

餌料海藻類捕捉装置を使ったウニ類増殖システムの開発

社団法人 マリノフォーラム 21

松 原 茂 樹

北海道水産林務部水産振興課

谷 内 眞

調査実施年度

平成13年度～平成15年度

緒 言

1) 調査の背景と目的

水深 20m 以深の砂礫帯には比較的高密度にウニ類が生息しているが、餌料海藻が確保されないことから成熟度が低く、漁業資源として未利用であることが多い。北海道戸井町海域の水深 20～30m の砂礫帯に投入されたブロックに成熟したキタムラサキウニが高密度に蛸集していることが確認されている（写真 2 参照）。当該海域の浅海域（-15m 以浅）は、マコンブの天然漁場が広範囲に発達し、さらに大規模な養殖が行われている場所である。このため、相当量の流れ藻が施設周辺に供給しているものと考えられ、潜水調査により施設背後の後流域に溜まった流れ藻をウニが捕食している状況が確認されている（写真 1 参照）。

これらの背景から、マリノフォーラム 21 では、キタムラサキウニの安定した生活基盤となる海中構造物と餌料海藻の供給システムを検討し、これらを総合した砂礫帯におけるキタムラサキウニの効率的な増殖システムを開発することを目的とする。

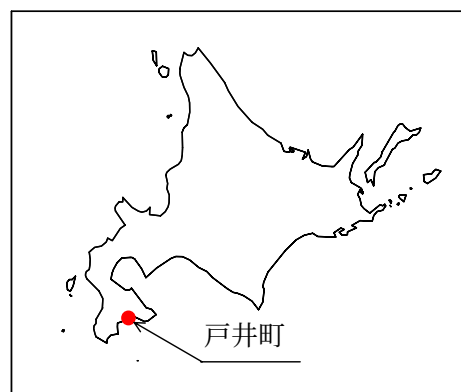


図 1 調査位置図



写真 2 施設への蛸集状況



写真 1 施設への蛸集状況

2) 施設開発のコンセプト

砂礫帯におけるキタムラサキウニの効率的な増殖システムを構成する施設の開発コンセプトを以下に示す。

- ①施設の**安定度**（流体安定、洗堀等）に関して実績があり且つシンプルな構造
- ②流れ藻を**効率的に捕捉**できる形状
- ③蛸集するウニの着生基盤として**多くの表面積**を有している形状
- ④速い流れ環境において**隠れ場**を有している形状
- ⑤潜水によるウニの**捕獲効率**に有利な形状

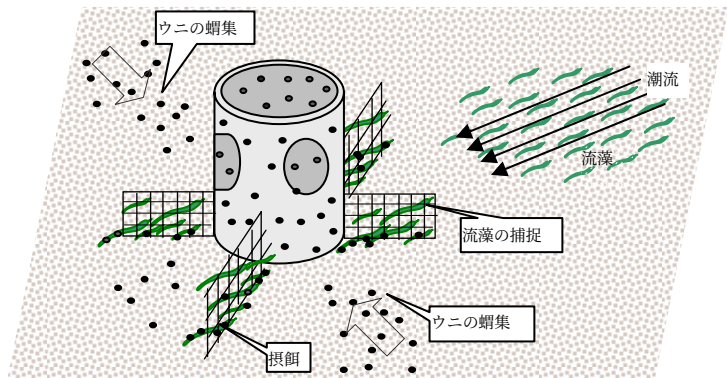


図 2 流藻捕捉装置付きウニ礁のイメージ

これらのコンセプトの多くを満足可能な施設形状として、図 2 に示すような円筒形魚礁を利用した流れ藻捕捉装置付きウニ増殖システムを考案し、室内模型実験及び現地実証実験により施設を検討した。

3) 施設開発の流れ

平成13年度～平成15年度の3カ年で実施した本業務の流れを図 3 に示す。



図 3 施設開発のフロー

調 査 方 法

4) 流れ藻の基本実験

(1) 流れコンブの密度の測定

平成14年11月8日、函館市志海苔海岸において採集した流れコンブ（マコンブ）を実験室に持ち帰り、その日のうちに12の試料についてその密度を測定した。密度の測定は、コンブに付着した砂泥を水道水で洗い落とし2時間程日陰で乾かした後、コンブの空中および水中重量（水温12℃）より算出した。測定には電子天秤(METTLER PB1502)を使用した。

(2) 実験水槽の底面付近の流速分布

コンブが流される状態を実験室で再現し、海底面上付近の流速とコンブの流される速度との関係を求めるためには実験に使用する北海道大学水産学部の大型回流水槽の底面付近の流速分布を明らかにする必要がある。

北海道大学水産学部の大型回流水槽（長さ25m、幅2.0m、高さ1.2m、観測水路長6m）の水深を1mとし、制御盤の指示目盛りを200rpm、300rpm、400rpm、500rpm、600rpmに設定し、その時の水槽底面から1cm、5cm、10cm、20cm、30cm、50cm、70cmの位置における流速をプロペラ式流速計(KENEK V0-203)で5回測定しその平均流速を求めた。

(3) 流れコンブの掃流実験

平成14年11月13日、函館市志海苔海岸において流れコンブ（マコンブ）を再採集し、この採集した10試料について回流水槽中でコンブが流される実験（掃流実験と呼ぶ）を行った。掃流実験は、この10試料について試料1枚毎に回流水槽の上流側の底面上に棒で押さえた状態から棒を離して流し、一定区間2mの間をコンブが通過する時間をストップウォッチで計測し、コンブが流される速度（コンブの掃流速度と呼ぶ）を求めた。

この実験を10試料について、回流水槽の制御盤目盛りを200rpm、300rpm、400rpm、500rpm、600rpmに設定して行った。

5) 流れ藻捕捉調査用装置の模型実験

ウニ礁が設置される海域にウニの餌料となる流れ藻がどれだけの量存在するのかを明らかにするため、流れ藻捕捉調査を実施する必要がある。そこで、流れ藻捕捉調査用装置のモデルを試作し回流水槽中でコンブを流した捕捉実験を行い、その結果から実用的なコンブ捕捉装置を開発した。

(1) 実験モデル

捕捉調査用装置の原モデルとして川俣(1995,1996)が考案した「扉付流れ藻捕捉装置」を参考に、写真3に示す矩形の枠に網地を張った捕捉装置模型を製作し、この捕捉装置をモデル1とした。

また、モデル1の実験結果を参考に、ここではアルミ枠扉に替わる簡便な入り口開閉装置として吹き流し型の開閉装置（以下「吹き流し開閉幕」と呼ぶ）を考案しこの装置を取り付けた捕捉装置をモデル2とした。

さらに、モデル2の吹き流し開閉幕をそのまま使用し、モデル1、2で観察された開口部でのコンブの引っ掛かりを防止するために、両脇の枠を前方に600mm延長しこの枠に網地(ポリエチレン 400D 3/24 目合 60mm)を張ったゲート枠を取り付けた捕捉装置をモデル3とした。



捕捉装置モデル 1



捕捉装置モデル 2



捕捉装置モデル 3

(扉付き流れ藻捕捉装置を参考) (吹き流し型の開閉装置付き) (モデル2をゲート枠付に改良)

写真 3 流れ藻捕捉調査用装置の模型

(2) 実験方法

掃流実験には、流れ藻基本実験で使用したコンブ試料 10 枚を自然乾燥して保存しておいたものを水に戻して使用した。モデル1を観測水路の中央に設置し、タモ網にコンブ1枚を入れて上流約3mの底面に沈めこのタモ網を180°回転させることによってコンブを流し、その捕捉状況を観察した。流速条件は300rpm(29cm/sec)一定として行った。

6) 流れ藻捕捉装置付きウニ礁の模型実験

ウニ礁の模型実験として、平成13年度及び14年度に戸井町沖水深25mの現地海域に設置されたウニ礁の1/5模型を製作し、この模型を回流水槽中に設置して定常流中におけるコンブの捕捉実験を行い、その結果に基づきウニ礁に取り付けるより効果的な捕捉装置を検討した。

また、各施設における流れ藻の滞留時間の把握を目的に定常流下での流れ藻滞留実験を実施した。

(1) 実験モデル

ウニ礁本体の模型は、3.0m型円筒形ブロックの1/5模型を使用した。このウニ礁に取り付ける捕捉装置の鋼製枠は、直径4mmの針金とステンレス丸棒を使い溶接部分は半田付けして製作した。実験に使用したウニ礁の模型を写真4に示す。

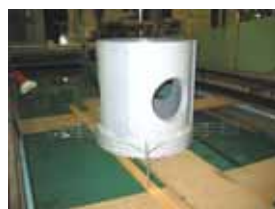


写真 4 ウニ礁模型 (左から H13 ウニ礁, H14 ウニ礁, H14 改良型礁 1, H14 改良型礁 2)

(2) 実験方法

捕捉装置鋼製枠を取り付けた 1/5 ウニ礁模型を水槽底面に設置し、水槽の回転制御盤の目盛りを 300rpm(流速約 29cm/s)一定として、模型の真正面約 3m の上流からコンブを水槽底面より 0~20cm の高さからタモ網を使ってリリースした。1 回に 5 枚のコンブを同時にリリースしそのうち何枚が捕捉されたかを数えた。全部で約 100 枚のコンブを流した。本実験で使用したコンブは、戸井町釜谷沖のマコンブ養殖施設から発生した間引きコンブを使用した。これらは、葉長 150cm~250cm、葉幅 9cm~14cm 程のもので、このコンブを乾燥して保管し水に戻して長さ約 30cm×幅約 3cm に切って使用した。

模型の流れに対する向きは、平成 13 年度ウニ礁については、ウニ礁の孔が流れの真正面に位置する場合を実験 1、鉛直リブが真正面に位置する場合を実験 2 とした。また、平成 14 年度ウニ礁については、捕捉枠を十字に開いた場合と×字に開いた場合の 2 通りに対し、H13 礁と同じく孔の位置によってそれぞれ場合分けを行い、それぞれ実験 3、4、実験 5、6 とした。各実験での施設の姿勢を図 4 に示す。

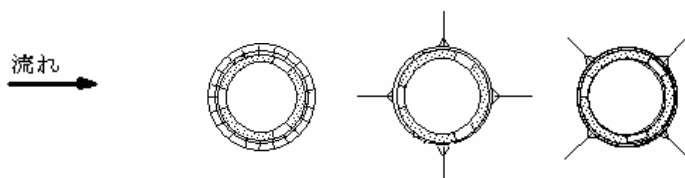


図 4 実験時の姿勢（左から実験 1,2, 実験 3,4, 実験 5,6）

平成 14 年度ウニ礁の改良型として、底面フランジに 90°おきに 4 つ取り付けている捕捉枠を、どの方向から流れが当たっても流れに対して開くように、捕捉枠を 60°おきに 6 つ取り付けたウニ礁模型について、同様の実験を行った。このウニ礁模型を 14 年度改良型 1 とした。

また、先の実験で捕捉枠の上を乗り越えて後ろに流れ去るコンブが見られたことから、この 14 年度改良型 1 の捕捉枠の上面に網地(ポリエチレン網地, 目合 180mm, 400D3/120)を張った模型についても同様の実験を行った。この網地を張った模型を 14 年度改良型 2 とした。水槽実験における 14 年度改良型 1, 14 年度改良型 2 の流れに対する実験時の姿勢を図 5 および図 6 に示す。

それぞれの姿勢における模型実験について、改良型 1 を実験 7, 8, 9, 改良型 2 を実験 10, 11, 12 とした。

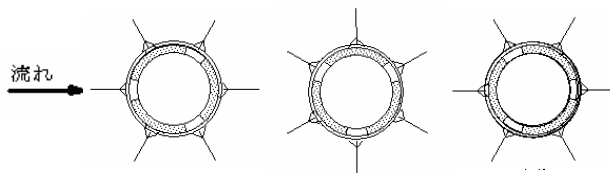


図 5 実験時の姿勢（左から実験 7,8,9）

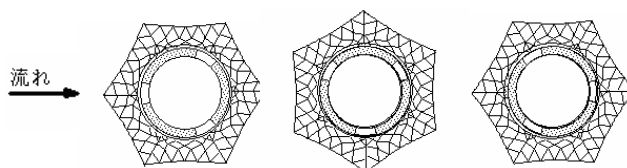


図 6 実験時の姿勢(左から実験 10,11,12)

さらに、各ウニ礁に捕捉された流れ藻の滞留実験として、水槽の回転制御盤の目盛りを300rpm(流速約 29cm/s)一定の条件において、捕捉実験に使用したものと同一コンブを20本ずつ予め施設に捕捉した状態からのコンブの滞留時間を計測した。なお、水槽の利用条件の制約から、実験時間は3時間を最大として実験を実施した。

現地調査による流れ環境及び流れ藻量の把握として、平成13年度および平成14年度に流れ藻捕捉装置付きウニ礁を設置した北海道戸井町沖合の水深-25mの砂礫帯において、流れ藻捕捉調査と流況調査を実施した。

7) 流れ環境の把握（流況調査）

(1) 調査方法

流況調査は、本施設である流れ藻捕捉装置付きウニ礁のH13ウニ礁及びH14ウニ礁を設置した図7のNo.2(水深-25m)において、海底面から耐圧ブイにより自記式流速計(RCM-7 アーンデラー社製)を2.5m程度立ち上げ、四季別の流況調査を実施した。なお、観測期間は30日～60日程度とした。

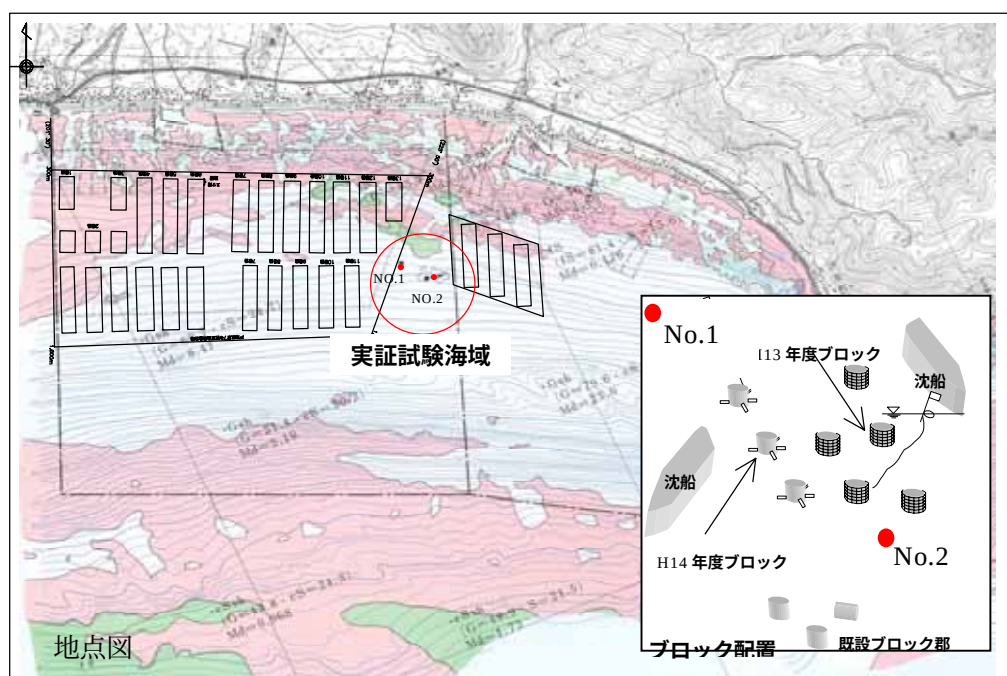


図7 調査地点図

8) 流れ藻量の把握（流れ藻捕捉調査）

季節ごとの流れ藻量の把握を目的に、現地海域において流れ藻捕捉調査を養殖コンブ施設の近傍のNo.1及び試験礁ブロック設置位置近傍のNo.2において流況調査と併せて実施した。

また、流れ藻滞留時間の現地調査として、H14ウニ礁において水中ビデオ観測を行った。

(1) 調査方法

流れ藻量調査は、模型実験により開発した鋼製部と網地部からなる流れ藻捕捉調査用

装置（図 5 参照）を流速計と併せて設置した。捕捉量調査用装置は、0.5m(H)×2.0m(W)のエントリー部から後方の網地内に掃流された流れ藻がたまる構造になっている。

調査時期及び期間は、養殖コンブ施設からの間引きコンブが流出される春期、海水温の上昇にあわせ、産卵前にウニ類の成熟がすすむ夏期、本海域でのウニ類の出荷時期となる年末の前期間にあたる秋期、餌料となる海藻類の資源量が減少する冬期とした。

また、流れ藻滞留状況の現地調査は、H14 ウニ礁の No.3 において、12 月、1 月、2 月の計 3 回、各 40 時間程度の観測を行った。

9) 新規ウニ礁におけるウニ類の生態および分布状況の把握（生物調査）

(1) 現地生物調査

実験海域におけるキタムラサキウニの分布状況、餌料海藻の現存量、および開発・設置した餌料海藻捕捉装置付きウニ礁のキタムラサキウニの分布状況と海藻捕捉状況について追跡を行った。

(2) 調査方法

実験海域の砂礫底には円筒形ブロック、タコ礁など（既存ブロック）が点在している。この既存ブロック周辺に本事業で開発された海藻捕捉装置付き海中構造物が 13 年 10 月に 5 基（H13 ウニ礁：図 8 左）、平成 14 年 9 月に 3 基（H14 ウニ礁：図 8 右）設置された。H14 ウニ礁は H13 ウニ礁の設置後の追跡結果を基に海藻捕捉の効果向上するために改良したものである。

平成 13 年 10 月～平成 15 年 12 月の期間にブロック周辺の海底面に着生している 50 m² 枠上にある海藻（ガゴメ、マコンブ）を採取し、湿重量を測定した。また平成 13 年 10 月～平成 15 年 12 月の期間に既存ブロック、H13 ウニ礁および H14 ウニ礁に生息するキタムラサキウニの生息密度と生殖腺指数を測定した。さらに、平成 15 年 6 月、9 月、12 月に H13 ウニ礁および H14 ウニ礁に捕捉された海藻の湿重量を測定した。

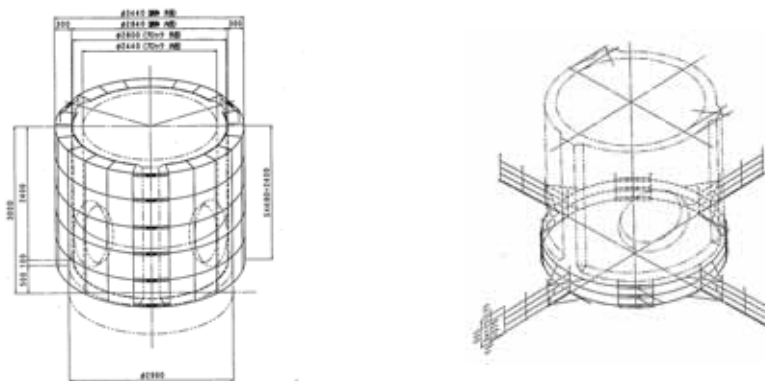


図 8 設置したウニ礁の形状（左：H13 ウニ礁，右 H14 ウニ礁）

10) 試験施設周辺漁場のウニ類生態及び餌料海藻類実態調査

(1) 調査方法

①天然漁場におけるキタムラサキウニの資源特性

餌料海藻類捕捉機能を備えた構造物（以下、試験施設とする）の対照区としての天然漁場におけるキタムラサキウニの資源特性を明らかにするため、平成 14 年 9 月～平成

15 年 12 月にかけて 3 ヶ月毎に、水深 5,10,15,20,25m の 5 地点において(図 9), 1 m² 枠を用いて各地点 5 枠ずつキタムラサキウニの採取を行った。また、殻径組成等の解析に必要な個体数を確保するために同時に各水深帯でフリー採取も行った。採取したキタムラサキウニについて、殻径・重量・生殖巣重量(30 個体上限)を測定し、年齢(50 個体上限)を調べた。

②未利用キタムラサキウニの生息範囲と資源量

深所の砂礫底における未利用キタムラサキウニの生息範囲や資源量を明らかにするため、平成 14 年 10～11 月と平成 15 年 9 月に、東経 140°55' から 140°56' の水深 25m から 70m までの範囲(図 9)で、(株)海洋探査製の水中自動写真撮影装置(図 10)を用いて、海底面上の写真撮影を行った。写真からキタムラサキウニの密度と殻径を求め、久野(1986)の単純ランダム抽出を用いて、調査海域の資源量を推定した。

③天然コンブ類の現存量

天然コンブ類の現存量を把握するため、キタムラサキウニ資源特性調査と同時期、同地点で、1 m² 枠を用い各地点 5 枠ずつ海藻類の採取を行い、マコンブ及びガゴメの葉長・葉幅・重量を測定した。

④コンブ養殖施設からの餌料海藻供給量

試験施設の両側に位置するコンブ養殖施設から海中に供給される餌料量を把握するため、小安及び釜谷の 2 地区の養殖施設(図 3.15)の中央部に試験養殖施設を定め、平成 14 年 12 月～平成 15 年 7 月まで毎月 1 回、マコンブの株毎の個体数・葉長・葉幅・重量の測定を行い、間引き等により養殖施設から海中に供給されるマコンブ量を推定した。

⑤コンブ類の漁獲量

戸井町における天然コンブ、養殖コンブ、天然ガゴメの漁獲量資料を整理した

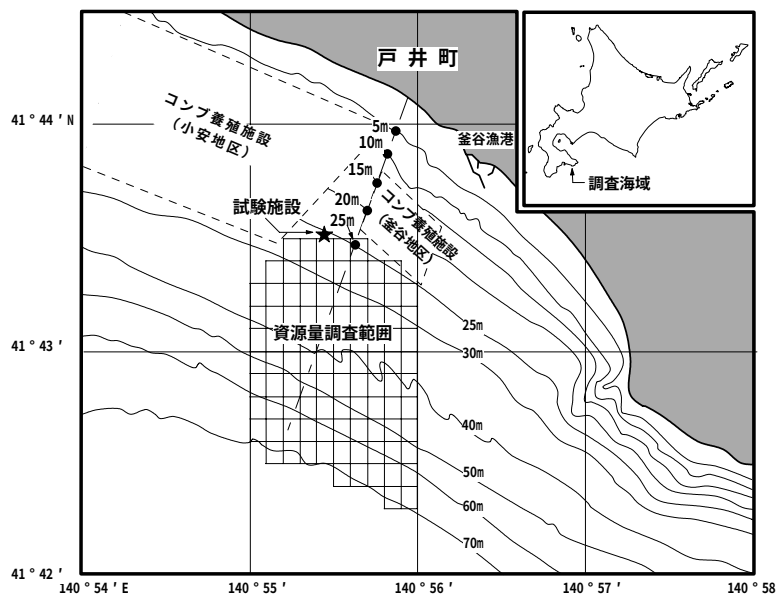


図 9 調査地点



図 10 水中自動写真撮影装置

(黒丸はキタムラサキウニ資源特性調査及び天然コンブ類現存量調査地点を示す.)

(底部には 1 m² の方形枠上部にはスチールカメラを装備する.)

調査結果

1.1) 流れ藻の基本実験

流れコンブの密度について、測定結果を表 1 に示す。これより採集した流れコンブの比重は 1.09 g/cm^3 と求まった。また、茎、根が付いたコンブと付かないコンブでは密度にほとんど差のないことが判った。

川俣(1987)の報告によれば、コンブの密度は $1.05 \sim 1.08 \text{ g/cm}^3$ の範囲にあるとされている。一般に、コンブの密度は幼体では小さく

表 1 流れコンブの密度

試料	空中重量 (g)	水中重量 (g)	密度 (g/cm^3)	備考
1	374.0	20.8	1.06	根茎あり
2	241.2	20.3	1.09	根茎なし
3	106.3	9.3	1.10	根茎あり
4	345.3	36.6	1.12	根茎あり
5	41.3	3.5	1.09	根茎あり
6	236.0	16.4	1.07	根茎あり
7	168.2	13.2	1.09	根茎あり
8	266.4	28.8	1.12	根茎なし
9	138.1	15.6	1.13	根茎なし
10	451.3	31.4	1.07	根茎なし
11	215.1	14.6	1.07	根茎なし
12	234.1	20.2	1.09	根茎なし
平均			1.09	

成長を重ねて葉が厚く硬くなるにつれて大きくなることが指摘されている。

本測定に供した流れコンブは 2 年目マコンブであり、川俣の報告による密度範囲の最大に近い値となっていた。

また、ウニ礁模型実験において使用した間引きコンブの密度は 1.03 g/cm^3 であり、2 年目マコンブよりも小さな値であった。

また、実験水槽の底面付近の流速分布について、測定結果から水槽底面上の高さ方向の流速分布より、本水槽の境界層の厚さは 12~13cm と推測された。

各流速におけるコンブの掃流実験結果について、測定結果を表 2 に示す。

上記結果より、コンブの掃流運動について考察を行う。

掃流実験においてコンブは水槽底面から 10cm 以内の範囲を掃流することが観察された。このことから、コンブの掃流域の平均流速を次のようにして求めた。

境界層内の流速分布はカルマン・プラントルの $1/7$ 乗則に従うものとする、境界層内の平均流速 v_0 は

$$v_0 = (7/8) V \quad (1)$$

となり、境界層内の平均流速 v_0 は、一般流速 V を $7/8$ 倍することで求まる。

境界層外の水槽底面上方 20cm, 30cm, 50cm, 70cm における流速の平均値を一般流速 V と見なし、その値を $7/8$ 倍した値を表 1 の制御盤目盛り rpm 欄の下に示す。この値を掃流域の流速 v_0 として横軸に、縦軸にコンブの掃流速度 v をとり、掃流域の流速とコンブの掃流速度との関係を示したのが図 11 である。

表 2 各流速におけるコンブの掃流速度

試料	掃流速度(cm/s)				
	200rpm 15.1cm/s	300rpm 25.2cm/s	400rpm 33.2cm/s	500rpm 41.2cm/s	600rpm 50.6cm/s
1	8.4	15.0	22.1	40.9	51.6
2	10.8	22.5	27.4	32.6	46.4
3	10.3	21.3	28.5	37.9	50.6
4	13.0	24.2	31.3	38.7	50.6
5	11.6	15.0	27.8	40.9	48.9
6	13.0	15.9	25.7	38.3	45.5
7	15.3	15.9	28.6	35.1	48.6
8	12.4	18.9	23.6	29.3	39.8
9	13.5	21.0	25.8	38.2	47.1
10	10.2	18.9	27.7	33.3	44.6
平均	11.9	18.9	26.9	36.5	47.4

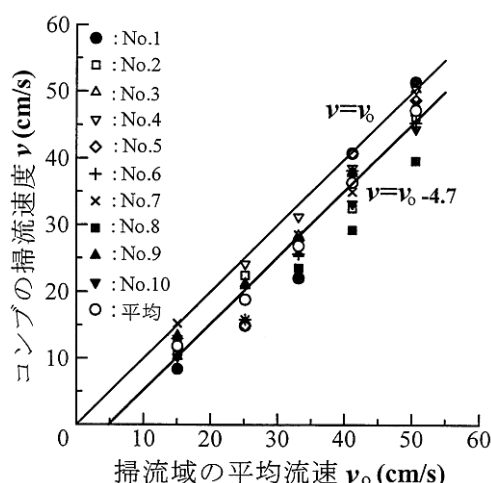


図 11 コンブの掃流速度

図 11 の○印は各流速におけるコンブ試料 10 個の平均掃流速度である．このことより明らかなように，掃流速度は掃流域の平均流速よりも小さく，掃流速度が流速と同じと見なした $v = v_0$ の傾き 45° の直線から平均で 4.7cm/s 下側にプロットされるので，コンブの掃流速度 v を

$$v = v_0 - 4.7 (\text{cm/s}) \quad (2)$$

と表し，この直線を描くと，各流速におけるコンブの平均掃流速度を良く表現できることが判った．

1 2) 流れ藻捕捉調査用装置の模型実験

実験結果として，掃流したコンブの枚数で捕捉装置の中に入ったコンブの枚数を除した値を捕捉率と定義すると，捕捉率(%)は，モデル 1 で 43%，モデル 2 で 53%，モデル 3 で 78%であった．この結果を単純に比較するとモデル 3 の捕捉率が最も高かった．また，モデル 1 及びモデル 2 では，流速 25cm/sec の定常流下で開口部はスムーズに開いたが，開口部の両側にコンブが数本引っかかった．この状態で 180° 施設を反転させて，逆潮時を再現した場合に扉部や吹き流し部がすべて閉まらず，捕捉した流れ藻が流出した．一方，モデル 3 では，開口部の前面にゲート枠を設置したことにより，開閉に問題はなく，流出もなかった．

以上の 3 つのモデルによる捕捉実験の結果から，実用的な捕捉装置として次のような仕様が考えられた．

- ① 開口部の形状は長方形とし，その幅は間引きコンブの最大葉長より長く，高さはコンブの掃流域の高さより高く 50cm 程度とする．
- ② 開口部の開閉は簡便な吹き流し幕を使用する．
- ③ 捕捉装置前部は四角な枠とし，その長さは吹き流し開閉幕の長さと同じにする．この四角な枠の上下側の 4 面はシートを張りコンブが引っ掛からないようにする．
- ④ 上の四角枠の後部に巾着状の袋網を取り付ける．その長さは入り口幅の 2.5 倍程度とする．
- ⑤ 開口部前部にはゲート枠を取り付け，入り口付近でのコンブの引っ掛かりが起らないようにする．ゲートの長さは最大葉長の $1/2$ 程度とする

以上の模型実験結果より，流れ藻捕捉調査用装置としてモデル 3 を採用し，鋼製部と網地部からなる実機を 2 基（開口部幅 2.0m ，高さ 0.5m ，断面積 1.0m^2 ）製作した．流れ藻捕捉調査用装置の設置状況を写真 5 に示す．



写真 5 流れ藻捕捉調査用装置の設置状況

1 3) 流れ藻捕捉装置付きウニ礁の模型実験

流れ藻捕捉装置付きウニ礁の実験結果として、各実験の捕捉コンブ数および捕捉率を表 3 に示す。

表 3 より、平成 13 年度ウニ礁は流れに対する方向性はみられず、捕捉率は平均で約 48%となった。

平成 14 年度ウニ礁について、流れに対する方向性があり、流れに対して十字に開いている時の捕捉率は約 37%と低く、流れに対して×状に開いてる時の方が捕捉率は約 60%と高い値を示した。

捕捉状況として、平成 13 年度ウニ礁では、実験 1、実験 2 とともに流れの当たるウニ礁の前半分でコンブは捕捉されており後半分での捕捉はほとんど見られなかった。

ウニ礁の孔が流れの真正面に位置する実験 1 ではこの孔の部分での捕捉が多く、鉛直リブが真正面に位置する実験 2 では真正面から少し離れた部分での捕捉が多いように見受けられた。

また、平成 14 年度ウニ礁の、実験 3、実験 4 では流れに対して十字に開いた左右の捕捉枠に多く捕捉され、前方の枠にも少しは捕捉されるが後方の枠には 1 枚も捕捉されなかった。また、流れに対して×状に開いた実験 5、6 では前方の捕捉枠 2 本での捕捉が大部分を占め、後方 2 本の枠にも前方で捕捉されなかったコンブが回り込んで捕捉されるのが観察された。

次に、平成 14 年度ウニ礁の改良型 1、改良型 2 について、各実験結果を表 4 に示す。

表 4 より、捕捉枠を 60°おきに 6 つ取り付けた 14 年度改良型 1

表 4 流れ藻捕捉率及び流出率（H14 改良型 1, 2）

実験No.	掃流 コンブ数	捕捉 コンブ数	180°回転 後の流出数	捕捉率	平均 捕捉率	流出率	平均 流出率
7	100	64	39	64%	62%	61%	70%
8	100	71	54	71%		76%	
9	100	52	38	52%		73%	
10	100	69	42	69%	70%	61%	65%
11	100	74	59	74%		80%	
12	100	66	36	66%		55%	

の実験 7、8、9 の平均捕捉率は 62%であり、捕捉枠を 90°おきに 4 つ取り付けたオリジナルの平成 14 年度ウニ礁の平均値 60%より 2%高く、実験 7、8 の平均では 67%と 7%高くなった。また、捕捉枠の上面に網地を張った 14 年度改良型 2 の実験 10、11、12 の平均捕捉率は 70%となりオリジナルより 10%高くなった。

以上の実験結果より、改良型 1、改良型 2 は、平成 14 年度型ウニ礁より捕捉率は高くなると言える。特に改良型 2 は網地の効果が出ているものと判断される。

一方、流れ藻滞留実験の結果として、どの模型についても流れ藻 20 本が捕捉された状態から定常流下(約 29cm/sec)で 3 時間掃流し続けたが、流出する流れ藻はみられなかった。

このことから、流れ藻滞留時間については、現地実証試験を行っている H14 ウニ礁において、水中ビデオカメラを用いた連続観測により求めることとした。

1 4) 流れ環境の把握（流況調査）

流況調査結果として、4回実施した全ての調査において津軽海峡特有の恒流成分（南東方向）の影響を強く受けた結果であった。各流況調査の結果として、時系列変化（流向、流速、潮位、水温、塩分）と30日間の連続観測結果を用いて調和分解した主要4分潮(M₂,S₂,K₁,O₁)の潮流楕円図を作成し、春期を図12に、夏期を図13に、秋期を図14に、冬期を図15に示す。

平均流の流速・流向を整理すると、春期 5.5cm/sec(112°)、夏期 7.8cm/sec(117°)、秋期 6.7cm/sec(139°)、冬期 5.2cm/sec(130°)であり、どの季節においても流速 5～7cm/sec 程度、流向 110～140 度の恒流成分が本海域の水深-25m の海底面付近に存在することがわかる。

図12～図15より、水深(-25m)で発生する流速は、どの季節においても 40cm/sec 以下の範囲に分布していた。また、潮位変動と流速変動には良い対応がみられたが、本海域は潮流成分の変化に加えて、前述の日本海側から太平洋側に流れる恒流成分の影響を受けることから、流向（流れ去る方向）が東～南の範囲に集中しており、顕著な転流は非常に少ないことがわかる。

併せて行った流れ藻捕捉調査について、上記の結果を踏まえ、流れ藻捕捉調査用装置を設置した No.1 及び No.2 において、恒流成分である北西方向からの流れにより掃流される流れ藻を把握することで、流況調査により求まる平均流と捕捉された流れ藻量の関係から流れ藻流量について、検討することが可能となる。

これらの結果を用いることにより、単位面積あたりの断面を通過した流れ藻流量が求まり、観測期間中に本施設である流れ藻捕捉装置付きウニ礁に供給された流れ藻量が把握できる。

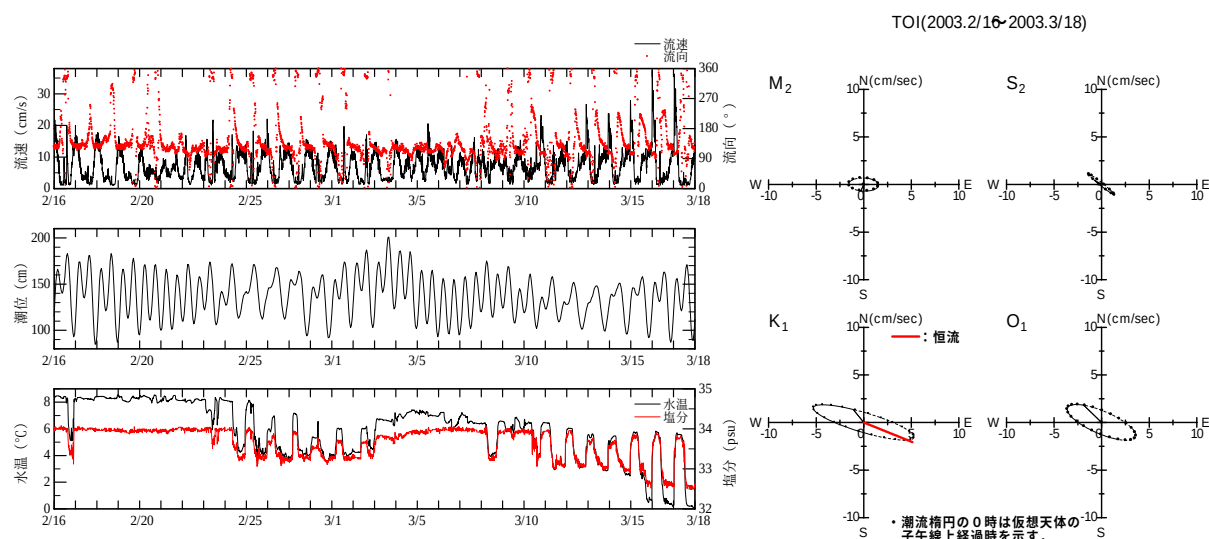


図 12 春期流況（左：時系列図 流向・流速，潮位，水温・塩分，右：潮流楕円図 上M₂,S₂,下K₁,O₁）

TOI(2003.6/16~2003.7/18)

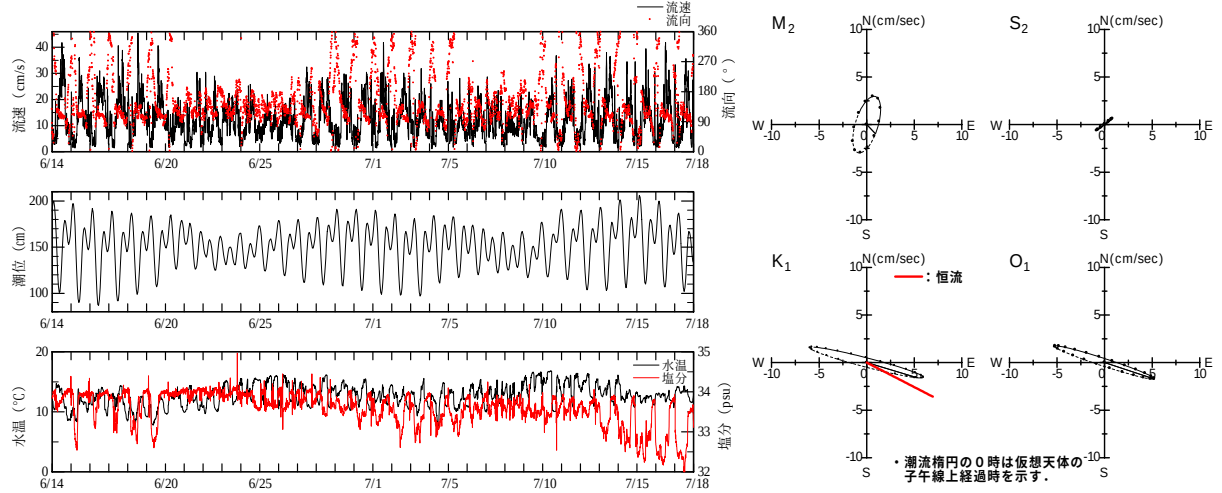


図 13 夏期流況 (左: 時系列図 流向・流速, 潮位, 水温・塩分, 右: 潮流楕円図 M₂, S₂, 下 K₁, O₁)

TOI(2003.9/16~2003.10/20)

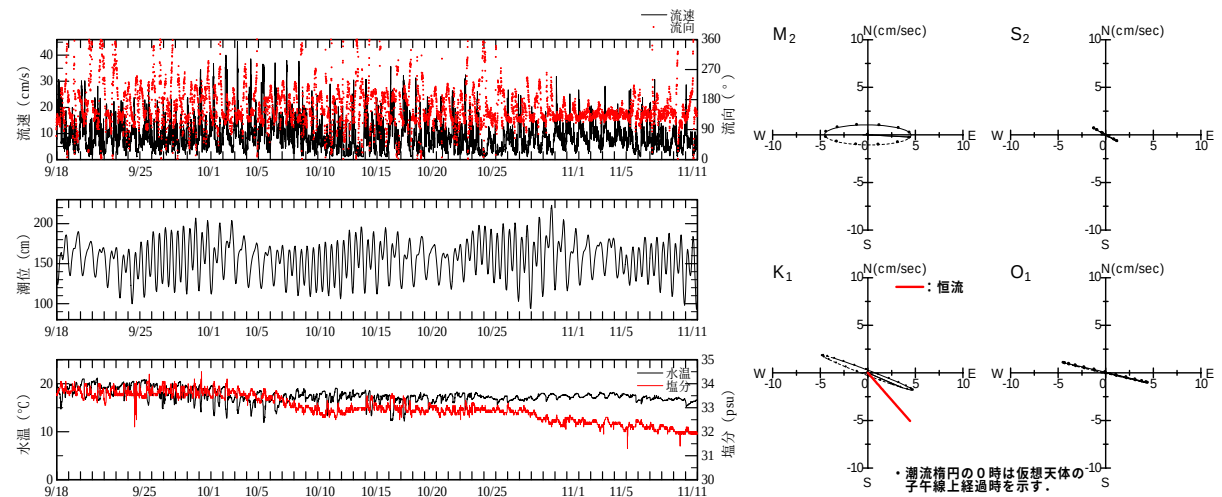


図 14 秋期流況 (左: 時系列図 流向・流速, 潮位, 水温・塩分, 右: 潮流楕円図 上 M₂, S₂, 下 K₁, O₁)

TOI(2003.12/16~2004.1/10)

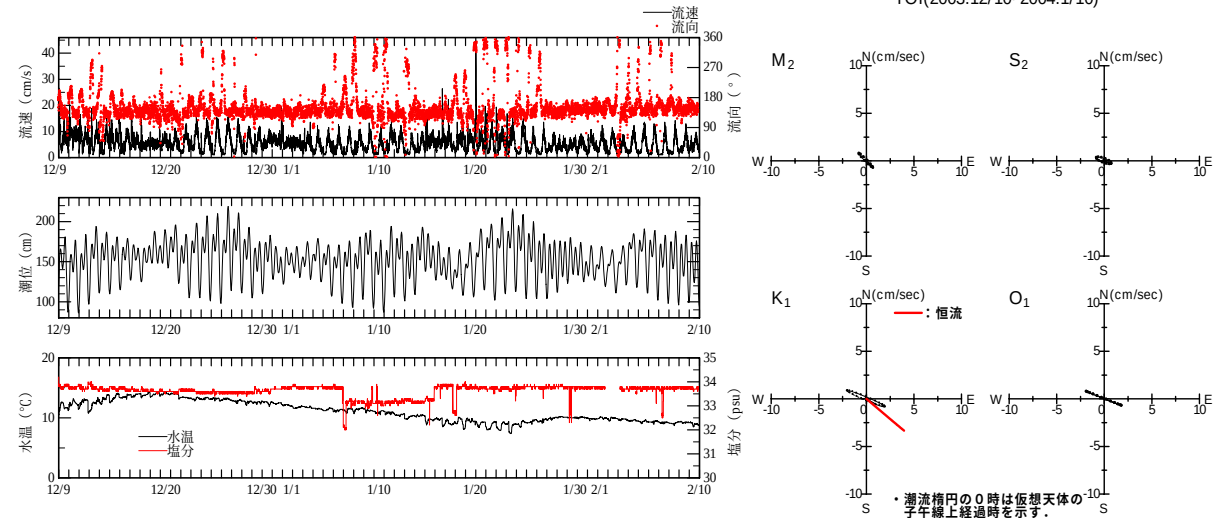


図 15 冬期流況 (左: 時系列図 流向・流速, 潮位, 水温・塩分, 右: 潮流楕円図 上 M₂, S₂, 下 K₁, O₁)

1 5) 流れ藻量の把握（流れ藻捕捉調査）

調査結果として、四季別での流れ藻捕捉調査結果を整理して表 5 に示す。

地点間での流れ藻量の合計は秋期調査で No.1 (213.3kg) に比して No.2 (468kg) で 2 倍以上となったが、それ以外では地点間の顕著な違いはみられなかった。春期はコンブ養殖施設から流出された間引きコンブが捕捉されたが、天然マコンブの重量に比して少ないことから、天然岩礁域からの供給量の方が多いことがわかった。夏期はガゴメの成長ピーク期と重なり、捕捉総重量に対して約 60%を占める。秋期は天然マコンブの成長ピーク期と重なり、総捕捉重量に対して約 80%以上を占める。冬期は海藻の資源量が最も減少する時期となり、捕捉重量が最も少ないことがわかった。

流れ藻滞留状況のビデオ観測結果として、画像から確認できた流れ藻の平均滞留時間は、約 3 時間であった。

表 5 流れ藻量調査結果

時期		上段：期間内の全採取量(kg)，下段：湿重量割合(%)			
流れ藻捕捉調査期間		春期 2003 2/15～2/21 3/2～3/20 (26日間)	夏期 2004 6/13～7/18 (35日間)	秋期 2004 9/18～11/10 (54日間)	冬期 2004 12/9～2/10 (64日間)
No.1	天然マコンブ	17.5 44%	96.5 38%	180.7 85%	1.4 36%
	養殖マコンブ	3.4 9%	1.4 1%	-	-
	ガゴメ	19 48%	154.9 61%	32.6 15%	2.5 64%
	合計	39.9	252.8	213.3	3.9
No.2	天然マコンブ	10.7 28%	82.3 42%	380.2 81%	0.7 16%
	養殖マコンブ	4.7 12%	1.2 1%	-	-
	ガゴメ	22.8 60%	111.6 57%	87.8 19%	3.7 84%
	合計	38.2	195.1	468	4.4
総重量の 1日平均(kg)		1.5	6.4	6.3	0.1

1 6) 新規ウニ礁におけるウニ類の生態および分布状況の把握（生物調査）

調査海域周辺にはガゴメ、マコンブが海底の小砂利に着生していた。マコンブは 0～1216 g/m²，ガゴメは 315～6417 g/m² の範囲で推移した。マコンブおよびガゴメともに年による変動が大きかった（図 16）。なお、海藻現存量は 50 m² に着生している海藻と流れ藻の合計量である。

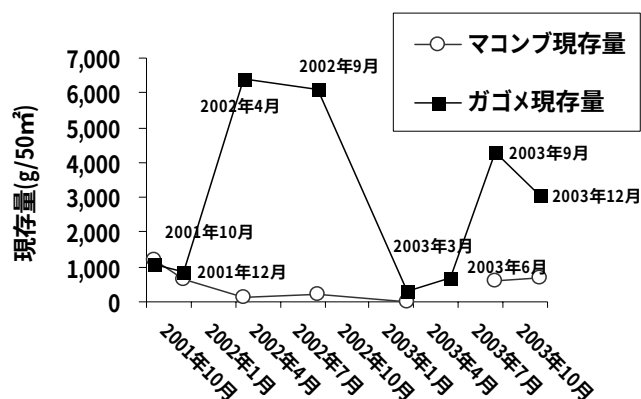


図 16 周辺海域の海藻（ガゴメ、マコンブ）現存量

調査を行った各ブロックのキタムラサキウニの分布密度を図 17 に示した。既存ブロックには 2~18 個体/m²、H13 ウニ礁には 1~14 個体/m²、H14 ウニ礁には 5~7 個体/m²のキタムラサキウニが分布していた。開発したH13 ウニ礁およびH14 ウニ礁のウニ分布密度は既存ブロックよりは低い、概して高密度でキタムラサキウニが生息していることが分かった。

各ブロックに生息していたキタムラサキウニの生殖腺指数の変化を図 18 に示した。キタムラサキウニの生殖腺指数は、既存ブロックで 2~18 %、H13 ウニ礁で 2~13%、H14 ウニ礁で 8~17%の範囲で推移した。H13 ウニ礁および H14 ウニ礁に生息していたキタムラサキウニの生殖腺指数は、既存ブロックに生息しているキタムラサキウニの生殖腺指数と大きな変わりはない。

次に平成 15 年 9 月時点の既存のブロック、H13 ウニ礁、H14 度ウニ礁に付着していたキタムラサキウニの年齢組成を図 19 に示した。

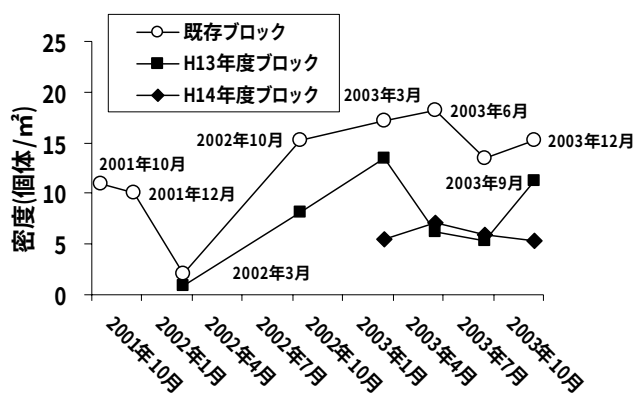


図 17 既存ブロック、ウニ礁のウニ分布密度の変化

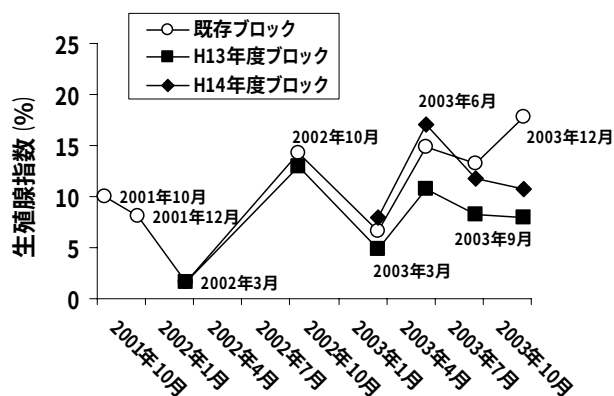


図 18 既存ブロック、ウニ礁のウニ生殖腺指数の変化

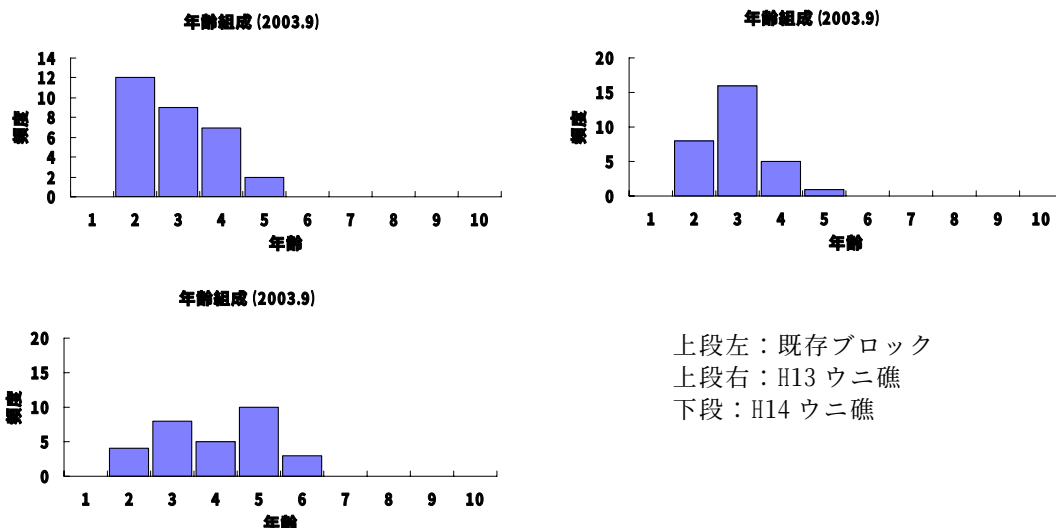


図 19 各施設のキタムラサキウニ年齢組成

平成 14 年 9 月におけるキタムラサキウニの年齢は、既存ブロックで 2~3 齢、H13 ウニ礁で 3 齢、H14 ウニ礁では 3~5 齢が比較的多く、既存ブロックと新規ウニ礁でのキタムラサキウニの年齢組成には顕著な差はみられなかった。

図 20 に H13 ウニ礁および H14 ウニ礁の海藻捕捉量を示した。H13 ウニ礁には 0～254g のガゴメ、0～131g のマコンブが捕捉されていた。H14 ウニ礁には 2～1,977g のガゴメ、947～3,157g のマコンブが捕捉されていた。また、H14 ウニ礁の海藻捕捉は北方向に多く偏っていることがわかる (図 21)。

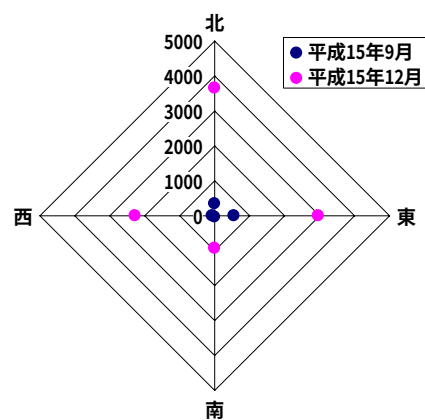
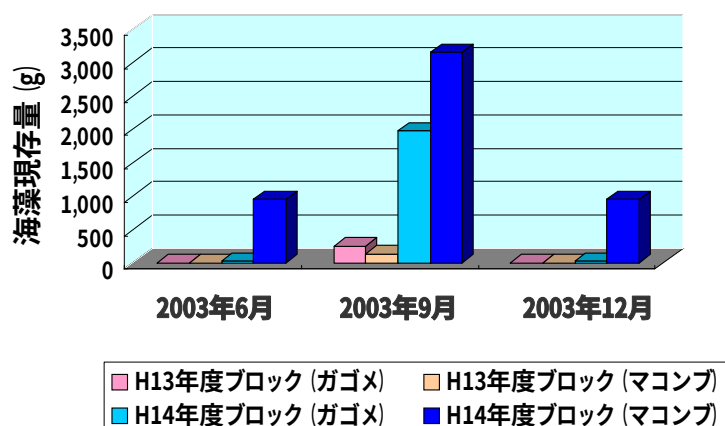


図 20 H13 及び H14 ウニ礁の海藻捕捉量

図 21 H14 ウニ礁の方向別海藻捕捉量 (g)

次に、ブロックにおけるキタムラサキウニ分布は、H13, H14 ウニ礁とも外側に多く、生息場所としてはブロック上部にも分布がみられブロック全体を生息場として利用していると思われる。H14 ウニ礁では特にブロック下部に密集して生息する傾向が強くみられ、餌料海藻の捕捉場所と生息場所 (摂餌場所) の関係が強く現れているものと考えられた (図 22, 図 23)。

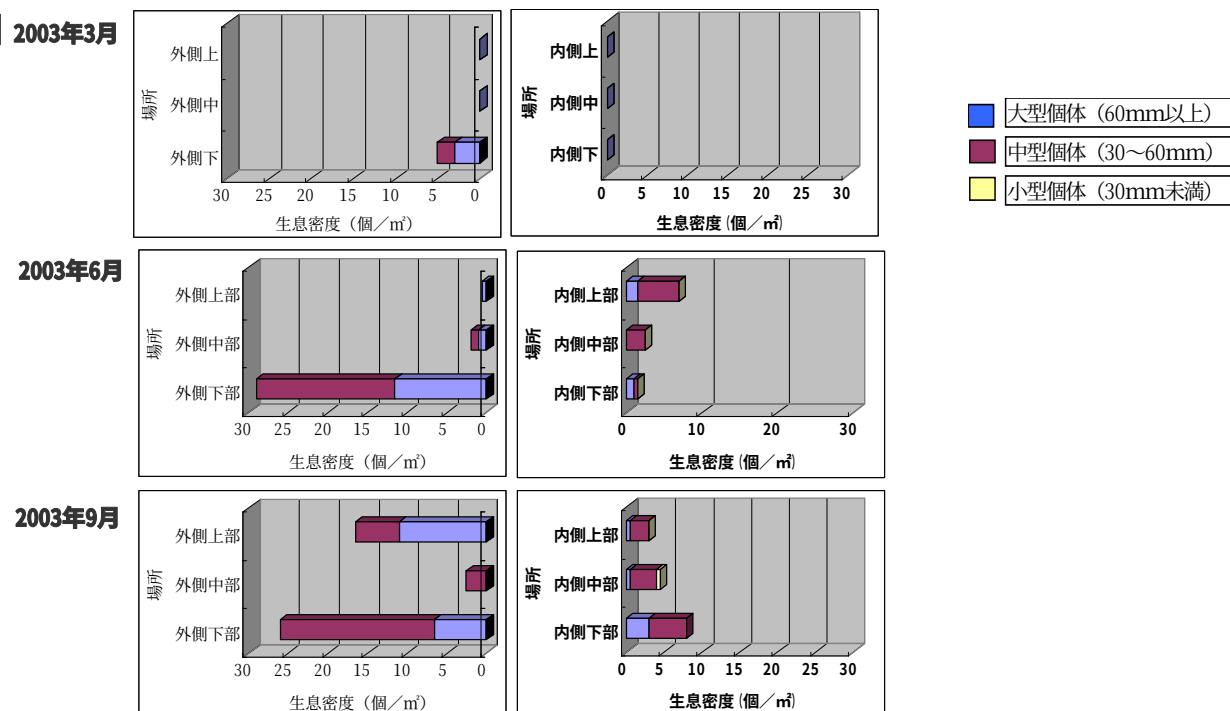


図 22 H13 ウニ礁におけるウニ分布状況

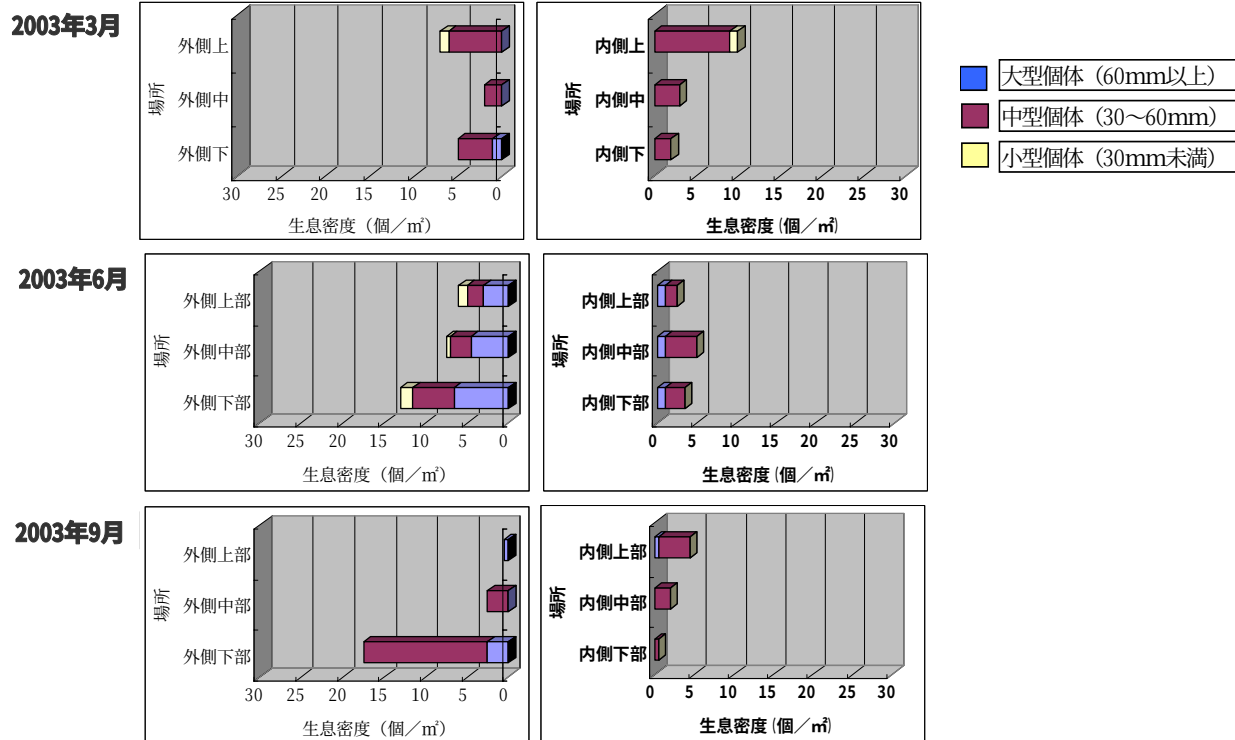


図 23 H14 ウニ礁におけるウニ分布状況

1 7) 潜水捕獲試験

ブロックに蛸集したウニについて、漁労を想定した潜水捕獲試験を行ったところ、潜水時間 20 分あたりの捕獲個数は 380 個体であった。

1 8) 試験施設周辺漁場のウニ類生態及び餌料海藻類実態調査

①天然漁場におけるキタムラサキウニの資源特性

枠取り調査における水深 25m地点(試験施設とほぼ同水深)でのキタムラサキウニの最高密度は、平成 15 年 3 月の 1.2 個体/m²であり(図 24)、調査期間を通じた平均密度は 0.3 個体/m²であった。また、水深 5~20m地点における密度は、1 個体/m²を超える時期も見られたが、調査期間を通じた平均密度は 0.03~0.5 個体/m²であった。

フリー採取によって得られた水深 25m地点でのキタムラサキウニの殻径組成のモードは、平成 14 年 9 月には殻径 40~50mm にあったが、その後、大きい方へ移行し、平成 15 年 6 月以後には殻径 60~70mm にあった(図 25)。年齢査定の結果、調査期間を通じて、平成 12 年生まれが優占していた(図 27)。

砂底のため採取が困難であった水深 20m地点を除く、水深 5~15m地点での殻径組成のモードは、調査期間を通じて 80~90mm にあり、年齢査定の結果、平成 5 年以前から平成 13 年生まれまで、幅広くみられていた。また、水深 25m地点での生殖巣指数は、調査期間を通じて、水深 5~15m地点よりも低く推移しており、最も高かった 2003 年

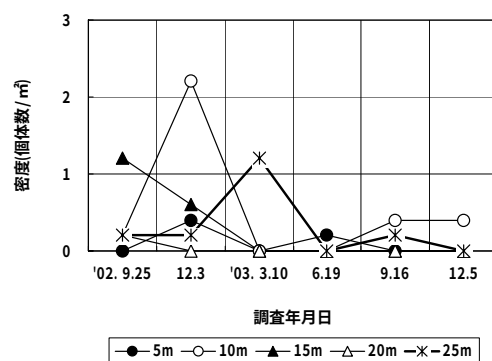


図 24 キタムラサキウニの水深別密度

6月でも水深25m地点の生殖巣指数は17.0であったのに対し、水深5～15m地点では20.8～24.6であった(図26)。

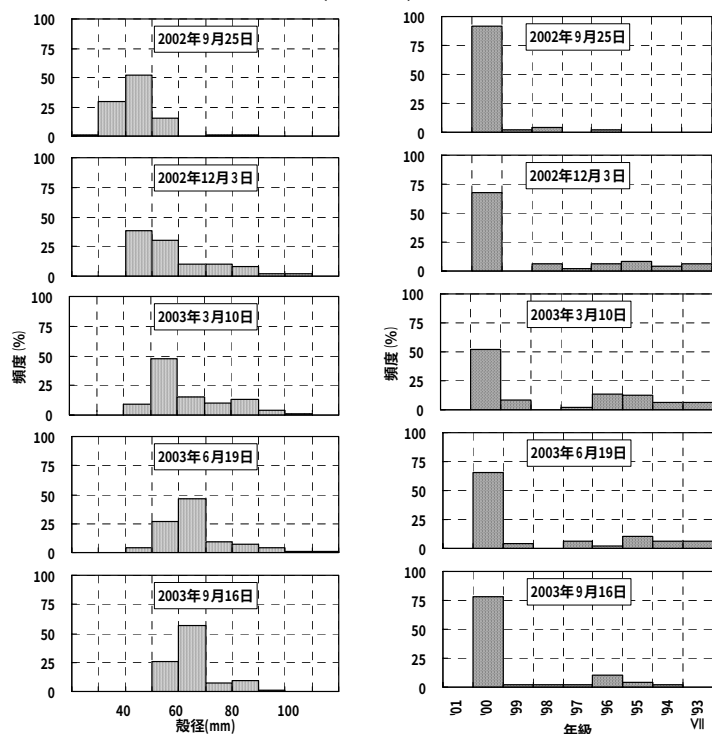
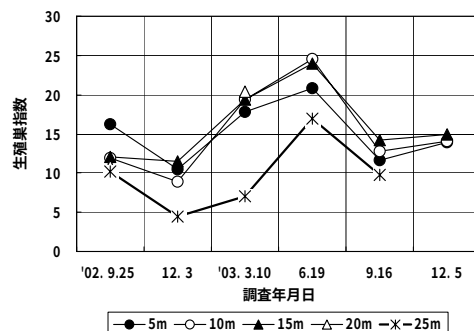


図25 キタムラサキウニの水深25m地点における殻径組成

図26 キタムラサキウニの水深25m地点における年齢組成



2003年12月5日調査の水深25m地点では採取されなかった

図27 キタムラサキウニの水深別生殖巣指数

②未利用キタムラサキウニの生息範囲と資源量

平成14年10月9日と11月25日に併せて206ヵ所、平成15年9月26日には232ヵ所で調査した結果、キタムラサキウニの水深別密度は、平成14年には水深40～50m帯で高かったが、約1年後の平成15年には密度の高い水深は前年よりも浅い方へシフトし、水深35m帯で最も高かった(図28)。また、両年とも水深70m帯でもキタムラサキウニが生息していた。殻径別の密度を見ると、2002年の調査では、殻径30mm未満のキタムラサキウニは水深50m帯で最も密度が高く、殻径50mm未満までは殻径が大きいほど高密度に生息する水深は、50mから40m帯へと浅くなる傾向が見られた(図29)。殻径50mm以上では水深40m帯の他にも深所である65～70m帯でも密度は高かった。2003年の調査では、殻径30mm未満については、密度の高い所は見られなかったが、殻径30mm以上では殻径が大きいほど高密度に生息する水深は、55mから30m帯へと浅くなる傾向が見られた(図30)。

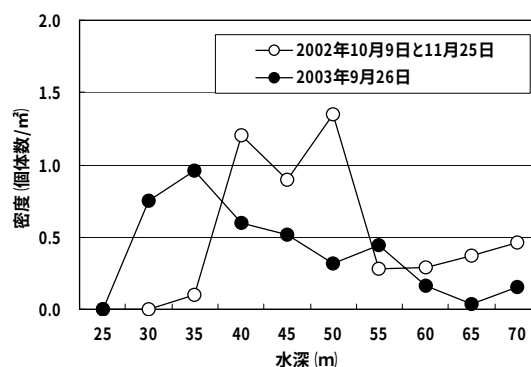


図28 深所におけるキタムラサキウニの水深別密度

水深25～70mの調査範囲の面積は漁場基本図より2.58km²と算出され、密度から資源量を求めた結果、キタムラサキウニの資源量は平成14年には約132万個体(95%信頼

区間：90～173 万個体），平成 15 年には約 106 万個体（95%信頼区間：74～137 万個体）と推定され，両年の資源量に有意差は認められなかった（有意水準 5 %）。

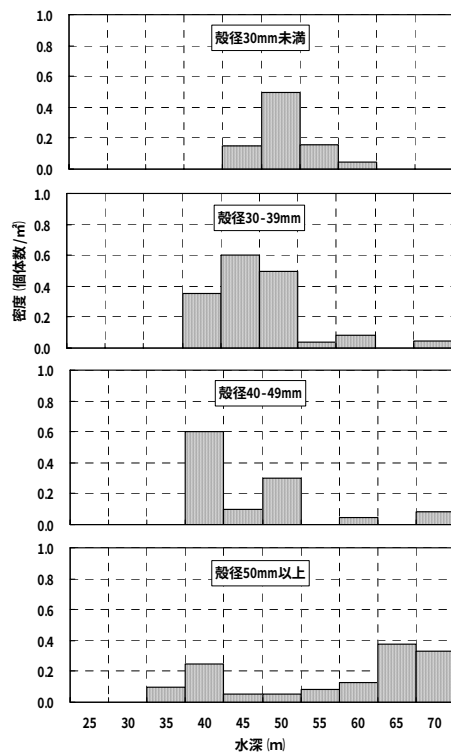


図 29 2002 年調査におけるキタムラサキウニの殻径別密度

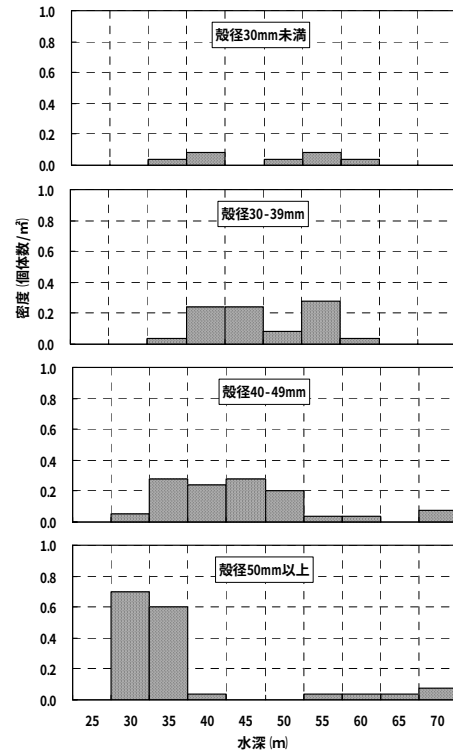


図 30 2003 年調査におけるキタムラサキウニの殻径別密度

③天然コンブ類の現存量

マコンブ現存量は 6 月に多く，水深 10m 地点では $11.9\text{kg}/\text{m}^2$ ，次いで水深 15m 地点では $5.4\text{kg}/\text{m}^2$ と高かったが，水深 5, 20, 25m 地点では $0.1\sim 1.1\text{kg}/\text{m}^2$ と低かった(図 31)．ガゴメ現存量は水深 15～25m 地点で高く，最大は平成 14 年 9 月の水深 20m 地点で $1.0\text{kg}/\text{m}^2$ であった．水深 5 m 及び 10m 地点では調査期間を通じて $0.1\text{kg}/\text{m}^2$ 以下であった(図 32)．

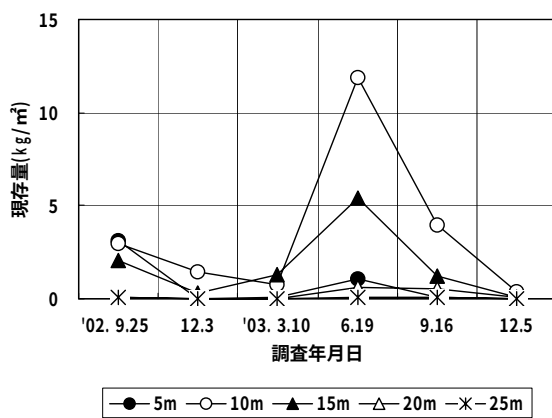


図 31 マコンブの水深別現存量

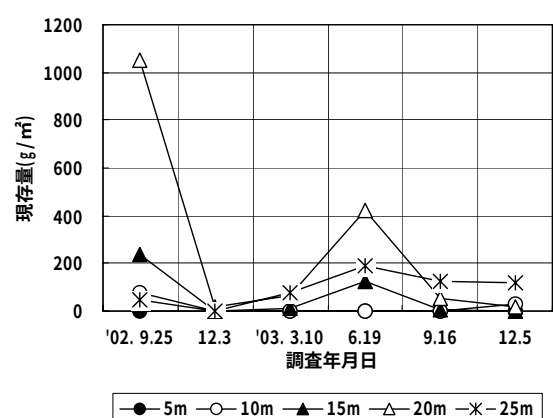


図 32 ガゴメの水深別現存量

④コンブ養殖施設からの餌料海藻供給量

試験連での間引き作業は、小安地区では1月～2月に2回行われ、間引きにより海中に供給されたマコンブ量(湿重量)は51.1トンと推定された(図33). 釜谷地区では2月に1回間引きした後も、1株当たり3～4本になるまで適宜間引いており、それらにより海中に供給されたマコンブ量(湿重量)は、74.0トンと推定された(図34).

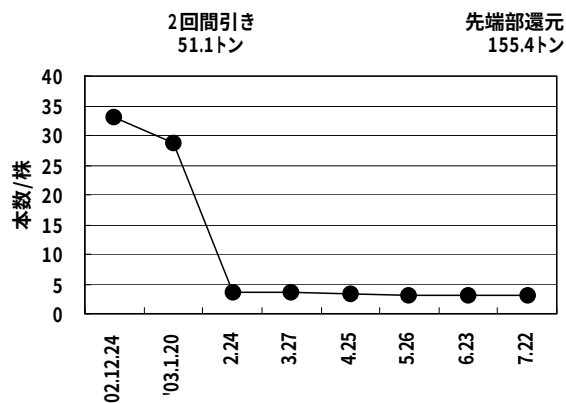


図33 小安地区養殖施設での1株当たりのマコンブ本数の推移と海中供給量

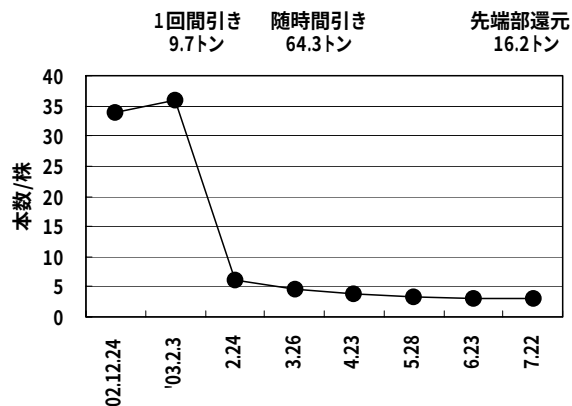


図34 釜谷地区養殖施設での1株当たりのマコンブ本数の推移と海中供給量

また、生産盛期である7月には、2地区とも枯れるなどして商品価値のない葉の先端部を洋上で切断しており、それにより海中に供給されたマコンブ量(湿重量)は、小安地区で155.4トン、釜谷地区で16.2トンと推定された。

これらのことから、両地区のコンブ養殖施設から海中に供給されたマコンブ量(湿重量)は、冬から春期にかけて125.1トン、夏期に171.6トンと見積もられた。

⑤コンブ類の漁獲量

戸井町における天然コンブの漁獲量(乾重量)は、1年ごとに豊凶が見られ、豊漁年で300～400トン、不漁年で100～200トンであり、養殖コンブの生産量(乾重量)は、400トン前後で推移していた(図35). また、天然ガゴメの漁獲量(乾重量)は、1997年度には95トンあったが、平成14年度には3.3トンと資源は急減した。

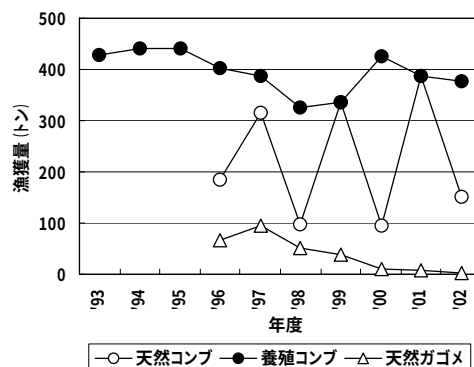


図35 戸井町でのコンブ類漁獲量の推移

考 察

19) 流れ藻捕捉装置の効果について

室内実験および現地調査から得られた結果を元に、1施設当たりの日平均利用可能流れ藻量について、投影幅(2.13m)、日平均流れ藻供給量(6.3 kg/m/day)、捕捉率(60%)、

滞留時間（3 hr）をもとに算出すると、1.00kg/day となる。

空ウニが2ヶ月程度の摂餌で利用可能な生殖巣指数まで回復するための1個体当たりの日平均摂食量を、5.4g/day（湿重量）（吾妻(1997)）とすると、許容可能なウニ個体数は約185個体となる。しかし、現地調査の蛸集量は230個であり、十分な餌供給が不可能なことから、流藻捕捉部を2.25m（現在1.5m）に改良することにより餌料供給が可能となると考えられる。

20) 現地に設置したウニ礁のキタムラサキウニ生息状況と生態特性、餌料海藻捕捉状況について

調査海域周辺の海底にはガゴメ、マコンブが着生しており、特にガゴメの現存量が多かった。ウニ類はガゴメおよびマコンブを餌料として利用する。流れ藻となったガゴメおよびマコンブを捕捉することにより、ウニ類の餌料として有効に利用できる。キタムラサキウニの現存量はH13ウニ礁およびH14ウニ礁の新規ブロックより既存ブロックで多く出現したが、H13ウニ礁およびH14ウニ礁でも2003年3月以降は5個体/m²以上の出現があり、ウニ生息場所としての機能は十分果たすことができると思われる。また、H13ウニ礁およびH14ウニ礁の生殖腺指数は3月に低くなるが、夏季から秋季にかけては10以上となっていた。

H14ウニ礁の海藻捕捉効果はH13ウニ礁より向上していることが明らかになった。

H14ウニ礁では特にブロック下部に密集して生息する傾向が強くみられることなどを考慮すると、餌料海藻の捕捉部位を中心にして高さ方向の短縮など、ブロックの高さについて小型化が可能であると思われる。

キタムラサキウニの収穫基準となる生殖腺指数は18以上であり、収穫時期には20以上となる個体もある（吾妻, 1997）との報告がある。新規設置ブロックの生殖腺指数の最大値は11.7であり、収穫基準よりやや小さい。今後大型個体が増加するにつれ、生殖腺指数が増加することが予想されるが、さらなるブロックの海藻捕捉効率の向上が望まれる。

21) 試験海域周辺のキタムラサキウニ資源量と養殖施設からのコンブ供給量について

天然漁場におけるキタムラサキウニの資源特性調査から、水深5～15m地点では平成4年以前から平成13年生まれまで幅広くみられていたのに対し、25m地点では平成12年生まれが優占していた。これは水深20m地点が砂底であるため、水深20mを境に年齢組成が異なっていたと考えられた。また、水深25m地点（試験施設とほぼ同水深）での生殖巣指数は、水深15m以浅より低く推移していたが、この要因は平成13年生まれの若齢ウニが優占したことと、餌料海藻類が少ないためと考えられた。

未利用キタムラサキウニの生息調査から、キタムラサキウニは経年的に沖から浅所に移動していると推察されるが、このことを明らかにするためには、さらに複数年追跡調査をする必要がある。また、水深70m帯でもキタムラサキウニが生息していたことより、分布下限はさらに深所にあると考えられた。さらに、殻径別密度から、殻径30mm未満のキタムラサキウニは水深50m帯を中心に密度が高かった(2002年)ため、この水深帯近辺に多く沈着し、成長に伴って深所から浅所に移動している可能性が示唆される。しかし、写真では年齢がわからないため、キタムラサキウニを採取し、年齢を確認する必要がある。これら深所での沈着場所や移動状況を明らかにすることにより、水深25～26mに設置された試験施設への補充機構も解明されると思われる。

天然コンブ類の現存量調査から、マコンブの分布の中心は水深 10～15m 帯、ガゴメの分布の中心は水深 15～25m 帯で、現存量はマコンブの方がガゴメより圧倒的に多いことが明らかとなった。試験施設近傍にはガゴメが分布するが、現存量は少ない。一方、試験施設の浅所にはマコンブが分布し、現存量も多い。今後、天然ガゴメとマコンブの試験施設への供給機構を明らかにすることが課題として残された。

試験施設の両側に位置するコンブ養殖施設での調査から、年間約 300 トンの養殖マコンブが海中に供給されていると推定された。ウニはこれらも餌料として利用していると思われるので、コンブ養殖施設の近傍に餌料海藻類捕捉機能を備えた構造物を設置することは有効だと考えられた。

2.2) 経済性の評価

(1) 機能的評価

以上の調査結果および実験結果より H14 ウニ礁を用いて、餌料となる流れ藻供給量と施設 1 基あたりで許容可能なウニの個体数を求め、ウニ増殖システムの機能的評価を行った。なお、本海域でのウニの漁獲・出荷は市場単価の上昇する年末にあわせて行われており、その前期間となる秋期が流れ藻供給量の多い期間であることから、秋期（54 日間）を検討対象期間とした。

以下に算定結果を示す。

- ・ 表 5 より、調査期間中の調査用施設での日平均流れ藻捕捉量は約 6.3kg(幅 2.0m)、H14 ウニ礁（ブロック全幅 6.03m, 45 度で投影した幅 4.26m）への日平均流れ藻供給量は $6.3 \times 2.13 = 13.4\text{kg}$
- ・ 表 3 の H14 ブロックの捕捉率（60%）より、H14 ウニ礁での日平均流れ藻捕捉量は 8.04kg/day
- ・ 水中ビデオ観測より、流れ藻滞留時間 3 時間、1 日での流れ藻滞留率は $3/24 = 0.125$
- ・ 調査期間中の流れ藻捕捉量のうち餌料として 1 日で利用可能な流れ藻量は、 $8.04\text{kg} \times 0.125 = 1.00\text{kg/day}$
- ・ 既往知見より、キタムラサキウニの生殖巣が収穫基準となる 18 以上に上昇させるためのウニ 1 個体あたりの日平均摂食量は、5.4g/day（湿重量）（吾妻 1997）
- ・ 秋期の餌料環境における H14 ウニ礁 1 基あたりで許容可能なウニ個体数は、 $1.00\text{kg} / 0.0054\text{kg} = \text{約 } 185 \text{ 個体}$ となる。現地調査により得られた 1 基当たりの蛸集量は 230 個であり、実験施設では十分な餌供給が不可能となる。
- ・ ここで、捕捉量は捕捉装置の幅に比例することから、捕捉装置の必要全幅拡幅量： $230 \div 185 \times 4.24\text{m} = 5.27\text{m}$
- ・ 流藻捕捉部を 2.25m（現在 1.5m）に拡幅し、試験礁の全幅を 5.27(m)以上に改良することにより餌料供給が可能となると考えられる。

以上より、当該システムは、①ウニ蛸集、②流れ藻捕捉、③餌料としての利用、④ウニの成熟からなる一連のシステムを機能的に満足することが判った。

(2) 経済性の評価

当該システムの事業化を念頭に置いて、経済性の評価を行った。経済性の評価は、試験海域に新たに当該システムを適用した場合を想定して、費用対効果分析を用いて行った。なお、ここでは、事業規模は仮定せず、施設 1 基当たりについて分析を行った。以下に、費用対効果分析の結果を示す。

①漁獲可能資源の維持・培養効果（増殖場整備による生産量の増加）

- i) 総増産量:27.2kg (着生個数:5.3 個/m², 基質面積:44.2m², 重量:0.116kg/個)
- ii) 総増産金額:46,838 円 (産地単価:1,722 円/kg)
- iii) 深浅移植経費:3,978 円 (移植放流数:234 個, 移植単価:17 円/個)
- iv) 捕獲経費:20,563 円 (潜水土:5 万円(0.5hr), 能力:1140 個/hr=132.2kg/hr, 単価:756 円/kg)
- v) 販売手数料:2,341 円 (手数料率:5%)
- vi) 総経費 26,882 (深浅移植経費+捕獲経費+販売手数料)
- vii) 年間便益額:19,956 円**

②漁業外産業への効果 (出荷課程における流通業の生産量の増加効果)

- i) 消費地小売単価:4,861 円/kg (消費地卸売単価:2,371 円/kg, 流通価格費:2.05)
- ii) 発生便益: 85,368 円 (増産量×(小売単価-卸売単価))
- iii) 付加価値増加額:44,305 円 (流通過程付加価値率:51.90%)**

③費用対効果

- i) 純便益額: 64,261 円 (漁獲可能資源の維持・培養効果+漁業外産業への効果)
- ii) 総便益額: 1,111,202 円 (耐用年数:30 年, 社会的割引率:4.0%/年)
- iii) 総費用額=事業費:600,000 円 (単年度施工)
- iv) 費用便益比率 (B/C) :1.85**

以上より、当該システムは事業化に当たって上記条件設定において費用便益率が 1.85 となり、経済性を満足することが解った。

2 3) キタムラサキウニの資源特性

天然漁場におけるキタムラサキウニの資源特性調査から、水深 5～15m 地点では 1993 年以前から 2001 年生まれまで幅広くみられていたのに対し、25m 地点では 2000 年生まれが優占していた。これは水深 20m 地点が砂底であるため、水深 20m を境に年齢組成が異なっていたと考えられた。また、水深 25m 地点(試験施設とほぼ同水深)での生殖巣指数は、水深 15m 以浅より低く推移していたが、この要因は 2000 年生まれの若齢ウニが優占したことと、餌料海藻類が少ないためと考えられた。

2 4) 未利用キタムラサキウニの生息

未利用キタムラサキウニの生息調査から、キタムラサキウニは経年的に沖から浅所に移動していると推察されるが、このことを明らかにするためには、さらに複数年追跡調査をする必要がある。また、水深 70m 帯でもキタムラサキウニが生息していたことより、分布下限はさらに深所にあると考えられた。さらに、殻径別密度から、殻径 30mm 未満のキタムラサキウニは水深 50m 帯を中心に密度が高かった(2002 年)ため、この水深帯近辺に多く沈着し、成長に伴って深所から浅所に移動している可能性が示唆される。しかし、写真では年齢がわからないため、キタムラサキウニを採取し、年齢を確認する必要がある。これら深所での沈着場所や移動状況を明らかにすることにより、水深 25～26 m に設置された試験施設への補充機構も解明されると思われる。

2 5) 天然コンブ類の現存量

天然コンブ類の現存量調査から、マコンブの分布の中心は水深 10～15m 帯、ガゴメの分布の中心は水深 15～25m 帯で、現存量はマコンブの方がガゴメより圧倒的に多いこと

が明らかとなった。試験施設近傍にはガゴメが分布するが、現存量は少ない。一方、試験施設の浅所にはマコンブが分布し、現存量も多い。今後、天然ガゴメとマコンブの試験施設への供給機構を明らかにすることが課題として残された。

2 6) コンブ養殖施設からの供給量

試験施設の両側に位置するコンブ養殖施設での調査から、年間約 300 トンの養殖マコンブが海中に供給されていると推定された。ウニはこれらも餌料として利用していると思われるので、コンブ養殖施設の近傍に餌料海藻類捕捉機能を備えた構造物を設置することは有効だと考えられた。

適 用

2 7) まとめ

現地調査及び室内実験の実施による検討結果として、流れ藻捕捉装置付きウニ増殖システムの開発コンセプトを概ね満足する結果が得られた。本調査により得られた結果を以下に示す。

- ① 安定性に実績があり、表面積が大きく、隠れ場を有する構造・形状でダイバーによる捕獲がしやすい円筒形魚礁を用い、鋼製の捕捉装置を付加したブロック施設を開発した。
- ② 施設の流れ藻捕捉率は、H13 試験ブロックで 48%、H14 試験ブロックで 60%、改良ブロックで 70%であった。
- ③ 実証試験海域での四季別日平均流れ藻量は、春期で 1.5kg(26 日間)、夏期で 6.4kg(35 日間)、秋期で 6.3kg(54 日間)、冬期で 0.1kg(64 日間)であった。
- ④ 当該システムは戸井沖を想定した条件設定において費用便益率が 1.85 となり、経済性を満足する。
- ⑤ 天然漁場における水深 25m(試験施設とほぼ同水深)でのキタムラサキウニの平均密度は 0.3 個体/m²であり、2000 年生まれが優占し、生殖巣指数は水深 15m 以下より低く、最も高い 6 月でも 17.0 であった。
- ⑥ 水深 25~70mでのキタムラサキウニの資源量は 74~173 万個体と推定され、水深 50m 帯に多く沈着し、成長に伴って深所から浅所へ移動している可能性が示唆された。年齢を確認することと、さらに複数年追跡調査を実施し、餌料海藻類捕捉機能を備えた構造物への補充機構まで解明する必要がある。
- ⑦ ウニ増殖システムの検討により、秋期(54 日間)での流れ藻捕捉量に対し、H14 試験ブロック 1 基あたりで許容可能なウニ個体数は 185 個体と推定された。しかし、現地海域ではそれ以上の分布が確認されていることから、現地条件を十分に考慮



写真 6 H14 ウニ礁

(平成 15 年 7 月 撮影)

して捕捉部の改良（延長他）により対応する必要がある。

- ⑧ 天然マコンブ及びガゴメの分布水深帯や現存量は明らかとなったが、それらの餌料海藻類捕捉機能を備えた構造物への供給機構を明らかにすることが課題として残された。
- ⑨ 2地区のコンブ養殖施設からは、冬～春期にかけて間引きにより約 125 トン、夏期の出荷時には約 172 トンの養殖マコンブが海中に供給されていると推定された。
- ⑩ 戸井町における天然ガゴメの漁獲量は、1997 年度以降急激に減少していた。

2 8) 課題

流れ藻捕捉装置付きウニ増殖システムの確立に向けて、上記の結果以外に残された検討事項を整理し、今後の課題として以下に示す。

- ① 流れ藻捕捉装置（現在、高さ 0.5m×幅 1.5m の鋼製格子状構造物を 90°おきに 4 枚装着）の拡張や枚数の増加（改良礁では 60°おきに 6 枚装着）、格子の細分化等の改良による効果の検討
- ② 施設の群体配置による効果の検討
- ③ ウニ増殖システムのウニ出荷サイクルの検討
- ④ 収穫後のウニの再増殖するまでの時間の把握
- ⑤ 深浅移植によるウニ個体数確保の可能性検討

以上。