

氏 名	實方 綾子		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	農 学		
学位授与番号	博乙第	4 5 7 6	号
学位授与の日付	2 0 2 6 年	3 月	2 5 日
学位授与の要件	博士の論文提出者 (学位規則第 4 条第 2 項該当)		
学位論文の題目	Sorachi Ace ホップの品種特有香に寄与する香気成分とその相互作用に関する研究		
論文審査委員	教授 仁戸田 照彦	教授 守屋 央朗	教授 清田 洋正
学位論文内容の要旨			
ホップはビールに用いられる主な原料の一つで、ビールに苦味や香りを付与し、また抗菌作用や清澄化、泡もちに寄与する等、非常に重要な役割を持っている。中でもフレーバーホップ等と呼ばれるホップは特徴的な品種特有香を持っているため、ビールの香りづけに用いられる。本研究の対象である Sorachi Ace (ソラチエース) はサッポロビール社で育種・登録されたホップ品種で、本品種を使ったビールには松様、ウッディ、ディル (ハーブ) 様、シトラス、レモングラス様など特徴的で複雑な香りが付与される。この品種特有香に寄与する成分はこれまで不明であったため、それを探索することを目的として本研究に取り組んだ。 Sorachi Ace ビールと対照ビールをサンプルとして、SPME-GC-MS で得られたクロマトグラムによる差分解析の結果、Sorachi Ace ビール中よりゲラン酸 (Geranic acid) を見出した。ゲラン酸は、それ自身は香りの強度が非常に弱く、閾値もビール中の濃度と比較して高かったが、テルペンアルコール等のホップ由来香気成分の存在下で、ゲラン酸の有無を確認するとその違いを認識することができ、ゲラン酸はその他ホップ香気成分との共存下で Sorachi Ace ビールの香りの中でもレモン様やフラワリーの官能特性をエンハンスすることで Sorachi Ace ビールの香りを形成していることが推察された。 17 のホップ品種及び各種ホップを用いたビール 13 種類中のゲラン酸を調査したところ、Sorachi Ace ホップ、ビールともに非常に高濃度のゲラン酸が検出され、ゲラン酸は Sorachi Ace 特有の成分であることが明らかとなった。ビール醸造工程中のゲラン酸の挙動を調査した結果、関連成分であるグラニオール等と比較して麦汁へ移行しやすく、醸造工程を経ても液中に残存した。これはゲラン酸のカルボキシ基が液中でイオン化し、一般的な香気成分と比較して揮発しにくいと考えられた。 ゲラン酸が持つ特性を応用し、Sorachi Ace とその他ホップ品種とブレンドしてビールへの香気の影響を調査したところ、ビールの香りは大きく変化し、官能特性の評点が高くなる品種の組み合わせもあれば、逆にそのホップ品種の香気特徴が抑えられるものもあった。Sorachi Ace と組み合わせるホップには相性があり、各々のホップがもつ特徴を相加的に発揮するホップと組み合わせることで、新たな香味特徴をもつビール製品開発につながる可能性がある。 最後に、Sorachi Ace ホップやその他ホップ品種の収穫時期を遅らせて、ゲラン酸とその関連成分の挙動を比較したところ、Sorachi Ace ホップではゲラン酸の濃度が増加し、グラニオールとグラニアルは減少した。そしてゲラン酸から生成すると推察されるゲラン酸メチルはほとんど増加しなかった。一方、一般的なホップ品種はグラニオールやゲラン酸メチルが増加するものが多く、ソラチエースの挙動とは異なっていた。以上の結果より、Sorachi Ace は一般的なホップ品種と比較して、ゲラン酸からゲラン酸メチルへの反応が進みにくく、ゲラン酸を蓄積しやすい品種であることが推察された。			

論文審査結果の要旨

日本で1984年に品種登録されたフレーバーホップ「Sorachi Ace（ソラチエース）」をビール製造に用いると、レモングラス・シトラス・松様等の香気を付与することが可能である。しかしながらSorachi Aceの品種特有香に寄与する香気成分については、匂いかぎGC分析等の常法が尽くされたにもかかわらず、不明のままであった。實方氏は、一連の研究により香気成分を解明し、それがSorachi Aceに特有な香気に与える効果を実証した。下記に概要を示す。

1. 香気成分の分析. 實方氏は、SPME-GC-MSにおけるカラム長変更等の条件検討により、Sorachi Aceに特有な香気の鍵物質をgeranic acid (GA) と決定することに成功した。GAの含有量が極微量でほぼ無香気であり、さらに常法では他成分と分離しかつたことが、成分未解明の理由であったことを示した。特筆すべきことに、ほぼ無香気のGAが他成分の香気増強剤として働くことを明らかにした。

2. 香気成分GAの特徴. 實方氏は、各種ホップおよびそれら由来のビールの分析により、GAがSorachi Ace特有の成分であることを見いだした。その上で、他のホップ（MosaicとCitra）を併用した麦酒試醸を行った。麦汁中のGA含量を増大させることにより、各種ホップ単独醸造とは異なる、GAに基づく独特の香気プロファイルをもつビールの作出に成功した。

3. ホップにおけるGAの生合成. 實方氏は、各種ホップの生育段階におけるGA関連化合物の分析により、Sorachi Ace中にGAが多く蓄積することを明らかにした。他のホップ中では、geraniol（アルコール）→geranial（アルデヒド）→GA（酸）→GA methyl ester（エステル）の代謝が速やかに進行するのに対し、Sorachi AceではGA→GA methyl esterの変換が阻害されていることが示唆された。

以上、實方氏は、フレーバーホップSorachi Aceに特有の香気の鍵成分をGAと決定し、本化合物がほぼ無香気だが、他成分香気の増強剤として働くことを解明、GA生合成についても重要な知見を得ることに成功した。ほぼ無香気の増強剤の存在を示した本成果は、ホップおよびビール研究において、従来の知見を覆すものであり、今後新規な香気を有するホップおよびビールの開発に直接応用可能で及ぼす影響は大きい。本研究の学術的新規性と産業応用性を鑑み、實方氏が博士（農学）に相当すると認める。