

平塚市との共同研究成果報告書

## 平塚新港へ海の肥料施肥結果報告書

2026年4月

工学院大学

先進工学部環境化学科 教授 金熙濬

株式会社不動テトラ

青田 徹

## 1. はじめに

平塚新港（図 1）において、2024 年 12 月から 2027 年 3 月までの約 3 年間にわたり、「海の肥料」の実証実験が実施されている。本実験では、工学院大学の金熙濬（キム・ヒジュン）教授が開発した「海の肥料」を、株式会社不動テトラの海洋環境適用技術と組み合わせて活用し、海洋生態系との調和性や環境影響を検証することを目的としている。

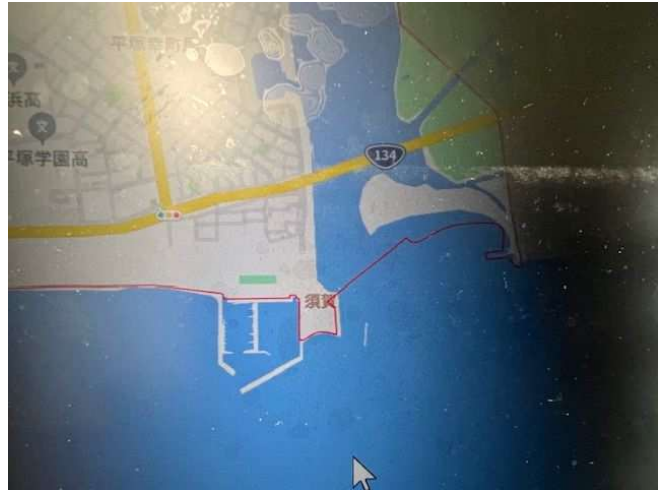


図 1 平塚新港写真

2024 年度の実験結果からは、「海の肥料」の有効性が確認された一方で、魚類や貝類による食害が課題として判明した。食害を受けた区域では海藻幼苗が成長段階で摂食されるため生育が阻害されるが、食害を免れた個体は順調に成長することが観察された。

2025 年度は、食害対策を講じた上で同様の実験を継続する予定である。さらに、新たな試みとして平塚新港入口付近に「海の庭」（海藻の種苗供給場）を設置し、海藻群落の育成・拡大を図る。これにより、平塚新港および周辺海域への海藻の定着・繁殖を促進し、数年後には「海藻の森」が形成される可能性を検証するフィールド実験も並行して行う計画である。さらに、海藻の成長量からブルーカーボン量を換算し、温室効果ガスの削減量を試算する。

## PartI 実験計画

### 1. 使用資機材

#### 1.1. 海の肥料の設置方法

海の肥料の設置方法は2024年度と同様で、小石と海の肥料を7:3の比率で網に入れ、図2に示すような「肥料セット」を作成し、設置場所に沈める(キョーワ式フィルターユニットに類似したもの)。



図2 海の肥料イメージ

(参考:

<https://www.kyowa-inc.co.jp/products/542/>)

このような形状のセットは、海洋や河川で多くの採用実績がある製品であり、以下の特長を持つ。

- 1) 生物に多様な生息環境を提供できる。
- 2) 今回の実験では中詰め材には小石を使用する。

赤潮や青潮の発生が無かったので、場合によっては、海の肥料を追加することも考えてる。

## 1.2. 海の肥料の製造方法

使用するリン成分は国の肥料検定(生第89750号)を取得しており、このリン成分と新潟県阿賀野市産の煉瓦用粘土を原料として海洋用肥料を製造している。

製品形状は四角形土管や円筒形土管タイプ(図3~6参照)で、これらの土管形状はもともと水田での排水用や通気用として使用されている実績がある。



図3 「海の肥料」 全景

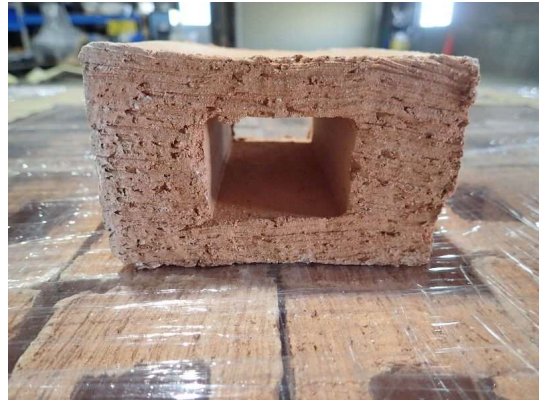


図4 「海の肥料」 正面（貫通孔）

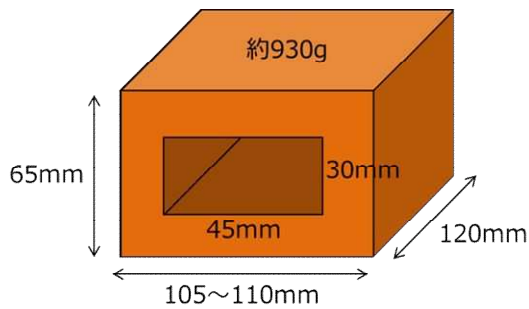


図5 「海の肥料」 形状寸法



図6 「海の肥料」 荷姿

## 2. 実証実験場所及び状況

### 2.1.3. 実証実験場所

実海域試験の実施場所を選定するために事前調査を実施した場所を図7に示す。外洋からの波浪の影響を受けにくい場所であり、また平塚市漁業協同組合からの助言を参考として、図7に示す平塚新港の調査箇所①、②、③の3箇所を候補地として選定した。

調査箇所①：岸壁と浮棧橋との間

調査箇所②：西側岸壁の一角

調査箇所③：東側岸壁の一角



図7 平塚新港事前調査場所

調査箇所④：東側岸壁の一角で③の岸壁向かい側

海の肥料はリン成分を提供するので、赤潮や青潮も考量した観点から実証実験場所は選ばれた。

## 2.2. 調査結果

2024年度の各調査箇所の状況を図8～13に示す。底質は、調査箇所①が泥質で、②と③は泥質に加えて一部に砂・石・岩が散見された。太陽光の入射状況は、当日の天候が曇りであった影響もあり、①が最も薄暗く、②と③は同程度の明るさであった。ただし、①は西向き、②は南向き、③は南東向きという方位の違いがあった。

海藻類は、季節的に着生が少ない時期ではあるが、大型海藻の着生は確認できなかった。海底の捨石上にはウミウチワと思われる枯死した後の断片が確認された。また、岸壁ではウニ類（ムラサキウニなど）の生息が確認された。



図8 調査箇所①状況



図9 調査箇所①状況



図10 調査箇所②状況



図11 調査箇所②状況



図12 調査箇所③状況



図13 調査箇所③状況

### 2.3. 実験場所の方針

2024 年度に決定した実験場所の配置案を図 14 に示す。実験場所の選定方針は以下の通りである。

1. 平新塚港内に設置すること
2. 船舶の航行に支障のない場所を選定すること
3. 岸壁から 2m 以上離隔して設置すること

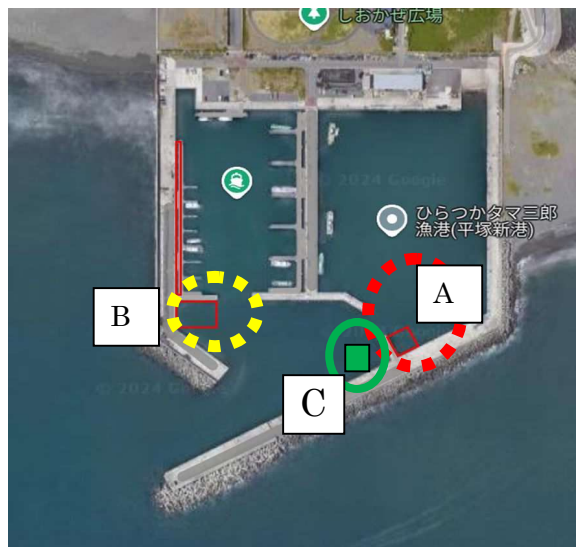


図 14 海の肥料設置位置図

その結果、設置位置は漁業組合および平塚市と現場で協議の上、図 14 中の A 地点と B 地点、C 地点とした。

### 3. 実験方法

#### 3.1. 概要

事前調査の結果を基に、各種海藻類の生態や成育環境に配慮し、「海の肥料」による成長促進効果と海洋環境への適用性を検証するため、本実験を実施する。

実験で使用する資機材・海藻類の選定および設置方法については、2024 年度と同様に、以下の関係機関と調整の上、了解を得たものを確定事項とする。

- ・平塚市漁業協同組合（作業船舶への配慮等）
- ・平塚市農水産課（護岸維持管理範囲外の確認）
- ・平塚市産業振興課

#### 3.2. 実験場所

##### (1) 実験場所 A

護岸から 2m 以上離して実験区域を設定する（図 15）。



図 15 実験場所 A

(2) 実験場所 B

実験場所 A と同様に護岸から 2m 以上離して実験区域を B-1 として設定する (図 16)

また、平塚市漁協が実施中の海藻 (カジメ) 育成施設が設置されており、この施設を利用した実験区域を B-2 とする。



図 16 実験場所 B

4. 実験スケジュールは以下である。

#### 4.1. 長期スケジュール

実験期間は、2024年12月から2027年3月までの3年間と設定する。

1. 初年度（1年目）の計画は、海藻の付着と成長過程の「基礎観察年」と位置付け、海中の胞子が基盤に定着する過程や幼苗の生育状況を把握することであった。2024年の観測結果では、既に報告の通り幼苗の成長が確認され、海の肥料による成長促進効果も認められた。一方で、食害の問題も顕在化した。
2. 2年目は「改善実証年」として、(1)食害対策の実施、(2)海の肥料による成長促進効果の分析、(3)環境条件の最適化を主要目標とする。特に海の肥料の効果と設置環境の影響を評価し、必要に応じて栽培手法を調整する。同時に、実験区域Cに「海藻育苗場（海の庭）」を設置し、種苗供給基地として機能させることで、平塚新港内外における海藻群落の育成・拡大を図る。
3. 3年目は「収穫評価年」とし、2年間の知見を統合した最適条件下で海藻を育成する。成熟した海藻の収穫に加え、CO<sub>2</sub>固定量の定量評価を通じて環境貢献効果を検証する。これまでの研究成果が持続可能な海洋生態系の構築に向けた確かな一歩となることが期待される。

#### 4.2. 短期スケジュール（案）

短期スケジュール案を図17に示す。

実施項目	2025 年度				特記事項
	6～9月	10～11月	12～2月	3月	
研究打ち合わせ データ収集 海洋肥料製造実験 (約90日間)	→				共同研究者と 関連知見の共 有
海洋肥料の性能評価: P,Si 溶解評価 (約90日間)		→			既存データの 活用
実用化可能なサイズの海 洋肥料製造 (約60日間)		→			委託生産
海藻生育実験観察 (約90日間)			→		変更もあり、日 程調整可
実験結果の分析と総合ま とめ (約20日間)				→	物質収支・コス ト計算
報告書とりまとめ				←	

図 17 短期スケジュール (案)

## 研究概要

本研究は、下水汚泥焼却灰から回収したリンを活用した海の肥料を開発し、沿岸海域で進行する貧栄養化（海洋砂漠化）への対策技術を確認することを目的とする。開発した海の肥料は、海藻類の成長に不可欠なリン（P）とケイ素（Si）を最適濃度で長期間供給できる特性を有し、海藻の生育促進およびCO<sub>2</sub>吸収量の増加に寄与することが期待される。実海域での適用が可能となれば、SDGs 目標 14「海の豊かさを守ろう」および目標 13「気候変動に具体的な対策を」への貢献が見込まれる。

昨年度は；

- 1) 実験室レベルでの海の肥料の開発と組成最適化、
- 2) 1,000 kg 規模での海の肥料製造、
- 3) 実海域での施肥試験と海藻類（ワカメ・アカモク・カジメ等）の生育モニタリング、を実施した。

その結果、ワカメでは明確な施肥効果が確認された一方、アカモクおよび

カジメでは食害の影響が大きく、海の肥料の有効性が示唆されると同時に、食害対策の必要性が新たな課題として浮上した。

本年度は；

- 1) 前年度と同条件での追証実験によるデータ信頼性の向上、
  - 2) 防護ネット等を用いた食害対策の導入とその効果の定量化、
- を主要課題として取り組んだ。

その結果、ワカメは 2 か月で 160 cm に達する顕著な成長を示し、養殖ロープ 1 m 当たり 1.57 kg の生産が可能であった。また、カジメも順調な生育が確認された。一方、アカモクは一部で成長が見られたものの、多くが食害により消失した。

収穫時期であるワカメに対して以下の結果が得られた。

1. ロープ 1m 当たりワカメ 6304g を収穫（ロープ 25 cm 当たり 1576g の実測値から）出来た。

2. 申請実験場所（25mx25m、場所 A と B）で全部ワカメを養殖すればロープの長さは 500m（25mx10 ライン（2.5m 間隔 x 2 面）となり 3.15 トンのワカメを生産出来、約 400 kg のブルーカーボンが固定できる試算である。

3. 実験場所 A, B の面積（25mx25mx2 面）は 125m<sup>2</sup>で、生産出来るブルーカーボン量が 400 kg となるので、本実験の生産ポテンシャルは 3.2 kg/m<sup>2</sup>となり、自然のワカメの吸収係数（固定 CO<sub>2</sub> 重さ/m<sup>2</sup>）0.116 kg/m<sup>2</sup>と比較すれば、27.6 倍の生産性が上がった。

4. 海の肥料施肥無しの養殖ワカメとの比較で、海の肥料施肥無し養殖ではロープ 250m でブルーカーボンが 19.3 kg 固定されるので、海の肥料施肥あり養殖ではロープ 500m 当たりブルーカーボンが 400 kg 固定されることと比較すれば、施肥効果は約 10 倍の生産性が上がった。

今後は、リンの循環利用による資源の持続可能性評価を深化させるとともに、海の肥料の社会実装に向けた技術的基盤の確立を目指し、水産業への経済的イ

ンパクトの定量化も進めて行きたい。

## Part II 実験結果

### 1. 食害対策

本研究では、海藻の食害を抑制するために、網で囲う方式と針状の突起部を設ける方式の2種類を採用した(図18)。

網で囲う方式は、海藻全体を網地で覆うことで、食害を引き起こす魚類から直接的に保護できる点が大きな利点である。外部からの接触を物理的に遮断するため、食害の影響を最小限に抑えることが可能である。一方で、網が日光を一部遮るため、海藻の光合成に必要な光量が不足し、成長に影響を及ぼす可能性が短所として挙げられる。

これに対し、針状の突起部を設ける方式は、構造物が日光を遮らないため、海藻が十分な光を受けられる点が利点である。しかし、突起部は魚類の接近を完全に防ぐものではないため、食害を完全に抑制することは難しく、保護効果が限定的であるという課題が残る。

これら二つの方式は、それぞれ異なる長所と短所を持つため、実験では両者を併用し、海藻の成長と食害抑制効果を多角的に評価できるように設計している。

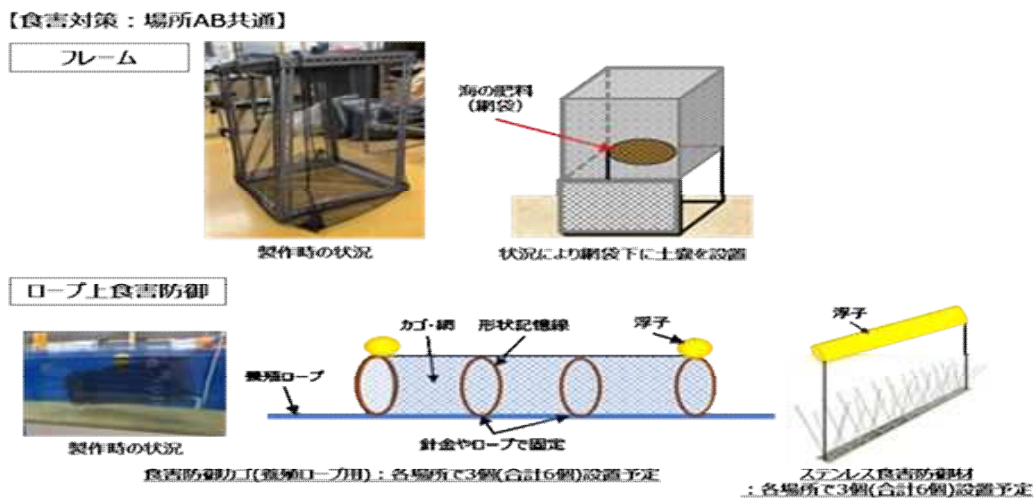


図18 食害対策

## 2. 海の肥料の施肥と食害防止対策の効果（実装実験結果）

2025年12月18日から19日にかけて海藻および海の肥料と食害防止対策備えた設置作業を実施し、その後の経過観察として、1回目を1月22日、2回目を2月20日に行った。観察の結果、食害防止対策の効果は、場所A（人の出入りが多く、釣りが可能な区域）と場所B（一般の立ち入りが制限され、釣りが禁止されている区域）とで大きく異なる傾向が見られた。また、海藻の種類によっても食害の程度や対策効果に差異が認められた。

これらの違いについては、以下で詳細に述べる。

### 2-1 場所A

実験場所Aは一般の出入りが自由で、多くの釣り人が利用する区域である。この環境下で観察を行ったところ、食害防止対策の有無にかかわらず、ワカメとカジメはいずれも順調な成長を示した。一方で、アカモクについては、食害対策の有無に関係なく成長が確認されなかった。アカモクが成長しなかった要因としては、苗そのものの品質に起因する可能性と、港内の自然環境の変化による影響の可能性が考えられるが、現時点ではどちらが主因であるかを特定することはできない。

#### 2-1-1 場所Aのワカメ

図19にワカメ成長の経時変化をまとめて示す。設置時の観察では、入手したワカメの苗はいずれも良好な状態であり、初期生育に問題は見られなかった。設置から約1か月後に実施した1回目の観察では、食害防止対策の有無にかかわらず、ワカメが順調に成長していることが確認された。特に、カゴや突起などの食害対策を施していない区画でも成長が見られたことから、当該海域では魚類による食害がほとんど発生しておらず、ワカメの生育に適した環境条件が整っていると考えられた。さらに、設置から約2か月後に行った2回目の観察では、ワカメは一段と成長しており、一部の個体ではメカブの形成も確認された。成長量の指標として、養殖ロー

プ 25 cm あたりのワカメ湿重量を測定したところ、1,576 g に達していた。これらの結果から、実験場所 A におけるワカメの生育環境は極めて良好であり、食害の影響が小さいことが改めて示された。

## 平塚新港へ海の肥料施肥効果検証試験

場所A：ワカメ

1回調査：設置1ヶ月後、2回目調査：2ヶ月後





	状況	筏用ロープのみ	筏用ロープ+カゴ	筏用ロープ+突起
設置時	・入手したワカメは良好な状態であった。			
第1回調査	・随調に生長したワカメが確認された。 ・カゴや突起が無い部分でも生長しており、魚類による食害が無い、またはワカメの生長に適した環境であると考えられた			
第2回調査	・さらに随調にワカメは生長しており、一部の個体にメカブの形成も確認された。 ・ロープ25cmあたりワカメ湿重量1,576g (ワカメ湿重量：6,304g/m)			

図 19 場所 A におけるワカメ成長の経時変化

### 2-1-2 場所 A でのアカモク

図 20 にアカモクの成長に関する経時変化を示す。設置時の観察では、入手したアカモクの苗はいずれも個体が小さく、成長不良の状態にあった。設置から約 1 か月後に実施した 1 回目の観察では、食害防止対策の有無にかかわらず、アカモクの成長は確認されなかった。

観察時には、アカモク種苗を取り付けたロープ表面に珪藻を中心とした付着藻類が広く着生しており、これがアカモクの光合成を阻害している可能性が考えられた。また、食害の有無については明確な痕跡が確認できず、食害が主因であるかどうかは判断できなかった。さらに、カゴ型の食害対策を施した区画では、カゴ表面にも珪藻が着生しており、内部のアカモクに十分な光が届かず、光環境が悪化していたと推察される。一方、突起部による食害対策は光を遮ら

ない構造であるものの、こちらでもアカモクの成長は確認されなかった。

設置から約2か月後に行った2回目の観察では、アカモクの個体は確認されず、消失していた。これらの結果から、アカモクの不成長および消失の要因として、初期苗の小ささ、付着藻類による光阻害、港内環境の変動など複数の要因が複合的に影響した可能性が示唆される。

### 平塚新港へ海の肥料施肥効果検証試験

場所A：アカモク

1回調査：設置1ヶ月後、2回目調査：2ヶ月後

	状況	養殖ロープのみ	養殖ロープ+カゴ	養殖ロープ+突起
1回調査	・入手したアカモクは全長が短い個体が多かった			
2回目調査	・アカモク種苗を取り付けたロープ表面に珪藻などの付着藻類が着生しアカモクの光合成に悪影響があると思われる。 ・食害の有無は明確ではない ・カゴ表面にも珪藻が着生して内部のアカモクの光環境が悪化していると思われる。 ・突起部はカゴのように光の遮断は無いが、アカモクの生長は確認できなかった			
3回目調査	・アカモクは確認されなかった			

図20 場所Aにおけるアカモク成長の経時変化

### 2-1-3 場所Aでのカジメ

図21にカジメの成長に関する経時変化を示す。設置時の観察では、入手したカジメの苗はいずれも良好な状態であり、初期生育に問題は見られなかった。設置から約1か月後に実施した1回目の観察では、食害防止対策の有無にかかわらずカジメの成長が確認された。しかし、カジメの表面には珪藻を中心とした付着藻類が広く着生しており、光合成に悪影響を及ぼしている可能性が示唆された。また、昨年度に見られたような顕著な食害は確認されず、今年度の環境では食害の影響が比較的小さいことが分かった。

食害対策として設置したカゴについては、カゴ表面にも珪藻が着生して

おり、内部のカジメに十分な光が届かず、光環境が悪化していると考えられた。

一方、突起部による対策は光を遮らない構造であるものの、こちらでもカジメ表面に付着藻類が着生しており、成長を妨げている可能性があった。設置から約2か月後に行った2回目の観察では、1回目の観察時に懸念された付着藻類の影響が一部で軽減され、わずかながらカジメの成長が確認された。特に、カゴ表面の付着藻類は減少しており、内部のカジメもわずかに成長していた。一方、突起部に設置したカジメについては、成長が確認されなかった。

これらの結果から、カジメの成長には付着藻類による光阻害が大きく影響している可能性が高く、食害対策の種類によって光環境が異なることが成長差につながったと考えられる。

## 平塚新港へ海の肥料施肥効果検証試験

場所A：カジメ

1回調査：設置1ヶ月後、2回目調査：2ヶ月後

	状況	各種ロープのみ	各種ロープ+カゴ	各種ロープ+突起
設置時	・入手したカジメは良好な状態であった			
第1回調査	・カジメ表面に珪藻などの付着藻類が着生しカジメの光合成に影響があると思われる ・昨年のような食害は顕著ではない ・カゴ表面にも珪藻が着生して内部のカジメの光環境が悪化していると思われる ・突起部はカゴのように光の遮断は無いがカジメ表面に付着藻類が着生していた			
第2回調査	・第1回ではカジメ表面の付着藻類の着生により生育環境の悪化が懸念されたが一部のカジメの生長が確認できた ・カゴ表面に付着藻類は減少しており、内部のカジメのわずかに生長が確認できた ・突起部のカジメは成長が確認できなかった			

図 21 場所 A におけるカジメ成長の経時変化

## 2-2 場所 B

実験場所 B は一般の立ち入りが制限され、釣りが禁止されている区域である。

一方で、この場所では大型魚類が海藻を捕食する様子がしばしば確認されるため、食害の影響が顕著に現れやすい環境である。このような条件下で観察を

行ったところ、食害防止対策の有無による差が明確に表れた。

ワカメについては、特にカゴによる食害防止対策を施した個体では順調な成長が見られ、保護効果が高いことが確認された。対照的に、カジメは食害防止対策の有無にかかわらず成長が見られており、比較的食害の影響を受けにくい種であることが示唆された。

一方、アカモクについては、食害対策の有無に関係なく成長が確認されなかった。これは、場所 A での結果とも一致しており、アカモクの不成長が食害だけでは説明できず、苗の状態や港内環境の変動など、他の要因が影響している可能性が高い。

### 2-2-1 場所 B のワカメ

図 2 2 にワカメの成長に関する経時変化を示す。設置時の観察では、入手したワカメの苗はいずれも良好な状態であり、初期生育に問題は認められなかった。設置から約 1 か月後に実施した 1 回目の観察では、ワカメ種苗を取り付けたロープ表面に珪藻を中心とした付着藻類が着生しており、光合成に悪影響を及ぼしている可能性が示唆された。一方、カゴ内のワカメではカゴ表面の付着藻類が比較的少なく、内部のワカメは順調に成長していた。

突起部の間で成長していたワカメも確認されたが、その成長はカゴ内の個体ほど良好ではなかった。また、一部のワカメには魚類による噛み跡が認められ、食害が発生している可能性が高いことが分かった。

設置から約 2 か月後に行った 2 回目の観察では、カゴ内および突起部周辺のワカメがさらに成長していることが確認された。特にカゴ内の個体は良好な生育を示しており、食害防止対策の効果が明確に現れていた。また、食害対策を施していない養殖ロープにおいても、一部ではあるがワカメが残存し、成長している個体が確認された。

## 平塚新港へ海の肥料施肥効果検証試験

場所B：ワカメ

1回調査：設置1ヶ月後、2回目調査：2ヶ月後

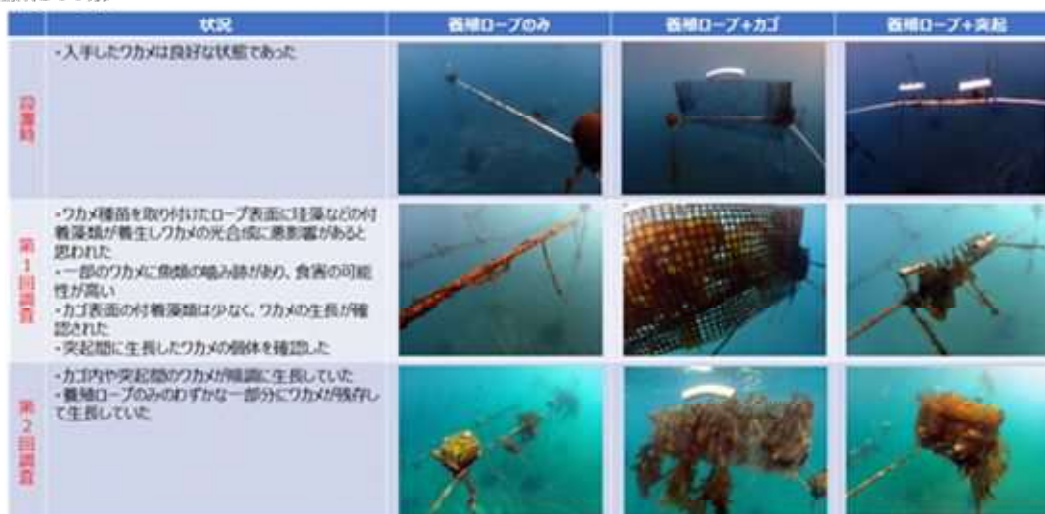


図 22 場所 B におけるワカメ成長の経時変化

### 2-2-2 場所 B でのアカモク

図 2 3 にアカモクの成長に関する経時変化を示す。設置時の観察では、入手したアカモクの苗はいずれも個体が小さく、成長不良の状態にあった。設置から約 1 か月後に実施した 1 回目の観察では、アカモク種苗を取り付けたロープ表面に珪藻を中心とした付着藻類が広く着生しており、光合成を阻害している可能性が高いと考えられた。食害の有無については明確な痕跡が確認されず、食害が主因であるかどうかは判断できなかった。

食害対策として設置したカゴでは、カゴ表面にも珪藻が着生しており、内部のアカモクに十分な光が届かず、光環境が悪化していると推察された。一方、突起部による対策は光を遮らない構造であるものの、突起間にわずかに成長したアカモクの個体が確認された。

設置から約 2 か月後に行った 2 回目の観察では、1 回目で確認された突起間のアカモクが順調に成長している様子が見られた。しかし、それ以外の区画ではアカモクは確認されず、消失していた。

これらの結果から、アカモクの成長には初期苗の小ささに加え、付着藻類による光阻害が大きく影響している可能性が高く、食害対策の種類にかかわらず生育が困難な環境条件であったことが示唆された。

### 平塚新港へ海の肥料施肥効果検証試験

場所B：アカモク

1回調査：設置1ヶ月後、2回目調査：2ヶ月後

	状況	浜籠ロープのみ	浜籠ロープ+カゴ	浜籠ロープ+突起
設置時	・入手したアカモクは全長が短く、個体が多かった			
第1回目調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アカモク種苗を取り付けられたロープ表面に珪藻などの付着藻類が着生しアカモクの光合成に悪影響があると認められた</li> <li>・食害の有無は明確ではない</li> <li>・カゴ表面にも珪藻が着生して内部のアカモクの光環境が悪化していると思われた</li> <li>・突起部はカゴのように光の遮断は無く、突起部に生長したアカモクの個体を確認した</li> </ul>			
第2回目調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第1回で確認された突起部のアカモクが順調に生長していた</li> <li>・それ以外にアカモクは確認できなかった</li> </ul>			

図 23 場所 B におけるアカモク成長の経時変化

### 2-2-3 場所 B でのカジメ

図 2 4 にカジメの成長に関する経時変化を示す。設置時の観察では、入手したカジメの苗はいずれも良好な状態であり、初期生育に問題は認められなかった。設置から約 1 か月後に実施した 1 回目の観察では、カジメの表面に珪藻を中心とした付着藻類が着生しており、光合成に悪影響を及ぼしている可能性が示唆された。また、昨年度に見られたような顕著な食害は確認されず、今年度の環境では食害の影響が比較的小さいことが分かった。食害対策として設置したカゴでは、カゴ表面にも珪藻が着生しており、内部のカジメに十分な光が届かず、光環境が悪化していると考えられた。一方、突起部による対策は光を遮らない構造であるものの、こちらでもカジメ表面に付着藻類が着生しており、成長を妨げている可能性があっ

た。

設置から約2か月後に行った2回目の観察では、1回目の観察時に懸念された付着藻類の影響が一部で軽減され、部分的ではあるがカジメの成長が確認された。特に、カゴ表面の付着藻類は減少しており、内部のカジメも成長が認められた。また、突起部に設置したカジメについても成長が確認され、1回目よりも良好な状態となっていた。

これらの結果から、カジメの成長には付着藻類による光阻害が大きく影響しているものの、時間の経過とともに付着藻類が減少することで光環境が改善し、成長が進む可能性が示唆された。

### 平塚新港へ海の肥料施肥効果検証試験

場所B：カジメ

1回調査：設置1ヶ月後、2回目調査：2ヶ月後









	状況	西堀ロープのみ	西堀ロープ+カゴ	西堀ロープ+突起
設置時	・入手したカジメは良好な状態であった			
第1回調査時	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カジメ表面に珪藻などの付着藻類が着生しカジメの光合成に悪影響があると思われる</li> <li>・昨年のような食害は顕著ではない</li> <li>・カゴ表面にも珪藻が着生して内部のカジメの光環境が悪化していると思われる</li> <li>・突起部はカゴのように光の遮断は無いがカジメ表面に付着藻類が着生していた</li> </ul>			
第2回調査時	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第1回ではカジメ表面の付着藻類の着生により生育環境の悪化が懸念されたが部分的にカジメの生長が確認できた</li> <li>・カゴ表面に付着藻類は減少しており、内部のカジメの生長が確認できた</li> <li>・突起部のカジメも成長が確認できた</li> </ul>			

図 24 場所 B におけるカジメ成長の経時変化

PartIII 平塚新港への「海の肥料」による施肥評価とブルーカーボン  
(ワカメを中心)

1 海の肥料の施肥効果の比較場所とワカメを選定した理由

図25に海の肥料の施肥効果を比較するための調査地点を示す。施肥効果の比較対象としたのは、海の肥料を施肥してワカメを養殖した実験場所A、海の肥料を施肥せずにワカメを養殖している場所C、そして港内で自生している天然ワカメの三つである。これら三地点で生育しているワカメには、いずれも食害は確認されなかった。

比較対象としてワカメを選定した理由は以下の通りである。

- 1) 調査時期がワカメの収穫期にあっていたこと、
  - 2) 海の肥料を施肥せずに養殖されている海藻がワカメのみであったこと、
  - 3) 港内で容易に採取できる自生海藻がワカメのみであったこと、
- 以上の条件から、ワカメが施肥効果の比較に最も適した対象であると判断した。



図25 海の肥料の施肥効果を比較するための調査地点

## 2 苗の設置から2か月養殖した後のワカメの様子

図26に、海の肥料の施肥効果を比較した各地点におけるワカメの成長様子を示す。天然のワカメは、わずかながら成長が認められた。一方、海の肥料を施肥せずに養殖している場所Cのワカメは、天然ワカメと比較して明らかに大きく成長しており、養殖の優位性が確認された。

さらに、海の肥料を施肥してワカメを養殖した実験場所Aでは、ワカメが養殖ロープ全体に密に着生し、非常に大きく成長している様子が確認された。これらの結果から、海の肥料の施肥がワカメの成長を一層促進している可能性が示唆された。

### 平塚新港でのわかめの2か月成長後の観察結果 (2026年2月19-20日)



図26 天然のワカメ、養殖ワカメ、海の肥料施肥ワカメの成長様子

## 3 海の肥料を施肥して養殖したワカメの長さや重量

図27に、海の肥料を施肥して養殖したワカメの成長写真と評価結果を示す。施肥効果を定量的に把握するため、成長したワカメの葉長および養殖ロープ長さ当たりの収穫重量を測定した。

ワカメの成長長さは100～160 cmの範囲にあり、いずれの個体も良好な生育を示した。また、養殖ロープ25 cmあたり1,576 gの湿重量を収穫することができ、海の肥料の施肥がワカメの成長を大きく促進したことが確認された。

### 海洋肥料施肥条件下で2か月成長したわかめ



図 27 海の肥料を施肥して養殖したワカメの成長評価結果

### 4 海の肥料なしで養殖したワカメの長さ重量

図 2 8 に、海の肥料施肥せずに養殖したワカメの成長写真と評価結果を示す。施肥効果を定量的に把握するため、成長したワカメの成長長さおよび養殖ロープ長さ当たりの収穫重量を測定した。ワカメの成長長さは 8cm 程度であり、今年は個体の成長が良好ではない生育を示した。また、養殖ロープで取り付けた苗の棟当たり 120g の湿重量を収穫することができた。

### 海洋肥料施肥なしの条件で2か月成長した養殖わかめ



図 28 海の肥料を施肥せずに養殖したワカメの成長評価結果

## 5 海の肥料を施肥したロープ養殖で生産されたブルーカーボン量の試算

海の肥料を施肥して養殖したワカメの成長量を評価するため、収穫したワカメの重量と炭素固定量を試算した。ロープ 25 cm あたりの実測収穫量 (1,576 g) から換算すると、ロープ 1 m あたりの収穫量は 6,304 g となる。今回設置したワカメ養殖ロープの全長は 10 m であるため、収穫された生ワカメは 約 63 kg と推定される。

生ワカメの水分含有率は一般的に約 90% であり、乾燥重量は生重量の約 10% となる。また、乾燥ワカメの炭素含有量は約 35% であり、炭素 1 g は二酸化炭素換算で 3.67 g に相当する。これらの値を用いて炭素固定量を算出した結果、本実証実験で得られたワカメによる CO<sub>2</sub> 固定量は約 8.1 kg となった。

本実験では、海の肥料を施肥した条件下でワカメ・カジメ・アカモクの 3 種類を養殖したが、ブルーカーボンの観点からは、成長量・安定性ともにワカメが最も適していることが確認された。特にワカメは、施肥後 2 か月で最大 160 cm まで成長しており、施肥効果が顕著に現れた。

以上の実験結果から以下の試算値が得られる。

申請実験場所 (25 m × 25 m、場所 A および B) 全体でワカメを養殖した場合、ロープ総延長は 500 m (25 m × 10 ライン [2.5 m 間隔 × 2 面]) となる。この条件では、約 3.15 トン の生ワカメを生産でき、炭素固定量は 約 400 kg に達する見込みである。さらに、例えば 100 m × 100 m の面積で同様の養殖を行った場合、年間 約 6.4 トン のブルーカーボン固定が可能と試算される。

## 6 ロープ養殖で生産されたブルーカーボン量の試算

海の肥料を施肥しない条件下でのワカメ養殖すると、ロープ 1 m あたりのワカメ収穫量は、苗の棟と苗の棟の間隔を 20 cm とした場合、1 個体棟あたり 約 120 g の生育量から 600 g/m と算出された。今回の養殖では、総延長 250 m

の養殖ロープを設置しており、収穫された生ワカメの総量は 約 150 kg と推定される。

生ワカメの水分含有率は一般的に約 90%であり、乾燥重量は生重量の約 10%となる。また、乾燥ワカメの炭素含有量は約 35%であり、炭素 1 g は二酸化炭素換算で 3.67 g に相当する。

これらの値を用いて、今回のワカメ養殖による CO<sub>2</sub>固定量 を以下の式で算出した。

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ 固定量} &= 150 \text{ kg} \times 0.1 \text{ (水分含有割合)} \times 0.35 \text{ (炭素含有割合)} \times 3.67 \\ &= 19.3 \text{ kg} \end{aligned}$$

試算の結果、約 19.3 kg の CO<sub>2</sub>が固定されたと推定される。

## Part IV 結論

本実証実験により、海藻養殖における食害対策の有効性と、海の肥料施肥によるブルーカーボン創出効果の大幅な向上が明確に示された。

### 1. 食害対策の効果

網型・突起型のどちらの方法でも、海藻の食害を抑える効果が確認された。特にワカメでは、対策の有無で成長量に明確な差が生じ、食害の多い海域でも安定した養殖が可能であることが分かった。

### 2. ワカメ養殖による CO<sub>2</sub>削減効果

実測値（ロープ 25 cm あたり 1,576 g）から換算すると、ロープ 1 m あたりの収穫量は 6,304 g となる。

実験場所（25 m × 25 m × 2 面）で全面的にワカメを養殖した場合、ロープ総延長は 500 m となり、ワカメ生産量は約 3.15 トンとなる。CO<sub>2</sub>固定量としては約 400 kg となる。

### 3. 面積あたりのブルーカーボン生産性

実験面積は 125 m<sup>2</sup>（25 m × 25 m × 2 面）であり、400 kg の CO<sub>2</sub>が固定されるため、ブルーカーボン生産性は 3.2 kg/m<sup>2</sup>となる。これは、自然のワカメの CO<sub>2</sub>吸収係数（0.116 kg/m<sup>2</sup>）と比較して、約 27.6 倍の高い生産性を示す。

### 4. 施肥なし養殖との比較

施肥なしの場合、ロープ 250 m で 19.3 kg の CO<sub>2</sub>固定できる。

施肥ありの場合、ロープ 500 m で 400 kg の CO<sub>2</sub>を固定できるので、同じロープ長さ換算では、施肥ありは施肥なしの約 10 倍の生産性を示した。

総合評価として海の肥料を施肥したワカメ養殖は、食害に強く、成長量が大きく、CO<sub>2</sub>固定能力が極めて高いことが実証された。特にブルーカーボン創出の観点では、自然状態を大きく上回る効率を持ち、沿岸域での気候変動対策として高い有用性があると結論づけられる。