

海岸防災林の飛砂固定に関する実験的研究 (第2報)

垣による飛砂固定の実験について

田 中 一 夫

(鳥取大学農学部)

Experimental Studies on the Fixation of Drifting Sand by the
Coastal Sand-dune Fixation Forest. (II)

On the Fixation of Drifting Sand by a Bamboo Fence.

Kazuo TANAKA

(Faculty of Agriculture, Tottori University)

1. 緒 論

筆者は従来から海岸防災林の飛砂固定に関する一連の実験的研究を行つて来たが、それ等の内、クロマツを使用した、ひな形防災林による実際の砂丘地での飛砂固定の研究については、既に報告したところである。⁽¹⁾今回は第2報として砂丘地での垣の密度の相違による飛砂固定の研究結果を報告するものである。

堆砂垣は移動砂を止めて堆砂させ、そこに人工砂丘を築設するために設けられるものであり、適当な障害物を風路におくことによつて、その場所の風速を砂粒の移動風速以下に保つことにより目的を達成させる。その構造、目の細さ(間隙または密度)等は堆砂垣を設置する砂丘の砂粒および風速等、その土地の事情により左右されるものである。また主風方向に直面させるか、または汀線に平行に設けるか等の問題が種々論議されるものである。末^(1,2)は山形海岸で種々の密度の堆砂垣につき実験し、堆砂垣の間隙と周辺の風速分布との関係を報告している、然し堆砂量、および堆砂の状態までは充分究明していないようである。河田⁽³⁾は間隙率50%の堆砂垣による堆砂の状態につき、つぎのように報告している。即ち堆砂垣を中心としてその前後に一樣な角度(8°)で堆砂するとして堆砂垣の埋没する日数を概算している、しかし河田も指摘しているように、実際にはこの計算通りには行かない理由がある、それは風が強くなると移動砂を全部止めることができないこと、第2は堆砂垣が相当埋ると移動砂全部を止めることができない、更らに堆砂の状態が風上、風下とも一樣な傾斜角(8°)で堆砂するかどうか等が考えられる。以上の如く種々の仮定をおいて計算上から求めたものであり、また堆砂垣の密度については間隙率50%のもののみである。それ故筆者

は本実験においては砂丘地でつぎの3種類の密度を有する竹簧垣を使用して従来あまり明らかにされていない密度の相違による風速分布、堆砂状態等を明らかにするとともに、本実験によつて鳥取地方砂丘地における最も適当な密度のものを究明しようとするものである。また従来から色々論議されている、堆砂垣の設置方向についても究明するものである。同時に造林地内の砂を静めるために設置される静砂垣としてどの程度の密度のものが最も適当であるか、また静砂垣を設置する場合どの程度の間隔で設けたらよいか等につき究明しようとして行つたものである。

本研究を行うにあたり終始御懇篤なる御指導を賜つた京都大学農学部遠藤隆一教授、四手井綱英教授、富士岡義一教授、鳥取大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。

2. 実験方法

2-1 実験場所

鳥取大学農学部附属砂丘研究実験所構内で汀線から内方100mの比較的一様な傾斜角10~15°で風下に向つて傾斜が上昇しているところで、附近に何も障害物のない位置にはぼ汀線に平行に垣を設置した。(1960年11月20日設定)これをNo.1の垣とする。No.1の垣より約100m離れて汀線より内方100m附近で風上、風下とも、ほぼ平坦なところで汀線にほぼ直角に垣を設置した。

(1960年12月4日設定)これをNo.2の垣とする。この附近は飛砂のはげしいところで植生はほとんど見られず、砂粒の粒径は大部分が1.0~0.5mmのものであつた。

2-2 実験材料および実験方法

堆砂垣および静砂垣は鳥取県の海岸砂防工事に用いら

れるものと同様のものでも孟宗竹を割つて編んだ竹簧垣を使用し、高さ1mのものを使用した。垣の長さは24mのものを約3等分し、3種類の密度を持った垣を作つた。

最密垣：1：1.6（間隙と遮風体との比），中密垣：1：1，疎密垣：1：0.6とした。

堆砂垣および静砂垣の密度は技術的に編柵できる範囲で空隙と遮風体との割合より上述のような3種類の密度の垣を作つた。実験に使用した垣の実測密度は第1表の如くである。

第1表 実験に使用した垣の密度

垣の種類	垣の単位長さ cm	間隙の合計 cm	遮風体竹の合計 cm	間隙と遮風体との比	密度 %
最密垣	50.3	18.5	31.5	1：1.67	62.6
中密垣	50.5	25.1	25.4	1：1	50.2
疎密垣	49.8	30.5	19.3	1：0.63	38.8

風速分布の測定は既報⁽⁶⁾の如く理工研式小型ロビンソン風速計4基を使用し、地上高20, 30, 50, 70, 100, 150cmの各地上高につき同時測定した。標準風速は垣の影響のない汀線よりに風速計1基を常置し、他の3基を

もつて垣の前後の風速を同時観測し、標準風速(U)に対する風速比 u/U を求めて垣前後の風速分布を究明した。風速測定の時間は1回1分間とし、2～5回測定して平均風速比を求めた。

飛砂量の測定は既報⁽⁶⁾の如く筆者の考案したB型採砂器を使用し、1個は標準風速の測定附近において同時観測し、この飛砂量を標準飛砂量(裸地)とし、他の同型の採砂器3個を使用して垣の前後の飛砂量を測定した。同時に砂の含水率をも測定した。

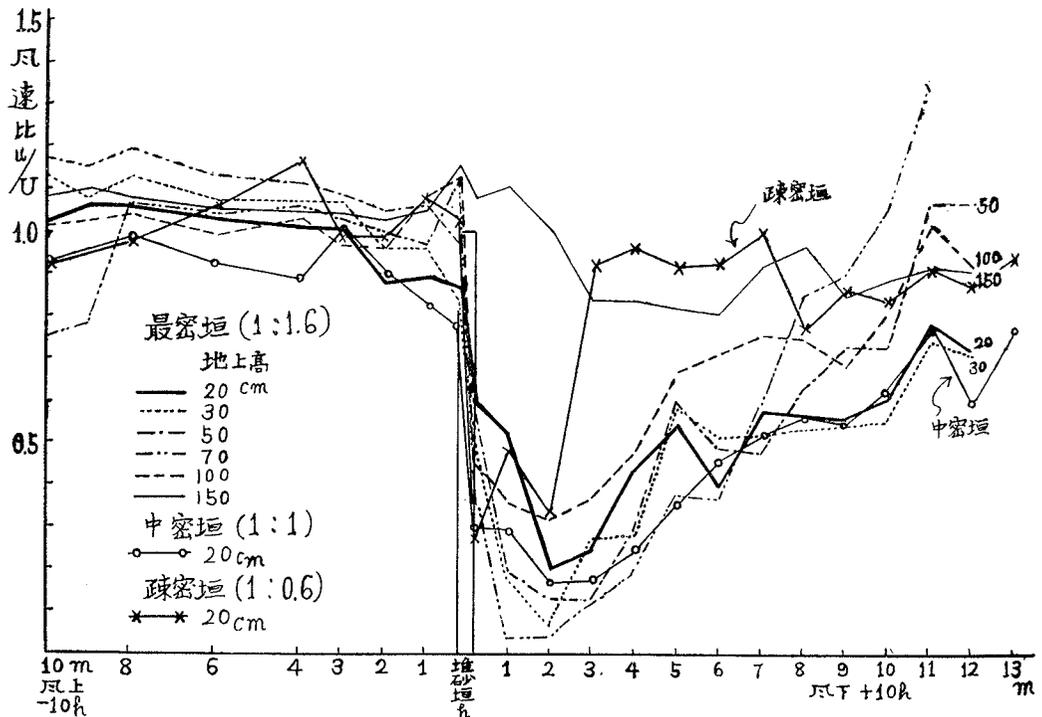
堆砂状況は堆砂垣を設置すると同時に風上および風下に基礎杭を打ち、基準面の測量を行つておいて、その後の堆砂状況を適時レベル測量等により実測した。

3. 実験結果および考察

3-1 風速比の水平的分布

3-1-1 No.1 堆砂垣(汀線に平行)

風速分布につき垣の前後における風速比を各地上高別に求めたものから風速比の水平的分布を見ると第1図の如くである。この測定の日には風速の平均が3.4~4.0m/s程度で、風向はNWであり、垣にはほぼ直角に風が吹いていた。



第1図 風速比の水平的分布 (No.1堆砂垣の場合)

1) 最密垣 (1:1.6)

垣の前後における風速比の水平的分布を見ると第1図の如くである。風上においては地上高20, 30cmのものが風上2h附近より減風効果が見られる。特に20cmのものは約10%の減風率であつた。それに対し地上高70, 100, 150cmはかえつて風上の0mにおいて標準風速よりも増大していた。風下の0mにおいては地上高20~100cm迄は風速比が約0.4~0.6と急に減少し、風下1hで更に減少し、風下2hで最低の風速比を示し最も減風効果のあつたのは地上高70cmで約0.04、ついで地上高30, 50, 20cmにおけるものであり、地上高100cmで風速比が約0.3であつた。これに対し地上高150cmのものはむしろ標準風速より大きかつた。その後風速は次第に回復し、約風下6h附近迄は風速を半減しているがそれ以後次第に回復して風下11h附近でもとの風速に近くなつている。飛砂固定の面から見た場合、標準風速を半減する領域は地上高20cmについて見ると、約風下6h附近までである。概して減風効果の著しいのは地上高70cmまでで地上高100cmになると風速の回復も早くなつている。

2) 中密垣 (1:1)

地上高20cmにおける風速比の水平的分布を見ると、第1図の如くである。

傾向は最密垣と同様であるが風上面上における減風効果はかなり大きくなつてきているようである。特に地上高20cmにおいてはかなりの効果を示している。風下においては特に最密垣のものよりも垣の直後における風速比はやや小さく、風下2h, 3h附近で最小の風速比を示し

ており一層減風効果が大きであつた。その後徐々に風速が回復し標準風速を半減する領域は風下7hまでである。風下13h附近で風速比が約0.8を示している。以上要約するに最密垣と比較してやや風上の減風領域が大きいようであること、風下の減風領域は多少後方に広くずれてくることが見られた。

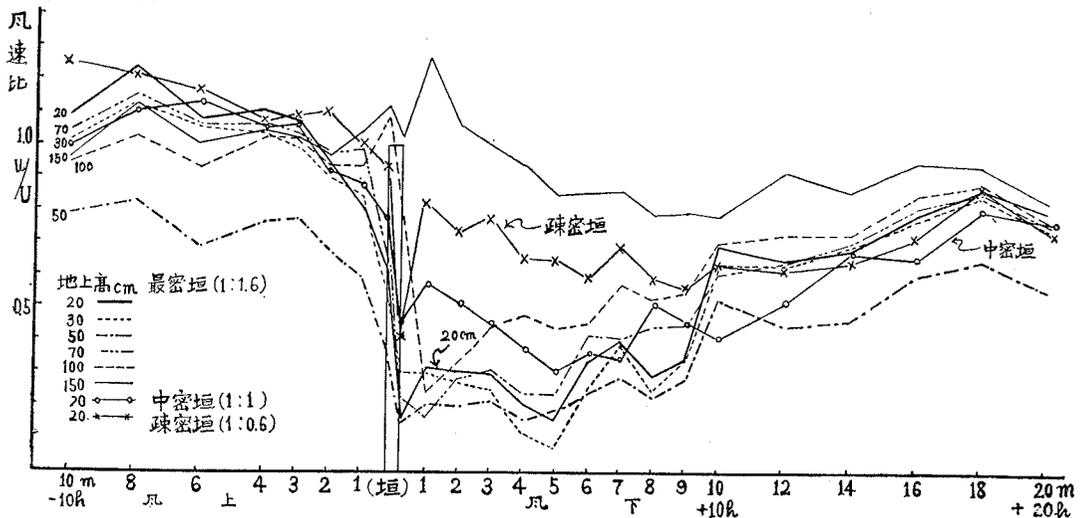
3) 疎密垣 (1:0.6)

地上高20cmにおける風速比の水平的分布を見ると、第1図の如くである。

風上面上においては減風効果はあまり見られず、かえつて風速を大にしている。風下面について見ると、垣直後においてかなり減風効果が見られるが風下1h, 2h, ですでに風速が回復し、風下3hになるとほとんど標準風速に接近している、そうして著しく風速の回復が早いことが目立つている。

以上の結果から見て疎密垣においては1h~2hまでは風下において風速を半減させるが3h以後では減風効果は期待出来ない。

以上の結果は、末(4,2)等の報告にあるものよりも減風効果の領域が小さいが、これは本実験の場所が全く平坦でなく風下に向つて10°~15°程度傾斜しているため減風効果が小さいことが見られたものと考えられる。しかし実際問題として汀線に平行に垣を設置する場合には、このようなところに垣を設ける場合が多い、しかし従来はほとんどこのような傾斜している場合に対する問題点を充分考慮されないで平坦地の場合と同じ様な画一的工法がとられているように思われる。たとえば静砂垣を設置する間隔等については鳥取県ではすべて10m×10mで囲つて



第2図 風速比の水平的分布 (No. 2堆砂垣の場合)

いて、傾斜面に対する十分な考慮が払われないようである。上述の結果から見て、このような傾斜地においては静砂垣の設置間隔は平坦な場合の結果をそのまま画的に行うことの危険性を充分示しているもので今後の施業に充分参考にしなければならないものと考えられる。

3-1-2 No. 2 堆砂垣 (汀線に直角)

No. 2 堆砂垣の風速分布につき、風速比を各地上高別に求め、その風速比の水平的分布を示すと第2図の如くである。

この日は風速が4.5~5.5m/S.で風向はW~WSWでほぼ垣に直角に風が吹いていて、多少の飛砂が見られた。しかし午後おそくなつてにわか雨が降り砂が湿つたため、それ以後は飛砂は見られなかつた。

1) 最密垣 (1:1.6)

第2図に見られるように風上および風下とも減風効果の領域がNo. 1の垣より拡大されていることが見られる。これはNo. 1の場合の垣と異なり、風上、風下ともほぼ平坦であることが原因しているものと思われる。

風上面において地上高50cm以外は風上2h、附近で約10%、風上0mにおいては約50%と著しい減風効果を見た、地上50cmにおいては風上10hで約20%、その後徐々に減風を示し、風上1h附近で約40%となり、風上0mで急激に減風効果が大きく約65%にもおよんでいた。風下においては0mの垣の直後において地上高20~70cm迄は急激に減風し約70~85%の減風効果を示した、その後ほぼこれに近い風速比を保ちつつ風下5h附近で最小の風速比を示し、それ以後徐々に風速が回復し約風下9h附近まで風速の半減領域が見られた。それ以後次第に標準風速に接近して約風下18h附近まで垣の影響をおよぼしているようである。地上高100cmのものは風下直後の風速はそれ程減少しないが、1h後方において著しい減風効果が見られ、それ以後徐々に回復している。地上高150cmにおいては風上2hで減風効果が僅かに見られるが垣の直前では風速が大きく、風下1hでは著しく風速が大きくなっている。それ以後徐々に風速が衰え、風下4h附近から減風効果を見、風下10h附近で最も風速比が小さくその後回復している。

2) 中密垣 (1:1)

地上高20cmにおける風速比の水平的分布を示すと第2図の如くである。最密垣と比較して一般に風上面における減風効果は少なくなっている、また風下直後においても同様かなり減少している、しかしその後徐々に一定の減風効果を維持しながら6~7h附近で最小の風速比を示し、その後徐々に風速を回復し、風速の半減する領域

が約12h附近となり、その後次第に回復している。概して最密垣と比較して垣の直後の減風は少ないが風速を半減する領域が風下にのびて拡大しており徐々に風速が回復してゆくことがうかがわれた。

3) 疎密垣 (1:0.6)

地上高20cmにおける風速比の水平的分布を示すと第2図の如くである。

風上面においては2h以前は、ほとんど減風が見られず、風上1hで僅かに見られ、風上0mで約10~20%の減風効果を示している、風下0mにおいては、地上高20cmにおいて約60%の減風効果があり風下1hで急激に回復し、以後徐々に風速がおとろえて、風下9h附近でかなり減少し、その後徐々に風速が回復して風下18h附近で標準風速に回復している。

以上のことから垣の密度の差による防風効果は著しい相違を示すものであり、最密垣のものは最も減風効果が大きく、ついで中密垣となり、疎密垣は垣直後附近においては、あまり減風は期待できない。概して密度の大なるもの程垣の直後、2h附近における減風が大ききこと、しかし6h以後においては密度の大なるものは風速の回復が比較的早い。疎密のものほど徐々に減風効果を保ちながら風速が回復している傾向が見られた。この傾向はGlayne⁽⁴⁾の板垣での実験とよく一致していた。田中等⁽⁵⁾は板べいの垣の種々の密度について風速の実験を行い、つぎのような結果を報告している。

防風垣の遮へい度が増加するにつれて風下垣附近に発生する渦流はその強さを増すとともに垣に接近する、このため垣附近の風速減少率は大きくなるが、混合による風速回復率も早く、遮へい度100、90の垣は風下20h附近で略々垣の影響は消失するが、遮へい度70、50、20においては25h附近まで影響した、また遮へい度の大きいほど垣直上の風速増加が著しくなっている、これは遮へい度が増すと風の通過が制限されるための流線集中による収斂作用で、圧力勾配が増加し加速されるためである。これ等の結果は巾2.5cmの板べい垣での実験であるので、筆者の実験とはかなり材料が異なるので多少の変化はあるが傾向としては大体一致しているようであつた。

以上の実験結果から堆砂を目的とし、また砂を静める静砂垣を目的とする場合大体の目安として、標準風速を半減させる範囲を求めて見るとつぎの如くである。

最密垣 (1:1.6) : 風下9h附近まで

中密垣 (1:1) : 風下10h~12hまで

疎密垣 (1:0.6) : 風下0h附近しか期待できない。

以上のことから垣に直角の風向の場合においては疎密垣の場合、静砂垣および堆砂垣としてはあまり効果が望めないようである。

3-2 飛砂量の実験結果および考察

飛砂量の測定はNo. 2 堆砂垣(汀線に直角)について行つた、測定日の風速は5.5~6.0m/Sで飛砂が見られ、砂の含水率は平均して約0.9%で表面はほぼ気乾状態であつた。

この飛砂量を垣の密度別に測定した結果は、第2表、および第3表の如くである。

疎密垣については飛砂の測定途中でわかには雨が降り、飛砂を見なくなつたので比較できないが後述する飛砂の固定状況により幾分推察出来るものとする、飛砂量の単位は巾1mの部分を1時間に飛んだ飛砂量の重量とし、g/m/Hとした。

第2表 最密垣における飛砂量

摘要	裸地	風上	風下	
X(m)	-	1	0	1
Z(cm)				
40~50	0.083	0.250	0.666	0.333
30~40	0.666	0.167	0.666	0.250
20~30	2.749	0.250	0.500	0.417
10~20	12.080	0.833	0.417	0.666
0~10	38.318	4.665	70.805	8.080
合計	53.896	6.165	73.054	9.746

第3表 中密垣における飛砂量

摘要	裸地	風上	風下	
x(m)	-	1	0	1
Z(cm)				
40~50	0.668	0.502	1.003	0.334
30~40	5.685	4.347	0.668	0.668
20~30	20.733	22.739	1.003	0.668
10~20	45.478	99.317	6.688	3.010
0~10	336.406	186.207	480.867	62.533
合計	408.897	313.112	490.229	67.213

備考 X: 垣からの距離, 飛砂量g/m/H

Z: 地上高

1) 飛砂量の水平的分布

最密垣(1:1.6)は第2表に示す如く、裸地の標準飛砂量の合計が約0.053kg/m/Hであり、これに対して風上1mでは約0.0061kg/m/Hと極めて減少している。

ついで風下0mにおいては急激に飛砂量が多く[約0.073kg/m/Hと標準飛砂量をかなり上まわつている、これは垣の間隙を通過した風が著しく加速されるためと思われる。風下1mになると急激に飛砂量が減少し約0.009kg/m/Hとなつている。飛砂量の地上高別分布について見ると、地上0~10cm迄のものは全飛砂量のほとんど大部分を占めており、この飛砂量の水平的分布の傾向は、合計飛砂量と、ほぼ同様の傾向であつた。地上高10cm以上のものは裸地の飛砂量より著しく減少し、垣の影響を強く受けていることが明らかである。地上高10~20cmのものは、風上1mよりも風下0mにおいて、かなり飛砂量が減少し風下1hで少し多くなつている、これは垣の影響により風速がかなり乱されて上昇気流をなすためかと思われる。地上高20cm以上においては、ほぼ同様の傾向を示し、著しく飛砂量を減少させている。

中密垣(1:1)における飛砂量の水平的分布を見ると第3表の如くである。この測定の日是最密垣の時よりかなり風速が大となり、従つて飛砂量もかなり多く、標準飛砂量が約0.408kg/m/Hとなつている。合計飛砂量の分布について見ると、風上1hで0.313kg/m/Hで裸地よりやや少くなり、風下0mにおいては、裸地より多く0.490kg/m/Hとなつている。この傾向は最密垣と同様であるが、少し少ないようである。風下1hにおいては急激に飛砂量が減少し、裸地の約1/7程度となつている。

地上高別飛砂量について見ると、地上高0~10cmのものは合計飛砂量とほぼ同じ傾向を示しており、合計飛砂量の大部分がこの地上高に含まれている。地上高10~20cmにおいては、風上1hが最も多く、裸地よりも増加している、しかし風下0mにおいて急激に減少し更に風下1hにおいて一層飛砂量が激減している、この傾向は地上高20~40cmにおいても見られる。地上高40~50cmのものは合計飛砂量の傾向とほぼ同じ状態で分布していることが見られた。

2) 飛砂量の垂直的分布

裸地の地上高別飛砂量はほぼ鉛直方向に対して指数法則に従っているが、最密垣の風下1hおよび風上1hにおいては、地上高の高い部分における飛砂量が比較的多く、直線にならないで変化している、これは風速比でも説明した如く垣の前後においては地表面附近の抵抗により、風がかなり収斂されて上向きの加速が行われるためではないかと想像される。

中密垣については、裸地と風上1hとは大体よく指数法則に従つて分布しているが0h、風下1hとは地上高

の高い部分における飛砂量が、かなり増加している。しかし最密垣程顕著ではない。この傾向は最密垣ともよく一致していて、この部分における風速が加速され上昇するためであろうと思われる。

以上密度の相違による飛砂量は概して風速比と比例的關係にあり、密度の大きい垣ほど風上1hの飛砂量を激減させる、しかし、風下0hにおいてはかえつて風速が加速されるため飛砂量が多い、中密垣においては風上1hの飛砂量はさほど減少しないが、風下1hにおいては急激に飛砂量が少くなる傾向が見られた。

3-3 防砂率についての考察

垣を設置したためにその風上および風下において飛砂量

をどの程度減少させたかを数量的に把握するために防砂率 (Preventive ratio of blown sand) なるものの算定を行った。(6)

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

但し Z: 防砂率

W: 通過率

Y: 通過飛砂量 (垣をおいてもなお通過する飛砂量)

X: 標準飛砂量 (裸地の状態の飛砂量)

これが結果は最密垣が第4表および中密垣が第5表の如くである。

第4表 最密垣における防砂率

地上高 cm	(X) g/m/H	風 上 1m			風 下 0m			風 下 1m		
		(Y) g/m/H	(W) %	(Z) %	(Y) g/m/H	(W) %	(Z) %	(Y) g/m/H	(W) %	(Z) %
40~50	0.083	0.250	301.20	-201.20	0.666	802.40	-702.40	0.333	401.20	-301.20
30~40	0.666	0.167	25.07	74.93	0.666	100.00	0.00	0.250	37.53	62.47
20~30	2.749	0.250	9.09	90.91	0.500	18.19	81.81	0.417	15.17	84.83
10~20	12.080	0.833	68.96	31.04	0.417	34.52	65.48	0.666	5.51	94.47
0~10	38.318	4.665	12.17	87.83	70.805	184.78	-84.78	8.080	21.09	78.91
合 計	53.896	6.165	11.44	88.56	73.054	135.55	-35.55	9.746	18.08	81.92

備 考

X: 裸地の飛砂量
Y: 通過飛砂量
Z: 防砂率
W: 通過率

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

$$\frac{Y}{X} \times 100 = W$$

裸地の風速
地上高cm 風速
20 4.56m/S
50 6.62 "
土壤水分 1.03%

第5表 中密垣における防砂率

地上高 cm	(X) g/m/H	風 上 1m			風 下 0m			風 下 1m		
		(Y) g/m/H	(W) %	(Z) %	(Y) g/m/H	(W) %	(Z) %	(Y) g/m/H	(W) %	(Z) %
40~50	0.668	0.502	75.14	24.86	1.003	150.15	-50.15	0.334	50.00	50.00
30~40	5.685	4.347	76.46	23.54	0.668	11.75	88.25	0.668	11.76	88.24
20~30	20.733	22.739	109.67	-9.67	1.003	4.84	95.16	0.668	3.22	96.78
10~20	45.478	99.317	218.37	-118.37	6.688	14.71	85.29	3.010	6.62	93.38
0~10	336.406	186.207	55.29	44.71	480.867	142.94	-42.94	62.533	18.59	81.41
合 計	408.970	313.112	76.56	23.44	490.229	119.89	-19.89	67.213	16.44	83.56

備 考

裸地の風速
地上高cm 風速
20 5.15m/S
50 6.31 "
土壤水分 0.94%

最密垣について見ると、風上1hにおいて、合計飛砂量に対する防砂率は約88.6%となり全飛砂量の大部分を風上に固定していることがわかる。風下0mにおいては飛砂量が急に増大するため、かえつて裸地よりも多く防砂率は負の値を示し、-35.6%と約3割方裸地よりも、風下1hになると再び飛砂量が急激に減少して防砂率は約81.9%となり大部分の飛砂を固定するものである。しかし飛砂量のところで説明したように風上1h、風下1hにおいて地上高40cm以上はかえつて裸地の飛

砂量より多いことが見られる、しかしこれは全飛砂量から見れば極めて少ない量であり、大部分は地上高0~10cmであるので最密垣においては風上面に飛砂を固定する量が極めて大きいことがわかつた。

中密垣については最密垣のものと著しく異なり風上1hにおける合計飛砂量に対する防砂率は著しく減少し約23.4%となつていて、最密垣の約1/4程度である。

風下0hにおいては裸地の飛砂量よりも多く防砂率は負の値となり-19.9%となり、約2割方裸地よりも多くなつ

ている、しかし最密垣よりも少くなっている。風下1hになると飛砂量が急に減少するため防砂率は約83.5%となり大部分の飛砂を固定するものである。

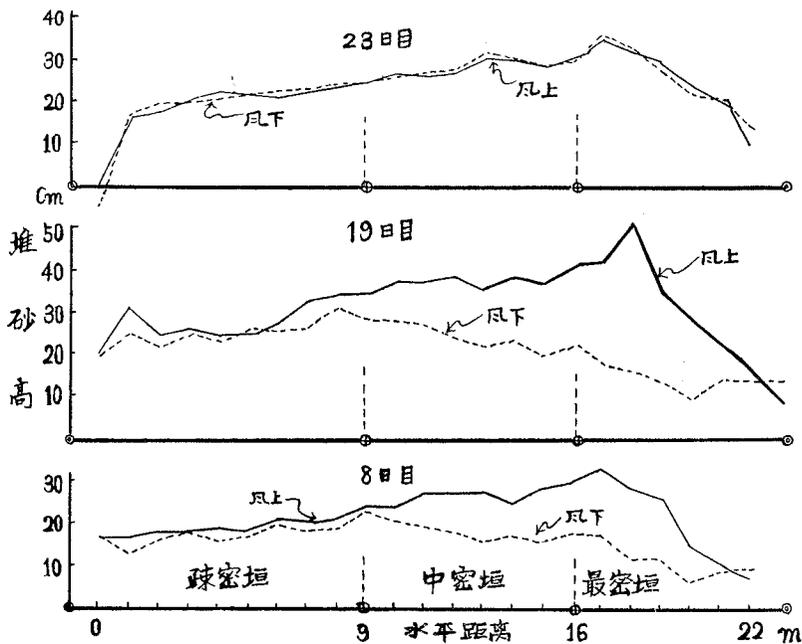
以上要約するに密度の大きい垣ほど風上面の防砂率が大きく、風上に固定する飛砂量が多いこと、中密垣のものは垣の風上よりも、むしろ風下1h附近の防砂率が大きく、この部分に多量の飛砂を固定するようである。この防砂率から見ると、地上高20cmの風速分布と極めて密接な関係にあり、風速分布において密度の大なる垣ほ

ど垣に接して減風効果が大きい、密度が小さくなると垣後方において減風効果が見られたが、これを充分裏がきしたように防砂率においても見られる。それ故防砂率は地上高20cm附近の減風率と非常によく比例的関係にあることがわかった。

3-4 飛砂固定(堆砂)の実験結果および考察

1) No. 1 堆砂垣(汀線に平行)

堆砂垣の直前、直後における堆砂状況を図示すると第3図の如くである。



第3図 No. 1 堆砂垣における垣の前後の堆砂状況 備考 S.35.11.20設定

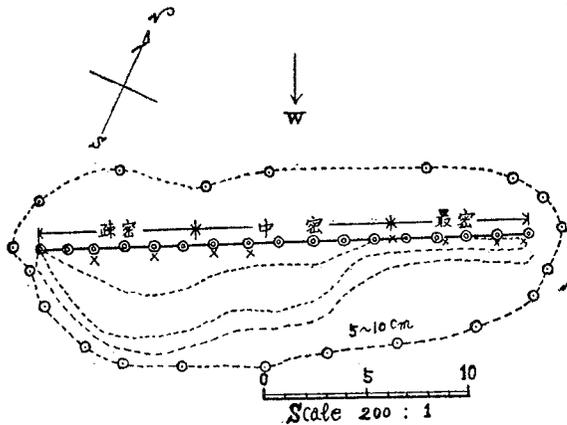
垣を設置してから8日目について見ると最密垣のものは風上面が極めて多く約15cmの高さに堆砂し、風下面は極めて堆砂が少ない。これに対して中密垣のものは最密垣程ではないが、やはり風上面が高さ約10cm程多く堆砂している。疎密垣のものは垣の前後とも変化は全く同じ程度に堆砂していた。

垣を設置してから19日目においては更らに上述の傾向は一層明瞭に見られ、最密垣の風上の堆砂が著しく多いのに対し、風下は極めて少くなっている。それに対し疎密垣のものは風上および風下とも堆砂にはあまり変化が見られない。

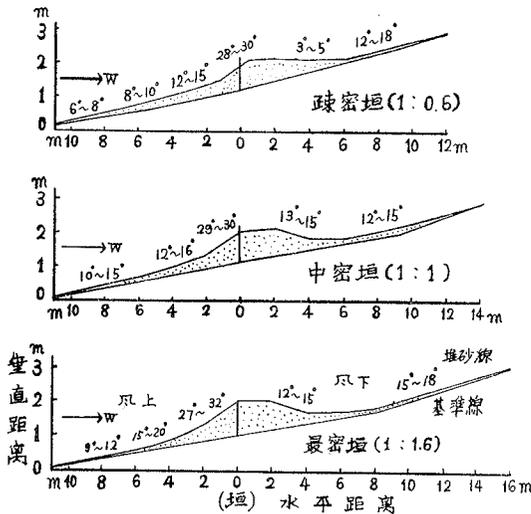
垣を設置してから23日目について見ると、かなり様子が変つている、これは前日に風速15m/S程度の強い風が

あつたため、どの密度の垣もほぼ同じ状態で垣の前後の差が見られなくなつている、また垣の両端は風の吹き込みのため強く影響されて堆砂が少なくなつている。

垣を設置してから約4ヶ月後に堆砂状況を調査した、その結果、平面図が第4図の如くであり、各垣の密度別堆砂量の断面図は第5図の如くである。



第 4 図 No. 1 堆砂垣における堆砂状況平面図
備考 S.35.11.20 設定
S.36. 4. 4 測定



第 5 図 No. 1 堆砂垣における堆砂状況断面図
備考 S.35.11.20 設定
S.36. 4. 4 測定

これ等の図について見ると、概約垣の密度による著しい相違は見られないが、これは平坦でなく風下に高く約 10° 程度の傾斜があるため密度による差が判然としていない。これは垣の両端からの風の吹き込みもあるものと思われる、しかし風速分布で説明したように、風下における減風効果の領域が極めて少く風下 $5 \sim 6$ h 迄と見られたが、この図より見る如く堆砂状況でもよくこれを裏がきして、堆砂は風下 6 h 附近迄でありそれ以後はほとんど堆砂が見られない。

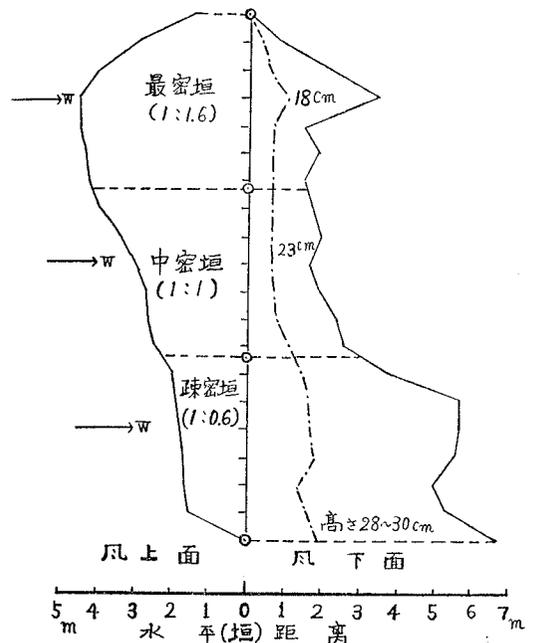
疎密垣のものはやや後方まで堆砂しているようである。堆砂量は最密垣のものが、最も多くついで中密垣、疎密垣の順であつた。このように堆砂量において差のあるのは特に上述の初期における堆砂状況からも充分想像された。

以上の結果から見て静砂垣として使用する場合には密度が大きい最密垣のものが最も効果的と思われる。

静砂垣を設置する場合、その間隔が問題であるが、平坦の場合には風下 10 h 後方においても減風効果があるが、風下に高く約 10° 程度傾斜しているところでは飛砂の固定範囲が風下 $5 \sim 6$ h であつたことから見てこのような傾斜地において静砂垣を設置する場合その間隔は少くとも $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ (垣の高さ 1 m として) 程度に密に設置することが必要であると考えられる。

2) No. 2 堆砂垣 (汀線に直角)

垣を設置してから 9 日目における堆砂状況の平面図は第 6 図の如くである。

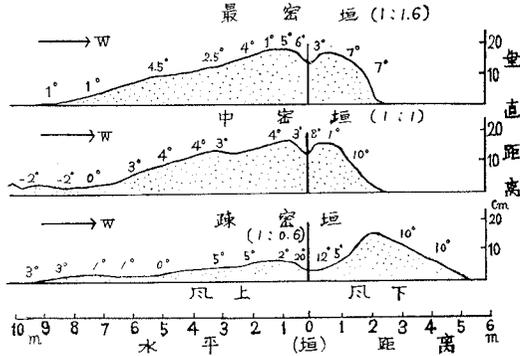


第 6 図 No. 2 堆砂垣における堆砂状況平面図
備考 S.35.12. 4 設定 9 日目
S.35.12.13 測定

この図に見られるように最密垣のものは風上面に広く堆砂し、風下面は極めて少ない。中密垣のものは大体風上、風下ともほぼ同じ程度の範囲に堆砂している。疎密垣は最密垣とは全く逆に風上面は極めて少ない、風下面に長く広く堆砂している。この傾向は風速分布および飛

砂量においても充分想像されていたことであり、この点
が明瞭に見られた。

次いでこれ等における堆砂の断面を実測した結果は第7
図の如くである。



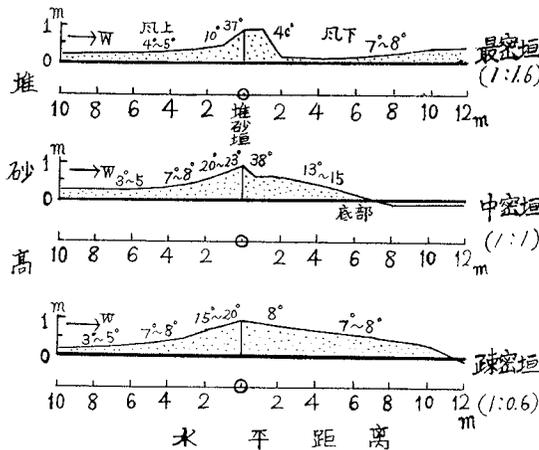
第7図 No. 2堆砂垣における堆砂状況断面図

備考 S.35.12. 4設定 9日目
S.35.12.13測定

これによると最密垣では風上の高さが約20cm堆砂し
ており、風下は垣の直後に堆砂している。

中密垣においては風上および風下ともに比較的なだ
らかに推砂している。疎密垣は風上においては極めて堆砂
量が少く、高さ約7cm程度である。風下直後1h附近
では堆砂が少く風下2~3h附近で最も多く堆砂し後方
に飛砂がのびていることが明白である。これは地上高20
cm附近における風速分布と極めてよく関連しているこ
とが見られる。

垣を設置してから4ヶ月後の垣の密度別堆砂状況の断
面図を图示すると第8図の如くである。



第8図 No. 2堆砂垣における堆砂状況断面図

備考 S.35.12.4 設定 S.36.4.4 測定

この図より見ると最密垣は風上における堆砂量が多く
見られる。風下においては垣直後に多く堆砂している。
勿論風向の変動があり、垣に対して直角でないで風下
部分が少くまた垣の端からの風の吹き込みのため少くな
つていられるが上述の如く初期の堆砂状況からも
充分予想されたことである。

中密垣について見ると概して風上面における堆砂量も
多く、傾斜角7°~8°のゆるやかな傾斜で堆砂している。
風下においては約7h附近迄垣を中心として堆砂して
おり、比較的人工砂丘を築設する場合には理想的な堆砂状
況と思われた。

疎密垣について見ると、風上面の堆砂状況はほぼ中密
垣と同様であるが、風下面においては垣の後方に長く、
広く堆砂していることが見られる、これは垣を設置した
初期の状況で説明した如く、垣の後方迄飛砂が多量にあ
つたことを物語っている、これは風速分布の点からも充
分予想されることでありこれを立証していることがわか
つた。

以上の点から見て、鳥取地方砂丘地においては堆砂垣
として最も適当な密度と思われるのは中密垣であろう、
これについては原のもの堆砂垣としては遮風体と間隙との
比が1:1程度のものが鳥取県においては比較的理想的
だと報告しているので、筆者の実験結果ともよく一致し
ていた。それに対し、最密垣は風上面の堆砂は多いが風
下直後垣に接して堆砂が多いので人工砂丘の維持管理と
しては、かなり困難な点があると思われる。

静砂垣としては一般に前面から来る飛砂を留止し、か
つ垣内の砂をしずめる目的で設けられるもので。鳥取県
としては竹簧垣(高さ1mと0.5mの2種類)を使用し、
密度は1:1程度のものを使用している。

本実験の結果、明らかな如く、最密垣程度のものが前
面からの飛砂を留止するためには効果的な垣であると思
えられる。風下の砂をしずめる範囲は平坦なところで
あれば垣の高さの9倍(h=1mとすれば)9m程度まで
は標準風速を半減させる能力があるので、今10m/Sの風
が吹いていてもこの範囲内においては一応砂の移動がし
ずめられることが考えられる。従つて理想的には静砂垣
の間隔は9m×9mの方形で囲むことが効果的である。
しかし上述の如く、風下に高く10°程度傾斜のあると
ころでは静砂垣の間隔は平坦の場合と同じように画一的
に行わないで、少くとも5m×5mの方形で囲むようにし
ないと、実験結果から見て静砂垣の目的が充分に果され
ないで砂が移動する結果となる。

本実験に使用した疎密垣程度のものは密度が疎である

ため鳥取地方砂丘地では主風に直角の場合には人工砂丘の頂部が垣後方に流される傾向にあり理想的な人工砂丘とならないものと考えられ不適当と思われる。

疎密垣は静砂垣としては、その目的である砂を後方に侵入させないことから見ると、あまり密度が疎であり不適当であることがわかった。

鳥取砂丘のように汀線に対して約 40° 斜めに主風の方向がある場合には主風に対し、必ずしも堆砂垣を直角に設置しなくても、汀線に対し、ほぼ平行に設置した方が適当ではないかと考えられる。

4. 摘 要

本実験においては鳥取地方で従来から使用している竹簧垣を使用し、技術的に編柵可能なつぎの3種類の密度の垣を作った。

最密垣 1 : 1.6 (間隙と遮風体との比)

中密垣 1 : 1。疎密垣 1 : 0.6で高さ1 m。

これ等の垣の密度の相違による風速分布と飛砂量との関係および飛砂固定(堆砂)の状態を実際の砂丘地で研究し、堆砂垣および静砂垣として最も適当な密度のものを究明しようとして行ったものである、同時にまた堆砂垣を設置する場合、その設置方向、および静砂垣を設置する間隔等についても合せ研究した。本実験により得られた研究結果の概要はつぎの如くであった。

最密垣(1 : 1.6)は風上における減風効果は大きい。風下直後垣に接して減風効果が大きい、風速の半減領域は風下9 h (h : 垣の高さ) 附近までであった。

中密垣(1 : 1)は風上における減風効果は最密垣より多少おとるが風下における減風効果の範囲は広く風下12 h 附近まで風速の半減が見られた。

疎密垣(1 : 0.6)は風上では減風効果は少ないようである。風下においては垣を離れて9 h 附近より減風効果が見られるが風下における風速の半減領域はほとんど期待できないようであった。

飛砂固定の状態について見ると、風速分布と極めて密接な関係にあり、減風率と防砂率とは比例的關係をよく示しており、飛砂固定もこれをよくうらぎしていることが見られた。

最密垣は風上において飛砂をよく固定するので前面から来る砂を留止する目的の静砂垣としては最も適当なものとする、しかし人工砂丘を築設するための堆砂垣としては、あまり密度が大きいため風上に多く、風下直後に急に少く堆砂する傾向が見られたので人工砂丘としては不安定のように思われた。

中密垣は風上および風下ともにほぼ一様に堆砂するので人工砂丘を築設する場合の堆砂垣としては最も安全であり、適当な密度の垣と思われた、静砂垣としては最密垣よりはおとるようである。

疎密垣は風上面での堆砂が少く、風下においては垣後方にかなり飛砂をもたらすため砂丘の頂部が後方にさがるので、堆砂垣としては不適当であると考えられた、また疎密垣は風速の半減領域が風下直後に見られる程度でそれ以後風速が回復し、風速の半減効果が見られないので静砂垣としても不適当であった。

静砂垣を設置する場合、比較的平坦地であれば、最密垣を使用した場合、風下9 h 附近まで、風速の半減領域が見られるので、今垣の高さを1 mとすれば、静砂垣を設置する間隔としては9 m × 9 mで囲むのが理想的と考えられた。

静砂垣を設置する場所が風下に高く約 10° 程度傾斜しているところでは静砂垣の間隔は平坦の場所と同じように画一的に行わず、少くとも本実験の結果から見て5 m × 5 m 方形で囲むことが必要であると考えられた。

中密垣を静砂垣として使用する場合は、最密垣より風上における飛砂固定はおとるが、風下の風速半減領域は12 h 附近まで見られたので経済的にみて止むを得ない場合には中密垣を使用し、その間隔を10 × 10 m とすることも考えられる。

現在鳥取県においては大体静砂垣としてこの程度のもを使用している現状である。

垣の両端があいていると端からの風の吹き込みが強くなり、風食のために垣が浮き上ってしまうので主垣に直角か、またはある程度の角度をもつて袖垣のような補助垣を設置することが極めて必要と思われた。

引用文献

- 1) 末勝海：堆砂垣に関する模型実験（予報）
山形大紀要（農学）1 （1950）
- 2) 末勝海：堆砂垣の間隙と周辺の風速分布との関係について，新砂防11 （1953）
- 3) 林野局：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）
- 4) GLAYNE, R. W. : Some effect of shelter-belts and wind breaks. The Meteorological Magzime sept. 84. (1955)
- 5) 田中貞雄，他：風食防止としての板べい垣の機能。関東東山研究報告，No. 9 （1956）
- 6) 田中一夫：海岸防災林の飛砂固定に関する実験的研究。砂丘研究，Vol. 8. No.2. (1962)
- 7) M. HARA : Studies of the Formation of Artificial Coast Sand dune. Journ. of the Fac. of Agric., Tottori Univ. Vol. 1. No.1 (1951)

Summary

The writer experimented on the fixation of drifting sand by the fence for heaping sand and for arresting sand in three kinds of density (The density of the fence is with the ratio $\frac{\text{bamboo piece of bamboo-blind}}{\text{interstices}} = 1.6/1, 1/1 \text{ and } 0.6/1$), on the sand dune field in the sand dune laboratory, faculty of agriculture, Tottori University, Tottori, Japan.

The results obtained are summarised as follows :

At the sand dune in Tottori district, he got a following conclusion. Namely, in case of adopting the bamboo blind fence as the fence for arresting sand, the most effective ratio of the interstices to bamboo piece of bamboo-blind is 1 : 1.6.

It is suitable that the interval of the fence for arresting sand on the flat ground is within about 9H (H means the height of the fence.) viewed from the drifting sand fixation.

The standardrized work has been conventionaly done in the slope and no consideration has been paid. When the slope toward the leeward is about 10°, its effective extent is within about 6H.

In such a place, the fence for arresting sand must be set in the extent of five or six meters square; it is very expensive. But as he already reported, when the fence for arresting sand by two meters square net work with beach grass was used as a substitute for the bamboo blind fence and it was very hopeful and effective from the view of the cost of its construction.

It is thought that most effective density is 1 : 1 as the fence for heaping sand.

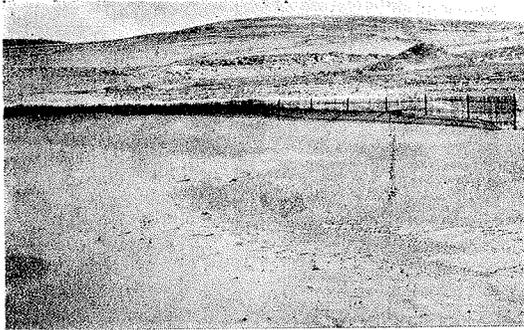


写真1. No.1堆砂垣における4ヶ月後の堆砂状況、
風上面より見る
左側最密垣。中央、中密垣。右側疎密垣

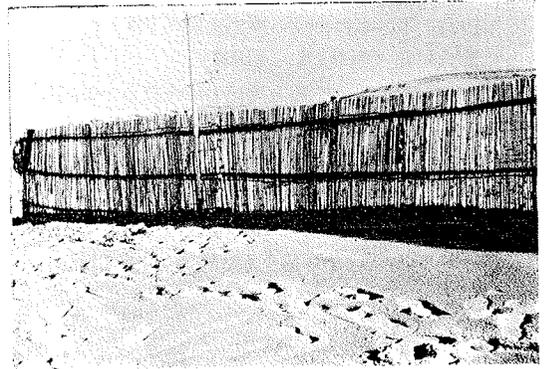


写真2. 実験中の理工研式ロビンソン風速計および
堆砂垣の一部



写真3. No.1堆砂垣における4ヶ月後の堆砂状況、
左側、風上。右側、風下

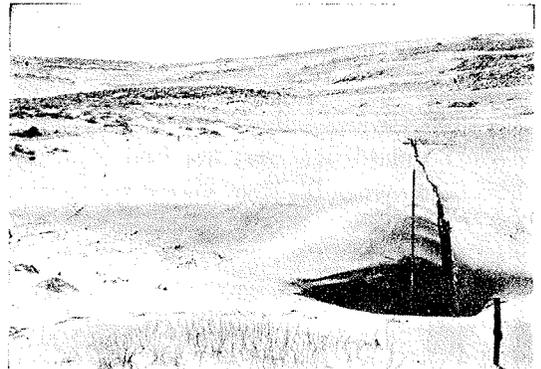


写真4. No.2堆砂垣における4ヶ月後の堆砂状況、
左側、風下。右側、風上、堆砂垣の端が著しく
風食されている