

# 久遠漁港における 藻場機能回復への取り組みについて — 背後小段を備えた潜堤構造の効果 —

函館開発建設部 江差港湾事務所 工務課 ○佐藤 篤志  
佐藤 亘  
株式会社アルファ水工コンサルタンツ 岩倉 祐二

久遠漁港周辺海域は、磯焼けの進行に伴い藻場の消失が著しく、海藻を餌とするウニ・アワビの漁獲への影響が深刻化している。この課題に対して、「磯焼け対策緊急整備事業計画」を策定し、南防波堤・南護岸に越波対策を図るとともに藻場創出機能を確保するため背後小段を備えた潜堤構造を取り入れ、平成26年度までに一部を概成させた。

本報告では、計画概要から概成後1年のモニタリング調査結果について報告するものである。

キーワード：再生・回復、磯焼け、潜堤、背後小段

## 1. はじめに

久遠漁港(図-1)は、北海道南西部日本海側のせたな町(大成区)に位置する第3種漁港であり、奥尻島を含む周辺海域はイカ釣りの優良漁場であることから、北海道をはじめ、全国のイカ釣り外来船等の基地港として重要な役割を担っている。

本漁港では、ヒラメ海中飼育事業やアワビ養殖試験事業・稚ナマコの間育成事業など、つくり育てる漁業に取り組んでいる。また、地域の水産物流拠点として、安全安心な水産物を消費者に供給するための衛生管理の取り組みを推進するなど、地域における先駆的な役割を担っている。

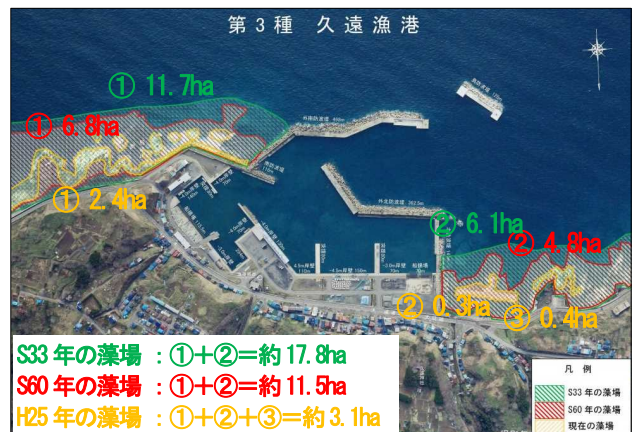


図-1 久遠漁港の位置図

一方、久遠漁港周辺海域(以下、当海域と言う)では、昭和から平成にかけて藻場の磯焼けが進行し(写真-1)、近年はコンブやウニ等の漁獲が激減している状況であるが、せたな町をはじめ、地元漁業者が中心となって平成21年度より各種補助を受けて、久遠地区においてウニ密度調査、海藻着生状況調査、動物生息状況調査のほか、植食動物であるキタムラサキウニの駆除活動、ホソメコ

Atsushi Sato, Toru Sato, Yuji Iwakura

ンプのスポアバックの設置等、磯焼け対策および藻場の保全活動を積極的に展開しているところである。



出典：S33、S60「中央水産試験場(北海道立総合研究機構)の藻場調査の結果」、H25「函館開発建設部の海域生態調査の結果」より

写真-1 久遠地区における藻場面積の推移

これらの状況を踏まえ、開発局では平成26年5月に「磯焼け対策緊急整備事業計画」を策定し、越波対策として実施予定であった南防波堤(改良)および南護岸(改良)について、藻場造成機能を有した構造へ変更し、同年に一部を概成させたところである。

本報告では、ハード対策と藻場造成に向けたソフト対策および概成後1年のモニタリング結果について報告するものである。

## 2. 磯焼け要因と対策方針

### (1) 磯焼けの要因

当海域における磯焼けの要因は、既往の海域生態調

査の結果(H20～H25)より、以下の点が要因と考えられた。

- 日本海南西部は、暖流域での高水温・貧栄養による海藻の生産性の低下。
- 長期間に渡る磯焼けにより母藻が不足し、胞子の供給量の減少。
- キタムラサキウニを主とする大型植食動物の過度の食害。

このうち、平成25年度の海生生態状況調査においては、磯焼けが顕著なほか表-1のとおり、キタムラサキウニの個体数が適正密度2～3個/㎡に対して平均で8～9個/㎡と、生息密度が過密な状態であることが分かった。

表-1 調査測線とキタムラサキウニの個体数(個/㎡)

基点距離	0m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
測線2	7	12	12	7	4	8	0	8	4	11	6
測線3	17	19	16	5	16	12	2	7	13	2	1



## (2) 対策方針

このことから当海域における藻場造成にあたっては、以下の点をポイントとして実施することとした。

- 藻場の成長を促す観点から、ウニの藻場への適正な侵入防止対策。
- 過剰なウニの摂餌の抑制の観点から、ウニの密度管理と育成管理。
- 周辺水域への栄養塩の供給を図るため、施肥機能の導入。

## 3. 事業計画の概要(ハード対策整備)

### (1) 事業計画範囲

事業対象箇所として、周辺海域のうち磯焼けが顕著でかつ、直轄事業実施予定箇所と合致する箇所を選定した結果、越波対策として整備予定であった南防波堤(改良)および南護岸(改良)(以下、当該箇所と言う)のL=315.4m(図-2)の範囲内を対象箇所とした。

### (2) 構造検討

消波機能と合わせ、前述2.(2)の対策方針のうち、ウニの適正な侵入防止対策として、潜堤構造を導入した。また、潜堤構造については、以下の項目に留意して構造を決定した。

#### ■潜堤による透過波高の低減

潜堤の整備による効果(越波対策)は、天端水深を浅くすることで、砕波点を強制的に沖側へ移動させ、南防波堤・南護岸に到達する波のエネルギーを低減させる構造とした。また、設定した潜堤の天端高は、消波ブロック

が水面より突出しない水深としてL.W.L-0.5mで設定した。

#### ■背後小段による流動の促進

背後小段(高天端)の整備による効果は、天端上の波浪流速を大きくすることで、秋季(コンブ遊走子固着期)から春季(コンブ発生、生長初期)に、ウニによる摂餌圧を減少させる構造とした。設定した天端高は、コンブの初期発生段階(2、3月頃)から春先(4、5月)までの流速が重要との竹田ら(1999)<sup>3)</sup>の報告に基づき、同時期の小段上の有義流速が25cm/s以上でかつ発生頻度が40%以上となる天端高とした。

このほか、数値波動水路(CADMAS-SURF)等により所要の性能を得られたことが検証された幾つかの天端高の内、L.W.L-1.5mを採用した。

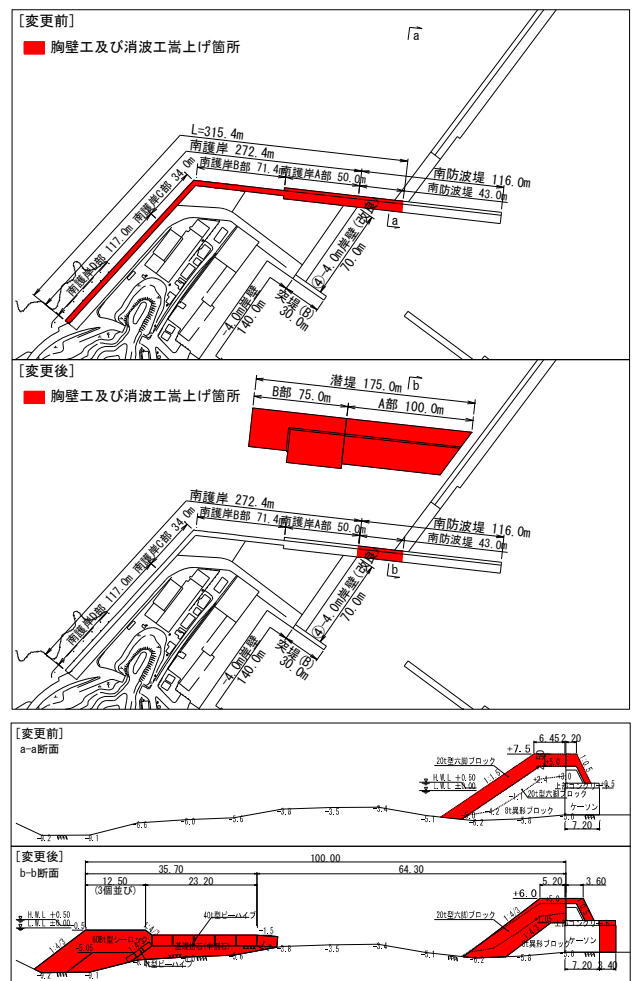


図-2 変更前(上段)、変更後(下段)の整備範囲(平面、横断面)

#### ■ブロック形状による藻場創出効果

海藻が繁茂しやすい凹凸を有した環境配慮型ブロックとし、自然調和型防波堤として平成23年度に完成した島防波堤での事例(写真-2)を基に、60t・40t型シーロック(潜堤)、40t・16t型ビーハイブ(背後小段)を採用した。



凹凸付き消波ブロック 凹凸付き被覆ブロック  
写真-2 島防波堤の藻場繁茂状況(平成24年7月撮影)

これらの検討結果を踏まえ、越波対策として必要な潜堤整備延長をL=175.0m(図-2)とした。また、当初計画された嵩上げ必要延長は、南防波堤(改良)L=43.0mのみとなったほか、図-2のとおり天端高も+2.5m嵩上げに対して、+1.0mへ低下させる事が可能となった。

表-2 対策内容

対策方針	課題	着眼点	対策の内容
■藻場の成長を促す観点から、ウニの藻場への適正な侵入防止対策。 課題：a	a) ウニの食害	・ウニの再加入の防止 ・摂餌圧の抑制 ・コンブ(海藻)の繁茂	・ウニフェンス ・ウニ駆除
	b) コンブ遊走子の供給不足	・コンブ天然遊走子の有無 ・子囊斑形成までのコンブ残存	・母藻ロープ(種糸付き) (種糸なし)
■過剰なウニの摂餌の抑制の観点から、ウニの密度管理と育成管理。 課題：a/b/d	c) 栄養塩不足	・小段上と施肥パネルに発芽したコンブの葉長の違い ・生長の違いから栄養塩が足りる、足りないを判断	・施肥パネル
■周辺水域への栄養塩の供給を図るため、施肥機能の導入。 課題：c	d) 石灰藻による付着基質不足	・剥離面と未剥離面で海藻の発生状況の比較 ・石灰藻が海藻着生の阻害要因となるか、ならないか	・岩盤剥離(剥離面) (未剥離面)

#### 4. 事業計画の概要(ソフト対策)

##### (1) 事業計画範囲

ソフト対策範囲は、潜堤整備範囲により囲われたA=1.1haを対象範囲(以下、試験区と言う)として設定した(図-3)。

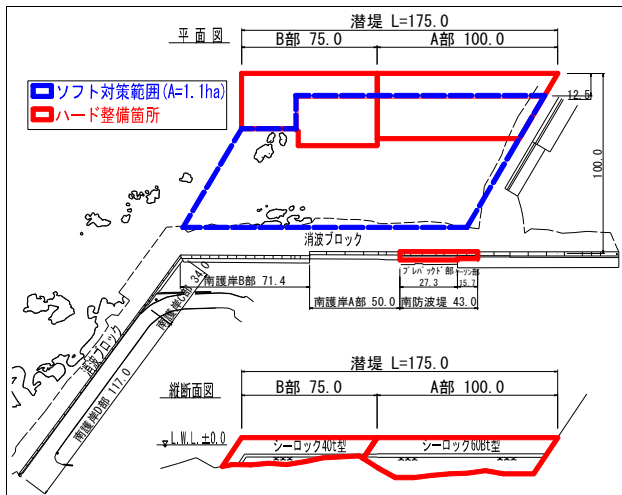


図-3 整備計画(平面、縦断面図)

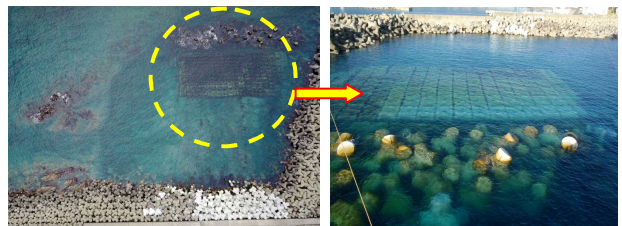


写真-3 H26年度整備後状況

##### (2) ソフト対策概要

ソフト対策については、工事終了後の11月から対策を講じ、その後モニタリング調査を実施した(表-3)。

表-3 ソフト対策のスケジュール

項目/年月日	H26		H27										H28				
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	
1. ウニフェンス	☆												○				
2. ウニ駆除	☆		☆						☆					☆			
3. 母藻ロープ	☆		☆	○					○	○			○				○
4. 施肥ブロック	☆			○					○	○			○				○
5. 岩盤剥離	☆			○					○	○			○				○
6. 藻場調査				○					○	○			○				○

☆：対策実施、○：モニタリング

##### (2) 対策検討

前述2. (2)の対策方針のうち、ウニ密度適正管理および栄養塩の供給、母藻の育成管理に留意して、以下のとおり対策を講ずることとした(表-2)。

#### 5. 工事実施とソフト対策概要

##### (1) 工事実施概要

工事は第1期として、図-3に示す南防波堤側(A部 L=100m)を平成26年度に整備した。また、整備時期はウニ漁終了後の8月から10月に掛けて実施した。(写真-3)

##### a) ウニフェンス・ウニ駆除

背後小段と南防波堤前面の消波ブロックとの間(試験区)を塞ぐようにウニフェンス(約45m)を設置した(図-4)。

試験区は、1面が小段(流動促進策)、2面は南護岸、外南防波堤で囲まれ、冬季の高波浪時にウニの侵入がないとの条件で、ウニフェンス(侵入防止策)は1面のみ設置した。更に、試験区の小段上および背後の岩盤(3,200㎡)は、海藻繁茂が可能なウニの生息密度を保つため、コンブ遊走子の固着期等にウニ駆除を実施した。

##### b) 母藻ロープ

背後小段と南護岸前面の消波ブロックとの間(約40m)を繋ぐように、2本の母藻ロープを水面下-1.0mとなるよ

うに試験区に設置した(図-4)。

設置した母藻ロープの内、1本はコンブの種糸を挟み込んだロープ(K1)、1本はコンブの種糸を挟み込んでいないロープ(K2)とした。

### c) 施肥パネル

背後小段である40t型ビーハイブ(6基/1列)を2列(BL1、BL2)選定し、天端面に計24個の施肥パネル(39×39×15cm)を設置した。また、同様に40t型ビーハイブ1列(BL3)を選定し、コンクリートの天端(計12面)を対照面として設定した(図-4)。

本対策では、染み出た箇所に着生した海藻へ直接効果のある栄養塩添加の施肥パネルを採用した。

### d) 岩盤剥離

小段背後の岩盤に4区画(A~D)を選定の上、1区画あたり4面(各1㎡)の試験箇所を設定した(計16面)。

試験箇所4面の内、2面は削岩機で石灰藻を剥離した試験面(剥離面)、残り2面は石灰藻を剥離しない対照面(未剥離面)と設定した(図-4)。

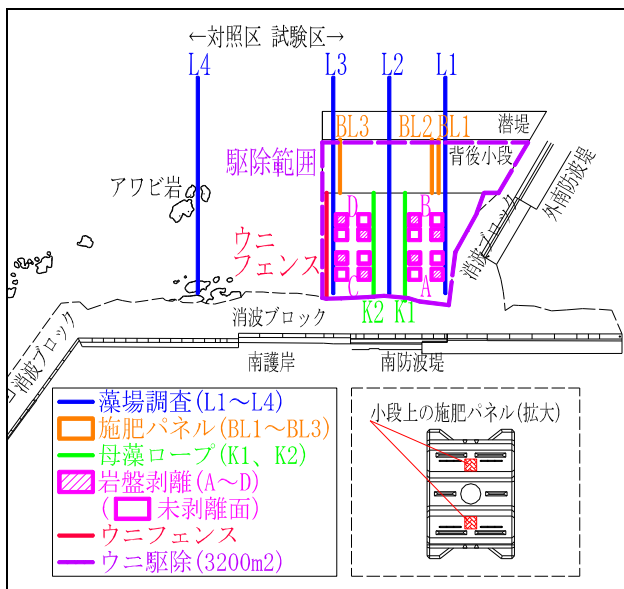


図-4 藻場調査とソフト対策試験の調査箇所

## 6. モニタリング調査の結果

### (1) モニタリング調査内容

藻場調査は、南防波堤側を基点(0m)とし、沖側に110mとなる測線を4本設定の上で1㎡枠を用いた定点での動植物の目視観察、枠取り等を実施した。測線は、南外防波堤側からハード、ソフト対策箇所を含んだ試験区に3測線(L1~L3)、隣接するアワビの優良漁場(アワビ岩)を対照区として1測線(L4)を設定した。

ソフト対策箇所「ユニフェンス及びユニ駆除、母藻ロープ、施肥パネル、岩盤剥離」においても、定点での

動植物の目視観察等を実施した(図-4)。

### (2) モニタリング調査の結果

潜堤および背後小段(以後：小段)の概成後の調査結果から、ハード対策及びソフト対策の効果について以下に考察する。

#### a) 藻場調査の結果

- H27. 2、潜堤で早期のワカメ、コンブが発生。
- H27. 6、小段上はコンブを含む褐藻、紅藻が優占種。ウニの生息密度が増加。
- H27. 7、小型海藻が消失し、潜堤、小段上でコンブが生長。ウニの密度が増加。アワビの加入、蛸集。
- H27. 10、コンブ、その他海藻も全て消失。
- H28. 2、発生の早い緑藻、紅藻やワカメが繁茂。コンブ、ワカメが繁茂しやすいのは水深の浅い潜堤、小段上であり、小段より水深が深い陸側及び沖側岩盤では持続的にウニは高密度で生息し、コンブの着生は確認されない(図-5、写真-3)。一方、対照区のアワビ岩周辺も浅い水深帯はワカメ、コンブが着生し、ウニは高密度で生息する傾向にあった。

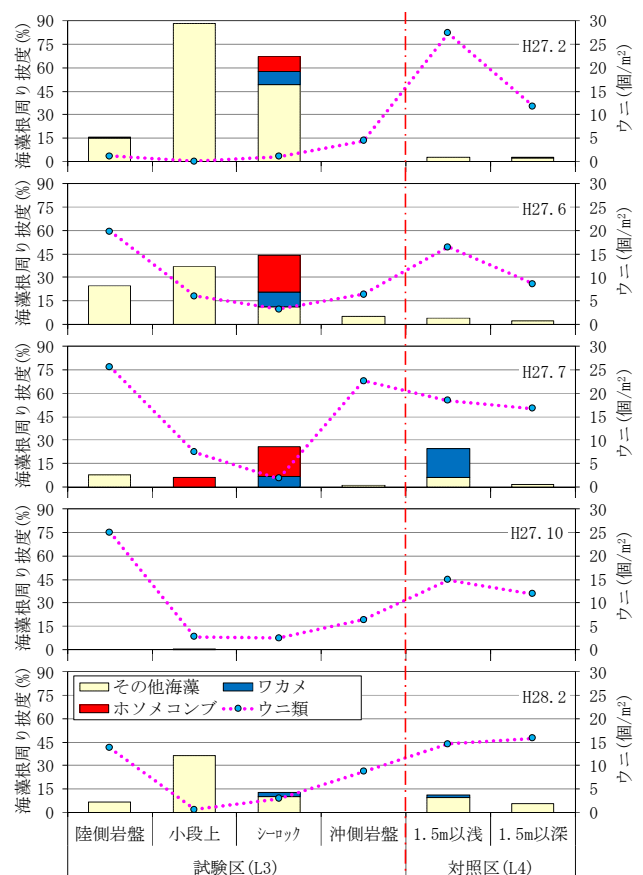


図-5 試験区(L3)と対照区(L4)における海藻平均被度とウニ平均個体数の比較

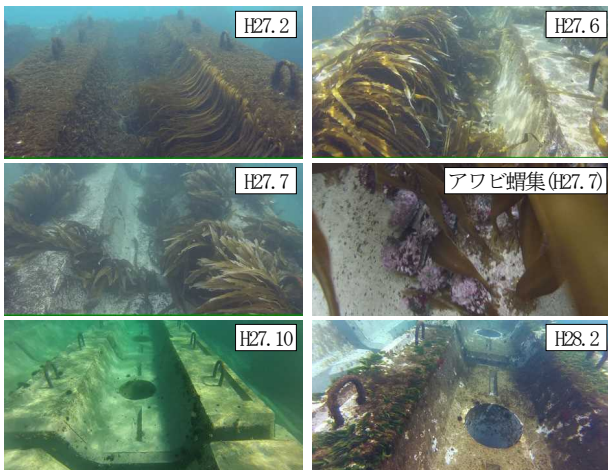


写真-4 小段上の海藻繁茂、衰退状況及びアワビの蠣集

b) ウニフェンス及びウニ駆除による効果

- H26. 11、フェンス設置直後の試験区は、ウニの生息密度が 35.0 個/m<sup>2</sup> と高密度の磯焼け(図-6)。
- H27. 2、小段上の流速増加とフェンスの侵入防止効果から駆除以降のウニの再加入は 5.7 個/m<sup>2</sup> と低密度(約 83%減少)で推移。小段上に海藻繁茂を確認。
- H27. 7、ウニの摂餌行動で、駆除以降の再加入は 12.8 個/m<sup>2</sup> まで増加。小段上にコンブの着生、残存。
- H27. 11、ウニの再加入は前回とほぼ同じ 13.1 個/m<sup>2</sup>。小段上のウニは、冬季に低密度、春季～秋季は磯焼け状態時の 1/3 程度の密度で推移していた。また、夏季には、ウニの身入りで試験区内と試験区外で違いが確認された(写真-4)。

その一方、1 年経過後のウニフェンス(刺し網)は、素材の硬化によるウニ侵入防止効果の低下が著しく、素材の耐久性と定期的な交換が課題と考えられた。

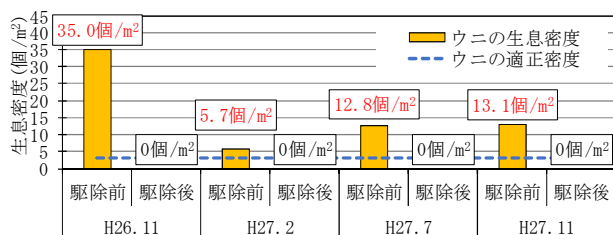


図-6 ウニ駆除前後における試験区内のウニ生息密度



写真-5 ウニの生殖腺(H27.6) (左: 試験区外, 右: 試験区内)

c) 母藻ロープの効果

- H27. 2、種糸付き、なしにコンブが発生(H27 発生群)。
- H27. 6、遅れて発生したコンブと葉長が伸びたコンブが混在。

ブが混在。

- H27. 10、母藻ロープ(種糸付き、なし)に、子囊斑を形成したコンブが残存(一部、H28. 2まで)。

- H28. 2、種糸効果なしの母藻ロープに H28 発生群として、次世代のコンブが発生(写真-5)。

図-7 のとおり H27 発生群のコンブは、種糸から発生した方が、着生本数が多く、自然発生に比べて優位であった。また、H27. 10 以降に子囊斑を形成して残存したコンブは「遊走子の供給源」として有効であると考えられる。更に、種糸なしロープにもコンブが発生しており、当海域(試験区)に「遊走子の自然供給」があると考えられた。

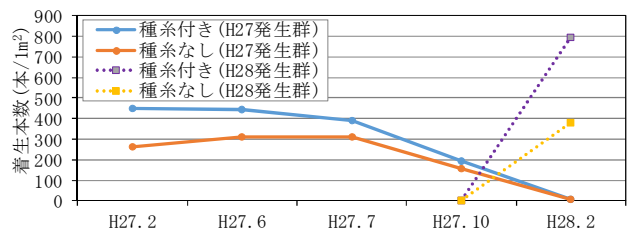


図-7 母藻ロープにおけるコンブ着生本数の推移

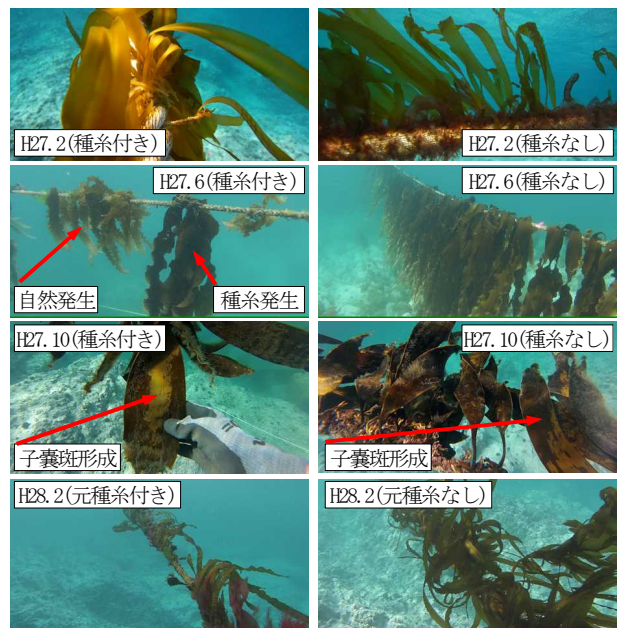


写真-6 コンブの発生から衰退、再発生までの推移

d) 施肥パネルの効果

- H27. 2、褐藻、紅藻の海藻に混じってコンブが発生。
- H27. 6、H27. 7、コンブ以外の褐藻、紅藻は減少し、コンブが大きく生長(季節的な生え変わり)。
- H27. 10、施肥パネルから海藻は消失し、H28. 2 に再度コンブを除く海藻が発生(写真-6)。

図-8のとおり小段上に比べて、施肥パネル上は平均葉長に有意な差が確認された(BL1とBL2の間に有意な差はない)。また、コンブの殆どは、施肥パネルの側面、角に繁茂するが着生本数は少なく、表面での繁茂は極僅か

であった。施肥の効果は表面上に限られ、周囲小段上への波及効果は見受けられなかった。

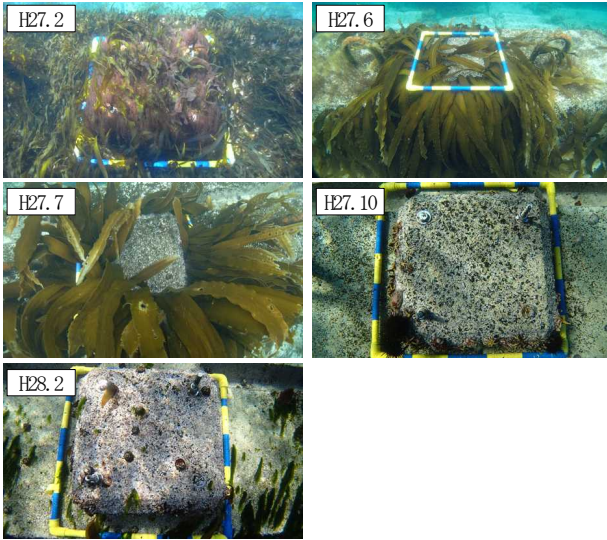


写真-7 代表施肥パネルにおける海藻繁茂の推移

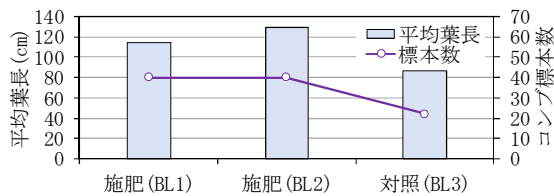


図-8 施肥パネルと小段上のコンブ平均葉長の比較 (H27.6)

### e) 岩盤剥離の効果

- H27.2、剥離面には薄っすらと珪藻が繁茂。
- H27.6、フクロノリが繁茂、コンブの発生はない。
- H27.7、海藻は消失(フクロノリは季節的消長)し、H27.10、H28.2には海藻の着生はない(写真-7)。

海藻の着生は剥離、未剥離で差異は見られなかった。また、石灰藻を剥離することが海藻繁茂(特にコンブ、ワカメの有用種)に有効かの判断までには至らなかった。

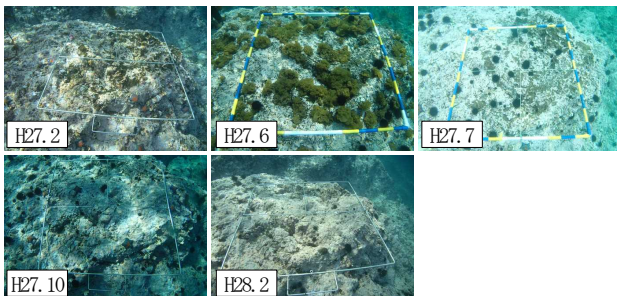


写真-8 代表剥離面における海藻繁茂の推移状況

## 7. まとめと今後の課題

### (1) ハード対策

背後小段では、当初計画のとおり冬季のウニ侵入防

止効果を発揮し、春季にはコンブ、ワカメの繁茂、それに伴いアワビの加入、蛸集が見られ、ウニの身入りも改善されるなど一定の効果が確認されたと考える。

ただし、小段上ではコンブの繁茂が一樣ではなく、着生量は沖側に多く、生長においても沖側が有利であった。これは、潜堤上を移流拡散する遊走子や外洋からの栄養塩フラックス(濃度×流速、海藻への吸収を左右)の違いによることを示唆しており、安定的な海藻繁茂が課題と考える。

### (2) ソフト対策

海藻繁茂のサイクルを1年間追跡調査した結果、ウニフェンス、ウニ駆除などの手法は、密度・育成管理対策として一定の効果が得られたと考えたが、ウニフェンスについては、耐久性に課題があることが判明したため、メンテナンス頻度等について課題がある。

また、課題の一つであったコンブの遊走子不足に対しては、種糸付き母藻ロープを導入したほうが発生量が多く、結果的に母藻として残存する本数も多くなる結果であった。このことから母藻ロープによる遊走子供給について、一定の効果が得られたと考える。

一方、施肥パネルや岩盤剥離については、今後も継続して経過観察する必要はあるが、有効性について課題がある。

## 8. おわりに

ハード対策としての潜堤整備(背後小段付き)については、完成に向けて事業を継続する計画としており、完成後に改めて機能確認調査を予定している。

また、ソフト対策については、今後もモニタリングを継続し、各種対策の有効性および藻場回復状況について検証予定である。このほか、平成28年度からは、せたな町をはじめ地元漁業者も当該箇所においてウニ駆除を開始するなどの動きもあることから、地元と連携し、事業完了後の継続した藻場造成活動の方向性についても検討を進める予定である。

### 参考文献

- 1) 北海道立水産試験場(1992)：北海道南西部大成町の磯焼け研究報告38号
- 2) 藤田大介(1987)：北海道大成町の磯焼けに関する聴取り調査 水産増殖35巻3号
- 3) 水産庁(2007)：磯焼け対策ガイドライン(H27.3改定)
- 4) (一社)寒地港湾技術研究センター(1998)：寒冷地における自然環境調和型沿岸構造物の設計マニュアルー藻場・産卵機能編ー
- 5) 竹田義則、坪田幸雄、永田晋一郎、袖野宏樹(1999)：自然環境調和型構造物における藻場の流速とウニの食害に関する研究 海岸工学論文集, 第46巻 pp. 1221-1225