

## 蓄養水の塩分がヤマトシジミ *Corbicula japonica* の呈味性に及ぼす影響

佐藤暁之<sup>\*1</sup>, 清水茂雅<sup>1</sup>, 成田正直<sup>2</sup>, 辻 浩司<sup>2</sup>, 宮崎亜希子<sup>3</sup>, 蛸谷幸司<sup>3</sup>, 渡辺智治<sup>4</sup>, 畑山 誠<sup>5</sup>, 麻生真悟<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北海道立総合研究機構 網走水産試験場, <sup>2</sup>北海道立総合研究機構 中央水産試験場,  
<sup>3</sup>北海道立総合研究機構 釧路水産試験場, <sup>4</sup>北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場,  
<sup>5</sup>北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場道東センター

Effect of Different Salinities Used for Preservation on the Taste of *Corbicula japonica*

AKIYUKI SATOU<sup>\*1</sup>, SHIGEMASA SHIMIZU<sup>1</sup>, MASANAO NARITA<sup>2</sup>, KOJI TSUJI<sup>2</sup>, AKIKO MIYAZAKI<sup>3</sup>,  
KOJI EBITANI<sup>3</sup>, TOMOHARU WATANABE<sup>4</sup>, MAKOTO HATAKEYAMA<sup>5</sup> and SHINGO ASOU<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Abashiri Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Mombetsu, Hokkaido, 094-0011*,  
<sup>2</sup> Central Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Yoichi, Hokkaido, 046-8555*,  
<sup>3</sup> Kushiro Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Kushiro, Hokkaido, 085-0024*,  
<sup>4</sup> Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Eniwa, Hokkaido, 061-1433*,  
<sup>5</sup> Doto Branch, Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Nakashibetsu, Hokkaido, 086-1164, Japan*

*Corbicula japonica* was preserved using different salinities to improve its taste. *C. japonica* caught at Lake Abashiri was preserved in artificial seawater of 10 practical salinity unit (psu) or 5 psu for 24 h. A decrease in the water content and increase in free amino acids (mainly glutamic acid, alanine, beta-alanine, and proline) in the soft tissue was observed. Therefore, these osmolytes could possibly be primarily responsible for osmoregulation. Similar to the soft tissue, preservation in a salinity of 10 psu for 24 h resulted in an increase in four free amino acids in the extract. The taste of *C. japonica* was enhanced by preservation in artificial seawater of 10 psu for 24 h, possibly because alanine and proline taste sweet and glutamic acid has an umami taste.

キーワード：オスモライト，ヤマトシジミ，塩分，蓄養，呈味成分，煮汁，遊離アミノ酸

ヤマトシジミは北海道の内水面漁業において重要種であり、河川漁業及び湖沼漁業における2014年度の全道の漁獲量は833.7t、生産金額は約6億2千万円と内水面の漁獲対象種では第1位であった（内藤ら、2016）。道内におけるヤマトシジミの漁場は網走湖、天塩川、網走川、シブノツナイ湖などで、特に網走湖は全道のヤマトシジミ漁獲量の83.6%を占める主要な漁場となっている。また、網走湖、網走川、シブノツナイ湖、藻琴湖などを含めたオホーツク総合振興局管内の占める割合は93.2%となり、地域の重要な水産資源となっている。

ヤマトシジミは、海水と淡水が入り混じる汽水域の砂

泥底に生息する広塩性生物であるが、海水の流入量が多く恒常的に高塩分となる場所では生息することが出来ず、70%海水（海水:淡水=7:3）以上の塩分ではへい死してしまうことが報告されている（石田・石井、1971；内田・佐藤、1978；佐藤・内田、1978）。具体的には、塩分0.3～21psuがヤマトシジミの生息可能な塩分範囲であるといわれている（田中、1984；中村ら、1996；中村ら、1997）。

環境の塩分の変化に対し、貝類をはじめとした軟体動物は浸透圧を調整して環境適応を行っているといわれている（鴻巣・品川、1988）。この性質を利用し、塩分を

変えて蓄養することにより付加価値を向上させる試みとして、辻ら（2012）は脱塩深層水（ミネラルウォーター）製造の際に排出される濃縮海洋深層水を活用し、高塩分海水によるホタテガイの蓄養技術を検討した。濃縮海洋深層水と海水を混合し45psuに調製した高塩分海水で蓄養したホタテガイの貝柱は、刺身による官能検査で「塩味」、「うま味」、総合的な「美味しさ」の点でそれぞれ有意に好まれることを明らかにし、ホタテガイの呈味性強化技術を確立した。

ヤマトシジミは一般的に、調理加工前に水へ数時間から一昼夜程度浸して砂出しをすることから、この砂出しの条件が呈味性に影響を及ぼしていることが想定される。しかし、塩分とヤマトシジミ軟体部の呈味性に関する知見が少ないことから、本研究では塩分や蓄養時間といった蓄養条件と呈味成分量について比較検討した。また、ヤマトシジミの主な喫食形態は味噌汁などの汁物であるが、塩分別の蓄養がヤマトシジミの煮汁の呈味性へ及ぼす影響に関する知見はほとんど無いため、蓄養水の塩分と煮汁の呈味成分量について比較検討した。

### 試料及び方法

2014年5月及び2015年10月、さけます・内水面水産試験場の網走湖ヤマトシジミ分布調査の11定点のうち、分布量の多いLine11（北緯43度58.974分、東経144度9.884分）の水深2m地点にてヤマトシジミを採取するとともに、水質計（YSI, 6600V2, 650MDS）を使用して採取地点の湖底直上の水温、塩分、溶存酸素量、酸素飽和度を測定した（Fig.1）。採取したヤマトシジミは湖水ごとクーラーボックスに入れて持ち帰り、直ちに蓄養試験に供した。

2014年5月の試料を用いた蓄養試験は、人工海水（イワキ、レイシーマリン）と蒸留水で塩分0, 1, 5, 10psuにそれぞれ調製した蓄養水を20℃のインキュベーター内で24時間静置して予め恒温化し、試料重量の約5倍量の蓄養水を用いて、20℃のインキュベーター内で1, 2, 3, 6, 24時間、静水で蓄養して分析に供した。エアレーションは、気泡やモーターの振動の影響なのか貝殻を閉じてしまい十分な砂出しが期待できないことから行わなかった。なお、2015年10月の試料に関しては0, 10psuで24時間、同様に蓄養を行った。

試料は重量などを測定（ $n = 10$ ）し、軟体部20個体分を均一に細切・混合して分析に供した。なお、軟体部指数は次の式により求めた。

$$\text{軟体部指数} = \frac{\text{軟体部重量}}{\text{殻重量} + \text{軟体部重量}} \times 100$$

試料の成分分析は、軟体部指数を測定した後、軟体部の水分、遊離アミノ酸、コハク酸について行った。

2015年10月に採取した試料を用いて0psu及び10psuで24時間蓄養したものに関し、塩分別の蓄養が煮汁の遊離アミノ酸組成へ及ぼす影響を比較検討した。ヤマトシジミの煮汁の調製は岡本ら（2012）の方法を改変して行った。すなわち、試料50個について、全重量から推定した軟体部重量の5倍量の蒸留水を沸騰させ、そこへ投入し、再沸騰後1分間加熱してから冷却した。冷却した煮汁をろ紙（ADVANTEC, No.5A）でろ過し、試料液とした。

軟体部からの遊離アミノ酸及びコハク酸の抽出は、試料約2gを秤量し、6%過塩素酸20mlを加えてホモジナイズ（10,000rpm, 1分間）し、遠心分離（3,000rpm, 10分間）した。上清をろ紙（ADVANTEC, No.5A）でろ過し、ろ液10mlに10N及び1Nの水酸化カリウム水溶液を加えて中和し、50mlにメスアップした。これを一晩静置し、生成した沈殿をろ紙（ADVANTEC, No.5C）で除去し、分析に供した。抽出液は、アミノ酸分析計で分析するために、0.1N塩酸を加えて0.01N塩酸相当に調整したのち、フィルター（ザルトリウス, 0.45 $\mu$ m）でろ過して分析に供した。また、煮汁はアミノ酸分析計で分析するために軟体部の抽出液と同様に0.01N塩酸相当に調整したのち、フィルター（ザルトリウス, 0.45 $\mu$ m）でろ過して分析に供した。

水分は105℃常圧乾燥法、グリコーゲンはアンスロン硫酸法（福井, 1982）、遊離アミノ酸は高速アミノ酸分析計（日立L-8900）を用いて分析した。コハク酸は以

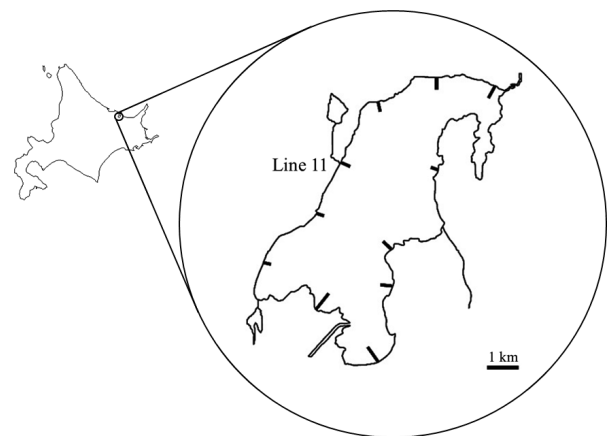


Fig.1 Distribution study lines of *Corbicula japonica* at Lake Abashiri. Black bars in the lake represent study lines. *C. japonica* caught at Lake Abashiri Line 11 (N43°58.974' E144°09.884') at a depth of 2 m

下の条件の高速液体クロマトグラフ (HPLC) で分析した。HPLC: 日立LaChrom Elite, カラム: 日立Gelpack GL-C610H (10.7mmI.D.×300mm), 溶媒: 0.1%リン酸水溶液, 流速0.5ml/min, カラム温度: 60℃, 検出波長: UV 210nm。

なお, 軟体部の遊離アミノ酸及びコハク酸は無水物換算値で表し, 煮汁の遊離アミノ酸は軟体部100g当たりとした。また, 有意差検定はTukey-Kramer法による多重比較検定を行った。

## 結果

**ヤマトシジミの原料性状** 2014年5月及び2015年10月の試料採取地点の水質はそれぞれ, 水温14.7, 8.9℃, 塩分1.3, 2.4psu, 溶存酸素量9.7, 9.1mg/L, 酸素飽和度91.3, 79.2%であった (Table 1)。また, 採取したヤマトシジミの平均殻長±標準偏差は26.1±2.3, 28.4±2.0mm, 全重量7.7±2.0, 8.1±1.3g, 軟体部指数20.2±4.0, 19.4±2.5であった (Table 2)。

今回の水質調査において, 2015年10月の酸素飽和度が79.2%と低くなっているが, これは採取日直前の低気圧により貧酸素底層水の湧昇があったためと推察された。しかし, この時の溶存酸素量は9.1mg/Lであり, ヤマトシジミは溶存酸素量1.5mg/L以上 (水温28℃) あれば生存に影響が無いことが報告されている (中村, 1998)。よって, 本研究で用いるに当たって, 今回の酸素飽和度の低下によるヤマトシジミへの影響は特段無いと考えられた。

Table 1 Water temperature, salinity, dissolved oxygen, and oxygen saturation at Lake Abashiri Line 11 (N43°58.974' E144°09.884') at a depth of 2 m in 2014 and 2015

	Water Temperature (°C)	Salinity (psu)	Dissolved Oxygen (mg/L)	Oxygen Saturation (%)
May, 2014	14.7	1.3	9.7	91.3
October, 2015	8.9	2.4	9.1	79.2

Table 2 Shell length, total weight, and soft tissue index of *Corbicula japonica* caught at Lake Abashiri Line 11 (N43°58.974' E144°09.884') at a depth of 2 m in 2014 and 2015. Values are mean ± S.D. (n=10)

	Shell Length (mm)	Total Weight (g)	Soft Tissue Index
May, 2014	26.1±2.3	7.7±2.0	20.2±4.0
October, 2015	28.4±2.0	8.1±1.3	19.4±2.5

**塩分別の蓄養によるヤマトシジミ軟体部への影響** 塩分別に24時間蓄養したヤマトシジミの軟体部指数を比較したところ, 0psuで蓄養したものは27.0±2.2で蓄養前の21.6±4.7より有意に高くなっていたが, 5, 10psuでは各々20.4±3.1, 20.8±3.9で蓄養前と有意差が無く, 変化はみられなかった (Fig.2)。なお, 0psu蓄養による軟体部指数の上昇に関しては, 追試を実施したが必ずしも再現性はみられなかった。

水分は, 蓄養1時間後から差がみられ, 10psuで蓄養したものは3時間後に82.7%から76.4%へ減少した後, 6時間後に77.8%と微増し, 24時間後まで77.5%と変わらなかった。5psuで蓄養したものは6時間後には78.8%まで低下した (Fig.3)。

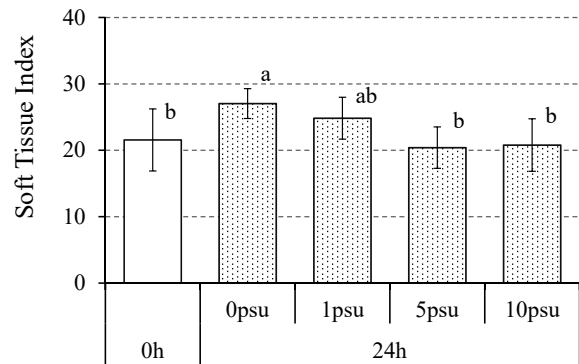


Fig.2 Soft tissue index of *Corbicula japonica* preserved in different salinities for 24 h. Different salinities (0, 1, 5, and 10 psu) were achieved using artificial seawater. Samples were caught at Lake Abashiri in May 2014. Average values were calculated for 10 samples. Error bars indicate ± S.D. Means with the same letter are not significantly different (Tukey-Kramer test, P < 0.01)

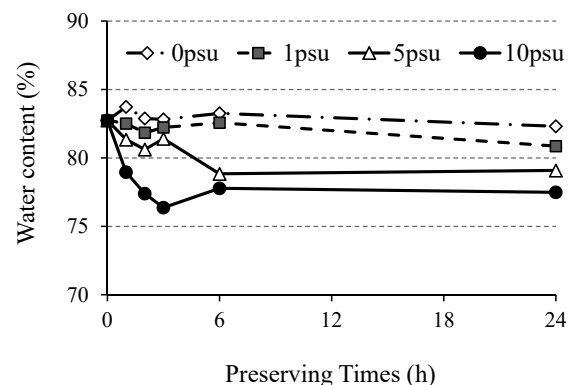


Fig.3 Water content of *Corbicula japonica* preserved in different salinities for 24 h. Different salinities (0, 1, 5, and 10 psu) were achieved using artificial seawater. Twenty samples were mixed uniformly for analyses. The reduction in water content was measured using the drying method (105°C, 24 h)

コハク酸は、各塩分ともおおむね1,000~1,500mg/100gで推移し、塩分や蓄養時間による顕著な傾向はみられなかった (Fig.4)。

遊離アミノ酸は、10psuでは蓄養1時間後から増加し、蓄養24時間後では、蓄養前の1,488mg/100gから2,820mg/100gと約1.9倍になった。5psuは6時間後までは増加せず、6~24時間後の間で増加し、24時間後では1,804mg/100gと約1.2倍になった。一方、0psu及び1psuでは遊離アミノ酸の増加は全くみられなかった (Fig.5)。

遊離アミノ酸を個別にみると、10psu、5psuでの蓄養により増加した主な遊離アミノ酸はグルタミン酸、アラニン、β-アラニン、プロリンの4種類であった。10psuで24時間蓄養したものを蓄養前と比較すると、グルタミン酸が2.2倍、アラニンが4.6倍、β-アラニンが19.3倍、プロリンが9.2倍となった。この4種類の遊離アミノ酸を合

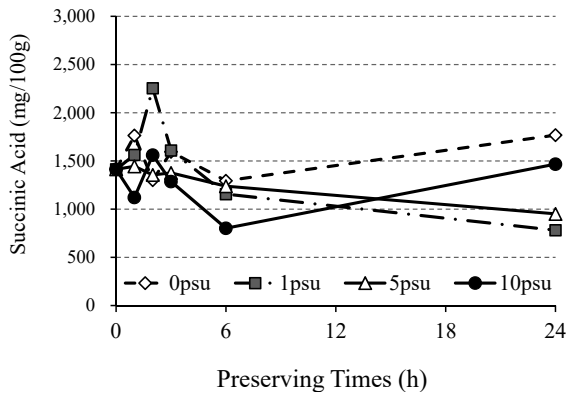


Fig.4 Succinic acid content of *Corbicula japonica* preserved in different salinities for 24 h. Different salinities (0, 1, 5, and 10 psu) were achieved using artificial seawater. Twenty samples were mixed uniformly and measured by HPLC. Data are shown as dry basis

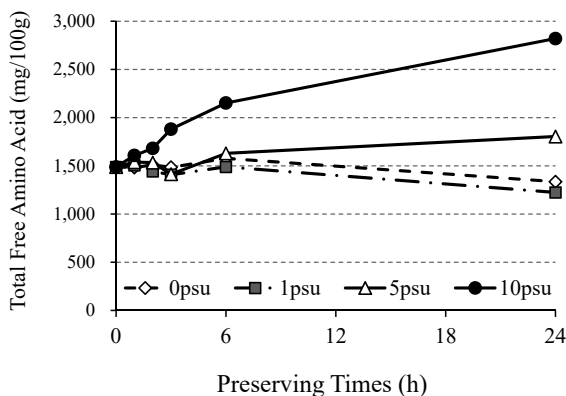


Fig.5 Total free amino acid content of *Corbicula japonica* preserved in different salinities during 24 h. Different salinities (0, 1, 5, and 10 psu) were achieved using artificial seawater. Twenty samples were mixed uniformly and measured by a High-speed Amino Acid Analyzer L-8900 (Hitachi High-Technologies). Data are shown as dry basis

計すると、蓄養前は遊離アミノ酸全体に占める割合は20.7%であったのに対し、10psuで24時間蓄養後は59.3%となっており、この4種類で遊離アミノ酸増加量の92.2%を占めていた。

各遊離アミノ酸の増加速度は蓄養時間によって異なり、10psu蓄養によるアラニンの増加量は蓄養3時間後までは1時間当たり53.0~69.4mg/100gであったが、3~6時間後では38.6mg/100g、6~24時間後では17.4mg/100gと減少した。

また、プロリンは6時間後までは24.3~42.0mg/100gであったが、6~24時間後では5.1mg/100gと減少した。β-アラニン及びグルタミン酸は3時間後まではそれぞれ21.4~28.4mg/100g、11.1~16.6mg/100gであったが、3~24時間後では13.5~14.5mg/100g、2.7~4.3mg/100gとなった (Fig.6)。

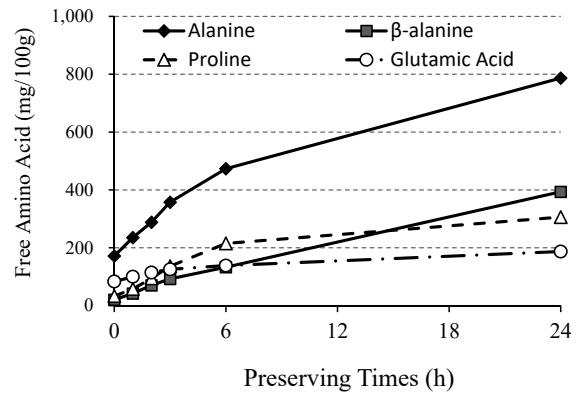


Fig.6 Free amino acid content of *Corbicula japonica* preserved in a salinity of 10 psu for 24 h. The salinity was prepared using artificial seawater. Twenty samples were mixed uniformly and measured using a High-speed Amino Acid Analyzer L-8900 (Hitachi High-Technologies). Data are shown as dry basis

塩分別の蓄養によるヤマトシジミ煮汁への影響 0psu、10psuで24時間蓄養した試料について、煮汁を調製する前の軟体部の遊離アミノ酸を測定し、塩分別に遊離アミノ酸量を比較したところ、遊離アミノ酸全体では0psuが2,119mg/100gであったのに対し、10psuでは3,583mg/100gとなり、塩分により約1.6倍の差がみられた。また、先の実験で特異的に増加した4種類の遊離アミノ酸の合計量は0psuが611mg/100gであったのに対し、10psuでは1,926mg/100gであり約3.2倍の差がみられたが、逆にそれら4種類以外の遊離アミノ酸量はそれぞれ1,589mg/100g、1657mg/100gであり、ほとんど差はみられなかった (Fig.7)。

煮汁の遊離アミノ酸も軟体部と同様に塩分による影響がみられており、10psuでは0psuと比較してアラニンが4.4

倍の103.2mg/100g, プロリンが19.4倍の27.6mg/100g,  $\beta$ -アラニンが3.4倍の24.4mg/100g, グルタミン酸が3.2倍の31.2mg/100gとなった。遊離アミノ酸全体では, 0psuと10psuはそれぞれ122.3mg/100gと307.7mg/100gで2.5倍の差があるが, 上記4種類の合計量では4.5倍の差があり, また, 上記4種類の全体に占める割合も0psuと10psuでは34.0%と60.6%となっており, 蓄養水の塩分により煮汁の遊離アミノ酸組成が大きく変化していた (Fig. 8)。

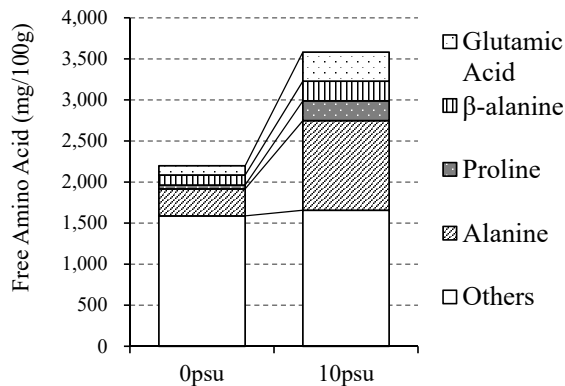


Fig. 7 Free amino acid compositions of *Corbicula japonica* preserved in different salinities for 24 h. Different salinities (0 and 10 psu) were achieved using artificial seawater. Samples were caught at Lake Abashiri in October 2015. Twenty samples were mixed uniformly and measured using a High-speed Amino Acid Analyzer L-8900 (Hitachi High-Technologies). Data are shown as dry basis

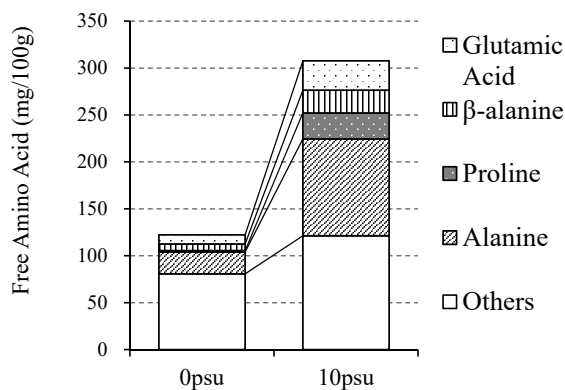


Fig. 8 Free amino acid compositions of *Corbicula japonica* extracts preserved in different salinities for 24 h. Different salinities (0 and 10 psu) were achieved using artificial seawater. Extracts were prepared by boiling 50 samples with distilled water and measured them using a High-speed Amino Acid Analyzer L-8900 (Hitachi High-Technologies)

## 考 察

海産生物は外部の塩分に対し, 浸透圧を調整して環境適応するため, 浸透圧調整物質 (オスモライト) を活用していることが知られている。例えば, サメ, エイなどの板鰓類では無機イオン, 尿素, トリメチルアミノオキシドで体液浸透濃度を調整していることが報告されている (大黒, 2002)。海産無脊椎動物では遊離アミノ酸をオスモライトとして使用しており, 高塩分環境下では細胞内でその濃度を増加させて環境適応していることが報告されている (阿部, 2008; 鴻巣・品川, 1988; 中村, 1998)。

本研究において, 蓄養水の塩分を上げることにより特異的に増加した遊離アミノ酸はグルタミン酸, アラニン,  $\beta$ -アラニン, プロリンの4種類であり, これらがヤマトシジミの浸透圧調整に関与しているオスモライトであると考えられた。中村 (1998) は, ヤマトシジミの高浸透圧馴致ではアラニン, グルタミン酸, プロリンが, まず環境水の浸透圧の変化に即座に反応して上昇し, 高浸透圧環境が持続されると, アラニン, プロリンが徐々に増加するとしている。本研究ではそれに加え $\beta$ -アラニンも初期の浸透圧調整に関与していることが示唆された。また, 蓄養3時間後までに4種類の遊離アミノ酸が増加する初期の反応がみられ, その後3~6時間後でアラニン及びプロリンが主に増加し, 6~24時間後までアラニン及び $\beta$ -アラニンが徐々に増加して, 高浸透圧適応を行っていると考えられた。

ヤマトシジミの初期の浸透圧調節反応は, 塩分10psuについては軟体部の水分にも影響がみられ, 蓄養開始から3時間後で一気に減少し浸透圧を高めたと推察された。その後, 3~6時間後でわずかに増加したあとは24時間後まで変わらなかった。

$\beta$ -アラニンは他の海産無脊椎動物でもオスモライトとして作用していることが報告されており, ヤマトシジミと同じ二枚貝のタイラギ, アカガイ, マガキの他, シロボヤやイソギンチャクでも浸透圧調整に使われていることが観察されている (鴻巣・品川, 1988)。

Fig. 6の結果より, アラニンは, 蓄養前には軟体部の全遊離アミノ酸に占める割合は11.5%であったが, 10psuで24時間蓄養することにより27.9%へと上昇し, 遊離アミノ酸組成の中で最も比率が高くなった。また, Fig. 7の結果より 0psuと10psuでそれぞれ24時間蓄養した軟体部のアラニン量を比較すると, 0psuでは328.4mg/100gであったのに対し, 10psuでは1091.3mg/100gと約3.3倍多くなった。中村 (1998) も0psu, 10psuに調製した20℃の蓄養水でヤマトシジミをそれぞれ24時間馴致させたところ

ろ, 水分1kg当たりのアラニン量はオスが5.20mmolと31.72mmolで約6.1倍, メスは6.29mmolと29.24mmolで約4.6倍の差がみられており, ほぼ同様の結果であった。アラニンも海産無脊椎動物の主要なオスモライトの一つであり, ハマグリ, クルマエビ, アメリカザリガニ, モクズガニで浸透圧調整に重要な役割を担っていることが報告されている(阿部, 2008)。

遊離アミノ酸は, 核酸関連物質などと並びヤマトシジミの呈味性にも大きく寄与していることが報告されている(武, 1969)。また, 呈味性に関し, 遊離アミノ酸はそれぞれ固有の味を持っていることが知られている。今回, オスモライトとして増加することが明らかとなったアラニン, プロリンは甘味を呈し(二宮, 1968; 金子, 1940), グルタミン酸はうま味に関与する(鴻巣, 1973; 前田ら, 1958)。また, 各アミノ酸について, どの程度の濃度差があれば味の強さの識別が可能であるかを知るため, 二宮(1968)は官能検査により水溶液中における各アミノ酸の弁別閾の測定を行った。その結果, L-アラニンは10%, L-プロリンは50%, L-グルタミン酸は20%の濃度差があれば有意に識別しようとした。本研究における各遊離アミノ酸の, 0psuと10psuで24時間蓄養したヤマトシジミの煮汁における濃度差は, アラニンが343%, プロリンが1,844%, グルタミン酸が223%であり, 各アミノ酸の弁別閾を大きく上回っていた。このことから, ヤマトシジミを10psuで蓄養することにより, 煮汁の呈味性が向上するものと考えられた。また, 今回の煮汁を数名で官能評価したところ, 蓄養水の塩分によって甘味などに差が感じられた。今後, 一定のパネル数を確保した上で官能評価を行い, 統計学的な有意差を明らかにする必要がある。

これらより, ヤマトシジミを10psuで24時間蓄養することにより軟体部指数, すなわち歩留まりを大きく変化させずに軟体部の呈味性を向上させること, 更にその呈味性の向上は煮汁にも反映されることを明らかにした。

なお, 軟体部の遊離アミノ酸の増加及び水分の減少から示唆される, ヤマトシジミにおける浸透圧調整の初期反応は3時間後までに起こると考えられたことから, 家庭で調理加工する前の砂出しは, 呈味性の観点から3時間以上が妥当であると推察された。

本研究では, 蓄養によるコハク酸の顕著な増加はみられなかったことから, コハク酸は浸透圧調整に関与していないと考えられた。また, コハク酸は嫌気呼吸の代謝産物として空中放置や無酸素水蓄養により増加するといわれていることから(鴻巣ら, 1967; 中村, 1998), 本研究の蓄養条件では差がみられなかったと推察された。一方, コハク酸はヤマトシジミの呈味性において, 遊離

アミノ酸など主となる呈味成分の相乗効果があるとされている(武, 1969; 鴻巣ら, 1967)。このため, 今後は遊離アミノ酸だけではなく, コハク酸も増加させる蓄養条件を検討する必要がある。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり, 試料の採取などに多大なるご尽力をいただいた西網走漁業協同組合川尻敏文氏, 末澤海一氏に心より感謝いたします。

## 引用文献

- 阿部宏喜. 水生動物における遊離D-アミノ酸の存在, 生合成および生理的意義. 生化学 2008;80(4):308-315.
- 石田 修, 石井俊雄. ヤマトシジミの塩分に対する抵抗性, ならびに, 地域による形態の相違. 水産増殖 1971;19(4):167-182.
- 内田 晃, 佐藤直紀. ヤマトシジミの環境変化(塩分量)に伴う影響について- II (低塩分から高塩分への移行における鰓纖毛運動の変化について). 千葉県内水面水産試験場試験調査報告第2号 1978;2:24-26.
- 大黒トシ子. 魚類の浸透圧調節とトリメチルアミノオキシドの役割. 山陽論叢 2002;9:1-17.
- 岡本成司, 山口洋子, 小山寛喜, 中谷操子, 米田千恵, 渡部終五. 生息域を異にする涸沼川水系産ヤマトシジミ *Corbicula japonica* のエキス成分および潮汁の食味の比較. 日本水産学会誌 2012;78(3):444-453.
- 金子武夫. プロリン及びオキシプロリンの立体化学的構造に就て. アミノ酸の立体化学的研究(III). 日本化学会誌 1940;61(3):207-219.
- 鴻巣章二, 柴生田正樹, 橋本芳郎. 貝類の有機酸, とくにコハク酸含量について. 栄養と食糧 1967;20(3):186-189.
- 鴻巣章二. 魚貝類の味-呈味成分を中心にして- 日本食品工業学会誌. 1973;20(9):432-439.
- 鴻巣章二, 品川 明. 無脊椎動物の含窒素エキス成分. 「魚介類のエキス成分(坂口守彦編)」恒星社厚生閣, 東京. 1988;9-24.
- 佐藤直紀, 内田 晃. ヤマトシジミの環境変化(塩分量)に伴う影響について- III (低塩分から高塩分への移行におけるへい死の変化について). 千葉県内水面水産試験場試験調査報告第2号 1978;2:27-30.
- 武 恒子. 各種食品中の呈味成分に関する研究. 調理科

- 学 1969;2(4): 231-237.
- 田中彌太郎. ヤマトシジミの塩分耐性について. 養殖研究所研究報告 1984;6:29-32.
- 辻 浩司, 櫻井 泉, 野俣 洋. ホタテガイの飼育塩分制御による呈味性強化. 「沿岸漁獲物の高品質化—短期蓄養と流通システム (福田 裕, 渡部終五編)」恒星社厚生閣, 東京. 2012;76-88.
- 内藤一明, 安富亮平, 中島美由紀. 平成26年度道総研さけます・内水面水産試験場事業報告書. 北海道立総合研究機構水産研究本部さけます・内水面水産試験場, 恵庭. 2016;63-71.
- 中村幹雄, 乞川 明, 気橋文子, 山根恭道, 向井哲也, 安木 茂, 松本洋典. ヤマトシジミの「うま味」を増す砂抜き・保存方法について. 鳥根県水産試験場平成5年度(1993)事業報告1993;167-175.
- 中村幹雄, 安木 茂, 高橋 文, 品川 明, 中尾 繁. ヤマトシジミの塩分耐性. 水産増殖 1996;44(1) :31-35.
- 中村幹雄, 品川 明, 戸田顕史, 中尾 繁. 宍道湖および中海産二枚貝4種の環境耐性. 水産増殖 1997;45(2):179-185.
- 中村幹雄. 宍道湖におけるヤマトシジミ *Corbicula japonica* PRIMEと環境との相互関係に関する生理生態学研究. 鳥根県水産試験場研究報告第9号 1998.
- 二宮恒彦. アミノ酸の呈味に関する研究. 調理科学 1968;1(4):185-197.
- 福井作蔵. 「生物化学実験法1. 還元糖の定量」学会出版センター, 東京, 1982;47-50.
- 前田清一, 江口貞也, 佐々木 裕. 食品中の遊離Lグルタミン酸含有量について. 家政学雑誌 1958;9(4):163-167.