

駆除されたムラサキウニの陸上水槽蓄養技術開発および ムラサキウニに関する基礎データの収集

Development of land-based aquaculture technology in removed purple sea urchin
(*Heliocidaris crassispina*) and collection of its fundamental data

竹田 翔平 (技術統括部), 濱島 優佳 (技術統括部),
山崎 義彦 (技術統括部), 栗田 喜久 (国立大学法人九州大学)

Shohei TAKEDA (Technology Control Department), Yuka HAMASHIMA (Technology Control Department),
Yoshihiko YAMASAKI (Technology Control Department), Yoshihisa KURITA (Kyushu University)

ウニ類は飢餓に強いので、磯焼け海域でも大量に生息している。ただし、磯焼け海域のウニは可食部の生殖巣が少なく、商品価値がない。また、ウニ類で福岡県近海に主に生息しているムラサキウニは他のウニと比べて蓄養に関する研究例が少ない。そこで、九州大学と陸上水槽における身入りの悪いムラサキウニの蓄養の可否の確認およびムラサキウニの蓄養における基礎的なデータの収集を目的に共同研究を行った。その結果、陸上水槽における蓄養であっても、商品価値を持つまで成長させることが可能であることがわかった。本実験では蓄養環境は春季の環境が、餌料はタケノコが適していた。また、水温差がウニに与える影響は小さいことがわかった。加えて、斃死個体は水質に及ぼす影響が大きく、それによる水質悪化はウニを斃死させることがわかった。さらに、塩分濃度の急激な変化はウニの斃死に影響を及ぼす可能性があることがわかった。

Sea urchins are tolerant of starvation, and thus they inhabit barren coastal areas in large numbers. However, sea urchin from such areas shows poor gonad development and has no commercial value. In Fukuoka prefecture, purple sea urchin is the main sea urchin, yet studies on its aquaculture are limited. We therefore conducted a joint study with Kyushu University to test land-based rearing of poorly conditioned purple sea urchin and to collect basic data. Results showed that purple sea urchin can reach commercial quality even in land-based tanks. Spring conditions and bamboo shoots were suitable for culture. Water temperature difference had little effect, but dead individuals greatly deteriorated water quality and caused further mortality. Sudden salinity changes also increased mortality risk.

1. はじめに

磯焼けとは藻場において海藻が消失することを指す。近年、この磯焼けが問題視されている。海藻は食用などの直接的な水産資源としてだけでなく、魚介類の餌やすみかとしての役割を担う。よって、藻場の消失はあらゆる海産物の減少につながる。磯焼けの原因の一つにウニによる海藻の食害があげられる。ウニは飢餓に強く、海藻がなくても生き続ける。また、ウニは海藻の芽が生えても根こそぎ食べてしまい、磯焼けが継続する。

ウニの可食部は生殖巣であるが、餌が十分でない場合、商品として販売ができる大きさまで育たない。よって、餌に乏しい磯焼け海域のウニは商品価値がないため漁獲されず、増える一方である。藻場の保全のためウニの駆除が行われているケースがあるが、駆除にも費用がかかることから、ウニがそのまま放置されることも多い。

そこで、駆除対象であるウニを採捕し、販売するのに十分な大きさまで生殖巣を成長させることができれば駆除費用の捻出や藻場の再生に寄与することができるのではないかと考えた。しかし、当社は水産生物の実験設備を有していない。そのため、水産生物の実験設備とウニに関する知見を有する九州大学と、陸上水槽におけるウニの蓄養実験およびウニの蓄養に必要な基礎データを収集するための共同研究を行った。

2. 目的

ウニ類の中でも商品価値の高い、エゾバフンウニおよびキタムラサキウニに関する研究は多く存在する一方で、ムラサキウニ（以下単に「ウニ」と称する）に関する研究例は少ない。そこで、次の2項目について実験を行うこととした。

2.1 駆除されたウニの陸上蓄養技術の開発

本実験では駆除対象となる身入りの少ないウニを陸上水槽で蓄養し、種々の飼料を用いて生殖巣を成長させ、ひいては商品価値を持たせることが可能か確認することを目的とした。生殖巣成長の評価には、GSI(Gonad Somatic Index : 生殖巣指数)を用いた。GSIは測定した重量および生殖巣重量を用いて、以下の式で算出した。

$$\text{GSI} [\%] = \text{生殖巣重量} \div \text{個体重量} \times 100$$

2.2 ウニに関する基礎データの収集

本実験ではウニ蓄養における基礎データを収集することを目的として、水質については水温、塩分濃度および溶存酸素(Dissolved Oxygen, 以下、DOと称する)がウニに及ぼす影響を確認した。また、餌料および斃死が水質やウニに及ぼす影響も確認した。

3. 共通の実験条件

3.1 供試ウニ

供試ウニは福岡県宗像市の近海で採捕したウニを使用した。採捕は漁師による素潜りで実施した。採捕の際は採捕網を使用し、輸送時は海水入りのバケツに入れ、ウニが空中暴露されないようにした。

3.2 供給海水

海水は九州大学大学院生物資源環境科学府附属水産実験所(以下、水産実験所と称する)で供給されるものを使用した。

3.3 水質測定

水質は水温、塩分濃度、pHおよびDOは東亜ディーケーケー株式会社製の多項目水質計(WQC-24)で測定した。

4. 駆除されたムラサキウニの陸上水槽蓄養技術開発の実験条件

4.1 蓄養環境

蓄養は水産実験所における屋外の3t水槽で行った。水槽の外観を図1に示す。プラスチックネットで仕切りを施した樹脂製カゴ(以下、蓄養カゴと称する)を水槽に6個設置した。蓄養カゴ1個につきウニを50個体ずつ入れて蓄養した。海水は、かけ流しとした。ウニの斃死が生じた際、その個体を蓄養カゴから取り除いた。このとき、蓄養密度を一定に保つため、斃死した分のウニを補充した。ただし、春季蓄養を除き、補充は後述する順応期間中に出た斃死のみとした。

4.2 蓄養期間

蓄養は春、夏、秋および冬の4季実施した。このとき、蓄養環境に順応させるため、順応期間を季節毎に設けた。順応期間中は無給餌またはコンブを少量与えた。ただし、蓄養期間には順応期間を含めていない。

4.3 餌料および給餌方法

餌料はコンブ、タケノコ、野菜(季節により種類が異なる)およびアワビ用の配合飼料を使用した。給餌は週に2回とし、餌料を給餌の際に裁断し、蓄養カゴ全体に満遍なく散布した。通常は茹でた野菜および他の餌料を冷凍庫で保管しておき、解凍は給餌直前に行った。給餌量はウニの摂餌状況にあわせて調整した。給餌日に前回の餌料が残っていた(以下残餌とする)場合は回収し、その重量を計量した。

4.4 清掃

水槽および蓄養カゴの清掃は蓄養期間中は実施していない。ただし、各蓄養の開始前には清掃を実施している。

4.5 モニタリング項目

蓄養状況のモニタリングのために、水質およびウニの計測を行った。水質は水温、塩分濃度、pHおよびDO、ウニは殻径、重量、生殖巣重量、摂餌状況および斃死数とした。斃死は蓄養カゴごとに計数した。蓄養終了時に以下の式から斃死率を算出した。

$$\text{斃死率} [\%] = \text{斃死個体数} \div \text{開始時個体数} \times 100$$

4.6 各季蓄養条件

各季の蓄養の順応期間、蓄養期間および餌料とその給餌方法を表1に示す。



図1 水槽の外観

5. ウニに関する基礎データの収集の実験条件

5.1 実験環境

実験は水産実験所における屋内設備で行った。実験には実験水槽、恒温槽および実験容器を使用した。実験水槽はガラス製の35L水槽を使用した。その中に飼育カゴを設置して、ウニを入れて飼育した。恒温槽は樹脂製のタライに海水を貯め、ヒーターおよびクーラーを入れることで水温を調整できるようにした。実験容器は個体別に観察するため、容量が2Lの透明容器を選定した。

5.2 各実験条件

5.2.1 水温差がウニの斃死に及ぼす影響

本実験では水温差がウニの斃死に及ぼす影響を確認するために、恒温槽を使用して実施した。恒温槽は春季区で2槽、夏季区および冬季区は各1槽使用した。実験開始時の水温は20℃で、ウニを入れてから目標水温まで変化させた。このときの目標水温は30℃(夏季区)、20℃(春季区)、15℃(冬季区)とした。夏季および冬季の目標水温に達するまで10日間とした。ウニを任意の水温で蓄養する場合、天然海水と蓄養海水との間に水温差が発生する。その影響を確認するため、目標水温到達後は春季区の恒温槽のウニと夏季区および冬季区の恒温槽のウニを入れ替え、3日間観察した。

5.2.2 ウニの溶存酸素消費量の確認

本実験はウニのDO消費量を確認することを目的として実施した。実験期間は2日間とし、実験容器にウニと海水

を入れて密閉し、DOを測定した。

5.2.3 ウニの斃死に影響する因子の確認

本実験はウニの斃死に影響する因子を確認するために実施した。実験期間は最長1週間とした。その因子として、餌料および斃死の影響を確認した。餌料の影響は、餌料を3日間浸漬して取り出した後の海水がウニの斃死に及ぼす影響とした。斃死個体の影響は、斃死が発生した後の飼育海水、斃死が発生した後に1週間ろ過をした飼育海水、および取水した海水に斃死個体を入れた海水のそれぞれがウニに及ぼす影響とした。実験はそれぞれの実験条件に調整した海水を2L入れた容器にウニを入れて飼育した。

5.2.4 塩分濃度がウニの斃死に及ぼす影響

本実験は塩分濃度がウニに及ぼす影響を確認することを目的に実施した。水産実験所で取水した海水を天然での塩分濃度であると仮定し、これを天然海水区とした。このとき、塩分濃度は3.34%だった。低濃度の条件として3.0%、高濃度の条件として3.5%、3.7%および3.9%の実験区を設けた。加えて、塩分濃度を毎日0.1ポイントずつ上昇させる上昇区を設けた。実験は各塩分濃度に調整した海水を2L入れた容器にウニを入れて飼育した。塩分濃度の調整は食塩または純水を用いた。このとき、塩分濃度は水質計で確認しながら調整した。

表1 各季節の蓄養条件

季節	春季 (4~6月)	夏季 (7~9月)	秋季 (10~12月)	冬季 (1~3月)
順応期間	17日間 コンブを給餌	13日間 コンブを給餌	14日間 給餌なし	7日間 給餌なし
蓄養期間	56日間	58日間	58日間	65日間
蓄養カゴ	コンブ	コンブ	コンブ	コンブ
	コンブ	コンブ	タケノコ	タケノコ
	タケノコ	タケノコ	配合飼料	コンブ → タケノコ
	タケノコ	タケノコ	配合 → コンブ	タケノコ → コンブ
	野菜	野菜	配合 → タケノコ	コンブ + タケノコ
	野菜	野菜	タケノコ → コンブ	コンブ + タケノコ

6. 駆除されたウニの陸上水槽蓄養技術開発の実験結果

6.1 水質測定の結果

蓄養期間中の水温、塩分濃度、pHおよびDOの推移をそれぞれ図2～図5に示す。

6.2 GSI測定および給餌の結果

各季蓄養におけるGSI測定および給餌の結果を表2に示

す。最終GSIの平均値は春季蓄養のタケノコ区において最も高かった。対して、最終GSIの平均値が最も低かったのは冬季蓄養のコンブ区だった。

摂餌量は夏季蓄養のコンブ区において最も多く、冬季蓄養はタケノコ区において最も多かった。餌料としてはコンブの摂餌量が多い傾向にあった。コンブと比較して、タケノコは少ない傾向にあった。野菜は種類により摂餌に差が

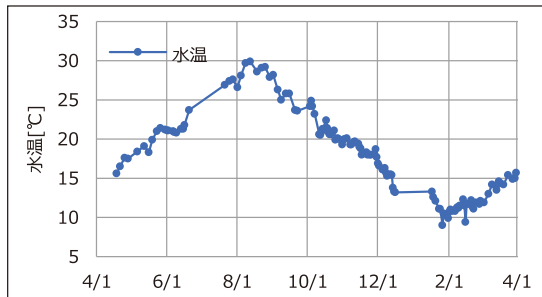


図2 水温の推移

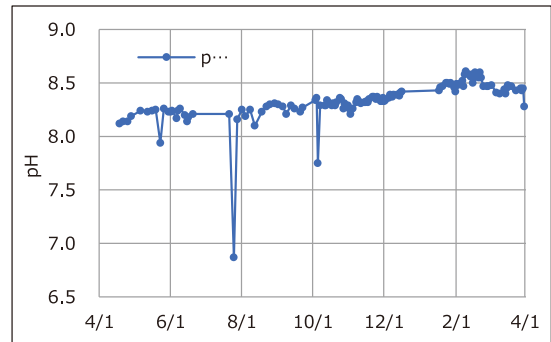


図4 pHの推移

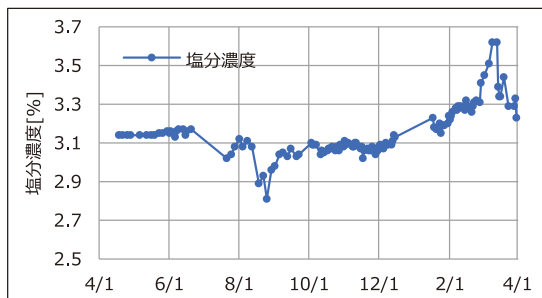


図3 塩分濃度の推移

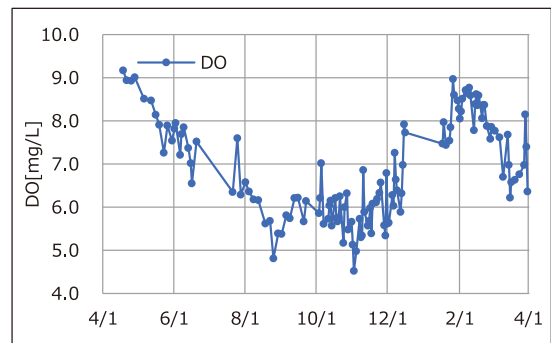


図5 DOの推移

表2 GSI測定および給餌の結果

環境	餌料	初回GSI 平均 [%]	中間GSI 平均 [%]	最終GSI 平均 [%]	給餌結果		
					給餌量 [g]	残餌量 [g]	摂餌量 [g]
春季蓄養	コンブ	3.26	5.39	7.73	2730	75	2655
	タケノコ		4.87	9.01	2530	233	2297
	野菜		4.71	5.11	2730	-	2730
夏季蓄養	コンブ	3.12	2.19	3.95	5400	4	5396
	タケノコ		4.02	6.27	4600	724	3876
	野菜		2.33	3.26	5400	332	5068
秋季蓄養	コンブ	1.23	1.79	4.03	4327	156	4171
	タケノコ		3.66	6.41	3200	781	2419
	配合飼料		2.04	3.04	1914	26	1888
	配合→コンブ		3.02	3.26	4549	76	4473
	配合→タケノコ		2.10	3.90	2596	123	2472
	タケノコ→コンブ		1.74	4.52	3462	806	2656
冬季蓄養	コンブ	2.00	1.28	2.36	2460	69	2391
	タケノコ		1.65	3.08	1465	125	1340
	コンブ→タケノコ		2.61	3.86	1730	45	1685
	タケノコ→コンブ		0.79	2.85	1765	121	1644
	コンブ+タケノコ		1.90	2.89	2943	93	2849

あった。配合飼料の摂餌量は少なかった。なお、給餌量において、順応期間中に実施した給餌については除外した。また、摂餌量は給餌量と残餌量の差とした。

6.3 斃死率

各季の斃死率は春季17.3%、夏季2.3%、秋季21.6%、冬季7.9%であった。斃死率は夏季蓄養が最も低かった。

7. ウニに関する基礎データの収集の実験結果

7.1 水温差がウニの斃死に及ぼす影響

斃死は実験開始から10日間、すべての実験区において発生しなかった。10日目に夏季区および冬季区のウニをそれぞれ春季区のウニと入れ替えた。このとき、春季区との水温差は夏季区が9.7℃、冬季区が5.2℃であった。斃死は入れ替えから3日間ウニを観察したが認められなかった。

7.2 ウニの溶存酸素消費量の確認

実験期間中のDOおよび水温の推移を図6に示す。密閉してから6時間ほどでDOは約1mg/Lまで低下した。その後は徐々に低下し、1回目では20時間30分、2回目では14時間20分後にDOが0mg/Lとなった。

7.3 ウニの斃死に影響する因子の確認

実験結果を表3に示す。餌料を浸漬した後の海水でウニを1週間飼育したところ、いずれの実験区においても斃死は発生しなかった。斃死個体が発生したあとの飼育海水でウニを飼育したところ、実験開始から2日後に斃死した。その飼育海水を1週間ろ過した後に再度ウニを入れて飼育したところ、3日後に斃死した。ウニを斃死個体とともに入れて飼育したところ、飼育開始から1日後に斃死した。

7.4 塩分濃度がウニの斃死に及ぼす影響

開始から1週間観察したところ、上昇区を除くすべての実験区で斃死があった。

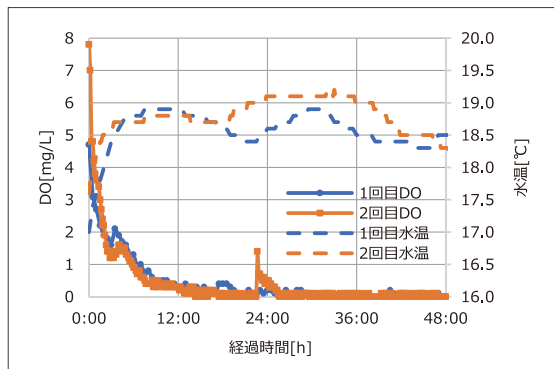


図6 DOおよび水温の推移

8. 考察

8.1 駆除されたウニの陸上水槽蓄養技術開発

8.1.1 GSI値

ウニの代表的な商品である板ウニはGSIが7%程度必要とされている。GSIは春季蓄養のコンブまたはタケノコを給餌した場合に7%を超えていた。よって、商品価値を持たせることができたと考えられる。タケノコを給餌した場合、季節を問わず他の餌料と比べて最終的なGSIが高くなっていた。その理由として、餌料中のなんらかの栄養成分が影響した可能性が考えられる。各季蓄養におけるGSI値の推移を図7～図10に示す。GSIの成長は初回から中間GSIにかけては低く、中間から最終GSIにかけては高くなる傾向にあった。ウニが環境に順応するまでは成長しづらい可能性が考えられる。

8.1.2 摂餌量

タケノコの摂餌量は他の餌料と比較して少なかったが、GSI値は他の餌料と比較して高かった。タケノコは少量であってもGSIの向上に寄与することが考えられる。夏季蓄養は他季蓄養と比較して摂餌量が多く、冬季蓄養は他季蓄養と比較して摂餌量が少なかった。このことから、ウニの摂餌量は水温に依存すると思われる。

また、夏季蓄養では最終GSI値が初回GSI値とほとんど変わらなかった。摂餌した量に対してGSIが成長していないのは、生殖巣を成長させる以外にエネルギーの大部分が使われていたのではないかと考えられる。

8.1.3 斃死数の推移

各季蓄養における斃死数の推移を図11に示す。春季蓄養の序盤と秋季蓄養の中盤ならびに冬季の蓄養の終盤において斃死が増加した。

春季蓄養においては水槽に入れる際にウニの傷の有無などを十分確認できておらず、これらのウニは弱っており斃死した可能性があると考えている。秋季蓄養の中盤におけ

表3 ウニの斃死に影響する因子の確認の実験結果

実験条件	経過日数 (日)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
コンブ区	→							
タケノコ区	→							
配合飼料区	→							
斃死海水区	→	x						
ろ過区	→			x				
斃死個体区	→	x						

る斃死数の増加の理由は配合飼料の影響ではないかと考えている。配合飼料は時間が経つと蓄養カゴの底に溜まって腐敗していた。配合飼料の過剰な給餌が水質に影響し、ウニの生死に影響したのではないかと考えている。

図12に蓄養期間中の水温および塩分の推移を示す。冬季蓄養においては斃死の増加が見られたところに水温および塩分の上昇が見られた。環境変化に耐えられないウニが斃死したのではないかと考えている。

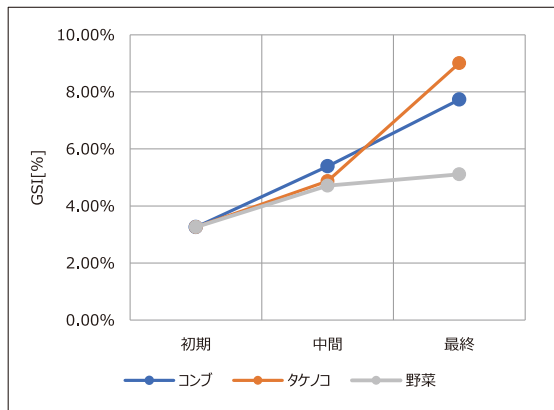


図7 春季蓄養のGSIの推移

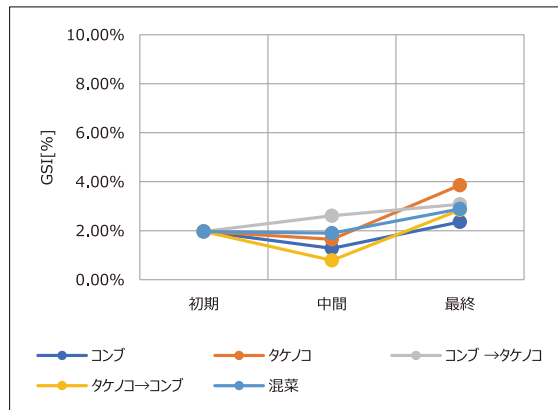


図10 冬季蓄養のGSIの推移

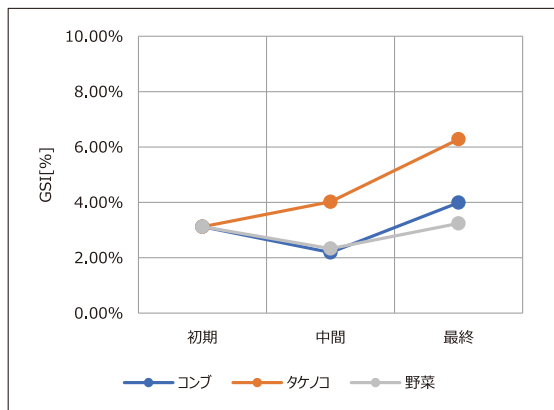


図8 夏季蓄養のGSIの推移

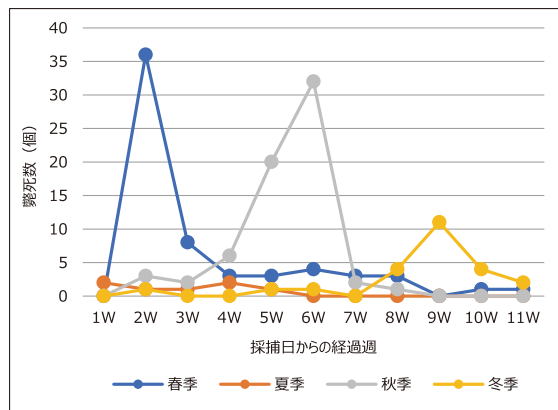


図11 斃死数の推移

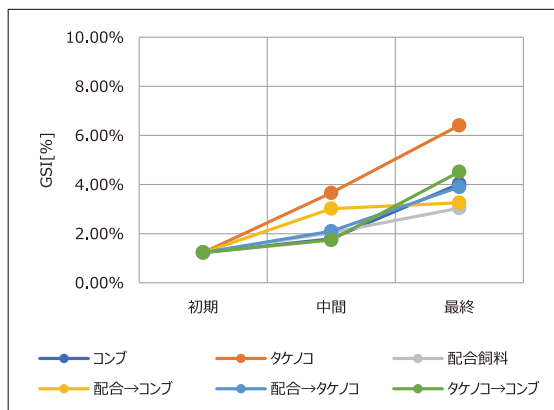


図9 秋季蓄養のGSIの推移

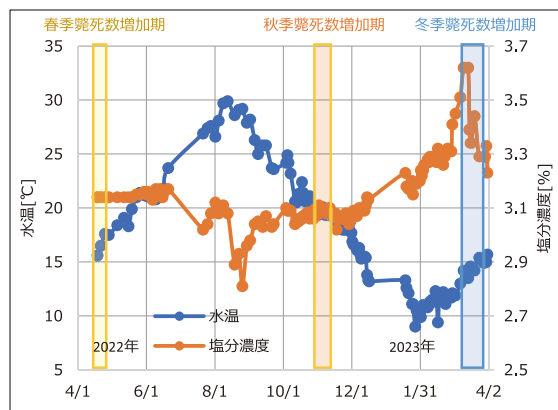


図12 水温および塩分濃度の推移

8.1.4 まとめ

GSI値から、餌料はタケノコが適していることが示された。また、GSI値、摂餌量および斃死数の推移から、蓄養環境は春季環境が適していると考えられる。

8.2 ウニに関する基礎データの収集

水温差がウニの斃死に及ぼす影響の確認実験の結果からウニは水温差に対して耐性があると考えられる。ウニの斃死に影響する因子の確認実験では斃死個体の影響が大きい

ことが示唆された。斃死個体を一度でも入れた海水では飼育海水中の斃死個体の有無やろ過に関わらず数日以内にウニが斃死した。斃死個体が水質になんらかの影響を及ぼし、それがウニの斃死を誘発する可能性がある。

塩分濃度がウニの斃死に及ぼす影響の確認実験では、塩分濃度の急激な変化がウニに影響を及ぼすと考えられる。

9. おわりに

本実験は駆除対象のウニを陸上水槽で蓄養し、商品価値を持たせることが可能かを確認するとともに、ウニ蓄養における基礎的なデータを収集することを目的とした。実験の結果、ウニを陸上水槽で蓄養し、商品価値を持たせることは可能であることがわかった。蓄養環境は春季の環境が、餌料はタケノコが適していた。また、水温差がウニに与える影響は小さいこと、斃死は水質に及ぼす影響が大きく、水質が悪化することでウニのさらなる斃死につながることで、塩分濃度の急激な変化はウニの斃死に影響を及ぼす可能性があることがわかった。

このようなことから春季環境を再現すれば、通年での出荷が可能であると考えられる。しかし、調温した海水をかけ流しにするとコストが嵩む。よって、循環式の環境においてウニの蓄養が可能であるかを検証する必要がある。あわせて、循環式での蓄養に向けてより適した条件についてデータの収集が必要である。これらの実験を九州大学との共同研究を継続し実験中である。

10. 謝辞

本研究の遂行にあたり、実験に際して多大なご協力をいただいた九州大学の安藤氏をはじめ関係各位に深く感謝申し上げます。



竹田 翔平 Shohei TAKEDA
技術統括部



濱島 優佳 Yuka HAMASHIMA
技術統括部



山崎 義彦 Yoshihiko YAMASAKI
技術統括部



栗田 喜久 Yoshihisa KURITA
国立大学法人九州大学大学院農学研究院