

漁港施設における環境保全コンクリート

— 磯焼けを防ぎ藻場を造る —

報 告 書

2011 年 10 月

北海道土木技術会 コンクリート研究委員会
漁港施設における環境保全コンクリート研究小委員会

序

本研究は、平成 15 年 8 月に北海道土木技術会コンクリート研究委員会の小委員会として「沿岸の環境保全コンクリート研究小委員会」を発足させて、4 年間にわたって活動を行った。そして、その研究成果をとりまとめ平成 19 年 9 月にシンポジウムを行うとともに、報告書を作成した。

これをもって研究会は一旦解散したが、追跡試験に供したサンプルはその後も海中に設置されたままであること、継続的な調査がより多くの研究成果をもたらすことから、平成 21 年 4 月に小委員会の発足を再度申請し、臼谷漁港をフィールドとしていたことから「漁港施設における環境保全コンクリート研究小委員会」と命名して 2 ヶ年にわたって活動を行ってきた。このたび、その成果がまとまったことから本報告書を作成し、シンポジウムを開催することとなった。

この小委員会活動の目的は、磯焼けなどによる沿岸環境の悪化を有機物等をコンクリートに混入して製作した生態系コンクリート、これを本研究では「藻場環境ブロック」と名付けた、によって改善することを試みたもので、藻場の改善効果を供試体の海中曝露によって調査したものである。

第 1 期（平成 16 年～19 年）の調査では、より多くの海藻類の生育を期待して藻場環境ブロックを臼谷漁港海域に設置した。これには期待通りに多くの海藻が繁茂し、その効果が認められたことを報告した。

しかし、一般的に藻場環境ブロックだけでなくどんなコンクリートブロックでも設置当初は海藻が繁茂することは認められているが、3 年を経過した頃より無節サンゴ藻にブロック全体が覆われ磯焼けになっていくのである。平成 16 年に設置した藻場環境ブロックは、平成 21 年で設置後 5 年を迎えていた。

第 2 期（平成 21 年～22 年）の研究では設置後 3 年以上を経過した藻場環境ブロックの状況を調査し、時間経過に伴う藻場環境ブロックの有効性を検証してきた。

藻場環境ブロックの有効性については、近年の温暖化現象により過去の生育環境と現在とではその状況が異なることから、周辺環境による変化なのか藻場環境ブロックの効果によるものなのかを見極めることが難しい状況であった。しかし、今回の調査によって生育環境の変化を考慮しても、ポーラスコンクリートが海藻の生育に有効であることがわかった。

これまで、海域の藻場造成にポーラスコンクリートが使われたことはなかったことから、今後は沿岸環境の改善に利用されていくことを期待するものである。

本研究にあたっては、北海道水産林務部漁港漁村課、留萌建設管理部治水課、同事業課に多大なるご協力をいただきました。ここに記して関係各位に謝意を表します。

平成 23 年 10 月

北海道土木技術会 コンクリート研究委員会
漁港施設における環境保全コンクリート研究小委員会
委員長 吉 野 大 仁

北海道土木技術会 コンクリート研究委員会

漁港施設における環境保全コンクリート研究小委員会

委員長	吉野 大仁	(株)ドーコン
副委員長	山下 成治	北海道大学大学院水産科学研究院
幹 事	大泉 浩	(株)北水エンジニアリング
幹 事	志村 和紀	北海道大学大学院工学研究院
幹 事	檜山 秀光	北海道ポラコン(株)
幹 事	宮崎 信弘	(株)環境技建
委 員	太田 忠明	(株)旭ダンケ
委 員	佐伯 昇	北海道大学名誉教授
委 員	中塚 卓朗	中塚建設(株)
委 員	中塚 徹朗	中塚建設(株)
委 員	成田 義昭	共和コンクリート工業(株)
委 員	堀口 敬	北海道大学大学院工学研究院
委 員	三浦 弘志	大同舗道(株)
委 員	山内 繁樹	(株)エコニクス

五十音順

目 次

第1章 魚礁の増殖的機能（山内）	1
1. 魚礁の歴史	1
1-1 魚礁事業の黎明	1
1-2 北海道の魚礁事業	1
1-3 魚礁事業の進展	1
2. 魚礁の増殖機能	3
2-1 魚礁の機能	3
2-2 蛸集と増殖	3
2-3 増殖機能と増殖量	5
第2章 試験施工の概要（大泉）	7
1. 漁港構造物の現況	7
1-1 試験施工の目的	7
1-2 試験施工の場所	7
1-3 試験施工の時期	8
1-4 藻場造成計画	8
2. 藻場環境ブロック	11
2-1 藻場環境ブロック製作の意図	11
2-2 藻場環境ブロックの名称と特徴	12
2-3 ブロック添加剤の成分等	14
2-4 藻場環境ブロックのまとめ	16
2-5 施工の状況	17
3. これまでの調査結果	18
3-1 調査実施項目と実施時期	18
3-2 水質調査	19
3-3 流況調査	25
3-4 状況調査	27
3-5 資源量調査	51
3-6 調査海域周辺の海藻	60
第3章 資源量調査の主成分分析（志村）	63
1. 主成分分析の概要	63
1-1 分析の目的	63
1-2 主成分分析とは	63
1-3 分析の内容	63
1-4 測定データ	63
1-5 主成分分析の結果	64
2. 主成分分析による考察	78

第4章 河川におけるポーラスコンクリート（宮崎）	79
1. はじめに	79
2. 現場打設と工場製品の課題	79
2-1 現場打設	79
2-2 工場製品	80
3. 環境保全効果	81
4. ポーラスコンクリートと植物の共生	82
5. まとめ	84
第5章 コンクリートブロックによる藻場造成（吉野）	85
1. 藻場造成とコンクリートブロック	85
2. 海水温の状況	88
2-1 海水温の推移	88
2-2 冬季海水温の状況	89
2-3 夏季海水温の状況	89
3. 水産動植物の状況	95
3-1 春季調査の状況比較	95
3-2 海藻類出現種の変化	100
3-3 水産動物出現種の変化	104
4. 順位相関係数による分析	105
5. 主成分分析による考察	106
6. 文献からの考察	109
6-1 はじめに	109
6-2 調査方法	109
6-3 結果と考察	110
6-4 まとめと今後の課題	111
7. 藻場造成とポーラスコンクリート	112

第1章 魚礁の増殖的機能

1 魚礁の歴史

1-1 魚礁事業の黎明

魚礁は歴史的には水産生物を捕獲する目的で設置されているが、この最も古い記録は 1600 年代半ばに土佐藩浦戸沖で山石を沈設して効果があったとされるものである¹⁾。明治以降になっても各地で投石や石積み船の沈設などで効果を得ているが、明治の後半頃になると漁業者間に技術交流が行われ、一地方の成功が他の地方に伝わって行ったことが知られている²⁾。

昭和に入ると農林省の沿岸漁獲物増産対策うちに魚族聚集設備普及対策の一項によって「魚巢、築磯等の施設」に対して補助金を交付して助成措置が講じられている²⁾。この頃には魚礁という名称も存在し、1933 年の雑誌「水産界」の特許ニュースでは魚礁として紹介されている（図-1 参照）。

現在に見るような本格的な魚礁設置事業は昭和 29 年にコンクリートによる魚礁が補助対象として認められたことを契機としている。

1-2 北海道の魚礁事業

北海道の魚礁設置事業は 1926 年に小樽祝津沖の投石による魚礁に始まる。古く本州各地の魚礁事業は漁獲生産の増大を目的として始まっているものと思われるが、北海道の魚礁設置は沿岸漁業と機船底引漁業との軋轢を契機として始まっている。

小樽祝津沖は、ホタテの漁場として知られていたが、大正末から昭和初期にかけて減少した。沿岸漁業者の間ではこの原因は機船底引網漁業の沿岸操業による影響ではないかと考えられた。

この防止策として大石材を 1 カ所に数百個ずつ、9 カ所に特設したのが始まりとしている³⁾。この築設された魚礁には、ソイ、アイナメ、タコなどの蛸集がみられるようになる。

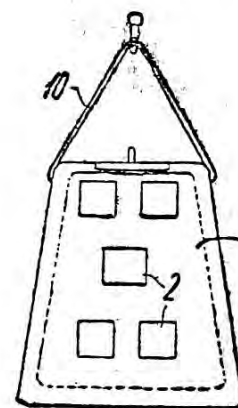
その後、1937 年に始まった日中戦争及び第二次世界大戦中の食料増産対策として 1938 年、1944 年～1945 年に事業が実施されている。さらに北海道水産試験場函館支所では噴火湾の虻田町において 1937 年、38 年、39 年に「魚礁の種類及び場所の適否を試験するため」に沈設されている⁴⁾⁶⁾。

1-3 魚礁事業の進展

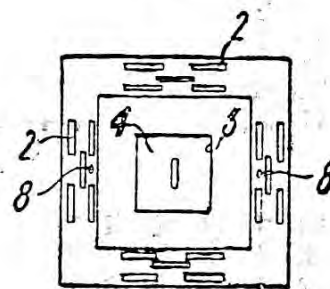
北海道における魚礁事業の進展は、菊池らによる円筒型魚礁の開発から始まる。既に述べたように 1954 年に魚礁設置事業が国の補助対象事業となる。このとき、事業はコンクリート製の耐久構造物であることが条件とされた。当時、漁場管理上、漁場は漁民が作るものである旨の感情が強く漁業者による製作設置が可能な魚礁ブロックの開発が要求された。

当初、他県に倣った 1 m 角型魚礁が試験的に請負で製作・投入された。この結果、1 m 角型ブロックではコンクリート重量のため人力による移動が難しく舳による投入作業ではウィンチ吊り下げ時の揺れのため投入に時間がかかる問題が明らかになった（図-2 参照）。

図一第



図二第



図三第

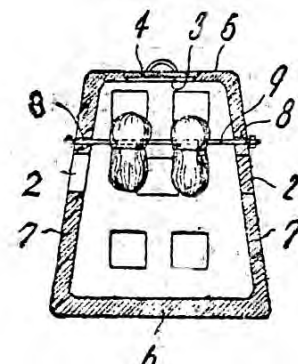


図-1 雑誌「水産界」に掲載された特許ニュースの魚礁

このため、菊池らは転がすことにより移動が容易で、投入時も舷側から転がり落下する1 m円筒型魚礁ブロックを開発した。ブロックは重量を軽減するとともに梃子による移動が容易になる窓をつけ、海底で安定させるため下部に穴のあいた底をつけるなどの工夫が施されている。この開発により1965年から当初の方針どおり沿岸漁業協同組合の直営事業として魚礁設置事業が実施された。しかし、1958年から大型魚礁事業が開始されると事業規模が大きくなり事業は順次土木業者の請負に変わり始めた⁷⁾。

大型魚礁事業の発足により事業規模が大きくなるとともに多様な種類の魚礁が開発された。大きく容量と高さを持つジャンボ魚礁、ピラミッド魚礁、集積的に設置する上での面や空間を持つFP魚礁などとともに、高さ30mを越える鋼製魚礁が登場した。新規魚礁の開発とともに施工技術も進展する。設置精度の向上は小型ブロックの集積積上により高さを実現させた。このため、高みにある魚礁は集積の難しい深部で使用され、より高さを要求する魚種には鋼製魚礁が使用されるなど魚礁の用途による機能分化が生じている（図-3～図-6 参照）。



図-2 角型(1m)魚礁の舁への積込



図-3 円筒型(1m)魚礁の舁への積込

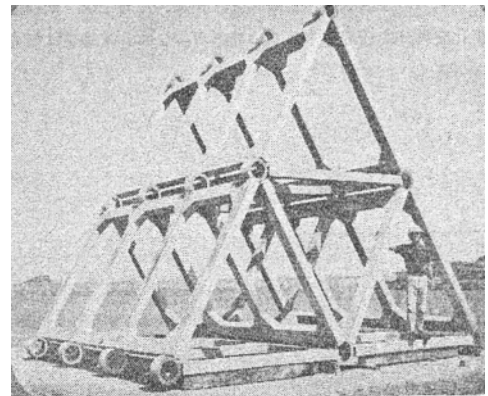


図-4 ジャンボ魚礁



図-5 ピラミッド魚礁



図-6 FP魚礁

事業制度は国費補助の1952年浅海増殖開発事業が発足し、その中に1954年から魚礁設置事業が加えられ、1958年から規模を大きくした大型魚礁設置事業が始まる。従来の魚礁設置事業は並型魚礁設置事業として存続し魚礁事業は大型魚礁との2種目により構成された。制度は1962年からの第1次構造改善事業、1972年の第2次構造改善事業へと引き継がれる。1974年の沿岸漁場整備開発法の発足は魚礁設置事業の大きな転機となった。同法に基づく沿岸漁場整備開発事業(以下沿整事業という)では天然礁に準ずる大規模な魚礁となる人工礁漁場造成事業が魚礁設置事業として追加され、事業の規模及び実施個所が大幅に拡大した。その後、2002年以降は漁港漁場整備法が発足施行され、漁港・漁場を一体的に整備する観点から魚礁の設置は水産基盤整備事業として実施されている。

2 魚礁の増殖機能

2-1 魚礁の機能

既に述べたように魚礁は歴史的に魚を捕獲する目的、すなわち集める目的で設置されている。大島²⁾は人工魚礁が増殖施設に包含されたのは1933年の大野磯吉著、水産増殖講和「北海道における浅海利用」が初めとしている。現在も魚礁が単なる蛸集装置(副漁具)か増殖施設かの議論はあるが、『平成12年度版人工魚礁漁場造成指針』では人工魚礁漁場の定義を「対象とする水産生物の漁獲の増大、操業の効率化、及び保護培養を図るため」とし、水産基盤整備事業となった『2003年版漁港・漁場の設計の手引』では「対象生物の生理・生態に合わせて、餌場、産卵場、棲み場等の環境を整備することを対象とする水産生物の漁獲の増大、操業の効率化、及び保護培養を図るため」としている。このことから、魚礁事業は漁獲の増大は意識しながらも増殖施設としての性格をより強めて実施されていると言える。

2-2 蛸集と増殖

魚礁が増殖施設としての性格を強くしているものの現象的には魚類の蛸集として魚礁効果が表現され、増殖は蛸集の要因として捉えることができる。ここでは、魚礁への蛸集の表現とこれから見た蛸集の要因すなわち増殖機能について論及する。

(1) 魚類の分布と蛸集量

魚礁に対する魚類の蛸集は魚礁周辺での分布として表現できる。山内ら⁷⁸⁾は魚礁での魚種分布がヒラメ、根付魚の魚礁直上あるいは直近にピークを持つ逆ロジスティック型

$$Ad = f_R(L) = a\{1 - [\exp(-\exp\phi - L)/c]\} + Ad_0 \quad \cdots(1)$$

と、カレイ類やカジカ類のように魚礁から少し離れた部分にピークを持つ対数正規分布型

$$Ad = f_L(L) = \frac{a}{\sqrt{2\pi}cL} \exp\left\{-\frac{(\log(L)-b)^2}{2c}\right\} + Ad_0 \quad \cdots(2)$$

にあてはめられることを示している(図-7 参照)。

ただし、 Ad : 距離の蛸集指標、 L : 魚礁からの距離 Ad_0 : 魚礁から遠方の蛸集指標(魚礁がないときの蛸集指標)、 $a \cdot b \cdot c$: 係数、である。

山内ら⁹⁾はさらに、 $Ad=f(L)$ として Ad の最大値を $Ad_{\max}$ とし、 $Ad_s=0.05(Ad_{\max}-Ad_0)+Ad_0$ を求め $Ad_s \leq f(L)$ を満たす魚礁から遠方側の距離 L_E を魚礁に魚が蛸集する範囲と定義し、平坦地の蛸集指標を Ad_s と仮定して距離 L_E の区間 $[0, L_E]$ の漁獲量 F_{0, L_E} を平坦地の漁獲試験結果から得られた区間 $[\alpha, \beta]$ の漁獲量 $F_{\alpha, \beta}$ から次により推定している。

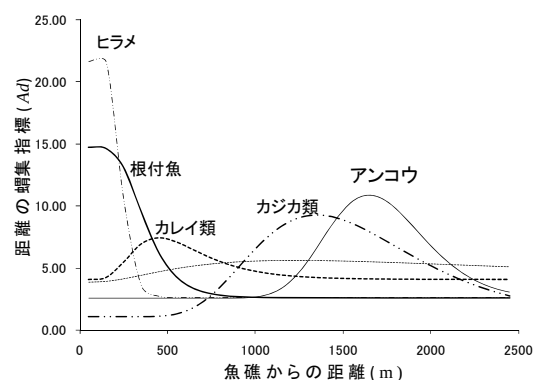


図-7 魚類の魚礁からの分布

$$F_{[0,E]} = F_{[\alpha,\beta]} \times \frac{\text{areaA}}{\text{areaB}} = F_{[\alpha,\beta]} \times \frac{\int_0^E f(L)dL}{Ad_s \int_\alpha^\beta dL} \dots (3)$$

さらに、area A の漁獲量 $F_{[0,E]}$ は次式により area A の蛸集量 $H_{[0,E]}$ に変換される（図－8 参照）。

$$H_{[0,E]} = \frac{F_{[0,E]}}{1 - \exp(-p \times Z)} \dots (4)$$

$F_{[0,E]}$ は図－9 に示す area A の範囲に設置された刺網に対する漁獲量でその蛸集量 $H_{[0,E]}$ は刺網が持つ有効幅に在る蛸集量として推定されている。この有効幅を B とすると $H_{[0,E]}$ が在る範囲 $S_{[0,E]}$ は $S_{[0,E]} = 2B \times L_E$ で表すことができる。これから魚礁に集まる範囲が魚礁を中心とする円内の面積 S とすると、この蛸集量 H_R は次により推定できる。

$$H_R = H_{[0,E]} \times \frac{2\pi \int_0^E Lf(L)dL}{2B \int_0^E f(L)dL} \dots (5)$$

(2) 蛸集量推定の事例

各魚種により異なる式(1)～(5)の係数は既に山内¹⁰⁾により求められている。この係数により北海道立中央水産試験場が2008年に苫小牧沖で実施した漁獲試験結果を資料¹¹⁾として蛸集量を推定した。漁獲試験は苫小牧沖水深約80mの地点で41～41反(30.3m)の刺網を使用し同年9月4日から10月20日の間に4回実施された。この4回分の平均による100m当たりの根付魚、カレイ類、カジカ類の漁獲量を図－10に示し、式(1)～(5)により得られた蛸集量を図－11に示した。なお、蛸集量推定の際の魚礁規模は2,512 空 m^3 と設定している。さらに、魚礁が配置されない場合(0 空 m^3)の同じ効果(蛸集)範囲 S の蛸集量は次により求められる。魚礁がない場合、区間 $[0,E]$ と区間 $[\alpha,\beta]$ の蛸集量指標はともに Ad_s である。区間 $[0,E]$ の漁獲量を $FS_{[0,E]}$ とすると式(3)に準じ、

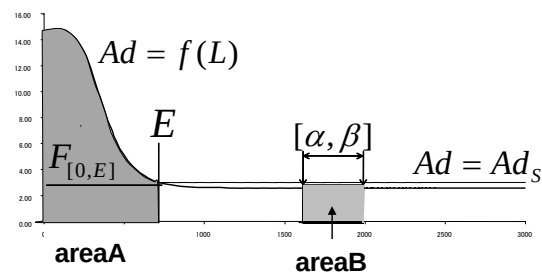
$$FS_{[0,E]} = F_{[\alpha,\beta]} \times \int_0^E dL / \int_\alpha^\beta dL$$

で得られる。

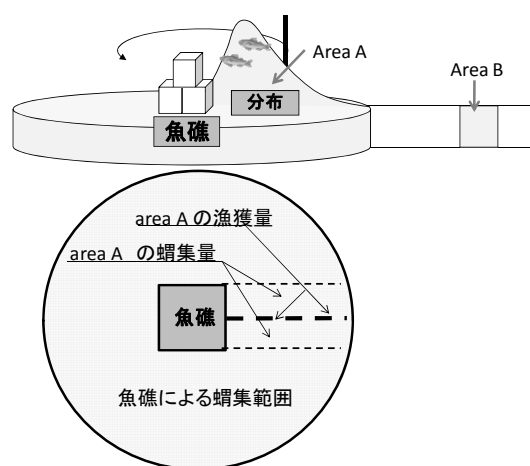
$FS_{[0,E]}$ での蛸集量 $HS_{[0,E]}$ はこれを式(4)に代入して得ることができる。さらに魚礁がない場合の半径を L_E とする面積 S の蛸集量(資源量) HS_R は式(5)により、

$$HS_R = 2\pi \int_0^E LdL / 2B \int_0^E dL$$

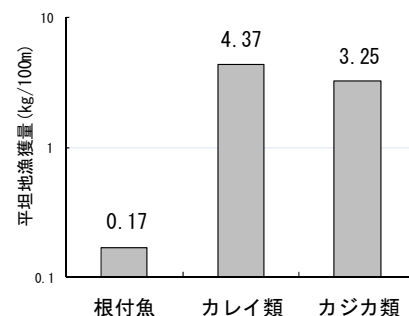
で得られる。以上より得た魚礁がない場合の蛸集量 HS_R を図－12に示す。



図－8 平坦地漁獲量(area B)から魚礁効果範囲(area A)の漁獲量推定の模式図



図－9 魚礁による蛸集量推定の模式図



図－10 苫小牧沖平坦地の単位漁獲量 (kg / 100m)
(山内ほか⁹⁾ 2010 を一部改変)

2-3 増殖機能と増殖量

前出の図-7 に示した魚種の分布比較を見ると魚礁周辺の対数正規分布型の魚種では、底生生物を採餌するカレイ類が魚礁を取り巻くように分布し、カレイ類を含む底生魚類を摂餌するこの外側に、さらに魚体の大きい魚食性のアンコウがその周りを取り巻いている。この分布形態は底生生物を基礎とする食物連鎖を反映しているものと考えられる⁸⁾。

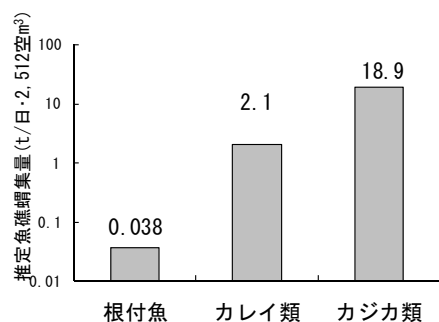


図-11 苫小牧沖魚礁の推定蛸集量
(t/日・2,512空m³)
(山内ほか 2010 を一部改変)

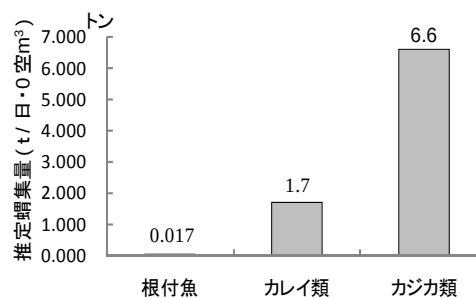


図-12 苫小牧沖 0 空 m³ 時の効果
範囲面積の蛸集量(t/日)

こうしたことから、魚類の蛸集は魚礁による物理量の増加が底生生物増加の要因となりこれを基礎とする食物連鎖により魚類の環境収容量が増加した結果と推定できる。この増加量は根付魚：2.2 倍、カレイ類：1.6 倍、カジカ類：2.9 倍と推定できる。

【参考文献】

- 1) 柿元皓：人工魚礁、財団法人 漁港漁場漁村技術研究所、1～62、2004.
- 2) 大島泰男：人工魚礁、日本水産資源保護協会、1～56、1964.
- 3) 北海道水産部：魚礁調査(効果)報告書(小樽市祝津町地先)、北海道水産部、1962.
- 4) 北海道水産試験場(函館支所)：魚礁試験、昭和 12 年度業務功程、北海道水産試験場 153-154、1937.
- 5) 北海道水産試験場(函館支所)：魚礁試験、昭和 13 年度業務功程、北海道水産試験場 162-164、1938.
- 6) 北海道水産試験場(函館支所)：魚礁試験、昭和 14 年度業務功程、北海道水産試験場 172-174、1939.
- 7) 山内繁樹・峰寛明・櫻井泉・金田友紀・横山善勝：魚類分布の定量的表現による魚礁の効果範囲の推定と考察、水産工学 Vol. 44 No. 3、PP. 175-183、2008.
- 8) 山内繁樹・峰寛明・横山善勝・清水晋・藤森康澄・木村暢夫：魚礁周辺における魚類の水平分布構造について、第 21 回海洋工学シンポジウム、OES21-127 CD、2009.
- 9) 山内繁樹・峰寛明・林田健志・清水晋・藤森康澄・木村暢夫：単位魚礁に対する蛸集量及び漁獲推定に関する試験調査、平成 22 年度日本水産工学会学術講演会講演論文集、9-12、2010.
- 10) 山内繁樹：水産基盤整備事業における人工魚礁の機能に関する研究 ―魚礁技術の展開と展望―、学位論文 北海道大学、1-197、2009.
- 11) 北海道中央水産試験場：平成 20 年度 単位魚礁に対する蛸集量及び漁獲量推定に関する調査業務報告書、平成 21 年度 単位魚礁に対する蛸集量及び漁獲推定に関する調査業務報告書 資料-113 資料 3、1-62、2010.

【文責】山内 繁樹

第2章 試験施工の概要

1. 漁港構造物の現況

1-1 試験施工の目的

「漁港施設における環境保全コンクリート研究小委員会」では、北海道水産林務部の行う防波堤などの漁港施設においてその基礎マウンドに藻場を造成させるため、本小委員会で検討してきた有機・無機物を添加したコンクリートを使用したブロック（ここでは、藻場環境ブロックと称す）を用いて試験施工を実施した。その後、これら藻場環境ブロックの追跡調査を行うことで一般のブロックと比較しながらその有効性を検証するものである。

1-2 試験施工の場所

試験施工を行う場所は、磯焼けが認められる北海道日本海沿岸のうち、小平町臼谷漁港(第一種)の外防波堤とした（図-1 参照）。

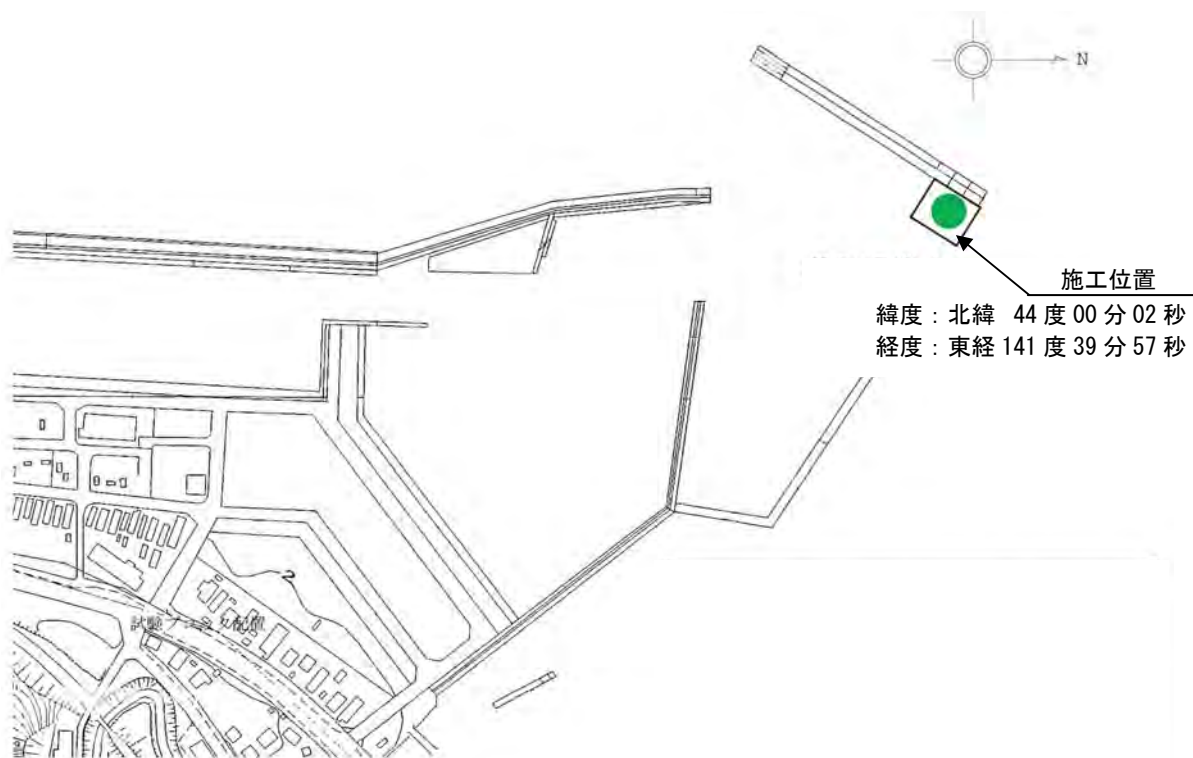


図-1 施工位置図

1-3 試験施工の時期

藻場環境ブロックの設置時期は、日本海の海象を考慮して以下とした。

被覆ブロックの製作を平成 16 年 7 月中旬までに行い、養生を終了した後、8 月 23 日に小委員会で検討した 6 種類の藻場環境ブロックを被覆ブロックに固定し、8 月 28 日に据付を完了した。

1-4 藻場造成計画

試験施工は、図-2 に示すように外防波堤の港内側の基礎捨石工の上に設置される被覆ブロック 10t 型に藻場環境ブロックを設置した。被覆ブロックとの固定はアンカーボルトを用いた。

6 種類の藻場環境ブロックの配置を図-3、図-4 の展開図に示す。藻場環境ブロック 6 個のうち、3 個は捨石工の天端に設置し、残りの 3 個は斜面に設置することとした。

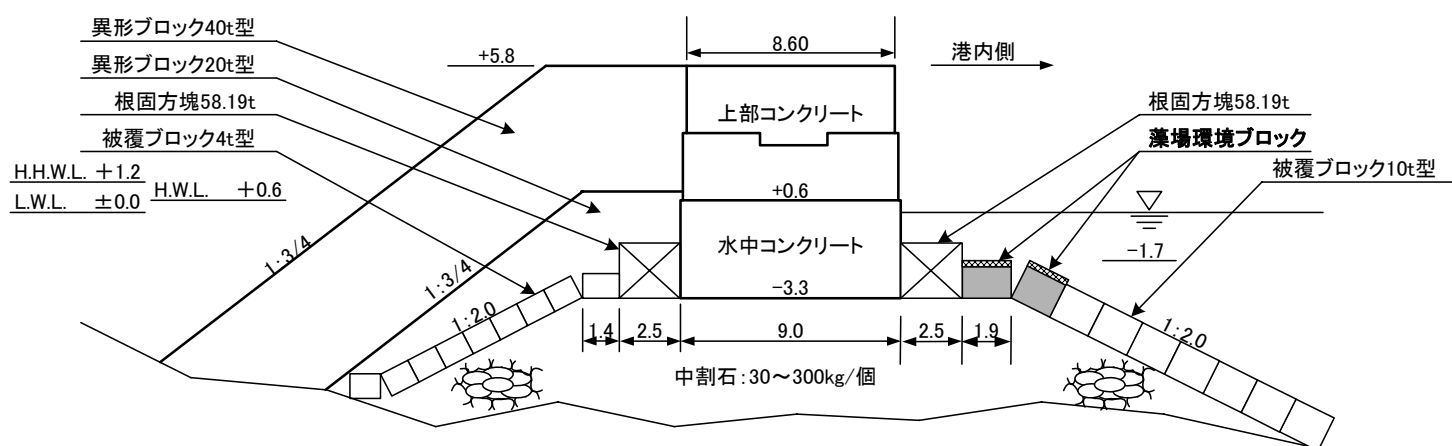


図-2 外防波堤マウンド上の被覆ブロックを用いた藻場造成試験断面図

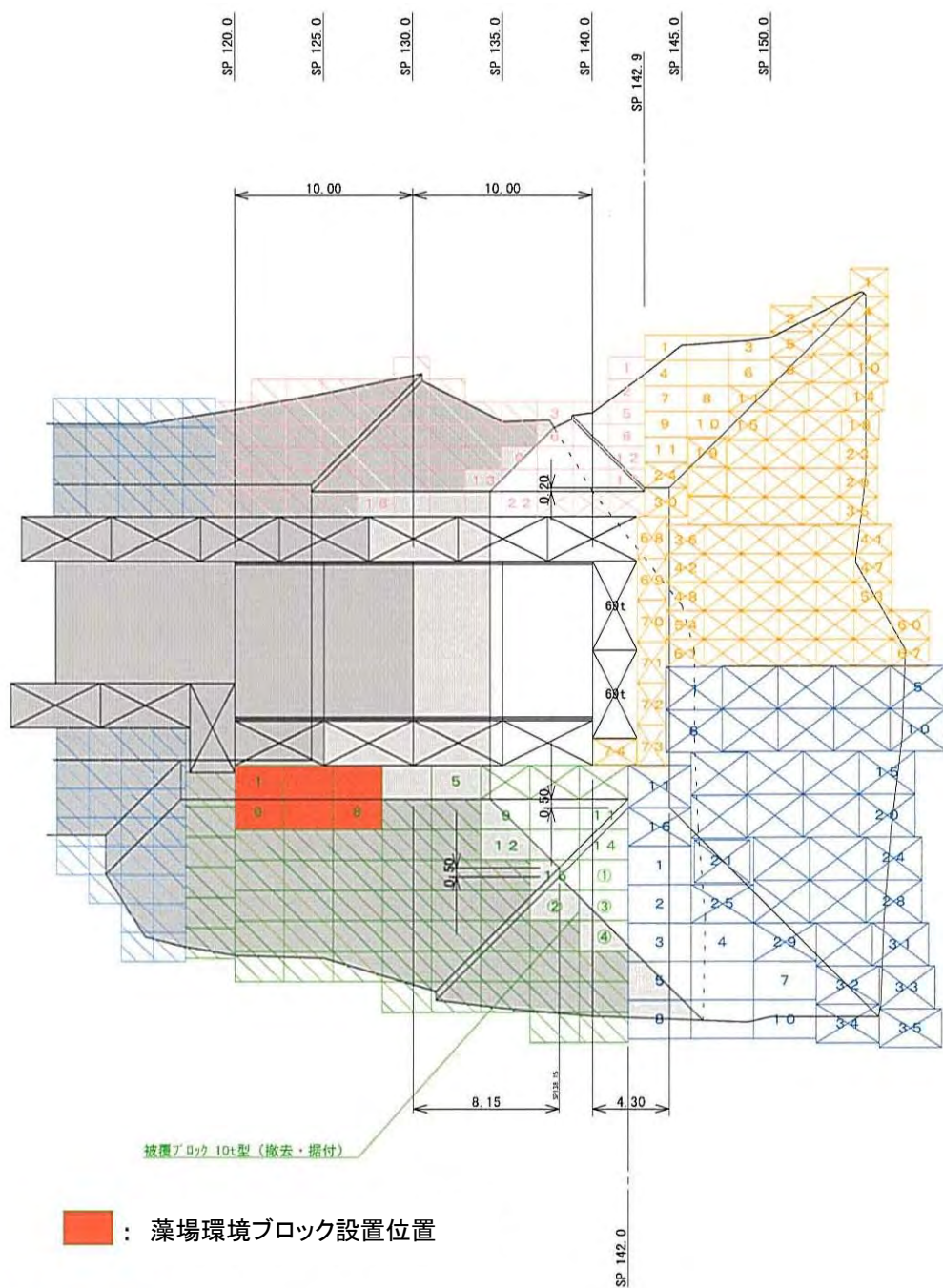


図-3 新設被覆・根固ブロック展開図

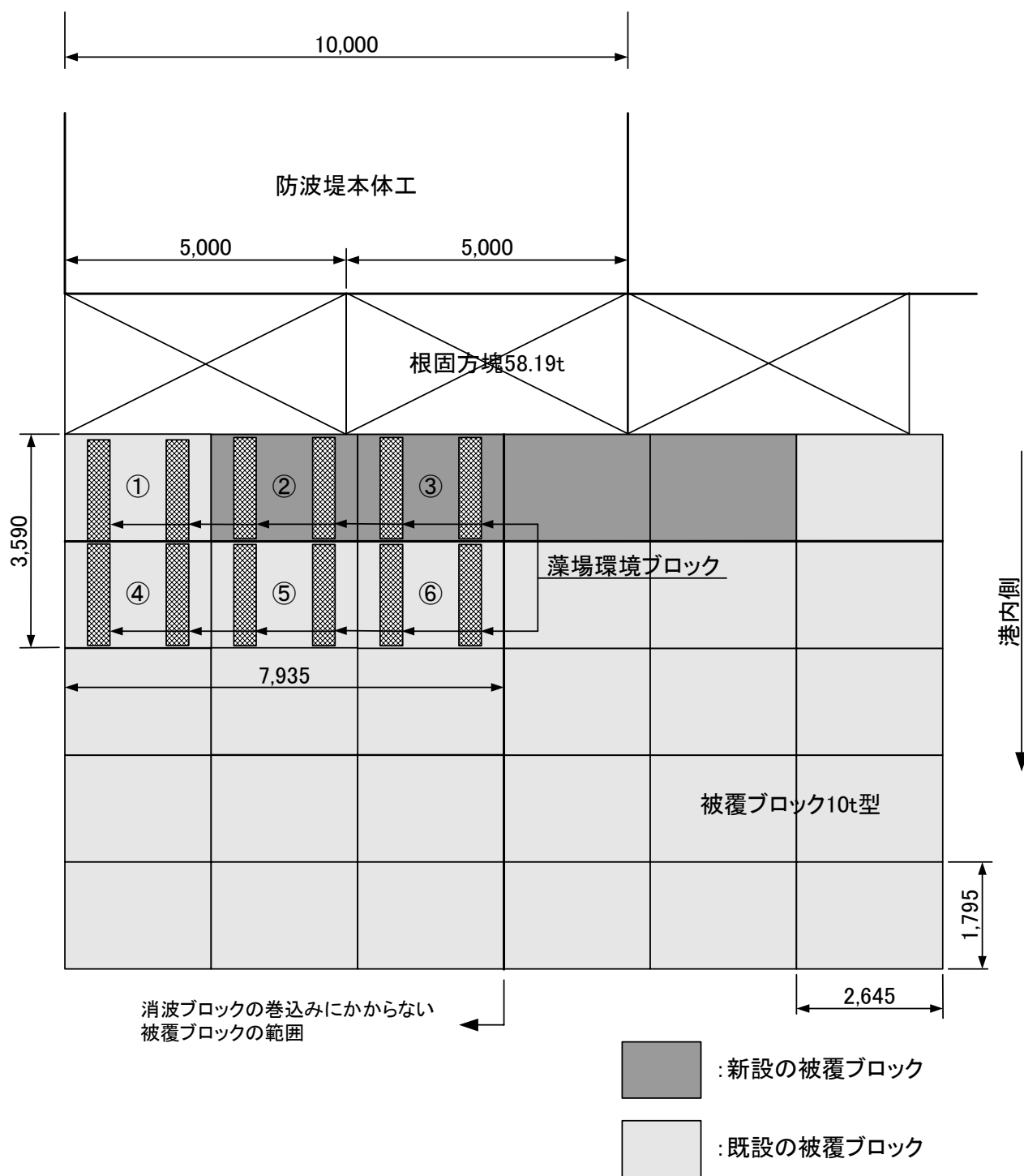


図-4 藻場環境ブロック敷設展開図

2. 藻場環境ブロック

2-1 藻場環境ブロック製作の意図

海域に天然石やコンクリートブロックを投入すると海藻が繁茂することはよく知られている。しかし、投入後2～3年目までは毎年繁茂するが、3年を過ぎたあたりから石灰藻がブロック表面を覆うなどして海藻が生育しなくなってくる。

この原因がよくわからないことから、本小委員会では、この原因をブロックの性状にあるとの仮説を立てて、コンクリートに各種有機・無機物を添加することで従来のブロックと区別して海域に設置した。

こうして投入した各種藻場環境ブロックも一般のブロック同様に生育しなくなるのか、またはある成分を添加したブロックだけは他のブロックと異なり海藻類が繁茂するようなことがあるのかを検証するために調査を実施する。

よって、ここで製作した藻場環境ブロックは、メーカーを問わずにどんなブロックについても有機・無機物を添加したコンクリートを打設することで製作が可能となっている。

2-2 藻場環境ブロックの名称と特徴

試験施工に使用した藻場環境ブロックの名称と形状、特徴を表-1に示す。

表-1 藻場環境ブロックリスト

ブロック名	特 徴	形 状
EM菌ブロック	ポーラスコンクリートにEM菌を添加した藻場環境ブロック。 有用な働きをする微生物80余種を添加することで良好な藻場環境を期待する。	
ソイルブロック	ソイルミックスという土砂まじり土を固化物とした藻場環境ブロック。 これに含まれる多量の灰分には、カルシウム、マンガン、酸化鉄、マグネシウム等のミネラル分を含んでいるため、良好な藻場環境を期待する。(写真左側)	
石炭灰ブロック	石炭灰を低アルカリ型の多孔質な固化物とした藻場環境ブロック。多孔質な性状により微生物の吸着が期待できるとともに栄養塩類も含んでいるため、良好な藻場環境を期待する。(写真右側)	
木炭ブロック	粗粒木炭を用いて炭の持つ多孔質と吸着性を損うことなく成型した藻場環境ブロック。木炭の大きな表面積により微生物やプランクトンが吸着することで、良好な藻場環境を期待する。	

ブロック名	特 徴	形 状
マサ土ブロック	ソイルミックスという土砂マサ土をポーラスコンクリートに注入した藻場環境ブロック。 マサ土が徐々にポーラスコンクリートより溶出しブロック周辺に栄養塩を添加することで、良好な藻場環境を期待する。 右2列がマサ土ブロック 左2列がバイオブロック	
バイオブロック	ポーラスコンクリート内部に有効微生物を固定共生させた腐食物質（バイテクソイル）を充填した。 これに海岸で採取したアマモを移植してアマモの着生・生長を促すことを意図した。	

2-3 ブロック添加剤の成分等

(1) EM菌ブロック

EMという言葉は現代用語として、すでに新聞記事などでも使われている。

EMとは、有用微生物群の英語名、Effective Microorganismsの頭文字から取って付けられた造語で、すべて安全で有用な微生物80余種を共生させた液状の微生物資材である。

このEMを活用することとは、土中や水中の微生物相を生き物にとって好ましい状態へと環境そのものを変えることを意味し、一次産業では安全、健康でおいしい食物を作るという成果を上げている。さらに、微生物の持つ抗酸化の力を活用した技術として、工業、医療、建築、エネルギーなど様々な分野からも注目を集めている。

ブロックの構成は、ポーラスコンクリート（5号砕石、空隙率27.8%）にEM活性液を添加して作成している（表-2参照）。

表-2 ポーラスコンクリートの仕様

	ポーラスコンクリート
仕様骨材粒径	5号(20~13mm)
空隙率	27.8%
透水係数	3.0cm/sec
圧縮強度	15.9 N/mm ²

(2) ソイル固化ブロック

コンクリートに添加した土砂マサ土(ソイルミックス)の成分表は、表-3のとおりである。

表-3 土砂固化物(マサ土)の成分表(%)

水分	灰分	揮発分	固定炭素	pH	Ca	Mg	Mn	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	K	P ₂ O ₅
2.3	97.9	1.66	0.44	6.9	0.77	0.11	0.027	73.1	2.07	4.07	0.011

(3) 石炭灰ブロック

コンクリートに添加した石炭灰(フライアッシュ)の成分表は、表-4のとおりである。

表-4 フライアッシュの成分表(%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO
57.4	23.8	5.7	3.8	0.8	1.1	0.5	1.2	1.1	0.1

(4) 木炭ブロック

木炭ブロックに使用した木炭は粗粒木炭であり、その成分は表-5に示すとおりである。

使用材料は、キノコ栽培の培地として使用したオガ粉を造粒し炭化したリサイクル木炭である。これは、栽培に用いた米糠などの肥料を多く含んでいることから他の木炭に比べ灰分（ミネラル分の量）を多く含み、揮発分（木炭に残ったタールの量）は少ない。この粗粒木炭を粗骨材としたポーラスコンクリートブロックである。

表－5 炭の成分表

分析項目	試料名					
	紀州備長炭 うばめがし	紀州備長炭 あらかし	輸入黒炭 マンガローブ	粉炭	チップ炭	粗粒木炭
水分 (%)	9.0	9.5	5.6			8.9
含水率 (%)	9.9	10.4	5.9			
灰分 (%)	2.9	1.7	3.3	(2.9)	(2.5)	24.5(26.9)
揮発分 (%)	2.9	5.0	44.0	(20.7)	(8.8)	4.3(4.7)
固定炭素 (%)	94.2	93.3	52.7	(76.4)	(88.7)	62.3(68.4)
pH	7.9	9.6	5.1	7.3	9.1	9.7
みかけの比重 (g/c m ³)	2.46	8.48	5.51			
嵩比重 (g/c m ³)	1.0	0.8	0.8	0.16	0.1	0.45
比表面積 (m ² /g)	6.2	3.0	0.8	27	240	200
カルシウム (%)	1.0	0.27	1.1		0.19	2.89
マグネシウム (%)	0.28	0.08	0.14		0.04	3.36
マンガン (%)	0.031	0.029	0.0013		0.05	1.66
酸化鉄 (%)	0.0093	0.0070	0.0068			
カリウム (%)	0.49	0.59	0.16		0.10	3.00
ケイ酸 (%)	0.003	0.002	0.002		0.09	3.80
リン酸 (%)	0.058	0.026	0.018		0.02	10.86
試験機関	和歌山県南部川村森林組合 ホームページ 国際ヘルスネットワーク研究機構 和歌山県工業技術センター			メーカーカタログ 工業分析―道立林産試験場（無水ベース） 成分分析―道立中央農業試験場		

(5) マサ土ブロック

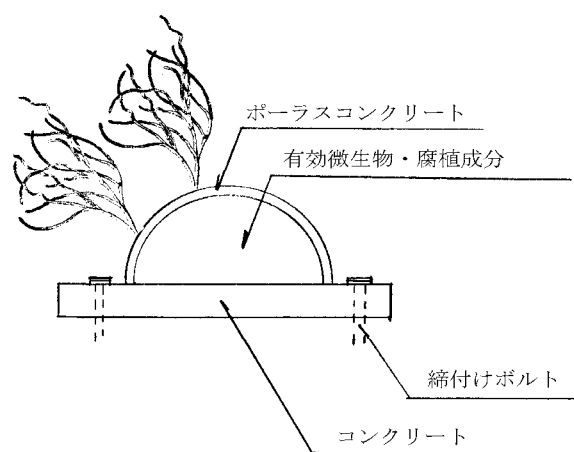
ブロックの構造はベース板にφ200 のポーラスコンクリート管の下部を埋込み、管断面の半円部を空洞とした。ここに、ソイル固化ブロックと同様の土砂マサ土を充填して無機の栄養塩類を添加することとした。

(6) バイオブロック

マサ土ブロック同様のφ200 のポーラスコンクリート管の下部を埋込み空洞とした管断面の半円部の中に有効微生物を固定共生させた腐植物質（バイテクソイル）を充填した。

ここにアマモ移植用の孔を2箇所設けブロック投入前に近郊の海岸より採取したアマモを移植した(図－5 参照)。

ただし、移植したアマモは海域に設置直後に流出し、ポーラスコンクリート管に穴が空いた状態となった。



図－5 バイオブロックの概要

2-4 藻場環境ブロックのまとめ

藻場環境ブロックは、ブロック製作時に各種無機・有機物をコンクリートの中に混入させ、これによって貧栄養の海域に栄養塩を添加することを目的としている。また、ブロックに使用したコンクリートも一般のものとポーラスコンクリートを使用したものの2種類とし、表面形状も異なっている。

表-6 には各ブロックの特徴をそれぞれ記載した。

表-6 各ブロックの性状特性

	マサ土ブロック	バイオブロック	EM菌ブロック	木炭ブロック	ソイルブロック	石炭灰ブロック	周辺ブロック
コンクリート種類	ポーラス	ポーラス	ポーラス	ポーラス	非ポーラス	非ポーラス	非ポーラス
表面形状	粗粒起伏	粗粒起伏	粗粒起伏	粗粒起伏	平面	平面	平面
表面性状	セメント質	セメント質	セメント質	木炭質	セメント質	セメント質	セメント質
混入物			微生物培養液 (EM菌)	粗粒木炭	土砂マサ土(ソイルミックス):カルシウム,マンガン,酸化鉄等カルシウム含有	石炭灰 (フライアッシュ)	なし
内部封入	土砂マサ土 (ソイルミックス)	バイオソイル (腐食物・微生物)					
混入成分			Effective Micro organisms	Ca, Mg, Mn, K, SiO ₂ , P ₂ O ₅	Ca, Mg, Mn, SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , K, P ₂ O ₅	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, So ₃ , MgO, Na ₂ O, K ₂ O, TiO ₂ , MnO	
溶出期待物	無機物 ミネラル	栄養塩 有機物	栄養塩 有機物	無機物	無機物 ミネラル	無機物 SiO ₂	
中性化深さ				全層	0mm	6mm	

2-5 施工の状況

白谷漁港外防波堤の港内側の基礎マウンドには図-6 に示すような配置で藻場環境ブロックが敷設された。

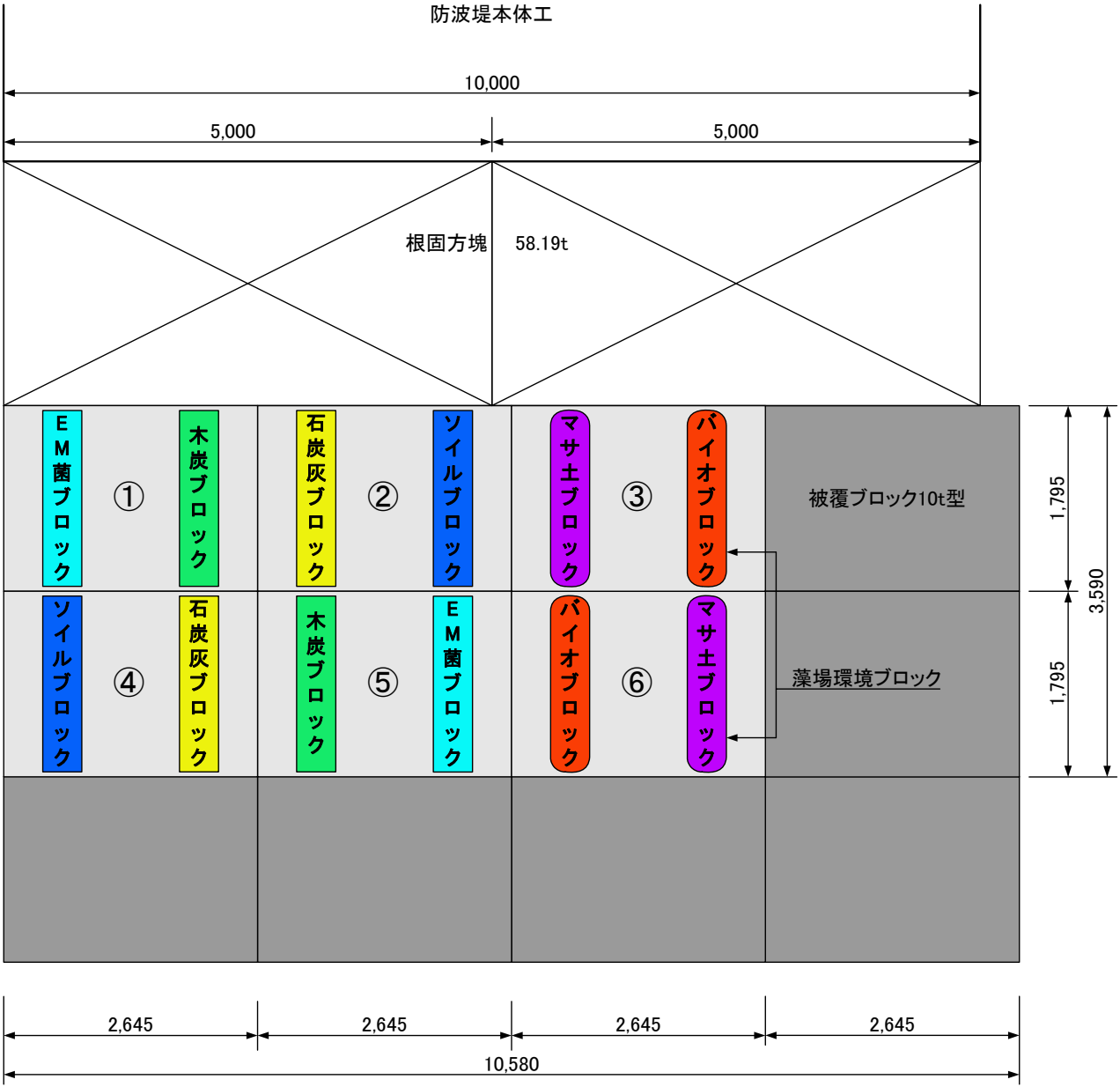


図-6 藻場環境ブロック施工状況図

3. これまでの調査結果

3-1 調査実施項目と実施時期

これまでの調査実施項目と実施時期は、表-7、表-8に示すとおりである。

表-7 調 査 概 要

項目	年度	調 査 日 (期 間)	調査項目	数量等
水 質 調 査	平成 16 年度 平成 17 年度 平成 18 年度	H16. 09. 16、H16. 11. 23、H17. 02. 27 H17. 07. 21、H17. 10. 21、H18. 02. 20 H18. 06. 29、H18. 10. 23、H19. 02. 19	PH, SS, COD, DO, N03-N, N02-N, NH4-N, P04-P, chl-a	1 検体 9 項目 9 回
資源量調査	平成 17 年度 平成 18 年度 平成 22 年度	H17. 07. 21 H18. 06. 29 H22. 08. 09	コドロードによる 坪狩り	3 回
流 況 調 査	平成 16 年度 平成 17 年度 平成 18 年度	H18. 10. 31～H18. 12. 03 H18. 10. 31～H18. 12. 03 H18. 10. 25～H18. 11. 27	電磁流速計 (-2m, 固定設置) 流向・流速	34 日間 10 分間隔 3 回
状 況 調 査	平成 16 年度 平成 17 年度 平成 18 年度 平成 21 年度 平成 22 年度	H16. 11. 23、H17. 02. 27 H17. 07. 21、H17. 10. 21、H18. 02. 20 H18. 06. 29、H18. 10. 23、H19. 02. 19 H21. 11. 25、H22. 02. 19 H22. 08. 09、H23. 02. 28	水中写真撮影	12 回
	平成 16 年度 平成 17 年度 平成 18 年度 平成 21 年度 平成 22 年度	H16. 11. 23、H17. 02. 27 H17. 07. 21、H17. 10. 21、H18. 02. 20 H18. 06. 29、H18. 10. 23、H19. 02. 19 H21. 11. 25、H22. 02. 19 H22. 08. 09、H23. 02. 28	ビデオ撮影	12 回

表-8 調査時期と実施項目

調査時期		水質調査	状況調査	流況調査	資源量調査
平成 16 年度	施工時(H16. 09. 16)	○			
	秋季(H16. 10. 31～12. 03)	○	○	○	
	春季(H17. 02. 27)	○	○		
平成 17 年度	夏季(H17. 07. 21)	○	○		○
	秋季(H17. 10. 21～12. 03)	○	○	○	
	春季(H18. 02. 20)	○	○		
平成 18 年度	夏季(H18. 06. 29)	○	○		○
	秋季(H18. 10. 23～11. 27)	○	○	○	
	春季(H19. 02. 19)	○	○		
平成 21 年度	秋季(H21. 11. 25)		○		
	春季(H22. 02. 19)		○		
平成 22 年度	夏季(H22. 08. 09)		○		○
	春季(H23. 02. 28)		○		

3-2 水質調査

(1) 水質の状況

臼谷漁港に設置された藻場環境ブロック周辺の水質調査の結果は、表-9 に示すとおりである。

また、各水質項目の経年変化を図-7、図-8 に表した。

表-9 水質調査の結果一覧表

調査月日		平成 16 年度			平成 17 年度			平成 18 年度		
		09/16	11/23	02/27	07/21	10/21	02/20	06/29	10/23	02/19
採水時刻		13:25	8:45	7:40	13:40	14:25	10:20	10:50	13:05	10:10
天気		晴	曇	晴	晴	晴	晴	晴	晴	雪
全 水 深	m	2.4	2.6	2.6	2.6	2.5	2.4	2.5	2.5	2.5
採水水深	m	1.4	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5
気温	℃	22.0	11.6	-12.0	27.0	15.2	-0.6	16.0	14.3	-2.2
水温	℃	20.0	11.6	2.0	19.0	15.7	1.3	18.8	13.6	2.1
塩分	PSU	33.6	33.2	33.5	33.5	33.4	33.3	33.1	33.3	33.2
透 明 度	m	>2.4	0.6	>2.6	>2.6	>2.5	>2.5	>2.5	>2.5	>2.5
濁度		2.0	14.3	1.1	1.1	0.5	22.3	8.3	2.0	2.2
色相		淡緑色	淡灰緑濁色	淡緑色	淡緑色	淡緑色	淡緑色	淡灰緑色	淡緑色	淡灰緑色
臭気		無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
pH		8.2	8.2	8.1	8.2	8.2	8.0	8.1	8.2	8.0
SS	mg/L	2	6	4	3	2	3	6	7	13
COD	mg/L	2.3	2.0	1.9	1.2	0.8	1.2	2.6	1.1	0.9
DO	mg/L	8.0	9.2	11.1	8.1	8.6	9.6	8.6	8.0	10.9
NO3-N	mg/L	ND	ND	ND	0.12	0.05	ND	0.12	ND	ND
NO2-N	mg/L	ND	0.011	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
NH4-N	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PO4-P	mg/L	ND	ND	ND	0.003	0.003	0.012	0.004	0.006	0.014
Chl-a	μg/L	ND	ND	1.80	0.20	0.20	0.30	1.67	0.88	0.86

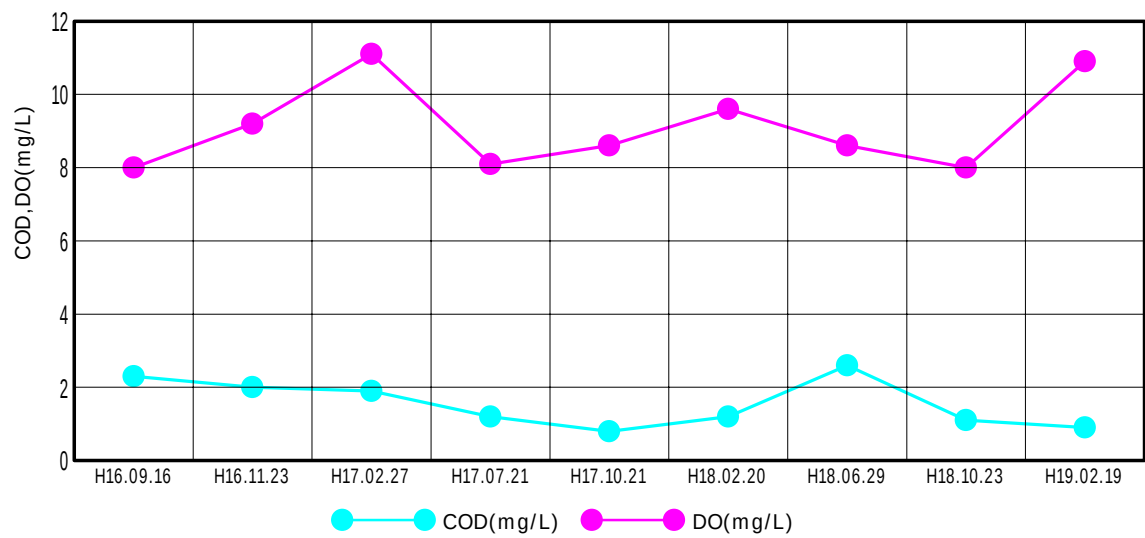
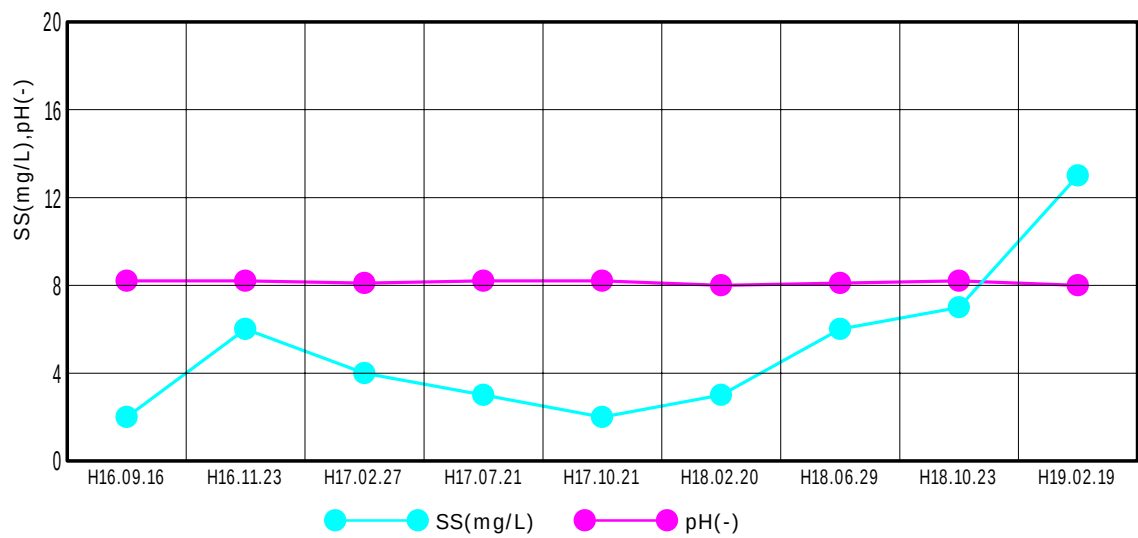
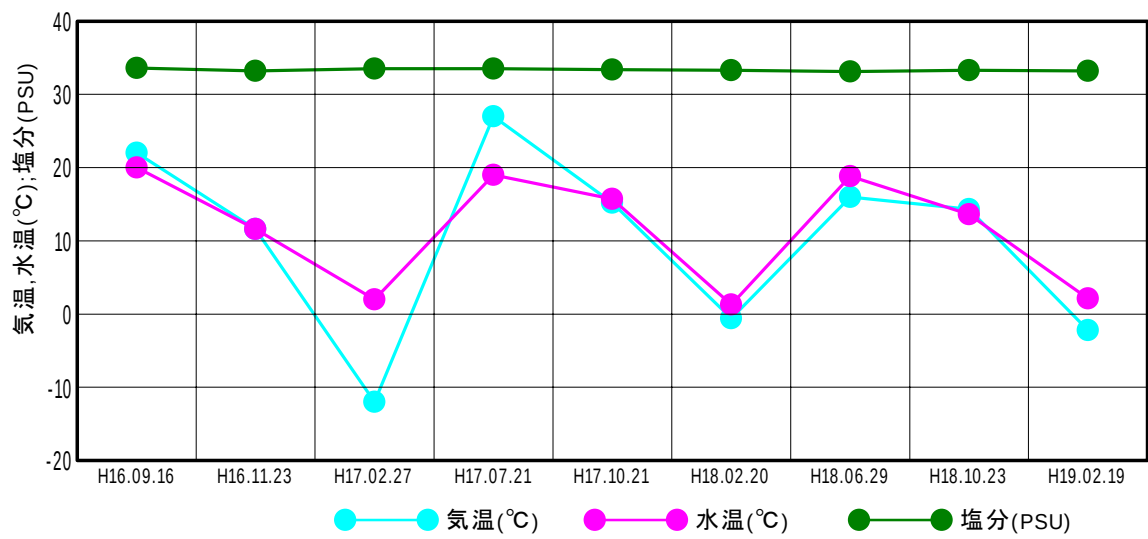
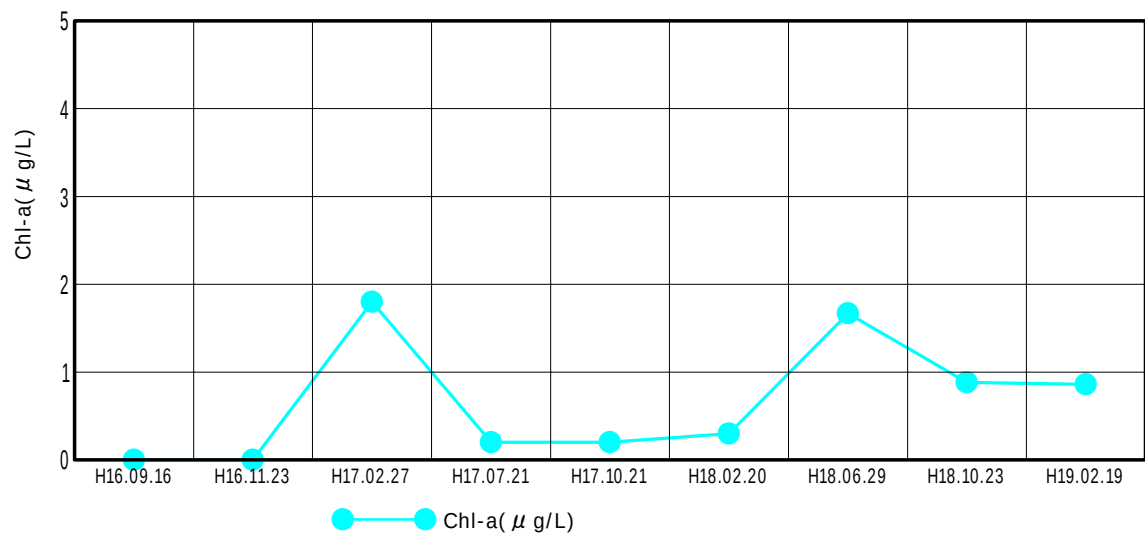
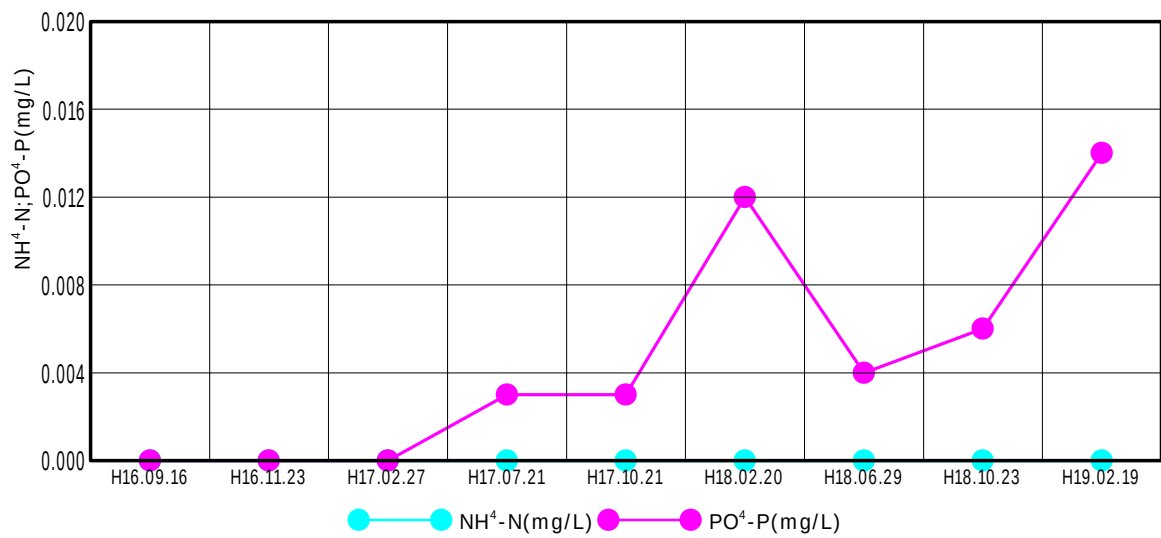
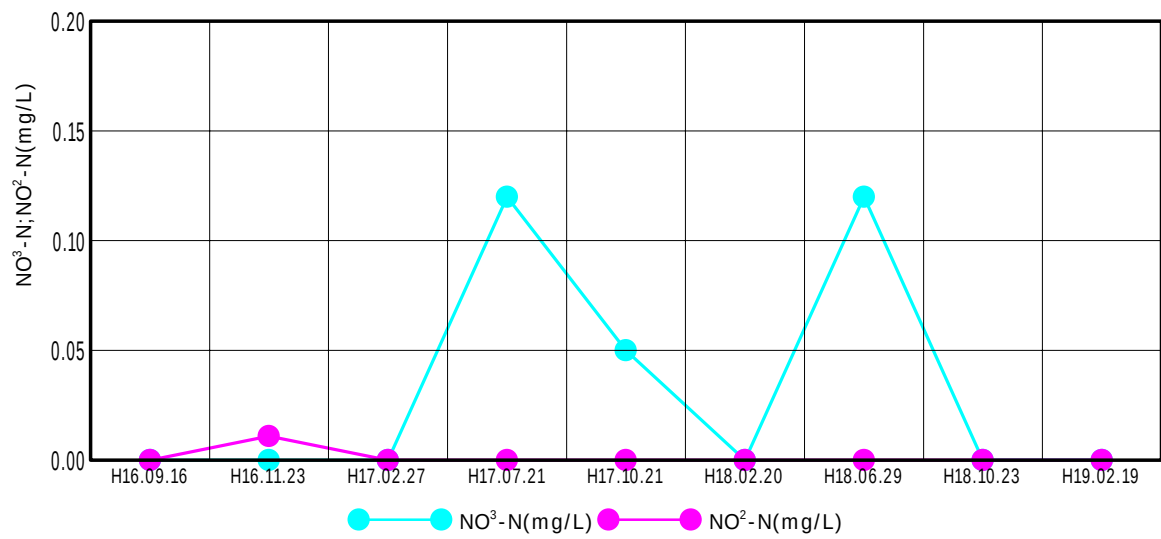


図-7 水質の経年変化



図－8 水質の経年変化

(2) 各種基準との比較

藻場造成海域における水質の状況を水産用水基準及び環境基準と照合した。

SS に関して水産用水基準によると、『人為的に加えられる懸濁物質は 2mg/l 以下であること。』とされている。SS は調査期間を通じて 2mg/l を下回ることではなく、高い状況であった。

これは、藻場環境ブロック直上の水質を把握するため図-9 に示すようにバンドーン採水器を用いて採水を行った。その結果、藻場環境ブロックに堆積していた土砂を巻き上げてそれを採取した可能性が高い。また、漁船が航行する際に発生する波が島防波堤に当たりそれによってブロック周辺の堆積物がまき上がっている。採水の際にそのまき上がった土砂を採取した時に高い値を示していると思われる。目視によると島防波堤より沖側の海域では濁りは認められないことから、島防波堤の基礎マウンド付近においてはやや SS が高い状況であると考えられる。

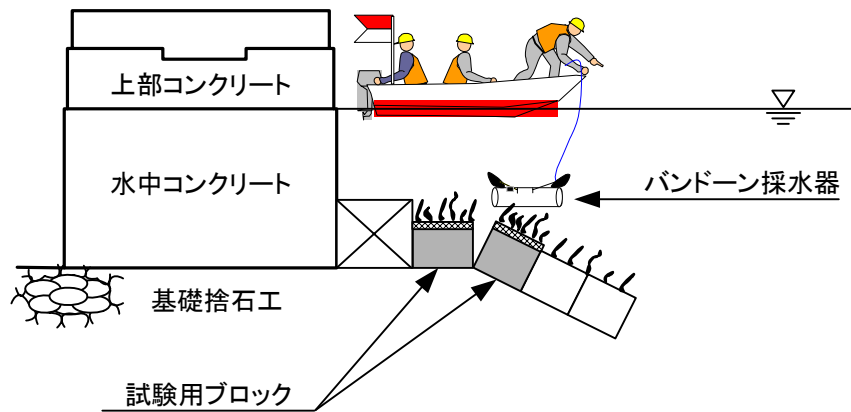


図-9 バンドーン採水器による採水

海域の有機物量の指標となる COD は、調査期間を通じて水産用水基準、環境基準の基準値である 2mg/l をほぼ満足していた。平成 16 年度は 2.3、2.0、1.9 mg/l と高い値を示していたが、それ以降は平成 18 年 6 月以外 0.8~1.2 mg/l で推移しており、特に有機物が多いとはいえない。

参考として表-10 に水産用水基準、表-11 に生活環境保全に関する環境基準(海域)を掲載したが、これと比較しても海藻類の生育に問題となるような水質ではないことがわかった。

(3) 栄養塩類の状況

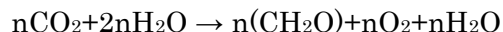
海藻類の栄養分となる無機物の窒素($\text{NO}_3\text{-N}$ など)やリン($\text{PO}_4\text{-P}$)のうち、 $\text{PO}_4\text{-P}$ が始めて検出され 0.003~0.012mg/l であった。 $\text{NO}_2\text{-N}$ と $\text{NH}_3\text{-N}$ は定量限界以下であった。

栄養塩が検出された時期は海藻類にとっては夏枯れの時期であり、栄養塩をあまり消費しないために検出されたものと思われる。

水産用水基準によれば、のり養殖に最低必要な栄養塩濃度は無機態窒素で 0.07~0.1mg/l、無機態リンで 0.007~0.014mg/l とされており、栄養塩濃度は全体にやや不足気味であった。

また、クロロフィル-a は葉緑素とも呼ばれ、植物が光合成を行うためになくてはならない成分である。分子サイズが大きく水に溶けないので、細胞内の葉緑体(クロロプラスト chloroplasts)の膜について存在している。葉緑体は光合成が実際に行われる現場で、クロロフィルが吸収した光エネルギーを使って、次の化学式により炭酸ガスと水か

ら酸素と炭水化物(CH₂O)を作っている。



平成 16 年 9 月、平成 16 年 11 月にはこのクロロフィル a は検出されなかったが、平成 16 年 2 月以降は毎回測定されていることから、被覆ブロック周辺では光合成が行われているものと推察される。

栄養塩類についても 3 年間にわたって四季を通じて調査した結果、多少の変化はあるものの大きな変化はなく、海藻の生育に関して十分な水質であったと考えられる。

表－10 水産用水基準

水域 項目		河川		湖 沼 ・ 海 域			
B O D	自然繁殖の 条 件	生育の条件	・・・・・・・・		・・・・・・・・		
	3mg/1 以下	5mg/1 以下					
	2mg/1 以下	3mg/1 以下					
	(サケ・マ ス・アユ)	(サケ・マ ス・アユ)					
C O D *	・・・・・・・・		自然繁殖の 条 件	生育の条件	一般海域	ノリ養殖場	
			4mg/1 以下	5mg/1 以下	1mg/1 以下	2mg/1 以下	
			2mg/1 以下	3mg/1 以下			
			サケ・マス アユ	サケ・マス アユ			
リ ン	0.1mg/1 以下（全リン として）	0.1mg/1以下（コイ・フナ）		0.015mg/1 以下（無機リン として）			
0.05mg/1以下（ワカサギ）							
0.01mg/1以下（サケ科・アユ）							
窒 素	・・・・・・・・	・・・・・・・・		0.1mg/1 以下（無機窒素 として）			
D O	6mg/1 以上（サケ・マス・アユには7mg/1 以上）				6mg/1 以下		
p H	6.7～7.5 生息する生物に悪影響を及ぼすほど p H の急激な変化 がないこと。				7.8～8.4 生息する生物に悪影響を及ぼすほど p H の急激な変化がないこと。		
S S	25mg/1以下（人為的に加え られる懸濁物質は5mg/1 以 下）嫌忌行動や鰓蓋運動の 異常等をおこす原因となら ないこと。日光の透過が妨 げられ、植物の同化作用に 影響を及ぼさないこと。		サケ・マス・ アユ	温水性魚類	人為的に加えられた懸濁物質2mg/1 以下 透明度年平均5m以上 （ 最 低 2.5 m ） 藻類の繁殖適水位において、その繁 殖に必要な光度が保持されること。		
			1.4mg/1 以下 「水色7以下透明 度4.5m以上」	3.0mg/1 以下 「水色12以下透 明度1.0m以上」			
着 色	光合成の妨げとならないこと。嫌忌行動行動の原因とならないこと。						
水 温	水族に悪影響を及ぼすほどの水温変化の無いこと。						
大腸菌群数	1000MPN/100（生食用のカキ飼育 70MPN/100）						
鉱 油 類	水中に含まれないこと。水面には油膜が認められないこと。						
有 毒 物 質	農薬、重金属、シアン、その他の有害物質が有害な量含まれないこと。 鉄1.0mg/1 以下						
底 質	有機物などにより汚泥床、ミズワタ等の発生をお こさないこと。				C O D 20mg/g 以下 硫化物0.2mg/g 以下 n-ヘキサン抽出物質0.1% 以下 （以上、乾泥として）		
	微細な懸濁物質が岩面または礫、砂利などに付着し、種苗の着性、発生あるいはその発育を妨げない こと。溶出して有害性を示す成分を含まないこと。						

* アルカリ性過マンガン酸カリウム-ヨウ素滴定法による。

表－11 生活環境の保全に関する環境基準(海域)

ア

項目 類型	利用目的の 適 応 性	基 準 値					該当水域
		水素イオン 濃 度 (pH)	化学的酸素 要求量 (COD)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数	n-ヘキサン 抽出物質 (油分等)	
A	水産1級 水浴 自然環境保全及 びA以下の欄に 掲げるもの	7.8 以上 8.3 以下	2 mg/l 以下	7.5 mg/l 以上	1,000MPN /100ml以下	検出されない こと。	第1の2の(2) により水域類型ご とに指定する水域
B	水産2級 工業用水 及びC以下の欄 に掲げるもの	7.8 以上 8.3 以下	3 mg/l 以下	5 mg/l 以上	—	検出されない こと。	
C	環境保全	7.0 以上 8.3 以下	8 mg/l 以下	2 mg/l 以上	—	—	
測 定 方 法		規格12.1に 定める方法	規格17に定 める方法	規格32に定め る方法	最確数による 定量法	付表9に掲げる 方法	
備 考 1 水産1級のうち、生食用原料カキの養殖の利水点については、大腸菌群数70/100ml以下とする。							

- (注) 1 自然環境保全：自然探勝等の環境保全
2 水産1級：マダイ、ブリ、ワカメ等の水産生物用及び水産2級の水産生物用
水産2級：ボラ、ノリ等の水産生物用
3 環境保全：国民の日常生活（沿岸の遊歩等を含む。）において不快感を生じない限度

イ

項目 類型	利用目的の適応性	基 準 値		該当水域
		全 窒 素	全 り ん	
I	自然環境保全及びII以下の欄に掲げるもの (水産2種及び3種を除く。)	0.2mg/l 以下	0.02mg/l 以下	第1の2の(2) により水域類型ご とに指定する水域
II	水産1種 水浴及びIII以下の欄に掲げるもの (水産2種及び3種を除く。)	0.3mg/l 以下	0.03mg/l 以下	
III	水産2種及びIV以下の欄に掲げるもの (水産3種を除く。)	0.6mg/l 以下	0.05mg/l 以下	
IV	水産3種 工業生物生息環境保全	1mg/l 以下	0.09mg/l 以下	
測 定 方 法		規格45.4に定める方法	規格46.3に定める方法	
備 考 1 基準値は、年間平均値とする。 2 水域類型の指定は、海洋植物プランクトンの著しい増殖を生ずるおそれがある海域について行うものとし、 全窒素の項目の基準値は、全窒素が湖沼植物プランクトンの増殖の要因となる湖沼について適用する。				

- (注) 1 自然環境保全：自然探勝等の環境保全
2 水産1級：底生魚介類を含め多様な水産生物がバランス良く、かつ、安定して漁獲される
水産2級：一部の底生魚介類を除き、魚類を中心とした水産生物が多獲される
水産3級：一部の底生魚介類を除き、魚類を中心とした水産生物が多獲される
3 生物生息環境保全：年間を通して底生生物が生息できる限度

3-3 流況調査

(1) 流況の経年変化

臼谷漁港に設置された藻場環境ブロック周辺の流向頻度図を図-10 に示し、流況の経年変化を表-12 に示した。

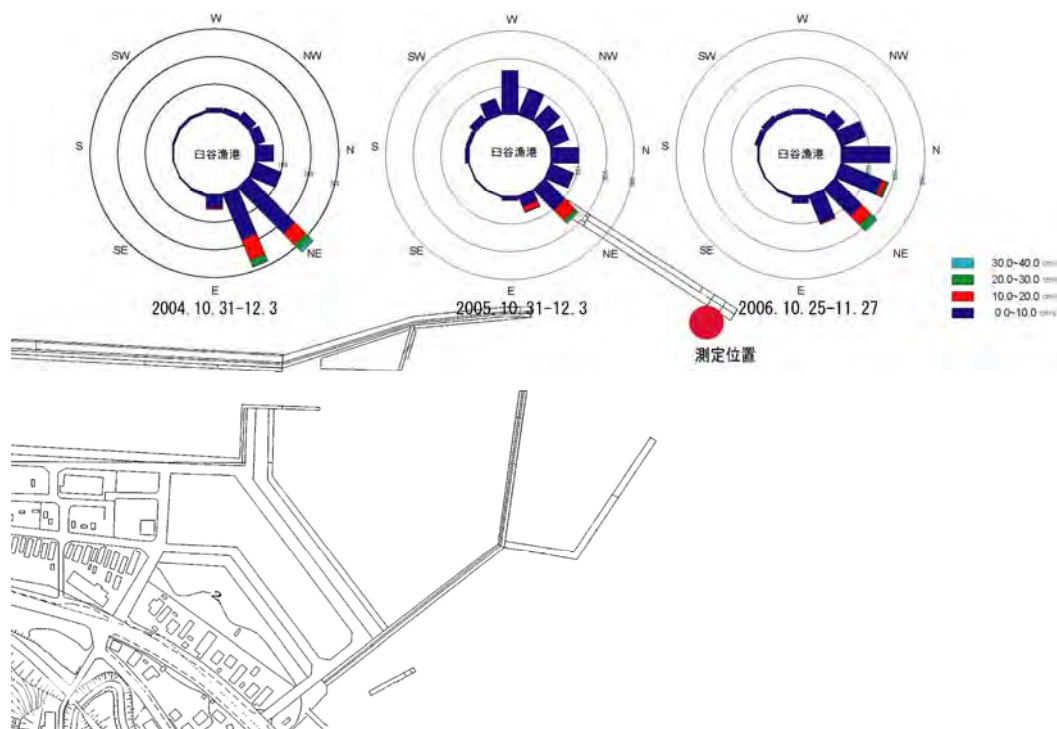


図-10 流向流速の経年変化

表-12 流向流速の経年変化の状況

年度	最大流速	卓越流向	卓越流速
平成 16 年度	0.49m/s	NE (32.9%)	0.1m/s 以下 79.5%
平成 17 年度	0.45m/s	NE (17.5%)	0.1m/s 以下 90.5%
平成 18 年度	0.47m/s	NE (21.7%)	0.1m/s 以下 88.8%

(2) 流向・流速の変化

調査を開始した平成 16 年当時は調査地点は島防波堤北端部に位置していたが、調査開始以降に防波堤が北方(防波堤に向かって右側)へ数メートル延長された。

平成 16 年から平成 18 年の 3 カ年の変化をみると、島防波堤に沿った北東流が卓越し、出現する最大流速も 0.45～0.49cm/s と概ね一致していた。この結果、頻度分布で平成 17 年以降やや北よりの流れの頻度が増加しているものの、全体的な流況としては島防波堤の延長による影響はほとんど見られない。

したがって、流況調査は秋季調査しか実施していないが、海藻類の生育状況を観察した 3 年間では大きな流況変化はなかったもの考えられる。

3-4 状況調査

海中に設置した各種藻場環境ブロックに着底している海藻類の状況を把握するため、水中写真と水中ビデオを撮影したのが状況調査である。

状況調査は、平成 16 年 10 月から平成 23 年 2 月まで計 10 回行い、それぞれ 10 月に 4 回、2 月は 5 回、7 月は 3 回実施してきた。

ここでは、各藻場環境ブロックの季節ごとの状況が把握できるように順番に水中写真を並べて表-13～表-33 に掲載した。

(1) 秋季の状況

10 月から 11 月にかけては、海藻の着生を目視により確認することはできない。平成 18 年は例外的に末枯れして脱落しているはずのホソメコンブ（1 年生）が付着したままであった。これらのホソメコンブは平成 19 年 2 月の調査時にもアマモブロックやバイオブロックにその基部が確認できた。このような残存した基部は、新規海藻群が付着する際にその基質面積を減少させることにつながるため、秋季には完全に脱落している状態が望ましい。

表-13 EM菌ブロックの状況写真

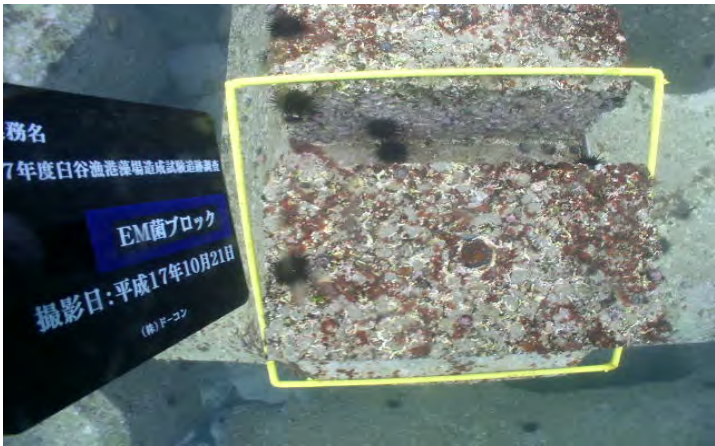
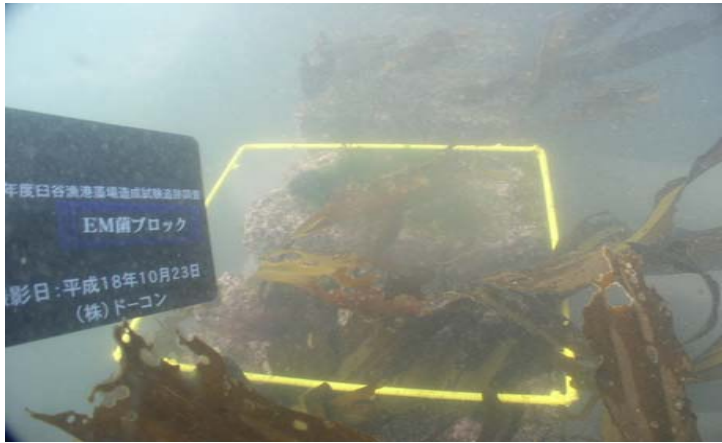
平成16年11月23日(水温 11.6℃)	平成17年10月21日(水温 15.7℃)
 An underwater photograph showing two rectangular EM blocks submerged in a tank. A label is visible on the left, partially obscured by a hand. The water is slightly turbid.	 A close-up photograph of an EM block. A yellow rectangular box highlights a specific area on the block's surface, which appears to have some biological growth or a specific texture. A label is visible on the left with the text "EM菌ブロック" and "撮影日:平成17年10月21日".
平成18年10月23日(水温 13.6℃)	平成21年11月25日(水温 1℃)
 An underwater photograph of an EM block. A yellow rectangular box highlights a specific area on the block's surface. A label is visible on the left with the text "EM菌ブロック" and "撮影日:平成18年10月23日 (株)ドーコン".	 A close-up photograph of an EM block, showing significant biological growth, likely algae or other microorganisms, covering the surface. The growth is dense and colorful, with shades of red, pink, and green.

表-14 ソイルブロックの状況写真

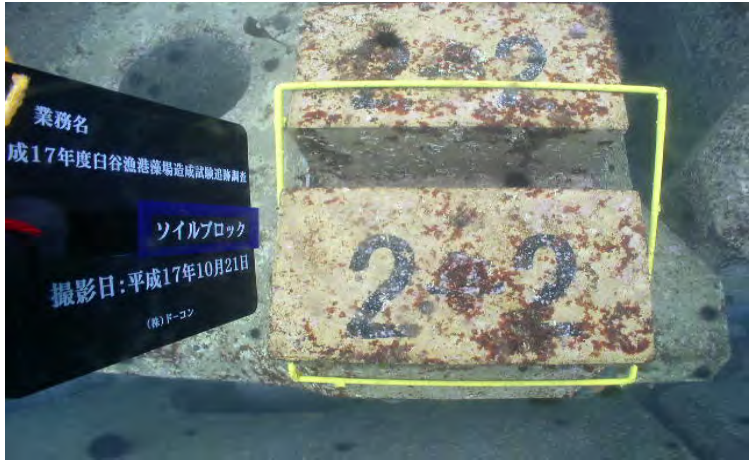
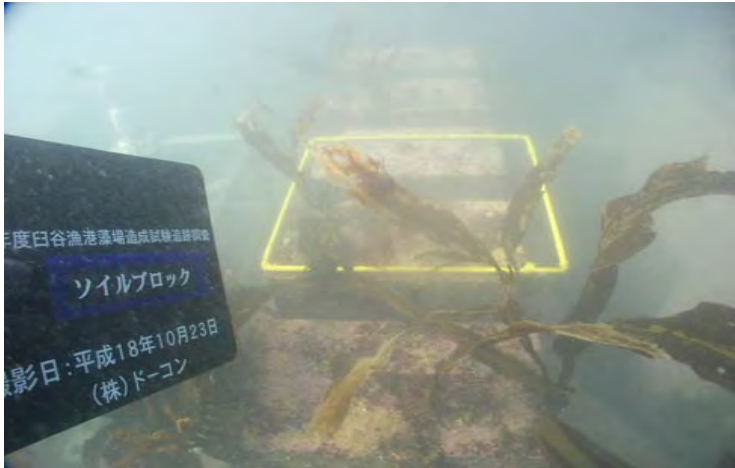
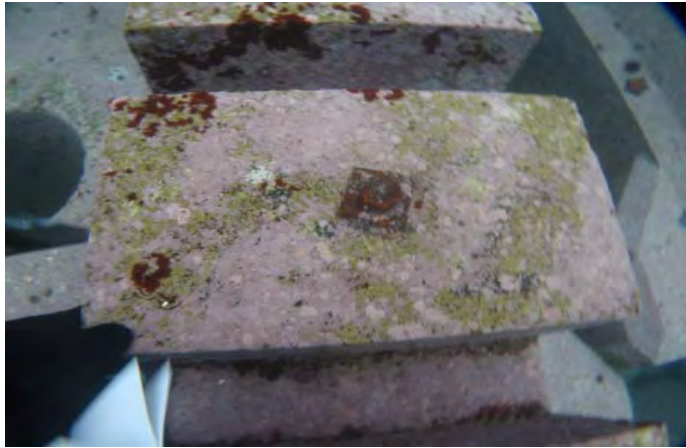
平成 16 年 11 月 23 日(水温 11.6℃)	平成 17 年 10 月 21 日(水温 15.7℃)
 An underwater photograph showing a concrete block with a label. The label has text including '業務名', '成17年度白谷漁港築港造成試験区画', 'ソイルブロック', '撮影日:平成17年10月21日', and '(株)ドーコン'. The block is covered in green algae.	 A close-up photograph of a concrete block with a yellow rectangular box drawn around it. The block is covered in green algae and has the number '202' painted on it. A label is visible on the left side of the block.
平成 18 年 10 月 23 日(水温 13.6℃)	平成 21 年 11 月 25 日(水温 1℃)
 An underwater photograph showing a concrete block with a yellow rectangular box drawn around it. The block is covered in green algae and has the number '202' painted on it. A label is visible on the left side of the block.	 A close-up photograph of a concrete block with a yellow rectangular box drawn around it. The block is covered in green algae and has the number '202' painted on it. A label is visible on the left side of the block.

表-15 石炭灰ブロックの状況写真

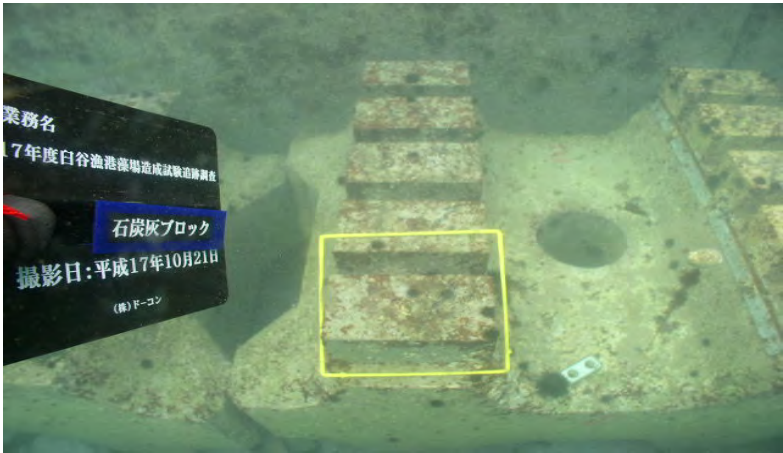
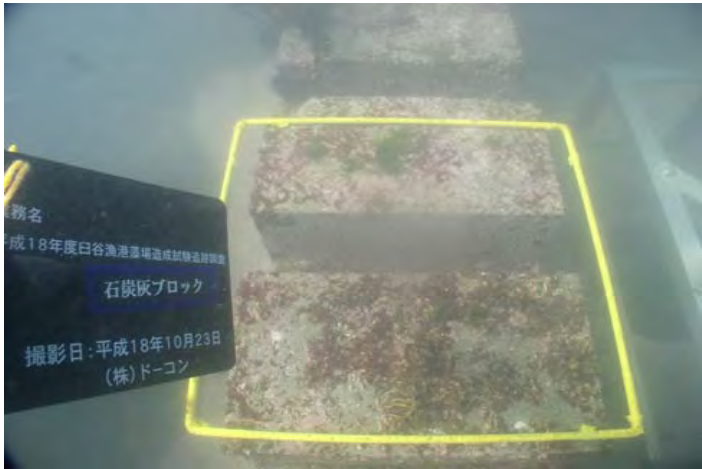
平成 16 年 11 月 23 日(水温 11.6℃)	平成 17 年 10 月 21 日(水温 15.7℃)
	 業務名 平成17年度白谷漁港築港造成試験区画調査 石炭灰ブロック 撮影日:平成17年10月21日 (株)ドーコン
平成 18 年 10 月 23 日(水温 13.6℃)	平成 21 年 11 月 25 日(水温 1℃)
 業務名 平成18年度白谷漁港築港造成試験区画調査 石炭灰ブロック 撮影日:平成18年10月23日 (株)ドーコン	

表-16 木炭ブロックの状況写真

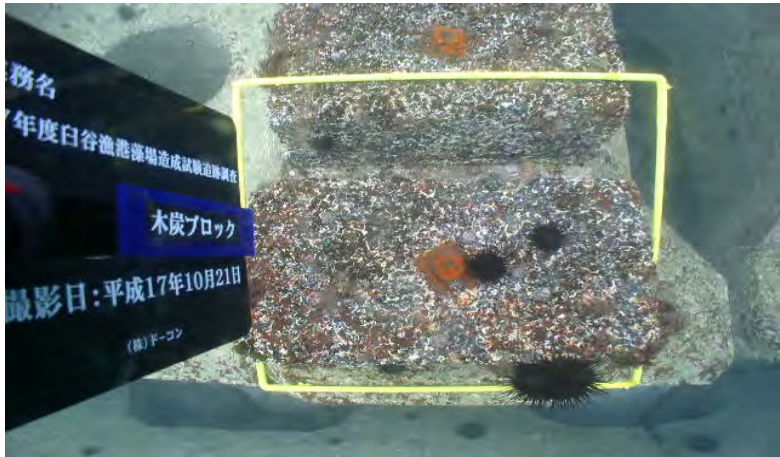
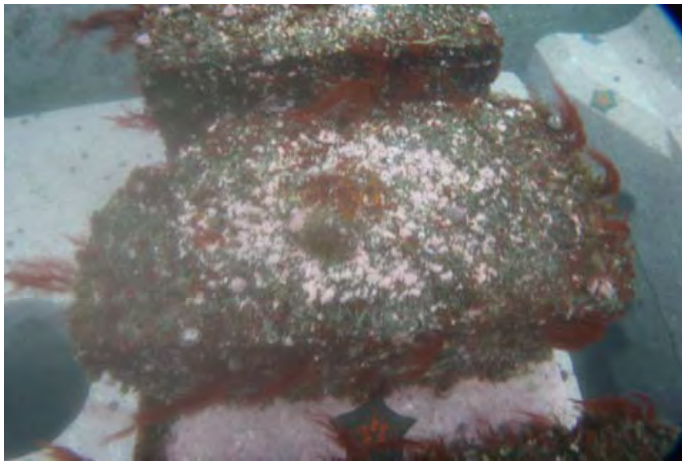
平成 16 年 11 月 23 日(水温 11.6℃) 	平成 17 年 10 月 21 日(水温 15.7℃) 
平成 18 年 10 月 23 日(水温 13.6℃) 	平成 21 年 11 月 25 日(水温 1℃) 

表-17 マサ土ブロックの状況写真

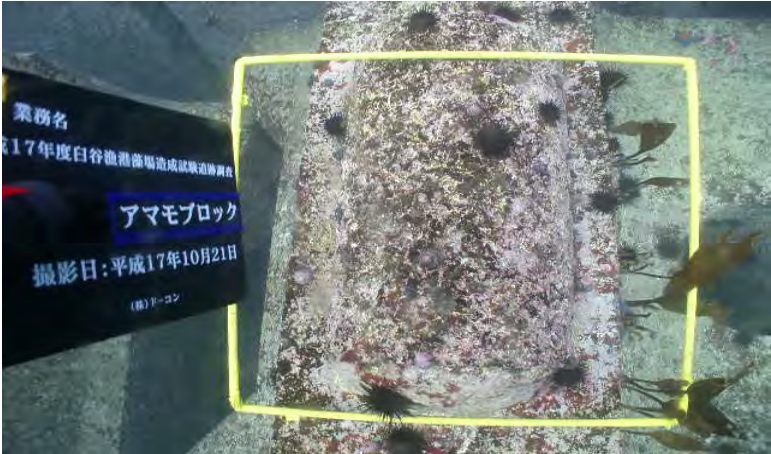
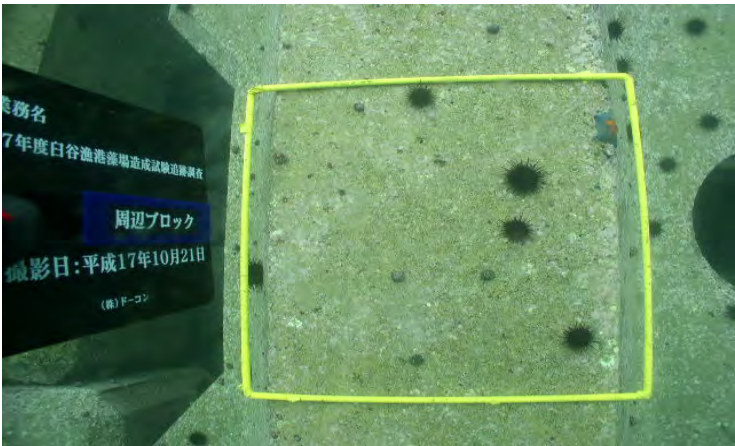
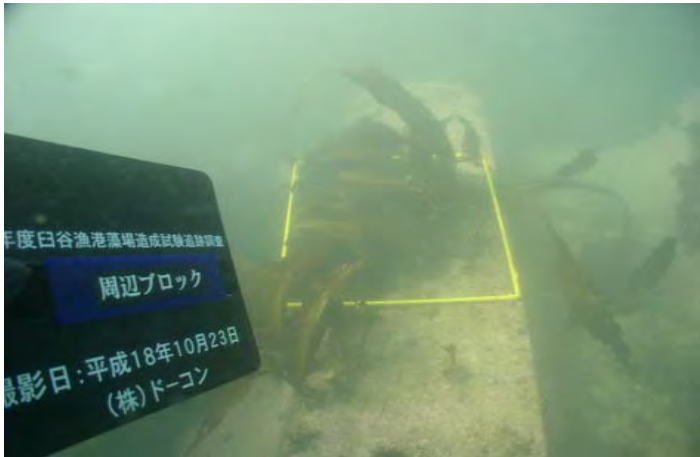
平成 16 年 11 月 23 日(水温 11.6℃)	平成 17 年 10 月 21 日(水温 15.7℃)
	
平成 18 年 10 月 23 日(水温 13.6℃)	平成 21 年 11 月 25 日(水温 ー℃)
	

表-18 バイオブロックの状況写真

平成 16 年 11 月 23 日(水温 11.6℃)	平成 17 年 10 月 21 日(水温 15.7℃)
 An underwater photograph showing a bio-block covered in green algae. A black label with white text is attached to the block. The water is slightly turbid.	 An underwater photograph of a bio-block heavily encrusted with various marine organisms, including red and brown corals. A yellow rectangular box highlights a specific area on the block. A black label with white text is visible on the left side of the frame.
平成 18 年 10 月 23 日(水温 13.6℃)	平成 21 年 11 月 25 日(水温 一℃)
 An underwater photograph of a bio-block with a yellow rectangular box highlighting a section. A black label with white text is positioned to the left of the box. The bio-block is covered in a mix of green and brown marine growth.	 A close-up underwater photograph of a bio-block, showing a dense accumulation of red and brown marine organisms, likely corals or anemones, growing on the surface.

表-19 周辺ブロックの状況写真

平成 16 年 11 月 23 日(水温 11.6℃)	平成 17 年 10 月 21 日(水温 15.7℃)
	
平成 18 年 10 月 23 日(水温 13.6℃)	平成 21 年 11 月 25 日(水温 1℃)
	



(2) 春季の状況

2 月には 10cm 程度の新規海藻群の付着が確認されている。主に確認できるのは、緑藻類ではアナアオサ、褐藻類ではホソメコンブ、ワカメ、紅藻類ではモロイトグサ、イギス等である。平成 16 年から平成 23 年を通して確認できる海藻類は概ね同じであった。

5 カ年の写真を比較すると、調査時期はほぼ同じであるが、海藻類の成長度合いが異なることがわかる。秋季に着底してからの水温や光量の違いによって成長速度も異なるものと思われる。

表-20 EM菌ブロックの状況写真

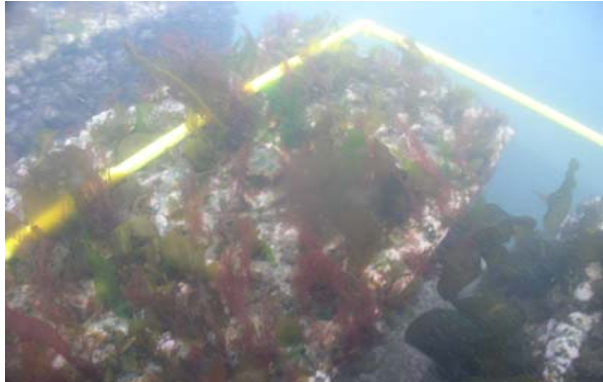
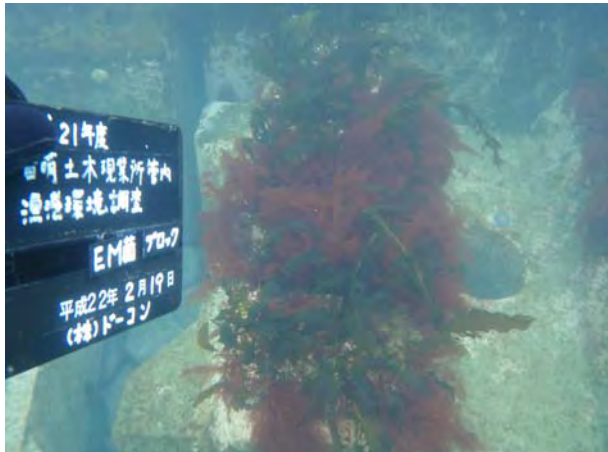
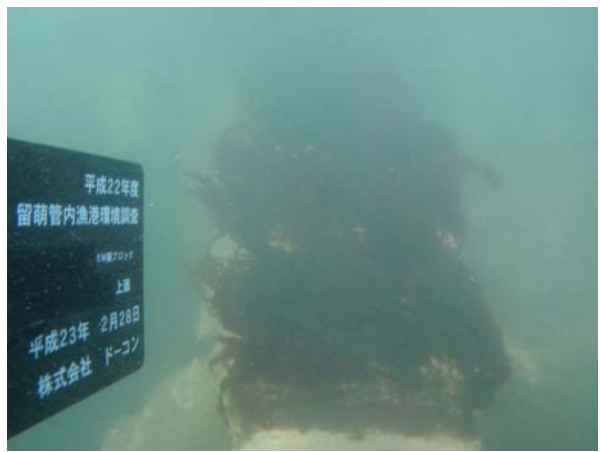
平成 17 年 2 月 27 日 (水温 2.0℃)	平成 18 年 2 月 20 日 (水温 1.3℃)	平成 19 年 2 月 19 日 (水温 2.1℃)
		
平成 22 年 2 月 19 日 (水温 3.3℃)	平成 23 年 2 月 28 日 (水温 4.0℃)	
		



表-21 ソイルブロックの状況写真

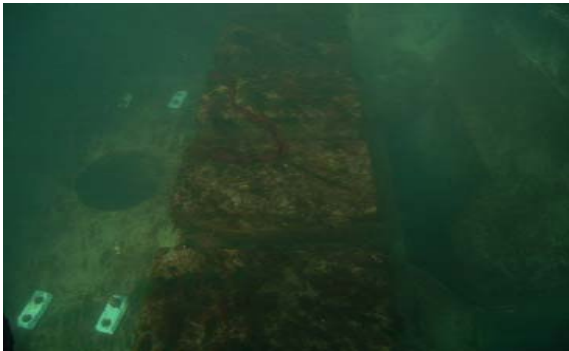
平成 17 年 2 月 27 日(水温 2.0℃)	平成 18 年 2 月 20 日(水温 1.3℃)	平成 19 年 2 月 19 日(水温 2.1℃)
		
平成 22 年 2 月 19 日(水温 3.3℃)	平成 23 年 2 月 28 日(水温 4.0℃)	
		



表-22 石炭灰ブロックの状況写真

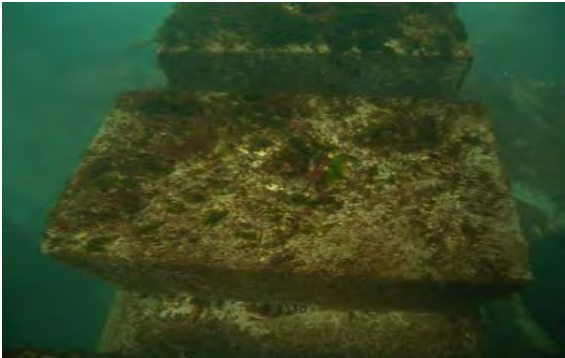
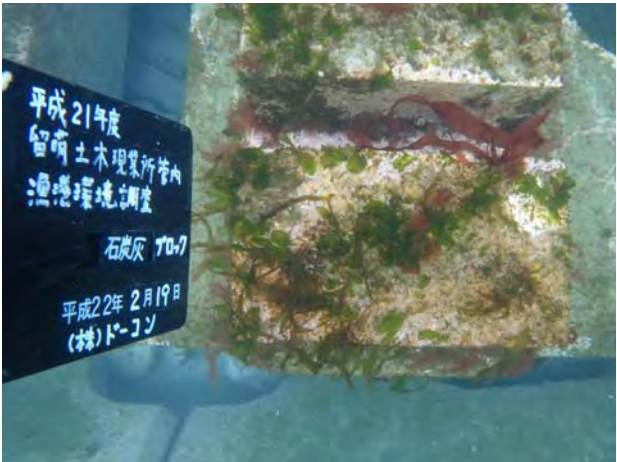
平成 17 年 2 月 27 日(水温 2.0℃)	平成 18 年 2 月 20 日(水温 1.3℃)	平成 19 年 2 月 19 日(水温 2.1℃)
		
平成 22 年 2 月 19 日(水温 3.3℃)	平成 23 年 2 月 28 日(水温 4.0℃)	
		

表-23 木炭ブロックの状況写真

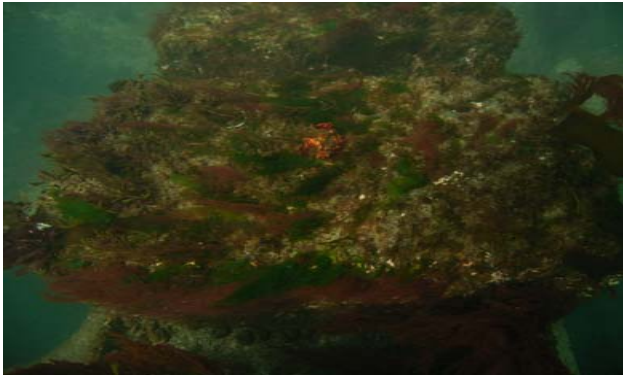
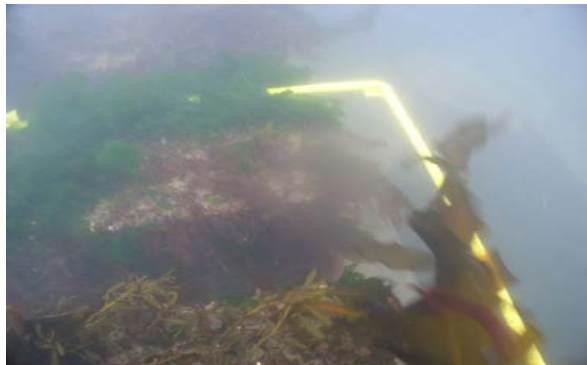
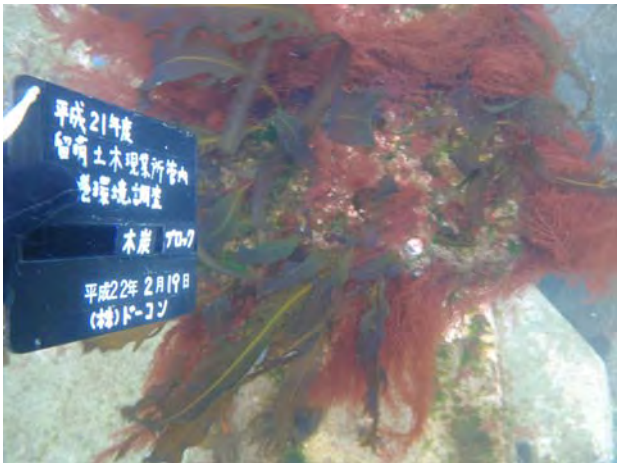
平成 17 年 2 月 27 日(水温 2.0℃)	平成 18 年 2 月 20 日(水温 1.3℃)	平成 19 年 2 月 19 日(水温 2.1℃)
		
平成 22 年 2 月 19 日(水温 3.3℃)	平成 23 年 2 月 28 日(水温 4.0℃)	
		



表-24 マサ土ブロックの状況写真

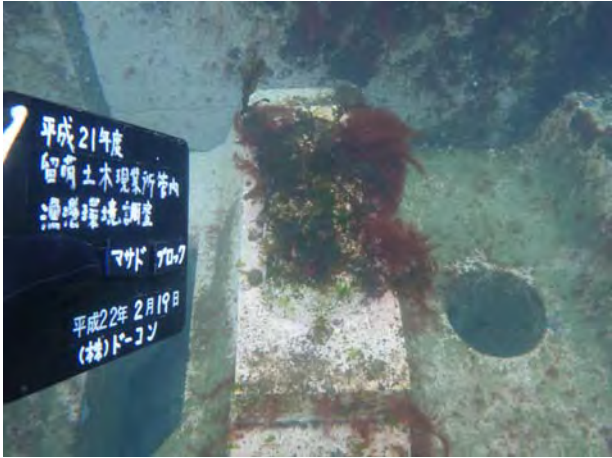
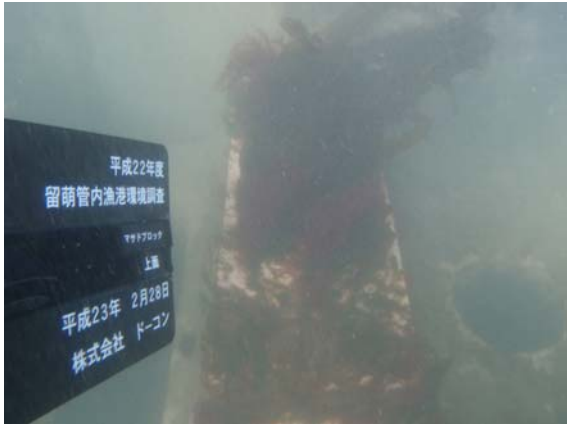
平成 17 年 2 月 27 日(水温 2.0℃)	平成 18 年 2 月 20 日(水温 1.3℃)	平成 19 年 2 月 19 日(水温 2.1℃)
		
		

表-25 バイオブロックの状況写真

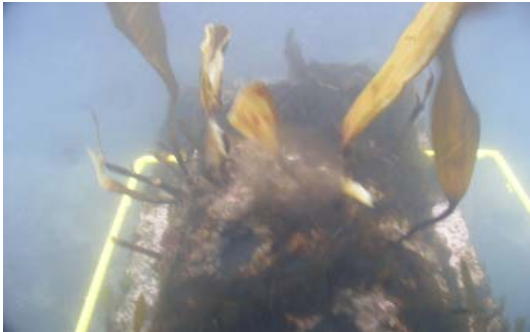
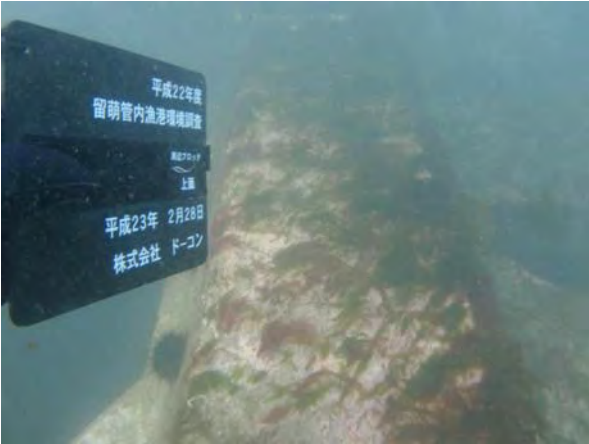
平成 17 年 2 月 27 日(水温 2.0℃)	平成 18 年 2 月 20 日(水温 1.3℃)	平成 19 年 2 月 19 日(水温 2.1℃)
		
平成 22 年 2 月 19 日(水温 3.3℃)	平成 23 年 2 月 28 日(水温 4.0℃)	
		

表-26 周辺ブロックの状況写真

平成 17 年 2 月 27 日(水温 2.0℃)	平成 18 年 2 月 20 日(水温 1.3℃)	平成 19 年 2 月 19 日(水温 2.1℃)
		
平成 22 年 2 月 19 日(水温 3.3℃)	平成 23 年 2 月 28 日(水温 4.0℃)	
		

(3) 夏季の状況

6月から7月には、ホソメコンブの群落が確認でき、基質となる藻場環境ブロック表面のほとんどはそのホソメコンブの根部に覆われており、アナアオサやイギスなどは残されたわずかな基質に付着している状況であった。平成17年7月、平成22年8月の調査時にはホソメコンブの葉部は既に末枯れが始まっていた。このことから、臼谷漁港周辺海域の海藻（特にホソメコンブ）の盛期としては6月中旬から下旬ごろと推定される。

表-27 EM 菌ブロックの状況写真

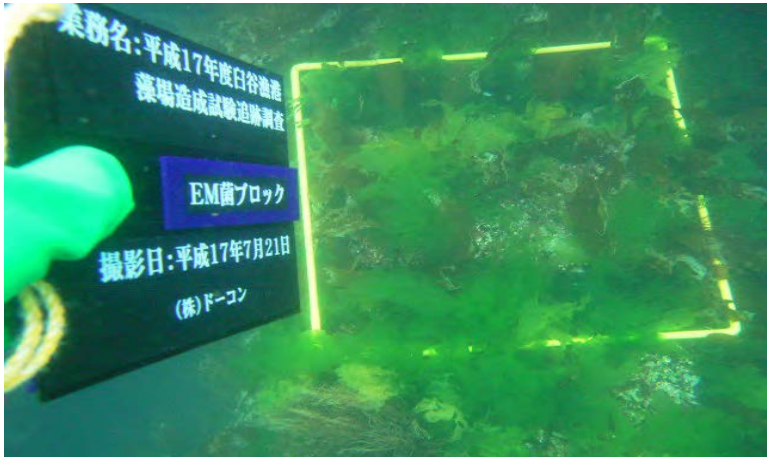
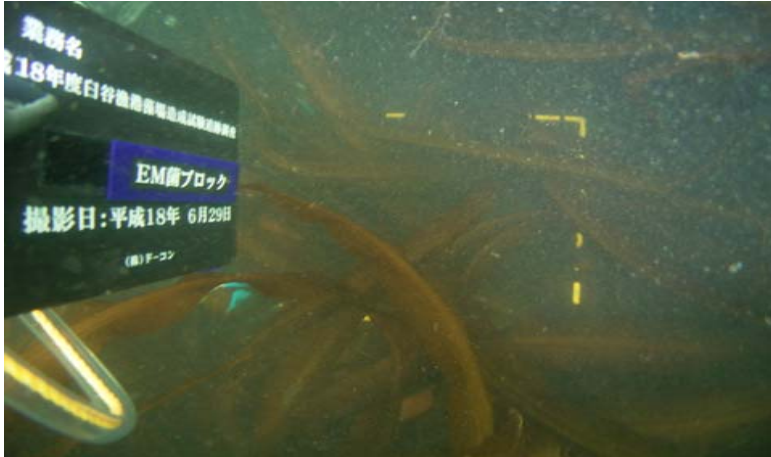
平成 17 年 7 月 21 日 (水温 19.0℃)	平成 18 年 6 月 29 日 (水温 18.8℃)
	
平成 22 年 8 月 9 日 (水温℃)	
	

表-28 ソイルブロックの状況写真

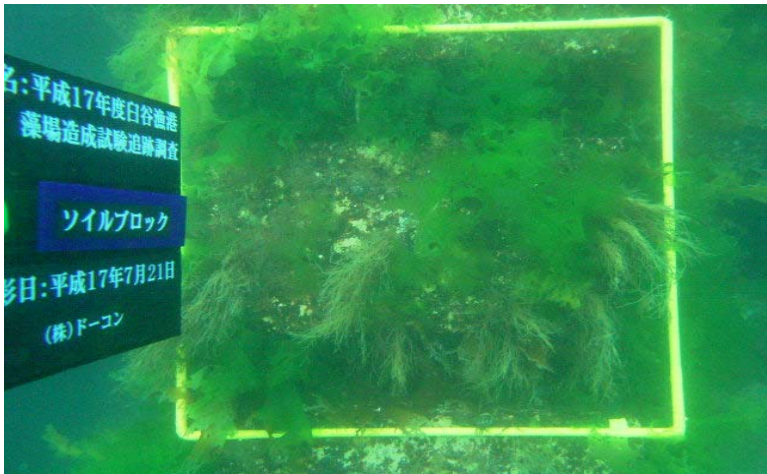
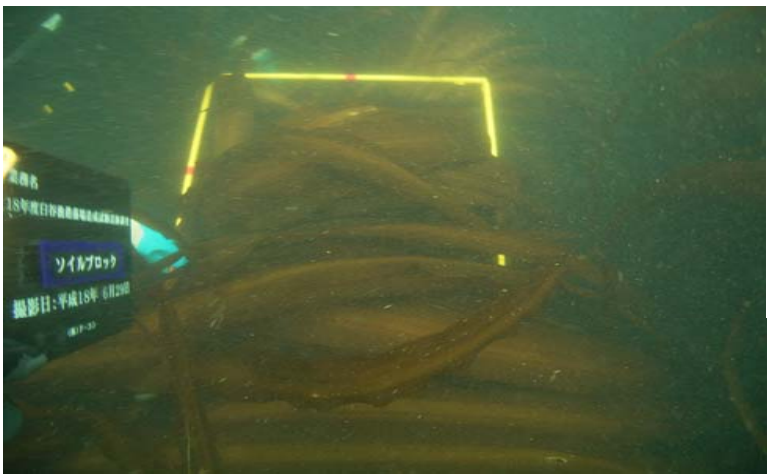
平成 17 年 7 月 21 日 (水温 19.0℃)	平成 18 年 6 月 29 日 (水温 18.8℃)
 名: 平成17年度白谷漁港 藻場造成試験跡地調査 ソイルブロック 撮影日: 平成17年7月21日 (株)ドーコン	 名: 平成18年度白谷漁港 藻場造成試験跡地調査 ソイルブロック 撮影日: 平成18年 6月29日 (株)ドーコン
平成 22 年 8 月 9 日 (水温℃)	
	



表-29 石炭灰ブロックの状況写真

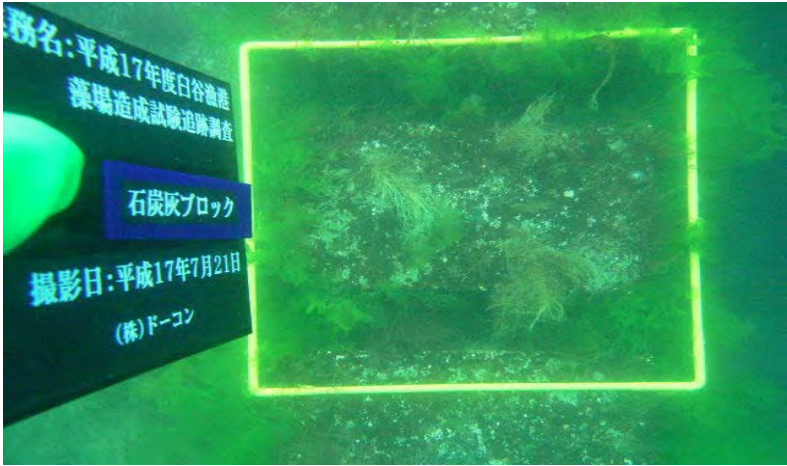
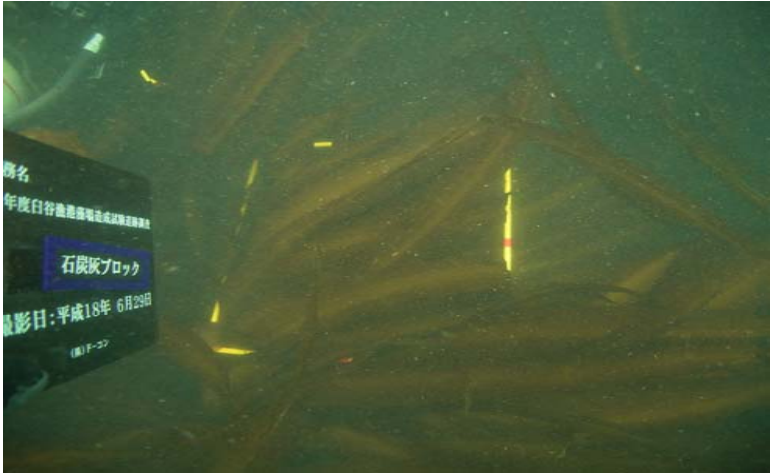
平成 17 年 7 月 21 日(水温 19.0℃)	平成 18 年 6 月 29 日(水温 18.8℃)
 務名:平成17年度白谷漁港 藻場造成試験追跡調査 石炭灰ブロック 撮影日:平成17年7月21日 (株)ドーコン	 務名 年度白谷漁港藻場造成試験追跡調査 石炭灰ブロック 撮影日:平成18年 6月29日 (株)ドーコン
平成 22 年 8 月 9 日(水温℃)	
	

表-30 木炭ブロックの状況写真

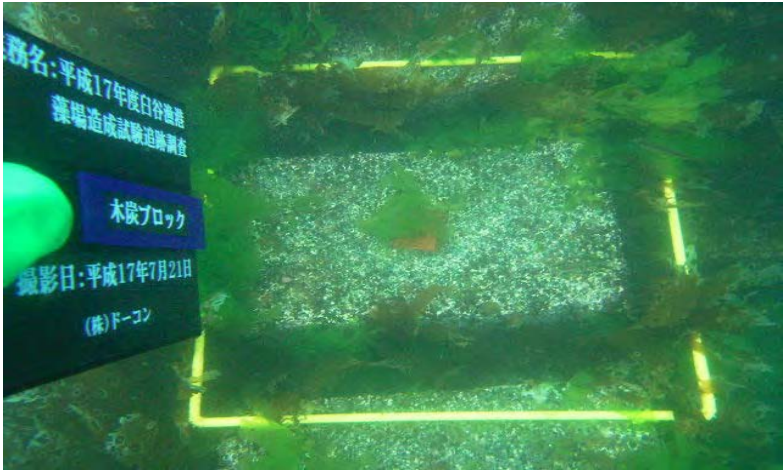
平成 17 年 7 月 21 日 (水温 19.0℃)	平成 18 年 6 月 29 日 (水温 18.8℃)
	
平成 22 年 8 月 9 日 (水温℃)	
	

表-31 マサ土ブロックの状況写真

平成 17 年 7 月 21 日(水温 19.0℃)



平成 18 年 6 月 29 日(水温 18.8℃)



平成 22 年 8 月 9 日(水温℃)



表-32 バイオブロックの状況写真

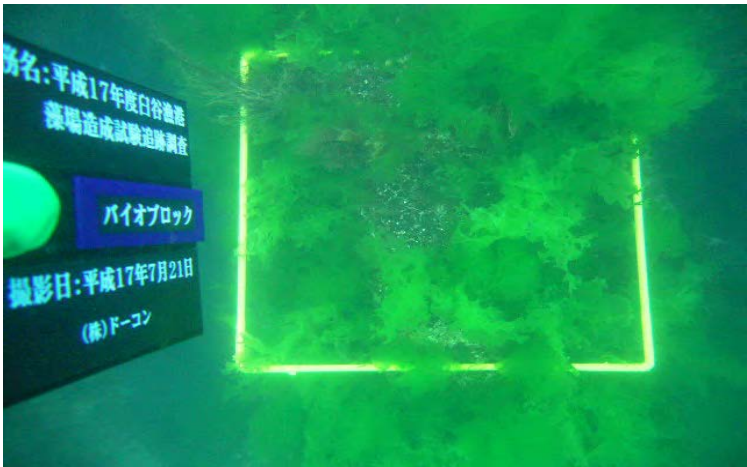
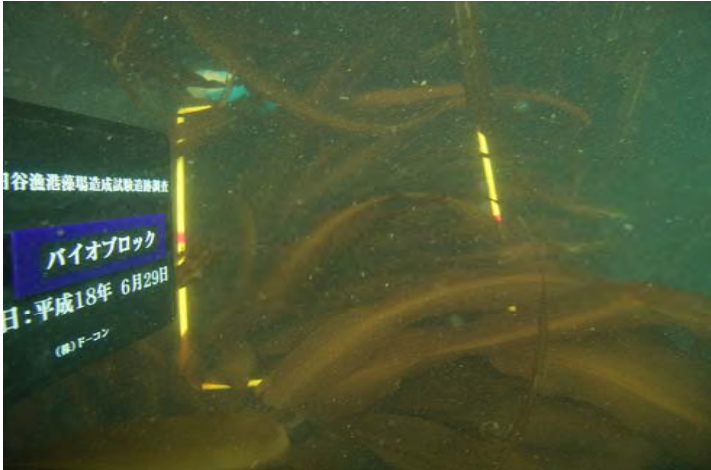
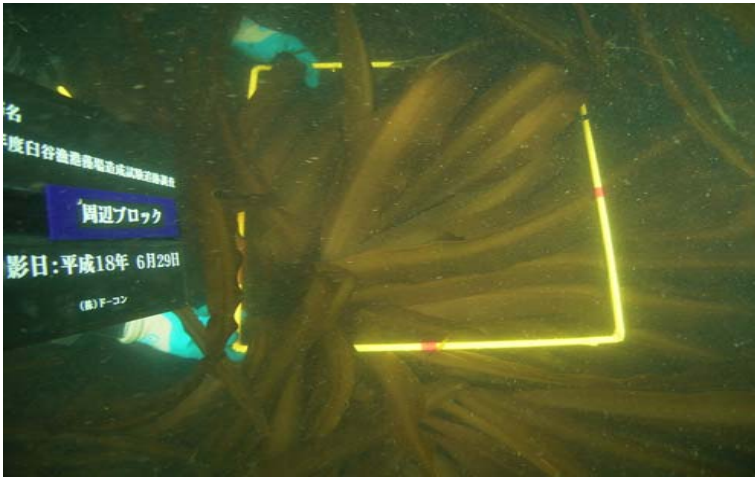
平成 17 年 7 月 21 日(水温 19.0℃)	平成 18 年 6 月 29 日(水温 18.8℃)
	
平成 22 年 8 月 9 日(水温℃)	
	

表-33 周辺ブロックの状況写真

平成 17 年 7 月 21 日 (水温 19.0℃)	平成 18 年 6 月 29 日 (水温 18.8℃)
	
平成 22 年 8 月 9 日 (水温℃)	
	



3-5 資源量調査

資源量調査は、平成 17 年、平成 18 年に実施しており、平成 22 年が 3 回目である。過去 2 回の資源量調査の結果と平成 22 年の結果についての比較を行った。

(1) 資源量の比較

平成 17 年、平成 18 年と平成 22 年の調査結果を比較したものを表-34 及び図-11 に示す。

図表からもわかるように、平成 18 年が最も多く、平成 17 年は平成 18 年より 1 オーダー少なく、平成 22 年はそれよりさらに 2 オーダー少なくなっている。これは、どの藻場環境ブロックについても同じであり、ブロック間の差異というより年較差といえる。

表-34 平成 17、18、22 年度の藻場環境ブロック及び周辺ブロックの資源量調査結果とその順位

ブロック名	上面と斜面の平均湿重量 (g/m ²)			出現種数 (種)			順位					
							湿重量			出現種数		
	H17	H18	H22	H17	H18	H22	H17	H18	H22	H17	H18	H22
EM菌ブロック	3,410.5	22,749.6	12.8	6	7	10	4 位	6 位	6 位	4 位	2 位	1 位
ソイルブロック	2,298.2	43,357.3	50.0	11	6	5	5 位	1 位	2 位	2 位	4 位	6 位
石炭灰ブロック	1,299.1	42,579.6	55.0	12	6	7	6 位	2 位	3 位	1 位	4 位	4 位
木炭ブロック	230.5	33,999.6	16.8	8	7	9	7 位	5 位	5 位	3 位	2 位	2 位
マサ土ブロック	7,040.2	34,110.5	569.8	4	8	8	2 位	4 位	1 位	6 位	1 位	3 位
バイオブロック	8,416.2	38,933.2	1.4	6	6	7	1 位	3 位	7 位	4 位	4 位	4 位
周辺ブロック	6,178.0	14,540.8	19.2	2	4	6	3 位	7 位	4 位	7 位	7 位	7 位

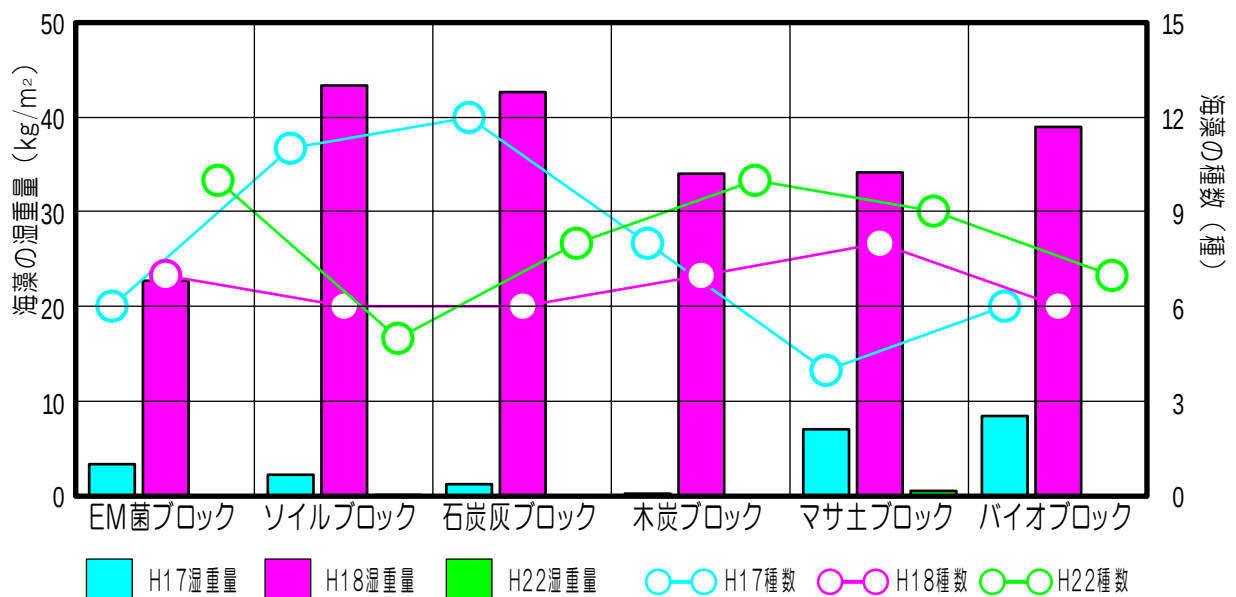


図-11 平成 17、18、22 年度の藻場環境ブロック及び周辺ブロックの資源量調査結果の比較図

(2) 資源量調査結果の整理

ここでは、各ブロックごとの資源量調査結果を表－35 に示し、また図－12～図－17 にはそれらをグラフに示すとともに、表－35～表－41 では結果の順位付けを行った。

表－35 平成 17、18、22 年度の調査結果の整理

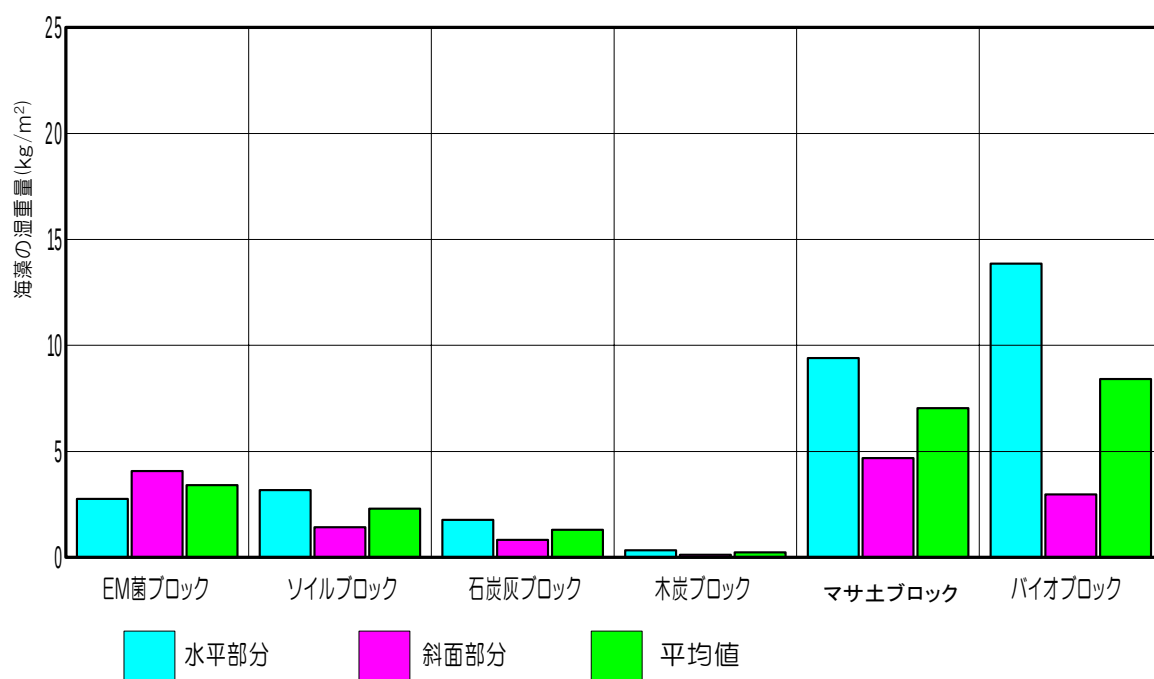
ブロック名	調査年	設置位置	湿重量合計 (g)	出現種数 (種)	採取面積 (m ²)	単位面積当り湿重量 (g/m ²)	上面と斜面の平均湿重量 (g/m ²)
EM 菌ブロック	H17 年	上面	303.1	6	0.11	2,755.5	3,410.5
		斜面	447.2	3		4,065.5	
	H18 年	上面	3,128.6	7		28,441.8	22,749.6
		斜面	1,876.3	5		17,057.3	
	H22 年	上面	2.8	10		25.5	12.8
		斜面	0.0	1		0.0	
ソイルブロック	H17 年	上面	349.0	9	0.11	3,172.7	2,298.2
		斜面	156.6	9		1,423.6	
	H18 年	上面	6,442.8	6		58,570.9	43,357.3
		斜面	3,095.8	3		28,143.6	
	H22 年	上面	21.9	5		99.1	50.0
		斜面	0.0	1		0.0	
石炭灰ブロック	H17 年	上面	195.3	11	0.11	1,775.5	1,299.1
		斜面	90.5	8		822.7	
	H18 年	上面	7,360.9	6		66,917.3	42,579.6
		斜面	2,006.6	4		18,241.8	
	H22 年	上面	12.1	7		110.0	55.0
		斜面	0	3		0.0	
木炭ブロック	H17 年	上面	36.9	6	0.11	335.5	230.5
		斜面	13.8	6		125.5	
	H18 年	上面	4,351.7	7		39,560.9	33,999.6
		斜面	3,128.2	4		28,438.2	
	H22 年	上面	3.2	9		29.1	16.8
		斜面	0.5	3		4.5	
マサ土ブロック	H17 年	上面	2,066.8	4	0.22	9,394.5	7,040.2
		斜面	1,030.9	4		4,685.9	
	H18 年	上面	9,971.0	7		45,322.7	34,110.5
		斜面	5,037.6	5		22,898.2	
	H22 年	上面	250.7	8		1,139.5	569.8
		斜面	0.0	4		0.0	

ブロック名	調査年	設置位置	湿重量合計(g)	出現種数(種)	採取面積(m2)	単位面積当たり湿重量(g/m2)	上面と斜面の平均湿重量(g/m2)
バイオブロック	H17 年	上面	3,048.4	3	0.22	13,856.4	8,416.2
		斜面	654.7	6		2,975.9	
	H18 年	上面	13,816.4	5		62,801.8	38,933.2
		斜面	3,314.2	5		15,064.5	
	H22 年	上面	0.6	7		2.7	1.4
		斜面	0.0	2		0.0	
周辺ブロック	H17 年	斜面	1,544.5	2	0.25	6,178.0	—
	H18 年	斜面	3,635.2	4		14,540.8	—
	H22 年	上面	21.1	6		84.4	42.2
		斜面	0.0	1		0.0	

表－36 平成 17 年度ブロック別の海藻着生量(湿重量)とその順位

ブロック名	湿重量(g/m ²)			順位		
	上面	斜面	平均	上面	斜面	平均
EM菌ブロック	2,755.5	4,065.5	3,410.5	4 位	2 位	3 位
ソイルブロック	3,172.7	1,423.6	2,298.2	3 位	4 位	4 位
石炭灰ブロック	1,775.5	822.7	1,299.1	5 位	5 位	5 位
木炭ブロック	335.5	125.5	230.5	6 位	6 位	6 位
マサ土ブロック	9,403.1	4,685.9	7,040.2	2 位	1 位	2 位
バイオブロック	13,856.4	2,975.9	8,416.2	1 位	3 位	1 位

順位相関係数(Rs) =0.71

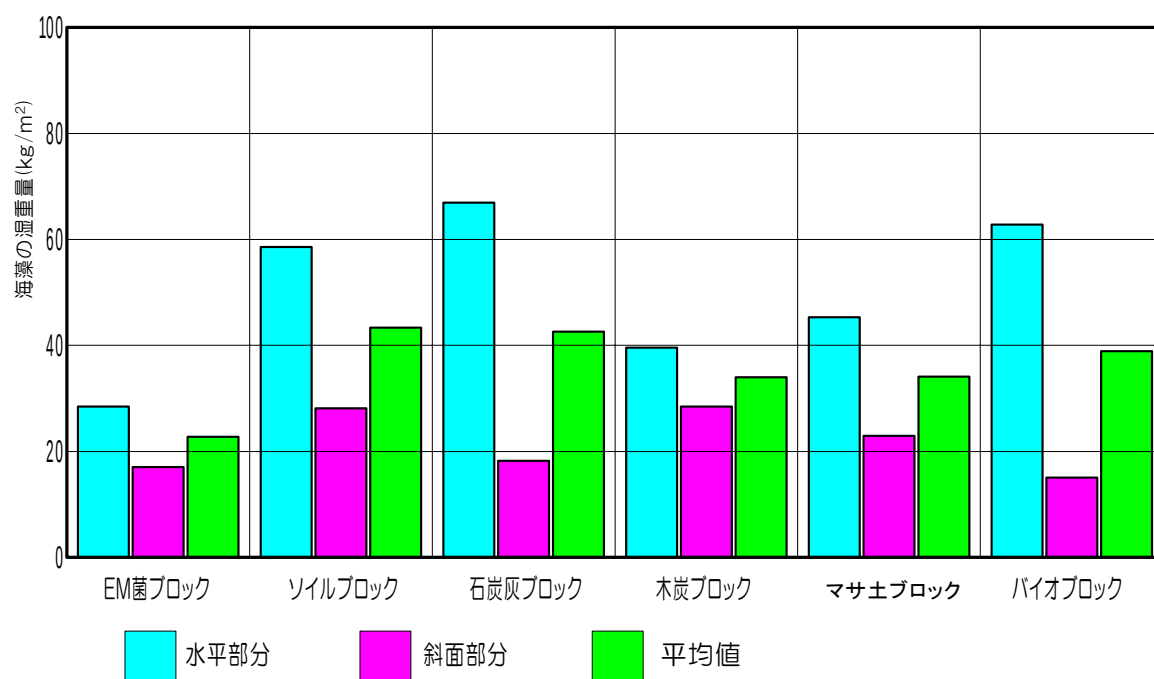


図－12 平成 17 年度ブロック別の海藻着生量(湿重量) の比較図

表－37 平成 18 年度ブロック別の海藻着生量(湿重量)とその順位

ブロック名	湿重量(g/m ²)			順位		
	上面	斜面	平均	上面	斜面	平均
EM菌ブロック	28,441.8	17,057.3	22,749.6	6 位	5 位	6 位
ソイルブロック	58,570.9	28,143.6	43,357.3	3 位	2 位	1 位
石炭灰ブロック	66,917.3	18,241.8	42,579.6	1 位	4 位	2 位
木炭ブロック	39,560.9	28,438.2	33,999.6	5 位	1 位	5 位
マサ土ブロック	45,322.7	22,898.2	34,110.5	4 位	3 位	4 位
バイオブロック	62,801.8	15,064.5	38,933.2	2 位	6 位	3 位

順位相関係数(Rs) = -0.26

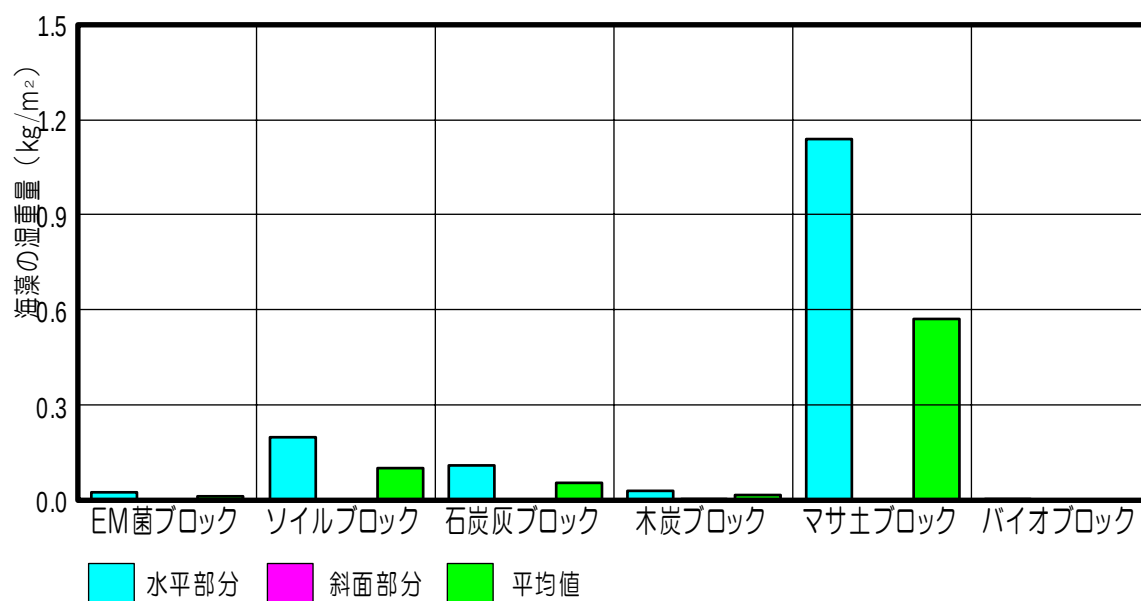


図－13 平成 18 年度ブロック別の海藻着生量(湿重量) の比較図

表－38 平成 22 年度ブロック別の海藻着生量(湿重量)とその順位

ブロック名	湿重量(g/m ²)			順位		
	上面	斜面	平均	上面	斜面	平均
EM菌ブロック	25.5	0.0	12.8	5 位	2 位	5 位
ソイルブロック	199.1	0.0	50.0	2 位	2 位	2 位
石炭灰ブロック	110.0	0.0	55.0	3 位	2 位	3 位
木炭ブロック	29.1	0.5	16.8	4 位	1 位	4 位
マサ土ブロック	1,139.5	0.0	569.8	1 位	2 位	1 位
バイオブロック	2.7	0.0	1.4	6 位	2 位	6 位

順位相関係数(Rs) = -0.03

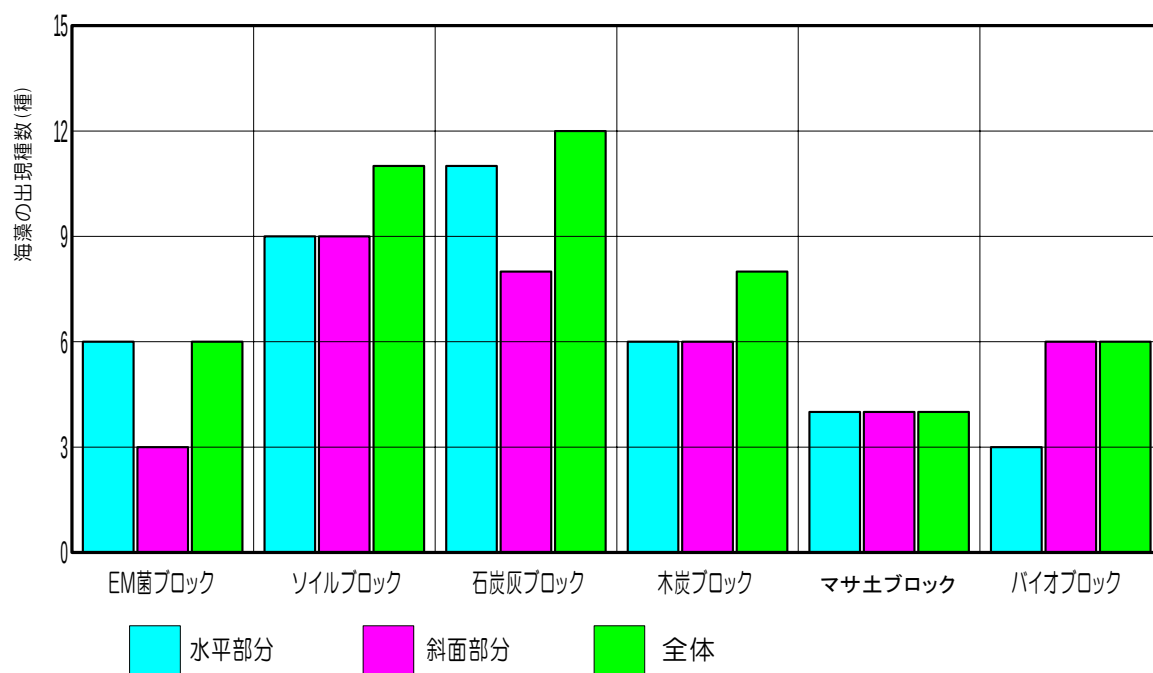


図－14 平成 22 年度ブロック別の海藻着生量(湿重量) の比較図

表－39 平成 17 年度ブロック別の海藻着生種数とその順位

ブロック名	種数(種)			順位		
	上面	斜面	全体	上面	斜面	全体
EM菌ブロック	6	3	6	3 位	6 位	4 位
ソイルブロック	9	9	11	2 位	1 位	2 位
石炭灰ブロック	11	8	12	1 位	2 位	1 位
木炭ブロック	6	6	8	3 位	3 位	3 位
マサ土ブロック	4	4	4	5 位	5 位	6 位
バイオブロック	3	6	6	6 位	3 位	4 位

順位相関係数(R_s) = 0.43

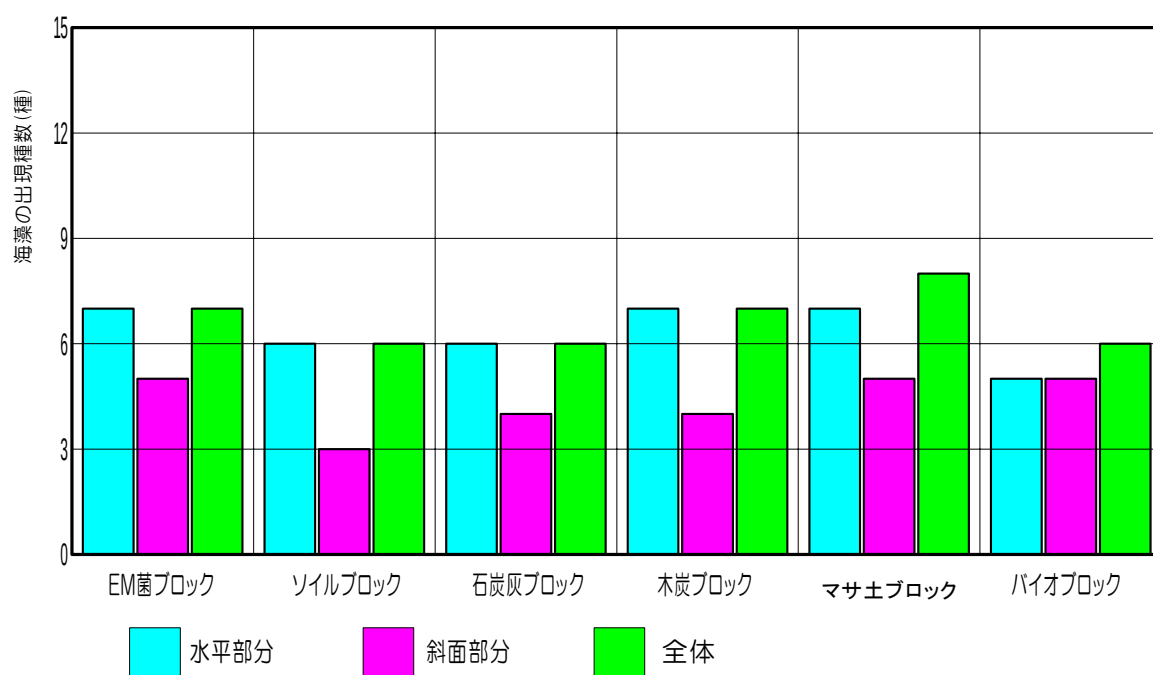


図－15 平成 17 年度ブロック別の海藻着生種数の比較図

表－40 平成 18 年度ブロック別の海藻着生種数とその順位

ブロック名	種数(種)			順位		
	上面	斜面	全体	上面	斜面	全体
EM菌ブロック	7	5	7	1 位	1 位	2 位
ソイルブロック	6	3	6	4 位	6 位	4 位
石炭灰ブロック	6	4	6	4 位	4 位	4 位
木炭ブロック	7	4	7	1 位	4 位	2 位
マサ土ブロック	7	5	8	1 位	1 位	1 位
バイオブロック	5	5	6	6 位	1 位	4 位

順位相関係数(R_s) = -0.09



図－16 平成 18 年度ブロック別の海藻着生種数とその順位

表-41 平成 22 年度ブロック別の海藻着生種数とその順位

ブロック名	種数(種)			順位		
	上面	斜面	全体	上面	斜面	全体
EM菌ブロック	10	1	10	1 位	5 位	1 位
ソイルブロック	5	1	5	6 位	5 位	6 位
石炭灰ブロック	7	3	7	4 位	2 位	4 位
木炭ブロック	9	3	9	2 位	2 位	2 位
マサ土ブロック	8	4	8	3 位	1 位	3 位
バイオブロック	7	2	7	4 位	4 位	4 位

順位相関係数(R_s) = 0.29

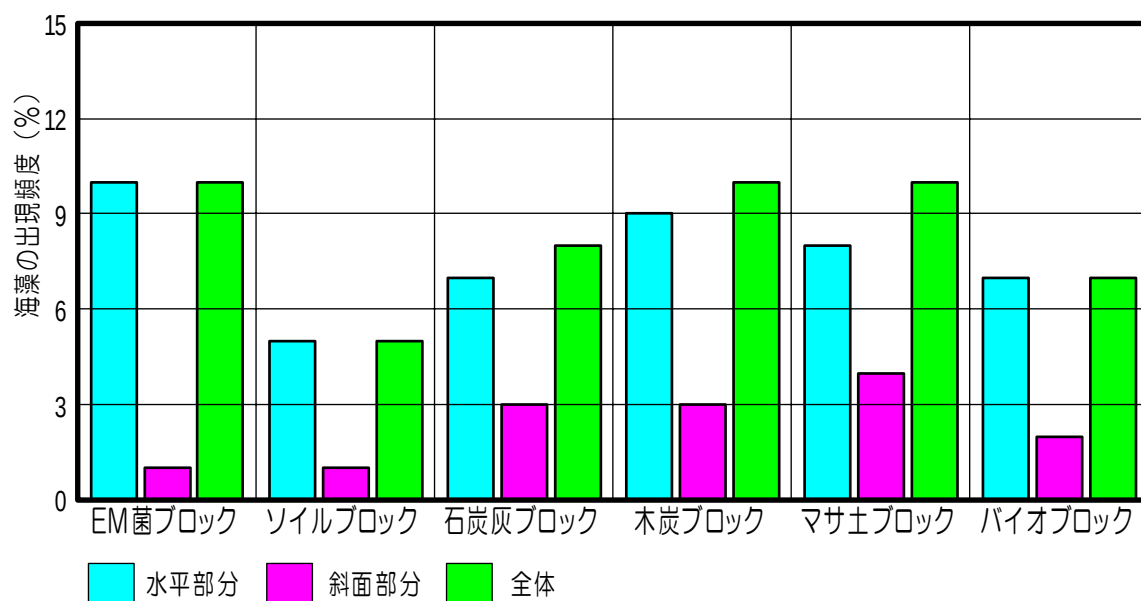


図-17 平成 22 年度ブロック別の海藻着生種数とその順位

3-6 調査海域周辺の海藻

調査海域周辺で確認された海藻類について、表-42 に整理した。

表-42 調査海域周辺で確認された海藻類

出現種	生 態	分 布
ホソメコンブ 褐藻綱 コンブ目 <i>Laminaria religiosa</i> Miyabe	からだはバンド状で短い茎をもつ。へりにははじめしわがあるが、のちに平らになる。中帯部は葉状部の幅の三分の一以上に達する。低潮線付近から斬深帯の岩上に群落をつくって生育する。深所に生育するものは幅が広くなる。	太平洋沿岸北部、北海道日本海沿岸
ワカメ 褐藻綱 <i>Undaria pinnatifida</i> (Harvey) Suringar	からだは中央に太い中肋があり、両へりは羽状に深く切れこむ。基部近くにできる耳のような形をした部分には胞子を入れている生殖器官がある。食用。	北海道北東部の寒海、紀伊半島、四国、九州の太平洋沿岸など
イギス 紅藻綱 <i>Ceramium kondoi</i> Yendo	からだは糸状、円柱状で二叉、三叉、または四叉に分布する。潮間帯の岩上や、ほかの海藻の上に生育する。紅色または黒みがかった紅色である。	暖海域を除く日本各地の沿岸
モロイトグサ 紅藻綱 <i>Polysiphonia morrowii</i> Harvey	からだは糸状、円柱状で、羽状に枝を互生する。枝はさらに小枝を互生に出し、小枝はさらに小さい羽状の枝を出す。この羽状の枝はたいへん短く、とげのような感じである。低潮線付近の岩上に生育する。	北海道沿岸、日本海沿岸、九州西岸
エゾヒトエグサ <i>Monostroma angicava</i> Kjellman	体は始めふくろ状であるが、成長すると先の方から裂けて薄い1層細胞からなる膜状となる。成長が進むと沢山の裂け目ができ放射状になる。大きなものでは高さ30cmくらいになるものもある。	北海道一円
カヤモノリ <i>Scytosiphon lomentaria</i> (Lyngbye) Link	葉部は規則的なくびれを持つ管状で、比較的硬く藁のような感じで、北海道沿岸に極く普通に観察されるおなじみの海藻	北海道沿岸
エゾヤハズ <i>Dictyopteris divaricata</i> (Okamura) Okamura	体は高さ20cm、幅3cm位にまでなり、体は叉状に分岐し、老成すると先の方で裂ける。全体に粗野な感じで、潮間帯から比較的深いところに生育している	北海道一円
ウルップイノリ <i>Porphyra pseudolinearis</i> Ueda	潮間帯の上部に生育し、幅が狭くて長いのが特徴である。大きなものは長さ30cm、幅5cm位になるが、長さ20cm、幅1-2cmが普通である。雌雄別々の個体に生殖器官が形成される（雌雄異株）。	

出現種	生 態	分 布
ヌメハノリ <i>Delesseria serrulata</i> Harvey	はっきりした中肋をもち、その両側に1層細胞からなる薄いヒレのような翼をつける。また、中肋の表面からも先の尖った小さな葉を沢山だす。大きなものでは高さ30cm位になる。	北海道一円
ウガノモク <i>Cystoseira hakodatensis</i> (Yendo) Fensholt	本種の特徴は数珠状につながる気胞を持つことである。平たい円錐形の付着器から短い円柱形の茎が直立し、主枝の基部付近が紡錘形に膨らむ。枝の先端部は細い糸状になる。	北海道一円
ハイウスバノリ <i>Acrosorium yendoii</i> Yamada	体は他の海藻上に這うように着生する、薄く狭い膜状で不規則に分岐する。	北海道一円
ダルス <i>Palmaria palmata</i> (Linnaeus) Kuntze	葉部は変化に富み、分岐することなく単葉のことも、数回掌状に分岐することもある。また、葉の側面や表面から小葉をだすものもあり、時には沢山の小葉を密に持ち、マットのようになることもある。	全道の沿岸
ケウルシグサ <i>Desmarestia viridis</i> (Muller) Lamouroux	細い円柱状で、細い枝が対になって軸の両側から多数でる。大きなものでは高さ1mに達する。海中にあるときは栗色であるが、水中かあげると青みかかった緑色に変わる。	全道の沿岸の漸深帯
フシスジモク <i>Sargassum confusum</i> C. Agardh	ホンダワラの仲間(<i>Sargassum</i>)は主に気胞の形、仮根の形、葉の形態が種を分ける目安となる。根は盤状、茎も主軸も円柱状で、短い棘を持つ。基部に近くに大型の楕円形で縁辺がギザギザの葉をつける。	道南から日本海沿岸を経てオホーツク海に分布
無節サンゴモ	体に石灰を持つサンゴモの仲間で、体節がなく、多くは岩に平たく張り付いている。北海道にも多くの種類が分布することが知られているが、外観から種を同定するのは難しく、ここでは”むせつさんごも”としておく。この仲間が繁茂し、岩の表面を被うと他の海藻がその上に着生しづらくなることから、磯焼けの元凶として嫌われる。	日本各地
イソウメモドキ 紅藻綱 <i>Hyalosiphonia caespitosa</i> Okamura	からだは円柱状で細く、ときには糸のようである。比較的太い茎のような部分を1本または数本持ち、その各方面から長い枝や短い枝を多数だす。枝はさらに同様にして小枝をだす。枝はすべて糸のように細く、先は針のようにとがる。	太平洋沿岸北部、中部、瀬戸内海、九州西部、北岸、日本海沿岸、北海道西岸
イソガワラ目 褐藻綱 <i>Ralfsiales</i>	からだは厚い殻状で暗褐色で、体下面の中央部から生ずる多数の仮根によって基物に付着し、若いときは多少とも円形で、直径5cmまたはそれ以上になる。	北海道

出現種	生 態	分 布
ワツナギソウ 紅藻綱 <i>Champia parvula</i> (<i>C. Agardh</i>) <i>Harvey</i>	からだは円柱状で、対生、互生または輪生に分布する。枝の先がかぎ形に曲がり、枝と枝が互いにからまって、全体はゆるいかたまりになることが多い。色の変化ははなはだしく、浅い所のものは緑色がかかるが、深所のものは紅色である。潮間帯下部から漸深帯にかけてホンダワラ類など、ほかの海藻の体上について生育する。	日本各地
イソムラサキ 紅藻綱 <i>Symphycladia</i> <i>latiuscula</i> (<i>Harvey</i>) <i>Yamada</i>	からだは平たい。両へりから枝を羽状に規則正しく出し、平面的に広がる。さらに枝は小枝を羽状に出す。潮間帯上部の岩上またはほかの海藻の体上に生育する。	太平洋沿岸北部、中部、北海道沿岸
ヒラコトジ 紅藻綱 スギノリ目 スギノリ科 <i>Chondrus</i> <i>pinnulatus</i>	潮間帯の岩上に生育する。体色は黒ずんだ紫色。体は平たい茎か、またはやや丸みをおびた茎を持つ。叉状に枝分かれをしながら、茎の両側から羽状に小枝をたくさん出す。体は高さ10～20cm になり、幅は2－5mm になる。	北海道、日本海北部、太平洋沿岸北部
アナアオサ <i>Ulva pertusa</i> <i>Kjellman</i>	からだは膜状で、生長するにつれて、からだに大小の穴がたくさん開く。潮間帯下部の岩上に生育する。	日本各地
フクロノリ 褐藻綱 <i>Colpomenia</i> <i>sinuosa</i>	からだは球形で袋状である。似た海藻であるネバリモは指先でおすと簡単につぶれるが、フクロノリは破れるようにこわれる。	日本各地

※ 参考図書: 日本海藻誌 岡村金太郎著 内田老鶴圃
原色日本海藻図鑑 瀬川宗吉著 保育社
学研生物図鑑「海藻」 千原光雄著 学研
HP 北の海藻図鑑

【文責】大泉 浩

第3章 資源量調査の主成分分析

1. 主成分分析の概要

1-1 分析の目的

それぞれのブロックが持つ性質、それぞれの資源が持つ指向性などを主成分分析を用いて分析を行うことで明らかにし、ブロック間の関係性や類似性なども新たに見出すことを目的とする。

1-2 主成分分析とは

主成分分析 (Principal Component Analysis) とは、多くの変量の値をできるだけ情報の損失なしに、1 個または少数個 (**m** 個) の総合的指標 (主成分) で代表させる方法である。

分析の方法には、分散共分散による分析方法、相関行列による分析方法の二つが存在する。

1-3 分析の内容

分析は、平成 17 年 7 月 21 日に測定された水産動植物の出現状況のデータ単独のものと、平成 17 年 7 月 21 日のもの、平成 18 年 6 月 29 日に測定されたデータを合わせたもの、この 2 種類について行った。

1-4 測定データ

平成 17 年度の資源量調査のデータを表-1 に示し、平成 17 年度、平成 18 年度混合データを表-2 に示す。

表の各々の値は、便宜上、「各々のブロックでの湿潤量(g)」÷「全ブロックでの合計量(g)」で無次元化したものを用いるものとする。

無節サンゴ藻(サンゴ藻類のうち、膝節(しっせつ)をもたないもの)の場合に限ってのみ、数値としてのデータが「湿潤量 (g)」ではなく「本数 (本)」としてしか測定されていないので、この場合に限ってはそれぞれのブロックでの本数の値を全ブロックでの本数の合計量で割ったものを説明変量とした。

無節サンゴ藻と他の資源との単位が異なることから、分析は、相関行列による主成分分析を行った。これは、相関行列による分析はデータを標準化 (平均を 0、分散を 1 に) して主成分分析を行うので、データの単位に影響されないという利点があるからである。

表-1 平成 17 年度データ

	EM 菌 ブロック	ソイル ブロック	石炭灰 ブロック	木炭 ブロック	マサ土 ブロック	バイオ ブロック	周辺 ブロック
アナアオサ	0.347	0.058	0.061	0.014	0.124	0.397	0
タマジユズモ	0	0.022	0.969	0.01	0	0	0
ホソメコンブ	0.023	0.024	0.009	0.003	0.364	0.383	0.194
イソウモドキ	0	0.05	0.7	0.25	0	0	0
ダルス	0	0	0.964	0.035	0	0	0
イギス	0.018	0.765	0.167	0	0.023	0.023	0
コノハノリ科	0	0.652	0.348	0	0	0	0
フジツマモ	0	0.923	0.077	0	0	0	0
無節サンゴ藻	0.091	0.091	0.091	0	0.545	0.136	0.045

表－2 平成 17 年・平成 18 年混合データ

平成 17 年	EM 菌 ブロック	ソイル ブロック	石炭灰 ブロック	木炭 ブロック	マサ土 ブロック	バイオ ブロック	周辺 ブロック
アナアオサ	0.281	0.026	0.027	0.082	0.508	0.032	0.043
フジスジ目	0.191	0	0	0.662	0.045	0.101	0
ホソメコンブ	0.081	0.27	0.153	0.122	0.171	0.28	0.059
ケウルシグサ	0	0	0	0	1	0	0
イギス	0.222	0.169	0.111	0.066	0.338	0.094	0
ハイウスバノリ	0	0.027	0.022	0	0.131	0.007	0
モロイトグサ	0.307	0.311	0.03	0.192	0.063	0.014	0.082
イソムラサキ	0.215	0	0	0.785	0	0	0
無節サンゴ藻	0.091	0.091	0.091	0	0.545	0.136	0.045
平成 18 年	EM 菌 ブロック	ソイル ブロック	石炭灰 ブロック	木炭 ブロック	マサ土 ブロック	バイオ ブロック	周辺 ブロック
アナアオサ	0.347	0.058	0.061	0.014	0.124	0.397	0
タマジズモ	0	0.022	0.969	0.01	0	0	0
ホソメコンブ	0.023	0.024	0.009	0.003	0.364	0.383	0.194
イソウモドキ	0	0.05	0.7	0.25	0	0	0
ダルス	0	0	0.964	0.035	0	0	0
イギス	0.018	0.765	0.167	0	0.023	0.023	0
コノハノリ科	0	0.652	0.348	0	0	0	0
フジツマモ	0	0.923	0.077	0	0	0	0

1-5 主成分分析の結果

平成 17 年データの相関行列による主成分分析結果を表－3～表－7 に示す。

表－3 基礎統計量(平成 17 年)

変量	ブロック名	平均	分散	標準偏差	最小値	最大値
X1	EM 菌ブロック	0.053	0.013	0.118	0.000	0.347
X2	ソイルブロック	0.287	0.142	0.389	0.000	0.923
X3	石炭灰ブロック	0.376	0.156	0.408	0.009	0.969
X4	木炭ブロック	0.035	0.007	0.084	0.000	0.250
X5	マサ土ブロック	0.117	0.040	0.207	0.000	0.545
X6	バイオブロック	0.104	0.028	0.173	0.000	0.397
X7	周 辺 ブロック	0.027	0.004	0.067	0.000	0.194

表－4 相関行列・分散共分散行列(平成 17 年)

変量	ブロック名	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X1	EM 菌ブロック	0.013	-0.276	-0.409	-0.157	0.247	0.714	-0.071
X2	ソイルブロック	-0.012	0.142	-0.401	-0.309	-0.364	-0.410	-0.308
X3	石炭灰ブロック	-0.018	-0.060	0.156	0.395	-0.525	-0.583	-0.412
X4	木炭ブロック	-0.001	-0.010	0.013	0.007	-0.258	-0.236	-0.183
X5	マサ土ブロック	0.006	-0.028	-0.042	-0.004	0.040	0.569	0.648
X6	バイオブロック	0.014	-0.026	-0.039	-0.003	0.019	0.028	0.640
X7	周 辺 ブロック	-0.001	-0.007	-0.011	-0.001	0.008	0.007	0.004

表－5 相関行列による主成分分析(平成 17 年)

変量	ブロック名	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分	第 6 主成分	第 7 主成分
X1	EM 菌ブロック	0.331	-0.057	-0.746	-0.022	0.053	-0.572	-0.021
X2	ソイルブロック	-0.171	0.718	0.030	0.292	-0.063	-0.246	0.552
X3	石炭灰ブロック	-0.406	-0.452	0.040	-0.465	-0.108	-0.255	0.580
X4	木炭ブロック	-0.222	-0.491	-0.044	0.827	0.078	-0.053	0.120
X5	マサ土ブロック	0.457	-0.087	0.288	-0.036	0.768	-0.042	0.328
X6	バイオブロック	0.523	-0.122	-0.196	0.061	-0.424	0.511	0.478
X7	周 辺 ブロック	0.407	-0.116	0.564	0.092	-0.453	-0.531	-0.089
固有値		3.135	1.650	1.170	0.647	0.398	0.000	0.000
寄与率		0.448	0.236	0.167	0.092	0.057	0.000	0.000
累積寄与率		0.448	0.684	0.851	0.943	1.000	1.000	1.000

表－6 因子負荷量(平成 17 年)

変量	ブロック名	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X1	EM 菌ブロック	0.585	-0.073	-0.807	-0.018	0.033	-0.003	0.000
X2	ソイルブロック	-0.303	0.922	0.032	0.235	-0.040	-0.001	0.000
X3	石炭灰ブロック	-0.718	-0.581	0.044	-0.374	-0.068	-0.001	0.000
X4	木炭ブロック	-0.394	-0.631	-0.047	0.665	0.049	0.000	0.000
X5	マサ土ブロック	0.809	-0.112	0.311	-0.029	0.485	0.000	0.000
X6	バイオブロック	0.925	-0.157	-0.212	0.049	-0.268	0.003	0.000
X7	周 辺 ブロック	0.720	-0.150	0.610	0.074	-0.286	-0.003	0.000

表－7 主成分得点表(平成 17 年)

番号	海藻類	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分	第 6 主成分	第 7 主成分
1	アナアオサ	2.095	-0.266	-2.525	-0.007	-0.287	-0.001	0.000
2	タマジユズモ	-1.334	-0.834	0.122	-1.197	-0.164	-0.001	0.001
3	ホソメコンブ	2.980	-0.488	1.648	0.207	-0.834	0.000	0.000
4	イソウモドキ	-1.725	-1.917	-0.031	1.576	0.132	0.000	0.000
5	ダルス	-1.387	-1.020	0.107	-0.955	-0.136	0.001	-0.002
6	イギス	-0.646	1.524	-0.007	0.221	-0.042	0.013	0.000
7	コノハノリ科	-0.956	1.137	0.114	-0.080	-0.111	-0.005	0.000
8	フジツマモ	-0.802	1.964	0.108	0.449	-0.083	-0.007	0.000
9	無節サンゴ藻	1.776	-0.100	0.465	-0.214	1.525	0.000	0.000

次に、平成 17 年、平成 18 年混合データの相関行列による主成分分析結果を表－8～表－12 に示す。

表－8 基礎統計量(平成 17 年・平成 18 年混合)

変量	ブロック名	平均	分散	標準偏差	最小値	最大値
X1	EM 菌ブロック	0.104	0.016	0.128	0.000	0.347
X2	ソイルブロック	0.199	0.088	0.301	0.000	0.923
X3	石炭灰ブロック	0.219	0.109	0.335	0.000	0.969
X4	木炭ブロック	0.131	0.056	0.240	0.000	0.785
X5	マサ土ブロック	0.195	0.077	0.281	0.000	1.000
X6	バイオブロック	0.086	0.018	0.138	0.000	0.397
X7	周辺ブロック	0.025	0.003	0.052	0.000	0.194

表－9 相関行列・分散共分散行列(平成 17 年・平成 18 年混合)

変量	ブロック名	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X1	EM 菌ブロック	0.016	-0.249	-0.454	0.366	0.027	0.299	0.062
X2	ソイルブロック	-0.009	0.088	-0.114	-0.289	-0.334	-0.207	-0.137
X3	石炭灰ブロック	-0.019	-0.011	0.109	-0.188	-0.397	-0.311	-0.277
X4	木炭ブロック	0.011	-0.020	-0.015	0.056	-0.290	-0.141	-0.147
X5	マサ土ブロック	0.001	-0.027	-0.036	-0.019	0.077	0.133	0.222
X6	バイオブロック	0.005	-0.008	-0.014	-0.005	0.005	0.018	0.571
X7	周辺ブロック	0.000	-0.002	-0.005	-0.002	0.003	0.004	0.003

表－10 相関行列による主成分分析(平成 17 年・平成 18 年混合)

変量	ブロック名	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分	第 6 主成分	第 7 主成分
X1	EM 菌ブロック	0.392	0.469	0.162	0.021	-0.567	0.506	0.145
X2	ソイルブロック	-0.276	-0.220	0.794	0.100	0.021	0.045	0.482
X3	石炭灰ブロック	-0.462	-0.097	-0.459	-0.439	-0.217	0.218	0.528
X4	木炭ブロック	0.061	0.705	-0.025	-0.069	0.528	-0.216	0.409
X5	マサ土ブロック	0.349	-0.299	-0.348	0.644	0.031	-0.017	0.502
X6	バイオブロック	0.490	-0.181	0.091	-0.471	-0.287	-0.606	0.216
X7	周 辺 ブロック	0.437	-0.320	0.050	-0.395	0.518	0.529	0.033
固 有 値		2.233	1.585	1.138	1.017	0.588	0.333	0.105
寄 与 率		0.319	0.226	0.163	0.145	0.084	0.048	0.015
累積寄与率		0.319	0.546	0.708	0.853	0.937	0.985	1.000

表－11 因子負荷量(平成 17 年・平成 18 年混合)

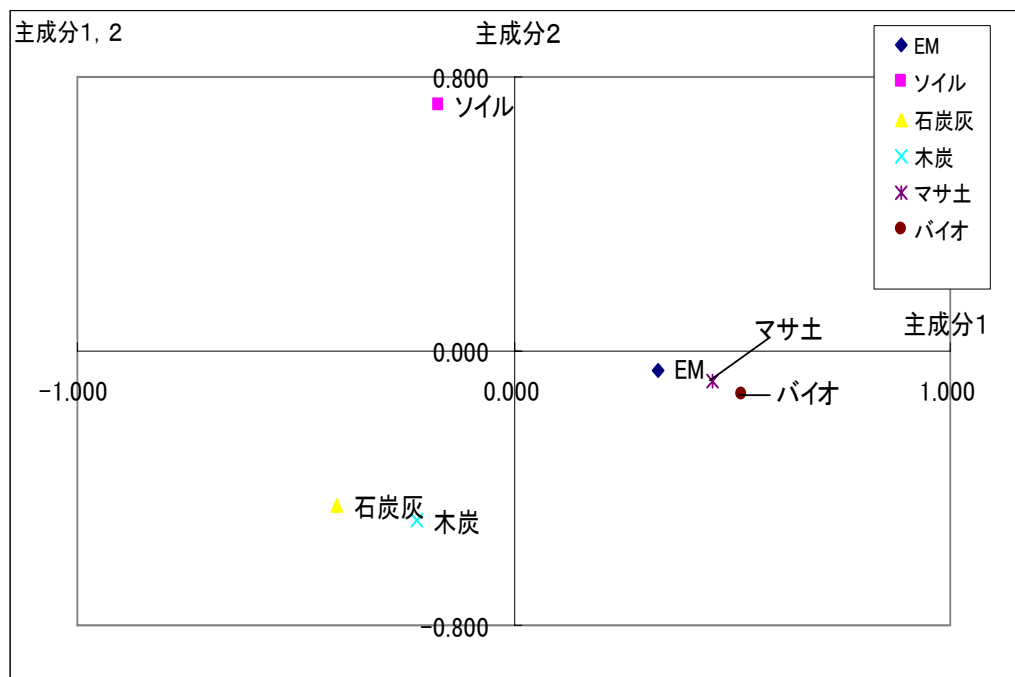
変量	ブロック名	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X1	EM 菌ブロック	0.586	0.591	0.173	0.021	-0.435	0.292	0.047
X2	ソイルブロック	-0.413	-0.276	0.847	0.101	0.016	0.026	0.156
X3	石炭灰ブロック	-0.690	-0.122	-0.490	-0.443	-0.166	0.126	0.171
X4	木炭ブロック	0.091	0.888	-0.027	-0.070	0.405	-0.124	0.133
X5	マサ土ブロック	0.521	-0.377	-0.371	0.649	0.024	-0.010	0.163
X6	バイオブロック	0.733	-0.227	0.097	-0.475	-0.220	-0.350	0.070
X7	周 辺 ブロック	0.653	-0.402	0.053	-0.398	0.397	0.305	0.011

表－12 主成分得点表(平成 17 年・平成 18 年混合)

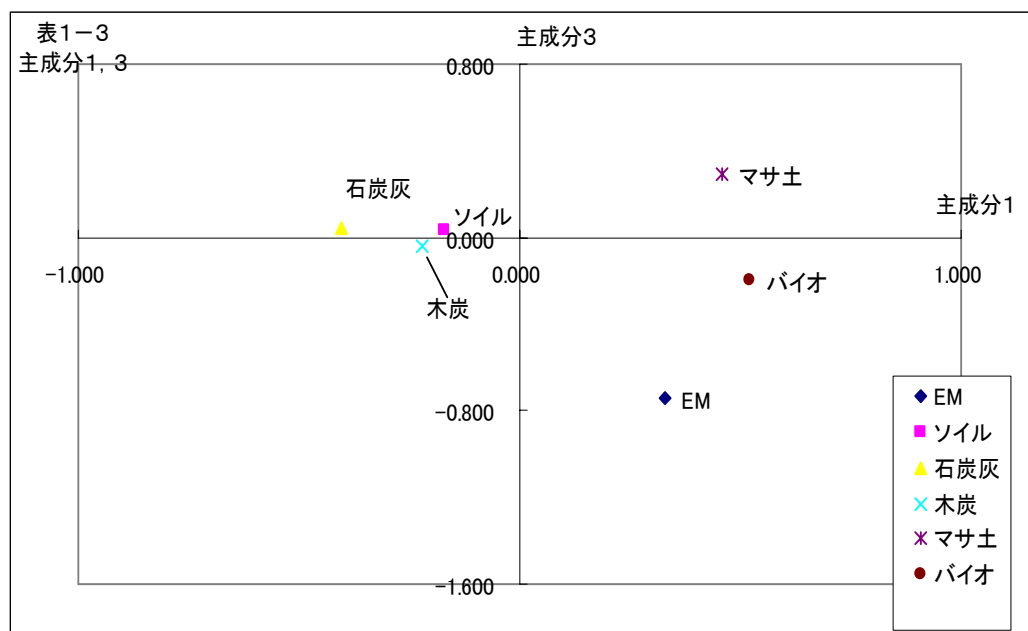
番号	海藻類	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分	第 6 主成分	第 7 主成分
1	アナアオサ	1.320	0.314	-0.378	1.017	-0.452	1.009	0.022
2	フジスジ目	0.548	2.421	-0.002	-0.124	0.630	-0.630	0.081
3	ホソメコンブ	0.915	-0.592	0.446	-0.882	0.070	-0.626	0.254
4	ケウルングサ	0.624	-1.166	-1.443	2.611	0.325	-0.399	0.286
5	イギス	0.522	0.289	0.028	0.672	-0.857	0.151	0.056
6	ハイウスバノリ	-0.502	-0.262	-0.305	0.545	0.200	-0.357	-1.201
7	モロイトグサ	0.869	0.787	0.989	-0.195	0.082	1.573	-0.099
8	イソムラサキ	0.233	3.061	0.004	0.090	1.006	-0.193	0.079
9	無節サンゴ藻	0.999	-0.894	-0.502	0.656	-0.016	-0.070	0.104
10	アナアオサ	1.894	0.524	0.437	-0.812	-2.174	-0.689	-0.058
11	タマジユズモ	-2.010	-0.355	-1.476	-0.999	-0.400	0.298	0.075
12	ホソメコンブ	2.912	-2.135	-0.116	-1.707	1.322	0.054	-0.050
13	イソウモドキ	-1.597	0.421	-1.053	-0.702	0.316	-0.095	0.106
14	ダルス	-1.976	-0.262	-1.531	-1.007	-0.342	0.269	0.074
15	イギス	-1.416	-0.689	1.643	0.299	0.031	-0.142	0.083
16	コノハノリ科	-1.731	-0.670	1.079	0.043	0.031	-0.008	0.090
17	フジツマモ	-1.605	-0.791	2.182	0.495	0.228	-0.146	0.098

主成分分析結果を図化したものを示す。図に示す主成分の値、主成分得点の値は、累積寄与率が 0.8 を超えるまでの値、もしくは固有値が 1 以上の値を示している部分までを採用することとする。

平成 17 年の分析における主成分を図－1～図－3、主成分得点を図－4～図－6 に示す。なお、主成分、主成分得点は第 1 から第 3 までを採用した。



図－1 主成分 1・2(平成 17 年)



図－2 主成分 1・3(平成 17 年)

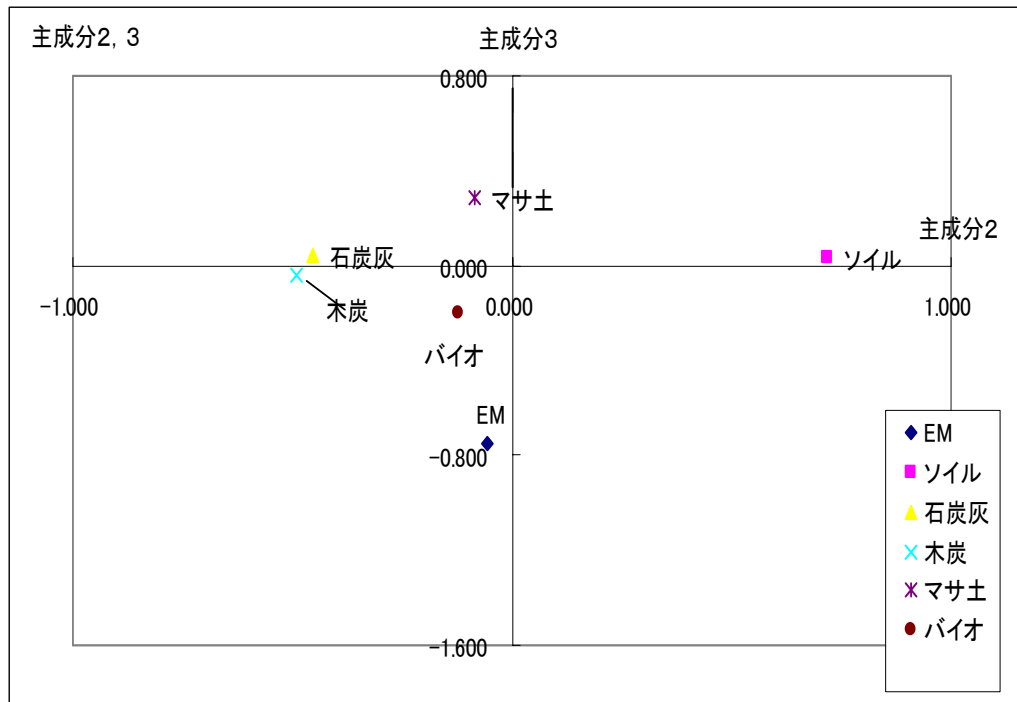


図-3 主成分 2・3(平成 17 年)

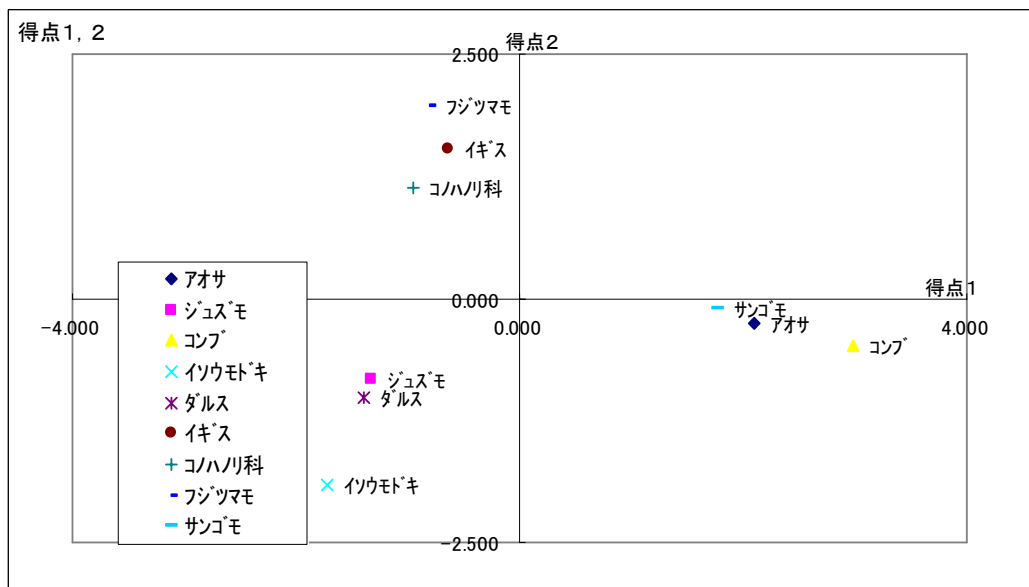


図-4 主成分得点 1・2(平成 17 年)

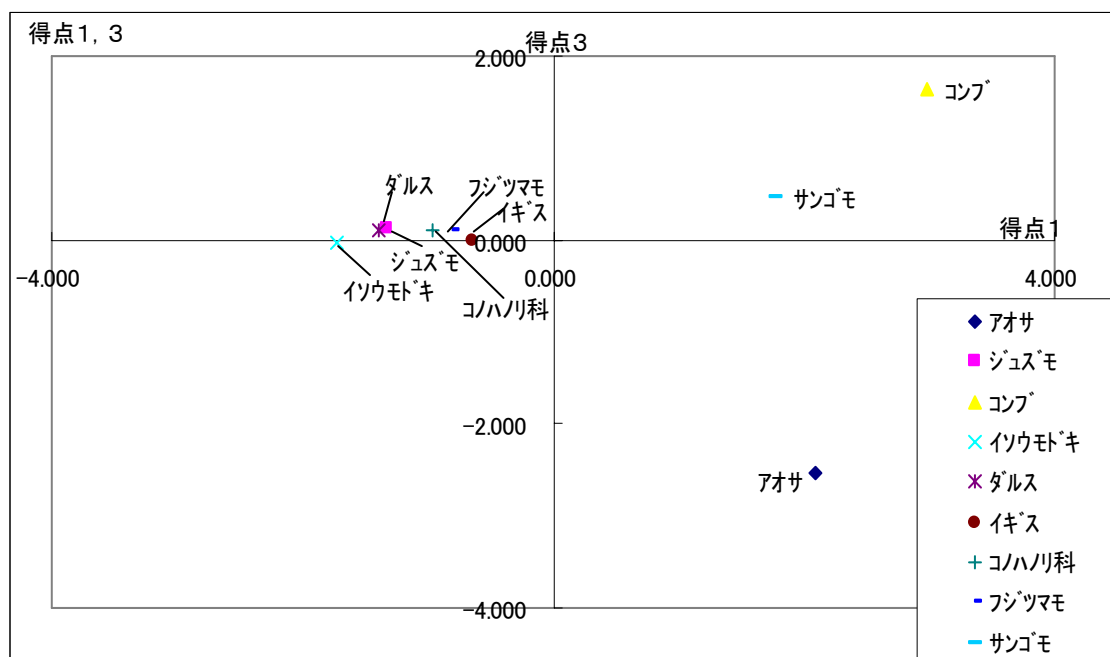


図-5 主成分得点 1・3(平成 17 年)

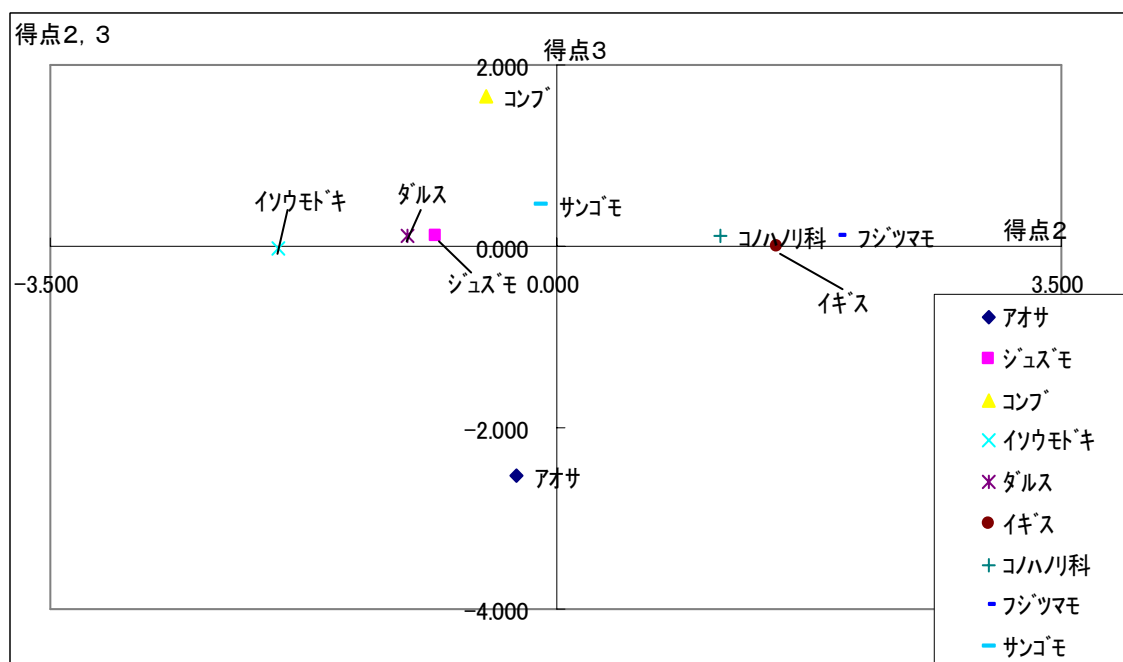
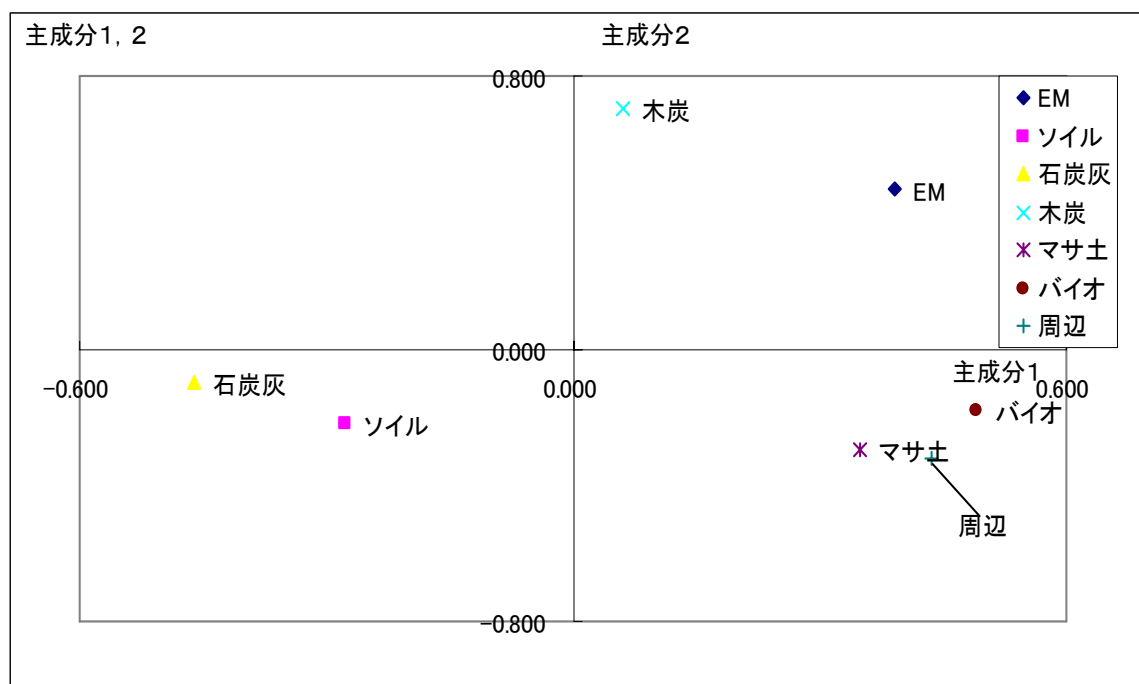
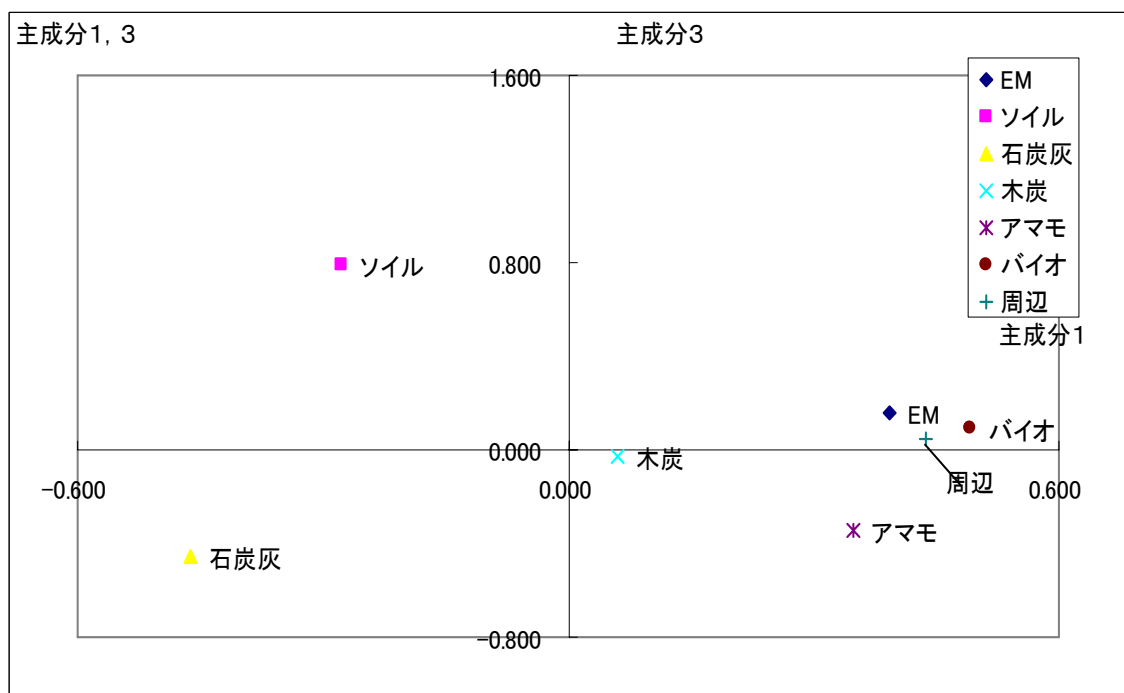


図-6 主成分得点 2・3(平成 17 年)

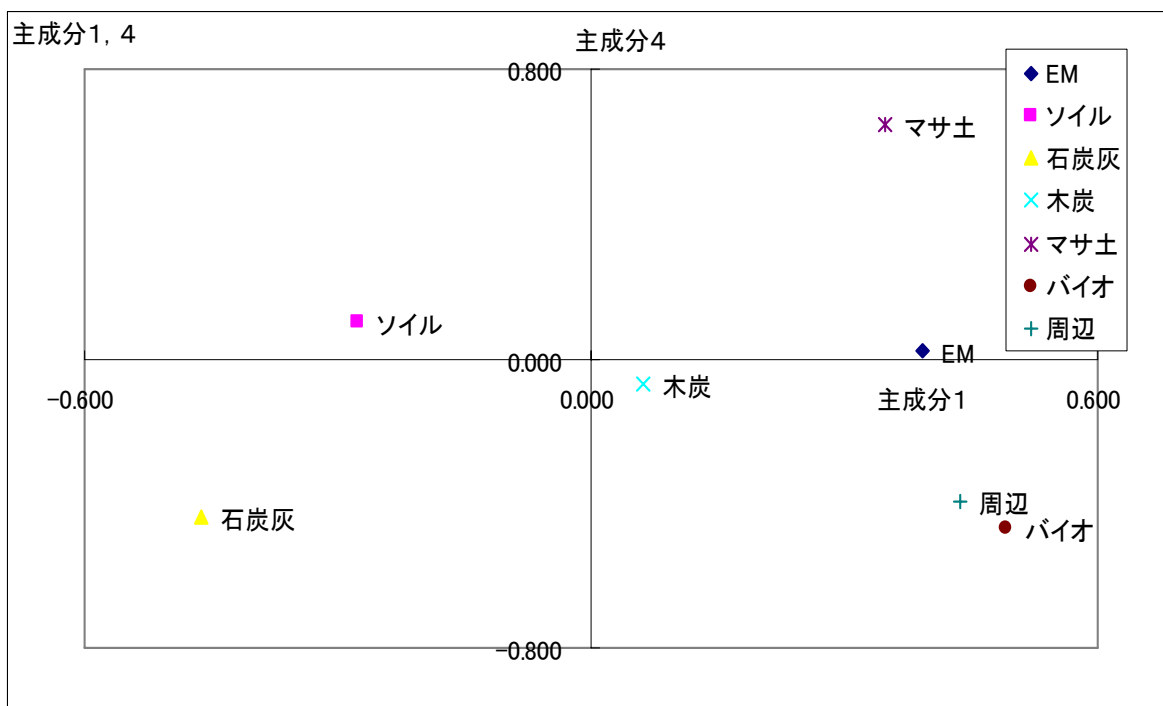
平成 17 年、平成 18 年混合データの分析における主成分のグラフを図－7～図－12、主成分得点のグラフを図－13～図－18 に示した。なお、主成分、主成分得点は第 1 から第 4 までを採用した。



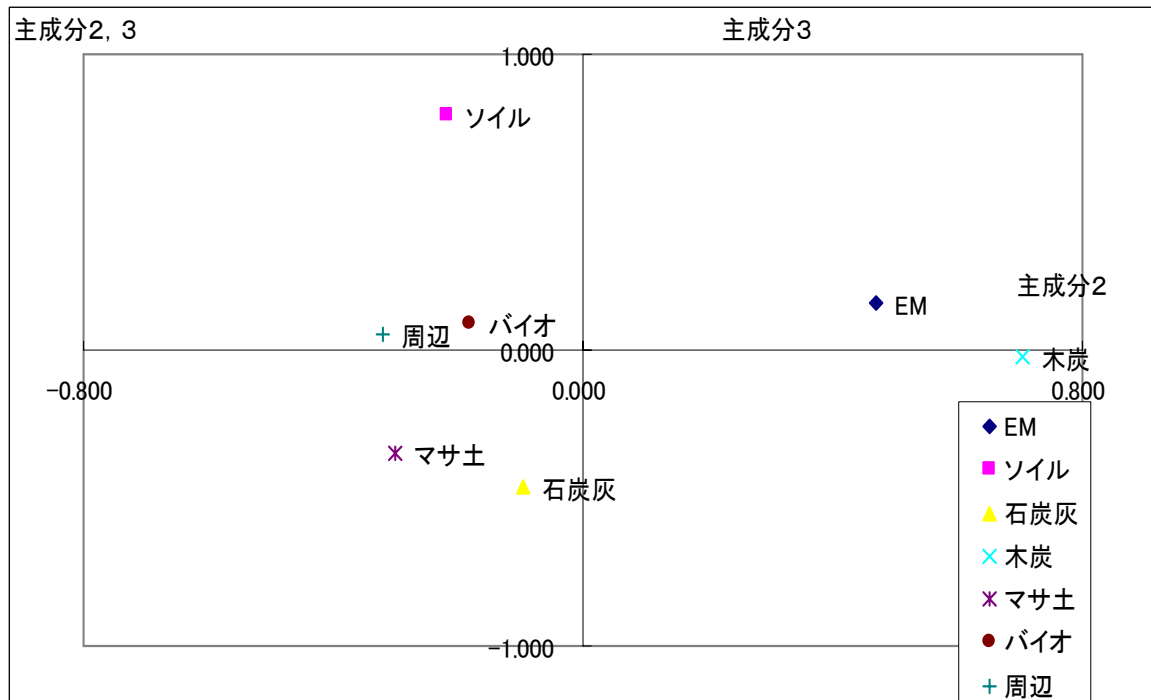
図－7 主成分 1・2(平成 17 年・平成 18 年混合)



図－8 主成分 1・3(平成 17 年・平成 18 年混合)



図－9 主成分1・4(平成17年・平成18年混合)



図－10 主成分2・3(平成17年・平成18年混合)

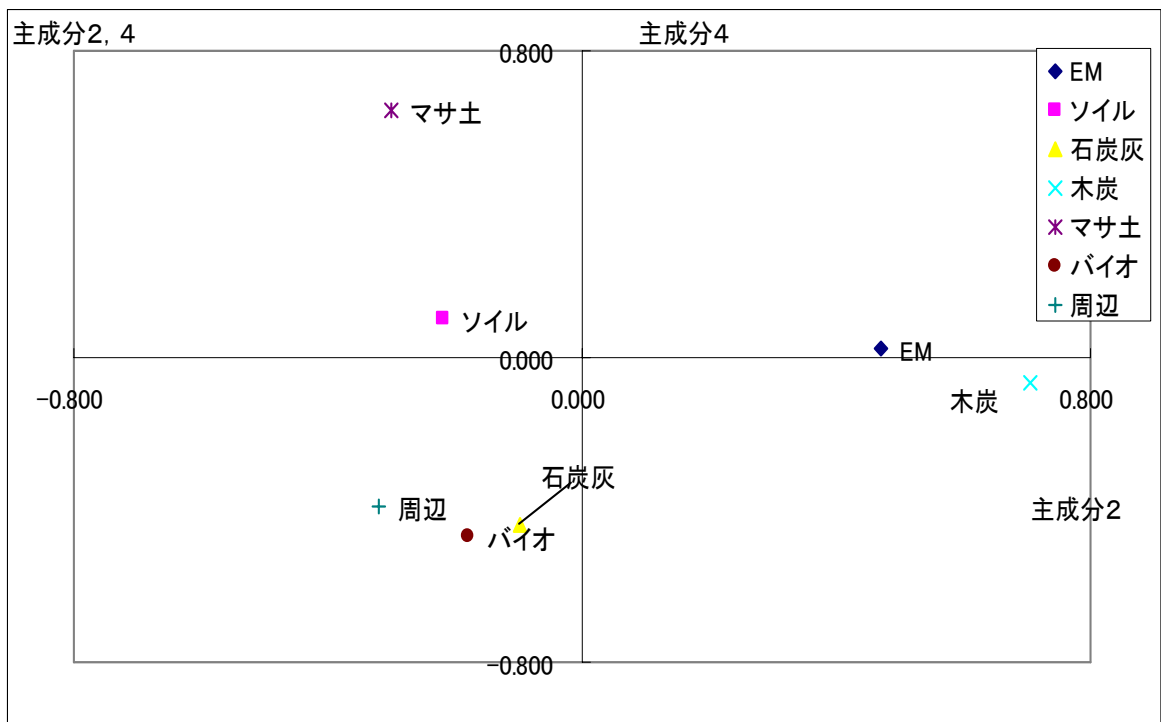


図-11 主成分 2・4(平成 17 年・平成 18 年混合)

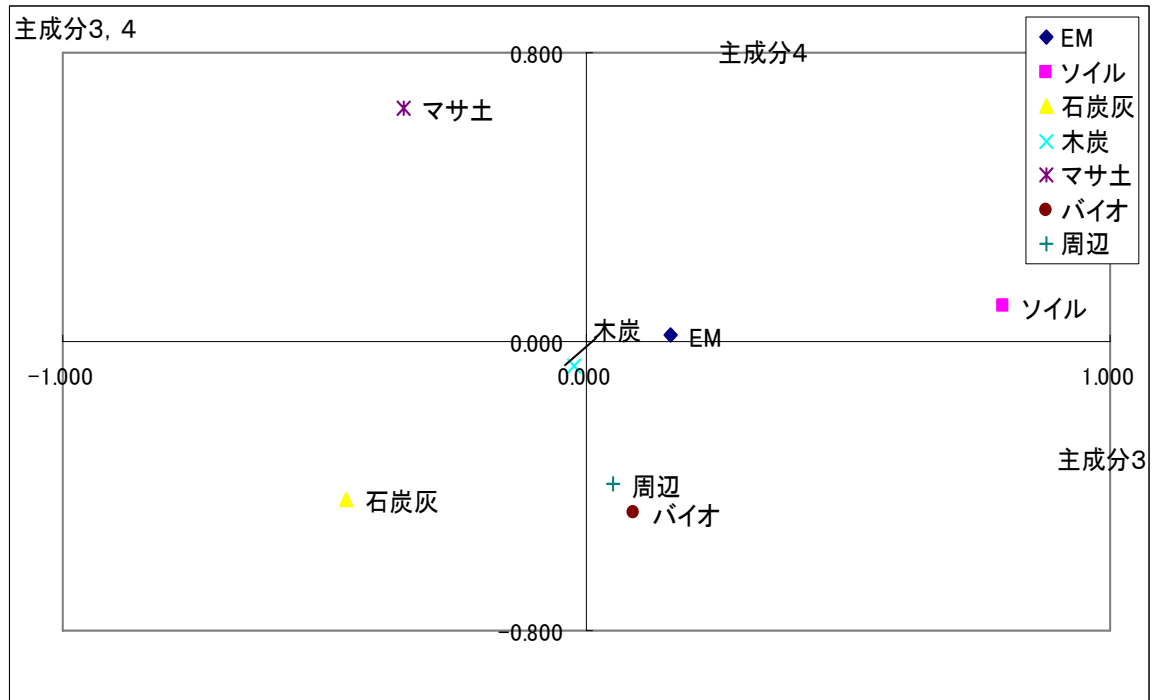


図-12 主成分 3・4(平成 17 年・平成 18 年混合)

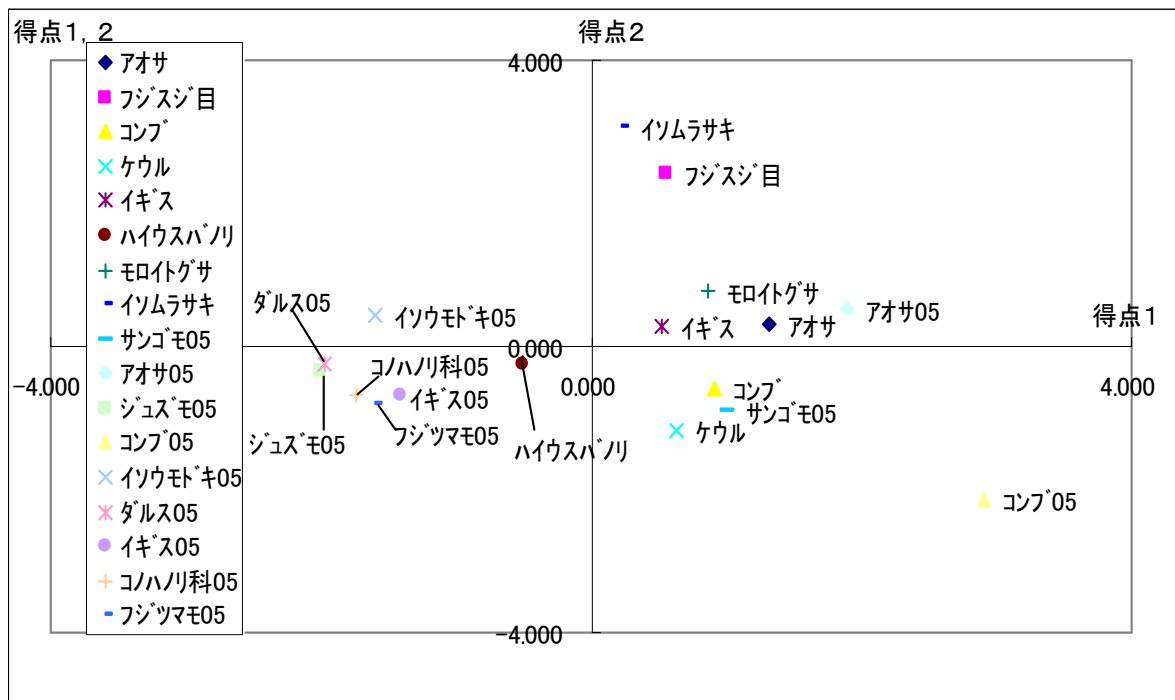


図-13 主成分得点1・2(平成17年・平成18年混合)

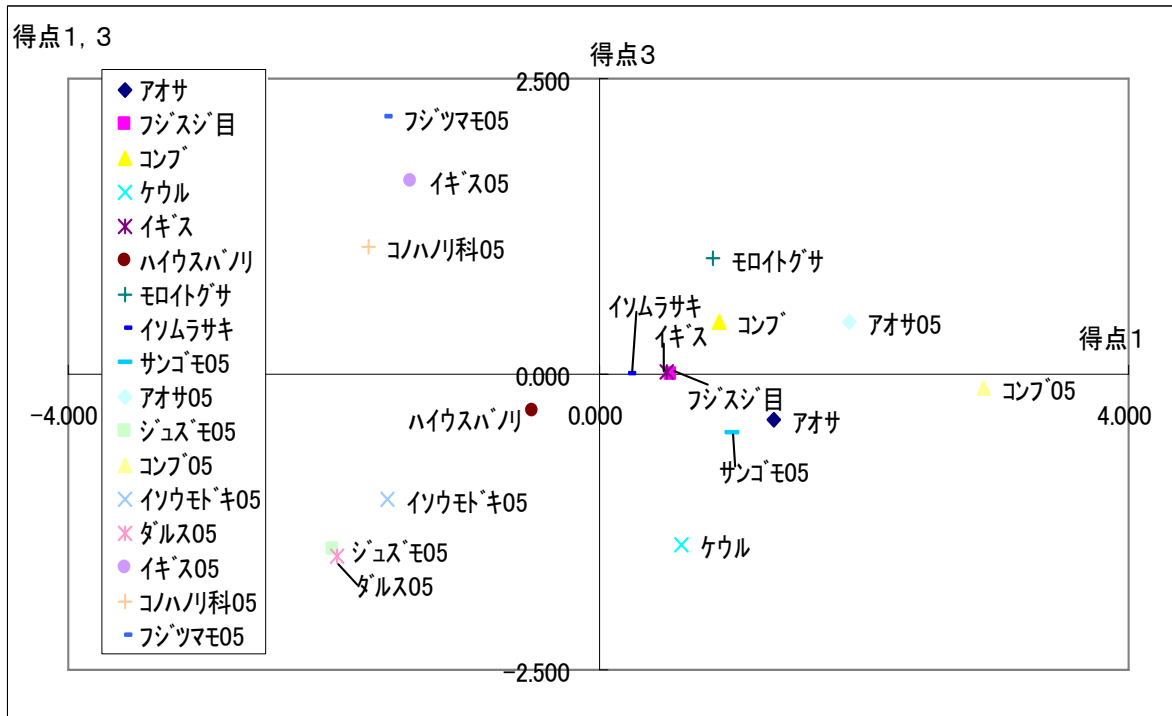


図-14 主成分得点1・3(平成17年・平成18年混合)

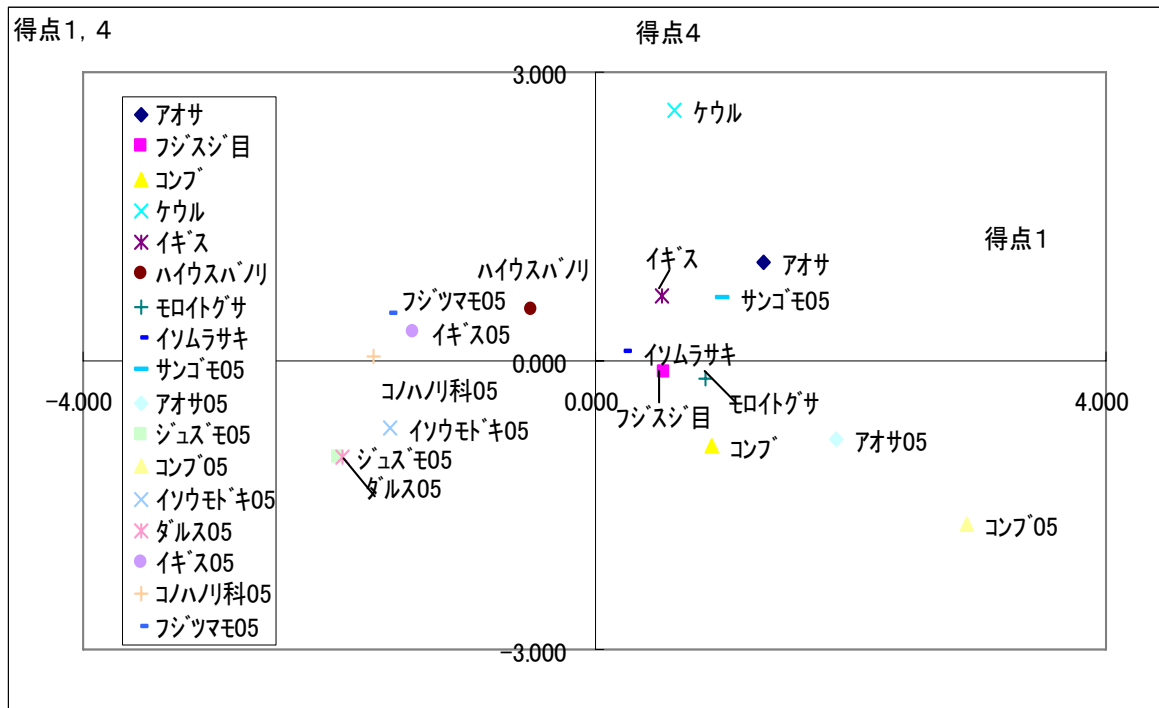


図-15 主成分得点1・4(平成17年・平成18年混合)

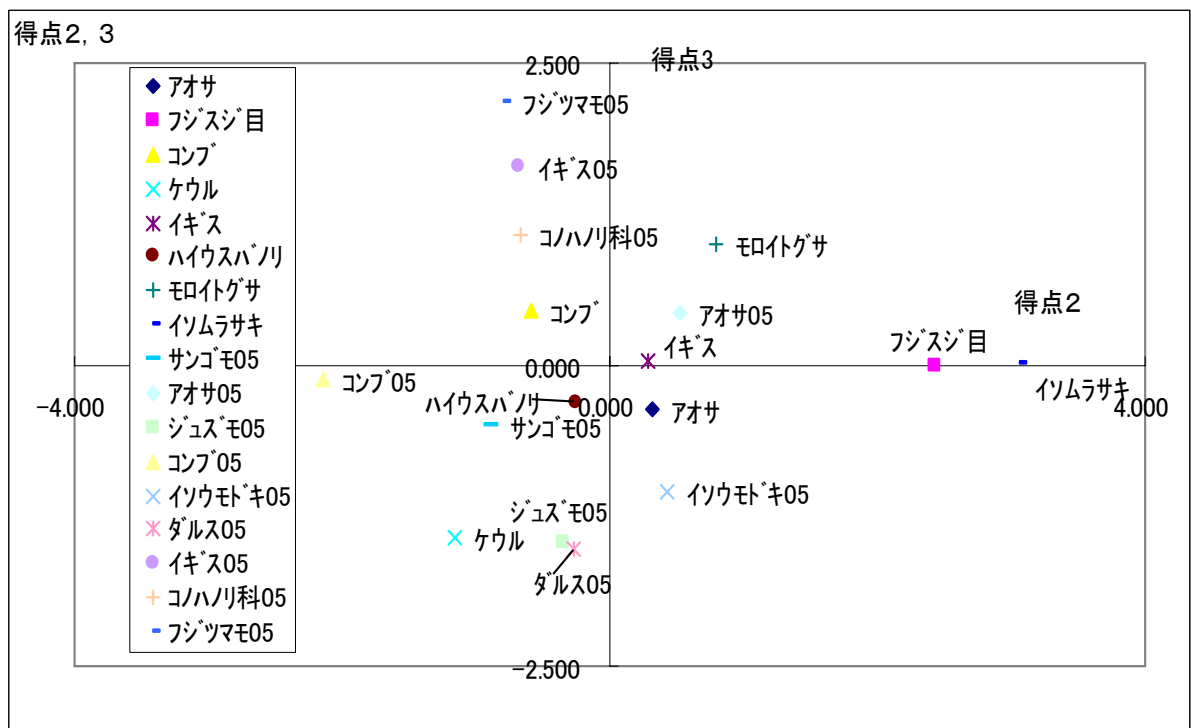
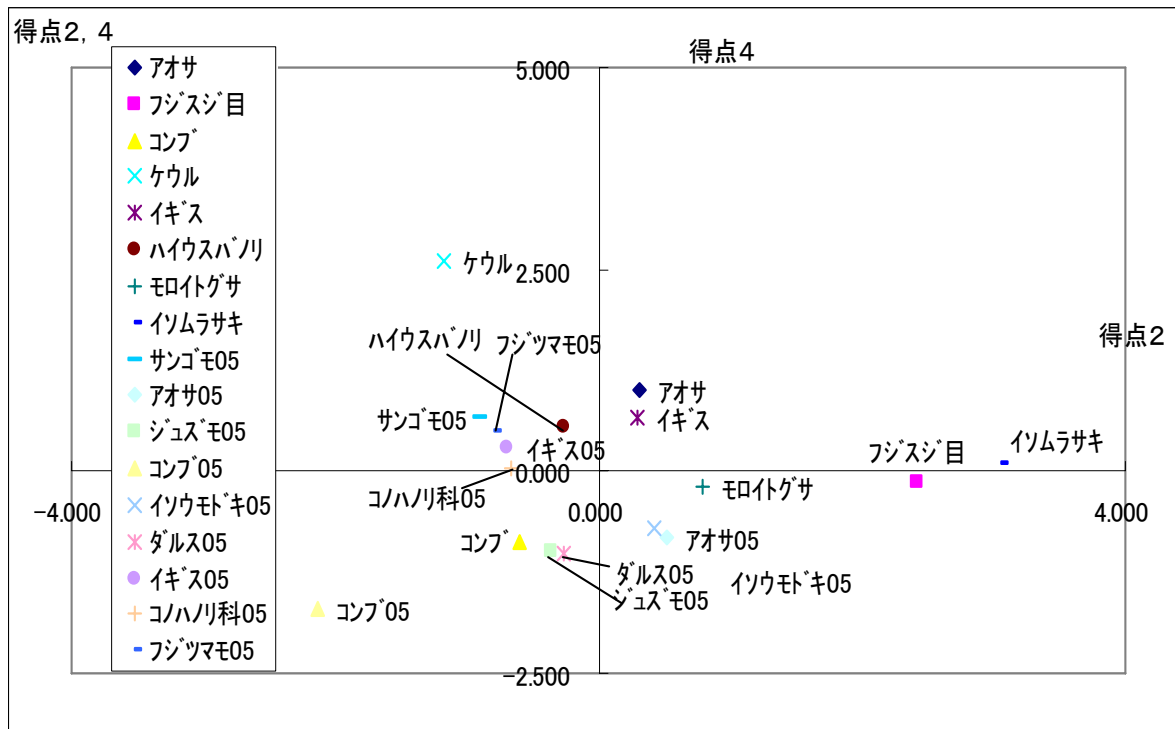
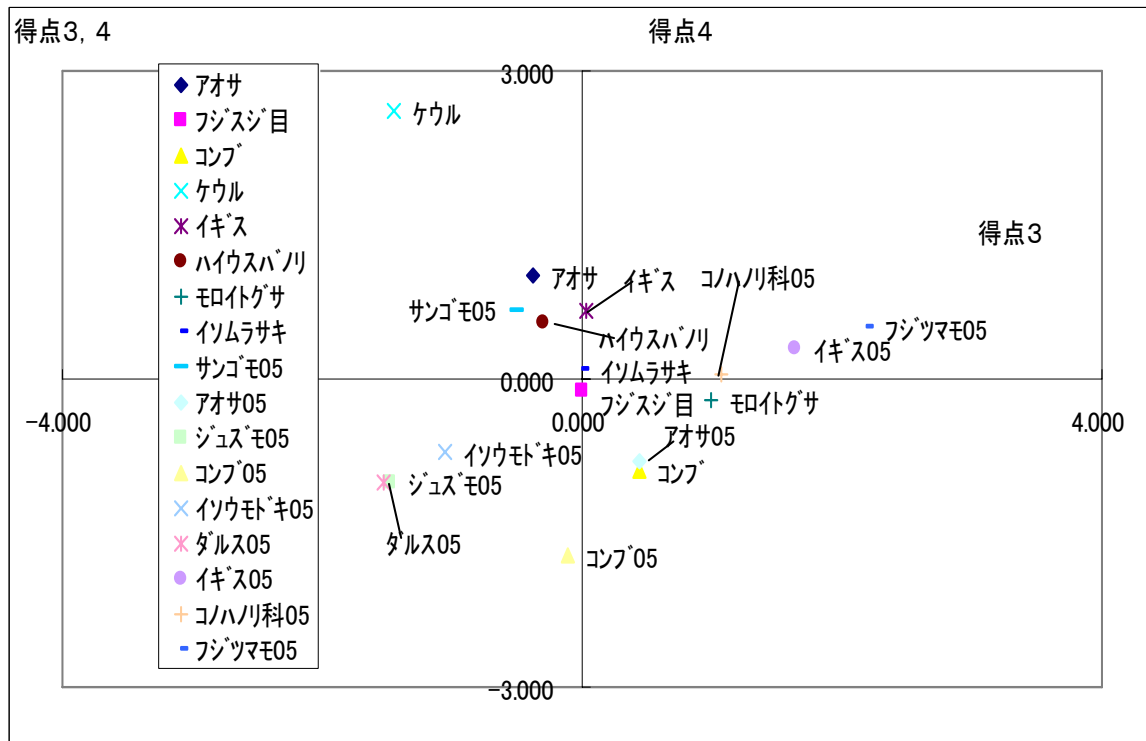


図-16 主成分得点2・3(平成17年・平成18年混合)



図一17 主成分得点 2・4(平成 17 年・平成 18 年混合)



図一18 主成分得点 3・4(平成 17 年・平成 18 年混合)

2. 主成分分析による考察

- ① 図-1 によれば、平成 17 年データの主成分 1（横軸）は、バイオ、アマモ、EM などのポーラスコンクリートとそれ以外の非ポーラスコンクリートに分かれており、第一主成分は、ポーラスか非ポーラスか、という表面形状を表していると考えられる。
- ② 図-3 によれば、平成 17 年データの主成分 2（横軸）についてみると、非ポーラスで方形のソイルブロックが他に比して非常に大きい。詳細は不明であるが、第二主成分はソイルブロックの持つ性質を表していると考えられる。
- ③ 第 3 主成分について、図-3（縦軸）に着目してみると、有機成分溶出質の EM 菌ブロック（微生物培養液が混入されている）が高く、非溶出質であるマサ土ブロックが小さくなっており、第 3 主成分は、表面溶質性能であると推測できる。
- ④ 図-4 に示した主成分得点 1 が高い無節サンゴ藻、アナアオサ、ホソメコンブは、①で示したように第 1 主成分が表すポーラスブロックに着生しやすいと考えられる。
- ⑤ 図-4、図-5 及び図-6 の主成分得点図によれば、ホソメコンブと無節サンゴ藻はいずれの場合も近い点にプロットされており、両者が好む環境・機質は似かよっていると考えられる。このことは磯焼け現象においてコンブの藻場が無節サンゴ藻に取って代られることの説明の 1 つになると考えられる。

【文責】志村 和紀

第4章 河川におけるポーラスコンクリート

【要 旨】

永年、我国において河川護岸に使用されてきたコンクリートやコンクリート二次製品が近年、環境負荷の要因となっているといわれているが、我国のコンクリート技術はたえず自然との共生を考えてきた。

本論文は、本当にコンクリートは自然と共生できないのか、コンクリート技術の先端であるポーラスコンクリートによる施工事例の分析結果から、今後河川護岸において自然共生コンクリートとして使用されることで生物多様性を一層促進できるものとする。

1. はじめに

近年、環境意識の高まりとともに自然とコンクリートの共生が重要な課題となっているが、我が国の変化に富んだ狭い地形に適した治水方法として、古くから石積や石張が行われ、治水の整備水準や施工方法の高度化により、短期間に確実な効果を得られるコンクリートが主流となった。そのため、河川環境が損なわれる事例が多くなり、自然とコンクリートの共生が技術的に解決できるか、平成12年に土木学会コンクリート委員会より「水辺コンクリート構造物研究小委員会(318委員会)」として承認され、5つのワーキンググループによって平成14年に調査研究の報告を行った。同年に北海道土木技術会コンクリート研究委員会に「水辺のコンクリート性能調査研究小委員会」を発足し、5年間の調査研究を行い、延べ8年間の河川環境とコンクリートに関する調査研究は、河川護岸におけるコンクリートの河川環境の整備と保全を具体化する手法について検討した。

2. 現場打設と工場製品の課題

2-1 現場打設

連続した空隙を有する多孔質のコンクリートであるポーラスコンクリートは、現場打設による施工の場合において連続空隙率や強度等の品質に及ぼす影響が非常に大きい。

(1) 運 搬

ポーラスコンクリートは、単一粒径に近い粗骨材を使用したセメントペーストが少ない貧配合のため、乾燥しやすくアジテータ車からの排出が困難となる。このため、乾燥対策を行なったダンプトラックによる運搬となり、製造工場から現場までの運搬距離が制限される。

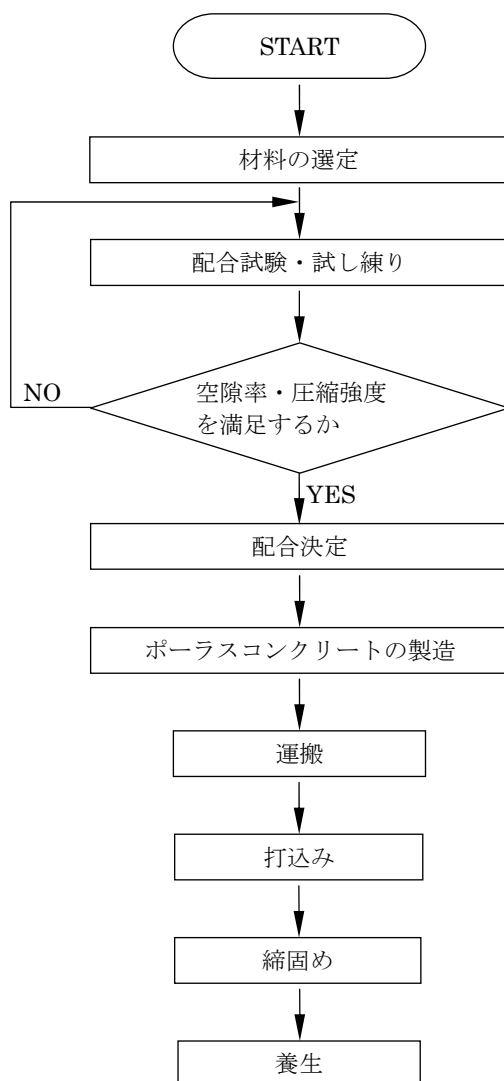
(2) 打込み・締固め

ポーラスコンクリートは空隙径が大きく、表面積も大きいことから非常に乾燥しやすく、出荷から打込み完了までの可使時間は最大90分程度と設定できる。ただし、気温、日照、風等の気象条件を考慮し、製造からの経過時間がフレッシュ性状や圧縮強度に及ぼす影響を各種試験により事前に確認し、可使時間を設定する必要がある。

打込み・締固め方法については、打込みはバックホウ・クレーン・人力等、締固めはバックホウ・振動コンパクタ等となり、施工の時間的制約や不確実性を考慮すると特に法面部における均質な空隙率や強度などの品質確保は困難な状況となる。

(3) 養 生

非常に乾燥しやすいポーラスコンクリートは、硬化に有害な影響のないよう速やかに、かつ均等に湿潤養生を行なわなければならない。

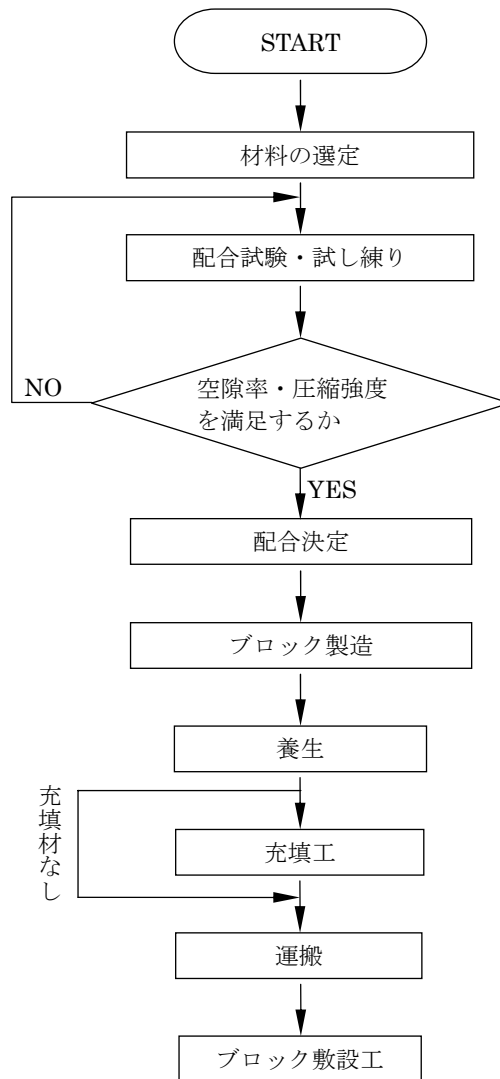


図ー1 現場打設の施工フロー⁴⁾

2-2 工場製品

ポーラスコンクリートの工場製品は、所定の性能を有する製造工場またはレディーミクストコンクリート工場で行うため、材料の選定から配合試験、空隙率・圧縮強度試験、ブロック製造、養生が一連工程でできるため、品質の安定度は高い。現地の設置施工も容易で、工期が短縮され出来形等の管理が容易である。積雪寒冷地における水辺に使用するポーラスコンクリートは、強度、耐凍害性、透水性能等の調査及び試験分析により、十分に耐凍害性等の耐久性は確保されていると考えられる。

今日までの調査研究結果より、植物の根の進入と活着が容易な連続空隙率は25%～27%、耐久性を考慮すると、圧縮強度 15N/mm² 以上となるが、この連続空隙率と圧縮強度は相関関係にあり、両方の目標基準を高く設定し所定の性能を確保することは製造上の技術力向上が必要と考える。



図ー2 工場製品の施工フロー⁴⁾

3. 環境保全効果

河川の護岸には、従来からコンクリートが用いられているが、河川環境に配慮した整備が行われない事例が多く、コンクリートに代わる材料として自然石や木材等の自然材料を使用しただけの整備が多く見られた。それは、治水安全度を高める目的の整備を優先し、河川環境を付帯的に捉えているためであり、河川環境の整備と保全を困難にしている。

ポーラスコンクリートは、最大の特徴である空隙への植物の根の進入と活着による植物の繁茂により、魚類の生息場所確保が期待できる河川環境へ配慮した材料である。また、連続空隙率 25%～27%、圧縮強度 18N/mm²を確保することにより、従来から用いられているコンクリートブロックと同等の耐久性を維持できるものとする。

平成 12 年度には、北海道札幌土木現業所滝川出張所管轄の河川改修にて、絶滅の恐れの高い種であるエゾホトケドジョウの生息環境保全と河床低下の対策として、ポーラスコンクリートによる現地試験を行った。

現地試験の結果は、ポーラスコンクリートへの植物の活着と繁茂、エゾホトケドジョウ、イバラトミヨ、フクドジョウの生息が確認され、良好な河川環境の回復が実現している。

4. ポーラスコンクリートと植物の共生

ポーラスコンクリートと植物の共生について、室内生育試験及び現地試験により、良好な植物の生育結果が得られており、ポーラスコンクリートと植物は共生しているものと考えられる。

(1) ポーラスコンクリート

- ・ 規格寸法 380×380×100
- ・ 使用骨材 6号砕石 (13~5mm)
- ・ 荒目砂
- ・ セメント普通ポルトランド
- ・ 強度 (圧縮) 15N/mm²
- ・ 透水係数 0.9~1.5cm/sec
- ・ 空隙率 25~27%



写-1 透水コンクリート供試体

(2) 有効微生物混合バイテクソイル

- ・ 腐植含有量 60%以上
- ・ 使用量 200 g

(3) 使用草種

- ・ クサヨシ 2.0 g
- ・ ケンタッキーブルーグラス (アワード) 4.0 g

1) 生育温度

(4) 10月~12月 日中 20~22℃ 夜間 10~13℃

(5) 1月~4月 冬枯れ状態

(6) 5月~6月 日中 25℃ 夜間 18~20℃

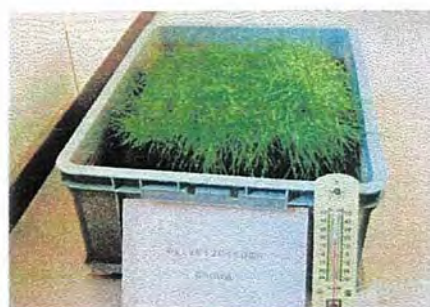


写-2 2000年10月15日

バイテクソイル充填、種子散布



写-3



写-4 2000年12月15日 60日経過



写-5 2001年4月23日 190日経過



写-6 240日経過の伸根状況



施工中



4年後

写－7 現地試験の植生状況の変化



空隙に植物が活着している。

写－8 ポーラスコンクリートへの植物の活着

5. まとめ

ポーラスコンクリートはその用途によって施工条件が異なり、現場打設か工場製品かによって、製造方法及び管理が大きく異なる。特に練混ぜ（製造）、打込み、締固め方法は所定の性能に大きく影響を与えることから、河川におけるポーラスコンクリートにおいては、安定した品質での製造が可能な工場製品が優位である。

ポーラスコンクリートと植物は、連続空隙率を多く有し植物の根の進入・活着が容易になることを要因として共生している。一方で、コンクリート表面が細粒で連続空隙率が少ない場合においては、植物の根は表面への一時的な進入となり活着しないため共生が困難となる。

平成 12 年より 8 年間の河川環境とコンクリートの調査研究活動での試験施工、調査解析、シンポジウム等の結果より、植物と共生しているポーラスコンクリートは、凍結や陽光等による劣化も少なく、河川護岸として河川環境への負荷を低減できることから、環境対応型のコンクリート製品としてポーラスコンクリートの優位性が立証されている。

【参考文献】

- 1) (社)日本コンクリート工学協会：ポーラスコンクリートの設計・施工方法と最近の適用例に関するシンポジウム，委員会中間報告書，論文集，2002.5，2003.5
- 2) (財)先端建設技術センター：ポーラスコンクリート河川護岸工法の手引き，2006.6
- 3) (社)土木学会：水辺のコンクリート構造物研究小委員会報告，シンポジウム論文集，2002.7
- 4) (社)日本コンクリート工学協会：ポーラスコンクリートの設計・施工方法の確立に関する研究委員会報告書，ポーラスコンクリートの製造・施工例，ポーラスコンクリートの製造・施工指針（案），ポーラスコンクリートの評価と試験方法，ポーラスコンクリートの今後の展開，2003.5
- 5) 北海道土木技術会コンクリート研究委員会 水辺のコンクリート性能調査研究小委員会：水辺のコンクリート性能調査研究，2006.9

【文責】宮崎 信弘

第5章 コンクリートブロックによる藻場造成

1. 藻場造成とコンクリートブロック

水産庁は、平成 19 年に「磯焼け対策ガイドライン」を発表して、魚介類の産卵・生育の場となる藻場が消失したまま回復しない『磯焼け』への対策を示す指針をまとめた。海藻を食べ尽くすウニやアイゴ・ブダイといった魚への対策を中心に解説した。

指針はまず、磯焼けの原因を把握する方法を記載した。磯焼け海域で夏に海藻を移植し、秋まで海藻の変化を把握する。海藻にかじった跡が残っている場合には魚が、海藻がなくなり海域に通常より多くウニがいる（1 平方メートル当たり 5 匹以上）場合にはウニが、それぞれ原因として推測できるとした。

次に、ウニと魚について実用化のめどが立っている対策を解説した。ウニの場合は、潜水作業で除去することが有効だと指摘している。市民ダイバーと漁業者が協力してウニを除去した海域でコンブが再び繁茂した事例を紹介した。

一方、魚の場合は、網やカゴで海藻を防御することが有効だと指摘した。また、アイゴを刺し身や南蛮漬に調理して食べるイベントを開催した事例を紹介、アイゴやブダイを取って食用とする方法の普及を提案した。

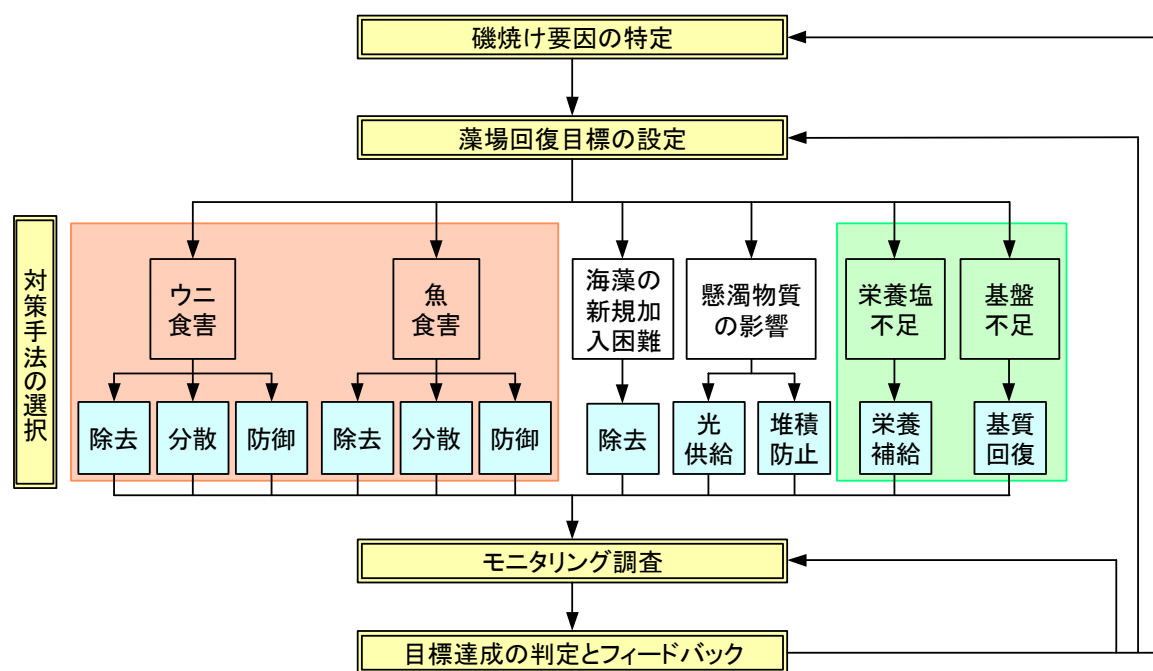


図-1 磯焼け対策のフロー図

このガイドラインは、図-1 に示す図中のオレンジ色で囲まれた部分に対するものであり、本研究で調査を行ってきた事項は緑色で囲んだ部分である。

本研究では、「栄養塩不足」と「基盤（コンクリート）不足」を一度に解消することを目的として、試験施工を行い6年間にわたってモニタリング調査を行ってきた。これまで述べてきたように、海藻類の着生量、出現種数では従来のコンクリートブロックより若干有意性が確認されたが、これらの藻場環境ブロックを従来のコンクリートブロックに置き換えることで磯焼けを解消できる確証はない。

本研究では、着生量を計測した資源量調査の結果に基づいて考察したが、平成 17 年度、平成 22 年度は夏枯れがかなり進んだ状態での調査となり、平成 18 年度は盛期の調査であったため着生量に 10 倍以上の差異が生じた。また、平成 18 年度は海水温が夏から秋にかけても高い状況が続いたため、10 月になっても夏枯れした海藻類が着生したままの状況であった。

このように海中における物理、化学、生物の状況が毎年同じ条件であれば各ブロックにおける特徴が顕著に現れるかもしれないが、海中において海藻類を生育させるためのファクターが多すぎることで磯焼けの原因、磯焼け解消の方策にまで辿り着けない理由となっているのではないだろうか。

水産庁が作成したガイドラインには、「ウニ・魚の被害」、「海藻の新規加入困難」、「懸濁物質の影響」、「栄養塩・基盤の不足」と 4 つの原因のうち、海藻を捕食するウニや魚を『除去』『分散』『防御』することで目標達成に取り組む方針である。これについては、これまでの調査結果からその有効性が認められているが、広い面積を実施することは困難と思われる。

磯焼け対策や藻場造成を行う場合には、新たな着生基質としてコンクリートブロックを投入する。一般的に海藻の胞子が浮遊し始める前の夏から秋に投入すると翌年の初夏にはいろいろな種類の海藻類がびっしりとコンクリートブロックに付着する。この海藻類（一年草）は夏から秋に一度枯れて何も無い状態になり、秋にまた胞子が着生して翌年の初夏にも多くの海藻類が繁茂する。こうしてこの海域の磯焼けは解消し藻場が造成されたと思っていると 3 年目、4 年目になるとこのコンクリートブロックには全く海藻が着生せず、磯焼けの原因である無節サンゴ藻がブロック全面に着生し、もとの磯焼け海域となる。

本調査の主目的は、この 3～4 年後にコンクリートブロックに海藻が生育しなくなる原因を解明することであった。そこで、磯焼けの原因のひとつにあげられる栄養塩不足を補うためにコンクリートブロックに栄養分を添加することで解消できるのではないかと仮説を立てて、前項で示した 6 種類の藻場環境ブロックを試作したのである。

そして平成 16 年 8 月に藻場環境ブロックを投入し、翌年の平成 17 年 7 月と翌々年の平成 18 年 6 月に資源量調査を実施した。この時の結果はどちらの年も海藻類が繁茂しており、特に平成 18 年はたくさんの海藻類が確認された。しかし、設置から 6 年目となる平成 22 年に資源量調査を実施したところ、全く海藻類は生育していない状況であった。

本章では、これまでに実施した調査結果をもとにコンクリートブロックに焦点を当てて藻場造成との関係について考察を行った。なお、平成 16 年からの調査項目は表-1 に示すとおりである。

表-1 藻場環境ブロックの設置と追跡調査

年数 項目	H16 年 投入	H17 年 1 年目	H18 年 2 年目	H19 年 3 年目	H20 年 4 年目	H21 年 5 年目	H22 年 6 年目
水 質 調 査	○	○	○				
流 況 調 査		○	○				
状 況 調 査	○	○	○			○	○
資源量調査		○	○				○

2. 海水温の状況

2-1 海水温の推移

海藻類の生育は冬から春にかけての海水温に大きく左右され、一般にこの時期の海水温が低ければ低いほどその年の海藻（特にコンブ）の収量はよいとされている。

ここで、資源量調査を実施した年の冬から夏の海水温について文献より調査した。調査地点は臼谷漁港と同じ日本海の余市町のデータを北海道マリンネットより引用した（表－2 参照）。また、これらの年の水温偏差をグラフにしたものを図－2 に示す。

表－2 資源量調査実施時の海水温の状況

年月	平成 16 年～平成 17 年 (2004 年～2005 年)	平成 17 年～平成 18 年 (2005 年～2006 年)	平成 21 年～平成 22 年 (2009 年～2010 年)
12 月	10 月下旬以降 12 月中旬までの水温は、「平年並み」～「かなり高い」で推移し、特に 11 月上旬から下旬まで「かなり高い」で推移した。	11 月以降 12 月下旬までの水温は、11 月下旬まで「かなり高い」～「やや高い」で推移したが、12 月には「平年並み」～「かなり低い」となった。	11 月中旬に「かなり低い」になったが、11 月下旬には「平年並み」になっている。
2 月	「平年並み」から「やや高い」で推移しており、2004 年に続いて高温傾向が続いている。特に今年2月中旬から「やや高い」となっており、2 年連続して水温の高い冬となっている。	1 月中旬まで「平年並み」だったが、その後2月中旬まで低水温で推移し、2 月中旬には平年より 1.5℃低くなり、水温偏差比による水温評価で「非常に低い」となった。2001 年の冬以来、水温の低い冬となっている。	1 月上旬～3 月上旬にかけては、「やや高い」か「かなり高い」になる場合が多くみられる。
4 月	3 月下旬から4月下旬まで「やや高い」から「平年並み」で推移したが、5 月上旬に「やや低い」となっています。	「かなり低い」から「やや低い」で推移しており、昨年 12 月より低温傾向が続いている。気象庁の北海道の気温の1ヶ月予報(5/5 版)も低めに予報がでていることから、今後も低水温が継続する見通しである。	4 月下旬から5 月下旬まで「平年並み」よりも低くなっている。
6 月	5 月中旬に「非常に低い」となったが、5 月下旬に「やや低い」となり、以降6月中旬まで「平年並み」で推移している。	6 月下旬まで「やや低い」から「かなり低い」で推移していたが、7 月上旬に平年より1℃高くなり「やや高い」となり、昨年 12 月より続いていた低温傾向が沿岸域ではやや回復した。	4 月下旬から5 月下旬まで「平年並み」よりも低くなっていたが、6 月中旬では「かなり高い」になっている。
8 月	6 月中旬以降8月上旬までは、7 月上旬に「やや低い」となったが、7 月中旬以降「平年並み」～「やや高い」で推移している。	「やや高い」から「平年並み」で推移している。	6 月下旬と7 月上旬に「非常に高い」になったが、7 月下旬と8 月上旬では「平年並み」になっている。

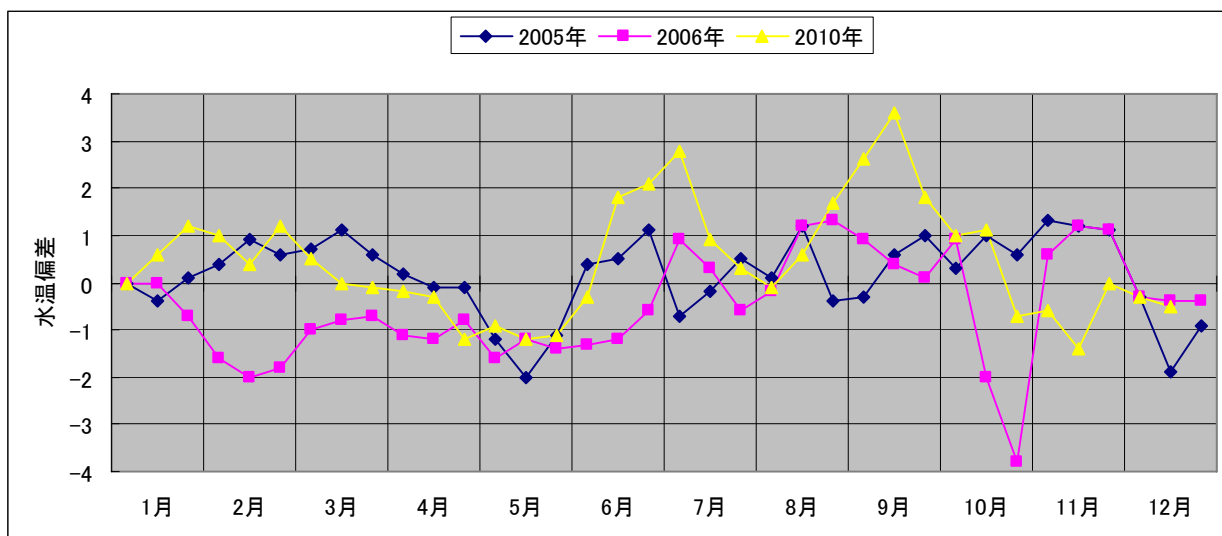


図-2 平成 17 年、18 年、22 年の累年平均からの水温偏差

図-2 からわかるように、海藻類の現存量が多かった平成 18 年の水温偏差は冬季から夏季にかけて低く、現存量が少なかった平成 22 年は春先の水温は若干低かったものの冬季の水温は高い状態にあった。

2-2 冬季海水温の状況

前項のデータからわかるように、平成 17 年と平成 22 年は冬季の海水温が高く、平成 18 年の水温は低かった。特に平成 18 年は平成 3 年の冬以来の低さであった。

調査を実施した年の 2 月調査時の表層水温は表-3 に示すとおりであり、最も水温が低かった平成 18 年と最も水温が高かった平成 22 年では 2.0℃の差があり、平成 17 年と平成 22 年を比較しても 1.3℃高くなっていた。さらに、平成 23 年 2 月は平成 22 年よりさらに高く、平成 18 年との差は 2.7℃であった。

表-3 春季調査日における表層の海水温

年月日	平成 17 年 2 月 27 日	平成 18 年 2 月 20 日	平成 19 年 2 月 19 日	平成 22 年 2 月 19 日	平成 23 年 2 月 28 日
海水温	2.0℃	1.3℃	2.1℃	3.3℃	4.0℃

このことから、平成 18 年の現存量が他の 2 年に比べて多いのは冬季水温による影響が大きいものと考えられる。また、平成 22 年と平成 17 年を比べた場合、どちらも平成 18 年と比べて海水温は高かったが、その現存量には 1~2 オーダーの違いが生じている。

平成 17 年と平成 18 年の水温差は 0.7℃であり、平成 17 年と平成 22 年の差は 1.3℃であり、この温度差も現存量に大きく影響しているものと考えられる。

2-3 夏季海水温の状況

海藻類の生育は冬から春の海水温に大きく左右されるとともに、この時期の水温が高ければ海藻類を餌とするウニの活動が活発になり、摂餌圧が高くなり海藻が生育できない。

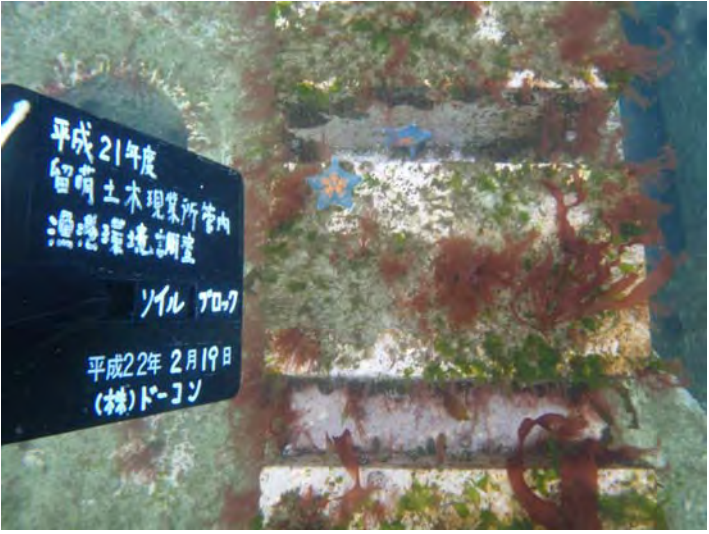
海藻類の成長期である平成 22 年 2 月と資源量調査を実施した平成 22 年 8 月の写真を以下に示す。この 2 つの写真を比較すると、2 月には多くの海藻類が着生していたにもかかわらず、8 月にはほとんど海藻が生育していなかった。この状況は、水中ビデオでも確認することができる。

この原因を考えた場合、やはりウニの食害が考えられ、実際に 8 月調査の際には多くのウニやヒトデが確認されていた。また、夏季調査の際の水温は表-4 に示すとおりであり、調査時期が異なるため比較はできないが、ここでも平成 18 年は低く、平成 22 年は高い状況であったと考えられる。

表-4 夏季調査日における表層の海水温

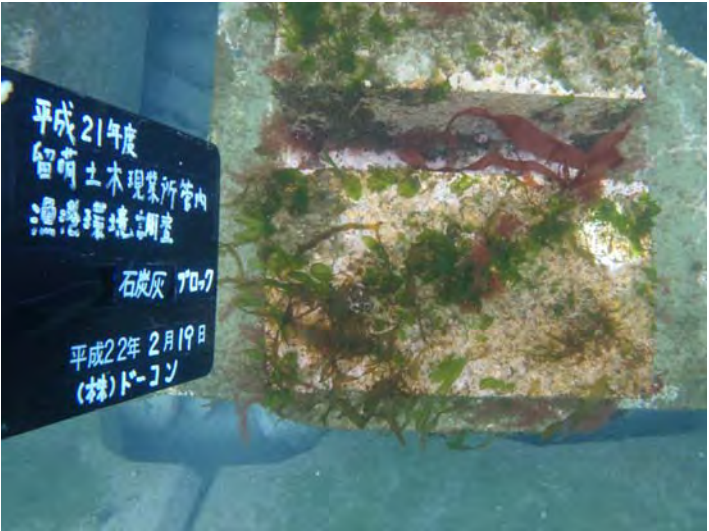
年月日	平成 16 年 9 月 16 日	平成 17 年 7 月 21 日	平成 18 年 6 月 29 日	平成 22 年 8 月 9 日
海水温	20. 0℃	19. 0℃	18. 8℃	20. 0℃

平成 22 年 2 月と平成 22 年 8 月の状況(1)

ブロック名	平成 22 年 2 月	平成 22 年 8 月
EM 菌 ブロック	 21年度 留南土木現象所管内 漁港環境調査 EM菌 プローブ 平成22年 2月19日 (株)ド-コン	
ソイル ブロック	 平成21年度 留南土木現象所管内 漁港環境調査 ソイル プローブ 平成22年 2月19日 (株)ド-コン	

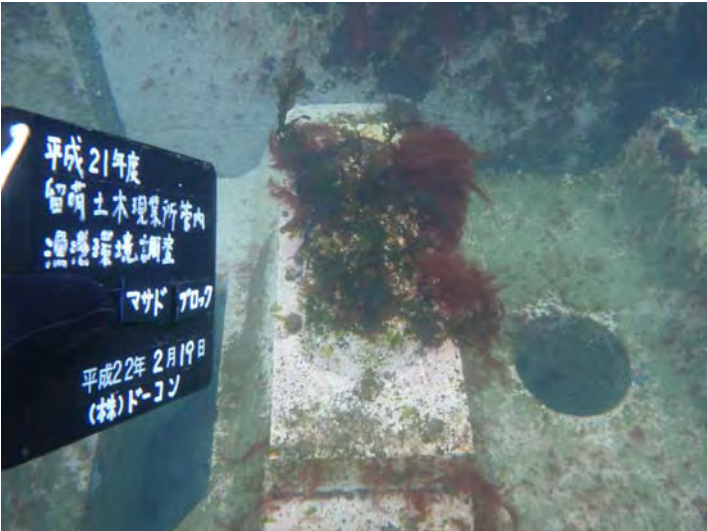


平成 22 年 2 月と平成 22 年 8 月の状況(2)

ブロック名	平成 22 年 2 月	平成 22 年 8 月
石炭灰 ブロック		
木炭 ブロック		



平成 22 年 2 月と平成 22 年 8 月の状況(3)

ブロック名	平成 22 年 2 月	平成 22 年 8 月
マサ土 ブロック		
バイオ ブロック		



平成 22 年 2 月と平成 22 年 8 月の状況(4)

ブロック名	平成 22 年 2 月	平成 22 年 8 月
周辺 ブロック		



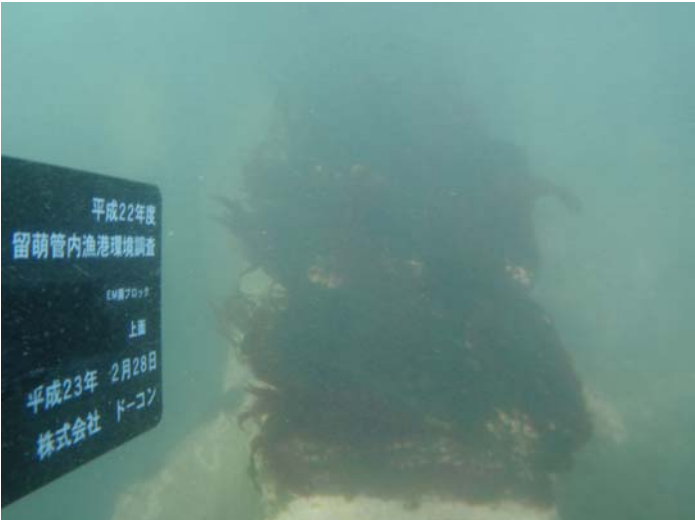
3. 水産動植物の状況

3-1 春季調査の状況比較

平成 22 年 2 月調査時と平成 23 年 2 月調査時の写真を比較した。

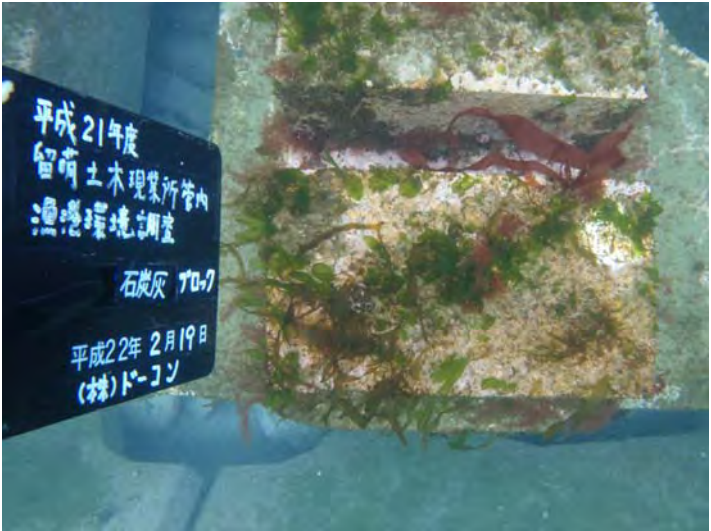
平成 22 年においても 2 月の調査時には海藻類が生育していたが、8 月にはそのほとんどが確認されない状況であった。平成 23 年 2 月の段階では、昨年同様海藻の生育が確認された。

平成 22 年 2 月と平成 23 年 2 月の状況(1)

ブロック名	平成 22 年 2 月 水温 3. 3℃	平成 23 年 2 月 水温 4. 0℃
EM 菌 ブロック		
ソイル ブロック		

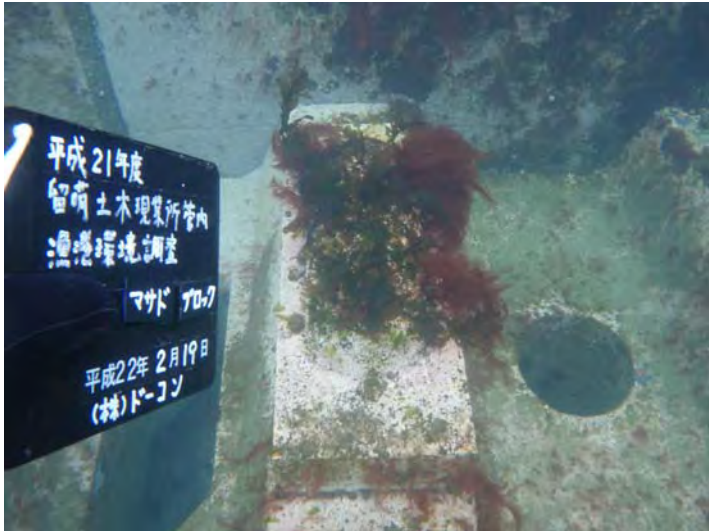
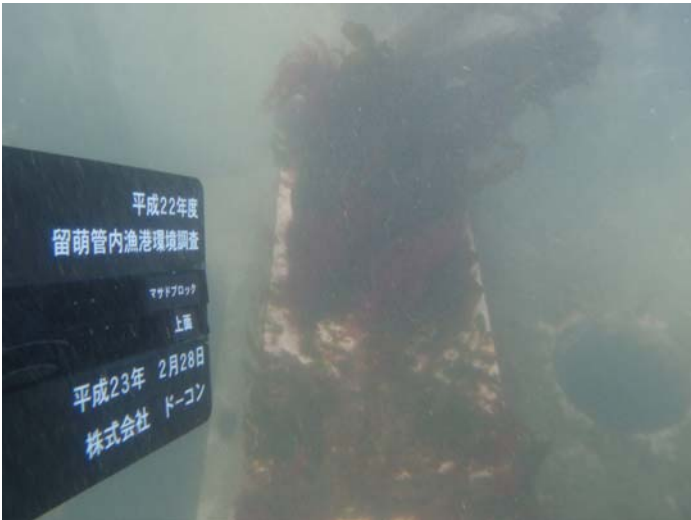
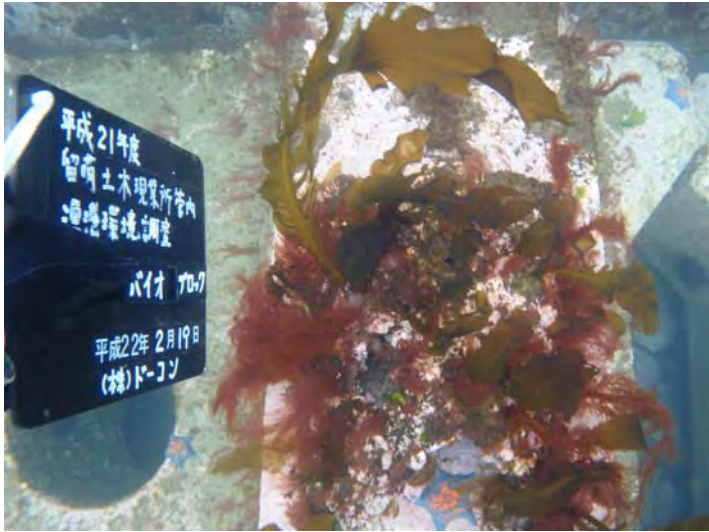


平成 22 年 2 月と平成 23 年 2 月の状況(2)

ブロック名	平成 22 年 2 月 水温 3. 3℃	平成 23 年 2 月 水温 4. 0℃
石炭灰 ブロック		
木炭 ブロック		



平成 22 年 2 月と平成 23 年 2 月の状況(3)

ブロック名	平成 22 年 2 月	水温 3. 3℃	平成 23 年 2 月	水温 4. 0℃
マサ土 ブロック				
バイオ ブロック				



平成 22 年 2 月と平成 23 年 2 月の状況(4)

ブロック名	平成 22 年 2 月 水温 3. 3℃	平成 23 年 2 月 水温 4. 0℃
周辺 ブロック		



3-2 海藻類出現種の変化

本調査においては、平成 22 年 2 月調査、平成 23 年 2 月調査の際に目視によって出現種を記録している。また、平成 22 年 8 月調査では海藻類を採取して種の同定を行っている。

ここで、平成 22 年 2 月、平成 22 年 8 月、平成 23 年 2 月に出現した種数を取りまとめたものを表-5 に示す。また、平成 22 年 2 月調査の出現種を表-6、平成 22 年 8 月調査の出現種を表-7、平成 23 年 2 月調査の出現種を表-8 に示した。

平成 22 年 2 月調査では 12 種の海藻類が確認され、その 6 ヶ月後の平成 22 年 8 月調査では 17 種が確認された。このうち、どちらの時期にも共通で出現した種は 6 種のみであった。次に、平成 23 年 8 月調査では 17 種の海藻類が確認され、平成 23 年 2 月調査は 11 種が確認された。このうち、どちらの時期にも共通で出現した種はここでも 6 種であった。また、平成 22 年 2 月調査と平成 23 年 2 月調査ではそれぞれ 12 種と 11 種であり、どちらにも共通して出現している種は 10 種であった。

このように、2 月にはほぼ同じ種が着生するが 8 月までの間にこれまで着生していたものから別の種に交代しているように見受けられる。

表-5 平成22年2月からの出現種数の推移

ブロック名 調査日	EM 菌 ブロック		ソイル ブロック		石炭灰 ブロック		木炭 ブロック		マサ土 ブロック		バイオ ブロック		周辺 ブロック		出現 種数
	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	
平成 22 年 2 月	8	6	6	4	6	3	5	3	6	5	7	4	4	3	12
平成 22 年 8 月	10	1	5	0	7	3	9	3	8	4	7	2	6	1	17
平成 23 年 2 月	9	6	7	6	5	5	8	5	7	7	7	6	6	5	11

表－6 平成22年2月調査時の出現種

ブロック名 海藻類	EM 菌 ブロック		ソイル ブロック		石炭灰 ブロック		木炭 ブロック		マサ土 ブロック		バイオ ブロック		周辺 ブロック	
	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面
ワカメ	○	○	○				○		○	○	○	○		
ホソメコンブ	○								○					
エゾヤハズ	○	○					○							
ダルス			○	○	○						○		○	
ヌメハノリ	○	○			○		○	○	○	○	○	○		
無節サンゴ藻	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
フシスジモク	○								○					
モロイトグサ	○	○	○	○	○	○		○		○	○	○	○	○
エゾヒトエグサ			○	○	○	○			○		○		○	○
ケウルシグサ											○			
フクロノリ	○	○					○			○				
カヤモノリ			○		○									
出現種数	8	6	6	4	6	3	5	3	6	5	7	4	4	3

表－7 平成22年8月調査時の出現種

ブロック名 海藻類	EM 菌 ブロック		ソイル ブロック		石炭灰 ブロック		木炭 ブロック		マサ土 ブロック		バイオ ブロック		周辺 ブロック	
	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面
ワカメ	○						○		○		○			
ホソメコンブ			○		○				○	○			○	
エゾヤハズ	○						○							
ダルス	○						○							
ヌメハノリ									○		○			
無節サンゴ藻	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○
アナアオサ					○		○		○		○			
シオグサ属	○								○					
イソガワラ目						○		○		○				
ウガノモク	○		○		○		○		○		○		○	
フシスジモク					○								○	
アミジグサ	○						○							
オバクサ	○										○			
カイノリ									○				○	
イギス	○		○				○							
ハイウスバノリ	○		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
ソゾ属					○									
出現種数	10	1	5	1	7	3	9	3	8	4	7	2	6	1

表－7 平成22年8月調査時の出現種(比較のため表が重複している)

ブロック名 海藻類	EM 菌 ブロック		ソイル ブロック		石炭灰 ブロック		木炭 ブロック		マサ土 ブロック		バイオ ブロック		周辺 ブロック	
	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面
ワカメ	○						○		○		○			
ホソメコンブ			○		○				○	○			○	
エゾヤハズ	○						○							
ダルス	○						○							
ヌメハノリ									○		○			
無節サンゴ藻	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
アナアオサ					○		○		○		○			
シオグサ属	○								○					
イソガワラ目						○		○		○				
ウガノモク	○		○		○		○		○		○		○	
フシスジモク					○								○	
アミジグサ	○						○							
オバクサ	○										○			
カイノリ									○				○	
イギス	○		○				○							
ハイクスバノリ	○		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
ソゾ属					○									
出現種数	10	1	5	1	7	3	9	3	9	4	7	2	6	1

表－8 平成23年2月調査時の出現種

ブロック名 海藻類	EM 菌 ブロック		ソイル ブロック		石炭灰 ブロック		木炭 ブロック		マサ土 ブロック		バイオ ブロック		周辺 ブロック	
	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面
ワカメ	○						○		○	○	○	○	○	
ホソメコンブ	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○
エゾヤハズ	○													
ダルス			○								○			
ヌメハノリ	○	○		○					○	○				
無節サンゴ藻	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
エゾヒトエグサ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
カヤモノリ	○	○	○	○	○	○	○	○		○		○	○	○
ウルップイノリ	○		○				○		○					
モロイトグサ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ケウルシグサ							○		○		○			
出現種数	9	6	7	6	5	5	8	5	7	7	7	6	6	5

表－6 平成22年2月調査時の出現種(比較のため表が重複している)

ブロック名 海藻類	EM 菌 ブロック		ソイル ブロック		石炭灰 ブロック		木炭 ブロック		マサ土 ブロック		バイオ ブロック		周辺 ブロック	
	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面
ワカメ	○	○	○				○		○	○	○	○		
ホソメコンブ	○								○					
エゾヤハズ	○	○					○							
ダルス			○	○	○						○		○	
ヌメハノリ	○	○			○		○	○	○	○	○	○		
無節サンゴ藻	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
エゾヒトエグサ			○	○	○	○			○		○		○	○
カヤモノリ			○		○									
モロイトグサ	○	○	○	○	○	○		○		○	○	○	○	○
ケウルシグサ											○			
フシスジモク	○								○					
フクロノリ	○	○					○			○				
出現種数	8	6	6	4	6	3	5	3	6	5	7	4	4	3

表－8 平成23年2月調査時の出現種(比較のため表が重複している)

ブロック名 海藻類	EM 菌 ブロック		ソイル ブロック		石炭灰 ブロック		木炭 ブロック		マサ土 ブロック		バイオ ブロック		周辺 ブロック	
	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面	上 面	斜 面
ワカメ	○						○		○	○	○	○	○	
ホソメコンブ	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○
エゾヤハズ	○													
ダルス			○								○			
ヌメハノリ	○	○		○					○	○				
無節サンゴ藻	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
エゾヒトエグサ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
カヤモノリ	○	○	○	○	○	○	○	○		○		○	○	○
モロイトグサ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ケウルシグサ							○		○		○			
ウルップイノリ	○		○				○		○					
出現種数	9	6	7	6	5	5	8	5	7	7	7	6	6	5

3-3 水産動物出現種の変化

平成 17 年、平成 18 年、平成 22 年の資源量調査の際に出現した水産動物を表-9 にまとめた。

これによれば、平成 22 年調査時にはキタムラサキウニが各ブロックの上面、斜面ともに大量に確認されていた。このほかにもイトマキヒトデも生息しており、これらの摂餌によって海藻類の出現が少なくなったものと考えられる。

表-9 水産動物の出現種数

海藻類 ブロック名	EM 菌ブロック						ソイルブロック						石炭灰ブロック					
	上面			斜面			上面			斜面			上面			斜面		
	H 17 年	H 18 年	H 22 年	H 17 年	H 18 年	H 22 年	H 17 年	H 18 年	H 22 年	H 17 年	H 18 年	H 22 年	H 17 年	H 18 年	H 22 年	H 17 年	H 18 年	H 22 年
エゾアワビ											1							
エゾヒトデ																	1	
キヒトデ																		
イトマキヒトデ									1						1			1
エゾバフンウニ	1																	
キタムラサキウニ	1		2			3			4		4	1			2		2	2
出現種数	2	0	1	0	0	1	0	0	2	0	2	1	0	0	2	0	2	2

海藻類 ブロック名	木炭ブロック						マサ土ブロック						バイオブロック					
	上面			斜面			上面			斜面			上面			斜面		
	H 17 年	H 18 年	H 22 年	H 17 年	H 18 年	H 22 年	H 17 年	H 18 年	H 22 年	H 17 年	H 18 年	H 22 年	H 17 年	H 18 年	H 22 年	H 17 年	H 18 年	H 22 年
エゾアワビ			2															
エゾヒトデ																		
キヒトデ							1											
イトマキヒトデ				1		1			1									
エゾバフンウニ							1			1								
キタムラサキウニ			2			4			1			3			7		1	2
出現種数	0	0	2	1	0	2	2	0	2	1	0	1	0	0	1	0	1	1

海藻類 ブロック名	周辺ブロック						合計					
	上面			斜面			上面			斜面		
	H 17 年	H 18 年	H 22 年	H 17 年	H 18 年	H 22 年	H 17 年	H 18 年	H 22 年	H 17 年	H 18 年	H 22 年
エゾアワビ											1	
エゾヒトデ											1	
キヒトデ							1					
イトマキヒトデ									3	1		2
エゾバフンウニ							2			1		
キタムラサキウニ							1		18		7	15
出現種数	—	—	0	0	0	0	3	0	2	2	3	2

4. 順位相関係数による分析

藻場環境ブロックは、6 種類が各 2 セット設置されており、対となるブロック配置の相対位置は異なっている(図-3 参照)。よって、1 セット目(上面)の藻場環境ブロックの海藻現存量に順位があり、その順位が 2 セット目(斜面)の順位と一致すれば、ブロックに添加した成分による機能の差によるものと考えることができる。その順位の一一致する程度をスピアマンの順位相関係数(rs)により検討した。

上面	EM菌ブロック P 1	木炭ブロック P 2	石炭灰ブロック P 3	ソイルブロック P 4	マサ土ブロック P 5	バイオブロック P 6
	ソイルブロック Q 1	石炭灰ブロック Q 2	木炭ブロック Q 3	EM 菌ブロック Q 4	バイオブロック Q 5	マサ土ブロック Q 6
斜面						

図-3 藻場環境ブロックの配置図

対になった P と Q の 2 組・n 対のデータがあるとき、P と Q のスピアマンの順位相関係数を求めるためには、P と Q のそれぞれに順位をつける。n 対すべてについて P_i と Q_i の順位の差 d_i を求め、(1) 式により順位相関(rs)を算出する。スピアマンの順位相関(rs)は、1 から -1 の範囲の係数で表され、0 は相関なし、-1 では逆相関を意味している。

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad \dots\dots (1) \text{ 式}$$

表-10 藻場環境ブロックにおける順位相関係数

	順位相関係数(r s)	
	着生量	出現種
平成 17 年	0.71	0.43
平成 18 年	-0.26	-0.09
平成 22 年	-0.03	0.29

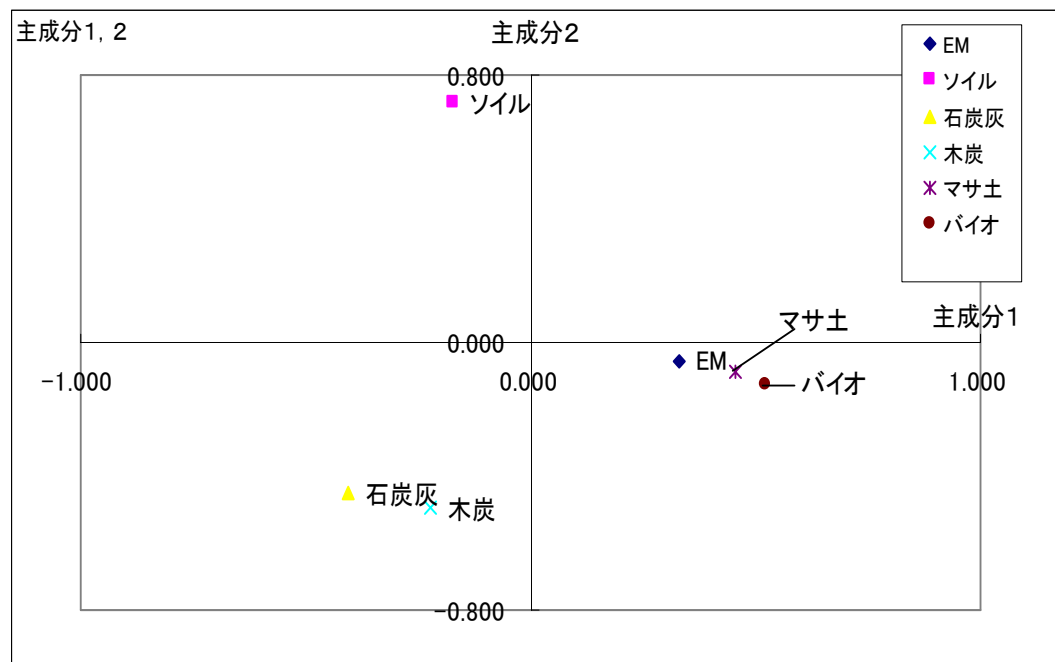
上面と斜面に着生している海藻類の現存量(重量と出現種類数)について順位相関係数を求め、この値が高ければ場所による差異ではなく、ブロックの性能によるものといえる。反対に、この値が 0 に近くなるほどブロックの性能ではなく、設置した位置の違いによることとなる。これは、マイナスの場合でも 0 に近ければ同じことが言える。

各年の順位相関係数を求めて表-10 に示したが、平成 17 年がもっとも相関係数が高く、平成 18 年、平成 22 年と年を追うごとに相関がなくなる傾向がある。これはブロックによる性能の効果がなくなっている可能性がある。出現種数については、平成 18 より平成 22 年の方が高いが、0.29 という係数は相関が低いと考えられる。

5. 主成分分析による考察

本分析にあたっては、平成 17 年調査のデータをもとに藻場環境ブロックの性状について分析を行ったものであるため、周辺ブロックのデータは使用していない。

- (1) 平成 17 年データの主成分 1（横軸）は、バイオ、マサ土、E M 菌ブロックなどのポーラスコンクリート群とそれ以外の非ポーラスコンクリート群に分かれており、第一主成分は、ポーラスか非ポーラスかという表面形状を表していると考えられる（図－4 参照）。



図－4 主成分 1， 2 のグラフ（平成17年）

- (2) 図－5 に示す平成 17 年データの主成分 2（横軸）についてみると、非ポーラスで方形のソイルブロックが他のブロックに比較して非常に大きい。詳細は不明であるが、第二主成分はソイルブロックの持つ特性を表していると考えられる。

(3) 第3主成分について図-5の縦軸に着目してみると、有機成分溶出質のEM菌ブロック(微生物培養液が混入されている)が高く、非溶出質であるマサ土ブロックが小さくなっており、第3主成分は、表面溶質性能であると推測できる。

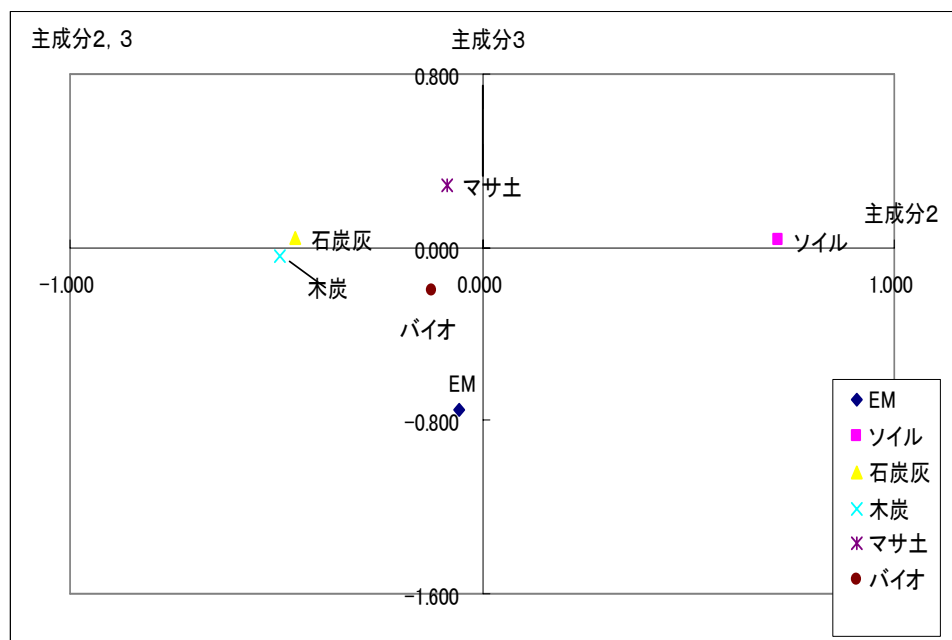


図-5 主成分2, 3のグラフ(平成17年)

(4) 図-6に示した主成分得点1が高い無節サンゴ藻、アナアオサ、ホソメコンブは、前項(1)で示したように第一主成分が表すポーラスブロックに着生しやすいと考えられる。

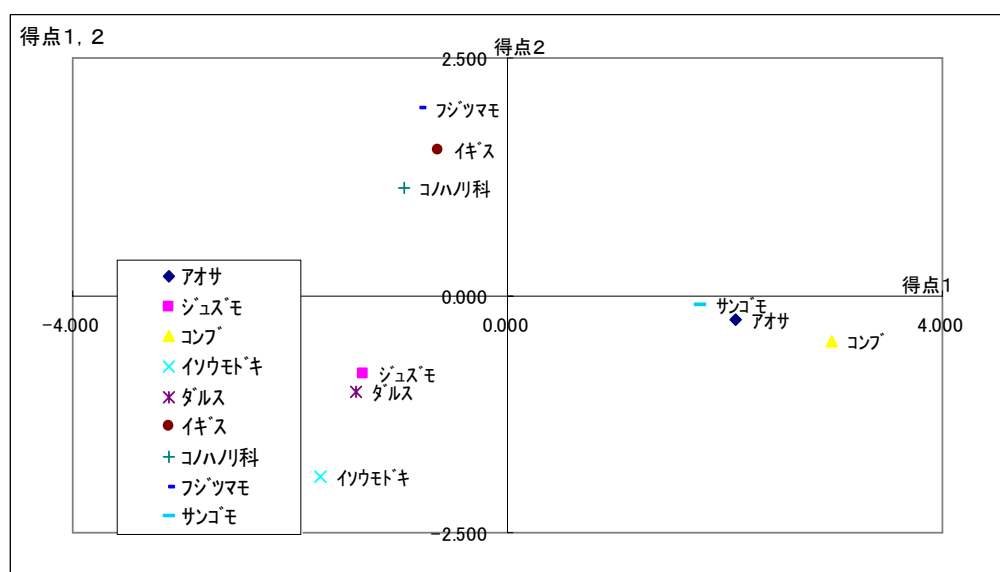
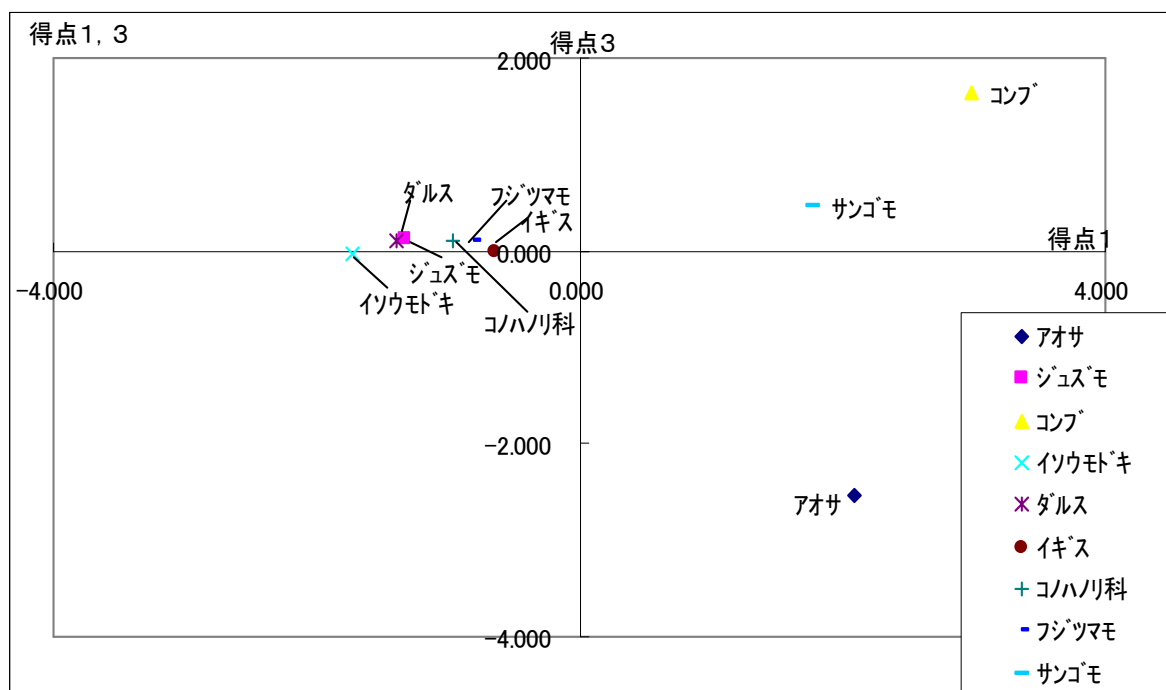
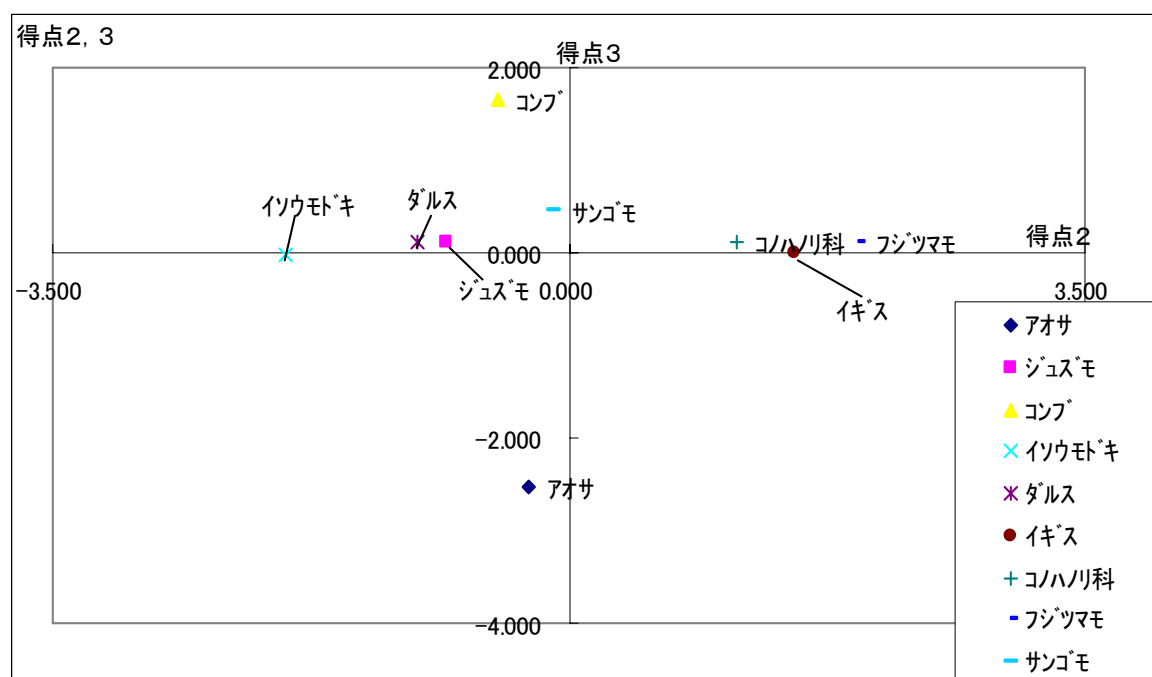


図-6 主成分得点1, 2のグラフ(平成17年)

(5) 図－6、図－7 及び図－8 の主成分得点図によれば、ホソメコンブと無節サンゴ藻はいずれの場合も近い点にプロットされており、両者が好む環境・基質は類似していると考えられる。このことは磯焼け現象においてコンブ藻場が無節サンゴ藻に取って代わられることの説明の1つになると考えられる。



図－7 主成分得点1, 3のグラフ（平成17年）



図－8 主成分得点2, 3のグラフ（平成17年）

6. 文献からの考察

ここでは、本調査と同様の調査を実施した文献を引用した。

参考とした文献は、独立行政法人寒地土木研究所水産土木チームが中心となって行った「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，第26巻，pp. 735－740，2010年6月」であり、研究概要は以下のとおりである。

6-1 はじめに

磯焼け対策として、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。これら構造物の初期段階での海藻着生効果については明田ら¹⁾の報告がある。しかしながら、基質の経年変化や近年の水温上昇等により藻場造成効果の低下が懸念されている中で、長期的な調査事例は少ない。著者²⁾らは、整備後10年以上経過した構造物を対象にモニタリングを行い、こうした問題点を指摘した。

6-2 調査方法

調査対象とした寿都漁港の平面図を図-9に示す。図-10に示す背後小段付傾斜堤として整備した第2北外防波堤は、寿都地先約500m沖の水深10m付近に位置する。(中略)

この背後小段における海藻繁茂に関する現地調査(海藻現存量把握)は、表-11に示すとおり施設完成後から現在(13年経過)まで夏季の海藻繁茂期を中心に計8回実施されてきた。

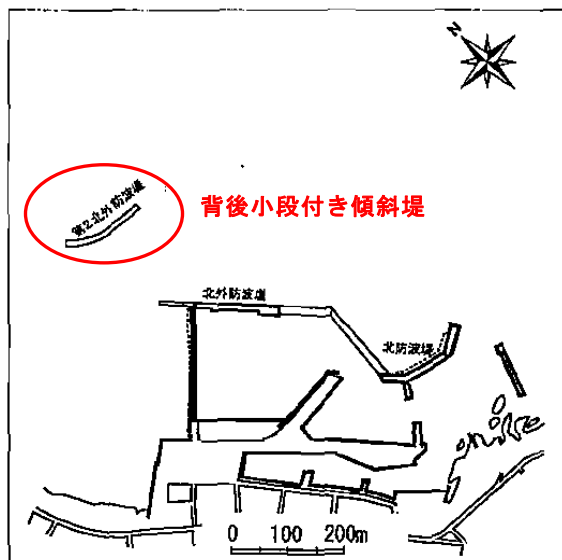


図-9 寿都漁港

表-11 海藻現存量の調査年

経過年	西暦	調査月
0	1997年	施設完成
1	1998年	7月
2	1999年	7月
3	2000年	8月
10	2007年	7月
11	2008年	6月
12	2009年	2月，6月
13	2010年	2月

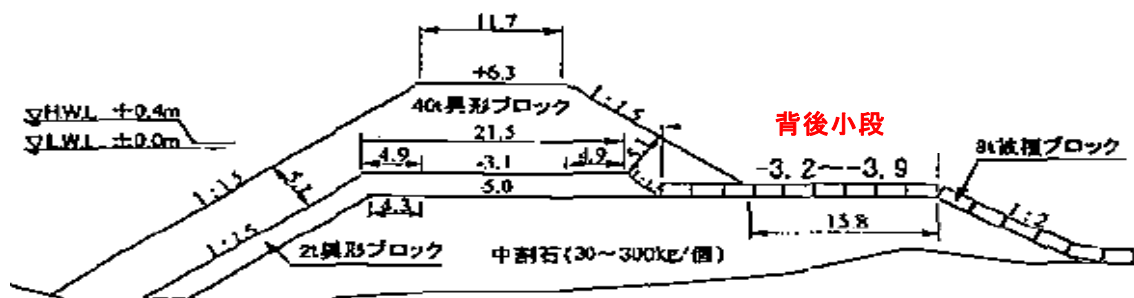


図-10 背後小段付き傾斜堤構造図

6-3 結果と考察

(1) 背後小段上の藻場造成の持続性

背後小段の整備直後から現在までのホソメコンブの現存量の推移を図-11に示す。横軸には調査年月、縦軸にはホソメコンブの1m²あたりの現存量(kg)をプロットした。また、背後小段に設置したブロックのうち、海藻着生効果をねらった溝つきブロックと表面が平坦なブロックについて表示している。併せて、海藻の生育に影響を与える環境因子として、各年の冬期(2月)の寿都海域の海水温の平均値をプロットした。

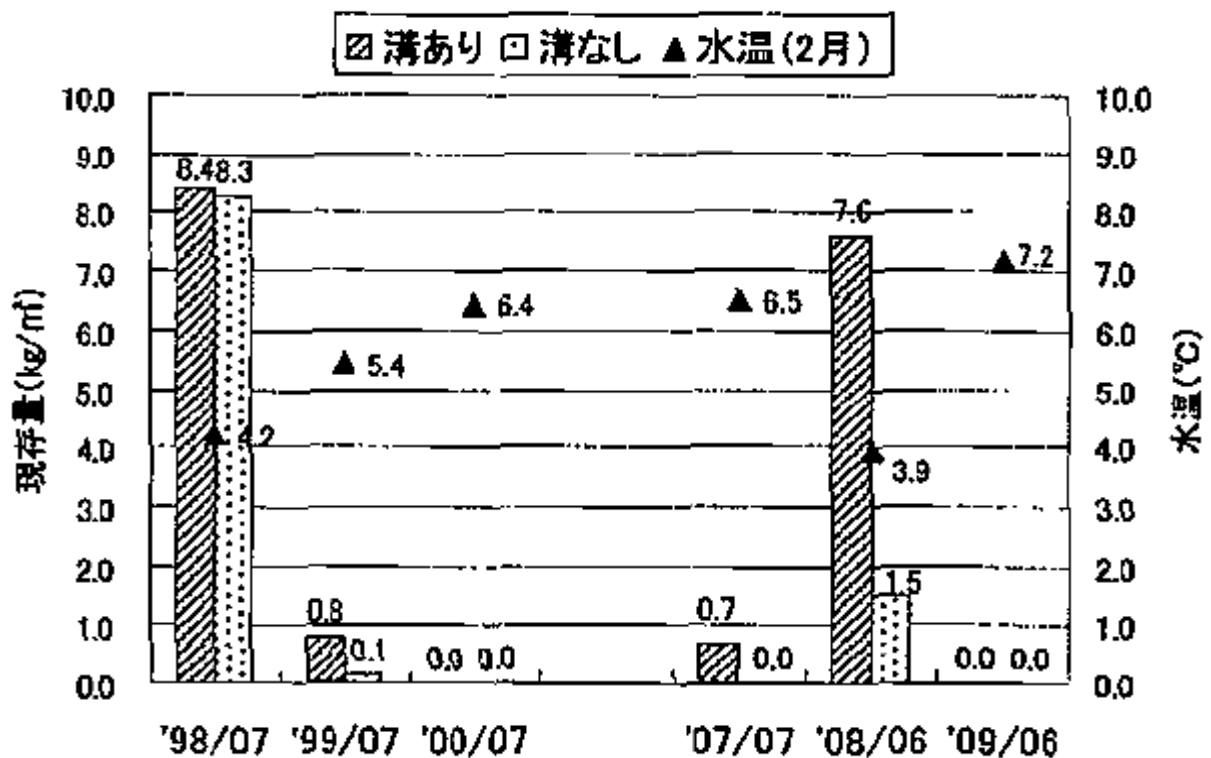


図-11 背後小段上のホソメコンブの現存量と冬期水温の経年変化

ホソメコンブの現存量は、整備後1年目は非常に高い値を示していた。しかし、1999年(平成11年)のブロック設置後2年目には急激に減少し、2000年(平成12年)の3年目には背後小段では海藻がほとんど生育していない状況であった。これに対して、近年の2007年(平成19年)は溝きりブロックのみ着生があったものの、翌年の2008年(平成20年)は8.0kg/m²以上もの良好なホソメコンブの繁茂が確認された。しかしながら、2009年には再びホソメコンブの着生は確認されていない。このようにホソメコンブの現存量は年変動が顕著である。(中略)

また、谷口³⁾は1~3月の平均水温が低いと天然コンブの生産量が多いと報告している。2007年(平成19年)2月の平均水温に比較して2008年(平成20年)2月は約2.5℃低く、ホソメコンブの現存量は約10倍であった。しかし、2009年(平成21年)2月は再び高水温となり海藻の生育は確認されていない。つまり、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ているものと推察される。この海域の植食動物であるキタムラサキウニ (*Strongylocentrotus nudus*) が高密度に生息する背後小段上では、冬期の高水温により、本来休眠状態に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ものと推察される。

6-4 まとめと今後の課題

- (1) 自然環境調和型沿岸構造物の藻場造成効果の長期的な調査により、背後小段上のホソメコンブの現存量は年変動が顕著であり、近年は、深刻化する周辺の磯焼け状況と同様に、藻場造成効果が低い傾向にあることがわかった。
- (2) 冬季の水温が約 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ている。キタムラサキウニが高密度で生息する背後小段上では、近年の冬期の高水温により、本来休眠状態であるはずの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ものと推察される。
- (3) 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（平成 21 年）と同様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である。

今後は、海藻現存量の推移をさらに検証し、藻場造成機能低下原因の解明を行うとともに、嵩上げによる背後小段改良の整備手法の確立に向けて検討を行う必要がある。

【参考文献】

- 1) 明田定満他：複断面構造を有する港湾構造物への海藻群落の形成について，海岸工学論文集，第 44 巻，pp. 1131-1135，1997.
- 2) 熊谷直哉，佐藤仁，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論文集，pp. 63-66，2009.
- 3) 谷口和也：磯焼けの機構と藻場修復，恒星社厚生閣，pp59-60，1999.

7. 藻場造成とポーラスコンクリート

藻場環境ブロックを用いた試験施工を平成16年から実施してきたが、その成果を以下のようにとりまとめた。

- 6年間の調査を通じて、ポーラスコンクリート、非ポーラスコンクリートでは海藻類の着生に顕著な差があり、ポーラスコンクリートのブロックには他の非ポーラスコンクリートブロックより多くの海藻類が着生しているとともに、その傾向は6年たっても変わらないことが確認できた。
- 本試験施工は、コンクリートに栄養塩となる有機・無機成分を添加し、その添加物の成分が海藻類の生育に及ぼす効果を把握することが当初の目的であった。しかし、これに関しては前出の順位相関係数による分析でも示したように、時間の経過とともに添加した成分によって海藻類の着生に顕著な差異を見つけることができず、時間の経過とともに藻場環境ブロック、周辺ブロックに着生する海藻類は減少していった。よって、コンクリートへの栄養塩添加による時間的な着生効果は期待できないことがわかった。
- その一方で藻場環境ブロックと周辺ブロックを比較した場合、着生する海藻類の種類数が過去3回の資源量調査とも周辺ブロックが一番少ない。一般に、栄養塩が豊富な海域にはアナアオサなど栄養分を必要とする海藻の生育や多くの種類の海藻が生育することがわかっている。それを考慮すると、栄養塩を添加した藻場環境ブロックは定量的にはわからないが栄養塩の供給に寄与しているものと推察される。
- 第4章で記述したように、1996年6月・多自然型コンクリート研究小委員会発行の「ポーラスコンクリートの河川護岸への適用性」講習会テキストによれば、ポーラスコンクリートは河川護岸において植生コンクリート、生物の生息空間、水質浄化等の用途での利用が可能であり、多孔質コンクリートの効果を発揮している。
- 一方でポーラスコンクリートには不利な要素もある。それは、空隙を持つことにより単位体積重量(γ)が、部材種の使用骨材粒径によって異なるが $1.8 \sim 2.0 \text{ KN/m}^3$ と無筋コンクリートの 2.3 KN/m^3 と比べて小さいために一般コンクリートよりも多くの材料が必要となる。これに伴い、一般コンクリートの価格と比較するとポーラスコンクリートの価格は5割程度高価であり、経済性に問題がある。
- こうした不利な面も考慮しても、ポーラスコンクリートの多孔質な部分が藻場の造成には有利なことから、本試験施工のように漁港・港湾施設の根固めブロックや被覆ブロックにおいて、本体は一般コンクリートとし、その表面にポーラスコンクリートを貼り付ける（二層打設する）ことで経済的にさほど高価とならずに藻場造成ブロックとして使用できるものとする。

「漁港施設の環境保全コンクリート研究小委員会」では、これまでの追跡調査を通じて以上の知見を得られたことから、平成22年度調査をもって活動を終了した。

【文責】 吉野 大仁