

高温登熟障害に強い多収穫酒造好適米の開発

広島県立総合技術研究所 食品工業技術センター

山崎梨沙, 大場健司, 大土井律之

新酒造好適米の目標

1 多収

八反錦 (530kg/10a) 以上
比較的安価な高品質酒

2 高温登熟耐性

[酒造好適米では未開発]
日本酒の品質安定

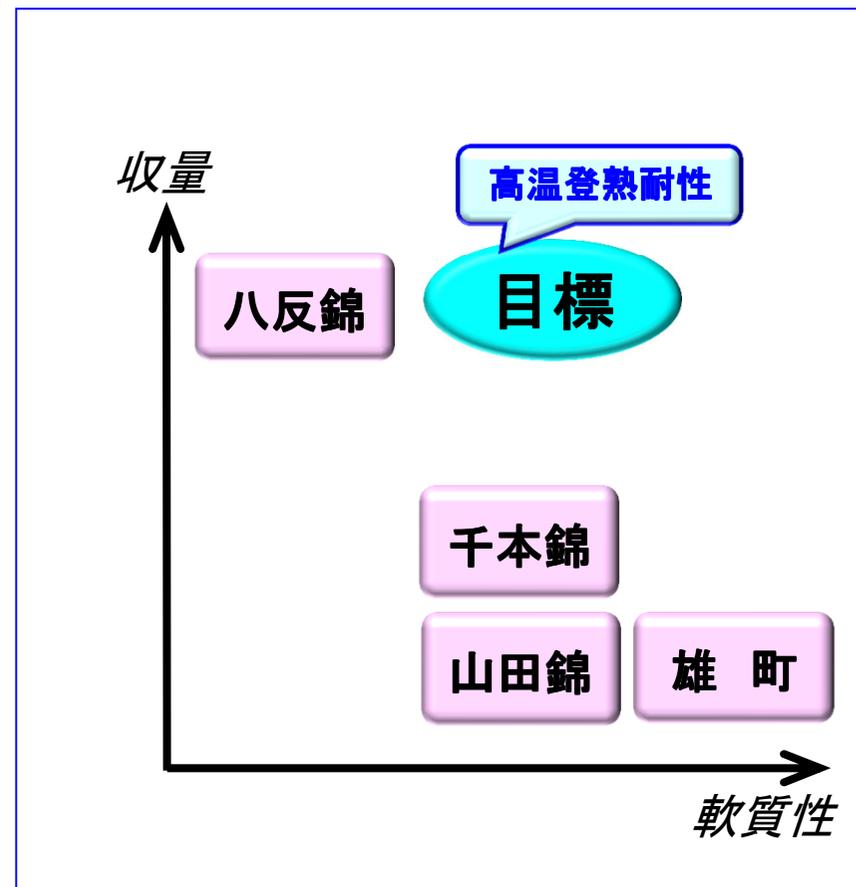
3 心白

大きさは精米特性向上のため
「小」~「中」

4 軟質

麴酵素による溶解性は山田錦以上

これまでの広島県産米にはない、ふくらみのある味わい



交配親

多収

八反錦1号
広系酒42号 等

軟質

山田錦
備前雄町
愛山 等

高温登熟耐性

西南136号
愛知118号
西海259号 等

➤ 現在，約60組合せについて世代促進を進行中

H28年度末までの進捗状況

別紙参照

H28生産力検定試験供試系統について

| | | 穂肥施用日 | 出穂始 | 出穂期 | 出穂揃 | 成熟期 |
|-----------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 八反錦1号 | 八反35号/アキツホ | 7月13日 | 9月30日 | 8月1日 | 8月3日 | 9月6日 |
| こいおまち | 改良雄町/ニホンマサリ | 7月23日 | 8月4日 | 8月7日 | 8月9日 | 9月20日 |
| 04-50F ₈ -108-2 | こいおまち/北陸200号 (みずほの輝き) | 7月23日 | 8月19日 | 8月20日 | 8月21日 | 9月30日 |
| 改良雄町 | 比婆雄町/近畿33号 | 7月23日 | 8月9日 | 8月13日 | 8月16日 | 9月23日 |
| 05-38F ₆ -297-2 | 八反錦1号/3/峰光/広系酒7号 (こいおまち) //蔵の華) | 7月23日 | 7月30日 | 8月1日 | 8月3日 | 9月3日 |
| 04-50F ₈ -108-1 | こいおまち/北陸200号 (みずほの輝き) | 8月1日 | 8月16日 | 8月19日 | 8月21日 | 10月1日 |
| 中交11-61F ₇ -24-5 | こいおまち/にこまる | 8月1日 | 8月16日 | 8月19日 | 8月22日 | 10月3日 |
| 中交11-61F ₇ -22-4 | こいおまち/にこまる | 7月23日 | 8月15日 | 8月19日 | 8月21日 | 10月1日 |

| 系統NO, 品種名 | 吸水率(%) | | 消化性試験 | | |
|-----------------------------|--------|------|----------|---------|-----------|
| | 20分 | 120分 | 蒸米吸水率(%) | Brix(%) | フォルモール態窒素 |
| 八反錦1号 | 30.3 | 30.7 | 36.2 | 7.8 | 1.4 |
| こいおまち | 29.9 | 30.4 | 35.5 | 10.1 | 1.6 |
| 04-50F ₈ -108-2 | 28.7 | 32.4 | 38.0 | 10.9 | 1.7 |
| 改良雄町 | 30.2 | 30.6 | 36.4 | 10.7 | 1.7 |
| 05-38F ₆ -297-2 | 29.7 | 31.8 | 38.0 | 10.1 | 1.6 |
| 04-50F ₈ -108-1 | 28.5 | 32.2 | 38.1 | 11.0 | 1.6 |
| 中交11-61F ₇ -24-5 | 26.8 | 31.8 | 36.9 | 10.4 | 1.5 |
| 中交11-61F ₇ -22-4 | 26.0 | 32.2 | 37.7 | 10.3 | 1.4 |

山田錦や雄町などの軟質米の消化性Brix値は10以上であるので、選抜系統は軟質性の面で目標を達成していた。また、収量についても目標を達成していた。

精米特性による選抜方法の探索について

新たなニーズ：

広島県酒造組合・荒巻酒米委員

「精米特性を調査し，新品種は**高精白が可能**であること。」
(軟質や多収を目標としているため，**精米特性低下の恐れあり**)



関連性はあるが，実際に精米して確認する必要あり！？

育種目標：**心白が「小」～「中」**

【例】山田錦

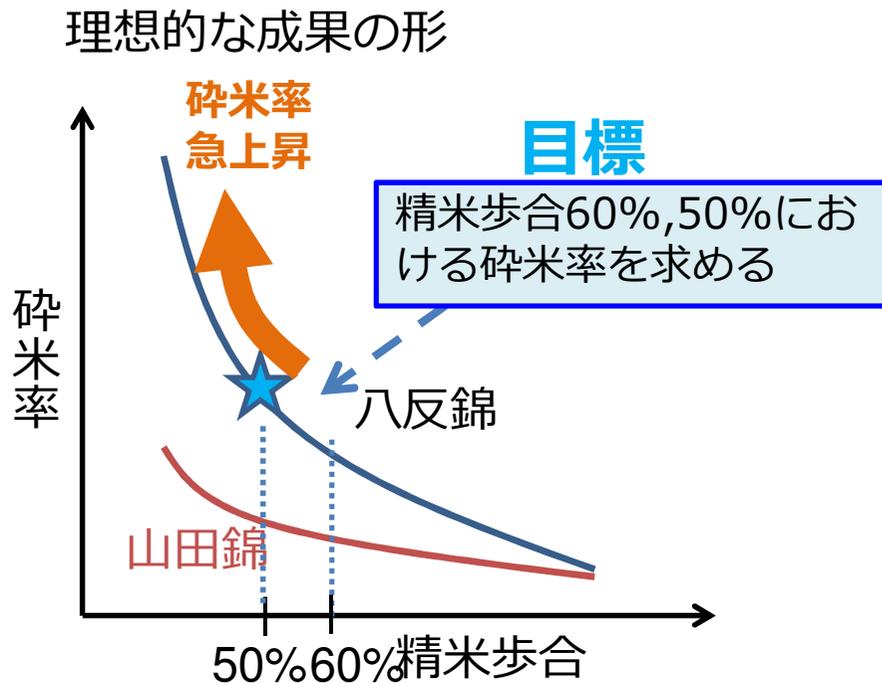
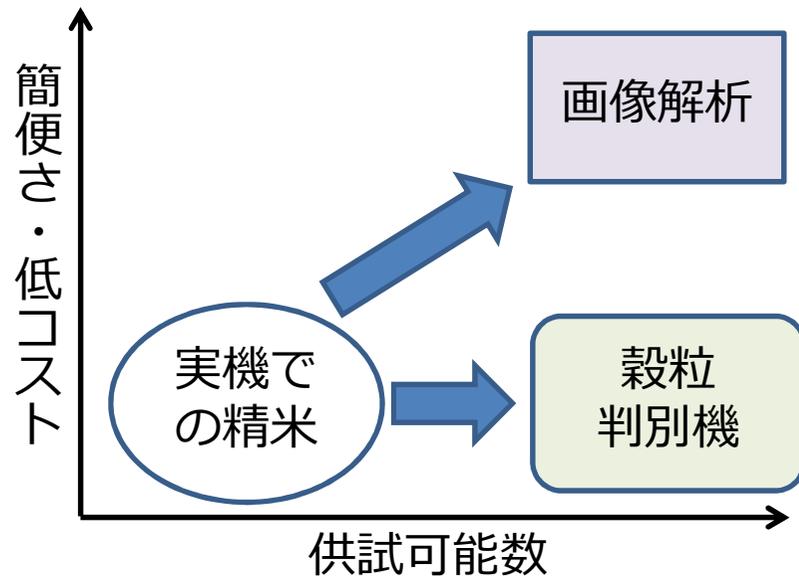
心白の大きさ：中 **済**
心白の形状：線状
心白発現率：60%



図1 「越淡麗」の玄米と心白形状

新潟農総研・作物研究センター撮影

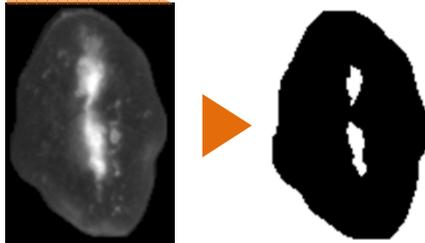
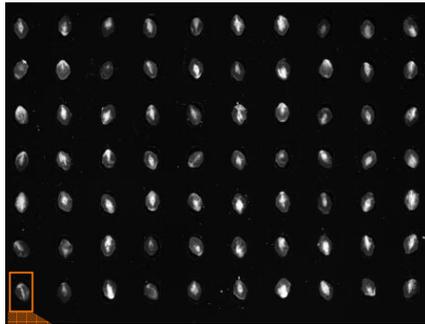
画像解析による精米特性の把握



画像解析の目的

- 画像解析パラメータ値によって砕米率を予測したい
- しかし、砕米率を決定しているのは、心白面積、心白発現率、心白形状（線状心白は精米特性良、腹白状心白は精米特性悪）、など多数の項目に分かれる
- よって、画像解析によって各要素の数値を算出し、総合的に砕米率が高いかどうか判断する

画像解析によって得られるパラメータ値



画像を二値化

画像解析の流れ

試料：玄米水分13.8%に調湿した酒米

方法：

穀粒切断機（ケット）使用し試料100粒を一度に切断



切断面を撮影



画像解析ソフトImageJを用いて1粒ごとの画像に単離し画像を二値化し、心白面積率、重心、円形度等の画像解析パラメータ値を取得



判別分析により、心白形状を判別

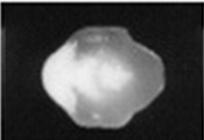
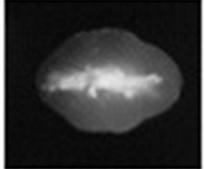
画像解析によって取得できるパラメータ値（イメージ）

| 品種 | 心白発現率 | 心白面積比 | 線状心白の割合 | 腹白状心米の割合 | 判定 |
|----|-------|-------|---------|----------|----|
| A | 90 | 8.3 | 10 | 10 | × |
| B | 75 | 5.2 | 20 | 5 | △ |
| C | 60 | 2.2 | 30 | 3 | ○ |

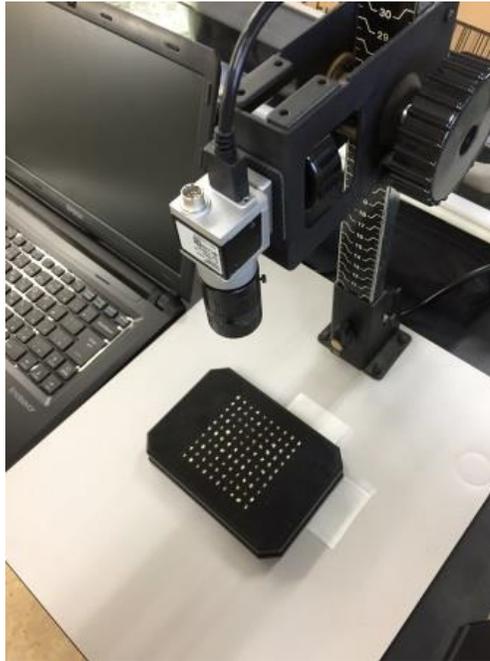
心白形状の判別

各用語の説明

| 名称 | 算出方法 | 範囲 | 備考 |
|-------|---------------------------------------|-------|-------------------------------------|
| 心白面積比 | 心白面積の総和/米の面積 | 0~100 | 適度な範囲（高すぎず、低すぎない）においては精米特性、醸造特性が良い。 |
| 心白発現率 | 心白発現が認められた数/検体数 | 0~100 | 高い方が、醸造特性が良い。 |
| 円形度 | $4\pi \times \text{面積} / \text{周長}^2$ | 0~1 | 値が1に近づくほど真円になる。 線状心白を判別できる可能性有 |
| 重心 | 心白の重心位置 | 0~100 | 重心位置が中心に近い程 砕米率が高くなる可能性有 |

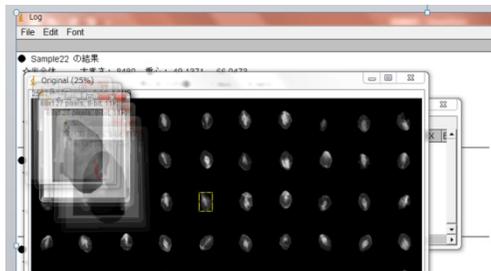
| 心白形状 | 画像 | 説明 |
|-------|---|-------------------------|
| 腹白状心白 |  | 腹白状心白が多いと、砕米率が高くなる |
| 線状心白 |  | 線状心白米が多いと、高精白に対応できる可能性有 |
| 乳白粒 |  | 心白面積に影響を与えるため取り除きたい |

画像解析の条件設定



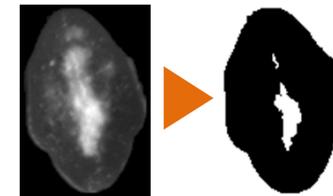
画像取得

- ◆カメラ acA2500-14um (Basler社)
- ◆カメラ制御 Pylon Camera Software Suite
 - シャッター速度
- ◆レンズ Basler Lens C125-1620-5M F2.0 f16mm
 - 焦点距離 (米一粒当たりのピクセル数)
 - 絞り値 (開くほど焦点深度が狭くなる)
- ◆照明 LED
 - 光量, 照明の位置



画像解析

- ◆画像解析ソフト ImageJ
 - 背景と米のしきい値
 - 米と心白のしきい値

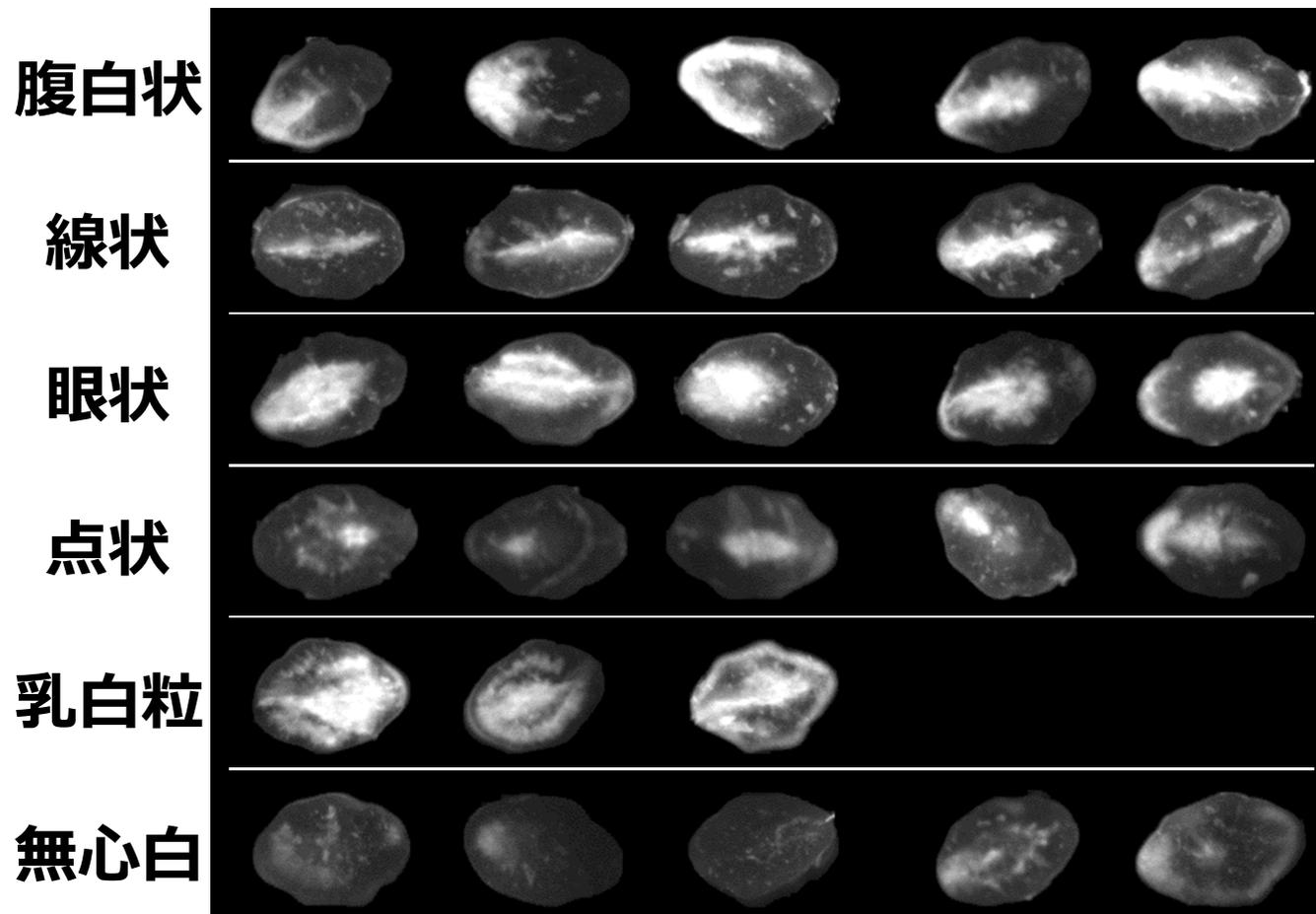


画像を二値化
米面積, 心白面積
それぞれの重心を算出

平成28年度の開発研究にて各条件値を決定した

心白形状の確認

- 7種類の品種について、それぞれ140枚の米断面の画像を取得
- それぞれの画像の心白形状を目視で確認し「腹白状心白」「線状心白」「眼状心白」「点状心白」「乳白粒」「無心白」に分類した

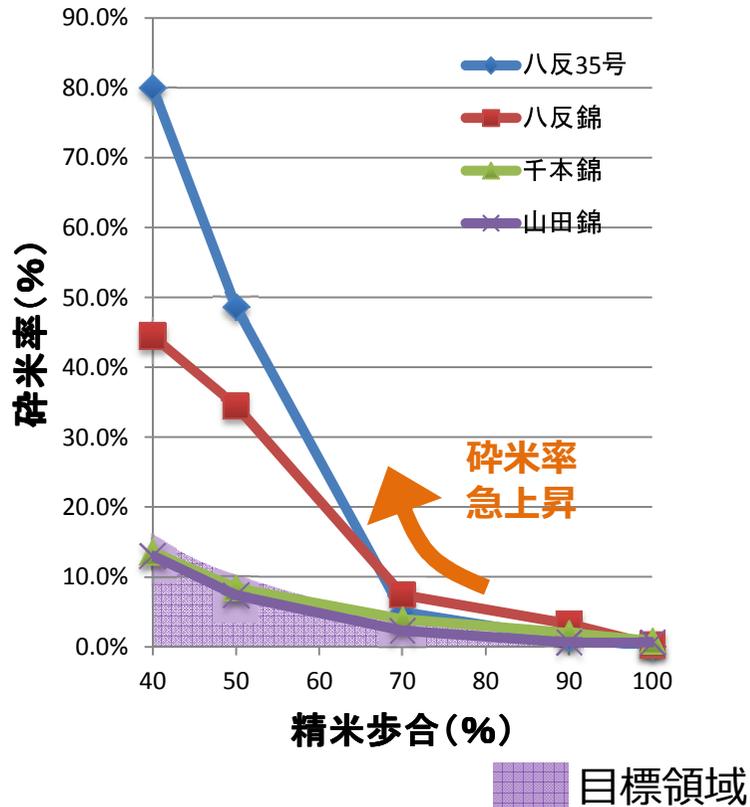


心白形状の確認

| 品種名 | 心白形状 (%) | | | | | | 心白 発現率 (%) |
|-------|----------|------|------|------|------|------|------------------|
| | 腹白状 | 線状 | 点状 | 眼状 | 乳白粒 | 無心白 | |
| 山田錦 | 4.3 | 25.7 | 10.7 | 17.9 | 0.0 | 41.4 | 58.6 |
| 千本錦 | 14.3 | 12.1 | 2.9 | 7.9 | 9.3 | 53.6 | 46.4 |
| 八反35号 | 30.0 | 17.1 | 18.6 | 3.6 | 15.7 | 15.0 | 85.0 |
| 八反錦 | 28.6 | 10.0 | 45.7 | 1.4 | 4.3 | 10.0 | 90.0 |
| こいおまち | 13.8 | 12.3 | 37.7 | 11.6 | 6.5 | 18.1 | 81.9 |
| 改良雄町 | 12.4 | 13.1 | 37.2 | 5.8 | 19.7 | 11.7 | 88.3 |
| 広系酒43 | 14.3 | 2.9 | 45.7 | 15.0 | 5.0 | 17.1 | 82.9 |

精米特性と画像解析パラメータ値の比較

4種類の酒米の精米特性



画像解析パラメータ

| | 八反35号 | 八反錦 | 千本錦 | 山田錦 |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 心白発現率 | 85.0% | 90.0% | 46.4% | 58.6% |
| 心白面積比 | 10.3 | 10.4 | 4.4 | 2.7 |
| 精米特性 | × | × | ○ | ○ |

心白発現率及び心白面積比のほか、心白の形状など他の画像解析パラメータ値を求め、総合的に精米特性との相関を求める

八反35号, 八反錦は
精米歩合70%から砕米率急増

酵母KA-1-25の改良について

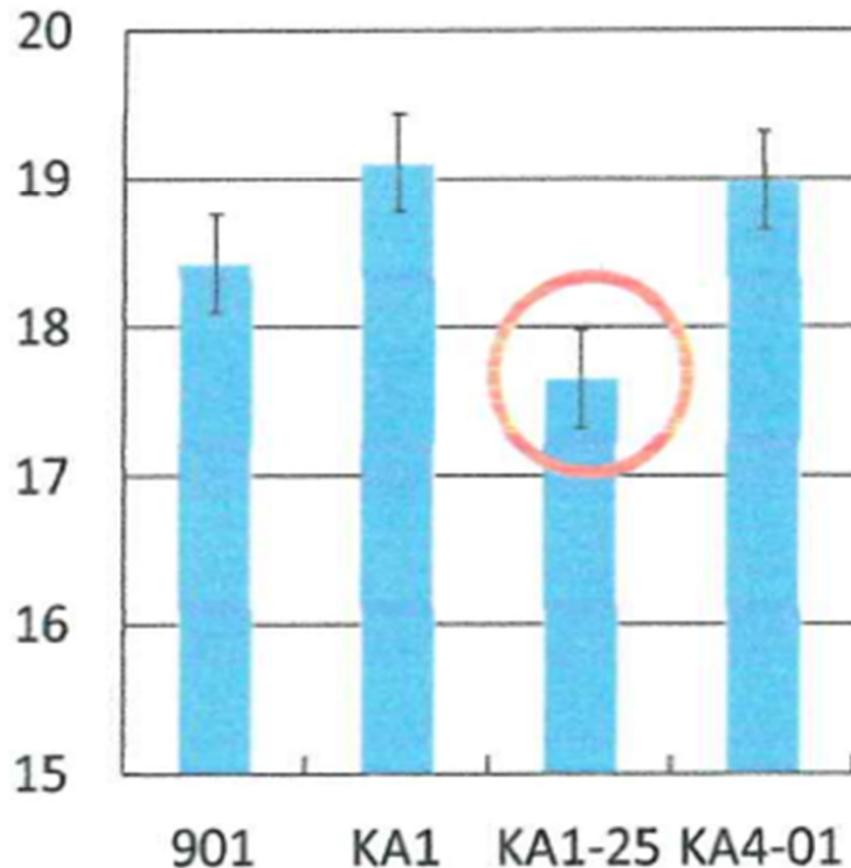
背景

- (株) 熊本県酒造研究所から譲渡された熊本酵母KA1を基に、製成酒の酸度及び酢酸エチル濃度が低くなるようなKA-1-25を平成7年に選抜。
- 選抜から20年以上が経過した現在でも、県内10社以上で主力商品製造用に使われている。
- しかしながら、貯蔵中のオフフレーバーが指摘された製成酒があることから、広島県酒造組合の委託を受け、広島工業大学と当センターがKA-1-25の改良に取り組んでいる。
- 今年度は、既存の熊本酵母系株 (KA-1, K901, KA-1-25) の試験醸造を実施し、それぞれの違いを把握する。

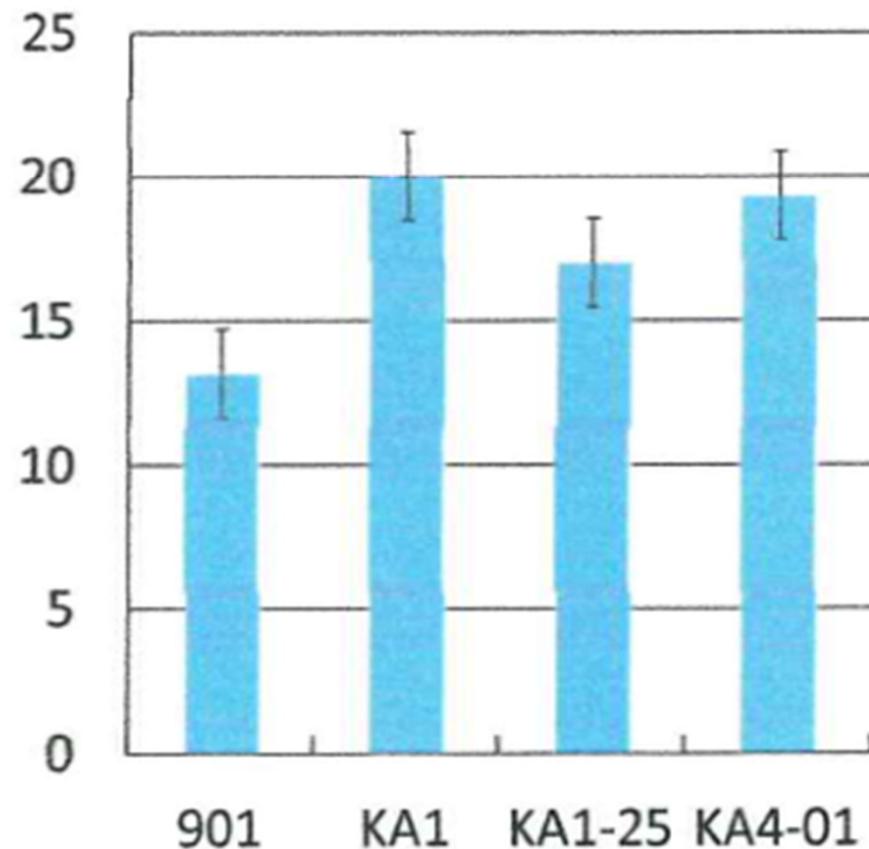
既存酵母のラボスケール試験醸造結果【広島工業大学実施】

広島県産千本錦（精米歩合60%）総米150g 3段仕込

アルコール度(%)



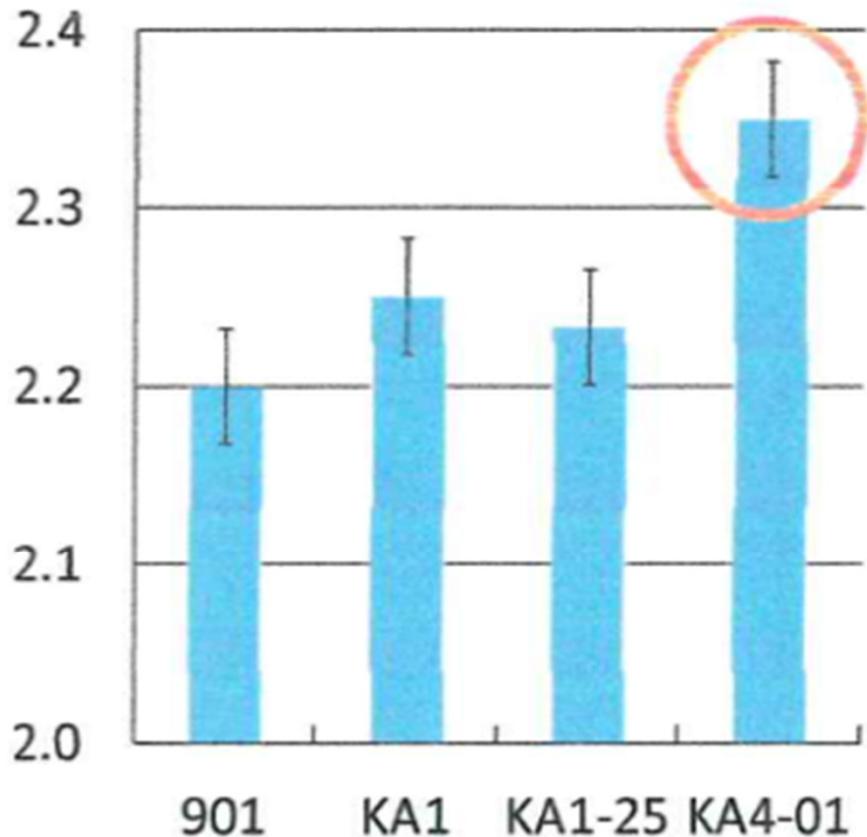
日本酒度



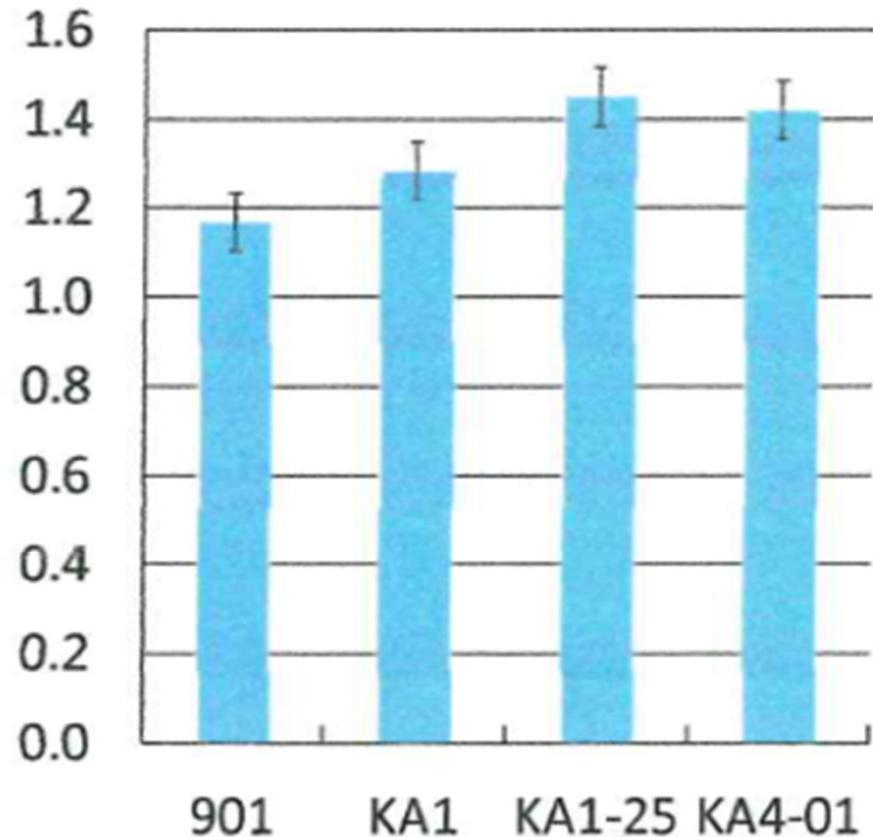
既存酵母のラボスケール試験醸造結果【広島工業大学実施】

広島県産千本錦（精米歩合60%） 総米150g 3段仕込

酸度 (mL)



アミノ酸度 (mL)



既存酵母のラボスケール試験醸造結果【広島工業大学実施】

広島県産千本錦（精米歩合60%）総米150g 3段仕込

香気成分分析

| | 901 | KA1 | KA1-25 | KA4-01 |
|---------------------|-----|-----|--------|--------|
| 酢酸エチル(ppm) | 72 | 90 | 72 | 100 |
| 酢酸イソアミル(ppm) | 3.1 | 3 | 2.4 | 2.9 |
| イソアミルアルコール (ppm) | 132 | 147 | 141 | 172 |
| カプロン酸エチル(ppm) | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.7 |

既存酵母のパイロットスケール試験醸造【当センター実施】

広島県産八反錦（精米歩合60%）総米220kg 3段仕込



醪5日目

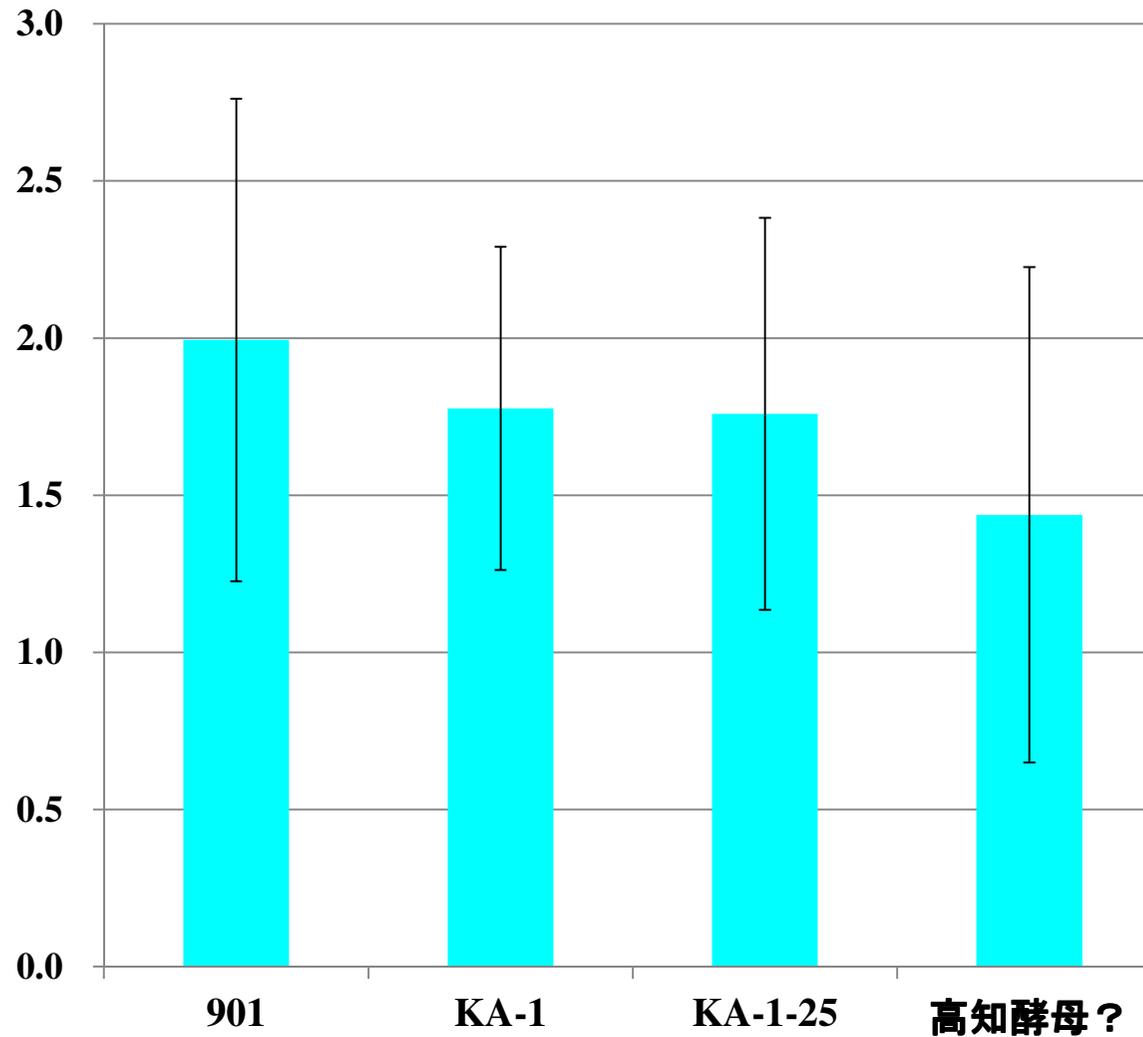
KA-1-25のもろみは、蒸し米の溶解が1日程度遅く、K901、KA-1と比較するとやや緩慢な発酵。

H28BY純米酒製造試験結果

別紙参照

官能評価結果（評点）

平成29年6月30日，広島県酒造組合にて実施
3点法，評価者17名（技術委員会，KA-1-25使用メーカー）



官能評価結果（コメント）

| 901 | KA-1 | KA-1-25 | 高知酵母？ |
|----------------------------------|--|---|--|
| 香り×, 重い | 香り良, やや苦味 | 香り良, キレイ | 香り良, フクラミ |
| おとなしい, うすい, やや酸 | にが, しぶ, やや酸 | 酸味, 旨味, バランス良い | ガス?しぶ?にが?酸味 |
| 味こい | さく, スッパイ, 香りうすい | 軽い, うすい | 酸味 |
| 切れ, 甘さ良 | 酢エチ少し, | バランス良い酸味 | 酸美味, キレ良い |
| アルコール臭, ツン香, 酸臭, エグ見, ほこり, 上立ち低い | ソフト, 丸い香り(低い)良, やや苦味, 少し酸, 硬さ, 収斂味, 酵母臭? | ソフトな香, 硬い酸, 巾ある | やや甘味ある香り, 渋, 甘いふくらみある, キレ良し, ガス感, パナナ様 |
| 酸が強い, 苦味が残る | 紙臭, くだい, 濃い | キレイ, バランス良い, 後味 | ふくらみ, キレカある, 香り良, バランス良 |
| 口当たり良い, ふくらみ | 上立香, 口当たり良い, ふくらみ, バランス良 | 香り強い | ガス, 後味苦味残る |
| 余韻甘味, 味うすいか, 立ち香弱いけど含み有, 苦残る | 濃い, 甘味, 苦残る, 香しっかりある | 香り弱め, 酸味浮き気味セーフ, 酸味残る | 味, 香りともバランス良い, キレ有 |
| 香り良い, キレ有, 後味良い, 少しうすい, 少し苦味 | 香り良い, キレ有, 苦味, エチ | 香り低, 少し雑味, 苦味 | 香り良い, 酢エチ高, きれい |
| 熟, 酢エ | 良香, ニガ | 良香, キレイ | 酢エ, 酸味 |
| 味良 | 香高 | 香高, 含み香高 | 味スツキリ, 酸有 |
| 香り良い, 酸強い | ハリ少し軽い, やや酢エチ | KA-1より少し軽い | ガス強い, 香り特徴(ウチの酒ではない) |
| キレイな酸, ニガ | さわやか, イソアミル?酢エチ?ニガ | 甘味, ぶどう, ニガ | 甘味, ニガ少ない, 酢イソ, 発泡, キレ良い |
| 甘味残る | | バランス良 | 炭酸含む, 苦い, 荒さ目立つ |
| 良 | 香り重い | 味コイ | |
| やや苦味残る, フルーティ, やや若い香り | やわらかな酸味, 穀物を思わせる重甘い香り | やわらかな味わい, やや香り重い | さわやかな酸味, わずかに甘味を感じる香 |
| 少し甘味の後苦味有, 香りは少し重い感じ | 香りは爽やか, 味も軽くて酸もやさしい, コハク酸が少ない?リンゴ酸が多い? | 香りおだやか, 味も軽くてとがって感じた(酸っぱい), アセトアルデヒド臭を感じる | 酢酸イソアミルの香りが高い, 軽快でうまい, ガス感がフレッシュ |

KA-1-25の改良の方向性

○後味改善，発酵力改善（有機酸組成も含め検討）

→醪後半の発酵力を改善し，アミノ酸度を低減

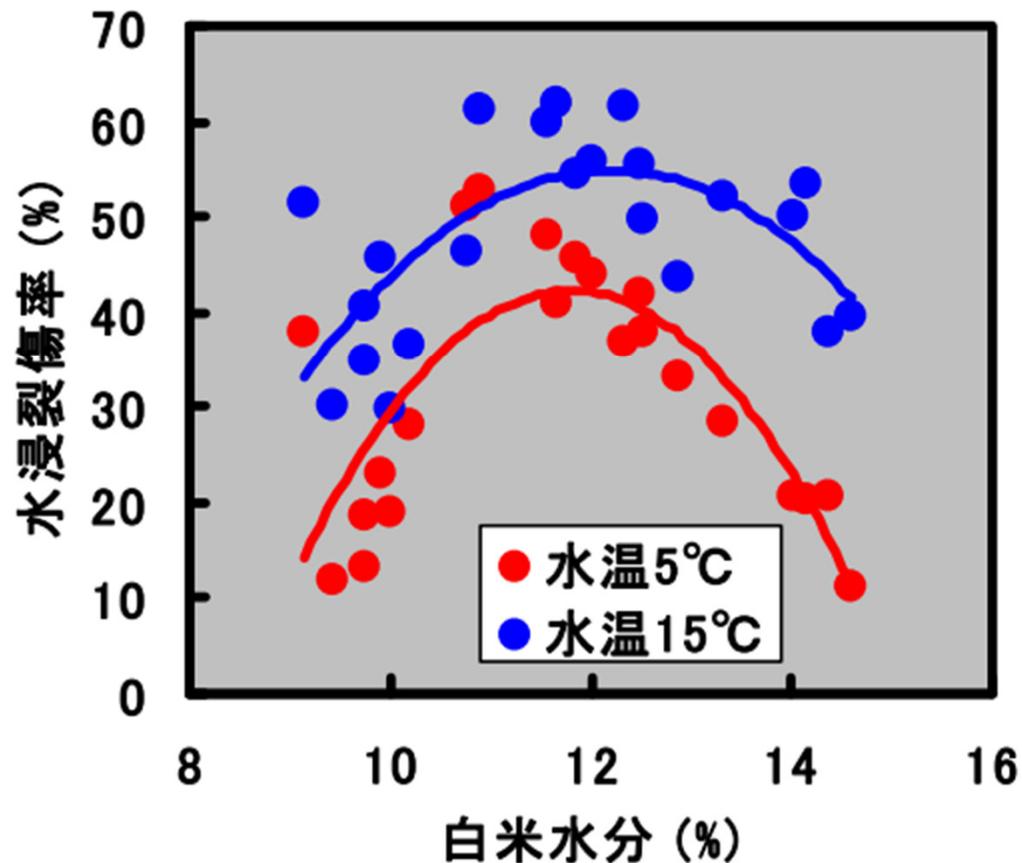
○酢酸イソアミル高生産性も検討（変異は最小限に）

広島県の密閉包装白米について

広島県の密閉包装白米について

① 白米水分と水浸裂傷率の関係

米が裂ける割合と水温・
米の水分率との相関グラフ



※水浸裂傷率は

白米水分**11-13%**で**最大**

白米水分**10%以下**又は
14%以上で抑制

出典: 岩手県工業技術センターHP

広島県の密閉包装白米について

②密閉包装

通常の紙袋包装



ビニール内装袋



3層の真中がビニール

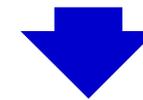
広島県の密閉包装白米について

③広島県産千本錦精米歩合35%の密閉包装白米水分

| 袋No. | 水分(%) | | | | | |
|------|-------|------|------|------|------|-----|
| | H27 | H28 | | H29 | | |
| 1 | 11.6 | 10.4 | 10.6 | 10.0 | 9.1 | 9.7 |
| 2 | 11.5 | 10.4 | 10.5 | 9.8 | 9.2 | 9.1 |
| 3 | 11.7 | 10.4 | 10.5 | 9.8 | 9.8 | |
| 4 | 11.7 | 10.6 | 10.7 | 9.6 | 9.9 | |
| 5 | 11.8 | 10.5 | 10.6 | 9.8 | 10.0 | |
| 6 | 11.7 | 10.4 | 11.0 | 9.7 | 9.1 | |
| 7 | 11.7 | 10.3 | | 9.8 | 9.3 | |
| 8 | 11.3 | 10.5 | | 10.3 | 10.2 | |
| 9 | 11.4 | 10.4 | | 9.8 | 10.2 | |
| 10 | 11.6 | 10.3 | | 9.6 | 9.9 | |
| 平均値 | 11.6 | 10.5 | | 9.7 | | |
| 標準偏差 | 0.15 | 0.17 | | 0.34 | | |

【現状】

- ・水分は低下傾向
- ・今年度はバラツキが大きい
- ・水浸裂傷率がやや高い白米水分



改善の余地あり

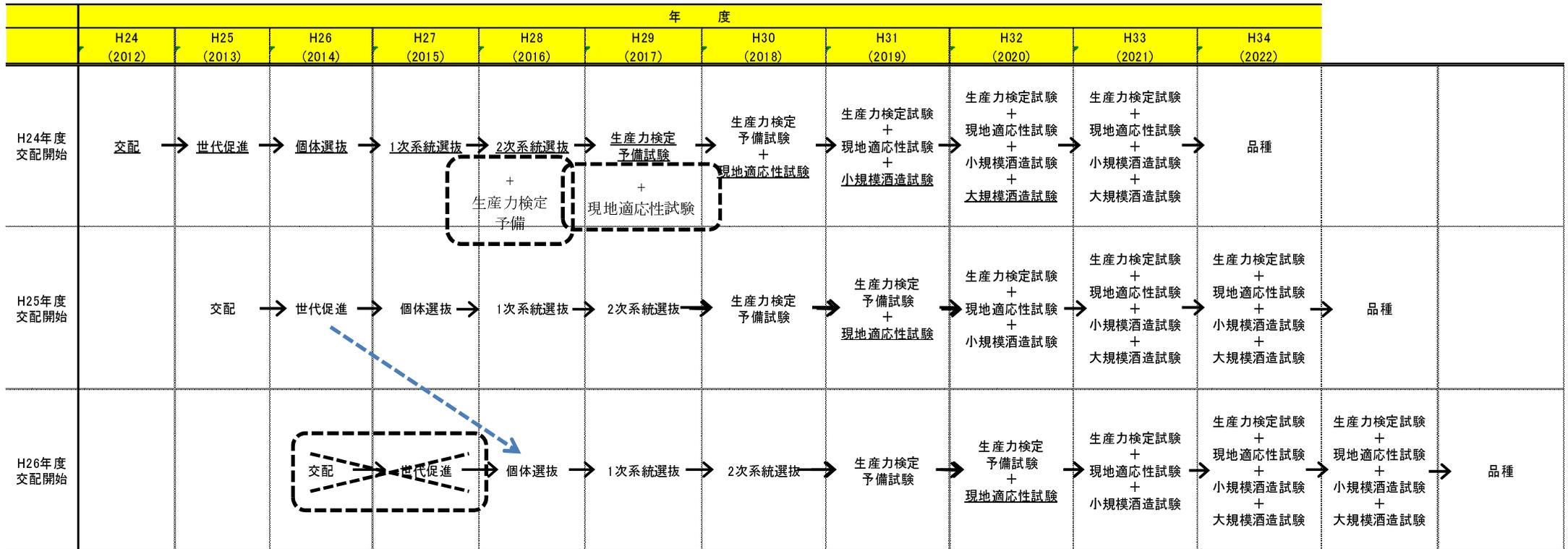
広島県の密閉包装白米について

④千本錦精米歩合35%の実際の吸水時間

| 袋No. | 用途 | 白米水分 (%) | 目標吸水歩合 (%) | | 水温 (°C) | 浸漬時間 (分 秒) |
|------|-----|----------|---------------|-------|---------|------------|
| | | | 白米水分 13.5% 換算 | みかけ | | |
| 1 | 添仲麴 | 9.97 | 29.0 | 34.26 | 18.9 | 6'20" |
| 2 | | | | | | |
| 2 | 留麴 | 10.00 | 28.0 | 33.19 | 18.3 | 6'25" |
| 3 | | | | | | |
| 3 | 添掛 | 9.63 | 21.5 | 26.94 | 18.0 | 5'10" |
| 4 | | | | | | |
| 5 | 添仲麴 | 9.76 | 28.5 | 34.06 | 17.7 | 7'10" |
| 6 | | | | | | |
| 6 | 仲掛 | 9.79 | 21.5 | 26.71 | 17.7 | 5'10" |
| 7 | | 10.28 | | 26.02 | | 4'45" |
| 8 | | | | | | |

- ・ 白米水分のバラツキによって、浸漬時間の調整が必要

H28 年度末までの状況（酒米開発全体の進捗状況）



交配とは：特徴の異なるメスとオスをかけあわせること。交配した後代に、これまでにない特性を持った個体が出現する可能性がある。

世代促進とは：交配した集団の世代を進めること。子一孫一ひ孫と世代が進むほど表現される特性が固まってくる。

個体選抜とは：世代があまり進んでいない集団は、個体ごとに表現される形質が異なる。このため、個体ごとに良否を判定し、選抜を進める。この方法を言う。

系統選抜とは：世代がある程度進むと、ある個体から採取した種子を播いた集団が親とほぼ同じ特性を現すようになる。この集団を系統と呼び、系統ごとに選抜を進める。この方法を言う。選抜指標を変えて2次まで行う。

生産力検定試験とは：表現特性が均一になった集団をある程度の面積で栽培し、収量性についても調査を行う試験のこと。予備と本試験がある。

現地適応性試験とは：有望な系統が品種になった場合に、普及されと思われる地域で実際に栽培し、実用性を調査する試験のこと。試験場での結果は良好でも普及地帯で栽培してみるとあまりよくないことがあるために、この試験を行う。

小規模酒造試験とは：精米100kg程度で行う酒造試験。食品工業技術センターで行う。ただし、この試験を行うには小型精米機の容量が最低玄米300kg必要なため、300kg以上の玄米の生産が必要になる。

大規模酒造試験とは：精米1tレベルでの酒造試験。県内酒造会社に依頼する必要がある。また、原料米生産も1系統につき50a以上の栽培が必要となるため、酒米担当JAに依頼する必要がある。

点線部分は試験開始時の設計と変更があった個所を示す

当初の予定より、1年前倒しで進行中

H29年度は一つ世代が進んだものについて系統選抜を行う

H28BY純米酒製造試験結果 仕込5, 6, 7号

| | 初添 | 仲添 | 留添 | 計 |
|----------|-----|----|-----|-----|
| 総米(kg) | 44 | 66 | 110 | 220 |
| 蒸米(kg) | 33 | 51 | 92 | 176 |
| こうじ米(kg) | 11 | 15 | 18 | 44 |
| くみ水(L) | 62 | 85 | 150 | 297 |
| 乳酸(mi) | 165 | | | |
| 培養酵母(L) | 6 | | | |

※培養酵母はアルコール脱水麴(1kg/3L)添加

精米歩合(%)

| | |
|------|----|
| こうじ米 | 60 |
| 掛米 | 60 |

| 仕込号数 | 酵母 | 米 | 種麴 | | もろみ日数 | アルコール(%) | 日本酒度 | 酸度 | アミノ酸度 | グルコース(%) |
|------|---------|-----|------------|---|-------|----------|------|------|-------|----------|
| | | | 添仲 | 留 | | | | | | |
| 5 | K901 | 八反錦 | 黒判 純米吟醸 | | 26 | 17.5 | 5.2 | 1.70 | 1.23 | 0.5 |
| 6 | KA-1 | | | | 28 | 17.8 | 5.7 | 1.69 | 1.39 | 0.7 |
| 7 | KA-1-25 | | | | 27 | 18.2 | 5.6 | 1.66 | 1.47 | 0.8 |
| 参考酒 | | | | | | 16.5 | | 1.8 | | |

| 仕込号数 | 香気成分(ppm) | | | | | | |
|------|-----------|------------|---------|------------|----------|----------|----------|
| | 酢酸エチル | イソブチルアルコール | 酢酸イソアミル | イソアミルアルコール | カプロン酸エチル | カプリル酸エチル | カプリン酸エチル |
| 5 | 85 | 37 | 4.5 | 144 | 0.7 | 0.4 | 0.1 |
| 6 | 108 | 28 | 5.0 | 145 | 0.7 | 0.2 | 0.1 |
| 7 | 84 | 31 | 4.1 | 146 | 0.6 | 0.3 | 0.1 |
| 参考酒 | 88 | 28 | 6.6 | 141 | 1.2 | 0.5 | ND |

| 仕込号数 | 有機酸(ppm) | | | | |
|------|----------|------|------|------|-----|
| | リンゴ酸 | クエン酸 | コハク酸 | 酢酸 | 乳酸 |
| 5 | 198 | 20 | 305 | N.D. | 354 |
| 6 | 149 | 22 | 396 | 16 | 336 |
| 7 | 155 | 33 | 343 | 23 | 284 |

| 仕込号数 | 粕歩合(%) | 醱熟成歩合(%) | 総水歩合(%) | 白米1t当り純アルコール(L) |
|------|--------|----------|---------|-----------------|
| 5 | 51 | 87.3 | 136 | 308 |
| 6 | 48 | 85.9 | 136 | 314 |
| 7 | 48 | 86.4 | 136 | 320 |

