

強風下における自然海浜モデル上の飛沫の粒径分布

日本文理大学

学生員 岡田洋介, 正会員 樋田 操

九州大学大学院総理工

学生員 岸岡賢祐, 正会員 松永信博

1. はじめに

海岸から陸域に輸送される海水飛沫量を定量的に予測する上で飛沫の沈降速度は重要なパラメータの一つである。Best¹⁾によると飛沫の沈降速度はその粒径に依存しており、粒径の増加とともに沈降速度も単調に増加する。宇多ら²⁾や松永ら³⁾は、汀線付近では飛沫の粒径は比較的大きく飛沫の沈降と移流が釣り合った輸送形態が形成されるが、十分上空や風下側では微細な飛沫が輸送され拡散と移流による釣り合いが形成されることを示した。本研究では、強風下にある自然海浜において輸送される飛沫の粒径分布を明らかにするための飛沫粒径を直接測定する実験を行い、画像解析を用いて飛沫の粒径および個数分布を調べた。

2. 実験装置および実験条件

実験には、長さ32 m、高さ0.94 m、奥行0.6 mの矩形状断面を有する風洞付二次元造波水槽を用いた。実験装置の概要を図-1に示す。水槽中央部に自然海浜モデルとして勾配1/30の斜面を取り付け、斜面背後には陸域モデルとして長さ10 mにわたり水平床を設置した。水平床の高さは40 cmで、一様水深部における水深は30 cmであった。実験では、周期1.2 sの波を造波機で発生させ、水域全体で碎波が生じ飛沫が発生するように断面平均風速 U_m を16.9 m/s にセットした。pos.0 で測定した波の波長、波高、波速はそれぞれ1.82 m、13.9 cm、1.52 m/s であった。雨滴紙を用いた飛沫粒径の測定は図-1で示されるようにpos.1からPos.5の5点で行われた。長さ60 cmの亚克力板に7 cmの間隔で直径5.0 cmの円形の穴を8個あけ、板の背面に雨滴紙を貼り付けることにより、穴を通過した飛沫が雨滴紙に衝突することにより飛沫痕が得られる仕組みになっている。雨滴紙上の飛沫痕から(株)ライブラリーによって開発されたソフト・ひまわりを用いて飛沫痕数と飛沫面積を画像解析により求めた。

3. 実験結果および考察

図-2と3にそれぞれpos.1 およびpos.5 で得られた雨滴紙上の飛沫痕例とそれを解析して得られた単位時間・単位面積当たりに輸送される飛沫の個数分布 N (個/cm²・s)を示す。雨滴紙上に示された一辺2cmの正方形に含まれる飛沫が解析されている。図中 z は水域においては平均水面からの鉛直距離を、陸域においては水平床からの鉛直距離を示す。 t は雨滴紙を空气中に曝

露した時間を示す。 D は飛沫の粒径であり、佐粧ら⁴⁾によって求められた雨滴紙上の飛沫痕径 D_s と D の関係式 $D = 0.42D_s^{2/3}$ を用いて求められている。図-2の飛沫痕からわかるように、水面付近では比較的大きな粒径の飛沫から小さな粒径の飛沫まで広範囲に分布している。一方、水面から十分離れたところでは一様な小さな粒径の飛沫が輸送されていることがわかる。このような傾向は飛沫の個数分布からも読み取ることができる。図-3で示されるように陸域の十分風下側では飛沫痕分布や飛沫の個数分布は z 方向にほとんど変化せず小さな飛沫が z 方向にほぼ一様な状態で輸送されることがわかる。

図-4と5はそれぞれpos.1, $z = 6.9$ cm、およびpos.5, $z = 4.5$ cm において得られた飛沫個数の対数を縦軸にとり、飛沫粒径を横軸にとってプロットしたものである。図中の黒丸印は同じ個数密度をとる粒径を代数的に平均したものである。実線は平均値(黒丸印)データに対して最小二乗近似を施すことにより求めたものである。両方のグラフから個数分布は粒径とともに指数関数的に減少することがわかる。

図-6と7は図-4, 5で得られた個数分布の近似曲線 $N = \exp(-aD+b)$ を用いて単位面積・単位時間当たりに輸送される粒径 D の飛沫の質量 M (g/cm²・s)を

$$M = \rho \frac{\pi}{6} D^3 N = \rho \frac{\pi}{6} D^3 e^{-aD+b} \quad (1)$$

から算定したものである。 ρ は飛沫の密度で0.001g/mm³としている。(1)式の分布は $D = 3/a$ において極大値をとる。この粒径を代表粒径 D_m と定義する。図-6と7からわかるように、pos.1においては飛沫輸送量は z が大きくなるにつれ減少し、 D_m の値も小さくなる。pos.5においては飛沫輸送量や D_m の値は z に依存しないことがわかる。

図-8は D_m の鉛直分布を示したものである。水域においては飛沫の代表粒径は z とともに線形的に減少することがわかる、一方、十分風下側の陸域においては D_m は z に関してほぼ一様で0.47 mm程度の飛沫が輸送されることがわかる。

4. おわりに

強風下における自然海浜で形成される飛沫の粒径分布を実験により調べた。水表面上では代表粒径は鉛直方向に線形的に減少し、陸域の十分風下側では鉛直方向にほぼ一様であることが明らかとなった。

[参考文献]

- 1) Best, A. C. : Quart. J. Roy. Meteor. Soc., vol. 76, 1950.
- 2) 宇多高明 他2名 : 海岸工学論文集, 第39巻, pp.1051-1055, 1992.
- 3) 松永信博 他2名 : 海岸工学論文集, 第41巻, pp.1046-1050, 1994.
- 4) 佐粧純男 他4名 : 天気, 第37巻, pp.61-66, 1990.

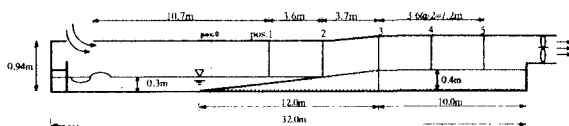


図 - 1 実験装置

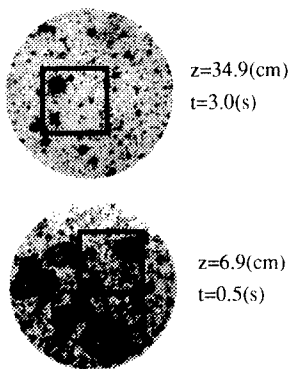


図 - 2 飛沫粒径と飛沫個数分布 (pos.1)

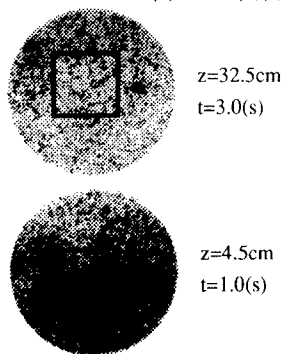


図 - 3 飛沫粒径と飛沫個数分布 (pos.5)

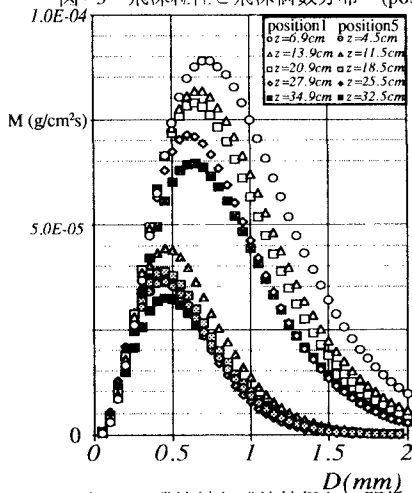


図 - 6 飛沫量と飛沫粒径との関係

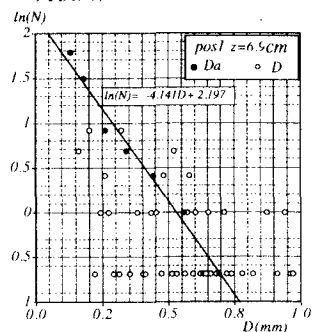


図 - 4 飛沫個数分布 (pos.1)

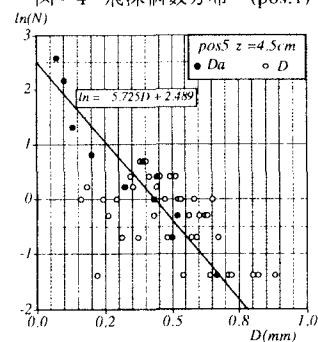


図 - 5 飛沫個数分布 (pos.5)

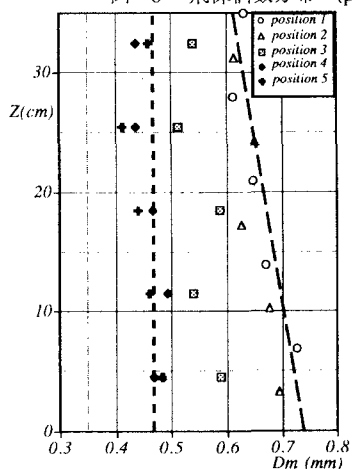


図 - 7 代表飛沫粒径の鉛直分布