

2024年度BCOJ年次大会

要 旨 集



BCOJ

Brewery Convention of Japan

第33回年次大会

2024年度 BCOJ年次大会プログラム

開催日時 年次大会 :2024年 11月 7日(木) 13:00～17:50 (会場受付時間 12:30～15:20)
11月 8日(金) 9:00～16:00 (会場受付時間 8:30～10:20)
懇親会 : 11月 7日(木) 17:50～19:20

※事前に参加申請する必要があります。詳しくはビール酒造組合もしくはBCOJプログラム委員にお問い合わせください。

大会会場 :TKPガーデンシティPREMIUM京橋
(東京都中央区京橋2丁目2-1 京橋エドグラン22階)

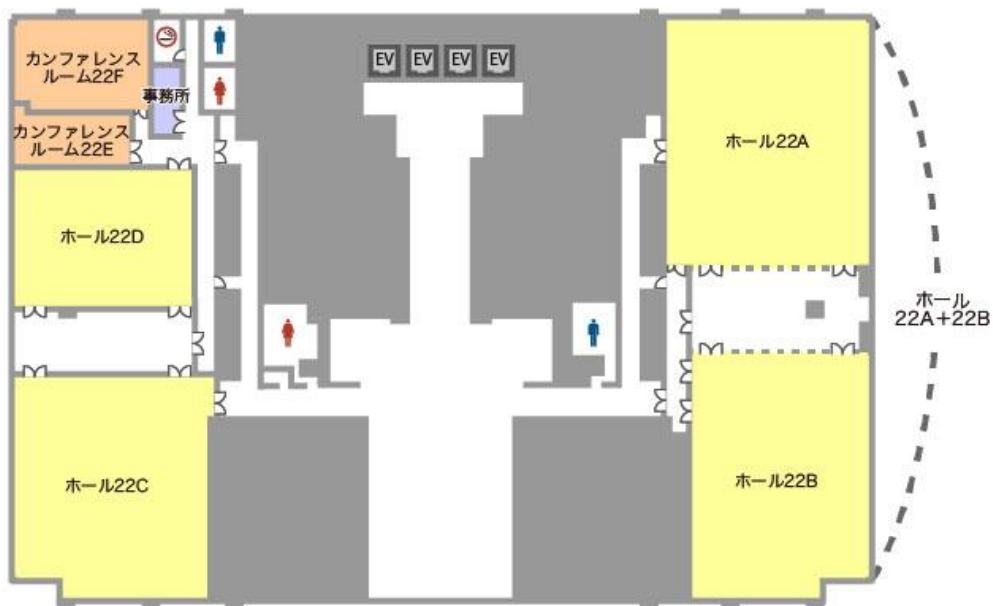
交通 :

- (1)東京メトロ銀座線 京橋駅 8番出口 直結
- (2)都営浅草線 宝町(東京都)駅 A5/A6出口 徒歩3分
- (3)JR 東京駅 八重洲南口 徒歩5分
- (4)東京メトロ丸ノ内線 東京駅 八重洲南口 徒歩5分
- (5)東京メトロ有楽町線 銀座一丁目駅 7番出口 徒歩5分



(出典 : TKPガーデンシティ premium京橋 HP)

TKPガーデンシティPREMIUM京橋フロア図



(出典：TKPガーデンシティpremium京橋 HP)

注意事項：

1. 会場での参加要項に従ってご参加ください。
2. 受信映像や資料の保存（画面キャプチャを含む）、録音する行為を一切禁止します。また、無断転用・複製も一切禁止します。
3. 演者の発表後に質問を受け付けます。座長に従ってご質問ください。
4. Microsoft Formsにてアンケートを実施いたします。アンケートは、11/13（水）12時までに以下QRコードから回答をお願いいたします。



プログラム

< 1日目 ・ 11月 7日 >

- 13:00～13:25 ◆**オープニングセッション**
座長:手崎委員(サッポロビール(株))
- ◇**開会の辞**
潮井議長(サッポロビール(株))
- ◇**活動報告**
潮井議長(サッポロビール(株))
- 室分析委員長(キリンホールディングス(株))
- 加野プログラム委員長(キリンホールディングス(株))
- 13:25～14:10 ◆**ASBC議長講演**
Beverage Alcohol Consumer Trends: Insights from U.S. and Global Markets
Lauren Zeidler
President of the ASBC
- 14:10～14:55 ◆**BCOJ功績賞授賞式・講演**
- 14:55～15:25 <休憩>
- 15:25～16:15 ◆**フラッシュトーク**
クラフトブルワリー 5社
- 16:15～16:20 ◆**諸連絡**
- 16:20～16:30 <移動・休憩>
ホール22Cから22A,22Bへ
- 16:30～17:50 ◆**ポスターセッション**
前半40分:海外学会再演ポスター 17題
後半40分:クラフトブルワリー展示 5社
- ◆**メーカー/サプライヤー展示** 6社
- 17:50～19:20 懇親会

< 2日目 ・ 11月 8日 >

- 9:00～9:05 ◆諸連絡
- 9:05～ ◆オーラル発表セッション1
座長:手崎委員(サッポロビール(株))
- 9:05～9:30 (O-1)ビール中の2-アセチル-3,4,5,6-テトラヒドロピリジン濃度のプロリンによる制御: 香り前駆体の解明
岡田 啓介¹、野場 重都²、松村 奈美¹、相川 俊明²、春名 謙一郎³、峰松 謙治³、山田 博之³、岡本 高樹¹、中村 勇一¹
¹アサヒビール(株)酒類技術研究所、²アサヒクオリティ—アンドイノベーションズ(株)醸造科学研究所、³アサヒビールモルト(株)
- 9:30～9:55 (O-2)色麦芽がビールの香味特徴に与える影響
藤岡 俊治¹、Hubert Kollmansberger²、Christoph Neugrodda²、Thomas Becker²
¹サントリー(株)ビール生産部、²Lehrstuhl Für Brau - Und Getränketechnologie, Technische Universität München
- 9:55～10:25 <休憩>
- 10:25～11:45 ◆招待講演
座長:酒井副委員長(サントリー(株))

環境を良くして、付加価値を高める。-もしトラでも役立つエコの勘所-
小林 光 氏
東京大学先端科学技術研究センター 研究顧問、工学博士
- 11:45～13:10 <休憩>
- 13:10～ ◆オーラル発表セッション2
座長:山本委員(アサヒビール(株))
- 13:10～13:35 (O-3)ビールの泡品質を評価する新たな方法 ～泡の再生力を高めることで顧客満足度の向上を目指す～
石鍋 菜々子¹、飯牟礼 隆¹、浅井 梓²、武井 義明³、西田 勇³、潮井 徹¹
¹サッポロビール(株)価値創造フロンティア研究所、²サッポロビール(株)商品・技術イノベーション部、³サッポロビール(株)技術開発部
- 13:35～14:00 (O-4)醗酵条件の調整による上面醗酵酵母(*S. cerevisiae*)のProteinase A制御
阿部 央行、倉兼 敏
サントリー(株) 京都ビール工場

- 14:00～14:25 **(O-5)ホップ球果をサイズ選別することによる、球果および醸造品の香味に対する効果**
久慈 正義、上本 允大、鯉江 弘一朗、保木 健宏
サッポロビール(株)原料開発研究所
- 14:25～14:55 <休憩>
- 14:55～ **◆オーラル発表セッション3**
座長:加野プログラム委員長(麒麟ホールディングス(株))
- 14:55～15:20 **(O-6)ビール混濁性難培養性乳酸菌の培養性に影響を与える因子の調査およびビールを用いずに検出する方法の開発**
下川 正貴¹、加藤 拓¹、中村 勇一¹、鈴木 康司²
¹アサヒビール(株)酒類技術研究所、²アサヒクオリティーアンドイノベーションズ(株)
- 15:20～15:45 **(O-7)0.0%ノンアルコールビール製造のための新規酵母の発見と解析**
前田 聡史¹、三好 美穂¹、高橋 朋子¹、楠 慧三²、叢 嘉珩³、藤田 あおい¹、指原 浩一¹、
神田 智正⁴、曲渕 哲朗⁵
¹アサヒクオリティーアンドイノベーションズ(株)醸造科学研究所第二部、²アサヒグループホールディングス(株)New Business Development、³アサヒグループホールディングス(株)Prototype Development、⁴アサヒクオリティーアンドイノベーションズ(株)、⁵アサヒクオリティーアンドイノベーションズ(株)醸造科学研究所
- 15:45～15:55 **◆閉会の辞**
加野プログラム委員長(麒麟ホールディングス(株))

◇ASBC議長講演

<時間:11月7日 13:25~14:10>

【演題】

Beverage Alcohol Consumer Trends: Insights from U.S. and Global Markets

【概要】

Industry growth trends are driven by underlying consumer behaviors that are often difficult to comprehend. Understanding these behaviors is vital to a company's success as they inform the entire company strategy, from what new products to develop to how to innovate. In the next four years, the global alcohol industry is projected to increase in volume by 8% and in revenue by 22%, with beer segment revenue growing by 15%. What specific factors are responsible for this projected growth, and how can companies take advantage of them? Using publicly available primary sources, the scope and implications of consumer trends within the alcoholic beverage sector are reviewed within: United States beer sector; United States total alcoholic beverage sector; and worldwide alcoholic beverage sector. The data show that within the U.S. beer market, rates of substitution are increasing as consumers primarily cite a desire for healthier options, a wider variety of flavors, and premium products – even at a higher cost. These trends are echoed within both the U.S. and global alcohol markets, particularly amongst the youngest generation of alcohol consumers. Breweries and alcohol producers that leverage consumer trends effectively will ensure future success amongst a rapidly changing market.

【略歴】

Lauren Zeidler is currently the President of the American Society of Brewing Chemists (ASBC). Most recently, she was Vice President of Strategy at Ballast Point Brewing in her hometown of San Diego, California, USA. In this role, she established short- and long-term plans to help the business succeed. She moved into this role after nearly 10 years as Vice President of Quality at Ballast Point, where she developed Quality programs, teams, and laboratories for four production facilities across the U.S. that specialized in a variety of products from sour beer to seltzers. She studied Evolutionary Genetics at the University of California Berkeley and attended brewing courses through the University of California San Diego Extension Brewing Certificate Program. Lauren has been a member of the ASBC since 2013 and a member of the Board of Directors since 2020. She enjoys hiking, traveling, and SCUBA diving.

◇招待講演

<時間:11月8日 10:25～11:45>

【演題】

環境を良くして、付加価値を高める。-もしトラでも役立つエコの勘所-

【概要】

全体を4つに分けてお話する予定です。まず、今年閣議決定された第六次環境基本計画などに顕著に反映されている、環境と経済、そして人間の福祉との関係に関する新潮流を紹介します。第二に、個社の利害とマクロ経済との関係を生態学になぞらえてお話します。第三に、ビジネスと環境との関係をどう見て、どう改善するかの一般的な技法を紹介し、環境ビジネスの入り口はどこにでもあることを訴えます。最後に、私が、トランプ氏大統領時代に米国に滞在したときに見聞きした環境政策の変化（実はそう大きな変化は起きなかった）について報告します。



東京大学先端科学技術研究センター
研究顧問、工学博士
小林 光

1949年東京生まれ。現職は、東大先端科学技術研究センター研究顧問。

1973年慶應義塾大学経済学部を卒業し、当時の環境庁に入り、2011年に事務次官を最後に退官。社会人として、フランスの都市計画研究所に留学、また、東大都市工学科で修士、博士を取得。京都議定書に関する内外の交渉を担ったほか、水俣地域再生、環境税制設計など環境と共生するまちや経済づくりを担当。退官後は、慶應大学、東京大学、シカゴのノースセントラル・カレッジなどで教員を務めるとともに、各地の自治体の環境政策や企業の環境取り組みへの助言・協力も引き受けている。さらに、自ら、環境企業を立ち上げたり、3軒のエコハウスのオーナーとしてエコを実践している。

2021年末より、八ヶ岳麓（長野県茅野市湖東）の脱炭素住宅に移住し、東京との2拠点生活をしている。

最近の著作：「エコなお家が横につながる」（海象社）、「カーボンニュートラルの経済学」（共著・日経BP社）、「グリーンビジネス-環境を良くして稼ぐ、その発想とスキル」（共著・木楽舎）など

オーラルセッション O-1 ~ 7
(会場：ホール22C)

講演No. O-1 (EBC)

<時間 : 11月8日 9:05~9:30>

ビール中の 2-アセチル-3,4,5,6-テトラヒドロピリジン濃度のプロリンによる制御: 香り前駆体の解明

岡田 啓介¹、野場 重都²、松村 奈美¹、相川 俊明²、春名 謙一郎³、峰松 謙治³、山田 博之³、岡本 高樹¹、中村 勇一¹

¹アサヒビール(株) 酒類技術研究所、²アサヒクオリティ—アンドイノベーションズ(株) 醸造科学研究所、³アサヒビールモルト(株)

2-Acetyl-3,4,5,6-tetrahydropyridine (ATHP) は、pH に応答した分子構造変化により、レトロネーザルアロマで発現するという特徴があり、ビールの穀物様香気を決定づける重要な香り成分の一つである。一方、過剰な濃度では“mousy”なオフフレーバーの原因となる。ATHP の厳密な制御は、消費者のビールの好みを改善する。この成分が麦芽に由来して生成し、ほとんどのビールに含有されることをすでに報告した。この成分の前駆体の特定について検討した。

ビールの原料について比較したところ、大麦麦芽から製造したコングレス麦汁に比較し、オーツ麦麦芽やライ麦麦芽で製造した麦汁の ATHP はその半量未満であった。これらの麦汁の ATHP 以外の差に着目すると、アミノ酸の組成が最も大きな違いであった。オーツ麦芽で製造した麦汁に、大麦麦芽で製造した麦汁との各アミノ酸差分をそれぞれスパイクしたところ、プロリンを添加した場合にのみ、ATHP の生成量が増加し、大麦麦芽で製造した麦汁から検出される ATHP 濃度とほぼ一致した。

一方、プロリンは外来的にプロテアーゼを添加する手法によって増強することができるが、外来的にプロテアーゼを補填して作成した麦汁では、プロリンが増加したにも関わらず ATHP の生成濃度が低下した。最終的に ATHP の生成濃度は、“麦汁中の全アミノ酸に占めるプロリンの比率”とよく相関する ($R^2=0.944$) ことが明らかとなった。このことは、レギュラービールにおいて ATHP を制御するための初めての指標となる。

講演 No. O-2 (EBC)

<時間 : 11 月 8 日 9:30~9:55>

色麦芽がビールの香味特徴に与える影響

藤岡 俊治¹、Hubert Kollmansberger²、Christoph Neugrodde²、Thomas Becker²

¹ サントリー（株）ビール生産部、²Lehrstuhl Für Brau - Und Getränketechnologie, Technische Universität München

多様な色麦芽の使用はビールに特徴的な味と香りを付与するのに有効な手段である。しかしそれぞれの色麦芽品種の官能特性の違いと、その違いが何によってもたらされるかについては未だに理解が不十分である。本研究では主に 15~60EBC の色麦芽品種の香味特徴を捉えることを目的とした。ピルスナー麦芽と約 20 種類の色麦芽品種をそれぞれ使用してコンGRESS麦汁を作成し、官能特性および化学特性の点で比較した。その結果、同程度の麦汁色度をもつ色麦芽品種を使用して作成した麦汁であっても、使用する品種によってそれぞれ異なる特性を持っていることが示された。さらに、その違いがビールの香味品質にどのような影響を及ぼすのか、また色麦芽由来の好ましい香味特徴に寄与する因子を明らかにするために、醸造試験を実施した。本研究により得られた知見は、色麦芽を使ったビールへの香味特徴の付与及び、色麦芽がビール香味特徴に与える影響の理解に有用である。

講演 No. O-3 (EBC)

<時間：11月8日 13:10～13:35>

ビールの泡品質を評価する新たな方法 ～泡の再生力を高めることで顧客満足度の向上を目指す～

石鍋 菜々子¹、飯牟礼 隆¹、浅井 梓²、武井 義明³、西田 勇³、潮井 徹¹

¹サッポロビール（株）価値創造フロンティア研究所、²サッポロビール（株）商品・技術イノベーション部、³サッポロビール（株）技術開発部

一般的に日本のビールサーバーのカランは、きめ細かい泡を注ぐため、液体と泡が別々の出口から注出される構造（2口カラン）をとる。このカランを使用してグラスにビールを注ぐと、液体と泡の境界にフロスティスト（FM）と呼ばれる細かい泡の層が生じる。FMが存在すると、飲用時にフロスティストが刺激されることによって泡が再生される。泡の再生力（FRA）が高いと、飲用シーンにて長時間、きめ細かい泡を楽しむことができる。しかし、これらの現象については殆ど研究されてこなかった。我々は、FMは二次元色彩計、FRAは独自に開発したデバイスを用いることで、定量化に成功した。加えて、これらの方法を応用し、FRAに影響を与える要因の検討を行った。まず、日本の市販品のFRAを比較したところ、銘柄間で明らかに異なることが確認された。一方で、FRAとNIBEM値の間には相関は見られなかった。次に、液体と泡の界面状態がFRAに与える影響を確認した。最後に、我々が開発した、より高いFRAを実現する改良型カランについても紹介したい。

講演 No. O-4 (WBC)

<時間：11月8日 13:35~14:00>

醱酵条件の調整による上面醱酵酵母 (*S. cerevisiae*) のProteinase A制御

阿部 央行、倉兼 敏

サントリー (株) 京都ビール工場

上面醱酵ビールはその醸造工程中の特性 (醱酵温度・アルコール度数等) から、下面醱酵ビールと比較して泡品質の観点で不利な場合が多く、ホップを大量に添加する IPA スタイルのビールなどを除き、泡品質の改善の余地が大きいと言える。本研究では、上面醱酵酵母におけるタンパク質分解酵素 (ProA) の醸造工程中の挙動に着目し、泡品質に与える影響とその制御ポイントを明らかにした上で、実際にビール製品の泡品質を改善することを目的とした。

最初に、上面醱酵ビールにおいて泡品質に影響を与える因子の洗い出しと影響度合の評価を行い、タンパク質分解酵素 (ProA) の泡品質への影響度が大きいことを確認した。続いて、醸造工程中の挙動を確認したところ、醱酵中に大幅なもろみ中 ProA 活性の増加 (醱酵初期の約 6 倍) が確認され、その結果、熟成工程中でタンパク質の分解が生じ、泡品質が低下することが示唆された。また、熟成工程中の保持温度による泡品質への影響を調べたところ、より高い温度 (16~17°C) において、低い温度帯 (11~12°C) よりも顕著にタンパク質の分解と泡品質の低下が生じていることが確認された。醱酵中の ProA 活性増加は、特に醱酵の終盤にかけて顕著であったことから、醱酵が進む中での酵母菌体へのストレスが主要因と考えられた。したがって、醱酵中の酵母のストレス耐性向上を目的に、適切な醱酵条件の検討を行い、その結果、添加酵母当たりの通気量を向上することで、醱酵中の ProA 活性を顕著に (約 80%) 低減できることを見出し、製品の泡品質を向上することができた。

講演 No. O-5 (WBC)

<時間：11月8日 14:00～14:25>

ホップ球果をサイズ選別することによる、球果および醸造品の香味に対する効果

久慈 正義、上本 允大、鯉江 弘一朗、保木 健宏
サッポロビール（株）原料開発研究所

ビールに特徴的な香りを付与する目的で、フレーバーホップと呼ばれるタイプのホップ品種が世界中で数多く開発されている。一方で、栽培技術によって新たなホップの香気特性を創り出す可能性については十分に研究されていない。今回、我々はホップ球果をサイズで選別することによって得られる、香気的な影響について調査した。本研究では当社開発のホップ品種3種を用いた。球果は平均サイズ以上の球果を集めた「大」、平均サイズ未満の球果を集めた「小」に分け、さらに対照として「無選別」を用意した。成分分析はリナロールなどのテルペノイド化合物、4-methyl-4-sulfunylpentan-2-one などのチオール化合物の含量測定を球果および試験醸造品に対して行った。球果中の成分分析の結果、「大」における成分含量は「小」や「無選別」に比べてやや高い傾向にあったものの、有意な差は認められなかった。試験醸造品の成分分析の結果、「大」を使用した醸造品中の成分含量は「無選別」を使用したビールと比べて高い傾向にあったが、こちらも有意差はなかった。試験醸造品の官能評価では「大」を使用した醸造品において、フルーティー、フラワリーなどの評価項目が「無選別」と比較して有意に高まる結果が得られた。これらの結果から、球果を大きさに選別することによって、ビールの香味を変化させることができる可能性が示唆された。

講演 No. O-6 (EBC)

<時間：11月8日 14:55～15:20>

ビール混濁性難培養性乳酸菌の培養性に影響を与える因子の調査およびビールを用いずに検出する方法の開発

下川 正貴¹、加藤 拓¹、中村 勇一¹、鈴木 康司²

¹アサヒビール（株）酒類技術研究所、²アサヒクオリティードイノベーションズ（株）

乳酸菌は様々な食品、飲料を変敗する微生物の1つであり、多くの乳酸菌は一般的な培地を用いて検出することができる。しかしながら、一部の乳酸菌は特定の飲料や食品にのみ変敗性を有し、中には一般的な培地では検出できない菌種や株の存在が確認されている。ビール業界においても MRS 培地では検出できない *Lactobacillus paracollinoides*、*Lactobacillus lindneri*、*Lactobacillus acetotolerans* といった難培養性の乳酸菌が存在し、検出するためには培地にビールを添加する必要があった。今回我々は、難培養性乳酸菌の培養性に影響を与える因子を調査し、ビールを用いずに難培養性乳酸菌を容易に検出するための方法の構築に取り組んだので報告する。

始めに、通常の培地に乳酸菌の生育促進因子として添加されている濃度の酢酸ナトリウムに対して *Lactobacillus paracollinoides*、*Lactobacillus lindneri* が生育阻害を受けることが分かった。そのため、酢酸ナトリウムによる生育阻害が MRS での検出を困難にしている理由と考えられた。次に、*L. acetotolerans* はビールの成分であるメバロン酸を生育必須因子としていることが分かった。添加量について検討したところ、培地に添加する必要がある濃度とビール中に存在すると考えられる濃度は一致した。この結果を元に MRS にメバロン酸を添加することで、検出可能となった。最後に *L. paracollinoides*、*L. lindneri* については、適切な還元剤を添加することにより、ビールを用いることなく培養可能であることを明らかにした。

以上のように、ビール混濁性を有する難培養性乳酸菌が通常の培地に生育しない原因は様々であるが、これらに対応したビールを使用しない難培養性乳酸菌検査培地の開発に成功した。

講演 No. O-7 (EBC)

<時間：11月8日 15:20～15:45>

0.0%ノンアルコールビール製造のための新規酵母の発見と解析

前田 聡史¹、三好 美穂¹、高橋 朋子¹、楠 慧三²、叢 嘉珩³、藤田 あおい¹、指原 浩一¹、神田 智正⁴、曲淵 哲朗⁵

¹アサヒクオリティードイノベーションズ（株）醸造科学研究所第二部、²アサヒグループホールディングス（株）New Business Development、³アサヒグループホールディングス（株）Prototype Development、⁴アサヒクオリティードイノベーションズ（株）、⁵アサヒクオリティードイノベーションズ（株）醸造科学研究所

酵母を用いたノンアルコールビールの製造方法には、大きく分けて、醸造したビールからアルコールを除去する「脱アルコール」と、醸造過程でアルコール生成を抑える「発酵抑制」の2種類ある。また、「発酵抑制」には「低温接触発酵」と「マルトース非資化性酵母を使用した発酵」の2つの方法がある。我々は、従来のビール醸造設備のみで実施可能な「発酵抑制法」のうち、製造プロセスが比較的コントロールしやすいと期待される「マルトース非資化性酵母を使用した発酵」に着目した。ノンアルコールビールの製造に用いられるマルトース非資化性酵母は、一般的な麦汁を一般的なビール発酵タンクで発酵させると、麦汁中の単糖類から0.4～0.8%のエタノールを生成する。これらの酵母を用いて0.0%のノンアルコールビールを製造するためには、強力な通気攪拌装置を設置し、十分に酸素を供給する必要がある。我々が発見した *Kluyveromyces lactis* 種に属する株は、そのような強力な通気攪拌装置がなくても、好ましい香味の0.0%ノンアルコールビールを製造できる。本菌株は、我々が試験した11種類の *Kluyveromyces lactis* 種に属する株の中で唯一、十分な酸素供給がない条件でエタノール0.0%を達成した。さらに、本菌株の低エタノール生産に寄与する遺伝子を同定したので報告する。

ポスターセッション P-1 ~ 17
(会場：ホール 22A,B)

講演 No. P-1 (EBC)

質量分析イメージングによるリポキシゲナーゼ (LOX) 局在可視化と麦芽加工技術への応用

石塚 祐輔、単 小遠、乾 隆子

サントリー (株) ビール開發生産本部 ビール商品開発研究部

ビールの香味安定性に対するLOXの寄与はよく知られており、様々な対処方法が開発されてきたが、使用できる大麦品種や麦芽の品質などに制約が出るという課題もあった。今回我々は、これらの制約なしに全ての麦芽に適用できる、LOX活性制御方法を開発した。

LOXは幼芽と幼根に多く存在するとされているが、どこの組織に活性の高い部位が存在するかについて詳細に検討した報告はされていない。そのため、質量分析イメージング (MSI) を活用して、麦芽中のLOXの正確な局在を明らかにするための新しい分析方法を開発した。この方法では、安定同位体標識としてリノール酸-d4を麦芽切片に均一に塗布して酵素反応させ、生成物である9-HODE-d4の分布を確認しました。さらに、この解析から得られたLOXの局在情報に基づいて、工業的手法によりLOXの高活性部位を除去する加工技術を開発しました。MSIの結果から、麦芽にはLOXの高活性部位が2つあり、1つは外側、もう1つは内側にあることが明らかになりました。外側の高活性部位のみを除去した場合、麦芽のLOX活性は約37%低下し、外側と内側の両方の高活性部位を除去した場合は約67%低下しました。この様に加工した麦芽でビールを製造したところ、ビールの初期品質および劣化耐性が向上しました。

本報告では、MSI情報に基づいた麦芽加工技術の一例を示しましたが、LOXの局在性は麦芽の品種や製麦条件によって異なる可能性があるため、その特性に応じて、加工条件を調整することが不可欠だと考えられます。

講演 No. P-2 (WBC)

濃色ライ麦麦芽がビール香気に及ぼす影響

美濃部 裕太郎

アサヒビール（株）福島工場

日本のビール市場は多様化し様々なタイプの特徴的な香味を持つビールが近年上市されている。ビール香味を特徴づける方法は多数あるが、その中の一つに濃色麦芽を使用しモルティ、ナッツあるいはコーヒー様香気を付与する方法がある。当社の過去の研究及びその他の報告から、淡色ライ麦麦芽、カラメルライ麦麦芽、ローストライ麦麦芽によって強いナッツ様香気を付与できると考えられたが、官能評価結果から、これらのライ麦麦芽を使用したビール中で強いナッツ様香気は認められなかった。一方でローストライ麦麦芽を使用したビールにおいて強いコーヒー様香気が認められ、またローストライ麦麦芽、麦汁、下ろしビールにおいても同様に強いコーヒー様香気が認められた。2-エチル-3,5-ジメチルピラジン (EDPZ) はコーヒーの香りで重要な化合物であるが、ローストライ麦麦芽を使用した麦汁、ビールにおいて EDPZ 濃度が高かった。低水分含量でローストするとピラジン生成が促進されるとの報告から、ローストライ麦麦芽中の EDPZ 含量が高い可能性がある。本研究により、ローストライ麦麦芽からビールへコーヒー様香気は移行し、それにはローストライ麦麦芽中の EDPZ が寄与している可能性が示唆された。

講演 No. P-3 (EBC)

酵母における酢酸エステルの生産と制御機構

善本 裕之¹、坊垣 隆之²

¹キリンホールディングス（株）飲料未来研究所、²大関（株）総合研究所

酢酸イソアミルや酢酸エチルなどの酢酸エステルは、アルコール飲料の主要な香気成分である。これらは、不飽和脂肪酸や前駆体、窒素の割合、酸素などの反応因子を特異的に制御しながら、アルコールアセチルトランスフェラーゼ（AATase）によってアセチルCoAと対応するアルコールから合成される。しかし、これらの特異的反応因子が酢酸エステル生成に影響を及ぼすメカニズムは、ほとんど解明されていない。酵母からAATaseを精製し、その特性を調べ、清酒酵母と下面発酵酵母からAATaseをコードする*ATF*遺伝子をクローニングすることにより、これらの因子が酢酸エステル生産に及ぼす影響の根底にある細胞メカニズムを調べた。遺伝学および生化学的研究により、酸素と不飽和脂肪酸の添加による酢酸生産量の減少は、AATase活性の大部分を担う*ATF1*遺伝子の転写抑制に起因する酵素合成の減少によることが示唆された。さらに、これらの結果から、*ATF1*遺伝子の発現は、*ROX1*や*RAP1*など多くの転写制御遺伝子によって複雑に制御されていることが示唆された。これらの結果から、酸素、不飽和脂肪酸とその前駆体、窒素源の比率によるエステル制御のメカニズムが、分子生物学的見地から明らかになりつつある。本発表では、これまで取り組んできた、AATase、*ATF*遺伝子、エステル産生制御に関する研究を報告する。

講演 No. P-4 (WBC)

リパーゼ酵素剤を用いたビール中のエステル生成量の制御

加野 智慎、太田 麗子、田中 恵美子、加藤 優、森下 あい子
キリンホールディングス（株）飲料未来研究所

ビールにおけるエステルはその香味を決定する上で非常に重要な成分である。ビール中のエステルの大部分は発酵中に酵母内在の酵素によって生成される。一方で、ビール醸造以外の食品工業分野では、外添の酵素剤、特にリパーゼ酵素剤を用いてエステルを合成する方法が知られている。この方法をビール製造へ応用することで、従来の発酵条件の調整によるエステルプロファイルの調整方法とは異なる新たなエステル制御技術の確立を試みた。

リパーゼ酵素剤として、*Candida cylindracea* 由来、*Rhizopus oryzae* 由来、*Mucor javanicus* 由来、*Penicillium roqueforti* 由来のリパーゼ酵素剤を用いた。リパーゼ酵素剤は発酵開始のタイミングにて麦汁へ添加した。発酵に供した麦汁はオールモルトでステップインフュージョンにより製造した。麦汁煮沸のタイミングでビタリングホップとしてHMGを添加した。発酵開始糖度は11.5° Pであり、下面発酵酵母を使用し、12°Cにて一週間の発酵を行った。

*Candida*由来のリパーゼ酵素剤により2-メチル酪酸エチルが顕著に増加することが確認された。2-メチル酪酸エチルは、熟成されたホップを用いたビールに多く含まれることが知られているが、その従来の方法による含量を大きく上回る量が生成されることが確認された。また、*Candida*由来のリパーゼ酵素剤以外では顕著な2-メチル酪酸エチルの増加がみられなかったことから、この反応はリパーゼ酵素の基質特異性に大きく依存すると考えられた。この特異性の要因となる酵素構造を解明することで、この技術をさらに最適化し、エステル生産をより効率化することも可能であると考えられる。また、この新たなエステル生成技術は、原料消費を抑えながら豊かなアロマを持つビールを醸造できる新たな技術と成り得る。

講演 No. P-5 (WBC)

kveik酵母のストレス耐性：表現型とトランスクリプトーム解析

白鞘 大志^{1,2}、Chris Powell²

¹キリンホールディングス（株）飲料未来研究所、²ノッティンガム大学 理学部

kveik酵母はノルウェーの農村部に由来を持つ酵母群の総称で、*Saccharomyces cerevisiae*の亜種に属すると考えられている。数世紀に渡り、代々受け継がれてきた本酵母はノルウェーの限られた地域のみで使用されており、2015年頃までは商業醸造への応用はほとんどなされていなかった。kveik酵母の特徴は高温、高濃度条件下においても急速に発酵が完了することである。これらの特性はkveik酵母の一般的なストレス耐性を示していると考えられているが、この課題はまだ十分に検討されていない。kveik酵母が高ストレス条件下で高い発酵能を発揮する理由を明らかにすることで、発酵時間の短縮、省エネルギー等、関連する継続コストの削減が可能になり、全体的な製造コストを削減できる可能性がある。スポットアッセイの結果、kveik酵母が一般的なエール酵母やラガー酵母と比較して高いストレス耐性を持つことがわかった。トランスクリプトーム解析の結果、ヒートショックプロテイン等の遺伝子発現に増減が見られた。今後は本解析を基に、詳細なメカニズム解明を行う。

講演 No. P-6 (WBC)

ビールの味(コク)に寄与するメイラード反応産物の解明

加藤 優、望月 マユラ、堀江 暁、太田 麗子、越村 裕子、森下 あい子
キリンホールディングス(株)飲料未来研究所

ビール製造には、製麦中のキルンや、麦汁仕込中のマッシング、煮沸などの加熱工程があり、それによってメイラード反応が起こり、ビールの味や色調に寄与していると言われている。2023年ASBCにて、我々は世界の各種スタイルのビールのコクと、遊離/蛋白結合型メイラード反応産物(F-MRP/B-MRP)の関係について解析した。その結果、特定の分析値のサンプル間の比較では、コクとの相関が高まる事例があり、MRPsがコクの指標となる可能性があることが示唆された。食品加工や調味料分野では、B-MRP(メイラードペプチド)にコク増強効果がある事は報告されているが、ビールではB-MRPとコクとの関係、及びどの分子量のB-MRPがコクに寄与しているのかは明らかになっていない。

そこでビールをサイズ排除クロマトグラフィー、硫安沈殿分画、酵素分解、透析等の組合せにより各種分子量のB-MRPを分画精製し、ビールにスパイクした際のコクへの影響を調べた。その結果、高分子B-MRPだけでなく、低分子B-MRP画分にコク増強効果が確認された。次に、23年ASBCで報告した世界の各種スタイル・ビールについて、低分子B-MRPを定量し、他の高分子B-MRP、総B-MRPと併せ、コクとの相関性を解析し、味の指標となる可能性を評価したので報告する。

講演 No. P-7 (WBC)

ビール製造中の熱負荷とメイラード反応産物、コクとの関係

望月 マユラ、堀江 暁、太田 麗子、越村 裕子、加藤 優、森下 あい子
キリンホールディングス（株）飲料未来研究所

ビール製造には、製麦中のキルンや、麦汁仕込中のマッシングや煮沸といった加熱工程がある。それによってメイラード反応が起こり、ビールの味や香り、色調に寄与していると言われている。メイラード反応産物(MRPs)の中でも、遊離アミノ酸と反応したものか、ペプチドやタンパク質中のアミノ酸残基と反応したものかで分けられ、前者を遊離型MRPs、後者を結合型MRPsとして区別している。

ASBC2023では、世界の異なるタイプのビールについて、既に報告のある手法を参考にして7つのMRPsの遊離型、高分子結合型、総結合型MRPsを分析し、コクとの関係について考察を行った。その中で、特定の分析値のサンプル間の比較では、コクとの相関が高まる事例があり、MRPsがコクの指標となる可能性があることが示唆された。

本研究では、原料などの基本的な条件を揃え、WP煮沸の時間を変えて試験醸造を行い、経験的に知られていた加熱工程とメイラード反応の関係を調査した。MRP分析には、WBC2024、ポスター発表（加藤ら）にて新たにコクとの関係が示された低分子結合型MRPを独自指標として加え、官能評価結果とともに解析を行ったため報告する。

講演 No. P-8 (EBC)

大規模工場におけるソラチエースホップを用いたドライホッピングの実現と検討

西村 凌¹、小泉 智洋²、片山 雄大²、高澄 耕次³、河村 篤毅¹

¹サッポロビール（株）静岡工場、²サッポロビール（株）商品・技術イノベーション部、³サッポロビール（株）価値創造フロンティア研究所

我々はソラチエース特有の成分としてゲラン酸を見出し、その品種特有香の形成メカニズムを解明した。また、その知見を基に、ドライホッピング製法を採用することで、ソラチエースホップの特徴をより効果的に付与したビールの開発を進めてきた。ドライホッピング製法については、大規模工場で製造する場合、ホップの詰まり等、工程面で課題があることが知られている。我々は発酵タンクに循環ラインを設け、常にホップを浮遊させることでタンク底にホップが閉塞しない仕組みを構築した。発酵液を循環させることによる香味への影響も併せて確認した。ホップ香気成分分析及びポリフェノール量側例により差はなかった。本研究において、スケールアップによる課題を解決すべく、ソラチエースを用いたドライホッピングを様々な条件にて試みた。それにより、大規模工場でのドライホッピング技術の実用化に繋がる結果となった。

講演 No. P-9 (WBC)

水煮沸ホップ (WBH) の発酵添加によるホップ苦味の収率向上

勝又 郁実、谷川 篤史、清崎 俊博

サッポロビール (株) 商品・技術イノベーション部

醸造業界において、ホップを効率的に使用することはコストとサステナビリティの観点で重要である。ビールの苦味は主にホップに由来するが醸造プロセスで減少する。そこで本研究では工程中の苦味酸維持を目的とした醸造プロセスを開発した。苦味酸は醸造工程において、麦芽由来タンパク質との凝固や泡への吸着により減少すると考えられている。本研究ではまず、麦汁煮沸におけるタンパク質凝固に着目し、ホップを麦汁と分けて煮沸する「分離煮沸」プロセス(以下、水煮沸ホップ[WBH])を検討した。このプロセスでは、麦汁由来タンパク質とホップ苦味酸の凝固を避けるためホップを水で煮沸する。この分離煮沸では通常麦汁煮沸と比較して、苦味酸の損失が減った。次に、ホップ苦味酸の発酵中の泡吸着による損失を防ぐため、WBHをラボスケール(2.5 L)の発酵麦汁に異なる間隔で添加した。発酵後期でのWBH添加は、発酵初期添加と比較して苦味酸の損失が少なかった。そこで小型発酵槽の内部に付着した泡に吸着した苦味の分析を実施した。この分析により、発酵による泡への吸着により苦味酸が減少するという仮説を裏付けることができた。さらに発酵後期でのWBH添加は、最終製品中の α 酸含有量を増加させることで製品の泡持ちを向上させた。

最後にこれらの方法を 5000L 醸造スケールに適用した。結果はラボスケールの実験と一致しており、最終的にはホップ使用量の大幅削減につながった。これらの結果は、「分離煮沸」と、WBHの発酵後期での添加は、ホップの苦味酸の損失を減らし、泡持ちを向上させる可能性があることを示唆する。

講演 No. P-10 (EBC)

ホップ中のカテキンは冬型噴きの活性を増加させる

加藤 治人、和気 洋子、加藤 優、森下 あい子
キリンホールディングス（株）飲料未来研究所

噴きの現象はビール業界の問題となっており、回避することを目的に冬型噴きのトリガー物質を調査した。

麦芽とホップの冬型噴きへの影響度を調べるため、ホップの使用量の異なる試料の噴き性評価を行った。ホップの使用量が高くなると、ビールの噴き量が著しく高くなることが分かった。次に噴きの原因物質の同定のため、ホップの熱水抽出物をC18固相抽出により分画を行った。その結果、親水性の画分に噴き量が増加することが確認された。LC/MS/MSによる成分分析により、この分画物の主要な化合物はカテキンであることが分かった。さらに市販の標品を用いた噴き性の評価から、カテキンが噴きの原因物質であることが確認された。これまでに冬型噴きは、25°Cでの1—2ヶ月の保存後に現れ、3—4ヶ月後に最大の噴き量に達すると報告されている。しかし、重合させたカテキンの噴き性を調べると保存期間がなくても噴きの活性が確認され、保存中におけるカテキンの重合反応が冬型噴きのトリガーとなる可能性が示唆された。

講演 No. P-11 (WBC)

キリングループの環境施策およびヒートポンプ導入によるGHG削減と作業環境改善

岩崎 翔平、江頭 怜士、田頭 徹平、能登原 勝征、渡部 岳志、村田 聡子
キリンビール（株）福岡工場

私たちキリングループはキリングループ環境ビジョン2050を提言し、「生物資源」「水資源」「容器包装」「気候変動」の4つのテーマでポジティブなインパクトを与えられるよう計画策定・実行している。「気候変動」については「気候変動を克服している社会」の実現を目指し、「2050年までにバリューチェーン全体のGHG排出量をネットゼロにする」ことを掲げている。目標達成に向けた基本的な戦略は、「省エネ×再エネ拡大×エネルギー転換」であり、それぞれの施策を組み合わせることでGHG削減効果は最大化される。今回紹介するヒートポンプの導入は、「省エネ」取り組みの一環であり、加熱源を蒸気から電気に変え、未利用排熱を活用することでエネルギー効率を高めることを目的としている。

キリンビールの工場では、仕込工程を中心に加熱に蒸気を使用しているため、ボイラーでの都市ガス燃焼によるGHG排出があり、将来的にGHG排出量をゼロにするためには蒸気による加熱工程を極力少なくする必要がある。仕込工程や動力設備から発生する排熱は湯の製造や貯留に活用されているが、排熱回収量の不足時や湯タンク貯留における放熱がある場合は蒸気の吹き込みを行っている。今回、キリンビール福岡工場では仕込室にヒートポンプを導入し、仕込室の空気を熱源として湯タンクの貯留を行い、蒸気の吹き込み削減によるGHG排出量削減を図った。また、仕込室は真夏に40℃を超える過酷な作業環境であるが、ヒートポンプにより仕込室における空気中の熱を回収することで室温を低下させ、作業環境の大幅な改善に繋がった。

講演 No. P-12 (WBC)

サステナブルな原料選択が醸造工程に与える影響を制御する可能性について

山本 あかね、松村 奈美、岡田 啓介、岡本 高樹、中村 勇一
アサヒビール（株）酒類技術研究所

従来のビール醸造では原材料の選択は主に風味設計に焦点を当てていたが、持続可能性を考慮すると原材料と製品を消費地の近くで調達・生産することが好ましく、その実現には各地域で利用可能な原材料の特性を理解する必要がある。

本研究では、トウモロコシ、小麦、ジャガイモ、エンドウ豆、ソラマメから得られたデンプンの醸造適性と風味の違いを評価した。各デンプンは異なる糊化開始温度と粘度挙動を示した。30%のデンプンと70%の麦芽を混合して麦汁を作製し、発酵性糖の割合を分析したところ、酵素を添加しない場合、外観最終発酵度は60%~70%だったが、仕込釜や酵素の使用により80%~90%に改善した。したがって、高い糊化温度を持つデンプンを使用する場合、仕込釜や酵素の使用が効果的であることが明らかになった。また、一部の副原料にはビールの風味劣化の指標であるトランス-2-ノネナール (E2N) が多く含まれていることが判明した。

講演 No. P-13 (WBC)

機械学習により醸造工程がビール香味に与える影響を評価する香味管理システムの開発

山本 佳奈、竹尾 麻恵、海老澤 和毅、大和 幸昌、大勝 信秀
キリンホールディングス（株）飲料未来研究所

ビール醸造現場における香味の造りこみは、醸造学の原理原則や醸造技術者の経験則に基づいて行われているが、ビール醸造工程は化学や生物学的な複雑な要因が関与しており、十分な経験を持った醸造技術者でさえ、全ての香味と工程の相関を理解するのは極めて困難である。大量の複雑なデータを学習し解釈する技術として、機械学習が挙げられる。近年ではヘルスケアや金融業界などで活用され始めているが、醸造分野での活用事例は少ない。

そこで、ビール醸造工程が香味に与える影響について知見を得ることを目的に、機械学習を活用し、官能評価結果と分析値・工程データの相関を解析するシステムを開発した。機械学習により、求める香味の達成度や香りや味などの官能評価を予測するモデルを構築することで、香味の造りこみに重要な工程調整方法の示唆が得られた。

さらに、BIツールを用いて分析値や工程データの経時変化、相関をダッシュボード上に可視化することで、機械学習結果と合わせて仮説立案・検証のプロセスの易化が見込まれた。また、一定期間のデータを収集し本システムを製造現場で試用したところ、新たな香味改善のアプローチを見出すことができ、有用なツールとなる可能性が示された。

本技術を活用したデータに基づく香味管理は、ビール製造現場の香味管理に新たな変革をもたらす重要な手法になり得ると考えている。

講演 No. P-14 (WBC)

工場におけるAI・IoT技術の取り組みについて－濾過計画自動化ツール、予兆保全システム－

中村 良太

キリンビール（株）技術部

キリンビールの工場では、2027年までのICT戦略の目標を「AI・IoTをフル活用し、リーンで人に優しい工場へ推移する」とし、省力化、品質管理レベルの高度化、安全（事故防止）、そして効率的な技術伝承の解決に取り組んでいる。このICT戦略の根本にはCSV、「顧客・パートナーの価値、社会課題を解決することで生まれる社会共通の価値、そして自社の経済価値を同時に創出する」という価値観があり、「世界のCSV先進企業になる」ことの具現化に向けて、技術開発を推進している。今回の発表では、本ICT戦略実行の一環で工場に導入した技術「AIを活用した濾過計画業務の自動化ツール」と「予兆保全システム」について紹介する。

「濾過計画業務の自動化ツール」は技術展開により全工場の総計で3000時間/年の業務時間削減を達成した。取組み過程では熟練者のノウハウにより立案されていた製造計画を標準化し、人とツールが融合して業務遂行することにより、計画立案に要する負荷を軽減するに至った。また、本ツール導入の副次的な効果として、技術伝承の効率化（属人化の解消）や計画立案精度の向上といったメリットも享受することができた。

「予兆保全システム」は缶製造ラインの状態監視保全項目400点に対してセンサーを設置し、兆候管理の実現性と業務負荷削減効果の評価を行った。結果、センサーで設備の故障状態を早期に捉えることができ、1工場で200時間/年の業務時間削減に繋がることを確認した。今後、全工場に技術の水平展開を行う予定である。

AI・IoT技術のさらなる活用を目指し、将来的には自社に留まらず食品産業を陰ながら支えていきたいと考えている。そのための我々のICT活用は道半ばであるが、課題や具体的な取り組みを社外にも共有していく。

講演 No. P-15 (EBC)

Lox-less麦芽によるNAB(Non-Alcoholic Beer)の香味耐久性向上効果

谷川 知沙、成瀬 史子、谷川 篤史、清崎 俊博
サッポロビール（株）商品・技術イノベーション部

近年、NABの需要が世界的に高まっている。その中でも、低発酵性の酵母を使用したNABは通常のビールと比較し、保存による劣化の影響を受けやすいことが知られており、製造上の課題となっている。そこで本研究では、Lox-less麦芽を使用することで低発酵性の酵母を利用したNABの保存による変化を改善することができないかを検証した。Lox-less形質はT2Nなどのビール劣化物質を減少させることにより香味耐久性を向上させる。これまでビールにLox-less麦芽を使用した研究はあるが、NABでの研究はほとんどみられていない。我々はLox-less麦芽0%と100%の製品を醸造した。それぞれについて、抗酸化力・亜硫酸の測定を実施した。また1～3か月保存品のT2Nなどの香味耐久性指標物質、官能評価での老化度の評価を実施した。その結果、Lox-less麦芽を100%使用したNABでは、0%使用のNABよりT2Nが低く、官能評価による老化度の向上効果が高かった。本試験の結果から、NABではLox-less麦芽による香味耐久性向上が効果的であることが示唆された。

講演 No. P-16 (WBC)

エタノール代替物の添加がノンアルコールビールの呈味に与える影響

西村 脩平、山下 諒子、北川 明日菜、飯田 綾子、鈴木 たまみ、野場 重都、曲淵 哲朗
アサヒクオリティードイノベーションズ（株）醸造科学研究所

健康志向の高まりからノンアルコールビール市場は拡大している。しかしながら、その風味は通常のビールと比較して、水っぽく味気ない等と批評されている。その大きな要因は、ノンアルコールビールにエタノールが含まれていないことであると考えられる。我々は、エタノールの風味特性を代替する成分を添加することで、ノンアルコールビールの風味を改善できるという仮説を立て、エタノール代替素材の探索とノンアルコールビールへの応用を検討した。まず初めに、エタノールの風味を定義した。続いて、定義に基づき代替素材の候補を探索し、特定成分の混合物をエタノール代替物として選抜した。その後、エタノールの風味を識別できるパネリストを用いて、得られたエタノール代替素材の風味を5%エタノール水溶液と比較した。その結果、エタノール代替素材と5%エタノール水溶液では同様の風味特性を有することが示された。次に、これらの代替エタノール素材を導入することで、ノンアルコールビールのフレーバープロファイルを通常のビールのフレーバープロファイルに近づけることができるか評価した。ビール専門パネルを対象に官能評価を実施した結果、エタノール代替素材を配合したノンアルコールビールと通常のビールとの間で、さまざまな風味特性の評価に有意差は認められなかった。最後に、消費者にエタノール代替物を添加したノンアルコールビール飲料を試飲してもらい、サンプルの評価をお願いした。その結果、エタノール代替物を添加することで、風味と購買意欲が有意に向上することが明らかとなった。これらの結果から、エタノール代替物を配合することで、ノンアルコールビールの風味特性を通常のビールに近づけ、総合的な風味を向上させることができることが示唆された。

講演 No. P-17 (WBC)

ドライホッピング由来のビール混濁菌制御方法の検討

稲田 幹雄、下川 正貴、加藤 拓、中村 勇一
アサヒビール（株）酒類技術研究所

ドライホッピングではホップ由来の微生物が半製品に混入する可能性がある。特に混濁菌が混入した場合は半製品や製造工程の汚染を引き起こしてしまう。そこで、ドライホッピングの混濁菌混入リスクを低減するため、加熱以外の方法によるホップペレットの混濁菌制御方法の確立を目的として本研究に取り組んだ。今回は、ほとんどのホップペレットの水分活性が 0.65 以下と低いことから、混濁菌制御因子として水分活性に着目し、低水分活性条件下における混濁菌の生残性を調査した。混濁菌 6 菌種 (*Pectinatus frisingensis*、*Megasphaera cerevisiae*、*Lactobacillus brevis*、*Pediococcus damnosus*、*Dekkera bruxellensis*、*Saccharomyces cerevisiae*) を対象に試験した。ホップペレットの栄養成分は非常に少ないと考えられるため、水分活性を 0.65-1.0 に調整した寒天を用いた。初めに、ホップペレットの保存温度である 4°C で混濁菌の生残性を調査した。その結果、いくつかの菌種は全ての条件で 14 日間以上生残した。次に、室温の 25°C で混濁菌の生残性を調査した。その結果、*P. frisingensis*、*M. cerevisiae*、*Ped. damnosus* の生菌数は水分活性に関わらず 3 日以内に 1/1000 以下に減少した。*L. brevis* と *D. bruxellensis* の生菌数は水分活性 0.75 以下において 3 日以内に 1/1000 以下に減少した。*S. cerevisiae* の生菌数は水分活性 0.65 において 5 日以内に 1/100 以下に減少した。25°C では水分活性 0.65 において、供試した全ての混濁菌が生残せず、死滅することを確認できた。また、保存温度 25°C は 7 日間の保存であればホップの HSI に影響を与えないことを確認した。このことから、低水分活性条件下では温度が高いほど混濁菌を死滅させる効果が高まることが示唆された。本結果より、水分活性 0.65 以下のホップペレットであれば、温度を 25°C 以上の環境に 5 日以上置くことで混濁菌を 1/100-1/1000 に低減できると考えられた。本研究の結果、ドライホッピング時の混濁菌混入リスクを十分に低減できる方法を開発した。