

発酵の基礎と清酒醸造

東京農業大学醸造科学科
准教授 進藤 斉

はじめに

今日の講義は「発酵の基礎と清酒醸造」で酒類用語の基礎とか、清酒がいかにか他のお酒と違うかという内容です。まず発酵とは、醸造とは何なのか、清酒と日本酒は何が違うのか、こういう専門的な基礎部分を理解することが後の理論を理解するために重要です。具体的には麴と酵母と酵素は何が違うのかなど、この様な内容を押さえてから進めていきます。講義前半に発酵の基本、基礎的サイエンスというところとちょっと身構えるかもしれませんがきちんと説明していきます。「なんとなくの理解から脱却して理論に基づいた確信」を目標としていただきたい、というところです。

今日の講義には、おすすめの飲み方や料理との合わせ方、おすすめの銘柄についての期待もあるでしょう。私は大学でお酒造りのサイエンスを研究、教育する立場ですので、私たちにはそのような優劣やおすすめの銘柄はありません。飲む酒や料理の合わせ方も含めて、おすすめを人に頼らないで、それぞれの好みに合わせて楽しんでいただきたいと思います。

その理由は日本全国の酒蔵数の昨年度実績は約 1100 あり、実際に酒造りに関わっている人のうち、農大醸造の卒業生が約 5 割または 6 割を占めています。つまり、OB たちが酒造りで活躍しており、そのためお酒を楽しむ際には、酒瓶のラベルの向こうに OB の顔が浮かぶこともあるのです。

講義で微生物の理解を通じて、優しい科学として理解することで、講義終了後、結果的においしく楽しく生活に貢献できるような基礎知識の習得、それが知的好奇心の充足となります。科学的な根拠に基づいた酒選びや飲酒の楽しみ方を学び、自分の好みを理解し、ラベルを読むスキルを磨くことで、おすすめを聞かずに自分で選べるようになります。

東京農業大学醸造学科はここ最近まで国内唯一の醸造学科でしたが、このジャンルは学術的需要があるのか、後から入ってくる大学もありますし農学部を新たに作るという大学が出てくる時代になっています。大学院博士課程まで醸造学専攻を持っているのは現状東京農業大学だけと聞いています。

酒類研究には試験製造免許が必要で、酒造免許は品目別に出されます、我々は全 14 品目持っており大学としても圧倒的に清酒製造量が多いです。

今日の講義は私の担当している 2 年生の麴製造学（酒造りのための麴造り）と 3 年生の清酒学、これらは必修、半期 15 コマあり、その中からこの場に相応しいであろう内容のエッセンスの部分だけを説明します。学内の教育課程は 3 年の後期には酒類生産学実験を行います。酒母の違う清酒を 5 人 1 班で 2 タイプを製成試料として約 3 リッターぐらいの酒造りを実践するという事です。この実験で酒造りを学問としてやり、製造を実践するということが、本学 醸造科学科の特徴です。

1. 発酵の基礎

1-1: 発酵とは

■発酵は日本の環境に適応した貴重な保存技術

日本列島は南北に長く四季があり、四季があるから旬があります。旬とは収穫が集中的であること、余剰ができること、時期によって何も収穫できない時期があることを指します。またその季節だけに収穫できることも指します。発酵は、保存と貯蔵の一形態です 保存や貯蔵の方法として、例えば糖を増やすことや塩を加えることで水分活性を下げ、微生物の発達を防ぎます。燻煙や乾燥は、水分を減らすために行われ、保存性を高めます。干物やドライフルーツもこれに当てはまります。また塩の存在下での発酵や酸発酵を含む発酵は、現代では主に嗜好食品として見な

されることも多く、その嗜好性が高く、地域に伝統的な発酵食品として広がっています。食材が旬の時期に集中的に収穫する必要性が薄れている一方で、本来、発酵は保存と貯蔵の方法の一つであり、さらに四季が特有の日本の環境で発展してきた考え方です。

1-2：発酵と醸造

発酵に対して、醸造というのはどういうことか。結論から言うと発酵の方が意味合いが広く、醸造の方がその中で一部を説明していると捉えていただければいいと思います。

発酵は、酵母や細菌などの生物の酵素作用によって、有機化合物（主に糖類）が分解され、その過程でアルコール、有機酸、炭酸ガスなどが生成される生化学的な現象です。英語で fermentation、一方、醸造は brewing です。一般の国語辞典では発酵作用を応用して酒類、味噌などを製造することですが、発酵というのは意味合いが広く、醸造は人為的に何か物づくりをするという意味合いです。醸造に brewing を当てるのは議論の分かれるところで brewing を逆引きすると、ビール醸造と訳されることが多く、もちろん英語圏には日本酒を造るという概念はありませんからビール醸造だけに限るということもあるので、時に醸造も fermentation と表現されます。本学学科名（醸造科学科）は fermentation science と表現しています。

発酵と腐敗の違いについても触れておきます。発酵と腐敗は共に微生物の作用に関与しますが、区別があります。国語辞典には「腐敗は人に対して有害なもの」としていますが、この「有害」の定義は主観的であり、個人の食嗜好によって異なります。このため、一般的には「人体に対して深刻な害を及ぼすものが腐敗である」という定義が用いられます。

1-3：酵素は生きていない

■酵素は特定の物質に作用する触媒タンパク質

酵素は生きていないという表現をするから間違いが始まります。酵素は生命を持たず、生きていないもので、唾液中のアミラーゼなどが例です。

これらは特定の反応を促進する触媒タンパク質で、例えば、肉を柔らかくする唐揚げ粉には植物由来のパパイアから取ったパパイン酵素が含まれており、肉を軟らかくします。酵素は基質特異性を持つタンパク質で、特定の物質を分解するために「鍵と鍵穴」のような関係を持ち、何でも分解するわけではありません。酵素が活性を有している状態を「生きていない」と擬人化されることがありますが、科学的には酵素は生命体ではなく、擬人化して説明するのは一般向けにはいいとして科学的でなく、我々の学内ではそういう考え方はしません。科学的に整理しておきましょう。

1-4：醸造・発酵における微生物のおおまかな分類

右図は〇〇菌というものから、菌を省略した場合の意味を理解する図です。

菌を省略した時の意味について考えますと、乳酸菌は乳酸という物質を作る菌、酢酸菌は酢酸という物質を作る菌です。基本は〇〇菌は△△を作る菌のことです。

乳酸菌はミルクを利用するために使われると誤解されがちですが、実際にはキムチやスグキ漬けは乳酸発酵を利用しています。納豆菌は納豆を作る菌です。

麹・酵母については少し分りにくい点があります。

麹菌は麹という食品中間原料を造る菌であり、麹菌は麹カビとも言い換えられます。麹菌は塩麹のブーム以降、広まり、麹を造る菌として理解され、清酒の世界では麹はほぼ全てが米麹ですので、米麹と表し、〇〇菌は △△を作るものという次元が成立します。厄介なのは酵母菌は酵母を造る菌ではなく、酵母と同じ意味を持つため、〇〇菌は△△を作るための菌という次元が成立しません。麹と酵素と酵母は何が違うかまとめると、酵素は先の説明

言い換え例：高校生 & 一般向け			参考 高校生向け資料を転用
菌名	「菌」省略	→意味	
麹菌	麹	中間原料	
酵母菌	酵母	同義	
乳酸菌	乳酸	物質名	
酢酸菌	酢酸	〃〃〃	
納豆菌	納豆	食品	
麹カビ	米麹		
「酵素」→そのまま；言い換え困難			

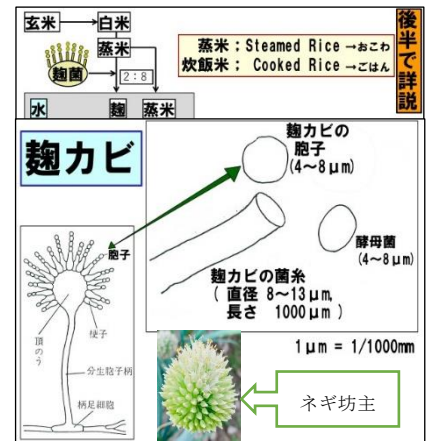
の通り、麴は米麴、麴菌は麴カビ、酵母菌と酵母は同じ意味ということになります。是非、食卓などで復習してください。「大根おろしは消化を助ける酵素が含まれています」とか。

1-5：日本における麴とは、麴菌とは何か

清酒作りの概略工程・麴カビを右図に示します。

最初に、玄米を白米に精米し、そこに麴菌を植え付けます。

蒸し米に麴菌が生えたものが米麴です。お酒を作る際に、最初に米麴を造り、蒸した米と、さらに酵母を使って糖化とアルコール発酵を進めます。最終的に、これを搾って清酒が完成します。麴カビの模式図は断面図ですが、実際はカビはネギ坊主のように球状に生えています。この図に酵母を追加しようとすると、サイズが全く異なります(麴カビの胞子は数 μm 、酵母も数 μm)。麴カビの胞子と酵母は微細で目に見えない存在ですが、サイズのには麴カビの方が大きいです。



微生物を使った麴は、東洋では米麴、西洋では麦芽として利用され、アミラーゼ供給源として重要です。日本の散麴(バラコウジ)は粒に麴を生やすのに対し、東アジアでは粉状の穀物に別のカビを生やす餅麴と呼ばれます。麴は日本に限らず、東アジア、東南アジア、中国などでも利用されています。麴を糶と表すことがありますが、それは日本の国字です

2：酒類の分類

2-1：酒類の醸造学的分類とその定義

酒類の分類(醸造学的)	
分類	代表例
醸造酒	清酒, 果実酒, ビール
蒸留酒	焼酎, ウイスキー, スピリッツ
混成酒	リキュール

蒸留とは?	
沸点(気化温度)の差を利用	
アルコールを濃縮する	
水	→約100℃
アルコール	→約80℃

清酒は醸造学的に醸造酒に分類されます。お酒の分類は左図になります。

一番下から説明していくと、混成酒があります。混成酒は、リキュールのように何かを漬け込んだものです。例えば、梅酒など家庭で作ることのできるホームリキュールまたは市販されているものもあります。アルコール発酵が完了した後に何かを加える酒が混成酒です。

蒸留酒は焼酎・ウイスキー・スピリッツはアルコール発酵の後に蒸留というプロセスがあります。蒸留とは、沸点の違いを利用して行うもので、水の沸点は100度である

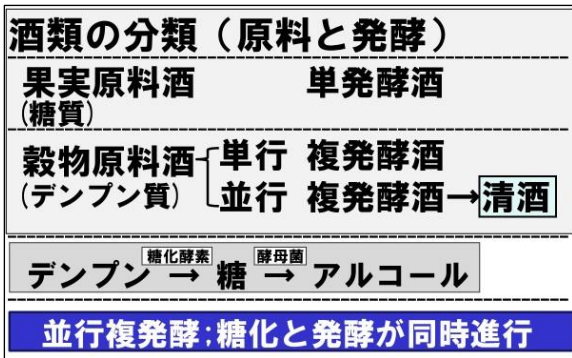
のに対し、アルコール(エタノール)の沸点は約80度です。簡単な模式図のように、アルコール発酵が終わった後、醪を加熱すると熱蒸気が出ます。この際、水よりも先にアルコールの蒸気が上がるため、最初に出てくる蒸気を冷却することで濃いアルコールが得られることが蒸留酒の原理です。従って、焼酎のアルコール度数が高い理由は、この様なプロセスによるものです。

2-2：酒税法上の酒類の品目と数量(概略)

お酒の定義は、日本国内では酒税法によって規定されています。お酒かどうかの基準は、アルコール分が1度以上含まれる飲料とされています。このアルコール度数は%で表されますが、日本の定義では100ml中に含まれるアルコールの量をmlで示すものです。エタノールの比重は約0.8なので、1mlは0.8グラムとなります。国によっては、アルコールをグラム数で表すこともあります。国ごとに表記方法が異なるため、結果が異なることがあります。例えば、アルコール4グラムは5mlに相当します。

酒類の定義及び種類；H18改正	
酒税法第2条	
「酒類」とは、アルコール分1度以上の飲料(中略)をいう	
度数→%	(v/v)→100ml中の含有量
参考：エタノール(アルコール)の比重：約0.8	
1.0ml	≒ 0.8g

2-3：原料と発酵による酒類の分類



酒の場合はタンクの中でドロドロの状態デンプンを糖に変えるプロセスとアルコール発酵が同時進行しており、これを並行複発酵酒と特徴づけられます。一方、ビールは単行複発酵酒の一例で、麦芽を粉碎し、糖化の後すぐろ過します。従って、ビールのアルコール発酵時には基本的に固形物を含まず、糖化工程は完了しています。結局、清酒とビールは原料と発酵のプロセスが大きく異なる例であり、学問的な分類でもこの違いが重要です。

2-4：酒類の定義・清酒の定義

清酒の消費量は、現在の税制の下でどれくらいなのか、減少傾向にあることは明らかです。出荷量が最も多いのは国税統計によると、リキュールが一番多く、いわゆる第3のビールと呼ばれるカテゴリーもここに入ります。また、缶チューハイの中でも比較的甘いもの、ハイボール缶の一部もこれに該当します。具体的には、リキュールが244万kl、ビールが194万klという統計が出ており、清酒は40万klで5番目に位置しています。酒税法によってカテゴリーが定義されており、統計データも国税庁から品目ごとに発表されています。

清酒の定義は酒税法において、「清酒」という用語しか使われておらず、「日本酒」という表現は存在しません。この定義は平成18年に改正追加され、初めてアルコールの上限規定が設けられました。

「清酒」と「日本酒」	
清酒の定義（酒税法：H18(2006)年5月改正）	
酒税法第3条七	
清酒 次に掲げる酒類で	
アルコール分が22度未満のものをいう	
イ	米、米こうじ及び水を原料として発酵させてこしたもの
ロ	米、米こうじ、水及び清酒かすその他政令で定める物品を原料として発酵させて、こしたもの（その原料中の当該政令で定める物品の重量の合計が米（こうじ米を含む）の重量の 百分の五十 をこえないものに限り）
ハ	清酒に清酒かすを加えて、こしたもの

また、政令によって定められた物品を原料として使用することも許可されており、酒粕も一部原料として使用することができます。この様に、酒税法において、酒の分類は原料や製法に基づいて詳細に規定されており、それぞれの酒類は特定の品目別に分類されています。

醸造学的には、原料と発酵プロセスに基づいてお酒を分類する方法もあります。これは、果実原料酒とデンプン質の原料酒に分けるもので、アルコール発酵のプロセスが大きく異なります。

果実原料酒は、もともと果物に含まれる糖を酵母菌がアルコールに発酵させるプロセスしかありません。これを単発酵酒と呼びます。一方、デンプン質を糖に変えるプロセスは、アミラーゼと呼ばれる酵素によって行われ、その後アルコール発酵が行われます。清

■統計データ（課税数量）は国税庁が発表します

令和3年の課税数量（国産＋輸入）：抜粋	
リキュール	244万KL
ビール	194万KL
スピリッツ	100万KL
発泡酒	60万KL
清酒	40万KL
単式蒸留焼酎	39万KL
その他の醸造酒	29万KL
果実酒	34万KL
連続式蒸留焼酎	31万KL
ウイスキー	16万KL

→新ジャンル 他残：リキュール、 缶チューハイ（sweet） ハイボール缶等
スピリッツ 缶チューハイ（高Alc）
みりん 9.4万KL
合成清酒 1.9万KL
甘味果実酒 0.7万KL
ブランデー 0.4万KL
粉末酒 } 雑酒 } その他の醸造酒 に合算発表

国税庁「酒のしおり」、R5年6月発表

酒類の分類は、「酒税法」で定義

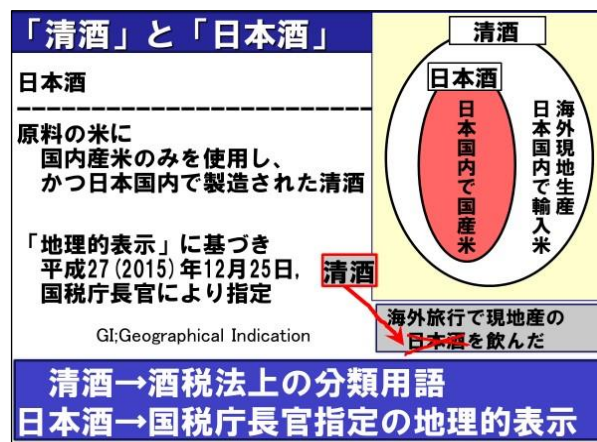
具体的には、アルコール度数が22度未満の酒を指します。以前には、より高いアルコール度数を持つ酒も存在していました。醪の末期にアルコールを添加することで、より高いアルコール濃度の酒も造られていました。この改正以降、酒の分類が整理され、高アルコール度数のものはリキュールなど別の分類になりました。

清酒の基本的な原料は米、米麴、および水であり、これらを発酵させてから濾すという工程が清酒の定義に含まれます。一方で、濾す工程を経ない酒は「どぶろく」とされ、特定の地域で生産されています。濾す方法には、ざる、網、遠心分離機などが用いられることもあり

2-5: 日本酒の定義

日本酒の定義は比較的最近まで明確ではありませんでした。2015年12月に国税所長官によって指定された地理的表示により、日本酒は原料の米に国内産米のみを使用し、日本国内で製造された清酒とされました。これは日本酒を保護するための措置であり、日本酒という呼称の誤用を防ぐ役割を果たしています。

右図のように、清酒の中に日本酒が含まれます。これは国内産米を使用したものを指し、日本酒でない例は、海外で生産された清酒です。ただし、現在はこのような例は存在しませんが、例えば輸入米を使用した場合、それは日本酒ではなく清酒とされます。原料の米に国内産米のみを使用するという条件が厳格です。純米酒でなければならないと誤解される例がありますが、アルコールの添加や、政令で定められた物品や酒粕を使用しても良いのであり、用語の定義は非常に重要です。



3. 清酒の製造状況

3-1: 清酒製造量

令和3酒造年度の清酒の製造状況 (令和5年4月発表、国税庁鑑定企画官調べ)	
清酒の製造場	→1139場 (前年比20場減)
清酒製造数量	約167万石 (前年0.6%減) (20度換算) うち特定名称酒: 43.6%
原料玄米	18.4万t
白米で	11.7万t使用; 平均精米歩合62.5%
製成粕	3.2万t

酒造年度は7月から翌年6月までで、酒造期間が年度を跨がないように調整されています。令和3年酒造年度の製造統計は、最新情報として令和5年4月に発表されました。清酒の製造場は1139場で、前年度比で20場減少しました。製造数量は20度換算で約167万石に相当し、減少傾向です。

(1石=1800=一升瓶100本分)

「製造数量の20度換算」と「課税数量」は、日本酒の製造において重要な概念です。製造数量は、アルコール20度換算で算出された量で、課税数量はアルコール濃度に基づいて算出された量です。

低アルコールの商品は11%や12%で出荷され、原酒は17度程度で出荷されることがあります。

一般的には15度程度ですが、これらの出荷時のアルコール濃度で課税数量が算出されます。製品のタイプには、特定名称酒(大吟醸、吟醸、純米など)が含まれ、製造数量の43%を占めています。ただし、製造数量と課税数量は異なるため、数字が異なることに注意が必要です。

3-2: 酒造場の変遷

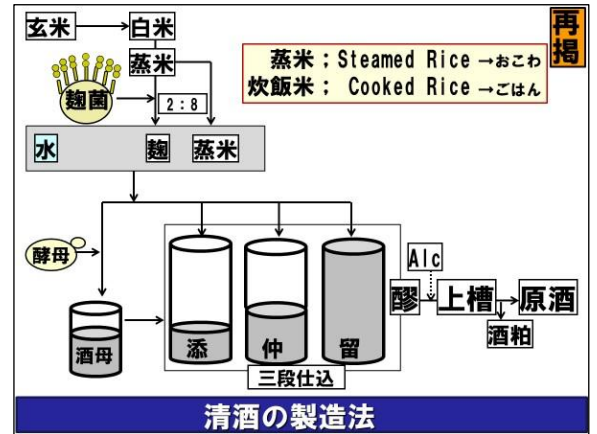
1970年代に出荷量がピークに達し、その後は減少傾向が続いています。製造場の数も、ピーク時の4000から現在は1000台に減少しています。濁酒(どぶろく)について、特定の地域で特区として認められているのは約200場ですが、統計データは平成15年以降からしかありません。どぶろくの成分やアルコール濃度は日々変動するため、具体的な統計は存在しません。分類上、どぶろくはその他の醸造酒に分類され、清酒の統計には含まれていません。一般に見かける濁り酒は、目の粗い素材を使用して固液分離する工程が含まれており、濁り具合は程度の問題です。

一方で、酒を搾る上槽プロセス(固液分離を行う工程)をろ過とは言いません。固液分離で製成してきた原酒をろ過することをろ過と言います。ラベルに「無ろ過」と記載されているお酒は、原酒にろ過プロセスが行われていないことを示しています。

4. 酒造りの原料と製法

4-1: 工程の概略

全体の工程は、精米 (①)、麴菌を生やす (②)、米麴を作る (③)、米麴と蒸米と水を仕込む (④)、酵母の働きによるアルコール発酵 (⑤)、醪の仕込み (⑥)、最後に醪を搾って酒と酒粕に分けるという手順です。



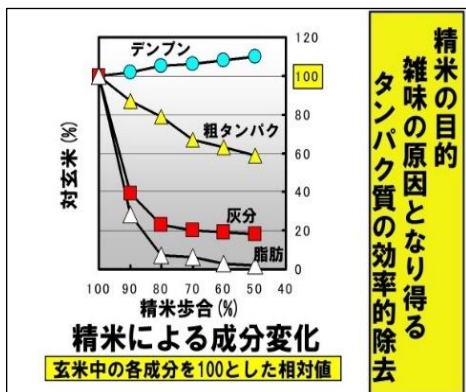
$$\text{精米歩合}(\%) = \frac{\text{白米重量}}{\text{玄米重量}} \times 100$$

4-2: 米を磨く、米を削る

酒造りの最初のステップは精米です。本学の精米機は一般のお米屋さんのもとは異なり、特殊な構造を持っています。精米には通常、商業的な精米機では10時間程度かかりますが、本学では20時間以上かけて行います。それは急速な精米が熱を発生させ、温度を上昇させることを避けるためです。

一般的な食用米は通常、七分づき (93%) や九分づき (91%) などの精米歩合で販売されますが、酒造りにおいては平均精米歩合は62%となります。

精米歩合による成分 (タンパク質・脂質・でんぷん質など) の変化をグラフ化し、左図に示しています。精米は、米の外層から削ることで行われ、その目的は粗タンパク質の除去です。精米歩合を減少させると、脂肪と灰分が急激に減少しますが、これに対して、タンパク質は精米歩合が下ってもあまり減りません。



この差異は、外層と中心部に成分が偏在していることを示しています。精米の主な目的は、粗タンパク質を効率的に取り除き、味わいを損なわずに雑味を減少させることです。全くタンパク質がなくなるとタンパク質が分解して生成するアミノ酸が少なくなり、味わいが乗りません。完全なタンパク質の除去は避け、バランスを保つ必要があります。従って、外層をうまく削りながら、米の形状を維持することが重要です。

この差異は、外層と中心部に成分が偏在していることを示しています。精米の主な目的は、粗タンパク質を効率的に取り除き、味わいを損なわずに雑味を減少させることです。全くタンパク質がなくなるとタンパク質が分解して生成するアミノ酸が少なくなり、味わいが乗りません。完全なタンパク質の除去は避け、バランスを保つ必要があります。従って、外層をうまく削りながら、米の形状を維持することが重要です。

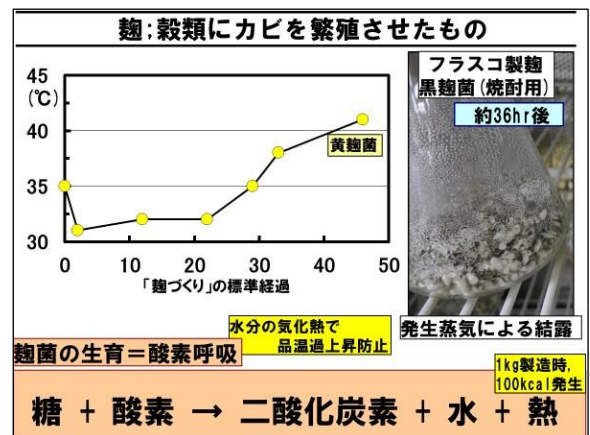
4-3: 米麴の役割と麴菌の使い分け

麴を造る工程、製麴 (せいきく) といいいます、麴菌が生育する過程 (右図に示します) は、酸素呼吸で、糖 (グルコース) と酸素の相互作用です。麴菌は酸素を取り込み、その結果として二酸化炭素と水が生成され、同時に熱が発生します。

室温が一貫して30度前半である一方、麴造り過程では途中で発熱が起こります。これは、増殖熱と呼ばれ、以下のプロセスで発生します。

最初、麴を造り始めると、蒸した米はそのまま半透明の白い色ですが麴菌が増殖し始めると、米が白く変色し、結露が生じます。この発熱過程によって、麴菌は酸素を吸って糖を代謝し、二酸化炭素と水を生成します。生成された水分は、ガラス容器などでは器壁で結露します。

このプロセスでは、水分、それから発生熱ともに上手にこもらせて上手に逃がすということをやっ、水分と発生熱を効果的にコントロールすることが重要です。次工程ではタンクの中で水と共に仕込んで



東京農業大学の杉材の節のない、手作り製麴用の麴室

糖化とアルコール発酵が同時進行していきドロドロに進んでいきます。

5. 醪のアルコール発酵管理と日本酒度

醪（もろみ）に関して、甘口と辛口の選択について説明します。

日本酒度		日本酒度と比重	
清酒、合成清酒の比重を表示するために設けられた単位			
日本酒度浮ひょうを用いて測定必ず、+、-の符号を付けて示す			
	+10	0.9931	
	+4	0.9972	
	+2	0.9986	
	+1	0.9993	
±0:	±0	1.000000	
15℃で4℃の純水と同じ(比重1.0)			
	-1	1.0007	
	-2	1.0014	
	-4	1.0028	
	-10	1.0070	

甘くない → 辛い
糖液は重い → 例: ガムシロップ
糖化酵素 酵母菌
デンプン → 糖 → アルコール

醪というのは並行複発酵で木桶またはステンレス発酵タンクでアルコール発酵が行われます。アルコールの比重は水よりも軽い性質を持ちますこの比重を測るために、日本酒度浮秤が使用されます。

比重は水が1で、アルコールは0.8です。糖液は比重が重い傾向があります。(ガムシロップの例)

アルコール発酵が進行し、糖分が減少すると、比重が徐々に小さくなります。比重のプラスマイナスゼロの位置は1であり、これが日本酒度の基準です。比重が大きい方はマイナスとされ、比重が小さい(軽い)方がプラスとされ、その数字が大きい方が相対的に辛

口で、小さい方が甘口とされます。

アルコール発酵管理という面では、同じメーカーで同じ製法を用いて日本酒を作る際、一貫性と品質の保持が重要です。日本酒度の管理は、製造過程の再現性を確保するために不可欠です。最終製品として出荷される日本酒には特定の品質が期待されます。消費者は、同じ銘柄の日本酒を飲んだときに一貫性を期待します。

製造側から見れば、アルコール発酵の管理は非常に重要で、日本酒度の調整は品質のキープポイントです。そういう意味でそのサイエンスとしての本質を知ってもらおうと酒造りに対する考え方が深く理解できると思います。

6. 酸度と日本酒度による清酒の甘辛濃淡の関係

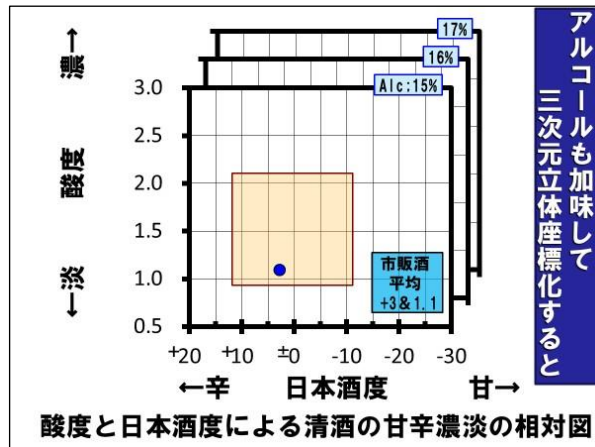
右のグラフは、日本酒の特性を示すために使われます。縦軸は「酸度」で、酸味と濃淡さを示します。一般的な市販の日本酒の平均は、日本酒度がプラス3で酸度が1.1程度です。真冬に搾った生酒は酸度が2.0以上のものもあります。参考に示した枠は多くの酒は四角で囲った範囲に収まるという例です。

酸度と日本酒度をXY平面に、アルコール度数をZ軸に考えると、日本酒の特性を立体的に表現できます。標準的なアルコール度数は約15%ですが、それより低いもの(14から12)や高いもの(16とか17)も考えられます。

例えば、暮れに出てくるような搾りたて原酒生酒は、酸度が1.9で日本酒度が-5の位置にあります。夏にリリースされる生酒は、酸度1.0で日本酒度+8の位置にあるかもしれません。この様に、アルコール度数や酸度、日本酒度の組み合わせによって、日本酒の味わいや特性が異なります。

この立体座標を使えば、自分の好みやお酒の選択に役立つ情報を得ることができます。それぞれの軸が甘さや辛さ、濃淡さ、アルコールの強さなどを相対的に表現し、日本酒のバリエーションを理解しやすくします。

横軸は「日本酒度」で、甘さと辛さを示

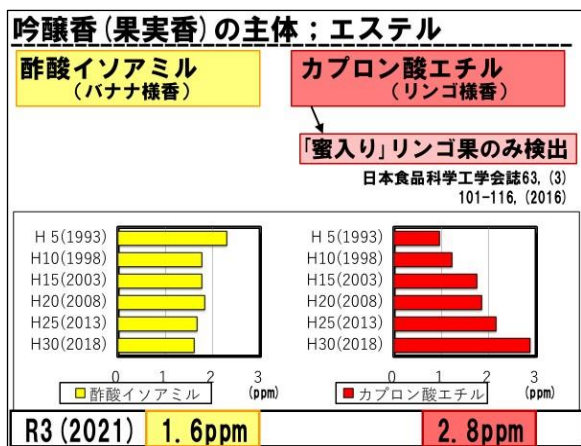


7. 吟醸香（果実香）の主体

吟醸酒の香りについて、ラベルには詳細な成分が表示されません。「吟醸香」と呼ばれる香りに関連する主要成分には、酢酸イソアミル（バナナのような香り）とカプロン酸エチル（蜜入りリンゴのような香り）があります。興味深いことに、カプロン酸エチル（ヘキサン酸エチル）は、蜜入りリン

ゴから検出されますが、通常のリンゴからは検出されないという研究論文もあります。

この様に、吟醸酒の香りは酵母に影響され、酵母の種類によって異なる香りが生まれます。



市販の吟醸酒では、バナナのような軽やかな香りをもたらす酢酸イソアミルの存在が漸減しています。

一方で、カブロン酸エチルは高生産酵母が平成二桁年に開発され、カブロン酸エチル（蜜入りリンゴ香）を含む酒が増えています。

最新でデータ(左図)にありますように2021年ではカブロン酸エチルが優勢のお酒が多いということです。従って、吟醸酒の香りは酵母の選択とその進化によってコントロールされ、バナナのような軽やかな香りや、甘く重い蜜入りリンゴのような香りを楽しむことができます。

8. 吟醸や大吟醸の数字表現

「吟醸」とか「大吟醸」といった言葉が日本酒についての情報をわかりにくくしていることがありますが、数字で示される部分だけを抜粋しました。

平成4年9月に級別制度が廃止されました。同期して特定名称酒が定められ、さらに、その後平成15年に改正されました。右図は、横軸には精米歩合、縦軸には白米あたりのアルコール添加量が表示されています。

精米歩合は、下げることで、効率的にタンパク質含有量を減らすことができ、その結果、味わいがよりスッキリした方向に向かいます。つまり、精米歩合が低いほど、

タンパク質が少なく、よりスッキリとした味わいになります。これが精米歩合の重要性です。従って、精米歩合が低い(吟醸→大吟醸)ほど、タンパク質が少なく、よりスッキリとした味わいになります。原料米のコストも考慮する必要があります。100kgの玄米を購入しても、実際に使用できるのは60kgまたは40kgに減るためコストが高くなることも理解できます。

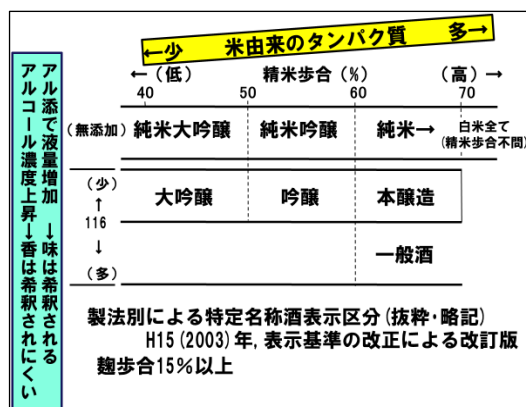
さらに、縦軸にはアルコールを添加するかどうかを示されています。このアルコールは醪を搾る前に加えられます。一方、アルコールを添加しないものは「純米」と呼ばれます。

アルコールを添加すると、醪の液量は増加しますが、同時に味わいが希釈されます。ただし、アルコール濃度がわずかに数パーセント上昇します。この増加したアルコール濃度によって、香り成分が酒に移行しやすくなります。実際、香り成分は水よりもアルコールに溶けやすく、アルコール濃度の上昇により、液量が増加するため、固形物が減少し、香り成分が酒に移行しやすくなり、酒粕に移行しにくくなります。その結果、香り成分が希釈されにくく、香りが豊かに保たれます。

この理由から、コンテストなどに出品される高品質の吟醸酒は、アルコールを添加して製造されることが多いです。アルコールの添加によって、香りと味わいのバランスを調整し、より洗練された日本酒を造ることができます。

アルコールの添加について否定的な意見もありますが、攻撃的に考える必要はありません。過去の物の不足時代に生まれた技術を今も使っているとか諸説ありますが、日本酒の品質を向上させる手段として取り入れられ続けてきました。諸外国では最終製成前にアルコールを添加するものを醸造酒とはしないとか、国際基準に合わせるとどうかと言われている例もあるでしょう。

我々は国内での酒税法に基づいて日本酒を製造し、許容された原料に対して科学的な説明とメリットを持っています。この立場から、さまざまな議論が存在することを理解していますが、特定の白黒をつける立場にはありません。



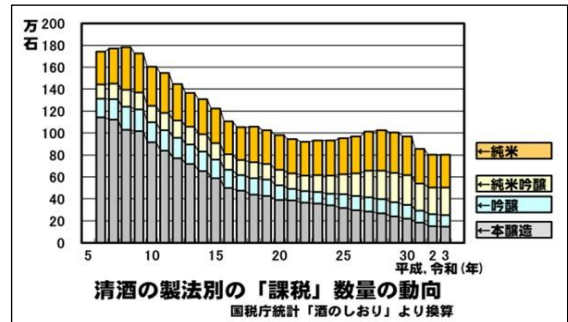
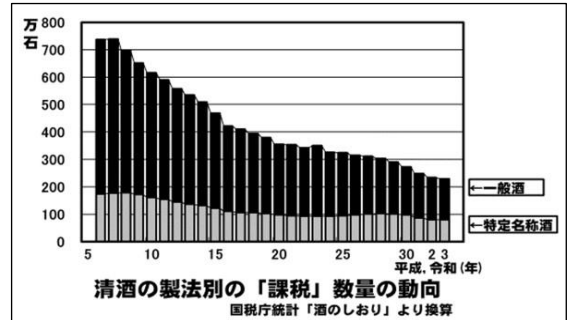
9. 清酒の近年における数量変化

平成時代に日本酒の生産量は約60%も減少しました。特に一般酒は減少傾向にあり、一方で高級な特定名称酒はあまり減少していません。

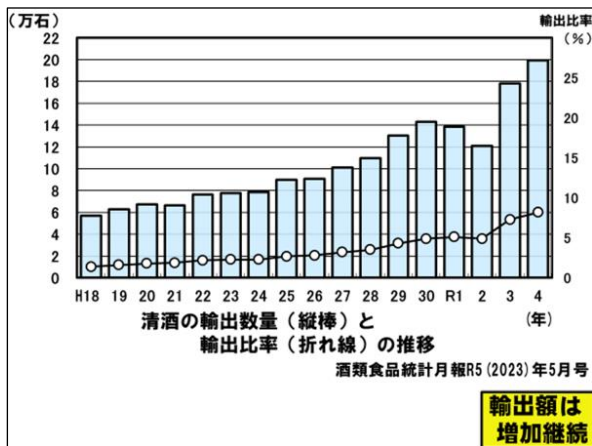
現在の世代にとって、日本酒のイメージは微妙なものかもしれません。我々の年代は若い頃の日本酒の体験があまり良くなかった、大学や新入社員の歓迎会で、よくわからない日本酒をたくさん飲まされ、その結果次の日は気分が悪くなり、それ以来日本酒が苦手となった方が多かったです。

今の学生世代は、お酒を飲む機会が限られており、大学に入っても日本酒による不快な経験がないため、お酒を自分から楽しむというスタートを切る際に、彼らにとってはネガティブなイメージがないのが特徴です。この点で、日本酒にとっては良いことかもしれません。

内訳（下図）も本醸造が減っていて、純米が増えていくことをグラフで示しました。詳細解説はあえて割愛します。



10. 清酒の輸出量・輸出比率推移



日本酒の輸出に関して、製造量と輸出額の観点から考えてみましょう。輸出量は製造量に対して約8%程度という割合で着実に増加しています。輸出量自体は若干減少している時期もありますが、一般的には輸出額として表現されることの方が多く、右肩上がりの成長を続けています。

しかし、私は立場上一貫して製造量に焦点を当てて話をしています、なぜなら、輸出額は価格に影響され変動があるものとして捉えているからです。輸出額は、全体としては増加傾向にあります。逆に、日本国内で本場の日本酒を求めて、外国から多くの

旅行者が訪れることも非常に重要です。日本酒をその産地で味わいたいという外国人旅行者が増加することは、日本酒産業にとって大きなポジティブな要因と言えるでしょう。

まとめ

「何となく」を納得し、それを裏付けるサイエンスをいつの間にか楽しく身につけ、理解できましたでしょうか。今度美味しく飲めそうですか？ 例えば、冷奴を肴にいろんな日本酒を飲み比べるという実践の場に、今日の知識が活用されることを願っています。

【質疑応答】

Q1：糖質ゼロという日本酒を飲んでいますが、製法とか違いはあるのでしょうか？

A1：糖質ゼロの日本酒は、基本的にアルコール発酵を進め、糖分をほとんど残さないように製造されます。この過程で特殊な酵母や麹菌を使用し、糖をアルコールに変える工夫が行われていると推測します。具体的な方法は各酒蔵によって異なり、特許などが関わることもあります。

Q2：お酒とは残念な出会いでしたが、克服していま日本酒を楽しんでいます。日本酒はワインと同じように千差万別の味わいがあります、味の違いを出すファクターは米の種類なのか発酵微生物の働きでしょうか？

A2：米品種は、同一メーカーが同一の造りをした場合には利き分けられるかもしれませんが。けれども、基本的にはそれより後工程の方がずっと手がかかっていますので、酒造りのプロセスで使う種麹菌の種類を変えたりとか、酵母の種類を変えるという使い分けを行っています。この使い分けテクニックで、自社ラインナップ内で異なる味わいを提供し、顧客に楽しんでもらうと理解していただけるかと思います。

Q3：美味しい水のところで美味しい酒ができるとよく言われるんですけど、水によってこの製造過程においてどこがどう違うんでしょう？

A3：水の重要性は以前ほど強調されていない傾向があります。水処理技術が発達したからです。原酒は出荷時に割り水を行います。醸造が完了すると、アルコール度数が18%または19%程度に達することがあり、出荷前にアルコール度数を15%まで希釈します。

割り水の際に使用する水は酒の質に大きな影響を与えます。例えば、蒸留水を使用すると酒の腰がぬけたようになることがあります。そのため、醸造に使用した仕込み水で割ることが推奨されることもあります。しかしそれでは味が乗りすぎるので蒸留水と仕込み水を半々で事前にブレンドしたもので割り水するなど、後工程へ来れば来るほど直接的に関わってくるので、水に関しては現代でも気を使われています。

さらに言うと、水が良いところに水田があって水田で良い米ができて、それを長距離輸送せずにそこで造り酒屋という仕事が成立する。水車精米の時代があり、水運でそのお酒を運んでいたわけですからやっぱり水というものに対するありがたさというのは水質だけではなく、水量と環境というところでも大事なことです。

進藤 斉（しんどう ひとし）先生のプロフィール

1967年秋田市生まれ、

秋田高校卒業

東京農業大学醸造学科卒業

同大学院修了後、助手に採用、

2012年04月 - 現在

東京農業大学 応用生物科学部 醸造科学科 准教授

学位

博士(醸造学) (2007年04月 東京農業大学)

主な著書『発酵食品学』（小泉武夫編著、講談社；酒類の総説及び清酒（製麹を含む）担当）など。

※ 当講義録は佐倉市国際文化大学・事務局編集部員が編集し講師の承認を得て作成されたものです。