

基 調 講 演

**海藻の生態学的特性を活かす藻場創生**  
～藻場造成エリアを中心とする『海のゆりかごブルー  
カーボンプロジェクトin センザキ協議会の取組み』～

国立研究開発法人 水産研究・教育機構  
水産大学校 生物生産学科  
村 瀬 昇

山口県農林水産部 水産研究センター  
三 好 博 之

# 海藻の生態学的特性を活かす藻場創生

1. はじめに
2. 海藻の生育と水温
  - 2-1 海水温上昇によるアラメ場の衰退
  - 2-2 海藻の生育上限温度
3. 海藻の生育と光
  - 3-1 海藻の生育限界光量
  - 3-2 光質が異なるLED照射の影響
4. 藻場の生産生態
  - 4-1 藻場の現存量
  - 4-2 藻場の生産量
  - 4-3 藻場の生産構造

# 1. はじめに

## 海藻(藻場構成種も含む)

温度(海水温)→水平(地理的)分布

光→垂直(鉛直・水深)分布

を限定 (横浜 1986)

## 気候変動

海水温上昇、植食動物の摂餌圧増加、貧栄養化、波浪激化 +  $\alpha$  → 単独あるいは複合的に関与  
⇒分布範囲の変化

## 藻場・干潟ビジョン(R5年12月改訂)

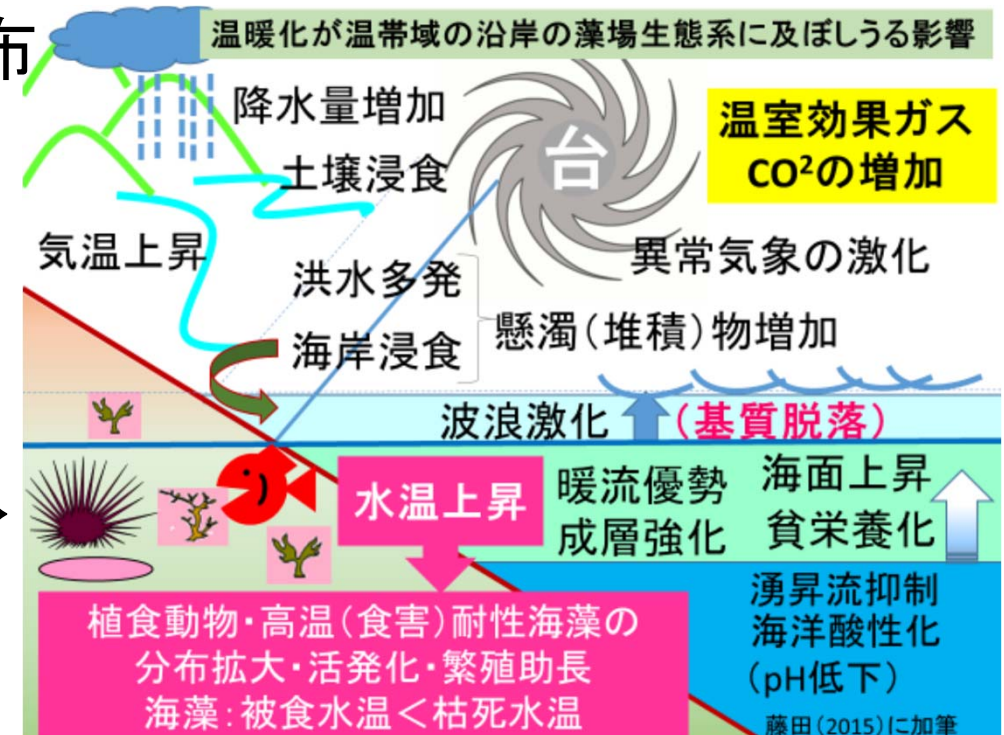
ハード・ソフトが一体となった広域対策

海水温上昇を踏まえた海藻種の選定

CO<sub>2</sub>吸収源(ブルーカーボン)として機能の重要

温暖化が藻場に及ぼす影響  
(水産庁 2021) より

海藻や藻場の  
生態学的情報



藻場構成海藻の生態的特性(基礎的知見)に立ち返って、  
海藻の生育と温度や光との関係、群落の生産性など紹介

## 2. 海藻の生育と水温

### 2-1 海水温上昇によるアラメ場の衰退

山口県日本海側のかつての藻場の様子

アラメ, クロメ, ツルアラメなどのカジメ類  
多様なホンダワラ類で形成された藻場



萩市見島 (2008年10月)



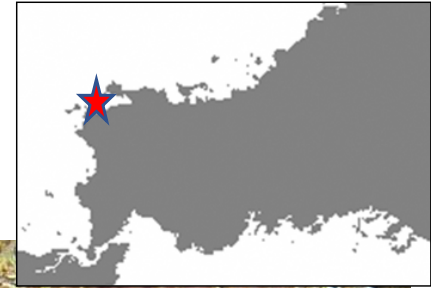
アラメ・クロメ場 (左)



ガラモ場 (右)

# 2013年夏の山口県日本海側の藻場の様子

下関市阿川 2013年8月22日(水深2~3m, 水温32℃)



アラメの葉の脱色



葉がロール状に

一見するとアラメが点在  
アイゴ幼魚の群れ

村瀬 (2022)

下関市阿川★  
2013年9月11日



アラメの葉状部が流失し、  
茎と付着器or付着器だけ残る

下関市角島★  
2013年9月11日



海岸に漂着した大量の  
アラメ藻体

下関市川棚 ★ 2013年5月24日



アラメ, ノコギリモク, ヤツマタモク  
(水深3~5m)



2013年夏のアラメ・カジメ類の衰退は、  
山口県日本海側の各地(安成 2015),  
長崎県壱岐(八谷ら 2014),  
島根県(吉田 2016)でも確認

2013年10月10日



茎と葉状部が流失した  
アラメの付着器



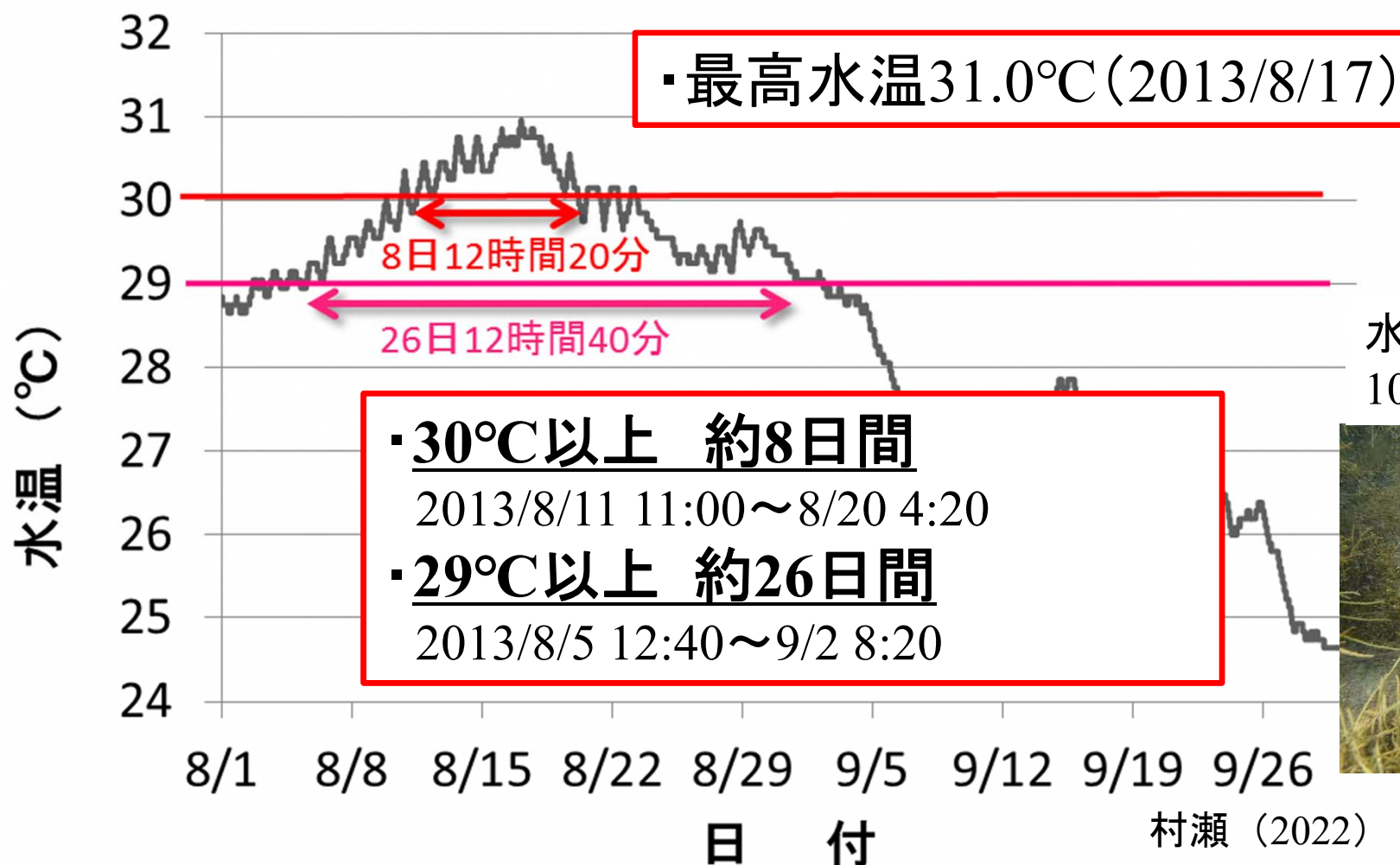
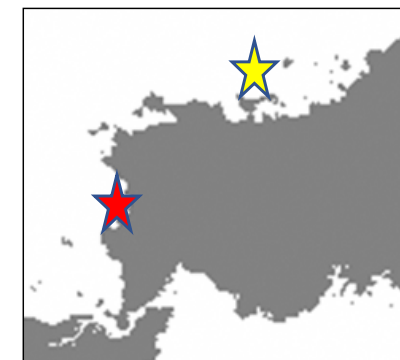
ノコギリモクと  
ヤツマタモクは生残

村瀬 (2014)

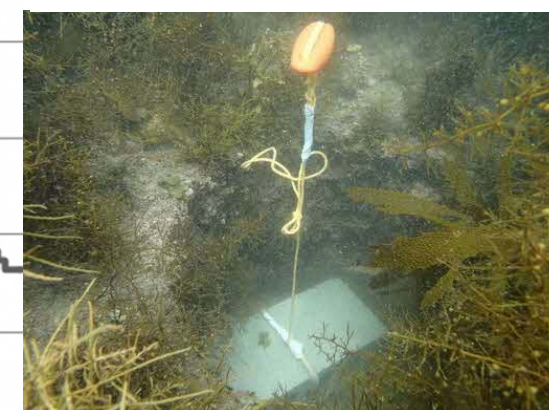
# 2013年夏の藻場が形成する水深帯の海水温

下関市川棚 ★

アラメ場がある水深約5mの水温変動



水温ロガー (HOBO)  
10分間隔で測定・記録



山口県長門市 (定置網の観測ブイ) ★ 2013年8月

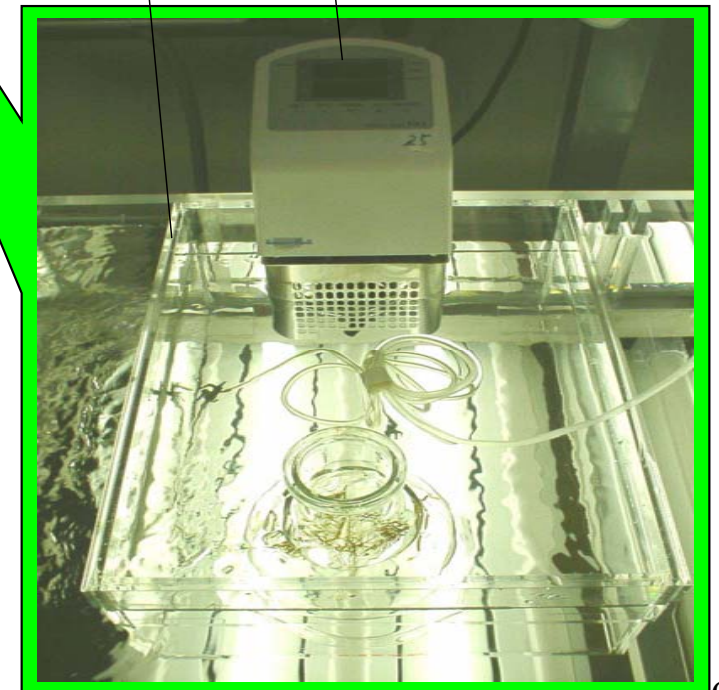
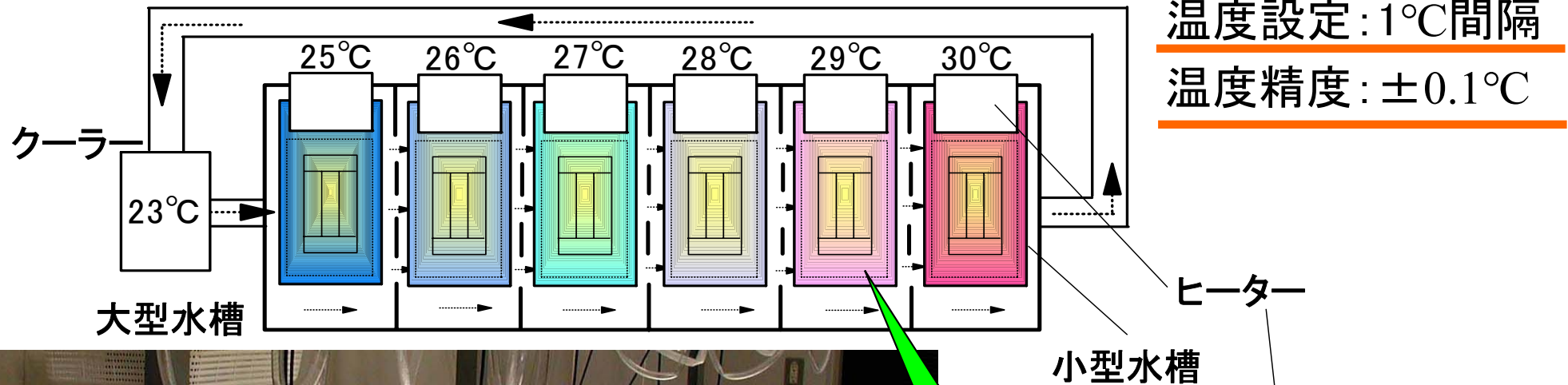
安成 (2015)

30°C以上 水深 1m: 約9日間, 29°C以上 水深10m: 約21日間

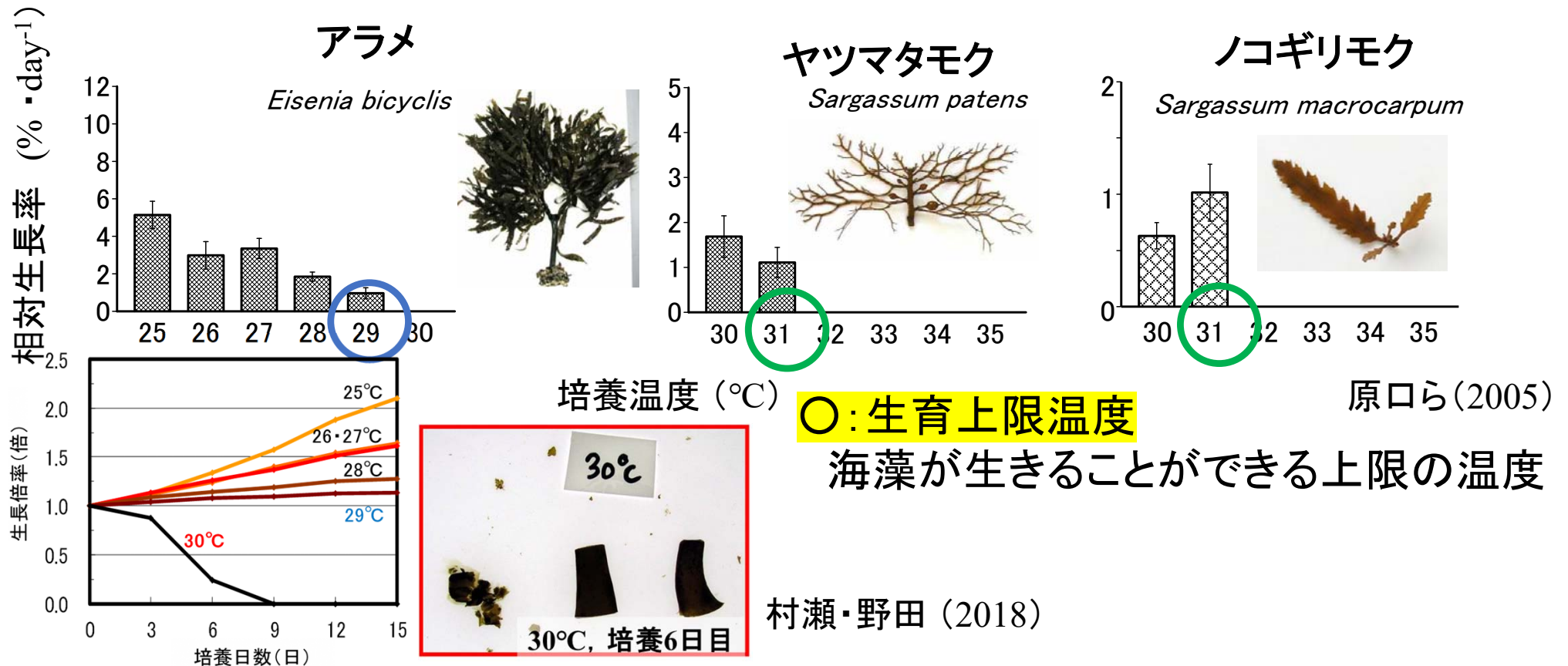
## 2-2 海藻の生育上限温度

### 藻場構成海藻の温度別培養実験

### 流水式温度勾配培養装置



# (結果) 主な海藻の温度別生長



## 2013年夏の山口県日本海側の浅所のアラメ場の衰退

【**高水温**】水深5m: **30°C以上**が**8日間継続**

→水深5m以浅の**アラメ**【**生育上限温度29°C**】では、葉が流失し、茎や付着器だけ残存した。アラメ場衰退の発生要因のひとつ。



高水温被害を回避: 浅所では**ノコギリモク**や**ヤツマタモク**【**生育上限温度31°C**】、深所ではクロメやツルアラメも生残。

# 主な海藻の生育上限温度

村瀬(2021), 完山(2024)を改変

|     | 生育上限温度(°C)     |                        |     |     |                         |                  |                       |
|-----|----------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|------------------|-----------------------|
|     | 26             | 27                     | 28  | 29  | 30                      | 31               | 32                    |
| 種 名 | ワカメ幼体<br>(養殖株) | アカモク<br>ワカメ幼体<br>(天然株) | クロメ | アラメ | マメタワラ<br>ホンダワラ<br>ジョロモク | ヤツマタモク<br>ノコギリモク | ヒジキ<br>キレバモク<br>マジリモク |

## 生育上限温度

1年生海藻・暖海性コンブ類 < 多年生の温帯性ホンダワラ類 < 潮間帯生育種  
 亜熱帯性ホンダワラ類  
 ⇒同じ種でも 生活史(生育段階), 生育環境(生育地)によって異なる

高水温の影響は, ホンダワラ類よりもアラメ・カジメ類で現れやすい傾向(馬場 2021)

**生育上限温度の知見**⇒夏の海水の高温化・長期化に耐える海藻の選出

【注意】藻場創生の対象海域に**自生していない場合**には,  
 地先の生態系や多様性、海藻の遺伝的攪乱などの影響が懸念  
 されるため、**慎重に対応(避ける)**

【在来種】・・・同一海域で**水温が低い, 深所に注目!** = **低光量**

### 3. 海藻の生育と光

#### 3-1 海藻の生育限界光量

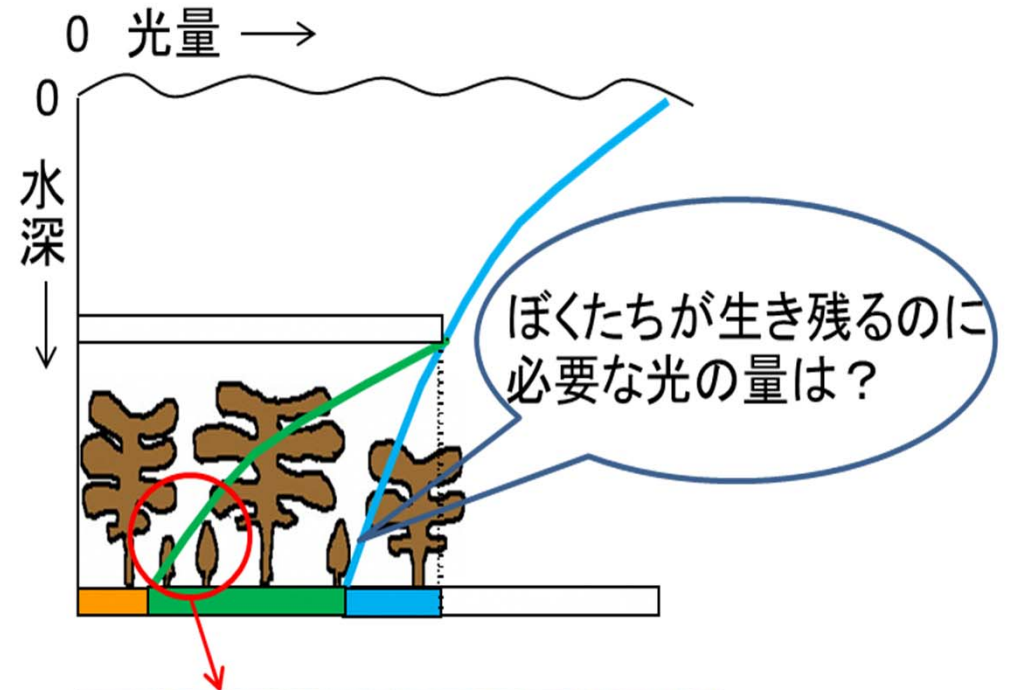
海藻群落の安定維持

↓  
群落の次世代を担う幼体の  
加入と生残が必要

↓  
幼体生育場所(群落床部)  
低光量下

幼体が生残＝藻場を維持するために  
光(光量)に着目

日補償点(推定値)と  
幼体生育場所の光強度(実測値)  
を比較

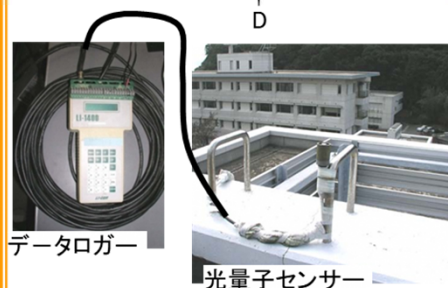
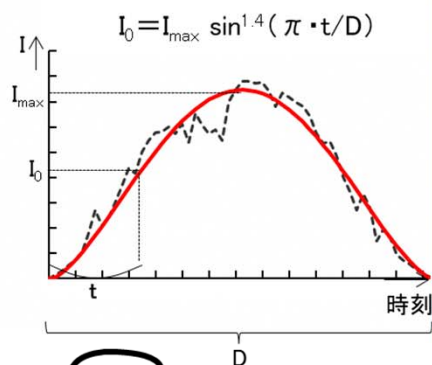


群落内に生育する幼体

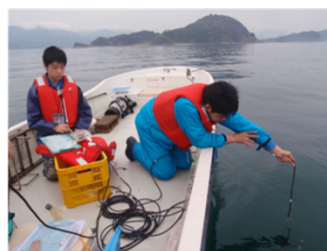
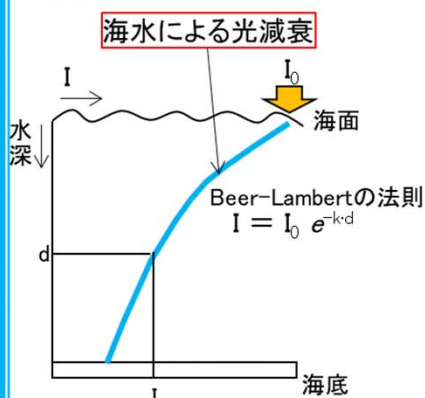
# 1日当たりの光補償点(日補償光量)の推定

日射の日変化, 藻場における光環境(消散係数など), 光合成-光関係により作成した1日の純生産量のモデル式 $Q_n$ から算出

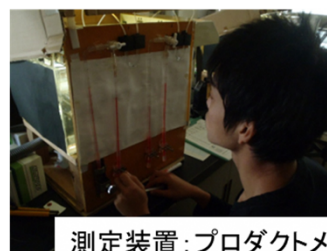
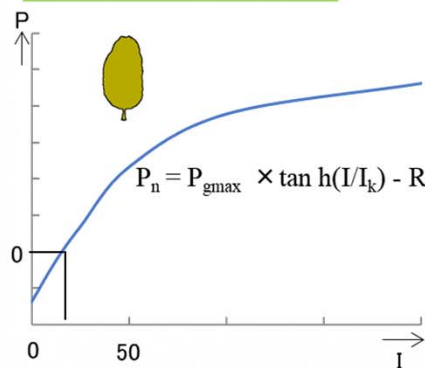
## 日射の日変化の測定



## 海水の消散係数の測定



## 光合成・呼吸測定



1日の純生産量  $Q_n$

$Q_n > 0$   
○ 生残

$Q_n = 0$   
日補償点の推定

$Q_n < 0$   
× 枯死

日補償光量  
(海面光量に対する相対値)

アラメ幼体: 約1.1%

カジメ幼体: 約0.6%

(Maegawaら 1988)

ノコギリモク幼体: 約1.3%

(Muraseら 2000)

クロメ幼体: 約0.7%

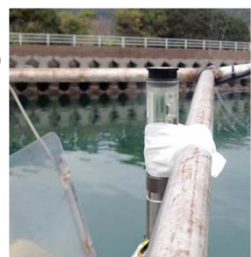
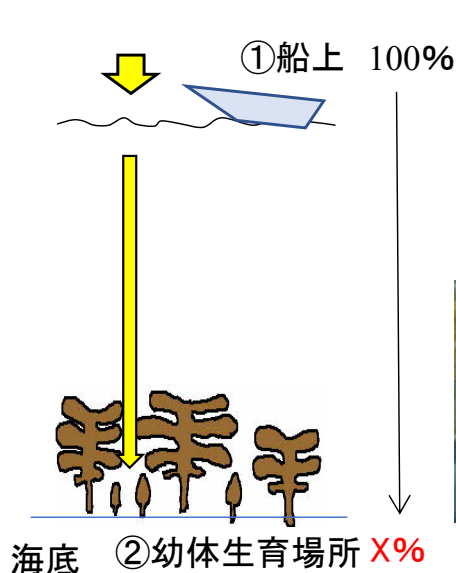
(崎山ら 2013)

アマモ幼体: 5.7%

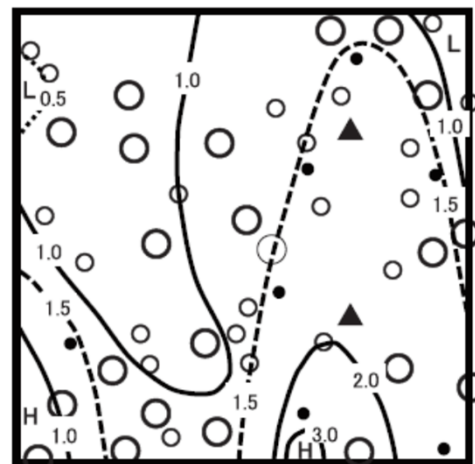
(Abeら 2003)

# 幼体生育場所の実測

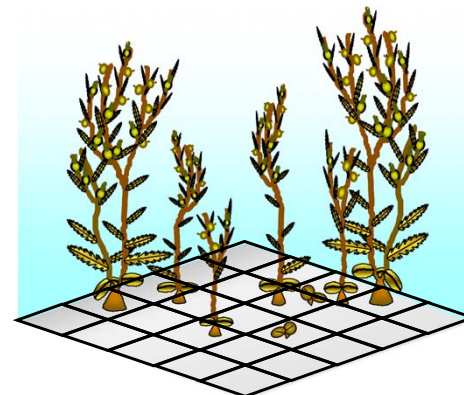
光量子センサー(＋ロガー:1秒間隔)を船上に設置し, 同調させた別の水中用光量子センサーで幼体生育場所の光量子量を測定



ノコギリモク群落床部の光分布と生育個体の分布



○: 成体, ○: 小型個体, ●: 幼体



メッシュ状方形枠を設置  
個体の位置と交点の光量測定

群落内で幼体が生育する光量(実測値)(海面光量に対する相対値)

アラメ幼体: 約1.0~1.5%, カジメ幼体: 約0.5~1.0% (Maegawaら 1988)

ノコギリモク幼体: 約1.0~1.5% (Muraseら 2000)

クロメ幼体: 約0.7~1.0% (崎山ら 2013)

実測値≒日補償光量(推定値) ⇒ 生育限界光量

## 生育限界光量の知見

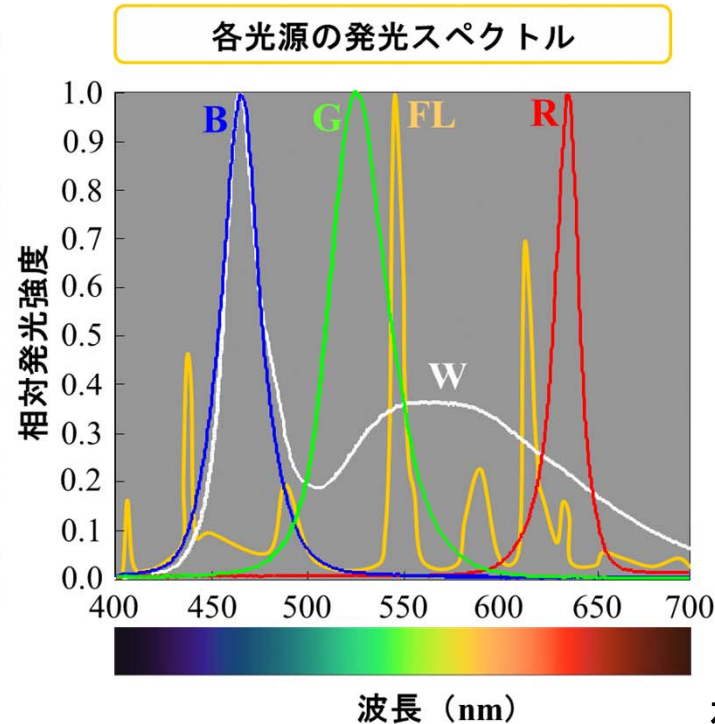
⇒着生基盤などの設置(ハード): 海域の濁り(消散係数)を考慮し設置水深決定  
高水温環境を回避できる深所での藻場創生への展開する際に活用

## 3-2 光質が異なるLED照射の影響

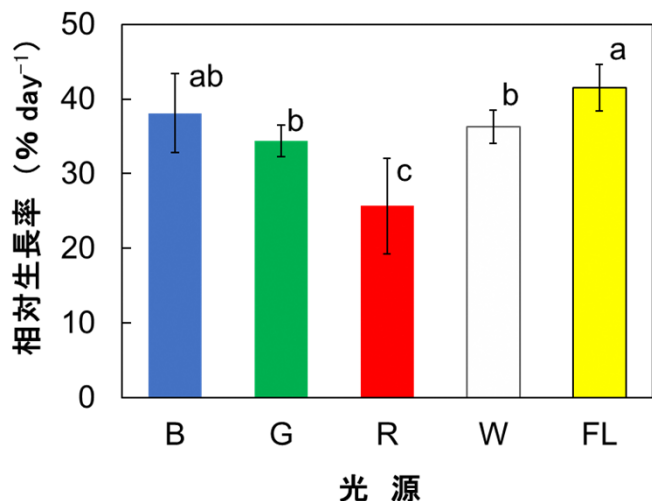
海中の光は、懸濁物やプランクトンなどにより質的に変化し、沿岸では緑色光、外海では青色光が深所まで届く

様々な色のLEDが開発され、藻場や増養殖用の海藻の種苗生産、管理、優良株の長期保存のため培養光源として期待  
蛍光灯の製造・輸出入は2027年末まで

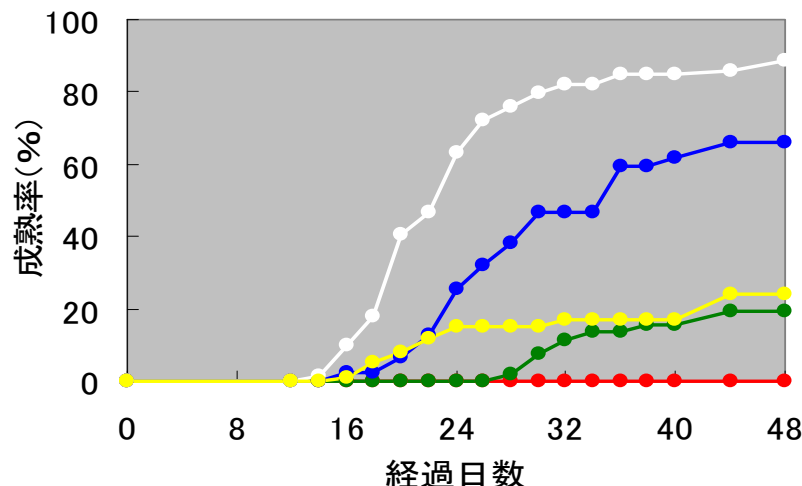
### 光質が異なるLED照射による海藻の生長



# アラメ雌性配偶体の生長と成熟



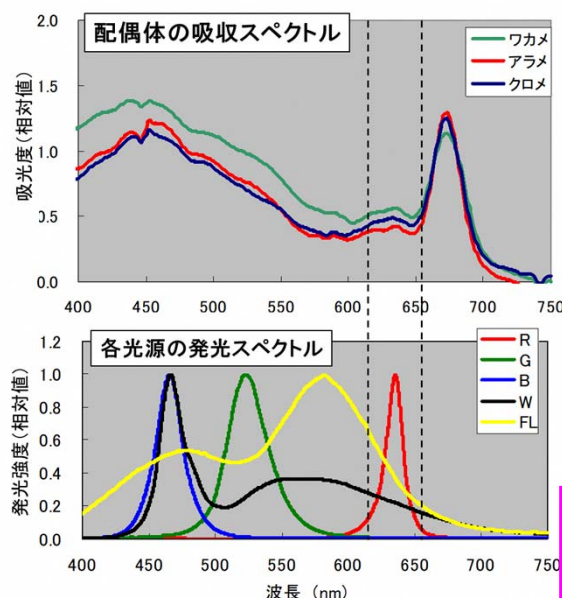
アラメ雌性配偶体の生長  
⇒赤色LED下で抑制



アラメ雌性配偶体の成熟  
(雌性配偶体の卵形成)  
⇒白色・青色LED下で促進  
赤色LED下で観察されず



村瀬ら (2014, 2020)



配偶体の吸収スペクトル  
とLEDの発光波長特性

光質が異なるLEDを選択する際には、  
見た目の色ではなく、LEDの発光波長特性と海藻の光吸収  
(吸収スペクトル)などの生理・生態学的な基礎情報を考慮  
する必要がある

**LED照射による海藻の生育や成熟に関する知見**  
藻場構成海藻の種苗生産や管理, 有用株の長期保存に光  
質が異なるLEDを有効活用できる

# 4. 藻場の生産生態

## 4-1 藻場の現存量

現存量: ある時点での単位面積当たりの植物体の重量のこと

坪刈り: 方形枠(主に50cm×50cm)内の主要な海藻の被度を観察し、基部から全て刈り取り、重量(乾重量)を測定する

### ★純群落

ノコギリモク群落 (Muraseら 1998)

山口県日本海沿岸, 水深約8m

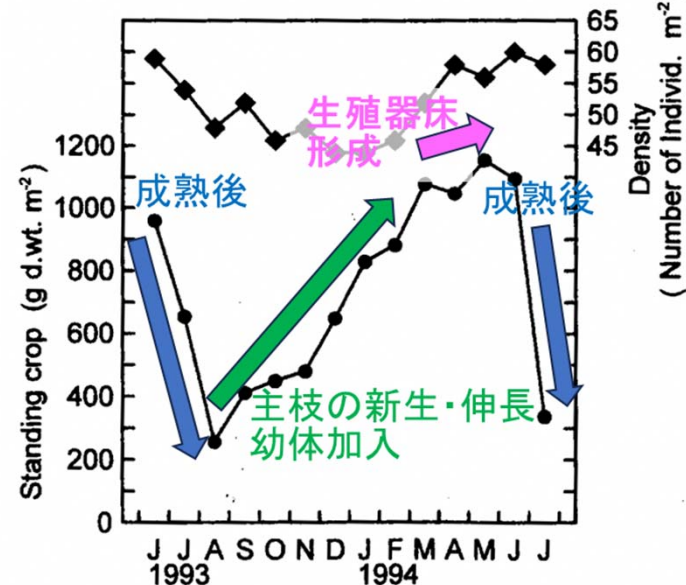


Fig. 4. Monthly changes of standing crop (—●—) and individual density (---◆---) of the *Sargassum macrocarpum* population.



現存量の月別変化⇒群落の発達と成熟後の衰退がわかる

最大現存量は5月:成熟盛期(卵・幼胚放出)の前

## ★混生藻場

- ①目視できる範囲(約5m×5m, 10m×10m)で景観被度(主要な各海藻の被度)を目視観察
- ②種ごとに方形枠を設置し, 現存量を求める(3箇所以上)
- ③各種の現存量に景観被度を掛け合わせて補正

景観被度(ホンダワラ類40%-ヤツマタモク, ノコギリモクなど-, アラメ30%, 裸地30%)



## ★藻場の衰退海域や回復途中

⇒ 1箇所 or 文献により被度(被度階級)から現存量を換算

**現存量調査の方法を具体的に明記しておく。**

方形枠を設置した藻場の状況, 景観被度, 枠の設置箇所と数, 補正方法など

## 現存量の知見

最大現存量を示す繁茂期(月)と最大現存量の値は、藻場のCO<sub>2</sub>貯留量を算定する際のパラメーターになる

## 4-2 藻場の生産量

生産量: 単位時間に単位面積当たりで生産される有機物の量

1年間1m<sup>2</sup>当たりの生産量が年間純生産量(P)

P/B比: 年間純生産量Pと最大現存量Bとの関係(P/B)

### コンブ目藻場の年間純生産量

(水産庁 2021)

| 構成種名   | 海 域     | 水深<br>(m) | 年間純生産量<br>(P)<br>(kg・m <sup>-2</sup> ・y <sup>-1</sup> ) | 最大現存量<br>(B)<br>(kg・m <sup>-2</sup> ) | P/B     | 文 献                           |
|--------|---------|-----------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------|-------------------------------|
| マコンブ   | 宮城県女川湾  | 1~2       | 1.27(d.w.)                                              | 0.83(d.w.)                            | 1.5     | 中脇ら, 2001                     |
| オニコンブ  | 北海道羅臼   | 2~4       | 85.6(w.w.)                                              | 37.3(w.w.)                            | 2.3     | 名畑・酒井, 1996                   |
| ホソメコンブ | 岩手県門之浜湾 | 3~5       | 63.2~206.3(w.w.)                                        | 42.1~92.2(w.w.)                       | 1.5~2.3 | 武蔵ら, 1993                     |
| ワカメ    | 岩手県門之浜湾 | 記載なし      | 60.9~92.1(w.w.)                                         | 47.8~75.8(w.w.)                       | 1.2~1.4 | 中井ら, 1993                     |
| アントクメ  | 東京都伊豆大島 | 7         | 1.03(d.w.)                                              | 0.93(d.w.)                            | 1.1     | 駒澤ら, 2017                     |
| アラメ    | 宮城県松島湾  | 2~4       | 20(w.w.)                                                | 15~20(w.w.)                           | 1.0~1.3 | 吉田, 1970                      |
| サガラメ   | 愛知県知多半島 | 1         | 5.23(d.w.)                                              | 2.21(d.w.)                            | 2.4     | 蒲原ら, 2009                     |
| カジメ    | 静岡県下田   | 5         | 2.9(d.w.)                                               | 3.0(d.w.)                             | 1.0     | Yokohama <i>et al.</i> , 1987 |
| カジメ    | 高知県土佐湾  | 6~7       | 2.73(d.w.)                                              | 2.57(d.w.)                            | 1.1     | 富永ら, 2004                     |
| クロメ    | 長崎県壱岐   | 5~7       | 2.79~2.88(d.w.)                                         | 1.53(d.w.)                            | 1.8~1.9 | 八谷ら, 2014                     |

P-マコンブ: 1.3kg (d.w.) m<sup>-2</sup> 年<sup>-1</sup>, カジメ: 2.7~2.9kg (d.w.) m<sup>-2</sup> 年<sup>-1</sup>

P/B比-コンブ場: 1.5~2.3, アラメ・カジメ場: 1.0~2.4

# ホンダワラ類の藻場の年間純生産量

(水産庁 2021)

|         |         |       |             |             |     |                               |
|---------|---------|-------|-------------|-------------|-----|-------------------------------|
| ノコギリモク  | 京都府養老   | 2~2.5 | 2.13(d.w.)  | 1.26(d.w.)  | 1.7 | Yatsuya <i>et al.</i> , 2005  |
| ノコギリモク  | 石川県飯田湾  | 4~6   | 8.25(d.w.)  | 7.07(d.w.)  | 1.2 | 谷口・山田, 1978                   |
| ノコギリモク  | 山口県深川湾  | 8     | 1.60(d.w.)  | 1.16(d.w.)  | 1.4 | Murase <i>et al.</i> , 2000   |
| ヤツマタモク  | 京都府養老   | 2~2.5 | 2.41(d.w.)  | 1.61(d.w.)  | 1.5 | Yatsuya <i>et al.</i> , 2005  |
| ヤツマタモク  | 石川県飯田湾  | 4~6   | 5.53(d.w.)  | 4.02(d.w.)  | 1.4 | 谷口・山田, 1978                   |
| マメタワラ   | 京都府養老   | 2~2.5 | 1.47(d.w.)  | 0.98(d.w.)  | 1.5 | Yatsuya <i>et al.</i> , 2005  |
| アカモク    | 宮城県松島湾  | 1~5   | 21.42(w.w.) | 19.21(w.w.) | 1.1 | 谷口・山田, 1988                   |
| フシスジモク  | 北海道色丹半島 | 1     | 0.95(d.w.)  | 0.90(d.w.)  | 1.1 | 津田・赤池, 2001                   |
| フシスジモク  | 京都府網野   | 4~7   | 1.11(d.w.)  | 0.84(d.w.)  | 1.3 | 八谷ら, 2007                     |
| ヨレモク    | 京都府舞鶴   | 1~1.3 | 4.04(d.w.)  | 2.12(d.w.)  | 1.9 | 八谷ら, 2007                     |
| ヨレモク    | 京都府養老   | 2~2.5 | 1.46(d.w.)  | 1.11(d.w.)  | 1.3 | Yatsuya <i>et al.</i> , 2005  |
| ヨレモク    | 京都府網野   | 4~5.5 | 0.71(d.w.)  | 0.49(d.w.)  | 1.4 | 八谷ら, 2007                     |
| エゾノネジモク | 宮城県牡鹿半島 | 1~2   | 0.90(d.w.)  | 0.81(d.w.)  | 1.1 | Agatsuma <i>et al.</i> , 2002 |
| エゾノネジモク | 宮城県牡鹿半島 | 2~3   | 1.96(d.w.)  | 1.83(d.w.)  | 1.1 | 村岡・能登谷, 2003                  |
| スギモク    | 秋田県男鹿半島 | 1~3   | 10.48(w.w.) | 10.35(w.w.) | 1.0 | 中林・谷口, 2002                   |
| ジョロモク   | 京都府養老   | 2~2.5 | 1.20(d.w.)  | 0.78(d.w.)  | 1.5 | Yatsuya <i>et al.</i> , 2005  |
| ジョロモク   | 京都府網野   | 3~4   | 0.75(d.w.)  | 0.77(d.w.)  | 1.0 | 八谷ら, 2007                     |
| アキヨレモク  | 京都府舞鶴   | 0.5~1 | 3.95(d.w.)  | 3.04(d.w.)  | 1.3 | 八谷ら, 2007                     |
| キレバモク   | 長崎県見崎   | 5~6   | 0.25(d.w.)  | 0.23(d.w.)  | 1.1 | 村瀬ら, 2017                     |

ホンダワラ類-P:  $0.3 \sim 8.3 \text{ kg (d.w.) m}^{-2} \text{ 年}^{-1}$ , P/B比:  $1.0 \sim 1.9$

**生産量の知見** 年間生産量はP/B比と現存量から簡易的に見積りができる

## 4-3 藻場の生産構造

### 生産構造:

植物群落の同化器官(葉)と非同化器官(葉以外の器官)の重量の空間的な分布状態のこと, それに光量の垂直分布を合わせて図示したものが生産構造図



方形枠 50 × 50cm  
Quadrat

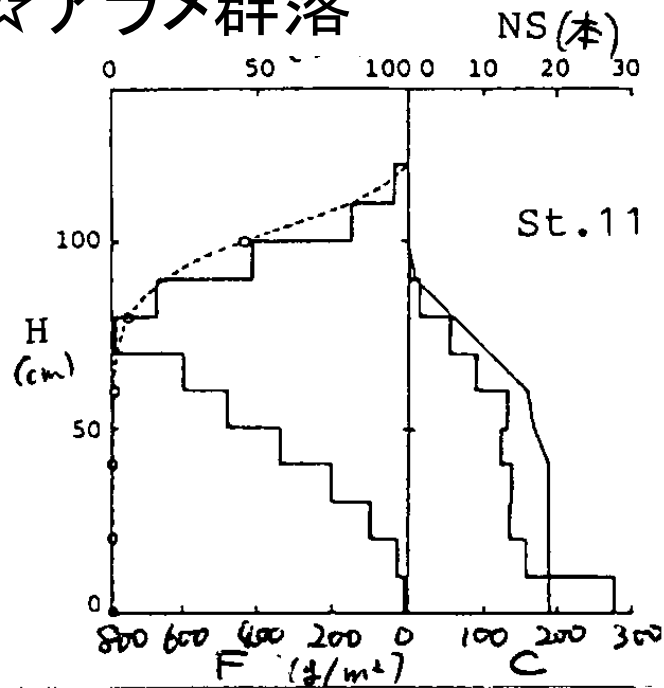


### 藻場の生産構造図

方形枠内の海藻を1個体ずつ基部から上方に10cmか20cm間隔で層別に切断各層の葉と葉以外の部位に切り分け, 各層の部位ごとに重量を測定

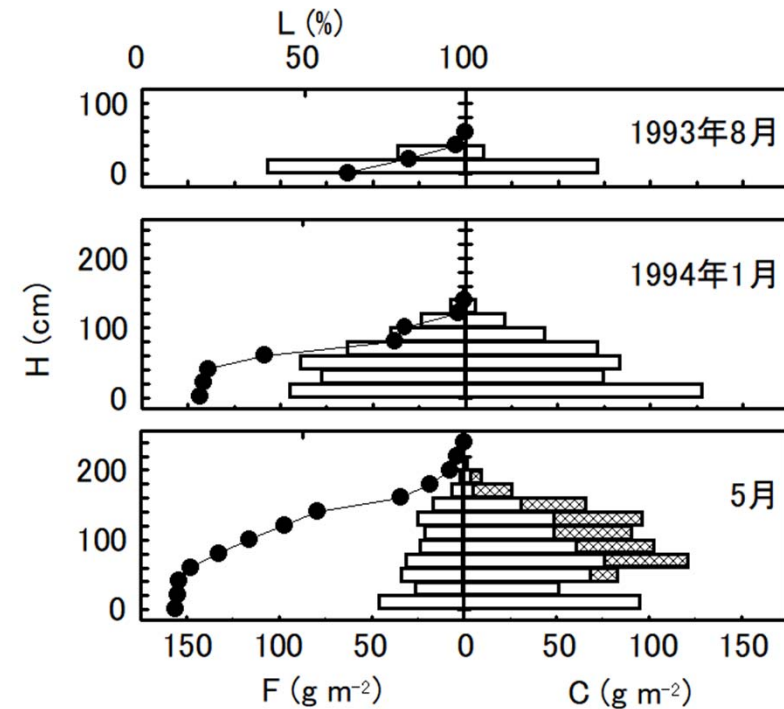
# 藻場の生産構造の例

## ☆アラメ群落



前川(1987)

## ☆ノコギリモク群落



村瀬(2010)

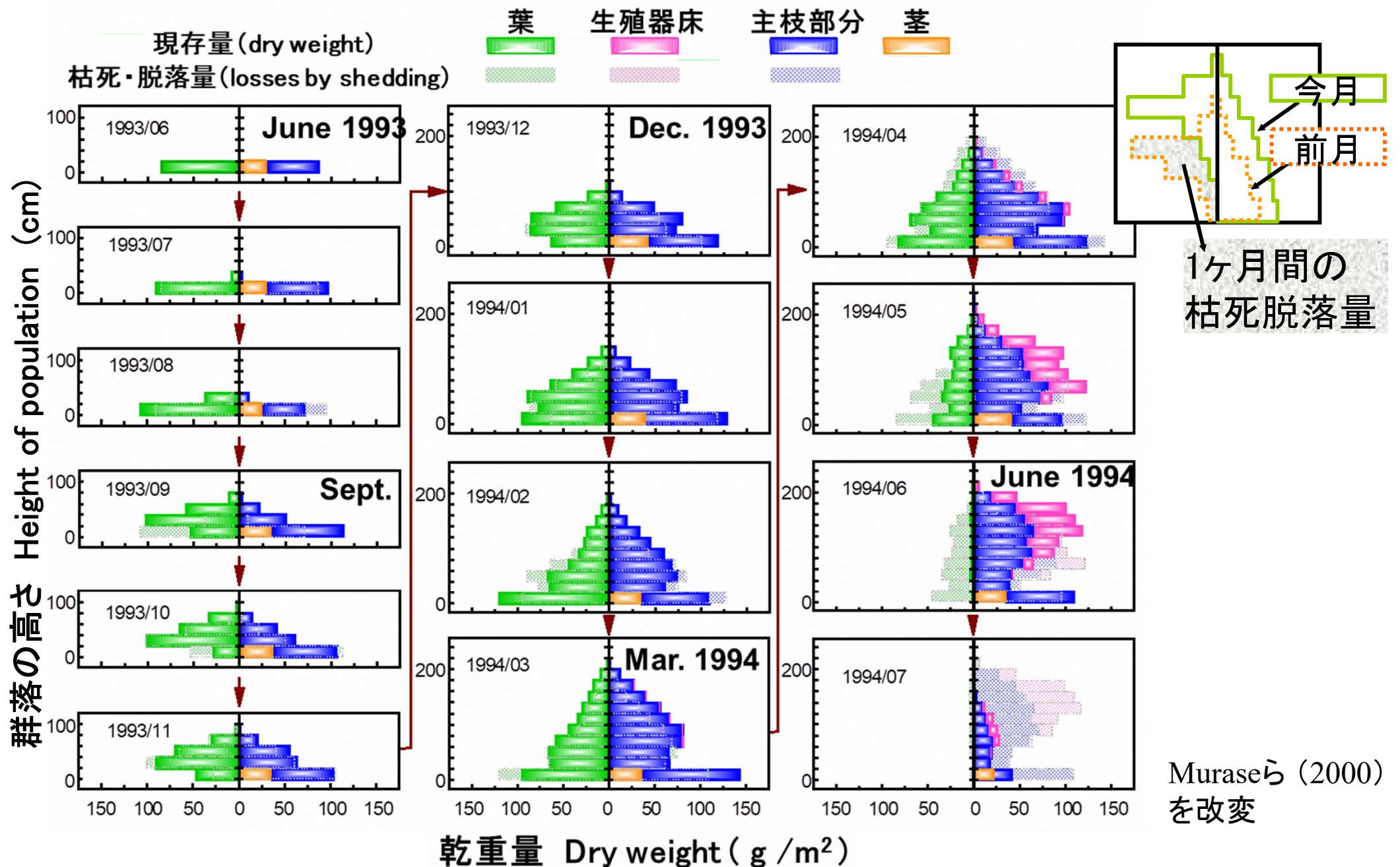
## 生産構造の知見

アラメ群落=広葉型: 群落の上部に葉量多い→相対光量は上層で減少

ノコギリモク群落=イネ科型: 群落の下部に葉量多い→相対光量は下層で減少

藻場により生産構造が異なる⇒藻場内に光を取り入れ, 藻場を維持するため

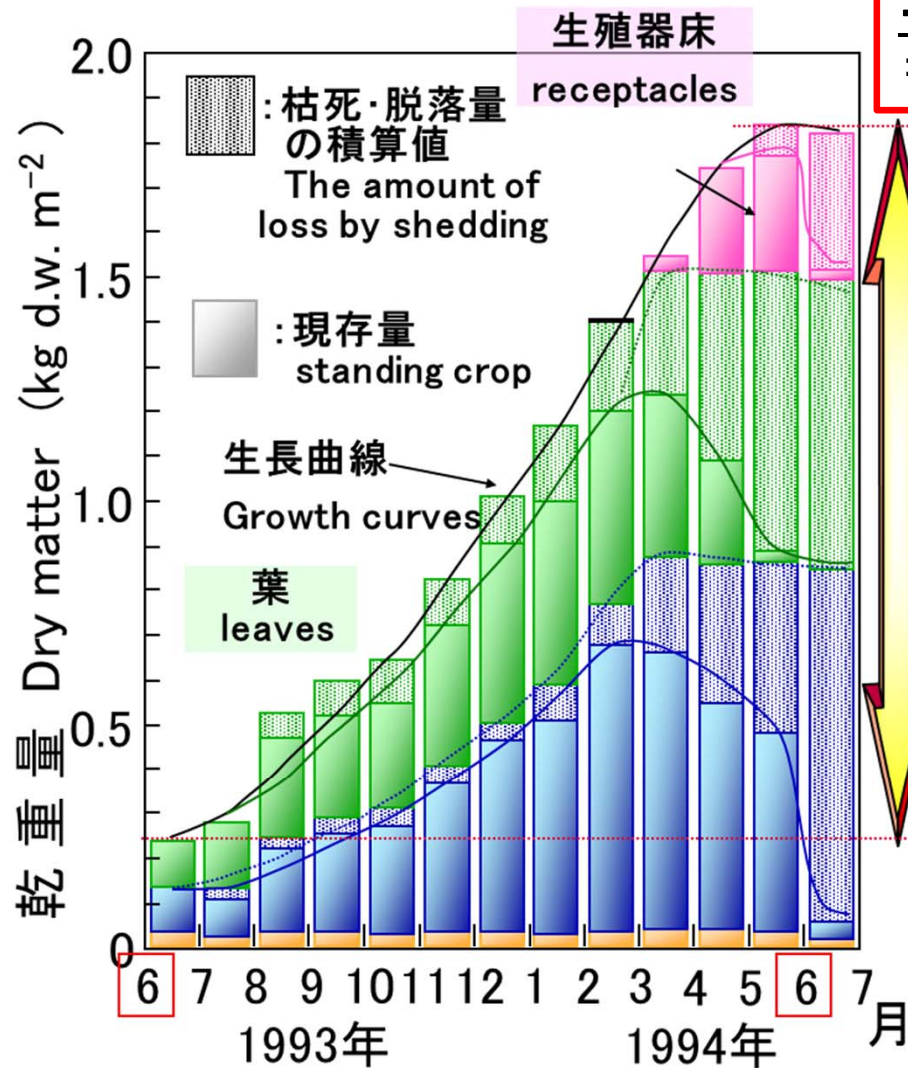
# 藻場(ノコギリモク群落)の生産構造の月別変化



## 生産構造の月別変化の知見

群落の発達と成熟, 成熟後の衰退が立体的に理解できる

# ノコギリモク群落の生産構造の月別変化から純生産量を推定



**年間純生産量**  
= 1.6 kg d.w. · m<sup>-2</sup>

1ヶ月間の枯死脱落量を1年分積算し、現存量を加える

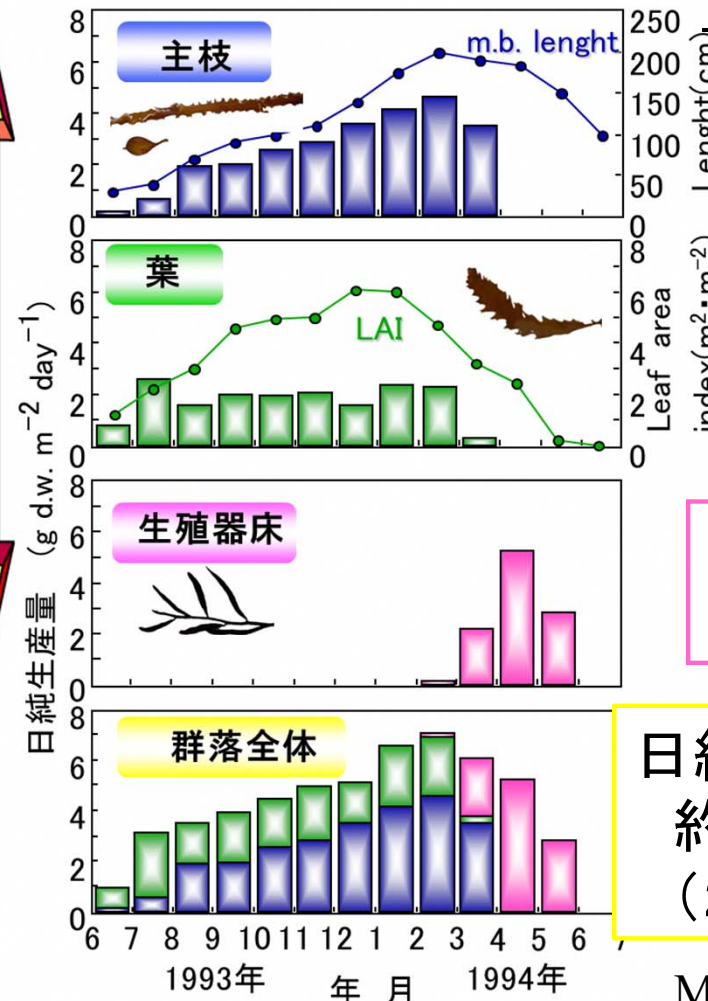
**1日の純生産量**

約4.7 g · m<sup>-2</sup> · day<sup>-1</sup>  
(2~3月)

約2.0 g · m<sup>-2</sup> · day<sup>-1</sup>

約5.3 g · m<sup>-2</sup> · day<sup>-1</sup>  
(4~5月)

日純生産量の最大値  
約7.2 g · m<sup>-2</sup> · day<sup>-1</sup>  
(2~3月)



Muraseら (2000)を改変

## 生産構造の月別変化の知見

1ヶ月間の枯死脱落量⇒年間純生産量, 部位別の日純生産量が推定可能

# まとめ

## 藻場構成海藻の生態的特性

温度→生育上限温度

光量→生育限界光量, 光質→種苗生産

生産生態→藻場の現存量・生産量・生産構造

海水温上昇に対応する海藻の選定【温度】

海藻種苗の生産【光質】

ブルーカーボン-CO<sub>2</sub>貯留量算定【現存量, P/B比】

} ソフト対策

着生基盤の設置水深の決定【光量】

生産構造を模倣した藻礁の設計や配置【生産構造】

} ハード対策

植食動物による藻場への摂食圧が高い海域 ⇒  
適切な食害対策＋海藻の生態的特性を活かした対策が必要

海藻の生態を知る・見直す機会になれば幸いです

ご清聴ありがとうございました