

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

臼井 一茂・加藤 健太・田村 怜子・原 日出夫

Development of the gonad and change in the taste components of Japanese Purple Sea Urchi, *Heliocidaris crassispina*, cultured with various kinds of vegetables feed.

Kazushige USUI*, Kenta KATOU*, Satoko TAMURA** and Hideo HARA*

緒言

近年、北海道^{1,2)}から九州³⁾、沖縄^{4,5)}に至るまで全国で磯焼けの発生が報告されている。環境省の自然環境保全基礎調査によると、ウニ類やアイゴなどの植食性動物による過剰な食害や地球温暖化に伴う海水温上昇などが磯焼けを含む藻場の衰退原因とされている。特に、第4回自然環境保全基礎調査の海域生物環境調査報告書⁵⁾によれば、藻場の消失原因になった磯焼けは過去に比べて大きくなっているとしており、水産庁の改訂版磯焼け対策ガイドライン⁶⁾でも同様に藻場喪失を危惧している。

その原因生物の一つであるウニ類については、改訂版磯焼け対策ガイドライン⁶⁾に提示されているように、過密状態を解消するための間引きやウニ侵入防止フェンスの設置⁷⁾、さらに海藻が繁茂する地域への移植⁸⁾や雑海藻や根コンブなどを与える肥育⁹⁾などの取組が各地で行われている。

前報¹⁰⁾では、本県沿岸に自然分布する磯焼け原因生物のムラサキウニ *Heliocidaris crassispina* に、農業残渣や流通規格外などで利用されないキャベツを餌料として用い、短期間養殖を行うことで身入りを良くし付加価値を付ける方法について検討した。その結果、産卵期前の3か月ほどの短期養殖でGI（生殖巣指数：Gonad index）は10%以上になり、商品価値が生じること、さらに甘味の主成分であるグリシンの増加や苦味のバリンの減少が確認され、天然のムラサキウニよりも味わいが良いことを紹介した。

今回、キャベツで育てるウニ（以下、キャベツウニと称す）とキャベツ以外の低利用農産物や、岸に流れ着いた未利用の海藻類である寄り藻¹¹⁾を用いた飼育試験を実施し、それらのGIの変化や呈味成分の比較を

行った。さらに、キャベツウニと市販されている他県産のウニ類の呈味成分との比較を行ったので報告する。

材料及び方法

ムラサキウニの入手

供試したムラサキウニは平成29年4月に三浦市三崎町城ヶ島地先で漁獲された440個体で、殻径で5~6cm、体重で60~110gであった。これら全てを神奈川県水産技術センター（以下、当センターと称す）の種苗生産施設に設置の1t水槽2基（以下、大型水槽）に一旦収容した（図1）。

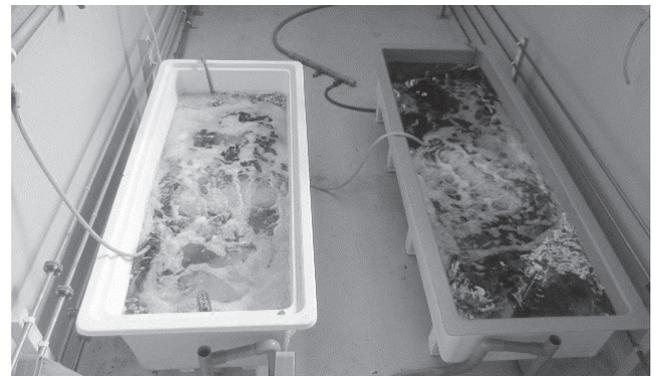


図1 1t水槽の大型水槽

これらの水槽は水深30cmに調整して、ろ過海水を緩やかにかけ流しを行い、十分なエアレーションをした。その後数日間の絶食期間を置いてコンディションを調整した。なおこの間、キズのある個体、あるいは棘が抜けるなど調子の悪い個体は、水槽に入れた直後2、3日で死亡したが、その数は14個体で全体の3.5%に留まった。

試験に用いた餌料

餌料にはキャベツとブロッコリー、当センターの堤防に流れ着いた寄り藻（海藻）、乾燥コンブ（岩手県産）

を用いた。

キャベツおよびブロッコリー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ものを用いた。なお、ブロッコリーは2~3月に収穫されたため、茎、葉、花蕾を茹でたのち、-20℃で冷蔵保存したものを用いた。

寄り藻については、当センターの岸壁で採取した海藻で、ヒジキ *Sargassum fusiforme*、アカモク *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh、タマハハキモク *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt、カジメ *Ecklonia cava*、ホンダワラ *Sargassum fulvellum* (Turner) C. Agardh、オオバモク *Sargassum ringgoldianum* Harvey、ミル *Codium fragile* (Suringar) Hariot で、未処理で用いた。

乾燥コンブは業務用に市販されていた岩手県産のものを用い、海水で戻したのち裁断して用いた。

飼育試験区の設定

試験区は7区設け、①キャベツ区（キャベツのみ）、②キャベツ寄り藻区（キャベツ9割+寄り藻1割）、③キャベツ区（キャベツのみ）、④キャベツ寄り藻区（キャベツ9割+寄り藻1割）、⑤寄り藻区（寄り藻のみ）、⑥乾燥コンブ区、⑦茹でブロッコリー区とした。

①及び②試験区は前述した1tの大型水槽2基（図1）を用い、ムラサキウニを各150個体収容した。水深は30cmに調整してろ過海水をかけ流し、十分なエアレーションを行った。③~⑦試験区は家庭菜園用角型プランター50L（図2）を用いた小型水槽とし、ムラサキウニを各20個体収容した（表1）。水深は20cmに調整してろ過海水をかけ流し、エアレーションを与えた。これら試験区は試験用暗室に設置し、作業時だけ電燈をつけた。給餌は週に2回（原則として火曜日と金曜日）行った。なお、給餌の際には次回に



図2 家庭菜園用角型プランター50Lで作成した小型水槽

表1 飼育試験区別の水槽サイズと餌、収容個体数

| 試験区 | 水槽 | 容量 | 餌 | 収容個体数 |
|-----|------|-----|----------|-------|
| ① | 大型水槽 | 1t | キャベツ | 150 |
| ② | 大型水槽 | 1t | キャベツ+寄り藻 | 150 |
| ③ | 小型水槽 | 50L | キャベツ | 20 |
| ④ | 小型水槽 | 50L | キャベツ+寄り藻 | 20 |
| ⑤ | 小型水槽 | 50L | 寄り藻 | 20 |
| ⑥ | 小型水槽 | 50L | 乾燥コンブ | 20 |
| ⑦ | 小型水槽 | 50L | 茹でブロッコリー | 20 |

給餌する際、食べきられて全く無くならない量を与え、残っていた餌料はそのつど取り除いた。

試験期間は、4月29日から開始し、6月28日の60日間で終了した。

GIの測定

身入り率の測定には前報¹⁰⁾と同じく東京電子工業株製の「生うにパッキリ」を用いて処理した。なお、生殖巣の増加量については次式により身入り率を算出した。

$$\text{身入り率} = (\text{生殖巣重量} / \text{体重} \times 100) \%$$

①及び②試験区については、飼育1日目、18日目、26日目、46日目、60日目の5回、各試験区から5個体ずつを任意に選び身入り率の測定を行った。一方、③~⑦試験区については、飼育46日目、57日目の2回、各試験区から4個体ずつを任意に選び測定した。それら試験区、飼育日毎の平均値を各GI (Gonad index) として求めた。

遊離アミノ酸の測定

①及び②試験区は飼育46日目と60日目、③~⑦試験区で飼育57日目に採取した各5個体分の生殖巣における遊離アミノ酸のグリシン、アラニン、グルタミン酸、バリンを測定し、比較を行った。

さらに、他県産ムラサキウニ（鹿児島県産1種類、長崎県産1種類）及びキタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus*（北海道産2種類）、エゾバフンウニ *Strongylocentrotus intermedius*（北海道産2種類）の遊離アミノ酸を測定し、①キャベツ区の飼育60日目のムラサキウニとの比較を行った。なお、これら他県産のうに類は、生鮮品（未凍結品）を県内スーパーで平成29年5~6月に入手した。

遊離アミノ酸分析試料の作成方法は、1個体から生殖巣3gずつ採取し、5個体分を合わせてホモジナイズした。それを3g秤量しメタノール20mlを加え、前報¹⁰⁾と同じくハイフレックスディスペンサー(HG92:SMF製)にてホモジナイズを行った。これらを冷却遠心分離機(CF7D2:日立製)で遠心分離(4500rpm、15min、3°C)し、上澄み液をろ過した。それら残渣に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。この操作を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。下層の溶液は全て丸底フラスコに移し、エバポレーター(TYPE R-R:EYELA製)で濃縮した。これら濃縮液を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20~100倍に希釈を行って測定試料とした。

遊離アミノ酸の測定はHPLC(LC-10ADVP:株島津製)を用いて行った。分析条件はカラムSHIMAZU AMINO-LIを用いたOPAを用いる蛍光検出の常法で行った。

結果

餌料別飼育によるムラサキウニのGI変化

餌料別にムラサキウニのGIについて、図3に示す。飼育開始1日目のGIが2%程であり、多くは生殖巣が薄い茶色からオレンジ色をしていたが、サンプル中1割ほどの個体はチョコレート色から黒褐色をしており、生殖巣と内臓器官との区別がつかない色であった。

大型水槽で飼育した①キャベツ区と②キャベツ寄り藻区では、飼育18日目でGIがそれぞれ3.9%、4.0%とほぼ同じ値で増加していることが確認された。飼育26日目ではそれぞれのGIが5.6%と同じ値であり、さらなる発達が確認された。飼育46日目ではGIがそれぞれ7.1%、6.3%となり①キャベツ区の方が良く、60日目ではGIが10.6%、9.8%と同じく①キャベツ区の方が高い値で推移した。

また、③~⑦の小型水槽を用いた各試験区では、46日目のGIは③キャベツ区と④キャベツ寄り藻区、⑥乾燥コンブ区、⑦茹でブロッコリー区で、大型水槽を用いた①及び②試験区とほぼ同じ6.7~7.0%であった。一方、⑤寄り藻区は8.0%と他よりも高かった。57日目のGIは③キャベツ区及び④キャベツ寄り藻区

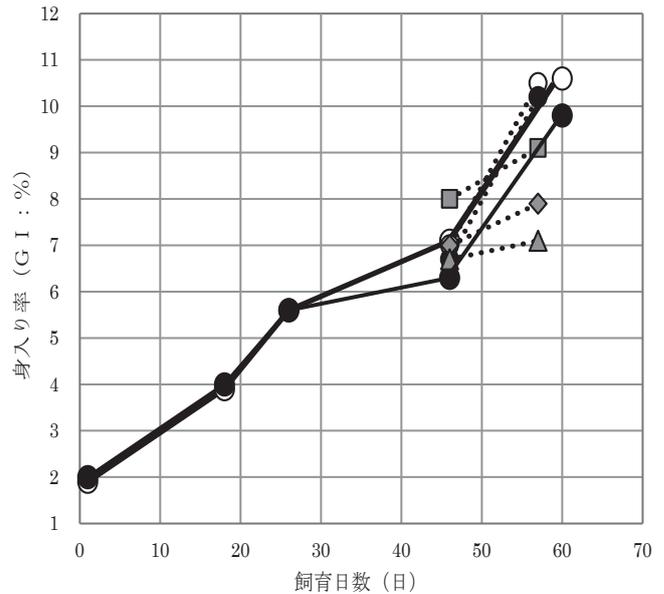


図3 餌料別飼育によるムラサキウニのGIの変化

—○— ①キャベツ —●— ②キャベツ寄り藻 ...○... ③キャベツ
 ...●... ④キャベツ寄り藻 ...■... ⑤寄り藻 ...◇... ⑥乾燥コンブ
 ...▲... ⑦冷凍茹でブロッコリー

で大型水槽の60日目の①及び②試験区とほぼ同等の10%程と、46日に比べ大きく増加したのに対し、⑤寄り藻区は9.1%、⑥乾燥コンブ区は7.9%、⑦茹でブロッコリー区では7.1%とあまり増加がみられなかった。

餌料別飼育による遊離アミノ酸含量比較

各実験区におけるムラサキウニの生殖巣の遊離アミノ酸について図4に示す。①キャベツ区及び②キャベツ寄り藻区は、46及び60日目のGI測定時に採取した生殖巣を用いた。①~④の実験区において、大型水槽及び小型水槽による飼育条件の差は生殖巣の遊離アミノ酸量に見られなかったため、2区の平均値を記した。

①及び③キャベツ区の46日目では甘味成分のグリシンが618mg/100gであり、アラニンは263mg/100gであった。また、旨味成分のグルタミン酸は133mg/100g、苦味成分のバリンは75mg/100gであった。

しかし、それから2週間後の飼育60日目では、グリシンが926mg/100gと50%程増加し、アラニンは296mg/100g、グルタミン酸は142mg/100gと微増であった。また、バリンは38mg/100gと約半減した。

②及び④キャベツ寄り藻区の46日目では、グリシンが528mg/100g、アラニンが187mg/100g、グルタミン酸が113mg/100g、バリンが75mg/100gであった。また、60日目ではグリシンが876mg/100gと66%程増加し、アラニンが190mg/100g、グルタミン酸が114mg/100gは変化が見られず、バリンが43mg/100gと42%減少した。

小型水槽飼育の⑤～⑦試験区については、飼育 57 日目の GI 測定時の試料を用いた。⑤寄り藻区では、グリシンが 801mg/100g、アラニンが 165mg/100g、グルタミン酸が 80mg/100g、バリンは 34mg/100g であった。⑥乾燥コンブ区ではグリシンが 744mg/100g、アラニンが 75mg/100g、グルタミン酸が 113mg/100g であり、バリンは 36mg/100g であった。⑦茹でブロッコリー区ではグリシンが 817mg/100g、アラニンが 71mg/100g、グルタミン酸が 49mg/100g であり、バリンは 170mg/100g と他の区と比べかなり高い値であった。

このように①及び③キャベツ区のムラサキウニは他の実験区に比べ、甘味成分の主体であるグリシンやアラニン、旨味成分のグルタミン酸の遊離アミノ酸含量は高く、一方で苦み成分としたバリンは中間に位置する結果となった。また、飼育終了となる2週間前から、特にグリシンが増加していることと、バリンが減少することも前報¹⁰⁾と同様に確認された。

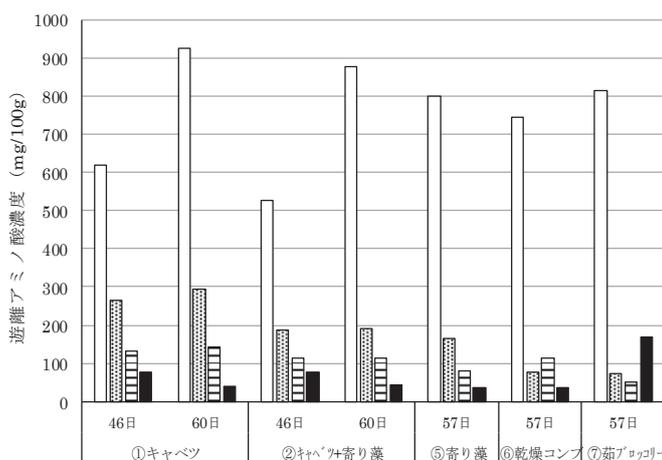


図4 餌料別飼育によるムラサキウニ生殖巣の遊離アミノ酸含量

□グリシン ■アラニン ▨グルタミン酸 ■バリン

他県産市販ウニ類との遊離アミノ酸含量比較

甘味成分のグリシンは北海道産Ⅱのエゾバフンウニで最も高く 1,126mg/100g であった。①及び③キャベツ区の飼育 60 日目のムラサキウニ (以下キャベツウニ) は 926mg/100g と少ないものの、同じムラサキウニの鹿児島県産と長崎県産、キタムラサキウニの北海道産Ⅰ、北海道産Ⅱの 755～851mg/100g を上回っていた。アラニンはキャベツウニが最も高く 296 mg/100g で、北海道産のエゾバフンウニ、長崎県産のムラサキウニを上回った。最も低いのはキタムラサキウニ北海道産Ⅱで 175 mg/100g であった。旨味成分のグルタミン酸はエゾバフンウニの北海道産Ⅱの 144mg/100g が

最も高いが、僅差でキャベツウニの 142 mg/100g が続き、最も低いのはエゾバフンウニの北海道産Ⅰで 14 mg/100g であった。

一方苦み成分のバリンはキタムラサキウニやエゾバフンウニで高く 76～89 mg/100g で、ムラサキウニは 22～38mg/100 g と低い、キャベツウニはその中でも 38mg/100 g と最も高かった。

このようにキャベツウニは市販されるウニ類と比べても、甘味成分やうまみ成分は高い方に位置し、苦みもやや少ない傾向にあると思われた (図5)。

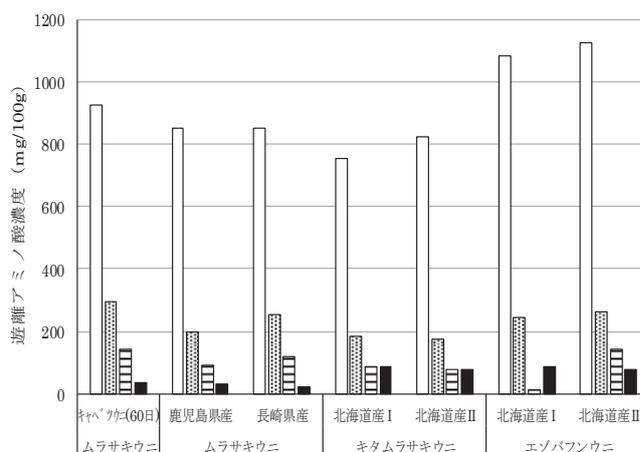


図5 他地域産ウニ類の生殖巣の遊離アミノ酸含量

□グリシン ■アラニン ▨グルタミン酸 ■バリン

考察

前報¹⁰⁾では、磯焼け対策で除去されたウニ類の有効利用を目的に、雑食性⁹⁾に着目して生殖巣の肥大期の餌料として、三浦半島地域特産であるキャベツの流通規格外品を与えたところ、身入りが認められ、さらに甘味をもつことが確認された。

本報では異なる餌料による短期養殖によって、生殖巣の GI と、特に遊離アミノ酸で甘味のグリシン、アラニン、旨味のグルタミン酸、そして苦みのバリンの含有量変化について検討した。

まず GI について最終測定日の結果をみると、大型水槽では 60 日目に①キャベツ区の方が②キャベツ寄り藻区より GI が高かった。一方、小型水槽は 57 日目に③キャベツ区と④キャベツ寄り藻区の GI が最も高く、⑤寄り藻区、⑥乾燥コンブ区、⑦茹でブロッコリー区の順であった。

③キャベツ区では、①キャベツ区とほぼ同じ GI であり、水槽の大きさによる違いは見られなかった。このことから、今回試験した小型水槽による飼育ストレスはな

かったこと考えられ、キャベツがムラサキウニにとって適した餌料であると思われた。西岡ら¹²⁾は、ミルやカジメなどの海藻と摂餌量比較を行ったところ、キャベツを最も好んで食べたとのことから、ムラサキウニにとってキャベツは嗜好性が高い餌料であると思われる。

一方で、キャベツは海藻類と比べると、グリシンやアラニン、バリンなどの遊離アミノ酸含有量が100g中に数十mg¹³⁾程度と数倍は少なく、栄養価的には劣っているとされる。しかし、今回もキャベツのみの餌料で身入りが優れ、グリシンが増加し甘くなった。これはムラサキウニの生育や生殖巣の増加に対する栄養要求は少ないか、あるいは蓄積するアミノ酸などをムラサキウニ自体が作り出せる能力があるためと思われる。このことから、他にも餌料として利用できる野菜や未利用海藻など多くあると思われる。

可食部である生殖巣の価値向上には、GIの増加のみならず、特徴的な黄色の色彩や、しっかりした硬さ、そしてさらなる呈味の向上が必要と思われる。そこでムラサキウニ生殖巣の主要な遊離アミノ酸である甘味成分のグリシン、アラニン、旨味のグルタミン酸、苦味のバリンについて比較を行った。キャベツ区で46日目とその2週間後となる60日目を比較すると、グリシンが1.5倍と大きく増加し、アラニンやグルタミン酸は微増であり、苦味成分のバリンは半減していた。同様の比較をキャベツ寄り藻区でも行ったが同じ傾向が見られた。前報¹⁰⁾ではキャベツのみによる飼育で、本報よりも約20日長い飼育67日目から77日目において、グリシンやアラニンの短期間で急増と、バリンの大きな減少が見られた。今回、前報の77日目と本報の60日目は同じ6月末日(水温で24℃ほど)であり、産卵期が7月頃(水温で25℃以上)の年1回とされていることから、これらの呈味成分の増減は産卵に向けた生殖巣の成熟段階の変化によるのかもしれない。

キャベツ以外の餌料では、寄り藻、乾燥コンブ、茹でブロッコリーで57日間飼育したが、60日飼育したキャベツ区に対し、寄り藻区、乾燥コンブ区、茹でブロッコリー区のグリシン含量は8~9割程度と低い値であったが、アラニンでは2~6割とさらに低い値であった。

名畑ら¹⁴⁾はキタムラサキウニ、町口ら¹⁵⁾はエゾバフンウニで、生息海域の雑海藻類の餌料検討を行ってい

るが、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。また、鶴沼ら¹⁶⁾は北海道東部太平洋沿岸に繁茂する褐藻類などの雑海藻をキタムラサキウニに利用したところ、加熱処理を行っていない未処理海藻以外ではキタムラサキウニに苦味アミノ酸が増加するとし、その理由として海藻の甘味成分が多い遊離アミノ酸が加熱処理の過程で流出し、たんぱく質の分解物を吸収したことで、構成率の高い苦味を持つアミノ酸を蓄積していると報告している。

当センター岸壁に流れてきた雑海藻である寄り藻区では、苦味のバリンは少なかったものの、キャベツ区に比べてグリシンやアラニン、グルタミン酸もわずかながら少なかった。それは海藻自体に遊離アミノ酸量が少ないからと思われる。

乾燥コンブはグルタミン酸をはじめ遊離アミノ酸含量は豊富¹³⁾であるが、戻した水や飼育海水中に入れるとその遊離アミノ酸が溶け出し、ほとんどが消失してしまったものと思われる。また、ブロッコリーも野菜ではグルタミン酸は豊富¹³⁾に含んでいるものの、茹で処理、冷凍や解凍において細胞壁が損傷し流出してしまい、ウニが摂取できなかったものと思われる。

さらに茹でブロッコリーでは苦味成分のバリン含量が、キャベツウニと比べ4.5倍と非常に多かった。天然のウニにおいても餌料摂取が少ないと苦いことが経験的にも知られている。今回餌として与えたブロッコリーの形状が塊り状のままであったことから、物理的にウニが摂餌しにくく、摂取量が少なかったものと思われる。

キャベツウニの呈味成分について、市販されていたムラサキウニ、キタムラサキウニ、エゾバフンウニと比較した。生鮮ウニは産地での僅かな漁獲時期しか出回らないため、入手できたものを比較した。グリシンについては、鹿児島県産および長崎県産のムラサキウニ、北海道産のキタムラサキウニはほぼ同じ値であった。これに対しキャベツウニは1~2割程高い値を示した。一方、エゾバフンウニはキャベツウニに比べ2割前後も高い値であり、今回に比較したウニの種類の中で最も高い値であり、実際に食べ比べても甘く感じた。

また、アラニンとグルタミン酸含量も同様の傾向を示した。一方、鹿児島県産と長崎県産のムラサキウニ、北海道産キタムラサキウニよりキャベツウニは2~7割程高かった。また、エゾバフンウニはキャベツウニに対して1~2割程高い値であった。しかし、苦味成分であるバリンを見ると、鹿児島県産と長崎県産のムラサキウニ

ではキャベツウニより少なかったが、キタムラサキウニとエゾバフンウニでは、キャベツウニに比べ倍ほどの高い値であることが特徴的であった。

今回のキャベツウニと比較している市販ウニは、その地域や種類全体を表すものではないが、キャベツウニは市販されていた天然ムラサキウニや天然キタムラサキウニと比べ、味わいで劣ることはないものと思われた。試食では飲食店関係者より、十分に使える味であるとの評価をしてもらったことから、実用化に向けた取り組みを民間事業者や県内の漁協とで進めたいと考えている。

今回、ムラサキウニの採取場所によっては生殖巣が極めて少ないことと、さらに生殖巣の色彩がチョコレート色から墨色のような褐色であるものも多かった。それらは最後まで身入りが悪く、さらに苦みが強いことなど新たな課題も見いだされた。

全国的な磯焼けの発生^{1~5)}は、ウニ類の異常ともいえる増殖に伴う海藻類への食圧の増大が一因となっている。磯焼けした漁場ではウニ類の餌となる海藻類が減少していることから身入りが少なく、漁獲対象になっていない状況が、更なるウニ類の増加につながっている。ウニ類の除去を促進させるためにも、今後も未利用の陸上農産物を使った効率的なウニ類の身入り方法等、養殖技術の確立が必要であると思われる。

なお、この研究は神奈川県総合政策課の競争的資金、平成29年度シーズ探求型研究事業研究にて行った。

謝 辞

餌料の情報やキャベツ、ブロッコリーを提供いただいた神奈川県農業技術センター三浦半島地区事務所の原康明研究課長、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。ウニの成分や生態などご教示いただいた水産研究・教育機構中央水産研究所の村田裕子主任研究員、北海道区水産研究所の鵜沼達哉主幹研究員にお礼申し上げます。

また、アミノ酸分析とデータ検証に協力いただいた神奈川県農業技術センター吉田誠科長、曾我彩香主任研究員に深謝します。

参考文献

1) 名畑進一・阿部英治・垣内政宏 (1992) : 北海道南西部大成町の磯焼け, 北海道立水産試験場研究報告, **38**, 1-14.

2) 津田藤典, 吾妻行雄, 谷口和也 (2006) : 北海道日本海沿岸における磯焼けの歴史と現状 (総特集 温暖化傾向下の東北・北海道の海と漁業), 海洋, **38** (3), 210-215.

3) 長崎県水産部 (平成 24 年) : 長崎県による磯焼け対策ガイドライン, 73pp.

4) 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, **43** (1), 99-107.

5) 環境省自然環境局生物多様性センター (1994) : 第4回自然環境保全基礎調査, PP428.

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, 199pp.

7) 川井唯史・金田友紀・新井章吾・桑原久実 (2002) : 磯焼け地帯におけるウニ侵入防止フェンスによるホソメ コンブ群落の造成とキタムラサキウニ生殖巣の発達, 水産工学, **39** (1), 15-20.

8) 佐井村漁業協同組合 : 資源保護の取り組み, <http://www.jf-sai.jp/uniisyoku.html> (2019. 1. 10 最終アクセス)

9) 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.

10) 臼井一茂・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, 神水技C研報, **9**, 9-15.

11) 川俣茂 (2012) : 寄り藻調査による大型褐藻アラメのアロメトリー, 脱落原因および寿命の解析, 藻類 Jpn. J. Phycol. (Sorui) **60**, 127-133.

12) 西岡浩・藤田大介 (2018) : ムラサキウニはキャベツと海藻のどちらを好んで食べるか?, 第15回棘皮動物研究集会, 講演要旨集, 33.

13) 文部科学省 科学技術・学術審議会 資源調査分科会報告 (2015) : 日本食品標準成分表2015年版 (七訂) アミノ酸成分表編, PP341..

14) 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.

15) 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.

16) 鵜沼辰哉・麻生真吾・宮崎亜希子・菅原玲・中島幹二・高橋和寛 (2018) : 加工海藻を給餌したウニの

生殖巣に生じる苦み, 第15回棘皮動物研究集会,
講演要旨集, 18.

