

事業名：1 養殖漁業研究事業

細事業名：(4) 養殖振興事業

期間：令和5年度

予算額：706千円(単県)

担当：養殖・漁場環境室(水本 泰)

目的：

鳥取県では藻場の減少要因と考えられているムラサキウニ(以下「ウニ」という。)の有効利用策として漁業者による養殖が進められている。しかしながら、ウニの可食部である生殖腺は成熟し産卵期を迎えると商品価値が低下し、出荷時期が限られる等の問題を抱えている。そのため養殖ウニの成熟抑制について検討するとともに、適正給餌量を把握するための試験を実施した。また、養殖の要望があるスジアオノリ及びフサイワズタについて養殖条件を解明するための研究を行った。

成果の要約：

#### 1 材料及び方法

##### (1) 極長日処理による養殖ウニの成熟抑制試験

ウニの生殖腺は産卵期である夏場には内部に蓄えた栄養細胞が精子や卵に成熟し、融解する「身溶け」と呼ばれる現象が発生し、甘味が減少し味が薄くなることから商品価値が低下する。この対策として、キタムラサキウニでは日長時間を調節(22L, 2D 以下、「極長日処理」という。)することで、成熟を抑制し、身溶けの進行を遅らせることが可能と報告されている<sup>1)</sup>。そこで、本試験ではウニについても極長日処理による成熟抑制が可能かどうかを検証した。

試験区は極長日処理を施して飼育する「長日区」及び自然日長で飼育する対照区の2試験区を設定した。

長日区は水槽全体を黒色のビニールシートで覆い、水槽上部にLED照明3基を取り付け、1日の照明時間を22L, 2Dに設定した状態で飼育した。試験は令和5年4月25日から8月7日までの105日間実施し、3-4日ごとに冷凍コンブをウニ1個体あたり6gの割合で給餌した。

測定は2週間毎に行い、殻付重量及び生殖腺重量から、生殖腺指数(生殖腺重量÷殻付重量×100)(以下「GSI」という。)を算出し、各試験区のGSIの高い上位3個体の生殖腺の組織切片を作製し、顕微鏡で成熟状態を観察した。

##### (2) 干出時間ごとのウニの生残率比較試験

ウニ養殖現場では養殖用種ウニを海域から採取する際、不適切な管理方法(空気中での長時間の保管等)が大量へい死の原因となることがある。このことを改善するために、屋内の常温及び冷蔵環境における干出時間の違い(0.5, 1, 2及び4時間)さらに野外の常温環境における干出時間の違い(0.5, 1, 2及び4時間)がウニの生残率

に与える影響を調査した。なお、屋内・冷蔵については、種ウニを陸送することを想定し、干出時間について0.5, 1, 2及び4時間に加え、8, 24及び32時間の試験区を設けて調査した。

試験に用いるウニは令和5年4月20日に泊漁港内で採取し、空気中に干出した後、25L容アクリル製キューブ型水槽に収容した。収容後の水槽では、無給餌で飼育し、注水量は10回転/日に設定し、1週間後の生残率を比較した。

##### (3) ウニ養殖におけるキャベツの適正給餌量把握試験

本県の秋冬期のウニ養殖では、主にキャベツを餌とするが、生殖腺重量のばらつきが大きくなるのが問題となっている。その要因として、ウニとキャベツの接触機会が均一でないことや、適正な給餌量が把握されていないことが考えられる。そこで、本試験では、キャベツの適正な給餌量を把握するとともに、摂餌と生殖腺重量の関係を検証した。

試験用ウニを小型プラスチックケース(容積7L)に1個体ずつ収容し、キャベツの給餌量ごとに3試験区(5g/回, 8g/回及び11g/回)に分けて、試験区毎に5個体(計15個体)飼育した。給餌は3-4日ごとに行い、給餌から3日経過した時点で残餌を回収し、摂餌量(給餌量-残餌量)、摂餌率(摂餌量÷給餌量)を測定した。試験は10月2日から12月4日までの63日間行い、試験開始時には試験用ウニ30個体を、試験終了時には試験区毎に5個体ずつ殻付重量及び生殖腺重量を測定した。

##### (4) 養殖ウニの配合飼料給餌による短期蓄養試験

令和4年度に行った養殖試験では、冬場に配合飼料を給餌したウニの生殖腺重量が短期間で飛躍的に増加することが確認された。そこで、本試験ではこの事例の再現性を確認し、短期蓄養に必要な期間を把握した。

試験は令和6年1月25日から開始し、摂餌状況を見ながら1-2日毎に給餌を行った。飼料はアワビ用配合飼料((株)MACフィールド製)を用いた。サンプリングは毎週行い、殻付重量及び生殖腺重量を測定し、GSIを算出した。

##### (5) スジアオノリ陸上養殖試験

陸上養殖水槽でのスジアオノリの生長量や問題点を把握するための養殖試験を行った。水槽は屋外に設置した1m<sup>3</sup>容FRP製円型水槽を使用し、エアストーンを中央排水管付近に設置した。通気量は藻体が水槽内を縦向きに巡流する程度とした。ある程度、藻体が生長した段階で、5m<sup>3</sup>容FRP製角型水槽に移槽、展開し養殖試験を継続した。試験期間は令和5年7月31日から8月16日までで、7月31日から8月8日までは1m<sup>3</sup>容FRP製円型水槽で養殖

し、8月9日から16日までは5 m<sup>3</sup>容 FRP 製角型水槽で養殖を行った。注水量はいずれの水槽でも7-8回/日程度に調整した。試験に用いるスジアオノリの藻体は、浮遊しやすい集塊状に培養したものを用いて、養殖期間前後の藻体総重量と葉長を測定した。

### (6) スジアオノリ養殖容器の色の違いによる生長比較

陸上養殖水槽の壁面の色の違いによりスジアオノリの生長量に差が出るかを比較するための試験を行った。試験は、屋外に設置した30L容透明パンライト水槽及び30L容黒色パンライト水槽を用いて行い、それぞれの水槽にスジアオノリの藻体(集塊状)を1.5gずつ投入し、注水量は16回/日に設定した。試験は、令和6年9月22-26日の5日間行い、試験期間前後の藻体総重量と葉長を比較した。

### (7) フサイワズタの水温別生長比較試験

水温がフサイワズタの生長に与える影響を調査するため、水温を20℃、23℃及び26℃に設定した水槽での生長を比較する試験を行った。試験は9月19日から10月25日(36日間)にかけて行った。試験用水槽には25L容アクリル製キューブ型水槽を用い、水槽上面から青色LEDを照射した。試験に用いるフサイワズタは所内水槽で保存培養していた株から、匍匐茎を10-20cm程度切り出したものを3本用意し、15cm四方に切り出した8mm目合いのトリカルネット2枚に挟み込み試験用水槽に収容した。収容時及び取上時に総重量、匍匐茎長及び直立枝長を測定し、生長を比較した。

## 2 結果の概要

### (1) 極長日処理による養殖ウニの成熟抑制試験

図1にウニの平均GSIと水温の推移を示した。水温は試験期間中15.6-25.4℃で推移した。対照区では平均GSIが試験開始時に3.62であったが、5月後半にかけて5.08に増加し、6月から8月上旬にかけて4.0から5.5で推移した。長日区では、試験開始後、5月中は平均GSIが低下し2.7程度で推移したが6月に入ると4-4.05に増加し、7月下旬まで増加傾向が続いた後、減少した。長日区は対照区と比べて約2週間、平均GSIのピークが遅れた。

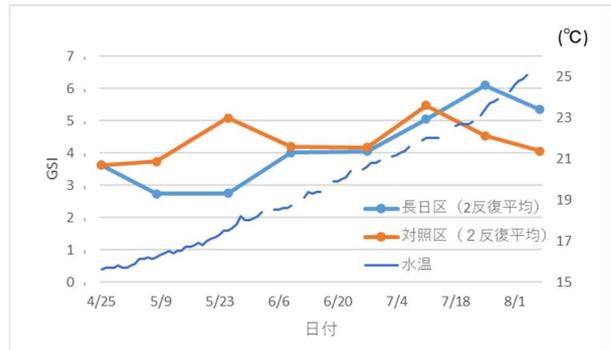


図1 平均GSIと水温の推移

図2に試験区別身溶け個体の出現率を示した。対照区では5月下旬の測定で身溶けする個体が観察され始めた。一方、長日区では6月上旬の測定から身溶けする個体が観察され始め、長日区は対照区と比較して2週間、身溶けの開始が遅れた。

平均GSIの推移及び身溶け個体の出現率の結果から、極長日処理によりウニの利用適期を2週間程度延長することが可能だと考えられた。

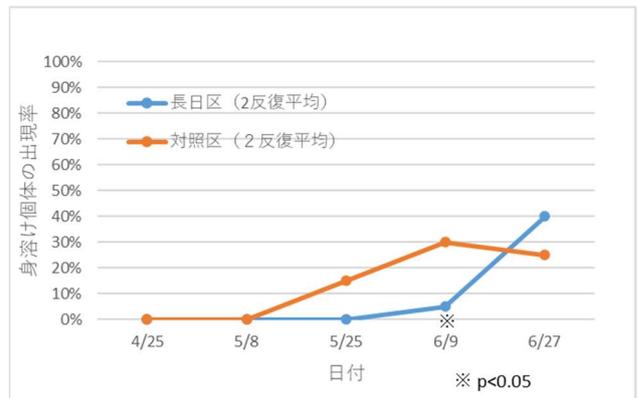


図2 試験区別身溶け個体の出現率

図3に各試験区のGSIの高い上位3個体の成熟度の推移を示した。成熟度は組織切片の観察及びFuji (1960)<sup>2)</sup>の生殖腺成熟段階(ステージ数上がるほど生殖細胞の成熟度が高い)に従って分類した。その結果、試験開始時から両試験区ともに一定割合の産卵・放精しているステージⅢの個体がすでにおり、4月下旬から身溶け個体は出現していた。試験開始後6週間時点(6/9)までは長日区の方が対照区よりも成熟度の低いステージⅡの割合が60-80%を占めていたが、試験開始後8週間時点(6/27)になると長日区でステージⅢの割合が対照区よりも増えて80%以上になった。7月11日以降は両試験区ともすべての個体が成熟ステージとなり、身溶け個体になった。組織切片の観察では両試験区とも時期による成熟個体の出現状況に特段の差異は見られなかった。

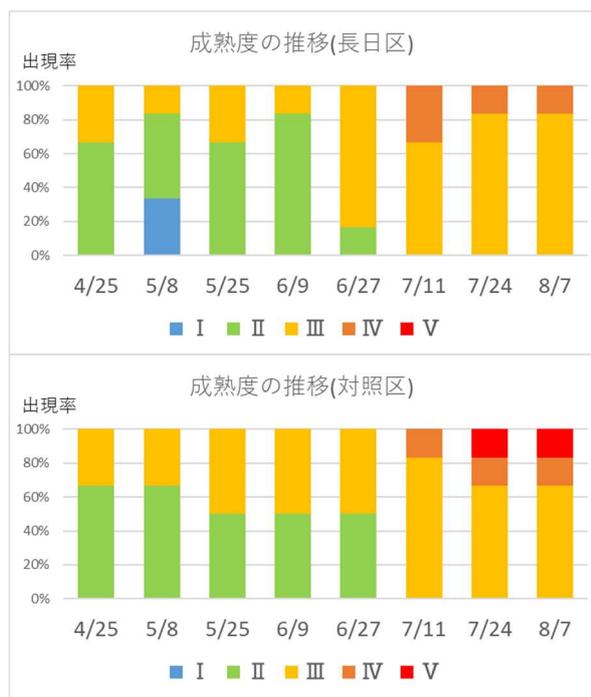


図3 成熟度の推移

### (2) 干出時間ごとのウニの生残率比較試験

表1に試験区別干出時間別生残率を示した。試験区1、2及び3については、干出後1週間の飼育期間中にウニの斃死はなく、冷蔵環境であれば32時間の保管も可能であることが確認された。一方、野外・常温(晴天下)での干出は1時間までであれば、生残率が100%だったのに対して、2時間以上の干出では50%以下となり、4時間では0%となった。干出前水温と干出時気温の温度差は試験区4(野外・常温)が最も小さかったが、直射光の当たる空気中での保管は種ウニの衰弱、大量へい死を招くことが確認された。

表1 試験区別干出時間別生残率

項目	試験区1	試験区2	試験区3	試験区4	
環境条件	屋内・常温	屋内・冷蔵①	屋内・冷蔵②	野外・常温	
干出前水温(°C)	18	17.5	18.3	19.5	
干出時気温(°C)	22.5	10.4	10.4	22.3	
温度差(°C)	4.5	-7.1	-7.9	2.8	
飼育水温(°C)	18-18.4	17.5-17.8	18.5-18.7	19.1-19.4	
干出時間別生残	0.5h	100%	100%	ND	100%
	1h	100%	100%	ND	90%
	2h	100%	100%	ND	40%
	4h	100%	100%	100%	0%
	8h	ND	ND	100%	ND
	24h	ND	ND	100%	ND

### (3) 養殖ウニのキャベツ餌料の適正給餌量把握試験

図4に水温とウニの平均摂餌率(以下「摂餌率」という。)の推移を示した。試験開始時の水温は24°C台で、その後徐々に低下し、11月初旬で20-21°C台、11月中旬

で18-19°C台、試験終了時は16°C台まで低下した。試験区別にウニの摂餌率を見ると、5g給餌区及び8g給餌区の摂餌率は、10月中は5g給餌区の方が高い傾向にあったが、10月末以降は両試験区ともに60-100%の範囲で推移しほぼ同調していた。一方、11g給餌区の摂餌率は、10月中は他の試験区に比べて15-35%低く推移し、10月末から11月中旬までは他の試験区とほぼ同調して60-100%の範囲を推移したが、それ以降は再び他の試験区より35-40%低く推移した。どの試験区も摂餌率は11月中旬になると低下する傾向が見られた。

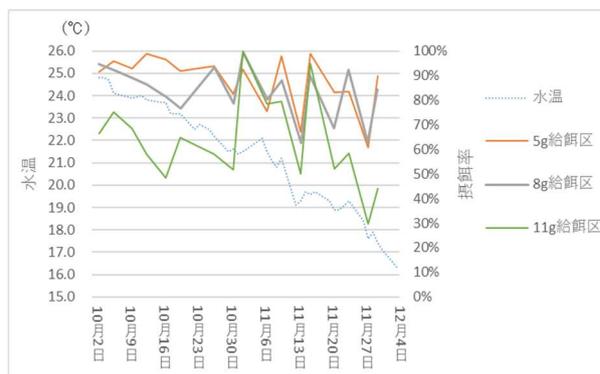


図4 水温とウニの平均摂餌率の推移

次いで、期間内の総摂餌量を図5に、期間内の総摂餌率を図6に示した。給餌量が多い試験区ほど摂餌量も多くなったが、8g給餌区と11g給餌区の間では期間内総摂餌量の差が少なく、給餌量を多くしても摂餌可能量に限りがあることが示唆された。また摂餌率は給餌量が多い試験区ほど低くなったが、特に11g給餌区では極端に低下しており、過剰給餌になる可能性が示唆された。

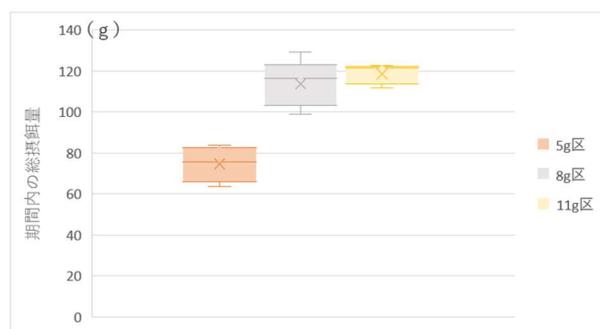


図5 期間内の総摂餌量

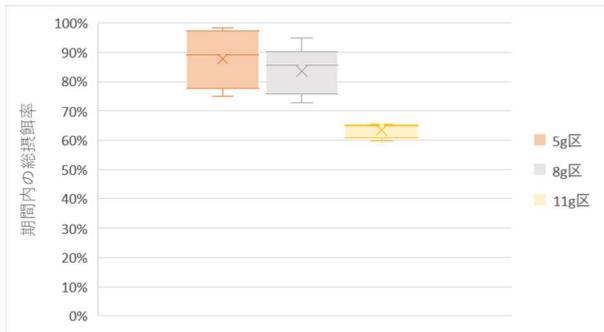


図6 期間内の総摂餌率

次いで、図7に試験期間前後のGSIの変化を示した。試験開始前の平均GSIが1.15であったのに対して、5g給餌区では2.43、8g給餌区では3.15、11g給餌区では2.97で、いずれの試験区でも増加したが、11g給餌区及び8g給餌区のGSIはほぼ同じで、1回あたり8g以上の給餌はGSIの向上に寄与しないことが確認された。これらのことから1回の給餌で1個体あたり8g程度が、生殖腺の発達を維持しつつ過剰給餌を防ぐ適正な給餌量であると考えられた。

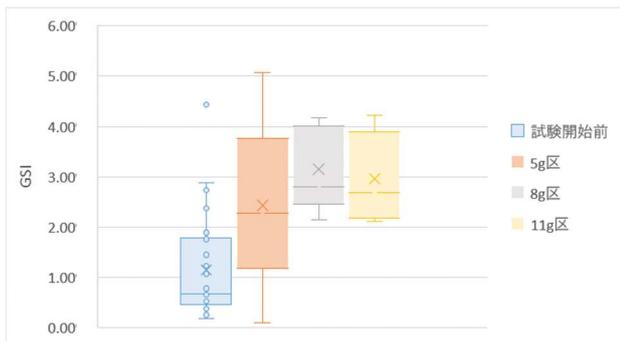


図7 試験期間前後のGSIの変化

#### (4) 養殖ウニの配合飼料給餌による短期蓄養試験

図8に試験期間中のGSIの推移を示した。令和4年度と比較して令和5年度は緩やかにGSIが増加し、試験開始22週間後の最終測定で8.17となった。県内飲食店からはGSIが8程度になる身入りが要望されているが、令和4-5年度の試験の結果、少なくとも配合飼料を約3か月以上給餌すればGSIが8以上になる身入りが達成されることが分かった。

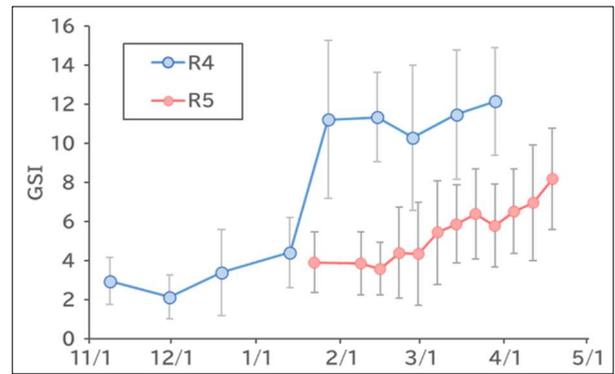


図8 試験期間中のGSIの推移

#### (5) スジアオノリ陸上養殖試験

図9にスジアオノリの養殖試験中の水温の推移を示した。養殖期間中の水温は21.5℃から25.0℃で推移した。

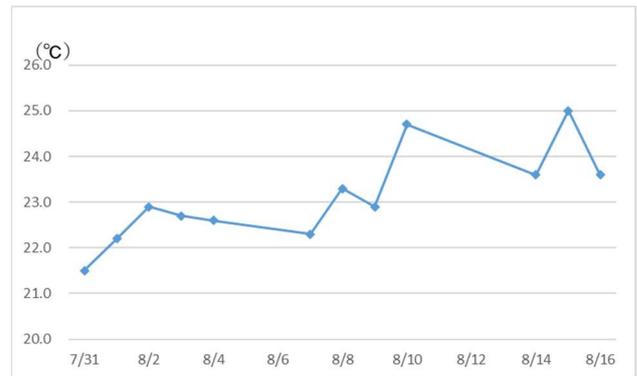


図9 水温の推移

図10に養殖期間前後の総重量の推移、図11に養殖期間前後の葉長の推移を示した。養殖前の総重量は10gであったのに対して、1m³容FRP製円型水槽での養殖終了時（養殖開始から9日間）で104gに増加した。その後、5m³容FRP製角型水槽へ展開した後は8日間で404gに増加した。平均葉長は養殖前に8.1mmであったのに対して、1m³容FRP製円型水槽での養殖終了時で35.4mmに伸長した。その後、5m³容FRP製角型水槽へ展開した後は52.8mmに伸長した。

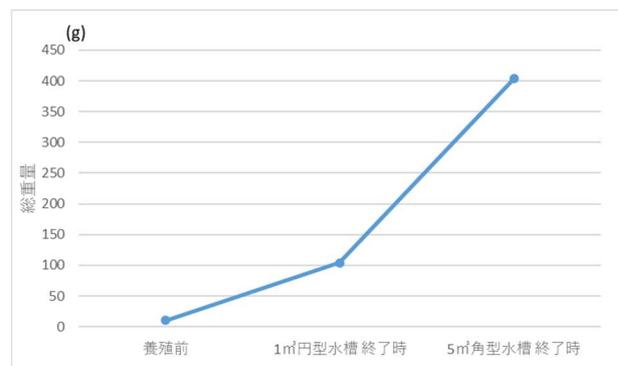


図10 スジアオノリ総重量の推移

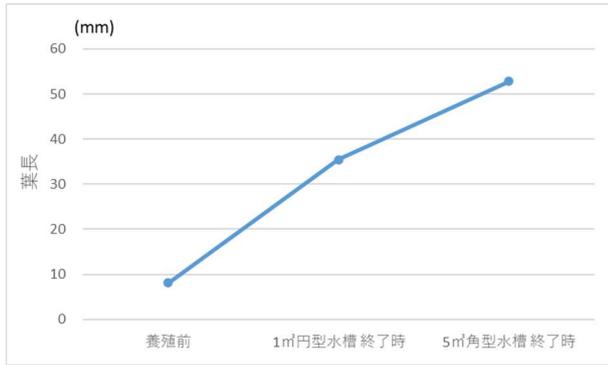


図11 スジアオノリ葉長の推移

水温21°Cから25°C程度で十分な日照があれば順調な生長が得られることが確認された一方で、養殖期間の後半になるとスジアオノリ藻体への珪藻の付着が確認された(図12).

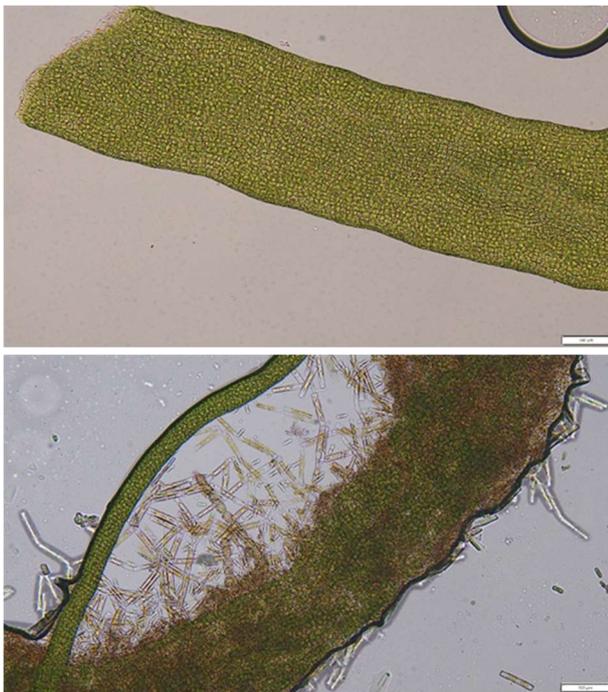


図12(上) 通常のスジアオノリ藻体, (下) 珪藻の生えたスジアオノリ藻体

#### (6) スジアオノリ養殖容器の色の違いによる生長比較

図13に試験期間前後の総重量の変化を, 図14に試験期間前後の葉長の変化を示した. 試験前の総重量は1.5gであったのに対して, 試験期間終了後の透明水槽では6.4g, 黒色水槽では2.2gとなった. 試験前の平均葉長は8.7mmであったのに対して, 試験期間終了後の透明水槽では36.8mm, 黒色水槽では20.4mmとなった. 総重量, 葉長ともに透明水槽の方が大きくなり, スジアオノリ養殖をするにあたっては透明水槽で養殖の方が高成長であることが確認された. 黒色水槽は側面からの光が遮られるのに対して, 透明水槽は遮蔽になる部分がなく

側面からも光が照射されたため, 良好な生長結果が得られたと考えられた.

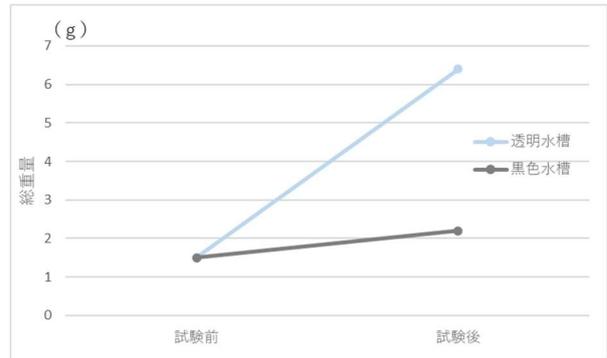


図13 試験期間前後の総重量

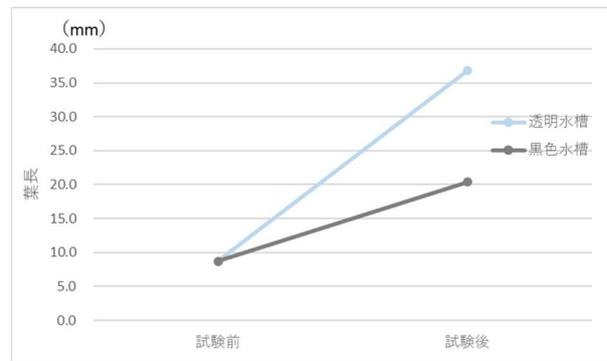


図14 試験期間前後の葉長

#### (7) フサイワズタの水温別生長比較試験

図15に試験期間前後の総重量を, 図16に試験期間前後の匍匐茎長を, 図17に試験期間前後の直立枝長を示した. 水温26°Cでは総重量, 匍匐茎長及び直立枝長が全試験区の中で最も増加した水槽があった一方で, 藻体が枯失し減少した水槽もあった. 水温23°Cでも総重量及び匍匐茎長が増加する水槽があった一方で, 藻体が全て枯失して消滅してしまう水槽もあり, 高水温の試験区では結果が安定しなかった. 水温20°Cでは総重量及び匍匐茎長が増加したが, 可食部となる直立枝の部分は減少した. 可食部となる直立枝部分が生長したのは水温26°Cのみで, 食用に適した生長を得るには26°C前後の水温を維持することが良いと考えられるが, 水温23°C以上では枯失する藻体も見られたため, 養殖に適した水温を検討するためには, 水温を組み合わせた養殖パターンや枯失する条件

を解明するための検証が必要になると考えられる。

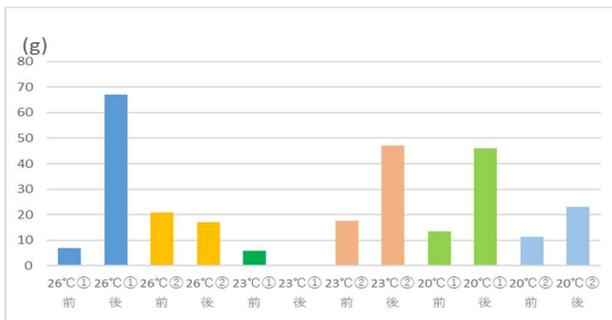


図 15 試験期間前後の総重量

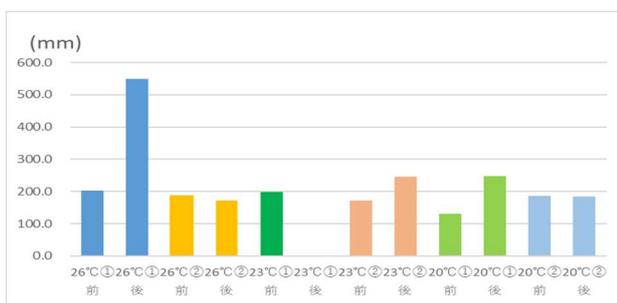


図 16 試験期間前後の匍匐茎長

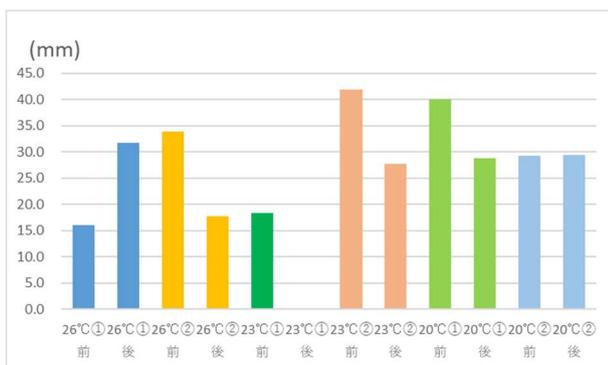


図 17 試験期間前後の直立枝長

#### 成果の活用

試験結果は養殖事業者等へ情報共有し、飼育方法の改善や新たな養殖事業検討のための基礎資料とした。

#### 参考文献

- 1) 鵜沼辰哉. 光周期を利用したウニの成熟抑制. 水産増養殖産業イノベーション創出プラットフォーム, 第4回サーモン・陸上養殖勉強会. 2021
- 2) Fuji Akira. STUDIES ON THE BIOLOGY OF THE SEA URCHIN. 北海道大学水産学部研究彙報, 11(1), 1-14. 1960