



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

杉本多起哉*¹、伊藤彰敏*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

1. 測定実施日

2014 年 11 月 28 日 10 時 - 16 時 00 分 (2 シフト) , BL8S3
2015 年 1 月 28 日 10 時 - 17 時 00 分 (2 シフト) , BL8S3
2015 年 2 月 27 日 10 時 - 17 時 00 分 (2 シフト) , BL8S3
2015 年 3 月 11 日 10 時 - 17 時 00 分 (2 シフト) , BL5S2

2. 概要

各種酒米品種 70%白米の米粒にシンクロトロン光を照射し、デンプン構造解析を行った。小角散乱回折の結果、 q 値 (\AA^{-1}) 4 近辺のピークに品種による特異性が認められ、遺伝的形質が反映されていることが示唆された。X 線回折の結果、米粒試料でも粉末試料同等のプロファイルが得られた。また、心白米と無心白米の差、及び品種間差は認められなかった。

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⁽²⁾。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、製麴、酒母さらには仕込みに至る過程で蒸米の溶解性や酒化率が上昇する。また、麴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

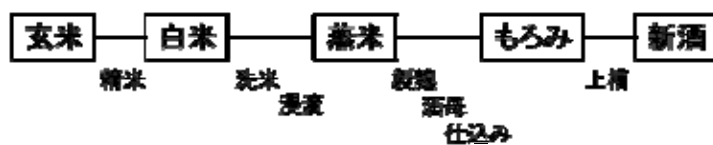


図1 酒造工程

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）にとどまっております、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、酒造においては、図1に示す浸漬および蒸米では、デンプンの結晶が部分的に分解して、麹菌の作用を受けやすくなるなど、デンプン結晶と酒造過程には密接な関係がある。

そこで、本研究ではシンクロトロン光を利用して、愛知県産新規酒造好適米「夢吟香」の酒造特性を明らかにすることを目的に、各種酒造好適米の米粒における局所的なデンプン構造を解析し、品種によるデンプン構造の特徴を明らかにする。

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によって改良が行われている。図2は本研究で用いた酒米の系譜、玄米と精米の外観写真を示す。

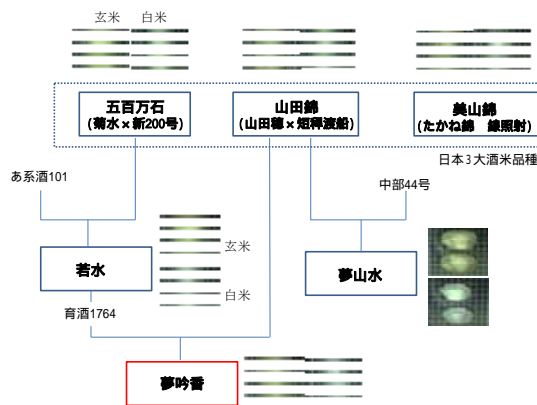


図2 酒米、玄米と精米の外観

(2) 広・小角散乱（あいちシンクロトロン光センター：BL8S3 図3(a)）各種酒米の米粒試料（中心部）を測定した。測定条件は下記の通りである。

表1 広・小角散乱測定条件

Q (nm ⁻¹)	X線波長 (nm)	カメラ長 (mm)	検出器
2~45	0.092	204.19	IP
0.2~9	0.092	1123.3	IP
0.4~0.8	0.150	4023.8	PILATUS 100K

(3) X線回折（あいちシンクロトロン光センター：BL5S2 図3(b)）各種酒米の精米粉末及び精米粒試料（心白部）を測定した。測定は、X線波長：0.1 nm、検出器：PILATUS 100Kで行った。

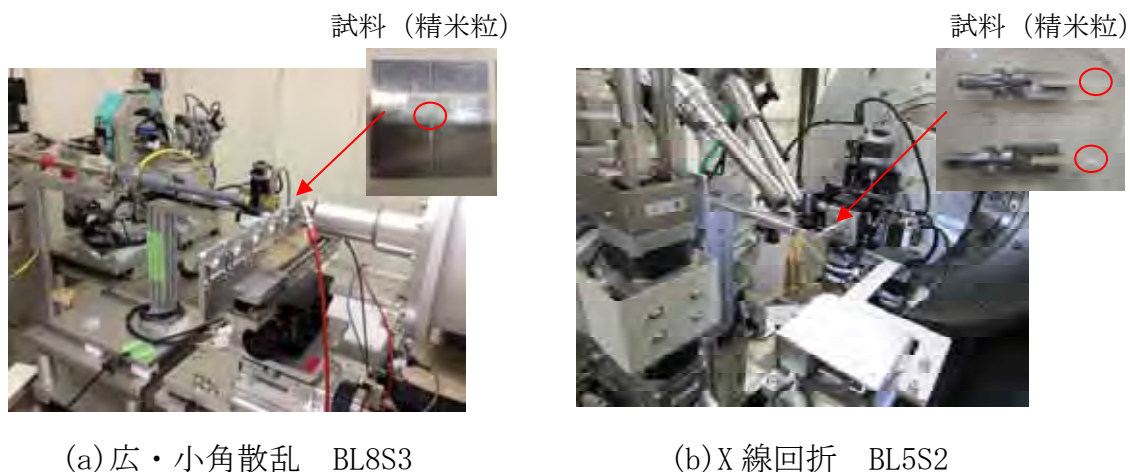


図3 シンクロトロン光による酒米の測定

5. 結果および考察

(1) 広・小角散乱測定

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) $2 \sim 45 \text{ nm}^{-1}$ 、散乱体サイズ: $0.13 \sim 3 \text{ nm}$ 、(2) $0.2 \sim 9 \text{ nm}^{-1}$ 、同 $0.7 \sim 31 \text{ nm}$ 、(3) $0.4 \sim 0.8 \text{ nm}^{-1}$ 、同 $7.8 \sim 170$ で測定を行った。

6種類の精米についての広・小角散乱測定結果を図5に示す。まず、 q 値: $2 \sim 45 \text{ nm}^{-1}$ の広角の散乱 (図5 (a)) では、6種類の散乱プロファイルはよく一致しているが、 q 値が 4 nm^{-1} 付近のピークの強度に品種による差異が認められる。(b-1)と(b-2)には、 q 値: $0.2 \sim 9 \text{ nm}^{-1}$ の範囲の測定結果を示す。この範囲でも6品種におけるプロファイルの差異は、 q 値が 4 nm^{-1} 付近のピークにみられる。(b-2)の拡大図

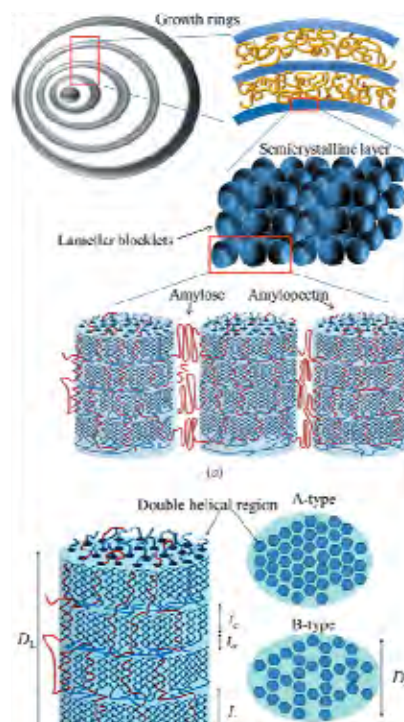


図4 デンプンの構造 (4)

でピーク強度の順位付けをすると、山田錦>夢吟香>美山錦>夢山水>五百万石≒若水となった。山田錦と若水の交配で生まれた夢吟香では、ピーク強度の大きな山田錦と、ピーク強度の小さな若水の中間的な特徴が現れている。また、 $Q: 0.7 \text{ nm}^{-1}$ 付近のピークは、デンプンの構成要素であるアミロースとアミロペクチンからなる“growth ring”のラメラ構造を反映したものである (図4 ラメラ層厚さ L)⁽⁴⁾。

穀物のデンプン結晶について詳細に検討が行われており、 q 値が 4 nm^{-1} 付近

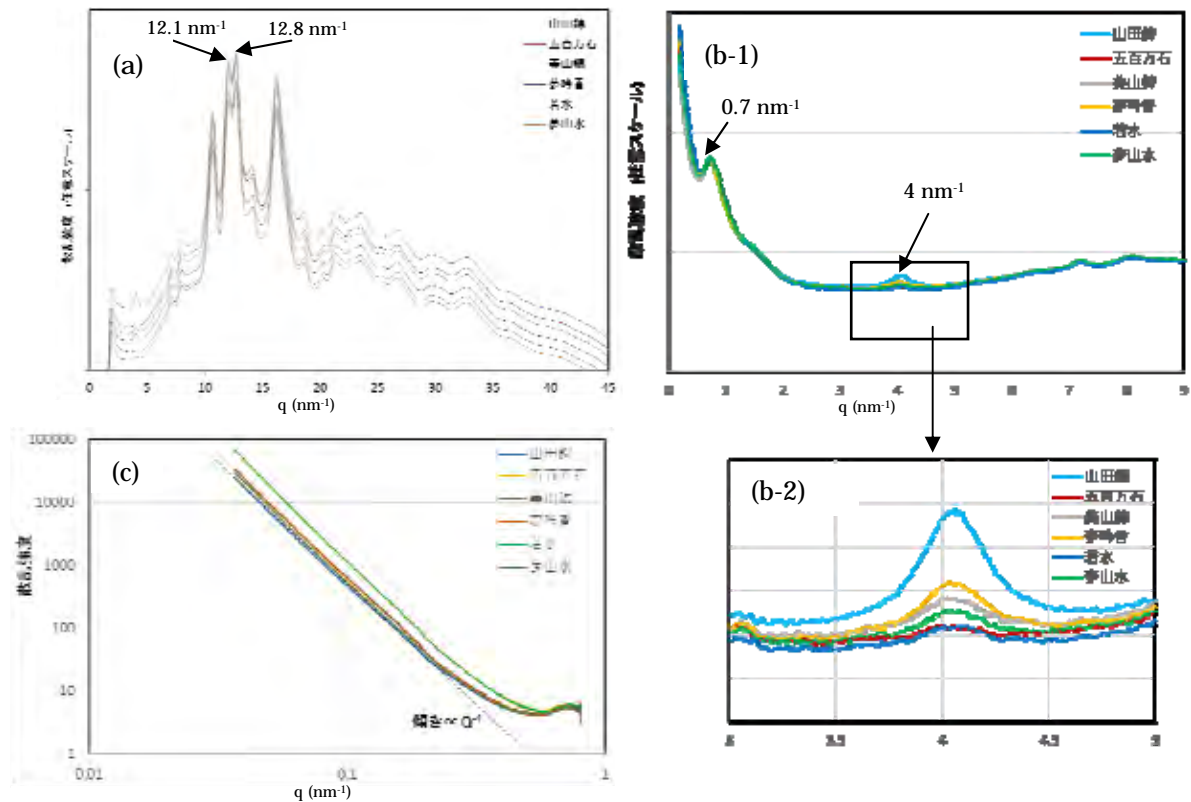


図5 小角散乱測定

(a) q 値 : $2 \sim 45 \text{ nm}^{-1}$, (b-1) q 値 : $0.2 \sim 9 \text{ nm}^{-1}$, (b-2) (b-1)の一部拡大
 q 値 : $0.04 \sim 0.8 \text{ nm}^{-1}$ (両対数プロット)

のピークがほとんど現れない A タイプと、明瞭なピークが現れる B タイプとに分けられるといわれる⁽⁴⁾。この違いは、デンプンの構成要素であるアミロペクチンの連鎖の配列の違いによる。A タイプでは単斜晶的配列であるのに対して、B タイプでは六方晶的配列をしており、 q 値 : 4 nm^{-1} のピークは六方晶の 100 反射を示す。また、A タイプでは Q が 12.1 と 12.8 nm^{-1} にほぼ同じ高さのピークが現れるのに対して、B タイプでは 12.8 nm^{-1} のピークの方が高い⁽⁴⁾。図 5 (a) では、酒米 6 品種ともに、 q 値が 12.1 と 12.8 nm^{-1} にピークが見られることから、A と B の中間的な特徴を示している。さらには、 q 値 : 4 nm^{-1} 付近のピーク強度の順位 (山田錦 > 夢吟香 > 美山錦 > 夢山水 > 五百万石 ≒ 若水) は、B タイプに近い方からの順位ともいえる。

q 値 : $0.4 \sim 0.8 \text{ nm}^{-1}$ の小角散乱測定では (図 5 (c))、縦軸と横軸を両対数で示してある。この傾きを求めると、6 品種ともにおおよそ散乱強度 $\propto q^{-4}$ である。この結果は散乱体の形状が粒子状であることを示唆している⁽⁵⁾。

(2) X 線回折

本研究で用いた入射 X 線は $\phi 0.3 \text{ mm}$ である。米粒 (心白の大きい精米を選別したもの) の中心付近の心白に X 線が照射されるように試料位置を調整し回折像を得た。また、精米を粉碎して作製した粉末については、ガラスキャピラリに充填して X 線回折を行った。精米粒と粉末の X 線回折測定結果を図 6 に示す。粉末の場合、米粒に比べてピーク強度が小さくバックグラウンドが高い。粉末

化の過程で、デンプンの結晶の多くが崩壊したためと考えられる。粉末の場合には品種による差異はほとんど認められなかった。精米粒の場合は、 $2\theta : 4^\circ$ 付近のピーク形状が品種によって異なるほかは、ほぼ同じプロファイルを示した（図5 (a)とほぼ同じ結果である）。なお、ここでは示していないが、心白を含まない米粒でも、同様の測定を行ったが、心白を含む精米粒との差異は小さい。

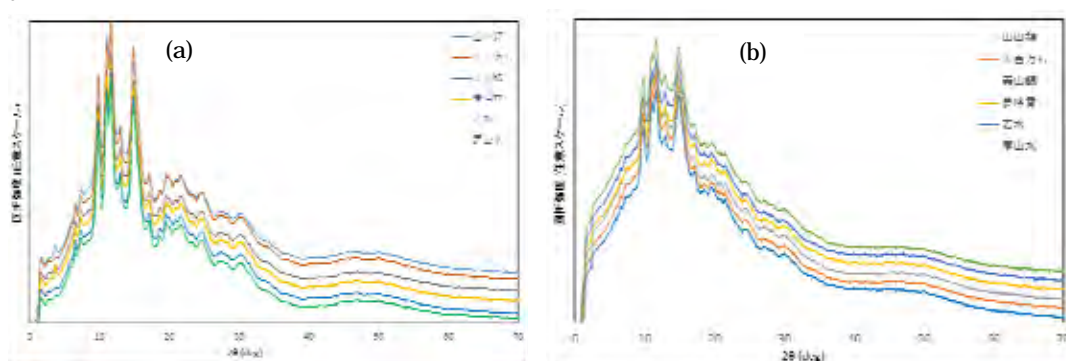


図6 精米の X 線回折 (a)精米粒 (心白)、(b)精米粉末

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) 例えば、東京都酒造組合ホームページ
- 2) 例えば、<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%85%92%E7%B1%B3>
- 3) 奥田, 生物工学, 90,227-230(2012)
- 4) Hsien-Kai Huang *et al*, IUCrJ . 1, 418-428 (2014)
- 5) 松岡, 日本結晶学会誌, 41,213-226(1999)