

兵庫県但馬沿岸域における規格外野菜を用いたムラサキウニの養殖方法

梶原慧太郎¹⁾・大野泰史²⁾・佐藤祥加³⁾・齋藤公司²⁾・山下正晶²⁾

¹⁾兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター

²⁾兵庫県但馬県民局豊岡農林水産振興事務所但馬水産事務所

³⁾兵庫県農林水産部流通戦略課

兵庫県の日本海沿岸(但馬沿岸域)では、数年前からムラサキウニ *Heliocidaris crassispina* が急増し、海藻類への食害が危惧されている。本海域のムラサキウニは生殖巣が発達しておらず、商品価値が低い。本研究では、ムラサキウニに規格外野菜(コマツナ、キャベツ)や出汁抽出済み昆布を給餌し、低コストで商品価値の向上を目指す養殖方法について検討した。その結果、コマツナとキャベツを併用して給餌した試験区では、給餌 2 か月後の生殖巣指数が、試験開始時の個体および規格外野菜や昆布を単独で給餌した試験区よりも有意に高くなり($p < 0.05$)、商品価値の向上が確認された。本試験区は、アミノ酸組成の異なる 2 種類の野菜から、ムラサキウニが生殖巣の肥大化に必要なタンパク質を効率よく蓄積することができたと考えられた。また、ムラサキウニの海面養殖は陸上養殖に比べて低コストで商品価値の向上を図れることが分かった。

キーワード: キャベツ, 養殖, 生殖巣, コマツナ, ウニ

You can see the English abstract on the last page of this article.

緒言

近年、植食動物による食害等が原因となり、沿岸域から藻場が消失する磯焼けが全国的に拡大している(水産庁, 2021)。兵庫県日本海沿岸(但馬沿岸域)では、1992 年以降、藻場面積の明確な衰退傾向は認められないものの、一部の海域で藻場の被度低下や磯焼けの可能性が指摘されている(三洋テクノマリン株式会社, 2018)。

わが国の日本海西部海域の藻場に影響を与える要因の 1 つとして、ムラサキウニ *Heliocidaris crassispina* による食害があげられる(水産庁, 2021)。本種は北海道南部から中国東岸に分布する産業上重要な種であり(堀井, 1997)、可食部である生殖巣が大きい個体は商品価値が高い(臼井ら, 2019)。但馬沿岸域では数年前からムラサキウニの増加傾向がみられ、地元漁業者からは食害による海藻の減少を危惧する声が聞かれる。本海域のムラサキウニは餌不足により生殖巣が充実していないため、商品価値が低く漁獲対象となっていない。このようなムラサキウニを採捕して養殖することで、生殖巣を肥大化させることができれば、磯焼けの防止に加え、商品価値の向上も期待できる。ウニ類は、ミツイシコン

ブ(名畑ら, 1999)、スジメ(町口ら, 2012)、アラメ(豊福・吉田, 2019)等の海藻類や、イカナゴ(干川ら, 1998)等の魚肉を給餌すると、生殖巣が肥大化することが示されている。ムラサキウニでは、様々な種類の野菜残渣を餌に利用した養殖試験が行われ、キャベツを給餌することで生殖巣が肥大化し、商品価値が大幅に向上することが報告されている(臼井ら, 2018)。

今回筆者らは、ムラサキウニに規格外野菜としてキャベツの他、これまで給餌試験が行われたことがないコマツナと、出汁抽出済みで廃棄予定の昆布を給餌し、生殖巣の肥大化試験を実施して、低コストで本種を養殖する方法について検討した。

材料および方法

供試個体は、2021 年 5 月 11 日に浜坂漁港内で採捕したムラサキウニを用いた。

香住漁港西港の係船柱の間に、枝縄を接続した幹縄を張り、枝縄の先端にコンテナ籠(有効内寸 480 × 309 × 257 mm; 三甲製)を 1 つずつ接続し、合計 8 つの籠を海中に垂下した。各籠には 25 個体ずつムラサキウニを収容し、籠 1-8 として飼育した。5

月 17 日から、籠 1-3 にコマツナ(「コマツナ区」とする)を、籠 4-6 にキャベツ(「キャベツ区」とする)を、籠 7 に出汁を抽出後に再冷凍した昆布を(「昆布区」とする)、籠 8 にコマツナとキャベツ(「コマツナ・キャベツ区」とする)を給餌した(Fig. 1)。野菜類は規格外のもの、昆布は廃棄予定のもので、いずれも無償提供されたものを用いた。幹縄の長さに制限があったため、昆布区とコマツナ・キャベツ区の籠は 1 個とした。籠 8 に水中用温度計測データロガー(Onset 製)を取り付け、飼育場所の水温を 10 分ごとに測定した。1 週間に 2 回または 3 回、給餌と籠内の清掃を行い、各籠の死亡個体を計数後に取り除いた。6 月 28 日にコマツナ区とキャベツ区は 8 個体ずつ、昆布区は 6 個体の供試個体を別試験用に取り除いた。



Fig. 1 Cage of Japanese mustard spinach.

1 回あたりの給餌量は、残餌量を確認しつつ次回の給餌日までに籠内に餌が残存するように調整した。コマツナ・キャベツ区では、コマツナとキャベツをほぼ同量給餌した。5 月 17 日から 7 月 15 日の餌種類ごとの日間摂餌量は、町口ら(1994)を参考に次式により求めた。

$$\text{餌種類ごとの日間摂餌量(kg/日)} = (\text{餌種類ごとの総給餌量(kg)} - \text{餌種類ごとの総残餌量(kg)}) / \text{飼育日数(日)}$$

コマツナおよびキャベツから約 5 cm 四方の切片を切り出し、乾重量を測定した。試験場所の海水を入れたバケツに切片を入れ、重りを乗せて 6 時間吸水させた後、表面の水分をキムタオル(日本製紙クレシア製)で拭き取り湿重量を求めた。以下の式により乾重量への換算率を求め、残餌量を乾重量で示

した。コマツナ区とキャベツ区の総給餌量と総残餌量は、1 籠あたりの平均値を用いた。

$$\text{換算率(\%)} = \text{乾重量(g)} \times 100 / \text{湿重量(g)}$$

飼育初日(5 月 11 日)は採集個体の中から無作為に抽出した個体(「初期群」とする)を、1 か月後(6 月 17 日)と 2 か月後(7 月 15 日)はいずれも各試験区から無作為に抽出した個体(それぞれ「1 か月群」、「2 か月群」とする)を用い、以下の手順で測定した。なお、1 か月群と 2 か月群のコマツナ区とキャベツ区は、3 つある籠の全てからウニを抽出した。

体重は、ウニを 10 分間放置して海水を放出させた後、表面の水分をキムタオルで拭き取ってから計測した。生殖巣重量は「生うにパッキリ」(東京電子工業製)で全ての生殖巣を摘出した後、「フレッシュマスター」(ユニ・チャーム製)で表面の水分を吸収してから計測した。なお、雌雄と成熟度の判別は行わなかった。生殖巣の増加量は次式で求められた生殖巣指数(GI)で評価した。

$$\text{生殖巣指数(GI; \%)} = \text{生殖巣重量(g)} \times 100 / \text{体重(g)}$$

初期群と 1 か月群の各試験区、および初期群と 2 か月群の各試験区の GI を Steel-Dwass 検定により多重比較を行った。統計解析ソフトは EZR(Kanda, 2013)を用いた。

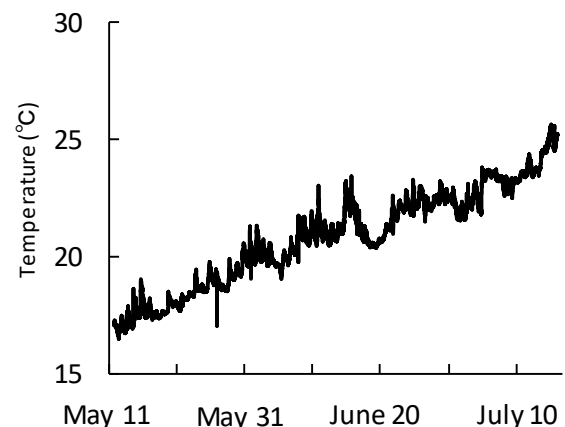


Fig. 2 Seawater temperature changes at the feeding test location during May 11–July 15.

結 果

飼育期間中の最高、最低水温はそれぞれ 25.6°C、16.5°C で、5 月から 7 月にかけて緩やかに上昇した(Fig. 2)。5 月 11 日から 6 月 17 日まで、6 月 18 日

から6月28日まで、および6月29日から7月15日までの各期間の水温変動幅は、それぞれ6.9°C、2.9°C、4.1°Cであった。

5月11日から7月15日の間に、コマツナ区で3個体、キャベツ区で18個体、コマツナ・キャベツ区で1個体のムラサキウニが死亡し、昆布区で死亡個体は確認されなかった。5月11日から6月17日まで、6月18日から6月28日まで、6月29日から7月

15日までの各期間の死亡率は、それぞれ10%、0%、1.4%であった。

餌種類ごとの日間摂餌量(kg/日)は、コマツナ区、キャベツ区、昆布区、コマツナ・キャベツ区でそれぞれ0.29、0.21、0.03、0.32となり、コマツナ・キャベツ区、コマツナ区、キャベツ区、昆布区の順に多かった(Table 1)。

Table 1 Results of feeding tests conducted using various vegetables and kelp

Test case	(Case No.)	Total feeding (kg)	Average total feeding (\pm SD; kg)	Total remaining feeding (kg)	Average total remaining feeding (\pm SD; kg)	Feeding per day (kg/d)
Japanese mustard spinach	(1)	19.97		2.7		
	(2)	20.23	20.58 (\pm 0.69)	2.59	2.67 (\pm 0.056)	0.29
	(3)	21.54		2.72		
Cabbage	(4)	18.39		5.43		
	(5)	18.73	18.94 (\pm 0.55)	6.57	6.36 (\pm 0.69)	0.21
	(6)	19.68		7.09		
Kelp	(7)	5.32	—	3.73	—	0.03
Japanese mustard spinach and cabbage	(8)	24.05	—	4.57	—	0.32

Each feeding value: dry weight, SD: standard division.

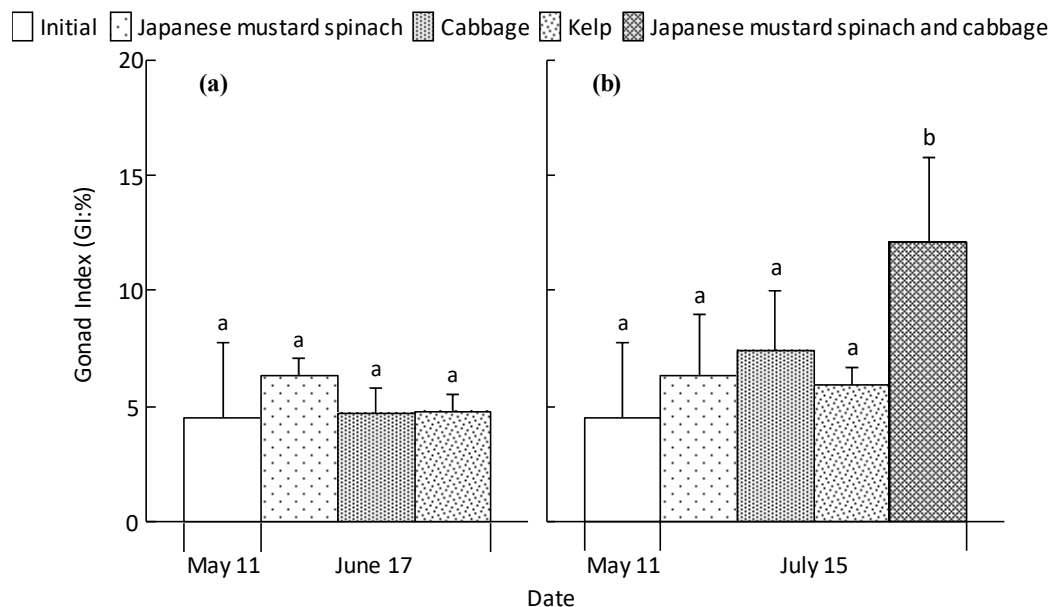


Fig. 3 Development of the gonad index (GI: %) of the purple sea urchins *H. crassispina* when fed various vegetables and kelp during (a) May 11–June 17 and (b) May 11–July 15. Vertical bars represent standard deviations. Significant differences were found between cases with different letters by Steel–Dwass test ($p < 0.05$).

初期群のGIの平均値 \pm 標準偏差(標本数)は 4.5 ± 3.2 ($n = 5$)であった(Fig. 3)。1か月群のGIの平均値はコマツナ区で 6.3 ± 0.8 ($n = 6$)、キャベツ区で 4.7 ± 1.1 ($n = 6$)、昆布区で 4.8 ± 0.8 ($n = 2$)であつ

た。初期群に対して1か月群の各試験区におけるGIに有意差は認められなかった。2か月群のGIの平均値はコマツナ区で 6.3 ± 2.7 ($n = 10$)、キャベツ区で 7.5 ± 2.6 ($n = 10$)、昆布区で 5.9 ± 0.8 ($n = 5$)、コマツ

ナ・キャベツ区で 12.2 ± 3.6 ($n = 5$) であった。初期群に対して 2 か月群のコマツナ・キャベツ区の GI は有意に高く ($p < 0.05$)、2 か月群の中でもコマツナ・キャベツ区の GI はコマツナ区、キャベツ区、昆布区よりも有意に高かった (いずれも $p < 0.05$)。

考 察

本試験開始時のムラサキウニの GI の平均値は 4.5 であったが、2 か月群のコマツナ・キャベツ区では 12.2 に達した。本種の商品価値向上には、生殖巣の増加 (GI: 10 以上) が必要とされている (臼井ら, 2019)。本試験から、コマツナとキャベツを併用して約 2 か月間給餌することによって、商品価値が向上することが明らかとなった (Fig. 4a, b)。

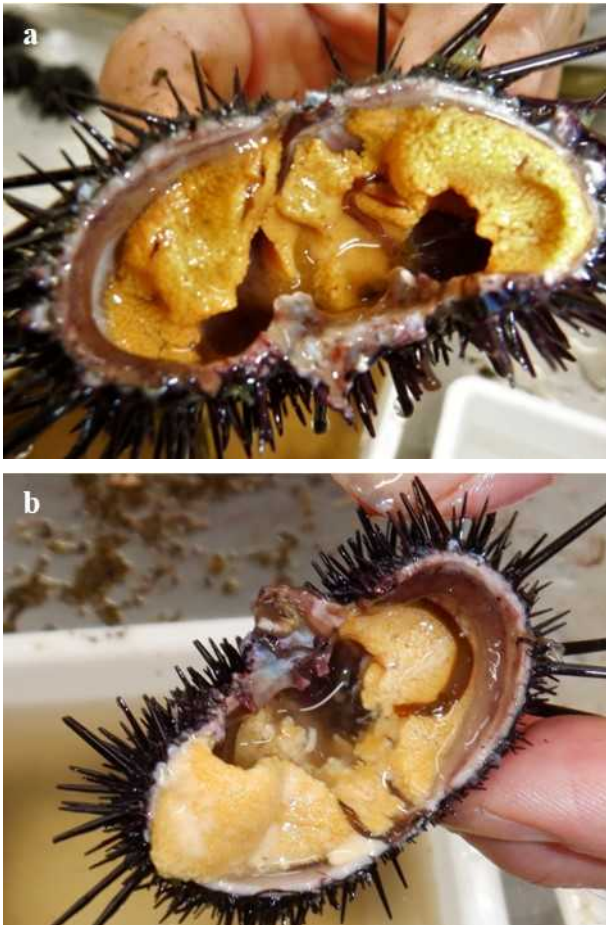


Fig. 4 Gonads of purple sea urchins *H. crassispina* fed on (a) Japanese mustard spinach and (b) Japanese mustard spinach and cabbage for about two months.

一方、コマツナ区、キャベツ区、昆布区の 2 か月群の GI の平均値はそれぞれ 6.3, 7.5, 5.9 にとどまり、

単一の餌種類では 2 か月の飼育期間で商品価値は向上しなかった。臼井ら (2018) はムラサキウニに様々な野菜類を用いて給餌試験を行い、嗜好性が高い餌は継続して摂餌することを報告している。本試験において、ムラサキウニはコマツナとキャベツを飼育期間を通じて摂餌していたことから、両者は本種にとって良質な餌であるといえる。ウニ類は物理的要因や化学的要因により摂餌選択性を示し、摂餌量が異なることが知られている (町口ら, 2012)。今後、様々な形質の規格外野菜等を給餌し、生殖巣の肥大化につながる餌種類の質的・量的な関係性を明らかにする必要がある。

ウニ類の生殖巣はタンパク質が蓄積されることで肥大化する (Unuma et al., 2003)。コマツナはグリシン、キャベツはグルタミン酸をそれぞれ多く含み、これらはウニ類の生殖巣を構成するアミノ酸の中でも比率が高い (文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会報告, 2020)。したがって、コマツナとキャベツを併せて給餌することで、アミノ酸組成の異なる餌から、生殖巣の肥大化に必要なタンパク質を効率よく蓄積することができた可能性が考えられた。一方、昆布区は日間摂餌量が極端に少なかった。この要因として、本試験で与えた昆布は茹で処理後に冷凍と解凍を繰り返したものをを用いたため、細胞壁が損傷して、海水中における腐敗の進行が早かった可能性が考えられる。そのため、餌に用いる野菜も、冷凍ではなく生鮮状態の方が望ましいと思われた。

ウニ類の生殖巣は栄養細胞と生殖細胞により構成され、前者は配偶子形成前の発達期、後者は配偶子形成が活発化する産卵期にそれぞれ生殖巣に占める割合が高くなる (鵜沼, 2009; Unuma et al., 2015)。生殖細胞の割合が高まる産卵期は、生殖巣の苦みが増加し、身溶け (成熟した生殖巣から卵や精子が溢出する現象) により商品価値が低下する (鵜沼, 2009)。臼井ら (2018) は、本種の産卵期である 5 月から 8 月 (山崎・清本, 1993; 堀井, 1997) より早い 4 月上旬からキャベツを給餌し、6 月下旬までの 77 日間の飼育により、ムラサキウニの GI と風味の向上を確認している。本試験の飼育開始、終了の時期はそれぞれ 5 月中旬、7 月中旬であったことから、試験開始時には既に配偶子形成が始まり、終了時には生殖巣

のほとんどを生殖細胞が占めていた可能性が高い。本種は海水温が 17°C 前後に達すると摂餌行動が活発化するが(臼井, 2019), 但馬沿岸域では 4 月頃にこの水温に達する。したがって, 4 月上旬から給餌を開始し, 最短でも 2 か月間飼育して産卵初期までに回収すれば, GI の増加に加え, 風味も充実した生殖巣を得ることが期待できる。

本試験は, ムラサキウニを海面養殖で飼育した。飼育期間を通じて籠の引き上げ以外は作業負担を感じることはなく, また籠と幹縄・枝縄に用いたロープ以外に金銭的負担は無かった。すなわち, 施設整備や電気を要する陸上養殖と比較して, 海面養殖はコストが低い養殖方法であると思われた。一方で, 海面養殖は外部環境の影響を強く受ける。ウニ類は温度変化に脆弱であり(臼井, 2019), 高水温・低水温は疾病の発生要因となる(岡山, 2015)。本試験でも, 最も死亡率が高かった 5 月 11 日から 6 月 17 日の間の水温変動幅は, 3 期間中最大であった。水温変化は産卵の引き金にもなり得るため(堀井, 1997), ムラサキウニを海面で養殖する場合は, 水温をはじめとした養殖場所の環境条件を随時把握することも重要となる。

謝 辞

本試験の実施にあたり, 水温データの収集, ウニの測定に多くのご協力を賜った兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター森 俊郎研究員, 同中村 匠職員に心から御礼申し上げます。ウニの採集に便宜を図って下さった浜坂漁業協同組合の皆様にも厚く御礼申し上げます。餌の収集に多くのご協力を賜った有限会社夢大地, Veggie de +, さらそば甚兵衛, 兵庫県但馬県民局豊岡農林水産振興事務所豊岡農業改良普及センターの関係各位に深謝します。有益なご助言を賜った但馬漁業協同組合, 兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センターの関係各位に厚く御礼申し上げます。

引用文献

堀井貴司(1997): ムラサキウニの生殖年周期と産卵月齢周期性. 日本水産学会誌 **63**, 17–22.
干川 裕・高橋和寛・杉本 卓・辻 浩二・信太茂春

(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.

Kanda K. (2013): Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. *Bone Marrow Transplantation* **48**, 452–458.

町口裕二・水鳥純雄・三本管善昭(1994): キタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus* の飼育下における摂餌選択性. 北海道区水産研究所研究報告 **58**, 35–43.

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**, 323–331.

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. 1–366.

名畑進一・干川 裕・酒井勇一・船岡輝幸・大堀忠志・今村琢磨(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.

岡山英史(2015): アカウニ海面養殖の現状と課題. 佐賀県玄海水産振興センター研究報告 **7**, 121–125.

三洋テクノマリン株式会社(2018): 平成 29 年度藻場の情報収集整理業務委託(但馬海域)報告書, 三洋テクノマリン株式会社, 東京, 1–87.

水産庁(2021): 第 3 版磯焼け対策ガイドライン. 全国漁港漁場協会, 62–73.

豊福太樹・吉田幸史(2019): アカウニの身入りと呈味特性に及ぼす給餌海藻の影響. 佐賀県玄海水産振興センター研究報告 **9**, 9–13.

Unuma T, Yamamoto T, Akiyama T, Shiraiishi M, Ohta H. (2003): Quantitative changes in yolk protein and other components in the ovary and testis of the sea urchin *Pseudocentrotus depressus*. *Journal of Experimental Biology* **206**, 365–372.

鵜沼辰哉(2009): ウニをおいしく食べる。「ウニ学」(本川達雄編), 東海大学出版会, 神奈川, 160–179.

Unuma T, Murata Y, Hasegawa N, Sawaguchi S, Takahashi K. (2015): Improving the food quality of

- sea urchins collected from barren grounds by short-term aquaculture under controlled temperature. *Bulletin of Fisheries Research Agency* **40**, 145–153.
- 白井一茂・田村怜子・原 日出夫(2018): 野菜残渣を餌としたムラサキウニ養殖について. 神奈川県水産技術センター研究報告 **9**, 9–15.
- 白井一茂(2019): 人気番組「鉄腕 DASH」にも登場! 神奈川県三浦市の「キャベツウニ」養殖. 養殖ビジネス **715**, 36–39.
- 白井一茂・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. 神奈川県水産技術センター研究報告 **10**, 43–49.
- 山崎 誠・清本節夫(1993): 長崎県平戸島産ムラサキウニの生殖周期. 西海区水産研究所研究報告 **71**, 33–40.

Method of purple sea urchin *Heliocidaris crassispina* cultivation using substandard vegetables in a coastal area of Tajima, Hyogo prefecture

Keitarou KAJIWARA¹⁾, Yasushi OONO²⁾, Sachika SATOU³⁾, Kouji SAITOU²⁾
and Masaaki YAMASHITA²⁾

¹⁾Fisheries Technology Institute, Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries, Akashi, Hyogo 674-0093, Japan

²⁾Tajima Fisheries Office, Toyooka Agriculture, Forestry and Fisheries Office, Tajima District Administration Office/District Administration Center, Hyogo Prefectural Government, Kami, Hyogo 669-6541, Japan

³⁾Distribution and Brand Strategy Division, Agriculture, Forestry and Fisheries Department, Hyogo Prefectural Government, Kobe, Hyogo 650-8567, Japan

Corresponding: keitarou kajiwara

TEL: +81-78-941-8601, FAX: +81-78-941-8604, E-mail: keitarou_kajiwara @pref.hyogo.lg.jp

Purple sea urchin *Heliocidaris crassispina* populations have been increasing rapidly in Sea of Japan coastal areas of Hyogo Prefecture (Tajima coastal area) for several years. Purple sea urchins are believed to cause significant feeding damage to seaweed beds. The urchins have low commercial value because their gonads do not have increased gonad weight. For this study, we investigated a low-cost cultivation method to increase the gonad weight of purple sea urchins by feeding substandard vegetables (Japanese mustard spinach and cabbage) and kelp from which soup stock had been extracted. The gonad index (GI) after two months of feeding was significantly higher ($p < 0.05$) in the test case in which Japanese mustard spinach and cabbage were fed together than in the test case, in which individuals were fed at the beginning of the test and substandard vegetables and kelp, confirming the improved commercial value. Results suggest that the purple sea urchins efficiently accumulated the protein necessary for gonad enlargement from vegetables with different amino acid compositions. For improvement of the commercial value of the purple sea urchin, sea cultivation was found to have lower costs than land-based cultivation.

Key Words : cabbage, cultivation, gonad, Japanese mustard spinach, sea urchin