

●▲■1. 麦芽がなかったらビールはなかった

宗教的な理由で飲酒が禁じられているイスラム教徒や、エスキモーのように動物食に頼っている一部の人たちを除いて、酒類は広く、世界中でなくてはならぬものとして有史以前から飲まれてきています。文字のなかった、民話時代、たとえば、須佐之男命による八岐大蛇退治の話の中にも、北欧の民話、ニーベルンゲンの歌の中にも酒が登場します。

そのアルコールを造るのは酵母菌です。酵母菌は糖分を発酵してアルコールを造るので、自然界でも糖分のあるところには天然の酵母がいて幾分かアルコールを造っており、おそらく、古代人が最初にアルコールの味を覚えたのはそのようなものを味わったときだったのでありましょう。そのような天然の糖分は、蜂蜜や、樹液や、果実の形で存在するので、農業が開始される以前の氷河時代から人類は酒の味（効用）を知っていたと想像されます。したがって、ワイン、椰子酒、蜂蜜酒、などの歴史は、穀物酒である清酒、ビール、等よりも古いと考えられます。

酒が穀物から造られるのは、穀物に多く含まれる澱粉などの高分子類から、酵母が発酵することのできる、分子量の小さい、単糖類、あるいは、少糖類に分解される必要があります。その技術ができなければ穀類からの酒は登場できないわけです。自然界で穀物中の澱粉（あるいは、他の多糖類など）が少糖類に分解される機会には、水を吸っての発芽、カビに汚染されての分解、唾液中の酵素による分解、などが考えられ、それを知った人類の祖先がその原理を発展させて現在の、麦芽や麴を作り上げてきたと考えられます。したがって、ビールは、麦芽製造技術ができて初めて登場することができたと言えましょう。（初期のビールは、澱粉をもアルコールに分解できるサッカロミセス・ディアスタティクスで作られていたのではないかという説もあります。現在でもそのような能力のあるカビや酵母を使って造られている酒類が一部に存在します。）

●▲■2. 麦芽品質とビール品質の関係

ビールの品質は、ビール酒造組合が出版している『ビール百科』によりまずと、

1. 琥珀色できれいに澄んでいること
 2. 特有の清涼感・爽快感があること
 3. さわやかな香りを持っていること
 4. きめ細かな真っ白い泡ができること
 5. コクがあり、飲み飽きないこと
- これらの要素がうまく調和したビールがおいしいビールです、

と書かれています。最近では、各種の、これらの範疇に入らないビールや、ビール様飲料も発売されていて、必ずしもこれらの項目がビールには絶対的に必要と言うわけではありません。しかし、これらの項目を一応正しいとして、それらが、穀物（ビール麦、など）からどのようにして生成してくるかを検討してみますと、

「1. 琥珀色できれいに澄んでいること」の中で言われている「色」は、麦芽製造時の焦がされる（焙燥）程度によるところが非常に大きく影響します。また、麦芽製造時の胚乳部分の分解程度も関係してきます。すなわち、麦芽は、まず、麦に水を吸わせて1週間ほど発芽させ、幼芽がまだ穀粒の先までには達しない状態で乾燥工程に入ります。乾燥工程では酵素力の低下を防ぐために、まず温度をかけずに通風で水分10%程度まで乾燥させ、その後だんだんに通風しながら温度を上げてゆきます。そして、最後の工程で香ばしい香りをつけるために短時間焦がします。この工程が焙燥工程です。その程度により、原料麦とほとんど変わらない色の淡色麦芽や、真っ黒な炭のような黒麦芽が作られます。琥珀色のビールは、現在世界中でもっとも一般的にのまれている淡色麦芽のみから作られるピルスナービールに特徴的な色です。しかし、地ビールで多く造られている上面発酵によるビールのように、赤っぽい色の強いビールもあり、それらは、それぞれ違った作り方の麦芽からもたらされています。上面発酵用麦芽の場合には、発芽がより進められているために麦芽中に糖やアミノ酸が多く生成されており、それらが赤っぽい色のメラノイジンと言う物質をその後の焙燥工程で多く生成しています。麦芽以外の、もうひとつの原料である水の品質も影響することがあります。ミュンヘンとピルゼンの水質の違いから、現在隆盛を極めていくピルスナービールが誕生した話がそれを顕著に表し

ています。「2. 特有の清涼感・爽快感があること」と「3. さわやかな香りを持っていること」は、発酵工程（麦汁成分の減少や香味成分の生成）や仕上工程（炭酸ガス含量の調整）の影響が大きい項目です。麦芽の品質は間接的に影響する程度です。「4. きめ細かな真っ白い泡ができること」は、麦芽品質とともに、麦汁製造工程の影響が大きく関係します。「5. コクがあり、飲み飽きないこと」には麦芽の品質とともにすべての原料品質、製造工程が関係します。このように細かく見てみると、狭い意味でのビールの品質としての「香味」には発酵の影響が大きいです。ビールの品質を香味以外にまで大きくとらえると、麦芽の品質が大きく影響していることが理解されます。

●▲■3. 麦芽に要求される品質

品質のよい麦汁ができていれば、発酵も順調に進行し、よいビールができる条件がほとんど整ったと言うことができましょう。もちろん、よい麦芽を作るにはよい麦が必要です。しかし、ビールメーカーは一般に、自分の工場内で麦芽を作ることは少なく、麦芽メーカーから麦芽を購入してビール製造を行うので、よい麦芽をどのように選んで購入するか、から話をはじめようと思います。しかし、麦から麦芽が作られる方法についての、ある程度の知識をもっていなければよい麦芽を入手できないことは当然です。ビール用の大麦には粒の大きな二条大麦と、六条大麦があること。六条大麦は一般に酵素力が強いこと。ホップの場合と同様、麦の代表的品種名とその特徴も最少限知っているに越したことはありません。

麦芽メーカーから提供される麦芽品質項目には以下のようなものがあります。

第1表 麦芽の分析値例

	淡色ピルスナー麦芽 (Technol. Brew. & Malt. より)	淡色エール麦芽 (Brewing Techniques No.4 より)
蛋白含量	10.8%以下	8.8 から 10.6%
Kolbach Index	38 から 42	36 から 45.5
エキス含量	80%以上	
エキス収量差	1.2 から 1.8%	
粘度	1.55mP・s	
色度	3.4EBC 以下	4 から 6.5EBC
煮沸麦汁の色	5.0EBC 以下	
麦芽中の可溶性窒素	0.65g/L	0.5 から 0.77g/L
ジアスターゼ力	240 から 260° WK	124 から 212° WK
Friabilimeter 値	80 から 86%	90 から 100
全ガラス質区分割合	2%以下	
VZ45 (45°Cにおける エキス収率比)	37 から 41	
水分含量	5.0%以下	2.8 から 3.3%
細麦割合	0.8%以下	0.45%以下
幼芽長割合	ばらつきがなく、たとえば	
	1/4 までが	0%
	1/2 までが	3%
	3/4 までが	25%
	1/1 までが	70%
	1/1 以上が	2%

これらの値の選択は、当然、造るビールの種類によって違ってきます。また、装置や、醸造法によっても違ってきます。また、この表でもわかるように、必要な分析値が表示されていない場合もあります。

これらの項目の表す意味と、製造工程、ビール品質との関係、更には他の特性との関係については、当然知っていなければよいビール造りはできません。ご存知とは思いますが、念のため、主なものについて簡単に説明しますと、「蛋白含量」は少ない方が澱粉含量が多く、エキス収量が多いことを推定させます。しかし、酵素力の弱いことが推定されます。そこでジアスターゼ力が充分であるかどうかをチェックします。それらの値に基づいて仕込み条件を変えて対応することも必要です。このような調節は言うまでもなく、分析値に現れている、すべての特性について行わねばならないことです。したがって、大メーカーでは自社で分析を行い、再確認をしているところもあります。「Kolbach Index」と言うのは、全蛋白質中の可溶性タンパク質の割合で、大きいと蛋白質の分解が進んでビールの泡持ちが悪くなります。しかし、製品保存期間が長くなった時に生ずる混濁の発生は少なくなります。「エキス含量」は高いに越したことはないでしょう。しかし、粉砕度が関係しており実際とは異なるおそれがありま

す。それをチェックできるのが「エキス収量差」で、これは、細かく粉碎した麦芽と、荒く粉碎したものとを使って同じ条件で糖化した時の、エキス収量の差のことです。麦芽は細かく粉碎するほどエキスは多く得られますが、製造現場では時間をかけて細かく粉碎することはできず、粗粉を使わざるを得ません。そのような状態でも多くのエキスが取れるかどうかの指標です。したがって、この値が小さい方がよい麦芽といえます。「粘度」は、高いと濾過が困難になりがちです。しかし、よい泡持ちのためには高い方が有利です。装置などとの関係で、適した値のものを購入することになりましょう。「色度」は、造るビールの種類によって決まります。しかし、多くの場合、ビールの色は色の薄い、酵素力の強い麦芽と、酵素力は弱まってしまっていますが香ばしい香りを出してくれる色の濃い麦芽との混合で作り上げる例が多いでしょう。「Friabilimeter 値」と言うのは、麦芽の均一性を示す指標で、高いほど麦芽中の澱粉質が分解されやすい状態になっている区分が多いことを示します。「全ガラス質区分含量」は同様な指標で、分解されにくい澱粉粒の割合を示します。「水分含量」はその名の通りで、多いと言うことは、焙燥の程度にもよりますが、麦芽の代わりに水を買っていると言うことになります。

この他に、重要なものに、「カビ汚染の程度」があります。これは、麦芽をたてに剃刀の刃で切断し、その断面の穀皮と胚乳の間の空間を少し拡大してみると、汚染されている大麦を使った麦芽には菌糸が見えます。その程度で判定します。そのような麦芽を使うと、カビからの酵素により糖化中に蛋白溶解が過度に進行し、糖化中の泡立ちがひどく、場合によってはカビ毒の混入と言う事態にもなってしまいます。このような麦芽は、色や可溶性窒素の値からも推定ができます。

もうひとつ特記すべきこととして、「酵母」の項で紹介した、発酵中の酵母の早期凝集沈降を麦芽が引き起こすことがあり、その性質はこれらの指標では判定できません。この性質は実際に発酵させてみてはじめてわかる性質なので、デンマークのカールスベルグ社などでは全自動小規模発酵試験装置を自製して検査しています。この現象は、わが国が第2次大戦後、外貨不足から国内産（非ビール用）大麦を使わざるを得なかった時に発見された現象で、検査法の原型も日本で開発されたものです。当時は海外から、わざわざこの検査法を学びに技術者が来日したこともありましたが、この現象の原因は複雑で、酵母による場合と麦芽による場合とがありますが、まだ、決定的な解明はなされておられません。問題化されてから50年後の最近にも研究報告がなされていますが、まだ発酵試験の簡便化の域を越えておらず、麦芽メーカーに、扱い慣れぬ酵母管理を強いる状態が続いています。これだけ科学が進歩してきている状態ですから、早急な原因成分の解明と酵母を使わないですむ判定法の確立が望まれます。

●▲■ 4. 麦汁の製造

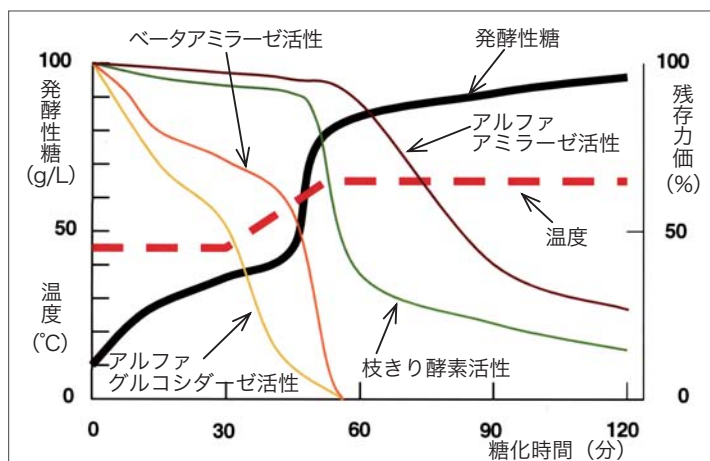
麦芽から麦汁が製造され、その麦汁に酵母が接種され発酵が始まるまでには、大きく分けて、糖化、麦汁濾過、ホップ煮沸、麦汁冷却、等の工程があり、それぞれにまた、一つ一つの操作がありそれに対応した設備があるわけです。したがってそれらの詳細については専門書に任せるとして、ここでは著者が要注意と思う事項に絞って記述をさせていただきます。

まず、麦芽の貯蔵です。麦芽は麦と違って、製造工程の最後で加熱されており、カビ汚染の危険性は高くはありません。しかし、できれば湿度の低い低温の専用室に保存されるべきです。虫や、ねずみや、鳩などの侵入を防ぐ必要は麦の場合と同じです。特に中小のビール工場では、粉碎機の上のホッパーも要注意です。ある中国の醸造所では、麦芽の投入をしやすくするために、麦芽の貯蔵室の床にホッパーの口を設置していました。これでは作業員が転落する危険もある上、ねずみや猫がホッパー内に落ちる危険もあります。落ちたら最後、麦芽の中に埋もれてしまって…。その後どうなるかはご想像にお任せします。少なくとも投入作業は網製の蓋を通して行うべきでしょう。

麦芽の粉碎は、麦汁製造（「以下、「仕込」と略させていただきます」中、一番困難（時間を要する）と言っても過言でない麦汁濾過と関係が深い作業です。すなわち、粉碎の程度は、濾過機の種類とマッチしていなければなりません。麦汁濾過機はおおきく分けて、蒸し器のように「サナ」のような網底を内蔵したロイター式と呼ばれる濾過機と、板枠型のマッシュフィルター方式があります。ロイター式の場合には穀皮が濾過層の役割をしますので、穀皮ができるだけ破碎されないで大きく残るようにローラーミルが使われます。それを強化するために、湿式粉碎といって、穀皮に少量の水分を与えてから粉碎する方式もあります。しかし、この場合は、水分含量をよほど厳密に調節しないと、粉碎時には熱も発生しますので一部

の酵素反応が開始してしまう他、粉碎機内にカビが発生する恐れもあります。マッシュフィルター方式の場合には圧力が掛けられますので、粉碎はより細かくすることが可能です。濾過枠内の麦層を座布団様のエアーマットではさんでさらに圧縮できる装置もあり、この場合には粉碎はさらに細かく、ハンマーミルが使われます。濾過速度を遅くする原因はグルカンというガム質です。この物質も仕込工程中に可溶化されるのですが、攪拌速度が大きいと分散して濾過困難のもととなります。したがって、仕込中の攪拌は最小限にします。粉碎から話題がやや逸れてしまいましたが、最近では仕込工程を嫌気的条件下で行うことがビール品質上重要だとされいろいろ装置や方法が考案されています。装置を変えずとも作業方法の見直しで効果を上げることも可能でありましょう。なお、麦芽粉碎に際しての粉塵爆発を防ぐためにも、麦芽への異物混入は厳しくチェックされるべきです。

糖化方式にはインフュージョン法とデコクション法があることはご説明する必要のないことでしょう。出来上がる麦汁は酵母の栄養的には全く問題がないと言ってよいものです。両者の成分組成はやや異なりますが、それ自体が酵母の栄養的に問題があるほどではありません。糖化方式とは別の点から、栄養面と云われているものに亜鉛の濃度があります。銅製の装置の場合には問題はないのですが、オールステンレスの場合には欠乏し、酵母の活性が低下するおそれ指摘されています。特に高濃度発酵を行うために酵母の高活性が期待される場合や、糖質副原料が多く麦芽由来の窒素成分（アミノ酸）の少ないことが予想される麦汁を造る時には注意されるとよいでしょう。適当な濃度は0.10-0.15mg/Lとされています。



第1図 麦汁（コンGRESS麦汁）調製経過中の諸酵素活性の変化

糖化時の、酵素活性の変化経過の一例を第1図に示します。麦汁中の酵素は、その周囲に存在する物質の影響を受け、固定化酵素のような状態で存在しますので、純品として取り出してそのものだけで測定した性質よりも一般的により安定です。しかし、実際の糖化は、時間的制約から、酵素活性を最高に発揮させるために当該酵素の最適温度より高い温度、すなわち、失活し始める寸前のところで行われていると考えられます。したがって、温度制御の厳密さによって麦汁収量や品質は大きく変わってきます。当然、麦芽のロットによっても、最適な温度プログラムは異なってくるでしょう。この点で温度制御は非常に重要です。なお、設備にゆとりのある醸造所では前日に原料を浸漬しておくことも酵素反応を充分に行わせるために行われているようです。糖化の終了はヨード反応で判定します。

(以下次号に続く) text.T.Inoue

井上 喬 (いのうえ たかし)

(プロフィール) 1935年、東京都に生まれる。東京大学農学部卒業。キリンビール・ビール科学研究所所長、秋草学園短期大学教授を歴任。「ビールのダイアセチルに関する研究」にて農学博士号。全北米大陸醸造者協会(MBAA)より功績賞。米国醸造化学者協会(ASBC)より栄誉賞。日本醸造学会幹事。前MBAA技術委員会アジア地区代表委員。前Institute of Brewing, Asia Pacific Section日本代表委員。(著作)「ジアセチル」(幸書房)、「やさしい醸造学」(工業調査会)、「お酒のはなし」(学会出版センター、共著)、「Recent Advances in Japanese Brewing Technology」(Gordon and Breach Scientific Publishers)など。米国醸造化学者協会(ASBC)から「DIACETYL」が出版予定。

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。