

『レシピ作成への第一歩・後編』

text : 渡邊 拓也

本稿では「エキス濃度、pH、色度、苦味値、炭酸ボリューム」の5つの分析可能値を切り口に、地ビールの実践的レシピ作成の基本を解説しています。「前編」では、エキス濃度とpHの解説をしました。「後編」の今回は、色度からです。



3. 色度

ビールを客観的に評価する場合、特に官能的につまり消費者の立場と同様に行うとすれば、色は最もインパクトのある要素の一つであることは間違いありません。実際、多品種のビールを提供する場合には色の違いは重要なセールスポイントになるはず。ところが、前回ご紹介したエキス濃度やpHと異なり、一般的なクラフトブルワリーではこの色について客観的な数値すなわち色度を測定している所はほとんど皆無でしょう。なぜなら、測定するための装置が高価で手順がやや複雑であるからです。とはいえ、それで得られた数値も必ずしも正確な「色」を表すものではないこともあり、ビールの色に関する限り、実務上は視覚による評価が最もリーズナブルで、「色度」自体にはあまり神経質になる必要はないかも知れません。ただ、この色度がビールの色に大きな関係があると同時に、レシピとは非常に深い関係にあることも事実ですので、多少の知識を持つておくことも有益だと思えます。

まずは色度という数値について簡単に触れておきましょう。色度といっても、その対象によって2通りの使い方をされています。つまり、麦芽の色に対して使われる麦芽メーカーサイドのものと、ビール（ないしは麦汁）に対して使われるブルワリーサイドのものです。また、いずれの場合も事実上EBC（ヨーロッパ）法によるものとASBC（アメリカ）法によるものの2種類の単位が並行して使用されています。麦芽の色に関する色度は、麦芽メーカーが麦芽の分析表に記載しているもので、その測定法は基本的には後述するビールの色度の場合と同様です。ブルワリーでこの麦芽の色度を測定することはまず無いと言えますが、ビールの色度に決定的な影響を与えるものですから、麦芽の分析表を見たことがない方はぜひ一度確認しておくべきです。できれば購入の度に分析表の添付を求めるべきでしょう。その際の単位には前述の通り2種類あります。現在日本国内で流通している麦芽の多くはEBC法によるEBCで表記されています。基本的にはヨーロッパ産の麦芽が多いからですが、逆にアメリカから輸入する場合にはASBC法によるSRMまたはやや古い単位であるLovibondで表記されます。なぜわざわざ2種類あるのかということはおき、いろいろな麦芽を同時に使用する場合には両者を混同しないように気をつけましょう。現在では、 $SRM \times 1.97 = EBC$ で簡単に換算できます。一方ビールの色度の方ですが、これはブルワリーサイドの数値にもかかわらず、前述の通り実際に計測したことの無い方が圧倒的に多いと思えます。測定にはEBC法・ASBC法ともに一般的には分光光度計が使用されます。簡単にいえば、ある一定の波長の光がどれくらい吸収されるか、を基に数値化されます。麦芽の場合と同様に、EBCもしくはSRMで表され、両者の違いは測定時の試料の容量と換算係数の違いで、麦芽の色度同様に簡単に換算できます。通常は有料だと思えますが、大手ビールメーカーや民間の分析機関等で分析をしているところもありますので、定期的に分析してもらうのもいいかもしれません。

では、ビールの色度を決定する要因について見てみましょう。まず最も影響が大きいのが当然のことながら使用原材料の色度です。この点については後述します。それ以外では、まず煮沸工程そのものが挙げられます。これは、単純に蒸発によって濃縮されるからだけではなく、麦汁中の糖とアミノ酸が反応して起こるメイラード（Maillard）反応と呼ばれる化学反応によって着色物質が生成されるもので、本質的には麦芽の製造中に高温で色が増すのと同じものと考えられます。色度の高いビールの場合は相対的に影響が少ないですが、淡色ビールの場合は結構大きな影響を与えることがあります。次に影響が大きいのが、麦芽のハスクやホップから抽出されるポリフェノールです。タンニンとも呼ばれるこの物質は渋味の原因となるのはよく知られていますが、以前述べました通りビールの寒冷混濁（チルヘイ

ズ）の一因になるとともに、酸化すると赤茶色をなして着色物質となります。これは私も実験したことがありますが、単なる湯にホップを入れてしばらく煮沸していると、湯の色が赤茶色に変わるのが観察できます。上述のメイラード反応と比べると、一般的な状況下ではその影響は小さいと言えますが、マッシュpHが著しく高い、とかスパーズの温度が高すぎる、といった醸造技術上の問題でポリフェノールが過度に抽出されてしまった場合などには、他の官能的なトラブルとともにビールの色度にも影響が出ますので注意が必要です。他にもマイナーな影響を与える要因はありますが、一般的なクラフトブルワリーにとっては酵母の影響が結構大きいと言えます。ビールの色度を数値化する場合には酵母等の浮遊物はろ過して測定するのが普通ですので、多少酵母がビール中であっても色度としては表れません。しかし、無ろ過で出荷する場合にはビールの透明度や色合いに大きな影響を与えます。ブルワリーとしては、酵母の多少やその是非はともかく、少なくともその状態は常時把握しておきたいものです。

さて、前述の通りビールの色度と原材料の色度の関係は深いわけですが、その点について実務的な観点から少し見てみましょう。通常、レシピを作成なり変更する際にはビールの色度をある程度想定して原材料の配合を決定しているはず。目標となる色度は、文字通り何らかの基準に沿った客観的な数値の場合もあれば、もっと漠然とした色のイメージであることもあるでしょう。色度を日常的に容易に測定できる環境にある方は、いわば実験室的アプローチによって原材料の配合を決めることができるかもしれません。しかし大部分のクラフトブルワリーにとっては困難であるのが実情です。となると、何らかの方法で色を数値化し、それと実際の色を関連づけて管理する、というのが実務的に必要です。そこで考えられる最も簡単なアイディアは、使用原材料の色度と使用量の積を合算して数値を出すという方法です。例えば、色度2.2のピルスナーモルト160kgと色度30のカラメルモルトを20kg配合しているなら、 $2.2 \times 160 + 30 \times 20 = 952$ という感じ。その際、各単位は一定でありさえすれば問題になりません。いずれも自分で把握できる数値ですから、ビールタイプごとに明確に把握できる上、原材料を変更してその色度が変わった場合でもあまり悩むことなく使用量を決定する材料になります。あくまでもブルワリーローカルな数値ですので、他のブルワリーでも同じ感覚で使用できるものではありませんし、その数値とビールの実際の色度が単純な比例関係にある訳でもありません。しかし、レシピ作成に際しての貴重な指標になるのは間違いありません。実際、私自身レシピを作成する際には基本的にはこの手法にしたがってビールの色度を予測しています。特にアメリカのクラフトブルワリーの間で広く行われている方法の一つに、前述の合算数値を麦汁もしくはビールの量で割った商を、経験上得られた換算表にしたがって色度に換算する、というものがあります。全く新しいビールスタイルに挑戦する場合はもちろん、日々の微調整にも便利な方法です。詳細に興味がある方は、「Designing Great Beers」(Ray Daniels/1996/Brewers Publications) や「New Brewing Lager Beer」(Gregory Noonan/1996/Brewers Publications) をご覧になるのを勧めます。また、実際のビールの色は目視で判断するわけですが、その際の指標とする目的で作られたカラーサンプルもありますし、比較的入手しやすかつ色度が判明している大手メーカー製ビールを基準にする方法もあって、特に前者の本にはそのあたりのことも書かれています。

最後に、ビールの色度にまつわる若干の問題点に触れましょう。色度自体はビールの色を客観的に知るのに便利な数値であることは確かなのですが、その測定方法に起因する限界があります。前述の通り、測定の際にはある一定の波長の光を利用するわけですが、それは逆に言えばある一定の範囲の色の濃さしか数値化できないということでもあります。つまり、おおまかな色の濃さはわかっても、微妙な色合いまでも表すものではない、ということです。実際、黄色っぽいとか赤っぽいといった印象は複雑な色の組み合わせから成り立っていますので、一面的な色度では十分に表現できないのです。特に、中等色以上の濃さのビールの場合には自分の目による判断が重要です。そういう意味では、色度という数値にとらわれずぎては、イメージに近い色は作り出せないと言えるでしょう。もう一点、色度と現実の色のギャップという部分での問題点を挙げれば、ビールの色は見る状況によって変化する、ということです。現実にはみなさんも経験があるうかとも思いますが、ビールの色にはその際の光源と容器が大きく影響します。同じビールでも白色灯や屋間の自然光、レス

トラン内での照明等によって全く印象が変わりますし、ガラスシリンダーとビールジョッキでも異なります。ですので、ビールの色を決める際には、どういう状況での見え方を念頭に置くのか、という要素も無視できないでしょう。いずれにしても、ブルーにとっては、自分のビールの色を自分なりにしっかり観察し、その経験を蓄積することがなにより大切だと思います。



4. 苦味価

苦味が大部分のビールスタイルにとって重要な要素であることは、みなさんも異論のないところだと思います。いわゆるインターナショナルブランドのビールは年々苦味を減らしてきているようですが、それでもなお苦味があることには違いありません。しかし、苦味は本来の人間の感覚にとってはむしろ拒否反応が起きるものですので、その度合いがビールにとって非常に重要なものであるとともに、ブルーにとっては頭を悩ませる課題になっています。そのため、その苦味の度合いを客観的に知ることは魅力あるテーマであり、それを実際に数値化したものが苦味価 (Bitterness Units) です。

ご承知の通り、一般的なビールの苦味はほとんどがホップに由来するものです。ですので、苦味価の測定は、ある一定のホップ由来の成分を検出するという手法がとられています。しかし問題はその一定の成分が何を指すのか、ということで、歴史的にも様々な学説および測定手法が提唱されてきました。現在では、リキッドクロマトグラフィーや分光光度計を用いてイソ α 酸の量を測定する方法が一般的です。その詳細や問題点等については本稿の守備範囲を越えますので触れませんが、いずれにしても色度と同様に一般のクラフトブルーリーでは日常的に測定・管理できるものではありません。そこで、ここではターゲットをホップ中の α 酸とビールの苦味価の関係に絞って、実務的な側面に焦点を当てたいと思います。

最初に、確認の意味で α 酸について簡単に触れておきましょう。 α 酸はホップの成分のうちの軟樹脂に含まれるもので、フムロンとその同族体の総称です。ホップ中で、ビタリングホップで10%前後、アロマホップで4~5%程度を占めています。軟樹脂には他に β 酸と γ 酸等の成分が含まれていますが、ビールの苦味価との関係で言えば α 酸程のインパクトは認められませんので、通常はあまり顧みられません。研究者によっては β 酸にも焦点を当てる事もありますが、実務的にはそれ自体を意識する必要はないと思いますし、実際一般のブルーリーにとってその数値を知ることも普通は無理でしょう。 α 酸自体はそのままでは麦汁やビール中に溶け込むことは困難ですが、麦汁煮沸を経ることにより異性化 (isomerize) されてイソ α 酸に変化することで麦汁に溶け込み、最終的にはビールにまで移行します。ビールの苦味価はそのイソ α 酸の量を測定したもので、「ビール1リットル中にイソ α 酸が何mg含まれるか」を示しています。この数値を実測することがクラフトブルーリーにとっては困難なわけですので、実務上は色度と同じく何らかの方法でこれを予測することが必要になります。次にその点を見ていきましょう。

単純に考えてみると、ホップ中の α 酸のいくらかがイソ α 酸となってビール中に溶けているのですから、その「いくらか」の比率さえ分かれば苦味価は計算できるわけです。この比率を利用率 (% Utilization) と呼びます。この利用率を考えるには、大きくわけて3段階のプロセスを検討する必要があります。1. そもそも α 酸のうちどれだけのものがイソ α 酸に変化するのか、2. そのイソ α 酸のうちどれだけのものが麦汁中に溶け込むのか、3. その麦汁中のイソ α 酸のうちどれだけのものが最終のビール中に残るのか。いずれの段階に対しても醸造上の様々な要因が影響を与えますので、利用率の予測は本来極めて複雑な作業となります (参考までに、様々な要因と利用率の関係の主なものを別表1に掲げておきます)。もちろん苦味価の実測値からこの利用率を算出することはできますが、どの段階がどの程度の影響を与えているかを検討するためには、気の遠くなるような実験が必要です。一般のブルーリーにはそのような作業は非現実的ですので、とりあえずは経験的に言われる利用率を使用して、ブルーリーローカルな苦味基準を設けるのが得策だと思います。その際、よく参考にされるのが煮沸時間と利用率の関係を表にしたもので、別表2にその一例と計算式を掲げておきます。これによって、ホップの投入時期に応じて予想苦味価を算出して、その合計をビールの苦味価と仮定するわけ

です。定期的に苦味価を実測する機会のある方は、その実測値と算出した苦味価を比較して独自の調整係数を求めることにより、より現実に近い算出を行うことができます。そこまでしなくても、少なくとも苦味価に関する相対的なデータは得られますので、以降のレシピ作成の際の参考になります。

<別表1>ホップの利用率に影響を与える主な要因

利用率に影響を与える要因	利用率の相対的な比較
ホップの種類	種類によって異なる
煮沸時間	長い>短い
ホップの形状	ペレット>ホール
煮沸の状態	激しい>弱い
醸造所の標高	低い>高い
麦汁pH	高い>低い
麦汁エキス濃度	低い>高い
ホッピングレイト (容積あたりの α 酸投入量)	低い>高い
ホップカスやトループ	少ない>多い
酵母の回収及び除去量	少ない>多い
貯酒期間	短い>長い
ビールの濾過	しない>する

<別表2>煮沸時間による利用率と苦味価算出式例

(Designing Great Beers / Ray Daniels 著より抜粋)

煮沸時間 (分)	利用率 (%)	煮沸時間 (分)	利用率 (%)
ドライホップ	0	30 - 44	24
< 10	6	45 - 59	27
10 - 19	15	60 - 74	30
20 - 29	19	≥ 75	34

予想苦味価算出式

$$BU = W * U\% * A\% / (V * C * 10)$$

$$W = \text{ホップ投入量 (g)}$$

$$U\% = \text{利用率 (\%)}$$

$$A\% = \alpha\text{酸含有率 (\%)}$$

$$V = \text{最終麦汁量 (l)}$$

$$C = 1 + [(G - 1.050) / 0.2]$$

$$G \text{ が } 1.050 \text{ 以下なら } C = 1$$

最後に、苦味価と実際のビールの官能的な苦味との関係について注意すべき事柄に触れたいと思います。まずは、おなじみの問題点ですが、分析値は実物のすべてを表現するものではないということです。測定される苦味価はある一定の物質群に限定される一方で、実際の苦味は非常に複雑な物質群で構成されていますので、色度と同様に、分析値と現実との間にギャップが生まれます。このギャップは苦味成分の量の問題でもあり同時に、苦味の質の問題もはらんでいます。研究者の間でもまだ十分な解明がなされていない分野の一つでもあるのですが、イソ α 酸自体の構成 (例えばイソフムロンとイソコフムロンの比率) が苦味の質に関係があることはほぼ定説になっていますし、またまさにそのギャップの部分、つまりイソ α 酸以外による苦味成分が官能的な苦味の印象に大きな影響がある、と言う人もいます。クラフトブルーリーにとって関心があるのは実際の官能的な苦味、すなわち消費者が受ける印象ですから、この問題は避けて通れません。みなさんもやけにしつこい苦味を感じさせるビールがある一方で、非常にさわやかに苦味が消えていくビールがあることを実体験されているのではないでしょうか。ここではその詳細に立ち入ることはできませんが、ホップの種類や使用方法はもちろん、刻々と変化する在庫ホップの状態や醸造工程の様々な局面等も、実際のビールの苦味に大きな影響を及ぼすということを理解する必要があります。もう一点、大きな問題点となるのは味のバランスについてです。つまり、官能的な苦味といっても実際には苦味以外の味とのバランスの上で成り立っていますので、苦味価が同じでも味の印象が大きく異なることは珍しくないわけではあります。これは単にビールスタイルの違いということではなくて、個々のビールにおけるレシピ、すなわち原材料の配合や醸造工程によって大きく変動する、いわばブルー

にとっての日常的な課題といえる問題です。これを客観的に管理するのは困難ですが、例えばビールタイプごとに初期糖度および最終糖度と苦味値の比率を算出してデータ蓄積するといった方法もある程度の意味があるかと思います。いずれにしても、最終的には自分の舌で感じるしか術はありませんので、日々の官能検査を怠らず、その結果をできるだけ具体的にコメントとして残していくことが大切でしょう。

余談になりますが、ビールの苦味に関する私見を少し述べさせていただきます。『ビールは苦いから嫌い』という人が増えているのも事実ですし、実際私も初めてビール醸造を行うところではやや苦味を抑えて造ることが普通です。しかし、ホップの苦味はビールの持つフレッシュ効果にとって不可欠だと思えますし、またそのビールを反復的・習慣的に飲むための重要な要素になっていると思えます。日本人は欧米人より苦味に弱い、という見方もありますが真偽の程はわかりませんし、日本でも昔から苦味のある野草や魚のわたも食べられているわけですから（嫌いな人も多いのは事実ですが）、その見方にあまり意味があるようには思いません。ビールの苦味について私が重要だと思うのは、苦味そのものの「量」ではなくて、1. 質、2. バランス、3. 消費者の慣れ、の3点です。みなさんはどう思われますか？



5. 炭酸ガスボリューム

例外もありますが、ビールをビールたらしめる重要な要素の一つに炭酸ガスの存在を挙げることができます。みなさんが造られているビールはまず間違いなく発泡性があるものでしょう。しかし、その度合いについては様々です。またビールスタイルやパッケージの形態によって故意に差をつけていることも珍しくありません。炭酸ガスはビールに泡と刺激をもたらす重要なものですが、その度合いが多すぎても少なすぎてもビールを飲みにくいものにしてしまいます。そこで、ブルワーにとってはその炭酸ガスの度合い、すなわちビール中の炭酸ガスボリュームを客観的に知ることが望まれるわけです。

炭酸ガスにまつわる詳細な説明はこの地ビールパッケージニュースでもこれまでたびたび採り上げられてきましたので、ここでは簡単にまとめておくに留めます。炭酸ガスボリュームとは、一定量のビールの中にその何倍の容量の炭酸ガスが溶けているか、を表しています。要するに、炭酸ガスのビールに対する容量比なわけです（そのため単位がありません）。この数値は主にアメリカで広く使用されています。一方、ヨーロッパでは重量比をパーセントで表すことが多いのですが、両者は比較的簡単に換算できます。炭酸ガス (CO₂) は 22.4L につき 44 g の重さですので、単位容量当たり水の約 0.196% の重さなわけです。それを使えば、

$$V = SG * W / 0.196 \quad W = V * 0.196 / SG$$

(V = 炭酸ガスボリューム W = 炭酸ガス重量% SG = ビールの比重) という換算式ができます。例えば、ある温度で比重 1.012 で炭酸ガスボリューム 2.4 のビールの場合、炭酸ガスの重量%は 0.46% になります。これら以外にもビールの容量当たりの炭酸ガス重量といった表現も使われることがありますが、混乱しないように気をつけましょう。

さて、炭酸ガスボリュームはビールに溶け込んでいる炭酸ガスの量を表しているわけですが、その量に影響を及ぼすのがビールの温度と圧力です。ある一定の温度でかつ一定の圧力が保たれたビール中では炭酸ガスの溶解量はある一定の飽和量になります。この飽和量は、ビールの温度が上がるほど減少し、圧力が上がるほど増加します。現在クラフトブルワーで最も広く使用されている炭酸ガスボリュームメーターは、その性質を利用して測定しています。通常ガスボリュームは 2.2 ~ 2.7 程度の範囲にあるのが普通で、2.4 ~ 2.5 位が最も一般的な数値でしょう。もちろんイギリスの伝統的なカスクコンディションのビールは 2.0 にも満たない方が普通ですし、バヴァリアンヴァイツェンは 3.0 を越えることも多いですので、あくまでもビールスタイルやブルワーの方針で様々な可能性はありえます。しかし、前述の通り炭酸ガスがビールの印象に与える影響は大きいわけですから、大切なのはその炭酸ガスの度合いをブルワーがしっかり把握しコントロールすることです。特にビンや缶といった小口容器に詰める場合にはそのプロセスで炭酸ガスボリュームが若干下がるのが普通で、製品自体の炭酸ガスの度合いはもちろん、詰め機の動作にも大きな影響がありますので、特に慎重かつ的確な対応が求められます。官能検査と経験に頼るとい

う方法も否定しませんが、個人的には何らかの測定器の購入をお勧めします。

測定・記録するタイミングですが、実際には各ブルワーによって様々な可能性があるかもしれません。ただ、「無ろ過・カーボネーション有り」という一般的なクラフトブルワーの場合では、カーボネーション前・カーボネーション後・詰め作業直前、といったところでしょう。さらに、ビンや缶の場合は無作為抽出による定期的な測定が必要です。そしてその測定値と詰め作業前の測定値との差を求めることにより、カーボネーションのレベルを決めていくのが得策です。その際気をつけるべき点としては、ケグやサーバー

ングタンクに詰める場合とビンや缶に詰める場合では詰める際の望ましい炭酸ガスボリュームに差があるため、同じカーボネーションレベルのタンクから両者に詰めれば、ビールサーバーから炭酸が強いビールが出るかビンや缶のビールがやや気の抜けたようになるかのいずれかの問題に直面することが多い、ということが挙げられます。詰め口によってタンクを使い分けるのが理想ですが、そうも言っていない方が普通だと思いますので、その場合はなおさら慎重に炭酸ガスボリュームを測定・記録し、ビール中の炭酸の状態をしっかり把握しておくことが重要でしょう。

最後に、やや脇道にそれますが、炭酸ガスにまつわる実務的な問題の一つについて少し。ブルワー併設のレストラン等でケグからビールサーバー経由でビールを提供する場合に、よく目にするのが泡だらけになってしまってサーバーする人が困惑している光景です。結局多くのビールが廃棄されるわけですから経済的に望ましくないのはもちろんですが、お客さんの目にもあまり気持ちのいいものとは映らないでしょう。一時しのぎとしてビールを押し出す炭酸ガスの圧力を下げることが多いと思いますが、そのままでは次第にビール内の炭酸ガスのバランスが崩れて、ひどい場合は気の抜けたビールになってしまいます。このようなケースでの問題の根源は、ほとんどの場合はビールやその炭酸ガスボリュームではなくてビール

サーバー側のセッティングにあります。中でも最も影響が大きいのが、圧力バランスに関する部分で、具体的にはケグとサーバー口との高低差とビールホースの径・長さです。ケグにせよビン・缶にせよ、ビールを移動させる場合には移動先にカウンタープレッシャーをかけておき、徐々にその圧を下げることでゆっくりと流し込んでビール内の炭酸ガスのバランスを保っています。しかし、ビールサーバーではビールは突然大気圧の中へ流れ込むわけですから、そのままでは流量が大きくなりすぎて泡を噴きます。そのバランスを調整する、つまりカウンタープレッシャーの様な役割を果たすのが、上述の高低差とビールホースによる抵抗なのです。実際には高低差が与える影響はたいして大きくはないですし、また簡単に変更でき

るものでもありません。ですので、ビールホースの長さの調整が最も簡単でかつ効果的な方法といえます。同じ径であればホースが長いほど抵抗が増し、径は小さいほど抵抗が増します。理想としてはビール自体の圧力とそのビールホース等の抵抗が釣り合っている状態で、その圧力よりわずかに強い炭酸ガス圧でビールを押し出せばトラブルが激減します。ただし、ケグ内の圧力は本来のビールの圧力より多少上になりますので、ケグでの滞留期間が長いとビールの炭酸ガスボリュームも上昇してしまいます。それを防ぐ意味では、ビールを押し出すのに炭酸ガス単独でなく窒素ガス混合のものを使用するのが有効です。いずれにしても、このビールサーバー周辺の事柄についてはブルワーからは軽視されがちです。しかし、せっかくうまくできたビールであっても、最終の出口で不手際があると台無しになってしまいます。ですから、日常業務においても十分な関心と理解が必要だと思えますし、実際にサーバーする側の人たちとのコミュニケーションを心がけるべきでしょう。

渡邊 拓也 (わたなべ たくや) / ビール醸造技術コンサルタント
西宮市在住 e-mail: watanabe@ktx.or.jp