

富士山世界文化遺産構成資産三保松原の海浜植物保全調査

東海大学付属静岡翔洋高等学校
自然科学部 2 年 劔持幸希 他 10 名
顧問 品川杏彩

1. はじめに

本校は、富士山世界文化遺産構成資産に登録された三保松原に近接している。この登録は同時に、三保松原保全のさらなる努力が課せられたことになる。三保松原では海岸侵食、津波対策設備建設により海岸侵食に拍車がかかり、人の踏み付けや車の乗り入れにより海浜植物が質・量ともに減少している。よって、本研究では、海浜植物の植生調査、植生タイプを調査した。一部の海浜植物は個体の移植による保全活動が進められているが、移植固体の活着が良いとはいえ、元の環境を復元するには困難である。そこで、種子を用いた海浜植物の保全対策を検討するため、より有効な発芽条件を特定する基礎研究を開始した。

2. 研究対象地

三保半島は安倍川から流された土砂が運ばれ、有度山を削りながら出来た砂嘴である。流された土砂や漂砂が静岡海岸・清水海岸に砂浜を作り、現在の清水港を囲む三保半島の砂浜を形成した。本調査では本校南の文化財保護法第 1 種規制地区に指定されている海浜を対象地とし(北緯 34.985696, 東経 138.515956)、静岡市環境創造課、静岡土木事務所及び静岡市文化財課の許可を得て実施した。

3. 研究方法

3.1. 海浜に自生する植物種

研究対象地に自生する植物種の調査を 2017 年 8 月・10 月, 2018 年 5 月・8 月に北緯 34.985696, 東経 138.515956 の地点から東西に約 50m 行い、種の特定制をした。種名、学名及び配列については河川水辺の国勢調査のための生物リスト(H28)に従った。出現した種は海浜植物・内陸植物・在来植物・外来植物に分類した。このうち海浜植物については澤田ほかにおいて生育地が砂浜・礫砂と記載されているものと定義し、外来植物については、宮脇に帰化と記載のあるものと定義した。また、自生する植物は採取し乾燥させた後、植物標本を作製し保存した。

3.2. 方形区調査

研究対象地の植生変化を把握するため、2017 年 7 月～2018 年 9 月まで月に一度、植生調査を実施した。植生調査は調査地点の汀線側から内陸側にかけて 1m×1m の方形区を約 10m 離れた場所 2 ヶ所 A・B を設置し、方形区内に出現したすべての種を対象に braun-blanket の全推進法による優占度階級を 5 段階の階級で記録した。被度階級と群度階級から優占度の最も高いものを優占種とした。

3.3. 海浜植物の発芽実験

3.3.1. 種子及び果実の採取

ハマヒルガオ(*Calystegia soldanella*)・コウボウムギ(*Carex kobomugi*)・コウボウシバ(*Carex pumila*)・ハマゴウ(*Vitex rotundifolia*)の種子及び果実を 2017 年 7 月～9 月に採取した。自然群落から種子及び果実を手で採取し、室内でバットに収めて自然乾燥させた。また、2017 年以前の堆積したハマゴウの果実も採取し、室内でバットに収めて自然乾燥させ実験に用いた。

3.3.2. 種子及び果実の大きさ測定と種子切片の観察

各種子及び果実の種子(果実)長及び種子(果実)幅は実体顕微鏡を用いて測定した。コウボウムギについてはノギスを用いて種子厚を測定した。各種子(果実)重は電子天秤にて測定した。さらに、各種子及び果実の縦切片と横切片を剃刀で切り取り、切片を実体顕微鏡で観察した。



Fig.1 海岸侵食

(2017 年 7 月 16 日撮影)



Fig.2 富士山世界文化遺産

構成資産三保松原範囲図

3.3.3. 発芽実験

各種子の最適な発芽条件を決定するため、硬実性解除の硫酸処理・ヤスリを使用して種皮を削る処理、休眠打破の冷湿処理、温度条件変化などの条件や処理日数を変え、発芽の様子を観察し、最も有効な方法を調査した。また、種子は各 20 個用い、ハマゴウについては果実 1 つに 4 個の種子があるため、果実各 5 個を用いた。発芽実験にはインキュベーターを使用し、25℃を基本条件として行った。

3.3.4. ハマゴウ挿し木実験

研究対象地に自生するハマゴウの枝及び砂・海水を採取し、実験に用いた。茎頂側の節を 1 とし基部側の節を 10 として切断したものと、切断せず連続しているものを各 5 本水中・海水中・砂中の 3 つの条件下で栽培し、不定根の発生状況を観察した。実験には切断と連続の計 30 本の枝を用いた。

4. 研究結果

4.1. 海浜に自生する植物種

研究対象地に自生する植物は、Table 1 に示す 31 科 56 種を確認した。このうち海浜植物 16 種・内陸植物 40 種、在来植物 41 種・外来植物 15 種で帰化率 26.8%あった。ハマゴウに寄生するハマネナシカズラ(環境省絶滅危惧Ⅱ類(VU))とアメリカネナシカズラ(外来植物)が自生しており、在来植物の減少、雑種形成が危惧される。

Table 1 植生調査により出現した植物種

科	種名	学名	海浜植物	外来植物	レッドリスト	科	種名	学名	海浜植物	外来植物
マツ科	クロマツ	<i>Pinus thunbergii</i>	●			ヒルガオ科	アメリカネナシカズラ	<i>Cuscuta pentagona</i>		●
ブナ科	ウバメガシ	<i>Quercus phillyraeoides</i>				クマツヅラ科	シチヘンゲ	<i>Lantana camara</i>		●
ニレ科	エノキ	<i>Celtis sinensis</i>				クマツヅラ科	ハマゴウ	<i>Vitex rotundifolia</i>	●	
ナデシコ科	ムシトリナデシコ	<i>Silene armeria</i>		●		スイカズラ科	スイカズラ	<i>Lonicera japonica</i>		●
アカザ科	マルバアカザ	<i>Chenopodium acuminatum</i>	●			キク科	カワラヨモギ	<i>Artemisia capillaris</i>		●
アカザ科	シロザ	<i>Chenopodium album</i>		●		キク科	オオアレチノギク	<i>Conyza sumatrensis</i>		●
サボテン科	ウチワサボテン	<i>Opuntioideae Burnett</i>		●		キク科	ハマニガナ	<i>Ixeris repens</i>	●	
クスノキ科	クスノキ	<i>Cinnamomum camphora</i>				キク科	アキノナギ	<i>Lactuca indica</i>		●
アブラナ科	ハマダイコン	<i>Raphanus sativus var. raphanistrifolius</i>	●			キク科	セイカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i>		●
ベンケイソウ科	オカタイトゴメ	<i>Sedum japonicum ssp. oryzifolium var. pumilum</i>		●		キク科	ネコノシタ	<i>Wedelia prostrata</i>	●	
トベラ科	トベラ	<i>Pittosporum tobira</i>		●		ススキノキ科	キダチアロエ	<i>Aloe arborescens</i>		●
バラ科	テリハノイバラ	<i>Rosa wichuraiana</i>		●		ユリ科	タカサゴユリ	<i>Lilium formosanum</i>		●
マメ科	カワラケツメイ	<i>Chamaecrista nomame</i>		●		ユリ科	アツバキミガヨラン	<i>Yucca gloriosa</i>		●
マメ科	ヤハズノウ	<i>Kummerowia striata</i>		●		ヒガンバナ科	ハマオモト	<i>Ocrinus asiaticum</i>	●	
マメ科	ハマエンドウ	<i>Lathyrus japonicus</i>		●		ツルクサ科	ツルクサ	<i>Commelina communis</i>		●
ユズリハ科	ヒメユズリハ	<i>Daphniphyllum teijsmannii</i>	●			イネ科	ギョウギンバ	<i>Cynodon dactylon</i>		●
センダン科	センダン	<i>Melia azedarach</i>		●		イネ科	メシバ	<i>Digitaria ciliaris</i>		●
ブドウ科	ノブドウ	<i>Ampelopsis glandulosa var. heterophylla</i>		●		イネ科	シナダレスズメグサ	<i>Eragrostis curvula</i>		●
アカハシグサ科	コマカイグサ	<i>Oenothera lacinata</i>		●		イネ科	イグモノハシ	<i>Ischaemum antherophoroides</i>	●	
セリ科	ハマボウフウ	<i>Glehnia littoralis</i>	●			イネ科	ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i>		●
アカネ科	オオフトバムグラ	<i>Diodia teres</i>		●		カヤツリグサ科	コウボウムギ	<i>Carex kobomugi</i>	●	
アカネ科	ヘクソカズラ	<i>Paederia scandens</i>		●		カヤツリグサ科	コウボウシバ	<i>Carex pumila</i>	●	
ヒルガオ科	ハマヒルガオ	<i>Calystegia soldanella</i>	●			カヤツリグサ科	ビロードテンツキ	<i>Fimbristylis sericea</i>	●	
ヒルガオ科	ハマネナシカズラ	<i>Cuscuta chinensis</i>	●							

4.2. 方形区調査

研究対象地の方形区による植生調査を 2017 年 7 月～2018 年 9 月まで月に一度行い、被度階級と群度階級から優占度の最も高いものを優占種とした結果を Table 2 に示した。遊歩道より内陸側にはクロマツ (*Pinus thunbergii*) やトベラ (*Pittosporum tobira*) などの木本が、ノブドウ (*Ampelopsis glandulosa*) やススキ (*Miscanthus sinensis*) などの内陸植物が木本の下に多く自生していた。遊歩道や車が通行するような砂利道(裸地)の付近には、外来植物であるオオフトバムグラ (*Diodia teres*) が優占し、テリハノイバラ (*Rosa wichuraiana*)、カワラケツメイ (*Chamaecrista nomame*)、ススキなどの内陸植物も多く自生していた。

季節によって植物体が大きくなることにより被度階級が上がり優占度が増す、もしくは群度階級が上がったことにより優占度が増すことがあったが、通年を通して内陸部から汀線部にかけて優占種の特徴からクロマツ帯→ハマゴウ帯→コウボウムギ帯→ハマヒルガオ帯・コウボウシバ帯となっていた。

4.3. 海浜植物の発芽実験

4.3.1. 種子及び果実の大きさ測定と種子切片の観察

4.3.1.1. ハマヒルガオ

種子長及び種子幅と種子重を比較した結果を Fig. 3 に示し、I II の 2 つに分けられた。100 個体のうち I 90 個体、II 10 個体であった。種子長と種子重の I の近似直線は、 $R^2=0.9212$ となり正の相関があった。種子幅と種子重の I の近似直線は $R^2=0.9685$ となり、正の相関があった。

Table 2 方形区による植生調査

A		B	
si	クロマツ・ノブドウ	i	トベラ・ススキ
遊歩道			
sa	ハマゴウ・オオフトバムグラ	a	オオフトバムグラ
s	ハマゴウ	s	ハマゴウ
s	ビロードテンツキ	s	ビロードテンツキ
s	ハマゴウ	a	オオフトバムグラ
a	オオフトバムグラ	sa	ハマゴウ・オオフトバムグラ
s	ハマゴウ	i	カワラケツメイ
裸	裸	裸	裸
a	オオフトバムグラ	i	ススキ
s	ハマゴウ・コウボウムギ	s	ハマゴウ
s	コウボウムギ	s	ハマゴウ
s	ハマヒルガオ・コウボウシバ	s	コウボウムギ
s	コウボウシバ	s	コウボウシバ

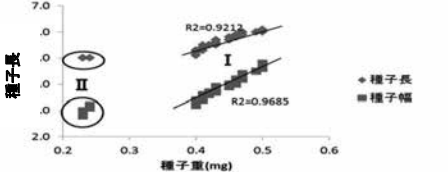


Fig. 3 ハマヒルガオの種子長と種子幅と種



Fig. 4 ハマヒルガオ切片 左: I 右: II

平均種子長は I 5.7mm、II 5.0mm、平均種子幅は I 3.9mm、II 3.0mm、平均種子重は I 0.44mg、II 0.23mg であった。Fig. 3 の I の切片を Fig. 4 左に示す。種子の中に子葉、胚軸、幼根などの胚が存在し、胚乳のない無胚乳種子であった。Fig. 3 の II の切片を Fig. 4 右に示す。種皮の内側は空洞で胚はなかった。また、種皮は非常に硬く、硬実種子であった。これらの結果から、ハマヒルガオは種子重 0.40mg 以上が発芽能力を有している。

4. 3. 1. 2. コウボウムギ

種子長、種子幅及び種子厚と種子重を比較した結果を Fig. 5 に示し、I II の 2 つに分けられた。100 個体のうち I 95 個体、II 5 個体であった。種子長と種子重の I の近似直線は、 $R^2=0.9094$ となり正の相関があった。種子幅と種子重の I の近似直線は $R^2=0.9436$ となり、正の相関があった。種子厚と種子重の I の近似直線は、 $R^2=0.9685$ となり、正の相関があった。平均種子長は I 11.6mm、II 10.8mm、平均種子幅は I 3.5mm、II 2.2mm、平均種子厚は I が 2.2mm、II 1.5mm、種子重は I 0.17mg、II 0.10mg であった。Fig. 5 の I の切片を Fig. 6 左に示す。種子の中に胚乳があり、有胚乳種子であった。Fig. 5 の II の切片を Fig. 6 右に示す。種皮の内側は空洞で胚はなかった。また、種皮は非常に硬く、硬実種子であった。これらの結果から、コウボウムギの種子重 0.14mg 以上が発芽能力を有している。

4. 3. 1. 3. コウボウシバ

種子長及び種子幅と種子重を比較した結果を Fig. 7 に示し、I と II の 2 つのグループに分けられた。100 個体のうち I 57 個体、II 43 個体であった。I の種子長と種子重との近似直線は $R^2=0.6523$ となり正の相関があった。種子幅と種子重の I の近似直線は $R^2=0.8929$ となり、正の相関があった。平均種子長は I 6.9mm、II 5.8mm、平均種子幅は I 2.3mm、II 1.9mm、平均種子重は I 0.06mg、II 0.00mg であった。Fig. 7 の I の切片を Fig. 8 左に示す。種子の中に胚乳があり、有胚乳種子であった。Fig. 7 の II の切片を Fig. 8 右に示す。種皮の内側は空洞で胚はなかった。これらの結果から、コウボウシバは種子重 0.04mg 以上が発芽能力を有している。

4. 3. 1. 4. ハマゴウ (2017 年)

果実長及び果実幅と果実重を比較した結果を Fig. 9 に示す。果実長と果実重の近似直線は $R^2=0.9833$ となり正の相関があった。果実幅と果実重の近似直線は $R^2=0.9662$ となり正の相関があった。平均果実長 5.8mm、平均果実幅 5.6mm、平均果実重 1.17mg であり、果実の切片を Fig. 10 に示す。中は 4 つに分かれ、各中に 1 つの種子があった。内果皮はとて硬く、木質になっていたため核果であった。

4. 3. 1. 5. ハマゴウ (2017 年以前)

果実長及び果実幅と果実重を比較した結果を Fig. 11 に示す。果実長と果実重の近似直線は $R^2=0.5442$ となり相関はなかった。果実幅と果実重の近似直線は $R^2=0.8937$ となり、正の相関があった。平均果実長 5.5mm、平均果実幅 5.1mm、平均果実重 0.33mg であった。2017 年以前の果実の切片を Fig. 12 に示す。中は 4 つに分かれていたが、種子はなかった。内果皮はとて硬く、木質になっていた。

4. 3. 2. 発芽実験

4. 3. 2. 1. ハマヒルガオ

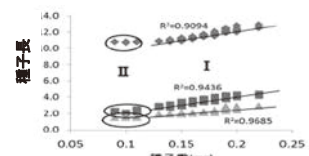


Fig. 5 コウボウムギの種子長・種子



Fig. 6 コウボウムギ切片 左: I 右: II

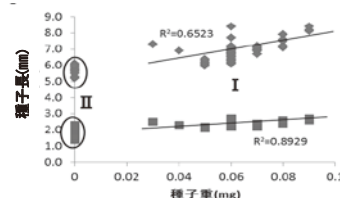


Fig. 7 コウボウシバの種子長と種子幅と種子重



Fig. 8 コウボウシバ切片 左: I 右: II

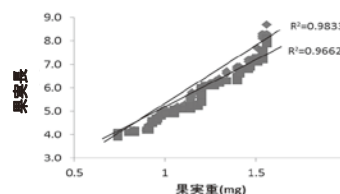


Fig. 9 ハマゴウ (2017 年) の果実長と種子幅と果実重



Fig. 10 ハマゴウ果実 (2017 年) 切片

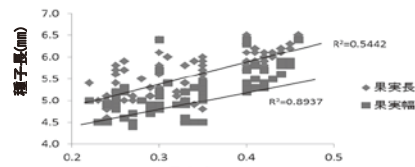


Fig. 11 ハマゴウ (2017 年以前) 果実長と果実幅と種子重



Fig. 12 ハマゴウ (2017 年以前) 切片

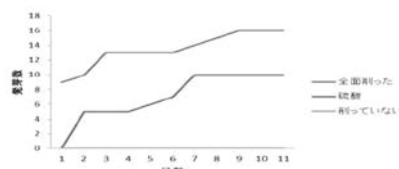


Fig. 13 ハマヒルガオ硬実性解除の比較

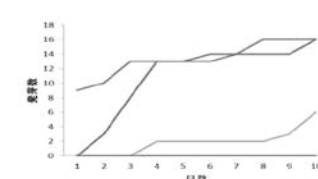


Fig. 14 ハマヒルガオ削る処理の場所の比較

ハマヒルガオの種子は 4.3.1.1. の結果より硬実種子であり、皮に傷がつくなど硬実性解除がされないと、発芽できない。よって、硬実性解除のため硫酸処理 20 分、種皮全面を削る処理を行った種子と無処理の種子を比較した結果を Fig. 13 に示す。この結果より、ハマヒルガオの種皮の処理には削る方法が有効であった。次に、種子の削る場所を検討するため種子の白く凹んでいる部分を上とし、上部のみ、下部のみ、中部のみ削ったものと全面を削ったものを比較した結果を Fig. 14 に示す。この結果より、

全面を削った場合と上部を削った場合の差はあまりなかった。したがって、時間短縮のため上部を削る方法が有効であることがわかった。

4.3.2.2. コウボウムギ

コウボウムギの種子は 4.3.1.2. の結果より硬実種子であり、硬実性解除のため硫酸処理、種皮全面を削る処理を行った種子と無処理の種子を用いて発芽実験を行ったところ、どれも発芽しなかった。よって、休眠打破のため冷湿処理 10 日の後、硫酸処理 20 分、種皮全面を削る処理を行った種子と無処理の種子を用いて発芽実験を行った結果を Fig. 15 に示す。この結果から、冷湿処理 10 日の後、硫酸処理 20 分が有効であった。次に、硫酸処理の有効な時間を調査するため、冷湿処理 10 日の後の硫酸処理を 5 分～25 分と変化させ実験した結果を Fig. 16 に示す。この結果から、冷湿処理 10 日後の硫酸処理は 15 分が有効であった。さらに、冷湿条件を 5 日～13 日と変化をさせた結果を Fig. 17 に示す。この結果から、冷湿条件は 10 日～13 日が有効であり、最も有効であるのは 10 日であった。

4.3.2.3. コウボウシバ

コウボウシバの種皮は 4.3.1.3. より硬実種子でなかったため、硬実性解除を行わず、発芽実験を行ったが、発芽しなかった。したがって、休眠打破のため冷湿条件を 5 日～15 日と変化をさせた結果を、Fig. 18 に示す。これにより、冷湿条件は 12 日～15 日が有効であり、最も有効であったのは 12 日であった。

4.3.2.4. ハマゴウ

ハマゴウの果実は 4.3.1.4. より核果であり、硬実性解除のため硫酸処理、種皮全面を削る処理を行った種子と無処理の種子を用いた発芽実験を行ったが、どれも発芽しなかった。そこで休眠打破のため冷湿処理 40 日の種子を用いて硫酸処理、種皮全面を削る処理を行った種子と無処理の種子を用いた発芽実験の結果を Fig. 19 に示す。この結果から、硫酸処理 20 分が有効であった。次に冷湿処理 40 日の後、硫酸処理 5 分～25 分と変化をさせた結果を Fig. 20 に示したところ、15 分が有効であった。さらに、冷湿条件を 5 日～40 日と変化させた結果を Fig. 21 に示す。この結果から、冷湿条件は 30 日～40 日が有効であるとわかり、その差がほとんどみられなかったため 30 日が最も有効であると考えられる。基本条件 25℃のインキュベーター内で発芽をさせたが、ハマゴウは発芽率が 60%とあまり高くなかった。したがって、発芽時の温度差を 10～25℃、15～30℃、20～35℃と変化させた結果を Fig. 22 に示す。これにより、発芽時の温度差を 20～35℃にすることで発芽率は 90%となり、発芽率が 30%上昇した。

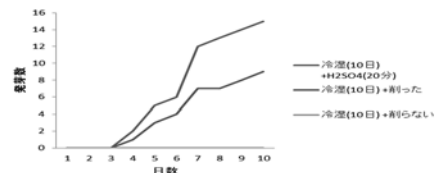


Fig. 15 コウボウムギ硬実性解除の比

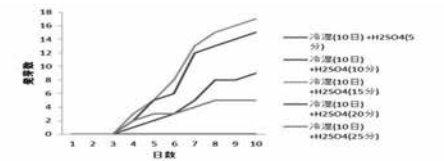


Fig. 16 コウボウムギ硫酸処理時間の比較

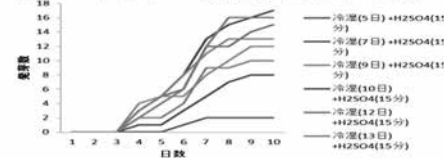


Fig. 17 コウボウムギ冷湿処理時間の比較

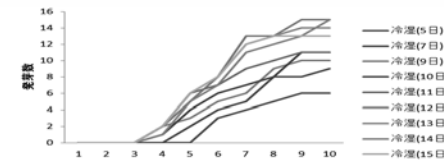


Fig. 18 コウボウシバ冷湿処理時間の比較

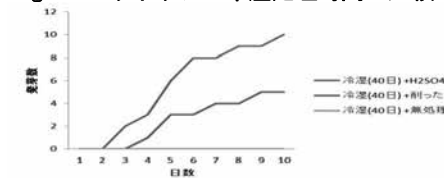


Fig. 19 ハマゴウ硬実性解除の比較

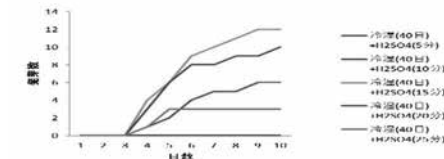


Fig. 20 ハマゴウ硫酸処理時間の比較

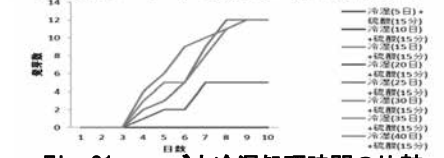


Fig. 21 ハマゴウ冷湿処理時間の比較

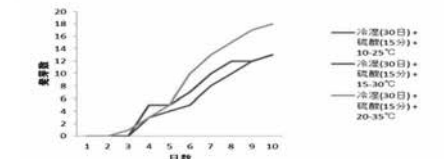


Fig. 22 ハマゴウ発芽時の温度差の比較

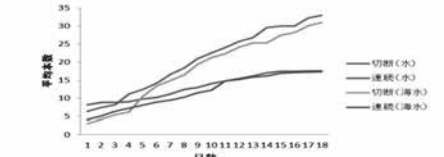


Fig. 23 切断・連続での水中・海水中での栽培

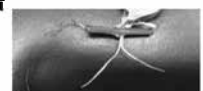


Fig. 24 切断・水中での栽培の不定根

4. 3. 4. ハマゴウ挿し木実験

4. 3. 4. 1. 砂中での栽培

砂中で栽培したハマゴウは、数日で全て枯死した。

4. 3. 4. 2. 水と海水中での栽培

茎頂側の節を1、基部側の節を10として1～10切断した枝と、切断せず連続したものを水中及び海水中で栽培し、不定根の発生について観察した結果をFig. 23に示す。この結果から、どちらの条件でも不定根の発生数が多かった。切断の水中と海水中を比較すると、水中で栽培した方が不定根の発生数が多かった。切断し発生した不定根の結果をFig. 24に、連続から発生した不定根の結果をFig. 25に示す。連続しているハマゴウは節のみから不定根が発生し、切断したハマゴウからは節と切断面からも不定根が発生した。よって、切断したハマゴウの方が不定根の発生数が多くなったことがわかる。また、節の1～10の不定根数を比較した結果をFig. 26に示す。これにより、どのような条件であっても節4～8からの不定根発生数が多かった。



Fig. 25 連続・水中での栽培の不定根

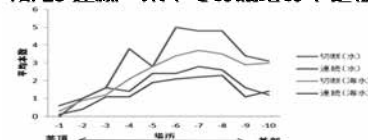


Fig. 26 切断・連続での水中・海水中で栽培の各節からの不定根

5. 考察

5. 1. 植生と分布

今回の植生調査では31科57種の植物の自生を確認した。植生と分布を比較すると、1年を通して内陸側には木本が多く自生し、汀線側に向かうにつれ海浜植物が多く自生していることがわかった。内陸部から汀線部にかけて優占種の特徴からクロマツ帯→ハマゴウ帯→コウボウムギ帯→ハマヒルガオ帯・コウボウシバ帯となっていた。また、調査地にはハマゴウに寄生するハマネナシカズラとアメリカネナシカズラが自生しており、雑種形成が危惧される。ハマネナシカズラは環境省絶滅危惧Ⅱ類(VU)に選定されており、保護の必要があると考える。また、遊歩道や砂利道(裸地)付近には外来植物や内陸植物が多く自生し、人為的攪乱に強い外来植物や内陸植物が多く優占していると考えられる。

5. 2. 海浜植物の発芽

今回調査した海浜植物4種の種子及び果実の中で種子(果実)重が小さな個体は種子(果実)長及び種子(果実)幅も小さく空洞であり、発芽能力がないと考えられる。よって、各海浜植物の発芽率はハマヒルガオ90%、コウボウムギ95%、コウボウシバ57%、ハマゴウ100%であることがわかった。

海浜植物の発芽実験では、ハマヒルガオの種子は0.40mg以上・硬実性解除のため上部を削る、コウボウムギの種子は0.14mg以上・休眠打破のため冷湿処理10日と硬実性解除のため硫酸処理15分、コウボウシバの種子は0.04mg以上・休眠打破のため冷湿処理12日、ハマゴウの果実は休眠打破のため冷湿処理30日と硬実性解除のため硫酸処理15分の後、温度条件20～35℃の中で発芽実験を行うことが最も有効な方法であることがわかった。また、ハマゴウの挿し木実験から、ハマゴウの節を切断し茎頂側から4～8の節を水中で栽培することで、不定根の発生が最も多くなった。よって、ハマゴウは種子からの栽培よりも挿し木での栽培の方が時間短縮でき、砂地への移植に適すると考えられる。

6. おわりに

植生調査は今後範囲を広め、三保半島全体の調査を行うことが望ましい。発芽実験は発芽能力のない種子を除いて実験を行ったため、安定した結果が得られた。よって、種子を選別し発芽実験を行うと共に、保全活動時にも選別を行うことで、保全活動の効率が上がると考えられる。海浜植物の種子は硬実種子が多く、硬実性解除のため硫酸処理、種皮を削る処理が必要であった。種皮を削る場合は個人差が生じ、発芽率に誤差が生じる可能性がある。硫酸処理は個人差がないものの、薬品の危険性の点から「保全活動として誰でも行える」という幅を狭くしてしまうと考えられる。したがって、硬実種子の硬実性解除の処理方法についての検討を今後も行う。今後は発芽した種子の移植実験も行う。さらに、ハマゴウは挿し木を利用した移植の方がより早くより簡単に植被が得られると考えられる。よって、今後は地下茎移植の実験も検討する。ハマゴウの個体を増やすことができた際には、ハマゴウに寄生するハマネナシカズラ(環境省絶滅危惧Ⅱ類(VU))の保全研究に活用したい。より安価で簡単に、誰でも行える「種子を利用した海浜植物保全法」の最も有効な方法を確立していきたい。