

生酒製造用限外汙過装置

The Ultrafiltration Equipment for Production of Non Pasteurized SAKE

(化)第2製造部 設計第2課
畑 富 平
Tomihira Hata

We developed the ultrafiltration equipment for production of non-pasteurized sake.

This paper introduces regarding the outline of the equipment.

Also, we describe the characteristic of non-pasteurized SAKE to be produced.

まえがき

1982年頃より、清酒愛好家の中で、生酒が愛飲され「お酒白書」一国税庁一まとめによると年々伸びてきている。現在市販されている生酒は、生酒と生貯蔵酒の2種類である。酒造会社では、香り、味等がよい生酒を主に製造したいが、生酒は常温にて保存すると「ムレ香」、「甘だれ」等の香味の劣下を生じるため、冷蔵保存並びに冷蔵流通の必要があるため、現時点では生産量および販売面で制約がある。そこで、酒造各社は、常温保存並びに常温流通可能な生酒の製造方法を研究開発中である。

今度、当社はダイセル化学工業㈱と共同で、常温保存また流通の出来る生酒の製造装置を開発した。この装置の性能を、大手酒造メーカーである某社でテスト運転した結果、味、香り、成分等も目標値をクリアーし、かつ、製造能力も経済ベースにあることが明らかになった。現在、長期保存テストも終了し、実装置の製作並びに販売出来る体制が整ったので、この装置の概要につき紹介する。

1. 清酒並びに生酒の特長

清酒の製造工程の概略を第1図に示す。蒸米に麴を加え醱酵させ、出来たもろみを圧搾し、生酒と酒粕とに分離する。この生酒に香りと味の調整並びに脱色を目的に粉末の活性炭を加え、その後、珪藻土等の汙過助剤を加えて汙過する。次に、汙過した生酒中の残存酵素の失活と殺菌を目的に、約65°Cに加熱するこの工程を「火入れ」と呼ぶ。この作業を行い、一定期間貯蔵した後酒に活性炭とオリ下げ剤とを用いて、再度、香りと味の調整並びに脱色、除蛋白を行う。その後、酒中の活性炭や汙過助剤等、不溶性微粒子を除去する、仕上げ汙過を行い、アルコール濃度を調整し、ビン詰時に再び約65°Cで「火入れ」したものが清酒である。したがって、清酒は醱酵から出荷されるまでに最低2度の「火入れ」を受けるので、生酒本来の香り、味等が消されるといわれる。一方生酒は清酒製造工程の中で、この「火入れ」を全く受けなため、酒本来の香りや、味が保持される。

しかし、「火入れ」を行っていないため、酵素活性が残存し、品質劣化が著しいために冷蔵保存並びに冷蔵流通が必要となる。貯蔵前の「火入れ」工程を行わず、低温で生酒を貯蔵し、ビン詰時に「火入れ」を受けたものが現在常温流通されている、生貯蔵酒である。

今度、当社がダイセル化学工業㈱と共同で開発した装置

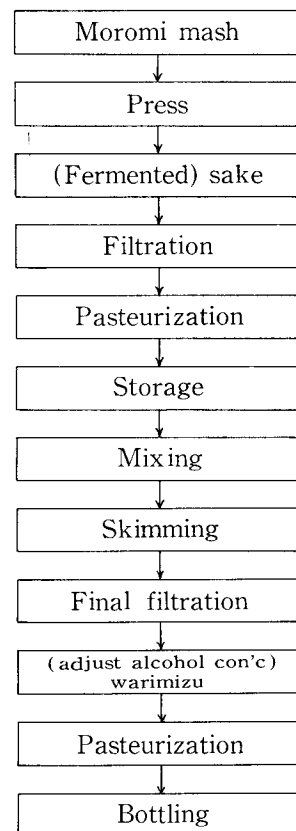
を用いて、製造された生酒は、これ迄の清酒に比べて、一切の「火入れ」工程が不要となるため、香りは変わらないが、味がマイルドになり常温保存並びに常温流通が出来る特長がある。

2. 生酒製造用装置の概要

今度、開発した装置は、ダイセル化学工業㈱の特製限外汙過膜モジュールを使用し、当社の食品並びに医薬機器製作設計技術を生かした構造を持っている。

2.1. 限外汙過膜とその特長

限外汙過とは、液中に混入している微粒子を膜を用いて媒体を分離する方法の一つである。膜を用いて分離する方法の中で、代表的に知られているのは、1) 精密汙過



第1図 清酒の製造過程

Fig. 1 Process of the pasteurized SAKE

(microfiltration), 2) 限外濾過(ultrafiltration), 3) 逆浸透(reverse osmosis)である。限外濾過は使用される膜の目の大きさが、数Åから数百Åの範囲といわれている。この限外濾過の特長として、次の事が挙げられる。

- 1) 相変化を伴わないため、エネルギー効率が低い。
- 2) 加熱する必要がないので、有効成分の失活、変性、揮発損失がない。
- 3) 希釈することなく高濃度のままで分離が出来て、後工程が容易である。
- 4) 操作が単純であり、安全に省力化を計ることができる。逆浸透とは、明確に区分できない面があるが、分離分画する対象となる粒子、分子の大きさと、各方式との濾過の位置づけを第2図¹⁾及び第3図に示す。

また工業的に使用されているモジュールには、チューブラー型、スパイラル型、平膜型および中空系(ホロファイバー)型の4種類がある。その特長を第1表²⁾に示す。

2.2. 限外濾過膜の選定

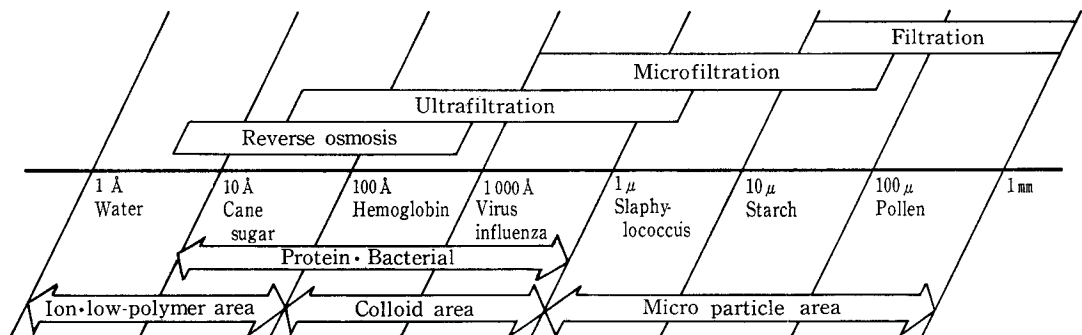
限外濾過膜の選定にあたって、注意すべき点としては次の事項がある。

- 1) 材質としては、生酒の品質に悪影響を与えないこと。すなわち、香り、味、色度等の官能テスト並びに使用する薬品に耐えること。
- 2) 分子分画性としては、生酒中に存在する火落菌、酵母及び雑菌などを確実に阻止する分画性を有すること。ただし生酒の分画性は膜材質にも影響するといわれている。
- 3) モジュールとしては、生酒製造中に膜の目詰りによる濾過効率の低下が少なく、濾過後の洗浄性並びに殺菌処理が容易であること。またコストが安いモジュールであることが望ましい。

当社では、これらの点を考慮して、中空系(ホロファイバー)型で、材質は高温殺菌も可能なポリエーテルスルホン製を選定し、使用している。

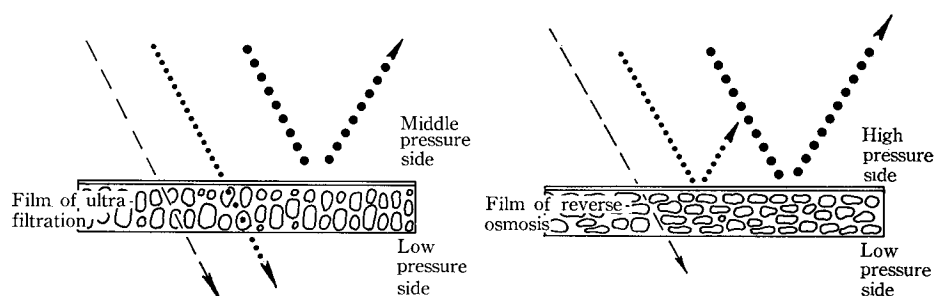
第1表 各種膜タイプの特長
Table 1 The character of various filter membranes

Type	Density of packed films	Application for treated water	Running cost	Maintenance	Sanitation
Hollow-fiber	◎	◎	◎	○~◎	△
Tubular	△	◎	△	○	◎
Spiral	○	○	○	△	△
Plate film	○~△	△	△	△	○



第2図 粒子と濾過法の位置づけ
Fig. 2 Relation of the filtration methods and particles

第3図 限外濾過法と逆浸透法の相違
Fig. 3 Difference of the ultrafiltration and reverse osmosis filtration



このモジュールは内径、0.5 mm の中空糸を6400本束ねたもので、膜面積は、2.7m²である。中空糸膜の構造は、内側が緻密なスキン構造で、外側が約0.5 μmの外孔質構造となっている。中空糸の断面を写真1に示す。このモジュールを使用した生酒製造テストで、材質、分子分画性とも良好であることを確認している。

2.3. 装置の構成 (テスト機)

装置の構成は、上記のホロファイバー型モジュール、サニタリー仕上のポンプ、バルブ、流量計、配管等の組み合わせである。モジュール以外は全てオーステナイト系ステンレスを材料として使用している。このテスト装置の外観を写真2に示す。生酒製造に用いる装置材料であるオーステナイト系ステンレスでも、酒中に鉄分が溶解するため、サニタリー仕上の表面研磨をしても不十分な場合がある。酒中に鉄イオンが溶解すると、酒が褐色に着色するとともに、味、香り等にも影響を与える。当社ではこの鉄イオンの酒中への溶け込量を極力おさえるため、ポンプ、バルブ、配管等の接液部全てについて特殊表面処理する技術を持っている。この特殊表面処理効果の一例を第2表に示す。

第2表 清酒に対する各種表面処理の鉄分溶出量テスト結果
Table 2 The result of Fe⁺⁺ solubility regarding various surface treatment for pasteurized SAKE

Material	Grade of treated surface	After treatment	Concentration of Fe ⁺⁺ (ppm)	
			40h	72h
SUS 304	Non	Non	0.70	—
〃	Acid pickling	Non	0.27	0.20
〃	〃	Passive state	0.11	0.13
〃	#320 baffring	Non	0.30	—
〃	〃	Passive state	0.13	0.12
〃	Special surface treatment	Non	0.08	0.07
SUS 316	〃	Non	0.07	0.07

- Remark 1) Non-treated SAKE included 0.058ppm Fe⁺⁺
 2) We used 1 class SAKE and measured Fe⁺⁺ at 20°C
 3) We used the material of pipe shape

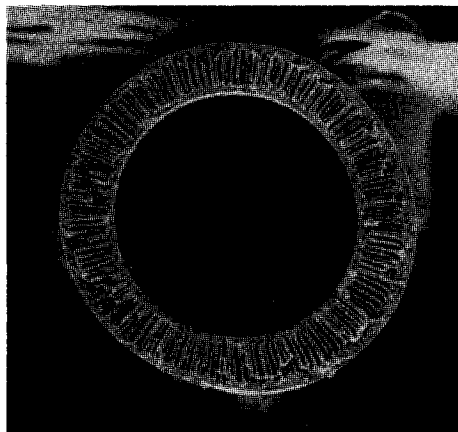


写真1 中空糸膜断面
Photo 1 Cross section of hollow-fiber

酒成分中には鉄イオンが約0.05 ppm以下のレベルですでに溶解している。この鉄イオンが、0.1 ppm以上になると、酒中のデフェリフェリクリシンと錯イオン(フェリクリシン)を作り酒が褐色に変色する。この欠点をおさえる表面処理が特殊処理で、現在国内外の特許申請中である。

一方、装置の自動化計装も組込むことが、可能である。装置の特長としては

- 1) 低い圧力で所定の処理能力を達成する。
- 2) 最適の流速を得ることが容易であり、濃度分極、およびゲル層の影響を最小におさえることができる。
- 3) 逆洗による膜面の洗浄が可能。
- 4) 単位容積当りの有効面積が比較的大きい。ただしモジュールは使い捨てである。

3. 装置の性能

3.1. 生酒の品質

一般に膜の分子分画特性により蛋白除去率が異なるが、膜の材質、親水性、疎水性等の特質によっても、除去される酵素群に差が見られるといわれている。従って、生酒の処理に適した膜を選定するにあたっては、単に分子分画特性のみでなく、その材質や表面処理にも十分注意を払う必要がある。

生酒を常温に貯蔵すれば「甘だれ」「ムレ香」等の品質劣化が生じる「甘だれ」とは、味がくどく、しかもふくらみなくなり単純な甘味になってしまうことをいう。これは生酒中に残存するグルコアミラーゼにより、味にふくらみを与えるインマルトース等のオリゴ糖がグルコースにまで分解されると共に、酸性カルボペプチダーゼにより、ペプチドがアミノ酸にまで分解されることにより生じる。また「ムレ香」はその原因成分および生成機構共に不明なところがあるが、60°C程度の加熱で生成しなくなることから、酵素が関与していると考えられる。

限外圧過ではこれら「甘だれ」「ムレ香」に関与する酵素類を除去することが目的である。今回開発した装置では、第3表に示すごとく「甘だれ」に関与するグルコアミラーゼ(GAase)や酸性カルボキシペプチダーゼ(ACPase)

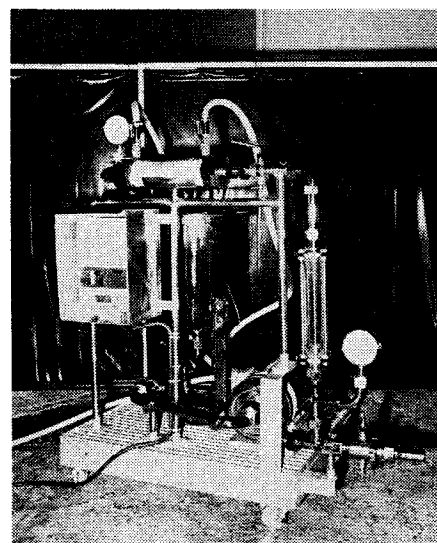


写真2 テスト装置
Photo 2 Testing equipment

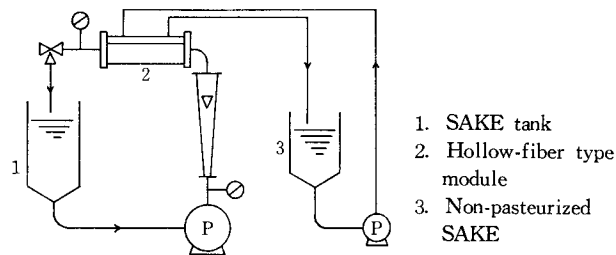
がほぼ完全に除去されている。一方、「ムレ香」に関しては、今の所30°Cで20日間程度貯蔵した後での官能検査で確認する以外に方法はないが、各種の限外濾過膜で発生の有無をテストした結果、蛋白を75%以上除去すると「ムレ香」の発生は認められなかった。当装置は第3表に示すごとく87%の蛋白除去率を示し、十分な「ムレ香」防止能力を持つといえる。

3.2. 透過速度

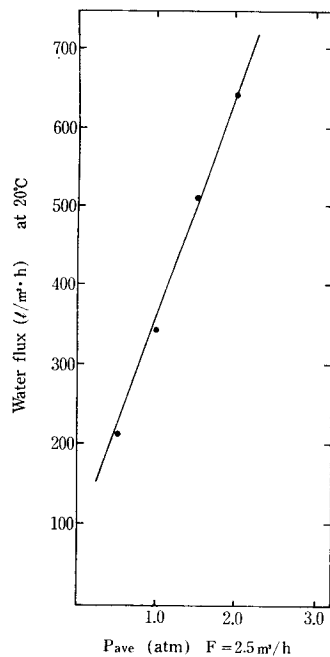
テスト機を用いて、フローシート第4図にしたがい、この装置の水、並びに酒による透過速度のテスト結果を示す。

1) 水の透過速度

テスト条件は水として、20°C純水を使用、水の流量2.5 m³/h、平均圧力は0.5, 1.5, 2.0 atm時の透過速度の測定結果を第5, 6図に示す。図より流量2.5 m³/h時の、操作圧と透過流量は比例関係にあることがわかる。一方、操作圧が一定の時、流量と透過流量の関係は圧力が低い時は曲線関係にあり、圧力が高くなると比例関係になってくる。このことは操作圧がある値をこえると透過速度が比例的に増加するため、このモジュールを使用するうえでは、1kg/cm²以上の操作圧が効率的である。



第4図 実験装置のフローシート
Fig. 4 Flow sheet of the pilot plant



第5図 水による透過量と圧の関係
Fig. 5 The relation of water flux vs operating pressure

2) 酒の透過速度

水に比べて、酒は成分として、水、アルコール、酸並びに蛋白質(酵素)等を含むため、膜を酒が透過中に、膜の目をふさぐことになり、水の透過速度の様にはならない。

一例として次のテスト条件下における酒の透過速度のテスト結果を示す。

テスト条件が酒の温度5°C、流量2.5 m³/hの時の、操作圧と透過速度の関係を第7, 8図に示す。図より明らかな様に操作圧と透過速度は曲線関係にある。このことは、酒の濾過においては、適性な操作圧で濾過することが効率的であることがわかる。一方このことは膜の目がふさがれることも示していると考えられる。

3.3. 処理前後の酒成分

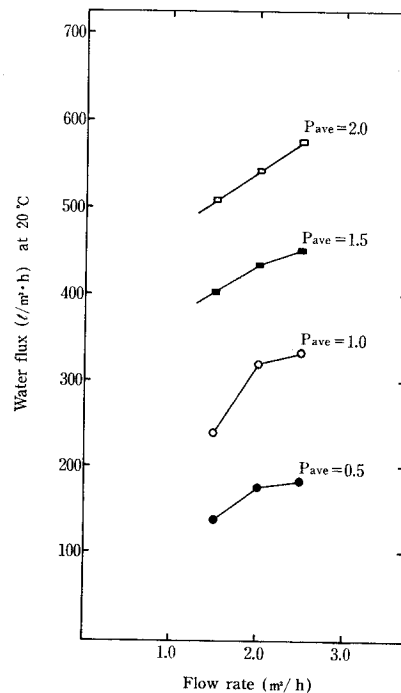
このテスト機を使用して、酒を濾過した時の酒の成分の変化の実例を示す。

濾過条件は、圧力1.4 kg/cm²、流量1.5 m³/hで濾過した。テスト結果を第4表³⁾に示す。

第3表 UF処理による除蛋白・除酵素

Table. 3 Removal rate of the protein and the enzyme by UF treatment

	α -Aase (Unit /ml)	G Aase (Unit /ml)	A Pase (Unit /ml)	AC Pase (Unit /ml)	Protein (BSA) (mg %)
Non pasteurized SAKE	6.0	10.4	36.0	229.8	1.10
UF Treated SAKE	1.1	0.4	0.0	9.0	0.14
Concentrated (non pasteurized) SAKE	18.2	43.1	182.4	1288.2	4.65
Removal rate (%)	81.7	96.2	100.0	96.1	87.3

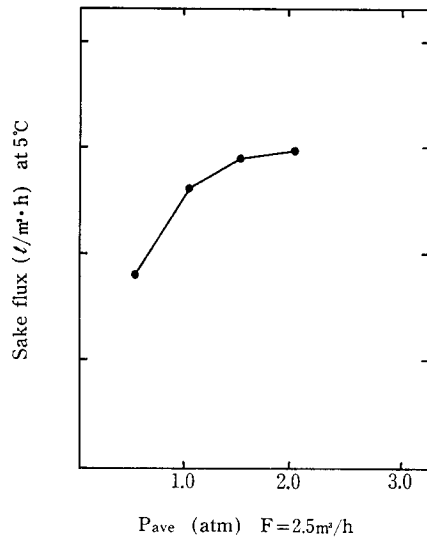


第6図 水による流量と透過量の関係
Fig. 6 The relation of water flux vs flow rate

第4表 テスト製品の成分分析

Table 3 Non-pasteurized SAKE composition analysis

	1) Acid degree (N/10 NaOHml)	1) Amino-acid (N/10 NaOHml)	Alcohol degree	2) Glucose (mg/ml)
Before filtration	1.65	1.63	19.8	20.6
After filtration	1.60	1.56	19.8	19.6



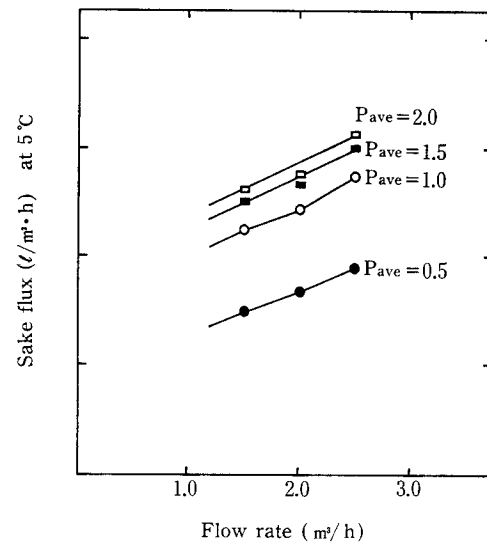
第7図 酒による透過量と圧の関係

Fig. 7 The relation of SAKE flux vs operating pressure

第5表 生酒30°C, 30日保存の成分経時変化

Table 4 The result of changed composition after preservation of non-pasteurized SAKE in 30°C×30 days

	Glucose	Amino-acid	Acid degree
Before storage	19.6	1.56	1.60
After storage	20.5	1.68	1.54



第8図 酒による流量と透過量の関係

Fig. 8 The relation of SAKE flux vs flow rate

酸度とアルコール濃度はほとんど変化がないが、アミノ酸度は少なくなっている。この他の、香り、味には全く変化がなく良好であった。

3.4. 処理した酒の保存性

処理後の酒は糖分並びにアミノ酸の増大がおこりにくいことがいわれているが、当社のテスト機を用いた時の結果を第5表³⁾に示す。30°Cで30日間保存時の表より、処理後の酒のアミノ酸、並びにグルコースの増加がほとんどおこらない。このことは、処理後の酒の保存性がきわめて良好であることを示している。

むすび

以上のように実験室規模のテストからはじまり、テストプラントにて酒の膜処理前後の、官能、酒質、透過速度量並びに保存性のテスト結果を得ている。当社ではこの結果より、実用上問題なく、安心してご使用いただくと考え

ている。一方酒造メーカー各位の酒質には、独得の風味並びに成分があり、これらの酒質を保持することが要求される。したがって、安心して、ご採用いただくためには、予備テストしていただくことをおすすめしたい。

当社では、上記と同様のテスト機を用意しているので、ご利用いただくことを希望する。

本稿がユーザー各位が生酒製造装置を選定される際のご参考になれば幸いである。

〔参考文献〕

- 1) 水原, 産業機械59-9号, P38
- 2) ワインセミナーテキスト最新の醸造技術, 昭和60年7月, P47
- 3) 近藤ら, J, Brew, Soc, JAPAN VOL, 79, No. 2, P142~143, 1984