

といった大規模な環境変化等によって、当初期待された自然環境調和型沿岸構造物の環境調和機能が低下する事態が増加している。特に、北海道日本海側での藻場の消失（磯焼け）が深刻な問題となっており、同地域に整備された自然環境調和型構造物における藻場機能の低下が懸念され、早急な対策が求められている。

本研究は、これまで整備された積雪寒冷地における自然環境調和型構造物の藻場機能の維持・管理技術の開発を行うものである。平成 23 年度は、現地調査等による現状把握と同機能の低下原因の分析を行い、コンクリート構造物としての機能維持・管理のための課題整理、対策手法の検討を行った。平成 24 年度および 25 年度は現地実証試験における効果検証を行い、環境変動に伴う自然環境調和型沿岸構造物の維持管理手法に係わる事業計画を検討した。特に、事業実施においてはモニタリングの徹底、地域協働といった順応的管理手法を提案した。また、自然環境調和機能の評価手法の提案に向けて、藻場形成阻害要因の特定など藻場創出機能低下の診断方法に関する検討を行った。

2. 自然環境調和機能を有する寒冷地沿岸施設の維持・管理手法について

2.1 磯焼け海域を対象とした研究方針

これまでに整備されてきた沿岸施設が有する自然環境調和機能を対象に、適切な施設の維持・管理を通して、低下した自然環境調和機能を回復させることが重要である。具体的には、磯焼けの影響を受けている中で、自然環境調和機能の効果を持続させるためには、図-3 に示すような「ウニ駆除」、「人工動揺基質」、「表面形状の工夫」および「施肥」など公共・非公共を問わずあらゆる手法を導入して対処す

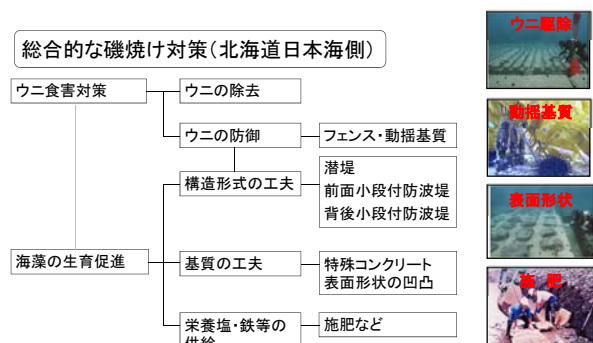


図-3 総合的な磯焼け対策

る磯焼けへの対策が必要である。

上記の磯焼け対策については、これまでも様々な検討³⁴⁾³⁵⁾がされている。しかしながら、コンクリート構造物としての沿岸施設が有する自然環境調和機能を対象として、施設の維持・管理、藻場・産卵場機能を回復させる手法に関しては十分な検討がなされていないのが現状である。各地の磯焼け海域における環境変動を考慮した沿岸施設の事前（維持管理計画）・事後（順応的管理）対応方策の検討を行い現地条件に適合した対策の提案を行うことで、既設沿岸構造物における環境の保全・再生を考慮した効率的なストックマネジメントの推進が図られるものと考えられる。

2.2 研究の方法

平成 23 年度は、自然環境調和機能の維持・管理手法の提案に資するため、寒冷地沿岸施設の自然環境調和機能に関する現地調査を実施し、現状把握と原因の分析を行った。

調査対象とした北海道日本海側に位置する寿都漁港の平面図を図-4 に示す。背後小段付傾斜堤として整備された防波堤(L=100 m)は、寿都地先約 500 m 沖の水深約 10 m 付近に位置する。周辺は岩礁帯であり、この地帯の水産有用種であるホソメコンブ (*Laminaria religiosa* Miyabe) を始めとする大型藻類の分布域である。しかしながら、近年は天然藻場においてもコンブ類等の大型藻類が繁茂しない状況が続いている。この背後小段における海藻繁茂に関するこれまでの現地調査（海藻現存量把握）は、表-1 に示すとおり施設完成後から 2010 年(13 年経過)まで夏季の海藻繁茂期を中心に計 9 回実施されてき

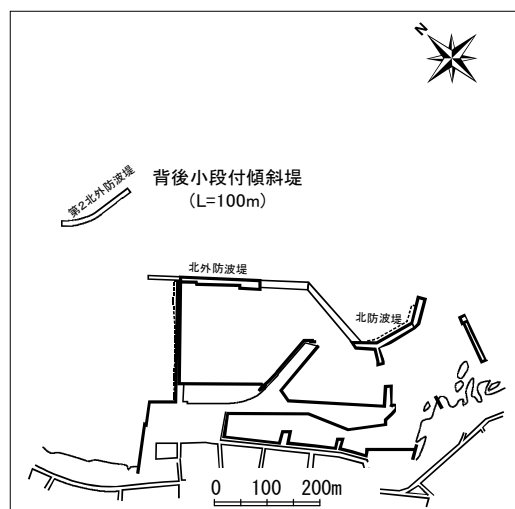


図-4 寿都漁港

表 - 1 海藻現存量の調査年

経過年	西暦	調査月
0	1997	施設完成
1	1998	July
2	1999	July
3	2000	August
10	2007	July
11	2008	June
12	2009	February June
13	2010	February June

た。なお、2009年と2010年は、ホソメコンブの幼芽時期である2月についても調査を実施している。この調査結果を用いて、施設完成から十数年経過した背後小段構造物の海藻繁茂状況（現存量等）の長期的な変遷を把握した。

平成24年度は、前年度に引き続き嵩上げ実証試験による藻場回復効果の検証を行った。施工は小樽開発建設部小樽港湾事務所の協力を得て、平成23年度からの改良事業の検討に間に合うよう、平成22年9月に図-5、図-6に示すとおり、既設背後小段天端上にL 5.0 m×B 2.5 m×H 1.2~1.8 mの根固方塊ブロックを計8個設置し、-0.5 m、-2.3 m、-2.5 mの異なる天端水深を持つ背後小段環境を作った。また、直轄による磯焼け対策事業の計画立案に資するため、

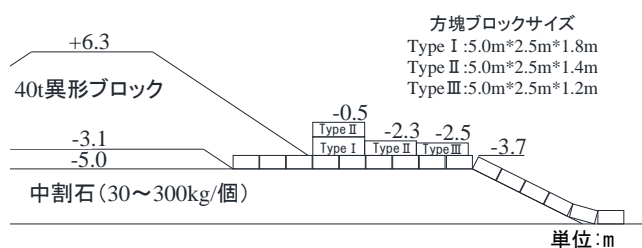


図-5 ブロック設置による嵩上げ



図-6 嵩上げ施工状況

①コンブ藻場を維持回復させるための対策の検討、②沿岸域の自然再生に用いられる順応的管理手法を用いた対策施設の維持管理計画の検討、③施工時における地域協働を活用するための手法確立について検討した。

平成25年度は、上記の実証試験により藻場形成阻害要因としてウニの過剰食圧（食害）を特定するとともに機能維持（藻場回復）ための対策手法を提案した。また、モデル的に現地施工を実施し、提案手法によるウニの活動抑制効果と藻場の回復を確認し、その有効性を検討した。

2.3 結果と考察

2.3.1 海藻の現存量と環境条件

各調査年の海藻繁茂期におけるホソメコンブの現存量と生育環境因子として冬季（2月）の平均水温との関係を図-7に示す。背後小段上は天然岩礁以上の藻場造成効果を維持しているが、その年の冬期水温に強く依存しており年変動が大きい。

ホソメコンブの現存量は、冬期水温を用いた被食圧の関係式(1)で算定され、水温約5℃を境界として低水温ほど現存量が大きいといえる。理由として、背後小段上は当該海域の水産有用種でかつ植食動物でもあるキタムラサキウニ (*Strongylocentrotus nudus*) が高密度に生息していること、さらには、冬期の高水温により本来休眠状態であるはずのキタムラサキウニの摂餌が活発となることから、海藻の幼

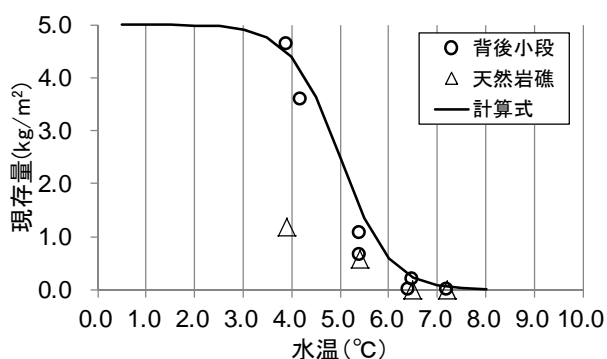


図-7 ホソメコンブの現存量と冬期水温（2月）

$$W = \frac{W_0}{1 + \alpha \times \exp(\beta(t - t_c))} \dots\dots\dots(1)$$

W₀: 最大現存量 (5 kg/m²)

t: 水温, t_c=5℃, α=1, β=2

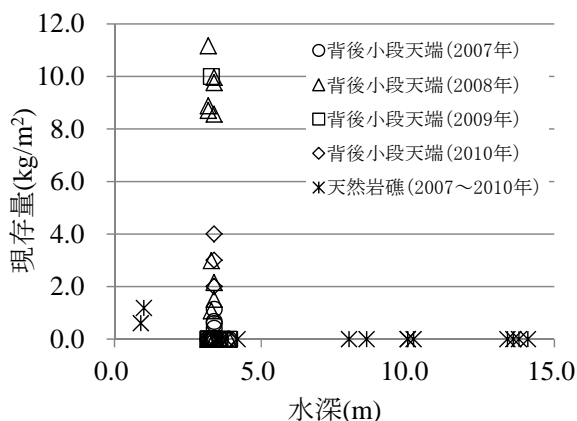


図-8 ホソメコンブの現存量と生育水深

芽・生長期に悪影響を与えているものと推察される。

次に、図-8は2007～2010年における背後小段上と天然岩礁におけるホソメコンブの生育水深別の現存量(繁茂期)を示したものである。水深約4mに位置する背後小段上の現存量は、前述の冬期水温の場合と同様に年変動が大きく、現状の背後小段構造では藻場造成効果が継続して発現できない状況が明らかである。

2.3.2 海藻繁茂の経年変化

桑原ら⁶⁷⁾による光強度・水温・流速・栄養塩等の環境因子を変数とした海藻の生産量推定式を用いた藻場造成予測モデルを用いて、背後小段上のホソメコンブの現存量を算定した。表-1に示すモニタリングによるホソメコンブの現存量データがある5カ年分について、当該年の海象条件や環境因子をパラメータとして計算を実施した。また、ウニの摂餌によるホソメコンブの減少量も考慮している。

計算結果の代表例として、2007年の2月と6月のホソメコンブの生育分布を図-9に示す。2月は、まだホソメコンブは幼芽の時期であることから生産量は少ないが、徐々に生長し6月の繁茂期には、生産量が増大している状況が再現されている。

次に、計算結果とこれまで実施したモニタリング調査との比較を行った、図-10は1998年～2000年、2007年～2009年における背後小段上のホソメコンブ現存量の経年変化を示したものである。図中の棒グラフは、モニタリング調査によるデータを現存量1として示した。現存量2(□)は、前述の計算結果の値を示した。さらに、改良型モデルの計算結果を現存量3(○)として同図に示した。最後に、冬期の水温状況として2月の値を図示した。

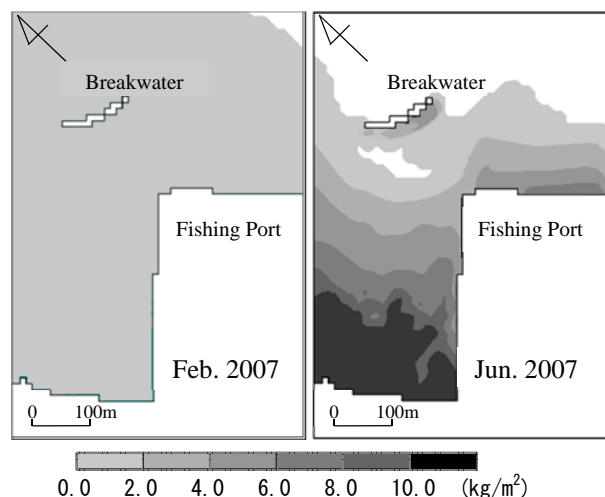


図-9 ホソメコンブの生育分布

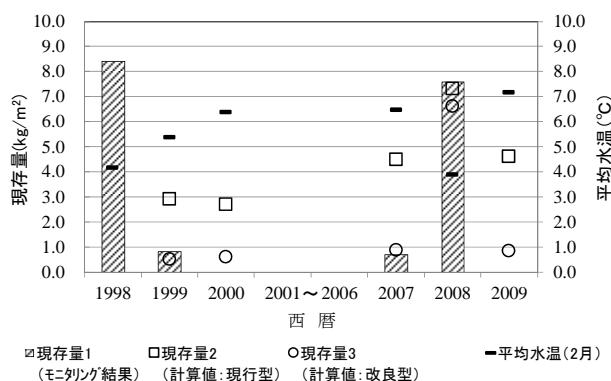


図-10 現地調査とモデルによるホソメコンブ現存量の比較

背後小段上の藻場環境については、冬期の水温が約5℃を上回ると背後小段上のホソメコンブの現存量は大幅に減少し、近年の冬期の高水温により本来休眠状態であるはずのキタムラサキウニの摂餌が活発となり、海藻の幼芽・生長期に悪影響を与えていると考えられる⁸⁾。図より、冬期水温と現存量との関係を見ると、モデルによる計算値で示した現存量も冬期水温が低い程大きくなっている。

2.3.3 背後小段の嵩上げによる藻場回復効果

現在の背後小段上の流動環境では、ウニの摂餌圧を抑制することができず、冬期水温が2009年と同等の状況が継続した場合、藻場を維持できないものと考えられる。このような高水温の状況下でも、ウニの食害を抑止する流速を確保するためには、背後小段の天端を嵩上げする対策が必要と考えられる。嵩上げを実施した水深帯付近は、既設背後小段天端に比べて振動流速が大きくなり、嵩上げ部へのキタム



図-11 嵩上げ部に形成されたコンブ群落

ラサキウニの侵入が抑制されるものと推察される。この改良手法により、背後小段上はキタムラサキウニによる食害が抑制され、藻場が回復するための環境が創出されるものと期待される。

海藻繁茂期にあたる 2011 年 6 月、2012 年 6 月、2013 年 5 月における天端水深-0.5m に設置したブロック上面の状況を図-11 に示す。天端上はホソメコンブやワカメを始めとする多種類の海藻が着生している。なお、水深の深い既設天端部は海藻の着生が

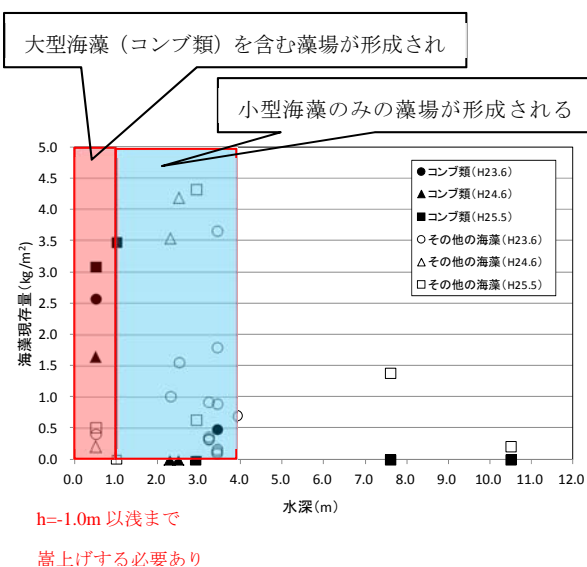


図-12 水深帯別の海藻現存量（海藻繁茂期）

見られず磯焼け状態のままであった。図-12 は嵩上げ施工後の 2011 年、2012 年、2013 年の海藻繁茂期の背後小段ならびに近接する天然岩礁における水深帯別の海藻現存量を示したものである。既設背後小段天端(-3.7m)以深においては海藻類の着生量は小さい。一方、根固方塊ブロックで嵩上げた水深帯(-0.5m, -2.3m, -2.5m)は、海藻類の着生量が大きかった。特に、最上段の箇所のみにはコンブ類の着生が確認され、その現存量は天然岩礁を上回る値となっている。

これらのことから、既存背後小段の嵩上げがコンブ藻場の維持回復に有効であることが判明した。また、コンブ藻場を造成するためには、背後小段の天端水深を-1.0m 以浅（赤色部分）まで嵩上げするための条件設定が必要と考えられる。

2.3.4 背後小段の藻場造成機能の評価

背後小段の天端嵩上げによる藻場の回復要因について、ウニによる海藻への食害を対象とした定量的な解析手法により検討した。図-13 は背後小段上の流動環境とウニの摂餌活動との関係を示したものである。図は 2011 年 2 月 3 日から 2 月 21 日までの約 18 日間における背後小段上の振動流速の時系列である。Kawamata (1998)⁹⁾による室内実験より、キタムラサキウニは流速が約 0.25 m/s 以上で摂餌が減少し、摂餌可能な振動流の限界は 0.4 m/s であることが判明している。そこで、図中にキタムラサキウニの摂餌減少ライン (0.25 m/s) と摂餌限界ライン (0.4 m/s) をそれぞれ波線で示した。既設の背後小段天端(-3.2~-4.0m)は期間によっては摂餌限界流速以下になり、さらに摂餌減少流速をも下回る状況になることから、コンブ幼芽への摂餌圧が増大して食害を受ける環境にある。一方、DL -1.0m 及び-2m 付近は、背後小段天端に比べて振動流速が大きく、ほとんどの期間において摂餌限界流速を上回っている。これにより、嵩上げ部へのキタムラサキウニの侵入は抑制されているものと推察される。

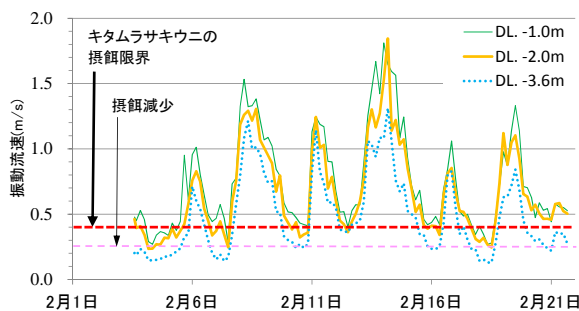


図-13 水深別の振動流速(2011/2/3~2/21)

次に、既設天端上におけるキタムラサキウニの摂餌圧の定量化を試みた。キタムラサキウニの摂餌圧 F は振動流速と水温により変化することが判明している。まず、振動流速によるキタムラサキウニの摂餌圧の影響については同じく川俣によって提案された(1)式により求められる。

$$\frac{F}{F_s} = 1 - \exp\left[-\exp\left(-\frac{u_{\max} - 27.1}{4.27}\right)\right] \dots (1)$$

ここに F : ウニ 1 個体の日間摂餌量 (g/day/個)、 F_s : 静水中におけるウニ 1 個体の日間摂餌量 (g/day/個)、 u_{\max} : 振動流速振幅 (cm/s) である。今回、(1) 式の u_{\max} については、沖波浪のデータからブシネスク方程式による波浪変形計算を実施し、図-14 に示す背後小段上 10 地点 (a~j) の波高分布を求め振動流速振幅に変換した。この式は前述のように、流速が約 0.25m/s を越えるとウニの摂餌圧が静水中と比較して減少し、0.4m/s 以上では摂餌量はほぼゼロになることを表している。

また、水温によるキタムラサキウニの摂餌圧 F_s については、Kawamata(1997)¹⁰⁾により提案された次式から求められる。

$$F_s = 0.333\theta(1 - \theta)\left[1 + 0.344 \sin\left(2\pi\frac{J - 48.5}{365}\right)\right]L^2 \dots (2)$$

ここに、 T : 水温 (°C)、 $\theta: 0.653(T - 0.63)/27.36$ 、 J : 1 月 1 日からの経過日数、 L : ウニの殻径 (cm) である。なお、ウニの殻径 L は過去の調査結果より、背後小段上のキタムラサキウニの平均殻径である 5 cm として計算した。

キタムラサキウニの摂餌量とその時点の現地の海藻現存量の比較を図-15 に示す。図の横軸は既設背後小段上の算定位置、縦軸は左軸に月間のウニ摂餌量 (2013 年 4 月)、右軸には各算定地点でモニタリングした海藻現存量 (2013 年 3 月末) をプロットした。なお、ウニ摂餌量の算定に用いるキタムラサキウニの個体数 (個/m²) は、寿都漁港周辺海域の平均個体数である 20 個/m² とした。また、堤端部 h, i, j は工事を実施しているため、海藻現存量は把握していない。

まず、波浪が小さく摂餌の影響が大きい 4 月の小

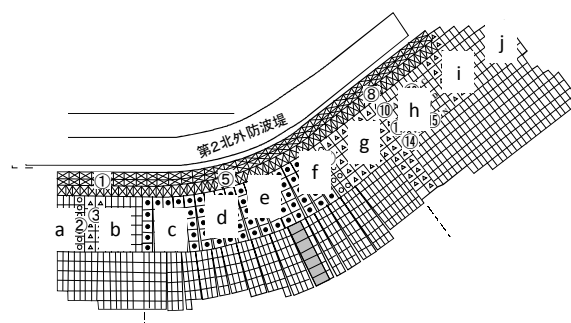


図-14 背後小段付傾斜堤断面図

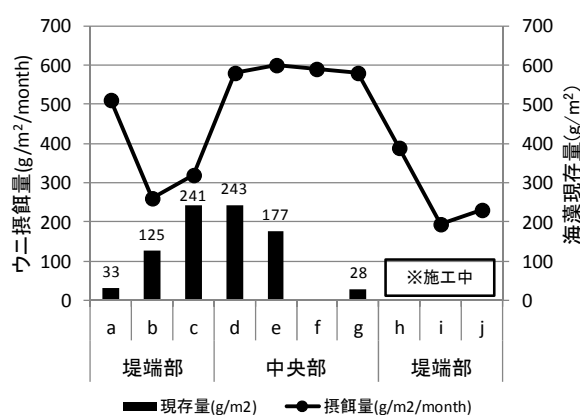


図-15 背後小段上の海藻量とウニ摂餌量

段上の環境において、波当たりの弱い中央部ではキタムラサキウニの摂餌活動が活発で摂餌量がおよそ月間 600g/m² まで達することがわかる。一方、堤端部では回折波等により波当たりが強く、キタムラサキウニの摂餌活動が抑制される傾向にある。その結果、摂餌量は中央部に比べ半分以下にまで減衰することが推定された。なお、堤端部 a の箇所は、背後小段の法面部に当たり、水深が深くなっていることから、振動流速は小さくなり摂餌量は逆に大きくなる結果となった。

2013 年 3 月末時点における海藻の現存量は、地点 b~e において 120~240g/m² となっている。しかしながら、キタムラサキウニの摂餌量がこの値を上回っているため、仮に 4 月に生長する海藻量を見込んでも、高密度に分布するキタムラサキウニの被害によって海藻が全て消失したものと推察された。なお、地点 a、地点 f~g においては既に被害を受けて消失したものと考えられる。

以上のことから、ウニの摂餌量と対象となる海藻量の収支を把握した結果、既設背後小段天端の環境では海藻の生育が期待できず、キタムラサキウニの

食害を抑制するための流動環境の構築が必要との結論が導き出される。

3. 順応的管理を用いた維持管理手法の提案

長期的な藻場創出機能を維持していくためには、海域の環境変動を考慮しながら持続性のある対策を構築する必要がある。この持続性を担保する手法としてPDCAサイクルに基づく「順応的管理(adaptive management)」を基本的な方針と位置づけた。順応的管理では、自然の環境変動により当初の計画では想定しなかった事態に陥ることや、歴史的な変化、地域的な特性や事業者の判断等により環境保全・再生の社会的背景が変動することをあらかじめ管理システムに取り込む。その上で目標を設定し、計画がその目標を達成しているかをモニタリングにより検証しながら、その結果に合わせて、多様な主体との間の合意形成に基づいて柔軟に対応していく手段と定義されている¹¹⁾。

この基本方針を踏まえた上で藻場創出機能回復手法(維持管理手法)を立案した。事業箇所は漁港の北西側に位置する背後小段付傾斜堤およびその岸側に広がる天然岩礁とした。具体的には図-16に示す、①背後小段嵩上げ、②海中林(ロープ養殖)、③ウニ防止フェンスの3施策である。

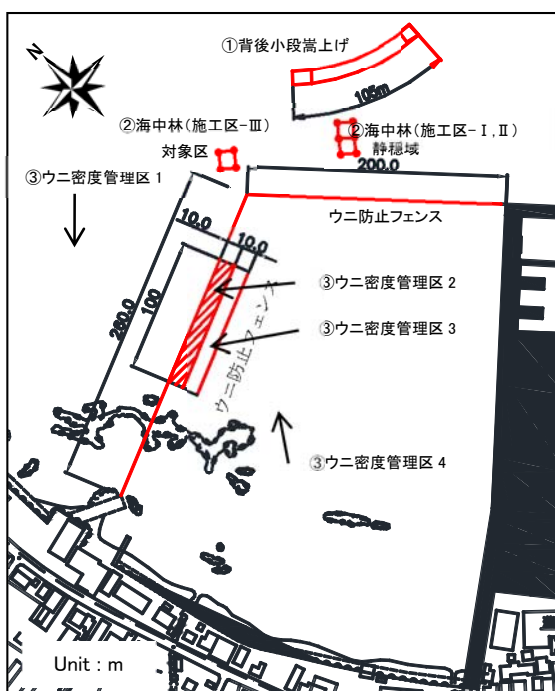


図-16 総合的な磯焼け対策事業

3.1 嵩上げブロックによる背後小段改良

背後小段部を改良する構造案を図-17に示す。既設構造断面に対して赤色で示すとおり、基礎捨石と被覆ブロックを用いた嵩上げを行い、流動環境を改善する構造を設定した。この改良は広範囲にわたる藻場回復が期待される。

前述の嵩上げ実証試験の結果をもとに、背後小段部を改良する対策方針が決定し事業化がなされた。具体的な嵩上げ改良構造を図-17に示す。既設構造断面に対して赤色で示すとおり、基礎捨石と方塊ブロックを用いた嵩上げ(-1.0m)を行い、流動環境を改善する構造を設定した。また、天端に設置する方塊(3.0×2.5×1.0)には溝きりを施し、海藻着生を促進する形状とした(図-18)。施工は2012年度(H24d)~2014年度(H26d)の3カ年を予定しており、図-19に示すとおり一部は天端面までの施工が完了

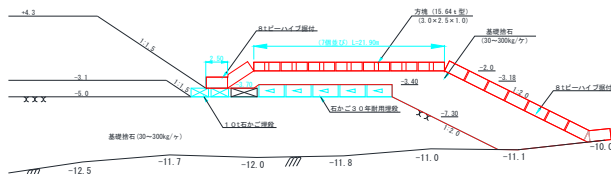


図-17 嵩上げ改良断面図



図-18 方塊ブロック(溝付)



図-19 嵩上げ改良(赤枠部)

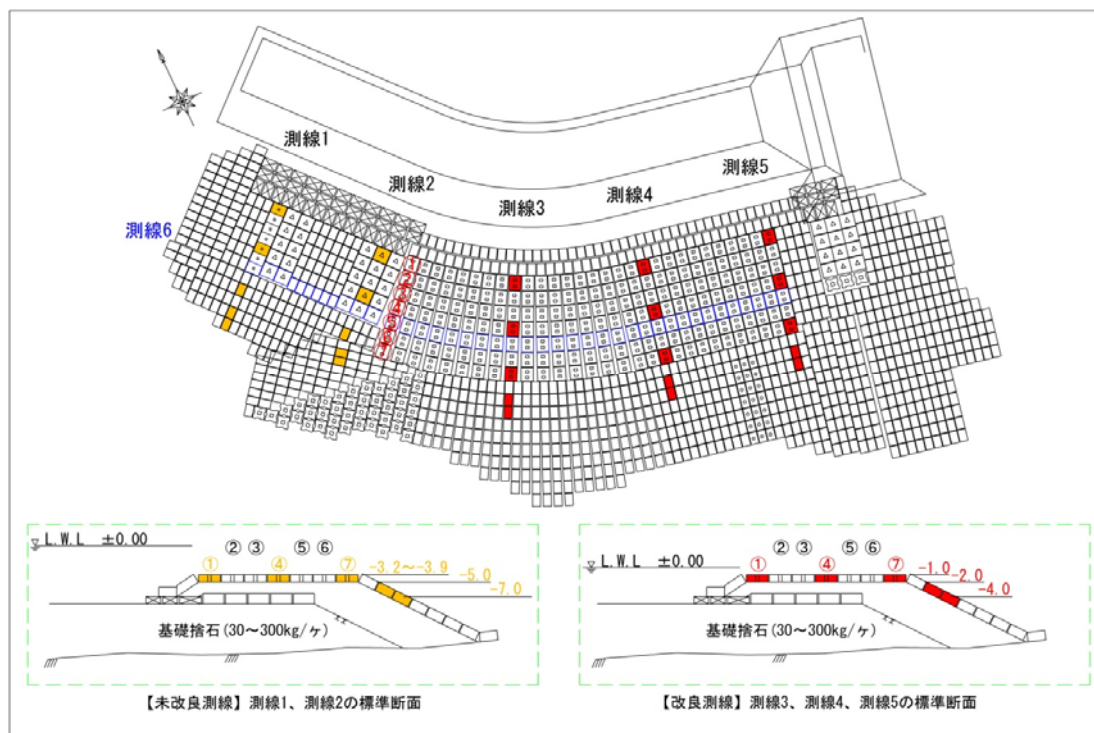


図-20 モニタリング箇所

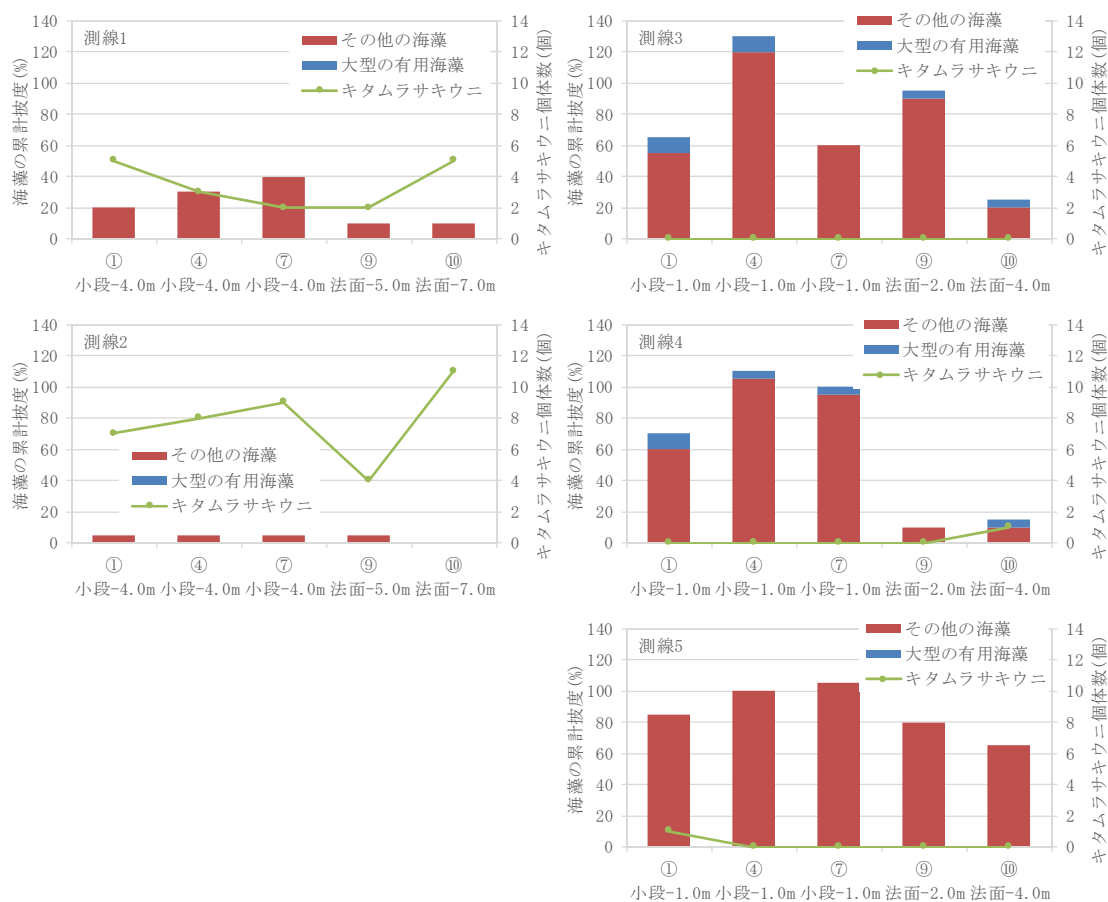


図-21 背後小段の海藻着生状況とウニ密度

している。

本施工における藻場回復効果を確認するために、平成26年2月からモニタリング調査(図-20)を実施している。側線1~5における海藻被度(%)と食害動物であるキタムラサキウニの生息状況(1m²当たりの生息密度)を図-21に示す。

まず、改良前である水深の深い側線1、2においては小型海藻のみの分布でその被度は最大でも40%と低い状況である。逆に食害動物のウニ密度は高く、水深が深いほど大きい。特に側線2は全体的にウニ密度が高い傾向にある。これは、日本海の冬期の波浪が大きい環境において、深い水深(-5.0m, -7.0m)や側線2のように護岸消波部中側で回折波の影響が小さい箇所は、波浪による振動流速が小さい。よって、このような箇所に流れを嫌うキタムラサキウニが集まるものと推察される。

一方、嵩上げ改良工事(-1.0m)が施工された側線3~5は、海藻被度は前者に比べ高く、大型海藻の分布も見られる。当然、嵩上げ部は波浪による振動流速が大きいことからキタムラサキウニはほとんどいない状況であることが判明した。

3.2 海藻の生育環境条件を考慮した海中林造成

海藻が生育するための環境条件を考慮に入れて、その中から最適なロープの諸条件を明らかにするための海中林造成を実施した。具体的には、図-16および図-22に示すとおり、背後小段付傾斜堤の背後域において、海中林施工-I~IIIの3タイプの延縄式海中林を設定した。なお、海中林に用いるロープの設定条件を表-2に示す。

最適なロープ設置水深を求めるために、海中林施工-Iでは水深帯別の設定を行った。また、海中林施工-IIは水深-1.0mの一定水深において、ロープの径、撚り方、メンテナンス(海藻着生終了後のロープ洗浄の有無)等を変化させた6種類のロープを配置した(L-6~L-11)。さらに、海中林施工-IIIは水深約-5mの箇所に、同じく赤線で示した延長10mのロープ(φ21mm)を3水深に配置(L-12~L-14)した構造である。海中林施工-I・IIと同-IIIは、設置箇所の違いにより波あたりが違う環境になっている。つまり、水深帯が同じでも流動環境の違いにより海藻の生育状態に変化が現れることを想定して条件設定したものである。

以上のように、海中林の設置箇所や設置水深、使用するロープの性状に関わる条件を組み合わせることにより、海藻着生効果の特性や持続性の検討が可

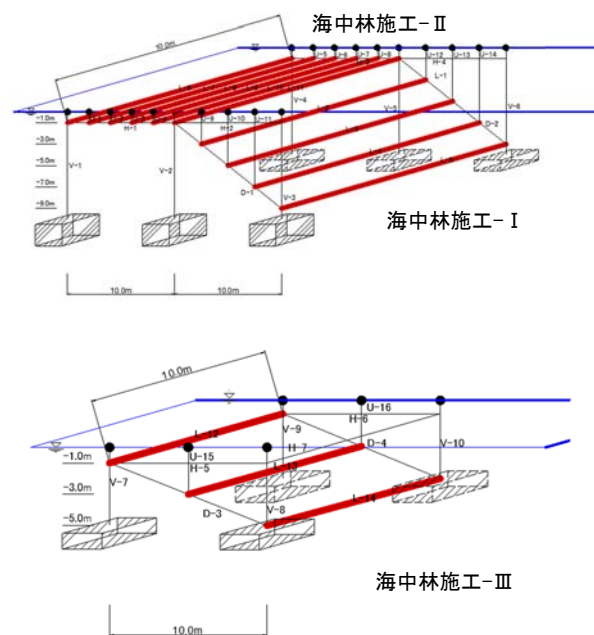


図-22 海中林の構造

表-2 海中林(ロープ)の設定条件

施工区	ロープ番号	水深	環境条件						ロープ形状		
			波当たり強弱	ウニ多寡	光量子量多寡	撚り方	径	メンテナンス	その他		
海中林施工-I	L-1	-1.0m	○	○	○	三つ打ち	21mm	あり			
	L-2	-3.0m	○	○	○	〃	〃	〃			
	L-3	-5.0m	○	○	△	〃	〃	〃			
	L-4	-7.0m	○	○	△	〃	〃	〃			
	L-5	-9.0m	○	○	△	〃	〃	〃			
海中林施工-II	L-6	-1.0m	○	○	○	三つ打ち	21mm	あり			
	L-7	-1.0m	○	○	○	〃	〃	なし			
	L-8	-1.0m	○	○	○	八つ打ち	〃	〃			
	L-9	-1.0m	○	○	○	〃	〃	あり			
	L-10	-1.0m	○	○	○	三つ打ち	24mm	〃			
	L-11	-1.0m	○	○	○	〃	21mm	〃	種付き		
海中林施工-III	L-12	-1.0m	○	○	○	三つ打ち	21mm	あり			
	L-13	-3.0m	○	○	○	〃	〃	〃			
	L-14	-5.0m	○	○	○	〃	〃	〃			

能となる。さらに、複数年の調査検討により、水温による海藻着生量の年変動も考慮に入れた順応的管理手法の構築が可能となる。

3.3 地域協働を活用したウニ密度管理

図-16に示すとおり背後小段付傾斜堤の背後域の天然岩礁にウニ侵入防止フェンスを設ける。ウニ侵入防止フェンスは、図-23に示すとおりチェーンに刺網を取り付けた構造としている。このフェンスを図-24に示すとおり海底にアンカーボルトで設置し、藻場回復エリアへのウニの侵入を防止することとした。ウニ侵入防止フェンス設置区域は、複数を組み合わせることで表-3および図-16に示すとおり、ウニ密度管理区として4区画を設定している。これは各エリア内のウニを予め除去してウニ密度を調整・管理する目的で設置したものである。これにより、ウニの個体数の違いによる海藻への食害状況を把握することにした。なお、密度管理は地域協働を図る観点か

表-3 ウニ密度管理設定

管理区名	範囲	目標密度 (個体/m ²)
ウニ密度管理区1	フェンス外(対照区)	—
ウニ密度管理区2	10m×100m	0~1
ウニ密度管理区3	10m×100m	5~10
ウニ密度管理区4	200m×260m ※管理区2,3を除く	20



図-23 ウニ侵入防止フェンス



図-24 ウニ侵入防止フェンス設置状況

ら、地元漁業者と協働して効果を検証するものである。

3. 4 評価手法の提案

自然環境調和機能の維持・管理計画を策定するに当たり、現状の把握から計画策定、実施、フォローアップまでに至る評価手法のフロー(案)を図-25に示す。まず、事前調査においては、類似事例、既往の資料や文献、地元関係者からのヒヤリング、簡易モニタリングなどに基づき、現況把握や機能の阻害(低下)要因を整理する。詳細調査では表-4に示す自然環境調和機能の確認のための評価要素を抽出し、機能の診断(再評価)を行う。次に、阻害要因を排除・抑制または改変するための対策手法を検討し、費用対効果分析に基づき規模の設定を行い、維持管理計画を策定する。施工後は、継続的なモニタリング(効果調査等)を実施し、必要に応じて計画変更や改良工事を行うフォローアップを行う。なお、維持管理は、漁業者等地元関係者との協働の下で計画的に実施する必要がある。そのためには、

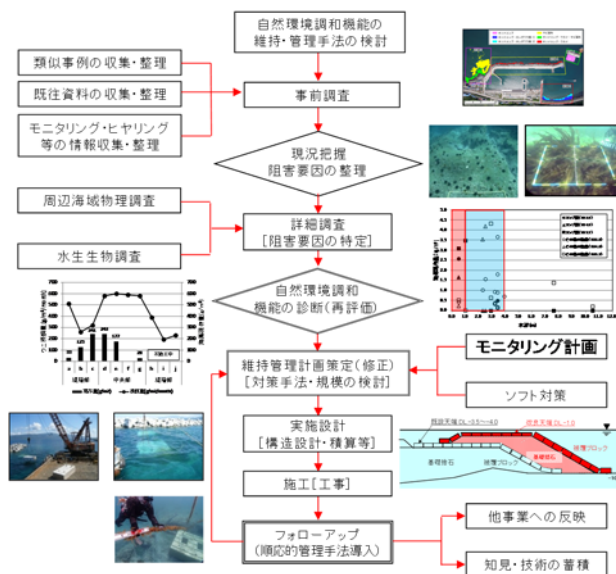


図-25 順応的管理による自然環境調和型沿岸構造物の評価フロー(案)

表-4 機能評価のための要素抽出一覧

項目	要素	備考
藻場生息環境	現存量、栄養塩、光環境、濁度 etc	重複項目 有り
ウニ餌料環境	現存量、摂餌量 etc	
海域環境	流動・波浪、水深、水温、水質、底質 etc	

初期段階から、検討過程や対策案等の様々な情報を産学官と共有する必要がある。

4. まとめ

北方海域の寒冷な自然環境下における沿岸構造物の機能維持のための技術開発を目的として、本研究は、藻場創出機能を有する背後小段付防波堤における磯焼けによる同機能の低下を改善するための手法を検討するものである。結果は以下のとおり。

- (1) 近年の北海道日本海沿岸の高水温状態が続く環境下では、天然藻場を含めて海藻の着生が少ない磯焼け状況にあり、背後小段の藻場創出機能も失われている。この海域においては、磯焼けの持続要因であるいわゆる高密度に分布するウニの食害が顕著であることが原因と考えられる。
- (2) このような高水温状態が継続されると既存の構造物では、ウニの食害を抑制することが困難となり、藻場の回復が期待できないものと懸念される。この対策として今回、既存背後小段天端を嵩

上げし、流動環境をウニの摂餌活動抑制に適した環境に改変する手法を提案し、これを実証するための現地試験を開始した。これにより、対策が行われていない、または不十分な箇所にはコンブの着生は見られないが、嵩上げ部には海藻の生長が期待できる。

- (3) 平成 25 年度まで現地実証試験における効果検証を行い、環境変動に伴う自然環境調和型沿岸構造物の施設改良のための事業計画を立案した。
- (4) 事業実施においては継続的なモニタリング、地域協働による効率的な管理手法を取り込んだ順応的管理手法を提案した。
- (5) 自然環境調和機能を有する沿岸施設の維持管理技術について、現状分析および機能低下の原因の一つであるウニの食害による藻場消失を判断するための手法を提案した。また、施設の維持・管理手法（施設改良、食害対策）を提案し事業化につなげるとともに、現地実証試験によりその有効性を確認した。さらに、自然環境調和機能の確認のための評価要素を抽出し、藻場創出機能に関する診断方法の検討を行った。

今後は、藻場創出機能回復手法の効果の確認及び持続性の検証を行うことはもとより、海域の条件(水温・栄養塩・流動等)の違いや大規模な変動による環境機能を検討し、自然環境調和型沿岸構造物の事前(維持管理計画)・事後(順応的管理)の機能評価(再評価)や効率的なモニタリングへの対応に資する検討が必要と思われる。

最後に、本研究を進めるにあたり国土交通省北海道開発局小樽開発建設部には、現地調査および実証試験に関わる現地施工に多大な協力を頂いた。ここに改めて厚く御礼申し上げます。

参考文献

1) (社) 寒地港湾技術研究センター：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・産卵機能編一, pp13-37, 1998
- 2) 向井 宏：藻場の生物群集(11)-沿岸環境と藻場-, 海洋と生物 107, 生物研究社, pp.470-475, 1996
 - 3) 北原繁志, 今林 弘, 岩成正勝：人工動揺基質を用いた磯焼け海域における藻場造成に関する研究, 海洋開発論文集 Vol.24, pp.777-782, 2008
 - 4) 佐藤 仁, 熊谷直哉, 福田光男, 吉田 徹, 黄金崎清人：防波堤背後小段の藻場環境について, 平成 21 年度日本水産工学会学術講演会講演概要集, pp.63-66, 2009
 - 5) 牧田佳巳, 山本 潤：発酵魚かす投入による海域栄養塩の増加効果について, 平成 19 年度日本水産工学会学術講演会講演概要集, pp.65-68, 2007
 - 6) 桑原伸司, 佐々木秀朗, 北原繁志, 松山恵二, 清野克徳, 谷野賢二：藻場生産力予測シミュレーションモデルの開発, 海岸工学論文集, 第 45 巻, pp.1101-1105, 1998
 - 7) 桑原伸司, 松山恵二, 竹田義則, 北原繁志, 清野克徳, 金川 均, 谷野賢二：藻場生産力予測シミュレーションモデルの開発(第 2 報), 海岸工学論文集, 第 46 巻, pp.1156-1160, 1999
 - 8) 佐藤 仁, 渡辺光弘, 山本 潤, 黄金崎清人, 清水恵理子, 鳴海日出人：自然環境調和型沿岸構造物における藻場造成効果の持続性の検討, 海洋開発論文集 Vol.26, pp.735-740, 2010
 - 9) Kawamata, S. : Effect of wave-induced oscillatory flow on grazing by a subtidal sea urchin *Strongylocentrotus nudus* (A. Agassiz), J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 224, pp.31-48, 1998
 - 10) Kawamata, S : Modeling the feeding rate of sea urchin *Strongylocentrotus nudus* (A. Agassiz) on kelp J. EXP. Mar. Biol. Ecol., 210, pp.107-127, 1997
 - 11) 国交省港湾局監修, 海の自然再生ワーキンググループ：順応的管理による海辺の自然再生, 2007

RESEARCH ON THE TECHNIQUE OF RECOVERY AND MAINTENANCE ON THE FUNCTION OF COASTAL STRUCTURES IN HARMONY WITH THE NATURAL ENVIRONMENT IN COLD COASTAL REGIONS

Budgeted : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Fisheries Engineering
Research Team

Author : MIKAMI Nobuo

OKAMOTO Setsuo

SATO Jin

KAWAI Hiroshi

OOI Keiji

OHASHI Masami

Abstract : A seaweed bed is utilized as a fishing ground for kelp, sea urchin and abalone. It is also the spawning bed for fish, and fosters diversified organisms as the base of creating a good sea environment. However, due to recent large-scale environmental changes including rising sea temperatures, seaweed beds especially in the Sea of Japan off Hokkaido are disappearing (Barren ground), which is a grave concern. This study is aimed to establish the methods to create, maintain and recover the seaweed beds at coastal structures . In 2011, field investigation concerning distribution of seaweed beds and physical environment were performed. It is found that one of the causes is feeding pressure to seaweed by sea urchin. To control the feeding pressure in the situation of the elevated water temperature, it is necessary to improve flow velocity by raising the rear steps of the structures. In 2012, we conducted the field survey to grasp the effect of the experiments at Suttu fishing port, and made a project on the basis of the technique of recovery and maintenance on the function of coastal structures in harmony with the natural environment. The evaluation technique was also proposed by using both of adaptive management and regional collaboration. In 2013, we made a project further and established the evaluation approach of recovery and maintenance on the function of coastal structures in harmony with the natural environment.

Key words : coastal structures for natural harmony, seaweed bed, barren ground, adaptive management, global warming