

静岡大学農学部 村井 宏

静岡大学農学部 ○ 佐野知仁

静岡県西部農林事務所 清水 元

1. はじめに

わが国の三大砂丘の一つに数えられる遠州灘・中田島砂丘は、近年、自然環境の変化から砂の供給量が減じ、本地方特有の冬季間における卓越した西北西の強風によって、砂丘地内において西側から東側に向けての砂の移動は著しい。このため、砂丘地内の西側部分では強風による侵食によって、砂層底部に存在する礫層を露出する状態となり、反面東側では折角植栽されたクロマツ幼樹砂防林が埋没の危機にさらされている。この区域は景観に優れたわが国において残された数少ない、規模の大きい自然砂丘として、人々に広く親しまれており、自然休養の場として維持が要請されている。一方でこの砂丘の東側に位置する砂防林の健全な育成と、背後の農地や居住地を強風や飛砂から護ることも無視できないと考えられる。本研究は、このような客観的にみて重要性を持つ中田島砂丘地内の地形変動を総合的に把握し、地形の主要な変化点において、冬季の季節風による飛砂量を風速とともに測定し、これらの結果をもとに今後の防災と景観保全対策の参考に資するために行ったものである。

2. 調査地とその立地条件

調査地は、図-1に示すように静岡県御前崎から愛知県の伊良湖崎に至る遠州灘沿岸のほぼ中央に位置している。遠州灘は昭和30年代に入ってから侵食が顕著になっており、この原因として河川からの流出土砂の減少と海岸保全施設の築造という環境変化、海岸へ来襲する波浪の変化等があげられている。この海浜では、冬季の12月から3月にかけて、主に西から北西の強風がほぼ連日吹く。5から10m/s以上の日最大風速をもたらすのは大部分が西北西～西風であって、汀線にほぼ平行に吹く。近接地の竜洋町

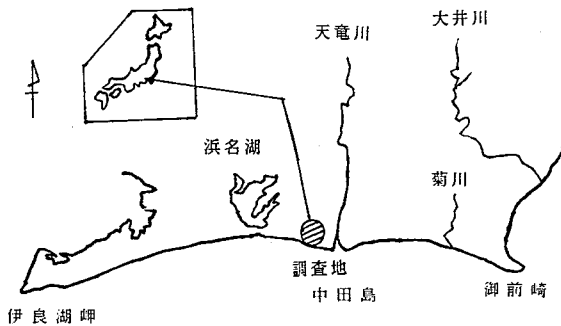


図-1 調査地の位置図

建設省浜松工事事務所遠州海岸出張所

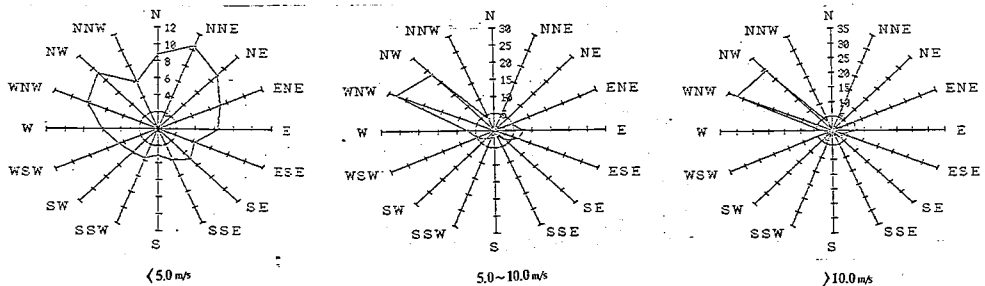


図-2 風速別風向頻度分布図(竜洋町・1979-1988)

観測結果による風速風向頻度分布図を図-2に示した。

### 3. 調査方法

調査対象地の全面積約7.25 ha(東西方向約500 m、南北方向約150 mの長方形)に、図-3のようにメッシュをかぶせて交点標高を、1988年12月と1989年3月に精測した。この水準測量にはオートレベルを用い、cm単位で測定している。飛砂量の測定は、図-4に示すような代表的砂丘の風上側脚部(A)、丘頂部(B)、風下側脚部(C)で、地上高0.2 m、0.5 m、1.0 mに設置した首振り式飛砂捕捉装置によって行った。風向・風速は図上に示す基準点のほか、100 mメッシュの各交点で地上高1 mの位置で観測した。基準点(B)では光電風向風速計(WIND LOG MX-3100)により継続的に、各測点ではマイクロアネモで10分間ずつ、風向・風速の移動観測を行った。飛砂量と風向風速の観測は、1988年12月26日をはじめとし、1989年2月27日まで飛砂の発生するような強風時を選んで、7回実施した。(内1回は予備観測)

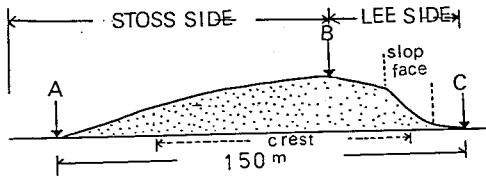


図-4 飛砂量測定対象砂丘

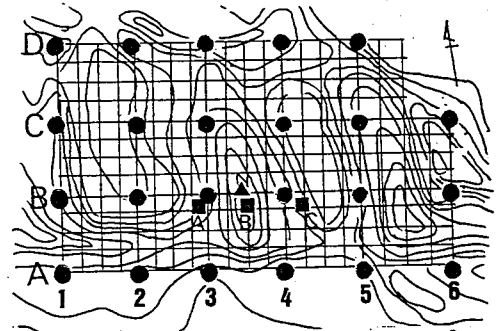


図-3 地形測量のメッシュと各測点の配置状況

### 4. 結果と考察

#### (1) 地形及び地被と風速分布

調査区域内の26の測点(地上高1 m)の風速観測結果を、基準点の自然砂丘頂(標高7.5 m)に対する風速比で表現してみた。6回の観測データを単純に平均化して示したのが表-1の結果である。風速比は各測点によりかなりの差異が認められ、同一地内でも微地形と地表粗度が風速に著しく影響していること示している。風速比の著しく小さいのは、アキグミ(低木叢)の発達する測点C-1である。大きい値を示すのは汀線に近いLine. A、Bであって、なかでも風成砂丘の丘頂部の近接地点が特に大きい。一般に、砂丘上を吹く風は、緩やかな傾斜をもつ風上斜面をはい上がり、砂

表-1 基準点の平均風速と各測点の風速比

LINE A				LINE B				LINE C				LINE D			
NO.	基準点風速 (m/s)	測点風速 (m/s)	風速比	NO.	基準点風速 (m/s)	測点風速 (m/s)	風速比	NO.	基準点風速 (m/s)	測点風速 (m/s)	風速比	NO.	基準点風速 (m/s)	測点風速 (m/s)	風速比
1	7.7	6.4	0.83	1	8.0	4.6	0.58	1	8.0	1.1	0.14	1	7.5	4.7	0.63
2	7.9	5.3	0.67	2	7.8	5.2	0.67	2	7.9	5.1	0.65	2	7.6	4.6	0.61
3	8.4	5.7	0.68	3	8.0	6.5	0.81	3	7.6	6.4	0.84	3	7.7	4.2	0.55
4	7.5	6.2	0.83	4	7.6	6.7	0.88	4	7.3	5.6	0.77	4	7.5	4.9	0.65
5	7.5	6.9	0.92	5	7.4	6.1	0.82	5	7.4	6.8	0.92	5	7.2	4.7	0.65
6	8.5	6.0	0.71	6	7.3	6.6	0.90	6	7.2	5.5	0.76				
平均			0.77	平均			0.78	平均			0.68	平均			0.62

丘の Crest 付近で風速がやや大きくなり、Slip face 基部では風が弱く、しばしば Crest 上とは逆向きの風向を示すことを松倉らが明らかにしている。本調査の結果でも Line B 上の砂丘頂（基準点）とその風上と風下測点の風速比を比較することによって、そのような傾向が認められる（B-2～B-5）。風向に関しここではデータを示していないが風上側からの優勢風向が W～WNW なのに、砂丘の風背面の丘脚部において風向が反対の E～ESE を示す機会が多いことが、現地での観測中に記録されている。

(2) 砂丘の丘頂部と丘脚部の飛砂量

飛砂量の測定は、風速・風向と概ね同時併行して行った。首振り回転型の装置では、高さ別(0.2m, 0.5m, 1.0m)に捕捉したが、1測器の捕捉面積は314 cm<sup>2</sup>となる。この方法は、一定の高さまでの飛砂を連続的に捕らえ難いので、これとは別に鉄板製箱(幅0.1m, 高さ0.2m, 奥行き0.25m)の5個積み上げによる分布型装置をつくり1mの高さまで捕捉することを試みた。この分布型装置の全捕捉面積は1000 cm<sup>2</sup>となる。分布型は飛砂量のもっとも多い砂丘頂(B)で、特定観測回のみを使用した。それぞれ、1回の捕捉時間は概ね2時間とした。首振り回転型飛砂捕捉装置による砂丘上の3地点で

表-2 飛砂捕捉量(首振り回転型)  
(g/100cm<sup>2</sup>/hr)

測定日	測高 (m)	A	B	C	平均風速 (m/s)
1988 12.27	0.2	0.15	0.57	0.01	5.0
	0.5	0.04	0.01	0	
	1.0	0.02	0	0	
1989 1.16	0.2	1.74	8.98	14.28	8.2
	0.5	0.16	0.13	0.06	
	1.0	0	0.02	0.01	
1989 1.21	0.2	3.32	32.90	0.28	10.0
	0.5	0.24	0.46	0.03	
	1.0	0	0.02	0.01	
1989 1.23	0.2	3.98	47.86	0.15	10.11
	0.5	0.78	0.35	0.04	
	1.0	0	0	0.02	
1989 2.27	0.2	4.76	48.21	0.21	6.1
	0.5	0.55	0.83	0	
	1.0	0	0	0.11	
1989 3.8	0.2	0.03	0.01	0.05	5.2
	0.5	0	0	0	
	1.0	0	0	0	
1989 3.8	0.2	0	0	0	5.2
	0.5	0	0	0	
	1.0	0	0	0	

捕らえた6回の観測結果を、その期間中の地上高1mの平均風速とともに、表-2にまとめてみた。この結果によれば、最も飛砂の激しい丘頂部であっても、平均風速5m/sまでは、地上高0.2mの高さでも飛砂量は僅少か、全く捕捉されなかった。そして図-5に示すように、風速が増大すると飛砂捕捉量(0.2m)は急増している。また、例外はあるが丘頂部は丘脚部よりも飛砂量は圧倒的に多く、捕捉高が0.5m以上になると各測点とも急激に捕捉量が減少している。砂丘のCrest上の風速が大きくなれば、当然そこでの飛砂量は多くなるが、Bagnoldや河村の理論式によれば、飛砂量は摩擦速度の3乗、あるいは風速の3乗に比例するとされている。

つぎに、分布型飛砂捕捉装置を用いて、丘頂部(B)における高さ方向の飛砂の分布について、図-6のように示してみた。これをみると明らかなように、飛砂量が指数関数的に急増していくことは石原らの測定結果と同様である。そして飛砂量のおよそ77%が、0.2m以下の範囲に集中

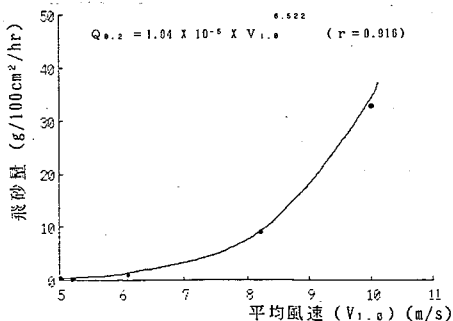


図-5 飛砂量(Q)と風速(V<sub>1.0</sub>)の関係

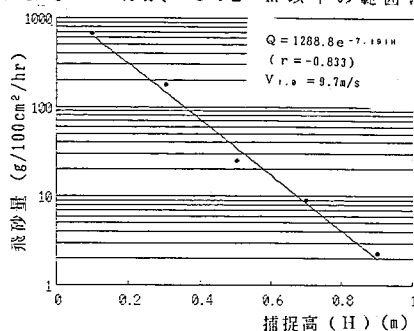


図-6 高さ方向の飛砂量(Q)の分布

している。当該地の砂の中央粒径 ( $D_{50}$ ) は  $0.339\text{mm}$ 、均等係数 ( $U_c$ ) は  $1.813$ 、曲率係数 ( $U_{c'}$ ) は  $1.133$  であり、いままで調べられてきたわが国の海岸砂丘地の砂よりも粗粒である。

### (3) 地形の変化と砂移動量の推定

1988年12月から1989年3月までの1冬期間における調査地内の地形変化は前掲の図-3に示すように、25mメッシュの各交点上にその期間の標高差として示した。これによると、全域の変動量の絶対値の総和は21.67mで、変動量の正負値の総和は-3.49mである。後者の値を全測点数で除すと-1.3cmとなり、この値から当該値7.25haから943m<sup>3</sup>の砂が失われた計算になる。標高変化の状況を、地内の位置や地形から検討してみると、堆積地は東端部のアキグミ生育地の近くと、西南部の凹地である。一方、侵食はほぼ全域にわたってなされているが特に顕著なのは風成砂床形としての砂丘の風上斜面部である。図-7に調査開始時の地内の東西方向8測線の縦断面を示したが、特に起伏の大きいLine Bの二つの山は、代表的な風成砂丘である。とくにこのLineの4ヵ月後の地形変化をみるために、1988年12月と1989年3月の縦断面を重ね合わせ示したのが図-8である。図上では明確ではないが、砂丘の風上面の侵食と風下面への堆積がみられる。

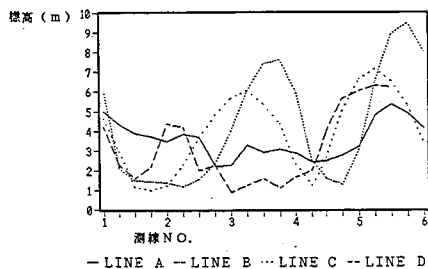


図-7 東西方向4基線の縦断面図

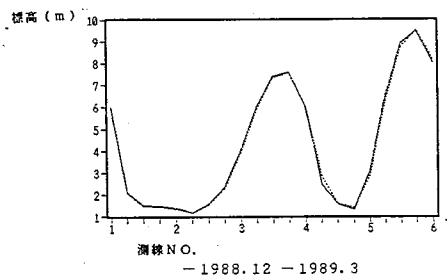


図-8 Line Bの2時点の縦断面図

### 5. おわりに

調査した1988年12月から1989年3月までの期間は、浜松測候所の気象表によると平均風速は平年並みよりやや大きかったが、1~3月の降水量が著しく多く、平年の2倍以上であった。多雨条件が表砂の含水率を高め、飛砂をかなり抑止したと考えられる。それでもこの期間中約1000m<sup>3</sup>の砂が風食によって失われたことが推算された。飛砂量を減ずるには、風速を減少させることが基本的に重要であるが、景観保全の観点から構造物の施工は難しい。砂丘地内には人や車の入り込みが多く、そのBehaviorによる風成砂丘の平馴化が進行するものと考えられる。

### 参考文献

- 1) 河村龍馬(1948): 風による砂の運動, 科学, 18(1)
- 2) 河田三治ほか(1950): 防災林に関する調査報告, 地山事業参考資料, 第二輯, 林野庁
- 3) 石原藤次郎・本間仁(1958): 応用水利学, 中I
- 4) Bagnold, R.A. (金沢肇訳)(1963): 飛砂と砂丘の理論, 創造社
- 5) 松倉公憲(1977): 風成砂床形の形態とその形成条件, 地理学評論, 50(7)
- 6) 松倉公憲ほか(1979): 風成デューンの風上斜面における飛砂, 筑波大水利実験センター報告, 3