異なる餌料で養殖したアワビ F1 交雑種の肉質の比較

原田 恭行,^{1*} 熊谷 敬之,² 小善 圭一,^{1a} 横井 健二¹

(2011 年 12 月 12 日受付, 2012 年 5 月 16 日受理)

¹富山県農林水産総合技術センター食品研究所, ²入善漁業協同組合Quality of the meat of cultured F1-hybrid abalone fed with three different diets:
kelp, seaweed or artificial dietYASUYUKI HARADA,^{1*} TAKAYUKI KUMAGAI,² KEI-ICHI SYOZEN^{1a} and KEN-JI YOKOI¹¹Food Research Institute, Toyama Prefectural Agricultural, Forestry and Fisheries Research Center, Yoshioka, Toyama 939-8153, ²Federation of Fisheries Cooperative Association of Nyuzen, Nyuzen, Toyama 939-0667, Japan

In the Federation of Fisheries Cooperative Association of Nyuzen, Toyama prefecture, F1-hybrid abalone has been cultivated in deep-sea water warmed to 17°C. The meat quality of the cultivated abalone fed with kelp (K-abalone), salted Wakame seaweed (S-abalone), or artificial diet (A-abalone) was evaluated with respect to moisture, breaking strength, free amino acids (FAA), ATP and its related compounds (ARC), and sensory evaluation. Moisture was low in A-abalone. Total amount of FAA was almost the same in each abalone, whereas glycine content was high in K-abalone. Moreover, four FAA, valine, leucine, phenylalanine and histidine, were significantly low in K-abalone. ARC composition was not affected by the diet. Sensory tests showed that S-abalone was soft, which was in accordance with the result of breaking strength. K-abalone was rich in sweetness, and it was suggested that the sweetness was affected by FAA composition. A-abalone was moderate in all attributes. Thus, these results demonstrated that the quality of abalone meat can be improved by the diet, and excellent products may be supplied in all seasons without seasonal variation.

キーワード：塩蔵ワカメ、コンブ、配合飼料、遊離アミノ酸、養殖アワビ

アワビは、国内有数の高級水産物であるが、乱獲、密漁、生息環境の悪化等により漁獲量が激減している。このため全国各地で種苗放流が盛んに行われているが、効果が十分に認められていないことも多い。陸上養殖事業にも取り組まれるようになったが、人工餌料費や電気代等の養殖コストが大きいため、多くの企業の経営は厳しく、^{1,2)} 国内での成功例は少ない。このような背景から、養殖コストの低減が課題となっており、餌料開発に関連してアワビ類の食性や餌料による成長への影響等が研究されている。エゾアワビに対する海藻類の飼料効率に関しては、マコンブ、ワカメ等の褐藻類が高餌料価海藻、アカハダ類、マツノリ等の紅藻類が低餌料価海藻に位置づけられ、褐藻類の特にコンブ目海藻が他の海藻と比較

して飼料効率が優れることが確認されている。^{3,4)} 配合飼料の開発も行われ、^{5,6)} 成長率や生残率に優れる配合飼料も開発されている。⁷⁾ しかし、配合飼料の多くは、飼料効率を重視して開発されており、高コストであることや、残餌による水質の悪化等、課題が指摘されている。^{2,6)} アワビの肉質に及ぼす餌料の影響については、成長に関連した研究に比べ少ないが、高餌料価海藻の給餌は、低餌料価海藻の給餌と比較して呈味性成分の含量が多く、呈味性も高い⁸⁾ こと、配合飼料の給餌は紅藻類の給餌と比較してグルタミン酸、グリシン、アデニル酸含量が多く、これらの成分がアワビの味に影響を与える呈味有効成分であること⁹⁾ 等が報告されている。しかし、これらの研究は、高餌料価海藻や配合飼料と低餌料価海

* Tel : 81-76-429-5400. Fax : 81-76-429-4908. Email : hara@agri.pref.toyama.jp

^a 現所属：富山県農林水産部水産漁港課 (Fisheries and Fishing Port Division of Agriculture, Forestry and Fisheries Department, Toyama Prefectural Government, Shinsogawa, Toyama 930-8501, Japan)

藻を単独給餌して品質を比較検討したものであり、高餌料価海藻や配合飼料を単独給餌して品質を比較した例は見当たらない。富山県の入善漁業協同組合においては、海洋深層水を用いたアワビ養殖を実用化している¹⁰⁾が、マコンブの養殖についても検討しており、これを同時にアワビの餌として用いることや多段養殖についても検討中である。^{1,11,12)}そこで本研究では、飼料効率の優れたアワビ餌料として、養殖マコンブ、入手が容易で保存性の優れた塩蔵ワカメ及び配合飼料の3種を用いて長期間(約1年間)、それぞれ単独に給餌して養殖したアワビ F1 交雑種の肉質について比較検討を行った。

試料および方法

供試貝 平均殻長 45 mm, 平均体重 14.1 g ($n=510$) のエゾアワビ *Haliotis discus hannai* (雄) とメガイアワビ *Haliotis gigantea* (雌) の交雑種 F1 (コスモ海洋牧場株式会社, 以下養殖アワビ F1 交雑種とする) を 2007 年 4 月から 2008 年 5 月までの約 1 年間養殖した個体を用いた。

供試海藻および配合飼料 マコンブ *Laminaria japonica* は、入善漁業協同組合深層水養殖施設で約 1 年間養殖したものをを用いた。ワカメ *Undaria pinnatifida* は市販の塩蔵ワカメを水道水で塩抜きして用いた。配合飼料は、コスモ海洋牧場株式会社製スペシャルタイプを用いた。

養殖条件 供試貝は、富山県入善漁業協同組合深層水養殖施設において、約 1 年間にわたり、マコンブ(コンブ区)、塩蔵ワカメ(ワカメ区)、配合飼料(配合区)の給餌区別に 3 t 容水槽に収容して養殖した($n=170$)。水槽には 17°C に加温した海洋深層水(富山県入善沖で取水)を満たした。¹⁰⁾ 給餌は、2 日に 1 回飽食量を与えた。

分析項目及び方法 水分は、105°C 常圧乾燥法、タンパク質はケルダール法、脂質は酸分解法、灰分は直接灰化法¹³⁾により測定した。肥満度は、次式により算出した。¹⁴⁾

$$\text{肥満度} = \text{軟体部重量(g)} \times 10^3 / [\text{殻長(mm)}]^3$$

遊離アミノ酸 (FAA) は、既報¹⁰⁾に基づき行った。すなわち、足筋を採取し、2 倍量の 10% トリクロロ酢酸 (TCA) を加えホモジナイズし、ろ液を水酸化カリウム (KOH) 溶液で中和した。この溶液をアミノ酸自動分析計 (日立製作所製 L8500 型) に供した。ATP-関連化合物 (ARC) は、足筋に 2 倍量の 10% TCA を加えてホモジナイズし、ろ液を KOH 溶液で中和した溶液を、ODS カラム (STR ODS-II, 信和化工) を装着した HPLC (LC10A, 島津製作所) に供した。破断強度は、アワビ足筋の中心部を 4 mm 厚に薄切し、レオナー (山電 RE-3305 型) により測定した。直径 3 mm

の円筒形プランジャーを用い、テーブルスピード 0.5 mm/sec とした。分析値は、給餌区間の差を比較検討するため、一元配置の分散分析 (ANOVA) を行った。有意差が認められた場合には、さらに Tukey の方法による多重比較検定を行った。結果の数値は、各試料 5 個体の平均値を示した。

官能検査 各試験区の足筋中央部を 4 mm 厚に薄切りにした試料について、順位法による評価を行った。パネルは富山県農林水産総合技術センター食品研究所の職員 17 名 (20~60 代) とした。検査は、歯ごたえ、旨味、甘味、総合評価の 4 項目とし、それぞれ最も好ましい試料を 1 位として順位付けを行った。検査結果は、パネル判定の一致性について、Kendall の一致性の係数 $W^{15)}$ により検定した。また、給餌区間の有意差は Kramer¹⁵⁾ および Newell and MacFarlane¹⁶⁾ の方法により検定した。

各給餌区の合成エキスの組成は、FAA 組成の結果 (Table 3) に示す項目のうち、グリシン、及びコンブ区に有意差が認められたバリン、ロイシン、フェニルアラニン、ヒスチジンの分析値どおりとした。これら 5 種のアミノ酸の混合溶液を調製し、1 N 水酸化ナトリウムで中性とした。パネルは、同研究所職員 6 名 (30~40 代) とした。

結 果

餌料の一般成分 餌料の一般成分を Table 1 に示した。海藻餌料を比較するとマコンブ (水分 89.8%, タンパク質 1.5%, 灰分 4.6%) は、塩蔵ワカメ (水分 93.3%, タンパク質 2.0%, 灰分 1.2%) より水分、タンパク質が少なく、灰分が多かった。配合飼料 (水分 10.6%, タンパク質 36.7%, 脂質 6.1%, 灰分 17.5%, 炭水化物 29.1%) は、海藻餌料に比べ、水分が少なく、タンパク質、脂質、灰分、炭水化物のいずれも多かった。

アワビの成長と水分 給餌区別アワビの月間成長率、月間増重率、肥満度、アワビ筋肉の水分を Table 2 に示した。貝殻の月間成長率は、コンブ区 ($5.9 \pm 0.4\%$) と配合区 ($5.9 \pm 0.3\%$) は同程度で、ワカメ区 (5.4 ± 0.2

Table 1 Chemical compositions of marine algae and artificial diet ($n=5$)

	<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Laminaria japonica</i>	Artificial diet
Moisture (%)	93.3 —	89.8 —	10.6 —
Protein (%)	2.0(29.9)	1.5(14.7)	36.7(41.1)
Lipid (%)	0.4(6.0)	0.2(2.0)	6.1(6.8)
Ash (%)	1.2(17.9)	4.6(45.1)	17.5(19.6)
Carbohydrate (%)	3.1(46.3)	3.9(38.2)	29.1(32.5)

(—): Dry weight basis

%) は、前2区と比較して低い傾向にあった。月間増重率は、コンブ区 ($26.1 \pm 2.7\%$) が配合区 ($22.2 \pm 2.3\%$)、ワカメ区 ($20.9 \pm 1.9\%$) と比較して高かった。肥満度は、コンブ区 ($0.128 \pm 0.01\%$)、ワカメ区 ($0.123 \pm 0.01\%$)、配合区 ($0.113 \pm 0.01\%$) の順に高い傾向にあった。水分はワカメ区 ($74.4 \pm 0.6\%$)、コンブ区 ($74.0 \pm 0.2\%$)、配合区 ($72.9 \pm 0.8\%$) の順に多い傾向にあった。

アワビの FAA 組成 給餌区別のアワビ筋肉の FAA

組成を Table 3 に示した。3 区の総量を比較すると配合区 ($3090 \pm 215 \text{ mg}/100 \text{ g}$)、ワカメ区 ($2878 \pm 128 \text{ mg}/100 \text{ g}$)、コンブ区 ($2850 \pm 238 \text{ mg}/100 \text{ g}$) の順に多い傾向にあるが、有意な差ではなかった。アワビの呈味有効成分であるグルタミン酸、グリシン^{17,18)}について見ると、グルタミン酸含量は、ワカメ区 ($196 \pm 55 \text{ mg}/100 \text{ g}$)、コンブ区 ($169 \pm 18 \text{ mg}/100 \text{ g}$)、配合区 ($138 \pm 40 \text{ mg}/100 \text{ g}$) の順に多い傾向にあるが、有意な差ではなかった。また、グリシン含量は、コンブ区 (612 ± 172

Table 2 Rate of monthly growth, rate of monthly increase in weight, degree of stoutness, and moisture in the muscle of abalone fed with different diets (mean $\pm$ SD, $n = 5$)

Fed-diet	<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Laminaria japonica</i>	Artificial diet	ANOVA (<i>P</i>)
Shell length (mm)	74 ± 0.7	77 ± 1.6	77 ± 1.6	> 0.05
Weight (g)	49 ± 2^a	58 ± 3.6^b	52 ± 2.8^a	< 0.01
Rate of monthly growth (%)	5.4 ± 0.2	5.9 ± 0.4	5.9 ± 0.3	> 0.05
Rate of monthly increase in weight (%)	20.9 ± 1.9^a	26.1 ± 2.7^b	22.2 ± 2.3^a	< 0.01
Degree of stoutness*	0.123 ± 0.01	0.128 ± 0.01	0.113 ± 0.01	> 0.1
Moisture (%)	74.4 ± 0.6	74.0 ± 0.2	72.9 ± 0.8	> 0.05

Means in the same row sharing the same superscript letter were not significantly different as determined by Tukey's test ($p > 0.05$)

* Body weight (g) $\times 10^3 / [\text{shell length (mm)}]^3$.

Table 3 Contents of free amino acids in the muscle of cultured F1-hybrid abalone fed with different diets (mg/100 g tissue; mean $\pm$ SD, $n = 5$)

Fed-diet	<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Laminaria japonica</i>	Artificial diet	ANOVA (<i>P</i>)
Taurine	1257 ± 149	1202 ± 150	1408 ± 161	> 0.1
Aspartic acid	24 ± 23	37 ± 37	22 ± 5	> 0.5
Threonine	67 ± 16^b	63 ± 20^b	33 ± 6^a	< 0.01
Serine	44 ± 10^b	38 ± 15^{ab}	25 ± 3^a	< 0.05
Glutamic acid	196 ± 55	169 ± 18	138 ± 40	> 0.1
Sarcosine	3 ± 2^a	10 ± 5^b	6 ± 2^{ab}	< 0.05
Glycine	461 ± 58	612 ± 172	532 ± 98	> 0.1
Alanine	43 ± 29	42 ± 32	25 ± 6	> 0.1
Citrulline	4 ± 1	3 ± 1	4 ± 1	> 0.5
Valine	39 ± 16^b	18 ± 6^a	43 ± 9^b	< 0.01
Cystine	2 ± 1^b	1 ± 1^b	0 ± 0^a	< 0.001
Methionine	15 ± 4^b	5 ± 2^a	6 ± 1^a	< 0.001
Isoleucine	21 ± 8^{ab}	11 ± 4^a	25 ± 5^b	< 0.05
Leucine	41 ± 14^b	18 ± 8^a	44 ± 9^b	< 0.005
Tyrosine	35 ± 8^a	32 ± 18^a	64 ± 17^b	< 0.01
Phenylalanine	22 ± 5^b	13 ± 5^a	28 ± 4^b	< 0.005
Ornithine	14 ± 16	10 ± 4	10 ± 1	> 0.5
Lysine	34 ± 5	29 ± 4	32 ± 5	> 0.5
Histidine	29 ± 5^b	15 ± 5^a	26 ± 5^b	< 0.005
Arginine	412 ± 55	443 ± 68	457 ± 39	> 0.5
Hydroxyproline	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	
Asparagine	27 ± 6^{ab}	23 ± 9^b	15 ± 2^a	< 0.05
Proline	90 ± 21^a	57 ± 29^a	150 ± 46^b	< 0.005
Total	2878 ± 128	2850 ± 238	3090 ± 215	> 0.1

Abbreviations are listed below Table 2.

mg/100 g), 配合区 (532 ± 98 mg/100 g), ワカメ区 (461 ± 58 mg/100 g) の順に多い傾向にあった。一方, アワビの呈味有効成分以外について見ると, ワカメ区では, メチオニン含量が多かった。コンブ区では, バリン, ロイシン, フェニルアラニン, ヒスチジン含量が少なかった。配合区では, チロシン, プロリンが多く, スレオニン, シスチン含量が少なかった。

アワビの ARC 組成 給餌区別のアワビ筋肉の ARC 組成を Table 4 に示した。ARC 総量は配合区 (4.41 ± 0.48 μ mol/g), コンブ区 (4.12 ± 0.71 μ mol/g), ワカメ区 (4.10 ± 0.56 μ mol/g) の順に多い傾向があった。アワビ類の呈味成分に關与する AMP 含量は, 配合区 (0.61 ± 0.21 μ mol/g), コンブ区 (0.51 ± 0.11 μ mol/g), ワカメ区 (0.49 ± 0.14 μ mol/g) の順に多い傾向にあったが有意差はなかった。

官能検査 給餌区別のアワビ筋肉の官能検査結果 ($n = 17$, 順位合計) を Table 5 に示した。パネルの判定は, 全ての項目について有意な一致性は認められなかったが, 各給餌区間では, 歯応えは, ワカメ区が好ましい傾向にあった。旨味は, コンブ区が好ましい傾向にあった。甘味は, コンブ区が好ましく, Kramer の検定の結果, その差は有意であった。しかし, 最近頻用される

Newell と MacFarlane の検定では有意差は認められなかった。総合評価は, ワカメ区が好ましい傾向にあった。そこで, 給餌区間で有意差のあった甘味について, アワビの主要な甘味成分と考えられているグリシン^{17,18)} 含量を給餌区間で比較すると, 甘味の好ましさの順位と一致したため, 各給餌区のグリシン含量を再現したアミノ酸溶液を調製し, 呈味性を比較した。その結果, 各給餌区のアミノ酸溶液とも甘味は感じられたが, 識別が困難であった。このため, コンブ区と他区間で FAA 含量に有意差のあったバリン, ロイシン, フェニルアラニン, ヒスチジンをグリシンに混合した 3 区の合成エキスを調製し (実験方法参照), 甘味を比較したところ, 給餌区間ではコンブ区が好ましかった (結果は図示しない)。

考 察

本研究で用いた 2 種の海藻餌料を比較すると, マコンブは塩蔵ワカメより水分, タンパク質が少なく, 灰分が多いことが特徴であった。また配合飼料は, 両海藻餌料と比較すると, タンパク質が著しく多いことが特徴であった。アワビの飼料効率については, 餌料に含まれるタンパク質の影響が大きい³⁾ ため, その含量を乾物中の割合で比較すると, 本研究で用いた塩蔵ワカメ (29.9%) は, 駒澤¹⁹⁾ の塩蔵ワカメ (21.2%), 五訂日本食品標準成分表²⁰⁾ の塩抜き塩蔵ワカメ (25.3%) より高い値であったが, 塩蔵品であるため, この程度の差はあり得ると考えている。また, 養殖マコンブ (14.7%) は, 浮³⁾ のマコンブ (9.0~13.2%) と同程度の値であった。アワビの成長に及ぼす餌料による影響については, ワカメ属 (ワカメ) とコンブ属 (マコンブ, ホソメコンブ) を比較した 2 つの報告^{3,4)} があるが, 両属の給餌による増重率は, 両報告で結果が異なっている。この要因として, 両報告の飼育条件 (水温, 殻長等) が異なっていることが推定されることから, アワビの海藻餌料による成長の差異は, 飼育条件にも影響される可能性があると考えられる。本研究では, 深層水を加温調整し, 通年定水温で養殖しているため, 既往の報告と一概には比較できないが, 本養殖条件においては, 貝殻の成長率に有意な差はないものの, コンブ区がワカメ区, 配合区の増重率を有意に上回る結果となった。アワビ筋肉の水分に及ぼす餌料による影響について, 給餌する海藻の種類により水分が異なることが知られている^{4,8)} が, 本研究では給餌した両区による水分の差は小さかった。

アワビ筋肉の FAA 組成は, 餌の種類により影響を受けるとする報告があるが, 飼料効率の優れている高餌料価海藻や配合飼料に対して低餌料価海藻を比較したものであり, FAA 総量に大きな差がある。^{8,9,21)} 本研究の結果から, 飼料効率の優れた異なる種類の餌料を給餌した

Table 4 ATP and its related compounds in the muscle of disk abalone fed with different diets (μ mol/g tissue; mean $\pm$ SD, $n = 5$)

Fed-diet	<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Laminaria japonica</i>	Artificial diet
ATP	2.76 ± 0.26	2.65 ± 0.32	2.79 ± 0.49
ADP	0.68 ± 0.03	0.80 ± 0.18	0.86 ± 0.20
AMP	0.49 ± 0.14	0.51 ± 0.11	0.61 ± 0.21
IMP	0.03 ± 0.04	0.09 ± 0.07	0.03 ± 0.04
Ado	0.01 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
HxR	0.06 ± 0.04	0.02 ± 0.02	0.08 ± 0.05
Hx	0.06 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.03
Total	4.10 ± 0.56	4.12 ± 0.71	4.41 ± 0.48

ATP, adenosine triphosphate; ADP, adenosine-5'-diphosphate; AMP, adenosine-5'-monophosphate; IMP, inosine-5'-monophosphate; Ado, adenosine; HxR, inosine; Hx, hypoxanthine

Table 5 The results of sensory evaluation*

Fed-diet	<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Laminaria japonica</i>	Artificial diet	Kendall test
Toughness	30	38	34	$F_0 < F$
“Umami”	36	30	36	$F_0 < F$
Sweetness	38	26**	38	$F_0 < F$
General evaluation	30	36	36	$F_0 < F$

* The sensory test was performed by the ranking method ($n = 17$) and the rank sum was indicated.

** significant at $p < 0.05$ (Kramer test by ranking method)

場合、FAA 総量には有意差は認められないものの、その組成に違いが生じる可能性が示唆された。アワビ等の海産の貝類は、筋肉中にタウリン、アラニン、グリシン、アルギニン等の非必須アミノ酸を FAA として多量に含み、これらが浸透圧調整に関与すると考えられている。²¹⁻²⁵⁾ また、これらの FAA は、様々なエネルギー代謝にも関わることも知られており、^{21,26-28)} その機能は多岐に渡る。これらの FAA 組成は、一部は餌料中のタンパク質の全アミノ酸組成に影響される²¹⁾が、タンパク質の消化性に差異があることも示唆されるなど、^{21,29)} 必ずしも餌料中のタンパク質に左右されることはないと考えられる。さらに、内臓に存在する FAA や、タンパク質やアミノ酸の代謝とも関連して、筋肉中の FAA は平衡状態にあることが示唆されている。²¹⁾ 餌料の種類により FAA 組成に違いが生じる原因については、これら様々な要因が関与すると考えられ、その機構解明は今後の課題である。

アワビ筋肉の ARC 組成については、3 区の主要な構成要素はいずれも ATP, ADP, AMP であり、Watanabe *et al.*¹⁴⁾ が報告したアワビの旬である夏場の ARC 構成要素とよく一致した。また、呈味に影響する AMP 含量^{17,18)} も 3 区で大差はなかった。このことから、ARC 組成は、餌の種類による影響をあまり受けないと考えられた。

官能検査において、パネルの判定に有意な一致性は認められなかったものの、Kramer の検定ではコンブ区の甘味の好ましさに有意差が認められた。しかし、近年食品の官能検査での順位データ解析において、Kramer 法の問題点も指摘されている。³⁰⁾ Newell と MacFarlane の検定法では有意差は認められなかったことから、コンブ区の甘味はそれほど明確ではない可能性も示唆された。しかしながら他の検査項目と比較しても、甘味の順位合計は小さく、後述する合成エキスの比較においても甘味の差が感じられたため、マコンブ給餌により甘味は強くなる傾向は認められたと考えている。Newell と MacFarlane の検定により有意差が認められなかった原因については、甘味の弱い個体が低い頻度で存在すること等、品質のばらつきが推定され、今後の検討課題である。アワビの主要な甘味成分であるグリシン^{17,18)} と、FAA においてコンブ区に有意差の認められたバリン、ロイシン、フェニルアラニン、ヒスチジンの 4 種を含めて再現した 3 区の合成エキスを調製して比較検討したところ、コンブ区が好ましかった。これら 4 種の FAA は、いずれも苦みを呈する疎水性のアミノ酸³¹⁾ である。これら FAA 含量は、バリン、ヒスチジン以外、刺激閾値³²⁾ 以下ではあるが、これら複数の苦味を呈する疎水性の FAA 含量が少ないことが、甘味に好影響を与えた可能性が推定された。甘味に影響を及ぼす成分に

ついては、ここに挙げた 5 種のアミノ酸以外にも当然存在すると考えられ、コンブ区の甘味の詳細の解明は困難であるが、これら 5 種の遊離アミノ酸の影響は少なからずあると我々は考えている。総合評価では、コンブ区の甘味が好ましいにもかかわらず、コンブが有意に好まれなかった。アワビの官能評価において、歯ごたえの重要性が指摘されている³³⁾ が、本研究では歯ごたえの項目において、ワカメ区が好まれる傾向が認められた。結果は示さないが、破断強度はワカメ区で低い傾向が認められた。このため歯ごたえが軟らかい傾向が好まれ、総合評価に影響した可能性を推定している。アワビの固さは、コラーゲン含量と相関があることが明らかとなっている³⁴⁾ が、アワビや巻き貝において、給餌により固さやコラーゲン含量が異なるとする報告は皆無であり、養殖アワビの品質を考察する上で、今後の課題と考えられた。

アワビの呈味性は、餌の種類による影響を受けることが報じられており、³⁵⁾ 高餌料価海藻が低餌料価海藻と比較して、呈味性が高い⁸⁾ が、本研究の結果から、配合飼料やコンブ、ワカメを給餌して同じ条件で養殖した場合についても、アワビの呈味成分の組成に違いが生じ、呈味も異なる可能性が示唆された。なお、本研究では、入手や保存が容易でアワビ養殖用の海藻として一般に利用されている、湯通し塩蔵ワカメを塩抜きして用いた。生ワカメと湯通し塩蔵ワカメの成分を比較すると、無機塩及びビタミン含量等に顕著な差が認められる。²⁰⁾ しかし駒沢ら¹⁹⁾ は、アオサの生及び塩蔵品をクロアワビに給餌したところ、少なくとも成長において顕著な差を認めないこと報じている。本研究においてワカメ区に認められた特性が、海藻の種類に起因するか否かについては、厳密にはマコンブと同様に生ワカメを給餌して比較する必要がある、今後検証する必要がある。著者らは、加温深層水を用いた恒温飼育により、通年高品質なアワビを養殖できる¹⁰⁾ ことを報告したが、マコンブの養殖とそのアワビ養殖への利用についても、冒頭で述べたように検討している。本研究によりマコンブを給餌した場合の優位性が示唆された。しかし、官能検査における総合評価には反映されなかったことから、今後さらに飼育条件と品質との関係について検討を重ね、より高品質なアワビの安定供給に寄与したい。

文 献

- 1) 藤田大介, 松村 航, 山中弘雄. 海洋深層水による海洋生物の増養殖. 「海洋深層水利用学」(藤田大介, 高橋正編) 成山堂書店, 東京. 2006; 46-66.
- 2) 岡 直宏. 海洋深層水による褐藻類とアワビの集約的タンク養殖システムに関する研究. 高知大学海洋生物研究報告 2006; 24: 11-47.
- 3) 浮 永久. エゾアワビに対するコンブ目海藻の餌料価

- 値. 東北水研報 1981; **42**: 19-29.
- 4) 酒井誠一. エゾアワビの生態学的研究—I. 食性に関する実験的研究. 日本誌 1962; **28**: 766-779.
- 5) 真岡東雄, 中村 烈. アワビ稚貝用人工飼料の実用化に関する研究—I 人工飼料の作成と稚貝の飼育. 茨城水試研究報告 1977; **21**: 1-8.
- 6) Fleming AE, Van Barneveld RJ, Hone PW. The development of artificial diets for abalone: A review and future directions. *Aquaculture* 1996; **140**: 5-53.
- 7) Lee SM, Park CS, Go TS. Effects of formulated diet or macroalgae (*Undaria pinnatifida*) on the growth and body composition of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) cultured in different water temperature and shelter type. *J. Korean Fish. Soc.* 1999; **32**: 284-289.
- 8) 渡辺裕子, 山中英明, 山川 紘. 海藻餌料および無給餌によるクロアワビエキス成分の変化. 日本誌 1993; **59**: 2031-2036.
- 9) Chiou TK, Lai MM. Comparison of taste components in cooked meats of small abalone fed different diets. *Fish. Sci.* 2002; **68**: 388-394.
- 10) 原田恭行, 熊谷敬之, 小善圭一, 横井健二. 通年定水温で養殖したアワビ F1 交雑種の品質. 食科工誌 2010; **57**: 395-399.
- 11) 辻本 良, 松村 航, 渡辺 健, 大津 順. 海洋深層水を利用した多段養殖システムにおける栄養塩濃度の日周変動と収支. 海洋深層水研究 2006; **7**: 13-22.
- 12) 中島敏光, 豊田孝義. 海洋深層水の資源的価値とその利用. 月刊海洋 海洋出版, 東京. 1994; **26**: 133-138.
- 13) 堤 忠一, 安井明美, 平田芳明. 一般成分および関連成分. 「新・食品分析法」(新食品分析法編集委員会編) 光琳, 東京. 1996; 5-118.
- 14) Watanabe H, Yamanaka H, Yamakawa H. Seasonal variations of extractive components in the muscle of disk abalone. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1992; **58**: 921-925.
- 15) 福場博保, 宮川金二郎. 順位法. 「調理科学実験ハンドブック」(福場博保, 宮川金二郎共編) 建帛社, 東京. 1986; 376-381.
- 16) Newell GJ, MacFarlane JD. Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. *J. Food Sci.* 1987; **52**: 1721-1725.
- 17) 鴻巣章二. 魚貝類の味—呈味成分を中心にして—. 食工誌 1973; **20**: 38-45.
- 18) Fuke S, Konosu S. Taste-active components in some foods: A review of Japanese research. *Physiol. Behav.* 1991; **49**: 863-868.
- 19) 駒澤一朗, 工藤真弘, 杉野 隆. クロアワビに対する海藻類の餌料価値の比較. 東京都水産海洋研究報告 2008; **2**: 75-80.
- 20) 「五訂増補 日本食品標準成分表」(文部科学省, 科学技術・学術審議会・資源調査分科会編) 独立行政法人国立印刷局, 東京. 2005; 130-135.
- 21) Mai K, Mercer JP, Donlon J. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino II. Amino acid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value. *Aquaculture* 1994; **128**: 115-130.
- 22) 阿部宏喜. 水生動物における遊離 D-アミノ酸の存在, 合成および生理的意義. 生化学 2008; **80**: 308-315.
- 23) Campbell JW, Bishop SH. Nitrogen metabolism in mollusks. In: Campbell JW (ed). *Comparative biochemistry of nitrogen metabolism. 1. The invertebrates*. Academic Press, London. 1970; 103-205.
- 24) Florkin M, Brictaux-Gregoire S. Nitrogen metabolism in mollusks. In: Florkin M, Scheer BT (eds). *Chemical Zoology, Vol. VII. Mollusca*. Academic Press, New York. 1972; 301-348.
- 25) Bishop SH, Ellis LL, Burcham JM. Amino acid metabolism in molluscs. In: Hochachka PW (ed). *The Mollusca, Vol. I. Metabolic Biochemistry and Molecular Biomechanics*. Academic Press, New York. 1983; 244-327.
- 26) Gade G, Grieshaber MK. Pyruvate reductases catalyze the formation of lactate and opines in anaerobic invertebrates. *Comp. Biochem. Physiol.* 1986; **83B**: 255-272.
- 27) Sato M, Gade G. Rhodoic acid dehydrogenase: a novel amino acid-linked dehydrogenase from muscle tissue of *Haliotis* species. *Naturwissenschaften* 1986; **73**: 207-209.
- 28) Sato M, Takeuchi M, Kanno N, Nagahisa E, Sato Y. Characterisation and physiological role of tauro-pine dehydrogenase and lactate dehydrogenase from muscle of abalone, *Haliotis discus hannai*. *Tohoku J. Agric. Res.* 1991; **41**: 83-95.
- 29) Mercer JP, Mai KS, Donlon J. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* Linnaeus and *Haliotis discus hannai* Ino. I. Effects of algal diets on growth and biochemical composition. *Invert. Reprod. Dev.* 1993; **23**: 75-88.
- 30) 戸田 準. データ解析入門. 日本家政学会誌 2000; **51**: 539-544.
- 31) 「アミノ酸ハンドブック」(味の素株式会社編) 工業調査会, 東京. 2003; 44-51.
- 32) 二宮恒彦. アミノ酸の呈味に関する研究. 調理科学 1968; **1**: 185-197.
- 33) Allen VJ, Marsden ID, Ragg NLC, Gieseg S. The effects of tactile stimulants on feeding, growth, behaviour, and meat quality of cultured Blackfoot abalone, *Haliotis iris*. *Aquaculture* 2006; **257**: 294-308.
- 34) Hatae K, Nakai H, Shimada A, Murakami T, Takada K, Shirojo Y, Watabe S. Abalone (*Haliotis discus*): Seasonal variations in chemical composition and textural properties. *J. Food Sci.* 1995; **60**: 32-39.
- 35) Brown MR, Sikes AL, Elliott NG. Physicochemical factors of abalone quality: A review. *J. Shellfish Res.* 2008; **27**: 835-842.