

An underwater photograph showing a school of fish swimming over a seabed covered with brown seaweed. The water is clear and blue, with sunlight filtering down from the surface.

東北太平洋岸における 藻場再生の取組み

宮城大学・北辻政文

南三陸ネイチャーセンター友の会
https://m-inuwashi.jp/lecture2019/takuzo_lecture_01/

CNおよび温暖化対策として期待されている



1. ブルーカーボンとは

2009年10月に国連環境計画 (UNEP) の報告書において、藻場・浅場等の海洋生態系に取り込まれた (captured) 炭素が「ブルーカーボン」と命名され、吸収源対策の新しい選択肢として提示。ブルーカーボンを隔離・貯留する海洋生態系として、海草藻場、海藻藻場、湿地・干潟、マングローブ林が挙げられ、これらは「ブルーカーボン生態系」と呼ばれる。



背景

東北地方の太平洋岸(三陸)は、黒潮、親潮および津軽暖流等の寒暖流が交り、植物プランクトンが大量に発生することにより、多種多様な水産資源の生産性が高まることから世界三大漁場に数えられるほどの豊かな漁業資源を有している。このため、漁業関係者は三陸の海から多くの恩恵を授かってきた。ところが、近年、海藻がなくなる「磯やけ」が発生し、浅場生態系の環境への影響を危惧している。とくに東日本大震災以降、この現象は顕著になっている。

「磯やけ」の原因

- ①海水温上昇の影響により栄養塩(窒素, リン)の豊富な親潮の南下が滞り、海水が貧栄養状態となったこと
- ②同様に海水温の上昇に伴い冬季のウニの活動が活発になり、1~2月の海藻の稚苗を食い荒らしていること。さらに震災直後に漁ができず、ウニが大量発生したことも影響。「食害」
- ③森林からの川を介して供給される鉄イオンが減少したこと。



岩手・大船渡市の海底³
(日本経済新聞)

目的



アラメ母藻群落

南三陸町観光課https://www.m-kankou.jp/minamisanriku_story/seaweed_bed/

- 本研究により開発した藻場ブロックを設置することにより海洋に人工土壌を形成し、海藻の栽培を安定的に行うとともに、豊かな生態系ならびに水産資源増殖に資する。すなわち海洋の水産基盤を再構築することにより、漁業の振興を促進するばかりでなく、生物多様性の保全、ブルーカーボン効果によるCO₂の固定水質の浄化およびレクリエーション等の多面的機能の付与を期待するものである。

求められる対策

①栄養塩の供給: 植物が生長するためには、窒素(N), リン(P)およびカリウム(K)が肥料として必要である。カリウム(K)は海水中に大量に存在するので、窒素(N), リン(P)を供給できれば良い。栄養塩の拡散速度をコントロールし、また生長期の1月~5月に少量あれば良い。直接施肥は、効果が少ないばかりか、赤潮などの環境汚染にもつながる。

②食害対策: 海藻を食するアイゴやウスズミなどの魚は現状では東北地方には少ないことから、食害対策の対象となるのはウニである。

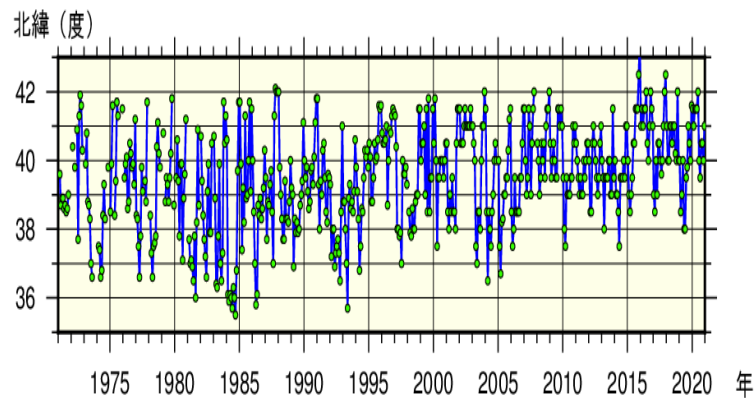
③鉄の供給: 鉄イオンは、海藻の生長に直接寄与する栄養塩とは異なるが、光合成色素であるクロロフィルの濃度を高め、硝酸イオンの摂取を促進する作用を有することから海藻の生長、増殖には不可欠なミネラルであることから鉄の供給は不可欠である。しかし、鉄は $\text{Fe} \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$ と変化し、安定した酸化第二鉄(Fe_2O_3)は水に溶けにくく、植物への供給が難しい。自然界ではフルボ酸などのキレートと結合し水溶性となる。

令和3年3月1日 気象庁発表

(次回発表予定 令和4年2月28日)

https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/b_2/oyashio_exp/oyashio_exp.html

栄養が豊富な親潮が南下しない

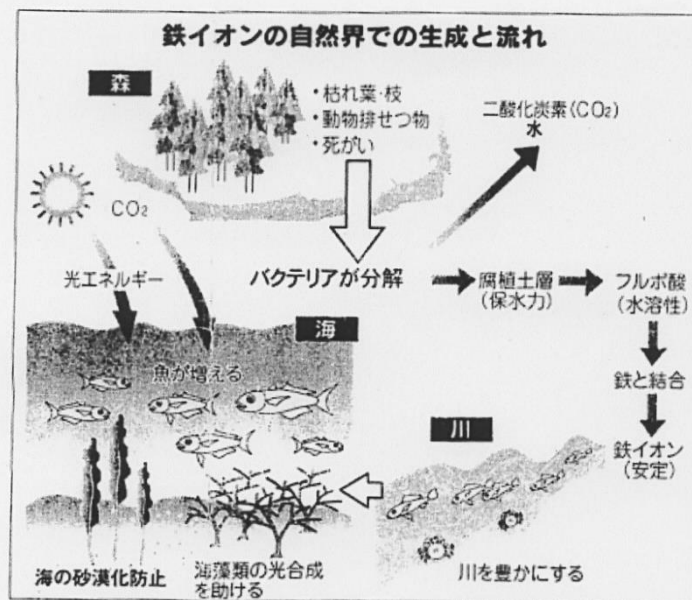


日本東方海域における月ごとの親潮の南限位置の経年変動

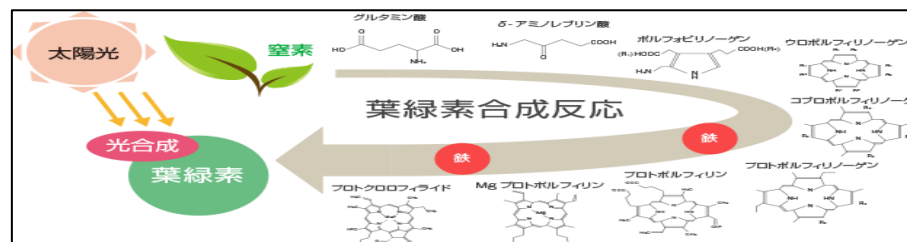
鉄イオンの役割

植物は光合成を行い、エネルギーを作っているが、この働きは葉緑素で行われている。この葉緑素を窒素栄養から作る際に、**鉄**が必要となる。鉄がないと葉緑素が作れなくなり、光合成もできなくなる。

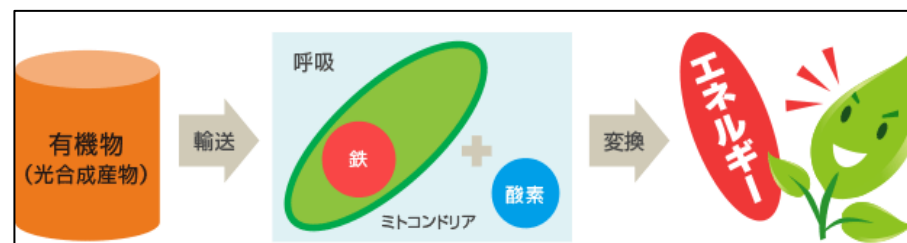
植物の栄養素といえば、窒素(N)、リン(P)、カリウム(K)が主要な3要素であるが**鉄**も必須の栄養素である。鉄が不足すると、他の養分が十分にあったとしても植物の生育は制限される。鉄は葉緑素の合成以外にも、ミトコンドリアにおけるエネルギーの生産や、窒素肥料をアミノ酸に変換する働きも担っています。



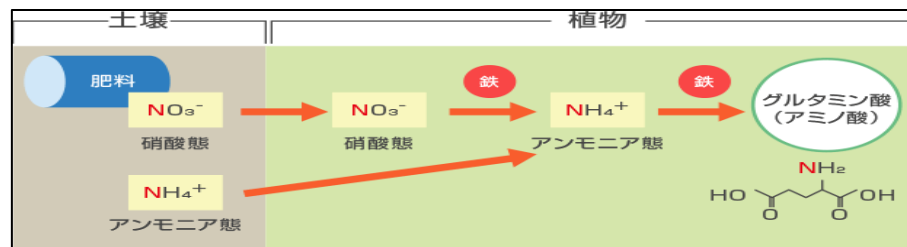
鉄イオンの供給経路を阻害した。
(広葉樹の伐採, ダム等築造)



鉄の働き 1.
葉緑素の合成(光合成)



鉄の働き 2.
エネルギーの生産(呼吸)



鉄の働き 3.
アミノ酸合成(代謝)

鉄の供給方法



鉄鋼スラグ

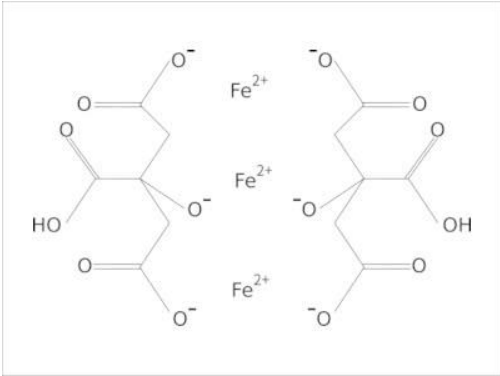
表-1 鉄鋼スラグの化学組成 (%)

Fe	Ca	Si	Al	Na	S	P	Mg
34.2	33.9	16.2	3.5	0.0	0.3	1.5	2.5



食品用クエン酸
(キレーター)

キレート鉄



二価鉄は大気や水に触れるとすぐに酸化されて、三価鉄となり、難溶性となるが、二価鉄を有機酸等で包み込んだキレート鉄は酸素が触れることがなくなり、二価鉄のままで存在する

鉄イオンの溶解度 (g/L) 東京大学・吉村教授

	pH = 7.0	pH = 8.0
Fe(II)	4.46	4.46×10^{-2}
Fe(III)	2.23×10^{-15}	2.23×10^{-18}

Fe³⁺は、水に溶けにくい。

ブロックの構造



今回開発したコンクリート製藻場ブロックには透水性(透水係数 $1 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 程度)の $300 \times 300 \times 100 \text{mm}$ のポーラスコンクリートを4枚組み込んでいる。これにより、水中への放出される鉄イオンや栄養塩の急激な拡散速度をコントロールするものである。さらに、鉄イオンや栄養塩濃度が低下した場合、横穴からキレート剤および栄養塩を追加供給することが可能であり、これまでは一過性であった鉄分や栄養塩の恒常的供給が可能となり、海藻の安定的な成長を持続できる。

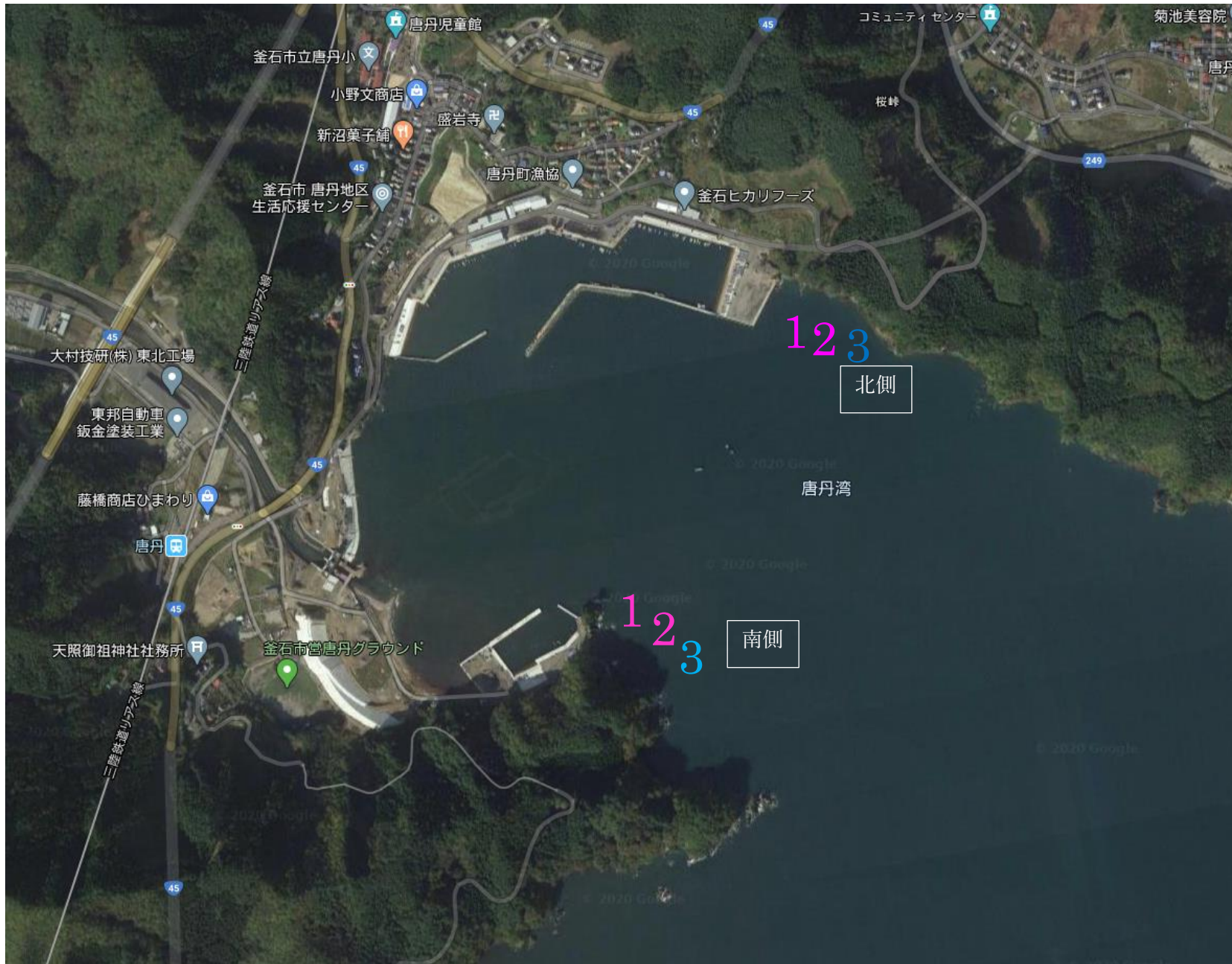
岩手県

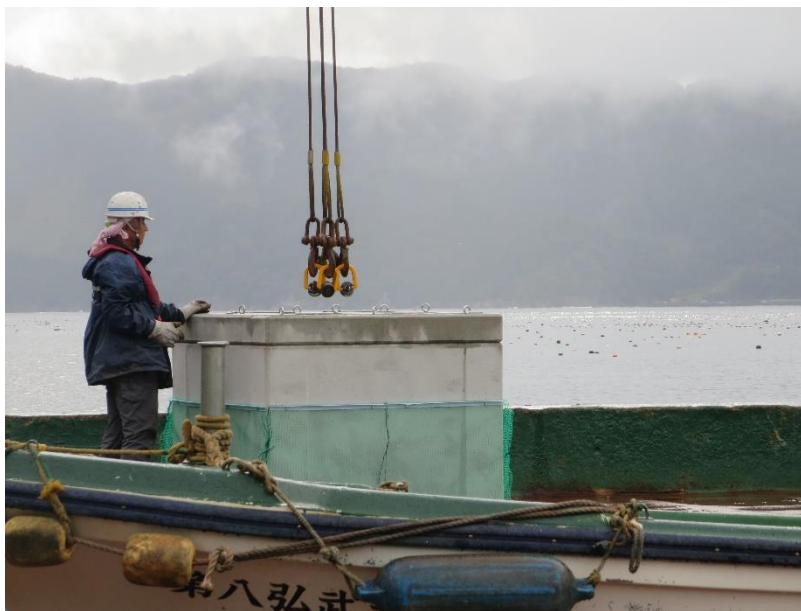
北側

- 1: スラグ + クエン酸
- 2: スラグ + クエン酸 + 栄養塩
- 3: スラグ + 栄養塩

南側

- 1: スラグ + クエン酸
- 2: スラグ + クエン酸 + 栄養塩
- 3: スラグ + 栄養塩





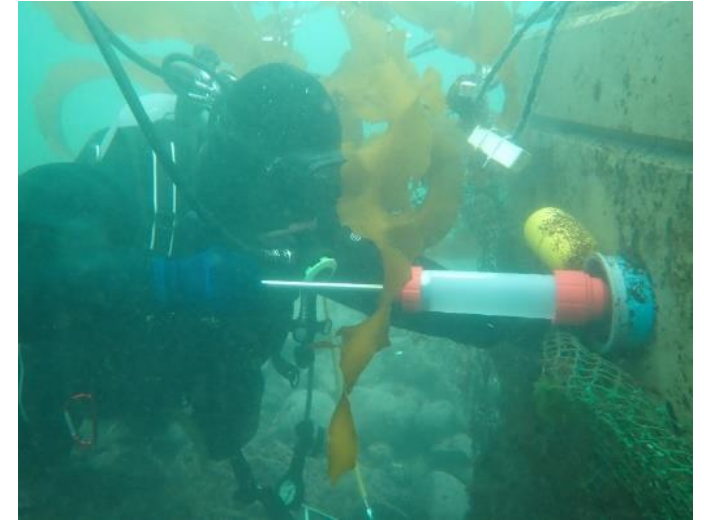
ブロックの設置状況



コンブに寄って来るウニ，アワビ



クエン酸の供給



有機液体肥料(N:8%) の供給



ブロック近傍の海底



N2 (スラグ+クエン酸+液肥)



S1 スラグ+クエン酸のみ

モニタリング状況



生長量: $N1 < N3 < N2$
刈取った海藻 (1回目)



生長量: $N1 < N3 \leq N2$
刈取った海藻 (2回目)

ブロック1個当たり
3kg(乾燥重量)
炭素Cを固定



N2(1回目状況)



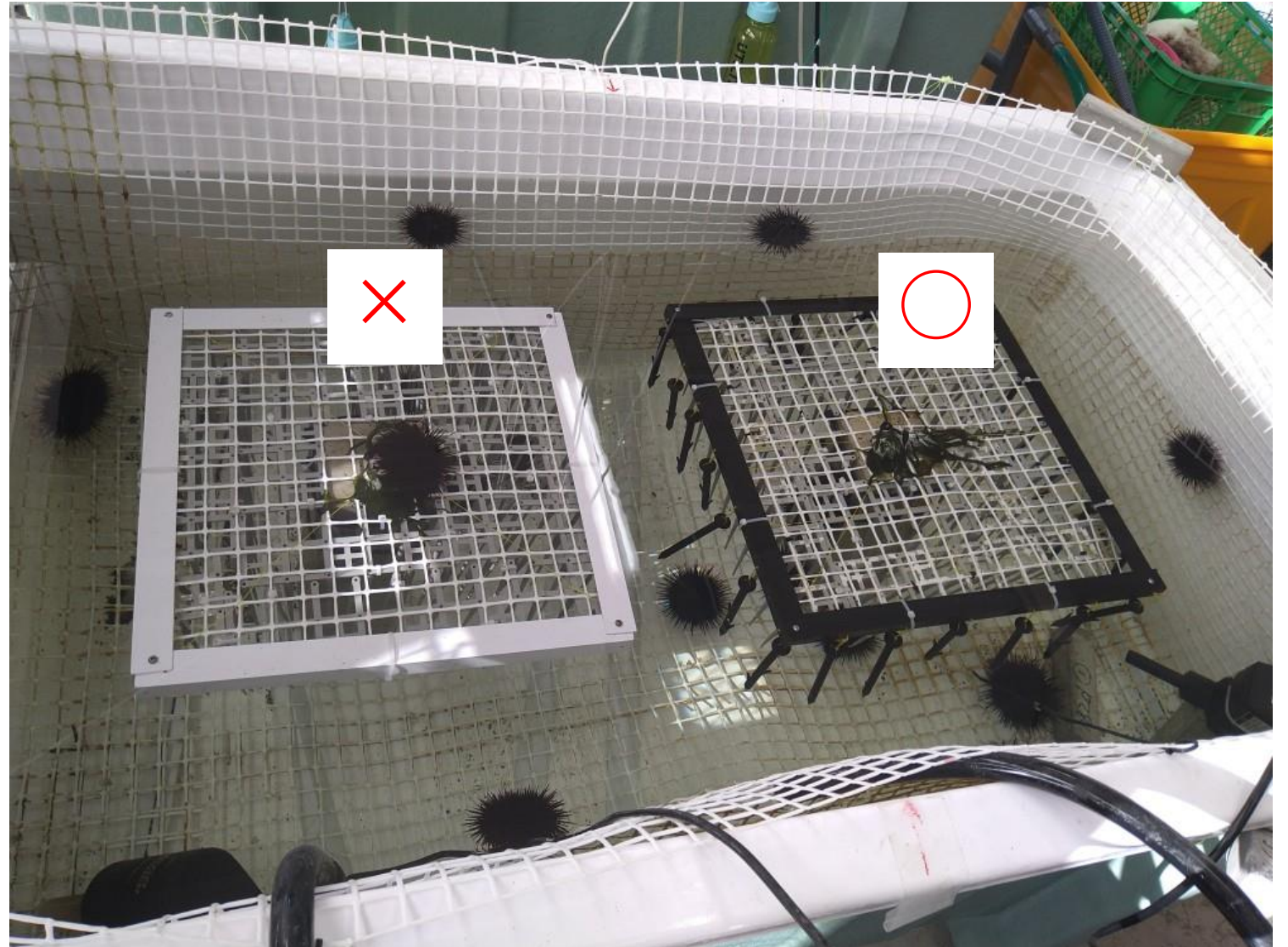
N2(2回目状況)

ウニプロテクターの開発



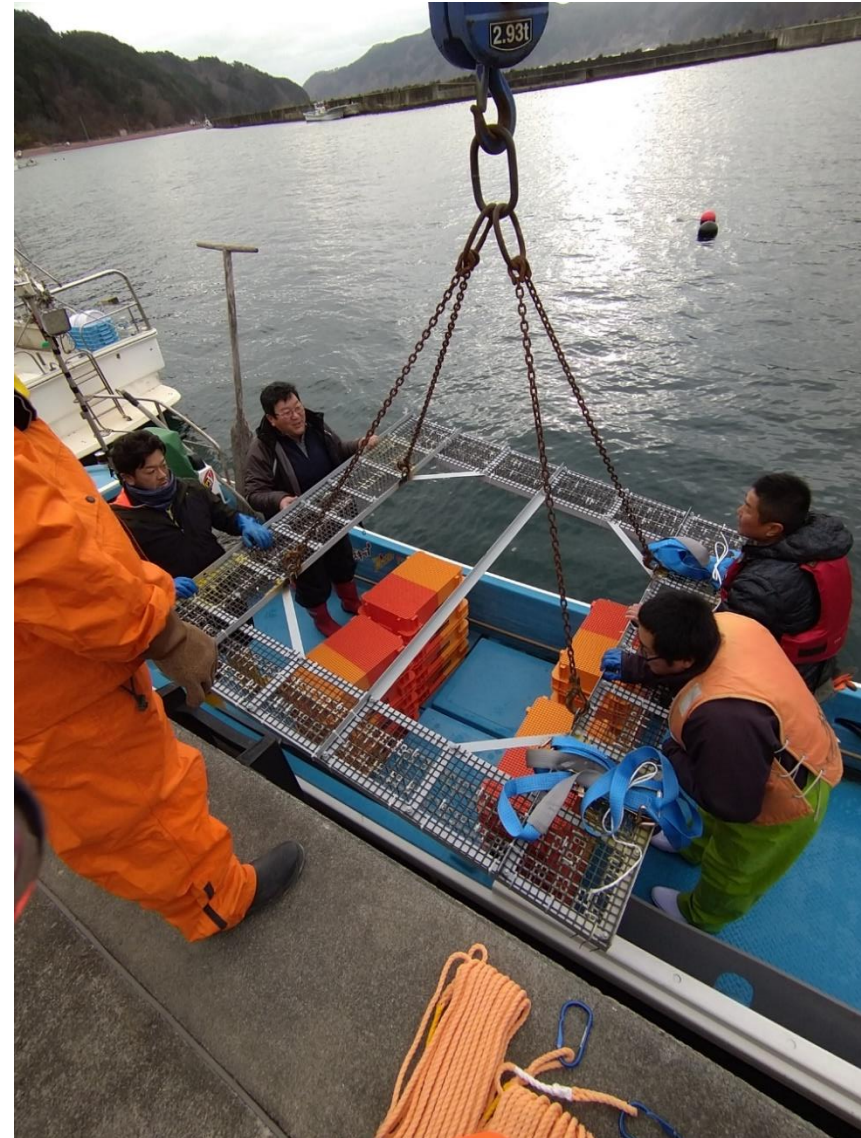
藻場ブロックに海藻が生えてもウニの食害を防げなければ母藻群落は形成されない。このため、**ウニプロテクター**の開発は母藻群落の形成には不可欠である。

試作したウニプロテクターには**針状**および**浮動棒**を取り付けている。



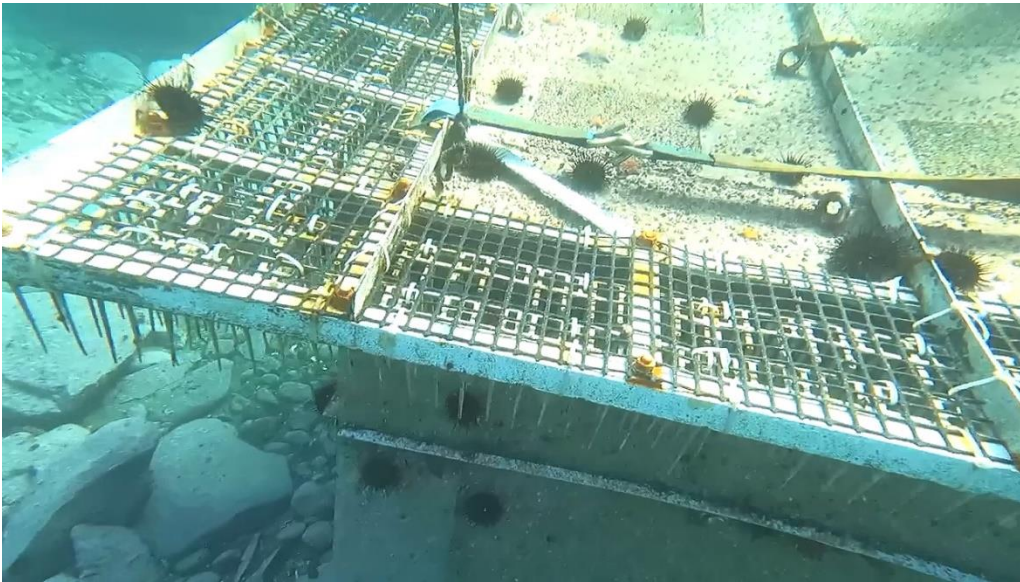
ウニプロテクター設置

R3年12月9日





×



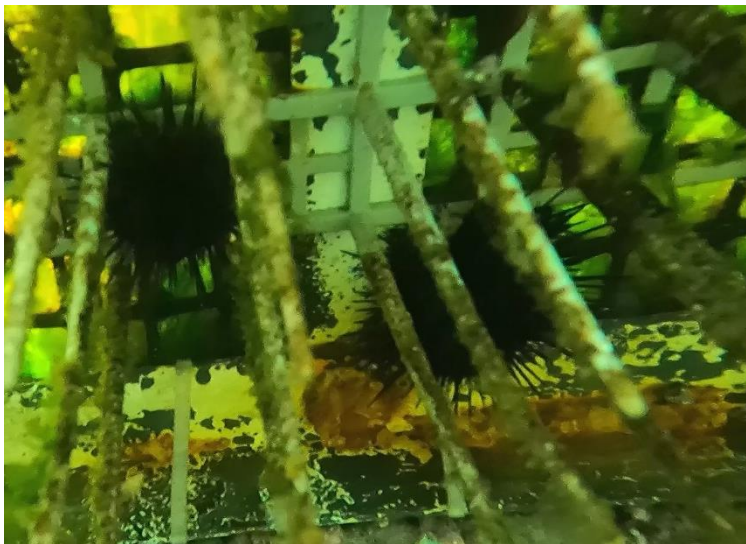
×



針状のみに比べ**浮動棒**を取り付けると効果大きい。

モニタリング状況

プロテクター設置後 22.3



モニタリング状況

22.5



ブロック1個当たり
150kgの海藻が
生え、約20kgの
CO₂を固定。



七ヶ浜

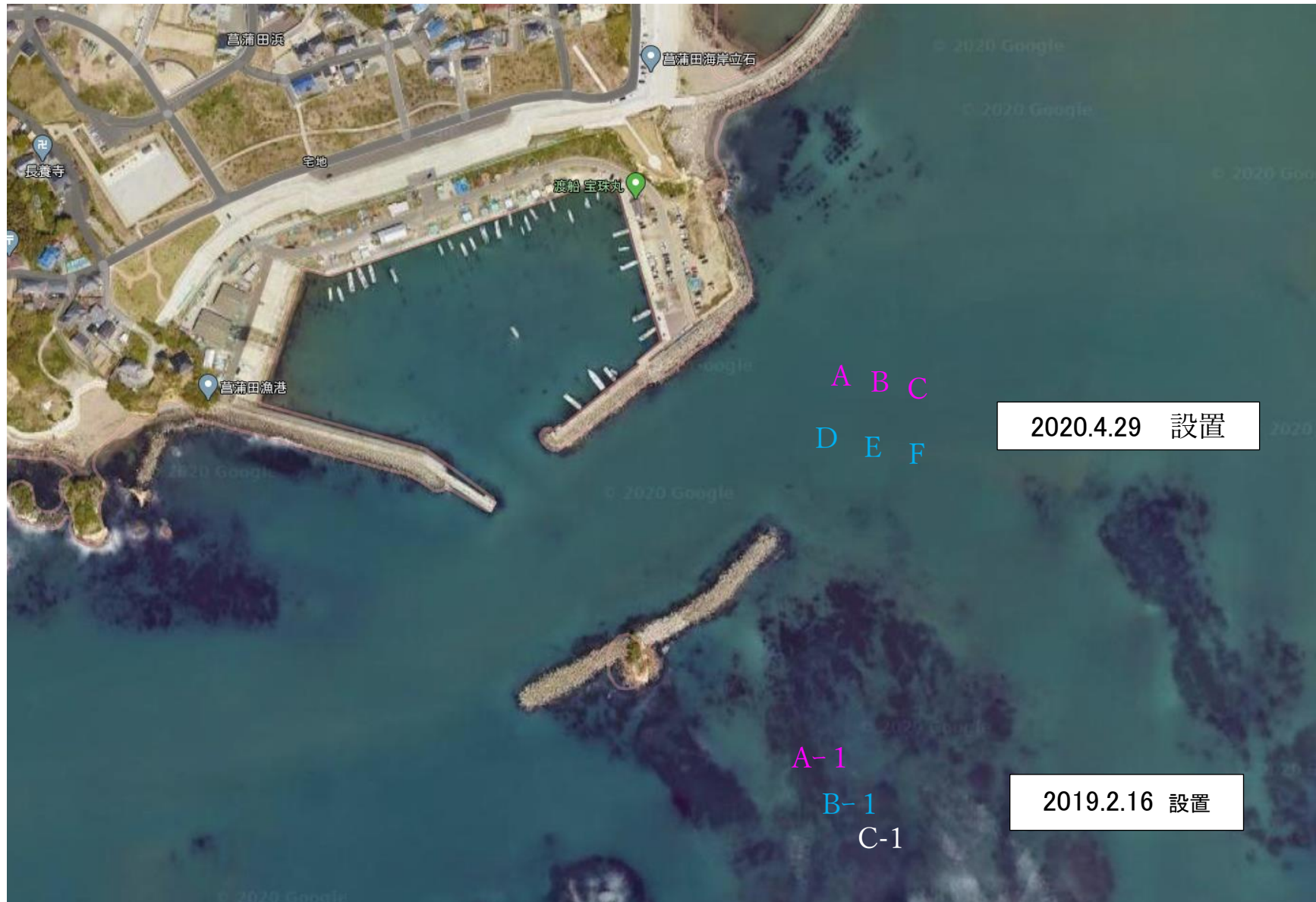
2020.4.29 設置

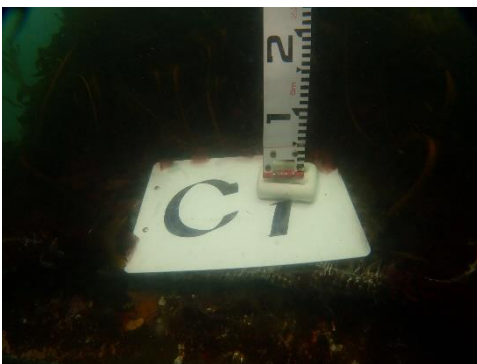
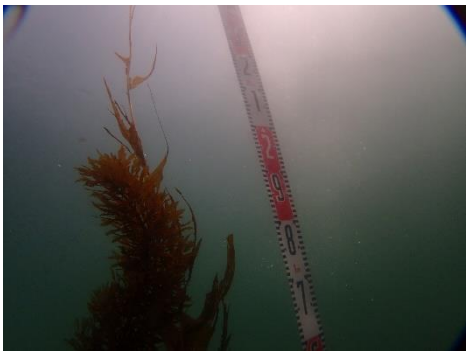
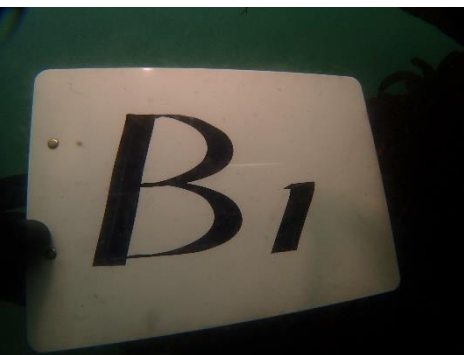
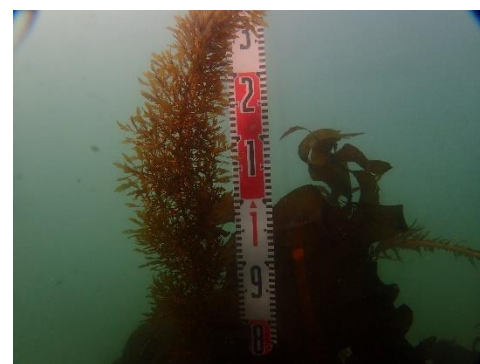
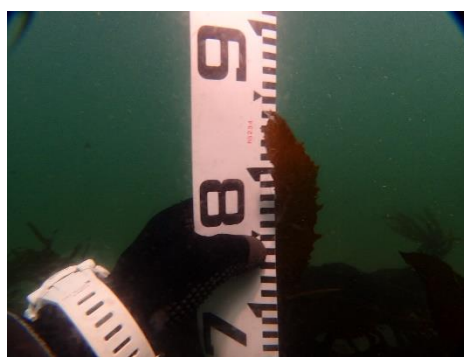
A:スラグ+クエン酸+栄養塩
B:スラグ+クエン酸+栄養塩
C:スラグ+クエン酸+栄養塩

D:スラグ+栄養塩
E:スラグ+栄養塩
F:スラグ+栄養塩

2019.2.16 設置

A-1:スラグ+クエン酸+栄養塩
B-2:スラグ
C-1:なし







1.5年



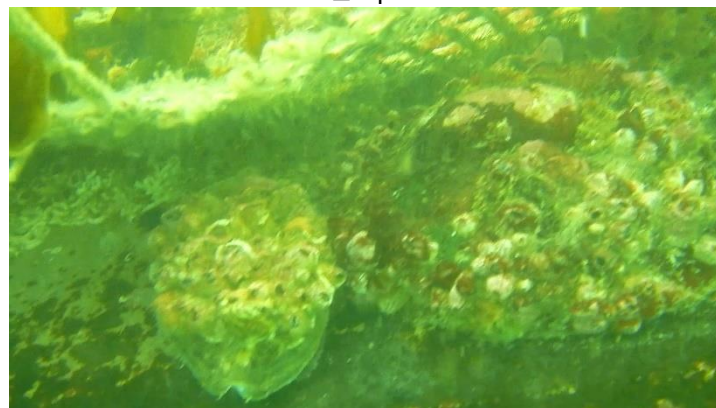
1年



3年



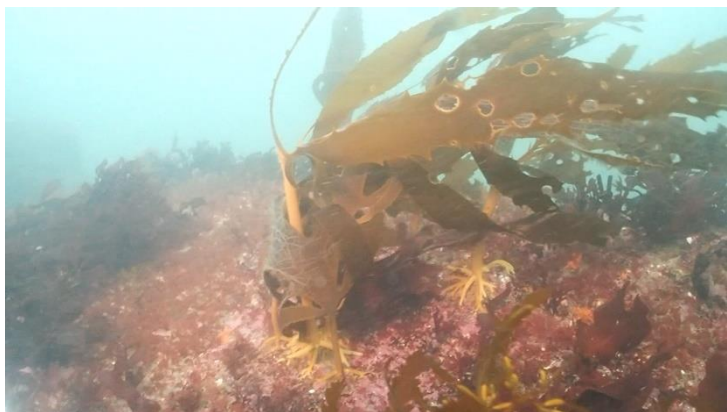
1.5年



1年



3年



1.5年



1.5年



3年

今後の研究

- ・コベネフィット(相乗便益)の評価
- ・ウニ除けのプロテクターの改良
- ・低CO2排出型コンクリート材料の選定(CO2 SUICOMU等)
- ・維持管理方法の確立(水産多面的機能発揮対策費、Jブルークレジットの活用)
- ・食品残渣バイオマス発電消化液から栄養塩(N)の取込み
- ・ブルーカーボン量の定量化の確立(水中ドローン, 定点カメラ＋解像)
- ・JFおよび地元市町村等(NPO等や市民グループも含む)との連携