

強風下の砕波帯から発生する飛沫の粒径分布について (第3報)

日本文理大学工学部 学生員○大井照隆 正員 樋田 操
九州大学大学院総理工 学生員 岸岡賢祐 正員 松永信博

1. はじめに

強風下の沖合海域では、白波を伴う砕波が一様に発生すると考えられる。この場合、海水飛沫量の風下方向の変化は鉛直方向の変化に比べて極めて小さく、飛沫の鉛直方向の沈降と拡散が釣り合った状態で飛沫の濃度分布が形成される¹⁾。したがって、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。飛沫の沈降速度を求めるためには、その粒径分布を明らかにする必要がある²⁾。

本研究では、強風下にある沖合海域を対象として、水平床上的白波砕波から発生する飛沫粒径を、雨滴紙により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結果を報告する。

2. 実験装置および実験条件

実験には、長さ32m、高さ0.94m、奥行0.6mの矩形断面を有する、吸い込み式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。水槽の岸側端には消波のための斜板が設置されている。実験水深は30cmに固定した。実験では、周期Tが1.2sの二次元規則波を造波機で発生させ、同時に、断面平均風速Umが16.5m/sの風を水面上に吹かせた。この場合、水域全体で砕波が生じ、飛沫が発生する状態が形成される。表-1は実験条件を示す。表中、H、L、cおよびuは、それぞれ砕波した波の波高、波長、波速および風の摩擦速度である。表中の値は、水域において、1.8m毎の9測点で測定した結果、風下方向にほとんど変化せず、一様であったことから平均量で示してある。雨滴紙を用いた飛沫粒径の測定は、図-1に示す様に、吹吹距離Xが17.4mの1断面(M.P)で行われた。この位置に直径5cmの円形の穴を7cm間隔で4個あけたアクリル板を設置し、背面に雨滴紙を貼り付けることにより、穴を通過して雨滴紙に衝突した飛沫痕が得られた。雨滴紙上の飛沫痕から飛沫痕数と飛沫面積を求める方法は、(株)ライブラリーの画像解析ソフト・ひまわりを用いて行った。

3. 実験結果および考察

図-2と3に、それぞれ図-1のM.P(X=17.4m)で得られた雨滴紙上の飛沫痕、および飛沫痕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粒径Dの個数分布Nを示す。図中、Zは平均水面からの鉛直距離を示す。雨滴紙の空気中への曝露時間tは全て1.13sである。雨滴紙上の飛沫痕径DsとDの関係は、

佐粧ら³⁾によって求められた関係式 $D=0.42D_s^{2/3}$ を用いて求めた。図-2と3から、水面付近では、比較的大きい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が、鉛直上方になるほど、小さな粒径の個数分布が多いことがわかる。図-4は、M.P(X=17.4m)のZ=32.5cmにおいて得られた飛沫個数の対数を縦軸に、飛沫粒径を横軸にプロットしたものである。図中の●印は同じ個数密度をとる粒径を平均したものである。実線は平均値(●印)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。図より、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-5は、図-4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、

$$M = \rho \frac{\pi}{6} D^3 N / 1000 = \rho \frac{\pi}{6} D^3 \exp(-aD + b) / 1000 \quad (1)$$

から算定したものである。ρは飛沫の密度で、1g/cm³としている。(1)式の分布はD=3/aで極大値をとり、この粒径を飛沫の代表粒径Dm1と定義する。

図-5からわかるように、飛沫の輸送量は鉛直上方になるほど減少し、Dm1の値も小さくなることがわかる。

図-6は飛沫の代表粒径の鉛直分布を示したものである。図中には、比較のために、次式で表されるDm2の値も示してある。

$$Dm2 = \frac{\sum_{i=1}^n N_i D_i}{\sum_{i=1}^n D_i} \quad (2)$$

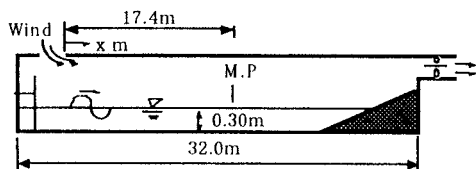
ここで、nは飛沫の粒径区分の数である。図からわかるように、白波を伴い一様に砕波する水面上では、飛沫の代表粒径Dm1およびDm2は、Zとともにやや線形的に減少することがわかる。また、それらの値はそれぞれDm1が0.5mm~0.6mm、Dm2が0.2~0.3mmとなっている。

4. おわりに

強風下において、白波を伴う砕波が一様に発生する場合に形成される飛沫の粒径分布を、実験により調べた。水面上では、代表粒径が鉛直方向に線形的にやや減少すること、およびその値が明らかとなった。ただ、今回の実験では、波と風の条件が1種類であり、測定断面も1断面の、しかも狭い範囲に限られているので、今後詳細な検討が必要である。

「参考文献」

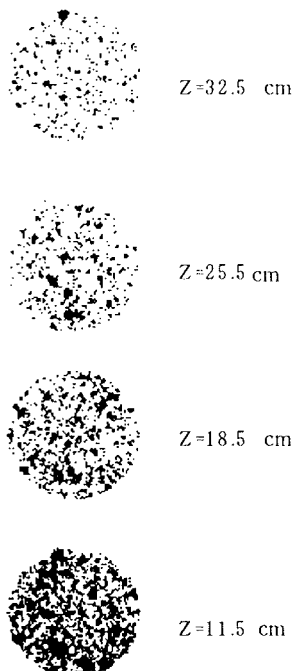
- 1) 松永信博他2名：海岸工学論文集、第4 2巻、pp.1031—1035, 1995
- 2) Best, A.C: Quart. J. Roy. Meteor. Soc., Vol. 76, pp.302-311, 1950
- 3) 佐粧純男他4名：天気、第3 7巻、pp.61-66, 1990.



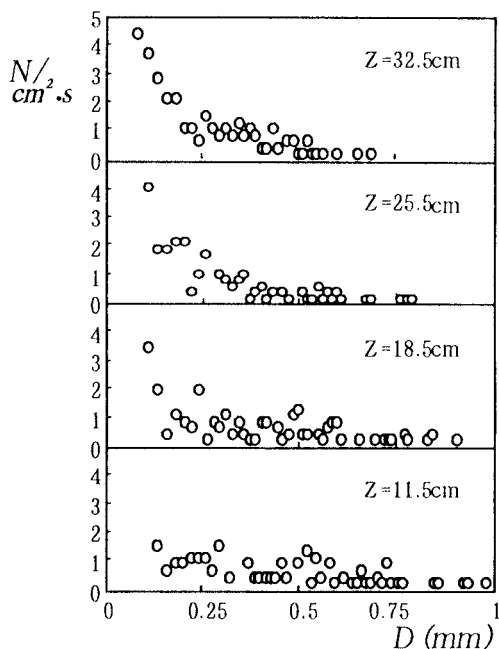
図一 実験装置概要図

表一 実験条件

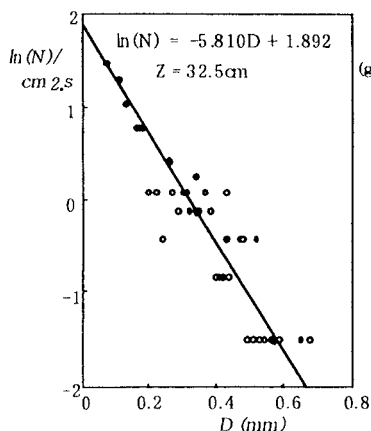
T(s)	H(cm)	L(cm)	c (m/s)	H/L	U _m (m/s)	U _a (m/s)	U _a /c
1.20	13.1	177	1.47	0.074	16.5	1.12	0.758



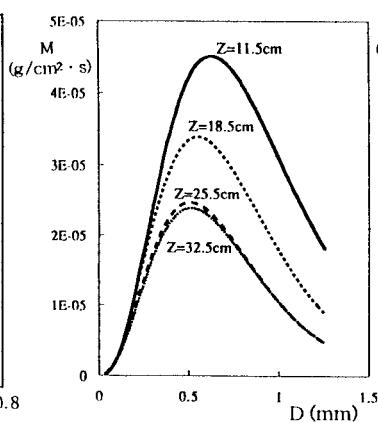
図二 雨滴紙上の飛沫痕



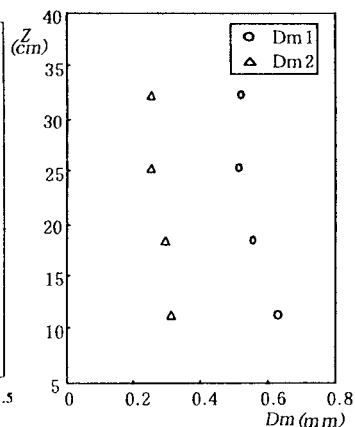
図三 飛沫粒径の個数分布



図四 飛沫個数の対数と飛沫粒径との関係



図五 飛沫の質量と飛沫粒径との関係



図六 飛沫の代表粒径の鉛直分布