

## コアマモ (*Zostera japonica*) の発芽に関する影響因子と 人工栽培に関する研究

原田 茂樹\*・木島 淳子

### Factors Affecting Germination Potential of *Zostera japonica* and Considerations for Cultivation

Shigeki HARADA\* and Junko KISHIMA

#### Abstract

Laboratory culture experiments were conducted to elucidate the factors affecting germination potential of *Z. japonica*. Germination tests together with some pre-reported information revealed;

- 1) Seawater temperature was not critical factor between 16.5 and 23.0°C because supply of pure water (Milli-Q) induced high germination rates,
- 2) Salinities close to that of pure water were preferable,
- 3) Radiation had no apparent effect on germination potential,
- 4) The ability of *Z. japonica* to withstand prolonged periods of exposure to air which is considered to place the species at a selective advantage was not always apparent,
- 5) Chemical characteristics of filtrated seawater used for the experiments (mainly nutrients conditions) might affect germination potential,
- 6) Locality of seeds seemed to affect germination potential,
- 7) Seeds storage conditions (mainly storage temperatures and frequency of filtrated seawater exchange) were important factors.

The cultivation of *Z. japonica* seeds was also examined. In the early stage of the experimental periods, growth of roots after germination with pure water (Milli-Q) was observed. About one year after the seeds collection, further root growth was investigated using the germinated seeds in the pure water (Milli-Q) in plant beds containing mainly sand with filtrated seawater circulated by two pumps and a flow rate controller. The wet-dry cycle was varied i.e. fully submerged (control) and intermittently submerged and exposed to recreate tidal fluctuations (experiment). Additional growth of the germinated seeds was not observed under either control or experimental conditions, even after adding relevant nutrients. By referring pre-reported information, effects of beds conditions were denied. Seeds storage conditions might also be an important factor for cultivation of this species.

(Received October 4, 2010 ; Accepted February 4, 2011)

**Key words** : *Zostera Japonica*, Restoration, Germination experiments, Filtrated seawater characteristics, Seeds storage conditions

**キーワード** : コアマモ, 再生, 発芽実験, 濾過海水特性, 種子保存状態

---

\* Corresponding author (E-mail : haradas@myu.ac.jp)

## 1. はじめに

コアマモ (*Zostera japonica*) は北太平洋沿岸域における主要な海草の一種である<sup>1)</sup>。したがって、コアマモ場のモニタリングや解析を行っている例は国内外によく見ることができる<sup>2-7)</sup>。

一方、コアマモ場は激しく減少しているという報告もある<sup>1, 8)</sup>。レッドデータブックでは『情報不足』の種と記載されている<sup>8)</sup>。

その結果、コアマモ場の再生に向けて実践的研究も進んでいる<sup>9-11)</sup>。コアマモ場再生の理由としては、1) 生物生息場としての機能が低いこと<sup>8, 12)</sup>、2) 水質浄化機能が低いこと<sup>8)</sup>、3) 物理的機能(底質の安定化)が高いこと<sup>8)</sup>などが挙げられる。1) の生物生息場としては、特に底生生物の活性を高めることが指摘されている<sup>12)</sup>。

これまで、アマモの再生につながる先行研究は多い。例えば、発芽機構については、塩分と温度の制御による発芽の促進についての報告も見られる<sup>13)</sup>。また再生方法についての詳細なマニュアルを報告した例がある<sup>14)</sup>。

さらに、近年のアマモ場再生の歴史についての報告もある<sup>15)</sup>。この報告は学術論文ではないが、アマモ場再生の経緯についてウェブ上で閲覧することができ、アマモの生化学的特性についても触れられている。

コアマモの発芽や再生に関する報告は多く見られる(例えば、文献1とその引用文献など)。しかし、種の地域特異性を考慮するとより多くの地域からの報告が求められると考えられる。

宮城県松島湾のコアマモ草体株についての報告は、近年では、東北大学大学院工学研究科土木環境工学専攻環境生態工学研究室の報告に見ることができる<sup>12, 16)</sup>。

本研究の視点は、コアマモの発芽とその後の成長に

関して実験室での培養実験に基づく情報を提供することである。コアマモの発芽や人工的栽培について詳細な現象解明を行うことはコアマモ場の再生に寄与することと考える。

本研究では主にわが国のアマモ、コアマモの既往の研究を参照する。コアマモの繁殖が地域固有の生態系に影響を与える可能性を報告した例があるからである<sup>17, 18)</sup>。

コアマモは干潮域にも生息でき、アマモとの競合をさけることができると考えられる(図1)。また 高温・乾燥など幅広い環境条件に適応できると考えられ、文献12を用いて述べた底生生物への影響も含め、「海のゆりかご」としての役割を果たすと考えられる。

コアマモの群落の写真を図2<sup>9)</sup>に示す。この写真では、上述した他の生物の生息の場としての機能の高さを示すように、コウイカの卵が生み付けられている状態を示している。

コアマモは根と種子で増殖すると考えられており(図3)、その機構を解析した報告もある<sup>19)</sup>。本研究では種子での増殖の場合について検討する。この場合の影響因子は、1) 水温、2) 塩分、3) 照度、4) 干出条件、5) 海水条件(特に栄養塩)、6) 種子の採取地、7) 種子の保存状態<sup>20)</sup>と考えられる。

また、発芽後の種子の成長についても同様に、人工気象器を用いた培養実験を通じて検討した。コアマモの再生を最終的な目標とした場合、コアマモの発芽特性だけでなく、発芽後の成長の形態について明らかにすることが望まれるからである。本研究では、まず、種子の中に十分な栄養が含まれていると考えて、発芽後の種子からどの程度、根が成長するのかを確かめた。その後、より現実的なコアマモの成長を知るために、水量コントローラーを用いた装置により、潮汐を再現

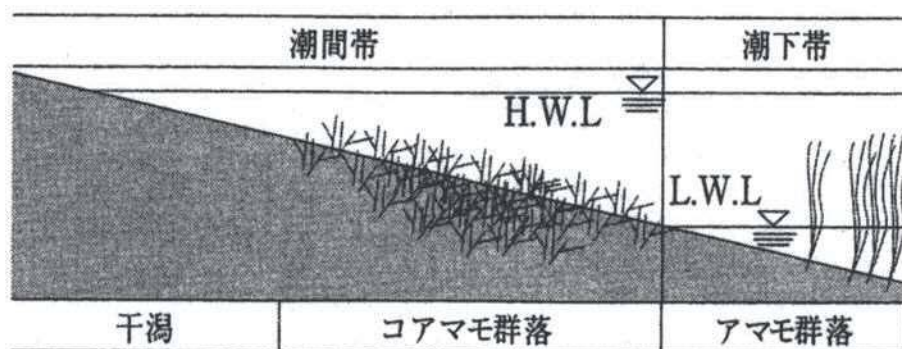


図1 アマモとコアマモのハビタットマップ<sup>8)</sup>  
(H. W. Lは高水位, L. W. Lは低水位)

した培養系を構築し、発芽後の種子からの根の成長を調べた。

## 2. 材料と方法

### 2-1 種子の収集

2008年9月29日、松島湾の桂島に群生するコアマモ場において、花枝を収集した。その後、約5週間に亘り、4つのフラスコ内で曝気により攪拌しながら追熟を行った。追熟は23℃の恒温室内において室内灯の明るさである500Luxで行った。照度条件は恒温室内に取り付けられていた照明機器を8時間暗、16時間明の周期で切り替えることによって設定した。

追熟後、実験に十分な数の種子が得られなかったので、同じ時間に同じ場所で種子採取を行った東北大学大学院工学研究科土木環境工学専攻環境生態工学研究

室により種子の提供を受けた。種子は超純水100mlに塩化ナトリウムを20g溶かした、密度1.2 (g/cm<sup>3</sup>) の塩水に浸潤し、沈降するもののみを収集した<sup>13)</sup>。

収集した種子から、約200粒の種子を取り出し、350mlのフラスコに入れ、孔系0.4μmのヌクレポアフィルターでろ過した、塩分31<sup>1)</sup>の桂島の海水に、適量の活性炭<sup>13)</sup>とともに浸潤し、23℃の恒温室内において、暗条件で保存した。

種子保存中に定期的に発芽しているもの、変質したもの（白いカビに覆われたもの、黒色化したもの、形が崩れたもの、形骸化したものなど）を除去した。保存期間中のろ過海水の交換は行わなかった。

### 2-2 実験の条件

アマモについての先行研究<sup>13)</sup>に従い、淡水（超純水）と海水を媒体とした発芽実験を行った。まず発芽にとって好適な条件を確認し、2-6で述べる発芽後培養実験へと発展させるためである。

2-3～2-5で述べる発芽実験は七ヶ浜の海水を用いて行った。海水を採取した場所にはコアマモの群落はない。七ヶ浜における海水の特性については、pH、亜硝酸、硝酸、アンモニア、リン酸について、パックテスト（共立理化学）を用いて簡易的に調査した。その結果、桂島と七ヶ浜においては、上記の項目においては、大きな差は無かった。

2-6の発芽後培養実験では松島の海水を用いて行った。海水を採取した場所にはコアマモの群落はない。海水の水質については確認していない。

### 2-3 温度変化実験

16.5℃と23.0℃の2つの温度を設定した。20粒の種子を取り出し、5穴のマルチウェル（三商）の1穴の中で10mlの超純水（Millipore Milli-Q）に浸潤させた。Run 1～Run 4の4つのRunを設定し、2つの温度のうちの1つで制御し、9～34日間程度にわたり、毎日定時に発芽している種子の数を数えた。発芽の速度も好適条件を表現すると考えたからである。Run 1～Run 4で設定した温度は以下である：Run 1（23.0℃）、Run 2（16.5℃）、Run 3（23.0℃）、Run 4（16.5℃）。2つ

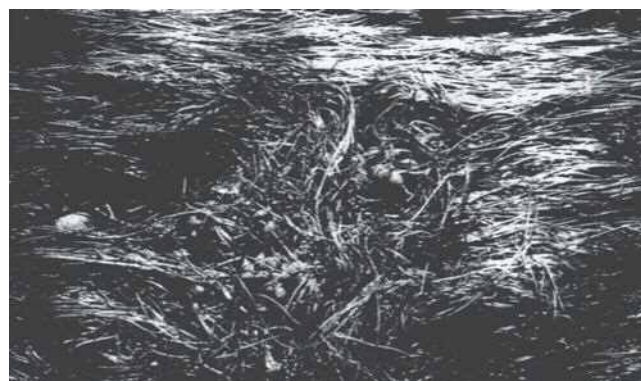


図2 コアマモの群落（参考文献9 一部改変）

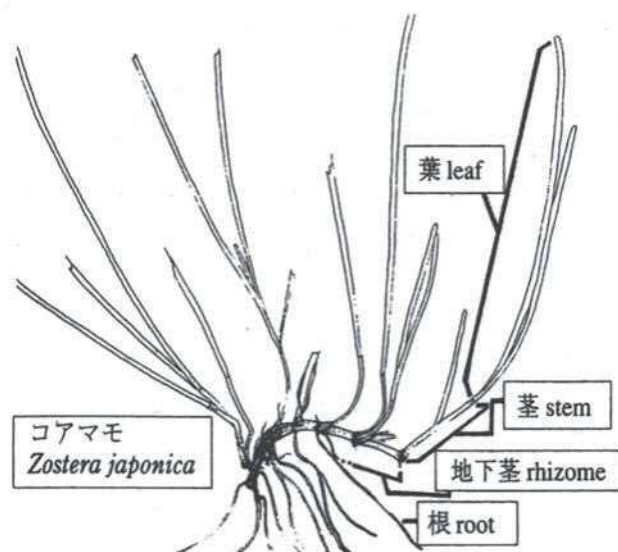


図3 コアマモの形態<sup>8)</sup>

<sup>1)</sup> 塩分濃度の表記について：文献21では、塩分の表記についての概説を述べており、塩分の表記は、無次元が一般的であることが示されている。また、文献22では、塩分は無次元であるが、水温等と区別するためにpsuという単位を用いると表現している。本稿では塩分31というような表記を用いる。

表1 実験Runの主な内容

	実験内容	温度 ↓ °C	照度 ↓ lx	干出	実験開始日	観察期間
Run1	温度変化実験	23.0	3000	なし	2009/02/14	13 日間
Run2	温度変化実験	16.5	3000	なし	2009/02/27	15 日間
Run3	温度変化実験	23.0	3000	なし	2009/04/03	14 日間
Run4	温度変化実験	16.5	3000	なし	2009/04/15	34 日間
Run5	塩分変化実験	23.0	3000	なし	2009/05/22	31 日間
Run6	塩分変化実験	10.0	3000	なし	2009/08/25	22 日間
Run7	干出状態変化実験	23.0	3000	なし	2009/10/01	11 日間
Run8	干出状態変化実験	23.0	3000	あり	2009/10/01	11 日間

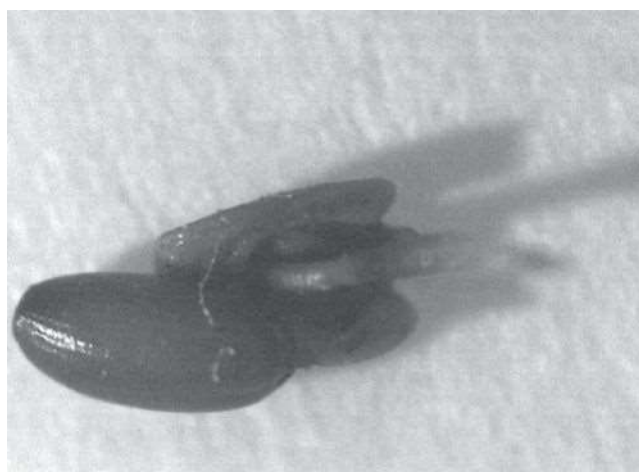


図4 外皮が破れ胚が出現した種子

の温度で2回ずつ発芽実験を繰り返したことになる。

発芽の判断においては、目視により、種子の外皮が割れ<sup>13)</sup>、胚の出現が確認されるものを発芽した種子とした(図4)。

さらに、発芽した種子の一部をTTC水溶液(0.1%塩化2, 3, 5-トリフェニルテトラゾリウム)中におき、赤色に染色されたことから発芽活性があることを確認した<sup>13)</sup>。

照度は3000Luxで固定した。その他の実験の内容のうち、開始時間と観察期間は表1に示した。

#### 2-4 塩分変化実験

23.0℃(Run5)と10.0℃(Run6)の2つの温度を設定した。温度変化実験と同じ5穴のマルチプレートの4穴に、それぞれ7.5, 15.0, 22.5, 30.0の4つの塩分濃度の試水を10ml添加し、5粒の種子を浸潤させた。

発芽は胚の出現によって確認した(図4)。

照度は3000Luxで固定した。Run5とRun6の実験内容のうち、開始時間と観察期間は表1に示した。

#### 2-5 干出実験

23.0℃の温度を設定し、5穴のマルチプレートの2穴にそれぞれ、10粒の種子を添加し、干出なし(10mlの超純水に浸潤させ続けた)の実験(Run7)と、干出あり(1日おきに注水、排水を繰り返した)の実験(Run8)を行った。

干出ありの場合、マルチプレートの1穴から種子を取り出し、キムワイプで軽く水分を拭き取ってから、マルチプレートに戻し、水分を加えずに放置した。これを干出と読んだ。その翌日にマルチプレートに10mlの超純水を注水した。

干出なしの場合には、マルチプレートの1穴に、10粒の種子を10mlの超純水に浸潤させ続けた。Run7とRun8の他に、2日おきに干出を行った場合、3日おきに干出の場合の発芽率を調べた。この報文では考察の中で結果に関連することを述べることであり、方法と材料、結果では詳しくは述べてない。

照度はいずれにおいても3000Luxとした。Run7とRun8の実験内容のうち、開始時間と観察期間は表1に示した。

#### 2-6 発芽後培養実験

2-3で述べた温度変化実験において、発芽した種子をガラスシャーレに移し、その後の根の成長を観察した。この観察はRun1～Run3において行った。

さらに、より現実的な培養実験を行うために、松島湾で砂と海水を採取し底質を設定した。発芽した後の



種子を底質の上におき、2つのポンプと水量コントローラーを用いて潮の干満の再現を行った場合と行わない場合の成長の差を観察した。干満は6時間おきに満潮・干潮とした。

潮の干満を再現する場合には、100mlの海水を蓄えたコニカルビーカと排水用のコニカルビーカを用意し、12時間に1回ずつ20分間かけて20mlずつ排水・注水を行った。コニカルビーカ中の海水は2日に一度交換した。

### 3. 結 果

#### 3-1 温度変化実験

図5にRun 1からRun 4の結果を示す。設定された温度範囲では最終的な発芽率には大きな差は現れなかった。またRun 4の場合には発芽の速度がきわめて遅く、他のRunと同様の発芽率を得るためには長期の時間を要した。

#### 3-2 塩分変化実験

Run 5においては、塩分濃度が7.5の時のみ、20%の発芽率が記録された。Run 6においては、全ての塩分濃度において発芽が見られなかった。

#### 3-3 干出実験

Run 7においては、実験開始と同時に3粒の種子の発芽が観察されたが、その後は発芽しなかった。Run 8においては、発芽は観察されなかったが、実験最終日に1粒の種子に割れ目が観察された。

#### 3-4 発芽後成長実験

Run 1～Run 3のいずれにおいても、発芽後に根の成長が見られた(図6)。根の長さは、概ね1cm～数cmに達するものもあった。

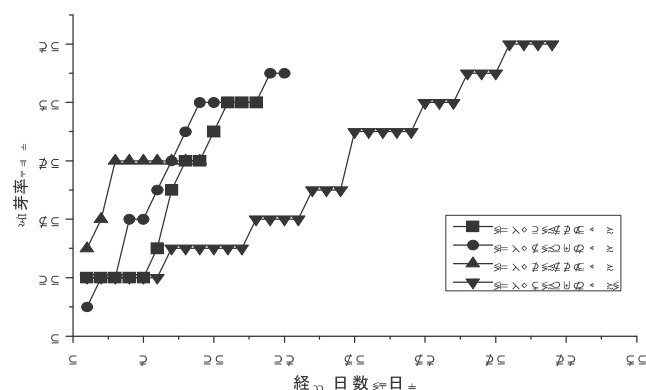


図5 温度変化と発芽率

干満の再現を行った場合と行わなかった場合については、いずれにおいても、種子の成長は観察されなかった。

### 4. 考 察

#### 4-1 発芽に関する影響因子について

発芽率に与える温度の影響は設定した温度範囲の中では大きな差は見られなかった。使用した人工気象器の可能設定温度の下限(安定性が確認できる限界)が10.0℃であり、低温度の領域のテストをすることができなかった。

一方、本研究と並行して行った暗条件での種子保存実験<sup>20)</sup>では、4℃で種子を保存しようとした実験系内では23℃で種子を保存しようとした系よりもよく発芽が起こることが確認されており、本研究で用いた株の場合には低温度の方が発芽に適している可能性が示唆された。既往の文献においても、10℃と15℃の発芽実験において、10℃の方が高い発芽率を示しているものがあり<sup>22)</sup>、低温において発芽活性が高まる可能性が示されている。但し、この報告では種子発芽率ではなく子葉出現率という表現が用いられている。実験系にも本研究で用いたものとは違いがある(後述)。

本報告で示した発芽実験では照度を変化させていないが、他の報告においては照度を制御せず屋外水槽で培養を行った場合の発芽を確認しており<sup>11)</sup>、照度の制御が重要な影響因子ではない可能性がある。上述したように、種子保存実験<sup>20)</sup>では、暗条件でも発芽が見られた。照度は発芽に大きな影響を与えない可能性が示唆されていると考える。

塩分は重要な因子だと考えられる。一番低い塩分で

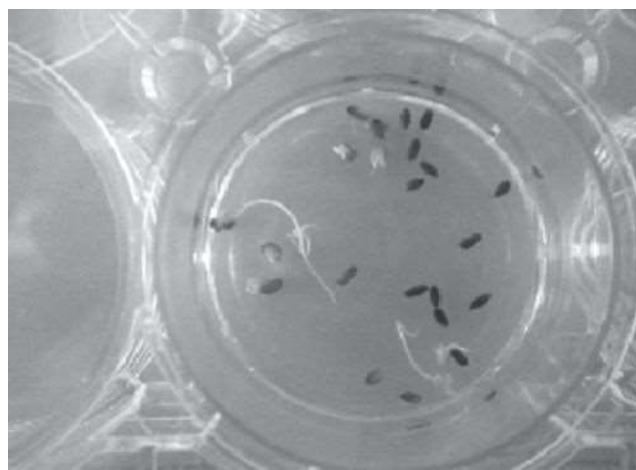


図6 発芽後の根の成長

ある7.5の場合のみ発芽が記録された。既往の文献でも低塩分（7.5）ほど発芽率（前述のように子葉出現率）が高いことを示したものがある<sup>22)</sup>。この報告で示されている発芽率（前述のように子葉出現率）は最大でも30%程度であり、本報告で示された40%を超える発芽率（図5）よりも低い。このことから、最適な塩分濃度は、既往の報告<sup>22)</sup>や本研究で設定した塩分7.5よりもっと低い可能性がある。現実には温度変化実験として行ったRun 1 からRun 4 は淡水（超純水）を用いたものであるが、少なくともRun 3 までは早期に高い発芽率が示されている。

低塩分での発芽率の高さを示した既往の文献<sup>22)</sup>では、アマモ種子の発芽促進を目的とした他の文献<sup>13)</sup>を参照し、淡水処理（発芽実験前に種子を淡水に浸潤させる操作）を行っている。この影響は大きいと考えられる。この文献<sup>22)</sup>では塩分35では淡水処理を行っても発芽がなかったことが報告されている。コアマモが汽水性の生物であることを考慮すれば、本報告で行った淡水に近いほどの低い塩分濃度が発芽に適している可能性は高いと考える。

干出はコアマモに特異な現象であり、ある意味ではコアマモの生態学的優位性を示すものとも考えることができる。しかし、1日おきの干出の有無の実験では、発芽率に差が出なかった。干出なしの場合の初日に3粒の発芽があったが、これは人工気象器に入れる前に観察されたものであった。したがって、この結果は、干出なしの場合の有利さを表すものではない。2日おき、3日おきの干出の有無を比較した場合にも、差は現れなかった。草体株全体を培養した実験<sup>16)</sup>においても、干出はコアマモの成長にとって必ずしも有利な条件ではないことが示されている。

Run 8 では実験の最終期に1粒の種子に割れ目が見られた。この割れ目が種子の発芽につながるものであるかどうかは本研究では確認できなかったが、割れ目が出来た瞬間に適切な水分が供給されれば、発芽へとつながった可能性はあると考える。種子は花枝から落下した後、潮流等で運ばれて違う場に漂着することが考えられ、漂着場の条件にもよるが、潮の干満に伴う1日未満の乾燥と湿潤よりも長い間隔での乾燥を経る可能性があり、本研究で行った1日間隔の干出実験は意義があると考えられる。

2日間、3日間の干出を行った実験では、割れ目すらできなかった。1日間の干出でも割れ目から発芽が起こらなかったことから、2日間以上の干出はコアマ

モの種子の発芽においては、否定的な因子である可能性が高い。

発芽実験に用いるろ過海水の特性は重要な因子である可能性がある。発芽実験において、我々は種子を獲得した桂島ではなく七ヶ浜の海水をろ過して供した。材料と方法で示したように、桂島と七ヶ浜では海水の水質は似通っていた。このことが低塩分で発芽が示された理由である可能性がある。一方、種子を獲得した場所とは違う場所の海水を使い、発芽を確認している研究もある<sup>11)</sup>。しかし、地理的に2つの場所は近い。今回の実験では、違う特性の（ろ過）海水を用いた発芽実験を行っていないので、断定はできないが、海水の特性が種子の発芽と後で述べる発芽後の成長に影響を与える可能性はあると考える。

種子の採取地の影響について、発芽期の温度に注目してみる。コアマモの生活史は図7のようであると言われている。この図に示されるように、コアマモの発芽期は3月から5月である。この期間の海水の水温は、種子を採取した桂島ではないが、同じ松島湾の寒風沢島の水温データ<sup>23)</sup>によれば、2003年から2010年において、3月は6.1~8.1℃、4月は9.2~11.7℃、5月は14.3~16.6℃である。この3月から5月の海水水温は、16.5℃に設定したRun 2 で高い発芽率が得られたこと（図5）、さらに上述したように、別途行った、種子保存実験<sup>20)</sup>では、4℃において暗条件で保存した種子の多くが発芽したと大きく矛盾しない。より多くの温度帯を設定した実験が必要であるが、発芽期の温度と種子採取地の温度には関連があると考えられる。

種子の保存状態は発芽特性に大きな影響を与えると考える。2. 材料と方法で述べたように我々は発芽実験用の種子の保存時に水替えをしなかった。おそらく

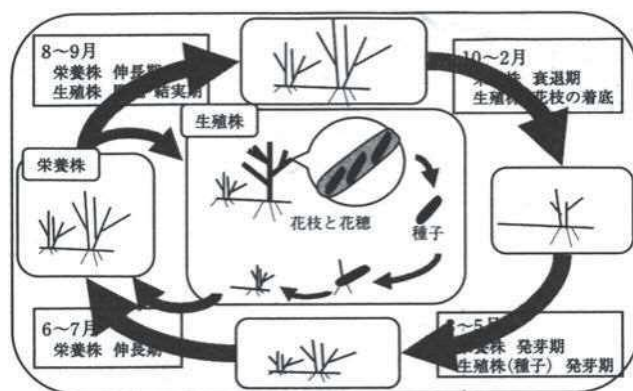


図7 コアマモの生活史<sup>8)</sup>

その結果であると考えられる現象は実験Runを時系列でとらえてみると明確になる。すなわち、時間の経過とともに、発芽率は落ちている。Run 4以降にこの傾向は顕著である。

例えば、同様の塩分条件を設定したRun 5とRun 6では、これまでの解析で示されているように好適な条件とみられる低温であるにもかかわらずRun 6での発芽がなかった。2つのRunに時間的なずれがあることは保存していた種子の活性が落ちたことが原因ではないかと考えられる。

アマモを用いた既往の文献<sup>24, 25)</sup>においても、本実験で用いたような高温 (20.0℃程度) で種子を保存した場合の種子の変化が指摘されている。文献24では20.0℃で保存した場合、週に一回水替えをしても、殺菌しない限り、種子の発芽と生物学的損失が起こったと述べている。また、文献25では同じく20.0℃で保存した場合、20日おきに水替えをしても、生物学的損失が起こったと述べている。

他の既往の報告<sup>14)</sup>では、保存中の種子に關与する生物的反応は溶存酸素量を低下させ、発芽を高めるといふ現象が示されており、その可能性は文献25でも指摘されている。種子の保存状態は発芽実験における重要な因子であると考えられる。

#### 4-2 発芽後成長実験について

発芽後成長実験において、Run 1～Run 3においては根の成長が見られたにも関わらず、より現実的な海域環境を再現することを目指した実験 (底質を与え、潮汐の干満の差を再現した実験) では、根の成長が見られなかった。

その原因としては2つのことが考えられる。我々は松島 (コアマモの群落はない浜辺) の砂を底質として用いたが、既往の研究<sup>14)</sup>で示されているように、腐葉土などを添加する必要がある可能性がある。しかしコアマモの草体株全体を用いた生育実験<sup>15)</sup>では、以下のことが示されている。

- ①有機物由来の栄養塩が多い底質の場合には、コアマモの成長が良い。
- ②コアマモは泥地や砂泥地に生え、砂利地や砂礫地には生えないとされてきたが、粗い底質でもコアマモが生育する。

②は、我々の用いた砂を主にした底質においてもコアマモの成長が認められ得る事を示している。このことは、違う文献<sup>22)</sup>でも、肯定されている。すなわち、

粗い粒径の底質でも栄養塩の供給を行えばコアマモの成長が認められるということである。

我々も、粗い砂を種とした底質を用いたが、海水に栄養塩を添加している。栄養塩は潮汐を再現した水位の変動を通じて、底質に移行すると考えられる。したがって、発芽後培養実験で根の成長が見られなかった理由は、底質の影響ではないと考える。

したがって、根の成長が見られなかった理由の1つとして示唆されるのは、時間の経過による種子の変質である。発芽後の根の成長が見られたRun 1～Run 3から、潮汐の干満条件を再現した実験には一年以上時間が経過している。この状態の種子においては、発芽する活性は保持されていても、その後に根を成長させる活性は保持されていなかったのではないかと考える。

#### 4-3 本研究での実験についての課題

本研究では、コアマモの再生を目指すという観点から、発芽とその後の根の成長について室内実験をおこなった。

発芽実験を行った系について検討すべき事は、発芽の媒体がろ過海水だけでよいかということである。

既往の文献<sup>1, 14, 22)</sup>では、我々が行ったように海水中に種子を浸潤させる方法ではなく、土壤中に種子を埋没させる方法をとっている。種子には、発芽時に十分な栄養があると考えられ、したがって、発芽に関してはろ過海水以外には補足的な栄養は必要ではないと考えた。しかし、既往の文献にしたがった実験を行うことも必要であると考えられる。

発芽が起こったという判断の下し方について、さらに明確な基準が必要かもしれない。我々は視覚的に発芽を判断したが、時には種子の輪郭が不明瞭になるような状態が観察された。この状態は、保存していた種子における変質 (2-1参照) と同様に発芽に寄与しない種子として扱ったが、この現象は既往の文献<sup>14)</sup>で指摘された生物的反応に伴う発芽の生起の可能性もあると考えられる。種子の輪郭が不明瞭になる現象は、筆者らが知る限りでは報告されていない。種子を埋没させず、ろ過海水中における発芽実験を行ったことにより明確になった状態であると考えられる。さらなる検討が必要な事項であると考えられる。

発芽後成長実験を行った系についての課題として一番大きいものは、淡水 (超純水) で発芽させた後の種子を底質の上において、干満の差の影響を見ようとし



たことである。発芽は底質の中で種子の状態から行う方が望ましかった可能性がある。あるいは発芽後の種子を底質に移植する方法<sup>26)</sup>をとる必要性もあると考える。しかし上述のように淡水処理が有効であることなどから、淡水条件からの成長をさらに検討する必要があると考える。

種子の保存において、水替えを行わなかったことから、発芽実験用の種子が不足し、緊急の対策として、発芽実験で発芽させた種子の成長を続けて観察することとしたが、種子の保存法に配慮した上で、十分な種子と海水を確保し、同様の実験を繰り返すことが望ましい。

## 謝 辞

本実験を行うに当たり種子の採取から実験の進行までの様々な過程で一貫して貴重な支援を戴いた東北大学大学院工学研究科土木環境工学専攻環境生態工学研究室の長濱祐美博士に深甚なる謝意を示します。当研究室の他のスタッフにも大きな支援を受けたことを示します。また、種子の追熟を行う際の、明暗周期の切り替えは、宮城大学防災センターのスタッフによって行われました。また、本研究を行うに当たり、実験の実施に大きく寄与された櫻井里奈さん（元宮城大学食産業学部）に謝意を示します。本研究は主に宮城大学研究補助金によって行われました。実験に用いた人工気象器の購入においては財団法人建設工学研究振興会の支援を受けました。

## 摘 要

人工気象器を用いた実験により、コアマモ (*Zostera japonica*) の発芽と発芽後の成長に与える影響因子について考察した。温度は低温の方が発芽率を高めていた。照度は発芽率に影響を与えない可能性が高かった。塩分は発芽率に大きく影響を与え、特に淡水に近い低塩分の状態がコアマモの発芽に適していることが示された。干出はコアマモが他の海草との競合をする上で有利な点と考えられることも考えられるが、適当なタイミングで水分が供給されないと発芽には至らない事が示された。発芽実験に用いる海水の特性が発芽率に影響する可能性は否定することが出来なかった。種子の採取地の発芽期の水温は発芽率に関連があると考えられた。発芽実験用の種子の保存状態は発芽率に大きな影響を与えることが示唆された。発芽後培養実験では、種子の採取直後には、1 cm～数cmにわたる根の成長を

見ることが出来たが、それから約1年以上経過した後に行った、砂を主な底質とし、かつ潮汐を再現した発芽後培養実験では根の成長を見ることが出来なかった。既往の文献における底質の状態との比較により、種子の保存状態が影響を与えている可能性が示唆された。

## 参考文献

- 1) Abe, M., K. Yokota, A. Kurashima and M. Maegawa (2009) Temperature characteristics in seed germination and growth of *Zostera japonica* Ascherson & Graebner from Ago Bay, Mie Prefecture, Central Japan, *Fish Sci.*, **75** : 921–927
- 2) Bulthuis, D. A. (1995) Distribution of seagrasses in a North Puget Sound estuary: Padilla Bay, Washington, USA, *Aquat. botany*, **50** : 99–105
- 3) Huong, T. T. L., J. E. Vermaat, J., Terrados, N. V. Tien, C. M. Duarte, J. Borum and N. H. Tri (2003) Seasonality and depth zonation of intertidal *Halophila ovalis* and *Zostera japonica* in Ha Long Bay (northern Vietnam), *Aquat. botany*, **75** : 147–157
- 4) 井上千鶴, 田中次郎, 南雲保 (2005), 千葉県館山市沿岸産コアマモの現存量の季節変化, *日本歯科大学紀要*, **35** : 65–67
- 5) Lee, S. Y., J. H. Oh, C. I. Choi, Y. Suh and H. Mukai (2005) Leaf growth and population dynamics of intertidal *Zostera japonica* on the western coast of Korea, *Aquat. botany*, **83** : 263–280
- 6) Lee, S. Y., J. B. Kim and S. M. Lee (2006) Temporal dynamics of subtidal *Zostera marina* and intertidal *Zostera japonica* on the southern coast of Korea, *Mar. Ecol.* **27** : 133–144
- 7) 上出貴士 (2007) 和歌山県田辺湾内及び内之浦の潮間帯に生育するコアマモ *Zostera japonica* の年間純生産量とC, N, Pの年間蓄積量, *Nippon Suisan Gakkaishi*, **73** : 851–858
- 8) 楠田哲也, 山本晃一 (2008) 河川汽水域—その環境特性と生態系の保全・再生—, 技報堂出版株式会社
- 9) 矢野米生 (2003) 絶滅危惧種「コアマモ」の移植に関する試み—中津港海域環境調査—, *土木施工*, **44** : 8–14
- 10) 宮本康, 九鬼貴弘, 初田亜希子, 國井秀伸 (2008)



- 中海におけるコアマモ *Zostera Japonica* の移植技術の検討 (予報), *LAGUNA* (汽水域研究), **15**: 83–89
- 11) 国分秀樹, 私信
  - 12) 長濱祐美, 野村宗弘, 中野和典, 木村賢史, 西村修 (2007) コアマモ群落の環境特性と底生動物に及ぼす影響, *土木学会誌論文集G*, **63**: 233–240
  - 13) 山本克則, 小河久朗, 吉川東水, 難波信由 (2006) アマモ種子における塩分および温度制御による発芽促進効果, *水産増殖*, **54**: 347–351
  - 14) 川崎保夫, 飯塚貞二, 近藤弘, 寺脇利信, 渡辺康徳, 菊池弘太郎 (1988) アマモ場造成法に関する研究, *電力中央研究所報告書U14*, pp. 229
  - 15) 中瀬浩太 (2007) アマモ場造成, 日本大学現代GPウェブサイト,  
<http://www.ggp.cst.nihon-u.ac.jp/seiho006.html>
  - 16) 池上裕輔, 野村宗弘, 長濱裕美, 中野和典, 西村修 (2008) コアマモの生育に与える干出時間及び底質の影響, *環境工学論文集*, **45**: 81–88
  - 17) Harrison, P. G. and R. E. Bigly (1981) The recent introduction of the seagrass *Zostera japonica* Aschers. And Graebn. To the Pacific coast of North America, *Can. J. Fish Aquat. Sci.* **39**: 1642–1648
  - 18) Larned S. T. (2003) Effects of the invasive nonindigenous seagrass *Zostera japonica* on nutrient flux between the water column and benthos in a NE Pacific estuary, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **254**: 1642–1648
  - 19) 月館潤一, 高森茂樹 (1979) コアマモの生長様式について, *藻類*, **27**: 91–94
  - 20) Kishima, J., S. Harada and R. Sakurai, Suitable water temperature for seed storage of *Zostera japonica* for subtropical seagrass bed restoration. *Ecological Eng.*, in press
  - 21) 例えば,  
<http://members3.jcom.home.ne.jp/mag-hu/Tsunogai/01A-Kagaku/79PSU.htm>
  - 22) 越川義功, 中村華子, 田中昌宏, 小河久朗 (2007) コアマモ場再生を目指した草体増殖および種子発芽特性の検討, *海岸工学論文集*, **54**: 1076–1080
  - 23) 第二管区海上保安本部,  
<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN2/kaisyo/suion/suion.html>
  - 24) 深津章史 (2008) 海草アマモ種子の生理特性から見た長期保存技術の検討, *三重大学大学院修士論文*, pp. 31
  - 25) 草加耕司 (2009) 水温管理によるアマモ種子短期保存, *岡山水産報*, **24**: 40–43
  - 26) 国分秀樹, 森田晃央, 宮松亜美, 前川行幸 (2010) コアマモの地下茎文枝に及ぼす地盤高と底質の影響, *土木学会論文集B2 (海岸工学)*, **66**: 1206–1210