

ウイスキーの香りと高品質化に向けた取り組み

Technological development to improve quality of whisky flavor

杉本 利和

Toshikazu SUGIMOTO

ニッカウヰスキー株式会社 技術開発センター

THE NIKKA WHISKY DISTILLING Co., LTD

E-mail:toshikazu.sugimoto@nikkawhisky.co.jp

1. はじめに

モルトウイスキーの製造は大きく分けて、仕込み、発酵、蒸留、貯蔵・熟成という工程からなる。蒸留工程を経るため、不揮発性の呈味成分が殆どなく、微量に含まれる香気成分の複雑さとバランスが各ウイスキー蒸留所の個性として品質を左右するといえる。

本講演では、ウイスキーの高品質化の観点から、“好ましい香り”と“好ましくない香り”の2つの香気にスポットをあてて、ウイスキー高品質化に向けた当社の技術開発の取り組み事例をご紹介します。

2. 好ましい香りをいかに増やすか

まずは、香気生成に関わる仕込み～発酵の工程に焦点をあて、ウイスキーの甘い香りに寄与する微量成分である γ -ラクトンの生成に関わる微生物（ウイスキー酵母、乳酸菌、ビール余剰酵母）の役割を紐解きながら、複雑な発酵現象の一端をのぞいてみたい。

[ウイスキー発酵に関与する微生物]

ウイスキー酵母・乳酸菌：モルトウイスキーでは、粉碎した麦芽に温水を加え、麦芽中の糖化酵素によりデンプンを糖化後、ろ過してウイスキー麦汁を調製する。よく似た製法といえるビールでは、糖化工程の後に抗菌性のあるホップを加えた煮沸工程があるため無菌性の高いビール麦汁が得られるが、ウイスキー麦汁の無菌性は高くない。ウイスキー麦汁にウイスキー酵母を加えて20～30℃程度で約3～5日間発酵させてできたウイスキー醪（もろみ）には、ウイスキー酵母以外に乳酸菌などの多様な微生物が検出される。モルトウイスキーの本場であるスコットランドでは、発酵槽として米松で作られた木桶が多く用いられており、その木材表面に乳酸菌を主体とする菌叢が形成されているとも言われる。

ビール余剰酵母：スコットランドでは昔、エールビール工場の使用済み圧搾酵母（ビール余剰酵母）を用いたウイスキー製造が行われていた。ウイスキー酵母が大量培養技術により工業的に安定供給され始めると、それに取って代わられたが、伝統的な一部のウイスキー蒸留所では現在もウイスキー酵母とビール余剰酵母の併用が続けられている。

[ウイスキー醪(モロミ)における γ -ラクトン生成経路の発見]

γ -デカラクトン、 γ -ドデカラクトンはピーチやココナッツをはじめとする南国フルーツのトロピカルで余韻の長い甘さに寄与する香気 of 重要な構成要素である。特定のスコッチウ

イスキー原酒中でも、その存在が報告されており、個性的な香味品質に一役買っている。当社はこれまでに、ウイスキー醗でのラクトン生成経路について長年研究を行ってきた。その結果、ビール余剰酵母、乳酸菌、ウイスキー酵母のそれぞれがウイスキー醗中で絶妙な役割を演じてはじめて γ -ラクトン生成が促されることを明らかにした[1,2]。具体的なモデルは以下の通りである。ウイスキー麦汁に投入されたビール余剰酵母は、比較的高温で発酵が進むウイスキー醗において死滅・溶菌し易く、ビール酵母菌体由来のパルミトオレイン酸やオレイン酸といった不飽和脂肪酸がウイスキー醗に遊離してくる。続いて、その一部がウイスキー醗中で増殖したある特定の乳酸菌に供給されたとき、10-ヒドロキシパルミチン酸や10-ヒドロキシステアリン酸といったヒドロキシ脂肪酸に変換される。ウイスキー酵母はヒドロキシ脂肪酸を取り込み、 β 酸化することで自身のエネルギーを獲得すると共に、代謝物として γ -デカラクトンや γ -ドデカラクトンを生成していた。おそらく、伝統的な製法を守るウイスキー蒸溜所では、これら一連のプロセス条件が成立し易い状況にあったと考えられる。その中でも特に、 γ -ラクトン高含有の個性的なウイスキー香味品質を維持する蒸溜所においては、木桶などの発酵設備にヒドロキシ脂肪酸生成能に優れた乳酸菌の菌叢が形成されているのかもしれない。ウイスキーの香味品質と微生物の関わりについての謎解きは、まだまだ奥が深い。

3. 好ましくない香りをいかに減らすか

続いては、ウイスキー製造における蒸留～貯蔵・熟成の工程に焦点をあて、ウイスキーの“未熟臭”として知られる硫黄化合物を選択的に吸着除去する新しいろ過技術の開発について紹介したい。この技術は、家庭用燃料電池向けに開発された吸着技術を応用展開したものであり、異業種間のオープンイノベーション事例としても注目に値すると考える。

[ウイスキー蒸留液に含まれる硫黄化合物]

アルコール発酵させた醗（モロミ）を蒸留することによりモルトウイスキーは製造される。蒸留中に原料や酵母菌体の含硫アミノ酸に由来する硫黄化合物が生成されるため、蒸留直後のモルトウイスキー蒸留液（ニューメイク）には“未熟臭”と呼ばれる好ましくない香気が存在する。主要成分である Dimethyl sulfide (DMS) はキャベツ様、Dimethyl disulfide (DMDS) はタマネギ様、Dimethyl trisulfide (DMTS) は漬物様のにおいを持つ。通常、ニューメイクは、オーク材の樽にて長期間貯蔵され、その間にこれらの硫黄化合物は酸化や揮散等により徐々に減少・消失し、好ましいウイスキー香味が形成される。一般的に、DMS は1～2 年程度、DMDS で8～10 年程度、DMTS は10 年以上かけて消失することが知られている[3 として引用をお願いいたします]。よって、ニューメイクに含まれる硫黄化合物を選択的に除去することが出来れば、ウイスキーの高品質化に大きく貢献すると考えられる。

[硫黄化合物選択的な吸着技術の探索]

さて、そのような吸着技術を探索している過程で、我々は、家庭用燃料電池ユニットに搭載される脱硫装置が都市ガスの付臭剤である硫黄化合物（2-メチル-2-プロパンジオールやジメチルスルフィドなど）を吸着除去できることに注目した。出光興産(株)の研究チームは精力的に研究開発を進めており、LPG や都市ガスの常温脱硫に銀担持ゼオライトが効果

的であることを報告していた[4]。我々は、この吸着技術が、蒸溜酒向けの新しい精製ろ過技術として適用できるのではと考え、検討に着手した。

[銀担持ゼオライトによる硫黄化合物の選択的吸着除去]

具体的に試験実施例を紹介す[5]。市販のゼオライト成形体を砕いて平均粒子径 0.5～1 mm に揃えた顆粒状ゼオライトを調製し、硝酸ナトリウム水溶液によるアンモニウムイオン交換処理、引き続いて、硝酸銀とアンモニアを含む水溶液による銀イオン交換処理を行い、洗浄・乾燥後、400℃で焼成して顆粒状の銀担持ゼオライトを得た。得られた銀担持ゼオライトの銀担持量は 13.8 w/w%であった。この銀担持ゼオライトを充填した精製ろ過用カラムを作製し、このカラムへ室温にてニューメイクを通液し、精製ろ過液を得た。得られた精製ろ過液の香気分析の結果、精製ろ過前のニューメイクに含まれていた硫黄化合物が顕著に吸着除去されることが分かった。一方、銀が担持されていないゼオライトで精製ろ過した場合は、硫黄化合物がまったく吸着除去されなかった。また、銀担持ゼオライト精製ろ過前後で、ウイスキーの基本的な香味を構成する中長鎖脂肪酸エチルエステル類や酢酸エステル類、高級アルコール類等の含有量に変化は無いことも分かった。銀担持ゼオライト精製ろ過品を官能評価した結果、未熟臭の無い好ましい香味を有していた。以上の結果、ウイスキーニューメイクに含まれる未熟臭原因物質である硫黄化合物を選択的に吸着除去する方法が初めて見出された。現在、高品質なウイスキー原酒製造のための新規な精製ろ過技術としてのプロセス開発を更に進めている。

4. 参考文献

- [1] 鰐川彰: ウイスキー醸造における乳酸菌の役割, 生物工学, **90**, 324-328 (2015).
- [2] 細井健二: 複雑系ウイスキー発酵技術の紹介, 日本生物工学会大会講演要旨集, **67**, p257 (2015).
- [3] Masuda, M. and Nishimura, K.: Changes in Volatile Sulfur Compounds of Whisky during Aging, *Journal of Food Science*, **47**, 101-105 (1981)
- [4] 高津幸三, 竹越岳二, 勝野尚, 河島義実, 松本寛人: 燃料電池用 LPG の吸着剤による常温脱硫, *Journal of the Japan Petroleum Institute*, **50**, 200-207 (2007).
- [5] 杉本利和, 村田充子, 各務成存, 河島義実, 朝日輝, 細井健二: 銀担持ゼオライトによるウイスキー硫黄化合物の選択的除去技術の開発, 日本農芸化学会大会講演要旨集, p1076 (2016).