

講演会

第5回 CPC 講演会

日時：平成29年9月20日 14:00～16:00 場所：TKP 札幌駅カンファレンスセンター

(一社)寒地港湾技術研究センター

※役職は開催時のものです

1 主催者挨拶



(一社)寒地港湾技術研究センター
代表理事・理事長

川合 紀章

寒地港湾技術研究センターの川合でございます。本日は皆様、何かとご多用のところ、また雷まで鳴っているところ、第5回のCPC講演会にご参加いただきまして、誠にありがとうございます。また日頃から当センターの活動につきまして、ご理解・ご協力いただいておりますことを、この場を借りまして厚く御礼申し上げます。

さて、このCPC講演会でございますけれども、私どもは寒地港湾技術研究センターを略称でCPCと申しておりますけれども、当センターが実施します調査研究事業、この中からテーマを決めまして、そのテーマに関連したものについての調査・研究報告も兼ねまして、講演会を実施しているところでございます。一般市民の方も含めて、当センターの活動の一端を広く知って頂くという機会にしているところでもございます。私ども寒地港湾技術研究センターが一般社団法人化したのは平成25年でございます。それ以来、今回で第5回の講演会を開くことになりました。

そこで本日は「寒冷地における沿岸域の環境

について」というテーマで実施させていただくことに致しました。私ども寒地港湾技術研究センターでは自主調査研究というものをやっております。寒冷地の港湾の整備あるいは利活用にはいろいろな課題があり、その課題に自主的に自らが取り組む研究として実施しているところでございます。当センターの事業の柱になっているところでございまして、毎年10本ほどの自主調査研究を行っているところです。その研究がある程度まとまりますと、調査研究報告書という形で報告したり、あるいはあるものはマニュアルだとかガイドブックという刊行物の形で発行したり、そのような形で行ってまいります。私どもは、その技術情報の発信だとか、研究成果の発信、それから港湾技術者の利用に供するための事業として実施しているところでございます。



講演会風景

そういった中で、平成 27 年度と平成 28 年度に実施した自主調査研究事業としまして、「寒冷地における自然環境調和型沿岸構造物のガイドブック改訂」という自主調査研究事業を実施したところです。これは平成 10 年に『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』というのを、私どもの刊行物として刊行してございます。それからもう 20 年近くが経ったということで、その後の新しい知見も取り入れて、そういった沿岸構造物の整備だとかあるいは維持管理、そういったものに役立つガイドブックを新しく作ろうということで始めた研究でございます。その改訂作業にあたりましては、当時東海大学の教授であった谷野先生に委員長をお願いし、検討委員会それからワーキンググループを作って改訂作業を実施したところでございます。おかげさまで今年、5 月にそのガイドブックが刊行物として発行されたところでございます。

そこで本日のこの講演会では、そういったガイドブックの紹介、あるいはそれに関連する研究についてご講演をいただくことにしております。基調講演をお願いしてございます、東海大学生物学部海洋生物科学科の櫻井先生をはじめと致しまして、今申し上げました改訂作業の検討委員会だとかワーキンググループで中心的に活動いただいた方に、今日は発表をしてもらうという予定にしております。

今日、お集まりの皆様方におかれまして、この講演会によりまして、寒冷地の沿岸域の環境についてより深い関心を持っていただければ幸いと考えているところでございます。どうぞよろしくお願い致します。

最後になりますけれども、この講演会開催にあたりまして後援をいただきました国土交通省北海道開発局様に厚くお礼を申し上げまして、私からの開催の挨拶とさせていただきます。本日は皆様、どうもありがとうございました。

2 基調講演「植食性巻貝の生活年周期と海藻群落形成に及ぼす影響について」



東海大学 教授
櫻井 泉 氏

皆さん、こんにちは。私は東海大学の生物学部海洋生物科学科というところで、大学教員をしております、櫻井と申します。今日は、磯焼けと植食動物の関係ということで、最初の議題のタイトルに書いてあるのですけれども、もう少し具体的に植食動物の中の巻貝について、生活年周期という 1 年の間に彼らがどういう生活をしているのかということと、植食性というのは海藻を食べるわけですから、その食べられて

しまう海藻群落の形成に及ぼす影響ということで、お話をさせていただければと思います（図 2.1）。

まず、この仕事をした背景です。これはもう皆さんご承知のことと思います。コンブなどの大型の海藻群落が衰退してしまう。それによって漁業生産力が低下する、いわゆる磯焼け現象というのが、これは北海道に限らず全国的に深刻化しているわけでございます。こちらの一番大きな写真ですが、これは今日のお話の中心となります北海道の日本海側の寿都町の水深 5 m の海底を写したものです。このように、本来であれば、もっと海藻が生い茂っているような水深帯ですが、全く生えていない。この黒くポツポツとあるのがキタムラサキウニです。こうい

うものがポツポツといるだけで、この岩場は無節石灰藻と呼ばれる磯焼けの象徴のような海藻が繁茂するという、まさに海の砂漠化と言ったような様相を呈しているわけでございます。

こうした磯焼けの要因は、発生要因と持続要因の2つに大きく整理されております。この発生要因につきましては、広い環境変化ということで、対馬暖流が年々勢力を増加しているのと、それに伴って日本海全体が高水温化している。そして高水温化すると、冬場の上下混合というのが深いところまで到達しなくなるということで、下の海底に存在している栄養源が上に上がってこないということで、貧栄養化が続くという仕組みが報告されているわけです。また持続要因につきましては、植食性の動物による食害が指摘されておりまして、特に北海道の日本海ではキタムラサキウニの過剰な海藻に対する摂食活動が持続要因として報告されております。

その一方で、ここに小さな写真を示しましたが、エゾサンショウやエゾチグサという数 cm の小さな巻貝ですが、これも植食性です。こういった植食性の巻貝の摂餌活動が海藻群落の形成にダメージを与えるということも、これは北海道ではないのですが、東北の三陸沿岸で示唆されているところです（図 2.2）。

こちらの航空写真は、寿都町沿岸の一部の海域です。寿都はこの辺にあります。今日のお話

はこの丸印で囲ったところで行った結果を紹介します。寿都の沿岸は湾状になっていて、だいたいこんなような様相になっております。これは5月に撮影した写真ですが、本来であれば5月と言うと、ホソメコンブが急成長して沿岸を真っ黒く覆うはずですが、波打ち際で少しだけ黒くなっているのがコンブをはじめとした大型海藻群落ですが、この辺りにしか見られなくて、本来もっと生えてもよいようなところは、このように白くなっていて、これが先程の無節石灰藻に覆われている岩ということになるわけです。こちらは潮間帯で、大潮の時には水が引いているところで、基本的には大きな海藻は生えないのですが、こういう溝とかタイドプールがところどころにありまして、そういうところではコンブが生えるような状況になるわけです（図 2.3）。

そしてこの寿都では磯焼け対策と致しまして、20年くらい前からキタムラサキウニの除去に一生懸命取り組んできたわけですが、残念ながら2012年の写真をお見せしましたが、海藻が生えてくるという効果は見られないという状況にあります。こうした中で、寿都を含めた日本海の沿岸にも先程の三陸沿岸で報告されているような植食性の巻貝というのは多数分布しております。特に先程の寿都の海域には写真で示しましたクボガイ、これが今日の主人公に

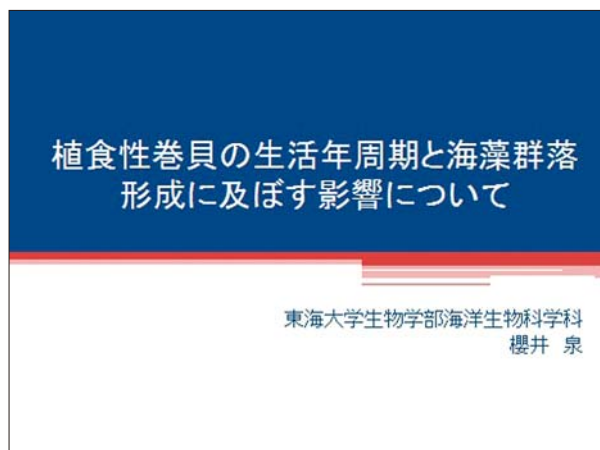


図 2.1

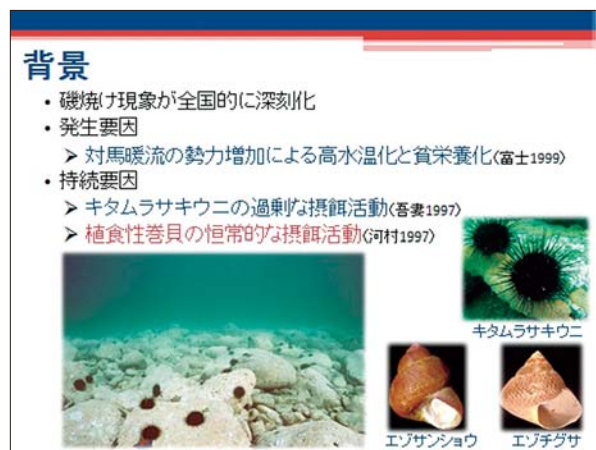


図 2.2

なります。それから、コシダカガンガラ、イシダタミ、タマキビ類というような群れで生活する巻貝ですが、こういった植食性の巻貝が分布しております。その中でも特にこのクボガイが非常に高い密度で生育しているということがわかっております。従いまして、このクボガイを含めて、こういった小型の巻貝というの、この海域の海藻群落の形成に何らかの影響を与えているのではないかと疑われるわけでございます。そのようなことから、まずこの一番たくさんいるクボガイが、寿都の海藻群落、とりわけこの海域において産業的にも重要なホソメコンブ群落にどのような影響を及ぼしているのかということの評価しようと、2年程前からになりますけれども、研究を始めたところであります。まずはその取っ掛かりとして、知見が乏しいクボガイの生態を明らかにすることに主眼をおいて研究を進めているところです（図2.4）。

その中で、今日は私の研究室の大学院生が2年間研究をしまして、得られた成果を紹介したいと思います。今日、発表する内容も含めて、これは論文投稿していて、先月それが受理されました。数カ月後にはインターネットや雑誌等で公表されると思います。日本水産学会誌という雑誌です。もし今日の話を聞いていただいて興味を持たれて、もう少し詳しく知りたいということでございましたら、私の方に連絡いただ

ければ、その別冊をお送りさせていただきますし、またネット上でも、フリーで公開されるかどうかはわかりませんが、何らかの形で見られると思いますので、是非ご覧になっていただければと思います。

内容と致しましては、クボガイの分布特性、どういうところに分布しているかとか、それから生殖周期、産卵などの繁殖に関わることです。それから摂餌活動の季節変化、この辺りが一番、海藻群落との関係を検討する上で重要になるわけですが、その意味付けとして、分布や生殖活動ということを調べたわけですね。それを明らかにした中でクボガイがホソメコンブを含めた大型海藻群落の形成に及ぼす影響を評価したというものです。時間の関係もございまして、細かい部分というのは割愛させていただきましたけれども、質疑の中で質問等をいただければと思います（図2.5）。

まずクボガイについてです。クボガイという貝の名前を初めて聞かれる方がほとんどかと思っています。写真で見るとこんな形態をしていて、分類的には古腹足目、配付資料には原始腹足目と書いてありますが、正式には今の最新の分類では古腹足目になっているようです。ニシキウズガイ科というグループに属しておりまして、大きさは殻径が2~3 cm、今日も調査結果が出てきますけれども、せいぜい3 cm くらいの非



図 2.3



図 2.4

常に小さな巻貝です。北海道南西部以南の日本各地の岩礁帯に分布しておりまして、分布水深は潮間帯、潮の満ち引きがあるところ、乾湿があるところから潮下帯のせいぜい水深 10 m くらいまでと報告されております (図 2.6)。

それから、今日お話する研究を行った場所の概要でございまして、寿都の矢追という地区に入れてもらいました。冒頭でもお話しましたが、寿都というのは日本海の南西部に面しておりまして、こういった湾形の地形をしております。寿都湾と呼ばれております。手前味噌ですが、東海大学の臨海実験所がこの辺りにあって、今回の仕事もここに張り込んで定期的に調査をしたということになるわけです。ここを拡大するとこんな絵になっていて、ここが平磯になっています。さらにこれを拡大すると、

目的

クボガイが磯焼け地帯の海藻群落形成に及ぼす影響評価
...生態に関する知見が必要

- 生活年周期(分布特性、生殖周期、摂餌活動)の解明
- 寿都町の磯焼け地帯に分布するクボガイがホンメコンブ群落の形成に及ぼす影響を評価



図 2.5

クボガイとは

- クボガイ *Chlorostoma lischkei*
- 原始腹足目ニシキウスガイ科
- 殻径: 2~3 cm
- 生息地: 北海道南西部以南の日本各地の岩礁帯
- 分布水深: 潮間帯から潮下帯 (~水深10m)



図 2.6

これです。先程の航空写真がちょうどこの辺りを映し出しております。絵ではわかりにくいかもしれませんが、こちらが潮間帯で、ここの外の部分が潮下帯、海にあたるわけです (図 2.7)。

図ではわかりませんので、写真でご紹介しますと、これは潮間帯を大潮の最干時に撮った写真です。底質は岩盤です。ほぼ平坦な地形になっております。けれどもところどころに小ささまざまなタイドプールがあります。これは岩盤が地形の変動等で裂けて、こういう溝のようなものが形成されていて、干潮時でも水が流れているという、こんな地形が存在しております (図 2.8)。それからこれは潮間帯と潮下帯の境目です。向かって左側が潮間帯です。右側が潮下帯になります。ここの地形の特徴は潮間帯から潮下帯にかけて急激に水深が深くなるという特徴がございまして。ここはちょっと波打っていますけれども、この辺りで水深が 5 m くらいあります。そういうことは、ここがもう断崖絶壁のような地形になっているということです。こんな特徴的な地形をしております (図 2.9)。

それから、この調査場所の植生です。どんな海藻が生えているかということです。潮間帯の岩盤には大型海藻はあまり生えていないのですが、タイドプールの側面に、ここに示しましたフシスジモクとかホンダワラ、これは褐藻類です。それからヤナギノリという紅藻類というノ

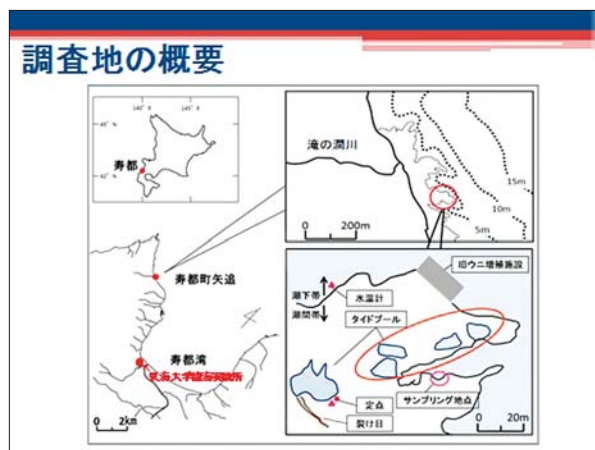


図 2.7

りの仲間ですが、こういった海藻が繁茂しております。こういった海藻の造成につきましては、今日の次第にもありますガイドブックの中にもいろいろと登場する海藻でございます（図2.10）。それから潮下帯の方は、この波打ち際になりますけれども、ホソメコンブ、それから写真には示しておりませんが、ワカメ、それからケウルシグサといった、いずれも褐藻です。一年生の大型海藻ですけれども、これらの海藻の生育がわずかに見られるという状況です（図2.11）。

この研究では、まずクボガイがたくさんいるということですが、その分布特性です。具体的には季節的にどういう移動をするのかということです。これを明らかにするために、標識放流というものを行いました。具体的には2015年

の6月と8月にそれぞれこのような数のクボガイを採取致しまして、全部で1,672になりますが、それを採ってきて、こちらの写真に示したように殻の頭の部分にプラモデル用のラッカーを吹き付けまして、こういうふうに色をつけました。色は白とか赤とかありますが、特に色の違いに意味はございません。とにかく色をつけたということです。ここがサンプリング地点になります（図2.12）。毎回、毎回、定点を起点として位置の確認等を行いますので、その定点が狂ってはまずいので、ここにあらかじめ鉄杭を打ちましてボンドで固めて、そこを定点としました。その定点に標識貝を放流したということになります。6月に放流しています。そしてその後、2016年の12月まで、原則として月1回の間隔で標識個体がどういうふうに動いている



図 2.8



図 2.10



図 2.9



図 2.11

かというのを調べたわけでございます。それから水温も関係してきますので、潮下帯のこの辺りと定点の横、これは潮間帯になります。この2点で水温観測を行っております。

どのように追跡調査をしたかということですが、ここでは標識個体の位置を毎回確定するために鉄杭を打った定点から、例えばクボガイがここにいたとすると、ここまでメジャーを延ばして、ここの距離Rを計測すると。そして、この定点を通る岸の汀線と平行なラインを別途引きまして、そのラインとこのRの出す角度を分度器で出しています。これによって座標上にクボガイをプロット致しまして、その分布の変化を調べたということになります。それから、この位置の測定と並行して、クボガイの分布水深とか殻径も測定しております。測ったらまた直ぐそ

こに戻すということをしております(図2.13)。

早速、その結果ですが、こちらは水温の変化を示したものです。赤いのが潮間帯で青いのが潮下帯を示しておりますけれども、水温は潮間帯の方が最低で2℃、最高で24℃です。潮下帯の方は少し温かくて、最低で6℃、最高で24℃という範囲で変動しておりまして、特に5月～10月の春から秋は、潮間帯の方が潮下帯よりも温度が高くて、反対に11月～4月、冬から春にかけての季節は、逆に潮下帯の方が潮間帯よりも高くなる。これはやはり潮間帯というのは水が引きますので、非常に水深が浅くなって、夏は水が温められて、冬は冷やされやすくなるということ、捉えた結果ではないかと思えます(図2.14)。

この図が標識放流をしたクボガイの分布の変化を示したものです。ちょっと細かくて大変見にくいので配付資料を見ながらお話を聞いていただきたいと思います。また、シンボルを全て英語で示していて、日本語を貼り付ける時間がなくて、見にくいと思いますけれども、ご容赦いただきたいと思います。図の見方は、左から右に向かって季節が進むようになっております。小さな矢印がついていて、ここまで行ったら次こちら側に進むということで、見ていただければと思います。三角の細かな点がクボガイの分布位置になります。これを見ていただきま



図 2.12



図 2.13

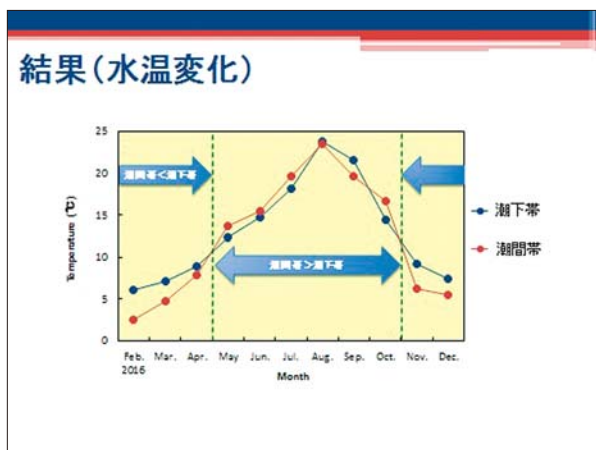


図 2.14

すと、クボガイは6月～8月までは定点横のタイドプールのところに密集して生息しておりましたけれども、9月になるとこちらの潮下帯になるわけですが、潮下帯の方へ移動しているのがおわかりいただけるかと思います。そして11月にはほとんど潮間帯では見られなくなしまして、潮下帯でも縁のところにわずかしは見られなくなりました。さらに12月から年を明けて4月までは潮間帯にも、それから目に見える範囲の潮下帯にも、全く発見できなくなりました。この時点でこの研究は失敗してしまったかなと思ったのですが、実は5月になったらまた現れてきます。潮下帯の縁の部分にクボガイの標識個体が集まってきました、その後、6月・7月・8月と、潮間帯の方に上ってきているのがおわかりいただけるかと思います。そしてまた9月・10月になると、再び潮間帯から潮下帯の方に移動してくるのが見られまして、さらに11月・12月には目に見える範囲ですが、潮下帯に分布するようになりました。従いましてこれをまとめますと、クボガイは春から夏にかけては潮下帯から潮間帯へ移動する。上ってくると。そして、秋から冬にかけては再び潮下帯の方に降りているという分布特性です。季節移動するということがわかったわけでありす(図 2.15)。

この図もちょっと小さくて見にくいのですが、これは配付資料には示していないのですが、分布調査で採集されたクボガイの殻径組成を示したものです。左のカラムから下に向かって季節が進んで行って、また右のカラムに行き、下に行くと、下に季節が進んで行くという表し方をしております。この赤で示した棒グラフが殻径組成のモード、最頻値になります。6月から11月にかけては、この最頻値が移動しているのがわかります。すなわち成長しているのがおわかり頂けるかと思います。そしてその後はこの最頻値が動かない。ここがちょうど30～

35 mm の最頻値となります。今回は巻貝の年齢査定は行っていないのですが、この殻径組成の推移からクボガイの成長期は7月～11月でありまして、最大殻径と言って、海産動物は頭打ちになるサイズがあります。その頭打ちになる最大殻径がクボガイでは35 mm 程度ではないかということが、この結果からわかったわけでありす。成長についてはさらに今後検討しようと思います。この先、この貝がどうなるか。死んでしまった場合にはその寿命がどのくらいなのかということも検討していければと考えております。

話は変わしまして、次は生殖についてです。用いた標本は15年11月～16年12月に、月1回の間隔で毎月30個体を採取したものです。これらをホルマリン系の海水で固定して、殻径と総重量を計算したあと、殻を割って軟体部から生殖巣を中腸腺ごと摘出と書いてあります。補足説明を致しますと、これはクボガイの殻を割ったところす。成熟期になると生殖巣が発達しますので、オスとメスの区別がはっきりします。肉眼でもはっきり見えます。こちらがオス、こちらがメスで、中心部に白っぽくあるのが精巣です。メスの方は卵巣が緑色になって発達して行きます。ところが、産卵し終わった後は生殖巣が萎んでしまうのですけれども、そうになると色がわからなくなってしまて茶色で性

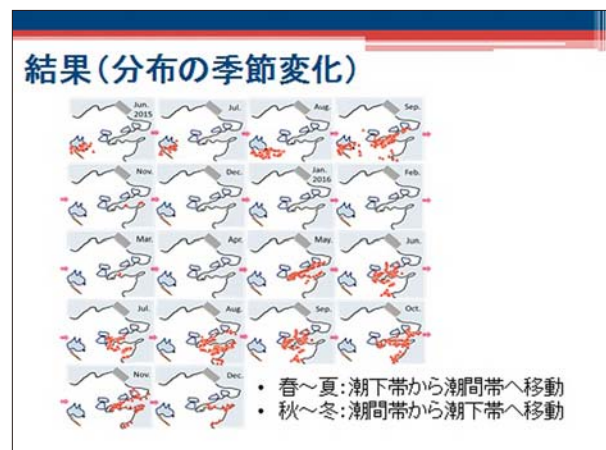


図 2.15

別不明になります。それから生殖巣自体も非常に薄くなって、この下の部分が内臓、いわゆる中腸腺になるのですけれども、そこと上手く切り離すことができない状況になります。そこでここに書いてありますように、軟体部からまずは全体として中腸腺ごと摘出して、その中腸腺を含んだ生殖巣の重量を総重量で割って、その100分率とGSI、生殖巣指数と言いますが、これを計測したわけです。それから、これは後の話で出てきますけれども、6月～9月というのは、生殖巣が成熟して、このようにはっきりとオスとメスが肉眼で区別できるのと、生殖巣も非常に大きくなって簡単に分離することができます。そこでこの6・7・8・9月は、生殖巣と中腸腺を分けまして、生殖巣だけの生殖巣指数を計算したわけでございます。そのあと、生殖巣の一部を切り出しまして、通常の方法で組織切片を作って、生殖巣の発達過程を生物顕微鏡で観察したということになります(図2.16)。

その結果ですが、これは用いたサンプルから整理したクボガイの性比です。オス・メスの比率ということになります。この辺もまだわかっておりませんので、この辺りから調べたということになります。青いのがオスで、赤で示したのがメスになります。月に30しか採取していませんので、少し変動はありますが、一番右のアベレージのところを見ていただきますと、雌

雄の割合はほぼ1対1となっておりまして、このクボガイの性比というのは1対1だと考えても差し支えないのかなというのが、この結果でございます。

図2.17は生殖巣指数の内、中腸腺の重さを含めた指数の季節変化を示したものです。赤がメスで青がオスを示しております。指数は雌雄ともに同様の傾向を示しております、11月～3月まではほぼ横ばいで推移しますが、4月から指数の値が徐々に増加しまして、7月にピークを迎えます。そしてその後は減少に転じておりまして、9月以降はまたほぼ一定の値になっているという1年周期の季節変化を示したわけでございます。この結果というのは中腸腺を含めた値ですので、これが直接、生殖巣の季節変化を示しているとは言えないわけです。そこでこの図は中腸腺を取り外した生殖巣のみの指数と、それからその時の中腸腺だけの重量の変化を比べたものです。棒グラフの方が生殖巣指数でして、折れ線グラフの方が中腸腺の重さを示しております。見ていただきますと、指数の方は先程の中腸腺を含めた指数と同様に、7月にピークを迎えて、その後減少に転じるというのがわかりいただけるかと思います。それから、中腸腺重量はaと書いてありますが、統計検定をした結果、この4つのシーズンに優位の差がないことを表しております、この4カ月間の中腸腺の重さは変わらないということが示されたわけです。従いまして、断片的な結果ではありますが、中腸腺の重量自体は先程の生殖巣指数の変動に影響しないものと考えられたわけでありまして。

生殖の結果をどんどん述べていきますが、こちらは顕微鏡で観察した組織学的な生殖巣になります。もちろんクボガイの生殖巣の変化を見たのは今回が初めてなので、なかなか基準にするものがございませんでした。そこで同じ巻貝のサザエには非常にたくさんの研究例がござい



図 2.16

まして、このサザエの生殖巣発達段階に準拠しまして、卵巢と精巣の発達過程を回復期・成長期・成熟期・放出期の4つに区分しております。こういうものを見られる機会はあまりないかもしれませんが、これが卵の卵母細胞になります。そしてこれがどんどん成長していくと大きくなって行って、やがて濾胞という卵を包むカプセルの中に充満するようになります。産卵をするところどころ卵が抜けますので、空隙が見られる。精巣の方は逆にどんどん細胞が小さくなっていきます。精母細胞というのが一番大きくて、精細胞に分裂しますけれども、どんどん小さくなります。精子になるとさらにもっと小さくなっていきます。これが精母細胞で大きくて、濾胞の中にこれがどんどん分裂していくのですけれども、どんどん細かくなります。そして最終的にはこんな形になって、精子が渦巻いてところどころ抜けていて、これが精子を放出しているというゾーンになるわけです。卵の方は卵黄を蓄えていくので一つがどんどん大きくなるのですけれども、精子の方は分裂によってどんどん小さくなるという、オス・メスの生殖細胞の発達というのは大きな逆の過程を経るということを覚えていただければと思います（図2.18）。

こちらがその区分に従って分けた、回復期・成長期・成熟期・放出期の割合をメスとオスに

ついて生殖周期として月別に示した図になります。これを見ていただきますと、オスもメスもほぼ同じような傾向をとっております。黄色で示したメスの方は12月から成長期に入りまして、5月～8月にかけて成熟に達する。そしてその後、8月・9月・10月にかけて放出期、いわゆる放卵をしているという時期になって、その後11月から回復期に入るという傾向です。オスも同様に12月～5月、メスよりはちょっと早い5月まで成長期になりまして、その後6・7・8月と成熟期に達しております。そして放出期、オスですから精子を出す方ですが、7月～10月に及んでいるという結果でその後回復期に移行します。若干この切れ目で量的な違いがございますけれども、ほぼ雌雄同調して1年の生殖周期を持っているということが示されたわけです。

そしてこれを先程の生殖巣指数の変化と照合してみますと、オス・メスとも指数が上昇からピークを迎えるこの6・7月で成熟期の割合が増加する。それとともに指数が急激に減少する8・9月に放出期の個体が増えるということで、重さで見た結果ともよく一致するのがわかったわけです。従って、寿都のクボガイの特に産卵期は8月～9月と推定されたわけでございます（図2.19）。

これが最後のセクションになります。摂餌活

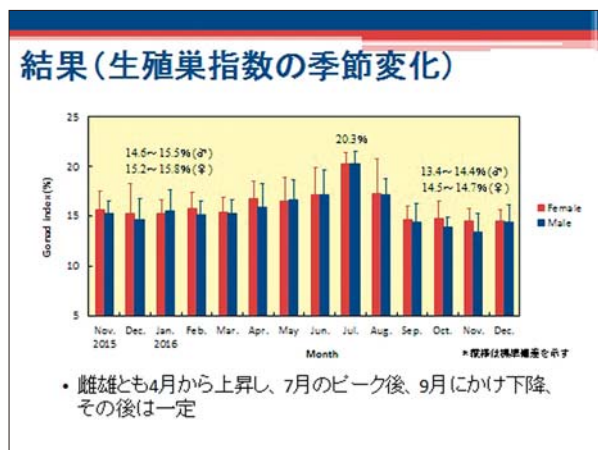


図 2.17



図 2.18

動の季節変化についてです。ここではクボガイがどんなものを食べているのかということを知るために、消化管内容物を分析しております。先程、生殖巣の分析で使った30の内の10個、この分析が結構大変で10個が限度ということで、10個しか採っていません。これを無作為に抽出しまして、消化管を取り出します。これがクボガイの消化管になります。この中に食べたものがびっしりと詰まっているわけです。これを絞り出しまして、生物顕微鏡下でそれが何であるかということ調べるわけです。ここに写真を示しましたがけれども、付着微細珪藻類はこんな形態で写ります。付着微細珪藻類と、それから大型藻類です。これにはもちろん海藻の切れ目も入っておりますけれども、その他に多数を占めていたのが海藻、特に褐藻類の配偶体とか幼孢子体、拡大したものがこれですが、こういうものになります。それを大型藻類と区分します。それから砂粒とか、これは原生動物の類なのですからけれども、それをその他と致しまして区分をして、それらを全て写真撮影します。消化物なので数を数えるというのが難しいので、その画像全体に占めるその種類の割合を算出しまして、その内容物の組成というものを求めたものです。それから、その内容物を全て濾過しまして、その重さを測ったということになります（図2.20）。

結果ですが、こちらがその消化管内容物の種類の季節変化を示したものです。青で示したのが大型藻類、これは配偶体も幼孢子体も含まれています。赤で示したのが付着微細藻類です。付着珪藻と皆さん言いますけれども、それと同じものと思ってもらって差し支えはありません。あとはわずかですけれども、緑が砂粒で、紫がその他となっております。これを見ていただきますと、内容物の割合というのはこの調査期間を通して赤で示した付着微細藻類が最も高く、これが常に50%以上を占めているという結果になっていました。それから、配偶体とか幼孢子体を含めた大型藻類の割合ですが、こちらは季節変動しておりまして、11月～1月に掛けて増加した後、3月まで割と高い値で維持していて、その後4月になると減少して6月まで減少した後、またほぼ同じ値で推移して、再び11月・12月に割合が増加するという季節変化を示したわけです（図2.21）。

こちらの図が消化管内容物の重量の変化を示したものです。見ていただきますと、11月～1月にかけて増加しまして、その後3月～4月くらいまで高い値を示しております。その後、急激に低下しまして低い値で推移した後、再び11月辺りから増加するという季節変化を示しておりまして、先程の大型藻類の摂食比率とほぼ同じような変化を示しているのがわかりいただ

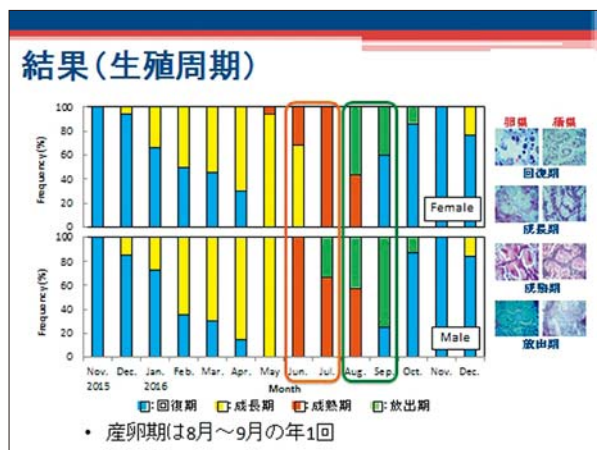


図 2.19



図 2.20

けるかと思います (図 2.22)。

そこで両者の関係をもう少し明確にするために大型藻類の割合と消化管内容物の重量の相関を検討したのが、こちらの図になります。結果、検体数が少ないのでノンパラメトリック法というのを使ってやっているのですが、弱いながらも正の相関が認められました。つまり大型藻類を多く摂食したことによって内容物の重量が増加したのではないかとということが示唆されるわけでありです (図 2.23)。

今回はその内容物は消化が進んでいたりして、大型藻類の種類を確定することができませんでした。これからご紹介致しますけれども、よく見られた配偶体や幼孢子体というのは、おそらく時期的に見るとホソメコンブのものではないかと考えられます。そう言いますのは、今

回の調査地には冒頭でも紹介しましたように、量は少ないながらも潮下帯にホソメコンブが優先しているということ、それからこちらがそのホソメコンブの生活環について、これは小樽市の忍路で調べられた結果です。我々が普通に見ているのはコンブの孢子体と言います。孢子体というステージがあるのですが、孢子体が目に見えるステージになります。7月になると葉状部という葉っぱのようなところに子囊斑という斑紋が形成されます。実はそこで遊走子というものが形成されるわけです。これが9月あたりに子囊斑から放出されて、ホソメコンブ自体は1年生ですので、ここで末枯れと言って、枯れてしまいます。この遊走子が放出されて、それが海底に付着しまして、だいたい12月くらいにそれぞれ雌雄配偶体という、非常にミクロな顕微鏡サイズの配偶体を形成します。そしてこれらが12月に成熟して、メス・オスで卵と精子を作ります。それが放出されて受精すると、だいたい1月に幼胚体という、このような形態になります。受精卵から細胞分裂をして、幼胚体という形で芽を出すわけです。そしてそれが、1月・2月・3月は冬場ですので成長速度が鈍くて、幼孢子体として、これもミクロなサイズですけれども、これも海底で育っていきます。そして4月になりますと、これが急成長して我々が目にする、いわゆるコンブに育ってい

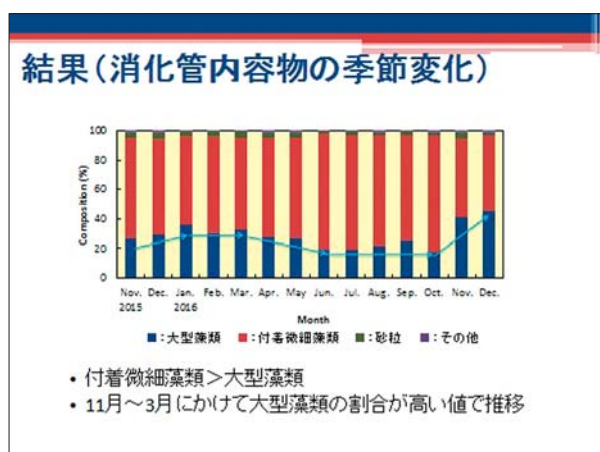


図 2.21

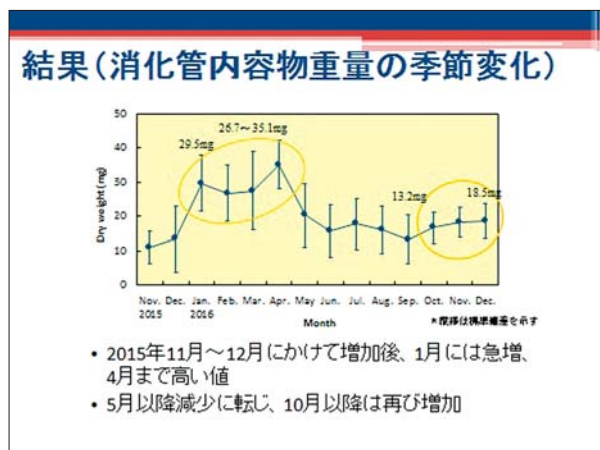


図 2.22

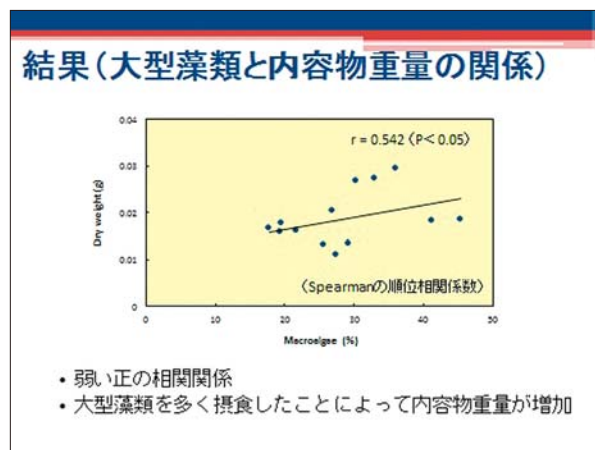


図 2.23

くわけでございます。こういう生活環が知られているわけです。

従って、大型藻類に対するクボガイの摂食割合と、先程の消化管内容物の重量が11月～3月に増加したというのは、おそらくこの時期に出現するホソメコンブの配偶体とか、その後に出てくる幼胚体とか、これを活発に摂食していることを示しているのではないかと考えられるわけでございます。それから6月～9月に掛けて、今度は大型藻類に対する摂食割合が減少します。そして10月まで低い値を示しましたけれど、これは4月以降、ホソメコンブが急激に成長して、大きくなるとクボガイは海藻に上っていけなくなります。海藻自体も波打つような形で振動しますので、安定してその上で生息できません。ですから、コンブを食べられなくなるということです。ですから、そうしたことが4月～6月にかけて大型藻類に対する摂食割合が減ったのではないかと考えられるわけでございます（図2.24）。

以上を踏まえたまとめと致しまして、クボガイの生活年周期について整理してみますと、分布につきましては9月に潮間帯から潮下帯へ移動するということが示されたわけです。それから、生殖につきましては8月～9月に産卵した後、11月までに全ての個体が回復期、要は次の産卵に向けて生殖巣を大きくする準備に入ると

いうことですが、そこへ移行したわけです。さらに摂餌につきましては、クボガイが潮下帯に分布する11月～3月は潮間帯に分布する6月～8月に比べて、消化管内容物に占める大型藻類の割合が高くなるということが示されました。加えて水温ですが、潮下帯の方が潮間帯より、11月～4月というのは高い温度であったということから、水温条件も潮下帯の方がクボガイにとっては住みやすいと考えられるわけです。これらのことから、クボガイは夏に産卵した後、再び生殖巣を発達させるために、潮下帯の方へ移動しまして、付着微細藻類よりも重量のある大型藻類の配偶体とか幼胞子体を摂食していることが示唆されるわけです（図2.25）。

一方、潮下帯から今度は潮間帯への移動が見られた春から夏についてですが、消化管内容物は大型藻類の摂食割合が減少するとともに、内容物の重量もこの期間は減少しておりました。それから、付着微細藻類についてですが、これは周年を通して消化管内容物の多数を占めておりましたが、一般的にこういう微細藻類というのは、大型藻類が育ちにくいような潮間帯のそれも転石帯に多いということが知られております。さらにこのクボガイが潮間帯へ移動した時期というのは、ホソメコンブの幼胞子体が急激に生長する時期にあたりますから、繰り返しになりますが、クボガイは急成長によって

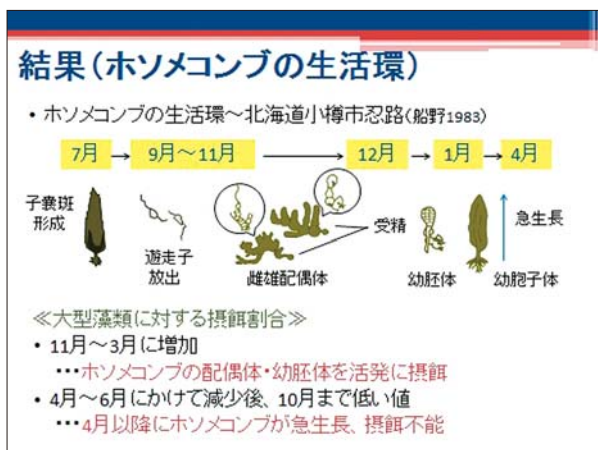


図 2.24

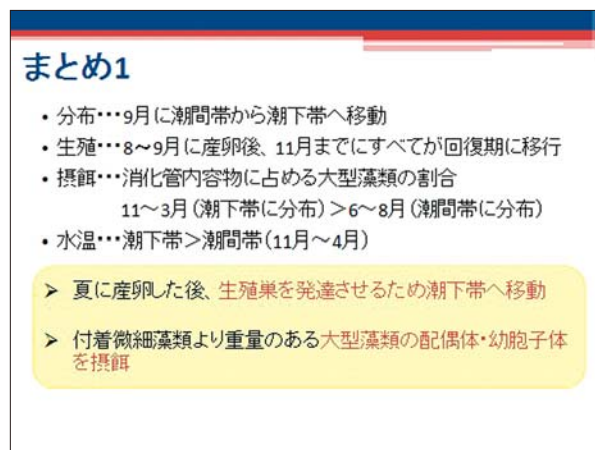


図 2.25

摂餌ができなくなったホソメコンブの幼胞子体の代わりとして、あまり食べ応えはないのですが分布量が潮下帯より潮間帯の方で豊富な微細藻類を代わりとして食べるために潮間帯へ移動してきているのではないかとということが考えられるわけでありす。

以上のことから、寿都沿岸のクボガイというのは、磯焼けの原因となるホソメコンブを含めた大型海藻群落の形成に少なからず摂食活動を通して影響を及ぼしている可能性が示唆されたわけでありす。今後はクボガイ以外の巻貝の生活年周期を調べたり、それからクボガイを含めた巻貝群集の維持・形成機構とか種間競争などを検討したりしていければと考えております(図 2.26)。

以上を踏まえて、それではどうしたらいいのかということ、現時点で考えられることについて、お話させていただければと思います。防除対策ということになります。今回の結果がクボガイの生態の全容を解明したとは言えないのですが、少なくともホソメコンブを含めた大型海藻群落の形成に影響を与えているということは示されたのではないかと考えています。そこで次に求められるのが、防除対策ということになるわけですが、この防除対策については、ここでは大きく侵入防止と駆除、この2つの方向性を考えてみたいと思います。

まとめ2

- ・ 潮下帯から潮間帯へ移動(春～夏)
 - …大型藻類の摂餌割合が減少、内容物重量も減少
- ・ 付着微細藻類は、大型藻類の育ちに不利(転石帯に多い)(Iijima1998)
- ・ 潮間帯へ移動した4月(は、幼胞子体の急生長期に相当(松野1983))

➢ ホソメコンブ幼胞子体の代替として付着微細藻類を摂餌するため潮間帯へ移動

➢ クボガイは、ホソメコンブ群落の形成阻害に少なからず影響を及ぼしている可能性が示唆

今後は、クボガイ以外の巻貝の生活年周期、巻貝群集の形成・維持機構、種間競争などを検討

図 2.26

まず侵入防止です。これは藻場造成で非常によく研究されているキタムラサキウニですと、刺し網のようないわゆる柔構造物と呼ばれているものの上をウニは歩けないということから、使い古しの刺し網を束ねて、守るべき海藻群落を囲い込むというウニフェンスというのが提案されております。それから、キタムラサキウニは流速が 40 cm/sec 以上になると摂餌できないということも知られておりまして、海藻の着生面の水深を浅くするという、いわゆる嵩上げ礁という工法です。これが提案されていて、一定の効果が得られております。それから、ウニは管足という足を出して移動するのですが、これは空気中では動かすことができないということから、守るべき海藻群落を空気の層で囲い込む空気ポケットフェンスというものの有効性も示されております。しかし、このクボガイは冒頭でもお話しましたように、非常に小型ということから、その刺し網のような柔構造物をものともせず移動してしまうので、このウニフェンスはあまり効果がないのかなと思います。それから嵩上げについては実際に野外で観察すると、確かに波当たりの強い場所では行動が制限されて、殻に閉じこもって動かずにいるのがわかるのですが、ただそれを定量化した実験はないので、この嵩上げ礁ですが、今後可能性があるにしても、これからの課題ではないかと考えております。またこの空気ポケットフェンスですが、空気層を海中で維持するという問題から、クボガイが生息するような非常に流動の荒いようなところではなかなか設置が難しいのかなというふうに考えております。従って現状では、この侵入防止策についてはこれと言った決め手がない状況にあるわけす。

それに対して今度は駆除です。こちらは漁師さん達がひたすら採っているということで、対処は可能と思われます。ただ北海道の漁師さん

というのは、こう言うてはなんですが、お金にならないものは、例えそれが害を及ぼしているということが理解できていても、なかなか採ってくれないという傾向があります。これは私が30年間いろいろなところの漁師さんと付き合ってきて、どこも同じくそのような状況です。ですから、漁業者による採捕というのは難しいと考えております。できれば市民参加の磯掃除のようなイベントを定期的に行って、一回で駆除はできないのですけれども、それを定期的にたくさん行うことで、徐々にクボガイの数を減らしていくことが可能ではないかと考えており

ます。ただこれについても実施体制等々を地域で検討していく必要がございますので、今後の検討課題になろうかと考えております。

いずれにしてもこの植食性の巻貝の研究というのは始まったばかりでございまして、今後も少しずつではありますが、研究を続けて行ければと考えております。また成果が得られましたら、何らかの機会でご紹介させていただければと考えております。時間超過してしまいますけれども、これで私の方からの発表を終わりにしたいと思います。どうもご清聴ありがとうございます。

3 成果報告

(1)『寒冷地における沿岸構造物の環境調和ガイドブック』の発刊について



(一社)寒地港湾技術研究センター
第2 調査研究部長
北原 繁志

皆さん、こんにちは。寒地港湾技術研究センターの北原です。どうぞよろしくお願い致します。私もこういう席は本当に久しぶりですので、今ちょっと緊張しております、上手く発表できるかどうかわかりませんので、お聞き苦しいところがありましたら、ご容赦ください。

それでは「『寒冷地における沿岸構造物の環境調和ガイドブック』の発刊について」と題しまして、発表させていただきます(図3.1.1)。

「はじめに」ということで、ここに示した写真は消波ブロックに魚が群集している写真ですけれども、このように港湾漁港等の沿岸構造物において、静穏域や構造物自体の空間が水生生物の良好な生息場になっているということ、これ

は経験的に皆さんご存知だと思います。特に魚釣りをされる方は消波ブロックの間に餌を落とすと魚が釣れるというのを経験的に知っていることだと思います。そこでそのような経験的なものに関して、藻場と産卵機能と書いていますが、これはヤリイカに関して科学的な裏付けをつけた形で「設計マニュアル」というものを平成10年に発刊しています。これは『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——』というのが正式なタイトルとなっています。1998年に出してから8年~10年くらい経ったので、そろそろ内容の検討を行うということで、一度この設計マニュアルの改訂作業を当センターで行ったのですが、なかなか諸般の事情で発刊には至りませんでした。一方、近年環境調和を踏まえた施工事例に関する研究成果が蓄積されてきておりますので、これらの研究成果に基づいて、この設計マニュアルの改訂作業を行おうということで、2015年から寒地センターの自主研究として内容の見直しを行って、北海道開発局と北海道庁さんの監修をいただいて、今回このようなガイドブックを発刊したに至ったわけです。写真

で示していますが、このような体裁の本となっております（図 3.1.2）。

続きまして、ガイドブックの内容ですが、全体の構成としましては5つの章に分かれています。第1章で総論として、自然環境調和型構造物というのとはどういうものなのかという概念を示しています。第2章には藻場創出機能ということで、藻場の形成から藻場の機能維持まで含めた形で第2章に記述しております。特に前の設計マニュアルの時には機能維持という概念はなかったので、今回新しくこういう機能をどう維持していくかということについて記載しております。それから第3章に行きまして、産卵場創出機能ということで、設計マニュアルではヤリイカのみだったのですけれども、ハタハタに関して今回新しく記述しております。特にハタ

ハタに関しては、人工海藻を用いた産卵場の創出というのが近年行われていますので、その辺について記述しております。それから第4章、環境改善機能と高度利用ということで、このように構造物を造りますと、静穏域の創出とか、海水交換の手法、そういうもので水生生物の生息域が形成されます。それらをより高度に利用するというので、蓄養施設等の紹介を第4章で行っております。最後に第5章ですが、施工事例に見る成果と課題と題しまして、過去に整備した藻場とか産卵場とか静穏域の活用、こういうものについてできるだけ調査したデータが揃っているものについてはガイドブックに載せようということで第5章に記載しております。このようにいろいろな事例をたくさん載せた本は少ないと思いますので、この辺が実際に現場で参考になるのかなと考えております（図 3.1.3）。

それでは総論の方から簡単にご説明したいと思います。

総論は、自然環境調和型沿岸構造物とはどういうものかという紹介です。普通のこういう構造物でも、藻場ができたり、ブロックの隙間に魚等が産卵したり、静穏域のところで小さな魚が群れていたり、そういうような機能があります。そういう自然環境と調和する様々な機能があるということで、これらの機能がより発現できるよう構造物や自然環境を改善あるいは創出

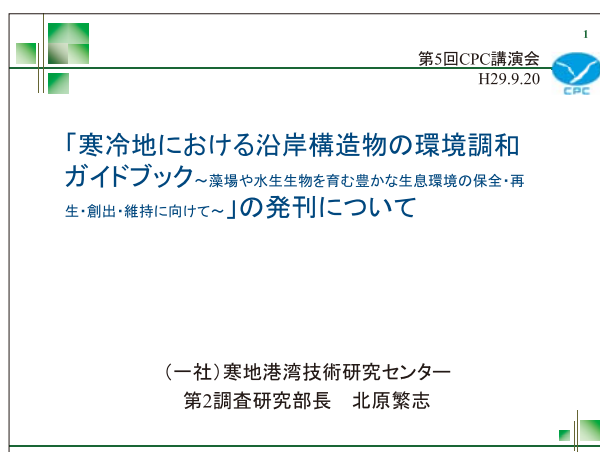


図 3.1.1

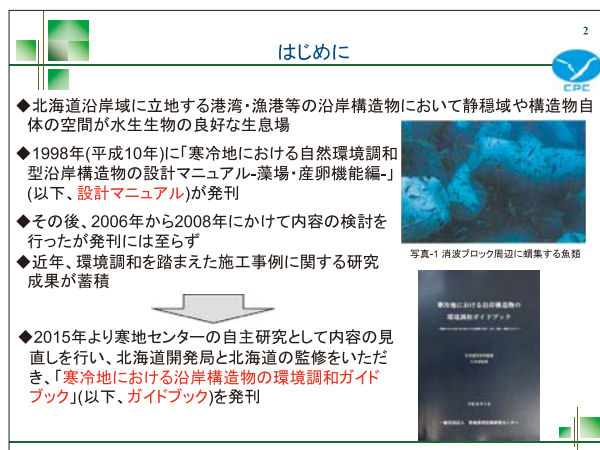


図 3.1.2

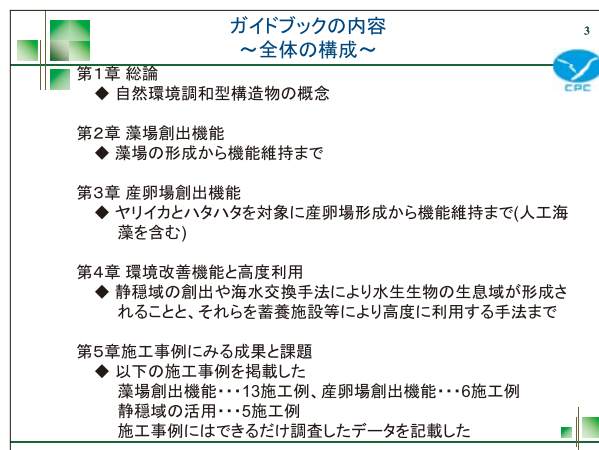


図 3.1.3

するよう整備されたものを自然環境調和型沿岸構造物と呼ぶということで、総論では定義しております（図3.1.4）。

この総論の中では計画から機能維持までどのような流れでものごとを考えるかということ、まずフローチャートで示しています。一番大切なのは自然環境調和の機能の内、何を目標とするかというものをきちんと定めることが重要ということで記載しております。それから、機能の維持ということになると、地元関係者の協力が不可欠ですので、ここで計画段階から地元の深い協力を得た上で実施してほしいということで記載しています。もう1つ、水生生物の生息状況は年変動が非常に大きいので、ここで最後にモニタリングをすることにはしていますが、これはある程度長期間行うということが重要ということで、記載しております。モニタリング結果をフィードバックして、必要な場合は計画を見直すという柔軟な対応、このループのことを言っているのですが、順応的管理の考え方を入れて管理をしましょうということで、こういうフローチャートを示しています（図3.1.5）。

続きまして、藻場創出機能のところの内容をご説明します。まず藻場の種類について説明しております。北海道それから東北等で寒冷地に見られる藻場の種類を挙げております。コンブ場、アラメ場、ガラモ場、アマモ場、大きくこ

ういう4つの藻場があることを示しています（図3.1.6）。

藻場につきましては、いろいろな機能、その藻場をつくる目的がありますので、それをきちんと整理しています。1つは漁場として藻場そのものを漁獲する、例えばコンブを採るとか、そういう場合。それから、海藻類に卵を産みつける魚類のための産卵場。それから、幼稚仔の生育等に資するための保育場。それからウニ・アワビの餌として海藻類を利用する餌場。あと、その他として水質浄化機能とか、魚介類の蛸集等に利用する。そういうものが藻場の機能としてあります（図3.1.7）。

続いて、藻場をつくるための調査の内容ですが、藻場形成のための環境に関する因子がありまして、それを整理しています。物理的環境、

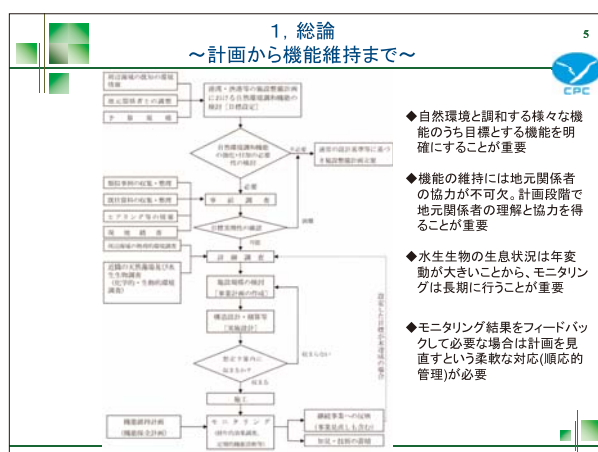


図3.1.5

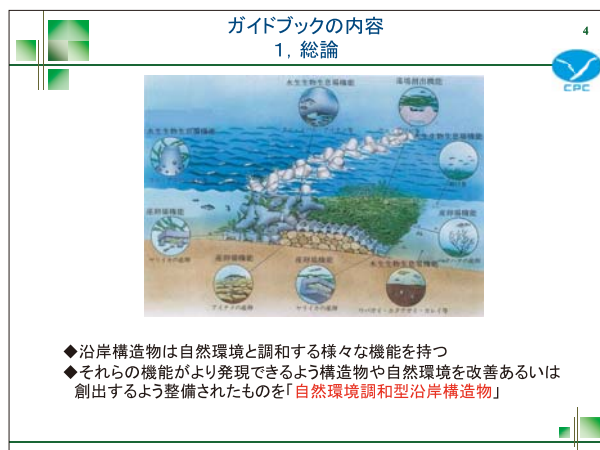


図3.1.4



図3.1.6

化学的環境、生物的環境、その他ということです。まず物理的環境で重要なのが、付着基質です。そのうちでも、表面形状とか、水深、こういうところが非常に重要になってきます。それから生物的環境、先程、櫻井先生のお話にもありましたけれども、植食動物がどのような状況にあるか、この辺をしっかりと調査しましょうということが書いてあります(図3.1.8)。

特に植食動物のウニの行動については少し詳しく書いています。これはコンブに群れるキタムラサキウニの写真です。こういう形でウニというのは非常に食欲旺盛ですので、あっという間に藻場が枯れてしまいます。ところがウニは流速が速くなると海藻類を食べることができなくなってくるので、そこら辺について記載しています。この絵では規則的な流速であれば、

約40 cm/sec くらいの流速になるとウニは摂餌ができなくなるということを示しています。それが、実際の海域ではどうかということですが、寒地土木研究所の竹田さんが実際の海域でウニの摂餌行動を調査した「竹田らの報告」になります。有義流速が25 cm/sec 以下の各月累加出現率が30～40%未満の地点では食害を受けづらい。換言すると時化が多いところではウニの食害を受けづらいということになります(図3.1.9)。

そういう藻場をつくるための構造形式ですが、このような潜堤形式から、前面に浅瀬をつくって小段を設けたもの、それから背後に小段を設けたもの、それから有孔部付ケーソン、これも背後小段を持っているのですが、海水の流動を有孔部によって担保するというもの、それらを紹介しております。重要なのは、海藻を生やすための面の水深です。その水深は近傍の海藻の生息している分布よりも浅くするというのが1つのポイントになります(図3.1.10)。

続いて表面形状についてです。これはコンクリートに凸凹をつけたものです。こういう角々にコンブの根がついている写真です。実際に調査しましても、表面形状が凸凹している方が海藻のつきが良いということは過去の調査事例から明らかになっています(図3.1.11)。

続きまして、産卵場創出機能です。対象とす

2. 藻場創出機能 ～藻場の機能～	
表-2.2 藻場の各機能	
藻場の機能	内 容
漁 場	藻場の対象種自体を漁獲するために機能を強化あるいは付加するもの。コンブ礁など。
産卵場	海藻草類に卵を生みつける魚類のために藻場機能を強化あるいは付加するもの。ハタハタ産卵基質など。
保育場	幼稚仔の育成、休憩、外敵からの保護などのために藻場機能を強化あるいは付加するもの。海藻草類がこれら幼稚仔の餌となる場合もある。
餌 場	ウニ・アワビなどの餌として海藻草類を利用するために藻場機能を強化あるいは付加するもの。
そ の 他	藻場の持つ水質浄化機能あるいは魚介類の増集効果を利用し、海中公園や観水施設などのために藻場機能を強化あるいは付加するもの。多様な生物相、底質の安定化、酸素供給、流れ藻として系外への有機物の移動などが目的

図 3.1.7

2. 藻場創出機能 ～調査内容～	
表-2.3 藻場形成のための環境因子	
分 類	主要な環境因子の項目
物理的環境	付着基質（材質、表面形状、安定性、位置、水深、粒度、密度）
	地形、水深、底質（組成、粒度、表面形状、安定性）、光量、水質（透明度、濁度、SS、水質）、降雨・地下水・河川、波浪（波高、波向）、潮流（干満）、潮流（海流、波浪流、沿岸流、潮流、潮昇流）、風況、漂砂、浮泥、結末(流水を含む)
化学的環境	水質（pH、塩分）、栄養塩類（窒素、リン等必須代謝物質）
生物的環境	海藻草類（競合種）、植食動物
そ の 他	魚種、漁期、漁獲量などの漁業活動

◆藻場形成のための環境因子は既往資料などから可能な限り収集整理する

図 3.1.8

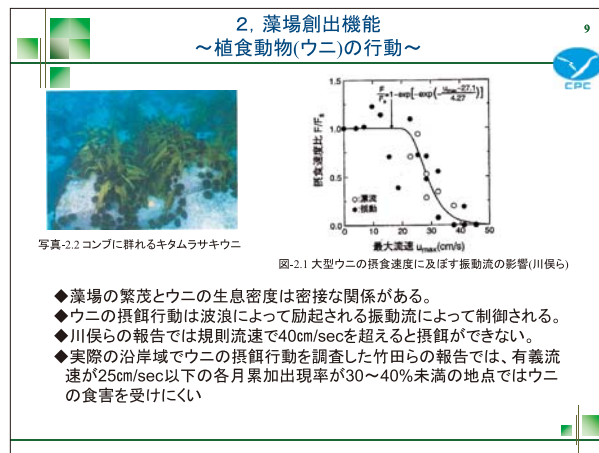


図 3.1.9

る魚種としてはヤリイカともう1つはハタハタを今回は記載しています。

ヤリイカについては日本海側を回遊する魚種ですけれども、こういう自然岩礁の隙間に産卵します。沿岸をずっと産卵回遊しますので、防波堤などの沿岸構造物にも産卵する例が多数確認されています（図3.1.12）。

続いてハタハタです。ハタハタは普段は水深200mくらいの深い海底にいますが、産卵が近づくと水深の浅いところへ移動して、海藻に卵を産み付けます。これがハタハタの卵塊です。俗にブリコと呼ばれているものです。こういうような産卵例が確認されております。ハタハタは防波堤などに生えている海藻にも産卵していることが確認されています（図3.1.13）。

そこでヤリイカに関しては、こういう天井面

の形状とか産卵空間の諸元を調査しまして、これらの諸元に合うような形で産卵に適したブロックを開発しまして、実際に各日本海側の港に設置しています。こういうふうに産卵礁ブロックに産卵が確認されています。1つ留意点としては、ヤリイカは海底面に沿った形で移動するので、必ずこういう産卵礁は海底面に設置する必要があります（図3.1.14）。

それから続いてハタハタの産卵場についてご説明します。ハタハタの産卵は海藻に行われますので、まず自然藻場が造成できないかを確認します。こういう自然藻場ができないようなところでは人工海藻の活用が考えられます。ここに基質移設法の例を示しています。これは実際に苫前の沖合でこういう形で設置されたものです（図3.1.15）。

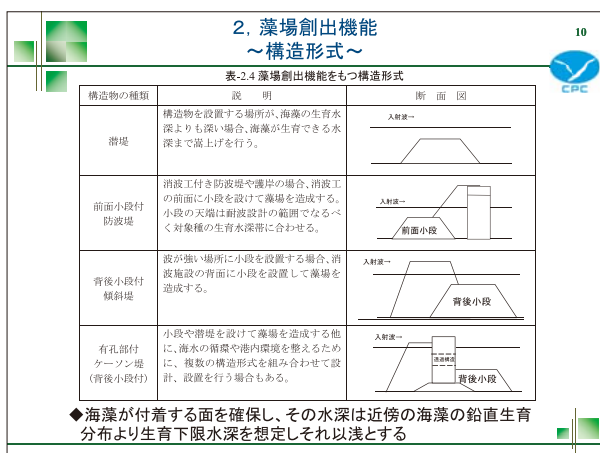


図 3.1.10

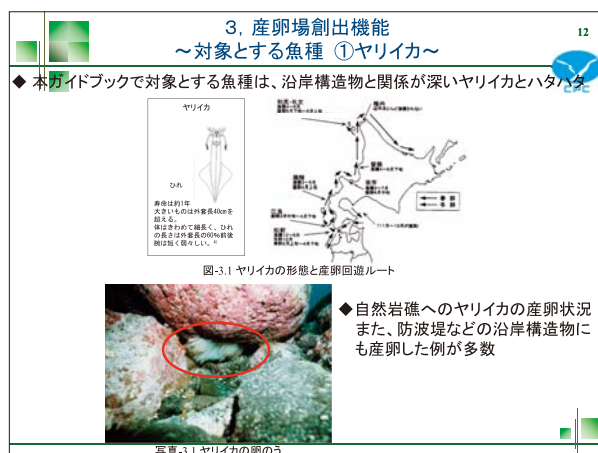


図 3.1.12

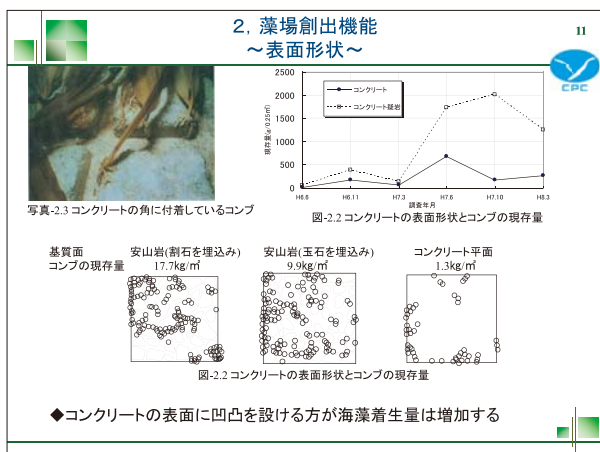


図 3.1.11

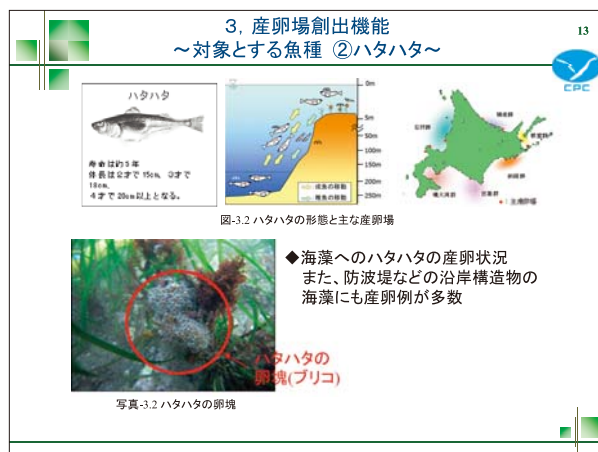


図 3.1.13

続いて、その人工海藻の話ですが、周辺海域に自然藻場がない場合とか、あるいは波浪や流れ環境が厳しい場合には、人工海藻の活用が有効です。図 3.1.16 の写真-3.4 にあるのは最新の人工海藻の形態、これは平成 26 年度に改良されたものです。人工海藻自体については平成 12 年から開発を進めまして、最新型が平成 26 年のものです。こういう形で浮力がありますので海中で直立して、実際にハタハタの産卵が行われております。

続いて、第 4 章、環境改善機能と高度利用ということで、環境改善機能というのは外郭施設の整備などによって生じる静穏域を水生生物の生息に望ましい環境に改善する、高度利用というのは、蓄養とか水中荷捌きによって高度に利用することです。水質と底質の改善の技術的手法につ

いて簡単に紹介をしております(図 3.1.17)。

続いて、海水の交換機能についてです。海水交換型構造物の目的としては、流れを制御して外海水を静穏域に導入して水質の改善を図っていく、外海水を直接導入する形式も多いのですが、最近では静穏域の海水を港外に排出する形式、通常、一番多いのは消波ブロックが前面にあって導水孔を設けたタイプとか、あとは潜堤式といって、遊水部に一度打ち込んだ水の水位を上げることによって、導水孔から水を流入させる形式が多いのですが、これは最近、水産工学研究所で開発されたものですが、一度中に入った水によって渦ができて、港内の水を外側に引っ張るといって、今までとは逆のこういう形式も開発されています(図 3.1.18)。

これらを高度利用した形としては、蓄養施設

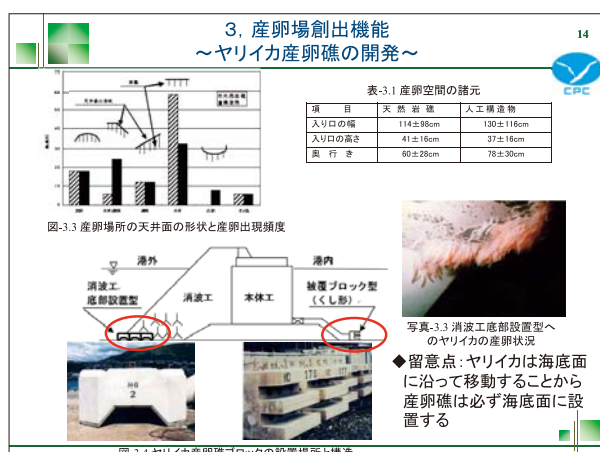


図 3.1.14

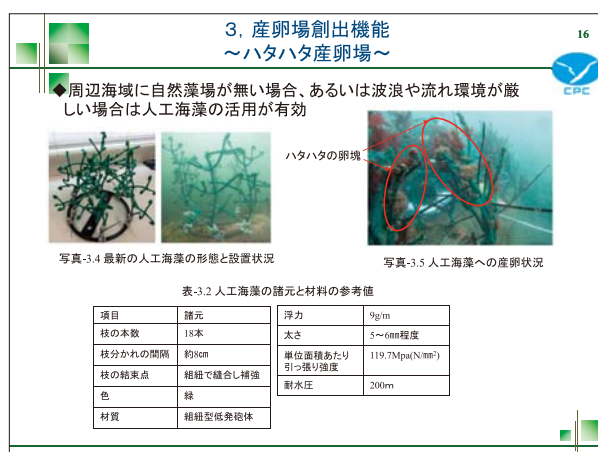


図 3.1.16

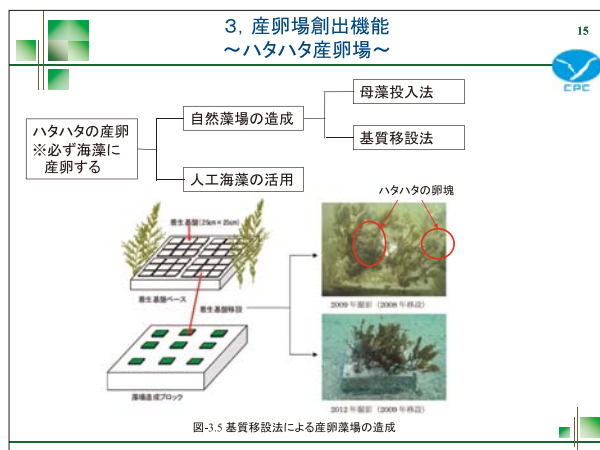


図 3.1.15

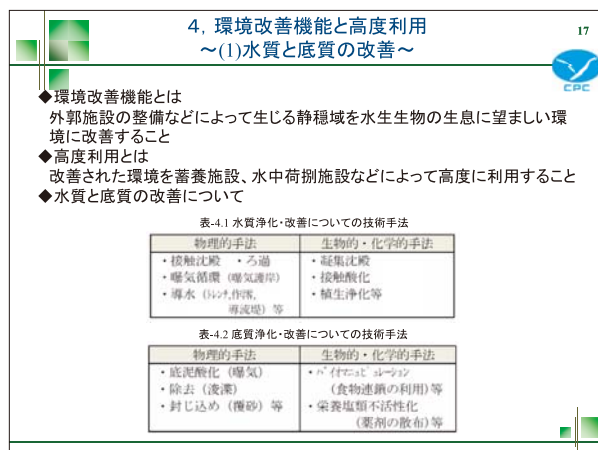
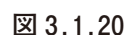


図 3.1.17

このガイドブックをまとめるにあたりまし

謝辞として、委員の先生方、それから開発局、北海道、寒地土木研究所、東海大学、これらの皆さんのご協力によって、このガイドブックが取りまとめられております。それから、図表や写真についても、これらの機関から多数提供し



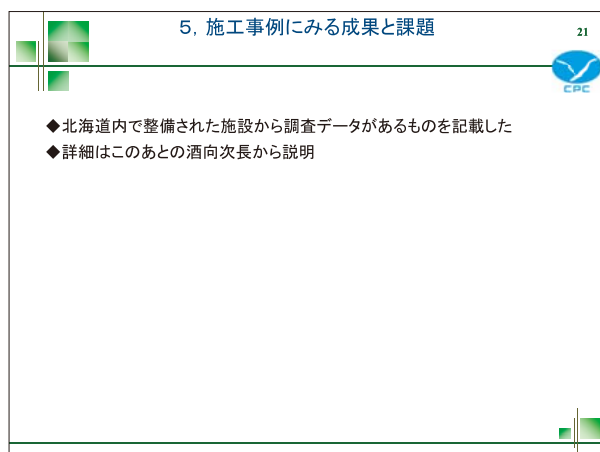


図 3.1.21

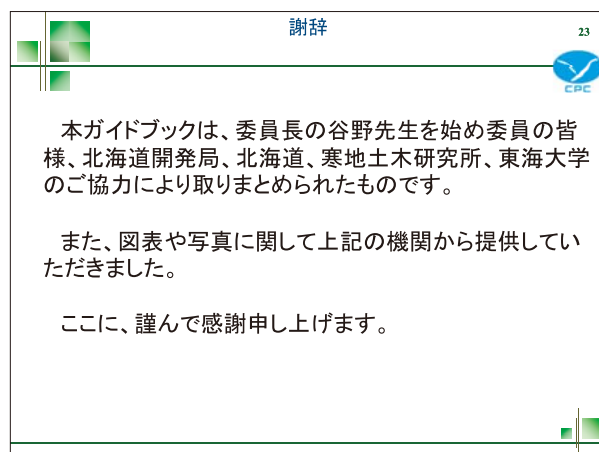


図 3.1.23

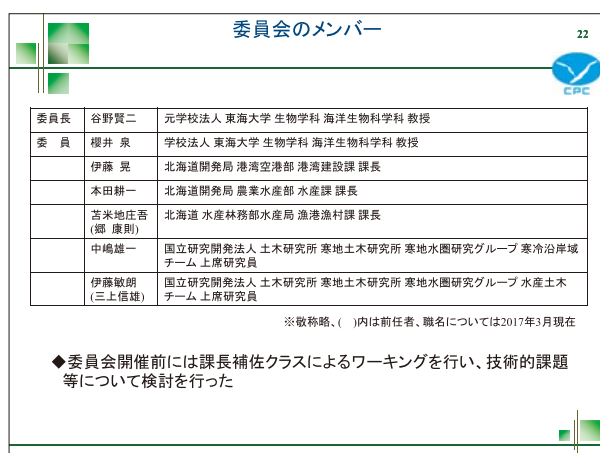


図 3.1.22

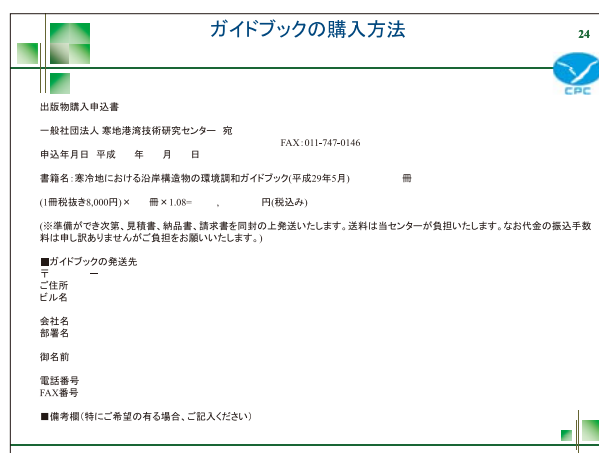


図 3.1.24

ていただいております。ここに謹んで感謝を申しあげたいと思います (図 3.1.23)。

最後ですが、ガイドブックの購入方法を示させていただきました。こういう形でセンターの

方へファックスを1枚送っていただけると、ガイドブックを直ぐ発送します。(図 3.1.24)。

駆け足になってしまいましたが、ご清聴大変ありがとうございました。

(2) 藻場の創出と診断手法について



寒地土木研究所水産土木チーム
主任研究員
丸山 修治 氏

寒地土木研究所水産土木チームの丸山です。
よろしくお願いします。

ガイドブックの中に、藻場創出機能の診断手法というものがあります。これは藻場の現状を評価しまして、機能の健全度を診断する手法になります。本編の中ではその手法と事例について掲載されておりますが、今回はその立ち上げにあたっての背景だとか現地検証だとかを含めて、お話をさせていただきたいと思います。

右上の方に藻場創出機能の付加の例というポンチ絵がありまして、皆様ご存知のとおり、例えば防波堤の背後に浅場を造りまして、光合成を確保して、ウニの摂餌を流速によって抑え込むといった仕組みになっております。こういった構造物は北海道の中では20年以上も前から始まっておりまして、今回の手法の構築にあたっては、この中の寿都と元稲府の事例を活用しております（図3.2.1）。

背景になりますけれども、藻場創出機能の低

下の事例が報告されております。寿都の護岸消波部のところになります。標準断面図でいきますと、基礎マウンドの上に40tの異形ブロックが配置されていまして、その背後に浅場を造って、藻場の創出機能を付加している。そういった構造物になります。整備当初というのは、こちらの写真のようにホソメコンブが繁茂しまして、良好な海藻群落が形成されてきたのですが、徐々に、例えば海水温の上昇だとか様々な理由によって藻場の創出がしづらくなってきているという、そういった状況の報告があります。そこで機能回復の対策が求められている状況です。対策にあたっては、まずは現状の適正な評価が必要で、次に要因を特定して、対策を実施していく。そういった手法が合理的になります（図3.2.2）。

まずは現状の適正な評価が重要になってきますので、手法を考案したというところなんです。この手法の考案にあたって、参考にしている書籍が2つあります。2つとも水産庁から出ている書籍です。1つ目が『ストックマネジメントのためのガイドライン』という書籍で、これはコンクリートの構造物だとか矢板の構造物において、スパンごとに調査を行いまして、その老朽化度の評価を行います。a～dまでの4段階で、老朽化度をひとまず評価しまして、それを今度はまとめて施設全体の健全度がどうなのかとい

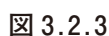


図 3.2.1



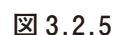
図 3.2.2

健全度の評価にあたりましては、少し戻りまして、先程のストックマネジメントの方になります。a が全体の 2 割以上あれば健全度が A になって、老朽化が進んでいるという評価。反対に d が全部であれば、健全度は D となって



そのスキームのフローは右半分になりました。左半分はコメントを記載しているところです。流れで上から行きますと、初めに簡易調査を行います。項目は海藻の被度と植食生物量と基質の状態について行います。それらを劣化レベル、先程は老朽化度でしたが、ここでは劣化レベルに言葉を変えています。a～dの4段階でひとまず評価します。次にそれらをまとめて施設全体の健全度を判定していく。そういった流れになります。ここで健全度C・Dの機能が維持されているという状態になった場合には、モニタリングを行っていくというフローになります。一方、機能が低下しているという結果になれば、詳細調査を行って要因を特定して対策工を検討実施していく。そしてモニタリングというフローになります。ここで、要因特定の段階ですけれども、例えば周辺の天然藻場でさえも生えていなかったということがありましたら、それは自分自身のせいではない可能性もありますので、そういった場合にはこちらの経過観察に行く、そういった流れになります(図3.2.5)。

これは簡易調査をした時の評価をしていく指標になります。一次項目と二次項目の2つあります。一次項目については生物学的なものを挙げ



ておりまして、海藻の被度と植食動物の分布密度になります。海藻の被度ですが、この評価指標の設定にあたっては、水産庁の『改訂磯焼け対策ガイドライン』を参考にしております。具体的には被度が5%未満であれば、劣化レベルは最も進んでいるa、5~25%がb、25~50%がcになって、50%以上が劣化していないdと設定することになりました。あとキタムラサキウニ、エゾバフンウニ、小型巻貝の数値については、既往の文献だとかを参考に設定しているところです(図3.2.6)。

二次項目としては物理的な項目を取り上げております。構造的な劣化として基質が欠損していないか、転倒していないかといったことを評価します。あと着生基質として、浮泥の堆積も評価しています。ここで選択項目を取り入れているのですが、漂砂海岸の場合には基質が埋没する恐れもありますので、そういったことも評価できるようにしております。こういったことから北海道沿岸域の現場特性を反映できる評価体系としております(図3.2.7)。

総合評価になりますが、一次項目の評価結果でaが全体の2割以上あった場合には、健全度は最も低下しているA。a+bが2割以上であった場合にはBになって、a+bが全体の2割未満であった場合には二次項目を勘案して、健全度BかCを決めるということになります。

一次項目が全てdであった場合には、機能が保持されているDと評価をしていくということになります(図3.2.8)。

例としてお話ししたいと思います。こちらの写真になります。海藻被度は40%ありますので、cという評価になります。キタムラサキウニはm²当たり2個いましたので、これもcです。小型の巻貝はm²当たり25個いましたので、これもcということになります。あと二次項目としてある浮泥の堆積・基質の移動・付着動物の方は問題ありませんでしたのでdにしています。あとこれは寿都漁港の事例で漂砂はありませんので、漂砂のことは省いております。こういうふうになまず1回目の評価をします(図3.2.9)。仮にこの写真の状態が全地点同じ状態であったとすれば、一次項目は全部cですから、a+bが

■性能評価の評価指標 (二次項目：物理的な項目)		
○必須項目		
・構造的な劣化 : 基質の欠損・転倒を評価		
・着生基質の健全性 : 浮泥の堆積を評価		
○選択項目		
・基質の埋没(漂砂)、付着動物(巻貝以外)の影響を評価		
※北海道沿岸域の現場特性を反映できる評価体系とした。		
<必須項目>		
劣化レベル	浮泥の堆積	基質の移動
a(劣化大)	長期にわたり基質や葉面に浮泥が堆積	基質の折損・転倒又は飛散
b	一時的に基質や葉面に浮泥が堆積	基質の凹凸の摩耗や軽度の欠損等
c	基質や葉面に浮泥が部分的に堆積	基質のわずかな移動、局所的な折損
d(劣化小)	異常なし	異常なし
<選択項目>		
劣化レベル	基質の埋没	付着動物の競合
a(劣化大)	長期に基質が砂に埋没	全面に付着動物が優占
b	基質の一部が砂に埋没	付着動物被度が50%以上
c	一時的に基質が砂に埋没	付着動物被度が50%以下
d(劣化小)	異常なし	異常なし

図3.2.7

■性能評価の評価指標 (一次項目：生物的な項目)			
劣化レベル	海藻被度	植食動物の分布密度(下記より選択・複数可)	
		キタムラサキウニ	エゾバフンウニ
a(劣化大)	5%未満	6個/m ² 以上	10個/m ² 以上
b	5%以上25%未満	4個/m ² ~6個/m ²	4個/m ² ~10個/m ²
c	25%以上50%未満	1個/m ² ~4個/m ²	2個/m ² ~4個/m ²
d(劣化小)	50%以上	1個/m ² 未満	2個/m ² 未満
○海藻被度 : 改訂磯焼け対策ガイドライン平成27年3月水産庁P.151			
・良好な生物生息環境の場を評価する観点から、立体的な海藻を評価対象			
【評価事例: 寿都漁港(H26.2.0)】			
観測地点	観測日時	観測者	観測結果
1	2014.12.15	観測者	海藻被度は約20%、キタムラサキウニは約10個/m ² 、エゾバフンウニは約4個/m ² 、小型巻貝は約25個/m ²
2	2014.12.15	観測者	海藻被度は約20%、キタムラサキウニは約10個/m ² 、エゾバフンウニは約4個/m ² 、小型巻貝は約25個/m ²
3	2014.12.15	観測者	海藻被度は約20%、キタムラサキウニは約10個/m ² 、エゾバフンウニは約4個/m ² 、小型巻貝は約25個/m ²
○植食動物の分布密度 : 既往文献を参考に設定			

図3.2.6

■総合評価			
健全度	施設の状態	一次項目	二次項目
A	海藻の被度がかなり低い、または植食動物が非常に多い等、藻場創出機能が低下している可能性がある状態	aが全体の2割以上	—
B	海藻の被度が低い、または植食動物が多い等、対策を施さないと藻場創出機能が低下するおそれがある状態	a+bが全体の2割以上	—
C	軽微な磯焼けの徴候はあるものの機能の低下には至っておらず藻場創出機能は保持されている状態、将来的に機能低下の可能性があり継続観察が必要	a+bが全体の2割未満	a+bが全体の2割以上
D	機能の低下は認められず、十分な機能を保持している状態	すべてdである	—

図3.2.8

全体の2割未満であったこと、そして二次項目は全部dですので、こちらa+bが全体の2割未満であったことから、健全度はCになって、機能低下には至っていないのだけでも、経過観察が必要ですといった評価になるということになります(図3.2.10)。

次からは現地検証のお話です。対象としたのは寿都漁港のところになります。調査の年月は平成25年2月です。左側の赤い方のスパン1と右側の青い方のスパン2に分けて考えております。この時は両方とも改良工事前になります。例えば①-5は、ccdddと書いてありますけれども、上の潜水士さんの簡易調査結果によってこのようになります。それぞれ評価をしていくと、このようにabcdが入ってきます。最後に総合評価になるわけですが、スパン1の方はa+bが全体の2割以上あったので、総合評価はBとなります。右側のスパン2の方はaが2割以上あったのでAということで、機能が低下しているといった状態に評価されます。これは改良工事前ですので、現地の状況が反映されている結果になります(図3.2.11)。

寿都漁港においては要因を特定するための詳細調査を行いまして、改良工事をやっておりますので、その概要について簡単にお話させていただきます。原因については詳細調査結果からウニによる食害ではないかと推定をしております。これは小段上の流速がウニの摂餌行動を制限できない環境にあるといったところによります。検討は2つ行っています。1つは現地の実証試験です。根固ブロックを用いた嵩上げの試験をやってみたところ、写真の左側のように海藻が繁茂しましたということです。2つ目は流れ場に関する数値のシミュレーションを行っています。その結果、特に1月と2月になりますけれども、ホソメコンブの成長の初期の段階においてウニの摂餌行動を抑制可能な期間が増大しているといったところになります。こういったことから、対策は嵩上げをするということに決まりまして、天端高はD.L.-1.0mに工事を実施したところ。平成27年に完成しました(図3.2.12)。

今度は26年2月の調査結果になります。工

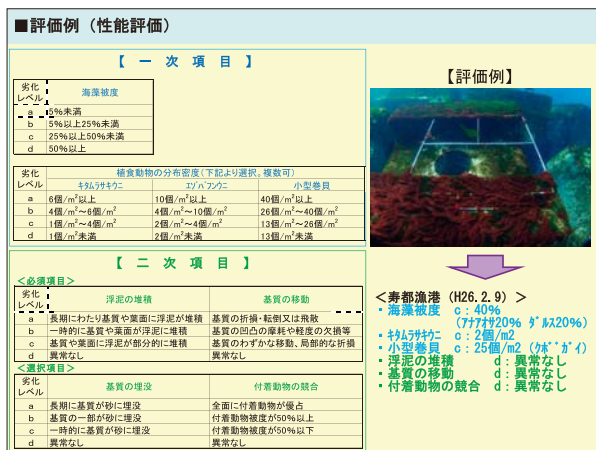


図 3.2.9



図 3.2.10



図 3.2.11

事は順番にやっています、赤い方のスパン1は工事をまだしていない時期ですが、青い方のスパン2については工事が終わった後の状態になります。それでいくと、スパン1は工事前ということもあって、海藻の被度は低くてウニがいるといったような状態になっています。一方、スパン2の方は工事が終わっていますので、海藻の被度が比較的高くてウニもほとんど出現していないという状態になっています。これらをまとめますと、先程の25年2月との推移を見て行きますと、スパン1については両方とも改良工事前でしたから、BとAというように低下しているという状況になります。スパン2については、改良工事前はAで経過していますが、改良工事の後はCというように機能が保持されているという結果になりまして、これは改良工事前後において現地の状況を適正に表していると考えているところです。これが現地検証の話になります(図3.2.13)。

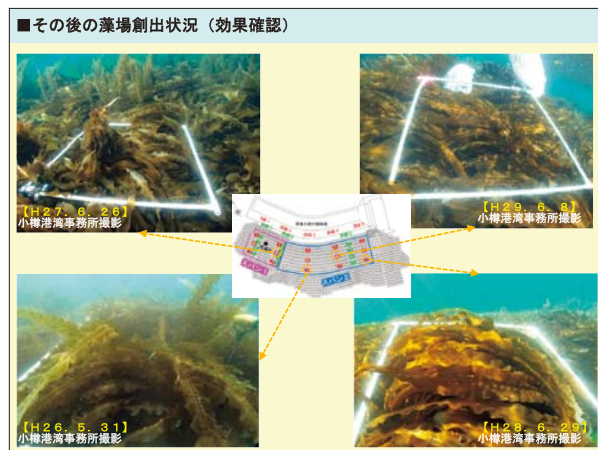
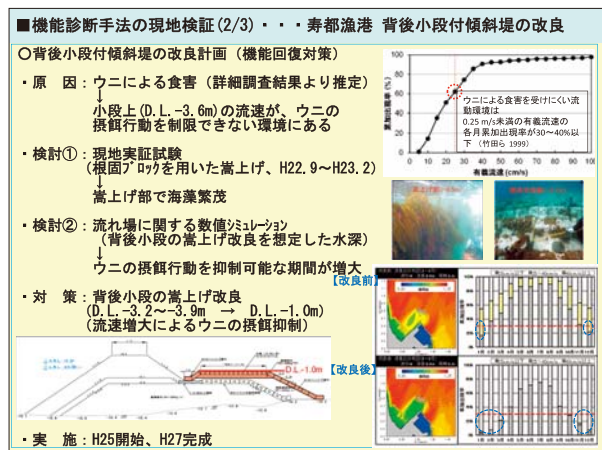
その後のモニタリングとして26年・27年・28年・29年の4カ年についての写真を紹介しております。場所によって差はありますが、比較的良好よくホソメコンブが繁茂しているということになります(図3.2.14)。

次は別の海域のオホーツク海での適用事例をお話したいと思います。対象としたのは元稲府漁港の二重堤のところになります。この二重堤

といいますのは、傾斜堤と直立堤の間に港内を浚渫した岩を投入しまして、浅場を造っているというところになります。ここは二重堤の間において、コンブ漁とかウニ漁とか、あとはウニの移植放流も行われておりまして、非常によく活用している漁港の施設だと思います(図3.2.15)。

23年8月の調査結果になります。測線は4本あるのですが、ここでは1と2について掲載しております。まず海藻のところです。大型のリシリコンブの被度が高い地点が比較的多くあります。それに対してウニの方ですが、ところどころ多く出現しております。傾向でいきますと、この15個とか、この18と20というように、水深が深いところで比較的にウニが多く出現している傾向が見られました(図3.2.16)。

これを評価していくと、次のようになります。



評価結果が cbbcaa です。ここは水深が異なっていますので、水深別に評価をしてみました。そうすると cddcaa というように、ばらつきが生じております。そこで測線1のSP70~90、あと測線2のSP.50~90のところになりますけれども、ここは海藻繁茂期である8月にリシリコンブは非常によく繁茂して藻場が形成できています。しかしウニの分布密度が高くて、健全度がA・Bというように低下しているのではないかと評価になりました(図3.2.17)。

そこで考察したいと思います。先程、水深の深いところでウニが多く見受けられたということがありましたので、水深2~3m、こちらは3~5mというところだけのデータを抜き出して、縦軸に海藻被度、横軸にウニの個体数を取りました。そうするとウニが比較的多くても海藻

の被度が高いということがわかります。そういうことともう1つ、7月にコンブ漁をやっているのですが、その1カ月後ですが、藻場が創出しているということもありますので、ここでは診断結果A・Bという低下の可能性ありとなったのですが、経過観察をしていくということが妥当ではないかと考えております。機能低下と判断して、改良工事対策を検討するのではなくて、経過観察が妥当と考えております(図3.2.18)。

最後に継続的なモニタリングということ、先月、藻場調査を行いました。その結果、リシリコンブは被度が高い地点が比較的多く存在しております。一方、ウニについてですが、7月下旬にウニの移植放流をしているという関係もあると思うのですが、ちょこちょこ出現している状況です。これらの結果を評価すると、下

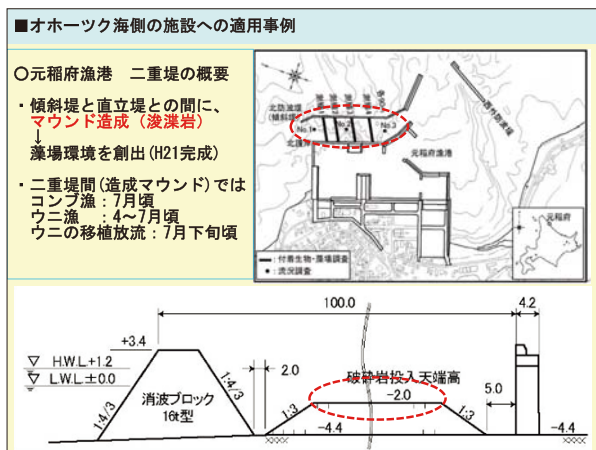


図 3.2.15

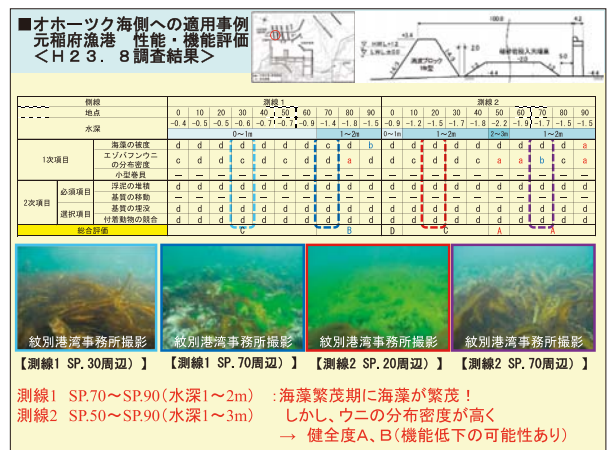


図 3.2.17

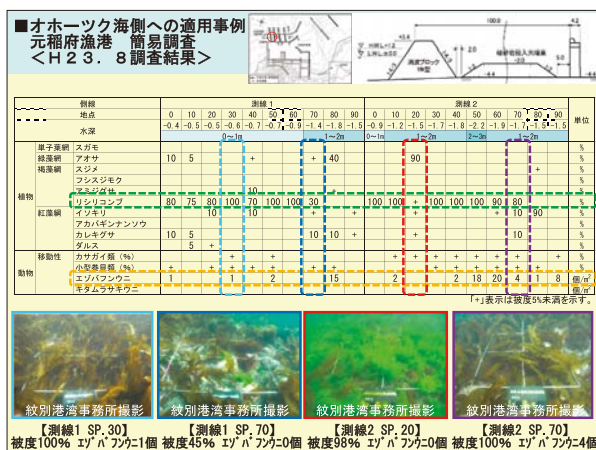


図 3.2.16

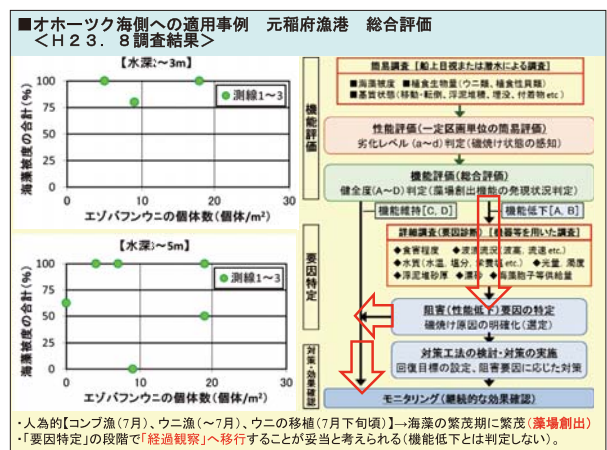


図 3.2.18

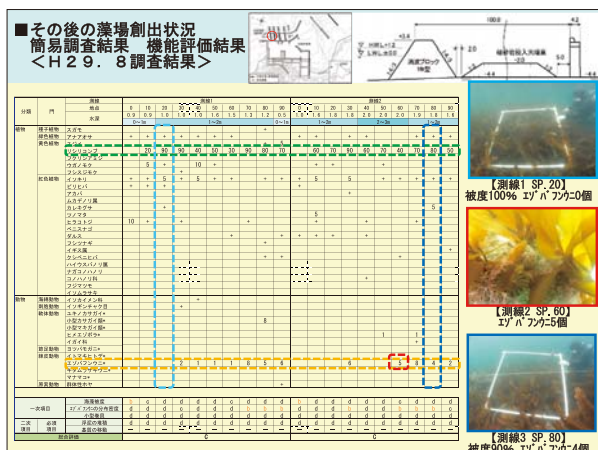


図 3.2.19

■おわりに

○藻場創出機能を付加した構造物の藻場の現状を評価する手法をガイドブックに掲載しました。特徴を以下に記載する。

- ・簡易な調査（海藻被度、植食動物の分布、基質の状態）で藻場の現状の評価が可能。
- ・全道への適用性に配慮（植食動物の種類、漂砂と付着動物の影響を選択項目として取り込む）。

○ここでは、評価手法の説明と現地検証の内容、適用事例（モニタリングによる経過観察）を紹介した。

図 3.2.20

の方にまとめていますが、a+bが全体の2割未満であるということから、評価はCとなって、機能が保持されているけれども、経過観察が必要だという評価になってきます（図 3.2.19）。

以上で終わります。どうもありがとうございました。

(3) ガイドブックにみる施工事例と今後の課題



（一社）寒地港湾技術研究センター
企画部次長
酒向 章哲

寒地港湾技術研究センターの酒向と申します。よろしくお願い致します。

最後にガイドブックの方に掲載しました施工事例について数例ご紹介して、それらを参考に見ながら、配慮したらいいい事項や今後の課題事項などがあれば、いくつか述べていきたいと思っています（図 3.3.1）。

先程、北原からご紹介したとおり、ガイドブックの方で環境調和機能として取り上げているのが、藻場創出機能、産卵場創出機能、そして静穏域の有効活用という、大きく3分野になっております。その藻場創出機能につきましては、先程、丸山さんの方から寿都漁港や元稲府漁港の紹介をいただいたとおり、構造形式についてはいろいろあるのですが、ここでは寿都和元稲府以外ということで、背後小段形式の2例についてご案内しようと思います。その次の産卵場創出機能につきましては、対象としています魚種がヤリイカとハタハタということで、それぞれ1つずつ紹介したいと思います。最後の静穏域の有効活用の事例ということで、海水交換機能を付加したものとか、あるいは蓄養に利用している例をご紹介したいと思います（図 3.3.2）。

まず藻場創出機能からです。ガイドブックの方から図と表を抜粋して持ってきています。左側の図が港湾区域や漁港区域にあるものを中心に藻場創出機能を実施している箇所を北海道地図に落としたものです。右の表がそのリストですが、着色している行がガイドブックの方で事

例として紹介しているところとなります。パッと見ると道東の事例が少なく、北海道の西部の事例が多いのですが、磯焼けが深刻な地域が多いということで、そういった地方でのニーズがあるので、このようになっているのだと思います（図 3.3.3）。

藻場創出機能の事例で釧路港の事例を最初に持ってきました。こちらは釧路港の沖に展開している島防波堤です。イメージの絵を載せております。防波堤の背後に盛土工があるといった形になっています。こちらの盛土工は浚渫土砂を使って嵩上げして直接本体工の押さえ盛土として機能することを目的としています。さらにはこちらの天端上が浅くなっていますので、その上で藻場の創出を図るようという事で、こちらの平面図は天端上の模式図ですが、付着

基質となる各種の藻場用のブロックを複数銘柄いろいろ置いてみて、さらにはこういった断面の測線を設けて、経年的にモニタリングを継続していくといった現場になります（図 3.3.4）。釧路港の港内の環境として非常に濁りが強いものですから、その辺が懸念されていたのですが、完成から 10 年、藻場を観察した葉体被度です。こちらが測線ごとの海藻の現存量のグラフです。褐藻を主体とした藻場が形成されていることが確認されております。海藻の現存量の方は、経年変動が激しいのですが、褐藻中心とはいえ、単体の藻場ではないので、緑藻だとか紅藻だとかが紛れてきますので、この辺が経年変動に起因しているのかなということも考えています。またこれからの話なのですが、釧路市、地元漁協さんの方では、26 年からウニの試験放流試

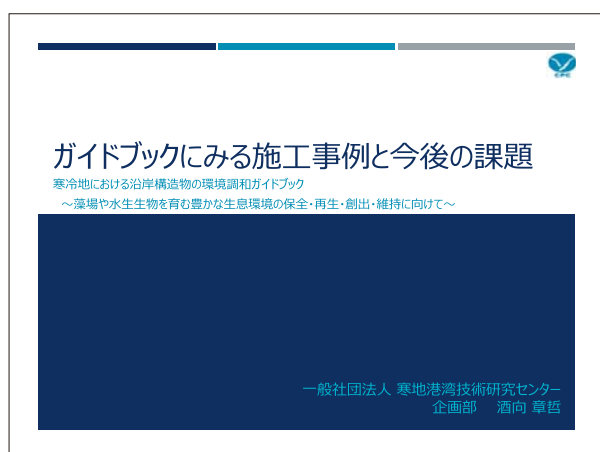


図 3.3.1

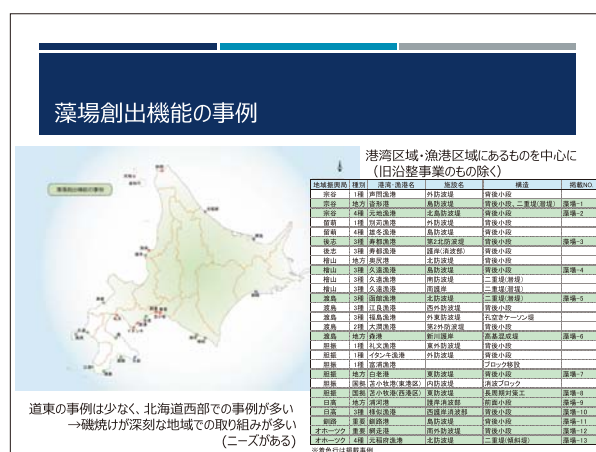


図 3.3.3



図 3.3.2

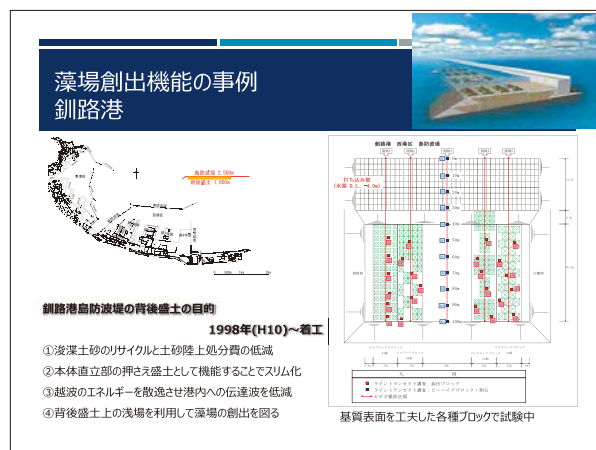


図 3.3.4

業を開始しています。海藻の繁茂自体も非常に経年変動がありますし、そんな中、放流事業でウニの放流が過密になっていくと、藻場自体にダメージを与える危険もあるので、モニタリングではその辺を注意しながら見ていくことが必要ではないかなと考えています(図 3.3.5)。

次が苫小牧港の事例です。苫小牧西港区です。航空写真があります。こちらの東防波堤の裏のところの長周期波対策工の拡大した写真です。断面図はその下です。防波堤の背後に割石を使った、これは長周期波を吸収するようなイメージで嵩上げされているのですが、そういった対策工が存在します。環境調和機能として当初から計画したわけではありませんが、周囲が砂浜域になっている施設の斜面上に、大型海藻の着生がモニタリングされていたので、こちらの事例も紹介として載せています(図 3.3.6)。こちらの写真は、斜面上を上層・中層・下層と切って撮ってきたものです。こちらの大型海藻のマコンブの繁茂が確認されております。着工後数年が経過していますが、マコンブを主体とした藻場が形成されております。上のグラフが2013年～2015年までの海藻の現存量です。下のグラフがウニの分布ということで、こちらは砂浜域で囲まれているのですけれども、数年経過してウニが入ってきている様子も確認されております。こちらはエゾバフンウニが主体と

なっています。上と下のグラフを比較すると、下層の方ではウニが多くて、上層の方ではウニが少なくて海藻が多いといった棲み分けになっています。ただモニタリングの中で流況調査も実施しているのですが、港内ということもあって、通常時は非常に静穏なもので、上層と下層に明確に流速の差がつくような環境にはなっていないので、今後ずっと上層の方で海藻が維持されていくのであれば、流速以外の要因が効いているのかもしれないと考えられます。その辺は未解明な事項として今後の課題として載せておきました(図 3.3.7)。

次は産卵場創出機能の事例です。産卵場ということで、対象となる種の回遊ルートが近接していないといけないということがありますので、分布の方もこういった形になっていまして、ヤ

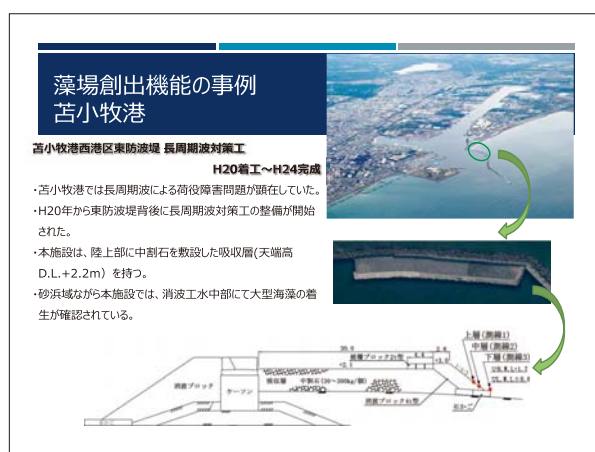


図 3.3.6

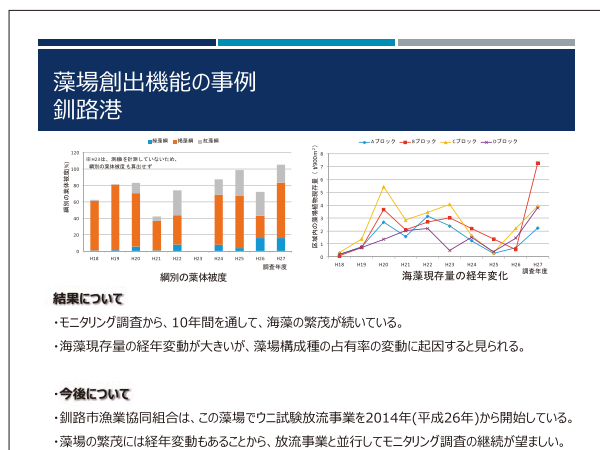


図 3.3.5

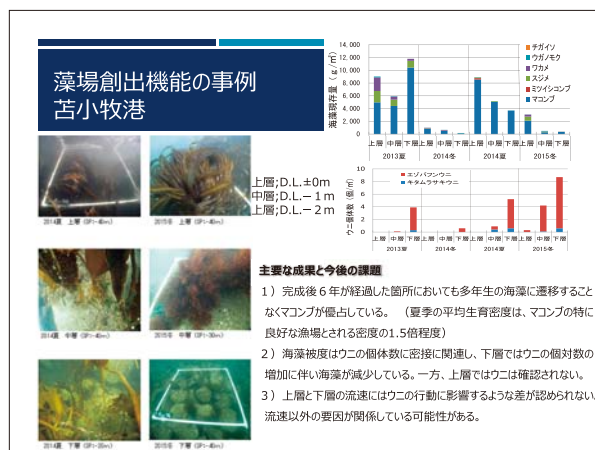
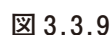
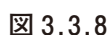


図 3.3.7

1つ目が福島漁港のヤリイカの事例となっております。福島漁港のこちらの外郭の防波堤の部分が対象となります。断面図でこちらに防波堤があって、背後のマウンドの法肩部のところに、平成7年度に産卵礁ブロックを設置しています。こういった櫛形の構造です。その翌年に産卵しているかどうか確認に行ったところ、あまり産卵礁では確認されなかったものですから、翌年から一部のブロックをこういった法尻に移設して、調査を継続しております(図3.3.9)。こちらの方が平成19年の調査結果になります。上段の図がブロックの配置を模式図的に平面図で表したものですけれども、法尻部で産卵が確認された場所が赤色で、法肩で産卵の確認がされた場所が青色で配置してあります。産卵している状況というのが先程の櫛形のブロックの凹んだところの天井の部分にこういった形で産卵されるのですが、こちらは法尻部の写真です。あと下段埋没と書いてある部分ですが、ここがこういった形で窪みの部分まで

次がハタハタの事例として、こちらは登別漁港の航空写真で、西側の海岸がフィールドとなっております。ここがネブトモクの天然の産卵藻場が形成されている部分でしたので、その周辺に人工海藻を設置して産卵するかどうかを24年から27年度にかけて調査したものを紹介致します(図3.3.11)。まず24年度は事前調査で天然の藻場をあらかじめ確認した上で人工



海藻を設置しています。設置後、12月と翌年の1月に2回調査を実施しております。12月調査においては卵塊が1,200以上確認されていたのですが、翌月調査に入ると4割ほどがなくなっていました。水温にもよるのですが、孵化まで2カ月前後掛かるものですから、おそらく波とか流れなどで脱落してしまったのだらうということを考えています(図3.3.12)。この改良試験を26年に実施しております。人工海藻をネプトモクのサイズに合わせて、丈を少し小さくして、さらに卵塊が枝の先端から抜け落ちるのを防止するように折返し部を設けたような形、これをH26改良型と呼んでいます。こちらの方を26年度以降設置して試験しています(図3.3.13)。こちらが26年度の調査でしたが、このグラフは24・25・26・27年と並

んでいて、緑が天然の海藻、青がH13型、ピンクがH26型ということで、天然海藻と比較してもH13型と比較しても、H26型に非常に産卵してまして、改良効果が目に見えて良かったという結果でした。翌年のH27の調査では一転して、天然海藻の方には産卵が見られたのですが、人工海藻の方には少なかったという結果になっております。来遊魚のデータが間に合なくて載せていないのですが、その大小が効いてしまったのではないかとというのが考察として述べられていたのですが、そういった場合でも産卵基質で、人工海藻よりも天然海藻を好むような要素が、形状以外にも何か要因があるのだらうとか、あるいは回遊する親魚が多すぎて、天然海藻が足りなくて人工海藻に産みつけていたのであれば、これは有効だったという結



図 3.3.10

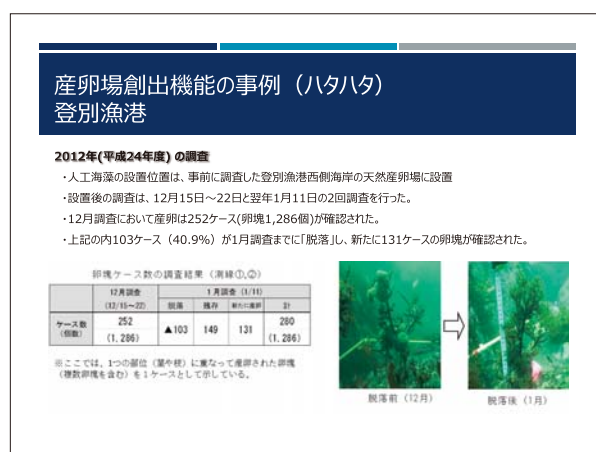


図 3.3.12



図 3.3.11



図 3.3.13

その中から、こちらは道南の札前漁港の事例です。こちらは断面図にも載せたのですが、防波堤の前に潜堤をつけた海水交換型防波堤ということで、先程も北原から説明があったとおり、潜堤を乗り越えて波が打ち込んできた遊水部で港内と水位差をつくって、導水孔から港内に導

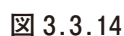


图 3.3.16

というくらい使われているので、利用の状況の方は問題がないといった感じになっています（図 3.3.17）。

次は江良漁港の事例です。こういった形で蓄養岸壁が整備されています（図 3.3.18）。図 3.3.19 の写真で見ますと、蓄養岸壁がこちらになっていまして、天端が下がってしまっていて、漁船との受け渡しが比較的容易という形になっています。ここの桁形のところに蓄養の筏を浮かべて蓄養しています。この岸壁の下の方は通々になっていますので、海水交換上の心配はないといった形になっています。こちらは 26 年からの供用開始以来、ウニとアワビの蓄養で使っております。春・夏の蓄養は問題なくやっていますが、どうしても秋・冬は静穏度的な問題で、ここでの蓄養はできないといった課題を抱えて

います。冬季の蓄養というのは静穏度の問題もあるのですが、餌となる海藻をどうやって確保するかといった問題もあろうかと思えます。ただこの辺をクリアしていくと、例えば正月向けの出荷だとかの利用に広がって行くので、この辺についてはいろいろ模索していく必要があろうかと考えています。

最後、駆け足できてしまったので、6 例ほどしか紹介しませんでしたけれども、この他にあと 18 例がガイドブックに載っていますので、そちらをご覧ください。またガイドブックの本文の方は、各機能に対して、これまでの知見から計画時や設計時に留意すべき事項やモニタリングの時に注意すべき課題とか、いろいろ整理していますので、ご参考にしてください。また、各機能で共通の課題事項というのがありまして、蛇足ながら上の方に赤書きでつけさせていただきました。1 つは「機能の持続」。先程、丸山さんからのお話にもあったとおり、物をつくって永続的にその機能が保持されるということはなかなか期待しづらいものがあります。どうしても維持管理や機能保全の考え方が重要になってくるかと思えます。もう 1 つは「順応的管理」ということがあります。例えば、周辺環境といっても、大きな経年変動の中で動いていますので、どうしてもその施設単体だけでは環境変動への対応は難しいという



図 3.3.17



図 3.3.18



図 3.3.19

ころがありますので、その変化もなるべく早期に察知して、例えば直ぐできることと言えば、利用の方法を変えとかというソフト面からの順応対応といったことも考えられるかと思えます。

これら2つのキーワードに共通して必要となるのが、モニタリングの調査です。こちらがとても重要になろうかと思えます。現場、現場によっては、調査できる規模の大小はあると思うのですが、その大小に関わらず、内容や上がってくる結果の方を重視していただきたいと思っております。その中でいろいろ困ったこととか、面白い情報とかがあれば、相談だとか報告いただければ、ガイドブックの今後の更なる発

おわりに			
機能	トピック	これまでの知見	課題
藻場創出機能	基本断面	潜堤含む前面小段の方が繁茂。背後小段は安定性で有利。	現地条件に適した構造形式の選択が必要
	ウニの食害	高上げ等で流速増加で抑制可能	過密な種苗放流には注意が必要
	付着基質	一定の効果がえられるものもあるが、機能の持続に問題を抱える	基質の更新等、機能維持手法の開発などが必要
	モニタリング	経年変動に加え、植生の変遷には数年を要す。	造成後5年程度はモニタリングが必要
産卵場創出機能	適地選定	回遊ルート・回遊数に左右される	経年変動のモニタリング
	産卵礁ブロック	港外設置の方が産卵率が高い	港外では漂砂などにも注意
	対象種拡大	ハタハタでも一定の成果を得る	水産関係者との連携も必要
静穏域の有効活用	海水交換	自然エネルギーの利用が効果的	静穏度とトレードオフの関係 季節変動の平準化も課題
	蓄養等の利用	採算性が高ければ持続的に利用	夏季静穏期の高水温への対応

図 3.3.20

展のために使って行けると思いますので、今後ともよろしくお願い致します（図 3.3.20）。

以上で、発表の方は終わります。