

原著論文

## 自動貝むき機で分離したホタテガイ貝柱の特性

成田正直<sup>\*1</sup>・雲津幸治<sup>\*2</sup>・宮崎亜希子<sup>\*3</sup>・佐藤暁之<sup>\*3</sup>・清水茂雅<sup>\*3</sup>・蛭谷幸司<sup>\*3</sup>

## Characteristics of scallop adductor muscle separated using automated scallop sheller

Masanao NARITA, Koji KUMOTSU, Akiko MIYAZAKI,  
Akiyuki SATO, Shigemasa SHIMIZU and Kohji EBITANI

Recently, automated scallop shellers have received considerable attention, because of lack of labor in the fish-processing industry. However, it is not clear how automated scallop shellers affect the quality of scallop adductor muscles. In this study, we compared the characteristics of scallop adductor muscles separated from the shell using an automated scallop sheller (AM-AS) with those separated using a hand sheller (AM-HS). When fresh adductor muscles were soaked in water, water absorption rate and eluted amino acid content were lower in AM-AS than in AM-HS; however, there was no difference in these parameters in frozen-thawed adductor muscles. AM-AS and AM-HS were similar in breaking strength and viable bacterial count for both fresh and frozen-thawed adductor muscles. A sensory evaluation conducted by 60 panelists revealed no significant difference between AM-AS and AM-HS for frozen-thawed adductor muscles. From the results of this experiment, we concluded that AM-AS and AM-HS were similar in quality and that the automated scallop sheller is a potential solution to the current issue of lack of labor in the scallop processing industry.

キーワード：自動貝むき機，ホタテガイ，特性

2016年11月29日受付 2018年1月26日受理

ホタテガイ *Mizuhopecten yessoensis* は北海道における重要な水産物のひとつで、平成26年の生産量は46万9千トン、生産額は899億円に達する（北海道2016）。ホタテガイの主な加工品は冷凍貝柱、生鮮貝柱、乾貝柱、ボイル貝柱などであるが、この中では冷凍貝柱が最も多く、加工品目のほぼ5割を占めている（水産新聞社2014）。冷凍貝柱は殻から分離した貝柱を、洗浄、冷凍した加工品で、貝柱の分離工程は、ほとんどの加工場で貝むき用具を用いた人手作業によって行われている。一方、道内におけるホタテガイの一大生産地であるオホーツク海沿岸では、少子高齢化や過疎化、若者の製造業離

れなどにもなう水産加工業界の人手不足が極めて深刻な状態となっており、冷凍貝柱の製造現場においても機械化の必要性が以前から指摘されていた。こうした背景から、平成8年に道内の機械メーカーが、世界で初めて自動貝むき機の開発に成功した。しかし、当時の装置は未だ黎明期にあり技術的に改良の余地があったことや、外国人技能研修制度の導入による人手不足の緩和などにより、装置の普及は進まなかった。その後、メーカーの改良による装置の性能向上や、外国人技能研修生の減少にもなると、自動貝むき機は再び注目されることとなった。しかし、自動貝むき機により製造した貝柱の品

\*1 北海道立総合研究機構中央水産試験場 〒046-8555 北海道余市郡余市町浜中町238番地

Hokkaido Research Organization Central Fisheries Research Institute, 238 Hamanaka, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan  
narita-masanao@hro.or.jp

\*2 湧別漁業協同組合

\*3 北海道立総合研究機構網走水産試験場

質については、加工業界から強い関心が寄せられているにもかかわらず、詳細が明らかになっていなかった。今回、湧別漁業協同組合が業務提携している冷凍貝柱加工場に自動貝むき機が導入され、この装置によって分離された貝柱の特性を調査する機会を得た。本論文ではその結果について報告する。

## 材料と方法

**自動貝むき機** 本研究で用いた自動貝むき機オートシェラー NHS-5000（株式会社ニッコー製、以下 AS と記す、写真 1）は、ホタテガイを所定のパレット（受け台）にセットすることで、貝柱が全自動で分離される装置である。パレットには中型のホタテガイの形状に合わせて直径 10～12cm の円形のくぼみが設けられている。これよりも小型あるいは大型のホタテガイを処理する場合は、くぼみのサイズが異なるパレットに交換することにより対応可能である。なお、このパレットにホタテガイをセットする作業は人手による。

パレットにセットされたホタテガイはコンベアで搬送され、まず回転ブラシにより貝殻表面の付着物が除去される。次に、スチームにより殻の上面が 3～4 秒加熱され、開殻が行われる。メーカーによれば、このときの貝柱表面温度は瞬間的に約 40℃ まで上昇する。冷水シャ



写真 1. 自動貝むき機（オートシェラー NHS-5000）

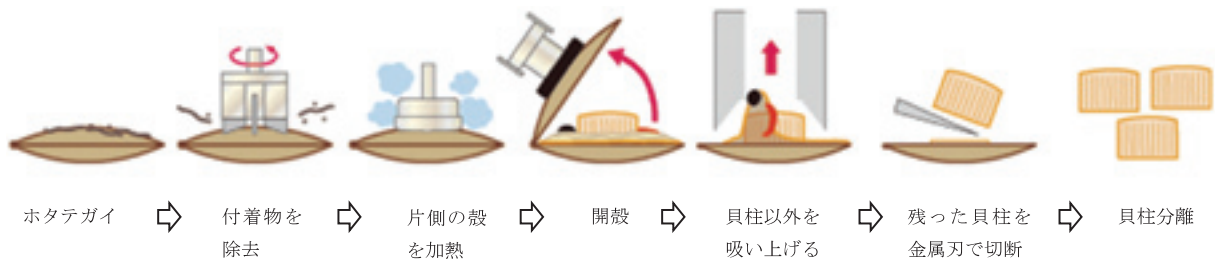


図 1. オートシェラー NHS-5000 による貝柱の分離工程（株式会社ニッコーの技術資料をもとに作成）

ワーによる冷却後、外套膜や中腸腺など、貝柱以外の部位が真空ポンプにより吸い上げられる。最終的に殻の内側には貝柱のみが残存し、これは金属刃により切り取られる。このように AS は貝柱の上面を加熱により、下面を金属により殻から分離する方式を採用しているのが特徴である（図 1）。人手作業で用いられる貝むき用具は薄いヘラ様の形状をしており、作業員はステンレス製の鋭利な先端をホタテガイの貝柱と殻の間に差し込み、貝柱を切断することにより分離する。AS が採用している貝柱下面を金属刃で切り取る方式は、この貝むき用具の動きを自動化したものである。

AS は 1 分間に 96 枚のホタテガイの貝柱を分離する能力を有することから、1 日あたりの処理能力は原貝レベルで約 8,400kg と試算される。すなわち、ホタテガイ 1kg の枚数を 5.5 枚と仮定すると、1 日あたり 8 時間稼働により、96 枚×60 分×8 時間÷5.5 枚=8,378kg がホタテガイの処理量となる。これは人手作業 11 名分に相当する（メーカーの技術資料より）。

**試験試料** 試料は平成 27 年 11 月 7 日午後には水揚げされた湧別産ホタテガイを用いた。湧別漁業協同組合業務提携加工場の冷蔵庫でホタテガイを保管し、11 月 9 日早朝より AS によって貝柱の分離処理を行った（以下、オート貝柱と記す）。比較のために従来法である手作業によって分離した貝柱（以下、手むき貝柱と記す）も試験に用いた。なお、冷涼な気候の北海道では処理日程の都合から、漁獲したホタテガイを 5～10℃ の冷蔵庫で保管し、翌日あるいは翌々日に加工することは、一般的に行われている。本試験では未冷凍の貝柱（以下、冷凍前と記す）の他に、冷凍、解凍の影響をみるために、同日、トンネルフリーザー（-38℃、15 分間）にて冷凍後、解凍した貝柱（以下、解凍後と記す）も試験に供した。なお、冷凍した貝柱は真空包装後 -30℃ で保管し、試験時に 5℃ で一晩解凍して用いた。

**貝柱表面の SEM 観察** 冷凍前の貝柱表面の状態を走査型電子顕微鏡（SEM）にて観察した。観察は TM-3000（日立テクノロジー）により行った。観察用試料の調製は次のように行った。試料を 2% グルタルアルデヒドおよび 2% ホルムアルデヒドを含む 0.1M リン酸緩衝液（pH7.2）で前固定した後、1% 四酸化オスミウムを含む 0.1M リン

酸緩衝液 (pH7.2) で後固定を行った。これをエタノールによって濃度段階的に脱水した後、t-ブチルアルコールによって置換して凍結乾燥を行った。

**吸水率の測定** オート貝柱および手むき貝柱、各2個体を1組としてスチロール製のキャップ付きねじ口瓶 (ポリスチレン製, 135mL容, マルエム No.8) に入れた。これを3組用意し、それぞれ貝柱に対し2倍重量の蒸留水を加え浸漬した ( $n=3$ )。浸漬中、振とう機 MULT SHAKER (EYELA) により振とうして貝柱の吸水を図った。5, 10, 20, 30, 60, 120分間後、貝柱を取り出し重量を測定した。吸水率は次式 [1] により算出した。また、吸水後の貝柱について1組2個体の貝柱を包丁で細切、混合し、水分を105°C常圧乾燥法によって測定した。

$$\text{吸水率 (\%)} = (\text{浸漬後の貝柱重量} - \text{浸漬前の貝柱重量}) / (\text{浸漬前の貝柱重量}) \times 100 \dots\dots\dots [1]$$

**浸漬液中のアミノ酸およびグリコーゲン** 吸水率の測定を行った各浸漬液について、溶出した遊離アミノ酸およびグリコーゲンを測定した ( $n=3$ )。アミノ酸はニンヒドリン法 (須山・鴻巣 1958), グリコーゲンはアンスロン硫酸法 (福井 1982) によって測定した。

**一般生菌数および大腸菌群数の測定** 冷凍前および解凍後の貝柱 25g を採取し、緩衝ペプトン水9倍量を加えてストマッキング処理し、10%食品乳剤を調製した。10倍段階混釈後、混釈平板法を用いて一般生菌数および大腸菌群数を測定した。一般生菌数は標準寒天培地、大腸菌群数はデスオキシコレート寒天培地を用いた。一般生菌数および大腸菌群数は35°C, 24時間培養後、コロニーを計数した。

**破断強度の測定** 貝柱5個体を用い、1個体から厚さ0.5cm, 幅1cmの測定試料を調製した。ピアノ線プランジャーを装着したレオメータ RT-2002DD (レオテック) により、貝柱の繊維に対し垂直に破断して最大応力を測定した。1個体につき3片の測定値を平均して破断強度とした。試料台速度は5cm/分で行った。

**官能評価** 冷凍貝柱を用いて試食による官能評価を行った。冷凍貝柱を真空包装袋ごと流水中で解凍して用いた。官能評価は湧別漁業協同組合職員およびホタテガイ製造、流通関係者60名をパネルとして、3点比較法 (小林 2009) によるオート貝柱および手むき貝柱の識別試験および嗜好試験を行った。なお、パネルは日常的にホタテガイを喫食しており、十分に食経験のある20代から70代で、性別は男性59名、女性1名であった。試食の際、醤油の使用は任意とした。試験結果の有意差を *t*-test により検定した (有意水準  $p<0.05$ )。

## 結果および考察

**貝柱の外観** オート貝柱は、片面のみが加熱された状態になっているのが特徴である。生鮮貝柱の外観を目視により観察したところ、オート貝柱の加熱面は手むき貝柱に比べ表面がより滑らかで貝柱筋肉の繊維間が密着した状態に観察された。これは、手むき貝柱が貝むき用具で物理的に切断されているのに対し、オート貝柱の加熱面は熱によって分離されているため、繊維間の密着性がより保たれているためと推察される。しかし、これらの状態を認識するためには、より注意深く観察する必要があり、一見しただけでは判別が難しい (写真2)。一般的に貝柱を刺身として喫食する場合、醤油が使用される。このため、醤油を貝柱の表面に塗布して観察したところ、手むき貝柱は繊維間の亀裂が明確に観察されたが、オート貝柱は手むき貝柱ほど明らかではなかった (写真3)。一方、凍結状態にある冷凍貝柱の場合は生鮮貝柱と異なり、オート貝柱の加熱面と手むき貝柱の判別は困難であった。この理由として、冷凍貝柱の場合、表面に氷の結晶が付着していることが推定される。氷の結晶が光を乱反射し、両者の識別を困難にしていると考えられる (写真4)。なお、オート貝柱の金属刃面については、生鮮貝柱、冷凍貝柱いずれの場合でも手むき貝柱との識別は困難であった。このことから、貝柱表面の状態は、分離方法すなわち切断もしくは加熱によって、大きく異なると考えられる。

(A)



(B)



写真2. 生鮮貝柱の外観  
(A) 手むき貝柱, (B) オート貝柱の加熱面

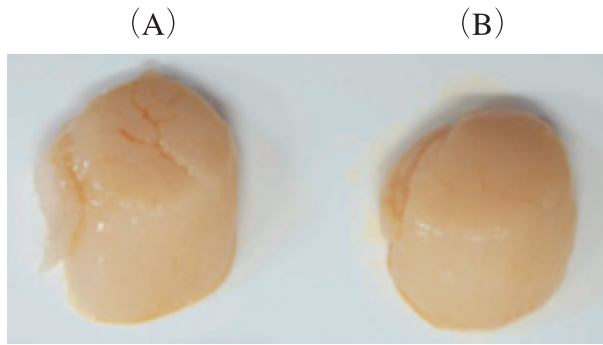


写真3. 醤油を塗布した生鮮貝柱の外観  
(A) 手むき貝柱, (B) オート貝柱の加熱面  
いずれも表面に醤油を塗布した状態



写真4. 冷凍貝柱の外観  
(A) 手むき貝柱, (B) オート貝柱の加熱面

**貝柱表面のSEM画像** SEMにより生鮮貝柱の表面を観察したところ(写真5), 手むき貝柱は表面がささくれ立った状態になっており(A), これをさらに拡大すると貝柱の繊維が切り取られている様子が観察された(B)。一方, ASで分離したオート貝柱は加熱面と金属刃面で異なっており, 加熱面は繊維の束が密集した状態で観察された(C, D)。これに対して, 金属刃面は繊維の束の密集状態は不明瞭になっており, 手むき貝柱と同様に繊維が切り取られた状態になっていた(E, F)。

ホタテガイの貝柱は閉殻筋と呼ばれ, 大型の有紋筋(貝柱)と三日月形の無紋筋(小柱)からなる。前者は速い, 短時間の貝殻開閉運動に関与し, 後者は持続的なゆっくりとした貝殻開閉運動の作用を持っている(山本

1971)。ASはこれらの筋肉をスチームで数秒間加熱することにより貝殻との密着性を失わせ開殻を行っている。有紋筋は太さ2~7 $\mu\text{m}$ の筋原繊維からなっており, 筋原繊維は多数集まって筋繊維となり, これがさらに束ねられて筋繊維束を形成している(中村1990)。SEM観察から, ASによって分離された貝柱の加熱面は, 筋繊維束が集合した状態になっており, これは生鮮貝柱の状態がそのまま反映されていると考えられる。一方, オート貝柱の金属刃面は手むき貝柱と同様に, 繊維が切断された状態になっており, 分離方式の違いが貝柱表面の状態に影響していることが, SEM画像からもうかがわれた。

ASで加熱された貝柱の表面は, タンパク質が加熱によって変性している可能性が考えられる。一方, ASのメーカーによれば, 開殻工程では, 小柱の周辺を集中的に加熱することにより, 貝柱の熱変性にともなう食感の変化を極力回避しているという。ホタテガイの場合, 殻を常時閉じているは主として小柱であることから(大石ら1970), ASが殻の位置を限定的に加熱するしくみを採用していることは, 貝柱の品質を保持する上で理にかなっている。今後, 貝柱のタンパク質がどの程度, 熱による変性を受けているかについても検討する必要がある。

**貝柱の吸水率と水分** 冷凍前の吸水率はオート貝柱, 手むき貝柱ともに, 浸漬時間が経過するにつれて増加傾向を示した。30分, 60分, 120分の吸水率は手むき貝柱で13.0%, 19.4%, 27.8%であったのに対し, オート貝柱は8.0%, 16.2%, 21.8%で, 60分までオート貝柱の方が有意に低かった。しかし, 解凍後の貝柱における吸水率は, 冷凍前に比べて全体的に低く推移した。また, オート貝柱と手むき貝柱に有意な差はみられなかった(図2)。

冷凍前の貝柱の水分は吸水率と同様に, 浸漬時間が経過するにつれて増加傾向を示した。30分, 60分, 120分の水分は手むき貝柱で81.4%, 82.6%, 83.6%であったのに対し, オート貝柱は80.2%, 80.9%, 82.4%で, 30分以降, オート貝柱の方が低い傾向がみられた。しかし, 解凍後の水分は, 冷凍前に比べて全体的に低く, オート貝柱と手むき貝柱の差は小さくなっていった(図3)。

一般にタンパク質は, 水を引き付ける性質すなわち保水性を有する(右田1969)。蒸留水に浸漬した貝柱が吸水し水分が増加するのは, 貝柱のタンパク質が水と結合するためと考えられる。本実験からオート貝柱は手むき貝柱に比べて吸水率および水分が低い傾向がみられた。これは, 貝柱表面の状態が影響したものと推定される。すなわち, SEM画像の観察から手むき貝柱は両面とも筋繊維束が切断されており, 繊維束の間から水が貝柱内部に侵入し易い状態であったのに対し, オート貝柱は加熱面の筋繊維束が密集しており, この構造が水の浸入を抑制したと考えられる。しかし, これは貝柱が冷凍前の場合であり, 冷凍, 解凍を経た貝柱はオート貝柱,

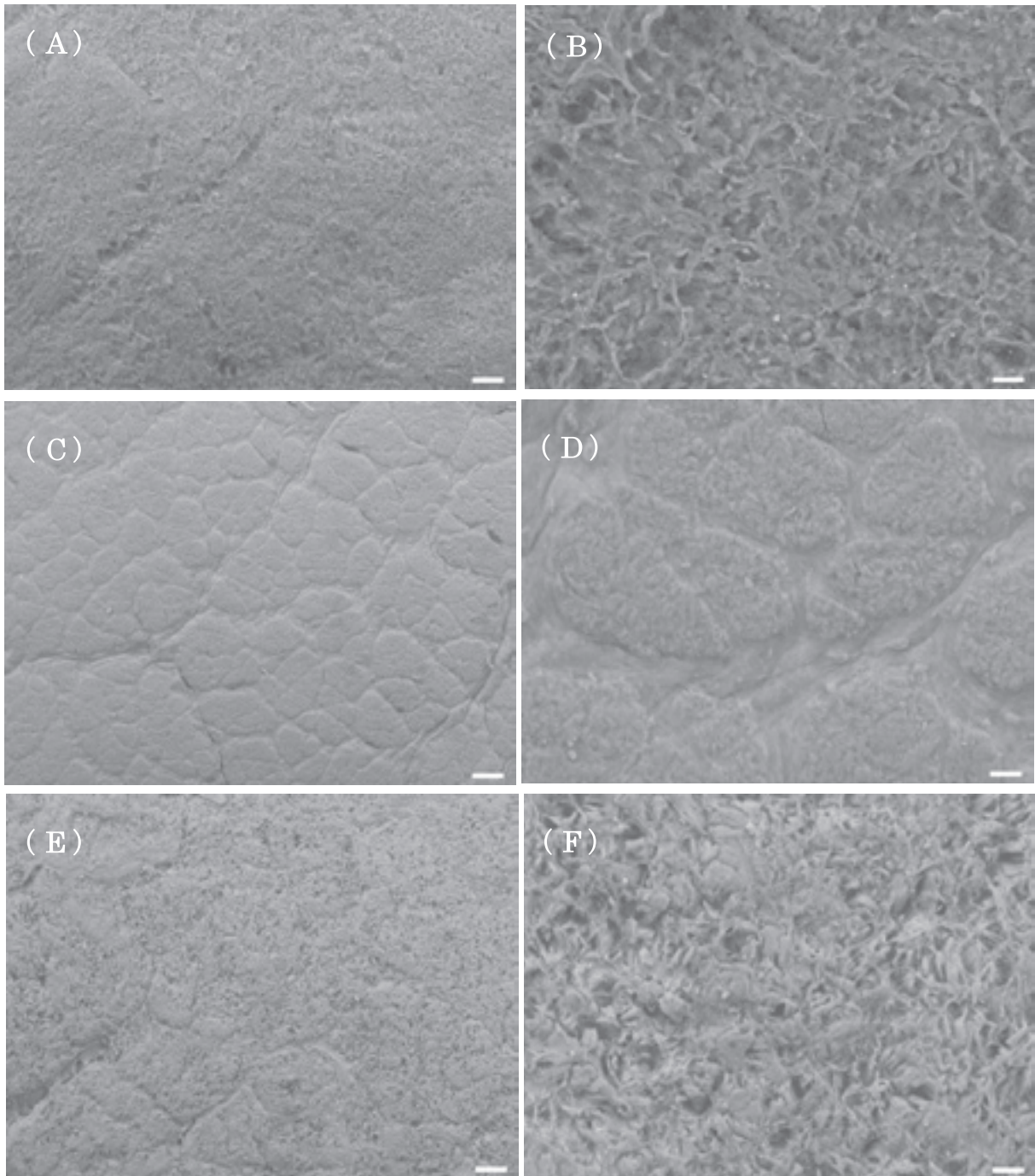


写真 5. 分離した貝柱表面の SEM 画像

(A) (B) は手むき貝柱, (C) (D) はオート貝柱の加熱面, (E) (F) はオート貝柱の金属刃面, (A) (B) (C) の bar は 100µm, (B) (D) (E) の bar は 20µm, いずれも冷凍前

手むき貝柱ともに吸水率そのものが低下し両者の差もみられなくなった。一般に冷凍状態にある肉組織は内部に氷結晶が存在しており、氷結晶の成長は筋原繊維の破損やタンパク質の変性を起こすとされている（中村・加藤 1981）。このことから、冷凍、解凍を経た貝柱はタンパク質が変性して保水性が失われており、分離方法による吸水率や水分などの差がみられなくなったと考えられる。

**浸漬液に溶出した遊離アミノ酸、グリコーゲン** 浸漬時間が経過するにつれて浸漬液に溶出した遊離アミノ酸およびグリコーゲンはオート貝柱、手むき貝柱ともに増加傾向を示した。冷凍前の貝柱における 30 分、60 分、120 分の遊離アミノ酸は、手むき貝柱で 0.7, 1.0, 1.3mg/mL であったのに対し、オート貝柱は 0.5, 0.8, 0.8mg/mL で、20 分以降手むき貝柱よりも低く推移した。しかし、解凍後の貝柱においては、いずれも冷凍前に比べて

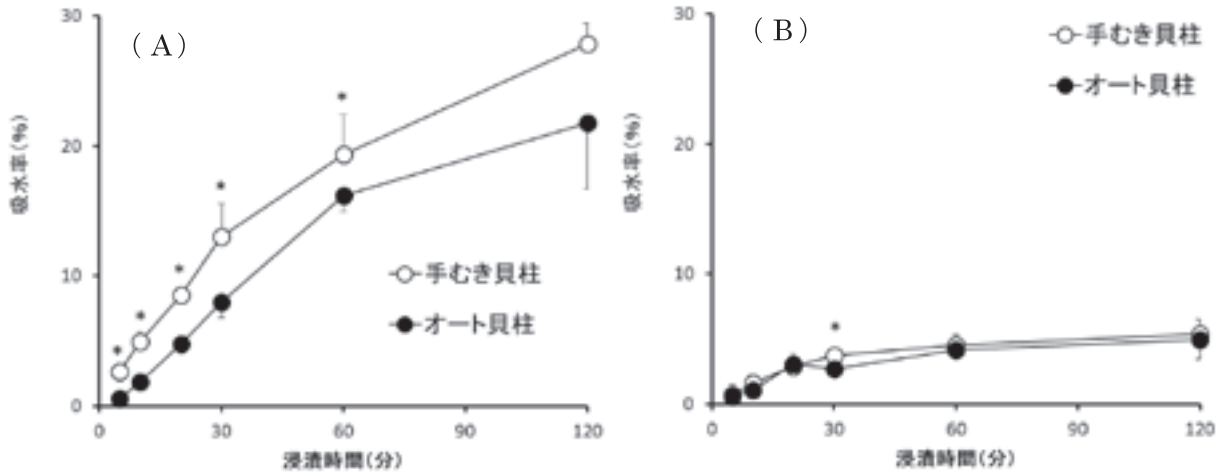


図 2. 浸漬時間と貝柱の吸水率の変化

(A) 冷凍前, (B) 解凍後

エラーバーは標準偏差

アスタリスク (\*) は同じ浸漬時間において有意差あり ( $p < 0.05$ ,  $n = 3$ )

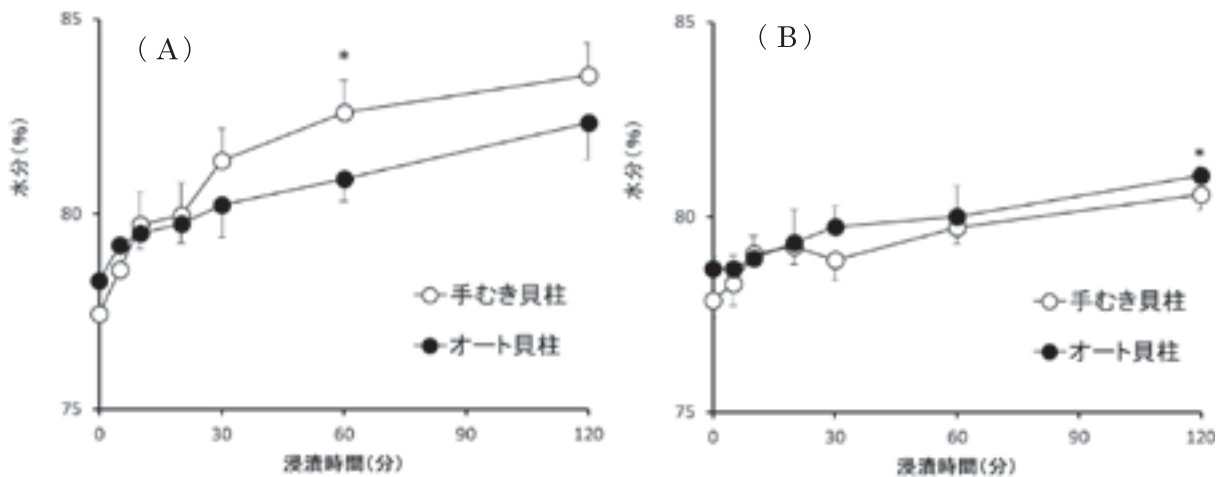


図 3. 浸漬時間と貝柱の水分の変化

(A) 冷凍前, (B) 解凍後

エラーバーは標準偏差

アスタリスク (\*) は同じ浸漬時間において有意差あり ( $p < 0.05$ ,  $n = 3$ )

溶出する遊離アミノ酸の値が高くなる一方で、オート貝柱と手むき貝柱の差がみられなくなった (図 4)。

冷凍前の貝柱における 30 分, 60 分, 120 分のグリコゲン, 手むき貝柱で 0.05, 0.08, 0.08mg/mL, オート貝柱は 0.04, 0.08, 0.07mg/mL と, ほとんど差がみられなかった。解凍後の貝柱は遊離アミノ酸と同様に, 溶出するグリコゲンは冷凍前に比べて高くなるとともに, オート貝柱と手むき貝柱の差がみられなくなった (図 5)。

貝柱に含まれる主な遊離アミノ酸はグリシン, タウリン, アラニン, アルギニン, グルタミン酸などである (成田ら 2013)。これらのアミノ酸はいずれも分子量 200 以下で水への溶解度も比較的大きいことから (弓狩

ら 1977), 溶出アミノ酸の主成分と考えられる。これらアミノ酸の溶出は貝柱の分離方法によって差がみられ, オート貝柱は手むき貝柱に比べて溶出が少なかった。これは吸水率でも述べたように, 貝柱表面の状態が水の侵入を抑制すると同時に, アミノ酸の溶出にも影響したと考えられる。また, 冷凍, 解凍を経た貝柱は氷結晶の生成により組織が破損し, よりアミノ酸が溶出しやすくなったことが推定される。

グリコゲンは, ホタテガイのエネルギー物質として貝柱に蓄積される糖質である (宮園・中野 2000)。また, D- グルコースによって形成されたポリマーで, 数 100 万の分子量を持つ巨大分子である (生物学辞典 2001)。このためアミノ酸に比べて水への溶出は少なく, 貝柱表

自動貝むき機で分離した貝柱の特性

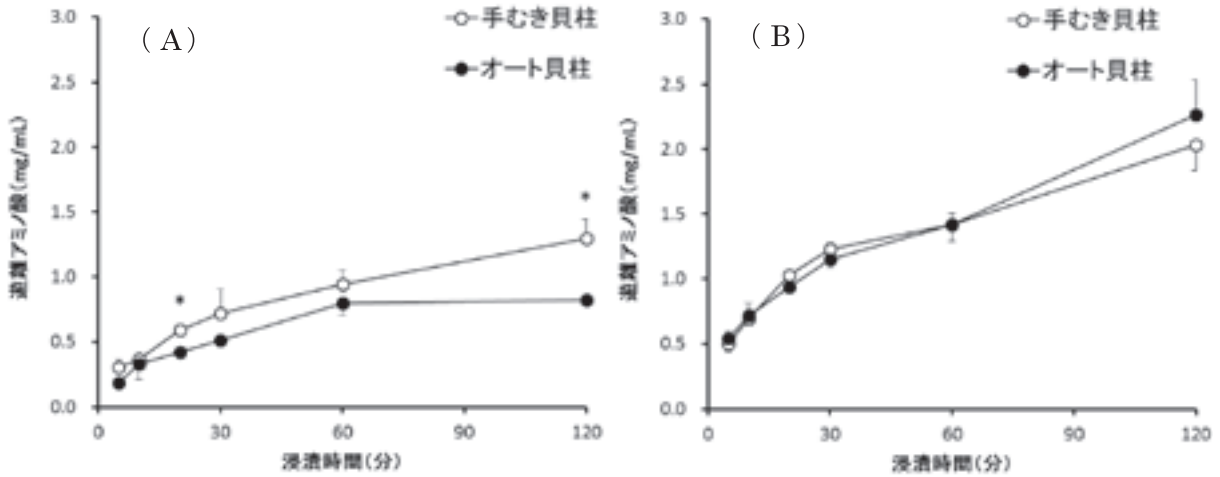


図4. 浸漬時間と浸漬液中の遊離アミノ酸の変化  
 (A) 冷凍前, (B) 解凍後  
 エラーバーは標準偏差  
 アスタリスク (\*) は同じ浸漬時間において有意差あり ( $p < 0.05$ ,  $n = 3$ )

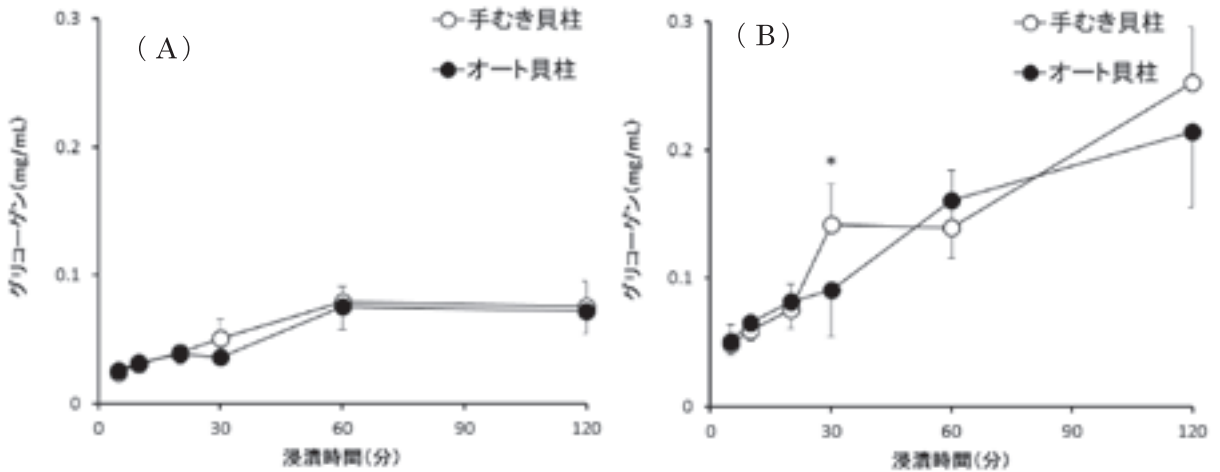


図5. 浸漬時間と浸漬液中のグリコーゲンの変化  
 (A) 冷凍前, (B) 解凍後  
 エラーバーは標準偏差  
 アスタリスク (\*) は同じ浸漬時間において有意差あり ( $p < 0.05$ ,  $n = 3$ )

面の状態の影響を受け難かったと推定される。また、アミノ酸と同様に、冷凍、解凍を経た貝柱は冷凍前の貝柱に比べて、組織損傷の影響からグリコーゲンが溶出しやすくなっていると推定される。

冷凍貝柱の製造工程では、分離された貝柱は海水洗浄以外にも、真水により数10分間洗浄されることが多い。オート貝柱はこの工程において、過度な吸水とうま味成分の溶出を抑制する効果が期待される。この意味では、オート貝柱は手むき貝柱に対する優位性を持つといえる。

**貝柱の破断強度** 手むき貝柱の破断強度は冷凍前191g、解凍後119gであった。解凍後は冷凍前に比べて大きく減少した。しかし、オート貝柱と手むき貝柱を比較する

と、冷凍前、解凍後のいずれにも有意差がみられなかった(図6)。貝柱の破断強度は冷凍、解凍により、減少することが知られている。この一因として氷結晶によるコラーゲン繊維の切断(宮崎ら2014)や解凍時の内在性酵素の作用による自己消化作用(西山1998)などが推定されている。この点、ASと手むきでは差がみられず、ASによる分離方式は貝柱の物性に影響を及ぼさないと考えられる。

**貝柱の一般生菌数および大腸菌群** 手むき貝柱の一般生菌数は冷凍前で $4.9 \times 10^2$ cfu/g、解凍後で $5.7 \times 10^2$ cfu/gであった。オート貝柱の一般生菌数は冷凍前で $5.6 \times 10^2$ cfu/g、解凍後で $1.8 \times 10^3$ cfu/gであった。大腸菌群数はいずれも検出限界未満(300cfu/g未満)であった(表1)。

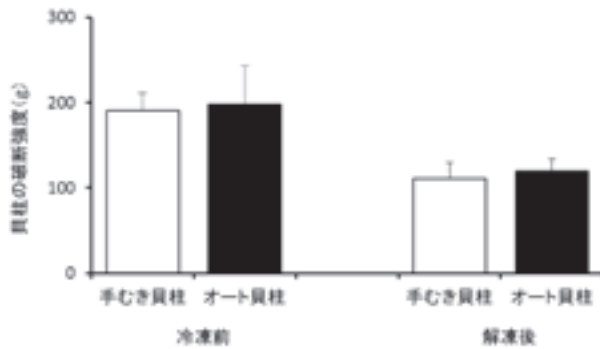


図6. 貝柱の破断強度  
エラーバーは標準偏差 (n=5)

表1. 貝柱の一般生菌数および大腸菌群数

		一般生菌数 (cfu/g)	大腸菌群数 (cfu/g)
手むき貝柱	冷凍前	4.9x10 <sup>2</sup>	ND
	解凍後	5.7x10 <sup>2</sup>	ND
オート貝柱	冷凍前	5.6x10 <sup>2</sup>	ND
	解凍後	1.8x10 <sup>3</sup>	ND

NDは検出限界以下 (<300cfu/g)

厚生労働省の規格基準によれば、生食用冷凍鮮魚介類の一般生菌数は10<sup>5</sup>cfu/g以下で大腸菌群は陰性と定められている(厚生労働省1971)。また、市販の冷凍貝柱における一般生菌数は、10<sup>3</sup>~10<sup>4</sup>cfu/gであることから(木村ら1998)、オート貝柱、手むき貝柱いずれも衛生的に問題のないレベルと考えられる。

**貝柱の官能評価** 3点比較法の結果、オート貝柱と手むき貝柱を識別したパネルは22名、識別できなかったパネルは38名であった。識別したパネルのうち、手むき貝柱を好んだパネルは13名、オート貝柱を好んだパネルは9名であった(表2, 3)。この結果から、識別したパネルの数は有意水準に達せず、また、識別したパネルの嗜好にも有意差はみられなかった(p>0.05)。官能評価の結果は、喫食してもASと手むきの差が極めて小さいことを示しており、貝柱の分離にASを用いた冷凍貝柱製品は、従来の製品に比べて遜色がないと考えられる。

以上、貝柱の分離にASを用いた貝柱の特性について、従来の手むき貝柱と比較した。その結果、オート貝柱は加熱面と金属刃面で表面の状態が異なっていた。この状態の違いは冷凍前の貝柱における吸水率やアミノ酸の溶出に影響を及ぼし、蒸留水に浸漬したオート貝柱の吸水率、水分、溶出アミノ酸は手むきに比べて低いことがわかった。その一方で、冷凍、解凍を経た場合、これらの違いはみられなくなった。また、破断強度や一般生菌数には分離方法による違いはみられず、試食による官能評価からも、オート貝柱と手むき貝柱に有意な差はみられ

表2. 3点比較法による識別試験の結果

識別試験の回答	人数
正解	22
不正解	38
合計	60

正解：手むき貝柱とオート貝柱を識別出来たパネル

不正解：手むき貝柱とオート貝柱を識別出来なかったパネル

表3. 3点比較法による嗜好試験の結果

嗜好試験の回答	人数
手むき貝柱を好む	13
オート貝柱を好む	9
合計	22

嗜好試験は手むき貝柱とオート貝柱を識別出来たパネルについて実施した

なかった。

冒頭で述べたとおり、水産加工の現場において、人手不足の解消は大きな課題となっている。今後、こうした人手作業に代わる機械装置のライン化は有用な解決方法の一つと考えられる。同時に、従来の製品品質を維持していくことが求められることから、生産の効率化と品質の向上を同時に進めていくことが重要と考えられる。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、技術資料を提供下さった株式会社ニッコー、床 勇助課長、平間和夫経営企画部長および及川寿恵男常務取締役(役職当時)、SEM画像の試料調製にご助言いただいた網走水産試験場、武田浩郁博士に深謝する。本研究の一部は経済産業省の補助事業「中小企業経営支援等対策費補助金」で行った。

## 文献

- 北海道(2016)平成27年度水産業・漁村の動向等に関する年次報告の概要。http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/sum/grp/suiki/2016\_sui\_gaiyou.pdf, 2017年11月17日。
- 福井作蔵(1982)生物化学実験法1, 還元糖の定量。学会出版センター, 東京, pp. 47-50。
- 岩波生物学辞典第4版(2001), 岩波書店, 東京, P. 354。
- 木村 稔, 成田正直, 野俣 洋, 福士暁彦, 高橋玄夫(1998)ホタテガイ貝柱の高品質化技術開発試験。平成8年度網走



## 自動貝むき機で分離した貝柱の特性

- 水産試験場事業報告書, pp. 222-224.
- 小林三智子 (2009) 識別法, 食の官能評価入門. 光生館, 東京, pp. 50-51.
- 厚生労働省 (1971) 食品衛生法施行規則及び食品, 添加物等の規格基準の一部改正について (1971年4月19日), 環乳第40号.
- 右田正男 (1969) 蛋白質と調理 (V) 肉の加熱による変化. 調理科学, **2**, 92-97.
- 宮崎亜希子, 佐藤暁之, 清水茂雅, 成田正直, 辻 浩司 (2014) 冷凍ホタテガイ貝柱の品質向上に関する研究. 平成26年度網走水産試験場事業報告書, pp. 67-69.
- 宮園 章, 中野 広 (2000) 北海道オホーツク海側沿岸域における地まきホタテガイの閉殻筋のタンパク質量とグリコーゲン量の季節変化. 北水試研究報告, **58**, 23-32.
- 中村全良 (1990) 北の水産加工事典. 北日本海洋センター, 札幌, pp. 116-117.
- 中村 誠, 加藤啓介 (1981) 解冻法の違いが食肉の諸性質に及ぼす影響について. 石川県農業短期大学研究報告, **11**, 45-49.
- 成田正直, 真岡孝至, 蛭谷幸司, 西野輔翼 (2013) オホーツク海のホタテガイ赤橙色貝柱における一般成分および赤色素の同定と抗酸化作用について. 日本水産学会誌, **79**, 48-54.
- 西山一朗 (1998) 凍結・解冻にともなうホタテガイ貝柱の組織変化. 駒沢女子短期大学研究紀要, **31**, 49-55.
- 大石圭一, 飯田 優, 吉村彩子 (1970) ホタテガイ閉殻筋のエキリアミノ酸組成と酸可溶性燐. 日本水産学会誌, **36**, 1226-1230.
- 水産新聞社 (2014) ホタテデータマップ2014, 水産新聞社, 札幌.
- 須山三千三, 鴻巣章二 (1958) ニンヒドリンによるアミノ酸の定量法 Yemm 及び Cocking の方法に関する二三の吟味. 日本水産学会誌, **23**, 555-560.
- 山本護太郎 (1971) ホタテガイの生物学的研究. 浅海完全養殖, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 191-210.
- 弓狩康三, 中村朝郎, 永嶋伸也, 高見 徹, 秋山由紀雄 (1977) アミノ酸およびアミンの物理化学定数. アミノ酸代謝と生体アミン (下), 社団法人日本生化学会, 東京化学同人, 東京, pp. 1101-1138.

