

## シバエビの冷凍保存方法と品質の変化

後川 龍男・俵積田 貴彦<sup>a</sup>・黒川 皓平・野副 滉・田中 慎也  
(豊前海研究所)

豊前海で特定の時期に大量に漁獲されることから単価が低くなるシバエビについて、冷凍保存による出荷方法の改善策を検討した。漁獲直後の鮮度保持方法を検討した結果、漁獲直後に漁業者が通常行う真水氷+海水による冷却を行い、帰港直後に冷凍すれば冷凍後も鮮度が維持された。また冷凍前に1時間程度室温処理を行うことで、エビ筋肉中のAMPが、よりうま味強度の高いIMPに変化し食味が向上することが確認された。消費者ニーズの高い頭部の除去や殻むき処理を行った場合でもIMPが増加し冷凍後も品質が維持されたが、頭部の除去や殻むき処理の時間が室温処理と同様の効果を発揮したものと考えられた。今後こうした結果を活用して、消費者や外食事業者が使用しやすい無頭エビやむきエビの冷凍品を漁業者自ら生産・販売し、単価の向上につなげていく取り組みが期待される。

キーワード：シバエビ，冷凍，IMP

福岡県豊前海区のシバエビは主に秋期から春期にかけて浮びき網もしくは小型底びき網で漁獲される。盛漁期には漁獲量が多くなり市場価格が低くなる傾向があることから、漁業者の収入向上を図るには、価格の低い時期に冷凍して保存し、シバエビが少なく高価格が期待できる時期に出荷することが考えられるが、冷凍によるシバエビの品質変化に関する知見はなく、冷凍に必要な条件は不明である。一方、バナメイエビでは常温で処理した後に冷凍することで、うま味成分のIMPが増加するとの知見がある<sup>1)</sup>。

そこで本研究では、漁業者でも可能な簡易なシバエビの冷凍保存方法の確立と、冷凍によるシバエビの品質変化について検討した。

### 方 法

冷凍後のシバエビについて、核酸関連物質含量，色調，破断強度，一般生菌数，食味の5項目を品質評価指標とした。

核酸関連物質含量は、各種冷凍処理方法で冷凍したシバエビ200g以上を1サンプルとし、1試験区あたり1または3サンプルについて、解凍後可食部を取り出し、冷却した6%過塩素酸中でホモジナイズし、遠心分離とメンブランフィルターで抽出液を作成し、高速液

体クロマトグラフでATP（アデノシン三リン酸），ADP（アデノシン二リン酸），AMP（アデニル酸），IMP（イノシン酸），HxR（イノシン），Hx（ヒポキサンチン）の含有量を測定した。なお核酸関連物質の解析に当たっては、含有割合が高くうま味成分としても重要であるAMPおよびIMP<sup>2)</sup>を指標としてt検定を行った。

色調は、背景が白色になるよう白色のプレートに解凍直後のシバエビを置き、図1に示すとおり第2腹肢付近の腹部の体色と鰓付近の頭部の頭色について、色彩色差計（コ



図1 体色および頭色の測定箇所

<sup>a</sup>現所属：水産局水産振興課

ニカミノルタ CM-508d または CM-700d) を用いて  $L^*a^*b$  値を測定した。1 箇所につき 3 回測定した平均値をそれぞれの個体の体色及び頭色とし、10 尾について同様の測定を行った。なおシバエビは赤や黄の呈色がほとんどないことから、解析に当たってはサンプル 10 尾分の  $L^*$  値の平均値を指標とし  $t$  検定を行った。

破断強度は、解凍後に殻を除去し、腹節の遊泳脚付近を測定箇所として、YAMADEN 社製クリープメーター RE-3305 を用いて測定した。ロードセルは 2kgf、プランジャーは直径 8mm の円柱形、試料台上昇速度は 1mm/s とし、サンプルを押しつぶした時の値を破断強度とした。解析に当たっては、測定した 10 尾分の破断強度の平均値を指標とし  $t$  検定を行った。

一般生菌数は、各種冷凍処理方法で冷凍したシバエビ 100g を 1 サンプルとし、検査直前に解凍し、1 試験区あたり 1 サンプルについて平板寒天培地法で分析した。

食味試験は、豊前海研究所職員 11 名を対象として実施した。サンプルを解凍後、殻をむいた鮮魚の状態でもらい、「色」「食感」「うま味」をそれぞれ 1~5 の得点で評価した。解析に当たっては、試験区別の平均得点を求め、 $t$  検定を行い対照区の得点と比較した。

シバエビの冷凍保存方法の検討のため、次のとおり条件を設定し、比較試験を行った。

### 1. 漁獲直後の鮮度保持方法の検討

2015 年 10 月に漁獲されたシバエビを用いて、漁獲直後から帰港までの鮮度保持方法について検討した。底びき網で漁獲されたシバエビを船上で選別し、発泡スチロール箱に収容した後、冷却剤として海水氷+海水、海水氷のみ、海水氷+塩、および対照区として漁業者が通常用いる真水氷+海水を収容した 4 試験区を設定した。収容から帰港までの間、水温ロガー (HOB0 ペンダントロガー UA001-64) で各試験区の箱内温度を 1 分間隔で連続測定した。帰港後、冷凍媒質として常温海水で満たした一般用のタッパーにシバエビを約 30~50 尾収容し、蓋をして -30℃ で冷凍した。冷凍期間は漁獲直後、1 ヶ月、3 ヶ月および 5 ヶ月 (色調は 6 ヶ月) とし、漁獲直後の試料としては帰港後速やかにドライアイスで即時冷凍したものを使用した。各冷凍期間経過後に解凍し、核酸関連物質含量と色調を測定した。

### 2. 冷凍媒質の検討

2016 年 10 月に漁獲されたシバエビを用いて、冷凍時の媒質の違いによる品質の差を調べた。漁獲直後に真水氷+海水で帰港まで保存し、帰港後直ちに冷凍した。冷凍方法は、媒質を海水、真水、1/2 海水、媒質なしの 4 試験区、冷凍期間を 1 ヶ月、3 ヶ月および 5 ヶ月とした。漁獲直後お

よび各冷凍期間経過後に解凍し、核酸関連物質含量と色調および破断強度を測定した。

### 3. 冷凍前処理方法の検討

冷凍前の常温処理により、バナマイエビと同様に<sup>1)</sup>うま味成分の IMP がシバエビでも増加するか検討した。2017 年 9 月に漁獲されたシバエビを帰港まで真水氷+海水で保存し、帰港後直ちに頭部と中腸腺を除去した。室温 25℃ で 1, 3, 5, 8 時間静置し、その後媒質なしで -30℃ で冷凍した。翌日冷水によるグレーズ処理を行ってから 0.1kg/袋で包装し、再び -30℃ で冷凍したものをサンプルとした。対照区として、頭部を除去せず室温静置なしでグレーズ処理して冷凍したもの及び海水を媒質として冷凍したものを準備した。冷凍 2 ヶ月後に破断強度と体色を、冷凍 6 ヶ月後に核酸関連物質含量と生菌数を測定した。

また、冷凍前処理を行った場合の適正な冷凍期間を検討する試験を行った。2018 年 10 月に漁獲されたシバエビを船上で真水氷+海水で冷却して帰港まで保存し、帰港後直ちに頭部および中腸腺を除去した。室温 25℃ で 1 時間静置し、その後媒質なしで -30℃ で冷凍した。翌日冷水によるグレーズ処理を行ってから 0.1kg/袋で包装し、再び -30℃ で冷凍したものをサンプルとした。対照区として、頭部を除去せず室温静置なしでグレーズ処理して冷凍したものを準備した。冷凍 1 ヶ月、3 ヶ月および 6 ヶ月後に核酸関連物質含量、破断強度および生菌数を測定した。また冷凍 1 ヶ月後に食味試験を実施した。

### 4. 殻むき処理および再冷凍手法の検討

むきエビは、調理が簡易なため外食事業者や消費者のニーズが高く高単価での販売が期待されることから、殻むき処理及び再冷凍品の品質を確認する試験を行った。

2018 年 10 月に漁獲されたシバエビを、真水氷+海水で冷却して帰港まで保存し、帰港後直ちに -30℃ で冷凍した。翌日解凍し、頭部、中腸腺および殻を室温下で除去後に -30℃ で再冷凍したものをサンプルとした。対照区として、頭部を除去せず室温静置なしでグレーズ処理して冷凍したものを準備した。冷凍 3 ヶ月後に核酸関連物質含量、破断強度および生菌数を測定し、冷凍 6 ヶ月後に食味試験を実施した。

## 結 果

### 1. 漁獲直後の鮮度保持方法の検討

試験区別の漁獲直後から帰港までの出荷箱内の温度を図 2 に示した。海水氷+海水と、対照区のみ真水氷+海水では -2℃ を維持した。海水氷+塩、海水氷のみでは -20℃ まで

低下後に $-5^{\circ}\text{C}$ まで上昇したものの対照区等よりやや低い温度を維持した。

冷凍品のAMPとIMPの含量の推移を図3,4に示した。AMPは概ね横ばいで推移した。IMPは漁獲直後に対照区で最も高く、冷凍期間が長くなるにつれて海水氷+海水区で1.4倍増加したが、他は概ね横ばいで推移した。

色調の変化を図5,6に示した。対照区を含む全ての試

験区で体色・頭色とも冷凍期間の長期化に伴いL\*値が増加する傾向、すなわち白化する傾向が見られた。同一期間経過後に、L\*値が対照区より有意に高かったのは、体色では1ヶ月後の海水氷、3ヶ月後の海水氷+海水、6ヶ月後の海水氷+海水および海水氷+塩であり(t検定: $p<0.05$ )、頭色では漁獲直後の海水氷+海水、1ヶ月後の海水氷および海水氷+塩であった(t検定: $p<0.01$ )。

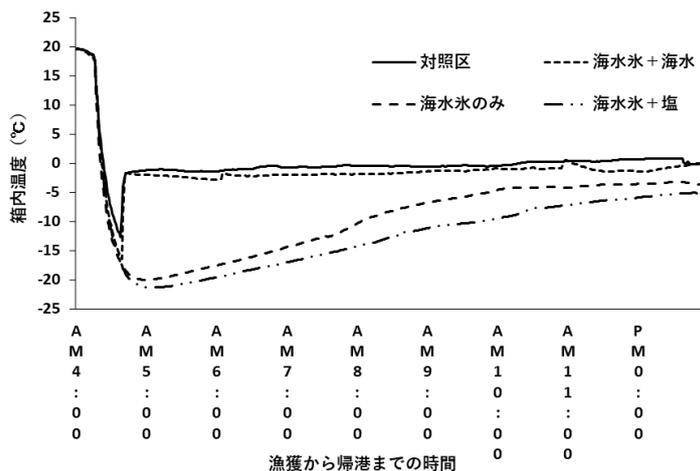


図2 シバエビの漁獲直後から帰港時までの箱内温度変化

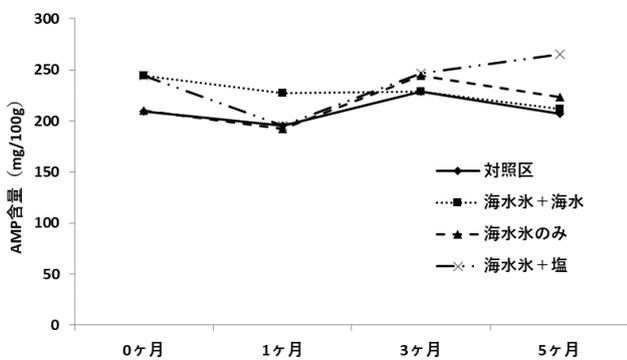


図3 鮮度保持方法別冷凍品のAMP含量の変化

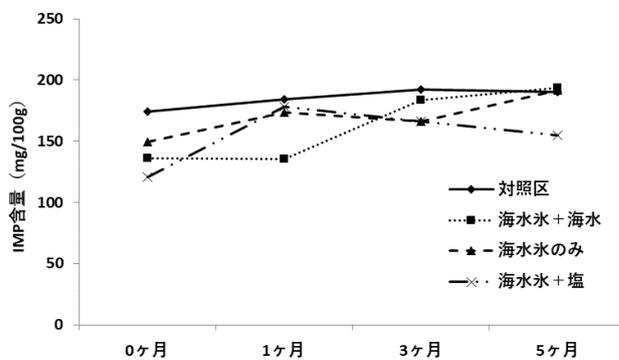


図4 鮮度保持方法別冷凍品のIMP含量の変化

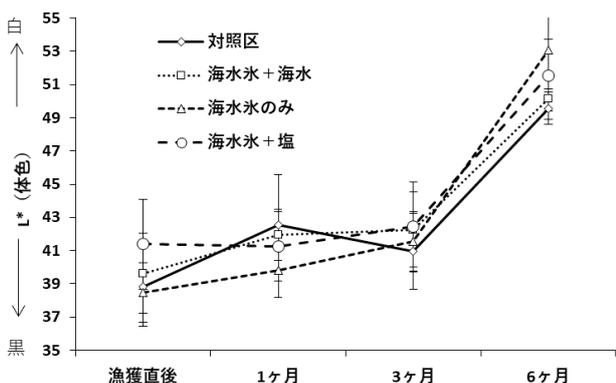


図5 鮮度保持方法別冷凍品の体色の变化

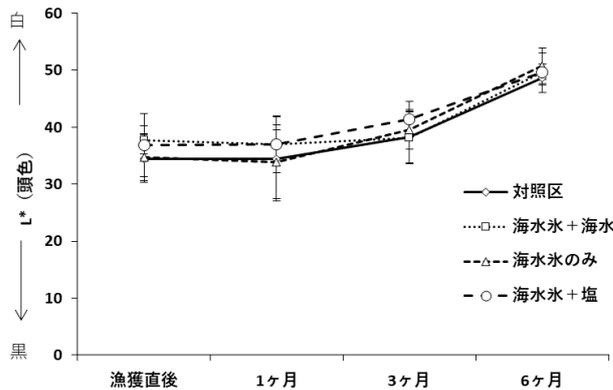


図6 鮮度保持方法別冷凍品の頭色の变化

## 2. 冷凍媒質の検討

試験区別の AMP, IMP 含量および色調と破断強度の変化を図 7~11 に示した。AMP については漁獲直後と比較して減少する傾向が, IMP については増加する傾向が見られた。色調では, 冷凍期間が長くなるにつれて体色は全体的に白くなる傾向, 頭色は全体的に黒くなる傾向が見られた。また破断強度は概ね横ばいであった。

## 3. 冷凍前処理方法の検討

常温処理時間の異なる試験区別の AMP, IMP 含量を図 12 に示した。AMP は静置時間が長いほど有意に低下した (t 検定:  $p < 0.01$ ) が, AMP よりもうま味強度が 5 倍程度強いとされる IMP<sup>3)</sup> は, 常温処理をしたすべての試験区で対照区と比較して 1.5 倍程度の含量となり差が生じた (t 検定:  $p < 0.01$ )。色調および破断強度は, 図 13, 14 に示したとおり各試験区と対照区の間で差がなかった (t 検定:  $p > 0.05$ )。試験区別の試験区別の生菌数は表 1 に示したとおり  $3.7 \times 10^2 \sim 1.2 \times 10^3 / \text{g}$  であり, すべての試験区で食品衛生法に定める生食用冷凍鮮魚介類の基準値である  $1.0 \times 10^5 / \text{g}$  を大幅に下回った。

冷凍前に常温処理したサンプルの冷凍期間別の AMP, IMP 含量, 破断強度および生菌数の結果を図 15, 16 およ

び表 2 に示した。AMP は対照区の約半分, IMP が対照区の約 2 倍の含量となり差が生じた (t 検定:  $p < 0.01$ ) が, 試験区内での顕著な増減はなく, 冷凍期間による差は認められなかった (t 検定:  $p > 0.01$ )。また破断強度は対照区と差がなく (t 検定:  $p > 0.05$ ) , 冷凍期間の長期化による影響も認められなかった。生菌数は, 試験区および対照区とも食品衛生法に定める生食用冷凍鮮魚介類の基準値である  $1.0 \times 10^5 / \text{g}$  を大幅に下回った。食味試験については表 3 に示したとおり, 色, 食感, うま味の評価について試験区と対照区で有意差はなかった (t 検定:  $p > 0.05$ )。

## 4. 殻むき処理および再冷凍手法の検討

殻むき試験における冷凍 3 ヶ月後の AMP, IMP 含量, 破断強度, 生菌数を図 17, 18 および表 4 に示した。AMP は対照区と比較して約半分, IMP は対照区の約 2 倍の含量となり差が生じた (t 検定:  $p < 0.01$ )。一方破断強度は対照区と有意差がなかった (t 検定:  $p > 0.05$ )。生菌数は試験区, 対照区とも食品衛生法に定める生食用冷凍鮮魚介類の基準値である  $1.0 \times 10^5 / \text{g}$  を大幅に下回った。食味試験に関しては表 5 に示したとおり, 試験区の色とうま味の評価が, 対照区と比較して有意に高かった (t 検定:  $p < 0.05$ )。

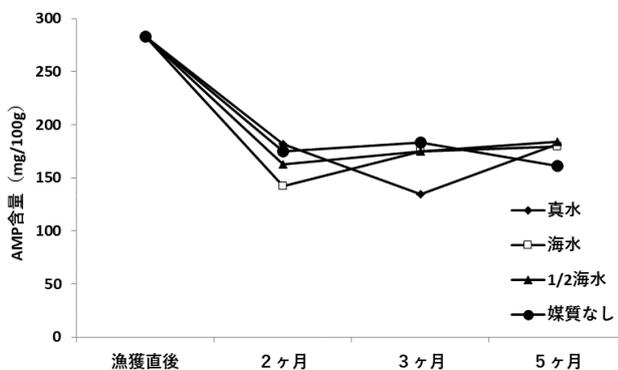


図 7 媒質別冷凍品の AMP 含量の変化

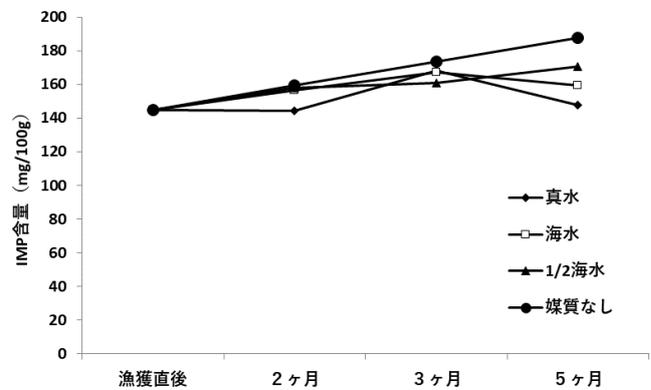


図 8 媒質別冷凍品の IMP 含量の変化

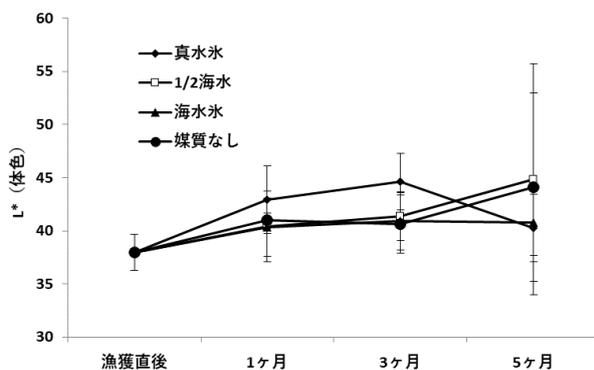


図 9 媒質別冷凍品の体色の変化

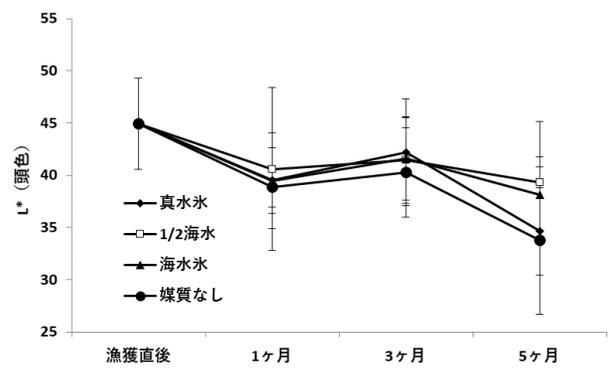


図 10 媒質別冷凍品の頭色の変化

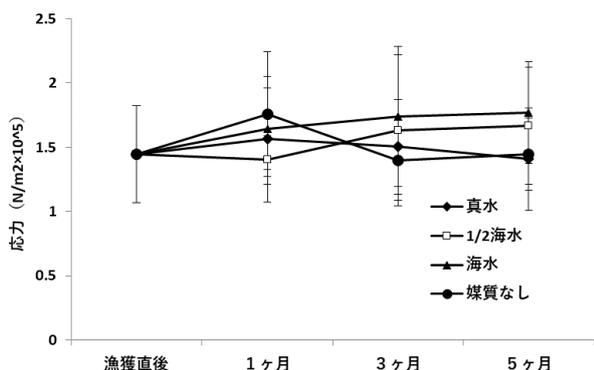


図 11 媒質別冷凍品の破断強度の変化

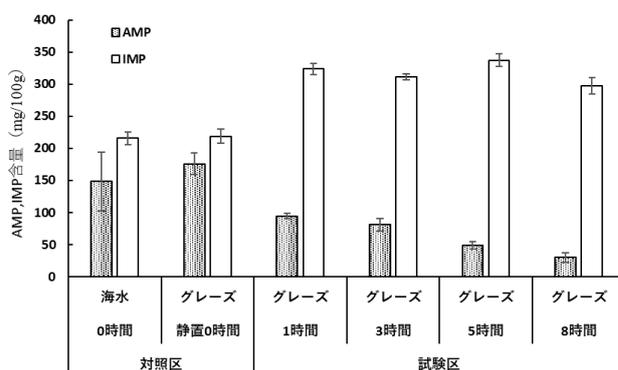


図 12 冷凍2ヶ月後の常温処理時間別 AMP, IMP 含量

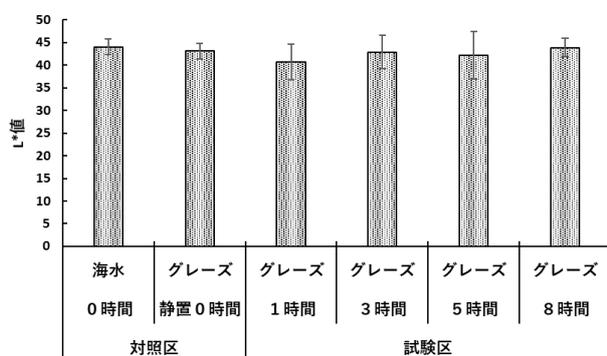


図 13 冷凍2ヶ月後の常温処理時間別体色

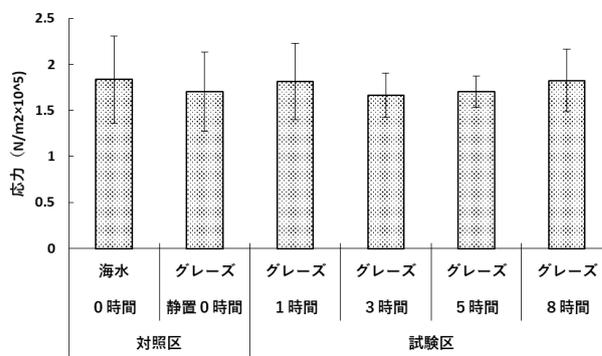


図 14 冷凍2ヶ月後の常温処理時間別破断強度

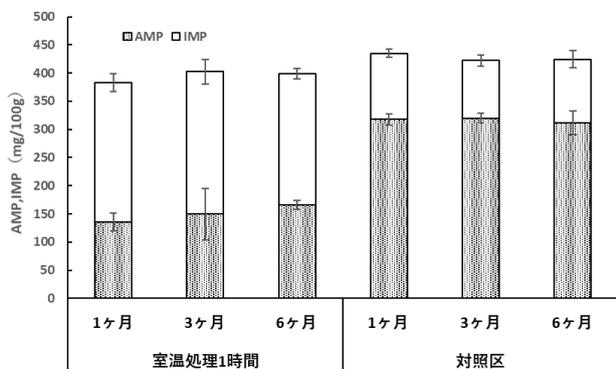


図 15 常温処理の有無別の AMP, IMP 含量

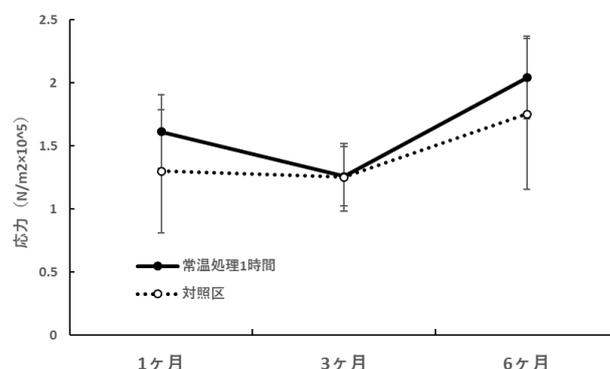


図 16 常温処理の有無別の破断強度

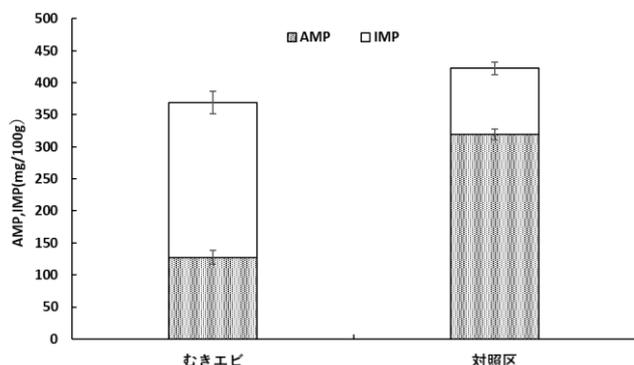


図 17 殻むきエビの AMP, IMP 含量 (冷凍3ヶ月経過)

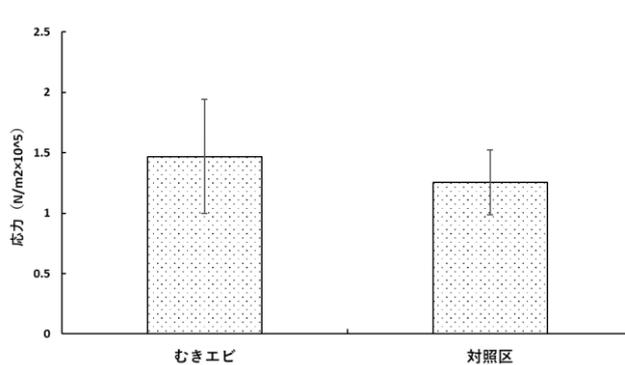


図 18 殻むきエビの破断強度 (冷凍3ヶ月経過)

表1 室温静置時間別の生菌数（冷凍6ヶ月経過）

	静置時間	冷凍方法	生菌数
対照区	0時間	グレーズ	$1.2 \times 10^3$ /g
対照区	0時間	海水	$4.0 \times 10^2$ /g
試験区	1時間	グレーズ	$3.7 \times 10^2$ /g
試験区	3時間	グレーズ	$4.3 \times 10^2$ /g
試験区	5時間	グレーズ	$4.4 \times 10^2$ /g
試験区	8時間	グレーズ	$3.7 \times 10^2$ /g

表2 冷凍期間別の生菌数（室温静置1h）

	(/g)	
	常温処理	対照区
冷凍1ヶ月	$3.8 \times 10^2$	<300
冷凍3ヶ月	$3.1 \times 10^2$	$3.8 \times 10^2$
冷凍6ヶ月	$5.2 \times 10^2$	$4.5 \times 10^2$

表4 殻むき処理の有無と生菌数

	(/g)	
	むきエビ	対照区
生菌数	$7.3 \times 10^3$	$4.5 \times 10^2$

表3 常温処理の有無別食味試験の平均得点

	常温処理	対照区	差	t検定
色	3.73	3.73	0.00	—
食感	3.73	3.55	0.18	—
旨み	3.55	3.27	0.27	—

表5 殻むき処理の有無と食味試験の平均得点

	むきエビ	対照区	差	t検定
色	4.08	3.17	0.92	p<0.05
食感	3.50	3.50	0.00	—
旨み	3.83	3.17	0.67	p<0.05

## 考 察

漁獲直後から帰港までの鮮度保持方法として、従来から漁業者が実施している真水氷+海水を対照区として、より冷却効果が高いと考えられるいくつかの方法を試験したが、冷凍品の品質に関して鮮度保持方法の違いによる明瞭な差はなく、鮮度低下に伴う体色や頭色の黒化はどの方法でも見られなかった。すなわち帰港までの鮮度保持は従来通りの方法で十分であることが示された。また冷凍時の媒質としていくつかの方法を試行したが、結果的にはどの媒質でも差がなかった。ただしその後の試験で媒質なしとする場合は、バナメイエビでの試験方法<sup>1)</sup>を踏まえて、冷凍翌日にグレーズ処理を行った。なおグレーズ処理とは一旦冷凍した後、冷水にくぐらせて再冷凍することにより冷凍品の表面に薄い氷の膜を張って冷凍期間中の品質劣化を防ぐ処理であり、現場で実施する場合でもそれほど手間がかからないと思われる。

冷凍期間が長くなるほど体色が白化する傾向が見られたが、これは鮮度保持方法や常温処理の時間にかかわらず共通の傾向であった。このため食味試験における「色」の評価では、様々な処理をした試験区と、試験区と同じ期間冷

凍されている対照区の間で差が出なかった。新鮮なシバエビと比較した場合に目視で色調の差が判別できる可能性のある試験区もある<sup>4)</sup>ものの、黒変ではない上、食味試験での「色」の評価値も対照区と同等で低い値とはならなかったことから、冷凍による白化が品質低下と見なされる可能性は低いものと考えられた。

アカエビでは、活魚と比較して冷凍品のIMPが高くなることが報告されている<sup>5)</sup>。この要因は冷凍前処理や解凍の際にAMPがIMPに変化したためであると考察されており、本研究の結果とも合致した。一方本研究では冷凍期間が長くなるほどAMPが減少しIMPが増加する傾向が見られたことから、AMPが冷凍期間中緩やかにIMPに変化することも示唆された。冷凍期間が6か月程度であれば破断強度や生菌数は漁獲直後と大差なかったことから、品質面で冷凍品が劣ることはないと考えられる。

IMPはAMPよりうま味強度が5倍高いとされる<sup>3)</sup>ことから、IMPを人為的に増加させる処理が出来れば付加価値向上につながる可能性がある。このため、常温処理によるIMPの増加と、常温処理の影響について試験した結果、冷凍前に常温で1~5時間静置することでIMPが当初の1.5~2倍となることが判明した。全ての食味試験で差がつ

いたわけではなかったものの、食味試験でも味の違いを認識できる差が生じた試験区があったことから、常温処理の有効性がうかがわれた。静置5時間でも破断強度や色調、生菌数に差はなかったが、頭部ありで5時間の常温処理をした場合には図19のとおり肉眼で判別可能な頭部の赤変化が見られた<sup>6)</sup>。見た目上の品質低下の他にも、食中毒の発生リスクや静置の手間、IMP含有量の変化率を考慮すると、室温静置時間は1時間程度で十分だと判断された。

また、単に室温静置するだけではなく、販売単価の向上につながる処理、例えば頭をとる、殻をむく、という処理によって、身質の低下はなく、むしろうま味成分が増強することが確認された。今回殻むき処理したシバエビは、一旦冷凍した後解凍して殻むきし再冷凍したものであるが、本研究の成果を踏まえ、「熟成処理」等の文言を用いて食味の良さをPRするのも有効ではないかと考えられる。



図19 未処理および常温処理1, 3, 5hの有頭エビの体色  
(冷凍3ヶ月経過後)

シバエビが大量に漁獲された場合、そのほとんどが産地卸売市場に出荷され単価が下落するのが豊前海の現状である。冷凍によって品質が維持されることを踏まえると、大量に漁獲されるシバエビの一部を冷凍して時期をずらして出荷することで、市場出荷量が平準化し単価の維持につながる可能性がある。しかし、実際に冷凍シバエビを市場出荷したところ、生鮮シバエビより低価格で取引される結果となった。地元漁業者が出荷するせり場で冷凍品が取り扱われることは通常ないことから評価が低くなったものと思われる。このように卸売市場を経由した流通による単価の向上は難しいと思われることから、冷凍品の販売においては、直売所の活用や、外食事業者等への直接販売ルートの開拓などが求められる。こうした顧客が利用しやすく高付加価値化が期待できる無頭エビやむきエビを漁業者自ら生産、販売することで、漁業所得の向上につなげていく取り組みが必要である。

## 文 献

- 1) 小山法希, 松川雅仁, 島田昌彦. バナメイエビの冷凍貯蔵性に及ぼす冷凍前 20℃処理の影響. 日本水産学会誌 2011; 77 (2) : 223-229.
- 2) 竹内昌昭, 藤井健夫, 山沢正勝. 水産食品の事典, 朝倉書店, 東京. 2000 : 138-144.
- 3) Yamaguchi S, Yoshikawa T, Ikeda S, Ninomiya T. Measurement of the relative taste intensity of some L- $\alpha$ -aminoacids and 5'-nucleotides. J. Food Sci 1971; 36 : 846-849.
- 4) 俵積田貴彦, 野副 澁. 福岡の魚競争力強化促進事業 (2) シバエビ鮮度保持技術開発. 福岡県水産海洋技術センター事業報告 2015 : 364-367.
- 5) 篠原満寿美, 筑紫康博, 濱田弘之. 冷凍処理後の小型エビの旨味成分及び品質について. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2010; 20 : 91-93.
- 6) 俵積田貴彦, 黒川皓平. シバエビの高付加価値出荷技術の開発. 福岡県水産海洋技術センター事業報告 2018 : 317-321.

