

## 特集 お酒の安全を守るために



清酒製造では、酵母などの微生物が活躍しています。つまり、清酒もろみには微生物が生きられる栄養があるということ。「それなら、もろみに雑菌が入ったら増えてしまうの？」と気になったことはありませんか？  
ご安心ください。お酒はアルコールが含まれていることなどから雑菌は繁殖しにくいと考えられています。今回は、雑菌のひとつであるセレウス菌が、清酒製造工程で増殖しないことを証明した研究について、ご紹介します。

### 今回の研究手法あれこれ

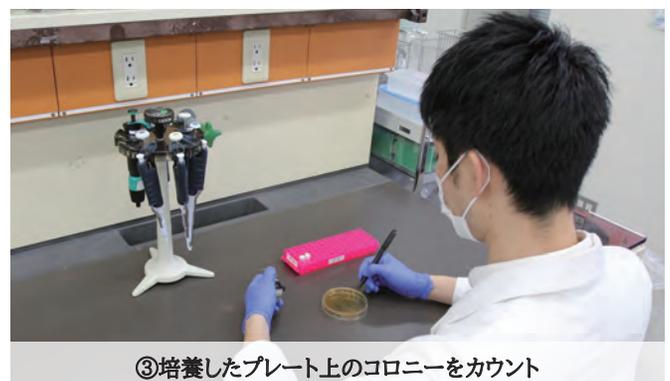
- ①小仕込【こじこみ】…小スケールで酒類を仕込むこと。実験室では、500ml程度の容器や恒温器などを使用して実際の仕込み環境を再現する。製麹時の水分量や、仕込時のセレウス菌の添加量など、特定の条件のみを変えた比較試験をすることも可能。
- ②質量分析【しつりょうぶんせき】…試料中の分子をイオン化し、その質量と電荷の比から分子を特定する方法。試料中に含まれる成分（イオン）の量も合わせて測定できる。今回はセレウス菌の生産する毒素の定量に使用。
- ③培養【ばいよう】…微生物を増殖させること。今回はプレートを使用し、小仕込試料中の僅かなセレウス菌の計数を行った。



①小仕込したもろみからのサンプリング



②質量分析機器 (LC-MS) を使用した毒素定量



③培養したプレート上のコロニーをカウント

# お酒の安全を守るために

## ✓ お酒の中にある微生物

ーお酒の製造には微生物が関わりますが、雑菌汚染が起こることありますか。

お酒はアルコールを含有しており、微生物の生育にとって過酷な環境です。そのため、もろみや清酒中ではアルコールを造る酵母やアルコール耐性のある乳酸菌など一部の微生物以外は生育しないと考えられてきました。雑菌のうち、いわゆる食中毒の原因菌についても同様で、これまで酒類中の食中毒起因細菌に関する検討はほとんど行われていませんでした。

ところが、Jeonらが2015年に発表した論文では、市販の清酒中に含まれる微生物を検査した結果、*Bacillus cereus* (バチルス・セレウス、以下、セレウス菌といいます。) という細菌が検出されたと報告されました。

セレウス菌は穀類で問題となることの多い食中毒原因菌です。セレウス菌による食中毒には、菌体そのものを摂取することで起こるタイプと、セレウス菌が産生した毒素によって起こるタイプがあります。一般的には穀類原料の食品1g中に $10^1 \sim 10^3$ 個程度のセレウス菌が存在しますが、この程度の菌体量ではどちらのタイプの食中毒も発症しないと言われています。

### ～芽胞を形成するセレウス菌～

芽胞は、一部の細菌が形成する非常に安定な細胞構造です。生育環境が悪化した時などに形成します。芽胞の状態では増殖できませんが、熱や乾燥などの劣悪な環境に耐えることができます。生育環境が良くなると発芽し、栄養細胞となって増殖することで、食中毒の原因になります。

## ー「清酒中に食中毒菌が存在する」と聞くと不安です。

セレウス菌が存在していても、その量が少なければ食中毒の発症リスクはありません。しかし、先ほどのJeonらの報告では、市販清酒中に存在するセレウス菌がどのくらいの量であったかは報じられていません。

また、セレウス菌が芽胞を形成していた場合、殺菌は容易ではありません。食品中で芽胞が発芽すると、増殖し毒素が作られる可能性があります。食品を加熱しなおして栄養細胞が除去できても、毒素は残ります。そのため、当研究所では清酒の全製造工程でセレウス菌が増殖し得るかどうかが(芽胞が発芽するかどうか)を調べ、清酒の安全性を確認しました。

## ✓ お酒は安全？

ーまずは製麹(せいきく)工程から教えてください。

製麹工程では、蒸米に麹菌を接種し、2日程度かけて麹菌を生育させます。麹菌の生育のために蒸米の水分量は慎重にコントロールされますが、セレウス菌の生育にとっても水分は重要であり、水分が多いと増殖

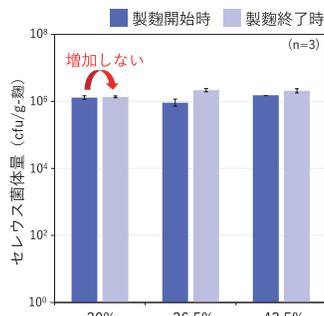


図1 蒸米水分量(横軸)がセレウス菌増殖へ及ぼす影響

※標準的な蒸米水分量は33% (酒造教本(公益財団法人日本醸造協会))

しやすいと考えられます。そこで、製麹開始時の蒸米の水分量を変えて製麹を行い、セレウス菌の挙動に対する水分量の影響を確認しました(図1)。また、製麹開始時に異なる量のセレウス菌の芽胞を蒸米に接種し、製麹初期の菌体量の影響を調べました(図2)。

その結果、かなり水分の多い条件やセレウス菌の摂取量が多い条件でも芽胞の発芽・増殖は認められず、セレウス菌の産生する毒素も定量下限未満でした。

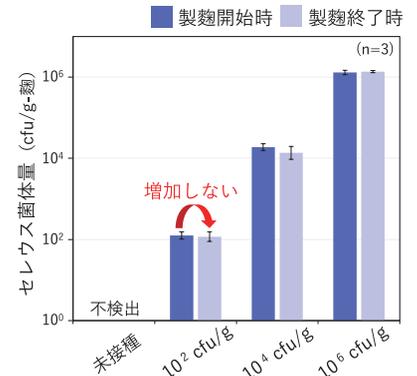


図2 製麹初期のセレウス菌体量(横軸)が増殖へ及ぼす影響

※「cfu/g」「cfu/ml」は、1g又は1mlの試料中に生きている微生物の数を示す単位です。10<sup>3</sup>cfu/mlは、「1mlの試料中に1000個の微生物が存在する」という意味になります。

## ー次に、清酒のもととなる酒母(しゅぼ)の製造工程について教えてください。

麴と水、蒸米を混ぜ、酵母を添加して酒母(しゅぼ)を造ります。酒母は乳酸を添加してpHを低くすること、低温で操作することで、雑菌汚染を防いでいます。そのため、酒母の発酵中も芽胞の発芽・増殖は認められず、毒素も定量下限未満でした。

ところが、酒母の製造方法には、最初に麴と水、蒸米だけを混ぜ高温でデンプンの糖化を行い、冷却したのちに酵母を添加する方法(高温糖化酒母)もあります。この場合、酒母が完全に冷却されるまでに、セレウス菌の生育に適した温度帯を通過します。

そこで、酒母の冷却時間がセレウス菌の生育に与える影響を検討しました(図3)。その結果、冷却開始から終了までに24時間要した場合であっても、糖化開始時に多量に添加した芽胞の発芽・増殖は見られず、毒素も定量下限未満でした。

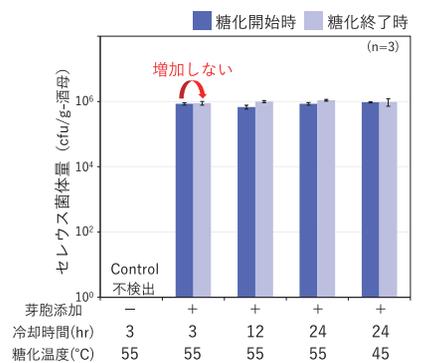


図3 冷却時間がセレウス菌増殖へ及ぼす影響(冷却開始時に乳酸添加)

## ーいよいよ、もろみの発酵工程です。

酒母に、さらに多量の蒸米、水、麴を加えてもろみを仕込みます。もろみは1か月程度かけて低温で発酵を進め、最終的に15~20%程度のアルコールを含む環境になります。発酵開始時に多量のセレウス菌の芽胞及び栄養細胞を添加した上で、発酵中のセレウス菌の挙動を調べたところ、栄養細胞は速やかに減少し、芽胞の発芽・増殖も認められず(図4)、毒素も定量下限未満でした。

## —もろみに残ったセレウス菌の芽胞はどうなりますか。

発酵の終了したもろみは、上槽(じょうそう)という工程でお酒(液体)と酒粕(固体)に分離されます。この時、セレウス菌の芽胞はお酒からほぼ排除されます(図4)。

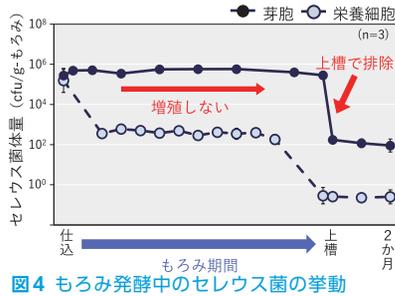


図4 もろみ発酵中のセレウス菌の挙動

さらに、得られたお酒は香味を整えるためにフィルターなどでろ過されます。仮にセレウス菌芽胞がわずかに残っていたとしても、ろ過により除去されるため最終製品の清酒にはほとんど芽胞は残りません(図5)。

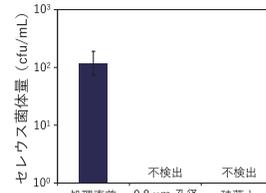


図5 ろ過によるセレウス菌芽胞の除去

事実、市販の清酒162点(生酒及び低アルコール清酒を含む)を対象にセレウス菌の菌体量を調べたところ、60%以上の市販酒で検出下限(0.01個/ml)未満であり非常に低い値でした。また、含有毒素量も調べましたが、全て定量下限未満でした(図6)。

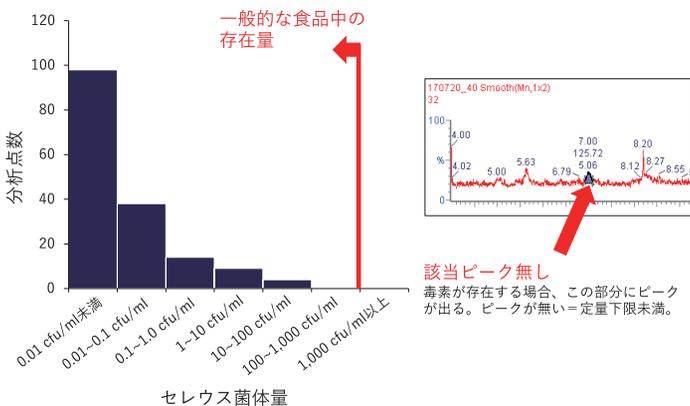


図6 市販清酒中のセレウス菌存在量(左)、毒素定量結果(右)

## ✓ 食品を製造するという事

### —お酒の安全を守るために出来ることを教えてください。

食品事業者による衛生管理が重要です。2018年6月に改正された食品衛生法により、原則としてすべての食品事業者がHACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point)に沿った衛生管理を実施することとされました。

HACCPは、1960年代の宇宙開発(アポロ計画)に際しNASAが考案したものから始まった、食品の衛生管理手法です。宇宙には病院がなく、携帯する物資も限られています。そのため、宇宙食は絶対に食中毒を起こすことがあってはならず、高度な衛生管理が求められたのです。

### —HACCPについて、もう少し詳しく教えてください。

HACCPとは、食品製造事業者自らがあらかじめ食中毒菌汚染や異物混入等の健康に悪影響をもたらす原因となるような可能性のある物質など(危害要因:Hazard)についての情報を、収集・整理・評価(危害要因分析:Hazard Analysis)した上で、原材料の入荷から製品の出荷に至る全工程の中で、それらの危害要因を除去又は低減させるため、特に

重要な管理工程(Critical Control Point)を定め、常時管理し記録する衛生管理の手法です。

従来、食品工場の衛生管理では、最終製品(数千~数万個)の一部(数個)を抜き取って検査していました。この方法では、問題のある製品があっても検査されずに見逃してしまう可能性があります。これに対し、HACCPでは重要な管理工程(問題が生じる可能性があり、管理することでそれを防ぐことができる工程)を常時管理しているため、より効果的に問題のある製品の出荷を未然に防ぐことが可能となるとともに、原因の追及が容易となります。

### —清酒の製造場ではどのようなことに気を付けているのですか。

基本的に、清酒もろみや清酒中で病害微生物は生育することができません。ですが、アルコール耐性のある一部の乳酸菌などはもろみや清酒中で生育することができ、清酒の香味や品質を損なってしまうことがあります。こういった商品価値の低下を防ぐため、一般的な衛生管理が重要になってきます。

食品工場の衛生管理において5Sと呼ばれる基本項目は、「整理」「整頓」「清掃」「清潔」「習慣」です。この5Sを踏まえて衛生管理を進めていきます。特別難しいことをするのはありません。例えば、施設内、設備や機械器具類は適した方法で洗浄・殺菌し作業場を正常・清潔に保つこと、使用する水や原料などを衛生的に管理すること、従業員の健康状態を把握し衛生管理についてしっかり理解させた上で作業させることなど、ごく一般的なことを行います。これらを従業員全員がルールとして守ることで、習慣化していきます。このような衛生管理により、清酒の安全は十分に保つことができます。

## ✓ 発酵食品と微生物、衛生管理

### —発酵食品の微生物管理は今後どうなっていくのでしょうか？

清酒造りには様々な微生物が関わっています。例えば、伝統的な製法である生酏(きもと)系酒母では、蒸米と水、麴を混ぜたところに乳酸菌をうまく増殖させて、清酒酵母の生育に有利な環境を作り出しています。この乳酸菌は自ら生成した乳酸等によっていずれ死滅してしまいましたが、生酏系酒母では必要な存在です。

つまり、酵母や麴菌以外を排除し、純粋・無菌な環境を目指すことだけが衛生管理のゴールではありません。好ましくない微生物は抑え、有用な微生物を生育させる古くからの経験則を解き明かし、微生物のコミュニティ全体をうまく制御できるようになっていくと良いですね。

平成18年国税庁入庁。平成22年より酒類総合研究所勤務。酒類の菌叢や乳酸菌に関する研究などを担当。

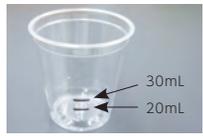
醸造技術開発研究部門研究員、醸造技術研究部門主任研究員などを経て、令和元年7月より現職。

醸造微生物研究部門 主任研究員  
高橋 正之(たかはし まさゆき)



## 1 全国新酒鑑評会の様子

令和元酒造年度全国新酒鑑評会は4月22日～24日に予審を実施しました。なお、本年は新型コロナウイルス感染拡大による緊急事態宣言を受け、審査員の参加が困難になったため、決審は中止となりました。そのため、予審の結果から入賞酒のみを選定し、金賞酒は選定していません。



審査酒はプラカップで個別に提供しました。プラカップには30mlと20mlの容量で目盛りがついています。



審査委員の座席は2m以上離し、審査委員同士が向かい合うことの無いよう配置しました。審査前には体温測定もしています。



審査委員一人ずつに審査酒、個別吐器、水やアルコールスプレー等が配付されています。

## 2 研究成果の発表

日本農芸化学会2020年度大会(3月25日～28日、九州大学)の開催は中止されましたが、アルコール耐性酵母の探索や形状の異なる精米により醸成した清酒のメタボライト比較など5題、同大会シンポジウムにおいて2題の講演要旨が公開されました。

## 3 研究所で清酒造りを学ぶ

日本酒造組合中央会との共催で、第114回酒類醸造講習(清酒コース:6月9日～7月1日、短期製麹コース:9月7日～11日)を開催しました。当講習を修了された皆様の今後益々のご活躍を期待しています。なお、新型コロナウイルスに対する政府の方針等を踏まえ、清酒コースは開始時期を遅らせ、期間を短縮して開催しました。

## 4 清酒の官能評価の専門家を目指して

清酒に関する官能評価の専門家を養成することを目的として、清酒官能評価セミナー(8月25日～28日)を開催しました。

当セミナーの修了者で、セミナー中に実施する試験に合格後、清酒の官能評価に関する経験を証明する申請書を提出し、基準を満たした方を「清酒専門評価者」として認定しています。

## お 知 ら せ

### 1 清酒の老ねやすさを分析します

新型コロナウイルス感染拡大に伴い、全国の国税局鑑定官室が実施している、長期貯蔵が見込まれる清酒に関する技術相談に対して、DMTS生成ポテンシャル(老ねやすさの指標)の分析を実施することで、協力しています。

<https://www.nrib.go.jp/bun/cvinfo.htm>

国税庁HPもあわせてご確認ください。

### 2 日本酒を海外に伝えるために

海外の消費者に日本酒を分かりやすく紹介するために、A5サイズのリーフレットを作成しています。現在、英語、韓国語、中国語(繁体字)、中国語(簡体字)の4言語を用意しています。海外の方への日本酒の説明に是非ご活用ください。

[https://www.nrib.go.jp/sake/sake\\_leaflet.htm](https://www.nrib.go.jp/sake/sake_leaflet.htm)

### 3 清酒・焼酎の専門用語の標準的英語表現リスト ご意見募集中

清酒・焼酎を英語で説明する際に参考にしていただけるよう、専門用語の標準的英語表現リスト(Sake Terms、Shochu Terms)を作成しています。今後の改訂に当たり、利用者の皆様のご意見を反映させたいと考えておりますので、ご意見・ご要望などございましたらお寄せください。

清酒 [https://www.nrib.go.jp/sake/st\\_info.htm](https://www.nrib.go.jp/sake/st_info.htm)

焼酎 [https://www.nrib.go.jp/sake/sht\\_info.htm](https://www.nrib.go.jp/sake/sht_info.htm)

### 4 ワイン醸造技術まとめサイトを開設しています

ワイン造りに関する技術情報が掲載された図書やWEBサイト、

関係団体などの情報を分野ごとにまとめた「ワイン醸造技術まとめサイト」を開設しています。英文サイトの記事を詳細の紹介とともに追加しました。

[https://www.nrib.go.jp/wine/wine\\_info.html](https://www.nrib.go.jp/wine/wine_info.html)

### 5 酒造りに必要な微生物を守るために

公設試験研究機関、酒造組合、酒類製造業者等の皆様が所有する麹菌や酵母などの酒類醸造微生物リソースが災害等によって亡失することを防ぐための受託保存(バックアップ)や、黄麹菌・黒麹菌の受託DNA解析を行っています。

<https://www.nrib.go.jp/data/zyutakuhozon.htm>

<https://www.nrib.go.jp/bun/kouzizyubun.htm>

### 6 酒類総合研究所標準分析法注解が販売されています

酒税関連法規に関連する分析法だけでなく、酒類の製造管理や品質管理等に関する分析方法などを定めた「酒類総合研究所標準分析法」を作成しています。この解説書である「酒類総合研究所標準分析法注解(標準分析法注解編集委員会 編)」は、公益財団法人日本醸造協会から販売されています。

<https://www.nrib.go.jp/topics/nribtopi291108.htm>

### 7 皆さまのご意見をお寄せください

今後の誌面作成等の参考とするため、広報誌エヌリブに関するアンケートを実施しておりますのでご協力のほどよろしくお願い申し上げます。

<https://www.nrib.go.jp/sake/sakeinfo.htm#kouhou>

#### 発行 独立行政法人酒類総合研究所

National Research Institute of Brewing (NRIB)  
ホームページ <https://www.nrib.go.jp/>  
〒739-0046 広島県東広島市鏡山 3-7-1  
TEL : 082-420-0800(代表)

◆「エヌリブ」は当研究所ホームページからご覧になれます。

<https://www.nrib.go.jp/sake/sakeinfo.htm#kouhou>

◆本誌に関する問合せは、広報・産業技術支援部門までお願いします。なお、ご意見やご感想もお寄せください。

TEL : 082-420-0840  
メール : [info@nrib.go.jp](mailto:info@nrib.go.jp)  
(江村、山田、藤井)

