

防波堤に形成された背後盛土における 藻場機能について

A SEAWEED GROWTH AT THE REAR STEP OF AN OFFSHORE BREAKWATER AT KUSHIRO PORT

佐藤 仁¹・福田光男¹・丸山修治²・村井克詞³

Jin SATO, Mitsuo FUKUDA, Syuji MARUYAMA and Katsushi MURAI

¹正会員 (独)寒地土木研究所水産土木チーム(〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

²国土交通省北海道開発局釧路開発建設部釧路港湾事務所(〒084-0914 釧路市西港1丁目)

³(株)エコニクス環境事業部水域環境チーム(〒004-0015 札幌市厚別区下野幌テクノパーク1丁目2-14)

In the Kushiro port of Hokkaido, the rear step of shallow depth was made by using the dredged sand on the offshore breakwater. The purpose of the rear step is a creation of the seaweed bed in addition to the decrease of the transmission wave by the wave-overtopping and the cost reduction by the reinforcement of the main caisson.

This study is about the seaweed on the rear step growing thickly situation and the environment of light on the rear step, and the influence that a physical environment gives to the seaweed promotion is examined. The results are as follows: An excellent seaweed bed with mainly kelp is formed. The seaweed bed has changed from mainly diatom to mainly kelp. The species swarming in the marine forest increases every year. The amount of the photon is supplied enough for photosynthesis.

Key Words: Kushiro Port, breakwater rear step, seaweed bed, kelp, light and turbidity

1. はじめに

近年、港湾・漁港構造物においては自然環境と共生する機能が求められている。北海道東部に位置する重要港湾釧路港の島防波堤では、浚渫土砂を利用して水深の浅い背後盛土を造成し、この背後盛土上の藻場の創出を計画している(図-1)。この背後盛土を有する防波堤は、①浚渫土砂のリサイクルと土砂陸上処分費の低減を図ること、②本体直立部の押さえ盛土として機能することで本体工のスリム化を図りコストを縮減すること、③島防波堤を越えてくる越波のエネルギーを散逸させ港内への伝達波の低減を図ること、などの防波堤に求められる本来機能に加えて、背後盛土上の浅場を利用して藻場の創出を図り、自然環境調和機能を付加した沿岸構造物である(図-2)。

藻場は海洋生物の産卵場、摂餌場あるいはそれ自体が基礎生産者としての役割を持つなど、様々な機能が複合的に機能しており、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¹⁾。

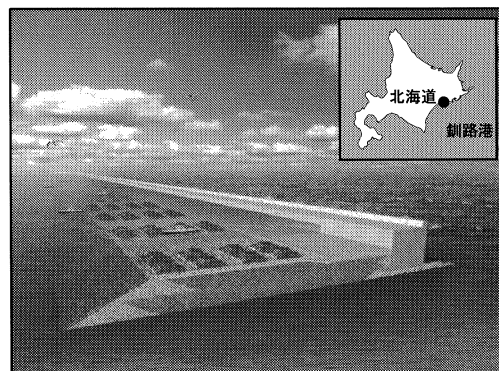


図-1 釧路港島防波堤イメージパース

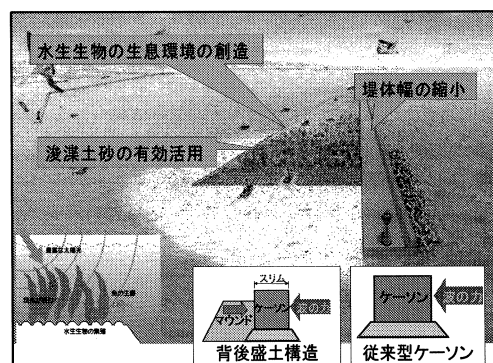


図-2 背後盛土付防波堤の特徴

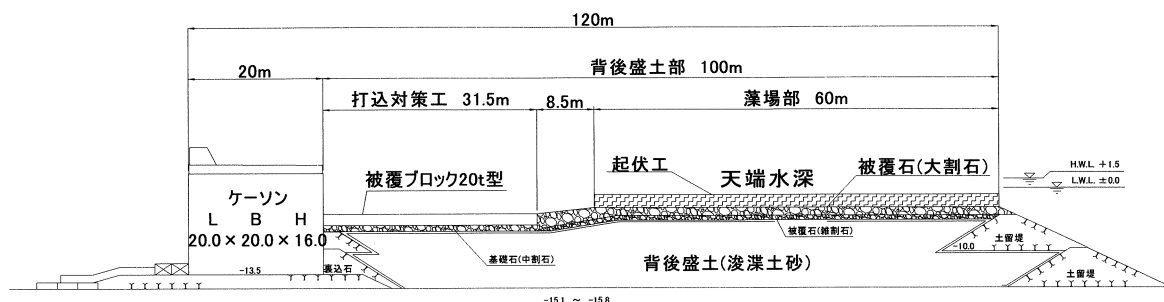


図-3 島防波堤の標準断面図

図-3 に島防波堤の標準断面図を示す。背後盛土は越波した波を減衰させる打込対策部40m、海藻を繁茂させる藻場部60mに大別される。藻場部の構造は水深-15m程度の砂地盤から水深-5mまで浚渫土砂で嵩上げし、雑割石、大割石で被覆（水深-3m）を行い、その上に起伏工（水深-1m）を設置している。本報告は、背後盛土上における藻場の形成とその藻場が有する魚類等の生息場機能について、現地における海藻繁茂状況、蟄集生物状況および藻場の形成に影響を与えると考えられる光量子量、濁度等物理環境に関する各種調査から論ずるものである。

2. 調査方法

2008年3月現在、島防波堤本体工は全体計画延長2,500mのうちの1,445mが完成し、背後盛土部分は計画延長1,600mのうち、実証試験区間として100mが2005年12月に完成している。藻場の把握は、この実証試験区間が完成した直後の2006年からのモニタリング調査で行っている。背後盛土上における調査箇所を図-4に示す。調査は毎年、海藻が最も繁茂して

いる夏季、年間を通じて最も波高が高い秋季、海藻が芽吹く春季の3季に実施している。海藻繁茂調査は、測線1～測線5（1測線長100m）においてダイバーの目視観察によって、緑藻、褐藻、紅藻ごとの葉体被度を把握した。また、夏季においては海藻の着生量を把握するため、各地点（■表記）において調査枠（0.5m×0.5m）を設定して付着生物（植物、動物）を採取し、種の同定、個体数、湿重量の生物分析を行った。さらに、藻場内に生息する動物を採取するため、葉上葉間ネット（全長4.1m）を用いて曳網距離10mで試料採取を行い、種の同定、個体数、湿重量の生物分析を行った。

物理量調査は、流況観測（●表記の3地点、水深-1mまたは-3m）、光量子量観測（○表記の4地点、水深-3m）、濁度観測（△表記の3地点、水深-1mまたは-3m、ホルマジン度測定）の3調査である。各調査ともメモリー式観測機器を用いて、15昼夜から30昼夜ほどの連続観測を実施してデータを取得した。

3. 調査結果と考察

(1) 海藻の繁茂状況

a) 海藻出現種

図-5は、2006年から2008年までの海藻繁茂期（7月）における、背後盛土上で確認された海藻の出現種数を緑藻綱、褐藻綱、紅藻綱の3つに分類して示したものである。

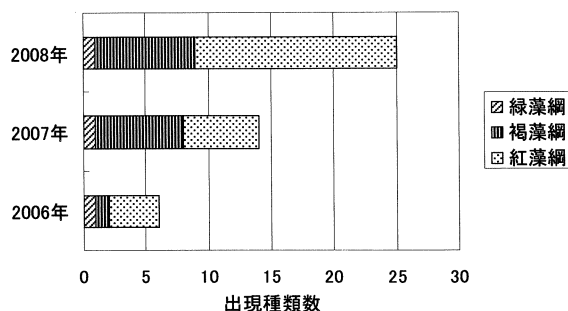


図-5 海藻の出現種数（繁茂期）

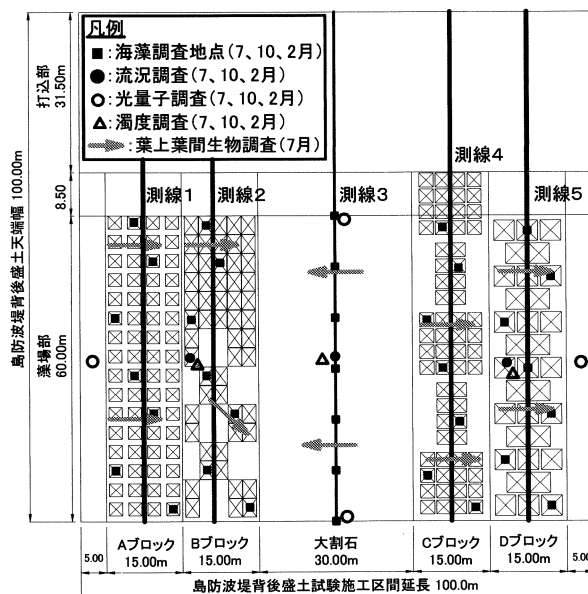


図-4 背後盛土上の調査箇所

背後盛土完成後、最初の海藻繁茂期となる2006年7月には、既に褐藻綱であるナガコンブ (*Laminaria longissima* Miyabe), ガッカラコンブ (*Laminaria coriacea* Miyabe) などのコンブ属や緑藻綱のアナアオサ、紅藻綱のフイリタサ、カレキグサ、コノハノリ、ハケサキノコギリヒバなどの出現が確認された。その後、2007年(2年目)、2008年(3年目)と経過するごとに海藻の出現種は増加しており、2008年7月段階において、緑藻綱1種、褐藻綱8種、紅藻綱16種の計25種類の海藻が出現しており、藻場の多様性が増進されている(写真-1)。これまでの海藻の出現過程としては、①初期にコンブ属やアナアオサといった大型・中型の海藻が出現し、比較的小型な紅藻綱の種類は少ない。②紅藻綱は藻場の形成に伴い、徐々にその種類数を増加させている。といった傾向があるものと考えられる。

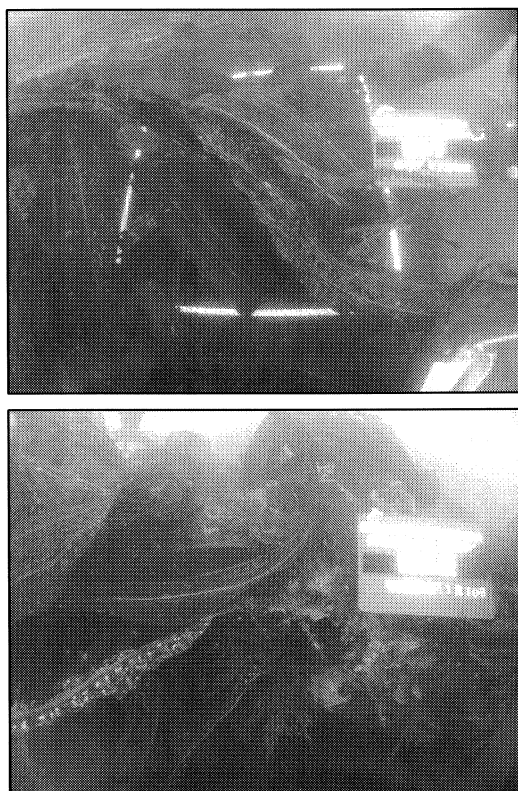


写真-1 背後盛土上の海藻群落 (2008. 7)

b) 海藻着生量

着生した海藻の根回り被度および海藻着生量の施工時からの推移を図-6, 7に示す。なお、比較対照として、既設島防波堤の港外側と港内側の直立壁における背後盛土と同水深帯(-1m)の値も示した。

既設島防波堤直立壁では、港外側の方が港内側よりも海藻が繁茂している状況にある。これは基質面特徴として、港外側は南向きであること、それに対して港内側は北向きであることから、海藻繁茂状況に差が現れているものと推察される。なお、港外側

直立壁における着生量は2002年から調査しているが、毎年、2~3kg/m²で推移している。

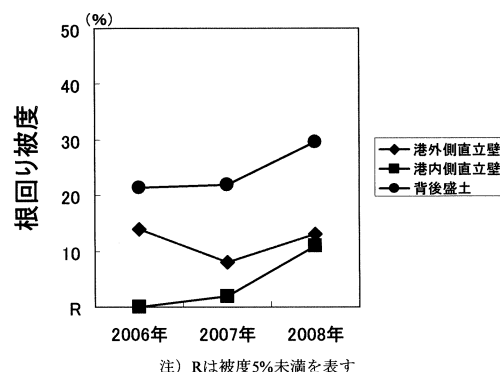


図-6 海藻の根回り被度 (水深-1m)

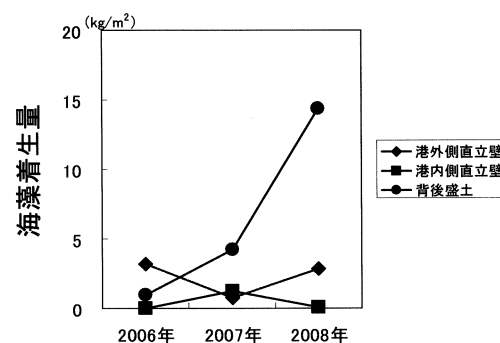
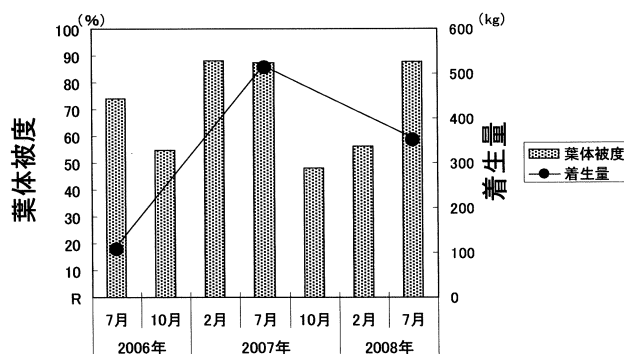


図-7 海藻の着生量 (水深-1m)

背後盛土上においては、根回り被度および海藻着生量ともに年々増加しており、現在のところ海藻着生効果があるものと推察される。2008年における海藻着生量の上昇が同年の根回り被度の上昇よりも大きいのは、ナガコンブなどの多年生海藻が3年目に大きく生長し重量を増加させたものと推察される。

c) ナガコンブの藻場形成過程

当該海域の有用種であるナガコンブに着目し、葉体被度と着生量(全重量)から、これまでの背後盛土上での海藻群落形成の過程を示したのが図-8である。葉体被度は毎年2, 7, 10月に測定し、着生量は、海藻繁茂期である毎年7月のみ測定している。



注) Rは被度5%未満を表す

図-8 葉体被度と着生量 (ナガコンブ)

着生した海藻の湿重量の大半がナガコンブ、ガツカラコンブといったコンブ属であった。調査時期ごとの葉体被度を見ると7月が最も多く、10月に減り、2月に増加する傾向にある。これは、コンブ類のうち釧路海域で優占しているナガコンブの生活史²⁾から10月前後は末枯れの時期に相当しており、流失したのも多かったためと推察される。しかし、2月には新たな個体の生育が確認されていることから、ナガコンブの生活史に沿った更新が行われていると考えられる。

背後盛土が完成した翌年の2006年7月と2年目にあたる2007年7月の着生量を比較すると約5倍に増加している。逆に、2008年におけるコンブ属の着生量は前年度比で約30%の減少となった。しかしながら、2008年7月の着生量は当初（2006年7月）の約3倍あり、葉体被度も概ね90%と当初の値を上回っている。

以上のことから、ナガコンブの藻場形成過程としては、

- ①2006年冬のコンブ属の新規加入群に加えて2年目に移行したコンブ属が順調に生育し、葉幅や厚さを増して着生量を増加させる。
 - ②ナガコンブやガツカラコンブの寿命がおよそ2～3年であるため、前年の冬の新規加入群があったものの、2年目に移行していたコンブ属が2007年秋に枯死流失した影響で着生量は減少する。
 - ③コンブ属は毎年、新規加入群を加えていくことで徐々に着生量を増加させながら継続的に藻場を形成している。
- ものと考えられる。

(2) 生物の蠕集効果

海藻（草）類の藻場は、森林に匹敵する基礎生産力を有し、それゆえ大きな自然浄化能力をもち、珪

藻から魚類まできわめて多くの生物種にその生活場所を提供し、水産上有用な生物資源の涵養に重要な寄与をしている³⁾。背後盛土上に形成された藻場についても、生物蠕集状況を把握することは、藻場環境を評価する上で重要な要素であると考えられる。

葉上葉間ネットを用いて採取した生物のうち、軟体動物、節足動物、原索動物の個体数および湿重量を図-9に示す。葉上葉間生物は2006年と比較すると2007年、2008年と個体数および湿重量ともに増加している。ヨコエビ科、ホンヤドカリ、ヨツハモガニ等の節足動物は比較的初期段階で出現しており、藻場の生長とともに量を増やしている。原索動物であるイソギンチャクやホヤ等の固着性動物は年数を経た段階で出現している。

また、ダイバーによる目視観察では、写真-2に示すとおり卵塊を守るアイナメやメバルの群れ、ハナサキガニ等も確認されていることから、大型の動物も藻場に生息しているものと考えられる。

以上のことから、背後盛土上に形成された良好な藻場は、疑似岩礁として生物の生息場、産卵場などの多様な機能の発現が確認された。

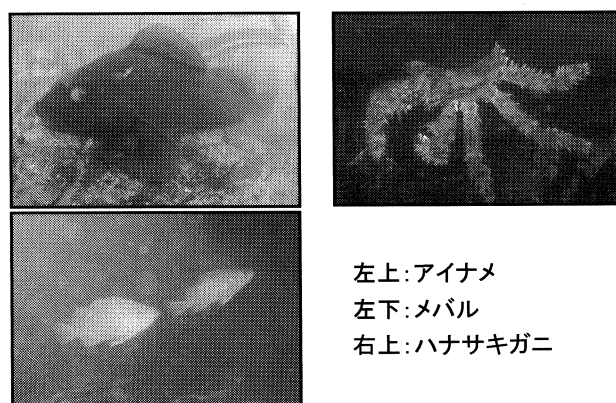


写真-2 目視観察による大型動物の生息

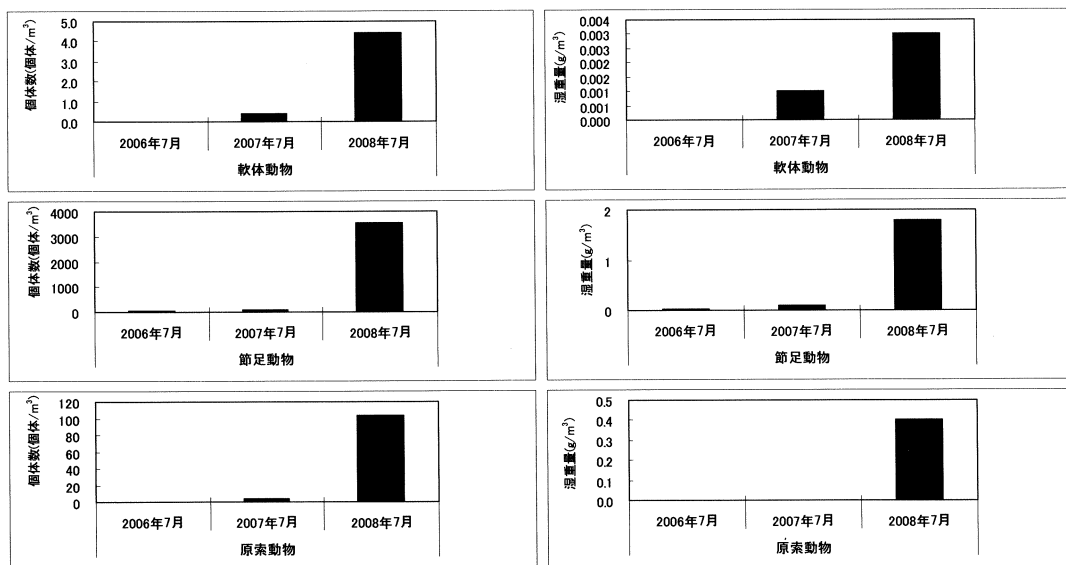


図-9 葉上葉間生物の個体数および湿重量

(3) 背後盛土上の物理環境

一般的に藻類の生育環境因子は物理的要因，化学的要因，動力学的要因，生物的要因などに分類される（表 - 1）⁴⁾．これらのうち，生物的要因においては，藻食動物であるウニによる食害が懸念される．しかし，釧路港周辺は砂浜域でありウニが生息する岩礁地帯が無いことから，潜水調査においてウニの分布はほとんど確認されず，ウニの食害による影響は小さいと考えられる．また，物理的要因においては，藻場の形成に大きな影響を与えると考えられる因子は，①光量子量，②浮泥堆積量である．

表 - 1 藻類の生息環境因子⁴⁾

物理的要因	光（光量子量）
	付着基質（浮泥の状況、安定性、表面形状等）
	温度（海水温）
化学的要因	淡水（河川水、降雨等）
	塩分
	栄養塩類（窒素、リン等必須代謝物質）
動力学的要因	光合成を行うための遊離二酸化炭素
	pH
	汚染（有機質、無機質、生物質）
生物的要因	海水の流動（海流、波浪、潮汐、湧昇流）
	潮汐による干出
	風
生物的要因	藻食動物による食害
	基質への競合
	繁茂による光の制限

光量子量は光合成に不可欠であり，釧路周辺海域が高栄養塩・低透視度の特徴とする親潮の影響を受けていることから最も重要な因子である．浮泥は一定以上の厚さで海藻の付着基盤に堆積した場合，海藻胞子の着生阻害や着生した胞子の生長が阻害される要因となる．浮泥による影響については，福田ら⁵⁾ 森ら⁶⁾ により，背後盛土上に堆積する砂の流動による払拭効果が確認されている．ここでは，背後盛土上の光環境について検討するために，光量子量と光量子量に影響を与える海域の濁度について述べる．

2006年から2008年までの各調査月における光量子量と濁度および同期間の釧路港沖の波浪観測結果を図-10に示す．日平均濁度は，全地点の10分間隔で測定した1日における濁度（ホルマジン度，単位：FTU）の平均値である．日積算光量子量は，10分間隔で測定した1日分の光量子量を積算した値である．図はこれらの値の最大値と最小値の範囲および平均値を示したものである．波高は日最大有義波高で整理した．また，図中にナガコンブの生存に必要な最低光量子量である日補償光量⁷⁾を示した．

2006年10月には若干，日補償光量を下回ったが，全体としては，ナガコンブの生育に十分な値（0.52mol/day/m²以上）を確保している．砂浜域に位置する釧路港では，概ね2mを超える高波浪によ

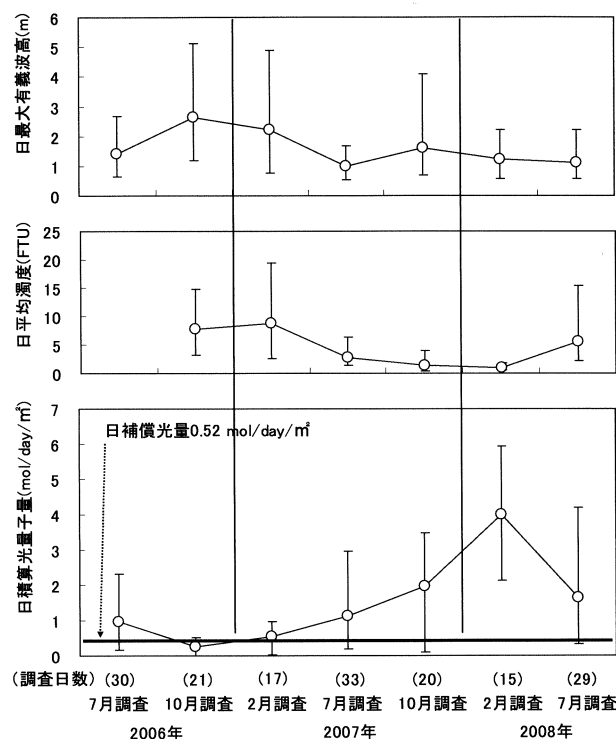


図 - 10 濁度と光量子の推移(2006～08年)

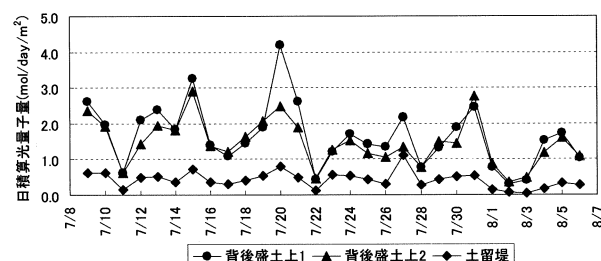


図 - 11 日積算光量子量の推移(2008年)

り海底の土砂がまきあげられ濁度が上昇し，その結果，光量子量が低下するという関連性が見られる．

次に，背後盛土の天端水深（水深-1m）の妥当性を検証するために，異なる水深帯における光量子量と比較したものが図-11である．土留堤法面部の-6m水深帯は，島防波堤におけるこれまでの目視観測で確認されているナガコンブの着生の限界水深とされる-7m⁸⁾付近である．一方，図よりこの水深帯における日積算光量子量は，前述のナガコンブの日補償光量を若干上回っている程度であることから，この水深帯（-6～7m）がナガコンブの生育限界であることがあらためて確認された．

他方，背後盛土天端（背後盛土上1および2，水深-1m）の日積算光量子量は，生育限界水深の値に比べて十分高い．よって，天端水深を上げて海藻の生育環境の向上を図った背後盛土構造の効果が確認された．

また，背後盛土上の日平均濁度および日積算光量

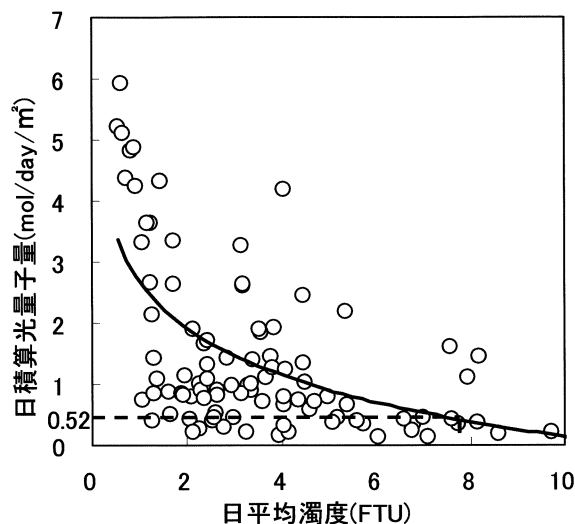


図 - 12 濁度と光量子量の関係

量子量の関係を図-12に示す。対象はナガコンブが幼体を形成する春季から生育し繁茂する夏季の期間とした。この図より前述の日補償光量 0.52mol/day/m^2 を確保するためには、濁度がおおよそ8FTU以下に抑えられていることが必要となる。高波浪によって一時的に濁度が上昇することはあるが、観測期間中の濁度の平均値は概ねこの値を下回っており、ナガコンブが生育する場として背後盛土上は良好な環境にあると考えられる。

4. まとめ

本報告は、砂浜域に新たに創出された疑似岩礁としての背後盛土において、その整備の初期段階からの藻場形成とその機能について調査・検討したものである。主要な結論をまとめると以下のとおりである。

(1) 背後盛土上では、秋季に末枯れ・枯死流失を経ても、冬季に新規加入群が着生し、整備後約2年半経過した段階で、葉体被度90%以上のナガコンブを中心とする良好な藻場が形成されている。

(2) 良好な藻場の形成に伴い、生息する動物も増加傾向にあり、産卵場、稚仔魚の保育場、餌場などの多様な機能の発現が確認された。

(3) 良好な藻場が形成されている要因の一つは、生育に必要な光量子量が十分に供給されているためと考えられる。

以上のことから、背後盛土は、整備から約2年半経過した段階であるが、現在のところ藻場形成に適した環境であり、自然環境との共生をめざす自然調和型沿岸構造物として期待されるものといえる。

5. おわりに

今後は、現在の藻場が安定状態に達するまでの生育過程および河川出水や高波浪等が光環境に与える影響を把握する必要がある。そのために、海藻現存量の推移、植物相の遷移過程、物理環境の変化等を引き続きモニタリングし、藻場の成立状況を総合的に評価する。また、さらなる改善策があれば、順応的管理手法の一環として、今後の整備方針に反映されるよう検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 海の自然再生ハンドブック -その計画・技術・実践- 第3巻藻場編, pp. 10, 2003.
- 2) 川嶋昭二：日本産コンブ類の分類と分布, 海洋と生物 105, 生物研究社, pp. 313, 1996.
- 3) 向井 宏：藻場（海中植物群落）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. 471, 1996.
- 4) 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・産卵礁機能編-, (社) 寒地港湾技術研究センター, pp. 13, 1998.
- 5) 福田光男, 坪田幸雄, 丸山修治：藻場の着生に影響を及ぼす堆積砂の払拭実験, 平成13年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp. 45~48, 2001. 5
- 6) 森 信幸, 橋詰知喜, 丸山修治, 坪田幸雄：釧路港藻場創出機能付き防波堤の堆積砂制御について, 平成14年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp. 141~144, 2002. 5
- 7) 坂西芳彦他：釧路沿岸における夏季のナガコンブの日補償深度, 北水研報告65, pp. 127~128, Jan 2001.
- 8) 北海道開発局港湾部港湾建設課他：浚渫土砂を活用した背後盛土付き防波堤の研究開発（Ⅲ）, 第46回北海道開発局技術研究発表会, 2002. 2