

凍結保存された低利用魚を用いた水産ねり製品製造方法に関する研究
Research on How to make Kamaboko from Low Value Frozen Fish

2014年3月

美濃 松謙

Abstract

The minced fish for the product materials of the kamaboko manufactures depends on the import from various countries in North America and South Asia through major fishery trading companies. To reclaim a new material supply route, it is important to maintain and expand the business of kamaboko manufactures.

In order to utilize low-utilized fish species as a raw material for kamaboko, we investigated the gelation properties of frozen blue mackerel. Blue mackerel was caught from the Kumano-nada region and immediately frozen-stored at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ for three months. After thawing the mackerel, surimi was prepared by washing the fish in fresh water or alkaline solution. Unlike the processing of unfrozen blue mackerel, there was little or no effect of washing in alkaline solution on the gel forming ability of frozen blue mackerel was observed. The addition of alkaline salt (Na_2CO_3) into the salt-ground meat, however, resulted in increase in both the breaking strength and the breaking deformation of the heated gel of the salt-ground meat. Furthermore, we clearly observed the effect of setting at $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ on the gel strength of raw material for kamaboko, which was less expensive and could be supplied stably.

This research for low valued frozen fishes is basic research and if it will be developed at an industrial level, kamaboko could then become a product produced by low valued fish caught from domestic seas. In order to revitalize the regional economies, it is important the actively and effectively utilize raw material for kamaboko using those local resources at the level of individual enterprises.

In addition, utilizing this technique for regional activation to promote the creation of new industries and new business in regional economic revitalization, there needs to be a strong partnership between industry, university and government consortiums led by small and medium-size enterprises utilizing technology “seeds” and information available at universities. In the future, we will conduct advanced research and development (R&D) leading to the commercialization of such technologies.

目次

第1章	緒論	
1-1	研究背景.....	1
1-2	本論文における研究の概要と構成.....	8
1-3	すり身・水産ねり製品製造工程および用語の説明.....	9
第2章	凍結低利用魚を水産ねり製品原料として活用するための検討	
2-1	目的.....	19
2-2	凍結エソを原料としたすり身の製造方法の検討.....	22
2-3	凍結ゴマサバを原料としたすり身の製造方法の検討.....	25
2-4	炭酸ナトリウム添加によるゲル強度の増強機構の解析.....	39
2-5	凍結ゴマサバすり身を用いたねり製品の官能評価.....	53
2-6	凍結ゴマサバから製造したすり身の冷凍化に関する検討.....	58
2-7	総合考察.....	66
第3章	三重県内の未利用資源を活用した新たな産業体制の構築に関する提案	
3-1	目的.....	68
3-2	世界の水産資源の漁獲状況と消費状況.....	68
3-3	国内の水産ねり製品業界の現状と課題.....	78
3-4	三重県内漁業と加工業との連携の可能性.....	98
3-5	総合考察.....	108
第4章	総括.....	115
	謝辞.....	118

参考文献 119

本研究に関わる発表論文、学会発表、出願特許 127

第1章 緒論

1-1 研究背景

この研究は、食用として低利用の水産資源を水産ねり製品原料として活用するための製造技術を確立することを目的とするものである。

2007年における日本国民一人当りの魚介、海藻類を含めた水産資源の供給量は、先進諸国で第一位の56.9 kg（世界平均：16.7 kg）と世界有数の水産消費国である[1]。そして、水産物の国内消費量の約75%が食用に供され（図1-1）、そのうち63%が何らかの食品に加工され消費されている（図1-2）[2]。2012年の水産加工食品における種類別生産量において、水産ねり製品として538,329トン（全体の31.2%）が生産されており、日本における重要な加工食品群となっている（図1-3）[3]。日本で製造されている水産ねり製品の代表的なものは、蒲鉾やちくわ等であり、“かまぼこ”の名称は室町時代(1336-1573)の書物にも既に記されている[4-7]。

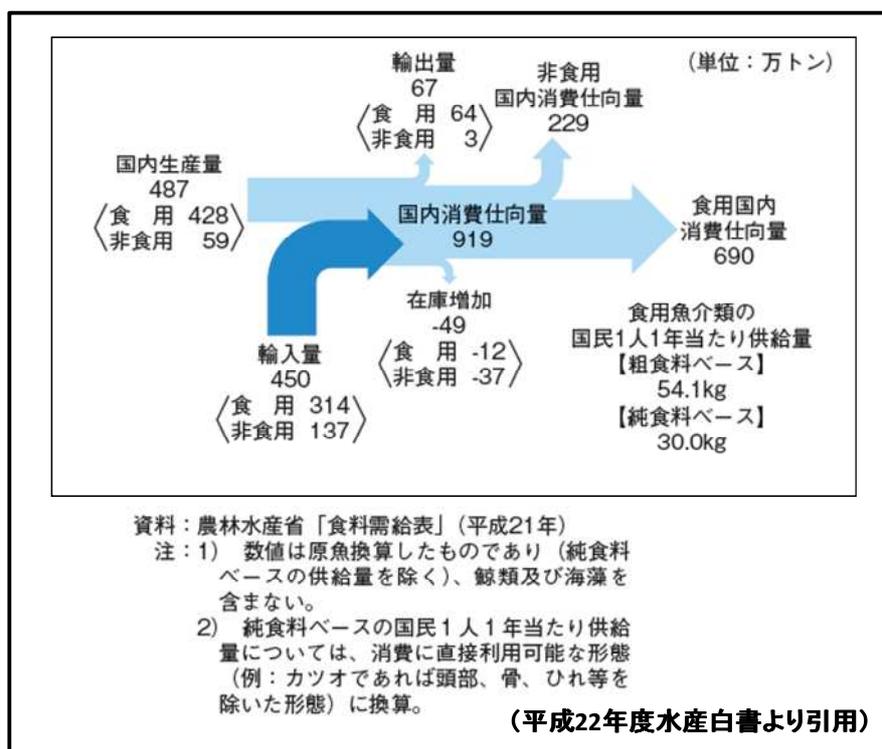


図 1-1 魚介類の生産消費構造 (2009 年度概算)

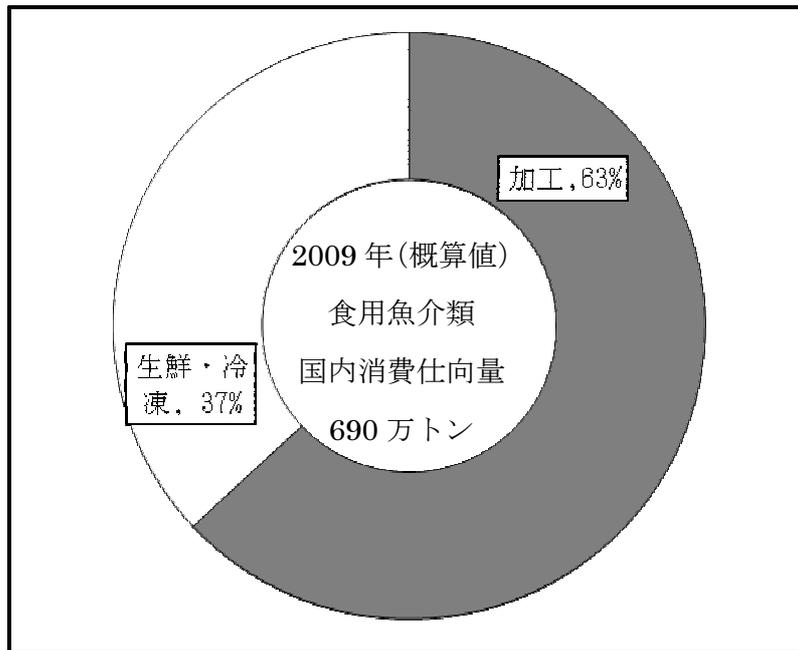


図 1-2 食用魚介類国内消費仕向け量 (2009 年度概算)

農林水産省「食料需給表」より引用

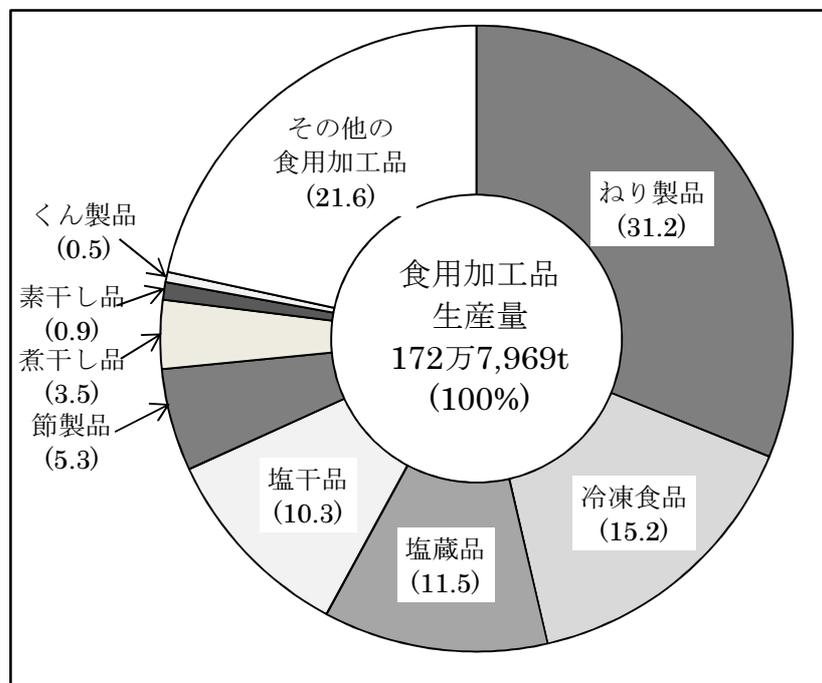


図 1-3 食品加工品生産量の加工種別構成割合 (全国) (2012 年)

農林水産統計 2013 年 6 月 28 日公表資料より作成

水産ねり製品の主要原料であるすり身は、1950年代にはすでに北海道でスケトウダラが利用されていた。タラコ収穫時期には、タラコ採取後のスケトウダラが大量に廃棄されていたこともあり、その有効活用を目的とした研究が行われた。その研究成果として、1959年スケトウダラを原料とした冷凍すり身が開発された[8]。そして翌1960年には、民間企業により冷凍すり身製造の事業化が成功した。1963年北海道において、冷凍魚肉（冷凍すり身、生すり身、落とし身）の生産指導、技術開発及び販路拡大による冷凍魚肉製造業界の育成を目的とした社団法人北海道冷凍魚肉協会が設立された。1969年には、北海道以外の会員も含め、社団法人全国冷凍魚肉協会と改められた。1981年には、社団法人全国すり身協会、2013年には一般社団法人全国すり身協会に移行した[9]。

スケトウダラの漁場は、北海道周辺からカムチャッカ半島沖、ベーリング海へと拡大し、洋上及び陸上で加工されるスケトウダラ冷凍すり身として、年間を通じて安定的に水産ねり製品メーカーへ供給されるようになり、全国の水産ねり製品が冷凍すり身を主原料とするようになった。当時は日本船籍により、スケトウダラを漁獲し洋上および陸上において冷凍すり身を製造していたが、1977年に米国、ソ連による200海里漁業専管水域の設定と国際的な漁業秩序の変化に伴い、漁場が限られた水域となったため、スケトウダラの漁獲量は著しく減少し、特に日本船籍における洋上冷凍すり身の製造量が激減した。これに伴い、輸入冷凍すり身への依存度が増した（図1-4）。

冷凍すり身技術の確立は、水産ねり製品業界に非常に大きなイノベーションを引き起こした。この技術の開発と冷凍すり身工船を含む大型施設の開発などの産業利用により、水産ねり製品製造業はすり身製造と水産ねり製品製造の分業体制が確立され、水産ねり製品の大量生産が可能となった。その後、上述のように、200海里漁業専管水域の設定により日本の漁業水域が縮小したことにより、海外にすり身原料を求め、米国を中心としたスケトウダラなどの水産資源の豊富な国に、この冷凍すり身製造技術が普及することになった[10]。国内で漁獲したスケトウダラの多くは、水揚げ後に冷凍すり身工場へ移送して、冷凍すり身に加工しているが、米国では漁場であるアラスカ沖などの洋上で冷凍すり身生産（洋上すり身）が行われている。（写真1-1）。

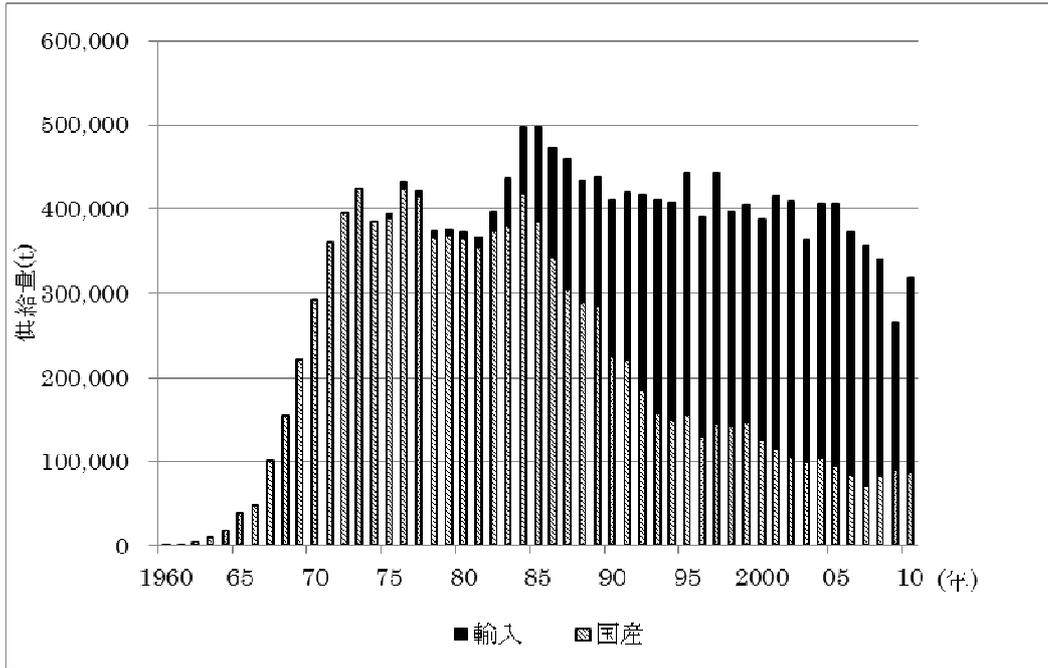


図 1-4 冷凍すり身国内生産量と輸入量の推移

農林水産庁統計データより作成



写真 1-1 シアトル港停泊中のすり身工船 (2009 年筆者撮影)

スケトウダラは鮮度の低下により、急速にゲル形成能を失う[5]。洋上において、漁獲直後の鮮度の良い魚肉をすり身に加工することで、冷凍すり身の品質も非常に高いものとなる。200海里漁業専管水域の設定以降の米国からのスケトウダラ冷凍すり身の供給体制は、1978年1989年までは米国が水揚げしたスケトウダラを日本企業が洋上で買い付け、冷凍すり身を製造する方式（JV方式）¹⁾であった。その間、米国を含めた外国からさまざまな魚種から製造された冷凍すり身が輸入されるようになってきた。例えば、米国・カナダ：パシフィックホワイティング・ホッケ、ニュージーランド・アルゼンチン・チリ：ミナミダラ・ホキ・メルルーサ・チリマアジ、タイ・マレーシア・インドネシア・中国・インド：イトヨリ・キントキダイ・グチなどが冷凍すり身に加工され輸入されるようになった。そのため、1990年代になってから米国はJV方式から、漁獲したスケトウダラを全て洋上および米国内で冷凍すり身に加工し輸出する方式に転換した。そのため、米国産輸入冷凍すり身が水産ねり製品原料の主流となり、現在では国内水産ねり製品は米国やタイなどからの輸入冷凍すり身に原料のかなりの部分を依存するようになった（図1-5）。

現在、国内冷凍すり身の生産量は国内需要のおよそ38%程度でしかない（図1-4）。しかし、製品原料の多くを海外に依存することは、質、量、価格などが原産国の地政的変化に大きく影響を受けることになる。JV方式が終わったところから、冷凍すり身は輸入品への依存度が増し、そのため、冷凍すり身価格が欧州における牛海面状脳症（BSE）やアジア地域における鳥インフルエンザの影響により自身魚の需要が高まり、世界の水産加工流通情勢から大きく影響をうけるようになった。有限会社若松屋における仕入データからも2007年から2008年に1.7倍程度スケトウダラ冷凍すり身が高騰し、企業経営に大きな影響を及ぼした（図1-6）。

このような背景から、国内で安定的に漁獲されている低利用の水産資源をスケトウダラ冷凍すり身に代わる冷凍すり身原料として有効利用するための製造技術の開発が社会的に望まれ、サバ、アジ、マイワシなどの多獲性赤身魚[11-17]、サメ類[18]、シイラ[19, 20]、オオクチバス[21]、スルメイカ[22, 23]などの国内産低利用魚介類のすり身への利活用のためのさまざまな取組みが行われた。その結果、これらの魚介類の筋肉がスケトウダラ筋肉とは異なる性質を有しており、従来のすり身製造技術を改良する必要があることが明らかとなり、魚肉中の脂質を効果的に除去する技術[24]、肉質の劣化を引き起こす消化酵素の除去技術[25]が確立されるに至った。マイワシやマサバなどの多獲性赤身魚の場合、肉質を希アルカリ溶液で洗浄することで、魚肉タンパク質を安定化させる技術が確立された

[24]。しかし、この技術は鮮魚を対象に検討され確立された技術であることから、凍結魚肉に適用するためにはさらに検討を重ねる必要があることが予想された。

本論文では三重県で水揚げされ、食用として低利用の水産資源をねり製品原料として活用するための技術開発を検討した。その中でも全国で最も多く水揚げされている多獲性赤身魚であるゴマサバは、三重県内においても年間約 35,000 トン水揚げされている。南伊勢町奈屋浦漁港での聞き取り調査の結果、ゴマサバは食用への活用率が低く、そのほとんどが水揚げ後、直ちに凍結されてマグロ等の養殖魚の餌料として利用され、国内だけではなく、海外へも輸出され養殖魚の餌料となっていることがわかった。そこで、凍結ゴマサバを水産ねり製品原料として活用する技術原理を、明かにすることを中心課題として本研究に着手した。これまで凍結赤身魚は、一部の製品を除き、水産ねり製品の原料には適さないと考えられていた。本研究では凍結赤身魚肉を炭酸ナトリウム等のアルカリで処理することで、水産ねり製品として十分な物性のねり製品を製造するための原料となることを確認した。さらに、この技術を活用した三重県南部地域の水産業の再活性化を目標とし、凍結ゴマサバを原料とした、冷凍すり身製造と水産ねり製品製造の地域連携体をコアとする新規地場産業の再構築に関する提案を行った。

- 1) JV 方式 : Joint Venture の略。200 海里水域設定において、日本船籍の冷凍すり身工船が米国水域内での操業を認める条件として、米国漁船が漁獲したスケトウダラを洋上で買いつけること。

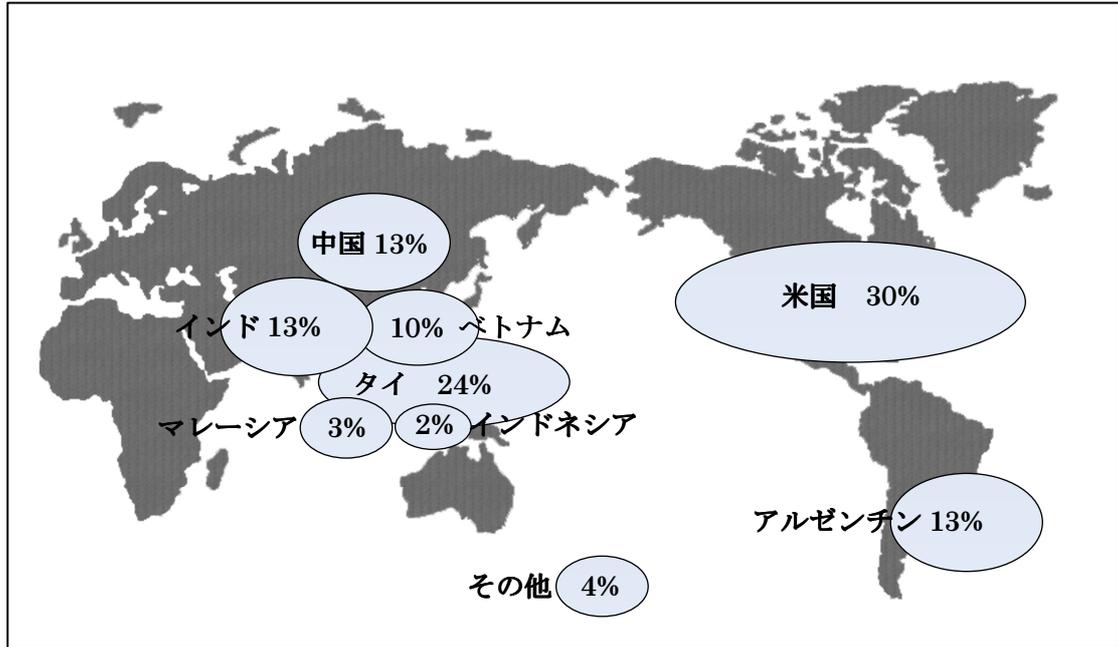


図 1-5 輸入冷凍すり身の国別割合

みなと新聞 2012年 11月 30日号 第 18447号を参考に作成

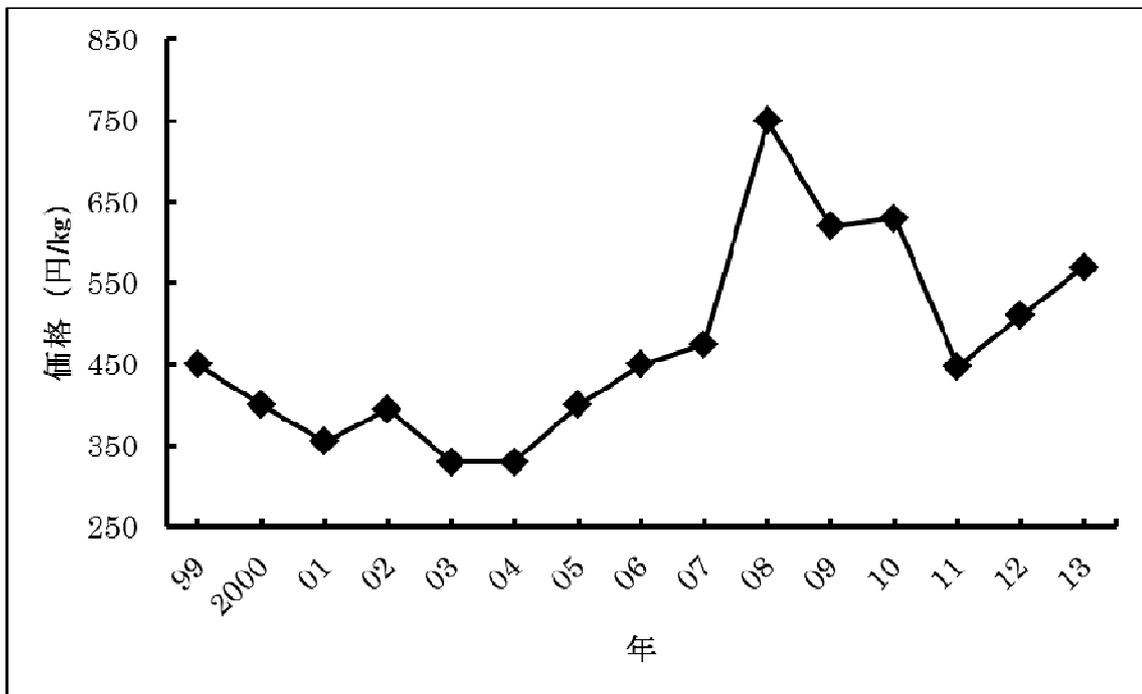


図 1-6 スケトウダラ冷凍すり身の価格変動 (円/kg)

有限会社若松屋各年の 12月仕入データを元に作成

1-2 本論文における研究の概要と構成

本論文は、三重県県内で比較的安価でかつ大量に漁獲されるが、食用として低利用の魚種を水産ねり製品原料に活用するための加工技術を研究することを目的としたものである。

第2章では、これまでゲル形成能が低いことから水産ねり製品原料としてあまり利用されていないゴマサバを用いた水産ねり製品の製造実験を中心に行った。未凍結ゴマサバ(鮮魚)では、アルカリ晒しを行うことで、ゲル形成能の改善が確認されたが、凍結ゴマサバでは効果が認められなかったため、さらに検討を行った。凍結ゴマサバの場合、すり身製造工程において、炭酸ナトリウムを添加・混合することで弾力の改善が確認されたことを報告する。さらに、炭酸ナトリウムを添加したすり身で試作した水産ねり製品の官能評価を行った結果を報告するとともに、凍結ゴマサバを原料とした冷凍すり身製造の可能性についても報告する。

第3章では、第2章で得た成果を地域水産業に還元する方法の提案を行った。様々な統計データから日本を含む世界の水産加工業界の現状と課題を類推し、これまでの研究結果における地域経済への影響および技術革新と地域産業振興の支援、環境・天然資源保護の視点からの考察を行うとともに、現在、衰退の著しい三重県内の水産業の活性化についての提案を行った。

多獲性赤身魚を原料とした冷凍すり身を活用した水産ねり製品製造の取り組みが産業化されることにより、漁業者だけではなく加工業者にとっても原料仕入の安定化に繋がる。また、県内で多く水揚げされているが、食用としてあまり利活用されていない凍結ゴマサバからの冷凍すり身化を実現することで、地域での新産業が生まれる可能性を示唆するものである。この章では、水産業とすり身製造および水産ねり製品製造業の連携した赤身魚の冷凍すり身産業の構築と三重県内漁業地域における産業イノベーションの可能性を考察する。

第4章では、これまでの研究成果を総括し、研究全体の考察とこれからの課題をまとめた。

1-3 すり身・水産ねり製品製造工程および用語の説明

本論文で用いた、すり身製造法を概説するとともに、すり身製造ならびに水産ねり製品の製造に関わる用語を以下に一括して説明する。

水産ねり製品の分類を表 1-3-1 に示し、すり身および水産ねり製品の製造工程を図 1-3-1 に示す。原料魚は一般的には、スケトウダラ (学名: *Theragra chalogramma*)、シログチ (学名: *Pennahia argentata*)、マエソ (学名: *Saurida undosquamis*) などの白身魚を中心とした生鮮魚が用いられる。第 2 章で実験に供した、ゴマサバ (学名: *Scomber Australasius*) は冷凍魚を、15~20℃で 2 時間放置して解凍したものを用いた。

原料魚は魚体から頭部、内臓、骨を除去し (魚体処理)、表面に付着した血液などを真水で洗い流し (洗浄)、筋肉を採取 (採肉) した。採肉後の魚肉は 5 倍量の真水 (2~5℃) に浸漬した (晒し)。真水晒しは、真水に 30 分程度晒した後、さらに 10 分程度の真水による晒しを 2 回行う。アルカリ晒しでは、0.1%炭酸水素ナトリウム溶液で 30 分程度晒した後、10 分程度の真水による晒しを 2 回行う。今回の研究では晒し肉は布製の絞り袋を用いて脱水した。得られた脱水肉を 1 mm 目のストレーナーで裏漉しする。ここまでの工程を経て得られたすり身を生すり身とよぶ。

冷凍すり身は生すり身に冷凍変性防止剤として、一般的には砂糖、ソルビトールなどの糖類および、蛋白凝集防止剤として、一般的にはトリリン酸ナトリウムおよびピロリン酸ナトリウムの混合物などのリン酸塩類を添加し、よく混合 (添加・混合) した後、適当なサイズ (通常の冷凍すり身は 10 kg のブロックになっている) に分けて、急速凍結し、-25℃以下で保管する (凍結・保管)。冷凍すり身には西谷らが開発した無塩冷凍すり身と池内らが開発した加塩冷凍すり身がある [26]。無塩冷凍すり身とは砂糖とリン酸塩を混合した後、冷凍したすり身のことで、加塩冷凍すり身とは砂糖と食塩を混合した後、冷凍したすり身のことである。ここまですり身の製造工程である。今回の検討では、生すり身に最終濃度、5%砂糖および 0.2%重合リン酸塩ナトリウムを添加し、石臼を用いて 5 分間混合後、5℃の冷蔵庫で 6 時間保蔵したすり身を用いた。

表 1-1 の⑩~⑮に示した工程が水産ねり製品の製造工程である。播潰工程は十分に冷却された生すり身あるいは半解凍の冷凍すり身に食塩、澱粉、調味料等の副原料を加え、さらに播り潰す工程で、この工程で得られるすり身を調味すり身という。調味すり身はそれぞれの最終製品の形に成形後、加熱が施されたものが水産ねり製品であり、加熱後、中心温度が 10℃以下になるまで速やかに冷却する。この冷却工程は、水産ねり製品の保存性を

高める効果もある。この工程を経て、出来上がった水産ねり製品は包装・梱包され、出荷まで、適当な温度条件下保管される。水産ねり製品は加熱方法（焼き、蒸し、揚げ、茹で）ならびに最終形態によって分類されている（表 1-3-1）。

以下、水産ねり製品製造工程に関連する用語の説明を行う。また、冷凍すり身開発以前は、すり身および水産ねり製品の製造は地域で水揚げされる魚を利用し、地域にある水産ねり製品業者がすり身の製造から最終製品である水産ねり製品までを一貫して製造していたが、冷凍すり身の開発並びにそれぞれの工程が高度に機械化されたことで、冷凍すり身産業と水産ねり製品産業が 2 分業化され、国内外に多大なイノベーションを誘発した。ここでは、以下の本論の理解を深めることも考慮し、用語の説明に加え、各工程に使用される機械類についても合わせて説明を行う。

原料魚

現在、かまぼこなどの水産ねり製品に使用される魚種はニベ科のキグチ (*Pseudosciana*)、シログチ (*Argyrosomus argentatus*)、クログチ (*Argyrosomus nibe*)、ニベ (*Nibeamitsukurii*)、エソ科のワニエソ (*Saurida tumbil*)、トカゲエソ (*Sauride elongata*)、マエソ (*Saurida undosquimis*)、タラ科のスケトウダラ (*Theragra chalcogramma*)、ミナミダラ (*Southern biue whiting*)、メルルーサ科のホキ (*Macruronus novaezelandiae*)、アイナメ科のホッケ (*Pleurogrammus azonus*)、ソトイワシ科のオキギス (*Pterothrissus gissu*)、ドチザメ科のホシザメ (*Mustelus manazo*)、メジロザメ科のメジロザメ (*Carcharhinus plumbeus*)、ヨシキリザメ (*Prionace glauca*) などの白身魚とニシン科のマイワシ (*Sardinops melanosticus*)、コノシロ (*Clupanodon punctatus*)、サバ科のマサバ (*Scomber japonica*)、アジ科のマアジ (*Trachurus japonica*) などであり、40 種類以上が原料とされている[27]。また、もともと水産ねり製品は地域に根ざした産業であったため、その地域で水揚げされた魚種を利用していたことから、このほかにも各地で様々な魚種が利用されていた。

魚体洗浄

水揚げされた魚体表面には、様々な異物が付着している。また、魚の体表粘膜の除去も必要となる。たとえば、エソやハモなどはその体表粘膜が多く、ブラッシングすることもある。魚体洗浄機が導入されたことで、容易にその体表粘膜、鱗を含めた異物の除去が可能となったが、魚体洗浄機により体表が傷つき魚体の損傷が激しく、内臓が飛び出すこと

もあるため、注意が必要である。

採肉

頭部、骨、内臓などを除き、よく水洗し、十分に冷却した魚体は採肉機で骨・皮と身が分離され、肉を採取する。採肉機はスタンプ式とロール式の2つの種類がある。本研究では、ロール式採肉機を使用した。ロール式採肉機は、回転する網目構造の円筒物とゴム製回転ベルトで開きもしくはフィレにした魚体をはさみ込み、その圧力で魚体をつぶし、円筒物の内側に肉が入る構造である。最近では、ロール式の方が連続作業上の効率が良いことから、多く使用されている。スタンプ式は、網目構造の円盤上に開きもしくは、フィレにした魚を乗せ、上部から魚体に圧力をかけ、その圧力によって網目構造の円盤から下方へ肉のみが落ちる構造になっている。

晒し

晒しは通常、真水で行う晒しが一般的である。晒しは採肉された肉を3~10倍量の水と混合して攪拌することで、肉中にある水溶性成分を抽出し、攪拌後に静置させることで油などが浮上分離し、肉は沈殿する。その表層部の上澄みを廃棄し、再度水を加え攪拌し、しばらく放置し肉を沈殿させる。この工程を3回程度繰り返す。晒しによって、採肉された肉から、付着した雑物、脂肪、魚臭等を取り除き、筋原線維タンパク質を濃縮する。そのため、この晒し工程は最終製品の品質に大きく影響する。岡田は、晒しによって、魚肉中の無機物の相対的含有量が低下することで、不溶性物質の割合が増しその結果、かまぼこのゲル形成能が強くなると報告している[28]。採肉後の魚肉の状態は、魚体を十分に洗浄した白身魚の魚体であっても、腹部の黒皮、鰭内側の異物、背骨付近の血液などの不純物が多く付着及び混入していることで黒褐色の状態である。魚肉の色はそのまま製品の色となるため、特に蒲鉾製品の場合はこの色が商品価値を低下させることもある。黒褐色の要因であるこれらの異物は、晒し工程において、水槽に魚肉を入れて攪拌した際に表層に浮上し、上澄み液と共に除去し、不純物を取り除かれて、沈殿した魚肉を脱水することで、白色の魚肉を得ることができる。しかしながら血液が血塊となっている場合は筋肉線維に絡まって表層に浮上せず、肉と共に沈殿する場合があるが、その場合は、目視検査にて除去する。岡田は、3~5回の晒し工程において、脂肪は60~70%除去されると報告している[28]。製造現場においては、晒しによる脂肪の除去は、ゲル形成能に対して良い影響を与

えると考えられているが、岡田によれば脂肪の含有量とゲル形成能の優劣は関係ないとされている。脂肪が多いと脱水の際に絞り袋の目詰まりが起こり、脱水が困難な状態になる。十分な脱水が成されていないと魚肉の水分量が多いことで、ゲル形成能の低下を及ぼす可能性がある。また、魚肉の脂肪の含有量は魚種・漁獲時期によって異なる。かまぼこ類の主な原料魚であるグチ、エソは脂肪分の含有量が少ない。それと比較してマサバ、養殖マダイなどはフィレの状態、腹部に白い脂肪の塊が確認できる場合がある。

晒し工程における重要な項目は、以下 3 点である。

① pH

晒しは中性の冷水を用いるのが一般的であるが、ゲル形成能が低い赤身魚もしくは鮮度低下した魚肉においては、アルカリ晒しやリン酸塩晒しが有効である。アルカリ晒しは、志水によって提唱されており、特にイワシ、サバなどの pH の低い赤身魚 (pH 6 付近) のゲル形成能の改善に効果があることが報告されている[24, 29]。リン酸塩晒しは、西岡らによって提唱されており、冷凍保存されたスケトウダラにおいて、冷凍変性した魚肉のゲル形成能の改善に効果があることが報告されている。[19]

② 真水の硬度

晒しに使用する水の硬度はすり身の肉質に影響を及ぼすことが岡田により報告されている[28]。軟水で晒しを繰り返すと、晒し肉が膨潤し水中に沈殿しにくくなり、浮上した不純物の除去の際に魚肉も流出する。さらに、膨潤により肉が吸収した水分の脱水が非常に困難になる。一方、硬水で晒しを行うと晒し肉が膨潤しにくくなり、脱水が容易になるため、過度に脱水してしまう場合が起こる。通常脱水肉は水分含有率 80~85%前後が良いとされている。

③ 水温

晒し肉の温度はできるだけ低温に保つ必要がある。筋原線維タンパク質は熱に不安定であることから、タンパク質の変性をより少なくさせるために、10℃以下を保つことが必要である。筋原線維タンパク質の熱変性は、不可逆的である[30]。

脱水

晒しによって水分を多く含んだ魚肉の水分を取り除く為に脱水を行う。脱水機は、遠心分離機、油圧プレス機、スクリュープレスがある。現在では一般的にスクリュープレスが使用され、網目孔径 0.5~1.0 mm の円筒スクリーンの内部に、スクリュープを設け魚肉を加

押し、網目から脱水をしながら連続的に魚肉を送りだす。本研究では、少量の魚肉で実験を行った為、厚手の綿布でできた絞り袋を用いて手作業で脱水を行った。

裏漉し

晒し後の肉には、筋などが混在している。裏漉し工程で、魚肉に混入している小骨、皮などを除去する。裏漉し機は魚肉をスクリーンで表面が約 1mm の細孔のある筒に送り込み、細孔から押し出す機構である。この工程を行うことで、異物が取り除け、肉が微細化し、魚肉タンパクの塩による溶解度を増加させる効果があると考えられるが、摩擦熱によって魚肉の温度が上昇し、タンパク質が変性を起こす可能性もある。メーカーによっては、播潰後のすり身を裏漉しする場合もある。

播潰（らいかい）

播潰工程は、石臼播潰機、サイレントカッター、ボールカッターなどいずれかを使用する。明治末期に開発された石臼の播潰機は、石臼に 3 本の杵が取り付けられ、石臼と杵が互いに逆方向へ回転する。この工程で、魚肉に 2~3%の食塩[31]を投入して、塩溶性タンパク質を溶解する。これにより、魚肉はゾル状となる。本研究では、回転石臼に 3 本の回転杵がついたヤナギヤ製石臼を用いた。夏季は特に魚肉の温度が上昇しないよう注意が必要である。一般的に塩摺り後に調味料等を加えて調味すり身を仕上げるが、食塩と調味料等の投入手順は製造工場により違いがある。現在ではサイレントカッターやボールカッターを用いるが主流である。

成型・加熱

調味すり身は、それぞれの商品に応じた形に成型・加熱される。成型において、使用される道具は、つけ包丁やせっかいなどであり、木製、竹製、ステンレス製等様々である。製造数の規模に応じて、連続式の板付け型成機、ちくわ型成機、揚げかまぼこ型成機、ごぼう巻機等で成型できる。加熱においては、それぞれの製品の形状・厚み・魚種に応じ、加熱温度・方法が選択されている。いずれの製品においても、中心温度は約 80℃付近まで加熱される。加熱されたものが水産ねり製品となる。

農林水産統計において定義されているかまぼこ類の品目は、やきちくわ、包装かまぼこ、かまぼこ、あげかまぼこ、ゆでかまぼこ、風味かまぼこ、その他かまぼこ類に分類される。

やきちくわは、日本で最初に作られた水産ねり製品とされており、塩摺りしたすり身を竹に巻きつけて焙ったことが最初といわれ、現在でもその形状は変わっていない。包装かまぼこはケーシング詰、リテーナ形成蒲鉾とも呼ばれる。かまぼこは、成型したすり身を蒸したものを蒸しかまぼこ、蒸した後表面を焼いたものを焼きかまぼこ、焼き工程のみで加熱する焼き抜きかまぼこ等がある。また、昆布巻や笹かまぼこもかまぼこに分類される。あげかまぼこは、成型したすり身を 160~180℃の植物油で加熱する。一般的にさつま揚げと呼ばれるが、鹿児島県ではつけ揚げとも呼ばれ、沖縄県ではチキアーゼとも呼ばれている。ゆでかまぼこは、成型したすり身を熱湯中で加熱する。一般的には、はんぺんと呼ばれるが、はんぺい、はべん、あんぺいなど各地で呼び方が異なる。風味かまぼこは、カニ肉のような繊維状にした成形したすり身を巻いて、着色したカニ風味かまぼこが代表的である。蒸しかまぼこを乾燥させて削った、削りかまぼこや様々な色に着色し、梅や紅葉などの形に成型した細工かまぼこは、その他のかまぼこ類として分類されている。(表 1-3-1)。

坐り・戻り

魚肉に食塩を加えて播潰したすり身ゲルは、魚種によって温度、時間は異なるが、10~40℃付近で、放置することで凝固する。この現象を“坐り（すわり）”と呼ぶ。坐った状態のすり身ゲルをそのまま高温で加熱すれば、足の強い加熱ゲルとなる。しかし、一度坐った状態のすり身ゲルを再度播潰しても、元の状態に戻らないことから坐りの現象は不可逆的な変化である。一方、すり身ゲルは 50~60℃付近で放置することで、凝固が解かれ崩壊する。この現象を“戻り”と呼ぶ[32]。牧之段ら[33]は、戻りにはプロテアーゼが関与していることを報告し、関[34]は、坐りにおいてもプロテアーゼの関与を報告している。一方、丹羽らは、坐りは、ランダムに配列していた分子が、ランダム・コイルに変化したものと報告している[35, 36]。この他にも、坐り・戻りの現象は多くの研究者によって様々な報告がされている[37, 38]。

表 1-3-1 水産ねり製品の分類

加工種類及び品目		定義又は内容例示	
水産ねり製品 魚肉を主原料とするすり身、魚肉片等に、調味料、補強料、その他の材料（チーズ、グリーンピース、わかめ、畜肉等の種もの）を加えて、ねり合わせの成形し、加熱凝固させたもの）生すり身又は加熱をおこないものはねり製品として取り扱わない	かまぼこ類	やきちくわ	魚肉を主原料とするすり身に、調味料等を加えてねり合わせたのち、串（竹、木等）に円筒状にねりつけて、焙り焼きしたもの 例：冷凍やきちくわ、豊橋ちくわ
		包装かまぼこ	ケーシング詰、リテーナ（金型）形成の特殊包装かまぼこ
		かまぼこ	蒸煮又は焙焼したかまぼこ類 例：板かまぼこ、焼板かまぼこ、焼抜きかまぼこ、こぶ巻かまぼこ、す巻かまぼこ、だて巻（厚焼）、梅焼き、野焼き、笹かまぼこ、なんばん焼き、蒸しちくわ
		あげかまぼこ	油で揚げたかまぼこ 例：さつま揚げ、てんぷら、皮てんぷら、つけ揚げ（いか、えび、野菜等の種もの入りの天ぷら類を含む）
		ゆでかまぼこ	湯煮したかまぼこ 例：なると巻き、はんぺん、しんじょ、つみれ、すじ
		風味かまぼこ	風味かまぼこ 例：かに、ほたて貝柱、えび等の食味、食感、外観等をもたせたかまぼこ
		その他のかまぼこ類	上記のいずれにも該当しないもの 例：けずりかまぼこ、くん製かまぼこ、細工かまぼこ、そば風かまぼこ、乾燥（フリーズドライ）かまぼこ
	魚肉ハム・ソーセージ類	魚肉ハム	魚肉片につなぎ等を加えて混ぜ合わせ、ケーシングに充填し、密封加熱したもの
		魚肉ソーセージ	魚のひき肉、すり身等に油脂、香辛料等の調味料を加え、ケーシングに充填し、密封加熱したもの（ハンバーグ風、シュウマイ風等の特殊魚肉ソーセージを含む）

農林水産統計 平成21年水産加工食品生産量 添付資料より引用

冷凍すり身

冷凍すり身は、裏漉し後に糖類と重合リン酸塩等を混合する無塩冷凍すり身と、食塩を投入して播潰した後、糖を加えてつくる加塩冷凍すり身の二つのタイプがある。1960年代において、前者は北海道水産試験場の西谷らによって、後者は京都大学農学部の池内、清水によって開発された。いずれも魚肉タンパク質の冷凍変性を回避することを目的にした研究であり、両者とも糖を用いることを共通としている。現在における水産ねり製品製造現場では、無塩すり身が一般的であり、冷凍すり身とは無塩冷凍すり身を意味する。[39]

冷凍すり身の規格[40, 41]

現在使われている規格は、絶対的な評価ではなく、永年にわたる実績に基づいて設定されたいくつかの要因(ゲル形成、白度、夾雑物など)を充たすことを条件として、等級格付けがされている(表 1-3-2)。冷凍すり身の規格は、国際規格になっているものではなく、冷凍すり身メーカーが独自に規格基準を設けている。スケトウダラ輸入冷凍すり身 SA 級でも 1000 g 以上の破断強度を規格基準として設けているメーカーもある。

表 1-3-2 冷凍すり身の規格

	規格	破断強度(g)
スケトウダラ 輸入冷凍すり身	SA	1100 以上
	FA	1000—1100
	A	850—1000
	KA	550—850
	B	350—550
スケトウダラ 国産冷凍すり身	特級	350
	1 級	330
	2 級	300
イトヨリ 輸入冷凍すり身	SA	700—1000
	AA	500—700
	A	300—500
	KA	0—300
MIX(魚種混合) 輸入冷凍すり身	A	100 以上
	KA	—(※)

(有)若松屋仕入先データと新版魚肉ねり製品、第4節 冷凍すり身 p.66-80 を参考に作成。

※ — はデータなし

水産ねり製品の品質

水産ねり製品の品質の良し悪しは、人それぞれに嗜好性があり、数値化することは困難ではあるが、製造現場においては、味、香り、風味等の一般的な食味よりも、歯ごたえが最も重要な品質要素と考えられている[42]。この歯ごたえの事を、製造現場では足（あし）と呼ぶ[43, 44]。足には、硬さ、強さ、弾力、粘り、しなやかさ、歯切れ、きめ等様々な要素が複雑に関係しており[27]、魚種[45, 46]、鮮度[47, 48]、添加物[49-52]、加熱方法[53]などの違いが足の性状を左右する。足を評価する方法には、①咀嚼試験、②引っ張り試験[43]、③プランジャー押し込み試験、④折り曲げ試験があるが[39]、本論文においてエソは②引っ張り試験を用い、ゴマサバは、③プランジャー押し込み試験による破断強度(Gel Strength)ならびに破断凹み(Gel Deformation)にてゲル形成能の測定を行った。それぞれの試験によって得られた数値が足の性状を表すものであり、化学的観点からはゲル形成能として評価する。また調製したすり身をすり身ゲル、加熱したすり身を加熱ゲルと呼ぶ。ゲル形成能は、プランジャー押し込み試験（破断時の押し込み荷重を破断強度、プランジャーの進入距離を破断凹み）で評価した。破断強度は、プランジャーが降下し、加熱ゲルを押し込み、表面が破れた時点での荷重を g で表し、破断凹みは、プランジャーが降下し、加熱ゲルを押し込み時から表面が沈下し破裂するまでの距離を mm で表した。官能的には、破断強度を硬さ、破断凹みをしなやかさとして評価する[43]。

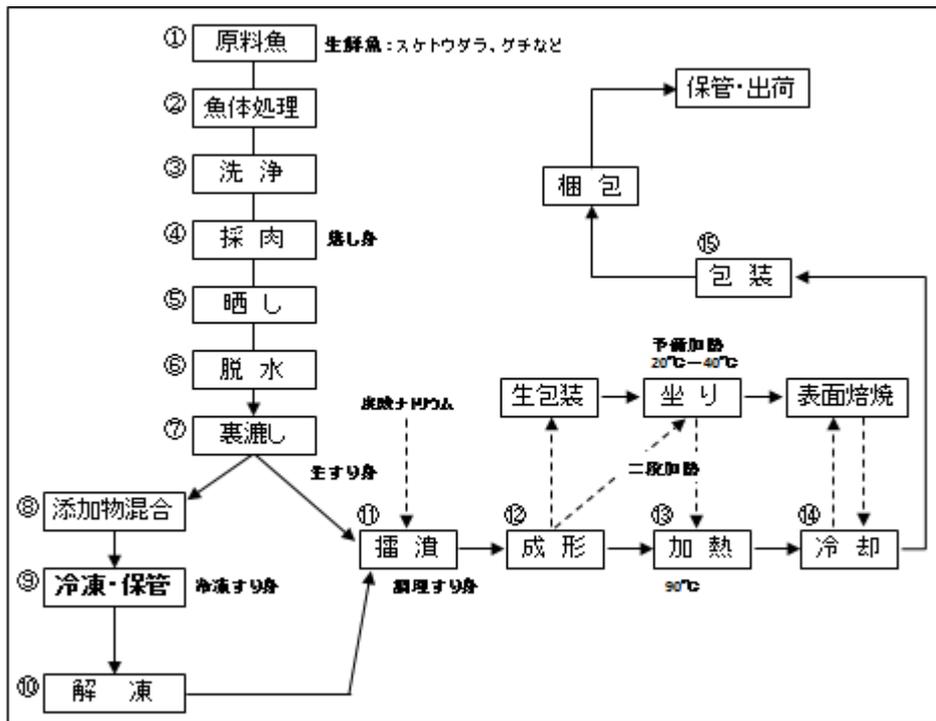


図 1-3-1 水産ねり製品の製造工程

第2章 凍結低利用魚を水産ねり製品原料としての活用するための検討

2-1 目的

国連環境開発会議(UNCED)や国連食糧農業機関(FAO)などの国際機関において、海産生物資源の持続的利用と保護に対する責任が求められるようになり、マグロなどの主要漁獲対象魚ばかりでなく、混獲魚種についても保護の動きが始まっている。今後は生態系の持続的利用のために必要な漁獲規制のもとで、経済的の価値の低い魚種も含め、漁獲される魚介類を限りある有用タンパク資源として有効活用していくことが求められている。このようなことから、国内で安定的に漁獲される低価格で低利用の魚種について水産ねり製品への加工適性の研究が必要で且つ社会的にも望まれている。

水産ねり製品は、魚肉の保存を目的とした日本の伝統食品である。歴史的には近海魚をその原料としてきたが、1960年代に冷凍すり身が開発されてからはスケトウダラが主な原料魚となっている。スケトウダラ冷凍すり身は当初すべてが国内産であったが、1970年代から国内における生産量は年々減少した。2000年代に入ると国内産はさらに激減し、代わって米国やタイなどからの輸入原料が主流となっている。これらの輸入原料の価格、質および量は生産国の地政学的事情により大きく変動し、様々な問題を引き起こす可能性がある。加えて、先にも述べたように、海外においても資源の減少が進み、永続的な調達が危惧されている。イワシ、サバ、アジなどの多獲性赤身魚の水産ねり製品への利用は、こうした問題に対する解決法の一つである。これまでも多獲性赤身魚のすり身化のプロジェクトが幾つか立ちあげられており、ゲル化特性やその季節変動に適した加工方法などが明らかにされてきている[54-56]。

まず、この研究を行うにあたり、魚種の選考をおこなった。国産の原料として、北海道のスケトウダラがよく用いられているが、これ以外に加工原料となり得る低価格な魚種についての国内年間漁獲量は、イワシ類 571,200 トン、サバ類 386,000 トンおよびカツオ類 284,300 トンと赤身魚が上位にある。三重県でも、全国と同様、図 2-1 に示したように、イワシ類、サバ類、カツオ類の赤身魚がそれぞれ上位にあり、全国漁獲量のおよそ 10%を三重県が占めている。その内、サバ類は年間 35,800 トン水揚げされているが、その中でもゴマサバは食用への利用率が低く、そのほとんどが水揚げ後、直ちに凍結されてマグロ等の養殖魚の餌料として利用されている。また、混獲されている魚類において、市場にて取引されていないため一般には流通せず、漁業者の自家消費以外は廃棄されているため漁獲量の統計数が把握されていない魚種もある。

本研究では、三重県近海で混獲されているがほとんど利用されていないエソおよび、三重県で多く漁獲され、現段階では食用への利用が乏しい低利用魚種であるゴマサバに着目し、安価で安定的に利用可能な原料として凍結エソあるいは凍結ゴマサバを使用した水産ねり製品の開発を試みた。この章では 2-2 で、伊勢湾内で混獲された凍結エソを用い、2-3 で、三重県南伊勢町奈屋浦で水揚げされた凍結ゴマサバの特性を記す。また 2-2 では、リン酸塩晒しによる、製造方法を検討し、2-3 では炭酸ナトリウム添加による新たな製造方法の提案を行った。さらに 2-4 ではその新技術に関してタンパク質レベルでのメカニズムを明らかにし、2-5 では官能評価を行い、2-6 では凍結ゴマサバを原料とした冷凍すり身の製造について検討を行った。最終節ではその発展的な応用について論じた。本研究において、凍結エソではリン酸塩晒し、凍結ゴマサバでは炭酸ナトリウム添加で塩摺りを行うことで、真水晒し、炭酸ナトリウム無添加に比べて強いゲル形成能（本章では加熱後の弾力を表す足のことをゲル形成能と記す）を確認した。この技術を活用することで、凍結エソおよび凍結ゴマサバの食品素材としての価値が向上できれば、三重県南部地域の水産業の再活性化に貢献できると考える。

なお、本章の結果の一部は研究成果として既に IWRIS2009、IWRIS2011、日本食品工学会誌に掲載されているものであり、本試験検討は早々に、製造現場で活用することを想定しているため、試薬類は食品製造用規格、水は水道水を使用し、すべての実験は伊勢市内にある有限会社若松屋の水産ねり製品製造工場の設備を用いて行った。

が少ない魚である。8月から10月においては、一度に多い時で1トン程度漁獲される魚であるが、鮮魚での流通はなく、通常は利用価値が乏しく廃棄されるケースもある。混獲される以外にエソを主目的とした漁獲はされておらず、この時期以外の漁獲量は激減する。そのため、年間を通じ安定的にねり製品の原料として活用するためには、凍結して保管できることが必要となる。しかし、凍結エソを用いたすり身の製造は非常に難しく、これまで多くの研究が成されている[47, 57, 58]が、ねり製品を製造した場合、未凍結原料を使ったときと同様の弾力が得られていないのが現状である。エソをねり製品原料とした商品は、西日本で多く生産されており、主にかまぼこの原料となっているが、そのすべては新鮮な生原料を用いたものである。

村田らは、ゲル形成能の低いアジ、イワシなどの赤身魚や凍結サンマを水産ねり製品原料として活用するための晒し技術として、アルカリピロリン酸晒し（以後リン酸塩晒し）[59, 60]を報告している。エソは鮮度保持が非常に困難であることが知られており[57]、この技術が適用できれば、凍結魚体が年間を通して、安定した水産ねり製品の原料となり、一定品質をもつ原料として活用が可能となり、安定的な漁業環境の構築と漁業経営の向上へ貢献することも期待できる。そこで、漁獲後の魚体をそのまま冷凍保存したエソを用いて、リン酸塩晒しの効果を検証した。

2-2-1 材料および実験方法

2-2-1-1 供試魚および原材料

エソは6月三重県磯部鳥羽漁協管内に水揚げされた500~800gのマエソ、ワニエソを使用した。水揚げ後に氷蔵後、一晚冷蔵庫(5℃)で保管後、-40℃急速凍結機(SANYO BF-EVB120)で凍結したものを供試魚とした。

砂糖(上白糖)は(株)伊藤忠製糖、食塩は(株)海はいのち、重合リン酸塩(ポリリン酸ナトリウム)は千代田商工(株)から、それぞれ購入した。

2-2-1-2 すり身の調製

凍結エソを15~20℃で2時間放置し、解凍した後、以下に示した方法ですり身を調製した。

魚体から頭部と内臓を除去し、フィレにした後、表面に付着した血液などを水道水で洗い流し、ロール式採肉機で肉を採取した。これに5倍量の冷水道水(2~5℃)を加えて30

分間晒しを行った。脱水後、さらに 10 分間の水道水による晒しを 2 回行った(真水晒し)。リン酸塩晒しは、西岡らの方法に準じて行った[60]。1 回目の晒しを 5 倍量の 0.05% (重量比) の重合リン酸塩を溶解した水道 (2~5℃) を用い 60 分間晒した後、脱水したのち、冷水道水による 10 分間の晒しを 2 回行った。それぞれの晒し肉は布製の絞り袋を用いて脱水した後、得られた脱水肉を 1 mm 目のストレーナーで裏漉しした。この裏漉し肉に砂糖 5%および重合リン酸塩ナトリウム 0.2%を添加し、石臼を用いて 5 分間混合後、5℃の冷蔵庫で 6 時間保蔵してねり製品の原料となるすり身とした。

2-2-1-3 加熱ゲルの調製

調製したすり身に対して 3% (重量比) の食塩を添加し、らいかい機 (株式会社ヤナギヤ NO.16-C 型) で回転数 80 rpm、20 分間の播潰を行った (塩摺り)。摺り上がり時の肉糊の温度は 5~6℃であった。得られた肉糊を厚さ 1.5 cm の板状に成型し、蒸し器 (90℃) で 25 分間加熱して加熱ゲルとした。

2-2-1-4 引き伸ばし試験

加熱ゲルを一晩 5℃で冷蔵した後、長さ 60 mm、厚さ 1.5cm、幅 1 cm に切り分け、志水らの方法[43]を参考にし、定規上で、両端から両手で引っ張り、長さ 60 mm の加熱ゲルの伸びを測定した。

2-2-2 結果

エソは鮮度低下が早く、冷凍すり身の状態においても、常法では生すり身の状態と同等の弾力が得られない。凍結エソを用いて、真水晒しとリン酸塩晒しを行い、その効果を検討した。表 2-2-1 は、引っ張り幅を mm で表したものであるが、晒し方法の違いによる影響は大きく、真水晒しを行ったものは、65 mm と元の状態と比較すると 5 mm の伸びで、少しの力で断裂してしまうほどの、非常に脆い状態であった。一方、リン酸塩晒しは、88 mm と元の状態と比較すると 28 mm の伸びが確認でき、真水晒しに比べ引き伸ばし試験において、約 5 倍の引き伸ばし効果があることが明らかとなった。

表 2-2-1 凍結エソすり身の引き伸ばし試験

単位：mm

	真水晒し	リン酸塩晒し
引き伸ばし後のゲル	65	88

* 引き伸ばし前 60mm

2-2-3 考察

凍結エソを用いたすり身製造において、リン酸塩晒し法は、引き伸ばし試験において非常に有効であることが確認された。水産ねり製品製造現場において、最適値の明確な値を示すことはできないが、少しでも多く引き伸ばしができることが、汎用性に優れた良い原料となる。このことにより大量に水揚げされた時期にエソを凍結保存することで、水産ねり製品業界の繁忙期である 11～12 月の原料を確保できることが大きな利点となる可能性を見出した。

多くの水産ねり製品メーカーは、冷凍すり身から水産ねり製品を製造しており、独自のすり身製造設備（原料から採肉、晒し、脱水などの加工を行うため製造設備）を有していないことから、今後この技術を活用した凍結エソからの冷凍すり身製造技術が確立できれば、水産ねり製品製造原料とした新たな原料として提供できると考えられる。

輸入冷凍すり身に頼っている現在の三重県内の水産ねり製品加工業にとっても、輸入冷凍すり身のみには頼るのではなく、伊勢志摩で漁獲されている低利用資源を有効活用する技術を習得し産業化していくことで、低利用資源の利用価値が見出せることとなり、漁業および水産加工業を含む地域社会にとって、経済ならびに資源保護の観点から十分に貢献できると考える。

2-3 凍結ゴマサバを原料としたすり身の製造方法の検討

サバ類は全国ならびに三重県の魚種別の漁獲量において、イワシ類に続く第2位の魚種である。三重県内のサバ類の漁獲漁種としては、ゴマサバ (*Scomber australasicus*) が最も多いと推察されるがマサバとゴマサバは各種統計調査等においてサバ類と一括して取り扱われているため、正確な数字が得られていないのが実情である。2011年のサバ類の漁獲量は全国491,813トンで、三重県35,177トンであり、その用途としては、2008年の農林水産省産地水産物流通調査結果において、生鮮食用22.5%、加工食用47.2%で、非食用は30.3%で、非食用のうち養殖用または漁業用飼料向けは28.7%となっている(図2-3-1)。

ゴマサバなどの赤身魚にはプロテアーゼなどの筋形質タンパク質が多量に存在すること[48]、および漁獲後の筋肉のpHが急速に低下すること[61]などから、一般的にゲル形成能が劣るとされている。志水らは採肉した魚肉をアルカリ性溶液に晒すことによって、赤身魚のゲル形成能を高める方法を提唱し[24]、それによってイワシやサバなどからのかまぼこ類ねり製品の製造が可能となった。

その結果、これらの多獲性赤身魚肉がスケトウダラ肉とは異なる性質を有しており、従来のすり身製造技術を改良する必要があることが明らかとなり、松吉らはマサバの場合、魚肉を炭酸ナトリウムなどの希アルカリ溶液で洗浄することで、魚肉タンパク質が安定化され、ゲル形成能が向上することを報告している[62]。しかし、この検討は鮮魚を対象に行われており、冷凍保存魚に適用するためにはさらに検討を重ねる必要があることが予想された。そこで、本項では、凍結ゴマサバに対するアルカリ晒しの効果を検討し、さらに、マサバ魚肉においてゲル形成能の向上が報告されている炭酸ナトリウム添加の効果を検証した。

今日、国際的にも資源の持続的利用が重要視されている中、経済的に価値の低い魚種を食用の有用なタンパク資源として有効活用していくことが求められている。三重県内で二番目に多く水揚げされているゴマサバを水産ねり製品の原料となるすり身に加工する方法を開発することが出来れば水産ねり製品メーカーの海外への原料依存度を低減するばかりでなく、漁業経営及び地域経済にも貢献することにつながると思う。

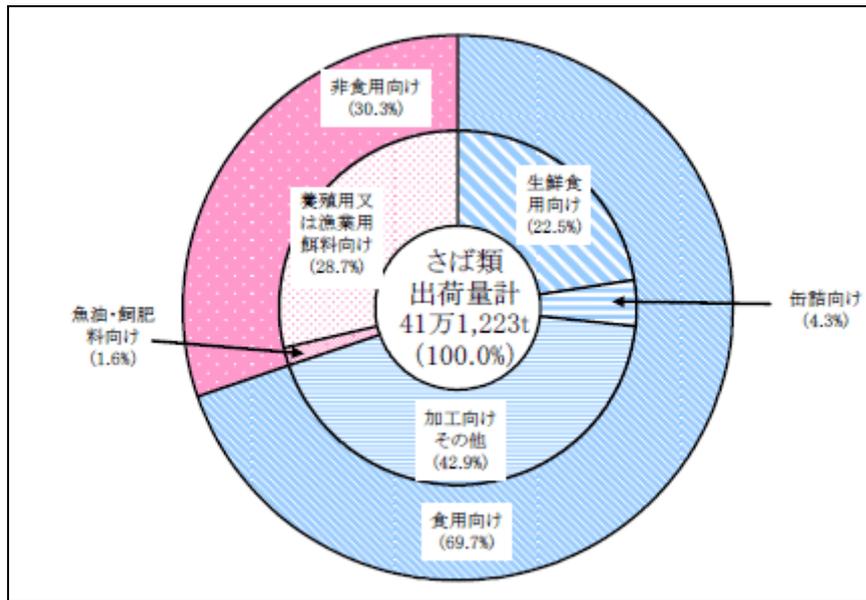


図 2-3-1 2008 年用途別出荷量割合 (サバ類)

農林水産省 平成 20 年産地水産物流通調査結果

<http://www.maff.go.jp/j/tokei/sokuhou/santi08/> より引用

2-3-1 材料および実験方法

2-3-1-1 供試魚および原材料

ゴマサバは、三重県くまの灘漁協管内の奈屋浦漁港で 8~9 月に水揚げされた体重 200~250 g のものを使用した。水揚げ後一晩氷蔵されたものと、-20~-50℃で凍結した後に -20℃で 3 か月間凍結保蔵されたものを供試魚とした。赤身魚であるサバ類の血合肉は普通肉に比べてゲル形成能が低いと報告されているが[63]、水産ねり製品製造において、広く使用されている採肉機は、この二つの肉を分離することが困難であるため、普通肉と血合肉は混合したまま使用した。

2-2-1 と同様、本研究は水産ねり製品の製造現場での活用を目的とした試験であるため、一般に市販されている食品添加物を使用した。炭酸水素ナトリウムは (株) 幸田商店、炭酸ナトリウム無水塩は (株) トクヤマを使用し、その他は 2-2-1 と同じ材料を使用した。

2-3-1-2 すり身の調製

凍結ゴマサバを 15~20℃で 2 時間放置して解凍し、以下晒し以外は前項の凍結エソでの方法に準じた。採肉した肉に対し 5 倍量の水道水あるいは 0.1%炭酸水素ナトリウムを

溶解した水道水（2~5℃）で晒しを行った。真水晒しでは、水道水に 30 分間晒した後に脱水し、さらに 10 分間の水道水による晒しを 2 回行った。アルカリ晒しでは、0.1%炭酸水素ナトリウムを溶解した水道水（pH 8.33）で 30 分間晒した後に脱水し、10 分間の水道水による晒しを 2 回行った。いずれの晒しの場合も、晒し肉は布製の絞り袋を用いて脱水した後、得られた脱水肉を 1 mm 目のストレーナーで裏漉しした。この裏漉し肉に砂糖 5% および重合リン酸塩ナトリウム 0.2%を添加し、石臼を用いて 5 分間混合後、5℃の冷蔵庫で 6 時間保蔵してねり製品の原料となるすり身とした。

2-3-1-3 pH の測定

調製したすり身の pH は突き刺し型 pH 計（OAKTON pH-Spear）を用いて測定した。

2-3-1-4 加熱ゲルの調製

調製したすり身に対して重量比で 3%の食塩を添加し、水（重量比: 0, 15, 30, 45 (%)）および炭酸ナトリウム（重量比: 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 (%)）を添加して、らいかい機（株式会社ヤナギヤ NO.16-C 型）で 20 分間の塩摺り（回転数 80 rpm）を行った。摺り上がり時の肉糊の温度は 5~6℃であった。得られた肉糊を内径 3.0 cm のポリ塩化ビニリデン製チューブに充填し、恒温水槽中（20, 30, 40 (°C)）で予備加熱を行った。得られた予備加熱ゲルを蒸し器（90℃）で 25 分間加熱した。この工程で調製するゲルを二段加熱ゲル、予備加熱を行わないで、直ちに 90℃で加熱し調製するゲルを、直接加熱ゲルとした。

2-3-1-5 破断強度および破断凹みの測定

直接加熱及び二段加熱によって得られたゲルを一晩 5 °Cで冷蔵した後、厚さ 25 mm の円柱状に切り出し、直径 5 mm の球状プランジャーを装着したレオメーター（不動工業 NRM2010J-CW）を用いて破断強度(g)および破断凹み(mm)を測定した[64]。プランジャー侵入速度は 6 cm / min とした。

2-3-2 結果

2-3-2-1 アルカリ晒し法の効果

水産ねり製品の製造では、ゲル形成を阻害する筋形質タンパク質を除去する目的で晒しが行われている。赤身魚の場合には筋形質タンパク質の除去が困難であること[65]から、ア

ルカリ性溶液を用いたアルカリ晒しが志水らによって考案された[24]。この方法によれば赤身魚のゲル形成能が著しく改善される。そこで、凍結ゴマサバに対し、アルカリ晒しの効果を検討した。

供試原料として、漁獲後に直ちに氷蔵されたゴマサバと凍結後3か月間保蔵された凍結ゴマサバを用いた。それぞれの原料から採取した肉に対して、5倍量の水道水、または5倍量の0.1%炭酸水素ナトリウム溶液(pH 8.33)を用いて30分間の晒しを行った。得られた晒し肉をさらに水道水で2回晒してすり身を調製した。次に、すり身に対して15%量の水および3%量の食塩を添加した後、20分間の塩摺りを行った。水産ねり製品の製造においては、ゲル化の際に二段階に分けて加熱を行ってゲル物性を向上させる[30, 66]。この予備加熱によってゲル物性を向上させる工程は“坐り”と呼ばれ、特有の弾力を求めるねり製品の製造において重要な工程である。本研究では晒しと同時に二段加熱による弾力補強効果も検討した。塩摺り肉を30℃で予備加熱した後に90℃で25分間加熱した二段加熱ゲルの破断強度(Breaking Strength: BS)と破断凹み(Breaking Deformation: BD)を測定した。

未凍結ゴマサバから調製した加熱ゲルでの結果を図2-3-2に示す。アルカリ晒しの二段加熱ゲルのBSは予備加熱時間の経過とともに増加し、2時間で最大となり、その後は減少した。真水晒しを施したものでは予備加熱時間の延長とともに僅かに増加したが、その度合いはアルカリ晒しの場合に比べて小さかった。最大値となった2時間後の二段加熱ゲルと比較すると、アルカリ晒しを施したものが真水晒しを施したものに比べて約65%高い強度を示した。またBDについても同様に、アルカリ晒しのすり身では加熱時間の延長とともに増加したのに対して、真水晒しを行ったものでは予備加熱の影響は僅かであった。前者が最大となる予備加熱1時間では後者よりも約60%高い値を示した。これらの結果より、通常の赤身魚の場合と同様に未凍結ゴマサバにおいても、加熱ゲルの強度増加にアルカリ晒しが有効であることが判明した。

次に凍結ゴマサバにおけるアルカリ晒し法の効果を検証した。凍結ゴマサバを原料とした場合には、予備加熱時間に関わらずBSの値は一定であり、その値には晒し方法による差異は見られなかった(図2-3-3)。BDについても同様であり、凍結ゴマサバではアルカリ晒しの効果が認められなかった。

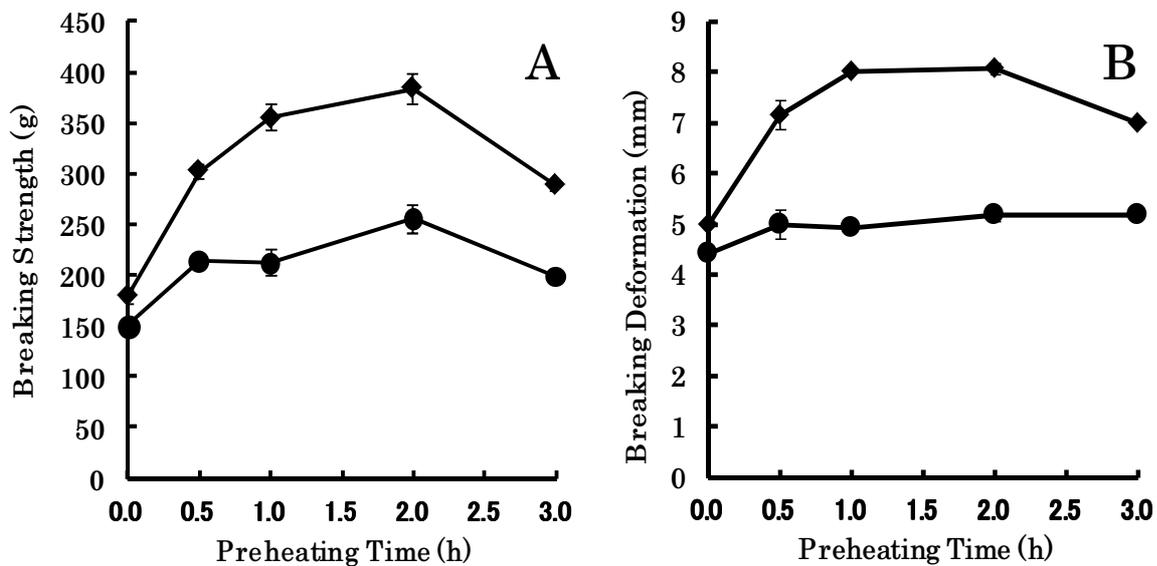


図 2-3-2 未凍結ゴマサバ肉に対するアルカリ晒し法の効果

未凍結ゴマサバから採肉した魚肉を真水晒し (●) およびアルカリ晒し (◆) を行ったすり身からゲルを作製し破断強度 (Breaking Strength (A)) および破断強度 (Breaking Deformation (B)) を測定した。魚肉は 3~5℃に保った状態で砂糖 5%、リン酸塩 0.2% を加え混合し、さらに食塩を 3%になるように加え塩摺りを行い、すり身を調製した。すり身は直径 3.0 cm のポリ塩化ビニリデン製チューブに充填し、予備加熱 (Preheating)、本加熱を行いゲルの作製を行った。作製したゲルは 10℃以下まで冷却し、厚さ 2 mm に切り出し直径 5 mm 球のプランジャーを装着したレオメーターを用いて測定した。測定はそれぞれ 3 回行い、平均値ならびに標準偏差を算出した。

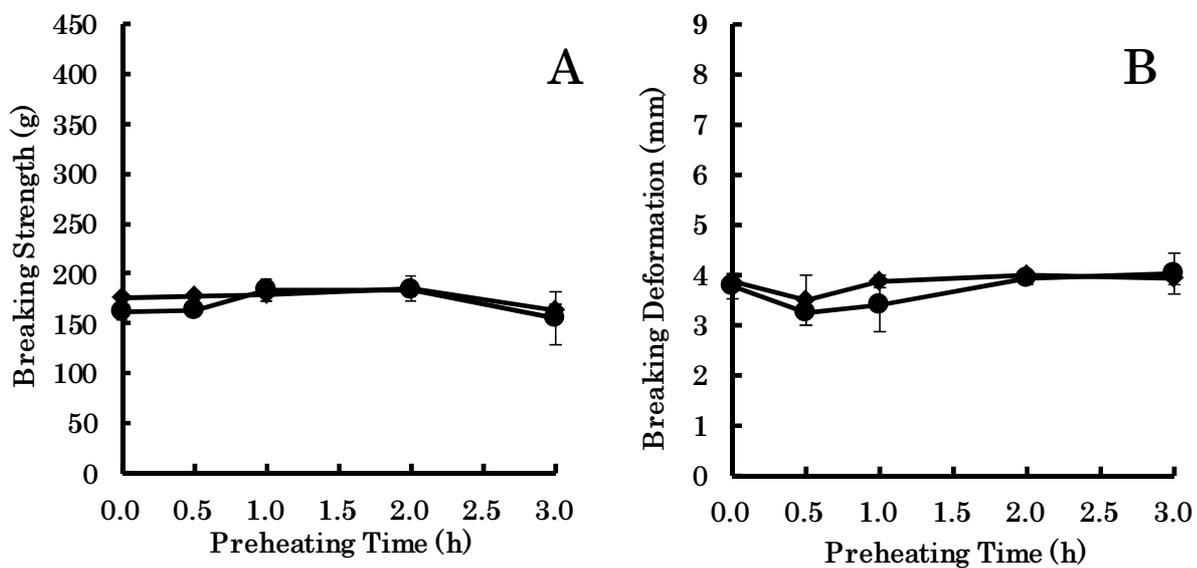


図 2-3-3 凍結ゴマサバ肉に対するアルカリ晒し法の効果

凍結ゴマサバ肉を真水晒し (●) またはアルカリ晒し (◆) を行った後、それぞれの魚肉から調製したすり身でゲルを作製し破断強度 (A) および破断凹み (B) を測定した。尚、ゲルの作製および測定はすべて図 2-3-2 と同様に行った。

一般に魚肉すり身のゲル化の最適 pH は 6.5~7.5 とされている[29]。生体内で活動に必要なエネルギーを生産する代謝メカニズムの一つに「解糖」がある。解糖系サイクルにおいて、グルコースや筋肉中に蓄積されているグリコーゲンをピルビン酸に分解する過程において、活動エネルギー源となる ATP を産生する（図 2-3-4）。動物が生きた状態（好気状態）においてピルビン酸はミトコンドリアに運搬されたのち、クエン酸回路により代謝され（酸化）二酸化炭素と水に分解されるが、死んだ状態（嫌気状態）においては、ピルビン酸は乳酸に還元され筋肉中に蓄積され、筋肉の pH 低下が起こる。

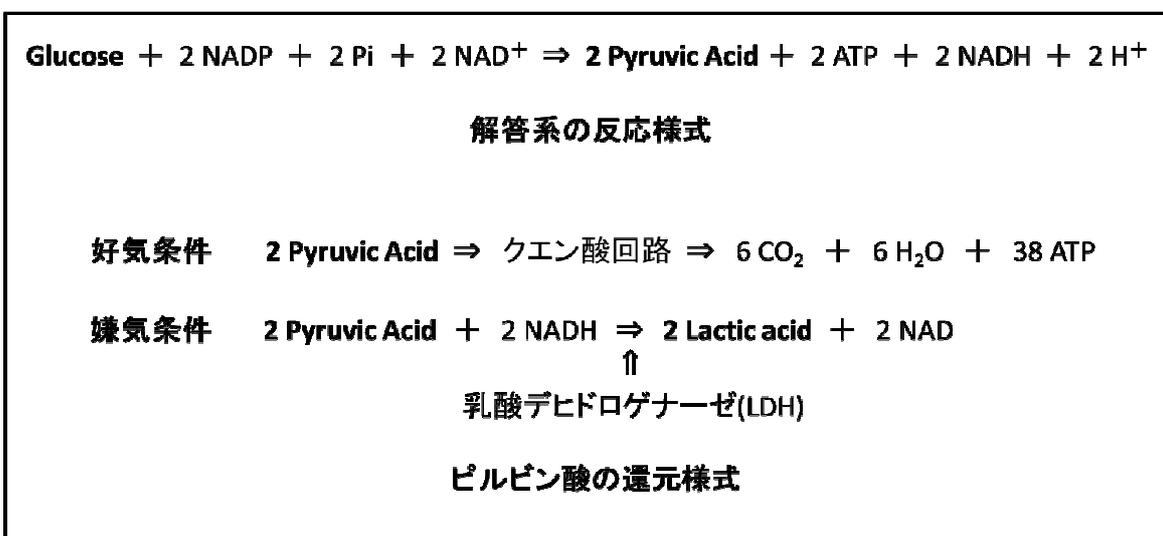


図 2-3-4 解糖系の反応様式およびピルビン酸の還元様式

魚類の場合は他の動物に比べ、この反応が早く起こる。また、自身魚に比べ回遊性魚の赤身魚の場合、筋肉中のグリコーゲン量が多いため、赤身魚の筋肉は自身魚に比較して、死後の pH の低下が著しく、pH 低下に起因する筋肉中のタンパク質の変性がより大きくなる。そのため、魚肉タンパク質の変性に起因するすり身のゲル化形成能の低下は自身魚に比較して、赤身魚ではより顕著に起こる[61]。アルカリ晒しには pH をゲル形成に適した値に近づける効果も期待される。図 2-3-3 で示したように、凍結ゴマサバではアルカリ晒しの効果が見られなかったが、この原因がすり身の pH の違いがあることを予測した。そこで供試魚の筋肉および晒し工程中のすり身の pH を測定した。凍結ゴマサバの解凍後の筋肉は pH 6.01 であり、未凍結ゴマサバの筋肉 pH 5.96 とほぼ同じであった(図 2-3-5)。真水晒しでは、3 回の晒しを繰り返しても pH 値に変化は見られなかったが、未凍結、凍

結ゴマサバ筋肉を 0.1 %炭酸水素ナトリウム溶液に 30 分間浸漬すると、未凍結および凍結ゴマサバともに pH は上昇し、その効果は特に凍結ゴマサバで顕著であった。その後、真水に対する 2 回の浸漬後では、未凍結ゴマサバで pH 6.28、凍結ゴマサバで pH 6.58 となった。凍結ゴマサバの方がゲル化の至適 pH 域にあり、未凍結ゴマサバの pH は至適 pH より低かった。この結果から、先の実験において凍結ゴマサバでアルカリ晒しの効果が認められなかったのは、単に pH の影響によるものではないことが明らかになった。

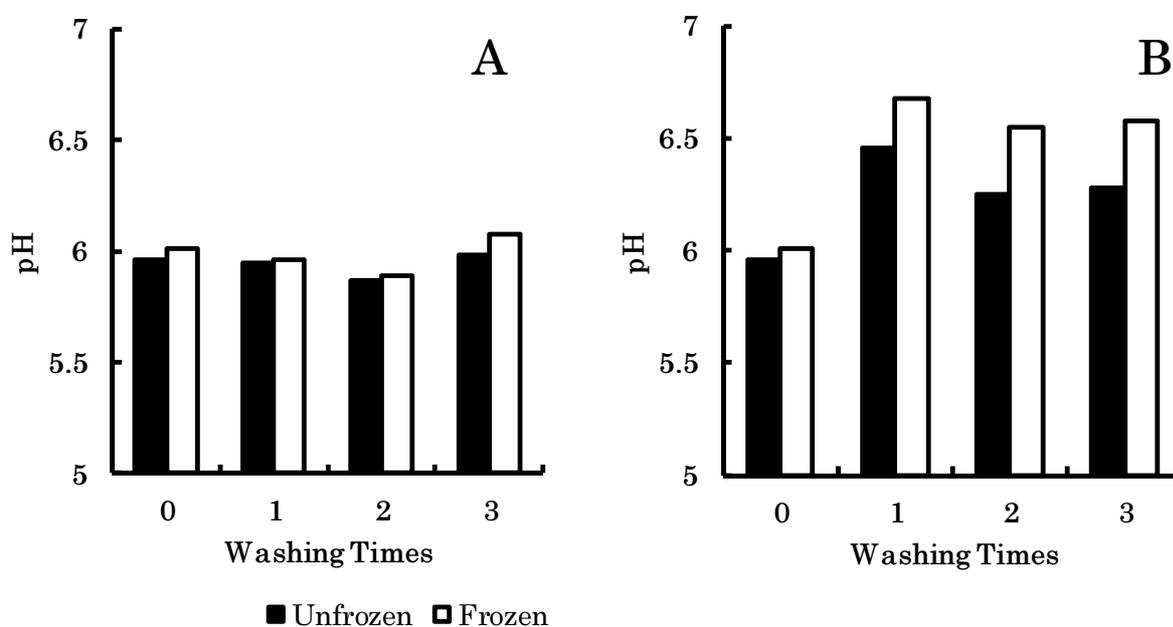


図 2-3-5 晒し方法の違いによる魚肉の pH 変化

未凍結ゴマサバ (■) および凍結ゴマサバ (□) から採肉し、真水晒し (A) は冷水で、1 回目 30 分間、2、3 回目は 10 分間、冷水で晒しを行った。アルカリ晒し (B) は 0.1%炭酸水素ナトリウム溶液 (pH 8.33) で 30 分間の晒し後、冷水で 10 分間の晒しを 2 回行った。Washing Time (晒し回数) 0 回は、晒しを行う前の魚肉 (落とし身) を測定した。

2-3-2-2 炭酸ナトリウム添加による凍結ゴマサバの加熱ゲル形成能の変化

筋肉を構成する主要タンパク質であるミオシンは塩溶性であり、塩摺り中に筋線維から抽出され、加熱ゲルの網目構造を形成する主体となる。ミオシンの抽出性は凍結保蔵によって著しく低下し[61]、それに伴ってゲル形成能も大きく低下する。アルカリ条件下では塩溶性タンパク質の溶解性が高まる[67]。そのことにより凍結ゴマサバ肉にアルカリ製剤を直接添加することでゲル形成能が改善されるのではないかと考えた。そこで、凍結ゴマサバから調製したすり身に炭酸ナトリウムを添加することによって塩摺り時の pH を上昇させ、ゲル物性への影響を BS と BD の値によって比較した (図 2-3-6)。加水量 0 および 15% の BS では炭酸ナトリウム 1.5% 添加までは上昇傾向がみられ、無添加の場合と比較して約 1.5 倍となった。しかし、2.0% 添加では無添加と同程度となった。加水量 30 および 45% では炭酸ナトリウム添加量を増やしても BS は増加しなかった。BD では添加量の増加によって値が上昇し、1.0% 添加で無添加と比較して約 1.8 倍の上昇が認められた。加水量の違いによる差は BS の場合ほど差はなかった。炭酸ナトリウム添加量に応じて、pH は 6.3 から 9.5 まで変化した。加水量によって pH の差異は認められなかった。一方、タンパク濃度は、加水量に応じて 19% から 13% まで低下するが、炭酸ナトリウム添加量による違いは認められなかった。図 2-3-6 の BS でゲル強度の増大が見られた 1.0~2.0% 炭酸ナトリウム添加の pH は 8.8 以上であり、ゲル形成に適正とされる pH 域を超えていた。

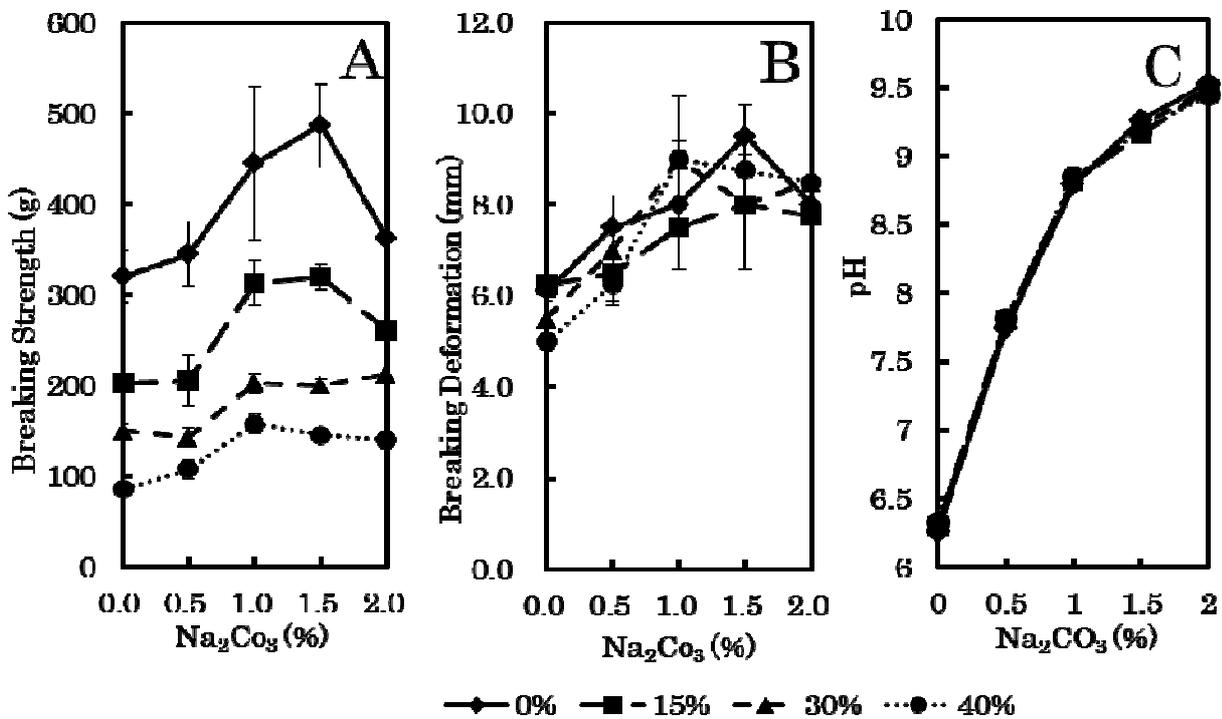


図 2-3-6 炭酸ナトリウム添加による加水量毎の BS、BD、pH の変化

真水晒しにより調製された、凍結ゴマサバすり身に砂糖 5%、リン酸塩 0.2%を加え混合し、続いて、3%食塩と 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%の各濃度になるように炭酸ナトリウムを添加した(塩摺り)。また、塩摺りの際にすり身ゲル重量比 0% (◆), 15% (■), 30% (▲), 45% (●) になるように水道水を加え、調味すり身を調製した。それぞれの調味すり身の pH を(C)に示した。調味すり身の pH は炭酸ナトリウムの添加量に依存しており、6.3~9.5 であった。それぞれの調味すり身から作製した直接加熱ゲルの破断強度を A、破断凹みを B に示す。測定は 3 重測定を行い、平均値および標準偏差を記した。

2-3-2-3 炭酸ナトリウムを添加した凍結ゴマサバすり身の二段加熱ゲルの物性

凍結ゴマサバでは晒し方法によらず、予備加熱の効果は見られなかったが（図 2-3-3）、本節では炭酸ナトリウム添加によってゲル形成能を向上させた凍結ゴマサバのすり身での予備加熱の効果について述べる。図 2-3-7 は、炭酸ナトリウムを添加した塩摺り肉に加熱温度 20、30 および 40℃で予備加熱を行った二段加熱ゲルの BS と BD を測定した結果である。予備加熱温度 20℃では、いずれの添加量においても加熱時間の経過に伴う BS および BD の値の増加は僅かであり、長時間の予備加熱ではむしろ減少した。予備加熱温度 30℃の場合、炭酸ナトリウムを添加した試料では 2 時間までは加熱時間の延長に伴って BS は大きく増加し、3 時間以降では減少した。坐り加熱温度 30℃における 2 時間後の BS の結果について、Williams の多重検定を行った。炭酸ナトリウム濃度 0%と 0.5%を比較した場合、及び 0%と 1.0%を比較した場合に $P < 0.05$ で有意差が認められた。BD は 2~3 時間までは加熱時間の延長に伴って緩やかな増加傾向を示した。志水はマサバでは予備加熱温度 30℃で坐り現象を確認したが[46]、炭酸ナトリウムを添加した凍結ゴマサバの場合においても同様の効果が顕著に見られた。予備加熱温度 40℃では、BS が加熱時間の延長に伴って減少し、予備加熱温度 20℃と 30℃の場合とは異なっていた。炭酸ナトリウムの添加量の多いほうが減少の割合が大きく、アルカリ条件下での坐りゲルの劣化が示唆された。

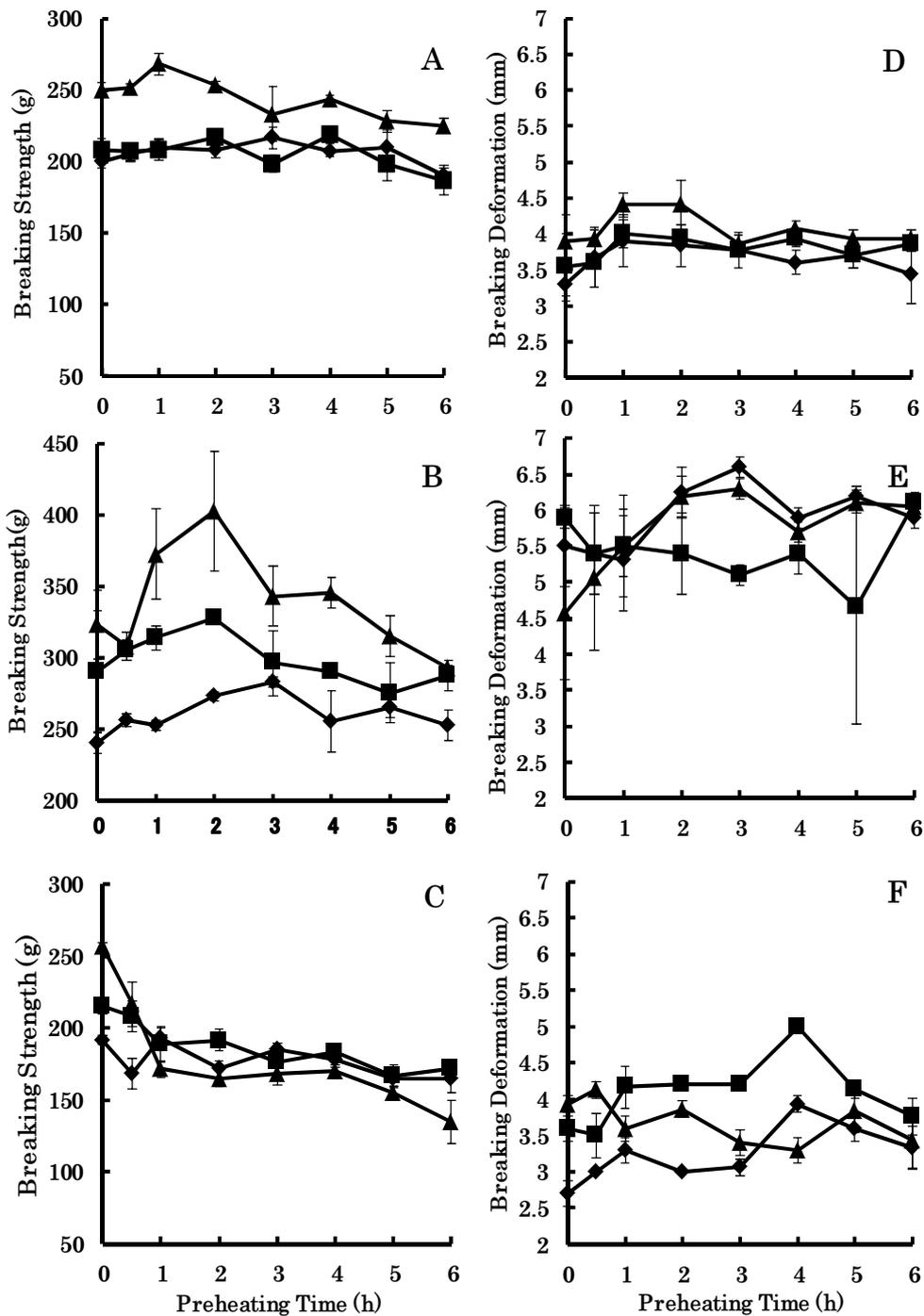


図 2-3-7 炭酸ナトリウム添加による予備加熱温度別 BS, BD の変化

凍結ゴマサバ肉に炭酸ナトリウム 0% (◆)、0.5% (■)、1.0% (▲) を添加し、予備加熱を温度 20°C(A, D)、30°C(B, E)、40°C(C, F) で 0 時間から 6 時間まで行い、破断強度(A, B, C)および破断凹み(D, E, F)を測定した。

2-3-2-4 考察

一般に赤身魚は、魚肉ハム・ソーセージ類以外のねり製品の原料として適していないとされている[48, 68]。しかし、漁獲後直ちに採肉したマサバからは、スケトウダラ冷凍すり身の特級に近い破断強度を示すゲルが得られることが報告されており[63]、潜在的には高いゲル形成能を有している。赤身魚では、漁獲後の筋肉の pH の低下が著しく早いことや加熱ゲル化を阻害するプロテアーゼなどの筋形質タンパク質の流出性が低いこともあって、アルカリ晒し法を用いてゲル形成能を向上させることができる。ゴマサバにおいても未凍結のものではアルカリ晒しの有効性が実証された(図 2-3-2)。しかしながら、本研究の対象である凍結保蔵したゴマサバでは、アルカリ晒しによるゲル形成能の向上は見られなかった(図 2-3-3)。渡辺らは、死後長時間が経過したマサバではアルカリ晒しの効果が認められないと報告しており[25]、凍結による筋肉の変質が原因となっている可能性がある。一方、アルカリ晒しによる効果が見られなかった凍結ゴマサバでは、炭酸ナトリウムを添加して pH を 9.0 に上げることによってゲル形成能は向上した。この理由は筋肉の pH を極端に上げたために、ミオシンの溶解性が増したためと考えられる。図 2-3-3 および図 2-3-7 に示したように、食塩のみの塩摺り肉では坐りが観察されなかったが、炭酸ナトリウム添加によって添加量に応じた予備加熱の効果が認められるようになった。坐りはミオシンの部分変性による網目構造の発達過程であり、上記の結果は炭酸ナトリウム添加によって網目構造の形成に関わるミオシンの量が増加したことを示唆している。本来、魚肉すり身の加熱ゲル化の至適 pH は 6.5~7.5 であり[29, 69]、筋肉中の pH が高くなりすぎるとゲルの弾力性が失われてゲル形成能が著しく低下する[70]。本検討においてミオシンの溶解性が低下した凍結ゴマサバから破断強度の高いゲルを得るためには、ゲル化の至適条件を逸脱しても、pH を上げてミオシンの溶解性を増すことが重要であることが初めて示された。以上の結果より、凍結ゴマサバを用いた場合に、炭酸ナトリウムによる pH 調整に加えて適切な条件下で予備加熱を行えば、二段加熱ゲルの物性を強化させることが可能であることが明らかになった。実際の工程では、炭酸ナトリウムなどのアルカリ製剤を添加することで起こる魚臭さの増加や黒褐色化を出来るだけ低減させることが今後の課題となる。魚臭、黒褐色化の低減には、その添加量はできる限り少ない方が望ましい。したがって、アルカリ剤の添加量は 1.0%程度が実用化において適当だと考える。また、より好ましいゲル形成能の発現のためには調整する pH の値のみならず予備加熱の温度や時間の検討がさらに必要と思われる。

2-4 炭酸ナトリウム添加によるゲル強度の増強機構の解析

前節で凍結ゴマサバ肉の加熱ゲル形成能が炭酸ナトリウム添加によって向上することが明らかになった。本節ではその機構をタンパク質レベルで明らかにすることを目的とした。この章で述べる結果については、タンパクサイズからミオシン、アクチン、トロポミオシン等を推定しているため、断定的ではない。

2-4-1 炭酸ナトリウム添加により溶出されるタンパク質の凝集性

2-4-1-1 材料および実験方法

凍結ゴマサバから 2-3 の方法で調製したすり身を -30°C で凍結し、使用する際に自然解凍して用いた。3%の塩化ナトリウムを含む種々の濃度の炭酸ナトリウム溶液を調製し、秤量した凍結ゴマサバ冷凍すり身に 4 倍量(重量比)を加えた。氷冷下で穏やかに 20 分間攪拌し、 $10,000\text{ g} \times 15\text{ min}$ で遠心分離した上清のタンパク質濃度を、ウシ血清アルブミンを標準として Bradford 法[71]で測定した。また同試料中に含まれるタンパク質を SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動(SDS-PAGE)で分析した。遠心分離後の上清中の炭酸ナトリウムを除去するために蒸留水で 1 晩透析した後、8 M 尿素、2% SDS、2% 2-メルカプトエタノールを添加した後、 90°C で 5 分間加熱処理を行って供試試料とした。

さらに、炭酸ナトリウム添加で溶出量が増加したタンパク質について、加熱凝集性を以下の方法で調べた。まず、すり身に対して重量比で 4 倍量の 1.0%炭酸ナトリウム溶液(3%塩化ナトリウム含有)を加え、氷冷下で穏やかに 20 分間攪拌した。 $10,000\text{ g} \times 15\text{ min}$ で遠心分離して溶出したタンパク質を上清として得た。一部を 80°C で 25 分間加熱後、 $15,000\text{ g} \times 30\text{ min}$ で遠心分離し、沈殿と上清を採取した。また、一部は酸で中和した後に 80°C で 25 分間加熱処理を行い、遠心分離して上清と沈殿を得た。得られた沈殿を 8 M 尿素、2% SDS、2% 2-メルカプトエタノール試料で溶解し SDS-PAGE で分析した。上清については、10%TCA 添加によってタンパク質を沈殿させ、中和した後に電気泳動の条件 8 M 尿素、2% SDS、2% 2-メルカプトエタノールに溶解して SDS-PAGE の試料とした。

2-4-1-2 結果

図 2-4-1 に種々の濃度の炭酸ナトリウム溶液に溶出したタンパク質量を示した。添加量 1%までは溶出量が増加した。図 2-3-6 の破断強度および凹みに対応する傾向がみられたが、破断強度で最大になった添加量 1.5%で溶解量は最大とならず、1%の場合との有意差はなかった。この差異は pH の違いによるものと推測された。本実験では、1%添加の際の遠心

上清の pH は約 10 であった。一方、炭酸ナトリウムを 1% 添加した際の塩擦り肉の pH は 8.8 であった (図 2-3-6,C)。これは肉糊の pH 緩衝作用による違いであると思われる。本実験では、すり身に対して 4 倍量の水溶液として炭酸ナトリウムを添加したため、同一添加量でも肉糊の場合に比して pH の上昇が大きかったと考えられる。

図 2-4-2 に得られた遠心上清の SDS-PAGE のパターンを示した。図 2-4-1 によれば、ミオシンは炭酸ナトリウムの添加に伴って溶出されやすくなるが 0.5% 以上では増加しなかった。しかし、94 kDa と 60 kDa のタンパク質は添加に伴って溶出量が減少し、50 kDa の溶出量は添加量に依存しなかった。一方、44 kDa のアクチンは添加量の増加に伴って溶出量が大きく増加していた。44 kDa 以下 35 kDa までのバンドはトロポミオシンおよびトロポニンなどのアクチン結合タンパク質と考えられるが、添加量による顕著な増加は見られなかった。しかし、30 kDa のペプチドについては、炭酸ナトリウム添加に伴って溶出量が大きく増加していた。炭酸ナトリウム添加に対する溶出性の応答パターンからすると、炭酸ナトリウム添加によって加熱ゲル形成能を向上したのはミオシン、アクチンおよび 30 kDa のペプチドの溶出性の増加が考えられた要因として示唆された。

ミオシンが魚肉の加熱ゲルに形成される網目構造の主役であることやアクチンがミオシンに付随してゲル形成に補助的な役割を担うことが知られている [72]。一方、30 kDa のペプチドについては、その同定やゲル形成への関与などは明らかにされていない。そこで得られた遠心上清を加熱して、各タンパク質の加熱凝集性を調べた。SDS-PAGE の結果を図 2-4-3 に示す。レーン C と D とを比較すると、アルカリ条件下では加熱凝集するタンパク質の総量は少なく、やや見えにくいだが、ミオシンと 60 kDa および 50 kDa のタンパク質は加熱凝集性が高かったことが判る。一方、トロポミオシンを含む 38 kDa 付近のアクチン結合タンパク質および 30 kDa のペプチドは明らかに加熱凝集性が低かった。これらの結果は、イメージスキャナーを用いた簡易デンストメトリーによる定量でも同様であった (図 2-4-4)。

30 kDa のペプチドの加熱凝集性の低さは、炭酸ナトリウムによって溶解したタンパク質溶液の pH を酸で中和して凝集しやすくした場合にも顕著である (図 2-4-3 レーン F)。特に 30 kDa については、加熱・遠心分離後の上清に多くが残っていた。溶出の添加量依存性や熱的挙動から推察すると、30 kDa のペプチドはアクチンの消化断片またはトロポミオシンの消化断片だと思われる。なお、一般にトロポミオシンは酵素による分解を受けにくい、サバ類に多く含まれるカテプシン L はトロポミオシンを 33 kDa 程度に分解す

ることが報告されている[73]。

これらの加熱凝集性の結果から、炭酸ナトリウム添加ゲルの強度増強に関与するタンパク質は、上述のミオシン、アクチン、30 kDa の3候補のうちのみオシンであることが示唆された。ちなみに図 2-4-3 のレーン C と E の比較から判るように、1%炭酸ナトリウム添加の状態は、ミオシンの加熱凝集反応にとっては極めて不適切な pH であることは明らかである。言い換えるならば、この事実は炭酸ナトリウム添加によって塩溶性タンパク質の溶解を促進した後、加熱前に pH を中性付近に戻すことによって、より強度の高い加熱ゲルを凍結ゴマサバから作製できる可能性があることを示している。このことについては今後さらに検討する価値があると思われる。

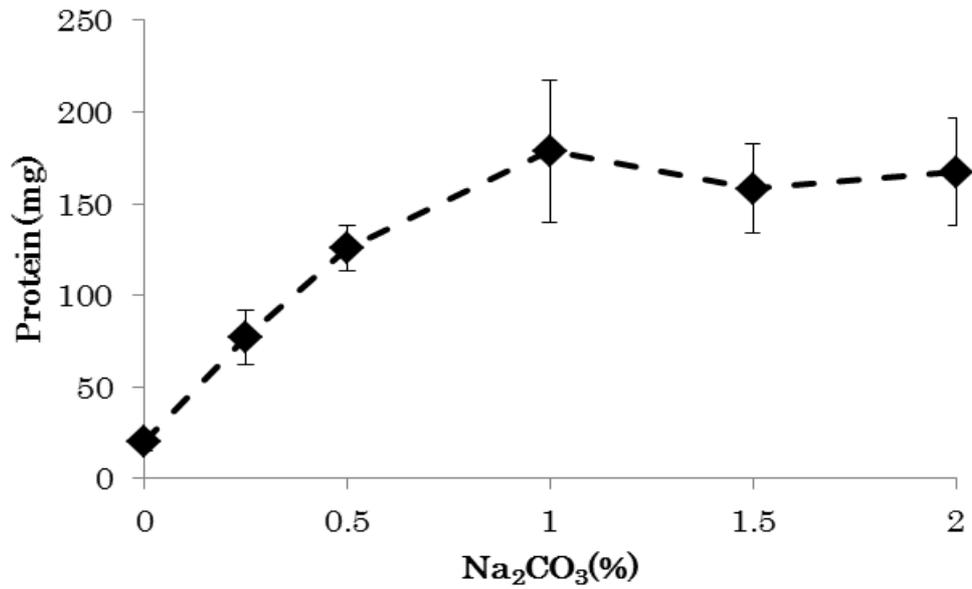


図 2-4-1 炭酸ナトリウム添加によるタンパク質溶出量の変化

ゴマサバすり身 1g に 4 倍量 (重量比) の 3% 食塩を含む種々の濃度の炭酸ナトリウムを添加し、20 分間攪拌して溶解されてきたタンパク質量をプロットした。

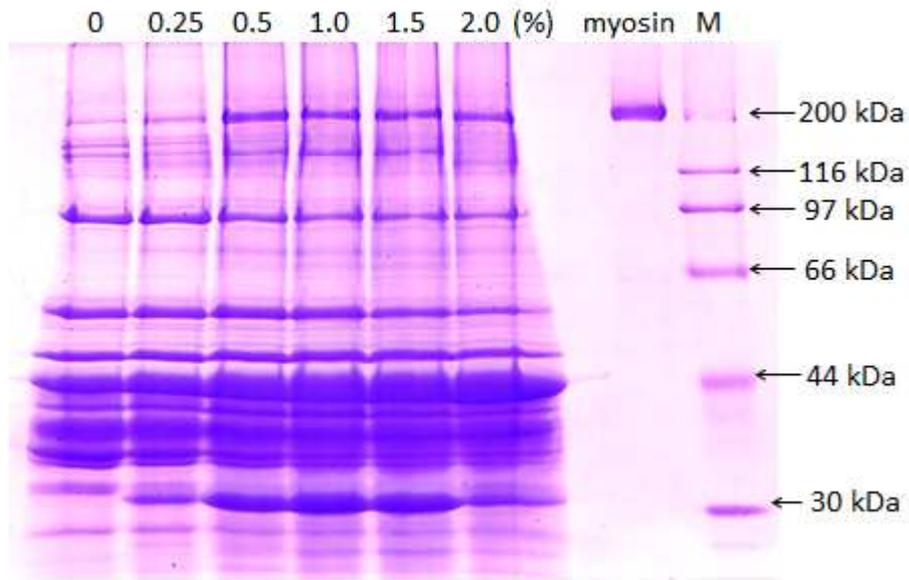


図 2-4-2 溶出されたタンパク質の SDS-PAGE

0.25・2.0%の炭酸ナトリウムを含む3%塩化ナトリウム溶液または炭酸ナトリウム不含(0%)の3%塩化ナトリウム溶液で溶出されたタンパク質を10%アクリルアミドゲルを用いたSDS-PAGEにて分析した。Mは分子量マーカー、myosinはミオシン標品を示す。

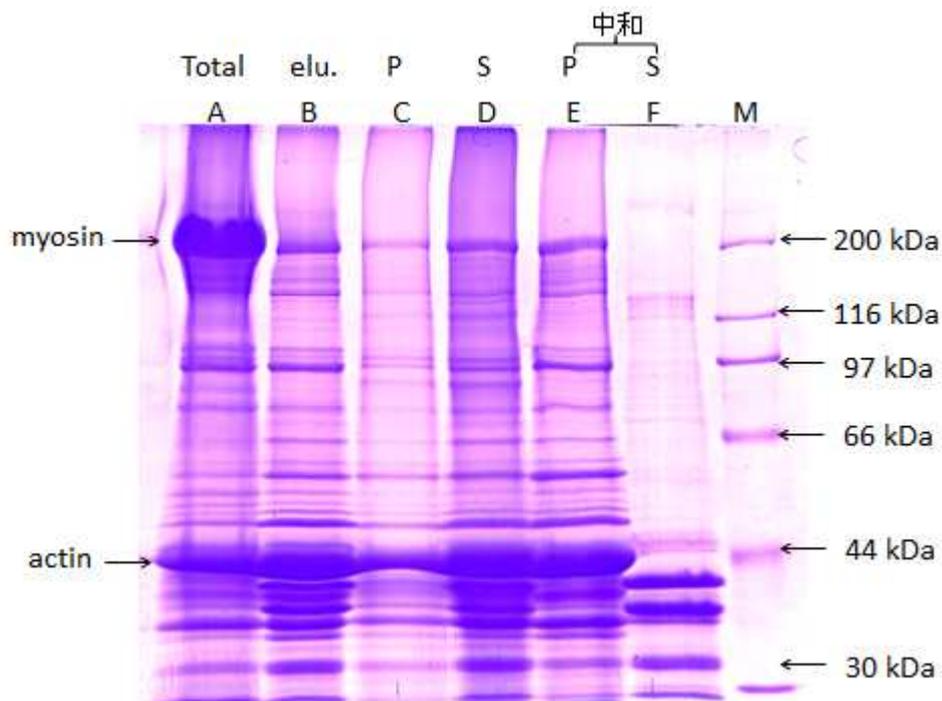


図 2-4-3 炭酸ナトリウムにより溶出されたタンパク質の加熱凝集

1.0%の炭酸ナトリウムを含む 3%塩化ナトリウムを加えた凍結ゴマサバ肉を図 2-4-2 と同法で SDS-PAGE にて分析を行った。レーン A は抽出してそのまま行い、レーン B ~ F は加熱して沈殿と上清に分けて行った。沈殿 (レーン C, E) と上清 (レーン D, F) は、タンパク質濃度を同じにするため、同じ体積とした。よって、タンパク量は $B=C+D$ 、 $B=E+F$ とした。SDS-PAGE の各レーンのアプライ量は、レーン B ~ F はそれぞれ 30 μg で行い、Total (レーン A) はその 5 倍量の 150 μg で行った。

A: 全筋タンパク質 (Total)

B: 1.0%炭酸ナトリウム、3.0%食塩含有で溶出されたタンパク質 (elution)

C: B を 80°C で 20 分間加熱後、遠心した沈殿 (precipitation)

D: B を 80°C で 20 分間加熱後の上清 (supernatant)

E: B を中和し、80°C で 20 分間加熱後、遠心した沈殿 (precipitation)

F: B を中和し、80°C で 20 分間加熱後の上清 (supernatant)

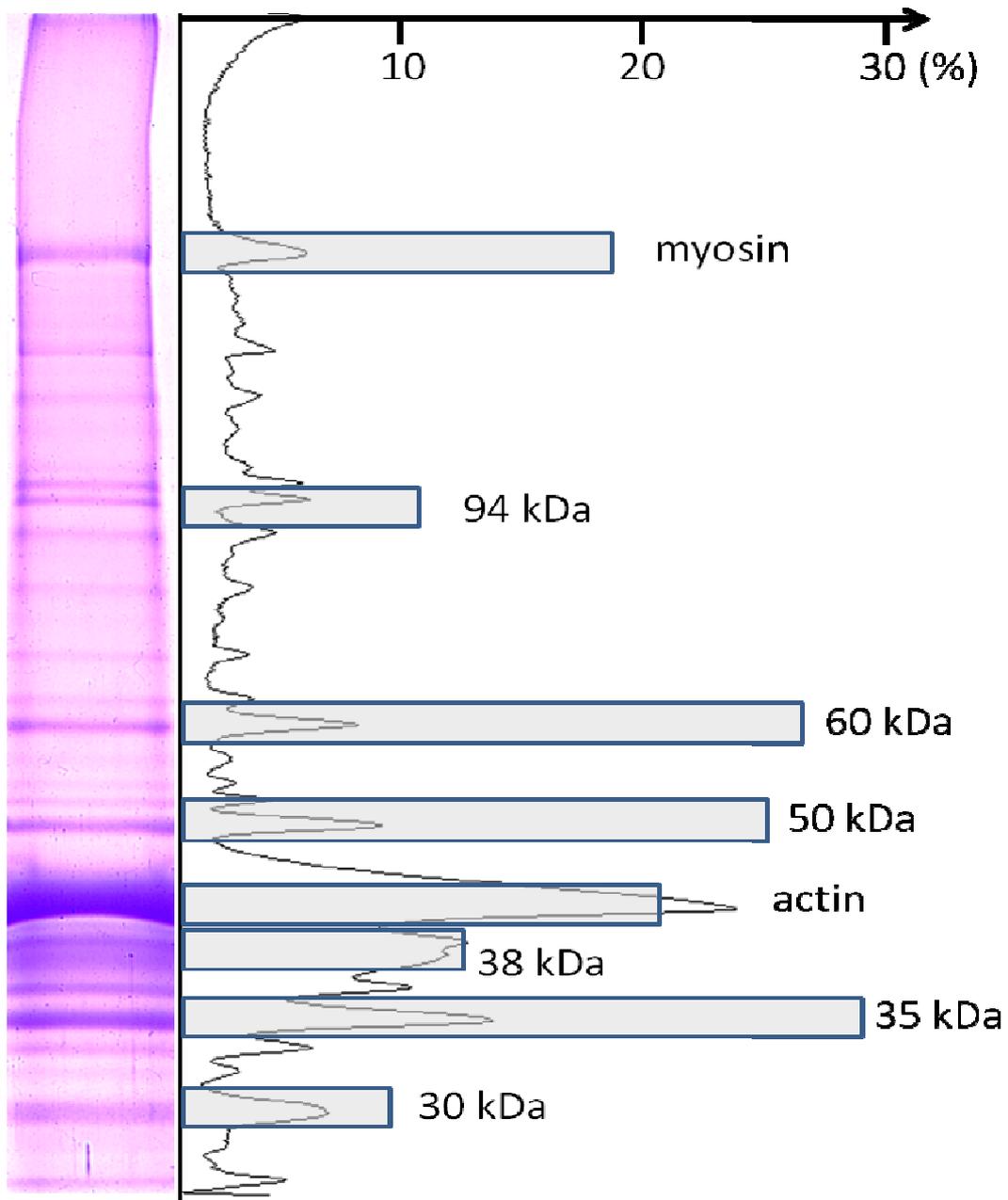


図 2-4-4 アルカリ条件下での加熱凝集性の比較

実線は 1.0%炭酸ナトリウムで溶出されたタンパク質を 80℃で 20 分間加熱後の沈殿 (図 2-4-3 レーン C) のデンストメトリーのプロファイルを示す。図中のカラムは 1.0%炭酸ナトリウムにより溶出されたタンパク質 (図 2-4-3 レーン B) に対して加熱凝集し、沈殿したタンパク質 (図 2-4-3 レーン C) の比率 ($C/B \times 100 (\%)$) を示した。

2-4-2 炭酸ナトリウム添加ゲルを形成する分子間結合について

2-3 で破断強度の増加および破断凹みの増加から、凍結ゴマサバからでも炭酸ナトリウムを添加することによって“足”のあるテクスチャーを有する製品を製造できることが明らかになった。ねり製品の特徴的な食感は、主にミオシンからなる塩溶性タンパク質の加熱変性したものが疎水結合を形成して肌理細かい網目構造を作ることから得られている[74]。本節では加熱ゲルを形成する分子間結合が炭酸ナトリウム添加によってどのように変わるかを調べた。

2-4-2-1 材料および実験方法

2-4 の方法に準じて作製した冷凍すり身 50 g を自然解凍し、重量比で 3 % の食塩、1.0 % 炭酸ナトリウム加えて 20 分間播潰した。ケーシングチューブに詰め、30℃に設定したウォーターバス内で 2 時間予備加熱後、90℃で 20 分間の加熱もしくは予備加熱をせずに 90℃で 20 分間直接加熱し、加熱後は直ちに水氷中で冷却した。得られたゲルを包丁で細かく砕き、5 本の試験管に 2.0 g ずつ秤量した。國本ら[75]の方法を参考に下記の S1 から S5 の各溶液をそれぞれ 10 ml 加えて、ヒスコトロンで肉片が無くなるまで破碎し、そのまま 1 時間攪拌した。次いで 15,000 g × 30 min で遠心し、得られた上清を蒸留水で 48 時間透析した。透析後、Bradford 法でタンパク濃度測定した。Montero ら[76]の方法で S2-S1 からイオン結合を、S3-S2 から水素結合を、S4-S3 から疎水結合を、S5-S4 からジスルフィド結合の量を見積もった。

各溶液の組成を以下に示す。

S1 ; 0.05 M NaCl

S2 ; 0.6 M NaCl

S3 ; 0.6 M NaCl + 1.5 M Urea

S4 ; 0.6 M NaCl + 8 M Urea

S5 ; 0.6 M NaCl + 8 M Urea + 0.5 M 2-mercaptoethanol

2-4-2-2 結果

各溶液によって抽出されたタンパク質量を図 2-4-5 に示した。炭酸ナトリウム無添加の場合は、タンパク質に対する溶解性の高い順に溶解度が上がっていたが、S3 と S4 の差がやや大きかった。炭酸ナトリウム添加の場合は S1 から S3 までの有意な差は認められず、S4 の溶液で大きく溶解度が増していることが判った。なおデータとしては示さないが、直接加熱ゲルにおける実験でもほぼ同様の結果が得られた。

各溶液間の溶解度の差を計算し、それぞれ、イオン結合、水素結合、疎水結合、ジスルフィド結合とした。各結合の割合を計算したものを図 2-4-6 に示す。炭酸ナトリウム無添加のゲルでは疎水結合が優位なものの、イオン結合、SS 結合、水素結合もゲルを形成する分子間力となっていた。一方、1%の炭酸ナトリウムを添加したゲルでは、疎水結合の比率が極めて高く、イオン結合や SS 結合の比率は僅かであった。炭酸ナトリウム添加によってゲルの破断強度は増加するが(図 2-3-6, A)、その主な要因は疎水結合の増加であると結論できる。前節で、炭酸ナトリウム添加によって塩溶性タンパク質の抽出性が増し、そのなかでもミオシンの抽出性の増加が加熱ゲル形成能に影響を与えていることが示唆されたが、ミオシンの加熱ゲル形成は主に疎水結合によるものであり、本節の結果もそれを支持している。

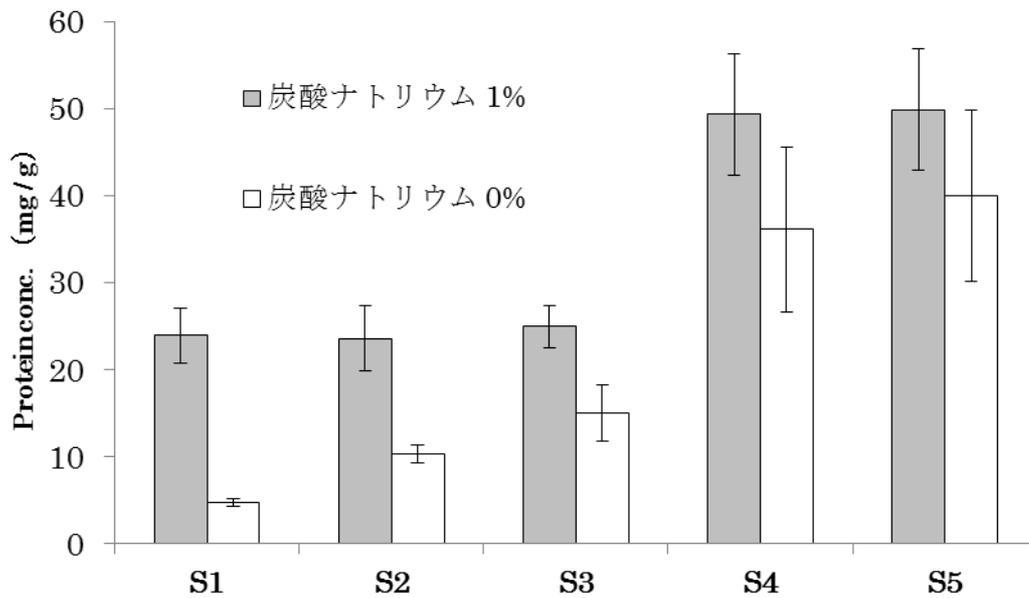


図 2-4-5 炭酸ナトリウムを添加した加熱ゲル内の分子間結合

ゴマサバすり身に 1%の炭酸ナトリウムおよび 3%食塩を添加して播潰し、30℃で 2 時間の予備加熱後に 90℃で 25 分間加熱した。冷却したゲルを破碎し、各溶液で溶解された後の遠心上清のタンパク質濃度を測定し、肉糊 1 g 当たりのタンパク質量を計算した。

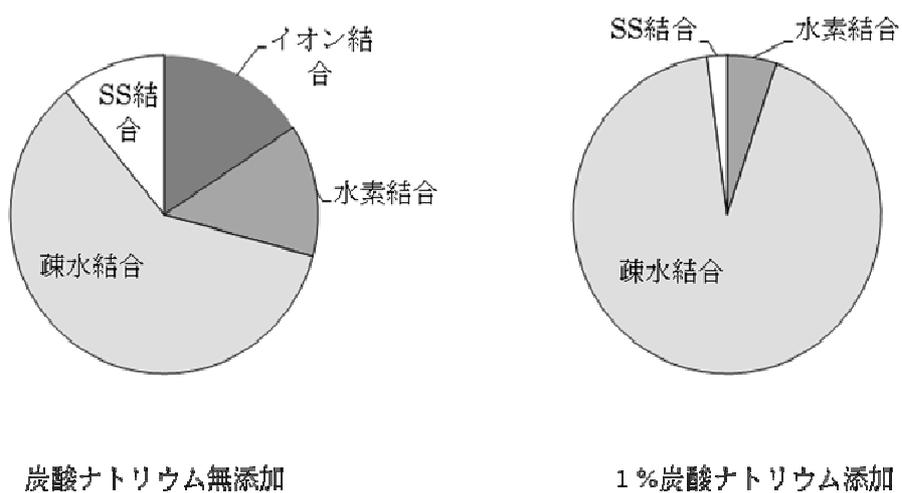


図 2-4-6 加熱ゲル内の分子間結合の比率

図 2-4-1-2 の各溶液で溶解されたタンパク質量の差から各分子間力の大きさを算出し、比率を計算した。

2-4-3 炭酸ナトリウム添加による低イオン強度下での筋タンパク質の抽出性

これまでの検証の結果から、炭酸ナトリウム添加による凍結ゴマサバ肉の加熱ゲル形成能の向上は、炭酸ナトリウムを添加することによって播漬時の pH を上げ、赤身魚であることや凍結・保蔵処理によって低下している塩溶性タンパク質の溶解性を高め、加熱の際の網目構造の発達を促進するものと考えられる。一方、一般に魚肉は食塩の添加によって塩溶性タンパク質、特にミオシンが溶出する。これらの2つの方法はタンパク質の可溶化に関する異なる物理化学的現象に基づくものである。したがって、炭酸ナトリウム添加によって筋タンパク質の溶解性を高める場合には、必ずしも食塩を添加する必要はないと考えられる。本節では、2-4の方法に準じて、低イオン強度での炭酸ナトリウム添加による筋タンパク質の溶出性について調べた結果を記す。

2-4-3-1 材料および実験方法

2-4-1-1に準じて行った。但し、筋タンパク質を溶解する炭酸ナトリウム溶液に含まれる食塩を0.3%にして実験を行った。溶出されたタンパク質を SDS-PAGE で解析した。

2-4-3-2 結果

図 2-4-7 に低イオン強度下で炭酸ナトリウム添加によって溶出されたタンパク質の SDS-PAGE を示した。図 2-4-2 によれば、高イオン強度下の場合と同様に炭酸ナトリウム添加によってタンパク質の溶出総量が増加していることが判る。200 kDa のミオシンの溶出量は炭酸ナトリウム添加量 0.5% で急激に増加した。また、高イオン強度の場合に見られなかった C-プロテインと思われる 130 kDa のバンドの溶出がミオシンと並行して見られた。C プロテインは筋原繊維内においてミオシン分子を束ね、ミオシンフィラメントを安定化するタンパク質である。本実験結果と図 2-4-2 を比較すると、炭酸ナトリウム添加によって溶出されるミオシンの量は、むしろ低イオン強度での場合の方が多かった。これは、C プロテインが高 pH、低イオン強度下でミオシンフィラメントから遊離しやすく、その結果、ミオシンの溶出が促進されたためと考えられる。また、すり身中に含まれている重合リン酸塩も C プロテインの遊離を促進していると考えられるが、この点に関しては今後の検討課題である。

ミオシン以外のタンパク質については、高イオン強度下でみられた 94 kDa のタンパク質が溶出されず、78 kDa のバンドが顕著になっていた。アクチンおよびトロポミオシン

等の溶出量は減っているが、定性的には高イオン強度下での溶出と類似していた。また、30 kDa の溶出量については高イオン強度の場合ほどは多くなかった。

このように、低イオン強度下で炭酸ナトリウムを添加すれば、ミオシンは筋原繊維からより溶出されやすくなる。この事実は、凍結ゴマサバなどの筋タンパク質の溶出性の低下した原料からも減塩または減ナトリウムの水産ねり製品の製造に可能性を示唆するものである。

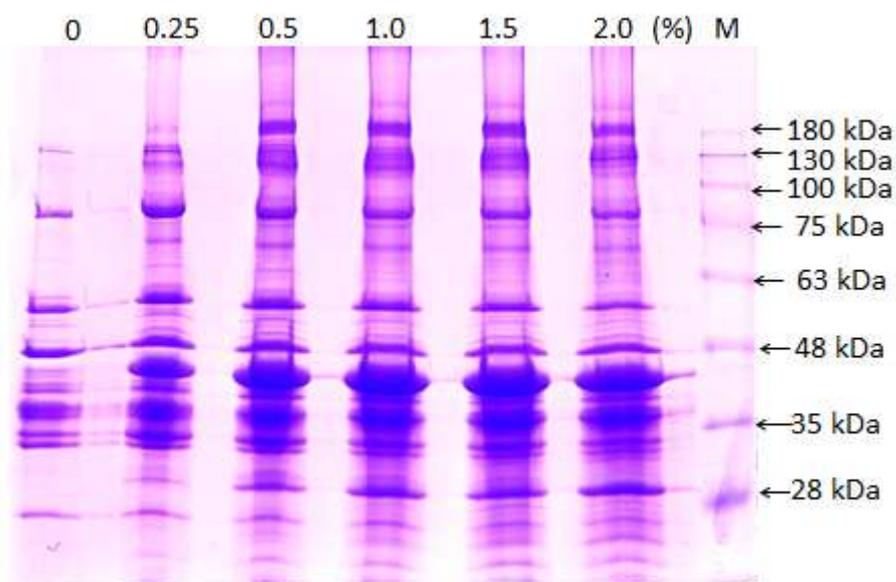


図 2-4-7 低イオン強度下での溶解性

0.3%食塩存在下での溶解タンパク質。上段の数値は炭酸ナトリウム添加量、M は分子量マーカー。

2-4-4 考察

本章では、炭酸ナトリウムを添加することによって、ゲル形成能が劣り、常法であるアルカリ晒しを施しても製品化しにくい凍結ゴマサバ肉のゲル形成能を向上させることが可能であることを明らかにした。破断強度・破断凹みからみると添加量 1.0~1.5%の範囲において、好ましいテクスチャーの製品が製造できる。しかしながら、添加量が 1.5%を超えると苦味や魚臭、黒色化が顕著になるため、1.0%程度に抑えるのが適切だと考えられる。

タンパク質レベルの解析からは、炭酸ナトリウムの添加効果が主にミオシンの溶出性を上げるものであることが明らかになった。本検討から提案する炭酸ナトリウム添加法の概念図を図 2-4-8 に示す。

ミオシンが本来持つゲル形成の至適 pH は中性付近を中心に 6.5~7.5 である。死後数時間後の原料の場合には、その pH 域でもミオシンは比較的溶出されやすい。もちろん pH を上げれば、より多くのミオシンが溶出されてくるが、加熱時のゲル形成能は低下してしまう (図 2-4-8 上段) [29]。一方、凍結ゴマサバにおいては、中性付近では高イオン強度下といえどもミオシンは殆ど溶出せず、結果的に加熱ゲルの強度は極めて低くなる (図 2-4-8 下段)。こうした場合には、炭酸ナトリウムを添加して pH をアルカリ域に上げることによってミオシンの溶出を促進することが可能である。但し、ミオシンの溶出量の増加によってゲル形成能は改善されるものの、本来ミオシンが有しているゲル形成の至適 pH を逸脱してしまう。したがって、アルカリ域にみかけのゲル形成の至適 pH が出現するが、そのピーク値は死後数時間後の原料の場合より小さい。言い換えると、肉糊の pH をアルカリ域に上げてミオシンの抽出量を増加させることはミオシンの持つゲル形成能を低下させることとのバーターになっており、死後数時間後の時点での原料よりも良いものには成りえない。これが炭酸ナトリウム添加法に内在する限界点である。しかしながら、もし炭酸ナトリウムを添加してミオシンを溶出した後、pH を中性付近に調整するという製法が確立できるならば、より高いゲル強度を有する製品を製造できる可能性はあると思われる。また、2-4-3 でみたように、炭酸ナトリウム添加法では、低塩もしくは低ナトリウム製品の製造も期待できる。

本検討によって、凍結ゴマサバという低利用水産資源の有効活用への糸口が見出された。この成果は原料の安定供給の側面ばかりでなく、地域資源を活用することによって三重県における水産関連産業の再興に繋がると考えている。

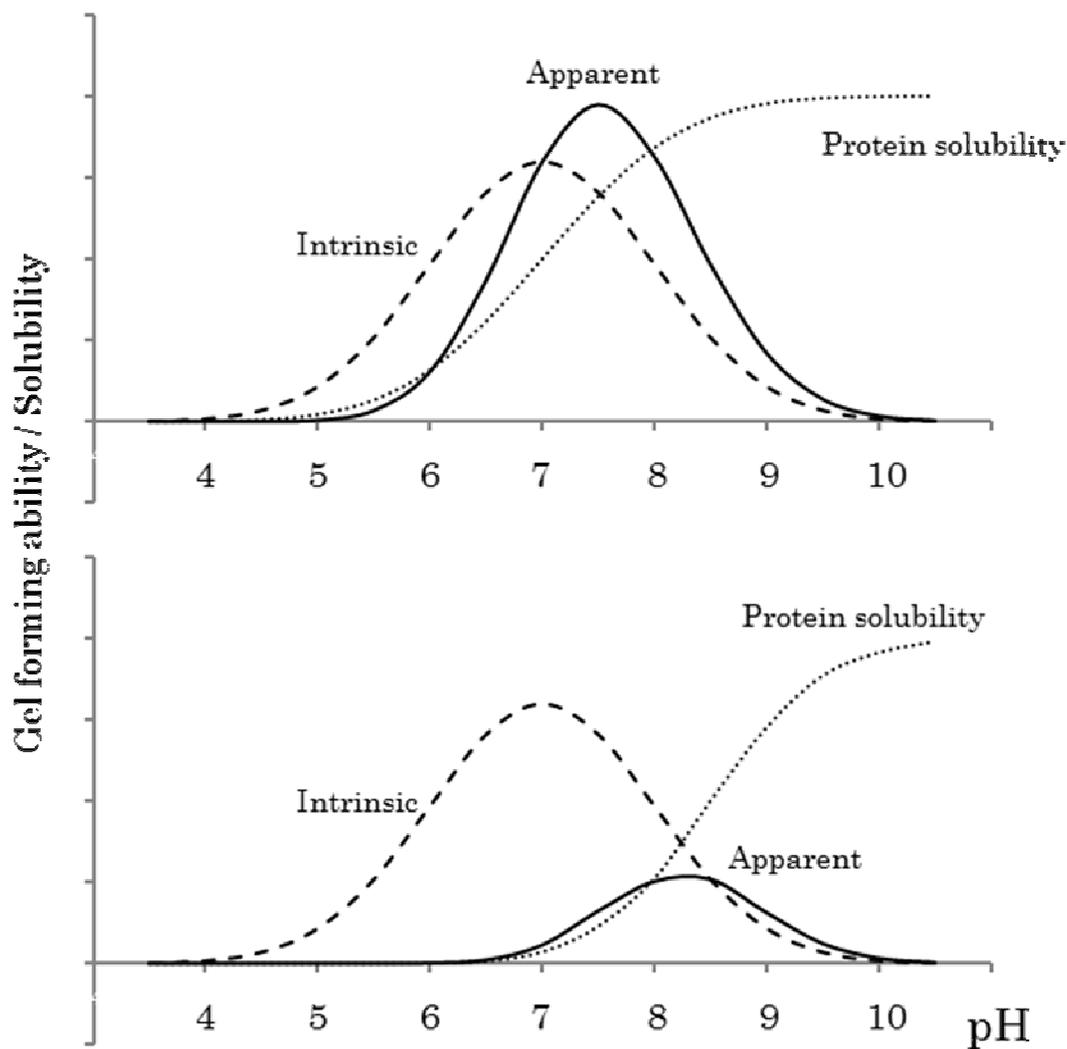


図 2-4-8 炭酸ナトリウム添加法の概念図

ゲル形成能 (Gel forming ability) に関するミオシンのゲル形成能とタンパク質の溶解性を pH 値の違いからその関係性を概念図とした。上段は新鮮な生ゴマサバ、下段は凍結ゴマサバを示す。破線 (---) は、ミオシンが本来もつゲル形成能の至適 pH 6.5~7.5 付近に最大となることを示し、点線 (···) は、pH 値の違いによるタンパク質溶解性を示した。実線 (—) はみかけのゲル形成能を示した。

2-5 凍結ゴマサバすり身を用いたねり製品の官能評価

2-5-1 目的

水産ねり製品の品質を決める重要な特性は、足とよばれるゲル物性である。足の特性は硬いか柔らかいかを示すだけではなく、滑らかな舌触りや噛んだ時に感じる弾力が重要となる。ゲル物性の評価は、レオメーターによる破断強度と破断凹の測定することで行われている。しかし、レオメーターによる物性評価だけでは商品の食感の評価にはならない。凍結ゴマサバすり身はねり製品として商品化することを目的としていることから、試作品の食感、風味などの官能評価を行うことは、今後の製品開発のための重要な資料となる。

2-5-2 材料および実験方法

2-3-1 と同様の凍結ゴマサバ肉、一般的にかまぼこの原料であるスケトウダラ FA 級冷凍すり身(オーシャンフェニックス社製)、一般的にあげかまぼこの原料であるイトヨリダイ MIX 級冷凍すり身(シーロイヤル社製)を原材料とし、2-2-1 と同様、水産ねり製品の製造現場での活用を目的とした官能評価であるため、2-3-1-4 と同法で一般に使用されている原材料を使用し、食塩 3%と冷水 15%を添加し、すり身を調製した。凍結ゴマサバ肉は、炭酸ナトリウム無添加と炭酸ナトリウム 1.0%添加のすり身を調製した。かまぼこの製造方法は、若松屋水産ねり製品製造工場にて、2-3-1-4 と同様のらいかい機を使用し、それぞれに調製したすり身に対して、製造現場で使用している卵白(三州食品株式会社) 4%、砂糖(株式会社伊藤忠製糖) 2%、醸造調味料(TANAKA CO.,LTD) 1.5%、加工小麦でんぷん(松谷化学工業株式会社) 5%を添加し調味すり身を調製した。調味すり身の成型方法は、製造現場においてかまぼこ製造時に使用するつけ包丁を使用して、縦 1 cm、横 5 cm、深さ 4 cm の木製容器に充填し、かまぼこ製造用蒸し器を使用し、予備加熱 40℃で 1 時間、本加熱 90℃で 25 分間加熱した。5℃の冷蔵庫で 1 時間冷却後、1 cm の厚さに切り分けたものを試料とした。評価項目は進藤ら[77]の方法を参考に、強さ(弾力)、きめ(なめらかさ)、粘り、魚臭さ、色黒さの 5 項目を選定した。評価は、1~10 点の評価とした。かまぼこを評価する基準としては、弾力、なめらかさ、粘りは高い方を 10 点とし、魚臭さ、色黒さは低い方を 1 点とした。評価者は、有限会社若松屋製造部 4 名と営業部 6 名の合計 10 名とした。

2-5-3 結果

図 2-5-1 に官能評価結果をまとめて示す。炭酸ナトリウム添加のものは、無添加に比べ、強さ、きめ、粘りで高い評価であった。特に強さは、ほぼ 2 倍の評価であった。一般にかまぼこ用すり身として使用されているスケトウダラ FA 級に対しては 30-40% の評価であり、かまぼこ原料として使用するためには、物性的改善を行う必要があることが示された。あげかまぼこ用原料として使用されているイトヨリ MIX 級に対しては、強さは約 80%、きめはほぼ同等、粘りは 50% であった。若干の改良は必要であるが、概ねあげかまぼこ原料として利用可能な物性であった。魚臭、色においては炭酸ナトリウムを添加することで高くなることが明らかとなった。この点については油で揚げることで魚臭が低減でき、また、揚げかまぼこのように色をそれほど重要としないねり製品については、混合使用するような利用が可能と考えられる。今後、凍結魚から広く利用できるすり身製造を行う場合、魚臭の低減、色の白色化を改良することが次の課題となる。

2-5-4 考察

2-3 において、凍結ゴマサバを用いた加熱ゲルのゲル形成能の測定では、レオメーターを使用し、プランジャー押し込み試験を行った。その結果においては炭酸ナトリウム添加におけるゲル形成能の改善が確認された。しかし、商品化に向けて官能評価が必要であることから、有限会社若松屋社員による官能評価を行った。

凍結ゴマサバ肉に炭酸ナトリウム 1.0% 添加では、強さ、きめ、粘りとも無添加に官能評価としても足の向上が確認されており、スケトウダラ FA 級には及ばないものの、イトヨリダイ MIX 級には、かなり近い値であった。色つき、魚臭さにおいては、炭酸ナトリウム 1.0% 添加によるマイナス要因としては、色が黒くなり、魚くささも増した。凍結ゴマサバ肉に炭酸ナトリウム 1.0% 添加と無添加による色の違いを比較したものを図 2-5-2 に示す。図 2-5-2: 左に示した炭酸ナトリウム 1.0% と同図: 右に示した無添加では、明らかに色黒さが違い、1.0% 炭酸ナトリウム添加の方が色黒くなった。この色の差は、すり身の調製時には、はっきりとは確認されなかったが、加熱後に変色したことから、加熱による何らかの要因により発色したことが考えられる。

これまでの検討結果から、水産ねり製品の原料とした場合においては、赤身魚の血合い肉の混合は避けられないことから色はそれほど問題ないとされる。しかし、匂いの増強は商品としてはマイナス要因となることが考えられる。加熱ゲル調製時においては、炭酸ナ

トリウム無添加すり身においては、食塩を加えて搗潰してもすり身の固まりができ、ほとんど粘りは確認されなかった。一方、1.0%炭酸ナトリウムを添加したものでは、食塩を加えて搗潰することで、きめの細かい粘りのあるすり身となり、搗潰に用いた石臼の全体にすり身が広がった。成型時には、製造現場でかまぼこ製造時に使用するつけ包丁での成型がしやすく、加熱後においても無添加に比べてきめ細かいものとの評価を得た。このことから、1.0%炭酸ナトリウム添加の蒲鉾の原料としては、活用することは困難ではあるが、さつま揚げなどのあげかまぼこの原料として利用できる評価であった。

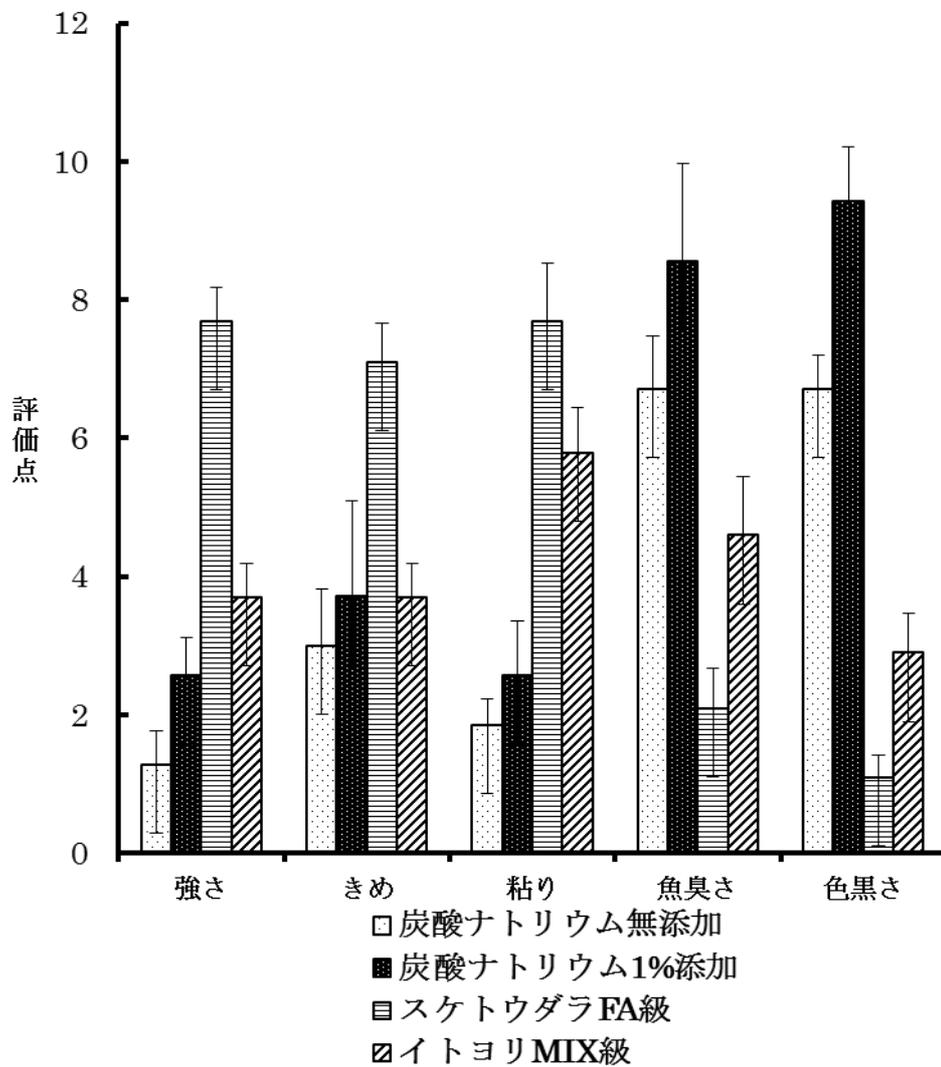


図 2-5-1 凍結ゴマサバすり身の官能評価結果

凍結ゴマサバ魚肉に 1%炭酸ナトリウム添加または無添加で調製したすり身および市販冷凍すり身から調整した二段加熱ゲルの官能評価結果を示す。評価は有限会社若松屋社員 10 名で行なった。グラフには平均値および標準偏差を示した。



図 2-5-2 炭酸ナトリウム添加による色調の違い

(左)：炭酸ナトリウム 1.0% 添加、(右)：無添加

2-6 凍結ゴマサバから製造したすり身の冷凍化に関する検討

2-6-1 目的

先述のとおり、現在の水産ねり製品製造における主要原料は冷凍すり身である。その理由の一つに水産ねり製品製造において、すり身の製造設備および製造技術を有していない製造工場が多くあることが考えられる。そのため、ゴマサバすり身を普及するためには、それらの水産ねり製品製造工場が利用できるような形態である冷凍すり身に加工する必要がある。そこで、凍結ゴマサバから調製したすり身を、スケトウダラ冷凍すり身の製造方法に従い、冷凍すり身化を試みた。冷凍すり身には、無塩冷凍すり身と加塩冷凍すり身の2種類がある。この2種類の冷凍すり身の製造工程は、裏漉し工程後に砂糖とリン酸塩を加えて播潰するまでは全く同じであるが、加塩冷凍すり身のみ3%の食塩を加え播潰した。この検討では、無塩冷凍すり身と加塩冷凍すり身における炭酸ナトリウム添加の効果を折り曲げ試験の違いから検討し、さらに加塩冷凍すり身に炭酸ナトリウム0.5%を添加した調製すり身による2段加熱の効果を折り曲げ試験の違いを検討した。また、無塩冷凍すり身と加塩冷凍すり身における炭酸ナトリウム添加の効果におけるゲル形成能の違いを破断強度(BS)と破断凹み(BD)から検討した。

2-6-2 材料および実験方法

2-6-2-1 冷凍すり身の調製

ゴマサバは2-3-1-1と同様、三重県くまの灘奈屋浦漁港で漁獲された体重200~250gのもので、 -20°C で3ヶ月間凍結保管されたものを使用し、2-3-1-2に示した方法ですり身を調製した。2-3の結果により、生原料では有効なアルカリ溶液を使用したアルカリ晒しによる改善効果が確認されたが、凍結ゴマサバでは、ゲル形成能の向上が確認されなかったことから、本検討では晒し工程を冷水による真水晒しで行った。無塩冷凍すり身は、調製したすり身を使用し、加塩すり身は、食塩3%を加え、らいかい機(株式会社ヤナギヤNO.16-C型)で回転数80rpm、15分間播潰した。それぞれのすり身は、ビニール製袋に充填して厚さ5cmに平らに伸ばし -40°C 急速凍結機(SANYO BF-EVB120)で凍結し、1ヶ月間 -20°C の冷凍庫で冷凍保蔵して冷凍すり身とした。

2-6-2-2 加熱ゲルの調製

凍結ゴマサバを用いた冷凍すり身の評価は、冷凍保蔵した冷凍すり身を室温 20℃で約 1 時間解凍した。2-3-1-4 と同じらいかい機を使用し、無塩冷凍すり身は 3%の食塩、水 15% を添加したものを①とし、①に炭酸ナトリウム 0.5%添加したものを②とした。加塩冷凍すり身は、解凍後無添加のものを③とし、③に炭酸ナトリウム 0.5%添加したものを④とした。①~④すべて無添加、添加に関わらず 20 分間らいかいした。得られた肉糊を 2-3-1-4 と同様内径 3.0 cm のポリ塩化ビニリデン製チューブに充填し、90℃の蒸し器で 25 分間加熱した。また、加塩冷凍すり身に炭酸ナトリウム 0.5%を添加した④から予備加熱に伴うゲル形成能を変化検討した。加塩冷凍すり身からの 2 段加熱ゲルの予備加熱の方法は、30℃の恒温水槽で予備加熱 (0, 1, 3, 6 時間) を行った。予備加熱 0 時間を⑤、予備加熱 1 時間を⑥、予備加熱 3 時間を⑦、予備加熱 6 時間を⑧とした。⑥~⑧まで得られた予備加熱ゲルを 90℃の蒸し器で 25 分間加熱して二段加熱ゲルとした。なお、①~⑤の直接加熱ゲルは、予備加熱をしないで直接 90℃で加熱した。

2-6-2-3 pH の測定、試薬

2-3-1-2 と同様、突き刺し型 pH 計を用いて測定した。

2-6-2-4 折り曲げ試験

山口の折り曲げ試験を参考に測定した。評価基準は、加熱ゲルを 3 mm の厚さに切り分け、手で折り曲げた。評価は以下の A~D に準じて行った[78]。

- A: 4 つに折り曲げて亀裂の生じないもの
- B: 2 つに折り曲げて亀裂の生じないもの
- C: 2 つに折り曲げて径の半分位生ずるもの
- D: 2 つに折り曲げて亀裂が全部におよぼすもの

2-6-2-5 破断強度および破断凹みの測定

2-3-1-6 と同様、直径 5 mm の球状プランジャーを装着したレオメーターを用いて測定した。

2-6-3 結果

冷凍すり身から調製した加熱ゲルを折り曲げ試験によって評価した結果を図 2-6-1 に示す。無塩冷凍すり身の炭酸ナトリウム無添加①と加塩冷凍すり身の炭酸ナトリウム無添加③は、折り曲げ試験評価基準の D 評価となり、2 つに折り曲げて亀裂が全体に及んだ。無塩冷凍すり身に炭酸ナトリウム 0.5%添加②は C 評価となり、加塩冷凍すり身に炭酸ナトリウム 0.5%添加④は B 評価であった。いずれも四つ折りに耐える A 評価ではなかったが、加塩すり身に炭酸ナトリウム 0.5%を添加した④だけが二つ折りに耐える B 評価であった。この結果から④が他のゲルと比較して明らかに優位な強度を持つゲルであることが明らかとなった。

炭酸ナトリウムを添加していない加熱ゲルは、無塩冷凍すり身①および加塩冷凍すり身③とともに、二つ折りにする際の僅かな力で亀裂が生じ、分断された。この結果は、加塩冷凍すり身といえども、炭酸ナトリウムを使用せずに製品化を図ることは困難であることを示している。一方、同じく二つ折りに耐えることのできなかつた無塩冷凍すり身に炭酸ナトリウムを添加した加熱ゲル②では、炭酸ナトリウム無添加①ほど弱くはなく、二つ折りにすることで徐々に亀裂が広がっていく程度であった。この結果から炭酸ナトリウム添加がゲル形成能において有効としたこれまでの検証結果と一致した。

図2-6-2には、加塩すり身に炭酸ナトリウム0.5%を添加したすり身（④）の二段加熱ゲルの折り曲げ試験の結果を示した。直接加熱ゲル⑤の折り曲げ試験は、図2-6-1と同様に二つ折りに耐える状態のB評価であった。一方、予備加熱1時間⑥、予備加熱3時間⑦はC評価となった。さらに予備加熱6時間⑧はD評価となり、加塩冷凍すり身に炭酸ナトリウム0.5%を添加したすり身からゲルを調製する場合、予備加熱に伴う折り曲げ試験の向上は認められず、予備加熱時間が3時間を超える場合、ゲルの脆弱化が起こることが示唆された。

直接加熱ゲルおよび二段加熱ゲルの破断強度（BS）の測定結果を図2-6-3に、破断凹み（BD）の測定結果を図2-6-4に示す。この結果から、2-3-2-3の結果では、炭酸ナトリウムを添加しかつ、予備加熱温度30℃で予備加熱時間2～3時間までは、ゲル形成能の向上が確認されたが、冷凍すり身からの二段加熱ゲルからは炭酸ナトリウムを添加し調製したゲルでも、予備加熱に伴う弾力増強は見られなかった。また、図2-6-1の折り曲げ試験で優位性が示された加塩冷凍すり身の0.5%炭酸ナトリウム添加（図2-6-1, ④）を含め、いずれのゲルでも破断強度（図2-6-3）の値および破断凹み（図2-6-4）の値は同程度の結果となった。

レオメーターでゲル形成状態の違いが見い出せなかった要因は、いずれのゲルも脆い傾向が強く、プランジャーの選定および測定条件が適していなかったためと思われる。折り曲

げ試験では評価が可能であったが、人の手による評価では、データのばらつきが考えられることから、製品現場での品質管理等にこの試験方法を導入する場合、折り曲げ試験装置を活用することも考慮する必要がある[79]。

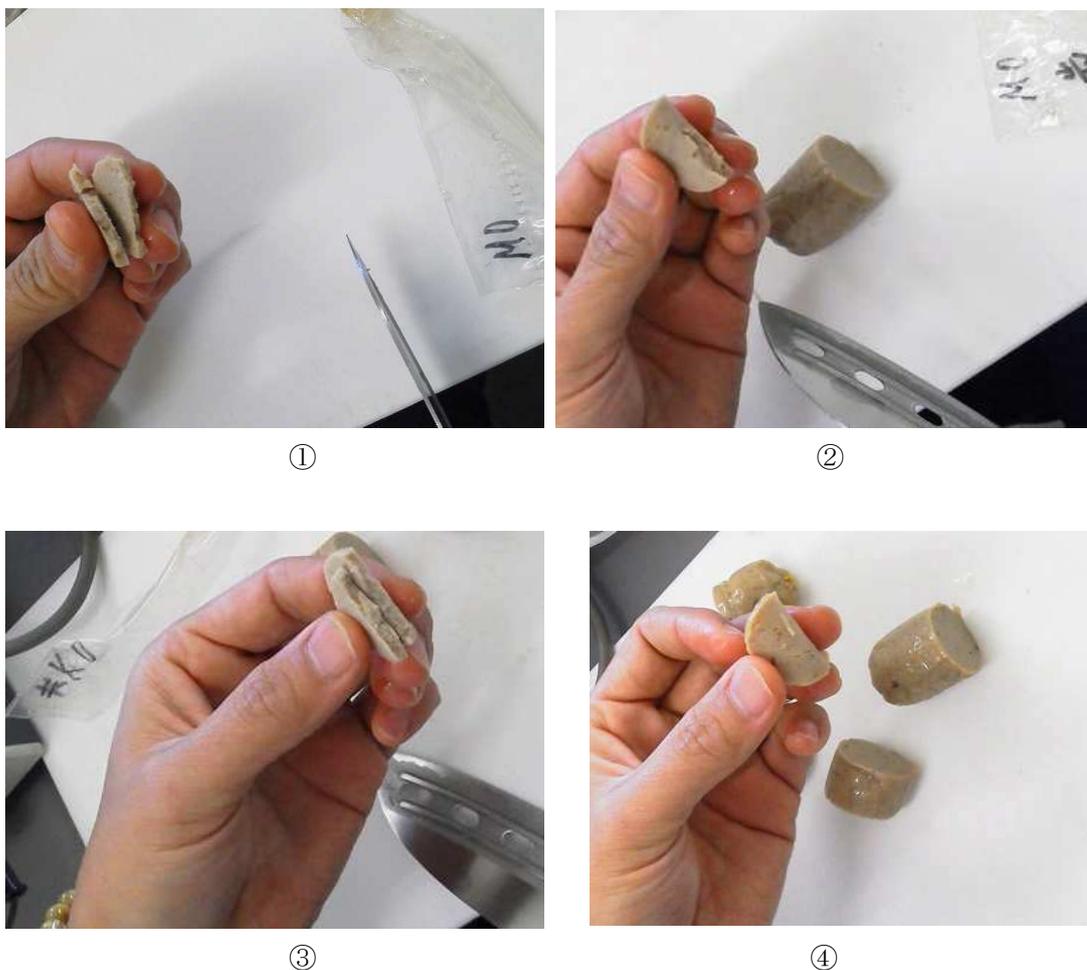


図 2-6-1 凍結ゴマサバ冷凍すり身から試作した直接加熱ゲルの折り曲げ試験

- ①：無塩冷凍すり身に炭酸ナトリウム無添加
- ②：無塩冷凍すり身に0.5%炭酸ナトリウム添加
- ③：加塩冷凍すり身に炭酸ナトリウム無添加
- ④：加塩冷凍すり身に0.5%炭酸ナトリウム添加



⑤



⑥



⑦



⑧

図 2-6-2 凍結ゴマサバ冷凍すり身から試作した2段加熱ゲル折り曲げ試験

- ⑤：直接加熱ゲル（予備加熱0時間）
- ⑥：二段加熱ゲル（予備加熱1時間）
- ⑦：二段加熱ゲル（予備加熱3時間）
- ⑧：二段加熱ゲル（予備加熱6時間）

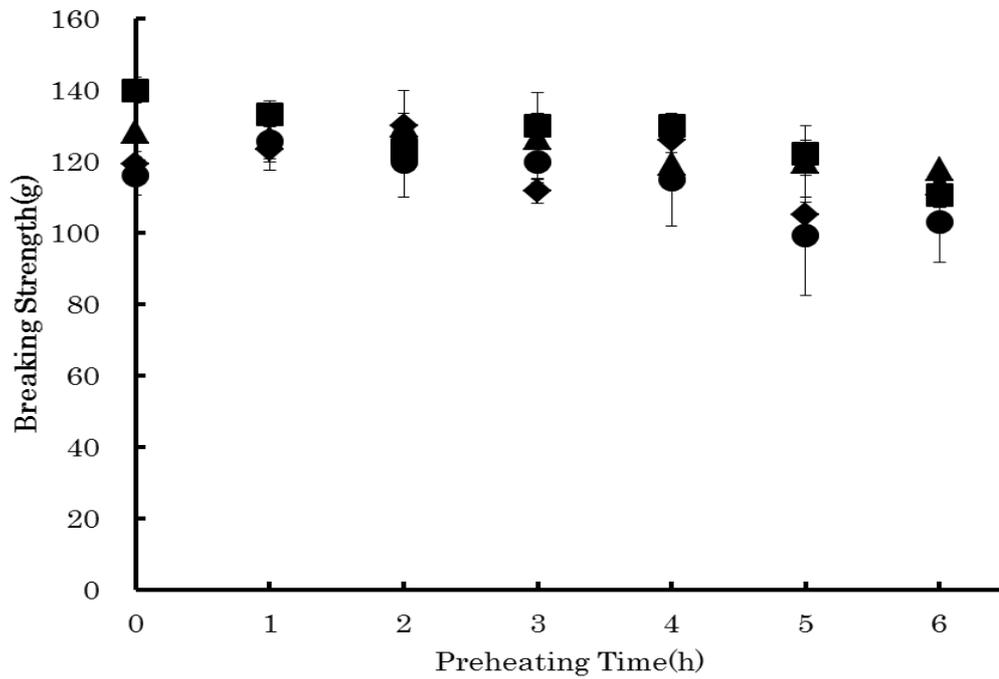


図2-6-3 凍結ゴマサバ冷凍すり身から試作した二段加熱ゲルの破断強度 (BS)

- : 無塩冷凍すり身を用いた炭酸ナトリウム無添加
- ▲ : 無塩冷凍すり身を用いた炭酸ナトリウム0.5%添加
- : 加塩冷凍すり身を用いた炭酸ナトリウム無添加
- ◆ : 加塩冷凍すり身を用いた炭酸ナトリウム0.5%添加

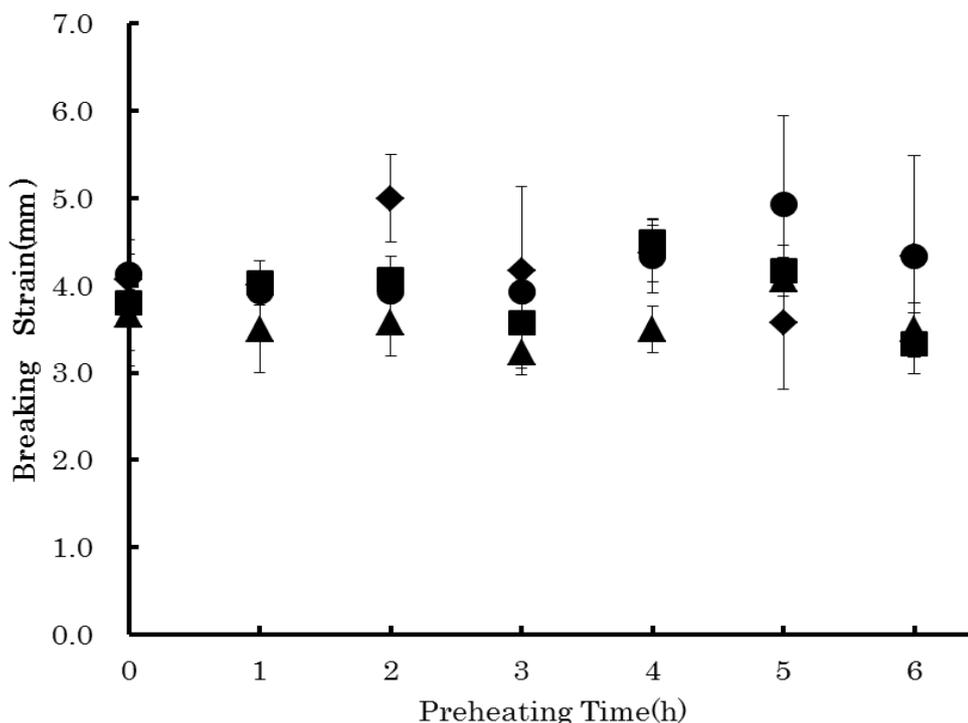


図 2-6-4 凍結ゴマサバ冷凍すり身から試作した二段加熱ゲルの破断凹み (BD)

- : 無塩冷凍すり身を用いた炭酸ナトリウム無添加
- ▲ : 無塩冷凍すり身を用いた炭酸ナトリウム0.5%添加
- : 加塩冷凍すり身を用いた炭酸ナトリウム無添加
- ◆ : 加塩冷凍すり身を用いた炭酸ナトリウム0.5%添加

2-6-4 考察

今回の検討から、凍結ゴマサバを原料とした冷凍すり身は加塩タイプの冷凍すり身とすること、使用時にアルカリ側に調整して塩摺りをするを必須の条件とすることで、あげかまぼこなどのねり製品に利用できる可能性がある判断した。ただし、その使用においては、弾力や色黒さや魚臭さの制約を受ける可能性もあることも示唆された。産業的視野から、これまで得られた再現性の高い現象発現は、凍結ゴマサバの冷凍すり身化の可能性を十分に立証したものと考えられる。しかし、ここでの立証は製造原理に関するものであり、産業レベルでの実用化にあたっては経済的合理性の検証が必要である。ねり製品はその製造方法によって、かまぼこ、やきちくわ、あげかまぼこ、ゆでかまぼこや風味かまぼこなど様々な種類があり、それぞれで原料に要求される品質要素が異なる。また、当然ながら、商品売価によって原料コストにも制約が生じる。ゴマサバのような赤身魚を原

料としたすり身は、白身魚に比べ色黒さが出ることは容易に想像できることから、現行のねり製品に使用する場合には、赤身魚の使用量に関する制約が生じる可能性が高い。また、一般論として、冷凍原料の場合にはゲル形成能力や得られる食感が低下しやすいため、生原料から調製した冷凍すり身よりも、より限定的な使用をすることが避けられず、従来使用している冷凍すり身と同等の扱いができるレベルではない。様々な地域ブランド品の開発が行われている背景には、特色ある限定商品は大手量販店で販売されている商品よりは、コスト高になるが一定の消費者からの需要がある証しである。今回の検討から、凍結ゴマサバという地場に限られた資源を効率的に活用した製造方法の検討は、小規模であるが魅力ある特徴的な商品を開発できる可能性が見い出せた。魅力ある限定商品は、大手量販店との競争で苦境にさらされている地域の小売業者にとっても魅力ある商品となる。また、消費者の性質上、経済状況にも大きく左右されない商品となると考えられる。

本項での検討から、凍結ゴマサバを原料とした冷凍すり身の製造は可能であると判断ができた。地場産魚の有効活用化の視点に立てば、凍結前の水揚げされたゴマサバを原料に冷凍すり身製造を行うことがより一層有益であると思われる。

本章での一連の検討結果から総合的に判断すると、より優位な品質のすり身となる可能性の高い生ゴマサバ原料からの冷凍すり身化の事業化を検討することが、地場資源の有効活用した地域振興を考える上での次の課題となる。

2-7 総合考察

水産ねり製品に製造においては、主原料に食塩を添加し播潰し調味し、用途に応じ成形し、加熱する基本的な製造方法に加え、加熱後のゲル形成が求められる。ゲル形成能が高いことの利点は、ねり製品としての食感を得ることと、加水による原料コスト削減にもつながる。ゲル形成能の増強のために、冷凍すり身の場合は、糖とリン酸塩を加えることで、ゲル形成能の維持もしくは増強が図られている。また、赤身魚においては、潜在的には高いゲル形成能を有しているが、漁獲後の筋肉の pH の低下が著しく早いことや、晒し工程において、加熱ゲル化を阻害するプロテアーゼなどの筋形質タンパク質の流出性が低いことから、十分な足はないと考えられている。しかしながら、晒し工程においてアルカリ晒し法、リン酸塩晒し法を用いることで、強いゲル形成能が認められることが報告されており、本検討においても強いゲル形成能が認められた。

水産ねり製品原料である、すり身を輸入原料に多く依存している現在の水産ねり製品加

工業界にとって、自社工場内において一度に大量に水揚げされる多獲性赤身魚を短時間で、処理しすり身に加工することは、設備、作業性においても困難である為、漁獲後凍結された多獲性赤身魚を活用したすり身及び冷凍すり身からの水産ねり製品製造の検討を行った。凍結ゴマサバからのすり身製造においては、アルカリ晒し法を用いても十分なゲル形成の効果は認められなかった。そこで、すり身の pH とゲル形成の関係についての報告がされていることから、凍結ゴマサバすり身に、塩摺り中に炭酸ナトリウムを直接添加し、加熱後の足の強さを測定した。結果、これまでに報告されている pH 6.5~7.5 より高い pH 域 (8.0~9.0) 付近でも炭酸ナトリウム無添加と比較して強いゲル形成が確認された。この結果からタンパク質レベルでその機構について明らかにするため、SDS-PAGE を用いた。その結果、炭酸ナトリウム添加の加熱ゲルにはミオシンが関与していることを示唆した。また加熱ゲルの分子間結合について検討した結果、炭酸ナトリウム無添加において、疎水結合が優位なものの、水素結合、イオン結合、ジスルフィド結合も加熱ゲルを形成する分子間力となっていたが、炭酸ナトリウム添加の加熱ゲルでは、極めて疎水結合の比率が高く、水素結合、イオン結合、ジスルフィド結合の割合は僅かであったことから、炭酸ナトリウムを添加した加熱ゲルの分子間結合の主な要因は疎水結合の増加と結論できた。しかしながら、多獲性赤身魚でも炭酸ナトリウムの添加を増やすことで、ミオシンの溶解性は向上するものの、ミオシンの持つゲル形成能の至適 pH からは大きく離れ、結局ゲル形成能の向上は確認されなかった。したがって、一般的な魚肉原料と同等のゲル形成は困難であることも確認できた。

しかしながら、今後の課題として、一旦 pH をアルカリ側にしてミオシンを十分に溶解させた後、ミオシンの至適 pH 域である中性付近に調整することで、さらに高いゲル形成能が確認される可能性もあると考えられる。

冷凍すり身化については、本章での一連の検討結果から総合的に判断すると鮮魚を用いた方がより優位な品質のすり身となる可能性が高いと思われる。鮮魚での検討を行う場合、地域業者との密な連携体制の構築が必要となるが、冷凍すり身化の事業化を行う場合、漁業者から販売者まで連携体制の構築が必要であり、地域資源を有効活用した地域振興を考える上での次の重要な課題となる。

第3章 三重県内の低利用資源を活用した新たな産業体制の構築に関する提案

3-1 目的

平成22年度の三重県の総生産量は73,681億円で、そのうち、水産業（海面漁業および養殖業）の生産額は491億円（約0.7%）を占め、地域にとって重要な産業となっている。一方で、多くの漁村地域では、過疎化、高齢化による後継者問題を抱えている。これらの地域では、これまで水揚げされた魚を鮮魚あるいは簡単な加工を行い、市場に流通させることで地域経済を潤してきた。しかし、今日の水産業・水産加工業を取り巻く環境・構造は大きく変化し、その対応が急務となってきた。水産ねり製品業界は原料供給先である水産業と密接に連携していることから、水産事業者と水産ねり製品事業者とが直接連携することは、漁村地域に新しい産業を創出する契機となる。

本章では水産ねり製品業界を取り巻く変化を踏まえ、世界の水産資源の状況、国内および三重県内の水産業・水産ねり製品業の現状と課題を、統計情報と事業者への取材から分析するとともに、三重県南伊勢町奈屋浦漁港における新産業の創出について考察する。

3-2 世界の水産資源の漁獲状況と消費状況

魚肉を主原料とする水産ねり製品製造にとって、漁業との関係は非常に密接で且つ、重要である。先ずこの項では世界の水産資源の状況と消費動向を国連食糧農業機関(Food and Agriculture Organization, FAO)や農林水産省統計などの各種統計データから把握することを挙げる。

世界の漁獲量は、1961年は2,700万トンであったが、2003年に1億トンを超え、2007年には、約1.1億トンまで増加した。この約50年で4倍以上となっている（図3-2-1）。

この漁獲量の大幅な増加は、科学技術の進歩による生産構造の効率化と漁船の増加と水産資源への需要増加が考えられる。しかし、国内水産業はこの生産構造の変化への対応が十分できず、衰退し続けている。近年の水産業、特に、漁業の衰退は、国内の地域経済にとっても大きな問題となっており、1980年代後半までは、順調に漁業生産量を伸ばし世界1位の漁獲量であったが、1990年代後半には4位まで減少した[80]。徐々に国内の漁業が衰退してきている中、水産物の輸入金額は、148億ドルで世界第1位（2004年）であり、日本は、水産資源を漁獲する国としても、輸入する国としても、世界において重要な国となっている。世界的に漁業資源枯渇が指摘され、その保護は重要な施策として行われてい

る現在の社会状況から考えると、日本人の水産物の需給バランスが大きな意味を持つてくる。

FAO 統計によると、世界の漁船数は、1995 年は 1,772 千隻であったものが、2010 年には 2,287 千隻に達し、15 年間で 1.3 倍に増加した。一方、漁獲高は 1950 年 1,800 万トン、2004 年は 9,600 万トンとなっており、この 50 年で 5 倍以上となり、増加率は世界の人口増加率を上回っている。また、2010 年の世界の水産品の総生産量は約 1 億 6,800 万トン程度で推移している。しかし、漁獲能力の向上に比較し、漁獲量は頭打ちの状態となってきたのが現状である[81]。国連環境計画 (United Nations Environment Programme, UNEP) が 2007 年 10 月に発表した地球環境概況によると、世界の漁獲能力は、水産資源の持続可能な漁獲量の 250% に達していると発表した[82]。この事実は、効果的な完全養殖技術が確立されていない現状を考えると、このままの状況が継続されれば、水産資源がいずれ枯渇することを意味する。漁業は計画的な食糧生産を行う農業と異なり、海洋にある天然の水産資源を獲得する形態である。科学技術の進歩による生産構造の効率化（工場の大規模化および船上ですり身、缶詰などを製造するような大型工場設備を備えた船漁船の出現）と漁船の増加は特定の地域（漁場）に大量に存在する特定の水産資源（魚種）をその魚種の維持が困難になる状況にまで、漁獲してしまうことになり、その結果、その漁場は事業上の価値を消失し、その代替魚種として、新たな資源（魚種）のある漁場の開発をすることになる。その結果、見掛け上、世界の漁獲量は増加することになっているが、水産資源管理は十分とは言えない。このような現状は長く続くとは考えられず、限りある世界の水産資源を、拡大する需要に対し、生態系に適合及び保全する漁業のあり方をどのようにするかが、水産加工業界の重要な課題といえる[83]。

では、世界の水産資源の需要はどのようになっているのか。世界の水産資源の供給量は増加している（図 3-2-1）。しかし、各国の事情から考えると、その理由は単純ではない。各国の国民 1 人当たりの水産資源の消費状況を図 3-2-2、図 3-2-3 示す。中国においては 1980 年以降、水産物の需要は急増している。中国の国民一人当たりの水産物消費量は 1973 年から 2003 年の 30 年間で 5.1 kg から 24.9 kg と約 5 倍に達している。その要因としては、中国の経済成長による近代化による国民所得の増加による内需の増加と食習慣がその要因と考えられる。中国はもともと、豊富な水産資源に恵まれた広大な沿岸地域を有し、養殖業も盛んに行われている世界有数の水産資源の漁獲国である（2010 の漁獲量 世界：9,012 万トン 中国：約 1,520 万トン、日本：約 420 万トン、中国は世界の約 6 分の 1 の

漁獲量を占める) [84]。中国が経済発展途上の頃は、水産資源は中国にとって外貨獲得のための主要輸出品目であり、そのため、漁獲した水産資源は国内消費に回ることは殆どなかった。しかし、1980年移行の経済成長による国民所得の増加による国内需要が急伸、また、冷凍技術と輸送手段の整備に伴い、もともと魚食習慣の根づいた中国においては、水産資源は輸出品目から国民の自給食糧に変化した結果である。中国の場合、2011年で、人口が13.5億人と世界人口の約20%を占めていることから、世界全体の水産物消費への影響は非常に大きい。

一方、欧米各国での国民一人当たりの水産物消費量は増加しているものの、中国のように急激なものではない。1973年から2003年の30年間で16.8 kg から21.9 kg と約1.3倍程度の増加に留まっている。これは、欧米食は一部の国を除き、中国と異なり魚食習慣がなかったためと考えられる。そのことから類推すると、欧米諸国における消費量の増加は魚食習慣が徐々に浸透している結果と判断できる。また、欧米諸国の国内経済は安定しており、中国のような国民所得の急増による国内消費の拡大という現象は認められず、そのため水産物の需要は緩やかな増加を示している。また、欧米諸国への魚食習慣の浸透要因は今日の複雑な社会状況も影響している。本来、欧米諸国の食習慣は牛豚鶏を中心とした畜肉・畜産品中心である。しかし、BSE、鳥インフルエンザなどによる食の安全に対する不安要因から、食肉の代替品として、水産資源が注目されるようになった[85]。また、その一方で、欧米先進諸国は“健康ブーム”であり、“健康食”として、魚食が注目されてきた[86]。

水産資源の活用においては、日本の沿岸漁業は、古くから漁業協同組合が組織され、漁場、対象魚種、漁法等が規定されている。N. L. Gutierrez らは、水産資源を利用する者すべてが、資源の保全と回復に取り組まなければいけない。そのためには、政府、漁業地域、漁業者が水産資源管理を行う共同管理 (co-management) が必要であり、地域をまとめるリーダーの存在が必要であると報告している[87]。海洋が国際公共財であることを世界全体が認識して環境保全を研究しなければいけない[88]。そもそも養殖以外の海洋における水産生物は、漁獲されるまでは、誰の所有物でもないいわゆる無主生物であり、一方が資源管理を目的に漁獲制限 (TAC : Total Allowable Catch) をしたとしても、他方で乱獲していれば資源低下を招くこととなる。また、沿岸漁業においては、赤潮、有害物質、廃棄物、発電所取放水など海洋汚染の問題も重要である[89]。

天然水産資源を活用するだけでなく、限りある水産資源を長期にわたって活用するた

めに、養殖や増殖がおこなわれている[90]。1919年第1回湖沼利用水産養殖研究会が開催され[91]、近年においても、大きな産業となっている。1980年頃から中国では水産養殖が盛んとなり、2010年までの30年間で約17倍に達しており（図3-2-6）、世界全体の養殖生産量の60%を占めるまでに成長している（図3-2-7）。しかしながらそれに伴う環境の悪化、病気の発生、餌料不足等の問題が報告されている[92, 93]。

水産資源の食用としての利用は、機能性食品としても有効成分が多く存在することが報告[94]されている一方で、漁業及び養殖業においても多くの課題を抱えている。そのような環境の中で、水産加工業における低利用水産資源の有効活用に向けた研究は、食品の安定供給の確保を図る上でも重要なことと考える。

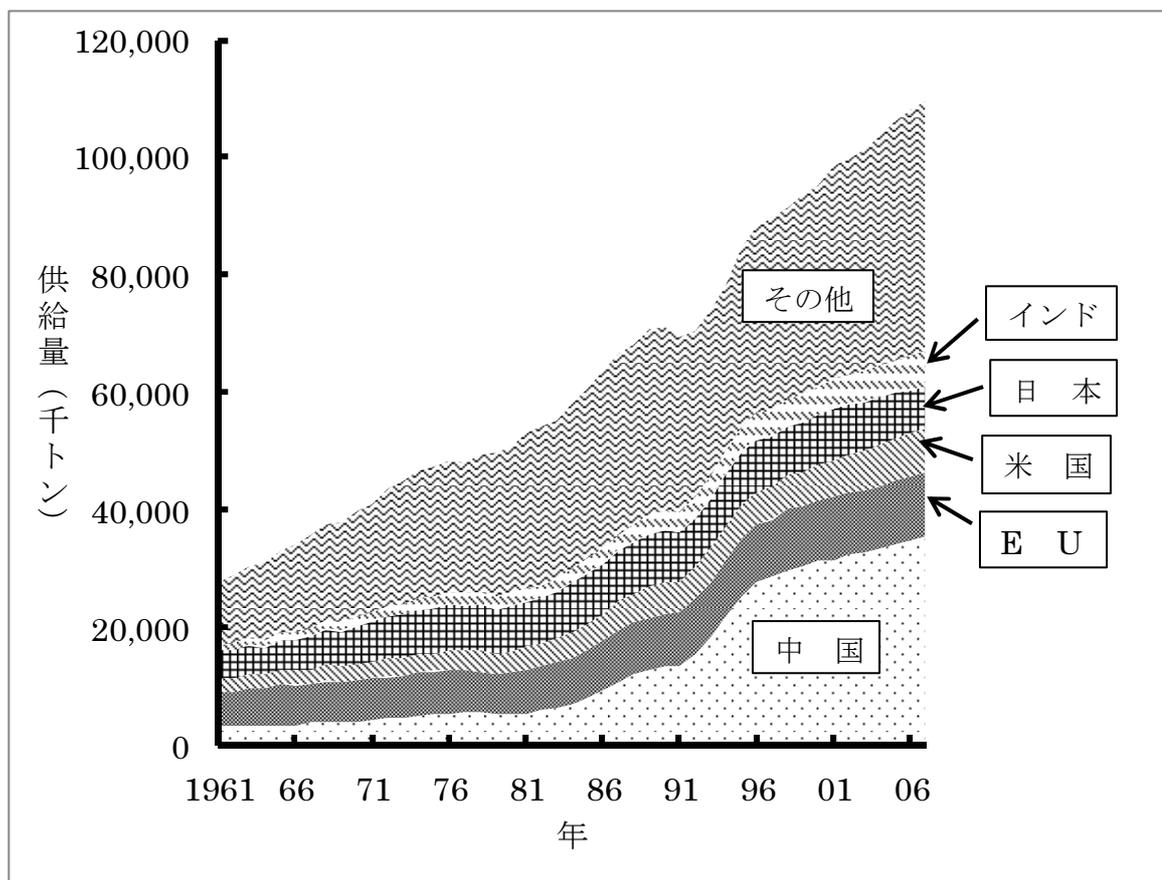


図 3-2-1 世界の食用魚介類の国別供給量の推移

FAO「Food balance sheets」及び農林水産省「食料需給表」を基に作成

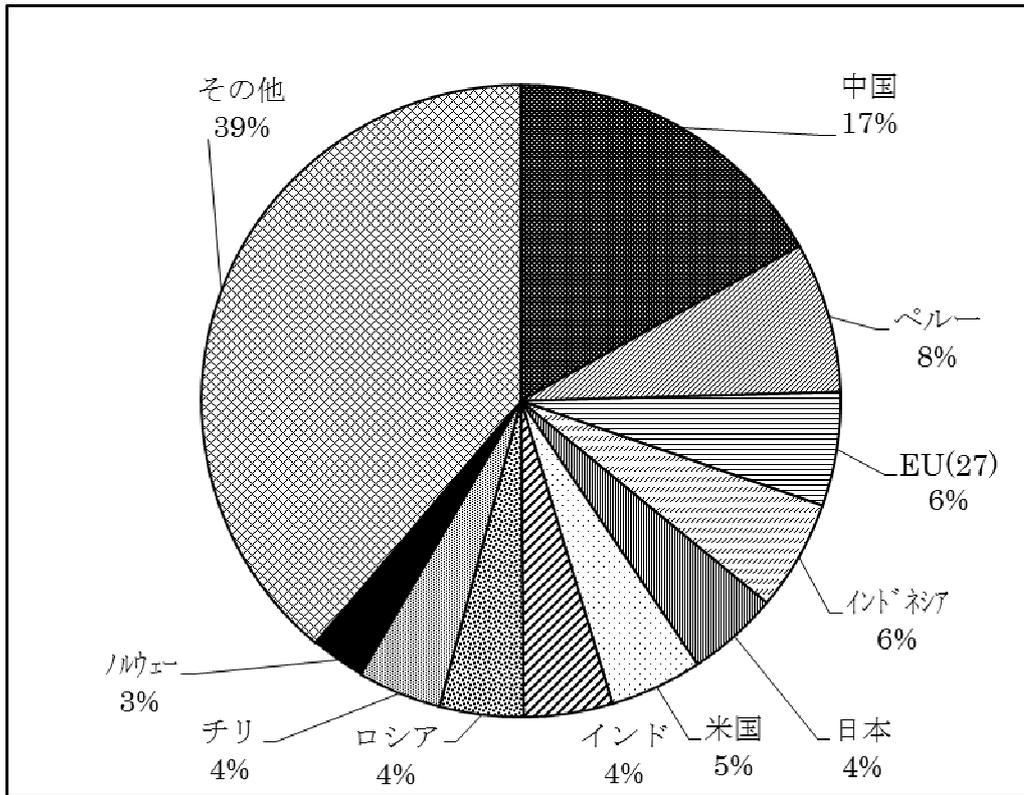


図 3-2-2 世界の漁業生産量（養殖業を除く）（2010）

FAO「Fishstat (Capture production)」(日本以外の国) 及び農林水産省「漁業・養殖業生産統計」(日本) を基に作成

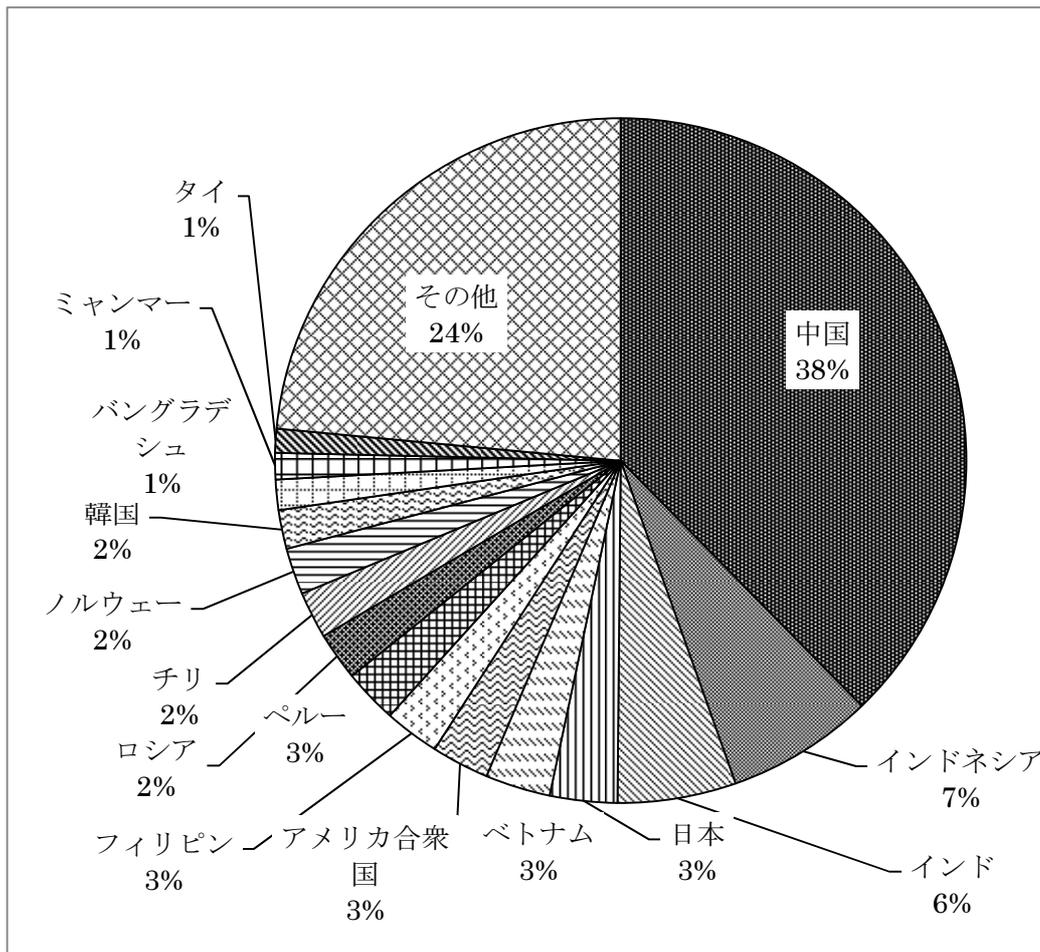


図 3-2-3 世界の全漁獲量（養殖含む）の国別漁獲量割合（2010）

FAO「Food balance sheets」及び農林水産省「食料需給表」を基に作成

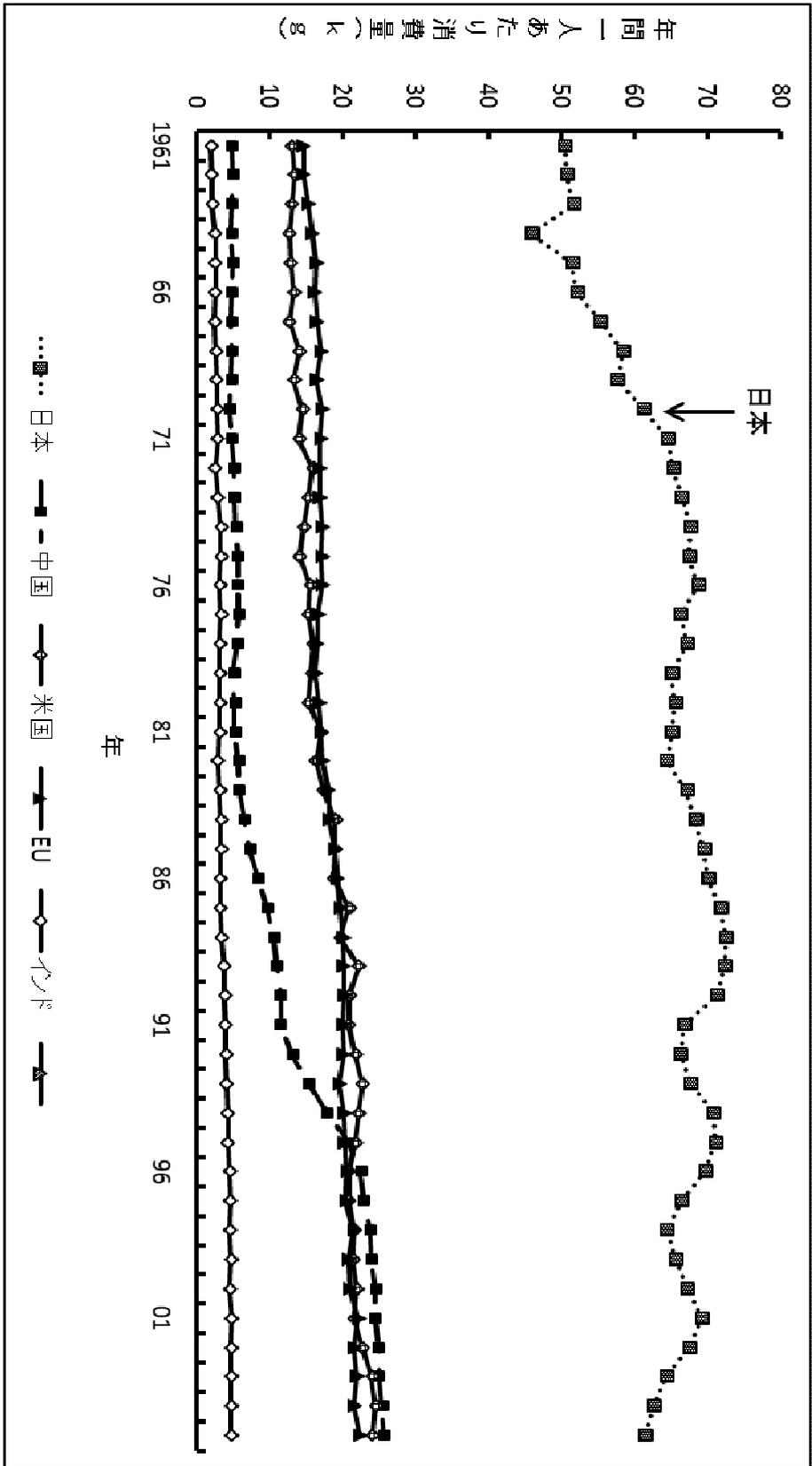


図 3-2-4 各国の国民 1 人当の年間の食用水産物消費量の推移

FAO 「Food balance sheets」 及び農林水産省 「食料需給表」 を基に作成

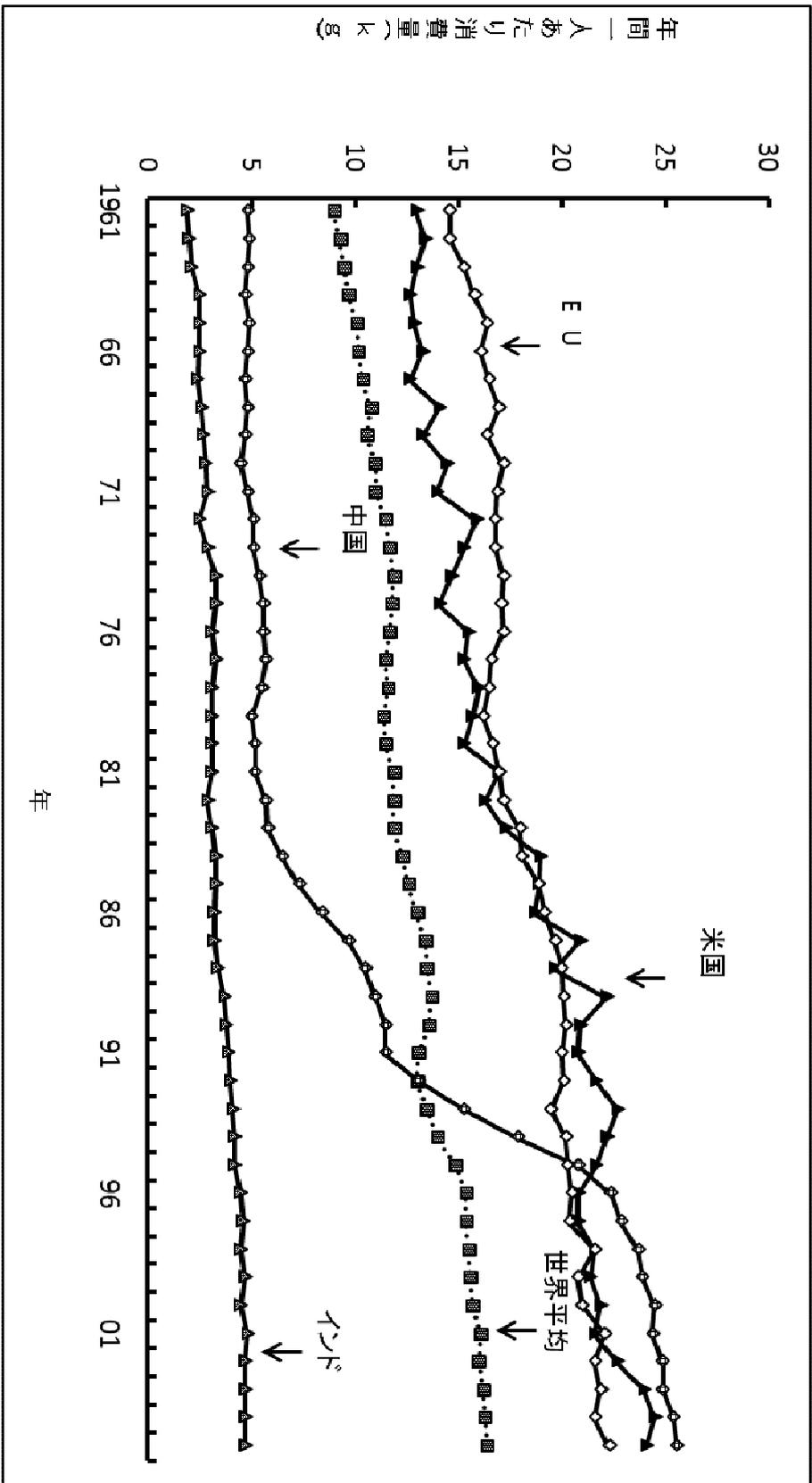


図 3-2-5 各国の国民 1 人当りの年間の食用水産物消費量の推移 (図 3-2-2 の日本以外)

FAO 「Food balance sheets」 及び農林水産省 「食料需給表」 を基に作成

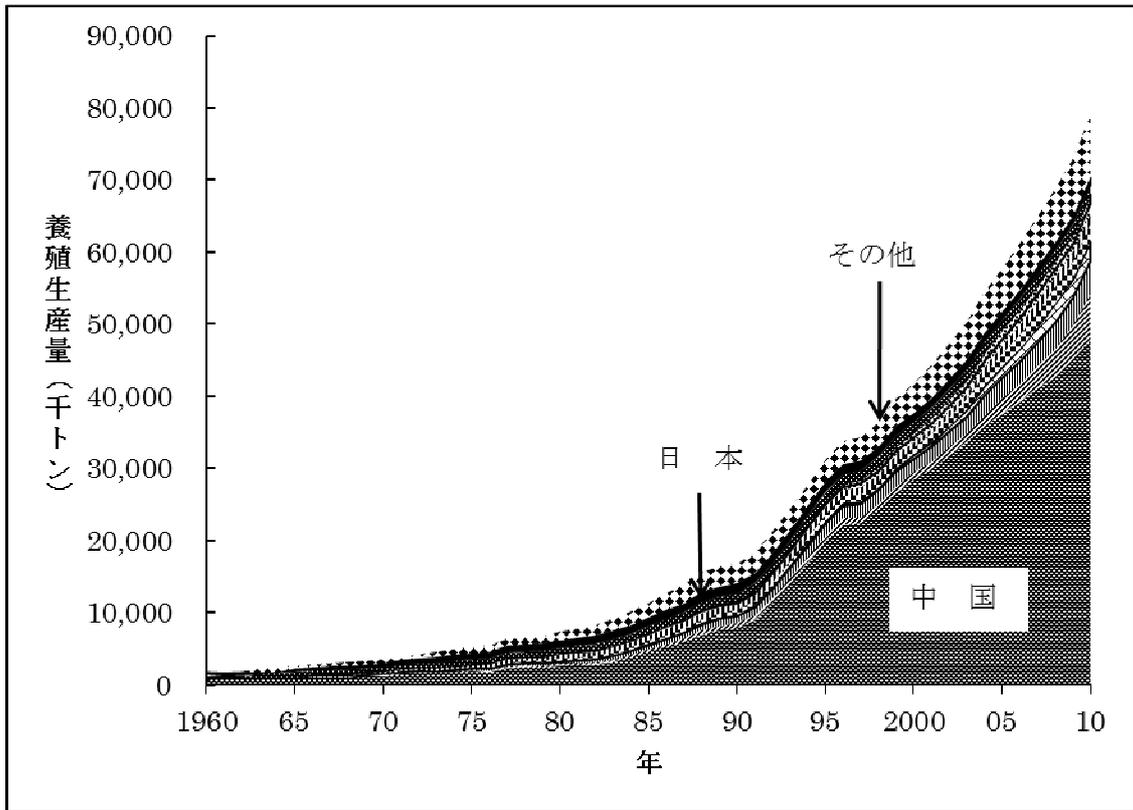


図 3-2-6 世界の養殖生産量の推移

FAO「Fishstat (Aquaculture production)」(日本以外の国)及び農林水産省「漁業・養殖業生産統計」(日本)

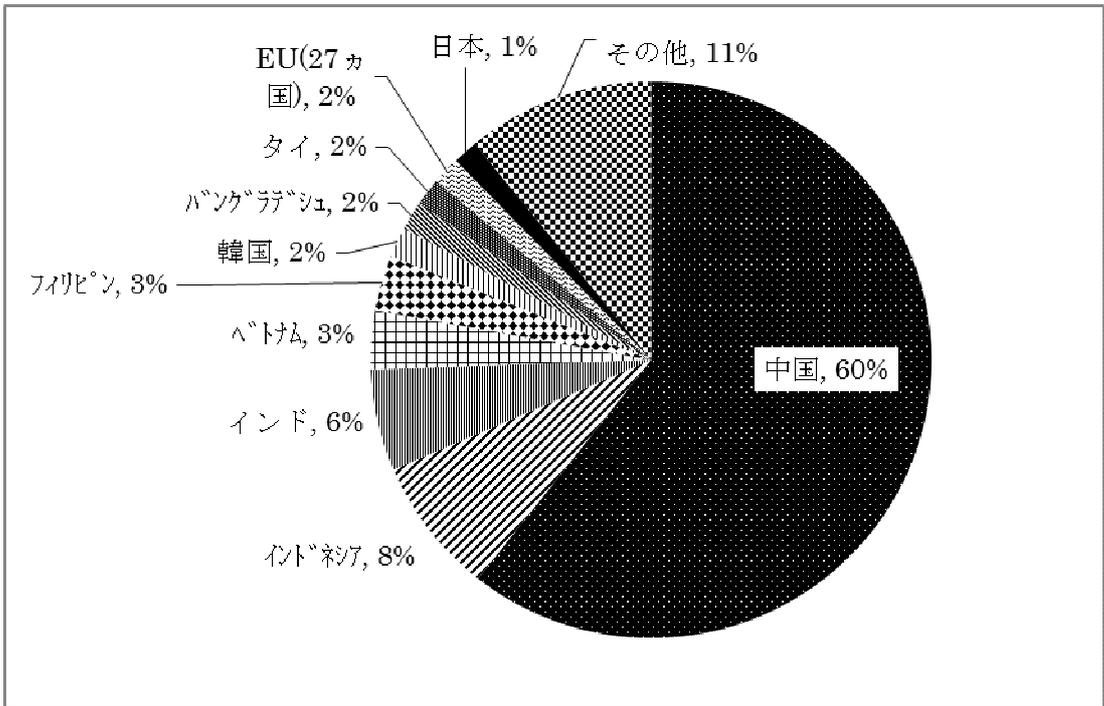


図 3-2-7 世界の養殖漁獲量

FAO「Fishstat (Aquaculture production)」(日本以外の国) 及び農林水産省「漁業・養殖業生産統計」(日本)、2010年を抜粋して作成

3-3 国内の水産ねり製品業界の現状と課題

3-3-1 概況

1959年以前の水産ねり製品業界は、東シナ海でのトロール漁業で水揚げされるグチ、ハモ、エソを原料としていた[95]が、1959-1965年にかけて東シナ海でのトロール漁業の水揚げ量は減少し[96]、原料すり身の安定確保ができず、産業の発展の妨げとなっていたが、1960年代にスケトウダラからの冷凍すり身加工技術が開発された[8]。冷凍すり身技術の確立、具体的には魚肉タンパク質の冷凍変性を防ぐための冷凍変性防止剤の開発とすり身製造工程の機械化と船舶への導入は、水産ねり製品業界にとって非常に大きなイノベーションを引き起こした[10, 97, 98]。この技術の確立により高品質のすり身が年間を通じて安定的に供給されたことで、水産ねり製品の大量生産が可能となった。その後、既に述べたように、200海里漁業専管水域の設定など様々な経緯を経て、現在は米国を中心としたスケトウダラなどの水産資源の豊富な国にこの技術が普及するに至っている(図1-4)。

1章でも述べたが、この技術の確立によりスケトウダラ肉を有効利用した高品質の冷凍すり身が年間を通じて安定的に供給されるようになり、国内水産ねり製品メーカーにおいて、原料の中心として用いられ、一定品質のねり製品が安定供給できる体制が構築され、水産ねり製品の大量生産が可能となった[27]。また、日本の高度経済成長期の大量消費と相まって、1975年頃まで水産ねり製品製造業は、すり身製造とねり製品製造の分業体制が確立され、国内すり身メーカーならびにねり製品メーカーは大きく生産高を伸ばした(図3-3-1)。しかし、1977年に米国、ソ連による200海里漁業専管水域の設定と国際的な漁業秩序の変化に伴い、国内でのスケトウダラの漁獲量が著しく減少し、国内の冷凍すり身の製造量が激減したことに伴い、ねり製品メーカーは海外に原料を求め、輸入冷凍すり身の依存度が増加した。その結果、国内すり身産業は徐々に衰退することになった(図3-3-2)。そして、2010年には、米国、タイ、中国、インド、ベトナム、アルゼンチン、チリ、などの国々からさまざまな魚種から製造された冷凍すり身が輸入されている(図3-3-3)。ねり製品業界にとって、食糧の加工・保存・輸送技術が発展した結果、海外の様々な地域から安価で大量の原料を入手できる体制が構築でき、結果として国内消費者に安定的に製品を提供できるようになったことは喜ばしいことであり、多くの水産練製品メーカーがその恩恵を受けている。スケトウダラ冷凍すり身技術は水産練り製造業界にとって、非常に画期的技術であり、200海里漁業専管水域の設定などの政治的理由からの国内原料すり身の供給難という危機を海外すり身に原料を替えることで回避し、さらに加工・保存・輸送技術

の発展が業界の発展に繋がったといえる。しかし、一方では、地域の零細な水産ねり製品メーカーがこれまで、地域の漁港・市場に水揚げされた鮮度保持が極めて困難で、生食に適さないといった理由であまり利用されていなかった水産資源を有効活用し、その地域の特徴ある水産ねり製品に加工し付加価値を付けた商品にすることで、地域経済の一端を担ってきた地場産業としての役割が薄らぎ、そこで働く水産練り物職人により長年にわたって培われた、すり身製造の技術も衰退へと繋がった。また、日本の経済状況が高度成長期から安定成長期へと移行し、また国民の食習慣を始めとする生活習慣・価値観が大量消費から多様になる中、大手水産ねり製品メーカーの製造する画一的な製品が多数を占めるようになり、量販店での低価格競争の結果、水産ねり製品の需要も徐々に減少の一途を辿っている。図 3-3-4 に 1992 年～2012 年の 20 年間の水産加工品生産量を示した。これによると、水産加工品すべてにおいて 30~40%減少している。水産ねり製品は 64%であり、素干し品は 37%である。

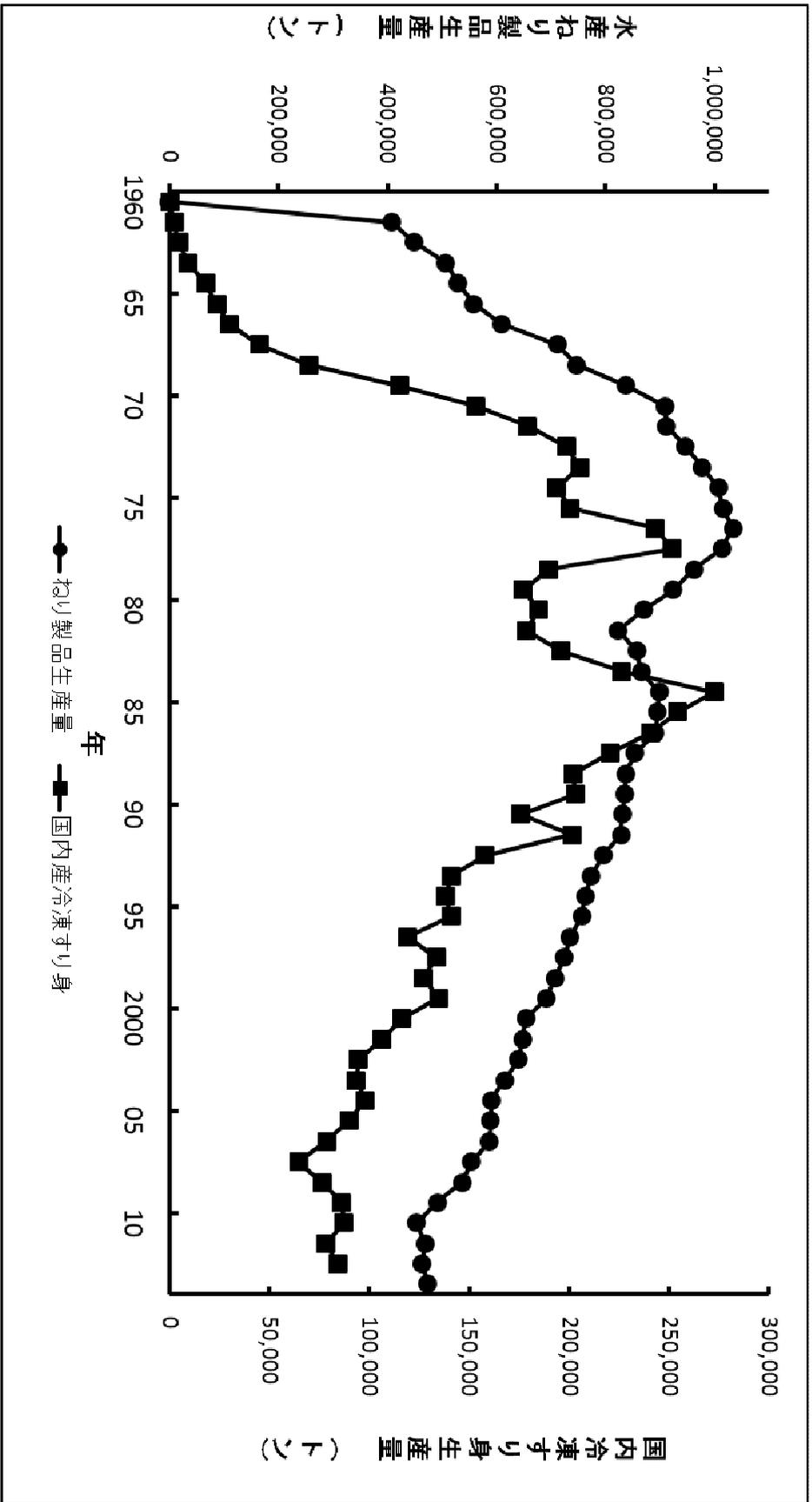


図 3-3-1 国内冷凍すり身の生産高と水産ねり製品の生産高

陸上加工都道府県別品目別生産量、農林水産省水産加工統計を基に作成

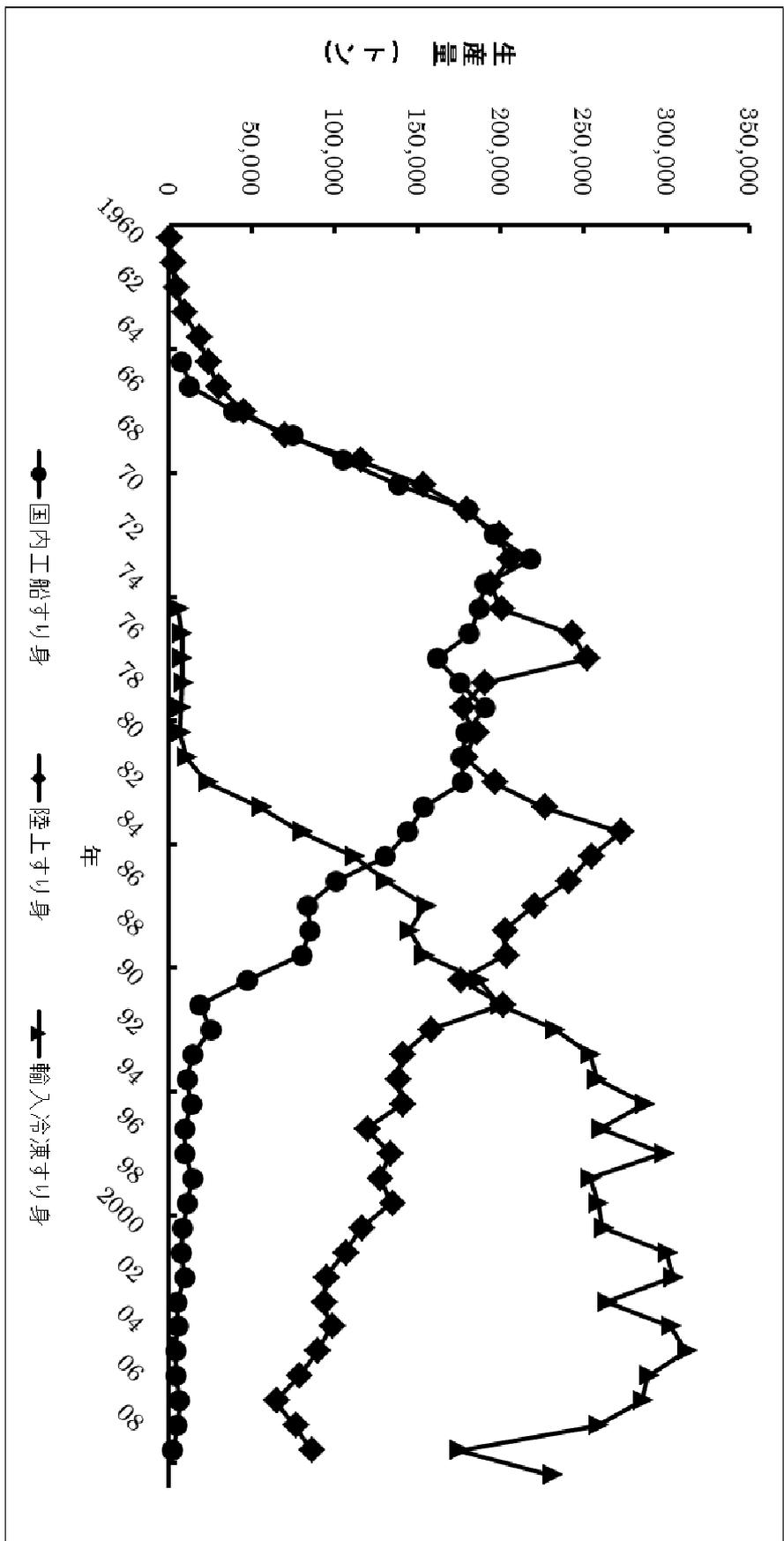


図 3-3-2 冷凍すり身の国内生産量と輸入冷凍すり身

農林水産省統計及び貿易統計を基に作成

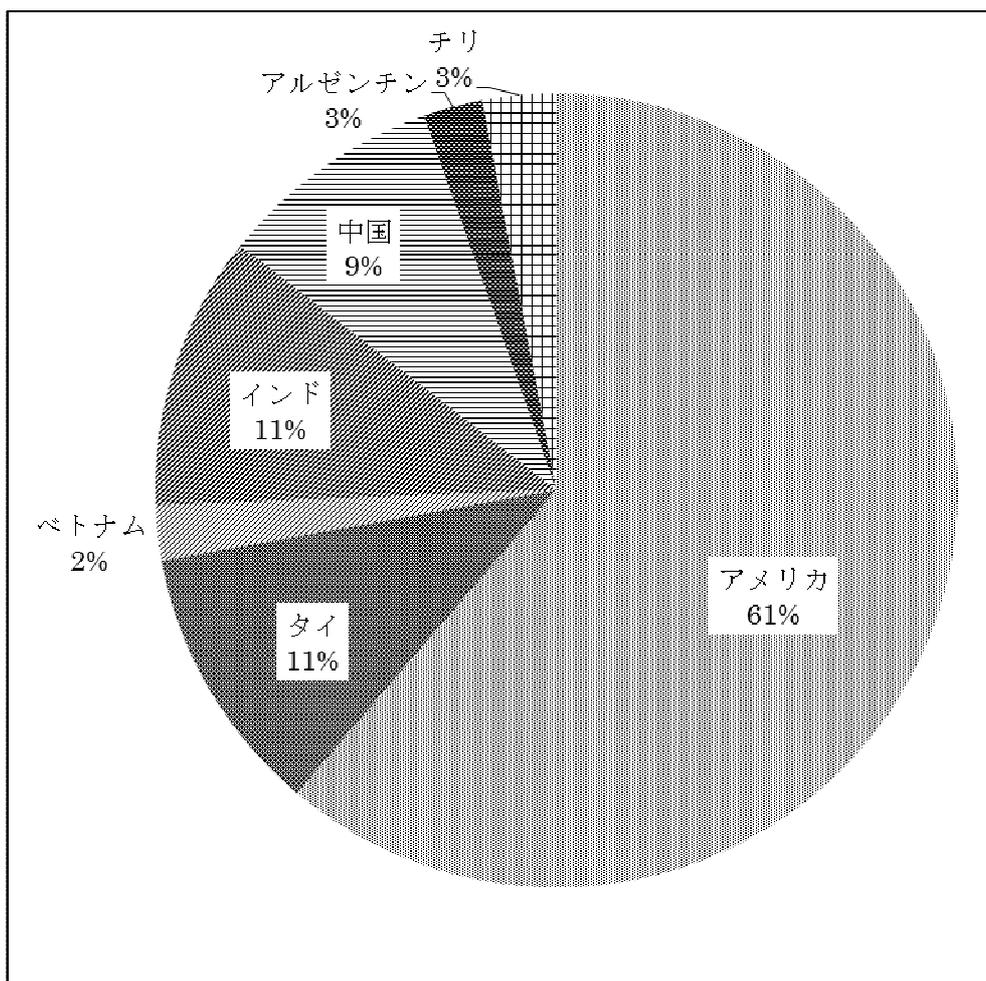


図 3-3-3 年間輸入冷凍すり身主要輸入国と割合 (2012)

日本貿易統計より (有限会社ぼあそん通信 2013 年 12 月 2 日配信メールを参考に作成)

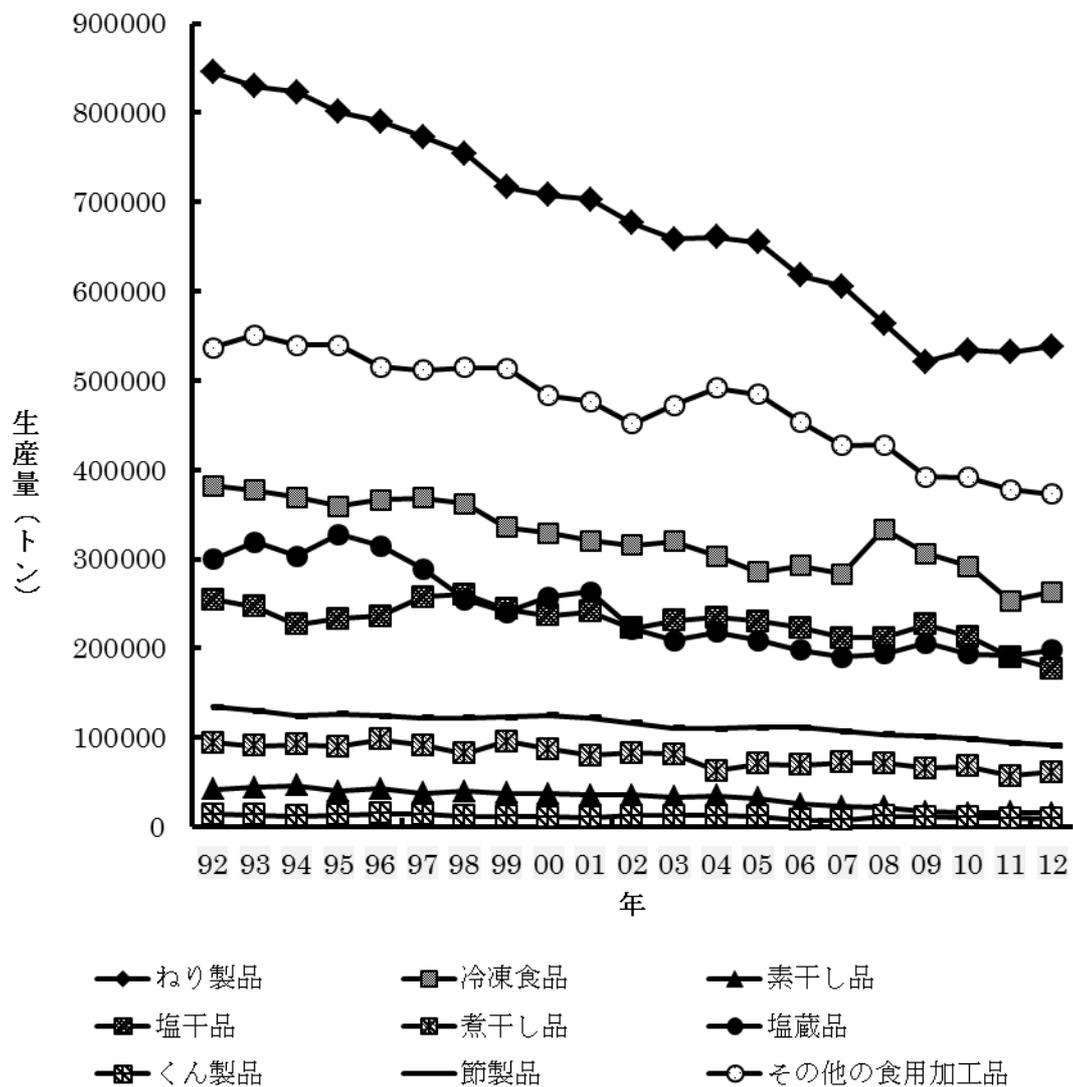


図 3-3-4 国内食用水産加工品生産量の推移

資料：経済産業省「工業統計」水産加工品の加工種類別品目生産量 総務省統計局

注：1) 「塩干・塩蔵品製造業」は、平成 14 (2002) 年から項目が設けられており、平成 13 (2001) 年以前は「その他の水産食料品製造業」に含まれている。

注：2) 事業所数、出荷額とも従業者 3 人以下の事業所を含めていない。

3-3-2 国内の水産ねり製品業界の現状

1章でも述べたが、2012年の食用水産加工品の生産量は172万トンあり、その内訳は、ねり製品53.8万トン(31.2%)、冷凍食品26.3万トン(15.2%)、塩蔵品19.8万トン(11.5%)、塩干物17.8万トン(10.3%)、節製品9.1万トン(5.3%)などとなっている。ねり製品の生産量はH14の67.6万トンから比べると年々減少し、H23では53.1万トン(78.6%)となっているが、日本における重要な加工食品群である(図3-3-4)。

2011年の水産練製品の出荷額および事業所数(法人のみ)は全国約3,992億円、1,100社となっている。全水産加工業における出荷額は約12%(全出荷額約3兆1,971億円)、事業所数は約14%(全事業所数:7,893)となっており[99]、水産加工業界の中核的産業である。2011年における、事業所規模割合は従業員数で、100人以上6%、99~30人11%、29~10人24%、9~4人37%、3人以下22%となっている。また、1988年から2011年にかけて事業所数は約41%(2,675社から1,100社)まで、減少している。1988年時においては、30人以上が9%、29~10人27%、9~4人64%、特に9人以下の事業所が多くを占めていたことから、小規模事業所の減少が大きいことがわかる。出荷額では、従業員数で、100人以上58%、99~50人14%であるが、49~30人9%、29~10人13%、9~4人5%、3人以下1%で、従業員数30人以上の比較的大きな事業所が売上げの81%を占め、事業所数の83%を占める従業員数29人以下の小規模な事業所の売上げは19%となっている(図3-3-5)。各県別事業所数は図3-3-6に示すようになっており、沿岸地域を中心に多くの事業所が位置していることから、水産ねり製品産業は沿岸地域の経済と雇用を支える重要な産業である。また、図3-3-7に示すように、全国蒲鉾水産加工業協同組合連合会会員数は年々減少しており、1975年には2,216社あった会員企業数は、2000年に1,324社に減少し、2012年に796社へ工業統計と同様に約40%まで減少している。

2011年の全国県別のかまぼこ類生産量では、兵庫県、新潟県が50,000トンを超える生産、次いで山口県、静岡県、愛知県と続く。なお、例年50,000トンを超える生産量の宮城県は、東日本大震災において水産ねり製品製造事業所も大きな被害を受け一時生産できない状態が続いたことで20,000トン程度の生産量となっている。

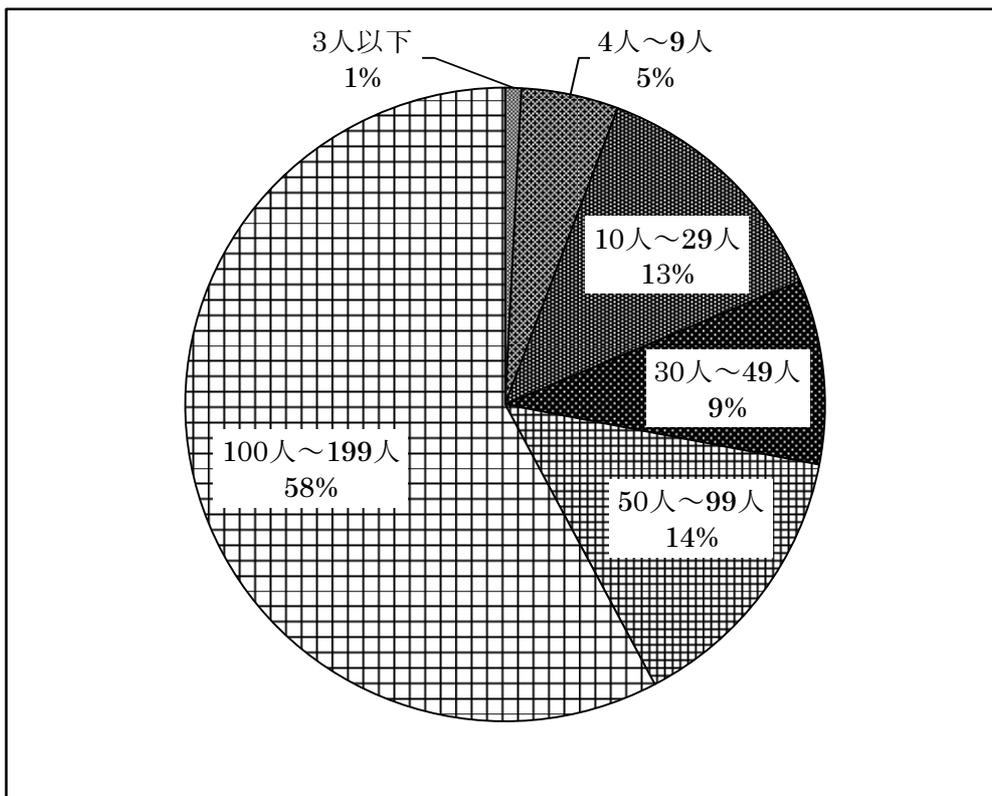


図 3-3-5 水産加工事業所の規模別出荷額割合 (2011 年)

平成 24 年経済センサスー活動調査 産業別集計 (製造業)「産業編」統計データ
 総務省統計局、平成 25 年 8 月 27 日公表を基に作成 (2011)

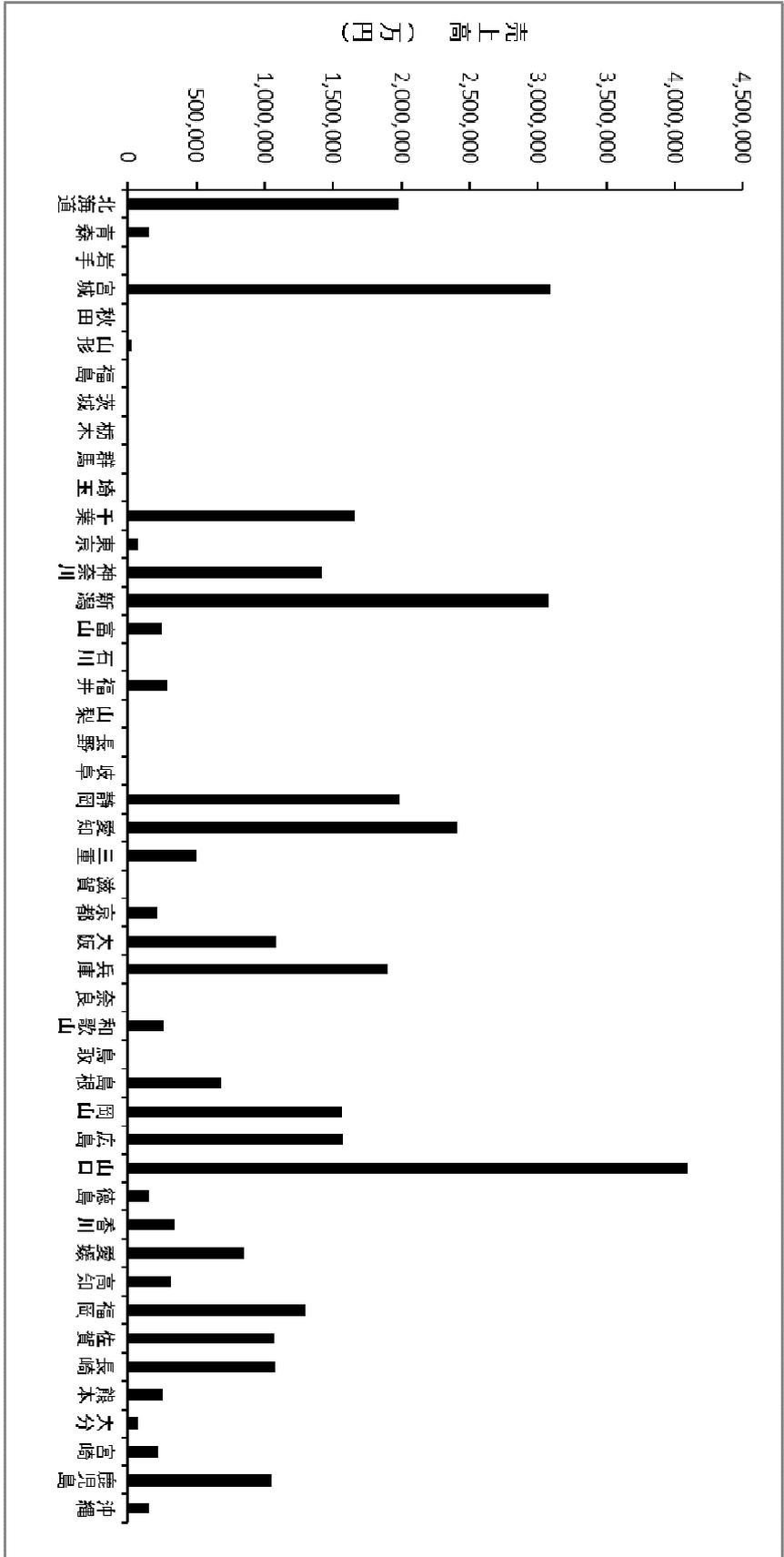


図 3-3-6 都道府県別水産ねり製品売上高 (2011年)
工業統計及び全国蒲鉾水産加工業協同組合連合会より作成

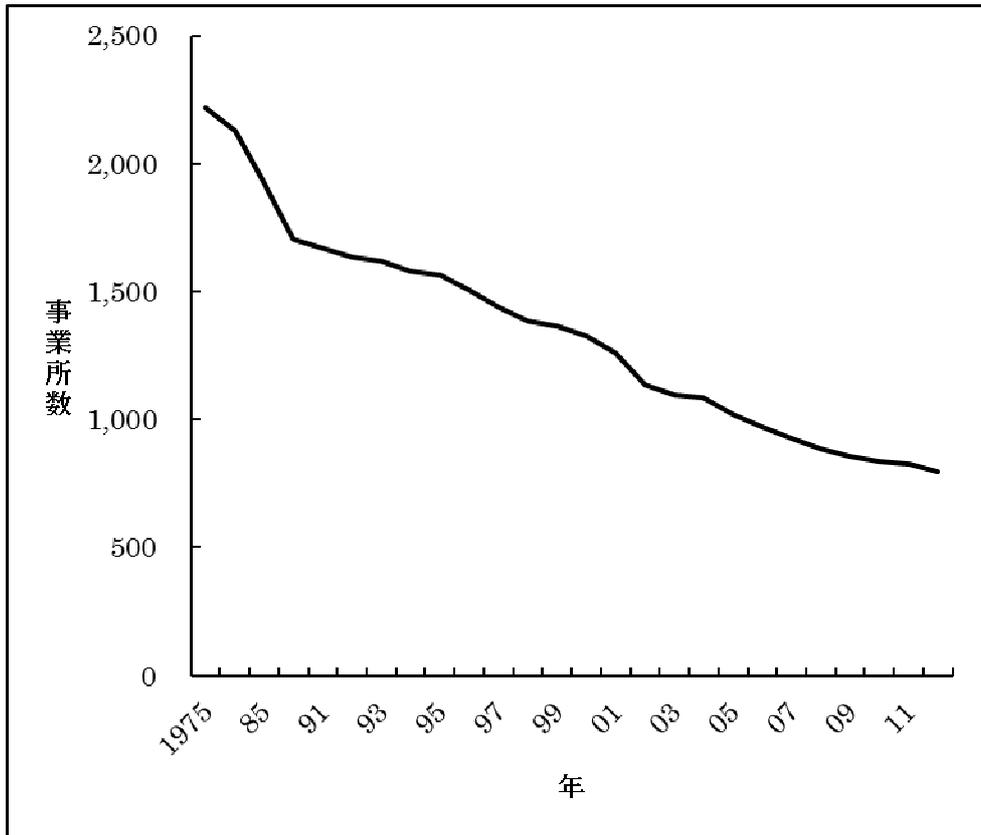


図 3-3-7 全国蒲鉾水産加工業協同組合連合会会員企業数

全国蒲鉾水産加工業協同組合連合会データより作成

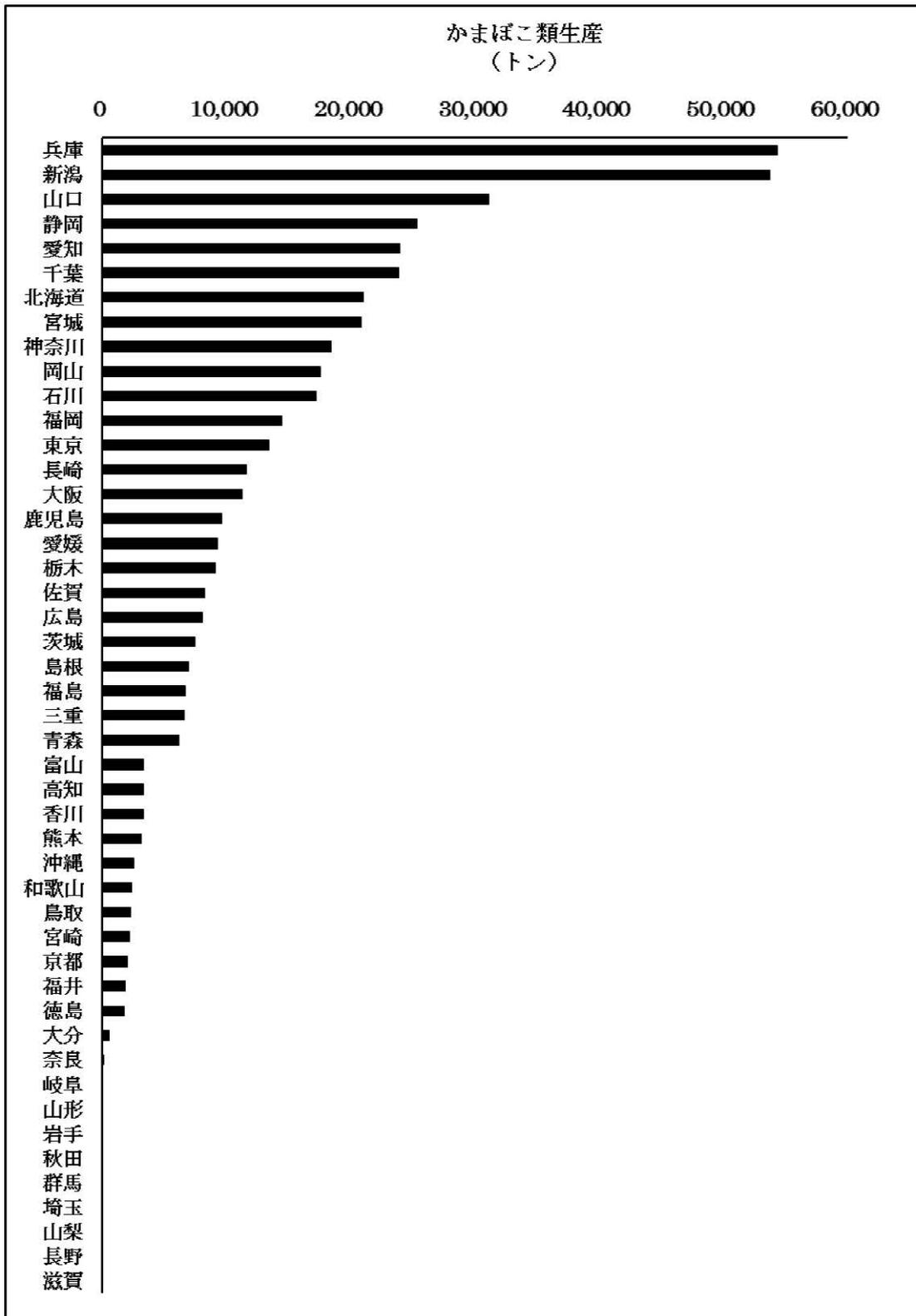


図 3-3-8 都道府県別かまぼこ類製造数量

農林水産省 陸上加工都道府県別生産量（平成 23 年）より作成

3-3-3 水産ねり製品製造業にとっての冷凍すり身の効果と弊害

このように、小規模零細事業者中心の国内水産ねり製品メーカーにとって、冷凍すり身を原料に用いる主な利点は、以下の2つがある。

1) 魚処理設備（原魚の処理、採肉、晒しを経て、生すり身を製造するための設備）を併設していない水産ねり製品製造工場においても水産ねり製品の製造が可能となる。水産練製品製造工場としては、冷凍すり身を保存するための冷凍庫が備わっていれば、一定品質以上の水産ねり製品の製造が可能となる。現在は、国内の殆どの水産ねり製品製造工場には、魚処理施設が設置されていない。

2) 魚体処理の際に、発生する大量の排水処理の問題から解放されることである。魚体の解体の際に発生する排水には血液・蛋白成分、油分などを含むため、排水処理施設が必要となる。しかし、この排水処理施設・維持に対しては、莫大な費用投資が必要となる。中小零細企業が殆どの水産ねり製品メーカーにとって、この投資を回避できることは企業経営上、非常に有効となる。

これまで、近海沿岸漁業により原料を調達していた水産ねり製品メーカーが、冷凍すり身原料を用いてねり製品を製造できるようになったことは、大いなる産業イノベーションであった。この技術の確立によって、すり身製造業は国内だけではなく、海外でも大きな産業として発展した。最近では、国内冷凍すり身製造は減少し、輸入冷凍すり身が大半を占めるようになり、さらには、最終製品までもが海外で生産され輸入される時代となってきたことは上述した通りである。しかし、一方、地元で水揚げされる魚を使用し、すり身を作りそして地元特有の水産ねり製品を製造・販売していた地域の水産ねり製品事業者は、沿岸漁業の衰退、東シナ海トローリング漁の不振、国の工業化施策の推進等の理由から、効率的な製造ができる、冷凍すり身を原料とした水産ねり製品を製造するようになった。このような背景から水産ねり製品は高度経済成長の日本経済の発展と共に工業的に効率よく生産できる食品として、全国に流通するようになった。高度成長期を迎えた大量生産、大量消費の時代の日本の事情とも相まって、国内での冷凍すり身の生産量は、昭和50年(1975年)ごろ全盛期をとなり年間40万トン以上に上った。しかし、昭和52年(1977年)200海里規制により、スケトウダラの漁場であったベーリング海での操業が米国に委ねられ、冷凍すり身の輸入が始まった。その後も、スケトウダラだけではなく、ホッケ、イシモチ、イトヨリダイなどと対象魚種も増え、冷凍すり身製造技術もタイ、インドネシアなどの東南アジアにも普及し、日本の水産ねり製品業界に向けた冷凍すり身の製造が拡大し、カマ

ボコをはじめとした日本の水産ねり製品の冷凍すり身への依存度が増し、水産ねり製品の主原料は冷凍すり身が主流となり、昭和 60 年(1985 年)には、国産冷凍すり身約 42 万トンが生産され、輸入冷凍すり身約 8 万トンを合わせると、約 50 万トンの冷凍すり身が利用されるようになった。そして、平成 4 年(1992 年)頃、海外での冷凍すり身の生産量は国産のそれを上回り、年々輸入原料への依存度を高め、平成 22 年(2010 年)には、冷凍すり身の内約 73%が輸入原料となった(図 3-3-2)。

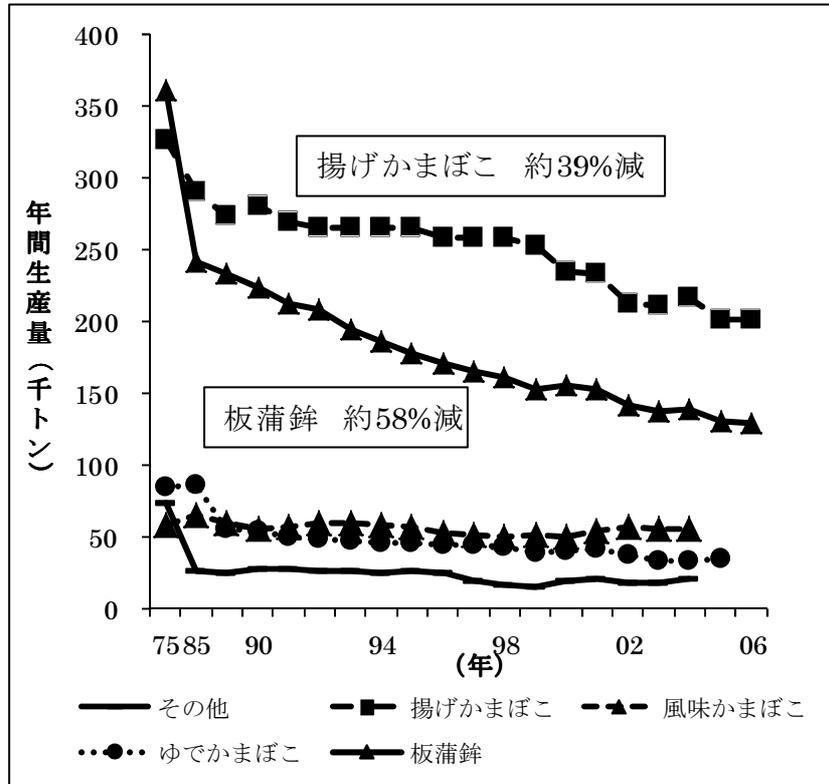
一方、これまで蒲鉾屋がそれぞれに職人により、培われたすり身製造の技術が不要となり、少数に限られた大手水産加工メーカーの製造する画一的な製品が市場を占めるようになっていった。これまで、零細な水産ねり製品メーカーが、それぞれの地域の水産資源を有効活用し、すり身からねり製品の製造までを一貫して行い、その地域の特徴ある水産ねり製品を製造・販売してきた。特に漁業地域においては、水産ねり製品産業が地場産業として地域経済の一端を担ってきた。冷凍すり身が主原料となったことで、そこで働く水産ねり製品職人により培われてきた、すり身製造の技術が衰退し消滅へと繋がった。最終製品の価格低下が進む中、大手メーカーは漁場の工船上で製造される冷凍すり身(洋上すり身)を使い、大手流通・量販店向けの廉価な製品に特化することで生産量を上げた。しかし、経済が安定成長期に入った日本において、国民の生活水準が向上し、嗜好が多様化していった結果、画一的なねり製品の消費量が年々低下していくこととなった。

ねり製品全体の生産数量においては、昭和 50 年(1975 年)より年々減少傾向にあり平成 23 年(2011 年)に至っては、半数以下の 50 万トン程度までに落ち込んでいる。この現状は食の多様化の時代において、水産ねり製品は家庭の食卓から減少しきていることを意味するものである。しかし、水産ねり製品の中でも唯一生産数を維持している製品がある。図 3-3-9 から明らかのように、揚げかまぼこは、1975 年と 2006 年を比較すると、年間生産量 327,000 トンから 201,000 トンと 39%減。板蒲鉾は 362,000 トンから 169,000 トンと半分以下となる 58%減少している。しかし、全体的に生産量が年々減少している中においても、風味かまぼこは生産量を維持している。ここに分類されている製品は“カニ風味カマボコ”であるが、欧州においては消費量が増加している製品である。この製品はフランスなどの西欧諸国から消費が始まり、現在は欧州各地に生産工場が建設され、東欧諸国にまで販路が拡大している(3-3-10)。このことは、海外の冷凍すり身メーカーが最終製品であるねり製品を自国工場生産し、日本への最終製品の輸出も始めたことを意味する。

このように、輸入原料に頼っている状況では、冷凍すり身を生産している地域から見れ

ば、どこの国へも輸出が可能であり、生産量が伸びている地域に輸出を行うことを推進していくことが予測される。また、昨今においては、海外の冷凍すり身製造企業が、カニ風味かまぼこなどの最終製品まで直接製造を行い、消費国へ輸出するまでになった。食品製造の根幹である原料の供給を依存し、最終製品製造のノウハウまで移譲することで、今後の水産ねり製品加工業が安定して事業を継続していくことが困難になっていくことが予想され、新たに別の原料、例えば、国内低利用魚でのすり身製造技術の確立の検討が必要となる。

世界における水産ねり製品の製造は、“カニ風味カマボコ”が 1990 年頃から北米、インドにおいてもその生産ラインを備えた食品工場が建設され、ヨーロッパ各地（フランス、イタリア、スペイン、リトアニア、ロシア）でも生産が始まり、消費されている。1991 年に設立されたリトアニアのカニ風味カマボコ製造工場では、推定能力年間 5 万トンであり、2005 年の 5.5 万トンであることから、カニ風味カマボコはグローバルな食品であると言える。このように欧米諸国における水産物の需要の増加は様々な社会状況が要因となっており、この需要の拡大はしばらく続くと予想されることから、日本の国内消費に関わる水産資源の確保は水産加工業界のみならず、水産物の約 58%を海外に依存する日本全体の課題となってくる（図 3-3-11）。



図表3-3-9 国内水産ねり製品生産量の推移 (品目別)

資料：農林水産省水産物流通統計

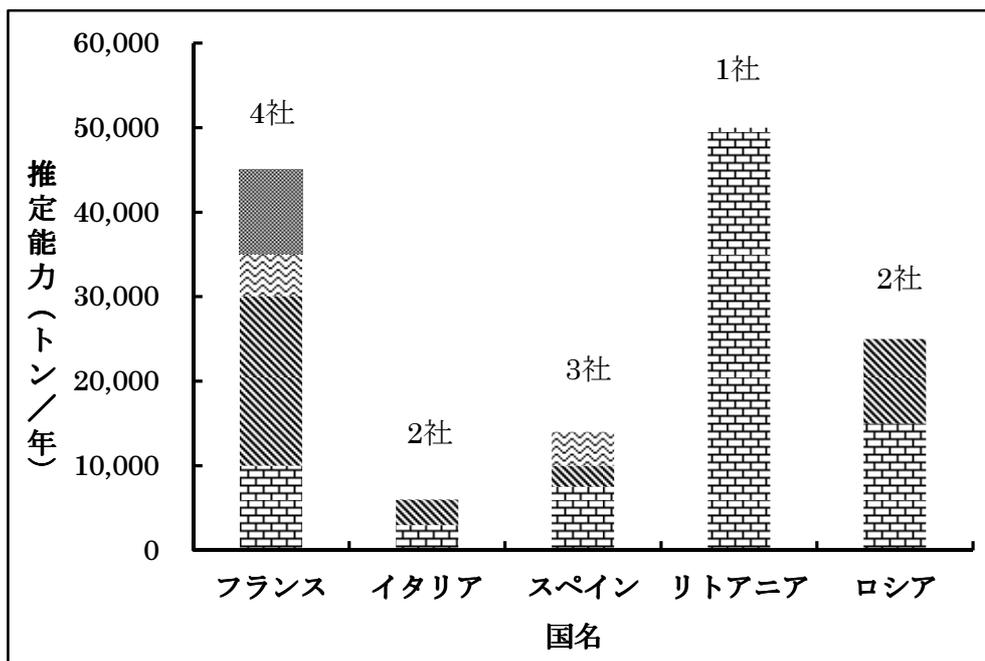


図 3-3-10 欧州のカニ風味かまぼこ工場の生産能力

みなと新聞 第 18687 号、2013 年 11 月 28 日（木曜日）（付録）を参考に作成

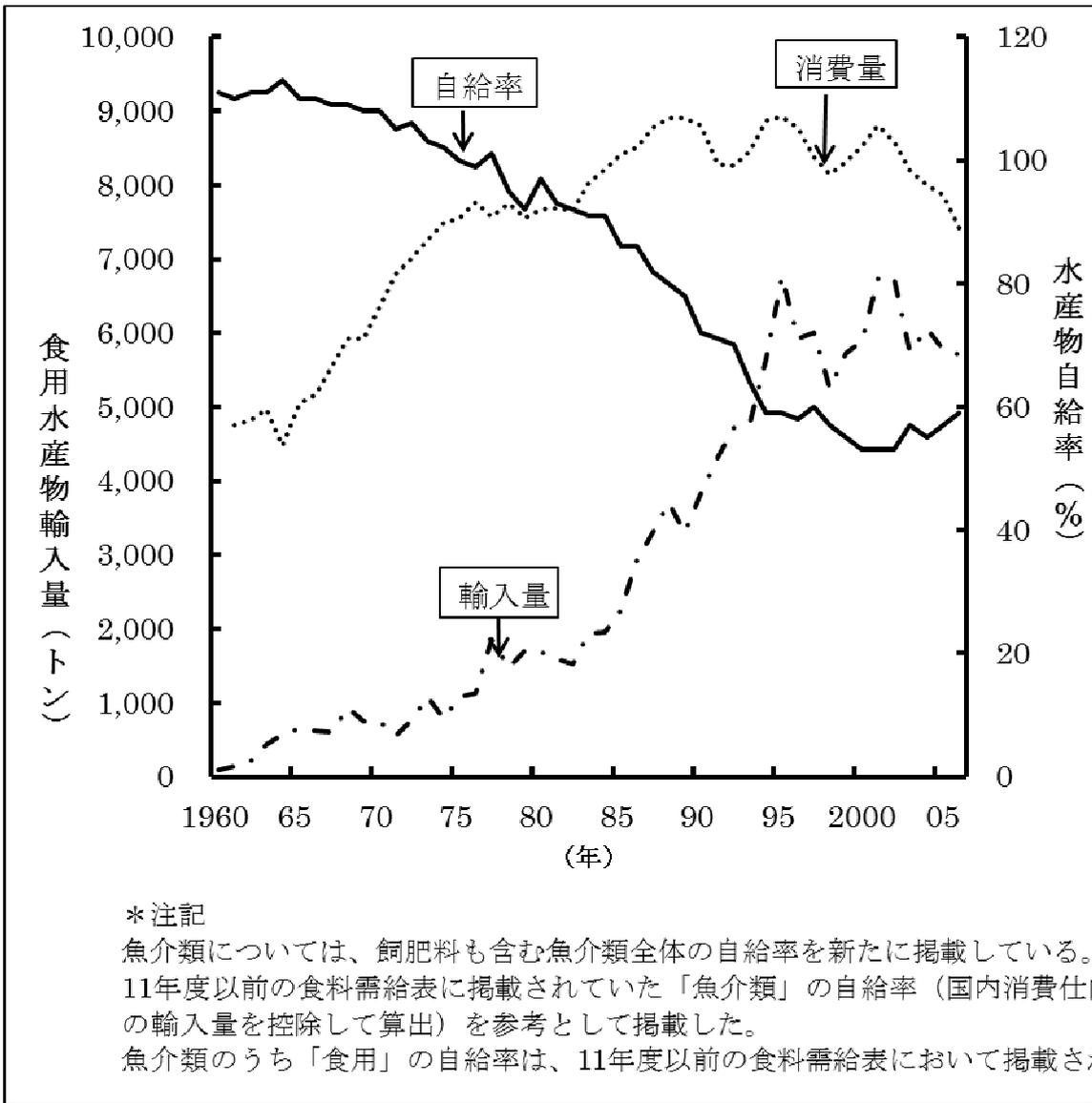


図 3-3-11 国内の水産物輸入量、自給率、消費量の推移

資料：農林水産省水産物流通統計

3-3-4 低利用資源を活用した商品開発の意義

水産資源を食料資源の観点から見た場合、水産資源は、人間にとって豊富な動物性タンパク質の源でもあり、その栄養物質については多くの報告より明らかである[94, 100, 101]。島国である日本にとって、水産資源は身近な食糧であり、子々孫々とその食文化は受け継がれて来ている。中でも水産ねり製品である蒲鉾やちくわなどの食品は、日本以外では見られない日本独自の食文化といえる。その水産ねり製品の主原料である水産資源が前述のように、海外からの輸入原料に依存していることは、この食文化を絶やす可能性もある。島田によれば、輸入原料に依存することで、これまで培われた食術（知識、技術、経験、勘、コツ等）が失われ、国力の低下にもつながると報告している[102]。今後も継続して、水産ねり製品産業を営んでいくためには、昭和 1960 年頃にスケトウダラからの冷凍すり身が開発されたように、現在において低利用の水産資源の有効活用が必要であると考えられる。

また、図 3-3-12 から明らかなように、スケトウダラ輸入すり身原料の価格変動は激しい。91 年 1 月時点で SA 級 420 円/kg、2 級 320 円/kg であったものが、同年 10 月に SA 級 800 円/kg、2 級 520 円/kg と 10 ヶ月後で SA 級は約 2 倍、2 級は約 1.6 倍に高騰した。また、2007 年には 9 月時点で SA 級 470 円/kg であったが、1 年後に 740 円/kg と約 1.6 倍となった。2007 年 10 月時点で 2 級 310 円/kg であったものが、翌年 5 月 2 級 550 円/kg と 7 か月後で約 1.8 倍に高騰している。いずれも、輸入冷凍すり身に依存しているねり製品メーカーが、高騰により国産スケトウダラ冷凍すり身を購入することで、同時に価格の高騰を引き起こす。スケトウダラ輸入冷凍すり身の価格高騰の要因は、これまであまり魚を消費しなかった欧米でカニ風味カマボコが生産され水産加工品の消費が増加したこと[98]や為替レートの変動によって引き起こされる等の報告がある[103]。しかしながら、この高騰は 1991 年も 2007 年においても 2~3 年後には平均的な価格へ低下し、2012 年以降の円安により輸入冷凍すり身価格が急激に低下していないことから、また別の要因があることも考えられる。いずれにしても、水産ねり製品における主原料である、スケトウダラ冷凍すり身の価格変動が大きいことは、水産ねり製品メーカーにとって、直接的に経営状態の悪化を引き起こすことは避けられない。これにより、水産ねり製品の価格は、値上げを余儀なくされ、各社値上げと強いられたが、商品に価格転嫁できない水産ねり製品メーカーは、一層厳しい経営状態となった。このように、原料価格や供給量に応じて生産量及び経営状態まで圧迫することになる。

このような状況に対して、各地で低利用資源の水産ねり製品原料としての活用が行われ

ており、ウロコガレイ、大型イカナゴ、カジカ類の冷凍すり身化[104]や国産水産物流センターでは、「平成 25 年度流通促進取組支援事業」の第二次公募で小田原市、泉大津市、出雲市大阪市において水揚げされるが、流通されていない魚種や大量漁獲による急激な価格が下落する魚種、季節変動により価格が変動する魚種などのすり身への有効活用への取組みに対する支援を行う予定である[105]。現在、日本国内におけるスケトウダラ以外の冷凍すり身も製造されているが、低利用魚されている赤身魚であるサバ、イワシは 5%に過ぎない（図 3-3-13）。

淡水魚の利用については、「宗吾大双紙」（1528 年）にナマズを原料に、「本朝食鑑」（1714 年）にコイを原料にしたと記されている[106]。近年においては、東南アジアで淡水養殖されているナマズの種類であるバスが冷凍すり身で流通していたが、2010 年、陸上養殖のため養殖場に農薬が混入しそれが肉中から検出されたため、現在日本国内ではほとんど流通していない。従って、すり身として利用されている原料魚は海水魚及び天然魚だけである。

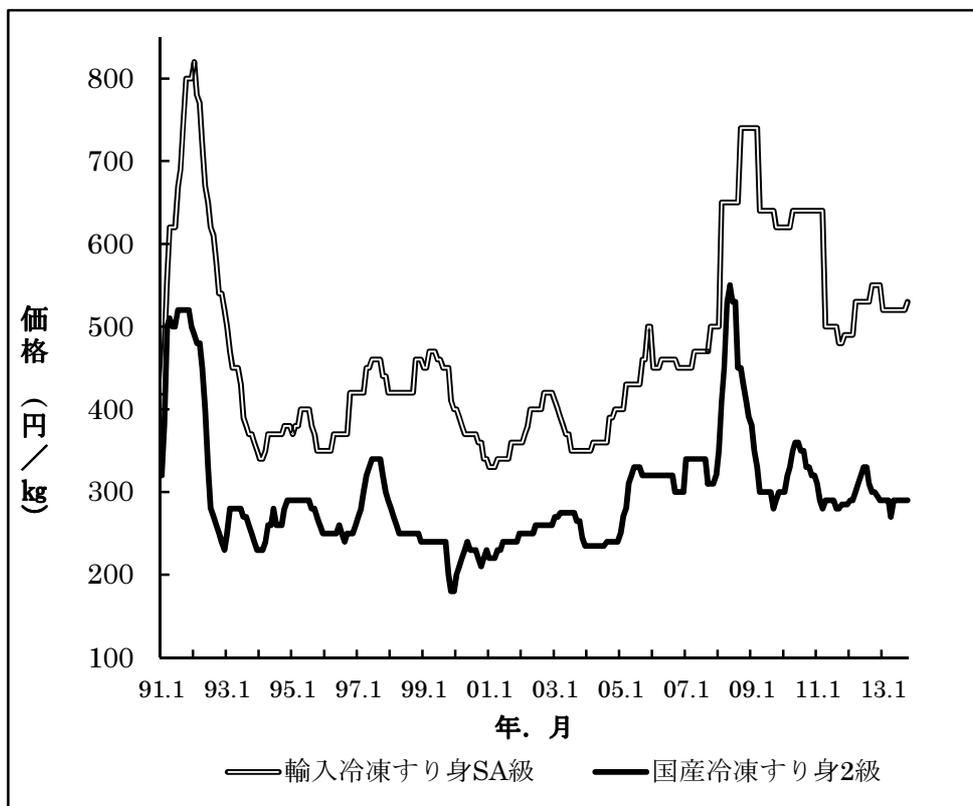


図 3-3-12 スケトウダラ冷凍すり身輸入SAと国産2級比較

みなと新聞 第 18687 号、2013 年 11 月 28 日（付録）を基に作成

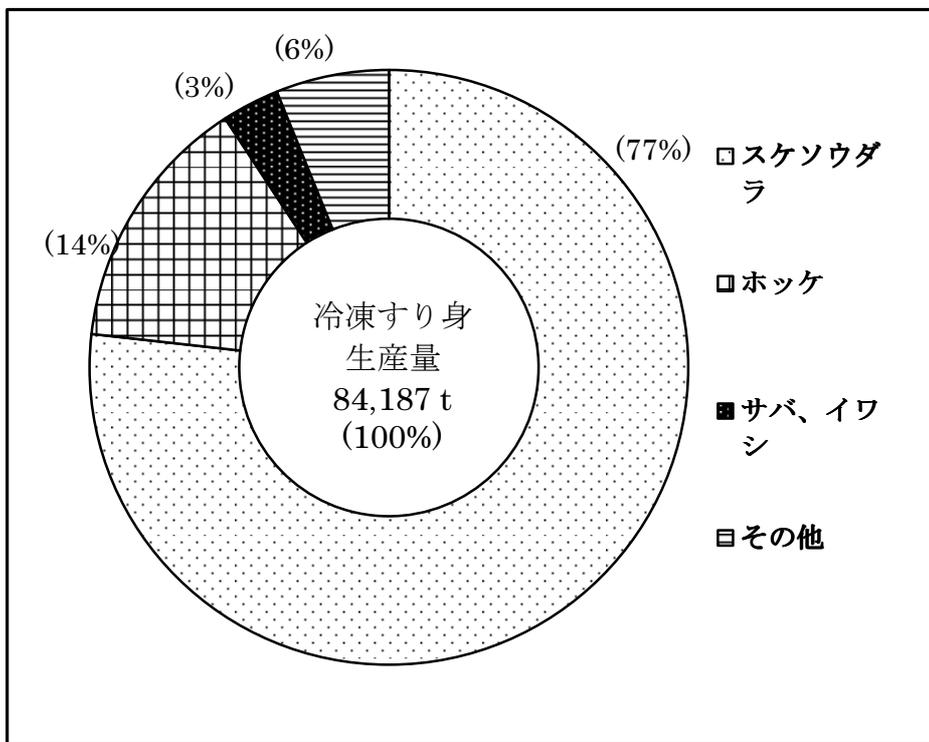


図 3-3-13 国内冷凍すり身製造割合

水産物流通統計年報、品目別水産加工品生産量累年統計、陸上加工、全国（2012年）を
基に作成

3-4 三重県内漁業と加工業との連携の可能性

はじめに

古来より、水産資源は日本人にとって重要な蛋白源として様々に活用されてきた。図3-4-1によると、三重県における漁業生産量（海面漁業のみ）は1956年から年々増加傾向にあり、1984年の276,395トンピークに減少傾向にあり、近年は1965年頃の水準にある。これに応じ後継者不足等の要因により漁業者も減少傾向にあるが、伊勢湾地区のアサリ底引き網漁業、志摩・度会地区の海老刺網漁業、熊野灘地区の魚類養殖業などの一部で後継者が確保されているという報告もある[107]。近年においても伊勢湾、熊野灘、リアス式海岸の伊勢志摩地方を有する三重県においても漁業は地域の基幹産業として重要な産業となっている。水産資源はこの地域にとって重要な資源であることに変わりはなく、むしろ、地産地消が推進されている社会事情から考えるとその重要性は増してきている。本稿では統計データと三重県の代表的な漁港である熊野灘漁協の奈屋浦漁港への調査結果から、三重県内の漁業の現状と課題、変化への対応状況をまとめる。

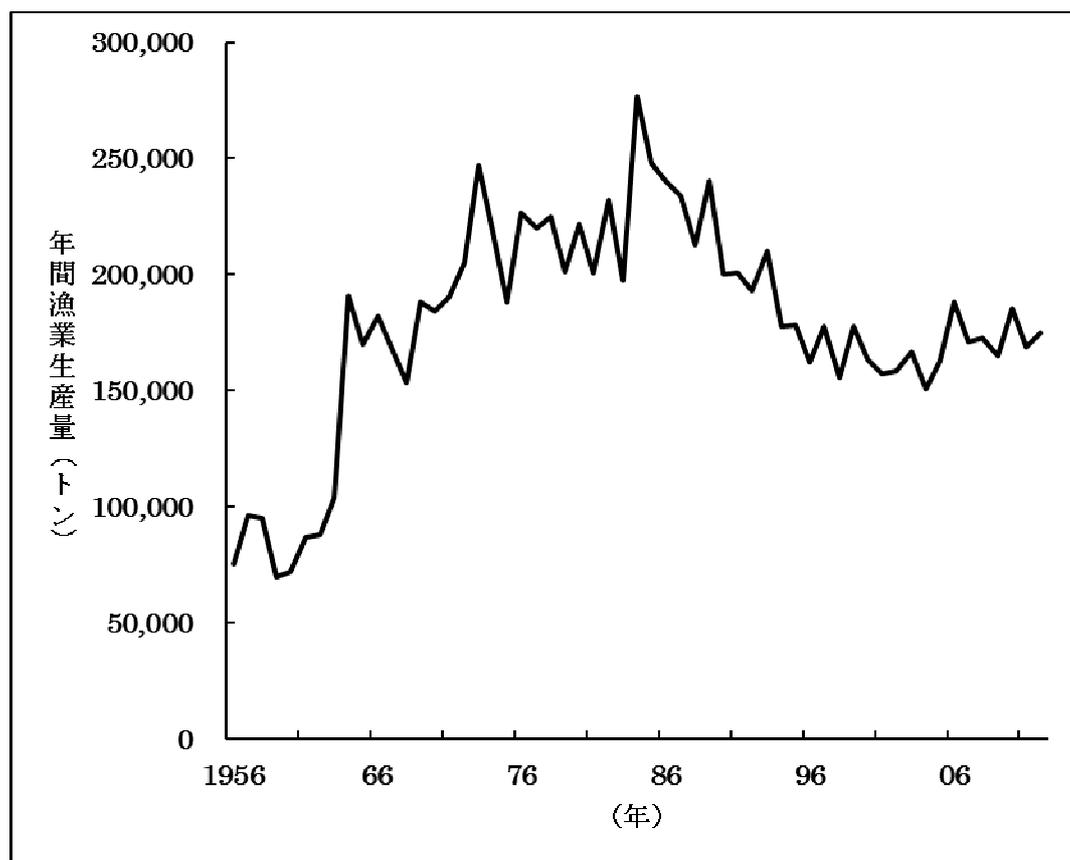


図 3-4-1 三重県海面漁業推移

大海区都道府県振興局別統計 海面漁業魚種別漁獲量を基に作成。(2012年は概数値)

3-4-1 三重県の漁業

三重県においては、様々な魚種が漁獲され、平成23年(2011年)度の農水省統計調査資料によると、漁獲量は全国4位である(図3-4-2)。また漁獲される魚種を全国統計と比較すると、北方のみで漁獲されタラ類を除き、イワシ類、サバ類、アジ類、カツオ類は全国と三重県で漁獲量の多い魚種は同じであり、日本において三重県漁業は重要な産業である。しかし、その反面漁業は年々衰退傾向にあり、県内の漁業就業者は年々減少傾向にあり、1993年は32.5万人であったが、2009年には21.2万人と1975年に比べると45%減少し、漁業者の高齢化も進み就業者の約49.8%が60歳以上の高齢者となっている(図3-4-3)。

三重県の漁業は地理的に伊勢湾、志摩・度会、熊野灘の3海区に区分されている[107]。沿岸漁業における資源の減少、魚価安、漁業者の高齢化後継者不足など厳しい状況にある。そこで平成7(1005)年度～平成12(2000)年度に三重県の水産業の振興を図るために水産振興基本計画が策定され、海と漁業の文化に根ざした新しい漁村づくりを基本目標とし、資源管理、漁場環境保全、新水産食品や特産加工品の開発、低利用資源の高付加価値化など漁村の活性化が進められた[108]。

現在、漁業が主産業で、漁獲した海産物販売が収入の大部分を依存すると思われる三重県南部の沿岸地域は、かつては現在とは異なった経済形態であった。高度成長期以前の三重県南部地域の漁村の多くは季節に応じて、ブリ、カツオ類、伊勢エビ、ボラ、アジ・イワシ類、アワビ・サザエ、海藻類などのさまざまな海産物を漁獲し、鮮魚として販売するだけでなく、さまざま加工を行うことで付加価値を付けた商品とすること、あるいは、漁の間の時間を旅館と連携し、釣り渡船を行うなど、漁業者・加工業者・観光業者が連携した地域経済環境、つまり「多様型経済」があり、生活者の生計が維持されていた。この状況は漁業に限らず、農産物の販売が収入の大部分を占める中山間地域の農家においても同様である。今後それぞれの地域特性に適合した漁村活性化策の構築が急務である[107, 108]。

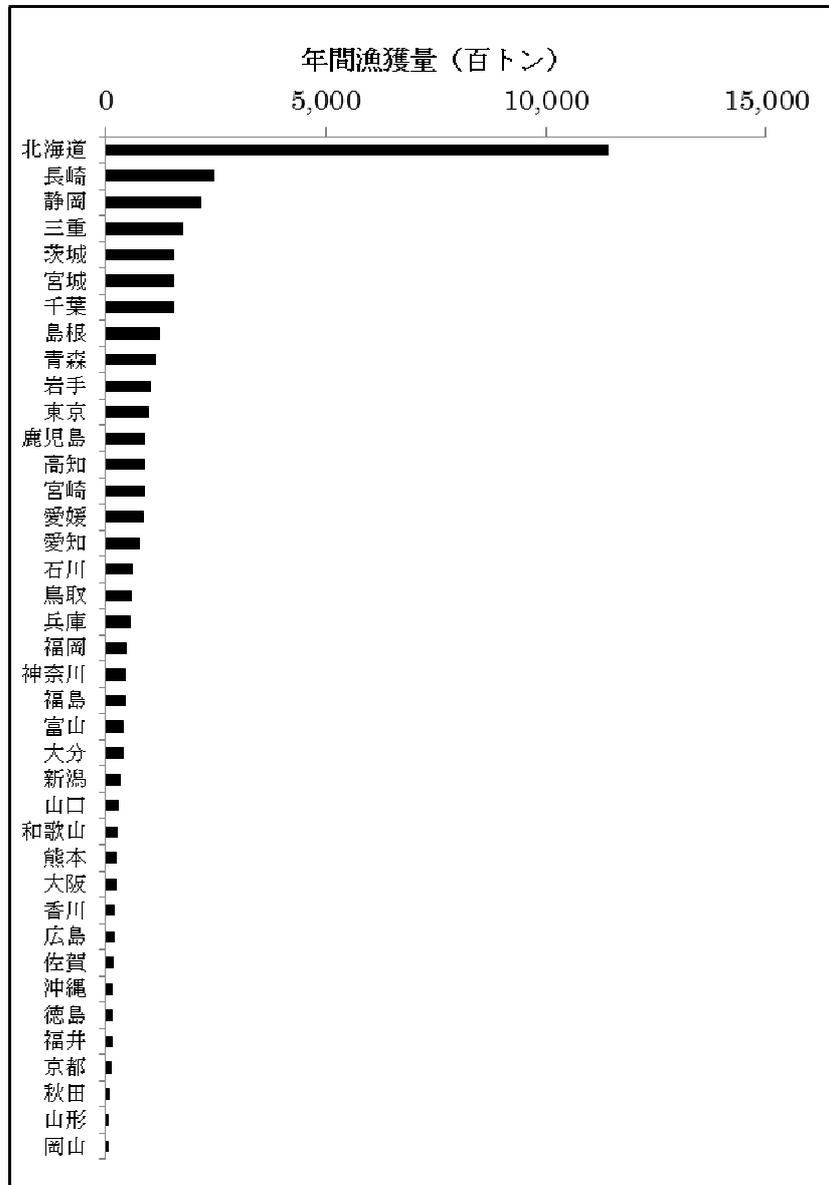


図 3-4-2 全国海面漁業都道府県別比較

農林水産庁、海面生産統計調査（2012）を基に作成

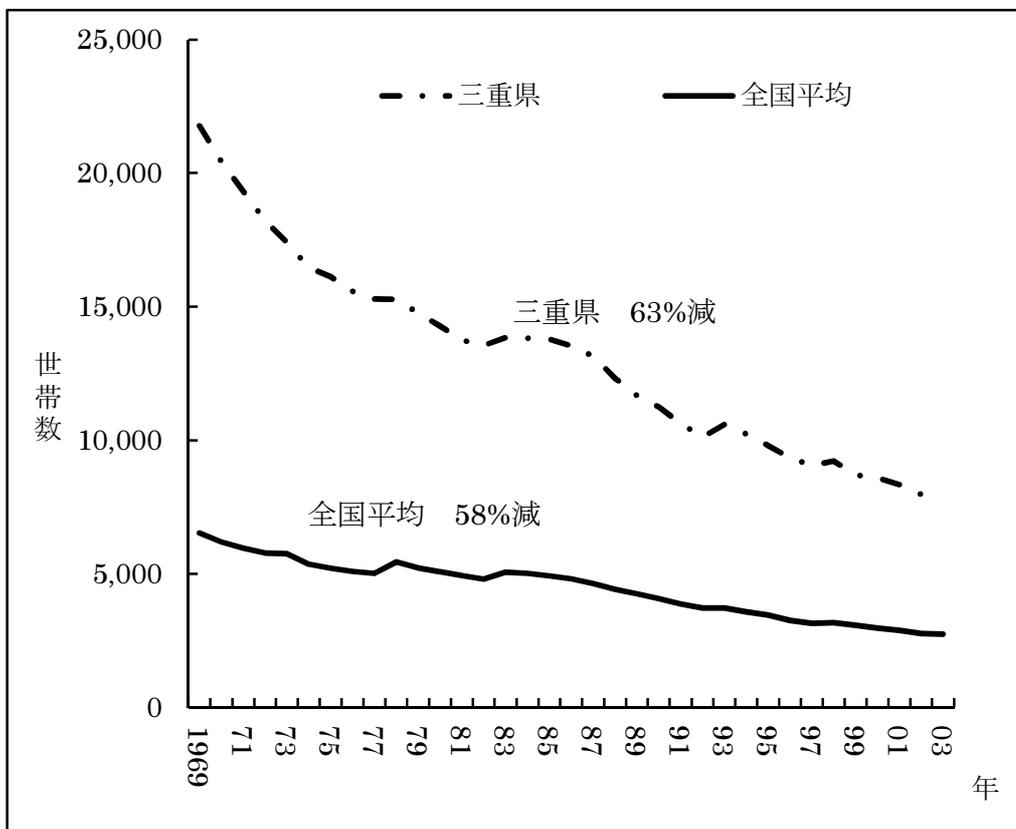


図 3-4-3 道府県別海面漁業の世帯数 (1969 年～2003 年)

総務省統計局、

3-4-2 南伊勢町奈屋浦漁港

本検討では、県内で最も漁獲量の多い奈屋浦漁港の現状を調査した。奈屋浦漁港は三重県度会郡南伊勢町奈屋浦にあり、1953年3月5日に漁港指定を受け、1965年より整備計画漁港の指定を受け西導流堤、堤防、護岸、物揚場等が整備され、次いで1973年から東防波堤、東導流堤、護岸、岸壁等が整備された。1977年には漁港関連道が整備されている。2010年のデータでは、くまの灘漁業協同組合に属し、地区人口686人、組合員数196人、漁業経営体数48、人口16,295人であり、登録漁船は177隻、陸揚量は年間47,729.6トン、陸揚げ金額は年間3,540百万円である（三重県農林水産部水産基盤整備課を参考）。

三重県内において南伊勢町の奈屋浦漁港は漁獲額3,573百万円と最も漁獲額が高い港（図3-4-4）で、水揚げ主要魚種は多獲性赤身魚である（図2-1）。

2013年5月31日三重外湾漁業協同組合直販・営業本部田中秀弥直販チームリーダーから三重外湾漁業協同組合での取り組みについて奈屋浦漁港の同組合で話を伺った。もともと奈屋浦漁港は近隣の漁港と同等あるいはそれ以下の小さな港であったが、1990年頃より、清水清三組合長の陣頭指揮のもと港の整備、冷凍設備を含めた大規模な港湾整備を行い、県内で最も漁獲量の多い港となった。2010年頃より、取引魚価を生産者側できめるための仕組み作りに着手し、魚価の安定を目的に付加価値を付けた直販及び加工業務を始めた。それまでは、奈屋浦漁港で水揚げされた魚は品質に関係なく、県外を含めたその日の市場相場で値決めされ、漁業者にとって不安定な経営状態を強いられていた。また三重県内で水揚げされた魚であっても、三重県内の小売店で販売されていないことに疑問を抱き、直接県内小売店に対して商談を行い、現在では営業人材も確保し、県内各所で直接販売を行っている。加工業務では、フィレマシーン2機設置、フィレにして、業務用への販売も行っている。今後も加工技術を研究し新しい加工製品の開発を行う予定であるとのことであった。

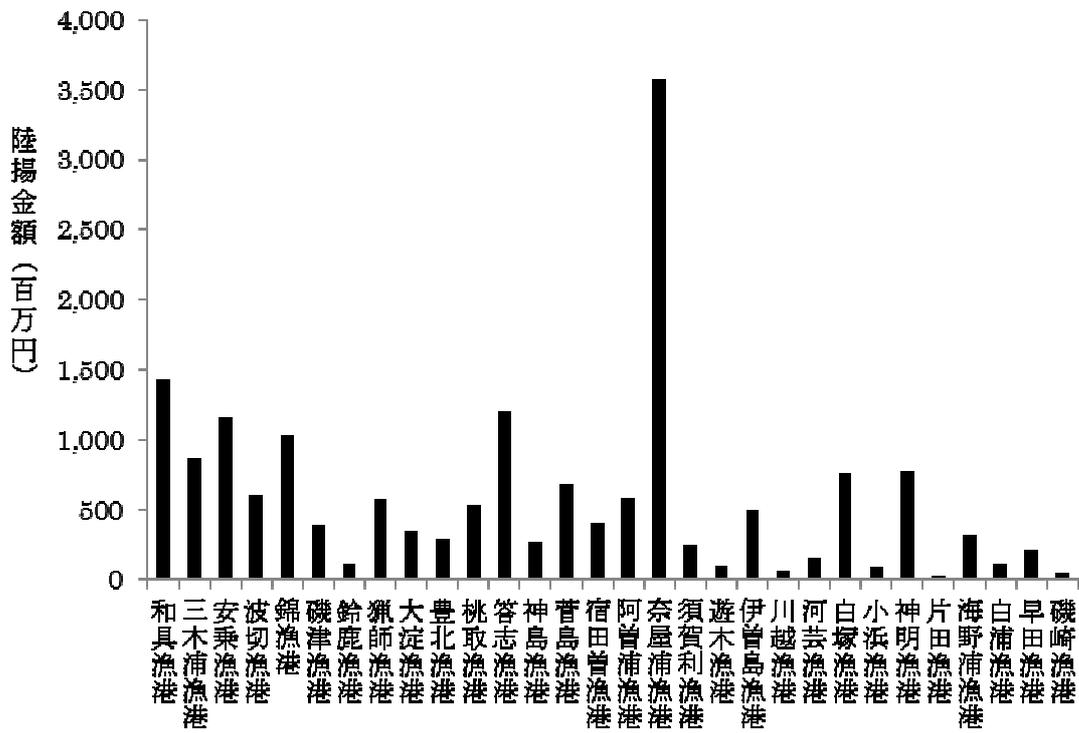


図 3-4-4 三重県主要漁港における漁獲額 (2007 年)

三重県農林水産部水産基盤整備課 漁港の港勢調査、

3-4-3 漁業地域における水産加工産業の先進地事例

輸入冷凍すり身の価格、質および量は生産国の地政学的事情により大きく変動し、水産ねり製品製造業界にさまざまな問題を起こしている。イワシ、サバ、アジなどの多獲性赤身魚の水産ねり製品への利用は、こうした問題に対する解決策のひとつである[11]。

本項では組合組織を立ち上げ、近海で漁獲されるアジ、イワシを活用した冷凍すり身事業を行っている長崎蒲鉾水産加工業協同組合(長崎市京泊 3 丁目 16 番 33 号 <http://www.surimi.or.jp>)への聞き取り調査結果について報告する。

〈概要〉同組合は水産業協同組合法に基づき、組員数47社で1972年に設立された。現在、出資金1億4,300万円、従業員60名(女性40名、男性20名)、組合員は長崎市内を中心とした30社の水産ねり製品メーカーからなり、冷凍すり身の製造・販売を主な事業として活動している。同組合は組合員への原料供給を目的として設立されているため、かまぼこ・ちくわを始めとした水産ねり製品の製造・販売は行っていない。

黒川の報告[54]によれば、1977～1979年長崎県水産試験場と同組合が冷凍フィッシュブロック技術の開発を共同で取り組み、長崎県が同組合のマイワシ冷凍すり身化技術開発を支援した。マイワシの加工特性は、鮮度低下が早く、これに伴いゲル形成能の低下も早い。そのため、スケトウダラ2級と同等のゲル形成能であり、季節的(特に3～5月)に著しく劣った。しかしながら、長崎県でイワシすり身が定着した要因として、技術開発への公的資金の援助、この地域イワシ加工品の食文化が存在したこと、組合の努力の3点を挙げている。

長崎市は底引き網トロール漁業の中核基地で、エソ・グチ・タチウオなどが多く水揚げされていたことから、それらを活用した水産ねり製品の製造が盛んな地域であった。もともと、各事業者が個別にすり身の生産を行っていたが、1970年に制定された水質汚濁防止法により、一定水準の排水処理施設を有した施設でなければ、すり身の生産が行えなくなった。そのため、長崎市内の事業者が集まり、1972年に同組合を設立、1974年から組合員への供給を目的とした冷凍すり身の生産が開始された。現在は、購買すり身の販売、冷凍調味すり身の販売も手掛けるようになり、現在まで約35年間に渡り、すり身を生産してきている。同組合が設立された時期に、長崎以外の地域でも、共同組合方式でのすり身生産が開始されたが、組合員が共同生産されたすり身でなく、安価な輸入冷凍すり身を利用することが多くなるなどの理由で、すり身生産事業が成立しなくなってしまった。現在、組合組織でのすり身製造事業を行っているのは、長崎市と舞鶴市の二つの組合だけとなっている。2008年に輸入冷凍すり身の不足から、価格が高騰し、原料確保が水産ねり製品事業

者に重い負担となった際、改めてこの組合の重要性が認識された。

すり身の原料魚は組合設立当初から地元まき網漁業によって漁獲される赤身魚（アジ・イワシなど）を用いていたとのことである。その理由は、すり身製造技術が向上し、赤身魚の利用が可能になってきたことと底引き網トロール漁業が衰退傾向にあり、白身魚（エソ・グチ・タチウオなど）の入手が困難になってくることが予想されたことによる。現在、同組合は年間5,000トン前後の原料魚を処理している。その内訳はアジ40%、イワシ35%、コノシロ15%、その他（エソ、タチウオ、グチ、トビウオ等）10%とのことである。同組合の工場では、どの魚種も50g以上の魚体のものなら処理することができる設備となっている。施設は、原料魚の1次処理（頭部および内臓の除去）を行うフィレマシーン（処理能力：1分間に100尾）4機、採肉機（骨および皮の除去）2機が設置されており、1日およそ15～20トンの魚が処理できるとのことである。採肉後、2～3回の晒しを経て、脱水・裏漉しののち、最終濃度8%になるように砂糖を加え、X線検査の後、コンタクトフリーザー（-20℃）で冷凍され、冷凍すり身となる。冷凍すり身は出荷されるまで同組合保有の冷凍庫で保管される。現在の同組合の年間冷凍すり身生産量は2,300～2,500トンである。2009年の全国における冷凍すり身消費量は、270,000トンであり、およそ1%のすり身が同組合で生産されていることとなる。製造された冷凍すり身は非組合員にも販売されており、現在は組合員50%、非組合員50%、年間約8億円の売り上げとなっている。また、組合員への輸入冷凍すり身の仕入れ販売も手掛けており、これは約8億の売り上げとなっている。その他、調味すり身などの売り上げを加えると総売上高は年間約17億5千万円とのことである。

すり身の製造工程では原料魚の洗浄や晒し工程において多量の水を使用する。そのため大量の排水が発生する。特に、晒しの工程において、原料重量比20倍の排水がされ、同組合では1日あたり400～500トンの排水を処理しており、年間6,000万円程度の処理費用を要していることから、今後の課題となっている。

多獲性赤身魚の脂質は食品配合素材となるため[109]、有効に活用できれば新たな製品素材となり、環境汚染の防止にも繋がる。同組合では、晒し中に遊離する魚油を回収し、養魚用フィードオイルとして2次利用することを既に開始している。その他、すり身製造工程で発生する残差の活用も行われており、これらによって、年間1,000～2,000万円の収益を上げているとのことである。

3-4-4 今後の展望

今回の調査により、奈屋浦漁港（三重外湾漁業協同組合所属）は、長崎市の組合と比較しても立地、環境、優れた人材において冷凍すり身事業を行うための要素をすでに構築している地域である。図 3-4-5 に示すような連携体制による新産業の構築を進めて行く必要がある。そのための課題として以下の 2 つが考えられる。

一つ目として、多獲性赤身魚の高付加価値化への更なる研究である。美濃ら[110]は凍結ゴマサバの水産ねり製品への活用について、炭酸ナトリウム添加により一定の評価が得られたことを報告しているが、まだスケトウダラ、イトヨリダイと比較品して、ねり製品に求められるゲル形成能には及ばない。また、サンマの高付加価値化を目指した冷凍すり身製造研究[111]、深海魚[112]など低利用資源の活用が報告されているが、直ちに既存の冷凍すり身に代わるものではない。さらに、冷凍すり身は国際的な商品となっている為、冷凍すり身の性質が国際規格化される必要があるとも報告[113]がされており、今後更なる多獲性赤身魚を活用した冷凍すり身製造におけるゲル形成能についての研究が必要となる。その実現のためには、研究機関と行政機関の協力を得ることが必須であり、加えて研究機関と民間企業との密接な関係構築により、技術革新が生まれシーズ志向での商品開発が求められる。

二つ目は、水産ねり製品メーカーへの需要開拓である。現在多くの水産ねり製品原料は輸入冷凍すり身に依存していることは先にも述べたが、三重県内メーカーでも同じ傾向である。三重県内で水揚げされた魚で冷凍すり身が作られても、県内での原料として消費が生まれなければ、新産業としての経営は成り立たない。まずは三重県魚肉ねり製品組合連合会等へ、主要原料としての活用を呼び掛け、長崎での成功事例をもとに各メーカーでの商品開発が求められる。現在、三重県魚肉ねり製品組合連合会において、三重県雇用経済部の平成 25 年度伝統産業・地場産業新たな魅力創出事業費補助事業において、水産ねり製品の新しいブランド化と技術の継承を目的とした事業に取り組んでいる。

しかしながら、三重県内の水産ねり製品加工メーカーにおいても、主原料ですり身を海外に大きく依存しており、長崎蒲鉾水産加工業協同組合のような国内原料を活用したすり身製造事業体の役割が見直されてきている。奈屋浦漁港は、立地環境、保有設備、人材とも、新たにすり身産業を構築するための要素を保有している地域である。今後、新たにすり身事業を起すためには独自技術の確立が重要である。独自性の高い技術として、我々は凍結ゴマサバ魚肉に炭酸ナトリウムを添加することで、さつま揚げには十分使用できる

すり身を製造できることを報告した[110]。このことは、この地域に多くある凍結ゴマサバという低利用水産資源の有効活用への糸口を見出すとともに、国産のすり身原料の安定供給の可能を示唆する。このことは、水産ねり産業界の活性化の側面ばかりでなく、地域にある低利用資源を活用することによって、三重県における水産関連産業の再興に繋がると考えている。

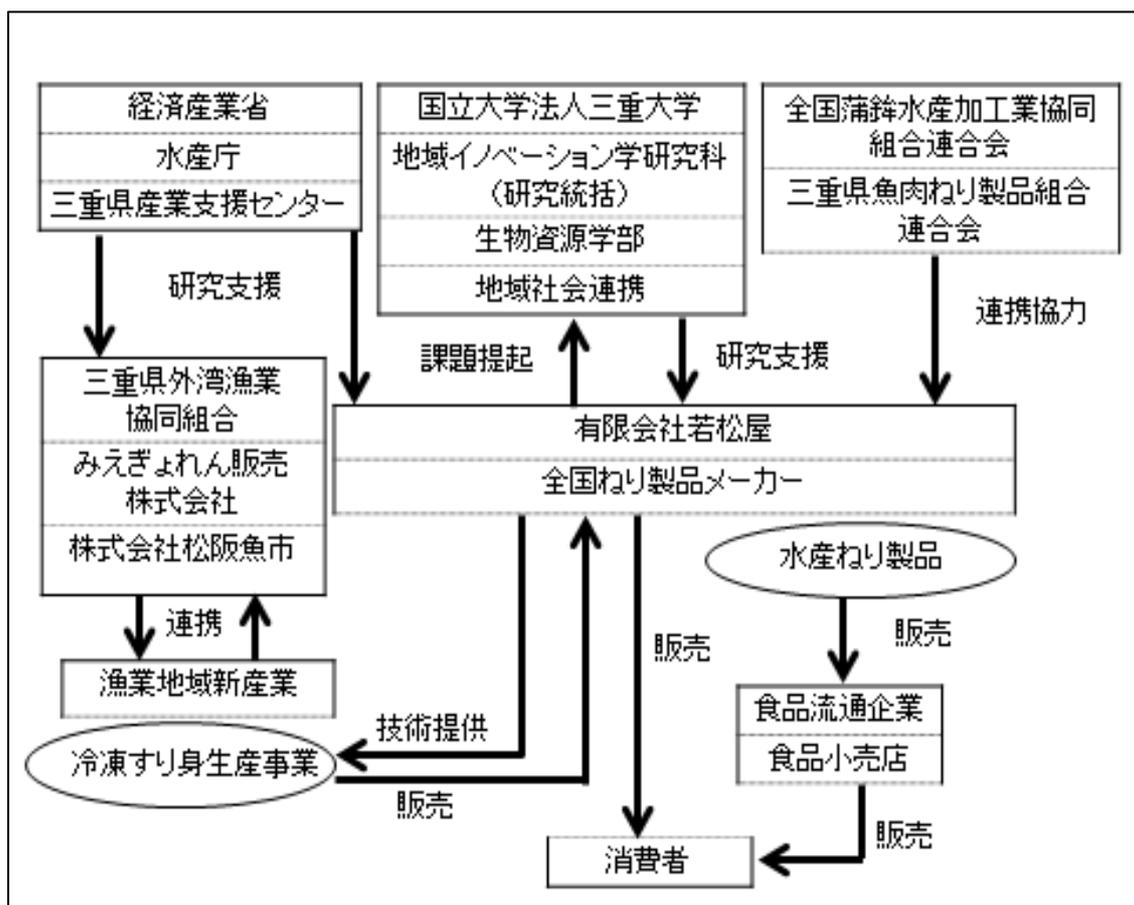


図 3-4-5 地域連携モデル

3-5 総合考察

水産練製品製造をコアにした、新たな産業モデルプランの提案と実現の可能性

国内水産ねり製品業界が抱えている課題として原材料の安定確保、販路開拓・商品開発があり各社・各関連機関でさまざまな取り組みが行われている。海外原料依存と大手量流通業に向けた低価格商品展開が主流となっていた業界にとって、米国産のスケトウダラ冷凍すり身の高騰によって、新たな低価格原料産地の開拓が求められ、東南アジアなどのさまざまな諸外国に原料を転換することとなった。しかし、東南アジアなどのすり身は魚種も多様で、品質、価格とも安定していないという課題があり、原料供給体制の安定化を図ることが重要な課題である。

水産ねり製品産業はもともと、地元で水揚げされる魚を主たる原料とすることで、地域経済を支える役割を担ってきた。しかし、近年、水産ねり製品産業を取り巻く環境は大きく変化してきた。生産と消費が地域・国内で完結していた水産ねり製品製造の産業構造が国際的な地政情勢の変化、国際的漁業秩序の変化、国内漁業の衰退、諸外国の食の安全、食習慣に対する意識変化ならびに加工・生産技術の海外伝搬に伴い、原料すり身ばかりでなく最終製品であるねり製品までも諸外国で事業展開されるようになり、国内需要が頭打ちになる中、海外での需要が増加傾向にあることである。しかし、このような需要の高まりへの対応は高い技術力と資本力のある少数の事業者が担うことになり、そのため、地域のねり製品産業を含めた水産業界はますます衰退傾向に向かっている。

水産資源に限らず、食のグローバル化は様々な問題を含んでいる。食糧という観点からは、日本の食料自給率は35%と海外からの輸入に大きく依存している。しかし、その一方で1年間に約2,200万トンの食品を廃棄しており、そのことを危惧している人は少なくない。そのような状況において、食のグローバル化への対応策の一つとして、“地産地消”という概念が注目され始めている。世界的に拡大した食の需給システムを、その地域内に縮小限定させるという地産地消の考え方は、消費者の食への安全意識の高まり、環境・エネルギー問題と関連したフードマイレージ削減への取り組みなどと相まって、広がりつつある。日本政府においても、地産地消は食料自給率の向上に向け取り組むべき重点項目としている。では、地産地消は現在のグローバル化した食糧のシステムに換りうるのか。

地産地消の具体的な取り組みとしては、上記基本計画に続き、2008年5月に「中小企業者と農林漁業者との連携による事業活動の促進に関する法律（農商工等連携促進法）」、2010年12月「地域資源を活用した農林漁業者等による新事業の創出等及び地域の農林水

産物の利用促進に関する法律（6次産業化法）」が制定され、国策として「地域内循環型経済」の構築が推進されるとともに、「農水産物直販所の設置」「学校・福祉施設・観光施設等での地元食材の活用」「地域特産の農水産物の加工品開発」などの地域資源を生かした小規模ビジネスが各地域で行われている。この取組みを推進することで、期待する効果としては、「生産者と消費者との距離を縮める」「輸送に係るエネルギーコストの削減」「食の安全性の向上」などが想定されており、さらに波及効果として、「地域経済・地域社会の内発的な発展・活性化」を期待して、各地の自治体に取り組んでいる。一方で予想される弊害として、「地産地消の指すところの地域概念（どこまでが地産なのか）が曖昧」「厳格に実施すると、排他的小地域ブロック経済市場になってしまう」「大量生産に向かないため消費者の金銭的負担が増加する」などが挙げられる。

上記のような事柄から、総合的に判断すると、地産地消はグローバル化した大量流通システムを根幹とする現在の食の需給システムを直接改善するようなものではなく、あくまでも概念として、「食糧自給率向上」「地域特産品作出」「地域文化伝承」などを推進するための基本理念と捉えることができる。生産現場から消費場所までの距離が近いということから、一次生産物の鮮度が良く栄養成分が維持されていること、輸送コスト・消費エネルギーの削減効果、地域住民への地場産業・地場産品への親近感の醸成、などの効果があり、生産者と消費者とを直接結び付ける取組みでもあることから、物理的な距離が短いということだけでなく、コミュニケーションを伴う地域産品の行き来が促進される。つまり、消費者が生産者・生産地を知ることで、自己の責任において、安全・安心な産品を選択でき、生産者が消費者のより細やかなニーズを知ることで、激しい価格競争に巻き込まれことを避けられる商品開発ができる効果が考えられる。いずれにしても、地産地消は地域資源である農林水産物等の一層の活用と消費の増加によって、商品と資本の地域内での循環を高め、さらに、消費者との直接的な関係性の構築を進めることで、地域域外も含めた商品販売等のネットワークを構築し、安定的な外貨を獲得にも資する活動であり、「地域内循環型経済」を補強する取組みである。言うなれば、「無制限な大量流通の行使」を抑止する「良心」であり、決して後戻りすることはない現在のグローバル化した食の需給システムを補完し、向上する役割を期待できる。今は、地域場産業としての役割を担ってきた水産物製品メーカーにとっては、21世紀の日本の地域社会における地場産業としての役割を改めて、見つめ直す時期にある。

当社でも新たな事業展開を考え、伊勢湾周辺で漁獲されるエソを活用した水産ねり製品の開発に取り組んだ。平成 15 年度の三重県ブランドチャレンジャー事業において、「伊勢湾の低利用資源の有効活用」というテーマでの採択を受け、低利用資源魚の凍結エソを有効活用のための研究に取り掛かった[114]。2・2でも述べたように、三重県においてもエソは、特に夏季のキス漁やサラワ漁の流し網において、混獲される魚種である。一日に1トンを超える漁獲がある日もあれば、まったく漁獲されない時期もある。また、鮮度の低下が早く、生魚での保存が非常に難しい魚種とされている。そのため、市場価値が低く、漁獲されても、漁港に水揚げされないケースも多くある。そこで、独自の入手ルートを開拓し、大量に漁獲される時期に冷凍保管し、冷凍エソからすり身を製造することを試みた。しかし、鮮魚のエソで作るねり製品の弾力を出すことができなかった。いわゆる“歯ごたえ”のある蒲鉾の製造ができないすり身であった。そこで、発想を変え、「ねり製品は弾力が重要」との既成概念には捉われない、新しい触感の商品として“伊勢ひりょうず”を開発した。現在、各地の水産ねり製品メーカーもそれぞれの地域の特産品を活用した限定的で独自性の高い商品の開発・販売に取り組み、市場から高い評価を受けている。日本経済新聞 2012 年

12月1日号のなんでもランキングでの、ねり製品評価で伊勢ひりょうずは10位に選考された。東海北陸地域から唯一であった(図3-5-1)。

日本経済新聞

NIKKEI

プラス1

A

10位 若松屋「伊勢ひりょうず」
(三重県伊勢市)

410票 タラやグチなどの魚のすり身に豆腐を合わせ、伊勢ヒジキ、キクラゲ、タケノコやウズラの卵など9種類の具を入れて揚げている。大きさは子どものこぶしほど。「具材たっぷりで食べ応えがある。見た目も豪華」
(新井さん)

① 1個315円②0120・23・1721 www.wakamatsuya.co.jp/



蒲鉾の品質は“歯ごたえ”という発想はあくまで、作る側の価値観である。食の多様化が進んでいる現在の日本において、消費者に受け入れられる、ユーザー目線に立った商品開発をしていかなければならない。この“伊勢ひりょうず”は“足”の出ない魚であっても加工方法あるいは、商品形態を工夫することで有効活用できることを示した事例である。この伊勢ひりょうずの成功は、大手メーカーでは、成し得ないであろう。小規模生産が可能な地域の中小メーカーが開発を行ったことと、地域限定的ではあるが独自の販売チャンネルを構築していたことで、魅力ある限定商品になったことによる。また、この事業の成功から魅力ある限定商品は、特色ある商品を望む一定の消費者の需要を掘り起こすことができ、この需要は経済状況に大きく左右されないことが確認できた。さらに、魅力ある限定商品は零細事業者にとっても、自身の販売チャンネル・消費者ネットワークを構築する上で重要なアイテムであることが再認識できた。

地域場産業としての役割を担ってきた水産ねり製品メーカーにとって、21世紀の日本の地域社会における地場産業としての役割を改めて、見つめ直す時期にある今、当社のこれまでの取り組みで得られた経験・ノウハウを当社と地域の発展にどのように生かせるかが今後の課題である。

多くの自治体での地域産業振興の柱となってきたものは、大企業の工場誘致政策である。これは経済産業省の主導のもと、2001年から開始された産業クラスター計画と2007年に制定された企業立地促進法がその背景にある。大規模な工場等の誘致が成功すれば、その地域に新たに雇用の場が創出され、税収の増加などの効果が期待される。三重県における事例としてはIT不況下の2002年2月、亀山市の亀山関テクノヒルズ工業団地内にシャープの液晶テレビ工場を誘致した例が良く知られている。この工場立地に伴い、新たな雇用が創出され、地域の人口の増加、地域内の従業員向け施設等の整備および税収の増加などの多大な効果があった[115]。また、この工場で製造される液晶テレビは亀山の名を冠した“亀谷モデル”として宣伝され、亀山の地名を周知させることに貢献した。しかし、工場誘致を獲得するため135億円（三重県90億円、亀山市45億円）の補助金を拠出することになり、また、従業員の雇用形態が従来とは異なり、非正規雇用が中心となり、必ずしも安定的な雇用の場ではないものであった。2004年1月から本格稼働を開始した同工場も、2008年のリーマンショックに伴う世界的景気低迷の影響を受け、本格稼働後のわずか5年後の、2009年8月に生産設備の一部を中国系企業に売却、2012年8月にはシャープ本体の業績不振のため別会社化が検討されるに至っている[116]。このように、大企業の工場

誘致に成功したとしても、企業を取り巻く国際的経済環境の変化によって、自治体・地域の思いや経緯よりも、企業を存続させるための事業戦略が優先されるということを示した事例である。この事例は、工場等の誘致によって一時的に地域の活性化が図られたとしても、それが長期的・安定的に継続するとは限らないことを示唆するものである。

企業の業績不振に伴う工場閉鎖が相次ぐ中、企業誘致戦略、地域産業振興政策も見直されてきているが、企業誘致による地域産業振興は重要な地域振興策である。特に、三重県北部地域のような、大都市圏に隣接し、すでに多くに企業の主要工場が稼働しているような地域においては、質の高い技術者が多くおり、既存工場のリニューアルを行うのであれば、新規用地の確保も必要なく、自治体にとって、比較的負担の少ない形での誘致が行える。三重県においては、2011年7月12日に東芝四日市工場に NAND フラッシュメモリの新製造棟「Fab5」が竣工し、2014年度に最先端の微細化技術を使った高機能メモリの量産開始する旨の発表がなされている[117]。しかし、大都市圏から離れた三重県南部地域のような地理的不利地域における産業振興・地域活性化はどのように対応が考えられるのか。

2007年「中小企業地域資源活用プログラム」が創設され、経済産業省は地域資源を活用した新事業創出への支援を強化するとともに、2008年に「農商工等連携促進法」を制定するとともに、農商工連携を「企業立地促進法」に加える改正を行い、また、「地域イノベーション創出共同体」形成事業を開始した。さらに、文部科学省と連携し、「産学官連携拠点」の形成を柱とした政策を展開したりもしている。

三重県においては、三重大学と連携し、独立行政法人科学技術振興機構（JST）の地域産学官共同研究拠点整備事業「みえ“食発地域イノベーション”創造拠点」への事業採択を受け、2011年4月から地域産業界、自治体、大学の産官学が連携し、地域産業界全体に連鎖的にイノベーションを誘発することを目標とした活動に取り組みを開始した[118]。この事業は三重大学社会連携研究センター研究展開支援拠点地域研究支援部門に「食品素材探索ラボ」、三重県工業研究所「食品加工トライラボ」を設置し、それぞれのラボに高度な分析機器・加工機器等の導入を行い、この二ヶ所の研究開発機関を中心に経済界、三重大学ならびに三重県が連携し、三重県内の食品関連企業等と産学官連携プロジェクトを立ち上げ、食品関連分野のイノベーションの創出や農商工連携による商品開発などを支援することを目的としている。つまり、県内の地域資源を有効活用し、食品製造業、農林水産業の事業拡大ならびに食品生産・加工分野への異分野企業の参入を支援

して「食発の地域イノベーション」を誘発し、農林水産業から食品生産・加工および食品以外の製造業まで幅広い産業分野の事業者・企業に対して「食の高度化」を共通課題とした支援を行う。本拠点の整備によって、三重県内の多種多様な産業による連鎖的な地域イノベーションが誘発される効果が期待されている。

今回の、凍結ゴマサバを活用したねり製品の試作は、三重県南部地域および自治体、大学と連携することで「地域内循環型経済」を基礎とした新事業創出に繋がる可能性がある。例えば、奈屋浦漁港には及び周辺漁港には様々な整備事業によって冷凍庫などの漁港関連施設が整備されている。しかし、近年の漁業不振によって十分に活用されていないものもある。それら設備を県内の水産ねり製造業者と連携し、ゴマサバなどのねり製品の製造設備として活用することで、一次産業者と商工業者が連携した「地域経済・地域社会の内発的な発展」を誘発する。その波及効果として、三重県南部地域の地域経済環境が、沿岸地域の漁業者・加工業者と伊勢市などの都市部のねり製品製造・販売業者、観光事業者とが連携することで、漁獲した魚介類の販売に収入の大部分を頼っている現状から、さまざまな形態で収入を得ることが可能な「多様型経済」に変わり、「地域内循環型経済の構築」、「地域の継続的な活性化」に繋がる。

第4章 総括

本論文を総括すると、研究の背景は、水産ねり製品の主原料である魚肉すり身の多くは、北米や東南アジア等の海外からの輸入冷凍すり身に多くを依存している。これらの輸入冷凍すり身の価格、質および量は生産国の地政学的事情により大きく変動し、これまでも水産ねり製品製造に様々な問題を引き起こしてきた。加えて、これらの国においても資源の減少が年々進み、永続的な調達が危惧されつつある。このようなことから、国内で安定的に漁獲される低価格な魚種についての水産ねり製品への加工適性の研究が社会的要望としてあったことである。

第2章では、三重県内の漁業地域において、季節的に一度に大量に漁獲されるが、鮮魚としての利用価値がなく、一般流通には乗らない低利用であるエソ、また多獲性赤身魚の中でも三重県で最も多く漁獲されるゴマサバの活用を検討した。これまでの研究報告では、多獲性赤身魚においても鮮魚での利用を検討した報告が多いが、一度に大量に漁獲されたものを数日に処理するためには、大型の処理施設が必要なることから、凍結魚として活用できる方が望ましいと考えた。そこで、凍結魚からの魚肉すり身を調製し、ゲル形成能の向上を検討した。しかしながら、エソは鮮魚では非常優れた足のある水産ねり製品原料とされているが、凍結エソでは通常のすり身製造方法を用いても、ほとんどゲル形成能を確認することが出来なかった。そこで、晒し工程において、村田らが開発したリン酸晒し技術を用い、凍結エソでの応用を検討した。この結果、リン酸塩晒し法は凍結エソにおいても通常の真水晒し法と比較してゲル形成能の向上が確認された。しかし、このリン酸晒し法は、通常の晒し工程と比較して、2倍の時間を要したため、さらなる検討が必要と考えられる。凍結ゴマサバにおいては、三重県で最も多く漁獲されている魚種であり、そのほとんどが非食用として、餌料等に活用されている。このような多獲性赤身魚の活用は、これまでに多くの研究者によって報告がされているが、そのほとんどが鮮魚を用いた検討であり、漁獲後直ちに加工処理をすればゲル形成能は確認されるが、鮮度低下したものや凍結したもののゲル形成能は認められていない。そこで、赤身魚の活用において有効とされている志水のアルカリ晒し技術の応用を検討した。南伊勢町奈屋浦で水揚げされた直後のゴマサバと凍結ゴマサバを用いて、アルカリ晒しの比較検討を行った結果、水揚げ直後の未凍結ゴマサバは、アルカリ晒しの効果が確認されゲル形成能は増加したが、凍結ゴマサバはアルカリ晒しの効果は確認されなかった。ゲル形成に関わる要因は、pH およびタンパク濃度であることから、未凍結魚と凍結魚の pH およびタンパク濃度を測定したが、

その差は確認されなかった。しかしながら、アルカリ晒しと真水晒しの比較検討の結果、すり身のpHがアルカリ晒しでは7.0、真水晒しは6.0と明らかな違いを確認したことから、凍結ゴマサバすり身にアルカリ製剤（炭酸ナトリウム）を重量比0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%で直接添加することで、ゲル形成能に及ぼす影響を検討した。この結果、炭酸ナトリウムを0.5～1.5%添加することで、無添加と比較してゲル形成能の向上が確認された。また、ゲル形成能にはタンパク質中でもミオシンの溶出量が深く関係していることから、電気泳動法を用い、タンパク質（ミオシン）の溶出量を確認した結果、明らかに炭酸ナトリウム添加によりミオシンの溶出量が増加していることが確認できた。ゲル形成に関わる化学的要因は、魚肉タンパク中の塩溶性タンパクであるミオシンが、通常規則的に整列しているが、塩により溶解し、複雑に絡まり合い、その後の加熱によりその状態のまま凝固され弾力を生成すると考えられている。これまでゲル形成能の至適pHは6.5～7.5と考えられてきたが、この域外でのpHにおいてもゲル形成能の向上が確認されたことで、至適pHについては今後も検討する必要があると考える。また、加熱ゲルの分子間結合については、SS結合、イオン結合、水素結合、疎水結合により結合されていることが報告されており、中でも炭酸ナトリウム添加に伴って疎水結合の増加が確認され、炭酸ナトリウム添加によるゲル形成能の向上は、疎水結合の増加によるものと考えられる。

第3章では、食品自給率の低下を危惧しつつ、食品としての水産資源を世界レベルで、FAOと農林水産省統計を基に現状の比較検討を行い、三重県の地域産業としての漁業状況をまとめた。200海里規制において、漁場は限定されてはいるが、日本は世界でも優れた漁場を有する地域ではあることには変わりない。しかしながら、国内で食用として活用されている水産資源は限定的である。一方で水産加工業の主原料を輸入原料に依存している。現在、非食用として水揚げされている水産資源を水産ねり製品製造においても活用する可能性を検討した。水産ねり製品製造における主原料である魚肉すり身を輸入原料に多く依存している現在の水産ねり製品加工業界にとって、輸入冷凍すり身にのみ頼るのではなく、生産企業がある近隣の地域で漁獲された資源を有効活用することは水産ねり製品加工業界だけでなく、水産業界からも望まれていると考える。長崎県での取り組みを先進地事例として、三重県南伊勢町においても、今回研究した冷凍魚をすり身に活用するための新たな技術開発を行い、産業へ活用化していくことで、国内で漁獲されているが、廃棄あるいは限定的利用しかされていない魚種を新たな主原料としての価値が見出せることを検討した。またこの検討が、地域の漁業、水産業界漁業にとっても資源の有効活用、地域経済環境と

なると考えられる。

最後に、水産ねり製品原料については、鮮度は少し落ちても問題ないといった考えを持つ漁業者、流通業者が多い。高級鮮魚であれば、慎重に取り扱われるが、加工用、特に、ねり製品用原料は多少の鮮度低下は影響ないと、誤解されていると感じる。多獲性赤身魚の魚肉タンパク質の変性は、細菌による腐敗の前に起こることを理解して取り扱わなければ、良質の原料でもその状態によってまったく利用できないものとなる。漁業者から流通業者にまで、その意識を持っていただく必要がある。単価の高低によって扱い方が異なることは、やむを得ない事実であるが、ねり製品原料はタンパク質の変性に大きく左右されることを周知することが必要である。

謝辞

本研究の遂行および本論文の作製にあたり、多大なるご指導、ご助言を賜りました三重大学大学院地域イノベーション学研究科矢野竹男教授に謹んで感謝の意を表します。同研究科研究科長鶴岡信治教授をはじめ三島隆准教授、同大学社会連携研究センター知的財産統括室八神寿徳助教におかれましては、適時適切なご指導を戴きましたこと深く感謝申し上げます。

ならびに本研究を進めるにあたりご指導、ご助言をいただきました三重大学大学院生物資源学研究科大井淳史准教授、青木恭彦准教授、同大学名誉教授丹羽榮二博士に深く感謝申し上げます。丹羽榮二博士に於かれましては、本年1月にご逝去されましたこと深く哀悼の意を表します。本論文の完成をご報告できなかったことが悔やまれます。

さらに、本研究の推進に際し、学術的視点と産業的視点の融合において、適切なご指導と多大なるご理解とご配慮をいただきました阿部洋一博士に深く感謝し、ご支援ご協力に厚く御礼申し上げます。

本論文作成にあたりご支援を賜りました元近畿大学農学部水産学科教授牧之段保夫博士、元水産総合研究センター中央水産研究所利用加工部長西岡不二男博士、元北海道大学水産学部教授新井健一博士、一般社団法人全国すり身協会理事長北上誠一博士に厚く御礼申し上げます。

また、三重大学地域イノベーション学研究科博士後期課程の1期、2期(同期)、3期、4期の皆様の励ましに深く感謝申し上げます。

最後にこの研究の下支えとなっていたいただいた有限会社若松屋50名の社員と両親、妻と4人の子供たちに深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 水産庁, "第1節 水産の消費・需給をめぐる動き (1) 水産物の消費動向," 2010.
- [2] 水産庁, "第1節 水産の消費・需給をめぐる動き (2) 水産物の需給動向," 2010.
- [3] 総務省統計局, "平成24年水産加工統計調査", 2013.
- [4] 清水亘, "蒲鉾に就いて," 水産製造会誌, vol. 2, pp. 234-236, 1934.
- [5] 岡田稔, "かまぼこのピンからキリまで," 調理科学, vol. 16, pp. 168-172, 1983.
- [6] 牧之段保夫, "京かまぼこ," おいしさの科学, 社団法人おいしさの科学研究所, vol.13, pp. 42-49, 2010.
- [7] 清水亘, "かまぼこ今昔," 調理科学, vol. 15, pp. 196-199, 1982.
- [8] 北上誠一, "冷凍すり身の昨日, 今日, 明日," 日本食品保蔵科学会誌, vol. 23, pp. 145-155, 1997.
- [9] 一般社団法人全国すり身協会, <http://www.surimi.org/about>
- [10] 岡田稔, "SURIMI とかまぼこ," 化学と生物, vol. 25, pp. 535-539, 1987.
- [11] 藤井豊, "多獲性赤身魚の処理,加工技術," 日本食品工業学会誌, vol. 31, pp. 131-139, 1984.
- [12] 福田裕, 柞木田善治, 川村満, 掛端甲一, 新井健一, "凍結および貯蔵によるマサバ筋原繊維タンパク質の変性," 日本水産学会誌, vol. 48, pp. 1627-1632, 1982.
- [13] 野中道夫, 平田史生, 佐伯宏樹, 中村誠, 笹本泰彦, "マイワシから製造した高栄養魚肉食品素材のゲル形成能," 日本水産学会誌, vol. 55, pp. 2157-2162, 1989.
- [14] 川島茜, 濱田友貴, 草野沙和, 大迫一史, 橘勝康, 野崎征宣, "アイゴ,ワニエソ,マアジすり身の凍結貯蔵耐性に及ぼす糖添加の影響," 日本冷凍空調学会論文集, vol. 23, pp. 217-224, 2006.
- [15] 黒川孝雄, "市販マイワシ冷凍すり身の品質," 日本食品工業学会, vol. 29, pp. 48-54, 1982.
- [16] 三橋富子, 藤木すみ, 田島真理子, 妻鹿絢子, 荒川信彦, "いわしの鮮度と魚肉だんごの加熱凝集性の相関," 日本家政学会誌, vol. 40, pp. 295-299, 1989.
- [17] 黒川孝雄, "長崎県沿岸海域で漁獲されたマイワシのかまぼこ原料適性," 日本水産学会誌, vol. 49, pp. 1057-1063, 1983.
- [18] 是枝登, 石神次男, 藤田薫, "サメ類筋肉のかまぼこ原料適性について," 日本水産学会誌, vol. 48, pp. 1815-1819, 1982.

- [19] 西岡不二男, 町田律, 志水寛, "シイラ・ミオシンのかまぼこ形成能," 日本水産学会誌, vol. 49, pp. 1233-1238, 1983.
- [20] 米村輝一郎ら, "シイラすり身化試験," 水産利用加工研究推進全国会議資料, 水産庁中央水産研究所, pp. 168-171, 1996.
- [21] 鈴木隆夫ら, "オオクチバスの練り製品特性について," 水産利用加工研究推進全国会議資料, 水産庁中央水産研究所, pp.189-192, 1993.
- [22] 海老名秀, "スルメイカ破碎肉を利用した新しい加工素材の開発," 新たな水産加工原料を求めて, 水産庁水産加工課, pp.51-55, 1998.
- [23] 黒川孝雄, "スルメイカ等の冷凍すり身化技術開発," 新たな水産加工原料を求めて, 水産庁水産加工課, pp.58-59, 1998.
- [24] 志水寛, "晒肉の製造方法," 昭 40-21224, 特許庁, 日本, 1965.
- [25] 渡辺智明, 樋口寧郎, 梅原敏功, 大竹茂夫, "サバの胃内化学処理のかまぼこ形成能に及ぼす影響について," 日本水産学会誌, vol. 45, pp. 913-917, 1979.
- [26] 山澤正勝, "技術用語解説," 日本食品工業学会誌, vol. 35, pp. 456-456, 1988.
- [27] 岡田稔, "新訂かまぼこの科学", 成山堂書店, pp. 106-125, 1999.
- [28] 岡田稔, "かまぼこの足に対する水晒しの影響," 日本水産学会誌, vol. 30, pp. 255-261, 1964.
- [29] 志水寛, 清水亘, 池内常郎, "かまぼこの足について-II pH と足との関係," 日本水産学会誌, vol. 20, pp. 209-212, 1954.
- [30] 丹羽榮二, "坐り," 魚肉ねり製品 研究と技術, 水産学シリーズ vol. 50, pp. 25-35, 恒星社厚生閣, 1984.
- [31] 志水寛, "かまぼこの技法," 調理科学, vol. 8, pp. 184-190, 1975.
- [32] 清水亘, "水産動物肉に関する研究第4報 所謂坐りと戻りに就いて," 日本水産学会誌, vol. 12, pp. 165-172, 1944.
- [33] 牧之段保夫, 山本正男, 清水亘, "水産動物肉に関する研究-XXXIX魚筋肉プロテアーゼについて," 日本水産学会誌, vol. 29, pp. 776-780, 1963.
- [34] 関信夫, "坐りに及ぼすプロテアーゼの影響," 日本水産学会誌, vol. 62, pp. 149-150, 1996.
- [35] 丹羽榮二, 三宅正人, "魚肉たん白質の性状に関する研究-II 坐りにおけるたん白質側鎖の動向," 日本水産学会誌, vol. 37, pp. 884-890, 1971.

- [36] 丹羽榮二, 三宅正人, "魚肉たん白質の性状に関する研究-I 坐りにおけるたん白質の主鎖動向," 日本水産学会誌, vol. 37, pp. 877-883, 1971.
- [37] 牧之段保夫, 天野肇, 清水亘, "水産動物肉に関する研究-XXXXI 魚筋肉プロテアーゼについて(その2)魚筋肉プロテアーゼとかまぼこの”火戻り”との関係について," 日本水産学会誌, vol. 29, pp. 1092-1096, 1963.
- [38] 北上誠一, 阿部洋一, 村上由里子, "水産ねり製品の製造における坐りと戻りの効用," ニューフードインダストリー, vol. 45, pp. 24-32, 2003.
- [39] 志水寛, "冷凍すり身," 岡田稔, 衣巻豊輔, 横関源延編, 新版 魚肉ねり製品: 第1章, 第4節, pp.66-80, 恒星社厚生閣, 1981.
- [40] 北上誠一, 村上由里子, 新井健一, 阿部洋一, 安永廣作, 加藤登, "ゲル形成能からスケトウダラ冷凍すり身の品質を評価する試み," スケトウダラ冷凍すり身のゲル形成能に関わる基礎的研究, 社団法人全国すり身協会, pp. 90-103, 2006.
- [41] 加藤登, 阿部洋一, 安永廣作, 中川則和, 佐藤繁雄, 國本弥衣, "加熱ゲル形成能からみたスケトウダラ冷凍すり身の品質に関する研究の展開," 「海—自然と文化」, 東海大学紀要海洋学部, pp. 1-11, 2011.
- [42] 山口敦子, 阿部洋一, 石下真人, 鮫島邦彦, 新井健一, "凍結貯蔵中のスケトウダラ冷凍すり身のゲル形性能に及ぼす重合リン酸塩の効果," 日本水産学会誌, vol. 66, pp. 481-488, 2000.
- [43] 志水寛, 清水亘, "かまぼこの足について-I 足の測定," 日本水産学会誌, vol. 19, pp. 596-602, 1953.
- [44] 吉岡慶子, 国府田佳弘, "かまぼこの“あし”の各種判定法の比較研究," 日本食品工業学会誌, vol. 17, pp. 408-411, 1970.
- [45] 中川恭子, 太田隆男, 杉山雅昭, 阿部洋一, 高間光蔵, 森友彦, "かまぼこの物性への加工条件および原料魚種の影響," 日本食品科学工学会誌, vol. 44, pp. 501-507, 1997.
- [46] 志水寛, "魚肉すり身ゲル形成能の魚種特異性," 日本水産学会誌, vol. 40, pp. 175-179, 1974.
- [47] 野崎征宣, 山本常治, 田端義明, "ねり製品原料としてのエソの船上前処理試験," 日本水産学会誌, vol. 52, pp. 1565-1572, 1986.
- [48] 橋本昭彦, 加藤登, 野崎恒, 新井健一, "サバ筋肉中のゲル形成能低下要因について," 日本水産学会誌, vol. 51, pp. 425-432, 1985.

- [49] 阿部洋一, 安永廣作, 北上誠一, 村上由里子, 太田隆男, 三堀友雄, "TGase 製剤または牛血漿粉末を添加して調製したかまぼこゲルの特徴," 日本水産学会誌, vol. 62, pp. 446-452, 1996.
- [50] 阿部洋一, "トランスグルタミナーゼを含む製剤を添加したスケトウダラかまぼこの品質," 日本水産学会誌, vol. 60, pp. 381-387, 1994.
- [51] 山澤正勝, "デンプンの吸水力とかまぼこに対する弾力補強効果の関係," 日本水産学会誌, vol. 57, pp. 965-970, 1991.
- [52] 北上誠一, 安永廣作, 村上由里子, 阿部洋一, 新井健一, "スケトウダラ冷凍すり身のゲル形成能の pH 依存性と重合リン酸塩の影響," 日本水産学会誌, vol. 69, pp. 405-413, 2003.
- [53] 北上誠一, 村上由里子, 小関聡美, 阿部洋一, 安永廣作, 新井健一, "スケトウダラ塩すり身のゲル形成能とその加熱温度依存性," 日本水産学会誌, vol. 70, pp. 354-364, 2004.
- [54] 黒川孝雄, "冷凍すり身の歴史—いわし冷凍すり身—," 冷凍, vol. 85, No.993, pp. 571-576, 2010.
- [55] 北川雅彦, "サンマ冷凍すり身の製造条件と品質解析," 冷凍, vol. 85, pp. 584-590, 2010.
- [56] 和田律子, 福島英登, 福田裕, "新しい冷凍すり身に向けての取り組み : ジェット水法を用いたカタクチイワシの新しい採肉技術について," 冷凍, vol. 85, pp. 591-593, 2010.
- [57] 黒川孝雄, "冷凍および氷蔵エソのかまぼこ原料適性," 日本水産学会誌, vol. 45, pp. 1551-1555, 1979.
- [58] 安井明美, Pang Yong Lim, "エソ肉の氷蔵および冷凍貯蔵中の化学成分および物性の変化," 日本食品工業学会誌, vol. 34, pp. 54-60, 1987.
- [59] 村田裕子, 西岡不二男, "マイワシ落とし身の減圧アルカリ晒しによる品質改善と食品素材化," 日本食品科学工学会誌, vol. 43, pp. 575-581, 1996.
- [60] 村田裕子, 西岡不二男, "落とし身の品質改良法," 日本 特許第 3096726 号, 2000.
- [61] 新井健一, "普通肉の特性," 多獲性赤身魚の有効利用, 日本水産学会編, 水産学シリーズ, 恒星社厚生閣 vol. 35, pp. 20-32, 1981.
- [62] 松吉実, 長谷川一磨, "炭酸ナトリウム添加によるマサバ魚肉のかまぼこ形性力につ

- いて," 赤身肉のねり製品原料化試験・IV, No.1, 茨城県水産加工研究所報告, pp. 1-5, 1970.
- [63] 橋本昭彦, "マサバ冷凍すり身の品質に及ぼす,原料の鮮度・晒し法,および貯蔵条件の影響," 北海道大学水産学部研究彙報, vol. 38, pp. p65-73, 1987/02 1987.
- [64] 森岡克司, 志水寛, "かまぼこのテクスチャーと押し込み破断特性," 日本水産学会誌, vol. 56, pp. 531-536, 1990.
- [65] 西岡不二男, "水晒," 志水寛編, 魚肉ねり製品—研究と技術, vol. 50, 水産学シリーズ, pp.62-73: 恒星社厚生閣, 2007.
- [66] 丹羽榮二, 中山照雄, "坐りの効果に対する理論的考察," 日本水産学会誌, vol. 50, pp. 1945-1948, 1984.
- [67] Herbert O. Hultin, Stephen D. Kelleher, "High efficiency alkaline protein extraction," US6136959 A, US Patent, 2000.
- [68] 橋本昭彦, 新井健一, "各種魚類の筋原繊維 Ca-ATPase の変性速度に及ぼす pH と温度の影響," 日本水産学会誌, vol. 51, pp. 99-105, 1985.
- [69] 三宅正人, 田中明子, "ねり製品(および魚肉ソーセージ)に関する研究・IX 塩すり身の pH と足形成能との関係," 日本水産学会誌, vol. 35, pp. 311-315, 1969.
- [70] 船津保浩, 新井健一, "スケトウダラ肉糊の坐りによるゲル形成とミオシン重鎖の変化に及ぼす pH の影響," 日本水産学会誌, vol. 57, pp. 1973-1980, 1991.
- [71] Marion M. Bradford, "A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding" *Analytical Biochemistry*, vol. 72, pp. 28-254, 1976.
- [72] 志水寛, "かまぼこ形成能," 魚肉ねり製品—研究と技術, 志水寛編, 恒星社厚生閣, vol. 50, pp. 9-24, 1984.
- [73] Takahiko Aoki and Ryuji Ueno, "Involvement of cathepsins B and L in the post-mortem autolysis of mackerel muscle," *Food Research International*, vol. 30, pp. 585-591, 1997.
- [74] 丹羽榮二, "魚肉のゲル化と疎水結合について," 日本水産学会誌, vol. 41, pp. 907-910, 1975.
- [75] 國本弥衣, 奥村知生, 渡辺宗一郎, 加藤登, 新井健一, "各種タンパク質粉末を添加した冷凍すり身加熱ゲルのレオロジー的性質とタンパク質の溶解性との関係," 日本食

- 品科学工学会誌, vol. 60, pp. 567-576, 2013.
- [76] M. Pilar and G.-G. Carmen, "Thermal Aggregation of Sardine Muscle Proteins during Processing," *J.Agric.Food Chem.*, vol. 44, pp. 3625-3630, 1996.
- [77] 進藤譲, 西元諄一, 御木英昌, "水産ねり製品のテクスチャーにおける機器測定値と官能評価との関連," *日本水産学会誌*, vol. 59, pp. 129-135, 1993.
- [78] 山口静子, "品質検査," 新版 魚肉ねり製品, 岡田稔, 衣巻豊輔, 横関源延編, 恒星社厚生閣, pp. 390-411, 1981.
- [79] 丹羽榮二, 加納哲, 田子保雄, 大熊良信, "かまぼこの折曲げ試験器の開発," *日本食品工業学会誌*, vol. 40, pp. 447-452, 1993.
- [80] 有路昌彦, "日本漁業の生産量減少要因に関する一考察, 漁業者行動様式と生産関数分析," *農林業問題研究*, vol. 35, pp. 294-299, 2000.
- [81] 根本雅生, "近年の漁業生産の動向," *日本水産学会誌*, vol. 63, pp. 784-785, 1997.
- [82] U. United Nations Environment Programme (UNEP), "The Global Environment Outlook: environment for development," 2007.
- [83] 榎彰徳, "社会・経済学的見地から," *日本水産学会誌*, vol. 63, pp. 802-803, 1997.
- [84] 財団法人国際農林業協働協会, "世界漁業・養殖業白書 2010 年(日本語要約版)," 2011.
- [85] "魚求める世界の胃袋 高値に日本「買い負け」 欧米は BSE 不安、中国は消費増," *朝日新聞*, 2006 年 10 月 8 日朝刊.
- [86] 農林水産省, "Ⅲ 世界はいま日本食ブーム."
<http://www.maff.go.jp/kanto/kihon/kikaku/yusyutu/pdf/3.pdf>
- [87] Nicolás L. Gutiérrez, Ray Hilborn, and Omar Defeo, "Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries.," *Nature*, vol. 470, pp. 386-389, 2011
- [88] 岡市友利, "海洋環境保全と水産資源," *日本海水学会誌*, vol. 49, pp. 103-105, 1995.
- [89] 今田長英, "漁場保全対策の動向について," *水質汚濁研究*, vol. 14, pp. 227-230, 1991.
- [90] 黒沼勝造, "増殖と養殖との意識," *水産増殖*, vol. 1, pp. 12-17, 1954.
- [91] 中野宗治, "『水産養殖』と『水産増殖』," *水産増殖*, vol. 1, pp. 1-12, 1954.
- [92] 胡夫祥, "中国の漁業と水産養殖," *水産増殖*, vol. 46, pp. 447-451, 1998.
- [93] 李琪, 木島明博, "中国における沿岸増養殖の現状と問題点," *水産増殖*, vol. 50, pp. 129-132, 2002.

- [94] 板野一臣, "魚介類に含まれる有効成分," 生活衛生, vol. 34, pp. 260-270, 1990.
- [95] 土井仙吉, "以西遠洋底びき網漁業根拠地の盛衰," 地理学評論, vol. 32, pp. 1-23, 1959.
- [96] 片岡千賀之, "以西底引網・以西トロール漁業の戦後史 I," 長崎大学水産学部研究報告, vol. 90, pp. 19-41, 2009.
- [97] 財団法人全国すり身協会, 冷凍すりみ・二十五年: (社) 全国すり身協会, 1984.
- [98] 野口敏, "冷凍すり身に関する最近の動向," 日本食品工業学会誌, vol. 40, pp. 689-695, 1993.
- [99] 総務省統計. 平成 24 年経済センサスー活動調査.
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001049846&cycode=0>
- [100] 三輪勝利, "日本をめぐる水産食用資源の現状と将来," 調理科学, vol. 17, pp. 121-128, 1984.
- [101] 杉山圭吾, 高田康二, 江川真, 山本郁雄, 恩塚博, 大場健吉, "魚タンパク加水分解物の高血圧抑制作用," 日本農芸化学会誌, vol. 65, pp. 35-43, 1991.
- [102] 島田彰夫, "これからの日本の食事," 日本顎咬合学会誌, vol. 19, pp. 300-307, 1998.
- [103] 大野正智, "水産加工原料における輸入価格と為替のパススルーについて—日本銀行輸入物価指数を利用した時系列分析—," 福島大学研究年報, vol. 第 3 号, pp. 11-16, 2007.
- [104] 地方独立行政法人北海道立総合研究機構水産研究本部, "「未利用魚のすり身化技術開発」が始まりました。," vol. 677, 2010.
- [105] 有限会社ぼあそん通信, "プロジェクト概要まとまる," かまぼこ通信 No. 541, 2013.
- [106] 清水亘, かまぼこの話: 全国蒲鉾水産加工業協同組合連合会, 1979.
- [107] 佐久間美明, "三重県の水産経済," 日本水産学会誌, vol. 61, pp. 251-252, 1995.
- [108] 三谷明義, "三重県の水産行政," 日本水産学会誌, vol. 61, pp. 249-249, 1995.
- [109] 佃信夫, "多獲性赤身魚の脂質 利用・加工の問題点," 日本食品工業学会誌, vol. 27, pp. 210-219, 1980.
- [110] 美濃松謙, 矢野竹男, 三島隆, 青木恭彦, 大井淳史, "炭酸ナトリウム添加による凍結ゴマサバ肉の加熱ゲル形成能の向上," 日本食品工学会, vol. Vol.14 No.1, pp.

29-36, 2013.

- [111] Hirofumi Takeda, "II-2. Frozen surimi technology for Pacific saury," NIPPON SUISAN GAKKAISHI, vol. 77, pp. 101-101, 2011.
- [112] 久野正博, "深海性魚類の有効利用," 日本水産学会誌, vol. 61, pp. 257-258, 1995.
- [113] Satoshi F. Noguchi, "The Latest Trend of Surimi Market and Surimi Technology," NIPPON SHOKUHIN KOGYO GAKKAISHI, vol. 40, pp. 689-695, 1993.
- [114] Matsunori Mino, Shinji Tsuruoka, Takeo Yano, and Fujio Nishioka, "Research on How to Utilize Lesser Valued Frozen Fish in Ise Shima," Proceeding of the First International Workshop on Regional Innovatiuon Stadies-Biomedical Engineering, vol. (IWRIS2009), pp. 75-78, 2009.
- [115] 山田光男, 中畑裕之, 安岡優, 村田千賀子, "先端技術企業立地の地域経済への波及効果(水谷研治教授退職記念号)," 中京大学経済学論叢, vol. 19, pp. 45-66, 2007/03/00 2007.
- [116] 中日新聞 8 月 18 日付朝刊, "シャープ「亀山別会社検討他社出資で安定操業へ液晶供給先確保も狙う」," 中日新聞 8 月 18 日付朝刊, 2010, p. 6.
- [117] 日本経済新聞電子版 2013 年 8 月 23 日, "東芝、三重で高機能メモリー新工場着工サムスンと首位争い," 日本経済新聞, 2013.
- [118] 矢野竹男, 栗田修, 藤原孝之, 山崎英次, みえ"食発地域イノベーション"創造拠点 : 産学官連携によるイノベーション創出の場," 食品と開発, vol. 47, pp. 62-64, 2012.

本研究に関わる発表論文、学会発表、出願特許

A. 査読のある論文

美濃松謙, 矢野竹男, 三島隆, 青木恭彦, 大井淳史, 炭酸ナトリウム添加による凍結ゴマサバ肉の加熱ゲル形成能の向上, 日本食品工学会誌, Vol.14, No.1, pp.29-36, 2013.

B. 査読のある国際会議のプロシーディングス

1) Matsunori Mino, Shinji Tsuruoka, Takeo Yano and Fujio Nishioka, "Research on How to Utilize Lesser Valued Frozen Fish in Ise Shima", Proceedings of the First International Workshop on Regional Innovation Studies -Biomedical Engineering- (IWRIS2009), pp. 75-78, 2009.

2) Matsunori Mino, Takashi Mishima and Takeo Yano, "Research on How to Utilize Lesser Valued Frozen Blue Mackerel in Mie Prefecture", Proceedings of the Third International Workshop on Regional Innovation Studies (IWRIS2011), pp. 21-24, 2011.

C. 査読のない論文

美濃松謙, 矢野竹男, 先進事例を取り入れた三重県南伊勢地域の水産加工業について, 地域イノベーション学会誌, Volume 2, pp.21-25, 2013.

D. 学会発表

美濃松謙, 矢野竹男, 三島隆, 青木恭彦, 大井淳史, “凍結ゴマサバ肉へのアルカリ直接添加による足の増強”, 平成 24 年度日本水産学会秋季大会 (日本農学大会水産部会), 1073 ポスター発表④IV, pp. 127, 2012

E. 出願特許

出願番号: 特願 2012-197300, 発明の名称: 冷凍赤身魚を原材料とした水産練り製品,
発明者: 美濃松謙, 大井淳史, 青木恭彦, 矢野竹男, 特許出願人: 有限会社若松屋、国立大学法人三重大学