

# オリーブ葉・採油粕発酵物添加餌料の投与が キタムラサキウニの摂餌および身質に及ぼす影響

角田 出<sup>1,2,3</sup>・高瀬 清美<sup>4</sup>

## Effects of Diets Containing Dried Olive Leaves and Fermented Products of Olive Oil Pomace on Feeding Behavior and the size, Color and Free Amino Acid Contents in the Gonads of Northern Sea Urchin *Mesocentrotus nudus*

Izuru KAKUTA<sup>1,2,3</sup> and Kiyomi TAKASE<sup>4</sup>

1. Professor emeritus, Ishinomaki Senshu University, Ishinomaki, Miyagi 986-8580, Japan

2. Research Center for Creative Partnerships, Ishinomaki Senshu University, Ishinomaki, Miyagi 986-8580, Japan

3. Marine Eco-Bio Research Institute (The branch office in Ishinomaki Senshu University) Ishinomaki, Miyagi 986-8580, Japan

4. Tohoku Seikatsu Bunka University Junior College, Sendai, Miyagi 981-8585, Japan

### Abstract

After examining the dietary preference of the northern sea urchin, *Mesocentrotus nudus*, we investigated the effects of wakame seaweed *Undaria pinnatifida* intake, wakame seaweed treated with agar to prevent diffusion, diets for aquatic animals containing olive leaves and fermented products of olive oil pomace on the northern sea urchin growth, gonad size, color, and free amino acid contents. Sea urchins showed high feeding activity on the wakame seaweed, kelp, cabbage, and the aquatic animal feed. In a one-month feeding study, a daily wakame intake of 4% of body weight decreased shell diameter, body weight, and gonad index compared to the control group (the daily feed amount is 8% of body weight). The daily wakame intake of 2% of body weight for 1 month decreased gonad proline, methionine, and phenylalanine, while increased glycine. The group fed wakame treated with agar showed a decrease in the V value (HSV hue) of the gonads and a decrease in the amount of aspartic acid and glutamic acid compared to the control group. In the group fed with diets containing both agar and the aquatic animal feed compositions, an increase in shell diameter and improvement in the coloration of the gonads were observed at a 1% mixture rate of the composition, and at 5%, the weight and index of the gonads, as well as the amounts of aspartic acid and glutamic acid in the gonads, returned to the levels of the control group. These results suggest that feeding sea urchins with a diet containing the aquatic animal feed composition during aquaculture is likely to improve the quality of farmed sea urchins, sufficiently to offset the negative effects of halving the amount of wakame fed and the addition of agar to prevent seaweed fragments from scattering.

Key words: northern sea urchin, wakame *Undaria pinnatifida*, feeding performance, growth, gonad quality, aquatic animal feed composition, agar

### 1. 緒言

海水温の上昇、海水中の栄養分の不足、ウニや藻食魚による食害の増加等が原因となる沿岸域の

磯焼けが日本各地に広がっている。宮城県でも、藻場の減少域が拡大し、磯焼けへの対応が急務となっている<sup>(1)</sup>。なお、少なくとも宮城県以北にお

<sup>1</sup>石巻専修大学名誉教授

<sup>2</sup>石巻専修大学共創研究センター

<sup>3</sup>一般社団法人マリンエコバイオ研究所(石巻専修大学内分室)

<sup>4</sup>東北生活文化大学短期大学部

ける藻食性動物による食害の首謀者はウニ類である。

ワカメやコンブのようなウニ類の好む海藻（以下、有用海藻と記述）の不足は、ウニ類の実入りを悪くさせ、食品としての価値を低下させることに留まらず、ウニ類の採捕率低下を介して藻場の喪失を加速させることになる。ウニ類の生息状況と大型海藻の繁茂状況の関係については、個体密度が約3個体/m<sup>2</sup>以下の海域においては海藻が繁茂する可能性が高いとの報告がある<sup>(1,2)</sup>。地先でウニの生息密度が当該値以下になるように間引きをすることで藻場を含めた自然環境の保全を図るとともに、採捕したウニを陸上養殖施設等で育て、天然ウニの流通が滞る時期に市場に出すことで、磯焼け対策と間引きウニを使った地域ブランドの創出を連携させる循環型事業が広がりつつある<sup>(3-5)</sup>。

ウニ類の養殖や蓄養は海面と陸上で行なわれてきたが、その場所は主に陸上であった。これは、ウニ類の市場規模が小さかったことによるところが大きい。しかし、2025年現在、国内においては、複数の企業体がウニの（大規模）陸上養殖に参入し、既に出荷を開始、あるいは、同システムの構築に向けた実証試験を行ったりしている<sup>(1,2)</sup>。そして、来年度中には宮城県のウニ類漁獲量（2019年：472トン、2022年：568トン、2024年：約500トン）<sup>(6)</sup>を超える量の養殖ウニの出荷が見込まれている。すなわち、これからはますます良好な養殖環境の最適化や生産性向上等を意図した情報通信技術（ICT）の活用とともに、高品質のウニ類の養殖に対応した餌の確保が重要となる。

ウニ類による食害が顕在化している地域では、スジメ、アカモク、ホンダワラ等の食害率の低い海藻（一般に雑海藻と呼ばれる）が有用海藻の生育を阻害する状況が生じている。そこで、陸上等でのウニ類の養殖用飼料としてコンブやワカメ等の廃棄部分に加え、雑海藻を利用する試みも始まっている<sup>(7,8)</sup>。ただし現状では、ウニ類による雑海藻の摂餌選択性は低く、効率的な利用はそれほど進んではいない。雑海藻あるいは廃棄海藻の利用以外にも、キャベツ、クローバー等の海藻以外の植物を餌としたウニ類養殖も進められており、各地で養殖ウニのブランド化にも拍車がか

かっている<sup>(3-5)</sup>。宮城県の石巻圏域でもパプリカの葉の利用が検討されている<sup>3</sup>が、地域の特性を活かした地域特産ウニ（ブランドウニ）の継続的な生産性向上施策に係わる取組は十分とは言えない状況にある。

石巻市では、平成26（2014）年度から、オリーブを東日本大震災からの“復興樹”として沿岸部で栽培している。石巻産オリーブから採油されたオイルは、国際基準を満たす高品質なエキストラバージンオリーブオイルとして高く評価されている<sup>4</sup>。オリーブオイルは不飽和脂肪酸であるオレイン酸を豊富に含み、血中の悪玉コレステロール低減に寄与するほか<sup>(9)</sup>、強力な抗酸化作用を持つビタミンEやポリフェノール類も多く含んでおり<sup>(10)</sup>、酸化ストレスの軽減<sup>(11)</sup>や動脈硬化の予防・改善<sup>(12)</sup>等の健康に資する効果が有することが知られている。また、オリーブオイルを搾った果実粕（採油粕）や剪定により廃棄される枝葉は、以前は肥料や土壌改良に用いられることが多かった。しかし近年は、その一部が家畜や家禽（主に採油粕乾燥物）、養殖魚（葉）の飼料に添加され、種々のブランド商品の誕生に貢献するようになってきた<sup>5</sup>。

我々は、これまでの研究でオリーブオイル採油後に生じる搾り粕の他、剪定により廃棄されるオリーブ葉の有効利用に資する研究を進めてきた。その過程において、乾燥粉末化したオリーブ葉、一定条件下で発酵処理を施したオリーブ採油粕、微細藻類の含有物<sup>(14)</sup>を添加した飼料をギンザケに給餌することで「みやぎオリーブ銀鮭」としてブランド魚を作り出すことができた。当該ギンザケは、高温に強いことに加え、筋肉中において甘味に関与すアラニンやグリシンなどの遊離アミノ酸含量が増加し、臭みが低減され、肉の色も赤く鮮やかになるなど、石巻市の新たな特産品として発展性が期待されるものとなった<sup>(15)</sup>。オリーブ採油粕発酵物を含む水産生物用組成物は、魚類のみでなく、ウニやアワビ、エビ等に対しても摂餌誘引効果を示すことも分かっている<sup>(13)</sup>。また、オリーブ採油粕発酵物を含む餌を摂取した産卵鶏は、良質の卵をつくることも分かった<sup>(14)</sup>。すなわち、地域の未・低利用資源であったオリーブの副産物の活用が持続可能な養殖業や畜産業の発展に

大きく寄与する可能性が高い。

そこで本研究では、寒天で被覆した海藻の切れ端を給餌することで、海藻の離散を減らすとともにウニの海藻摂餌量を減らすことが可能か否かに加え、オリーブの採油粕や枝葉を活用したオリーブ採油粕発酵物を含む水生生物用組成物を添加した寒天で被覆した海藻の投与がキタムラサキウニの摂餌活性や身質、可食部である生殖腺の遊離アミノ酸組成および色調に及ぼす影響を調べた。

## 2. 材料および方法

### 2.1 実験Ⅰ：ウニの摂餌行動の把握並びに餌嗜好性試験

令和元年～同2年度の研究には、漁業者から入手した体重60～140 g、殻径60～160 mmのキタムラサキウニ *Mesocentrotus nudus* を用いた。先ず、ウニの摂餌に係わる各種行動の把握およびワカメ *Undaria pinnatifida*、ミツイシ (ヒダカ) コンブ *Saccharina angustata*、キャベツ *Brassica oleracea* var. *capitata* の外葉と中心葉、養殖魚用飼料 (ます用飼料、フィード・ワン株式会社製)、同魚用飼料にオリーブ *Olea europaea* L. 乾燥葉粉末、オリーブ採油粕発酵物、乾燥ナンノクロロプシス *Nannochloropsis* sp. を3:3:1の割合で混合した水産生物用組成物を全体の2%量になるように混ぜ込み、再形成した飼料の6種類のウニ摂餌試験用飼料および同候補に対する摂餌関連行動を以下の評価系により調べた〔実験Ⅰ〕。すなわち、20℃に調整した人工海水 (インスタントオーシャン、アクアリウムシステムズ社製) を容量20 Lの容器に満たし、一方にワカメ半乾燥品の切れ端を、ウニを挟んだ反対側に、コンブ乾燥品を30分間程水に入れて戻したものを、キャベツの外葉をそのままあるいは細く切ったもの、キャベツの中心葉、養殖魚用飼料、同飼料に水産生物用組成物を加えて再成型した飼料 (以降、調製飼料と記載) の何れかを投入し、その後10分間、二種類の餌に向かっての管足の伸長本数、および、摂餌のための移動方向 (対照餌側への移動を-1、試験餌料側への移動を+1、有意な移動が認められないものを0とし、試験餌料への誘因性を以下の式にて求めた: 誘因性 = 数値合計 / 移動した試験個体数) を観察した。なお、摂餌行動確認試験は、通気を

止めて容器内に外的な要因に伴う水流が発生しない状態で行ったが、水中の溶存酸素濃度は6.0 mg/L以上であった。

### 2.2 実験Ⅱに供したウニの入手と飼育条件

令和5年度の研究には、三陸沿岸域の磯焼け海域から、間引きにより採集された体重約50 g、殻径50 mm前後のキタムラサキウニを用いて以下の試験を行った〔実験Ⅱ〕。飼育試験開始前 (2023年4月13日) に、6個体のウニを取り上げ、磯焼け海域に生息していた状態での殻径、体重や身の割合 (体重に対する生殖巣重量の割合)、生殖腺の色調を測定した。

その他のウニは、上部にポリエチレン製の15 mm目無結節網を張った、5面がメッシュ状になった容量約100 Lのプラスチック製カゴ (縦667×横470×高さ322 mm) 6個に、各25個体の割合で収容し、同カゴを容量2トンの恒温循環ろ過式水槽に浮かべる形で設置した。予備を含め試験研究は照度の調節は行わず、ブルーテント下に置かれた水槽内に設置した上述のカゴ内において、自然光条件下で飼育した。なお、飼育水には石巻地先から採取した海水をろ過滅菌したものを用了。飼育水温は20℃、塩分濃度は33～34 psu、溶存酸素濃度は7.5 mg/L以上であった。

### 2.3 実験Ⅱにおける餌料条件

ウニは体重の5～10%の餌を摂取すると言われていることから、1群あたり含水率7.6%の半乾燥 (生) ワカメの切れ端を水で戻し、軽く絞ったもの (含水率は約91.5%) を毎日、1群25個体あたりに、それぞれ100 g、50 g、25 g量になるように給餌した。1群あたりのウニの総重量は約1,250 gであるため、それぞれ、湿重量で体重の8、4、2%に相当する。また、含水率が約91.5%のワカメ切れ端100 gに寒天煮溶解液200 mL (天草100%の棒寒天8 gを水500 mLで煮溶かしたものを使用; 天草量として3.2 g相当) を加えて展着 (厚めに被覆) したものを、同左寒天部分にオリーブ乾燥葉粉末、オリーブ採油粕発酵物、乾燥ナンノクロロプシスを3:3:1の割合で混合した水産生物用組成物を全体量の5あるいは1%になるように添加したワカメ飼料を、上述のワカメ給餌量として50 g相当量を給餌しつつ飼育した。

## 2.4 実験Ⅱにおける摂餌効果の把握:殻径、体重、生殖巣指標・色調・遊離アミノ酸組成の測定

採捕されたウニは、1週間、ワカメを与えて予備飼育した後に、給餌試験に供した。予備飼育の期間中、生残数や棘の状態、動き等に留意し、棘の脱落等の異常がみられた時には異常個体として直ちに除去するとともに、別途飼育中の個体を投入し、各群内の個体数を揃えた。

約1ヶ月間の飼育試験の後(2023年5月22日)に、飼育試験中のウニを1群あたり数個体ずつ無作為に取り上げ、殻径、体重(重量)、生殖巣重量、生殖巣の色調を測定後、一旦、 $-80^{\circ}\text{C}$ で冷凍し、解凍後に生殖巣の遊離アミノ酸組成を測定した。生殖巣指標は、生殖巣重量を体重で割った数に100を掛けて算出した。生殖巣の色調に関しては、画像から5か所を無作為に抽出し、RGBを求めた後にHSV(H:色相 Hue, S:彩度 Saturation, Chroma, V:明度 Value, Brightness)色空間を算出した。

遊離アミノ酸の測定は、以下の方法により行った。すなわち、ウニの生殖巣をドリル型ホモジナイザーで均一化し、2%スルホサリチル酸を用いた除タンパク処理を行った後、 $0.2\ \mu\text{m}$ メンブレンフィルターにより濾過を行った。得られた濾液は、*o*-フタルアルデヒド(OPA)を用いた誘導体化試薬によってアミノ基を標識誘導体化した後、 $5\ \mu\text{L}$ を高性能液体クロマトグラフィー(HPLC)に導入し、分析した。分析装置としては、Waters社製 ACQUITY UPLC H-Class PLUS システムを用い、SQ Detector 2にて検出を行った。

## 2.5 統計処理

統計解析は、実験Ⅰについては Welch の *t*-test により、実験Ⅱについては一元配置分散分析 ANOVA を実施した後、Tükey の多重比較検定を用いて行った。また、本文中では特に記載しない限り、平均値 $\pm$ 標準偏差(成長指標は  $n=6\sim 8$ 、他の指標は  $n=4$ )で表した。有意水準は  $p<0.05$  とした。

## 3. 結果

### 3.1 ウニの摂餌行動と餌嗜好性

ワカメやコンブ、養魚用飼料と同調製飼料は投

入後、暫くすると飼育容器の底部に沈むが、キャベツは浮遊状態で存在していることが多かった。ワカメと調製飼料は最も食べ付きがよく、コンブと養魚用飼料は同程度で食いは良好であった。キャベツの場合、ウニが取り付いて摂餌を開始するまでには時間を要したが、取り付いた後の摂餌活動は活発であった。なお、細切りとしたものでは棘に巻き付けつつ摂餌する行動がみられ、摂餌開始が早まるとともに、同行動も活発化した。また、外葉のほうが中心葉より摂餌活動は活発であった。

食べ付きを評価するために用いた餌の沈降性に差があったことから、試験用の容器を深さ65 mmの浅型容器に替えて、餌に対する嗜好性を調べた。結果を Table 1 に示す。管足の伸長数は、餌料の位置、組み合わせ如何によらず、ワカメと調製飼料の数字に有意に大きな値がみられた。また、摂餌のための移動行動についても、同様であった。

### 3.2 餌料条件の違いがウニの成長指標(殻径、体重、生殖巣指数)に及ぼす影響

本試験に使用したキタムラサキウニの試験開始直前の成長指標(各  $n=6$ )は、殻径が  $53.4 \pm 3.94\ \text{mm}$ 、体重は  $50.2 \pm 11.67\ \text{g}$  であった。また、同時期の生殖巣重量および生殖巣指数(生殖巣重量 $\times 100$ /体重)は  $2.7 \pm 1.95\ \text{g}$  と  $5.3 \pm 3.16\%$  であった。約1ヶ月間の飼育によって、殻径はワカメ25 g投与群以外の5群のすべてで有意に増加した。また、体重はワカメ100 g投与群と水産生物用組成物を5%の割合で混合した群で有意に増加し、生殖巣指標はすべての試験飼育群で有意に上昇した。

飼育試験終了時における各飼育群の成長指標を Fig. 1 に示す。殻径では、ワカメ100 g投与群と水産生物用組成物5%含有ワカメ50 g投与群の平均値は他群より大きかったが、統計的には、ワカメ100 g投与群とワカメ50 g群あるいは水産生物用組成物1%含有ワカメ50 g投与群間のみ差がみられ、後者が低い値となった。体重では、ワカメ100 g投与群と水産生物用組成物5%含有ワカメ50 g投与群の平均値は他群に比べて大きかったが、各群ともに個体差が大きく、統計的にはワカメ100 g投与群とワカメ50 g投与群の間、

表1 試験餌料に対するキタムラサキウニ（体重 60~140g）の管足伸長索餌行動および摂餌のための移動

Table 1 Number of extended tube feet for the foraging behavior and the locomotion toward food of northern sea urchin *Mesocentrotus nudus* (Body weight; 60~140 g)

	number of extended tube feet to food *1	locomotion toward food
Wakame ; <i>Undaria pinnatifida</i> (Control)	100	—
Mitsuishi-Konbu ; <i>Smiaccharina angustata</i>	81 ± 14.7 *	-0.6
Cabbage ; <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> , outer leaves	79 ± 21.9 *	-0.2
center leaves	81 ± 19.3 *	-0.6
A commercial diet for trout	69 ± 17.5 *	0.4
Trout diet supplemented with aquatic food containing fermented olive pomace	104 ± 13.3	0.6

Data are given as mean±S.D., n=7.

\*1 : The response of each group was expressed as a relative value, with the response to the control diet (Wakame; *Undaria pinnatifida*) taken as 100.

\* : Statistically significant differences between the control.

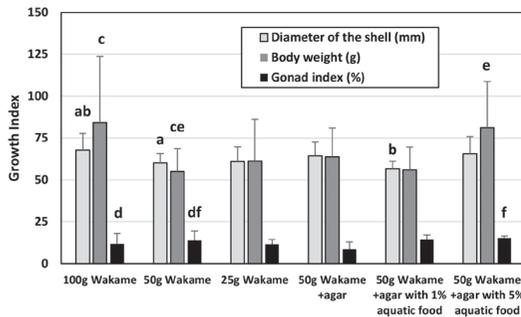


図1 餌料条件の違いがキタムラサキウニの殻径、体重、生殖巣指数（生殖巣重量×100／体重）に及ぼす影響

Fig. 1 Effects of different feeding conditions on the shell diameter, body weight, and gonad index (gonad weight x 100 / body weight) of northern sea urchin *Mesocentrotus nudus*

Data are given as mean±S.D., n=8~14 (diameter of the shell and body weight) or 4 (gonad index).

a-f : Significant differences between same marks ( $p<0.05$ ).

ワカメ 50 g 投与群と水産生物用組成物 1% 含有ワカメ 50 g 投与群の間にのみ有意な差が認められ、ワカメ 50 g 投与群が最も低値となった。

生殖巣指数（平均値%）では、ワカメ 50 g 投与群（13.8）はワカメ 100 g 投与群（11.6）より、水産生物用組成物 5% 含有ワカメ 50 g 投与群（15.3）はワカメ 50 g 投与群より、それぞれ有意に大きかった。その他の群間においては統計的な有意差は認められなかった。

### 3.3 ウニの生息巣の色調および遊離アミノ酸組成

本試験に使用したキタムラサキウニの試験開始直前の生殖巣の色調関連指数（n=4）は、色相 H

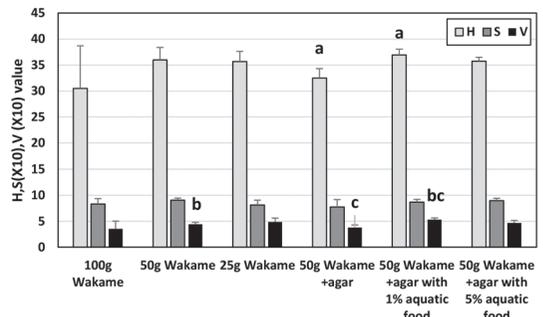


図2 餌料条件の違いがキタムラサキウニの生殖巣の HSV 色空間（色調）に及ぼす影響

Fig. 2 Effects of different feeding conditions on the HSV model (Hue, Saturation [Chroma], Value [Brightness]) of gonads taken from northern sea urchin *Mesocentrotus nudus*

Data are given as mean±S.D., n=4.

a-c : Significant differences between same marks ( $p<0.05$ ).

値が  $33.1 \pm 2.27$ 、彩度 S 値は  $0.88 \pm 0.024$ 、明度 V 値は  $0.50 \pm 0.022$  であった。約 1 ヶ月間の飼育により、水産生物用組成物 1% 含有ワカメ 50 g 投与群で H 値が上昇した、すなわち、生殖巣の赤色が強くなった。また、100 g ワカメ投与群と寒天混合ワカメ 50 g 投与群では色が明るくなり、V 値は低下した。

1 ヶ月間の試験飼育では、寒天混合ワカメ 50 g 投与群と水産生物用組成物 1% 含有ワカメ 50 g 投与群の間にのみ H 値に有意な差が認められ、前者で値は低かった。試験群間で S 値に差は認められなかった。V 値については、ワカメ 50 g 投与群、寒天含有ワカメ 50 g 投与群、水産生物用組成物 1% 含有ワカメ 50 g 投与群の間にのみ有意な

オリーブ葉・採油粕発酵物添加餌料の投与がキタムラサキウニの摂餌および身質に及ぼす影響

表2 餌料条件の違いがキタムラサキウニ生殖巣の総遊離アミノ酸含有量に及ぼす影響

Table 2 Effects of different feeding conditions on the total free amino acids in gonads taken from northern sea urchin *Mesocentrotus nudus*

	100g Wakame	50g Wakame	25g Wakame	50g Wakame+agar	50g Wakame+agar with 1% aquatic food	50g Wakame+agar with 5% aquatic food
Glycine	1420±232.8 a	1628±151.6	2038±149.4 a	1254±127.8	1462±180.4	1704±182.6
Alanine	516±145.5	478±100.1	469±106.5	427±91.5	491±65.9	515±21.8
Serine	795±22.3	876±177.4	783±150.0	744±128.7	832±55.7	719±157.8
Proline	183±11.8 a	120±35.1	63±20.7 a	118±93.3	176±23.7	131±104.8
Valine	1057±100.7 a	1066±90.1	989±40.6	972±113.2	1058±47.2 b	857±144.2 ab
Threonine	887±136.0	985±106.6	744±96.2	812±119.8	996±117.4 a	628±129.5 a
Taurine	11648±930.5	11360±1913.5	12388±861.6	12039±3446.2	9778±1462.7 a	12788±488.2 a
Leucine	782±67.0	768±65.6	696±23.5	718±101.3	774±22.9	590±153.4
Isoleucine	1125±93.7 a	1081±55.9	1018±14.7	1055±124.9	1108±66.8	935±121.2 a
Aspartic acid	23±13.2 a	10±3.3	10±6.7	4±2.2 ab	17±6.5 b	14±12.8
Glutamine	1569±348.3	1309±137.4	1456±126.9	1503±158.6	1507±126.2	1639±68.3
Glutamic acid	139.5±40.1 a	132±29.4	194±77.5	75±12.0 abc	162±21.5 b	177±52.5 c
Methionine	405±49.4 ab	344±103.9	266±39.7 a	361±60.8 c	481±72.3 c	270±51.9 b
Histidine	301±75.2	339±56.4	369±118.3	232±32.9 a	295±18.9 a	360±104.5
Phenylalanine	716±99.4 ab	631±104.7	452±50.2 a	755±279.8	654±121.2	521±113.4 b
Arginine	1013±162.7 ab	1159±111.1	1181±452.0	1022±229.8	1246±97.0 a	1246±41.3 b
Tyrosine	658±99.9	632±77.9	626±42.4	610±115.3	601±97.8	544±143.8
Tryptophan	12248±992.9	12288±1020.4	11065±992.1	12192±1005.5	12405±1141.3	11404±621.8
Lysine	715±100.6	768±57.7	732±72.6	660±116.4	815±77.7	671±148.7
Cystine	12±1.2	13±0.7	12±1.0	10±1.4	13±0.9	11±2.1
GABA	618±209.4	489±128.6	481±146.4	416±51.4	482±58.0	499±55.5
Total amino acids	36211 ± 3723.3	35986 ± 4398.7	35551 ± 3095.8	35563 ± 6361.5	34872 ± 3821.8	35726 ± 2864.4

Data are given as mean±S.D., n=4.

a-c : Significant differences between same marks ( $p<0.05$ ).

差が認められ、寒天含有餌が最も低い値、逆に水産生物用組成物含有餌が最も高い値となった。

また、各飼育試験中のウニから取り出した生殖巣の遊離アミノ酸含有量を Table 2 に示す。各群のキタムラサキウニ生殖巣の総遊離アミノ酸含有量は 35,000  $\mu\text{g/g}$  組織程度で、群間に有意な差は認められなかった。遊離アミノ酸個別の含有量では、タウリンとトリプトファンがそれぞれ全体の 1/3 前後と多く、その他ではグリシンとグルタミンが同数パーセント前後、アラニン、セリン、スレオニン、ロイシン、イソロイシン、フェニルアラニン、アルギニン、チロシン、リジンがそれぞれ同 1.5~3% 程度であった。本表の平均値を用いて、餌料の違いがキタムラサキウニ生殖巣に含まれる各アミノ酸の組成に及ぼす影響（上；ワカメ 100 g 投与群の各種アミノ酸含有量をそれぞれ 100 とした場合の相対値、下；ワカメ 50 g に寒天を混ぜたものを投与した群の各種アミノ酸含有量をそれぞれ 100 とした場合の相対値）を Fig. 3 に示す。100 g ワカメ投与群に対し、50 g ワカメ投与群ではプロリンとアスパラギン酸の比率が低下する傾向を示したが、統計的な有意差はなく、25 g ワカメ投与群ではプロリン、フェニルアラニン、メチオニンが大きく低下する一方で、グリシンの割合が上昇した。寒天含有ワカメ 50 g 投与

群では、アスパラギン酸とグルタミン酸の比率が著しく低下した。寒天含有ワカメ 50 g 投与群に対し、オリーブ採油粕発酵物やオリーブ葉、ナンクロロプシスを含む水産生物用組成物を 1% あるいは 5% になるように混合した餌を投与した群では、アスパラギン酸の比率が著しく（3~4 倍に）上昇するとともに、グルタミン酸の含有量も 2 倍以上に増加した。これらは、100 g ワカメ投与群に類似する含量であった。

#### 4. 考察

ウニの食害が主要因となっている磯焼けとそれに伴う身入りの低下への対策として、無給餌での短期蓄養の影響調査<sup>(15)</sup>に加え、海面や陸上の蓄養・養殖施設等で人工的に調製した餌料を与えつつ身入りを高めたり、生殖巣の色調改善や食味改善を施したりする<sup>(16-18)</sup>ことによる間引きウニの高品質化に資する研究、および、販売用養殖ウニ生産<sup>1,2</sup>が各地で行われるようになってきた。キタムラサキウニの食性として、コンブやワカメ等の大型海藻、ノリ等を好んで摂取するが、特定の海藻に対する選択性（嗜好性）はそれほど強くないこと、動物の死骸等を食することもよくあることが報告されている<sup>(19-21)</sup>。また、神奈川県三浦市三崎町城ヶ島の水産試験場北側に隣接した実験用

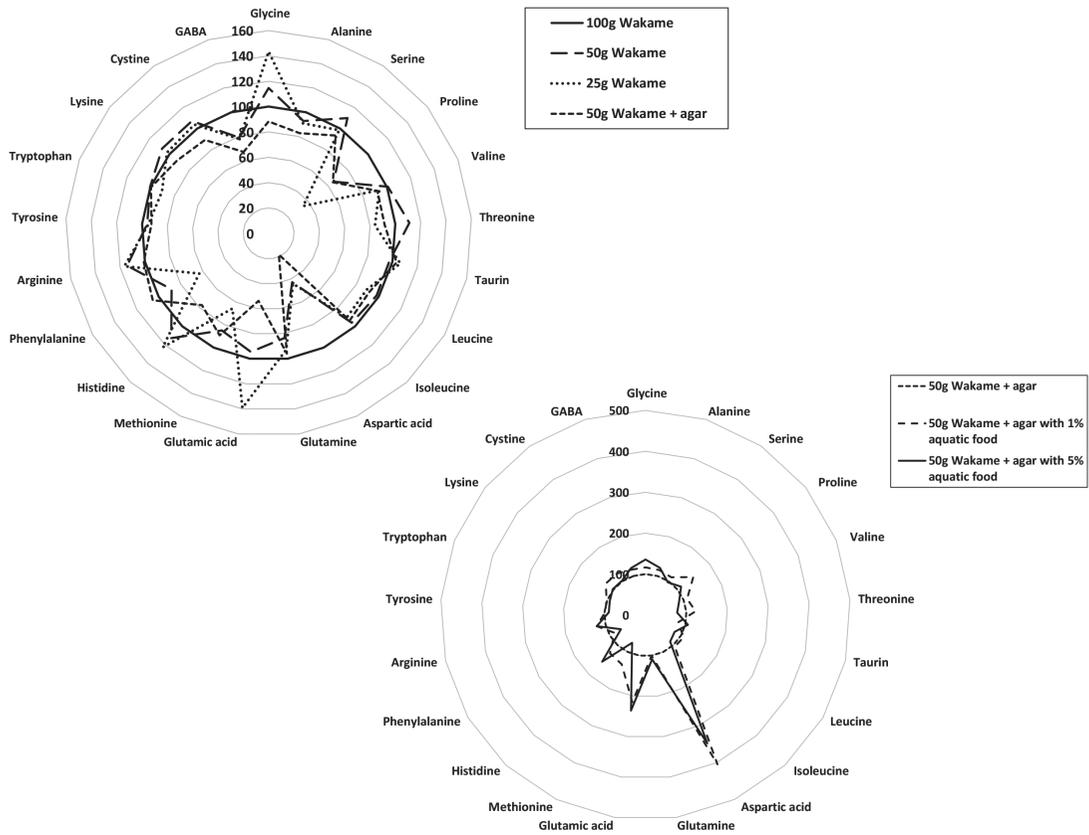


図3 餌料条件の違いがキタムラサキウニの生殖巣の遊離アミノ酸組成に及ぼす影響

Fig. 3 Effects of different feeding conditions on the free amino acid composition of gonads taken from northern sea urchin *Mesocentrotus nudus*

Upper side : The response of each group was expressed as a relative value, with the response to the 100g wakame *Undaria pinnatifida* administration group taken as 100.

Lower side : The response of each group was expressed as a relative value, with the response to a mixture of 50g wakame *Undaria pinnatifida* and agar administration group taken as 100.

の禁漁区内海域に生息していたムラサキウニ(4～9月)の消化管からはアラメ、サンゴモ類、テングサ類、イバラノリ、スジウスバノリ、フクロノリ、ホンダワラ類等が検出されている<sup>(22)</sup>。なお、本試験に先んじて行った事前飼育試験では、クローバー、ハクサイ、レタスには摂餌誘引効果が認められたが、養殖魚用の市販飼料粉末にオリブの葉や採油粕を細粉化したものを混合したものや、セリ、ムラサキ、エゴマ、米粉や酒粕、マボヤの可食部や殻、ブロッコリー、ユウグレナには摂餌誘引効果が認めなかった(未発表)。

上述のようにウニ類の摂餌選択性については一

般にはあまり強くはないと言われることが多いが、逆の意見もある<sup>(23)</sup>。そのためウニ類の養殖を意図する際には、コンブやワカメを与えた群を対照として、各種の海藻類、雑海藻や魚肉を含む固形・配合飼料との混合物<sup>(7,8,15-18)</sup>、キャベツやハクサイを含む野菜類<sup>(3,7,24)</sup>やクローバー<sup>(5)</sup>等の低利用度の植物の投与が生育や生殖巣の重量や含有成分に及ぼす影響を調べることが多く行われてきた。また、摂餌量の違いがウニの生育や生殖巣の発達状況に関する研究から、季節、水温、サイズや年齢、密度、餌となる海藻の種類、光や波浪等によって差はあるものの、ウニ類の日間摂餌量は

自然条件下では0.1～十数%程度であるが、養殖では5～8%とされている<sup>(25-29)</sup>。そこで今回の試験ではキタムラサキウニの日間給餌量を体重の2、4、8%とした。

ウニ類の摂食量は食物の形態によって影響を受けるとの報告がある<sup>(30)</sup>。実験Ⅰでも、千切れたあるいは破断された海藻がよく摂餌されているものの、それらがばらばらになって移動してしまう状況にあるような状況下では十分な摂餌量が確保できない、たとえば開放系養殖では餌の系外移出が多いという知見が得られた。そこで、実験Ⅱでは、餌となる海藻と粉末様の水産生物用組成物を混合する際に海藻への表面展着物が流れ出してしまう状況を改善するため、および、海藻をある程度散逸させないように寒天を用いて千切れた海藻の一部をくっつけたものを給餌する(寒天混合ワカメ)群を用意した。これは、蓄養・養殖施設内での給餌のみならず、海面養殖時に投入した海藻が散逸せずに無駄なくウニの餌となること、および、投入海藻塊を海底構造物に固着にさせることで自然海面養殖におけるウニの散逸防止、藻食性・植食性動物によって消失あるいは消失しかかっている藻場の復活の一助とならんことを狙った、飼育水槽投入用餌の試作実験でもあった。

約1ヶ月間の給餌試験では、ワカメの日間給餌量を8%とした群に対し、同4%では殻径、体重、生殖巣指数がともに低下したが、生殖巣の遊離アミノ酸含有量に差は認められなかった。一方、同給餌量を2%と著しく抑えた群では殻径、体重、生殖巣指数に差がなくなった反面、生殖巣の遊離アミノ酸含有量では、プロリン、メチオニン、フェニルアラニンの減少とグリシンの増加が認められた。本試験では生殖巣の脂質含量等を調査していないため、この理由についてあまり深くは言及できないが、摂取エネルギーの減少がタンパク質の代謝、アミノ酸の利用状況に大きな影響を及ぼしたことは確かである。

寒天混合ワカメ投与群はワカメ投与群に比べて、生殖巣指数が低くなる傾向にあること( $p=0.08$ )に加え、生殖巣のV値が有意に低下し、“くすみ”が強まることを示している。すなわち、海藻餌料への寒天の添加は養殖ウニの品質を下げる方向に作用することが分かった。しかしなが

ら、寒天とともにオリーブの葉・採油粕発酵物・ナンクロロプシスからなる水産生物用組成物を混合した餌を与えた場合、同量のワカメを給餌した群に比べて、同組成物の混合率が1%で殻径の有意な増加とともに、生殖巣の色調ではH値とV値が有意に上昇し、同組成物の混合率が5%では生殖巣の重量の有意な増加と生殖巣指数の有意な上昇が認められた。すなわち、ワカメとともに寒天と水産生物用組成物を摂取したウニでは、寒天の混合に伴う負の影響が払拭されたのみならず、体生長や生殖巣指数の上昇、生殖巣の色調変化が示すように、養殖ウニの品質が大きく改善される可能性が示唆された。

しかし、生殖巣の品質として最重要指標は味である。味を左右する重要な成分は遊離アミノ酸であることから、同含有量についても調査を行った。ウニの生殖巣の味は、グリシン、アラニン、バリン、メチオニン、グルタミン酸の組み合わせが大きく関係するとされている。キタムラサキウニについては、精巣と卵巣中のアミノ酸組成には大きな差があり、精巣ではアラニン、セリン、シスタチオニン、タウリン、グルタミン酸、グルタミンが、卵巣にはロイシン、インロイシン、スレオニン、リジン、アルギニン、フェニルアラニンが多いとの記述<sup>(16)</sup>がある一方で、主な食用の時期に当たる配偶子形成初期(成熟初期;6～9月頃)については、雌雄にかかわらず、甘味を呈するグリシンとアラニンが多いとの報告もある<sup>(31)</sup>。また、生殖巣のアミノ酸組成は餌によって変化し、コンブを給餌すると旨味を呈するグルタミン酸が増え、苦味を呈するチロシン、バリン、メチオニン、フェニルアラニン、イソロイシン、ロイシン等の含有量が減少する<sup>(18)</sup>こと、ワカメ食では甘味を呈するグリシンが増加し、苦味を呈するイソロイシンとバリンが減少すること<sup>(17)</sup>、短期間の無給餌養殖試験ではグリシンの含有量が高く維持されていること<sup>(15)</sup>、魚肉だけを給餌したウニは身入りの増加が顕著に現れるもののバリンが増加することによって苦味が増すこと<sup>(32,33)</sup>等が報告されている。本研究の結果では、ワカメに寒天を加えた餌料を与えるとアスパラギン酸やグルタミン酸等の旨味、甘味を呈する遊離アミノ酸が減少したが、そこに水産生物用組成物を追添加するこ

とで、これらの旨味成分量が 100 g ワカメ投与群に匹敵する程度に増加した。

体重の増加、生殖巣指数の上昇、生殖巣の色調改善 (H 値と V 値の上昇)、生殖巣のアスパラギン酸やグルタミン酸含有量の増加等の各種変化は、ウニの養殖時に水産生物用組成物を混合した餌を 1 ヶ月程度投与することで、ワカメ給餌量の半減や寒天添加によって生じた負の影響も消し去るほどに、養殖キタムラサキウニの品質が改善される可能性の高いことを示唆している。本実験のみでは養殖ウニの品質向上に資する水産生物用組成物の最適添加量や給餌期間等に関する知見としては不十分な点もあるが、ここで得られた結果は、生殖巣の肥大化と、食味を向上させるための餌料を並行的、あるいは、後続的に使用することで、効率よく養殖ウニの品質を高めることも可能であることを示している。

最後に、本試験において 生殖巣の遊離アミノ酸組成については、成熟個体を対象とした調査報告<sup>(15,18)</sup>等とは異なる部分もいくつかみられた。キタムラサキウニの取り上げ時期が 5 月後半で、各試験群の平均生殖巣指数が 11.6~15.3%であったことから、今後、水温や性別に考慮しつつ、同数値が 20% を超えるタイミングで同様の給餌試験を行う必要もあろう。また、より正確な品質評価と消費者の満足度向上に向け、ウニの生殖巣の脂質含量や脂肪酸組成を含めた調査を、味認識装置 (味覚センサー) の利用や官能評価試験と合わせて継続実施することが重要と考える。現状、宮城県産のウニは、全国平均に比べ、低価格帯での取引が常態化している。それ故、高品質のウニを育てるとともに、流通過程を通しての品質の維持は必須であり、宮城県産ウニのブランド化と拡大に資する研究に加え、ストーリー性をもたせた販売戦略を交えた、地域活性化が望まれる。

## 謝辞

本研究の一部は、令和元年度石巻専修大学研究助成を受けて行われたものである。

## 文献

(1) 藻場回復・保全技術の高度化検討委員会. 5.1 全国の岩礁性藻場の状況. 第 5 章 我が国沿岸の磯焼けの

現状. 第 3 版磯焼け対策ガイドライン. 水産庁. 2021: 60-67. [https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko\\_gyozyo/g\\_gideline/attach/pdf/index-62.pdf](https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_gideline/attach/pdf/index-62.pdf)

- (2) ウニ密度と藻場との関係. 磯焼け対策ガイドライン. 公益社団法人 全国漁渚漁場協会. 2007: 118. <https://www.pref.miyagi.jp/documents/24981/811194.pdf>
- (3) 白井一茂、田村怜子、原日出夫. 野菜残渣を餌としたムラサキウニ養殖について. 神水セ研報. 2018: 9: 9-15.
- (4) 高木聖実、村田裕子、吾妻行雄. II-3. なぜコンブを食べたウニはおいしくなるのか?. シンポジウム記録 海藻とウニの生産に向けた新たな研究展開. NIPPON SUISAN GAKKAISHI. 2021: 87(6): 693.
- (5) 庄子直樹. ブルーカーボンを支えるクローバーウニ陸上養殖の事業化に向けて. 産学官連携ジャーナル. 2023; 19(1): 26-28.
- (6) [海面漁業の部] 大海区都道府県振興局別統計 漁業種類・魚種別漁獲量 宮城県. 海面漁業生産統計調査 確報 令和 4 年漁業・養殖業生産統計. 2022 年. e-Stat 統計でみる日本. <https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0002118034>
- (7) 高橋和寛、中島幹二、菅原 玲. 雑海藻を原料としたウニ養殖用餌料の開発と利用. 北水試だより. 2019: 98: 11-14.
- (8) 町口裕二. 美味しいウニを作る挑戦 ~道東の雑海藻の有効利用. 水産研究・教育機構. 2024; 31: 2. <https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2009759>
- (9) Nicolaiew N, Lemort N, Adorni L, Berra B, Montorfano G, Rapelli S, Cortesi N, Jacotot B. Comparison between Extra Virgin Olive Oil and Oleic Acid Rich Sunflower Oil: Effects on Postprandial Lipemia and LDL Susceptibility to Oxidation. *Ann. Nutr. Metab.*, 1998; 42 (5): 251-260.
- (10) Visioli F and Galli C. Biological properties of olive oil phytochemicals. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2002; 42(3): 209-221.
- (11) Mataix J, Ochoa JJ and Quiles JL. Olive oil and mitochondrial oxidative stress. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.*, 2006; 76(4): 178-183.
- (12) Visioli F and Galli C. Antiatherogenic components of olive oil. *Curr. Atheroscler Rep.*, 2001; 3(1): 64-67.
- (13) 角田 出、高瀬清美. 水産生物用組成物、水産生物の育成方法、及びオリーブ採油粕発酵物の使用. 特許番号 第 7473148 号. 登録日 令和 6 年 4 月 15 日. 特

オリーブ葉・採油粕発酵物添加餌料の投与がキタムラサキウニの摂餌および身質に及ぼす影響

- 願 2019-18-9568.
- (14) 高瀬清美、角田 出. オリーブの葉や採油粕発酵物の投与が鶏の卵質に及ぼす影響. 東北生活文化大学・東北生活文化大学短期大学部紀要. 2025; 56: in press.
- (15) 及川 仁、小野寺宗伸. キタムラサキウニ生殖巣における短期間無給餌蓄養の影響. 岩手水技セ研報. 2025; 12: 9~16.
- (16) 平野敏行、山沢 進、須山三千三. キタムラサキウニ生殖腺のエキス成分に関する研究. 日本水産学会誌. 1978; 44(9): 1037-1040.
- (17) 吾妻行雄、猪股英里、細田俊輔、前田航平、堀拓磨、垂水裕樹、紺野智太. II-4. 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. 2021; 87(6): 694.
- (18) 紺野 智太、垂水 裕樹、鈴木 花. キタムラサキウニにおける遊離アミノ酸及び脂溶性色素の定量法の検討. 宮城水産研報. 2022; 22: 47-53.
- (19) 沢田 満、三木文興、足助光久. キタムラサキウニの生態に関する研究 II 移動と食性. 青水増資料. 1997; 52(11): 1-9.
- (20) 地方独立行政法人 青森県産業技術センター. キタムラサキウニ. 2015: 21. [https://www.aomori-itc.or.jp/\\_files/00090698/17\\_kitamurasakiuni2017.pdf](https://www.aomori-itc.or.jp/_files/00090698/17_kitamurasakiuni2017.pdf)
- (21) 三浦 浩、伊藤 靖、藤村美香、玉山幹也、阿部幸樹. 漁港内の静穏域を活用したキタムラサキウニの蓄養事例. 東京: 漁港漁場漁村総合研究所 調査研究論文集. 2021; 32: 53-58.
- (22) 今井利為、児玉一宏. ムラサキウニの食性. 水産増殖. 196; 34(3): 147-155.
- (23) 町口裕二. キタムラサキウニ *Mesocentrotus nudus* 天然種苗の成長と摂餌について. 北海道区水産研究所研究報告. 1993; 57: 81-86.
- (24) 臼井一茂. キャベツでウニを育てる. 公益社団法人日本水産資源保護協会 季報 秋. 2019; 12(3): 3-6.
- (25) 今井 美代子. キタムラサキウニ捕食量試験. 青森県産業技術センター事業報告. 1991; 20(1989): 204-205.
- (26) 北のさかなシリーズ - 第3回 キタムラサキウニ - 試験研究は今. 北海道立総合研究機構 水産研究本部. 1992; 127:1. <https://www.hro.or.jp/fisheries/h3mfc0000000gsj/o7u1kr0000006sk0/o7u1kr000000380w.html>
- (27) 吾妻行雄、松山恵二、中多章文. 北海道忍路湾におけるキタムラサキウニの摂食活動の季節変化. 日本水産学会誌. 1996; 62(4): 592-597.
- (28) 今井利為、新井章吾. アカウニの食性と摂餌量について. 水産増殖. 1996; 34(3): 157-166.
- (29) 猪俣英里. ウニ類の摂食、消化吸収および体部位への物質配分に関する研究. 東北大学農学部博士論文; 2015: 39 (1~79). <https://hdl.handle.net/10097/00122750>
- (30) Klinger T. Feeding rates of *Lytechinus variegatus* Lamarck (Echinodermata: Echinoidea) on differing physiognomies of an artificial food of uniform composition. In: Lawrence J.M. (Ed.), 1982. Echinoderms: proceedings of the International Conference, Tampa Bay, Balkema Press, Rotterdam, pp.29-32.
- (31) Murata Y, Yoshimura H and Unuma T. Compositions of extractive components in the testes and ovaries of various sea urchins: comparisons among species, sexes, and maturational status. Fisheries Science. 2020; 86(1): 203-213.
- (32) 植村 康. キタムラサキウニ給餌飼育試験. 青水増事業報告. 1987; 16: 256-268.
- (33) 千川 裕、高橋和寛、杉本 卓、辻 浩二、信太茂春. 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. 北水試研報. 1998; 52: 17-24.
- \* 1 ヤンマーホールディングス株式会社、株式会社北三陸ファクトリー. 北三陸ファクトリーとヤンマーホールディングスが「ウニの大規模陸上養殖システム」構築に向けた実証事業を開始. YANMAR ニュースリリース. 2025年3月25日. [https://www.yanmar.com/media/news/2025/03/31010147/pdf\\_news\\_20250331\\_03.pdf](https://www.yanmar.com/media/news/2025/03/31010147/pdf_news_20250331_03.pdf)
- \* 2 TBS NEWS DIG Powered by JNN. ウニの畜養場建設へ…2026年の稼働目指す 出荷量は陸上養殖では「世界最大規模」に 富山・朝日町. <https://newsdig.tbs.co.jp/articles/-/1639155?display=1>
- \* 3 宮城大学 PRESS RELEASE. 【宮城大学・石巻市】高品質なウニの安定した陸上養殖に向けて「パプリカウニ」の開発に成功. 2023.2.16.
- \* 4 角田 出. 石巻産オリーブオイルの分析数値に基づく品質評価 (昨年度分および小豆島産との比較を含む). 令和元年12月24日. 石巻市への報告書
- \* 5 香川県農水産物図鑑 さぬき生まれ さぬき育ち. 香川県農政水産部. pp. 18-24. <https://www.pref.kagawa.lg.jp/documents/28111/sanukinousuiz>

ukan.pdf

### 和文要旨

キタムラサキウニ *Mesocentrotus nudus* の餌料選択性を調査後、ワカメの摂取量、寒天混合による離散防止処置、オリーブの葉や採油粕発酵物を含む水産生物用組成物混合餌がウニの成長や生殖巣のサイズ、色調や遊離アミノ酸組成に及ぼす影響を調べた。ワカメ、コンブ、キャベツ、水産生物用組成物混合餌に対するウニの摂餌活性は高かった。1ヶ月間の給餌試験では、ワカメの日間給餌量が体重の8%（対照）群に対し、同4%では殻径、体重、生殖巣指数が低下した。同2%では、生殖巣のプロリン、メチオニン、フェニルアラニン量が減少し、グリシン量は増加した。寒天混合ワカメ投与群は、対照群に比べ、生殖巣のV値低下、アスパラギン酸やグルタミン酸量の減少がみられた。寒天と水産生物用組成物混合餌投与群では、同組成物混合率1%では殻径の増加と生殖巣の色調改善、同5%では生殖巣の重量と指数、生殖巣のアスパラギン酸やグルタミン酸量の対照レベルへの回復がみられた。

キーワード：キタムラサキウニ、ワカメ、摂餌活性、成長、生殖巣の質、水産生物用組成物、寒天