

14.8 自然環境調和機能を有する寒冷地沿岸施設の維持・管理手法に関する研究

研究予算：運営費交付金(一般勘定)

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地水圏研究グループ(水産土木)

研究担当者：山本潤、岡元節雄、佐藤仁、河合浩、須藤賢哉、大橋正臣

【要旨】

近年、地球温暖化に伴う寒冷気象環境の変化に対応した社会資本ストックのより適切な維持管理と沿岸生産環境の持続的な技術開発が求められている。静穏域の確保等を目的として整備された港湾・漁港施設等の沿岸構造物は、その擬似岩盤効果により藻場が創出される自然環境調和機能を有している。しかしながら、海水温の上昇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機能が低下する事象が増加している。特に、北海道日本海側での藻場の消失(磯焼け)が深刻で、同地域の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、積雪寒冷地における沿岸構造物の自然環境調和機能の低下の原因及びその対策について検討し、機能回復のための維持・管理手法に関する技術開発を行うものである。平成 23 年度は、同構造物の自然環境調和機能の現状把握並びに機能低下の原因分析を行い、機能維持のための課題整理および対策手法について検討した。

キーワード：自然環境調和型構造物、藻場、磯焼け、順応的管理、地球温暖化

1.はじめに

土木構造物の戦略的な維持管理を通じて、社会資本ストックの安全性・機能性を確保することは、持続可能な地域社会や地域活性化の実現を図る上で重要である。特に、積雪寒冷地の厳しい自然環境下における土木構造物は複合劣化や気象変化による影響が大きく、近年、その機能低下が顕著である。

社会資本ストックの一つとして、沿岸域の静穏域確保等を目的として整備された港湾・漁港施設等の沿岸構造物は、図-1 に示すようにそれ自身が魚礁および産卵礁の機能を有するとともに、藻場が創出される機能を有している。藻場は海洋生物の産卵場、摂餌場あるいはそれ自身が基礎生産者としての役割を持つ等、様々な機能が複合的に作用しており、良好な海域環境を創造するための基盤となるものである²⁾。そこで、限られた沿岸域の水産資源を有効に利用するため、沿岸構造物が本来有する機能に加えて、これらの生物生息場としての機能を積極的に付加することが求められている。その様な中、北海道内では 10 年以上前から防波堤や護岸等への藻場造成機能を付加した自然環境調和型沿岸構造物が整備されてきた(図-2)。しかしながら、近年の海水温の上昇といった大規模な環境変化等によって、当初期

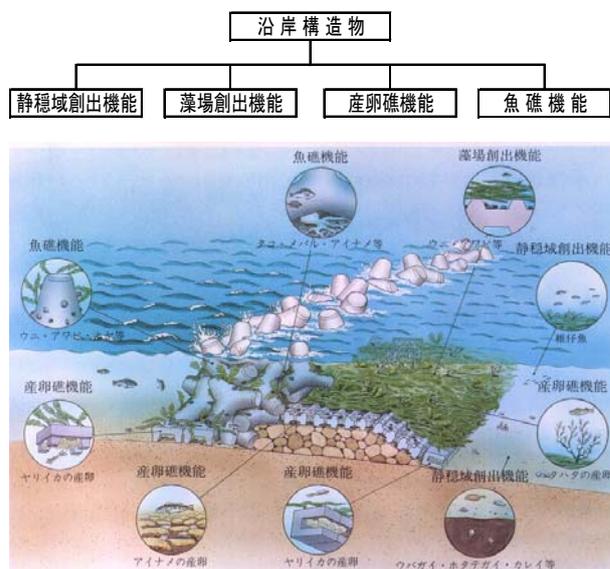


図-1 沿岸構造物の自然環境調和機能¹⁾

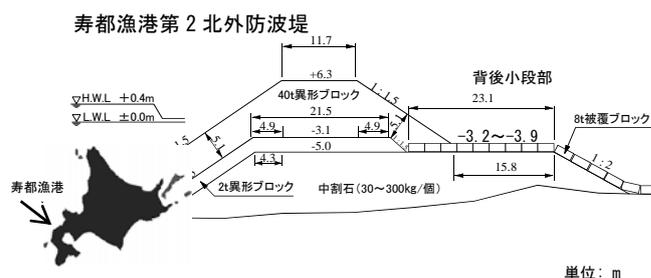


図-2 自然環境調和型沿岸構造物(背後小段付傾斜堤)

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としての維持・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。

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

これまでに整備されてきた沿岸施設が有する自然環境機能を対象に、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る必要がある。

上記の磯焼け対策については、これまでも様々な検討³⁾⁴⁾⁵⁾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を確立する必要がある。そのために、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が図られる。

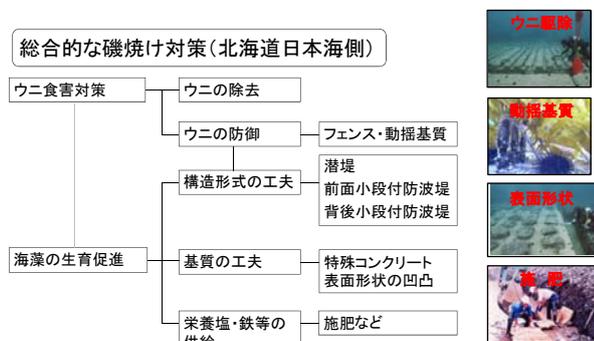


図-3 総合的な磯焼け対策

3.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した防波堤(L=100m)は、寿都地先約500m沖の水深約10m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)まで夏期



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

の海藻繁茂期を中心に計9回実施されてきた。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。

4. 結果と考察

4.1 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期（2月）の平均水温との関係を図-5に示す。背後小段上は天然岩礁以上の藻場造成効果を有しているが、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。この理由として、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、海藻の幼芽・生長期に悪影響を与えているものと推察される。

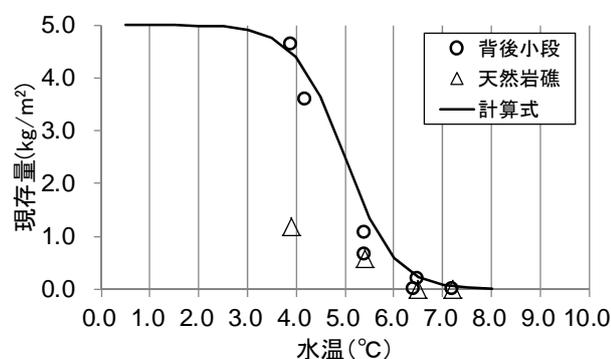


図-5 ホソメコンブの現存量と冬期水温(2月)

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

W_0 : 最大現存量 (5 kg/m²)
 t : 水温, $t_c=5$ °C, $\alpha=1$, $\beta=2$

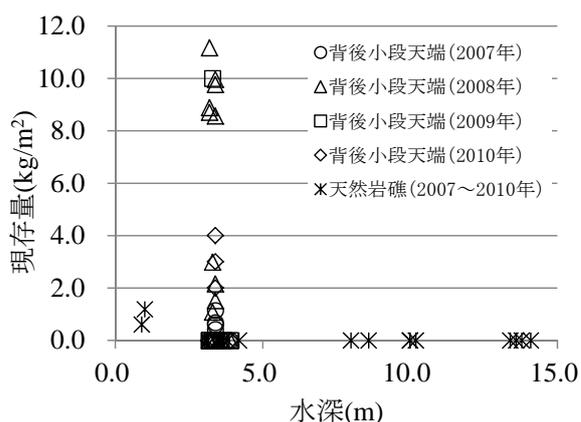


図-6 ホソメコンブの現存量と生育水深

次に、図-6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。

4.2 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に示すとおり、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-7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、生産量が增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-8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。

背後小段上の藻場環境について著者ら⁸⁾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

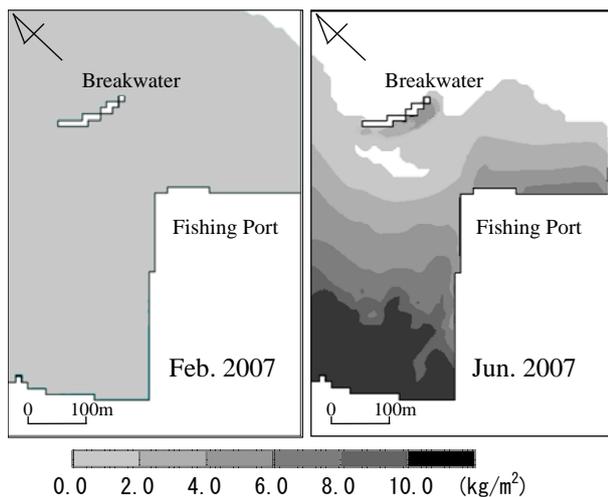


図-7 ホソメコンブの生育分布

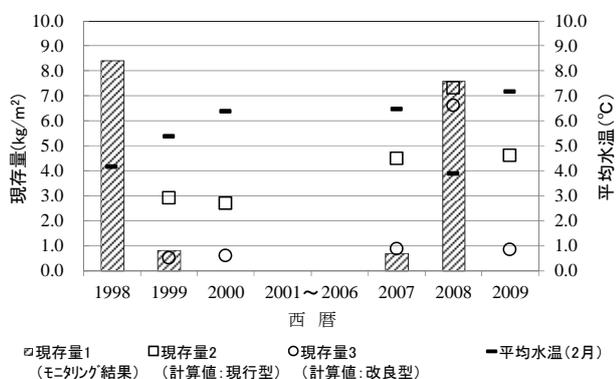


図-8 現地調査とモデルによるホソメコンブ現存量の比較

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指摘している。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ことが現れている。

5. 背後小段の嵩上げによる藻場回復手法の提案

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。そこで筆者らは既存のコンクリートブロックを用いた嵩上げ対策を考案した。本対策については当該漁港整備を担当する北海道開発局農業水産部水産課及び同小樽開発建設部に提案し、平成23年度より現地実

証試

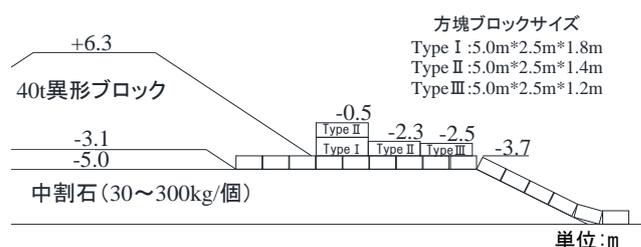


図-9 ブロック設置による嵩上げ



写真-1 嵩上げ施工状況

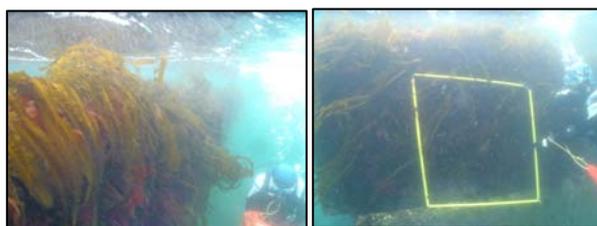


写真-2 嵩上げ部に形成されたコンブ群落

験を開始することとした。

嵩上げの施工は同建設部の小樽港湾事務所の協力を得て、平成23年度からの検討に間に合うよう、平成22年9月に図-9、写真-1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。

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ラサキウニの進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と期待できる。

写真-2 に平成 24 年 3 月時点の嵩上げ部の状況を示す。この時期はコンブの生長段階ではあるが、磯焼けの影響を受け既設背後小段にはほとんど見られなかったホソメコンブ群落を確認された。

6. 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。このうち、平成23年度はこれまでの藻場衰退の状況とその原因について整理し、維持・管理手法のための課題整理と対策手法を検討した。

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。今後、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考えられる。この対策として今回、既存背後小段天端を嵩上げし、流速環境を海藻繁茂に適した環境にする手法を提案し、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。

今後は、実証試験による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）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る。

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－藻場・産卵機能編－，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

RESEARCH ON THE TECHNIQUE OF RECOVERY AND MAINTENANCE 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 : Cold-Region Hydraulic and Aquatic
Environment Engineering Research
Group(Fisheries Engineering)

Author : YAMAMOTO Jun

OKAMOTO Setsuo

SATO Jin

KAWAI Hiroshi

SUDO Kenya

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 about the methods to create, maintain and recover the seaweed beds to coastal structures in order to make good sea environment. 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.

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