

貧海藻域から採取される短期養殖に適したムラサキウニの選定条件

坂田 匠・梨木 大輔^a・神田 雄輝^a・佐野 満汰
(水産海洋技術センター)

福岡県筑前海区では、藻場の局所的な衰退が各地先で確認されており、漁業者は藻場の保全のため、植食性動物であるムラサキウニの除去に精力的に取り組んでいる。近年、県では除去されるムラサキウニの短期養殖を推進するため、各地で試験養殖に取り組んでいる。そこで本研究では短期養殖に適したムラサキウニの殻径及び採集場所の選定条件について、生殖腺の重量及び色調の回復の観点から検討を行った。その結果、ムラサキウニの殻径については、45 mm以上 55 mm未満が、採集場所については、藻場が局所的に衰退した地先の中でも、春季に比較的多く海藻種がみられ、現存量の多い地先から採集した個体が短期養殖に適していることが示された。

キーワード：藻場、ムラサキウニ、短期養殖、殻径、採集場所、生殖腺、色調

近年、福岡県筑前海区では、藻場の局所的な衰退が各地先で確認されており、その一因としてムラサキウニ *Anthocidaris crassispina* (以降、ウニと表記する) をはじめとした植食性動物による食害が挙げられている¹⁾。ウニ類は飢餓耐性があり、一時的に藻場が衰退した漁場(以降、貧海藻域と表記する)にも高密度で分布するが、それらは可食部である生殖腺が小さく、商品的価値がない。そのため、漁獲対象とならず、更にウニ類が増加して藻場の衰退が拡大していくという負の連鎖を招いている。

その対策として、現在、漁業者は、漁場保全のためにウニ類の除去に積極的に取り組んでいる。一方、可食部となる生殖腺が大きく、色調の良いウニは高級食材として商品的価値が高く、優良なウニ漁場では、小型個体の獲り控えなどの資源管理を行っている地先もある。このことから、生殖腺が小さく商品の価値の低いウニは給餌することで、生殖腺を増大できれば、商品としての利用が可能となる。そのため、県では筑前海の各地先において、貧海藻域で除去されたウニを短期養殖し、生殖腺の量や色調を回復させ、商品的価値を高めるための技術開発に取り組んでいる²⁾。ところが、短期養殖したウニは殻径や採集場所により、生殖腺の量や色調の回復にばらつきがみられている。

そこで本研究では、貧海藻域に生息するウニの特性を把握し、短期養殖に適したウニの選定条件として、殻径及び採集場所について、若干の知見を得たので報告する。

方 法

1. 貧海藻域のウニ生息状況調査

貧海藻域に生息するウニの特性を把握するため、図1に

示した遠賀郡岡垣町波津地先(以降、波津地先と表記する)及び糸島市福吉地先(以降、福吉地先と表記する)羽島において、スクーバ潜水により調査を行った。

2021年11月15日に波津地先において、1m×1mの枠を海底に15地点ランダムに設置し、その中に出現したウニを目視で可能な限りすべて採集した。採集したウニは殻径及び年齢を測定し、1m²あたりの分布密度や殻径組成、成長曲線を算出した。また、2021年12月16日に福吉地先羽島においても同様の調査を行った。なお、成長曲線を算出するにあたり、枠取りのみでは小型個体と大型個体が不足したため、同日に追加でそれらの個体を採集し、使用した。

年齢査定は、渡邊、田中³⁾の手法に準じ、口器中間骨を年齢形質とした。取り出した中間骨5本の内3本について、540℃で1~10分ほど加熱処理を行い、上生骨側の表面を軽く研磨した後、現れた輪紋の白色帯から暗色帯へ移行する境界部を計数した。3本の中間骨から得られた計数値の内、最も大きな値を年齢とした。なお、白色帯のみ(計数値0)の場合は、0.5歳とした。また、成長曲線は、各個体の年齢(t:年)と殻径(L:mm)を用い、年齢-殻径関係の von Bertalanffy 成長式を統計解析ソフト“R”(https://www.R-project.org/, ver.4.3.0)の nls 関数を用い非線形最小二乗法でパラメータを推定し、作成した。

年齢-殻径関係の von Bertalanffy 成長式

$$L = L_{\infty} (1 - \exp(-K(t - t_0)))$$

a 現所属：水産振興課

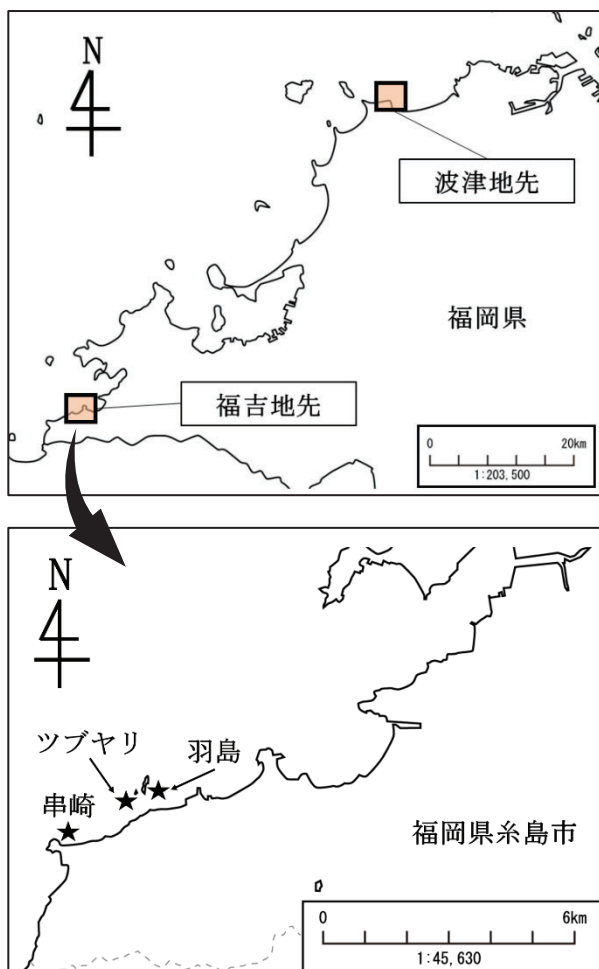


図1 試験の実施場所

2. 短期養殖に適したウニの検討

(1) 殻径別育成試験

短期養殖に適したウニの殻径を選定するため、殻径別にウニを陸上水槽にて育成し、2か月後の身質を比較した。また、育成したウニの身質を評価するために、波津地先の優良なウニ漁場から採集したウニの身質も測定し、比較対象とした。

育成試験に供したウニは、2021年12月16日に福吉地先羽島よりスクーバ潜水により採集した。採集したウニを殻径35mm以上45mm未満(以下、小型区)、45mm以上55mm未満(以下、中型区)、55mm以上(以下、大型区)の3つの試験区に分け、5mm目ネトロンネット製のカゴ(長さ×幅×深さ=1.0×0.5×0.5m、有効水深0.4m)に、それぞれ全重量で2kgずつ収容して当センター敷地内の陸上水槽で育成した。なお、収容個体数は、小型区で69個体、中型区で36個体、大型区で22個体であった。餌料は三陸産塩蔵ワカメ端材を飽食給餌することとし、週3回の頻度で与えた。育成期間は、2021年12月16日から2022年2月16日までの約2か月間とした。各試験区について、育成

前の30個体及び育成後の全てのウニの殻径、全重量、生殖腺の重量及び色調(L*値)を測定した。なお、生殖腺の色調については、分光測色計(CM-700d, KONICA MINOLTA Co. Ltd. Japan)のSCE方式を採用した。さらに、GSI(Gonado Somatic Index: 生殖腺の重量÷全重量×100)を算出した。

比較に供した優良な漁場のウニは、2023年3月30日に波津地先のウニ漁場より30個体採集した(波津地先のウニ漁は3~5月が最盛期)。採集したウニは、殻径、全重量、生殖腺の重量及び色調を測定し、GSIを算出した。その後、ウニから取り出した生殖腺を地元の漁業者に目視で確認してもらい、商品となりうる生殖腺を持つ個体を選別した。それらの選別された個体から得たGSI及び生殖腺の色調の下限値を指標値とし、育成したウニの身質を評価した。

(2) 採集場所別育成試験

短期養殖に適したウニを採集できる場所について検討するため、4つの貧海藻域から採集したウニを陸上水槽にて育成し、3か月後のGSIや生殖腺の色調を比較した。さらに、それら4つの貧海藻域における春季の海藻の分布状況について調査した。

育成試験に供したウニは、2022年12月10日及び2022年12月21日に、スクーバ潜水により採集した。採集地点は、波津地先から1地点、福吉地先から3地点(ツブヤリ、羽島、串崎)、計4地点とした(図1)。採集したウニは、採集地点ごとに各30個体程度、前述と同様のカゴに収容して当センター敷地内の陸上水槽で育成した。餌料は三陸産塩蔵ワカメ端材を飽食給餌することとし、週3回の頻度で与えた。育成期間は、2022年12月10日から2023年3月14日及び2022年12月21日から2023年3月25日までの約3か月間とした。各地点について、育成前の30個体及び育成後の全てのウニの殻径、全重量、生殖腺の重量及び色調を測定し、GSIを算出した。前述と同様に、育成したウニの身質は優良な漁場のものと比較した。

また、2023年3月8日及び3月30日に、スクーバ潜水により各地点の海藻の現存量及び出現海藻種を調査した。海藻の現存量は、50cm×50cmの枠を設置し、枠内に出現した海藻をすべて取り上げ、種同定後、湿重量を測定した。出現海藻種は、各地点の周囲をスクーバ潜水にて、目視で広く調査し、生育していた海藻及び周辺の海域から波浪等によって流出してきた海藻(以降、流れ藻と表記する)の種同定を行い、記録した。

結 果

1. 貧海藻域のウニ生息状況調査

ウニの分布密度(個体数/m²)は、波津地先において18.5個体/m²、福吉地先羽島において12.3個体/m²であった(図

2)。

まず、両地先のウニの殻径組成を図3、4に示した。波津地先では、殻径35mm未満は30.7%、殻径35mm以上45mm未満(小型区)は46.9%、殻径45mm以上55mm未満(中型区)は16.6%、殻径55mm以上(大型区)は5.8%であった。福吉地先羽島では、殻径35mm未満は31.9%、殻径35mm以上45mm未満は38.1%、殻径45mm以上55mm未満は22.5%、殻径55mm以上は7.5%であった。両地先において、殻径35mm以上45mm未満の個体、次いで殻径45mm以上55mm未満の個体が多く生息していた。

次に、両地先のウニの成長曲線を図5、6に示した。成長曲線の関係式は、

波津地先

$$L = 100.8766 (1 - \exp(-0.0675 (t - 2.2201)))$$

福吉地先羽島

$$L = 65.5753 (1 - \exp(-0.2335 (t - 0.4861)))$$

であった(波津地先: $p < 0.01$, 福吉地先羽島: $p < 0.01$)。2地先の成長曲線には、有意な差があり、波津地先の方が福吉地先羽島より緩やかであった($F(1, 563), 64.58025, p < 0.01$)。また、2地先の各殻径別に見た平均年齢は、波津の小型区で 5.8 ± 1.4 歳、中型区で 7.2 ± 1.3 歳、大型区で 10.8 ± 1.9 歳、福吉の小型区で 3.5 ± 0.8 歳、中型区で 5.4 ± 1.2 歳、大型区で 6.7 ± 1.7 歳であった。

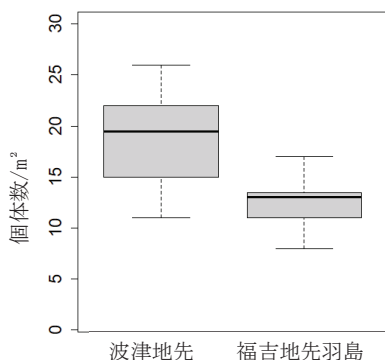


図2 各地先におけるウニの分布密度

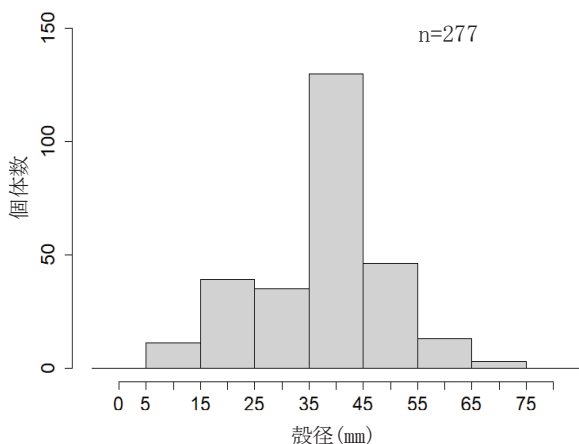


図3 波津地先におけるウニの殻径ごとの分布組成

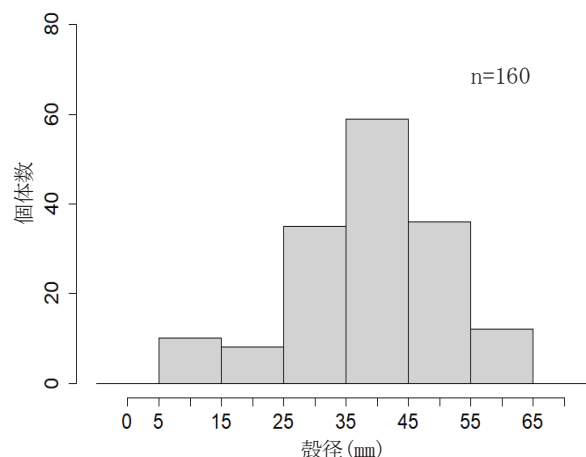


図4 福吉地先羽島におけるウニの殻径ごとの分布組成

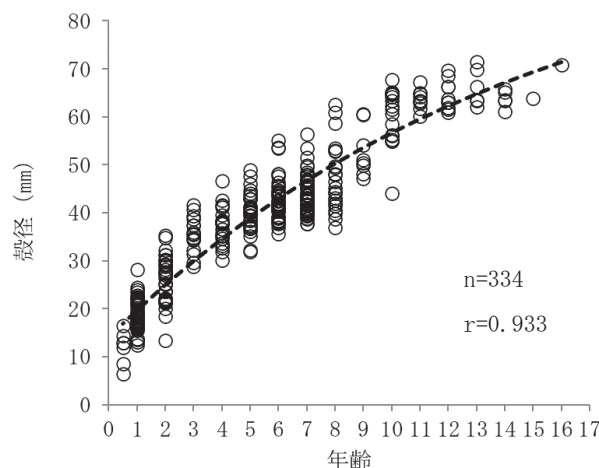


図5 波津地先におけるウニの成長曲線

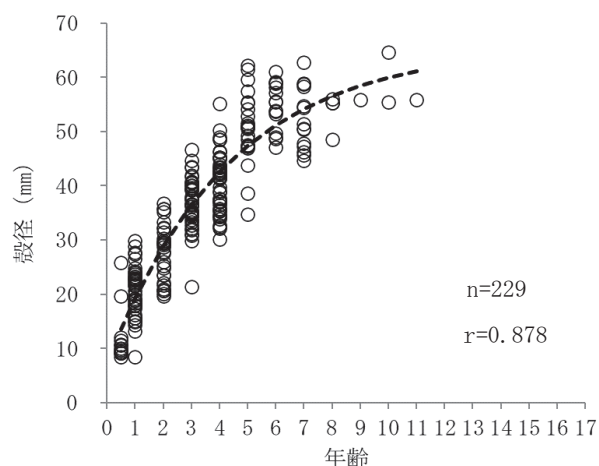


図6 福吉地先羽島におけるウニの成長曲線

2. 短期養殖に適したウニの検討

(1) 殻径別育成試験

育成期間中にへい死が確認された試験区は、中型区の2個体のみであった。

育成前後に、3試験区から得られた各項目及び、GSIと生殖腺の色調の指標値を超える個体の割合について表1に示した。なお、GSIと生殖腺の色調の指標値は、波津地先の優良な漁場のウニ(n=30)から得た生殖腺のうち、漁業者の目視により、商品として販売可能と判定された個体(n=25)から得た。それらの個体の測定結果と指標値を表2、3に示した。

まず、育成前後のGSIについて、育成後は、3試験区の全てで育成前よりも有意に高く($p < 0.01$)なった(図7)。また、3試験区のウニ(各総重量2kg)から得た生殖腺の重量は、小型区から順に106.5g, 108.5g, 93.8gであった。3試験区のウニから計100gの生殖腺を得ようとする、小型区から順に64.8個体, 33.2個体, 23.5個体が必要であった。

次に、育成前後の生殖腺の色調(L*値)について比較した(図8, 9)。なお、生殖腺がごく少量で色調が測定不可能であったものは欠測とした。その結果、L*値は、3試験区とも育成後に有意に増加した($p < 0.01$)。一方、L*値の指標値を満たす割合は、小型区と中型区では90%を超えていたが、大型区では50%を下回っていた(表1)。

表1 殻径別の測定結果及び指標値を超える割合

【育成前】			
項目	小型区(n=30)	中型区(n=30)	大型区(n=30)
殻径(mm)	40.4±2.5	49.9±3.1	57.6±1.7
全重(g)	30.5±8.1	53.9±9.6	82.7±5.7
生殖腺重量(g)	0.5±1.0	0.8±0.7	1.3±0.4
GSI	1.79±1.14 10.0%	1.56±1.31 6.7%	1.54±1.20 6.7%
L*値	37.42±4.74 13.3%	29.82±8.28 3.6%	30.04±7.79 7.4%
【育成後】			
項目	小型区(n=69)	中型区(n=34)	大型区(n=22)
殻径(mm)	39.2±2.9	49.7±2.9	58.6±2.4
全重(g)	29.2±6.31	56.3±8.8	90.1±9.25
生殖腺重量(g)	1.5±0.6	3.0±1.1	4.3±1.7
GSI	5.28±1.66 84.1%	5.36±1.81 77.8%	4.73±2.05 68.2%
L*値	50.25±4.67 92.8%	46.06±2.85 94.1%	40.88±6.68 45.5%

表2 商品と判定されたウニの測定結果 (n=25)

項目	平均値
殻径(mm)	49.16±3.11
全重(g)	56.73±11.34
生殖腺重量(g)	3.46±0.97
GSI	6.12±1.10
L*値	51.03±3.46

表3 商品と判定されたウニの指標値

	GSI	L*値
下限値	3.68	41.91

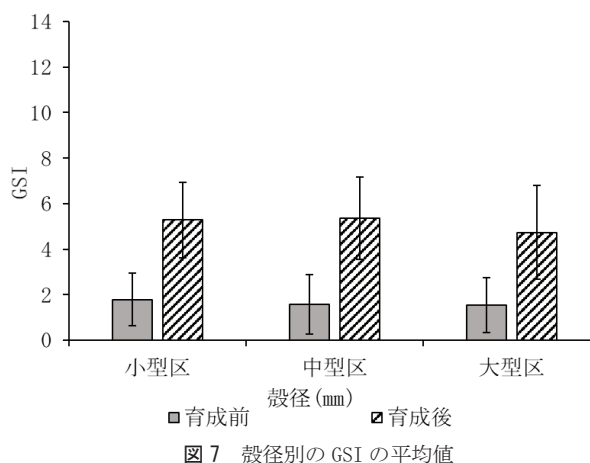


図7 殻径別のGSIの平均値

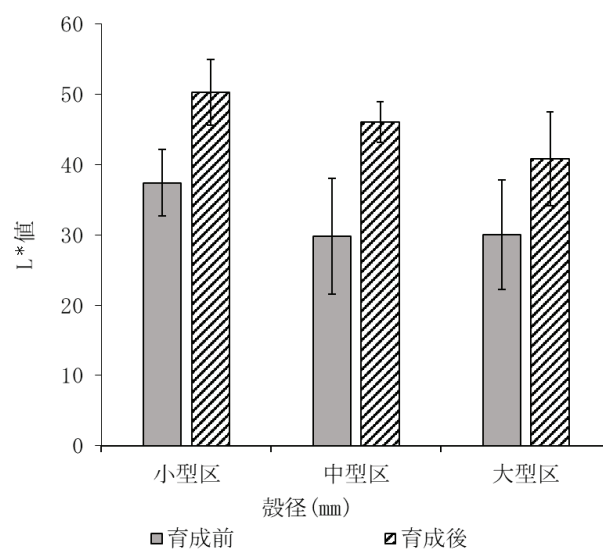


図8 殻径別の生殖腺色調(L*値)の平均値

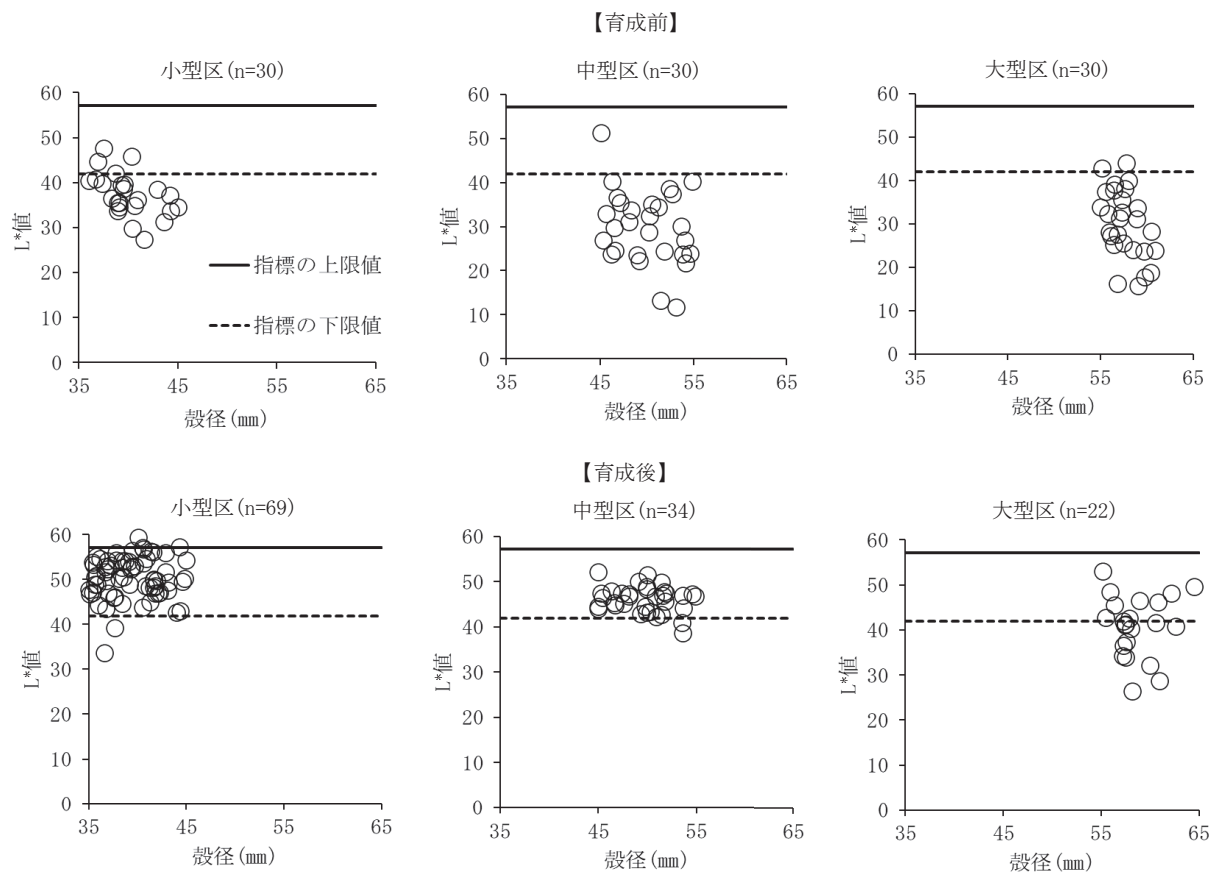


図9 殻径別の生殖腺色調 (L*値)

(2) 採集場所別育成試験

育成期間中にへい死が確認された試験区は、福吉地先(串崎)で1個体、波津地先で3個体であった。

育成前後に、4試験区から得られた測定結果及び、(1)殻径別育成試験で得たGSIと生殖腺の色調の指標値を超える個体の割合について表4に示した。

まず、GSIについて、育成前の4試験区は、全ての組み合わせで有意な差がみられた($p < 0.01$)。その上で、育成前後のGSIを4試験区ごとに比較すると、育成後にすべて有意に増加($p < 0.01$)した(図10)。

次に、生殖腺の色調(L*値)について、育成前後を比較した(図11, 12)。なお、生殖腺がごく少量で色調が測定不可能であったものは欠測とした。

育成前は、ツブヤリと波津、羽島と串崎の2つの組み合わせで有意な差がみられなかった($p > 0.05$)が、その他の組み合わせで有意な差がみられ($p < 0.01$)、羽島>ツブヤリ・波津、串崎>ツブヤリ・波津であった。

育成前後の値を比較すると、4試験区とも有意に増加した($p < 0.01$)。

最後に、4つの貧海藻域の海藻現存量及び出現海藻種を表5に示した。

ツブヤリは、採集地点で海藻を確認できなかったが、周

囲でフクロノリやワカメがごく一部確認され、海藻の被度は5%未満であった。

羽島は、採集地点で主にフクロノリやワカメが計360.8g/m²現存し、周囲でアミジグサや、流れ藻としてイソモク、ヤツマタモクが確認され、海藻の被度は5%~25%程度であった。

串崎は、採集地点で主にワカメやフクロノリ、ホンダワラなどが計908.5g/m²現存し、周囲でヒジキやサンゴモ科などが確認され、海藻の被度は5%~25%程度であった。

波津は、採集地点で海藻を確認できなかったが、周囲でワカメがごく一部確認され、海藻の被度は5%未満であった。

表 4 採集場所別の測定結果及び指標値を超える割合

【育成前】				
項目	ツブヤリ (n=30)	羽島 (n=30)	串崎 (n=30)	波津 (n=30)
殻径 (mm)	48.7±1.7	49.3±2.6	49.7±2.1	48.1±2.3
全重量 (g)	56.9±8.3	56.7±11.0	62.1±8.7	50.0±6.7
生殖腺重量 (g)	1.2±0.5	1.8±0.6	2.6±1.1	0.6±0.3
GSI	2.22±0.93 10.0%	3.24±1.14 30.0%	4.18±1.68 63.3%	1.20±0.55 0.0%
L*値	31.76±5.57 3.3%	39.80±5.90 40.0%	41.62±3.93 53.3%	29.34±6.00 0.0%

【育成後】				
項目	ツブヤリ (n=45)	羽島 (n=35)	串崎 (n=33)	波津 (n=27)
殻径 (mm)	49.0±2.2	50.2±2.5	49.3±2.3	50.0±2.6
全重量 (g)	58.2±8.5	61.6±10.0	60.0±9.1	57.1±10.3
生殖腺重量 (g)	4.7±1.3	6.1±2.1	6.4±1.5	4.0±1.4
GSI	8.11±2.21 95.6%	9.96±2.76 97.1%	10.58±1.86 97.1%	6.94±1.97 80.0%
L*値	47.35±5.19 84.4%	49.31±6.39 91.4%	50.24±3.19 97.1%	45.79±5.34 66.7%

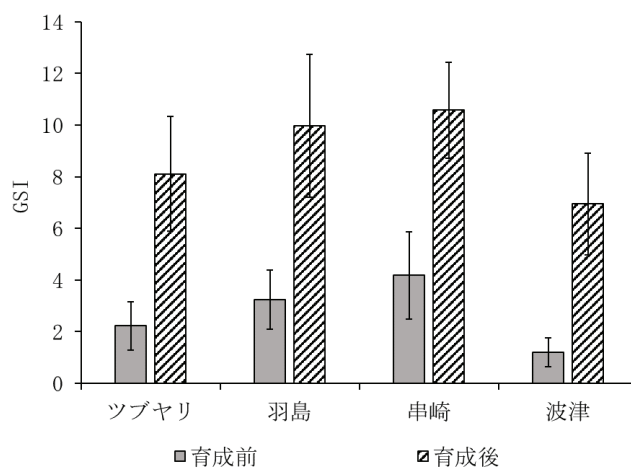


図 10 採集場所別の GSI の平均値

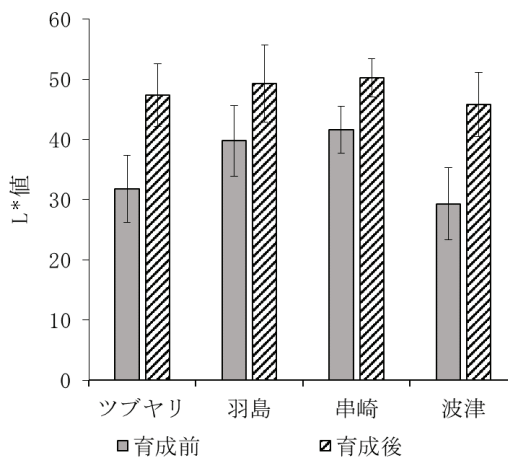


図 11 採集場所別の生殖腺色調 (L*値) の平均値

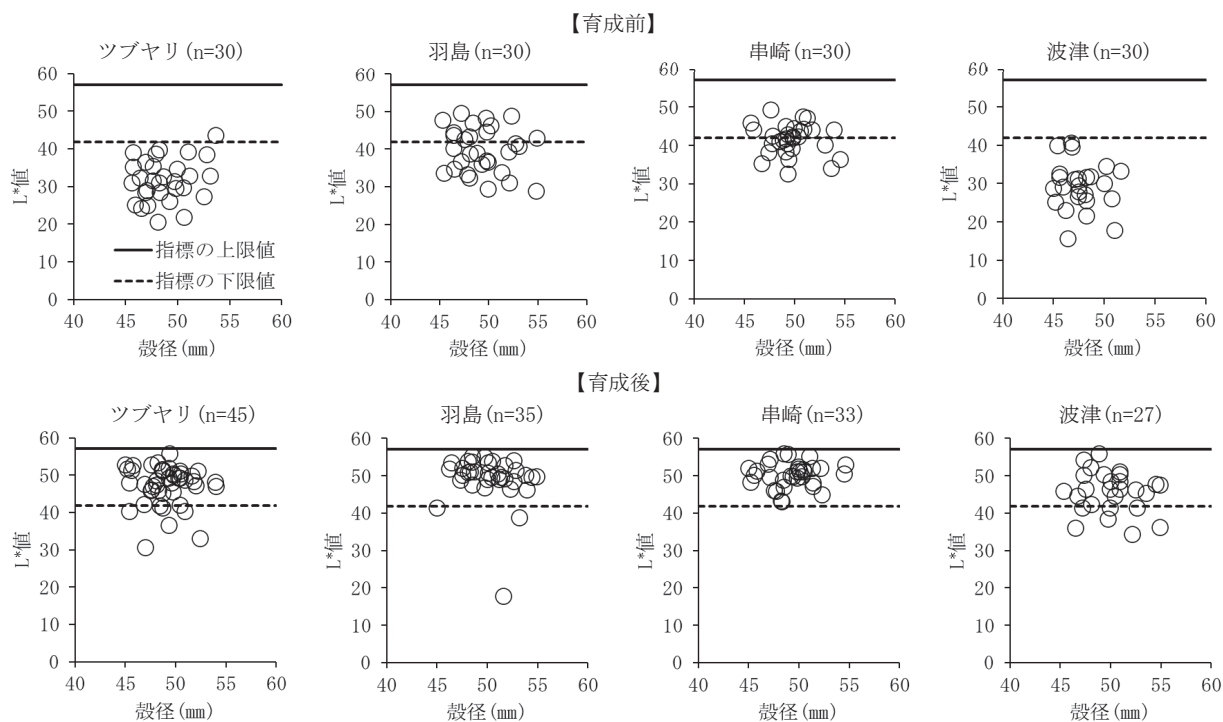


図 12 採集場所別の生殖腺色調 (L*値)

表 5 貧海藻域別の海藻現存量及び出現海藻種

R5年3月8日, 3月30日調査

海藻種	50×50cm 採取 (g)				出現海藻種					
	採集場所		ツバヤリ	羽島	串崎	波津	ツバヤリ	羽島	串崎	波津
褐藻綱	アミジグサ目	アミジグサ科	アミジグサ		4.9		○	○		
	カヤモノリ目	カヤモノリ科	フクロノリ	71.0	95.8		○	○		
	コンブ目	チガイソ科	ワカメ	19.3	110.1		○	○	○	
	ヒバマタ目	ホンダワラ科	ヒジキ						○	
			ホンダワラ		14.6				○	
イソモク							△※	○		
ヤツマタモク						△※				
紅藻綱	サンゴモ目	サンゴモ科	カニノテ属の一種						○	
			サンゴモ属の一種		1.8					○
			モサズキ属の一種							○
湿重量計 (g)		0	90.2	227.1	0					
現存量 (g/m ²)		0	360.8	908.5	0					

※△は流れ藻

考 察

本研究では、藻場保全のために除去されるムラサキウニについて、貧海藻域のウニ生息状況調査を行った上で、育成試験により、短期養殖に適したウニの殻径や採集場所について検討した。

ウニの分布密度は、今回調査した波津及び福吉羽島の両地先とも 10 個体/m²以上と高密度な状況であり、藻場の保全活動が必要な海域であった。分布するウニの殻径組成は、35 mm 以上 45 mm 未満の個体が最も多く、次いで 45 mm 以上 55 mm 未満、逆に 55 mm 以上や 35 mm 未満の個体は少なかった。35 mm 未満の個体は転石などの裏側に多く分布しており、生息数が過小に評価されている可能性もあるが、分布

密度が低い 55 mm 以上や、35 mm 未満の小型のウニを短期養殖のために多数収集することは非効率であると考えられた。

波津地先と福吉地先羽島に分布するウニの成長曲線を見ると、両地先とも 5 歳から成長が停滞し始めており、福吉地先羽島に比べて波津地先の方が成長率は緩やかであった。一般的に、ウニ除去では大きな個体から除去され、除去を数年続けると高齢で大きな個体は減少していく。福吉地先羽島では、ウニ除去活動が継続的に実施されており、波津地先では未実施であるため、成長曲線に差が現れたものと考えられた。

殻径別育成試験において、小型区、中型区、大型区の 3 試験区とも GSI は顕著に増加した。本研究では、育成前の

ウニの総重量を2 kgに固定し、育成試験を行ったが、3試験区とも計100g前後の生殖腺が得られたため、育成するウニの総重量あたりから得られる生殖腺量は、ウニの総重量に比例することが示唆された。そのため、一定量の生殖腺を得るには、小型のウニほど1個体あたりの生殖腺の重量が少なく、生殖腺を殻から取り出す作業量が増えることとなる。実際に、約100gの生殖腺を得るために必要な個体数は、小型区から順に64.8個体、33.2個体、23.5個体であり、効率的に短期養殖するためには、より大型の個体を使用したほうが良いと考えられた。

生殖腺の色調(L*値)に影響を与える明度には、生殖腺へのリポフスチン蓄積が関与していると言われている^{4, 5)}。リポフスチンとは、細胞質内の不飽和脂肪酸の過酸化により形成される不溶性色素である。通常、リポフスチンは分解も除去もされないために細胞内に蓄積し、年齢とともに増加するため加齢色素とも呼ばれている⁶⁾。ウニにおいても、若い個体に比べて高齢の個体でリポフスチンの積分光学濃度は有意に高くなっている^{5, 7)}。このことから、育成等による給餌に関わらず、高齢なウニほどリポフスチンの蓄積が増加して明度の低下が進むことは避けられないであろう。一方、干川らは、キタムラサキウニの生殖腺体積を増大させることで、結果としてリポフスチンの積算光学濃度又は面積比が下がり、生殖腺全体としての明度(L*値)が高くなる可能性もあると述べている⁸⁾。

これらのことから、ムラサキウニにおいても、大型区が小型区や中型区に比べ低いL*値を示したのは、加齢によるリポフスチンの蓄積が影響したものと考えられた。また、大型区も育成後は、有意にL*値が増加したことから、ムラサキウニにおいても生殖腺の体積を増大させることで、高齢な大型個体であってもL*値を高くすることは可能と推察された。しかし、約2か月の短期間での育成試験結果が示すとおり、大型区は商品としての基準を満たす個体が、小型区や中型区の半分以下となったことから、短期養殖で品質の揃った商品を得る場合に不適であると考えられた。

採集場所別試験において、育成後のGSIは、4試験区とも顕著に増加し、指標値を超える割合は多い順に、串崎、羽島、ツブヤリ、波津であった。育成前のGSIも同順にであったことから、短期養殖においては、育成前のGSIの値が育成後にも影響するものと考えられた。

また、生殖腺の色調(L*値)も同傾向を示し、串崎、羽島、ツブヤリ、波津の順であった。

さらに、本研究で検討した4つの貧海藻域の春季に出現する海藻量や種についても、表5に示すとおり差がみられた。これらの海域は、ウニ除去の実施状況にも差があり、波津地先及びツブヤリ、串崎は未実施であり、羽島は調査前の数年間実施されていた。

以上のことから、検討した貧海藻域のうち、効率的なウニの短期養殖に適する場所は、春季により多くの海藻種及び現存量があり、他よりも高いGSIの値を示す、串崎と羽島であると判断した。また、ウニ除去を実施している貧海藻域の方が、大型で高齢なウニが少なく、短期養殖に適したウニが採集できるものと考えられた。

したがって、藻場保全のために除去されるムラサキウニの効率的な短期養殖には、殻径が45 mm以上55 mm未満のウニを、貧海藻域の中でも、春季により多くの海藻種及び現存量がある場所から採集することが良いと考えられた。しかし、それらの殻径のウニのみを除去して短期養殖するだけでは、貧海藻域のウニ密度は2割ほどしか低下しない(図3, 4)。藻場保全のためには、できるだけウニの密度を下げるのが好ましいため、短期養殖に適した殻径以外の個体も積極的に除去していく必要がある。また、より品質の高いウニを短期養殖するためには、今回検討したウニのGSIや生殖腺の明度(L*値)だけでなく、生殖腺の色度(a*値, b*値)や呈味についても検討していく必要がある。

謝 辞

本研究の実施にあたりご協力を賜った、遠賀漁協波津本所、糸島漁協福吉支所の組合員及び組合職員の方々に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 日高研人, 森慎也, 梨木大輔, 後川龍男, 内藤剛. 筑前海における藻場の現状および藻場造成に関する研究. 福岡水産海洋技術センター研究報告 2016; 26: 47-51.
- 2) 神田雄輝, 梨木大輔. 筑前海におけるムラサキウニの養殖技術開発. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2023; 33: 11-15.
- 3) 渡邊庄一, 高田順司. ムラサキウニの口器中間骨による年齢査定. 長崎県水産試験場研究報告 2015; 41: 21-25.
- 4) Pearse JS, Cameron RA. Echinodermata: Echinoidea. In: Giese AC, Pearse JS, Pearse VB. eds, In: *Reproduction of Marine Invertebrates*, Vol. 6. Echinoderms and Lophophorates. The Boxwood Press, Pacific Grove. 1991; 513-662.
- 5) Vaschenko MA, Zhadan PM, Aminin DL, Almyashova TN. Lipofuscin-like pigment in gonads of sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* as a potential biomarker of marine pollution: a

- field study. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2012 ; 62 : 599-613.
- 6) Porta ED. Pigments in Aging: An Overview. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2002 ; 959 : 57-60.
- 7) Du C, Anderson A, Lortie M, Parsons R, Bodnar A. Oxidative Damage and Cellular Defense Mechanisms in Sea Urchin Models of Aging. *Free Radical Biology Medicine.* 2013 ; 63 : 254-263.
- 8) 干川 裕, 菅原 玲, 奥村裕弥, 中島幹二, 鵜沼辰哉. 高齢ウニ(キタムラサキウニ)生殖巣の大きさと色調の給餌育成による改善. 北海道水産試験場研究報告 2023 ; 104 : 1-11.