

令和3年度

ブルーカーボン実証実験（波力発電所を
活用した藻場の造成によるCO₂固定）
に関する業務

成 果 報 告 書

令和4年3月

平塚市漁業協同組合

－目次－

| | |
|------------------------------------|----|
| I. 実証試験の背景と目的 | 1 |
| II. 実証試験の内容 | 3 |
| 1. 波力発電所の特性と藻場造成における期待する効果 | 3 |
| 2. 実証試験項目 | 3 |
| 3. 試験・調査位置図 | 4 |
| III. 実証実験 | 5 |
| 1. 海藻類の育成試験とCO ₂ 吸収量の調査 | 5 |
| (1) 海藻の育成試験 | 5 |
| (2) CO ₂ 吸収量の調査 | 11 |
| 2. 平塚波力発電所周辺の深浅測量並びに生物調査 | 14 |
| (1) 深浅測量 | 14 |
| (2) 海藻類の植生調査 | 16 |
| (3) 植食性生物調査 | 19 |
| (4) 捕食状況調査 | 23 |
| IV. 考 察 | 28 |

I. 実証試験の背景と目的

- ・ブルーカーボンは、気候変動を緩和する手段として世界的に注目されているが、最近の研究では、岩礁や港湾構造物に生息する大型海藻（コンブやホンダワラなど）の藻場にもCO₂吸収機能があることが明らかになりつつある(※1)。
- ・しかし、全国各地の沿岸では藻場の減少が見られ(※1)、相模湾においても2010年に確認されていた大規模なカジメ群落が、2018年までに急激に減少していることが報告されている(※1)。

○藻場の衰退が認められる (※2) 都道府県(2009年～2013年)

- 藻場の衰退が認められる。
- 藻場の衰退が認められない、あるいは不明。

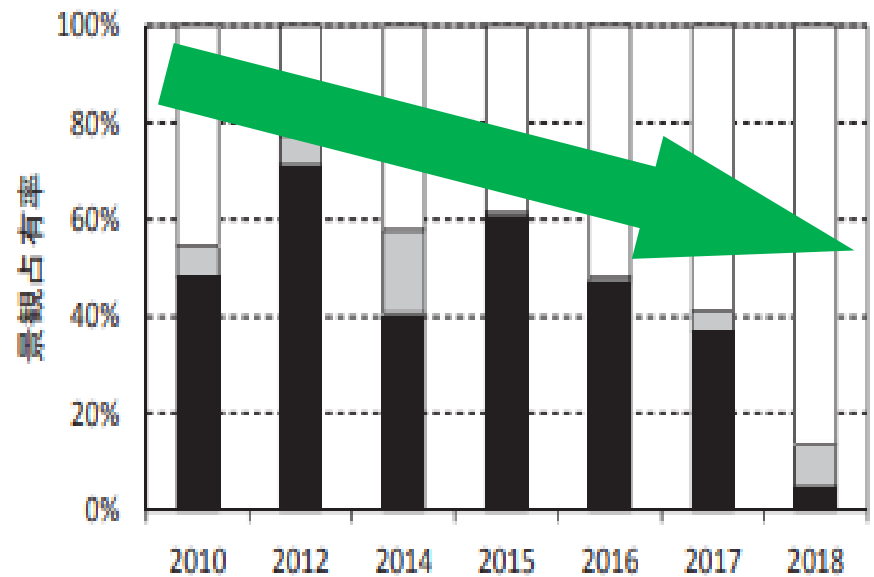


図2: 藻類および裸地占有率の経年推移 (※3)

■ 藻類(カジメ) □ 藻類(カジメ以外) □ 裸地

- ・東京大学生産技術研究所と共同研究企業グループは、令和2年2月から令和4年1月まで、環境省プロジェクトにより、平塚漁港南防波堤の前面海域において平塚波力発電所の海域実証を開始した。
- ・この波力発電所は、沖からの波を反射利用して発電効率を高めるための反射板を設置しており、この反射板背後の消波ブロック帯は、波当たりが緩和された新たな藻場造成の適地としての可能性が生じている。



- ・本実証実験は、波の遮蔽効果等、波力発電所の特性を活用した藻場造成による「新たなブルーカーボン生態系」を創出し、地域から地球温暖化対策として寄与するとともに、水産資源の維持増大や漁場環境の保全・向上を目的とするものである。

波力発電所を活用した藻場造成のイメージ

(※1) 国立研究開発法人 港湾空港技術研究所 <https://www.pari.go.jp/unit/ekanky/research/bluecarbon2.html>

(※2) 水産庁計画課 片石圭介(2020):藻場・干潟ビジョンの策定状況について

(※3) 高村 正造・有馬 史織・西村 竜雄・相澤 康(2019):小田原沿岸海域における藻場景観被度の経年変化と減少要因,神水セ研報第10号)

II. 実証試験の内容

1. 波力発電所の特性と藻場造成における期待する効果

| 波力発電所の特性 | 期待する効果 | |
|--------------------------------|--------------------------|--------------|
| 波力発電所反射板による波の遮蔽 | 静穏な生育環境 | 藻類の着底・成長を促進 |
| ラダーの揺動による海底の攪拌 | 栄養塩、酸素の供給 | |
| ラダーの揺動による乱水流の発生 | 植食生物の摂食行動を阻害 | 植食生物による食害を回避 |
| 発電所を河口付近に設置したため、淡水流入による塩分濃度の低下 | 植食生物が忌避する生息環境 | |
| 海上のジャケット構造物・アクセス栈橋 | 陸上から実験海域にアクセスでき、観察・調査が容易 | |

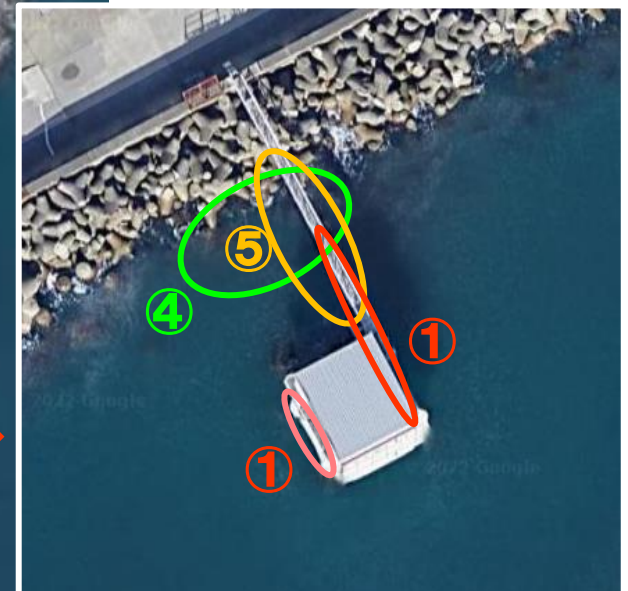
2. 実証試験項目

| 区分 | 試験・調査項目 | 内容 |
|------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 1. 海藻類の育成試験とCO ₂ 吸収量の調査 | (1) 海藻の育成試験 | 海藻類(ワカメ)の生育試験 |
| | (2) CO ₂ 吸収量の調査 | ワカメ収穫物によるCO ₂ 吸収量の試算 |
| 2. 平塚波力発電所周辺の深浅測量並びに生物調査 | (1) 深浅測量 | 波力発電所周辺の海底地形の確認 |
| | (2) 海藻類の植生調査 | 気力発電所周辺と新港内の海藻類の確認 |
| | (3) 植食生物調査 | 植食生物の生息状況の確認 |
| | (4) 捕食状況調査 | 魚類による海藻類捕食状況の観察(追加調査) |

3. 試験・調査位置図



- ① 海藻類（ワカメ）の生育試験
- ② 深浅測量
- ③ 藻場の形成状況の経年比較
- ④ 海藻類の植生状況の現状確認
- ⑤ 植食生物の確認と捕食状況の観察



1. 海藻類の育成試験とCO₂吸収量の調査

(1) 海藻の育成試験

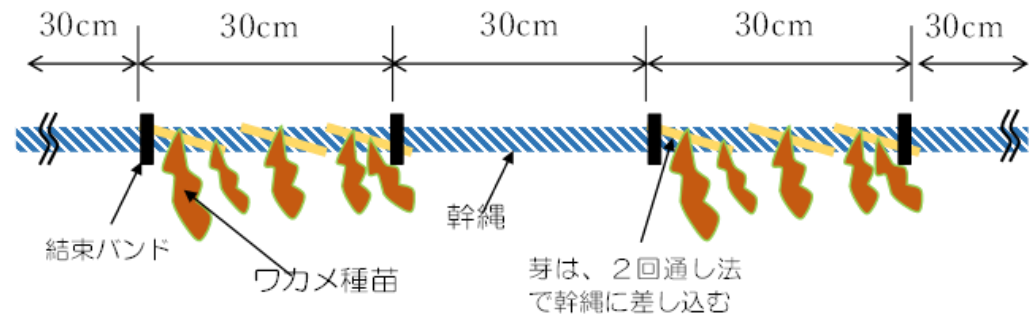
① 試験目的

- ・本試験は、波力発電所の特性を活用した海藻類（ワカメ）の育成試験を行い、藻場造成の実現可能性とブルーカーボン効果を検証することを目的とする。

② 試験方法

《親縄への幼芽の挿し込み》

- ・時期的に種苗の入手が可能な三浦市金田漁港産のワカメの幼芽を使用し、挿芽作業の当日早朝、みうら漁協南下浦支所より、種糸100mを購入し、平塚漁港に搬入する。

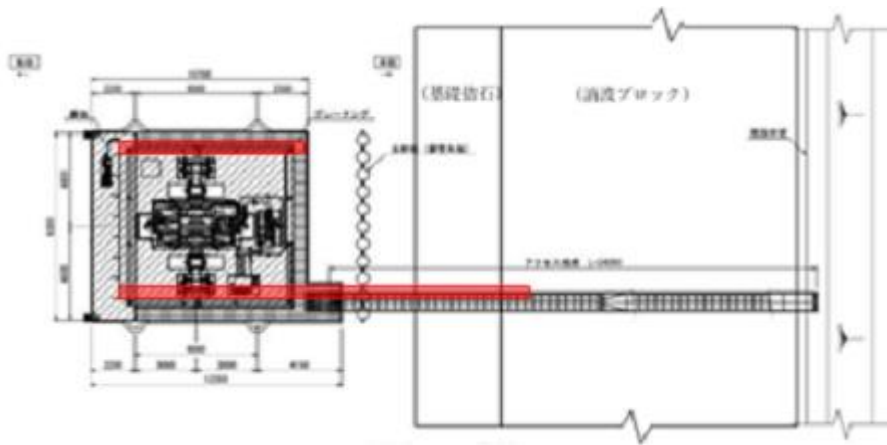


《親縄への挿芽方法》

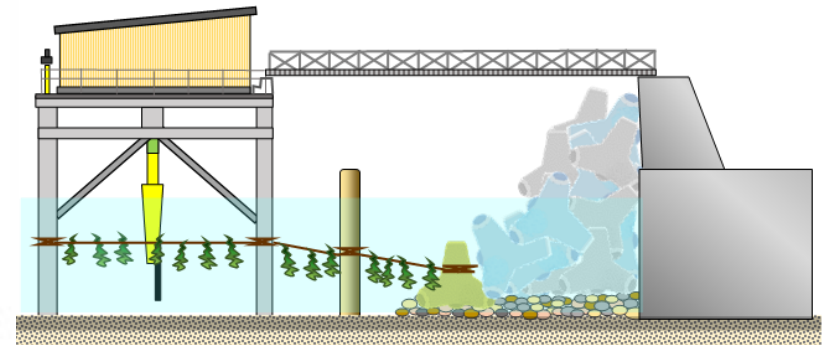
- ・幼芽の付いた種糸を30cm間隔で切断したものを1ユニットとし、30cm間隔で親縄に設置する。
- ・親糸への設置方法は、種糸の片端を2回通し法で挿芽した後に親糸に巻き付け、もう一端も2回通しで挿し込み両端を結束バンドで固定する。

《親縄の設置》

- ・ 親縄は、潜水士により波力発電所の基礎杭にラダーと平行方向で東西2ヶ所、平均水面下約2 mの位置に注連縄状に固定する。
- ・ さらに東側の親縄は、さらに波力発電所から反射板を經由して消波ブロックまで延長して設置する。
- ・ 親縄は、波力発電所の基礎杭間をクレモナ製により、発電所から消波ブロック間は流出や回収困難時の環境への影響を考慮してジュート製を使用する。
- ・ 生育状況を比較するため、新港内及び港外の沿岸域にも親縄を設置する。



《親縄の設置位置》



《親縄の設置イメージ》

③ 生育試験の作業経過

| 月 日 | 場 所 | 作業内容 | 状 況 |
|--------|-------|-------------------------------|---|
| 12月20日 | 波力発電所 | 潜水士による親縄の設置 | 波力発電所基礎杭の東西方向、発電所～反射板、反射板～消波ブロック |
| | 新港 | 陸上作業による親縄の設置 | 新港フィッシャリーナ(西防波堤と浮棧橋の間) |
| 12月21日 | 沿岸域 | 漁業者による親縄の設置 | 烏帽子岩西側 |
| 1月 7日 | 波力発電所 | ロッド式水中カメラによる観察 | 幼芽の根本部分を残して消失(食害?) |
| | 新港 | ロッド式水中カメラによる観察 | 順調に生育 |
| 1月21日 | 波力発電所 | ロッド式水中カメラによる観察 | 一部の幼芽の根本部分を残して消失 |
| | 新港 | ロッド式水中カメラによる観察 | 順調に生育 |
| 1月22日 | 新港 | 防波堤からの目視観察 | 順調に生育 |
| 1月25日 | 波力発電所 | 潜水士による親縄の回収と観察 | 幼芽は全滅し、消波ブロック間の親縄は流失 |
| | 新港 | 防波堤から親縄の回収 | 収穫量: 8.82kg |
| 1月27日 | 新港 | ブルーカーボン体験事業の試験(小学生・園児による挿芽体験) | 収穫・保管したおいたワカメを、小学生・園児が親縄に再度挿芽して経過を観察 |
| 1月31日 | 波力発電所 | 漁港内で生育したワカメの再放流 | 港内で生育したワカメを鉄棒に巻き付け、発電所前面の消波ブロック帯に投入(5セット) |
| 2月 3日 | 新港 | 防波堤からの目視観察 | 再挿し芽のワカメは溶け始める |
| | 沿岸域 | 漁業者による親縄の回収 | 収穫量: 228.0kg |
| 2月18日 | 波力発電所 | 潜水士による観察 | 鉄棒に巻き付けたワカメは確認できず |

④ 試験結果

《波力発電所周辺での育成試験》

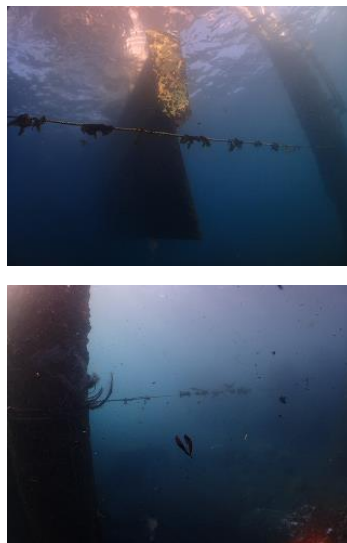
- ・1ユニット30cmで切断した種糸334ユニットは、令和3年12月20日に下表の配分でそれぞれ親縄に挿芽を行い、海域に設置して経過を観察した。
- ・親縄設置後18日目の1月7日の観察では、幼芽の根本部分を残して消失し、さらに1ヶ月後の1月21日には、幼芽の根本部分がわずかに残っている部分もあるが、ほぼ全失しており、1月25日に回収（反射板～消波ブロック間の親縄は消失）した。

■ 設置個所別の種糸ユニット数

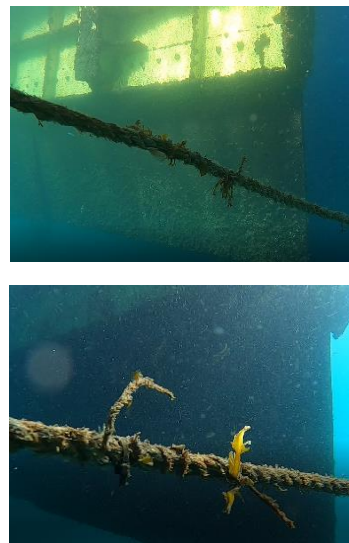
| 発電所 (西側) | 発電所 (東側) | 発電所～ 反射板 | 反射板～ 消波ブロック帯 | 漁港内 | 港外 (沿岸域) | 合計 |
|-------------|-------------|-------------|-----------------|-----|-------------|-----|
| 18 | 16 | 15 | 15 | 90 | 180 | 334 |



12月20日（挿芽作業）



12月20日（設置直後）



1月7日（設置後18日目）



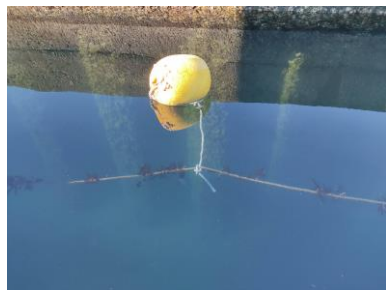
1月25日（回収した親縄）
※右 : 漁港内
左3本 : 発電所

《新港内での育成試験》

- ・新港内のワカメは順調に生育し、1月25日に収穫した30ユニット分の重量は3kg（1ユニット当たり0.1kg）であった。



12月20日（設置直後）



1月7日（設置後18日目）



1月22日（設置後33日目）



1月25日（設置後36日目）

《港外（沿岸域）での育成試験》

- ・港外（沿岸域）のワカメは、新港内より生育状況が良好であり、2月3日の収穫時重量は、新港内と比較して約13倍の228kg（1ユニット当たり1.27kg）であった。



12月20日（設置前日）



2月3日（収穫・設置後44日目）



《港内生育ワカメの再放流・追加試験》

① 試験目的

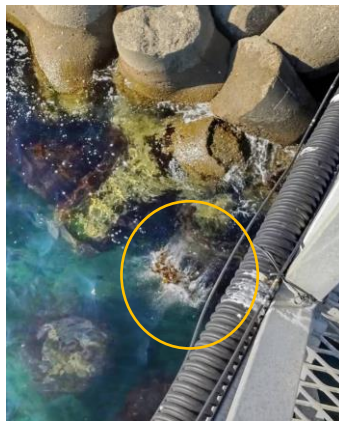
- ・ 捕食状況の観察ために吊り下げたワカメ種苗は、7日間経過後も捕食された形跡が見られなかった（2.-(4) 捕食状況調査を参照）ことから、消波ブロック帯においてに一定期間生育させたワカメの再育成を行い、食害を回避できる可能性を検証する。

② 試験方法及び結果

- ・ 発電所撤去工事開始前日の1月21日、事前に親縄を鉄棒に絡ませた港内生育ワカメを5セット作成し、アクセス栈橋上から消波ブロック帯に投入した。
※ 投入前に回収した捕食状況観察用のワカメ種苗は、ボラ(?)により捕食されていたが、今後の期待を込めて再投入した。
- ・ 2月18日、潜水により再投入箇所を確認したが、確認できなかった。



鉄筋に巻き付けたワカメ



投入



投入後の状況

(2) CO₂吸収量の試算

① 調査目的

- ・海藻類（ワカメ）育成試験による生産物のCO₂吸収量を試算する。

② 調査方法

- ・ワカメの刺し芽時に計測した幼芽重量と収穫時の重量との差を成長量とする。
- ・湿重量の成長量を乾重量に換算する。（乾重量／湿重量＝0.14）
- ・推定炭素吸収量(ton C)＝現存量(kgD.W./m²)×P/B比×炭素含有率(%)×面積(ha)の式により、現存量×面積を成長量として推定炭素吸収量(kg C)を求める。

■ 算定条件

| 項目 | 数値 | 単位 | 備考 |
|-------------------------------|---------------------|----------|-------------------------------|
| 湿重量から乾重量への換算係数 (α) | 0.14 | — | ワカメ |
| 推定炭素吸収量 (A) | 試算値 | kg C | $A=B \times C \times D$ |
| 成長量<乾重量換算> (B) | 計測値 $\times \alpha$ | D. W. kg | (収穫重量－幼芽時の重量) $\times \alpha$ |
| P/B比<Production/Biomass比> (C) | 1.0 | — | 藻場の現存量に対する純生産量の割合 |
| 炭素含有率 (D) | 32.7 | % | |

《海藻草類の湿重量から炭素量への換算係数（※4）》

| 種名 | 乾重量/湿重量 | 炭素量/乾重量 | |
|--------|--------------------------------|---------|------|
| ワカメ | <i>Undaria pinnatifida</i> | 0.14 | 0.34 |
| クロメ | <i>Ecklonia kurume</i> | 0.12 | 0.46 |
| ホンダワラ | <i>Sargassum fukuellum</i> | 0.25 | 0.37 |
| ヒジキ | <i>Hizikia fusiformis</i> | 0.20 | 0.34 |
| アカモク | <i>Sargassum horneri</i> | 0.13 | 0.31 |
| ノコギリモク | <i>Sargassum serratifolium</i> | 0.10 | 0.31 |
| アマモ | <i>Zostera marina</i> | 0.14 | 0.32 |

《混合域・黒潮域藻場での炭素吸収量（※5）》

| 藻場タイプ | 主な優占種 | 現存量(kg D.W./m ²) | P/B ratio | C% | 面積(ha) | *推定吸収量(tonC) |
|----------|---------|------------------------------|-----------|------|--------|--------------|
| アマモ場 | アマモ | 0.19 | 4.0 | 34.5 | 2,523 | 6,615 |
| ガラモ場 | エゾノネジモク | 1.83 | 1.1 | 36.7 | 18,975 | 140,182 |
| コンブ場 | マコンブ | 2.53 | 3.5 | 30.0 | 3,757 | 99,805 |
| アラメ場 | アラメ | 3.73 | 1.0 | 33.5 | 27,881 | 348,387 |
| ワカメ場 | ワカメ | 0.38 | 1.0 | 32.7 | 14,251 | 17,708 |
| テングサ場 | マクサ | 0.46 | 1.1 | 39.4 | 12,184 | 24,291 |
| アオサ・アオリ場 | アナアオサ | 0.17 | 1.0 | 29.5 | 1,394 | 699 |
| その他 | タンバリ | 0.48 | 1.0 | 32.5 | 5,970 | 9,313 |
| 合計 | - | - | - | - | 86,935 | 647,000 |

実験藻場における実測値。一部は既存データを使用

*推定吸収量(tonC) = 現存量 X P/B ratio X 炭素含有率 X 面積

(※4) 三浦浩・伊藤靖・吉田司(2013): 漁港の生態系構造と生物現存量の推定, 土木学会論文集(海岸工学) B2, Vol.69, N0.2, 1211-1215

(※5) 独立行政法人 森林総合研究所(2004): 混合域・黒潮域の藻場における CO₂ 収支の把握, 森林、海洋等におけるCO₂収支の評価の高度化, 森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集3, 101-103,

③ 調査（試算）結果

- ・波力発電所周辺で生育試験を行ったワカメは、魚類による幼芽の捕食により収穫できなかったものと想定されるため、幼芽中のCO₂が0.04g/kg/C排出されたものと試算した。
- ・試験対象区とした新港内、及び港外沿岸域でのワカメは、それぞれ順調に生育して収穫が得られたため、10.73kg/Cを吸収できたものと考えられる。
- ・当初は、アカモクの藻場造成により6.072kg/CのCO₂の固定を計画していたが、本試験でのCO₂吸収量は差し引き10.69kg/Cとなり、トータルでは計画目標を達成したものと考えられる。

■ CO₂吸収量の試算結果

| 親縄設置場所 | UNIT数 | 幼芽重量 (g) | 収穫量 (g) | 成長量 | | CO ₂ 吸収量 (kg/C) |
|------------|-------|-------------|------------|-----------|----------|-------------------------------|
| | | | | (g) | (D.W.kg) | |
| 発電所（西側） | 18 | 169.2 | 0 | ▲ 169.2 | ▲ 0.02 | ▲ 0.01 |
| 発電所（東側） | 16 | 150.4 | 0 | ▲ 150.4 | ▲ 0.02 | ▲ 0.01 |
| 発電所～反射板 | 15 | 141.0 | 0 | ▲ 141.0 | ▲ 0.02 | ▲ 0.01 |
| 反射板～消波ブロック | 15 | 141.0 | 0 | ▲ 141.0 | ▲ 0.02 | ▲ 0.01 |
| 漁港内 | 90 | 846.0 | 8,820.0 | 7,974.0 | 1.12 | 0.37 |
| 港外（沿岸域） | 180 | 1,692.0 | 228,000.0 | 226,308.0 | 31.68 | 10.36 |
| 差引合計 | 334 | 3,139.6 | 236,820.0 | 122,680.4 | 32.72 | 10.69 |

2. 平塚波力発電所周辺の深浅測量並びに生物調査

(1) 深浅測量

① 調査目的

- ・当組合では、令和3年4月24日に、あらかじめアカモクの幼胚を着底させた重量ブロックを波力発電所反射板背後の消波ブロック帯に設置し、その後の生育状況を随時観察することとしていたが、6月4日の観察時点では、殆どの重量ブロックが砂に埋没した状況となったため、以後の観察を中止した経緯がある。
- ・また、波力発電所のメンテナンス工事に携わる(株)渋谷潜水工業からは、発電所の下部が深く洗堀されている状況が報告されている。
- ・このため、波力発電所の設置に伴う海底の砂の洗堀と移動状況を確認することにより、将来、波力発電所を活用した藻場造成ブロック等の設置に際する基礎資料とする。

② 調査方法

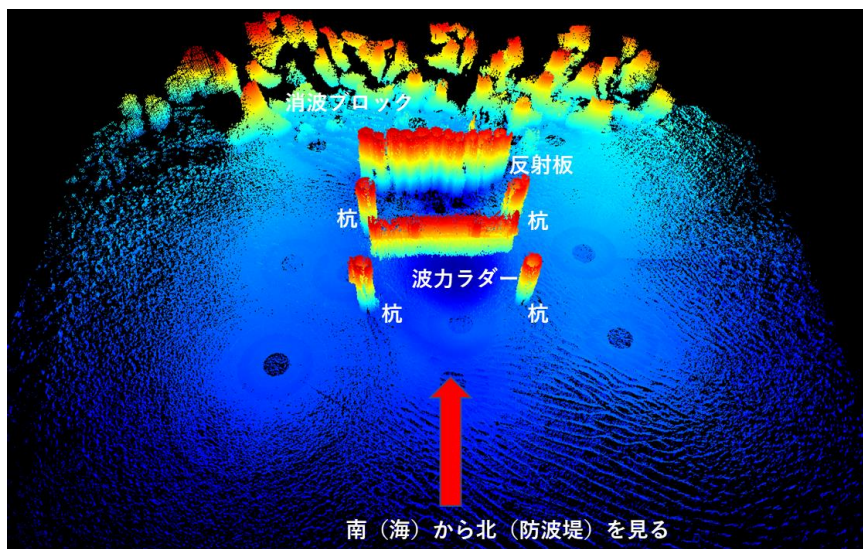
波力発電所周辺の海底を3Dスキャンソナーにより測量調査し、発電所設置に伴う海底地形の変化を確認する。



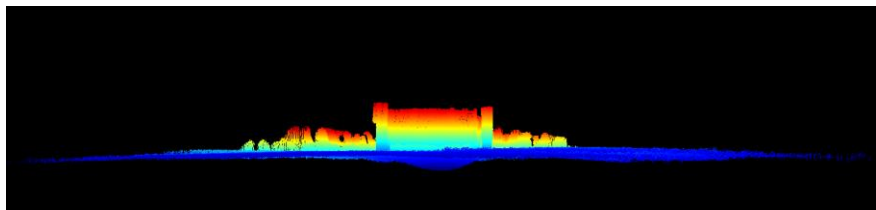
《3Dスキャンソナー》

③ 調査結果 《平塚発電所 3D解析映像は、巻末資料に掲載》

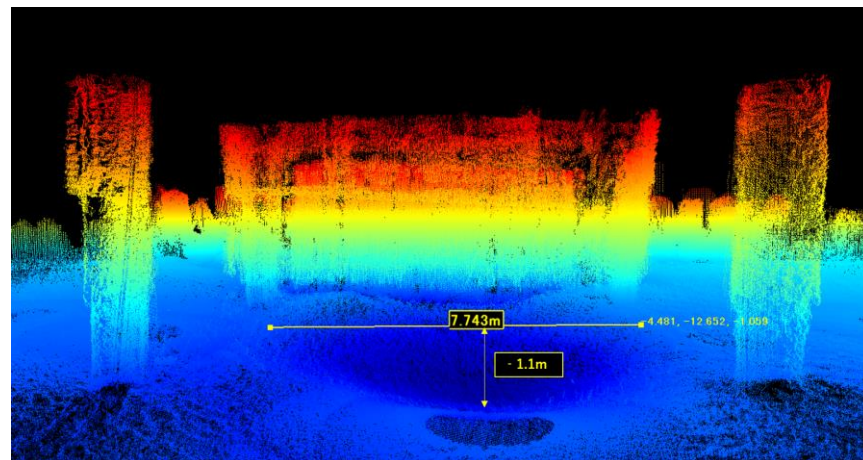
- 波力発電所の設置個所周辺の3D解析映像の結果、海底は、ラダーを中心として円状に長さ7.743m、深さ1.1m洗堀されており、反射板背後の消波ブロック側は、0.7m洗堀され、消波ブロックの捨石が洗堀により落下して溜まっている状況が見られた。



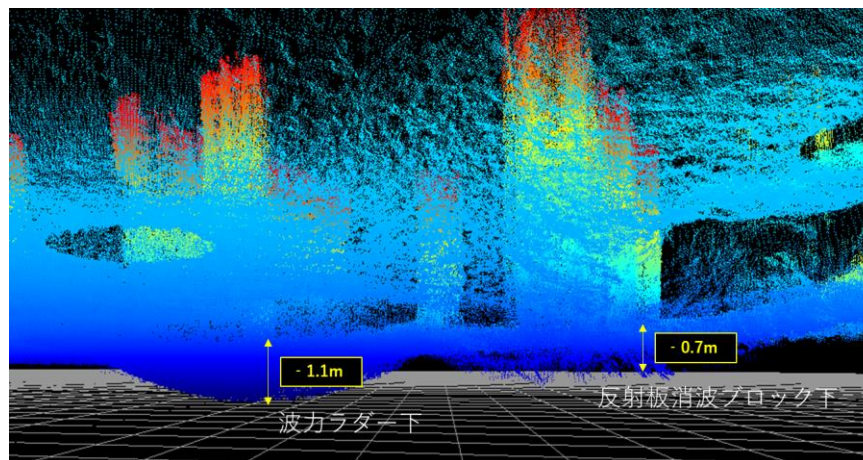
平塚波力発電所構造説明



平塚波力発電所南からの3D



東西方向洗堀長さ7.743m 深さ1.1m



波力ラダー下と消波ブロック側反射板下の洗堀深さ

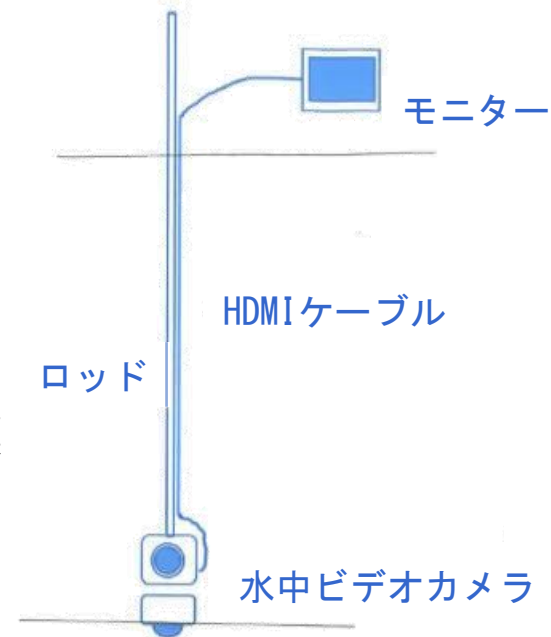
(2) 海藻類の植生調査

① 調査目的

- ・波力発電所周辺の消波ブロック帯と、新港内の海藻類の植生の現況を確認する。

② 調査方法

- ・ロッド式水中ビデオカメラの海中映像及び潜水士が採集したサンプルにより、波力発電所周辺の消波ブロック帯と、新港内防波堤(IV)の港外側に定着している海藻類の状況を確認し比較する。
- ・また、平塚漁港消波ブロック帯における過去の水中写真との比較により、藻場の形成状況を比較する。



《ロッド式水中ビデオカメラ》

③ 調査実施日

| 調査日 | 調査場所 | 調査内容 |
|------------|---------|-----------------------|
| 令和3年12月15日 | 消波ブロック帯 | 水中ビデオカメラによる植生状況の把握 |
| 令和3年12月20日 | 消波ブロック帯 | 消波ブロック付着海藻の採集（潜水士による） |
| 令和4年1月7日 | 消波ブロック帯 | 水中ビデオカメラによる植生状況の撮影 |
| 令和4年1月21日 | 新港内防波堤 | 水中ビデオカメラによる植生状況の撮影 |

③ 調査結果

《確認した海藻の種類》

(※：推定)

《消波ブロック帯》

| | | | |
|-----|--------|--------|-----------|
| 緑藻類 | アオサ目 | アオサ科 | アオサ |
| 褐藻類 | カヤモノリ目 | カヤモノリ科 | セイヨウハバノリ属 |
| | コンブ目 | コンブ科 | アラメ |
| 紅藻類 | スギノリ目 | スギノリ科 | ツノマタ属 |
| | | ムカデノリ科 | キントキ属 |
| | | | フダラク |
| | | | 種不明 |
| | | イバラノリ科 | カギイバラノリ |
| | | ツカサノリ科 | トサカモドキ属 |



セイヨウハバノリ属と
トサカモドキ属※
(根本の紅藻)



ムカデノリ科※

《新港内防波堤 (IV) 港外側》

| | | | |
|-----|-------|--------|-------|
| 褐藻類 | コンブ目 | チガイソ科 | ワカメ |
| | | コンブ科 | アラメ |
| | ヒバマタ目 | ホンダワラ科 | オオバモク |



ツノマタ属※



キントキ属※



カギイバラノリ※



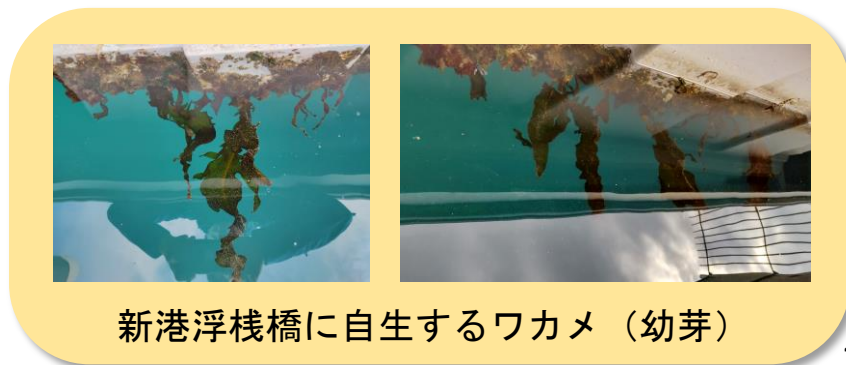
ワカメ



アラメ



オオバモク

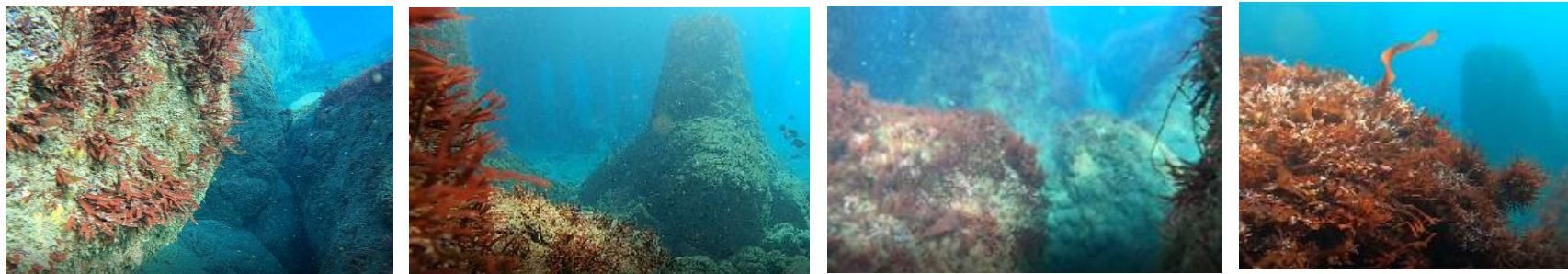


新港浮棧橋に自生するワカメ (幼芽)

《海中景観》

《波力発電所/消波ブロック帯》

- ・消波ブロックでは、海底から約1mの高さから水面近くの位置まで、紅藻類と褐藻類が優先して分布。



《新港内防波堤（Ⅳ）港外側》

- ・ワカメ、アラメ、オオバモクが混生し、藻場を形成。



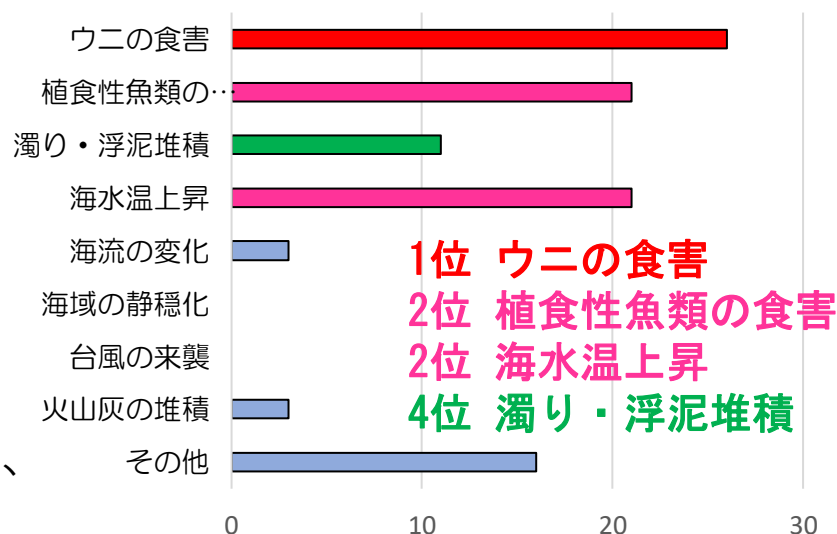
平塚市漁業協同組合/YouTube動画 《配信中》
「ひらつかタマ三郎漁港内で海藻ゾーンがあったので覗いてみた。」
<https://www.youtube.com/watch?v=eOa3HHRJ5qk>

(3) 植食性生物調査

① 調査目的

- 藻場衰退の持続要因は、ウニと植食性魚類の食害が1、2位であり、代表的な植食性生物は、ウニ類と魚類(アイゴ・ブダイ・ノトイスズミ・ニザダイ)であり、その他腹足類では、カサガイ類、古腹足類、アマオブネ類、タマキビ類、アメフラシ類が示されており(※6)、さらに魚類では、クロダイ、タカノハダイ、メジナもあげられている(※7)。
- 相模湾西部沿岸海域では、夏～秋にかけてカジメの食害を引き起こす主要魚種はアイゴであることが報告されており(※3)、本県沿岸で越冬をしている可能性も指摘されている(※8)。
- このため、植食性生物の生息状況を調査し、藻場造成を効果的に行うための対策の基礎資料とする。

○藻場衰退の持続要因(複数回答)^(※1)



(※6) 水産庁(2021): 第3版 磯焼け対策ガイドライン

(※7) 長崎県(2018): 長崎県における磯焼け対策ガイドライン

(※3) 高村正造・有馬史織・西村竜雄・相澤康(2019): 「小田原沿岸海域における藻場景観被度の経年変化と減少要因」, 神水セ研究報告, 10, 35-41.

(※8) 臼井一茂・櫻井 繁・田村怜子(2017): 2014年に神奈川県沿岸で漁獲されたアイゴの体長組成と体成分変化, 神水セ研究報告, 8, 17-21.

② 調査方法

- ・波力発電所周辺は、ロッド式水中ビデオカメラにより、蜻集する魚類を中心に確認した。尚、本調査は、令和2年度から継続して調査を行っているため、調査を開始した令和2年8月25日～令和4年1月31日までの計17回の調査結果を集計する。
- ・新港内の生物は、ロッド式水中ビデオカメラにより確認した。尚、新港内の生物については、遊漁者への聞き取り調査も合わせて行った。



《新港内の調査位置》

③ 調査実施日

| 調査箇所 | 調査実施日（委託期間内） |
|---------|--------------------------------|
| 波力発電所周辺 | 12月15,20日、1月7,21,31日 計5日 |
| 新港内 | 12月3日、1月7,22,25日、2月1日、3月7日 計6日 |

③ 調査結果

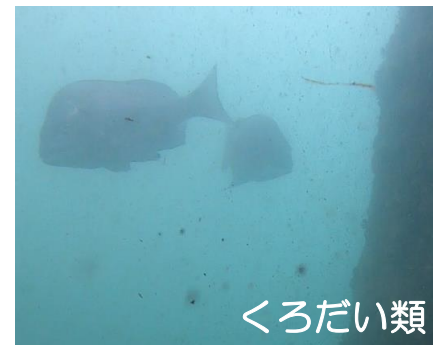
《波力発電所周辺》

- ・ 令和2年8月25日～令和4年1月31日にかけて計17回の観察を行った結果、18科20種の魚類を確認した。
- ・ 確認した植食性魚類は、めじな類とくろだい類が調査期間を通じて多く確認されたほか、季節的にニザダイ、タカノハダイも確認された。
- ・ 一方、相模湾内で増加しているアイゴをはじめブダイ、消波ブロック帯でのウニ類は、確認できなかった

■ 確認魚種

| | | | | | |
|--------|----------|--------------|------|-----------|---------------|
| ネズミザメ目 | ドチザメ科 | ドチザメ | スズキ目 | スズメダイ科 | オヤビツチャ |
| ニシン目 | カチクチイワシ科 | カタクチイワシ | | チョウチョウウオ科 | ハタタテダイ |
| ヨウジウオ目 | ヤガラ科 | やがら類 | | イシダイ科 | イシダイ |
| スズキ目 | ボラ科 | ボラ | | | イシガキダイ |
| | スズキ科 | スズキ | | ウミタナゴ科 | ウミタナゴ |
| | | ヒラスズキ | | タカノハダイ科 | タカノハダイ |
| | アジ科 | ぎんがめあじ類 | | ベラ科 | キュウセン |
| | メジナ科 | めじな類 | | ニザダイ科 | ニザダイ |
| | タイ科 | くろだい類 | フグ目 | フグ科 | クサフグ |
| | カゴカキダイ科 | カゴカキダイ | | ハコフグ科 | ハコフグ |

※ 種が同定できない魚は、ひらがな表記した。 ※ 赤字は、植食性魚類



くろだい類



めじな類



タカノハダイ



ニザダイ



平塚市漁業協同組合/ユーチューブ動画 《配信中》
「波力発電に集まる魚たち（総集編）」

https://www.youtube.com/watch?v=F_rKdKAMkx4

《新港内》

- ・ 植食性魚類は、くろだい類とタカノハダイが確認された。アイゴ、ブダイ、ニザダイについては、遊漁客へのヒアリングでも確認できなかった。
- ・ ウニ類、アメフラシ類、ナマコ類は、漁港施設のコンクリート面に定着しており、特に漁港最奥部の東船揚場でウニ類が多く確認された。
- ・ 海藻類が繁茂する内防波堤(Ⅳ)港外側は、底質がコンクリートブロックではあるが、ウニ類、アメフラシ類、ナマコ類は確認できなかった。

■ 調査個所別の確認生物

| 区 分 | | ボラ | くろだい類 | カゴカキダイ | タカノハダイ | ウミタナゴ | キタマクラ | ウニ類 | アメフラシ類 | ナマコ類 |
|-------------|------|------|-------|--------|--------|-------|-------|-----|--------|------|
| ①東防波堤基部 | | — | — | — | — | — | — | — | ○ | ○ |
| ②東船揚場 | | — | — | ○幼魚 | — | — | — | ○ | ○ | — |
| ③東岸壁 | | — | — | — | ○単 | — | ○単 | ○ | — | ○ |
| ④西防波堤基部 | | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 内防波堤 (Ⅰ) | ⑤港内側 | ○稚魚群 | ○群 | — | — | — | — | — | — | — |
| | ⑥先端部 | — | — | — | — | — | — | ○ | — | ○ |
| | ⑦港外側 | — | ○単 | — | — | — | — | — | — | ○ |
| ⑧内防波堤(Ⅳ)港外側 | | ○稚魚群 | — | — | — | ○単 | — | — | — | — |



①ウニ類と
アメフラシ類

②ウニ類

③ウニ類

④海底の状況

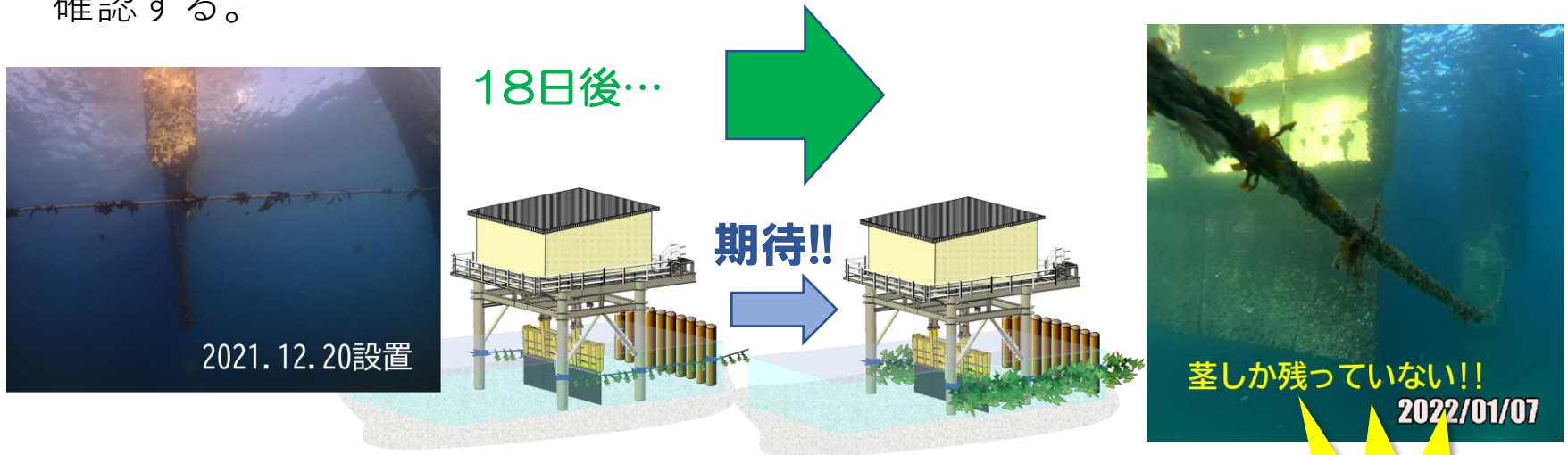
⑥ウニ類と
ナマコ類

⑦ナマコ類

(4) 捕食状況調査

① 調査目的

- ・海藻類の生育試験のため、令和3年12月20日に波力発電所から消波ブロック帯にかけて設置したワカメの幼芽は、18日後の翌年1月7日の観察時点で、根元を残してほとんどが捕食されていた。
- ・このため、今後の藻場造成における食害対策を講じるための基礎資料として、捕食した生物の確認、及びワカメ種苗の生育状況による捕食状況の差の有無を確認する。



平塚市漁業協同組合/ユーチューブ動画 <<配信中>>
「波力発電でのブルーカーボン増殖！
しかしワカメが無くなった、原因は？魚か？！」
<https://www.youtube.com/watch?v=fshv6Dk5TMk>



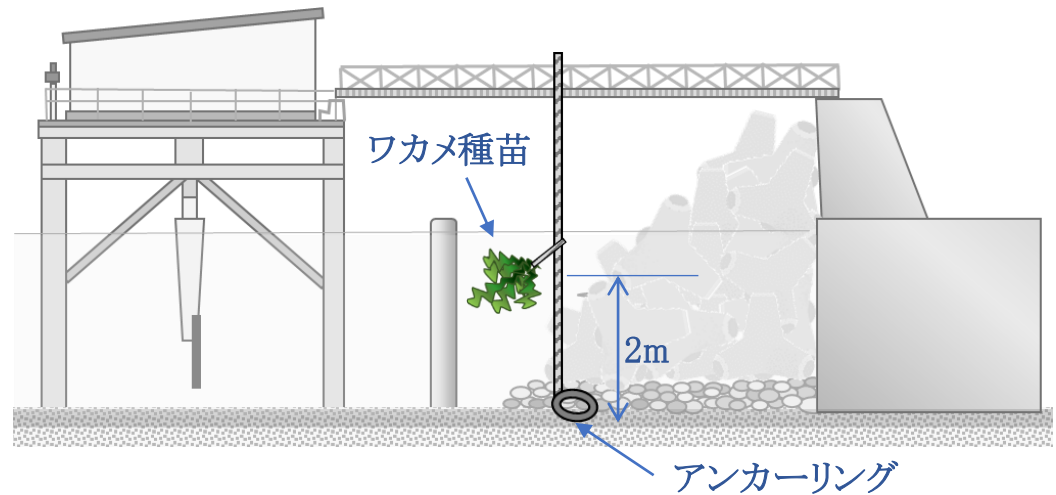
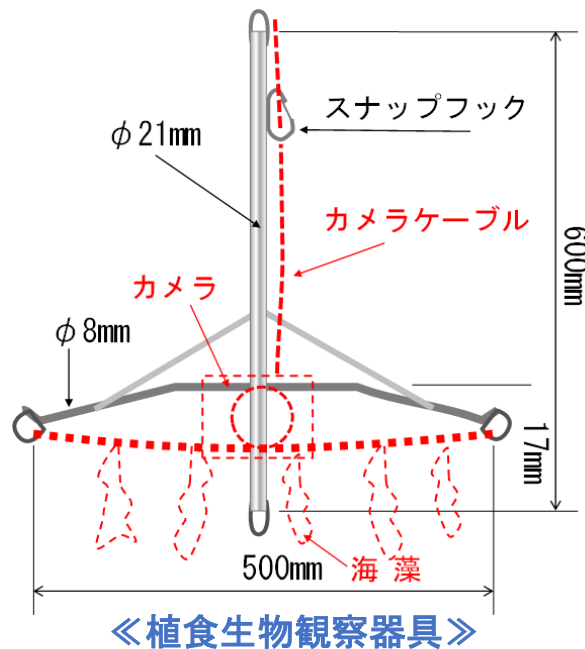
② 調査方法

《捕食生物調査》

- ・カメラレンズの目前に海藻類を垂下して生物の捕食状況を撮影できる専用のステンレス製の捕食生物観察器具を作成し、水中ビデオカメラとタイムラプスカメラにより、海中で一定時間の撮影を行い種類の確認を試みた。

《捕食状況の観察》

- ・ワカメ種苗の生育状態による捕食状況を比較するため、新港内で育成試験中の種苗（52.5 g）を「エサ用ワカメ」として、波力発電所のアクセス栈橋から海底から2 mの位置に吊り下げて設置し、経過を観察した。



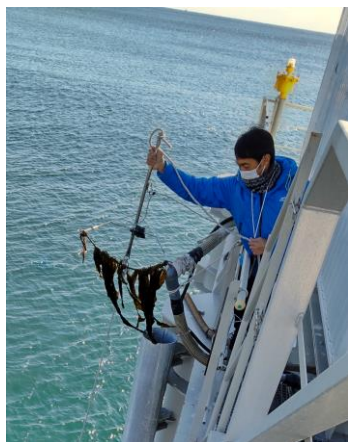
③ 調査結果

《捕食生物調査》

- ・1月7日から発電所撤去開始前日の1月31日まで、計7回の観察したが、捕食状況を撮影することはできなかった。

■ 調査実施状況

| 調査日 | 1月7日 | 18日 | 19日 | 21日 | 24日 | 27日 | 31日 |
|------|-----------------|-----------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 調査時間 | 11:35～ 12:31 | 撮影 できず | 9:10～ 14:05 | 12:13～ 12:57 | 9:52～ 10:06 | 9:25～ 12:55 | 10:21～ 11:07 |
| 捕食状況 | 無 | 荒天 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 |



調査状況



観察器具



海中での撮影状況



水中ビデオカメラの映像

《捕食状況の観察》

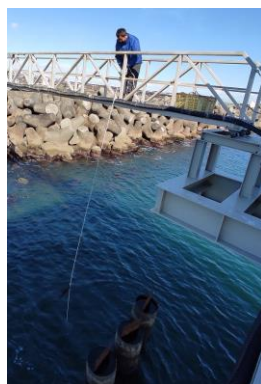
- ・ 1月21日に設置した餌用ワカメは、27日までの3回の観察において、捕食された形跡は全く無かったが、1月31日の観察時に、根と中芯の部分を残して葉体の殆どが捕食されていることを確認した。
- ・ 同日の水中ビデオカメラによる生物観察では、消波ブロックに付着する海藻類をついばむボラの群れを確認した。
- ・ この状況から、今回の捕食はボラによるものと推定されるが、ワカメを吊り下げてから1週間は捕食した形跡が無かったことから、育成試験のワカメの幼芽を捕食した魚種をボラと特定することは難しい。

■ 調査実施状況

| 調査日 | 1月21日 | 24日 | 25日 | 27日 | 31日 |
|-----|-------|------|------|------|-----------------|
| 状況 | 吊下開始 | 変化無し | 変化無し | 変化無し | 中芯を残し葉体部分の殆どを捕食 |



ワカメ種苗



吊下げ作業



海中の種苗



捕食された状況



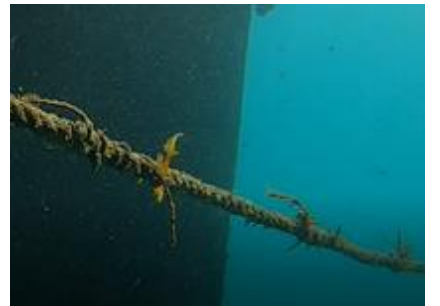
海藻をついばむボラ

■ 波力発電所周辺の藻場造成の食害対策が重要

- ・ 波力発電所周辺のワカメ種苗の育成試験は、令和3年12月20日に幼芽を挿し込んだ親縄を設置したが、18日後の1月7日の観察時に幼芽の消失を確認し、結果的に実証できなかった。
- ・ この間、平塚沖総合実験タワーで1m超の波を観測した日は7日で、うち連続9時間と10時間を記録した日も2日あった。
- ・ このため、波の影響で幼芽がちぎれて流失した可能性は否定できないが、残された幼芽は、①中芯部を残して周囲の柔らかい葉体部分が消失、②親縄に挿し込んだ種糸が引きずり出された状況が散見、③捕食状況調査でボラと推定される食害を観察、④港外沿岸部での育成した幼芽は順調に生育、の4点を考慮すると、確定はできないが、魚類による食害による可能性が高いものと推定される。
- ・ 一方、新港内で育成したワカメは、港外沿岸部の生育状況には劣るものの順調に成長しており、植食性生物は、ウニ類やくろだい類が確認されたものの、消波ブロック帯と比較して少ない印象である。
- ・ また、西泊地の浮棧橋をはじめ各所でワカメが自生しているほか、港内の一部では、良好な藻場が形成されていることが確認された。



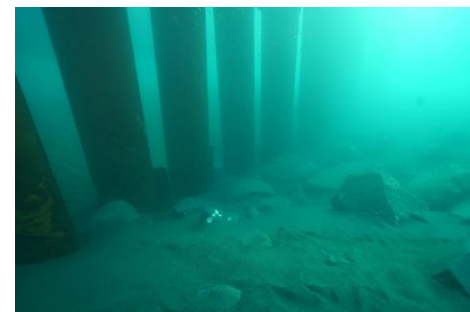
《中芯部を残して
葉体部分が消失》



《引きずり出された種糸》

■ 波力発電所の特性について

- ・平塚波力発電所は、暴風時の損壊を防ぐため、発生しうる最大波浪の力を逃がすように施設の設計を行っている。このため、潮位の変動により通常波がラダーと反射板を越波する状況や、冬季西風により斜め方向から入射する高波によって、波エネルギーがロスする状況が生じた(※9)。このロスした波は、反射板背後の消波ブロック帯に影響を及ぼしたものと推定され、波の遮蔽効果は確認できなかった。
- ・発電所下の海底や反射板背後の洗堀状況から、海底の攪拌による栄養塩や酸素の供給は期待できるが、海藻の定着基盤となるブロック等の転倒や埋没が懸念される。このため、反射板背後に母藻の投入や海藻の移植を行う場合は、海底の砂の移動を考慮する必要がある。
- ・ラダーの揺動による乱水流は、発電所下の洗堀状況から相当発生していると想定されるが、ラダー周辺に蛸集する魚類の行動からは摂食行動を阻害しているとは考えられず、むしろ蛸集効果を高めていると考えられる。
- ・河口付近に設置した発電所には、くろだい類やボラ等の汽水域でも生息する魚類が多く蛸集していることから、塩分濃度の低下による食害抑制効果は乏しいと考える。また、アイゴやブダイが確認できない原因が低塩分によるものか否かは、確認できなかった。



《反射板下は捨石が露出し、洗堀された窪みに溜っている》



《ラダーに寄り添うように蛸集するイシダイ》

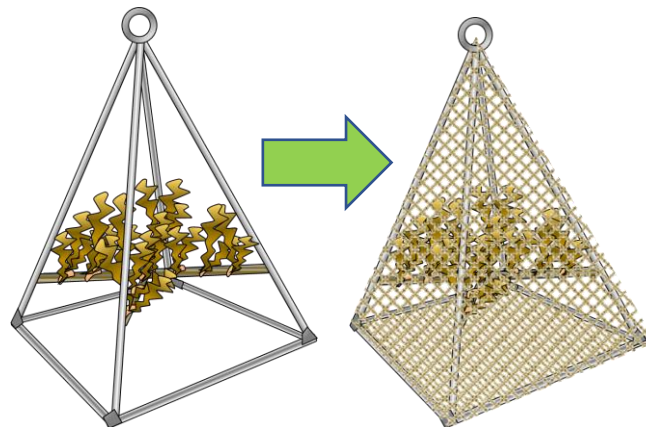
(※9) 2022年2月,第3回平塚波力発電海域実証検討会資料

■ 海藻類の育成手法の検討

- ・ 魚類が多く蟻集する波力発電所周辺での藻場造成は、食害対策が重要となるが、相模湾では、初夏から晩秋にかけてアイゴをはじめ魚類の食害が多く見られ、その後、海水温の低下とともに魚類の活性は下がり、冬場の被害は少なくなる状況である(※10)。
- ・ このため、魚類の活性化が高い時期での幼芽や幼胚の設置・投入を避けるため、種付け時期の調整や、ある程度成長させた種苗の移植等による食害回避策が有効と考えられることから、食害を受けにくい新港を活用して、幼芽や幼胚の初期育成を行った後に、発電所周辺等の藻場造成エリアに移植する手法を検討した。
- ・ ワカメやカジメ等による場合、入手した幼芽は、水温が低下する1月中頃まで新港内で初期育成を行い、その後に造成画エリアに移植して、春に胞子を放出させて再生産させる手法が考えられる。

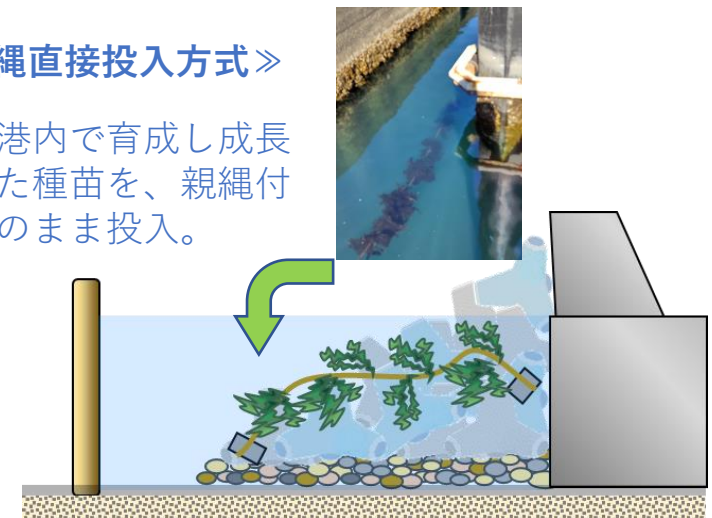
《移植用鉄筋 アングル方式》

親縄をアングルに固定したワカメ等の幼芽は、新港内で育成後、生分解性ネットで覆い、計画エリアに設置。

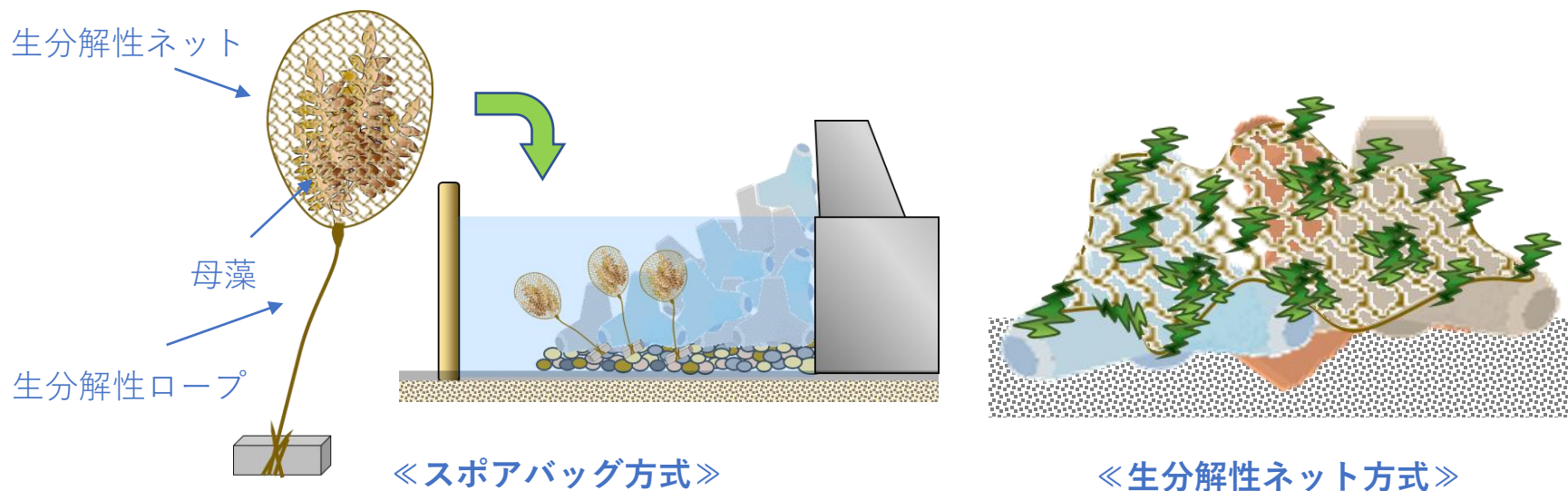


《親縄直接投入方式》

新港内で育成し成長した種苗を、親縄付きのまま投入。



- アカモクは、投入した母海藻の流失や幼胚着底ブロックの埋没といった過去（令和2、3年度の実証実験）の反省を踏まえて、幼胚放出段階にある母海藻を生分解性ネット製のスポアバッグに入れて投入する方法、水槽内で母海藻からブロックに幼胚を付着させて幼芽を育成し（※11）、その後、新港内での二次育成を経て造成エリアに再設置する方法、生分解性ネットに付着させた幼胚を新港内で初期育成し、消波ブロックに覆いかぶす方法等が考えられる。



（※11）2011年11月,国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産大学校 生物生産学科 村瀬昇教授からの助言

■ 波力発電所を活用したブルーカーボン事業の今後の取組みについて

- ・ 現在、東京大学生産技術研究所等の共同研究グループは、発電性能を向上させた新型波力発電所の開発研究を進めており、2025年以降のFIT価格設定後に平塚への再設置を目指している。
- ・ 新型波力発電所は、実証実験で判明した波エネルギーのロス対策として、ラダーや反射板の天端の嵩上げや延長が講じられ、かつ施設規模を拡大したものとなるため、これまで以上に広い藻場造成スペースの創出が期待される。
- ・ 岩礁域を持たない平塚の沿岸海域において、新型波力発電所を活用した藻場造成によるブルーカーボンの実現に向けた取組みを行うことは、漁場環境の保全や漁場生産力の向上、さらにはカーボンニュートラル漁業の可視化による生産物の付加価値向上につながるため、当組合にとって重要な活動テーマである。
- ・ 今後、新型波力発電所が設置されるまでの期間は、新港内を中心とした藻場造成に取組み、海藻類の育成技術の向上に取組むとともに、これを活用した子供たちを中心に市民へのブルーカーボン啓発活動を展開していく。

《子供たちのブルーカーボン教室》

1月27日、新港内で育成・収穫したしたワカメを再利用して、小学生と保育園児による親縄に挿し込み体験を行った。

港内の防波堤平場での挿し芽作業は、児童、園児でも簡単に行うことができ、港内に設置したワカメの状況は、防波堤上から明瞭に観察できたため、子供たちを対象とした安全なブルーカーボン教室としての実施が期待できる。



謝辞

本調査の実施にあたり、神奈川県水産技術センター相模湾試験場の石黒雄一場長、櫻井 繁普及員には有益なご助言とともに、ワカメ種苗の手配や調査に関する技術的指導をいただきました。また、東京大学生産技術研究所の水上洋一シニア協力員には、水中ビデオカメラでの生物の撮影協力を、また橋本産業株式会社の橋本三郎代表取締役社長からは、ジュート製ロープの提供をいただきました。株式会社東京久栄の佐藤航志主査研究員には海藻類の同定について協力をいただきました。また、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産大学校の村瀬昇教授からは、藻場造成に対する考え方や食害生物調査の必要性等について助言をいただきました。

さらに川長水産株式会社の磯崎晴一社長には、ワカメ種苗の育成試験に関わる様々な作業にご協力をいただきました。ここに記して、心から感謝申し上げます。



平塚の漁業PRキャラクター
ひらつかたま三郎