

海藻類と貝類の同時養殖システム

佐賀大学 海洋エネルギー研究所
所長・教授 池上 康之

2022年12月6日

研究背景

牡蠣等の二枚貝の陸上養殖が各地で展開されつつあり、二枚貝の生育には海水中の溶存酸素が必須である。本技術での過飽和の溶存酸素の供給は、高価な高濃度酸素ポンプを用いることなく陸上養殖水槽の貧酸素状態のカイゼンができることから低コストの酸素供給手段としても期待される。



本技術の概要

海水の溶存酸素供給において、独自に選抜した不稔性アオサ*を用いて、培養条件制御により溶存酸素リッチな“酸素過飽和の海水”を供給できる

* 遊走子を出しにくい性質のため、通年生産の可能性が高い。
通常のアオサは春先に成長、その後、遊走子を出し成熟。



自然界から選抜した
不稔性アオサ



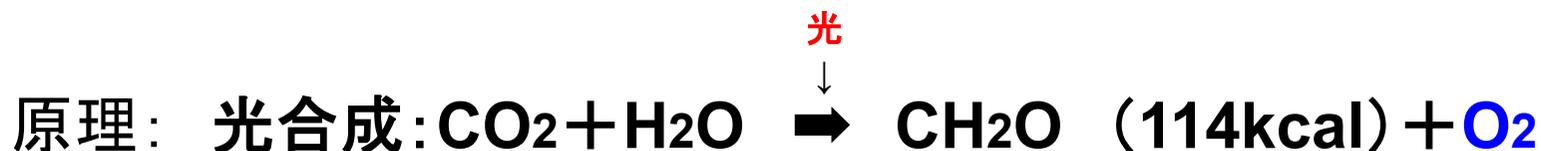
培養の様子
(2022年11月)



溶存酸素リッチな海水
(酸素過飽和海水)

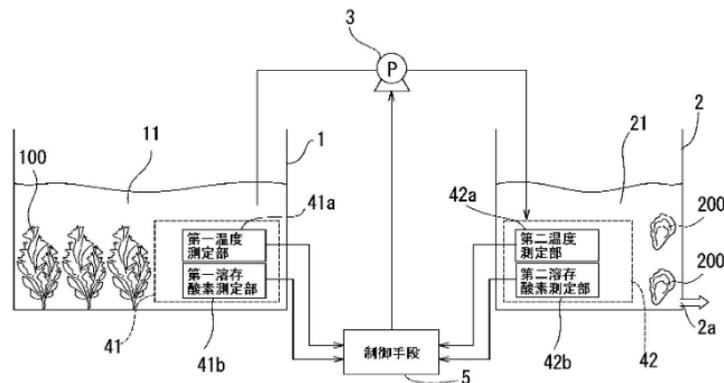
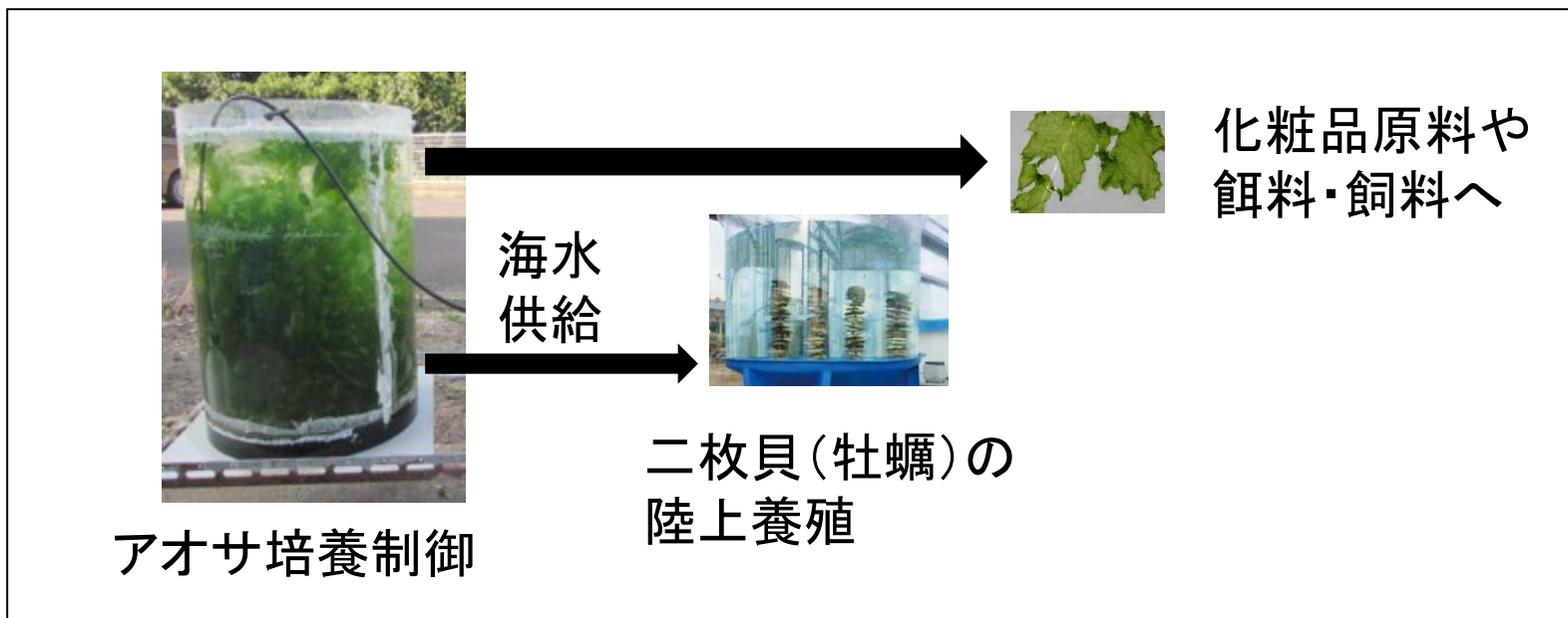


増殖したアオサ



本技術の概要

将来構想



水温、二枚貝(牡蠣)養殖槽の DOをモニターし、必要量の 過飽和海水を供給するシステム

本技術の特徴

①過飽和の溶存酸素海水が供給可能

⇒エアレーションに比べ、最大380% (3.8倍) の溶存酸素過飽和の海水が供給可能。

⇒光合成で発生する酸素は分子状酸素で、エアレーションに比べ気泡が小さいため、溶解率が高くなると推測。



【散気管によるエアレーション】

【エアレーションによる海水中の飽和溶存酸素量】

15°C	7.98 ppm (mg/L)	: この温度での過飽和濃度を100 (1倍) とする
20°C	7.20 ppm (mg/L)	: 同上
25°C	6.53 ppm (mg/L)	: 同上
30°C	5.95 ppm (mg/L)	: 同上

本技術の特徴

② 溶存酸素過飽和海水の代表的データ

時期と天気	海水温度 (°C)	計測DO (ppm)	過飽和度 (倍)
6月の曇天	23.9	12.3	1.8
6月の晴天	25.3	14.7	2.2
7月の晴天	29.8	23.4	3.8
10月の晴天	20.3	14.7	2.0
11月の晴天	16.7	16.9	2.2

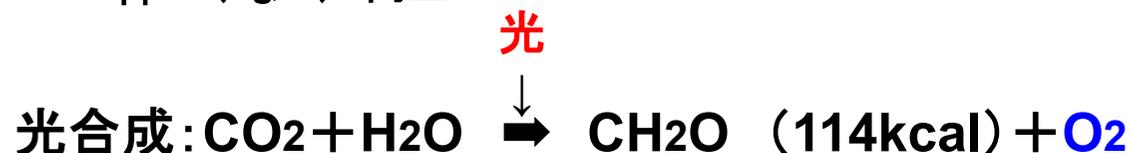
【エアレーションによる海水中の飽和溶存酸素量】

15°C 7.98 ppm (mg/L) : この温度での過飽和濃度を100(1倍)とする

20°C 7.20 ppm (mg/L) : 同上

25°C 6.53 ppm (mg/L) : 同上

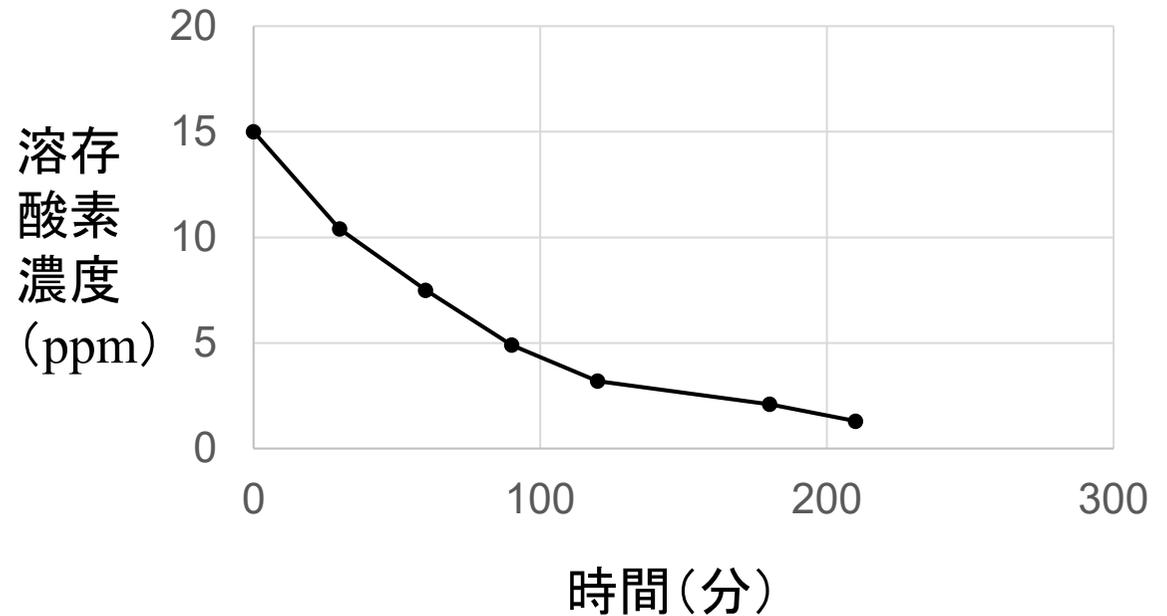
30°C 5.95 ppm (mg/L) : 同上



本技術の特徴

③ 過飽和溶存酸素海水の牡蠣による酸素消費のデータ

伊万里湾産マガキ



➡ 15ppmの過飽和溶存酸素海水中の溶存酸素を牡蠣が消費していることが判る

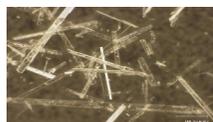
本技術の特徴

④生産したアオサの有用成分

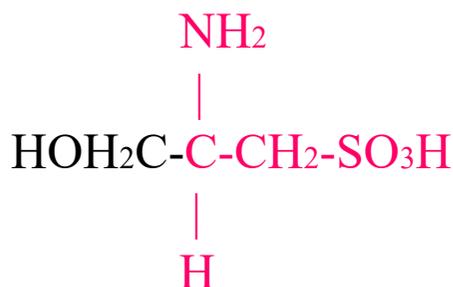
⇒アオサには含硫アミノ酸(D-システノール酸)が乾燥重量当たり0.3%程度含まれており、化粧品等の用途に期待がかかる。

⇒アオサは魚介類の餌料や鶏などの飼料に添加可能。

⇒⇒生産されたアオサは多用途へ展開が期待される。



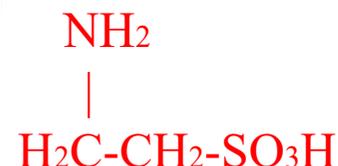
分子量: 155



D-システノール酸

$[\alpha]_D^{25} + 8.7 (c=0.9, \text{H}_2\text{O})$

「比較参照」



タウリン

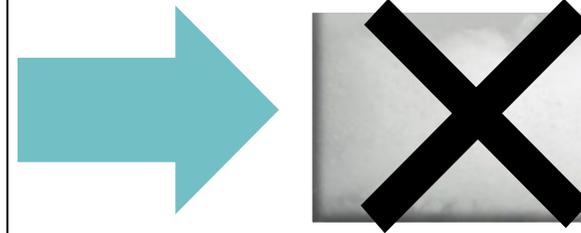
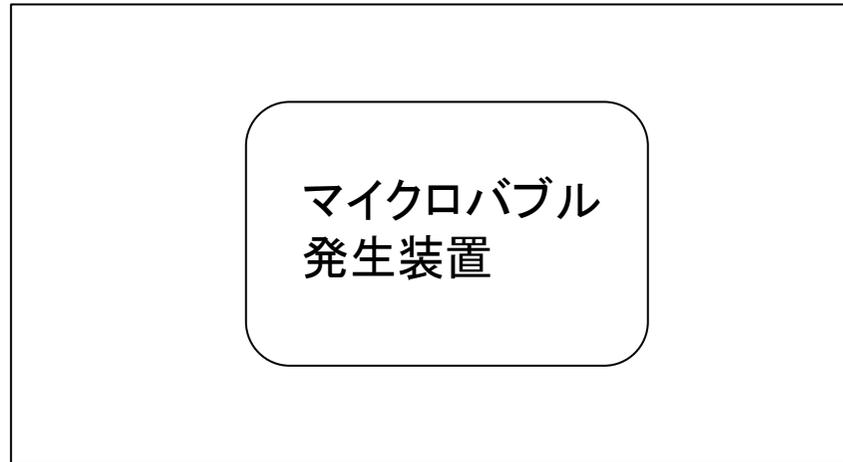
従来技術とその問題点

既に実用化されているものには、散気管による溶存酸素溶解技術やマイクロバブルによる酸素溶解技術等があるが、両者共に溶存酸素過飽和状態の形成は難しい。

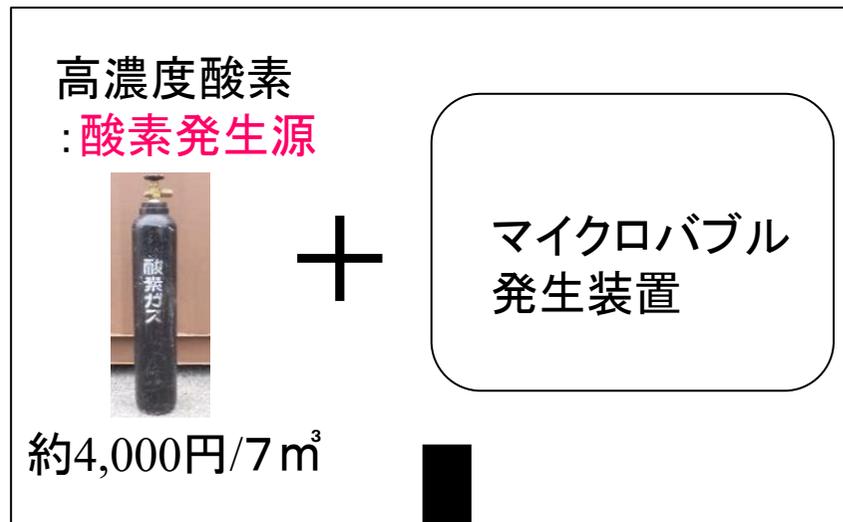
さらにマイクロバブルでは多大なエネルギー投入が必要となる。また、マイクロバブルを利用して溶存酸素過飽和状態を作るには高価な高濃度酸素(ボンベ)が必要である。

⇒省エネルギーで高い溶存酸素が発生できるシステムが求められている。

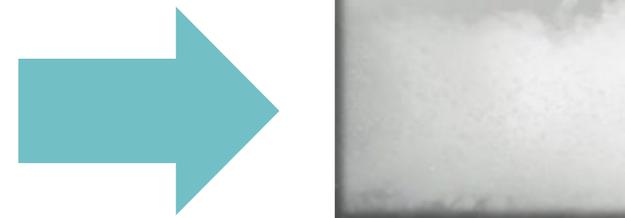
従来技術とその問題点



過飽和溶存酸素水は生成は困難



高コスト



過飽和溶存酸素水が生成

新技術の特徴・従来技術との比較

エアーの投入量を同じにして年間フル稼働を想定した場合のコスト

溶存酸素付加様式	初期コスト	ランニングコスト :消費エネルギーとコスト	海水中の溶存酸素 達成度合い
【新技術】 エアレーションによるアオサ培養 (30L/分のケース)	18万円 (エアーポンプ、 タンク、ホース)	22w 0.022kwx8760h/Y=193kwh/Y 27円/kw・hでは、 193kw・h/Y x 27円/kwh = 5,211円/年	25.3°Cで 14.7ppm 飽和度の2.2倍
【従来技術】 エアレーションによるマイクロバブル (30L/分のケース)	36万円 (マイクロバブル発生装置、 酸素ポンプ、 レギュレーター)	370w 0.37kwx8760h/Y=3241kwh/Y 27円/kw・hでは、 3241kw・h/Y x 27円/kwh = 87,507円/年	25°Cで 約6.5 ppm 飽和度の1倍

- ・アオサ培養でDO約15ppm達成データを元に、30L/分のエアレーションを想定した場合の消費電力をカタログ値から引用しコスト算出。
⇒初期コストは1/2、ランニングコストは1/16で2.2倍の溶存酸素含有海水が供給できる。

新技術の特徴・従来技術との比較

牡蠣が消費する酸素量から産出した場合のコスト

溶存酸素付加様式	初期コスト	ランニングコスト : 40gO ₂ /dの供給に必要な消費エネルギーとコスト	海水中の溶存酸素達成度合い	備考 (算出条件等)
【新技術】 エアレーションによるアオサ培養	18万円 (エアポンプ、タンク、ホース)	22wで12h/d(1/2) 0.022kw x 8760h/Y x 1/2=96.4kwh/Y 27円/kw・hでは、 96.4kw・h/Y x 27円/kwh =2,603円/年が必要	25.3℃で 14.7ppm (実績)	1日8時間連続エアレーション、4時間を間欠エアレーションに設定
【従来技術】 エアレーションによるマイクロバブル	36万円 (マイクロバブル発生装置、酸素ポンプ、レギュレーター)	370wで1日20分(1/72) 0.37kw x 8760h/Y x 1/72=45.0kwh/Y 27円/kw・hでは、 45.0kw・h/Y x 27/kwh= 1,215円/年 酸素28L/d投入が必要 =16円/d x 365d/y= 5,840円/年 計: 7,055円/年が必要	22℃ 13.8ppm (入手情報)	気液比率3%で投入量の全部が溶解と仮定し、1日20分を稼働 酸素ポンプ: 4,000円/7m ³

- ・牡蠣が1日に消費する酸素量を賄う場合のコストを算出。
⇒ 初期コストは1/2、ランニングコストは1/3となる。

新技術の特徴・従来技術との比較

- ・ 従来技術の問題点であった、省エネルギー・低コストで過飽和溶存酸素を供給することに成功した。
- ・ 従来は高価な装置（マイクロバブル発生装置と高濃度酸素）の使用によって達成されていたが、海藻（不稔性アオサ）の光合成を活用できるため、溶存酸素の過飽和を容易に達成することが可能となった。
- ・ 本技術の適用により、過飽和の溶存酸素が省エネルギーで達成できるため、初期コストが1/2、ランニングコストが1/3程度まで削減が期待できる。

想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、高溶存酸素海水のニーズが高い牡蠣等の二枚貝の陸上養殖に適用することでのメリットが大きいと考えられる。
- 上記以外に、溶存酸素発生に利用され、成長したアオサを化粧品や飼料等の材料として有効利用効果が得られることも期待される。
- また、達成された過飽和溶存酸素海水に着目すると、貧酸素海水に加えることで応急的な酸素添加として活用することも可能と思われる。

想定される用途



→ 0.52gO₂/37L(約14ppm)・0.09m²/3h生産できた



- ①アオサ37L・0.09m²培養装置から0.52gO₂が生産できた。
- ②生重60gの牡蠣は0.12g O₂/dで酸素を消費(文献値)。
- ③牡蠣332個/tが牡蠣陸上養殖の密度(文献値)。
- ④牡蠣はDO(溶存酸素)2ppm(mg/L)(飽和濃度の約1/4)で生育に深刻な影響が生じる(文献値)。
- ⑤牡蠣332個を飽和濃度の半分4ppmを維持するとしたら、19.9gのO₂が必要。
⇒38個の「アオサ37L・0.09m²培養装置」が必要。
⇒1 m³の水槽ではアオサ増殖速度実績値10g/m²・dから10.6gのO₂発生が期待(下式参照)。
⇒1 m³の水槽が2つあれば計算上は成立する。



想定される地域

候補地：温暖な海洋深層水汲み上げサイト
(久米島、甕島、高知、伊豆等)

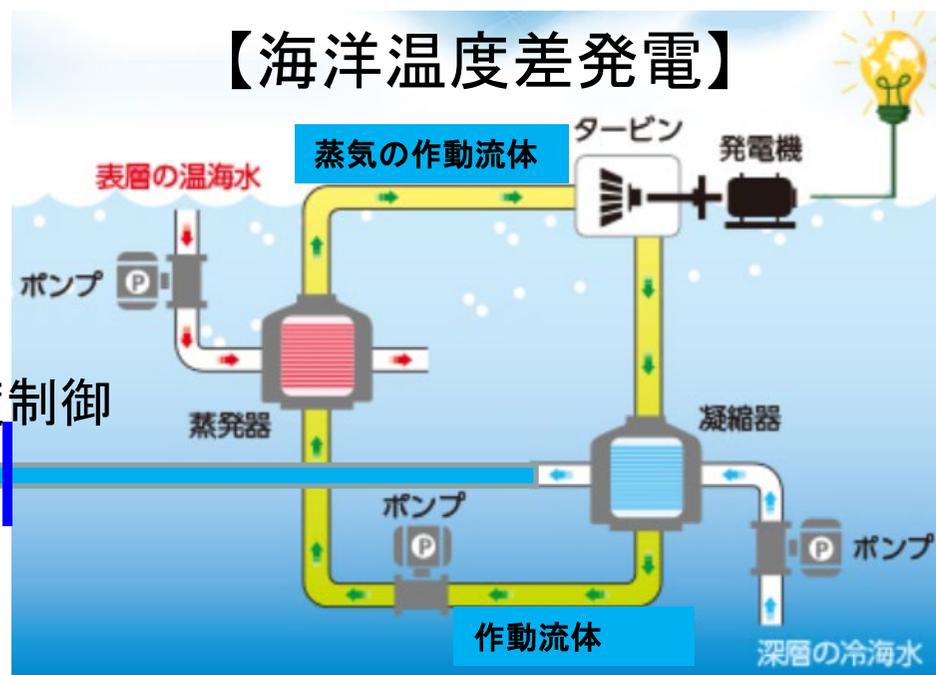
牡蠣成貝の生育温度：10～25℃

⇒25℃以上になることを避けたい

⇒温度制御ができる環境があることが望ましい。



温度制御



アオサ生育温度25℃以下が望ましい

想定される地域

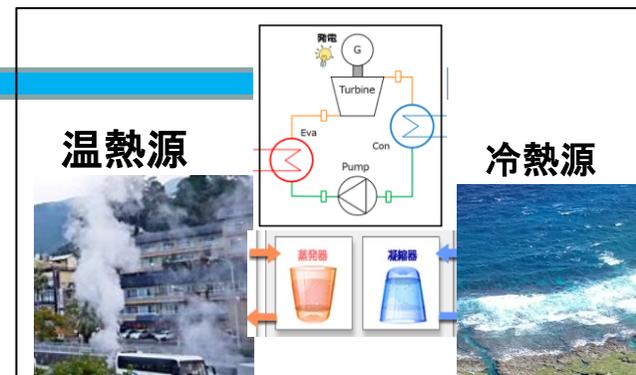
候補地: 温暖な海岸沿いの温泉地
(小浜温泉、別府温泉、指宿温泉、伊豆北川温泉等)

牡蠣成員の生育温度: $10\sim 25^{\circ}\text{C}$
⇒ 25°C 以上になることを避けたい
⇒ 温度制御ができる環境があることが望ましい。



温度制御

【温泉熱利用温度差発電】



アオサ生育温度 25°C 以下が望ましい

想定される地域

候補地: 沿岸に立地する廃熱を出す工場
(各地の臨海コンビナート等)

牡蠣成員の生育温度: 10~25°C

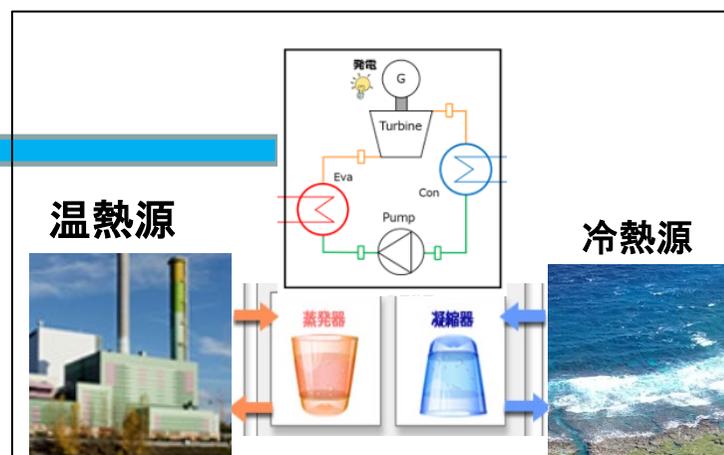
⇒25°C以上になることを避けたい

⇒温度制御ができる環境があることが望ましい。



アオサ生育温度25°C以下が望ましい

【廃熱利用温度差発電】



実用化に向けた課題

- ・ 現在、安定培養可能な不稔性アオサの培養によって過飽和溶存酸素海水が供給できる条件について0.09m²・37L規模にて開発済み。
- ・ しかし、大規模適用を想定した培養やアオサの細断技術の整備等は未解決である。
- ・ 今後、大規模生産のキーと考えられる、効率的な切断について実験データを取得し、不稔性を維持できる効率的な切断条件を見出していく。
- ・ 実用化に向けて、使用する地域に適用した不稔性アオサの選別技術を確立する必要もあり。

企業への期待

- ・ 未解決の長期の過飽和溶存酸素海水付与による二枚貝の成長については、企業での生育評価より克服できると考えている。
- ・ 二枚貝の陸上養殖技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- ・ また、二枚貝の陸上養殖企業で海藻の多角化展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。
- ・ 温度制御もキーになり、海洋深層水や臨海工場の排熱等の熱源を利用する企業は採用し易いと思われる。

本技術に関する知的財産権

- ・ 発明の名称 : 海藻類及び貝類養殖システム
- ・ 出願番号 : 特願2021-11414
- ・ 出願人 : 佐賀大学
- ・ 発明者 : 池上康之、平山 伸

産学連携の主な経歴

- 2011年-2015年 神戸製鋼とNEDO事業で共同研究実施
- 2014年-2017年 JMU社とNEDO事業で共同研究実施
- 2019年-2025年 JST・JICA SATREPS事業に採択
- 2021年-2022年 UNIDO傘下の気候技術センター・ネットワーク(CTCN)事業に採択

その他、大手企業との共同研究実施

お問い合わせ先

佐賀大学

リージョナル・イノベーションセンター

URA 平山 伸

TEL 0952-28-8961

FAX 0952-28-8726

e-mail suric@ml.cc.saga-u.ac.jp



佐賀大学産学交流プラザ内
リージョナル・イノベーション
センター