

アカウニの身入りと呈味特性に及ぼす給餌海藻の影響

豊福太樹^{*1}・吉田幸史^{*2}

The effect of algae as food on the gonad weight and taste of the red sea urchin *Pseudocentrotus depressus*

Taiju TOYOFUKU and Yukifumi YOSHIDA

This study was aimed to assess the growth and taste of gonads of the red sea urchin fed with different algae to be able to culture. An approximately five-month feeding experiment in tanks was carried out in April-September 2016 with satiation feeding of three types of algae, Arame (*Eiseniacyclis*) and fresh or dried Makonbu (*Laminaria japonica*). The significant increase of gonad index was found in the sea urchin fed with Arame. The sensory test showed the higher score in red sea urchin gonads fed with Arame and fresh Makonbu than dried Makonbu. The components of gonads fed with Arame and fresh Makonbu were less free valine, isoleucine and leucine having bitter taste, and were more free glycine and alanine, glutamic acid having sweet and umami tastes, respectively, than with dried Makonbu. The results suggest that feeding of Arame was effective for culturing red sea urchin to make better the gonad index and taste.

キーワード：アカウニ，養殖，アラメ，マコンブ，乾燥マコンブ，官能評価，遊離アミノ酸

アカウニ (*Pseudocentrotus depressus*) は市場価格が高いことから、佐賀県玄海地区における重要な漁獲対象種となっており、当県では毎年種苗の放流が行われている¹⁾。また、アカウニの養殖は成長と歩留まりが良く、安定した漁家収入が得られることから、1983年ごろから当県で取り組まれている²⁾。

一般的にウニ類は、餌料の違いで生殖巣の身入りや呈味が変わるため^{3,7)}、品質を向上させる餌料を把握することは、ウニ養殖をするうえで重要である。既に養殖や畜養が行われているエゾバフンウニやキタムラサキウニでは、その地域で入手可能な海藻を用いた餌料試験によって、生殖巣の品質に関する知見が得られている^{5,7)}。当県のアカウニ養殖の餌料は、天然海藻のアラメやクロメ、ホンダワラ類²⁾や養殖したマコンブ⁸⁾を使用しているが、これまで海藻種ごとの身入りや呈味についての知見は得られていない。

本研究では、当県で入手可能な海藻を用いて餌料試験を行い、アカウニの身入りや呈味の変化について一定の知見を得たので報告する。

材料と方法

供試個体

餌料試験に用いたアカウニは、佐賀県玄海水産振興センター（以下、当センターとする）で平成25年9月と26年10月に人工採苗し、15m³水槽に設置したトリカルネット製飼育容器70×70×30cm（以下、飼育カゴとする）内で畜養したものを使用した。畜養期間中の餌料は、佐賀県玄海地区沿岸で採集した流れ藻、自家培養した不稔性アオサ、あわび用配合餌料1～3号（日本農産）を使用した。

餌料試験

餌料試験は、平成28年4月26日から9月28日までの155日間、当センターの10m³循環水槽内で行った。水槽内には飼育カゴ10基を設置し、各飼育カゴには供試個体を25個（>殻径45mm）収容した。餌料試験開始前2週間（4月12日～4月25日）は、供試個体の腸管内に残留する餌料の影響を排除するため無給餌とした。また、餌料試験開始時の身入りを把握するため、4月26日に25個体（飼育カゴ1基）の生殖巣重量を測定した。試験区は、アラメ（以下、アラメ

*1 現：有明水産振興センター

*2 現 佐賀県農林水産部水産課

区とする)、マコンブ (以下、マコンブ区とする)、乾燥マコンブ (乾燥マコンブ区とする) を給餌した計3区 (飼育カゴ3基/区) とした。アラメは、唐津市鎮西町波戸地区で採集されたものを使用し、マコンブは同地区で養殖されたものを使用した。6月30日以降は生マコンブの供給が困難となったため、冷凍保存 (-20℃) したものを給餌した。乾燥マコンブは、晴天時にマコンブを2日間天日干し、当センターの倉庫内で常温保存したものをを使用した。餌料は2~3回/週の頻度で飽食量給餌し、水槽内で餌料が腐敗した場合は直ちに除去した。注水は砂濾過された自然海水の掛け流しとした。

生殖巣指数

各試験区の身入りを評価するため、平成28年9月21日から9月28日 (148~155日飼育) にかけて、各試験区25個の生殖巣重量の測定を行った。生殖巣は、ウニ個体の全重量を測定後にすべて取り出し、紫外線照射海水で良く洗浄した後、キムタオル (日本製紙クレシア) 上で約5分間静置して測定した。また、生殖巣指数を次の式により求めた。
 生殖巣指数 = 全生殖巣重量 / 全重量 × 100%

官能評価

生殖巣指数の測定に用いた試料 (148~155日飼育) について官能評価を行った。パネラーは、当センター職員8名と漁業者5名の計13名とし、順位法⁹⁾と7段階評点法¹⁰⁾により行った。また、各試験区の生殖巣の味の特徴についても聞き取りを行った。なお、評価にあたって各試験区の試料は記号化して評価した。順位法は、各パネラーの嗜好性の高い順に1位から3位までの順位づけを行った。7段階評点は、甘味、苦味の2項目について行い、各評価は「-3 = 全く感じない、-2 = 非常に弱く感じる、-1 = 弱く感じる、0 = 普通、1 = 少し感じる、2 = かなり強く感じる、3 = 非常に強く感じる」とした。苦味については、苦味が低いものに低得点を与えた。

遊離アミノ酸分析

各試験区の生殖巣について遊離アミノ酸の分析を行った。分析に供した試料は、生殖巣指数評価と官能評価を行った生殖巣 (148~155日飼育) の一部を-20℃で凍結保存したものをを使用した。分析は、各試験区の生殖巣をミキサーで均一化したものを、HPLC Agilent 1100 (アジレントテクノロジー社) により、Agilent Poroshell 120 EC-C18 (3.0x150mm 2.7μm) カラムを用いて分析した。

統計処理

生殖巣指数と7段階評点の結果は、Bartlettの等分散性を検定した後、生殖巣指数と甘味はTukey-kramer検定、苦味はSteel Dwass検定により多重比較を行った。また順位法の結果におけるパネラー間の評価の一致性はKendallの一致性係数から有意性を検定した。

結 果

生殖巣指数

餌料試験における生殖巣指数の結果を図1に示す。実験開始時 (4月26日) の生殖巣指数は、6.0 ± 2.6% (殻径58.5 ± 6.8mm, n=25) であった。餌料試験終了時 (9月21~28日, 飼育148~155日目) は、アラメ区12.7 ± 3.1% (殻径53.7 ± 4.9mm, n=25)、マコンブ区9.3 ± 2.4% (殻径53.7 ± 4.9mm, n=25)、乾燥マコンブ区9.4 ± 2.6% (殻径53.0 ± 5.6mm, n=25) で、アラメ区の生殖巣指数は他の2区よりも有意に高かった (p<0.05)。

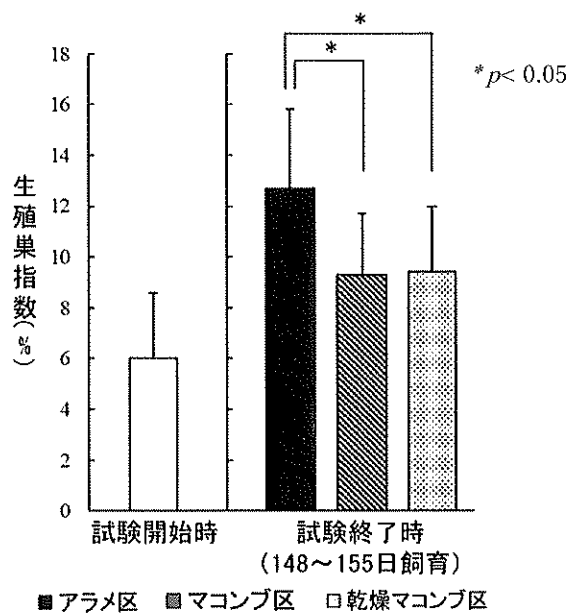


図1 餌料試験のアカウニ生殖巣指数

官能評価

順位法による順位づけ結果を図2に示す。1位を選んだパネラーの割合はアラメ区が61.5%、マコンブ区が38.5%であったが、乾燥マコンブ区を好むパネラーは全くおらず0%であった。順位づけ結果における一致性の係数Wは0.763で検定表により検定すると、1%有意の結果となりパネラー間の評価の一致性がみられた。

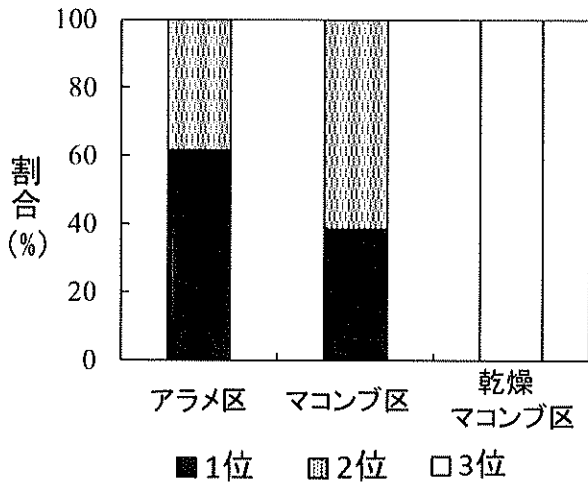


図2 各試験区の順位割合

次に7段階評点のスコア結果を図3に示す。まず、甘味はアラメ区、マコンプ区、乾燥マコンプ区の順に高い評価となり、アラメ区は他の試験区よりも有意に高い評価であった ($p < 0.05$)。

一方、苦味については乾燥マコンプ区、マコンプ区、アラメ区の順に強く感じる評価となり、乾燥マコンプ区は他の試験区に対して有意な差がみられた ($p < 0.05$)。

パネラーからの意見として、アラメ区は「甘味が強く、アカウニ特有の風味を強く感じる」、マコンプ区は「全体的にあっさりとしてクセのない味」や「アカウニ特有の風味が薄い」、乾燥マコンプ区は「苦味が極めて強い」や「苦味が舌に残り後味が非常に悪い」という意見であった。

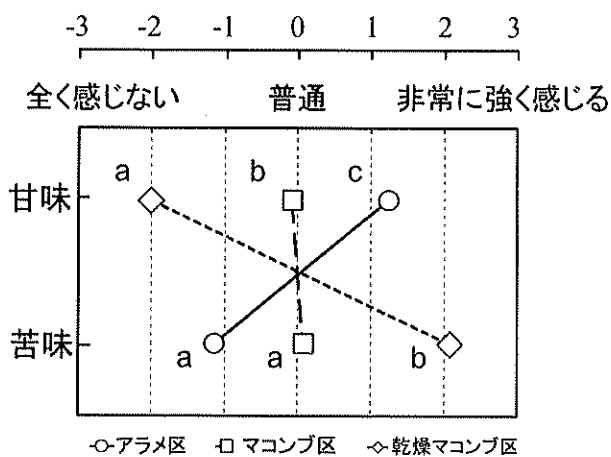


図3 7段階評点スコア

異符号間で有意な差 ($p < 0.05$) があることを示す。

遊離アミノ酸組成

遊離アミノ酸組成の結果を表1に示した。餌料試験終了時のアカウニ生殖巣の遊離アミノ酸組成の特徴は、いずれの試験区においてもグリシンとアルギニンが高い値を示した。次いでアラメ区においては、アラニンとリジンの値が高く、マコンプ区においてはリジンとチロシン、乾燥マコンプ区においてはリジンとバリン、チロシンが高い値を示した。

表1 遊離アミノ酸組成

遊離アミノ酸	(mg/100g)		
	アラメ区	マコンプ区	乾燥マコンプ区
Aspartic acid	8.3	9.4	9.9
Glutamic acid	105	167	80.4
Asparagine	11	15	21.6
Serine	57.2	155.2	145.5
Glutamine	149.1	94.4	40.8
Histidine	49.5	131.4	114.7
Glycine	983	1020	752.8
Threonine	30.4	64.5	121.2
Arginine	584.3	1186.9	1060.6
Alanine	621.7	132.9	112.9
Tyrosine	107.6	380.6	532.7
Cystine	1.9	1.8	0.3
Valine	128.8	273.5	497.6
Methionine	0.2	0.7	31.8
Tryptophan	21.4	54.4	69.4
Phenylalanine	18.6	50.8	76.5
Isoleucine	60	135.1	247.6
Leucine	145.2	260.8	406.8
Lysine	208.3	690.8	528.9
Proline	53.7	46.5	83.2

次に呈味別(甘味、旨味、苦味)遊離アミノ酸量を図4に示した。なお、本研究では小俣¹⁾に従い、グリシンとアラニンを甘味遊離アミノ酸、グルタミン酸を旨味遊離アミノ酸、バリン、ロイシン、イソロイシンを苦味遊離アミノ酸として扱った。呈味別のアミノ酸量は、甘味遊離アミノ酸はアラメ区、マコンプ区、乾燥マコンプ区の順に多く、特にアラメ区の甘味遊離アミノ酸量(1604.7mg/100g)は多く、乾燥マコンプ区(865.7mg/100g)の約2倍量含有

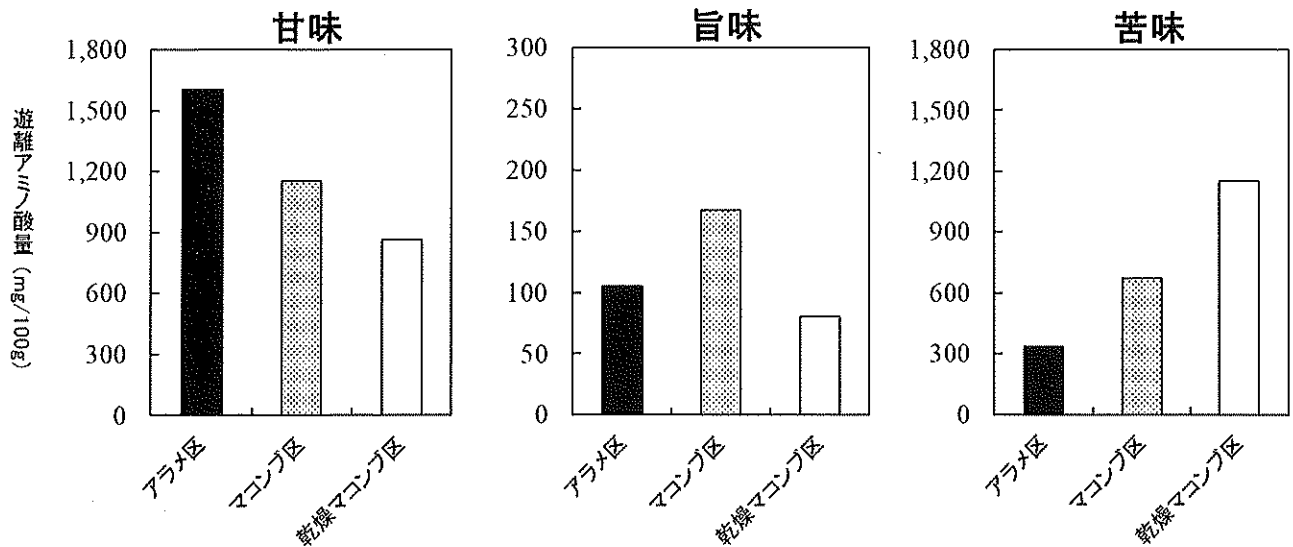


図4 呈味別の遊離アミノ酸量

していた。旨味遊離アミノ酸は、マコンブ区、アラメ区、乾燥マコンブ区の順に多く、マコンブ区 (167.0mg/100g) は、乾燥マコンブ (80.4mg/100g) の約2倍量を含有していた。一方、苦味遊離アミノ酸は、乾燥マコンブ区、マコンブ区、アラメ区の順に多くなり、乾燥マコンブ区 (1152.0 mg/100g) は最も少なかったアラメ区 (334.0mg/100g) と比較し約3倍量含有していた。

考 察

本研究で用いた3種の餌料では、アラメ区の身入りが良く呈味も高評価であったことから、養殖用餌料としてはアラメが最も有効であり、次いでマコンブ区という結果となった。一方、乾燥マコンブ区は身入りと呈味のいずれも劣る結果で養殖用餌料としては不適であった。

身入りに及ぼす給餌海藻の影響は、ウニ類の給餌海藻に対する摂餌選択の違いから考察される。一般的にウニ類の摂餌選択と生殖巣の発達には正の相関があるとされており¹²⁾、ウニが好んで摂餌する海藻ほど身入りが良くなるとされる。西日本に分布する3種のウニ類 (アカウニ、バフンウニ、ムラサキウニ) は、紅藻類や緑藻類よりも褐藻類に対して、強い摂餌選択があるとされ¹³⁾、アカウニでは、褐藻類の中でもアラメに対して高い摂餌選択を示すことが既に報告されている¹⁴⁻¹⁶⁾。これらの報告から、本試験においてもアカウニはアラメの摂餌量が他の海藻よりも多く、結果として身入りが良くなったと推察される。餌料効率 (個体増重量/摂餌量×100) の面では、アカウニ餌料の適性タンパク質量は20%¹⁷⁾とされ、アラメのそれは10~17%程度¹⁸⁾で餌料効率の良い餌料とは言い難いが、当県の天然

海藻を供給する養殖形態²⁾では、比較的容易に餌料を採取出来るため、アラメの給餌は身入りを向上させるうえで有効であると考えられる。ただ、過剰なアラメ採集は天然資源への影響が大きいことから、今後アラメ養殖と併用した養殖を推進する必要がある。

各試験区の呈味については、アラメ区とマコンブ区の評価が高く、乾燥マコンブ区の評価が非常に低かった (図2)。これは遊離アミノ酸分析から、アラメとマコンブの両区では甘味と旨味遊離アミノ酸が多く、苦味遊離アミノ酸が少なかったことが理由として考えられる (図4)。その中でも、アラメ区の甘味遊離アミノ酸は、マコンブ区の1.4倍量と多く、官能評価においても強い甘味 (図3) を呈したことは、アカウニ養殖をする上で重要な知見となるだろう。一方、旨味遊離アミノ酸を最も多く有したのはマコンブ区であったが、他の呈味と比較して、その含有量は少ない上 (図4)、アカウニ生殖巣の旨味には、核酸も関与していることから¹⁹⁾、今後それらを含めた評価をする必要があるだろう。一般的に、ウニ類は摂餌した海藻のタンパク質をアミノ酸に分解し、生殖巣に貯蔵すると言われている²⁰⁾。アラメとマコンブのタンパク質構成アミノ酸量^{21, 22)}を比較すると、アラニンとグリシンはアラメが高く、グルタミン酸はマコンブが高く、この組成の違いが生殖巣の呈味に影響したと推測される。また、乾燥マコンブ給餌で生じた強い苦味は、エゾバフンウニでも報告されており⁷⁾、海水中で乾燥マコンブの甘味や旨味成分が溶出してしまったことが原因として考えられる。そのため、出荷を控えた養殖アカウニに対して、乾燥マコンブの給餌は控える必要があるだろう。

当県の養殖アカウニは、主に旬である夏季に出荷される

ため、春季から夏季にかけての餌料選択が品質を決定する上で重要である。本研究で用いたアラメとマコンブは、既にこの時期に使用されている餌料であり、呈味については両海藻共に優れる結果であった。ただ、より身入りを良くするためには、アラメを主体とするのが望ましいと考えられる。また養殖現場では多種のホンダワラ類も給餌されており、養殖業者はアカウニの呈味が良くなる実感を持っている。今後は、ホンダワラ類についても検討するとともに、アカウニの呈味変化に要する期間についても把握する必要がある。

文 献

- 1) 重久剛佑・豊福太樹 (2016) : 種苗量産技術開発事業アカウニの種苗生産, 平成27年度佐玄水業報. 61-62.
- 2) 岡山英史 (2015) : アカウニ海面養殖の現状, 佐玄水振セ研報7, 121-125.
- 3) 植村康 (1987) : キタムラサキウニ給餌飼育試験. 青森県水産増殖センター事業報告16, 256-270.
- 4) 干川裕・高橋和寛・杉木卓 (1998) : キタムラサキウニ養殖における生殖巣の質に及ぼす魚肉給餌の影響. 北海道立水産試験場研究報告52, 17-24.
- 5) 名畑進一・干川裕・酒井勇一 (1999) : キタムラサキウニに対する数種海藻の餌料価値. 北海道立水産試験場研究報告54, 33-40.
- 6) Osako K, Kiriyama T, Ruttanapornvareesakul Y, Kuwahara K, Okamoto A, Nagano N (2006) Free amino acid compositions of the gonad of the wild and cultured sea urchins *Anthocidaris crassispina*, *Aquaculture Science*, 54 (3) : 301-304.
- 7) 町口裕二・高島国男・林浩之・北村等 (2012) : エゾバフンウニの生殖巣の発達に及ぼす北海道東部海域に産する海藻(草)と給餌期間の影響. 水産増殖60 (3), 323-331.
- 8) 広瀬茂・増田裕二 (2001) : コンブ養殖試験. 平成13年度佐玄水業報, 166-167.
- 9) 古川秀子・上田玲子 (2012) : 「おいしさ」の測定方法. おいしさを測る-食品開発と官能評価, 幸書房, 25-29
- 10) 柴田圭子・渡邊容子・早瀬明子・安原安代 (2012) : 焼き魚の食味に及ぼす解凍方法の影響. 日本調理科学会誌45 (2), 141-147.
- 11) 小俣靖 (1964) : ウニのエキス成分に関する研究-IV. エキス構成々分の呈味性. 日本水産学会誌, 30 (9), 749-756.
- 12) Larson BR, Vadas RL, Keser M (1980) Feeding and nutritional ecology of the sea urchin *strongylocentrotus drobachiensis* in Maine, USA. *Marine Biology* 59 (1) : 49-62.
- 13) 中村達夫・芳永春男 (2010) : 山口県外海産のウニについて. 水産増殖Vol. 9, 189-200.
- 14) 今井利為・新井章吾 (1986) : アカウニの食性と摂餌量について. 水産増殖, 34 (3), 157-166.
- 15) 角田信孝・水津洋志・由良野範義 (1995) : アカウニに対する褐藻類3種の餌料価値. 外海水産試験場研究報告25, 30-34.
- 16) 金丸彦一郎・荒巻裕・古川泰久 (2007) : 陸上水槽における植食性ベントス5種海藻摂餌量の比較とその標準化による天然海域における摂食圧推定の試み. 佐玄水振セ研報4, 15-20.
- 17) Akiyama T, Unuma T, Yamamoto T (2001) Optimum protein level in a purified diet for young red sea urchin *Pseudocentrotus depressus*, *Fisheries science*, 67 (2), 361-363.
- 18) 秋山敏男・山本剛史・鶴沼辰哉・篠原直哉 (2001) : アカウニ餌料としてのアラメ栄養価の季節, 海域および葉体部位による変化. 水産増殖49 (4), 475-482.
- 19) 河内正通 (1972) : ウニ塩辛に関する研究-VII バフンウニ, ムラサキウニ, およびアカウニのヌクレオチド類について. 水産大学校研究業績, 21 (1) 153-164
- 20) 鶴沼辰哉 (2009) : 身入りの化学-栄養貯蔵と配偶子形成-ウニ学, 東海大学出版会, 神奈川, 182-204.
- 21) Yoshihiro Ochiai, Toshiya Katsuragi, Kanehisa Hashimoto (1987) Proteins in Three Seaweeds, "Aosa" *Ulva lactuca*, "Arame" *Eisenia bicyclis*, and "Makusa" *Gelidium amansii*, *Nippon Suisan Gakkaishi* 53 (6) : 1051-1055.
- 22) 新崎輝子・美野典子・黒田充恵 (1979) : 2種の褐藻マツモ *Heterochordaria abietina* とコンブ *Laminaria japonica* から抽出されたたん白質の栄養価. 栄養と食糧32, 403-408.