

最新の凍結技術で、自地資源の グローバル戦略を立て直す

八木 健一郎¹・鈴木 崇史²・熊谷 善之³・大和田 哲男⁴

¹有限会社三陸とれたて市場 代表取締役（〒022-0101 岩手県大船渡市三陸町越喜来字杉下75-8）

E-mail: yagiken@sanrikutoretate.com

²東京大学大学院農学生命科学研究科 博士課程（〒113-8657 東京都文京区弥生1-1-1）

E-mail: takashi-suzu1182@kss.biglobe.ne.jp

³三陸漁業生産組合 組合長理事（〒022-0101 岩手県大船渡市三陸町越喜来字杉下84-1）

E-mail: info@sankumi.com

⁴株式会社アビー 代表取締役（〒270-0133 千葉県流山市十太夫238-1）

E-mail: abi@abi-net.co.jp

国内への食材供給が前提であった漁業はこれまで、その狭い国土と高度に発達した物流網を頼りに、職人による力技で「刺身」の提供を可能としてきたが、需要が低迷する国内とは対照的に急速な拡大を続ける海外マーケットに対して、原料売りに留まらない新たな輸出モデルを構築することが求められている。

本稿において筆者らは、魚介資源の活用方法を抜本的に見直すことで、漁業を高付加価値サービス産業へと構造転換する方策に関するこれまでの取組みをまとめた。

具体的には、最新の凍結技術であるCASを活用した「クオリティ+製品寿命の延長+プレクック個食パック」を叶える凍結刺身製品の製品化と、輸出の実証実験に関して報告する。

Key Words : 凍結、CAS、水産、資源利用、輸出、経験知

1. はじめに

東北沿岸漁業は震災後数年を経たにも関わらず、風評被害による売り上げの減少や、“不規則な水揚げ”による不安定な経営等に悩まされ、漁業者の廃業が3割を超えるなど、危機的状況が続いている。¹⁾しかし、東北の沿岸漁業が現在向き合う諸問題の構造全体をこれまで産地側から観察してきた筆者らの見解としては、原発事故に起因する部分以外においては、震災前より言及されてきた各種課題が濃縮されて顕著化しているに過ぎず、復興に向けては、被災前の産業構造を単純に再生する「復旧」に囚われない、産業の基礎部分からの積み上げ直しが求められる状況にあるといえる。

その際に求められる視点の一つとして、国内外における消費動向の変化とその対応が挙げられる。水産庁が発表する水産白書によれば、国内における水産物消費量は年々減少を続けており、平成18年度以降は水産物と肉類との摂取量が度々逆転するなど、漁業関連産業の先行きに対して、大きな不安が積みまとう²⁾。

一方で、世界規模での水産物の需給動向に目を移せば、一人当たりの年間水産物消費量に関しては、1960年代の5.2kgから2013年には18.8kgまで増加し、今後も増加傾向を示すことが予想されており、それ

に対応するように生産量も右肩上がりの傾向が報告されている。このことから、食用資源としての水産物の価値は今後も一層、世界的に高まる事が予想される。³⁾また、和食のユネスコ無形文化遺産への登録などの日本食文化への世界的な注目の高まりから、我が国においても、平成28年5月に「農林水産業の輸出力強化戦略」が策定され、一次産品の海外輸出を支援する種々の機関との連携および体制の構築が進められている。⁴⁾

しかし、水産物輸出に関しては従来の国内流通においても課題となってきた①漁獲量の不確実性や②製品寿命の短さといった原料特性への対応が急務であることが予想される。したがって、我が国の水産物を高品質、市場ニーズへの適合といった高付加価値型貿易商品へと飛躍させる為には、水産物に特徴的なこれらの原料特性に対して、新たなアプローチを持って解決する必要があると考えられる。

また、今日の我が国の漁業はこれまでのように特定の魚種が大量に獲れた時代が終焉を迎え、生産環境も激変する中、前述のような細分化される市場ニーズに対して、多様なサービス性を持って応えていかなければならない現状を見ると、鮮魚流通に代表される「生」流通の限界は、もう間近に迫っている。

このような状況へのアプローチとして筆者らは、目覚ましい発達を遂げている昨今の凍結技術に着目

し、このような技術的イノベーションを有効に活用し、商品に素材にさらなる付加価値を付与する取組みを積極的に行ってきた。

そこで本稿では、このような高付加価値化され、輸出を念頭に置いた貿易商品の例として、世界的にもその名が定着しつつある「Sashimi(刺身)」商材を事例として、最新の凍結技術を応用することで輸出商材としての可能性を再考することを目的とした。我が国は、「刺身」という独特の食文化を発展させてきた歴史のなかで、「目利き」の存在や高度に規格化された「水産物の取扱方法」等、その品質要求が世界に類を見ない高いレベルに維持されている産業構造を有しており、大きな可能性が秘められている。本稿ではこのような取組みの中でも、漁業者団体である三陸漁業生産組合、加工技術を有する有限会社三陸とれたて市場、そして凍結技術に関するイノベーション開発を行う株式会社アビーの連携を事例として、漁業資源を素材から再開発する取組みに関して報告する。

2. 衰退が加速する我が国の漁業

我が国における水産物の自給率は、昭和39年度をピークに、年々低下傾向が続いており、平成21年度の概算値発表によると、既に62%にまで下落している。

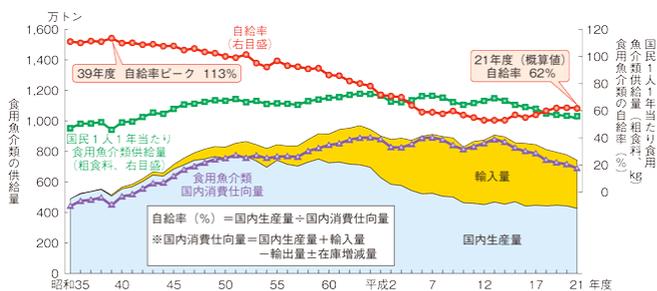


図1. (出典：農林水産省「食料自給表」¹¹⁾)

この自給率が100%を切り始めたのは、偶然にも、日本が高度経済成長を遂げた時期と重なっている。一般に水産物は、第1章でも述べたように鮮度劣化が極めて早く、他の食材と比較して腐敗しやすいという原料特性を有しており、厳密な製品寿命を求めると、魚種によっては数時間という極端なものまで存在する。

また、生ごみの発生や、計画的に水揚げする事が不可能な資源事情を伴うなど、おおよそ近代化とは程遠い場所に産業の軸足を置き続けなければならない状況が続いており、簡便さや経済性、計画性を求める時代の流れから取り残されてきた。筆者らが水産物の生産及びその加工活動に携わる岩手県大船渡市を事例とすると、大船渡魚市場における平成28年度の水揚げ物の総取扱量は41,374tあり、その水揚げ金額は6,172,818,442円と発表されている。これを平

均kg単価に換算すると、150円/kgに満たない額に留まり、食用タンパク質の供給産業として、その経済化は著しく低い水準を保ったままである。

3. 凍結技術の発展

天然由来の食材は、その資源特性から素材を安定的に確保する事が難しく、この問題を解決するために、有史以来、多くの技術開発が行われてきた。中でも水産物はあらゆる食用資源の中でもその生産(漁獲)の大半を天然資源に依存した最後の産業であることが言われている。⁵⁾

食材の保存方法の一つとして、近代においては冷凍技術が発展を遂げているが、これは1810年にジョン・リーズリが空気圧縮機を使用した冷凍機を製作し、世界で初めて「冷凍機により氷が作られた」功績から始まっている。圧縮機の冷媒について、多様な素材の検討が進むなか、1925年には、クラレンス・バーズアイにより、食品の凍結速度が品質に大きな影響を与えることが報告されたことから、「急速冷凍」の重要性が世界に認知され、凍結速度を重視した低温競争が世界的に加速する。

しかし、被凍結物と凍結機の温度差が広がれば広がる程、急速凍結は肉厚な素材において、凍結に伴う応力の発生により、組織に破壊的ダメージを与えることが問題視されるなど、凍結速度の短縮という単一のアプローチでは、品質向上に限界があることが示唆されていた。また、食品使途より遥かに高い精度を要求する医学生物学分野においては、緩慢凍結法やガラス化法などを用いて、生細胞を長期間冷凍保存する研究が行われてきたが、それぞれの技法には一長一短があり、再生医療の実用化に向けた安定した凍結保管技術の確立が急務であった。

いみじくもこの頃、我が国においては、凍結が極端に難しい、膜構造の凍結に挑む町工場の職人がいた。大和田哲男である。大和田は厨房機器の設計・製造が専門であり、冷凍に関しては当時、素人同然の状況にある中、顧客からの要望を受け、当該技術の応用事例として生クリームの凍結技術の開発に着手した⁶⁾。

試行錯誤の末、凍結機内に誘導電流を伴う交流磁場を発生させることで、素材の水分子を振動させながら、膜構造を壊さずに凍結させることを実現した。のちにCAS™ (Cells Alive System) と呼ばれる技術へと発展を遂げる、新たな凍結方法の確立である。この技術を用いて細胞の凍結保存がいよいよ実用段階に入った事を、最新の論文^{7), 8)}が報告している。

では、このような最新の凍結技術が水産業の経済化にどのように寄与するのかを考察する。我が国で水揚げされる食用水産物の多くは、素材に高付加価値化のポテンシャルを有しながらも、既存の技法により凍結を行った場合、その使途が安価な加工製品に限定され、希少な天然の高品質水産物はその漁獲の不安定さと冷凍保存に向かない特性から、依然漁獲されるタイミングに「時価」として、特定の客層

に薄く供給されることが当たり前とされてきた（図2）。

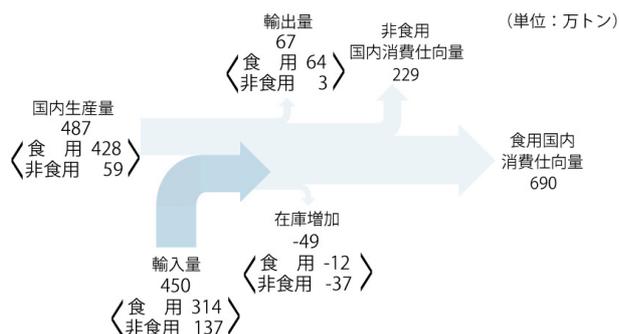


図2. (出典：農林水産省「農林水産物輸出入概況」より)¹¹⁾

ここで、国内産の冷凍魚水産物市場に影響力がある輸入水産物の動向に関しても着目する。国内で水揚げされる水産物と同量にまで迫る輸入水産物の内訳をみると、エビ、マグロ、サケマスだけで既に総量の1/3を占めており、漁獲量が比較的安定する魚種にのみ、需要が偏っている状況が見て取れる。⁹⁾一方で、日常の体感値に置き換えれば、いわゆる「高級」和食店を訪ねた際には、輸入魚介が提供される事は、ほぼ皆無であることも事実であり、冷凍水産物市場においては、どこかの点を境に、国産品と輸入品とが明確に棲み分けられていると考えられる。

問題は、このような嗜好品としての水産物を楽しむニーズが、国内において既に頭打ちとなっている状況にありながら、世界規模で見れば、前述の和食ブームの到来や、SASHIMI文化の普及が加速する、パラドックスが拡大を続けていることである。以上の背景から、拡大を続ける世界市場に対応するためには、水産物の保存性を向上させ、長距離輸送を可能とする冷凍技術を最大限活用した輸出向け高付加価値商材の開発が必要となることは言うまでもない。しかし、これまで国内で生産される特徴のある高付加価値水産物に関しては、そのほとんどが海外市場にといいて良いほど供給されておらず、輸出量は国内生産量の1割強に留まっている。そして、表-1からも分かるように、輸出向け商材の多くが原料のまま流出されている実態が伺える

表-1 日本産食用水産物の主な用途

魚種名	輸出額	主要用途
ホタテ貝	548億円	冷凍で日系向レストラン等（中国輸出分は膨潤加工され米国に再輸出される。）
サバ類	180億円	安価な蛋白源としてエジプト等へ
ブリ類	135億円	冷凍フィレで刺身用提供等
カツオ・マグロ	98億円	主に缶詰用加工原料として利用
乾ナマコ	87億円	香港・中国・台湾等へ

干し貝柱	60億円	香港向けが中心
サケ・マス類	65億円	フレーク加工され日本や欧米に再輸出

(出典：農林水産省「農林水産物輸出入概況」より)

4. 原料を鍛え直すための手技

水産物の腐敗しやすいという原料特性は、国内市場においても長距離輸送の観点で制限要因として存在し、結果として地先資源を狭い範囲で消費する状況が一般的であった。刺身用商材であれば、この傾向は一層強いものとなり、鮮度劣化が著しく早いものともなれば、産地を訪ねなければ賞味が難しい。例えば、岩手県大船渡市で水揚げされるシラスは、鮮度劣化が著しく早く、大船渡管内における消費にも限りがある中で、一斉に水揚げが始まることから、量が揚がれば揚がる程、相場は大きく崩れ、キロ単価が600円を切ることも珍しくなかった。1kgのシラスとは、刺身に換算しておおよそ30人前の量である。また、鮮度劣化が早い刺身商材の例としては、活イカが挙げられる。活きイカの姿作りは、素材の透明感を珍重する料理であり、根強い人気を誇っている。従来の凍結方法で凍結した場合、この透明感が失われてしまうことから、活魚輸送車を活用した魚介輸送が積極的に行われている。スルメイカを例にとると、一般的な刺身商材に仕向けられる鮮魚の産地価格は1kg当たり300円程度であるのに対し、活魚では1,300円を超えるなど、同一の素材を起点にしているとは思えない相場が形成されるのも、水産物ならではの現象である。

このような原料特性を有する水産物を、高品質かつ安定して市場に供給していく事を目的に、冷却方法の改善や、鮮度劣化を防ぐ手法の開発など、各地で多様な取り組みが行われている。特に、冷凍以前の漁獲後段階において水産物の鮮度低下を阻害し、製品寿命を延長する処理の一つである、脱血神経メと呼ばれる手技が近年、各地で注目され始めている。生体は死後、硬直状態に陥り、その解硬が始まると同時に、腐敗工程へと進んでいく。水産物は、この工程が極めて短時間に展開するため、他の食材に比較し、取り扱いが難しい状況にあった。しかし、この脱血神経メ処理を行う事で、硬直までの時間を大幅に伸ばすことが可能となり、結果、活きイカなどの商材では製品寿命の延長や、品質の改善に成果を上げている。¹⁰⁾

しかし、これらの活魚商材もその特徴を有したまま長期間保存することは困難であり、産地側は消費地から必要とされるときに、求められる品質の原料を供給することができず、商材が有する価値が時間の経過とともに急速に目減りしていく素材特性が、拭えていない状況である。

このような、産地及び消費地の双方においてビジネス戦略が立て難かった水産物流通において、最新の凍結技術であるCASを持ち込み、新たな価値を創造する実証事業が、震災後の三陸地域で始まった。

5. 活魚以上の品質が、この世に存在した

前述のように活イカを水揚げ直後に刺身にひくと、透明で美しい訴求力の高い料理が出来るが、このイカは甘味がほとんどせず、ビジュアルと食感を楽しむものであることが、消費地で取り扱い経験のある飲食業者などの中では一般的に語られている。一方の漁業者においては、活イカを捌いたのち、冷蔵庫で寝かせるなどの処理を経て、イカの甘みを引き出す食べ方をするとといった経験知に基づいた行動が普段の生活から見て取れる。これまで産地と消費地のそれぞれには、透明で味のない食感を楽しむ活イカか、甘みを楽しむ白濁したイカか、そのどちらかしか存在してこなかった。

筆者らは、鮮度の落ちやすい刺身用イカ商材について、CAS凍結機を活用した製品寿命の大幅な延長を図る取り組みを行っていたが、この中から興味深い現象が発見された。それは、上記4章で言及した鮮度保持技術である神経メ手技と、生細胞保存技術にも用いられているCAS凍結の機械技術を組み合わせることで、透明で甘いイカを作れることだ。

これまでも、素材によっては凍結を行う事で、旨味が高まるという事が産地側では経験知として知られていたが、既存の方法で凍結したものは、食感や色味といった素材感が大幅に変化してしまうことから、その活用が積極的に語られる機会に恵まれなかった。しかし、このCAS技術による冷凍により、解凍した際に素材感をそのままに回復できる事が可能となるのみならず、そこに凍結熟成による旨味まで付与することが可能となった。これまで、元の素材の品質にどれだけ近い形に戻すことが出来るのかという視点で、元の品質と比較して常に劣る位置にいた凍結製品が、初めて生を超える可能性に出合った瞬間である。

さらに昨今、このような凍結技術は、報道が過熱する刺身食材のアニサキスに代表される寄生虫問題に対しても、安全性を確保するという付加価値を有することから、更なる追い風になる可能性を秘めているとも言える。

6. 前提条件が変わった先に描く戦略

CAS凍結技術と神経メ等に代表される素材の下処理技術の融合により、たった「数日」、ものによっては「数時間」程度の製品寿命しか有しなかった刺身用水産物に対して、「年」という単位への大幅な拡張が実現可能となった。この点に加えて、これらの凍結水産物が、鮮魚に劣る品質に留まる状態であればいざ知らず、魚種によってはイカのように、原料品質を上回る風味が付与される事が確認されるなど、その傾向を把握するために、より多くの魚種を対象とする詳細な調査が求められる。

また、多大な資源を有しながらも、その使途や販路開発が遅れている日本各地の地方都市においては、

この様な新時代イノベーションの活用、ならびに過去から引き継がれてきた経験知の融合により、既存の食用水産資源の経済価値を飛躍的に高められることが期待される。中でも、我々の取り組みは、これまで漁獲量の不確実性や腐敗しやすいといった商品特性に加え、長期保存を可能とする冷凍によって食味や色味といった素材の価値が損なわれてしまってきたといった要因から、市場において相場を作れず、その活用方法が限定されてきた低価格水産物に対してこそ、大きな飛躍機会を与えるものであったという経験が重要なポイントである。

生産者においては、魚価が安くなるに従い、品質確保に対する情熱が失われ、取扱いが粗雑となり、更なる市場安値を形成させる悪循環に陥っていた。

「数時間」の製品寿命であった前述のシラスでも、万全な品質管理のもと、この凍結方法により処理を行えば、その製品寿命を「年」の単位で拡張させることが可能である。

実際に、高品質のシラスに対しては、積極的に高値で入札されることから、より良いものを生産すれば、納得する価格で仲買人が買いを入れるというサイクルが回り始めた。その結果、今期形成された市場相場は、1500円/kgの高値で安定した。

著者らはこのシラスを買い入れ後、さらに厳選し、末端にいる消費者ニーズを踏まえ、扱いやすい物量に小分け個食パック化して、CAS凍結を行い、50g入りの使い切り商品として販売した。この場合、販売される商品の原料原価は75円であるのに対して、希望小売価格を350円に設定して、現在も国内外に向けて販売を継続している。製品寿命が極めて長く、生を凌駕する品質の冷凍シラスを、国内消費だけに留める必要性など、何処にもない。世界中の日本食愛好家に向けて、日本でもなかなか手に入らない品質の水産物が、日本国外に居ながらにして食べられるインパクトを与えていく事こそが水産業を改革していく新しいビジネスの形の本質であろう。



図3. 刺身用生しらす50g入りのCAS凍結品（筆者撮影）

ここで、筆者らがさらに言及しておきたいのは、活きイカ商材の例にもあったように、高鮮度の魚介を脱血神経メなどの手技を駆使して、前浜で迅速に処理を行う経験から会得され、熟練された水産業関

係者の重要性である。彼らの存在があってこそ、我が国は、刺身文化に対応した世界でも強烈に飛びぬけた鮮度管理の技法や物流の仕組み、リスクヘッジの対策を、ここまで細やかに張り巡らせてきた。本稿で言及してきたように、このように磨き上げられてきた手技は、海外市場への進出という新たな局面を迎えた今日においても、製品の質を飛躍的に高め、新たな経済価値を創出することに寄与するかけがえのない地域の人的資源である。このような地方都市レベルの人的資源の価値にも目を向け、海外を視野に入れたグローバルな食品産業の存率に大幅に寄与していくという見立てから、持続的な地域雇用を創出する環境整備の必然性が浮かび上がる。資源を有する我が国の地方都市は、これまでの概念をかなぐり捨てて、素材、資源、文化の価値を再評価し、世界のマーケットに攻めに出なければならない。少子高齢化の時代を迎え、国内消費が今後冷え込むことが予想される中、使途が減っていく多様な資源に対して、今度は世界の顧客を唸らせる商品造りへとステージアップしていくフェーズであろう。

7. おわりに

現在、我が国は、食の多様化などの時代変化に対応できず、多くの「高品質の食資源」が経済化を果たせないまま、地方に取り残された状態にある。

少子高齢化が加速し、気象環境の変動や、海流構造の蛇行に伴う漁獲量の不安定さがいっそう懸念されるなど、これまでの常識が、前提から崩れ始める状況が予測される。我が国の食品産業は、「量」の供給を果たしてきた時代責務から、「質」を磨きサービスまで内包する高付加価値産業へと脱皮していくことが急務である。

製品寿命がたった数日であった刺身食材に、安定した長期品質保管期限が付与される事は、漁業がいよいよ、世界に向けたサービス産業へと飛躍する機会に恵まれたともいえるであろう。1960年に国民所得倍増計画を立案した下村治氏の言葉を借りれば、それはまさに、「日本の食産業は<勃興期>にあり」である。高品質のまま時間を止めて、長期間保持保管する事が可能となるCAS技術の発展は、これまで想定されたことのない、多種多様な産業を各方面に築き上げていく事だろう。それはすなわち、

止める価値のある時間がどこにあるのか、イノベーションを利用する当事者の想像力に、そのセンスが猛烈に求められる時代の到来を意味している。

7. 謝辞

本研究は、日本財団・キリン絆プロジェクト(2013)「水産業復興支援事業による基盤整備復興事業」に係る成果品の一部である。<http://kizuna-nipponfoundation.info/2013/09/post-15.html> 実証実験に協力いただいた関係者に深謝する。また、本研究の一部は「いわて産業振興センター・農商工連携ファンド」により支援を受けた。

8. 参考文献

- 1) 農林水産省：東日本大震災による被災3県の漁業の概要(2013)漁業センサス
- 2) 水産庁：平成28年度水産白書
- 3) FAO Fisheries & Aquaculture: The State of World Fisheries and Aquaculture 2016.
- 4) 農林水産省：平成29年度予算概算決定の概要(輸出促進関連)
<http://www.maff.go.jp/j/shokusan/export/attach/pdf/index-60.pdf>
- 5) Becky Mansfield. Fish, factory trawlers, and imitation crab: the nature of quality in the seafood industry. *Journal of Rural Studies*. 2003; 19: 1: 9-21.
- 6) 大和田哲男：“CAS機能技術の食品食材から医学医療への応用開発”*Organ Biology VOL.18 NO.1,P71-78, 2011*
- 7) 岡野栄之(2016)ヒトiPS細胞由来の神経幹細胞の凍結保存方法を確立 *Neuroscience Research*.
- 8) 肖楠ほか(2013)科学海洋掘削におけるCAS凍結を用いた生物学的研究用サンプルの保管について *日本微生物生態学会講演要旨集(29)*, 89
- 9)
- 10) 青森県産業技術センター：“ゴマサバの鮮度保持試験”青森県産業技術センター食品総合研究所研究報告3号,P.9-11(2012-02))
- 11) 水産庁：“水産需給動向”水産白書平成22年度 水産の動向
http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h22_h/trend/1/t1_2_1_2.html

REBUILD THE GLOBAL STRATEGY OF LOCAL RESOURCE USAGE WITH THE LATEST FROZEN TECHNOLOGY.

Kenichiro YAGI, Takashi SUZUKI, Yoshiyuki KUMAGAI and Norio OWADA

Past Japanese fisheries had been operating as a food supplier mainly for a domestic market and enabled a supply of fresh Sashimi (sliced raw fish) by taking advantage of mighty expert skill of craftsmen, the highly developed supply chain system and a narrow country.

However, the demand in the domestic market has been shrinking and, in contrast, the foreign Sashimi market has been rapidly expanding, which has required the establishment of new business model of ex-

porting Sashimi beyond the raw material sales.

In this paper, the authors made a review of the past efforts concerning the transformation of the fishery into a high value added service industry with a drastic revision in the technical aspect of how to utilize marine resources. Specifically, we noted our experimental trials of commercializing frozen Sashimi products and its export in order to meet the conditions of "quality + extension of product life + pre-cooked and individually packed" by utilizing the latest freezing technology of CASTM (Cells Alive System).