

# IoTを活用した清酒の高品質化研究(第2報)

—飲み頃を指標化する品質管理技術の構築—

吉村明浩、澤井美伯、近藤真一、久松賢太郎、横山哲也\*、安部貴大\*

Development of Storage Management System Using IoT for the Aging of Sake  
—Sensory Evaluation and Analysis of the Sake to Check the Maturation Degree—

Akihiro YOSHIMURA, Yoshinori SAWAI, Shin-ichi KONDO, Kentaro HISAMATSU,  
Tetsuya YOKOYAMA and Takahiro ABE

IoTを活用した清酒貯蔵庫の温度測定システムを構築し、清酒の積算温度と官能評価等により求めた熟成度との関係を調べ、火入れ清酒の瓶貯蔵における品質管理技術の確立を目指した。

今年度は、昨年度開発した温度測定システムを酒造場の貯蔵庫で運用し、積算温度0℃、1,500℃および3,000℃の清酒を調製し、官能評価および成分分析を行った。担当職員およびソムリエの専門家パネルによる官能評価では、積算温度の増加による着色度の増加や香味の熟成を捉えることができた。また、本研究で用いた清酒および貯蔵条件では、積算温度の増加により、着色度とピログルタミン酸の増加が認められ、これらが積算温度による変化を成分値で確認・管理する際の候補となることが示唆された。

## 1. はじめに

清酒は、空調等の設備の高度化により、年間を通じた製造も増えつつあるものの、多くの酒造場では冬場を中心に製造されている。その飲用形態として、例えば仕上がった酒を加熱処理せず、生の状態で味わうもの、火入れと呼ばれる品質劣化防止処理を1回あるいは2回施し、熟成させてから味わうもの、3年以上貯蔵し、長期熟成酒として味わうものがある。

新酒と比較して、夏以降に熟成の適期を迎える火入れ酒は品質が安定し、味わいも穏やかになるとされているものの、消費者へのアピールが難しく、各酒造場は飲み頃の伝え方に苦労している。

県内酒造場では、火入れ酒の貯蔵について、劣化の少ないとされる瓶詰状態で熟成させる瓶貯蔵への移行が進んでいるが、貯蔵空間が広いため、従来のタンク貯蔵に比べてロット管理が難しく、飲み頃までの管理を安価かつ安定に行える技術が求められている。

そこで、我々のグループでは、IoTを活用した清酒貯蔵庫の温度測定システムを構築し、県内酒造場での試験運用を行い、貯蔵庫内の平均温度や積算温度を算出できることを確認した<sup>1)</sup>。また、保存温度と積算温度の異なる清酒を調製し、官能評価や理化学分析を行い、15℃を超える温度で貯蔵すると、積算温度3,000℃を超えた場合に、劣化を強く感じることを確認した<sup>2)</sup>。

本研究では、積算温度の違いと味わい・成分の関係を調べ、火入れ酒を消費者に適切な時期に提供する手法として、積算温度を活用した飲み頃の見える化を目指している。

本年度は、酒造場の貯蔵庫で温度管理システムを運用し、設定した積算温度の清酒を調製して、積算温度の違いによる香味の差異を官能評価で示すと共に、成分の変化を調べて、官能評価と成分分析値との関係を考察した。

## 2. 実験方法

### 2.1 供試清酒

本研究に供試する清酒は、協力先の県内酒造場が令和4年度に製造した同一ロットの純米大吟醸酒(720 mL瓶)を用いた。供試清酒の詳細を表1に示す。清酒は、酒造場の貯蔵庫にて、庫内温度10℃を目途として、空調と外気導入を併用して、積算温度が3,000℃に達するまで保存した。積算温度0℃の清酒は、貯蔵温度0℃以下で積算温度3,000℃と同じ期間貯蔵したもの、積算温度1,500℃の清酒は、積算温度3,000℃の清酒調製の過程で、積算温度1,500℃に達するまでは0℃以下で貯蔵し、その後、貯蔵庫に移動し、積算温度が1,500℃に達するまで貯蔵したものである。図1にそのイメージを示す。

表1 供試清酒の詳細

品目	純米大吟醸酒
原料米	美山錦25% あきたこまち75%
精米歩合	45%
アルコール	15.5%
日本酒度	+13
酸度	1.4
アミノ酸度	0.9
エキス分	2.9

\*岐阜県産業技術総合センター

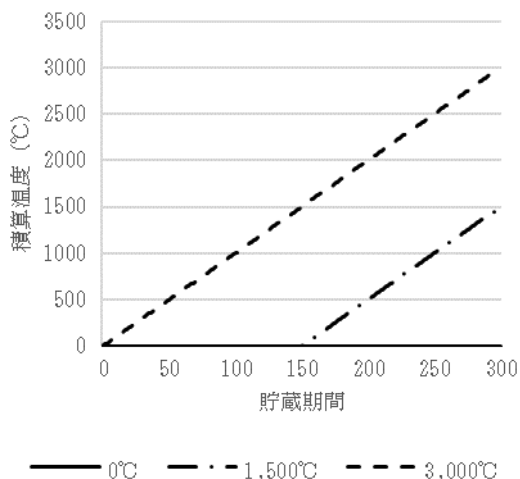


図1 平均貯蔵10°C/日での積算温度毎の調製モデル

## 2.2 温度測定システムによる温度情報の収集

温度測定システムによる温度情報の収集は、令和4年度に構築したシステムを用いた<sup>1)</sup>。

貯蔵庫内の4か所に温度センサを1個ずつ配置し、10分間隔で計測したデータから1日毎の平均温度を算出した。これを積み上げることで積算温度を求め、積算温度0°C、1,500°Cおよび3,000°Cの供試清酒を調製した。

## 2.3 官能評価

官能評価は、当所の官能評価室(室温:22°C、品温15°C)で行った。本研究では、品質管理と共に、消費者に熟成の効果を紹介するという狙いから、当所酒造技術指導担当職員4名に酒ディプロマの資格を持つソムリエ3名を加えた専門的なパネルで行った。

当所職員による評価は、蛇の目猪口で供試清酒を提供し、タブレット端末から評価用フォームに入力して行った<sup>3)</sup>。評価内容は、総合評価、味の熟成度、香りの熟成度および着色度を5段階で尺度評価し、その他の内容をコメント欄に記入することとした。

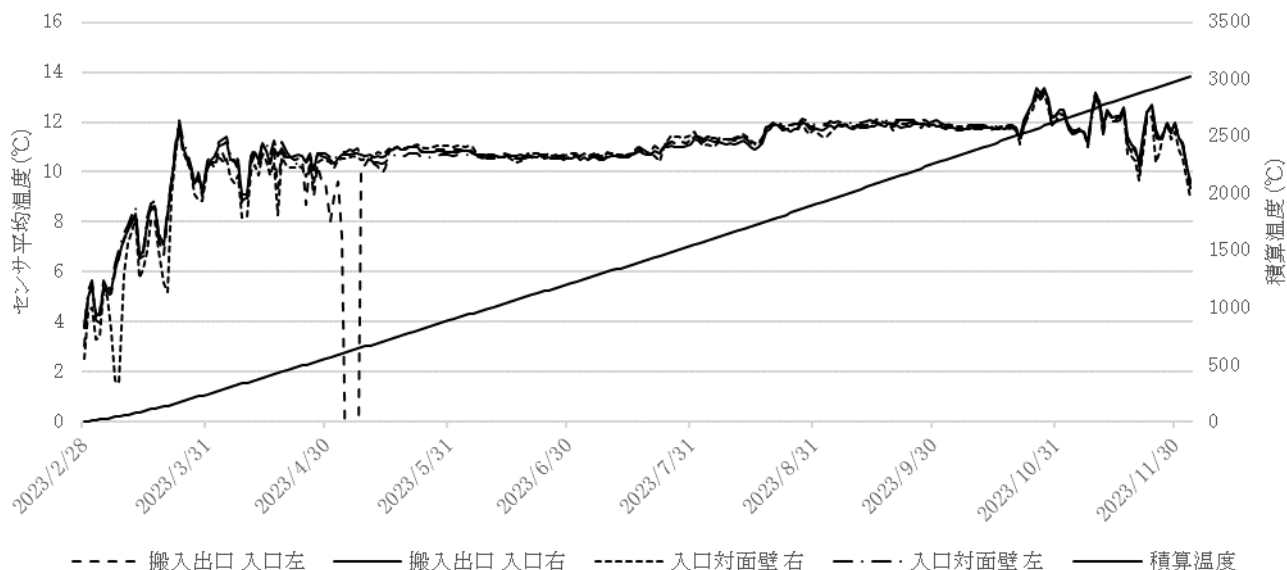


図2 温度測定システムによる貯蔵庫の温度情報の収集

ソムリエによる評価は、ISO国際規格テイスティンググラスで供試清酒を提供し、1点あたり30分程度で行った。評価内容は自由記載による各清酒の評価とペアリング料理の提案として、結果は後日収集した。

## 2.4 機器分析

着色度および紫外外部吸収の測定は、酒類総合研究所標準分析法注解<sup>4)</sup>に従って測定した。

有機酸の定量は、高速液体クロマトグラフを用い、ポストカラム法により行った<sup>5)</sup>。

## 3. 結果と考察

### 3.1 温度測定システムを用いた積算温度管理

温度測定システムにより、貯蔵庫の温度情報を収集し、積算温度を管理した清酒を調製した。温度センサは庫内の搬入出口に近い位置2か所と遠い2か所に高さ1 mで設置した。計測中、搬入出口の入口左に位置するセンサに異常が発生したが、その期間の該当データを除外して積算温度を算出した。

センサを設置した酒造場では消費エネルギー削減のため、冬季は外気を利用して貯蔵を行っている。温度センサは、搬入出口の開閉による温度の低下を反映して積算温度を算出しており、一定温度の貯蔵庫でなくとも、積算温度の管理は適切に行えると考えられる(図2)。

貯蔵庫の広さ、構造、在庫量や管理温度は、各酒造場により異なるため、設置する温度センサの位置や数量は適宜検討する必要があるが、本温度測定システムにより、積算温度に基づく貯蔵・出荷管理が可能と考えられる。

### 3.2 官能評価

積算温度の異なる清酒について、当所職員とソムリエによる官能評価を行った。

当所職員は、品質管理の観点から尺度評価を実施した。いずれも若い酒との評価であるが、積算温度が増加すると共に、味わいと香りの熟成が進み、外観では着色度が増加することが確認できた(図3)。供試清酒は、昨年度実施

した官能評価の結果、貯蔵温度を10℃程度に設定し、エキス分も低く、貯蔵期間も6カ月程度と熟成期間としては短いいため、変化が明確にはならない可能性もあったが、訓練されたパネルでは差異が認められた。

ソムリエは、テイスティング評価とペアリング料理提案を行った(表2)。積算温度の違いや増加による味わい、香りと着色度の差異や変化が指摘され、当所職員と同様に、熟成の進行を捉えていた。また、積算温度の異なる清酒に対し、異なるペアリング料理が提案されたことから、熟成により香味の特徴が変化することが支持された。

当所職員とソムリエは、評価容器と評価時間に違いがあるものの、いずれも香味と外観に共通の熟成の進行を指摘していた。消費者に熟成酒であることを適切に提示することで、酒質の変化を理解してもらえると期待される。

### 3.3 成分分析

清酒は、これまで報告されているように、貯蔵により着色度、3-デオキシグルコソ(3-DG)、紫外外部吸収、酢酸、ピログルタミン酸が増加し、コハク酸、グルタミン酸が減少する傾向がある<sup>6,7)</sup>。

積算温度による品質管理を清酒の成分量の変化でも確認するため、供試清酒の成分分析を行った。昨年度実施した3-DG測定では、貯蔵温度15℃で、積算温度の増加による変化は捉えられなかった<sup>2)</sup>。本年度は、着色度の測定を行ったところ、積算温度の増加に伴い着色度の増加が確認でき、官能評価との一致が見られた(表3)。

有機酸分析を行ったところ、積算温度の増加に伴い、わずかながらピログルタミン酸の増加傾向が認められた。他の有機酸については、増加あるいは減少は認められなかった(表3)。さらに、紫外外部吸収も実施したところ、データは示さないが、積算温度による変化は認められなかった。佐藤らは、濃淳酒で熟成の進行が速いことを示唆しているが<sup>7)</sup>、本研究で使用した清酒はエキス分が2.9と少なく、期間も6カ月程度と短いため、変化を捉えられる成分が少ないかもしれない。

今回の供試清酒および貯蔵条件では、着色度とピログルタミン酸が品質管理指標の候補となりうることがわかった。特に、着色度は、測定方法も簡便であり、品質管理の指標として有効と考えられる。

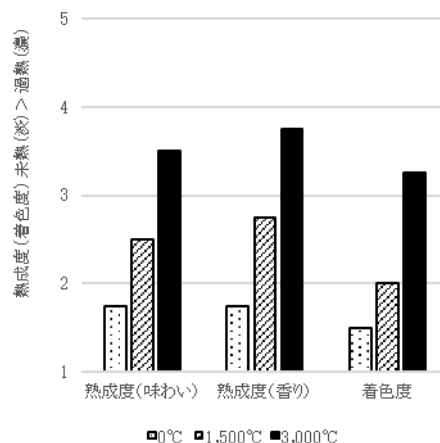


図3 尺度法による熟成度の評価

表3 成分分析値

項目	0℃	1,500℃	3,000℃
着色度 (430 nm)	0.014±0.006	0.017±0.008	0.019±0.008
有機酸 (ppm)			
リンゴ酸	159.2±0.7	155.5±2.1	155.5±2.5
コハク酸	282.9±1.2	278.4±1.5	278.0±0.8
乳酸	307.2±2.7	302.5±1.7	303.8±0.6
酢酸	6.0±0.8	6.2±1.1	6.4±0.5
ピログルタミン酸	Not Detected	5.0±8.7	16.6±0.6

## 4. まとめ

温度測定システムを酒造場の現地貯蔵庫で運用し、積算温度の管理に適用可能であることを確認した。積算温度を0℃、1,500℃および3,000℃に調製した清酒は、官能評価により、熟成の進行が認められることがわかった。本研究で用いた清酒および積算温度では、着色度およびピログルタミン酸の増加が認められ、品質管理指標の候補と考えられた。

同一の清酒でも、積算温度の違いで異なるペアリング料理が挙げられたことから、適切な貯蔵管理による熟成により、消費者に出荷時期に合わせた詳細な飲み方の提案ができると考えられる。

一方で、本研究で使用した清酒は、エキス分の少ないものの、かつ10℃で日光のあたらない貯蔵庫で適切に管理し

表2 自由記述による各清酒の評価結果の抜粋

項目	0℃	1,500℃	3,000℃
外観 <sup>*)</sup>	イエロークリスタル・シルバー	イエロークリスタル	淡いイエロー
味わい <sup>*)</sup>	口当たり柔らか、穏やかな苦味、ドライ	優しい酸味、コクを与える苦味、余韻長い	ドライ
香り <sup>*)</sup>	グレープフルーツ、白桃、メロン、	洋ナシ、上新粉、白玉団子	洋ナシ、上新粉、アーモンド
ペアリング料理	白身魚のカルパッチョ、稚鮎の天ぷら、他	野菜の炊合せ、白身魚や白身肉にミルクィーなソースを合わせる、他	おでん、温度が温かいもの、魚介類のムース、他

<sup>\*)</sup>2名以上が指摘したものを記載した

たものである。火入れ酒は常温管理する場合もあり、昨年度の研究によれば、貯蔵温度20℃以上では、積算時間が短くとも劣化と感じられている。積算温度の管理による、適切な貯蔵・出荷管理を進めたい。

#### **【謝 辞】**

本研究の遂行にあたり、ご協力いただきました株式会社三千盛様、JSA認定 SAKE DIPLOMAの安藤理香様、安藤深雪様及び青山紀子様へ深く感謝の意を表します。

#### **【参考文献】**

- 1) 横山哲也ら, 岐阜県産業技術総合センター研究報告, No.4, pp.89-90, 2023
- 2) 澤井美伯ら, 岐阜県食品科学研究所研究報告, No.4, pp.6-8, 2023
- 3) 久松賢太郎, 食品の試験と研究, 58, pp.16-18, 2023
- 4) 標準分析法注解委員会, 酒類総合研究所標準分析法注解, (公財) 日本醸造協会, 2017
- 5) 堀江祐範ら, 美味技術学会誌, 15(1), pp.12-20, 2016
- 6) 佐藤信ら, 醸協, 73(12), pp.945-950, 1978
- 7) 佐藤信ら, 醸協, 69(9), pp.595-598, 1974