

名大農学部酒“なごみ桜”の醸造に使う酒米を名大ゆかりの酒米品種に切り

替えるための試み

○加藤大和^{A)}

^{A)} 教育・研究技術支援室 生物・生体技術系

概要

なごみ桜は、本学農学部が主体となって産学共同で醸す日本酒である。酒米には東郷フィールドで生産された若水を使用し、酵母は農学部構内の八重桜から単離したさくら酵母を使っている。本技術研鑽プログラムでは、醸造に用いる酒米品種について将来的に本学に関わり深いものを使用することが可能かどうか検討した。

まず、幾つかのイネ品種を東郷フィールドで栽培し、稈長や穂長などの栽培特性や、千粒重や心白発現率など酒米に求められる特性を若水と比較した。さらに心白の発現機構について理解を得るため、数品種を用いて人工交配し、 F_1 種子を得た。また DNA マーカーを使って酒米形質と遺伝子領域との関連を調べるため、各品種間でマーカーが使用可能かどうかについても検討した。今回得られた結果に基づいて若水の長所短所を明確にし、なごみ桜に適した酒米の育種目標をある程度明確にすることができたので、それらについて報告する。

1 諸論

日本酒は、我が国が誇る伝統文化である。近年清酒の消費量は右肩下がりで減少しているが、一方で吟醸酒・地酒ブームや新ジャンルの発泡日本酒ブームなどにより、その価値が再認識されつつある。本学においても 2009 年より、生命農学研究科産業生命工学講座の黒田教授が中心となって本学学生や OB らに声をかけ、産学協同で名大農学部酒”なごみ桜”を醸し、卒業記念として学内向けに販売し好評を博している。なごみ桜は本学農学部内の桜から単離されたさくら酵母を発酵に用い、酒米に本学東郷フィールドで生産された”若水”を用いて醸造される、特色ある純米酒であり、オール名大醸のイメージが強く意識されている^[1]。若水は 1985 年に愛知県農業試験場が育成した品種であり^[2]、なごみ桜のイメージにより当初から、仕込みに使う酒米を名大ゆかりの品種にすることが強く望まれていた。イネの品種育成は一朝一夕に出来るものではなく、育種目標の設定、親品種の遺伝的特性や栽培特性の調査、交配と選抜、固定、栽培試験など長期的な視野の下で継続的な作業と解析が要求される。このため、昨今の論文数重視の業績が求められる大学の研究室での研究対象とはなりにくい。

そこで本技術研鑽プログラムでは、なごみ桜醸造に用いる酒米を将来的に名大ゆかりの品種へと切り替えるための第一歩として、本学農学部で保存・栽培されてきた代表的な酒米品種を栽培し、それらの開花期や形態的な特性および酒造適性を評価し若水と比較することで、将来的になごみ桜の酒米として使用可能かどうか、あるいは若水の栽培上・酒造上で改善可能な点があるかどうかについて検討した。また酒米として重要な形質の一つである心白発現率に着目し、心白発現の分子機構を明らかにするため、若水および五百万石について、それぞれ心白を発現しない品種である日本晴、コシヒカリとの人工交配を行い、 F_1 種子を作製した。さらに、 F_2 世代以降での表現型と遺伝子領域との関連を明らかにするために、品種間での SSR マーカー

分析を行い、幾つかのマーカーにおいて品種間差異を検出した。

本研鑽プログラムにより、なごみ桜の酒米を名大にゆかりの深い品種にすることで付加価値を高め、さらに品質のよい酒を醸すための基盤材料を得ることができた。今後さらに人工交配と分子マーカーを用いた選抜を繰り返していくことで、現在ほとんど解析が進んでいないコメの品質特に酒造適性と遺伝子領域との関連についての知見を得ることができるようになるものと期待される。

2 材料と方法

イネ品種には、本学農学部で継代・種子保存されてきた日本晴、コシヒカリ、若水、雄町、山田錦、五百万石、金南風、長香稲、オオチカラ、台中 65 号と、同品種間での比較のため農業生物資源研究所ジーンバンク事業推進室（以後 GB と表記）より分譲された雄町、および神力、愛国、冷立稲（亀の尾の親品種）を用いた。

種子滅菌して催芽した種子を 5 月 8 日にビーポッドに播種し、6 月 11 日に水田圃場に植え替えた。金南風のみ 5 月 16 日に播種した。1 系統 10 個体を 15 cm 間隔で植え、条間は 20 cm とした。また開花期を調整するため、前年度からガラスビン中の MS 培地上で維持してきた品種も同時期に水田に移植した。

個体毎に出穂日を記録し、稈長および穂長を圃場内で測定し、収穫後 1 株穂数、1 株籾数、千粒重、心白発現率を計測した。タンパク質含有率の測定は愛知県食品工業技術センターに依頼した。

出穂前に交配用個体を圃場から株上げし、東山キャンパス内の温室に移して栽培を続け、開花直前に温湯除雄法により除雄し、翌日花粉親の花粉をかけて人工交配した。

各品種のゲノム DNA は CTAB 法により抽出し、simple sequence repeat (SSR) マーカーは農業生物資源研究所が公開しているコアコレクション用のマーカー情報^[3]に基づいてプライマーを作製し、一般的な分子生物学的手法^[4]により PCR を行ってアガロースゲル電気泳動により解析した。

3 結果

3.1 栽培形質

人工交配のためには異なる品種間で出穂（開花）期が重なる必要がある。図 1 に 2014 年度の播種から出穂までの日数を示す。東郷フィールドでの出穂は冷立稲が一番早く 7 月 31 日、次いで五百万石と愛国が 8 月 8 日、続いてコシヒカリとオオチカラが 8 月 10 日であった。8 月 18 日に若水と長香稲が出穂し、少し遅れて日本晴、台中 65 号となった。明治時代に盛んに作付されたという神力は晩生で、9 月 4 日に出穂となった。ほぼ同時期に山田錦、雄町も出穂した。開花時期調整のため MS 培地で先に生育させてから水田に移植した個体については、コシヒカリや五百万石などの早生品種に対しては 2 週間ほど開花を早める効果が認められたが、雄町や山田錦などの晩生品種では数日程度の促進効果しか認められなかった（結果省略）。

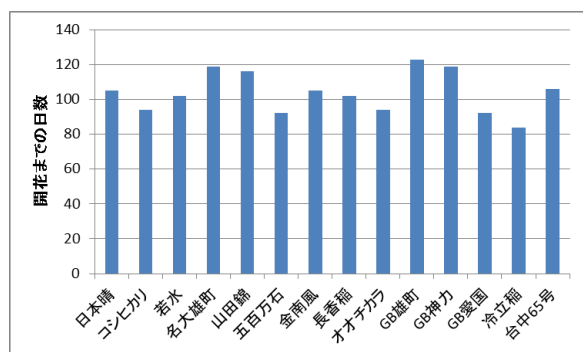


図 1

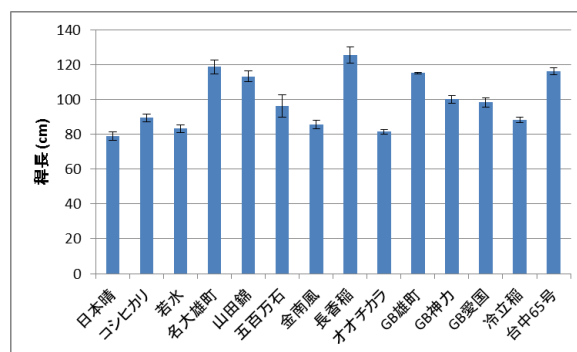


図 2

台風などによる倒伏被害と密接に関わる稈長は、酒米優良品種と言われる雄町と山田錦は 110 cm を超え、五百万石も 96.2 cm と高かった。これらの品種は倒伏の危険性が高く、農家泣かせと言われる所以である。一方で耐倒伏性が強化された品種若水は 83.2 cm で、飯米品種コシヒカリよりも低く日本晴と同程度であり、栽培のし易さが利点となっている。長香稲はインディカ種で粒長が非常に長く独特の香りを持つ中国の品種であり、稈長が 125.4 cm と最も高かった。長香稲と日本の大粒品種たいほうを交配して作られた超大粒品種オオチカラ⁵⁾は 81.4 cm で最も低かった。愛国は神力とともに現在栽培されている多くの品種の元となった品種であり、稈長はどちらも 100 cm 前後であった (図 2)。

穂長は穂に着く粒数の多少に強く関係する重要な形質であり、稈長との相関があると言われている。最も長いのは長香稲で 27.6 cm、次いで雄町(GB)の 27.24 cm であった。山田錦、五百万石とも 23 cm 余りで、飯米品種の日本晴とコシヒカリが 20 cm 程度であるので、稈長の高い酒米品種は穂長も長い傾向が見られた。若水の穂長は日本晴並みで、稈長の低さとの関連が考えられた。一方で稈長の低いオオチカラの穂長が 24.3 cm であることから、稈長が低くても長い穂長を持つ品種を作出可能であることも示された (図 3)。

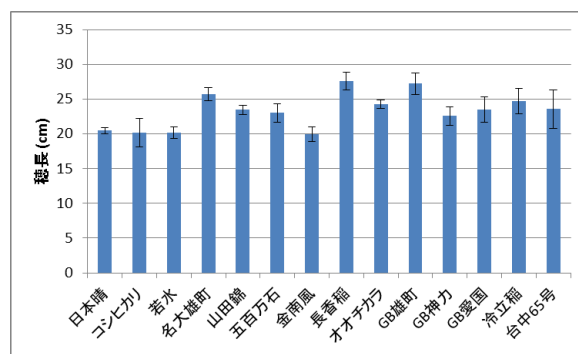


図 3

1 株穂数と 1 株粒数は収量に直接影響する重要形質であり、着粒数を高めるための品種改良の研究が盛んに行われている。1 株穂数は冷立稲や五百万石など出穂期の早い品種で 9 本以下と少ない傾向が見られ、山田錦や神力など晩生の品種で 13 本以上と増加する傾向が見られた。また長香稲やオオチカラなどの大粒品種で 10 本以下と少なくなる傾向があった (図 4)。一株粒数は雄町(GB)で 2300 粒以上とダントツで多く、名大の雄町でも 1600 粒を超えた。しかし山田錦と五百万石は 1200 粒程度であり、日本晴やコシヒカリよりも少なかった。若水はさらに少なく 750 粒程度であった。オオチカラと冷立稲も 1000 粒以下であった。最も少なかったのは長香稲の 543 粒であるが、本品種は脱粒性が非常に強く、収穫・乾燥の過程でかなりのロスがあったため、実際にはもう少し多い (図 5)。また雄町と神力も若干の脱粒性が認められた。

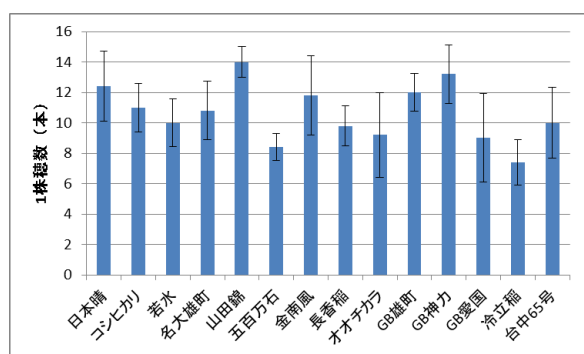


図 4

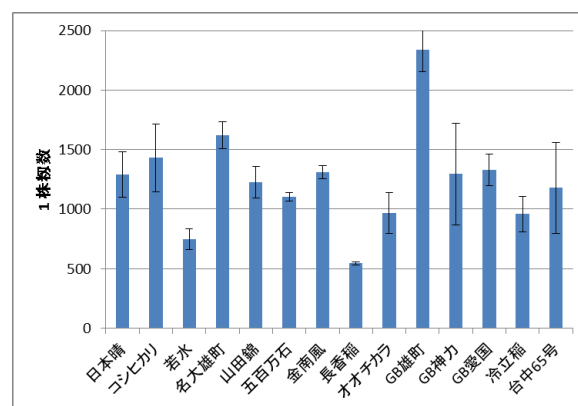


図 5

3.2 酒造形質

酒造に関わるコメの形質については、大粒であること、程よい心白が認められること、タンパク含量が低いことなどが重要と言われている⁶⁾が、実際にはこれらの形質がどの程度日本酒の品質に関与してくるのか詳しいことは分かっていない。従来の酒米育種では元々このような形質を持つ品種について稈長や耐病性、耐冷性などの栽培上の形質を改善することに重点が置かれてきた。本研鑽プログラムでは酒米の玄米の形質

と遺伝子領域との関連がどうなっているのかを明らかにし、そのような知見を今後の酒米育種に取り入れることも目標としている。

粒の大きさを示す簡便な指標として玄米千粒重がよく使われる。大粒の品種は精米歩合を高めても醪に使えるコメの量が多くなるわけだから、酒造用玄米として好まれる。幾つかの酒米と飯米及び超大粒品種のオオチカラについて千粒重を測定した。若水、雄町、山田錦、五百万石は 25 g 前後であり、飯米品種の 21 g 程度と比較して大粒ではあるものの、オオチカラの 37.3 g と比べればまだまだ改良の余地があると思われる（図 6）。ただ粒重が重ければ重いほど良い酒米かといえばそうでもなく、他の酒造適性を犠牲にしてしまっただ元も子もない。

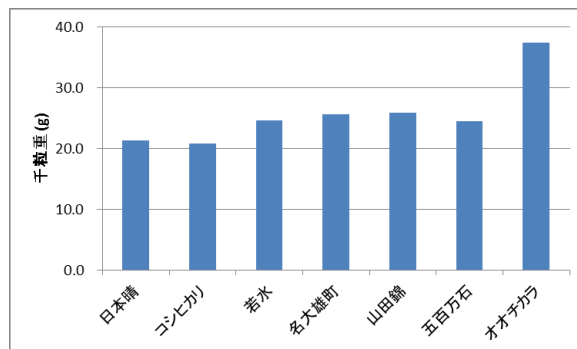


図 6

米粒の中心部分が白く不透明となった米を心白米と呼ぶ。心白発現率は品種により様々で、心白米を酒造りに用いると麹菌のはぜ込みが進み、よい酒ができると言われている。心白発現率は五百万石と若水が 94% 台、山田錦と雄町が 80% 程度であった。飯米品種は心白のないコメが良食味米として好まれるため、心白はほとんど発現しない（図 7）。若水は五百万石とあ系酒 101 との交配なので、五百万石の大きな心白（眼状心白）を受け継いでいると思われる。一方きれいな酒質の酒を造りやすいことで人気の山田錦は心白の多くが玄米の中心付近にのみ心白部分を生じる線状心白であり、吟醸造りなどの高度精米に向く。

タンパク質含量が少ないほど上品で雑味のないすっきりとした酒ができると言われている。雄町と山田錦は乾燥重量で 8% 台、若水と五百万石は 10% 程であった（図 8）。雄町と山田錦で低いのは、この 2 品種は出穂期が遅いので登熟にも時間がかかるが、10 月を過ぎると台風などでの倒伏による品質低下の方が気になるため、本年度は早めに収穫したことが一つの原因になっている可能性もある。次年度以降の検証が必要とされる。またなごみ桜は酵母による発酵が弱く、味の濃い濃厚なテイストが特徴の日本酒であるので、タンパク含量が高いことはそれほど問題ではないと思われる。

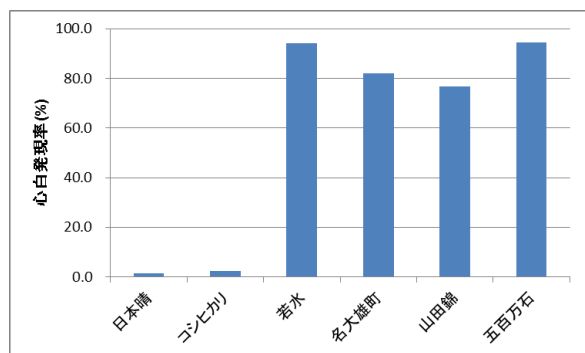


図 7

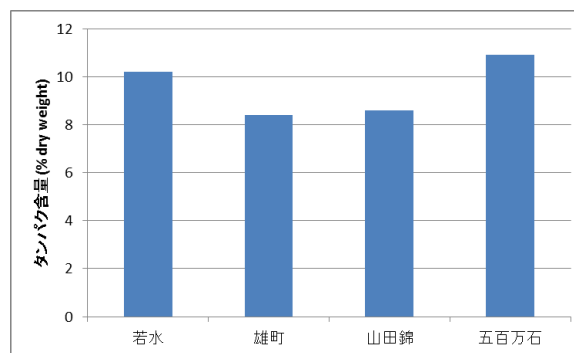


図 8

3.3 DNA マーカーと品種

従来は育種は人工交配した種子を圃場に展開し、何世代にも渡って目的の形質をもつ個体を選別し、固定していくというやり方であり、これには多くの時間と場所及び豊富な経験が必要とされる。近年 DNA マーカーを育種に利用して選抜と表現型観察の手間を省き、新品種開発を一気に進めようという取組みがなされてきている。このような方法は MAS (marker assisted selection) と呼ばれている。本研鑽プログラムにおいても MAS を可能とするため、品種間の DNA 多型を利用して品種識別ができる SSR マーカーの利用を検討した。SSR マーカーは品種間でゲノム上の単純な塩基配列の繰り返しの長さが異なることを利用して判別を行う。

利点は実験操作が簡便なことで、欠点としては近縁品種間では利用できるマーカーが少ないことが挙げられる。

SSR マーカーによる解析の一例を図 9 に示す。第 6 染色体の RM412 マーカーは長香稻とオオチカラで共通しているが、他のジャポニカ品種においては繰り返しの長さが異なっていることで判別できる。また第 7 染色体の RM418 マーカーは金南風、オオチカラ、台中 65 号で共通、それとは異なる長さで雄町、山田錦、五百万石とコシヒカリで共通していると思われる。このような品種特異的な分子マーカーの染色体上の位置と粒大や心白の多少などの酒米表現型との関連を明らかにすることで、選抜対象の個体が目的の遺伝子領域を持つかが判定でき、表現型を見ずに選抜が行えるようになる。今回イネゲノム上の 31 箇所の SSR マーカーを使用した結果、品種間でははっきりと多型を示すマーカーが 14 個見つかった。今後はさらにマーカー数を増やし、現実的に MAS を行えるようにすることが課題である。

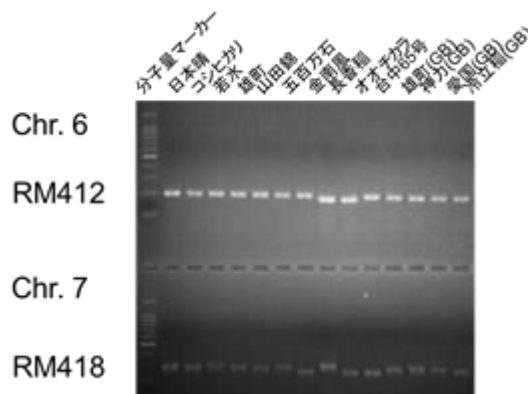


図 9

4 考察

なごみ桜の醸造に使う若水について、他の酒米品種との栽培形質と酒造形質の比較を行った。また人工交配を若水×コシヒカリ、若水×日本晴、五百万石×コシヒカリ、五百万石×日本晴で行い、F₁ 種子を得た。これら次世代以降の解析に必要な DNA マーカーの利用の可否について検討を行った。

若水は千粒重、心白発現率においては他の酒米と比較して遜色ないものの、一株粒数が顕著に少なく、この点を改良すればそれだけでも収量増加に貢献し、なごみ桜生産の単価を下げるができるものと思われる。さらにオオチカラなどの超大粒種と交配し、千粒重を増やしたり、稈長が低くても穂長が短くならない形質を導入できればさらに収量が増加する可能性がある。しかし酒米として利用されていないオオチカラと交配することで、玄米品質の低下、ひいてはなごみ桜の酒質の低下を招く危険性もある。そこでなごみ桜の特徴を大きく変えずに生産性を上げるためには、若水の親である五百万石との戻し交配が良いのではないかと考える。五百万石の一株粒数は若水よりもずっと多いため、玄米品質を変えずに収量を上げられる可能性がある。

現在日本晴ゲノムをリファレンスとして、コシヒカリ、雄町、山田錦、五百万石、亀治、農林 8 号、Moroberekan のゲノム配列情報が解読されている^[1]。ここ数年でゲノムリシーケンシングの費用も大幅に低下してきており、若水ゲノムを読むことも非現実的な話ではない。これらの膨大な情報から SNP マーカーを探し出して MAS 育種に利用し、また染色体断片置換系統群を作製するなどして、酒米に好適な表現型と遺伝子領域との関連が明らかになれば、さらに良質の酒米品種の作出が可能となるだろう。そのためには、名大農学部酒なごみ桜にとってどんな特徴を持った酒米が良いのか、さらには一般の消費者がどのような酒を求め、生産者がどのような酒米を望み、酒蔵がどんな造りをしたいのかを明確にしていく作業が必要になると思われる。

参考文献

- [1] 黒田俊一, “オール名古屋大学の純米酒「なごみ桜」”, 日本醸造協会誌, 108, 352-353 (2013)
- [2] 香村敏郎, et al., “水稻酒米の新品種「若水」の育成”, 愛知農総試研報, 15, 24-34 (1983)
- [3] Ebana, K. et al., “Development of mini core collection of Japanese rice landrace”, Breed. Sci., 58, 281-291

(2008)

- [4] Sambrook and Russel, “Molecular cloning 3rd ed.”, Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, New York, (2001)
- [5] 堀内久満, et al., “水稻新品種オオチカラの育成経過と特性”, 北陸作物学会報, 26, 56-59 (1991)
- [6] 前重道雅, 小林信也, “最新日本の酒米と酒造り”, 養賢堂 (2012)
- [7] Arai-Kichise, Y. et al., “Genome-wide DNA polymorphisms in seven rice cultivars of *temperate* and *tropical japonica* groups”, PLOS ONE, 9, e86312, (2014)