

# 藻場再生を目指したホンダワラ類の大量種苗生産・蓄養手法の開発

池部 慶太・渡辺 貢\*  
(\*現高知県水産試験場)

## 1. 背景と目的

ホンダワラ類が形成する藻場は、ガラモ場と呼ばれ、生態系において重要な役割を担っている。その役割は、様々な水生生物の育成の場となっていること、陸上植物と同じようにCO<sub>2</sub>を吸収して光合成を行う1次生産者であること、等がある。瀬戸内海で行われた調査においては、ガラモ場の面積とヒラメ、マダイ、クロダイ、ウニ類、サザエ類の漁獲量が有意な正の相関を示すことが明らかとなり、沿岸漁業におけるガラモ場の重要性が示唆された(吉田 2010年)。しかしながら、磯焼けと呼ばれる藻場の衰退が、全国的に発生しており、問題となっている(藤田 2006年)。また、高知県沿岸域においても、ガラモ場の面積は大きく減少していることが明らかとなっている(田井野 2010年)。1976~1977年の調査では328.8ha、1997年には479ha、2006~2010年には64haが確認され、約300haのウニ類の食害が作用すると考えられる磯焼け域が存在していることが判明した(田井野 2010年)。ウニ類除去が有効な海域においても、近傍に藻場が残存しない海域では幼胚や種苗の供給が必要とされるため、幼胚や種苗の効率的な定着手法の開発が求められている。

そこで、沿岸水域を豊かにしうる有用な藻類であるホンダワラ類の幼胚・種苗を効率的に採集・育成し、藻場再生に役立てることを目的とした。

本研究では、キレバモクの成熟藻体から採集される幼胚の数に対する水温と干出の影響及びキレバモクとマメタワラの種苗培養条件について調べたので報告する。

ホンダワラ類の成熟に対する様々な因子の影響

や初期成長に関わる条件を調べることは、ホンダワラ類の増殖技術を探るうえでも、生態を知るうえでも重要である。

## 2. 材料と方法

### 2. 1 幼胚の採集方法の検討

#### 2. 1. 1 成熟藻体の採取

平成20年7月25日に高知県東部に位置する高知県漁協・加領郷支所の港内に群生する成熟期のキレバモクを採取した。これらの藻体は、水温実験に供試した。この時にキレバモクは枯死・流失する様子もなく繁茂し、成熟していた。平成21年9月4日に上記と同じ場所で、成熟期のキレバモクを採取した。これらの藻体は干出実験に供試した。この時にキレバモクは枯死・流失する様子もなく繁茂し、成熟していた。

#### 2. 1. 2 成熟藻体の飼育

水温実験においては、100Lのアルテミア水槽2基に多数の枝・藻体を両実験区に分配し、それぞれ約1kgとなるように収容した。表層水を使用した方を表層水区、熱交換表層水を使用した方を熱交換表層水区とした。換水率は約20回転/日に設定し、両区ともエアレーションを行った。

干出実験においては、約3時間、干出させた成熟藻体を用いた干出区と干出させてない成熟藻体を用いた非干出区を設けた。約170本の枝・藻体を両実験区に分配し、それぞれ約1kgとなるように収容した。換水率は約43回転/日に設定し、両区ともエアレーションを行った。

### 2. 1. 3 幼胚の採集

水槽の排水口に、50 $\mu\text{m}$ の網目のプランクトンネットを取りつけて、成熟藻体から落下した幼胚を、2～11日の間隔で採集した。

### 2. 1. 4 幼胚数の計数

採集した幼胚を100mLの海水に懸濁し、混和することにより幼胚を浮遊させた。浮遊液から60～400 $\mu\text{L}$ の海水を抜き取り、液中の幼胚数を計数し、その数値を基に全量を算出した。

## 2. 2 種苗培養条件の検討

### 2. 2. 1 成熟藻体の採取

平成20年5月に浦の内湾でマメタワラの成熟藻体を採取した。平成20年7月25日に高知県東部に位置する高知県漁協・加領郷支所の港内でキレバモクの成熟藻体を採取した。

### 2. 2. 2 幼胚の採集

100Lのアルテミア水槽に成熟藻体を収容し、水槽の排水口に、50 $\mu\text{m}$ の網目のプランクトンネットを取りつけて、成熟藻体から落下した幼胚を採集した。

### 2. 2. 3 培養条件の設定

マメタワラの種苗培養において、光量子束密度25 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ については温度を10、20、30 $^{\circ}\text{C}$ に設定し、光量子束密度100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ については温度を5、10、15、20、30 $^{\circ}\text{C}$ に設定し、光量子束密度200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ については温度を20 $^{\circ}\text{C}$ に設定した。

キレバモクの種苗培養において、光量子束密度25 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ については温度を20、30 $^{\circ}\text{C}$ に設定し、光量子束密度50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ については温度を20 $^{\circ}\text{C}$ に設定し、光量子束密度100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ については、温度を15、20、25、30 $^{\circ}\text{C}$ に設定し、光量子束密度200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ については温度を20 $^{\circ}\text{C}$ に設定した。

培養にはPESI添加深層水培地を使用し、明期：

暗期=12時間：12時間に設定した。

各実験区に、1枚の6wellプレートを使用し、各wellに10～13個の幼胚を播種した。それぞれのホンダワラ類について、2週間後、17日後にランダムに10～13個体をサンプリングし、その内10個体をランダムに選び、葉状部長、葉状部幅、葉数を測定した。4週間後、34日後にランダムに10個体以上をサンプリングし、その内、成長が良好な10個体について、葉状部長、葉状部幅、葉数を測定した。

## 3. 結果

### 3. 1 幼胚の採集方法の検討 ①水温の影響

実験期間64日間に採集された幼胚数は、表層水区が約45万粒、熱交換表層水区が約76万粒であり、合計幼胚数は、熱交換表層水区が表層水区の約1.7倍となった(図1)。

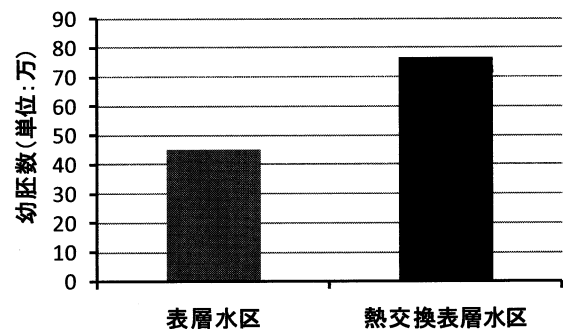


図1 水温差のある両実験区の幼胚数

水温は、表層水区では29 $^{\circ}\text{C}$ から25 $^{\circ}\text{C}$ 付近へ徐々に低下し、熱交換表層水区では26 $^{\circ}\text{C}$ から20 $^{\circ}\text{C}$ 付近へ徐々に低下した(図2左上)。両区の平均温度差は4.7 $^{\circ}\text{C}$ であった。実験期間中の表層水区の水温と取水時表層水の水温の平均温度差は0.3 $^{\circ}\text{C}$ であり、水槽内の方が若干高かった。

幼胚数の推移は、表層水区では、15日目まで低めで推移した後、16～18日目に多量に採集され、低く推移しながら3つの山を形成した(図2左上)。熱交換表層水区では、表層水区と同じく、15日目まで低めで推移した後、16～18日目に、表層水区以上に、多量に採集され、低下しながら3つの山

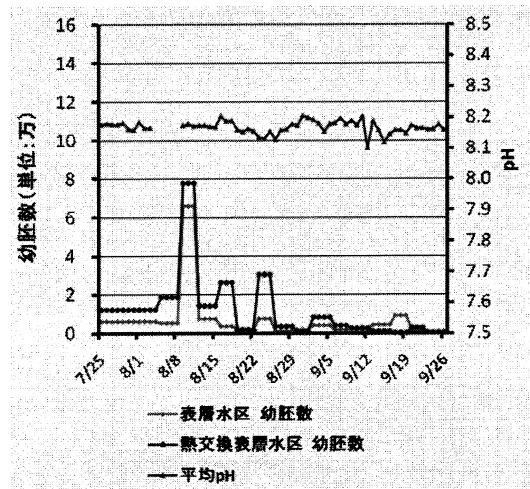
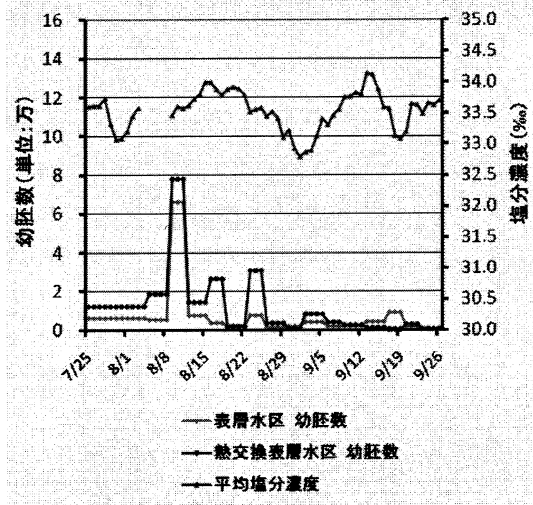
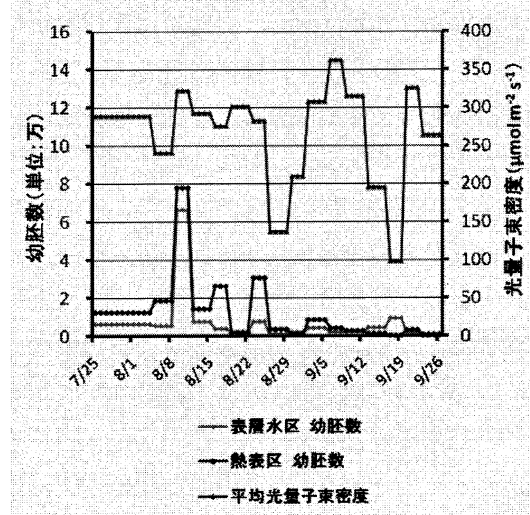
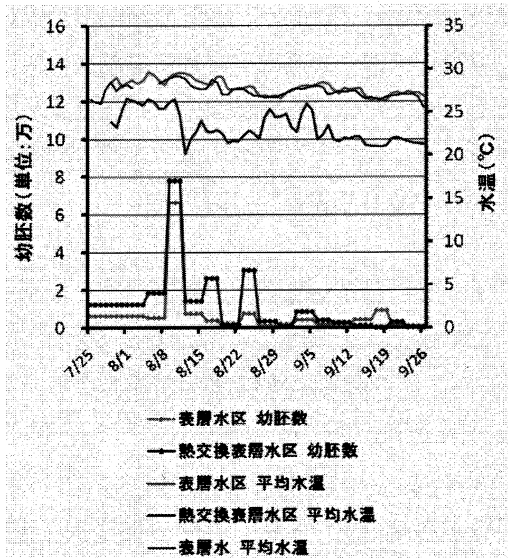


図2 水温差のある両実験区の幼胚数と水温・光子束密度・塩分濃度・pHの推移

を形成した(図2左上)。熱交換表層水区は、概して表層水区を上回って推移していた(図2左上)。

実験期間中の平均光子束密度は、約 $100\sim 360 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の範囲で変動していたが、幼胚の放出と連動しているようではなかった(図2右上)。平均塩分濃度は約 $32.8\sim 34.1\%$ の範囲で変動していたが、この範囲の変動では幼胚の放出に影響を与えているようではなかった(図2左下)。平均pHは、約 $8.1\sim 8.2$ の範囲で変動していたが、この範囲の変動では幼胚の放出に影響を与えているようではなかった(図2右下)。

### 3. 1. 1 幼胚の採集方法の検討 ②干出の影響

干出実験において、実験期間4週間で採集され

た幼胚数は、干出区が約123万粒、非干出区が約104万粒であり、干出区は非干出区の約1.2倍となった(図3)。

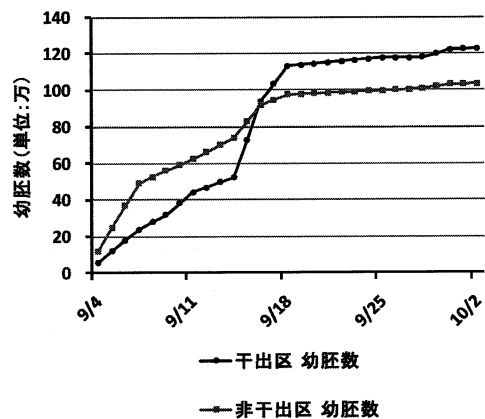


図3 干出区と非干出区の累積幼胚数の推移

実験開始後11日間、干出区では幼胚数が抑制されていた。しかし、12~15日目に干出区は非干出区の幼胚数を上回って推移し、合計の幼胚数は非干出区より若干多かった(図3、4左上)。

水温は、両実験区とも同様であった。取水時の表層水の温度との差は、0.2℃であり、水槽内の方が若干高かった(図4左上)。

実験期間中の平均光量子束密度は、約100~370  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で変動していたが、幼胚の放出と連動しているようではなかった(図4右上)。平均塩分濃度は約32.2~33.9%の範囲で変動していたが、幼胚放出期間における変動は少なく、この範囲の変動では幼胚の放出に影響を与えていたようではなかった(図4左下)。平均pHは、約8.0~8.2

の範囲で変動していたが、幼胚放出期間における変動は少なく、この範囲の変動では幼胚の放出に影響を与えているようではなかった(図4右下)。藻体重量は、両区とも直線的減少を示したが、干出区の方が速く減少した(図5)。

### 3. 1. 2 種苗培養条件の検討 ①マメタワラ

10℃では、4週間後に、100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ より25  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の方で、葉状部長が長くなった(図6左上)。

20℃では、4週間後に、25  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で最も葉状部長が長くなったが、葉数は200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で最も多くなった(図6右上)。

30℃では、25  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ より100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

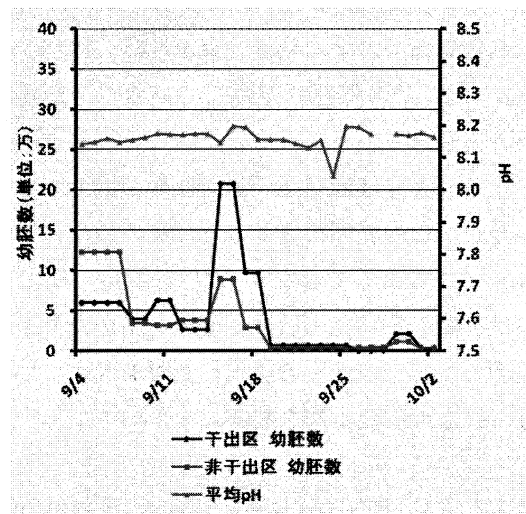
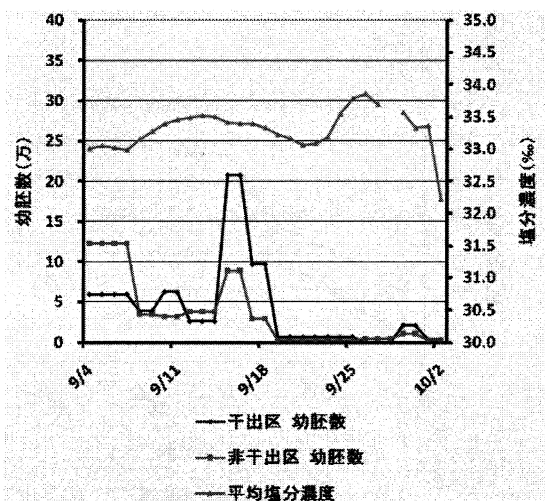
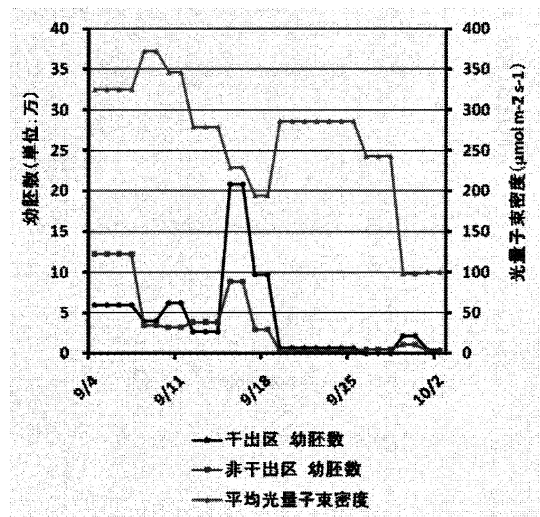
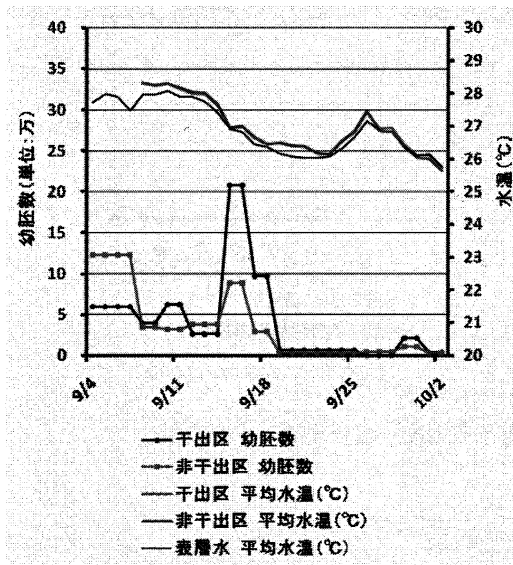


図4 干出区と非干出区の幼胚数と水温・光量子束密度・塩分濃度・pHの推移

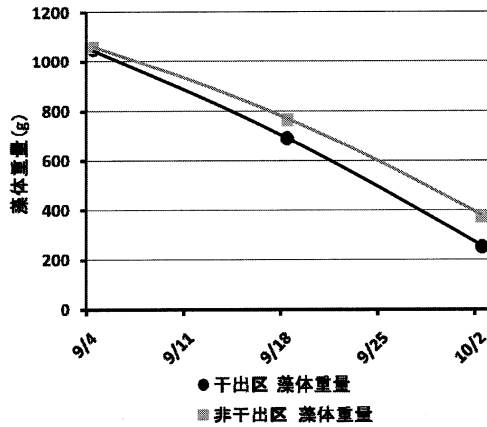


図5 干出区と非干出区の藻体重量の推移

の方で葉状部長が長くなり、葉数も多くなった (図6右中)。

光量子束密度が $25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の場合、葉状部長と葉状部幅は $20^\circ\text{C}$ で最も長くなり、葉数は $30^\circ\text{C}$ で最も多くなった (図6右中)。

光量子束密度が $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の場合、葉状部長と葉状部幅は $20^\circ\text{C}$ で最も長くなり、次いで $15^\circ\text{C}$ 、 $30^\circ\text{C}$ となった。葉数は $20^\circ\text{C}$ で最も長くなり、次いで $30^\circ\text{C}$ 、 $15^\circ\text{C}$ となった (図6左下)。

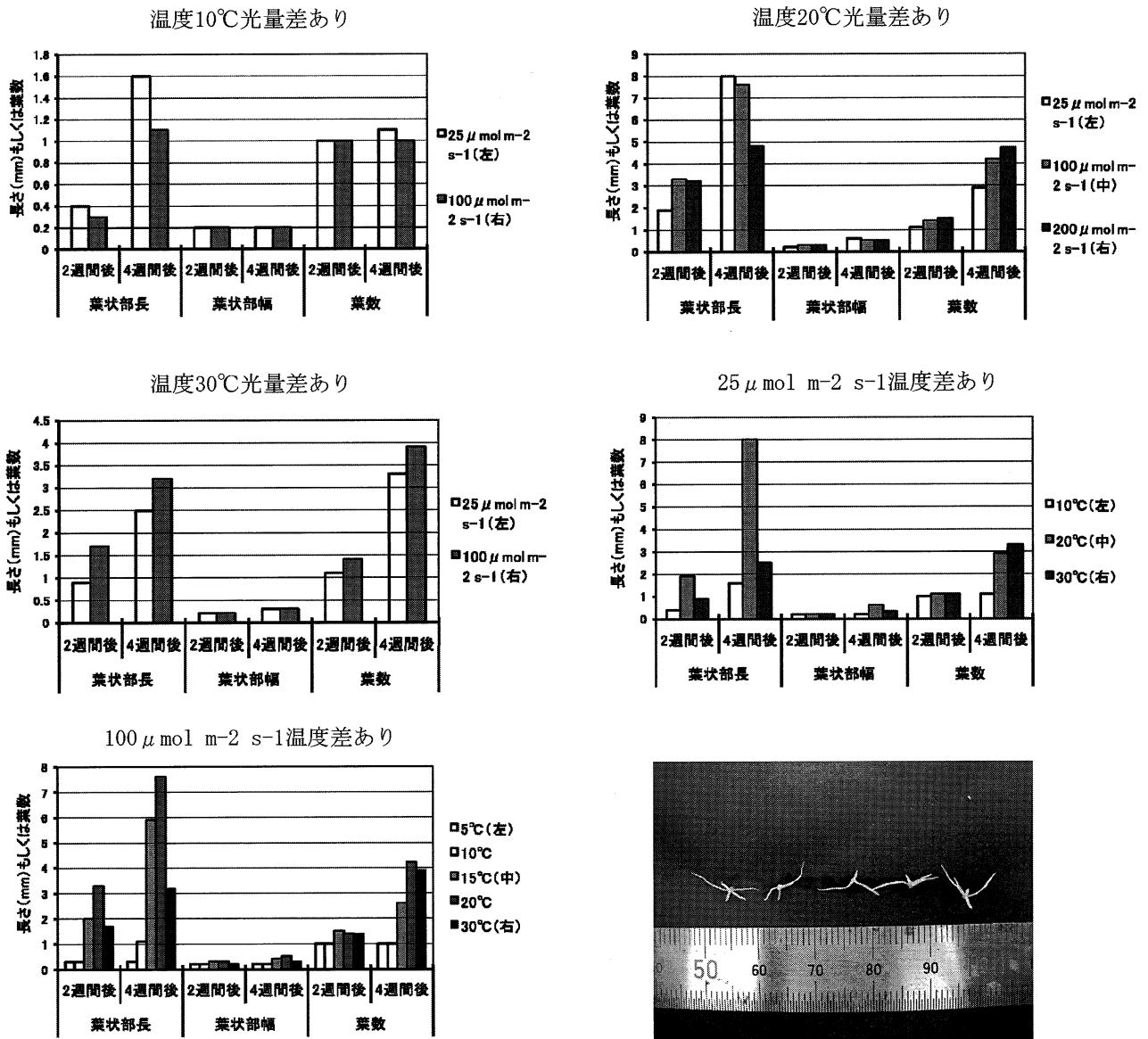


図6 各培養条件におけるマメタワラ種苗の成長データと $20^\circ\text{C}$ 、 $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で4週間培養した種苗の写真

### 3. 1. 3 種苗培養条件の検討 ②キレバモク

20℃では、34日後に、葉状部長が $25\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ と $50\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ で最も長くなった(図7 左上)。葉数は $200\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ で最も多くなった(図7 左上)。

30℃では、34日後に、葉状部長が、 $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ より $25\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ の方で長くなった(図7 右上)。葉状部幅は $25\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ より $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ の方で長くなった(図7 右上)。葉数は $25\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ より $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ の方で多くなった(図7 右上)。

$100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ では、34日後に、葉状部長と葉状部幅が20℃で最も長くなった(図7 左下)。葉

数は25℃で最も多くなった(図7 左下)。

$25\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ では、34日後に、葉状部長と葉状部幅が20℃で最も長くなった(図7 右下)。葉数は20℃で最も多くなった(図7 右下)。

## 4. 考 察

キレバモクの成熟藻体から放出される幼胚数に対する水温の影響を調べたところ、実験期間64日間に採集された幼胚数は、表層水区が約45万粒、表層水区より水温が約4.7℃低い熱交換表層水区が約76万粒であり、合計幼胚数は、熱交換表層水区が表層水区の約1.7倍となった。このことは、

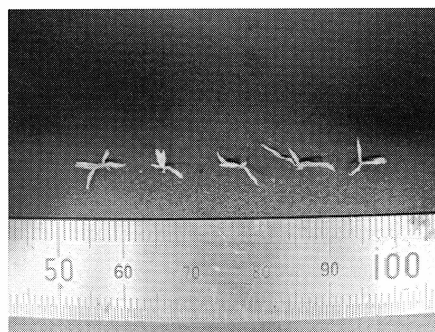
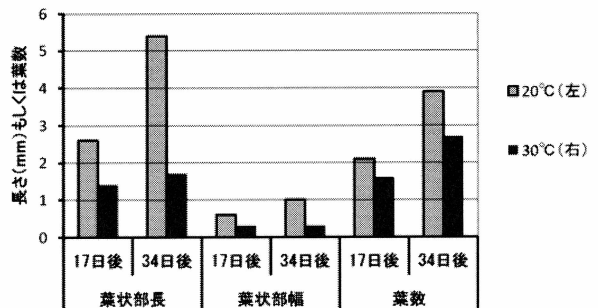
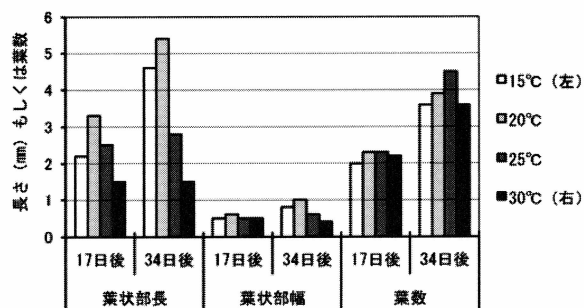
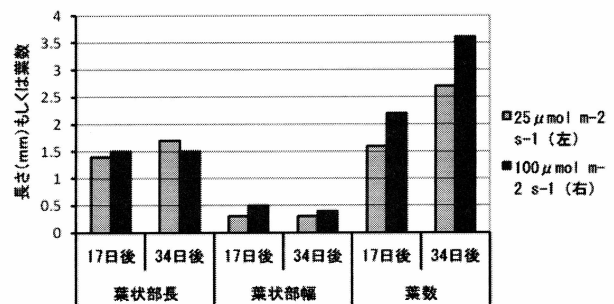
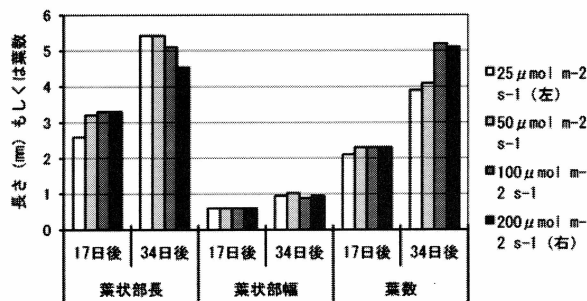


図7 各培養条件におけるキレバモク種苗の成長データと20℃、 $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ で34日間培養した種苗の写真

キレバモクの成熟藻体から、幼胚を採集する場合、深層水の低温性を利用して、通常の上層水よりも温度を低下させた上層水を使用した方が、効率が良いことを示唆している。上層水より水温が低下することで、幼胚放出の周期が強く現れ、その結果として、より多くの幼胚が長期的に採集されたと考えられた。また、15日目まで幼胚数が抑制されたことについては、成熟藻体を採取してから、実験に供試するまでに数時間、干出させた（空气中にさらした）ことが影響したと推察された。

実験期間中の平均光量子束密度、平均塩分濃度、平均pHは、幼胚数に強い影響を与えているようではなかった。

実験期間中の上層水区の水温と取水時上層水の水温の平均温度差は0.3℃であり、水槽内の方が若干高かったが、大きな差はないと判断される。従って、水槽内の水温は室戸岬東部に位置する当所付近の沿岸の水温と同様と考える。

高知県沿岸域における1997年の調査時に確認されていなかった亜熱帯性ホンダワラ類であるキレバモク、マジリモク、シマウラモクが、2009年の調査で新たに確認された（田井野 2010）。地球規模でも温暖化傾向が示されており、日本南方海域、九州沖縄海域においても同様の傾向が示されている（気象庁観測データ）。土佐湾の海水温も特に冬季に上昇していることが確認されており、温暖化傾向と目されている（高知県水産試験場観測データ）。これらのことは、亜熱帯性ホンダワラ類が高知県沿岸域に新たに加入したことを推測させる。

本研究で、亜熱帯性ホンダワラ類の一種であるキレバモクが現在の表層水温より低い温度で、より多くの幼胚を放出するということが示唆されたが、このことは、キレバモクの分布域がさらに北上する可能性があること、環境の変化に遷移が追い付いていないことを意味しているかもしれない。

干出実験において、実験期間4週間で採集された幼胚数は、干出区が約123万粒、非干出区が約104万粒であり、干出区は非干出区の約1.2倍となった。このことは、干出により返って幼胚数が増加

することを示しているかもしれない。しかし、合計の幼胚数についてはロット差が出た可能性も否定できないので、さらなる検討が必要である。

実験開始後11日間、干出区では幼胚数が抑制されていた。また、前述の実験の際も開始から15日目まで幼胚数が抑制されていた。これらのことから、干出は、幼胚数を抑制すると考えられた。干出とは、藻体を空气中にさらすことであり、通常、キレバモクは空气中にさらされることはないため、キレバモクにとって干出はストレスのような働きをしていると考える。しかしながら、12～15日目に干出区は非干出区の幼胚数を上回って推移し、合計の幼胚数は非干出区より若干多かった。このことから、数時間の干出は幼胚数を抑制するが、抑制後は、急激に幼胚数を増加させると考えられた。

実験期間中の平均光量子束密度、平均塩分濃度、平均pHは、幼胚数に強い影響を与えているようではなかった。

藻体重量の減少は、干出区の方が若干多かったため、干出が藻体の枯死・劣化を速めていると推察された。しかし、干出区における藻体重量の減少が、放出される幼胚数に大きな影響を与えているようではなかった。干出によるストレスで幼胚数が抑制された後、増加するとともに、枯死・劣化が若干速まったものと思われる。

マメタワラの培養条件の検討において、光量子束密度を $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、培養期間4週間とした場合、種苗は10～30℃の間で成長するが、20℃で培養した時に、葉状部長、葉状部幅、葉数ともに最大値を示した。温度を20℃、培養期間4週間とした場合、 $25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で葉状部長が最大値を示し、 $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で葉状部幅、葉数が最大値を示した。従って、成長を速めるには20℃が適しており、光量子束密度によって葉の形状や枚数が変化すると考えられた。

キレバモクの培養条件の検討において、光量子束密度を $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、培養期間34日間とした場合、種苗は15～30℃の間で成長するが、20℃で培養した時に、葉状部長と葉状部幅が最大値を示

し、25℃で培養した時に、葉数が最大値を示した。温度を20℃、培養期間34日間とした場合、25、50  $\mu$  mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>で葉状部長が最大値を示し、100  $\mu$  mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>で葉状部幅、葉数が最大値を示した。従って、成長を速めるには20℃もしくは25℃が適しており、光量子束密度によって葉の形状や枚数が変化すると考えられた。

これらのことから、マメタワラやキレバモクの種苗を培養する際に培養条件や培養期間を調節して、成長を制御すること及び性質の異なる種苗を生産可能であることが示唆された。

## 5. 参考文献等

- 1) 藤田 大介 海洋深層水の多面的利用 恒星社厚生閣 79-90
- 2) 田井野 清也 ホンダワラ群落の生態学と藻場造成技術 第5回海士町海藻シンポジウム要旨集 15-16
- 3) 吉田 吾郎 ホンダワラ群落の生態学と藻場造成技術 第5回海士町海藻シンポジウム要旨集 14
- 4) 海洋の健康診断表 気象庁HP  
[http://www.data.kishou.go.jp/shindan/a\\_1/a\\_1.html](http://www.data.kishou.go.jp/shindan/a_1/a_1.html)
- 5) 土佐湾水温観測データ 高知県水産試験場HP  
<http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/040409/topix-column-kaiyokansoku.html>