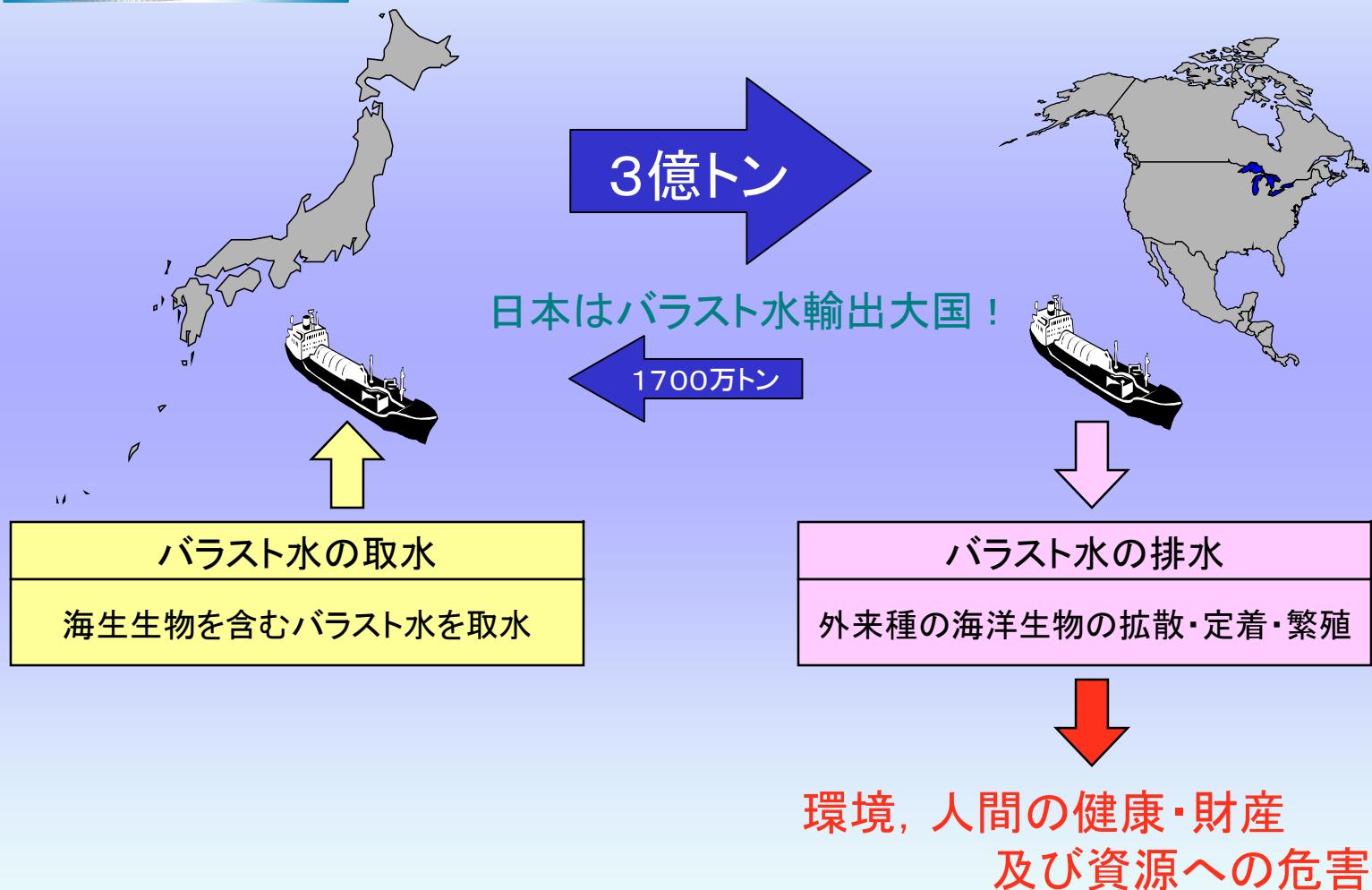


熱処理（熱回収方式）による バラスト水処理システム

(株)大晃産業 松本隆弘 猪原祥行 綾威雄 藤木信彦
佐賀大学 池上康之 浦田和也
広島大学大学院 大塚攻 中野宏幸 小池一彦
(独)海上技術安全研究所 山根健次

背景



処理基準

2004年2月にIMOにおいて「船舶のバラスト水および沈殿物の規制および管理のための国際条約」が採択された

	種 別	生物量基準
増殖可能な プランクトン	短径が50 μ m以上 (Lサイズグループ)	10個体/ m^3 未満
	短径が10 μ m以上50 μ m未満 (Sサイズグループ)	10個体/ml 未満
細 菌	毒素産生性コレラ菌	1cfu/ml 未満
	大 腸 菌	250cfu/ml 未満
	腸 球 菌	100cfu/ml 未満

処理技術

①物理的・機械的処理

濾過・遠心分離及びキャビテーション等による海洋生物の除去及び殺滅

②熱処理

熱による海洋生物の殺滅

③化学処理

活性化物質の生成(電気分解等)や薬品の直接注入による海洋生物の殺滅

④複合処理

上記技術を併用することでの海洋生物の除去及び殺滅

1. 研究体制

(株)大晃産業

共同研究

佐賀大学

池上准教授, 浦田技術員

プレート式熱交換器の伝熱性能
試験及び関連技術の指導・助言

広島大学大学院

大塚攻 教授(動物プランクトン)

中野宏幸 教授(バクテリア)

小池一彦 准教授(植物プランクトン)

- ・生物に関する指導・助言
- ・生物分析の実施及び判定

(独)海上技術安全研究所

大阪支所 山根健次 副支所長

- ・IMO等の情報収集
- ・開発方針の指導・助言

2. 今後の開発スケジュール

- 2008～09年度

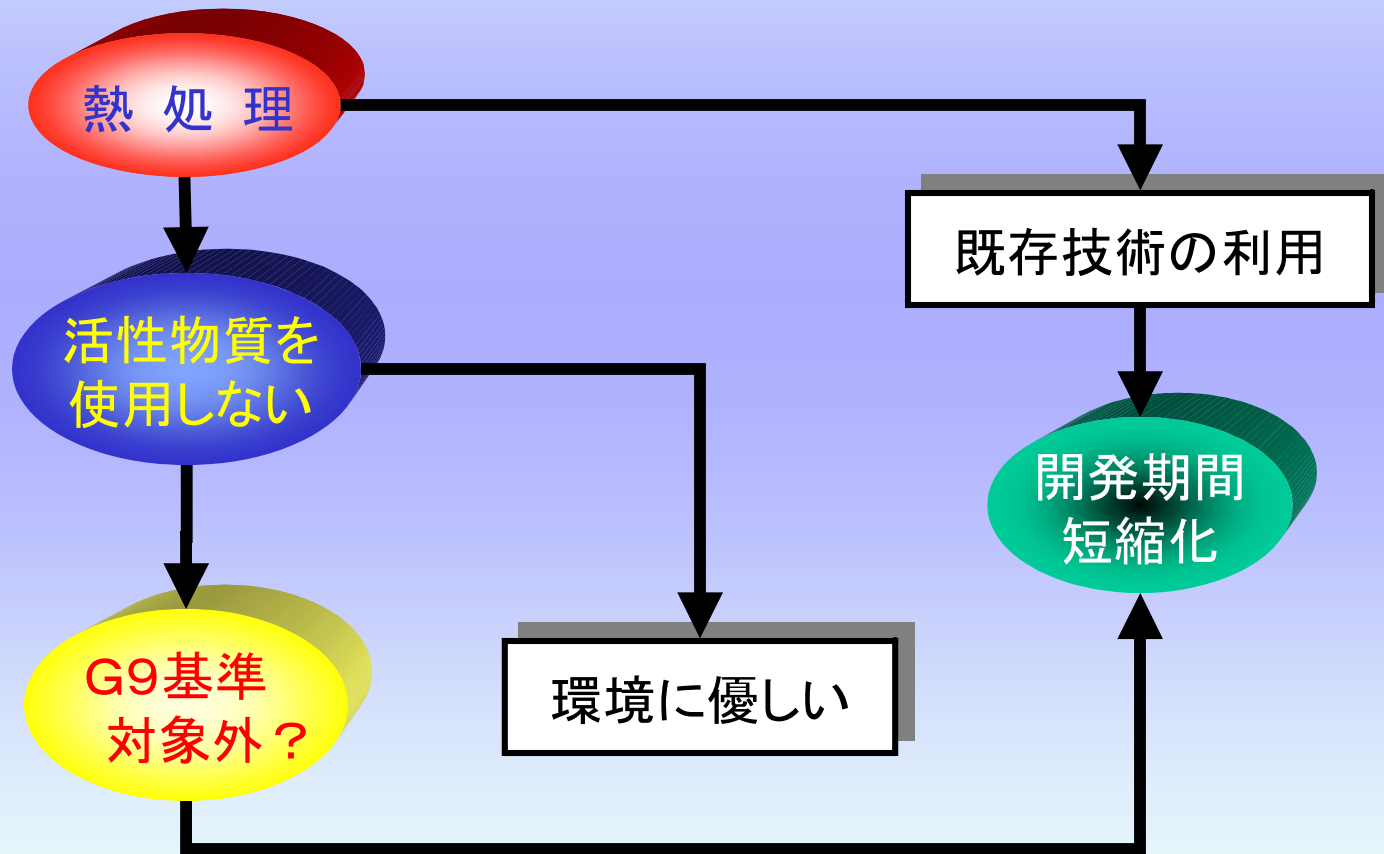
社内試験

- 2010年度 施工前試験 I
(図面承認／陸上試験)

- 2011年度 施工前試験 II
(船上試験／環境試験)

3. 特長

3-1. 熱処理方式の特長



3-2. 熱回収方式の特長

- 効率的な熱利用

→ 熱エネルギーの大幅な節約



プレート式熱交換器使用

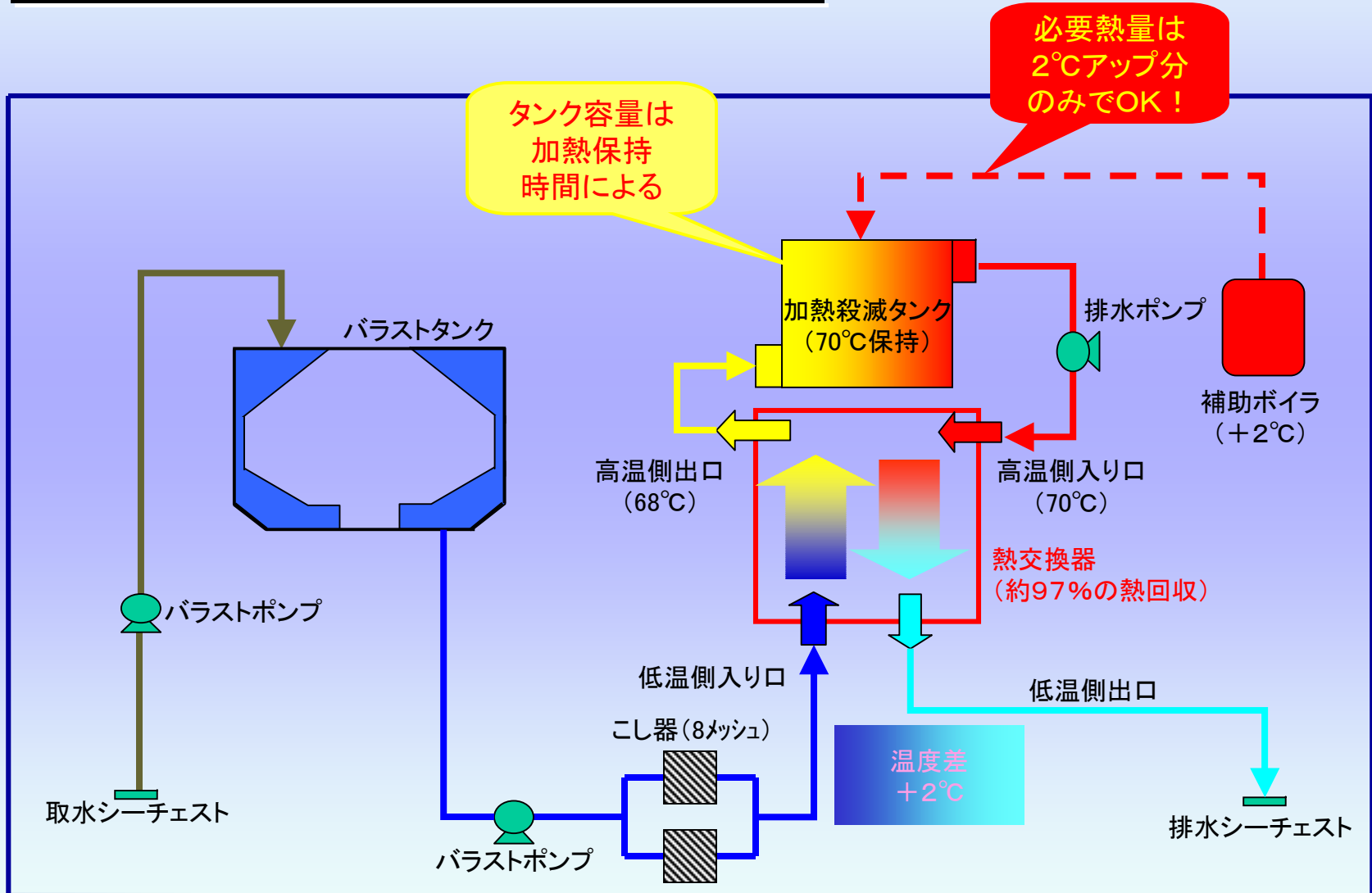
- 排出バラスト水温度

→ 現場海水温 $+2^{\circ}\text{C}$

3-3. 処理システムの特長

- 活性化物を使用しない
 - 環境・人体・船体への影響がない
- バラスト水排出時に熱処理する
 - バラストタンク内での増殖には無関係
- プレート式熱交換器の高温水逆洗
 - プレートの性能を長期に維持できる

4. バラスト水処理フロー



処理の大まかな流れ

- ① バラストポンプ運転によって海水を取水シーチェストより汲取る
- ② 遠心こし器によってセディメントや異物を除去
- ③ バラストタンクに移送し所定量を搭載
- ④ 殺滅タンクを満水にする(バラストとして利用する)
- ⑤ 航海中にエンジン排熱等を使って殺滅タンクを70°Cまで加熱
- ⑥ 現地でバラストタンク水の抜取りを開始
- ⑦ バラストポンプを使ってバラストタンク内の処理すべき海水をプレート式熱交換器に移送
- ⑧ プレート式熱交換器によって温度を68°Cまで加熱
- ⑨ 殺滅タンク内で70°Cを保持
- ⑩ 殺滅処理した海水を再びプレート式熱交換器に導き、現場海水温度+2°Cまでを22°Cまで冷却後、排水する。

5. 実験装置

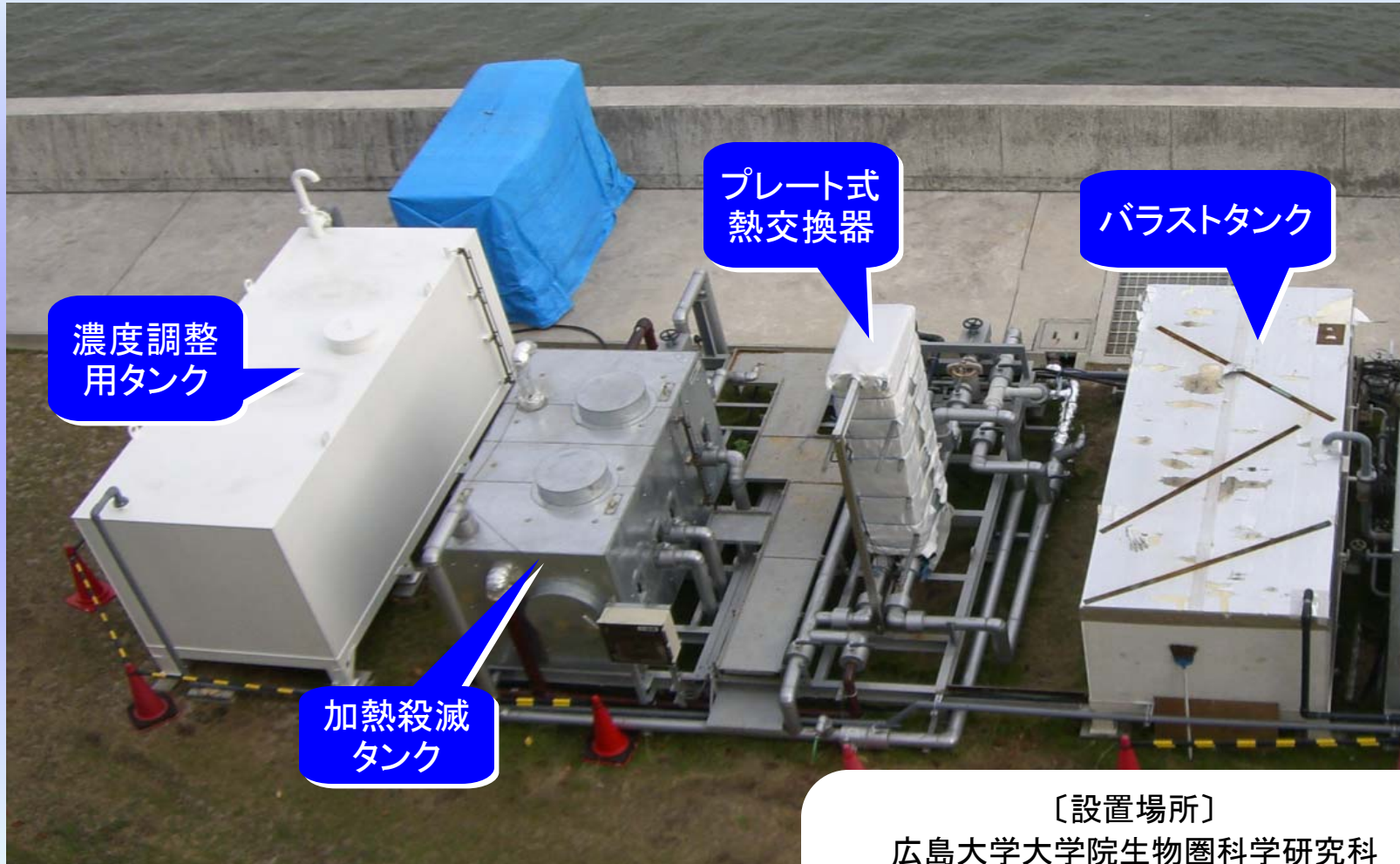
5-1. 小規模実験装置



〔設置場所〕

佐賀大学
海洋エネルギー研究センター
伊万里サテライト

5-2. 実証試験プラント



〔設置場所〕
広島大学大学院生物圏科学研究科
附属瀬戸内圏フィールド科学教育研究センター
竹原ステーション

6. 試験結果

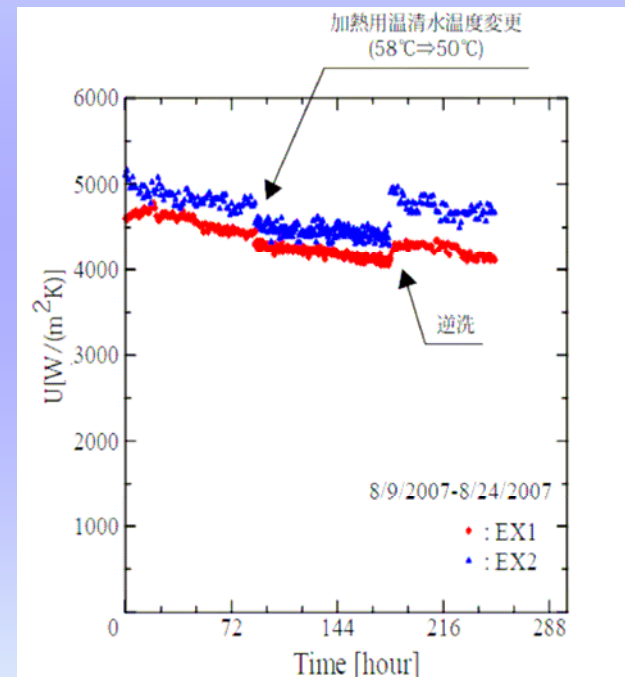
6-1. プレート式熱交換器の性能確認

(1) バイオフィーム影響試験
 (自然海水加熱時の熱通過率の低下)

↓
4%弱 / 3日

(2) 高温水による逆洗効果確認
 (70°C / 5分の高温水逆洗浄)

↓
95%回復



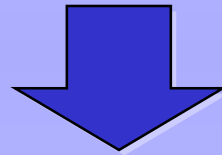
熱通過率の経時変化

6-2. 熱交換器の伝熱性能(熱回収)

〔目標〕

低温側と高温側の温度差 : $\Delta T = 2^{\circ}\text{C}$

熱回収率 : 97%



$\Delta T = 2.6^{\circ}\text{C}$ / 熱回収率 : 95.5%

ほぼ期待通りの伝熱性能を確認

$\Delta T = 2^{\circ}\text{C}$ はプレートの枚数アップ等で
達成可能なことが分かった

チタン製プレート面の汚れ状態



洗浄前



洗浄後

6-3. 耐熱性試験結果

種 別		実験室レベル	実証試験プラント (IMOスープ)
プランクトン	Sサイズグループ 10~50 μ m未満	50°C, 3分間 加熱で殺滅	70°C, 12分間 加熱で殺滅
	Lサイズグループ 50 μ m以上	50°C, 3分間 加熱で殺滅	70°C, 12分間 加熱で殺滅
バクテリア	大腸菌	75°C, 5分間 加熱で殺菌	70°C, 12分間 加熱で殺菌
	腸球菌	75°C, 10分間 加熱で殺菌	
	毒素産生性 コレラ菌※	75°C, 5分間 加熱で殺菌	

※実験室レベルでは、コレラ菌は「O69」で代用

6-4. IMOスープでの試験結果

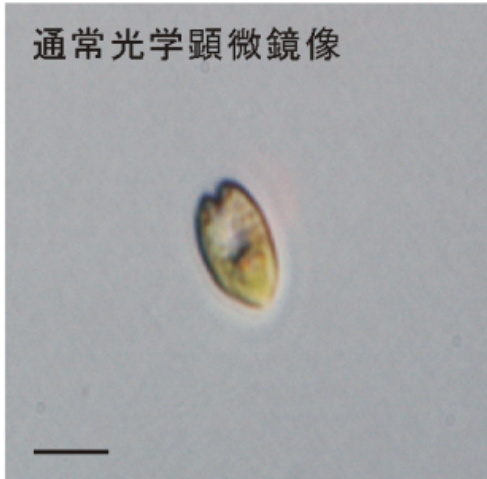
種別			濃度調整海水(IMOスープ)		
			処理前	処理後	5日放置
水生生物	Sサイズグループ ¹⁰ ~50 μ m 未満	分類群	3	—	—
		種類数	10	—	—
		個体数	1,131.4個体/ml	0個体/ml	102個体/ml
	Lサイズグループ ¹⁰ 50 μ m以上	分類群	8	—	—
		種類数	23	—	—
		個体数	121,900個体/m ³	0個体/m ³	19,700個体/m ³
細菌	病原性コレラ菌		不検出	不検出	不検出
	大腸菌		106cfu/100ml	不検出	130cfu/100ml
	腸球菌		20cfu/100ml	不検出	不検出
	従属栄養細菌	海水性	4.5×10^4 cfu/ml	—	—
陸水性		7.5×10^2 cfu/ml			

各種顕微鏡画像

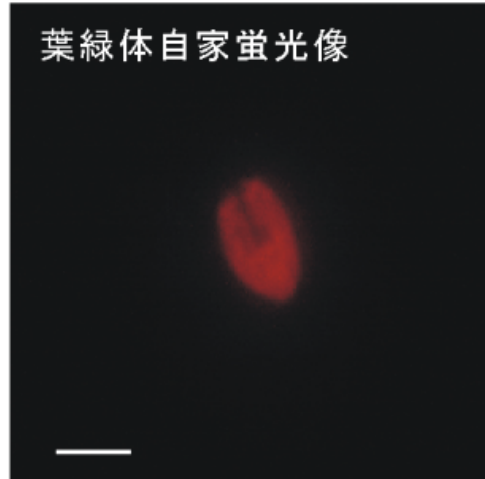
Tetraselmis sp.

コントロール

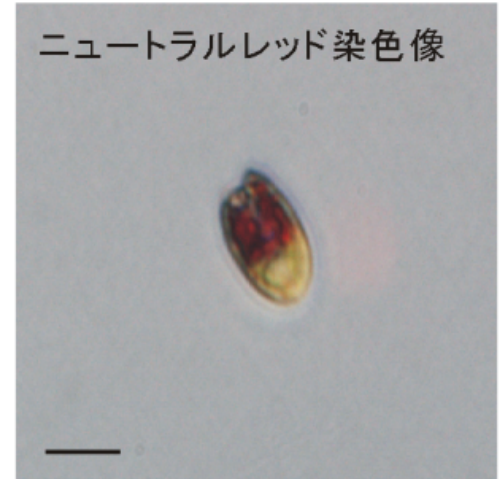
通常光学顕微鏡像



葉緑体自家蛍光像

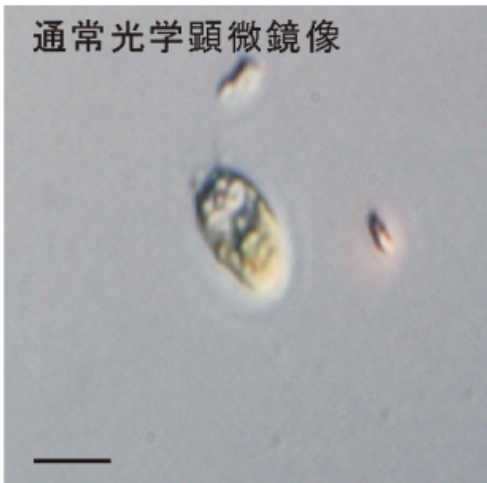


ニュートラルレッド染色像

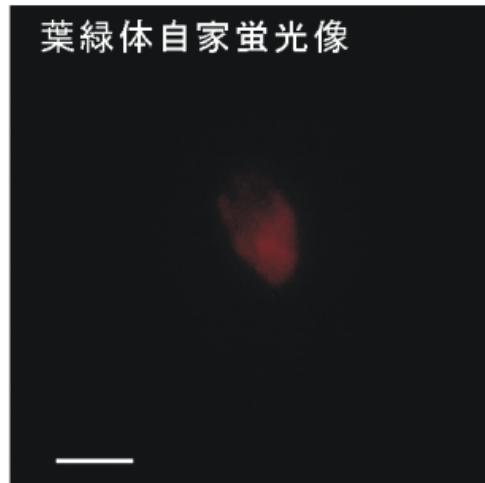


50 °C
3 min.

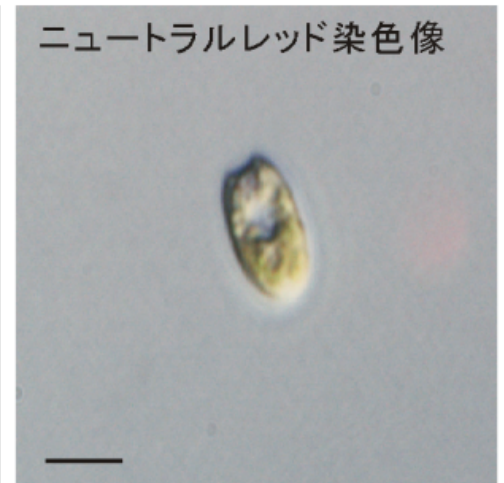
通常光学顕微鏡像



葉緑体自家蛍光像

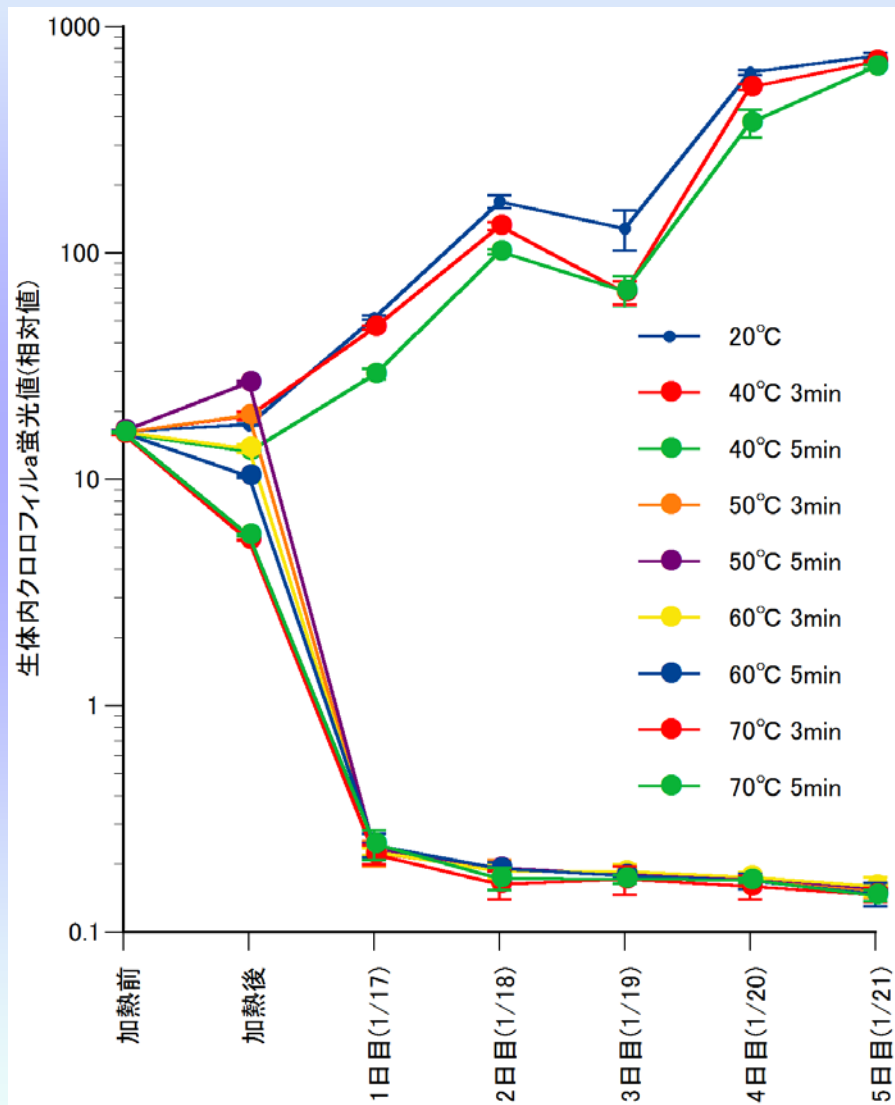


ニュートラルレッド染色像



scale bars = 10 μ m

回復培養結果



ま と め

- 原海水では、熱交換器のプレート面へのバイオフィーム付着による熱通過率への影響は少ない
- 温度差 2.6 , 熱回収率 = 95.5% とほぼ期待通りの伝熱性能を確認
- 熱処理は海生生物に対し高い殺滅効果が有る
- 熱処理は、二次環境破壊がない

今後の課題

- 殺菌タンクの加熱温度／時間の最適化
- プレート式熱交換器のバイオフィルムと
スケール付着対策の確立
- 排水／サンプリングラインの殺菌法の確立
- 施行前試験のためのポンプ容量のアップ

謝 辞

本開発は2005年度, 2007年度及び2008年度に、競艇公益資金により日本財団の援助を受けて、(財)シップ・アンド・オーシャン財団が行う技術開発基金による補助金により実施しております。