

アマモ種子の埋没深度と発芽の関係*¹

福田 富男・植木 範行

Relation Between Germination and Depth of Seeding *Zostera marina* Seed

Tomio FUKUDA and Noriyuki UEKI

Abstract

Suitable depth of seeding was examined to construct a *Zostera marina* bed by a seeding method. The mechanism by which seed penetrates into the sea bottom mud was estimated in the experiment.

Just after germination, seeds which were buried more deeply than 20mm gave rise to a coleoptyl (containing shoot origin) and a hypocotyl grew toward to the surface of the bottom mud. Finally, the shoot grew at a specific depth with suitable surrounding conditions. In *Zostera*, the root tip of the shoot moved to a suitable depth from the various depth of being germinated. Almost all seeds which were exposed completely on the bottom surface did not germinate, while those which were slightly buried in the bottom mud germinated and grew. The root tip of the shoot gradually penetrated the bottom mud accompanying the seed. Seed which is spread onto the sea bottom from flowering turion or spadix will be buried gradually by some physical factors. Then, the results of this experiment will explain one part of the mechanism of seed penetration into the bottom mud.

However, the observation of natural seedling samples suggested that seeds might penetrate into the bottom by themselves. Therefore, the mechanism of penetration of seeds should be studied, with consideration of form of seed, current and tidal influence.

キーワード：アマモ，種子，播種深度，発芽

播種によりアマモ *Zostera marina* 場造成を行う場合、播種深度はかなり重要な問題となる。また、天然で採取したアマモの実生苗を観察した結果、ほぼ一定の深度から発芽しているか、あるいは一定の深度にある種子のみが発芽したように思われる。その値は既に報告しているように¹⁾ 海底面下15~20mmであると推察される。一般的には種子は花枝、あるいは花穂の状態で浮遊し、やがて成熟して海底面に落下するものと思われるが、海底表面に落下した種子がどのような機構で、前述した約20mmも埋没していくのか不明であり、これらの問題に

ついて検討するため、陸上水槽で実験を実施し、若干の考察を行ったのでここに報告する。

方 法

試験は陸上水槽において流水状態で実施した。試験に使用したアマモの種子は1994年6月に岡山県和気郡日生町地先海面において採取・熟成させ、試験開始まで冷蔵庫内で保存した。

試験は2組実施した。試験1はFig. 1に示すように海底泥を約50mm敷き、播種深度0, 10, 20, 30mmの

*1 この研究の概略は平成7年度日本水産学会中国・四国支部大会で発表した。

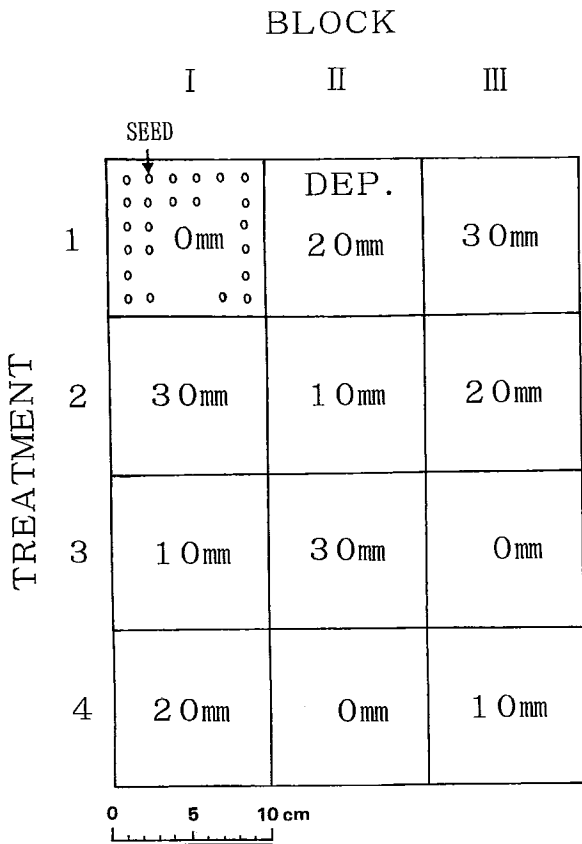


Fig. 1 Schematic diagram of experimental layout (Experiment-1), using randomized block design. Seeding layers varied over four depths (0, 10, 20, 30mm) from surface of mud.

4 処理区を設定し発芽と生長を追跡した。試験配置は3ブロックによる乱塊法を採用し、解析は分散分析法を用いて、危険率5%で有意差などを検討した。試験は'94年12月15日~'95年6月12日に実施し、水温範囲は6~20℃であった。

試験2はFig. 2のように完全無作為化法による処理を実施し、種子全体が試験地表面上に露出したA区と種子全体が地表面と同じ(短径方向)になるまで押し込んだB区を設定して、発芽と生長を追跡した。試験は'95年2月3日~6月12日に実施し、水温範囲は6~20℃であった。以後便宜的にA区を表在区、B区を埋め込み区と呼ぶ。

Fig. 3に播種後50日目の実際のアマモ実生苗のさく葉標本を拡大コピーしたものを示した。なお、播種後の日数を以後DAS (Days After Seeding)と呼ぶ。種子からの発芽、幼芽鞘、子葉始原、子葉、葉体の伸長などについては新崎^{2, 3)}が詳細に記述しており、本報の観察もほとんど同様である。葉体は全体として約40~50mmに生長しており、子葉基部から種子まで約5~10mmの胚軸(中抜き矢印)が観察される。また、更に子葉基部両脇2方向に胚軸(黑色矢印)が生えかけている

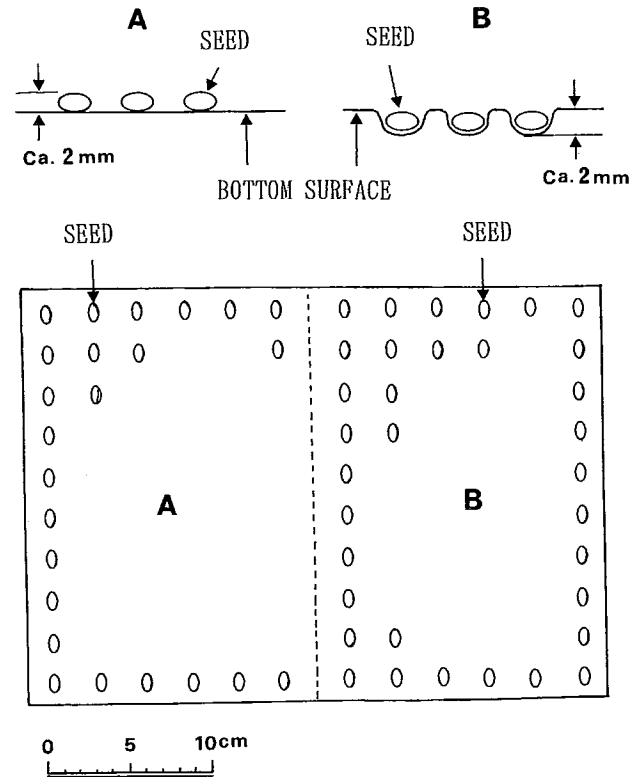


Fig. 2 Schematic diagram of experimental layout (Experiment-2), using completely randomized design. Seeds were exposed completely on the mud at block A, and seeds were slightly buried being just same level of minor axis diameter of seed at block B.

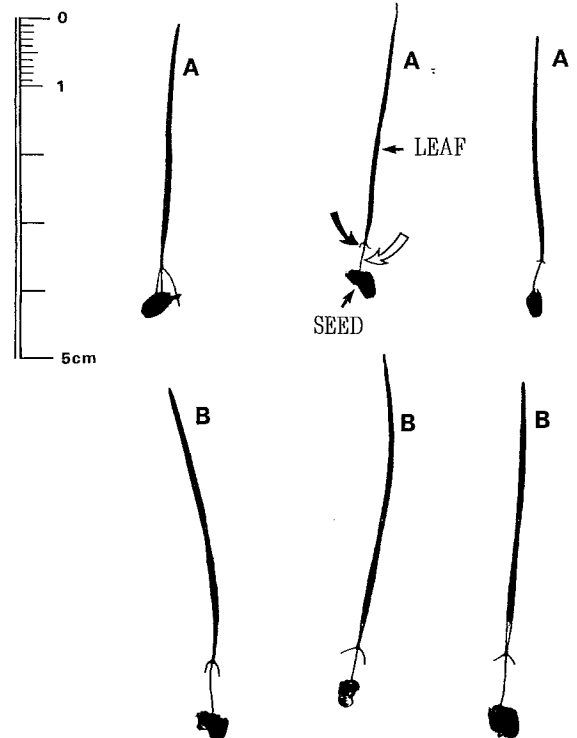


Fig. 3 Silhouettes of actual seedlings on February 3rd, 1995 (50 Days After Seeding; DAS). A: Seedlings that germinated from seed buried at a depth of 20mm. B: Same seedlings from 30mm depth. Curved open arrow shows hypocotyl from seed to the root tip of shoot. Curved solid arrow shows bud of hypocotyl beside the root tip of shoot.

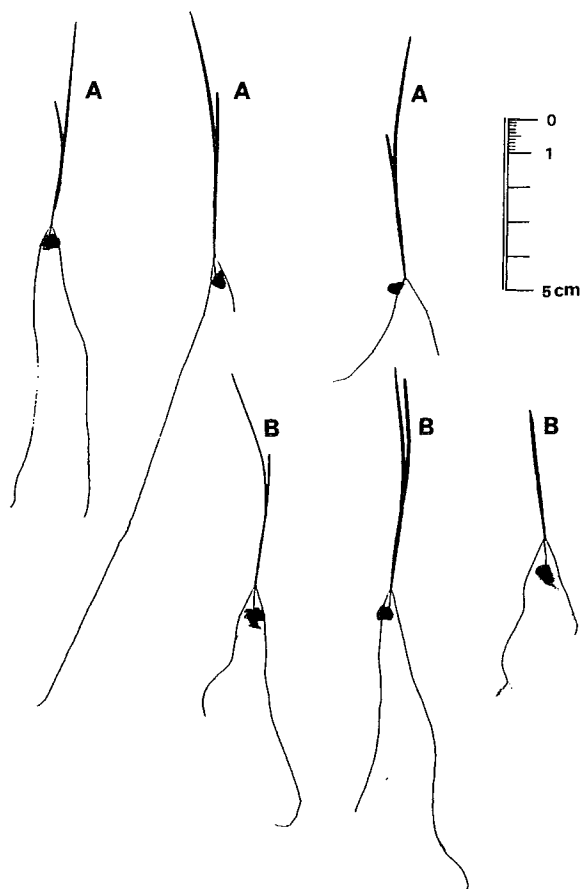


Fig. 4 Silhouettes of actual seedlings on March 7th, 1995 (84DAS).
A:Seedlings germinated from seed buried at a depth 20mm. B:Same seedlings at 30mm depth.

のが観察される。

Fig. 4 はDAS84の実生苗を示し、子葉基部から種子までの胚軸部分はほとんど生長していないが、子葉基部両脇部分の胚軸はかなり生長しているのが観察される。葉体も60~70mmに成長している。

上述した内容をFig. 5に模式的に図示した。実生苗の子葉基部から葉先端部へ向けて白色部分の長さを α (mm)とし、胚軸の長さを β (mm)として測定した。また、最長葉長と湿重量も測定し、以後最長葉長をL、湿重量をWと呼ぶことにする。

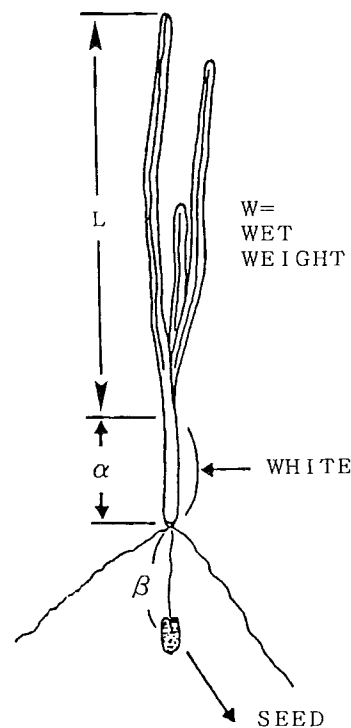


Fig. 5 Schematic diagram of seedling. α is the length of stem which is white-colored. β is the length of the hypocotyl from seed to root tip of shoot.

結 果

1. 試験1の結果について

播種深度0mm区を除き、10、20、30mm区とも、時間の経過に従ってアマモの発芽成長が認められた。0mm区での発芽は、全期間を通じてDAS84において2本のアマモが認められただけであった。

Table 1にDAS50, 84, 119における $\alpha + \beta$, α , L, Wについて分散分析のF値を示した。結果のF値を検討すると、処理間では全て有意差が認められ、ブロック間ではすべて有意差が認められないことがわかる。ブロック間で全て有意差が認められないことから、得られた結果は配置による種子の良否、流れ、光など環境他の諸要因は全て排除されていると言える。

Table 1 Changes of F-value among each treatment and block with the time (Days After Seeding, DAS), showing significant differences.

DAS (Days)	Date (Y/M/D)	$\alpha + \beta$		α		L		W	
		Treat.	Block	Treat.	Block	Treat.	Block	Treat.	Block
50	'95/02/03	144.63*	2.90	105.80*	5.14	57.81*	2.60	40.00*	1.80
84	'95/03/09	53.78*	0.09	16.74*	0.02	7.70*	0.91	8.31*	0.48
119	'95/04/13	210.57*	2.25	40.68*	3.62	40.18*	0.39	38.00*	2.98

F (3, 6 ; 0.05) = 4.75 (Treatment), F (2, 6 ; 0.05) = 5.14 (Block)

[*] shows significant difference at 5% level of significance.

Table 2 Comparison of each treatment mean at 5% level of significance by least significant difference. [○ ○] shows significant difference, [○ ○] shows no difference.

DAS (Days)	Date (Y/M/D)	$\alpha + \beta$				α				L				W				
		Treat.	0	10	20	30mm	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30
50	'95/02/03		○	○	○	○	●	●	●	●	◎	◎	◎	◎	○	○	○	○
84	'95/03/09		○	○	○	○	●	●	●	●	◎	◎	◎	◎	○	○	○	○
119	'95/04/13		○	○	○	○	●	●	●	●	◎	◎	◎	◎	○	○	○	○

処理区間の有意差を最小有意差法により多重比較した結果をTable 2に示した。○ ○のように線でつながれているものどうしは有意差が認められないことを示す。これによると、 $\alpha + \beta$ はDAS50~119まで全ての処理で有意差が認められ、 α のみでは主に20と30mm区の間で差が認められない。L、Wは全期間とも0mm区を除き10~30mm区の間で有意差は認められなかった。以上を総合すると、Table 1の処理区間で有意差が認められたのは、大部分が0mm区が他の処理区と差があったためであると分かる。また、 $\alpha + \beta$ は全ての処理区間で差があるが、 α のみは差が認められない区もあることになる。

Fig. 6は各処理におけるL (A), W (B)の平均値を表示し、更にDAS179の結果を加えて示した。DAS179は標本が少なく分散分析できなかったので単純平均値を使用している。L、WともDAS119までは0mm区を除き生長に差は認められないことが分かる。DAS179になるとWでは、ややばらつきが大きくなる。

Fig. 7は各処理における $\alpha + \beta$ (A), α (B)の

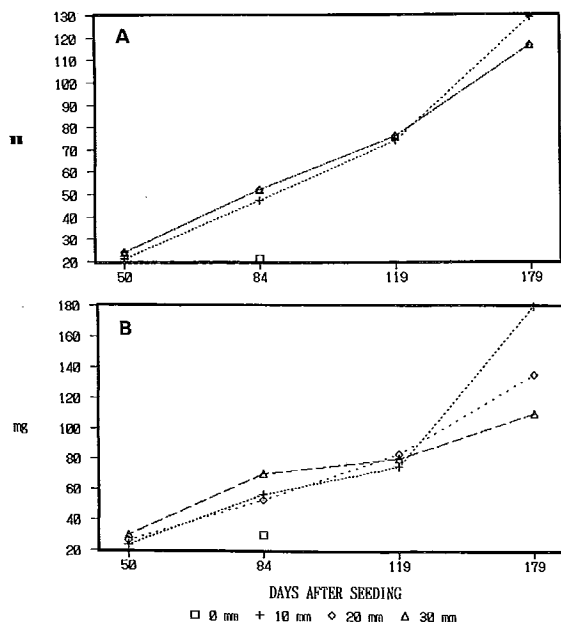


Fig.6 Gradual changes in the means of max leaf length(A) and the mean of whole wet weight(B). X-axis shows DAS, both figures.

平均値を示している。 $\alpha + \beta$ はDAS119まではほとんど変化がなく、播種深度によって差が認められるが、DAS179では差が少なくなる。 α のみは0mm区を除き次第に変化が現れ、少なくとも20、30mm区は根幹長が短くなっているように見える。そして10mm区も加えてDAS179を平均した約13mmに次第に近づくように思われる。いずれにしても発芽後も根端は生長に伴って移動し、深度を変えていくと考えられる。

2. 試験2の結果について

表在区では全く発芽が認められず、試験1の結果も含め地表面に完全に露出した種子は発芽しないことが明らかになった。一方、埋め込み区の種子は周辺の泥がくずれて落ちるのか、種子自体の作用なのか判断としないが、次第に埋没し、表面上は目視観察できなくなる。その後、発芽が認められ、次第に生長していく。

埋め込み区で発芽が認められたものについて、L(A), W(B)の変化を Fig. 8に示した。横軸は発芽後の

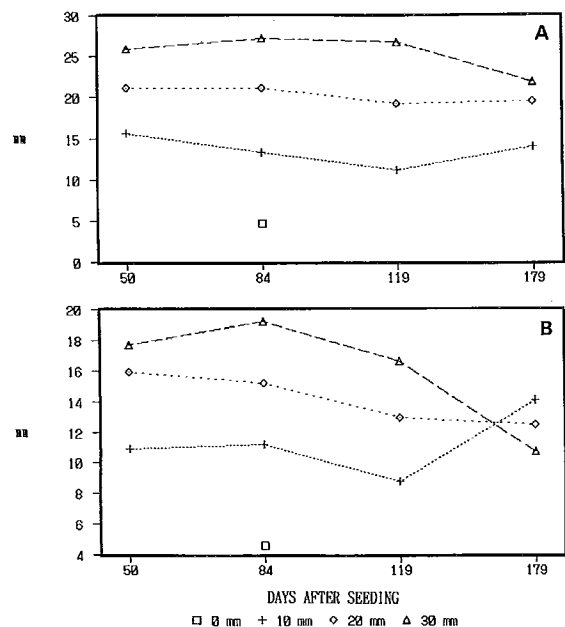


Fig.7 Gradual changes of the means of $\alpha + \beta$ (A) and the mean of α (B) only. X-axis shows DAS, both figures.

日数を示している。播種後日数DASと区別するため、以後、発芽後の日数をDAG (Days After Germination) と呼ぶことにする。図に示されるようにL, WともはDAGの変化に伴い大きくなっており、順調な生長が認められる。

発芽がほぼ同時期の個体についてDAG15と73(A), DAG10と68(B)における α , β を比較しFig. 9に示した。左斜線が $\alpha + \beta$, 右斜線が α のみの結果を示している。図から明らかなように α のみ、 $\alpha + \beta$ ともに発芽後の時間経過に伴い値が大きくなっている。このことは種子は表面とほとんど変わらない部分で発芽しており、その後生長に伴い種子と根端が底泥中に深く埋入していくことを示しているものと考えられる。更に、胚軸長の

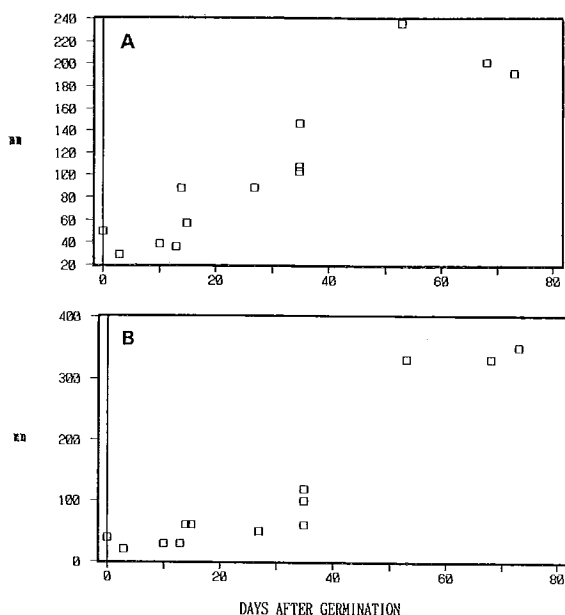


Fig. 8 Gradual changes of max leaf length(A) and whole wet weight(B). X-axis shows Days After Germination(DAG), both figures.

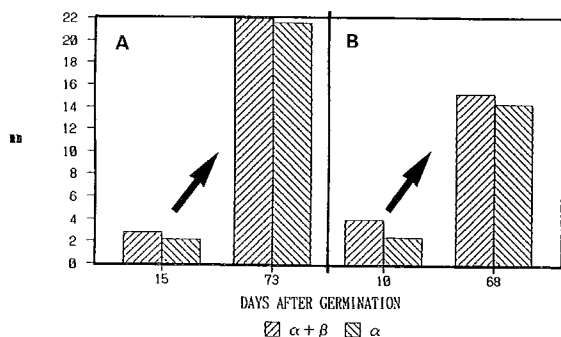


Fig. 9 Comparisons of the length of $\alpha + \beta$ (left declined hatch) and α (right declined hatch) only, between seedlings those germinated almost same time. X-axis indicates DAG. A shows comparison between DAG 15 and 73, B shows one of DAG 10 and 68.

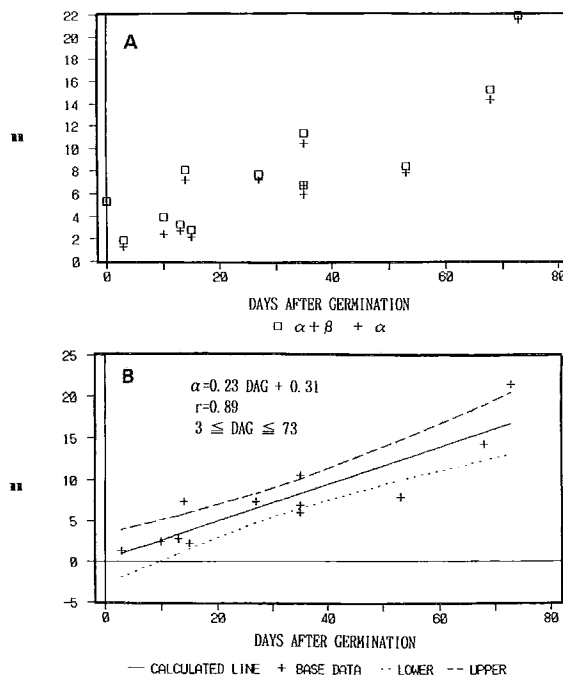


Fig. 10 Gradual changes of $\alpha + \beta$ and α only(A) and regression line of α and its confidence interval(B). Level of significance is 5%. X-axis shows DAG, both figures.

値 β は小さく、また、時間が経過しても延びていないことが図から読み取れる。

Fig. 10にDAGと α , β の変化を图示した。Aが $\alpha + \beta$ および α のみの変化を示し、Bは α とDAGの相関関係についてその単回帰直線と信頼範囲を求めたものである。このように、 α は生長に伴い次第に長くなり、少なくともDAG73までは

$$\alpha = 0.23 \text{ DAG} + 0.31$$

の直線関係が成り立つことが分かる。相関計数は0.89で有意である。しかし、根端の伸びは無限に続くとは考えられず、やがてそれぞれの場所に応じた一定深度で落ちつくものと考えられる。

考 察

試験1において20mmと30mm区で β には差があるが、 α に差が認められなかったことは、20mm以上の深度に播種された種子は、幼芽鞘(子葉始原も含む)、胚軸を伸長させ、適当な深度からアマモ本体を成長させ始めることを表しているものと推察される。更に試験1, 2の結果全体をまとめて考察すると、ある一定の深度から発芽したアマモは発芽後その根端を移動させて行くことがうかがわれる。つまり、浅すぎる部分で発芽した個体は子葉基部を底泥中に深く埋入させて行き、逆に深すぎる部分で発芽した個体はその子葉基部を底泥中の浅い部分へと移動させるものと推察される。また、完全に底

泥表面に露出した種子は発芽しないが、わずかでも埋入した種子はやがて発芽、生長し、根端は種子を伴いながら次第に底泥中に深く埋入し、やがてそれぞれの場所に定着した一定の部位で根端は落ちつくものと考えられる。

自然状態の海底では潮流、波浪などの影響を受け、単に海底面上に落下した種子が永久的に表面上に完全に浮いているとは考えにくい。そこで今回の結果も考え合わせると、天然で採取した実生苗が、ほぼ一定の深度から発芽しているように見受けられる¹⁾ 機構の一端が明らかにされたと思われる。しかし、天然で採取したアマモ実生苗には、いわゆる胚軸部分(β)も認められる¹⁾ ため、今回の試験2の結果だけでは上述した機構を完全に説明できない。やはり、時間経過とともに種子自体も底泥中に埋入していくようにも見受けられる。そこで、種子の形態、物理的作用としての流れ、振動なども含め、種子の埋没機構について、今後明らかにする必要がある。

要 約

1. 適切な播種深度を検討する一環として、天然での種子の埋没機構の解明などに関する若干の試験を実施した。
2. 20mm以上の深度に播種された種子は、浅い方向に向かって一定の深度まで幼芽鞘(子葉始原も含む)、胚軸を伸長させ、本体の生長を開始するものと思われ

た。

3. 種々の深度から発芽させた場合、アマモは発芽後も場所に定着した一定の深度まで根端を移動させるものと思われた。
4. 底泥表面に完全に露出した種子はほとんど発芽しないことが明らかになった。
5. わずかでも底泥中に埋入した種子はやがて発芽、生長し、根端は種子を伴いながら、次第に深く埋入していくことが明らかになった。
6. これらの結果から、天然で海底表面下のある一定の深度から種子が発芽しているように見受けられる機構の一端を類推した。
7. 天然で採取した標本の観察から、種子自体も海底泥中に埋入していくようにも見受けられ、種子の形態、物理的作用としての流れ、振動なども含め、今後種子の埋没機構について、更に明らかにする必要があると思われた。

文 献

- 1) 福田富男, 1987: アマモ場造成に関する研究-VII アマモ種子の播種深度, 岡山水試報, 2, 32-34.
- 2) 新崎盛敏, 1950: アマモ, コアマモの生態(I), 日本水産学会誌, 15(10), 567-572.
- 3) 新崎盛敏, 1950: アマモ, コアマモの生態(II), 日本水産学会誌, 16(2), 70-76.