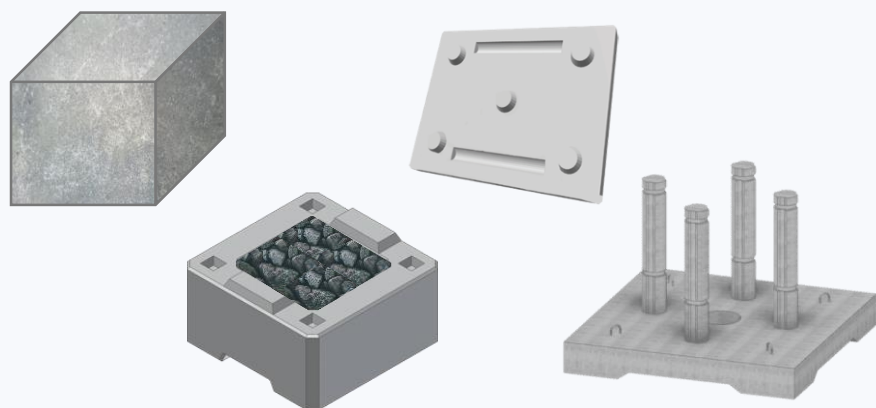


# 着定基質の素材と形状を工夫した 藻場造成技術に関する実験的検討と CO<sub>2</sub>吸収ポテンシャルの推算



三省水工株式会社  
三省水工株式会社  
日建工学株式会社  
三省水工株式会社

○鶴江 智彦  
西村 博一  
大熊 康平  
伊藤 敏朗

# 目次

1

背景と課題

2

研究目的

3

検証実験

4

CO<sub>2</sub>吸収ポテンシャル推算

5

結果

6

主要な結論と今後の方針

# 1. 日本沿岸の藻場



アマモ場



カジメ場



コンブ場



アラメ場



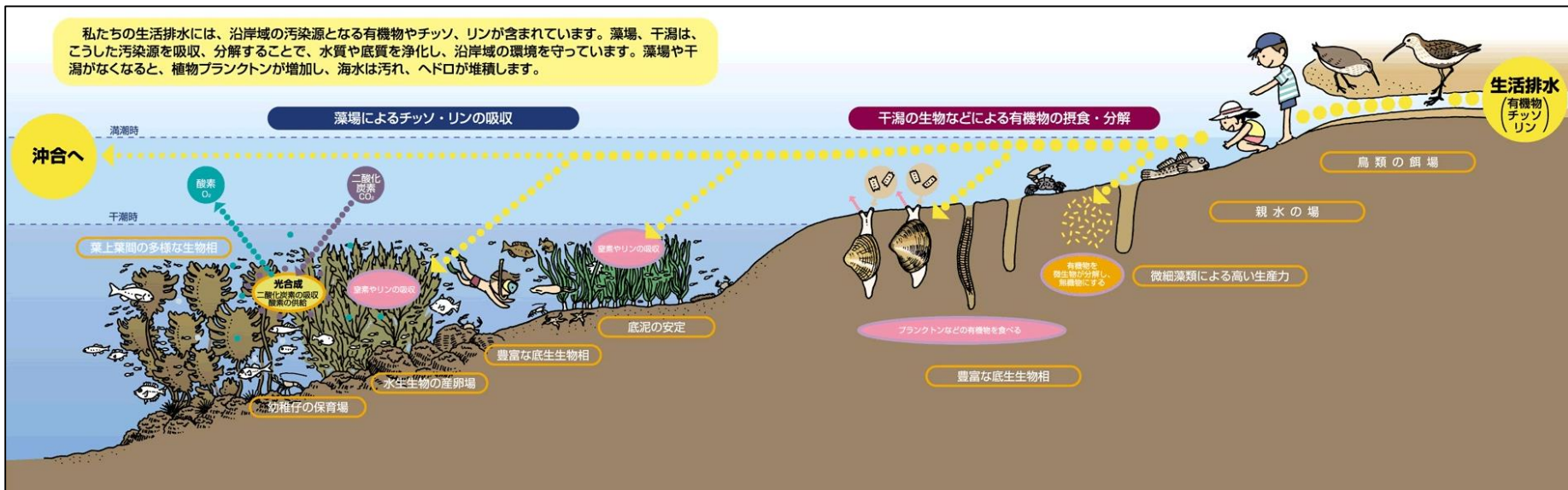
ガラモ場

環境省自然開発局HP:[https://www.biodic.go.jp/moba/1\\_3\\_7.html](https://www.biodic.go.jp/moba/1_3_7.html)  
水産土木建設技術センター長崎支所HP:<http://www.gosea.or.jp/index.html>

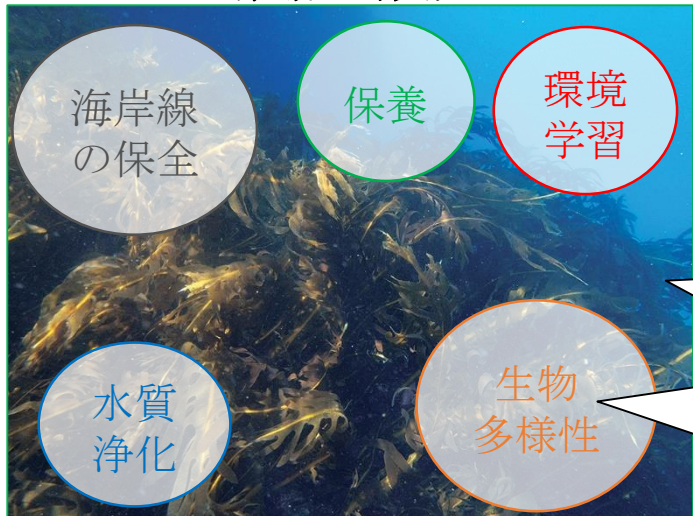




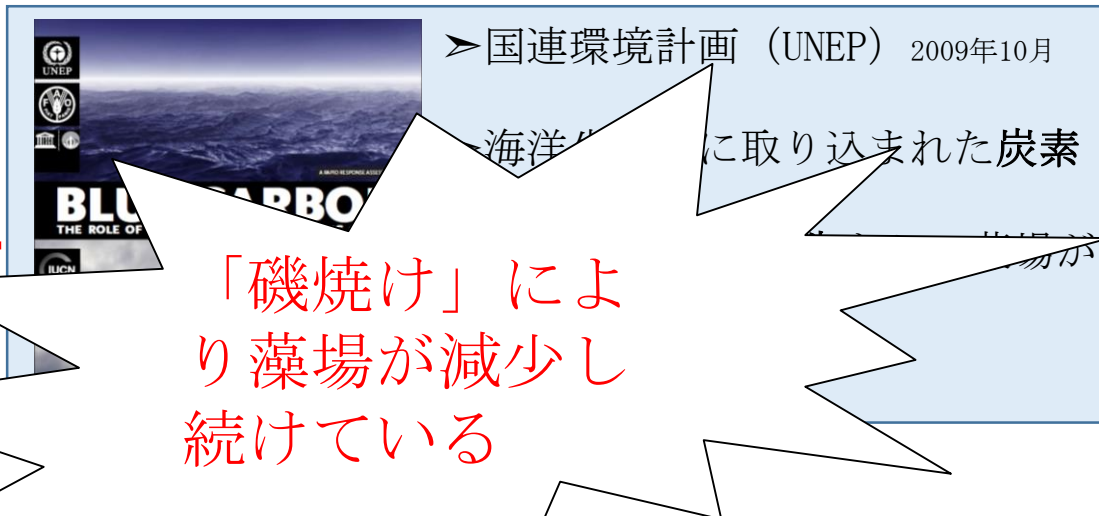
# 1. 藻場のさまざまな役割



## 藻場の機能



## ブルーカーボン生態系

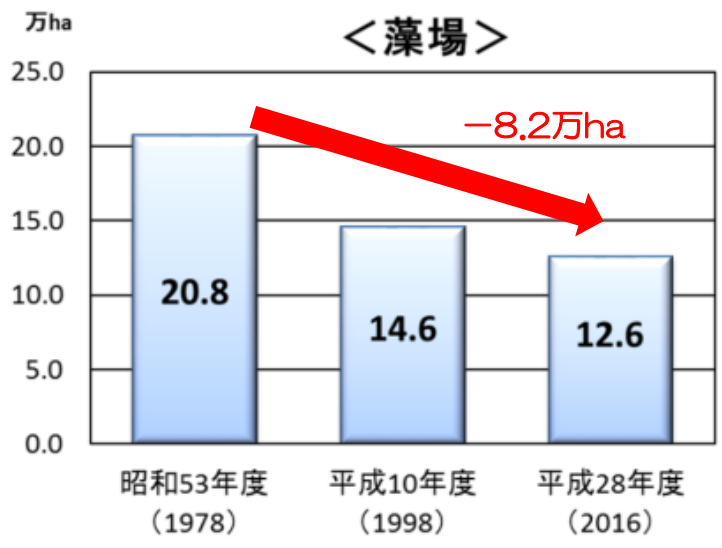


# 1. 全国の磯焼けの状況

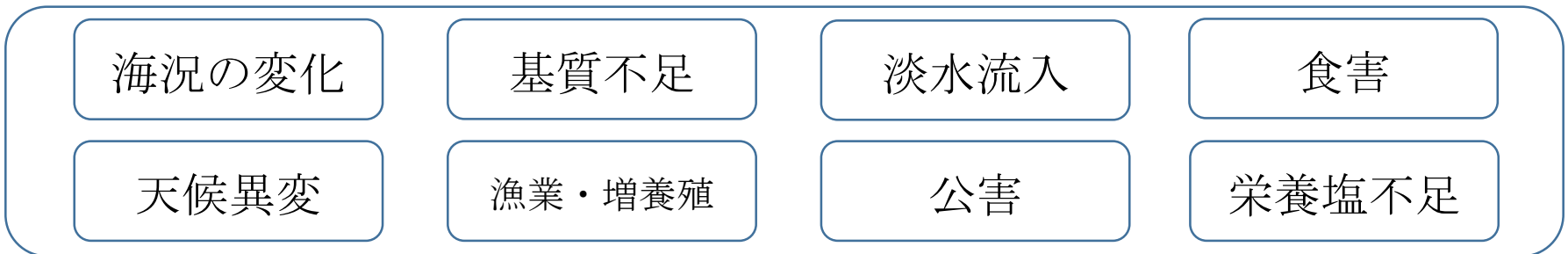
## ○藻場の衰退が認められる 都道府県(2009年～2013年)



## ○藻場・干潟面積の推移

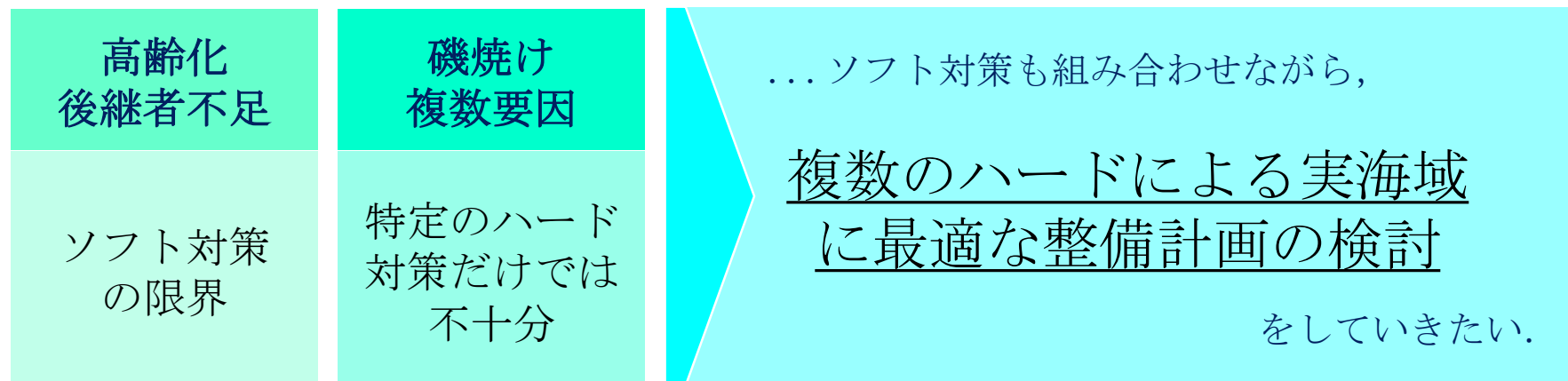


## 磯焼けの発生と継続の要因 (一例)



**要因に応じた適切な対策が必要**

## 1. 現状の課題



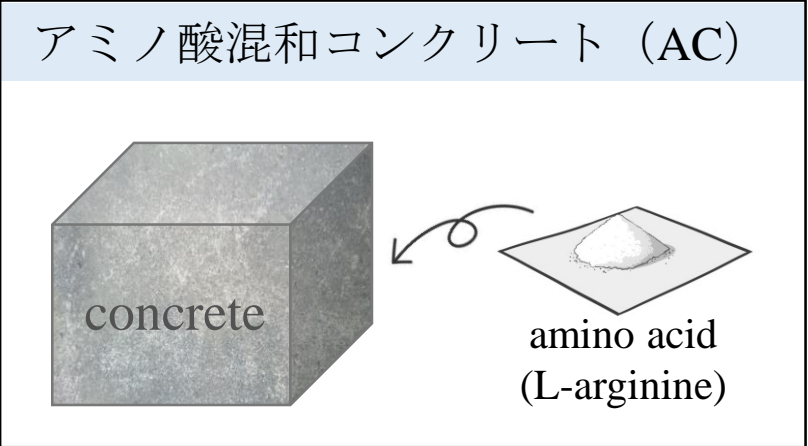
## 2. 研究目的

### 藻場造成技術の確立

- ①個々のハード対策手法の提案  
素材や形状を工夫した着定基質（既往実験）の評価
- ②ブルーカーボン生態系への評価  
着定基質に繁茂した海藻類のCO<sub>2</sub>吸収ポテンシャル（吸収係数）の推算

# 3. 検証実験

(著者らの研究)



低 ← アミノ酸濃度 → 高



- ✓ 単純形状のみ
- ✓ 実海域での検証事例 少

ACの効果に着目

- 繁茂量, 生長スピードUP
- 生物の蟻集効果

普通コンクリート+α

## 検証実験 (3種類)

- a) 実海域ACの性能 (単純形状)
- b) 実海域でのACの性能 (形状工夫)
- c) 形状工夫+素材 (組み合わせ)

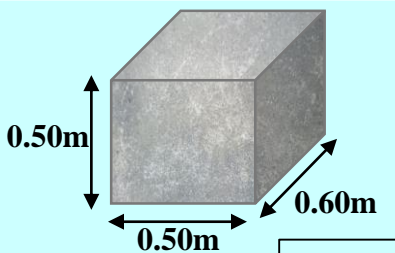
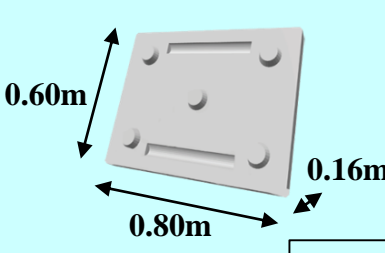
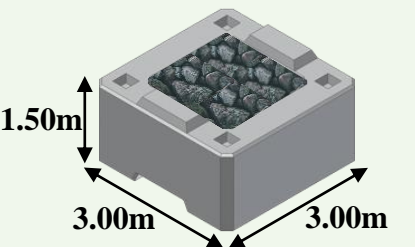
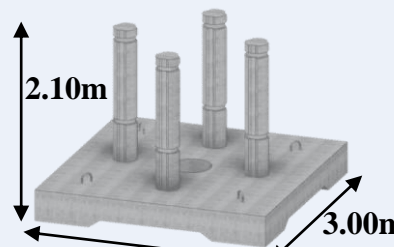
上月ら：アミノ酸混和コンクリート表面上での付着微細藻類の生長特性に関する研究，海洋開発論文集，第26巻，pp.111-116，2010.





# 3. 検証実験

## 本研究に使用した試験ブロック

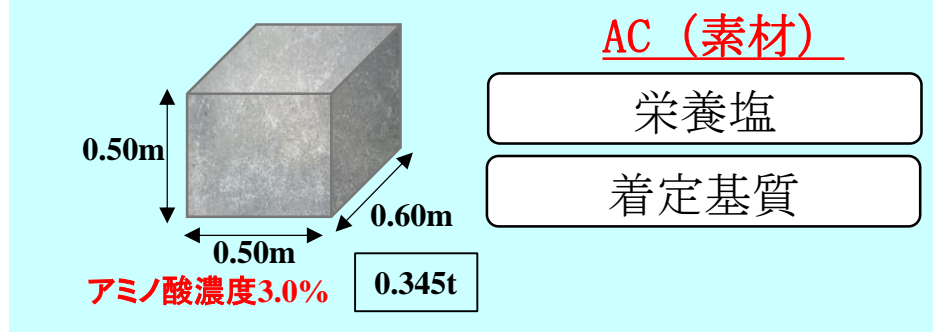
<p>a) 方形状</p>  <p>0.50m 0.50m 0.60m アミノ酸濃度3.0% 0.345t</p>	<p><u>AC (素材)</u></p> <p>栄養塩 着定基質</p>	<p>b) プレート状</p>  <p>0.60m 0.80m 0.16m アミノ酸濃度1.5% 0.108t</p>	<p><u>AC (素材×形状工夫)</u></p> <p>栄養塩 着定基質 空間創出</p>
<p>c) 中空枠体状</p>  <p>1.50m 3.00m 3.00m 本体:19.48t 中詰石:6.35t</p>	<p>(素材+素材) 普通コンクリート+中詰石</p> <p>防波堤補強 着定基質 堆積物軽減 空間創出</p>	<p>d) 柱状※ (参考比較)</p>  <p>2.10m 3.00m 3.00m 8.12t</p>	<p>(形状工夫) 普通コンクリート</p> <p>着定基質 堆積物軽減 埋没回避 食害軽減 (ウニ)</p>

※細澤ら：北海道南西部の磯焼け域における柱状礁へのホソメコンブ繁茂の事例，水産工学会学術講演会，pp.105-108，2021.



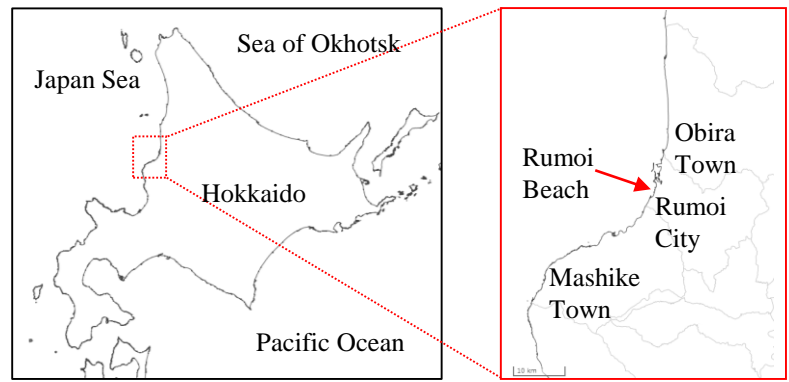
### 3. 検証実験

#### a) 方形状



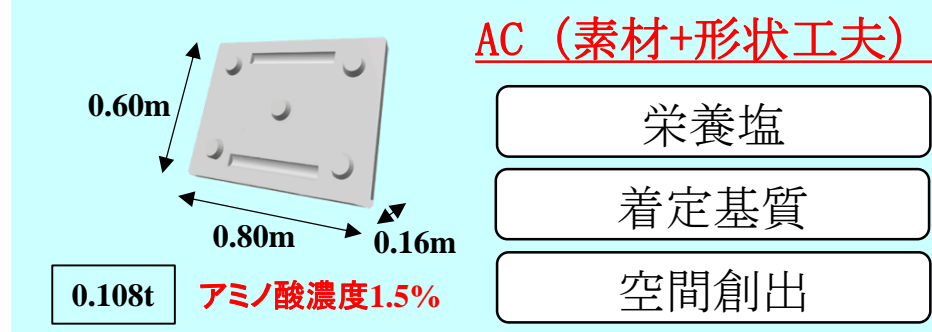
#### 条件

設置海域	北海道留萌市 人工リーフ (水深2.0m)
底質	捨石
水質	中栄養状態
磯焼けタイプ	中焼け
磯焼け要因	食害 (ウニ類)
実験期間	2010年6月～継続中
設置数	4個



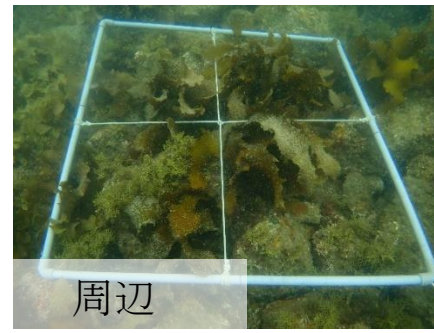
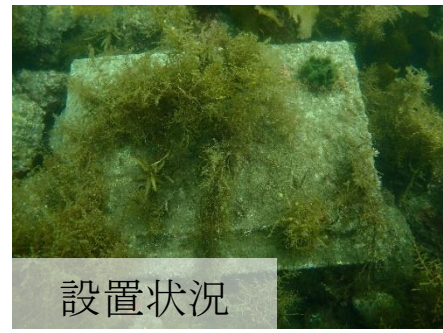
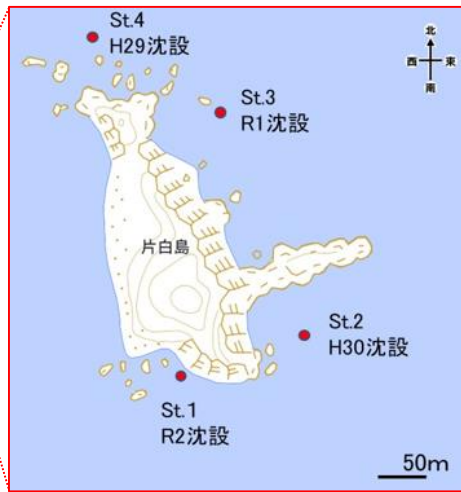
### 3. 検証実験

#### b) プレート状



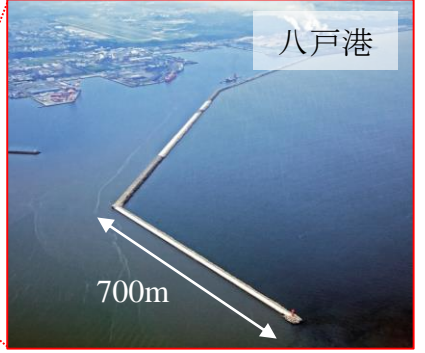
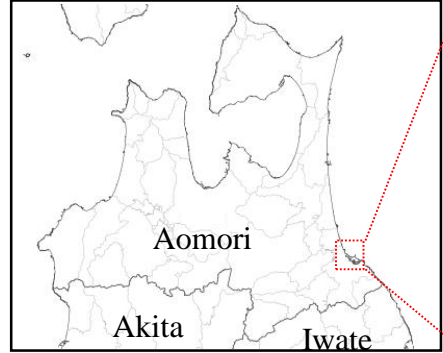
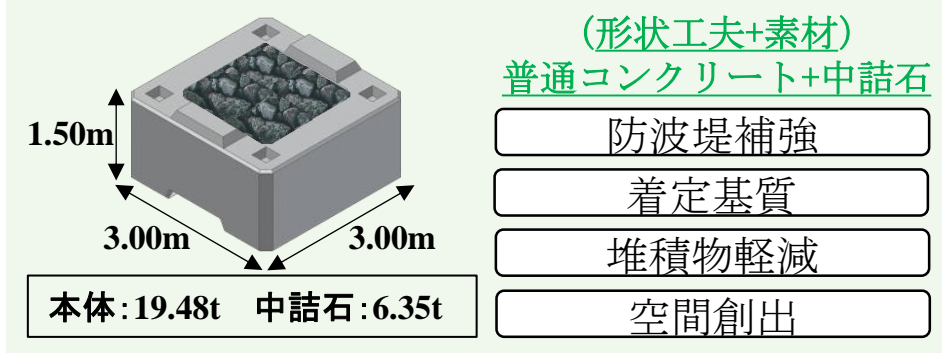
#### 条件

設置海域	大分県佐伯市 天然藻場 (水深2.0~4.0m)
底質	礫, 岩礁
水質	中栄養状態
磯焼け要因	未発生 ※周辺海域では食害 (ウニ), タネ不足, 浮泥堆積の報告有
実験期間	2017年~継続中
設置数	4~8枚/St



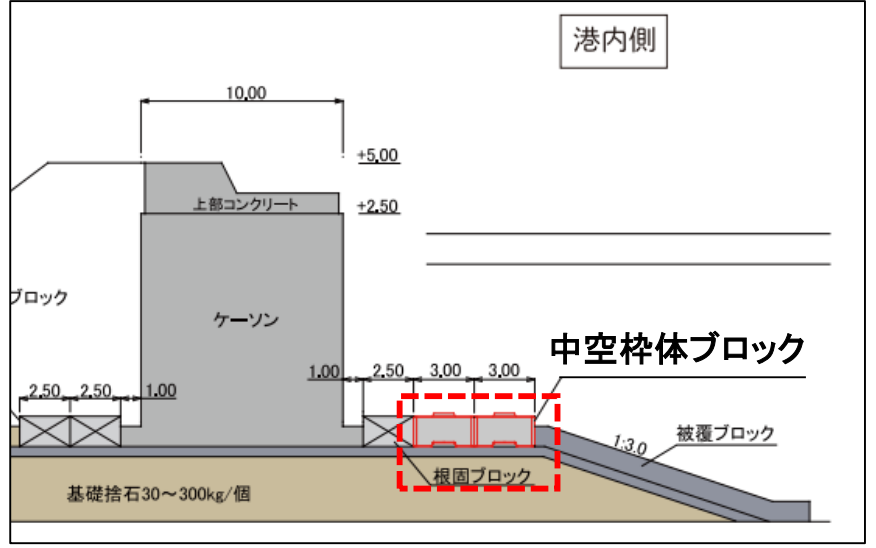
### 3. 検証実験

#### c) 中空枠体状



#### 条件

設置海域	青森県八戸市 八戸港 (水深8.0m)
底質	捨石
水質	富栄養状態
磯焼けタイプ	丸焼け
磯焼け要因	懸濁物質 (浮泥)
実験期間	2013年6月～継続中
設置数	2個/断面当り



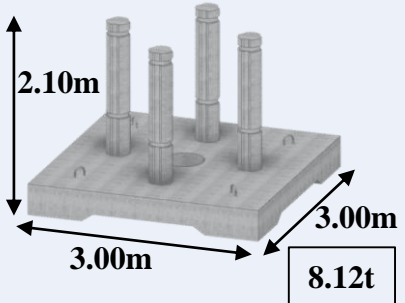
注) 2013年：震災復旧事業で採用





# 3. 検証実験

## d) 柱状※ (参考比較)

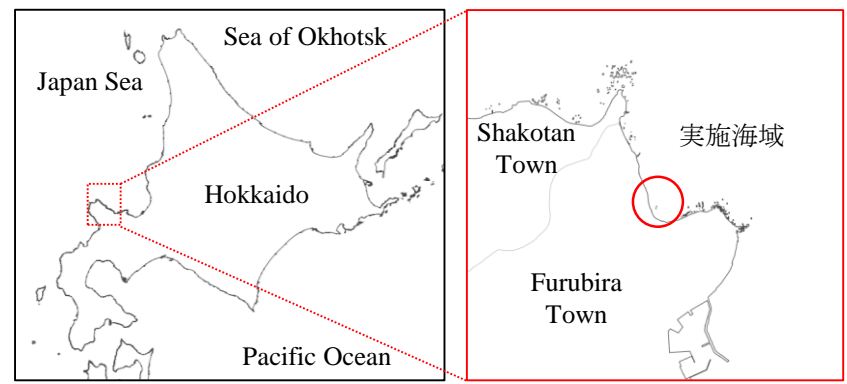


(形状工夫)  
普通コンクリート

- 着定基質
- 堆積物軽減
- 埋没回避
- 食害軽減 (ウニ)

条件

設置海域	北海道古平町 (水深3.0~8.0m)
底質	投石礁 (捨石)
水質	富栄養状態
磯焼けタイプ	丸焼け
磯焼け要因	食害 (ウニ類)
実験期間	2018年2月~継続中
設置数	各地点1基



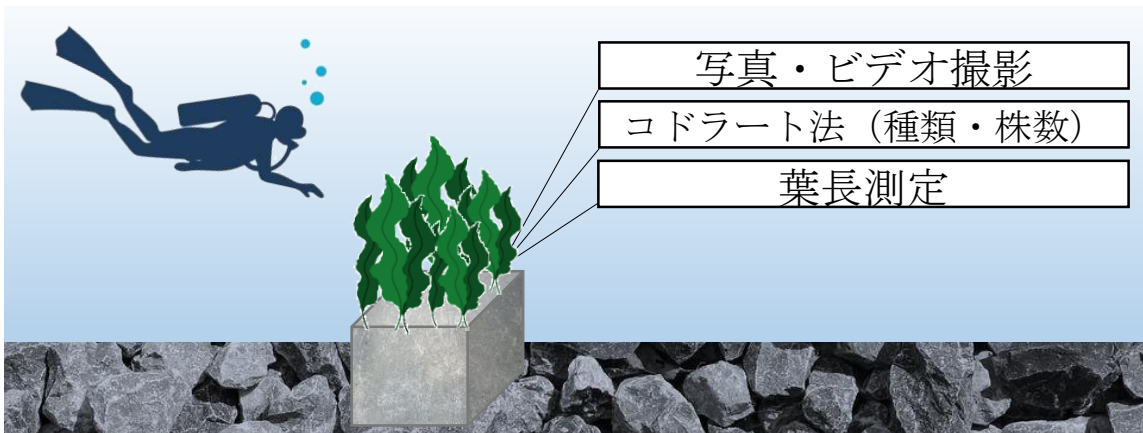
※細澤ら：北海道南西部の磯焼け域における柱状礁へのホソメコンブ繁茂の事例，水産工学会学術講演会，pp.105-108，2021.



# 3. 検証実験

## 概算湿重量の算出

### Step1 潜水観察



### Step2 既往文献※レビュー (全長と湿重量の関係)



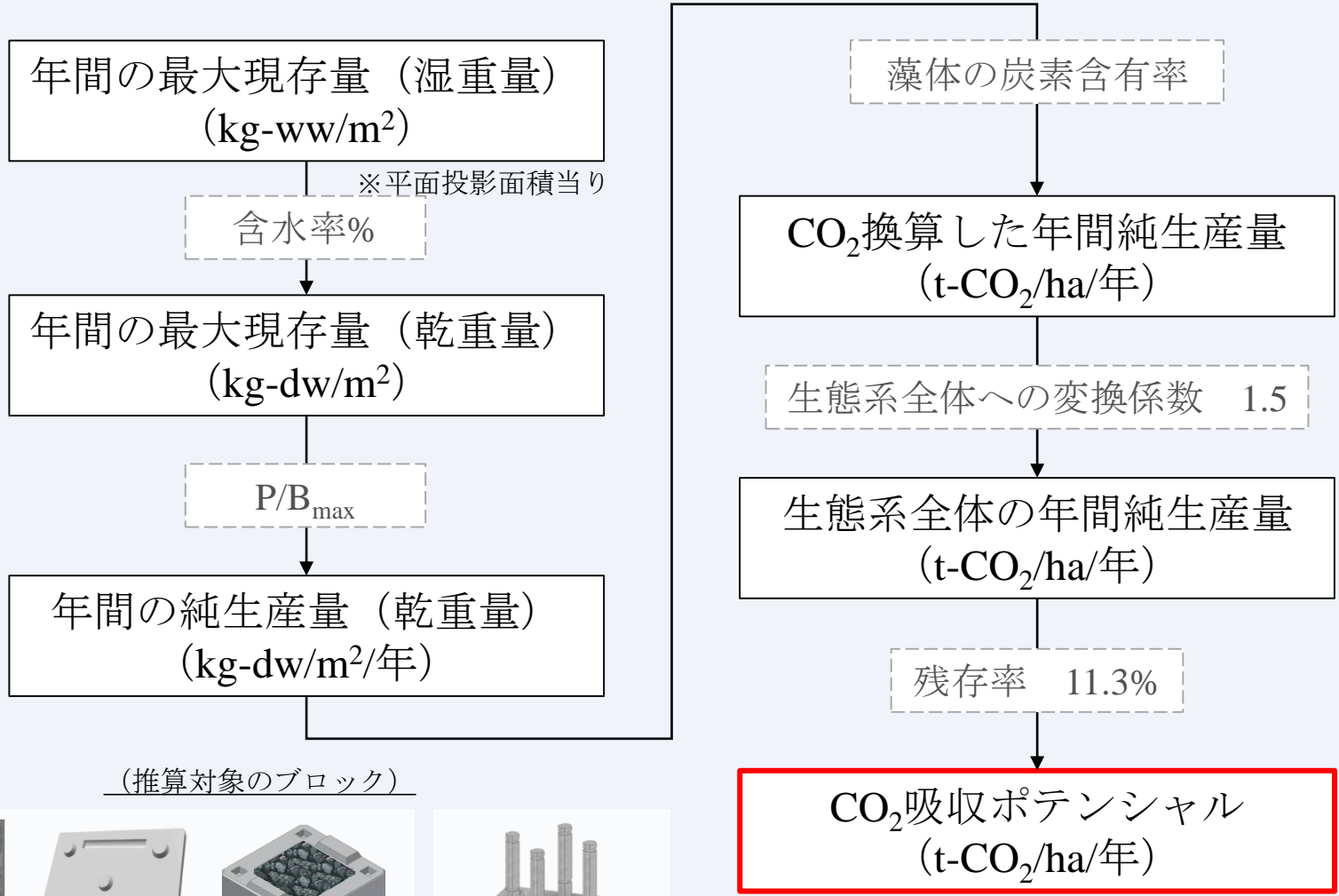
### Step3 概算湿重量 (kg-ww/m<sup>2</sup>) の算出

※海藻着生面積当り

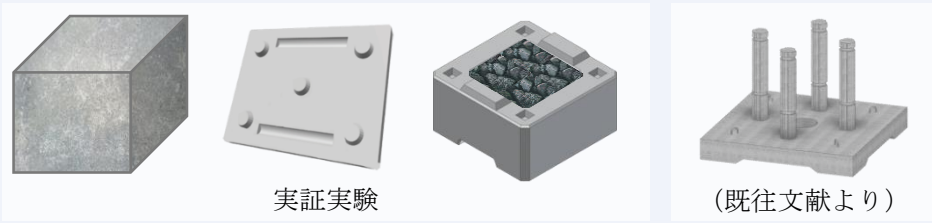
※文献  
北原ら：人工動揺基質へのホソメコンブ固着力に関する研究，日本水産工学会学術講演会講演資料集，20巻，pp.111-116，2010.  
永木ら：松島湾で養殖したワカメ・マコンブの成長と漁場の水温・栄養塩環境について，宮城県水産研究報告，第15号，pp.54-61，2015.  
佐々木ら：松島湾における藻場の生態系調査結果について，宮城県保健環境センター年報，No.24，pp.98-100，2006.  
八谷ら：長崎県西彼杵半島西岸におけるホンダワラ属3種の季節的消長，藻類 Jpn.J.Phycol.(Sorui)59，pp.139-144，2011.  
西垣ら：若狭湾西部海域における褐藻クロメの分布特性および季節的消長，京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告，第37号，pp.1-6，2015.



# 4.CO<sub>2</sub>吸収ポテンシャルの推算フロー



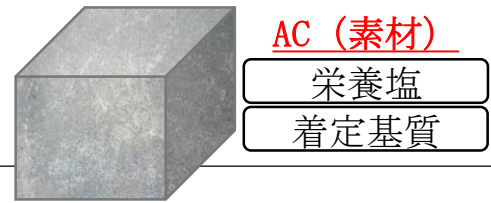
(推算対象のブロック)



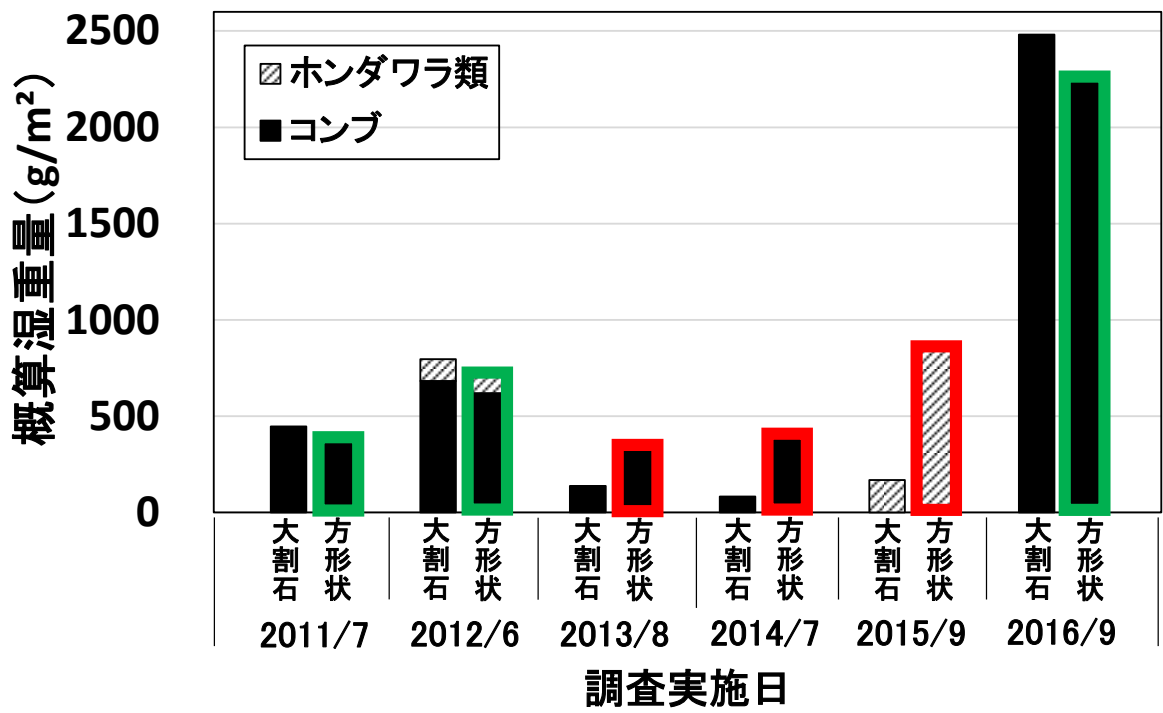
若松ら：岩礫性藻場の調査事例を基にしたCO<sub>2</sub>吸収ポテンシャルの推算，電力中央研究所，研究報告V20001，2021.

# 5.結果\_実海域における検証実験

## a) 方形状



磯焼け要因：食害（ウニ類）

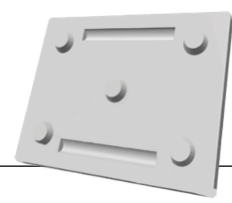


ホンダワラ類とコンブが継続的に繁茂（6年間）

- 周辺の植生状況が良い場合は大割石と同程度 (□)
- 周辺の植生状況が悪い年は大割石を上回る (□)
- 既設ブロック：海藻類の繁茂はほとんど確認されていない

# 5.結果\_実海域における検証実験

## b) プレート状

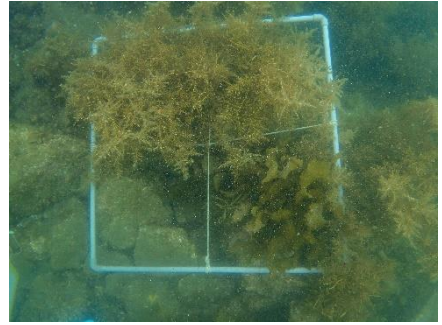


AC (素材×形状工夫)

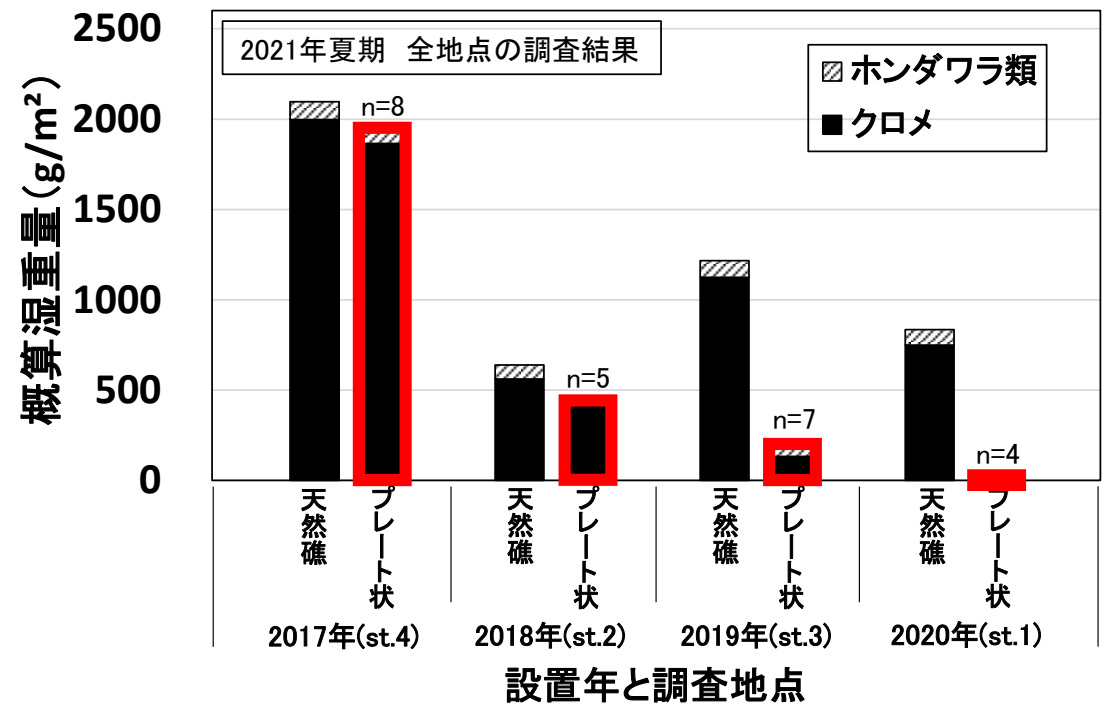
- 栄養塩
- 着定基質
- 空間創出



試験ブロック (プレート状)



周辺天然礁



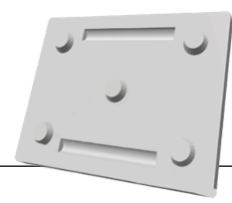
時間経過により天然礁と同等の植生状況に近づく傾向 (□)

- 4年目 (2017年\_st.4) では、周辺の天然礁とほぼ同じ
- ただし、設置地点ごとの環境条件の違いは考慮しなければならない



# 5.結果\_実海域における検証実験

## b) プレート状



AC (素材×形状工夫)

- 栄養塩
- 着定基質
- 空間創出

表 単位面積当たりの出現動物数

設置年	2017年(st.4)		2018年(st.2)		2019年(st.3)		2020年(st.1)	
	プレート状(n=8) (個体/m <sup>2</sup> )	周辺天然礁 (個体/m <sup>2</sup> )	プレート状(n=5) (個体/m <sup>2</sup> )	周辺天然礁 (個体/m <sup>2</sup> )	プレート状(n=7) (個体/m <sup>2</sup> )	周辺天然礁 (個体/m <sup>2</sup> )	プレート状(n=4) (個体/m <sup>2</sup> )	周辺天然礁 (個体/m <sup>2</sup> )
クロアワビ	0.8					1.6		
トコブシ	0.8	1.6	1.3	4.7	1.8	9.4	2.1	12.5
サザエ	2.9		0.4		2.7			
マナマコ	1.3				0.3			
ムラサキウニ	2.1		1.3		0.3		2.6	
アカウニ	3.1							
バフンウニ	3.1		2.5		1.8		3.1	
ガンガゼ類*					3.0			
イトマキヒトデ*			1.7				1.6	1.6
ヤツデヒトデ*	1.6		1.7		1.8		2.1	1.6
ヒョウモンダコ*	0.3							
合計	15.9 [9.9]	1.6	8.8 [1.9]	4.7	11.6 [1.1]	10.9	11.5 [0.7]	15.6
出現種類数	9種類 [9.0]	1種類	6種類 [6.0]	1種類	7種類 [3.5]	2種類	5種類 [1.6]	3種類

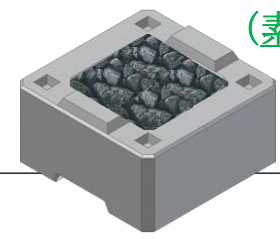
注1) ※外敵・非水産有用種 注2) [ ]は周辺天然礁を1.0とした場合の比率

### 周辺天然礁よりも個体数，種類数が増加傾向

- 周辺の天然礁よりも生物の個体数は0.7~9.9倍 (□)
- 周辺の天然礁よりも生物の種類数は1.6~9.0倍 (□)

# 5.結果 実海域における検証実験

## c) 中空枠体状



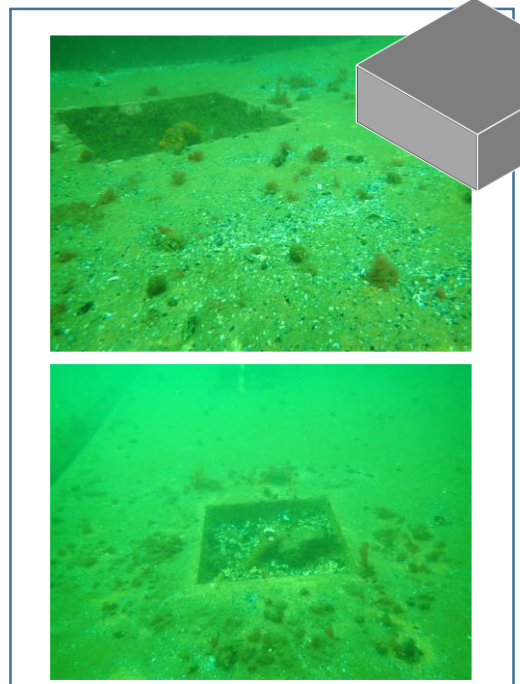
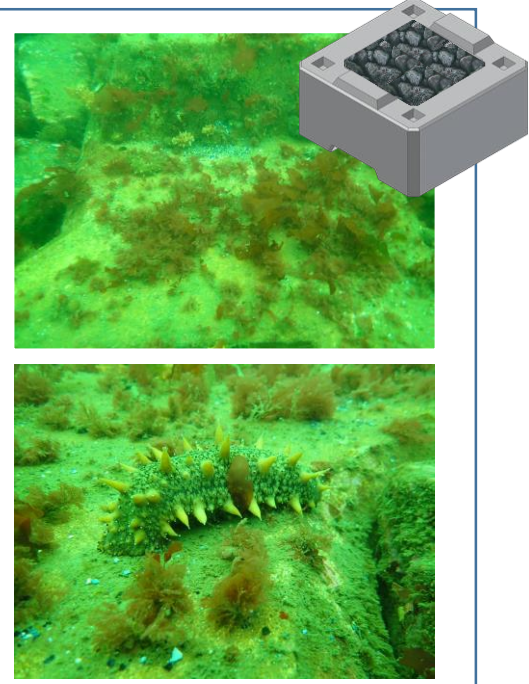
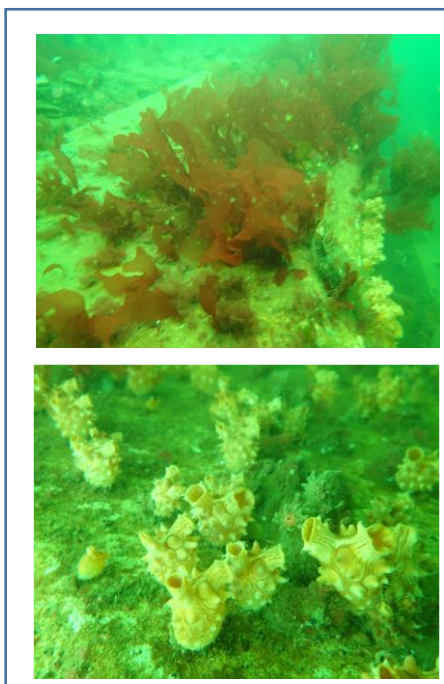
(素材+素材) 普通コンクリート+中詰石

- 防波堤補強
- 堆積物軽減
- 着定基質
- 空間創出

磯焼け要因：懸濁物質（浮泥）

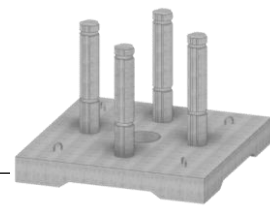
### 潜水観察の結果

結果	中空枠体状	根固方塊ブロック
堆積物	少	多
海藻類	紅藻類, ワカメ, アオサ類	無
底生生物	ナマコ等	無



# 5.結果 実海域における検証実験

## d) 柱状※ (参考比較)



(形状工夫) 普通コンクリート

- 着底基質
- 堆積物軽減
- 埋没回避
- 食害軽減 (ウニ)

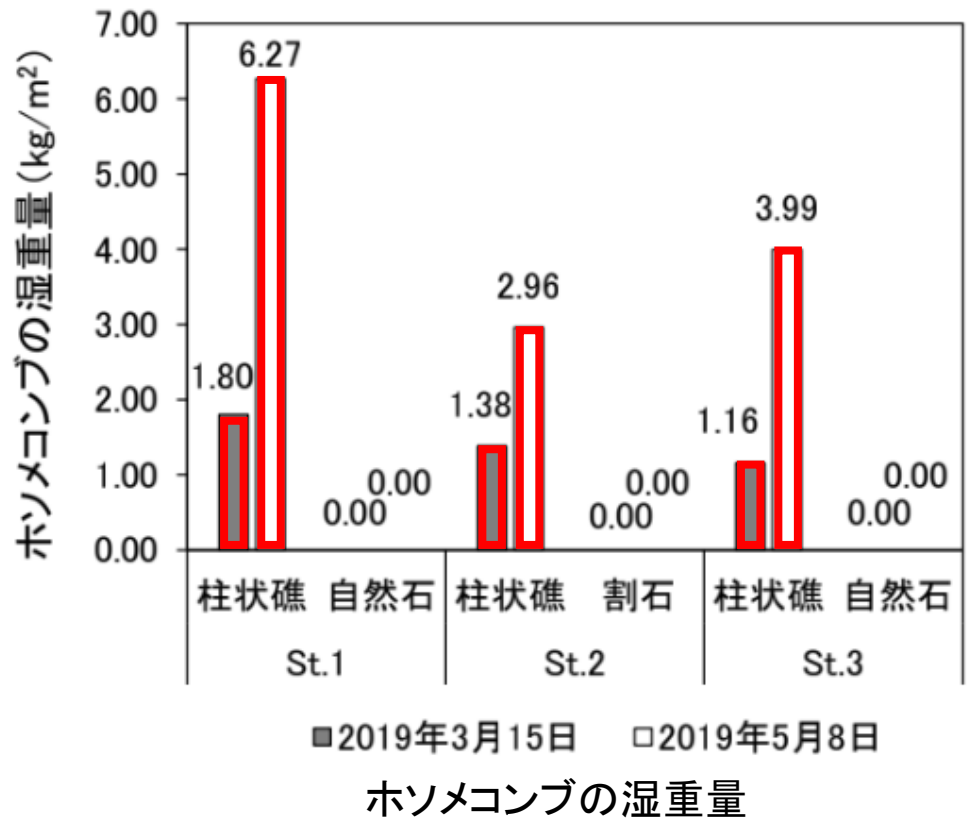
磯焼け要因：食害 (ウニ類)



繁茂したホソメコンブ



ウニ類の這い上がりを抑制



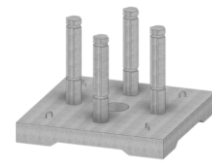
- 周辺の自然石：繁茂無し
- 柱状ブロック：ホソメコンブが継続的に繁茂 (□)

※細澤ら：北海道南西部の磯焼け域における柱状礁へのホソメコンブ繁茂の事例，水産工学会学術講演会，pp.105-108，2021.



# 5.結果 実海域における検証実験

## d) 柱状



(形状工夫) 普通コンクリート

着底基質

堆積物軽減

埋没回避

食害軽減 (ウニ)





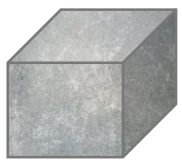
# 5.結果\_CO<sub>2</sub>吸収ポテンシャルの推算

表 CO<sub>2</sub>吸収ポテンシャルの推算結果

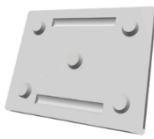
試験ブロックの種類	海藻種	最大現存量 (kg-ww/m <sup>2</sup> )	含水率 (%)	P/B <sub>max</sub>	炭素含有率 (%)	生態系全体への変換係数	残存率 (%)	CO <sub>2</sub> 吸収ポテンシャル(t-CO <sub>2</sub> /ha/年)	
								試験ブロック	周辺藻場
方形状	ホソメコンブ	10.900	85	1.9	30.0	1.5	11.3	5.792	6.371
	ホンダワラ類	4.070	83	1.4	36.6			2.203	0.441
	合計							7.995	> 6.812
プレート状	2020年 クロメ	—	85	1.9	30.0	1.5	11.3	—	0.399
	st.1 ホンダワラ類	0.001	83	1.4	36.6			0.001	0.046
	合計							0.001	0.444
プレート状	2018年 クロメ	0.450	85	1.9	30.0	1.5	11.3	0.239	0.299
	st.2 ホンダワラ類	0.025	83	1.4	36.6			0.014	0.041
	合計							0.253	0.340
プレート状	2019年 クロメ	0.145	85	1.9	30.0	1.5	11.3	0.077	0.598
	st.3 ホンダワラ類	0.074	83	1.4	36.6			0.040	0.050
	合計							0.117	0.648
プレート状	2017年 クロメ	—	85	1.9	30.0	1.5	11.3	1.083	1.061
	st.4 ホンダワラ類	0.079	83	1.4	36.6			0.043	0.054
	合計							1.125	≐ 1.115
柱状	ホソメコンブ	13.878	85	1.9	30.0	1.5	11.3	7.374	> 0.000

※中空枠体状については、データ不十分のため推算結果に加えていない

**本研究**

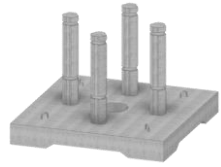


天然藻場の  
約1.17倍



(経過時間に比例)  
≐天然藻場

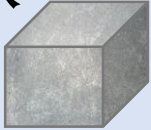
**(参考比較)**

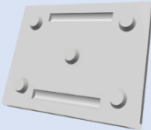


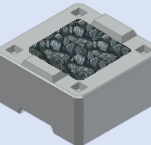
消失状態の  
藻場を回復

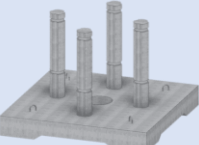
## 6.主要な結論と今後の方針

### 【主要な結論】

①方形状  : 微細藻類～小型～大型海藻類の植生遷移を補助し、植食動物の摂餌圧低減に寄与する

②プレート状  : 時間経過で周辺と同程度の植生状況に至る多様な生物相形成に貢献する

③中空棒体状  : 隣接する根固方塊よりも堆積物が少ない海藻類と底生生物が多く確認された

④柱状  : ウニ類の食害を回避し、藻場が消失した環境下でもCO<sub>2</sub>吸収ポテンシャルを高める。

+α ④CO<sub>2</sub>吸収ポテンシャルの推算

+α ⑤コベネフィット（生物多様性，食害回避等）

## 【今後の方針】

- ① 継続調査とデータの追加補正
- ② ブルーカーボン生態系に資するハード技術の開発・確立

### 【ゴールイメージ】



※ 鷹内ら：磯焼け域における藻場創出効果の検証，第64回 北海道開発技術研究発表会論文，2022.