

## 海岸砂丘の後退による樹木の埋没について

九州大学農学部 山本 建・松下 雄一  
丸谷 知己

### 1. はじめに

砂漠化した荒地では植生の侵入が阻害されるが、その原因は土地の乾燥と地表面での高頻度の土砂移動とである。土砂移動のうち、砂丘の後退は砂漠拡大にとって重要な問題となっている。

砂丘の後退は、これまで飛砂に関する研究を中心として検討されてきており<sup>1,2)</sup>、樹木についても飛砂の営力となる風速の緩和効果という側面から研究されてきた<sup>3)</sup>。しかし、砂丘の後退に対する樹木の影響としては、それ以外にも地表面を被覆することによる砂粒子の飛散防止や砂丘の内陸側の端（砂丘脚部）での杭効果による崩落防止などが考えられる。

このため、砂丘の後退と樹木との関係を定量的に把握するには、①樹木が存在しない場合 ②樹木が存在する場合のそれぞれについて砂丘の後退プロセスを検討する必要がある。①については、従来検討されてきた飛砂量式から求め、②については、実際に樹木の存在する砂丘において、樹木を生物指標として求める。また、①、②を合わせて樹木の影響下の砂丘後退プロセスについて検討する。

### 2. 調査地概況と調査方法

調査は、福岡県北部の玄海砂丘地帯においておこなった。最も海岸線に近い砂丘では高い部分で6m以上に発達し、海側になだらかな斜面を、内陸側に砂の安息角に近い急斜面（風背面）を形成していた（図-1）。

測線A-Bにおいて、砂丘頂部の後退量を推定するために、砂丘の頂部周辺で縦断地形の変化を計測した。また背面に沿って、カップを砂丘頂部から脚部へ向かって1mごとに埋め、飛砂量の測定をおこなった。測定期間は、6月24日～8月5日の42日間である。

測線A-B周辺では、海側斜面上に砂丘頂部より20mの範囲で立ち枯れ状態のクロマツ群が見られたが、風背面では多くのクロマツが生存していた（図-2(a)）。砂丘頂部から海側への距離とクロマツの枯死率との関係を図-2(b)に示す。枯死率は測線A-Bを中心に

幅30mの区間を設定し、砂丘頂部からの距離によってクロマツを区分して測定した。枯死率は砂丘頂部より海側でほぼ100%であったのに対し、風背面から内陸側にかけては急激に枯死率が低下していた。このことから、クロマツは砂丘の後退にともなう埋没によって海側の個体から順に成長量を鈍化させ、最終的に枯死したことが予想された。そこで、海岸線からの距離に応じて、クロマツp1～p7を採取し（p2, p7は風背面にある健全木）、成長量解析をおこない、砂丘脚部の後退量を推定した。

### 3. 森林植生が存在しない場合の後退プロセス

飛砂量式には、BAGNOLDや河村によるものがあるが、河村式は均一粒径砂を用いており、粒径のばらつきの大きい自然砂について検討されていない。BAGNOLD<sup>3)</sup>の式は

$$Q = C \cdot \sqrt{d/D} \cdot \rho / g \cdot v_*^3$$

Q : 飛砂量 (g/m/s) C : 表面状態を表す係数  
d : 中央粒径 D : 標準粒径  $\rho$  : 空気密度 (g/m<sup>3</sup>)  
g : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)  $v_*$  : 摩擦速度 (m/s)

で表され、砂の粒径のばらつきに対応する係数Cを与えている。飛砂に対する降雨の影響を除くため、降雨中飛砂は生じないと考えて飛砂量を求めると、C=2.8とした時に風背面で測定した実測値に最も近い値を示した。なお、計算に必要な気象データは、調査地から10km隔てた八幡測候所での値を用いた。

Qより年間の飛砂量 $q$  (g/m/年)を求め、SCHEIDEGGER<sup>3)</sup>の砂丘後退量式：

$$r = q / (\sigma / h)$$

r : 砂丘の後退量 (m/年)  $\sigma$  : 砂の密度 (g/m<sup>3</sup>)  
h : 砂丘の風背面の高さ (h = 6.32m)

に代入すると、後退量は $r = 0.86$  (m/年)となる。

ここで求めたrは森林植生の存在しない場合の砂丘の後退量である。SCHEIDEGGER式は砂丘が平行に後退することを想定しているため、砂丘は年間0.86mづつ平行に後退することになる。

#### 4. 森林植生が存在する場合の後退プロセス

##### (1) 縦断地形による砂丘頂部の後退量

砂丘の風背面で計測した飛砂量(6/24~7/14および7/15~8/5)を図-3に示す。飛砂量は砂丘頂部で最大値をとり、脚部に向けて急激に減少している。飛砂は、主に砂丘の頂部に供給されることが考えられた。そこで、砂丘頂部周辺における縦断地形の変化を計測した結果、砂丘頂部の後退量 $R'$ は、図-4(a)より、0.17mであった。風速は1年を通じてほぼ一定であると考えて、これを単純に1年間の後退量 $r'$ に換算すると、1.44(m/年)となった。SCHEIDEGGER式によって求めた値 $r$ は樹木による砂丘の移動量変化を考慮しない場合の平均値である。これに対して、砂丘頂部の後退量 $r'$ は倍近い値を示した。このことから、樹木の抵抗を受けることによって、砂丘頂部の後退量 $S'$ が底部の後退量 $b'$ よりも大きくなるようなプロセス(図-4(b))が推定された。

##### (2) クロマツの成長量解析による砂丘脚部の後退量

p1~p7のうち、p2とp3について、最近6年間の直径成長量を図-5に示す。試料は輪生枝と輪生枝の中間点を採取し、その地点の高さを樹幹断面高としての図の右側に記載した。p2は1993年時点で生存していたが、p3は1992年に枯死していた。もっとも海寄りに位置するp3は、梢端部へ向かうにつれて直径成長量が急激に衰えるが、砂丘頂部より内陸側にある健全木p2では、梢端部まで直径成長量が衰えていない。このことから、直径成長量を指標にして、p1~p7の埋没時期

を推定できると考えた。

樹木の直径成長量は樹幹断面高によって異なり、一断面における成長量の変化では全体の成長量の変化をとらえられない。そこで、各樹高における断面の直径成長量を測定し、その最大値を直径成長量の代表値とした。これらと比較することによって、クロマツの成長量変化を調べた(図-6)。

図より埋没、枯死しているp1, p3~p6の最大直径成長量は、風背面にある健全木p2, p7の最大直径成長量に比べて非常に小さいことがわかった。そこで最大直径成長量が2mm以下に停滞してしまう時点を、砂丘脚部によって埋没することによる成長阻害の開始であるとした。図-7から、砂丘はp4→p3p5→p6→p1と内陸方向へ後退しており、1990年、1991年と年約1mの速さで後退していたが、1992年には年4mも後退し、後退量は年ごとに変動することが推定された。

#### 5. まとめ

以上のことから、砂丘は一定の縦断計で後退するのではなく、砂丘頂部の後退量 $S'0, S', 1, S'2$ が一定であるのに対して、砂丘底部の後退量 $b'0, b'1, b'2$ が変化しながら後退する図-8のようなプロセスが考えられた。これは、樹木のような抵抗物によって風背面が安息角を超えて急傾斜で堆積する期間と崩落がおり緩傾斜で堆積する期間とが存在することを示している。

今後は、砂丘の後退に対する樹木の役割を検討する際には、この2つの期間での後退プロセスが生じる原因と、その期間とを定量的に解明する必要がある。

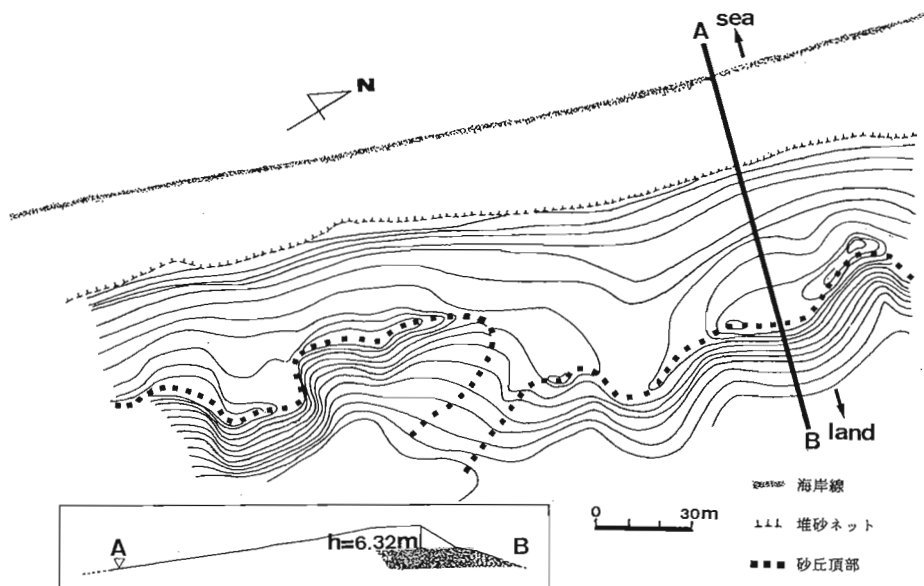


図-1 調査地概況

引用文献

(1) BAGNOLD, R. A. : The physics of brown sand and desert dunes. pp. 265, Mathuen Co. Ltd, London, 1954

(2) 中島勇喜 : 九大演報, 51, 142~154, 1979  
 (3) SCHEIDGGGER, A. E : 理論地形学, pp. 424, 古今書院, 東京, 1980  
 (4) 末勝海 : 九大演報, 43, 55~69, 1968

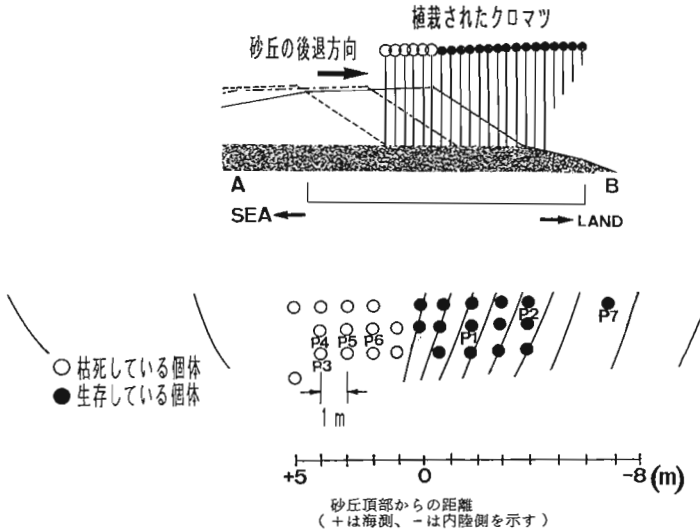


図-2(a) 砂丘頂部のクロマツの枯死状況

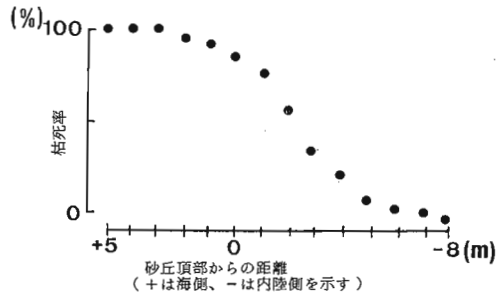


図-2(b) 砂丘頂部からの距離による枯死率の変化

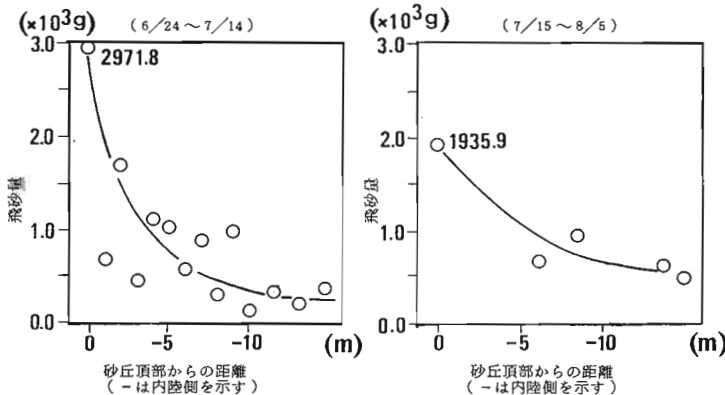


図-3 風背面での飛砂量の変化

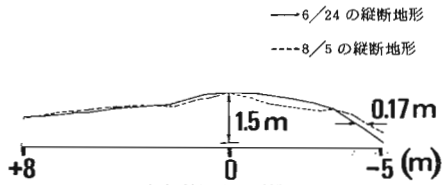


図-4(a) 縦断地形の変化

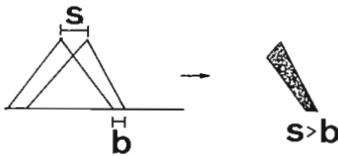


図-4(b) 砂丘頂部の後退プロセス

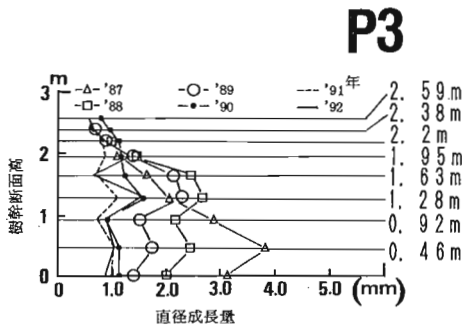


図-5 枯死木と健全木の直径成長量の違い

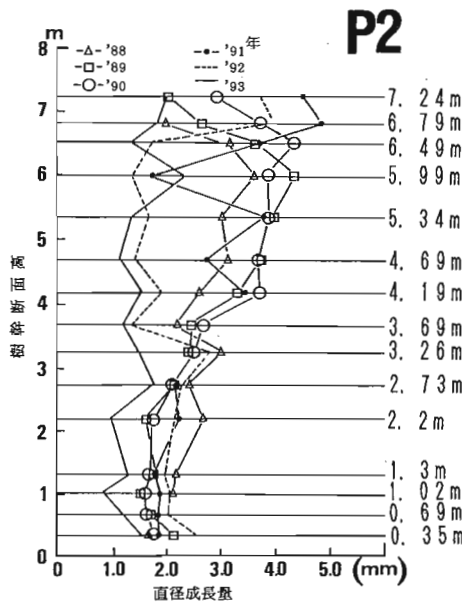


図-5 枯死木と健全木の直径成長量の違い

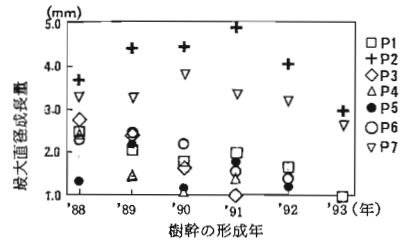


図-6 年ごとの最大直径成長量

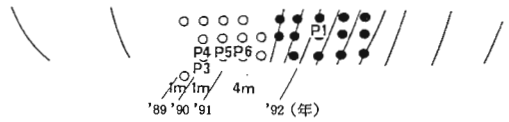


図-7 砂丘脚部の後退

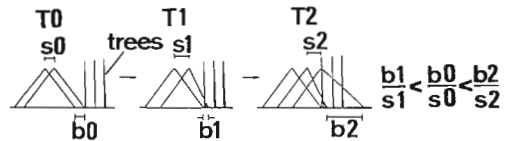


図-8 森林植生下の砂丘後退プロセス