

日本の水産物の高品質維持・加工技術について 第7回 「冷凍すり身について」

元鹿児島大学教授 木村郁夫

水産加工における日本発の大発明は冷凍すり身技術でしょう。2019年の世界のすり身生産量は約84万トンと集計されています。世界がコロナ災禍に見舞われる前の数値ですが、コロナ災禍が収まった時に冷凍すり身の生産はこれに近い値になるだろうと考えています。世界の洋上や陸上で冷凍すり身の生産が継続していることに、改めて、技術の優秀さを感じざるを得ません。冷凍すり身生産に関する技術研究の発表は大変少なくなりましたが、今なお水産加工技術として活躍していることから、基礎と応用研究の重要性は今後変わらないと思っています。私が冷凍すり身研究に取り組み感じたことについて記しておきたいと思っていましたので、本連載のテーマの一つに挙げさせていただきました。

私と冷凍すり身の関係は1980年（昭和55年）に遡ります。この年に日本水産株式会社に入社し中央研究所に配属されました。それまでは北大水産学部生化学教室の新井健一先生の下で魚筋肉タンパク質のミオシンに関する生化学的な研究を学部生から大学院博士課程2年まで5年間行っていました。新井研のテーマの一つとして、魚肉タンパク質の糖・糖アルコールによる変性抑制効果に関する研究が行われていました。変性抑制効果を数値化



するために、アクトミオシン ATPase 活性や筋原線維 ATPase 活性を指標にしたものでした。私の研究テーマとは異なっていましたが、低温下で生息する魚類などからミオシンを単離調製すると急速に変性が進行するため、それを抑制するために高濃度の糖溶液に保存したりすることがありました。また、なかなか手に入りにくい魚肉の冷凍保存をするために、グリセリン筋を調製して冷凍保存することもありました。糖や糖アルコールによるタンパク質変性抑制効果を生化学的な見地から触っていたといえます。これらの糖による魚肉タンパク質の変性抑制効果研究は、冷凍すり身の冷凍保存性獲得に関する科学的なアプローチの一つとなっていました。新井研での研究は新井先生からある程度の方向性を示していただき、その後は自分で考え、工夫して研究を進めるといようなスタイルを取っていただきました。これは、今、思い出してもとっても充実した楽しい研究生活となりました。なにせ自分で実験を考えて色々と実験を進めるのですから、昼も夜もズーと実験を考えては繰り返し、得られたデータを先生と議論するという生活でした。実は、この研究取組スタイルは、企業の研究所に入っても続けたことでした。研究方法や生産管理方法を自分たちで工夫して創りだしていくということです。

冷凍すり身製造技術が創り出されたのは1960年前後となります。練り製品原料の冷凍

化に関する実用研究としては、昭和32年（1957年）頃から北海道立中央水産試験所にてスケトウダラを原料とした研究が推進されました。当時、スケトウダラは大量に漁獲され、鮮魚あるいは練り製品原料、塩蔵品、ミール原料としての利用が主な用途でした。練り製品の原料としてすり身の冷凍保存が可能となる技術の開発が熱望されていました。昭和36年に発表された研究報告は西谷喬助氏らの研究チームのもので、「摺身の凍結とその応用に関する研究（第4報）凍結魚肉におよぼす糖の影響について、田元 馨・田中 修・武田二見雄・福見 徹・西谷喬助. 水産庁北海道区水産研究所研究報告. 1961, 23, p. 50-60」です。これに先だって西谷喬助氏により下記特許が申請されました。

特許申請：昭和35年（1960年）

特願：昭35-5477

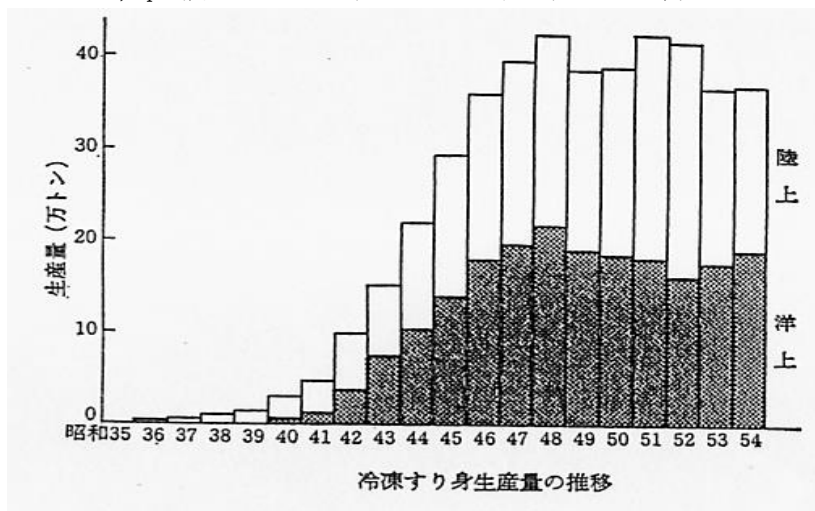
発明者：西谷喬助

多水性魚肉の蛋白変性防止法

特許請求の範囲

細断した多水性魚肉を2回以上水洗及び水晒しを行い、脱水後約0.1%以上の重合リン酸塩類及び約1%以上の糖類と充分混合し、次いでこれを凍結することを特徴とする多水性魚肉の蛋白変性防止法。

具体的な内容は、魚肉の水晒し、糖・重合リン酸塩の添加、冷凍保存後のアクトミオシン量分析とゲル形成性評価（ゲル物性、折り曲げ試験）などで構成されています。冷凍すり身の製造基本原理をきちっと押さえた内容です。シンプルな内容で特許を申請していることが明らかで、企業の研究者としてスタートした私にとって、この様な特許を作ればよいのかと思ったものです。魚肉を冷凍解凍するとスポンジ状になり、塩溶解性は失われます。その原因の一つは、生体内に含まれる塩の凍結濃縮によるものと推察し、塩濃度を下げるために水晒しが採用され、同時に重合リン酸塩の添加も行われています。重合リン酸塩には、pH調整やカルシウムやマグネシウムの金属塩のキレート作用があるので、この添



加物の選択も大変良かった。また、練り製品の調味料から冷凍変性抑制作用効果を示すものを探索し、糖の効果を発見したのは、とても大きなイベントでした。本特許内容やその後に出版された論文の内容を今なお読み返しても当時の研究者の興

奮が伝わってきます。図は冷凍すり身技術が開発された後の日本における生産量の推移ですが、技術開発後、およそ10年で生産量が40万トンを超え、巨大な水産加工業が出現しています。練り製品の製造業者が如何に冷凍すり身の技術開発を望んでいたかが判ります。私が冷凍すり身の研究を企業で開始したのは昭和55年ですから、技術開発されてから20年を経過している頃です。基本技術は確立していましたが、巨大な生産工場で生み出される製品の安定生産に関わる生産管理方法については、科学的な見地から理論付けをすることが必要でした。とは言っても、大学ではミオシンタンパク質の研究をしていたのですから、会社に入って先ず行ったことは冷凍すり身の品質評価方法を体得することから始めました。毎日、冷凍すり身の評価方法として使われているカマボコゲル（単品ゲルと呼んでいました）を調製し、ゲル物性を測定することと、実際に官能評価（歯切れ、折り曲げ評価）を行い、私の体の中でゲル物性指標と官能評価の値を関連させる（感覚を養う）ことを行いました。それこそ、大変な数をこなしましたが、その甲斐あって、すり身製造現場の方、会社内のすり身研究者、事業者の方と共通の認識を持つことができました。多分、今でも同様の評価が出来るのではないかと思います。

その間、不思議だなと思うことがありました。ひとつは冷凍すり身の製造場所（母船、トロール船、陸上工場）によりゲル化性状が異なるということ、2つめは“坐り”現象でした。坐り現象については、冷凍すり身を触り始めてすぐに食品加工技術研究部門の課長から“坐り”のメカニズムについて問われて、解明が必要だなと思ったものでした。非常に大きなテーマを提示してもらいましたが、研究方法が無かったので、研究方法の検討から始めました。この“坐り”メカニズムの研究内容については、次回、説明したいと思います。

冷凍すり身の製造場所によるすり身のゲル化性状の違いを検討するためには、製造現場で調査をしなくてはということになり、研究所の上司に製造現場に行くことが必要ですねと話したら、翌年から毎年、ほぼ10年間、洋上の各船でのすり身研究生活が始まりました。

冷凍すり身生産工程は、魚肉の採肉（落し身）、水晒し、リファイナー処理（精肉調製）、脱水、副原料混合、凍結となります。そのための装置が開発されていました。写真は母船の峰島丸です。工場は巨大で工程状況とすりみ性状との関係を把握するのは大変でしたが、



落とし身 60kg あれば試験的にすり身生産ができるミニプラントを整備してから研究が格段に進みました。すり身生産の船団は、以西船，以東船のトロール漁船と母船で組まれていました。ベーリング海洋上に出てオンデッキされたスケトウダラがピチピチ跳ねる様を見たときには、この様な最高の研究環境は得られないなと思ったものでした。生きている状態から死後の

鮮度の時間・温度依存性とすり身品質を追いかけることができましたということです。洋上で動いているすり身ラインを見たあるいは調査研究したのは、母船では、峰島丸，敷島丸，鵬洋丸，オーシャンフェニックス，宮島丸，トロールすり身船では陸前丸，金剛丸，大和丸，榛名丸，オーシャンローバー，ユニオンスルーです。今でも当時のすり身ラインの特徴と一緒に作業をした方を思い出します。



これらの船の製造現場から得られた研究内容は企業内情報として公開にはできていませんが、製造現場により冷凍すり身のゲル化特性が異なることが明らかとなりました。現場に行くことが最も大切であることを認識した次第です。冷凍すり身研究の最初の頃、船に行く前に練り製品メーカーを訪問し話を聞く機会がありました。そこでの話で今でも覚えている

ことは、「すり身船毎に特徴があることは理解している。要望は、すり身グレード毎の品質を一定にして欲しい。」ということでした。当然のことですが、すり身の品質の振れ幅を出るだけ小さくして欲しいということでした。これは、とても重要なことで一定の品質の製品を作り続けることが求められます。生産現場では、魚の鮮度変化に合わせて生産状況が変わります。例えば、極端な例ですがオンデッキされた直後の魚（生きている）を原料にすると採肉・リファイナー工程で肉分離が上手くいきません。無理をするとその後の脱水工程で上手く脱水することが出来ず大変なことになります。少し鮮度調整をすることが求められます。また、鮮度低下が進んでしまうと脱水工程が上手くいかなくなります。この理由についても母船内の研究室で筋原線維タンパク質を調製し、鮮度と筋原線維タンパク質の状態と吸水率の関係から明らかにしました。となると、水揚げのタイミング（トロール船であればトロール漁獲のタイミング）をコントロールしなくてははいけません。原料を切らずと製造が滞りますので、原料の一定供給は必須ですが、鮮度コントロールという要素が入りますので、漁労と製造部門の連携がとっても大切と言うことになります。冷凍すり身生産工程は、絶妙なバランスの上で成り立っていることになります。私としては、現場の担当者の経験と併せて、製造条件を管理する指標（数値）をあみ出して現場で使ってもらいました。

「ベーリング海のスケトウダラすり身生産から世界の各種魚からのすり身生産へ」

1977年3月に米国200海里法施行、ソ連200海里漁業専管水域設定されました。1980年頃では、日本から母船船団、トロール船がでて、自船での漁獲と冷凍すり身生産が行われていました（GG操業）。その後、米国漁船が漁獲したスケトウダラを洋上で買い付けし、冷凍すり身生産をするジョイントベンチャー操業となり、最後には外国船は排除され米国船によるすり身製造事業（DAP操業）となり現在に至っています。冷凍すり身の数十万トンに及ぶ需要があり、冷凍すり身とすることにより新たな魚の価値が創出されることから、冷凍すり身技術は米国を初め南米のチリ、アルゼンチン、東南アジア諸国、ヨーロッパ海域諸国、インド、ロシアなどへ広がっていきました。私もすり身生産指導で米国船に乗船したり、アルゼンチンのフォークランド海域でのすり身生産事業やタイ国すり身生産工場調査などに対応しました。また、1980年代はマイワシが最大400万トン漁獲されマイワシを原料としたすり身生産技術研究も行いました。すり身原料魚が異なるとすり身性状が異なります。特に、坐り性状が全く異なりますので、練り製品原料として使うときに、そのすり身性状（特性）を科学的に把握し練り製品ユーザーに周知しておく必要があります。私に対応した代表的なすり身は、スケトウダラに加えてメルルーサ・ハブシ（*Merluccius hubbsi*）、パシフィック・ホワイティング（*Merluccius productus*）、ホキ、ミナミダラ、チリアジ、グチ、イトヨリ、マイワシ等です。メルルーサ・ハブシ（アルゼンチン沖）とパシフィック・ホワイティング（米国・カナダ西海岸沖）は、外観はそっくりです。



Merluccius productus



Merluccius hubbsi

すりみのゲル化性状（特に坐り性状）もそっくりですが、パシフィック・ホワイティングは孢子虫の寄生があり、魚肉中のプロテアーゼ活性が高く戻りやすい特徴を持っています。メルルーサ・ハブシ（アルゼンチン沖）でのすり身生産は1987年でしたが金剛丸が行いました。当時（12月末でした）、すり身生産と品質性状について、地球の反対側の洋上から八王子の日本水産中央研究所に送られてくるデータ電文を毎日見ていましたが、スケトウダラすり身性状と全く異なる性状と読み取りました。すり身が日本に着く前に性状の科学的な分析が必要と言うことになり、急遽年明け早々にアルゼンチンに飛ぶことになり、サバイバルスペイン語を少し教えていただき、試験機材をかかえてアルゼンチンのプンタキージャに停泊中の金剛丸に行き、洋上に出てから、メルルーサ・ハブシすり身の性状を詳細に分析しました。その結果、スケトウダラすり身とは、全く異なる坐り性状を示すことを確認し、スケトウダラすり身と同じような使い方ができる方法についても明らかにしました。メルルーサ・ハブシには当初危惧していた孢子虫の寄生は認められず、魚肉の坐り特性がスケトウダラとは異なるということが判りました。魚種によってすり身性状が異なることは、このことから、とても興味深い現象として確認しましたが、得られた結果はあまりにもノウハウに触れる部分が多いため学会での発表は難しく、特許申請とすり身の販売活動の中で対応していきました。

各種冷凍すり身生産技術と性状研究に関する内容は、今、思い出してもワクワクするものです。今でも現場での研究が最も大切であると思っています。一方、日本の研究者が世界のすり身生産現場に入り込んで研究や経験を積むことをする機会は非常に少なくなったのではないのでしょうか。水産会社の社員でも、洋上でのすり身生産現場で種々経験を積むことも難しくなっているのではと拝察しています。私の世代とほぼ近い60～65歳前後の方がすり身生産現場で種々経験をされた最後の世代ではと思います。冷凍すり身製造工場を見よう見まねで造ることは出来ますが、科学的な理論と経験を併せた科学的すり身生産技術論を記しておく必要があるのではと思っています。