

上槽中における製成酒の香気成分および遊離脂肪酸の挙動

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
著者名	長井,隆 鈴木,利明 星野,敦 栗林,喬 原,崇 城斗,志夫
発行元	日本醸造協会
巻/号	115巻12号
巻号補足	
掲載ページ	p. 769-776
発行年月	2020年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



上槽中における製成酒の香気成分および
遊離脂肪酸の挙動長井 隆^{1,2}・鈴木利明¹・星野 敦¹・栗林 喬³・
原 崇⁴・城斗志夫⁴⁽¹⁾新潟銘醸株式会社, ⁽²⁾新潟大学院自然科学研究科,⁽³⁾新潟食料農業大学, ⁽⁴⁾新潟大学農学部)

令和2年2月5日受理

Effects of the Method of *Moromi*-Filtration on Flavor
Components and Free Fatty Acids of SakeYutaka NAGAI^{1,2}, Toshiaki SUZUKI¹, Atsusi HOSHINO¹,
Takashi KURIBAYASHI³, Takashi HARA⁴, Toshio JOH⁴⁽¹⁾Niigata Meijo Co., Ltd., 1-8-39 Toei, Ojiya, Niigata
947-0004, Japan, ⁽²⁾Graduate School of Science and Tech-
nology, and ⁽⁴⁾Agriculture, Niigata University, 2-8050

Ikarashi, Nishi-ku, Niigata, Niigata 950-2181, Japan,

⁽³⁾Present address, Niigata Agro-Food University, 2416
Hiranedai, Tainai, Niigata 9592702, Japan, ⁽⁴⁾Faculty of
Agriculture, Niigata University, 2-8050 Ikarashi, Nishi-ku,
Niigata, Niigata 950-2181, Japan)

The effect of filtration procedures on *moromi* (sake mash) flavor components was examined. The aroma components (ethyl acetate and ethyl caproate) decreased during automatic squeezing using a filter cloth (*Yabuta*) and pressing into a bag (*Sase*), and the proportion of free fatty acids increased with increasing pressure. This tendency was particularly noticeable in "*seme*" (in which the sake mash was subjected to the highest pressure while pressing) obtained using the *Sase* method. These results suggest that it is difficult to maintain the flavor balance of sake obtained from the "*seme*" part compared to the sake produced during the early stage using the filtration process of the *Sase* method.

Key words: 製成酒 (Sake), 上槽 (Filtration), 香気成分 (Flavor components), 遊離脂肪酸 (Free fatty acids)

緒言

清酒製造において、上槽工程は、清酒醪を製成酒と酒粕に分ける工程である。製造現場における上槽方法としては、多数の酒袋に醪を取り分けて槽に積み、圧搾する佐瀬式と、ろ布板を用いて空気により醪を自動圧搾する藪田式に大別される。

佐瀬式は、醪を多数の酒袋に取り分けて槽に重ねて積むため、多くの人員と長い作業時間が必要となるが¹⁾、通常、大吟醸などの付加価値の高い清酒醪で用いられている。一方、藪田式は、自動圧搾装置による機械化により効率的な上槽作業が行えるため¹⁾、大規模仕込の醪に用いられることが多い。

醪は急激に圧力をかけると、ろ過しにくくなる性質をもつため¹⁾、佐瀬式や藪田式などでは、段階的に圧力を高めて、醪を圧搾しており、この上槽圧力増加に伴って製成酒も区分される。上槽初期から順に「荒走り」、「仲汲み」、「責め」と呼称され、それぞれの区分の酒質は異なることが報告されているものの²⁾、混和して製品とするのが一般的である。醪の上槽圧力の増加に伴う製成酒の酒質の変化は、製造現場においても古くから認識されているが^{3,4)}、上槽圧力毎の製成酒中の成分変化を調べた報告はほとんどない。我々が知る限り、飯野らが佐瀬式は藪田式に比べ、無機成分の増加や官能評価による酒質の変化が緩慢であったことを報告しているに過ぎない⁵⁾。また、現在の吟醸造りでは、カプロン酸エチル高生産性酵母が広く利用されており、吟醸香であるカプロン酸エチルとその前駆体で遊離脂肪酸であるカプロン酸の濃度が高い酒質となる。遊離脂肪酸は清酒のオフフレーバーである脂肪酸臭の原因物質であるため⁶⁾、上槽圧力毎の吟醸香の変化と遊離脂肪酸量の変化に関する知見が得られれば、高品質な清酒製造に応用できる。

本研究では、カプロン酸エチル高生産性酵母を使用した醪を佐瀬式および藪田式で、それぞれ上槽し、得られた製成酒の香気成分と遊離脂肪酸濃度の変化を調べたので報告する。

実験方法

1. 使用酵母

カブロン酸エチル高生産性酵母である、きょうかい 1801 号⁷⁾(以下, K1801), きょうかい 1901 号⁸⁾(以下, K1901), 広島吟醸酵母 (26BY)⁹⁾を用いた。

2. 清酒製造

原料米に兵庫県産山田錦 (精米歩合 35%) を用いた総米 600 kg 仕込を同一の仕込配合で 3 種類, 原料米に新潟県産五百万石 (精米歩合 50%) を用いた総米 3 t 仕込を同一の仕込配合で 2 種類, 計 5 種類すべて純米酒規格で製造した。酒母は, 5 種類すべて普通速醸で行い, 総米 600 kg 仕込では, K1801, K1901, および広島吟醸酵母 (26BY), 総米 3 t 仕込では, K1801, K1901 をそれぞれ用いた。

3. 上槽方法と試料の採取

総米 600 kg 仕込の醪は, 酒袋を用いた手回し式の槽 (佐瀬式) で, 総米 3 t 仕込の醪は藪田式自動圧搾機で, それぞれ常法どおりに上槽した。なお, 何れの方法においても, 上槽直前の醪を 2,000×g, 30 分間の遠心分離を行い, 得られた清澄部分を, その醪の無加圧の試料とした。

佐瀬式の上槽では, 醪が投入された酒袋を積み重ね, 液が垂れなくなるまで自然流出した後, 作業員が製成酒の垂れ具合を確認しながら, ハンドルを回して圧力をかけていき, 翌日に酒袋を積みかえた後, 再び約 24 時間加圧した。本研究では, 上槽初期に流出された白濁した製成酒を荒走り, その後の清澄した製成酒を仲汲みの試料とした。さらにその後, 液垂れが終わった時点で加圧を始め, 醪を加圧して垂れた製成酒を加圧開始時の試料とし, さらに加圧を続けて, 約 5 時間後に採取した製成酒を責めの試料とした。

また, 藪田式自動圧搾機による上槽は, 醪を 0.4 kg/cm² の圧力で 150 段の槽へ投入を開始し, 30 分間毎に 0.1 kg/cm² 昇圧し, 1.4 kg/cm² まで醪投入圧を上げて, 約 6 時間で醪の投入を完了した。その後, 1.0 kg/cm² で圧搾を始め, 30 分間毎に 1.0 kg/cm² 昇圧し, 6.0 kg/cm² まで昇圧し, そのままの圧力で約 12 時間圧搾した。試料として, 圧搾機の垂れ口より直接採取し, 醪投入圧 0.4, 1.0, 1.4 kg/cm², 醪圧搾

Table 1 Typical relationship between the pressure process and *Moromi Tare-buai* by *Sase-shiki* pressure

Pressure process	<i>Moromi Tare-buai</i> * (%)
Non-press	No data
<i>Arabasiri</i>	10.8
<i>Nakagumi</i>	25.0
<i>Press start</i>	46.3
<i>Seme</i>	74.4

**Moromi Tare-buai* is the ratio of sake to *Moromoi* (v/v).

Table 2 Typical relationship between the pressure process and *Moromi Tare-buai* by *Yabuta-shiki* pressure

Filtration press (kg/cm ²)	<i>Moromi Tare-buai</i> * (%)
Non-press	No data
0.4	4.8
1.0	21.5
1.4	46.8
3.0	69.9
6.0	85.4

**Moromi Tare-buai* is the ratio of sake to *Moromoi* (v/v).

圧 3.0, 6.0 kg/cm² 時の製成酒をそれぞれ採取した。

4. 試料の香気成分と遊離脂肪酸の分析

試料の香気成分分析は, 酒類総合研究所標準分析法注解に基づき行った¹⁰⁾。試料中の遊離脂肪酸を, NEFA C-テストワコー (和光純薬工業) を用いた酵素法で測定した¹¹⁾。なお, カブロン酸エチル高生産性酵母を使用した清酒中の遊離脂肪酸組成の 80% 以上をカブロン酸が占めることから¹¹⁾, カブロン酸を用いて検量線を作成し, 遊離脂肪酸濃度を算出した。

5. 官能評価

酒母で K1801 を用いた醪の, 佐瀬式と藪田式の各上槽工程で得られた製成酒, それぞれ 5 点と 6 点に対し, 清酒審査員経験者 3 名による官能評価を行い, 5 点法での総合評価値 (1 非常に良い, 2 良い, 3 普通, 4 悪い, 5 非常に悪い) と, 香味に関するコメントを得た。

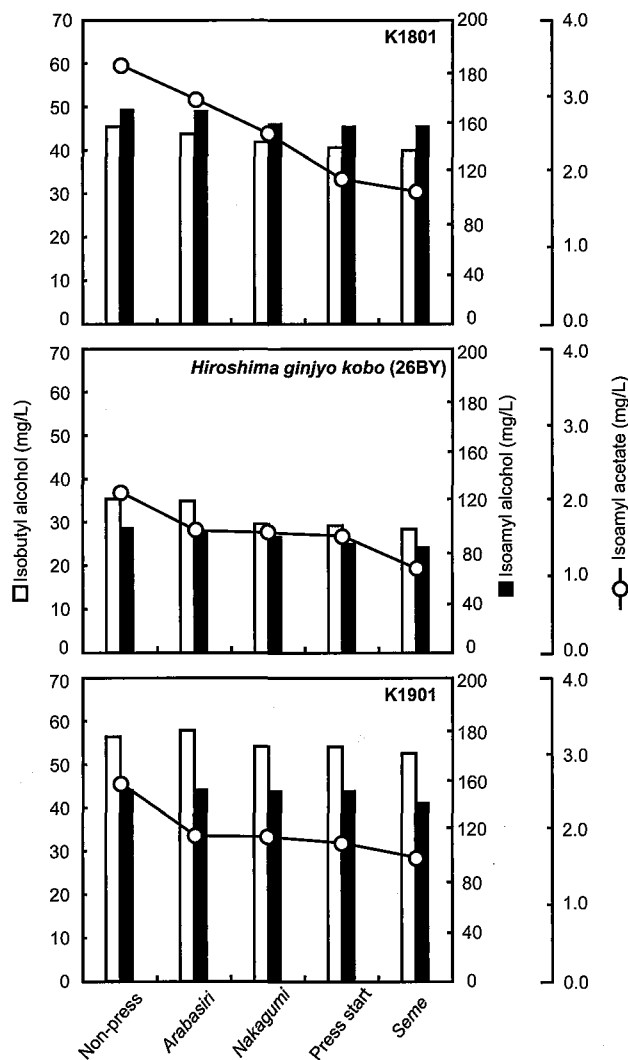


Fig. 1 Changes in concentrations of isobutyl alcohol, isoamyl alcohol, and isoamyl acetate with increasing pressure, during the Sase-method

実験結果

1. 試料の採取

各上槽方法における試料採取時の醪垂れ歩合を Table 1, Table 2 に示す。上槽後の醪垂れ歩合と粕歩合は、同一の仕込配合の醪では、ほぼ同程度であり、また佐瀬式および藪田式の上槽時の槽場の室温と湿度に大きな差はなく、室温約 8℃、湿度約 70% であった。

2. 上槽工程における高級アルコールおよび酢酸イソアミルの挙動

兵庫県産山田錦（精米歩合 35%）を使用した総米 600 kg 仕込を、K1801, K1901 および広島吟醸酵母（26BY）をそれぞれ用いて、3 種類の醪を製造し、酒袋を使用した手回し式の槽（佐瀬式）で上槽した。また、原料米に新潟県産五百万石（精米歩合 50%）を使用した総米 3 t 仕込を、K1801, K1901 をそれぞれ用いて、2 種類の醪を製造し、藪田式自動圧搾機にて上槽した。2 つの上槽方法により得られた各製成酒の

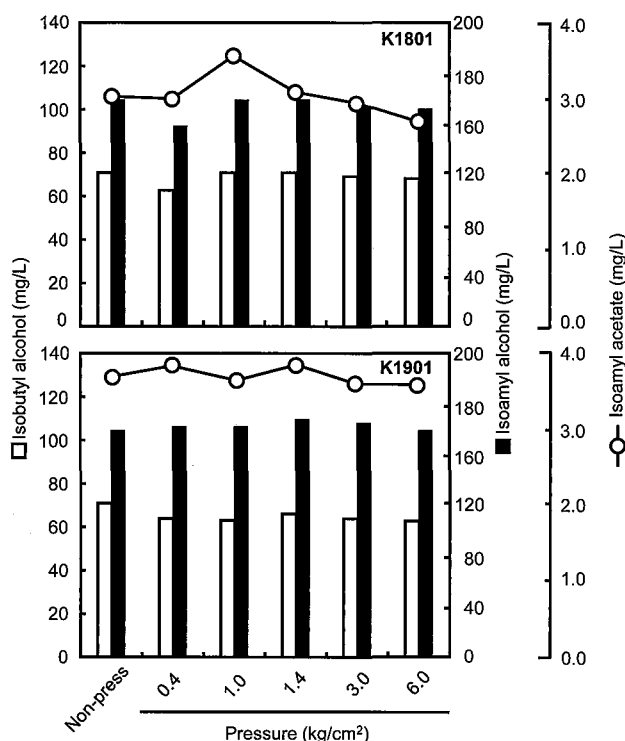


Fig. 2 Changes in concentrations of isobutyl alcohol, isoamyl alcohol, and isoamyl acetate with increasing pressure, during the Yabuta-method.

高級アルコールおよび酢酸イソアミルの挙動を Fig. 1, Fig. 2 に示す。

2-1) 佐瀬式による上槽

無加圧の試料と「荒走り」等の加圧した各製成酒を比較した場合、高級アルコール（イソブタノールおよびイソアミルアルコール）では、僅かに減少傾向を示した（Fig. 1）。一方で、吟醸香である酢酸イソアミルは、いずれの醗の上槽においても、「中汲み」で約3割、「責め」で約4から5割減少した（Fig. 1）。これらのことから、佐瀬式での上槽は、上槽工程が進むに従い、製成酒中の高級アルコールおよび酢酸イソアミルが減少する傾向があるものと示唆された。

2-2) 藪田式による上槽

無加圧の試料と圧力 1.0 から 6.0 kg/cm² 時に採取した各製成酒を比較した場合、K1801 を用いた醗の上槽では、1.0 kg/cm² 以上の圧力において、加圧と共に高級アルコール類および酢酸イソアミル濃度の値が1割程度の範囲で僅かに減少した（Fig. 2）。さらに、K1901 を用いた醗では、同様の減少は確認できな

かったことから（Fig. 2）、藪田式は佐瀬式に比べ、製成酒の高級アルコールおよび酢酸イソアミルの減少に及ぼす影響は小さいことが示唆された。

3. 上槽工程におけるカプロン酸エチルおよび遊離脂肪酸の挙動

上槽圧力の増加に伴うカプロン酸エチルと遊離脂肪酸量、およびカプロン酸エチル量を遊離脂肪酸量で割った値（以下、C/F 比）の挙動を Fig. 3, Fig. 4 に示す。

3-1) 佐瀬式による上槽

佐瀬式による上槽では、無加圧の試料と「荒走り」等の各製成酒を比較した場合、製成酒のカプロン酸エチル濃度が 10 mg/L 以上となった K1801 及び広島吟醸酵母（26BY）を用いた醗では、上槽圧力の増加に伴い、カプロン酸エチルが大きく減少すると共に、遊離脂肪酸が増加したため、カプロン酸エチル量を遊離脂肪酸量で割った値の C/F 比が減少し、特に「責め」で大きく減少した（Fig. 3）。一方で、製成酒のカプロン酸エチル濃度が 5 mg/L 程度の K1901 を用いた醗

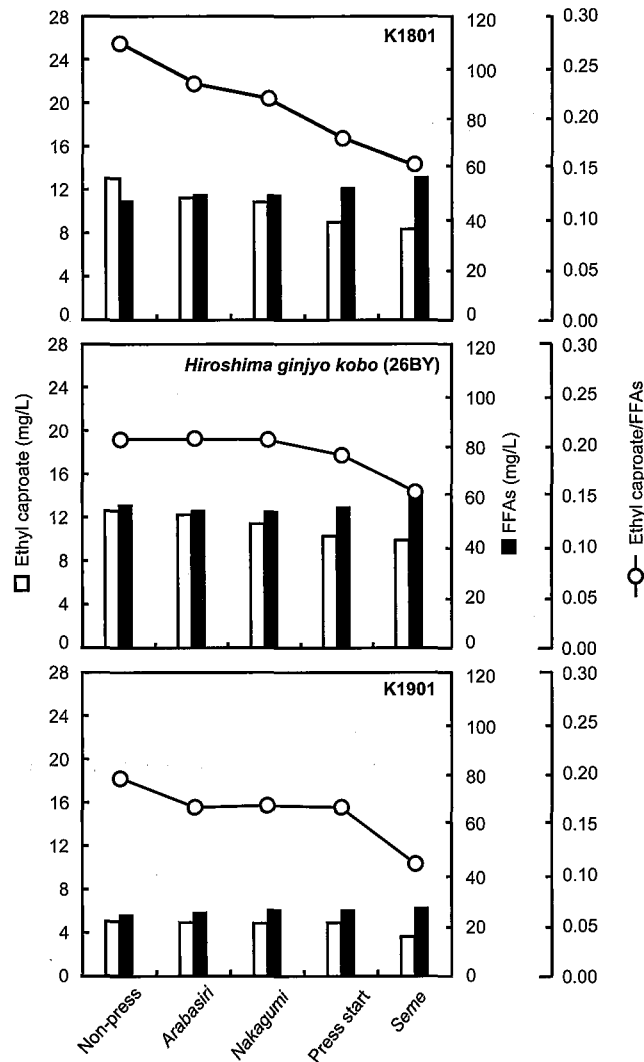


Fig. 3 Changes in concentrations of ethyl caproate and free fatty acids (FFAs), and ratios of ethyl caproate to FFAs with increasing pressure, during the Sase-method

では、遊離脂肪酸の変化はなかったが、「責め」のみカプロン酸エチルが減少したため、C/F比が減少した (Fig. 3)。

以上の結果から、佐瀬式による上槽では、醪上槽時の圧力増加に伴って、得られる製成酒のカプロン酸エチル量が減少した。また、醪を高圧で圧搾した際、佐瀬式では遊離脂肪酸が増加し、特に佐瀬式における「責め」において、C/F比が減少する傾向が認められた。佐瀬式の圧力増加に伴う製成酒の遊離脂肪酸量の増加については、槽中の醪のアルコール分の減少と加

圧が、醪中の清酒酵母の代謝や遊離脂肪酸の酒粕への吸着に影響及ぼし、遊離脂肪酸濃度が変化する可能性も考えられるが、この点については今後検討する必要がある。

3-2) 薮田式による上槽

無加圧と圧力時の製成酒を比較した場合、K1801、K1901 何れの酵母を用いた醪においても、1.0 kg/cm²以上の加圧に伴いカプロン酸エチルは僅かに減少し、遊離脂肪酸はやや増加し、C/F比が減少する傾向を示した (Fig. 4)。また、薮田式の上槽では佐瀬式に比

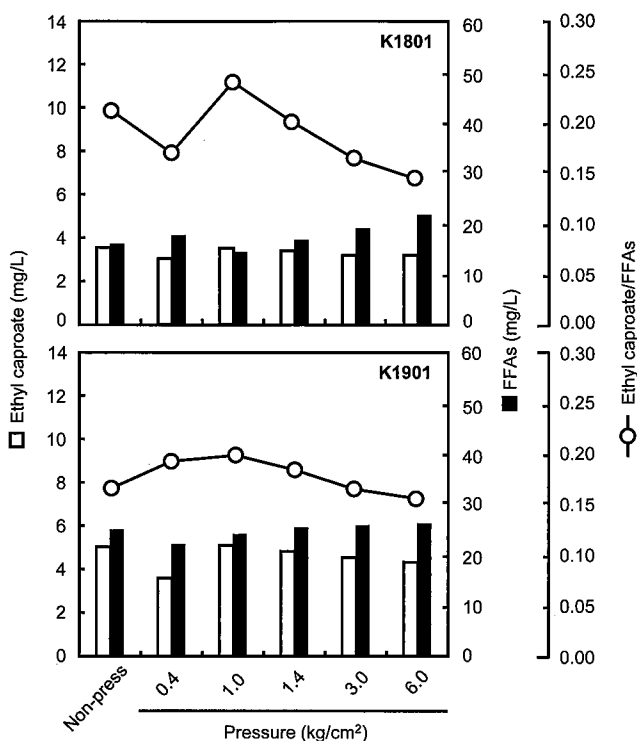


Fig. 4 Changes in concentrations of ethyl caproate and free fatty acids (FFAs), and ratios of ethyl caproate to FFAs with increasing pressure, during the Yabuta-method.

べ、製成酒のカプロン酸エチルに及ぼす影響は小さいことが示唆された。これらの結果から、薮田式の上槽では佐瀬式に比べ、製成酒のカプロン酸エチルおよび遊離脂肪酸に及ぼす影響は小さいことが示唆された。

薮田式は、圧搾板の間に醪が密閉されるため、気中への香気成分の拡散が抑制される可能性があることから、槽に残存する製成酒や酒粕中のこれら成分の残存率など、上槽時における香気成分の挙動を今後詳細に検討する必要がある。

4. 官能評価

酒母でK1801を用いた醪の、佐瀬式と薮田式の各上槽工程で得られた製成酒、それぞれ5点と6点に対し、清酒審査員経験者3名により官能評価を行った。3名の、5点法での総合評価値の平均値と、香味に関するコメントをTable 3, Table 4に示す。佐瀬式では加圧開始以降、薮田式では最高圧6.0 kg/cm²で総合評価値が大きく低下し、雑味や苦味、香りの劣化や油臭といった指摘がされた。

考 察

近年では、吟醸酒製造においてカプロン酸エチル高生産性酵母が広く普及し、カプロン酸エチル含有量の高い吟醸酒が年々増加している¹²⁾。カプロン酸エチル高生産性酵母を使用した醪は、上槽後に脂肪酸臭が発生する事例が製造現場から報告されており¹³⁾、本研究の結果は、これまでに報告されてきた上槽工程毎の酒質の違いを、具体的な成分値の比較で裏付けると共に、カプロン酸エチル高生産性酵母を使用した清酒製品の品質向上のための重要な知見となる。

今回の分析結果から、上槽圧力の増加に伴い、酢酸イソアミルとカプロン酸エチルが減少し、遊離脂肪酸が増加した。佐瀬式は薮田式に比べ、製成酒の各香気成分に及ぼす影響が大きかった。過去に伊藤が清酒醪の香気成分の中で、酢酸イソアミルとカプロン酸エチルが、高級アルコールより揮発しやすいことを報告していると共に、香気成分の保留のためには、醪と空気との接触を防ぐことが重要であると指摘している¹⁴⁾。

Table 3 Sensory evaluation of sake with K1801 obtained using the *Sase*-method

Pressure process	Score*	Comments
Non-press	2.0	"Lightness" and "Clear"
<i>Arabasiri</i>	1.6	"Clear" and "Clear cut"
<i>Nakagumi</i>	1.0	"Rich"
<i>Press start</i>	3.3	"Oily", "Foreign taste", and "Bustling"
<i>Seme</i>	4.0	"Oily", "Bustling", "Bitterness", and "Unbalanced aroma"

*Scores show the average of 3 panels: 1, good; 5, bad (5 point scale).

Table 4 Sensory evaluation of sake with K1801 obtained using the *Yabuta*-method

Filtration press (kg/cm ²)	Score* (Average)	Comments
Non-press	2.0	Clear
0.4	2.3	"Clear" and "Lightness"
1.0	2.0	"Clear"
1.4	1.6	"Clear", "Spectrum", and "Fullness"
3.0	2.6	"Spectrum" and "Foreign taste"
6.0	4.0	"Unbalanced aroma", "Oily", "Bitterness", and "Bustling"

*Scores show the average of 3 panels: 1, good; 5, bad (5 point scale).

醪をほぼ密閉状態で圧搾できる薮田式に比べ、佐瀬式は醪を多くの酒袋に取り分けて槽に積むため、醪が空気と接触する時間が長く、醪からの揮発によって酢酸イソアミルやカブロン酸エチルが減少したものと示唆された。

清酒中において酢酸イソアミルは、吟醸香として認識されるだけでなく、甘みを呈することも報告されていることから¹⁵⁾、酢酸イソアミルの減少は、酒質低下の要因となる可能性がある。また、山根らは遊離脂肪酸のカブロン酸が清酒中において油臭と同系統のオフフレーバーとなることを⁶⁾、また岡本らはカブロン酸エチルの残存率が大きく減少することは、香気バランスの変化を引き起こし、清酒中の脂肪酸臭の認識に関与する可能性があると指摘している¹⁶⁾。従って、C/F比の著しい減少を伴う清酒醪の上槽は、圧力が高い区分、佐瀬式においては特に「責め」において酒質の低下が懸念される結果となった。

K1801を用いた醪の、佐瀬式と薮田式の上槽工程で得られた各製成酒の官能評価を行った結果、醪を高圧で圧搾した区分や、佐瀬式における「責め」では、雑味や苦味、香りの劣化や油臭といった指摘があり、明らかに酒質が低下した。この結果は、「責め」の製成酒は雑味が強く、異臭があり、酒質が低下するとい

う、これまでの報告と同様であるとともに¹⁷⁾、C/F比の著しい減少を伴う清酒醪の上槽は、酒質を低下させるという、本研究結果を支持するものとなった。

これまでも、「荒ばしり」、「中汲み」、「責め」の酒質に差異があることは、製造現場において認識されており³⁴⁾、特に「責め」は、「荒ばしり」および「中汲み」と比較し、雑味や異臭の指摘があるため酒質が低下すると報告されている¹⁷⁾。製成酒の酒質低下を回避する対策としては、単純に「責め」を区分する方法が広く用いられている²¹⁷⁾。「責め」を取り分けた場合、その部分を活性炭ろ過等で香味を矯正し、普通酒等への混和することが一般的であるが、活性炭による脂肪酸臭の矯正は困難であることが既に報告されている¹⁸⁾。したがって、カブロン酸エチル高生産性酵母を使用した清酒製造においては、圧力区分の存在しない均一な製成酒を得る上槽方法（例えば遠心分離¹⁹⁾など）を採用することが、さらなる酒質の向上につながる可能性がある。

今後は、上槽圧力の増加に伴う遊離脂肪酸量の増加、原料米や精米歩合等の醸造条件が及ぼす影響や、遠心分離による上槽方法を詳細に検討する必要がある。

要 約

佐瀬式および薮田式でのカブロン酸エチル高生産性酵母を使用した吟醸醪の上槽時の圧力増加に伴う、製成酒の香気成分と遊離脂肪酸の挙動を調査した。佐瀬式および薮田式では、上槽圧力の増加に伴い、香気成分は減少し、遊離脂肪酸は増加する傾向にあり、特に佐瀬式の「責め」部分の製成酒の酢酸イソアミルおよびカブロン酸エチルの減少が顕著であった。これらの結果から、上槽圧力が高い区分の製成酒は、上槽初期に得られる製成酒の香気バランスをそのまま維持することは難しいことが示唆された。

謝 辞

本研究に関して有益なご助言を賜りました、新潟県清酒学校前校長 山下進先生に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 永谷正治：醸協，**61**，1022-105 (1966)
- 2) 財団法人日本醸造協会：増補改訂最新酒造講本，195 (2010)
- 3) 畑生道雄，萱島昭二，河村稔，宮入正躬，蓼沼誠，秋山裕一：醸協，**61**，574-579 (1966)
- 4) 平野佐五郎，窪田千里，河合高明，久次義夫，原昌道，鷺頭昇一，菅間誠之助：醸協，**61**，

- 580-584 (1966)
- 5) 飯野修一，渡辺正平：醸協，**8**，555-559 (1989)
- 6) 山根善治，武宮重人，川瀬直樹，佐伯宏：醸協，**92**，224-227 (1997)
- 7) 吉田清：醸協，**101**，910-922 (2006)
- 8) 蓮田寛和：醸協，**109**，576-581 (2014)
- 9) 藤原朋子，山崎梨沙，大土井律之，外薮寛郎：醸協，**112**，641-654 (2017)
- 10) 公益財団法人日本醸造協会：酒類総合研究所標準分析法解，42-44 (2017)
- 11) T. Kuribayashi, M. Kaneoke, D. Hirata and K. Watanabe : *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **76**, 391-394 (2012)
- 12) 国税庁 (<https://www.nta.go.jp/taxes/sake/shiori-gaikyo/seibun/2018/pdf/001.pdf>)
- 13) 第2回きょうかい酵母・市販清酒勉強会1801号酵母Q&A (<http://www.jozo.or.jp/wordpress/wp-content/uploads/2013/11/e7608da03efdc7306a7e5770f5ad8931.pdf>)
- 14) 伊藤清：醸協，**82**，144-148 (1987)
- 15) 吉沢淑，鈴木大介，進藤育，角田潔和，小泉武夫：醸協，**92**，217-223 (1997)
- 16) 岡本竹巳，佐々木隆浩：栃木県産業技術センター研究報告，**6**，56-58 (2009)
- 17) 木田昇次：醸協，**58**，16-18 (1963)
- 18) 長井隆，鈴木利明，山下進，田崎裕二：醸協，**110**，534-537 (2015)
- 19) 田口隆信：醸協，**109**，550-556 (2014)