

# 琉球地域の伝統飲料「ミキ（神酒）」の発酵に関わる微生物の特性

常盤豊、世嘉良宏斗、豊川哲也、上原真希子、市場俊雄

国指定重要無形文化財である沖縄県大宜味村塩屋の海神祭「ウンガミ」の「ミキ（神酒）」の発酵に関わる微生物の特性について調べた。塩屋湾沿いの3カ所、塩屋、屋古および田港地区で造られた神酒に存在する微生物をpH10とpH7の寒天平板により計数した。その結果、3カ所の神酒の微生物は、奄美大島や石垣島で市販されているミキに比較して、好アルカリ性あるいはアルカリ耐性の微生物の割合が顕著に多いことを見出した。神酒は3ヶ月間、常温で保存すると、主成分として、乳酸とアルコールの蓄積が認められた。神酒から分離した菌株で好アルカリ性細菌は乳酸を蓄積し、好アルカリ性あるいはアルカリ耐性の酵母はエタノールを蓄積した。

## 1 はじめに

亜熱帯海洋性気候の琉球地域では、豊作豊漁などを祈願する神事において、古くから米や粟などを原料とした「ミキ（神酒）」（以下、神事用は神酒、市販品はミキと記す）と一般に言われる発酵飲料が用いられてきた。

14、15世紀ごろ琉球地域では、すでに焼酎が輸入あるいは製造されていたが、神事においては、海洋民族の酒とも言われるクチカミ（口嚼）の酒が主に神酒として使われてきた。その後、人の唾液を利用するクチカミの酒に替わって、焼酎（泡盛）用の麹菌が米や粟の糖化に使われた可能性もあるが、焼酎作りは琉球王朝により厳しく管理されており、神酒作りにはほとんど使用されなかったと考えられる。18世紀になると、泡盛の神事への利用がかなり普及してくるが、なおもクチカミの酒や手作りの神酒も供され、住民の地域社会への帰属意識を高めてきた。近代になり、クチカミの酒は急速に姿を消し、現在は米や粟、甘藷、砂糖などを原料にして、ミキサーなどの機器を用いた、アルコール分の低い神酒が多く地域で造られ、一部は市販されている。さらに、市販のヨーグルトや乳酸飲料が、神酒の代用に使われる地域もある。

琉球地域の神酒について、民族学的な調査研究が平敷により行われているが<sup>1)</sup>、発酵飲料としての神酒の微生物学的な研究はほとんど見当たらない。最近、久留らは、米と甘藷からできた奄美大島で市販されている「ミキ」に似た飲料として、米粉とコガネセンガン（甘藷の一品種）からなる飲料を実験室で試作し、その化学分析データを報告している<sup>2)</sup>。

今回、国の重要無形文化財に指定されている沖縄県大宜味村塩屋の海神祭「ウンガミ」には欠かせない供え物で、参加する人々に栄養をつける飲み物でもある神酒の発酵に関わる微生物の特性について検討した。

## 2 実験方法

### 2-1 試薬および機器

微生物の分離および培養には、ペプトン (Becton, Dickinson and Company)、酵母エキス (Becton, Dickinson and Company)、酢酸ナトリウム (関東化学)、リン酸水素二カリウム (和光純薬工業)、リン酸二水素カリウム (和光純薬工業)、硫酸マグネシウム (関東化学)、モリブデン (VI) 酸二ナトリウム二水和物 (和光純薬工業)、タングステン (VI) 酸ナトリウム二水和物 (和光純薬工業)、硫酸マンガン (II) 五水和物 (ナカライテスク)、水酸化ナトリウム (和光純薬工業)、炭酸ナトリウム (和光純薬工業)、炭酸水素ナトリウム (和光純薬工業)、D-グルコース (和光純薬工業)、寒天 (和光純薬工業)、塩化ナトリウム (ナカライテスク) を使用した。HPLC用移動相には、脱イオン水、硫酸 (和光純薬工業) を使用した。HPLC分析用標準試薬には、L-乳酸 (Sigma-Aldrich)、D-グルコース (和光純薬工業) を使用した。

D-及びL-乳酸の分析には、酵素試薬F-キット (Roche Diagnostics) を使用した。

高速液体クロマトグラフィー (HPLC) 分析は、送液システム (Waters 600 controller)、オートインジェクター (Waters 717 plus Autosampler)、カラムオープン (Waters CHM)、脱気システム (Waters SDM)、屈折率検出器 (Waters 410 Differential Refractometer)、紫外吸光度検出器 (Shimadzu SPD-6AV)、イオン交換カラム (Bio-Rad Aminex HPLC-87H, 7.8×300mm) を用いて行った。

分光光度計は、UV/VIS Spectrophotometer V-550 (日本分光) を使用した。

### 2-2 神酒の採取

2009年9月15日（旧盆明けの最初の亥の日）の海神祭「ウンガミ」に使用された神酒の一部を採取した。神酒の原料は、白米15Kg、甘藷7Kg および砂糖6Kg であ

る。

神酒の製造は、「ウンガミ」の前日から塩屋湾沿いの塩屋（しおや）、屋古（やこ）、田港（たみなと）の3地区で行なわれた（図1）。まず、米を大きな鍋で煮て7分ほどの粥状にし、その上に、皮を剥いて千切りにした甘藷を加える（写真1）。その後、芋も粥状になるとタライに移し、洗米0.75 Kgを混ぜ合わせ、2～3時間放置して冷ます。その後、ミキサーにかけ、涼しい場所に一昼夜寝かせて発酵させる。翌朝に砂糖を加える。



図1 沖縄島北部の塩屋、屋古、田港地区



写真1 塩屋地区の神酒造り（米粥に千切りの甘藷を入れているところ）

神酒は甘くとろみがあって、まろやかな飲み物で、供え物としてだけでなく余分に作り、祭りの後は家庭でも飲まれる。神酒は2～3日すると発酵が進みアルコール分が蓄積し、お酒に似た飲み物となる。

### 2-3 培地組成

培地の組成は蒸留水 1L に対して、ペプトン 5g、酵母エキス 10g、酢酸ナトリウム 1.5g、リン酸水素二カリウム 1.5g、リン酸二水素カリウム 1.5g、硫酸マグネシウム 0.2g、モリブデン (VI) 酸二ナトリウム二水和物 0.5mg、タングステン (VI) 酸ナトリウム二水和物 0.5mg、硫酸

マンガン (II) 五水和物 0.5mg、グルコース 20g とした。pH は水酸化ナトリウムと炭酸-重炭酸緩衝液を用いて調整した。平板培地は上述の培地に寒天 15g を加えて固めたものを用いた。

### 2-4 微生物の特性検討

微生物の特性は、ミキ（神酒）を無菌水で希釈し、pH 7 と pH10 に調整した寒天平板培地に塗布して 30℃ で数日間培養した後、形成されたコロニーを計数することにより検討した。

### 2-5 微生物の分離

微生物を計数した寒天平板培地から出現したコロニーを液体培養したあと、再度、分離操作を繰り返して、分離菌株とした。

### 2-6 乳酸、エタノールなど生産試験

分離菌株のコロニーから 1 白金耳をとり、pH10 の液体培地に接種して 1～3 日間培養したものを種培養液とした。これを液体培地 (pH10 または pH7) に対して 2% 量添加し、30℃ で 3～4 日間静置培養した。

### 2-7 ミキの試作

栃木県産 (2009 年産) こしひかりの白米 300 g を鍋で煮て粥状にし、そこに皮を剥いて千切りにした市販の甘藷を 150 g 加えて、攪拌しながら芋もゆっくりと粥状にした。この粥 100～200ml を 300 ml の三角フラスコに分け、オートクレーブ滅菌を行った。滅菌処理した三角フラスコに神酒より分離した微生物の培養液 5 ml を加えて、30℃ で、3 日～14 日間、静置培養を行った。

## 3 実験結果および考察

### 3-1 海神祭「ウンガミ」の神酒に存在する微生物

塩屋、屋古および田港の神酒の pH は、それぞれ 3.8、4.0、3.9 であったが、奄美大島および石垣島で市販されているミキの pH は、やや低く、それぞれ 3.6、2.9 であった。ミキ（神酒）の水分含量は 74～83% で、粘性の高いねっとりした飲み物である。

神酒の発酵に係わる微生物の特性を調べるために、それぞれの神酒を無菌水で希釈し、pH 7 と pH10 の寒天平板培地に塗布して、形成されてくるコロニーの数を計数した。その結果を表 1 に示した。

また、比較のために市販されている奄美大島と石垣島のミキに含まれる微生物の数も示した。

塩屋湾沿いの 3 地区（塩屋、屋古、田港）で作られた

神酒の微生物の数は、製造初期には地区により大きく異なりましたが、pH 10 で生育する微生物が多く存在することがわかった。

表1 海神祭の神酒の微生物の特性

	pH	水分%	コロニー数 (個/g 乾燥重)		
			pH 10	pH 7	比 pH 10 / 7
塩屋	3.8	79.6	6.45 x 10 <sup>7</sup>	2.86 x 10 <sup>8</sup>	0.23 / 1
	3.7		2.33 x 10 <sup>7</sup>	8.98 x 10 <sup>7</sup>	0.26 / 1
屋古	4.0	83.0	1.76 x 10 <sup>5</sup>	1.40 x 10 <sup>5</sup>	1.26 / 1
	3.9		8.03 x 10 <sup>6</sup>	1.14 x 10 <sup>8</sup>	0.07 / 1
田港	3.9	82.7	6.49 x 10 <sup>6</sup>	3.08 x 10 <sup>7</sup>	0.21 / 1
	3.9		3.03 x 10 <sup>7</sup>	1.49 x 10 <sup>7</sup>	2.03 / 1
奄美	3.6	74.4	6.21 x 10 <sup>5</sup>	2.19 x 10 <sup>8</sup>	0.003 / 1
	3.6		5.07 x 10 <sup>4</sup>	9.54 x 10 <sup>7</sup>	0.0005 / 1
石垣	2.9	80.0	1.40 x 10 <sup>4</sup>	1.89 x 10 <sup>8</sup>	0.00007 / 1

黒字の数字：3日後、赤字の数字：90日後

特に、屋古の神酒では、全体の菌数は少ないが、pH 7 よりも pH10 のアルカリ性寒天平板の方に多くのコロニーを形成した。pH10 の寒天平板にはオレンジ色の細菌コロニーも観察された(写真2)。神酒の製造初期に分離した、この細菌 FMy118-3or (以下 C と略す) 株は、pH 7 ではほとんど生育しないが、pH10 では、よく生育する好アルカリ性細菌であった。

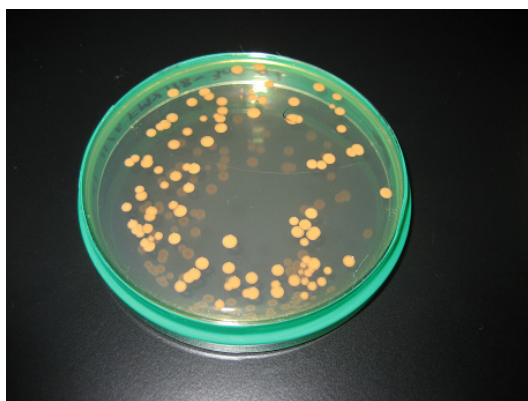


写真2 屋古の神酒からの好アルカリ性細菌

塩屋地区の神酒の菌数は、pH10 で 6.45 x 10<sup>7</sup>、pH 7 で 2.86 x 10<sup>8</sup> となり、pH 7 の寒天平板に形成されるコロニーの数が多く観察された。pH10 と pH 7 の比は、pH 7 の場合を 1 とすると、塩屋地区では 0.23 となり、屋古の神酒の場合、pH10 と pH 7 でともに 10<sup>5</sup> オーダーと菌数は少ないが、pH10 の方が多くのコロニー形成があり、比は 1.26 / 1 であった。田港の神酒の場合、コロニー数は

pH10 および pH 7 でそれぞれ 10<sup>6</sup> オーダー、10<sup>7</sup> オーダーであり、その比は 0.21 / 1 であった。

一方、市販されている奄美大島および石垣島のミキでは、pH 10 で形成されるコロニーが少なく、pH10 と pH 7 で形成されるコロニーの数の比は、それぞれ 0.003 / 1、0.00007 / 1 となり、塩屋湾沿い 3ヶ所の神酒とは大きく異なっていた。

海神祭「ウンガミ」の神酒の風味は、時間が経過するにつれてフルーティーで豊かな味わいに変化するが、神酒の微生物叢も変化していると思われる。表1の赤字で示した数字は、常温で3ヶ月経過後のそれぞれの神酒のコロニー数を計測したものである。屋古のコロニー数は、製造当初少なかったが、3ヶ月後では pH10 と pH 7 の両方で増大した。塩屋湾沿い 3ヶ所の神酒では、pH10 の場合、10<sup>7</sup> 程度にコロニー数がそろってきており、pH 7 の場合、コロニー数は 10<sup>7</sup> ~ 10<sup>8</sup> になった。

一方、奄美大島の市販ミキでは、pH10 の寒天平板のコロニー数は減少し、pH10 と pH 7 で形成されるコロニー数の比はさらに大きくなった。

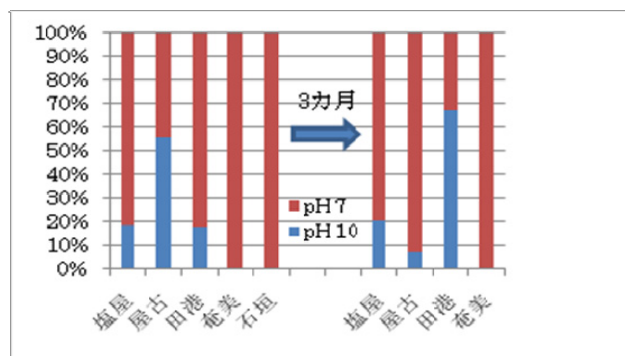


図2 pH10 と pH 7 のコロニー数の割合 (%)

図2には、それぞれの神酒について、pH 10 および pH 7 の寒天平板に形成されたコロニー数の割合を百分率で表した。図2からも明らかなように、塩屋湾沿い 3ヶ所の神酒には、pH10 でコロニー形成できる好アルカリ性あるいはアルカリ耐性の微生物が、奄美大島や石垣島の市販ミキに比べて著しく多いことが明らかとなった。

海神祭「ウンガミ」の神酒には、なぜ、好アルカリ性あるいはアルカリ耐性の微生物が多く存在するのか。神酒を造る場所が塩屋湾の直ぐ近くにあるため、神酒の発酵に関わる微生物は、塩屋湾の海水の影響を強く受けていると推察された。2009年9月14日、気温 30℃を越える快晴のもと、神酒造りが行われた。神酒造り見学者の肌は、1時間もすると潮風でべっとりとなってしまう状態であった。当日の塩屋湾の海水の pH は、8.3~8.6 のア

ルカリ性であった。海水の pH がアルカリ性であったことから、好アルカリ性あるいはアルカリ耐性の微生物が、潮風に乗り神酒に到達した可能性はあると考えられる。しかし、神酒になる前の粥の pH はほぼ中性であり、3日後には 3.7~3.9 の酸性に変化していた。

3-3 項で述べるが、好アルカリ性細菌 C 株が米と甘藷からできた中性の粥に生育して、乳酸を蓄積することを見出した。このことから、詳しい機構については不明であるが、塩屋湾沿いで造られた神酒において、先ず、好アルカリ性あるいはアルカリ耐性の海洋性乳酸菌が増殖して pH を 4 以下に下げ、次に好アルカリ性あるいはアルカリ耐性の酵母が増殖して、アルコールを生産したのではないかと考えられた。

亜熱帯海洋性気候の島嶼からなる琉球地域では、世界でも珍しい独特の生態系が形成されているが、好アルカリ性あるいはアルカリ耐性の海洋微生物の生態系における役割にも興味を持たれる。

### 3-2 海神祭「ウンガミ」の神酒の成分組成

3ヶ月後の神酒の成分組成を表2に示した。5℃の冷蔵庫で保存した塩屋の神酒の場合、低分子の糖分がかな

表2 海神祭「ウンガミ」神酒等の成分組成

	乳酸	酢酸	コハク酸	エタノール
塩屋 (冷蔵)	2.7	0.0	0.1	0.4
塩屋	15.1	2.1	1.4	6.9
屋古	13.2	2.9	1.9	6.4
田港	15.4	2.3	1.6	7.2
奄美	8.6	8.6	0.7	6.0

糖と有機酸は g/l、エタノールは vol% で表した。

り残っていたが、乳酸 2.7 g/L、エタノール 0.4% であり、酒類には該当しない飲料の状態であった。

一方、常温で長期に保存した神酒の場合、pH10 の寒天平板で酵母が多く分離できた。低分子の糖はほとんど消費され、乳酸 (13%~15%) とエタノール (6.4%~7.2%) が多くなり、酢酸とコハク酸を若干含むアルコール飲料の状態になっていることがわかった。

写真3は、3ヶ月間、常温保存した屋古の神酒を pH10 の寒天平板に塗布し、30℃で7日間培養した場合に形成されたコロニーである。ピンク色と白色のコロニーが観察されたが、両者とも酵母であった。

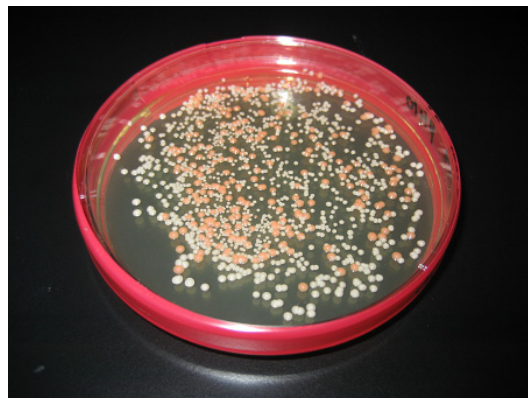


写真3 常温で3ヶ月間保存した屋古の神酒に存在する2種の酵母 (pH10 の寒天平板)

### 3-3 分離した微生物による発酵試験

神酒から分離されてきた微生物を用いて、米と甘藷からなる培養液の発酵試験を行った。30℃、13日目の培養液の成分を調べた結果を表3に示した。

表3 分離菌による発酵試験

菌株	G	M	乳酸	酢酸	コハク酸	E
対照	0.9	34.4	0	0	0	0
A	0	0	1.4	0.2	+	1.0
B	0	0	0	1.5	0.4	0.9
C	0.3	32.2	8.5	0	0	0
D	0	0	1.5	0	+	0.9
E	0	0	0	0	+	0.8

G: グルコース、M: マルトース、E: エタノール  
糖と有機酸は g/l、エタノールは vol% で表した。

C株だけが細菌で、かなりの量の乳酸を蓄積したことから、この細菌は好アルカリ性乳酸菌であると思われる。好アルカリ性乳酸菌は、海洋、植物、土壌、食品など沖縄の各地の試料からも分離できることを、本誌の「好アルカリ性乳酸生産微生物の探索 (I)」でも報告している<sup>3)</sup>。

その他の菌株は好アルカリ性あるいはアルカリ耐性の酵母であるが、A株やD株は、乳酸とエタノールの両者を生産した。好アルカリ性あるいはアルカリ耐性の酵母として、*Khuyveromyces lactis*、*Yarrowia lipolytica*<sup>4)</sup>、*Debaryomyces hansenii*、*Zygosaccharomyces rouxii* が知られているが、神酒から分離された菌株の同定は今後行う予定である。

神酒から分離できた細菌、酵母、あるいはそれらの混合培養を利用して、乳酸や酢酸、コハク酸を含む新しいアルコール飲料を造ることも可能と思われる。また、沖

縄の泡盛の生産においても、乳酸を作る細菌や酵母の泡盛もろみへの利用は、新たな香りなど泡盛の酒質を多様化するのに役立つことが期待される。

#### 4 おわりに

古代の酒は、出雲や博多に現在も残る練酒（ねりざけ）のようなペースト状でねっとりしたものと考えられているが、海神祭「ウンガミ」に用いられるミキ（神酒）も粘度が高くねっとりしており、似ている印象をもつ。しかし、海神祭「ウンガミ」の起源は、もっとも古く見積もっても1500年頃で、甘藷を使ったミキ（神酒）の始まりは、甘藷伝来（1604年）以降になる。琉球地域において甘藷の栽培が普及してくると、米や粟に加えて、甘藷の豊作祈願も加味した甘藷入りのミキ（神酒）も作られるようになったと考えられる。甘藷を使ったミキ（神酒）造りを行った地域の住民は、甘藷が米や粟などの澱粉を糖化する能力があることに気づき、澱粉の糖化をクチカミ（唾液の $\alpha$ -アミラーゼ）から甘藷（耐熱性の $\beta$ -アミラーゼ）に切り替えたのではないかと考えられる。クチカミから甘藷への糖化手法の転換は、神酒造りにおいて、儀式的にも大きな変化ではなかったかと想像される。海神祭「ウンガミ」の神酒造りの過程で、米粥に甘藷の千切りを加えて糖化した後、別の容器に移してから洗米（打ち米）を混ぜ合わせているが、これはクチカミの作業を形式的に残したものではないかとも考えられる。琉球地域では、近世まで、米や粟を原料としたクチカミ酒の神酒が作られていた。その理由としては、琉球王朝が焼酎造りを厳しく管理したため、米や粟の糖化に焼酎（泡盛）用の麹菌が利用できなかった、甘藷入り神酒を造る地域が限定的で、その情報が意識して琉球地域全体に伝わらなかった、などが考えられる。

一方、日本本土では8世紀以降、クチカミの酒に替わって、麹菌を使った日本酒の醸造技術の改良が進み、江戸時代には日本酒が広く社会に普及し、お神酒だけでなく、庶民も日本酒を飲む機会が増えてきた。

また、海神祭「ウンガミ」の神酒には、砂糖も加えられているが、砂糖（黒糖）の琉球での生産は1623年以降である。砂糖は、酵母や乳酸菌がそれぞれアルコールや乳酸に直接発酵できる。砂糖添加の目的は、神酒の甘みを増すためと考えられるが、濃いアルコールや乳酸を含む神酒が得られることを経験的に知っていたからかも知れない。このように、甘藷や砂糖の伝来にともなって、神酒作りも、地域住民がお互いに知恵を出し合いながら進化させてきたのではないかと思われる。

#### 参考文献

- 1) 平敷令治、沖縄の神酒、沖縄国際大学文学部紀要. 社会篇 1(1), 38-51 (1973)
- 2) 久留ひろみ、吉崎（尾花）由美子、玉置尚徳、和田浩二、伊藤清、奄美大島の伝統飲料「ミキ」の分析、醸造協会誌 105(3)、167-174 (2010)
- 3) 世嘉良宏斗、常盤豊、照屋全才、市場俊雄、好アルカリ性乳酸生産微生物の探索 (I)、沖縄県工業技術センター平成21年度研究報告書、12、1-4 (2010)
- 4) F.M.Kawase, P.F. Amaral, M.H.M. Rocha-Leao, A.L. Amaral, E.C. Ferreira, M.A.Z. Coelho, Morphological analysis of *Yarrowia lipolytica* under stress conditions through image processing, *Bioprocess Biosystems Engineering*, 25(6), 371-375 (2003)

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。