

野菜を餌料としたムラサキウニ生殖巣の品質評価

中原啓太^{*1}・古川泰久^{*2}

Quality evaluation of sea urchin *Anthocidaris crassispina* gonads fed on vegetables

Keita NAKAHARA and Yasuhisa FURUKAWA

The purple sea urchins *Anthocidaris crassispina* with low commercial value in the sea desert area can be used by feeding vegetable waste in aquaculture. We conducted the feeding experiment for 3 months using respectively five vegetables : fresh and frozen cabbage and pumpkin, fresh orange, onion and green onion in 2020 and 2021-2022. In the gonads fed with each food, the size, color, and taste were evaluated for determining the feeding value. Sea urchins tended to consume more vegetables than seaweed Arame, especially three times cabbage. The gonad index was significantly higher in cabbage ($7.2 \pm 2.2\%$), fresh and frozen pumpkin (7.5 ± 1.7 , $6.8 \pm 1.5\%$) than Arame ($5.1 \pm 1.0\%$) in 2021. For umami, sweet and bitter tastes, the gonad fed with the fresh cabbage and pumpkin, and frozen pumpkin were comparable to Arame but the others were inferior. All gonad colors fed with vegetables were recovered as well as Arame in 2021-2022. These results indicate that their gonad quantity and quality were improved by fresh cabbage, fresh and frozen pumpkin. The results suggest that fresh cabbage and pumpkin, and frozen pumpkin were effective as feed. However, it was considered efficient to use a combination of effective feeds, because aquaculture requires a large amount of it.

キーワード：ムラサキウニ，畜養，キャベツ，カボチャ，ミカン，タマネギ，ネギ，生殖腺指数，色彩，遊離アミノ酸，官能評価

天然藻場が減少する磯焼けが全国的に問題となっている^{1, 2)}。佐賀県玄海海域でも2000年代になると、比較的小規模な磯焼けが発生するようになった³⁾。磯焼けが発生する原因としては、海況の変化に伴う水温の上昇、貧栄養化、ウニ、魚類など植食動物の摂餌圧の増大などが挙げられる。本県玄海海域でも、ガンガゼやムラサキウニなどのウニ類が高密度に生息することによる磯焼けが問題となっている⁴⁾。

ムラサキウニは、食用として有用な種ではあるが、磯焼け海域に生息するムラサキウニは、生殖巣が充実せず、商品価値が低いため、駆除もしくは放置されてきた。ムラサキウニは、雑食性が強く、海藻のみならず野菜や雑草など口にできるものは何でも食べる習性がある⁵⁾。その性質を利用して近年では、キャベツを給餌し、数か月畜養することにより、磯焼け地区のムラサキウニの生殖腺指数を向上させ、商品化する事例が報告されてい

る^{6, 7)}。一般的に、多くの野菜は生産量の6割程度が出荷され、4割は廃棄されるといわれているため⁸⁾、キャベツの他に利用可能な廃棄野菜の餌料価値を把握することは重要である。また廃棄野菜を利用するにあたり、野菜の収穫量には季節性があるため、まとまって入手可能な時期に冷凍保存し、生鮮品が入手困難な時期にそれらを活用することも有効な方法と考えられる。

そのため本試験では、佐賀県で栽培され農業残渣等で一定量の入手が見込めるキャベツ、カボチャ、ミカン、タマネギ、ネギを選定し、冷凍状態を含めたこれらの餌料が、本種の生殖巣の大きさ、色彩、呈味に及ぼす影響を調べた。

*1 現 佐賀県有明水産振興センター

*2 元 佐賀県玄海水産振興センター

材料と方法

餌料試験 1

試供個体

野菜給餌試験に用いたムラサキウニは、佐賀県唐津市鎮西町串浦漁港淀野地区で令和2年に漁獲された殻径45～55mmのムラサキウニ300個を使用した。ムラサキウニは、不稔性アオサを給餌して畜養し、餌の影響をなくすために9月1日から同23日の試験開始日までの間、無給餌で飼育した。試験開始日に初期値として30個体の殻径、全重量、生殖巣重量、生殖巣の色彩を測定した。本試験では、アラメ区、キャベツ区、カボチャ区、ミカン区、タマネギ区、ネギ区、の単独給餌区を設定した。キャベツ、カボチャ、ミカン、タマネギについては、佐賀県上場営農センターから、ネギについては、地元農家から提供を受けたものを与えた。キャベツ区は、葉の部分、カボチャ区は3mm程度に薄くスライスしたもの、ミカン区は4等分して皮ごと、タマネギ区は薄皮を取り除き4等分したもの、ネギ区は3等分したものを与えた。

また、アラメ区、キャベツ区、カボチャ区、ミカン区、タマネギ区、ネギ区では、生の餌を継続して給餌することができなかったため、アラメは12月、野菜は主に9月から10月に冷凍の餌を給餌した。試験は令和2年9月23日から、12月23日の3か月間実施した。

各試験区の飼育は、佐賀県玄海水産振興センター波戸庁舎（以下、当センターという）室内の長さ9.0×幅1.0×深さ1.5mの15m³水槽内に設置した内寸52.0×39.0×28.4cmの蓋付きコンテナカゴ（MA-50）を用いた。1カゴ当たり15個を収容し、各試験区について10月、11月、12月に生殖巣重量等を測定するために3カゴずつ設定した。換水率は10回転/日程度とした。また、コンテナカゴには、隙間からの餌の流出を防止するためにトリカルネット（3.0×3.0mm）を側面に張り付けた。水温は温度ロガー Tr52i（エーアンドデイ製）を用いて測定した。令和2年10月23日、11月24日、12月23日に、15個体ずつサンプリングし、生殖巣重量と色彩の測定、遊離アミノ酸分析、官能評価を行った。

生殖巣重量

生殖巣重量を令和2年9月23日、10月23日、11月24日、12月23日に測定した。生殖巣は、ウニ個体の全重量を測定後にすべて取り出し、紫外線照射海水でよく洗浄した後、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、生殖腺指数（GSI）を次の式によ

り求めた。

$$GSI = \text{全生殖巣重量} / \text{全重量} \times 100\%$$

摂餌量

令和2年9月23日から、12月23日の3か月の間に各試験区の12月測定分のコンテナカゴに関して、生餌と冷凍の餌について給餌量を求めた。給餌量から残餌量を差し引いて摂餌量を算出した。

色彩

色彩については、令和2年9月23日、10月23日、11月24日、12月23日に目視で黄色～橙色、褐色、黒色の3段階を当センター職員2名で評価した。生殖巣を取り出した後に個体ごとに評価をおこなった。

遊離アミノ酸分析

令和2年12月23日にサンプリングした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、生殖腺指数評価を行った生殖巣の一部を-20℃で凍結保存したものを使用した。分析は、各試験区の生殖巣を葉さじでペースト状になるまで攪拌したものを、Agilent 1100 System（アジレントテクノロジー社）により、Agilent Poroshell 120 EC-C18（3.0×150mm 2.7μm）カラムを用いて分析した。

得られた遊離アミノ酸については、小俣の報告⁹⁾に従いグリシンとアラニンを甘味値、グルタミン酸を旨味値、バリン、ロイシン、イソロイシンを苦味値として扱った。

官能評価

食味試験は、令和2年11月24日と12月23日の2回実施した。11月の評価者は当センター職員2名と玄海町役場の職員1名で行い、12月は当センター職員3名と玄海町役場の職員2名で6段階評価法¹⁰⁾によって行った。評価は、甘味、旨味、苦味の3項目について行い、「1＝全く感じない、2＝非常に弱く感じる、3＝弱く感じる、4＝はっきり感じる、5＝強く感じる、6＝非常に強く感じる」として点数化した。あわせて各試験区の生殖巣の味の特徴についても聞き取りをした。11月は、アラメ区、キャベツ区、カボチャ区、ミカン区、タマネギ区、ネギ区について行った。12月は、アラメ区、キャベツ区、カボチャ区について行った。タマネギ区、ネギ区、ミカン区については、遊離アミノ酸分析にすべての生殖巣を供したため、行うことができなかった。

餌料試験2
試供個体

試験に用いたムラサキウニは、餌料試験1と同様に佐賀県唐津市鎮西町串浦漁港淀野地区で漁獲された殻径45～50mmのムラサキウニ140個を使用した。試験は、令和3年11月9日から令和4年2月9日までの期間に実施し、試験区は、アラメ区、キャベツ区、冷凍キャベツ区、カボチャ区、冷凍カボチャ区を設定した。ムラサキウニは、不稔性アオサを給餌して畜養し、餌の影響をなくするために10月19日から11月9日の試験開始日までの間、無給餌で飼育した。試験開始日に初期値として40個体の殻径、全重量、生殖巣重量、生殖巣の色彩を測定した。

各実験区の飼育は、餌料試験1と同様の方法で行い、飼育開始から3か月後に生殖巣重量と色彩の測定、官能評価を行った。水温は水温計（アズワン ASF-270T）を用いて毎朝測定した。

生殖巣重量

各試験区20個ずつの生殖巣重量を餌料試験1と同様の方法で令和4年2月9日に測定した。

色彩

色彩については、令和4年2月9日に餌料試験1と同様の方法で測定した。

官能評価

令和4年2月9日と10日に食味試験を実施した。評価者は、当センター職員23名と漁業者4名で5段階評価法¹⁰⁾によって行った。評価は、すべての試験区で甘味、旨味、苦味の3項目について行い、「1＝全く感じない、2＝弱く感じる、3＝どちらでもない、4＝強く感じる、5＝非常に強く感じる」として点数化した。あわせて各試験区の生殖巣の味の特徴についても聞き取りをした。また、味の総合点についても「1＝非常においしくない、2＝ややおいしくない、3＝どちらでもない、4＝ややおいしい、5＝非常においしい」の5段階で評価し、点数化した。

統計処理

得られた結果は、統計ソフトR（Ver4.1.2）を用いて、Bartlett検定で等分散性の検定をした後、Turkey-kramer検定を行った。

結 果

餌料試験1

令和2年9月23日から12月23日の試験期間中の水温は、15.4℃から24.3℃の範囲で推移した。

生殖巣重量

供試したムラサキウニの殻径、全重量及び生殖巣重量を表1に、生殖腺指数の結果を図1に示した。また、キャベツ区とネギ区について、それぞれ10月に1個体のへい死が確認された。

9月に測定した生殖腺指数の初期値は、 1.0 ± 0.9 であった。10月の生殖腺指数は、アラメ区とカボチャ区で高い値を示し両区で有意差はみられなかった（ $p > 0.05$ ）。11月の生殖腺指数は、カボチャ区が他の試験区に対して有意に高い結果となった（ $p < 0.05$ ）。カボチャ区に次いで高い値を示したアラメ区とキャベツ区との間には有意差はみられなかった（ $p > 0.05$ ）。12月の生殖腺指数は、カボチャ区、アラメ区、キャベツ区の順に有意に高い値となった（ $p < 0.05$ ）。ミカン区、タマネギ区、ネギ区については、生殖巣がほとんど充実しない結果となった。

また、アラメ区、カボチャ区、ミカン区は10月、11月

表1 ムラサキウニの殻径、全重量及び生殖巣重量

		殻径 (mm)	全重量 (g)	生殖巣重量 (g)
初期値	9月	49.3±2.6	52.8±9.1	0.5±0.5
	10月	49.8±3.0	55.0±9.4	1.6±0.7
アラメ	11月	50.8±2.2	58.9±6.6	2.8±0.7
	12月	50.5±2.7	59.4±9.5	4.2±1.0
キャベツ	10月	48.2±4.0	44.2±10.2	0.6±0.5
	11月	49.6±2.7	48.0±9.3	2.2±1.2
	12月	50.0±1.9	51.2±8.2	2.7±1.0
カボチャ	10月	48.2±1.9	46.2±5.2	1.5±1.0
	11月	49.7±2.6	50.4±10.1	3.9±1.7
	12月	50.2±3.0	56.4±8.9	5.5±1.2
ミカン	10月	46.9±1.2	43.7±7.0	0.4±0.2
	11月	50.4±2.7	53.3±7.7	1.1±0.8
	12月	49.6±2.4	53.9±7.9	2.1±0.7
タマネギ	10月	48.9±2.6	49.7±7.8	0.5±0.3
	11月	47.9±1.7	44.0±5.6	0.5±0.3
	12月			
ネギ	10月	47.7±1.3	46.6±6.0	0.4±0.3
	11月	49.8±2.2	52.1±7.5	0.7±0.5
	12月	48.4±2.3	47.1±6.6	0.9±0.6
平均値±SD				

12月と生殖腺指数は徐々に高い値を示し、月ごとに生殖腺指数は有意に高くなった ($p < 0.05$)。キャベツ区の11月の生殖腺指数は、10月より有意に高くなった ($p < 0.05$) が、11月と12月には、有意差はみられなかった ($p > 0.05$)。タマネギ区の生殖腺指数は10月と11月には、有意差はみられなかった ($p > 0.05$) が、11月と12月では、有意に高くなった ($p < 0.05$)。

ネギ区の生殖腺指数は、10月と11月には有意差はみられなかったが、11月と12月では有意に低くなった ($p < 0.05$)。

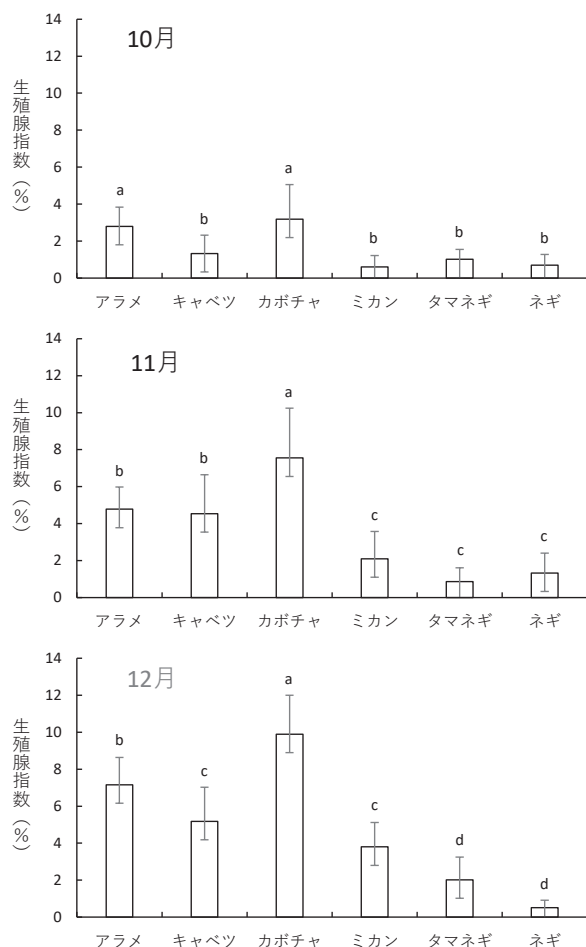


図1 各月のムラサキウニの生殖腺指数
異符号間に有意差あり ($p < 0.05$)。

摂餌量

摂餌量について図2に示した。

キャベツ区 (生餌310 g, 冷凍346 g) が一番多くなり、少なかったアラメ区 (生餌109 g, 冷凍122 g) やネギ区 (生餌133 g, 冷凍30 g) と比較して約3倍高い結果となった。また、キャベツ区は、カボチャ区 (生餌212 g, 冷凍91 g), ミカン区 (生餌230 g, 冷凍84 g), タマネギ区 (生餌232 g, 冷凍143 g) と比較して、約2倍高い結果となった。

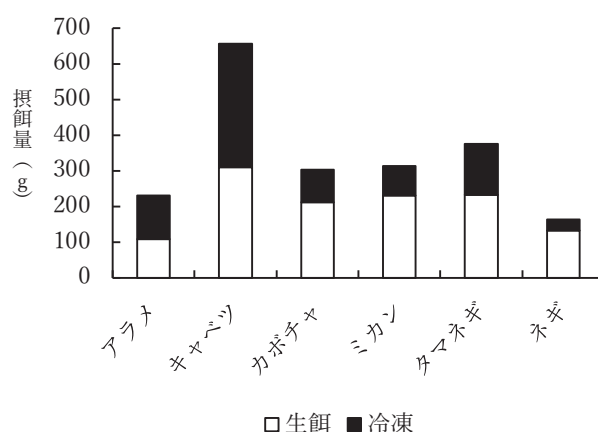
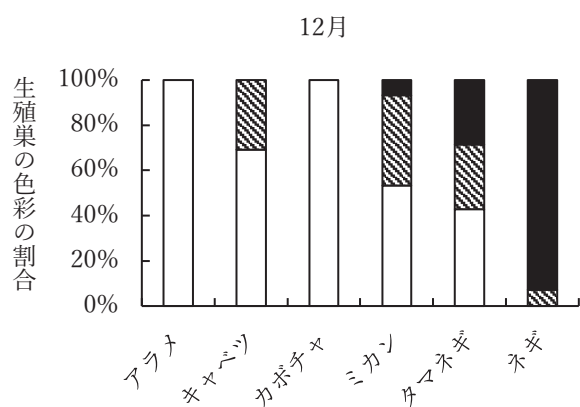
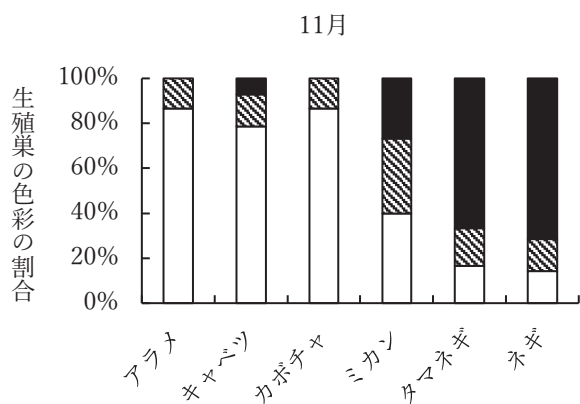
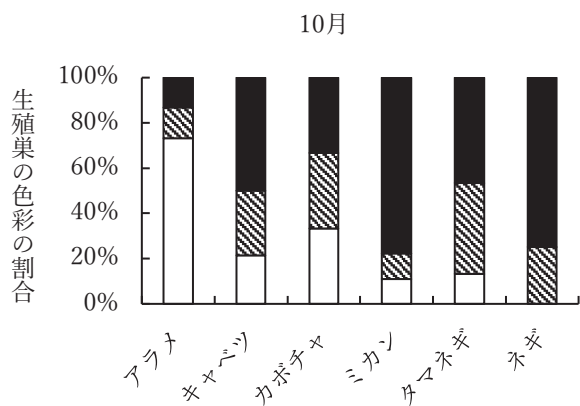


図2 ムラサキウニ1個体あたりの3か月間の摂餌量

色彩

色彩について図3に示した。初期値となる9月23日に測定した色彩の割合は、黄～橙色が25%, 褐色が41.7%, 黒色が33.3%であった。市場価値が高いとされる黄～橙色の割合は、アラメ区で10月に73.3%, 11月に86.7%, 12月に100%となった。また、カボチャ区についても10月に33.3%, 11月に86.7%, 12月に100%となり、すべての生殖巣が黄～橙色に改善した。キャベツ区は、10月に21.4% 11月に78.6%, 12月に64.3%, ミカン区は、10月に11.1%, 11月に40.0%, 12月に53.0%, タマネギ区は、10月に13.3%, 11月に16.7%, 12月に42.9%, ネギ区は、10月に0.0%, 11月に14.3%, 12月に0.0%と改善効果が低かった。

市場価値が低いとされる褐色と黒色の生殖巣は、12月には、アラメ区、カボチャ区では確認されなかったが、ミカン区、タマネギ区、ネギ区では確認された。12月の褐色の生殖巣の割合は、キャベツ区で28.6%, ミカン区で40.0%, タマネギ区で28.6%, ネギ区で7.1%であった。12月の黒色の生殖巣の割合は、ミカン区は6.7%と低かったが、タマネギ区は28.6%, ネギ区は92.9%と高かった。



□黄～橙色 ▨褐色 ■黒色

図3 生殖巣の色の割合

遊離アミノ酸組成

遊離アミノ酸組成を表2に示した。いずれの試験区でもグリシン、アルギニン、アラニンについて高い値を示し、アスパラギン酸、シスチン、メチオニン、トリプトファンは低い値を示した。

呈味別（旨味、甘味、苦味）遊離アミノ酸量を図4に示した。

旨味遊離アミノ酸量はミカン区、キャベツ区、アラメ区の順に多く、ミカン区の旨味遊離アミノ酸量（193.0 mg/100 g）は最も低い値を示したネギ区（79.2mg/100 g）の約2倍含有していた。

甘味遊離アミノ酸量はカボチャ区、ミカン区、キャベツ区の順に多く、カボチャ区の甘味遊離アミノ酸量（1485.0mg/100 g）はアラメ区（660.0mg/100 g）の約2倍量含有していた。

苦味遊離アミノ酸量はアラメ区、カボチャ区、キャベツ区の順に多く、アラメ区の苦味遊離アミノ酸量（736.0 mg/100 g）は最も低い値を示したネギ区（50.1mg/100 g）の約15倍含有していた。

表2 生殖巣の遊離アミノ酸組成

	(mg/100g)					
	アラメ	キャベツ	カボチャ	ミカン	タマネギ	ネギ
アスパラギン酸	17.7	16.2	9.5	17.8	15.0	12.3
グルタミン酸	129.0	163.0	102.0	193.0	122.0	79.2
アスパラギン	263.0	122.0	109.0	361.0	93.1	31.3
セリン	69.1	67.0	81.1	54.0	34.6	20.4
グルタミン	238.0	244.0	89.3	146.0	134.0	59.2
ヒスチジン	74.2	98.1	93.7	56.9	36.9	45.3
グリシン	486.0	718.0	1080.0	773.0	621.0	659.0
スレオニン	164.0	48.0	43.0	42.5	24.3	25.5
アルギニン	559.0	496.0	305.0	279.0	284.0	147.0
アラニン	174.0	414.0	405.0	397.0	402.0	88.4
チロシン	141.0	82.4	113.0	62.0	17.2	25.7
シスチン	1.2	1.8	2.5	1.9	1.4	1.8
バリン	275.0	159.0	145.0	110.0	33.0	22.1
メチオニン	31.8	20.1	8.3	9.6	5.4	6.2
トリプトファン	71.7	37.4	50.9	30.6	14.7	12.6
フェニルアラニン	119.0	28.6	37.5	29.9	9.6	10.0
イソロイシン	188.0	75.9	86.0	66.8	20.7	11.5
ロイシン	273.0	97.7	112.0	92.3	28.6	16.5
リシン	78.4	317.0	215.0	202.0	215.0	124.0
プロリン	176.0	305.0	102.0	150.0	139.0	24.4

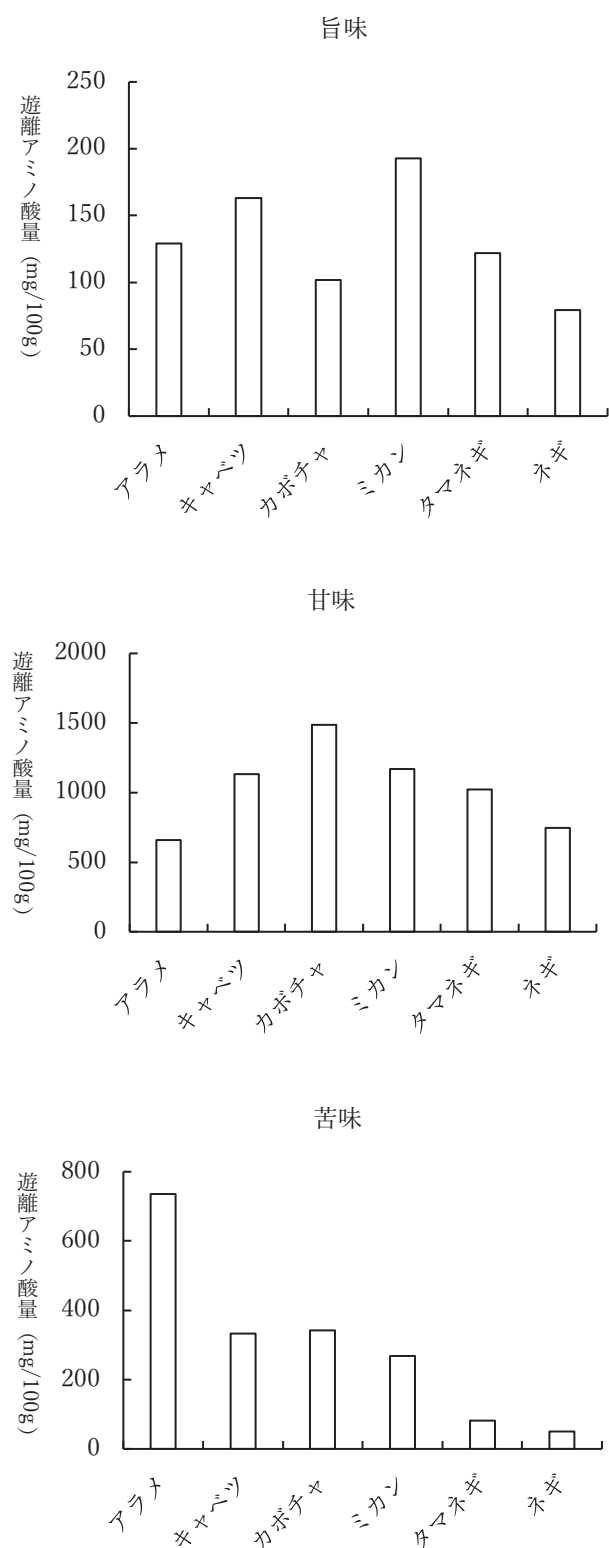


図4 呈味別の遊離アミノ酸量

官能評価

11月、12月の官能評価の結果を表3に示す。11月の試験において旨味は、アラメ区と比較してカボチャ区、タマネギ区は、有意差がみられず、高い値を示した ($p > 0.05$)。甘味は、アラメ区とカボチャ区の評価が高かった。評価者からは「野菜を給餌した試験区には野菜独特の甘味がある」という意見があった。苦味は、アラメ区と比較してミカン区、タマネギ区、ネギ区で有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。評価者からは、「タマネギ区は鼻に来るような苦みがある」、「ミカン区はミカンの皮の苦味がある」などの意見があった。

12月の試験において旨味は、アラメ区、キャベツ区、カボチャ区ともに高い結果となった。甘味は、カボチャ区がアラメ区、キャベツ区に対して有意に高い結果となった ($p < 0.05$)。評価者からは、「カボチャ独特の甘味を感じる」という意見があった。苦味は、アラメ区に対してキャベツ区は有意差が見られなかった ($p > 0.05$) がカボチャ区では有意に低い結果となった ($p < 0.05$)。

表3 官能評価の評点

		旨味	甘味	苦味
11月	アラメ	4.3±0.47 a	5.3±0.47 a	1.3±0.47 b
	キャベツ	2.3±0.47 b	3.0±1.41 b	2.0±0.00 b
	カボチャ	3.7±0.47 ab	4.0±0.00 ab	2.0±0.00 b
	ミカン	2.3±0.47 b	3.3±0.47 ab	4.0±0.82 a
	タマネギ	3.3±0.47 ab	3.0±0.82 b	4.3±0.47 a
	ネギ	2.7±0.47 b	2.3±0.47 b	4.0±0.82 a
12月	アラメ	3.0±1.26	2.6±0.80 b	2.4±0.49 a
	キャベツ	4.0±0.00	3.6±0.49 b	1.8±0.40 c
	カボチャ	4.0±0.00	4.6±0.49 a	1.2±0.40 b

平均値±SD

異符号間に有意差あり ($p < 0.05$)

餌料試験2

令和3年11月9日から令和4年2月9日の試験期間中の水温は、12.3℃から20.3℃の範囲で推移した。

生殖腺指数

それぞれのウニの殻径、全重量、生殖巣重量は表4に示した。図5にムラサキウニの生殖腺指数を示した。生殖腺指数の初期値は、4.4±1.7であった。キャベツ区、カボチャ区、冷凍カボチャ区の生殖腺指数は、身入り改善効果が高いといわれているアラメ区よりも有意に高かった ($p < 0.05$)。また、キャベツ区と冷凍キャベツ区を比較したところ、キャベツ区が有意に高い結果となった ($p < 0.05$)。カボチャ区と冷凍カボチャ区を比

較したところ、有意差はみられなかった（ $p > 0.05$ ）。

表4 ムラサキウニの殻径、全重量及び生殖巣重量

	殻径 (mm)	全重量 (g)	生殖巣重量 (g)
初期値	48.2±2.1	46.5±6.7	2.0±0.8
アラメ	48.9±1.9	48.0±6.1	2.4±0.5
キャベツ	48.6±1.9	48.0±4.6	3.5±1.1
冷凍キャベツ	48.0±2.0	48.0±5.7	2.0±0.7
カボチャ	47.8±1.8	46.5±6.0	3.5±1.0
冷凍カボチャ	47.5±1.7	48.1±5.7	3.3±0.8

平均値±SD

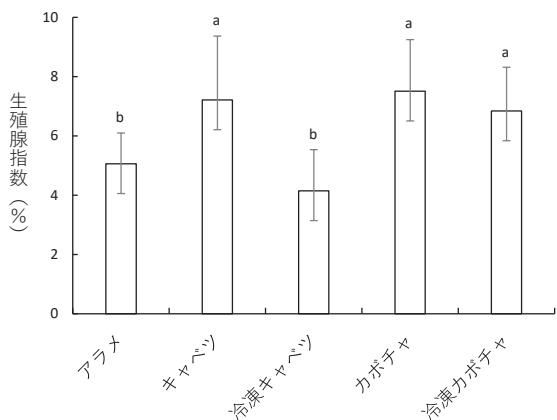


図5 ムラサキウニの生殖腺指数
異符号間に有意差あり（ $p < 0.05$ ）。

色彩

色彩について図6に示した。初期値は67.5%が黄～橙色，32.5%が褐色を示した。アラメ区，キャベツ区，冷凍キャベツ区，カボチャ区，冷凍カボチャ区では，95%が黄～橙色，5%が褐色となり黄～橙色の個体の割合が高くなった。黒色の生殖巣は，確認されなかった。

官能評価

官能評価の結果を表5に示す。旨味について，冷凍キャベツ区はアラメ区とキャベツ区に対して有意に低い（ $p < 0.05$ ）結果となったが，それ以外の試験区間では有意差はみられなかった。甘味，苦味，総合点については，すべての試験区間で有意差はみられなかった（ $p > 0.05$ ）。また，評価者の意見としては，「試験区ごとの違いの判別が難しい」，「苦味はどの試験区でもほとんど感じない」という評価が多かった。

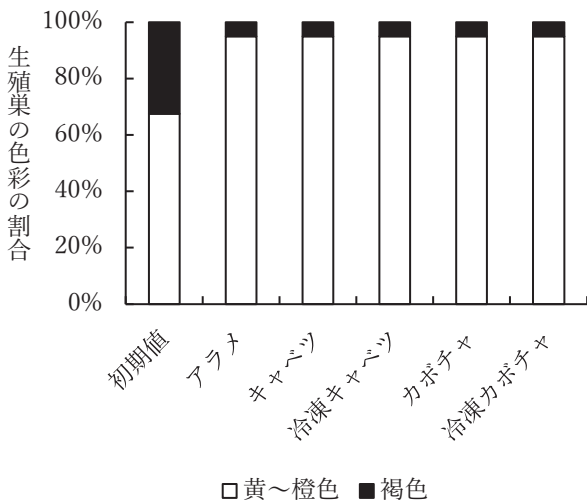


図6 生殖巣の色彩の割合

表5 官能評価の評点

	旨味	甘味	苦味	総合点
アラメ	2.89±0.87 a	2.96±0.74 ab	2.11±0.99	3.26±0.89
キャベツ	3.11±0.99 a	3.04±0.92 a	1.85±1.04	3.48±0.88
冷凍キャベツ	2.11±0.83 b	2.30±0.97 b	2.37±1.16	2.70±0.94
カボチャ	2.70±1.01 ab	2.74±0.97ab	1.81±0.98	3.19±0.90
冷凍カボチャ	2.67±0.86 ab	2.74±0.97ab	1.96±1.07	3.04±0.96

平均値±SD

異符号間に有意差あり（ $p < 0.05$ ）

考 察

餌料試験1について，アラメ区とカボチャ区，については，各月で生殖腺指数が他の試験区より高い傾向であった。生殖巣を可食部とするムラサキウニの場合，「板うに」にするにはおよそ，生殖腺指数が6以上必要とされている¹¹⁾が，12月の測定ではアラメ区とカボチャ区はそれを上回っていた。ミカン区についても月ごとに生殖腺指数が有意に高くなっていったが，12月の生殖腺指数は， 3.8 ± 1.3 であったため，身入り改善効果は低いと考えられた。12月のタマネギの生殖腺指数は 2.0 ± 1.2 ，ネギは， 0.5 ± 0.4 と低い値を示したことから，身入り改善効果は低いと考えられた。

身入りが改善しなかった原因として，ミカンと玉ねぎは，海藻類と比べてウニの生殖巣の肥大化に重要と言われているタンパク質の含有量が低いこと^{12) 13)}が考えられた。ネギは，カボチャと同程度で比較的高いタンパク質を含む¹²⁾が，嗜好性が低く他の野菜の半分程度の摂餌量であったため生殖巣が肥大しなかったと考えられる。

餌料試験1のキャベツ区の生殖腺指数については，12

月と11月では有意差はみられなかったため、生殖巣を肥大させる効果は低いと考えられたが、餌料試験2では、キャベツ区はアラメ区と比較して有意に高い値を示し、生殖腺指数も 7.2 ± 2.2 と高い値だった。餌料試験1では、摂餌量の約半分を冷凍キャベツが占めていた。餌料試験2の冷凍キャベツ区では、生殖巣が充実しない結果となったことから、餌料試験1のキャベツ区で冷凍キャベツの摂餌量の割合が高かったため、生殖巣が充実しなかったと考えられる。また、餌料試験2のカボチャ区と冷凍カボチャ区を比較したところ、有意差は見られなかったことから、カボチャについては、冷凍しても生殖腺指数への影響は小さいと考えられた。

野菜は生のままで凍結すると、解凍後にドリップを生じスポンジ化する。これは細胞組織を凍結させる際に、細胞中で成長した氷結晶で細胞が破壊され、細胞の内容物が溶出するためである¹⁴⁾。キャベツはカボチャよりも水分量が多い¹²⁾ため、ドリップが多くなりタンパク質などの成分が流出し、生殖腺指数が増加しなかったと考えられる。

餌料試験1の摂餌量試験において、ムラサキウニ1個体あたりの3か月の摂餌量は、キャベツ区以外の試験区で200から300g程度だったが、キャベツ区は656gと2倍以上多い結果となった。このことから、キャベツは他の餌料に比べて摂餌圧が高いため、キャベツを用いてムラサキウニを畜養するには、大量のキャベツが必要となると考えられた。臼井ら^{7, 15)}によるムラサキウニの摂餌試験でもキャベツを好んで摂餌したことが確認されている。

餌料試験1の色彩については、アラメ区とカボチャ区において100%の割合で黄～橙色となり、試験区2についてもアラメ区とカボチャ区は、95%が黄～橙色となり、色彩の改善効果が高いと考えられた。キャベツ区、ミカン区、タマネギ区も初期値と比べて、黄～橙色の割合が高くなり、一定の改善効果があると考えられる。しかし、ネギ区では初期値と比べて黄～橙色の割合が低かったため、改善効果はほとんどないと思われる。

餌料試験2のキャベツ区、冷凍キャベツ区の黄～橙色の生殖巣の割合が餌料試験1の12月の値である78.6%と比較して95%と高くなっていた。これは、餌料試験1の初期値である25%よりも餌料試験2の初期値が67.5%と高かったため、アラメ区やカボチャ区と同じ割合まで改善したと考えられる。冷凍カボチャについても同様のことがいえるため、このことについては、さらに検討の必要がある。

遊離アミノ酸分析では、旨味については、アラメ区と比較して、すべての試験区で大きな差は見られなかった。甘味に関しては、すべての試験区でアラメ区より高い値を示した。苦味は、アラメ区が最も高い値となり、他の試験区と比較して2倍以上高い値となっていた。タマネギ区、ネギ区に関してはアラメ区と比較して10分の1程度の数値となった。これらのことから、すべての試験区について、アラメ区と比較して苦味が少なく、旨味と甘味を感じる味になると考えられた。しかし、タマネギ区、ミカン区、ネギ区では、苦味を感じたという意見があり、苦味の評点もアラメと比較して有意に高く、遊離アミノ酸分析と異なった結果となった。

味を決定する要因として、旨味、甘味、苦味、塩味、酸味、香りなどが知られている¹⁶⁾が、タマネギ、ミカン、ネギに関しては、遊離アミノ酸以外の要因がこの結果に関与していると考えられた。

餌料試験2について、旨味については、冷凍キャベツ区はアラメ区とキャベツ区に対して有意に低くなっていたことから、キャベツを冷凍することで旨味が落ちると考えられた。しかし、甘味、苦味、総合点に関しては、すべての試験区間で有意差が見られなかったことから、旨味の差については、味にさほど影響はないと考えられる。これらのことから、キャベツ、カボチャについては、冷凍したものを給餌してもムラサキウニの味に変化はないと考えられた。

キャベツについては、生餌の場合、生殖腺指数、色彩、味について、アラメと比較して遜色ない結果が得られた。しかし、摂餌量がアラメに比べて多かったため、現場でムラサキウニを畜養する場合には大量に給餌する必要がある。また、冷凍保存した場合、生殖腺指数がほとんど回復しないため、冷凍キャベツはムラサキウニの餌料としては不向きであると考えられた。

カボチャについては、生餌、冷凍カボチャともに生殖腺指数、色彩、味についてアラメと比較して遜色ない結果となった。カボチャは、夏に収穫してから冬まで保存できる¹⁷⁾ことや、冷凍カボチャもムラサキウニの餌として使用が可能であるため、保存性に優れた代替餌料であると考えられる。

ミカン、タマネギ、ネギについては、アラメに劣る結果となったため、代替餌料としての使用は難しいと考えられた。

野菜の廃棄量を正確に把握することは難しい⁸⁾が、農林水産統計¹⁸⁾より佐賀県の平成30年度から令和2年度の年間収穫量と出荷量の差を廃棄量として算出した¹⁹⁾

ところ、キャベツは年間約10,000 t、カボチャは約200 t、ミカン約100,000 t、タマネギは約10,000 t、ネギは約500 t 毎年廃棄されていると想定された。1,000個のムラサキウニを畜養する場合、キャベツは約656kg、カボチャは約303kg必要となる。畜養するムラサキウニの数によっては、カボチャのみでの畜養も可能だと考えられるが、収穫量が安定しないことや野菜の中では廃棄量が少ないことからムラサキウニ畜養で使用する餌料のすべてをカボチャでまかなうことは難しいと考えられる。カボチャを用いて畜養を行う場合、キャベツや海藻と組み合わせる必要がある。安定的に野菜を入手することは一つの課題ではあるが、キャベツの給餌については、佐賀県のアカウニ養殖ですでに取り入れられており²⁰⁾、ムラサキウニの畜養でも海藻の代替餌料として野菜を導入することは可能であると考えられる。

謝 辞

野菜を提供していただいた上場営農センター並びに古館育苗に厚くお礼申し上げます。また、官能評価にご協力いただいたアカウニ養殖業者の久保居氏、高村氏、河津氏、並びに玄海町役場の真崎氏、青木氏に心から感謝申し上げます。

文 献

- 1) 桑原久実・綿貫啓・青田徹・横山純・藤田大介 (2006) : 磯焼け実態把握アンケート調査の結果. 水産工学 Fisheries Engineering Vol. 43 No 1, 99-107.
- 2) 藤田大介 (2002) : 磯焼けの現状. 水産工学会誌2002年39巻1号, 41-46.
- 3) 大津安夫・金丸彦一郎 (2013) : 佐賀県玄海域における藻場の現状と変動傾向. 佐玄水振セ研報, 6, 81-88.
- 4) 藤崎博 (2015) : 佐賀県玄海域における藻場の現状と課題. 佐水振セ研報 8, 11-15.
- 5) 大島泰雄・石渡直典・田中二良 (東大・農学部) (1957) : ムラサキウニとバフンウニの食性. 水産増殖Volume 5, 26-30.
- 6) 神奈川県水産技術センター : キャベツウニについて - 神奈川県ホームページ, <https://www.pref.kanagawa.jp/docs/mx7/kikaku/kyabetsuuni.html> (2021.5.13最終アクセス)
- 7) 臼井一茂・加藤健太・田村怜子・原日出夫 (2019) : 野菜などを餌料としたムラサキウニ飼育における生殖巣の発達と呈味成分の変化. 神水セ研報第10号, 43-49.
- 8) 田村有香 (2014) : 食品系廃棄物処理と減量に向けた取り組みの現状及び将来性についての研究 - 圃場所における廃棄野菜をシート加工して有効利用する試み -. 佛教大学院紀要社会学研究科篇第42号, 1-18.
- 9) 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.
- 10) 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.
- 11) 宮崎県 (2014) : 宮崎県沿岸における藻場造成及び管理に関する指針.
- 12) 文部科学省 科学技術・学術審議会 資源調査分科会報告 (2020) : 日本食品標準成分表2020年版 (八訂) アミノ酸成分表編.
- 13) 吾妻行雄, 猪俣英里, 細田俊輔, 前田航平, 堀拓磨, 垂水祐樹, 紺野智太 (2021) : ウニ短期畜養における高タンパク質飼料の有効性. 日本水産学会誌87巻6号, 694.
- 14) 中川良二・北川直輝・八十川大輔・池田隆幸・長島浩二 (1998) : 野菜の冷凍保存技術の開発. 北海道立食品加工研究センター報告 No. 3, 59-63.
- 15) 臼井一茂・田村怜子・原日出夫 (2018) : 野菜残差を餌としたムラサキウニの養殖について. 神水セ研報第9号, 9-15.
- 16) 松本伸子・松元文子 (1977) : 食べ物の味. 調理科学10巻2号, 97-101.
- 17) 神戸保 (1986) : カボチャ. 食品衛生30巻4号, 50.
- 18) 農林水産省 (2018, 2019, 2020) : 農林水産統計.
- 19) 木村征子 (2013) : 日本における食料ロス・廃棄の発生メカニズム - 農業生産物廃棄抑制に関する一考察 -.
- 20) 養殖ビジネス (2019) : クローズアップ 養殖訪問〜種苗・カンパチ・ウニ・アワビ・マガキ・マス類・ウナギ〜久保居喜一. 養殖ビジネス2019年7月号, 13-16, 緑書房, 東京