



マナマコ中間育成礁「ナマコのゆりかご」の開発 — 一種苗放流・育成場としての漁港水域の有効活用に向けて —

(国研)土木研究所寒地土木研究所
水産土木チーム
松本 卓真・稲葉 信晴・森 健二

海洋建設株式会社
片山 真基・穴口 裕司

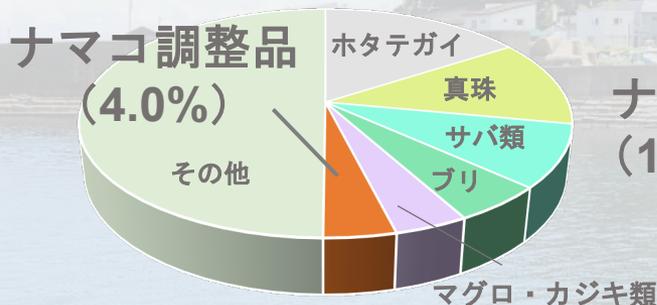
マナマコ資源を取り巻く現状

日本の重要な水産有用種

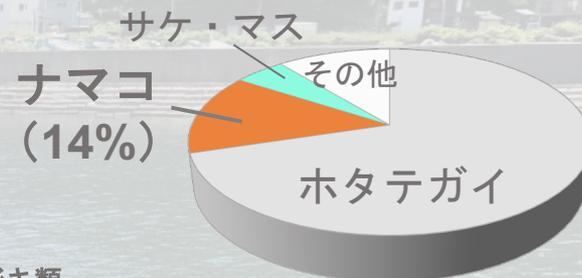


マナマコ

日本の水産輸出額の内訳
(平成30年)



北海道の水産輸出額の内訳
(令和3年)

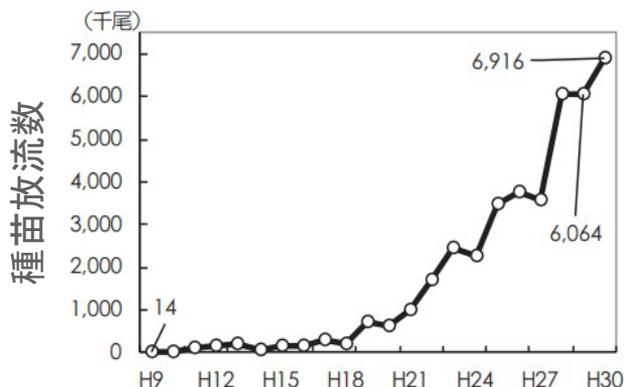


天然資源の枯渇が懸念

- ・日本国内で30%以上、世界で60%減少 (Choo, 2008)
- ・2013年にIUCNの絶滅危惧種に登録

天然資源の回復が喫緊の課題

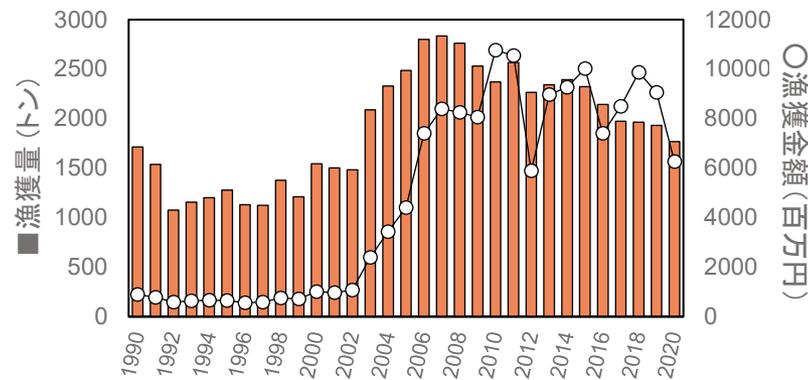
日本各地で精力的な種苗生産・放流



北海道のナマコ種苗放流数の推移

しかし

漁獲量は依然として減少傾向



北海道のナマコの漁獲量・金額の推移

効果的なマナマコ資源回復の実現に向けて

■ 種苗放流技術の高度化が必要

→ 最適な**放流環境**の把握、**放流手法**の確立が重要な課題 (五嶋, 2016)

○ 放流後の種苗の成長・生残に悪影響を及ぼす要因

餌の不足 (古川ら, 2016) / 捕食生物による食害 (畑中ら, 1994; Francour, 1997) / 波浪による流出 (草加ら, 1997)

→ **自然環境下における稚ナマコの分布・生態などは不明点が多い**

○ 大型種苗ほど放流後の生残・定着率は高いと予想される

→ **陸上での種苗の大型化にかかるコストは大きい**

遊休化した漁港の静穏域を有効活用

+

種苗放流の精度・効果を向上させる技術開発

↓

漁港水域を**効果的な種苗放流・育成場**として活用しつつ
マナマコ資源の回復に貢献!

目的

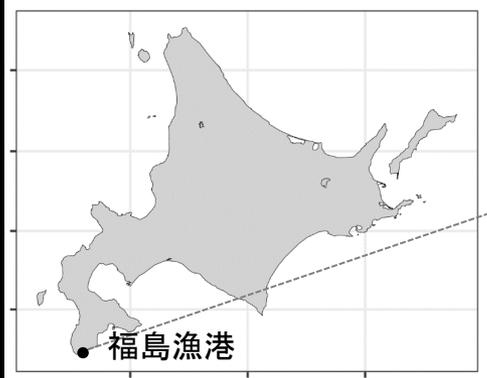
稚ナマコの生残・成長に好適な生息・餌料環境を漁港内において調査

↓

漁港内において効率的に種苗を成長させる中間育成礁を開発

調査手法

漁港内に試験礁(下図)を設置(福島漁港)

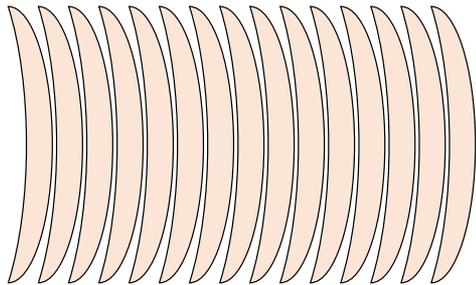


試験礁

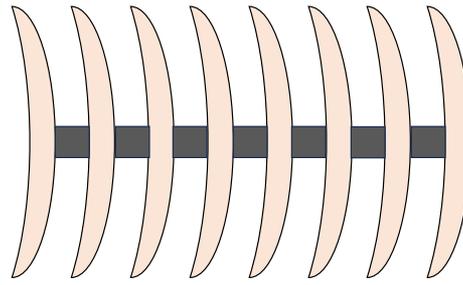
5種類の基質ユニットから構成

種類	基質材料	構造
ホタテ0	ホタテ貝殻	メッシュパイプ内に貝殻を 0mm間隔 で配置
ホタテ15	ホタテ貝殻	メッシュパイプ内に貝殻を 15mm間隔 で配置
ホタテ30	ホタテ貝殻	メッシュパイプ内に貝殻を 30mm間隔 で配置
透水マット	ポリプロピレン	丸型ヘチマロン(内部中空型)
石	割石(代表径2~4cm)	メッシュパイプ内に割石を充填

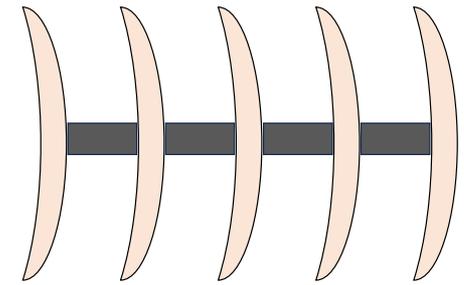
ホタテ0,15,30 ⇒ ホタテ貝殻を0,15,30mm間隔で配置



ホタテ0



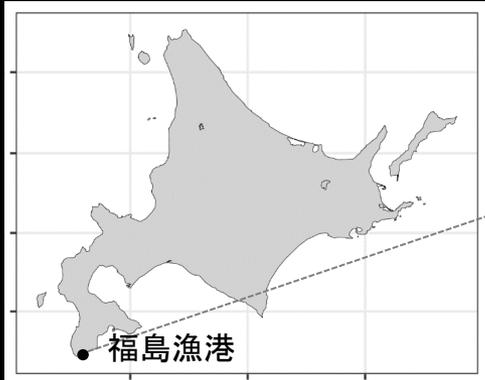
ホタテ15



ホタテ30

調査手法

漁港内に試験礁(下図)を設置(福島漁港)



試験礁

5種類の基質ユニットから構成

種類	基質材料	構造
ホタテ0	ホタテ貝殻	メッシュパイプ内に貝殻を0mm間隔で配置
ホタテ15	ホタテ貝殻	メッシュパイプ内に貝殻を15mm間隔で配置
ホタテ30	ホタテ貝殻	メッシュパイプ内に貝殻を30mm間隔で配置
透水マット	ポリプロピレン	丸型ヘチマロン(内部中空型)
石	割石(代表径2~4cm)	メッシュパイプ内に割石を充填

調査の手順

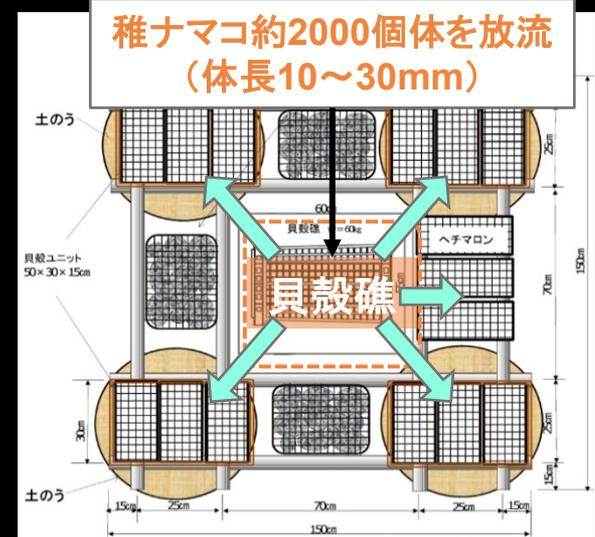
毎年11月頃に稚ナマコを放流
(2016年から複数年)

中心の貝殻礁に稚ナマコを放流
⇒どの基質ユニットに移動・定着するか?



基質ユニットを3か月間隔で陸揚げ

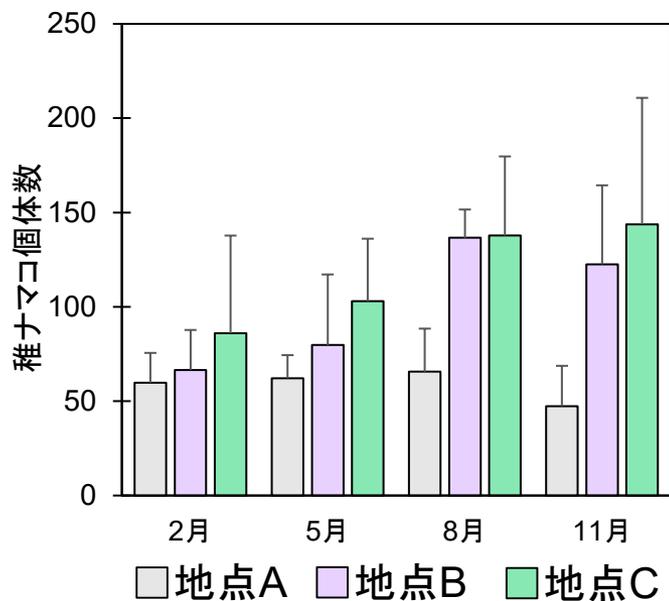
- ・稚ナマコの計数、体長・湿重量測定
- ・基質上の餌料指標サンプル採集



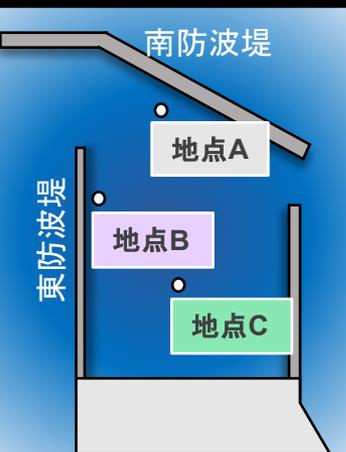
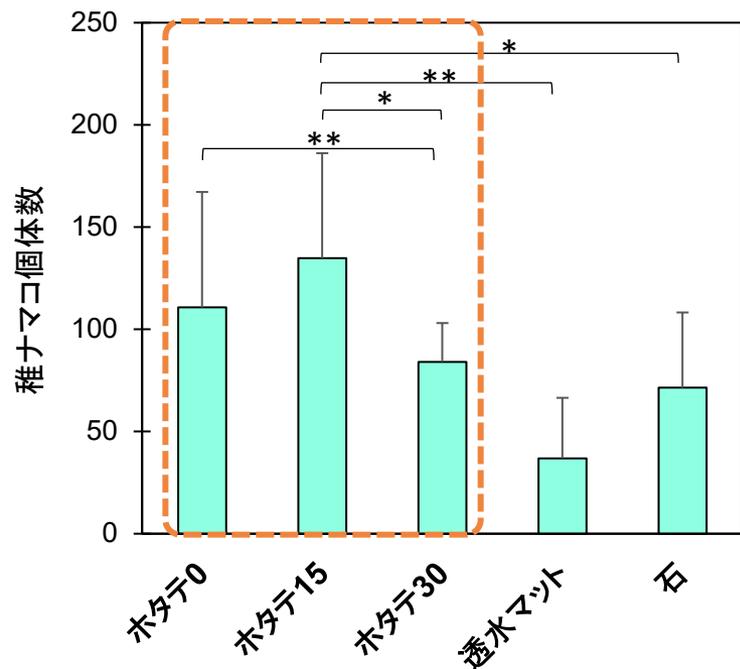
稚ナマコ的好適な生息環境・餌料環境を調査

稚ナマコの好適な生息環境

地点毎の試験礁全体の平均個体数



地点B 地点C ⇒ 個体数は増加傾向



試験礁設置地点

地点A ⇒ 個体数は減少傾向



試験礁の一部が堆積物に埋没
→ 生息環境の悪化が生残に影響

生残率はホタテ基質で高い傾向

特にホタテ15で最も高い値

(ホタテ0以外の基質よりも有意に高い)

複数年に渡り同様の傾向を確認

稚ナマコの好適な餌料環境

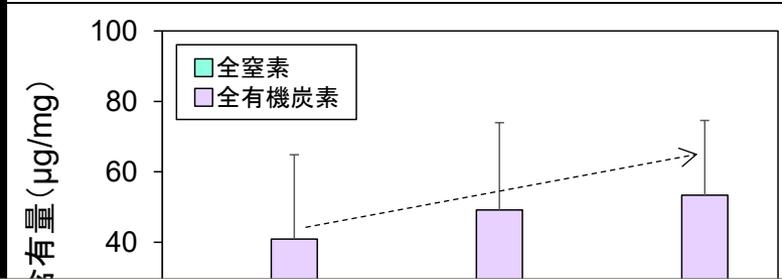
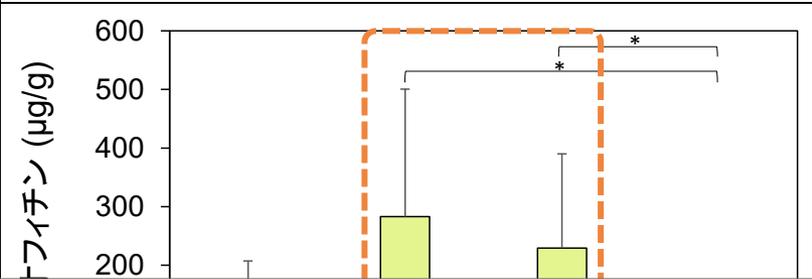
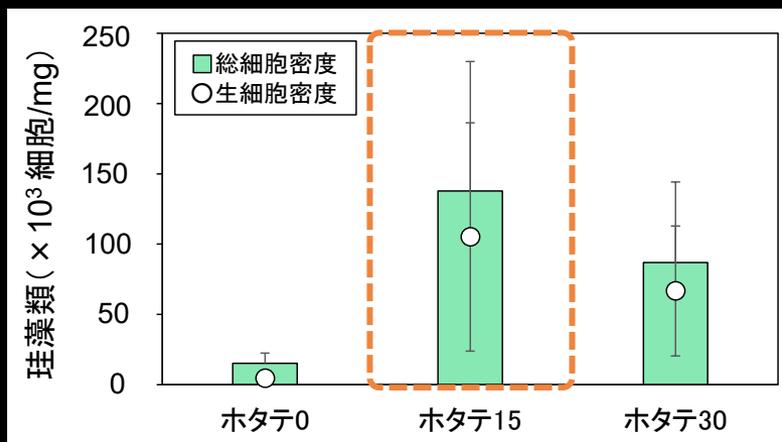
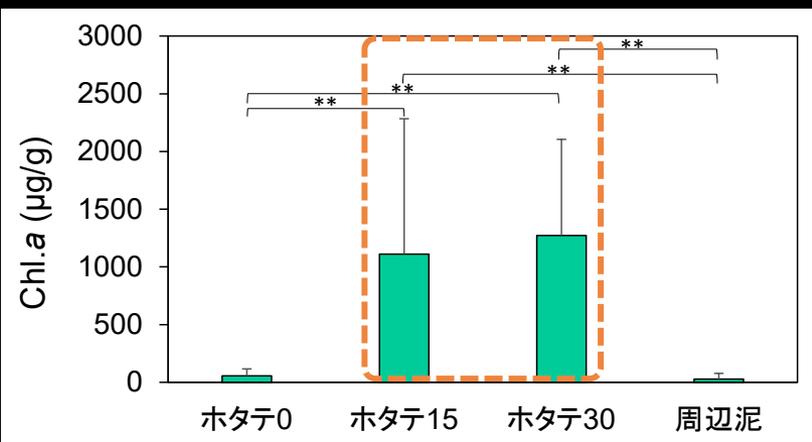
貝殻基質からバイオフィルムを採取



バイオフィルム中の餌料環境指標を分析

- ・色素量 (Chl.a、フェオフィチン)
- ・微細藻類 (珪藻類)
- ・全窒素、全有機炭素 (TN、TOC)

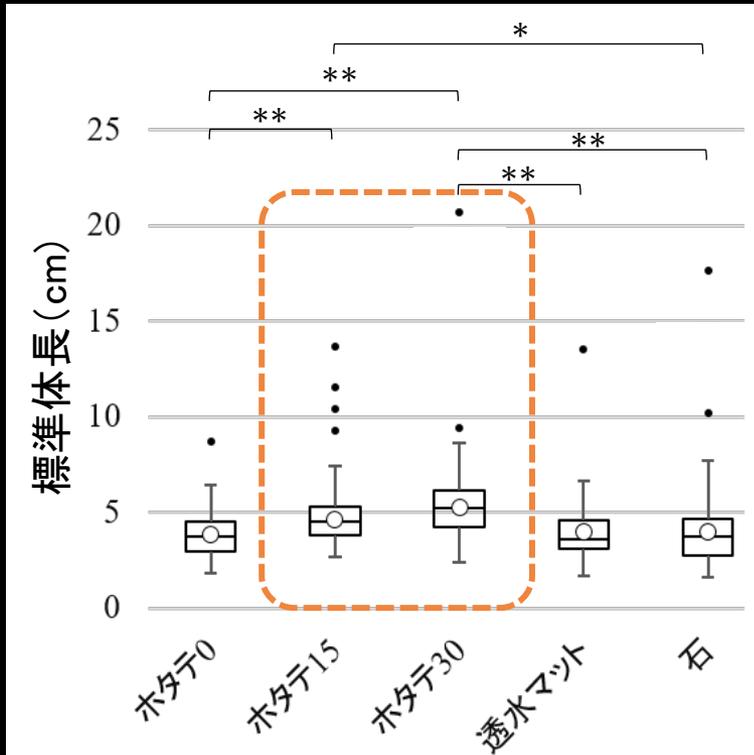
(有機物、微細藻類は稚ナマコの主要な餌料源)



ホタテ15とホタテ30が稚ナマコの餌料環境として好適

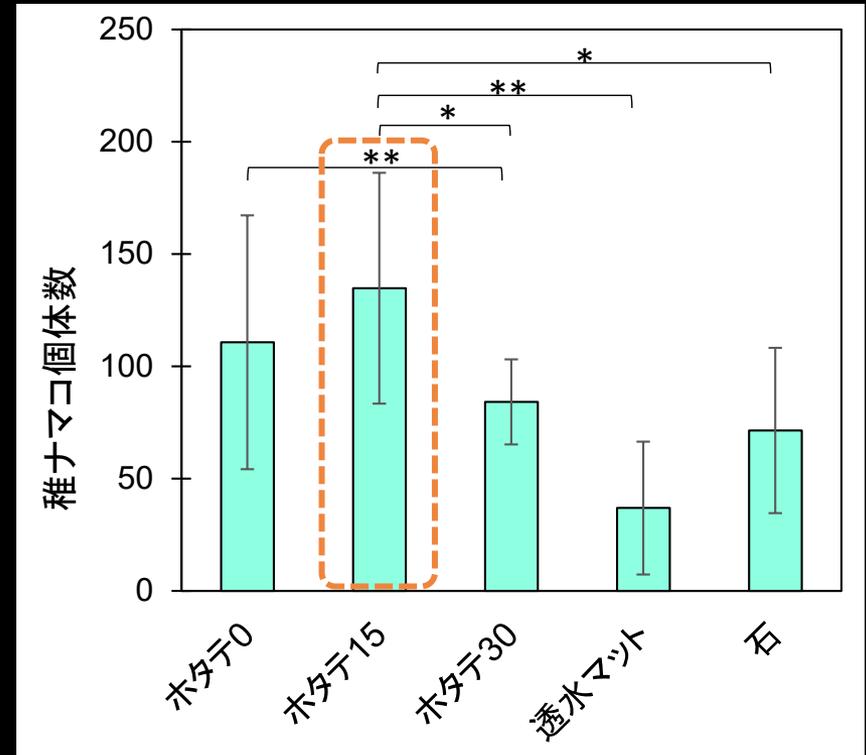
稚ナマコの生残・成長に適した基質

成長



*:p<0.05, **:p<0.01 (稲葉ら,2020(一部改変))

生残率



*:p<0.05, **:p<0.01

餌料環境が良好なホタテ15,30で高成長

生残率はホタテ15で最も高い値

ホタテ15が稚ナマコの成長・生残の両方にとって好適！！

稚ナマコの新たな食害生物

無脊椎動物の個体群動態に対する捕食の影響は大きい (Gosselin&Qian,1997; Bell et al., 2015)

⇒しかし、稚ナマコの捕食生物に関する情報は十分ではない

(稲葉ら, 2021)

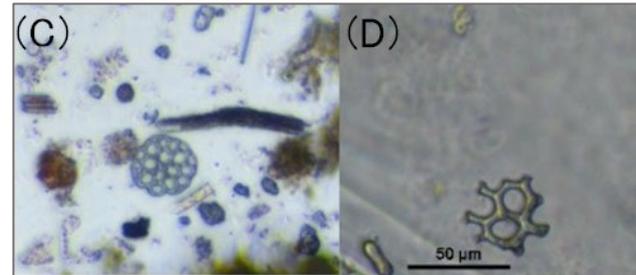
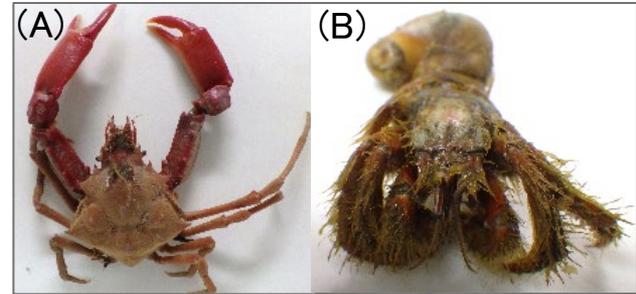
試験礁内に出現したカニ類・ヤドカリ類を採集

オオヨツハモガニ(A) が季節を問わず優占
ケブカヒメヨコバサミ(B)

2種の胃内容物を分析

胃内容物からマナマコの骨片(C,D)が出現

→マナマコを捕食している可能性が示唆



室内実験により、オオヨツハモガニが稚ナマコを捕食するかを検証

オオヨツハモガニ1個体に
稚ナマコ10個体(標準体長10mm以上20mm未満)を与え、
捕食行動の有無を観察 (Inaba et al.,2021)

(ケブカヒメヨコバサミについても同様の試験を実施)



稚ナマコの新たな食害生物



オオヨツハモガニ

平均捕食速度

7.7 ± 2.4 個体/日

(Inaba et al., 2021)

>

4倍
以上

イトマキヒトデ

平均捕食速度

1.8 個体/日

(畑中ら, 1994)

稚ナマコにとって脅威的な新たな捕食者を発見！

* ケブカヒメヨコバサミについても稚ナマコに対する捕食行動を示した

現地調査・室内試験により明らかになったこと

生息環境 & 餌料環境

ホタテ貝殻を15mm間隔で配置した基質が最適

- ・豊富な餌料
 - ・高い環境収容力
- ⇒稚ナマコの成長・生残を向上



生物的要因

オオヨツハモガニ等の食害生物の侵入を防ぐ必要
(特に体長30mmに達するまでの期間)



分布

オオヨツハモガニ: 東北以北

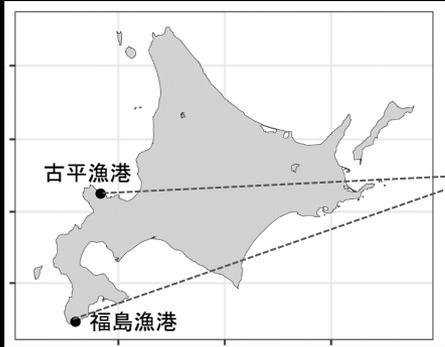
ケブカヒメヨコバサミ: 北海道～九州

未知の捕食者の存在も考慮した
食害対策が幅広い海域で必要

現地調査・室内試験の結果を反映させた
新たな試験礁を作成し効果を検証！

試験礁の効果検証

■ 新たな試験礁を漁港内に設置し、稚ナマコを放流



試験礁

メッシュで被覆
(2.1~7.8mmの複数の目合)

ホタテ貝殻を15mm間隔で配置

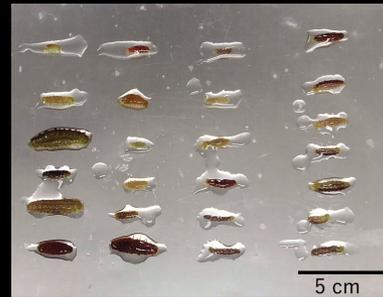
※メッシュで被覆しない
「対策なし礁」も設置

礁内のマナマコ総重量の比較

地点	対策なし	試験礁
福島漁港 (6ヵ月)	268g	442g
古平漁港 (9ヵ月)	138g	239g

1.5倍以上!!

試験礁における稚ナマコの成長

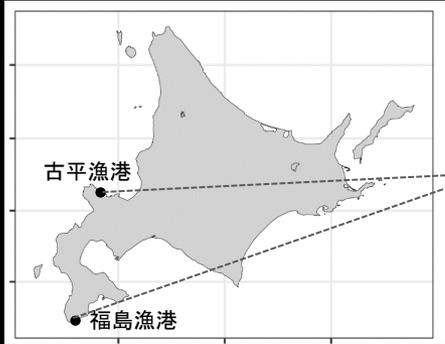


放流前



放流後

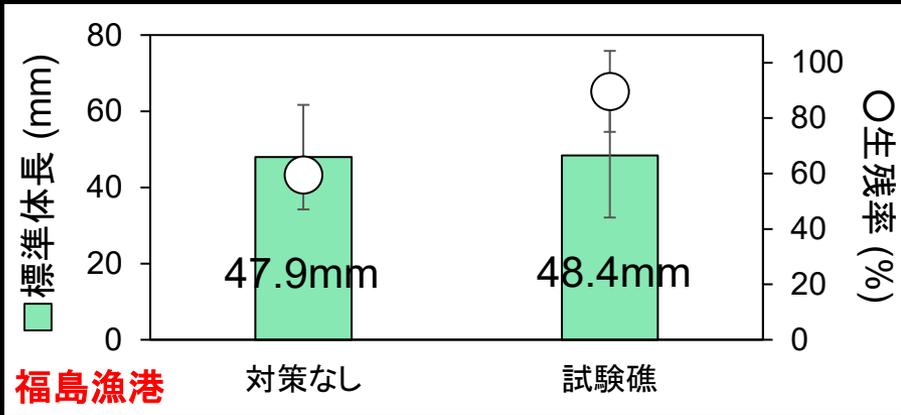
試験礁の効果検証



試験礁

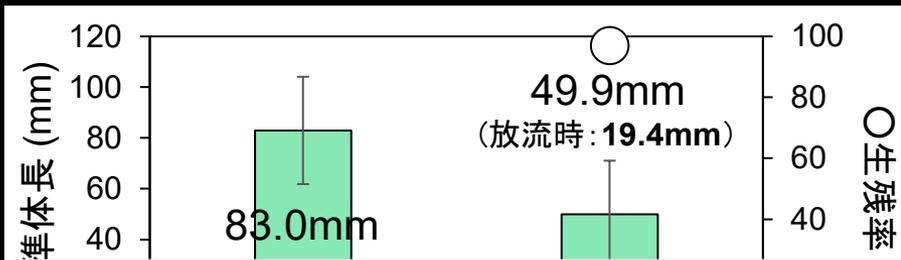
メッシュで被覆
(2.1~7.8mmの複数の目合)
ホタテ貝殻を15mm間隔で配置

※メッシュで被覆しない
「対策なし礁」も設置



生残率の比較(対策なしvs試験礁)

地点	対策なし	試験礁
福島漁港 (6カ月)	59.5%	89.7% (最大値:100%)
古平漁港 (9カ月)	15%	97%



先行研究の結果

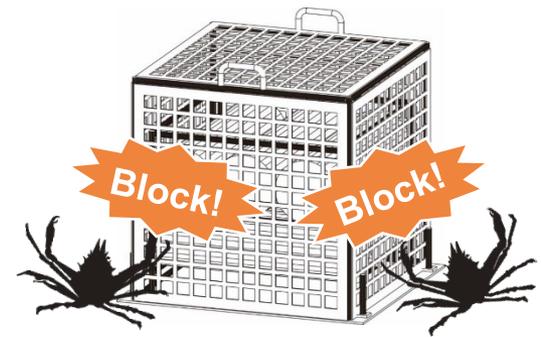
生残率(%)	体長(mm)	期間	参考文献/調査地
87.3	46.3±10.5 (放流時: 23.3±5.1)	370日	Sakurai et al.(2022)/ 古平漁港,北海道 空気ポケットフェンス

稚ナマコの高成長と高生残率の維持の両立を実現！

まとめ：新たな試験礁の機能・効果

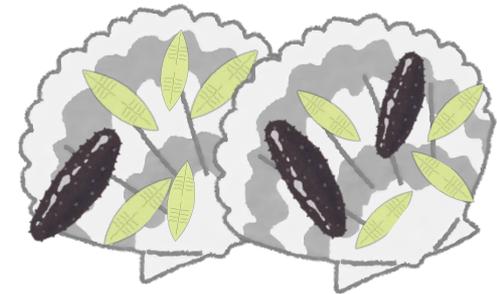
メッシュ被覆による
捕食生物の侵入抑制
礁外部への散逸防止

放流種苗の減耗・流出を低減！



ホタテ貝殻の適切な間隔での配置による
・環境収容力の向上
・好適な餌料環境の創出

放流種苗の成長促進・高生残を維持！



放流種苗の**高成長**と**高生残率**の両立を実現し
従来の手法よりも短期間での効率的な中間育成を可能にする！



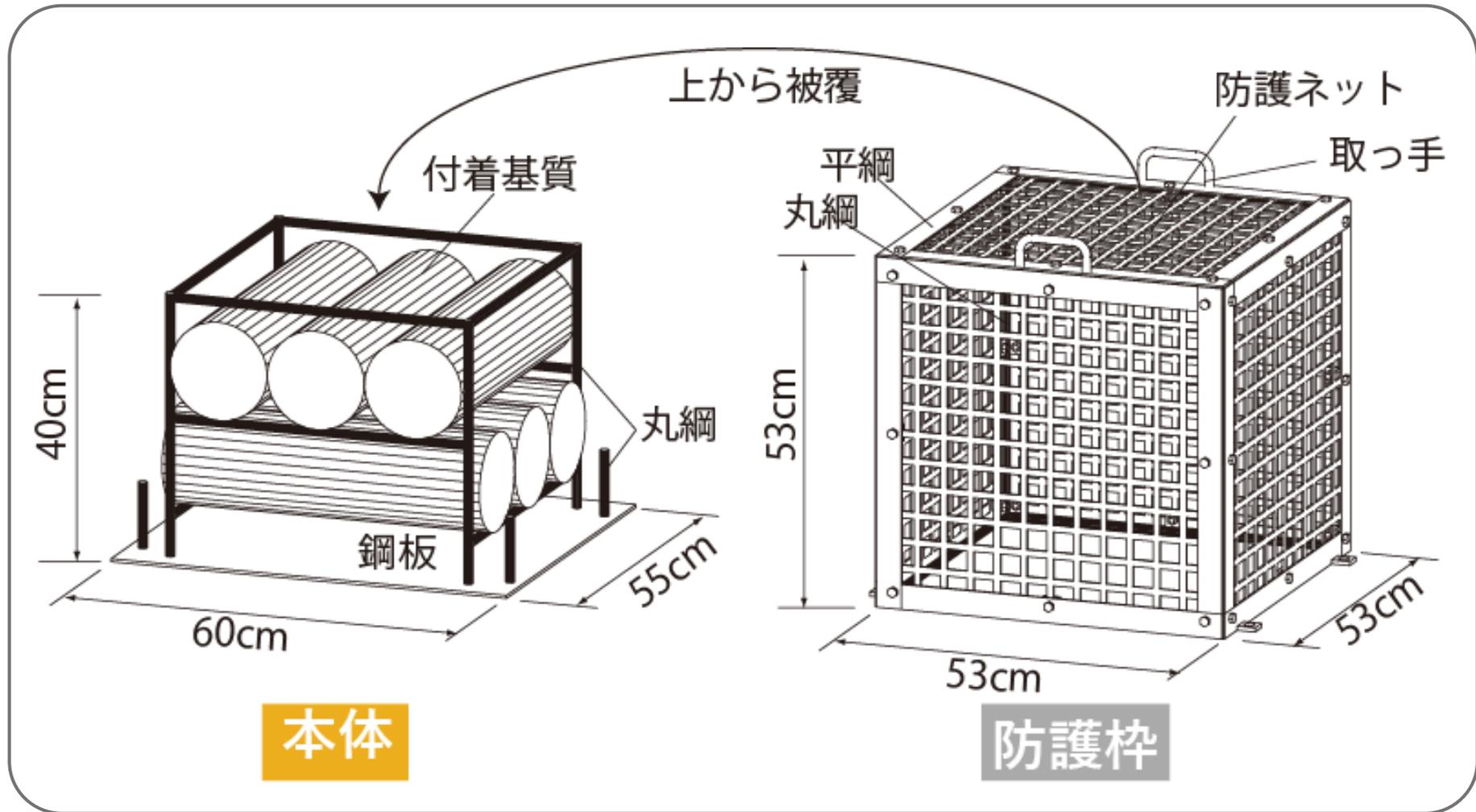
中間育成礁「**ナマコのゆりかご**」の誕生へ！

ナマコのゆりかごの詳細



パレットに4基を載せたナマコのゆりかご(この状態で運搬)

ナマコのゆりかごの仕様



重量 26kg

重量 19kg

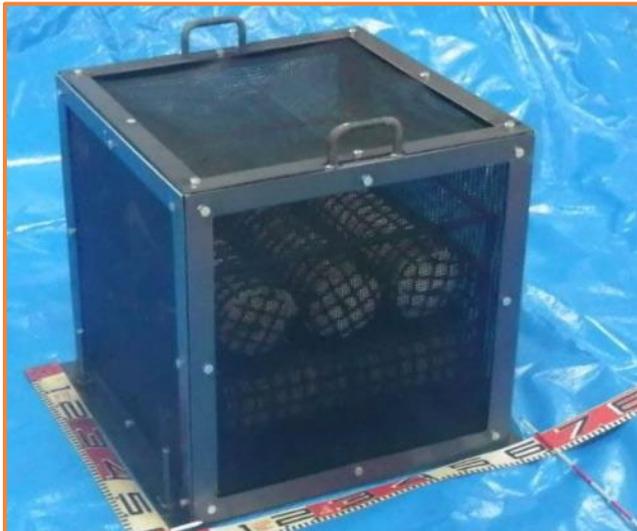
ナマコのゆりかご(各パーツのイメージ)



本体



防護枠



防護枠装着



内部イメージ

ナマコのゆりかごの特徴①

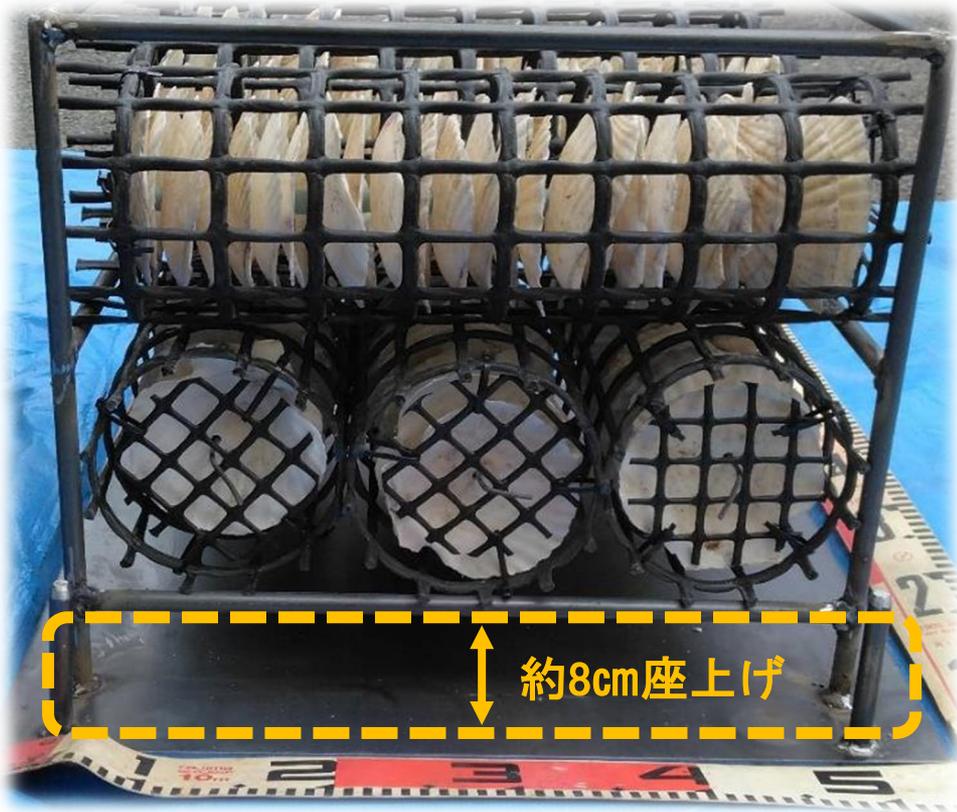
ホタテガイ殻を15mm間隔で並べた基質を採用



- 生残率 : ホタテ15 > ホタテ0 > ホタテ30
- 餌料環境 : ホタテ15 = ホタテ30 > ホタテ0
- 成長 : ホタテ30 > ホタテ15 > ホタテ0

ナマコのゆりかごの特徴②

座上げて立体的にした構造



土砂の堆積による機能低下を防止
接地圧を下げることで沈下を防止

ナマコのゆりかごの特徴③

機能、形状維持、耐久性に優れた防護枠、ネット

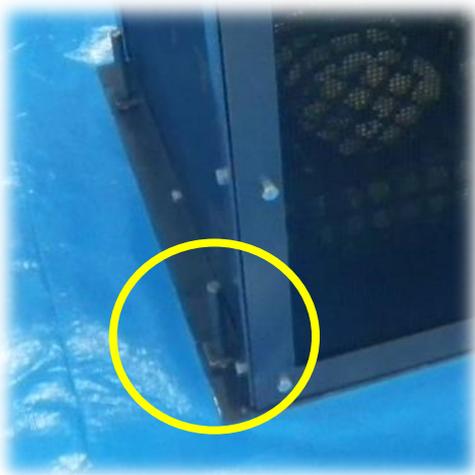
- 目合は8mm以下
- ネットは耐久性に優れた黒色ポリエチレン
- 骨組み、固定枠は鋼材を使用



- 目合サイズは環境により柔軟に対応する
- 目合が細かい方が、生残率は高くなるが、浮泥などが多いところでは目詰まりが懸念される

ナマコのゆりかごの特徴④

防護枠の脱着が容易な構造



- 単純かつ扱いやすい構造
- 鋼枠と底面の鋼板が密着するため隙間ができない

小型・軽量

- 大型クレーン等が不要
- 漁業者らが自らの工夫で活用可能



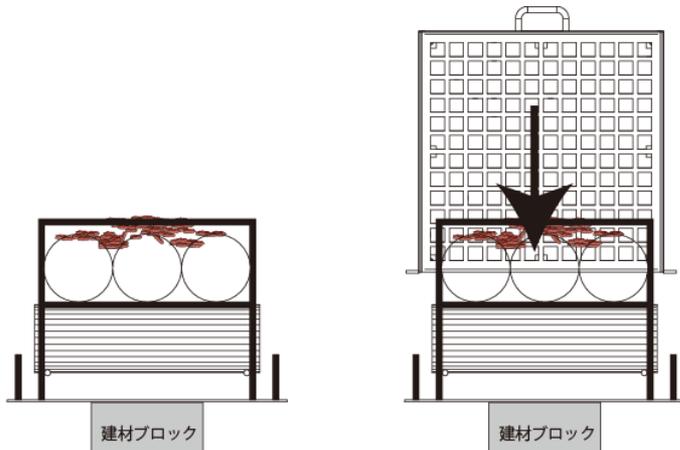
稚ナマコの放流方法①

海中でのダイバーによる放流

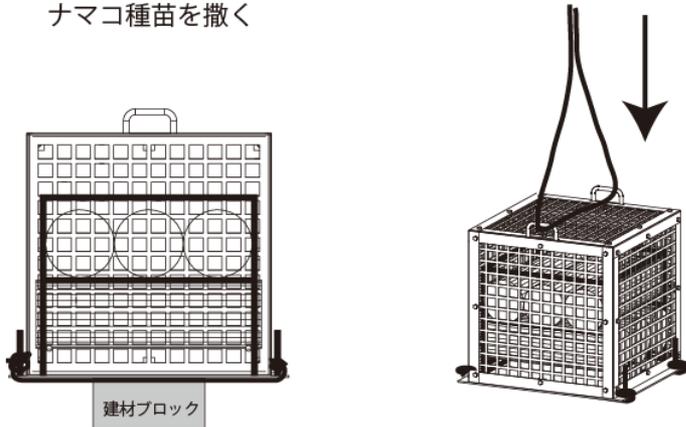


稚ナマコの放流方法②

船上(陸上)で收容しての設置・放流



- ①建材ブロックの上に本体を載せ、
ナマコ種苗を撒く
- ②防護ネットを装着



- ③ロープを本体底面の突起に結び、
本体下面を固定する
- ④防護ネットの取っ手にロープ
を通し、海底に降ろして設置する



各放流手法の特徴

方法

メリット

①ダイバー放流



- 事前設置できる
- 稚ナマコに与えるストレスが小さい
- 海底の状況を確認しての設置が可能

②船上放流



- 放流時にダイバーが不要
- 放流時の稚ナマコの流出のリスクが低い

他の海域での調査事例

◎施設の設置、放流(7月28日)



【調査DATA】

- ・調査日 : 2023年7月28日～11月27日
- ・場所 : 香川県海域
- ・水深 : 4m
- ・底質 : 砂泥

【ナマコのゆりかご】

- 船上から本体のみ投入し、ダイバーにより稚ナマコの放流、防護枠を取り付けを実施
- 平均体長は17mmの稚ナマコを約100尾放流
- 濁りや流れがあったため、水中での放流時に一部の稚ナマコが逸散した



船上からの投入



放流した稚ナマコ



ダイバーによる放流

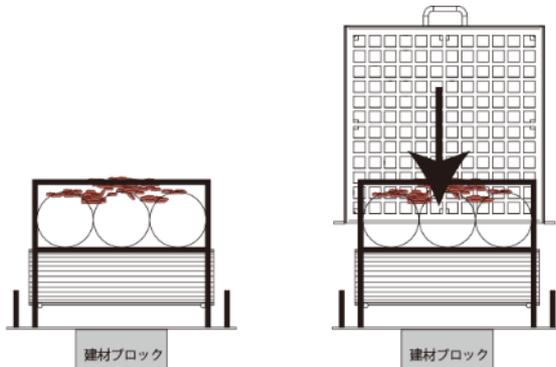


防護枠の装着

他の海域での調査事例

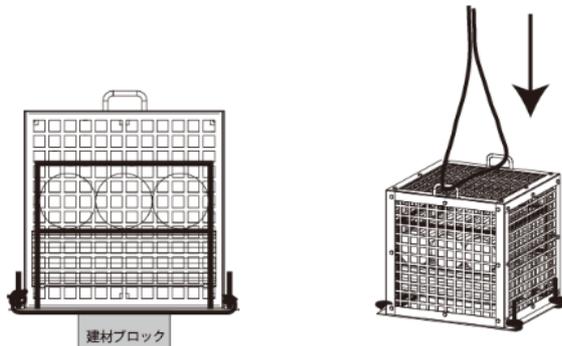
◎追跡調査(11月27日)

- 防護枠を装着したまま船上に引き上げた
- 稚ナマコは18尾確認できた
- 稚ナマコは平均64mmに成長
- 下記方法で再放流を行った



①建材ブロックの上に本体を載せ、
ナマコ種苗を置く

②防護ネットを装着



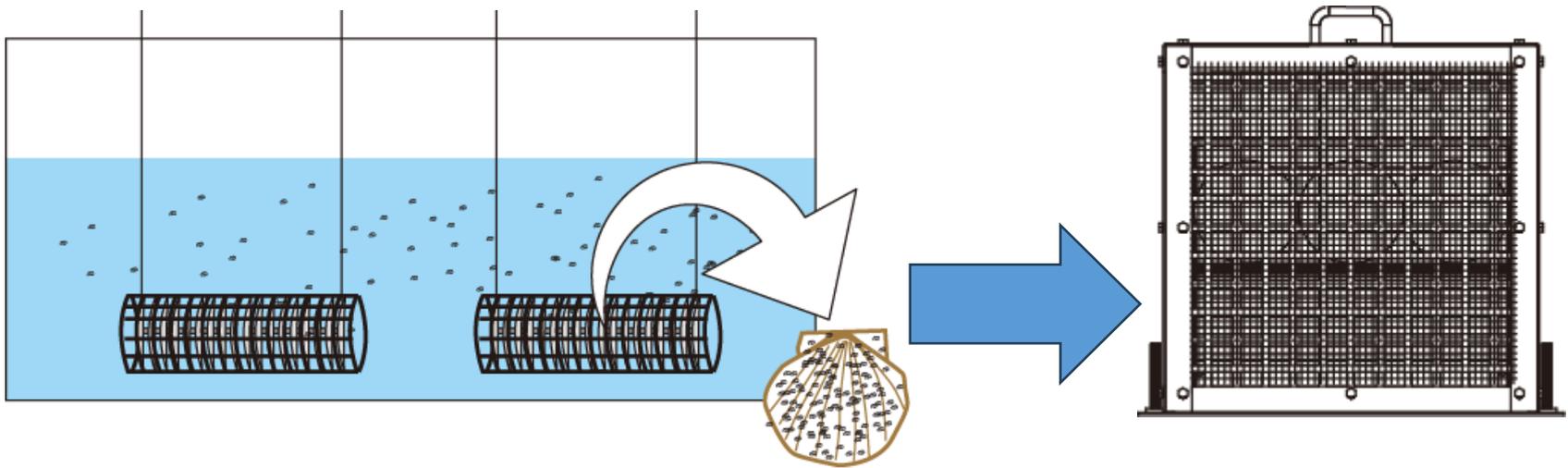
③細いロープを本体底面の突起に結び、
本体下面を大回しにして固定する

④防護ネットの取っ手にロープを通し
海底に降ろして設置する



今後の展望

- 全国への技術の普及
- 現地での新たな知見を踏まえたフィードバック
- 沈着ナマコなどより小型の種苗放流に対する検証



北海道



青森県



福井県



ご清聴ありがとうございました

山口県



香川県



長崎県



全国各地で撮影したマナマコ