

ホップ品質の多角的な解析とその応用



①

サッポロビール株式会社



②

サッポロビール株式会社 バイオ研究開発部



③

サッポロビール株式会社 酒類技術研究所



④

サッポロビール株式会社 バイオ研究開発部

蛸井 潔 ①

糸賀 裕 ②

岡田 行夫 ③

鯉江 弘一朗 ④

はじめに

ホップはアサ科カラハナソウ属の多年生、雌雄異株の作物であり、その雌株の球果がビールの原料として使われる。球果には多量の樹脂成分、精油成分、ポリフェノール等が蓄積されそのままでは食用には適さないが、ビールに使用した場合には爽快な苦味、芳香といった香味上の意義にとどまらず、麦汁煮沸工程において麦芽由来の過剰なたんぱく質を沈殿除去でビールを清澄化する働きもある。また、ビールの苦味成分はその抗菌性による微生物安定性の向上やビールの泡を補強する作用も有している。ビールになくはならないといえるその重要性から「ビールの花」とも呼ばれている。

ホップは農業的には冷涼な地域に適応性が高く、北海道で野生ホップが見出されていたことが、サッポロビール株式会社（以下、サッポロ社）の前身である札幌開拓使麦酒醸造所が設立された理由の一つである。実際、北海道では早くからホップの栽培が行なわれ、当時設立されたホップ研究機関は現在のサッポロ社にも引き継がれている。日本国内においては、品質解析から育種まで自社で行なえる体制を維持している唯一のビールメーカーである。

ホップ研究は農業性や耐病性などの栽培に関わる分野から、苦味成分の元となる樹脂成分に関わる分野、芳香に寄与する香氣成分に関わる分野、さらにはホップに含まれる多様な成分の機能性に関わる分野まで、多岐にわたる研究が盛んに取り組まれている。その中でもサッポロ社はホップの栽培安定性に関わるウイルス研究、新品種の育種、品種判定技術、ホップ特有の成分の生合成機構、ホップ由来成分の香味への影響の解析、などの分野で長年広範囲に取り組んできた（図1）。グローバルに展開するその取り組みを紹介したい。

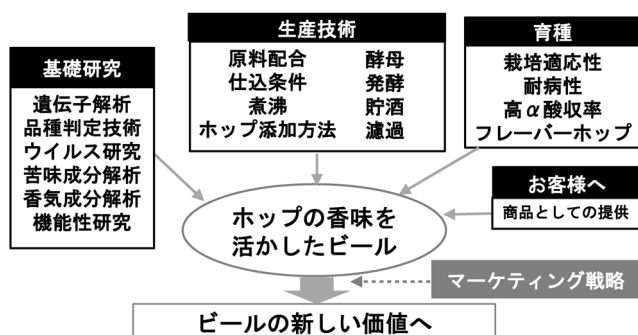


図1. ホップ品質解析と応用の取組み総括図

1. ホップの栽培安定化へのグローバルな貢献

チェコはピルスナータイプのビールの発祥の地であり、現地のファインアロマホップ Saaz は世界的にその高品質が認められている。しかし、1980年代に蔓延したウイルス病により収量、品質の両面で危機に陥った。サッポロ社は原因ウイルスの特定、ホップ茎頂培養によるウイルスフリー化技術を指導し、現地ホップ会社等とともにウイルスフリー苗を生産する V. F. Humulus社を設立し、安定した栽培の回復と品質の向上に寄与した（図2）。

近年もホップのウイルス病に関する研究を継続し¹⁾、ホップの安定生産の基盤技術に貢献している。

さらに、購入する麦芽とホップの生産者とサッポロ社のフィールドマンが直接コミュニケーションをとる独自の「協働契約栽培」は2008年にドイツ連邦栄誉賞金賞を受賞した（「協働契約栽培」はドイツ以外でも実施）。

2. 優良ホップ品種の継続的な育種開発

国内で商業栽培されているホップの大部分は信州早生種だが、これはサッポロ社の前身である大日本麦酒株式会社が北海道で育成していた系統の中から1910年代に長野県での栽培に適応したものを選抜したことからこの品種名となったものである²⁾。サッポロ社ではその後も継続的に品種開発が行なわれており、1980年代に高 α アロマタイプのホップとして開発したソラチエース^{2,3)}は、現在米国や日本で栽培されているが、このホップで醸造したビールの独特の柑橘系の香味が近年注目を集め、徐々に栽培面積を増やし、クラフトビールで世界的に活用されている（図3）。

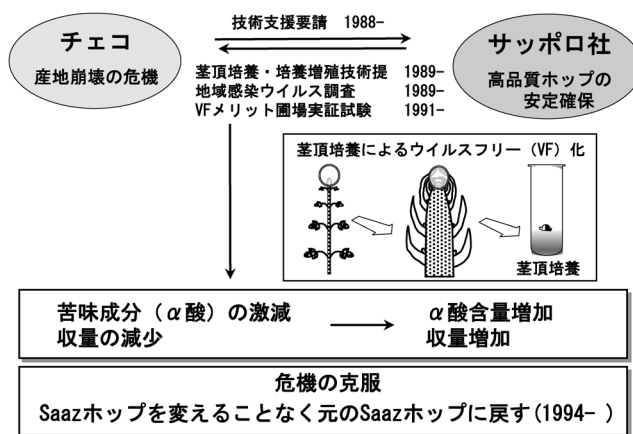


図2. ウイルスフリー化による Saaz ホップの危機克服

サッポロビールが 30 年以上前に育種したホップ「ソラチエース」
(1975 年 育種開始 → 1984 年 品種登録)

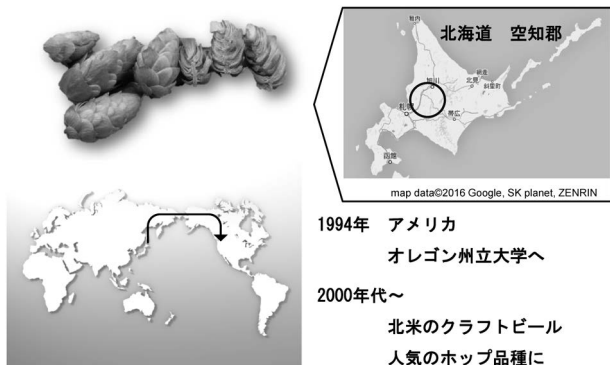


図3. ソラチエースの品種開発と普及

そのソラチエース同様、当初は別の目的で開発された品種であっても、再評価によって極めて特徴的な香気を持つことが分かることがある。例えば 2010 年に品種登録されたフラノビューティは、当初は収量性や苦味成分含量などが優れているとして選抜されたものであったが、現在はその柑橘類を想起させる香気で注目されている。2017 年に登録されたフラノブラン（登録名：フラノ 0802D 号）は、白ワイン様、ライム様の香りが特徴である。

サッポロ社のホップ品種開発は、19 世紀から蓄積してきた数百の多様なホップ遺伝資源に基づく²⁾。その多様性を背景に、また、後述するホップ香気研究の成果を活用し、現在も個性的な香りの品種開発が継続的に進められている。

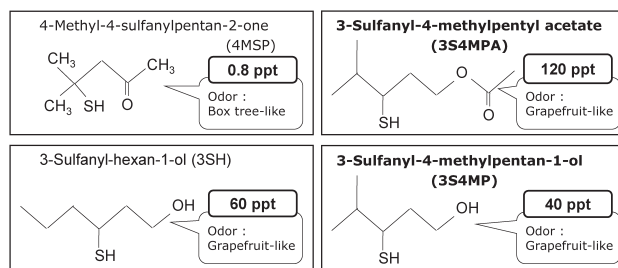
3. ホップ特有の成分に関する多角的解析

ホップ球果の内部にはルプリン腺と呼ばれる黄色の粒が蓄積され、その内部には苦味成分の元となる樹脂成分、芳香の元となる精油成分が特異的に生合成される。サッポロ社ではその特性に着目し、樹脂成分や精油成分、機能性を有するフラボノイドなどの生合性に関与する、ルプリン腺で特異的に発現する遺伝子群の同定や発現機構に関する基礎研究⁴⁾を行ってきた。

また、2000 年代以降、それまでの伝統的なホップの香りと一緒に「フレーバーホップ」と呼ばれるフルーティで個性的なホップ品種が開発され、その品種特有香を生かしたクラフトビールが世界的にブームとなってきている。サッポロ社ではそれらの品種にいち早く着目し、香気に関する基礎研究を行ってきた。一例として、白ワインの香りがするといわれるニュージーランドのホップ品種 Nelson Sauvignon からはその香りのキーとなる新規な揮発性チオールを発見し⁵⁾ (図4)、ライムの香りを呈する米国のホップ品種 Citra の香りには原料ホップ中の geraniol と、geraniol から酵母の代謝変換で生成する β -citronellol の相互作用が関与していることを見出した⁶⁾。これらの知見から、それぞれの品種の特性を生かすとともに、ホップ品種のブレンドで異なる香気成分間の相互作用を活用する技術も開発し⁷⁾、実際の商品開発にも活用できるようになっている。

おわりに

サッポロ社は長年にわたりホップの栽培技術、育種技術およ



4MSP と 3SH はソーヴィニオン・ブランワインの特徴香成分としてよく知られている。3S4MPA および 3S4MP はこれまでにワイン及びその他の食品で報告例のない新規なチオールだった。

3SH と閾値は同等で、特徴も近いグレープフルーツ様の香り。

図4. Nelson Sauvignon ホップから見出された新規チオール

びホップ品質の解析と応用に対しての研究と開発に取り組んできた。長年のホップ栽培安定性に関する世界的な成果に加え、近年のクラフトビールブームを支える個性的なホップの香気特性を解明しその知見を商品開発に継続的に応用している。

ホップはビール醸造に長年使われてきたものの、まだまだ謎の多い作物でもある。今後ともその謎を解明するとともに、品質の安定化、新品種開発、商品開発等につなげていきたい。

(引用文献)

- Okada Y, Itoga Y, Inaba A, Kaneko T, Ito K. Detection of two viruses in hop using loop-mediated isothermal amplification. *Proc. 31st EBC Congr.*, p 236-240, (2007)
- 森 義忠, ホッパーホップの基礎科学と育種, 栽培についてー北海道大学生協同組合印刷事業部, (1995)
- 品種登録証, 登録番号 613, ソラチエース, 1984/09/05 登録, (1984)
- Okada Y, Sano Y, Kaneko T, Abe I, Noguchi H, Ito K. Enzymatic reactions by five chalcone synthase homologs from hop (*Humulus lupulus* L.). *Biosci Biotechnol Biochem.*, **68**, p 1142-1145, (2004)
- Takoi K, Degueil M, Shinkaruk S, Thibon C, Maeda K, Ito K, Bennetau B, Dubourdieu D, Tominaga T. Identification and characteristics of new volatile thiols derived from the hop (*Humulus lupulus* L.) cultivar Nelson Sauvignon. *J. Agric. Food Chem.*, **57**, p 2493-2502, (2009)
- Takoi K, Koie K, Itoga Y, Katayama K, Shimase M, Nakayama Y, Watari J. Biotransformation of hop-derived monoterpene alcohols by lager yeast and their contribution to the flavor of hopped beer. *J. Agric. Food Chem.*, **58**, p 5050-5058, (2010)
- Takoi K, Itoga Y, Takayanagi J, Matsumoto I, Nakayama Y. Control of hop aroma impression of beer with blend-hopping using geraniol-rich hop and new hypothesis of synergy among hop-derived flavour compounds. *Brewing-Sci.-Monatsschr. Brauwiss.*, **69**, p 85-93, (2016)

謝 辞 本賞にご推薦いただきました岡山大学・清田洋正教授に深謝いたします。また、本研究の推進にあたり、ホップのチオール研究に関してご助言・ご指導を賜りましたボルドー第二大学・故富永敬俊博士に厚く御礼申し上げます。本研究成果はサッポロビール株式会社ならびにサッポロホールディングス株式会社の多くの関係者の尽力によるものであり、関係の皆様へ感謝いたします。