

吉備国際大学研究紀要
 (医療・自然科学系)
 第31号, 1-10, 2021

環境保全を考慮したアマモ (*Zostera marina*) 場造成基礎研究—Ⅳ —発芽時の水温, 積算温度などの検討—

福田 富男・水谷 雅年*¹・香田 康年*²・伴 俊文*³

Fundamental Research on Construction of Marine Macrophyte Bed (Eelgrass *Zostera marina*) in Consideration of Environmental Conservation - Ⅳ

— On Water Temperature and Cumrative Temperature of Germination Period —

Tomio FUKUDA, Masatoshi MIZUTANI, Yasutoshi KOHDA, and Toshifumi BAN

Abstract

Eelgrass has a very important role in the animals living in shallow sea area. It is important to a useful kind of young stage fishes, in fishery industry. Moreover, the eelgrass protects nature from environmental destruction. However, the Eelgrass bed is decreasing in recent years. Therefore, authors have positively made the Eelgrass bed. Sowing method was mainly adopted in the program. To obtain a basic knowledge, this research was executed. Especially, it was researched to obtain condition of water temperature in germination period and cumulative temperature during thus time .

At Okayama prefecture, Japan, about 30days after seed sowing in early December, eelgrass started budding at Ca.10 degree Centigrade and cumlative temperature was Ca. 200 degree Centigrade (Serial days were 35 days). And, under same condition, when recognized leaves, needed about 60days, and cumulative temperature was Ca. 350 degree Centigrade. These data will be useful when make artificial marine macrophyte bed (Eelgrass *Zostera marina*) by using sowing method.

吉備国際大学
 〒716-8508 岡山県高梁市伊賀町 8
Kibi International University
 8, Iga-machi Takahashi, Okayama, Japan (716-8508)

*¹ 吉備国際大学保健医療福祉学部理学療法学科

〒716-8508 岡山県高梁市伊賀町 8
Kibi International University
 8, Iga-machi Takahashi, Okayama, Japan (716-8508)

*² 吉備国際大学保健医療福祉学部作業療法学科

〒716-8508 岡山県高梁市伊賀町 8
Kibi International University
 8, Iga-machi Takahashi, Okayama, Japan (716-8508)

*³ 岡山県立備前緑陽高等学校

〒705-8507 岡山県備前市西片上91-1
Bizen Ryokuyo High School
 91-1, Nishikatakami, Bizen, Okayama, Japan (705-8507)

Key words : Eel-Grass, Marine Macrophyte Bed Construction, Cumulative temperature, Sowing method

キーワード : アマモ, 藻場造成, 積算温度, 播種法

はしがき

藻場は沿岸水族の生産に関して多くの意義があり、特にアマモ *Zostera marina* は、有用魚類幼稚魚の生活にきわめて重要な役割を果たすことは、瀬戸内海のアマモ場を中心に多くの研究者によって報告されている (東ら^{5, 6}, 布施³¹, 服部ら³⁸, 倉敷市⁴², 前川⁴⁴, 岡山県水産試験場^{52, 53})。また畑中ら³² は宮城県, 大島⁵⁰ は愛知県のアマモ場で、さらに東^{7, 8}, 菊池⁴³, 向井⁴⁵, らは広く全般的な視点からその重要性を述べている。しかし、特に瀬戸内海のアマモ場は昭和25年頃に比べ25から50%位に減少しているとされる (福田ら^{9, 12}, 片山ら⁴⁰, 向井⁴⁵, 内海区水産研究所資源部⁴⁶, 南西海区水産研究所^{47, 48}, 大島⁵¹)。部分的には回復しつつあるアマモ場も報告されている (福田ら¹⁰⁻¹², 広島県³⁹) が非常に稀な例と言える。そこで、アマモ場の減少を阻止し積極的なアマモ場造成が岡山県日生町漁協 (福田ら^{16, 24, 25, 29}) など試みられている。

従来は種子によるアマモ場造成は効果が低く、アマモの栄養株ごと柱状に採取したもの (Plug), 同様に栄養株をスコップなどで採取したもの (Sod), あるいはアマモの実生苗移植などの方が効果的であるとしている文献が多い (Addy^{1, 2}, Phillips⁵⁵, 幡手ら³³⁻³⁶)。さらに直接的に播種する方法は長期における効果は不明であるとし、コンクリート枠, モジ網施設を利用する方法が数倍効果が良好であるとしている (幡手ら^{36, 37})。

しかし、これらの方法は経費や手間の面で、広範囲におけるアマモ場造成は、かなり困難であろうと思われる。そこで著者らは新崎^{3, 4}, 幡手ら³⁷ の研究を基に、播種によるアマモ場造成の中でも、特に直接播種法の

確立を目指し、実証実験を行い、その一部を報告した (福田ら¹³⁻²⁶)。

アマモの発芽に関して、アマモ種子は底泥に埋没することにより、発芽を開始する (福田ら²⁶)。発芽を促す要因の一つとして貧酸素状態があげられる (川崎ら⁴¹)。また天然では岡山県下において11月下旬から12月上旬が発芽時期とされる (福田ら¹³) 等の基礎知見が得られている。しかし、発芽時の水温, 積算温度, 日数などについては詳細な検討が実施されていない。

大井ら⁴⁹ は小容器を使って、実験室内外でアマモ種子の発芽試験を実施している。そして、アマモは冬期における室内では約10℃で幼芽鞘が出現し、8.8℃で子葉が出現した等の結果を報告している。また、幼芽鞘が出現したのは播種後の通日で16日目 (以後「通日16」と表現する) であり、積算温度が208.9℃となり、子葉が出現したのは通日25で積算温度は309.9℃であるとしている。そしてそれらの数値は今後のアマモ場造成の指標になるとしている。しかし、同時に同様の試験を実施した室外区では全く発芽が認められなかった。そこで温度の変化が大きい場所では発芽のタイミングを失い、発芽しないのではないかと考察し、その点を今後明らかにして行きたいと述べている。

そこで、本報告ではこの点に注目し、室内区, 室外区にそれぞれ自動記録装置を備えた温度計を設置し、大井ら⁴⁹ とほぼ同様の試験を実施しその結果を比較検討した。

材料と方法

試験は大井ら⁴⁹⁾と同じく岡山県立備前緑陽高等学校で実施した。試験に用いた播種基盤（生分解性播種ポット（KK田中製）、や管理容器（市販のインスタントコーヒーの空き瓶）および管理方法などは福田ら³⁰⁾と同一である。アマモ種子は兵庫県赤穂市沿岸で採取したアマモ花枝を陸上水槽で養生し入手したもので、この方法の詳細は福田²⁴⁾に報告されている。

試験はアマモ種子20粒を播種した播種ポット1個を管理容器に入れ容器の約80%を人工海水（30%）で満たしたものを1セットとした。試験は室内区と室外区を設置した。また、参考として室内区は大井ら⁴⁹⁾との比較も兼ねて校内事務所受付窓口付近の棚に对照区を設けた。

室内区は校内食堂の机の上に5セット設置し、1セットを自記記録水温計（岡山県立備前緑陽高等学校伴俊文教諭製作）用にあて毎時水温と室温を記録保存した。また、自記記録水温計のデータと比較検討するため、棒状水温計測定用の1セットを用意し、毎日12時45分に水温を測定し記録した。その際発芽状態なども併せて観察、記録した。Fig. 1に自記記録水温計のシステム概要図を示した。

室外区は校内食堂北側渡り廊下の南側に設置されている自動販売機の間隙を利用し室内と同様の試験区を

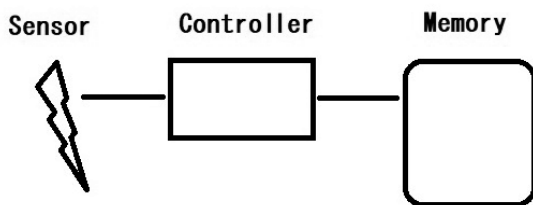


Fig. 1 Schematic Diagram of Data Recorder. Sensor; Thermometer, Controller; Hi Letgo UNO R3 ATMEGA328P-16AU CH340G Micro USB Arduino Compatible, Memory; Micro SD,

設置し、観察も同様に実施した。

試験の実施時期は大井ら⁴⁹⁾ および従来種々の場所で実施した播種試験（福田ら²⁸⁾）を参考に2018年12月19日から開始した。2019年4月24日に試験を終了し、各区、各セットとも砂を除去して発芽した幼芽鞘、子葉などの本数を計数した。

アマモの種子発芽初期の模式図をFig. 2、写真をFig. 3に示した。地中において最初はFig. 2に示す幼芽鞘が子葉を内包しながら胚乳から伸長を開始する。その後も伸長を続け、やがて地表に伸出する。幼芽鞘は約10-20mm伸長した時点でその伸長を停止する。その後水中に酸素が十分存在すると地上に出たと判断し（福田ら³⁰⁾）、地中で子葉が伸長を開始、やがて地表に出現して成長する（Fig. 3）。子葉はその後も成長を継続するが幼芽鞘の残さはやがて枯死、脱落する（福田ら³⁰⁾）。

本報では幼芽鞘が地表に現れた時点を「出芽」と表現し、子葉が地表に現れた時点を「出葉」と表現する。子葉が50-100mmまで成長した時点で発芽が完了したとして便宜上「発芽」と表現した。また、子葉は1-

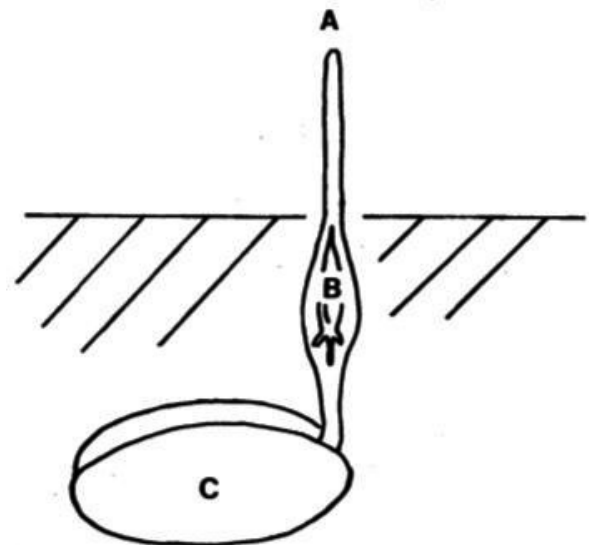


Fig. 2 Eelgrass Seedling Schematic Structure. A; Tip of coleoptyle, B; Protomorph of cotyledon, C; Endosperm.

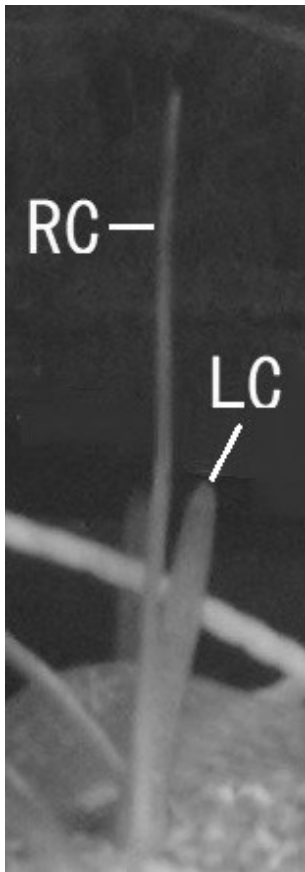


Fig. 3 Picture of just after Germinated Eelgrass. RC; Remnant of coleoptyle, LC; Leaf of cotyledon.

3枚等, 複数枚になる場合もあるため, 1個の種子から成長した個体を「1株」とし, 発芽株数と播種粒数から「発芽率」を求めた。

統計処理他は奥野忠⁵⁴⁾を参考に作成したFKDMillennium2009(福田²⁷⁾)を使用した。

結果

1. 試験区の水溫変化

まず, 自記記録水温計と棒状水温計のデータを比較検討した結果, 多少の差は認められるものの, 自記記録水温計の記録を使用して問題ないことが判明した。

元データの1時間ごとの温度変化を詳細に検討した結果かなり変動が見られ, 特に室外の変化が激しかったので, FKDMillennium(福田²⁷⁾)を用い3点移動平均を算出し毎日の午前9時の値を求めた。また経日の変化も3点移動平均の結果を示している。

一日の水溫変化について1年中で最も厳寒である2月を選定して検討した。上, 中, 下旬の代表として5, 15, 25日を選び, 0時は両日に跨るとも判断されるので1時から23時の水溫変化を室内, 室外ごとに追跡し,

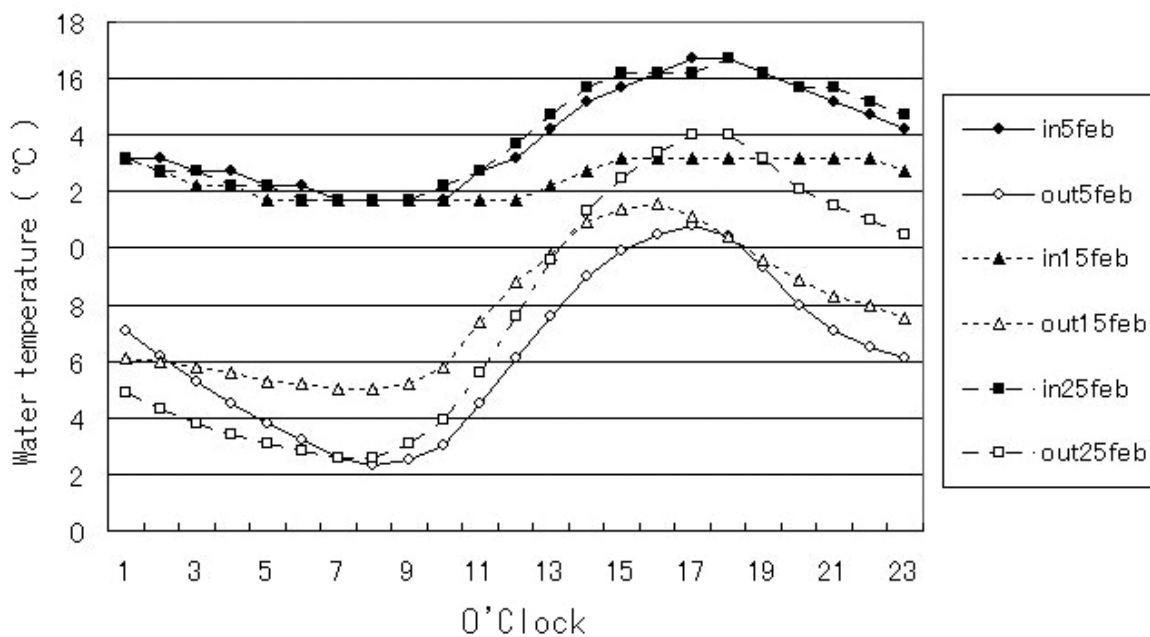


Fig. 4 Water Temperature Temporal Change through a Day, every Ten Days in February.

Table 1
Change of Water Temperature of Indoor and Outdoor through a Day in 5, 15, 25, February.
(Degree Centigrade)

date	in5,feb	out5,feb	in15,feb	out5,feb	in25,feb	out25,feb
n	23	23	23	23	23	23
mean	13.9	6.36	12.48	7.77	13.98	7.86
max	16.7	10.8	13.2	11.6	16.7	14
min	11.7	2.3	11.7	5	11.7	2.6
SD	1.8	2.8	0.7	2.3	1.8	4.4
difference	5	8.5	1.5	6.6	5	11.4

SD; Standard deviation.

n; Nos of data

difference; Between max and min.

Table 2
Germination of Coleoptyle and Cotyledon.

YMD	19'18,Jan.	19'23,Jan.	19'30,Jan	19'05,Feb.	19'20,Feb.	19'13,Mar.	19'09,Apr.	19'24,Apr.
SD	31	36	43	49	64	85	112	127
WT_indoor	12.7	11.7	10.4	11.7	13.7	14.2	15.7	20.2
WT_outdoor	6.8	4.5	0.0	2.5	11.6	8.0	7.5	18.5
CWT_indoor	368	429	508	175	752	1,030	1,400	1,628
CWT_outdoor	178	202	219	241	308	440	643	811
GS_Rate_indoor	8.0, 5.3	8.0, 5.3	5.0, 4.3	3.0, 3.3	8.0, 5.3	3.0, 3.3	2.0, 3.6	2.0, 3.6
Upper	13.3	13.3	9.3	6.3	13.3	6.3	5.6	5.6
Lower	2.7	2.7	0.7	-0.3	2.7	-0.3	-1.6	-1.6
GS_Rate_outdoor				2.0,3.6	5.0,4.3	3.0,3.3	15.0,7.0	19.0,7.7
Upper				4.7	9.3	6.3	22.0	26.7
Lower				0.7	0.7	-0.3	8.0	11.3
GL_Rate_indoor	8.0, 5.3	11.0, 8.1	16.0, 7.2	18.0, 7.5	30.0, 9.0	39.0, 9.6	60.0, 9.6	48.0, 9.8
Upper	13.3	17.1	23.2	25.5	39.0	48.6	69.6	57.8
Lower	2.7	4.9	8.8	10.5	21.0	29.4	50.4	38.2
GL_Rate_outdoor						8.0, 5.3	15.0, 7.0	25.0, 8.5
Upper						13.3	22.0	33.5
Lower						2.7	8.0	16.5

SD; Serial day

CWT(Degree Centigrade); Cumulative temperature from seed sowing.

GS_Rate(%); Germination rate(mean and 95%confidence interval) of coleoptyle.

GL_Rate(%); Germination rate(mean and 95%confidence interval) of cotyledon.

Upper; Upper value of 95% confidence interval.

Lower; Lower value of 95% confidence interval.

Fig. 4に示した。また、各々の平均値、最高、最低値、高低差などについてTable 1にまとめた。平均値については当然の結果と言えるが、室内と室外では、上、中、下旬とも5-7℃室外の方が低かった。1日の変化をFig. 4から検討すると上、中、下旬とも7-9時頃最低水温となり、16-18時頃最高値を示している。室内の経時変化は少なく、最高、最低の差は上旬で5℃、

中旬は1.5℃、下旬は5℃と特に中旬の変化が少なかった。室外は上旬8.5℃、中旬6.6℃、下旬11.4℃とやはり中旬の差がやや少なかった。

2. 出芽率、出葉率、積算温度など

播種後の水温、通日、積算温度などについて観察月日別、室内、室外の試験区別にTable 2に示した。また、

出芽率の平均値と2項分布から求めた比率計算による95%信頼範囲および出葉率の平均値と95%信頼範囲も併せてTable 2にまとめて示した。

室内, 室外別の水温変化について自記記録水温計の記録をもとに毎日午前9時の水温変化を播種後の通日でFig. 5に示した。また, 出芽率, 出葉率についても平均値を室内, 室外, 観察日ごとに同図に記入した。

Fig. 5を基に温度変化を検討すると室内区は播種時は約15℃であったが, 12月下旬から1月上旬に低下し, 11-12℃となるが, 1月中旬13℃, 下旬は11℃となり, その後, 2月下旬から3月下旬頃まで13℃台で推移する。4月に入り急激に上昇し20℃に達する。

室外区は前述したように日ごとに激しく上下するが, 12月中旬頃の約10℃から急激に低下し, 12月下旬から1月中旬頃まで約5℃前後で推移する。下旬には

0-3℃と最低値を示し, その後は3月上中旬まで約5℃で推移しながら, 緩やかに上昇する。3月下旬は乱高下しながら約5℃から急激に上昇し4月中旬には室内区とほぼ同じ15-20℃に達する。

Table 2, Fig. 5を基に, 出芽率, 出葉率の結果(平均値±95%信頼区間他)を述べる。これによると, 室内では12-13℃ぐらいから出芽が認められ1月18日(通日31)に出芽率 $8.0 \pm 5.3\%$ となり, また, すでに出葉率も $8.0 \pm 5.3\%$ となる。その時点の積算温度は368℃となっている。その後も1月23日(通日36, 出芽率 $8.0 \pm 5.3\%$, 出葉率 $11.0 \pm 8.1\%$, 積算温度429℃), 1月30日(通日43, 出芽率 $5.0 \pm 4.3\%$, 出葉率 $16.0 \pm 7.2\%$, 積算温度508℃), 2月5日(通日49, 出芽率 $3.0 \pm 3.3\%$, 出葉率 $18.0 \pm 7.5\%$, 積算温度175℃), 2月20日(通日64, 出芽率 $8.0 \pm 5.3\%$, 出葉率 $30.0 \pm 9.0\%$, 積算温度752℃)

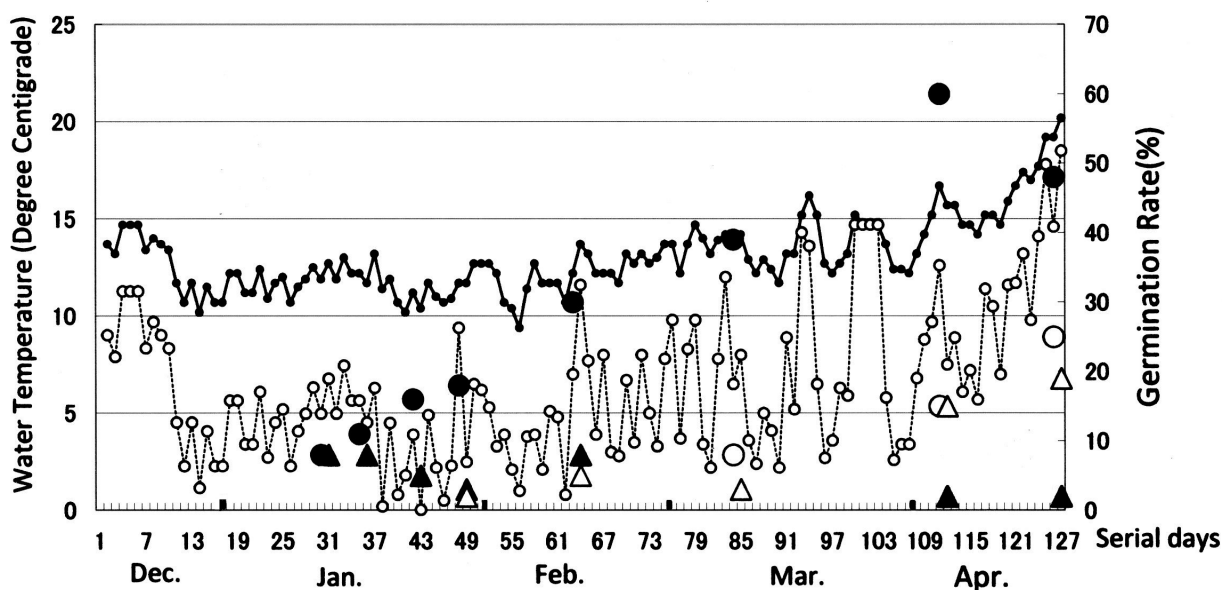


Fig. 5 Change of Water Temperature every Days, through a Experiment, and Change of Germination Rate of Coleoptyle and Cotyledon.

● (small solid circle); Indoor WT, ○ (small open circle); Outdoor WT, ▲; Mean of germination rate of coleoptyle, indoor, △; Mean of germination rate of coleoptyle, outdoor, ● (large solid circle); Mean of germination rate of cotyledon, indoor, ○ (large open circle); Mean of germination rate of cotyledon, outdoor

と続き最終観察の4月24日には（通日127，出芽率 $2.0 \pm 3.6\%$ ，出葉率 $48.0 \pm 9.8\%$ ，積算温度 $1,628^\circ\text{C}$ ）となる。

室外は水温変化が激しいが， $5-6^\circ\text{C}$ となる2月5日に最初の発芽が認められた（通日49，出芽率 $2.0 \pm 3.6\%$ ，積算温度 241°C ）が出葉は認められない。その後 10°C 近くになると2月20日（通日64，出芽率 $5.0 \pm 4.3\%$ ，積算温度 308°C ），3月13日（通日85，出芽率 $3.0 \pm 3.3\%$ ，出葉率 $8.0 \pm 5.3\%$ ，積算温度 440°C ）となる。出葉は3月13日まで認められないがその後は次第に増加し，4月9日（通日112，出芽率 $15.0 \pm 7.0\%$ ，出葉率 $15.0 \pm 7.0\%$ ，積算温度 643°C ），最終観察の4月24日（通日127）には出芽率 $19.0 \pm 7.7\%$ ，出葉率 $25.0 \pm 8.5\%$ ，積算温度は 811°C となる。最終観察日の水温は室内，室外とも $12-20^\circ\text{C}$ に達している。

なお，詳細な記述は省くが対照区として設けた受付付近の結果は大井ら⁴⁹⁾とほぼ同様であり，本報の結果について大井ら⁴⁹⁾と比較検討しても問題は無いと判断した。

考察

1. 水温変化

水温の経時変化を検討すると当然であるが室内でも水温の上下差は認められ，特に戸外はかなり上下していることが分かった。また，最低水温期の2月の1日の温度変化について検討すると，特に室外区は寒暖差が激しいことが判明した。そして，2月下旬は上，中旬に比較し特に高低差が大きくなったが，周囲の気温が上昇を開始する3月に近いためと推察される。しかし，このことについては当然，年変動があると考えられるため言明はできない。

2. 出芽率，出葉率，積算温度

4月24日の最終観察結果による出葉株数と播種粒数（100粒 = 20粒 × 5区）から発芽率を求め比率の検

定を実施した。その結果室内区は $48.0 \pm 12.9\%$ （信頼率99%），室外区は $25.0 \pm 11.2\%$ （信頼率99%）となり，99%の信頼率でも有意差が認められた。従って室内区は室外区よりも発芽率が高く，発芽に関しては好条件と言えよう。また，48%の発芽率は同様の試験を実施した従来の結果より，かなり高率であり，今回の試験は発芽にとって好条件であったものと思われる。なお，室外区の25%の発芽率でさえ，他試験に比較しかなり高率と言える。室内，室外の最終的な発芽率には有意の差が認められたが，1回の試験結果であるため，今後追試験を実施して検討を加え発芽機構についての知見を深める必要もあろう。しかし，実際のアマモ場造成に用いる際は有利な室内管理が実用的であろう。

出芽率，出葉率の結果について，室内区では通日30日頃で水温が $10-13^\circ\text{C}$ ぐらゐとなり，積算温度が 400°C 前後で出芽が開始され，ほぼ同時期から出葉も認められる。これは大井ら⁴⁹⁾が述べている出芽は積算温度 208.9°C （通日16），出葉は積算温度 309.9°C （通日25）とは多少の差が認められる。また，室外区の結果は大井ら⁴⁹⁾はまとめていないため比較できないが，本報において自記記録水温計の結果を検討した結果，夜間は室内に比較し水温がかなり低下していることが明らかになった。さらに，経日の水温変化でも日によってかなり激しく水温が上下するにも拘わらず前述したように高率の発芽率を示している。

このことにより，大井ら⁴⁹⁾が述べている，「温度差が激しいと発芽のタイミングを逃し発芽しないのではないかと」と言う仮説は否定される。もちろん気温変化は年変動があるため，大井ら⁴⁹⁾の実験時は特に温度差が大きかった可能性は否定できない。また，大井ら⁴⁹⁾の試験は校内の渡り廊下の一部で行われているため，一定の時間直射日光が当たっていた。そのため，直射日光自体の影響も多いものと推察される。

出芽から出葉までの日数について，大井ら⁴⁹⁾では通日から算出し31日，本報では室内12日，室外36日となる。これらは群としての結果であるが概略10-30日

Table 3
Germination Days of Coleoptyle and Cotyledon. (Fkuda) *

Specimen No	C to L	L	M	Remarks
1	12	17	0.6	
2	14	22	0.7	
3	14	25	0.8	
4	12	31	1.0	
5	8	43	1.4	
6	8	47	1.6	
7	11	63	2.1	
8	15	65	2.2	
9	13	72	2.4	
Mean	11.9	42.8	1.4	

*; Unpublished

C to L (days); From sprout of coleoptyle to start of leafing of cotyledon.

L (days); From seed sowing to finish of cotyledon leafing.

M; Ca.month of L

とまとめられよう。この点に関して個体別に追跡した福田(未発表)の結果を参考としてTable 3に示した。これによると出芽から出葉まで平均で12日, 播種から出葉が完了するまでは平均で43日(約1.4か月)と推測されるが, 水温や, 積算温度などの詳細な点については測定しておらず本報と単純に比較はできないであろう。しかし, 著者が実施した種々の同様の試験結果を総合して経験的に判断すればこの値は信頼性が高いと思われる。

最後に本報の結果および大井ら⁴⁹⁾の結果をまとめて以下のように述べることができよう。福田²⁴⁾の方法で採集管理したアマモ種子は11月下旬-12月上旬で環境水温が10-15℃の時期に播種し, 室内で管理した場合は水温が約10℃前後になり, かつ積算温度が約200℃(通日約35)で出芽し, 積算温度が約300℃(通日約60)で出葉する。

室外では室内に比較し出芽が遅れるがかなりの温度変化があっても出芽し順調に出葉も起こり成長すると言える。なお, 室外では環境の水温が5-10℃, 積算温度約70℃(通日約50)で出芽, 積算温度約450℃(通日約70)で出葉するとまとめることができる。これらの値は今後, 播種によりアマモ場造成を行う際の指標として利用できるものと思われる。

謝辞

本研究を実施するにあたり, 試験の設定, 準備および資料の測定, 整理などでは以下に示す諸氏に多大の協力をいただいた。岡山県立備前緑陽高等学校檜垣正人教諭, 同校土井啓明教諭, 同校日笠恵子氏, 同校生徒(当時)橋本颯真, 柿本祐来, 大井智貴, 沖龍太郎, 杉本雄輝, 前原佑美菜の諸氏にここに改めて深謝の意を表したい。

引用文献

- 1) Addy, C. E., 1947a : Eel grass planting guide. Md. Conserv., 24, 16-17
- 2) Addy, C. E., 1947b : Germination of eelgrass seed. J. Wildl. Manag., 11, 279
- 3) 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
- 4) 新崎盛敏, 1951 : アマモ, コアマモの生態 (II). 日本水産学会誌, 16 (2), 70-76
- 5) 東幹夫・原田徳三, 1968 : 魚類生産における藻場の意義 (I) 藻場における動物相の消長について. 昭和42年度指定調査研究「漁場改良造成」研究報告書, 岡山県水産試験場, 29pp

- 6) 東幹夫・原田徳三, 1969: 魚類生産における藻場の意義 (II) 藻場における動物相の消長について (つづき). 昭和43年度指定調査研究「漁場改良造成」研究報告書, 岡山県水産試験場, 22pp
- 7) 東幹夫, 1981: 稚魚育成場としてのアマモの役割. 日本水産学会編, 水産学シリーズ38. 藻場・海中林(恒星社厚生閣), 34-56
- 8) 東幹夫, 1982: アマモ場の消長と漁業生産. 漁場環境調査検討事業藻場特別部会昭和56年度報告 (日本水産資源保護協会), 106-149
- 9) 福田富男・松村眞作・安家重材・篠原基之・寺嶋朴, 1976: 保護水面内に設置した網魚礁および投石等の効果 - II (1975). 岡山水試事報, 昭和50年度, 149-176
- 10) 福田富男・松村眞作・安家重材・篠原基之・寺嶋朴, 1978: 護水面内に設置した網魚礁および投石等の効果 - IV (1977). 岡山水試事報, 昭和52年度, 40-61
- 11) 福田富男・唐川純一・安家重材・寺嶋朴, 1979: 保護水面内に設置した網魚礁および投石等の効果 - V (1978). 岡山水試事報, 昭和53年度, 54-96
- 12) 福田富男・唐川純一, 1980: 保護水面内に設置した網魚礁および投石等の効果 - VI (1979). 岡山水試事報, 昭和54年度, 110-140
- 13) 福田富男・安家重材, 1980: 天然モ場におけるアマモの分布と消長. 岡山水試事報, 昭和54年度, 147-152
- 14) 福田富男・安家重材, 1981: アマモ種子の保存方法, 処理等が発芽におよぼす影響について. 栽培技研, 10 (2), 7-13
- 15) 福田富男・土屋豊・寺嶋朴, 1983a: アマモ場における種子の分布と成体の生育状態との関連 - 微小な範囲における検討 -. 岡山水試事報, 昭和58年度, 27-35
- 16) 福田富男・土屋豊・寺嶋朴, 1983b: アマモ場造成実用化試験 実生の生育状況について. 南西海区ブロック会議藻類研究会誌, 昭和58年度, 27-35
- 17) 福田富男・安家重材・土屋豊・寺嶋朴, 1984: アマモ場造成に関する研究 - I 種子の採集及び保存法について. 栽培技研, 13, 77-82
- 18) 福田富男・勝谷邦夫・寺嶋朴, 1984: アマモ場造成に関する研究 - II 播種と敷砂の効果について. 岡山水試事報, 昭和58年度, 50-56
- 19) 福田富男・寺嶋朴, 1986: アマモ場造成に関する研究 - III アマモの生長及び敷砂の変化について. 栽培技研, 15, 101-114
- 20) Fukuda, T. and Tsuchiya, Y., 1987: Development of the techniques for marine macrophyte (*Zostera marina*) bed creation - IV Relation between shoot and seed distributions of eelgrass bed . Nippon Suisan Gakkaishi, 53, 1755-1758
- 21) 福田富男, 1987a: アマモ場造成に関する研究 - V 天然におけるアマモの生育状況と環境条件. 岡山水試事報, 2, 21-26
- 22) 福田富男・佐藤二郎, 1987a: アマモ場造成に関する研究 - VI アマモ種子の播種密度と発芽率及び岡山県下 2 水域で採集したアマモ種子の発芽率. 岡山水試事報, 2, 27-31
- 23) 福田富男, 1987b: アマモ場造成に関する研究 - VII アマモ種子の播種深度. 岡山水試事報, 2, 32-34
- 24) 福田富男, 1987c: アマモ場造成に関する研究 - VIII 播種によるアマモ場造成手法. 岡山水試事報, 2, 35-37
- 25) 福田富男・佐藤二郎, 1987b: 日生町におけるアマモ場造成. 岡山水試事報, 2, 195-200
- 26) 福田富男・植木範行, 1996: アマモ種子の埋没深度と発芽の関係. 岡山水試事報, 11, 1-6
- 27) 福田富男, 2009: FKD-Millennium2009. 自作汎用統計処理アプリケーション (CD版)
- 28) 福田富男・小笠原照也・田邊泰弘, 2010: アマモ場再生活動を通じての環境・情操教育活動について. 特定非営利活動法人 (NPO) エコ・ギア, 114pp
- 29) 福田富男・香田康年, 2014a: 種子による人工アマモ (*Zostera marina*) 場造成の可能性について. 吉備国際大学研

究紀要 (医療・自然科学系), 24, 1-13

- 30) 福田富男・香田康年・坂本竜哉, 2014c: 環境保全を考慮したアマモ (*Zostera marina*) 場造成研究 - II アマモ種子発芽における幼芽鞘の機能 - 底泥表面認知要因について - 吉備国際大学保険福祉研究所研究紀要, 15, 13-19
- 31) 布施慎一郎, 1962: アマモ場における動物群集. 生理生態, 11 (1), 1-22
- 32) 畑中正吉・飯塚景記, 1962: モ場の魚の群集生態学的研究 - I. 優占種をとりまく魚類の栄養生態的地位. 日本水産学会誌, 28 (1), 5-16
- 33) 幡手格一・上城義信・小川和敏・国武和人, 1974: アマモの増殖に関する研究 - I. 種子の採取とその発芽および生長について. 栽培技研, 3 (1), 123-131
- 34) 幡手格一・小川和敏・国武和人, 1975: アマモの増殖に関する研究 - II. 種子の大量採取と野外での播種について. 栽培技研, 4 (1), 7-13
- 35) 幡手格一・上城義信・小川和敏・国武和人, 1975: アマモの増殖に関する研究 - III. 播種によるアマモ場造成について. 栽培技研, 4 (2), 21-26
- 36) 幡手格一・上城義信・小川和敏・国武和人, 1976: アマモの増殖に関する研究 - IV. 播種と地下茎の移植による藻場造成について. 栽培技研, 5 (2), 17-22
- 37) 幡手格一, 1981: アマモ場. 日本水産学会編, 水産学シリーズ38, モ場・海中林 (恒星社厚生閣), 93-115
- 38) 服部洋年・松村眞作・福田富男・篠原基之・東幹夫, 1972: 牛窓地先における3つのアマモ場の動物相の比較. 岡山水試事報, 昭和46年度, 223-257
- 39) 広島県, 1978: 保護水面管理事業調査報告書. 昭和53年度, 36pp
- 40) 片山勝介・篠原基之・石田公行・野上安久・小野秀次郎・土屋豊・鎌木昭久, 1979: 岡山県沿岸海域の藻場調査 - 藻場の分布について - 沿岸海域藻場調査瀬戸内海関係海域藻場分布調査報告 - 藻場の分布 -, 南西海区水産研究所, 77-101
- 41) 川崎保夫・飯塚貞二・後藤弘・寺脇利信・渡辺康憲・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, 総合報告U14, 231pp
- 42) 倉敷市大島地先アマモ場環境調査委員会, 1994: 倉敷市大島地先アマモ場環境調査学術報告書. 83pp
- 43) 菊池泰二, 1982: アマモ場の魚類群集・動物にとっての藻場の機能. 漁場環境調査検討事業藻場特別部会 昭和56年度報告 (日本水産資源保護協会), 49-105
- 44) 前川兼佑, 1961: 瀬戸内海, 特に山口県沿岸における漁業の調整管理と資源培養に関する研究. 山口県内海水産試験場調査研究業績, 11 (1), 483pp
- 45) 向井宏, 1982: アマモ (*Zostera marina* L.) の生態と生理. 漁場環境調査検討事業藻場特別部会昭和56年度報告 (日本水産資源保護協会), 1-48
- 46) 内海区水産研究所資源部, 1967: 瀬戸内海域における藻場の現状. 内海区水産研究所刊行物C輯, 5, 21-38
- 47) 南西海区水産研究所, 1974a: 瀬戸内海の藻場 - 昭和46年の現状 -. 39pp
- 48) 南西海区水産研究所, 1974b: 沿岸海域藻場調査瀬戸内海関係海域藻場分布調査報告 - 藻場の分布 -. 419pp
- 49) 大井夢美・竹内紗那・杉田理紗・二貝泉音・西山茉優・土井啓明・福田富男, 2017: アマモ場造成に関する諸問題の解明 - アマモ種子初期発芽機構の解明 -. 平成29年度日本水産学会中国・四国支部大会
- 50) 大島泰雄, 1954: 藻場と稚魚の繁殖保護について. 水産学の概観 (日本学術振興会), 128-181
- 51) 大島泰雄, 1972: 瀬戸内海における藻場の消滅あるいは衰退の現状について. さいばい, No. 4, 4-7
- 52) 岡山県水産試験場, 1924: 藻場魚類生育状況調査報告. 岡山県水産試験場報告, 大正11年度, 34pp
- 53) 岡山県水産試験場, 1978: 昭和52年度大規模増殖場開発事業調査報告書 (児島地先のクログイ). 101pp
- 54) 奥野忠一 (代), 1984: 応用統計ハンドブック. 養賢堂, 827pp
- 55) Phillips, R. C., 1980: Transplanting methods. Handbook of seagrass biology, An ecosystem perspective. Garland STPM Press Lond., 41-56