

発酵木粉を用いた 藻場造成ブロックに関する研究 -海中曝露試験における酵母数と栄養塩-

北海道科学大学 工学部都市環境学科
北海道科学大学 工学部都市環境学科
北海道科学大学 薬学部薬学科
函館どつく株式会社
函館どつく株式会社

2025年6月30日
○正会員 福原 朗子
正会員 今野 克幸
三原 義広
泉 耕広
武田 宗久

目次

- 1 . はじめに
- 2 . 試験方法（第一期，第二期共通）
- 3 . 第一期の曝露試験
- 4 . 第二期の曝露試験
- 5 . 考察
- 6 . まとめ

1.はじめに

背景

1.はじめに

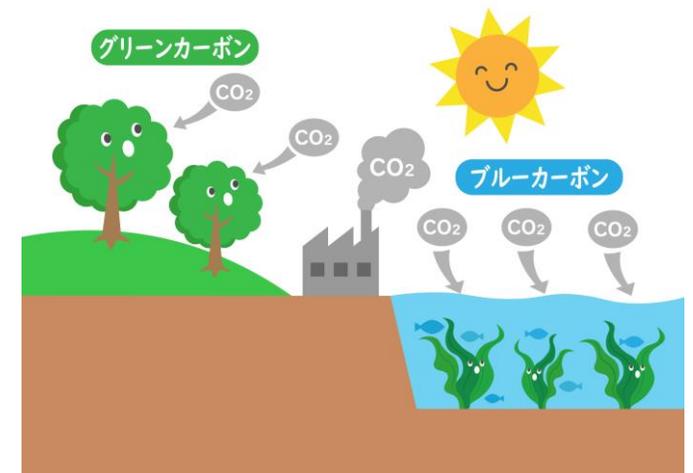
藻場の造成はブルーカーボンの創出を推進する一つの方法

北海道では

日本海側を中心に磯焼けによる藻場の衰退が続く

主な要因

冬季の高水温化に起因したウニの食圧，母藻不足，貧栄養



研究の目的

発酵木粉が持続的な栄養供給源になり得る条件
の検討

報告内容

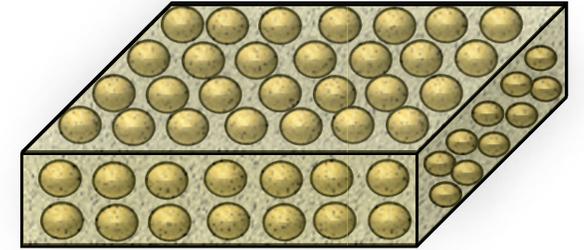
酵母数と栄養塩（リン酸）

第一期の曝露試験7ヶ月後，12ヶ月後の供試体

第二期の室内試験用の小型供試体

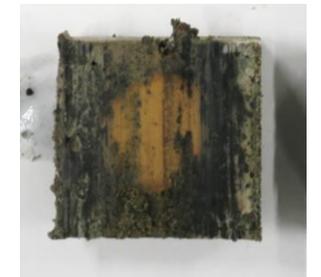
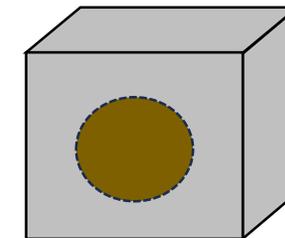
1.はじめに

【曝露試験】



木粉コンクリート+成形木粉（HFB）

【室内試験】



小型供試体

2. 試験方法

(第一期, 第二期共通)

(1) 外観の比較

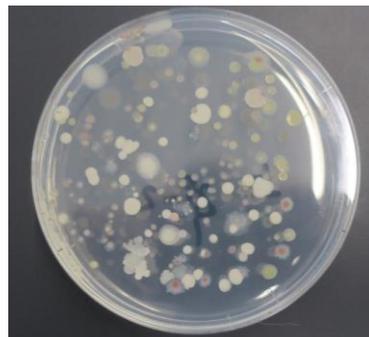
海中に設置した供試体について、着生したコンブの長さや量、打設面および底面について比較した。

(2) 酵母の含有量

1. **ポテトデキストロース寒天培地**をオートクレーブで滅菌した後、培地をシャーレに入れて平板培地をつくる。
2. 平板培地に試料（木粉の希釈液）を塗布する。
3. 25℃のインキュベーター（恒温器）で5日間培養。
4. 発現したコロニー数をカウントする。
5. **発酵木粉1gあたりに含まれる酵母数**に換算（cfu/g）

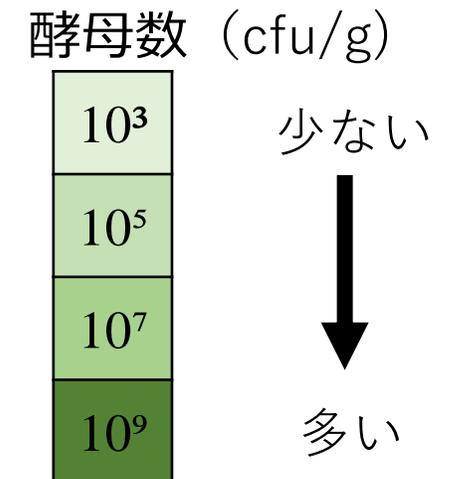


1の写真



4の写真

結果の表示例



酵母数の多寡を表すとき
指数的な見方が重要

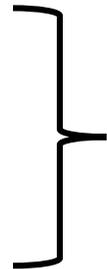
(3) リン酸態リンの含有量

2.試験方法

モリブデン青比色法 (JIS K 0102 46.1.1)

リン酸吸光度の測定

- 1,標準液量 2ml
- 2,混合時間 20秒
- 3,反応完了時間 1分



1~3より濃度0~2ppmで定量
決定係数 : $R^2=0.9959$

木粉1gあたりに含まれるリン酸のmg数を算出した

吸光度 : 880 nm

標準液 : リン酸二水素カリウム(KH_2PO_4) 水溶液

希釈 : 二段階希釈(保存, 再現性)



吸光度計



パックテスト

結果の表示例

リン酸 (mg/g)

0.5
1.0
1.5
2.0

少ない



多い

3.第一期の曝露試験

(1) 試験概要

3.第一期の曝露試験

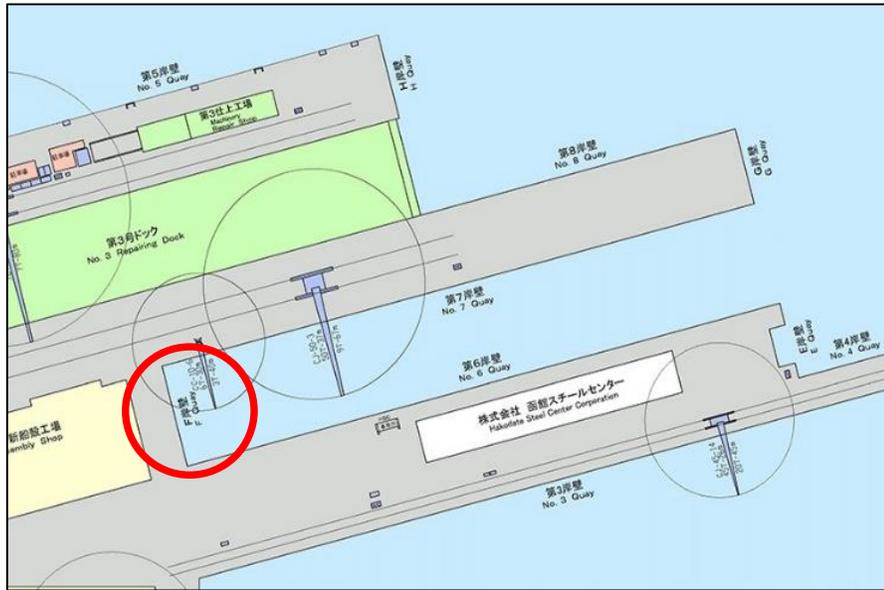


図-1 曝露試験の実施場所
函館港内

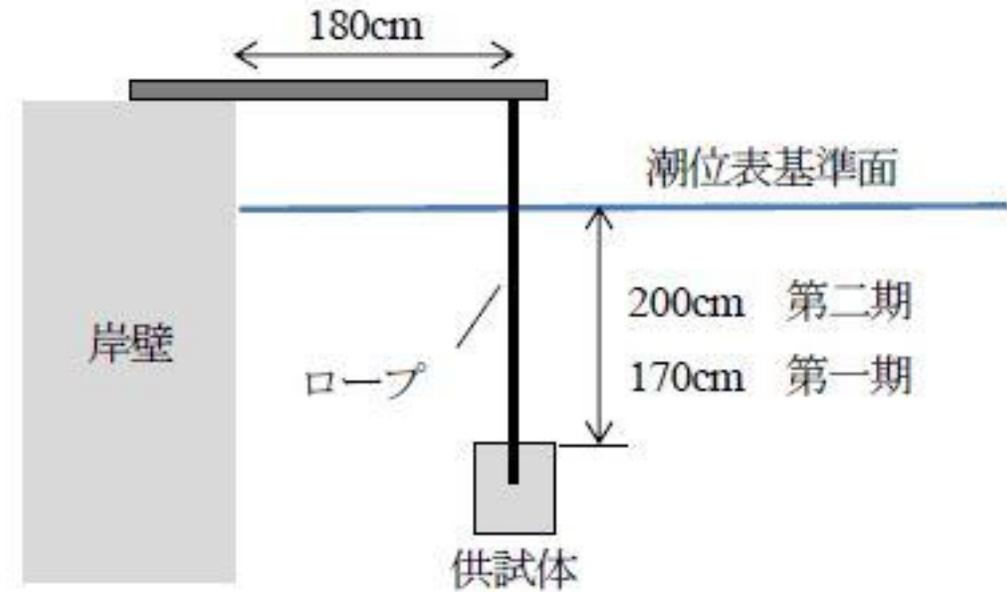


図-2 供試体の設置状況

(2) 外観比較

3.第一期の曝露試験

南10



曝露前

木粉なし

南6



南4



南2



南7



木粉あり

南9



南5



南3



外観比較

南8(左)
木粉なし
プレーン
モルタル



南7(右)
木粉あり
発酵木粉
モルタル



3.第一期の曝露試験

図-4 第一期の曝露試験
217日後 (7か月後)

発酵木粉を含む供試体は、発酵木粉を含まない供試体に比べて**海藻類の着生が多い (結論 1)**

(3) 酵母数の比較

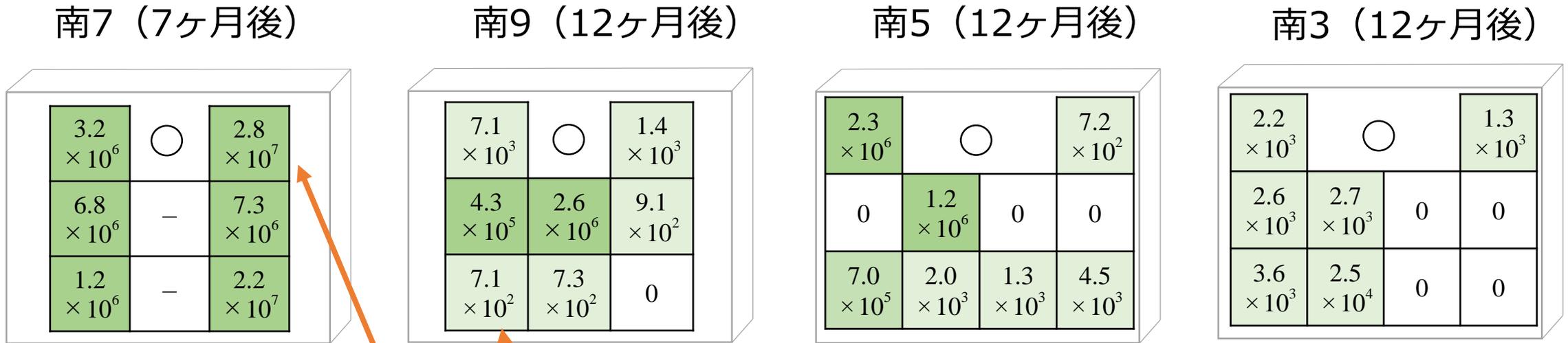


図-6 第一期の曝露試験後の供試体，成形木粉1gに含まれる酵母数 (cfu/g)

10 ³
10 ⁵
10 ⁷
10 ⁹

結果の表示例

- 最大と最小で10⁵ (10万倍) の差
 - 0 cfu/g の箇所があった
 - 成形木粉を含む全ての供試体に酵母が生存していた
- 粒状の成形木粉は海水中，12ヶ月間に耐えうる (結論2)

(4) リン酸態リンの比較

3.第一期の曝露試験

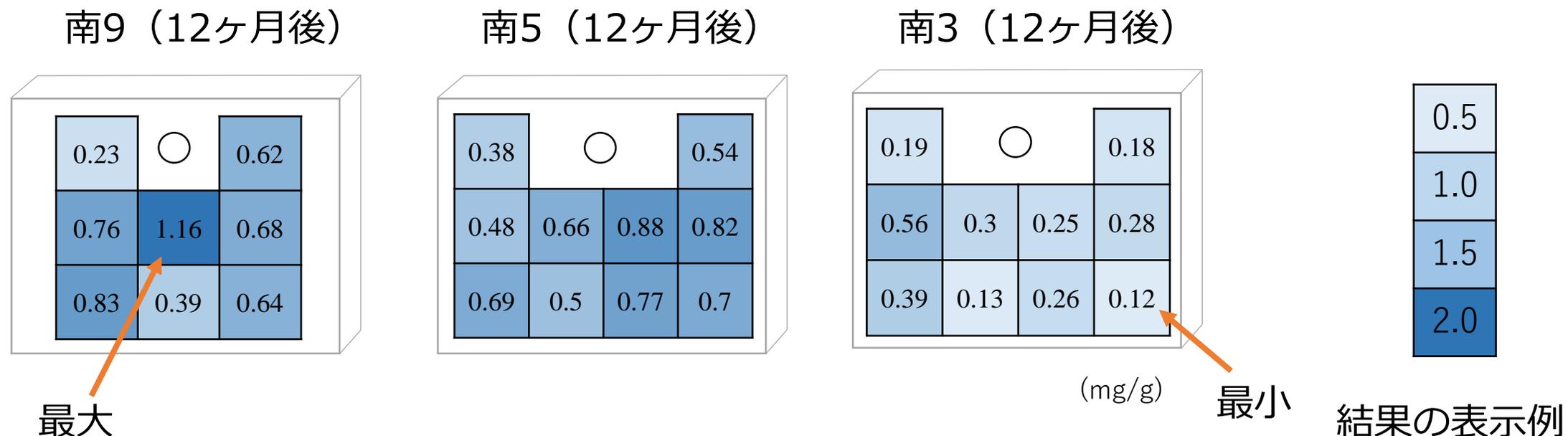


図-7 第一期の曝露試験後の供試体，成形木粉1 gに含まれるリン酸態リン (mg/g)

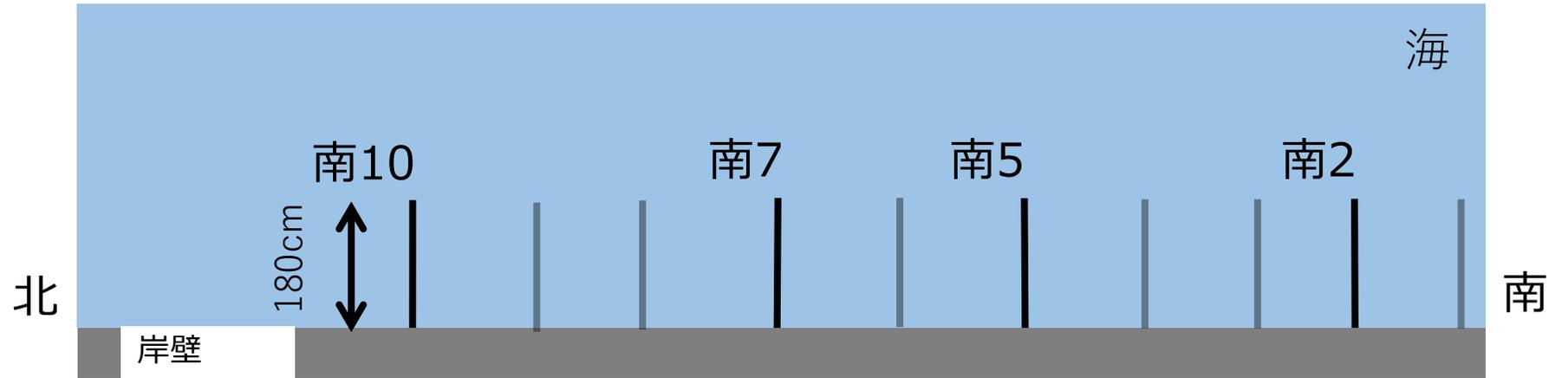
成形木粉を含む全ての供試体から栄養塩（リン酸）が検出
酵母が生存していない成形木粉にもリン酸が存在（結論2）
→酵母が死滅しただけで流出していない（考察2）

4. 第二期の曝露試験

(1) 供試体の作製

4. 第二期の曝露試験

場所は第一期と同じ



木粉あり

木粉なし

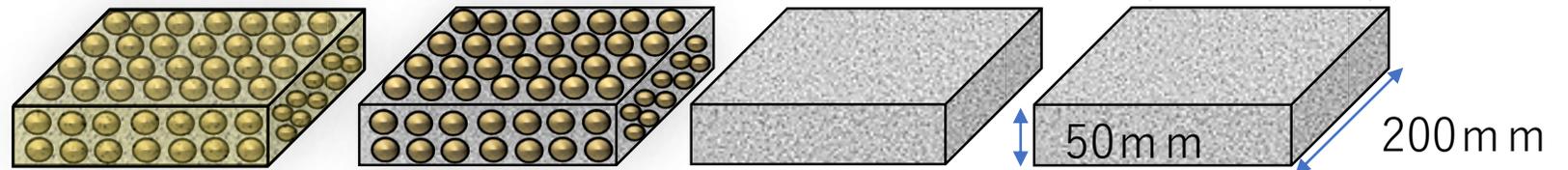


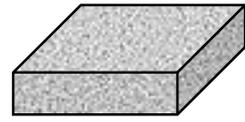
表-3 発酵木粉の含有率

供試体名		HFB	HFA	HMP01	HMP02
成形	個数 (個)	70	70	0	0
	含有率 (%)	28.6	28.6	0	0
粉末	含有率 (%)	6.2	0	0	0

(2) 曝露試験の供試体の外観比較 (4か月後)

4. 第二期の曝露試験

打設面



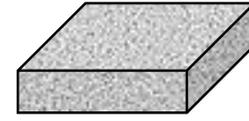
底面



HMP02



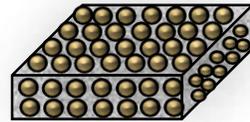
打設面



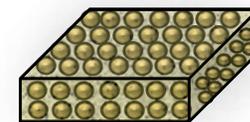
底面



HMP01



HFA



HFB



木粉なし

木粉あり

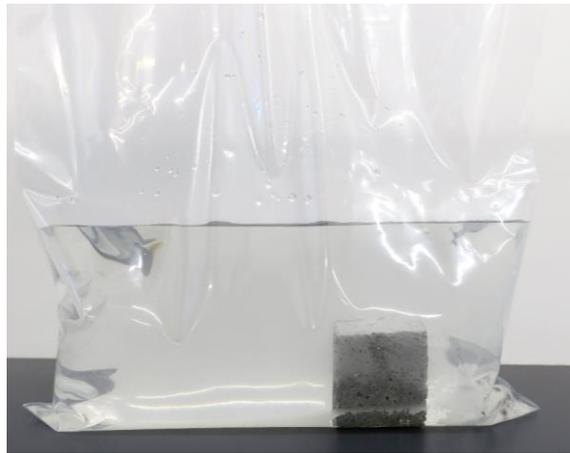
(3) 室内試験の方法

供試体を人工海水に浸漬し経過を観察する

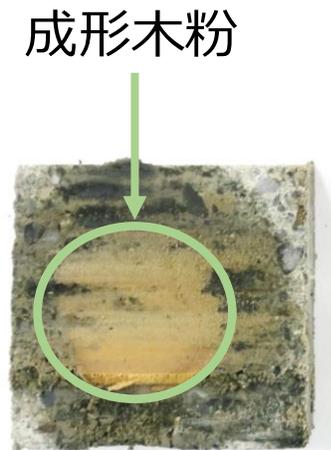
配合： 第二期曝露試験と同じ

期間： 0,2,4,6,8,12週

体積比： 供試体：人工海水 = 1 : 15.6



取り出した供試体



割裂した供試体

供試体を人工海水から取り出す → 割裂 → 成形木粉を取り出す → 酵母数とリン酸を調べる

(4) 室内試験の酵母数の比較

表-4 第二期の室内試験の酵母数 (cfu/g)

時間(週) サンプル	0	2	4	6	8	12
粉末なし	2.5 $\times 10^7$	1.3 $\times 10^3$	2.0 $\times 10^4$	6.4 $\times 10^2$	2.9 $\times 10^3$	6.7 $\times 10^2$
粉末あり	6.2 $\times 10^5$	2.7 $\times 10^3$	0	6.2 $\times 10^2$	6.7 $\times 10^2$	7.1 $\times 10^2$

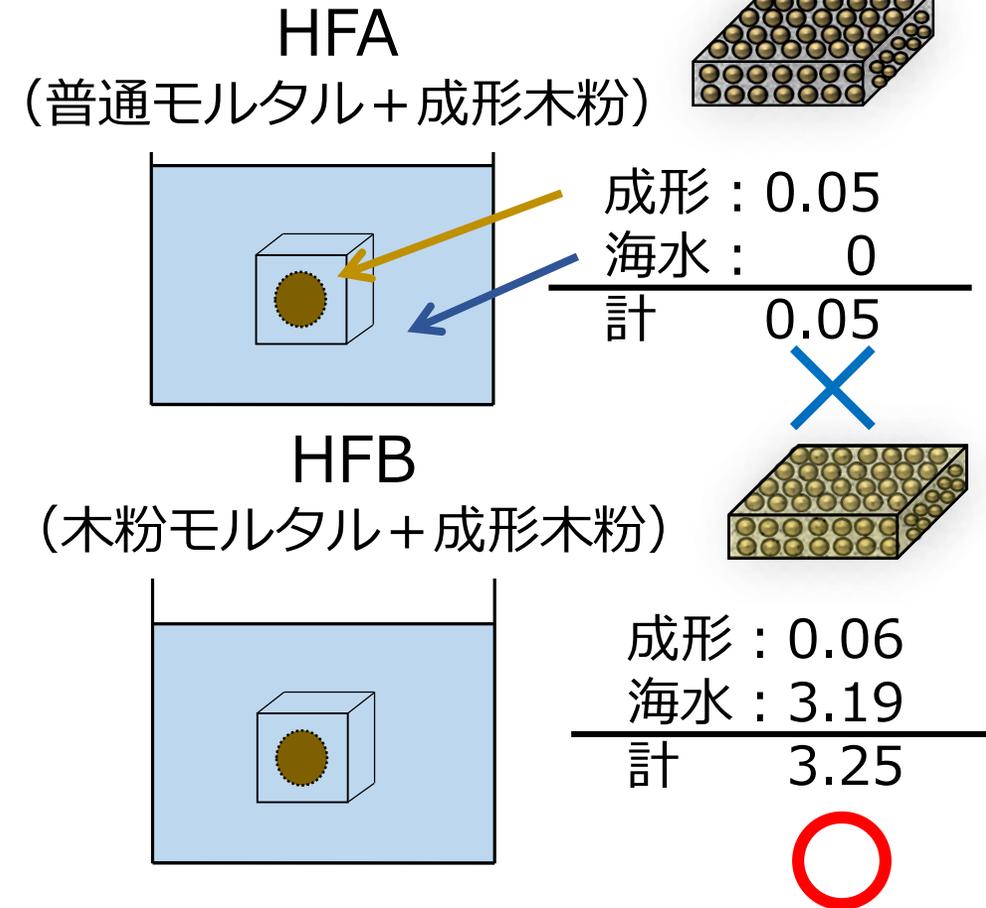
4週間後に $1/10^3$ (1/1000) 程度に減った。その後ほぼ一定になった。
 第一期試験に比べて第二期試験の酵母数が少なかったため、
 今後の酵母数の変化を確認する必要がある。

(4) 室内試験のリン酸態りんの比較

4. 第二期の曝露試験

表- 5 第二期の室内試験のリン酸態リン (mg/g)

サンプル \ 時間(週)	0	2	4	6	8	12
HFA 粉末なし	1.51	4.57	6.56	0.17	0.39	0.51
HFB 粉末あり	2.27	3.83	4.21	0.09	0.11	0.42



4週後まで増加しその後大幅に減少した
再試験を行い、
4週後の外部の人工海水を調べ、減少したリン酸の量と
人工海水に溶出した量との収支を計算にて確かめた→今後再現性の確認が課題

5. 考察

(1) 第一期の曝露試験(12か月後・木粉あり)

南9



酵母数

7.1×10^3	○	1.4×10^3
4.3×10^5	2.6×10^6	9.1×10^2
7.1×10^2	7.3×10^2	0

リン酸態リン

0.23	○	0.62
0.76	1.16	0.68
0.83	0.39	0.64

南3



2.2×10^3	○	1.3×10^3
2.6×10^3	2.7×10^3	0
3.6×10^3	2.5×10^4	0

0.19	○	0.18
0.56	0.3	0.25
0.39	0.13	0.26

【仮定】

初期の酵母数
は同じ

→

酵母数が多い = コンブの成長量が大い

酵母数が少ない ≠ リン酸が少ない

→ 酵母は海水に流出したというより、成形木粉の内部で死滅した

(2) 第二期の曝露試験

5. 考察



南5 HMP02 打設面



南10 HFB 打設面



南5,底面



南10,底面

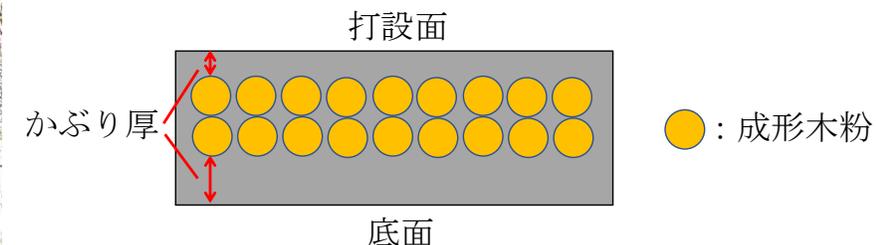


図-11 供試体のかぶり厚

コンブの着生 **打設面** > 底面

木粉の密度が小さく、締固めの際に打設面に浮き上がり、**かぶり厚が小さくなる**
→ **打設面**の方が底面に比べて成形木粉と**海水の距離が近く**栄養塩が溶出しやすい

6.まとめ

6.まとめ

1) 曝露試験（第一期・第二期）において、**発酵木粉を含む供試体**は、発酵木粉を含まない供試体に比べて**海藻類の着生が多かった**。

→**発酵木粉**は藻場造成ブロックが**持続的な栄養の供給の条件**になる可能性が高い。

2) 第一期の曝露試験の結果、**すべての発酵木粉を含む供試体で酵母の生存が確認**され、**リン酸態リン**も含まれていた。

→粉末木粉を**塊に成形**することは**酵母の生存に有用**であり、**高アルカリ性**の供試体内部の環境下でも**耐え得る**ことが確認された。

3) 第二期の**酵母数は少なかった**が、曝露試験4か月後に**海藻類の着生**を促す施肥効果が確認された。室内試験では、リン酸態リンが6週以降減少した。再実験により、HFBでは**供試体内部のリン酸態リンが外部の人工海水中へ溶出**したことを収支計算により確かめた。

→モルタルブロックの**基質に粉末**木粉を加えると、**水の通り道が形成**されやすくなり、成形木粉中の栄養塩がより早く流出する可能性を確かめた。