強，脱粒性やや難，穂発芽性難，餅質良，多収；普及：神奈川，鹿児島，昭和 30 年代は作付面積 4,000ha；文献：農業技術 19，386-387 (1964)，農乃園 42 (11)，104-108 (1967)

◎ハタキヌモチ（陸稲農林糯 44 号：関東糯 60 号）

登録年度：1965；育成場所：茨城県農業試験場石岡試験地；育成者：小野敏忠，岡野博文，新妻芳弘，阿部祥治，石原正敏；育成方法：農林糯 1 号×農林 7 号；特性：糯種，中晩生，やや短稈～中稈，偏穂数型，稈質柔，芒性稀短，ふ先色黄白，耐干性やや強，耐倒伏性強，脱粒性やや難，玄米やや小粒，品質と餅食味上；普及：茨城，作付面積 2,490ha (1982 年)；文献：茨城農試報 7，77-88 (1965)，農業技術 20 (10)，484 (1965)，農乃園 42 (11)，104-108 (1967)

◎オカミノリ（陸稲農林 45 号：関東 73 号）

登録年度：1966；育成場所：茨城県農業試験場石岡試験地；育成者：小野敏忠，岡野博文，新妻芳弘，阿部祥治，石原正敏；育成方法：農林 24 号×水稻農林 29 号；特性：梗種，中生，やや短稈，穂数型，やや長穂，強稈，芒性稀短，ふ先色は出穂期は黄白，成熟期には淡褐，耐干性中，耐倒伏性強，脱粒性難，玄米の品質食味は不良，

畑地灌漑栽培向き；普及：茨城，群馬；文献：茨城農試報 8, 99-107 (1966)，農乃園 42 (11)，104-108 (1967)

◎ナスコガネ（陸稲農林 46 号：関東 66 号）

登録年度：1967；育成場所：茨城県農業試験場；育成者：目黒猛夫，小野敏忠，鈴木巖，高橋正雄，野村馨，岡野博文，稲毛正雄，阿部祥治，石原正敏，新妻芳弘；育成方法：農林 22 号×関東糯 39 号；特性：梗種，早生，中稈，やや長穂，偏穂重型，無芒，ふ先色紫，ふ色黄白，耐干性やや強～強，穂発芽性難，玄米やや長；普及：栃木；文献：農乃園 42 (11)，104-108 (1967)

◎ハタホナミ（陸稲農林 47 号：関東 77 号）

登録年度：1968；育成場所：茨城県農業試験場；育成者：小野信一，岡野博文，新妻芳弘，阿部祥治，石原正敏，根本博雄，鈴木宏友，小野敏忠，目黒猛夫，鈴木巖，坂本文男，刈部（高橋）正甚，本田太陽，野村馨，稲毛正雄；育成方法：農林 22 号×農林糯 25 号；特性：梗種，短稈，偏穂数型，玄米は極大粒，芒性稀短，ふ先色淡褐，ふ色黄白，品質・食味は上下；普及：宮城，山形，岩手；文献：

◎ワラベハタモチ（陸稲農林糯 48 号：関東糯 84 号）

登録年度：1968；育成場所：茨城県農業試験場；育成者：小野信一，岡野博文，新妻芳弘，阿部祥治，石原正敏，根本博雄，鈴木宏友，小野敏忠，目黒猛夫，鈴木巖，坂本文男，刈部（高橋）正甚，本田太陽，野村馨，稲毛正雄；育成方法：農林 22 号×農林糯 20 号；特性：糯種，極早生，やや短稈，やや短穂，穂重型，芒性少中，ふ先色紫，ふ色黄白，耐干性やや強，玄米は円粒でやや大粒，品質食味は中；普及：秋田，山形，栃木，群馬，長野。最大普及面積 1,400ha (1982)；文献：農作物品種解説（農業技術協会 1984）

◎チヨミノリ（陸稲農林 49 号：関東 88 号）

登録年度：1968；育成場所：茨城県農業試験場石岡試験地；育成者：小野信一，岡野博文，新妻芳弘，阿部祥治，石原正敏，根本博雄，鈴木宏友，小野敏忠，目黒猛夫，鈴木巖，坂本組男，刈部（高橋）正甚，本田太陽，野村馨，稲毛正雄；育成方法：農林 22 号×農林糯 20

号；特性：梗種，早生，やや短稈，中間型，芒性稀短，ふ先色黄白，止葉やや小さく，立つ，耐干性強，葉・穂いもち強；普及：宮城；文献：

ハツサクモチ（陸稲農林糯 50 号：九州糯 18 号）

登録年度：1968；育成場所：宮城県総合農業試験場都城分場；育成者：育成方法：農林糯 20 号×農林糯 4 号；特性：糯種，早生，やや短稈，中間型，稈はやや細く，やや柔，耐干性中，耐倒伏性強，芒性少中，ふ先色紫，ふ色黄白，玄米はやや円粒で小粒；普及：茨城，埼玉，栃木，長崎，宮崎，作付面積 5,200ha (1982 年)；文献：農作物品種解説（農業技術協会 1984）

◎ヤシュウハタモチ（陸稲農林糯 51 号：関東糯 92 号）

登録年度：1974；育成場所：茨城県農業試験場；育成者：小野信一，新妻芳弘，石原正敏，奥津喜章，須賀立夫，阿部祥治，酒井保，根本博雄，岡野博文，小野敏忠，稲毛正雄，野村馨，目黒猛夫，坂本文夫，本田太陽，刈部（高橋）正甚；育成方法：農林糯 4 号×農林 24 号；特性：糯種，中生の早，やや短稈，中間型，短穂，草状は陸稲型，芒性稀短，ふ先色紫，耐干性中～やや難，脱粒性やや難，穂発芽性中，玄米はやや長粒，玄米品質・食味良；普及：栃木；文献：

◎フクハタモチ（陸稲農林糯 52 号：関東糯 111 号）

登録年度：1978；育成場所：茨城県農業試験場；育成者：新妻芳弘，古賀義昭，石原正敏，奥津喜章，須賀立夫，小野信一，阿部祥治，酒井保，根本博雄，岡野博文，小野敏忠；育成方法：関東糯 76 号×（石系 116 号×タチミノリ）F1；特性：糯種，極早生，短稈，短穂，偏穂数型，草状やや水稻型，芒性稀短，ふ先色紅，低温発芽生やや高い，耐倒伏性強，穂発芽性中，肥沃地向き；普及：茨城。最大普及面積 2,800ha (1982)；文献：茨城農試報 19, 1-18 (1978)

◎ツクバハタモチ（陸稲農林糯 53 号：関東糯 115 号）

登録年度：1982；育成場所：茨城県農業試験場；育成者：古賀義昭，石原正敏，奥津喜章，須賀立夫，新妻芳弘，小野信一，阿部祥治，酒井保，根本博雄，岡野博文；育成方法：関東糯 63 号×ハタフサモチ；特性：糯種，

中生の晩，やや長稈，偏穂重型，芒性少短，ふ先色黄白，耐干性強，葉いもち極強，穂いもち強，低温発芽生やや低，収量性高い；普及：茨城；文献：茨城農試報 22，1-18（1983）

◎ミサトハタモチ（陸稲農林糯 54 号：関東糯 130 号）

登録年度：1984；育成場所：茨城県農業試験場；育成者：金 忠男，奥津喜章，須賀立夫，平澤秀雄，古賀義昭，石原正敏，新妻芳弘，小野信一，阿部祥治，酒井保，根本博雄；育成方法：農林糯 4 号 ×（農林糯 4 号 × 水稻農林 29 号）F1；特性：糯種，中生の晩，やや長稈，偏穂重型，稈質強，芒性少短，ふ先色黄白，耐干性はやや強～強，耐倒伏性強，玄米はやや細長粒で中粒，玄米品質中上，餅食味は上下，晩播適応性良；普及：熊本；文献：茨城農試報 25，1-14（1985）

◎トヨハタモチ（陸稲農林糯 55 号：関東糯 137 号）

登録年度：1985；育成場所：茨城県農業試験場；育成者：金 忠男，奥津喜章，須賀立夫，平澤秀雄，古賀義昭，石原正敏，新妻芳弘，小野信一，阿部祥治；育成方法：石系 201 号（のちのフクハタモチ）×ワラベハタモチ；特性：糯種，極早生，やや短稈，やや短穂，中間型，芒性稀短，ふ先色紫，早生では生育量多，耐干性中～やや強，株枯病中，玄米は円粒で大粒，品質は中上，収量性やや多，餅食味上下；普及：福島，茨城，栃木，群馬，千葉，山形，1995 年陸稲栽培面積の約半分を占める；文献：茨城農試報 26，43-51，農業技術 40，502（1985）

◎ナエバハタモチ（陸稲農林糯 56 号：関東糯 131 号）

登録年度：1986；育成場所：茨城県農業試験場；育成者：金 忠男，奥津喜章，須賀立夫，平山正賢，平澤秀雄，古賀義昭，石原正敏，新妻芳弘，小野信一，阿部祥治，酒井保，根本博雄；育成方法：農林糯 20 号 × 関東糯 98 号；特性：糯種，極早生，やや短稈，やや短穂，偏穂重型，芒性少短，ふ先色紫，耐干性強で早生群では最も強い，低温発芽性中，脱粒性は中～やや難，玄米は円粒の大粒；普及：新潟；文献：茨城農試報 26，17-29（1986）

◎ナツハタモチ（陸稲農林糯 57 号：関東糯 140 号）

登録年度：1986；育成場所：茨城県農業試験場；育成者：金 忠男，奥津喜章，須賀立夫，平山正賢，平澤秀雄，古賀義昭，新妻芳弘，小野信一，阿部祥治；育成方法：ハタキヌモチ × ハタフサモチ；特性：糯種，中生の中，やや短稈，偏穂重型，強稈，芒性少短，ふ先色黄白，耐干性強，耐倒伏性強，餅食味は上下；普及：鹿児島；文献：茨城農試報 26，31-42（1986）

◎キヨハタモチ（陸稲農林糯 58 号：関東糯 145 号）

登録年度：1988；育成場所：茨城県農業試験場；育成者：金 忠男，平澤秀雄，平山正賢，桐原俊明，奥津喜章，須賀立夫，古賀義昭，石原正敏，新妻芳弘，小野信一；育成方法：関東糯 118 号 × 石系 241 号；特性：糯種，中生の早，やや短稈，中穂，中間型，止葉やや立つ，芒性少短，ふ先色褐，ふ色黄白，熟色良，餅食味中上；普及：茨城；文献：農業技術 43，39（1988），茨城農試報 28，37-46（1988）

◎サキハタモチ（陸稲農林糯 59 号：関東糯 144 号）

登録年度：1989；育成場所：茨城県農業試験場；育成者：金 忠男，平澤秀雄，平山正賢，桐原俊明，奥津喜章，須賀立夫，古賀義昭，石原正敏，新妻芳弘，小野信一；育成方法：関東糯 118 号 × 石系 241 号；特性：糯種，早生の早，やや短稈，中穂，中間型，芒性少短，ふ先色褐，耐干性強，玄米は円粒でやや大，玄米品質中中，餅食味中上；普及：埼玉；文献：茨城農試報 29，15-27（1989），農業技術 44（10），31（1989）

◎ゆめのはたち（陸稲農林糯 60 号：関東糯 168 号）

登録年度：1996；育成場所：茨城県農業総合センター生物工芸研究所；育成者：根本 博，平山正賢，岡本和之，宮本 勝，桐原俊明，横田国夫，金 忠男，平澤秀雄，奥津喜章，須賀立夫，古賀義昭，石原正敏；育成方法：農林糯 4 号 /3/ 農林糯 4 号 / JC81// 農林糯 4 号；特性：糯種，中生の晩，中稈，中穂，偏穂重型，芒性少短，ふ先色黄白，耐干性極強，玄米は細長で大，玄米品質中中，餅食味極上；普及：茨城，栃木，群馬；文献：茨城生工研報（1996），Int. Rice Res. Newl. 18（4），21（1993）

◎ひたちはたもち（陸稻農林糯 61 号：関東糯 197 号）

登録年度：2005；育成場所：茨城県農業総合センター
生物工学研究所；育成者：石井卓朗，岡本和之，眞部徹，
岡野克紀，平澤秀雄，平山正賢，宮本 勝，根本 博；
育成方法：関東糯 166 号 // 関東糯 166 号 / 関東糯 168 号；
特性：糯種，早生の早，やや短稈，中間型，芒性少短，
ふ先色褐，耐干性強，耐冷性やや強，玄米品質上下，餅
食味上中；普及：茨城；文献：茨城生工研報（2006）

◎ミズハタモチ（水稻農林糯 208 号：石岡糯 6 号）

登録年度：1969；育成場所：茨城県農業試験場；育成
者：小野信一，根本博雄，新妻芳弘，阿部祥治，石原正
敏，小野敏忠，岡野博文，目黒猛夫，野村馨，稲毛正雄，
坂本文雄，本田太陽，鈴木宏友，石川馨；育成方法：水
稻越路早生×ハタコガネモチ；特性：糯種，畑栽培用品
種，中生の早，やや長稈，長穂，草状はやや水稻型，や
や強稈，耐干性は水稻より強いが陸稻に劣る，芒性稀短，
ふ先色は黄白，餅食味は水稻品種並；普及：茨城，長崎，
大分，作付面積 770ha（1982 年）；文献：農作物品種解
説（農業技術協会 1984）

所 長 林 幹 夫

編集委員長 池 上 隆 文

編 集 委 員 高 津 康 正
鈴 木 一 典
平 山 正 賢

茨城県農業総合センター生物工学研究所研究報告 第10号
平成19年3月20日発行

発行所 茨城県農業総合センター生物工学研究所
〒319-0292 笠間市安居3165-1
電話 0299-45-8330

印刷所 ワタヒキ印刷株式会社
〒310-0012 水戸市城東1丁目5番21号
電話 029-221-4381(代)

Bulletin
of the
Plant Biotechnology Institute
Ibaraki Agricultural Center
No.10 (2007)

Contents

Original Papers

- Studies on the Rapid Hardening Quality of Rice Cake in Upland Rice Line “Kantomochi 172” 1
Kazuyuki Okamoto

Review

- Biological Control of Clubroot Disease of Chinese Cabbage by Root Endophytic fungus,
Heteroconium chaetospora. 45
Kazuhiko Narisawa, Fumiaki Usuki and Teruyoshi Hashiba

Note

- The History of Upland Rice Breeding in Ibaraki Prefecture. 53
Takuro Ishii

Plant Biotechnology Institute
Ibaraki Agricultural Center
Ago, Kasama, Ibaraki 319-0292, Japan