

# 斜交波状面による液滴分離に関する研究

## Study on mist separation using oblique wavy surface

○正 鹿園 直毅 (東大)  
学 小松 和磨 (東大)

学 菅野 普 (東大)  
正 岩田 博 (日冷工業)

Naoki SHIKAZONO, The University of Tokyo, 4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo

Hiroshi KANNO, The University of Tokyo

Kazuma KOMATSU, The University of Tokyo

Hiroshi IWATA, Nichirei Industries Co. Ltd., 1570 Mayumi, Ohhira-machi, Tochigi-ken

Oblique wavy surface can achieve very high heat transfer enhancement with small pressure loss penalty because it can produce effective secondary flow without separation. In the present study, applicability of oblique wavy surface to gas-liquid separation in mist flows is investigated. Plate, oblique wavy and sine wavy surfaces are tested by air-water experiment. It is confirmed that oblique wavy surface can completely separate liquid droplets whose sizes are larger than approximately 10 microns.

Key Words: Gas-liquid separation, Mist flow, Oil separator, Two phase flow

### 1. 緒言

ボイラーのエリミネーターや空調機のオイルセパレータ等、液滴分離器は様々なエネルギー機器において非常に重要な要素技術である。例えば空調機の場合、圧縮機から吐出された油滴が冷媒ガスに混入することで、圧縮機の信頼性とサイクル効率の低下を招く。従来のオイルセパレータは旋回流による遠心分離方式が主流であり、小型化が困難なためコストと体積の増加がその普及の妨げとなっている<sup>(1)</sup>。小型かつ低圧力損失のオイルセパレータのニーズは大きい。今後の民生部門でのエネルギー消費削減のためにも、安価で高効率な液滴分離器が求められている。

本研究では、斜交波状面<sup>(2)(3)</sup>の液滴分離器への適用を検討する。斜交波状面は、流れに対して傾斜した正弦波面を所定のピッチで折り返した構成となっており、図1に示すような断面二次流れが発生することが報告されている<sup>(2)</sup>。斜向波状面では、剥離や主流の増速なしに二次流れを発生させることができるので、圧力損失の増加を抑えつつ高い熱伝達率が得られる<sup>(3)</sup>。ここで、遠心力は曲率半径の2乗に反比例することから、この斜交波状面を狭ピッチに実装し、二次流れの曲率半径を小さくすれば、大きな遠心力が得られる可能性がある。このことから、斜交波状面を適用することで、小型で圧力損失の小さな液滴分離器の実現が期待される。本研究では、斜交波状面の液滴分離特性を水-空気実験によって検証することを目的とする。

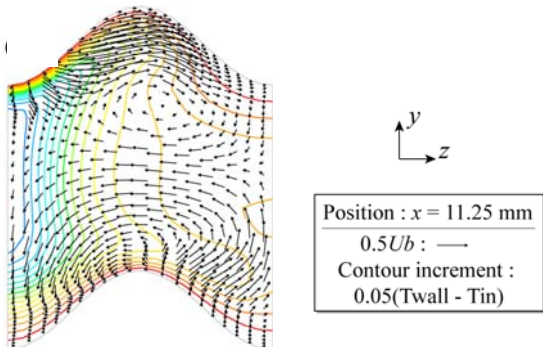


Fig. 1 Velocity vector and temperature contours at  $Re = 246$ <sup>(2)</sup>

### 2. 実験方法

本研究では、水-空気実験により斜交波状面の分離特性を評価する。図2に、実験装置を示す。空気および水の流量を調整し、噴霧器から長さ1mの助走区間ダクトに噴霧流を導入する。助走区間ダクトの下流に設けられたテストセクションの前後で、液滴質量流量、粒径分布、圧力損失を計測した。液滴質量流量は、30秒間テストセクション入口と出口をガーゼで塞ぎ、その質量変化を電子天秤で測定することで求めた。また、レーザ粒径分布測定装置(東日コンピュータアプリケーションズ, LDSA1500A)を用いて断面を通過する液滴の粒径分布を測定した。

本研究では、平板、斜交波状面の他、標準的なエリミネーターとの比較のために正弦波状面の三種類のテストセクションを用いた。表1に実験条件を示す。

### 3. 実験結果

図3に、チャンネル幅と空気流速で定義されたレイノルズ数  $Re = 3356$ 、テストセクション長さ  $L = 416$  mm における粒径ごとの液滴流量分布を示す。助走区間を1m設けてい

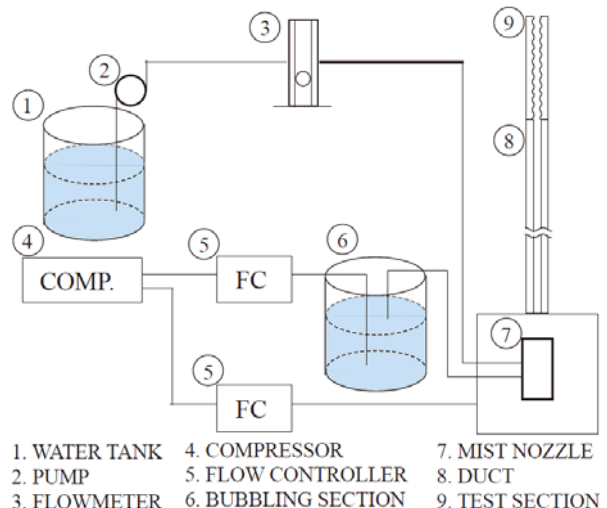





Fig. 2 Experimental setup.

Table 1 Experimental conditions

Parameters	Plate	Oblique wavy	Sine wavy
			
Working fluids	Water - Air	←	←
Air velocity $U_a$ [m/s]	1.65 ~ 8.25	←	←
Channel height $H$ [mm]	10	←	←
Reynolds number $U_a H / \nu$	1120 ~ 5590	←	←
Total length $L$ [mm]	104 ~ 416	←	←
Wave angle $\theta$ [deg]	—	46, 60	0
Wave amplitude $a$ [mm]	—	1.0, 1.5, 2.0	2.5, 5.0, 7.5

るので、平板の場合の出入口間の流量の差は小さい。一方、斜交波状面および正弦波状面の出口では、入口よりも液滴流量が減少するとともに、捕獲されずに流出する最大液滴径が小さくなる。このように、斜交波状面と正弦波状面においては粒径が  $10 \sim 20 \mu\text{m}$  以上の大きな液滴は 100% 捕獲され、粒径の小さな液滴のみが流出する。ここで、100% 捕獲が可能な液滴の最小径を、完全分離最小径と定義する。斜交波状面と正弦波状面のいずれにおいても、振幅が大きい場合の方が捕獲率は増大する。図 4 にテストセクション長さ  $L = 416 \text{ mm}$  における完全分離最小径を示す。レイノルズ数と振幅の増加とともに完全分離最小径は減少する。斜交波状面は正弦波状面と比較して完全分離最小径が小さく、高い液滴分離性能が実現されていることがわかる。また、斜交波状面では無次元振幅が  $a/H=0.15$  と  $0.2$  の場合の差は小さく、振幅が  $a/H=0.15$  程度あれば十分に高い分離性能が得られる。図 5 に、テストセクション長さ  $L = 416 \text{ mm}$  における各壁面の圧力損失を示す。分離性能の高い壁面ほど圧力損失も大きい、同一の圧力損失では斜交波状面の方が正弦波状面よりも分離率が高く、かつ完全分離最小径も小さいことから、斜交波状面の方が液滴分離器に適していると言える。

#### 4. 結言

斜交波状面の液滴分離特性を水-空気実験によって評価し、以下の結論を得た。

1. 斜交波状面と正弦波状面において、完全分離が可能な液滴径には最小値が存在し、それ以上の粒径の液滴は 100% 分離が可能である。
2. 斜交波状面は、正弦波状面よりも同一の圧力損失での分離率が高く、完全分離最小径も小さい。
3. 本実験の範囲においては、斜交波状面は  $a/H=0.15$  程度の振幅があれば、完全分離最小径の変化は小さい。

#### 謝辞

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の支援を受けた。記して謝意を表す。

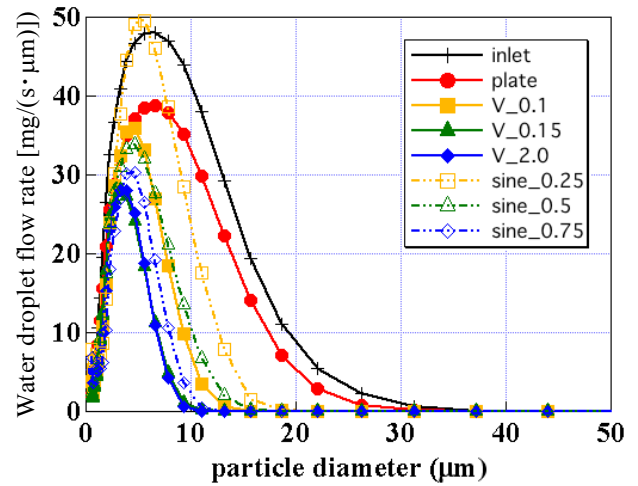


Fig. 3 Particle flow rate at  $Re = 3356$ ,  $L = 416 \text{ mm}$ .

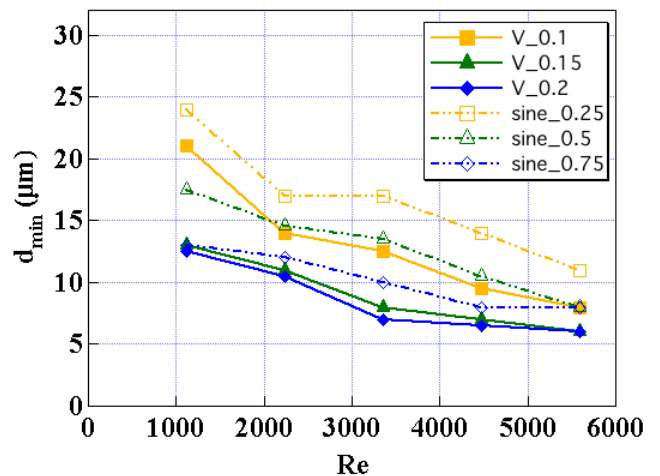


Fig. 4 Minimum separation diameter  $d_{\min}$  at  $L = 416 \text{ mm}$ .

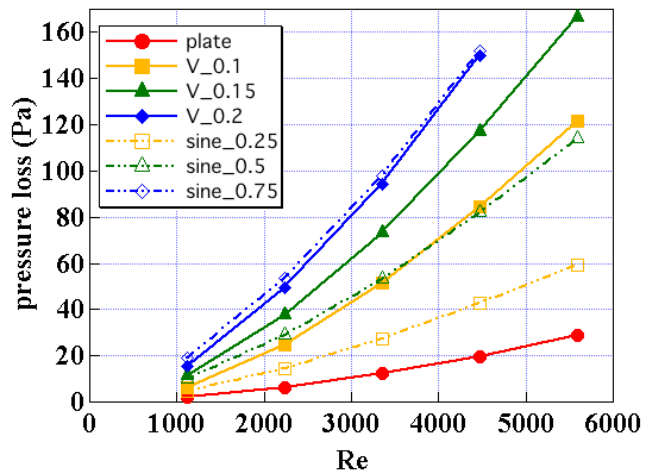


Fig. 5 Pressure drop at  $L = 416 \text{ mm}$ .

#### 参考文献

- (1) 村上, 岩本, 森本, サイクロン式油滴分離器の性能予測, 冷論, 22-3, pp. 315-324 (2005).
- (2) 福田, 鹿園, 斜交波状面の伝熱促進効果に関する研究, 2007 年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集, pp. 293-296 (2007).
- (3) 鹿園, 井上, 澄野, 斉藤, 矢部, 斜交波状フィン熱交換器の試作評価, 第 47 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, pp. 637-638 (2010).