

ビール泡品質向上への一貫した取組み



SAPPORO

サッポロビール株式会社

はじめに

黄金の液色に白い泡，その2色のコントラストがビールならではの美しさを演出する。泡はビールの酸化やガスの揮散を防ぐだけでなく，その白くきめ細やかな性状はビールのおいしさを視覚から伝える重要な手段である。泡に関する研究は国内外のビール会社にとって古くから，そして今もなお盛んに取組まれている分野である。

泡持ちには，構成因子として大麦由来の蛋白質，ホップ苦味成分，泡の粒径等があり，阻害物質としては，脂肪酸，脂質，酵母から排出される蛋白質分解酵素等が知られている。また，ビールが飲まれるその瞬間までを考えると容器・グラス形状，流通過程での取扱い，飲食店向け商品では注出サーバーの性能も重要である。そのため，評価指標についても単なる数値だけでなく実際の飲用シーンでの評価に近いものの開発が必要とされている。

当社はビールの泡品質に関する研究について長年広範囲に取組んできた(図1)が，醸造工程においてはノウハウとして位置づけられ社内での技術伝承でしかなかった。今般，大麦新品種開発，ビールサーバー開発が具体的な成果につながったことを機に，当社の一貫した泡品質向上への取組みとして以下に紹介する。

1. 大麦における研究と開発

大麦は“ビールの魂”と呼ばれ，泡持ちプラス成分である蛋白質，マイナス成分である脂質に対する研究が行われてきた。当社では疎水性が高く気泡の表面に吸着し表面粘度を上昇させる性質がある蛋白質に着目し，これらの成分を多く含む大麦品種を選抜する技術を開発した。特にビールおよび麦汁のプロテオーム解析により新規な泡関連蛋白質を同定することに成功し，大麦種子中の泡関連蛋白質含量に関与するDNAマーカーを開発，泡持ちの良い大麦新品種開発における選抜に利用している<sup>1)</sup>。

大麦中の脂質の酸化は泡持ちを悪化させるだけでなく，香味の老化を引起す原因でもある。当社は岡山大学と共同で，泡持ちと香味耐久性の向上を目的として在来大麦遺伝資源から脂質酸化を触媒する酵素リポキシゲナーゼ-1(以下LOX-1と表記)のないLOX-1レス変異を探索した。数千系統のスクリーニングからLOX-1の活性を欠く自然変異を発見し<sup>2)</sup>，この形質を導入した大麦を醸造試験に用いると，大麦そのものでも，発芽させた麦芽においても泡持ちが向上することを確認した(図2)<sup>3)</sup>。そこで，このLOX-1レス形質を農業特性や品質面でビール醸造に適したビール大麦品種に導入するべく，2001年，カナダのサスカチュワン大学との共同で戻し交雑育種法によるLOX-1レス大麦の開発を開始し，ビール泡持ちの高い性質をもつ「CDC Kendall」との5回連続戻し交雑により「CDC Kendall」の遺伝的背景でLOX-1レス形質を示す系統を育成した。本系統はカナダでの品種認定試験に合格し北米初のLOX-1レス品種「CDC PolarStar」として2008年に品種登録出願した<sup>4)</sup>。その後本品種の普及を進め，開発スタートから10年以上を経て大規模な栽培実績に到達した：2013年度約17千ヘクタール。また豪州でもLOX-1レス品種の戻し交雑育種を進めアデレード大学と共同で豪州初のLOX-1レス品種「SouthernStar」を2012年に出願し，2013年に商業規模の生産を開始した。日本では2013年12月には国内初となるLOX-1レス品種「札幌2号」を出願し，さらに世界主要産地へのLOX-1レス大麦の普及を目指して欧州でも同様のプログラムを進めている。

2. 製麦・醸造工程における研究と開発

大麦は発芽によって蛋白質や澱粉を分解しビールの原料に使用される。その工程は製麦と呼ばれ蛋白質分解は大麦の含水率や発芽温度・時間に左右される。当社では国内での自社製麦および海外からの輸入麦芽に対して適正な製麦方法を定め，また産地ごとに異なる特性を考慮して購買・配合計画を実施している。

サッポロビール泡品質向上への取組み

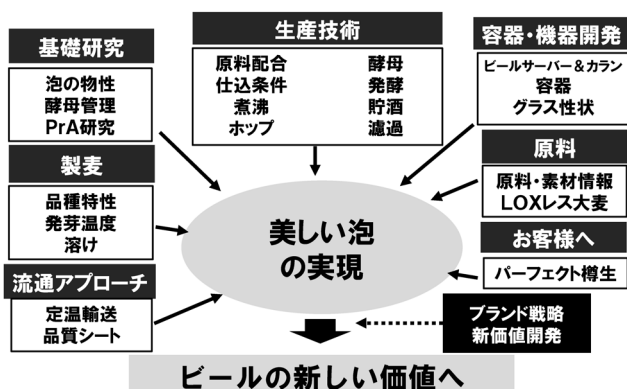


図1 泡品質向上への取組み総括図

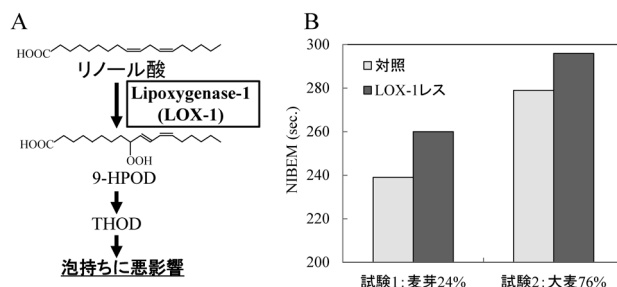


図2 泡持ちとLOX-1の関係(A)およびLOX-1レス麦芽・大麦による醸造試験の泡持ち(B)  
 9-HPOD: 9-hydroperoxy-10(E), 12(Z)-octadecadienoic acid  
 THOD: trihydroxy octadecanoic acid  
 試験1: 麦芽での比較(麦芽24%発泡酒仕様)  
 試験2: 大麦での比較(大麦76%発泡酒仕様)

ビール工場で麦芽は粉碎され温水が加わり、マイシェと呼ばれる粥状の糖化液となり、蛋白質や澱粉はさらに分解される。泡持ちにプラスとなる蛋白質をのちの工程まで維持する必要があるが最終製品で混濁を起こす蛋白質についてはできる限り除去しなければならず、実製造ではそれらの適正な管理が重要である。小スケールでの仕込試験を重ねた結果、LOXが失活しかつ混濁性に問題がない最適な仕込条件を見出し工場での実製造へ展開した。また泡持ちにプラスとなる蛋白質は熱による凝固、ホップポリフェノールとの結合も起こるため、醸造工程で最も熱負荷の高い煮沸工程で熱エネルギー管理を最適化するためカロリー制御を導入し、熱負荷を適正化した。

我が国を代表するビール製造技術の一つである生ビールでは、非熱処理のため酵母由来の蛋白質分解酵素が製品中でも失活されず経時的にビールの泡持ちを悪化させる。この酵素はProteinase A (以下PrAと表記)と呼ばれ酵母の弱体化や自己消化の際に細胞外へ漏出されると言われていた<sup>5)</sup>。当社の最近の研究により健康時あるいは増殖時にも排出されることが判明し、また酵母細胞外へのPrA排出の挙動も明らかになりつつある。使用する酵母株や、発酵・貯酒中の栄養条件やその温度、期間によって最終製品のPrA活性は大きく変化する。実際のビール製造においてPrA排出の低い酵母株の確認・選定や酵母の弱体化を起こしにくい管理を発酵および貯酒工程で導入し、製品中のPrA低減に努めている。なお流通における取扱い(温度、振動、日光の影響など)も製品中のPrA活性を最小化するためには重要であるが今回は紙面の都合もあり省略させていただくこととする。

これら醸造工程での取組みは2000年から2002年にかけて社内横断組織「泡プロジェクト」を立上げ、全工場へ展開した。定着化した2004年以降の当社主要製品のNIBEM法による測定値では2006年まで上昇し、LOXレス麦芽の使用を開始した2012年も含め近年は275前後で安定的に推移している。なおNIBEM法とはオランダHaffmans社のNIBEM FOAM STABILITY TESTERを用い所定のグラスに一定条件で注いだ泡の高さが3 cm低下する時間(秒)を計測する世界で標準的に用いられているビールの泡持ち測定法である。

### 3. 生ビールサーバーの開発

飲食店で提供する生ビールはビールの泡が実感できる格別なシーンである。最終的な提供品質を維持・向上させるために生ビールを樽から注出するサーバーの性能は重要である。サーバーの衛生状態が清潔に保たれていないとビールの泡品質はもちろん香りや味にも悪影響を及ぼすため常に良好な状態に維持する必要がある。当社では2002年より、構造上複雑なサーバーの冷却部分を定期的に交換し自社の洗浄施設で分解洗浄する独自の生ビール品質管理システム「サッポロセパレシステム」を導入した<sup>6)</sup>。

近年このサーバーを改良し泡付け機能を進化させたものを開発した。これまで泡付けのノズルはビールに対して垂直方向に実施していたが、角度を90度変えることでグラス壁面接線方

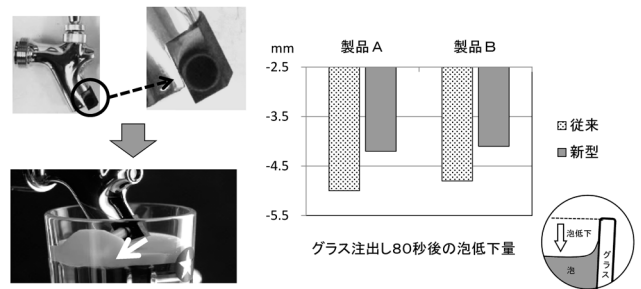


図3 新型サーバーによる泡持ち向上効果

向へ泡付けすることにした(図3左)。これにより、泡付け時のビール液面の“もまれ”がなくなり、ガスの揮散を防ぎ、粒径の細かい泡をより長く維持させることが可能となった(図3右)。さらに飲むごとに泡が再生し最後の一杯まで泡持ちの良いビールが楽しめるようになった。当サーバーは専用グラスや液温管理とともに「サッポロ黒ラベルパーフェクト樽生」運動として2014年春より料飲店へ導入している。

「美しい泡」はビール醸造に関わるすべての研究者、技術者が追及すべき課題であり、今後もビールの泡品質向上に弛まぬ努力を続けていきたい。

謝辞 大麦の研究・開発においては岡山大学武田和義名誉教授、佐藤和広教授、サスカチュアン大学(カナダ)のDr. Brian G. Rossnagel, Dr. Aaron Beattie, アデレード大学(オーストラリア)のDr. Jason Eglinton および関係頂いた多くの方々へ感謝いたします。また本賞へのご推薦と適切なご指導をいただいた静岡大学河岸洋和教授に厚く御礼申し上げます。

- 1) Iimure T, Sato K. Beer proteomics analysis for beer quality control and malting barley breeding. *Food Res. Intern.* 2013; **54**: 1013-1020.
- 2) Hirota N, Kaneko T, Kuroda H, Kaneda H, Takashio M, Ito K, Takeda K. Characterization of lipoxygenase-1 null mutants in barley. *Theor. Appl. Genet.* 2005; **111**: 1580-1584.
- 3) Hirota N, Kuroda H, Takoi K, Kaneko T, Kaneda H, Yoshida I, Takashio M, Ito K, Takeda K. Brewing performance of malted lipoxygenase-1 null barley and effect on the flavor stability of beer. *Cereal Chem.* 2006; **83**: 250-254.
- 4) Hoki T, Saito W, Hirota N, Shirai M, Takoi K, Yoshida S, Shimase M, Saito T, Takaoka T, Kihara M, Yamada S. Breeding of lipoxygenase-1-less malting barley variety CDC Polar-Star and effect of lipoxygenase-1-less trait on beer quality at pilot and commercial scale brewing. *Brew. Sci.* 2013; **66**: 37-45.
- 5) Yokoi S, Shigyo T and Tamaki T. A fluorometric assay for proteinase A in beer and its application for the investigation of enzymatic effects on foam stability. *J. Inst. Brew.* 1996; **102**: 33-37.
- 6) 門奈哲也ら, 樽生ビールサーバー「セパレシステム」の開発, 日本包装技術協会; 包装技術, 2004; 42(3): 227-230.