

海岸植物の生態についてⅣ

～裸地からの植生回復について～

上越市立柿崎中学校科学部



I 研究の動機

私たち科学部では3年前（平成17年度）から、身近に生育する植物を調べてみようということで、柿崎区の海岸植物の生態を調べ始めた。柿崎区の海岸植物群落は、広い範囲で自然状態のままに生育し、県内でも大変貴重なものだということを先生から聞き、海岸植物の生態について残された課題について引き続き研究することにした。

平成18年春に調査に出かけると、漁港をしゅんせつしたときの砂が、調査地の海岸植生の上に積み上げられていた。その後すぐに積み上げられた砂は除かれたが、その範囲約340m²（20m×17m）の海岸植生はすべて失われ、その年にすぐには植生が回復しなかった。しかし、平成19年、20年とハマゴウやハマヒルガオの生長により、しだいに植生が回復してきた。

どのようにして、あとどれくらいの期間で失われた植生が回復するのかを、海岸植物が裸地へ広がる速さをもとに予想したいと考え、この研究を始めることにした。



調査した直海浜海岸
（平成19年6月）



植生回復が始まった裸地
（平成19年秋）



周辺から植生回復中
（平成20年10月）

- ④動物による散布
- ⑤種子の発芽
- ⑥実生の生存率
- (3) ほふく茎の生長
- (4) 地下茎の生長
- (5) 植生回復までの植生の変化（予想）

III 調査地域

- (1) 調査地域とその地形について（調査地域（図1、図2）、平面図（図3）、断面図（図4））

調査地域は上越市柿崎区直海浜海岸（柿崎漁港南側）である。

平成17年にこの研究を始めるにあたり、上越市柿崎区の海岸を何か所か回り、海岸植物の植生や環境条件を調べた。それらのなかで、最も広く砂丘が広がり、テトラポットや防砂用の柵などの人工物が無く、自然状態の植物群落が広い範囲で観察できるということで、この調査地域を選んだ。

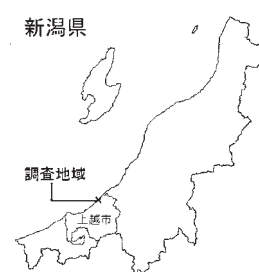


図1 調査地域

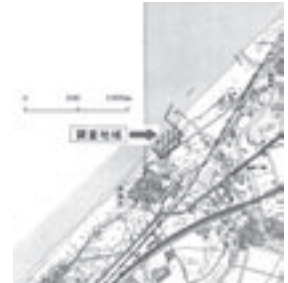


図2 調査地域

調査地域は、図3、図4のように海岸線から内陸へ、傾斜0°から15°のなだらかな斜面が、汀線距離70mから90m付近の海岸線と平行に続く尾根まで広がる。その尾根から内陸側の斜面は、下ったり上ったりしている。

- (2) 調査地域とその植生について

図3のように、調査の基準点を、波で削られる恐れのない汀線距離約50mに設定した。この基準点から内陸への距離を基準点距離とした。

今年、重点的に調査したのは、裸地（約340m²）とその周辺の、B列の基準点距離12mから34m（汀線距離62mから84m）であり、幅20m、奥行22mの面積約440m²の地域である。

図4のように汀線距離約50m付近の基準点付近には、ハマヒルガオやハマボウフウが生育している。ここから内陸に進

II 研究内容

1 海岸の裸地の自然環境について

- (1) 照度
- (2) 地下水分量
- (3) 地温
- (4) 風速
- (5) 塩害
- (6) 裸地と植物群落内での自然環境の違い（まとめ）

2 裸地からの植生回復について

- (1) 植生調査
- (2) 種子による植生回復
 - ①風による飛距離
 - ②風により転がる距離
 - ③海流による散布～なぜ海岸植物の種子は海水に浮くのか～

むとハマゴウが優占種となり、ハマボウフウやハマエンドウなどと植物群落をつくっている。汀線距離90m付近の尾根を越えると、ススキやアオツツラフジ、オオウシノケグサなどが多くなる。

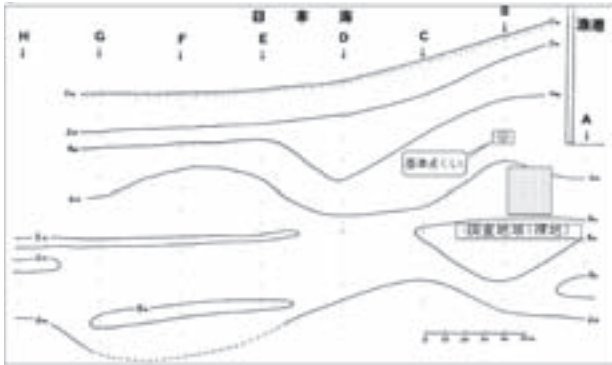


図3 調査地域の平面図

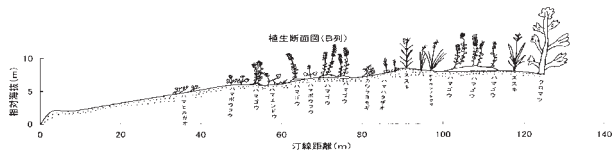


図4 B列の植生断面図(平成18年の調査)

研究の結果

1 海岸の裸地の自然環境について

昨年までの研究で、海岸は植物が生育するには非常に厳しい環境条件であることがわかってきた。それでは、植生の無くなってしまった裸地と植生の残った範囲では、どのように自然環境が違うのか調べてみることにした。

照度

海岸は植被率が低く、さらに高い木や草が生えていないので、直接、日光が地面に当たる。植被率と相対照度(日当たりの照度に対するその地点の照度の割合(%))の関係調べた。

測定方法

各地点で、日当たりでの照度と地面での照度(最低と最高)を照度計で2回ずつ測定し、相対照度の平均を求めた。

測定結果 図1-1

植被率の低い裸地では、相対照度は、当然100%となる。日射量が非常に多く、植物体の温度が上昇する。しかし、植物は蒸散により体温を低下させていると考えられる。

一方、植物の生育するところでは、植物はお互いに陰になるので、図1-1のように植被率が高くなるほど相対照度は下がる。植物にとって集まって生育することで、お互いに日陰をつくり、助け合っていると見える。しかし、日陰では日射量が減るので、光

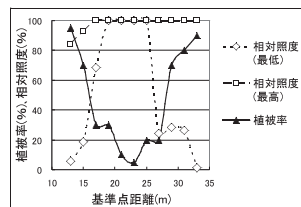


図1-1 植被率と相対照度(最低、最高)

合成の量は減ると考えられる。

地下水分量

海岸には直射日光が当たり、地面は高温となり水分は蒸発する。したがって、地下の水分量も少ないはずである。水不足は植物の生長を妨げ、植物は枯れることもある。特に種子の発芽やその生長には十分な水分が必要である。

海岸の砂に含まれる水分はどのくらいの量なのか測った。測定方法

測定地点は、基準点距離13m(植物群落内)、15m、21m、31m、33m(植物群落内)の5か所で、それぞれ地表からの深さ0cmから30cmまで10cmおきに、フィルムケース1杯分の砂

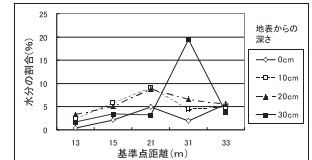


図1-2 海岸の地下水分量の割合(深さ別)

を採取した。採取した砂を紙封筒に入れて乾燥させ、その前後の質量の差を、砂に含まれる水分の質量とし、その割合を算出した。

結果と考察

図1-2のように深さ0cm(地表)では、どの地点でも水分は5%以下であり、水分量が最も少ない。基準点距離31m地点(植被率80%)では、深さによる水分の割合の変化が大きい。植被率が高い基準点距離13m(植被率95%)と33m(植被率80%)では、深さによる差が小さい。

深さ30cmよりも10cm・20cmの方が、水分量の多い地点が多かったのは意外だった。これは、雨が深いところまでなかなかしみ込まないためではないかと考えられる。ハマヒルガオなどの海岸植物は、深さ10~20cmの砂に含まれているこの水分を求めて、地下茎を生長させて利用しているのではないかと考えられる。

また、図1-2のように、植被率の高い基準点距離13mや33m地点より、植被率が0%に近い基準点距離21m(植被率10%)の方が水分量が多かったのは予想外だった。この原因として次の二つのことが考えられる。一つ目は植被率の高いところでは植物によって雨が地表に到達しないから、二つ目は植物が地中の水分を吸い上げているからと考えられる。今後、確かめてみる必要がある。

地温

裸地では直接日光が地面に当たり、夏、砂浜は裸足では歩けないほど熱い。地面が高温になれば植物は水分を奪われ、植物の生長や種子の発芽が妨げられる。場合によっては高温と乾燥で枯れてしまう。裸地と植物群落の中ではどのくらい地温が違うのか測定した。

測定方法

K a i s e社製デジタル温度計と地温測定用センサーを使用し、気温(地表から1.5mの高さ)と地温(地表から0、10、20、30、40、50cmの深さ)を測定した。測定地点は裸地中央部を横断する基準点距離13mから33mまで2mおき

である。

結果と考察 図1-3、図1-4

晴れの日を選んで測定した。しかし、1本のセンサーで測定するため、測定している時刻によって気温が変化している。

予想どおり、地表や地下10cmでは、気温より地温が高い。植被率の高い基準点距離13mと31m・33mでは、地表の地温は気温とほぼ同じかそれ以下である。一方、植被率の低い15m～29mでは、地表から地下20cmまで、他の地点より地温が高い。

これは高さの低いハマゴウやハマエンドウ・ハマヒルガオなどの植物が地面をおおう所では、地面に日光が直接当たり地温が上昇するのを、これらの植物が防いでいるからだと考えられる。

地下30cm以下では、植被率の大小は、ほとんど地温に影響していない。

図1-4の2回目の測定では気温の上昇にともない、地表の温度が上がった。しかし、気温の上昇に遅れて地温が上がる。また、気温が低下しても、地温はすぐには下がっていない。基準点距離13m・19mでは、気温が上昇したが地下30cm以下では温度変化がなかった。

基準点距離27mから33mでは気温が低下したのにもかかわらず、地温が上昇している深さがある。これは、地表の熱が少しずつ、地下深くに伝わっているからだろう。

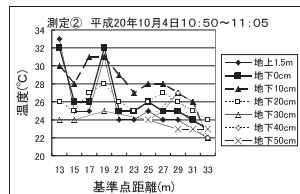
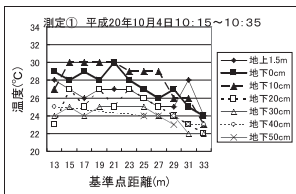


図1-3 裸地の地温 (10:15~10:35)

図1-4 裸地の地温 (10:50~11:05)

風速

海岸ではいつも海から強い風が吹いている。特に強風の時には、風に向かって歩けなかったり、口を開けていると飛んできた海水が口に入り塩辛かったり、飛んできた砂粒が顔に当たって痛いことを経験した。強風の植物への影響を考えてみた。

強風による害

葉や茎が折れる。

飛んできた砂粒が葉や茎に当たり傷つける。

砂粒が飛ばされ地下にあった植物の根や地下茎がむきだしになる。

飛ばされた海水が植物に付着して、塩害を起こす。

葉や茎の水分が表面から奪われる。

強風の利点

風で種子が飛ばされたり、地面を転がったりして、種子を広く散布できる。

このように、強風は植物の生長を妨げ、枯らしてしまうこともある。裸地と植物群落内での風速の違いと、地表からの高さの違いによる風速の違いを測定した。

測定方法

風速の測定を、裸地中央部の基準点距離13～35mの範囲で2mおきに、地上1.5mと地表で1分間行った。測定には、Lutron Electronic Enterprise Co., Ltd製デジタル風速計AM4200を使用し、1分間の中での最大風速をその地点の風速とした。

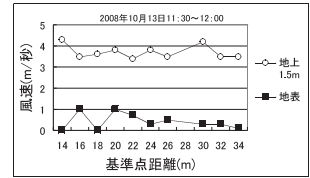


図1-5 裸地の風速

結果と考察 図1-5

地上1.5mでの風速に比べ、地表での風速は非常に弱く、無風の地点もあった。植被率の高い基準点距離14mや34mの地表では、特に風が弱い。

つまり、背の低い海岸植物は風の害を受けにくいと言える。

植物群落内では、お互いに風を弱め合い、塩害や乾燥などの風の害から守っていると考えられる。また、植物群落内では風が弱いことにより、風に飛ばされやすいハマボウフウの種子が、多量にその根元に落ちて生長していた。

塩害(平成18年度の研究から)

海岸から移植した植物に、海水を霧吹きで直接かけて、塩害への強さを調べた。その結果、海岸に生育する植物の中には塩害に強い植物と弱い植物があることがわかった。

塩害に強い植物の例

ハマボウフウ、ハマニガナ、ハマエンドウ、ウンラン、ハマヒルガオ

塩害に弱い植物の例

エゾタチカタバミ、ハマゴウ、イソスミレ、アナサスミレ、ナミキソウ、カワラヨモギ

植被率の高い植物群落では、風の当たる海岸側あるいは上部だけ塩害を受けて枯れ、生き残った茎から新しい葉や茎を伸ばしているハマゴウやハマボウフウなどが観察できた。

裸地と植物群落内での自然環境の違い(まとめ)

	照度	地下水分量		地温		風速 (地表)	塩害	砂の 移動 (予想)
		表面～ 地下30cm	地下30cm 以下	表面～地 下30cm	地下30cm 以下			
裸地	明るい	やや多い	違いなし	高い	違いなし	強い	多い	多い
植物群落内	暗い	少ない	違いなし	低い	違いなし	弱い	少ない	少ない

植物群落内に比べて、裸地の自然環境は非常に厳しい。このような自然環境なので、海岸植物以外の植物は生育することができないのだろう。また、裸地へ進出していくのは、海岸植物にとっても難しいことだと考えた。

地下の自然環境は、地下30cmから深いところでは、比較的安定していることが分かった。生育地を広げるときに、地表でほふく茎を使うよりも、地下茎で生育地を広げる方

が有利であるといえる。

2 裸地からの植生回復について

植生調査による分析

裸地にどのような植物が最初に入ってくるのか、図2-1のように2m x 2m (4m²)の正方形の調査わくをつくり、その中の植物の植被率(%)、優占種、被度(+~4)、種類ごとに最も高い個体の高さ(cm)を記録した。被度は表2-1のように、ある植物が75%から100%の割合で地表を被っていたら「被度4」というように記録した。調査は平成20年9月から10月にかけて行った。

表2-1 被度階級

被度階級	割合(%)	計算値
4	75~100	4
3	50~75	3
2	25~50	2
1	5~25	1
1	1~5	0.2
+	1以下	0.04

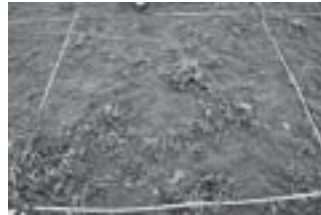


図2-1 植生調査わく

結果と考察

表2-2のように、調査地の裸地の傾きは0~14°であった。

表2-3のように植被率は、裸地の中心部ではまだ1~2%と非常に低く、周辺部ほど高い。右上の傾斜のやや急なところでは、植被率が低かった。

表2-4のように裸地の中心部ではハマヒルガオしか生えていないため、高さが低い。その周辺では、群落の中で最高はほとんどがメヒシバだった。

表2-5のように、優占種は裸地の中心部では、ハマヒルガオとメヒシバ、周辺部ではハマゴウであった。ハマゴウは周辺部から地面にほふく茎をはわせて裸地を被いつつある。

表2-2 裸地の傾き(度)
(表は上が海岸方向)

水平位置 基準点 距離(m)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
14~16	4	5	6	5	2	4	10	10	14	10
16~18	9	6	8	5	10	6	5	10	10	9
18~20	6	8	7	6	5	2	8	10	6	12
20~22	8	8	7	4	7	5	7	7	9	10
22~24	4	4	5	5	5	8	9	5	9	6
24~26	4	0	8	3	2	3	9	2	4	3
26~28	0	2	1	3	5	2	5	4	4	2
28~30	2	4	0	5	4	9	8	1	4	5

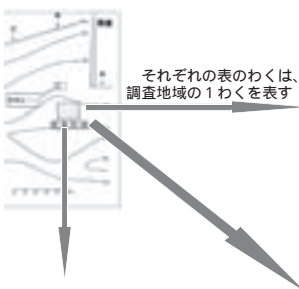


表2-3 裸地の植被率(%)
(表は上が海岸方向)

水平位置 基準点 距離(m)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
14~16	80	70	80	70	60	70	50	30	5	1
16~18	80	70	30	40	30	30	20	30	30	5
18~20	80	30	30	20	10	30	25	60	25	20
20~22	80	70	10	2	5	10	20	30	50	40
22~24	90	75	25	5	2	5	15	15	30	30
24~26	90	80	30	15	1	20	15	10	20	30
26~28	90	90	50	40	20	25	30	25	20	30
28~30	90	80	80	70	70	70	60	70	25	30

表2-4 裸地の植生の高さ
(表は上が海岸方向) (cm)

水平位置 基準点 距離(m)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
14~16	50	35	63	40	35	36	45	30	30	4
16~18	30	20	11	16	17	13	19	35	45	30
18~20	30	20	15	9	25	39	25	50	30	45
20~22	50	25	11	2	12	15	16	50	40	30
22~24	40	24	20	10	6	24	42	45	35	45
24~26	50	30	15	25	7	35	20	20	30	30
26~28	50	35	44	20	23	25	30	25	25	30
28~30	55	25	30	40	30	40	45	25	20	35

表2-5 裸地の優占種と植被率(数値は%)(上が海岸方向)

水平位置 基準点 距離(m)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
14~16	ハマボウフウ 80	ハマボウフウ 70	ハマエンドウ 80	ハマボウフウ 70	ハマゴウ 60	ハマエンドウ 70	ハマゴウ 50	ハマエンドウ 30	ハマヒルガオ 5	ハマヒルガオ 1
16~18	ハマボウフウ 80	ハマヒルガオ 70	ハマヒルガオ 30	ハマヒルガオ 40	ハマエンドウ 30	ハマゴウ 30	ハマヒルガオ 20	ハマヒルガオ 30	メヒシバ 30	ハマヒルガオ 5
18~20	ハマボウフウ 80	ウンラン 30	ハマヒルガオ 30	ハマヒルガオ 20	ハマヒルガオ 10	メヒシバ 30	メヒシバ 25	メヒシバ 60	ハマヒルガオ 25	ハマヒルガオ 20
20~22	ハマボウフウ 80	ハマゴウ 70	ハマヒルガオ 16	ハマヒルガオ 2	ハマヒルガオ 5	ハマヒルガオ 16	メヒシバ 20	メヒシバ 30	メヒシバ 50	メヒシバ 40
22~24	ハマゴウ 90	ハマゴウ 75	ハマゴウ 25	ハマヒルガオ 5	ハマヒルガオ 2	メヒシバ 5	メヒシバ 15	メヒシバ 15	ハマヒルガオ 30	ハマヒルガオ 30
24~26	ハマゴウ 90	ハマゴウ 80	ハマゴウ 30	ハマヒルガオ 15	ハマヒルガオ 1	メヒシバ 20	メヒシバ 15	ハマヒルガオ 10	メヒシバ 20	ハマヒルガオ 30
26~28	ハマゴウ 90	ハマゴウ 90	ハマゴウ 50	ハマヒルガオ 40	ハマヒルガオ 20	ハマヒルガオ 20	メヒシバ 25	ハマゴウ 30	ハマヒルガオ 25	ハマヒルガオ 20
28~30	ハマボウフウ 90	ハマゴウ 80	ハマゴウ 80	ハマゴウ 70	ハマゴウ 70	ハマゴウ 70	ハマゴウ 60	ハマゴウ 70	ハマゴウ 25	ハマヒルガオ 30
	ハマヒルガオ		ハマゴウ				メヒシバ			ハマボウフウ
	ハマエンドウ		ウンラン							

また、裸地での植物の分布パターンを分類し、次の4つの型に分けた。(表2-6、図2-2)

表2-6 裸地の分布型の特徴

分布型	裸地周辺の 生育	裸地中央部 の生育	裸地への 繁殖力	裸地での生育力 (塩害や乾燥への 強さ)	植物の例
裸地限定分布 (裸地には生育するが周辺の植物群落にはほとんど生育しない)	なし	あり	大きい	強い (他の植物が生育しない汀線に近い砂浜に生育)	多年草 ハマニガナ コウボウムギ 1年草 キンエノコロ
裸地全体分布	多い	多い	大きい	強い	多年草 ハマヒルガオ 1年草 メヒシバ ツクサ カワラアカザ
裸地進出分布 (周辺の植物群落から少しずつ分布を広げている)	多い	なし	↑	↑	多年草 ハマボウフウ ウンラン カワラヨモギ ハマエンドウ ハマゴウ
裸地未進出分布	多い	なし	小さい	弱い (汀線距離が大きい内陸部の群落内に生育するものが多い)	多年草 ケカモノハシ アナミスミレ オオウシノケサ エゾタチカバミ ナミキソウ イソスミレ ギョウギシバ エゾノギシギシ 1年草 ネナシカズラ

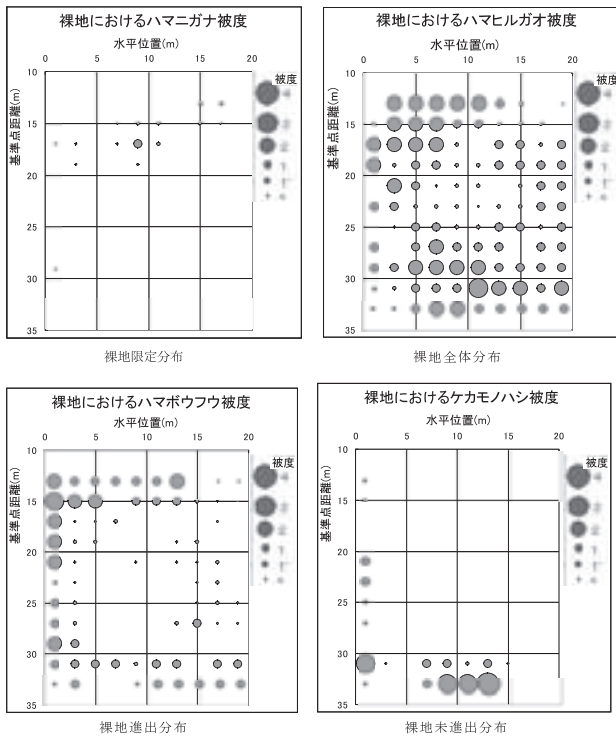


図2-2 調査地の裸地における植物の分布型
(網掛けの部分は元々の植物群落が残った所、白色の部分は裸地となった所)

種子による植生回復

裸地に植物が進出していく方法として次のものが考えられる。

- ・ 種子による・・・風による空中散布
 - 風によるころがり散布
 - 海流による散布
 - 動物による散布

- ・ ほふく茎による
- ・ 地下茎による

それぞれについて、裸地において調査し、考察した。

風による飛距離

海岸植物の種子が風によって、どれくらいの距離を飛ばされるのかを調べた。

実験方法

図2-4の種子10~20個の質量を測定して、1個当たりの質量を計算した。

図2-3のように送風機を角度45°に設置し、「弱風」(9.8m/秒)「中風」(12.2m/秒)「強風」(14.7m/秒)のときの種子の飛距離を測定した。風速はデジタル風速計で測定した。

結果と考察

図2-5のように0.035g~0.036gのハマエンドウとハマヒルガオは、「強風」でも飛ばなかった。

他の種子は、質量に関係なく250cmほどの飛距離だった。質量3位のハマボウフウが最も大きい飛距離だったのは、



図2-3 種子の飛距離測定方法

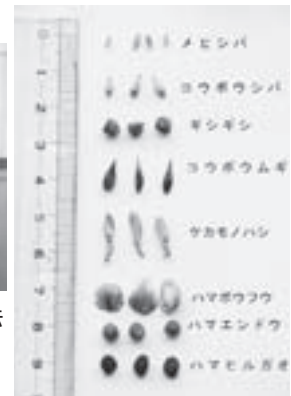


図2-4 使用した種子
(果実)

果実に翼のようなものがついているためだと考えられる。

図2-6のように、風速が上がるにつれて、飛距離が大きくなった。しかし、メヒシバでは飛距離は風速にあまり関係がなかった。メヒシバは、「強風」で飛ばされても、急にストーンと落下してしまった。これは、種子の形や質量と関係があるのだろう。

風により種子が転がる距離

実験方法 (図2-7)

送風機を下方45°の角度で傾け、砂の上に置いた種子がどれだけ転がるか測定した。風速は弱風(7.8m/秒)中風(10.5m/秒)強風(11.7m/秒)の3段階で行った。風速はデジタル風速計を使って、地面で最も風速の大きい地点の風速を測定した。種子がどこまで転がったか砂の中から見つけやすいように、色を塗って実験した。

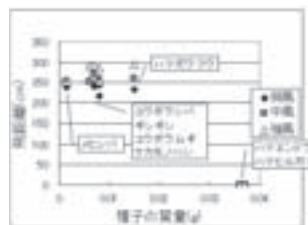


図2-5 風速と種子の飛距離

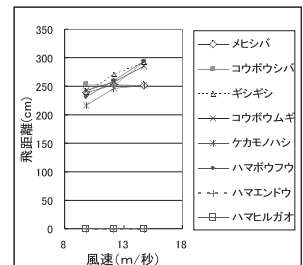


図2-6 種子の質量と飛距離



図2-7 種子の転がる距離測定方法
(左:実験の様子、右:着色したハマエンドウの種子)

結果と考察

風によってハマヒルガオとハマエンドウの種子は、砂の上を転がった。図2-8のように、ハマヒルガオもハマエンドウも風速が大きい方が遠くへ転がった。「強風」では、

種子はピョンピョンと飛び跳ねながら転がった。

どの風の強さの条件でも、ハマエンドウよりハマヒルガオの方が、転がる距離が長かった。これは、ハマヒルガオの方が、風を受けやすい平らな面をもっているためではないかと考えられる(図2-8、表2-7)。

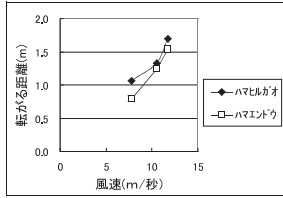


図2-8 風により種子が砂の上を転がる距離

	ハマヒルガオ	ハマエンドウ	ハマゴウ
形	楕円形	球形	球形
大きさ(mm)	6.2-6.5×4.5-5.0	4.5-5.0	5.5-6.0
質量(g)	0.038	0.036	0.036
体積(cm³)	0.083	0.063	0.10
密度(g/cm³)	0.46	0.57	0.34

表2-7 海岸植物の種子の特徴(ハマゴウは果実)

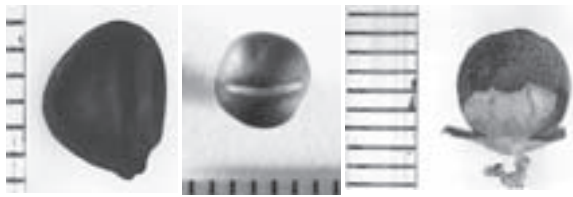


図2-9 海岸植物の種子(ハマゴウは果実)
(左:ハマヒルガオ、中:ハマエンドウ、右:ハマゴウ)

一方、ハマヒルガオは風速が弱いと、地面への種子の置き方によって、転がらない場合もあった。少しでもくぼみがあると、その地点で転がるのが止まった。

最初、柿崎海岸で実験したが、砂粒の大きさをそろえて実験した方がよいのではないかという意見が出た。そこで、ふるいで砂を粒の大きさごとに分けて実験した。砂粒の大きさは2mm未満と2~4mmに分けた。

表2-8のように直径2mm未満の粒の小さい砂の上では、ハマゴウ、ハマヒルガオ、ハマエンドウの順で遠くまで転がった。直径2mm未満の砂での転がる距離は、柿崎海岸で行った実験とほぼ同じ結果だった。これは、図2-10のように柿崎海岸の砂は2mm以下の砂粒が約80%であるからだと考えられる。

また、2~4mmの大きな粒の砂の上では、ハマゴウは2mm未満の時と同じくらい転がった。しかし、ハマヒルガオとハマエンドウは転がらなかった。ハマヒルガオとハマエンドウは、砂粒の間に埋まってしまい、転がりにくくなっていたからである。つまり、砂浜で種子が転がる距離は、種子と砂粒の大きさの大小と、風の強さが関係している。

図2-10のように調査した直浜海岸の砂は2mm以下の砂粒が約80%とほとんどである。つまり、ハマヒルガオ、ハマエンドウ、ハマゴウの3種類の種子は、海岸の砂粒より大きいので、海岸では転がりにくいと言える。

図1-5のように、種子ができる7月から10月にかけて、

普段海岸で吹いている風(地上1.5mの高さ)は3~5m/秒程度であり、地面では風速1m/秒くらいと、非常に弱い。このくらい弱い風では、種子は砂の上を移動しない。しかし、図2-11のように風速10m以上の

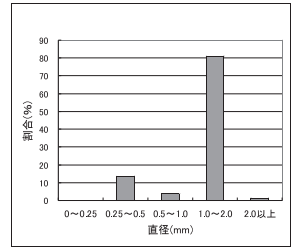


図2-10 柿崎海岸の砂粒の大きさの割合

一瞬でも地面に強い風が吹けば1m以上種子が移動するので、海岸でも風によって種子が転がって、運ばれることがあると考えられる。実際、風で砂の上を転がったと考えられるハマヒルガオの種子が見られた(図2-12)。

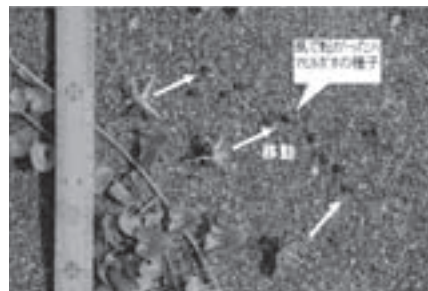


図2-12 裸地で砂の上を転がったハマヒルガオの種子

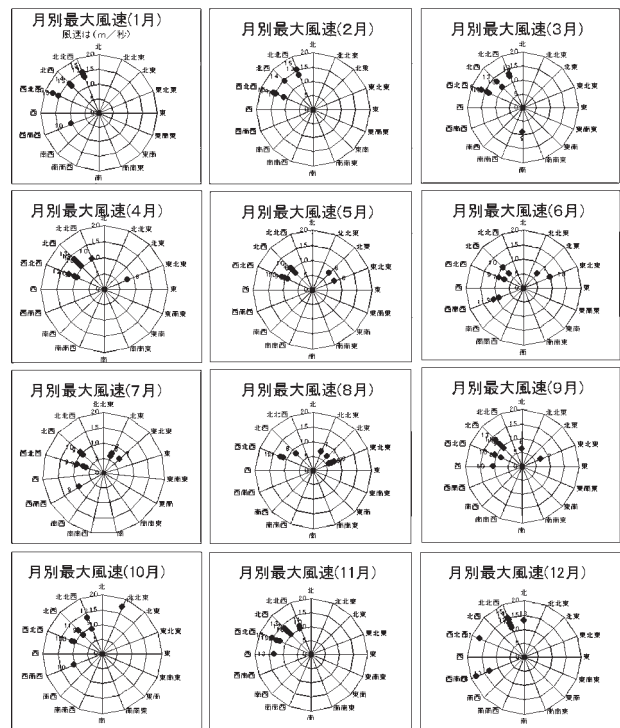


図2-11 調査地に最も近い大潟のアメダスの風速(最近10年間の記録)

海流による散布~なぜ海岸植物の種子は海水に浮くのか~

ハマヒルガオ、ハマボウフウ、コウボウムギ、コウボウシバ、ハマゴウ、ハマエンドウの6種類の海岸植物の種子(ハマボウフウ、コウボウムギ、コウボウシバ、ハマゴウ

は果実)はすべて海水に浮く。海水に種子が浮くことによって、海流が種子を遠くまで散布する。

そこで、それぞれの海岸植物の種子の密度を測り、なぜ浮くのか調べてみた。

実験方法

質量は種子10個(ハマゴウは5個)の質量を測定し、1個あたりの質量を求めた。体積は、水中に種子を沈めて、増えた水量から求めた。密度を質量と体積から求めた。

実験結果

表2-9 海岸植物の種子の密度

	果実(花序) 1個あたりの 種子(果実) 個数	質量 (g)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)
ハマヒルガオ	3.3	0.038	0.083	0.46
ハマボウフウ	565.5	0.014	1.56	0.21
コウボウムギ	29.4	0.0067	0.55	0.30
コウボウシバ	29.0	0.0077	0.27	0.34
ハマゴウ	4	0.034	0.10	0.34
ハマエンドウ	5	0.036	0.063	0.57

果実の質量、体積、密度



図2-13 多量の種子をつくるハマボウフウ

表2-9のように密度は0.2から0.6g/cm³であった。海水の密度は1.02~1.03g/cm³だから、海水より密度の小さいこれらの種子は、当然海水に浮く。

なぜ浮かぶのか。種子の内部を観察した。

ハマヒルガオ

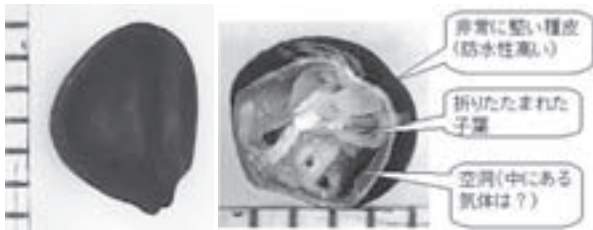


図2-14 ハマヒルガオの種子の全体と断面

ハマヒルガオの種子を切ってみた。種皮は非常に堅くて、カッターでは容易に切れなかった。ペンチを使いやっと切ることができた。ハマヒルガオの種子を水に浮かべると6か月たっても沈まない。つまり、種皮が厚くて堅く、防水性が非常に高い。

図2-14のように種子の内部では、大きな子葉が折りたたまれており、その周囲に空洞があった。この空洞があるために密度が小さく、種皮の防水性が高いので海水に長期間浮くと考えられる。

この空洞はどのようにしてできるのか、花の時期から種子が成熟する間、観察した。

図2-15のように、閉花後、子房は果実へと生長し、約1か月で種子ができあがる。図2-16のように、子房の中の胚珠は、しだいに種子へ生長していく。

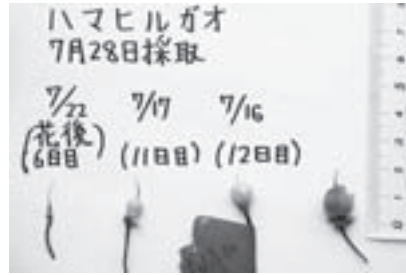
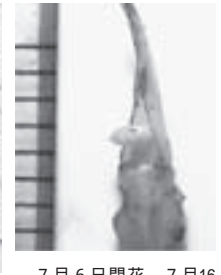


図2-15 ハマヒルガオの果実の生長(がくを取り除いたもの)



7月6日閉花、7月16日(閉花後10日)撮影した子房の断面
種子はまだ、未熟

図2-16 ハマヒルガオの子房の断面

表2-10、図2-17のように、花が閉じてから早いものではおよそ13日目に種子の形が確認された。しかし、まだ種子の表面の皮は無色で柔らかく、すぐに傷ついてしまう。種子の中の子葉は緑色であり、内部には水分が多かった(図2-17*3~5)。この段階の種子は、水に沈む。これは、空洞が無いためではないかと考えられる。また、胚を水をしみ込ませた脱脂綿にまくと生長した。

一方早い種子では、花が閉じてから14日目のものが、密度が小さく、水に浮いた。

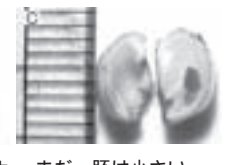
若い種子では、外から中の子葉の緑色がぼんやり分かる。これは、種子の種皮が薄くて白色でやや透き通っていて、光を通すからである。つまり、若い種子は外からの弱い光で光合成をして、胚を生長させたり、養分を貯えたりしていると考えられる。

このあと、種子を包む種皮は黒色となり、非常に堅くなっていく。

表2-10 ハマヒルガオの種子の生長にもなう密度の変化

月日	6月26日 閉花	7月9日	7月10日	7月11日	7月16日	
日当たり		半日陰	半日陰	暗黒	半日陰	
閉花後の日数	0	13	14	15	15	20
種子1個質量(g)		0.16	0.14	0.21	0.083	0.19
種子1個体積(cm ³)				0.20	0.075	0.15
密度(cm ³)		1.10	0.90	1.05	1.10	1.27
水に浮くか		沈む	浮く	沈む	沈む	沈む
参考写真		*1	*2	*3	*4	*5

*2 閉花後14日 *3 閉花後15日(暗) *4 閉花後15日(明)



緑色の子葉が大きく生長し、しわが寄り始めている。光合成をしているだろう。空洞ほとんどなし。

まだ、胚は小さい。空洞ほとんどなし。

*5 閉花後20日



緑色の子葉が大きく生長。空洞ほとんどなし。

図2-17 ハマヒルガオの種子の生長

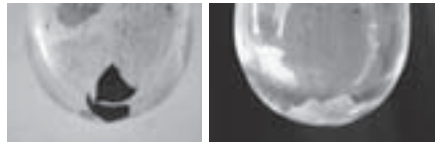


図2 - 18 ハマヒルガオ種子の密度測定
(左：種皮は水に沈む、右：子葉沈む)

ハマヒルガオの種子が水に浮くのは、種子の中に空洞があるためなのだろうか、種子の組織も密度が小さいのだろうか、確かめることにした。

確認は種子の各組織が水に浮くかどうかで調べた。図2 - 18のように種皮も子葉も水に沈んだ。つまり、種子の組織の密度は 1 g/cm^3 より大きい。ハマヒルガオの種子が水に浮く原因は、種子の中にある空洞のためであることが分かった。

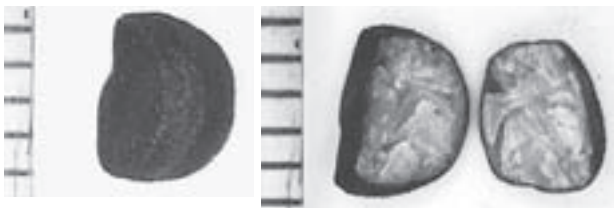


図2 - 19 アサガオ(園芸品種)の種子の全体(左)と断面(右)

図2 - 19は、科学部員が家で育てていたアサガオの種子である。このアサガオの種子は水に沈んだ。種子を切って断面を見ると、種子の中に子葉が折りたたまれてぎっしり詰め込まれていた。ハマヒルガオのような空洞はほとんどなかった。空洞がないため、このアサガオの種子は水に沈むと考えられる。

ハマエンドウ

ハマエンドウの種子を6月に集めた。しかし、さやを開けてみると、種子はほぼ100%、白色の幼虫に食べられて、穴があいていた(図2 - 20)。また、図2 - 21のように、さやを観察すると必ず直径1mm未満の小さな穴があった。この穴は産卵のときにできた穴なのだろうか？

7月下旬に集めた種子は、熟した果実の数は少ないが、幼虫に食べられてはならずほとんどが熟した種子だった。この幼虫の発生は1年中ではなかった。この昆虫は5～6月のハマエンドウの花がたくさん咲く時期に、花か果実の卵を産み、その幼虫が果実の中の種子を食べて成長するようである。

この幼虫をしばらく飼っていたが、死んでしまいどんな成虫になるのか、何という種類なのかは、分からなかった。

ハマエンドウは、寄生する幼虫のために完全な種子にまで成長するものがごく少なく、種子によって生育地を広げる可能性はかなり低いと言える。



図2 - 20 幼虫に食べられたハマエンドウの種子



図2 - 21
ハマエンドウの果実

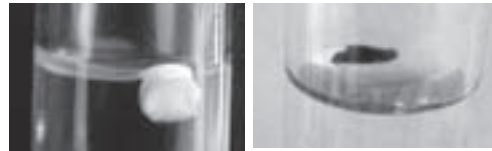


図2 - 22 ハマエンドウの種子の密度測定
(左：子葉、右：種皮)

ハマエンドウの種子を切ってみると、ハマヒルガオのような空洞はなく、胚で種子は一杯であった。また、図2 - 22のようにハマエンドウの胚と種皮を水に入れると浮いた。つまり、ハマエンドウが海水に浮く理由は、種子の胚や種皮そのものの密度が小さいためであることが分かった。

コウボウシバ

図2 - 23のように果実は果胞(果実を包む器官)にゆるく包まれている。つまり、果胞の中に空洞があり、海水に浮く原因となっている。また、コウボウシバの果胞、果実それぞれ水に浮くことから、密度が水より小さいことがわかった。

つまり、コウボウシバは、果実自身も密度が小さい上に、果胞内に空洞があるために、海水に浮くことが分かった。



図2 - 23 コウボウシバの果実
(左：全体、中：横断面、右：縦断面)

コウボウムギ

図2 - 24のように果実は果胞に包まれている。果実と果胞の間に大きな空洞があり、水に浮かせるのに役立っていた。また、果胞と果実それぞれ水に浮いた。

つまり、コウボウムギは、果胞内の空洞と、果胞と果実の密度が小さいことによって、海水に浮くことが分かった。



図2 - 24 コウボウムギの果実
(左：全体、中：縦断面、右：横断面)

ハマゴウ

図2 - 25のように、ハマゴウの果実中には、4個の種子

が入っていた。この4個の種子のうち、1個はよく生長して胚乳が種子の中をいっぱい埋めていた。しかし、残りの3個の種子は小さく、果実内には空洞があった。コルク質の果皮と、胚は水に浮いた。つまり、ハマゴウの果実は、それ自身、海水より密度が小さい上に、果実内に空洞があるために海水に浮くことが分かった。



図2 - 25 ハマゴウの果実(左:全体、中:縦断面、右:横断面)

ハマボウフウ

図2 - 26のように果実を切ると種子と果皮との間にわずかなすき間があった。これは、種子がボート形をしていてその中央に縦に走る突起があるために、すき間ができていた。また、果皮の外側のひだのような突起の中に空気をためることができる。

また、果皮も種子も水に浮いた。

つまり、ハマボウフウは、果皮や種子自身が海水より密度が小さい上に、果実内に空洞があるために、果実の密度が海水より小さく、海水に浮くことが分かった。

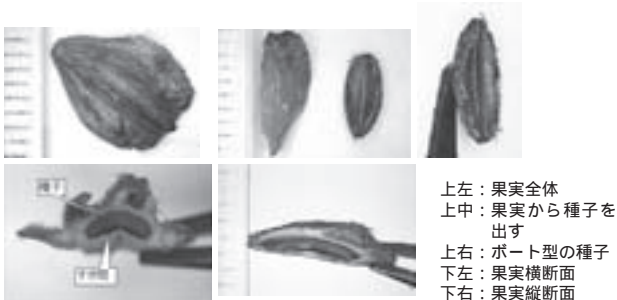


図2 - 26 ハマボウフウの果実と種子

グンバイヒルガオ

昨年に引き続き直海浜海岸で、南方系植物のグンバイヒルガオの生育を確認した。種子が海水に浮き、海流によって運ばれてきたと考えられる。



図2 - 27 種子が流れ着き生長した南方系の植物グンバイヒルガオ塩害で葉の一部が枯れている(平成20年10月4日)

動物による種子の散布

海岸に生育するアナスマミレとイソスマミレは、図2 - 28のように、どちらもアリの好きな成分を含んだ付属物を付けていた。また、海岸にはアリも生活していることから、アリがこれらのスマミレの種子の散布を助けていると考えられる。

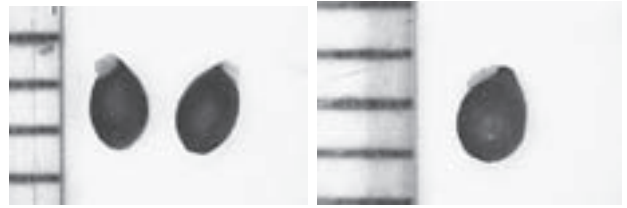


図2 - 28 スマミレ2種の種子
(左:イソスマミレ、右:アナスマミ)

海岸植物の種子の発芽

昨年、ハマヒルガオやハマボウフウなどで発芽の実験を行ったが、ハマボウフウは1つも発芽しなかった。海岸では、春3月頃からハマボウフウの発芽がたくさん見られるのに、室内ではなぜ、発芽しないのか調べてみることにした。

発芽率を調べる。

実験方法

ハマヒルガオ、ハマボウフウ、ハマエンドウ、コウボウムギ、コウボウシバの種子ををバーミキュライトの上に脱脂綿を広げその上にまいて、弱い光が当たる所に置いた。

また、ハマボウフウは春になると一斉に発芽することから、低温の期間が必要なのではないかと考えた。種子を水分を含んだ砂と混ぜ、ビニール袋に入れて冷蔵庫で保管した。1か月後、2か月後・・・と種子をまいて、発芽するかどうか調べた。

実験結果

ハマヒルガオ1個の果実には、1個から4個の種子が入っている。1個の果実ごとに種子をまいて、発芽率を比べてみたのが表2 - 11である。

最初に発芽する種子は、2週間以内に発芽し、生長した。驚いたことに種子をまいてから1か月半以上たってようやく発芽したものが2個(No 2, 5)あった。発芽する時期は、種子ごとにかなり違うことが分かった。また、発芽率50%と発芽率が高い果実(No 1, 7, 8, 13)と全く発芽しない果実があることが分かった。

また、2枚の子葉が開く時期に差があり、先に開いた子葉は葉柄が長くなり、後に開いた子葉の葉柄は短い。2枚の子葉の葉柄の長さの差は発芽直後で、0.4cmから2.0cm、1か月半後で1cmから4cmであった。1か月半後には、2枚の子葉のうち1から2枚が枯れて無くなっていた。

ハマエンドウは7月30日に5個種子をまき、8月27日に1個、9月19日にさらに1個の発芽を確認した。発芽率40%。

ハマボウフウ、コウボウムギ、コウボウシバは1か月半を経過したが、発芽していない。

また、8月27日、約1か月低温貯蔵した5種類の種子をまいたが、いずれも発芽していない。

考察

表2 - 11のようにハマヒルガオの発芽期間は1週間から

1 か月半と幅が大きい。また、果実によって発芽率が異なることが分かった。さらに後になって発芽する可能性もあるので観察を続けたい。

図 2 - 29のように、ハマヒルガオでは2枚の子葉の葉柄の長さが異なる。一方の子葉が砂で埋まっても、長い葉柄の子葉で光合成ができる工夫かもしれない。反対に、地上に出た子葉が塩害や乾燥などのために枯れても、砂に埋まった子葉は守られて生きのびることができる。実際、図 2 - 30のように海岸で子葉が1枚だけ砂の上に出した実生をいくつか観察できた。

7月29日から冷蔵庫に低温貯蔵を続けたハマボウフウの種子のうち、11月12日と1月8日にまいたものの一部が、発芽した。低温期間1~2か月のハマボウフウは発芽していないことから、ハマボウフウの発芽には3か月以上の低温期間が、必要であることが分かった。ハマボウフウ以外の種子も低温貯蔵をしたが、未だに発芽をしない。

発芽の時期に幅があったり、2枚の子葉の葉柄の長さによる差があることで、ハマヒルガオは海岸という厳しい環境条件(水不足や高温、塩害、強風など)の中で生きのびているのではないかと考えられる。

表 2 - 11 ハマヒルガオの発芽 (7月29日種まき)

果実 NO	8月11日		8月27日		9月19日						
	種子数 (個)	発芽数 (個)	発芽数 (個)	発芽率 (%)	全体長さ (cm)	本葉数 (枚)	子葉の柄の長さ (cm)	子葉の柄の長さ (cm)	子葉の幅 (cm)		
1	4	2	2	2	50	7	2	6	5	1.2	
						6	1	4	枯れた	1.1	
2	4	0	0	1	25	9	3	9	6	1.6	
3	1	0	0	0	0						
4	2	0	0	0	0						
5	3	0	0	1	33	2.3	2	2.3	枯れた	0.8	
6	1	0	0	0	0						
7	2	1	1	1	50	31	7	6			
						12	8	7	枯れた	1.2	
8	4	2	2	2	50	17	6	枯れた	枯れた		
9	4	0	0	0	0						
10	3	0	0	0	0						
11	4	0	0	0	0						
12	4	0	0	0	0						
						20	5	9	5	1.6	
13	4	2	2	2	50	11	4	枯れた	枯れた	1.4	
14	3	0	0	0	0						
15	4	0	0	0	0						
16	4	0	0	0	0						
全体	51	7	7	9	18						

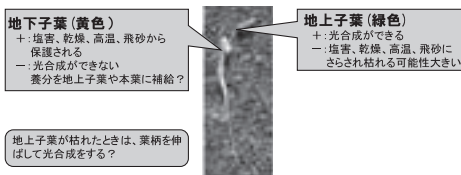


図 2 - 29 ハマヒルガオの子葉について



図 2 - 30 ハマヒルガオの実生 : 地上に出た1枚の子葉が長い期間残っている

実生の生存率

春に大量に見られるハマボウフウの実生は、秋には非常に少なくなる。実生の生存率はどのくらいなのか、いつごろ、なぜ枯れるのかを調べた。

調査方法

6月11日に、ハマボウフウの実生を探し、そこにたこ糸と割り箸で約10cm四方の調査枠を設けた。定期的に観察し生き残っている実生の個体数を数えた。

結果と考察

表 2 - 12のように、ハマボウフウは高い密度で発芽することが多い。つまり、大量の種子が落下したのち、あまり風で遠くへ飛ばされていないようである。

表 2 - 12、図 2 - 31のように6月22日には、かなりの数の実生が枯れた。これは天気の良い日が続き水不足のために枯れた。F地点では、6月22日にはすべて枯れたが、7月24日にはまた実生が見られた。ハマボウフウもハマヒルガオと同じく、発芽の時期には1か月以上のかんりの幅がある。

ハマボウフウの実生の生存率は7月で0から67%、8月には全て枯れた。発芽時期や種子が落ちた地点の水分、日当たりなどの条件によって、生存率にはかなりの差がある。発芽の時期がずれることにより、生き残ることができる個体もあるのだろう。



図 2 - 31 ハマボウフウの実生 (左 : 実生、右 : 枯れた)

表 2 - 12 ハマボウフウの実生の生存率

地点記号	日当たり	6月11日		6月22日		7月24日		8月12日	7月24日	8月12日		
		実生個数	高さ (cm)	本葉長さ (cm)	実生個数	高さ (cm)	本葉長さ (cm)	実生個数	高さ (cm)	実生個数	生存率 (%)	生存率 (%)
A	日向	14	2	0.9								
B	日向	19	26	2	0			0		0	0	0
C	日向	27	2	1.4	18	2	1	14	5		52	
D	日向	24	2	1.8	12	2	1	13	3	0	54	0
E	日向	49	3	1.4	39	4	2	33	3		67	
F	半日陰	9	5	1.5	0			4	4	0	44	0
G	半日陰	34	8.3	2.5	4	7	1.5	5	5	0	15	0
H	半日陰	39	5	1.3	7	5	2	3	2		8	
I	半日陰	37	5	1.3	17	5	2	7	4		19	
J	日向	37	5.4	1	0			0			0	
K	日向	8	16	2	3	5	2	2	4		25	

ほふく茎の生長

ハマゴウの生長の方向

ハマゴウが裸地に向かって、ほふく茎を伸ばす様子を記録したのが、図2-32である。裸地の海岸側、内陸側、側面の3方向から裸地に向かってどんどんほふく茎が伸びていた。ハマゴウのほふく茎は、明るい裸地の方向に向かって生長する性質があるのではないかと考えた。この性質は、裸地の植生回復には非常に大事な性質である。

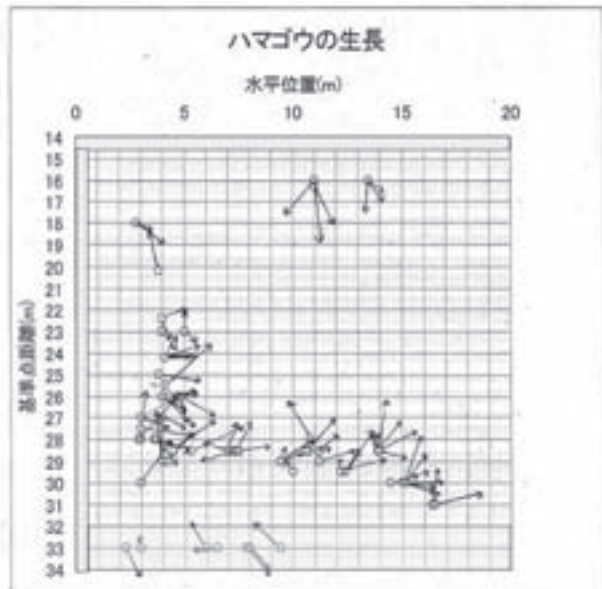


図2-32 ハマゴウのほふく茎の生長する方向と長さ(9月8日)(網掛けの部分は植生が残った所、白い部分は裸地となった)

ハマゴウの季節による生長の速さに違いはあるか

昨年の観察からハマゴウの茎は、地面を1年間で最大326cm生長していることが分かった。この生長量に季節による差があるのか、1日どれくらい生長するのか調べた。

結果

表2-13 ハマゴウのほふく茎の生長

数値の単位は cm

個体記号	6月8日	6月22日	7月19日	8月11日	8月27日	9月8日	6月8日~9月8日(92日間)の生長	1日当たりの生長
A	48	67.6	123	161	180	195	147	1.6
B-1	35	53	100	143	170	196	161	1.8
C-1	40	58	100	135	140	144	104	1.1
D-1	40	59	110	157	170	170	130	1.4
E-1	40	70	140	200	225			0.0
F-1	31	58			165	189	134	1.5
G	26	24	20					
H-1	25				35			
H-2	10				20			
I-1	25				135			
J-1	17				115	115	98	1.1
J-2	20				140	158	138	1.5
J-3	17					53	36	0.4
J-4	14					90	76	0.8

表2-13のようにハマゴウの茎が生長した長さは92日間です。最小36cmから、最も生長したBでは161cmだった。Bでは1日約1.8cm生長したことになる。

図2-33のように成長する速さは、8月始めまではほぼ

一定であるが、8月になりC-1、D-1のように生長がゆっくりしてきたものがある。秋になり、気温が低下したり、昼の長さが短くなったりして、さらに生長がゆっくりになることが予想される。

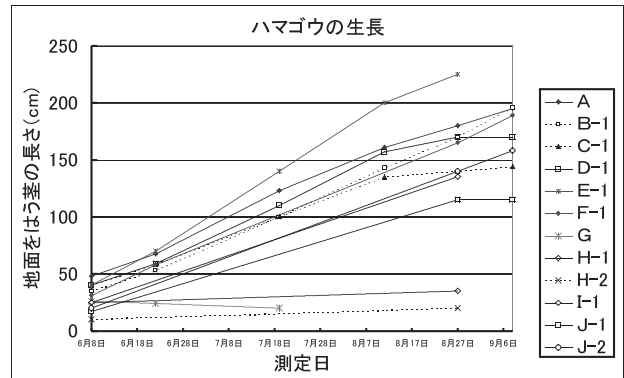


図2-33 ハマゴウのほふく茎の生長速度

地下茎の生長

ハマゴウの根を掘ってみた。図2-34のように1mの地下茎の先に、新しい株を作っていた。



図2-34 ハマゴウの地下茎

次に、ハマヒルガオの地下茎を掘ってみた。図2-35、2-36のように長い地下茎は4m以上枝分かれしながら伸びており、すべてを掘り出すことはできなかった。地下20cm程の所には、ハマヒルガオの地下茎がクモの巣のように、交差しながら張りめぐっていた。

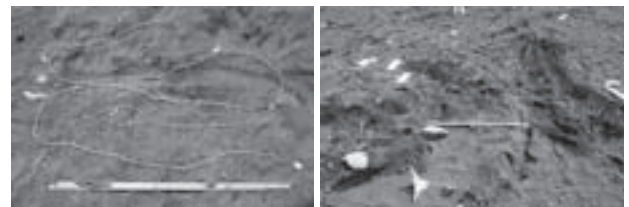


図2-35 ハマヒルガオの地下茎



図2-36 ハマヒルガオの地下茎から生長した株が一行につながっている

植生回復までの植生の変化(予想)

裸地になり3年目が終わろうとしている。しかし、植生はなかなか回復していない。今後どのようにして、植生が回復していくのか、現在の分布型をもとに考えてみた。

1年目(平成18年)裸地になる

ハマゴウ、ハマヒルガオ、ハマボウフウ:

地下に残った根茎から芽を出し生長（右図）花を咲かせるところまでは生長しない



メヒシバ：
周辺から種子の散布（砂に埋まっていた種子が発芽）

2～3年目（平成19～20年）

ハマゴウ：

周辺から裸地中心部へほふく茎や地下茎を生長させ、開花、種子散布する

ハマヒルガオ、ハマエンドウ、ハマニガナ：

地下茎やほふく茎が生長し、開花、種子散布する

メヒシバ、カワラアカザ：

種子が発芽し、種子散布する

ハマボウフウ：

開花し種子散布されるが、風で飛ばされ裸地に定着せず

4～6年目（予想）

ハマゴウ：

裸地中心部までほふく茎や地下茎を生長させ、裸地全体に広がる

ハマボウフウ、ハマヒルガオ：

ハマゴウのすき間で開花、種子散布を繰り返し、被度がしだいに高くなる

実生から育つ植物が次第に増加する。

7～10年目（予想）

周囲の海岸植生との違いがなくなり、完全に植生が回復する。

ケカモノハシやイソスミレ、アナマスミレなども生育するようになる。

まとめ

裸地の自然環境は、地下水分不足、高い地温、強風、塩害などで、植物にとって厳しい環境である。特に地下茎を伸ばす植物は、うまくこれらの厳しい環境を克服して生長している。

裸地の植物分布の様子から、「裸地限定分布」「裸地全体分布」「裸地進出分布」「裸地未進出分布」の4つの分布型に分類した。この順に裸地に進出している。

風の強さによる種子の飛び方の違いは、あまりなかった。

種子が風により転がる距離は風の強さにより大きく違った。また、種子の大きさや形によって転がる距離は違う。

調べた海岸植物の種子はすべて海水に浮いた。浮く原因は、果実や種子の中に空洞があるものや、組織自身の

密度が海水より小さいものがあった。

ハマゴウの生長は、1日当たり最高1.8cmだった。また、夏以降は、やや生長がゆるやかになった。裸地に向かって、ほふく茎を伸ばしていた。

ハマヒルガオの発芽率は、最高50%であり、果実ごとに異なる。1か月半かかって発芽したのもあった。ハマヒルガオの子葉の柄の長さに差がある。

3か月の低温処理後、ハマボウフウは発芽したが、コウボウムギとコウボウシバはまだ発芽しない。

ハマボウフウの実生の生存率は、水不足によりかなり低い。

調査した裸地は、10年間くらいで海岸植物に被われるのではないかと予想よりもずっと回復に時間がかかりそうである。これからの植生の回復を継続して調査していきたい。