

酒質制御システムに関する研究（Ⅱ）

－ウマの温度制御と酒質変化に関する研究－

泉川達哉、金城洋、比嘉賢一、玉村隆子、宮里吉廣^{*1}、又吉英進^{*1}

泡盛の酒質は蒸留装置の構造や蒸留操作によって大きく変化することが経験的に知られているが、これまで蒸留に関する研究例は少なく、蒸留が酒質に与える影響については未だ不明な点が多く残されている。

蒸留時にモロミから発生した様々な気体成分は、ウマと呼ばれる濃縮塔を通過し冷却器で凝縮、液化される。本研究では、蒸留中にウマに与える熱量がウマを通過する気体成分の種類や量に大きな影響を与えているとの考えから、熱交換機能を備えたウマを用いて蒸留を行い、ウマ温度と酒質の関係について調べた。

1 はじめに

蒸留時にモロミから発生した様々な気体成分は、ウマを通過し冷却塔で凝縮、液化される。古酒の香味は、泡盛に含まれている中高沸点成分や脂肪酸類などが変化して生成すると考えられていることから、例えば蒸留時に中高沸点成分がより多くウマを通過するように調整することが可能なら、より香味豊かな酒質を作ることができる。実際、酒造りの現場からはウマを断熱材で覆ったりウマ（濃縮塔）の長さを変えたりすることで酒質が変化したという報告もある。

本研究では蒸留中にウマに与える熱量がウマを通過する気体成分の種類や量に大きな影響を与えているとの考えから、熱交換ジャケットを備えたウマを用いて蒸留中のウマ温度を調整し、それが酒質に及ぼす影響について調べることにした。

2 実験方法

2-1 着脱式ジャケットの構造

本研究で使用したのは、前報¹⁾の図1において示した縦型間接加熱式の蒸留装置であり、ここではウマ部分について熱交換機能を加える改良を行った。

一般的に酒造所における蒸留装置は大規模で、且つ常に生産設備として使用されていることから、仮に酒質の調整が可能であっても蒸留装置の構造を大きく変えるような手法では、現場において採用されにくい。そのため、ここでは既存のウマに簡単に取り付けることが可能な着脱式ジャケットを試作し、その伝熱特性の評価を行った。

図1にウマの形状を示す。熱電対による流体温度の測定箇所を3つ、ウマの表面温度の測定箇所を2つ設けた。

また図2には着脱式ジャケットを組み込んだウマを示す。着脱式ジャケットは円筒を縦方向に二分した形状となっており、ウマを挟み込むような格好でネジ止めする構造とした。ウマの立ち上がり部と水平部でジャケットは完全に分離しているため、それぞれの部分で別々の流体を流すことも可能である。伝熱効率を考えた場合、ジャケット内側面とウマ表面は出来るだけ密着していることが有利であるため、両者の隙間には熱伝導 그리스(信越化学：KS-609)を塗布することにした。

試作した着脱式ジャケットの伝熱特性を評価するため、①ジャケット一体型のウマ、②着脱式ジャケットを取り付けたウマ、③着脱式ジャケットとの隙間に熱伝導 그리스を塗布したウマ、を用いて蒸気加熱した場合の温度上昇を比較した。ここで「ジャケット一体型のウマ」とは、ジャケット部がウマ表面に溶接されており伝熱効率が最も高いものである。

それぞれのウマの温度上昇は図3のようになった。ジャケット一体型のウマは温度の立ち上がりが早く、最大温度は約100℃となっている。 그리스有りの場合、温度の立ち上がりこそジャケット一体型と同じような傾向が見られるものの、最大温度は約90℃となった。 그리스無しの場合、温度の立ち上がりが遅く最大温度は90℃に達しないレベルであった。

この実験の結果、着脱式ジャケットを用いる場合、熱伝導 그리스或いは更に熱伝導率の高い伝熱セメント等が必要であることが示唆された。

*1 沖縄オートメーション株式会社

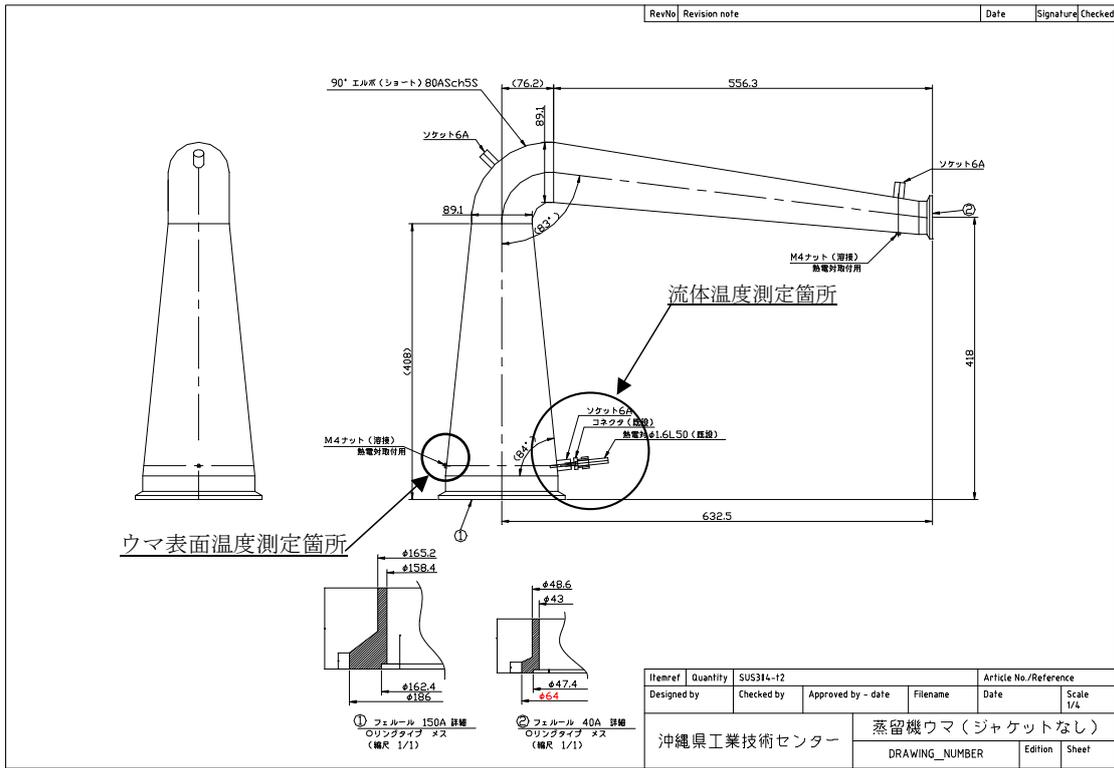


図1. ジャケット取り付け用ウマ

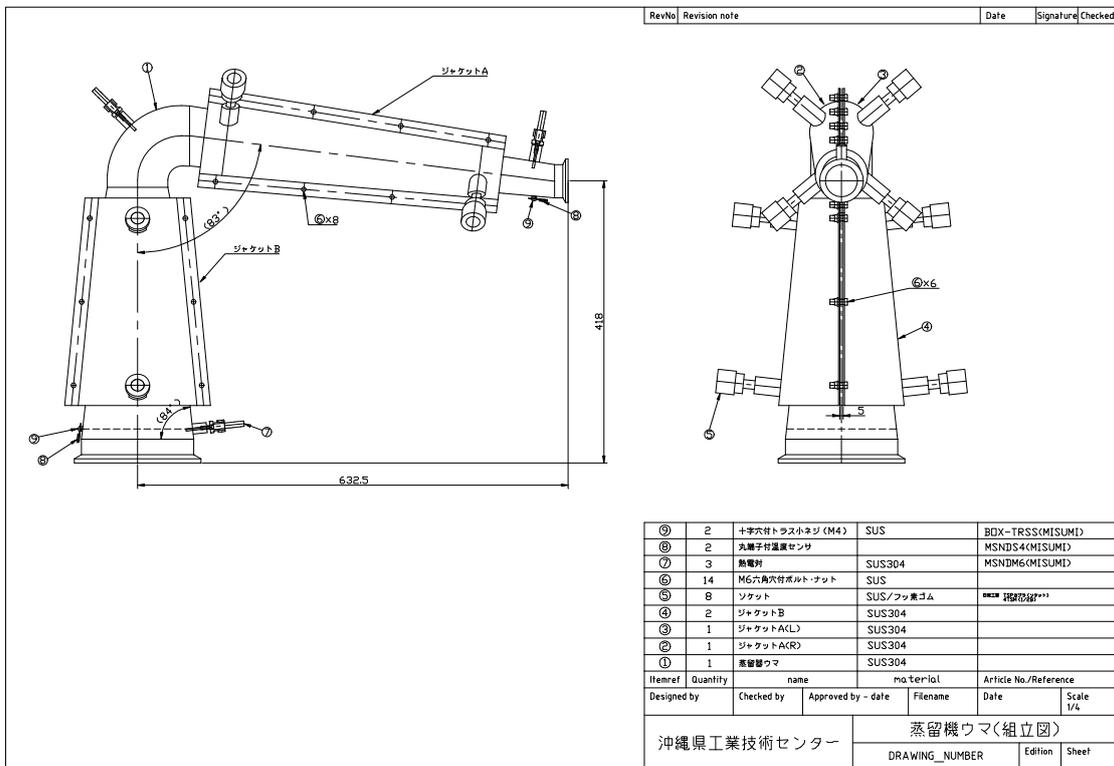


図2. 着脱式ジャケット

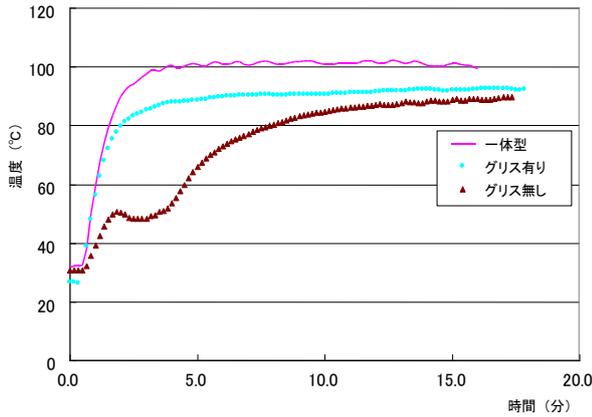


図3. 蒸気加熱時のウマ温度

2-2 温度調整方法

前述のように着脱式ジャケットでは高い伝熱特性が期待できないことから、蒸留実験ではジャケット一体型のウマを用いることとした。

ウマの加熱には図4に示すようにモロミ加熱用の蒸気の一部を使用した。熱交換ジャケットを通過した蒸気は、大気中に開放した。また冷却する場合は、冷却塔で使用している冷却水を循環させ使用した。

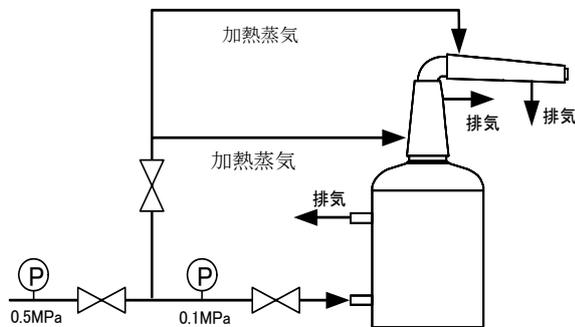


図4. ウマの加熱方法

2-3 分析項目および分析方法

前報¹⁾ 2-3と同様に行った。

2-4 官能検査

前報¹⁾ 2-4と同様に行った。

3 実験結果

3-1 ウマの温度制御

ウマを冷却した場合の蒸留結果を図5に示す。同図には比較のためウマを冷却していない通常の蒸留曲線も示す。冷却の有無に関わらず、ウマ入口側と出口側の温度

を比較した場合、入口側温度が若干高くなる傾向があるが、これはモロミを加熱する蒸留缶の影響だと考える。ウマを冷却すると蒸留時間は大幅に長くなり、この場合は280分以上にもなった。

次にウマを加熱した場合の蒸留結果を図6に示す。この場合のウマ温度は、アルコールが留出する前までは100℃以上の高温となるが、アルコール留出時に急激に低下し、その後は、通常の蒸留時におけるウマ温度よりも約5℃高いレベルで蒸留終了時まで推移している。ウマの入口と出口では、温度の立ち上がり時に若干の差が見られるものの殆ど同じ値となった。蒸留曲線については、通常よりも勾配が大きくなることが予想されたが、実際の挙動は両者とも殆ど変わらなかった。これは加熱不足によるものなのか、それともウマ温度を高くする側では、蒸留曲線に与える影響に限界があるのか、現時点で明確な原因は分かっていない。

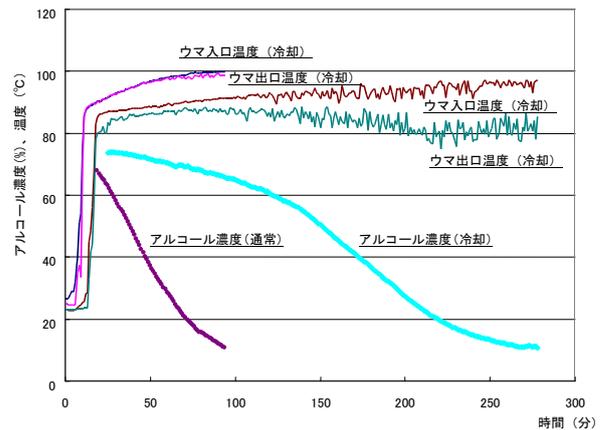


図5. ウマ冷却時の蒸留結果

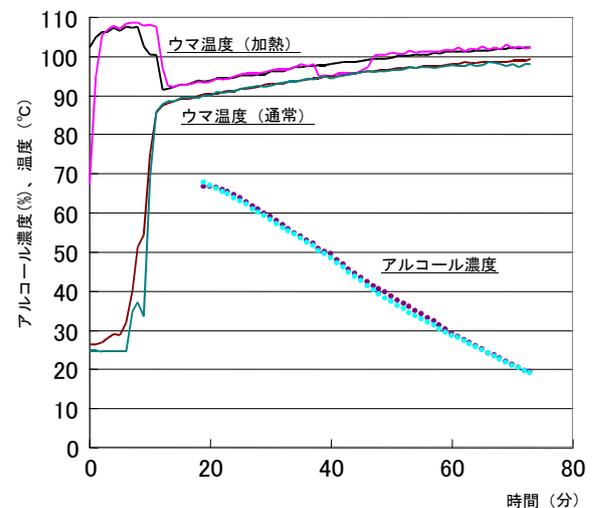


図6. ウマ加熱時の蒸留結果

3-2 酒質分析

3-2-1 酸度、紫外外部吸収およびTBA価

表1に酸度、TBA価および紫外外部吸収を示した。ウマ温度が高くなるに伴い酸度は高くなった。ウマの加熱は油成分のような分子量の大きい成分を酒中に移行しやすくすると予想されたが、TBA値はウマを冷却した場合に最も高い値を示した。紫外外部吸収もウマを冷却した泡盛で高い値を示した。これはウマの冷却により蒸留時間が通常よりもかなり長くなったことから、結果としてフルフラール留出量が多くなったものと推察された。

表1. ウマ温度制御条件と酸度、紫外外部吸収およびTBA価

	通常	ウマ冷却	ウマ加熱
酸度	1.20	1.78	2.27
紫外外部吸収	1258.4	2272.3	1425.3
TBA価	467.1	1656.6	562.3

3-2-2 フェノール化合物

ウマの温度制御条件とフェノール化合物の量について、表2に示した。通常の場合とウマ冷却の場合ではバニリン濃度はほとんど変化せず、またウマを加熱した場合はバニリンが検出されず4-ビニルグアヤコール(4VG)の留出量が多くなった。したがって、4VGからバニリンへの変化を期待した古酒用原酒の製造を目的とする場合には、蒸留曲線の制御に加えてウマの加熱も効果があることが明らかとなった。

表2. ウマ温度制御条件とフェノール化合物濃度

	濃度(ppm)			
	バニリン	4VG	フェルラ酸	バニリン酸
通常	0.11	1.302	—	—
ウマ冷却	0.10	—	—	—
ウマ加熱	—	6.650	—	—

—: 検出限界以下

3-2-3 脂肪酸

図7に示すように、ウマ温度が脂肪酸組成に影響することが確認され、9成分でそれぞれ有意に差が認められた。炭素数10以下の脂肪酸濃度はウマ冷却とウマ加熱で、炭素数12以上の脂肪酸濃度については通常とウマ加熱で有意差が認められ、ウマの加熱がこれら脂肪酸類を酒中に移行しやすくすることが示された。9成分の脂肪酸量の合計値を比較すると、ウマ冷却が13.72ppmと最も低く、ついで通常温度で15.91ppm、ウマ加熱で17.88ppmであり、脂肪酸総量とTBA価の結果は相反するものとなったが、今回測定した9成分以外にTBA価として算出される他の油脂成分が泡盛中に含まれることを示唆するものと考えられた。

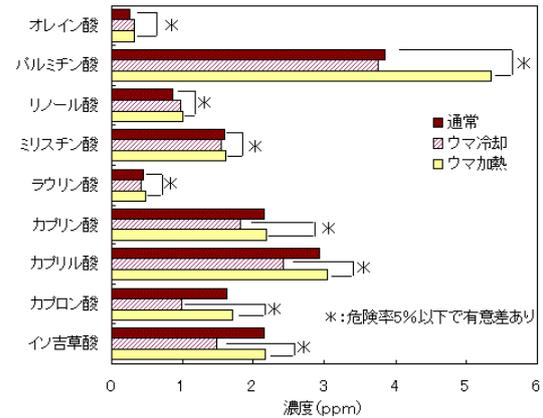


図7. ウマ温度制御と脂肪酸濃度

3-2-4 エステル類

ウマ温度制御条件の異なる酒のエステル量を表3に示した。ウマを冷却することにより、リノール酸エチル、オレイン酸エチル、パルミチン酸エチルといった香りの弱い高沸点のエステルと、果実様の香りを示すカプリン酸エチルおよびカプリル酸エチルの濃度が通常時に比べて高くなる傾向が示された。ウマを冷却したものと加熱したものでエステル組成を比較すると、ウマを冷却した方で、より香りが強く感じられる可能性が示唆された。照屋ら²⁾は蒸留塔の長さを変えた場合の成分値を比較しており、中高沸点のエステル類で差が出ることを報告している。蒸留塔が長くなることは結果として蒸留塔部分における冷却を意味すると考えられ、ウマ長さが同じ場合でも冷却効果により同様の結果が得られたものと推察された。

表3. ウマ温度制御条件とエステル濃度

	通常	ウマ冷却	ウマ加熱
酢酸イソアミル	3.890	2.674	1.272
カプロン酸エチル	1.189	1.878	0.724
カプリル酸エチル	5.198	6.621	3.804
カプリン酸エチル	2.939	3.941	2.074
酢酸βフェネチル	0.882	1.344	0.757
ラウリン酸エチル	1.451	1.067	0.546
カプリン酸イソアミル	0.058	0.094	0.050
ミリスチン酸エチル	2.829	1.520	0.871
パルミチン酸エチル	7.247	18.161	7.829
オレイン酸エチル	0.193	0.628	0.304
リノール酸エチル	1.286	4.423	1.587

(単位: ppm)

3-3 官能検査

表4および5に官能検査の結果を示した。通常の場合と冷却した場合で有意に差が認められ、両者が官能的にも識別されることが示された。しかしながらウマの温度制御が香味にどのような影響をあたえるかについては審査員間でばらつきがあり、香味の濃淡に関する評価は困難であった。一方、指

摘項目別評価では、ウマを冷却した場合に香りで焦げ臭が、味で苦さが指摘されており、紫外部吸収の結果と一致した。

低沸点の脂肪酸類は主として不快な刺激臭を呈することが多く、図7の結果からウマ冷却とウマ加熱で差が認められたことから官能評価への影響が懸念されたが、今回は確認されなかった。

また表3より香りに対するエステル類の影響が期待されたが、官能との相関について明確な結果は得られなかった。これは泡盛に80成分以上の揮発性成分が含まれており³⁾、それぞれ閾値が異なることなどから、これらエステル類の他にも泡盛の香りに影響する成分があるためと考えられた。

表4. ウマ温度制御の異なる酒のにおい比較
(1:2点識別法による)

		正答率 (%)
通常	VS冷却	72.5 *
通常	VS加熱	57.5
冷却	VS加熱	57.5

*:危険率5%以下で有意

表5. ウマ温度制御の異なる酒の酒質評価

		審査員1	審査員2	審査員3	審査員4	審査員5
冷却	香り	-1	0	1	1	1
	味	-2	0	1	1	0
加熱	香り	-1	1	0	1	-1
	味	-2	1	0	-1	-1

指摘項目別評価

		指摘項目
冷却	香り	甘い:2名、焦げ臭:2名、華やか:1名
	味	甘い:2名、まろやか:2名、苦い:2名
加熱	香り	華やか:2名、豊か:1名
	味	甘い:3名、まろやか:2名

4. まとめ

蒸留装置ではウマの温度制御により泡盛中の成分に差が出る事が明らかとなり、官能的にも違いがあることが確認された。すなわち、ウマを冷却した場合は蒸留時間が長くなることで焦げ臭の一因となるフルフラールなどが多くなり、酒の香味に焦げ臭や苦味として現れると考えられた。しかしながら、蒸留曲線勾配をコントロールすることで蒸留時間を短縮できる¹⁾ことから、蒸留時間の短縮とウマ冷却の併用により、焦げ臭や苦味を除去できると考えられた。ウマを加熱した場合は、通常に比べてバニリンはほとんど検出されないが4VGを多く含むため、貯蔵に適した原酒になることが予想された。また、フェノール臭や異臭などの指摘は無く、華やかな香りと甘くまろやかな味の酒質となることが示された。

謝辞

本研究は、平成20年度沖縄イノベーション創出事業において財団法人南西地域産業活性化センター（管理法人）、沖縄オートメーション株式会社、ヘリオス酒造株式会社（アドバイザー）と共同で行ったものです。関係者の方々に感謝致します。ありがとうございました。

参考文献

- 1) 泉川達哉、金城洋、比嘉賢一、玉村隆子、宮里吉廣、又吉英進、沖縄県工業技術センター研究報告書、第11号、p29 (2009)
- 2) 照屋亮、比嘉賢一、沖縄県工業技術センター研究報告書、第6号、p51 (2004)
- 3) 玉村隆子、和田浩二、種岡文恵、高良健作、石川信夫、仲宗根洋子、日本食品科学工学会誌第50巻、p90 (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。