

# 海岸砂丘地におけるアメリカンビーチグラスの 飛砂固定機能について

田 中 一 夫\*

On the Fixation Functions of American Beachgrass (*Ammophila  
breviligulata* FERN.) on Drifting Sand at the Coastal Sand Dune.

Kazuo TANAKA\*

## I 緒 言

アメリカンビーチグラスは米国大平洋北西沿岸の砂丘地において飛砂固定草として使用し砂丘固定に成功を収めている。わが国においては1951年本砂草を導入して以来原勝氏および筆者の共同研究による結果、鳥取地方砂丘地で非常によく生長繁茂しわが国の砂草類には見られない種々の特性を有しており現在迄のところアメリカンビーチグラスが飛砂固定用砂草として最も適当であることが明らかになった。(1.2.3.)

しかし海外の文献等を見てもアメリカンビーチグラスの飛砂固定機能に関する数量的な研究はあまりなされていない。そこで筆者は砂丘の位置および植栽密度等の関係による飛砂固定の定量的な面を研究することにより、今後砂丘地における飛砂固定にビーチグラスを利用するに当ってその最も合理的で且また経済的な方法を究明し、併せてビーチグラスの飛砂固定に対する機能を理論的に裏付けようとして行つたものである。

本研究に対し有益な御助言を賜つた京都大学遠藤隆一教授、本学原勝名誉教授および池田茂教授に対し深く感謝の意を表する。

## II 実験材料

飛砂固定に対するアメリカンビーチグラスの特性

本砂草はホモノ科植物に属し多年性草本で粗い強靱な葉を有し表面にはクチクラ(角皮)がよく発達してロウ物質を生じ光沢を有している。高湿および飛砂による機械的障害に対して強い抵抗力を有している。また葉の表面には厚い毛を有して日光の照射を防ぐスクリーンとなつている。地上部の茎葉は鳥取地方砂丘では草丈

150cm内外となる。茎葉は12月上旬頃迄は青々と繁茂しているが降雪とともに枯れて残り翌春2月下旬～3月中旬にかけて新しい芽を出し、4月から7月にかけて旺盛に分けつする、また地下茎を伸ばして盛んに増殖する。地下茎の伸長状況について見ると1年間で2～3mも伸びその間を10～20cm間隔各に新しい個体を作つて速かに砂地を被覆する能力を持つている。被覆力は旺盛で秋または春植付時に3～5本を寄殖えすると翌年およびその年の秋には株数が4～5倍以上にも増加し砂表面が見られない程密に砂地を被覆する。飛砂のために移動した砂が1m以上も堆砂するような個所では砂のあまり移動しない内方におけるものよりも一層繁茂も速かで、かつまた地下茎による繁殖の著しいことがわかつた。

冬季地上部の茎葉は枯死するが、枯茎葉はそのまま残存し容易に冬季の季節風によつてもぎ取られないで密に砂地を被覆し枯茎葉の草丈の全部を埋めつくすまで飛砂を固定する能力を持つている。そうして翌春には一見盛上つた裸地状のところから一斉に新しい芽を出して速かに砂地を被覆することが見られた。根系について見ると極めて細い根が著しく多く発生し深さ40cmにもおよんでいて堅く砂を包んでいる。更に地下茎により一層砂地を被覆するので容易に風により侵食されない。飛砂のために移動した砂がビーチグラスを埋めて行くに従つて地上部も次第に伸長するとともに漸次埋まつた茎の部分より根が発生している。筆者が調査したもののうち最も深いものにおいては植栽当初より約1mの高さに飛砂が堆積したところのものでは最初の位置から60～70cmも上に根系の位置が上昇しておりその間に数ヶ所より根が出ていた。飛砂による砂の堆積とともに次第に根系の位置が上部に移り、また地上部もそれにつれて旺盛に伸長するこ

\*鳥取大学農学部砂防工学及森林工学研究室 Lab. of Sand protection and Forest Engineering, Fac. of Agr., Tottori Univ., Tottori

とが見られた。(写真参照) このことは上述の如く飛砂の移動のはげしいところのものが他の砂のあまり移動しないところのものよりも一層繁茂生長が旺盛であることと合せて、この2つの特性は他の在来の砂草類と比較してビーチグラスが飛砂固定機能の大きいゆえんであると思われる。

### III ビーチグラスの植栽密度別飛砂固定量実験

#### 1 実験場所

##### (A) 第1試験地

1956年12月鳥取市浜坂鳥取大学農学部砂丘研究実験所構内で汀線より200m内方の海岸側斜面で傾斜角5°~8°の比較的ゆるやかな地区を選び主風に直角な方向にビーチグラスの植栽密度別試験区を設定した。(写真参照)

Table 1 Composition of number 1 test plot on the land planted with beachgrass. (in sand dune)

Item	plot			
	A	B	C	D (control)
Planting area	m m 10×10	m m 10×10	m m 10×10	m m 10×10*
Planting spacing	0.3	0.46	0.30	—
Number of clump	5	3	5	—

Note : \*Plot D : Non planting.

Planting method of plot A : 4 Rows-bordered planting with beachgrass.

試験区の構成は第1表の如くA区は10m×10mの面積に周囲4列のみ植栽した、列間、株間ともに30cmとし5本を寄植えし千鳥状に植栽した。A区より10mおいてB区を作り10m×10mの全面積に列間、株間ともに46cmとし、3本を寄植えた、各列の株は千鳥状になるように植栽した。B区より10mおいてC区を作りB区と同面積の全面に列間、株間ともに30cmとし5本を寄植えし千鳥状

Table 2. Composition of number 2 test plot on the land planted with beachgrass. (in sand dune)

Item	Plot				
	A	B	C	D	E (control)
Planting area	m m 10×20	m m 10×20	m m 10×20	m m 10×20	m m 10×20
Planting spacing	0.4	0.5	0.5~0.4	2m net-work	Non planting
Number of clump	3~5	3~5	3~5	3~5	—

Note : Plot C : { Windward...Planting spacing : 0.5m  
 { Leeward..... " " : 0.4m  
 Plot D : Net work with 0.4m Planting spacing

に植栽した。C区より10mおいて10m×10mの裸地を作りD区とした。

##### (B) 第2試験地

1958年3月、前述の第1試験地の後方で汀線より約350m内方の人工砂丘頂上部に本試験地を設定した。(写真参照)

試験区の構成は第2表の如くA区は10m×20mの全面積に列間、株間とも40cmとし3~5本を寄植えし千鳥状にした、このA区を10m×10mと10m×10mの2つに区分しA1, A2とした、(以下各区とも同様)A区より10mはなして同面積に列間、株間とも50cmとし3~5本を寄植えし千鳥状とした。B区より10mはなしてC区を作り主風の前半5mは列間、株間とも50cm後半は40cmとして全面に植栽した。C区より10mはなしてD区を作り10m×20mの全面積に2mの方形を作り株間40cmで網植えを行つた。D区より10mおいてE区を作り裸地状として比較対照した。

#### 2 実験方法

##### (A) 堆砂量の測定

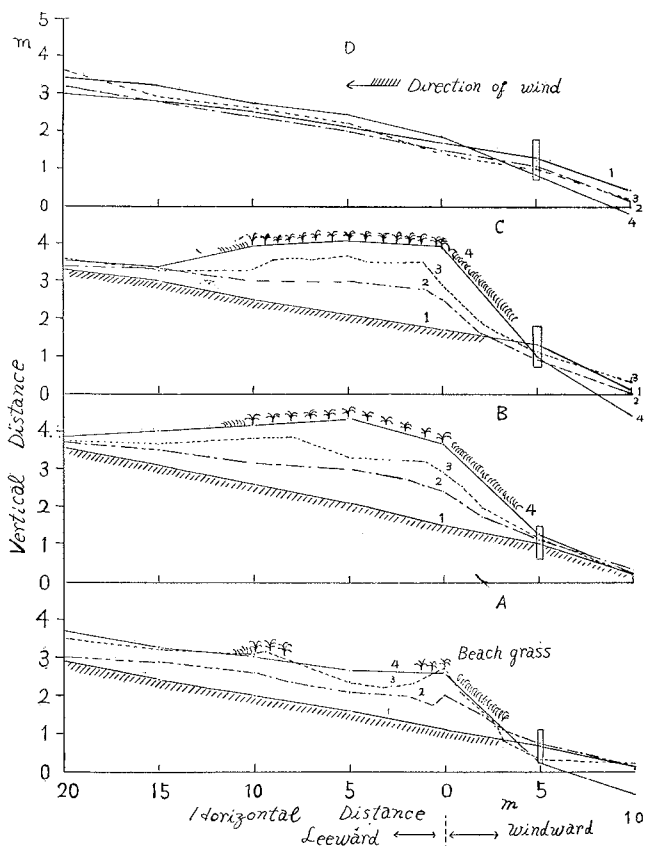
ビーチグラスの植栽と同時に各試験区の風上5mと4すみに基礎杭を設定し最初の基準線を測量しておいた。その後定期的に基礎杭の長さの変化およびレベル測量等を行い、堆砂のための地盤の変化を実測した。

飛砂固定量を量的に測ることは種々の困難があるが上述の実測結果をもとにして各試験区中央の主風方向における縦断面図およびそれに対する風上面の横断面図および風下面の横断面図を作りそれ等の組合せを基礎にして幾何学的方法により比較的現地の堆砂量に近い飛砂固定量を計算した。ビーチグラスの繁茂状況は第1試験地について見ると植栽した翌春の1957年7月の調査では株数の平均はA区が15本、B区が21本、C区が18本で草丈は各区とも80~120cmで大差はなかつた。その後1958年7月頃には各植栽列間、株間とも区別がつかない程密に繁茂して1株が各区とも30~50本に分けつた。更に各植栽区の周囲1.5~2.0mの巾に亘つて地下茎により新に繁茂して被覆面積が拡大し、そのために飛砂固定量を一層大きくしていた。第2試験地についても同様の繁茂状況であつた。

#### 3 実験結果および考察

##### (A) 第1試験地についての結果

第1回目の飛砂固定量の測定は



Note : Number of line    Dates of surveying  
 1 ..... Dec. 1, 1956..... (Base line)  
 2 ..... May 2, 1958  
 3 ..... Dec. 4, 1958  
 4 ..... Dec. 1, 1960

Plot : A. B. C. D (control) see table 1.

Fig. 1. The profile of heaping sand by the movement of sand on the beachgrass. (No.1 Test plot in sand dune)

Table 3. Fixed volume of blown sand in land planted with beachgrass. (No.1 Test plot)

Dates of surveying	Lapse from planting	Fixed volume of blown sand (m <sup>3</sup> )			
		Plot			
		A	B	C	D (control)
May. 2, 1958	1 year and 5 months	106.59	118.50	99.73	- 26.10
Dec. 4, 1958	2 years	181.74	245.08	176.52	- 7.10
Dec. 1, 1960	4 years	263.44	439.93	320.64	55.90

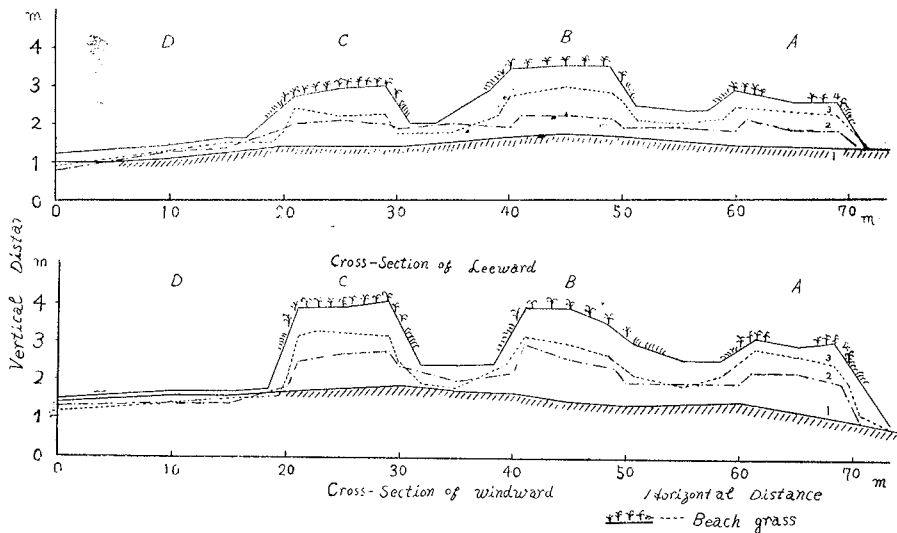
Note : Dates of planting of beachgrass : Dec. 1, 1956.

1956年12月ビーチグラスを植栽してから2回目の冬季を経過した1958年5月までのものである、次いで第2回目は植栽してから2年経過した1958年12月、第3回目は同様4年経過した1960年12月であった。鳥取地方砂丘地においては1年のうちで最も飛砂のはげしいのは晩秋から冬季にかけてであつて特に冬季積雪のない間は強い季節風によつて飛砂は一層はげしいもので1年間の飛砂量の大部分を占めているものである。

第1図は第1試験地において主風方向における縦断面図をあらわしたものである。第2図は第1図の植栽最前列(水平距離0mの地点)で風上面の横断面図および植栽最後列(水平距離10mの地点)で風下面の横断面図をあらわしたものである。

飛砂固定量の算出はまず第1図において各試験区別に区分求積により主風に平行な中央部分の平均断面積を算出した。第2図の横断面図を見ると中央部分と大体同じ断面積を持つている巾(長さ)は8mであるので上述の断面積に巾(長さ)8mを乗ずると各区の中央における飛砂固定量が算出される。次に第2図における各試験区の中央部分を算出した残りの両端部分の面積を別に求めて各区の中央部分の堆砂量に加算すると第3表の如くなる。

また各試験区の間部分においてもかなりの堆砂が見られた。D区の裸地におけるものはそれぞれ同様な方法で算出し第3表の如く負の記号のものは風食により持ち去られて低くなつた量を示している。植栽してから1年5ヶ月経過した1958年5月、2年経過した1958年12月、および4年経過した1960年12月



Note : Number of line & plot : Same as Fig. 1.

Fig. 2. The cross-section of heaping sand by the movement of sand on the planted land with beachgrass. (No. 1 Test plot in sand dune.)

の3回に亘る飛砂固定量をまとめると第3表の如くである。上表の結果から見るに第1回の1958年5月においては植栽密度別による飛砂固定量は余り大差が見られないようである。即ちA区の如く周囲4列のみ植栽したものにおいても他の全面植栽のものと大差のない飛砂固定量であつた。これは試験区の設定についても種々の問題が残されていると思われるがB区のもの最も多く次いでA区、C区の順序であつた。

1956年12月植栽してから2年を経過した時の測定においてはA区 $181.74m^3$ 、B区 $245.08m^3$ 、C区 $176.52m^3$ の飛砂固定量が実測された。植栽してから4年目に当る1960年12月においてはA区が $263.44m^3$ 、B区が $439.93m^3$ 、C区が $320.64m^3$ の飛砂固定量が実測された。

植栽してから2年目におけるビーチグラス植栽地内の地盤隆起高はA区が $1.32m$ 、B区が $1.37m$ 、C区が $1.42m$ 、4年目においてはA区が $1.65m$ 、B区が $2.25m$ 、C区が $2.10m$ であつた。

1958年5月の測定結果から同年12月の測定までの約半年間に堆砂量が激増している、即ち全体の堆砂量の約4割がこの期間に堆砂されている。これはビーチグラスの繁殖力が増大した各植栽区の周囲 $1.5m \sim 2.0m$ の巾に亘つて地下茎により新しく繁殖して被覆面積が拡大されたこととまたこの期間がかなり飛砂の多い時であつたことと合せて飛砂固定量を一層大きくしたものと思われる。

D区の対照区は裸地のため試験区の風上5mから試験中央にかけて深さ $20cm$ 程度が2年目で侵食されている、更に4年目になると5m風上は深さ $40cm$ 程度侵食され後方はむしろ高さ $20cm$ 程度堆砂していた。C区の密植区は地盤隆起高が $2m$ にも及び最も大きかつた、これは植栽地内の風力減殺効果が大きく飛砂は大部分がビーチグラス植栽地内で固定されたためと思われる。

B区の疎植区においては密植区(C区)に比較して風力の減殺効果が少く、飛砂は試験区の後方で多量に固定される結果となつている。またB区はA区、C区の中央に位置し左右の影響を受ける結果一層堆砂量を大きくしている。植栽してから2年目におけるA区(周囲4列のみ植栽)は他のB区およびC区の如き全面植栽とほぼ同じ程度の飛砂固定量があつたことは今後大いに注目したいことであり2年程度の一時的に飛砂を止めて他の植林を行うためにはビーチグラスが4列程度でもその効果がかなり見られることを物語っている。

各試験区における風上面の傾斜角度について第1回目の1958年5月と3回目の1960年12月の2回に亘る測定結果を示すと第4表の如くである。この表について見ると植栽密度による相違はあまり見られないようである、植栽後2年目においては一番高い部分においては $24^\circ \sim 29^\circ$ の範囲で現地の砂の息角よりかなり小さい傾斜角度であつたが4年後になると大体砂の息角かまたはそれ以上になつていることがわかつた。

Table 4. Angles of inclination on the windward of land Planted with beachgrass. (No.1 Test plot)

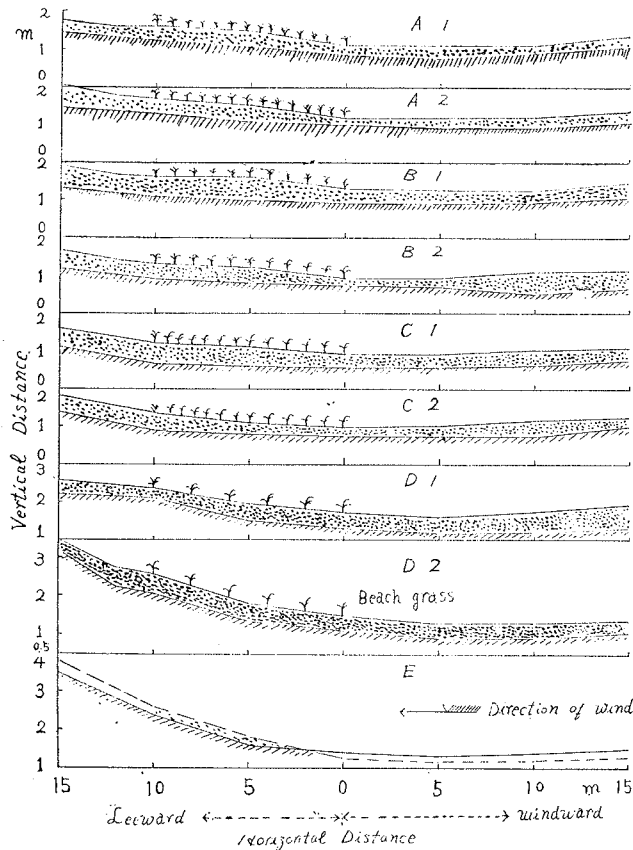
Dates of surveying	Plot						
	A		B		C		D Control
	Top	Low	Top	Low	Top	Low	
May 2. 1958	24°~27°	11°~17°	26°~27°	10°~15°	25°~29°	12°~23°	6°~7°
Dec. 1. 1960	42~36	31~34	29~30	26~28	31~35	26~28	6~7

Note : Date of planting : Dec. 1. 1956  
 Angle of repose of sand: 30°~34°  
 Top : At the peaked part. Low : At the low part.

(B) 第2試験地の人工砂丘頂部の各試験区別飛砂固定量

前述と同様の方法によつて各試験別に実測した縦断面図および横断面図を作り第3図, 第4図を得た。この両図より前述の方法により飛砂固定量を算出すると第5表の如くである。この表より見ると各試験区とも堆砂量は大きい差異が認められない, この試験地は前述の第1試験

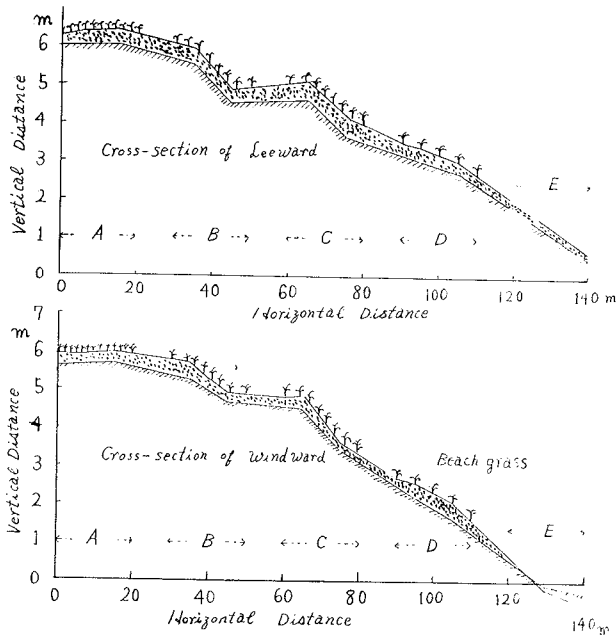
地よりも面積が2倍大きく風向に対し大きく拡がっている結果このような平坦な堆砂がなされたものと思われる。また風下に接してニセアカシヤの植林帯があるので影響したためかとも思われる。この実験でD区の如く2mの方形による net-work (網植) のものが他の全面植栽のものとはほぼ等しい結果が得られ前述の第1試験地のA区と同様の傾向が見られた。各試験区とも 風上で約35



Note : Dates of planting :  
 March. 1. 1958  
 Dates of surveying : Dec. 4. 1958  
 Plot : See table 2.

Fig 3. The profile of heaping sand by the movement of sand on the planted land with beachgrass.

(No. 2 Test plot in sand dune)



Note : Dates of planting : March. 1. 1958  
 Dates of surveying : Dec. 4. 1958  
 Plot : A. B. C. D. E. (control)  
 See table 2.

Fig. 4. The cross-section of heaping sand by the movement of sand on the planted land with beachgrass. (No. 2 Test plot in sand dune.)

cm, 風下で35cm~40cm程度の堆砂による地盤の隆起が実測された, 然し反面裸地のE区においては風上面で15cm~20cm程度風食により低くなっていることが見られた。

(C) 風速の測定

1958年7月, 第1試験地の各区につき風速の測定を行った。風速計は理工研式小型ロビンソン風速計およびピラム風速計を使用した, 測定の高さは地面上5cm, 10cm, 30cm, 60cm, 80cm, 100cm, 120cmにした。測定日の風向は北々東で植栽列に対し約30°の角度で吹いていた, 地上高1mの風速が6~7m/S.で裸地では既に砂が

砂の移動は見られず第5図からもうかがわれるようにいづれも飛砂の限界風速を比に示した値よりも小さい風速比であることがこれを立証していた。更に地上30cm~60cm迄はかなりの減風効果が見られるが地上のビーチグラスの草丈の80cmを越えて高くなると急に風速は標準風速に接近していくことが見られた。各試験区各の植栽密度のちがいによる減風効果の差違は今回の風速程度では大差は見られなかつた。

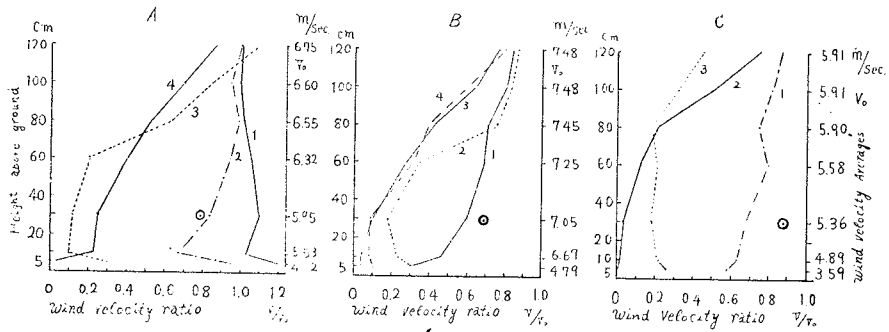
ビーチグラス植栽地における堆砂の粒経分布

ビーチグラスにより飛砂を固定した各部分における堆砂の各粒経に対する重量分布を示したものが第6表である。これによつて見ると植栽区(A区, B区, C区)の頂上部即ち風上面の頂部は減風効果によつて砂粒の粒経が裸地のものと比較して非常に小さ

Table 5. Fixed volume of blown sand in land planted with beachgrass. (No.2 Test plot)

Dates of surveying	Lapse from planting	Fixed volume of blown sand (m <sup>3</sup> )				
		Plot				
		A	B	C	D	E (control)
Dec. 4. 1958	9. Months	125.38	168.63	163.38	159.68	32.20

Note : Dates of planting of beachgrass : March 1. 1958



Note : Plot Same as fig. 1

⊙ : Wind velocities ratio of the beginning of sand movement by wind.  
 $v_0$  : Standard wind velocity

Plot Number of line

A	{	1	.....	Windward for 2 m from the front line of planting.		
		2	.....	"	0.3	"
		3	.....	Leeward	0.8	"
		4	.....	"	5.0	"
B	{	1	.....	Windward	0.8	"
		2	.....	Leeward	1.4	"
		3	.....	"	5.0	"
		4	.....	"	10.0	"
C	{	1	.....	Windward	0.8	"
		2	.....	Leeward	5.0	"
		3	.....	"	10.0	"

Fig. 5 Relative wind velocities ratio on the planted land with beachgrass. (No. 1 Test plot in sand dune.)

Table 6. Relative sizes of sand grains in the land planted with beachgrass. (Test plot No.1)

Sizes of sand grains in mm.	Plot						
	A		B		C		D Control
	Lee-ward	Wind-ward	Lee-ward	Wind-ward	Lee-ward	Wind-ward	
%	%	%	%	%	%	%	
over 2.0	—	—	—	—	—	—	—
2.0 ~ 1.0	—	—	—	—	—	—	0.1
1.0 ~ 0.54	3.6	0.1	0.5	0.3	0.5	0.1	40.7
0.54 ~ 0.25	51.6	61.0	55.3	70.5	55.6	46.9	57.3
0.25 ~ 0.18	5.4	6.9	2.6	2.1	9.4	4.0	0.4
0.18 ~ 0.15	37.6	31.5	40.9	26.9	34.2	48.0	1.5
0.15 ~ 0.11	1.3	0.5	0.6	0.2	0.3	1.0	—
under 0.11	0.5	—	0.1	—	—	—	—

いことが見られる。

更に植栽区の中央(風下)においては一層砂の粒径が小さく減風効果が大いことを示している。植栽密度による粒径の相違はあまり顕著でないが概して密度の大きいものほど砂の粒径が小さいことが見られた。

IV 学内に設定した小型砂丘上で簡易な送風機によるビーチグラスの飛砂固定機能の実験

1 実験方法 学内に鳥取市浜坂鳥取大学農学部砂丘研究実験所構内の砂を持ち帰り縦15m横3m、厚さ0.3mの小型砂丘を作りこれに外部の自然風を遮断するため砂面上1.5mの高さ迄トタン板で枠を作って囲い、更にもの上を鉄骨で張りめぐらした後その上をビニール天幕で覆うようにした簡単な風洞装置の中で理興送風機(R. M. S型5馬力)を使用し人工的に一定の風を起して実

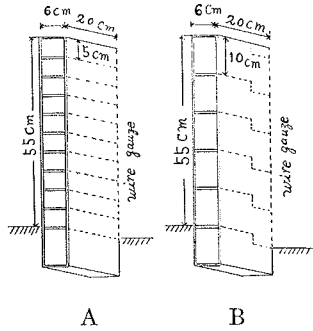


Fig. 6. Apparatus for catching blown sand (sand collectors)

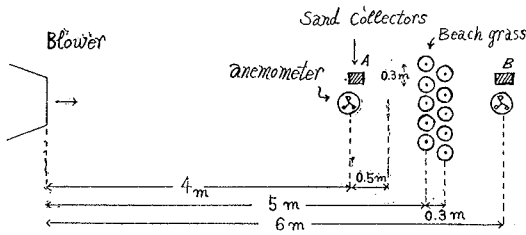


Fig. 7. Plane figure of apparatus for blown sand experiments.

Table 7. Variation of wind velocity by using the sand collector in simple wind-tunnel.

Height above surface in cm	1 Row				2 Rows			
	Windward		Leeward		Windward		Leeward	
	use	non	use	non	use	non	use	non*
10	10.91	11.49	2.46	5.86	10.07	11.94	2.96	3.68
20	10.36	11.05	5.02	5.70	11.56	12.33	2.89	3.58
30	8.02	9.91	5.21	5.61	11.02	11.32	4.58	2.72
40	5.51	4.36	5.77	6.14	2.13	2.96	7.23	7.31
50	7.04	7.32	5.81	6.20	7.99	7.90	7.96	7.46
60	9.14	9.05	5.01	5.30	8.84	9.62	7.02	6.19

Note : 1 Row { Windward : Distance from the belt : 1m  
 { Leeward : " " 1m  
 2 Rows { Windward : " " 1m  
 { Leeward : " " 0.7m  
 \*..... Non using

験した。風速計は理工研式小型ロビンソン風速計 2 個と飛砂測定器は筆者の考案した第 6 図の如き A, B の 2 種類と理工研式飛砂測定器を使用した。ピーチグラスはあらかじめポットに植えて養成したものを使用した。ピーチグラス 1 列の場合は株間が 30 cm となるように配列してポットの先端迄に埋めて出来るだけ現地の植栽の場合と同じようにつとめた。2 列の場合は更に 1 列の後方 30 cm のところに千鳥状に株間 30 cm として配列した。送風機、ピーチグラスおよび測定器具の実験配置を平面図に示すと第 7 図の如くである。各ポットのピーチグラスの株数は 25~30 本の分けつがあり、草丈は平均 80 cm~90 cm であつた、然し直立した地上高の草丈は平均 40 cm~50 cm であつた (この高さを H とする)。飛砂測定器は A, B 両種類とも最下端の測定節の底面が砂面上にあるように装置した。本実験は 1959 年 9 月下旬に行つたものである。

風速測定はピーチグラス植栽列の風上 1 m (風源より 4 m の地点) と列の風下 1 m (風源より 6 m の地点) との 2 ケ所で測定した。飛砂量の測定は風速測定と同じ位置で風源より 4 m, 6 m の 2 つの地点で行つた。

2. 実験結果および考察

(A) 風速の測定結果

裸地の風速 (標準風速)

風速を一定になるように送風機を調整した後風源より 4 m, 6 m の距離における裸地状態の場合の風速を数回測定しこれ等を平均した値をもつてそれぞれの地点の標準風速とした。ピーチグラス 1 列および 2 列植栽の場合

の風速は上述の裸地の場合と同一地点におけるものを数回測定しこれの平均値をもつてそれぞれの地点の風速とした。

風速は飛砂測定器を使用した場合と単に風速だけを測定した場合とでかなり風速が異なるものと思われ飛砂測定器から 10 cm 離して風速計をおいて測定した。この結果は第 7 表の如くであり、これを図示すると第 8 図の如くである。



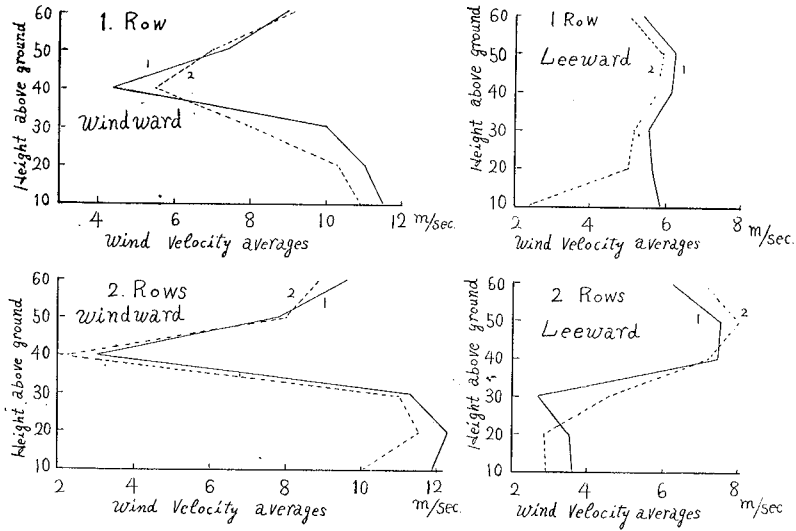
これによるとビーチグラス1列の場合で風下において飛砂測定器を使用した場合、地上10cmの風速が著しく減少した以外は極端な変化は見られないようであるがこの問題は今後一層研究する必要があるように思われる。

ビーチグラス1列および2列植栽の場合における風上(風源より4mの地点)および風下(風源より6mの地点)で裸地と同一地点の風速とから、裸地の風速を標準

風速( $V_0$ )とし、これに対応する植栽時の風上および風下の風速( $V$ )から風速比( $V/V_0$ )を算定した。これ等の結果をまとめると風上におけるものが第8表、風下におけるものが第9表の如くである。

(B) 飛砂量測定結果

飛砂量測定は裸地においては風源より4m, 6mの2つの地点で行い、ビーチグラス1列, 2列の場合も裸地



Note : 1. Row } of beachgrass : See table 7.  
 2. Rows }  
 Number of line  
 1. .... Non      2. .... Used

Fig. 8 Variation of wind velocity by using the sand collector. (in simple wind-tunnel.)

Table 8. Relative wind velocities to windward of the planted belt in simple wind-tunnel.

Height above surface in cm	Standard wind velocity $v_0$ m/s	1 Row		2 Rows	
		Wind velocity $v$ m/s	Wind velocity ratio $v/v_0$	Wind velocity $v$ m/s	Wind velocity ratio $v/v_0$
10	12.19	10.91	0.90	10.07	0.83
20	10.12	10.36	1.02	11.56	1.14
30	9.54	8.02	0.84	11.02	1.16
40	8.20	5.51	0.67	2.13	0.26
50	5.41	7.04	1.30	7.99	1.48
60	5.79	9.14	1.58	8.34	1.44

Note: Distance from the planted belt of beachgrass : 1m

Table 9. Relative wind velocities to leeward of the planted belt in simple wind-tunnel.

Height above surface in cm	Standard wind velocity $v_0$ m/s	1 Row		2 Rows	
		Wind velocity $v$ m/s	Wind velocity ratio $v/v_0$	Wind velocity $v$ m/s	Wind velocity ratio $v/v_0$
10	6.53	2.46	0.38	2.96	0.45
20	6.92	5.02	0.73	2.89	0.42
30	6.64	5.21	0.79	4.58	0.69
40	6.19	5.77	0.93	7.23	1.17
50	5.58	5.81	1.04	7.96	1.43
60	4.39	5.01	1.14	7.02	1.60

Note : Distance from the planted belt of beachgrass :

1 Row ..... 1 m

2 Rows ..... 0.7m

Standard wind velocity: This is in the case nothing being planted.

Table 10. Grain size and weight of standard blown sand in simple wind-tunnel (Distance from blower : 4 m)

Height above surface in cm	Weight of blown sand kg/m/Hour	Sizes of sand grains in mm %			
		2.0~1.0	1.0~0.5	0.5~0.25	Under 0.25
50 ~ 45	0.05	—	23.32	72.89	3.79
45 ~ 40	0.07	—	45.67	53.54	0.79
40 ~ 35	0.11	—	26.79	72.32	0.89
35 ~ 30	0.20	—	39.11	60.39	0.50
30 ~ 25	0.36	—	46.28	52.89	0.83
25 ~ 20	0.69	—	61.66	38.20	0.14
20 ~ 15	1.39	—	57.39	41.91	0.70
15 ~ 10	2.96	—	51.30	48.10	0.60
10 ~ 5	7.43	—	56.96	42.65	0.39
5 ~ 0	19.23	—	63.73	36.04	0.23
Total	32.49	Water content of sand 2.31%			

Note : Standard blown sand : This is in the case nothing being planted.

Table 11. Grain size and weight of standard blown sand in simple wind-tunnel. (Distance from the blower : 6 m)

Height above surface in cm	Weight of blown sand kg/m/Hour	Sizes of sand grains in mm %			
		2.0~1.0	1.0~0.5	0.5~0.25	under 0.25
50 ~ 40	0.22	—	7.33	90.52	2.15
40 ~ 30	0.48	—	3.93	94.01	2.06
30 ~ 20	1.13	—	9.71	89.14	1.15
20 ~ 10	2.77	0.11	23.88	75.55	0.46
10 ~ 0	9.15	0.02	30.04	69.68	0.26
Total	13.75	Water content of sand 2.46 %			

Table 12. Grain size and weight of blown sand to windward of 1 row of beachgrass in simple wind-tunnel.

Height above surface in cm	Weight of blown sand kg/m/Hour	Sizes of sand grains in mm %			
		2.0~1.0	1.0~0.5	0.5~0.25	under 0.25
50 ~ 45	0.035	—	20.24	77.38	2.38
45 ~ 40	0.065	—	10.48	87.90	1.62
40 ~ 35	0.110	—	14.71	84.31	0.98
35 ~ 30	0.175	—	22.35	77.36	0.29
30 ~ 25	0.315	—	14.22	85.30	0.48
25 ~ 20	0.565	—	38.19	61.45	0.36
20 ~ 15	1.145	—	51.07	48.50	0.43
15 ~ 10	2.550	0.61	54.58	44.59	0.22
10 ~ 5	6.635	—	56.72	42.80	0.48
5 ~ 0	17.370	0.99	65.95	32.24	0.82
Total	28.965	Water content of sand 2.31%			

Note : Distance from the planted belt : 1 m

Table 13. Grain size and weight of blown sand to leeward of 1 row of beachgrass in simple wind-tunnel.

Height above surface in cm	Weight of blown sand kg/m/Hour	Sizes of sand grains in mm %			
		2.0~1.0	1.0~0.5	0.5~0.25	under 0.25
50 ~ 40	0.580	—	32.48	66.75	0.77
40 ~ 30	0.705	—	34.20	65.02	0.78
30 ~ 20	0.840	0.04	37.19	62.11	0.66
20 ~ 10	1.395	—	29.81	69.61	0.58
10 ~ 0	5.170	—	52.08	47.72	0.20
Total	8.690	Water content of sand 2.3 %			

Note : Distance from the planted belt : 1 m

Table 14. Grain size and weight of blown sand to windward of 2 rows of beachgrass in simple wind-tunnel.

Height above surface in cm	Weight of blown sand kg/m/Hour	Sizes of sand grains in mm %			
		2.0~1.0	1.0~0.5	0.5~0.25	Under 0.25
50 ~ 45	0.040	—	14.11	84.72	1.17
45 ~ 40	0.065	—	39.53	59.69	0.78
40 ~ 35	0.100	—	5.03	93.97	1.00
35 ~ 30	0.180	—	4.62	94.02	1.36
30 ~ 25	0.325	—	4.02	95.36	0.62
25 ~ 20	0.625	—	17.54	81.89	0.57
20 ~ 15	1.295	—	21.08	78.34	0.58
15 ~ 10	3.005	0.05	42.43	56.93	0.59
10 ~ 5	8.320	0.04	67.13	32.45	0.38
5 ~ 0	21.565	1.19	37.04	61.31	0.46
Total	35.520	Water content of sand 2.58 %			

Note : Distance from the planted belt : 1 m

Table 15. Grain size and weight of blown sand to leeward of 2 rows of beachgrass in simple wind-tunnel.

Height above surface in cm	Weight of blown sand kg/m/Hour	Sizes of sand grains in mm %			
		2.0~1.0	1.0~0.5	0.5~0.25	Under 0.25
50 ~ 40	1.105	—	27.81	71.56	0.63
40 ~ 30	1.105	—	37.91	61.64	0.45
30 ~ 20	0.925	—	30.60	68.81	0.59
20 ~ 10	1.105	—	30.34	69.07	0.59
10 ~ 0	3.145	—	65.08	34.65	0.27
Total	7.295	Water content of sand 2.58 %			

Note : Distance from the planted belt : 0.7 m

Table 16. Relative sizes of sand grains in simple wind-tunnel.

Sizes of sand grains in millimeters %				
mm over 2.0	mm 2.0 ~ 1.0	mm 1.0 ~ 0.5	mm 0.5 ~ 0.25	mm Under 0.25
0.2	2.45	80.70	16.50	0.15

と同一地点で風源より4mを風上、6mを風下として測定した。飛砂を採取する時間は60秒間で飛砂口の中は6cmであつたが計算および他の資料との比較を便宜にするため飛砂量はすべて1時間当り飛砂口の中1m当りの重量(kg/m/Hour)の単位として算出した。裸地における地上高別飛砂量、および飛砂の粒経分布の測定結果は風源より4mの地点のものが第10表、風源より6mの地点のものが第11表の如くである。またこの実験を行つた時の砂の含水率は2.31~2.46%(重量)であつた。次にビーチグラス1列および2列植栽の場合における地上高別飛砂量および飛砂の粒経分布の測定結果は1列の場合風上面が第12表、風下面が第13表、2列植栽の場合風上面が第14表、風下面が第15表の如くである。また学内で行つた小型の砂丘の砂の粒経分布は第16表の如くである。

### (C) 結果の考察

ビーチグラス1列および2列の場合における風上および風下の風速、風速比を図示した第9図において、風源より4mの地点即ち風上1mの地点における風速比を見ると1列植栽の場合、砂面上20cm、2列植栽の場合砂面上20cmおよび30cmの高さの風速比は1よりも大きく標準裸地の風速より増大している、その増加の割合は2列の場合の方が大きくなつてゐる。砂面上40cmの高さの風速比は1列および2列共に非常に小さくなつており標準風

速に比べて著しく減少している、この減少のし方は2列の方が著しい。上述の結果はビーチグラスの直立高の草丈の高さが約40cmであり、この辺りがビーチグラスの葉の密度の多い処であるため砂面上40cmの高さのところは風速が減少したものであると思われる。砂面上20cmおよび30cmあたりの風速の増大はビーチグラスの柔軟性のために生じたものではないかと思われる。

風下面で風源より6mの地点においては砂面上10cmの高さは著しい減風効果が見られた。然し1列植栽と2列植栽とは大きい差異は認められなかつた。砂面上20cmの高さになると2列の場合は砂面上10cmの減風効果を保つてゐるが1列の場合は著しく風速の回復が早いそうしてほぼ砂面上30cm迄は減風効果がかなりあるがそれ以上の高さの地点では1列および2列とも標準風速よりも大きくなつてゐる。これはビーチグラスの直立した草丈が大抵40cmでありその直上以上はビーチグラスの屈撓性のためかえつて風速を大にしているのではないかと思われる。風速の回復は1列より2列の方が早く現われているようである。

### 飛砂防止機能について

ビーチグラス植栽の場合の飛砂量を図に示すと第10図の如くである。風上面における飛砂量は砂面上15cm迄は裸地より2列の場合の方がやゝ多いがそれ以上の高さにおいては1列および2列の飛砂量は裸地のそれより減少

している、多少の増減は見られるが風上面における飛砂量は砂面上の高さが高くなるにつれてほぼ同様な割合で減少していることが認められる。

風源より6mの地点即ち風下面における飛砂量は砂面上30cmまではビーチグラス植栽列の増加につれて減少しているがそれ以上の高さでは逆に増加していることが見られる。このことはビーチグラスの直上を飛びこえたこまかい飛砂が多くなるためと考えられる。しかし風下面における各実験毎の飛砂量の総計は裸地の標準飛砂量が13.75kg/m/Hour (巾1m当り1時間の飛砂量の重さ) 1列の場合が8.69kg/m/Hour, 2列の場合が7.29kg/m/Hourで1列および2列ともに裸地の飛砂量より減少している。以上の結果から砂面上10~20cmの標準風速が6~7m/secの場合ビーチグラス植栽列の風下における飛砂の防止率を求めると次のようである。

$$\frac{X-Y}{X} \times 100 = Z$$

X: 標準飛砂量 (裸地)

Y: ビーチグラス植栽の場合の飛砂量

Z: 飛砂の防止率

1列植栽の場合が 36.8%

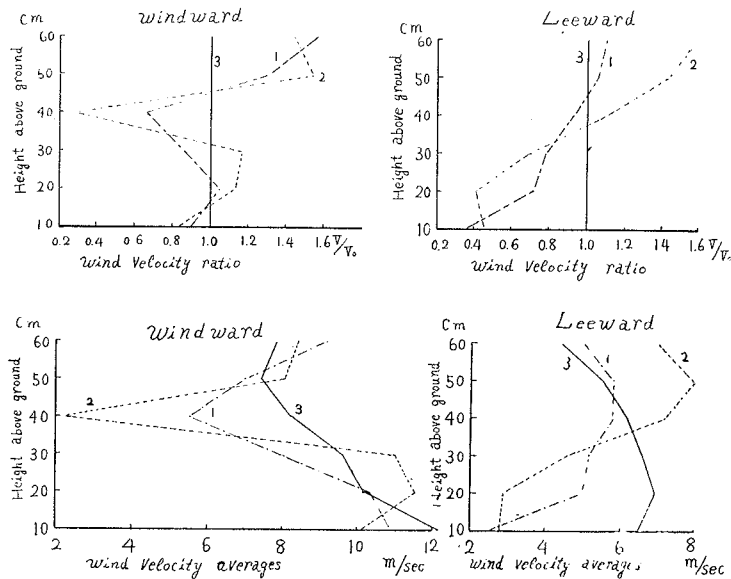
2列植栽の場合が 46.9%

以上となり2列植栽の場合は裸地の飛砂量の約50%は飛砂を防止したことがわかった。

飛砂の地上高別砂粒の粒径分布について見ると、第10表~15表の如く最も風により動かされ易い粒径は0.5mm~0.25mmの範囲のもので次いで1.0mm~0.5mmのものである。また飛砂の大部分(60~70%)は砂面上10cm迄の高さのものであり、地上高が次第に高くなるにつれて飛砂の粒径は次第に小さくなっていることがうかがわれた。

以上要約するにビーチグラスを植栽した場合その後方の減風効果は1列植栽より2列植栽の方が一層大きいこと。

標準風速が6~7m/secの場合飛砂防止機能については裸地の飛砂量に対して1列植栽は36.8%, 2列植栽は46.9%程度の飛砂防止率を得ることがわかった。以上極めて測定回数も少く且またビーチグラスの植栽列も少く風速も6~7m/secの範囲であるので何んとも確実な結果は得られないが、しかし本実験の結果、わずかビーチグラスが1列, 2列の場合でもその風下えの飛砂量が



Note: Number of line.

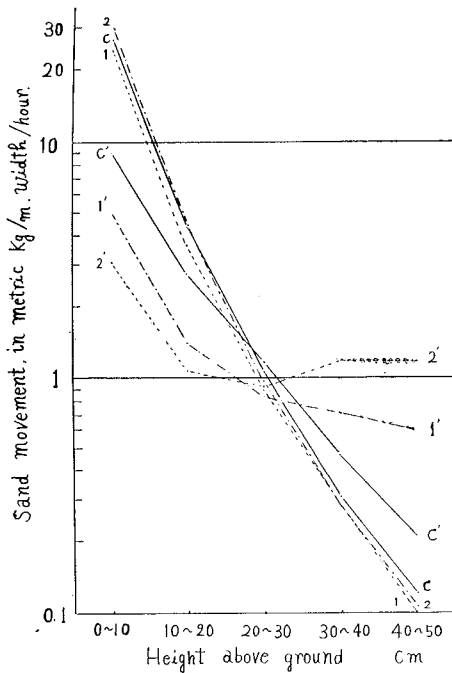
1. .... 1 Row 2. .... 2 Rows 3. .... Standard

Windward for 1m distance from the planted belt.

Leeward for 1m distance from the planted belt.

Fig. 9 Wind velocities and wind velocities ratio on the windward and leeward of planted belt of beachgrass.

(in simple wind-tunnel)



Note : Number of line.  
 1. 1 Row } Windward  
 2. 2 Rows }  
 C. Standard }  
 1' 1 Row } Leeward  
 2' 2 Rows }  
 C' Standard }

Fig. 10 Weight of blown sand of each height above ground in windward and leeward of the planted belt of beachgrass. (In simple wind-tunnel.)

約50%程度防止されたことは今後の飛砂固定に対してビーチグラスを使用することの効果的なことがある程度数量的に立証されたものとする。

V 総 合 考 察

飛砂に関しては R. A. BAGNOLD 氏<sup>5)</sup>, W. S. CHEPIL 氏<sup>6)</sup>, 池田茂氏<sup>4)</sup>, 河村龍馬氏<sup>10)</sup> 等の研究が報告されている。これによると砂粒の運動様式は Surface Creep, Saltation, Suspension の3つである。第1は比較的大型の重い粒子が地表面を転がりつゝ進む運動であり、第2のものは跳躍および衝突飛動により運ばれるものであり、第3のものは微細な粒子が気流の乱れによつて上方へ運搬される型のものである。

砂丘における飛砂の大部分は Saltation によるものが多いと報告されている。鳥取市浜坂の本学砂丘研究実験所構内において、池田茂氏の行つた報告によれば<sup>4)</sup>、平

均風速7.6m/sec. 以下の場合において地上36cm以上に跳ね上る量は極めて少く全飛砂量の1.4%に過ぎない、また地上6cm~36cmの高さに跳躍するものは全飛砂量の38.5%であり地上6cm以下のものは全飛砂量の約60.1%であつたと報告されている。これ等から見ても飛砂の高さは大体地上10cm以内が大部分といえる。

河田三治氏等の報告によれば<sup>7, 8, 9, 10)</sup> 砂面が乾いていれば平均風速(地上1m位の高さ)が5m/secの間になると表面の砂粒が風下の方へ移動をはじめ、この砂粒が動き出すと僅かの高さと距離づゝ飛び跳ねながら運搬する。BAGNOLD氏はこの運動に対し衝突飛動(Saltation)といい砂の移動に関する一次的作用であることを示している。河田三治氏は風速のあまり大きくないとき(12m/sec以下)においては飛砂の機構はその大部分がSaltationによるものであるとしまた飛砂層は砂面上数cmのごく低い部分にかざられることを報告している。

筆者が行つた上述の実験の結果ビーチグラスの植栽地において地上高5cm~10cmにおける風速の減風効果が著しいことから見て飛砂固定量の大きいことが明らかとなつた。また第1試験地のA区のように周囲4列のみ植栽したもので中央の裸地状となつた部分における地上高5cm~30cmの処の風速比が0.3以内であることから見て他のB区およびC区に近い飛砂固定量が実測されたことを立証している。

前砂丘を築設するに当つて欧州においては砂草を植栽して砂丘を所要の高さにまで漸次高めるようにしている<sup>11)</sup>、海岸草植付けの間隔は海岸の方へ行くほど大きくなるようにし、砂丘の頂上部へ近づくほど密になるようにしている。第11図はその植栽の雛形で巾2mの網状で砂丘の頂上部に至るに従い次第に密になるように間植を行つている<sup>11)</sup>。このような欧州の海岸地帯において人工砂丘の築設に欧州海岸草を使用している。またアメリカにおいては米国海岸草を使用して砂丘の飛砂固定を行つている<sup>12)</sup>。

筆者の今回の実験によつてわが国の砂丘地においても上記の方法による砂丘地の飛砂固定が充分実行出来ることがたしかめられた。

欧州等においては一定期間内における飛砂固定量および高さ等が報告されていながつたので実用上不便を感じていたが、本報告によりわが国におけるこれ等の事項が明らかになつたので今後砂丘地への飛砂固定を実行するに当り大いに参考になるものと思われる。また2m方型の網状に植栽する、いわゆる Net-work においても他の全面植栽におとらない飛砂固定量があつたことがわかつた。

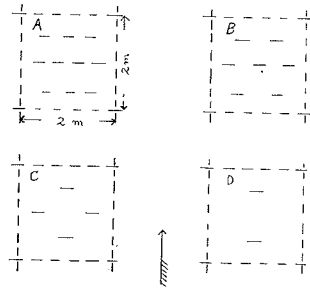


Fig. 11. Diagrams of standard 2 meters squares. They are used on the Baltic for planting marram grass on the artificial sand dune. The arrow shows the direction of the prevailing wind.

飛砂の防止には密集した多量の砂粒の運動が築き上げる Saltation を阻止することが原則的である。従つてビーチグラスの植栽によつて地表面での風速は極度に衰え、同時にまた Saltation により運動せる砂粒が他の粒子をはじき上げる機会を減ずることにより飛砂を固定するものであろう。このことは刈株被覆農法 (Stubble mulch Farming) において非常に効果が見られ、現に飛砂地において各種の mulch を行つてよく飛砂を防止している。風食地帯において植物の茎葉および麦等を収穫した後の刈株が土壌表面に刈り残されてよく wind Erosion を防止していることは既に知られているところである。筆者の行つたビーチグラスの試験においても生育期間の繁茂している時は勿論のこと、冬季においても在来のわが国の砂草には見られない草丈が長くまた強靱な枯茎葉がそのまま残存して砂粒表面を吹く風を減じ Saltation による砂の移動を防ぐために上述の如き多量の飛砂を固定するものと思われる。今後更に上述の如き研究結果を参考にして各種の植栽密度につき広い面積について研究するとともに、クロマツ、ニセアカシヤ等の砂防樹木と併用した場合等につき実験中である。これ等の研究によつて今後わが国における砂草による飛砂固定法の最も合理的な方法を究明したいものと思つている。

## VI 摘 要

1951年以来筆者は鳥取大学農学部浜坂砂丘研究実験所においてアメリカンビーチグラスの植栽試験を行つて来た、その結果本砂草はわが国の砂丘地における飛砂固定用砂草として極めて有望なものと思われた。

本報告においては上記の研究実験所構内においてビー

チグラスの各種密度別植栽試験区を設定しそれ等における飛砂固定量を実験した。また学内に砂丘の砂を運搬して人工的に模型砂丘を作りそこにビーチグラスを植栽し人工的に風を起してビーチグラスの飛砂固定量を実験した。

以上の研究結果を要約すれば次の如くである。

(1) 砂丘地において 2m 方形の Net-work 植栽においては植栽してから 1 年以内では全面植栽とほぼ同じ程度の飛砂固定量であつた。

(2) 砂丘地において 10m 方形の面積に周囲 4 列のみ植栽した Plot A においては植栽してから 2 年の経過後までは全面植栽に近い飛砂固定量であつた。

(3) 砂丘地の第 1 試験地において植栽してから 2 年および 4 年経過後の各試験区の飛砂固定量は次の如くであつた。

2 年

A 区 : 181.74m<sup>3</sup>, B 区 : 245.08m<sup>3</sup>,

C 区 : 176.52m<sup>3</sup>,

4 年

A 区 : 263.44m<sup>3</sup>, B 区 : 439.93m<sup>3</sup>,

C 区 : 320.64m<sup>3</sup>,

(4) 砂丘地における第 1 試験地においてビーチグラス植栽地の風上の高い部分の傾斜角は概して砂丘の砂の息角 (30°~34°) に近いものであつた。

(5) 砂丘地における第 1 試験地の各試験区において植栽から 2 年および 4 年経過後の飛砂による堆砂の最も高いものは次の如くであつた。

2 年

A 区 : 1.32m, B 区 : 1.37m, C 区 : 1.42m

4 年

A 区 : 1.65m, B 区 : 2.25m, C 区 : 2.10m

(6) 模型砂丘上の簡単な風洞内でビーチグラスの 1 列および 2 列の植栽による風下の飛砂の防止率は次の如くであつた。(標準風速 6~7 m/sec の場合)

1 列 : 36.8%    2 列 : 46.9%

備考

$$\frac{X-Y}{X} \times 100 = Z$$

X : 標準飛砂量 (栽植しない場合)

Y : 植栽の場合の飛砂量

Z : 飛砂の防止率

(1961.3.31 受理)

## VII 参 考 文 献

(1) 原 勝, 田中一夫: 砂丘固定草としてのビーチグラスについて。砂丘研究。Vol. 4, No. 2, 1958. 3

- (2) 原 勝, 田中一夫: 海岸砂丘地におけるアメリカ海岸草の植栽試験 (第1報), 日林講演集, 63回 1954, 4
- (3) 原 勝, 田中一夫: ピーチグラスの飛砂固定機能について, 砂丘研究, Vol. 5, No. 1, 1958, 12
- (4) 池田茂: 砂丘気象の研究 (第6報) 砂丘における風速と飛砂量との関係, 砂丘研究, Vol. 5, No. 1 1958, 12
- (5) R. A. BAGNOLD: The physics of Blown sand & Desert Dunes. London 1954
- (6) W. S. CHEPIL: Dynamics of wind Erosion. Soil Sci. 60, 1945, & 61, 1946
- (7) 林野庁: 海岸砂地造林に関する調査報告。治山事業参考資料第1輯 1949. 2
- (8) 林野庁: 防災林に関する調査報告, 治山事業参考資料, 第II輯, 1950. 2
- (9) 林野庁: 海岸砂地造林に関する調査報告。第3報 治山事業参考資料, 第4輯 1951. 7
- (10) 河村龍馬: 飛砂の研究, 東大理工学研究所報告。Vol. 5. No. 3~4 1951. 10
- (11) M. HARA: Studies of the Formation of Artificial Coast Sand Dune. Jour. of Facul. of Agric. Tottori Univ. vol. No1, 1951. 2
- (12) K. LEHOTSKY: Sand Dune Fixation in Michigan. Jour. of For. vol. 39, No. 12, 1941

### Summary

Since 1951, the author has been conducting the plant test of American beachgrass (*Ammophila breviligulata* FERN.) on the Hamasaka Sand Dune Laboratory of Tottori University.

The flowering-time is from late in July to early in August in the sand dune of Tottori district, and the spikelike panicles are about 30 cm long, but the seeds produced are quite sterile.

Then multiplication must be conducted by division. It spreads many long roots from 20 cm to 40 cm in depth. The long creeping rhizomees stretch all around, thus the vigorous multiplication is done easily by beachgrass.

From early spring to late autumn, the tough and coarse leaves and stalks cover closely the surface of the sand.

Therefore the American beachgrass seems to be very suitable as a new grass for the fixation of drifting sands on the coastal sand dune in Japan.

In this report, the author has been experimenting on the volume of drifting sand held by American beachgrass in the test plots that have every kind of planting density of American beachgrass on the Hamasaka Sand Dune Laboratory of Tottori University.

And experiments on the fixed volume of blown sand in 2 rows and 1 row of beachgrass in a simple wind-tunnel. (See Fig. 2 of plate II)

The results obtained are summarized as follows:

- (1) The volume of blown sand held by beachgrass planted in a two meter square network after the lapse of seven months from planting was about equal to one of planting the whole surface.
- (2) The fixed volume of blown sand on the plot A (4 rows-bordered planting with beachgrass.) after the lapse of 2 years from planting was about equal to one of planting the whole surface.
- (3) The fixed volume of blown sand in each plot after the lapse of 2 years and 4 years from planting in the number 1 test plot was as follows:

2 years :

Plot A ... 181.74 m<sup>3</sup>    Plot B ... 245.08 m<sup>3</sup>    Plot C ... 176.52 m<sup>3</sup>

4 years :

Plot A ... 263.44 m<sup>3</sup>    Plot B ... 439.93 m<sup>3</sup>    Plot C ... 320.64 m<sup>3</sup>

- (4) The angle of inclination at the peaked part windward on the planted land of beachgrass on the number 1 test plot was about the same as the angle of repose of sand. (30°~34°)



(5) The maximum height of heaping sand by blown sand in each plot after the lapse of 2 years and 4 years from planting in the number 1 test plot was as follows:

2 years :

Plot A ... 1.32 m    Plot B ... 1.37 m    Plot C ... 1.42 m

4 years:

Plot A ... 1.65 m    Plot B ... 2.25 m    Plot C ... 2.10 m

(6) Preventive ratio of blown sand in leeward by planting of 1 row and 2 rows with beachgrass in a simple wind-tunnel was as follows : (In cas of standard wind velocity 6~7 m/sec.)

1 row ... 36.8%    2 rows ... 46.9%

Note:

$$\frac{X-Y}{X} \times 100 = Z$$

Z : Preventive ratio of blown sand.

Y : Blown sand in case of planting.

X : Standard blown sand (In case of nothing planted.)

#### Explantion of plates

Plate I. Fixative conditions of sand movement by planting of beachgrass on the Hamasaka Sand Dune Laboratory of Tottori University.

Fig. 1. Panorama of number 1 test plot on the land planted with beachgrass. Plot A, B. and C from the right of figure.

Fig. 2. Panorama of number 2 test plot on the land planted with beachgrass.

Fig. 3, 5, 7.

Fixative conditions of sand movement after the lapse of 2 years from planting on the number 1 test plot. (Autumn season) Note : Windward...Left

Fig. 3. ... Plot A

Fig. 5. ... Plot B

Fig. 7. ... Plot C

Fig. 4, 6, 8.

Fixative conditions of sand movement after the lapse of 1 year and 7 months from planting on the number 1 test plot. (Summer season) Note : Windward ... Right

Fig. 4. ... Plot A

Fig. 6. ... Plot B

Fig. 8. ... Plot C

Fig. 9, 10.

Fixative conditions of sand movement after the lapse of 4 years from planting on the number 1 test plot. (Winter season) Note : Windward...Left

Fig. 9. ... Plot A

Fig. 10. ... Plot B ... Left Plot A ... Right

Plate II

Fig. 1. Fixative conditions of sand movement after the lapse of 2 years from planting on the plot A. (Number 1 test plot.) Measuring methods of wind velocity by using of the Cup-anemometer.

Fig. 2. Simple wind-tunnel, showing Cup-anemometer and Blower.

- Fig. 3. Fixative conditions of sand movement after the lapse of 4 years from planting on the plot A  
(Winter season.)
- Fig. 4. Simple wind-tunnel, showing sand collector and Cup-anemometer.
- Fig. 5. Tillering organization of underground part with the heaping sand of beachgrass in the sand dune.  
(Horizontal line shows the height of earth surface in the last investigation.)
- Fig. 6. Experiment of blown sand in 1 row of beachgrass in a simple wind-tunnel.
- Fig. 7. Experiment of blown sand in 2 rows of beachgrass in a simple wind-tunnel.
- Plate III Stabilization of drifting sands by planting of beachgrass on the Hamasaka Sand Dune Laboratory of Tottori University.
- Fig. 1. Growth conditions after the lapse of 1 year from planting.
- Fig. 2. Growth conditions after the lapse of 2 years from planting.
- Fig. 3. Beachgrass network. Shifting sands may be anchored temporarily by beachgrass arranged into a network consisting of a system of squares measuring 2 meter on each side.

Plate. I

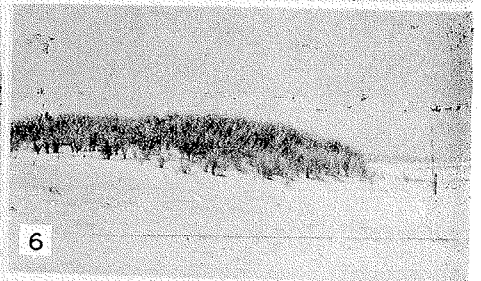
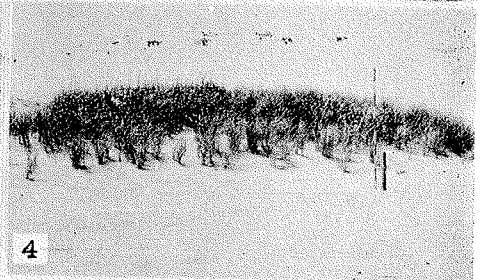


Plate. II

