

発泡のお酒の製造技術と容器・機器

きた産業株式会社 企画・開発グループ シニア・マネージャー（部長待遇）

渡 邊 拓 也

1. はじめに

21世紀に入り、わが国では発泡性アルコール飲料の存在感が増し続けている。伝統的な発泡酒類であるビールについては、いわゆるビール系飲料というカテゴリーでの消費は停滞しているものの、クラフトビールがその多様化を促進し、定着させつつある。また、ワインに関しては、国内ワインメーカーによるスパークリングワインの取り組みはこの15年ほどの間に急速に拡大し、特にフランスのシャンパーニュ同様の複雑なびん内二次発酵製法による付加価値の高い製品に取り組む醸造所も増えた。

また日本ウイスキーの世界的な人気も顕著だが、国産ウイスキー供給量が足りなくなっていることの影響としては、ブームとなったハイボール向けの需要拡大があった。さらに、家庭向け酒類のマーケットにおいては、今やチューハイが主役の一つとなっている。

そのような状況において、伝統的な和酒としての清酒、焼酎、リキュールにおいても発泡性の新製品が上市されてきた。その種類、量、いずれも着実に増えつつあるという印象があるものの、元来発泡性であることを想定していないこれら酒類で新たに発泡性製品を開発するにあたっては、酒質設計のみならず、容器包装や製造機器も伝統的に使用されてきたものとは異なるものを利用する必要があり、いくつものハードルがあるといえる。

和酒をあえて発泡性にすることに抵抗のある生産者や消費者が一定程度存在することも事実である。しかし、味や香りにとどまらず、視覚、聴覚、触覚



にも訴える発泡性酒類は、その消費される場面も含めて和酒の可能性を広げ、和酒が国内だけでなくこれからの世界市場の中で生き残っていくための有意義なアプローチの一つだと思う。

本稿では、そのような発泡性の和酒を開発する際に勘案すべき様々な条件を、主に容器包装と機器設備の面から検討し、その方法論を整理してみたい。

2. いかにして発泡させるのか

製品に発泡性をいかにして付与するのか。ここでは発泡性を炭酸ガスによるものとして話を進めるが、酒類の製造工程に必ず含まれるアルコール発酵において生成される炭酸ガスをそのまま利用するのか、あるいは外部から添加するのか、が大きな分岐点になる。実務的には、その両方の組み合わせというケースもかなりあるわけだが、いずれにしてもその方法によって必要な機器設備が違ってくるし、逆に言えば既存の、あるいは用意できる機器設備によって、可能な方法が規定される。

そもそも焼酎やリキュール等の蒸留酒をベースとする場合には、製造方法としては炭酸ガスを外部から添加する方法によるしかなく、あとはその具体的な手順と必要な機器設備を検討すればよい。この炭酸ガスを外部から添加する方法のことを一般的にカーボネーションと呼び、酒類はもちろん、ソフトドリンクの世界でも広く採用されている。

カーボネーション

特にソフトドリンクでは、充填工程上でカーボネーションが行われるインライン・カーボネーションの手法が取られることが多い。酒類においても同

様の方法で発泡性を付与することはできる。すなわち、発泡性を持たない製品原液を連続充填ラインに供給し、その供給ライン上で別ラインから供給される炭酸ガスを注入し、そのまま製品容器に充填し密封するというものである。この方法では、製品中の炭酸ガス量のある規格値の範囲に収めながら連続的・効率的に製造することが可能で、比較的大きな規模での製造に適した方法である。一方、製品液やガスの流量、圧力などを制御しながら充填工程を行う必要があるため、設備機器としては高度で大掛かりなものが必要となる。また、この方法で付与された炭酸ガスは、経験的には粗い泡になりやすいといわれており、そのため、少量・高付加価値を志向する製品には適さないかもしれない。

もう一つの典型的な方法が、タンク内カーボネーションである。これは、タンクに入っている製品原液に、そのタンク内で炭酸ガスを付与する方法で、通常はカーボネーティングストーンと呼ばれる多孔性の器具から細かい泡状の炭酸ガスを注入していくものである。タンク内で炭酸ガスを付与していくので、その溶解量をコントロールしやすく、またインラインで付与する方法に比べて、より細かい泡が得やすいといわれる。また、炭酸ガスを全く含まない製品原液に対して使えるほかに、ある程度炭酸ガスを含んだ製品原液に炭酸ガスを追加して調整することも可能である。一方で、カーボネーションを行うためには冷却・保温機能と耐圧性能を備える高価なタンクが必要で、その仕様が最終製品内の炭酸ガス量に大きく関係する。インライン・カーボネーションと比べると、バッチ式であるため生産効率としては劣り、また製品原液に炭酸ガスを付与するのに時間を要する。

ここで発泡性酒類中の炭酸ガス量の考え方について

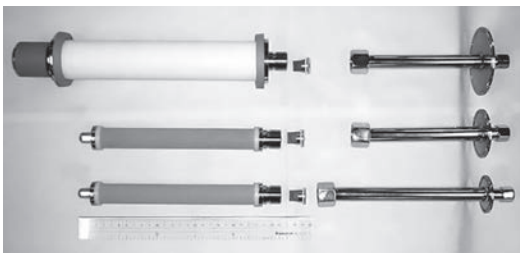


図1. カーボネーティングストーン各種

て簡単に触れておきたい。ビールで広く使われている概念が炭酸ガスボリューム（GV）というもので、ある発泡性の液体中に、炭酸ガスを含まない液体に対して標準状態で炭酸ガスが何倍含まれているかを表す。例えば、ある発泡性の液体の炭酸ガスボリュームが2.7だとすると、その液体は「全く炭酸ガスを含まない液体」と「0℃、1気圧でその液体の2.7倍の容積の炭酸ガス」からなることを意味する。

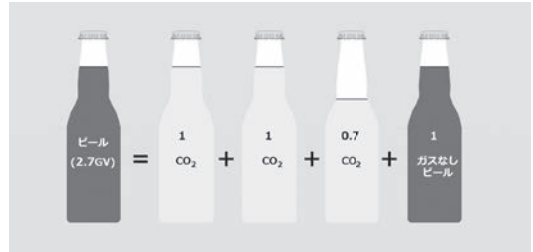


図2. ガスボリュームのイメージ

炭酸ガスが液体に溶けている状態では、その溶解量に応じて、炭酸ガスを液体中に留めておくために外から押さえ込む力を要する。溶解量が多ければより強い力が必要で、すなわち高い圧力をかける必要がある。十分な圧力で押さえられなければ、炭酸ガスは気体となって液体から出て行ってしまう。ある炭酸ガスボリュームを持つ液体を密封容器に入れた場合、液体から出ていこうとする炭酸ガス分子と、ヘッドスペースと言われる気相部から液体に入ろうとする炭酸ガス分子が同じになった状態を均衡状態と言い、その時の圧力を均衡圧という。炭酸ガスは、液体の温度が低いほど同じ圧力でもより多く溶解することができ、逆に液温が高い場合にはより高い圧力をかけなければ溶解した状態を保持できない。密封容器内の液体を考えると、ガスボリューム自体は一定であるので、液温が低ければ均衡圧は低く、液温が高ければ均衡圧も高くなる。この温度と圧力の関係性をチャート化した炭酸ガス吸収係数表（国税庁所定分析法に記載、独立行政法人酒類総合研究所ホームページでも閲覧可能）というものを利用すれば、必要なレベルの炭酸ガスを溶解させるためには液温が何℃であるときに均衡圧が何MPaでないといけない、ということがわかる。タンク内カーボネーションを行う際には、この指標に沿って製品液とタンク内圧を管理することになる。また、充填密封さ

れた発泡性の製品が、市場流通において何℃くらいで扱われ、その時に容器内圧がどの程度まで上がるのか、といったことの検討にも役立つ。

なお、タンク内カーボネーションを考えると、液体のガスボリュームを決めるための圧力はあくまでも均衡圧である。通常、タンク内圧は気相部分のいわゆるヘッド圧を測定しているわけであるが、例えば炭酸ガスを含まない液体をタンクに入れて、ヘッドスペースを炭酸ガスで加圧したとすると、圧力計で表示されるヘッド圧は均衡圧ではないので、その状態での圧力と温度の関係では実際の液体のガスボリュームを反映するものではない点に注意が必要である。

発酵による炭酸ガスの利用

発酵による炭酸ガスを利用する方法は、発泡性を付与するという目的に対しては外部から添加するよりも容易に実現できる方法だといえる。というのも、発酵が進む状態のタンクなり容器を密封すれば、そのあと発酵が続く限りそのタンクなり容器内で炭酸ガスが生成され、かつ液中に溶解して飽和状態に自動的に向かうからである。一般的にはこの方法による炭酸ガスの泡はきめ細かく、付加価値が高いと考えられている。

問題は、この方法ではいつ、すなわちあとの程度発酵が続くと想定される状態で密封するかが、最終的なガスボリュームを決定する重要な要素であり、それを誤ると製品の泡が立たない、あるいは開栓したとたんの中身が噴出するといった恐れがある点にある。特にガスボリュームが過度に上昇すると、製品の容器が物理的に破裂するリスクもあり、生産者としては十分な注意が必要である。これは、発酵中のものをそのまま充填するケースを含めて、発酵性の糖を含んでいる状態で製品化される酒類の場合、密封容器内での発酵進行=内圧上昇の可能性を勘案して製造工程を決定する必要があることを意味する。

ビールの場合、伝統的な製造方法の一つとして、外部からの炭酸ガスの添加をせずに必要なガスボリュームを得る方法がある。具体的な工程は醸造所の規模や方針によって異なるが、一つの典型的な流れとしては、発酵タンクで主発酵を進め（この間タ

ンクは密閉しない）、ある決まったところまで製品液の糖濃度が下がったタイミングで別タンクにオリ引きをしながら移し、そちらのタンクで密封した状態で最終的に発酵が停止するまで後発酵を行う。密封するタイミングは計算と経験を元に決定されるが、何らかの理由で後発酵が思うように進まず、設定したガスボリュームが得られない、というリスクもある（そのため、実際には仕上げ段階でタンク内カーボネーションを行い既定のガスボリュームに調整することが多い）。

その点で、より安定して設定したガスボリュームが得られる方法としては、二次発酵を利用するものが挙げられる。すなわち、一旦発酵が終了した発泡性を持たない製品液に、決まった量の糖分を添加し、密封容器内で再発酵させて必要な炭酸ガスを生成するというものである。もちろん、二次発酵がうまく進まないというリスクは同様にあるものの、一度ベースとなる酒類を（ろ過やブレンドといった作業を含めて）思うように作った上で発泡性の付与を行うので、品質の安定化という意味では格段に優位といえる。

具体的な例としては、イタリア・ヴェネト地方の名産スパークリングワインで、ここ数年でヨーロッパを中心に爆発的に人気が出たプロセッコがその一つである。一度白ワインを作っておいて、決まった量の冷蔵保管しておいたマスト（ブドウのジュース）と酵母をそれに混ぜて耐圧タンクで密封した状態で発酵させるもので、いわゆるタンク内二次発酵と呼ばれる手法が取られている。通常は二次発酵終了後にろ過等の清澄化工程を経てびんに充填されて製品化される。

また、もう一つの例としては、ベルギーなどで見られるびん内二次発酵ビールが挙げられる。日本国内でもこの手法に取り組むクラフトビール生産者も複数存在する。タンク内二次発酵と比べると、小分けされたびん内で発酵が進むので、発酵不良の個体が発生する可能性は確率的には高い。しかし、炭酸ガスを多く含まない製品液を充填するので比較的簡単な設備機器で済み、またびん内の酸素が消費され尽くした状態で密封されているので酸化リスクが非常に低く長期保存にも向く、といった利点もある。

ただし、びん内で発酵を終了させた状態のまま最終消費されるわけなので、主発酵中の製品液をそのまま充填した場合と比べるとはるかに少量ではあるが、びん内にオリが残る。

上の二例はワインとビールであったが、醸造酒である清酒に発泡性を付与する場合の方法論としては参考となるものだと思う。しかし、並行複発酵という独特なメカニズムで発酵が進められる清酒の場合、アルコール度数やガスボリュームの前提となる糖度が変化する可能性があるため、酒質設計とも相まって、いつどのように密封するのかという点が大きなポイントとなる。具体的な製造工程については、多くの生産者のほか、工業試験センター等の研究機関でも検討されており、また酒税法をはじめとする関係法令への適合性の問題もあるので、本稿の守備範囲外とさせていただくが、その複雑さゆえに、困難な点がありながらも創意工夫によって新たな可能性も広がるのではないかと考える。

3. 濁りをどうするのか

発泡性そのものと直接関係はない要素であるが、発泡酒類開発の際に重要な点として濁りの問題がある。ビールを例に考えてみると、国内外を問わず大手ビールメーカーが製造しているビールのほとんどは完全に透き通った見た目をしており、小麦を原料の一部に使用したものや極端に濃色のものを除き、プレミアムなものから一般的なものまで、透明感はビールのイメージの中心的要素の一つといえる。これは、高度なろ過を含む品質管理技術の反映であるが、マスプロダクションによるビールに工業製品のイメージを与えている点ともいえる。実際、この10年余りでわが国でも大きく飛躍したクラフトビールにおいては、ある程度の濁りはそのビールの、あるいはクラフトビールの特徴の一つとして、ごく普通にファンに受け容れられている。

発泡性酒類の魅力が、味や香りにとどまらず視覚・聴覚・触覚にも訴えかける点であることから、濁りについては味や香りへの影響はもとより、特に視覚への訴求という点で重要な検討要素となるだろう。すなわち、濁りを是とするのか非とするのか、是とするのならどの程度を目指すのか。

前項で見たように、発泡性の付与をカーボネーションによる場合には、製品原液の製造工程と発泡性付与の工程が完全に別であるため、製品原液の製造工程で必要な清澄化やろ過を実施することにより、狙った濁り具合に仕上げることは比較的容易である。つまり、通常の製品の製造工程の延長上に発泡性付与工程が続くわけなので、ある程度の専用機器は必要となるにせよ、製造現場レベルへの落とし込みもしやすいだろう。

一方、発酵による炭酸ガスを利用する場合には、その具体的な方法によって濁り具合の可能性に幅があり、その制御方法はカーボネーションによる場合のように自由にはいかないことが多い。例えば、発酵中の製品液をそのままびんに充填密封して後発酵させて、あるタイミングで熱処理等により発酵を止めるような場合、製品液にかなりの濁りが生じることは避けられない。その度合いについては具体的な製造方法によって調整が可能かもしれないが、濁っていない、という選択肢は取りえない。あるいは、びん内二次発酵の場合では、その度合いをかなり少なくすることはできるものの、そのままの状態でも最終製品となるのならば、やはり完全に濁りを取り除くことは不可能である。

それに対し、前項で見たプロセッコのようなタンク内二次発酵の場合には、二次発酵による発泡性付与の工程と最終的な製品形態への充填工程が別であるため、充填前にろ過工程を入れることで、完全に濁りのない状態も含めた選択肢が取りうることになる。

ここで、世界的に最も知名度のあるびん内二次発酵のスパークリングワイン、シャンパーニュについて触れておくべきだろう。強力なブランド戦略と相まって、フランスの一地方の地酒が華やかで高級なお酒の代名詞のようになってきているが、その特徴は薄いゴールドカラーの透き通った液体、その中で延々と立ち上る細かい泡である。泡の美しさや持続性はびん内二次発酵によって高ガスボリューム（標準的なビールの2倍ほど）を付与することによって得られるが、にもかかわらず濁りのない状態に仕上げる場所に製法上の大きなポイントがある。簡単にまとめると、①ベースワインに糖分・酵母・オリ下げ

剤を加えて密封してびん内二次発酵、②二次発酵終了後びんを横倒しの姿勢のまま長期熟成、③びんを徐々に回しながら倒立させていくことでびん口にオリを集める、④びん口部を-25℃ほどの冷却液（グリコール等）に漬けて凍結、⑤開栓してびん内圧の勢いで凍結したオリを飛ばす、⑥甘味添加（門出のリキュール）、⑦入り味調整、⑧コルク打栓・ワイヤフード固定、となる。相当な手間と時間がかかるわけだが、香味の複雑さ、泡立ちの美しさ、見た目の透明感等、高付加価値の製品を生み出すことも事実である。ワインに限らず、ヨーロッパではりんごの発泡酒類であるシードル等の果実酒でも同様の方法でクリアなプレミアム商品を作り出す動きが盛んである。国内でも、同じような方法でクリアな発泡清酒をリリースする生産者も増えている。なお、ドイツのゼクトと呼ばれるスパークリングワインなどで、同じようにびん内二次発酵を行った後でびん内のオリを取り除くトランスファー法という方法も行われている。これはびん内二次発酵後のびんを一度開栓し、中の製品液をタンクに吸い出した後ろ過をして、改めてびんに充填するというものである。吸い出し工程に特殊で大掛かりな機器が必要で、一般的に取り組みやすいとは言い難い方法なので、本稿ではこれ以上は触れない。

4. 容器包装の可能性と限界

このように、発泡性酒類の製造方法にはいくつかの選択肢があるわけだが、清酒や、焼酎等の蒸留酒をベースにした製品のみを造ってきた生産者にとって、発泡性の製品を開発するにあたって大きな課題となるのが、容器包装の選択である。

発泡性を持たない製品の場合、容器包装でしばしば問題となるのが「漏れ」の問題であろう。特にいわゆるホットパックの形で高い温度の液体を容器に充填してクロージャ（栓）で密封すると、容器内は常温では陰圧となり、クロージャのシール部が自然に容器の口部と密着し密封状態を保持する。あるいは、缶入りのものの場合、アルミ材より硬いスチール材を使用することで、缶自体が凹むことを防ぎながら密封している（近年では、液体窒素の利用などで、アルミ缶内を陽圧にして強度を保つ方法が広

がってきているが）。いずれにせよ、容器内圧が大きく上昇することは想定していない。

一方、発泡性酒類の場合、炭酸ガスボリュームに応じて容器内には通常は大気圧以上の均衡圧がかかっており、それは容器包装を外向きに押し広げる力である。すなわち、その力がクロージャのシール材を容器の口部に密着させている力を上回るのであれば即座に「漏れ」は発生するし、それより先に容器自体の強度を上回るならば最悪の場合製品自体が破裂することになる。前述のように、ガスボリュームが決まっている場合には温度と圧力に直接の相関関係があり、密封容器内の温度が上がれば容器内圧も上昇する。そのため、少なくとも製品の流通段階での温度を想定して容器内圧の最大値を設定し、それに耐えうる容器包装を選択することが極めて重要である。さらに、容器包装に密封された状態で熱処理（パストライズ）する場合には、容器包装にとってはますます過酷な条件をクリアする必要があり、その選択肢は相当限定されることになる。

容器として現在使用されているのは、ガラスびん、アルミ缶、PETボトルくらいであろう。可能性としてはいわゆる生ビールで使用されるようなステンレス製ケグなどもあり得るが、消費シーンが限定されることもあり現状では一般的とは言い難い。

例えばビールくらいのガスボリュームでいいのであれば、アルミ缶やPETボトルでも容器包装の機能的には問題ないだろう。ただ、PETボトルの場合は樹脂であるが故のガス透過性の問題があり、製品内の炭酸ガスが容器外に出ていく可能性と、容器外の酸素が製品内に入ってくる可能性を認識しておく必要がある。また、アルミ缶にしてもPETボトルにしても、容器の素材自体が軟らかいため、高い内圧がかかると容器自体が変形する可能性もあり、密封した容器包装としての耐圧性能には自ずと限界がある。

それらの点も踏まえて、最も様々な製品に対応可能な容器はガラスびんである。長く広範囲に及ぶ飲料産業の発展の歴史の中で、数多くのガラスびんが開発・使用されてきていることから、比較的安価な既存品を利用しやすいのが大きなメリットである。また、それに対応するクロージャにもいくつかの選

択肢が存在している。簡単に言えば、ビールやスパークリングワインで使用されている容器包装はそのまま流用可能であるわけだが、一方でそれらはビールやワイン用に開発・使用されているものなので、各々に特有の条件や限界があることに注意が必要である。形状（角型や首が細長いものはほぼない）、色（ビール用は茶、ワイン用は深緑が多い）、容量（ヨーロッパではスパークリングワイン用びんの容量が決まっている）などのほかに、クロージャとの組み合わせも限定的ではある。それに満足できずオリジナルのびんを作ることはもちろん可能であるが、製造ロットやコストの面でよほど販売数量が見込めない限りは現実的な手段となりにくいのが実情である。

ガラスびんの場合、基本的にはびんメーカー側で発泡性製品用かどうかを分けている。国産の耐圧びんという場合、通常はビールから炭酸飲料レベルの3～3.5程度のガスボリュームの製品に対して十分な能力を想定している。しかし、フランスのシャンパーニュのように5を超えるようなガスボリュームを持つ製品に対しては十分とは言えず、より耐圧性能が高いいわゆるシャンパンびんの使用が望ましい。さらにこれにパストライズ工程が加わるとすると、ガスボリュームとパストライズ条件の関係性によって使用できるガラスびんは相当限定されることになる。

次にクロージャについて見てみよう。清酒や焼酎の世界で最も多く使用されているクロージャはPPキャップと呼ばれるアルミ製のキャップである。日本の場合、ワイン業界でもコルク栓と並んで広く使

用されてきたが、最近では全高60mmとスカート部の長いタイプのPPキャップが世界的に広がり、国内でも採用例が急増している。このタイプのキャップはアルミ製のキャップシェルの内部面にシール材が入っていて、びん口にキャップを被せてシール材をびん口に押し当てながら、びん口側部のねじ山に沿ってアルミシェルを専用シーリングヘッドで変形させて固定し密封するクロージャである。非発泡性の製品をホットパックする場合には、シール材としては発泡ポリエチレンディスクにPETフィルムを貼ったようなパッキンが使用されることが多い。一方、発泡性の製品用には、より強くしっかりとキャップとびん口を密着させて固定させる必要があるため、キャップ内部面にびん口に密着しやすい形状に成型された樹脂が直接溶着されていることが多い（インシェルモールドイング）。キャップメーカーによって呼称などには違いがあるが、通常は非発泡性用にはPP30、発泡性用にはそれより径の小さいPP28と呼ばれるキャップが使用され、ガラスびんの仕様書には、びん口がいずれのキャップに適合するのか明確にされている。

PPキャップは酒造業界で非常に普及しているクロージャであるので、既存機器の流用がしやすく、扱いも慣れていて、比較的取り組みやすいといえる。一方、クロージャ自体の素材が軟らかいアルミであることから、アルミ缶同様、あまり高い圧力には耐えられない。また、このキャップを使用するガラスびん入りの発泡性飲料自体が少ないため、既存のガラスびんの選択肢は限定的である。

ビールで圧倒的に使用されているのがいわゆる王冠である。ブリキヤステンレス製シェル内部面に、びん口に密着する形状に成型されたシール材が溶着されている。ビールでは27mmと呼ばれるサイズが普通で、専用のびん口規格が設けられている（欧米では

炭酸水の温度と圧力の関係

単位はkgf/cm² *色つきのセルはリスクがあるゾーン。

炭酸ガス含有量		代表的飲料	温度							
GV表示	E/表示		5°C	10°C	30°C	40°C	65°C	70°C	75°C	80°C
2.5	4.9		0.77	1.12	2.95	3.84	6.35	6.56	7.30	7.87
2.7	5.3	キリン・ラガー	0.91	1.33	3.23	4.23	6.94	7.17	7.97	8.54
3	5.9	キエップエ・パイツェン	1.20	1.62	3.66	4.82	7.82	8.08	8.97	9.65
3.5	6.9	キコカ・コーラ	1.55	2.04	4.50	5.79	9.30	9.60	10.63	11.43
4	7.9	キペリエ	1.90	2.53	5.34	6.76	10.77	11.12	12.30	13.21
4.5	8.8		2.32	2.95	6.07	7.74	12.25	12.64	13.96	15.0
5	9.8	キシャンパン(低い例)	2.67	3.37	6.75	8.71	13.73	14.17	15.63	16.70
5.5	10.8	キシャンパン(高めの例)	3.02	3.80	7.45	9.69	15.20	15.68	17.30	18.48

図3. パストライズと容器内圧

26mm と呼ばれるが、ほぼ同じびん口規格に対応)。また、ヨーロッパのスパークリングワインやシードル用のびんには、それより少し大きい 29mm と呼ばれる王冠が使用され、同様に専用のびん口規格が設けられている。

いずれの場合でも、王冠をびん口に押し当てながらスロートと呼ばれる筒状の打栓ヘッドで王冠の周りのひだ部を変形させ、びん口側部に固定させることで密封する。PP キャップと比べると、シェル自体が硬いこともあり、高い内圧にまで耐えることができる。例えば、前述のシャンパーニュにおいては、びん内二次発酵の際にびん内圧が 0.6MPa を超えるような高圧になるが、通常は 29mm 王冠が打栓されて密封されている。

クロージャとしては安価で調達しやすく、正しいびんに適正に打栓すれば優れた耐圧性能を発揮する点でメリットが多い。さらに、上記のシャンパーニュの場合にはびん内二次発酵後に長期熟成させた後でオリ抜きのためにいったん開栓するが、その作業が比較的容易にできるのも利点である。

一方、クロージャとしては(年代にもよるが)ビール用としてあまりになじみ深いため高級感とは見えにくく、また開栓するためには栓抜きのような器具が必要であるため、消費シーンを選ぶ(例えば駅や空港の売店や車内での販売がしにくい)ことがデメリットといえる。

この開栓するのに器具がいるという点を解消する王冠タイプのクロージャとして、マキシキャップというものがある。これはプルタブ付きの王冠で、プルタブを引き上げることで開栓できる構造になっているので、消費者にとっては扱いやすい。注意すべき点としては、びん口規格が王冠用と若干異なるため、びんの選択肢が狭いことと、キャップシェルがアルミ製なので通常の王冠と比べると耐圧性能は不利な点である。

もう一つの有力な選択肢は、コルク栓とワイヤフードである。コルク栓は、シャンパーニュで典型的に使用されているいわゆるシャンパンコルクといわれる天然コルク栓や、形状の異なる樹脂栓が使用されている。これらの栓は、びん口に押し込まれている状態なので、容器内圧が上がると外に飛び出す

ことになる。それを防ぐために、通常はワイヤフードと呼ばれるブリキ製の針金状の留め具でびん口に固定されている。シャンパーニュに代表されるスパークリングワインの場合、通常のコルク栓(φ 24mm 程度)より太い栓(φ 30mm 程度)が使用され、それを圧縮した状態でびん口に半分程度挿入、上にはみ出しているコルク栓の上からワイヤフードを被せ、びん口の下にあるリング状の凸部にワイヤを締め付けて固定する。0.6MPa 以上にもびん内圧が上がることのあるシャンパーニュで長らく使用されているクロージャシステムであるので、耐圧性能という点では非常に優れている。このタイプのびんは口部が王冠もコルク&ワイヤフードも使用できる形をしており、前述のびん内二次発酵後のオリ抜き後にコルクとワイヤフードで改めて密封できるようになっている。

天然コルク栓は、コルクの顆粒を押し固めた円柱状のいわゆる圧搾コルクの片面に、天然コルクのディスクを 1 枚か 2 枚貼り付けたものが一般的で、天然コルクディスク部がびん内に入る。最近では、コルクの微細粒を成型して作るマイクロアグロなどと呼ばれるタイプの栓も普及しだしている。また同じタイプのクロージャながら、天然コルクを使用しない樹脂製の栓も開発されてきている。

一方、上記タイプとは異なるタイプの樹脂製クロージャもあり、これは栓を圧縮してびん口に挿入するのではなく、成型されたものを上から押し込むタイプである。専用のワイヤフードと専用のびん口規格のびんと一緒に用いられる。

いずれの場合でも、ワイヤフードが密封性保持の重要な要素であるが、消費者がワイヤフードを外した時にコルク栓が急激に飛び出さないか、逆にそのあとコルク栓を手で抜けない可能性はないか、については、製品液のガスボリュームと容器包装のバランスの問題であり、しばしば見過ごされる。コルク栓の硬さ、太さ、打栓深さ、びん口内径、びん内空寸等が影響するので、製品設計時にこれら要素も十分考慮しておく必要がある。

なお、特殊なクロージャとして、機械栓やクリップロック栓と呼ばれる、太い針金の留め具でガスケットのついたストッパーをびん口に固定する製品

もある。リシール性があるので、容量の大きなびんや、いわゆる通いびんとの相性が良い。ただ、びんに専用の口部規格が必要で選択肢が限定的であるほか、クロージャのびんへの取付けを含めた密封工程に手間がかかるため、生産効率は上がりにくい。



図4 クロージャ各種

5. 製造機器の実際

最後に、これまで見てきた発泡性酒類の製造方法に必要な機器のうち、特に特徴的なものについて触れておきたい。

耐圧（カーボネーション）タンク

発泡性を付与する方法としてびん（またはその他の容器）内発酵を選択しない場合で、インライン・カーボネーションもしない場合、製造工程において発泡性のある製品液を留め置くための何らかの耐圧タンクが必要である。通常はステンレス製の円筒形タンクで、温度調整機能と保温機能が同時に必要となる。タンク容量には選択の余地があるので、とりあえず小規模から始めたいという場合などには、このタンクを使用する製造方法が現実的な選択肢である。

重要なポイントの一つが耐圧性能であるが、ビール並みのガスボリュームの範囲においては耐圧0.2Mpa未満のグレードのもので事足りるだろう。しかし、より高いガスボリュームを目指すのであれば、0.2Mpa以上の耐圧性能を持つタンクが必要になってくるが、圧力容器に関する法令の適用を受けることになり、タンクとしてはより高価なものになる。

上記の点とも関係するが、取り扱う製品液のガスボリュームにかかわらず、タンク内での液温を低く

できればタンク内圧も低く抑えられるので、いわゆる冷却ジャケットと保温ラッキングは必須の仕様である。冷凍機や温度制御システムをタンクに搭載しているものもあるし、もちろん既存の冷却水循環システムに組み入れてもいいだろう。少なくとも液温を2～3℃で保持できる程度の能力は持っておきたい。

このタンクでカーボネーションを行う場合、タンクの底部近くから炭酸ガスを注入していくのが一般的だが、そのためのカーボネーティングストーンを設置する取り付け座が必要（図1、図5参照）で、タンク発注時に必ず確認しておくべきポイントの一つである。また、カーボネーション中に、タンク内の空寸の圧力を管理するための圧力ゲージは必須で、圧力が設定値を超えた場合に逃がすような調圧弁があれば便利である。この調圧弁はスプンド弁とも呼ばれ、タンク内二次発酵の際に発酵によるタンク内圧上昇の上限を設定して、ガスボリュームをコントロールするのにも役立つ。

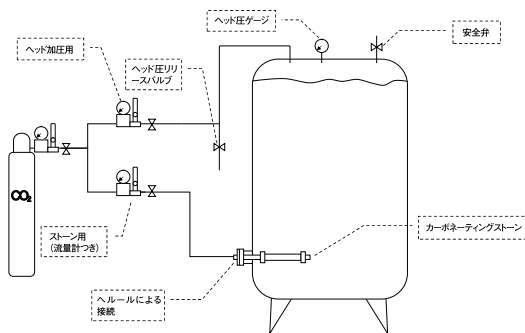


図5 カーボネーションタンク概念図

カウンタープレッシャーフィルター

カーボネーションによるにせよ二次発酵によるにせよ、すでに発泡性を付与された製品液を容器に充填する場合には、カウンタープレッシャーフィルター（またはイソバリックフィルター）と呼ばれる特殊な充填機が必要になる。すでにみたように、炭酸ガスを含む液は均衡圧がかかっている間は炭酸ガスが溶けた状態で安定しているが、急に大気圧に放たれると液中の炭酸ガスがこらえきれずに泡となって噴出する。そのため、非発泡性製品用として一般的な充填機である重力式充填機では、液が泡だらけになっ

てまともに充填できず、決められた量の入り味を確保することができない。それを解決するために、カウンタープレッシャーフィルターでは充填前に容器内圧を製品液の圧力（均衡圧＋送液に必要な圧力）まで一旦上げて、それを少しずつ逃がすことで、製品液と容器内の圧力差を制御して重力式同様の充填環境を作り出し、急激な圧力変化や流速変化を避けることで泡立てることなく製品液を充填する仕組みになっている。1本立ての簡易的なものから、ロータリー式の高速機まで様々なレンジのものがあ、また充填ヘッドの構造、入り味制御の方法、自動化のレベルなど多様であるが、一般的に非発泡性酒類の充填に用いられる充填機と比べると、構造が複雑で高価であるといえる。しかしながら、製造工程で炭酸ガスポリウムや濁りの程度をきちんとコントロールして製品化したいという場合、上述の耐圧タンクとこのカウンタープレッシャーフィルターの組み合わせが最も取り組みやすい方法といえるかもしれない。

なお、充填した後の密封工程に関しては、使用するクロージャによって各々打栓機を選択する必要がある。500本/時程度までの半自動機器であれば、打栓機は場合によっては複数種類用意しておいて、多様な容器包装に対応することもやりやすいかもしれない。しかし、自動ラインを考える場合には、クロージャの供給や補充も自動化する必要があり、複数種類の容器包装に対応しようとすると、設備としてやや大掛かりになることは否めない。



図6 代表的な半自動充填機・ルーツ機械研究所製 BF

シャンパン機器

前述のように、びん内二次発酵後オリを取り除くといういわゆるシャンパーニュ方式でクリアな発泡清酒を上市される生産者が増えてきている。スパークリングワインの製法としても特殊な方法ではあるが、ヨーロッパではシャンパーニュを中心に多くの生産者が行っているものでもあり、そのための機器も各種存在している。もともとは手作業で行っていた作業なので、今でも手動機器が残っているし、半自動機器を使用している生産者も多い。一方、シャンパーニュのような大生産地では完全な機械化が進んでおり、大量・高速に処理が可能な自動機が多数稼働している。

特徴的な機器を挙げてみると、まずはルミュアージュ工程用の機械がある。この工程では、びん内二次発酵で生成されたオリを、びんを水平の状態から徐々に倒立させていってびん口にオリを集める。一度に倒立させると、びん内壁にオリが残りやすいため、時間をかけて徐々に集めるのが重要とされている。伝統的なものとしては、ピュピトルと呼ばれる、板を二枚逆V字型に立てかけた構造の専用器具がある。板には穴が開けられていて（標準的なものは二枚で120穴）、その穴にびんの先部を挿し込んで保持させて、びんを左右に回す動きと、徐々にびんを倒立させていく動きを決まった手順で行っていく。この工程には通常3～4週間かかり、また設置のために広いスペースを要するため、生産量が増えていくと様々な問題が生じてくる。そこで使用されるのがジロパレットと呼ばれる自動機である。これは、専用のボックスにルミュアージュを行うびんを並べて（標準的な750mlびんで504本が一般的）、機械にセットしてプログラムをスタートさせると、決まった手順でそのボックスごと回転運動と傾斜運動を行い、最終的に一度に多くのびんのルミュアージュ工程が完了するものである。シャンパーニュにおいてはアジュヴァンと呼ばれるオリ下げ剤や酵母の研究の進展もあって、通常は5日程度、短い場合だと3日でルミュアージュを終えることが可能とされている。いずれにしても、ピュピトルと比べると、必要な労力、工程に要する時間、設置スペース、均一性等において格段に優れており、シャンパー

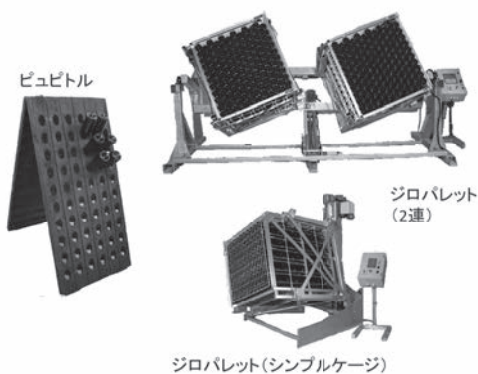


図7 ピュピトルとジロパレット

ニューの場合はよほど小規模の生産者でなければジロパレットを使用している。

次に挙げられる機器は、ネックフリーザーと呼ばれるもので、本体内のタンクに不凍液を -25℃程度まで冷却して保持し、そこに倒立させたままのびんの口部を浸け、10分程度でびん口内部の液をオリごと凍結させる。機械としては、不凍液を入れるタンクに冷凍機を組付け、タンク上部にびん口を挿し込む穴を設けるだけのシンプルなものである。ただ、自動ラインに組み込まれるタイプの場合は、プールのような角型タンク内を連続的にびんが送られる形となるため大掛かりになり、またびんの供給や排出も自動システムが必須となり、しばしばロボット技術が使用される。清酒でこのシャンパン製法をする際、その具体的なやり方によってはオリが非常に多くなることがあるが、その場合にはオリを凍らせると抜けなくなってしまうため、ネックフリーザーの使用は難しいだろう。

工程としては、そのあとは一度開栓して凍ったオリを飛ばし（デゴルジュマン）、甘味調整用の酒を添加し（ドザージュ）、入り味を調整する。ドザージュを特にしないというケースもあるが、デゴルジュマンの際にある程度製品液が減ってしまうので、最終的な入り味調整は必要である。デゴルジュマンは、栓抜きタイプの器具があれば可能だが、オリが勢よく飛び出すのと、手作業での栓抜きでは破びん等の危険が伴うため、小規模での生産であっても、通常は開栓後にタイミングよくびん口を押えて必要以上の製品液の欠減を防ぐ機能の付いた半自動機が使用さ

れることが多い。また、ドザージュや入り味調整には基本的にはカウンタープレッシャーフィルターと同じ機構が必要で、特殊な専用充填機が使用されている。実際の生産現場では、デゴルジュマンからドザージュ・入り味調整を一連の工程として処理するタイプの機械の使用が一般的である。

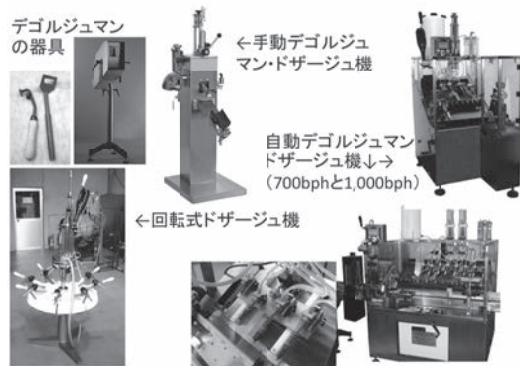


図8 デゴルジュマン・ドザージュ機

シャンパーニュの場合、前述のように最終的な密封はコルク栓とワイヤフードを使用するのが標準的である。コルク打栓機は、コルクをジョーと呼ばれる可動爪でコルクをびん口より細くなるまで絞り、それを上からプランジャーで押し込んで打栓する。レバーを手で操作する手動機もあるが、シャンパンコルクの場合はコルク径が太く、細く絞るのにも押し込むのにもかなりの力が必要となるため、1日1000本を超えるような数量を打栓するのであれば、半自動機以上の機械の使用が現実的だろう。また、コルク打栓後にワイヤフードを装着するの器具を使って手作業で行うことも可能であるが、密封性能の安定化の意味でも、コルク打栓機と合わせて半自動以上の機械の使用が望ましいだろう。自動ラインに組み込む場合、天地のあるシャンパンコルクを使用するのであれば、正しくコルク打栓機に供給するためにコルク自動整列供給機が必要になる。

ちなみに、二次包装としてシャンパーニュで典型的に使用されているものとしては、胴部のラベル以外に、びん口部を広く覆うアルミ箔（キャップシールド）や、箔の裾部分を一周覆うようなネックラベルなどがある。高付加価値を志向するシャンパーニュの場合には、それら二次包装に趣向

を凝らしたのも多く、またラベルとフォイル、ネックラベルの位置を合わせるということも普通に行われている。ただ、フォイルにせよネックラベルにせよ、自動で装着するためには専用機器が必要で、さらに位置合わせを行うならば、センサー等を組み入れた制御システム搭載の機械が必要となる。

6. 終わりに

本稿では、清酒や焼酎といったわが国で長らく造られてきた独特の酒類に、発泡性という新しい要素を組み入れるための方法論について述べてきた。そもそも研究論文のような水準のテキストではなく、

定量的検証や明確な言葉の定義を含まないものであるので、このような歴史ある専門誌に掲載いただくについて、著者として心苦しい限りである。しかしながら、様々な酒類製造用の資材や機械を生産者の皆様に紹介・提案してきた業界関係者として、新製品開発にあたっての一助となるべく、実務的な視点から論点を整理することに努めた。縮小の傾向が続く我が国の酒類製造業界において、伝統的な要素を保持しつつ、世界のマーケットでも広く支持されるような新しい形の製品がどんどん生まれてくることを期待してやまない。