

2  
3 **飛砂量の観測方法と海岸林の飛砂防備機能評価方法**

4 Observation of blown sand and evaluation method of coastal forest's protective function of blown sand  
5 萩野裕章\*1)

6 HAGINO, Hiroaki

7 1) 森林総合研究所東北支所

8  
9  
10 **摘要**：飛砂の移動形態には地表近くを移動する「跳躍」と「匍行」  
11 および上空に舞上がった「浮遊」がある。植物に対する飛砂害  
12 には、飛砂が継続して押し寄せて植生が埋没した状態と飛砂粒子  
13 が激しく枝葉に衝突して傷害を与えた状態がある。飛砂量の観測  
14 は、その場の移動形態を想定して捕捉器を選び、複数で配置した  
15 捕捉器の値から海岸林等における分布状態を把握する。その分布  
16 状態から対象地に達した飛砂総量が推定でき、対象地の飛砂防備  
17 機能を定量的に評価する指標になる。本稿で紹介した観測方法と  
18 機能評価方法については、今後も議論や情報交換を経て必要に応  
19 じ更新させていくべきものとする。

20 **キーワード**：海岸林，砂草，飛砂，飛砂害，飛砂防備機能  
21  
22

23 **1. はじめに**

24 緑化や海岸砂防の分野で飛砂に関する報告が少なくなった  
25 と感じられる。飛砂の調査が減った、または飛砂害そのものが  
26 減ったのかもしれないが、長い砂浜を有する海岸では、現在も  
27 植栽木の埋砂害や交通機関に支障を与え、緑化による飛砂の  
28 抑止や定期的な排砂など何らかの対策が求められる地域があ  
29 る（写真-1、2）。

30 飛砂量の調査・観測が必要な例として飛砂害対策の他には、  
31 海岸林の開発計画がたてられたときがある。いわゆる環境ア  
32 セスメントを行う場合である。伐採によって一時的にでも裸  
33 地が生じる場合、それまでに培われた海岸林の飛砂防備機能  
34 への影響が懸念される。こういった場合、対象とする海岸林の  
35 飛砂防備機能を現地調査によって明らかにし、伐採の影響を  
36 予測する。しかしながら我々の分野で飛砂の調査・観測が長年  
37 にわたって行われなくなると、新たに観測を試みる人も減り、  
38 調査・観測技術の継承も危ぶまれる。こういった背景から本稿  
39 では、飛砂の観測方法と観測で得た情報を基にした機能評価  
40 方法について著者の考え方を紹介し、今後の議論や情報交換  
41 の一助としたい。

42 飛砂の観測はこれまでに多くの大学や研究機関で行われ、  
43 観測に用いた飛砂の捕捉器も独自に開発されたものが多い。  
44 現時点で著者の知る限りでは、飛砂の捕捉器や観測方法につ  
45 いて規格や基準はない。ただし観測結果を公表する際は、どう  
46 いった構造の捕捉器を用いて、設置場所の状況はどうであつ  
47 たか等の情報は明らかにする必要がある。具体的な内容は次

2. 飛砂の移動形態と飛砂害

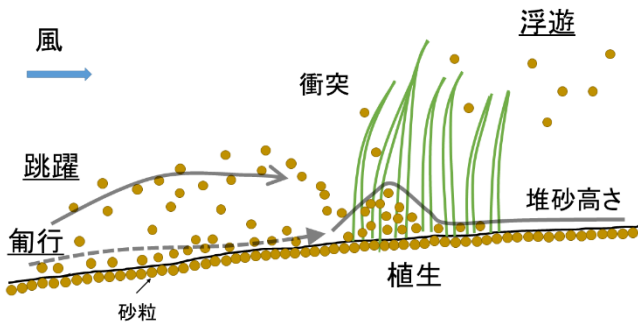
50 飛砂の移動形態など物理現象の基礎的な知見については、  
51 海外における砂漠の飛砂を対象にした体系的な研究成果<sup>2)</sup>が  
52 ある。日本においては、第二次世界大戦後に海岸砂丘地の開墾  
53 が全国的に行われ、それと並行して砂丘地を発生源とする飛  
54 砂対策が必要であったことから、飛砂も含め海岸林造成に関  
55 する研究<sup>3)</sup>が盛んになった。その後も各地の大学などで研究が  
56 続けられ、わが国では海岸砂丘地を対象にした飛砂研究の成  
57 果が多数ある。

58 これまでの知見から、飛砂は平らな地形で地表に植生など  
59 移動を妨げる構造物がなければ、地表から 30 cm までの高さ  
60 に 9 割以上の量が集中する<sup>4)</sup>とされている。ところが飛砂の  
61 進路上に砂草や堆砂垣があると、それらの周辺に堆積するか  
62 衝突して高く舞い上がるものに分かれる。そのため飛砂量の  
63 鉛直分布は場所の状況によって大きく変わる。地表付近の飛  
64 砂は、移動形態が跳躍と匍行（滑動）に分けられる。地表高く  
65 舞い上がった飛砂は、浮遊と称されるが、感覚としては煙のよ  
66 うに漂う浮遊ではなく、強い風に乗って飛行するので現象に  
67 相応しい表現ではないかもしれない（図-1）。



写真-1 静岡県中田島砂丘 クロマツの埋砂（2002年2月）

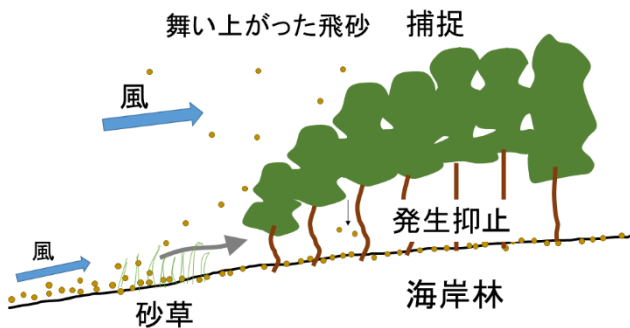
\* 連絡先著者（Corresponding author）：〒020-0123 岩手県盛岡市下厨川字鍋屋敷 92-25 E-mail : hagin@ffpri.affrc.go.jp



1  
2 図-1 砂面上と砂草周囲の飛砂の移動形態<sup>4)</sup>  
3 森井・小玉<sup>5)</sup>を一部改変  
4



30  
31 写真-2 福岡市東区 JR 香椎線海ノ中道駅付近 (2018年2月)

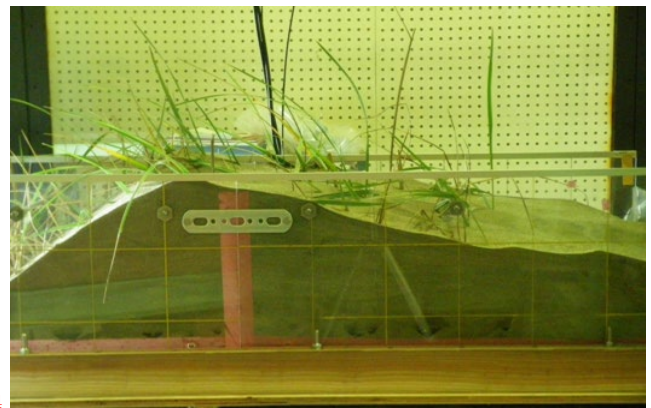


5  
6 図-2 海岸林とその周囲での飛砂の移動形態<sup>4)</sup>  
7



32  
33 写真-3 ハマヒサカキの枝葉が飛砂や塩分の影響で変形した

8 飛砂は風を弱める地形や構造物があればその場に捕捉され  
9 るが、捕捉された飛砂はその場に堆積することになる。飛砂が  
10 継続して押し寄せる場合は、堆積が重なって、ついには砂草や  
11 海岸林も埋没する。そのような状況は埋砂(害)と表現され、  
12 飛砂害の一つの形態と言える(写真-1)。飛砂で埋没しなくて  
13 も、樹木の枝葉は飛砂粒子の衝突で傷つきやすい。飛砂と共に  
14 塩分の影響も受けたと考えられるが、写真-3のような樹冠が  
15 変形した樹木の形態も飛砂害の一つと言えるだろう。  
16 飛砂を発生させる風洞に砂草のハマニンクを設置し、人  
17 工的に飛砂を発生させた実験の様子を示す(写真-4)。実験開  
18 始直後の砂草は飛砂をよく捕捉したが、堆積量が増すとハマ  
19 ニンクは徐々に砂に埋没した。それと同時に飛砂を捕捉す  
20 る割合が低下して、最終的には飛砂が通過するようになった。<sup>34</sup>



21 砂草の場合、飛砂に埋もれても翌年に新葉が現れれば、飛砂を  
22 再び捕捉できるようになることが期待される。ただし堆積深  
23 が大きくなると新葉が地上に伸長できなくなる。<sup>35</sup>  
24 35 写真-4 砂草の飛砂捕捉量を定量評価した風洞実験

### 24 3. 飛砂の捕捉器

25 著者らが用いてきた飛砂の捕捉器を写真-5、6 に示す。地表  
26 付近の飛砂を対象にした捕捉器と地上高く舞い上がって海  
27 岸林内に落下する飛砂を対象にした飛砂受け箱がある。<sup>42</sup>  
28 捕捉器の概要を写真-5 に示す。砂の上に塩ビ製の円盤と飛砂  
29 の取り込み口を持った本体(筒)からなる。写真-5a が捕捉<sup>44</sup>

37 器の全体像で、本体の飛砂取り込み口は高さ 450 mm、幅が  
38 35 mm ある。風は開口部の反対側へ通過するが、飛砂は捕捉  
39 されるように観測時は金属製の網を取り込み口の反対側に設  
40 置する(写真-5bの手前側)。取り込み口から入った飛砂は捕  
41 捉容器(写真-5c)にたまる仕組みである。捕捉容器は観測時  
42 に本体の下方にセットし、その本体は円盤に接続して地中に  
43 埋設された受け筒の中に収める。本体を直接砂面に挿して観  
44 測した場合、本体周囲の砂面が風食を受けて高さが変化し、飛

1 砂の捕捉量に影響する。円盤は風食を防止するためのもので、  
 2 風食防止盤とも呼ぶ。この捕砂器については坂本ら<sup>9)</sup>に詳細が  
 3 あるので参考にしてもらいたい。  
 4 次に飛砂受け箱の設置状況を写真-6a に示す。市販の食品保  
 5 存容器を用いた。側面に水抜き用の穴を開けて、穴には網を貼  
 6 って捕捉した砂が流れ出ないようにした。木製の杭と支持台  
 7 をネジで固定し、地表から 50 cm の高さに飛砂受け箱を固定  
 8 して観測した。設置場所は主に海岸林内の樹冠下であった。飛  
 9 砂受け箱の設置高さを地表から 50 cm としたが、毎回同じ位  
 10 置に固定されるならば、50 cm に限定する必要はない。飛砂受  
 11 け箱の回収前の様子を写真-6b に示す。林内で 1 か月以内に写  
 12 真のような砂が捕捉されたら、前縁からの距離にもよるが飛  
 13 砂量としては多い。長期に観測を行う場合は、月に 1 回など  
 14 定期的に捕砂器の捕捉容器と飛砂受け箱を交換する。どちら  
 15 も回収時には袋や蓋をして持ち帰り、混入した有機物などは  
 16 室内で取り除いて風乾させた。風乾後の試料の重量を電子天  
 17 秤で測定し、飛砂量とした。試料に細かな有機物が多数混入し  
 18 たときは、550℃で 1 時間加熱した後の重量を飛砂量とした。  
 19 それぞれの飛砂量を重量で記述するとき、捕砂器は取り込  
 20 み口の幅が 35 mm であることから、単位幅 (1 m = 1,000  
 21 mm) あたりに通過した飛砂量に換算した。その時の単位は  
 22 kg/m あるいは kg/m/日など目的に応じて時間も含めることが  
 23 ある。飛砂受け箱の場合は、箱の開口部面積で捕捉した飛砂量  
 24 を単位面積 (1 m<sup>2</sup> = 10,000 cm<sup>2</sup>) あたりに換算して扱う。その  
 25 時の単位は、g/m<sup>2</sup> あるいは 1 か月間の落下飛砂量とした場合  
 26 は g/m<sup>2</sup>/月 などの単位を選ぶことができる。

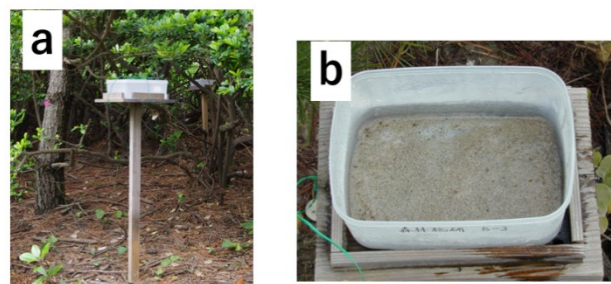


写真-6 飛砂受け箱の設置状況と箱に溜まった砂

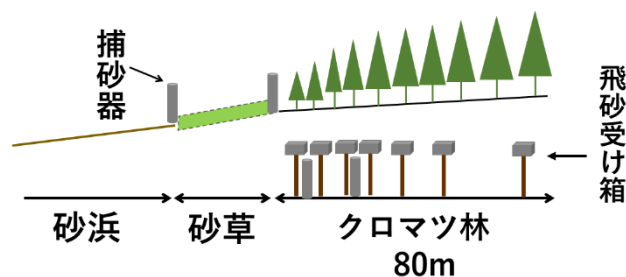


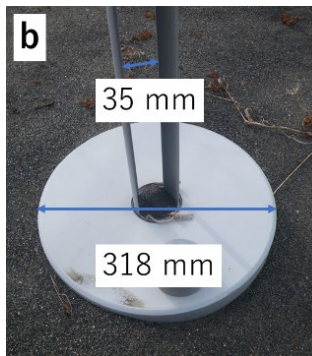
図-3 観測機器の配置例 萩野・鈴木<sup>4)</sup>を一部改変

#### 4. 飛砂の観測方法と飛砂防備機能の評価の考え方

27



28



29



写真-5 捕砂器の設置状況と各構成部分

30 本稿では浮遊した飛砂を対象に観測方法を解説するが、海  
 31 岸林の最も基本的な飛砂防備機能として、樹冠で地表を覆  
 32 い林内に吹く風を弱めることで、その場から発生する飛砂を  
 33 抑止する効果 (図-2) があることも強調しておきたい。対象と  
 34 する海岸林の林内は風が大きく減衰し飛砂が発生しないもの  
 35 と見なした上で、浮遊した飛砂が海岸林より内陸へ到達させ  
 36 ない効果を調査・評価する方法について説明する。  
 37 上記を前提にした場合、一般的な海岸林を対象にした飛砂  
 38 観測の目的は、林内に達する飛砂量分布を把握して、海岸林が  
 39 発揮する飛砂防備機能を評価することといえる。こういった  
 40 場合、海岸林内に落下する飛砂が観測対象になるため、飛砂受  
 41 け箱を林内に設置する。一般に海岸林内に落下する飛砂量は、  
 42 内陸へ行くにしたがって減少する。過去の観測結果<sup>3,8)</sup>による  
 43 と、海岸林の海側林縁 (前縁) から 30 m 程度までの範囲に飛  
 44 砂量の最大地点が現れ、それ以遠では距離にしたがって急減  
 45 して、前縁から 50 ~60 m 以遠になると漸減することが分か  
 46 っている。そのため飛砂受け箱は、急減する範囲では密な間隔  
 47 に設置し、漸減する範囲では設置間隔を広げる。  
 48 著者らはこれまで図-3 のような測器の配置で飛砂量の観測  
 49 に取り組んできた。飛砂受け箱の設置位置は、どの海岸でも同  
 50 じではないが、前縁付近は密に内陸側は疎に設置した。砂浜や  
 51 砂草では捕砂器を用いた。また海岸林の前縁部は林床付近で  
 52 の飛砂の侵入が気になるため、前縁から 10~20 m 程度まで  
 53 捕砂器を設置してきた。これらの飛砂の捕捉器によって、図-

1 1 と図-2 で示した移動形態の飛砂を捕捉し、砂草や海岸林の 26 比較のため別の林帯幅 80 m の海岸林で記録した飛砂量分  
 2 飛砂防備機能を定量的に評価する観測値を得ることが可能と 27 布を B とする。B の方が前縁に近い観測点で記録した最大値  
 3 考える。 28 は小さいが、林帯の中央から後縁にかけては A よりも飛砂量  
 4 次に海岸林の飛砂防備機能の評価の方法を紹介する。海岸 29 が多かったという違いがある。ただし飛砂総量は等しい。この  
 5 林内に飛砂受け箱を図-3 のように設置し、1 年の観測期間の 30 場合、A と B の林帯全体の飛砂防備機能に違いは無いという評  
 6 うち、飛砂量が最大だった月の観測結果として図-4 に示す飛 31 値になる。次に両方の林帯が後縁から中央部（前縁から 40 m）  
 7 砂量分布（A：青線）の結果を得たとする。飛砂は概ね林帯の 32 まで伐採され、半分の林帯幅に狭まった場合の飛砂防備機能  
 8 後縁まで落ちきっていると見なせる。したがって観測対象 33 を検討する。この場合も飛砂総量で評価すると、計算の結果  
 9 の林帯幅 80 m のクロマツ海岸林は、浮遊した飛砂に対して十 34 は、A の海岸林は林帯が半減しても飛砂総量は 5.0% の減少で  
 10 少な飛砂防備機能を有していると考えられる。実際の観測例 35 あった。それに対して B の海岸林は 17.7% の減少と予想され  
 11 は塚本ら<sup>8)</sup>や萩野ら<sup>3)</sup>に詳細な飛砂量分布の観測結果を報告 36 た。両方の海岸林で等しく林帯幅が減少しても飛砂総量は大  
 12 しているので、関心があれば参考にしてもらいたい。 37 きく異なることが推測された。なお飛砂総量のみで評価する  
 13 さらに海岸林内に落下した飛砂の総量を観測値から計算し 38 場合は、対象とする海岸林に部分的な林帯伐採があっても残  
 14 てみる。飛砂受け箱が直線上に設置されているものとし、その 39 存林帯の飛砂防備機能は影響を受けないという仮定を前提に  
 15 直線上の幅 1 m×奥行き 80 m（林帯幅）の長方形範囲に落下 40 した。

16 した飛砂の総量を求めるものである。飛砂総量の求め方は、塚 41 以上、飛砂の捕捉器、観測方法と海岸林の飛砂防備機能につ  
 17 本ら<sup>8)</sup>が示した(1)式を用いる。 42 いて飛砂総量から評価する方法の概要を、現在の著者の考え  
 18 43 方によって紹介した。これらはまだ改良の余地があるともい  
 19 44 える。今後も継続的な議論を経て内容は更新されるべきもの  
 20 45 と捉えている。本稿での紹介を機会に飛砂観測や機能評価の  
 21 46 方法について、議論や情報交換が活発になると幸いである。

$$S_n = \frac{a_1(l_2+l_1)}{2} + \frac{a_2(l_3-l_1)}{2} + \dots + \frac{a_i(l_{i+1}+l_{i-1})}{2} + \dots + \frac{a_n(l_n-l_{n-1})}{2} \quad (1)$$

22 ここで  $i$  は林内に設置した飛砂受け箱のうち、最も前縁より 49 関係機関の皆様、並びに観測地での調査にご理解と調整して  
 23 の観測点を 1 として内陸側へ増加する添え字で、 $a_i$  は観測点  $i$  50 いただいた皆様に感謝を申し上げます。  
 24 における単位  $\text{m}^2$  当たりの 1 か月間の落下飛砂量、 $l_i$  は観測点  
 25  $i$  の前縁からの距離を表す。 51

### 引用文献

52 1) 荒巻 孚 (1971) 海岸. 犀書房, 426pp.  
 53 2) Bagnold, R.A. (1954) The physics of blown sand and desert dunes. Chapman and Hall, London, 265pp.  
 54 3) 萩野裕章・野口宏典・坂本知己 (2007) 茨城県村松海岸林に  
 55 落下した飛砂量の減少過程. 日林誌, 89(4):288-291.  
 56 4) 萩野裕章・鈴木 覚 (2020) 秋田県割山海岸林の防災機能  
 57 (II) - 海岸林と砂草の飛砂抑止機能に関する一考察 -. 水  
 58 利科学, No.375:84-108.  
 59 5) 森井 愛・小玉芳敬 (2006) 鳥取砂丘における植生被覆に伴  
 60 う飛砂量の減少. 地域学論集 (鳥取大学地域学部紀要),  
 61 3(1):123-133.  
 62 6) 坂本知己・萩野裕章・野口宏典 (2005) 風食防止板を備えた  
 63 飛砂捕捉装置の開発, 日本森林学会関東支部大会発表論文  
 64 集, 56:245-246.  
 65 7) 田中一夫 (1992) 明治時代以降の海岸林造成・維持管理. 村  
 66 井 宏・石川政幸・遠藤治郎・只木良也編, 日本の海岸林.  
 67 ソフトサイエンス社, pp.11-14.  
 68 8) 塚本良則・小坂 泉・内山健蔵・坂爪伸介・佐々木学・佐藤  
 69 和枝 (2001) 湘南海岸砂防林における飛砂分布特性につい  
 70 て. 日林誌, 83(1):40-46.  
 71  
 72  
 73

(令和〇年〇月〇〇日受理)

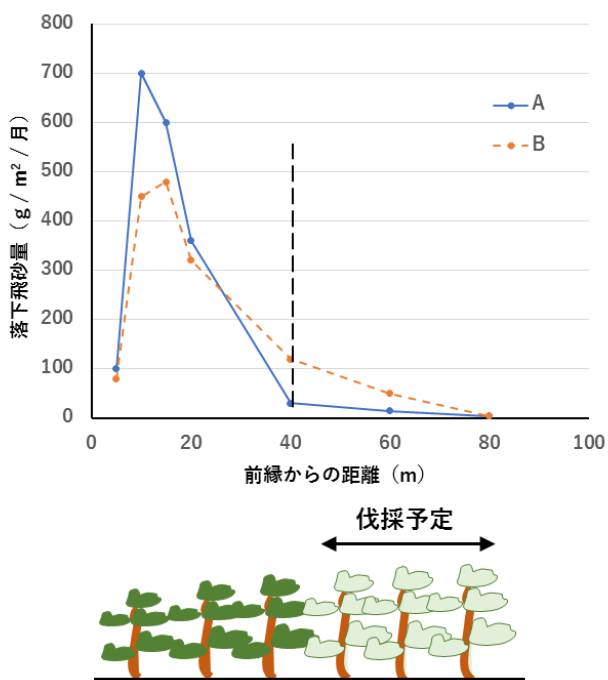


図-4 海岸林内に落下した飛砂量分布の例と機能の比較