

藻場食害対策としての持続可能なウニ養殖技術の開発（第1報）

Development of sustainable sea urchin aquaculture technology as a measure against seaweed bed damage (First Report)

養殖方法の違いがムラサキウニの品質に与える影響

Impact of different aquaculture methods on the quality of purple sea urchins

仁木大輔・長崎稔拓・加藤愛

Daisuke Niki, Toshihiro Nagasaki, Ai Kato

食品開発研究所 食品加工グループ

鳥取県では、ムラサキウニの大量発生により沿岸海域での藻類の食害が深刻化している。食害が進行すると、アワビやサザエといった地域資源の減少を招き、沿岸漁業者に甚大な影響を及ぼす恐れがある。こうした状況への対策として、ウニの集中駆除を進めるプロジェクトが実施されており、その一環として、駆除ウニの養殖が検討されている。しかし、ウニの養殖においては適切な給餌方法に関する基準が確立されていない。そこで本研究では、異なる餌を与えた養殖ウニの味に関わる成分を分析・比較することで、ウニの品質向上に寄与する給餌条件を検討した。その結果、昆布を餌にすることでウニの味の改善に寄与する可能性が示された。養殖に適した給餌方法の確立は、鳥取県における新たな水産資源の創出と持続可能な漁業の実現に貢献することが期待される。

In Tottori Prefecture, the massive proliferation of purple sea urchins has severely damaged coastal algae. If the damage continues, it could lead to a decline in regional resources, such as abalone and turban shells, which would pose a significant threat to the livelihoods of coastal fishermen. To address this issue, a project to remove sea urchins from the area is underway. As part of this effort, use of the removed sea urchins for aquaculture is being considered. However, the absence of established standards for feeding methods in sea urchin aquaculture remains a challenge. In this study, various components of farmed sea urchins fed different diets were analyzed and compared to investigate feeding conditions that improve their meat quality. The results showed that the taste of sea urchins was improved by feeding them kelp. Developing appropriate feeding methods for aquaculture is expected to contribute to creating new marine resources and realizing sustainable fisheries in Tottori Prefecture.

1 はじめに

近年、沿岸海域の海藻類が消失し繁茂しなくなる“磯焼け”と呼ぶ現象が全国的に多発している。磯焼けの原因としてウニによる食害が挙げられ、特にムラサキウニは磯焼けを引き起こす有害生物として一部地域で駆除対象に指定されている^{1), 2)}。鳥取県においても磯焼けが問題視されており、効果的なウニの駆除を行うため、令和4年度から「ウニ駆除・養殖による鳥取の豊かな藻場再生プロジェクト」に取り組んでいる。ムラサキウニが大量発生した県下全域での沿岸漁業者及びボランティアダイバーによるウニの集中駆除を行い、水産資源の回復や海藻のCO₂吸収によって持続可能な

開発目標（SDGs）を進めている（図1）。

その一環として、駆除対象のムラサキウニを養殖化し、沿岸漁業者の新たな地域資源を創出することで、漁業者の経営安定と浜の活性化につなげていくことが求められている。一部地域内で大量発生したウニは、



図1 鳥取県内のムラサキウニの駆除作業

一個体ごとの摂餌量が少ないので、可食部である生殖腺が非常に小さく、身入りが悪い。そのため、ウニの養殖は、駆除する目的で漁獲した後に2～3ヶ月餌を与えて、生殖腺を大きくし、身入りを改善してから出荷する方法が一般的である³⁾。しかしながら、ウニ養殖の課題として、美味しさを判定するための基準が無く、味や身入りの改善に適した餌の判断が困難なことが挙げられる。

そこで本研究では、ウニの美味しさの基準として核酸関連化合物量、遊離アミノ酸量、味覚センサーによる味への影響をそれぞれ分析し、美味しいウニ養殖に適した給餌方法を検討した。

2 実験方法

2.1 ウニ養殖に適した給餌方法

給餌飼料の違いによる評価試験には、鳥取県栽培漁業協会にて令和4年度産ムラサキウニを異なる餌（配合飼料：アワビ稚貝用ペレット、昆布、ワカメ、梨、ほうれん草）で8週間養殖した後、各試験区5個体分殻剥きし、冷凍状態で保管したものを分析に用いた。給餌割合の違いによる評価試験には、同様に鳥取県栽培漁業協会にて令和5年度産ムラサキウニを配合飼料で4週間養殖した後、図2に示す試験区においてそれぞれ計8週間養殖されたウニを分析に用いた。配合飼料の違いによる評価試験には、同様に令和6年度産ムラサキウニを表1の各配合飼料で8週間養殖したウニを分析に用いた。魚粉入りの配合飼料は給餌飼料の違いによる評価試験及び給餌割合の違いによる評価試験で使用された配合飼料と同じである。

表1 各試験区に使用した配合飼料の一覧

サンプル名	配合飼料の概要
魚粉無ワカメ	魚粉を含まずワカメ粉末を含む配合飼料
魚粉無紅藻	魚粉を含まず紅藻粉末を含む配合飼料
魚粉入り	魚粉を含むアワビ用配合飼料
ウニ専用	ウニ養殖事業者が独自販売している配合飼料

2.1 ウニの前処理及び成分分析

分析用のウニは試験区ごとに複数個体のウニ生殖腺を混合して用いるため、生殖腺を水切りネットで裏漉しして、十分均質化したペーストを用いた。複数の試験用ウニを混ぜ合わせペースト化し、過塩素酸で除タンパク処理したものを試験サンプルとした。核酸関連化合物は高速液体クロマトグラフ ((株)島津製作所：Nexera LC-40XR、カラム：Handy ODS) で分析し、遊離アミノ酸は高速アミノ酸分析計 ((株)日立ハイテク：LA8080 AminoSAAYA) で分析した。遊離アミノ酸の解析は旨味を呈するアミノ酸（グルタミン酸、アスパラギン酸）、甘味を呈するアミノ酸（グリシン、アラニン、スレオニン、セリン、グルタミン、プロリン、アスパラギン）、苦味を呈するアミノ酸（トリプトファン、イソロイシン、ロイシン、システイン、リジン、アルギニン、バリン、ヒスチジン、フェニルアラニン、メチオニン、チロシン）をそれぞれ合算した数値とした。

味の測定は、味覚センサーTS-5000Z（インテリジェントセンサーテクノロジー社製）により実施した。味覚センサー測定の基準となる溶液については、小俣⁴⁾の情報を基にしたウニ合成呈味溶液（表2）を調製し、その溶液を6倍希釈したものを測定に使用した。

比較用サンプルは市販されている冷凍の北海道産キタムラサキウニ（札文・利尻島産旬凍雲丹、(株)レブニーズ）を用い、これをコントロールとした。

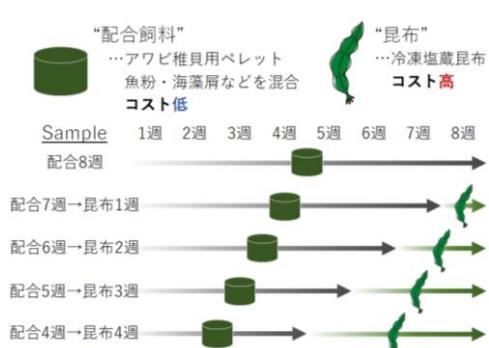


図2 給餌割合の違いによる養殖ウニの各試験区

表2 味覚センサー測定用のウニ合成呈味溶液の組成

	(mg/L)
L-グルタミン酸-Na	340.0
グリシン	2779.0
L-アラニン	861.0
L-バリン	508.0
L-メチオニン	155.0
グアニル酸(5'-GMP)	6.3
イノシン酸(5'-IMP)	7.6
NaCl	990.0

※pH6.2に調整

3 結果と考察

3.1 ウニ養殖に適した給餌試料の探索

給餌飼料の違いによる評価試験について、配合飼料（アワビ稚貝用ペレット）、昆布、ワカメ、梨、ほうれん草をそれぞれ給餌したウニの核酸関連化合物及び遊離アミノ酸を分析した。核酸関連化合物は、養殖ウニの何れの試験区においてもグアニル酸、イノシン酸を多く含むものは確認されなかった（表3）。また、鳥取県産養殖ウニのイノシン酸（0.17~0.23μmol/g）はコントロール（キタムラサキウニ）（1.04μmol/g）と比較して、23%未満の低い濃度であることが分かった。

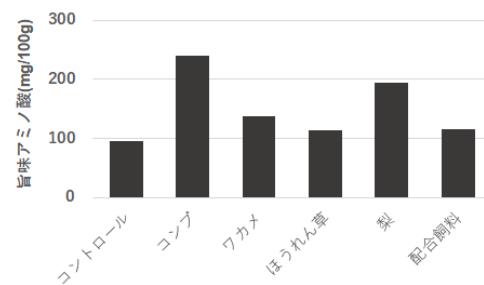
表3 給餌飼料の違いによる核酸関連化合物への影響

核酸関連化合物 (μmol/g)	コントロール	コンブ	ワカメ
シチジル酸	0.11	0.00	0.00
ヒポキサンチン	0.82	1.09	0.81
グアニル酸	0.13	0.23	0.17
イノシン酸	1.04	0.21	0.20
イノシン	1.42	0.54	0.58
アデニル酸	0.05	0.46	0.43
アデノシン二リン酸	0.02	0.08	0.04
アデノシン三リン酸	0.06	0.00	0.00

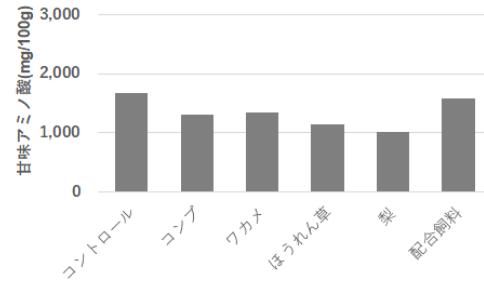
核酸関連化合物 (μmol/g)	ほうれん草	梨	配合飼料
シチジル酸	0.00	0.00	0.00
ヒポキサンチン	1.05	1.97	0.56
グアニル酸	0.20	0.19	0.23
イノシン酸	0.17	0.18	0.23
イノシン	0.87	0.72	0.29
アデニル酸	0.50	0.56	0.60
アデノシン二リン酸	0.15	0.35	0.08
アデノシン三リン酸	0.00	0.00	0.00

遊離アミノ酸は、昆布及び梨を給餌した養殖ウニが高い旨味アミノ酸量（昆布：240.2、梨：193.8mg/100g）を示し、特に昆布を給餌した際はコントロールと比べても1.8倍以上の旨味アミノ酸量を示していた。一方で、餌の違いによる甘味アミノ酸量への影響は殆ど確認されず、苦味アミノ酸量はどの餌においても高い濃度であった。これらの結果及び官能評価から、昆布を給餌した養殖法が最も味に良い影響を与えると考えられたため、昆布を味の調整のためにどの程度使用すればよいかを検討した。

旨味アミノ酸



甘味アミノ酸



苦味アミノ酸

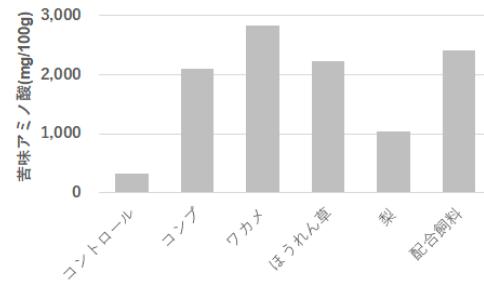


図3 給餌飼料の違いによる遊離アミノ酸への影響

3.2 昆布の給餌割合の違い

昆布は鳥取県内で廃棄物として取り扱われていないため、冷凍の塩蔵昆布を購入する必要があり、餌にするとコストがかかる。そこで、安価な配合飼料で生殖

腺を大きくしてから、昆布で味を調えるための検討を行った。昆布と配合飼料の割合を変えて試験したウニの核酸関連化合物及び遊離アミノ酸分析結果を表4、図4に示す。核酸関連化合物では、グアニル酸は特に大きな変化は見られず、イノシン酸は配合4週→昆布4週の養殖ウニにおいてコントロールよりも高い値を示した。しかし、他の昆布の割合を増やした試験区では、イノシン酸濃度が低いままであることから、昆布の給餌期間のイノシン酸への影響については、更なる検討が必要であると考えられた。

表4 給餌割合の違いによる核酸関連化合物への影響

核酸関連化合物 ($\mu\text{mol/g}$)	コントロール	配合8週	配合7週 →昆布1週	
	配合6週 →昆布2週	配合5週 →昆布3週	配合4週 →昆布4週	
シチジル酸	0.11	0.12	0.38	
ヒポキサンチン	0.82	1.21	1.23	
グアニル酸	0.13	0.30	0.34	
イノシン酸	1.04	0.11	0.41	
イノシン	1.42	0.87	1.22	
アデニル酸	0.05	0.35	0.36	
アデノシン二リン酸	0.02	0.46	0.48	
アデノシン三リン酸	0.06	0.00	0.02	
核酸関連化合物 ($\mu\text{mol/g}$)	配合6週 →昆布2週	配合5週 →昆布3週	配合4週 →昆布4週	
シチジル酸	0.28	0.08	0.16	
ヒポキサンチン	0.94	0.99	0.48	
グアニル酸	0.31	0.34	0.18	
イノシン酸	0.51	0.32	2.73	
イノシン	1.10	0.94	0.26	
アデニル酸	0.52	0.51	0.12	
アデノシン二リン酸	0.48	0.70	0.22	
アデノシン三リン酸	0.01	0.00	0.00	

遊離アミノ酸では、昆布を給餌する割合が増加すると旨味アミノ酸量が増加し、苦味アミノ酸が減少する傾向がみられた。このことから、昆布をウニの餌にすることで味に関わる成分に影響を与え、味が改善されることが示唆された。また、甘味アミノ酸量は殆ど一定であったことから、餌による影響を受けにくいと考えられた。次に、ウニの養殖に最適な配合飼料について検討した。

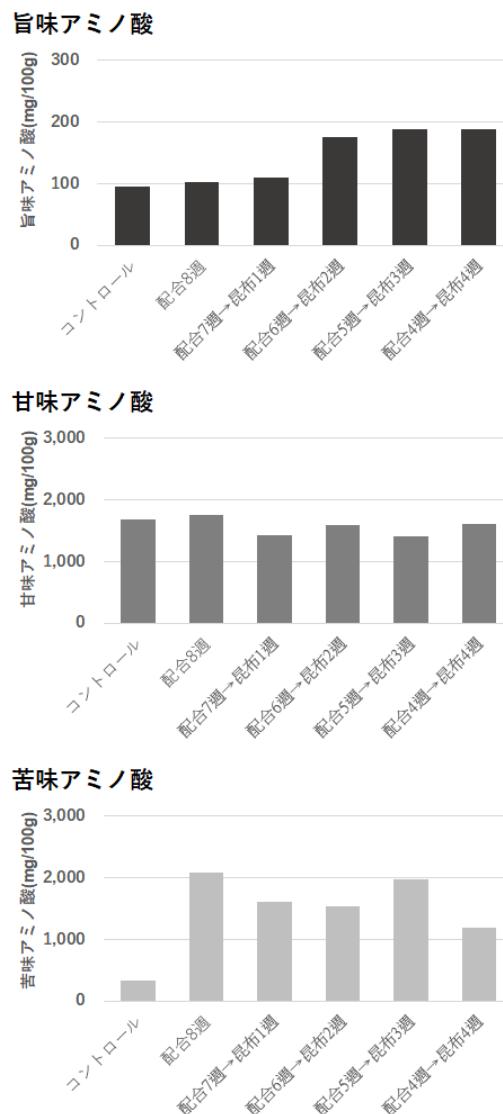


図4 給餌割合の違いによる遊離アミノ酸への影響

3.1 配合飼料の違い

配合飼料の違いによる評価試験について、味覚センサーで分析した結果を表5に示す。基準であるウニ人工呈味溶液の測定値を0とした際の相対値として各サンプルの結果を示した。測定値については、一般的にサンプル間で1の差があるとその違いが感じられるとしており、味覚が敏感な人では0.5の差でも違いが感知できる場合があるとされている。苦味については、ウニ呈味液と比べ、全ての試験区で差は無かった。苦味雑味のデータについては、魚粉無ワカメ及び魚粉無紅藻試験区には差が無かったが、魚粉入りとウニ専用は1.0以上の差があった。後味に相当する旨味コクについては、ウニ呈味液と比較しても同程度であったが、

旨味は増加していた。特に、魚粉無ワカメ及びウニ専用は比較的高い値を示しており、養殖に適した配合飼料と思われるが、今後同様の試験を繰り返し、再現性を確認する必要がある。

表5 配合飼料の違いによる味覚センサー分析

NO.	試験区名	旨味	旨味コク	苦味	苦味雜味	塩味
1	うに塗未液	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	魚粉無ワカメ	1.1	0.5	0.3	5.2	16.2
3	魚粉無紅藻	0.8	0.4	0.2	5.0	12.2
4	魚粉入り	0.5	0.2	0.5	6.5	9.6
5	ウニ専用	1.1	0.8	0.8	7.6	16.8

配合飼料を変えて試験したウニについて核酸関連化合物分析した結果を表6に示す。核酸関連化合物は、グアニル酸及びイノシン酸は魚粉入り試験区で高い値を示した。魚粉無ワカメやウニ専用試験区は核酸合計量が低く、配合飼料による核酸增加への影響が少ないことが分かった。

表6 配合飼料の違いによる核酸関連化合物への影響

核酸関連化合物 ($\mu\text{mol/g}$)	コントロール 魚粉無ワカメ 魚粉無紅藻		
	シチジル酸	ヒポキサンチン	グアニル酸
シチジル酸	0.11	0.26	0.26
ヒポキサンチン	0.82	1.51	1.88
グアニル酸	0.13	0.46	0.54
イノシン酸	1.04	2.12	2.64
イノシン	1.42	0.39	0.41
アデニル酸	0.05	0.84	0.88
アデノシン二リン酸	0.02	0.22	0.33
アデノシン三リン酸	0.06	0.15	0.18

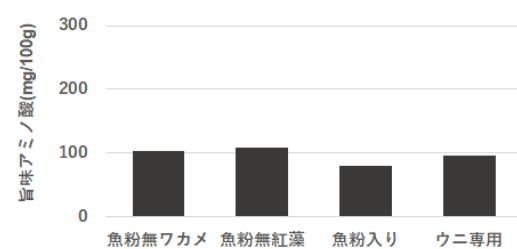
核酸関連化合物 ($\mu\text{mol/g}$)	魚粉入り ウニ専用	
	シチジル酸	ヒポキサンチン
シチジル酸	0.19	0.26
ヒポキサンチン	2.32	2.29
グアニル酸	0.62	0.37
イノシン酸	3.55	2.55
イノシン	0.41	0.43
アデニル酸	0.88	0.98
アデノシン二リン酸	0.33	0.15
アデノシン三リン酸	0.18	0.07

遊離アミノ酸組成の結果を図5に示す。魚粉無紅藻、魚粉無ワカメ、ウニ専用で比較的高い旨味アミノ酸量

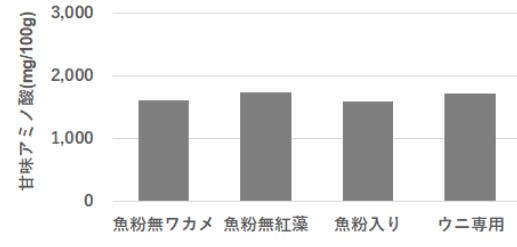
を示した。苦味アミノ酸は魚粉無紅藻、魚粉無ワカメで大きい値を示したが、ばらつきが大きく再試験が必要であると思われる。また、甘味アミノ酸量は殆ど一定であったことから、図4の試験同様、餌による影響を受けにくいと考えられた。

本試験を通じ、味覚センサーで旨味の増加が見られた魚粉無ワカメ、ウニ専用試験区では、アミノ酸や核酸関連化合物の増加との明確な対応関係は確認されなかった。ウニは脂質も多いことからEPAやDHAなどの脂質類も関与している可能性が考えられる。

旨味アミノ酸



甘味アミノ酸



苦味アミノ酸

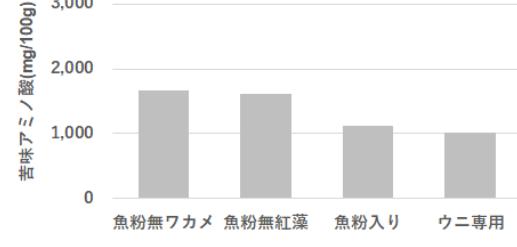


図5 配合飼料の違いによる評価試験の遊離アミノ酸分析

4 おわりに

ムラサキウニの藻類食害による沿岸環境への影響に対処する手段として、駆除個体を活用した養殖の可能性を検討した。ウニ養殖の給餌飼料、給餌割合、配合飼料の違いについてそれぞれ分析することで、養殖化に向けた基礎的知見を得ることが出来た。昆布がウニ

の美味しさに影響を与えることは知られているが⁵⁾、駆除したウニでも同様の効果が示され、味の調整として活用出来る可能性が見出された。本データを元にウニ養殖に適した給餌方法を探索し、地域の実情に即した技術開発と社会実装を進めていくことで、鳥取県での駆除ウニの資源化モデルの構築を目指したい。また、本研究の成果は、ウニによる藻場食害の抑制と地域資源の有効活用を両立する取り組みとして、持続可能な沿岸漁業の実現に貢献することが期待される。

謝 辞

本研究は、鳥取県農林水産部水産振興局漁業調整課の委託事業「ウニ駆除・養殖による鳥取の豊かな藻場再生プロジェクト」(令和4年度～6年度)を活用して、鳥取県栽培漁業センター、鳥取県栽培漁業協会、鳥取県漁業協同組合の協力のもと実施した。ここに記して謝意を表す。

文 献

- 1) https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_gideline/attach/pdf/index-34.pdf (水産庁ホームページ, 第4章 代表的な植食動物 4. 1 ウニ)
- 2) https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_gideline/attach/pdf/index-62.pdf (水産庁ホームページ, 第5章 我が国沿岸の磯焼けの現状)
- 3) 臼井ら ; 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 (2018)
- 4) 小俣靖 ; 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, 日本国水産学会誌, 30巻, 9, 749-756 (1964)
- 5) 高木ら ; III—3.なぜコンブを食べたウニはおいしくなるのか?, 日本国水産学会誌, 87巻, 6号, p. 693 (2021)