

# 石川門を用いた純米酒用酵母の選抜

松田章\* 有手友嗣\*\* 山田幸信\*\* 中村静夫\*\*\* 矢野俊博\*\*\*\*

石川県が開発した酒造好適米「石川門」(石川酒52号)は心白が大きく、精米歩合を50%以下で使用する大吟醸酒用途では砕米になり易いという欠点がある。そこで、本研究では砕米を避けるため、石川門を精米歩合60~70%の純米酒用途で使用し、それに適する香味に優れた酵母の選抜を行った。選抜指標は、現場が所有する214株の中からK-9と同等以上の発酵力を有し、醸造酒の香味の調和に優れた株とした。最終的に、もろみ中から分離した酵母2株と融合株1株の計3株を選抜し、いずれもK-9に比較してアルコール発酵力に優れ、試醸酒の官能評価では香味に特徴が見られた。もろみ中から分離した酵母1株を用いた清酒は、淡麗な味わいで男性や高齢者層から高い評価を受けた。また、融合株を用いた清酒は、酸味が特徴で、女性や20代の若者層から高い評価が得られた。

キーワード: 酒米, 石川門, 純米酒, 酵母

## Selection of Yeasts for the Brewing of *Junmai* Sake from “*Ishikawamon*”, Rice Developed for Brewing in Ishikawa Prefecture

Akira MATSUDA, Tomotsugu ARITE, Yukinobu YAMADA, Shizuo NAKAMURA and Toshihiro YANO

“*Ishikawamon*” is rice developed in Ishikawa Prefecture for brewing *daiginjyo* sake, or sake made from highly polished rice; it, however, has the disadvantage of being broken easily when polished to less than 50%, because of its large “*shinpaku*”, which is the soft opaque white part in its center. In this study, we selected yeasts with aromas and tastes suitable for brewing *Junmai* sake (without adding alcohol or sugar) made from “*Ishikawamon*” with a polishing ratio of 60~70%. As a result, we selected three strains, including two types of yeast separated from *moromi* mash and one type of fusant, from among 214 storage strains. They were superior in fermentability and harmony between aroma and taste in brewed sake. All three strains were equivalent or slightly superior to K-9 in ethanol productivity, and were evaluated to have several excellent characteristics in aroma and taste. Sake using one type of yeast separated from *moromi* mash was rated highly by men and elderly people for its crisp and dry taste. On the other hand, sake using the fusant obtained a high rating from women and young people in their twenties for its sourness.

Keywords: rice for sake brewing, *Ishikawamon*, *Junmai* sake, yeasts

### 1. 緒 言

近年、清酒の需要はビールや発泡酒、焼酎、ワインなどに押され低迷している。清酒の需要拡大と差別化を図るため、各地で独自の酒米開発が盛んに行われている<sup>1-5)</sup>。石川県でも県独自の酒米開発が望まれており、石川県農林総合研究センター農業試験場では図1左に示す新規酒米石川酒52号<sup>6)</sup>(愛称 石川門)を大吟醸酒用酒米として開発した。表1に石川門の玄米および白米(精米歩合70%)の理化学特性を五百万石および山田錦とともに示す。玄米の大きさ、千粒重が山田錦と同等

に大きく、山田錦や五百万石に比較して吸水速度や吸水率が大きく、粗タンパクや粗脂肪も山田錦なりに低い特徴を有している。しかし、石川門は大吟醸酒用酒米としては心白が大きいため精米歩合が50%以下の高精白では砕米になりやすいなどの課題が挙げられている(平成15年度石川門砕米率: 精米歩合70%, 2.5, 50%,



図1 石川門と山田錦(玄米)

\*化学食品部 \*\*農林総合研究センター農業試験場

\*\*\*企画指導部 \*\*\*\*石川県立大学

表1 理化学特性(精米歩合70%\*)

測定項目	酒米	石川門	五百万石	山田錦
玄米・千粒重(g)		26.1	25.6	26.9
白米・千粒重(g)		18.9	18.9	19.6
水分(%)		13.7	13.3	13.6
真精米歩合(%)		72.5	73.8	73.0
吸水性(%) (20分)		26.4	21.4	23.0
吸水性(%) (120分)		27.2	25.8	25.8
玄米・粗タンパク(%)		7.1	8.0	8.6
白米・粗タンパク(%)		5.1	6.5	5.2
玄米・粗脂肪(%)		2.3	2.3	2.0
白米・粗脂肪(%)		0.1	0.1	0.1

・石川門：平成20年度農業試験場産  
 ・五百万石：平成19年度農業試験場産  
 ・山田錦：平成19年度兵庫県産  
 \*全国酒米統一分析法<sup>7)</sup>による

7.1(石川県農総研調べ), 50%, 9.6<sup>8)</sup>)。石川県酒造組合連合会からは、石川門を大吟醸酒用としてのみでなく、碎米を避けた精米歩合60~70%での純米酒用酒米としても用い、それに適した酵母として、既存のきょうかい酵母ではなく、石川県の独自性、地域性を打ち出した純米酒用酵母の選抜が要望された。

そこで本研究では、純米酒用酒米として用いた石川門に適した地域性、独自性のある、発酵力と香味に優れた純米酒用酵母を選抜することを目的とした。

## 2. 実験方法

### 2.1 酵母の選抜

選抜対象とした酵母は、これまでに当場が県内酒造企業のもろみから分離した株<sup>9)</sup>、変異株<sup>9)</sup>、細胞融合株<sup>10)</sup>などを含め、開発・分離し保有している214株とした。これらの中から、きょうかい酵母9号泡あり(K-9)と同等以上の発酵力があり、香味に調和のあるものを選抜した。

選抜手順を図2に示す。まず発酵力の劣る変異株等を除外し(予備選抜)、1次選抜で麴エキス培地(ポーメ7, pH5.2)を用い、ほぼ同じ菌数 $1 \times 10^6$  cells/mlとなるように30mlの同培地(100ml容三角フラスコ)に接種して、15℃で11日間静置培養による発酵試験を行った。そこで発酵力と香味のバランスに優れたものを選抜した。次に、2次選抜では、表2に示す仕込配合で総米100gによる小仕込み試験を行い、1次選抜と同様、発酵力と官能試験で優れた株を選抜した。原料米として掛米は精米歩合70%の石川門(平成20年度石川県産)を、麴米は

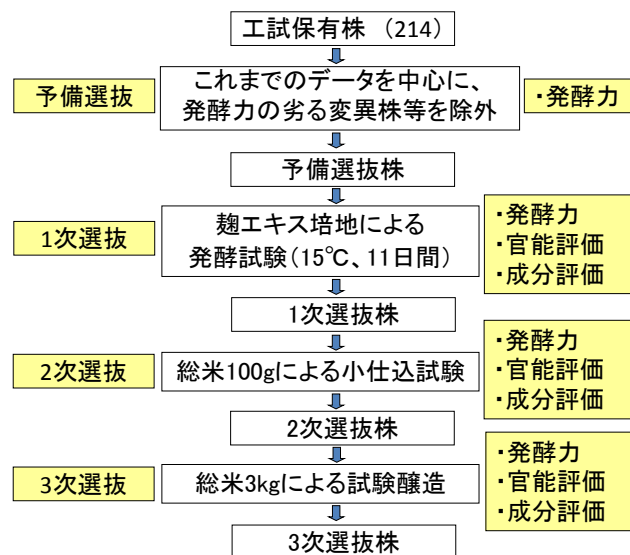


図2 選抜フロー図

表2 2次選抜の仕込み配合(総米100g)

原料	掛米(g)	麴米(g)	汲水(ml)	乳酸(ml)
石川門	80.0	20.0	130.0	0.1

精米歩合:70%

乾燥麴(徳島製麴(株)製I-60: 精米歩合60%, 米品種ニシホマレ)を使用した。仕込条件は山田ら<sup>11)</sup>の方法に準じた。すなわち、品温管理は仕込直後10℃とし、1日1℃ずつ昇温して15℃に達した後は15℃一定とし、上槽は遠心分離により行った<sup>12)</sup>。さらに、3次選抜以降は、県内酒造企業での委託製造試験により行ったため、県内の純米酒製造でよく用いられる精米歩合60%で石川門を用い、表3に示す仕込配合による総米3kgの試験醸造<sup>9)</sup>を行い、最終的に発酵力と官能に優れた株を選抜した。もろみの最高温度は13℃とし、上槽は槽しぼりで行った。

### 2.2 試験醸造(総米30kg)

3次選抜した酵母を用いて総米30kgの試験醸造を行

表3 3次選抜の仕込配合(総米3kg)

	初添	仲添	留添	計
総米(g)	530	860	1610	3000
掛米(g)	360	660	1280	2300
麴米(g)	170	200	330	700
汲水(ml)	800	1050	2050	3900
乳酸(ml)	2.4	-	-	2.4

原料米:60%精米石川門

った。仕込配合では表3の配合を10倍にし、温度管理、仕込み条件は総米3kgの場合に準じた。

### 2. 3 発酵液およびもろみの分析

選抜酵母を用いた発酵液や醸造酒の酒質の評価では、次の分析を行った。一般成分では、アルコール濃度を簡易アルコール分析器アルコメイト(理研計器(株)製AL-2)、日本酒度を振動式密度比重計(京都電子工業(株)製DA-500)で測定した。酸度とアミノ酸度は国税庁所定分析法注解<sup>13)</sup>に基づき分析した。その他有機酸量は、有機酸分析計(日本ダイオネクス(株)製ICS-1500、カラム：日本ダイオネクス(株)製IonPac ICE-AS6、移動相：0.4mmol/Lヘプタフルオロ酪酸、流速：1.0mL/min、カラム温度：19℃、検出器：電気伝導度)により分析した。また香气成分は、カラムDB-WAX(J&W Scientific) 0.25mmI.D.×30mを用いたヘッドスペースガスクロマトグラフシステム((株)島津製作所製HSS-4A(GC-17A))を用いて、昇温プログラム(60℃、4分保持、昇温速度10℃/分、最高温度：160℃)で測定した。

### 2. 4 官能評価

3次選抜で行った総米3kgの試醸酒については県内酒造企業の醸造担当者らを含む53名で、また総米30kgの試醸酒は54名で、味、香りのそれぞれについて、また香味を含めた総合評価についてそれぞれ5段階(1:良, 2:やや良, 3:普通, 4:やや悪, 5:悪)で評価した。

## 3. 実験結果および考察

### 3. 1 酵母の予備, 1次, 2次選抜

図2に従い、酵母の予備選抜の結果、工試保有の214株の中から、K-9と同等以上に発酵力を有する78株を選抜した。次に、この78株を用いて麴エキス培地による

1次選抜で発酵力がK-9と同等以上のもの16株を選抜した。さらに、これら16株を用いた総米100gの小仕込み試験による2次選抜で表4に示す7株を選抜した。7株のうち①, ②, ④, ⑤はもろみから分離した株, ③, ⑥, ⑦は清酒酵母とワイン酵母との細胞融合株である。

### 3. 2 酵母の3次選抜(総米3kg試験醸造)

2次選抜した7株を用いて総米3kgの試験醸造(3次選抜)を行った結果、表4に一般成分、表5に有機酸成分と香气成分、図3に官能評価の結果をそれぞれ示す。その結果、発酵力は1株(⑦)を除いて対照のK-9とほぼ同等の18%前後のアルコール発酵力を示した。日本酒度では①, ④, ⑤, ⑦がマイナスの値を示す甘口となった。酸度では②, ⑤以外はK-9よりやや高く、また、アミノ酸度では①, ④, ⑤がやや高い値を示した。

表5に示す有機酸では、③, ⑥, ⑦の3株はリンゴ酸量が多く、酸度に影響を与えているものと考えられる。乳酸はすべての株においてK-9よりも高い値となった。酢酸は①, ④で高かったがK-9より低く、コハク酸は⑤, ⑦でK-9より低い値であった。

香气成分では、酢酸イソアミルが①~⑤でK-9より低かった。イソアミルアルコールは⑦で極端に高く、カブロン酸エチルは全般に低い値であった。

表4 試醸酒の一般成分(総米3kg)

	アルコール (%)	日本酒度	酸度 (mL)	アミノ酸度 (mL)
①M4AP1G	17.7	-1.9	2.8	2.8
②M26-7	18.5	3.9	2.2	2.3
③FB244	18.4	1.6	2.7	2.4
④M63-1G	17.8	-7.0	2.8	3.0
⑤M269A3G	17.4	-11.3	2.1	3.8
⑥FA36-2	18.3	0.0	2.6	2.5
⑦FA245	16.4	-4.4	3.7	2.3
K-9	18.0	2.1	2.4	2.3

表5 試醸酒の有機酸・香气成分(総米3kg) (mg/L)

	リンゴ酸	乳酸	酢酸	コハク酸	AcOEt	AcOi-Am	i-AmOH	CaprOEt
①M4AP1G	338	1036	137	590	34	0.9	162	0.3
②M26-7	209	955	48	566	30	1.1	181	0.0
③FB244	609	1104	34	520	54	0.9	175	0.4
④M63-1G	258	1093	148	519	38	1.4	188	0.5
⑤M269A3G	279	1129	62	494	41	1.1	208	0.7
⑥FA36-2	496	1036	47	593	57	2.2	188	0.4
⑦FA245	888	1311	78	391	40	2.2	307	0.0
K-9	265	922	167	546	50	2.2	187	0.3

AcOEt: 酢酸エチル、AcOi-Am: 酢酸イソアミル、i-AmOH: イソアミルアルコール、CaprOEt: カブロン酸エチル

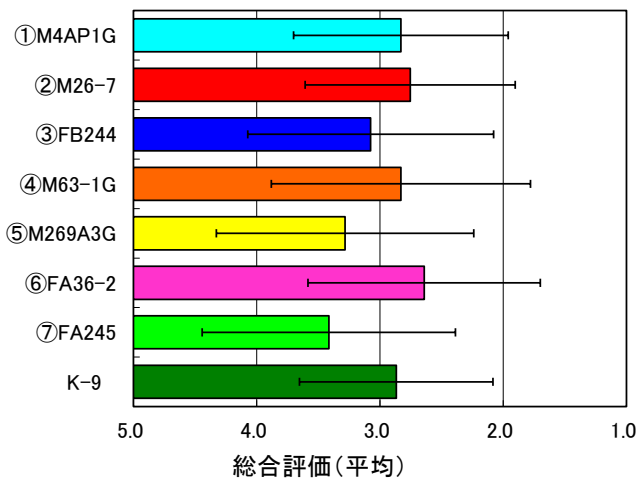


図3 試醸酒の官能評価(総米3kg)

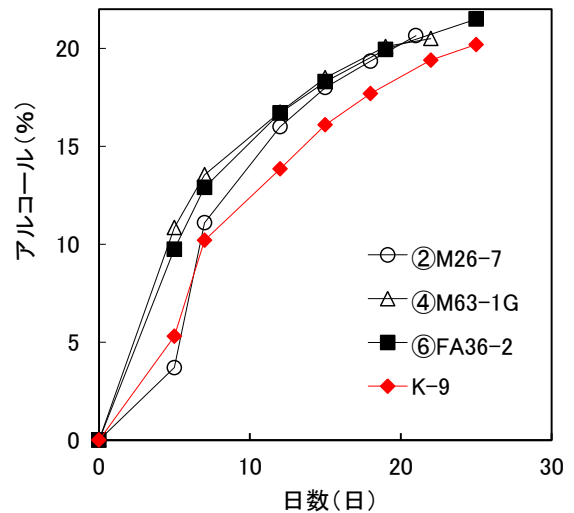


図4 試醸酒の発酵曲線(総米30kg)

甘味、酸味など、味に特徴のあるものが多かったが、官能評価では①、②、④、⑥が評価点3(普通)よりも良かった。しかし、①は後味に渋み、雑味が残るとの理由で除外され、最終的には発酵力と香味の調和の観点から②、④、⑥の3株を選抜した。

### 3. 3 試験醸造(総米30kg)

図4に3次選抜された3株を用いて総米30kgの試験醸造を行った発酵曲線を示す。いずれの株も発酵力は対照のK-9と同等以上であった。また表6に一般成分を示す。いずれもアルコール濃度は20%以上と高い値を示し、日本酒度では⑥が+7で辛口となった。また酸度では、②がK-9より低く、逆に④、⑥は高くなった。

表6 試醸酒の一般成分(総米30kg)

	アルコール (%)	日本酒度	酸度 (mL)	アミノ酸度 (mL)
②M26-7	20.6	3.8	1.7	1.7
④M63-1G	20.8	3.6	2.6	1.5
⑥FA36-2	21.5	7.4	2.5	1.9
K-9	20.2	3.0	2.0	2.2

酸度が高い原因は、表7に示した有機酸成分で、⑥はリンゴ酸と乳酸、④はコハク酸の含有量がそれぞれ高いことが影響していると考えられる。また、香氣成分を表8に示す。いずれも酢酸イソアミルやカプロン酸エチルのような芳香成分(吟醸香)はK-9と同等かそれより低い値であった。また、④、⑥はK-9に比較してイソアミルアルコール、イソブタノールがそれぞれ高

表7 試醸酒の有機酸成分(総米30kg)

ppm	ピルビン酸	クエン酸	リンゴ酸	乳酸	ピログルタミン酸	酢酸	コハク酸	合計 (mg/L)
②M26-7	N.D.	86	197	771	34	32	336	1456
④M63-1G	N.D.	86	253	702	12	52	480	1584
⑥FA36-2	N.D.	95	510	751	52	19	457	1885
K-9	N.D.	82	368	707	47	60	404	1669

N.D.:not detected

表8 試醸酒の香氣成分(総米30kg)

	AcOEt	n-PrOH	i-BuOH	AcOi-Am	i-AmOH	CaprOEt
②M26-7	59	142	85	2.9	270	0.0
④M63-1G	76	119	162	5.2	388	0.0
⑥FA36-2	69	129	208	4.1	328	0.1
K-9	89	123	120	5.0	314	0.1

AcOEt: 酢酸エチル、n-PrOH: n-プロパノール、i-BuOH: イソブタノール、AcOi-Am: 酢酸イソアミル、i-AmOH: イソアミルアルコール、CaprOEt: カプロン酸エチル

く、香味にやや重い印象<sup>14)</sup>を与えて評価を下げた可能性が考えられる。

また、清酒は図5に示すように、酸度と日本酒度の組み合わせにより淡麗辛口、淡麗甘口、濃醇辛口、濃醇甘口の4つのタイプに大まかに分類できる。今回試験醸造した3種類は、②の酵母を用いた試醸酒がほぼ淡麗辛口タイプで、④、⑥の酵母を用いた試醸酒はいずれも濃醇辛口のタイプであった。石川県の市販酒は網掛けした部分で示されるように、酸度・日本酒度の狭い領域に限られる傾向にある<sup>15,16)</sup>。また、ほとんどが原酒を加水したものであることから、今回試験醸した清酒が原酒であることを考えると直接の比較はできないが、②の酵母を用いた試醸酒は、従来の県内市販酒の範疇に含まれるが、④や⑥の酵母を用いた場合、濃醇辛口タイプで、酸味で味の幅を広げることができた。これらに甘味を付加することで、さらに味の幅を広げることが可能と考える。

官能評価の結果を図6に示す。図6(a)は総合評価を平均値で表したものであるが、3株ともK-9とほぼ同等で

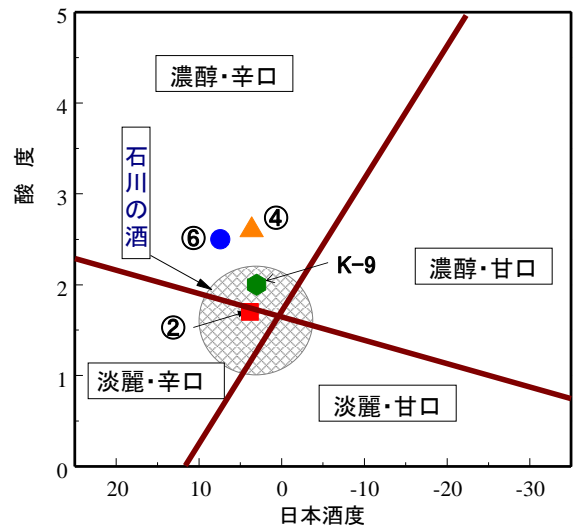
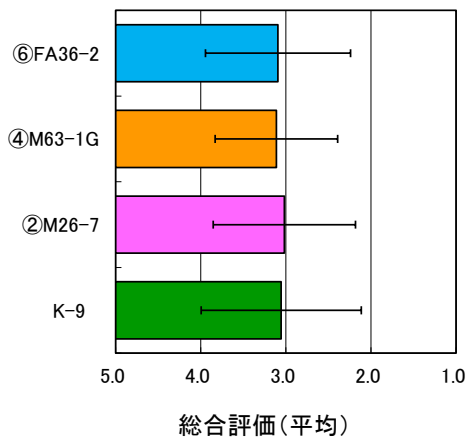
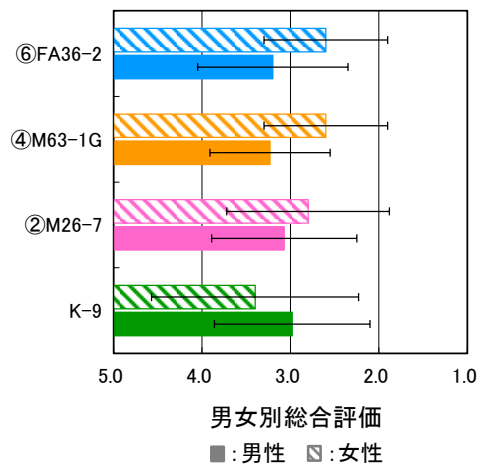


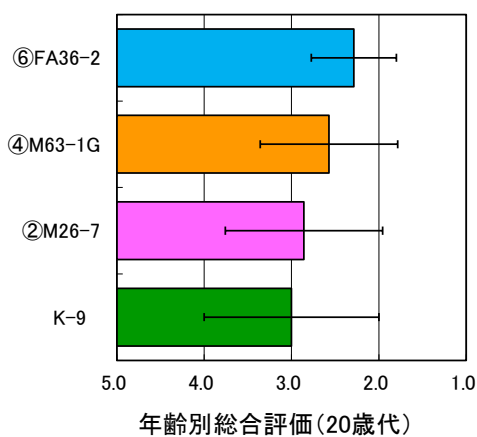
図5 試醸酒のタイプ(総米30kg)



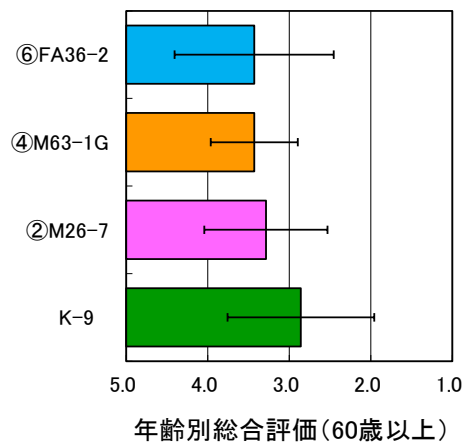
(a)



(b)



(c)



(d)

図6 試醸酒の官能評価(総米30kg)

顕著な差は見られなかった。しかし、(b)は男女別(男性44名,女性10名) また、(c)は年齢別評価で20歳代(7名)、(d)は60歳以上(7名)で表したものであるが、淡麗な味わいが特徴の②はK-9に次いで男性や60歳以上の高齢者層に好まれた。また、酸味に特徴のある⑥や④は女性や20代の若者に好まれる傾向が見られた。⑥の酵母を用いた試醸酒は、総米30kg仕込では日本酒度が+7.4と辛口になったが、総米3kg仕込では日本酒度が0.0で甘味が感じられ、図3に示すように、官能評価では高い評価が得られた。したがって、⑥の酵母を用いる場合は、④の酵母も同様と考えるが、甘味を残して酸味との調和を図るようにすることで高い評価につながるのではないかと考えられる。

#### 4. 結 言

新規酒米「石川門」を精米歩合60～70%の純米酒用酒米として用い、それに適した香味に優れた酵母の選抜を検討した。その結果、以下の成果を得た。

- (1) 当場の保有する214株の酵母を対象として、発酵力と醸造酒の香味の調和を指標に選抜を行った結果、既存のK-9とは異なる清酒を醸造できる酵母として、もろみ中から分離した酵母2株(②, ④)、細胞融合酵母1株(⑥)の計3株を選抜できた。
- (2) いずれも、アルコール発酵力はきょうかい酵母のK-9と同等以上であり、官能評価では香味に特徴が見られた。
- (3) もろみ中から分離した酵母2株のうち、②の酵母(M26-7株)を用いた試醸酒は、淡麗な味わいから高齢者層、男性に好まれた。一方、⑥の酵母(FA36-2株)を用いた試醸酒は、酸味に特徴を持つことから、女性や20代の若者層で好まれた。なお、もろみから分離した④の酵母(M63-1G株)は中間的な評価であった。

今回選抜した酵母を用いることにより、精米歩合60～70%の酒米「石川門」で様々な酒質の純米酒を醸造することが可能となった。特に、女性や若者層の日本酒愛好者を広げるため、⑥の酵母(融合株 FA36-2)を用いた清酒が今後の需要開拓の一つとして期待される。

#### 参考文献

- 1) 上東治彦, 中村幸生, 森山洋憲, 溝渕正晃, 菅野信男, 永田信治, 味園春雄. 酒造好適米「吟の夢」の品種特性. 日本醸造協会誌, 1999, vol.94, no.10, p.840 - 848.

- 2) 松本英之, 大土井律之, 橋本寿之, 土屋義信, 末成和夫, 手島義春, 土屋隆生, 勝場善之助. 酒造好適米品種「こいおまち」の醸造特性. 日本醸造協会誌, 2000, vol.95, no.5, p.373 - 377.
- 3) 高橋仁, 田口隆信. 酒造好適米新品種「秋田酒こまち」の開発と酒造特性. 日本醸造協会誌, 2003, vol.98, no.9, p.598 - 609.
- 4) 伊藤彰敏, 深谷伊和男, 西田淑男, 鳥居貴佳, 工藤悟, 杉浦和彦, 井上正勝. 酒造好適米品種「夢山水」の品種特性. 日本醸造協会誌, 2004, vol.99, no.5, p.355 - 364.
- 5) 若井芳則. 酒米研究・酒米育種・酒米技術の100年の進歩. 日本醸造協会, 2004, vol.99, no.10, p.701 - 707.
- 6) 中村啓二, 松本範裕, 黒田晃, 小牧正子, 野村央文, 大西良祐, 高瀬裕章, 松村洋一, 永島秀樹, 橋本良一, 武田康一, 小林大樹. 酒造好適米品種「石川酒52号」の育成. 北陸作物学会報(The Hokuriku Crop Science), 2010, no.45, p.7 - 10.
- 7) <http://www.sakamai.jp/pdf/bunseki.pdf>
- 8) 中村啓二, 黒田晃. 酒米育成系統の醸造適性評価試験. 平成18年度試験成績概要集. 石川県農業総合研究センター(現石川県農林総合研究センター農業試験場), 平成19年5月, p.43 - 44.
- 9) 松田章, 山田幸信, 有手友嗣, 中村静夫, 矢野俊博. 酸味に特徴を有する酵母の選抜と試験醸造. 日本醸造協会誌, 2010, vol.105, no.1, p.39 - 48.
- 10) 松田章, 道島俊英, 佐渡康夫, 松井圭三, 竹下和美. 清酒用酵母K-901とブドウ酒用酵母OC-2との融合酵母による試験. 石川県工業試験場研究報告, 1994, no.43, p.19 - 26.
- 11) 山田幸信, 松田章, 三輪章志. 純米酒用酒米の少量発酵試験法の研究. 石川県工業試験場研究報告, 2008, vol.57, p.43 - 46.
- 12) 有手友嗣, 山田幸信, 三輪章志, 松田章, 中村静夫. 大吟醸酒用少量発酵試験法の検討. 日本醸造協会誌, 2012, vol.107, no.8, p.611 - 619.
- 13) 注解編集委員会編: 第四回改正国税庁所定分析法注解, 日本醸造協会, 1993.
- 14) 佐々木真, 大場孝宏, 末永光, 稲橋正明, 佐藤真佐恵, 鶴田裕美, 小林元太, 柘植圭介, 吉村臣史, 小金丸和義, 北垣浩志. 吟醸酒製造用清酒酵母からのピルビン酸低生産株の育種と実製造でのピルビン酸および $\alpha$ -アセト乳酸の低減. 生物工学会誌, 2011, vol.89, no.5, p.222 - 227.
- 15) 金沢国税局鑑定室: 平成19-21酒造年度清酒概況調査書.
- 16) 金沢国税局鑑定室: 平成23-25酒造年度酒造講和会資料.