北海道南西日本海沿岸の嵩上げ礁 の海藻分布特性

山下 俊彦¹・吉村 元秀²・渡邊 俊³・丸山 修治⁴

¹正会員 北海道大学教授 北海道大学大学院工学研究院(〒060-8628 札幌市北区北13西8)

E-mail:y-toshi@eng.hokudai.ac.jp

²非会員 株式会社大林組(〒519-8626 三重県尾鷲瀬木山町6-13)

E-mail:yoshimura.motohide@obayashi.co.jp

³学生会員 北海道大学大学院工学院(〒060-8628 札幌市北区北13西8)

E-mail:swatanabne501@eis.hokudai.ac.jp

⁴非会員 (国研)土木研究所寒地土木研究所(〒062-8602 札幌市豊平区平岸1-3)

E-mail:maruyama-s22aa@ceri.go.jp

北海道南西日本海沿岸では、磯焼け対策としてウニ摂餌の抑制(波動流速増加)を目的とした嵩上げ礁が多く設置され、設置初期には海藻群落の形成が報告されている。長年経過した現在は、海藻着生が減少しているという報告例もあるが、実態は不明な点が多い。本研究では、25年以上経過した嵩上げ礁を含む3海域の実態調査を実施し、物理環境の平均日数を変化させた海藻量推定結果と実測値を比較検討した。その結果、長年経過した赤石と美谷では大型海藻の現存量が減少している実態を明らかにした。5日平均値を用いた予測法で海藻繁茂水深はほぼ予測可能であるが、海藻量推定値が過大となる。その要因として、波動流速に強い小型巻貝と投石の隙間のウニによる、海藻の生活史初期に対する摂餌が重要と推定される。

Key Words : barren ground, raised reef, secular change amount of seaweed, small snails, sea urchin

1. はじめに

北海道南西日本海の沿岸では、大型海藻群落が消滅する磯焼け現象が問題となっており、その対策として囲い礁などの嵩上げ礁が多く設置されている。この対策は、この海域での磯焼けの主な原因と考えられるウニの摂餌を、嵩上げによる波動流速の増加によって抑制しようとするものである。設置直後は新しい基質を投入することもあり海藻群落の回復がみられるが、数年以上経過すると、ウニの食圧の制御が不十分な場合には元のサンゴ藻平原に戻る場合も多い。

桑原ら¹は北海道寿都町美谷海域の施工後15年程度経過している沿整施設の海藻繁茂条件をウニの食圧の月変化より検討している。桑原ら²は北海道積丹町の野塚と西河、寿都町的美谷と有戸の施工後5年以上経過した4つの囲い礁の検討結果より、海藻群落形成条件をウニの食圧の月変化により明らかにしている。山下ら³は、積丹半島西岸の赤石の施工後25年程度経過した投石礁では、設置初期には海藻群落の回復がみられたが、近年では海藻の着生が少ない状況が続いており、その原因として、ウニの高波浪時の逃避場が投石礁内部にある(移動時間

小)ため低波浪時にウニが海藻を摂餌しやすいことを報告している。しかし、磯焼け対策として多くの嵩上げ礁が設置されたが、その後の追跡調査は少なく、実態は不明な点が多い。

そこで本研究では、設置後25年以上経過した赤石の投石礁と美谷の囲い礁と、比較対象のため最近(4年前から)嵩上げが実施された寿都漁港の防波堤背後小段で、2年間の現地調査を実施することにより、海藻量とウニなどの植食動物及び波などの物理環境の月別変化特性を明

図-1 調査3海域

らかにする．次に，物理環境の平均日数を変化させた海藻推定量と3海域の海藻現存量を比較検討することにより，25年以上の長年経過した嵩上げ礁の海藻量の推定法と減少要因を検討する．

2. 調査概要

本研究の調査海域は，図-1 に示す積丹半島西岸の赤石と寿都湾に面する美谷と寿都の3海域である．図-2に，神恵内村赤石漁港の北西沿岸の赤石の投石礁の概要，図-3 に図-2 中の調査側線の海底断面形状を示す．赤石では平成4年に岸から約30～80m間に沿岸方向に約200mの範囲に大割石の投入による投石礁が設置され，天端水深は1～1.5mである．また，投石礁以外の地点の底質も大割石程度の転石帯である．図-4 に設置後35年経過した美谷の沿整施設(囲い礁と潜堤)の概要，図-5 に図-4 中のA-A断面の海底形状を示す．囲い礁は一边30mの正方形で大割石(直径約90cm)の一層積みで，潜堤は天端水深が0.7mで異形ブロック(8t)で施工されている．囲い礁の天端水深は沖側が約5m，岸側が約2mである．図-6 に寿都漁港沖約100mの消波堤の背後小段の概要を示す．寿都背後小段は平成9年に施工が開始され，当時は水深4mまでの嵩上げであったが，2013年より，コンクリート製の大型ブロックを用いての嵩上げが段階的に施工され，現在では天端水深が全域で1mとなっている．調査側線は背後小段の中央部であるが，この地点は2014年に嵩上げが実施された．

赤石では，2015年と2016年に3月と5月の2回，潜水枠内目視調査及び，写真，海中ビデオ撮影による画像計測によって，海藻現存量とウニなどの植食動物の個数変化を把握した．美谷では，2015年6月27日，2016年3月26日と6月11日のドローンによる空中写真により海藻量を推定した．また寿都では，2015年は3月～7月の毎月，赤石と同様の調査，2016年は3月と6月に海中ビデオ撮影によって，海藻量と植食動物の個数を把握した．物理環境データについては，波のみ沖合の調査地点に最も近いGPVのデータを用い，その他の水温などのデータは各漁港などで観測されたものを用いた．

3. 物理環境と大型海藻現存量，植食動物

図-7に，3海域について物理環境データとして重要な波高と水温の最近10年間の平均と2015年，2016年の2～5月の変化を示す．データはすべて10日平均値である．この図より，3海域とも2015年より2016年の方が高波浪・低水温(特に幼芽期の2月)でコンブなどの大型海藻繁茂には有利な年であることがわかる．10年平均と比較すると，2016年は波高が少し小さく水温が少し高い(2月が重

図-2 赤石の投石礁

図-3 赤石の調査断面形状

図-4 美谷の沿整施設

図-5 美谷断面形状(A-A断面)

図-6 寿都漁港の消波堤背後小段

図-7 3海域の波高と水温(10日平均)

図-8 赤石の調査結果

図-9 赤石の水中写真

要)ので、2016年は10年平均と同程度の海藻群落の形成条件である。波高は美谷>赤石>>寿都で、図-1からもわかるように、寿都は弁慶岬で冬季北西の波が遮断されるため、他地点よりかなり小さくなっている。水温は3海域が比較的近いこともあり、3海域ともほぼ同じように変化しているが、2月は赤石の方が少し低水温である。

図-8 に、赤石の大型海藻とウニの調査結果を示す。図-8(a)と図-3 を見ると、赤石では大型海藻は 2015 年で水深 2.5m、2016 年で 4m まで繁茂し、海藻量は高波浪・低水温で海藻繁茂に有利な 2016 年の方が多く、両年とも水深が浅い地点ほど多く、3 月より 5 月の方が増加している。赤石の海藻群落の特徴は、一本の海藻は大きく成長するが、本数が少なく、全体的に海藻現存量が少ないことである(図-9 参照)。図-8(b)より、赤石では波当たりが強いにもかかわらず、両年とも水深 1m 程度の浅い地点にも潜水調査が可能な波が比較的小さい日には、ウニの生息が確認される。一方、嵩上げて新しい大型ブロック製の寿都では、前述のように沖の波が弱くかつ消波ブロックを通過した波が背後小段に作用するため、かなり波は弱いにもかかわらず、水深 1m の天端には 3~5 月ウニはゼロである。これは、施工後長年経過した投石礁の特徴と推定される。また、ウニの個数は 2016 年の方が多く、これは潜水調査日より前に大きな波高の波が 2016 年の方が少ないことと、2016 年の方が海藻が多いことが関係していると推定される。図-9 の赤石の水中写真を見ると、植食動物としてキタムラサキウニなどのウニ(図中黒色)以外に、常にクボ貝等の小型巻貝(赤線内)が多く生息していることがわかる。小型巻貝は波当たりが強い場所を好んで生息する種である。

図-10に美谷のドローンによる空中写真を示す。空中写真のため海藻量の定量推定は難しいが、6~7月の海藻量(写真で黒く見える)は2016年の方が赤石同様多く、2016年3月では、潜堤>岸側の囲い礁>沖側の囲い礁、天端水深では0.7m>2m>5mの順で海藻量が多くなっ

図-10 美谷の空中写真

図-11 赤石のウニの摂餌量(5日平均)と海藻量

ていることがわかる。桑原ら¹⁾の設置後15年経過時の、同じ美谷の沿整施設の6月の空中写真を見ると、沖の囲い礁は本研究と同様磯焼け状態だが、潜堤と岸の囲い礁は真っ黒で大型のホソメコンブが大量に着生している。2年のうちでは海藻量が多く10年平均と同程度と考えられる2016年6月の潜堤でも少し白く見える場所があり、サンゴ藻の繁茂が広がりつつあることが推測される。6月の岸側の囲い礁では、ほとんど白くサンゴ藻で覆われ、大型海藻は周囲のブロック部を除いて繁茂していないことがわかる。以上から、施設設置後15年で海藻繁茂が良好であった潜堤上、岸側の囲い礁でも35年経過後の現在では大型海藻の着生が減少していることが推定される。

寿都の2015年の海藻量の水深別、月別変化を図-13に示しているが、この年は水深1mまで大型海藻が多く繁茂し、順調に5月に向けて成長していることがわかる。2016年では水深2.5mまで大型海藻が繁茂し、2015年よりは全体的に海藻量は多くなっている。2015年5月でも、寿都の海藻現存量は水深1mで2.5~3kg/m²となり赤石、美谷と比較して多いことがわかる。

4. 嵩上げ礁での海藻量予測

嵩上げ礁の海藻量予測は、基本的に佐藤ら⁴⁾と同様の方法で実施した。寿都の設置後あまり経過していない大型ブロック製の背後小段では、佐藤ら⁴⁾と同様、波等の物理環境データの10日平均値を用い、赤石と美谷の投石礁では山下ら³⁾と同様5日平均値を用いた。5日平均という短い平均日数を用いる理由は、長年経過した投石礁では、ウニが多く、波が高いときにウニが投石礁内部の隙間に逃げることができ、低波浪時にウニが海藻を摂餌しやすく、その移動に要する日数が短いためである。

図-11に赤石の2年間のウニの摂餌量、海藻現存量の推定値と現存量の比較を示す。図-11(a)の2015年では、水深3.7mにおいて5日平均波高が低いときに、海藻幼芽期の2月からウニ摂餌が推定され、水深1.6mでは3月からウニ摂餌、水深1.1mではウニ摂餌は推定されていない。海藻現存量の推定値を見ると水深1.1mと1.6mでほぼ同量で、水深3.7mのみ推定値がかなり小さくなっている。これは海藻幼芽期の2月のウニの摂餌がその後の海藻量への影響が大きいことを示唆している。実際の海藻現存量は、水深1.1m、1.6mともに推定値よりかなり小さいことがわかる。図-11(b)の2016年では、図-7(a)を見ると赤石では2月に高波高・低水温のため、3水深ともウニ摂餌量はゼロと推定され、海藻推定量は水深3.7mが少し小さめであるが、3水深とも同程度の海藻量が推定されている。実際の海藻現存量は、水深1.1m、1.6mでは3月では推定量と同程度、5月では推定量の半分程度、水深3.7mは5月でかなり小さくなることがわかる。

図-12 美谷のウニの摂餌量(5日平均)と海藻量予測

図-13 寿都の海藻現存量と推定値(10日平均)

一方、海藻繁茂限界水深は2015年が約2.5m、2016年が約4mと実測値と推定値はよく一致している。

植食性小型巻貝のホソメコンブの摂餌については、中田ら⁵⁶⁾、秦ら⁷⁾によって研究され、磯焼け発生に重要であることが指摘されている。また、秦ら⁷⁾によるとウニでは摂餌が不可能な波動流速 40 cm/s でも摂餌が可能であることと、北海道忍路湾西岸での解析結果では、ある水深帯ではキタムラサキウニの摂餌量と同程度になることを報告している。実際の海藻量が少ない重要な要因の1つは、前述の高波浪環境でも生息可能な小型巻貝が海藻の幼芽期、あるいはそれ以前の配偶体などを摂餌し、大型海藻に成長できる本数が減少したためと推定される。また、山下ら³⁾の指摘した、投石の隙間のウニの海藻幼芽期の摂餌も海藻現存量が少ない重要な要因の1つである。

図-12 に、2016 年の美谷のウニの摂餌量と海藻現存量の推定値を示す。水深 5m では 2 月後半からウニ摂餌が推定され海藻現存量は前述の理由から少し小さく推定されている。図-7 より、2016 年の美谷は 2 月に 10 日平均波高が 2m あるいはそれ以上となり、3 海域の中で最も高いので、海藻繁茂水深も最も深く推定され、水深 5m でもかなりの海藻量が推定されている。図-10 の 2016 年の美谷の空中写真を見ると、3 月では沖側の囲い礁内部の大割石の箇所ではごく一部に黒く海藻の繁茂が確認できると周囲のブロックでは黒く海藻が繁茂しており、海藻繁茂限界水深はほぼ推定可能と判断される。海藻量については空中写真のため定量的な評価はできないが、水深 0.7m の潜堤天端を除きかなり過大な推定結果となっている。潜水調査を実施していないため確かなことは言えないが、赤石と同様、小型巻貝の摂餌も影響していると考えられる。

図-13 に、寿都の 2015 年の海藻現存量と推定値の比較を示す。水深 2.5m、4m では、海藻現存量と推定値はともにゼロであり、水深 1m では海藻現存量と推定値はよく一致している。すなわち、寿都では海藻繁茂限界水深だけでなく海藻量も比較的精度良く推定可能であることがわかる。

5. まとめ

磯焼け対策として施工された囲い礁などの高上げ礁について、最近2年間の現地調査により、設置後長年(25年以上)経過した場合を含めた3海域の海藻現存量などの実態を把握した。物理環境の平均日数を変化させた海藻量推定結果と海藻実測値を比較検討した。本論の主要な結論は以下のとおりである。

(1) 高上げ後、新しい寿都では従来の海藻予測法(物理環境 10 日平均)で海藻繁茂限界水深、海藻量を定量的に予測できる。

(2) 長年経過した赤石と美谷では大型海藻現存量が減少している実態を明らかにし、物理環境 5 日平均を用いた予測法で繁茂限界水深はほぼ定量的に推定できるが、海藻推定量が過大になる。この重要な要因は、波動流速に強い小型巻貝と投石の隙間のウニの海藻の生活史初期の摂餌が重要と推定される。

参考文献

- 1) 桑原久実, 川井唯史: 北海道寿都町美谷海域の沿整施設におけるホソメコンブ群落の形成機構, 海岸工学論文集, 第 46 巻, pp.1166-1170, 1999.
- 2) 桑原久実, 金田友紀, 川井唯史: 北海道南西部磯焼け地帯の囲い礁によるホソメコンブ群落の形成条件, 海岸工学論文集, 第 47 巻, pp.1181-1185, 2000.
- 3) 山下俊彦, 渡邊俊, 佐藤仁: 投石礁での海藻現存量の変動特性と推定法, 海岸工学論文集, Vol. 72, No. 2, pp.1423-1427, 2016
- 4) 佐藤仁, 瀬戸岳史, 渡辺航希, 山下俊彦: 寿都漁港背後小段上の海藻の変動特性, 海洋開発論文集, Vol. 40, pp.430-463, 2015
- 5) 中田和義, 山崎友資, 水田浩之, 川井唯史, 伊藤博, 五嶋聖治: ホソメコンブに見られる植食性小型巻貝 4 種による摂餌痕跡, 水産増殖 54(2), pp.217-224, 2006
- 6) 中田和義, 山崎友資, 水田浩之, 川井唯史, 伊藤博, 五嶋聖治: 植食性小型巻貝によるホソメコンブの摂食に及ぼす水温の影響, 水産増殖, 54(3), pp.375-381, 2006
- 7) 秦 安史, 秋野秀樹: 磯焼け海域におけるコンブの生活史初期に及ぼす植食性小型貝類の影響に関する基礎的研究(目的積立金): 平成 25 年度事業報告書, 中央水試, pp.154-157, 2014

(2017.3.15 受付)

CHARACTERISTICS OF SEAWEED DISTRIBUTION OF RAISED REEFS ALONG THE COASTA OF THE SOUTHWESTERN JAPAN SEA OF HOKKAIDO

Toshihiko YAMASHITA, Yoshihide YOSHIMURA, Shun WATANABE
and Shuji MARUYAMA

Many raised reefs have been constructed as countermeasures against barren ground along the coast of the southwestern Japan Sea of Hokkaido. The aged deterioration of raised reef after construction, in particular when it has passed many years, is unclear in many cases. Field survey was conducted to investigate the characteristics of seaweed distribution of raised reefs with different elapsed years after construction. It was found that the amount of seaweed was considerably decreased at raised reef which was 25 years or more after construction. As one of its important factors, it has the effect of eating seaweed of small snail which is strong against wave flow velocity.