



古平漁港における キタムラサキウニの蓄養計画の立案

小樽開発建設部 小樽港湾事務所 第2工務課 ○伊藤 立誠
菅原 吉浩
株式会社アルファ水工コンサルタンツ 吉田 侑矢

漁港などの沿岸構造物によって形成される静穏な水域空間は、高度利用の一環として漁業生産支援機能等を付加することが求められる。その一つとして、水産物の安定供給を目的に一時保管機能を有する蓄養施設があげられる。本検討では、北海道西部日本海の古平漁港を対象とし、当該海域の有用水産物であるウニ(キタムラサキウニ)を港内で蓄養する計画を立案する。2020年～2022年に、考案したウニの蓄養試験用の施設を現地に設置し、その施設を活用した実証試験により海域の環境条件及びウニの生息・成長に適した蓄養施設の特性を明らかにする。さらに、水産物としてのウニの品質向上に寄与する蓄養計画・手法の策定を試みた。

キーワード：漁港静穏域、蓄養、駆除ウニ、身入り改善

1. はじめに

積丹半島周辺海域は極度の磯焼けを受けており、磯焼けの持続要因の一つは高密度に生息するウニの食害であることが判明している¹⁾。磯焼けにより餌料となる海藻が少ないために身入りの悪いウニ(痩せウニ)しか存在せず、ウニ漁業に悪影響を及ぼしている。磯焼け対策としてウニ駆除を実施し藻場回復に努めているが、駆除したウニの有効利用が課題になっている。

また、近年、高級魚介類への高い需要により、栽培漁業や養殖業が大きく発展してきた。このことにより魚価も継続的に高水準が維持され漁業経営の安定化に繋がっている。このような情勢において、さらなる魚価の上昇を目的に、水産物の流通の一つとして「活魚流通」が全国的に広がりを見せた。これを契機に、生きたまま天然あるいは養殖魚介類を供給する目的で漁港内蓄養が行われるようになった。しかし、実際に漁港内で蓄養を行う場合には、事前に施設の構造検討、利用に必要となる自然条件の把握ならびに施設の効率的な利用等に関する計画が必要である。

そこで、古平漁港の静穏域を有効活用した、水産有用種のキタムラサキウニ(以下、「ウニ」という)の蓄養を効率的・効果的に行うための施設整備に向けた実証試験を行った。

本報告は、施設の構造および蓄養環境の最適化を検証し、これに基づきウニの蓄養計画を立案することを目的としたものである。

2. 古平漁港蓄養施設

古平町は北海道積丹半島東側のほぼ中央に位置し、ニシン漁業と共に町の基盤が形成され、北方海域の漁業基地として、北後志地区の中心的な役割を果たしている。



写真-1 古平漁港

古平漁港(写真-1)は、昭和5年に第1期工事に着手し、昭和26年に第3種漁港の認定を受け、現在も東防波堤の整

備が進められている。この漁港の海水面に計画した用地(蓄養)において、ウニを対象とした蓄養計画を立案することとする。古平漁港の蓄養施設は、-2.5m物揚場前面の海水面7,000m²に整備する施設であり、海水交換に適した位置であるとともに、蓄養作業上の静穏域や水深についても確保されている。

蓄養施設とは、対象魚介類を生存させる生簀、それらの固定及び作業場である蓄養岸壁などの構造物、施設の管理及び陸揚げなどに必要となる付帯施設、また水質や底質を改善・維持する場合はその関連施設などをいう²⁾。

蓄養計画を立案するにあたり、基本となる条件を以下に示す。

- 1)対象種はキタムラサキウニ
 - 2)底質が砂のため基質を設置
 - 3)駆除したウニを放流し、給餌を行い、身入りを改善して回収(図-1)
 - 4)期間は6月から8月までの3箇月間(短期)
 - 5)個体の生息維持・出荷調整を目的とする
- 一般的に駆除したウニの利用方法については、
- ①深 浅 移 植：残った藻場で身入り改善
 - ②餌 料：養殖魚の餌
 - ③堆 肥・肥料：食用に適さない種が対象

④肥 育：身入りの悪いものを給餌し改善の四つが挙げられる³⁾。この地域のウニは高値で取引されており、重要な水産資源ならびに観光資源である。よって、上記④の個体を残す肥育する方法で有効活用する方策を採用する。

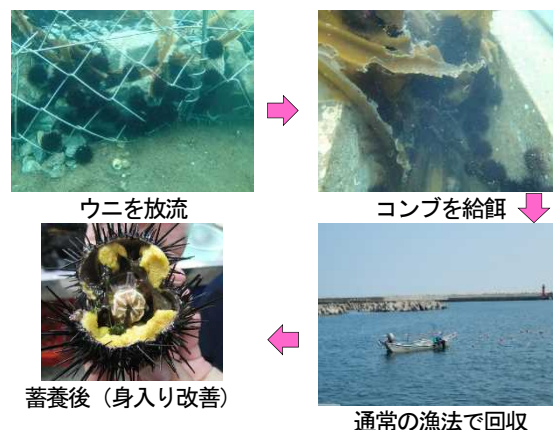


図-1 ウニ蓄養の流れ

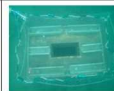
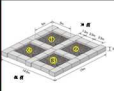
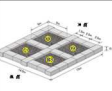
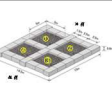
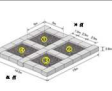
3. 調査方法

2020(R2)年から2022(R4)年にかけて、毎年、5月下旬から6月上旬、-2.5m物揚場前面の水面を蓄養場所として実施した(図-2)。試験礁については、漁港の改良工事で発生した石かご(割石)・根固方塊を試験礁として流用することでコスト縮減を図った(表-1、図-3)。

表-1 蓄養施設の基質

設置年	名 称	構 造 ・ 特 徴
2020(R2)	石かご1	・L×B×H: 3000×2000×1000(mm) ・洗堀防止工等で用いられる石かご(新品)に厚さ0.4mの砕石を投入 ・砕石は古平漁港東防波堤改良工事で発生した捨石を流用
2021(R3)	石かご2	・L×B×H: 3000×2000×1000(mm) ・洗堀防止工等で用いられる石かご(新品)に厚さ0.4mの砕石を投入 ・砕石は古平漁港東防波堤改良工事で発生した捨石を流用、さらに目つぶしとして雑割石を投入
	方塊1	・L×B×H: 2500×1500×800(mm) ・根固工で用いられる根固方塊に自然石(新材)を天端面に設置した構造 ・根固方塊は古平漁港東防波堤改良工事で発生したものを流用
	方塊2	・L×B×H: 2500×1500×800(mm) ・根固工で用いられる根固方塊にU字側溝(新材)を天端面に設置した構造 ・根固方塊は古平漁港東防波堤改良工事で発生したものを流用
2022(R4)	方塊+砕石	・L×B×H: 5000×5000×800(mm) 4区画 ・根固工で用いられる根固方塊で枠を作り、中に砕石を投入(厚さ300mm)した構造 ・方塊、砕石は古平漁港東防波堤改良工事で発生した根固方塊、捨石を流用 ・区画は以下に示す漁獲方法を設定(蓄養条件は同一) 区画①: ヤスによる漁獲(従来法) 区画②: 漁獲前日に給餌(コンブ)を行いウニを蛸集させた上でヤスを用いて漁獲 区画③: 漁獲前日に餌(コンブ)を入れたウニカゴ(写真-2)を設置して漁獲 区画④: 漁獲前日に餌(コンブ)を入れたザルカゴ(写真-2)を設置して漁獲

表-2 調査概要

調査年	2020年		2021年		2022年				備 考
ケース	試 験 礁								
	石かご1	石かご2	方塊1	方塊2	方塊+投石				
	通常タイプ	改良タイプ	方塊+自然石タイプ	方塊+U字倒溝タイプ	区画① 通常ヤス	区画② 塊集ヤス	区画③ ウニカゴ	区画④ ザルカゴ	
	寸法:L×B×H 3000×2000×1000	寸法:L×B×H 3000×2000×1000	寸法:L×B×H 2500×1500×800	寸法:L×B×H 2500×1500×800	寸法:L×B×H 5000×5000×300	寸法:L×B×H 5000×5000×300	寸法:L×B×H 5000×5000×300	寸法:L×B×H 5000×5000×300	
	水深 1.3m	水深 2.5m	水深 2.3m	水深 2.3m	水深 3.8m	水深 3.8m	水深 3.8m	水深 3.8m	
									
放流数(個)	301	250	250	250	1250	1250	1250	1250	
密度(個/m ²)	30.1	25	24.6	24.6	38.5	38.5	38.5	38.5	側面含む
密度(個/m ²)	50.2	41.7	66.7	66.7	50.0	50.0	50.0	50.0	天端面のみ
給餌(コンブ)	週1回12.5kg	週1回8kg 7/13以降:週1回5kg	週1回8kg 7/13以降:週1回5kg	週1回8kg 7/13以降:週1回5kg	週1回40kg	週1回40kg	週1回40kg	週1回40kg	
蓄養期間	92日間	94日間			110日間				
放流日	2020/5/25	2021/5/25			2022/6/2				
初回調査	2020/5/25	2021/5/25			2022/6/3				R4年度は品質調査の日付
中間調査1	2020/7/14	2021/7/13			2022/7/14				R4年度は品質調査の日付
中間調査2	－	－			2022/8/22				R4年度は品質調査の日付
最終調査	2020/8/25	2021/8/27			2022/9/20				R4年度は品質調査の日付
調査項目	漁獲調査(漁獲数、未漁獲数、流出・斃死数、作業時間等) 生殖腺指数、品質調査 行動調査(タイムラプスカメラ) 水温・溶存酸素量観測(DO計・90昼夜連続)								

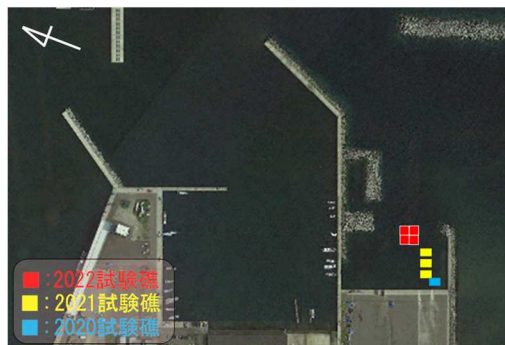


図-2 試験礁位置



写真-2 ウニカゴ(左)とザルカゴ(右)

この試験礁に天然漁場から採取した痩せウニを放流した上で、週1回コンブ給餌を行いながら蓄養した(表-2、写真-3)。同時に、蓄養が終了する8月下旬までの間、海域環境調査(海水温、溶存酸素量)、ウニの生残・漁獲効率・生殖腺等について調査を実施した。2022(R4)年の漁獲調査では、ヤスによる漁獲(従来法)に加えて、漁獲前日に餌(コンブ)を入れたウニカゴやザルカゴ(写真-2)による漁獲効率の比較も実施した。

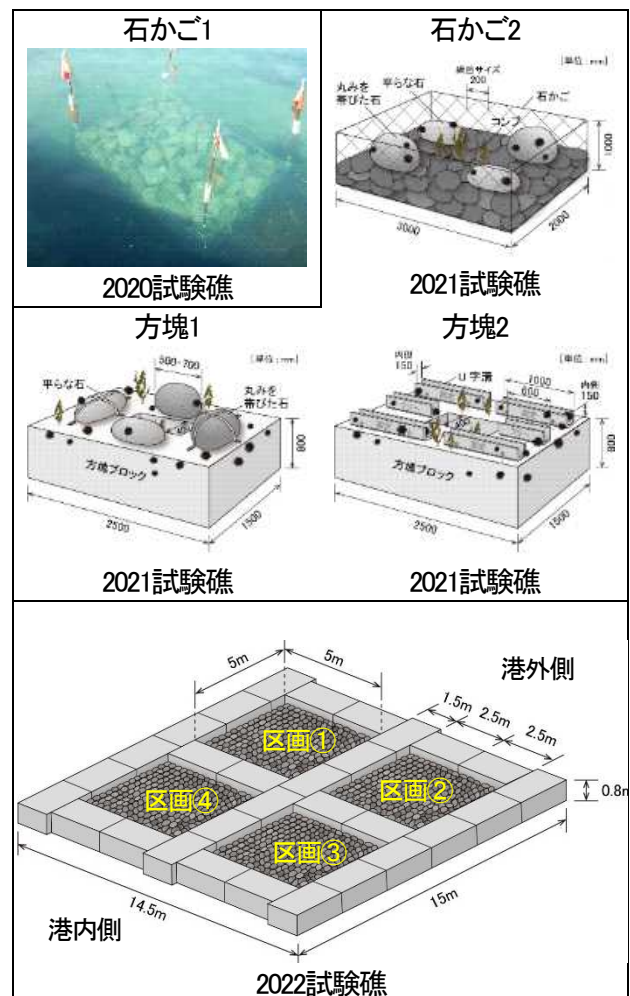


図-3 試験礁構造



写真-3 実証試験の実施状況

4. 結果と考察

4-1 環境条件

(1)海水温

調査期間における蓄養施設内の海水温の時系列を図-4に示す。一般的にウニは26℃まで上がると摂餌を行わなくなるといわれている。2020(R2)年は約22℃が最高となっており、摂餌状態が良かったと推定され、後述するように身入りにも表れている。2021(R3)年は気温の上昇に伴い高水温化が起きて27℃付近まで上昇しており、R2に比較して身入りが悪かった。

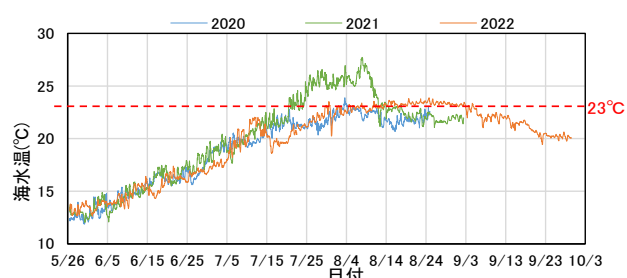


図4 海水温の状況

2022(R4)年において、8月中旬以降は比較的海水温が高い傾向が確認されたが、最大23℃と2021(R3)年より海水温自体は低い傾向であった。しかし、2021(R3)年より身入りが極端に悪かったため、海水温以外の要因が身入りに影響したものと推定され。

(2)溶存酸素量(DO)

一般的に溶存酸素は水温、塩分、気圧等に左右される。水温の上昇によって、飽和酸素量の低下に伴う溶存酸素量の低下や、生物活動により呼吸や分解が活発になることで溶存酸素量が低下することが知られている。貧酸素状態が長期間続くと、水生生物の斃死を招くことから、環境基準では4mg/Lを貧酸素耐性が低い水生生物が生息できる基準としている。観測の結果(図-5)、溶存酸素量が低下しやすい夏季の高水温期においても環境基準を満足していることから、貧酸素耐性に弱いウニの生息に問題ないものと考えられる。

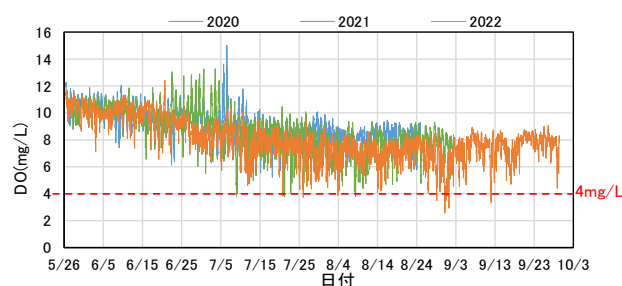


図5 DOの状況

4-2 蓄養の効果

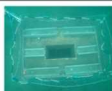
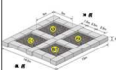
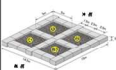
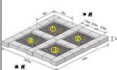
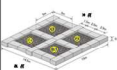
ウニの蓄養状況を表-3に示す。各々の蓄養の効果は、①商品可能率(試験礁に残存かつ生残の比率)、②漁獲率(全放流数に対する漁獲個数の比率で獲りやすさの指標)、③生殖腺指数(身入り)の3つの指標を基に評価した。

始めに、①商品化能率について、石かご1・2及び円筒籠で商品可能率が高い(斃死や流出が少ない)ことがいえる。方塊2は250個中157個が流出または斃死したことが判明した。なお、潜水調査やタイムラプスカメラの映像からは、域外への流出状況や死骸は確認されず個体数が減少した理由は分からなかった。

②漁獲率について、石かご1は割石の隙間にウニが隠れたため漁獲がしづらい状況が確認された。一方、石かご2は隙間を間詰め改良をしたため漁獲率が22%から48%へ向上した。

③生殖腺指数について、生殖腺指数の変化を図-6に示す。5月下旬の放流時は全てのケースで生殖腺指数が出荷の目安18%を下回っていた。コンブ給餌を行うことで生殖腺指数の向上が現れ、中間時(約50日後)には出荷の目安を超えたことが確認された。

表-3 ウニの蓄養状況

調査年	2020年		2021年		2022年				備 考
ケース	試 験 礁								
	石かご1	石かご2	方塊1	方塊2	方塊+投石				
	通常タイプ	改良タイプ	方塊+自然石タイプ	方塊+U字側溝タイプ	区画① 通常ヤス	区画② 硝集ヤス	区画③ ウニカゴ	区画④ ザルカゴ	
	寸法:L×B×H 3000×2000×1000	寸法:L×B×H 3000×2000×1000	寸法:L×B×H 2500×1500×800	寸法:L×B×H 2500×1500×800	寸法:L×B×H 5000×5000×300	寸法:L×B×H 5000×5000×300	寸法:L×B×H 5000×5000×300	寸法:L×B×H 5000×5000×300	
	水深 1.3m	水深 2.5m	水深 2.3m	水深 2.3m	水深 3.8m	水深 3.8m	水深 3.8m	水深 3.8m	
									
放流数(個)	301	250	250	250	1250	1250	1250	1250	
密度(個/m ²)	30.1	25	24.6	24.6	38.5	38.5	38.5	38.5	側面含む
密度(個/m ²)	50.2	41.7	66.7	66.7	50.0	50.0	50.0	50.0	天端面のみ
給餌(コンブ)	週1回12.5kg	週1回8kg 7/13以降:週1回5kg	週1回8kg 7/13以降:週1回5kg	週1回8kg 7/13以降:週1回5kg	週1回40kg	週1回40kg	週1回40kg	週1回40kg	
①商品可能率	93%	80%	62%	38%	72%	61%	49%	54%	
②漁 獲 率	22%	48%	25%	27%	25%	16%	19%	31%	
③生殖腺指数	30%	25%	23%	23%	10%	10%	10%	9%	

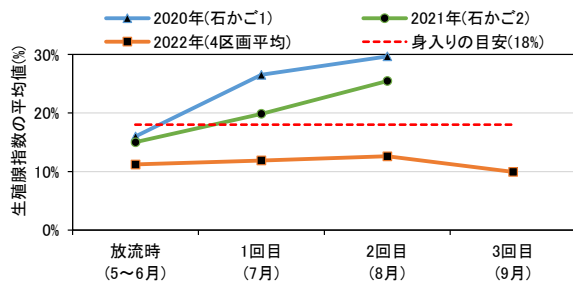


図-6 生殖腺指数

また、図-6の2020年・2021年値より週1回の給餌で生殖腺指数は直線的に増加することが判明した。2020年(石かご1)の値が大きいののは、餌料の量が多いこと、割石の隙間で餌料(コンブ)を安定的に摂餌できたからと推察される。石かご1・2の最終時において、全て23%以上の生殖腺指数が確保でき、身入り改善効果が確認された。

しかしながら、2022(R4)年の生殖腺指数は身入りの目安である18%に届かず、過年度と比較すると身入りが顕著に低く推移していた。この理由としては試験礁の規模が挙げられる。前述のとおり2020、2021年試験は天端面積が6.0m²であったのに対し、2022年の投石面の面積は1区画あたり25m²と約42倍の規模である。また、給餌の際には残餌の引き揚げを行うため、2021(R3)年からロープなどでコンブを束ねての給餌を漁業者に依頼した。2021(R3)年は8kgを1束で給餌を行い、2022(R4)年は40kgを2束に分けて給餌を行った。つまり、2022(R4)年は広い面積に対してコンブの投入に偏りが発生する状況にあった。

ウニはコンブにある程度誘引されるものの、海藻に直

線的に誘引されるのではなく、たまたま遭遇した海藻を捕食するといったランダムな摂餌行動をされると考えられている⁹⁾。よって、試験礁の規模拡大および給餌方法により、給餌コンブを摂餌できるかどうかは給餌の投下された位置とウニの距離に依存していたと推察され、全てのウニが給餌されたコンブを満足に摂餌できる状況になく、生殖腺の増大に必要な栄養が不足していた可能性が考えられる。ウニが餌不足とならないような密度管理や給餌場所の偏りが出ないように留意が必要である。

5. 蓄養計画

5-1 漁港水域等を活用した蓄養の手引き

古平漁港のウニ蓄養試験より、環境条件や蓄養施設の基質、蓄養の効果が明らかとなったため、他港での蓄養にも生かせるよう、これまで検討してきた事項および今後の計画等をひとつの計画書にまとめ、今後の蓄養事業の基礎となる資料を作成した。計画立案は水産庁が策定した増養殖の手引き⁹⁾を基に行った。

5-2 古平漁港蓄養計画書の基本方針

蓄養計画書は、以下の事項を基本方針として作成した。

- 1)蓄養に係わる計画、調査・設計、実施、評価などを複数年に渡り網羅する。
- 2)担当者相互の情報共有、意思統一を図る。
- 3)PDCAサイクルを行う際の基礎とする。
- 4)計画全体の見える化や内容の過不足、新たな課題の抽出を行う。

表4(1) 事前検討 実証試験(2022)その1

項目	実施計画	取組内容	備考
P:概略検討(ウニ蓄養試験(養殖)の内容検討)	(1)R4 年度ウニ蓄養試験(養殖)の初回協議 ・ R4 年度ウニ蓄養試験(養殖)の実施内容の共有 ・ 役割分担の確認 ・ 実施スケジュールの確認	R4.5<k・c>から<r・g・b>への R4 年度ウニ蓄養試験(養殖)の実施内容の説明 第 9 回 5 者協議	・ R4.5 から R4 年度ウニ蓄養試験(養殖)を実施
P:1)対象種・対象水域の選定と実証試験計画策定	(1)ウニ蓄養試験(養殖)の策定 ・ 投石礁：方塊ブロック(L2.5m×B1.5m×H0.8m)で四隅を囲い、十字の仕切りを設けた 1 辺 5.0m の区画(25m ²)を 4 区画設定し、区画内には中割石を敷き詰めた構造 ・ 方塊ブロックの天端水深は 2.5m ・ 区画間のウニ移動を制限するため、区画を隔てる方塊ブロック上(十字の仕切り部分)に高さ 0.5m のウニフェンスを敷設 ・ ウニの放流数(収容)は、4 区画ともに 1,250 個(体計 5,000 個体) ・ ウニは、海藻繁茂の優良漁場より 2,500 個体(区画 1、2 に放流)、磯焼け漁場より 2,500 個体(区画 3、4 に放流)を事前に採取 ・ 給餌コンブは、港内養殖しているコンブを活用 ・ 給餌量と間隔は、40kg/区画・1 週間、20kg 毎に東ねて投下 ・ ウニ漁獲(ヤス、ウニカゴ、ザルカゴを用いた漁獲効率の検証) ・ ウニ蓄養試験(養殖)に関する各調査 ・ 港内水域の環境把握の調査、測量 ・ その他	R3.5～R3.9 まで <k・r・c> 関係者による役割分担を取り決めてウニ蓄養試験(養殖)を実施	・ R3.5 の第 9 回 5 者協議による説明
D:2)試験的な増養殖の実施	(1)施設の設置、対象種の導入、維持管理(投餌、施設の保守・点検等)、水域環境等の検討 ・ R4 年度は出荷、販売等に関する詳細は未検討	<g・k・c> 役割分担による実行	

<記号> r:漁業者(浅海部会)・g:東しやこたん漁協・f:古平町・k:小樽港湾事務所・c:コンサル

5)後任者への確実な引き継ぎに活用する。

5-3 蓄養計画書

蓄養検討の一例を表4(1)、(2)に示す。表は 2020 年の実証試験の検討結果を計画書に反映したものである。本計画書により、一連の計画から評価までのプロセスや取り組み内容が明文化されることで、蓄養に関係する 3 者(漁組・自治体・直轄)による体制構築、情報共有等について効果的に行えることが期待できる。今後、需要の増加の期待されている地域に根ざした効率的なウニの蓄養事業に資する本計画書を有効活用するため、関係者による協議会を立ち上げ、事業の具体的な取組み、イメージの共有、実施計画、実施のプロセス・体制の構築、結果報告、改善策などを意見交換し合意形成を図る必要がある。

6. おわりに

以上をまとめると次のことがいえる。

- 1)蓄養施設におけるウニの生息環境はおおむね良好であることが確認できた。
- 2)天然の環境(構造)に近い石かごが漁獲のし易さ、生残率、生殖腺指数の面で優位である。
- 3)3 カ年の実証試験等から、必要事項の整理を行い蓄養計画書に反映させた。

ITO Rissei、SUGAWARA Yoshihiro、YOSHIDA Yuya

表4(2) 事前検討 実証試験(2022)その2

項目	実施計画	取組内容	備考
C:3)モニタリング	(1)成果の確認 ・施設構造としては、R2 年度>R4 年度>R3 年度の順で商品可能率が高い。特徴としては、中割石を用いた適度な空隙(ウニの隠れ場)を有する R2、R4 年度の構造が最適 ・身入り(生殖腺指数)は、R2、R3 年度に比べて R4 年度では悪い。コンブの給餌方法(広範囲での投下)や移植時のウニ損傷(漁獲時の手法)への配慮が必要であり、R2、R3 年度の方法が最適 ・漁獲率は R2、R3 年度のヤスのみに比べてカゴを併用することで、施設構造の課題であった空隙に潜むウニの漁獲に有効 ・過去 3 年間、ウニの生息環境(水温・溶存酸素量)に問題はなかったが、蓄養水面は漂砂の影響(濁度)を受けやすく透明度が低い(漁獲時に影響) (2)問題点・課題の抽出 ・施設規模(蓄養面積)に応じた給餌方法の最適化が課題 R2、R3 年度は施設規模が小さく、一箇所にコンブを集中給餌しても多くのウニが増集可能、一方同様の給餌方法で施設規模が大きい R4 年度はコンブ近隣のウニのみが増集し、個体毎に身入りが均一化しない (3)環境改善の必要性 ・漂砂量の推定、漂砂対策が課題 蓄養水面の有効活用には、施設の埋没対策、漁獲効率を妨げる透明度(濁度)対策が必要	R4.12<k・c>から<r・g・b>への試験結果の報告・今後の方針等について説明 第 10 回 5 者協議	
A:4)問題点・課題の解決	・蓄養水面の活用においては、継続した地形測量によるモニタリングから漂砂量を把握し、必要に応じて漂砂対策を講じることを検討する。 ・漂砂の影響を受けやすい現蓄養水面から影響を受けにくい漁港内の別水面でのウニ蓄養も代替え(案)として検討する。	<k>から<r・g・b>へ ・蓄養水面は、漂砂による影響が著しく、ウニ蓄養の実施には対策を施す必要性があることから、ウニ蓄養試験は R4 年度もつて一旦終了とする。 ・蓄養水面の課題である漂砂対策の検討に資するモニタリング測量は引き続き実施する。 ・漁獲効率に影響を及ぼす透明度の低下(濁度の影響)が課題であり、影響が及ばない港内水面の利用についても代替え適地を並行して検討する。	

今後、蓄養施設の規模拡大に向けて、各種作業の省力化やエサのコンブの確保が課題であるので、それらについては、試験礁を実際に運用しながら解決策について検討を行っていく必要がある。

謝辞：本報告に関しては古平町、東しやこたん漁業協同組合、同浅海部会の諸氏に多大なるご指導、ご協力をいただいた。ここに付して感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 吉田他：漁港施設における藻場環境創出の効果検証、2021年度日本水産工学会学術講演会、220、2021
- 2) (一社)寒地港湾空港技術研究センター：寒冷地における沿岸構造物の環境調和ガイドブック、2017.5
- 3) 水産庁：第 3 版磯焼け対策ガイドライン、2021.3
- 4) 干川(2014)：キタムラサキウニの身入りと品質(特に色)に及ぼす年齢の影響について―高齢ウニの商品化に向けて―、北水試だより 89
- 5) 橘高ら(1983)：ウニの索餌行動の解析、Marine Fouling 4 (2)
- 6) 水産庁：漁港水域等を活用した増養殖の手引き、2020.9