

酸基醴(あまざけ)もとを用いた清酒製造

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
著者名	佐藤,稔英
発行元	日本醸造協会
巻/号	116巻11号
巻号補足	
掲載ページ	p. 736-747
発行年月	2021年11月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



酸基醴（あまざけ）醪を用いた清酒製造

近年、独自の酒質を追い求めるため、原料処理や醸造微生物へのこだわりに加え、造りの面でも原点回帰とも言える生醪系酒母に取り組む蔵元が増えてきた。生醪系酒母は複雑な微生物の遷移を必要とするため、安定的に製造することは非常に難しい。本稿では、安定的な生醪系酒母製造を可能にするため、酸基醴醪の概要および実際に選抜した乳酸菌を用いた酒造製造方法について解説いただいた。温故知新という言葉のとおり、従来の技術にとらわれない新たな製造方法の開発にもつながることから、是非ご一読をお勧めしたい。

佐藤 稔 英

はじめに

清酒醸造の現場では、醪初期の雑菌や野生酵母の汚染を防止する目的で酒母が製造される。一般的な酒母の条件としては①優良な清酒酵母を高密度に含むこと、②多量の乳酸を含むこと、③使用時に酵母が醪で正常に増殖できる活性を持っていること、があげられる。酒母の製造法は仕込み時に市販の乳酸と酵母を同時に添加する現在主流の速醸系酒母と、蒸米と米麴を水に仕込み、乳酸菌により乳酸を生成させる伝統的製法である生醪系酒母の大きく二つに区分される。速醸系酒母は乳酸添加量を人為的にコントロールできるため、雑菌汚染を防止しつつ、短時間で目的の酵母を純粋培養できることが特徴である。一方で生醪系酒母は蔵内に生息する乳酸菌を増殖させ、乳酸を生成させた後に酵母を培養する方法である。生醪系酒母は速醸系に比べて工程が多く、酒母製造で重要な役割を果たす乳酸菌 *Lactobacillus sakei* はいわゆる蔵付ではなく毎年外部から持ち込まれる、という報告¹⁾もあることから、蔵内の菌叢変化が酒質に与える影響が大きく、製造安定性を得ることが難しい。その反面、蔵独自に存在する乳酸菌を増殖させる方法のため、それぞれに特徴的な製品となりやすい。

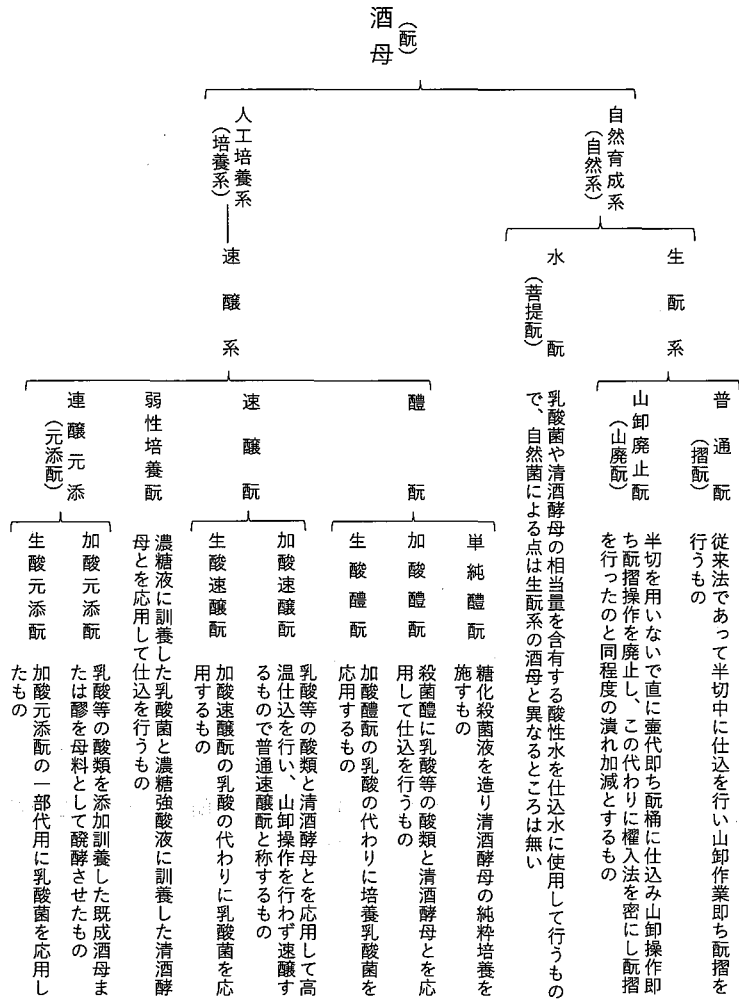
近年、個性的な純米酒造りを目指して昔ながらの生醪系酒母に取り組む酒造メーカーも増加している。しかし、*Lactobacillus sakei* が優先菌種とならず、*Leu-*

conostoc mesenteroides が優位を占めて生育している例²⁾や、火落菌である *Lactobacillus paracasei* が検出される例³⁾もあり、生醪系酒母の製造には熟練を要することから、長期間生醪系酒母を製造していない蔵が、改めて取り組むにはハードルが高い。そのため、人為的に乳酸菌を添加することにより生醪系酒母製造を安定化させようとする試みがなされてきた³⁻¹²⁾。

筆者らは実際の酒造現場で製造された米麴から乳酸菌を探索、分離し、それらを培養して添加する酸基醴醪に着目した。すなわち、生醪系酒母製造における、低温仕込みや硝酸還元菌の増殖を省略し、乳酸菌の増殖により酒母製造を行うものである。本稿では、酸基醴醪の概要について述べたのち、岩手県内の酒蔵から採取された乳酸菌を用いた酒母製造について紹介する。

1. 酸基醴（あまざけ）醪とは

酸基醴醪とは明治後期に開発された酒母製造方法の一つである。当時、酒税収入は日本の租税収入の3割強を占める重要な収入源であったものの、全国の酒蔵で腐造・火落ちが頻発して廃棄せざるを得ない酒もあり、これを止めるための研究が盛んに行われていた。中でも、「乳酸馴養 最新清酒連醸法」¹³⁾の著者である江田鎌次郎氏が示した速醸法は100年以上たった今日でも一般的な方法として行われているが、同時期に試験研究を行っていたのが酸基醴醪である。江田氏は、酸基醴醪の試験研究の前に、加温糖化した甘酒に酵母



第1図 江田氏が示した酒母の種別
 江田鎌次郎：最新清酒醸造論(四七)，醸協，24,(11)，44-46
 (1929)より著者が一部改変(旧字体を新字体に改変した。)

を添加する單純醎醎についても検討を進めている。單純醎醎の製造については茨城県内の酒造場で行われた試験醸造結果について「第一に酒精量の不足にして、第二越幾斯分の多量なること第三醎様の香氣を存すること第四酸と酒精との關係が未だ調和せられざること」と問題点が指摘されていた¹⁴⁾が、江田氏も検討の結果、「其の味淡泊にして酵母の増殖數并に酒精の生産量又甚だ少なり、而して之を普通醎に比するに常に二分の一—四分の一たるを免れず。」として同様の問題点を指摘している。この結果から、比較的強健な醎醎の製造法について研究を進めた結果、乳酸もしく

は乳酸菌を加えて酒母を製造する酸基醎醎を完成させた、としている¹³⁾。この時、様々なアイデアで酒母製造法について検討を進めていたが、乳酸を添加するものを「加酸〇〇醎」、乳酸菌を添加するものを「生酸〇〇醎」と統一して名付けている。江田氏は酒母の種別について第1図の様に解説しており¹⁵⁾、速醸系の醎醎のうち、加酸醎醎と生酸醎醎を合わせて酸基醎醎としている。当時、この分類方法は賛否があった¹⁶⁾ようだが、江田氏も「全く便宜上の區分で學術上意義をなさぬこと」としており、「速醸系の酒母は乳酸菌にせよ清酒酵母にせよ、人工的に純粹培養したるものを

第1表 一段式～三段式の酸基醴配の配合

江田鎌治郎：乳酸訓養 最新清酒連醸法，明文堂(1912)より著者が一部改変(単位を尺貫法からメートル法に改めた。また，白米は一石当たり150kgとして換算した。)

一段式仕込み配合

一段式仕込み配合			一段式仕込み配合		
		計			計
総米 (kg)	60.1	60.1	総米 (kg)	30.0	60.1
蒸米 (kg)	-		蒸米 (kg)	30.0	30.0
麴米 (kg)	60.1	60.1	麴米 (kg)	30.0	30.0
水 (kg)	144.3	144.3	水 (kg)	144.3	144.3

二段式仕込み配合

	前段	後段	計
総米 (kg)	36.1	54.1	90.2
蒸米 (kg)	18.0	31.6	49.6
麴米 (kg)	18.0	22.5	40.6
水 (kg)	86.6	43.3	129.9

三段式仕込み配合

	前段	中段	後段	計
総米 (kg)	36.1	27.1	27.1	90.2
蒸米 (kg)	18.0	15.8	15.8	49.6
麴米 (kg)	18.0	11.3	11.3	40.6
水 (kg)	86.6	21.6	21.6	129.9

應用するのが本體である」と解説している。著書¹³⁾の中では山麴配への乳酸添加による効果についても言及している。現代においては生醴系酒母の酒税法的定義はないものの、一般論として「酒母の種類は乳酸をどのように得るかで二つに大別される¹⁷⁾」とされている。また、現代では生醴系酒母であっても純粹培養酵母を添加することが推奨されている。江田氏が酒母の分類を行った当時とは現代の分類方法と必ずしも合致するものではないが、現代風に分類を進めれば、加酸〇〇配は全て速醸系であり、生酸〇〇配は全て生醴系となる。第1図中の「速醸系-醴配-加酸醴配」は「加温糖化した甘酒に乳酸と培養酵母を加えたもの」であることから現代の速醸系-高温糖化配と言えが、「速醸系-醴配-生酸醴配」は「加温糖化した甘酒に乳酸菌と培養酵母を加えたもの」であり現代の生醴系ではあるものの適当な名称は無い。そのため、我々はこの生酸醴配を酸基醴配を指し表すものとしている¹⁸⁾。

2. 酸基醴配の仕込み配合と製造方法

江田氏は著書¹³⁾の中で一段式から三段式による酸基醴配の配合を紹介している。その仕込み配合を第1表に示す。一段式仕込みは、麴米のみで甘酒を作る方法と蒸米と麴米を同時に添加して甘酒を作る方法の2種類の記述があり、示した仕込み配合で55～57℃に6～7時間、加温・糖化した後に80℃まで昇温して10分保温してから急冷し、その後に25～30℃まで下げて乳酸菌を添加した上で、室に移して2～3日で乳酸発酵は終了することが述べられている。また、酵母はその後、品温を20℃まで下げてから添加し、そのまま発酵させると数日～1週間で配が出来上がる、との記載がある。二段式および三段式ではそれぞれの段仕込み毎の配合で甘酒を製造しておき、前段仕込みの際に乳酸菌を添加して2日間乳酸発酵を促し、乳酸濃度が0.5%程度まで増加したことを確認した後に酵母を添加して20～22℃で2日間アルコール発酵を行った

後に後段の濃厚甘酒を添加して5~6日で熟成する、と述べられている。一段式及び二段式・三段式の前段で汲水歩合240%と非常に高く、希薄甘酒の状態で乳酸菌の増殖・発酵を促して有害菌の増殖を抑えるのに必要十分な乳酸量を確保してから酵母を添加しようとしていることがうかがえる。一方で、酸基醴配以外の記述、例えば加酸速醸配の記述では十水（総米に対して尺貫法で等量の汲水＝現代の汲水歩合120%に相当）としており、この汲水歩合は当時としてはかなり多かったようで、後に著した「杜氏醸造要訣」¹⁹⁾では八水半（現代の汲水歩合102%に相当）まで下げている。残念ながら「杜氏醸造要訣」には酸基醴配の記載は無いものの、汲水歩合の適当量に関しては試行錯誤が続いたものと推察される。また、乳酸菌及び酵母の使用量は「前記の一段式醴量又は二段式に於ける前段醴量に對して、大凡五-六「リットル」即ち二升八合乃至三升三合（乳酸菌は培養液量にて表す）を使用すれば足る」「酵母の使用量は前記前段醴（約六斗）に對して一〇「リットル」（五升五合）位にて十分なり」と記載されており、かなり多くの添加量を要求していたことが分かる。「乳酸馴養 最新清酒連醸法」が上梓された1912年当時は、ようやく協会1号・協会2号酵母が分離された頃で、現代のように優良な協会酵母がそろった状況とは異なることから、安全醸造を推進する上での配慮がうかがえる。しかしながら、

当時はこのように多量な微生物の純粹培養を行える酒造場及び研究機関は少なかったと思われる。また、100年前の設備で加温・糖化および冷却を行うことは非常に困難であったことが推察され、比較的導入しやすく、目に見えて労力が低減可能な山麴配及び加酸速醸配（普通速醸配）への移行が進み、酸基醴配への取り組みは進まなかったと考えられる。

3. 岩手県工業技術センターの取り組み

岩手県工業技術センターでは平成28年度から乳酸菌による発酵に着目し、「発酵食品に関するプロジェクト」を進めてきた。清酒への利用としては、生醴系酒母の製造に向けた取り組みを希望する県内酒造メーカー10社で製造された米麴（76点）から乳酸菌の分離を試みた²⁴⁾。添加する乳酸菌に求められる特性としては、以下を基準とした。

- (1) 乳酸発酵が旺盛で速醸酒母で添加される乳酸量を超える乳酸生産能を有すること
- (2) 火落ち性が無いこと
- (3) 濃糖環境で生育可能なこと
- (4) アルコール感受性があること
- (5) 官能評価優良なもの

まず、細菌酸度測定培地（YAS培地）10mLに米麴1gを添加し、30℃で48時間培養した。培養後、培養液のpHを測定し、対照（米麴無添加）よりもpHが2.0

第2表 酸基醴配および中温速醸配の小仕込み試験配合

酸基醴配						
	酒母前段	酒母後段	添	仲	留	計
総米 (g)	20	40	150	300	490	1000
蒸米 (g)	-	40	110	240	410	800
麴米 (g)	20	-	40	60	80	200
水 (mL)	80		200	400	670	1350
乳酸菌 (mL)	10					
中温速醸						
	酒母	添	仲	留	計	
総米 (g)	60	150	300	490	1000	
蒸米 (g)	40	110	240	410	800	
麴米 (g)	20	40	60	80	200	
水 (mL)	80	200	400	670	1350	
乳酸 (mL)	0.48					

第3表 酸基醴酐(*Lactobacillus* 属使用)の仕込み経過

日数	操作	品温(℃)	Be	Brix(%)	Alc.(%)	TA(mL)
1	糖化開始	57.8				
	糖化停止	53.2				
	乳酸菌添加	34.1				
2		31.2	15.7	29.2		0.8
3	酵母添加・2段掛	25.5	15.7	29.4		4.6
4		18.9	13.6	27.1		6.8
5		18.9	12.2	26.1	4.8	8.2
6		19.1	10.6	24.0	7.2	8.6
7		19.2	9.3	22.6	8.4	8.9
8		18.9	8.4	21.6	8.8	8.9
9	分け	19.2	7.1	20.5	10.0	9.8

第4表 酸基醴酐(*Leuconostoc* 属使用)の仕込み経過

日数	操作	品温(℃)	Be	Brix(%)	Alc.(%)	TA(mL)
1	糖化開始	56.9				
	糖化停止	52.2				
	乳酸菌添加	35.1				
2		31.8	15.3	28.4		3.3
3	酵母添加・2段掛	25.3	15.8	29.4		8.4
4		21.0	14.0	28.4		9.8
5		20.4	12.6	27.0	5.1	10.5
6		19.6	10.2	23.7	6.4	10.5
7		19.2	9.0	22.7	8.4	10.5
8		19.1	8.0	21.4	9.8	10.5
9	分け	19.2	7.4	20.6	10.1	10.4

第5表 中温速醴酐の仕込み経過

日数	操作	品温(℃)	Be	Brix(%)	Alc.(%)	TA(mL)
1	水麴・仕込	25.2				
2		21.2				
3		18.9	16.7	27.3		
4		18.9				
5		19.1	10.1		8.2	5.6
6		19.2				
7	下げ	18.9	7.2		11.5	6.1
8		4.6				
9	分け	4.6	6.0		12.2	6.6

第6表 酸基醴酐および中温速醸酐の小仕込み試験製成酒成分結果

日数	菌株名	属	モロミ日数	Alc.(%)	Me	TA(mL)
酸基醴酐	A123	LB	18	16.8	+3.3	3.1
	H125	LB	20	16.5	+4.0	2.8
	I155	LB	18	17.9	+6.0	2.9
	I161	LB	18	18.6	+2.6	2.8
	LB122	LB	18	18.4	+2.4	2.6
	LB146	LB	19	18.3	-2.0	3.0
	LB61	LB	19	18.5	+1.2	2.7
	LB68	LB	21	19.6	+5.0	2.8
	Leu58	Leu	18	17.8	+1.4	3.4
	W133	LB	18	16.8	+7.7	2.9
中温速醸	-	-	18	18.2	+1.3	2.6

*属のLBは *Lactobacillus* 属, Leuは *Leuconostoc* 属

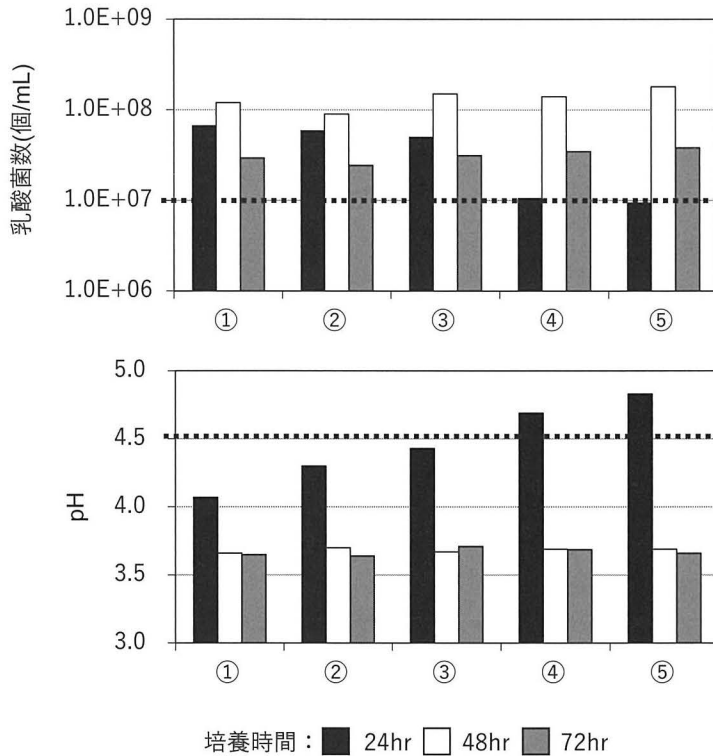
以上酸性側にシフトした試料を生酸菌が存在しているものとして36サンプルを選抜した。それらをMRS寒天培地に塗布し、30℃で48時間嫌気培養を行い、発育良好なコロニーを各シャーレから10株ずつ選抜した。得られた360株を再度YAS培地で生酸性を確認し、キャピラリー電気泳動により乳酸量を測定した結果、288株が生酸菌として選抜され、そのうち155株で乳酸生産量が4000ppmを超えたことを確認した。しかし、155株のうち、12株で酢酸の生産量が700ppm以上になることが同時に確認されたため、これらを除く143株を候補株として選抜した。

候補株をSI培地にて培養した結果、火落ち性は確認されなかったものの、グルコース25%のBrix20%麴汁培地における増殖性を検討した結果、31株が生育遅延を示した。酒母は濃糖環境であり、グルコース濃度が高いときには20%程度になるとされている。そのため、グルコース25%で生育可能な株は全て酒母製造中に生育可能と考えられる。上記31株を除いた112株をエタノール8%含有Brix5%麴汁培地に供してアルコール感受性を評価した結果、84株で生育が見られなかった。エタノール8%で生育しない乳酸菌株は、清酒醸造の火落菌、腐造性乳酸菌となり得ないと期待されるため、これらを優良株として選抜した。

選抜された乳酸菌84株のうち、実製造での利用を希望した6社の全48株を用いて乳酸発酵試験を実施した。乳酸発酵試験では全ての優良株で滴定酸度3.0~4.8mLとなり乳酸発酵は良好に進んだ。官能評価に

より、ヨーグルト臭やチーズ様といった乳酸発酵特有の指摘があった株を排除し、全10株を選抜した。選抜された菌株をMALDI-TOF MS(同定解析ソフトウェアMALDIバイオタイパー Ver4.1.80)で微生物簡易同定を行ったところ、9株が *Lactobacillus* 属、1株が *Leuconostoc* 属と推定された。次に優良株を用いた小仕込み試験を行った。酸基醴酐および対照とした中温速醸酐の小仕込み試験の仕込み配合と、温度経過及び成分値の代表例を第2表~第5表に示す。使用したすべての乳酸菌株で同様の発酵経過をたどり、酸基醴酐の分け時のボーメが5.7~7.6、アルコール10.0~11.4%、滴定酸度は8.9~10.4mLとなった。中温速醸酐に比べ酸度が約4.0mL程度高かった。また、今回選抜した *Leuconostoc* 属を使用した場合、*Lactobacillus* 属を使用した場合に比べて酸度が0.6~1.8mL程度高くなった。酒母製造日数は酸基醴酐で9日であり、一般的に30日程度かかる生酐系酒母の日数と比較してもかなり短く、速醸系酒母並の日数で製造可能な方法であるといえる。

小仕込み試験を行った結果を第6表に示す。酐日数は酸基醴酐・中温速醸酐ともに2菌株を除いては18~19日で差はなかった。製成酒の成分は酸基醴酐の方が、酸度が高めの傾向が見られた。日本酒度およびアルコールについては使用菌株によりバラツキが確認された。また、今回選抜した *Leuconostoc* 属を使用した場合、同様に選抜された *Lactobacillus* 属を使用した場合に比べて酸度がやや高くなった。齋藤²⁵⁾は明



第2図 乳酸菌の添加量の可変に伴う培養時間と乳酸菌数及び醪のpHの変化
 乳酸菌添加量は総米 60kg 当たり① 8000mL ② 2000mL ③ 1000mL
 ④ 400mL ⑤ 200mL

治 37 年に四国税務協会から出版された「税務鑑定検査参考書」を解析し、当時の正常な清酒成分の平均値をアルコール 17.1、日本酒度 +15、酸度 4.3（当時はフェノールフタレインを指示薬として使用していたため現在の混合指示薬を使用すれば 3.8 内外）としており、試験結果としては妥当な結果と思われた。乳酸菌の利用を希望したメーカーの官能評価は「生酏的香りが有り、酸が張るものの後口のキレが良い」「まだ若いので荒さが目立つが寝かせての変化が楽しみ」「菌株による差異もあり特徴がある」等の評価が得られたものの、現代の感覚からすると総じて過剰な酸味を感じる清酒となる結果となった。

4. 酒造メーカーでの醸造試験

乳酸菌の利用希望のあったメーカーのほとんどは生酏・山廃での使用を希望したが、1社が酸基酏での実地製造試験を希望した。先に示した試験醸造結果と

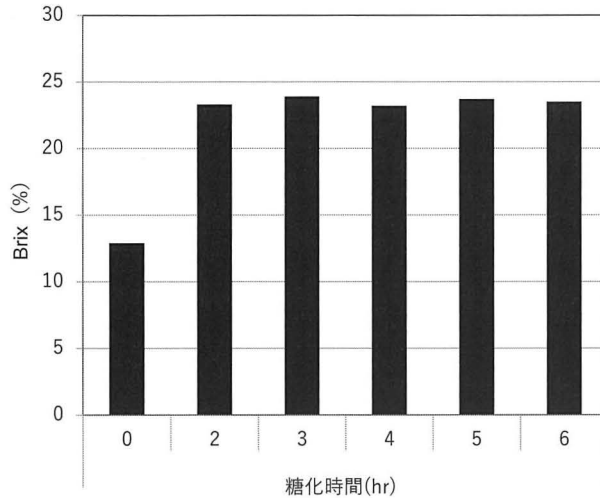
合わせていくつかの課題が見出されたため、まずは製造現場で可能な醸造法の検討を行った。

主な問題点は以下の3点である。

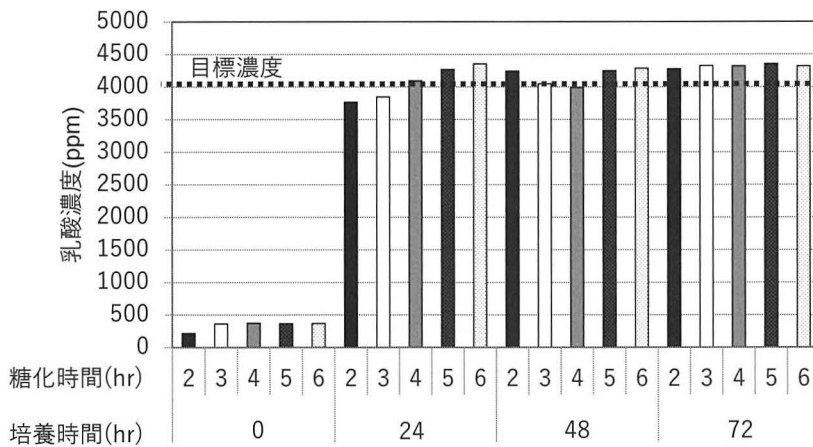
- ① 適正な乳酸菌使用量の把握
- ② 加温・糖化の方法の検討
- ③ 麴の雑菌汚染程度の検討

特に①に関しては、前述した通り「前段醗量（総米 36kg + 汲水 86L）に対して 5~6L」と記載されているが、そのまま行くと製成酒が過剰な酸度を形成するばかりか、醗総米 1000kg 当たり 9L ずつ準備するとなると大変な労力が必要になる。そこで、まずは適正な乳酸菌の添加量について検討した。

酒母総米 60kg 当たり、 10^8 個/mL の乳酸菌の添加量を変化させ、品温 30℃ で培養した場合の乳酸菌数及び醪の pH の変化を検討した結果、第 2 図のようになった。まず乳酸菌数は、添加量に関わらず添加後 48 時間で最大となり 72 時間目までに減少する。この結



第3図 糖化時間と Brix の変化

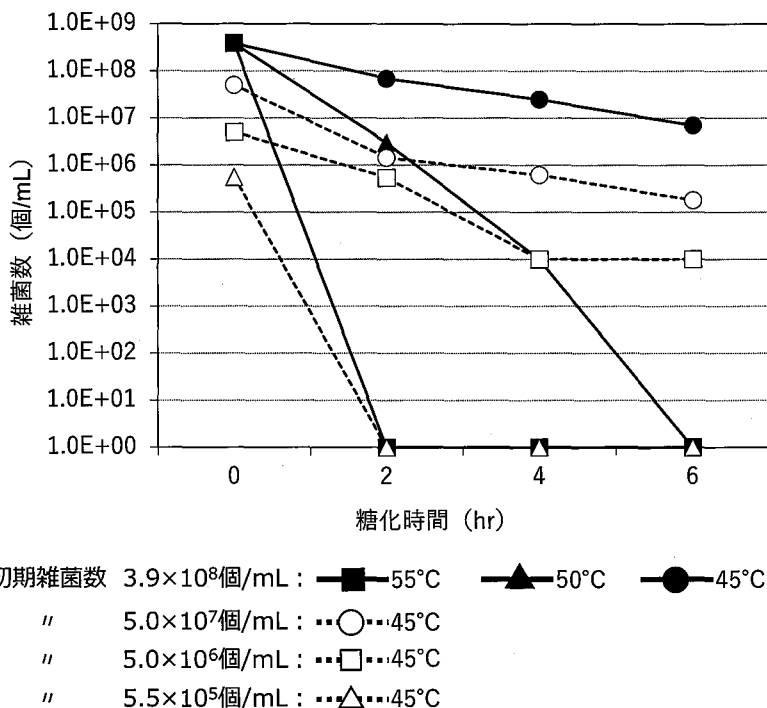


第4図 乳酸菌培養時間と乳酸濃度の変化

果から、少なくとも乳酸菌添加後48時間以内には酵母が増殖を始めている状況を作り出すことが望ましいことが判明した。また、醗のpH変化は、乳酸菌添加後48時間目にはすべての試験区でpH3.6~3.7まで低下するが、乳酸菌添加量が少ないほど24時間後のpH低下が十分ではなく、雑菌汚染のリスクが高いpH4.5以上のものもあった。これらの結果から、仕込み後24時間以内に十分な菌数を確保し、安全なpHに低下させることが出来る1000mL程度は必要だと判断した。また、糖化時間の適正化とそれに伴う乳酸生産量の変化について検討した結果を第3図・第4図に示す。55℃で糖化させた場合、Brixは糖化時間2時

間以降で変化に乏しく、22~23%で推移した。この糖化時間を変化させた甘酒に乳酸菌を総米60kg当たり1000mL添加して30℃で培養した結果、乳酸量は培養24~48時間で目標濃度の4000ppmとなった。このことから現場では糖化後のBrixを確認してから乳酸菌を添加することで所定濃度の乳酸産生を促すことができるものと考えられた。

次に酒造メーカーで導入可能な簡便な加温・糖化方法について検討した。酸基醗配の場合には品温を糖化時の55~60℃まで昇温させ、乳酸菌の培養のために30℃前後、および酵母添加後に20℃前後に保つ必要がある。一般的に醸造現場で醗を加温・保持するとな



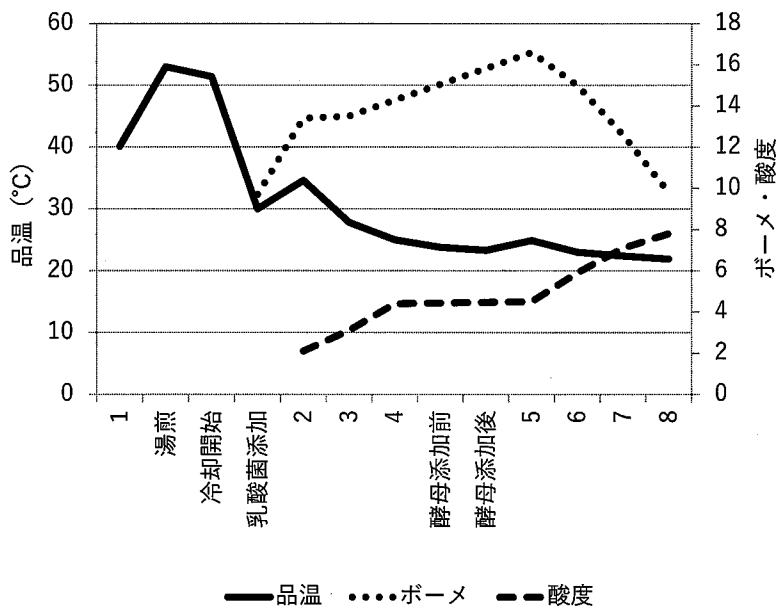
第5図 雑菌汚染モロミの糖化に伴う菌数変化

ればダキ操作やサーマルタンクの導入などが考えられるが、蔵人の人数や夜間作業およびコスト面から考え、大型水槽による湯煎方式を検討した。水産業で一般的に使用される丸型槽に水を張り小型ポンプにより24時間循環させ、簡易の糖化・恒温槽を作製した。このシステムの場合、水温22℃程度から装置を稼働しても24時間目には55℃を超え、以後30日間は60℃±0.5℃の範囲内を保つことが可能であることを確認している。

次に麴に雑菌汚染があった場合を想定し、糖化時の雑菌汚染の挙動を検討した。第5図は県内の酒造メーカーが製造した米麴に付着していた雑菌を増殖させた後、遠心濃縮して酒母に添加し、糖化させた時の菌数変化を表している。初期菌数を醗量当たり 3.9×10^8 個/mLからスタートし、糖化温度を55℃、50℃、45℃に変化させて検討した結果、55℃の場合は概ね2時間で、50℃の場合は6時間で雑菌数は検出限界以下にまで減少したものの、45℃の場合には6時間後も 10^6 個/mLまでしか減少しなかった。また、初期汚染菌数を 5.0×10^7 個/mL、 5.0×10^6 個/mL、 5.5×10^5 個/

mLと変化させ45℃で糖化させた時には、初期汚染量が 5.5×10^5 個/mLの場合にのみ検出限界以下となったものの、そのほかの条件で糖化6時間以内に雑菌が死滅することは無かった。この結果から、酒母中の雑菌数が 5.5×10^5 個/mL以下になる洗浄度を保つ必要があることが明らかとなった。また、現場での製麴過程における雑菌汚染状況を改めて確認した結果、製造初期、特に放冷（放冷機）・種切・包上げまでに汚染を受けているケースが多かった。金桶²⁶⁾は麴の雑菌汚染程度を 10^6 個/g・麴以下にすることで清酒オフフレーバーである4VG生成の低減が見込めることを報告している。岩手県ではこれらのリスクの低減も含め、使用する用具や空間の清浄度を上げ、製麴時のニトリル手袋の使用の推奨などの検討を行い、現状では麴の付着菌数は全蔵で減少傾向にある。

試験検討の最後に、麴に付着していた雑菌の中でも特にフェルラ酸から4VGへの生成能の高い菌を汲水へ添加して、酸基醴配および対照として山麴配を製造し、製造中の4VG生成について検討した。その結果、酸基醴配と同様に生醴系である山麴配では仕込み後7

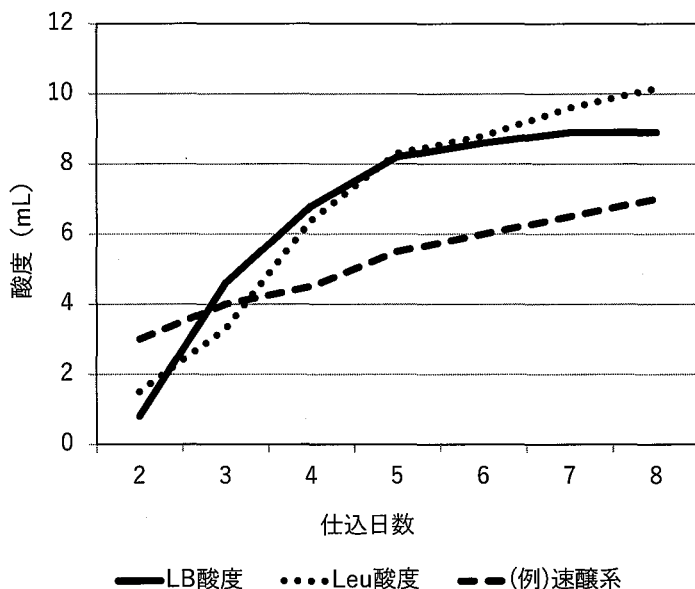


第6図 酒造メーカーでの酸基醴酏製造試験経過

日間、添加した雑菌が検出された。硝酸還元菌の消失と同時に雑菌は淘汰されて乳酸菌および酵母が増殖したが、分けを迎えた25日目にも弁別閾値は越えなかったものの4VGが検出された。一方で、酸基醴酏では仕込み期間中に添加した雑菌の増加は確認されず、4VGも検出限界以下であることが確認された。したがって、仕込み条件さえ整えば、酸基醴酏は4VGが生成されるリスクも低く安全に醸造可能であることが明らかとなった。また、様々な仕込み配合を検討した結果、現代の酒質に近く、比較的操作が簡便で、速醸系とほぼ同等の酒造スケジュールで製造可能な方法を確立した。

第6図に酒造メーカーでの酒母製造試験経過を示す。水麴40℃から55℃を目標として加温し、50℃達温後6時間後に醪の一部を遠心分離して糖度を測定してBrix22%以上であることを確認した後、冷却を開始した。品温が30℃まで低下した後に乳酸菌を絵米60kgに対して1000mL添加し、醪の滴定酸度が4.0mL以上になるまで乳酸発酵を進めた。その後、培養酵母を添加して22から23℃で発酵させ、pH10で酏分けを行った。酏分け時の酸度は7.8mLで、製造された酒母は生酏系酒母特有の香味がほのかに感じられ、雑菌汚染臭等の異常は見られなかった。また、第7図

に乳酸菌種を変えた酒造メーカーでの酒母製造試験経過の酸度の違いを比較した結果を示す。速醸系での酸度は、製造の最初に醸造用乳酸を添加するため初期の酸度は高く検出され、その後は酵母の生産する有機酸により酸度は増加するものの最終酸度は7.0mL程度となる。一方で酸基醴酏の場合は、製造当初は低いものの、乳酸菌の増加と共に最終酸度は9.0~10mLまで増加した。また、使用した乳酸菌の種類の違いにより、酒母の最終酸度に違いを出すことができた。さらに、乳酸菌の添加時期を1日早くすることで最終酸度は1.0mL程度低減させることも可能で、求める酒質に応じて目標酸度を可変することもできることが判明した。しかし、普通速醸酏の製造に比べて高い清浄度が求められる方法であることが改めて確認されたため、甘酒製造~乳酸菌添加までの間に一度品温を65℃程度まで(一部の汲水を熱湯として使用)上昇させて1時間程度殺菌させる等の処置を行い、それにより雑菌汚染のリスクが低減できることが明らかとなった。製成酒の社内官能評価の結果では、速醸系ではあまり特長の無いノーマルな清酒となるのに対して、酸基醴酏では生酏らしい香りや酸と甘のバランスに特長が出ることも確認された。



第7図 乳酸菌種の異なる酸基醴酐製造時の酸度変化

5. おわりに

本検討は蔵内に生息する乳酸菌を利用する方法として特色を得ようと過去の文献を振り返り、酸基醴酐という方法が過去に検討されたことを知り検証を行ったものである。過去の知見を再検証し、なぜ現状の立ち位置があるのか、を振り返る作業は非常に新鮮であり、その過程で清酒製造の奥深さを感じた。同時に過去の報告には多くの「失敗談」や新規製造法に対するざっくばらんな「批判記事」が掲載されていることに驚いた。いずれの記事にも著者の信念が色濃く反映されており、多くのチャレンジと失敗、反省を誌面上で共有しながら、より良い発酵産業の発展をとともに願っていたに違いない。現在、日本酒販売は長期に渡る販売不振、さらに追い打ちをかけるように新型コロナウイルス感染拡大の影響で日本酒の消費が減少し、各地の酒蔵が苦境にあえいでいる。しかし、そのような状況にあっても着実に前進している蔵も少なからずある。そのほとんどが、その蔵内で前例踏襲として受け継がれてきた「悪習」に囚われることなく改革改善を行った蔵だが、その根底にあるのが以前からある丁寧な酒造りへの回帰である。しかし、現代の酒造において、映画「南部杜氏」²⁷⁾に登場するような、川から水を汲み、

薪を割って湯を沸かす様な酒造場はおそらくないだろう（著者が知らないだけかもしれないが…）。つまり、昔ながらの丁寧な手造り、と言っても現代社会の科学技術を享受した上での「昔ながら」である。過去に報告された莫大な数の報告を今はアーカイブから振り返り学ぶことができる。中にはその時代には早すぎて一般化されなかった技術も数多く残されている。今一度、蔵内の製造状況を鑑みてシンプルに酒造にとって良いことを突き詰め、現代だからこそ出来ることを掘り起こすことも、現状を打破する一つの手段ではないかと思う。今後も過去の知見を活かした特色ある地酒造りに向けた酒蔵の挑戦を支えていきたいと考えている。

謝辞

本検討に協力していただいた岩手県内の酒造会社の皆様に対してここに感謝申し上げます。また、本記事の執筆機会を与えていただきました日本醸造協会編集部の皆様に感謝申し上げます。

〈独立行政法人 岩手県工業技術センター〉

文献

- 1) 増田康之, 野口智子, 高橋俊成, 井口純, 大澤朗, 溝口晴彦: 生物工学, 90, (11), 684-690

- (2012)
- 2) 溝口晴彦：醸協，108，(6)，382-388 (2013)
 - 3) 百瀬洋夫，鎌尾敦子：醸協，88，(1)，76-80 (1993)
 - 4) 百瀬洋夫，藤倉寛子：醸協，91，(11)，834-837 (1996)
 - 5) 芦沢長：醸協，58，(6)，543-548 (1963)
 - 6) 芦沢長：醸協，59，(3)，265-267 (1964)
 - 7) 柳沢羊平，吉田弘，福井作蔵：醸協，70，(1)，416-419 (1975)
 - 8) 柳沢羊平，吉田弘，福井作蔵：醸協，70，(6)，420-423 (1975)
 - 9) 鈴木賢二，高橋幹雄，根本彩，佐藤寿昭，根本秀夫，佐藤正：平成15年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告，63-66 (2003)
 - 10) 西尾昭，茂一孝：鳥取県産業技術センター研究報告 (11)，55-58 (2009)
 - 11) 藤原朋子，藤井一嘉，外園寛郎：広島県立総合技術研究所食品工業技術センター研究報告 (26)，7-16 (2011)
 - 12) 岡田俊樹：滋賀県工業技術総合センター業務報告 (30)，82-84 (2016)
 - 13) 江田鎌治郎：乳酸訓養 最新清酒連醸法，明文堂 (1912)
 - 14) 高橋偵造：醸協，1，(2)，20-26 (1906)
 - 15) 江田鎌次郎：醸協，24，(11)，44-46 (1929)
 - 16) 花岡正庸：新式配製造法の研究，今野商店出版部 (1926)
 - 17) 財団法人日本醸造協会：増補改訂 清酒製造技術 第8版 (1998)
 - 18) 岡本竹己，渡邊英憲，齋藤高弘：醸協，106，(8)，506-514 (2011)
 - 19) 江田鎌治郎：杜氏醸造要訣，明文堂 (1924)
 - 20) 藤原耕三：食品加工貯蔵，朝倉書店 (1980)
 - 21) V. Cang：International Journal of Cultural Property, 25, (4), 491-513 (2018)
 - 22) 上西寛司，瀬戸泰幸：日本調理科学会誌，46，(2)，129-133 (2013)
 - 23) 立垣愛郎：全人的医療，17，(1)，8-19 (2018)
 - 24) 佐藤稔英，米倉裕一：岩手県工業技術センター研究報告 (21)，22-24 (2019)
 - 25) 齋藤富男：醸協，75，(9)，704-708 (1980)
 - 26) 金桶光起：醸協，109，(5)，320-326 (2014)
 - 27) 諏訪淳：南部杜氏，岩波映画製作所 (1988)

執筆者紹介 (順不同・敬称略)

佐藤稔英 < Naruhide SATO >

1978年10月18日生まれ <勤務先と所在地> 地方独立行政法人岩手県工業技術センター 〒020-0857 岩手県盛岡市北飯岡 2-4-25 <略歴> 2008年岩手県庁入庁，同年地方独立行政法人岩手県工業技術センター配

属，現在に至る，2007年度日本学術振興会特別研究員(農学)，2008年3月学位取得(生命科学)，2012年日本醸造協会伊藤保平賞受賞 <抱負> 巨人の肩の上に立ち，蔵の醸造技術の継承を支えていきたい <趣味> 最近は世界の奇人，偉人の歴史を調べています