

日本の水産業を再構築するための 技術戦略

—水産加工研究の視点から—

鹿児島大学水産学部

教授 木村郁夫

第 **598** 号
(第 51 卷 第 10 号)

編 集 一般財団法人 東京水産振興会
発 行

「水産振興」発刊の趣旨

日本漁業は、沿岸、沖合、そして遠洋の漁業といわれるが、われわれは、それぞれが調和のとれた振興があることを期待しておるので、その為には、それぞれの個別的な分析、乃至振興施策の必要性を、痛感するものである。坊間には、あまりにもそれぞれを代表する、いわゆる利益代表的見解が横行しすぎる嫌いがあるのである。われわれは、わが国民経済のなかにおける日本漁業を、近代産業として、より発展振興させることが要請されていると信ずるものである。

ここに、われわれは、日本水産業の個別的な分析の徹底につとめるとともに、その総合的視点からの研究、さらに、世界経済とともに発展振興する方策の樹立に一層精進を加えることを考えたものである。

この様な努力目標にむかつてわれわれの調査研究事業を発足させた次第で冊子の生れた処に、またこれへの奉仕の、ささやかな表われである。

昭和四十二年七月

財団法人 東京水産振興会
(題字は井野碩哉元会長)

目次

日本の水産業を再構築するための技術戦略

— 水産加工研究の視点から —

第五九八号

| | |
|-----------------------------------|----|
| はじめに..... | 1 |
| 第一章 日本の水産業は成長産業か、衰退産業か..... | 2 |
| 第二章 世界の人口増と食料 水産物の役割..... | 5 |
| 第三章 日本の水産物の輸出..... | 8 |
| 第四章 水産物の輸出戦略..... | 10 |
| 第五章 魚介肉の鮮度維持と高品質冷凍品の生産技術について..... | 25 |
| 第六章 大学での水産学研究と人材教育のあり方..... | 55 |
| 第七章 おわりに..... | 56 |
| 謝辞..... | 58 |
| 引用文献..... | 58 |

時事余聞 編集後記

木 村 郁 夫
略歴

▽一九八〇年三月北海道大学大学院水産学研究科博士後期課程二年中退、一九八一年九月水産学博士(北海道大学 論文博士)。
【職歴】一九八〇年四月日本水産株式会社入社、中央研究所勤務、二〇〇四年三月日本水産株式会社研究推進オフィサー就任(部長)、二〇〇六年四月(独)水産総合研究センター中央水産研究所利用加工部長就任(出向)、二〇〇八年四月日本水産株式会社中央研究所部長研究員就任、二〇〇九年三月日本水産株式会社退社、同年四月鹿児島大学水産学部教授就任、現在に至る。二〇一三年四月鹿児島大学学長補佐(社会貢献担当)就任(二〇一七年五月よりCOO担当)、現在に至る。二〇一四年一〇月鹿児島大学かごしまCOOセンター長就任、現在に至る。

日本の水産業を再構築するため の技術戦略

―水産加工研究の視点から―

鹿児島大学水産学部

教授 木村 郁夫

はじめに

著者は北海道大学大学院水産学研究科における魚類筋肉タンパク質、特にミオシンの生化学的研究、日本水産(株)中央研究所における冷凍すり身の高品質化・利用技術や食品加工技術研究、独立行政法人 水産総合研究センター中央水産研究所利用加工部

での水産物加工研究の推進、および鹿児島大学水産学部で水産物加工に関する基礎研究と教育を行ってきた。大学入学から四十五年が経っている。この間水産加工に関する基礎研究成果を実用化することに絶えず取り組んできた。水産学は実学であり、それを実践してきた。近年、このような水産加工の研究を行う研究者の数が非常に少なくなってきた。日本の水産業の振興を担う水産加工の基礎研究から応用を行う人材の養成は重要である。著者が体験あるいは感じてきた日本の水産業の強みと弱み、取り組むべき課題あるいは取り組んでいる解決法について本書で述べてみたい。

第一章 日本の水産業は成長産業か、衰退産業か

これは鹿児島大学水産学部に入学生した新入生への授業で行う最初の質問である。半数以上の学生は「成長産業である」に手を挙げる。しかしながら、三年次の専門課程の授業で久しぶりに会い同じ質問をすると、数人しか手を挙げない。この間、何が起ったのか？実は日本の水産業の実態を知ると「衰退産業」と思わざるを得ないということになる。表1に平成二十七年水産白書の水産基本指標を示した。排他的経済水域は四四七万平方キロメートルで世界六位の海洋資源大国である。一方、二〇一五年度の魚介類全体の自給率は五四%と自給率ピークの昭和三十九年度の一三%に比べようもない。漁業・養殖業生産量は四七九万トンと生産量ピークの昭和五十九

日本の水産業の実態を知ると「衰退産業」と思わざるを得ない

一九八〇年代はマイワシが四〇〇万トン以上漁獲されていたが、その後、急減。ここ数年、マイワシ資源の復活の兆候がみられている

年（一九八四年）の二二八二万トンの半分以下となっている。生産額は一兆五〇〇〇億円であり、ピーク金額三兆円の半額である。漁獲量と生産額が半減した大きな理由は魚種交替である。一九八〇年代はマイワシが四〇〇万トン以上漁獲されていたが、その後、急減した。再び、マイワシ資源量は復活するのだろうか？ここ数年、マイワシ資源の復活の兆候がみられており（平成二十七年十二月十四日 国立研究開発法人水産総合研究センター プレスリリース マイワシの資源量の増加傾向がさらに強まる可能性が高い状況です）、資源復活を大切に見守りたい。今が大切である。水産物の輸入額は一兆七〇〇〇億円であり、これに対して輸出額は二七五七億円で

表1 日本の水産基本指標（平成27年度水産白書）

| 項目 | データ | 備考 |
|-------|--------------------------------------|--|
| 経済指標 | 排他的経済水域等 447万km ² （世界第6位） | 国土面積37.8万km ² 、国土面積の約12倍 |
| | 国内総生産（GDP） 水産業は7,138億円（平成26年） | 総生産は487兆円 |
| 水産物需給 | 自給率 | <ul style="list-style-type: none"> ・食用魚介類：60%（平成26年度概算値） ・海藻類：66%（平成26年度概算値） ・魚介類全体：54%（平成26年度概算値） <ul style="list-style-type: none"> ・食用魚介類自給率目標（水産基本計画、重量ベース） 平成34年度 70% ・食用魚介類自給率ピーク 昭和39年度 113% |
| | 漁業・養殖業生産量 479万トン（平成26年） | 生産量ピーク 1,282万トン（昭和59年） |
| | 漁業・養殖業生産額 1兆5,057億円（平成26年） | 生産額ピーク 2兆9,772億円（昭和57年） |
| 貿易 | 輸入額 1兆7,167億円（平成27年） | 農林水産合計 9兆5,209億円 |
| | 輸出額 2,757億円（平成27年） | 農林水産合計 7,451億円 |

ある。輸入額は一・五兆円付近で、漁獲生産額とほぼ同額である。輸出額は二〇一三年度二二一六億円であったので順調に伸びている。農林水産省の水産物の輸出戦略では、二〇一九年度に三五〇〇億円を目指している。これを実現するための方策については、後述する。現状の輸出額は漁業・養殖生産額の一八・三％である。

以上のようなデータを見る限り日本の水産業は元気がないと映るに違いない。これ以外に、漁業従事者の高齢化や就業者数数の激減が追い打ちをかけている。著者はこのような状況を認識しているが、学生には「成長産業」に転換することができると説明している。なぜならば世界の水産業の現場をみてきた経験があり、水産物の価値を理解しているからである。実は、日本の水産業は、従来は「日本国内」のみを見てきた「内弁慶」であったと言わざるをえない。漁獲物は日本国内で主に消費することで対応ができていたが、これでは済まないことになってきている。目を世界に転じて、日本の水産資源の価値を考え、日本の国内の水産業の仕組み「漁業」水産加工・流通システム」の変革、すなわち水産ビジネスシステムの変革を行う必要がある、その時期である。今、行動を起こさなければ、ますます衰退するであろう。行動の具体的な内容を説明する前に、もう少し世界における水産物の消費トレンドや日本の状況についてみてみよう。

目を世界に転じて、日本の水産資源の価値を考え、日本の国内の水産業の仕組み「漁業」水産加工・流通システム」の変革、すなわち水産ビジネスシステムの変革を行う必要がある、その時期である。

第二章 世界の人口増と食料 水産物の役割

日本の人口は一億三〇〇万人をピークに減少に転じた。さらに、高齢化が進行する。二〇三〇年の人口は、七五〇〇万人とも推計されている。食料の消費を考えると日本の胃袋は小さくなると予想される。また、水産物の消費量も国民一人一年当たり供給量（表2）をみると、一九九〇年の七一・二キログラムから二〇一二年の五一・四キログラムへと減少している。日本全体を見ると四五〇万トン以上の水産資源があるのに、消費は縮減するということになる。需要が減少するのだから水産物の価値は相対的に低くなる。これは厳しい現実に向き合っていると云わざるを得ない。水産業の将来に希望をもって参画する日本の若者はいるだろうか？

一方、世界人口は一九五〇年の二五億人から二〇一五年に七五億人とFAOの統計推計に従って驚異的に伸びており、二〇五〇年には九〇億人を超えると推計されている。食料は足りるのだろうか。表3には世界の漁業・養殖業生産量の推移を示している。一九六〇年の生産量は三六七八万トンであったのが、一九九〇年に一億トンを超えた。二〇一四年には二億トン弱と急激に伸びている。水産物の生産量の伸びは優秀であったといえるが、漁獲量（ワイルドキャッチ）は、一九九〇年代に九〇〇〇万トン付近で頭打ちとなっている。資源の枯渇状態からこれ以上の伸びは期待できない。生産量の驚異的な伸びの立役者は養殖業生産である。二〇一四年の統計では、養殖業生

世界人口は一九五〇年の二五億人から二〇一五年に七五億人とFAOの統計推計に従って驚異的に伸びており、二〇五〇年には九〇億人を超えると推計されている。

表2 国民1人1年当たりの供給量の変化（平成27年度水産白書）

| | 昭和36年 (1961) | 45 (1970) | 55 (1980) | 平成2 (1990) | 12 (2000) | 21 (2009) | 22 (2010) | 23 (2011) | 増減率 (%) | |
|----------|-----------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|------------------------|
| | | | | | | | | | 平成23/昭和36 (2011/1961) | 平成23/22 (2011/2010) |
| | | | | | | | | | 世界平均 | 9.0 |
| 日本 | 50.4 | 61.3 | 65.5 | 71.2 | 67.2 | 54.1 | 52.8 | 51.4 | 2.0 | ▲ 2.7 |
| 中国 | 4.8 | 4.5 | 5.2 | 11.2 | 24.4 | 31.3 | 32.3 | 33.1 | 588.8 | 2.3 |
| インドネシア | 10.2 | 10.4 | 12.1 | 14.9 | 20.6 | 25.6 | 27.2 | 28.9 | 181.9 | 6.1 |
| EU(28か国) | 14.6 | 17.1 | 16.6 | 20.2 | 20.8 | 22.7 | 22.9 | 22.9 | 57.0 | ▲ 0.2 |
| 米国 | 13.0 | 14.5 | 15.4 | 21.1 | 22.1 | 21.4 | 21.9 | 21.7 | 66.5 | ▲ 1.3 |
| インド | 1.9 | 2.8 | 3.1 | 3.8 | 4.5 | 5.6 | 5.7 | 5.2 | 178.0 | ▲ 9.6 |

資料：FAO「Food Balance Sheets」（日本以外の国）及び農林水産省「食料需給表」（日本）

表3 世界の漁業・養殖業生産量の推移（平成28年度水産白書）

| | 昭和35年 (1960) | 45 (1970) | 55 (1980) | 平成2 (1990) | 12 (2000) | 22 (2010) | 26 (2014) | 27 (2015) | 増減率 (%) | |
|-----|-----------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------------|----------------------|
| | | | | | | | | | 平成27/12 (2015/2000) | 27/26 (2015/2014) |
| | | | | | | | | | 世界計 | 3,678 |
| 漁業 | 3,476 | 6,386 | 6,823 | 8,593 | 9,466 | 8,883 | 9,238 | 9,377 | ▲ 0.9 | 1.5 |
| 養殖業 | 202 | 353 | 735 | 1,685 | 4,172 | 7,802 | 10,108 | 10,601 | 154.1 | 4.9 |
| 中国 | 309 | 378 | 581 | 1,468 | 4,328 | 6,349 | 7,615 | 7,939 | 83.4 | 4.3 |
| 漁業 | 222 | 249 | 315 | 671 | 1,482 | 1,566 | 1,735 | 1,785 | 20.4 | 2.9 |
| 養殖業 | 87 | 129 | 266 | 796 | 2,846 | 4,783 | 5,880 | 6,154 | 116.2 | 4.7 |
| 日本 | 619 | 931 | 1,112 | 1,105 | 638 | 531 | 477 | 469 | ▲26.6 | ▲ 1.7 |
| 漁業 | 589 | 872 | 1,004 | 968 | 509 | 416 | 375 | 358 | ▲29.6 | ▲ 4.4 |
| 養殖業 | 30 | 60 | 109 | 137 | 129 | 115 | 102 | 111 | ▲14.4 | 8.2 |

中国での養殖業生産量の伸びが著しく、特に一九九〇年から二〇〇〇年の間での伸びがすさまじい

産量が漁業生産量を逆転している。特に、中国での生産量の伸びが著しい。中国の漁業生産量は、一九六〇年の漁業二二三万トン、養殖業八七万トンが、一九九〇年でそれぞれ六七一万トンと七九六万トン、二〇〇〇年で一四八二万トンと二八四六万トン、二〇一五年で一七八五万トンと六一五四万トンと驚異的に伸びている。特に、一九九〇年から二〇〇〇年の間での伸びがすさまじい。二〇〇九年に著者が水産総合研究センター中央水産研究所の利用加工部長として中国の水産研究所を訪れた際に中国の食糧を如何にまかなうかということが話題となった。当時「J. Brown」が著した「だれが中国を養うのか 迫りくる食糧危機の時代」（ワールドウォッチ二一世紀シリーズ）が指摘をしていたことである。中国の水産研究所の研究者は、「中国の食糧は中国が準備する」と述べたことは記憶に新しい。特に養殖業（淡水産）の生産量を伸ばすことを強調されていた。水産の統計資料はそのことが実現されていることを如実に示している。さらに、中国における国民一人一年当たりの供給量の推移（表2）から、一九六一年では四・八キログラムであったのが、二〇〇九年で三二・三キログラム、二〇一一年で三三・一キログラムと急速に伸びている。中国の人口は一三億人と日本の一〇倍であるので、驚異的な伸びである。中国の漁業・養殖業生産量においては、漁業の生産量も世界の第一位で一七八五万トン（二〇一五年）となっている。どこで漁獲されているかを中国の統計データから追うことは難しいが、著者は公海漁業における漁獲比率が重要な位置づけにあると推察している。

水産物の漁獲や消費に関わる世界の統計資料は、水産物のグローバルな価値は今後ますます高くなることを示している

さらに、表2には世界平均の一人当たりの年間供給量の推移が示されている。一九六一年の九・〇キログラムから二〇二一年の一八・九キログラムへと約二倍となったが、世界人口の増加を考えると、これも驚異的な伸びであるといえる。背景には水産物の栄養と健康機能成分の研究、鳥インフルエンザやBSEの問題など食料の安全にかかわる問題、そして何よりも水産物は美味しいという特徴がある。水産物の価値を理解した地域では消費量が伸びるのは当然である。水産物の漁獲や消費に関わる世界の統計資料は、水産物のグローバルな価値は今後ますます高くなることを示している。また、食料としての水産物の争奪戦が行われていることを示している。日本の水産物生産量は四五〇万トン以上あり、これは水産資源の無い国からみて魅力的な資源量である。魚種交替によりマイワシの漁獲量も数百万トン規模で増大する可能性もある。一方、日本国内の水産物の消費量は減少する。日本の水産物は世界における貴重な食料資源として活用すべき段階に来ている。そのような視点で日本の水産物の高度利用・流通・消費を考えるべきである。日本の水産物の海外への輸出はどうなっているのだろうか。

第二章 日本の水産物の輸出

日本からの水産物の輸出は、各種技術のブレークスルーと為替によって大きく変

日本からの水産物の輸出の大半は、アジア諸国における加工食品工場の原料として送られているのが現状

わつてきている。昭和二十年代から三十年代中期頃までは、日本から欧米へ水産物輸出されていた。日本からの総輸出額の実に七%を占めていたので、花形輸出産業であったといえるだろう。その後、為替が固定相場から変動相場になり、冷凍処理輸送技術が定着すると、日本における缶詰生産の強みは失われ、缶詰産業は賃金の安い東南アジアの国々へ移転していった。また、中国では水産物原料を輸入し、中国国内で加工して輸出するというビジネスシステムが構築された。中国は「世界の食品工場」となっている。日本からの水産物の輸出の大半は、これらアジア諸国における加工食品工場の原料として送られているのが現状である。輸出額と輸出品から、各魚種の平均単価を算出できる。二〇一六年度の水産白書のデータから二〇一五年におけるサバの国内平均単価と輸出における平均単価を算出し表4に示した。サバの国内平均単価は一キログラム当たり八八・七円に対して輸出した場合は一キログラム当たり九六・二円であり、輸出では浜値に輸送賃が付加された程度の安い価格で取引がされている実態が認められる。これからは、このような安い値段での輸出はもつたないと思うべきで、日本国内に

表4 サバの国内平均単価と輸出平均単価

| サバの国内漁獲量(万トン) | 国内生産額(億円) | 平均単価 (円/kg) |
|---------------|-----------|-------------|
| 55.7 | 497 | 88.7 |
| サバの輸出品(万トン) | 輸出額(億円) | 平均単価 (円/kg) |
| 18.6 | 179 | 96.2 |

(平成27年度水産白書より算出)

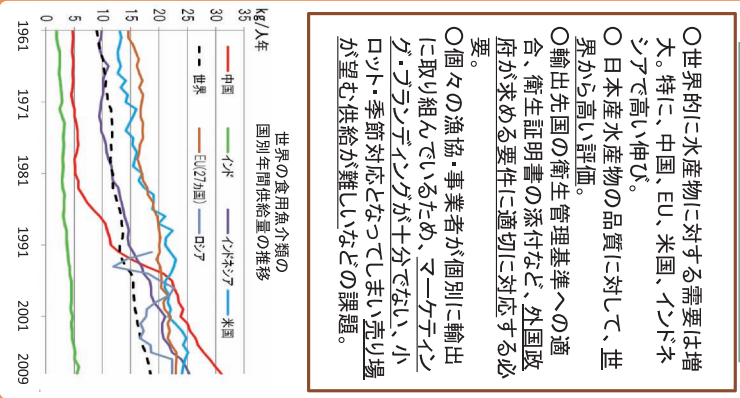
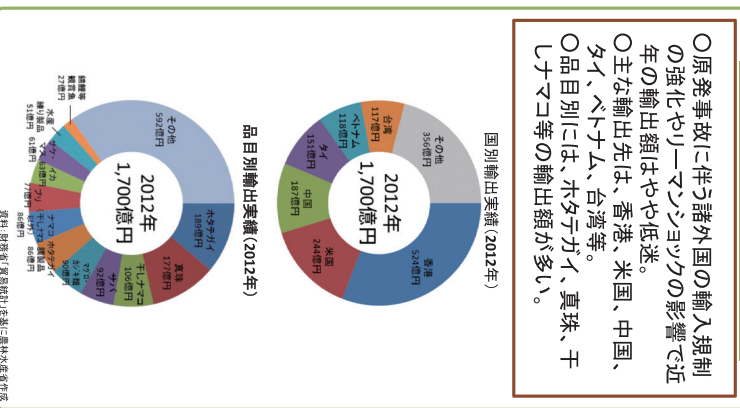
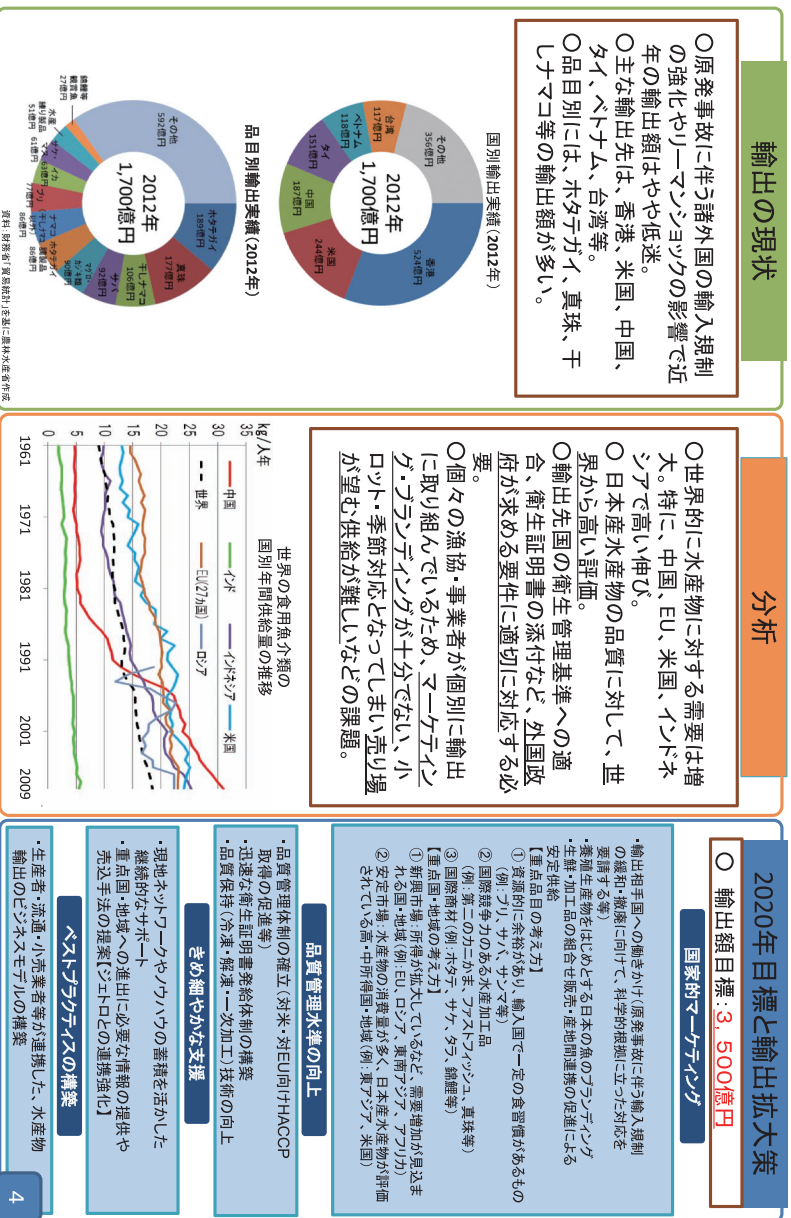
付加価値を取り込むようなビジネスを構築しなくてはいけない。缶詰等の加工原料として水産物冷凍品を海外に輸出しているためにこのような価格となっているが、日本の水産物を本来の価値ある状態で輸出するための方法はどのようなものか？

第四章 水産物の輸出戦略

図1は平成二十五年（二〇一三年）八月に農林水産省が提示した農林水産物・食品の国別・品目別輸出戦略にある水産物の輸出戦略である。農林水産物の輸出額を二〇二〇年に一兆円を目指すという計画で、途中、一年前倒しとなり二〇一九年度に達成することが目標となっている。水産物の目標輸出額は三五〇〇億円で、これを計画した年度の前年度（二〇一二年）の輸出額一七〇〇億円の倍増である。二〇一五年には二七五七億円と増加したが二〇一六年には二六四〇億円と足踏み状態となっている。目標額を達成するために種々取組みが提示されていて、この通りだと思いが、達成するためには日本の水産物の強みと世界の水産物の食文化の変化を理解しておく必要がある。日本の水産物の強みは、水産物の漁獲後の鮮度管理にある。日本の食文化の特徴は魚介類の生食である。また、世界の中でも優秀な漁場が近く、鮮度の良い状態で冷凍処理加工が可能である。日本の高品質な水産物として世界に供給することができる。日本の水産物加工研究において、魚介類の鮮度変化やタンパク質変性の特徴

目標額を達成するためには、日本の水産物の強みと世界の水産物の食文化の変化を理解しておく必要がある。

図1 水産物の輸出戦略（農林水産省 2013年）



輸出相手国への働きかけ（原発事故に伴う輸入規制の緩和・域際に向けて、科学的根拠に立つ対応を推進）

産地・生産物をはじめとする日本の魚のブランド化

生鮮・加工品の組合せ販売・産地間連携の促進による安定供給

【重点品目の考え方】

- ① 資源的に余裕があり、輸入国で一定の食習慣があるもの（例：アジ、サバ、サンマ等）
- ② 国際競争力のある水産加工品（例：第二のカニかま、フラストペンデュ、真珠等）
- ③ 国際商材（例：ホタテ、サケ、タラ、銀鱈等）

【重点国・地域の考え方】

- ① 新販市場：所得が伸びているなど、需要増加が見込まれる国・地域（例：EU、ロシア、東南アジア、アフリカ）
- ② 安定市場：水産物の消費量が多く、日本産水産物が評価されている高所得国・地域（例：オーストラリア、米国）

品質管理水準の向上

- ・品質管理体制の確立（対米・対EU向けHACCP取得の促進等）
- ・迅速な衛生証明書発給体制の構築
- ・品質保持（冷凍・解凍・一次加工）技術の向上

きめ細やかな支援

- ・現地ネットワーキングやノウハウの蓄積を活かした継続的なサポート
- ・重点国・地域への進出に必要な情報の提供や売込手法の提案（シエトロとの連携強化）

インフラの構築

- ・生産者・流通・小売業者等が連携した、水産物輸出のビジネスモデルの構築

4

和食の中心素材の一つは刺身や寿司などの魚介類の生食であり、冷凍解凍後に高品質な水産物を提供することが重要

を明らかにすること、タンパク質変性の抑制研究などは世界の中でNo.1の研究実績であると誇ることができる。その研究実績の最たるものは冷凍すりみ製造と加工技術であろう。また、日本の和食文化が世界に拡散しているのも強みである。和食の中心素材の一つは刺身や寿司などの魚介類の生食であり、冷凍解凍後に高品質な水産物を提供することが重要である。このようなことができれば、水産物が本来もっている価値をとることができる輸出となる。図1の戦略の中で、輸出拡大策の国家的マーケティングに【重点品目の考え方】の①資源的に余裕があり、輸入国で一定の食習慣があるものとして、サンマが挙げられている。この時期(二〇一三年)から現在(二〇一七年)に至り、サンマの漁獲状況は一変してしまった。著者が水産総合研究センターの利用加工部長に在籍していた二〇〇九年に事業を開始し二〇一一年までに行ったサンマのグローバル流通を目指した技術研究について紹介したい。また、【品質管理水準の向上】として、品質保持(冷凍・解凍・一次加工)技術の向上が挙げられている。技術的な課題点を解決し、アドバンテージのある輸出とするために非常に重要な内容であり、私たちの研究活動も含め紹介したい。

四―一 日本はサンマを国際商品として活用できるか？

サンマは日本の水産資源として利用されてきた歴史がある。棒受け網にて漁獲さ

サンマは二年魚、浮魚であることから、漁獲可能量は四〇〇〜五〇万トン程度と推計

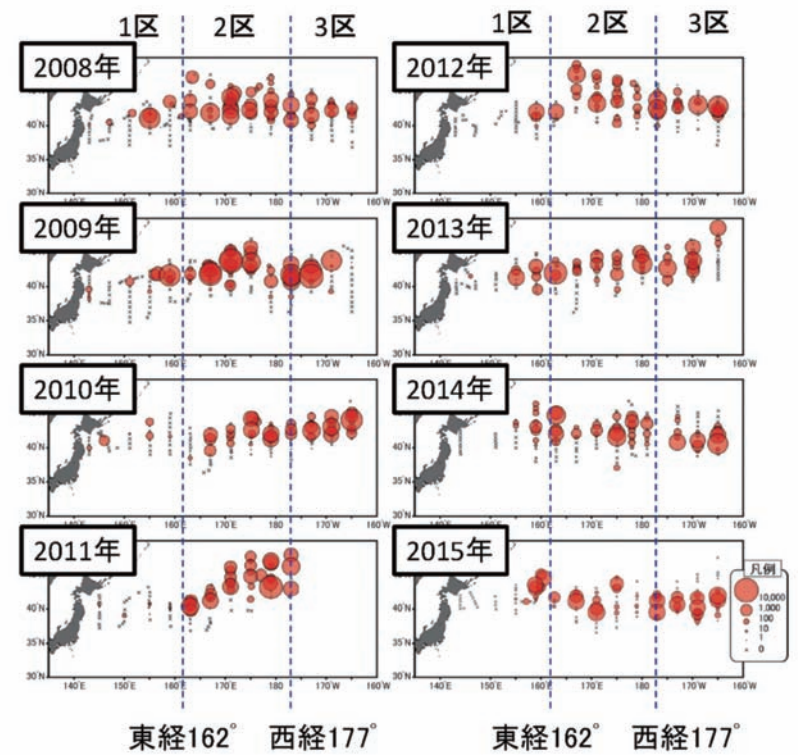
れ、秋の味覚として楽しまれていた。二〇一三年に策定された輸出拡大策において国家的マーケティングの重点品目の魚種としてサンマが挙げられている。サンマ資源については、日本のみが資源調査をしており、その結果は公表されてきた。資源調査は水産研究・教育機構が担っており、費用は日本国民の税金で賄われている。サンマは二年魚の浮魚で日本沿岸から太平洋の広範な海域で産卵が行なわれており、孵化後は北太平洋の西経域まで索餌回遊し、八月頃には色丹島〜ウルップ島東方海域に漁場が形成され、九月には道東海域〜三陸沖に來遊する。資源調査データとして、図2にあるような情報が報告されている。これは各海域において一定条件下の表層トロールにより漁獲されるサンマの数量や魚体組成・年齢構成について定点観測を二〇〇三年から毎年継続して行ってきた成果を示したものである。これらのデータから資源重量は二〇〇万トンから五〇〇万トン程度と推定され、年によって変化が認められる。二〇一五年の推定資源重量は、二二七万トンと推定されている。サンマは二年魚、浮魚であることから、漁獲可能量は四〇〇〜五〇万トン程度と推計されている。

四―二 サンマの漁獲はどうなっているのか？

サンマの資源重量や漁獲可能量から、サンマは日本の中でも安定した漁獲が期待される魚種となっている。しかし、日本での漁獲に関しては様相が複雑である(あつ

著者が二〇〇八年に日本の水産物の価値を高く利用することを目指したプロジェクトを提案検討する際に、当時、日本で漁獲される安定的な資源候補としてサンマに注目したが、日本以外の各国の漁獲量を知るに及び、日本の重要魚種の高度な活用方法を構築する必要があると意を強くした。

た。日本国内でのサンマの漁獲は主に棒受網漁業で日本近海の二〇〇カイリ内で行われ、消費量はおよそ二〇万トン程度であり、それ以上漁獲されると安売りの魚となり魚価の低迷を引き起こすため、漁獲を自粛するというを行ってきた。一方、日本以外の国では、ロシアが千島列島・北方四島の太平洋沿岸（二〇〇カイリ内）で一九七〇年代から操業を開始し、その後、一九八〇年代後半に台湾、韓国が二〇〇カイリ外の北西太平洋公海で操業を開始した。著者が二〇〇八年に日本の水産物の価値を高く利用することを目指したプロジェクトを提案検討する際に、当時、日本で漁獲される安定的な資源候補としてサンマに注目したが、日本以外の各国の漁獲量を知るに及び、日本の重要魚種の高度な活用方法を構築する必要があると意を強くした。表5には水産研究・教育機構が平成二十七（二〇一五）年度サンマ太平洋北西部系群の資源評価で発表した各国のサンマ漁獲量の二〇〇六年から二〇一四年のデータを記載した。二〇〇六年の日本の漁獲量約二四万トンに対してロシア七・七万トン、台湾六・一万トン、韓国一・二万トンであり日本の漁獲比率は六一・二％であった。その後は驚くべき展開となっている。日本の漁獲量は台湾に抜かれ、各国の漁獲比率で三五％台になっている。二〇一五、二〇一六年では、日本の漁獲量は一万トン台で、比率は三二％台とさらに低下した。この中では、台湾と同様に中国の漁獲の伸びも非常に大きいことも特筆される。中国は二〇一二年に参入し二千トンを漁獲し、二〇一四年には約七万六千トンと急激に漁獲量を増やしている。日本の漁獲量が低下した原因につ



出典：平成27年7月31日 国立研究開発法人 水産総合研究センター
プレスリリース 平成27年度 北西太平洋サンマ長期漁海況予報

図2 サンマの資源調査の海域と調査結果

「サンマのグローバル商品化のための高鮮度・高効率加工技術の開発」

表5 各国のサンマ漁獲量推移

| 年 | 漁獲量(千トン) | | | | | | 日本のシェア (%) |
|------|----------|----|-----|-----|----|-----|------------|
| | 日本 | 韓国 | ロシア | 台湾 | 中国 | 合計 | |
| 1980 | 192 | 0 | 39 | 0 | 0 | 231 | 83.3 |
| 1985 | 259 | 1 | 23 | 0 | 0 | 284 | 91.4 |
| 1989 | 247 | 3 | 68 | 12 | 0 | 330 | 74.7 |
| 2000 | 211 | 24 | 17 | 27 | 0 | 282 | 75.2 |
| 2010 | 193 | 21 | 35 | 167 | 0 | 415 | 46.6 |
| 2012 | 218 | 14 | 62 | 162 | 2 | 457 | 47.7 |
| 2014 | 225 | 23 | 71 | 230 | 76 | 625 | 35.9 |

出典：国立研究開発法人 水産研究・教育機構 H27年度サンマ太平洋北西部系群の資源評価より抜粋
・漁獲開始年度 韓国(1985年)、台湾(1989年)、中国(2012年)

表6 日本におけるサンマ漁獲量、漁獲金額、平均単価の推移

| 年度 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 漁獲量(万トン) | 234 | 207 | 215 | 221 | 150 | 229 | 116 |
| 金額(億円) | 157 | 275 | 231 | 171 | 230 | 256 | 253 |
| 平均単価(円/kg) | 67.0 | 100 | 107 | 77.4 | 153 | 112 | 218 |

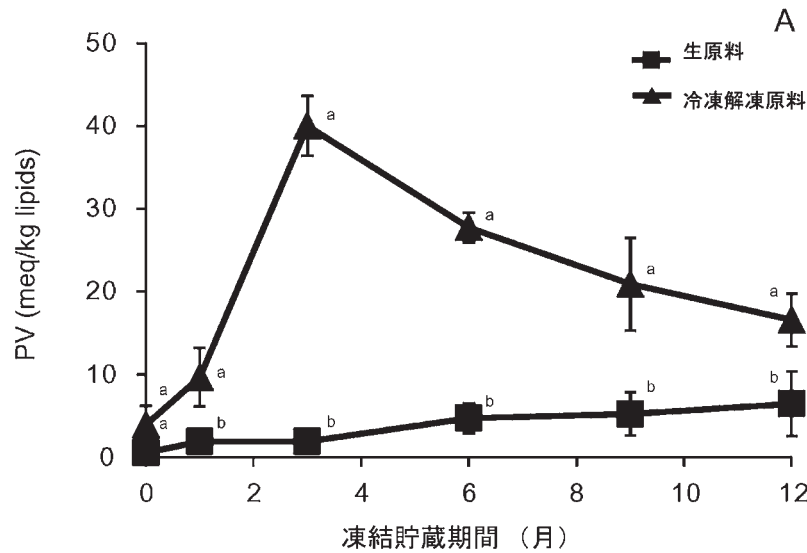
出典：平成28年度水産白書データより算出

いては、日本の単独漁獲の場合においても低いレベルの漁獲となった年度もあるが、北西太平洋における資源量の低下や日本近海の水水温の上昇により魚群の回遊経路が日本近海から離れたところにあったこと、台風などの影響による漁業日数の減少なども要因として指摘されている。一方、各国の漁獲量を合わせた総量はサンマ資源量から考慮して、非常に厳しい水準に到達しているとみるべきで、資源管理をきちつとおこなうことが求められる状況である。台湾での急激な漁獲増を可能とした要因についてはビジネスモデルの違いが影響している。中国も同様な操業形態であるので、中国の漁獲量が台湾に追いつくことが近い将来起こり得る。このままでは日本の漁獲がままならない状況が起こることが容易に推察されるので、危惧している。

二〇〇六年に著者らは当時のサンマの資源重量や漁獲総量から新たに日本での漁獲を伸ばし、価値の高い状態で海外への輸出を行うための技術研究提案を行った。農林水産省による先端技術を活用した農林水産研究高度化事業委託研究「サンマのグローバル商品化のための高鮮度・高効率加工技術の開発」として採択され、二〇〇七～二〇〇九年度にかけて技術開発研究を行った。二〇〇六年の日本のサンマ漁獲比率は六一・二%であり、漁獲可能量から一〇～二〇万トンの余裕資源があることが推察された。日本のサンマの消費利用形態は焼き魚などを主体とした国内消費をターゲットとしたものであり、漁獲量が増えると値段が暴落することから、漁獲を控えるという状況であった。表6にサンマの各年度における漁獲量と金額から一キログラム当たり

サンマ資源を高度に有効活用するビジネスを創出する必要があると考察して、サンマをグローバル商材とすべく加工処理方法や市場価値の調査を行い総合的なビジネスシステム構築の必要性について提案を行った

の単価を算出した結果を示すが、漁獲量約二〇万トンを超えて二二〜二三万トンでは一キログラム当たり七七〜六七円となるのに対して、二〇万トン以下では一〇〇円以上の単価となっている。二〇一四年の二二・九万トンで単価が一・二円となっているのは、前年度の漁獲量一五万トンの影響がたものと推察する。このような状況を克服し、サンマ資源を高度に有効活用するビジネスを創出する必要があると考察して、サンマをグローバル商材とすべく加工処理方法や市場価値の調査を行い総合的なビジネスシステム構築の必要性について提案を行った。プロジェクト成果の詳細は、「日本産水産物のグローバル商品化 ―その戦略と技術―」（恒星社厚生閣 二〇一二年出版）にて報告した。サンマをグローバルに利用するために、魚体の大小や鮮度維持、および冷凍保存性や加工方法に関する技術課題について検討した結果、一回凍結品ファイル品質やサンマ冷凍すり身の特徴を明らかにし、加工残滓のミール・魚油利用などの総合的な取組みの優位性を認めた。さらにEU諸国でのサンマ冷凍ファイルの受け入れ性は高く、輸出を可能とするHACCPに対応した漁獲・加工事業の構築が必要であることが明らかとなった。例えば、生原料と一回凍結原料を解凍した原料それぞれからスキンスファイルを調製し、これを冷凍した冷凍ファイルの脂質酸化の状態を測定した結果を図3に示した。生原料から調製した凍結ファイルは一回凍結品であり、一回凍結原料を解凍してファイルとして再凍結したものは二回凍結品となる。二回凍結品の脂質酸化速度は非常に速いことが明らかにされた。スケトウダラなどの白身魚では、



(出典 : J. Food Processing and Preservation. 37 (2013) 325-334. Tanaka ら)

図3 サンマの生鮮原料と冷凍解凍処理原料からそれぞれ調製したスキンスファイルの凍結貯蔵 (-20°C) 中の過酸化価の変化

ラウンド冷凍原料を解冻しスキンスライスブロック冷凍品（二回凍結品）の生産も行われている。白身魚の場合は脂質含量が低いので二回凍結の影響は少ないが、サンマの場合は二回凍結品の冷凍保存中に脂質劣化が非常に速く進行することから、生原料からフィレを作り凍結する一回凍結品の優位性を利用すべきであると結論した。一回凍結スキンスライスフィレではヨーロッパ（オランダ）でのマリネなど各種調理素材としての受け入れ性は非常に高い結果が得られた。オランダなどでは塩漬けたニシンのスキンスライスフィレを塩抜きし、これに玉ねぎのみじん切りをのせて生で食べる食習慣があり、サンマのスキンスライスフィレでも同じ食べ方で食べていただき、ニシンと同様の味・風味を示すと評価された。ニシンの代替品としての利用も期待される結果であった。

二〇〇八年当時、さらに漁獲可能であった約一〇万トンについては、日本以外の国へのフィレを輸出、あるいは、魚体の小さな原料やフィレ加工残滓を用いた冷凍すりみやミール、魚油など加工素材として利用するビジネスの方向性を示す結果が得られた。

サンマの日本国内への供給では二〇数万トンで需要は飽和することが推察される（表6）。一方、二〇〇八年当時、さらに漁獲可能であった約一〇万トンについては、日本以外の国へのフィレを輸出、あるいは、魚体の小さな原料やフィレ加工残滓を用いた冷凍すりみやミール、魚油など加工素材として利用するビジネスの方向性を示す結果が得られた。これを実現するためには、洋上加工船構想が必要であろうと思っていた。人員が少ない加工船でフィレ加工処理ができるように魚体投入から自動で行う高速フィレマシンも開発した。漁獲は棒受網漁船を備船し、洋上にて加工船に魚を供給し続けるといふ船団運営が燃料コストでも優位である。しかし、当時、この様な構

想を実現するための日本国船籍の加工船は存在せず、新たに建造する必要があった。水産ビジネスの変革のためには、大胆な発想でチャレンジすることも必要である。

台湾は総トン数五〇〇トン以上の大型船で六七隻（二〇〇八年）が日本の二〇〇カイリ外で操業していた。（現在は約一〇〇隻）船内でラウンド凍結をし、冷凍仲積船が燃料等を漁船に補給し冷凍製品を受け取るシステムとなっている。漁船は洋上で漁獲・冷凍加工をし続けることができるので、大変効率のよい漁業システムとなっている。さらに冷凍製品は台湾内で消費されるだけでなく輸出されている。輸出先は中国、韓国、フィリピン、タイ、北欧、ロシアである。台湾の人口は約二三〇〇万人であり国内消費量は限られるが、輸出事業があるために漁獲量が増えても値段は影響を受けない。いくらでも漁獲ができるシステムが構築されている。中国は自国消費が主な用途であるが、中国の水産物需要が伸びており、急激な漁獲量の増大が報告されている。中国も台湾と同様の漁獲加工システムであるが、一〇〇〇トン規模の漁船（四四隻）が活動していると報告されている。各国の漁獲量については申告に頼っており不明な点もあるとの報告である。

四一三 日本はどうすべきか？

サンマの国際的な漁獲は猛烈な勢いで伸びてきている。台湾・中国・韓国は、北西

一〇年ほど前にサンマ資源の利用について危惧していたことが一足飛びに現実化し、しかも始末に悪い状況

太平洋で索餌回遊したサンマを日本近海に戻るところで漁獲するので、大変効率が良い。資源量変動の影響を受けにくい漁獲システムのため、資源量変化を感じにくい漁業環境であろう。大型漁船を投入すればするほど、漁獲量は伸びる構図にあり儲けるシステムができてしまっている。かれらの主張は公海資源であるから原則自由な漁獲が可能ということであろう。一〇年ほど前にサンマ資源の利用について危惧していたことが一足飛びに現実化し、しかも始末に悪い状況である。サンマは美味しい魚で、資源の存在・有効性に気が付けば諸外国の漁業者が事業を起こすハードルは大変低い。このまま野放図に漁獲を認めるわけにはいかない状況である。二〇〇カイリ経済水域については、資源の利用権利と資源管理が義務として課せられている。資源調査については日本だけが日本の税金を使って行ってきた実績がある。これはサンマの生態の把握による資源管理のために不可欠な活動である。サンマの産卵域は日本沿岸から東方沖合域まで広がっており、索餌のために北太平洋に回遊し、その後、西北太平洋から日本近海に回遊してくる魚である。産卵場の一部は日本近海であるので資源管理の責任は日本に負うところが大きく、サンマ資源に関する調査を行ってきた日本のインシアチブをとった対応が必要である。二〇〇カイリ外では各国の漁船による獲った者勝ちの乱獲の引き金は既に引かれたと考えるべきで、日本も含め各国は資源を守るための共通の漁獲ルールを早急に作り合意し、施行・管理していかねばいけない。現状、許容漁獲量は推定資源重量と漁獲実績を基にして算出するのがこれまでの国際

ルールである。今年度の北太平洋漁業委員会で日本は、漁獲上限の設定及び許容漁獲量を日本二四万二千トン、台湾一九万一千トン、中国四万七千トンと提案したが合意が得られず、継続審議となっている。過去の実績から考慮すると当然な提案であろう。

漁獲許容資源量は獲りきっても資源の再生産に問題ない量として算出される値であり、人類にとつて貴重な水産資源として漁獲許容資源量は獲りきって活用すべきである。日本のサンマ漁は漁場が近海で二〇〇トン未満の小型船による漁獲のため、沖合と港を行き来することが必要であるため燃費が余計にかかり、魚群が日本近海に近づかないと漁業を効率よく行えない事情がある。また、近年は、水温の高い水塊が日本近海に発生し、サンマが日本近海に近づけないために漁獲が低迷していると報告されている。今の日本のサンマ漁業は待ちの漁業となっていて、漁獲が自然環境により振り回されているのが実情である。サンマが居る海域での積極的で効率の良い漁業システムの検討が必要であろう。

サンマ資源は非常に厳しい状況であることから、関係国間での国際的な資源管理を徹底して資源回復に努めつつ、サンマ資源が増大した時には、その合理的且つ高付加価値的な利用が可能となる様、日本のサンマ漁業者・加工業者のコンセンサスを得て、国家戦略として高次加工サンマ製品の輸出戦略に基づいた洋上母船加工による成長産業化という選択肢にもチャレンジすべきではないか。日本の棒受網漁船については、加工船へのサンマ供給を行う役割で共同参加することで、沖合に長期に留まり漁獲を

今の日本のサンマ漁業は待ちの漁業となっていて、漁獲が自然環境により振り回されているのが実情

日本の水産業の現在から未来にかけて、この漁場の資源管理をし、他国に負けない水産物の有効利用をするためにも、日本の漁業・加工システムを大きく変える時期にきたのではと考えている

効率よく行うことが可能となる。加工船では、台湾や中国船が行っているラウンド凍結だけではなく、冷凍フィレ、小型魚・加工残滓を利用したミール、魚油あるいは冷凍すり身生産を総合的に行うことにより、サンマの価値をより高く利用することができるようになる。サンマの消費形態を考えると、焼き魚にすると一般的には、内臓、頭、骨などは利用しないで残滓となつて捨てられているが、上記のような加工船事業を行うことにより、サンマ資源は無駄なく利用され、さらに、製品の総ポリウムも小さくなるため輸送コストも低減される。公海漁業の有望なターゲットとして、世界の三大漁場の一つである日本の東北沖漁場は明確に位置づけられてしまった。日本の水産業の現在から未来にかけて、この漁場の資源管理をし、他国に負けない水産物の有効利用をするためにも、日本の漁業・加工システムを大きく変える時期にきたのではと考えている。大胆な発想を活かし大きく変革することが必要であろう。変革するのは漁業システムだけではなく、優れた加工技術を付加したシステム変更をしなくてはいけない。他国に比べて圧倒的な優位性を構築しなくてはいけない。日本の水産加工研究は洋上加工事業で大きく発展し、限られた船の作業空間で高品質な冷凍すり身やミール、魚油、冷凍品の生産を効率よく行う技術力を有している。また、安定した高品質の製品を生産するためには漁獲から加工までの鮮度を維持する管理が必要である。これらは未だに他国の加工船では実現できていない、日本独自の技術の蓄積がある。しかし、二〇〇カイリ法の施行とともにこの様な生産を日本船で行うことができなく

なり、洋上加工船を経験し事業をイメージできる人材も限られてきている。水産国日本の未来を創るためには大胆な発想の転換と実行が必要であろう。

第五章 魚介肉の鮮度維持と 高品質冷凍品の生産技術について

図1に示した水産物の輸出戦略で、「品質管理水準の向上」として品質保持（冷凍・解凍・一次加工）技術の向上が挙げられている。読者の中には驚かれた方がいると思うが、水産業界においては未だ解決されていない技術課題である。これらを知るためには、水産物の鮮度やそれを測定する方法、および技術課題について整理する必要がある以下にその内容を示し、併せて著者らの取組みを紹介する。

「水産物の鮮度低下は畜肉に比べて著しく速い」というのは一般的に良く知られている。そのため水産食品学においては、水産物の鮮度の評価法と鮮度低下抑制技術に関する研究は主要な研究分野の一つを構成している。一方、このように使われる「鮮度」は、実はとてもあいまいな言葉でもある。留学生に魚の鮮度についてどのようにイメージするかと質問すると、「腐っているかどうか」との回答がかえってくる。特に、魚を生食しない食文化の国からの留学生にこの回答が多い。日本における水産物の消費の特徴は刺身に代表される生食であり、致死後の魚体の状態や肉色変化などが鮮度

指標となっている。しかしこれらは主に官能的な評価であり、科学的数値を用いた評価検討ができるように研究努力が払われてきている。本章では鮮度の科学的な評価法と課題、鮮度維持に関わる研究内容や冷凍水産物の品質問題と鮮度との関係、および、これらについて私達の研究室で取組んでいる農水省研究開発プロジェクトと鹿児島県島嶼圏における水産物の高品質流通技術開発について以下に紹介する。

五―一 鮮度の科学的な評価法

水産物の鮮度については各成書⁽¹⁾⁽³⁾に詳しいが、ここでは私達が現在取組んでいる鮮度評価研究について説明する⁽⁴⁾⁽⁷⁾。和食がユネスコ無形文化遺産として登録され世界中に広まっているが、日本の食文化を正しく普及するために和食の中心素材の一つである刺身などを高品質な状態で提供するための流通技術が重要である。水産物のグローバル流通は活発化し日本からの輸出も盛んに行われるようになってきているが、水産物の鮮度や品質に関する国際的に通用する実用的な評価基準は残念ながら存在していない。私達は鮮度指標のK値と血合肉や赤身肉の色調に関与するミオグロビン(Mb)のメト化について検討を進めている。K値は生体内エネルギー物質のアデノシン三リン酸(ATP)の分解によるATP関連化合物の経時的な生成量変化を利用した鮮度測定法である⁽⁸⁾。魚肉中のATPは、死後 $ATP \rightarrow ADP \rightarrow AMP \rightarrow IMP \rightarrow HxR$ (イノシン)

↓ Hx (ヒポキサンチン)と分解が進む。IMP→ HxR の反応に関与するIMPase活性が他の分解反応速度に比べて非常に遅いため、IMPは蓄積されて生成量が最大となり、その後 HxR 、 Hx へ分解する。このことを利用して鮮度指標としてK値が提唱された。K値の計算式は以下の通りである。

$$K \text{ 値} = (HxR + Hx) / (ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx) \times 100$$

K値は筋肉内に内在するIMPase酵素活性の温度依存性と致死後の時間経過を反映したもの

K値は筋肉内に内在するIMPase酵素活性の温度依存性と致死後の時間経過を反映したものである。図4、5はヒラメとティラピア肉の致死後0、5、10℃におけるK値の経時変化を示したが、魚種によりK値の変化に大きな違いが認められた⁽⁴⁾。魚種により各温度におけるK値の経時変化が異なることは報告されている⁽⁴⁾⁽⁷⁾⁽⁹⁾。つまり魚種毎にK値のもつ意味は異なるということであり、K値は温度のような絶対的な指標ではない。すなわち、これらの結果は魚種によりIMPase活性の酵素活性や温度依存性は異なることを示している。一方、魚種ごとにK値変化の温度依存性を予めデータ化していけば、検査魚体が致死後どのような温度下でどのくらい時間経過したものであるかを推察できることになる。例えば、冷凍品の品質などを評価する際に、冷凍前の魚体の保存状況(致死後の保存温度や経過時間)を推察する上でK値は有望な方法であるといえる。以上のことから明らかなように、K値は品質そのものを表す指標というよりは、致死後の温度履歴積算を総体的に推察することを可能とする科学的な指標として使われるべきものである。なお、致死後二四時間以内のチルド保存ではATP

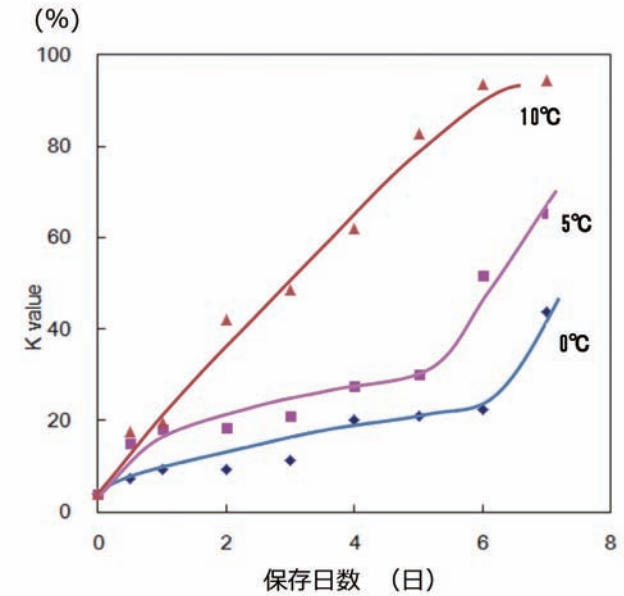


図4 各温度で保存したヒラメ肉のK値の変化

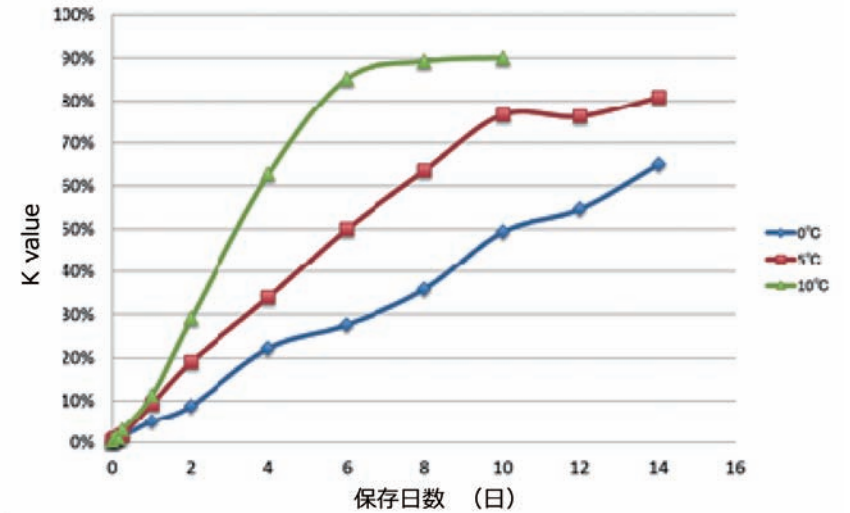


図5 各温度で保存したティラピア肉のK値の変化

K値は日本で科学的な鮮度評価法として認められているのに、諸外国ではほとんど普及していない

分解とIMP生成が進行する。図6、7に致死条件の異なる養殖ブリのフィレをチルド保存したときのATP関連化合物の経時変化を示したが、水揚げ時のストレスが少ない場合(図6)では活きしめ一四時間後も37.1 mol/g程度のATPが残存し死後硬直前の状態であるが、水揚げ時に激動し強いストレスがあった場合(図7)では活きしめ後二〜三時間でATPはほぼ消失し死後硬直が進行する状態となった。致死から二四時間程度においては、魚体の状態変化にはATP濃度が強く影響するので、鮮度指標としてATP濃度が利用できると考えている。

私達はこのような考えの下、輸出重要魚種等について魚種ごとのK値変化の温度依存性に関するデータの蓄積を進めた^(4,7)。K値は日本で科学的な鮮度評価法として認められているのに、諸外国ではほとんど普及していない。K値は科学的な鮮度評価法の一つであり、その原理と使い方も含めて諸外国の水産流通関係者や研究者に正確に伝えることや各魚種の各温度におけるK値の経時変化に関するデータブックなどを準備することが必要である。今野らはK値分析用試料作成をより簡易化したATP関連化合物の抽出調製法を提案した⁽¹⁰⁾。これらの実験方法の改善はK値測定の普及に寄与するものである。

次に、血合肉や赤身肉の色調を鮮度指標として活用するための研究がある。鮮度変化とともに魚肉の色調が変化するのはMbのメト化が主な原因である。Mbは組織内の酸素貯蔵タンパク質である。Mbの色調はヘム鉄の状態と酸素結合によって以下のように

変化する。deoxyMb（ヘム鉄は Fe^{2+} で酸素と結合していない）は暗赤色、oxyMb（ヘム鉄は Fe^{2+} で酸素が結合）は鮮赤色、metMb（oxyMbから酸素を遊離しヘム鉄は Fe^{3+} に酸化）は褐色である。生体内ではmetMbのヘム鉄が還元され Fe^{2+} となりdeoxyMbとなるサイクルが形成されているが、死後はmetMbからdeoxyMbへの還元反応が止まり、死後時間経過とともにmetMbが蓄積し魚肉の色調が赤色から褐色へ変化する。したがって、metMbの存在比率であるメト化率が鮮度指標の一つとして利用されている。Mbは水溶性タンパク質であるので水あるいは薄いバッファーにて抽出後、可視部吸収スペクトルを測定しスペクトル特性からメト化率を算出することが可能である。尾藤はマグロMbのメト化率簡易測定法を開発

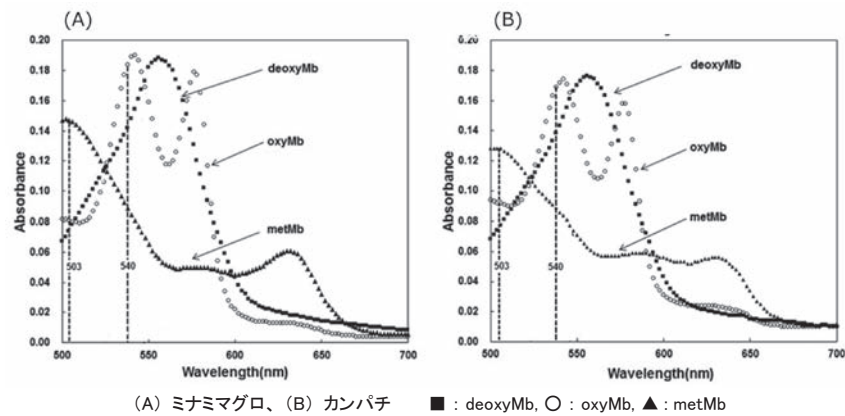


図8 ミナミマグロ Mb とカンパチ Mb の可視部吸収スペクトル

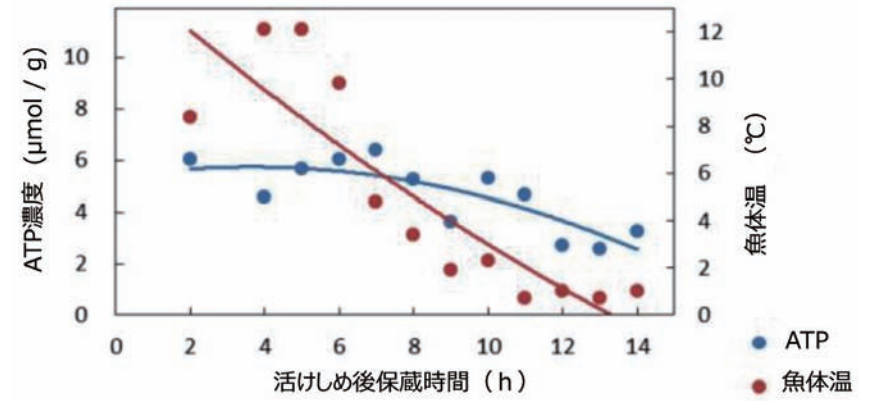


図6 水揚げ時のストレスが少ない養殖ブリ肉中の ATP 濃度の変化

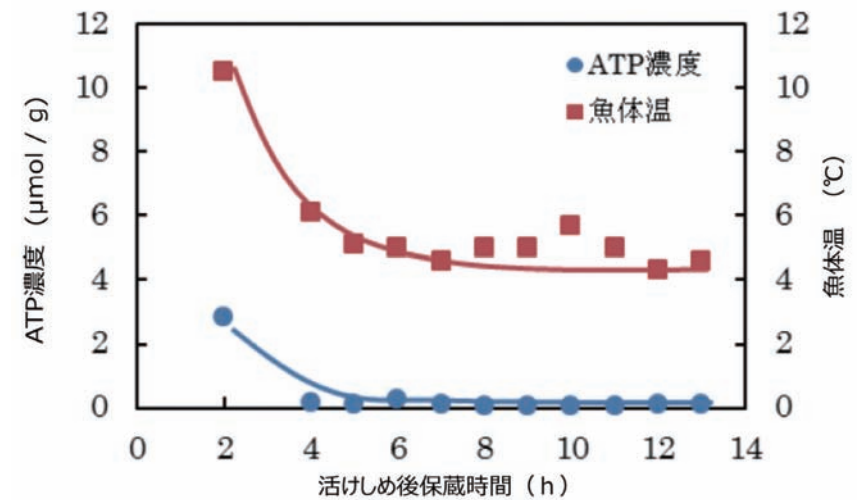


図7 水揚げ時のストレスが強い養殖ブリ肉中の ATP 濃度の変化

した⁽¹⁾。その後、尾藤法はブリなどマグロ以外の魚種のMbメト化率測定にも応用された。しかし私達はカンパチMbのメト化率測定に尾藤法を応用した際、メト化がほとんど進行していない致死直後のサンプルでもメト化率が二〇〜三〇%の値を示すことに気が付き、マグロ以外の魚種Mbのメト化率測定法の検討が必要であることを認識した⁽²⁾。図8にはカンパチとミナミマグロのdeoxyMb、oxyMb、metMbの可視部吸収スペクトルを示した⁽³⁾。三つのスペクトルが一点で交わる isosbestic point がカンパチでは五二七ナノメートル、ミナミマグロでは五二四ナノメートルに認められたので、この波長における吸光値を基準とし、deoxyMbとoxyMbのスペクトルが交差する波長からメト化率を算出する式を導出した。カンパチとミナミマグロのMbメト化率算出式を以下に示すが、式の互換性は認められず、魚種毎にメト化率算出のための条件確認が必要である⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

カンパチMbのメト化率算出式(1)

$$\text{metMb} (\%) = -134.84 (A/B) + 195.03 \quad (1)$$

なお、AおよびBは、Mb溶液のA (五四七nm)、B (五二七nm) における吸光値である。

ミナミマグロMbのメト化率算出式

$$\text{metMb} (\%) = -96.23 (A/B) + 162.79 \quad (2)$$

なお、AおよびBは、Mb溶液のS (五四九nm)、B (五二四nm) における吸光値である。井ノ原らは、さらに五魚種の精製MbからdeoxyMb、oxyMb、metMbをそれぞれ調製し、

スペクトル特性からメト化率を算出する式を導いた⁽⁶⁾。なお、魚肉からの水抽出溶液は油脂等を含み濁りを生じる場合が多く、フィルター処理程度では清澄な溶液にするとは難しいことから、硫酸分画法にて清澄液を得る調製法を確立した⁽⁷⁾。各魚種の血合肉や赤身肉に含まれるMbのメト化率を正確に測定する簡便法が確立した。

五―二 鮮度維持

死後硬直の進行はATP濃度に関係しているため、鮮度維持のためには致死後のATP濃度の低下を抑制することが重要

魚類の致死直後から二四時間程度の状態変化は死後硬直前・死後硬直進行・完全硬直・軟化をたどる。同時に魚肉物性の低下やpHの酸性化が進行する。死後硬直の進行はATP濃度に関係しているため、鮮度維持のためには致死後のATP濃度の低下を抑制することが重要となる。魚の場合は致死直後の魚体内のATPやクレアチンリン酸濃度を高い状態にする必要がある。図6、7に養殖ブリの致死後のATP濃度の経時変化を示したが、水揚げ時のストレスの違いにより、その後のATP濃度の低下速度に大きな差が認められた。ATP濃度を高いレベルで維持するためには水揚げ時のストレスを低減する水揚げ方法や魚体の高速フィレ処理技術の開発が必要とされている。私たちは養殖ブリの水揚げ時のストレス低減と高速フィレ処理技術について、農水省事業(生研支援センター)の「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業(うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立)」(平成

軟体動物のイカやホタテなどの保存方法として致死後に高濃度の酸素を含有した海水中で保存する方法が提案されている

二十六、二十七年、「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」（平成二十八～三十年度）、にて研究開発を進めている。ニチモウ株式会社は水揚げ時の激動を抑制するために水揚げタモに電気刺激装置を付けた鎮静化技術の応用開発を進めている（写真1）。東洋水産機械株式会社はヘッドカットと内臓除去を連動した装置を開発した。この装置は時間当たり一五〇〇尾の処理（すなわち、二・四秒に一尾処理）が可能である（写真2）。

一方、軟体動物のイカやホタテなどの保存方法として致死後に高濃度の酸素を含有した海水中で保存する方法が提案されている。これは体表面から酸素が浸透し致死後もATP生成が進行することを利用して生きている状態に近いATP濃度を維持する方法である。活けしめ後の高鮮度流通技術として実用化が進められている⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾。

魚肉の鮮度は冷凍保存性にも大きな影響を及ぼすことが明らかになってきたので、次に紹介する。

五―三 養殖ブリ冷凍輸出の技術課題

日本産水産物の輸出のなかで養殖ブリの輸出量は伸びており、平成二十七年では約一三九億円となった⁽¹⁷⁾（図9）。一方、この統計資料は養殖ブリ輸出に関する技術課

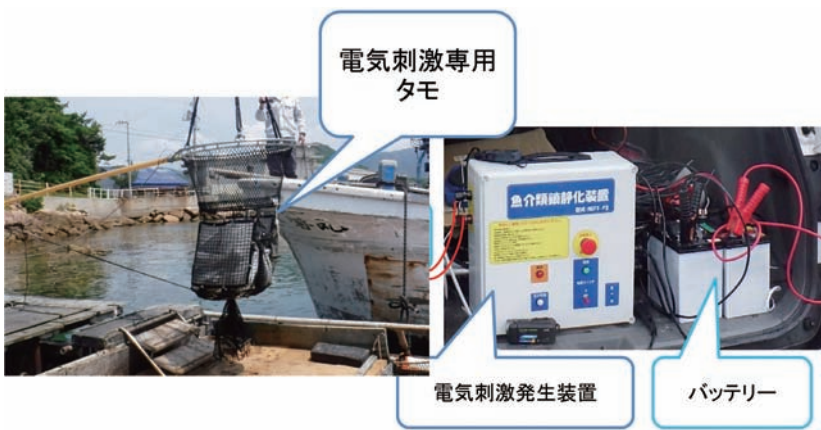


写真1 水揚げ時のストレスを軽減する電気刺激装置



写真2 高速内臓除去装置と内臓を除去したブリセミドレ

CO処理を行うことなく冷凍保存流通が可能となる加工処理方法が開発されれば輸出量は飛躍的に伸びることが期待される

題の存在と内容を示している。すなわち、養殖ブリの輸出の約八五%が米国向けとなっている。この理由はブリの冷凍保存・流通中に血合肉が変色することに対して、変色防止方法の規制が国や地域によって異なっているためである。冷凍食品の国際的な流通温度はマイナス二〇℃が一般的であり、このような温度帯でブリを保存すると一ヶ月程度で褐変が進行し商品価値を失うことが技術課題となっている。米国では畜肉や魚肉の一酸化炭素(CO)処理が許可されている。CO処理によりCO-Mbが生成する。CO-Mbはピンク色を呈し非常に安定的であり、鮮度が低下してもその色調が維持されるため鮮度誤認を起すリスクがある。そのため日本、EU、アジア諸国、オーストラリアなどではCO処理は禁止されている。これは一酸化炭素処理だけということではなく、COを含む溶液で処理されたものでも、CO-Mbが形成されれば同じことである。ちなみに、魚肉中に生成するCO-Mbについては私たちの研究室では分析が可能である。以上の理由から米国向け養殖ブリの大部分はCO処理をされたものが船で冷凍輸送されるが、CO処理が禁止されている国へはチルド温度帯での空輸が主に行われている。空輸と船便では輸送賃が一〇倍ほど違うため米国向け輸送量が圧倒的となっている。CO処理を行うことなく冷凍保存流通が可能となる加工処理方法が開発されれば輸出量は飛躍的に伸びることが期待される。CO処理に代わる冷凍保存技術について、私達はATPの機能の一つであるタンパク質の変性抑制作用に注目した研究を進めている。

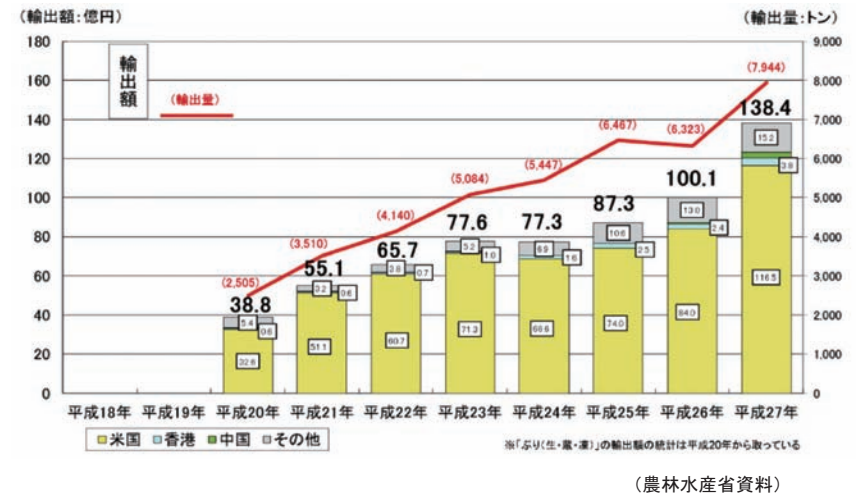


図9 養殖ブリの輸出量の変化

五十四 凍結前鮮度は冷凍保存中の品質変化に影響を及ぼす

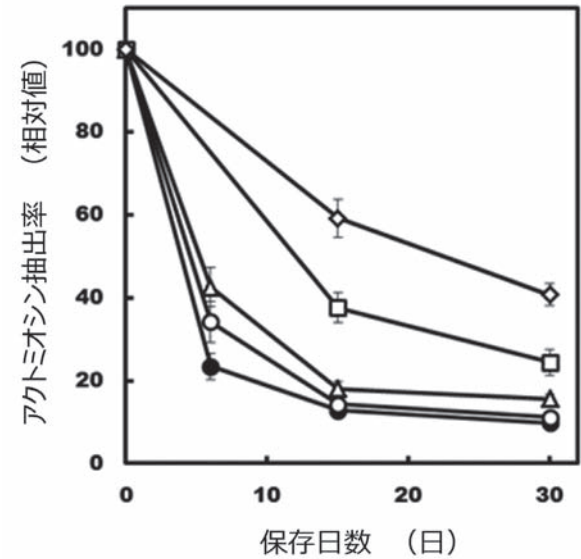
水産物の冷凍と解凍処理はタンパク質に大きな損傷を与えるが、鮮度の良い状態で冷凍すると解凍後の品質も良いということが経験されている。

水産物の冷凍と解凍処理はタンパク質に大きな損傷を与えるが、鮮度の良い状態で冷凍すると解凍後の品質も良いということが経験されている。しかし、この理由については科学的に検証はなされていない。私たちは生体内エネルギー物質の ATP の作用に注目している。致死直後の筋肉内には五〜一〇 mM 程度の ATP が存在し時間経過とともに濃度低下が進む。漁業で漁獲される魚の場合には活けしめ操作が行われていないため苦悶死となり ATP 濃度は急速に低下する。そのため漁業で漁獲される水産物の冷凍品の ATP 濃度は一般的にはほぼ消失した状態のものが多い。一方、養殖魚では水揚げ時に活けしめ操作による即殺処理が行われている。そのため致死後しばらくの間 ATP 濃度は高い状態で維持される。現状で生産流通している養殖魚冷凍品では、冷凍のタイミングによって ATP を高濃度に含むものから ATP を含まないものまでコントロールされずに製造されている。

ATP のタンパク質変性抑制作用については吉岡らの魚肉ミオシン ATPase の熱変性抑制作用や Mackie のタラミオシンの安定性に関する研究が報告されている。緒方らはスケトウダラとグチの筋原線維タンパク質 (Mf と略) の冷凍変性に対する ATP の作用について測定した結果を報告した。図 10 に、スケトウダラ Mf に各濃度の ATP を添加してマイナス二〇℃で保存した場合のアクトミオシン抽出性の低下を比較した

高濃度 (生体内濃度) の ATP が存在すると Mf タンパク質は安定化し、マイナス二〇℃で保存してもマイナス三〇℃で保存した場合と同様の冷凍変性抑制効果が得られるということが示された。

結果を示した。凍結保存によりアクトミオシン抽出性は低下するが、ATP が存在するとアクトミオシン抽出性の低下は抑制された。また、凍結保存によるアクトミオシン抽出性の低下抑制は ATP 濃度依存性を示した。このアクトミオシン抽出性低下パターンより変性速度定数 (K_d) を算出することができる。表 7 に、スケトウダラ Mf およびグチ Mf の各冷凍保存温度 (マイナス一五〜マイナス七八℃) における K_d におよぼす ATP の影響について示した。マイナス二〇℃の保存では、スケトウダラ Mf の K_d は、ATP 濃度に依存し、ATP 濃度 0 mM と $2429 \times 10^{-4} (\text{day}^{-1})$ であるのに対して ATP 濃度が高くなるのに従って小さくなり、ATP 濃度 7.5 mM と $299 \times 10^{-4} (\text{day}^{-1})$ となり 0 mM の値に比べて変性速度は約一〇分の一となった。さらにマイナス三〇℃で ATP 濃度 0 mM における K_d は $311 \times 10^{-4} (\text{day}^{-1})$ であり、マイナス二〇℃で ATP 濃度 7.5 mM の K_d とほぼ同じ値であった。すなわち、高濃度 (生体内濃度) の ATP が存在すると Mf タンパク質は安定化し、マイナス二〇℃で保存してもマイナス三〇℃で保存した場合と同様の冷凍変性抑制効果が得られるということが示された。ATP の Mf 冷凍変性抑制効果は、マイナス三〇、マイナス七八℃でも認められた。また、スケトウダラとグチ Mf の各冷凍温度と各濃度の ATP 存在下における K_d を比較するとスケトウダラ Mf の方が三〜五倍大きな値となり不安定であることを示し魚種差が認められた。ATP は魚肉 Mf タンパク質の冷凍変性を抑制する作用があり、また ATP の冷凍変性抑制効果は魚種差を示すことが明らかとなった。高濃度 ATP を含む魚肉冷凍品を解凍



ATP 濃度(mM) : 0 (●), 0.75 (○), 2.25 (△), 3.75 (□), 7.5 (◇)

図10 各濃度の ATP 存在下で -20°C 保存したスケトウダラ Mf のアクトミオシン抽出率の変化

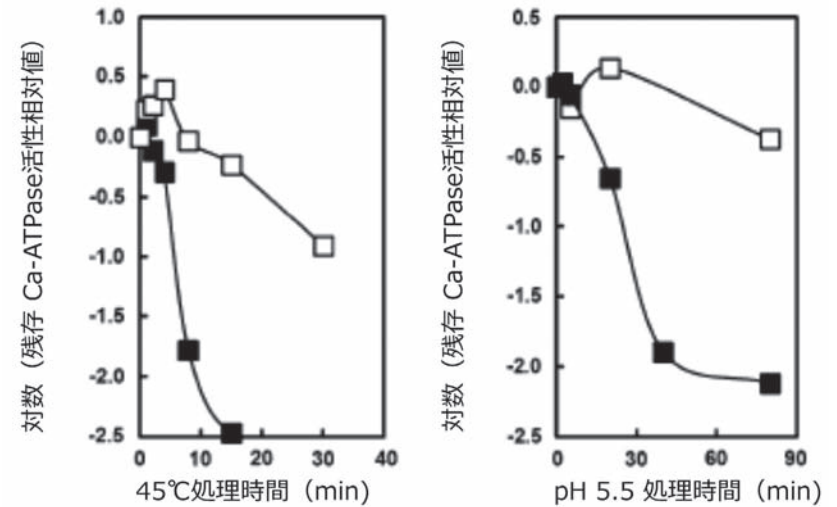
表7 スケトウダラとグチ Mf の各冷凍保存温度における変性速度に及ぼす ATP 濃度の影響

| 筋原線維 ATP (mM) / 温度 | $K_D \times 10^4 (\text{day}^{-1})$ | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | スケトウダラ | | | | グチ | | |
| | -15°C | -20°C | -30°C | -78°C | -15°C | -20°C | -30°C |
| 0 | 3479 | 2429 | 311 | 123 | 969 | 533 | 140 |
| 0.75 | 2630 | 1300 | 154 | 123 | 774 | 419 | 115 |
| 2.25 | 1288 | 1146 | 136 | 101 | 531 | 282 | 91 |
| 3.75 | 791 | 472 | 95 | 79 | 406 | 180 | 61 |
| 7.50 | 456 | 299 | 55 | 42 | 57 | 27 | 14 |

ATPがない状態では、四五°Cの熱処理あるいは酸性pH処理によりSR Ca-ATPase活性は急速に低下するが、二mM ATPの存在下で、これらの変性は抑制されることが認められた。

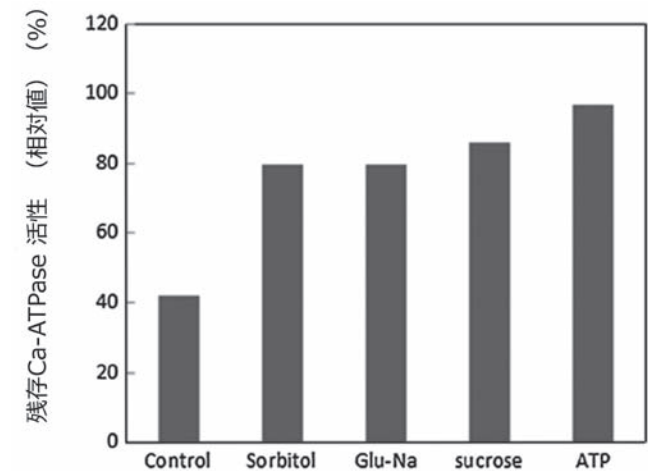
した肉は透明感があり食感も良い状態を示すが、ATPによるMfタンパク質の冷凍変性抑制作用が解凍肉の品質に強く影響していることが推察される。

Mf以外の魚肉タンパク質の変性に対するATPの作用については、Yuanら⁽²⁾が筋小胞体(SR) Ca-ATPaseの熱変性、酸性pH変性、冷凍変性に対する変性抑制作用について報告している。SRは筋肉の収縮に関与するCaイオン濃度を調節する重要な器官であり、致死後の死後硬直などにも関与する。ミナミマグロSR Ca-ATPaseの四五°Cでの熱変性、pH五・五の酸性pH下における変性に対するATPの作用を測定した結果を図11に示した。ATPがない状態では、四五°Cの熱処理あるいは酸性pH処理によりSR Ca-ATPase活性は急速に低下するが、二mM ATPの存在下で、これらの変性は抑制されることが認められた。さらに、SR Ca-ATPaseの冷凍変性に対する作用について、冷凍変性抑制剤として知られているソルビトール、蔗糖、グルタミン酸Na(各〇・一M濃度)と二mMのATP存在下、マイナス一八°Cで五日間保存した場合の残存Ca-ATPase活性を比較した結果を図12に示した。冷凍変性抑制剤無添加で活性は約四割まで低下したが、冷凍変性抑制剤添加で約八〇%、ATP添加で約九〇%の活性の残存が認められた。ATP以外の冷凍変性抑制剤の濃度は〇・一Mであるのに対してATPの濃度は二mMであり、ATPの冷凍変性抑制効果は非常に高いといえる。さらに二mMは生体内のATP濃度(五〜一〇mM)に近い値であり、生体内濃度のATPの存在で変性抑制効果が十分期待できることが認められた。



(a) : 45°Cにおける熱処理, (b) : pH5.5 処理 ATP 濃度 ■ : 0mM, □ : 2mM

図11 ミナミマグロ SR Ca-ATPase の熱変性と酸性 pH 変性に対する ATP の抑制作用



SRを-18°Cで保存. 冷凍変性防止剤のソルビトール, グルタミン酸Na, 蔗糖の濃度は0.1M, ATPは2mM.

図12 ミナミマグロ SR の各種冷凍変性防止剤と ATP による冷凍変性抑制効果の比較

ATPの濃度を最大七・五mMまで添加した場合のメト化速度はATP濃度に対応して遅くなることが認められた。特に、ATPは酸性pH下におけるメト化を強く抑制することが示された。ATPがMbのメト化を抑制することを示したのは本研究が初めて

次にMbの変化とATPの作用に関する研究成果について紹介する。先にも述べたようにMbは筋肉組織中に存在する酸素貯蔵タンパク質であり、ヘム鉄の状態と酸素との結合と解離により deoxyMb、oxyMb、metMbの三状態を示す。冷凍保存や鮮度低下により metMbの生成量が多くなると血合肉や赤身肉の色調は褐色となる。また、魚肉pHが酸性となると metMbの生成速度も速くなる。InoharaらはMbのメト化に及ぼすATPの作用について検討をおこなった。図13にはミナミマグロMbの二五°Cにおけるメト化速度 (Kmet) に及ぼすpHとATP濃度の影響を測定した結果を示した。ATP濃度○の時にはメト化速度はpHの影響を受け、酸性pH下では速くなり、中性あるいは微アルカリ側では遅くなった。これは従来報告されているMbのメト化に及ぼすpHの影響として知られている結果と同様である。一方、ATPの濃度を最大七・五mMまで添加した場合のメト化速度はATP濃度に対応して遅くなることが認められた。特に、ATPは酸性pH下におけるメト化を強く抑制することが示された。ATPがMbのメト化を抑制することを示したのは本研究が初めてである。

ATPとMbとの分子間相互作用に関しては興味深いところであるのでATP存在下におけるMbの分子状態を測定した。指標はMbの紫外部・可視部吸収スペクトル、CDスペクトル、自家蛍光、動的光散乱法による溶液中の見かけの分子量、ゼータ電位である。いずれの指標もATPによりMbの分子状態が影響を受けることを示す結果が認められた。図14には各濃度のATP存在下におけるミナミマグロMbの自家蛍光

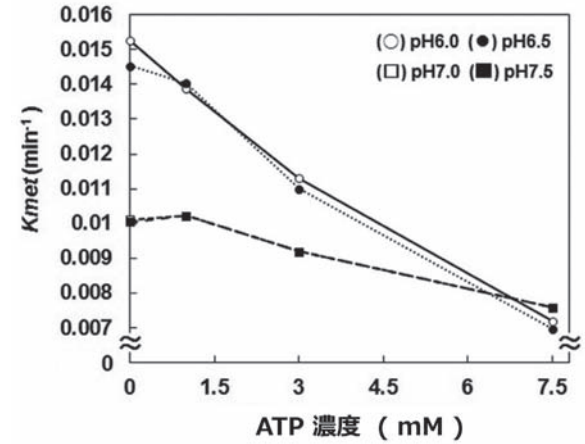


図13 ミナミマグロ Mb のメト化速度に及ぼす ATP の影響

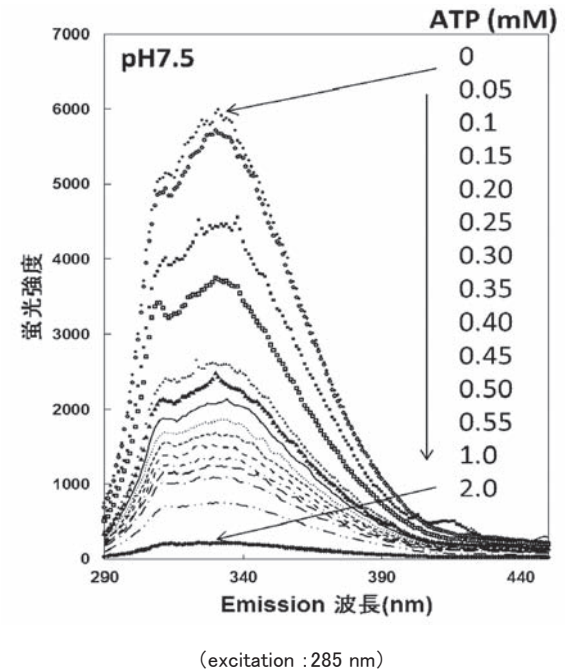


図14 ミナミマグロ Mb の自家蛍光に及ぼす ATP の作用

ATP が存在すると Mb のメト化が抑制されると推察

(ex:285nm) を測定した結果を示した。ATP 濃度に対応して蛍光強度が低下する結果を示した。図15には図14より求めた Mb 自家蛍光強度と ATP 濃度との関係を示した。二 mM ATP が存在すると Mb の自家蛍光はほぼ完全にクエンチングすることが示された。生体内筋肉中の ATP 濃度は五〜一〇 mM であるので、生理的な ATP 濃度条件下では、Mb は自家蛍光強度が低い分子状態となっていると推察される。表8には動的光散乱法にて測定した溶液中の Mb の見かけ上の分子量および表面電荷に対する ATP の作用を測定した結果を示した。ATP が不在の場合は、見かけの分子量は 15.5 kDa を示した。この分子量は SDS-PAGE 分析で求められる分子量に近似した値である。一方、五 mM ATP 存在下における Mb の見かけ上の分子量は 11.3 kDa を示し、やや小さい値を示した。同時に測定した Mb 分子の表面電荷も ATP の有無により異なることが確認された。

以上の結果から、私達は ATP が存在すると Mb 分子の形状は少し縮んだ状態に変化すると考えている。そのため ATP が存在すると Mb のメト化が抑制されると推察している。

ATP 存在下では Mb 分子の状態が変化しメト化の進行が遅れることを示唆する結果が得られたので、次に各濃度の ATP を含むブリ類の冷凍フィレを冷凍保存したときのメト化の進行を比較した⁽¹²⁾。試験は養殖カンパチで行い、活けしめ後に冷却海水中で行う放血と冷却の時間を調整して ATP 含量の異なるフィレを調製した。このフィレ

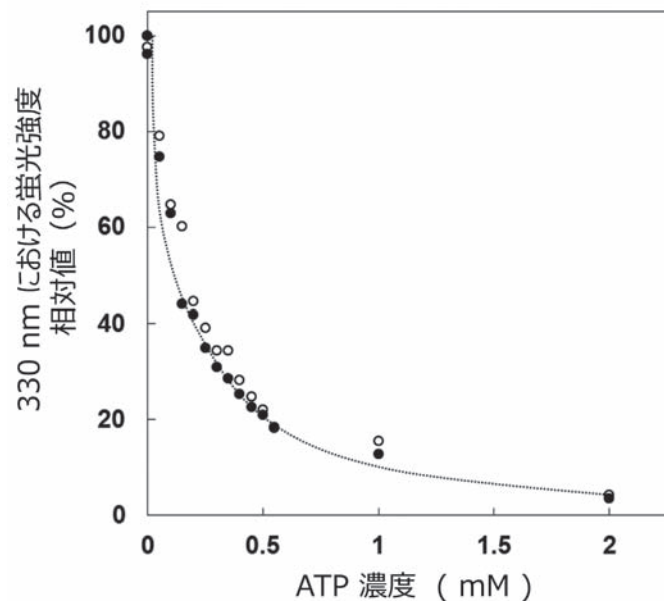


図15 ミナミマグロ Mb の自家蛍光に及ぼす ATP の作用
(図14 のデータより算出、縦軸はATP 濃度0mM における蛍光強度に対する相対値)

表8 ミナミマグロ Mb の見かけ上の分子サイズ、表面電荷に及ぼす ATP の作用

| ATP 濃度 (mM) | 見かけ分子サイズ (kDa) | ゼータ電位 (mV) |
|-------------|----------------|------------|
| 0 | 15.5 | -4.50 |
| 5 | 11.3 | 1.32 |

ATP の濃度管理によりCO 処理することなしにマイナス20℃のような温度帯での流通が可能となることを示唆する結果が得られた

をマイナス50℃で急速凍結後、マイナス20℃で四ヶ月間保存してメト化の進行を測定し得られた結果を図16に示した。ATP 濃度が低い活きしめ後七時間サンプルでは冷凍保存一ヶ月でメト化率が50%を超えるが、ATP 濃度が高いサンプルではメト化率30%台を示しメト化の進行は遅いことが認められた。四ヶ月後もATP 濃度が高いサンプルではメト化率40%台を示しメト化の進行が抑制されていた。ATP の濃度管理によりCO 処理することなしにマイナス20℃のような温度帯での流通が可能となることを示唆する結果が得られた。

五・五 養殖ブリ冷凍品の輸出戦略

日本産水産物の輸出では養殖ブリの輸出量が順調に伸びている(図9)。ただし、米国向けの輸出量が八五%を占めており、その他の国への輸出量を増やすことができるようになれば、飛躍的に輸出量が伸びることが期待される。技術的な要因は冷凍中の血合肉Mbのメト化進行であり、米国では許可されているがその他の国のほとんどでは禁止されているCO 処理に代わるメト化抑制法の技術開発が必要とされている。カンパチでは魚肉中のATP 濃度を高く維持した冷凍品で冷凍保存中のメト化進行を抑制されることが明らかとなった。そこで養殖ブリについて、「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業(うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の

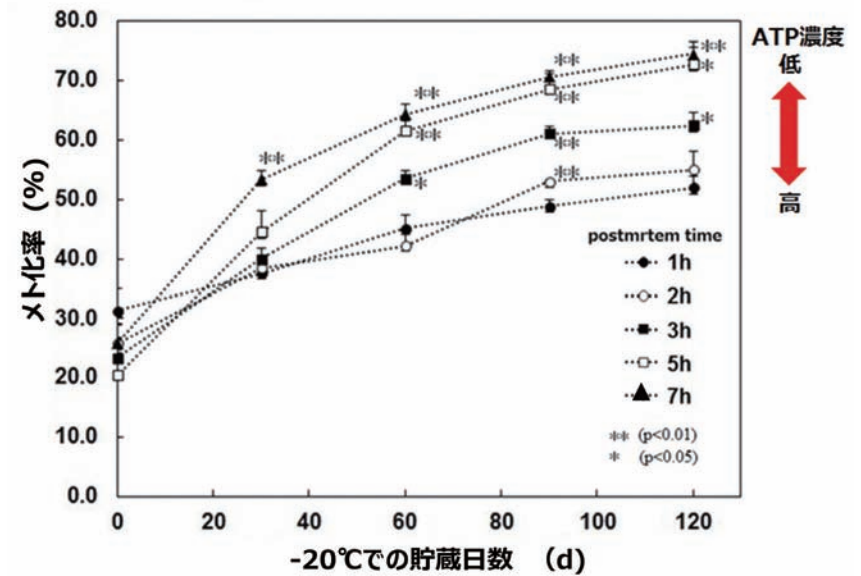


図16 ATP含量が異なるカンパチフィレの冷凍保存中の血合肉メト化進行の比較

高濃度のATPを含有するフィレではメト化率の上昇は僅かで、三ヶ月後のメト化率は約三〇%でありメト化の進行は抑制されていた

確立)平成二十六年(度)二十七年(度)事業にて筋肉中のATPによる冷凍保存性に対する影響について研究と技術開発を進めた。ブリの冷凍保存中におけるメト化進行に対して、ATPのメト化抑制がどの程度であるかを明らかにするために以下の試験を行った。活けしめたブリを海水氷溶液に浸漬して脱血と魚体温の冷却処理後、フィレ処理を行った。フィレは二枚得られるが、これらを真空パック後フィレの一枚はマイナス四〇℃で急速に凍結した。このフィレには、高濃度のATPが含有されていた。もう一枚の真空パックしたフィレは水中で八時間程度保存した後、急速凍結した。こちらのフィレではATP濃度が少ない結果を示した。これらをマイナス二五℃で数ヶ月間保存したときの血合肉のメト化率の経時変化を図17に示した。ATP濃度が低いと保存一ヶ月程度でメト化率が五〇%程度に上昇し、その後も保存期間に対応してメト化率は高くなり三ヶ月後には七〇%程度となった。一方、高濃度のATPを含有するフィレではメト化率の上昇は僅かで、三ヶ月後のメト化率は約三〇%でありメト化の進行は抑制されていた。写真3には高濃度ATPを含有した冷凍ブリをブリュッセルシーフードショーで紹介したときの写真を示した。凍結ブリを解凍したときの血合肉の色調は鮮赤色に保たれていた。なお、解凍したブリ血合肉の色調変化は凍結解凍処理をしていないものに比べて速くなるが、私達は解凍ブリ血合肉のチルド保存中の色調変化を抑制する方法についても技術開発を進めている。平成二十八年(度)より「生研支援センターの革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト

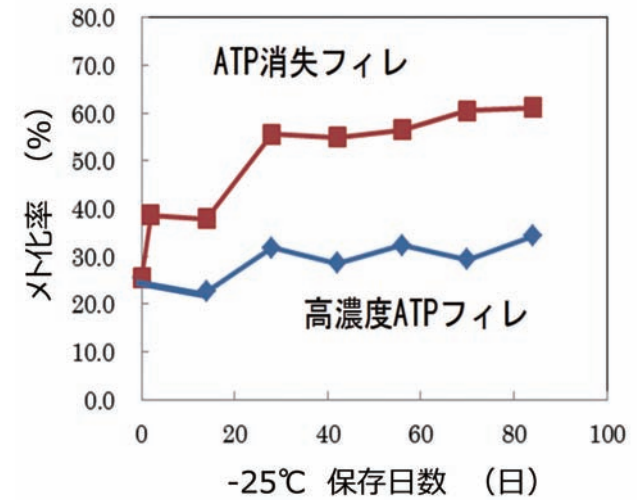


図17 ブリフィレの-25°C保存中のメト化率変化に及ぼすATPの影響



写真3 ブリュッセルシーフードショーにて冷凍解凍ブリの品見

ト)にて、先に紹介した研究事業をさらに発展させ、CO処理無しに冷凍ブリを流通する加工技術の開発とブリ種苗がいつでも提供できる人工種苗生産技術開発も併せた研究と技術開発に取り組んでいる。海外への輸出量を二倍に増大させるためには、種苗の確保と養殖生け簀の効率的な運用が必要となるので、人工種苗生産技術の確立は必須となる。

五一六 島嶼圏水産物の高品質流通技術

島嶼圏漁業の課題は、消費地が遠いこと、漁獲が集中して魚価が低迷すること、台風などの気象条件に影響を受けることなど

魚肉内ATPによる冷凍変性抑制技術の漁業水産物への応用について次に紹介する。鹿児島県は南北六〇〇キロメートルにおよび、多数の島嶼において漁業が営まれている。島嶼圏漁業の課題は、消費地が遠いこと、漁獲が集中して魚価が低迷すること、台風などの気象条件に影響を受けることなどである。島嶼圏の美味しい魚の価値を維持して消費者に届けることや安定した漁獲と流通を実現するための技術開発が強く求められている。現状ではチルド流通がなされており、魚の価値を十分に生かし切れていない。私達の研究室では、鹿児島県と論島の漁業者と協働して、魚肉中に含まれるATPの冷凍変性抑制作用を利用した「高品質刺身として扱える冷凍水産物」生産に関する研究と技術開発を進めてきている。図18は与論町漁協と鹿児島大学の取組み内容を示した。各研究開発のステップを踏んで事業化に向かって進めてきた。与論

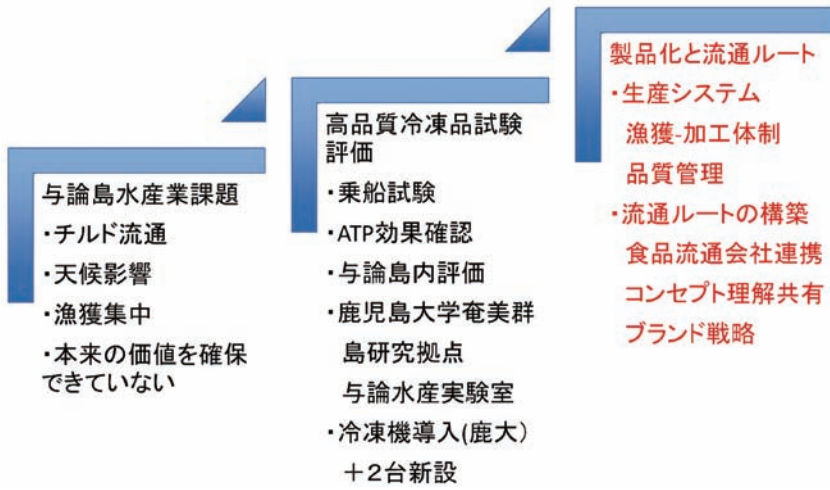


図18 与論町漁協と鹿児島大学の共同開発研究の経緯



写真4 与論島で漁獲されるカマスサワラ

魚種ごとに漁獲時の活けしめ後の冷却保存時のATP濃度の経時変化に関するデータをとる必要があり、学生と漁船に乗船し洋上で鮮度変化を分析するためのサンプル調製を行った

島の釣りで漁獲される魚は、シビ(キハダ)、カマスサワラ、シイラ、カツオなどであり数キロから数十キロと大きいため、一尾ずつ活けしめ操作を行い、その後海水溶液中で脱血冷却処理保存をしながら港に持ち帰っている(写真4)。一尾ずつ漁獲後履歴のトレーサビリティがとれるので漁獲時間から加工処理までの時間管理をすることが可能である。魚種ごとに漁獲時の活けしめ後の冷却保存時のATP濃度の経時変化に関するデータをとる必要があり、学生と漁船に乗船し洋上で鮮度変化を分析するためのサンプル調製を行った。図19はシビのATP濃度変化を測定したものである。これらのデータを積み上げることにより、高品質冷凍品の生産するための時間管理に関する条件を設定することが可能となる。

写真5は高濃度ATPを含むシビを急速冷凍し、マイナス二五℃で四ヶ月半保存した後解凍した刺身の状態を示したものである。透明感があり、鮮赤色を呈し、食感もしっかりした高品質刺身であることが示された。与論島のホテルや旅館、飲食店の多数の担当者に品見評価していただいたところ高い評価を受け、生産供給が強く要望された。気象条件が悪い時期や漁期の影響を受けずに、地元の美味しい魚を安定的に供給する必要性があり、このような商品の生産が求められていた。現在、鹿児島大学では、文部科学省の「地(知)の拠点整備事業」に採択され、その事業の一環として「島嶼圏水産業の高利益転換事業プロジェクト」に取り組んでおり、与論町漁協・与論町と協働で学習会を行い、技術の構築と普及を行っている。事業を実現するためには、

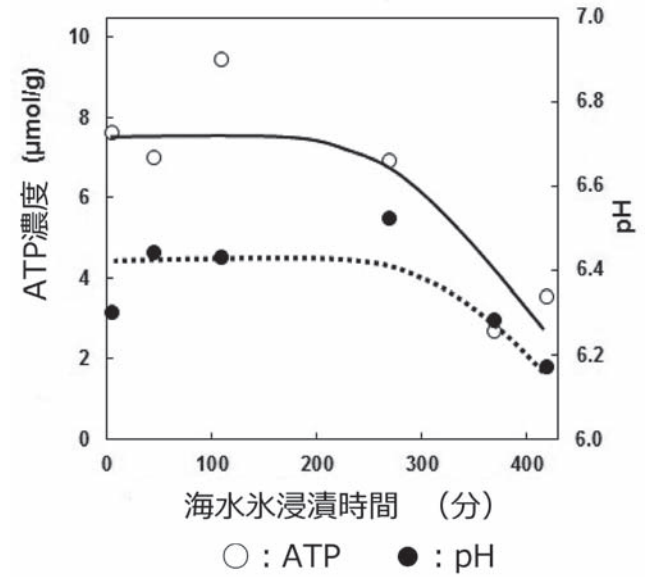


図19 シビ（キハダ）の漁獲後のATP濃度とpH変化



写真5 高濃度ATP含有シビを-25℃で4.5ヶ月保存後解凍した刺身 (ATP濃度は4.9 mM)

養殖ブリ類や各魚種において高濃度ATPを含む冷凍水産物の品質は非常に高く維持できるところが明らかとなった

技術導入と漁業システムの変革が強く求められる。ATPを高濃度に維持した冷凍品の生産により、地元への安定供給だけでなく、日本全国あるいは外国への流通も可能となる。与論ブランドの高品質冷凍刺身商材の流通を実現しようと活動を続けた結果、業務用食材流通会社の協力が得られ、全国販売することが決まったところである。

養殖ブリ類や各魚種において高濃度ATPを含む冷凍水産物の品質は非常に高く維持できることが明らかとなった。一方、高濃度ATPを含有する冷凍品を解凍する際、急速解凍をすると解凍硬直を起し多量のドリップが発生して魚肉はスカスカ状態となってしまう。この現象は解凍硬直と呼ばれる。これを避けるためには緩慢解凍をしなければいけない。つまり高濃度ATPを含有する冷凍品であることを商品情報として知らせる必要がある。そこで鹿児島大学では、魚肉中に高濃度のATPを含有する魚類冷凍品であることを知らせる商標として「ATPブリ®」や「ATPシビ®」などを取得してブランドを準備した。ATP濃度をきちつと管理し品質を保証できるところには、この商標を使っていたことにした。高品質水産冷凍品を世界に流通させるための技術として、大いに活用していただくことを期待している。

第六章 大学での水産学研究と人材教育のあり方

著者は水産系大学院で学生として研究後、水産企業で二十七年間研究開発を行った。

水産加工分野の研究に興味を持つ若い研究者を育てるのが私たちの役割

その後、大学の水産学部に転職して九年目となる。大学に来て気が付いたことは、大学での水産加工研究が非常に少なくなったということである。以前は冷凍すりみ研究など魚肉タンパク質の冷凍変性抑制研究やゲル化メカニズムに関する研究などが盛んにおこなわれてきていた。現状は水産加工に関する新たな課題が見つけられていないようにみえる。しかし、今回研究内容を紹介したように、水産物の冷凍に関する技術課題については非常に大きい課題であると位置づけられることが判る。冷凍解凍処理は、水産物の変性を強烈に促進する工程であることは水産タンパク質研究者間でも意外と実感されていないのではないだろうか。水産学は実学であり、基礎研究成果を実際の活用場面で活用することが求められている。水産加工分野の研究に興味を持つ若い研究者を育てるのが私たちの役割と思っている。研究成果を実用化する際には大きな責任を負うこととなるが、その重圧に勝って研究成果をだすことと気持ちを鍛えることが必要である。

第七章 おわりに

本稿では、私がかかわった水産研究の軌跡で、現在、日本の水産業の分岐点となっていると思われるサンマ資源の利用に関わるものと鹿児島大学で取り組んでいる養殖ブリの海外への輸出拡大を推進するための技術および島嶼圏水産業の活性化を目指し

た技術構築に関する研究成果の概要を示した。日本の東北沖の漁場は世界の中でも有数な優れた漁場で日本が主に利用してきた漁場であり漁業資源である。しかし、台湾や中国、韓国などにより、大型漁船と仲積船による漁業システムと輸出事業を組み合わせた事業が大規模に行われるようになった。彼らにとつては、資源管理調査事業に参画していないので、無尽蔵な資源と映っているようであり、さらなる事業への投資意欲も強いようである。二〇〇カイリ法が施行されたときにベールینگ海における過酷な水産の現場に長期にわたってアメリカ人は参画するだろうか？また、焼き魚文化がないのにサンマは中国人の食卓に上るだろうか？などと事業の転換期には考えられたこともあったが、すべては否である。うまいものはうまいし、価値があれば徹底的に参画し、事業を続ける。現状では、日本の旧態依然たる漁業と流通システムでは太刀打ちできないと思う。日本の水産事業のあり方を大きく変えて対応する時期にきたのではないか。貴重な水産資源を守り、世界の水産ビジネスシステムに負けない日本の水産事業ビジネスを再構築しなくてはいけない。再構築の解は日本の高度な加工技術を利用することである。しかしながら日本の高度に組織された遠洋漁獲システムで培われた洋上加工システムをイメージして運用できる人である経験者はいなくなってきた。私はそのような経験をした末席に位置する。中国・台湾・韓国・ロシア・ノルウェーなどは公海資源漁業に躍進している。日本の水産業に関わる漁業者、加工業者、流通業者、政府・自治体関係者において、是非、議論を尽くして日本の水産業

のあり方の方向性を示し、大胆に改革・実行をしていただきたい。
このような執筆機会を設けていただいたことに感謝している。研究成果が実現する
うに力を尽くしていきたい。

謝辞

本稿で紹介した研究の一部は、「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」、「攻
めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業（うち産学の英知を結集した
革新的な技術体系の確立）」、「生研支援センターの革新的技術開発・緊急展開事業（う
ち地域戦略プロジェクト）」、「科研費 22580225」、「文部科学省知の拠点整備事業（鹿
児島大学）」、「日本海事検定協会補助事業」の助成を受けたものである。

引用文献

- (1) 山澤正勝, 関 伸夫, 福田 裕編, 『かまぼこ その科学と技術』, 恒星社厚生閣,
二〇〇三
- (2) 小泉千秋, 大島敏明編, 『水産食品の加工と貯蔵』, 恒星社厚生閣, 二〇〇五.
- (3) 渡部終五編, 『水産利用化学の基礎』, 恒星社厚生閣, 二〇一〇.
- (4) 『水産物等の国際標準となる品質・鮮度指標に関する調査研究報告書（平成
二十四年度）』, 一般社団法人 日本海事検定協会 (URL: [https://www.nkkk.
or.jp/pdf/public_business_report_4-11-24.pdf](https://www.nkkk.or.jp/pdf/public_business_report_4-11-24.pdf)) (二〇一七年一月二〇日)
- (5) 『水産物等の国際標準となる品質・鮮度指標に関する調査研究報告書（平成
二十五年年度）』, 一般社団法人 日本海事検定協会, (URL: [https://www.nkkk.
or.jp/pdf/public_business_report_4-11-25.pdf](https://www.nkkk.or.jp/pdf/public_business_report_4-11-25.pdf)) (二〇一七年一月二〇日)
- (6) 『水産物等の国際標準となる品質・鮮度指標に関する調査研究報告書（平成
二十六年年度）』, 一般社団法人 日本海事検定協会, (URL: [https://www.nkkk.
or.jp/pdf/public_business_report_4-11-26.pdf](https://www.nkkk.or.jp/pdf/public_business_report_4-11-26.pdf)) (二〇一七年一月二〇日)
- (7) 『水産物等の国際標準となる品質・鮮度指標に関する調査研究報告書（平成
二十七年年度）』, 一般社団法人 日本海事検定協会, (URL: [https://www.nkkk.
or.jp/pdf/public_business_report_4-11-27.pdf](https://www.nkkk.or.jp/pdf/public_business_report_4-11-27.pdf)) (二〇一七年一月二〇日)
- (8) T. Saito and K. Arai, *Nature*, **179**, 820-821 (1957).
- (9) 内山 均, 『白身の魚と赤身の魚』, 日本水産学会編, 恒星社厚生閣, 一九七六,
七八〜九二頁.
- (10) 胡 亜芹, 張 佳琪, 蛭谷幸司, 今野 久仁彦, 日本水産学会誌, **79**, 二一九
〜二二五頁 (二〇一三).
- (11) 尾藤方通, 日本水産学会誌, **30**, 八四七〜八五七頁 (一九六四).
- (12) 井ノ原康太, 黒木信介, 尾上由季乃, 濱田三喜夫, 保 聖子, 木村郁夫, 日本
水産学会誌, **80**, 九六五〜九七二頁 (二〇一四).

- (13) 井ノ原康太, 尾上由季乃, 木村郁夫, 日本水産学会誌, **81**, 四五六～四六四頁 (二〇一五).
- (14) 吉岡武也, 日本水産学会誌, **77**, 七八七～七九〇頁 (二〇一七).
- (15) N. Seki, T. Niki, D. Ishikawa, M. Kimura, H. Nozawa, *J. Food Sci.* **69**, 262-267 (2004).
- (16) 埜澤尚範, 里見正隆, 関 伸夫, 『水産物の品質・鮮度とその高度保持技術』, 中添純一, 山中英明編, 恒星社厚生閣, 二〇〇一, 一一三～一一八頁.
- (17) 『平成二十七年農林水産物・食品の輸出実績 (品目別)』, 農林水産省, (URL: http://www.maff.go.jp/j/shokusan/export/e_info/pdf/27_himoku_meguji_kakutei3.pdf) (二〇一七年一月二〇日)
- (18) 吉岡武也, 新井健一, 日本水産学会誌, **52**, 一八二九～一八三六頁 (一九八六).
- (19) 吉岡武也, 浜井昌志, 今野久仁彦, 新井健一, 日本水産学会誌, **57**, 一四三～一四七頁 (一九九一).
- (20) Ml.Mackie, *Biochim. Biophys. Acta*, **115**, 160-172 (1966).
- (21) 緒方由美, 進藤 稯, 木村郁夫, 日本水産学会誌, **78**, 四六一～四六七頁 (二〇一七).
- (22) C. Yuan, Y. Takeda, W. Nishita, I. Kimura, *Fish. Sci.* **82**, 147-153 (2016).
- (23) K. Itohara, I. Kimura, C. Yuan, *Fish. Sci.* **79**, 503-511 (2013).
- (24) 木村郁夫, 袁 春紅, 『鹿兒島の食環境と健康食材』, 鮫島奈々美, 叶内宏明, 塩崎一弘, 吉崎由美子編, 南方新社, 二〇一六, 一三三～一三七頁.

時事余聞

◇：習近平政権は最近目立って力をつけている。数年前まではGDP世界六位の位置にあったが、最近では米国に肩を並べる第二大国に成り上がっている。更に

彼の野望は一带一路構想による巨大経済圏構想まで考えられている。それに米国に対し、太平洋を東西で中国と二分しても充分の広さがあると提案しているほどだ。彼の抱く構想は地球儀を丸抱えする位の気宇の大きいもののように思える。

◇：それに国内でも評判が良い。農村の貧困人口をゼロにするとまで言っている。実際に「習主席が来てくれたから食用油やコップまでもらえるようになった」と笑顔をみせる。そんな農民が多い。実際に彼は貧農地区を丹念に回り、その実情をよく見とっている。貧困の撲滅は彼にとって大きな政治目標である。しかもその期限は二十年に切つてある。なぜか。翌二十一年は共産党再建一〇〇年に当たるからだ。しかし、いいことばかりではない。留守を守る子供の自殺もかなりあるという。

◇：一方、国内政治も手ぬかりはない。政治の腐敗撲滅を目指して汚職官僚を一掃した。それは見事で極めて大胆であった。習近平氏の人柄は福建省に十七年間つとめた実績では「部下の話を良く聞き、先輩への敬意を決して忘れなかった」という評価。誰もがそう思った。しかし、彼は「中央国家安全委員会」「中央全面深化改革領導小組」など新組織を矢継早につくり、そのトップの座に坐つたのである。そうかと思うと今度は周永康氏、令計画氏ら政敵と見られる党や軍の指導者を摘発。その代りに、かつての部下であった何立峰氏や蔡奇氏を抜擢、異例の人事を行った。こうした内には冷静な人事をつくしているが家族は案外はなればなれである。姉夫婦はカナダに、弟は豪州、そして愛娘はハーバード大留学、おそらく米国籍取得が狙いではないか。姉の斉橋橋は北京の中信信房地産開発理事長だが国籍はカナダ。その他習近平の親戚縁者の多くが海外暮しという。(K)

編集後記

日本の水産業を「成長産業」に転換するために、水産加工研究の視点からこれまでの研究成果を踏まえた提言等をご寄稿いただきました。特に養殖ブリの輸出は大きく期待されているところであり、従来の米国主体からさらに多くの国々への輸出拡大を図るための技術開発について詳述いただきました。また、サンマ資源の有効活用や人材育成の重要性等についても貴重なご意見をいただきました。著者の労作に対して厚く御礼申しあげます。

「水産振興」 第五九八号

平成二十九年十月一日発行

(非売品)

編集兼
発行人 井上恒夫

発行所 〒104-0055 東京都中央区豊海町五番一
豊海センタービル七階

一般財団法人 東京水産振興会

電話 ☎ 三五三三八二一一
FAX ☎ 三五三三八二一六

印刷所 (株)連合印刷センター

(本稿記事の無断転載を禁じます)

ご意見・ご感想をホームページよりお寄せ下さい。

URL <http://www.suisan-shinkou.or.jp/>

平成二十九年十月一日発行（毎月一回一日発行）五九八号（第五十一卷十号）