

分野：水田作

高压殺菌技術を用いた新しい日本酒の醸造技術体系

試験研究計画名：革新的醸造技術を用いた新しい Sake による日本酒輸出の産業化

地域戦略名：米加工品等の新たな需要拡大や輸出拡大につながる新規な加工技術の開発

研究代表機関名：学校法人新潟科学技術学園 新潟薬科大学

地域の競争力強化に向けた技術体系開発のねらい：

外国への日本酒の輸出は年々増加していますが、輸出量は未だ国内出荷量の約 4.4%に過ぎません。清酒など通常の本日本酒は「火入れ」と呼ばれる高温処理工程を経て、日本酒中の微生物を殺菌すると共に麹菌由来の酵素を失活させ、保存性を高めています。一方、「火入れ」を施さない生酒、活性にごり生酒などは、フレッシュな香りやフルーティーな風味が残っているため、外国人や若者の嗜好性に適う酒質と考えられ、潜在的な需要があると考えられます。しかし、これらの生酒、活性にごり生酒などは品質劣化が速いため、冷蔵流通が必須であり保存性が著しく低いです。特に、活性にごり生酒は製品中に生きた酵母が残存するため、冷蔵条件においても、流通・保存中に糖質の減少、エタノール濃度の増加、炭酸ガスの発生など、微生物由来の品質の劣化が生じるため、取り扱いの難しい日本酒とされています。

数百 MPa の静水圧を用いた高压処理は、非熱的に微生物の殺菌（不活性化）、タンパク質の変性を可能とする食品加工技術として注目されています。日本酒の火入れ工程を、高压処理で代替することで、生酒、活性にごり生酒などのもつ風味を維持しながら保存性を高めることをねらって、高压殺菌技術を核とした新しい日本酒醸造技術の開発を行いました。そして、技術開発と並行して市場調査を実施し、国内市場の拡大と輸出を可能とする販売モデルを含めた技術体系の開発を目指しました（図 1）。

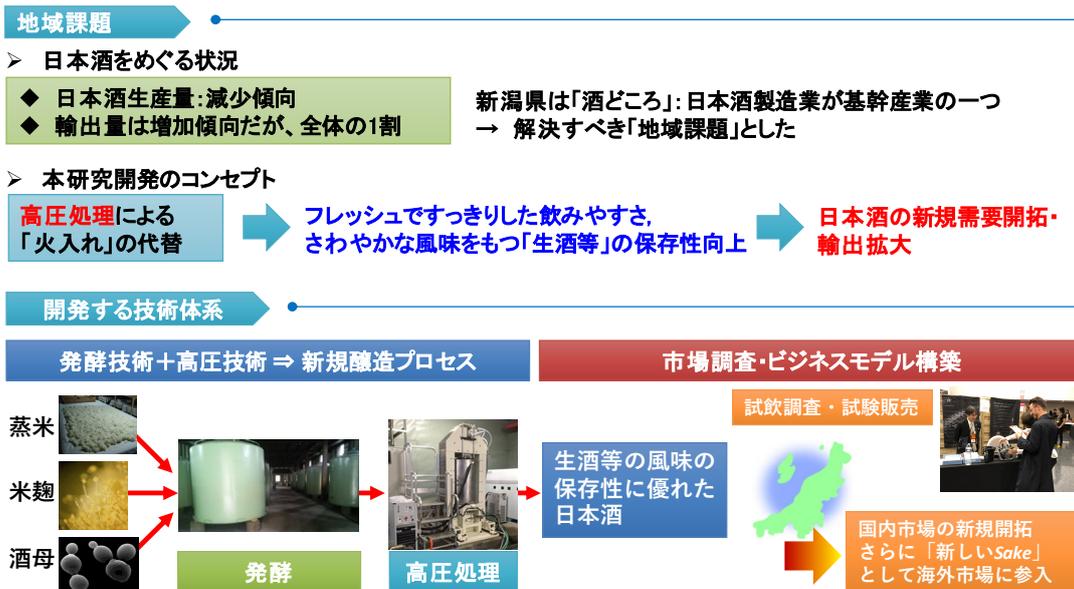


図 1 地域課題と本研究開発のねらい

技術体系の紹介：

1. 活性にごり生酒の高圧殺菌技術

市販のどぶろくを用いて高圧処理条件を検討したところ、酵母の殺菌には400 MPaの高圧処理が必要であることが判明しました。本研究で試作した活性にごり生酒「AWANAMA」（後述）に対して400 MPa、室温、10分間の高圧処理を行ったところ、酵母、好気性細菌、乳酸菌いずれの微生物も検出限界以下でした（図2）。10℃で3ヶ月間保存した「AWANAMA」中には、好気性細菌がわずかに検出されましたが、酵母、乳酸菌は検出限界以下でした。なお、アルコール濃度の変化は認められず日本酒度も変化しませんでした。このように400 MPa、室温、10分間の高圧処理は活性にごり生酒中の微生物を殺菌し、保存中の過発酵を止めるのに有効であることが判明しましたが、麹菌由来の酵素活性にはほとんど影響を示さなかったことにより、高圧処理後の保存中に残存酵素由来の味の変化が起こりうることを今後の課題として残りました。

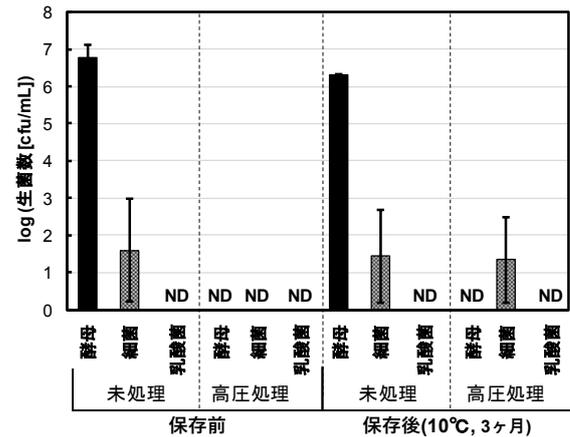


図2 高圧処理による微生物の殺菌

2. 日本酒の高圧殺菌技術に適応したPETボトル

400 MPaの高圧力処理への適合性から機能性フィルム複合型PETボトル「コンプレックスボトル」（大日本印刷（株））を採用しました。高級感がありかつ新規性の強いデザイン、そして海外の外国人にメッセージが届く「クールジャパン」が表現できるデザインとして、PETボトルの表面に「江戸切子」の麻の葉文様を刻み、黒色の外装フィルムでボトル全体を覆ってPETの材質感を見えなくするデザインを採用しました。サイズは320 mLの飲みきりサイズとしました。（図3）なお、ボトル本体はPETですが、蓋はポリプロピレン（PP）製のものを使用しているため、わずかに樹脂臭が発生する場合は認められ、この点は今後の課題として残りました。



図3 開発したPETボトル

3. 圧力感受性清酒酵母育種技術

高圧殺菌技術を用いた日本酒の醸造技術を実用化する際の障壁は、高圧装置導入に要する高額な初期投資と考えられます。圧力感受性酵母を用いることで、高圧力殺菌工程における処理圧力を低減することが可能となるので、KA31a酵母株に紫外線を照射して作出した圧力感受性変異株 a924E1 を、清酒酵母「きょうかい7号」と接合させ、「きょうかい7号」の遺伝的背景を持つ圧力感受性株を作出しました。得られた株は、200 MPaの高圧処理でも顕著に生菌数が減少し、実験室規模の醸造試験においても良好な増殖・発酵能を示しましたが、小仕込み試験により日本酒を製造したところ、わずかにオフフレーバーの発生が認められました。そこで、再検討の結果オフフレーバーを発生しない圧力感受性株を作出しました。

4. 高圧殺菌技術を用いた新しい日本酒の醸造技術体系

日本酒の消費増のため、日本酒を飲む習慣の少ない女性や若者が嗜好する酒質を調査し、純米吟醸酒の発泡性にごり生酒が最適だと判断しました。そこで、醸造法をベースとし、主発酵後に瓶内二次発酵を行い、瓶ごと高圧力処理を行い殺菌する醸造プロセスを決定しました（図4）。

高圧殺菌技術を用いて開発した新しい日本酒を「AWANAMA」と名付け、新潟、東京、ニューヨーク、パリ、そして香港での展示会等に出展し、試飲調査と試験販売を行いました。国内での市場調査からは、高い酒質の評価とボトルのデザインの評価が得られ、輸出について期待感を持つ回答が多かったです。海外での市場調査からも、弱い酸味は白ワイン様の飲み口、「生酒」感はフレッシュな飲み口という高い評価が得られるとともに、ボトルデザインおよび容器仕様についても非常に高い評価が得られました。



図4 開発した高圧処理活性にごり生酒「AWANAMA」の醸造フロー

技術体系の経済性は：

経営改善効果

本研究では、国内外の展示会等に試作品「AWANAMA」を出展して市場調査を行いました。また、東京および新潟、パリ、香港では試験販売も実施しました。国内では、1本（320 mL）1,000円で販売しました。東京では日本酒販売店舗にて約1ヶ月間で100本余りを販売し、新潟では展示会にて2日間で約450本を販売することができました。パリでは展示会（1日間）にて、1本12€（1,560円）で30本余りを販売することができました。香港でも展示会（1日間）にて、1本100HK\$（約1,500円）で、約50本を販売することができました。

本研究で実証した日本酒への高圧処理技術を酒蔵で実生産する場合には、実生産の処理本数を日産出来高数の設定から、高圧処理装置の処理能力や装置の大きさなどを決定する必要があります。ここでは、高圧処理のコストの大まかな概要を理解するために高圧処理装置の処理槽容量を100Lの装置を基準に考えました。高圧処理装置購入の初期投資価格を1億円とした場合の装置償却経費は、1本あたり7.82円と算出されました（表1）。これに、試作日本酒の原価、容器包装代金、酒税、

表1 高圧装置償却経費（容量100L、価格1億円と仮定）

法定償却期間10年（一般的な食品製造装置の償却期間）	1,000	万円/年
1日あたりの装置償却経費（年間稼働日を200日と仮定）	5	万円/日
1日あたりの処理回数（15分/1回、1日8時間稼働と仮定）	32	回/日
1回当たりの処理本数	200	本/回
[90L（有効処理容量）÷0.45L（320mlボトルの総体積）]		
1日当たりの処理可能本数（200本×32回）	6,400	本/日
1本あたりの装置償却経費（5万円÷6,400本）	7.82	円/本

表2 試作日本酒「AWANAMA」の原価計算

日本酒中身の原価（新潟産酒米「越淡麗」55%精白純米吟醸仕様）	778	円/L
試作日本酒原価（320mL）（778×0.32）	249	円/本
容器包装代金（ボトル+首かけ+キャップ）	145	円/本
酒税（300ml分）	36	円/本
装置原価償却経費	7.82	円/本
ダンボール代（12本/ケース）	9.2	円/本
配送料（国内600円/ケース）	50	円/本
合計	497.02	円/本

輸送費を加算すると、1本あたり497.02円と算出されました（表2）。国内の試験販売は1,000円の価格設定をしたので、小売店で25%マージン、問屋で15%マージンと仮定すると、蔵元出荷額が、637.5円となります。装置の償却経費を考慮しても蔵元粗利が1本あたり140.48円と試

算されます。

経済的な波及効果

本技術は、特別な日本酒メーカーだけに应用できるものではありません。高圧処理工程の導入により、どのような酒造メーカーの日本酒醸造プロセスにも適用できます。各社が技術の粋を凝らした日本酒の最終殺菌工程を「火入れ」から高圧処理に代替することで、新たな日本酒を製造することができます。適用範囲の広い技術体系です。現在、国内では「火入れ」をしていない日本酒は「生酒」扱いとなり、冷蔵流通が義務付けられています。本研究で達成した微生物の殺菌により流通・保存中の酵母によるエタノール濃度の増加や品質の変化を非熱的に抑えることができ、10℃以下の保存により、3ヶ月間は品質の顕著な劣化も認められません。

2018年度の日本酒の輸出総額が222億円（昨対比119%）と過去最高になりました。国内の日本酒消費量が減退する中で、海外需要は増加しています。本技術を利用した「生酒」のフレッシュな風味と爽やかな酒質は、海外での日本酒の市場開拓にも貢献するものと期待されます。また、斬新な容器の材質やクールジャパンのデザイン、飲み切り容量（320 mL）の手軽に飲めるサイズの提案なども日本酒の輸出の活性化に貢献するものと期待されます。新潟県の日本酒についても海外への輸出増加戦略を強化し、生産量（平成29年）34,639 kLの約1割3,400 kLの日本酒が輸出された場合、1,060円/L（平均出荷金額）×3,400 kL≒約36億円になると試算されます。

こんな経営、こんな地域におすすめ：

国内での日本酒の新規需要の拡大、海外への輸出の拡大を狙う、酒造メーカー、日本酒流通・販売会社で、若者、女性、外国人の嗜好性に合致する新しいタイプの日本酒を製造・流通・販売したいと考えている方々に、おすすめします。また、国内で、高圧装置を製造する機械メーカー、あるいは高圧装置を保有していて、受託処理を検討中の企業では、日本酒関連産業との連携を図り、高圧処理日本酒の実用化をおすすめします。ただ、下記に記載するような残された課題を解決する必要があります。

技術導入にあたっての留意点：

「AWANAMA」製造の高圧処理技術は日本酒中の微生物を殺菌することで過発酵を止めることはできましたが、麹菌由来の酵素は不活化できませんでした。そのため、10℃では3ヶ月間、風味を維持することができますが、より高い保存温度では風味の維持が難しいです。また、麹菌由来の酵素の活性を低下させることに500 MPa、-7℃の処理が有効であることが明らかになりましたが、現段階では初期投資等の点から実用化は困難です。そのため、より低い圧力条件で日本酒の製造が可能となる圧力感受性酵母に係わる研究を継続中です。なお、高圧処理により樹脂臭が発生する場合がありますが、その原因はPPを原料とする蓋にあると考えられており、蓋の材質の検討などが必要です。高圧処理装置の導入に係る初期投資の大きさも大きな課題ですが、海外でみられるような高圧加工食品企業への高圧処理業務の委託も有効な方法と考えられます。

研究担当機関名： 新潟薬科大学、新潟県醸造試験場、金升酒造（株）、越後製菓（株）、大日本印刷（株）

お問い合わせは：新潟薬科大学 応用生命科学部 食品・発酵工学研究室
電話 0250-25-5144 E-mail shige@nupals.ac.jp（重松 亨）

執筆分担：新潟薬科大学 応用生命科学部 重松 亨