

●▲■ はじめに

最近、コンビニやスーパーのアルコール売り場でごく普通にスパークリングのコーナーを見かけるようになった。手頃な価格のスパークリングワインに加え、うすにごりタイプや透明（クリア）な発泡性清酒も通年商品として並ぶようになってきている。数年前、大手酒造メーカーが大々的にスパークリング清酒を発売して以来、発泡性清酒はより身近な存在になったように思われる。

本県では、平成 21 年に山形オリジナルの発泡性清酒“スパークリング-ワイ”（図 1）が発売され、活性清酒を含む発泡性清酒が各蔵元に必要な 1 アイテムとなりつつある。製造設備等の課題は残っているが、スパークリング-ワイの発泡化技術を応用した新商品も誕生している。私が考える発泡性清酒製造時のポイントをもとに、近年の山形県の取り組みについて紹介する。



図 1 山形オリジナル発泡性清酒“スパークリング-ワイ”

酒造好適米「上羽の里」とチロソール高生産性酵母（特許取得）を利用した発泡性清酒（ガス圧は平均 3.0～3.5 ガスボリューム）

●▲■ 発泡性清酒の主な製造方法

1. 瓶内発酵（瓶内二次発酵）

発泡性清酒の一般的な製造方法は、瓶内発酵による方法と思われる。発酵中のもろみを酵母が元気な状態で瓶詰めし、瓶内でさらに発酵（二次発酵）させ、必要とする炭酸ガスを含ませる方法である。単純な方法に見えるが、安定した商品の提供には、二次発酵で生成する炭酸ガスや風味の調整等ノウハウの蓄積が重要となる。二次発酵開始時の糖分や酵母の活性度により発酵温度や期間を調整し、発酵を停止させる方法もポイントとなる。

山形県においても様々な瓶内二次発酵商品が発売されている。主はうすにごりタイプであるが、甘酸っぱい低アルコール酒から香り華やかな純米吟醸酒まで、品質管理の確かな商品は定番酒として人気を得ている。

2. タンク内発酵（タンク内二次発酵）

通常の発酵タンクでは、密閉タンクを厳重に密封し低温で管理する状態としても、生成する炭酸ガスを保持することは困難である。そのため、タンク内発酵には特別な耐圧タンクが必要となる（図 2）。タンク内発酵であれば、発酵途中の状態（ガス圧、風味の変化等）を確認でき、一定品質の発泡性清酒を生産することが可能となる。ただし、活性酵母を利用する点において、瓶内発酵同様

のノウハウが重要となる。

山形県でもタンク内発酵のみで製造する発泡性清酒が商品化されている。限定生産ではあるが、炭酸ガスを充填しない純米吟醸スパークリングとして高い評価を受けている。



図 2 耐圧サーマルタンク（新洋技研工業株式会社）

セラミックス製カーボネーティングストーンを装備する 1000L 容耐圧サーマルタンク（資料提供：亀の井酒造株式会社）

3. タンク内ガス溶解

タンク内発酵同様に、耐圧タンクを使用することが条件となる。一般に、一次製品を耐圧タンクに移動する際に炭酸ガスを溶け込ませる方法や、耐圧タンクに受けた後に炭酸ガスを溶解させる方法が考えられる。それぞれ、専用のガス溶解装置（カーボネーションやカーボネーティングストーン等）が必要で、その溶解方法がポイントになる。なお、液中へのガス溶解は低温であるほど容易になるため、耐圧タンクには冷却機能が必須となる。

4. タンク内発酵+ガス溶解

本県オリジナルの発泡性清酒“スパークリング-ワイ”の製法が、タンク内二次発酵に炭酸ガス溶解を併用するという方法である。二次発酵で十分なガス圧が得られれば、その後の炭酸ガス溶解は不要である。スパークリング-ワイは、最小限の活性酵母で二次発酵を実施し、その後のろ過工程で酵母を含むにごり部分を除去、さらに低温でガス溶解を行って目標とする炭酸ガスを付与した商品である。タンク内二次発酵の工程は、十分な炭酸ガスの生成より、加水によって懸念されるダイアセチルの抑制が目的であった。2 週間前後（長いところでは 1 ヶ月以上）の二次発酵期間に自然な炭酸ガスが生成し、かつダイアセチルが抑えられる。ろ過工程で炭酸ガスは減少するが、その後の低温ガス溶解により泡持ちの良いクリアタイプの発泡性清酒が製造可能となった。

設備と時間の必要なスパークリング-ワイであるが、売り上げが好調なメーカーでは徐々に設備を増設している。また、原材料（酒米と酵母）が限定される同商品とは別に、様々な原材料を活用したスパークリングも商品化され始めている。

●▲■ 各製造方法のポイントと課題

1. 瓶内発酵のポイントと課題

各製造方法の比較を表1に示した。

瓶内発酵は、大掛かりな設備導入を必要とせず、容器やキャップの仕様を変更することで商品化が可能である。まず、使用する酵母の種類により瓶内発酵前の成分を調整する必要がある。他の酒類と違い、日本酒の美味しさはアルコール分（エタノール）に左右されるところが大きい。低アルコール商品を目指すのであれば、使用する酵母の特徴に合わせ甘味や酸味、ガス圧等の調整が重要であろう。

製造方法	長所	短所
瓶内発酵	<ul style="list-style-type: none"> 持続性の良い炭酸が生成 発泡性純米酒として表示が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 発酵条件を厳密に管理しないと瓶毎のロット差が生じる シャンパン製法等を行わないとクリアタイプにできない
タンク内発酵	<ul style="list-style-type: none"> 持続性の良い炭酸が生成 発泡性純米酒として表示が可能 瓶毎のロット差は最小限に抑えられる 	<ul style="list-style-type: none"> 設備費用がかかる 均一な瓶詰めに技術（装置）が必要 処理能力の高いろ過装置がないとクリアタイプにできない
タンク内ガス溶解	<ul style="list-style-type: none"> 製造期間が短い ガス圧の設定が自由 ほぼ均一な、クリアタイプの生産が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 設備費用がかかる 泡持ちが悪い（技術の問題？） 自然な炭酸ガスではないというイメージが残る
タンク内発酵＋ガス溶解	<ul style="list-style-type: none"> ガス圧の設定が自由 ガス溶解のみより泡持ちが良い 均一なクリアタイプの生産が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 設備費用がかかる 製造期間が長い 自然な炭酸ガスのみではないというイメージが残る

表1 各製造方法の比較

また、活性酵母（にごり酒）の比率も大切である。元気な酵母が多ければ、炭酸ガスの生成は早く強炭酸になりやすい。他方、酵母を含むにごり部分が多すぎると、飲みにくい発泡性清酒になる可能性もある。瓶内発酵後の香味バランスを考え、活性酵母の添加量を決定する必要がある。さらに、発酵を停止させる方法もポイントとなる。目的とするガス圧と風味に達したとき、確実な停止方法は加熱殺菌である。にごり部分を多く含む場合は、通常より長い殺菌時間が想定されるため、酒質へのダメージを最低限に抑える条件設定が必要となる。

瓶内発酵による簡単な実験例を表2-1、2-2に示す。

本実験の目的は、最低限の酵母添加量でどの程度のアルコールと炭酸ガスが生成するかを調べることであった。約 10^7 cells/ml の活性酵母を含むにごり酒を、内容量に対して1%または2%添加し二次発酵を開始した。スタートから5日間は25℃一定に保ち、その後10℃一定で発酵を継続しダイアセチルの抑制を図った。

サンプル	アルコール度数 (%)	日本酒度	添加酵母数 (cells/ml)	発酵期間 (days)
原酒	16.5	-17	0	0
1	10.0	-6	1×10^5	7
2	10.0	-6	1×10^5	10
3	10.0	-6	1×10^5	14
4	10.0	-6	2×10^5	7
5	10.0	-6	2×10^5	10

表2-1 瓶内発酵前の設定条件

酵母は山形県の子ロソール高生産性酵母を使用、もろみ日数は23日で、酵母数を計測したにごり酒を必要量添加した。360ml 耐圧瓶に瓶詰め後25℃で二次発酵開始、5日目からは10℃に低下して瓶内発酵を継続した。

サンプル	アルコール度数 (%)	ガスボリューム (GV)	評価 (コメント)
原酒	16.5	0.0	甘味とコク（苦味）ある
1	10.2	2.1	やや甘めでガス弱い
2	10.2	2.4	普通、ガス感良い
3	10.5	2.6	バランスとガス感が良い
4	10.5	2.7	バランス悪い
5	10.5	2.9	後味残りガス強い

表2-2 瓶内発酵後の成分変化と評価

全て瓶火入れを実施、アルコール度数とガスボリュームは5本分の平均値、評価は当センター酒類担当ほかパネラー6名の共通意見とした。

最も評価が高かったのは、1%のごり酒を添加した後、14日間発酵させたサンプル3の発泡性清酒であった。ガス圧は弱めだが、ダイアセチルが感じられないバランスの良い発泡性清酒となった。

依然として瓶内発酵のイメージは良く、持続性の良い泡と繊細なガス感は他の製法で及ばないところがある。酵母の活性度を厳密に管理し、一定の酒質とガス圧を再現できるかがこの製法のポイントになる。

2. タンク内発酵のポイントと課題

タンク内で二次発酵させ、瓶内発酵で得られるような強いガス圧を再現するには、1～2%程度の活性酵母では困難かもしれない。また、目標とするガス圧と風味になった発泡性清酒を、にごり部分を均一に生成した炭酸ガスをロスなく瓶詰めするには、攪拌機付きの耐圧タンクやにごり酒でも充填可能な瓶詰装置が必要となる。さらに、クリアタイプとして商品化するにはろ過装置も必要になる。

当センターで実施した耐圧タンク間ろ過（図3）の例を説明する。タンク内発酵した発泡性清酒（にごり酒は約1%）について、試験用のろ過装置でフィルターろ過（10ミクロンから0.45ミクロン）を実施した。ろ過スタート後、元タンクの圧力は徐々に低下するため、高いガス圧でのエア押しが必要となる。逆に、受タンクの圧力は徐々に上昇するため、上部より軽いエア抜きが必要である。ろ過中は、常に元タンクの圧力を高めにしないと、いずれ両タンクの圧力が平衡に達し移動は停止する。発泡性清酒100Lのろ過に要する時間は、10分（～30分）程度かかり、ガス圧の高い発泡性清酒ほど時間を必要とした。また、平均して0.7～0.8ガスボリュームの炭酸ガスが減少する結果となった。

耐圧タンク間ろ過では、にごり酒が10%以上となればろ過に長時間を要することが想定される。タンク内発酵のみの発泡性清酒

が大量生産できていない現状をみると、クリアできないコスト面での課題が多いことが想像される。



図3 耐圧タンク間ろ過作業の様子
10ミクロンと0.45ミクロンのカートリッジフィルターを連結したろ過装置（中央）を使用

3. タンク内ガス溶解のポイントと課題

一定の設備さえ整えば、早期の商品化が可能な製造方法である。ポイントは、短期間でいかに泡持ちの良い商品にするかであろう。基本はガス溶解装置の能力に左右されるが、装置を別にして自然な発酵ガスに近づける方法を考えてみる。

炭酸ガスは、同じ圧力下では低温ほどよく溶解する。そこで、ガス溶解前の原酒はよく冷却しておくことが大切である。さらに、タンク上部の空間は出来るだけ少ない方が良い。また、アルコール度10%以下の低アルコール酒は凍結しやすいため、設定温度に注意が必要である。自然な発酵ガスは、水槽用エアポンプのように発生するわけではなく、時間をかけてゆっくりと生成される。カーボネーターやストーンから発生するガスが細かいほど溶解性は高まるが、適わない場合はガス溶解を繰り返す方法を実施してみる。

すなわち、一定期間に目標より高い圧力までガス溶解した後、タンク上部に貯まった炭酸ガスを一定量（例えば1/2量）リークする。その後、もとの高い圧力までのガス溶解を何度か繰り返す。食添用炭酸ガスは無駄になるが、短期間にガス溶解を促進させる効果は高い方法である。

4 タンク内発酵+ガス溶解のポイントと課題

本法のポイントは、タンク内発酵のみ、或いはタンク内ガス溶解のみの短所を補うところにあるが、逆に言えば、それぞれの長所を打ち消す方法にもなる。タンク内発酵は製造期間を長くし、ガス溶解は自然な炭酸ガスというイメージを損なう。

スパークリング・ワイの目標は、それぞれのマイナス面を越えて「美味しい」と飲んでいただける、より高品質な発泡性清酒の製造であった。瓶内発酵が高い評価を受ける日本酒市場において、その品質が製法を越えて認められるよう一層の品質向上が期待される。

●▲■ 山形の新しい発泡性清酒

スパークリング・ワイの発売以降、本県における発泡性清酒の相談は倍増した。しかし、蔵元からは「できるだけコストを抑えて」が条件であったため、限定生産で終わる商品がほとんどであった。本県の蔵元が足踏みしている間に、大手酒造メーカーは次々と新しい発泡性清酒を発売した。業界全体としては歓迎するが、山形の技術者としては悔しい状況である。

そのような中、スパークリング・ワイの製造設備を持つメーカーから新たな発泡性清酒が商品化されている（図4）。一つは、本県を代表する食用米として全国展開している「つや姫」を活用したスパークリングである。味付けはドライなスッキリタイプで、辛口ながら「つや姫」が持つやさしい味わいも感じられる商品である。さらに、イタリア料理に合わせるスパークリングも誕生している。この商品は、清酒製造工程にワインの二次発酵で行われるマロラクティック発酵（MLF）を活用した純米酒をベースとしている（MLFを活用する新たな日本酒の製造方法は本県の特許となっている）。乳酸リッチな味わいに、MLF独特の香味が付与され、ワインの雰囲気と併せ持つスパークリングに仕上がっている。伝統的な日本酒とは別カテゴリーで、新たな日本酒ファンを増やしてくれる商品になって欲しいものである。



図4 山形の新しい発泡性清酒
左：山形県産「つや姫」を原料としたスパークリング
右：イタリア料理に合わせたスパークリング（緑瓶）

●▲■ おわりに

本稿の主要部分は数年前にまとめたものであるが、スパークリングのバラエティ化は加速しているように思われる。高級なシャンパンタイプがある一方、リーズナブルなスパークリングも増えている（味わいは価格相応であるが）。

世界無形文化遺産に登録された「和食」に牽引され、日本酒の海外輸出も過去最高となり、日本酒に対する海外の評価が日本人の評価を変えつつある。近い将来、日本独自の発泡性清酒が、海外の方を歓迎するスパークリングサケとしてごく自然に提供されることを期待している。

（本稿は、(公財)日本醸造協会が主催する第18回女性のための日本酒セミナーに寄稿したテキストを一部修正したものである。）

(Text: H. Ishigaki)

石垣 浩佳 (いしがき ひろよし)

山形県工業技術センター開発研究専門員
(プロフィール)

1967年4月 山形県飽海郡遊佐町生まれ

1991年4月 茨城大学農学部 資源生物化学科卒業

同年4月 山形県職員採用 山形県工業技術センター勤務

2013年4月 酒類研究科長

2015年4月 開発研究専門員

現在に至る

QA? 本稿に関するご質問・ご意見等は、きた産業 (info@kitasangyo.com) にご連絡ください。筆者に転送いたします。