

資 料

地域資源を活用したクラフトビールの成分分析による特徴の可視化

松林 和彦*・小林 こずえ**

1. 目 的

1994年の酒税法改正により年間最低醸造量が引き下げられ、小規模なブルワリーが増えた。いわゆる地ビールブームである。その後徐々に減少したが、10年くらい前から再び全国的にクラフトビール（地ビール）を製造するブルワリーが増えている¹⁾。さらに2018年の酒税法改正によりビールの定義が拡大され、様々な副原料を使ったクラフトビールが登場している。

島根県でもブルワリーは増加しており、県内各地に点在し個性豊かなビールを製造している²⁾。益田市に2020年に誕生し、2021年から醸造を開始している高津川リバーピア株式会社では、表1に示す様々なクラフトビールを商品化している。商品開発は地元の素材を副原料として使用する、地元宿泊施設とコラボレーションするなど、地域資源を積極的に活用されている。このような地域と連携した商品開発は、商品の付加価値向上だけでなく、地域の魅力向上や使用した副原料のPRになるなど、関連する地域の振興に対しても効果的であると考えられる。

ビールには使用する原料や製法により様々なスタイルが存在し、100種類以上と言われている³⁾。そこに地域独自の副原料が組み合わさることで、味わいは実に多彩になる。それぞれのビールの特徴は、試飲（官能評価）を行えば分かるが、アルコール飲料であるため試飲できる状況は限られてしまう。インターネットを活用した通信販売などを想定すると、客観的に味わいが分かる方法があるとより効果的に商品を説明でき、販売促進に寄与できると考えられる。そこで今回、商品毎の香味に関して科学的根拠を持った「可視化」を目的として、機器分析を実施した。

2. 方 法

2.1 測定試料

測定試料は、表1に示す高津川リバーピア株式会社の10種類のクラフトビールを用いた。測定試料の前処理として、文献⁴⁾を参考にガス抜き処理を行った。試料の温度を15～20℃にし、大容量の三角フラスコに移し替え、振とうしたものをガス抜き試料とした。

香気成分分析では、ガス抜き処理を行わないビールを分析に用いた。

2.2 一般成分分析（色度、苦味価、pH、酸度）

一般成分として色度、苦味価、pH、酸度を分析した⁴⁾。色度はガス抜き試料を遠心分離し、上層を分光光度計（日本分光製V-550）で測定し430nmにおける吸光度からEBC値として算出した。

苦味価は、ガス抜き試料を遠心分離後ろ過し、ろ液2mLを15mLの遠沈管に入れ、少量のオクチルアルコールを添加し、3 mol/L塩酸200 μ Lとイソオクタン4 mLを加え15分間振とうした後遠心分離した。分離した上層を分光光度計（日本分光製V-550）で測定し275nmにおける吸光度からIBU値として算出した。

pHは、ガス抜き試料をpHメータ（堀場製作所製LAQUA F-74S）で測定した。

酸度は、ガス抜き試料を電位差自動滴定装置（京都電子工業株式会社製AT-710）で測定した。

2.3 陽イオン、陰イオン、有機酸の定量分析

陽イオン、陰イオン、有機酸の分析は、ガス抜き試料を遠心分離し、上層を超純水で100倍希釈後イオンクロマトグラフ（Thermo Fisher Scientific製Dionex Integrion RFIC）で分析した。分析値は有効数字2桁で記載した。

陽イオンはナトリウムイオン（Na⁺）、カリウムイオン

表1 サンプル情報

サンプル名	副原料	スタイル	アルコール分(%)
益田マスカットエール	マスカット	ホワイトエール	5.0
吉賀茶エール	吉賀茶	ペールエール	5.0
和ヴァイツェン	醤油	ヴァイツェン	5.0
美都いちごセゾン	イチゴ	セゾンスタイル	6.5
クロモジギャルド	クロモジ	ピエール・ド・ギャルド	6.5
ゆずファームハウス	ゆず	ファームハウス	5.5
OniBastardAle	無し*	エール	4.5
かきのきブルーベリーエール	ブルーベリー	エール	6.5
まめ茶ブラック	まめ茶	ベルジャンダーク	6.5
HONEY ALE	蜜蝋	トリペル	7.5

* 食品技術科、** 農林水産素材加工科

*：地元宿泊施設とのコラボ商品

(K⁺), マグネシウムイオン (Mg²⁺), カルシウムイオン (Ca²⁺) を測定対象とした. 分析条件は, カラム: Dionex IonPac CS16 (4×150mm), カラム温度: 40℃, 溶離液: 30mM メタンスルホン酸, 流量: 1 mL/min, 検出器: 電気伝導度検出器, 注入量: 25μLで行った.

陰イオンは塩化物イオン (Cl⁻), 硫酸イオン (SO₄²⁻), リン酸イオン (PO₄³⁻) を測定対象とした. 分析条件は, カラム: Dionex IonPac AS18-4 μm (4×150mm), カラム温度: 30℃, 溶離液: 23mM KOH, 流量: 1 mL/min, 検出器: 電気伝導度検出器, 注入量: 5 μLで行った.

有機酸は乳酸, 酢酸, リンゴ酸, コハク酸, クエン酸を測定対象とした. 分析条件は, カラム: Dionex IonPac AS18-4 μm (4×150mm), カラム温度: 30℃, 溶離液: KOH, グラジェント条件: 2 mM (0-8 min) - 15mM (25min) - 40mM (30min), 流量: 1.5mL/min, 検出器: 電気伝導度検出器, 注入量: 5 μLで行った.

2.4 香氣成分の定性分析

香氣成分は, 開封直後の試料 1 mLを20mLヘッドスペースバイアルに量り取り, ガスクロマトグラフ質量分析装置 (Thermo Fisher Scientific製Trace1310 GC/ISQ QD MS/TriPlus RSH) で分析した. 試料を封入したバイアルを60℃, 5分間加温し, SPMEファイバー (DVB/CAR/PDMS (50/30μm), Sigma Aldrich) を用いて60℃, 30分間抽出, 濃縮を行った. その後, 250℃, 2分間の熱脱着によりGCカラムに導入した. GCの分析条件は, カラム: Thermo TG-WAXMS (60m×φ0.25mm,0.25μm), 注入法: スプリットレス (パージ15mL/min, 2 min), 注入口温度: 250℃, オープン: 40℃ (3 min) - 5℃/min - 250℃ (15min), キャリアガス: He, 200kPa (定圧モード), トランファーライン温度: 250℃で行った. MSの分析条件は, イオン源温度: 200℃, イオン化電圧: 70eV, 質量範囲: 33-300 m/z, 分析モード: Scan (0.2sec/scan)で行った. NISTスペクトルライブラリ (NIST 11) により化合物同定を行った.

表2 一般成分

サンプル名	色度 (EBC)	苦味価 (IBU)	pH	酸度
益田マスカットエール	4.9	14	4.0	1.9
吉賀茶エール	17	34	4.5	2.0
和ヴァイツェン	6.5	18	4.1	2.0
美都いちごセゾン	12	15	4.1	3.0
クロモジギヤルド	23	16	4.4	2.5
ゆずファームハウス	7.4	16	4.0	3.3
OniBastardAle	7.6	19	2.0	2.0
かきのきブルーベリーエール	17	7.9	4.0	2.8
まめ茶ブラック	120	12	4.5	2.7
HONEY ALE	12	21	4.3	3.0

各化合物のクロマトグラムの面積値を正規化し, 主成分分析を行った. データ解析にはMicrosoft Excel 2016を用いた.

3. 結 果

3.1 一般成分

一般成分分析結果を表2に示す. 色度は数字が大きいほど濃い色を表す. サンプルによって数値が大きく異なっており, 麦芽, 副原料, 発酵形態など製法の違いが大きく出ていると思われる. まめ茶ブラックが突出して大きな値を示しており, 麦芽を焙煎した製法の特徴が出ている.

苦味価は数値が大きいほど苦味が強い事を示す. 吉賀茶エールが最も大きな値を示し, HONEY ALEが次いで高い値を示した. 一方, かきのきブルーベリーエールは苦味が控えめになっている.

pHと酸度は酸味に影響する数値で, pHが低いほど, 酸度が大きいほど酸味が強いと考えられる. ゆずファームハウスと美都いちごセゾン, HONEY ALEが他と比べて酸味を特徴とする味わいと推定される.

3.2 陽イオン, 陰イオン, 有機酸

表3 各サンプルのイオンクロマトグラフ分析結果

サンプル名	含有量 (mg/L)											
	陽イオン				陰イオン				有機酸			
	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	乳酸	酢酸	リンゴ酸	コハク酸	クエン酸
益田マスカットエール	26	430	61	6.6	98	27	230	220	52	290	350	130
吉賀茶エール	27	760	100	5.9	200	51	510	220	210	250	230	240
和ヴァイツェン	180	570	67	2.8	360	28	540	200	390	250	290	200
美都いちごセゾン	26	710	110	6.1	180	21	470	220	300	280	380	630
クロモジギヤルド	30	890	110	4.1	200	37	680	240	200	260	350	270
ゆずファームハウス	24	650	98	8.1	120	34	670	120	290	260	220	970
OniBastardAle	25	590	76	3.5	140	41	340	150	150	270	220	240
かきのきブルーベリーエール	25	690	88	4.2	140	25	610	220	100	270	370	240
まめ茶ブラック	30	910	130	44	220	27	920	260	91	270	410	260
HONEY ALE	30	950	130	4.6	200	45	660	270	200	260	390	290

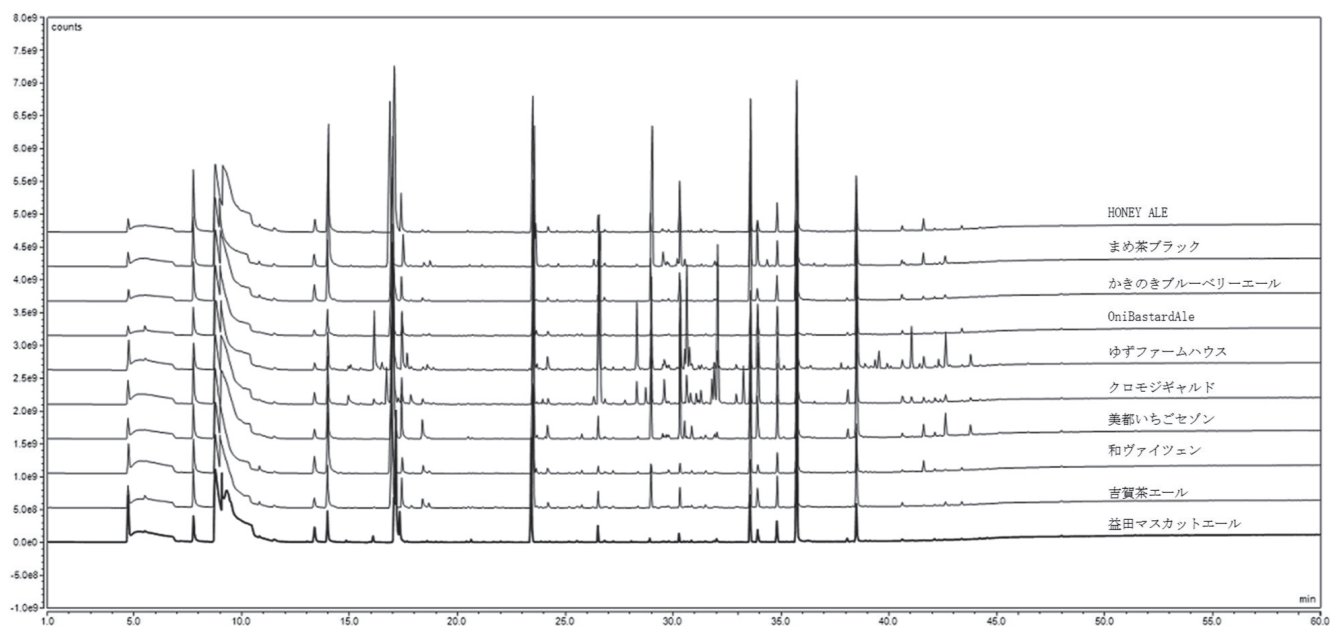


図1 各ビールのGCMS分析結果（全クロマトグラム）

陽イオン、陰イオン、有機酸の分析結果を表3に示す。Na⁺は和ヴァイツェンが高い値を示しており、K⁺やMg²⁺はまめ茶ブラックとHONEY ALEが高い値を示す一方、益田マスカットエールは低い値を示した。Ca²⁺はまめ茶ブラックが高く検出された。Cl⁻は和ヴァイツェンが高く検出され、益田マスカットエールでは低い値となった。SO₄²⁻は吉賀茶エールがやや高い値を示しており、PO₄³⁻はまめ茶ブラックが高く、益田マスカットエールでは低かった。全てのサンプルで仕込み水は同一であることから、これらの違いは原料または副原料由来であると考えられる。陽イオンや陰イオンは苦味や酸味、塩味を感じる場合があり⁵⁾、味に深みを与えている可能性がある。全体的にイオン含量が高い和ヴァイツェンやクロモジギヤルド、まめ茶ブラック、HONEY ALEは深みや飲み応えがあり、イオン含量が低い益田マスカットエールやOniBastardAleは、スッキリした味わいになっていると考えられる。

有機酸は原料からの移行、あるいは発酵中に生成する。酢酸は和ヴァイツェンで比較的高い値を示しており、発酵の特徴が表れていると推定している。顕著に差が出ている成分はクエン酸で、ゆずファームハウスと美都いちごセゾンが高い値を示している。クエン酸は副原料のユズやイチゴから移行したと考えられ、爽やかな酸味を与えていると思われる。

3.3 香気成分

図1に各サンプルのGCMSクロマトグラムを示す。得られた香気成分はゆずファームハウスが最も多く85種類で、少ないものは和ヴァイツェンとかきのきブルーベリーエールの41種類となった。すべてのサンプルに共通に含まれる化合物は17種類で、残りの化合物はサンプルによって様々である。総数143種類の化合物が検出されたことから、製

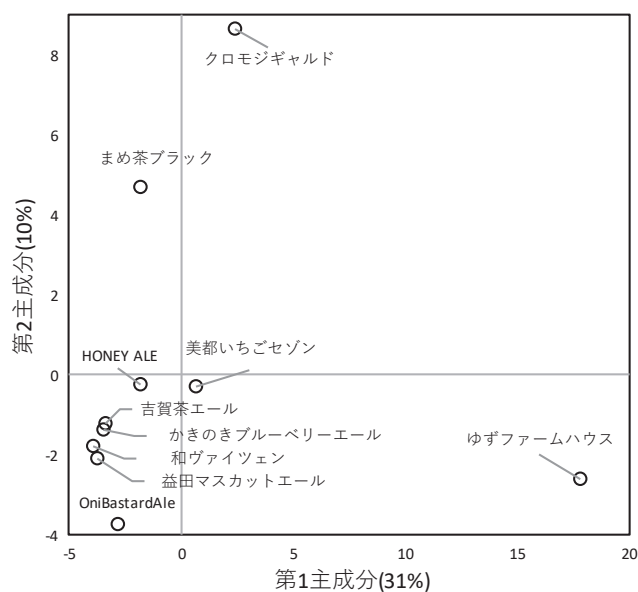


図2 スコアプロット

法や副原料に応じてそれぞれ個性的な香りを持つことが示された。

全体的な特徴を把握するために実施した主成分分析の結果を図2のスコアプロットで示す。主成分分析には143種類の化合物を用いた。第1主成分の寄与率は31%、第2主成分の寄与率は10%であった。ゆずファームハウスが第1主成分方向に大きく分離されており、クロモジギヤルド、まめ茶ブラックが第2主成分方向に分離された。ゆずファームハウスはテルピネオールやテルピネン、リモネンなどのテルペン類の寄与が大きいため、これらの化合物が柑橘様の香りを与えると考えられる。クロモジギヤルドは、ゲラニオールやカルボン、シネオールなどのテルペン類の寄与が大きく、バラ様やハーブ様の香りを与える

考えられる。また、まめ茶ブラックはフルフリルアルコール、2-メチルピラジン、4-エチルグアイアコール、グアイアコールなどの成分の寄与が大きく、これらの成分が香ばしさや燻製様の香りを与えると考えられる。

3.4 まとめ

機器分析を実施することで、原料や製法の異なる10種類のビールの特徴が可視化された。製法の特徴が出ているものもあれば、副原料の特徴が出ているものもあった。機器分析による香味分析は客観的なデータであり、科学的根拠に基づいた販売戦略ツールになると考えられる。

また、ビール毎の様々な成分分析データは、設計通りに製造が行われたかの確認手段にもなり、事業者の製造技術向上に貢献する有益な情報としても活用できると考えられる。このような成分分析による支援が、今後の新商品開発

の原動力となることを期待している。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、試料提供および有益なご助言をいただいた高津川リバービア株式会社の上床絵里様、辻美孝様に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 酒のしおり. 国税庁. 令和4年3月.
- 2) 矢野竜広. 山陰クラフトビール2. 今井出版, 2022.
- 3) ビアスタイル・ガイドライン2004版. 日本地ビール協会, 2020.
- 4) ビール酒造組合. BCOJビール分析法. 日本醸造協会, 2004.
- 5) 柏田修作. ビール品質. 日本醸造協会誌. 2001, vol.96, no.5, p.298-306.