

速報

風洞実験による人工砂丘防風効果範囲の推定^{*1}萩野裕章^{*2} ・ 野口宏典^{*3} ・ 島田和則^{*3} ・ 坂本知己^{*3}

I. はじめに

海岸の人工砂丘は、強風や飛砂害の軽減を目的にして造成される。堀田ら(2000)は砂丘の防風効果が高い形状を明らかにする目的で、砂丘斜面の勾配を変えた模型で風洞実験を行った。その結果、斜面勾配の違いで防風効果範囲や風の流況(以下:風況)に変化があることを明らかにしたが、実験では砂丘に対する風向きが直角に吹く場合のみを対象にしていた。

そこで本研究では、砂丘に対して直角に吹く風に加えて、斜め方向から吹く場合の砂丘周囲における防風効果範囲と風況を調べることとした。

砂丘周囲の風況を詳細に調べるには、現地観測の他に数値実験と風洞実験がある。現地観測については、測定に適した砂丘地を探し出すことが容易でなく、また風向・風速の条件も制御できない。数値実験は近年有力な風況の推定手法であるが、境界条件等は観測や実験データから得ることが望ましい。そこで今回は風洞実験で砂丘周囲の風況を推定する。実験では、砂丘に対する風向きにより風下の防風効果範囲がどう変化するのか、また砂丘を乗り越えた風がどの方向に進むのかを明らかにすることを目的に実験内容を計画した。

II. 方法

実験には、(独)森林総合研究所のエッフェル型風洞装置(吸込み式:測定洞の幅1.2m,高さ1.6m,長さ10m)を使用した。人工砂丘の模型形状は、茨城県波崎海岸の砂丘造成に使用される設計図形状(汀線側・内陸側の斜面勾配1:1.7,天端幅2.2m)を基に発泡スチロール等で作成した。波崎海岸では、砂丘高さ(h:法尻から砂丘頂までの鉛直高さ)は場所により異なるが平均的な5mとみなした。

砂丘模型の大きさは、風洞測定洞の大きさを考慮して縮尺を1/40にした。そのため5mの高さが模型では125mm(=1h)になる。

風洞内の風は一定方向しか吹かせられない。そこで模型を測定洞内で回転させることで砂丘に対する風向きを変えた。砂丘模型に対する風向きは、既往の研究と同様の90°(砂丘に直交)と67.5°, 45.0°, 22.5°の計4風向で実施した。

風況の測定には、風速の空間3次元成分が計測できるTSI社製3次元流速測定装置(IFA300)を使用した。測定点の位置は、模型を回転させるため風向き毎に変更させたが、砂丘頂から流下方向へ4~8hの領域は0.8h間隔の格子状に細かく設定し、それ以外は粗な間隔に設けた。高さ方向には、各測定点の床面または

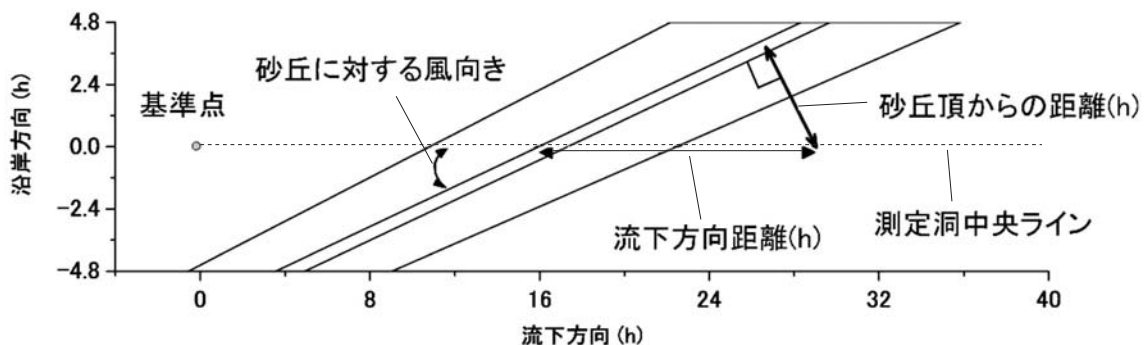


図-1. 砂丘模型・基準点の位置関係

^{*1} Hagino, H., Noguchi, H., Shimada, K. and Sakamoto, T. : Estimated reach of windbreak using artificial sand dune in wind tunnel experiment.

^{*2} 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Center, For. & Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862

^{*3} 森林総合研究所 For. & Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687

砂丘模型面から0.2h, 0.4h, 1.0h, 2.0h 高さ（現地相当高さ1 m, 2m, 5m, 10m）の4点を基本に測定した。ただし本研究の結果と考察では0.2h 高さの結果のみを対象にした。

風洞風速は、砂丘模型の中心から17.6h 風上の0.2h 高さ（以後：基準点）で、約3m/s に設定した（図-1）。この風洞風速は、根本（1967）の相似則より現地では約10.0m/s の風速に換算される。

Ⅲ. 結果と考察

床面および模型面上0.2h 高さで測定した風況ベクトル（沿岸・流下方向の速度成分合成）より（図-2），1）風向90°では、砂丘風下領域の流下方向24h までは基準点の風速がほとんど回復しない減速範囲になり、中には逆向きの速度成分も生じた。また同範囲では、矢印が沿岸方向の正向きになった測定点もあるが、

その速度成分は0.1m/s 程度と極めて小さく、沿岸方向の流れは生じていないと判断する。

2）67.5°では、砂丘頂の複数点で沿岸方向の負向き成分が現れた。また風下側の減速範囲が小さくなった。さらに砂丘法尻付近では、流れが停滞する領域と沿岸方向正向きへ流れる領域が現れた。

3）45°は、砂丘頂の全測定点で沿岸方向負向きの速度成分が生じた。砂丘風下側斜面と法尻付近で減速しているが、その範囲は67.5°に比較して小さくなり、砂丘に沿った流れが増した。

4）22.5°は、砂丘頂で沿岸方向負向きの流れと砂丘法尻付近で砂丘に沿った沿岸方向正向きの流れが顕著になった。沿岸方向正向き速度成分は、1.0m/s に達した。

各風向の結果で基準点に対する測定点の風速比を算出し、測定洞の中央ライン上（沿岸方向：0.0h）の風速比を抽出した（図

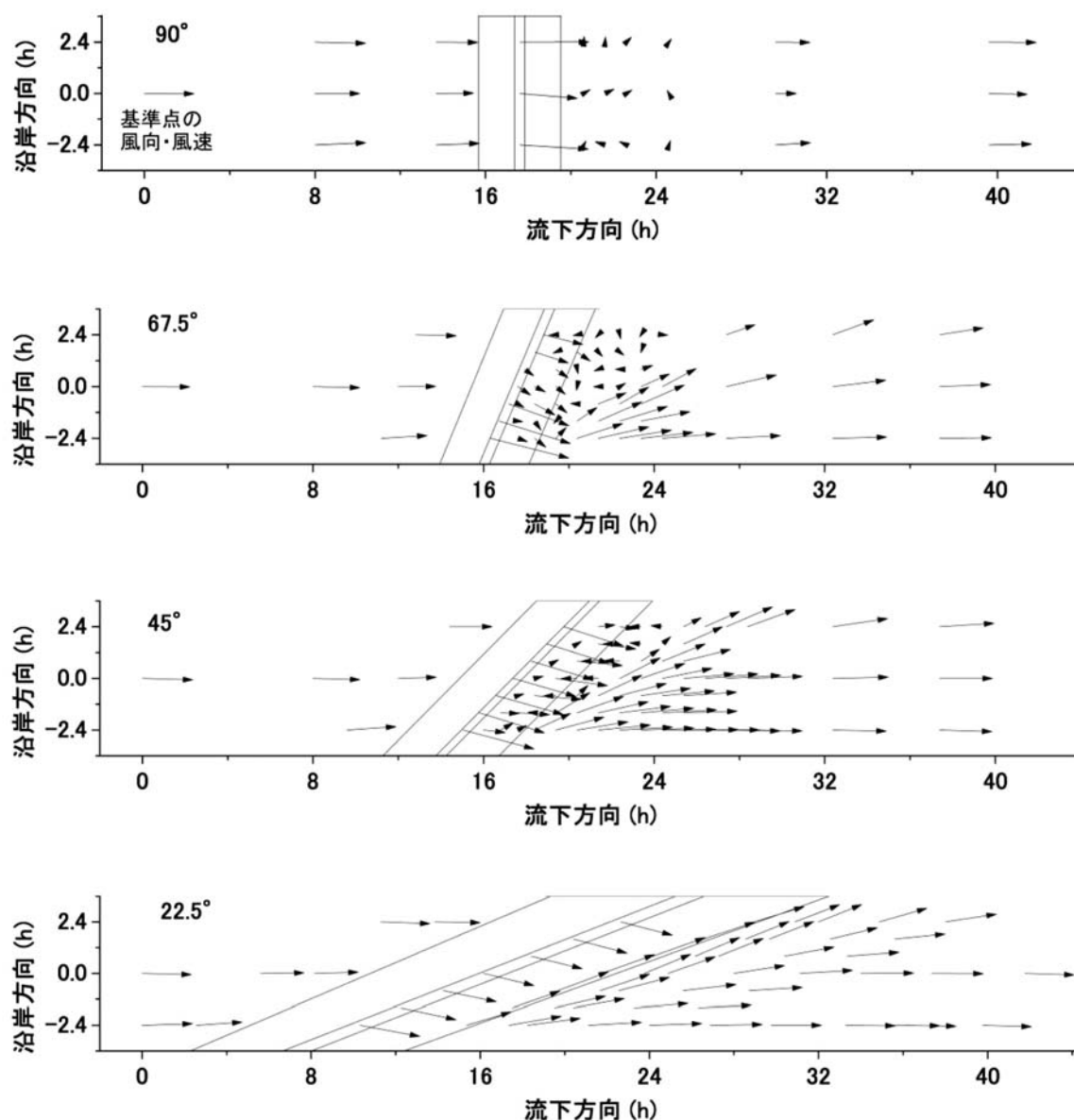


図-2. 風向別の風況ベクトル図

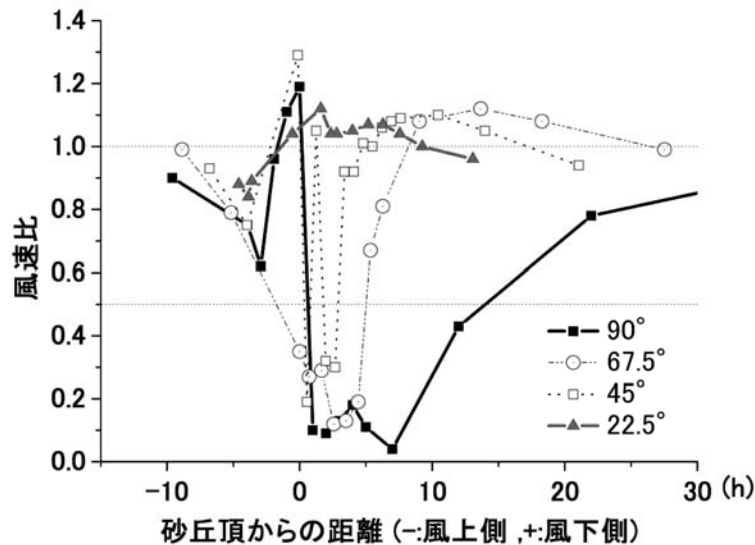


図-3. 測定洞中央ライン上の風向別風速比分布

- 3)。この風向別風速比分布では、横軸の距離を風の流下方向距離でなく、砂丘頂からの距離にした(図-1)。各風向での防風範囲を砂丘からの距離を基準にして比較するためである。

5) 風向90°は、砂丘頂から12hまでは風速比0.5以下を保ち、22hでも0.8以下に抑えられた。

6) 風向67.5°と45°のときも風速比0.5以下に減速する範囲が認められたが、その範囲は砂丘頂からおおよそ5h~3hと小さくなった。風向22.5°になると砂丘風下領域の多くが風速比1.0以上になって減速範囲がなくなった。

7) 風向90°と45°は、砂丘頂からの距離が0h付近で風速比の落差が大きかった。一般に砂丘頂部は風速が高くなり、丘頂より風下側の領域は、砂丘堤体の防風効果で風速が落ちる。そのため風速比が短い距離の間で上下したといえる。しかしながら風向67.5°は、砂丘頂部での風速の上昇がなかった。また風向45°では、砂丘頂を通過した風が一度大きく風速を下げてさらにもう一度上昇している。この2つの結果については、今のところ適切な説明ができない。

風向90°~22.5°にかけて、流下方向にとった砂丘断面形状をみると、風向が小さくなるほど砂丘斜面勾配は緩くなる。堀田ら(2000)の実験でも、砂丘模型の風上側斜面勾配を6種類で行った実験から「勾配が緩いと砂丘風下の減速領域が小さくなる」という結果を得ていた。堀田らは、斜面勾配が急であれば砂丘風下領域には大きな循環流が生じて減速域になるが、勾配が緩いと循環流の大きさが小さくなり減速域も小さくなる、という風況の変化が理由としている。本実験では、砂丘模型の斜面勾配は変えて

いないが、風向が砂丘に対して斜めになることで流下方向に沿った砂丘斜面勾配は風上側も風下側も緩勾配に変わる。そのため風下側の減速範囲が変化すると解釈できるであろう。

砂丘頂部と砂丘風下側の法尻付近で生じる沿岸方向への風向き変化については、床面・砂丘模型上0.2hの測定結果のみでは不明な点が多い。解析を他の高さの測定結果についても行った後に別の機会で考察を述べたい。

IV. おわりに

本研究では、風が砂丘に対して斜め方向から吹く場合を想定した風洞実験を行った。砂丘に対する風向によって防風範囲や風況に大きな違いが生じることを示唆する結果になったが、本研究で使用した風洞測定洞は、幅1.2mのため沿岸方向の測定結果は風況の遷移過程だったと思われる。今後は今回の風洞実験結果を数値実験の境界データに用いて、砂丘の沿岸方向を長くした場合の数値実験を予定している。

引用文献

- (1) 根本茂(1967): 局地風を対象とした風洞模型実験の相似則, 農業気象学会誌 22, pp. 129-136.
- (2) 堀田新太郎ら(2000): 人工砂丘周辺の風の場合による砂丘形状決定に関する研究, 砂防学会誌 53(2), pp. 22-33.
(2009年10月24日受付; 2010年2月12日受理)