

はじめに

レシピとは、狭義では原料配合の具合のみをさすこともあります。一般的には、例えば糖化プロセスの方法や煮沸時間といった醸造工程も加味した、一連の製造上の規格を意味すると言えます。ビール・発泡酒醸造にたずさわる皆さんの誰もが、何らかのレシピに沿って仕込みを行っておられることと思います。中には国内外で醸造に関する知識や経験を積んだ上で最初からご自分でレシピを作成し、必要に応じて変更を加えていらっしゃる方もおられるでしょう。しかし、大部分の方が、最初は醸造指導者からレシピの提供を受け、その後少しずつ試行錯誤を繰り返しておられることと思います。ひょっとすると、まだ一回もレシピの作成や変更をしたことがない方も結構おられるかもしれません。

「いいレシピさえあればいいビールは造れる」という方がたまにおられますが、一度でも醸造現場を経験するとそれがナンセンスであることに気づくはず。作業の手際や洗浄・殺菌はもちろん、現場レイアウトや企業の経営コンセプトまでもが製品の品質に影響を与えるのですから。しかし、レシピが重要な要素であることも事実ですので、製造にたずさわるブルワーがそのレシピの意味を理解し、必要に応じて作成・変更を行うことが非常に重要な仕事であるのはいまでもありません。実際、新製品を開発する時はもちろん、原料が変わった時やお客様のニーズに合わせて改良する時などには、否応無しにレシピを見直す必要があります。とはいえ、実際にレシピを変更したり新たに作成するためには、多くの知識や経験が要求されます。特にテストプラントや本格的な分析設備を持たない一般的なクラフトブルワリーの場合は、「失敗が許されない」ケースがほとんどですから、余計にブルワー本人の能力が問われることとなります。

そこで、この講座では特に「レシピ初心者」の方を対象に、レシピの変更・作成のための基礎知識やアイデアをご紹介します。今回はその第一歩として、レシピの理解に不可欠なクラフトブルワリーでも比較的なじみやすい分析値の単位について採り上げたいと思います。具体的には、

エキス濃度(糖度)、pH、色度、苦味価、炭酸ボリュームの5つです。これらの意味を理解し、計測できるものはそれをデータとして蓄積していくことによって、レシピの中身を理解してさらに変更・作成していくことが容易になります。これらについて日常十分に意識しているという方は確認の意味程度にお読みいただければ結構ですが、あまり意識したことがないという方はこの機会にぜひ理解していただければと思います。



1. エキス濃度

エキス濃度という言葉はいささかあいまいですが、簡単に言えば麦汁やビール中の麦芽・副原料由来の成分の濃度のことで、実務上はそれらの中の糖やデキストリンの濃度と言えるでしょう。このエキス濃度は最終製品のアルコール度数、口当たり、甘さ、泡持ち等、多岐にわたって影響を与えますので、レシピ作成の際にはある程度の指標を設けると同時に、仕込みから製品段階までの継続的な測定が望まれます。

皆さんもこのエキス濃度は日常的に測定・管理されていることと思いますが、一般的には浮標式の比重計(hydrometer)を使用されていると思います。中でももっとも多いのが、1.000～1.060等の数値が細い計測部分に記されたものでしょう。この数値は、その溶液の重量と水の重量との比率を表しています。つまり、溶液中のエキス濃度が高いほど、その比重も高くなるわけです。一方、特にドイツやチェコから醸造設備を輸入したり醸造技師を招いたりした醸造所の場合には、形状は同様ながら記された数値が9.0～12.0のような糖度計(saccharometer)を使用されているかもし

れません。この数値は溶液中のエキス分を蔗糖(sucrose)換算で重量%表示したものです。前者は単に比重(specific gravity)、後者はエキス濃度や糖度(% extract by weight)と呼ばれますが、比重の下2桁を4で割った数値が概ねエキス濃度と等しく、基本的には同様に使用できるといえます。例えば、比重1.048であれば糖度12.0%と換算できるわけです。ごく一般的なビールを製造する場合、比重で1.000～1.060、糖度で0.0～15.0程度が測定できるものがあれば事足ります。ただし、仕込み中の麦汁、特にいわゆる第一麦汁の濃度を測定する場合には、1.080(糖度20.0)前後の数値が計れるものが重要です。品質管理の面からいって、そちらも用意するほうが良いでしょう。

この比重計や糖度計を使用する上で注意すべき点は、測定数値が液温によって影響を受ける、ということです。一般的にこれらの浮標は液温20℃での測定を基準にしていますので、液温が異なる場合は数値の補正が必要になります。特に仕込み中の麦汁濃度の測定時には、簡易冷却装置によって液温を下げる必要があります。通常は仕込み設備についていますが、ない場合には氷水等を使うといった工夫が必要でしょう。とはいえ、忙しい仕込み中に悠長に20℃ちょうどになるまで温度計とにらめっこ、などというぜいたくはブルワーには許されませんので、ある程度まで温度が下がったら温度と一緒に比重を測定・記録して、データとしての有用性を確保し、また測定者による数値のバラつきを防ぐようにするのが得策です。これは麦汁だけでなく、ビールの測定の時でも同様です。また、特に断りがないかぎり、測定の際は「液面」の数値ではなく「計測部」の数値、すなわち液体の一番高い場所の数値を読み取るのが正しい方法です。結構誤った計測法をさ



れている方もおられるのではないのでしょうか。それが一定してその方法であればまだ良いのですが、測定者によって測定方法が異なるような場合は継続的な測定の意味が失われます。クラフトブルワリーにとっては、「正確な絶対数値」を追求することよりも「一定の基準に基づいた測定値」を蓄積することの方が有益だと思いますので、各ブルワリーごとで担当者各人が測定手順や記録方法に関してコンセンサスを確立することが重要でしょう。

多少余談になりますが、便利な小道具について触れておきましょう。屈光式糖度計(refractometer)がそれです。形状は筒上ののぞき穴の先に試料を落とす斜面とそれを面いっぱい広げながら抑えるガラス板がついています。明るいうらむ方向にのぞき込むと、試料の蔗糖換算での糖度(通常はBrix単位)が、青いラインで読み取れるようになっていきます。結構お持ちの方もおられると思いますが、仕込み中の麦汁濃度を測定するには上述の糖度計と同様に使用できるものの、ビールを測定するにはアルコールの影響で数値があまり意味を持たなくなってしまうため、あまり使用されていないかもしれません。確かに比重計や糖度計があるのならそれらを統一して使用すればいいのですが、この屈光式糖度計にはひとつ利点があります。それは試料がごく少量で済むため、温度調整に必要な時間が短い、という点です。つまり、仕込み中に溜まっている麦汁や流れている麦汁の濃度を短いサイクルで測定することによって、スパージ終了のタイミングを決める材料にする、といった使い方ができるわけです。麦汁濃度がどうも仕込みの度にばらつく、という方は、一度試してみてください。

さて、このエキス濃度をあらわす単位として現在最もよく使用されているのが、°Plato(°P)というものです。実際のエキス濃度は多岐にわたるさまざまな成分を含んだ複雑なものなのですが、糖度計の説明で触れた通り、その測定には蔗糖換算での数値をいわば推測とし

て適用しています。この推測の部分を実証的に数表化したのが Balling という人物で、実際 °Balling (°B) という単位が使われていました。しかし、Balling の換算表には多少の誤差があることがわかり、それを修正し再度数表化したのが Plato で、彼の名が現在でもエキス濃度の単位として使用されているわけです。前述の糖度計の場合、基本的には単位はこの °Plato です。この数値自体は重量%、つまり麦汁 100 g あたりエキスが何 g あるか、を表しています (ASBC での定義) が、実質的にむしろ便利なのが麦汁 100ml あたりエキスが何 g あるか、のほうです。というのも、使用した麦芽等の原材料からどれくらいのエキスが採取できたかというエキス取得率を求めるには、麦汁の最終容量からエキス重量がわかるほうが手取り早いからです。理屈から言えば糖度計で測った糖度に比重を乗じれば良いのですが、わざわざ 2 本の浮標を使用するのは手間がかかります。その両者の関係を一覧性のあるものにしたのが Plato 表 (Plato Table) です。この換算値によってエキス取得率を求めるとともに、それによって意図するエキス濃度を得るためにどれくらいの原材料が必要かというレシピ作成の際の手がかりにすることができます。この点についてはレシピ作成への次のステップとして、別の機会でも詳しく採り上げたいと思います。また、この換算値自体も、いくつかの要素を加味した係数を乗じて調整して使用する必要があるため、現状ではあまり神経質に考える必要はないでしょう。実務上の観点からすれば、日常の測定・記録に際してわざわざ換算する必要は感じられませんので、比重計や糖度計の数値をそのまま用いれば事足りると思います。

次にエキス濃度の計測時期についてみてみましょう。仕込みから蔵出しまでの間の計測時期を順を追って挙げれば、

- | | | | |
|----------|-------------|------------|------------|
| 1. 第一麦汁 | 2. 煮沸前麦汁 | 3. 煮沸後麦汁 | 4. 仕込み即時麦汁 |
| 5. 発酵期間中 | 6. 発酵終了時ビール | 7. 蔵出し時ビール | |

となります。1 は仕込み中に糖化が正しく行われたかを早めに知り、その後のスパージ等のスケジュールを立てる意味でぜひ計測しておきたいものです。2 は糖化・ろ過プロセスの成果を表すとともにそれ以降の麦汁エキス濃度の基本となるものですのできちんと計測するのは当然ですが、製品の品質の一定化という観点からこの数値はだいたい一定であることが望ましいので、2 に至る前にこまめに計測することによって、スパージの終了時期をコントロールするべきでしょう。また、スパージ終了時のろ過された最終麦汁の濃度もデータとして有用ですので、できれば計測しておきましょう。3 は煮沸による麦汁の濃縮によって 2 より 10% 前後高くなっているのが普通です。その比率も本来一定であることが望ましいので、麦汁の容量とともに毎回十分な注意を払うべきです。4 はいわゆる初期比重 (Original Gravity) や初期糖度または原麦汁濃度 (Original Extract) と呼ばれ、仕込みの最終結果を表すとともに、その後の発酵管理の基礎になる数値です。数値的にはほとんど 3 と変わりませんが、品質管理上必ず計測する必要があります。5 は発酵管理上毎日 1 回以上、特に数値の変動が早い上面発酵ビールの場合は複数回、計測します。これ以降の比重・糖度は、発酵によって造られるアルコールの影響で、実態とは異なる数値を表すようになります。そのため、本来のエキス濃度である真性エキス濃度 (Real Extract) とは区別して外観 (仮性) エキス濃度 (Apparent Extract) と呼ばれます。高価で精巧な分析機器を持たないクラフトブルワリーでは、この外観値で管理すれば十分でしょう。一般的にこの外観エキス濃度が初期糖度の 4 分の 1 程度になると発酵が終了します。このときの外観エキス濃度が初期糖度からどれくらい減少しているかという比率 (%) を外観 (仮性) 発酵度 (Apparent Attenuation) と呼び、品質管理上の有用なデータとなります。また、その際の最終的な外観エキス濃度を、最終エキス濃度 (Final Gravity/Extract) と呼ぶこともあります。それ以降蔵出しまで、つまり 6,7 については、各ブルワリーで具体的なタイミングは変わりますが、少なくともタンク内のビールを何らかの理由で移動させる度に計測しておくべきでしょう。

最初に述べた通り、このエキス濃度は最終製品の品質の多くの部分に密接に関係しています。そのため、日常の測定・記録は実務的にも非常に重要なものです。そして、レシピの変更・作成に際しても避けて通れない指標でもあります。つまり、こんなビールにしたい、

という方向性の実現においては、どのような麦汁・ビールエキス濃度にするか、というプランが不可欠なものです。例えば、とにかく軽いビールを造りたいので麦芽の使用量を減らして原麦汁濃度を下げる、とか、やや甘味のあるビールにしたいので麦芽の配合を変えて最終エキス濃度を上げる、とか、やや口当たりの重いビールにしたいので糖化の工程を変更して最終エキス濃度を上げる、等々。そのような「次の一手」を効果的に打つためにも、エキス濃度の理解と継続的なデータ蓄積を心がけるべきです。

最後に、エキス濃度に関するより複雑な側面について簡単に触れておきます。前述の通り、みなさんが日常測定・記録されるエキス濃度は蔗糖換算での数値でした。しかし、実際のエキスは様々な成分からなるものですので、例えば見掛け上同じエキス濃度である 2 つの麦汁があったとして、それらを同一条件下で発酵させたとしても全く特徴の異なるビールになる可能性もあるわけです。その要因のうち、ブルワーがもっとも関心を払うべきなのが、エキス中の炭水化物の組成です。具体的にかつ簡単に言えば、酵母によって発酵される発酵性糖、発酵されない非発酵性糖、より高分子なデキストリン (非発酵性) の 3 つの割合が重要です。これらの割合は、使用原材料の種類・配合、糖化工程、使用酵母の性質・使用法、等によって大きく影響を受けますので、まさにレシピに左右されやすい部分です。逆に言えば、ブルワーにとってもっとも能力と個性を発揮できる分野なのです。とはいえ、一般的なクラフトブルワリーではこれらの割合を常時数値でモニターすることは不可能ですので、まずは自分の舌を使って感じることをおすすめします。それが甘いのかどうか、甘ったるいのかいい具合なのか、口当たりが重いのかどうか、等々。今回はこれ以上の詳細なエリアには立ち入りませんが、それらの感覚と測定したエキス濃度とを組み合わせることでデータ蓄積することにより、エキス濃度の測定・記録がより実りあるものになるはずです。



2. pH

pH は、それを測定しているか否かを問わず、皆さん一度は耳にされたことがあるものだと思います。簡単に言えば、溶液中の水素イオン濃度のことで、その詳細についてはここでは省かせていただきます。とりあえずは、pH 7 なら中性で、それ以下なら酸性、それ以上ならアルカリ性であることを覚えていただければ結構でしょう。今回採り上げる 5 つの分析値の中で、この pH はレシピとの関係ではやや趣の異なるものです。というのも、他の 4 つがブルワーの裁量で「あそこをこうしたい」という風に積極的に関与することができる自由度の高いものであるのに対し、pH はどちらかというと「もし基準から外れているのなら何らかの対策を打たなければならない」というようなネガティブな側面が強いからです。しかし、品質管理上の観点からレシピ作成の際に考慮すべきである点と、クラフトブルワリーでも比較的容易に分析値を得ることができる数少ないものの一つである点から、日常的・継続的な測定・記録が望ましいものではないかと考えます。

さて、まずは測定機器である pH 計についてみておきましょう。醸造現場でもっともよく使用されているのが、溶液に浸けて感知する電極部と数値を表示する表示部がコードでつながったものです。電極部は透明の棒状のもので、先端に実際に感知するポイントがあります。表示部は様々ではありますが、携帯電話 2, 3 個分程度の大きさの箱状の本体の上に液晶の表示パネルがあるものが一般的です。中には安価な電極部・表示部一体型のものもありますが、十分な洗浄がしにくいこともあってすぐに故障することがあり、経験上おすすめできません。また、卓上型の高価なものは実務上使い勝手が悪く、あえて購入する必要はないように思います。携帯できて防滴加工が施され温度計付き、というものが使いやすいと思います。決して安い物ではありません (7~8 万円程度) が、購入しておいて損はないでしょう。使用上注意すべき点としては、定期的な校正が不可欠な点と、使用後の洗浄を怠らないことです。

次に pH 測定のタイミングについて順にみていきましょう。まず仕込みの前に、使用する醸造用水の pH を測定しておきましょう。通常は 7 前後で一定していると思いますが、季節や直前の天気の影響で変

動がある場合も結構あります。pHを測っても細かい水の成分はわかりませんが、大きくpHが変動したならばその成分にも大きな変化があったと考えられますので、一度水道局や工業試験場等で分析してもらったほうがよいでしょう。また普段からpHが6や8といった極端な偏りがある場合には、醸造用水としての適性の問題も含めて、事前に十分な分析を受け、その水の特徴を把握する必要があります。

仕込み中での測定は、基本的にはエキス濃度測定と同時に十分だと思えます。しかし、今までpHの測定を行っていない方は、一度麦芽投入直後のマッシュを少量サンプリングして測定してみてください。それまで醸造用水のみではpH7前後だったにもかかわらず、極端に酸性になっていることに気づくはずですが、これは麦芽中のリン酸化合物の様な成分と醸造用水中のCa等のイオンが反応して起こる現象で、実はその後の醸造過程に大きな影響を及ぼしています。つまり、仕込み中のpHがビールの品質に直接関係しているわけです。一般的に言われる原則としては、仕込み中のマッシュ・麦汁のpHは5.2～5.6の範囲にあるのが望ましいとされています。その主な理由は、糖化工程を含めたマッシングの段階で作用する様々な酵素にとって、pHがこの範囲にあることが活動に適しているからです。この範囲を大きくはずれた場合、麦芽からのエキス取得率が減少したり、思うような風味が出ない、といったトラブルの原因となります。また、この温度帯からアルカリ側にはずれた場合には酸性側の場合より酵素の働きに悪影響が出やすいといわれている上に、その場合ビールの雑味のもととなるタンニンを抽出しやすい等の問題も抱えますので、特に5.6を越えている場合には注意が必要です。逆に、5.0を切る様な場合には、麦芽の変質・腐敗を疑ったほうが良いかもしれません。いずれにせよ、この時のpHを決定する要因は、麦芽の種類・配合と醸造用水の成分構成です。麦芽に関して簡単に言いますと、色の薄い麦芽ほどpHが高くなりやすく、色の濃い麦芽ほどpHを下げるように働きます。そのため、ピルスナーやヴァイツェンといったほとんど淡色麦芽のみで造られる淡色ビールは特に注意が必要です。一方、麦芽よりもむしろ影響が大きいのが醸造用水の中身です。特に重要なポイントとしては、Ca・Mg塩の含有量（硬度）が著しく低い場合とHCO₃（重炭酸）塩の含有量が多い場合が挙げられます。ここではこれ以上立ち入りませんが、醸造用水の分析を依頼する際には、単に「水道水の水質基準」に挙げられる項目の他に、上記のイオンの含有量も追加しておいたほうがのちのち役に立ちます。日本国内での筆者の醸造経験では今のところ重炭酸が著しく多いというケースはありませんでしたが、極軟水を扱うケースは数度ありました。今まであまり関心を持たれていなかった方は、pHとともに醸造用水の分析を一度してみたいはいかがでしょうか。

せっかくですので、マッシュのpHを調整する方法について、簡単に触れておきましょう。通常調整が必要なケースはpHが高すぎるケース（例えばpH5.9）です。前述の通り、極軟水で淡色ビールを造ろうとする場合に直面する可能性があるパターンです。麦芽の配合で濃色麦芽を入れられれば良いのですが、淡色ビールの場合はそうもいかないことがほとんどです。そんなときに有効な手が、醸造用水への無機塩の添加です。よく使用されるものとしては、石膏（Gypsum/CaSO₄・2H₂O）と塩化カルシウム（CaCl₂）が挙げられます。これらの添加によって醸造用水の硬度を人為的に上げ、自然なpH低下を促すわけです。ただ、注意すべき点は、やみくもに添加すると逆に品質に悪影響を与えかねない、ということで、投入量の決定には慎重な計算を要します。また、乳酸やリン酸の添加も選択肢に挙げられます。いずれにせよ、原材料以外の添加物を使用するわけですから、どうも抵抗がある、という方もおられるでしょう。そうであればなおさら、品質の向上・安定へむけた麦芽や水といった原材料の特性の理解とそれに基づく綿密なレシピの作成が重要になってくると思います。

さて、マッシングが終了するとろ過・スパージへと進むわけですが、この期間で注意すべきなのはスパージ終盤での麦汁のpHです。スパージという工程の性格上、ろ過される麦汁のpHは次第に上がってきます。これがあまりに高くなる（例えば6.0以上）と麦汁のpHも高くなってしまいうのももちろんですが、麦芽カス側からの雑味成分や色の抽出が起きやすくなり、結果としてビールの品質に悪影響を及ぼしま

す。ですので、エキス濃度の場合と同じく、スパージ終盤ではこまめにpHを測定し、スパージ終了のタイミングを決定するのが得策です。その後の煮沸工程では通常pHは0.1～0.2程度下がり、最終的には5.0～5.5位が発酵前の麦汁の標準的なpHレンジです。

酵母の添加以降の工程においても、pHは品質管理上での貴重なデータを提供してくれます。詳細な化学的説明は専門書に譲るとして、簡単にpHの変化についてみてみましょう。添加した酵母の状態や量に異常がない場合、一般的には12時間～24時間の間にpHに明確な変化が現れます。仮にこの時、エキス濃度に変化が読み取れなくても、pHは4.9前後まで下がっています。ブルワリーの立場でみると、ほっと一安心できる瞬間です。つまり、本格的な発酵の前段階が順調に進んでいる証拠なのです。逆に言うと、pHが下がらない場合は使用酵母に問題があるケースがほとんどですので、酵母の追加等の措置が早急に必要になるかもしれません。あるいはもう少し時間が経過してから下がります場合は、酵母の状態・量のほかに、エアレーション不足や麦汁の組成に問題がある（極端に濃度が高い、副原料の使用による栄養不足等）可能性が考えられます。その後、発酵が進むにつれて、エキス濃度と同様にpHも徐々に下がっていきます。特に上面発酵ビールの場合、この期間の変化が早いので、エキス濃度同様1日複数回の計測が望ましいでしょう。発酵終期になるとpHの低下も鈍り、最終的に落ち着きます。一概には言えませんが、上面発酵の場合で4.2前後、下面発酵の場合で4.4前後が一般的なpH値です。この最終値も含めて、pHの推移は同一種（タイプ・濃度）のビールの場合にはほぼ同じ様になるはずですので、そうならない場合は特に酵母の状態について注意を払う必要があります。そろそろ買い替え時かもしれません。また、どんどんpHが下がっていくケースでは微生物汚染の可能性も高いですので、日々の官能検査を怠らないことと、微生物検査の実施が必要でしょう。ブルワーが気づかずに出荷してしまうと、いわゆる「酸っぱいビール」が消費者の口に入り、ビールのブランドイメージに致命的な打撃を与える結果になりかねません。

このように、pHは比較的簡単に測定・記録できるうえに、レシピに関しての様々な判断材料を提供してくれます。ですので、まだ測ったことがない方にはぜひpH測定の実施をおすすめします。同時に、特に発酵以降のプロセスでの味や香りといった官能検査との併用は、単なるネガティブな点の発見・改善にとどまらず、将来のビールの品質の向上や個性ある製品の開発に大きく寄与するものだと思います。

（次回、後編に続く）

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

