



愛知県産新規酒造好適米「夢吟香」の米粒による デンプン構造解析

Structure Analysis of Strach in the Kernel of the New Rice Cultivar
Yumeginga for Sake Brewing Developed by Aichi Prefecture

杉本多起哉、伊藤彰敏
Takiya Sugimoto^{*1}, Akitoshi Ito^{*2}

神杉酒造株式会社^{*1},
あいち産業科学技術総合センター食品工業技術センター^{*2}
Kamisugi Syuzou Co., Ltd^{*1}
Aichi Center for Industry and Science Technology, Food Research center^{*2}

1. 測定実施日

2015 年 8 月 5 日 14 時 - 17 時 (1 シフト) , BL8S3
2015 年 8 月 7 日 14 時 - 17 時 (1 シフト) , BL8S3
2015 年 8 月 28 日 14 時 - 17 時 (1 シフト) , BL8S3
2015 年 9 月 10 日 10 時 - 17 時 (2 シフト) , BL8S3
2015 年 9 月 15 日 14 時 - 17 時 (1 シフト) , BL8S3
2015 年 9 月 29 日 10 時 - 17 時 (2 シフト) , BL8S3

2. 概要

各種条件の酒米 70%白米の米粒にシンクロトン光を照射し、広小角散乱によるデンプン構造解析を行った。吸水によるデンプン粒子の膨張に伴い、小角側のピークが増大し、広角側のピークが減少する傾向が認められた。また、夢吟香の散乱プロファイルの変化は、親品種である若水と山田錦の中間のパターンを示した。蒸米はデンプンの結晶構造が崩壊することにより、散乱プロファイルが平滑な曲線を示したが、老化に伴い結晶性が回復し、ピークが検出された。夢吟香の老化蒸米の散乱プロファイルの変化は、親品種である若水に類似していた。

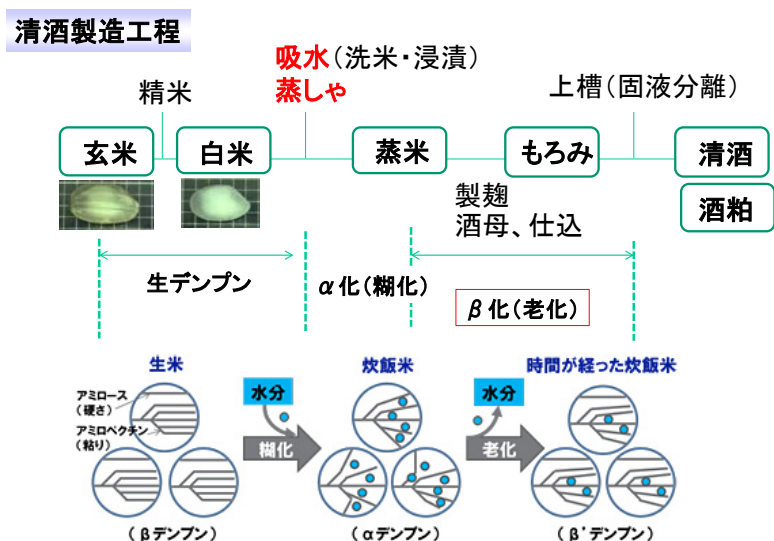
3. 背景と研究目的

本県において、高品質な吟醸酒向け酒造好適米「夢吟香」が開発され、平成 25 年に品種登録、平成 26 年に本県の奨励品種に指定された。山田錦や五百万石をはじめとする他県産の酒造好適米に対する、「夢吟香」の酒造好適米としての特性を明確にすることは、県産清酒の差別化を図る上で重要な課題である。

図1に酒造工程の概略を示す⁽¹⁾。酒造には酒造好適米の玄米を精米した白米が使用される。優れた酒造好適米の要件として、心白構造を有することが清酒製造において重要な役割を果たしている。心白とは、光が乱反射して米粒中心部が白く濁って見える部位のことであり、デンプン結晶の組織内に多くの空隙を有している。この心白の存在により、洗米に続く浸漬工程で米粒の吸水性・保水性が高まり、清酒製造において蒸米の溶解性や酒化率が上昇する。また、麹菌が米粒内部まで増殖できるため、酵素力価が高く、品質の優れた麴の製造が可能になるといわれる⁽²⁾。これまでの原料米の酒造特性の評価法は、視覚的な心白の確認や酒米分析（千粒重、精米特性、吸水性、消化性）にとどまっており、心白の構造に基づいた酒造特性の評価法はなく、関連する研究例もほとんどない。

一般に、米の主成分であるデンプンは、アミロース（ブドウ糖が直鎖状）とアミロペクチン（ブドウ糖が房状）の混合体であり、デンプンは水分や加熱によって膨潤することが知られている⁽³⁾。したがって、酒造において図1に示す浸漬及び蒸米では、デンプンの結晶が部分的に分解して、麹菌の増殖に関与するなど、デンプン結晶と酒造過程には密接な関係がある。

本研究では米粒へのシンクロトン照射により、局所的なデンプン構造を解析し、愛知県産新規酒造好適米「夢吟香」の酒造特性を評価した。



図引用 <http://www.kri-c.jp/aboutkri/news/2014/1021.html>

図1 清酒製造工程の概略図

4. 実験内容

(1) 試料 日本3大酒米である山田錦（兵庫県産）、五百万石（富山県産）、美山錦（長野県産）、愛知県産酒米である夢吟香、若水、夢山水の70%白米（水分 14.0%(w/w)）を使用した。なお、平成26年産米を使用した。酒米は優良品種の交配等によって改良がおこなわれている。図2に本研究で用いた酒米の系譜、玄米と70%白米の外観写真を示した。

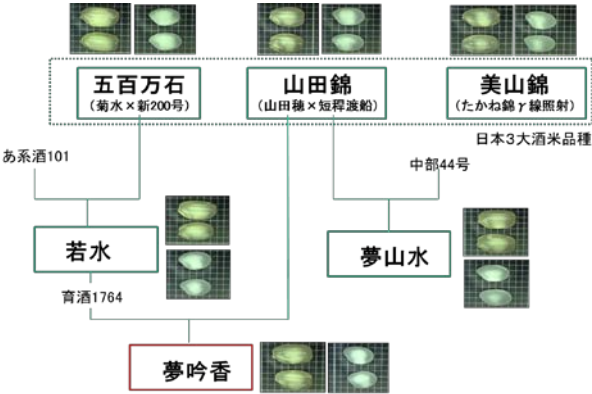


図2 各種酒米の系譜

(2) 広・小角散乱回折（あいちシンクロトロン光センター：BL8S3 図3）
各種酒米の米粒試料（中心部）を測定した。

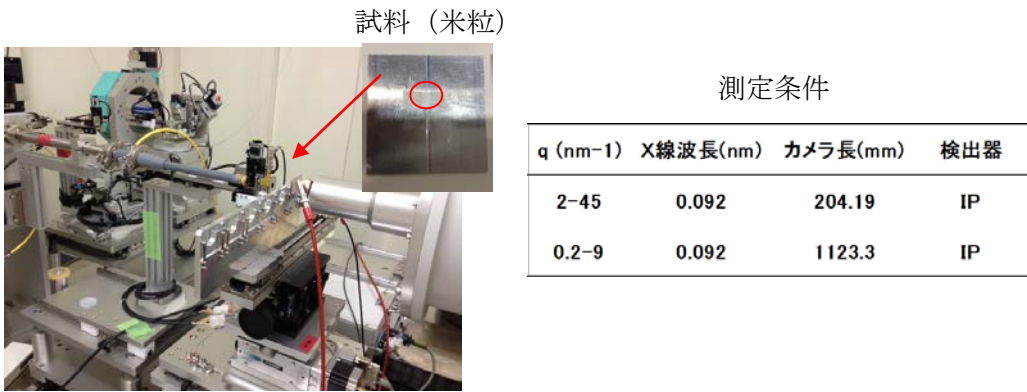


図3 シンクロトロン光による酒米の測定（広・小角散乱 BL8S3）

5. 結果および考察

小角散乱で用いられる q 値は散乱体のサイズを反映している。米粒は原子レベルの結晶からナノレベルのセルに至る構造的要素から成り立っている（図4）。そこで、本研究では、q 値が(1)2-45nm⁻¹、散乱体サイズ:0.13-3nm、(2)0.2-9nm⁻¹、散乱体サイズ 0.7-31nm で測定を行った。

前期の研究成果により、未処理白米の広・小角散乱プロファイルの q 値が 4nm⁻¹ 付近のピーク強度に品種による差異が認められ、ピーク強度の順に、山田錦>夢吟香>美山錦>夢山水>五百万石≒若水であった。このピークの強弱は、アミロペクチン連鎖の配列の違いを表しており⁽⁴⁾、夢吟香は、親品種である山田錦に近似したデンプン構造を有していることが推察された（図5）。

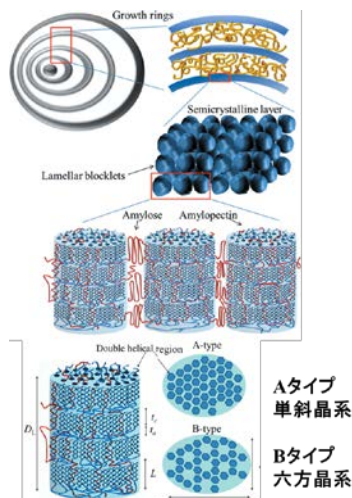


図4 デンプン構造

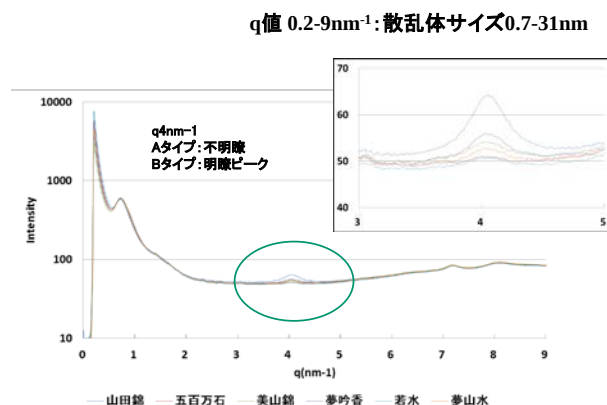


図5 白米の小角散乱プロファイル

(1) 吸水処理によるデンプン構造の変化

酒造工程で行われる最初の原料処理工程は吸水である。吸水米は蒸しや工程を経て蒸米となるが、蒸米の含有水分の多少が、麴の品質（酵素活性、バランス）やもろみ中での蒸米の溶解、ひいては酒質に大きく関与するため、吸水処理は厳格に時間管理されている。図6に、各種酒米の吸水時間による吸水率の変化を示した。若水は吸水速度が最も速く、吸水20分でほぼ最大吸水量に到達した。夢吟香は山田錦に近似した吸水曲線を示した。

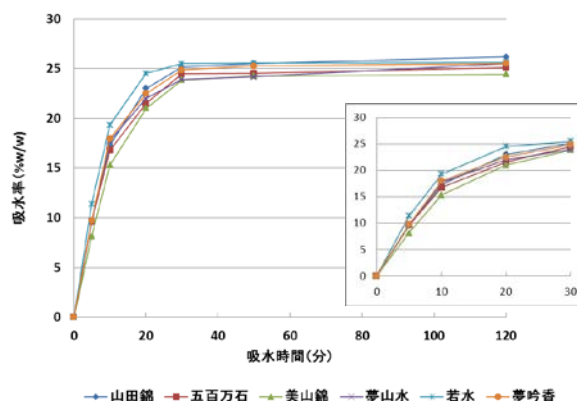


図6 酒米の吸水率変化

親品種である若水及び山田錦を対照として、各種吸水時間における夢吟香の広・小角散乱測定を行った（図7）。吸水時間の増加とともに、小角側のピークが増大し、広角側のピークが減少する傾向が認められた。これは、米粒の吸水処理により、デンプンのアミロペクチン構造のラメラ層へ水分子が流入し、粒子が膨潤したことに由来するものと推察される。若水の散乱プロファイルにおいて、吸水5分と20分のプロファイルパターンが重なるのに対し、山田錦は吸水時間を経るにつれて、徐々に吸水20分のプロファイルパターンに近づく傾向を示した。夢吟香は親品種である若水と夢吟香の中間のパターンを示した。

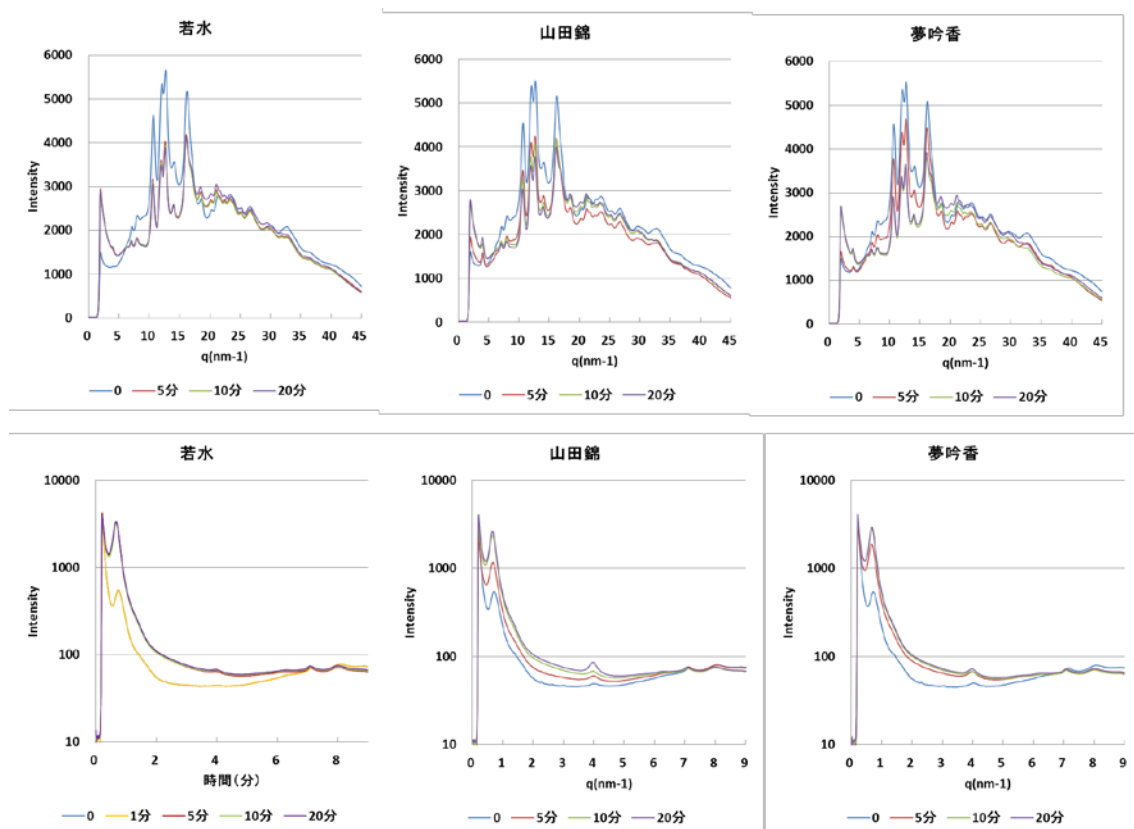


図7 吸水米の小角散乱プロファイル

(2) 蒸米の老化によるデンプン構造の変化

白米中の生デンプンは、吸水、蒸しや工程により α 化デンプンとなる。 α 化デンプンは気中で放置されることにより、徐々に β 化デンプンに変化する。 α 化デンプンが β 化する現象を老化と呼んでいる。麹菌は生デンプンを資化することができず、また、酒造酵素（デンプン分解酵素）は生デンプンを分解することができない。よって、麹の製造や、酒造酵素作用によりアルコール発酵基質であるグルコースを生成させるためには、デンプンの α 化は必須であり、老化（ β 化）の程度を把握することは酒造工程上、重要である。

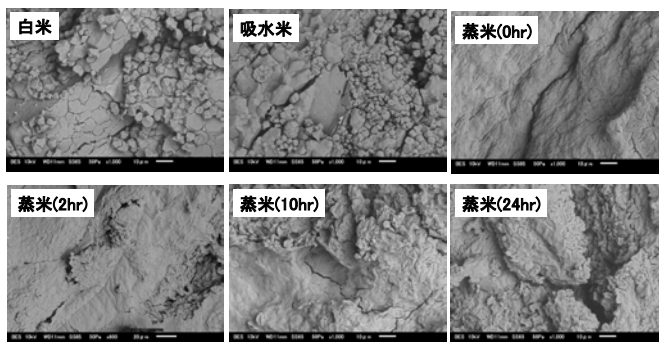


図8 蒸米放置の構造変化（夢吟香）

図8に、夢吟香の蒸米放置による構造変化をSEMにより観察した結果を示した。米粒の中心部を観察した結果、白米と吸水米では顕著な相違は認められなかったが、蒸米ではデンプン粒構造が崩壊し、糊状の構造を呈した。放置時間が長くなるにつれて、元通りではないが、結晶性が回復することが観察された。

図9に、各種酒米の蒸米を15℃で所定時間老化させ、酵素液中（ α アミラーゼ60U/mL）で消化させたときのBrixの変化を示した。このときのBrix値は米の溶け具合を表す。若水及び五百万石は、老化速度が速いのに対し、山田錦は老化速度が最も低い傾向を示した。夢吟香は親品種である若水と山田錦の中間の値で推移した。

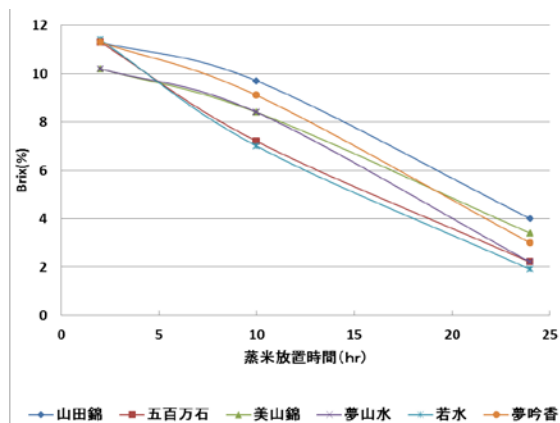


図9 老化蒸米の消化性

親品種である若水及び山田錦を対照として、各種放置時間における夢吟香蒸米の広・小角散乱測定を行った（図10）。放置時間の増加とともに、小角側ピークの増大や、広角側のピークの回復が認められた。これは、糊状で結晶性を持たない α 化デンプンが、 β 化（老化）により徐々に結晶性が回復することによって由来するものと推察される。山田錦の小角散乱プロファイルにおいて、放置2時間と10時間のプロファイルパターンが重なるのに対し、若水は小角側のピークが増大した。夢吟香は若水に近似したプロファイルパターンを示した。

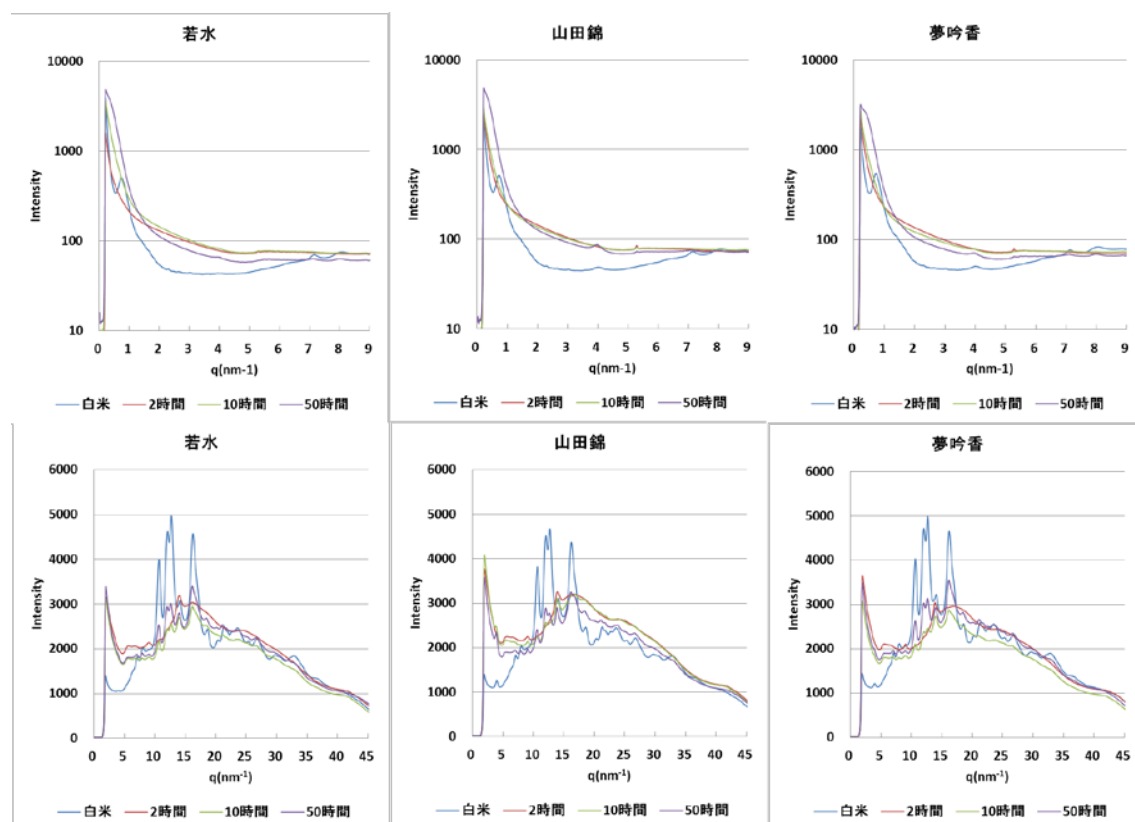


図10 老化蒸米の小角散乱プロファイル

以上、夢吟香は白米の小角散乱により、 q 値 4nm^{-1} が明瞭な B タイプ（六方晶系）のデンプン構造を示し、山田錦に近い構造を有することが示唆された。吸水米では、親品種である若水と山田錦の中間の散乱プロファイルを示し、老化蒸米では、若水に近似したプロファイルパターンを示した。吸水米及び老化蒸米の解析結果は、実地醸造の事象とかさなるところがあり、非常に興味深い結果となった。

また、酒米品種により、吸水米や老化蒸米の散乱パターンが異なることから、小角散乱測定は酒米の酒造特性を解析できる有望な分析ツールとなる可能性がある。

6. 今後の課題

本事業で確立したシンクロトロン光分析の手法を用いて、酒造工程（吸水、蒸し、製麹（麹）、酵素分解（もろみ））におけるデンプン構造の変化（ラメラ構造等）を米粒レベルで詳細な検討を行い、愛知県産新規酒造好適米「夢吟香」の酒米特性をさらに精査する必要がある。

7. 参考文献

- (1) 増補改訂清酒製造技術，日本醸造協会編（2010）
- (2) 柳内ら，生物学，74，97-103（1996）
- (3) 奥田，生物学，90，227-230（2012）
- (4) Hsien-Kai Huang *et al*, IUCrJ . 1, 418-428 (2014)