

醤油醸造における生揚生産協業化工場の意義と
生揚品質の安定化に関する研究

紅林 孝幸
(2019 年)

目 次

第 1 章 緒論	3p
第 2 章 醤油醸造における生揚および 生揚生産協業化に関する歴史と技術的課題	15p
(第 2 章 要約)	26p
第 3 章 麴品質の均一化に関する研究	29p
(第 3 章 要約)	50p
第 4 章 生揚品質の安定化に関する研究	
1. 小麦炒熬度が諸味のアルコール発酵に与える影響について	52p
2. 反射式光度計—RQ フレックス—を用いた諸味の発酵管理	68p
3. 優良乳酸菌による乳酸発酵の適正化と ヒスタミン非検出諸味 (ND 諸味) の醸造	91p
(第 4 章 要約)	109p
第 5 章 生揚生産協業化の成果と将来	111p
(第 5 章 要約)	122p
第 6 章 総括	124p
注記一覧	130p
参考文献 (論文・書籍) 一覧	134p
謝辞	136p
英文抄録	137p

第 1 章 緒論

日本の伝統的調味料ともいふべき「醤油」は、『大豆や小麦などの穀物原料を用いて、蒸煮あるいは焙煎するなどの処理後に麹菌を混ぜて培養し、ここに食塩水を混合して諸味にした後、発酵熟成後に圧搾して得られた清澄な液体調味料』と定義されている¹⁾。

我が国における醤油醸造の歴史は、日本の気候風土と大きく関係している。古来より四季の温度変化が明瞭にありながらも、比較的温暖でなおかつ湿度の高い日本の気候は、食べ物にカビが生えやすく食品が傷みやすかった。従って我々の祖先は古来より穀物に麹菌を生やして、それを塩漬けにすることで腐敗を防止し、保存性を高める技術を身につけてきた。醤油や味噌あるいは漬物など日本の伝統的食品には食塩を使ってその腐敗を防止しながらも、同時に発酵させることで保存性を高め、なおかつ、そのおいしさと栄養価を高めたものが多い。これらは偉大な先人の知恵といふべきであろう。

日本の醤油の由来は中国から伝来した醬（ジャン）と考えられる。この醬（ジャン）については紀元前 11 世紀ごろの中国の古書「周礼」に記載されているが、肉や野菜、穀物などを食塩に漬け込んだ食品のことで保存性が高いものであった。この醬（ジャン）が仏教の伝来と共に、日本にやってきて、奈良時代ごろに醬（ひしお）^{2) ~ 5)}と呼ばれるようになった。醬（ひしお）から未醬（みしょう）が生まれ、鎌倉時代になり味噌となったと考えられている。そして、この味噌の仕込み桶にたまった液汁を野菜につけて食べたことが始まりで、これが今の溜醤油に発展していったと考えられている。その後、室町時代さらに安土桃山時代になり、それぞれの農家に

において大豆や小麦を用いて今の醤油に近いものが作られていったと考えられている。さらに江戸時代に移ってからは、政治や文化の中心は京から江戸に移ったことに伴い、さらに日本の人口が増えてきたこともあり醤油の生産も関東地方で大量に作られるようになった。利根川を中心とした関東平野では大豆や小麦の穀倉地帯が広がり、たくさんの穀物が作られていたこと、さらに利根川を利用して醤油の輸送なども発展していったことから、醤油の名産地へと発展していった。今の千葉県野田市にキッコーマン、銚子市にヤマサとヒゲタの各大手メーカーの工場があるのもその名残であり、この3社だけで日本の醤油の40%近くを生産している。

次に醤油の種類と原材料について説明する。江戸でよく使われるようになった濃口醤油は、大豆と小麦をほぼ等量使った醤油である。大豆からくる旨味ばかりでなく、小麦澱粉由来のブドウ糖を基質とした、各種発酵による芳醇な香りを高めた醤油である。

関西でよく使われる淡口醤油は小麦の割合を多くし、色を淡めにしている。また諸味の熟成後に、米麴を糖化させたいわゆる甘酒を混合し搾る方法でも作られている。これにより搾った液汁が淡色化するだけでなく、甘酒由来の独特の甘みが生かされ淡口醤油の塩分を和らげる効果もある。

溜醤油とはその原料がほとんど大豆である。蒸した大豆を漉して丸めた状態にして、その周りに炒った小麦を粉状にしたものをまぶして製麴する。食塩水は極力少なくし仕込み桶の中で重石を置いた状態で熟成させていく。原料のほとんどが大豆のため色が非常に濃く、とろみもあり大変濃厚な味の醤油である。

原料としてほとんど小麦を使った醤油は白醤油といい、今では愛知県碧南地方で主に作られる珍しい醤油である。これは醤油独特の着色を極力さ

せないため、小麦の外皮を精白し、少量の炒った大豆と共に蒸煮し、ここに麹菌を植え付けて製麹後、食塩水に混合し 3 か月程度で完了させる醤油である。

さらに江戸時代の終わりころに山口県で発明されたのは再仕込醤油で、麹を出来上がった醤油にもう一度仕込む方法で、濃厚な味わいの醤油を製造するようになった。

現代における一般的な醤油の分布は、全国的に濃口醤油は使用されているが、関西では淡口醤油もよく使われ、中国地方では再仕込醤油もよく使われている。溜り醤油は愛知県、岐阜県および三重県で、白醤油は主に愛知県と千葉県など限られた地方でのみ生産されている。このように今では全国各地で様々な醤油が伝統的に生産され続けているのだが、この全国各地でその地域の醤油が愛され、定着し続ける理由は各地域における伝統的な食文化に影響していると考えられる。例えば東京では江戸前の魚が採れて、それをお寿司の形で食すことが多かったため、香りの高い濃口醤油が盛んに使用されてきた。さらには鰹節の出汁をたっぷりと効かせた色が濃い目のつゆで、蕎麦を食する機会が多かった。この濃口醤油は色・香・味のバランスが良いため、煮物や焼き物など様々な料理に向いている万能調味料である。一方の関西、京都の方では古くから京野菜を用いた上品な料理が並ぶことが多く、その際京野菜の色がしっかりと鮮やかになるよう、色の淡めの淡口醤油が使われてきた。再仕込醤油はその色の濃さと香りゆえ、別名「甘露醤油」とも呼ばれ、独特の旨味とコクがある。魚の刺身醤油に使われたりする他、米菓のたれに利用されることも多い。とろりとした液汁が特徴の溜り醤油は、焼き魚の照り焼きのたれに使うと効果を発揮する。色と照りが格段に良くなり食欲が増す色を演出する。白醤油はその

色の淡さゆえ、茶わん蒸しや卵焼きに利用されることが多く、焦げたような色を極力付けたくない料理に向いている。このようにそれぞれの醤油が、その特徴を生かしながらいろいろな食生活を演出したり、地域の郷土料理などに生かされている。

一般的に、生産量が多く全国で広く使用されている濃口醤油の造り方は次のような工程を経て行われる（図 1）。はじめに大豆を蒸したものと小麦を炒って砕いたものを用意し、冷却混合したのちに麹菌を植え付ける。ここから 3 日あるいは 4 日間温度管理をして麴を造り（製麴）、それを食塩水と混合する。この後約 6 か月間にわたって諸味を管理、時には攪拌をするなどして諸味を熟成させる。この間乳酸菌や酵母菌を加え、それぞれの働きにより乳酸発酵、アルコール発酵へと導き、諸味を芳醇なものへと熟成させていく。そして布に包んで諸味を圧搾し、液汁を得たのち、加熱処理である火入れを行い澄ましてから各種容器への充填を行う。

特に、仕込んだ諸味を発酵熟成させ搾ったままの生の醤油のことを「生揚（きあげ）」と称する。これは完成状態ではなく、醤油の中間的な状態であるが、醤油の全製造工程において非常に重要な中間製品でもある。

最終的な製品醤油は火入れ（加熱・殺菌）も大切ではあるが、火入れする前の工程、すなわち生揚を作るまでの工程もその手間の多さや期間の長さなどから考慮すると、醤油の品質を左右すると言っても過言ではない。例えば原料処理のところで大豆の蒸煮不足が起これば、それを仕込んだ醤油は大豆タンパク質が分解されにくくなり、結果的にアミノ酸由来の旨味の少ない醤油となってしまう。また小麦の炒熬が不足すれば小麦澱粉の α 化が不足するため澱粉分解が弱くなってしまう。そうなるとブドウ糖への分解が不足し結果的に甘味の不足と、発酵による香りも不足した醤油がで

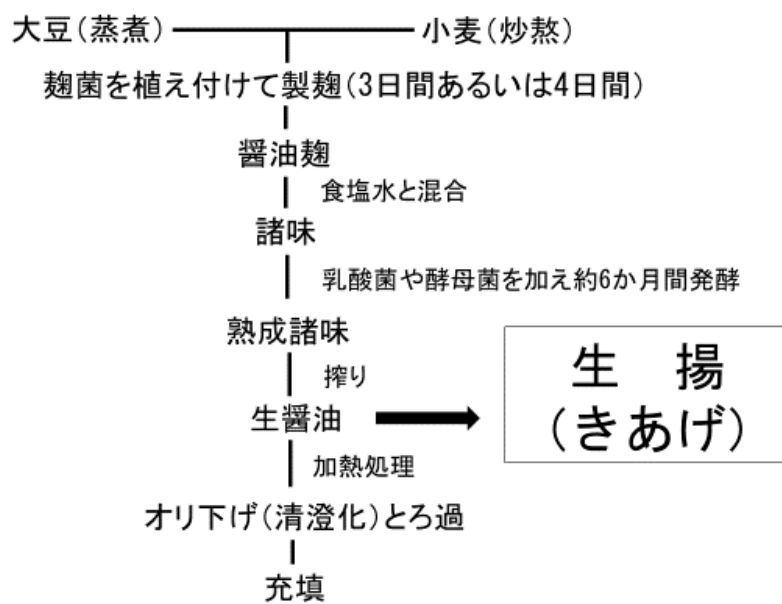


図1 一般的な濃口醤油の製造方法
 (資料：福島県醤油醸造協同組合の内部資料より作成)

きてしまうことになる。諸味の発酵管理においても温度管理を誤れば旨味やおいしさにかけた醤油となるし、乳酸菌や酵母菌の発酵管理を誤れば香りの乏しい醤油で終わってしまう。よって、醤油醸造工程の中でも、生揚までの製造工程はその醤油の品質においても非常に重要な位置を占められていると考えられる。

一方で個々の醤油醸造所が醤油を製造する際、特に大切になってくるのはやはりその品質管理であろう。旧来、福島県内あるいは全国のそれぞれの醤油醸造所で行われていたやり方では、当然ながら店舗ごとによる品質差が生じ、また店舗の中においても春夏秋冬の季節間で品質差が生じていた。店舗ごとの品質差は「その店の品質特性」とも言えるが、年間を通して販売する中で季節ごとに品質差が発生するのは好ましくはなく、一定の品質で出荷できる大手メーカーにとって代わられるケースも珍しくなかった。よって、地方の醤油工場最大の課題は大手メーカーに対抗できるような品質の安定性の確保であった。

福島県における醤油醸造工場は、大手メーカーによる安定した生産ではなくむしろ中小零細企業を中心にした製造であったため、製造面での問題点が非常に多くあった。それは図 2 に示すように、古くから一般的に醤油醸造は「一麴 二^{かい}漉 三火入れ」の言葉があり、麴（原料処理と麴造り）→漉（仕込みと諸味管理（攪拌や漉入れ）や圧搾）→火入れ（加熱処理や充填作業）の順番で行われていくのだが、大豆蒸煮設備や小麦炒熬設備あるいは圧搾設備など数多くの、そしていずれも高額な醸造設備を一通り維持しなくてはならない。醤油製造におけるそれぞれの中小零細企業にとってはこの設備の維持管理が大きな問題である。なぜなら使用する食塩の影響により機械の老朽化・腐食化の早さを招いていた現実があったため、設

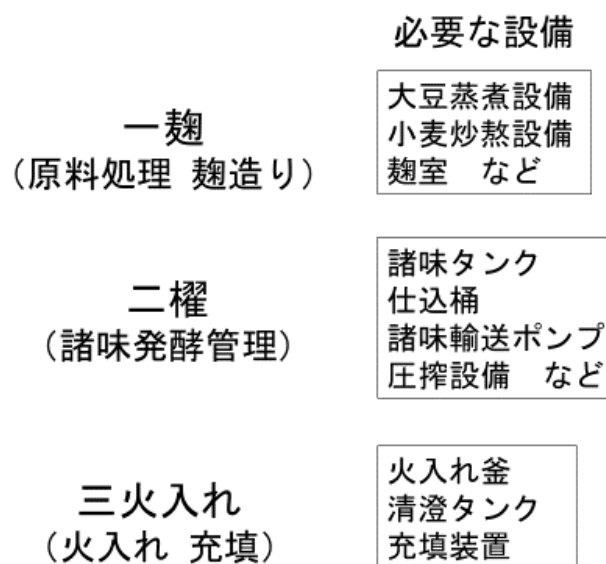


図2 醤油製造に必要な設備
 (資料：福島県醤油醸造協同組合の内部資料より作成)

備の早い老朽化により、残念ながら廃業した工場やあるいは新規更新したくても設備が高額なためコスト的に合わず、結果的に設備更新できずに古い設備のままで作り続けている工場も多かった。従って、当時品質的にも優れた醤油製品を作っている工場はそれ程多くはなかった。さらに 1960 年代となり高度経済成長期に向かう頃となると、日本の人口も急速に増え始め食品を中心として大量生産が強く望まれる時代へと変わった。個々の小さな醤油工場が、老朽化した設備を維持しながらも年間を通じて醤油品質を安定化させること、なおかつ量的に増えていくことに対処することは非常に難しい課題であった。また大手メーカーの台頭もあり、より安価な醤油を消費者から求められてきた時代でもあった。

このように品質面の安定性の問題点ばかりではなく、製造面、経済面でも多くの問題点を県内それぞれの醤油工場が抱えていて、将来的な展望も含めて解決方法を模索していた。

そこで考え出されたのが、図 3 に示すような生揚製造までの工程を 1 か所の工場で集中的に行い、その生揚を流通し各醤油醸造所で最終的な火入れにより最終製品に仕上げる方法すなわち「生揚生産協業化」である。そうすれば各醤油工場は、原料処理、製麴、諸味管理、圧搾の各設備が不要となり、協業工場から「生揚」を購入し、その生揚にて成分調整や火入れをすれば良く、それ以前の工程の設備を一切持たなくても済む。これは非常に合理的な考え方といえるであろう。

さらに生揚生産協業化を行えば、これまで問題であった醤油醸造工程における技術的課題も解決できる。

例えば、麴造りにおいて旧来の麴蓋方式では、1 枚 1 枚「麴蓋」⁶⁾ と呼ばれる延し箱に製麴前の盛り込み原料を盛り、それを人力を使って何段も積

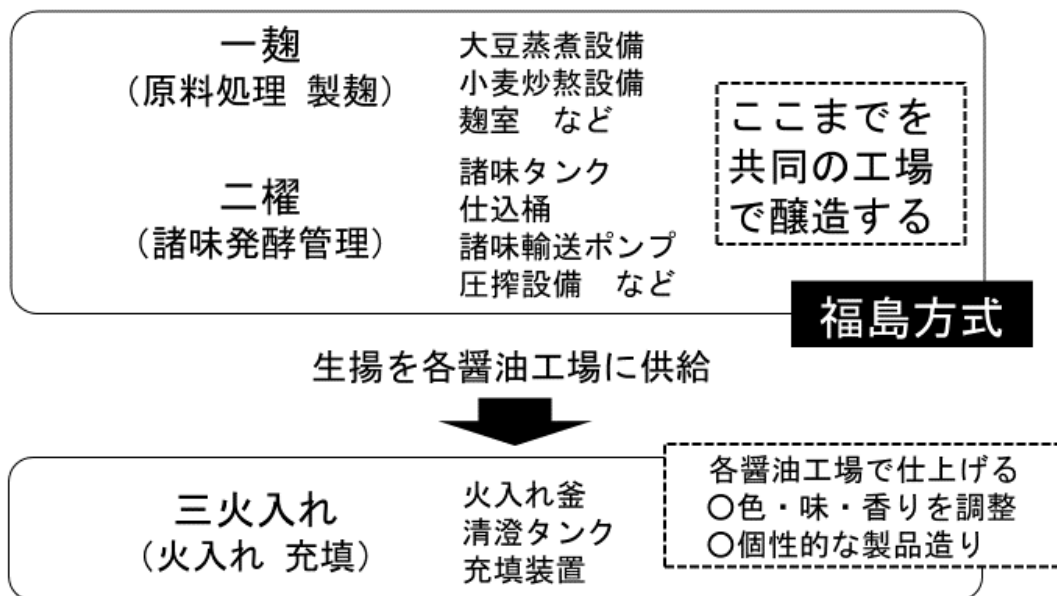


図3 福島方式による醤油製造

み重ね、そして時間が来れば 1 枚 1 枚「手入れ」と呼ばれる攪拌作業を行わないといけなかったが、協業化で大型の製麴装置による自動化が行われ、負担が大幅に軽減される。また製造するごとにみられていた麴品質のバラツキを改善し、一定の品質の麴を年間を通じて製造することも可能になる。

諸味管理においては、旧来は 1 本 1 本「仕込み桶」と呼ばれる木製の桶（主流として諸味容量で約 5kL）に麴と食塩水とを混ぜ、毎週のように「糞棒（かいぼう）」と呼ばれる攪拌用の棒で諸味の上下を攪拌混合しなければならなかった。協業化されれば大型のタンク（諸味容量で 50～100kL）で一度に発酵熟成させることが可能になるし、諸味の攪拌もコンプレッサーによる圧縮空気を諸味タンクへと送り込むことで容易に攪拌することが可能になり負担が軽減化される。また、諸味の温度管理も冷却や加温を機械で自在にコントロールができるため、年間を通じてほぼ一定の品質の諸味を作り続けることも可能になる。特に乳酸菌や酵母菌の純粋培養と管理などは個々の小さな醤油工場ではできないレベルのものであった。協業工場ではこれら有用微生物の保存管理と諸味の発酵管理を適正に行うことで、より安定的な醤油生産へとつなげることができる。

諸味を搾る圧搾についても同様で、旧来は 1 枚 1 枚手作業で熟成した諸味を袋に包み搾っていた。この手作業の大変さもあるが、この圧搾機周辺の塩分による傷みや老朽化の早さ、さらには醤油で周辺が汚れてしまうことによる不衛生さが長年の懸案事項であった。協業化されればこの装置を一切持たなくても済むようになり、負担が大幅に軽減化される。さらに個々の工場では経済的負担から所持できなかった生揚醤油の保管用大型冷蔵庫なども、協業化することで購入と維持が可能になる。これにより搾った後の生揚醤油がより低温で保管され、香りと色の劣化がしにくくなることで

安定した品質の生揚をそれぞれの醤油工場へと運ぶことができる。

1964年（昭和39年）、これらの考え方のもとに設立されたのが福島県醤油醸造協同組合工場である。そのほとんどが中小零細企業の福島県の醤油業界においては、この生揚生産協業化の取り組みは製造面、経済面からみても大変画期的な考え方として当時100軒以上あったと言われる本県の醤油工場が総意を結集し立ち上げた協同組合である。

協同組合工場にて原材料を一括で購入し、大型の製麴装置で品質の安定した麴を大量に作る。その後食塩水と混合し諸味タンクへと輸送し、ここで醤油諸味を発酵させる。今までの様に蔵に住み着く酵母菌や乳酸菌などのいわゆる「ご先祖様」ではなく、純粹培養した優良な乳酸菌や酵母菌を加え発酵をさらに促進させる。発酵熟成には従来の四季の温度変化を利用した「天然醸造法」⁷⁾ではなく「適温醸造法」⁸⁾を採用し、冷却・加温のそれぞれの装置を駆使しながら、仕込み直後は15℃程度で1ヵ月、その後加温を開始して28℃程度で5か月ほどさらに発酵させる。およそ6か月間の熟成完了後は、その諸味を大型の圧搾装置で搾り、搾ったままの液体（生揚）を得る。さらにこの生揚を珪藻土濾過法⁹⁾などにより濾過精製し、清澄化された生揚醤油を得る。

組合員へと配送された各種生揚は、各醤油工場にて生揚の受け入れと調合が行われ、その後火入れ処理（加熱処理）がされる。火入れ後はオリ引きタンクへ移し、静置しておくとしオリ¹⁰⁾と呼ばれるタンパク質の凝固した非水溶性の物質が沈殿する。数日間の清澄化の後、オリ以外の清澄化した部分を各種容器に充填し完成となる。

このような「生揚生産協業化」はこれまでに前例がなく、日本初の試みであった。醤油製造全体の80%にあたる部分を協業化し、生揚出荷以降の

工程は各組合員の工場が火入れ加工し、色や味、香りを整えながら最終製品へと仕上げていく。各組合員工場は旧来行ってきた「製麴」、「諸味管理」、「圧搾」の各工程を設備ごと省くことで省力化する大変画期的な方法であった。

この製造方式は国内醤油業界初の試みであったことから当時は「福島方式」と称された（図 3）。その後、生揚協業工場は全国各地に次々と建設されていったが、その際多くの同業者がこの「福島方式」を参考にしたと言われている。

この生揚生産協業化の歴史と意義については、全国に生揚協業工場が残っているにも関わらず、これまでに研究発表の形で報告されたことがほとんどない。よって社会科学的にもこの歴史と意義についてまとめることは大変重要である。さらにそこで必要とされ確立してきた醤油醸造技術については、生揚協業工場ならではのテーマが多かったがいずれも完結することができた。これにより「協業化」という製造面の効率化ばかりではなく「技術の向上」も図ることに成功した。組合員の醤油工場が本生揚協業工場からの生揚を購入し従来通り加熱加工と充填をするだけで、全国醤油品評会で最高賞の農林水産大臣賞を数年連続で受賞するなど、全国の同業者も驚くべき効果を上げることもできた。

これまで醤油業界初めての技術的研究発表を含む新たな知見がいくつかが得られたこと、そして全国初の生揚生産協業化の歴史と意義について報文化することは大きな意味があることから、本学位論文を業界初の『醤油醸造における生揚生産協業化工場の意義と生揚品質の安定化に関する研究』としてまとめることにした。

第 2 章 醤油醸造における生揚および

生揚生産協業化に関する歴史と技術的課題

醤油醸造工程では、原料の大豆の蒸煮と小麦の炒熬と割砕に始まり、ここに麴菌を植え付けて数日間かけて培養し醤油麴を得る。この醤油麴に食塩水を混合し諸味とし、数か月間発酵熟成させる。その後、布に包んで諸味を圧搾し、得られた液汁を回収する。この醤油製品として完成させる前の生の状態の醤油を、「生揚（きあげ）」という。本章では、この生揚を作るまでの工程を 1 か所の集中工場で行う「生揚生産協業化」について、福島県内の協業化の歴史¹¹⁾を中心に述べ、また醤油製造全体の構造改善事業の一環として全国に波及した醤油集約化工場について述べる。

福島県内では 1945 年（昭和 20 年）8 月の第 2 次世界大戦の終戦以降、物価の著しい上昇などの混乱期を経て、1947 年（昭和 22 年）に福島県味噌醤油工業協同組合が創立¹²⁾し、県内味噌醤油醸造会社 424 名からなる協同組合が誕生した。今では考えられないほど多くの味噌醤油醸造所が、福島県内に存在していたことになる。

それから 9 年後の 1956 年（昭和 31 年）には同工業協同組合内に「技術指導部」が設置されると技術指導員が配属され、当時でも 350 軒近くあった味噌醤油醸造所を、1 軒 1 軒技術指導するようになっていった。その当時の技術指導員が福島県会津坂下町出身の醸造技師・入江新六氏¹³⁾であった。

入江氏は終戦後、東京都滝野川の大蔵省主税局醸造試験所にて醤油の研究と技術を習得し、関東地域にて醤油の技術指導を行っていた。福島県内の技術指導においても、その力をいかんなく発揮していたが、350 軒近くの醸造所からの問い合わせということもあり、ほぼ 1 年中その指導に明け暮

れていたそうであった。また個々の醸造所が作る醤油は必ずしも品質が高いものではなく、技術指導を行いながらも入江氏は県内醤油品質の将来を大変不安視していた。そのような苦勞から、入江氏は「これからの時代における醤油産業と醸造所の安定的な継続のためには、“醤油醸造協業化以外に道なし”の構想を抱くようになった」と回想されていた。

その5年後の1961年（昭和36年）に、磐城醤油味噌製麴協同組合¹⁴⁾が福島県いわき市に創立した。いわき市は関東に近く太平洋側に面していたことから、当時としては新しい産業都市としての見込みが強く、機械・電気産業等への労働力注入が予測されていた。一方いわき市周辺は味噌醤油醸造所も多かったが（いわき市内だけでも60軒程度）、機械・電気のよ
うな異業種への労働力の移行は、今後醤油産業の労働力不足や衰退などへの悪影響も懸念されることから、いち早く醤油協業化への道が開かれたようであった。

この磐城醤油味噌製麴協同組合は昭和36年の設立後、原料処理ならびに製麴までの協業工場としてスタートした。全国に先駆けて行われた「麴までの協業化事業」であった。創業当初、従業員5名による1か月の生産高は原料石数で12石（2,160L）。これを12水で仕込みをした場合の諸味出来高は20石（3,672L）に相当した。よって、単純に1年分に換算すると約45kL分の諸味を製造するための製麴工場であったと考えられる。

しかしながら、太平洋側地域のいわき市は福島県の地理的な中心位置とは言えず、これによりいわき市で作られた麴を輸送する際、県内一円に時間的に平等に輸送することができず、麴が運搬中に自然発熱してしまい品質が劣化する問題点などが多々あったことから、再度協業化への道は検討が加えられることとなった。

1962年（昭和37年）5月、全国醤油工業協同組合連合会（以下、全醬工連と略す）より醤油業界安定施策の大綱¹⁵⁾が発表された。その中で『大企業と中小企業とのあらゆる格差がますます拡大すると予想されている。今後中小企業が大企業と共存する道は体質を改善し、レベルアップする以外に道はない。そのためには何らかの形で企業提携の必要性がある。具体的方策としては、生産と販売を分離し、生産は集中生産方式によることが理想的である。』と述べられている。

この大綱の発表の直後、福島県内での醤油協業化への道は急速に進むようになったと考えられる。そのうちの一つとして福島県味噌醤油工業協同組合事務局から県業界安定策の一案として次のような構想が発表されている。

『先の全醬工連による業界安定策として企業合同、共同作業、集中生産の3点を挙げて今後の業界のあり方について指針を与えられたが、本県としては県内の実状に応じて検討してみる必要がある。』

本県業界の特質は1. 業者の数が多。2. 零細業者が多い。3. 業者の規模の差が大きい。4. 県の面積と比例して分布状態が広大である。

以上の点を踏まえ検討してみると、磐城製麴協同組合の例でみられたような、共同作業工場も1つの道であるが、麴の輸送に問題点があり実施は困難であろうと思われる。

県内にて諸味あるいは生揚までの「集中生産型の工場」についてさらに検討するべきであろう。』

そこで、1962年（昭和37年）10月に福島県味噌醤油工業協同組合は緊

急理事会を開催した。先の全醬工連による「安定大綱」¹⁵⁾について協議した結果、本大綱を県内組合員に周知するために、県内 5 方部別（県北地区・県南地区・会津地区・相双地区・いわき地区）懇談会を実施し共同事業の可否についてアンケートを実施した。

その結果、県内醬油業者 146 名からの回答のうち『何らかの方法で共同事業を行うべきである』との回答が全体の 89%という圧倒的多数を占める結果となった。本問題をさらに深く掘り下げるべく、理事会は「集中生産研究委員会」を立ち上げることにした。

集中生産研究委員会は委員として工業組合理事 18 名の他、県内 5 方部より各 2 名ずつ 10 名を追加し、合計 28 名の委員で構成された。委員会は 1963 年（昭和 38 年）5 月に第 1 回、次いで 6 月、7 月にも開催され検討を重ねた結果、集中生産の必要性を認めかつこれを推進するために志を同じくするものを募り「集中生産促進協議会」を開催することを決定、全組合員に周知した。

1963 年（昭和 38 年）8 月 27 日、福島県醬油集中生産促進協議会を開催。賛同者 128 名であった。この協議会では事業の範囲を『福島県内 1 か所にて生揚までの集中生産をする』ことで一致した。また今後は「醬油集中生産実行委員会」と名称を変え、本格的に協業工場建設への道へと動き始めた。

同年 10 月 3 日から 6 日にかけて、醬油集中生産実行委員会主催により、県内 5 方部において生揚集中工場設立計画に関する説明会が開催された。参加者は県内全体で 108 名であり、賛同するほぼ全ての方々が参加する結果となった。各会場にて極めて活発な意見交換が行われ、本計画の早期実現を求める声が多かった。

同年 11 月、醤油集中生産実行委員会は新組合の設立発起人となり、県下全醤油製造業者に対し、新組合工場設立の同意を求めるとともに同年 12 月 5 日開催の新組合創立総会への出席を依頼した。そして同年 12 月 5 日、福島市において福島県醤油醸造協同組合の記念すべき創立総会が、設立同意者数 105 名、出席者数 75 名の多数の参加者により開催された。工場は県の地理的にほぼ中央に位置する安達郡安達町油井（現在の二本松市油井）と決まった。

翌年の 1964 年（昭和 39 年）2 月 4 日、設立登記が完了し、福島県醤油醸造協同組合は正式に誕生した。全醤工連より『安定大綱案』が発表されてから 1 年と 10 カ月余り。県内組合員の熱意と勇気により全国に先駆けてその力強い第一歩を踏み出した。

醤油協業化工場はここ福島県による「生揚までの集中生産」型による共同生産方式が 1 つの好例となり、同様の生揚工場建設のモデルとなって全国にこの方式が普及した。当時は「福島方式」とも呼ばれ、生揚までの協業工場は醤油の地域生産において重要な位置を占めるようになった。

本生揚協業工場の設立の後、1966 年（昭和 41 年）に福岡県醤油醸造協同組合、並びに鹿児島県醤油醸造協同組合と九州地方でも生揚工場が産声を上げ、次いで宮城県醤油醸造協同組合、中国醤油醸造協同組合（広島県）と続々と建設されていった。その後多少の淘汰はあったにせよ、現在多数の生揚工場が全国各地で稼働しており、さらにその地域での醤油産業にとって重要な位置づけであることから、日本の醤油醸造においてその当時の醤油協業化への構想はいかに大きな分岐点だったかがうかがえる。

ここで醤油製造の協業化工場の種類について述べることにする。

1962 年（昭和 37 年）5 月の全醤工連による「醤油業界安定施策の大綱」

の発表以降、日本の醤油産業は各地で協業化、集約化が図られていった。ちょうど翌年の1963年（昭和38年）3月に「中小企業近代化促進法（近促法）」が制定されたこともあり、当時日本国内で4,000軒近くあった醤油工場のうち99%が中小企業であるという独特の構造を持っていた醤油業界の構造を改善していこうという流れが一気に加速した。翌1964年（昭和39年）4月には醤油製造業が近促法に基づく「指定業種」に指定され、さらに翌年の1965年（昭和40年）8月には、全醤工連より『醤油製造業中小企業近代化基本計画』が発表された。この中では「醤油製造業の近代化を図るため経営管理の合理化と製造設備の機械化を促進。併せて企業の協業化と合理化を促進することにより、品質向上と生産コストの抑制を狙う。」と述べられている¹⁶⁾。

表1に示すように、醤油の生産における生揚生産協業化¹⁷⁾はいくつかある。『協同組合』とは本生揚協業工場のように「生揚までの生産を協業化し、それ以降は各企業がそれぞれに独自のブレンドで調合・加熱加工して製品化する形態」を示し、『協業組合』とは「生揚までの生産にとどまらず、調合・加熱処理までの最終工程までを行う形態」を示す。本生揚協業工場はこの醤油業界の集約化事業に基づいて行われた取り組みでもある。

「醤油業界安定施策の大綱」の発表以降、1965年（昭和40年）ごろから始まった醤油業界の取り組みにより、集約化した醤油製造工場について表2にまとめた¹⁷⁾。現在も協同組合、協業組合が全国に数多く存在していることが確認できる。これらのような協業化工場設立の意義について、醤油醸造の観点から整理しておきたい。

1つ目は製造コストの圧縮である。原材料を大量購入することで製造原価を下げ、なおかつ大型の設備で、品質的にも安定して製造することが可能

表1 生揚生産工場の集約化形態

協同組合	主に生揚の生産について協業化を推進し、生産規模は大きいほど効率的。生揚を生産した後はそれぞれの参加企業によって独自の製品としてブレンド調整・販売をする形態。
協業組合	単に生揚の生産にとどまらず、それを調合・充填までして最終製品の製造もおこなう形態。

(資料：小栗朋之『醤油製造技術の系統化調査』(2008年)より作成)

表2 生揚生産集約化工場について

協同組合 (集約化年度)	協業組合 (集約化年度)
福島県醤油醸造協同組合 (1964) × 宮城県醤油醸造協同組合 (1972) × 富山県醤油味噌工業協同組合 (1967) × 滋賀県醤油工業協同組合 (1969) 中国醤油醸造協同組合 (1973) 香川県醤油醸造協同組合 (1966) 福岡県醤油醸造協同組合 (1966) 長工醤油味噌協同組合 (1941) 鹿児島県醤油醸造協同組合 (1966)	× 岩手県醤油協業組合 新潟県醤油協業組合 (1972) 松本醤油協業組合 大野醤油醸造協業組合 (1969) 北陸醤油生揚協業組合 (1970) 岐阜県しょうゆ協業組合 (1973) × 静岡県産醤油協業組合 (1970) × 津醤油味噌製造協業組合 (1970) 伊勢醤油味噌製造協業組合 (1970) × 京都府醤油醸造協業組合 × 徳島醤油協業組合 (1971) 佐賀県醤油協業組合 (1981) 二豊醤油協業組合 (1984) 大分醤油協業組合 (1974)

注) ×印は、2018年現在、解散(株式会社化も含む)あるいは生産中止になった工場
 (資料: 中島三郎『醤油業界21世紀のあけぼの』(2010年)より作成)

である。協業化当時はいわゆる高度経済成長期であったことから、このような大量生産への考え方は大変重要であったと考えられる。小さな醤油醸造所が小規模で丁寧に醤油を作ることも重要ではあるが、コストの面から考えると小さな工場にはやはり限界がある。

2つ目は醤油製品の安定供給である。従来は個々の醤油醸造所が、原料処理から始め、麴造り、諸味管理、圧搾など全てやらなければならなかったものが、協業化することで今度は生揚を買ってすぐ火入れして製品化できる時間的なメリットがある。これにより、急な生産への対応や、大幅に取引が増加した場合への対応も容易であると考えられる。また協業工場であれば大規模な冷蔵保管設備など中小企業にはない設備も共同で持つことが可能になる。これにより季節を通じて安定的な品質を維持でき、中小メーカーとはいえ大手の品質にも対抗できる。

3つ目として製造設備からの側面を述べたい。本来、醤油醸造には大量の食塩が使用される。これにより、工場内のほとんどの製造設備は古くは鉄製だったため腐食や老朽化を早めてしまう結果となり、工場として設備の維持管理や修繕にかかる経費などが大きくのし掛かっていた。これは全ての醤油工場での大きな悩みでもあり、それは今でも継続している。現在の醤油工場での設備はステンレス製が増え、配管は塩化ビニールなどの樹脂製が多くなり、機械や配管の腐食に対する寿命も大幅に伸びたように見受けられる。また組合員の各醸造所の方からすれば協業化により生揚までの製造設備のほとんどを使用しなくても済むようになると、そこまでの設備の維持管理費等が大幅にカットでき、各醤油醸造所の生産の効率化へとつながっていく。

醤油の全製造工程の80%とも言われる生揚までの生産を協業化すること

で、県内各醤油醸造所それぞれにこのように多くのメリットがある。この協業化により、設立当初 100 社ほどあった福島県内の醤油醸造所が、54 年後の今でも約 70 社残っていることから意義があったと考えられる。

全醤工連が報告した『醤油業界 21 世紀のあけぼの』の中でも、醤油協業化の成果について次のように述べられている¹⁷⁾。

1 つ目は共同化・集約化を推進した結果、各企業が重複した投資を避けることができ、生揚の効率生産が可能となった。集約化に参加した企業は品質の高い生揚を入手することができるようになり、各企業が個性のある商品製造へとつながった。

2 つ目として、個別企業では対応が難しい、新技術や新商品開発について集約化工場を核にして中小企業として対応可能な取り組みが行われ、集約化工場からの技術指導を受けることが可能になった。

その他にも、分析技術の向上や製造設備の高度化も伴ったことによる多くの成果が上げられているが、一方で昭和 40 年代前後の醤油業界をめぐる厳しい状況の中で、これら共同事業が行われなかったとすれば、事態はさらに深刻な状況になったであろうとも述べられている¹⁷⁾。

醤油業界の近代化を目指して設立された本組合ではあるが、一方で創業当初から技術的な課題を抱えていた。例えば、年間を通じて品質の安定した生揚を継続生産することが重要ではあるものの、実際には季節ごとに出荷している生揚の色度が異なってしまうなどの品質バラツキをはじめとして、麴については均一攪拌のできる液体培養とは異なり、個体培養が故に製造ロットごとや同一製造ロット内にも品質のバラツキが見られていた。また、発酵中の諸味の成分分析においては、色度や食塩分、全窒素分といった基本的成分を中心に一般成分を分析しているが、酸性度を示す「pH」

や大まかな糖分を表す「還元糖」の分析など大まかな分析方法が主であった。しかし、醤油の最も主要かつ重要な有機酸である「乳酸」や、乳酸発酵およびアルコール発酵の各種発酵基質として重要な単糖である「グルコース」を確認するには、高価な分析装置（高速液体クロマトグラフや分光光度計）を準備しなければならず、また分析する時間も長時間に及び手間もかかるなどの技術的問題点が多く見受けられ、結果的に協業工場の実状としてこれらの成分を詳細に分析してこなかった経緯もあった。

そこで本生揚協業工場では共同工場として取り組むべきこれらのような技術的な課題について種々の検討を重ねた。その結果、醤油業界の中でも初めての発表を含むいくつかの技術的革新を行うことに成功した。

（第 2 章 要約）

福島県内では 1947 年（昭和 22 年）に福島県味噌醤油工業協同組合が創立し、県内味噌醤油醸造会社 424 名からなる協同組合が誕生した。

1962 年（昭和 37 年）5 月、全国醤油工業協同組合連合会（以下、全醤工連と略す）より醤油業界安定施策の大綱が発表された。その中で『大企業と中小企業とのあらゆる格差がますます拡大すると予想されている。今後中小企業が大企業と共存する道は体質を改善し、レベルアップする以外に道はない。そのためには何らかの形で企業提携の必要性がある。具体的方策としては、生産と販売を分離し、生産は集中生産方式によることが理想的である。』と述べられている。

1963 年（昭和 38 年）8 月、福島県醤油集中生産促進協議会を開催。賛同者 128 名であった。この協議会では事業の範囲を『福島県内 1 か所にて生揚までの集中生産をする』ことで一致した。また今後は「醤油集中生産実行委員会」と名称を変え、本格的に協業工場建設への道へと動き始めた。

同年 10 月 3 日から 6 日にかけて、醤油集中生産実行委員会主催により、県内 5 方部において生揚集中工場設立計画に関する説明会が開催された。

醤油集中生産実行委員会は新組合の設立発起人となり、同年 12 月 5 日、福島市において福島県醤油醸造協同組合の記念すべき創立総会が、設立同意者数 105 名、出席者数 75 名の多数の参加者により開催された。

醤油協業化工場はここ福島県による「生揚までの集中生産」型による共同生産方式が 1 つの好例となり、同様の生揚工場建設のモデルとなって全国にこの方式が普及した。当時は「福島方式」とも呼ばれ、生揚までの協業工場は醤油の地域生産において重要な位置を占めるようになった。

このような醤油製造の協業化の流れは 1962 年（昭和 37 年）5 月の全醤

工連による「醤油業界安定施策の大綱」の発表以降始まった。ちょうど翌年の1963年（昭和38年）3月に「中小企業近代化促進法（近促法）」が制定されたこともあり、醤油業界の構造を改善していこうという流れが一気に加速した。さらに1965年（昭和40年）8月には、全醤工連より『醤油製造業中小企業近代化基本計画』が発表された。

醤油の生産における生揚生産協業化はいくつかあり『協同組合』とは本生揚協業工場のように「生揚までの生産を協業化し、それ以降は各企業がそれぞれに独自のブレンドで調合・加熱加工して製品化する形態」を示し、『協業組合』とは「生揚までの生産にとどまらず、調合・加熱処理までの最終工程までを行う形態」を示す。

これらのような協業化工場設立の意義について、醤油醸造の観点から整理しておきたい。1つ目は製造コストの圧縮である。原材料を大量購入することで製造原価を下げ、なおかつ大型の設備で、品質的にも安定して製造することが可能である。2つ目は醤油製品の安定供給である。従来は個々の醤油醸造所が、原料処理から始め、麴造り、諸味管理、圧搾など全てやらなければならなかったものが、協業化することで今度は生揚を買ってすぐ火入れして製品化できる時間的なメリットがある。3つ目として製造設備からの側面を述べたい。醤油醸造には大量の食塩が使用される。これにより、工場内のほとんどの製造設備は古くは鉄製だったため腐食や老朽化を早めてしまう結果となり、工場として設備の維持管理や修繕にかかる経費などが大きくのし掛かっていた。協業化により生揚までの製造設備のほとんどを使用しなくても済むようになると、そこまでの設備の維持管理費等が大幅にカットでき、各醤油醸造所の生産の効率化へとつながっていく。

一方で醤油業界の近代化を目指して設立された本組合ではあるが、創業

当初から技術的な課題を抱えていた。例えば、製造ロットごとや同一製造ロット内にも品質のバラツキが見られていた。また、発酵中の諸味の成分分析においては、色度や食塩分、全窒素分といった基本的成分を中心に一般成分を分析しているが、酸性度を示す「pH」や大まかな糖分を表す「還元糖」の分析など大まかな分析方法が主であった。しかし、醤油の最も主要かつ重要な有機酸である「乳酸」や、乳酸発酵およびアルコール発酵の各種発酵基質として重要な単糖である「グルコース」を確認するには、高価な分析装置（高速液体クロマトグラフや分光光度計）を準備しなければならなかった。

そこで本生揚協業工場では共同工場として取り組むべきこれらのような技術的な課題について種々の検討を重ねた。その結果、醤油業界の中でも初めての発表を含むいくつかの技術的革新を行うことに成功した。

第3章 麴品質の均一化に関する研究

(1) 目的

醤油醸造は言うまでもなく「一麴、二糶、三火入れ」の言葉があるように、麴造りが最も重要であると考えられている。この麴造りとは「蒸した大豆に、炒って砕いた小麦をまぶし、麴菌を植え付け培養する」ことを意味している。これはいにしえの頃の製法とほとんど変わらずにこれまで行われてきた。

この章ではその製麴において大量生産型の時代になって多くの工場で円盤型製麴装置¹⁸⁾により麴を大規模に作ることが行われるようになったが、均一攪拌の可能な液体培養とは異なり、均一攪拌がほぼ不可能な個体培養が故にこれまでどうしてもできてしまう品質のバラツキを工場レベルで解消する方法を開発した経緯について述べる。

(2) 方法

① 実用規模円盤製麴での麴サンプリング方法

実用規模円盤製麴での調査・研究に使用した麴は、脱脂加工大豆および小麦をほぼ等量混合したものを原料とする醤油麴で、培養は3日麴¹⁹⁾とした。醤油協業工場別における出麴分析調査用の麴サンプリング方法は、円盤内中心軸より外に向かって1m以内の個所を「内側麴」とし、一方の外周壁より内へ向かって1m以内の個所を「外側麴」として、それぞれの麴堆積層の中層部分を採取した。工場ごとに円盤回転床の直径(m)、麴の堆積層(cm)は異なるがサンプリング部位は一定の基準を設け、それぞれの工場麴について比較検討した。

② 麩の分析方法

②-1. 水分

採取した麩約 5g を水分計（ザルトリウス株式会社製、MA-35）を用いて自動測定した。

②-2. pH

採取した麩 50g と脱イオン水 200mL を市販ジューサーミキサーにて 1 分間混和し、その混合物を直接 pH メーター（電極式、東亜 DKK 株式会社製、HM-25R）にて測定した。

②-3. 全プロテアーゼ（pH7）活性

麩 20g を 300mL 三角フラスコに採り、0.5% 食塩水 200mL を加え 30℃ 室にて 3 時間静置した。東洋濾紙 No.2（φ 185mm）を 16 ヒダ折りしたもので濾過回収し、液汁を粗酵素液とした。粗酵素液を脱イオン水で 5 倍希釈し、全プロテアーゼ活性（pH7）を測定した。測定は国税庁による「ミルクカゼイン法」²⁰⁾ で、40℃、1 分間におけるタンパク質分解活性を測定した。

②-4. 一般細菌数

麩 10g を滅菌済み 0.8% 生理食塩水に懸濁後、滅菌操作により麩の一般細菌数を測定した。培地は基本的に標準寒天培地とし、麩菌の生育を抑制する目的でカビサイジン（真菌抑制剤）を 100mg 力価加えたものを使用した。培養条件は 35℃、48 時間とした。

②－5. 円盤内部位別通風速度の測定

円盤製麴装置直径 13m、麴層厚 45cm の工場円盤製麴において、麴表面に抜けてくる通風をボールセンサ（テストターム株式会社製、マルチ環境計測器、分解能 0.01m/s）で捕らえ、盛込直後から 3 番手入前まで経時的にその変化を示した。

②－6. 盛り込み時間差を伴った小規模製麴実験方法

小型円形製麴機（写真 1、アクリル製、直径 50cm、盛込厚 10cm）を 6 区分に等分割したものを準備し、各区分について次の要領で盛込した。

脱脂加工大豆 500g を 125% 撒水後オートクレーブ蒸煮し、小麦 500g を炒熬割砕したものと混合後、ここへ種麴 0.1g (*Aspergillus oryzae* S-03、株式会社樋口松之助商店製) を混合し盛込原料とした。盛込後は断続式に通風させる方法により 3 日麴¹⁹⁾ で培養し、麴の品温経過を追った。

②－7. 盛込時間差解消のための実用規模製麴実験（2 工場）

自走ベルトコンベア式盛込法は福島県醤油醸造協同組合工場において脱脂加工大豆 6,500kg と小麦 6,140kg、ならびに種麴 2,200g を原料として用い、110 石円盤製麴装置（株式会社フジワラテクノアート製、型式 ES105 自動製麴装置、直径 10.5m、盛込堆積層 40cm、盛込作業約 3.5 時間）により 3 日麴式実験製麴を行った。

スクリーコンベア式盛込法は福岡県醤油醸造協同組合工場において脱脂加工大豆 17,100kg と小麦 15,300kg、ならびに種麴 5,400g を原料として用い、270 石円盤製麴装置（永田醸造機械株式会社製、型式 NFT 自動製麴

装置、直径 13.5m、盛込堆積層 57cm、盛込作業約 3.4 時間) により同じく 3 日麴式実験製麴を行った。

(3) 結果および考察

全国醤油協業化工場 5 社による、その工場別麴分析結果 (2001 年 (平成 13 年)) を図 4 に示した。

麴水分については全体的に内側麴の水分が低く、5% 近くの差が出ている工場もあった。麴 pH は D 社を除いてほぼ同じレベルであった。その D 社の内側麴は pH5.0 とかなり低く、一般細菌数の多さからも、かなりの生酸性菌汚染があったものと推定される。麴品質においてもっとも重要視している全プロテアーゼ活性にも内側麴と外側麴ではバラツキが見られた。B 社、E 社では 500U 近い差が生じており、他の工場も 200 から 300U 近く差があった。全社とも外側麴の方が高プロテアーゼ活性だったのは特徴的であった。一般細菌数については逆に内側麴が多い傾向にあった。A 社、D 社の内側麴は細菌数約 10^{10} cfu/g でかなりの細菌汚染であった。ほとんどの工場で円盤の外周側に近い「外側麴」が比較的良好な品質であった。

麴品質バラツキ発生の要因として、福岡県醤油醸造協同組合の円盤製麴装置において調査した。数回にわたる測定結果を図 5 に示した。

結果的に盛込直後から 1 番手入前までは内側麴の方が表面風速が速く、2 番手入でほぼ同等となり 3 番手入では逆転する結果となった。表面風速は風の抜け具合を表すことから、培養前半よく風が抜けていた内側麴は後半になって締め、その結果風が抜けにくくなったと考えられる。この調査の目的は部位的に優先的な通風があるかどうか調べたものである。ところが今回のような逆転現象もあることから、培養初期の内側あるいは外側麴表

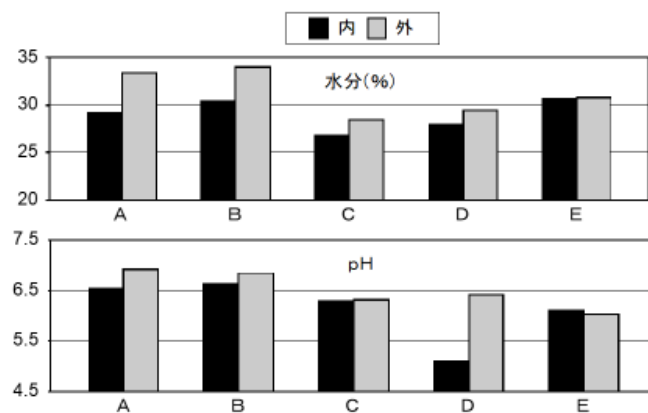


図4 工場別麴分析結果 (1)

(資料：紅林孝幸ら、日本醤油研究所雑誌、第49巻、4号、pp. 139 (2003年) より引用)

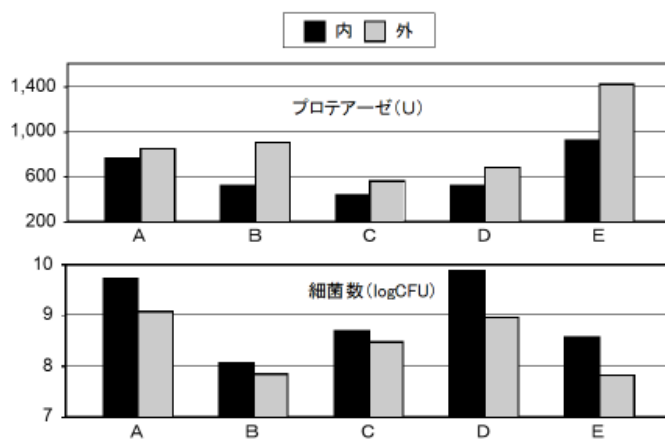


図4 工場別麴分析結果 (2)

(資料：紅林孝幸ら、日本醤油研究所雑誌、第49巻、4号、pp. 139 (2003年) より引用)

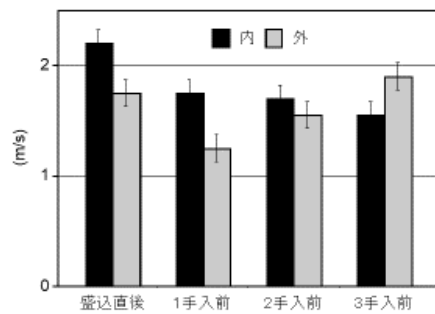


図5 内側麺および外側麺の製麺過程における表面風速の変化

(資料：紅林孝幸ら、日本醤油研究所雑誌、第49巻、4号、pp. 139 (2003年) より引用)

面風速差が麴の発熱・増殖に直接的に影響しているとは結論付けられなかった。

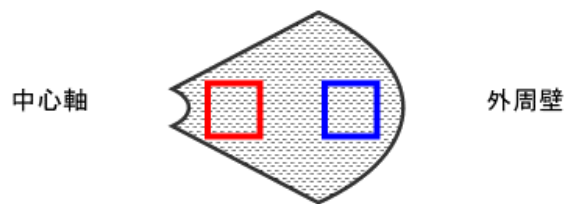
また、装置メーカーへの聞き取り調査とその報告により、円盤製麴装置のパンチング板の開口率についても調査した。その結果を図 6 に示した。円盤回転床はその構造上、中心軸に向かうほど円盤の骨組みが密になるため、開口率は内側が低くなると予想した。結果的には工場ごとの開口率は異なるものの、内側と外側の開口率差はそれぞれの工場でも 0.2% および 0.6% でほとんど差がなく、開口率の影響は低いと考えられた。

一方その後の工場調査で、円盤製麴機内への盛込順序が内側からか、あるいは外側からかで、麴の品温上昇パターンが全く異なることがわかった。次にそのパターン例を示す。

内側から先に盛込した場合（図 7、自走ベルトコンベア式、110 石室、盛込厚 40cm）、明らかに内側麴の品温上昇が早く、外側麴とは 5℃ 程度の温度差で 1 番手入をしている。

一方、外側から先に盛込をした場合（図 8、スクリューコンベア式、270 石室、盛込厚 57cm）は、逆に外側麴の品温上昇が早く内側麴とは 5℃ 程度の温度差で 1 番手入をしている。この後品温上昇の遅かった内側麴は、2 番手入近くになって温度が上がり始めるなど不安定な培養経過をたどっていた。

つまり製麴工程は盛込開始時から麴菌発芽の準備が既に始まっており、盛込初期に麴菌が植え付けられた原料と、盛込後期に植え付けられたものとは両者の間に数時間の生育時間差が生じる。図 7 と図 8 の対照的な品温経過パターンに示されるように、この「盛込時間差」が、部位別麴品温上昇に差をもたらし、明らかな品温経過の違いが出たものと推測した。そ



	内側	外側
A工場	10.2%	10.4%
D工場	6.2%	6.8%

図6 パンチング開口率

(資料：紅林孝幸ら、日本醤油研究所雑誌、第49巻、4号、pp. 139 (2003年) より引用)

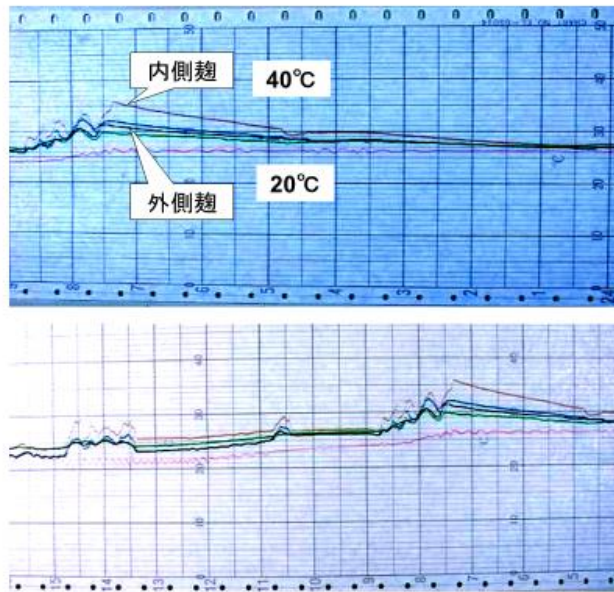


図7 内側から盛り込みした場合の麩品温経過
 (資料：紅林孝幸ら、日本醤油研究所雑誌、第49巻、4号、pp.139 (2003年) より引用)

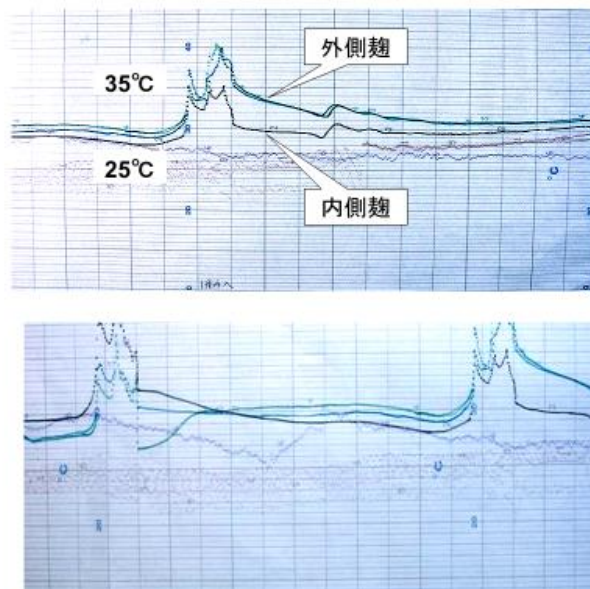


図8 外側から盛り込みした場合の麩品温経過
 (資料：紅林孝幸ら、日本醤油研究所雑誌、第49巻、4号、pp.139 (2003年) より引用)

ここで次に述べる小規模実験にて盛込時間差培養を行い、その検証を試みた。

写真 1 に示した小型円形製麴装置にて全部で 6 点の麴(1 試験区当たり原料 1,000g ずつ) を時間差培養した。すなわち試験区 1 に盛込後、同様の原料を試験区 2 から 6 まで、1 時間ずつ時間差をつけながら盛込した。その後、盛込開始から 18 時間目に全試験区一斉に 1 番手入をし、さらに 24、30 時間目も 2、3 番手入を全区一斉に行い、培養を継続した。

その結果図 9 にしたように、予想通りに試験区 1 の盛込開始区が最も品温上昇が早く、その後時間を追うように 1 時間後、2 時間後、3 時間後、4 時間後、5 時間後と続き、同一品温に達する時間は盛込時間差をそのまま反映していた。通風の制御は試験区 1 の盛込開始区を標準にしているため、それ以外の各試験区は品温上昇がやや低い様子が見られる。また盛込開始区と 3 時間後盛込区との品温上昇差を観察すると、約 5℃である。この結果をふまえて、先の 2 社の盛込パターンにおける品温上昇差 (5℃) と盛込作業時間 (約 3 時間) を照らし合わせると今回の小規模実験と非常に良く似ていることがわかる。

今回の基礎実験は、実用規模の円盤製麴で生じる『数時間にも及ぶ盛込時間差により部位別麴品温上昇差が起こっている』ことを裏付けるものであり、近年見られる大型化・大量処理化の工場においては重要視すべき基礎的データと言える。

さらにこの装置にて盛込時間差解消のための追実験を行った。

図 10 は盛込原料混合製麴法の結果である。これは盛込の初めと終わりの各原料を混合して培養した場合どうなるか実験室レベルで確認したものである。この実験では盛込開始区と 2 時間後盛込区に約 5℃の品温上昇差が認められたが、盛込開始、1 時間後、2 時間後の 3 区を混ぜ合わせ、いわゆる「盛



写真1 小型円形製麹装置

(資料：紅林孝幸ら、日本醤油研究所雑誌、第49巻、4号、pp. 139 (2003年) より引用)

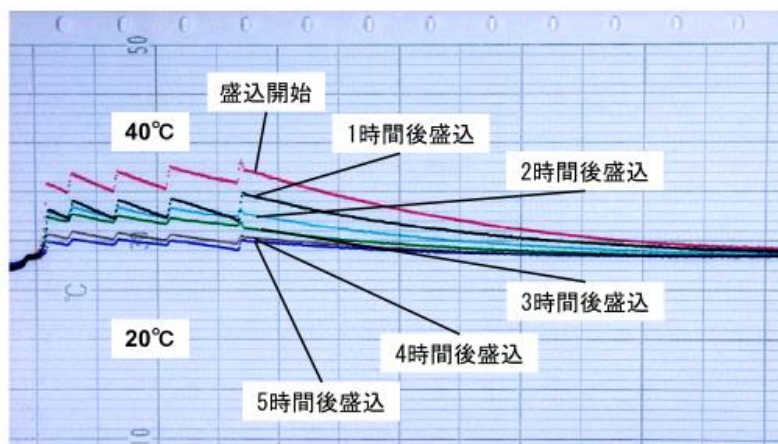


図9 時間差盛込法と麴品温経過
 (資料：紅林孝幸ら、日本醤油研究所雑誌、第49巻、4号、pp.139 (2003年) より引用)

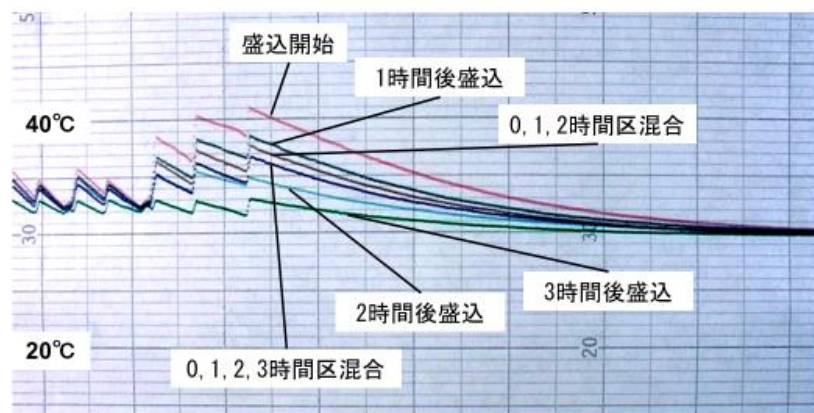


図10 盛込原料混合製麹法

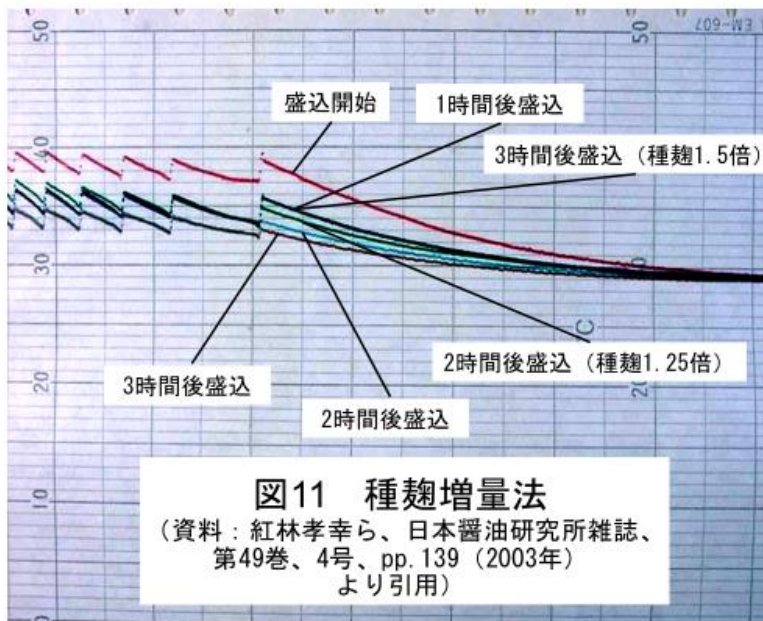
(資料：紅林孝幸ら、日本醤油研究所雑誌、第49巻、4号、pp. 139 (2003年) より引用)

込時間差を解消した」試験区はその中間的麴品温をたどっているのがわかる。また盛込開始区と 3 時間後盛込区、全混合区との関係も同様であった。つまり、盛込時間差は麴の品温上昇に対して相加的に影響するものであり、相乗的には影響しないことをさらに裏付ける結果が得られた。

図 11 は種麴増量製麴法の結果である。これは盛込後期の原料に種麴をやや多めに添加し、意図的に品温上昇を促す方法である。この実験では盛込開始区と 3 時間後盛込区には約 6℃の温度差が見られた。ところが 3 時間後の盛込原料であっても種麴を通常の 1.5 倍量添加して培養すると、その経過は 1 時間後盛込のものと重なっていた。つまり盛込後半の原料に種麴を 1.5 倍量加えると、約 2 時間の盛込時間差を解消することができることがわかった。実用規模のデータは得られていないがこの方法も時間差の解消という点では有効であるといえる。

実用規模においてこの盛込時間差を解消する麴培養方法を試験した。

まず、自走ベルトコンベア式による時間差解消盛込法について述べる。自走ベルトコンベア（写真 2）とは、円盤を回転させながらベルトコンベアの往復運動により原料を送り込む装置で、従来の方法ではその送り込みが、内側→外側→内側→外側の順で繰り返されていたため、盛込順序としてはどうしても内側優先となっていた（図 12-（1））。そこで自走コンベア式時間差解消盛込法を図 12-（2）に示した。これは内側→外側→外側→内側の順で、ジグザグに偶数層盛込む方法で、仮に盛込原料に番号をつけるとその合計数は内側：外側＝18：18 となり、両者は時間差を解消した同等の盛込原料になると想定した。その実際の麴培養結果（図 13）、内側麴、外側麴の両者に品温差はほとんど認められず、盛込時間差は解消されていた。その出麴分析結果でも両者ほぼ同等の活性が認められ、特に全プロテ



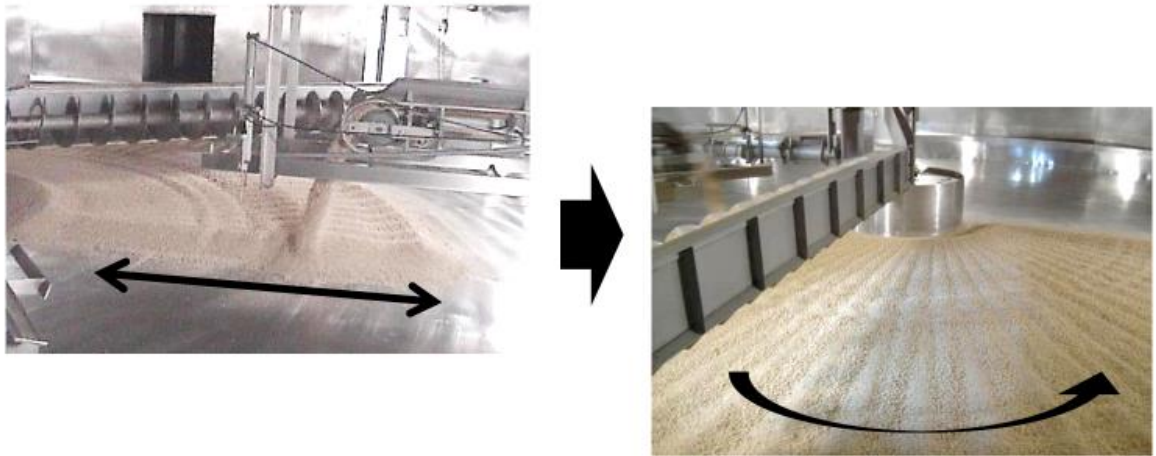


写真2 自走コンベアによる盛込の様子
(提供：福島県醤油醸造協同組合)

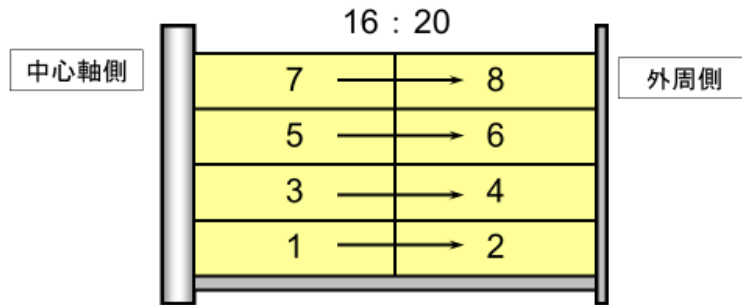


図12- (1) 自走コンベア式従来盛込法
 (資料：紅林孝幸ら、日本醤油研究所雑誌、第49巻、4号、pp. 139 (2003年) より引用)

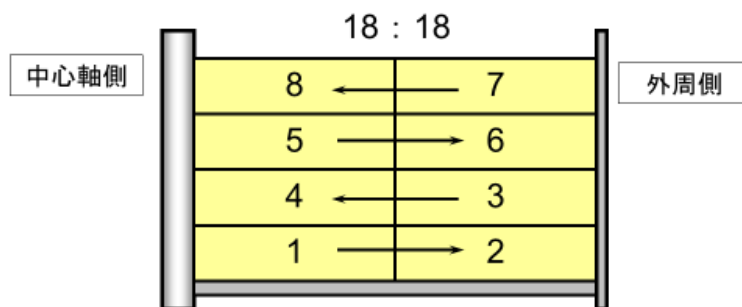


図12- (2) 自走コンベア式時間差解消盛込法
 (資料：紅林孝幸ら、日本醤油研究所雑誌、第49巻、4号、pp. 139 (2003年) より引用)

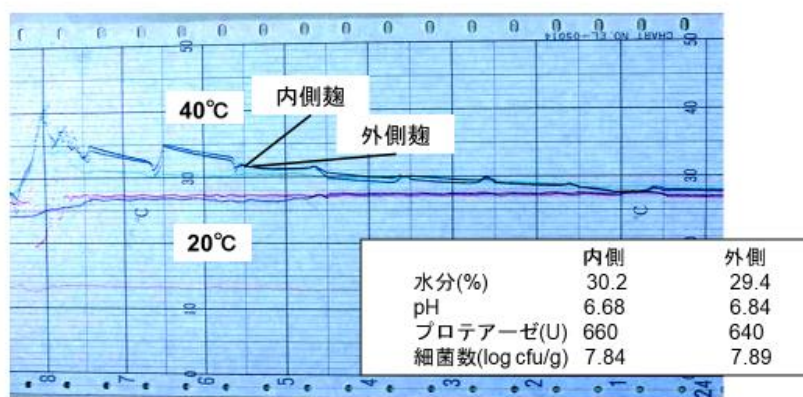


図13 自走コンベア時間差解消盛込法における麹品温経過
 (資料：紅林孝幸ら、日本醤油研究所雑誌、第49巻、4号、pp. 139 (2003年) より引用)

アーゼ活性（U）は内側：外側＝660：640、細菌数（log cfu/g）も同様に7.84：7.89 でほぼ同じであった。

次にスクリーコンベア式時間差解消盛込法について述べる。スクリーコンベア式従来法（図 14－（1））ではスクリーの高さを固定あるいは移動しながら外周側から原料を送り込む方法であった。しかしこれでは外側から 1→2→3 の順になり、盛込順序としては外側優先となってしまう。そこでスクリーコンベア式時間差解消盛込法（図 14－（2））では外側からの原料投入後、円盤を回転させながらなるべく早くスクリーで内側へ送り、盛込時間差を少なくしながら、これを数段重ねていく方法で試験した。その結果（図 15）従来見られていた大きな品温差はなくなり、内側および外側ともほぼ同じ品温経過で安定していた。その出麴分析でもバラツキはかなり抑えられ、全プロテアーゼ活性（U）は内側：外側＝620：670、細菌数（log cfu/g）も同様に 8.00：7.88 であり良好な結果が得られた。

以上、実用規模での製麴実験において、盛込時間差による部位別麴品温経過への影響を確認し、かつ内側と外側の麴品質バラツキを抑えた安定的な製麴方法を立証した。

この報告は「大型円盤製麴法における醤油麴の均一培養について」として 2003 年（平成 15 年）に醤油業界で初めて発表した。この報告以降「盛込時間差を解消する均一盛込法」は全国の醤油工場で採用された。さらに 2004 年（平成 16 年）に日本醸造協会誌にも同じタイトルの総説が掲載されるなど、醸造業界全体でも注目を集めた。安定した均一な品質の麴を作りたいという生揚協業工場ならではの研究テーマが、醤油業界にとって大きな意義があることを証明した。

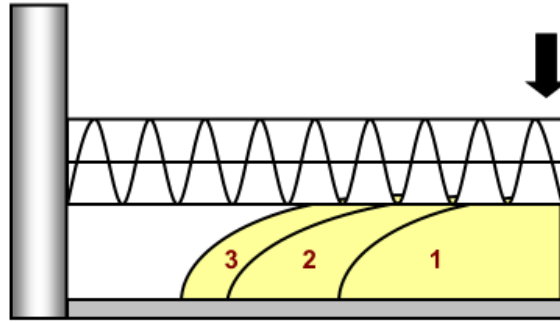


図14- (1) スクリューコンベア式従来盛込法
 (資料：紅林孝幸ら、日本醤油研究所雑誌、第49巻、4号、pp.139 (2003年) より引用)

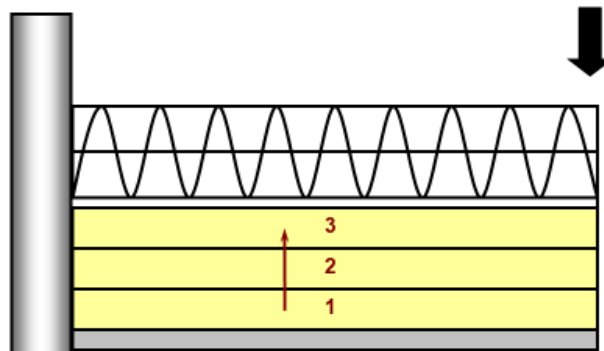


図14- (2) スクリューコンベア式時間差解消盛込法
 (資料：紅林孝幸ら、日本醤油研究所雑誌、第49巻、4号、pp.139 (2003年) より引用)

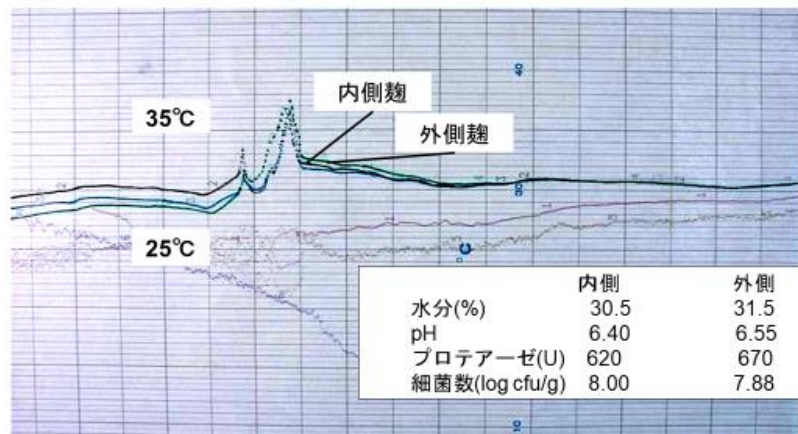


図15 スクリュー式時間差解消盛込法における麹品温経過
 (資料：紅林孝幸ら、日本醤油研究所雑誌、第49巻、4号、pp.139 (2003年) より引用)

(第3章 要約)

醤油協業化工場での実用円盤製麴について調べたところ、麴に部位別的な品質のバラツキが認められた。ほとんどの工場で円盤の外周側に近い「外側麴」が「内側麴」に比べ良好な品質であった。

この麴品質バラツキ発生の原因について調査・研究した。円盤製麴装置の構造的要因は特定できなかったが、原料の盛込順序が円盤の内側からかあるいは外側からかで異なると麴の初期品温経過も全く異なることがわかった。

小規模実験製麴装置を用いて、麴菌の植付け時間の異なる「盛込時間差培養法」を試したところ、盛込（麴菌植付け）時間が遅れるほど麴の品温上昇も遅れていくことがわかった。その後の追実験により、盛込時間差と麴の品温上昇との関係は相加的なものであることも確認した。近年見られる装置の大型化や、盛込量の増加によって生ずるこの「盛込時間差」は、麴品温経過のバラツキにもつながり、それぞれの麴品質バラツキ発生の一因であることがわかった。

盛込時間差解消のための製麴方法として、自走ベルトコンベアの往復運動を使って、円盤内にジグザグに層を重ねて盛込む「自走ベルトコンベア式盛込法」、あるいはスクリーコンベアの回転運動を使って、外側から内側へなるべく早く送りながら、層として数段重ねていく「スクリーコンベア式盛込法」を行うことで、数時間にも及ぶ盛込時間差を解消することができた。これらの方法は内側と外側の部位別麴品温上昇差をなくし、かつ麴品質バラツキのほとんどない醤油麴を実用規模で生産できるものであり、工場製麴実験でそれを立証した。

この報告は「大型円盤製麴法における醤油麴の均一培養について」とし

て 2003 年（平成 15 年）に醤油業界で初めて発表した。この報告以降「盛込時間差を解消する均一盛込法」は全国の醤油工場で採用された。安定した均一な品質の麴を作りたいという生揚協業工場ならではの研究テーマが、醤油業界にとって大きな意義があることを証明した。

第4章 生揚品質の安定化に関する研究

1. 小麦炒熬度が諸味のアルコール発酵に与える影響について

(1) 目的

生揚協業化以前から醤油醸造には長い歴史があるわけだが、醤油の主原料である大豆と小麦のうち、大豆については大手メーカーを中心にその蒸煮方法やタンパク質の変性、最終的な窒素利用率に関する研究²¹⁾が盛んに行われてきた経緯があった。一方もう一つの原料である小麦に関しては、デンプン質が熱変性したのち酵素で単糖に分解され、発酵基質として酵母や乳酸菌などに利用されることは周知であるものの、その処理法についてはこれまでに実験室レベルの研究が数報^{22)~24)}みられるだけであった。特に諸味発酵の出来を評価するのに重要な「アルコール発酵」には小麦デンプンが出発原料となるにも関わらず、その小麦炒熬度（あるいは膨化度）の評価方法、デンプン質の糖化性、さらには工場諸味のアルコール発酵への関わりを調べた報文はそれほど多くは見られない。

今回、生揚協業工場における小麦炒熬の実態を確認しながら、その適正化を図っていたところ、高レベルな諸味アルコール発酵には高い膨化度の小麦の炒熬が必要であることが再確認された。小麦炒熬とその程度を簡単かつ迅速に測る方法を応用しながら、醤油諸味のアルコール発酵の向上を図った。

(2) 方法

① 小麦の膨化度測定方法

① -1 しょうゆ試験法による測定²⁵⁾

生麦・炒り麦それぞれを 500 粒ずつ採取し、その容積を 200mL メスシリンダーで測り、計算式：炒り麦容積 mL÷生麦容積 mL にて算出した。

① -2 比重応用法による測定²⁶⁾

生麦・炒り麦それぞれの同一容積における重量（比重）を測定し、計算式：生麦重 g÷炒り麦重 g にて算出した。

② 炒熬小麦の酵素消化試験方法

小麦の酵素消化実験は炒熬状態の異なる炒り麦を市販ミルで 30 秒程度粉碎し、予め水分を測定した（ザルトリウス株式会社製、MA35 電子水分計）。乾物重量が一定になるように加水補正しながら全量で 20g ずつ採取し、市販酵素剤 5mg（製品名：グルク 100G、成分：グルコアミラーゼ 30%、 α -アミラーゼ 20%、プロテアーゼ 8%、グアーガム 0.3%、食品素材 41.7%、天野エンザイム株式会社製）と 23% 食塩水 100mL を加え、200mL 三角フラスコにて 15°C、30 日間次いで 30°C、10 日間消化した（図 16）。消化物を東洋濾紙 No.2 にて濾過後、濾液の成分を分析した。還元糖はソモギ変法²⁷⁾、グルコースは RQ フレックス法²⁸⁾ にて測定した。

(3) 結果および考察

小麦膨化度について従来のしょうゆ試験法と比重応用法を比較した（図 17）。結果的には比重応用法の方が値はやや高く出るものの、傾向はほぼ変わらず再現性はよかった。また繰り返し試験でもその傾向を確認したところ（表 3）、標準偏差 σ 0.009、CV% 0.55 と良好な状態であった。測定時間も 1 分以内に終わることができ、簡便かつ継続的な方法といえるで

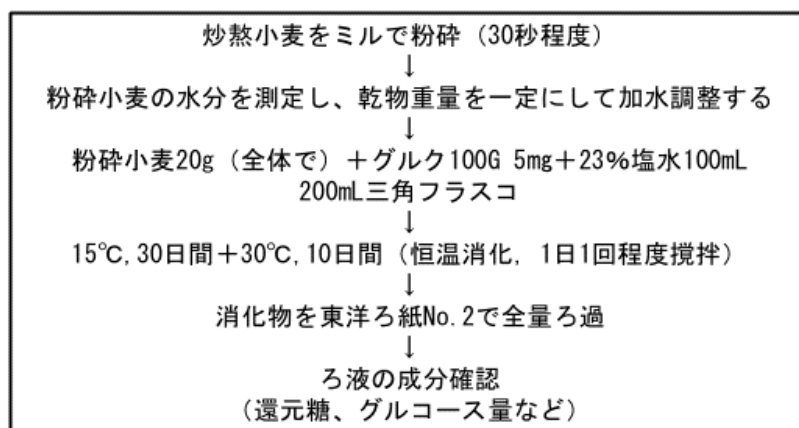


図16 炒熟小麦の市販酵素剤による糖化性確認方法
 （資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第40巻、6号、pp. 369（2014年）より引用）

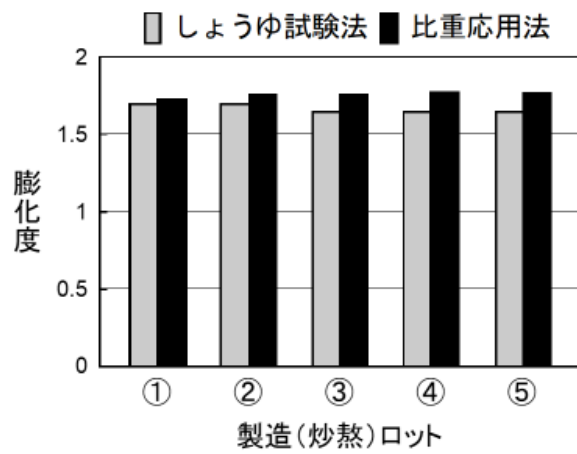


図17 異なる製造ロットにおける各種膨化度値の比較
 (資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第40巻、6号、pp. 369 (2014年) より引用)

表3 膨化度測定 of 繰り返し試験 (比重応用法)

測定回数 n	10
最大値	1.660
最小値	1.630
平均値 \bar{X} ①	1.643
標準偏差 σ ②	0.009
CV値% (②÷①×100)	0.55

(資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第40巻、6号、pp. 369 (2014年) より引用)

あろう。なおデータは省略するが、炒り上がったばかりのやや熱い炒り麦とそれを十分冷ました炒り麦いずれにおいても、膨化度は同じ値を示した。

小麦の酵素消化実験については初めに予備的検討としてグルク 100G の濃度別酵素消化と、あわせて実験室で調製した醤油麴 2 種[原料：脱脂加工大豆+小麦、原料総元 40g、15cm ガラスシャーレ製麴、*Aspergillus oryzae* S-03 または *Aspergillus sojae* No.12（いずれも株式会社樋口松之助商店製）]由来の透析酵素液による消化を比較検討した。なお消化温度条件の選定は一般的な消化方法である「30~40℃、7 日間から 14 日間」ではなく、近年主流となっている適温醸造法⁸⁾の初期品温経過モデルでもある「15℃、30 日間次いで 30℃、10 日間」とした。この理由は小麦デンプンが麴菌酵素群で溶解される際の温度と日数を現場モデルからあてはめ、より工場の分解条件（適温醸造法）に近いものとして再現させるためである。

その予備試験の結果（表 4）、*A. oryzae* S-03 および *A. sojae* No.12 の透析酵素液による消化ではグルコースが 11.7%および 10.2%となり、経験的に知っている本生揚協業工場 1 ヶ月諸味液汁の還元糖量(9~11%程度)に近く、良好な消化結果であった。他方グルク 100G による消化は、0.6mg から 40mg までの濃度別による消化を行わせたところ、比較的 low 濃度である 2.5mg から 10mg 程度のレベルがそれに近い結果であった。表 2. の計算上の酵素単位も比較すると、いかに酵素製剤が必要十分以上に多いかがうかがえる。よって、実験方法は図 16 に示す通り、酵素剤 5mg を 20g の小麦サンプルに加えるという低濃度でかつシンプルな方法で行うことにした。本生揚協業工場の他生揚協業 4 工場に協力を依頼し、実際の工場炒り小麦 5 点を消化実験した（図 18、実施時期：2013 年（平成 25 年）5 月頃）。

表4 炒熬小麦の酵素消化予備実験結果

	添加内容	酵素量 (単位U/炒熬小麦20g)			消化濾液 グルコース (%)
		プロテアーゼ (pH6)	α - アミラーゼ	グルコ アミラーゼ	
オリゼ [®] S-03	麴抽出液	651	3,057	582	11.7
ソイヤNo. 12	麴抽出液	303	324	98	10.2
グルク100G	40mg	651	15,478	3,264	16.0
	20mg	325	7,739	1,632	13.6
	10mg	163	3,869	816	11.6
	2.5mg	41	967	204	7.2
	0.6mg	10	242	51	0.9

(資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第40巻、6号、pp. 369 (2014年) より引用)

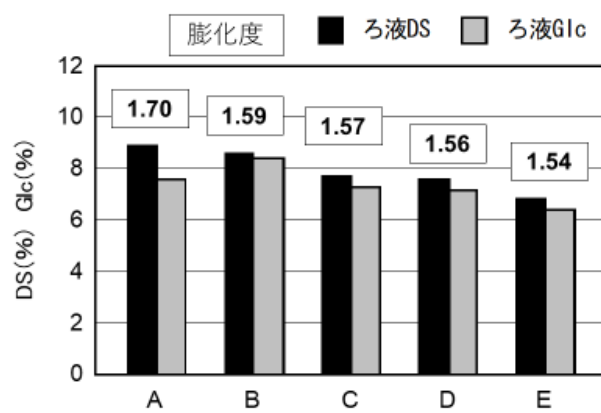


図18 生揚工場別・小麦膨化度と小麦消化実験結果

(資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第40巻、6号、pp. 369 (2014年) より引用)

装置は熱風式²⁹⁾あるいは混砂式³⁰⁾の違いはあるものの、共通の小麦（カナダ I CW）を実際に炒熬している現物品を提供頂くことで、ありのままの状況を確認することができた。その結果、小麦膨化度の高いサンプルから順に並べてみたところ、ほぼ比例的に糖成分溶出との関係性が確認できた。すなわち、小麦膨化度の高い工場ではその小麦の溶出糖分（還元糖やグルコース）量が多くなりやすく、麴菌あるいは酵母・乳酸菌への増殖に有利であることが確認された。

今回の5点の他に同じカナダの小麦にて炒熬度合の異なる小麦を11点集め同様の試験を行ったところ、図19に示す通り膨化度と還元糖溶出、膨化度とグルコース溶出いずれも正の相関性が確認できた。特にグルコース溶出濃度について最大12%程度、最小6%程度とその溶出性に大きな差が表れた。全国の生揚協業工場の実態として今後十分に検討する必要がある。この膨化度をより向上させるためには、やはり熱源を強くすることが先決といえるであろう。デンプンの膨化について杉本³¹⁾は熱源の強弱がポイントとしており、醤油工場での小麦炒熬で考える場合は、火力あるいは時間当たり処理量の差でコントロールできると思われる。

ここまでの結果について、小麦膨化度と糖分の溶出、さらには工場諸味のアルコール発酵との関連についてさらに考察したい。

まずは図20について説明する。これは2009年（平成21年）～2011年（平成23年）までの3年分の濃口諸味（脱脂加工大豆＋小麦、120kL屋外型鉄タンク）を適温醸造法⁷⁾にて醸造した諸味の3ヶ月目のアルコール濃度について各種相関を取ったものである。1ヶ月目の還元糖量（DS%）と3ヶ月目のアルコール量には当然ながら正の相関性が認められる（ $R=0.292$ ）。一方で1ヶ月目の全窒素（TN%）との関係は明らかな負の相関（ $R=-0.250$ ）

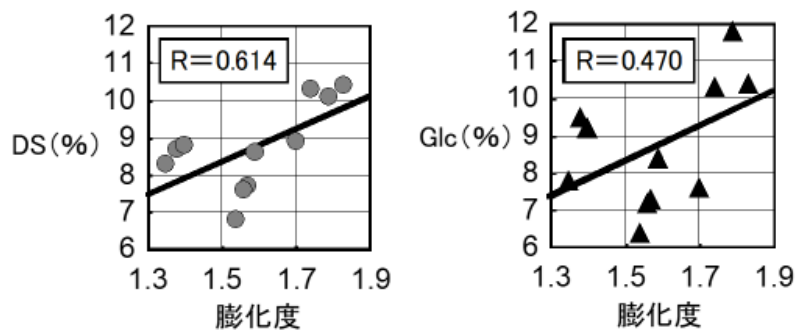


図19 炒熬小麦の膨化度と糖化性の関係

(資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第40巻、6号、pp. 369 (2014年) より引用)

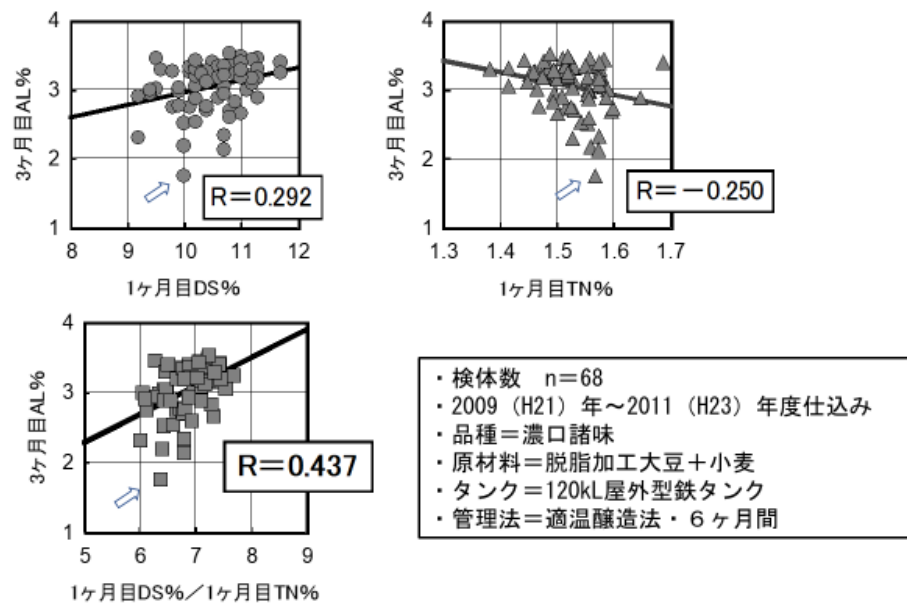


図20 初期DS量と諸味アルコール発酵の関連

(資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第40巻、6号、pp. 369 (2014年) より引用)

で、いわゆる高窒素の諸味は発酵が遅れがちな経験則と一致する。過去においても古林³²⁾らの研究で耐塩性醤油酵母の増殖において培地窒素濃度が影響を及ぼすことが報告されており、今回の現場データとの関連が非常にあると考えられる。さらに今回、DS/TN の値とアルコール発酵の関連についても相関関係を確認した。その結果、単位 TN 当たりの DS とアルコール生成量との関係は $R=0.437$ とより高い相関係数で表され、データが見やすくなった。例えば、10%の還元糖を溶出していたにも関わらず、アルコールは2%に満たなかった発酵不順の諸味がある(図 20 矢印)。この諸味は、1ヶ月目において全窒素の値もやや高いものであった。この諸味について DS/TN の値に直したうえでの再解析では、やはり DS/TN 値としては低い方のグループに属していることが理解できる。このような解析により、原料配合バランスの見直しや初期仕込み経過温度の再検討など課題点が見えてくるようになる。

当然ながらアルコール発酵の出発原料はグルコースである。小麦デンプンからグルコースの溶出性を上げなければ、アルコール発酵の強化はできないと考えられる。そのような意味でも各工場における小麦膨化度の向上と維持は重要なポイントとして挙げることができる。一般的に小麦は高温になることで中の水分が急激に蒸発し、膨化する。この時に小麦デンプンが変性(α化)することで酵素分解が促進される。過去の報文においても小麦デンプンのα化と膨化度の関係が板倉ら²²⁾から報告され、TN 溶出とのバランスも考えα化度60~65%程度が好ましいとしているが、この報文以降小麦デンプンの膨化度と成分溶出さらにはアルコール発酵への影響等、現場レベルの研究に発展することなく今日まで経過してきた。

近年、醤油の低塩的二次加工品の普及、あるいは生揚納入先での衛生管

理的観点から生揚中のアルコール濃度はより高く求められている傾向にある。その場合に高レベルのアルコール発酵管理が必須となるが、小麦膨化度と糖質の成分溶出はこれだけ関連の深いことから、炒熬具合の簡便的測定法とその継続性は非常に重要であると考えている。

「膨化度」について、公定書であるしょうゆ試験法では生麦・炒り麦それぞれ 500 粒の計測を行うことを主としているが、操作的には非常に煩雑で測定時間も 30 分以上と手間がかかる。よってしょうゆ試験法にて継続的な測定をしている工場は皆無に等しく、目視検査や食味、温度の確認で済ましてしまうところが多い。今回の「比重応用式膨化度」は操作が非常に簡便で 1 分程度で終わることができる。また測定スタッフが変わっても測定誤差には現れず、継続性も良いと思われる。このように早い検査結果が得られれば、製造ロットごとあるいは月ごとの炒熬運転などへの応用に数多くチャレンジすることが可能になる。その結果、早い結論への到達と次の実験考察へとつながり、品質改善に有効に働くと考えている。また小麦の酵素消化実験についても、現場モデルになるべく近づけた試験方法により再現性を得られやすいのではないかと考えている。このような簡単かつ継続性の高い実験を組み合わせながら繰り返していくことが重要であろうと思われる。

それらを総括したデータを最後に示す。本生揚協業工場の工場運転（山崎混砂式炒熬）の実態について通年データを取ってみたところ多少の季節差はあるものの、比重式膨化度で 1.7 倍程度と安定的に炒熬できていた（図 21）。よって 1 ヶ月目諸味では安定的に 9~11%の還元糖溶出が継続でき、その結果年間を通じてほぼ安定的で高レベルのアルコール発酵を維持していることと、反対に還元糖およびグルコースが低く推移していることも確

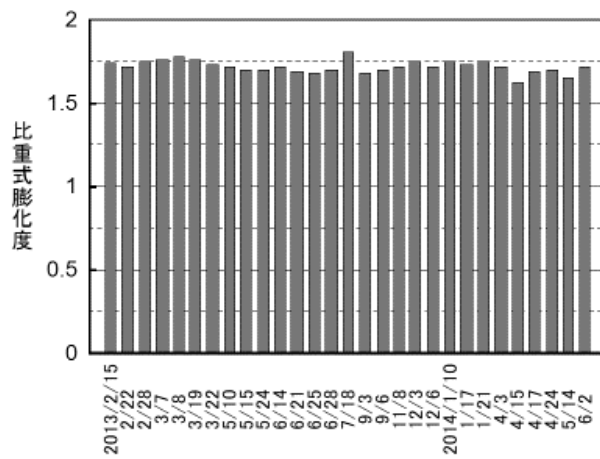


図21 工場小麦膨化度の通年測定

(資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第40巻、6号、pp. 369 (2014年) より引用)

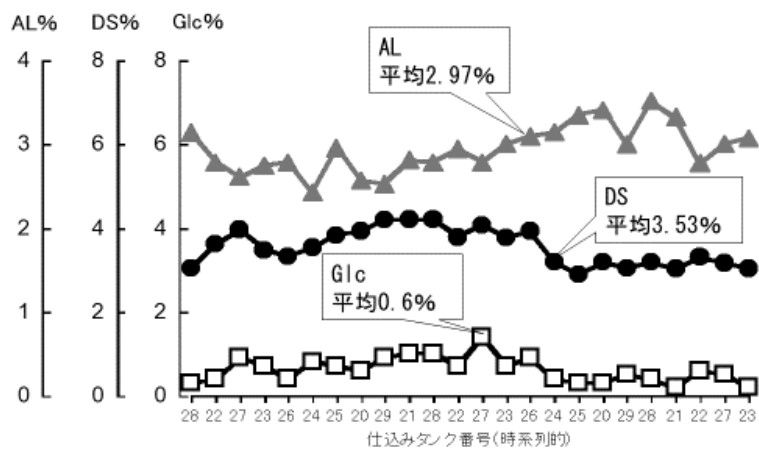


図22 工場諸味アルコール発酵の実際

(資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第40巻、6号、pp. 369 (2014年) より引用)

認した（図 22）。

先に述べたような小麦炒熬における迅速的な膨化度の確認法は工場炒熬の安定的な運転へとつながっており、結果的に成分溶出性の強い小麦を提供できていることが確認できた。一般的な機械製麴法である 3 日麴法¹⁹⁾においては、極端な高温経過をたどらなければ麴中の糖分もそれほど極端に消費されることはないと考えられる。そうすると原料処理時点での膨化度がいかに重要かが理解できるであろう。安定的小麦炒熬から安定的成分溶出性へとつなげてきた本生揚協業工場の高アルコール発酵管理は、高いアルコール濃度（品質保持性）の維持の他、還元糖の減少による生揚の着色抑制効果³³⁾も見込まれ、まさに組合員工場の要望にそのまま応えられる生揚の醸造につなげることができた。

この報告は 2014 年（平成 26 年）に醤油業界で発表した。その中で炒熬小麦の膨化度を表す「比重応用法」の報告は今回が初めてであった。特に業界での公定書である「しょうゆ試験法」よりも、「比重応用法」の方がその簡便性と操作性に優れていることを証明した。またこれまで研究の少なかった「小麦炒熬とアルコール発酵との関わり」を直接的に示す業界初めての報告であった。全国の醤油工場が小麦の炒熬状況を重視しながら、迅速かつ適切な管理を行うことで、より適正な発酵管理に生かされレベルの向上につながるなど影響は大きかった。

2. 反射式光度計—RQ フレックス—を用いた諸味の発酵管理

(1) 目的

醤油諸味の発酵管理は旧来、木桶仕込みやコンクリートタンク仕込みの方式で発酵蔵の中で管理し、四季の温度変化だけで諸味を発酵させていく天然醸造法⁷⁾が行われてきたが、近年はいわゆる適温醸造法⁸⁾にて行われることが多くなった。

この適温醸造法とは FRP 製あるいは鉄製のタンクなどに諸味を張り込み、仕込み初期は 15℃程度で約 1 か月間保持し、その後徐々に昇温して 30℃程度で数か月間保持後、熟成期間を経て約 6 か月間程度で発酵を終える方法である。特に大型の発酵設備を有する場合は大規模な加温・冷却システムの完備と維持管理、さらに酵母や乳酸菌などの発酵微生物の培養と添加する技術も必要となるが、諸味温度をタンクごとにほぼ一定にできることや、諸味成分のコントロールも行えることから、多くの工場でこの管理方法が採用されるようになった。

本生揚協業工場では原料処理にはじまり製麴、諸味管理、圧搾までを協同生産し、生揚醤油を出荷している。昨今では食品衛生的な観点により取引先からのニーズも高度化してきており、生揚成分のほとんど全ての項目において、季節に関係なく一定範囲内の品質規格が求められている。よって当然ながら諸味の温度管理や成分変化への注意が最も重要になってくる。

本生揚協業工場で従来行われてきた生揚の成分分析は、全窒素分、食塩分その他、pH、アルコール、還元糖などの一般的項目である。一方、工場では耐塩性酵母添加によるアルコール発酵管理の他に、数年前から耐塩性乳酸菌の培養・添加による乳酸発酵管理を積極的に行うようになり、そのた

め最も重要な単糖であるグルコースの消費と乳酸およびアルコールの生成のバランスをより詳しく調べる必要性が出てきた。しかしながら個々の成分を調べないで大ざっぱな測定方法（pH 測定や還元糖測定）を行うことが工場の実状でもあった。

一方、異業種の分野で使用されていた反射式光度計である RQ フレックス装置（写真 3）というものがある。これは関東化学株式会社（本社：東京都）で 1993 年（平成 5 年）から販売されている簡易分析システムである。乳酸、グルコースの他、マグネシウム、硝酸、アスコルビン酸、グルタミン酸などの成分に選択的に反応する試験紙を用いて呈色反応させ、2 種類の発光ダイオード（LED）光源を反応後の試験紙に照射することで対象成分濃度を数値化するものである。表 5 に RQ フレックス装置の概要について載せた。今現在約 30 項目の種類別試験紙が市販化されている。この装置の過去の実用例としては、安藤ら³⁴⁾による土壌改良剤用の有機資材中の窒素、リン、カリウムの測定についての報文がある。また丸尾ら³⁵⁾による水耕培養液中の無機イオン濃度測定など主に農業分野・環境分野での報告がいくつかみられる。

本論文ではこの RQ フレックス装置を用いて、醤油中の乳酸、グルコース、グルタミン酸の各成分分析を行ってきた結果について述べる。

醤油醸造における実例報告が皆無であったことから、まずは予備的な検討から進めていくことにした。さらに工場管理での実測もいくつか行い、この装置の有用性について検討した。



写真3 RQフレックス装置の外観

(資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第39巻、6号、pp. 293 (2013年) より引用)

表5 RQフレックス装置・概要

サイズ	19×8×2 cm
重量	275 g
記憶容量	5種類の分析項目
光源	4LED (green/red) 2光源方式
電源	単4乾電池4本
測定レンジ	4－90%rel. remission
光学精度	0.5%rel. remission
作動温度	5－40℃
作動湿度	90%以下

(資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第39巻、6号、pp. 293 (2013年) より引用)

(2) 方法

① 乳酸

市販品の RQ 乳酸テスト（関東化学株式会社、測定範囲 3～60mg/L）を使用した。

図 23 に示した通り、醤油諸味液汁は工場諸味を適時サンプリングし、東洋濾紙 No.2 で自然濾過したものを用意した。諸味液汁を脱イオン水にて適宜希釈（500～2,000 倍、測定可能な濃度範囲になるように希釈）したものに本試験紙を 3 秒間浸した。試験紙を取出し余計な水分を拭き取ってから、遮光で 300 秒後、測定装置 RQ フレックスにて比色定量した。（生揚醤油や火入れ醤油においては濾紙濾過の必要はなく同様の希釈操作にて定量した。）

RQ フレックスの実際の測定は次のとおりである。初めに本体の電源を入れ専用バーコードにて校正する。次に醤油希釈溶液に RQ 乳酸テスト紙を 3 秒間浸し、取り出して軽く表面を拭き取る。更に遮光状態で 300 秒保持し、RQ フレックス装置にかけると、自動的に数値が表示される（mg/L 表示）。この数字に希釈率等を勘定し、mg/100mL の単位にて表示した。

乳酸量の測定において従来の方法として、酵素法は F-キット L-乳酸法（株式会社 J.K.インターナショナル）、HPLC 法はポストカラム電気伝導度検出法にて行った。

② グルコース

RQ グルコーステスト（関東化学株式会社、測定範囲 1～100mg/L）を使用した。

サンプル調製方法は①と同様に醤油希釈溶液を調製した。次に醤油希釈

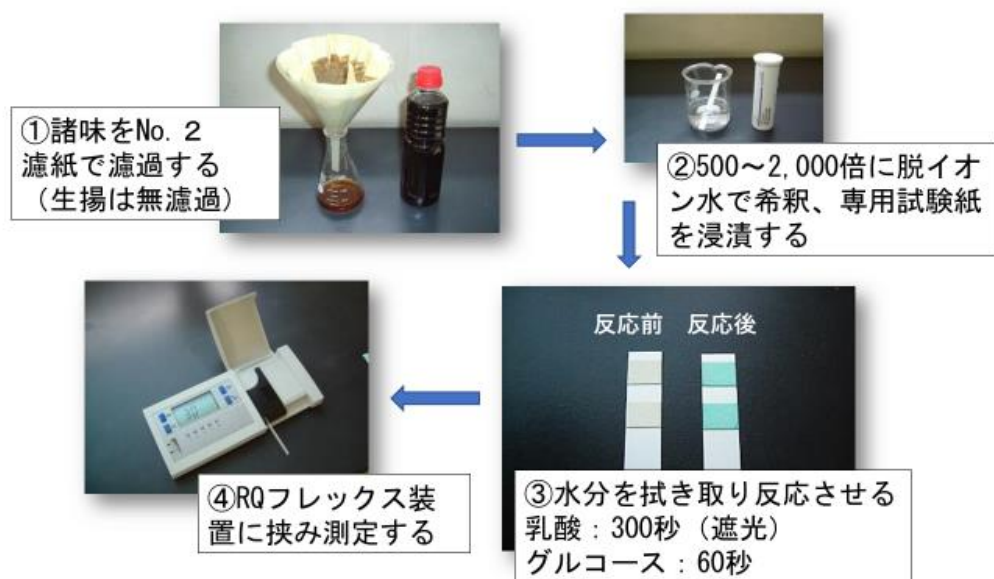


図23 RQフレックスによる醤油分析方法(乳酸、グルコース)
 (資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第39巻、6号、pp. 293 (2013年) より引用)

溶液に RQ グルコーステスト紙を 15 秒間浸し、取り出して軽く表面を拭き取る。更に 60 秒保持し、RQ フレックス装置にかけると、自動的に数値が表示される (mg/L 表示)。この数字に希釈率等を勘定し、g/100mL の単位にて表示した。

既知分析としてのグルコース量は酵素法がグルコース CII テスト Wako 法 (和光純薬工業株式会社)、還元糖量はソモギ変法にて行った。

③ グルタミン酸

サンプル調製方法は①と同様に醤油希釈溶液を調製した。具体的な測定方法については図 24 に示した。その醤油液汁を脱イオン水にて 100mL メスフラスコにて 500 倍に希釈した (醤油液汁 0.2mL を脱イオン水で 100mL)。一方、反応試薬については次のように準備した。アグロチェック グルタミン酸内の試薬 A、B、C、D それぞれに試薬 E のリン酸緩衝液 (pH8) を 3.5mL ずつ加え、ビンの中で試薬をよく溶解した。次に内径 10mm×長さ 90mm のガラス試験管に、溶液状態になった A、B、C、D の試薬それぞれを 0.3mL ずつ入れ、最後に希釈した醤油サンプルを 0.1mL 加えよく混合後、30℃恒温室に入れ 30 分間静置した。

30 分後、紫色になった反応液を取り出し、専用の測定セル (樹脂製、付属品) の一室に流し入れた。もう一方の室にはブランクとして脱イオン水を流し入れた。

RQ フレックス プラス 10 を用意し、付属の専用スリット (3 次元バーコード) にて予め校正後、先ほどの測定セルを装置にセットし、ふたを閉めスタートボタンを 1 回押した。5 秒後、ふたを開け今度はセルの向きを前後入れ替えた後、ふたを閉め再度スタートボタンを 1 回押した。更に 5 秒

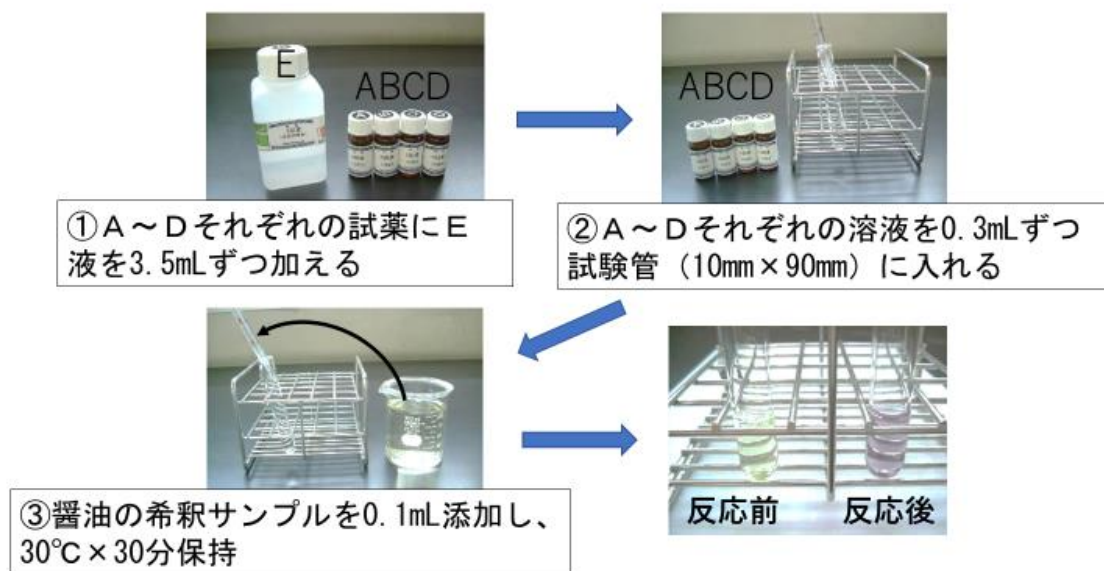


図24 RQフレックスによる醤油分析方法(グルタミン酸)

(資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第44巻、6号、pp. 363 (2018年) より引用)

後、最終的な濃度が表示される。このやり方にて測定を進めた。

なお、既知分析方法として HPLC 法（装置：日立ハイテクサイエンス L-8900、測定方式：ポストラベルニンヒドリン法）と酵素キット法（ヤマサ醤油株式会社 L-グルタミン酸測定キット NEO）を採用した。酵素キット法での分光光度計は日立ハイテクノロジーズ U-1900（測定波長 470nm）を使用した。

（3）結果および考察

①乳酸

濃口生揚醤油（脱脂加工大豆＋小麦）10 点を集め、乳酸量を測定した。既知分析値は酵素法（F-キット法）と HPLC 法（ポストカラム電気伝導度検出法）を比較した。

その結果（図 25）、酵素法とは $R=0.971$ と高い相関関係が確認され、HPLC 法も同様の傾向であった。しかしながら、個々の値を確認すると酵素法とはほぼ同等の関係であったが、HPLC 法とでは数値の開きが確認された。この原因については検討の余地があるものの、総じて濃淡に対する相関性が良いことは確認できた。

繰り返し試験（TN1.65 濃口本醸造しょうゆ使用、20℃室温測定、 $n=10$ 回）において、乳酸量は平均値が 663mg%、標準偏差 σ 22.4、CV% 3.4 という結果（表 6）であった。

添加回収実験は、濃口しょうゆ（乳酸量 0.795%）をあらかじめ用意しておき、乳酸の標準溶液をそれぞれ等量ずつ添加する方法で理論値を求め、RQ フレックス法で実測し回収率を計算した。その結果、表 7 に示したように回収率 98%以上の良好な結果が得られた。

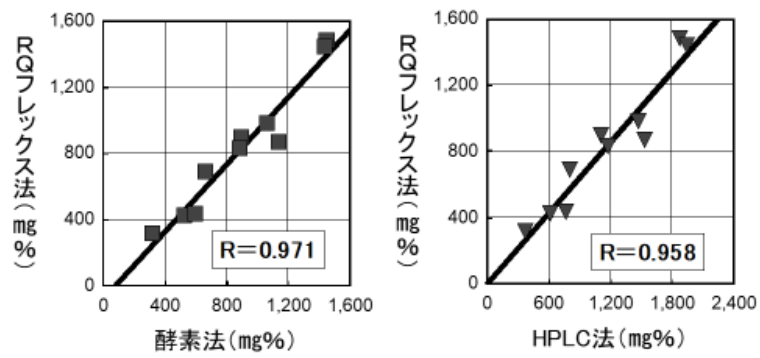


図25 既知分析値との相関性（乳酸量）

（資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第39巻、6号、pp. 293（2013年）より引用）

表6 繰り返し分析（乳酸）

測定回数 n	10
最大値	695
最小値	615
平均値 \bar{X} ①	663
標準偏差 σ ②	22.4
CV値% (②÷①×100)	3.4

（資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第39巻、6号、pp. 293（2013年）より引用）

表7 添加回収実験（乳酸）

	醤油中 濃度 (%)	標準液 濃度 (%)	1 : 1 混合品 理論値 (%)	RQ法 実測値 (%)	回収率 (%)
乳酸	0.795	1.0	0.898	0.887	98.8

（資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第39巻、6号、pp. 293（2013年）より引用）

② グルコース

グルコース量は工場の濃口諸味（脱脂加工大豆＋小麦）24点をランダムに集め測定した。既知分析値は酵素法（グルコース CII テスト Wako 法）と還元糖法（ソモギ変法）を比較した。

その結果（図 26）、酵素法とは $R=0.991$ と高い相関性ととともに、数値についてもほぼ同じ値という大変良好な結果が得られた。還元糖との比較においても同様に相関関係は良好であった。

繰り返し試験（表 8、TN1.65 濃口本醸造しょうゆ使用、20℃室温測定、 $n=10$ 回）において、グルコース量については平均値 3.6%、標準偏差 σ 0.1、CV% 2.8 となった。

添加回収実験は、濃口しょうゆ（グルコース量 3.8%）をあらかじめ用意しておき、グルコースの標準溶液をそれぞれ等量ずつ添加する方法で理論値を求め、RQ フレックス法で実測し回収率を計算した。その結果、表 9 に示したように回収率 98% 以上の良好な結果が得られた。

③ グルタミン酸

工場別の濃口醤油（脱脂加工大豆＋小麦）7点を集め、HPLC 法と酵素キット法のそれぞれと数字の比較をした。その結果（図 27）、HPLC 法とは相関係数 $R=0.904$ 、酵素キット法とでは相関係数 $R=0.870$ と共に高い相関関係を示した。簡易分析法の類としては、本方法が良好な結果を示していることが伺える。

次に添加回収試験を行った。濃口醤油（グルタミン酸濃度：1,630mg%）と淡口醤油（同：2,030mg%）を用意した。特級の L-グルタミン酸で調製したグルタミン酸水溶液（488mg%、pH4.8）を、それぞれの醤油と容量比

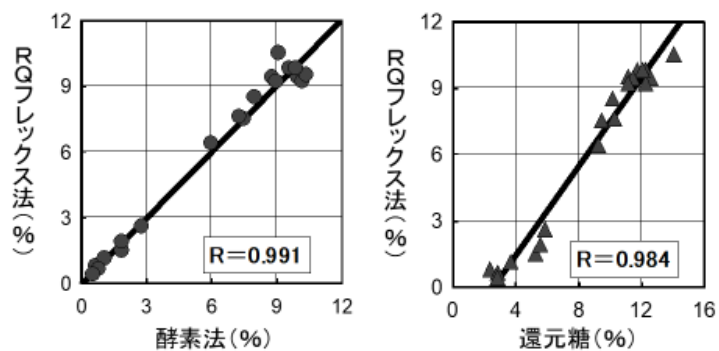


図26 既知分析値との相関性（グルコース量）

（資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第39巻、6号、pp. 293（2013年）より引用）

表8 繰り返し分析（グルコース）

測定回数 n	10
最大値	3.7
最小値	3.4
平均値 \bar{X} ①	3.6
標準偏差 σ ②	0.1
CV値% (②÷①×100)	2.8

（資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第39巻、6号、pp. 293（2013年）より引用）

表9 添加回収実験（グルコース）

	醤油中 濃度 (%)	標準液 濃度 (%)	1 : 1 混合品 理論値 (%)	RQ法 実測値 (%)	回収率 (%)
グルコース	3.8	2.0	2.90	2.85	98.3

（資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第39巻、6号、pp. 293（2013年）より引用）

1 : 1 にて混合した。混合後は翌日まで冷蔵保管しておき、翌日冷蔵庫から取り出して常温に戻したのち、本法にて実測した。その結果（表 10）、理論値に対する実測値が濃口醤油で 102%、淡口醤油で 96%の回収率となり、良好な回収結果を示した。

繰り返し分析と誤差に関する実験も行った。同じ醤油を用いて RQ フレックスにて複数回繰り返し分析後、その誤差を確認する試験を行った。同一の濃口醤油（TN1.65%）にて合計 10 回の分析を 2 日間にまたがり行い、数字を記録した後に最大値・最小値・平均値を計算、さらに変動係数（CV%）を求めた。その結果（表 11）、その醤油のグルタミン酸濃度は平均値 1,182mg%、標準偏差 40 であった。バラツキ度合いを表す変動係数 CV% は 3.3%であり簡易分析法とはいえ、良好な誤差範囲であった。

ここで RQ フレックス法のメリットについて、醤油工場の実際の成分分析の観点とコスト面から論じることにする。

まずは利用度の面であるが、もともとその装置は「簡易分析システム」の類で販売されているものである。例えば収穫したばかりの野菜をその場でカットし、ビタミン C を把握するやり方などがあり、先に述べたとおり主として農業分野での活用実績があった。

他方で醤油中の乳酸やグルコース、あるいはグルタミン酸の定量は従来法として、高速液体クロマトグラフィー法（HPLC 法）や分光光度計使用による酵素法がすでに知られ実用化されてきた。

HPLC 法は工場での分析管理となるとイニシャルコストの高さ（一式で数百万円以上）の面、あるいは 1 バッチの分析運転で数検体以上のサンプルを分析しないと割に合わない面などデメリットが大きい。また分離溶出させるための保持時間も長いケースが多く、結果的に終日その分析を続け

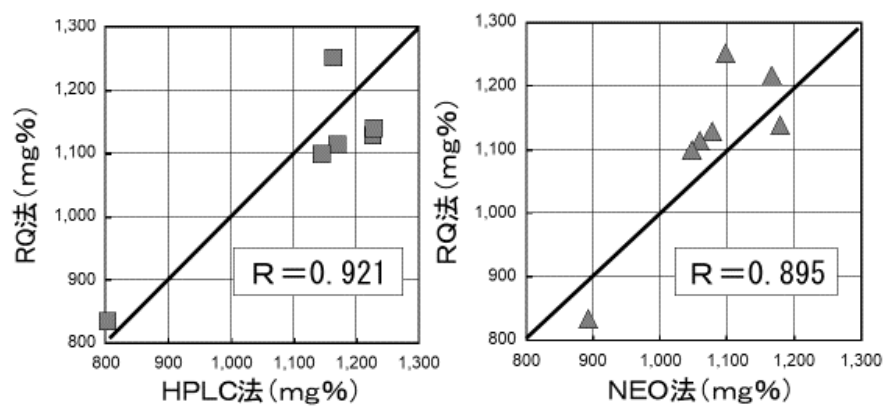


図27 既知分析値との相関性（グルタミン酸量）

（資料：紅林孝幸、日本醸造協会誌、第113巻、7号、pp. 456（2018年）より引用）

表10 添加回収実験（グルタミン酸量）

品種	醤油中 濃度 (mg%)	グルタミン酸 水溶液 濃度 (mg%)	1:1 混合溶液 理論値 (mg%)	RQ法 実測値 (mg%)	回収率 (%)
こいくち	1,630	488	1,059	1,080	102
うすくち	2,030	488	1,259	1,208	96

（資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第44巻、6号、pp. 363（2018年）より引用）

表11 繰り返し分析（グルタミン酸量）

測定回数 n	10
最大値	1,225
最小値	1,103
平均値 \bar{X} ①	1,182
標準偏差 σ ②	40
CV値% (②÷①×100)	3.3

（資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第44巻、6号、pp.363（2018年）より引用）

なくてはならないこともあるなど分析者の時間的なハンデも大きい。

もう一つの方法、酵素法は一般的に酵素剤と緩衝液を調合し、サンプルと反応させた後、吸光度を測定する方法が一般的である。酵素剤を一度調合すると冷蔵庫保管でも数週間しか有効期限がないことや、分光光度計（数十万円以上）を準備しなくてはならない点が短所といえるであろう。また従来の酵素法ではサンプル 1 本だけの分析とはいかず、必ず数検体用意しなくてはいけない面も割に合わない。近年、本多ら^{36)・37)}により市販の酵素キット法に使う試薬を 1 度に調合し、マイクロプレートリーダー装置で定量する方法が報告されたが、酵素剤調合の煩雑さは多少軽減されるものの、数百万円程度のマイクロプレートリーダー装置のコスト面での問題が残ってしまう。

工場では当然ながらタンクごとに順番に仕込みが行われている。例えば「現在発酵途中のこのタンクの濃口諸味のグルコース残量だけを今すぐ知りたい」とか「今日の乳酸量測定に該当するのはこの淡口諸味 1 検体だけである」など工場管理の実際に合わせると、①少ない分析本数で済み、②簡便かつスピーディに数値を把握することが重要なポイントとして挙げられる。そしてなるべくなら③低いイニシャルコストで導入したいのは当然といえるであろう。この 3 点は弊工場における長年の懸案事項でもあった。

この RQ フレックス法は、装置本体価格が約 10 万円である。イニシャルコストとしては十分に低コストといえるであろう。またランニングコストの代わりともいえる各種試験紙は、1 回の分析あたりに換算して乳酸の場合が約 300 円、グルコースの場合が約 150 円で、グルタミン酸の場合は約 300 円である。

これらのことを総合的に考えてみたい。図 28 にあるように本装置による

	RQフレックス法	酵素法	HPLC法
測定原理	酵素法	酵素法	HPLC法
最低測定本数	1本◎	数本準備△	数本準備△
測定操作	簡単◎	やや煩雑△	煩雑▲
測定時間	数分間◎	短時間○	長時間▲

図28 RQフレックス法の総合的考察

(資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第39巻、6号、pp. 293 (2013年) より引用)

分析方法は測定試験紙が 1 本ずつ分かれているため 1 検体のみの分析にも簡単に対応でき試薬類の無駄がないこと、15℃以上程度の環境温度さえ確保しておけば、反応性もよく迅速に記録管理することが可能であること、トータルでの運転コストは比較的安価であることなど、我々工場での実用運転でメリットが大きく利便性の高い装置と評価している。

2013 年（平成 25 年）に醤油業界で初めて醤油中の乳酸とグルコースの RQ フレックス法による測定を発表したが、簡易分析法とはいえその迅速さとコストメリットもあり、他の醤油工場でも数多く使用されるようになるなど、その反響は非常に大きかった。その後、2018 年（平成 30 年）に第 2 報として醤油業界にて発表し、さらに同年、日本醸造協会誌においても RQ フレックス法による醤油中のグルタミン酸測定法を発表した。

3. 優良乳酸菌による乳酸発酵の適正化と

ヒスタミン非検出諸味（ND 諸味）の醸造

（1）目的

醤油は古くから日本人に親しまれてきた発酵食品であるが、昨今のアレルギー問題から、成分的なところにアレルギーに関する調査研究が及んでいる。

例えば使用されている大豆と小麦は一般的に両者ともアレルギー物質である。しかしながら小麦アレルゲンは諸味発酵の過程で完全消失することが分かっており、一方の大豆アレルゲンは諸味発酵において完全分解されずに、若干残存することが報告³⁸⁾されている。

最近の研究でサバやカツオなどの青魚にて細菌汚染によって生成する「ヒスタミン」など不揮発性アミン類が、醤油中でも検出されていることが判明³⁹⁾した。全国の市販醤油において予備的な調査をしたところ、多いもので1,000mg/L以上のヒスタミンが含まれている醤油もあった。

醤油中のヒスタミンの生成機構⁴⁰⁾は耐塩性乳酸菌によるものと考えられている。醤油醸造工場では古くから仕込み後の諸味タンクを洗浄する考え方がなく、諸味が多少残っているタンクへそのまま新しい諸味が投入されてきた。また麴と食塩水を混合輸送させる専用のポンプもその輸送配管を含めドレンコックと呼ばれる内部の残液を抜き取るための栓がつけられていなかった。従ってこれらに潜む野生の耐塩性乳酸菌にアミンを生成するタイプの乳酸菌が存在していれば、新しく仕込まれる諸味はいずれも再現性良くアミンが生成されてしまうことになる。アミンを生成する「悪玉乳酸菌」⁴⁰⁾は麴が分解されて諸味中に生成するヒスチジンというアミノ酸を

脱炭酸することでヒスタミンを生成する。

このヒスタミンを低減化するには、仕込み前に高さ 10m にもなる大きな諸味タンクをあらかじめ洗浄・殺菌することや、本生揚協業工場では 150m 以上もある出麴配管（φ 125mm）を作業後に洗浄できるようにすることなどで野生の悪玉乳酸菌が増殖しない環境を作り、なおかつアミン生成のない優良乳酸菌を仕込み初期に諸味に添加することで乳酸発酵をより適正に管理することが重要と考えられる。

そこで醤油中のヒスタミンを低減化することを目的として日本醤油協会内に設置した「アミン低減のための検証プロジェクトチーム」に参加し、2013 年（平成 25 年）から 2015 年（平成 27 年）にかけて検証試験を行った。なおこのプロジェクトチームは本生揚協業工場のほか、福岡県醤油醸造協同組合、鹿児島県醤油醸造協同組合、大野醤油醸造協業組合（石川県）、新潟県醤油協業組合との共同研究⁴¹⁾である。

（方法）

① ヒスタミン

市販のチェックカラーヒスタミン法⁴²⁾（キッコーマン）を用い、醤油中のヒスタミンを定量した。分光光度計は U-1900（日立ハイテクノロジーズ）を用いた。

② その他一般成分

アルコールは酸化法⁴³⁾、乳酸は RQ フレックス法²⁸⁾、グルコースも RQ フレックス法²⁸⁾、pH は pH メーター法（東亜 DKK, HM-25R）を用いた。

③ 乳酸菌液体培養

菌株は市販乳酸菌 FK-1（アンプル型凍結乾燥菌、日本醸造工業株式会社製）を使い、液体培地は統一して濃口生揚（脱脂加工大豆＋小麦，TN1.7%）を 30%、食塩 10%、ブドウ糖 1%とし、オートクレーブ終了後、10%NaOHにて pH7 に補正した。

培養は 300mL 三角フラスコにて培地 200mL に FK-1 の菌体 1 アンプルを入れ 30℃、4 日間静置培養した。次いで 2L 平底フラスコにて培地 2L に植え継いで培養を同じ条件にて継続した。この 2L 培養液を工場培養 300L 培養装置にて 200L の培地に添加し、30℃、5 日間静置培養した（図 29）。

④ ヒスタミン生成菌確認方法

醤油培地（生揚（ヒスタミン ND）25%、食塩 10%、グルコース 1.5%、L-ヒスチジン 1%、pH7）10mL を $\phi 15\text{mm} \times \text{L}170\text{mm}$ の試験管に入れ予めオートクレーブしたものに検液（野生乳酸菌の棲家になっているような塩水残液など）1mL を加えて、30℃にて 7 日間静置保管後、その液体を遠心分離（8,000rpm×10 分間）した後、その上澄みをチェックカラーヒスタミン法⁴²⁾にてヒスタミン測定した。

(3) 結果および考察

はじめに本生揚協業工場で実施した濃口諸味中のヒスタミン生成の経時変化を示した（図 30）。ヒスタミン低減対策ゼロの状態のもので、乳酸菌無添加＋諸味タンク無洗浄＋仕込み配管無洗浄のデータである。これは脱脂加工大豆と小麦を原料とした濃口諸味で行った。1 ヶ月ごとに各種成分を測定したところ、ヒスタミン生成は予想以上に早く、特に仕込み後 1 ヶ月目

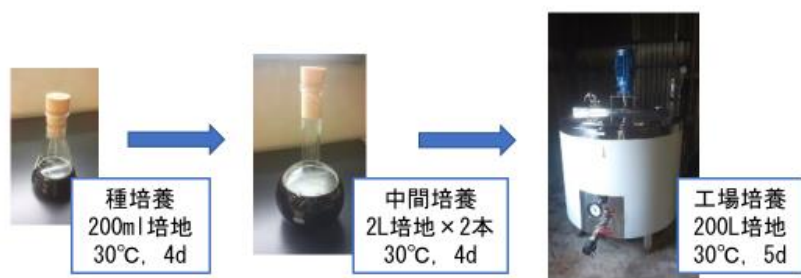


図29 乳酸菌培養の流れ

(資料：福島県醤油醸造協同組合の内部資料より作成)

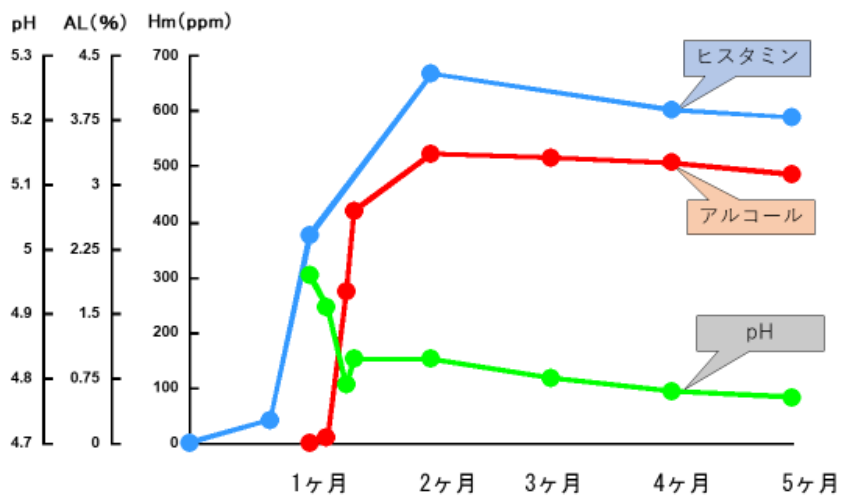


図30 ヒスタミン生成の経月変化

(資料：野田義治ら、醤油の研究と技術、第44巻、1号、pp. 31 (2018年) より引用)

から 2 ヶ月目にかけて急激に生成していることが分かった。もともと野生型の耐塩性乳酸菌の仕業のため、アルコール発酵旺盛な諸味であれば、生成したエチルアルコールにより乳酸菌も死滅し結果的にヒスタミンも抑えられるのではないかと考えていたが、抑えられないことがわかった。2 ヶ月目からはヒスタミン濃度はほぼ一定なことから、初期の野生乳酸菌対策として大型の仕込み設備等の洗浄が特に重要であることが考えられた。

そこで優良乳酸菌の添加のほかに、本生揚協業工場では大型仕込みタンクの洗浄と仕込み配管の洗浄も併せて行いながら、熟成諸味のヒスタミン量の確認を継続してきた。この対策中に分かったこととして大きかったのが、「洗浄するための設備の改良と工夫」である。

例えば本生揚協業工場では大型の仕込みタンク（120kL 容量屋外型鉄タンク（高さ 10m）が 10 台と 75kL 容量屋外型鉄タンク（高さ 7m）が 12 台）を保有しているが、これらのタンクの内部の諸味残渣を水等で洗浄排出するための構造が全くなかった。当初は残っている諸味を洗い流す考えなどなかったためであろう。昔から残った諸味はいわゆる「ご先祖様」として自社の諸味の味や発酵を再現するための「種諸味」として繰り返し使われてきた歴史がある。その昔からの考え方は捨て、本生揚協業工場では全てのタンクを洗浄排出できるよう配管を改造し（図 31）、それぞれのタンクを洗浄できるよう努めた。

また仕込み配管（麴と食塩水を混合しながら仕込みタンクに投入するための配管）も配管の最も低いところに排出するための穴が開いていないため、仕込み作業完了後必ず多少麴の混ざった食塩水が配管内に残存してしまう。今までは食塩水ということで殺菌作用もあり「たぶん安全であろう」という認識でいたため抜き取る対策は一切してこなかった（図 32）。

改良前



改良後



新たに排水口を取り付けた

図31 諸味タンクの洗浄・排水対策
(資料：福島県醤油醸造協同組合の内部資料より作成)



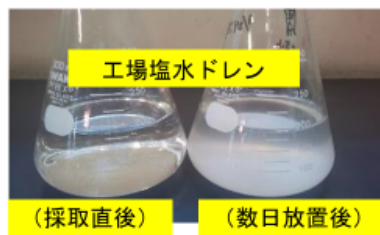
出麴ポンプに大口の排水口がない（残渣が抜き取れない）

図32 出麴ポンプの問題点

（資料：福島県醤油醸造協同組合の内部資料より作成）

このような食塩水混合輸送装置の場合はその構造にも注意が必要である。ドレンコックがないと中に液だまりができこれが中で変質していないのか？との仮説を立て、一部を滅菌済み 300mL 三角フラスコに採取しこれを室温で放置した。経日的に目視確認、pH、濁度、官能評価（匂いの確認）を調べたところ、日が経過するごとにこの液は腐敗していくことが分かった（図 33）。この腐敗した液 1mL をヒスタミン生成菌確認培地 10mL（生揚 25%、食塩 10%、L-ヒスチジン 1%、グルコース 1%、pH7）に混合し、30℃、7 日間静置した。混濁等を確認後、培地を遠心分離機で集菌し、その上澄み液のヒスタミン量を測定した。その結果多少のバラツキはあったが、この残渣液はヒスタミン生成菌を含んでいることが生成したヒスタミンの量からも分かった。特に残渣液放置から 3 日目以降はかなり加速度的にヒスタミン生成菌が増加する結果であった（図 34）。このことにより、大型連休などの長期休暇に残渣液を排出せず放置したまま、休み明けの仕込みにそれが投入されることで、著しい数の野生の悪玉乳酸菌が仕込みタンクに投入されることになっていた。現在は、食塩水混合輸送装置を一部改良し、50A のドレンコックを取り付け、出麴作業終了毎に残液を払い出せるようにした（図 35）。

さらに出麴配管についても内部を水で洗浄できる方法を考案した。通常仕込み作業終了後はそのまま放置していたため、内部に食塩水と麴の残渣が残りこれが先と同じように見えない内部で腐敗していたと考えられ、またその距離（150m 以上）からも相当悪影響を及ぼしていたものと考えられた。そこで、出麴配管において仕込みタンクの投入口に近い部分を一部改良した。具体的には図 36 の様に洗浄水を投入できるようなバルブを取り付け、出麴作業後 150m 以上にも及ぶ配管を毎回水洗浄できるようにした。




室温での 放置日数	pH	濁度 (ppm)	臭い
0 (採取直後)	6.81	35	なし
1	6.63	35	なし
2	6.47	39	酸味臭
3	6.19	50	酸味臭
5	5.74	65	複合的臭
7	5.76	70	複合的臭

図33 出麴ポンプ内の塩水残液の実態調査

(資料：野田義治ら、醤油の研究と技術、第44巻、1号、pp. 31 (2018年) より引用)

放置 日数	pH	濁度 (ppm)
3	6.19	50
5	5.74	65
7	5.76	70



その液による ヒスタミン生成菌 検出試験 (ヒスタミン量 mg/L)
312
324
410

図34 出麹ポンプ内の塩水残液の実態調査

(資料：福島県醤油醸造協同組合の内部資料より作成)

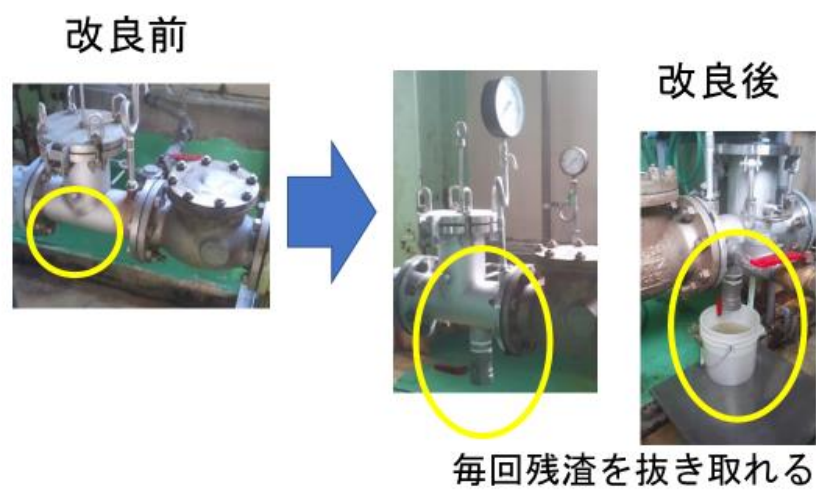


図35 出麴ポンプの残液対策

(資料：福島県醤油醸造協同組合の内部資料より作成)



図36 出麴配管洗浄ライン

(資料：福島県醤油醸造協同組合の内部資料より作成)

これら一連の対策を施した効果についてまとめた。まずは2012年～2014年までの濃口諸味（脱脂加工大豆＋小麦）におけるヒスタミン対策結果を時系列的に示した（表12）。スタート当初は乳酸菌添加しか行っていなかったため、諸味タンクごとのヒスタミン量に大きなバラツキがあり、その量も著しく多いものもあった。その後段階的に大型タンク洗浄の開始、食塩水残渣の廃棄の開始などを行ってきた結果、特に2014年10月以降の効果が著しかったことが見て取れる。最後の仕込み配管の洗浄を開始し、このアミン対策は全て行ったことでいずれの諸味タンクからも50mg/L以下のヒスタミンという著しい低減効果を確認した。

さらにその後の経過について示した（表13）。その後も4つのポイントを継続することでヒスタミン生成を低く維持できていた。特に季節的な特徴が出やすいことから、四季ごとにまとめてはみたがいずれの季節においてもヒスタミンは50mg/L以下の数字で推移した。一方で福島ならではの特徴かもしれないが、乳酸の生成量も低くなっていた。これはおそらく野生乳酸菌が駆逐されたことにより乳酸生成が減少したことに由来していると考えられる。

一方、丸大豆諸味（丸大豆＋小麦）について（表14）、2012年から2015年の結果を示した。スタート当初から乳酸発酵は弱い傾向があり、ヒスタミン生成も低い傾向にあった。この点はむしろやりやすさを感じていた。特に2015年以降は4つのポイントを行ったためか、さらにヒスタミン量は低く推移した。また同時に乳酸発酵もかなり弱くなっている傾向が認められ、この点については濃口諸味と同様の傾向を示した。

最後に再仕込諸味について示した（表15）。こちらにも基本的にはヒスタミンは低い。もともと再仕込諸味は麴に食塩水と生揚を混ぜて仕込むため、

表12 ヒスタミン低減対策・時系列的一覧表
(濃口諸味, n=44, 2012年8月～2014年11月)

試験区分	仕込実施時期	n	乳酸菌添加	タンク洗浄殺菌	塩水ドレン廃棄	仕込配管洗浄	ヒスタミン (mg/L)	pH	乳酸 (mg%)
A	2012年8月 ～ 2014年6月	34	○	×	×	×	804 ± 802	4.91 ± 0.21	1,100 ± 826
B	2014年7月 ～ 2014年10月	5	○	○	×	×	1030 ± 307	4.78 ± 0.07	931 ± 103
C	2014年10月 ～ 2014年11月	2	○	○	○	×	383 ± 54	4.71 ± 0.03	875 ± 14
D	2014年11月	3	○	○	○	○	ND	4.77 ± 0.1	549 ± 148

(資料：野田義治ら、醤油の研究と技術、第44巻、1号、pp. 31 (2018年) より引用)

表13 ヒスタミン低減対策・その後の経過報告まとめ
(濃口諸味, n=18, 2014年11月仕込～2015年11月仕込)

仕込時期		n	乳酸菌添加	タンク洗浄殺菌	塩水ドレン廃棄	仕込配管洗浄	ヒスタミン (mg/L)	pH	乳酸 (mg%)
2014年11月 ～ 2015年2月	冬	6	○	○	○	○	25 ± 17	4.73 ± 0.08	862 ± 228
2015年3月 ～ 2015年6月	春	6	○	○	○	○	12 ± 9	4.79 ± 0.08	861 ± 396
2015年7月 ～ 2015年9月	夏	4	○	○	○	○	11 ± 10	4.88 ± 0.04	391 ± 121
2015年10月 ～ 2015年11月	秋	2	○	○	○	○	3 ± 0.6	4.86 ± 0.007	587 ± 200

(資料：野田義治ら、醤油の研究と技術、第44巻、1号、pp. 31 (2018年) より引用)

表14 ヒスタミン低減対策・時系列の一覧表（丸大豆諸味, n=21, 2012年～2016年）

仕込時期	n	乳酸菌 添加	タンク 洗浄 殺菌	塩水 ドレン 廃棄	仕込 配管 洗浄	ヒスタミン (mg/L)	pH	乳酸 (mg%)
2012年	3	○	×	×	×	20 ± 19	4.81 ± 0.08	566 ± 323
2013年	5	○	×	×	×	10 ± 9	4.87 ± 0.08	352 ± 270
2014年	5	○	○	△	△	34 ± 26	4.82 ± 0.04	296 ± 123
2015年	5	○	○	○	○	5 ± 3	4.83 ± 0.09	275 ± 246
2016年	3	○	○	○	○	9 ± 7	4.93 ± 0.01	205 ± 160

（資料：野田義治ら、醤油の研究と技術、第44巻、1号、pp. 31（2018年）より引用）

表15 ヒスタミン低減対策・時系列の一覧表（再仕込諸味, n=4, 2014年～2016年）

仕込時期	乳酸菌 添加	タンク 洗浄 殺菌	塩水 ドレン 廃棄	仕込 配管 洗浄	ヒスタミン (mg/L)	乳酸 (mg%)	仕込塩水 の ヒスタミン (mg/L)
2014年7月	○	×	×	×	198	395	未測定
2015年2月	○	○	○	○	266	543	437
2015年7月	○	○	○	○	5	310	10
2016年2月	○	○	○	○	7	338	8

諸味汲出し時期	平均ヒスタミン (mg/L)
2014年6～7月	1451
2015年1～2月	965
2015年6～7月	16
2016年1～2月	10

（資料：野田義治ら、醤油の研究と技術、第44巻、1号、pp. 31（2018年）より引用）

濃口諸味の仕込み初期 pH5.8 に対し、再仕込諸味の仕込み初期 pH5.2 と低く、乳酸発酵しにくい環境のためであろう。また生揚由来のアルコールも仕込み初期に加わるため発酵そのものにもかなり影響する。一見ヒスタミン対策は楽の様に思われるが、注意が必要である。理由は仕込みに使う生揚のヒスタミンが高いと当然その再仕込諸味のヒスタミン濃度も上昇するためである。例えば 2015 年 2 月の仕込みでは 4 つのポイントを全て対策したにも関わらず、ヒスタミンが 266mg/L 生成している。その時の仕込み塩水中のヒスタミン量が既に 437mg/L 含まれておりこれが影響したと考えられる。そのヒスタミンの由来について調査したところ、そのころ濃口諸味として汲み出しし圧搾に使用した諸味の平均的ヒスタミン量は 965mg/L であったことから、これが影響したものと容易に想像できる。順序的には濃口諸味のヒスタミン濃度が下がれば、自然と再仕込諸味のヒスタミン濃度は下がる。

これらの様に現場レベルでヒスタミン低減方策の効果が、全ての諸味で実証でき、それを利用する方々のためにも生揚のヒスタミン量を抑えかつ安定して出荷できるようになった。今回のアミン低減対策プロジェクトチームにおいて本生揚協業工場で特に注力して行ってきたテーマは①アミンを生成しない優良乳酸菌の培養と諸味への添加、②大型仕込みタンクの洗浄、③仕込み配管内の食塩水残液の廃棄、④仕込み配管の洗浄を徹底的に繰り返し行うことで、開始当初不可能ではないかと考えられていた不揮発性アミンの低減化に成功し、業界で共同研究⁴¹⁾の形で発表した。特に生揚を共同生産する立場としては、工場内の全ての諸味が低減化に成功することは特に重要であり、生揚協業工場として誇りとした結果であった。

なおこの成果は 2016 年度（平成 28 年度）日本醤油技術賞（応用の部）

として日本醤油協会から表彰を受けた。また、本生揚協業工場を含めたアミン低減対策プロジェクトチームの一連の実績やデータ公開は醤油業界全体のアミン低減対策に大きな反響をもたらした。特に優良乳酸菌の液体培養方法や配管類の洗浄、大型仕込みタンクの洗浄などの重要性を記したマニュアル本が全国の各醤油工場へと配布され、現在も数多く活用されている。

(第4章 要約)

生揚品質の安定化に向けた研究と一連の取り組みを行ってきた。

アルコール発酵強化・向上の一環として小麦の炒熬度（膨化度）に着目した。結果的に、膨化度を高くすることで溶出糖分（特にグルコース）濃度が上昇することが改めて分かった。その小麦膨化度の確認試験方法として従来のしょうゆ試験法ではなく、「比重応用法」を用いて検討した。この方法は測定時間約1分程度と簡易的で継続性の高い方法であった。膨化度測定と澱粉の消化性の関係など一連の研究の結果、酵母に対する諸味初期基質供給量は直接的に上昇し、高いアルコール発酵につなげることができ、生揚協業工場として品質劣化の少ない安定的な生揚商品の出荷が可能になった。

RQフレックス装置を用いて、醤油中の乳酸・グルコース・グルタミン酸の定量を試みた。結果的に予備試験では従来法との比較でそれぞれ高い相関関係が認められた。また繰り返し試験や添加回収実験も行い、その精度は良好なものであった。この装置はハンディタイプのため持ち運びが可能で、1台で複数の項目をそれぞれ測定できるメリットがある。また反応酵素が含まれている試験紙は1つずつ分かれており、1検体のみの分析にも対応でき試料の無駄がない。またサンプルの前処理が水による希釈のみで煩雑さがない。運転費用面からも考察してみたが、イニシャルコスト、ランニングコストともに比較的安価で済むことが分かった。この方法により操作も簡単で、迅速な諸味成分のチェックが可能になり、工場での品質管理に十分適用できることが分かった。

さらに優良乳酸菌による乳酸発酵の適正化とヒスタミンND諸味を実現化した。醤油業界にて取り組んだ「アミン低減対策プロジェクトチーム」

に当組合もメンバーとして参加した。特に①アミンを生成しない優良乳酸菌の培養と諸味への添加、②大型仕込みタンクの洗浄、③仕込み配管内の食塩水残液の廃棄、④仕込み配管の洗浄を徹底的に繰り返し行うことで、開始当初不可能ではないかと考えられていた不揮発性アミンの低減化に成功し、業界で共同研究の形で発表した。生揚を共同生産する立場としては、工場内の全ての諸味が低減化に成功することは特に重要であり、生揚協業工場として誇りとした結果であった。

第 5 章 生揚生産協業化の成果と将来

ここでは協業化になったことによる成果と将来について触れたい。

福島県醤油醸造協同組合は 1964 年（昭和 39 年）の創立以降、55 年が経過した。この生揚協業工場は福島県のほか全国に数多くの工場があるが、いずれも本生揚協業工場を「福島方式」として生揚協業工場のモデルとし、建設されていったものである。今なお中小規模の生産者の出荷量が全国シェアの約半数を占めているが、いずれも全国の各生揚協業工場からのものであることを考察すると、いかに福島方式が最適なやり方であったかを物語っている。

日本という国には、地域それぞれに食文化がある。関東の濃口醤油に対して関西の淡口醤油。東海地方では溜り醤油がよく使用され、九州地方では醤油はかなり甘い。その地域独特の個性と食文化は作られている醤油にも密接に関係している。独特の食文化があるがこそ、その地域や県に合う生揚協業工場は必要だと確信する。

例えば江戸前の寿司や蕎麦には、関東の濃口醤油で塩分の強めの味付けが合う。一方の関西の淡口醤油では、色がうすめの麺つゆに色の白いうどんが合う。その時には京都などを中心に昆布だしを使ったあっさりした出汁で食するのが一般的で、関東とは対称的と言えよう。

ここ福島県などの東北地域でもその雪深い土地柄ゆえ、塩漬けにした食品が多くあり、冬の間保存食として利用していた歴史がある。醤油についてはやや甘めのタイプが多くこれも特徴の 1 つといえるであろう。

2014 年（平成 26 年）、工場操業 50 年目の節目に、県内の醤油醸造所の方々に対し、求めている生揚品質のキーワードは何なのか、アンケート調査をした。生揚品質のアンケート調査の結果は配布数 93 工場に対し、最終

的には 62 工場からの回答があり、回答率 67%であった。

表 16 に示した通り、①醸造組合製造の生揚品質（色・味・香り）に満足されていますか？の質問には大半の方々が満足していると回答した。②分析報告書の中で注視している生揚成分はありますか？の質問からは TN、色度、食塩分の 3 項目が上位を占めた。製品加工への配合計算上、TN、食塩分の数値を注視することは当然であるが、改めて生揚の色度を気にしている御得意先が多いことが分かった。さらに表 17 において④生揚入荷からビン詰めまでの間に冷蔵設備がありますか？の質問ではほとんどの工場に冷蔵設備がないことが改めて分かった。ここに中小零細企業の多い醤油産業の実態をうかがい知ることができる。食品加工工場などへの納品規格で色度管理を厳しく求められる一方で、製造の実態としては冷蔵設備を有していない醤油工場が多い。よって本生揚協業工場への品質的要求に「色のうすい生揚がほしい。」あるいは「色の進みづらい生揚はないか？」といった問い合わせが多いのが実際である。これらの点を総合的に勘案すると、我々生揚協業工場で目指すべき生揚品質は『なるべく還元糖を減らして着色化を鈍らせ、かつアルコール濃度が高く常温でも品質保持性のいい商品』であることを再設定した。本組合で醸造している生揚の品質の特徴はここにあり、またこれからも組合員から求められているものにしっかりと応えていくことが重要である。

本生揚協業工場の出荷生揚の実際について示す。表 18 は直近 20 回分における濃口生揚、淡口生揚、再仕込生揚の出荷時のアルコール濃度%についてまとめたものである。濃口生揚はアルコール濃度平均値で 2.86%（最高 3.17%、最低 2.51%）、淡口生揚はアルコール平均 2.94%（最高 3.18%、最低 2.54%）、再仕込生揚はアルコール平均 2.60%（最高 2.97%、最低

表16 生揚品質アンケート結果①

① 醸造組合製造の生揚品質（色・味・香り）に満足されていますか？

大変満足している	16%
満足している	84%
満足していない	0%

② 分析報告書の中で注視している生揚成分は何です？（複数回答あり）

TN	36名
色度	27名
食塩	26名
pH	7名
アルコール	4名
純エキス	2名
還元糖	1名
ボーメ	1名

（資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第40巻、6号、pp. 369（2014年）より引用）

表17 生揚品質アンケート結果②

③ 火入れ中に問題となった現象はありませんでしたか？（複数回答あり）

火入れオリの量	10名
火入れ後の着色	6名
火入れ後の澄まし（オリ下がり）	4名
製品醤油の香り	3名
製品醤油のニゴリ	1名
その他	1名
白カビ（産膜酵母）の発生	0名

④ 生揚入荷からビン詰めまでの間について、冷蔵設備がありますか？
あればどの段階ですか？

冷蔵設備がある	16%	→	生揚を保管するため	57%
冷蔵設備がない	84%		しょうゆの充填前保管	0%
			充填後のしょうゆを保管	43%

（資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第40巻、6号、pp. 369（2014年）より引用）

表18 本組合生揚製品・出荷の実際（直近20ロット分）

	濃口生揚	淡口生揚	再仕込生揚
使用原料	脱脂加工大豆 小麦	小麦 丸大豆	脱脂加工大豆 小麦
規格値	TN 1.70% 食塩 16.5%	TN 1.35% 食塩 17.0%	TN 2.20% 食塩 15.0%
n	20	20	20
アルコール%最大値	3.17	3.18	2.97
アルコール%最小値	2.51	2.54	2.33
アルコール% 平均値	2.86	2.94	2.60
標準偏差	0.195	0.145	0.145

（資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第40巻、6号、pp.369（2014年）より引用）

2.33%)といずれも平均アルコール濃度は高く出荷することができた。これにより工場内での蓋のない解放型タンクなどにおけるいわゆる“白カビ”など産膜酵母の発生が本生揚協業工場だけでなく、出荷した先の組合員工場においても皆無に等しくなった。なおかつ生揚アルコール濃度の高さからか、最終製品醤油での品質保持性の向上へとつながっている。生揚協業化工場の出荷生揚現物品の比較(表19)では、先に述べた適正な小麦焙煎とアルコール発酵の強化など一連の取り組みが重なったこともあり、本生揚協業工場からはアルコール濃度の高い良好な生揚製品として出荷していることが確認できた。

これらの結果こそがまさに協業化が生み出した成果といえるものであろう。高品質の醤油を全県あげて継続的に生産する。このテーマを成し遂げるために、県内の醤油醸造所が協業化に向けて立ち上がり、集中工場を建設した。その集中工場で作られている生揚は、やはり全国的に見ても品質の高さとその安定性に優れていなければならない。配送面でも10kLの大口だけでなく10L程度の小ロットでも対応可能など大手メーカーにはない特徴を持ちながら、継続的に作られなければならない。自分たちも含めて県内の全ての醤油業者が協業の精神をよく理解し、互いに助け合い醤油醸造業を続けていくことが大切である。

一方、ここ福島県では2011年(平成23年)3月11日に東日本大震災が発生し、それに伴って東京電力福島第1原子力発電所の放射能漏れ事故が起きた。県内の太平洋沿岸地域の多くの町(大熊町、双葉町、浪江町、楢葉町周辺)は、帰還困難区域も含まれており、人口減少に伴って福島県内の醤油の消費量は全盛期の半分近くにまでなっている。さらに放射能漏れ事故により大きくイメージがダウンし単なる消費量の落ち込みだけでなく

表19 生揚協業化工場別・濃口生揚製品の実際
 (出荷規格：TN 1.7～1.8%，NaCl 16～17%)

工場	アルコール (%)	pH	還元糖 (%)	グルコース (%)	乳酸 (mg%)
福島	2.56	4.78	3.92	0.9	533
B	1.27	4.83	6.24	3.3	1,443
C	2.08	4.81	2.18	0.1	1,105
D	2.26	4.80	3.63	0.5	908
E	0.88	4.99	3.48	0.8	1,255

(資料：紅林孝幸ら、醤油の研究と技術、第40巻、6号、pp. 369 (2014年) より引用)

風評も重なって、さらに醤油の出荷量が落ち込んでいるのが現状である。

そのような中、2011年（平成23年）10月に県内醤油醸造所の有志が賛同し、本生揚協業工場の主催による第1回目の「福島県醤油出品評価会」が行われた。これは当時の閉塞感を打破するべく考案中だったところに、福島県の清酒蔵元が全国新酒鑑評会で金賞受賞蔵数日本一となり、全国的に注目されているニュースを耳にしたことがきっかけであった。「日本酒が頑張っている。こういう時だからこそ、品質の優れた醤油を作って世間から認められ、風評的被害を払しょくするくらいの評価を集めようではないか。負けていけない。」とこの勉強会の設立を思いついた。県内醤油醸造所の有志が集まって、これまでに年2回ずつ開催し合計15回行われてきた。

この勉強会では各社が自社醤油製品を持ち寄り、お互いに色・味・香りの官能評価を行い、研鑽を積んでいる。また、大手メーカーの市販品も比較するほか、その年の全国醤油品評会で農林水産大臣賞、総合食料局長賞を受賞した醤油の現物をサンプル品として入手し、自分たちの商品と直接比較するなどしている。さらに、一般的成分を合わせて分析し、全窒素、食塩、pH、アルコールなど基本的な組成の解析にも取り組み、勉強会に生かしている。

その勉強会の成果が表れ始めた（表20）。2013年（平成25年）には農林水産大臣賞1点と優秀賞2点、2014年（平成26年）も同様に農林水産大臣賞1点と優秀賞2点が本生揚協業工場の生揚を使った工場が受賞した。さらに2016年（平成28年）には農林水産大臣賞2点と食料産業局長賞1点、そして優秀賞が2点の合計5点が県内から入賞している。2017年（平成29年）には農林水産大臣賞1点と優秀賞4点の合計5点入賞とその連続性に全国からも注目されるようになった。その結果、新聞、テレビ、雑誌

表20 近年の全国醤油品評会における福島県出品作品の
入賞実績のまとめ（2013年度以降）

実施年度	通算回数	全国総出品数	県内出品数	県内入賞数	農林水産大臣賞	食料局長賞	優秀賞
2013	41	263	13	3	山形屋商店		林合名会社、フクイチ
2014	42	252	11	3	山形屋商店		ヤマボシ醤油、県醤協
2015	43	252	15	1			根田醤油
2016	44	247	13	5	山形屋商店 高砂屋商店	ヤマボシ醤油	林合名会社、星醸造
2017	45	227	13	5	山形屋商店		高砂屋商店、内池醸造、 安齋醸造、県醤協

（資料：福島県醤油醸造協同組合の内部資料より作成）

などでも取り上げられるまでになった。

最後に生揚協業工場の将来について考えてみたい。

「生揚協業工場に求められているものは何か？」その答えに将来に向けたヒントが隠されているような気がしてならない。今から 50 年以上前は高度経済成長期で、多くの人口があり当然たくさんの胃袋が存在し、日本の食料消費量も多かった。その時に産声を上げたのがこの生揚協業工場である。醤油醸造の工程中の生揚までを 1 か所の工場で集中的に生産し、その後の火入れ工程を各醤油醸造所が行うことで、大量の醤油を安定的に消費者の方に配ることができるシステムとして確立した。

創業から数年後、一部の組合員工場からの要望を受け、最終醤油製品や醤油加工品（めん類用つゆやだし醤油、あるいは浅漬けの素など）も製造するようになった。これは例えば組合員工場では濃口醤油は作れるが、設備面の関係で淡口醤油を作れない方に向けて、とかあるいは醤油全般はできるが設備への魚の匂いが移ることを懸念して「つゆ類」などが作れない方に向けて始めたものである。地域の身近な醤油屋さんにおいて、消費者の方からの「めんつゆは置いていないのか？」といった要望にすぐ応えるためにも、生揚協業工場ですれらのような醤油加工品を製造し提供することは今後も重要であろうと考えられる。

さらに時代は進み、組合員の中には火入れ製造そのものをやめていかざるを得ない方も現れ始めた。これには様々な理由がある。例えば「従業員が高齢化し力仕事ができなくなってきた」とか、「火入れタンクやその後の工程の設備も老朽化し更新できなくなった」など中小零細企業が多い醤油醸造業ならではの問題点である。

そのような人たちにどう応えていったらいいのか？あるいは醤油醸造業

を継続し続けるにはどうしたらいいのか？非常に重要な問題ではないだろうか。大手メーカーに対抗できるような魅力を維持しながら、将来について考えてみた。いくつかの考えを述べたい。

1つ目は大手醤油メーカーのやらないような商品を作ること。日本は外国産の原材料を輸入しこれを用いて製造加工することを得意としている。大手メーカーも当然外国産の原料を使っていることが多い。大豆の多くはアメリカ、カナダなどで、小麦もアメリカ、カナダが多い。食塩もメキシコや豪州のものを使用することが多く、結局醤油の中の原材料のほとんどは外国産である。ただ最近では国産原料のものを使った醤油・味噌も増え始め、6次化商品の一環として地元地域の大豆と小麦を使った商品も出始めてきた。生揚協業工場としてはこの大手でやらないような「国産原料 100%の醤油」など珍しい商品を作ることが重要になるであろうし、6次化商品に向けた原料としての「生揚」の提供も組合員工場とともにやっていきたいところである。

生揚協業工場の将来に向けてのもう一つの考えは、これからも組合員のための工場であり続けることである。例えばある醤油醸造所で旦那様が亡くなって、男手がいなくなってしまったが、地元消費者のほかたくさんのお客様のために、今まで作ってきた自社商品を無くすことができずにいる方があった。その方は本生揚協業工場に同等商品の提供を依頼され、組合類似商品を官能評価で確認してもらったが、当然ながら全く同じ味ではなかった。最終的にはその方から製造レシピをいただき本組合工場と同じものを作ることになった。工場の製造設備が限られており限界もあるのだが、これらのニーズに応えていかないと、結果的にその商品もなくなりその分を他社商品に取られてしまうことを意味する。組合員のための工場

としてこれからもあり続けなければならない。

その一方で、憂慮すべき問題点もある。組合員工場にて後継者問題が心配されているように、この生揚協業工場でも将来若手職員をどのように育成していくかが心配される。すでに現代では生産年齢人口の減少に伴い、あらゆる産業で人手が不足している。醤油産業を続けていくには若手を雇用し、そして育てなくてはならない。自動化・無人化できる工程も当然あるが、技術については人間がいなくては継承できない。機械だけでは工場は成り立っていかない。

設備更新問題も重要である。醤油醸造業は当然ながら使用する食塩の影響で、機械が傷みやすくその更新が問題となる。腐食対応を施した醸造機械は当然高額となり、購入にも経済的な問題が残る。これはどの醤油工場でも同様の問題として抱え、設備面では1番のネックとなっている。

このように組合内でも後継者問題、若手育成問題、製造設備更新問題など多くの問題があげられるが、それらを1つ1つ丁寧にクリアーしていくことが重要であろう。後継者問題についても、我が醤油醸造業に魅力を感じてもらえるようにユニークな地元の6次化商品を開発するなど若手が取り組めるようなテーマを考えていく必要がある。設備については、将来のことを踏まえ機能的でなおかつ腐食性の低い設備として長持ちする機械を順次導入することがポイントであろう。

（第 5 章 要約）

福島県醤油醸造協同組合は 1964（昭和 39）年の創立以降、54 年が経過した。この生揚協業工場は福島県のほか全国に数多くの工場があるが、いずれも本生揚協業工場を「福島方式」として生揚協業工場のモデルとし、建設されていったものである。

2014 年（平成 26 年）、工場操業 50 年目の節目に、県内の醤油醸造所の方々に対し、生揚品質アンケート調査をした。その結果、我々生揚協業工場で目指すべき生揚品質は『なるべく還元糖を減らして着色化を鈍らせ、かつアルコール濃度が高く常温でも品質保持性のいい商品』であることが分かった。先の小麦焙煎度とアルコール発酵の関係など一連の研究により、本生揚協業工場で出荷している生揚品質は、全国的に見ても特に発酵成分のバランスに優れ、常温でもいわゆる白カビ（産膜性酵母）の発生しない、保存性の高い生揚を継続生産できるようになった。

また、その生揚を利用した組合員工場の醤油が全国醤油品評会において、ほぼ毎年のように農林水産大臣賞に選ばれるなど、近年飛躍的に上位入賞作品数が増加した。本生揚協業工場での主催により年に 2 回「福島県醤油出品評価会」を開催し研鑽を積んできたことも大きく影響していると考えられる。このような横のつながりも協業化によってもたらされた恩恵と考えてよい。

また、生揚だけでなく最終の醤油製品や、めん類用つゆや浅漬けの素などの醤油加工品の製造・販売も創業初期のころから継続してきた。福島県内の組合員工場でそれぞれが「協業化」を生かした形で協力してくれている成果でもある。

一方で、将来については問題点もある。今後益々減少するであろう組合

員全体の存続問題や後継者育成問題。現在、様々な産業で問題化してきていて必ず醤油業界にもやってくるであろう人手不足への対応。そして重要となる高品質な醤油を作るために必要な製造設備の更新などである。これらの問題は、将来における生揚協業工場の重要課題として1つ1つクリアしていかななくてはならないと考えている。

第 6 章 総括

醤油醸造業は古くから大豆、小麦そして食塩を主な原料とした伝統的調味料の産業として発展してきた。しかしながら、大量に食塩を用いるが故、製造設備の腐食など装置の老朽化を早め、一方で日本が昭和 30 年代後半の高度経済成長期に向かう中で大量消費に対応した大掛かりな生産を求められるなど、我が国の醤油醸造業を取り巻く環境は大きく変わりつつあった。

福島県内の醤油醸造業者は昭和 30 年代で 300 軒以上あったが、残念なことに上等の醤油を生産し、設備的にも老朽化の心配がなく安定的に生産しているところはほとんど無かった。この中小零細企業の多い福島県内の醤油醸造所同士が総意を結集し、「原料処理に始まり製麹、諸味管理、そして圧搾して生揚（生醤油）を得るところまでを 1 つの集中工場で行う」ことを決定した。これが生揚協業工場の誕生である。

1964 年（昭和 39 年）に誕生した福島県醤油醸造協同組合は日本初の生揚協業工場であった。原料処理、製麹、諸味管理、圧搾、生揚出荷までをこの工場一括に行い、出荷された生揚は各組合員の工場で火入れ加工され、最終的に充填され醤油製品として消費者に渡る。当時はこの製造方式を「福島方式」と呼び、全国で同様の生揚協業工場の建設がされる際のモデルにもなった。

醤油業界の近代化を目指して設立された本生揚協業工場ではあったが、創業当初から技術的な課題をいくつか抱えていた。例えば、年間を通じて品質の安定した生揚を継続生産することが重要で、つまりは生揚協業工場で製造する麹や諸味にバラツキが無いようにしなければならない。しかしながら実際に製造する麹や諸味には製造ロットごとや製造ロット内にもバラツキが見られていた。また、発酵中の諸味の成分分析においては、酸性

度を示す「pH」や大まかな糖分を表す「還元糖」の分析などが主であったが、醤油の最も主要な有機酸である「乳酸」や、発酵基質として使われるなど重要な単糖である「グルコース」を確認するには高価な分析装置（高速液体クロマトグラフや分光光度計）を準備しなければならず、また分析する時間も長時間に及ぶなどの技術的問題点が多く見受けられた。

そこで生揚協業工場として取り組むべきこれらのような技術的な課題について種々の検討を重ね、醤油業界でも初めての発表を含むいくつかの技術的革新を行った。

1つ目は大型円盤製麴装置を用いて大量の麴を製造する際、大量が故にどうしても起きていた麴品質のバラツキを改善することに成功した。生揚協業工場同士で円盤製麴装置内での麴品質バラツキを調べながら、そのバラツキの起きる原因を調査していた。その中で大量生産によって必ず発生する盛り込みの時間差により、先に培養開始したものと後から盛り込まれて培養されるもので品温上昇に差が発生し、それが麴の品質差に大きく影響していることが分かった。現在は自走コンベアによる時間差解消盛り込み法など麴品温経過がどれもほぼ均一になるよう工夫された培養方法で製麴を継続し、品質の安定した麴を生産できるに至った。

この報告は「大型円盤製麴法における醤油麴の均一培養について」として2003年（平成15年）に醤油業界で初めて発表した。この報告以降「盛り込み時間差を解消する均一盛り込み法」は全国の醤油工場で採用された。さらに2004年（平成16年）に日本醸造協会誌にも同じタイトルの総説が掲載されるなど、醸造業界全体でも注目を集めた。安定した均一な品質の麴を作りたいという生揚協業工場ならではの研究テーマが、醤油業界にとって大きな意義があることを証明した。

2つ目は小麦の炒熬と工場諸味アルコール発酵の関連を明らかにした。工場炒熬小麦を市販酵素剤にて食塩水中にて恒温消化し、還元糖とグルコースを定量した。予備的検討の後、生揚協業工場数社から実際の工場炒熬小麦を取り寄せ、本生揚協業工場のものも含め一斉に酵素消化実験を行った。その結果、膨化度の高いものが総合的に還元糖、グルコースをより多く溶出していることが確認できた。この膨化度を確認する方法として従来の「しょうゆ試験法」ではなく、生小麦と炒り小麦のそれぞれの比重を求め「生小麦比重÷炒り小麦比重」の式で簡単に求められる「比重応用法」が測定時間 1 分程度で、再現性の高い優れた方法であることを明らかにした。本生揚協業工場で実際に出荷されている生揚のアルコールはこれら一連の研究とその取り組みが活かされ、全国の醤油工場と比較しても高いアルコール濃度を保ち、なおかつ他の成分とのバランスにも優れた生揚品質であることが確認できた。この独自に開発した「炒熬小麦の膨化度を迅速に測る方法」を利用しながら、工場ではより高いグルコース溶出をするための小麦炒熬へと結びつけ、さらに工場諸味の高レベルアルコール発酵とその維持につなげることができた。

この報告は 2014 年（平成 26 年）に醤油業界で発表したが、その中で炒熬小麦の膨化度を表す「比重応用法」の報告は今回が初めてであった。特に業界での公定書である「しょうゆ試験法」よりも、「比重応用法」の方がその簡便性と操作性に優れていることを証明した。またこれまで研究の少なかった「小麦炒熬とアルコール発酵との関わり」を直接的に示す業界初めての報告でもあった。全国の醤油工場が小麦の炒熬状況を重視しながら、迅速かつ適切な管理を行うことで、より適正な発酵管理に活かされレベルの向上につながるなど影響は大きかった。

3つ目は反射式光度計—RQフレックス—の利用である。この装置は単4乾電池を使う簡易分析装置のレベルではあるが、コンパクトながらも非常に有益な分析装置である。今回測定したのは醤油中の乳酸、グルコース、グルタミン酸である。これらを測定する際は、高速液体クロマトグラフ法や分光光度計を用いた酵素法など、高価な分析装置を準備したり、手間がかかったりあるいは測定時間が長かったりするなど問題点が多々あったが、RQフレックス法は装置自体が10万円程度と安価で、測定時間はいずれも数分から長くても30分程度と迅速であった。乳酸、グルコースそしてグルタミン酸いずれも従来法との相関性は高かった。また、醤油分析の場合では醤油を脱イオン水で500倍程度に希釈するだけという簡単な方法でもあった。これにより乳酸の場合は、単純にpHを測るだけだったものがより具体的に乳酸量を求めることが可能になり、またグルコースの場合は特にアルコール発酵において、基質であるグルコースを素早く求めることが出来るようになったため、現在の発酵状況をよりの確に管理することが可能になった。

2013年（平成25年）に醤油業界で初めて醤油中の乳酸とグルコースのRQフレックス法による測定を発表したが、簡易分析法とはいえその迅速さとコストメリットもあり、他の醤油工場でも数多く使用されるようになるなど、その反響は非常に大きかった。2018年（平成30年）に第2報として醤油業界にて発表し、さらに同年、日本醸造協会誌においてもRQフレックス法による醤油中のグルタミン酸測定法を発表した。

4つ目としてアミン低減対策に工場挙げて取り組み、ヒスタミンND（非検出）諸味の製造を実現化した。当初は実験室レベルでヒスタミンNDの諸味はできても工場レベルでは不可能ではないかと考えられていた。しか

しながら生揚を生揚協業工場で生産するという立場上、この低減化は非常に重要な問題であった。工場ではまず市販乳酸菌の液体培養に取り組み、仕込み初期諸味に添加することを続けた。さらに諸味発酵タンク（高さ 10m 程度）と仕込み配管（全長 150m 以上）を洗浄できるシステムを施し、仕込みする前に洗浄することを繰り返した。その結果、仕込み直前に入ってしまったと思われる野生のアミン生産性乳酸菌が駆逐され、アミン非生産性の優良乳酸菌による適正な乳酸発酵へとつながり、工場で製造しているすべての諸味がヒスタミン ND となった。これも生揚を共同生産する立場からすると非常に重要なポイントであった。すなわちこの工場から出荷された生揚が醤油製品に加工され、なおかつ水産加工品などの 2 次加工品へと応用されていく中で、ヒスタミン ND であれば利用されやすくなる。

アミン低減対策モデル工場として共同研究の形で行われたこの一連の取り組みは、業界あげての醤油中のアミン低減化への大きな成果として評価され、2016 年度（平成 28 年度）日本醤油技術賞（応用の部）として日本醤油協会から表彰を受けた。また、本生揚協業工場を含めたアミン低減対策プロジェクトチームの一連の実績やデータ公開は醤油業界全体のアミン低減対策に大きな反響をもたらした。特に優良乳酸菌の液体培養方法や配管類の洗浄、大型仕込みタンクの洗浄などの重要性を記したマニュアル本が全国の各醤油工場へと配布され、現在も数多く活用されている。

これら一連の技術とその向上には「醤油」と「生揚協業工場」のキーワードがいずれにも重なっている。安定してなおかつ品質レベルの高い生揚を継続して生産することがとにかく重要で、1964 年（昭和 39 年）の創立以来永遠に続くテーマと言えよう。そんな中、2011 年（平成 23 年）には協業化の横のつながりを生かして「福島県醤油出品評価会」という醤油製

品の官能評価の勉強会を立ち上げた。これにより、組合員同士の情報交換や火入れ技術の向上がみられるようになった。その結果、特に 2012 年（平成 24 年）以降で全国醤油品評会において農林水産大臣賞などの上位入賞作品が飛躍的に増え、全国から福島の生揚に関して注目を集めるようになった。

日本初の生揚協業工場はその歴史を重ねながら、組合員の醤油工場とともに歩んできた。その間、残念ながら廃業してしまった店舗もある。組合員数はピーク時で 130 軒であったが、2018 年（平成 30 年）の現在では 65 軒と半数にまで減少している。日本の醤油の出荷量もピーク時の年間 120 万 kL から現在では約 80 万 kL とやはり減少しており、特に少子高齢化や洋食化などの食生活の変化などが要因で、醤油や味噌が食されなくなっていることが大きいとされている。それでも醸造技術を磨き、組合員工場とともに日本の食生活の一端を担う思いで継続することが大切である。

日本初の生揚協業工場はその歴史を重ねながら、組合員の醤油工場とともに歩んできた。当初は麴品質のバラツキや、詳細な醸造成分の分析方法など技術的課題が多く見受けられたが、熱意検討を重ねた結果、いずれも解決することができた。

注記一覧

- 1) 農林水産省, 「しょうゆの日本農林規格」, 『農林水産省告示第 2596 号』(2015 年最終改正) より引用。
- 2) ~5) いずれも包啓安による「醬と醤油の淵源とその生産技術について (1)」, 『日本醸造協会雑誌』, **77**, p365 (1982)、「醬と醤油の淵源とその生産技術について (2)」, 『日本醸造協会雑誌』, **77**, p439 (1982)、「豆鼓の源流及びその生産技術 (1)」, 『日本醸造協会雑誌』 **79**, p221 (1984)、「豆鼓の源流及びその生産技術 (2)」, 『日本醸造協会雑誌』 **79**, p395 (1984) より引用。
- 6) 村上英也, 『麴学』, 日本醸造協会, p266 (1986) を参照。蓋麴そのものは小規模の味噌・醤油工場では今でも使用されている。また清酒業界でも吟醸酒など特定の品種においては蓋麴製麴が今でも行われている。
- 7) 栃倉辰六郎, 『醤油の科学と技術』, 日本醸造協会, p146 (1994) を参照。四季醸造法とは春夏秋冬の季節の移り変わりにおける温度変化を巧みに利用した発酵方法で、日本ならではの方法でもある。特に春の温かさから夏の暑さを利用して諸味を昇温させ、秋の涼しさで諸味を熟成し、冬の寒さで貯蔵する流れは、品質管理の観点からも大変理にかなったやり方である。
- 8) 栃倉辰六郎, 『醤油の科学と技術』, 日本醸造協会, p149 (1994) を参照。適温醸造法のモデルが先の四季醸造法である。機械化されたとしても春夏秋冬の温度で経過させる方法が最も官能的にも優れた品質の醤油になると言われている。この点は先人の知恵に改めて驚かされる。
- 9) 伊東成起, 村松俊輔, 兎束保之, 「火入れ後の醤油から珪藻土濾過による微粒子の除去」, 『日本醤油研究所雑誌』, **25**, p249 (1999) より引用。「珪藻土」とはいわゆる濾過助剤で、珪藻の化石が主成分である。珪藻そのものが多孔質のため、細かい微粒子を吸着し濾過することができる。
- 10) 栃倉辰六郎, 『醤油の科学と技術』, 日本醸造協会, p253 (1994) を参照。オリはもともと麴菌の生産した酵素群が残存し、加熱によって凝固することで底に沈殿する。醤油は「清澄な液体調味料」定義されており、一般的にはこのオリを取り除かないと醤油は混濁してしまう。
- 11) 高橋国太郎, 『協業十年誌』, 福島県醤油醸造協同組合, p14~p22 (1974) を参照。この書籍は日本初の生揚生産協業化の歴史が詳細に記載されている。特に中小零細企業の多い福島県の醤油工場がいかにして団結したのかが、この書籍から知ることができる。
- 12) 岩崎清吉, 『20 年のあゆみ』, 福島県味噌醤油工業協同組合, p35 (1967) を参照。この福島県味噌醤油工業協同組合も国内の工業協同組合としてはトップクラスの早さで立ち上がった組合で、原料の共同購入、技術指導、味噌醤油の成分分析などを行っている。
- 13) 福島県醤油醸造協同組合, 『協業五十年のあゆみ』, 福島県醤油醸造協同組合, p7~p8 (2014)

より引用。入江氏は国内では「醤油協業化の父」とも呼ばれる存在で、技術指導を行いながら九州地方などの生揚協業工場の建設にも携わった。福島県醤油醸造協同組合の4代目理事長でもあった。

- 14) 岩崎清吉, 『20年のあゆみ』, 福島県味噌醤油工業協同組合, p125 (1967) を参照。
- 15) 岩崎清吉, 『20年のあゆみ』, 福島県味噌醤油工業協同組合, p142~p148 (1967) を参照。この「大綱」の発表こそが醤油業界全体の構造改善計画の始まりでもあり、大企業と中小零細企業の差をなるべく無くそうとした業界全体の改革でもあった。
- 16) 全国醤油工業協同組合連合会, 『創立五十周年記念誌』, 全国醤油工業協同組合連合会, p10 (2012) を参照。昭和38年に中小企業近代化促進法が施行され、昭和39年には醤油業界がその指定業種となった。さらに昭和40年には醤油業界が近代化計画を立てるなど、業界全体が大きく変化していく時代でもあった。
- 17) 中島三郎, 『醤油業界 21世紀のあけぼの』, 全国醤油工業協同組合連合会, p53~p57 (2010) より引用。昭和40年から50年ごろまでに醤油工場の集約化で14の協同組合、同じく14の協業組合、さらには14の出資合同会社が誕生した。その当時1,311社の企業が参加している。
- 18) 斉藤信雄, 『特公昭40-20228』, 特許庁, (1965) より引用。興味深いことに今では中規模以上の醤油工場で主流となっている「円盤製麴装置」が1960年代前半にすでに開発されていたということである。醤油協業化とほぼ同時期に装置メーカーでも改革が行われていたと考えられる。
- 19) 芳賀 宏, 「しょう油醸造における3日麴および冷却仕込みについて」, 『日本醸造協会雑誌』, **63**, p931 (1968) を参照。これは1960年代にすでに開発されていた技術であるが、現代における醤油麴の基本的製法でもある。「3日麴」とは例えば月曜日に原料処理を行い種麴を植え付けて、一定の温度で管理し、火曜日を経て培養を継続し、水曜日に麴を出して食塩水と混合する方法である。曜日では3日間かかっているためそう呼ばれるようになった。
- 20) 注解編集委員会, 『第三回改正国税庁所定分析法注解』, 日本醸造協会, p222~225 (1974) より引用。ミルク由来のカゼイン(タンパク質)を基質とし、麴から抽出した酵素液を反応させて、基質を分解。生成したアミノ酸をチロシン量に換算して計算することで、どれだけのタンパク質分解能力があるか求めることができる。プロテアーゼ測定は醤油工場で最も重要な項目の一つである。
- 21) 横塚 保, 『日本の醤油 その源流と近代工業化の研究』, ライフリサーチプレス, p109~p118 (2004) を参照。日本における醤油技術の向上は、大豆タンパク質処理技術の向上と重なっている。醤油における大豆タンパク質はその蒸煮処理技術が大きく向上したことにより、今では90%近くが主にアミノ酸まで溶解している。
- 22) ~24) 板倉 徹, 奥沢洋平, 江口卯三夫, 「小麦の処理に関する調査研究」, 『日本醤油研究所

- 雑誌』, **4**, p53 (1978)、伊藤秀明, 松山徳広, 「機械的攪拌を伴う熱風焙煎法による小麦処理」, 『日本醤油研究所雑誌』, **25**, p61 (1999)、舘 博, 山田芳嗣, 山本辰夫, 「マイクロ波併用流動層焙炒装置による小麦の炒熬」, 『日本醤油研究所雑誌』, **25**, p107 (1999) を参照のこと。先の大豆蒸煮技術に関する報文と比較すると、小麦の原料処理に関する報文はかなり少ない。
- 25), 26) しょうゆ試験法編集委員会, 『しょうゆ試験法』, 日本醤油研究所, p100 (1985) よりいずれも引用。焙煎小麦の膨化度に関して、「しょうゆ試験法」では測定が 30 分以上かかり、なおかつ非常に煩雑であるのに対し、「比重応用法」では簡単に 1 分程度で終了することができる。
- 27) 東京大学農学部農芸化学教室, 『改訂新版実験農芸化学 下巻』, 朝倉書店, 639p (1964) を参照。ソモギ変法は食品科学における「還元糖」測定の方法で操作が簡単である。醤油に含まれている単糖について、グルコース単位で計算される。
- 28) 紅林孝幸, 谷津公彦, 前田侑子, 「反射式光度計—RQ フレックス—を利用した醤油諸味の発酵管理について」, 『醤油の研究と技術』, **39**, p293 (2013) を参照。RQ フレックス法による醤油業界初の研究発表であった。特にこの報文の中では、乳酸とグルコースという醸造の基本的成分を分析するのに大変有効な装置として紹介されている。
- 29), 30) 栃倉辰六郎, 『醤油の科学と技術』, 日本醸造協会, p67~68 (1994) を参照。「混砂式小麦焙煎」とは旧来行われていた小麦の焙煎方法で、バーナーで加熱した回転ドラムの中に細かい砂と共に小麦を入れ、熱い砂の熱を伝えながら小麦を膨化させていく方法である。一方「熱風式小麦焙煎」とは砂を使わず、400°C以上の熱風を小麦にあてて膨化させる方法である。一般的には、旧来の混砂式小麦焙煎の方が伝わる熱も高いため、よく膨化するとされている。
- 31) 杉本勝之, 「澱粉の膨化に関する研究」, 『日本食品工業学会誌』, **27**, p635 (1980) より引用。
- 32) 古林万木夫, 林 聡美, 「醤油酵母 *Zygosaccharomyces rouxii* の増殖及び保存特性」, 『日本醤油研究所雑誌』, **24**, p269 (1998) より引用。一般的に醤油酵母は培地の中の全窒素分が高いと特に発酵しにくく、醤油技術者はこの点に注意しながら諸味管理を行っている。従って、諸味発酵前半である 1 ヶ月目から 2 ヶ月目という、窒素分の溶出がまだ若い時期に培養した醤油酵母を加えさらに発酵させることが酵母の性質からも適正な方法とされている。
- 33) 栃倉辰六郎, 『醤油の科学と技術』, p317~318 (1994) を参照。醤油の着色は時間と温度、そして糖質の有無がポイントとされている。多くの糖と高い温度、そして時間が経過すれば醤油の着色は比例的に進んでいく。逆に言うと、冷蔵庫に保管し、また長期間使用せず中に糖類があまり多くない醤油は色が進みにくくなる。
- 34) 安藤義昭, 小柳 渉, 森山則男, 「反射式光度計 (RQ フレックス) による有機質資材中のカリウム、リン、窒素の簡易測定法」, 『日本土壤肥料学会誌』, **75**, p605 (2004) を参照。
- 35) 丸尾 達, 野村幸司, 篠原 温, 北条雅章, 伊東 正, 「簡易反射式光度計を用いた水耕培養

- 液中無機イオンの測定法に関する研究」、『千葉大学園芸学部学術報告』, **52**, p1 (1998) を参照。
- 36), 37) 本多宏明, 鈴木昌治, 舘 博, 小澤善徳, 森川秀行, 「醤油のマイクロプレート法を活用した微量比色定量 (その 1)」, 『醤油の研究と技術』, **36**, p235 (2010) および本多宏明, 鈴木昌治, 舘 博, 小澤善徳, 森川秀行, 「醤油のマイクロプレート法を活用した微量比色定量 (その 2)」, 『醤油の研究と技術』, **36**, p365 (2010) を参照。
- 38) 橋本裕一郎, 吉田多恵子, 古林万木夫, 宮澤いずみ, 高畑能久, 森松文毅, 田辺創一, 谷内昇一郎, 「醤油醸造における小麦アレルギーおよび大豆アレルギーの分解・除去機構の解明」, 『醤油の研究と技術』, **31**, p347 (2005) を参照。
- 39) 農林水産省消費・安全局, 『有害化学物質含有実態調査結果データ集 (平成 23~24 年度)』, 農林水産省, p133~134 (2014) を引用。この中で 2011 年 (平成 23 年) に濃口醤油 (本醸造方式) 試料 30 点の平均ヒスタミンは 100ppm (最小 1ppm、最大 380ppm)。2012 年 (平成 24 年) における同様の調査では試料数 189 点で平均ヒスタミンは 180ppm (最小 0.9ppm、最大 1,300ppm)。
- 40) 中台忠信, 「やさしい醤油の技術 諸味管理 (その 4)」, 『醤油の研究と技術』, **38**, p70 (2012) より引用。一般的に醤油中のヒスタミンは悪性の耐塩性乳酸菌により L-ヒスチジンを基質として脱炭酸してヒスタミンを生成する。ヒスタミンなどのアミン類はアルカリ性を示すため、これらが多く生成されてしまうと、諸味の pH 挙動にも影響が出ることが分かっている。
- 41) 田上秀男, 野田義治, 日高 修, 松岡清司, 小林真志, 紅林孝幸, 「醤油工場におけるアミン低減の検証」, 『醤油の研究と技術』, **41**, p327 (2015) にてアミン低減に関する各醤油工場の具体的な方法が示されている。これにより醤油業界あげてのアミン低減化に著しく貢献した功績が認められ 2016 年度 (平成 28 年度) 日本醤油技術賞 (応用の部) を受賞した。
- 42) 一柳悠子, 大野尚子, 鈴木繁哉, 本間 茂, 「酵素法による醤油中ヒスタミン分析の実際」, 『醤油の研究と技術』, **41**, p385 (2015) を参照。この報文の中で、具体的な方法が示されている。原理としては醤油中のヒスタミンに対し「ヒスタミンデヒドロゲナーゼ」という酵素が反応し、生成したホルマザン色素の色の濃さを分光光度計で測定し数値化する。
- 43) しょうゆ試験法編集委員会, 『しょうゆ試験法』, 日本醤油研究所, p9 (1985) より引用。この方法は通称「酸化法」と称し、日本酒におけるアルコール濃度の測定技術を応用したものである。今ではさらに進化して「ガスクロマトグラフ法」にて迅速にアルコール濃度を測定する方法も利用されている。

参考文献（論文・書籍）一覧

1. 安藤義昭, 小柳 渉, 森山則男, 「反射式光度計 (RQ フレックス) による有機質資材中のカリウム、リン、窒素の簡易測定法」, 『日本土壌肥料学会誌』, **75**, p605 (2004)
2. 一柳悠子, 大野尚子, 鈴木繁哉, 本間 茂, 「酵素法による醤油中ヒスタミン分析の実際」, 『醤油の研究と技術』, **41**, p385 (2015)
3. 板倉 徹, 奥沢洋平, 江口卯三夫, 「小麦の処理に関する調査研究」, 『日本醤油研究所雑誌』, **4**, p53 (1978)
4. 伊藤秀明, 松山徳広, 「機械的攪拌を伴う熱風焙煎法による小麦処理」, 『日本醤油研究所雑誌』, **25**, p61 (1999)
5. 伊東成起, 村松俊輔, 兎束保之, 「火入れ後の醤油から珪藻土濾過による微粒子の除去」, 『日本醤油研究所雑誌』, **25**, p249 (1999)
6. 紅林孝幸, 植木達朗, 山下秀行, 野田義治, 奈良原英樹, 入江新六「大型円盤製麴法における醤油麴の均一培養について」, 『日本醤油研究所雑誌』, **29**, pp.139-144 (2003)
7. 紅林孝幸「大型円盤製麴法における醤油麴の均一培養」, 『日本醸造協会誌』, **99**, pp.626-631 (2004)
8. 紅林孝幸、谷津公彦、前田侑子「反射式光度計—RQ フレックス—を利用した醤油諸味の発酵管理について」, 『醤油の研究と技術』, **39**, pp.293-299 (2013)
9. 紅林孝幸, 中川拓郎, 山下秀行「生揚協業化工場における高アルコール発酵への取り組みとその意義」, 『醤油の研究と技術』, **40**, pp.369-376 (2014)
10. 紅林孝幸, 「反射式光度計—RQ フレックス—を利用した醤油中のグルタミン酸分析」, 『日本醸造協会誌』, **113**, pp.456-461 (2018)
11. 紅林孝幸, 矢高圭祐, 前田侑子「反射式光度計—RQ フレックス—を利用した醤油諸味の発酵管理について (2)」, 『醤油の研究と技術』, **44**, pp.363-370 (2018)

12. 田上秀男, 野田義治, 日高修, 松岡清司, 小林真志, 紅林孝幸「醤油工場におけるアミン低減の検証」, 『醤油の研究と技術』, **41**, pp.327-338 (2015)
13. 野田義治, 日高修, 松岡清司, 小林真志, 紅林孝幸, 田上秀男, 小熊哲哉「小規模・中規模工場における不揮発性アミン低減対策取組の現状」, 『醤油の研究と技術』, **44**, pp.31-44 (2018)
14. 岩崎清吉, 『20年のあゆみ』, 福島県味噌醤油工業協同組合 (福島県), (1967)
15. 小栗朋之, 『醤油製造技術の系統化調査』, 国立科学博物館 (東京都), (2008)
16. しょうゆ試験法編集委員会, 『しょうゆ試験法』, 日本醤油研究所 (東京都), (1985)
17. 全国醤油工業協同組合連合会, 『創立五十周年記念誌』, 全国醤油工業協同組合連合会 (東京都), (2012)
18. 高橋国太郎, 『協業十年誌』, 福島県醤油醸造協同組合 (福島県), (1974)
19. 注解編集委員会, 『第三回改正国税庁所定分析法注解』, 日本醸造協会 (東京都), (1974)
20. 栃倉辰六郎, 『醤油の科学と技術』, 日本醸造協会 (東京都), (1994)
21. 中島三郎, 『醤油業界 21世紀のあけぼの』, 全国醤油工業協同組合連合会 (東京都), (2010)
22. 農林水産省消費・安全局, 『有害化学物質含有実態調査結果データ集 (平成23~24年度)』, 農林水産省 (東京都), (2014)
23. 農林水産省, 「しょうゆの日本農林規格」, 『農林水産省告示第2596号』, 農林水産省 (東京都), (2015)
24. 福島県醤油醸造協同組合, 『協業五十年のあゆみ』, 福島県醤油醸造協同組合 (福島県), (2014)
25. 村上英也, 『麴学』, 日本醸造協会 (東京都), (1986)
26. 横塚 保, 『日本の醤油 その源流と近代工業化の研究』, ライフリサーチプレス (東京都), (2004)

謝 辞

本研究論文をまとめるにあたり、総合的に終始ご親切なご指導を賜りました
東京農業大学 生物産業学部 黒瀧 秀久 教授 に厚くお礼申し上げます。

また東京農業大学 舘 博 教授、並びに永島 俊夫 名誉教授に研究テーマの構成
から終始ご親切なご指導を賜りました。厚くお礼申し上げます。

さらに東京農業大学 山崎 雅夫 教授、菅原 優 准教授の各先生にも本論文のま
とめにあたりご親切なご指導を賜りました。厚くお礼申し上げます。

本研究論文は日本初の生揚生産協業化工場に関するものであり、1964年の創立から
の歴史についても触れられております。よって勇気をもって初の協業化に踏み切った福
島県内の醤油醸造家の皆様にも改めてお礼を申し上げます。また研究に協力してくれた
福島県醤油醸造協同組合の全ての役職員にもお礼を申し上げます。

最後に、全国の生揚生産協業化工場の礎を作った福島県醤油醸造協同組合・四代目理
事長 故・入江 新六 先生に本研究論文を捧げ、改めて厚くお礼を申し上げます。

The significance of a raw soy sauce cooperation factory
and stabilization of quality of raw soy sauce
in soy sauce brewing

Takayuki Kurebayashi

Around 1960, there were more than 300 soy sauce brewers in Fukushima prefecture, but the quality of soy sauce made by each brewery was not always good quality and stable throughout the year. While each brewery had quality instability due to seasonal factors, brewing technology had never been at a high level. Furthermore, difficulty of maintaining facilities by salt, which was also a raw material, and correspondence to mass production, were many challenges they faced.

Soy sauce manufacturers in Fukushima prefecture discussed measures for these concerns for 1 year and 10 months, and the conclude system was to process raw materials, koji making, control of moromi and squeezing of moromi in one concentrated factory in Fukushima prefecture. On December 5th 1963, the memorable founding general meeting commemorated the Fukushima soy sauce brewing cooperation in Fukushima City. The registration was completed the following year on February 4th 1964, and the Fukushima soy sauce brewing cooperation was officially established. This was the birth of the first raw soy sauce cooperation factory in Japan. At this time, this manufacturing method was called the "Fukushima method," which gained a great deal of attention in the soy sauce industry and became a model in raw soy sauce cooperation factories.

Soy sauce cooperation factories face unique challenges and these technical problems were addressed. Technical innovations were conducted and research that were new to the soy sauce industry were presented.

The first innovation succeeded in improving the variability of the koji quality that occurred due to large scale koji production using a large scale koji-making device. A time difference of several hours occurs in mass production, which causes the temperature of the earlier koji culture to rise before the later culture. This is greatly related to the quality of koji. Currently, koji making is carried out by a culturing method using time lag elimination method. The self-propelled conveyor technique reduces time variability of koji temperature to almost uniform, and koji with stable quality can be produced at this factory.

Second, the relation between the degree of wheat roasting and alcohol fermentation of moromi was revealed. The factory-roasted wheat was subjected to isothermal digestion in salt with a commercially available enzyme agent, and reducing sugars and glucose were quantified. After preliminary examination, roasted wheat were obtained from several soy sauce factories and enzymatic digestion experiments were carried out at the same time, including wheat from the cooperative factory. As a result, it was confirmed that as the degree of expansion of the wheat increased, the reducing sugar and glucose were comprehensively enzymatically digested. As a method of confirming this degree of expansion, rather than conventional complicated and time-consuming "Soy sauce test method," the specific gravity of each of the raw wheat and the roasted wheat were obtained. By the expression "raw wheat specific gravity ÷ roast wheat specific gravity," "Applied specific gravity method" revealed that it is an excellent method with high reproducibility and a measurement time of about 1 minute. As a result of detailed examination of wheat expansion degree and alcohol fermentation, it was revealed that higher expansion degree of wheat in moromi correlates with higher alcohol production. Raw soy sauce of this factory was found to have high concentration of alcohol compared with soy sauce from factories throughout the country due to these series of research. It also confirmed that raw soy sauce of this factory is excellent quality, even in terms of the balance of each ingredient and from

a nationwide perspective. Therefore, despite raw soy sauce, it was confirmed that it was used at cooperation members' factories without deterioration for several weeks at room temperature and greatly contributed to the quality improvement of soy sauce produced by the cooperation members. While utilizing this proprietary "method of rapidly measuring the degree of expansion of roast wheat," this factory is linked to wheat roasting for higher glucose elution. Furthermore, high-level alcohol fermentation of this factory was able to continue.

Third is the use of reflective photometer - RQ flex. Although this is a simple analyzer using AAA batteries, it is a compact but very useful analyzer. When measuring lactic acid, glucose and glutamic acid in soy sauce, high-speed liquid chromatography and enzyme method using a spectrophotometer were used. However, expensive analysis equipment is required, time and labor is required and measurement time is long. On the other hand, the RQ flex method is inexpensive, about 100,000 yen, and the measurement time is as short as 30 minutes. The correlation between the RQ flex method and the conventional method was high for lactic acid, glucose and glutamic acid, and the sample processing of soy sauce analysis was a simple method of only diluting soy sauce by about 500 times with deionized water. As a result, in the case of lactic acid, it was possible to determine the amount of lactic acid more specifically than simply measuring the pH. In the case of glucose, glucose is a substrate in alcohol fermentation, so quickly obtaining its quantity helps to accurately manage current fermentation situation.

Fourth, as a measure to reduce "histamine," which is regarded as an allergy-like substance contained in soy sauce in recent years, the production of histamine ND (non-detection) moromi was achieved. Histamine is an allergy-like substance that has recently attracted attention and has been found to be a nonvolatile amine produced by bacterial contamination in blue fish such as mackerel or bonito in previous studies. On the

other hand, recent studies revealed that it can also be detected in soy sauce, and as a result of preliminary investigation in commercial soy sauce nationwide, there are also soy sauce that contains histamine at more than 1,000 mg / L. The mechanism of histamine formation in soy sauce is thought to be decarboxylated from amino acid histidine by salt-resistant amine-producing lactic acid bacteria. Initially it was thought that it is impossible to produce histamine ND moromi at the factory level, even though histamine ND could be produced at the laboratory level. However, this reduction was a very important issue on the standpoint of raw soy sauce cooperation factory. At this factory, liquid culture of commercially available lactic acid bacteria with amine non-productivity was added to the initial moromi. Furthermore, we implemented an improved system to wash the moromi fermentation tank (about 10 m in height) and the piping system (length of over 150 m) before every production. As a result, proper lactic acid fermentation only by lactic acid bacteria with non-amine productivity was achieved, and all the moromi manufactured at this factory became histamine ND. This was also a very important achievement from the standpoint of jointly producing at the raw soy sauce cooperation factory.

In 2011, we made a study group on sensory evaluation of soy sauce products called "Fukushima prefecture soy sauce exhibition evaluation meeting" by making use of the connection of the cooperation. In this study group, sensory evaluation of soy sauce produced at cooperation members factories, soy sauce that won top prizes at national soy sauce evaluation committees, and soy sauce produced by major manufacturers were organized. We also share technical information with participants by analyzing the ingredients of these soy sauces at this factory.

Through technical guidance and so on that have been done while considering the role as a raw soy sauce cooperation factory, information exchange between members have become effective. As a result, top prize-winning works such as the Minister of Agriculture, Forestry

and Fisheries Prize at the National Soy Sauce Product Review Committee have increased dramatically, especially since 2012 and attracted attention from this country.

Japan's first raw soy sauce cooperation factory has been working with its member soy sauce factories while keeping its history. Initially there were many technical problems such as variations in koji quality and analysis methods of detailed brewing ingredients, but as a result of repeated diligent studies, we were able to solve both problems.