

ホタテガイ貝柱の品質保持に関する研究*¹

木村 稔*²

Studies on the quality control of the Japanese scallop adductor muscle*¹

Minoru KIMURA*²

In recent years, the price of the Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis* is declining with increasing production. On the other hand, although the requirement of the consumers is severe to the freshness and the quality, there is little research on the relation between the quality of products and the components in the scallop adductor muscle, compared with fish. The rigor of the adductor muscle comes into question, as the surface of the adductor muscle becomes blackish and tough. Therefore, the purposes of this study are to grasp the property for high quality of scallop adductor muscle products, to develop the distribution system for the high quality, to improve the added value, and to expand the consumption.

In the chapter I, seasonal variation of growth and components were examined in the scallop adductor muscle. The weight of adductor muscle was highest in August. Glycogen content increased from spring to summer (highest in August, 3.6%), and protein content increased from spring to autumn (highest in October, 19.8%). The content of glycogen and protein per piece of adductor muscle was highest in August. The relation between glycogen and protein contents on the dry matter basis showed a converse correlation. The content of ash varied between 1.5% and 1.6% and decreased from spring to autumn. The level of potassium was highest and ranged from 420 to 480mg/100 g. The total amounts of ATP and its related compounds increased from spring to summer (highest in July, 9.3 μ mol/g). Scallop adductor muscle has two peaks in April and October (highest, 410mg/100 g) in arginine level, and also two peaks in March and November (highest, 102mg/100 g) in octopine level, respectively. The total amounts of free amino acids ranged between 2000 and 2600mg/100 g and increased from spring to summer. Taurine and glycine were main free amino acids and over 60% of the total amounts of free amino acids. As for taste active free amino acids, glycine, alanine and glutamic acid were contained in large amounts. The level of glutamic acid was highest in the spawning season (132mg/100 g in May). Glycine and alanine levels were highest in August (857mg/100 g and 264mg/100 g, respectively).

In the chapter II, the influences of storage temperatures, washing methods and fishing seasons on the rigor of scallop adductor muscle were examined from the rheological and biochemical viewpoints. During storage at -3, 0 and 5 °C the rigor of adductor muscle progressed fastest at -3 °C, followed by 0 °C. The ratio of adductor muscle in rigor reached 100% after 4 days at -3 °C and after 6 days at 0 and 5 °C, respectively. Therefore, the storage at -3 °C was unsuitable for quality control. In the adductor muscle in rigor, breaking strength and pH value were low, and K value was high, compared with normal adductor muscle. It was observed that the rigor occurred when K value exceeded 20% and pH value decreased below 6.5. In the adductor muscle of scallop washed in distilled water breaking strength, ATP concentration and pH value decreased, and K value increased remarkably during storage at 0 °C, while not remarkably in the adductor muscle washed in artificial seawater or without washing. The ratio of scallop adductor muscle in rigor was 100% after 2 days by washing in distilled water and after 5 days by washing in artificial seawater or without washing. The washing treatment of scallop adductor muscle with fresh water was

報文番号A370 (2003年7月22日受理)

*¹ 東京水産大学審査学位論文を基本とし、その一部を改変。

*² 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

unsuitable even for a short time, and that with seawater was desirable. Decrease in ATP concentration and pH value, development of rigor and accumulation of octopine progressed much faster during storage at 0 °C in the adductor muscle of scallop caught in September than that in April. Fishing seasons influenced the quality of scallop.

In the chapter III, quality control with gas packagings and antibacterial sheet was examined in the scallop adductor muscle. Packaging with N₂ gas accelerated rigor and initial decomposition. In the adductor muscle packed with mixture of O₂ and CO₂, initial decomposition was delayed but rigor was developed, as CO₂ concentration increased. On the other hand, in the adductor muscle packed with O₂ gas it was observed that the decrease in ATP and pH value, development of rigor, accumulation of octopine and increase in total viable counts were delayed for about two days, compared with that packed with air. During storage at 5 °C the rigor occurred after 4 days without wrapping, after 5 days by paper towel and after 6 days by antibacterial sheet, respectively. In the adductor muscle wrapped in antibacterial sheet, it was observed that the decrease in ATP and pH value, and the increase in total viable counts were delayed, compared with control.

From these results, the following procedures should be done in order to distribute the scallop adductor muscle of high quality.

1. In order to wash scallop adductor muscle after harvest, sterilized seawater or artificial seawater should be used. The washing treatment with fresh water is not suitable as the rigor was accelerated.
2. Storage temperature at 5 °C should be carried out. The rigor is developed at the temperature lower than 5 °C.
3. As the rigor occurs quickly during storage in the adductor muscle of scallop caught in summer, it is undesirable to cool scallop excessively.
4. It is possible to retain the high quality by packaging with O₂ gas or by covering with antibacterial sheet.

キーワード：ホタテガイ，鮮度，品質，季節変動，貯蔵温度，硬化，ATP関連化合物，ガス置換

緒言

日本で生産されているホタテガイ (*Mizuhopecten yessoensis*) は、軟体動物門、二枚貝綱、ウグイスガイ目、イタヤガイ科に属する寒冷海洋性の二枚貝で、千島列島、サハリン、北海道、朝鮮北部に分布し、南限は日本海側では富山湾、太平洋側では千葉県となっている¹⁾。ホタテガイ (帆立貝) の名前は貝殻が帆を立てて海を移動すると信じられていたことから由来し²⁾、中国との貿易では殻の表面にみられる放射肋から「海扇」を使用している³⁾。ラテン語では櫛を思わせることから「ペクテン」、ギリシャ名は裾のひろがった貝殻の形がマントに似ていることから「クラミス」と言い、*Pecten* や *Chlamys* は学名にもなっている⁴⁾。Scallop (スキヤロップ) は古いドイツ語で貝殻を意味する言葉に由来し、主にイタヤガイ科の貝類やアカザラガイなどもスキヤロップと呼んでいる。スキヤロップは世界各国で水揚げされており、ヨーロッパ沿岸のグレート・スキヤロップ (*Pecten maximus*) とクイーン・スキヤロップ (*Chlamys opercularis*)、オーストラリア・スキヤロップ (*Pecten meridionalis*)、ニュージーランド・スキヤロップ (*Pecten novaezelandiae*)、北米西海岸のジャイア

ント・スキヤロップ (*Placopecten magellanicus*)、北米東海岸のシー・スキヤロップ (*Placopecten magellanicus*) とベイ・スキヤロップ (*Argopecten irradians*)、北米フロリダ海岸のキャリコ・スキヤロップ (*Argopecten giffus*) などがある⁵⁾。西欧では、ホタテガイ (*Pecten maximus*) は「ヴィーナス」の誕生となった貝として伝えられ、また、キリストの弟子であるヤコブの貝としてジェームズホタテガイ (*Pecten jacobaeus*) も有名であり、聖なるシンボルとして親しまれている³⁾。世界のホタテガイ生産量は、昭和39年(1964年)には15万トンであり、このうちアメリカとカナダで84%の13万トンを占めていた。その後、ホタテガイ生産は年々増加し、昭和57年(1982年)には50万トン近い数量を記録し、アメリカがこの時点で首位であった⁵⁾。しかし、アメリカでは資源の乱獲によって昭和59年(1983年)以降、漁獲量の規制が実施され生産量が減少し⁵⁾、逆に日本では養殖技術の発展により生産量が増加し、現在、中国に次いで世界第2位の生産国となっている。

近年の日本におけるホタテガイ生産量の増加は、北海道のホタテガイ生産量増加であると言って過言ではない。

北海道のホタテガイ漁業は、昭和45年（1970年）までの天然資源対応型とそれ以降の増殖生産対応型に区分される。明治・大正時代、ホタテガイの大部分はオホーツク地域で漁獲されており⁶⁾、その多くが乾ほたて貝柱や缶詰に製造されていた⁷⁾。当時、乾ほたて貝柱は乾海扇と呼ばれ、スルメや干しナマコとならんで極めて高価な商品であり、重要な輸出水産物であった。しかし、大正期から続いた経済恐慌や日中関係の悪化などから、昭和初期には輸出品である乾ほたて貝柱価格は激しく変動し、ホタテガイ漁業に依存していた地域の経済に大きな影響を与えた⁸⁾。戦時中は、ホタテガイについても国内タンパク資源の供給のため生産増強が求められ、各地域において動力船の導入が始められ、増産が進められた。しかし、戦後は根室地域の好漁場を失ったことに加え、動力船の増加がホタテガイ資源に悪影響を与えたため、昭和40年代前半までホタテガイ漁獲量が低位に推移する長い冬の時代に入った^{6,9)}。資源が枯渇する一方で、サロマ湖の天然採苗の事業化と種苗の移植放流事業が試験的に初めて行われた時代でもあった¹⁰⁾。

ホタテガイの種苗生産技術や養殖技術が進歩したことにより、昭和40年（1965年）から噴火湾、昭和41年（1966）にはサロマ湖において養殖ホタテガイの生産が開始された。北海道のホタテガイ漁業は、昭和45年（1970年）に至る約100年の間、天然資源対応の時代であったが、天然採苗技術や中間育成技術が確立され、増殖生産型への転換が始まった⁶⁾。サロマ湖や噴火湾での養殖ホタテガイの生産増により、昭和40年代後半にはホタテガイ生産量は、約5千トンから4万7千トンに増加したが、放流による効果はまだ少なかった¹¹⁾。昭和50年代に入りオホーツク地域では各漁業協同組合において、海区を4区に分け放流したホタテガイ稚貝を4年毎に水揚げする4輪採制⁵⁾の導入が行われ、その効果から地まき放流ホタテガイ生産量だけで10万トンを超えるようになった¹¹⁾。昭和60年代には、養殖および地まき放流ホタテガイの生産量は、それぞれ10万トンを超え北海道全体で20万トンを突破した。平成に入ってからは、平成2年（1990年）には北海道の生産金額でサケやスケトウダラを抜いて初めて第1位となり、平成7年（1995年）には40万トンを超える生産を記録した¹¹⁾。ここ10数年の養殖ホタテガイ生産量は、約12万トン前後で推移しており、北海道全体の生産量は、地まき放流ホタテガイの生産増加によるものであり、平成14年度には45万トンに達した。ホタテガイ生産量の増大、冷蔵冷凍技術の発達、交通網の発展や流通の効率化が進んだことなどにより、従来の缶詰や乾ほたて貝柱製品の他に生鮮および冷凍製品が多く生産されるようになった。北海道水産試験場の試験研究も缶詰

製造試験^{12,13)}や乾ほたて貝柱製造に関する研究¹⁴⁻¹⁶⁾から、殻付きホタテガイの鮮度判定¹⁷⁾、ホタテガイ貝柱の死後変化に関する研究¹⁸⁾、冷凍貝柱に関する研究^{19,20)}へと時代背景とともに変化している。一方、順調な生産や加工製品の多様化が進んできたが、EU向けホタテガイ製品輸出の禁止や、中国産ホタテガイの輸入増等により産地価格が低迷している現状にある²¹⁾。また、消費者はPL法の導入や食中毒の発生等によって、より衛生的で安全、高品質な食品に対する意識が高まってきている。さらに、ホタテガイ冷凍貝柱は対米輸出品としても重要な水産加工品であるが、その際HACCPの導入が義務づけられ、国際商品として国内外において安全性が求められるようになった。このため、ホタテガイ加工製品の客観的な品質基準づくりや安全・高品質な製造法および流通技術の開発が急務となっている。

現在、ホタテガイは生産増加による価格の低下に伴い、消費者にとって昔の高級食材のイメージではなく比較的身近な魚介類の一つになっている。しかし、消費者の生鮮品に対する認識が高くなるにつれて、鮮度や品質への要求もより高くなっているのが現状である。ホタテガイ貝柱の品質に関連した成分分析の報告²²⁻²⁴⁾はあるが、近年のホタテガイ漁場における海洋環境の変化や増産傾向による貝の小型化²⁵⁾など、その当時のホタテガイと成分的に異なることが予想される。また、流通技術の発達により大都市スーパーでも生鮮貝柱がより身近な水産物として出回るようになったが、貝柱の表面が黒ずんで硬くなる硬化現象が問題となってきた。そこで本研究においては、最初にホタテガイの成長や貝柱の一般およびエキス成分の季節的な変動を明らかにし、高品質な貝柱加工製品製造のための適性を把握すること、次に消費者の安全・生鮮志向に対応する生鮮貝柱の高鮮度流通技術を開発し、付加価値向上や消費拡大を図ることを目的とした。

第1章においては、ホタテガイの原料性状や加工適性を把握するため、貝柱の成長や一般成分およびエキス成分の季節変化について検討した。さらに、貝柱の成分および重量変化からホタテガイの旬の時期についても検討した。

第2章においては、生鮮貝柱の品質的な問題となる硬化現象に着目し、加工工程中の貯蔵温度や洗浄方法による硬化発現をレオロジーおよび生化学的な角度から検討し、同時に品質指標の検索も行った。また、ホタテガイの棲息環境の変化と季節的な貝柱硬化発生との関係についても検討した。

第3章においては、ガス置換包装や抗菌シートによる生鮮貝柱の品質保持について生化学的、レオロジーおよび細菌学的な角度から検討した。

第4章においては、第1章から第3章までの総括的な考察を行うとともに、生鮮貝柱の付加価値向上や消費拡大を図るため、実際の流通を想定した高鮮度流通技術を提言した。

なお、本研究は下記の印刷公表済のものを「ホタテガイ貝柱の品質保持に関する研究」にまとめたものである。

1. 木村稔, 成田正直, 野俣洋, 金子博実, 山中英明: ホタテガイ貝柱の硬化に与える貯蔵温度の影響. 日水誌, **63**, 621-626 (1997).
2. 木村稔, 成田正直, 野俣洋, 潮秀樹, 山中英明: ホ

タテガイ貝柱の硬化に与える洗浄の影響. 日水誌, **65**, 103-107 (1999).

3. 木村稔, 成田正直, 今村琢磨, 潮秀樹, 山中英明: ガス置換包装によるホタテガイ生鮮貝柱の高品質保持. 日水誌, **66**, 475-480 (2000).
4. 木村稔, 成田正直, 今村琢磨, 潮秀樹, 山中英明: ホタテガイ生鮮貝柱の硬化発現の季節変化. 日水誌, **67**, 280-285 (2001).
5. 木村稔, 今村琢磨, 成田正直, 潮秀樹, 山中英明: ホタテガイ貝柱成分の季節変化. 日水誌, **68**, 72-77 (2002).

第1章 ホタテガイ貝柱成分の季節変化

ここ数年、北海道におけるホタテガイ生産量は約40万トンで推移し、安定した生産量を確保している。このうち原料処理量の最も多い冷凍貝柱は対米輸出品としてHACCPの導入が義務づけられ、より一層の安全性が求められるようになった。一方、ホタテガイ貝柱製品の品質的な基準は、視覚による評価項目が多く、生産者側と消費者側の評価が異なる場合も生じている。消費者は安全で、高品質、即ち、鮮度や味の良い加工品を求めており、これら品質面での対応も急務となっている。製品の品質については、その加工品の製造方法などを調査する他に、ホタテガイの成分も十分に検討する必要がある。オホーツク地域では、昭和40年代から定期的に貝柱の調査を行っているが、詳細な分析は行われていない。この章においては、高品質なホタテガイ製品を得るための原料特性を把握するため、ホタテガイの季節的な成長や貝柱の一般成分やエキス成分の変化について検討した。

実験方法

試料 1998年3月から12月まで月1回北海道網走支庁管内紋別漁場で水揚げされた地まき放流4年ホタテガイを試験に供した。

一般成分の分析 ホタテガイ20枚の貝柱重量および貝柱歩留り(貝柱重量/軟体部重量)×100を測定した後、一般成分測定用として、横紋筋を5個ずつ4区分に分けサンプルミル(ナイフテック社製)で磨砕した。磨砕試料について、水分量は105℃乾燥法、タンパク質量はミクロケルダール法、および灰分量は550℃加熱法にて測定した。また、この磨砕試料2gに30%KOH 4mlを入れ、沸騰水中にて液化分解した。放冷後、エタノール20mlを加え混和し、3000×gで15分間遠心分離した。上澄液を捨て、沈殿物に蒸留水10mlを加え溶解後、飽和KCl

1滴とエタノール15mlを加えて混和し、3,000×gで15分間遠心分離した。この操作を2回繰り返して、上澄液を捨て沈殿物を100mlに定容した。適宜希釈した液を、アンスロン・硫酸法²⁶⁾によってグリコーゲンの加水分解と発色を同時に行った。グリコーゲン量はこの発色液の620nmにおける吸光値を求め、検量線からグルコース量を算出しこれに0.9を乗じて求めた。

ATP関連化合物の定量 一般成分測定用の試料を調製する前に、各横紋筋から0.5gをメスで採取し、5個分2.5gを1区分として4区分につき以下の処理を行った。すなわち、貝柱片2.5gに冷却した6%過塩素酸溶液10mlを加えてホモジナイズした後、遠心分離(12,000×g, 10分間)を行い、分離した上澄液を冷却しながら10Mおよび1M KOHで中和し、生成した沈殿物を遠心分離により除去後、25mlに定容した。この分析試料液をMatsumotoら²⁷⁾の方法に準拠し、高速液体クロマトグラフ(以下、HPLCと略す)日立L-6200で分析し、アデノシン3リン酸、アデノシン2リン酸、アデニル酸、イノシン、ヒポキサンチン(以下、ATP, ADP, AMP, HxR, Hxと略す)を定量した。

分析条件は下記のとおりである。

カラム: Asahipak GS-320HQ (カラムサイズ7.6mmID-300mmL Showa Denko社製), カラム温度: 20℃, 移動相: 0.2M NaH₂PO₄ (pH2.9), 流速: 0.6ml/min, 検出波長: 260nm

L-アルギニンおよびオクトピンの定量 分析試料液のL-アルギニンおよびオクトピンはSatoら²⁸⁾の方法に従って、HPLC(日立L-6200)により定量した。

分析条件は次のとおりである。

カラム: Kaseisorb LC ODS-300-5, 4.6×250mm (東京化成工業), カラム温度: 20℃, 移動相: A液 (80%0.25

M Tris-HCl (pH9.5) + 20% アセトニトリル), B液 (80% アセトニトリル + 20% 蒸留水) による 2 液グラジュエント, 流速: 0.8ml/min, 検出波長: 励起波長325nm 蛍光波長425nm

グラジュエント条件		
Time	A液	B液
(分)	(%)	(%)
0.0	100	0
20.0	50	50
20.1	0	100
25.0	100	0
30.0	STOP	

遊離アミノ酸の定量 一般成分測定用の磨砕試料 5 g にエタノール20mlを加え, ホモジナイズ後3,000×g, 15分間遠心分離し, 上澄液を分液ロートに移し, 沈殿に80%エタノール20mlを加えて同様の操作を行い, 上澄液を得た。集めた上澄液にクロロホルムを加えて脱脂操作を行い, エバポレーターにて濃縮乾固し, 0.01N塩酸にて定容した。この試料液をHPLC日立アミノ酸分析システム (L-7500) により分析し, タウリン, グリシン, アラニン, プロリン, グルタミン酸など20成分を定量した。

無機成分の定量 一般成分測定後の灰化試料に 6 N塩酸 5 ml を添加し, 蒸発乾固した後, 再度 6 N塩酸 5 ml を添加し, 加熱後蒸留水で定容した。試料液を適宜希釈し, カリウム, ナトリウム, マグネシウム (以下, K, Na, Mg と略す) は原子吸光法 (日立Z-6100), カルシウム (以下, Ca と略す) は高周波誘導結合イオンプラズマによる発光分光分析 (SEIKO SPS1200A) によりそれぞれ分析した。

有意差検定 実験区内および実験区間の有意差検定は Mann-WhitneyのU-検定²⁹⁾により行った。

結果

貝柱重量および歩留りの季節的な変化 貝柱重量および歩留りの変化をFig. 1に示した。貝柱重量は3月で12.3 g と最も低く, それ以降は夏に向かって増加して8月には最大の23.3 g となった。貝柱重量は9月以降には徐々に減少した。貝柱歩留りは, 3月で18.6%と最も低く, 4月以降上昇し, 8月で約35%と最大となり, 9月以降は減少した。4月の産卵期には, 図示していないが産卵に

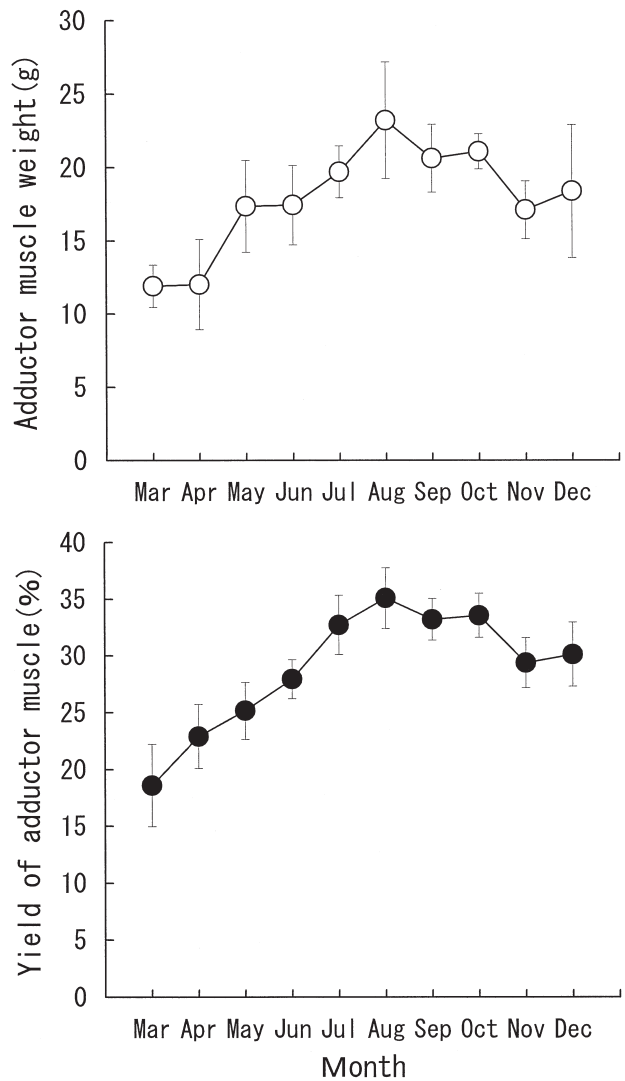


Fig.1 Seasonal changes of scallop adductor muscle weight and yield of adductor muscle. Each value represents the mean ± S.D. of twenty samples.

より生殖巣重量が減少するため, 3月と比較して貝柱重量の増加は少ないが, 歩留りは増加した。

一般成分の季節変化 グリコーゲン量と水分量の変化をFig.2に示した。グリコーゲン量は貝柱重量と同様の傾向を示し, 3月で0.1%と最も低く, それ以降は徐々に増加して8月には3.6%と最も高くなり, 9月以降は減少に転じた。一方, 水分量はグリコーゲン量とは逆の傾向を示し, 3月で79.0%と最も高く, それ以降は徐々に減少し8月に75.0%と最も低くなり, 9月以降は再び増加した。春から夏に向かって貝柱の成長に伴いグリコーゲン量が増加し, 相対的に水分量が減少する傾向が認められた。タンパク質量と灰分量の変化をFig.3に示

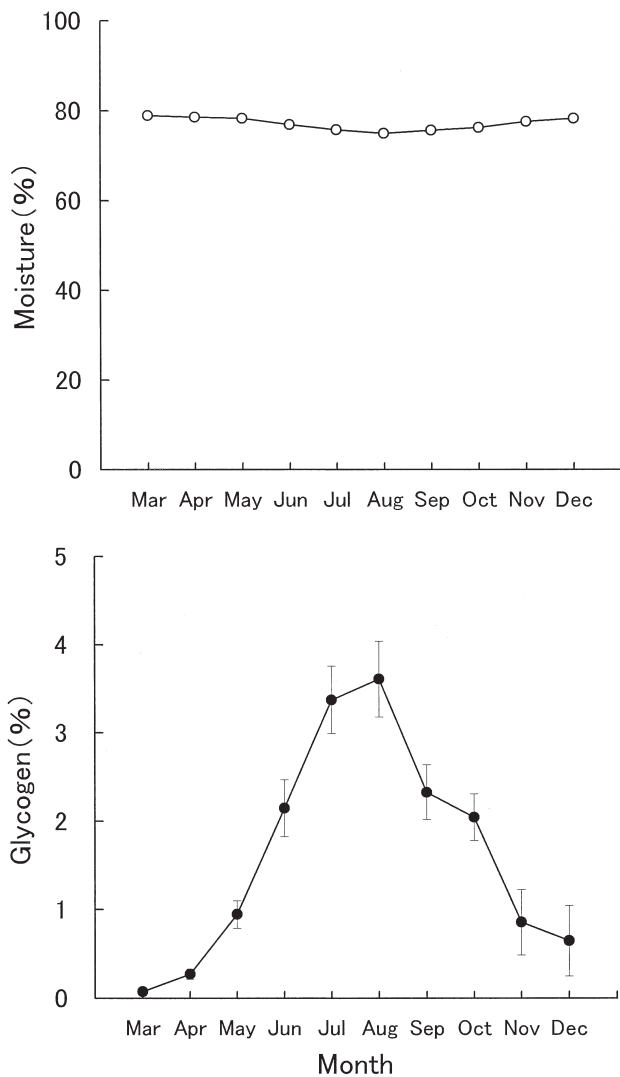


Fig.2 Seasonal changes in content of moisture and glycogen of adductor muscle. Each value represents the mean \pm S.D. of four samples.

した。タンパク質量は、4月から5月にかけて約1%も減少したが、6月以降のタンパク質量は徐々に増加し、10月で19.8%と最も高くなった。この点は、グリコーゲン量の季節変動と異なる結果であった。灰分量は3月で1.60%と最も高く、4月以降は徐々に減少する傾向を示し10月で1.49%と最も低くなった。1個当たりのタンパク質量とグリコーゲン量の変化をFig.4に示した。1個当たりのタンパク質量およびグリコーゲン量は両成分ともに8月で最大となり、それぞれ4.5g、0.8gの値を示した。タンパク質量は重量比では10月で最大であったが、1個あたりでは貝柱重量が最も高くなる8月で最大となった。無水物換算したタンパク質量とグリコーゲン量の関係をFig.5に示した。グリコーゲン量とタンパク

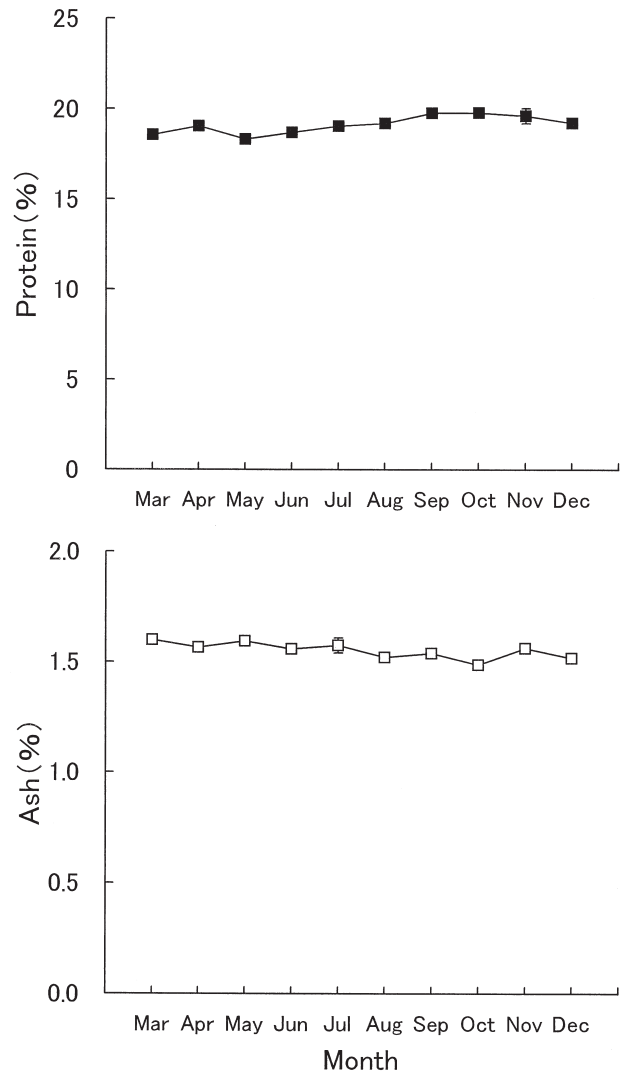


Fig.3 Seasonal changes in content of protein and ash of adductor muscle. Each value represents the mean \pm S.D. of four samples.

質量の無水物値には、高い負の相関関係が認められた。この図からグリコーゲン量が少ない3月では、タンパク質の無水物値が約90%で、グリコーゲン量が多い8月ではタンパク質の無水物値が約75%と時期により大きな差が認められた。

ATP関連化合物の季節変化 ATPおよびATP関連化合物量の季節変化をFig.6に示した。ATPとADPのみが検出されており、総量に対するATPの割合は、各月とも85%前後で、極めて鮮度の良い状態のホタテガイであった。ATPとADP量の総量は、3月で5.6 μ mol/gと最も低いが、その後夏季に向かって増加し、7月には9.3 μ mol/gと最も高くなった。8月以降の総量は10月までほぼ同じ値で

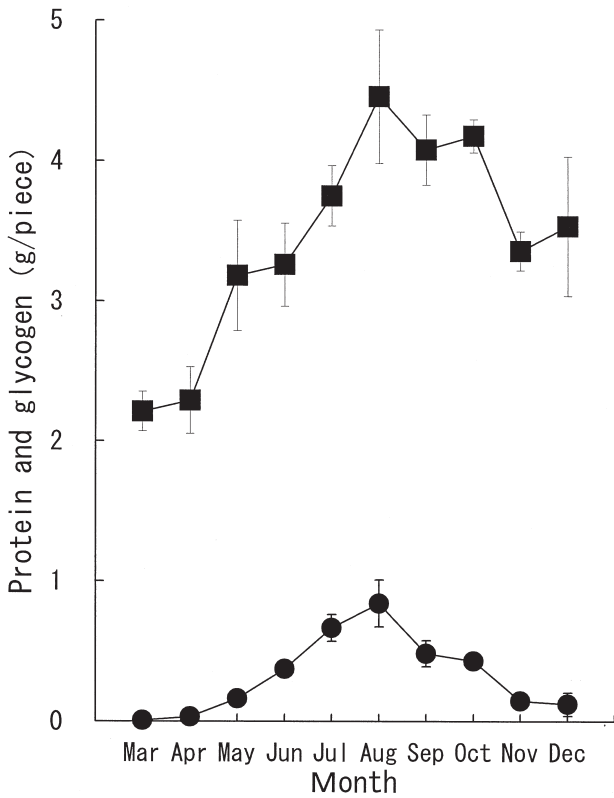


Fig.4 Seasonal changes in absolute quantity of protein and glycogen per piece of adductor muscle. Each value represents the mean±S.D. of four samples. ■ : protein, ● : glycogen.

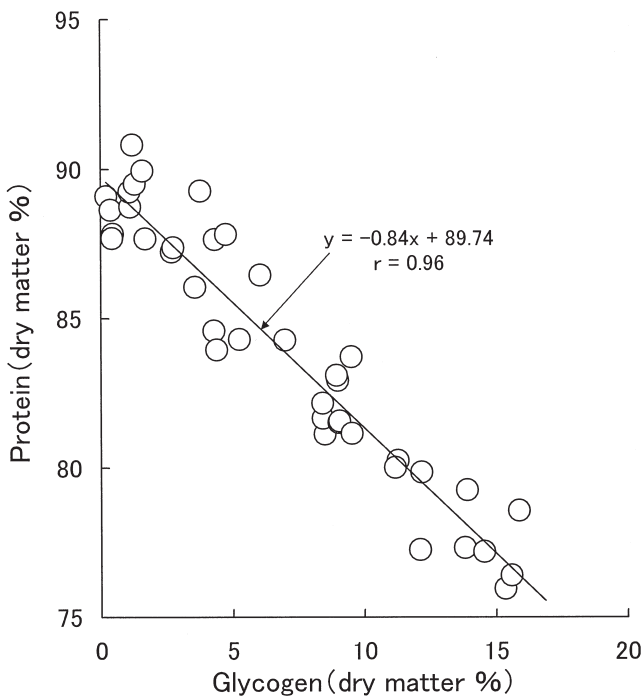


Fig.5 Correlation between glycogen and protein on a dry matter basis of adductor muscle.

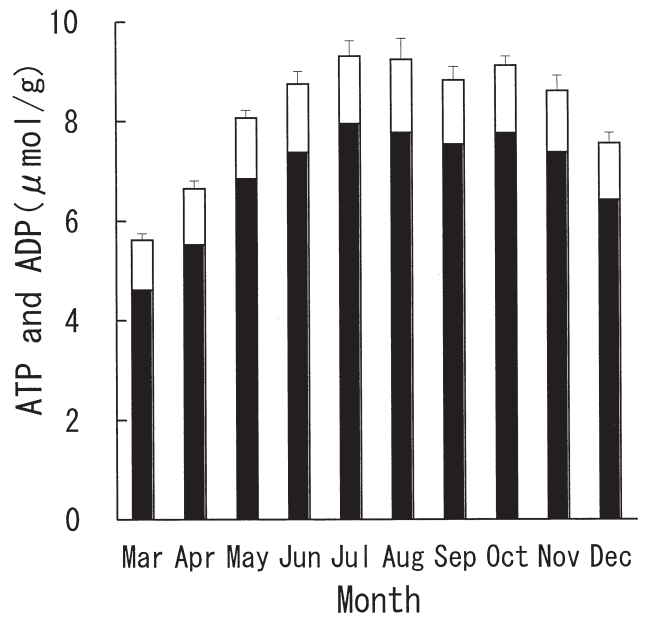


Fig.6 Seasonal changes in amount of ATP and its related compounds of adductor muscle. Each value represents the mean±S.D. of four samples. ■ : ATP, □ : ADP.

推移し、11月以降減少に転じた。時期的には、6月から10月まで高い値で推移する傾向が認められた。

L-アルギニンおよびオクトピンの季節変化 Fig.7にL-アルギニンとオクトピンの季節変化を示した。L-アルギニンについては、4月に一時的に高く5月に急激に減少した。その後は増加し10月で410mg/100gと最も高くなり、再び急激に減少した。一方、オクトピンは3月に19.2mg/100gと最も低く、5月までは増加し、それ以降は7月まで減少した。8月以降は11月まで増加し102mg/100gと最も高くなり、12月で急激に減少した。両成分とも時期による変動が大きい、3月と12月は低い値であった。

遊離アミノ酸の季節変化 Fig.8に遊離アミノ酸の季節変化を示した。遊離アミノ酸は約2000~2600mg/100gと変動し、春から夏にかけて高くなり、6月から8月まで約2600mg/100gと高い値で推移し、9月以降は減少し12月で2000mg/100gと最も低くなった。次に、各アミノ酸の季節変化をFig.9に示した。遊離アミノ酸の中では、タウリンは最も多く存在し、3月で1100mg/100gと最も高くなり、夏季に向かって減少する傾向を示した。グリシンはタウリンに次いで多く、3月から4月に向かって減少し4月で690mg/100gと最も低くなるが、夏季に向

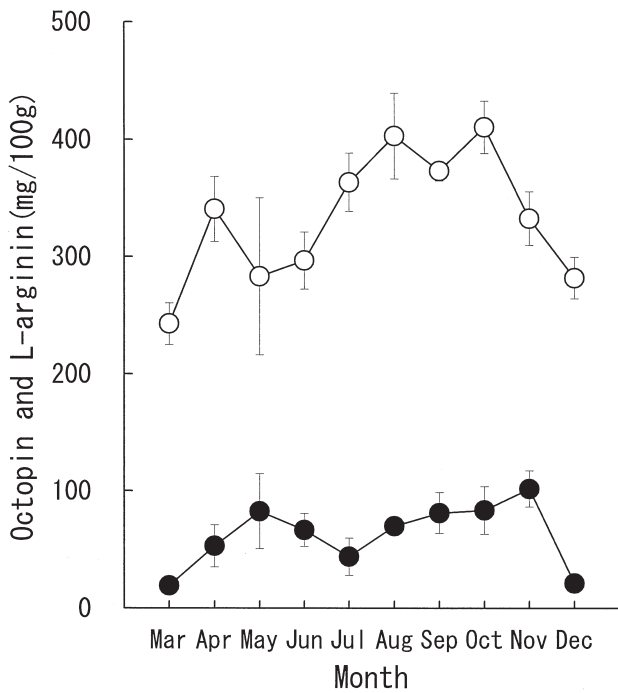


Fig.7 Seasonal changes in amount of L-arginine and octopine of adductor muscle. Each value represents the mean \pm S.D. of four samples. \circ : L-arginine, \bullet : octopine.

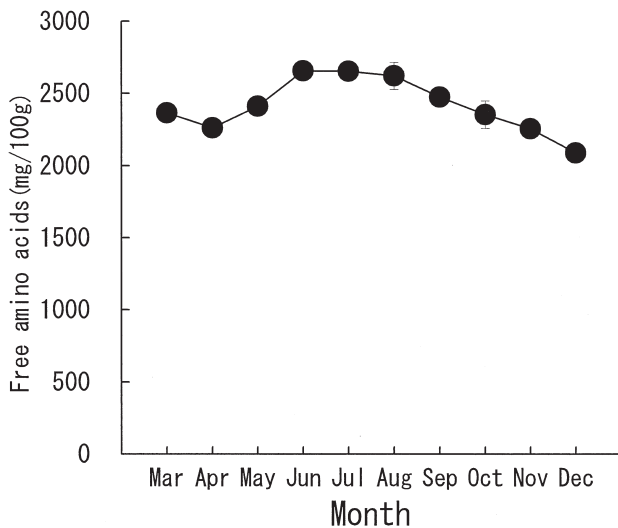


Fig.8 Seasonal changes in amount of free amino acid of adductor muscle. Each value represents the mean \pm S.D. of four samples.

かって増加し8月で860mg/100gと最も高かった。この2成分で、遊離アミノ酸全体の6割以上を占めていた。アラニンは春季と秋季において100mg/100g前後で推移し、夏季の6月から9月まで高い値を示し8月で260mg/

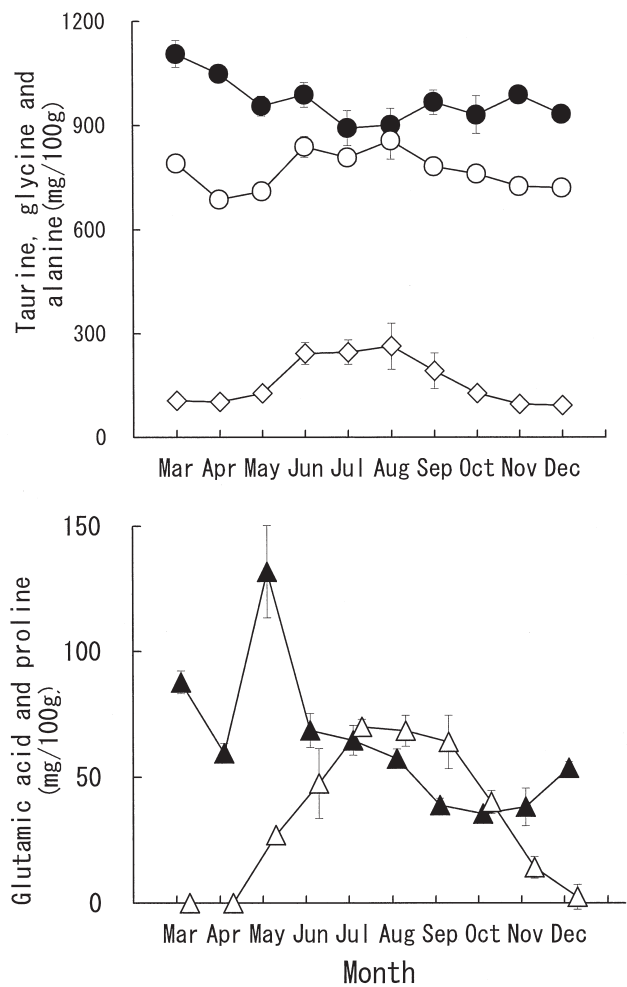


Fig.9 Seasonal changes in amount of taurine, glycine, alanine, glutamic acid and proline of adductor muscle. Each value represents the mean \pm S.D. of four samples. \bullet : taurine, \circ : glycine, \diamond : alanine, \blacktriangle : glutamic acid, \triangle : proline.

100gと最大となった。グルタミン酸は5月に132mg/100gと特異的に高く、6月以降は急激に減少し、10月で35mg/100gと最小となった。プロリンは4月までは検出されなかったが5月以降徐々に増加し、7月で70mg/100gと最大となり、10月以降に減少した。遊離アミノ酸量の変化と同様に春から夏にかけて増加する成分として、グリシン、L-アルギニン、アラニン、プロリンが認められた。

無機成分の定量 Fig. 10にKとNa,MgとCaの季節変化を示した。Kは4成分の中で最も量の多い無機成分で3月で480mg/100gと最大となり、それ以降は減少した。灰分量の変動 (Fig.3) にはKの変化が大きく影響しており、その変化もほぼ一致していた。Naは他の無機成

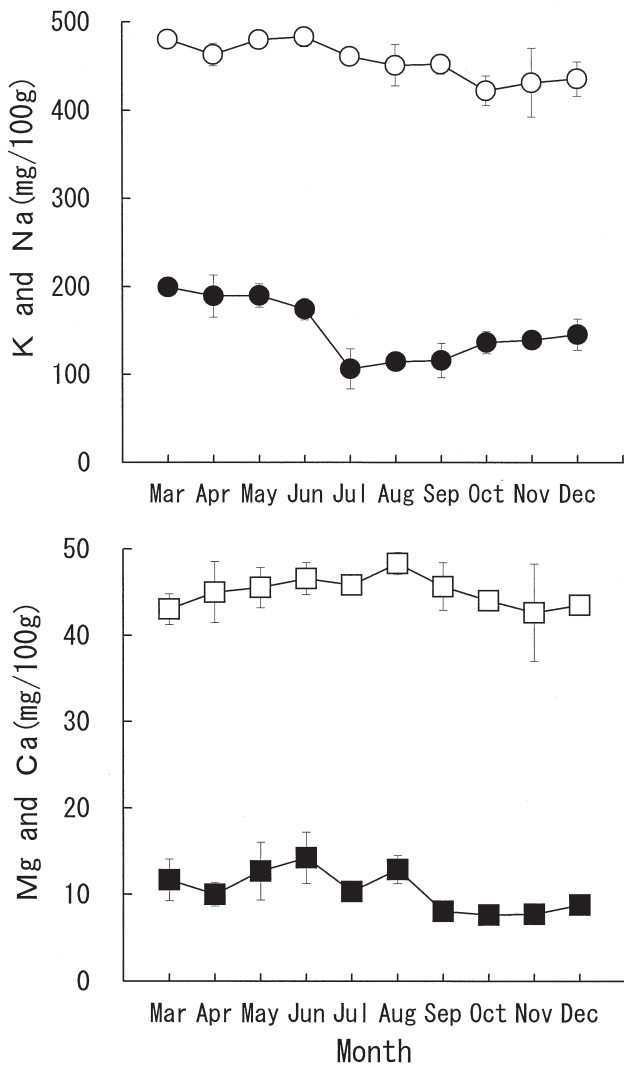


Fig.10 Seasonal changes in amount of K, Na, Mg and Ca of adductor muscle. Each value represents the mean \pm S.D. of four samples.
 ○ : K, ● : Na, □ : Mg, ■ : Ca.

分に比べて変動が大きく、3月で200mg/100gと最大となり7月に急激に減少し、それ以降は増加した。Mgは4月から8月に向かって増加し最大で48.3mg/100gとなり、それ以降は減少した。Caは10mg/100g前後の値で、6月、8月に高い値でそれぞれ14.2, 12.9mg/100gを示した。

考 察

一般成分の季節変化においてタンパク質量は5月で最も低くなっていたが、この時期は、低水温であるが他の時期に比べて呼吸量が大きく、生殖巣と貝柱にエネルギーを蓄積する³⁰⁾との指摘がある。貝柱1個体当たりの

タンパク質量はFig.4に示したとおり、この地域では4月から5月にかけて増加していた。この時期は低水温ではあるが餌環境が良く、活発に摂餌活動を行い貝柱が成長していると考えるのが妥当であろう。他の地域における産卵期は、サロマ湖の養殖ホタテガイ³¹⁾は5月から6月、陸奥湾³²⁾では3月中旬から4月、噴火湾³²⁾では5月とされている。地域によって水温の上昇が異なるため、北方の海域ほど産卵期が遅くなっている特徴が見受けられる。サロマ湖²²⁾や噴火湾²³⁾の養殖ホタテガイにおいては、春のブルーミングと同時に貝柱のグリコーゲン量が急増する。これは、養殖ホタテガイがブルーミング時に餌となる植物プランクトンを直接摂餌できるためであり、ブルーミング終了以降には餌不足となり貝柱のグリコーゲン量が徐々に減少する。このため養殖ホタテガイと地まき放流ホタテガイである紋別地域のデータとは異なったグリコーゲン量の変動を示している。根室地域²⁴⁾のホタテガイでは、貝柱のグリコーゲン量が比較的多く含まれ、本地域より餌環境が良いことが伺われる。また、平成10年と11年には養殖ではサロマ湖と噴火湾、地まき放流では宗谷地域においても詳細な分析が行われた^{33,34)}。宗谷地域では、グリコーゲン量は4月ですでに5%近くあり、同じオホーツク海でも成分変動に違いが認められた。これは餌環境などの相違が影響していたためと考えられるが、この時期の宗谷地域での貝柱グリコーゲン量が多い年は、紋別地域での夏季の貝柱グリコーゲン量も高い傾向が認められた³⁴⁾。今後の長期の測定が必要であるが、その年のオホーツク全体のホタテガイの成長を予測する上で、宗谷地域のデータは重要と思われる。今回の噴火湾の調査では³³⁾、過去に行われたホタテガイの詳細な分析データ²³⁾との比較で、グリコーゲン量の増減の様相が異なった。噴火湾内においては過去の調査点と異なっており、湾内でも場所によって餌環境に違いがあると思われる。また、成分と加工品品質との関係を述べると、養殖形態や地域によってホタテガイ貝柱の成分が大きく異なっており、地域毎や時期に適した加工品の開発が重要と思われる。さらに、オホーツク海沿岸におけるホタテガイの小型化が指摘²⁵⁾されていることから、現在の貝柱サイズや成分にあった加工法の改変や新たな製品開発を行っていく必要がある。

貝柱一般成分の季節変動結果から、水分量とグリコーゲン量の合計値は、年平均すると約79%であり、時期によっては1.5%ほど差が生じる。これは、水分量に次いで多いタンパク質量の季節変動が影響していると推定された。また、Fig.5に示したとおり、無水物換算したグリコーゲンとタンパク質量との間には、負の相関関係が認められた。宮園³⁵⁾は貝柱の水分量、グリコーゲン量お

よびタンパク質量の合計がほぼ98%になることから、タンパク質量の簡易的な推定値を98-（水分量+グリコーゲン量）としている。いずれの方法でも、貝柱の水分量とグリコーゲン量からタンパク質量の推定が可能となった。本地域では、ホタテガイの生物測定や貝柱の水分量とグリコーゲン量の測定を定期的に行っており、タンパク質量の推定値が簡単に求められることは、貝柱製品の加工適性を考える上で意義のあることである。

Fig. 6に示したとおり、夏季にATP関連化合物が増加したことに関しては、水温の影響を考慮する必要がある。オホーツク海では、春季から夏季にかけて宗谷暖流の勢力が強くなり、海水温度が上昇する³⁶⁾。また、ホタテガイは水温上昇に伴って呼吸量が増加する³⁰⁾ため、代謝活動が活発になり活動を維持するためのエネルギーとしてATP関連化合物量が増加したと考えられる。

Fig. 7に示したとおりオクトピンは5月と11月に、L-アルギニンは4月と10月に増加のピークがあった。5月のオクトピン量が多いのは、産卵に必要なエネルギーを呼吸量の増加だけでなくグリコーゲンの分解によっても補給していたことを示唆している。この時期の貝柱グリコーゲンは、産卵による消費と摂餌による蓄積を同時に行っていた可能性が高い。また、宮園ら³⁷⁾は、貝柱グリコーゲンの日間増加率が高水温と餌不足によって8月頃からマイナスに転じると報告している。オクトピンは、8月以降再び増加し11月で102mg/100gと最大となっており、この時期に代謝に必要なエネルギーをグリコーゲンを分解して得ていた可能性がある。4月でのL-アルギニンの増加は、産卵に必要なエネルギーをアルギニンリン酸からも得ていたことを示唆している。5月には、前述したとおりグリコーゲンの分解によって生成したピルビン酸とL-アルギニンが反応し、L-アルギニン量が減少したと思われる。6月以降のL-アルギニンは、その後増加し10月に400mg/100gと最も高くなった。10月は、ホタテガイの代謝活動が活発な温度帯であると同時に餌環境が悪く³⁷⁾、代謝維持のためアルギニンリン酸からのエネルギー供給が多くなった可能性がある。オクトピンやL-アルギニンの季節変動は、貝柱の代謝活動の状態を示した指標となる可能性が示唆された。

鴻巣ら³⁸⁾は、多数の水産無脊椎動物の遊離アミノ酸量を分析し、遊離アミノ酸の浸透圧調節への寄与を指摘している。さらに、狭塩性動物であるホタテガイは他の軟体動物に比べて遊離アミノ酸量が多いことや、同じ狭塩性動物であるタイラギを75~125%海水中に蓄養した場合、海水濃度が高くなるに従って、遊離アミノ酸が増加することを報告している。オホーツク海では、春から夏にかけてホタテガイ棲息環境の海水塩分濃度が上昇す

る³⁶⁾がタイラギの蓄養試験に比べてその変化は小さく、遊離アミノ酸量への影響は少ないものと思われる。一方、摂餌によって得られたタンパク質はアミノ酸に分解吸収され、貝柱のタンパク質合成に利用されたはずである。遊離アミノ酸の季節変動には、摂餌と貝柱成長との関連が大きく影響していると考えられる。今後は、海水の環境変化や異なる海域も含め検討が必要である。

ホタテガイの呈味成分として、先に示したL-アルギニンの他にグリシン、アラニン、グルタミン酸が同定されている³⁹⁾。グリシンは量的にも多く、貝柱の甘みに大きく関与していると考えられる。グルタミン酸は5月に急激に増加しており、L-アルギニンやオクトピンと同様に産卵時期の影響を大きく受けていた可能性がある。前述したように5月頃は貝柱のグリコーゲンが産卵による消費と成長による蓄積が同時に起こり、ATPの生産や消費も他の時期に比べて活発になる。ATPの消費は、解糖系で補えない分を低水温であるが呼吸量の増加によって確保していると考えられる。呼吸量の増加によってトリカルボン酸回路と電子伝達および酸化リン酸化を活性化し、ATPを多量に供給する。この時期のグルタミン酸は、呼吸量の増加によってトリカルボン酸回路の中間体である α -ケトグルタル酸が増加し、これがL-グルタミン酸脱水素酵素の作用によってアンモニアと結合し、一時的に増加したと考えられる。産卵によるエネルギーの消費は、解糖系と呼吸によって同時に補充され、その結果オクトピンやグルタミン酸の急激な変化としてあらわれたものと推測される。産卵終了以降、グルタミン酸はピルビン酸と結合し、 α -ケトグルタル酸とアラニンへ転移され、Fig. 9に示したようにアラニンの増加へ関与したと考えられる。また、5月のグルタミン酸のデータは、L-アルギニンやオクトピンと同様にバラツキが大きく、産卵時期の雌雄の差が大きく影響していたと考えられる。ホタテガイは、年によって生殖巣の発達や産卵期間が異なっており、グルタミン酸などの成分が性成熟や産卵の指標となる可能性があるため、今後さらに検討する必要がある。マボヤ筋膜体⁴⁰⁾ではプロリン量が夏季に増加することが報告され、味への関与が指摘されている。ホタテガイのプロリン量は量的には少ないが、明瞭な季節変動を示しており、今後の検討が重要と思われる。また、ホタテガイのエキス成分については、大石ら⁴¹⁾、鴻巣ら³⁸⁾が報告しており、それらデータと比較すると、本地域の貝柱エキスは、タウリン量が多い特徴が認められた。

前述したように春から夏にかけてホタテガイ棲息環境の海水塩分濃度が上昇するため、貝柱の浸透圧調整によって Na^+ が急激に減少した (Fig. 10) 可能性がある。

また、ATPは生体内では通常 Mg^{2+} と結合しており、夏季のATPと Mg^{2+} 増加との関連が考えられる。各無機成分の変動は棲息環境の変化やホタテガイの成長など様々な要因が関与していると考えられ、今後さらに検討する必要がある。

上記の結果については、主に貝柱成分の季節的な変動とその生理的な意義について考察した。一方、貝柱を食品として評価する場合は、成分含有値が有効となるが、ホタテガイの摂餌による成長部分を評価する場合には、貝柱の1個当たりのグリコーゲン量やタンパク質量等の増加を考慮する必要がある。また、貝柱のグリコーゲン量が多くなると、タンパク質量にも影響するため、貝柱の呈味や食感にはこの2成分のバランスも重要と思われる。

ホタテガイ貝柱の呈味成分は先に示した遊離アミノ酸の他にAMPも同定されている³⁹⁾。AMPが苦味を抑制するという報告⁴²⁾もあり、その点でも呈味発現に寄与している可能性もある。鮮度の良いホタテガイから冷凍貝柱を製造した場合、解凍直後にはAMPが多量に蓄積する⁴³⁾。Fig.6に示したとおり、夏季には貝柱のATP関連化合物量が大きく、加工条件によっては、他の時期に比べてAMPを多く蓄積することが考えられる。アルギニンは、特に乾かたて貝柱で顕著に増加する⁴⁴⁾ことが報告されている。これは脱殻工程での加熱処理の際に、アルギニンリン酸の急激な分解に伴って増加するためである。ホタテガイの鮮度管理や加熱方法によって、L-アルギニン量も減少することが予想される。今後は、L-アルギニンも含め呈味成分の残存を高めるような加工技術の開発が求められてくるだろう。また、呈味を有する遊離アミノ酸はグルタミン酸を除いて夏季に多いことが明らかとなった。Watanabeら⁴⁵⁾はクロアワビのエキス成分の季節変動を調べ呈味成分であるグルタミン酸、グリシン、AMPの総量は9月に多くなり、この時期クロアワビが美味になると報告している。貝柱の成長や呈味成分の季節変化を総

合的に評価すると、この地域のホタテガイの貝柱はクロアワビと同様に夏季が旬と考えられた。

第1章の要約

ホタテガイ貝柱の一般成分においては、グリコーゲン量は春から夏にかけて増加し、秋に向かって減少した。水分量はグリコーゲン量の変化と逆の傾向を示した。タンパク質量は春から秋にかけて増加し、その後減少した。1個当たりのグリコーゲン量とタンパク質量は春から夏にかけて増加し、秋に向かって減少した。このため、貝柱の成長のピークは夏季であることが明らかとなった。また、グリコーゲンとタンパク質の無水物値には負の相関関係があることが明らかとなった。

ATP関連化合物量については、春から夏にかけて増加し秋に向かって減少した。オクトピン量は産卵時期と8月~11月まで増加し、L-アルギニン量は産卵時期と10月にピークが認められた。遊離アミノ酸量は約2000~2600mg/100gと変動し、春から夏にかけて高くなった。遊離アミノ酸はタウリンとグリシンで6割以上を占め、味に関連するアミノ酸としてL-アルギニンの他にグリシン、アラニン、グルタミン酸が含まれていた。グルタミン酸量は5月に特異的に高く、10月で最小となり、プロリンは量的には少ないが明瞭な季節変動を示した。呈味を有する遊離アミノ酸はグルタミン酸を除いて夏季に多いことが明らかとなった。

Kは3月で480mg/100g,Naは3月で200mg/100g,Mgは8月で48.3mg/100gとそれぞれ最大となり、Caは約10mg/100g前後の値で、6月、8月に高い値を示した。また、灰分の30%以上を占めるKは灰分の季節変動とはほぼ一致していた。

以上の結果から貝柱の成長や呈味成分の季節変化を総合的に評価すると、この地域のホタテガイの旬は夏季であり水揚げが集中する時期と一致していた。

第2章 ホタテガイ生鮮貝柱の硬化発生要因

ここ10数年、北海道におけるホタテガイは、生産量の増大に伴い価格の低迷が問題となっている。一方、消費者の生鮮志向が強まってきている中で、冷凍貝柱から生鮮貝柱へと消費が移行しつつあるのが現状である。しかし、生鮮貝柱における流通の現場では、硬化と呼ばれる貝柱の表面が黒ずみ、触感的に弾力がなく硬くなる現象が品質上の問題となり、貝柱の価格低下をまねいている。この黒ずんだ貝柱は、魚類等でみられる硬直と同様の現象と思われる。この章においては、貯蔵条件、製造条件、流通条件と硬化発生要因との関係を明らかにするとともに

に、水揚げ時期による硬化発生の差異についても検討した。

2.1 生鮮貝柱の硬化に与える貯蔵温度の影響

水揚げ直後のホタテガイから貝柱を分離し、5℃、0℃、-3℃貯蔵中の貝柱成分の変化や硬化発現、物性および官能評価による品質変化について検討した。各温度帯で貯蔵した場合のホタテガイ生鮮貝柱の成分変化と品質変化の関係から鮮度指標を検索するとともに、生鮮貝柱の適切な貯蔵温度について検討した。