

間伐材利用による砂地安定化試験(2)

誌名	神奈川県林業試験場研究報告 = Bulletin of the Kanagawa Prefecture Forest Experiment Station
ISSN	03891321
著者	鈴木, 清 尾岸, 諒一
巻/号	15号
掲載ページ	p. 13-23
発行年月	1988年3月

神林試研報15 (1988) 13-23

間伐材利用による砂地安定化試験 (2)

鈴木 清・尾岸 諒一

An experiment on sand fixation utilizing thinned woods (2)

Kiyoshi SUZUKI and Ryouichi OGISHI

要 旨

飛砂の発生源となる海岸の砂浜を、長期的に安定化させるための手段として、間伐材を利用する方法を試みている。今回第2回目としてイカダ状構造(イカダ工)と柵状構造(柵工)の2種類について試験した結果、両構造の背後における飛砂の垂直分布にそれぞれの特性がみられた。柵区では柵の直後でイカダ区より高くなる傾向が認められた。また、両区背後の約1年間の堆砂量では柵区の3.99 m^3/m に対してイカダでは7.95 m^3/m で、ほぼ1対2の関係であった。なお、設定2年後の第1回試験地であるイカダ区と無施工区の間ではイカダ工区の約12 m^3/m に対して無施工区では約17 m^3/m と、植生を伴ったイカダ工区が約5 m^3 程少ない堆砂量であった。この第1回の試験地(第1報)の砂草(コウボウムギ *Carex Kobomugi*)の生育は良好で、2年目の生長休止期で平均20cmの厚さの砂を固定しており、イカダ工による砂丘前面の風食を防ぐ効果と砂草による堆砂効果が認められた。

I はじめに

海岸砂防林の生育のさまたげとなる飛砂の発生源である海岸砂地、特に砂丘付近の長期的な安定化をはかるための方法として、間伐材を用いた試験を、1985年から3年間にわたって湘南海岸で実施している。その第1報は研究報告13¹²⁾で報告したところである。その後、第2回目の試験としてイカダ状構造(以下イカダ工と呼ぶ)と柵状構造(以下柵工と呼ぶ)の特性比較を行い中間的な結果が得られたので報告する。なお、試験の実施にあたっては、湘南海岸の

管理にたずさわっている湘南海岸整備事務所の関係各位にご理解とご協力を戴いた。心から感謝の意を表す。

この試験結果の一部は39回日本林学会関東支部大会に於て発表した。

II 試験の方法

1 材料

第2回目の試験に用いた間伐材は末口径10cm、長さ2mのスギ材を主体とした。第1回目の試験(平塚高浜台試験地)では長さ3mの間伐材

を用いたが、末口径と元口径の差が大きくなることや、小運搬など材の取扱にやや不便を感じたためである。

2 構造

(1) イカダ工 長さ2 mの間伐材の両端5 cmの位置に直径25mmの穴をあけ、それに直径16mmのナイロンロープを通して、図1-2のように交互に連結しイカダ状にしたものである。なお、丸太連結部の重なるの幅は、第1回目の試験では50cmとしたが、この重なり幅は砂草の侵入を遅らせるため、今回は重なり幅を10cmと狭くした。これを強風により侵食されやすい砂丘頂の前面に敷設し、さらに間伐材の間隙に砂草(コウボウムギ)を植栽した。

(2) 柵工 砂丘前面、横方向に深さ70cmの溝を掘り、長さ2 mの間伐材を柵状に縦1列に並べ、半割材で図1-1のように連結固定したものである。各丸太の間には垂直面で10~20%の間隙があり、ある程度の通風や砂の通り抜けは可能である。なお、施工直後の柵の高さは130cmであった。

3 試験の場所

今回、第2回目の試験地は平塚市袖が浜海岸の砂丘で、第1回目の試験地(以下高浜台試験地と呼ぶ)から約1 km西側に位置している。この試験地の平面と横断面は図2、図3のようで、砂丘頂から汀線までは約65 m、砂丘頂の海面からの高さは約8 mである。また、汀線はほぼ真南に面しており、砂丘は汀線に平行して設けられている。砂丘前面の傾斜は、高浜台試験地が19%であったが、今回の袖が浜試験地は34.5%で、高浜台試験地より急傾斜である。

4 飛砂、飛塩の測定

飛砂については、口径20cmの首振り式飛砂捕捉器¹²⁾を用いて、地上2 mから6 mの高さまで1 m間隔で測定した。飛砂測定位置は図2のようにイカダ工の風下(以下イカダ区と呼ぶ)にA、Bの2箇所、柵工の風下(以下柵区と呼ぶ)にC、D、Eの3箇所、あわせて5箇所と

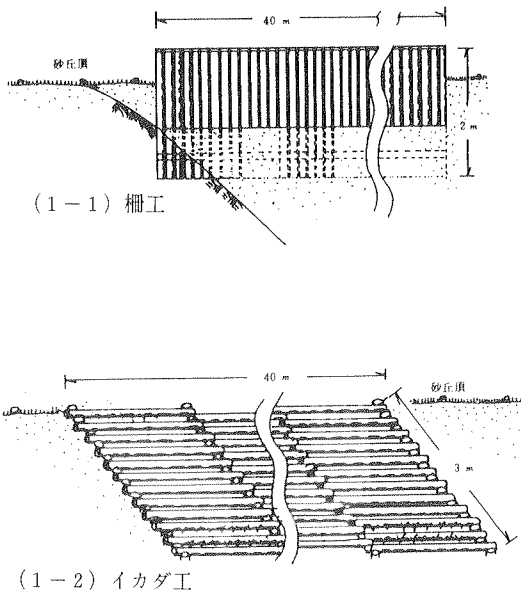


図1 構造見取り図

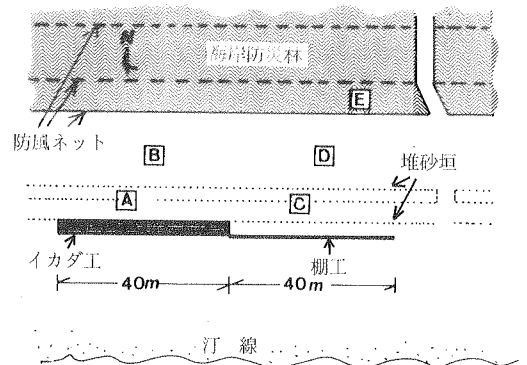


図2 試験地と飛砂測定的位置(A~E)

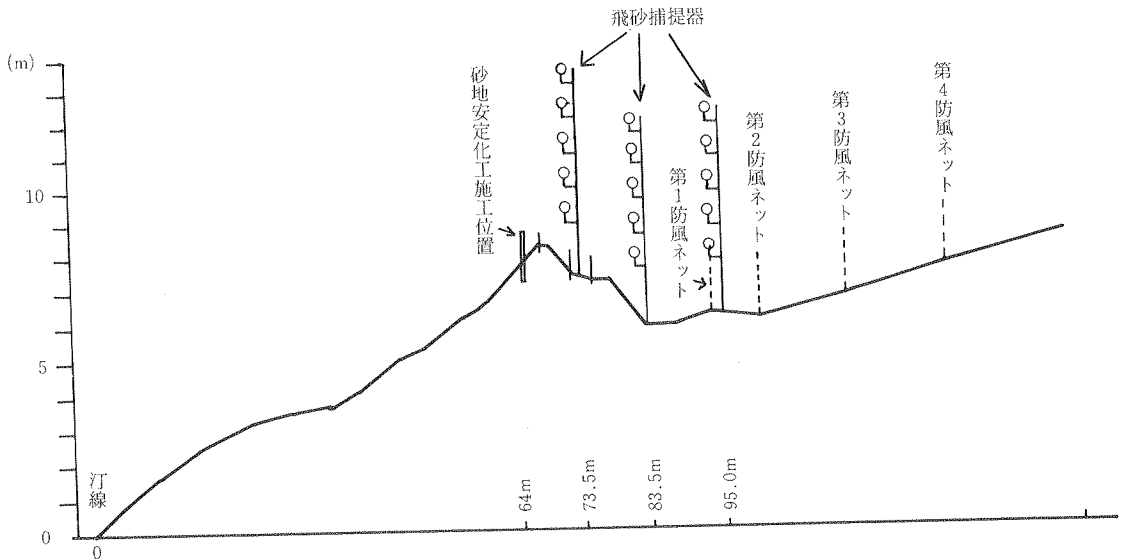


図3 試験地の横断面

した。このAとCは砂丘頂、B、Dは砂丘のすぐ背後、Eは第1防風ネットと第2防風ネットの間に位置している。飛砂の測定期間は特に定めず、強風が吹いた後に速やかに回収するよう心がけた。飛塩については、飛砂の少ない5月と7月に回収した飛砂捕捉袋（合成繊維製）を、200ccの蒸留水に24時間浸漬し、その浸出液50ccについて電気伝導度計で伝導度を測定し高さ別の相対的な比較の資料とした。

Ⅲ 結果及び考察

飛砂の各測定期間と測定期間中の風については、最寄りの観測点（約1km沖合いにある国立防災科学技術センター波浪観測塔の海面高20mの観測値）の資料から整理すると表1の通りであった。また、各測定位置別の各測定期間の飛砂量は表2の通りであった。

1 飛砂量と風速の関係

表1から風速の積算値を求め、表2から位置別、期間別飛砂量の平均値を対数に変換した値

を求めて表3とし、調査位置別の飛砂量および風速階別持続時間の相互の関係を見ると、表4のようであった。これによると風速階別の持続時間と測定期間別飛砂量の関係では、 10m/s 以上の持続時間より 15m/s 以上の持続時間に対して高い相関がみられた。風速と飛砂の関係は、平坦な場所で地表面の風速（摩擦速度）の3乗に比例する^{5,8)}とされており、当試験地に於ける地上2m以上の高さの飛砂発生には、 15m/s 以上の風がより影響が強いことを示している。

また、各測定位置間の飛砂量では、いずれも高い相関がみられ、飛砂が各測定位置の地形的な条件に従っていることを示している。これを、砂丘上と砂丘背後における、イカダ区と柵区の関係で見ると図4のようである。

2 イカダ区と柵区の飛砂垂直分布

表2の、各測定位置で得られた高さ別飛砂量から、高さで飛砂量を見ると図5、図6、図7のようであった。これらの図から各測定期間の飛砂量が、それぞれの強風持続時間と関係

表1 飛砂測定期間と気象条件

測定回	測定期間	日数	風速階別持続時間			主風向	強風時の降水量(mm)
			10-15m/s	15-20m/s	20-25m/s		
1	1986,12,25- 1987,1,21	27	27	16		WSW	2
2	1,21-1,24	3	10	3		SSW	5
3	1,24-2,20	27	29	18		SW	3
4	2,20-4,22	61	76	43	4	SW	2
5	4,22-5,13	21	38	1		SSW	0
6	5,13-7,13	61	105	16		SSW	51

注) 降水量は神奈川県気象月報の平均の値を使用した

表2 測定飛砂量集計 (g/100cm²)

位置	測定期間	(地上高)					平均
		2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	
A	1	196.20	5.54	1.56	0.96	0.70	40.99
A	2	3.12	0.16	0.10	0.06	0.06	0.70
A	3	462.20	6.43	0.35	0.19	0.19	93.87
A	4	979.96	21.34	0.47	0.29	0.19	200.45
A	5	0.73	0.25	0.31	0.34	0.48	0.42
A	6	2.42	0.64	0.24	0.16	0.19	0.73
A	計	1,644.63	34.36	3.03	2.00	1.81	337.17
B	1	60.19	34.01	14.97	5.54	2.23	23.39
B	2	2.55	1.27	0.57	0.25	0.16	0.96
B	3	216.94	140.80	47.32	6.18	0.92	82.43
B	4	274.60	152.78	47.42	8.63	1.02	96.89
B	5	2.09	0.42	0.48	0.71	0.76	0.89
B	6	4.52	2.36	1.27	0.38	0.27	1.76
B	計	560.89	331.64	112.03	21.69	5.36	206.32
C	1	160.89	60.99	3.38	1.02	0.70	45.40
C	2	12.39	6.82	0.41	0.13	0.10	3.97
C	3	353.03	301.34	17.87	0.38	0.25	134.57
C	4	1,541.62	1,027.01	78.59	1.50	0.27	529.80
C	5	1.86	1.47	0.40	0.51	0.34	0.92
C	6	7.00	4.00	0.41	0.29	0.16	2.37
C	計	2,076.79	1,401.63	101.06	3.83	1.82	717.03
D	1	28.95	16.91	8.54	4.46	2.42	12.26
D	2	1.15	0.64	0.29	0.13	0.10	0.46
D	3	107.42	66.34	42.01	16.56	5.54	47.57
D	4	622.10	138.76	52.58	15.00	3.76	166.44
D	5	0.45	0.56	0.65	0.45	0.45	0.51
D	6	5.91	1.16	0.80	0.51	0.32	1.74
D	計	765.98	224.37	104.87	37.11	12.59	228.98
E	1		3.63	3.54	0.16	0.16	1.87
E	2		0.35	0.25	0.19	0.16	0.24
E	3		9.68	10.35	7.42	5.00	8.11
E	4		17.56	14.68	10.64	6.76	12.41
E	5		0.34	0.54	0.51	0.48	0.47
E	6		0.45	0.67	0.61	0.57	0.58
E	計		32.01	30.03	19.53	13.13	23.68

表3 強風持続時間と平均飛砂量 g/100m²(対数変換値)

測定期間 No	強風持続時間(積算値)		測定位置別平均飛砂量				
	10m/s以上	15m/s以上(h)	A	B	C	D	E
1	39	12	1.6127	1.3690	1.6570	1.0883	0.2724
2	13	3	-0.1549	-0.0177	0.5988	-0.3354	-0.6243
3	51	22	1.9725	1.9161	2.1290	1.6774	0.9092
4	128	52	2.3020	1.9863	2.7241	2.2213	1.0938
5	39	1	-0.3747	-0.0496	-0.0381	-0.2907	-0.3302
6	121	16	-0.1367	0.2455	0.3751	0.2405	-0.2403

表4 相 関 行 列

	風速階別持続時間		飛 砂 測 定 位 置				
	10m/s<	15m/s<	A	B	C	D	E
10m/s	1.0000						
15m/s	0.7573	1.0000					
A	0.2917	0.7700	1.0000				
B	0.3400	0.7788	0.9925	1.0000			
C	0.3395	0.8342	0.9818	0.9696	1.0000		
D	0.4967	0.8779	0.9717	0.9827	0.9671	1.0000	
E	0.4587	0.8453	0.9505	0.9729	0.9337	0.9839	1.0000

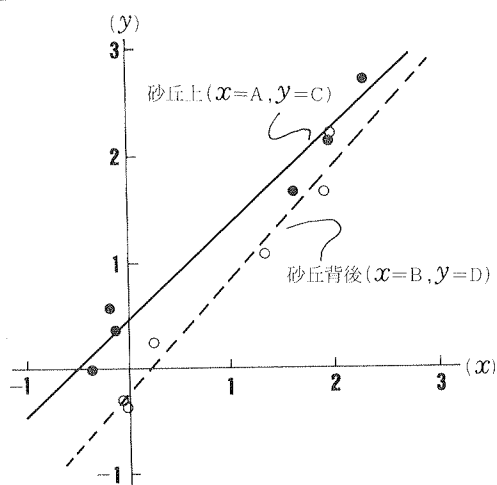


図4 砂丘上及び砂丘背後におけるイカダ区と柵区の関係

しながら測定位置毎に特有の垂直分布を示していることがわかる。また、全期間合計値の垂直分布曲線は図8のようである。この図から、イカダ区と柵区の特徴を見ると次のようである。

まず、砂丘上のイカダ区のAと、柵区のCの比較では、柵区のCの方がイカダ区のAに比べて3 mから4 mの高さの範囲の飛砂が極端に多いのがわかる。また、2 mの高さではAとCは近い値であるが、それより低い位置では、CよりAの方が多くなることが、AとCの延長線から推測される。また、6 m以上の高さではAとCは接近しており、垂直方向の飛砂に対する両構造物の影響の限界範囲と見ることができる。さらに、図上でAの曲線を約1 m右へずらせると、高さ3 m以上でCの曲線とほぼ重なるよう

になる。このずらせた値は、柵工の高さ(1.3m)に近い値で、柵の高さと関係しているように思われる。しかし、これは柵の通風率によっても左右される可能性があり、柵の高さに必ずしも連動するものとは考えられない。

つぎに砂丘背後のイカダ区(B)と柵区(D)を比べると、約4 mより低い位置ではBの方がDよりもやや多い飛砂量であるが、4 mより高い位置ではDの方が多くなっている。また、B、D共に高さ4 m以上では砂丘上のA、Cよりも飛砂量が多く、傾斜も緩くなっている。即ち、垂直方向の飛砂の減少率が砂丘上より、砂丘背後の方が小さいことを示している。これは、砂丘頂と砂丘背後の地盤高に約2.5mの差があり、地形的な条件も考慮しなければならない。

防風ネット背後のEでの垂直分布傾向は、さらに緩くなっているが、これは風上の高さ約2 mの防風ネットと、その風下にある高さ3 mの防風ネットの影響を受けていると思われる。下部の飛砂量が少ないのは風上の防風ネットと樹冠の影響と判断される。また、Eの位置になると飛砂の粒径も小さくなり(95%が0.125mm以下)¹²⁾、新井¹⁾が指摘する風の流れに左右される浮遊運動のような動きが加わって、垂直方向の飛砂量の減少度が少なくなっていると考えられる。なお、調査地点Eの位置は柵工の風下になるが、柵の位置から30 mも離れているので風向きの変化によっては柵工の範囲外の影響も

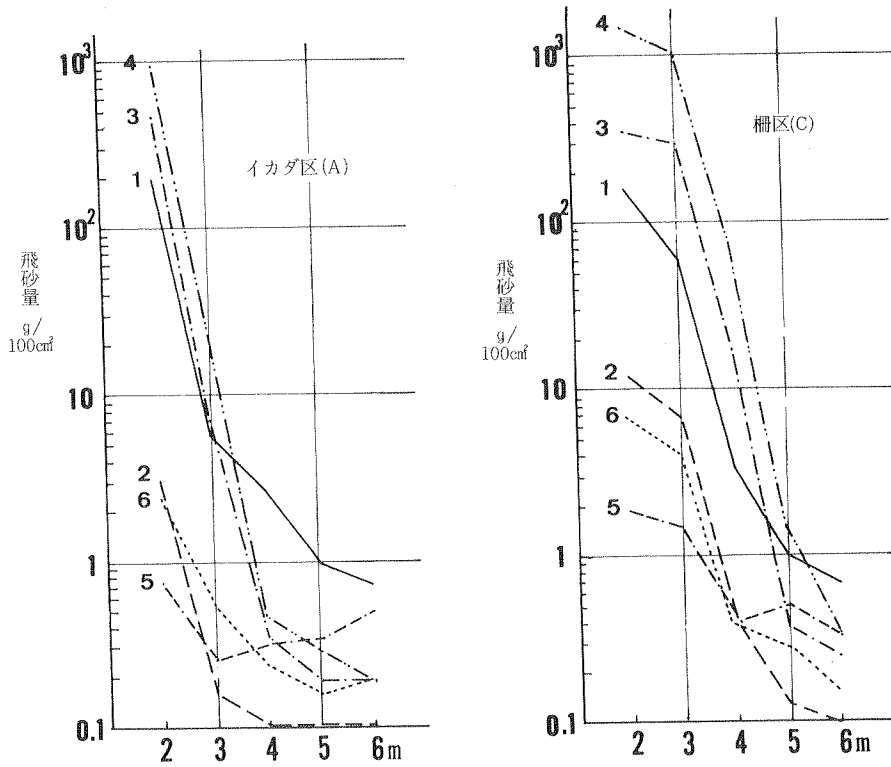


図5 砂丘上における飛砂垂直分布

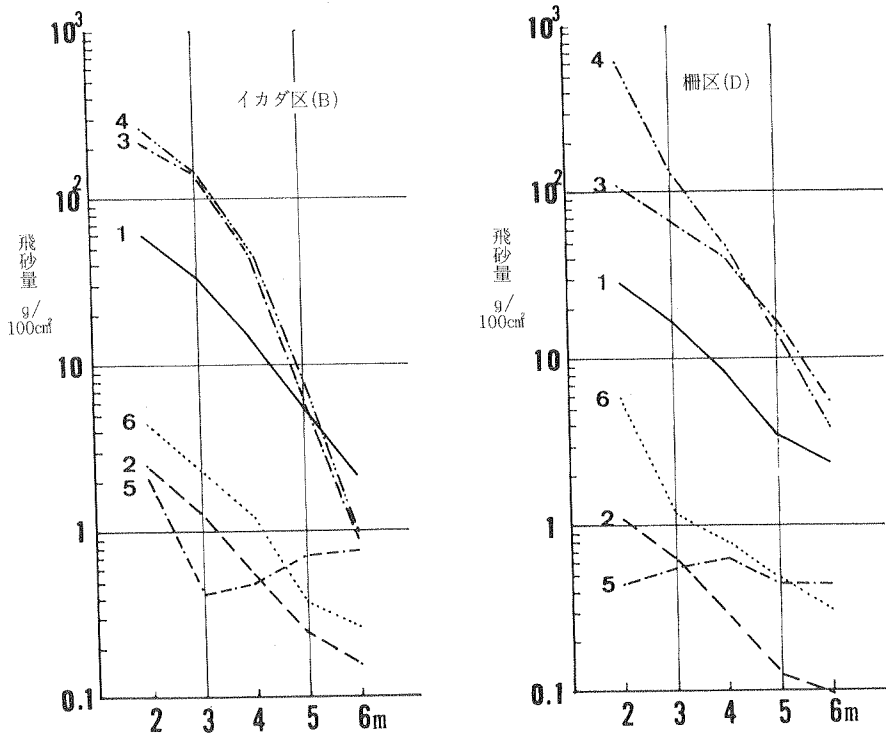


図6 砂丘背後における飛砂垂直分布

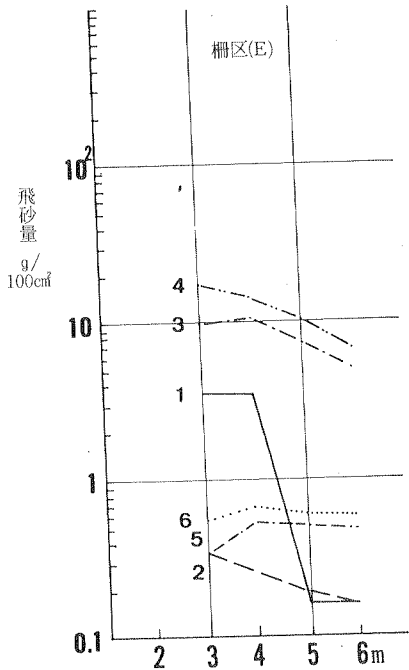


図7 防風ネット裏における飛砂垂直分布

受ける可能性がある。

地形と風の関係では、砂丘に直角の方向からの風は別として、南西から西方向の強風時には、砂丘裏側の低い位置（2-3m以下）で、風が防風ネットと砂丘の間を平行に吹き抜けることが、しばしば観察されている。それより高くなるにつれて、砂丘を越えてくる風向に従うようになる。このような現象は、飛砂測定用支柱の下部から上部にかけて、砂の摩擦跡がねじれて記されていることから理解できる。

このようなことから、図5~8に示すような高い位置までの飛砂の垂直分布では、地形の影響を受けて、これまでに言われているような^{4,5,8,10)}、高さ方向に対して指数関数にしたがった直線的な関係を示さないものと思われる。

3 飛砂垂直分布の横断面

図8の飛砂量曲線から 2^{g} の飛砂量に対応する高さを求め、イカダ区と柵区それぞれに図3の各測定位置の垂線上に落として、等量線を

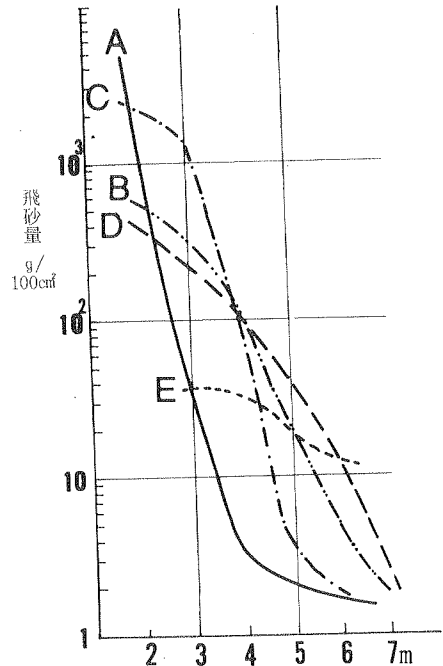


図8 各測定位置における飛砂合計量の垂直分布(1986.12~1987.7)

書くと図9のようになる。この図から、飛砂の垂直分布密度は砂丘上では柵区の方がイカダ区に比べて高く、砂丘背後ではイカダ区の方が高いことがより具体的に読み取ることができる。柵区では柵によって一部の砂が高い位置に吹きあげられるが、柵のうしろではイカダ区より風が減速されて、飛砂が失速するためと思われる。なお、砂丘上で飛砂が多いことは中島⁹⁾、森本¹¹⁾、末¹³⁾等がすでに報告しているが、ここに示した横断面図は、飛砂の垂直分布密度を側面から認識するうえで、より効果的である。

4 施工地背後の堆砂量

イカダ区と柵区の背後の堆砂量を約1年の期間でみると表5のようであった。汀線に平行な1m幅当りの量では、イカダ区で 7.95m^3 、柵区で 3.99m^3 、柵区はイカダ区のほぼ $1/2$ である。イカダ区側の堆砂量が多いことについては、施工1年目でイカダ区の砂草が十分に生育していないため、堆砂機能が十分でないことがあげら

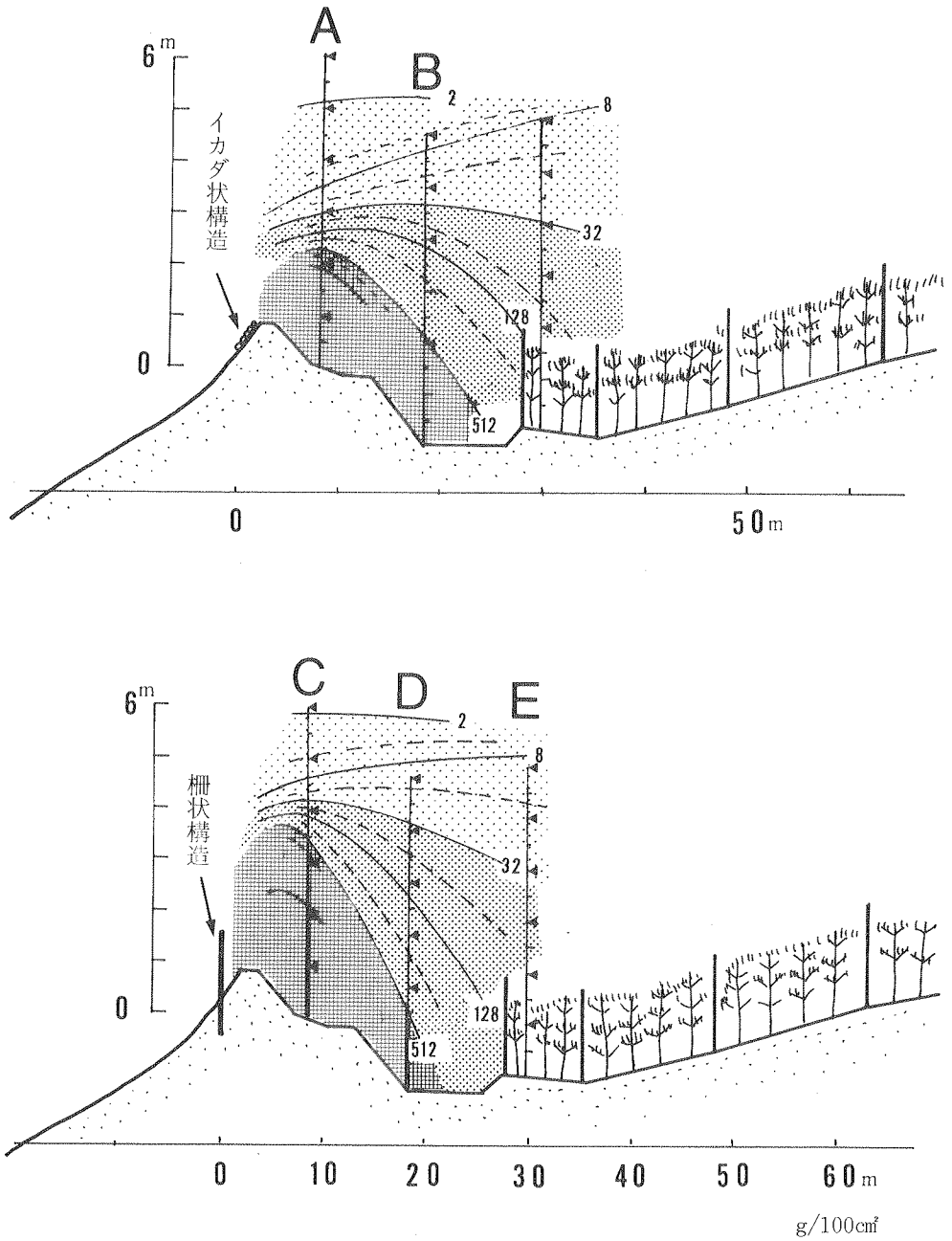


図9 飛砂垂直分布の横断面

表5 施工地背後の堆砂量

袖が浜試験地 (1986,12-1987,1)

位置	区間距離	堆砂深m	平均深m	堆砂量m ³ /m
イカダ前線	0.00	0.00		
イカダ後線	3.00	0.05	0.025	0.075
A 前囲杭	0.20	0.10	0.075	0.015
A ボール	3.00	0.37	0.235	0.705
A 後囲杭	3.00	0.50	0.435	1.305
A 堆砂垣	1.90	0.53	0.515	0.979
A 変曲点	1.10	0.55	0.540	0.594
B 前囲杭	2.00	0.59	0.570	1.140
B ボール	3.00	-0.05	0.300	0.900
B 後囲杭	3.00	-0.03	-0.040	-0.120
合計				7.949
欄の後	0.00	0.65		
変曲点	1.00	0.58	0.615	0.615
C 前囲杭	1.50	0.47	0.525	0.788
C ボール	3.00	0.20	0.335	1.005
C 後囲杭	3.00	0.52	0.360	1.080
工堆砂垣	1.10	0.00	0.260	0.286
変曲点	4.90	0.10	0.050	0.245
D 前囲杭	2.30	0.15	0.125	0.288
D ボール	3.00	-0.13	0.010	0.030
D 後囲杭	3.00	-0.10	-0.115	-0.345
合計				3.991

高浜台試験地 (1985,12-1987,1)

位置	区間距離	堆砂深m	平均深m	堆砂量m ³ /m
イカダ前線	0.00	0.10		
イカダ後線	3.00	0.20	0.150	0.450
最前堆砂	7.10	0.70	0.450	3.195
A ボール	1.40	0.70	0.700	0.930
A 堆砂垣	1.50	0.70	0.700	1.050
A 変曲点	5.60	0.59	0.645	3.612
B 前囲杭	4.00	0.51	0.550	2.200
B ボール	3.00	0.12	0.315	0.945
B 後囲杭	3.00	-0.10	0.010	0.030
合計				12.462
最前堆砂	0.00	0.50		
C ボール	2.20	0.57	0.535	1.177
C 堆砂垣	3.00	0.50	0.535	1.605
D 前囲杭	7.90	1.20	0.850	6.715
D ボール	3.00	1.02	1.110	3.330
D 後囲杭	3.00	1.00	1.010	3.030
変曲点	3.10	0.00	0.500	1.550
合計				17.407

れる。また、本試験地はあくまでもモデル試験であるために堆砂機能を十分にはたすだけの規模ではない。なお、第1回目の高浜台試験地では、約2年間にイカダ区が12.46m³、対照区(無施工)が17.41m³で、イカダ区が約5m³少なくイカダ工の効果が現われていると考えられる。

今回測定した堆砂量は遠藤ら³¹⁾が新潟の海岸で測定した値に比べて多く、また、中島⁸¹⁾が調べた全国海岸の飛砂量と比べても多い方に位置づけられる。

5 イカダ工と柵工周辺の砂の動き

第1報¹²⁾では、イカダ工の丸太連結部周辺での、風の乱流による部分的な侵食について報告した。今回の試験地は前回の試験地の傾斜度

19%に対して34.5%と、より急傾斜であるが丸太の連結部付近に目だった侵食はみられなかった。これは、丸太の連結部の重なり幅を前回の50cmに対して、今回は10cmに狭くしたことが、連結部付近の風の乱流を少なくしたためと思われる。また、柵工周辺の砂は丸太の隙間から後ろへ吹き抜けて柵の直後に溜るもの、柵から吹き上がって飛散するもの、柵の前を風向にしたがって西から東へ吹き抜けるもの、柵の前に溜るもの、の4種類に分けられる。その割合は、柵の高さ、通風率、すなわち丸太の太さと間隔幅によって異なるものと考えられる。

6 飛塩の垂直分布

飛砂量が少ない時期に捕捉袋に付着したものであるが、図10のようであった。高さや濃度の関係は必ずしも飛砂の場合と同じではない。5月と、7月では傾向がかなり違っている。5月では砂丘上のA、C両方とも高さ3mで最も少なく、その上下で多い値になっている。また、砂丘背後のBでは高さ3mから5mの間で多くその上下で少なくなっている。Dでは高くなるにしたがって多くなっている。7月の場合には砂丘上のA、C共に低い位置で多くなっている。イカダ区と柵区の違いは砂丘上では柵区の方が多く、砂丘背後ではイカダ区の方が多い傾向がある。防風ネット裏のEでは高さ4.5mより高い位置では多くなる傾向がみられた。薄井ら²¹⁾が平坦な石狩海岸で測定した結果では、地上2m付近で最大値をしめす中ふくれ型となって、高さ方向に減衰する傾向を示している。また工藤ら⁶⁾は、海風が強いときには垂直分布は変動が激しく、最大値は比較的高い位置に現われると述べている。今回の結果は砂丘や丸太構造物の影響をうけた垂直分布とも考えられるが、測定期間中に降水があったりしているので、今後の測定値とあわせて検討したい。なお、幸喜⁷¹⁾によればガーゼを用いた実験で、適当な時間は

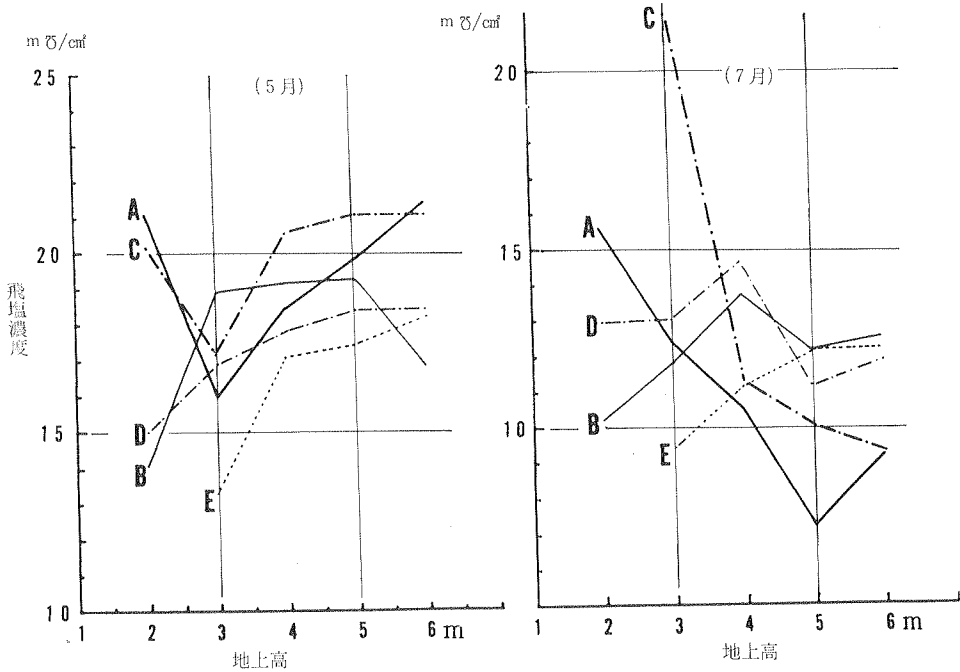


図10 飛塩濃度の高さによる変化

2時間から4時間の間としており、今回の1カ月から2カ月の測定期間では捕捉率がかなり低下している可能性もある。

3 イカダ区の丸太連結部風下の砂は、高浜台試験地に発生したような部分的侵食は全く見られず、連結部の丸太の重なり幅を狭くしたことによると思われた。

IV まとめ

湘南海岸の砂防林を保護するためと間伐材の有効利用のために、湘南海岸の砂浜で砂地の長期的な安定化をはかるための試験を行っている。今回、第2回目の試験として、間伐材を用いた柵状構造(柵工)とイカダ状構造(イカダ工)の比較を行った。その中間的な結果として次のようなことがあげられる。

1 柵工とイカダ工の風下の飛砂垂直分布の特性として、砂丘上では柵工区の方がイカダ区よりも飛砂垂直分布が高くなり、砂丘背後ではその逆になる傾向が認められた。

2 試験地背後の堆砂量では柵区が3.99m³/m (1m幅の堆砂量)、イカダ区では7.95m³/mで、柵区はイカダ区の約1/2であった。

V 引用文献

- 1) 新井正一：埋立地における飛砂—地表近傍における飛砂量の鉛直分布, 砂丘研究 Vol. 31 No. 2, 87-92, 1984
- 2) 薄井五郎・清水 一：北海道石狩海岸における飛来塩分の高度分布, 96回日林論, 571-574, 1985
- 3) 遠藤治郎・小林勝之：汀線付近における砂の堆積, 新大演報 No. 18, 79-86, 1985
- 4) 河田三治：飛砂に関する実験, 治山事業参考資料第4輯, 1951
- 5) 河村龍馬：飛砂の理論と実測, 治山事業参考資料第II輯, 23-34, 1950
- 6) 工藤哲也・鈴木孝雄・増田久夫：汀線付

- 近における塩分の垂直分布, 林試北海支年報, 43-47, 1972
- 7) 幸喜善福: 海岸保全の見地からの沖縄の飛塩に関する研究, 琉球大農学報 Vol. 25, 429-554, 1978
- 8) 中島勇喜: 飛砂制御に関する基礎的研究, 九大演報 No.51, 125-183, 1979
- 9) 中島勇喜・中島 厚・金内英司: 人工砂堤による飛砂防止に関する研究(1) - 砂堤のり面における飛砂量の分布 -, 日林東北支誌 No.35, 211-216, 1983
- 10) 西川 貢・田中一夫・池田 茂: 飛砂固定に関する研究(3) - 砂表層含水比と飛砂との関係について -, 鳥取大演報 No. 8, 63-82, 1975
- 11) 森本英一: 海岸防災林の保全についての一考察, 16回治山研論集, 23-35, 1977
- 12) 鈴木 清・尾岸諒一: 間伐材利用による砂地安定化試験(1), 神林試研報13, 47-52, 1986
- 13) 末 勝海: 海岸砂防工学に関する基礎的研究, 九大農演報43, 1-120, 1968