

麴の品質は予測できるか

醸造技術開発研究部門 小林 健

1. はじめに

清酒製造業界では、熟練技能者の高齢化による後継者不足によって、酒造技能の継承が困難になっており、非熟練労働力による製造を余儀なくされている。このような状況で、製造する清酒のタイプに応じて異なる品質の麴を造り分けることが必要で、高度な経験を要する製麴について出来る限り少ない経験で技術を取得するためには、製麴操作の意義を正しく理解し、製麴条件の違いにより麴の品質がどのように変化するかということを経験ではなく知識として知る必要がある。麴の品質自体いまだに明確ではないが、麴菌が生産する蒸米成分の分解酵素力の強さ（酵素力価）と麴菌の菌体量が数値で表すことの出来る重要な品質判定基準であることには議論の余地がない。特に、麴菌が生産する代表的な分解酵素である α -アミラーゼ・グルコアミラーゼ・酸性プロテアーゼ・酸性カルボキシペプチダーゼの酵素力価やその相互バランスは、特に吟醸酒といった高級酒の製造では重要な麴の品質要件と考えられている。この麴の酵素力価と製麴条件の関係については、20年以上前に岡崎らによって研究され、蒸米水分・製麴温度等が酵素力価とそのバランスに大きく影響していることが示されている。しかしながら、この研究は製麴開始時から終了までに麴の温度が約10℃上昇し、水分が約10%減少するという酒造場での製麴を再現した条件では行われていないために、製麴現場での製麴条件を検討するにはさらに進んだ研究が必要であった。

我々は、温度・湿度を自由に設定できる環境で酒造現場での製麴を実験室規模で再現する手法を確立し、製麴条件と麴の酵素力価・菌体量との間の統計的な関係式を得た。これにより、製麴制御に必要な「どの時点でどのような製麴条件が麴の品質にどのような影響を与えるのか」という製麴工程の時間経過に対応した製麴条件についての知見を得ることができた。こういった知見を利用することで、酒質に応じて麴を造り分ける際に最適な製麴条件を簡便に設定することが可能になると考えている。

また、麴菌は製麴過程の間で常に一樣な状態ではなく、種麴の孢子から発芽して菌糸を伸ばして成長するなかで米粒の表面・内部に栄養を求めて増殖する（基底菌糸）以外に米粒から離れて成長し（気中菌糸）最終的には孢子を造る。このような機能分化の影響は製麴技術の上では言及されてこなかった。しかしながら、実際にこの2種類の菌糸の性質を比較すると全く異なることが明らかになり、麴の品質を調べる上で気中菌糸の存在は無視できないと考えられる。

2. 製麴時間に応じて変化する製麴条件の下での麴の酵素力価と菌体量

酒造現場での製麴を実験室で再現性良く多数実施するために、50g規模の製麴方法を開発した。400回以上の製麴試験を行い酵素生産・菌体量に及ぼす影響を調べた結果、製麴温度に関しては初発温度の影響が大きく盛り後の温度の影響は小さかった。蒸米水分に関しては初発水分と製麴中の乾燥の両者がともに影響していた。種麴接種量は酵素間のバランスにも影響をしていた。また、手入れの頻度も影響していた。これらの知見は、従来の実験室規模の製麴試験の結果が示すよりも実際の製麴結果をよく再現している。

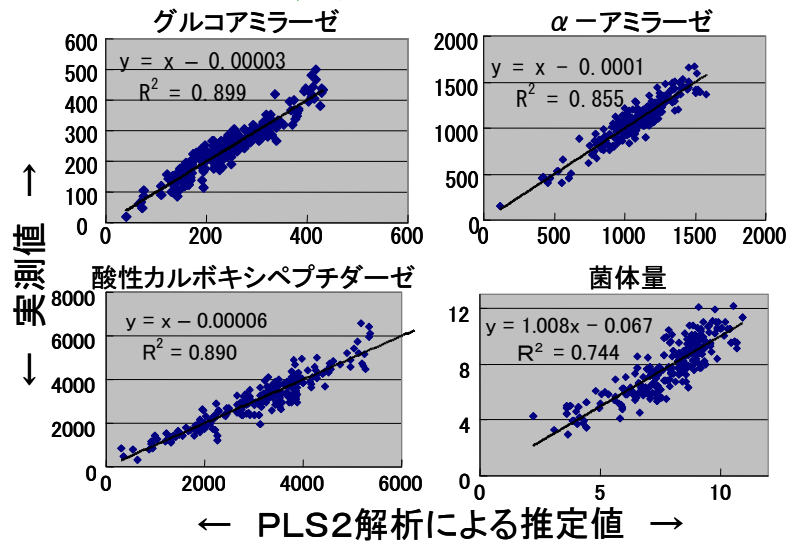
さらに、これらの結果を統計的に処理することで、製麴の時間経過に沿った品温と水分含量（水分活性）の経過を製麴条件（説明変数）として設定しこれより酵素力価と菌体量を推定することができた。統計解析は、冗長な説明変数から有意な情報を取り出して推定式を作成できるPLS2という手法で行った。また、説明変数には種麴接種量・各製麴時間での温度・水分含量・水分活性等の他に「水

分活性が0.9を下回る時間」といった製麴の特徴を的確に表現できる指標を取り込むことで推定精度を高めることができた。

この推定式から逆算することで麴の品質（酵素力価と菌体量）を設定するとそれに応じた製麴条件が設定できる。実際には製麴条件の自由度が高いために製麴条件は一義的には決められない。また、米質や種麴の違いなど実験で設定されていない要因も大きく、推定式だけから無条件に製麴経過を設定しても実用性に乏しい。そこで、

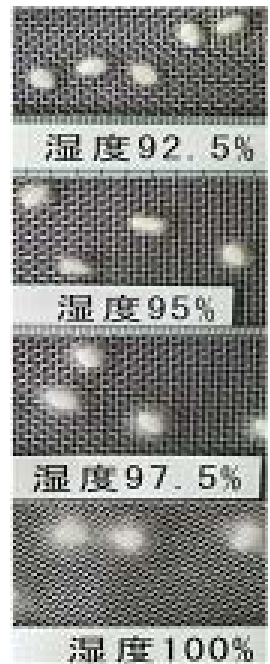
目標とする品質に最適な製麴経過を、個々の現場で実行可能な製麴条件の範囲から検索し提示するプログラムを紹介する。

酵素力価等の製麴条件からの推定精度



3. 気中菌糸と基底菌糸の比較

麴の品質や工程制御を研究する際に、麴菌が分化することを考えると麴は一樣な物質ではなく、異なった性質の物質の混合物であると考えられる。そこで、分離が簡単でなおかつ性質の違いが予想される気中菌糸と基底菌糸を区分してその菌体量と酵素力価を測定した。麴菌は気中菌糸が自由に生育できるように1粒ずつバラバラに並べた米粒に植えて、手入れをせずに培養した。その結果、気中菌糸は基底菌糸より菌体量は多く、α-アミラーゼ・グルコアミラーゼ・酸性カルボキシペプチダーゼについては、ほとんど酵素活性がなかった。また、気中菌糸は温度や湿度といった重要な製麴条件で基底菌糸に比べてより大きく菌体量が変化し、低温・高湿度で顕著に増加した。また、2. で述べた製麴実験でも手入れをしないと表面に気中菌糸が目視で分かる程度に増殖し、手入れの有無は麴の品質に影響した。このように、酵素生産に寄与しない気中菌糸の菌体量が製麴条件によって大きく変化することは製麴による麴の品質差に何らかの影響を与えていると考えられる。



4. まとめ

製麴工程と麴の品質との関係がより理論的に明確になることで、非熟練者でも簡単に製麴技術を身につけることが容易になる。このために、製造場での製麴を再現する形で多数の製麴実験を行い統計解析を行うことで、麴の品質に影響を与えている製麴条件を抽出し、また、酵素力価・菌体量を推定することが出来た。また、別の手法として、麴の個別の性質である気中菌糸と基底菌糸に着目してこれが麴の品質に及ぼす影響を検討した。研究を進める上での判断基準となる麴の品質自身が未だに明確に判定できないという困難さはあるが、このような研究を重ねることにより、製麴がより簡単で自在なものになるよう努力したい。