

## 野菜残渣を餌としたムラサキウニ養殖について

白井一茂・田村怜子・原日出夫

Purple sea urchin *Heliocidaris crassispina* farmed with vegetable residuals as food

Kazushige USUI\*, Satoko TAMURA\*, and Hideo HARA\*

## はしがき

全国で発生が危惧されている磯焼けは、本県において小田原市の人工リーフでの発生<sup>1,2)</sup>や、隣県である静岡県での発生<sup>3,4)</sup>が報告されている。さらに近年、三浦半島の相模湾側である南部から西部にかけて、水深5~10mほどの藻場に磯焼けの発生が確認されるようになった(片山:未発表)。

磯焼けの主な原因は、暖海性魚類であり植食性魚類のアイゴ *Siganus fuscescens* と、ガンガゼ *Diadema setosum* やムラサキウニ *Heliocidaris crassispina* などのウニ類によるアラメやカジメなど海藻の食害である<sup>5)</sup>。

水産庁では、磯焼け対策マニュアルとして「改訂磯焼け対策ガイドライン(平成27年)」<sup>6)</sup>を発行している。このガイドラインには、藻場の回復阻害要因となっているウニの対策として、その除去による密度調節が挙げられている。さらに、除去したウニの有効利用として、深浅移植や肥育により身入り率の向上、堆肥・肥料化による利用などを推奨している。

神奈川県水産課では、「かながわ水産業活性化指針(平成28年3月)」の海に関する施策において、磯焼けの原因になっているアイゴやガンガゼなどの有効利用を検討することが提示されている<sup>5)</sup>。

特に、磯焼けが発生している海域で漁獲されるムラサキウニは、餌不足により生殖巣が充実せず、漁業対象種ではあるものの、販売できる状態となっていない。

一方で、ムラサキウニは雑食性が強く<sup>7)</sup>、海藻が付着している岩礁そのものや、身の回りにあるものを何でも食べる習性を持つとされている。そこで、入手が

容易で未利用な野菜残渣等の養殖用飼料としての可能性を検討するため、平成27、28年度に可食餌料試験、生殖巣肥大化試験を行ったので報告する。

## 方法

## 可食餌料試験

野菜残渣等をムラサキが摂餌するかを調べるため、可食餌料試験を行った。当センター前の岸壁に棲息していたムラサキウニを20匹採取し、上部濾過槽を備えた閉鎖式の60cm水槽を2台用いて飼育した。採取したムラサキウニは、殻径で5~6cm、体重で60~100gと大小混ざった大きさであった。

平成27年10月から平成28年6月まで9ヶ月間、下記の餌料を与え、それぞれの摂餌行動を目視観察して「よく食べた」、「食べた」、「少しは食べた」、「殆ど食べなかった」の4段階で評価した。与えた餌は、加工残渣で発生するマグロ血合、パンの耳、三浦半島で特産されるブロッコリー(つぼみ、葉、茎)、大根(葉、皮)、キャベツ(葉、外葉)、赤色の大根レディーサラダ(皮)のほか、白菜、ほうれん草、春菊、トウモロコシの皮、ニンジン、ジャガイモ、サツマイモとした。また、センター内に自生していたミント、ヨモギ、ツルナ(山菜)や、当所前の海で浮遊していた海藻のアカモク、ヒジキ、ホンダワラ、タマハハキモク、オオバモク、ミルとした。なお、浮いてしまう食材については石やフラスコ用の重りを載せて沈めた。

## 生殖巣肥大化試験

キャベツを餌料として、ムラサキウニの生殖巣の肥大化を確認するため生殖巣肥大化試験を行った。城ヶ

島漁協組合員が城ヶ島地先で漁獲した 100 個体のムラサキウニを、平成 28 年 3 月下旬に当センターの種苗生産施設に搬入し、1 t 水槽に入れて数日間の絶食期間を置いてから試験を開始した。飼育中は、当センターの濾過海水を緩やかにかけ流し、エアレーションを十分に加えた。

給餌は 4 月 1 日から始め、生殖巣が肥大すると思われる 6 月末まで行った。餌料には神奈川県農業技術センター三浦半島地区事務所が栽培したキャベツを用い、週に 2 回(火曜日と金曜日)のペースで餌が無くならないように給餌した。

開始時(4 月 2 日に 10 個体)と 67 日目(6 月 6 日に 11 個体)と 77 日目(6 月 16 日に 10 個体)に殻の重量、生殖巣の重量を測定した。測定方法は、海水から取り出したムラサキウニを、口側を上側にして 10 分経過させて体内の海水を出させた後に殻の重量を測った。その後、東京電子工業(株)製の「生うにパックリ」で二つに割り、消化管をピンセットで破り、塩水でゆすいでから付属のスプーンで 5 つの生殖巣をすくい取った。生殖巣はキムワイプで表面の湿り気を拭き取った後に重量測定を行った。また、生殖巣の増加量については次式により生殖巣指数を算出した。

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

なお、生殖巣の成熟度や雌雄判別等については行わなかった。

#### 遊離アミノ酸の抽出と測定方法

採取した生殖巣は、1 個体から 5 g を秤量して 2 個体分を合わせてホモジナイズした。それを 3 g 秤量しメタノール 20ml を加えてハイフレックスディス パーサー(HG92:SMF 製)にてホモジナイズを行った後、冷却遠心分離機(CF7D2:日立製)で遠心分離(4500rpm、15min、3℃)し、上澄みをろ過した。その残渣に 10ml のメタノールを加えてホモジナイズし、同条件で遠心分離して上澄み液をろ過して回収した。その操作を 3 回繰り返した後、集めた上澄み液にエーテル 30ml を入れて攪拌し脱脂を行った。下層の溶液を全て丸底フラスコに移し、エバポレーター(TYPE R-R:EYELA 製)で濃縮し、濃縮液を 50ml メスフラスコでメスアップし抽出液とした。分析には、アミノ酸自動分析用 pH2.2 クエン酸リチウム緩衝液を用いて希釈を行った。

遊離アミノ酸の測定は HPLC(LC-10ADVP: 株島津製)を用いた。分析条件はカラム: SHIMAZU AMINO-LI、を用い、発光試薬として OPA を使った蛍光検出での定法で行った。

表-1 野菜残渣等に対するムラサキウニの摂餌行動の評価

餌料の種類		摂餌行動	餌料の種類		摂餌行動
残渣	マグロ血合	×	他野菜	トウモロコシの皮	×
	パンの耳	×		ニンジン	▲
三浦の野菜	ブロッコリー	◎	雑草	ジャガイモ	▲
	ブロッコリーの葉	◎		サツマイモ	▲
	ブロッコリーの茎	○	ミント	×	
	大根の葉	○	ヨモギ	×	
	大根の皮	○	ツルナ(山菜)	◎	
	キャベツ	◎	アカモク	◎	
	キャベツ外葉	◎	ヒジキ	○	
レディーサラダ(赤色大根)	×	ホンダワラ	◎		
他野菜	白菜	○	浮遊海藻他	タマハハキモク	○
	ほうれん草	○		オオバモク	◎
	春菊	×		ミル	○

◎:よく食べた ○:食べた ▲:少しは食べた ×:殆ど食べない

※但し、絶食期間を入れてから与えると、殆どの食材は食べた。

## 結果

### 可食餌料試験

表-1にムラサキウニの摂餌行動観察による評価を示す。加工残渣のマグロ血合とパンの耳には、ウニは殆ど近づくことなく、食痕も殆ど確認できなかった。野菜残渣として挙げられるブロッコリー、大根、キャベツと、レディーサラダ(赤色大根)では、大半のムラサキウニはこれら野菜の上に群がり、2日程で殆ど食べ尽くした。特にブロッコリーつぼみと葉、キャベツは無くなるまで食べ尽くされていた。

他の野菜として、白菜やホウレンソウの葉物も食べられていたが、春菊にウニは近寄ることもなく、トウモロコシの皮は全く食べられていなかった。

また、当センターに自生していたミントとヨモギはまったく食べられず、一方でツルナはよく食べられていた。

さらに当センター岸壁に漂ってきた流藻のアカモク、ホンダワラ、オオバモクはよく食べられていたが、ヒジキやタマハハキモクでは食べ残しが多く、ミルでは食べた個体と食べなかった個体が観察された。

### 生殖巣肥大化試験

飼育は平成 28 年 4 月 1 日から開始した。用いた天然ムラサキウニの生殖巣を確認したところ、図-1 のように消化管の内容物も生殖巣も小さく計測できない個体もあった。



図-1 採取した天然のムラサキウニの生殖巣  
(飼育直後)

キャベツを食べて生殖巣が肥大化(図-2、3)してきた6月の生殖腺指数(GI)を表-2 に示す。67 日目に測定したサンプルでは、重量が最小で 76.0g、最大は 131.5g であり、平均値

で 103.6g であった。生殖巣は最小で 8.0g、最大で 20.0g であり、平均値で 12.2g であった。GI は、最小値が 8.0%、最大値が 16.4%と約 2 倍の差がみられ、平均値で 11.6%であった。また、重量の大きなムラサキウニが必ずしも生殖巣重量が大きいということではなかった。

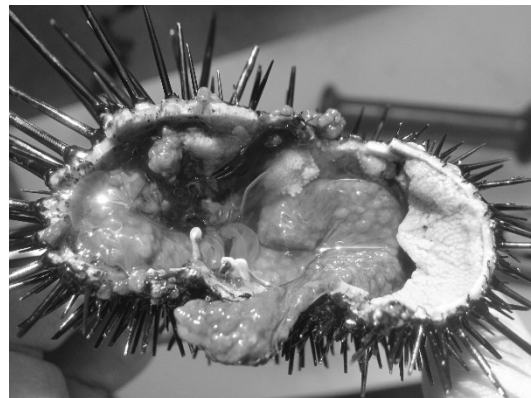


図-2 キャベツを食べ消化管内に充満した様子  
(飼育67日目)



図-3 キャベツを与え肥大化した生殖巣  
(飼育77日目)

77 日目に測定したサンプルでは、重量は最小で 67.0g、最大で 110.5g であり、平均値で 90.5g であった。生殖巣は最小で 7.0g、最大で 15.0g であり、平均値で 11.4g であった。GI では、最小値が 9.0%、最大値が 17.3%であり、平均値で 12.5%であった。どの値も最大値は最小値の約 2 倍と大きなばらつきがみられ、また、重量の大きなムラサキウニが必ずしも生殖巣が大きいということではなかった。

### 遊離アミノ酸

キャベツを餌料として育てた67日及び77日経過したムラサキウニ生殖巣の遊離アミノ酸量を表-3に示す。検体は2個体分を1検体としてあり、合計で6個体分である。

67日目にサンプリングした生殖巣の遊離アミノ酸量に

表-2 キャベツで育てたムラサキウニの重量、生殖巣、生殖巣指数 (GI)

	67日目			77日目		
	重量 (g)	生殖巣 (g)	GI (%)	重量 (g)	生殖巣 (g)	GI (%)
1	76.0	8.0	10.5	67.0	8.0	11.9
2	86.0	9.5	11.0	76.0	7.0	9.2
3	91.0	10.5	11.5	77.5	7.0	9.0
4	92.0	10.5	11.4	83.0	11.5	13.9
5	103.5	17.0	16.4	84.0	14.5	17.3
6	104.0	10.0	9.6	95.5	11.5	12.0
7	106.0	8.5	8.0	100.5	15.0	14.9
8	112.5	12.5	11.1	104.5	15.0	14.4
9	118.0	15.5	13.1	106.5	11.0	10.3
10	119.0	12.0	10.1	110.5	13.0	11.8
11	131.5	20.0	15.2			
平均	103.6	12.2	11.6	90.5	11.4	12.5

については、1-1から1-3の3検体でアミノ酸組成ごとにはばらつきがみられた。甘味の主成分となるグリシンは、検体間で90mg/100gの差がみられ、平均では812.2mg/100gであった。また、アラニンでは1-3の検体が191.6mgと他の2検体と比べ約50mg/100gも多く、平均すると158.2mg/100gであった。トレオニンやセリンも若干量が確認されたにとどまった。

酸味を呈すアスパラギンでは、1-3の検体が209.6mg/100gと他の2検体より約60mg/100gも多く、平均で162.9mg/100gであった。

旨味を示すグルタミン酸とグルタミンでもサンプル同

士の差が見られ、それぞれの平均で103.3mg/100g、167.1mg/100gであった。

苦味を呈すバリンの最小値は126.6mg/100gで、最大値はその2倍の239.4mg/100gと大きな差が見られ、平均値で173.4mg/100gであった。また、同じく苦味を呈するイソロイシンとロイシンは少なく、それぞれ平均で55.7mg/100gと58.0mg/100gであった。

77日目にサンプリングした生殖巣の遊離アミノ酸量については、2-1から2-3の3検体で、グリシンとグルタミンの値ではばらつきがみられた。

甘味の主成分となるグリシンは、サンプル間で230mg/100gもの差がみられ、平均では919.1mg/100gであった。また、アラニンでは平均で190.9mg/100gであり、グリシンとアラニンは67日目の平均より多くなっていた。トレオニンやセリンについては、それぞれ平均が30.1mg/100g、53.0mg/100gであり、67日目の平均値より若干少なくなっていた。

酸味を呈すアスパラギンでは、平均で123.7mg/100gであり、67日の平均値より約40mg/100gも少なくなっていた。

旨味を示すグルタミン酸とグルタミンでは、それぞれの平均で112.4mg/100g、176.5mg/100gと、67日の平均値より若干の増加がみられた。

苦味を呈するバリンの最小値は19.6mg/100gで、最大値は86.0mg/100gと約4倍の値の差が見られた。平均では45.3mg/100gであり、67日の平均値の約1/4まで減少していた。また、イソロイシンとロイシンの平均はそれぞれ24.2mg/100gと22.9mg/100gであり、これも67日の平均値の約1/2と減少していた。

(mg/100g)

表-3 キャベツで育てたムラサキウニ生殖巣の遊離アミノ酸量

味	遊離アミノ酸	67日目				77日目			
		1-1	1-2	1-3	平均	2-1	2-2	2-3	平均
甘味	グリシン	774.4	859.4	802.8	812.2	956.4	1015.2	785.6	919.1
甘味	アラニン	140.6	142.4	191.6	158.2	187.4	200.4	185.0	190.9
甘味	トレオニン	29.0	34.8	47.0	36.9	33.0	31.2	26.2	30.1
甘味	セリン	44.6	59.8	77.2	60.5	51.8	59.0	48.2	53.0
酸味	アスパラギン	141.4	137.6	209.6	162.9	114.2	124.6	132.2	123.7
旨味	グルタミン酸	92.2	93.6	124.2	103.3	116.4	117.2	103.6	112.4
旨味	グルタミン	183.4	136.2	181.6	167.1	185.4	189.6	154.4	176.5
苦味	バリン	126.6	154.2	239.4	173.4	30.4	19.6	86.0	45.3
苦味	イソロイシン	38.2	51.0	77.8	55.7	17.6	25.7	29.4	24.2
苦味	ロイシン	33.2	47.2	93.6	58.0	26.4	19.6	22.7	22.9

## 考 察

当県の磯焼けについては、磯根資源を利用する漁業者の多い三浦半島相模湾側の三浦市から横須賀市にかけての沿岸で深刻になってきている。これら磯焼けの対策としては、刺し網によるアイゴの駆除や、見突きや潜水によるウニ類の除去が行われている。一方、県西部の真鶴半島周辺でも磯焼け箇所がみられ始めており、漁協がウニ類の除去に取り組み出している。

水産多面的機能発揮対策事業における取組では、三浦半島各地でウニ類除去が行われており、平成25年度から28年度までに、約11,500個の除去が報告された<sup>8)</sup>。除去されたムラサキウニについては、可食部である生殖巣が肥大化してないことから、全量を海中で潰す対応が行われた。これだけまとまった量のウニ類が除去されている現状に対して、それらの有効利用を図る取組みに転換することは、国や県の指針からみても重要な課題であるといえる。

一方で、三浦半島では早春キャベツ、春キャベツの一大産地であり、早春キャベツは昭和55年に、春キャベツは昭和41年に野菜生産出荷安定法による国の指定産地となっている。出荷時期は、早春キャベツが11月～3月、春キャベツが3月～5月である<sup>9)</sup>。生産量も多く、みうら農協管内での出荷量は、年間5万tにもなることから、外葉など未利用部位や規格外や身割れにより廃棄されるキャベツも大量に発生していることが推測された。

今井らは、ムラサキウニはすみ場の周辺域で量的に多く分布する着生海藻と寄り藻を主餌料とし、甲殻類等のデトリタスも一緒に取り込むとしている<sup>7)</sup>。さらに、その際立った雑食性から、海藻だけでなく、海藻が付着している岩礁部分なども一緒に摂餌してしまうことが知られていた。大島らは、ムラサキウニは海藻の他、貝やイカ、魚、牛肉など食べることを報告している<sup>10)</sup>。また、他のウニ類に対する餌料の研究も多くなされており、名畑らは、キタムラサキウニに対する生息域に多く着生する7種の海藻を検討し、コンブ目海藻が適しているとしている<sup>11)</sup>。町口らは、エゾバフンウニに対し、生息海域の海藻6種類と海草1種類を検討しており、海藻の種類によっては生殖巣の発達は見られないことを報告している<sup>12)</sup>。干川らは、キタムラサキウニに冷凍イカナゴを与えると、生殖巣の肥大はみられるが、苦味成分のバリンが増大することを報告している<sup>13)</sup>。また、冷凍イカナゴから海藻に餌料を切替えても、苦味などの蓄積された成分は海藻由来の成分に置換は起こりにくいともしている

<sup>13)</sup>。他にも、ワカメや大豆を用いた飼料開発<sup>14)</sup>や、色合いや肥大化を目的に成分調整した寒天凝固の餌の開発が行われ<sup>15)</sup>、沖縄県水産高校ではシラヒゲウニにサトウキビやバナナの葉を与えたところよく食べたとしている。

ムラサキウニは、絶食後の状態であれば、基本的に何でも食べるようであるが、与え続けると摂餌はするが、好んで食べるものと食べないものがあるようであった。試験した中でブロッコリー、大根、キャベツなどの野菜は問題なく摂餌した。特に水温が高くなってきた4月以降は活発に動き回ってキャベツを索餌するようになり、キャベツ1玉(1.5kg程)を80個のムラサキウニが3日でほぼ完食していた。

一方で、ニンジンやジャガイモ、サツマイモ、赤色大根のレディーサラダは殆ど食べず、春菊、ミント、ヨモギは避けるようであった。硬質化したブロッコリーの茎は表面だけしか食べず、トウモロコシの皮に至っては全く食べなかった。このことから、でんぷん質が多い根菜類や灰汁の強い野菜をムラサキウニは忌避する傾向にあり、雑食性であっても餌料との相性があると推察された。

ウニの成長にはタンパク質が必要と考えられ、冷凍イカナゴ<sup>13)</sup>や大豆を餌料として成長を促進する研究<sup>14)</sup>も行われている。三崎のマグロ加工業で発生した血合部位や骨を含むマグロ残渣を与えたが、絶食後の空腹状態以外は摂餌しなかった。このことから、神奈川県沿岸に生息するムラサキウニについては、基本的に食植性が強いと思われる。

キャベツの外葉をそのまま与え飼育を始めたところ、飼育個体全体に餌が行き渡らない状況が観察された。そこで、キャベツを1cm幅の千切りにして水面上に撒き、エアレーションを強くして水流を作ることで改善した。つまり、水流でキャベツ片が移動しウニの棘に絡まり、それを口まで運んで食べる様子が観察されるようになった。

2日間の絶食により、胃の内容物が殆ど空になることから、最初に食べた餌は早くとも2日後に排泄される<sup>10)</sup>。つまり与えたキャベツは2日目まで水槽の底に沈み、3日目までの2日間餌を食べ続けられるようにし、4日目には餌の食べ残しがないようにすれば、水槽内に残餌が溜まらない状態を保持できると思われた。そのためキャベツの給餌量は、撒いてから4日目まで水槽内から無くなる量が適切であると思われた。

生殖巣の肥大化については、飼育67日目ではGIが11.6%、77日目ではGIが12.5%となった。

このことは給餌前のGIを1%と仮定すると、67日までは1日当たり約0.16%のGI増加となる。さらに67日から77日の10日間ほどで0.9%の増加から、この間は1日当たり約0.1%の増加となった。

菅らの報告<sup>16)</sup>によれば、雑海藻で飼育したキタムラサキウニは、GIが10%から3カ月間で15%に増加し、1日当たりのGIの増加率は約0.06%としている。本県沿岸域と比べ水温が低い地域のウニなので、一概に比較できないが、キャベツのみを餌料としても生殖巣はある程度効率良く肥大化することが明らかになった。

ウニの味については、遊離アミノ酸によりほぼ構成されることが明らかになっている<sup>17,18,19)</sup>。ウニの旨味に最も関与するアミノ酸は、グリシン、アラニン、バリン、グルタミン酸、メチオニンであり、甘味はグリシンとアラニンが直接関与しており、キタムラサキではグリシンとアラニンの他に、プロリン、セリンがあげられている<sup>18)</sup>。特にグリシン、アラニン、セリンの3種のアミノ酸は、高濃度では甘味のほかにうま味も呈する<sup>20)</sup>ことが知られている。

キャベツで育てたムラサキウニは、甘味成分であるグリシンが67日目の平均で812.2mg/100mg、77日目の平均は919.1mg/100gと、10日程で約13%も増加した。また、アラニンは67日目が平均で158.2mg/100g、77日目が平均で190.9mg/100gと、約20%も増加していた。

ムラサキウニの呈味については、大迫らが長崎県産について報告<sup>21)</sup>しており、天然ものではグリシンは813±333mg/100g、アラニンは275±210mg/100gであった。キャベツのみで飼育したムラサキウニと比べると、平均ではグリシンが約100mg/100g多いが、アラニンは85mg/100g低かった。ただし、元々の天然個体差が大きいことも含めると、キャベツ飼育ムラサキウニの味は天然ムラサキウニと殆ど遜色がないと思われた。

また、ウニを食べた時に苦味を強く感じる場合があるが、その成分はバリン及びイソロイシン、ロイシンである<sup>17)</sup>。東北地方のバフンウニで特有にみられる強い苦味については、村田らが卵巣から新規含硫アミノ単離・構造決定している<sup>22,23,24)</sup>。

試食を行ったところ、67日目の生殖巣では、甘味の他に比較的強い苦味や雑味を感じたが、77日目の生殖巣では殆ど苦味も雑味も感じられなかった。それは、苦味の主成分であるバリンが、67日目の173.4mg/100gから77日目には45.3mg/100gと、約1/4に減少したことが原因と考

えられる。さらに、同じく苦味を呈すイソロイシンが55.7mg/100gから24.2mg/100mgに、ロイシンが58.0mg/100gから23.0mg/100gとそれぞれ半減していたことも関与していると思われる。ただし、旨味を呈すグルタミン酸やグルタミンは、77日時点でも平均で112.4mg/100g、176.5mg/100gで、67日からの増加量もわずかであった。これは長崎県産より低い値であった。

これらのことから、キャベツで育てたムラサキウニは、飼育67日から77日の10日間で、甘味成分のグリシンやアラニンが急激に増加し、苦味成分のバリン、イソロイシン、ロイシンが激減することが観察され、全体的には甘味が強くて苦味がない、果物のような味わいが特徴であった。

今回、未利用のムラサキウニの利用法として、農業残渣となるキャベツを餌料として育てることが可能であることが判明した。現在、キャベツや野菜などだけで飼育したムラサキウニが4年目を迎えるが、特に問題なく成長している。これはムラサキウニが通常餌とするような海藻類にウニ類が必要とする特別な栄養成分があるわけではなく、野菜等を摂餌していれば生存できる生物のようである。よって、生殖巣の遊離アミノ酸の組成についても、成熟してからの置換は起こりにくい<sup>13)</sup>、生殖巣が極めて未熟な状態からであれば、ある程度与える餌料によってコントロールし、呈味成分を調整できる可能性が考えられた。

今後の問題点としては、①浮かんでしまう野菜を効率よく給餌する方法、②生殖巣指数GIの向上と味の向上に適した添加餌料の探索、③実用化に向けた大量飼育方法の開発、④生殖巣の色を安定させる方法の4点であり、平成29年度神奈川県シーズ探求型研究事業研究により、実用化に向けた研究を実施したところである。

## 謝辞

この試験にあたり、木下普及員(元)、片山普及員にはムラサキウニの購入、搬入を手伝ってもらった。濱田信行技能技師には飼育用水槽を準備してもらった。餌料として野菜の情報やキャベツの提供していただいた農業技術センター三浦半島地区事務所の高田敦之主任研究員(元)、原康明研究課長、太田和宏主任研究員、加藤成人技能技師に厚くお礼申し上げます。ウニの生態や参考資料をご教示いただいた(公財)神奈川県栽培漁業協会の今井利為氏に御礼申し上げます。また、アミノ酸分析とデーター検証に協力いただいた農業技術センター吉田

誠課長、曾我彩香主任研究員、畜産技術センターの白石葉子主任研究員に深謝します。

### 引用文献

- 1) 木下淳司 (2009) : 人工リーフへのカジメ藻場移植と群落の拡大に関する研究, 水産工学, **45**(3), 169-178.
- 2) 木下淳司(2010) : 藻場を守り育てる知恵と技術 (藤田大介ら編著), 西湘海岸大規模人工リーフの20年間, 成山堂書店, 東京, 148-152.
- 3) 増田博幸・角田利晴・林義次・西尾四良・水井悠・堀内俊助・中山恭彦(2000) : 藻食性魚類アイゴの食害による造成藻場の衰退, 水産工学, **37**(2), 135-142.
- 4) 長谷川雅俊(2003) : 静岡県榛南海域における磯焼けの持続要因としての魚類の食害, 静岡県水産試験場研究報告, **38**, 19-25.
- 5) 神奈川県 : かながわ水産業活性化指針, <http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f790/p1008151.html> (2018/01/04 最終アクセス)
- 6) 水産庁(2015) : 改訂 磯焼け対策ガイドライン, 全国漁港漁場協会, pp199.
- 7) 今井利為・児玉一宏 (1986) : ムラサキウニの食性, 水産増殖, **134**(3), 147-155.
- 8) 神奈川県 : 水産多面的機能発揮対策事業実績, 平成25~28年度.
- 9) 三浦市農業協同組合 : 三浦特産物紹介, キャベツ, <http://www.ja-miurashi.or.jp/tokusan/kyabetu.html> (2018/01/04 最終アクセス)
- 10) 大島泰雄・石渡直典・田中二良 (1957) : ムラサキウニとバフンウニの食性, 水産増殖, **5**, 26-30.
- 11) 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, 北水試研報, **54**, 33-40.
- 12) 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.
- 13) 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, 北水試研報, **52**, 17-24.
- 14) 遠藤良徳・上田智広(1998) : 岩手県水産技術センター試験研究概要集, 平成10年版, 38-39.
- 15) 浦和・加藤元(2013) : ウニ用高機能餌料の開発 ~磯やけのウニを商品化する~, [www.noastec.jp/Ki-nouindex/data2013/pdf/01/S04.pdf](http://www.noastec.jp/Ki-nouindex/data2013/pdf/01/S04.pdf) (2018.01.06)
- 16) 菅原玲・武田忠明・三上加奈子・木村稔・中島幹二・鶴沼辰哉(2017) : 北海道東部沿岸に繁茂する雑海藻の有効利用について, 水産利用関係研究開発推進会議, 利用加工技術部会研究会資料, 資源-14, 76-77.
- 17) 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, 日水誌, **30**(9), 749~756.
- 18) 平野敏行・山沢進・須山三千三(1978) : キタムラサキウニ生殖巣のエキス成分に関する研究, 日水試, **44**(9), 1037-1040.
- 19) 鴻巣章二(1973) : 魚貝類の味一呈味成分を中心にして一, 日本食品工業学会誌, **20**(9), 433-439.
- 20) 二宮恒彦等(1966) : 各種アミノ酸の呈味に関する研究, 第7回官能検査大会論文集, 109-123.
- 21) 大迫一史・桐山隆哉・桑原浩一・岡本昭・長野直樹(2006) : 天然と飼育したムラサキウニ生殖巣の遊離アミノ酸組成, 水産増殖, **54**(3), 301-304.
- 22) 村田裕子(2002) : バフンウニの苦味成分に関する研究, 日本水産学会誌, **68**(4), 513~515.
- 23) 村田裕子(2002) : バフンウニ生殖巣の新規苦味アミノ酸プルケリミンに関する研究, 水産総合研究センター研究報告, **3**, 31-61.
- 24) 村田裕子・山本達也・金庭正樹・桑原隆治・横山雅仁(1998) : バフンウニ生殖巣の苦味の発現頻度, 日水誌, **64**(3), 477-478.