

資 料

## 高グリコーゲン含量のホタテガイから製造した 乾貝柱の性状について

成田正直\*・清水茂雅\*・宮崎亜希子\*・佐藤暁之\*・古田智絵\*・辻 浩司\*

### Characteristics of boiled-dried scallop adductor muscle made from scallops with high glycogen concentrations

Masanao NARITA, Shigemasa SHIMIZU, Akiko MIYAZAKI,  
Akiyuki SATO, Tomoe FURUTA and Koji TSUJI

The adductor muscles of the scallop *Mizuhopecten yessoensis* found on the Okhotsk Sea coast of Hokkaido in 2013 were found to contain unusually high glycogen concentrations. We examined the impact of high glycogen concentrations on the quality of boiled-dried scallop adductor muscle. The results were as follows: (1) The percentage of broken adductor muscles obtained after the second boiling process, as well as the glycogen content in the adductor muscles, was higher in spring and summer than during other periods of the year. (2) After the second boiling process, adhesive matter comprising 70% glycogen was observed on the adductor muscle surface. (3) During the final drying process, white crystals were observed on the surface of the boiled-dried scallop adductor muscles. These white crystals also contained approximately 70% glycogen. (4) The surface of the boiled-dried adductor muscle was very glossy. An increase in the gloss on the surface corresponded to an increase in the glycogen content in the boiled-dried adductor muscles. These findings showed that the phenomena observed in 2013 were caused by the higher glycogen content in adductor muscles that year than in past years.

2014年2月25日受付, 2014年6月5日受理

乾貝柱はホタテガイの貝柱を煮熟, 乾燥した加工品で, 高級食材として中華料理に用いられる。北海道で生産される乾貝柱は, 主に香港, 台湾に輸出されており, その生産額は100億円を越える重要な輸出品目である。北海道内には乾貝柱の加工場が20以上存在し, その多くがオホーツク海沿岸に集中している。一方, 2013年のオホーツク海産地まきホタテガイは, 貝柱に例年になく高い濃度のグリコーゲンを蓄積した。「地まき」は種苗を海に放流し成長後に採取する漁業方式<sup>1)</sup>で, オホーツク海沿岸のホタテガイ漁業における中心的な生産形態である。乾貝柱加工は主として地まきホタテガイを原料としている。2013年の乾貝柱加工場からは, 高い濃度のグ

リコーゲンに起因すると思われる製造上の問題点が指摘されるとともに, 製品の品質に関する問い合わせが多く寄せられ, 原料ホタテガイの貝柱成分が乾貝柱加工に及ぼす影響の大きさが伺われた。このため, 著者らはホタテガイにおける高濃度のグリコーゲン蓄積が乾貝柱の製品品質に及ぼす影響を調べる目的で, 加工場における製造実態を調査するとともに, 乾貝柱製造のモデル試験を行った。本稿では, これらの結果を2013年のオホーツク海産地まきホタテガイ貝柱の性状と併せて報告する。

2013年のホタテガイ貝柱の重量とグリコーゲン含量 北海道立総合研究機構網走水産試験場は, これまで水産普

\* 北海道立総合研究機構網走水産試験場加工利用部

〒094-0011 北海道紋別市港町7-8-5

Hokkaido Research Organization Abashiri Fisheries Research Institute, 7-8-5, Minato, Monbetsu, Hokkaido 094-0011, Japan  
narita-masanao@hro.or.jp

及指導所、各漁業協同組合の協力を得て、オホーツク海におけるホタテガイの成長と漁場の環境に関するモニタリング調査を行ってきた<sup>2)</sup>。この調査の中で、紋別海域に設けた定点における2013年のホタテガイ貝柱重量およびグリコーゲン含量は、例年にない高い値を示した(図1)。過去10年間の平均では、貝柱重量は春季の約14gから夏季に向かって増加し、8月には最も高い約20gを示した。一方、2013年の貝柱重量は春季こそ過去の平均値より低かったものの、5月以降の増加は急激で、7月から8月にかけて約30gにまで達した。同様に貝柱のグリコーゲン含量も急激な増加を示した。過去10年間の平均では、グリコーゲン含量は春季の0.2%から夏

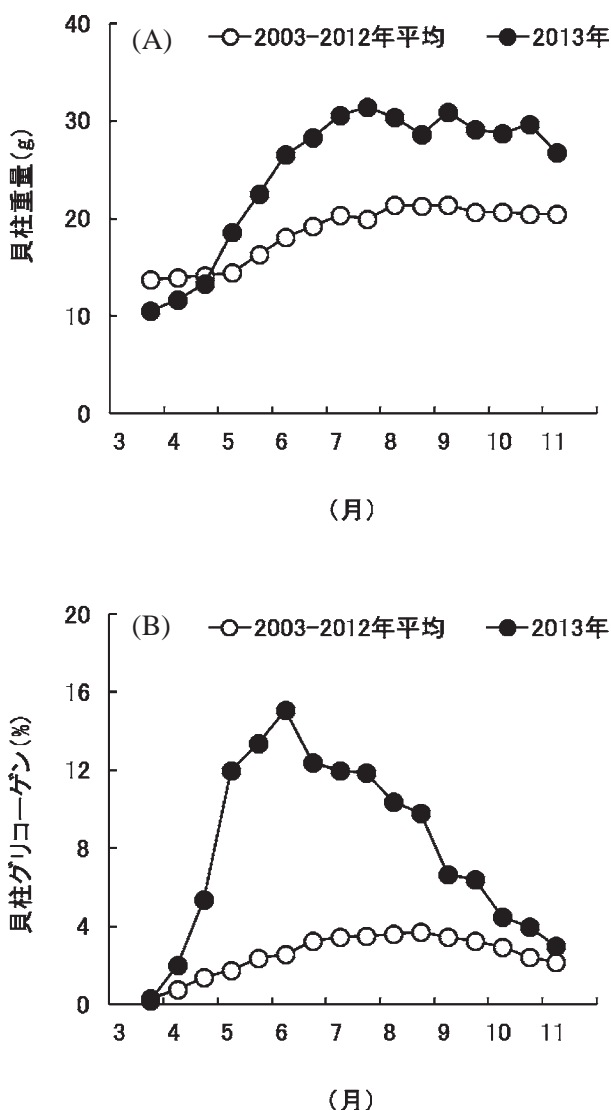


図1. 紋別海域における貝柱重量と貝柱グリコーゲンの変化  
紋別沖、ホタテガイ漁場の水深約40mに設けた定点からホタテガイを採取  
(A) ホタテガイの貝柱重量,  $n=30$ の平均値  
(B) 貝柱グリコーゲン,  $n=8\sim 10$ の平均値

季に向かって増加し、8月には約4%を示した。これに対し、2013年のグリコーゲン含量は6月に15%を超える異例の増加を示した。その後、11月にかけて減少傾向を示したが、2013年のグリコーゲン含量は例年よりも常に高い値で推移した。グリコーゲンは二枚貝におけるエネルギー源として貯蔵され<sup>3)</sup>、ホタテガイの場合は主として貝柱(閉殻筋)に蓄積されることが知られている<sup>4)</sup>。

このようなオホーツク海産地まきホタテガイが貝柱に極めて高い濃度のグリコーゲンを蓄積した原因としては、漁場での好餌料環境が指摘されている。2013年のオホーツク海は、3月下旬に加え4月下旬から5月中旬にかけて、それぞれ春のブルミングと考えられる大規模なクロロフィルaの増加が観測された<sup>\*1)</sup>。この大規模なクロロフィルaの増加は、日本海側で大増殖した大型珪藻 *Coscinodiscus wailesii* の海流による輸送および増殖が要因のひとつと考えられる。本珪藻は、実際に日本海を起源としてオホーツク海を岸に沿って南東方向に流れる宗谷暖流域にも出現していることが確認されている<sup>5)</sup>。このように、*C. wailesii*の大発生は、プランクトンフィーダーであるホタテガイにとってこれまでにない好餌料環境をもたらし、これが貝柱の大型化と高グリコーゲン含量の原因となったことが推定されている。

**乾貝柱の製造工程** 乾貝柱の製造工程について概略を説明する(図2)。原貝のホタテガイは熱水または蒸気での加熱によって貝殻と軟体部に分離される(一番煮熟工程)。このときの加熱条件は約100℃で5~7分間である。一番煮熟工程で分離された軟体部は冷却後、手作業により貝柱が取り出される。分離された貝柱はサイズごとに食塩水で煮熟される(二番煮熟工程)。二番煮熟工程は95~98℃で10~20分間行われ、食塩水の塩分濃度は9~15%である。二番煮熟工程を経た貝柱は、乾燥折りに並べられ熱風乾燥あるいは除湿乾燥によって徐々に水分が除かれていく。乾燥が進むにつれて天日乾燥の併用やあん蒸が行われる。最終的な水分は、北海道漁業協同組合連合会の格付け基準である16%以下<sup>6)</sup>になるまで乾燥が繰り返され、製了までに2週間から1か月を要する。

**貝柱および乾貝柱の分析方法** 本研究で行った一番煮熟貝柱および乾貝柱の分析方法は次のとおりである。一番煮熟貝柱は包丁にて細切、乾貝柱はサンプルミル(大阪ケミカル, LM-PLUS)にて粉末化して分析に供した。グリコーゲンはアンスロン硫酸法<sup>7)</sup>、粗タンパク質はミクロケルダール法(全窒素に6.25を乗じて算出)、遊離アミノ酸はニンヒドリン法<sup>8)</sup>、灰分は550℃直接灰

\*1 三好晃治・乗原康裕・宮崎亜希子・多田匡秀・宮園 章(2013)2013年のホタテガイの成長と餌料環境, 日本水産学会北海道支部大会, 講演要旨集, B14.

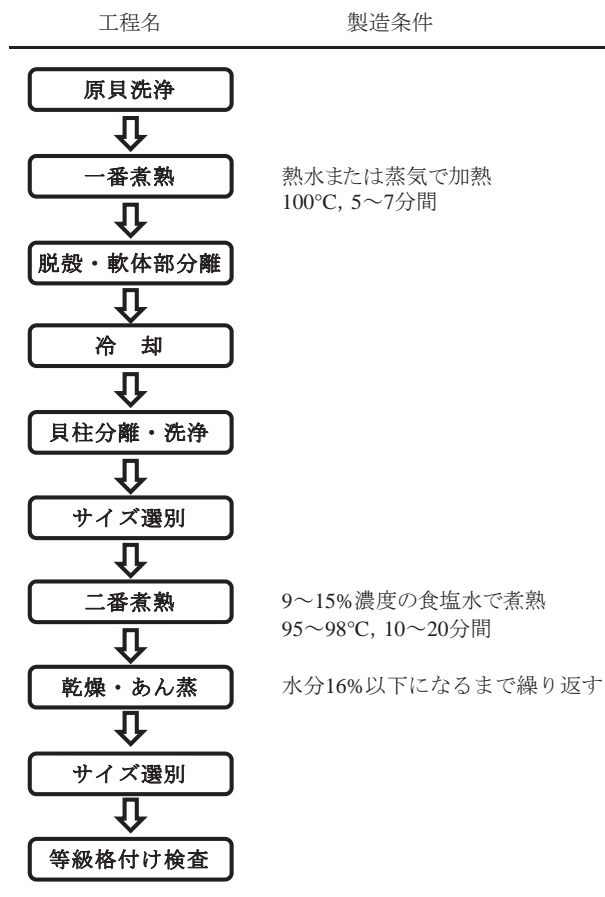


図2. 乾貝柱の製造工程

化法、塩分は水抽出後、塩分計（東亜ディーケーケー、SAT500）により、水分は105°C常圧乾燥で分析を行った。

**乾貝柱二番煮熟工程における貝柱の碎け率** 2013年の製造状況について加工場の製造担当者に聞き取り調査を行ったところ、春から初夏にかけての貝柱は、脆弱で製造工程中の碎けが特に多かったとの指摘があった。通常、乾貝柱の最終製品には、6~10%の割合で碎け製品が発生する<sup>9)</sup>。紋別市内のA加工場の二番煮熟工程における碎け貝柱の発生率は、6月27日で15.5%、7月11日で13.4%と夏季前半において特に高かった（図3）。二番煮熟工程における碎け貝柱の発生率と貝柱の化学成分との関連を調べるために、碎け貝柱発生率の調査日毎に、一番煮熟工程後の貝柱を採取して成分分析を行った。その結果、碎け貝柱の発生率が高い時期ほど貝柱のグリコーゲン含量が高く、逆に粗タンパク質含量は低かった（図4）。これらの貝柱成分が貝柱強度に及ぼす直接的な影響は不明であるが、ホタテガイの貝柱は筋原繊維が多数集合した筋繊維から形成されていることから<sup>10)</sup>、グリコーゲン含量の増加により貝柱の筋繊維を形成するタンパク質含量が相対的に減少し、これが貝柱の強度低下に影響した可能性が推定される。また、一番煮熟工程後の貝柱は脱殻、貝柱分離、サイズ選別の工程で物理的衝撃を受けており、サイズが大きいものほど碎けやすい傾向

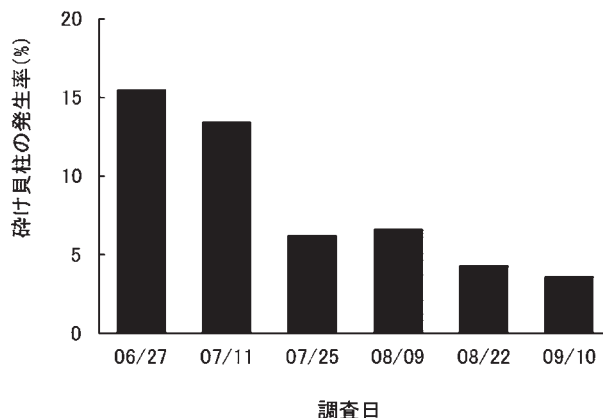


図3. 2013年の二番煮熟工程における碎け貝柱の発生率  
紋別市内のA加工場における調査結果

が認められている<sup>10)</sup>。2013年春季から初夏にかけての乾貝柱製造における碎け率の増加は、特異的な成分組成に加えて貝柱のサイズが大型化したことも関係している可能性が考えられる。

**乾貝柱表面の粘性物質と結晶状物質** 2013年のホタテガイ貝柱は、乾貝柱製造の乾燥工程で表面に粘性物質によるベタ付きがみられ、著しい場合は貝柱同士が固着するものもみられた（写真1）。また、乾貝柱の製造に使用される乾燥折りの網目にも粘性物質の付着がみられた（写真2）。通常、乾貝柱製造の乾燥工程では、1回の乾燥ごとに製造担当者が台車に積載された乾燥折りを一枚一枚、前後に揺する作業が行われる。これは、乾燥折りを揺することにより貝柱の上下をできるだけ反転させて、乾燥の均一化を図る目的で行われる。2013年の場合、粘性を帯びた貝柱が乾燥折りや隣接する貝柱に付着したため、製造担当者は手作業により貝柱を1個体ずつ剥離しなければならず、多大な労力が必要であった。

この粘性物質の主成分を調べるために、加工場の乾燥折りの網目に付着した粘性物質を収集して成分分析に供した。その結果、粘性物質の約70%がグリコーゲンであった（表1）。グリコーゲンは、デンプンと同様にグルコースが重合した多糖であるため、デンプンと類似した化学的性質を示すといわれている<sup>11)</sup>。デンプンは水を加えて熱すると粘性を生じる（糊化）ことが知られている<sup>12)</sup>。そのため、乾貝柱の製造工程でみられた貝柱の粘性物質は、貝柱に高い含量で含まれるグリコーゲンが二番煮熟工程の加熱によって、デンプンにおける糊化に類似した現象を起こして、生じた可能性が考えられる。

また、乾燥が進んだ貝柱の表面には白色の結晶状物質が散見された（写真3）。この成分を分析したところ、約70%がグリコーゲンであった（表2）。乾燥中の貝柱は、内部と外部で成分の濃度差が生じており、二番煮熟後の貝柱の内部は、表面部比べてグリコーゲン濃度が高くなっているが、この濃度差は乾燥中に逆転する現象が知られている<sup>13)</sup>。この現象は、乾燥が進行して表面部の水

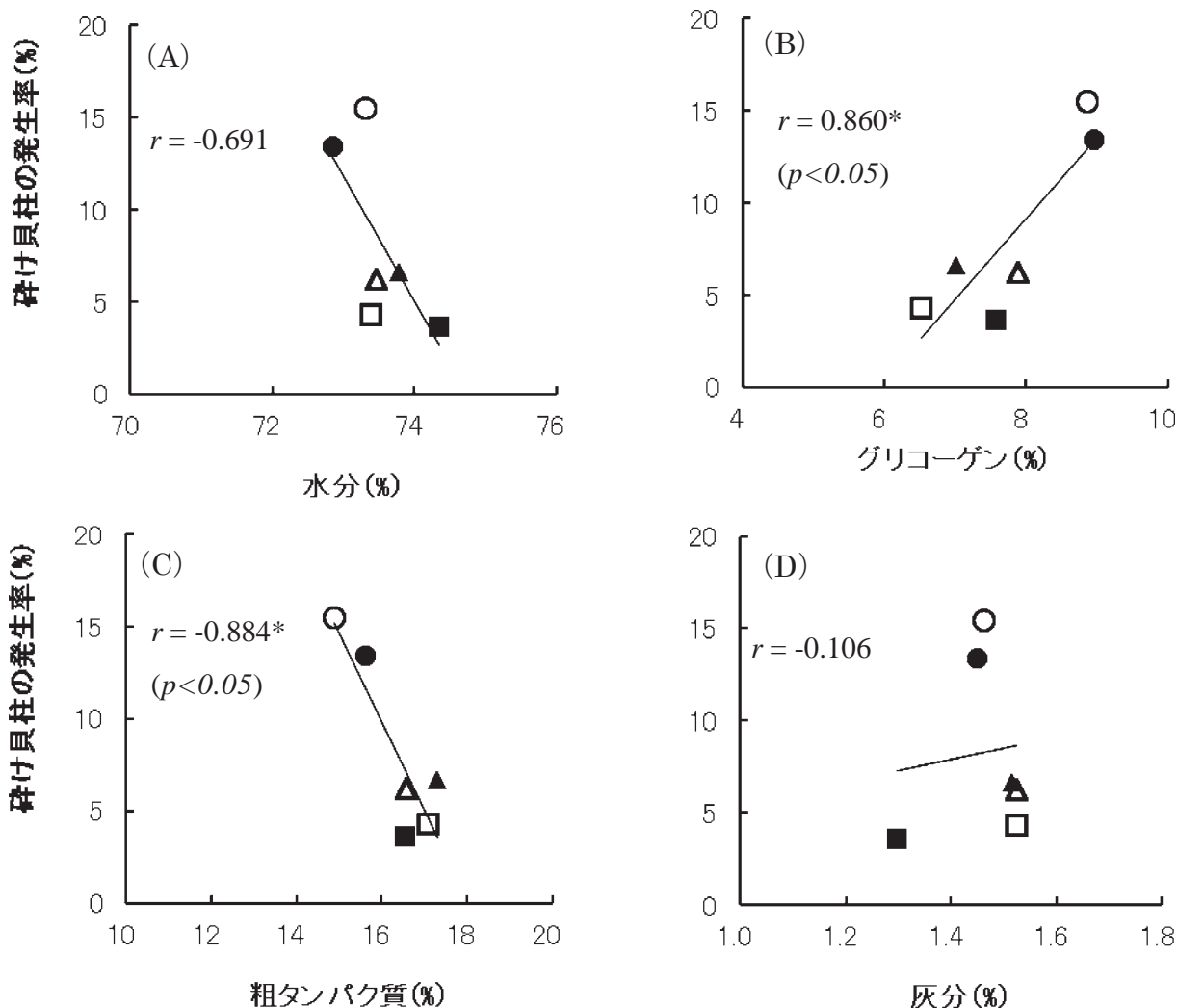


図4. 一番煮熟工程後の貝柱成分と二番煮熟工程における碎け貝柱の発生率  
 (A): 水分, (B): グリコーゲン, (C): 粗タンパク質, (D): 灰分  
 二番煮熟工程における碎け貝柱の発生率は図3と同じデータ  
 図中のシンボルは調査日を表す  
 ○6月27日, ●7月11日, △7月25日, ▲8月9日, ■8月22日, □9月10日  
 $r$ は相関係数, \*は有意に相関関係有りを示す (Pearson's test,  $p < 0.05$ )

分が減少するに従い、内部から表面部に向かって水分が移動し、同時に水溶性のグリコーゲンも移動するためと考えられている。このことから結晶状物質は、主として貝柱に含まれているグリコーゲンが、乾燥中に貝柱表面で濃縮され生成したものと考えられる。

これらのことから、2013年の乾貝柱製造でみられた粘性物質や結晶状物質は、貝柱中に高い含量で含まれているグリコーゲンが原因となって生じたものと推定される。

**乾貝柱製品の成分と光沢の関係** 2013年の乾貝柱製品の外観は、多くの加工場で例年になく著しい光沢を有していたことが指摘された。乾貝柱製品の光沢は、等級格付けの判断基準としてはあまり重要視されないため、通常、光沢の程度が品質上の問題になることはない。しかし、2013年の製品にみられた著しい光沢は、出荷先か



写真1. 乾燥途中で互いに付着した貝柱

らの原因に対する問い合わせやクレームの対象となることが懸念された。特に、著しい光沢の原因が添加物使用による人為的なものとの誤解を受ける可能性も考えられた。

このため、2013年（概ね5～6月に加工処理されたもの）の著しい光沢がみられる乾貝柱製品の成分的特徴を明らかにするために、オホーツク海沿岸10加工場の乾貝柱製品について成分分析を行った。なお、成分分析は光沢との関連を調べるために、光沢の程度が小さい製品と著しい製品の2種類に分けて行った。光沢の程度の判断は、各加工場の製造担当者に委ねた。成分分析の結果、光沢の程度が著しい製品のグリコーゲン含量は、

23.6 ± 4.2%で、光沢の程度が小さい製品 17.2 ± 4.5% に比べて有意に高く（平均値 ± 標準偏差,  $n=10$ ,  $t$ -test,  $p<0.05$ ), 逆に粗タンパク質含量はそれぞれ、53.3 ± 4.6%, 59.3 ± 5.0%と、光沢の程度が著しい製品の方が有意に低い値であった。一方、遊離アミノ酸、塩分、水分には含量に有意な差がみられなかった（表3）。

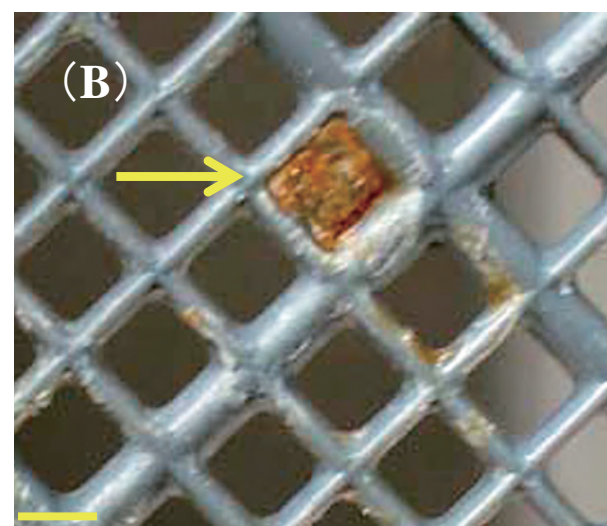


写真2. 乾貝柱の乾燥折り (A) とその網目に付着した粘性物質 (B)  
矢印は粘性物質を示す  
Bar は 1cm

**乾貝柱の製造モデル試験** 乾貝柱のグリコーゲン含量と光沢の程度の関連性についてさらに調べるために、2013年のホタテガイを用いたモデル試験により乾貝柱を製造し、光沢の程度を検証した。モデル試験には、オホーツク海沿岸のB漁業協同組合が2013年5月21日に水揚げした貝を用いた。ホタテガイの全重量、むき身重量、貝柱重量は、それぞれ、216 ± 25g, 85.1 ± 18.4g, 30.7 ± 5.0gであった（平均値 ± 標準偏差,  $n=20$ ）。このホタテガイの貝柱の成分はグリコーゲン含量が 14.9 ± 0.5% と通常年と比べ著しく高い一方で、粗タンパク質、水分は低い値であった（表4）。

乾貝柱モデル製品（以下、モデル製品）の製造は次のように行った（図5）。B漁業協同組合の委託加工場から一番煮熟後の貝柱を水産試験場に搬入後、二番煮熟を行った。二番煮熟は貝柱重量に対して5倍量の煮熟液を用い、95～98℃で10分間行った（A区分）。通常、二番煮熟は同じ煮熟液を複数回使用するため、煮熟液中に

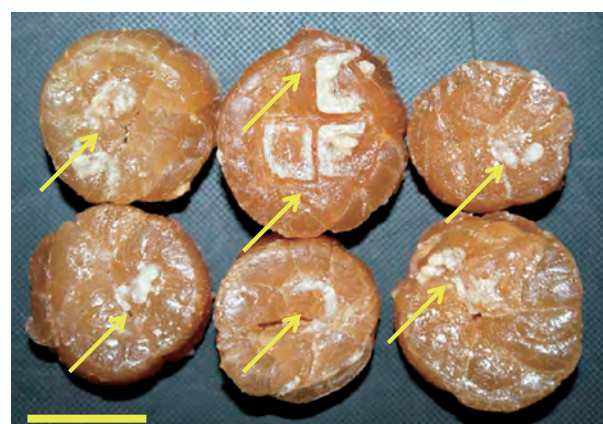


写真3. 乾貝柱表面の結晶状物質 (矢印)  
Bar は 3cm

表1. 乾燥折りに付着した粘性物質の成分組成 (%)

| 水分  | グリコーゲン | 粗タンパク質 | 遊離アミノ酸 | 塩分  |
|-----|--------|--------|--------|-----|
| 7.9 | 68.4   | 8.7    | 11.5   | 5.3 |

表2. 乾貝柱表面の結晶状物質の成分組成 (%)

| 水分   | グリコーゲン | 遊離アミノ酸 | 塩分  |
|------|--------|--------|-----|
| 10.0 | 70.0   | 8.0    | 3.1 |

試料が微量のため粗タンパク質は欠測

表3. 光沢の程度が異なる2013年の乾貝柱製品の成分組成 (%)

| 光沢の程度 | 水分                      | 粗タンパク質                  | グリコーゲン                  | 遊離アミノ酸                 | 塩分                     |
|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| 小さい   | 14.6 ± 1.0 <sup>a</sup> | 59.3 ± 5.0 <sup>a</sup> | 17.2 ± 4.5 <sup>b</sup> | 7.2 ± 1.3 <sup>a</sup> | 6.2 ± 1.2 <sup>a</sup> |
| 著しい   | 14.5 ± 1.2 <sup>a</sup> | 53.3 ± 4.6 <sup>b</sup> | 23.6 ± 4.2 <sup>a</sup> | 7.7 ± 1.1 <sup>a</sup> | 5.6 ± 0.7 <sup>a</sup> |

数値は10加工場製品の平均値 ± 標準偏差

異なるアルファベットは同一成分間で有意差有りを示す,  $n=10$ ,  $t$ -test,  $p<0.01$

貝柱からグリコーゲンや遊離アミノ酸などの成分が流出し、煮熟回数が増すにつれてその濃度が高くなる<sup>14)</sup>。乾貝柱の光沢は貝柱自体に含まれる成分の他、二番煮熟液中の成分が貝柱表面に付着して光沢の発現に寄与する可能性も考えられた。本試験ではこれらの影響を確認するために、乾貝柱加工場から採取した二番煮熟液の他に、貝柱からの流出成分を含まない塩分濃度9% (W/V) の食塩水を用いて二番煮熟を行った。なお、煮熟時間の影

表4. 試験に用いたホタテガイ貝柱の成分組成 (%)

| 水分         | グリコーゲン     | 粗タンパク質     | 灰分        |
|------------|------------|------------|-----------|
| 69.3 ± 0.3 | 14.9 ± 0.5 | 12.5 ± 0.5 | 1.3 ± 0.0 |

2013年5月21日水揚げ  
 平均値 ± 標準偏差, n = 4

表5. 加工場から採取した二番煮熟液の成分組成 (%)

| 水分   | グリコーゲン | 全窒素 | 塩分  | 遊離アミノ酸 |
|------|--------|-----|-----|--------|
| 83.1 | 5.7    | 0.3 | 9.3 | 1.5    |

二番煮熟液は6回繰り返し使用した液

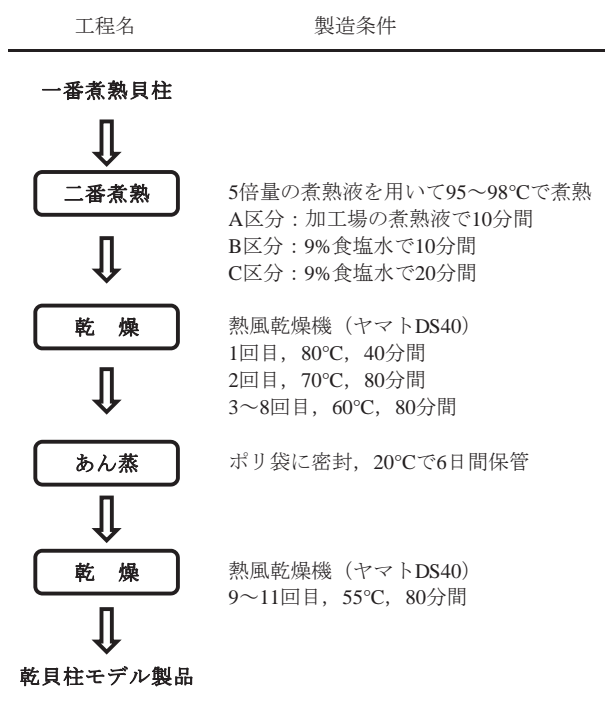


図5. 乾貝柱モデル製品の製造工程

響を調べるために、煮熟時間は10分間 (B区分) および20分間 (C区分) で行った。

貝柱の乾燥は送風乾燥機 (ヤマト, DS40) にて、以下の条件で行った。すなわち、1回目 80°C, 40分間, 2回目 70°C, 80分間, 3~8回目は 60°C, 80分間乾燥を行った。6日間あん蒸を行った後、9~11回目は 55°C, 80分間乾燥を行いモデル製品とした。モデル製品の光沢を観察するとともにグリコーゲン含量を測定した。比較のため、2012年に同加工場が製造した一等検乾貝柱を水産試験場にて保管 (5°C) していたものについても、グリコーゲン含量を測定した。

加工場から採取した二番煮熟液の一般成分を表5に示した。この二番煮熟液は6回の煮熟を行ったものであるが、グリコーゲン含量は5.7%と高く、通常であれば、20回以上使用した二番煮熟液の濃度に相当した<sup>14)</sup>。

試作したモデル製品の光沢について官能的に3段階で評価を行った (表6, 写真4)。加工場から採取した二番煮熟液で10分間煮熟したA区分は著しい光沢が観察された。二番煮熟を食塩水のみで10分間行ったB区分も同様の光沢が観察された。一方、食塩水のみで20分間煮熟したC区分は、2012年の乾貝柱製品であるD区分に比べると、やや光沢はみられたものの、その程度はA区分、B区分よりも小さかった。なお、光沢の程度について光沢計 (日本電色工業, VG-1D) による計測を試みたが、乾貝柱製品の場合、得られる反射率が極めて小さいため、光沢の数値化による比較はできなかった。

これらモデル製品のグリコーゲン含量は、著しい光沢がみられたA区分およびB区分でそれぞれ 25.6 ± 3.6%, 23.8 ± 4.6% であった (平均値 ± 標準偏差, n=4)。光沢の程度が小さいC区分は 20.1 ± 4.2% でA区分およびB区分よりも低かったが、光沢のないD区分の 7.1 ± 1.2% 比べると3倍近い値であった (図6)。A区分およびB区分の結果の比較から、モデル製品の光沢の程度は、貝柱の二番煮熟を食塩水のみで行っても、加工場の二番煮熟液を用いた場合でも同様であったことから、主に二番煮熟後の貝柱自体に残存する成分によって発現すると推定された。また、C区分の結果から、煮熟時間を延長することで貝柱からの成分流出を促し、光沢の程度を軽減できる可能性が示唆された。なお、グリコーゲンと光沢発現の関係については、多量のグリコーゲンあるいはそ

表6. 煮熟条件の異なる乾貝柱における表面の光沢

| 試料区分 | 二番煮熟工程の条件 |      | 乾貝柱製品の光沢 |
|------|-----------|------|----------|
|      | 煮熟液       | 煮熟時間 |          |
| A    | 加工場の煮熟液   | 10分間 | +        |
| B    | 9%食塩水     | 10分間 | +        |
| C    | 9%食塩水     | 20分間 | ±        |
| D    | 不詳        | 不詳   | -        |

+ : 著しく有る, ± : 有るが小さい, - : なし  
 A, B, C はモデル実験, D は 2012 年の一等検製品

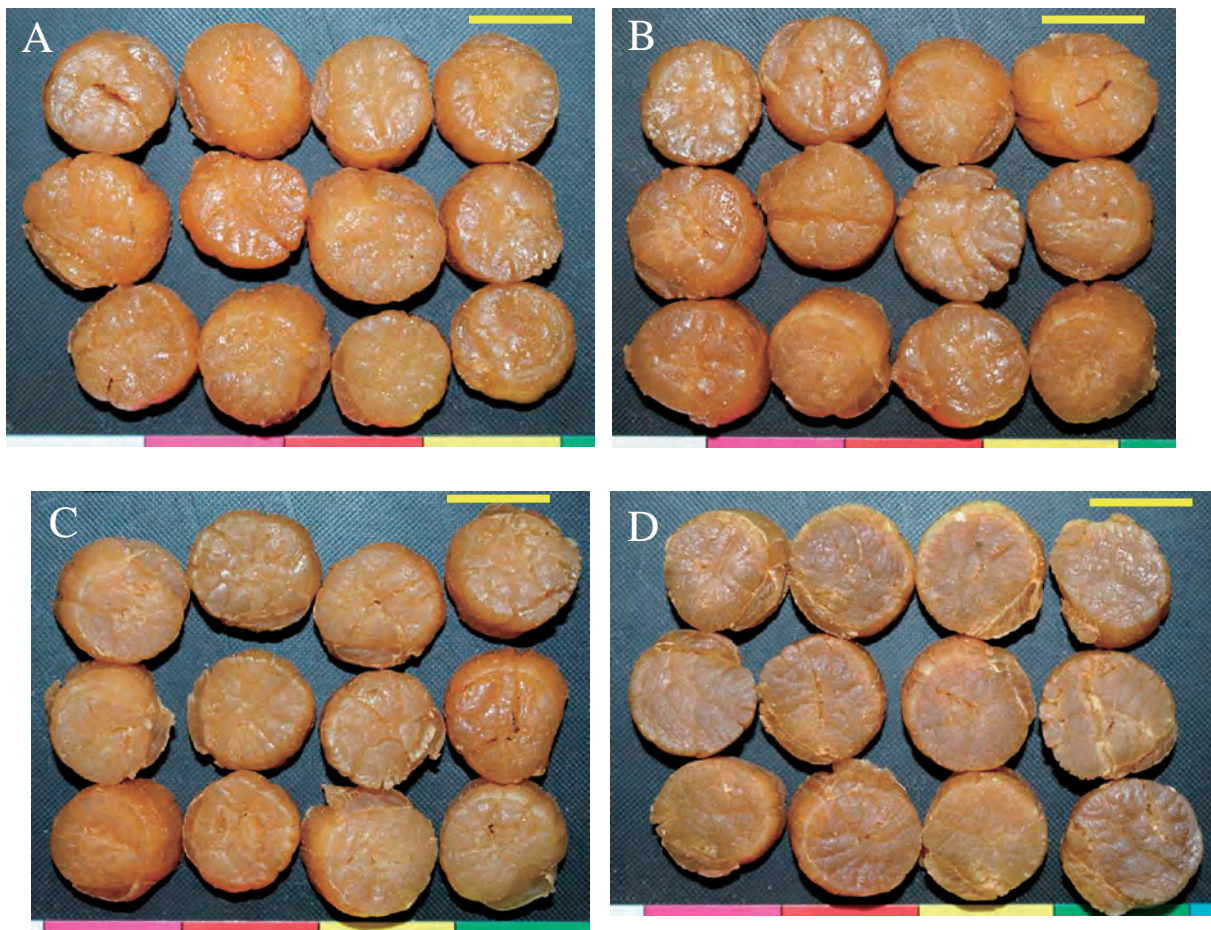


写真4. 煮熟条件の異なる干貝柱（乾燥終了後）  
A～Dの説明は表6に同じ  
いずれもフラッシュ発光にて撮影  
Barは2cm

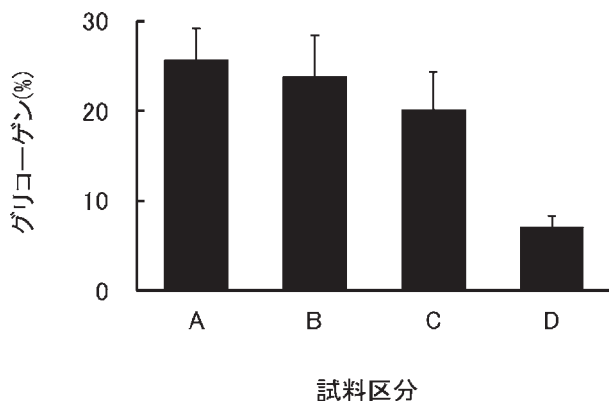


図6. 煮熟条件の異なる干貝柱のグリコーゲン  
A～Dの説明は表6に同じ  
平均値±標準偏差, n=4

の混合物が乾燥中に干貝柱表面でガラス状態になっている可能性などが考えられるが<sup>15)</sup>、詳細は今後の検討課題である。

以上、貝柱にグリコーゲンを高濃度に蓄積した2013年のホタテガイと干貝柱製品の性状について紹介した。製造現場からは本稿で紹介した事例以外にも、乾燥速度

の極端な低下や保管中に著しく褐変する製品の散見、甘みの増加による製品の呈味性変化などについても指摘があった。しかし、今回の調査の中では、これらは実証的な確認までには至らなかった。今後、原料ホタテガイ成分に大きな差異が認められた際に、さらに検討を行っていく必要がある。

## 謝 辞

本研究に際しては、干貝柱製造関係の方々にも多大なご協力をいただいた。山根水産代表取締役、山根 淳氏、辻水産代表取締役、辻 俊明氏、背戸水産代表、背戸 裕氏、紋別漁業協同組合販購買係長、稲村貴康氏には、干貝柱の品質に関する貴重な情報をいただいた（役職当時）。宗谷漁業協同組合、猿払漁業協同組合、頓別漁業協同組合、枝幸漁業協同組合、沙留漁業協同組合、紋別漁業協同組合、湧別漁業協同組合、佐呂間漁業協同組合、常呂漁業協同組合の干貝柱担当者および北海道漁業協同組合連合会営業第一部の方々には、干貝柱製造に関する情報ならびに分析試料の収集に特段のご配慮をいただいた。また、網走水産試験場調査研究部、三好晃治氏

にはホタテガイの成長と海洋環境について詳細な情報とご助言をいただいた。記して深く御礼申し上げます。なお、本報告の内容は、北海道ホタテ漁業振興協会の委託事業である「乾貝柱の品質向上に関する試験」の中で実施したものである。

## 文 献

- 1) 菅野 尚・佐藤重勝（1980）ホタテガイ増養殖の実態。ホタテガイの増養殖と利用。水産学シリーズ31（日本水産学会編）恒星社厚生閣，東京，11-25pp.
- 2) 多田匡秀・栗原康裕・宮崎亜希子（2011）ホタテガイ成長モニタリング調査。平成23年度網走水産試験場事業報告，61-66pp.
- 3) 石崎松一郎・落合芳博・加藤 登（2010）魚介類成分の加工貯蔵中の変化。「水産利用化学の基礎」（渡部終五編），恒星社厚生閣，東京，70-70pp.
- 4) 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.
- 5) 嶋田 宏・品田晃良・栗林貴範（2013）2013年春季に日本海からオホーツク海沿岸で発生した「ヌタ」の原因生物と海洋環境との関係。北水試だより 87，9-12.
- 6) ほたて加工必携ハンドブック（平成22年度改訂版）（2010），北海道ほたて流通食品協会，192p.
- 7) 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，東京，47-50pp.
- 8) 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。日水誌 23，555-560.
- 9) 麻生真悟・野俣 洋・太田智樹・金子博実・木田健治（1989）1. ホタテ煮干貝柱身割れ防止試験。平成2年度網走水産試験場事業報告書，268-275.
- 10) 坂本正勝・今村琢磨・相沢 悟（1982）3. ホタテ白干し（煮干貝柱）の品質向上試験。昭和57年度稚内水産試験場事業報告書，151-179.
- 11) 岩波理化学辞典第5版（1998），岩波書店，東京，150p.
- 12) 化学大辞典3（1984），共立出版株式会社，東京，620p.
- 13) 相沢 悟・坂本正勝・今村琢磨（1984）ホタテ白干し品質向上試験報告書，56-61.
- 14) 成田正直・木村 稔・今村琢磨・福士暁彦・高橋玄夫（1998）6. 乾ほたて貝柱品質向上試験。平成9年度網走水産試験場事業報告書，298-302.
- 15) 鈴木 徹（1995）ガラス転移。「魚介類の鮮度と加工・貯蔵」（渡邊悦雄編），成山堂書店，東京，135-155pp.