

# 琉球大学学術リポジトリ

## 水平管群を流下する液膜表面波の生成とガス吸収促進の機構解明

メタデータ	言語: 出版者: 野底武浩 公開日: 2009-06-29 キーワード (Ja): 表面波, ガス吸収, 流下液膜, 拡散, 水平管, 物質移動, 物質伝達 キーワード (En): Mass transfer, Liquid film, Mass diffusion, Gas absorption, Horizontal tubes, Surface wave 作成者: 野底, 武浩, 儀間, 悟, 宮良, 明男, Nosoko, Takehiro, Gima, Satoru, Miyara, Akio メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/11007">http://hdl.handle.net/20.500.12000/11007</a>

## 5.5 振動を与えた水を散布した場合の影響

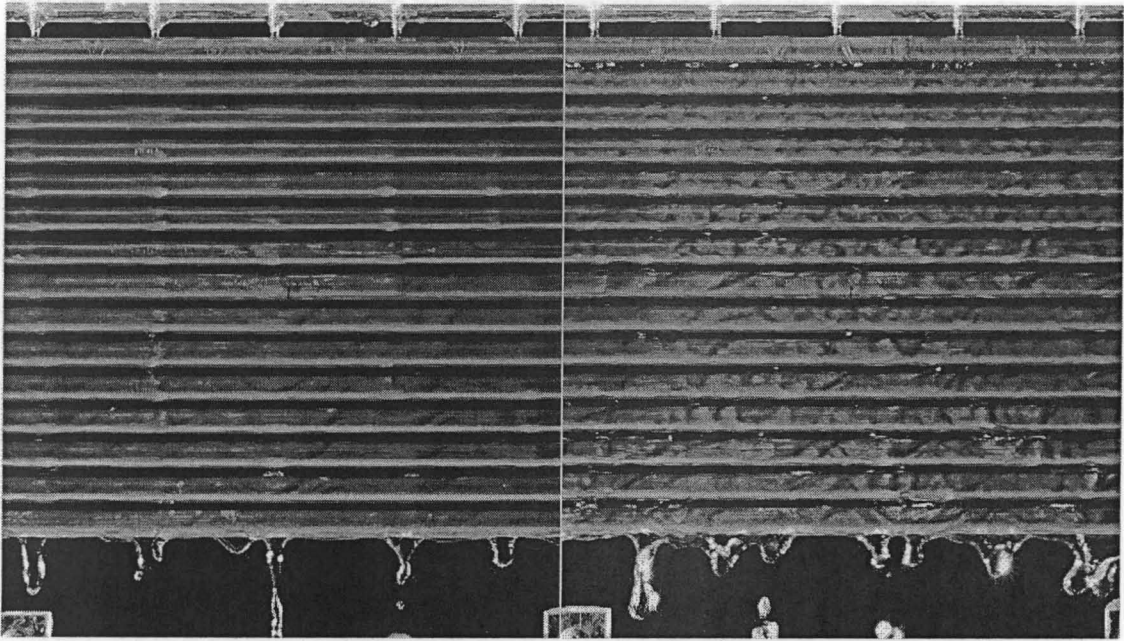
ヘッドタンクと散布管の間のシリコンチューブをスピーカーを用いて周期的に圧縮し、チューブの流れに振動を与え管列上に散布した。供給細管から水が、スピーカーの振動と同調して滴の形で第一管頂に落下し、管上の液膜上に放射状の表面波を形成させる。

管間隔  $d=2\text{mm}$  の場合の液膜流動の様子を Fig.5.16、5.17 に示す。 $d=2\text{mm}$  では、管と管の間はシート流れである。振動を与えない場合、供給細管からの水は連続したジェット状の流れであり、 $Re=20$  ではそのジェットは第一管頂の液膜に比較的小さな放射状の表面波を形成している。振動を与えることでより強い表面波が発生しており、それらの表面波がより下段の管の液膜まで及んで、最終的には消滅する。振動の周波数の変化による流れの変化は小さい。

$Re=60$  では、振動を与えてない場合でも管表面全域のいたる所で強い不規則な波が発生しており、振動を与えた流れと比較しても違いは見られない。振動の周波数を変えても同様である。

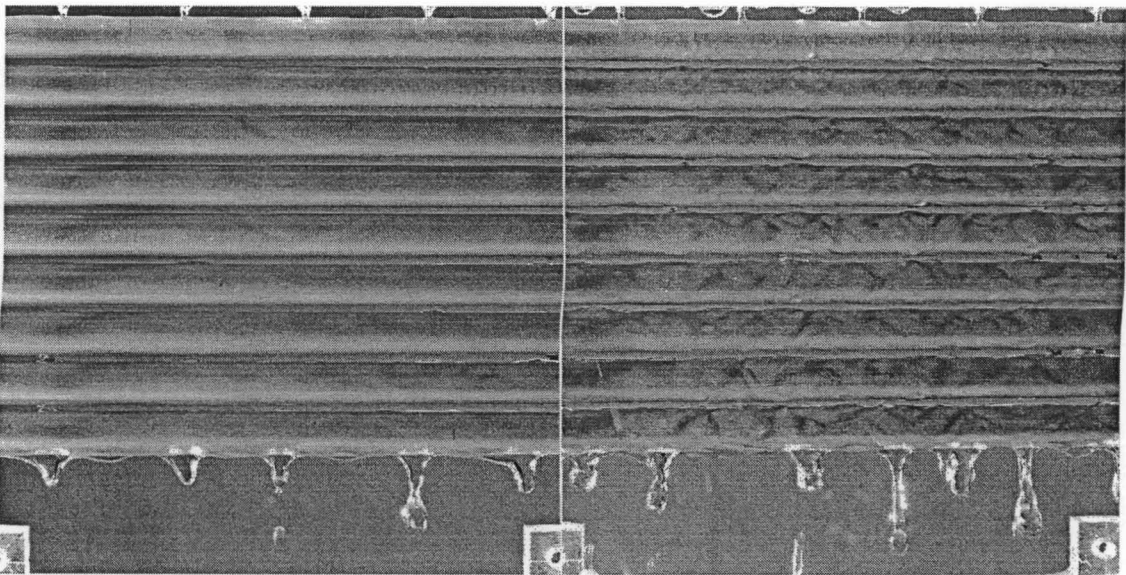
Fig.5.18 に  $Sh$  の比と  $Re$  の関係を示す。振動を与えた際の  $Sh_f$  と与えてない場合の  $Sh_0$  の比を縦軸に取った。低  $Re$  では、表面波の発生の促進が、大きなガス吸収促進を生み、高  $Re$  に比べ大きな  $Sh$  比の増加を生む。 $Re$  が低いほど振動による促進量は大きい。一方、 $Re>40$  では、振動の効果は、測定誤差の範囲内で有意差は認められない。また、周波数の変化による影響は、 $Re=10$  を除くいずれの  $Re$  でも小さい。

$Re=10$  では、周波数の増加と共に  $Sh$  の比は単調に減少する。 $Re=10$  では、振動を与えなくても供給細管から液滴流れであり、振動を与えて滴下の周波数を低くすることにより、より大きな滴が形成され、液膜上に強い表面波を形成するものと考えられる。その結果、低周波数ほど  $Sh$  の促進量は大きい。



(a)  $D=6\text{mm}$ ,  $Re=20$

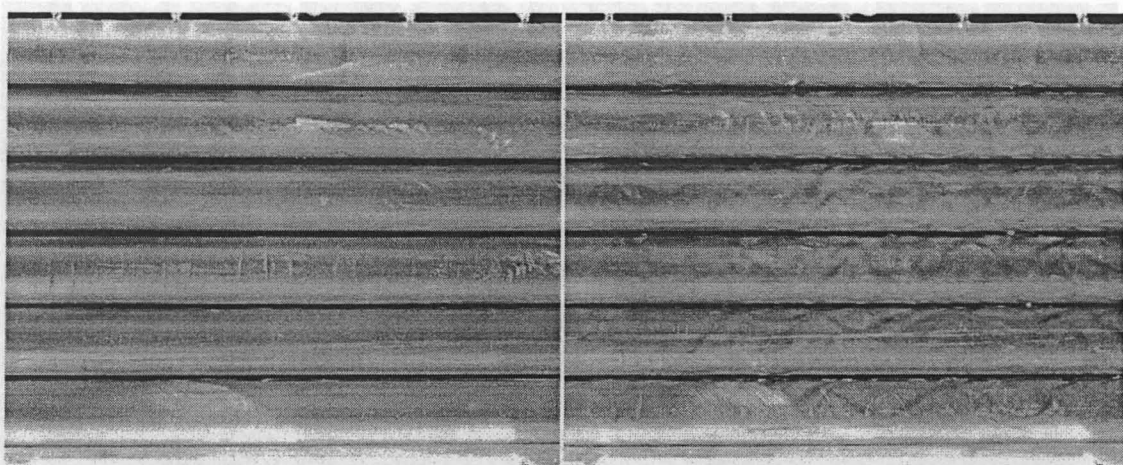
(b)  $D=6\text{mm}$ ,  $Re=60$



(c)  $D=10\text{mm}$ ,  $Re=20$

(d)  $D=10\text{mm}$ ,  $Re=60$

Fig.5.1 水平管群流下液膜の流動状況 (管間隔  $d=2\text{mm}$ )



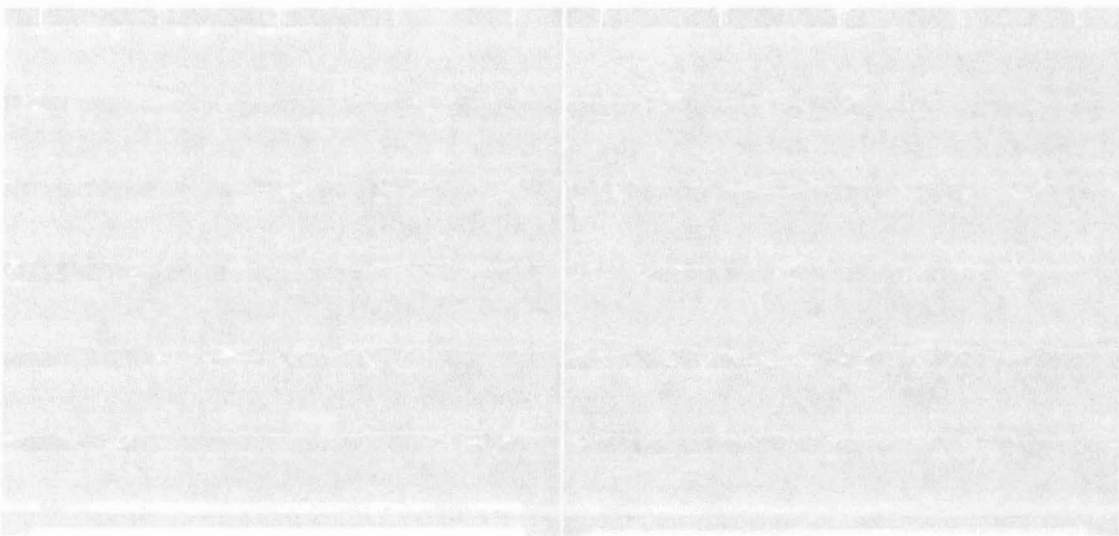
(e)  $D=16\text{mm}$ ,  $Re=20$

(f)  $D=16\text{mm}$ ,  $Re=50$

Fig.5.1 水平管群流下液膜の流動状況 (管間隔  $d=2\text{mm}$ )

(a)  $D=6\text{mm}$ ,  $Re=20$

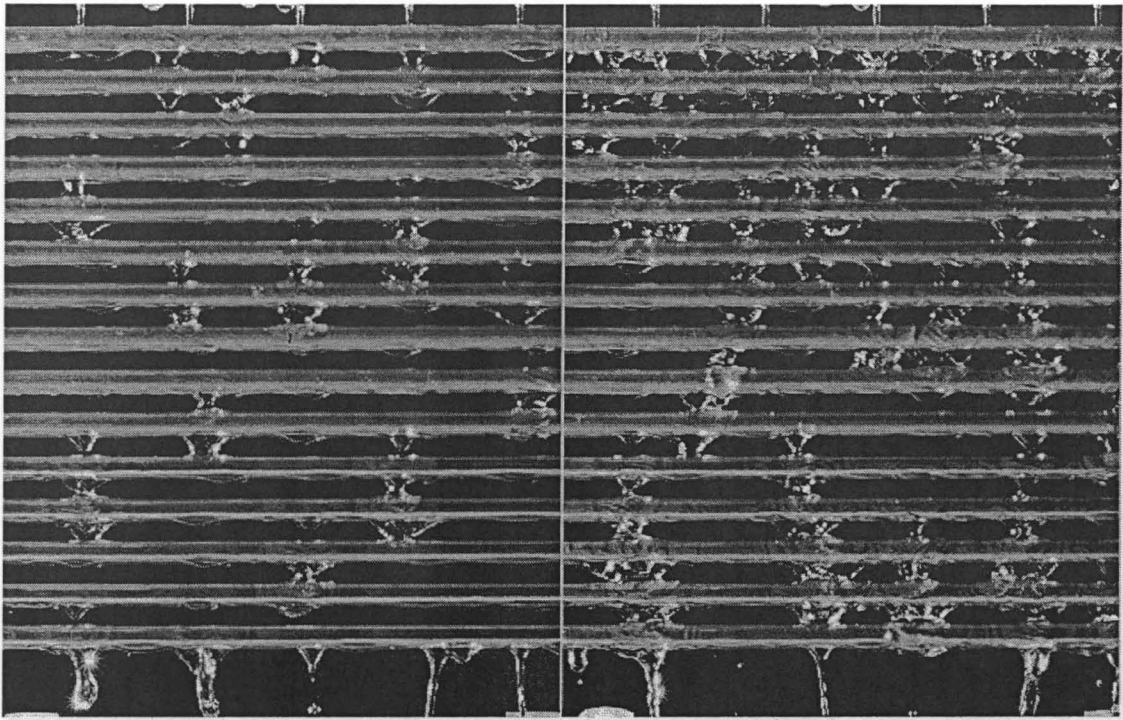
(b)  $D=6\text{mm}$ ,  $Re=60$



(c)  $D=16\text{mm}$ ,  $Re=20$

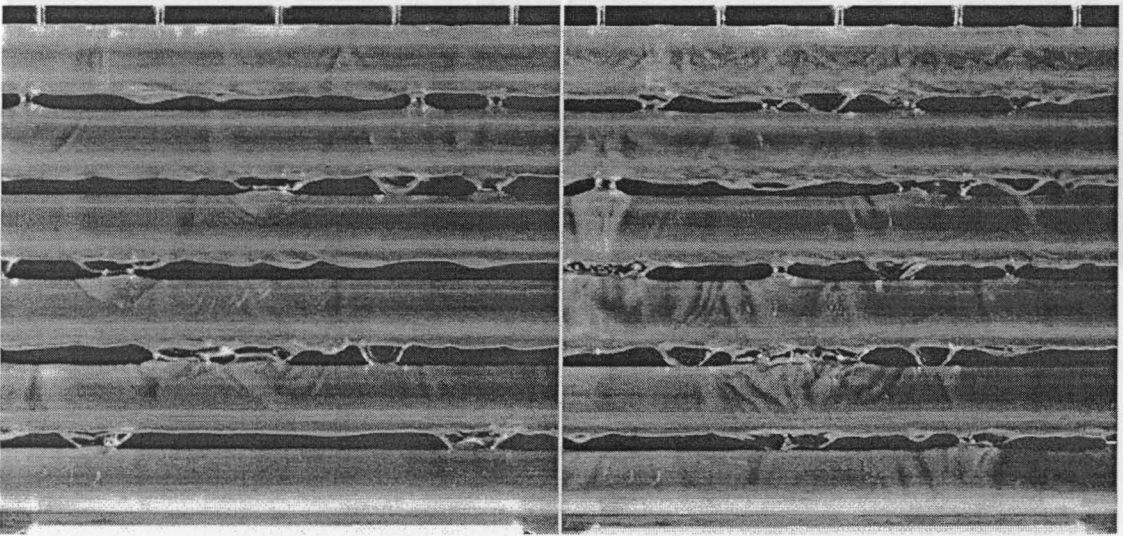
(d)  $D=16\text{mm}$ ,  $Re=50$

Fig.5.2 水平管群流下液膜の流動状況 (管間隔  $d=5\text{mm}$ )



(a)  $D=6\text{mm}$ 、 $Re=20$

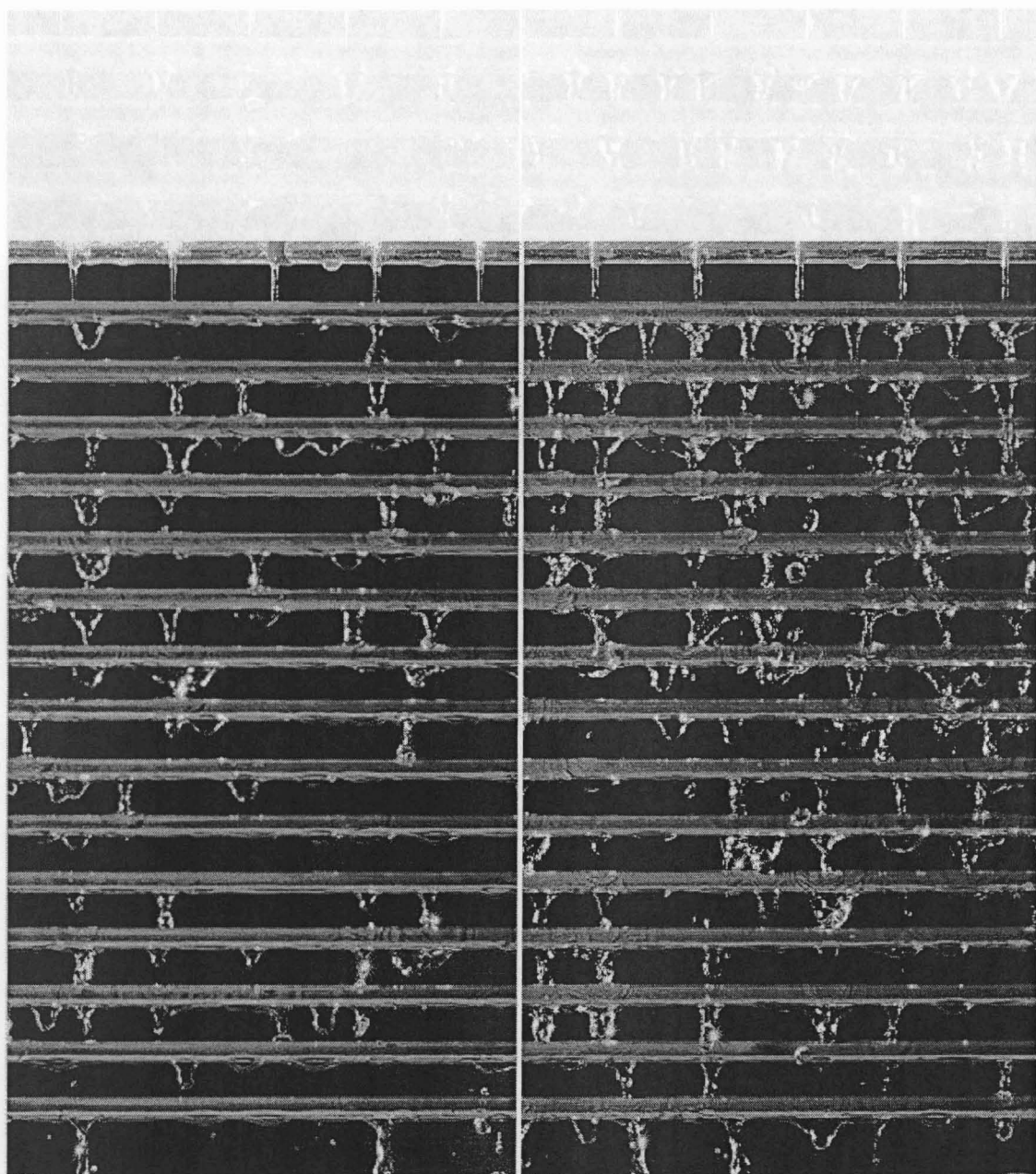
(b)  $D=6\text{mm}$ 、 $Re=60$



(c)  $D=16\text{mm}$ 、 $Re=20$

(d)  $D=16\text{mm}$ 、 $Re=50$

Fig.5.2 水平管群流下液膜の流動状況 (管間隔  $d=5\text{mm}$ )



(a)  $D=6\text{mm}$ ,  $Re=20$

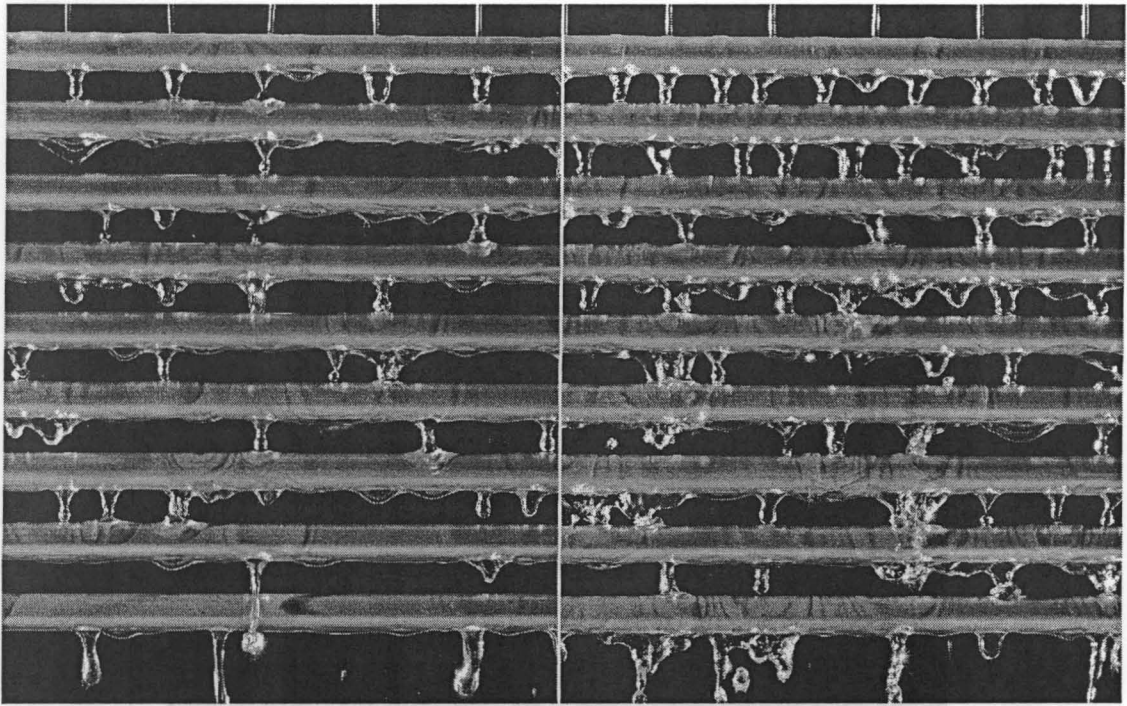
(b)  $D=6\text{mm}$ ,  $Re=60$

Fig.5.3 水平管群流下液膜の流動状況 (管間隔  $d=10\text{mm}$ )

(e)  $D=16\text{mm}$ ,  $Re=20$

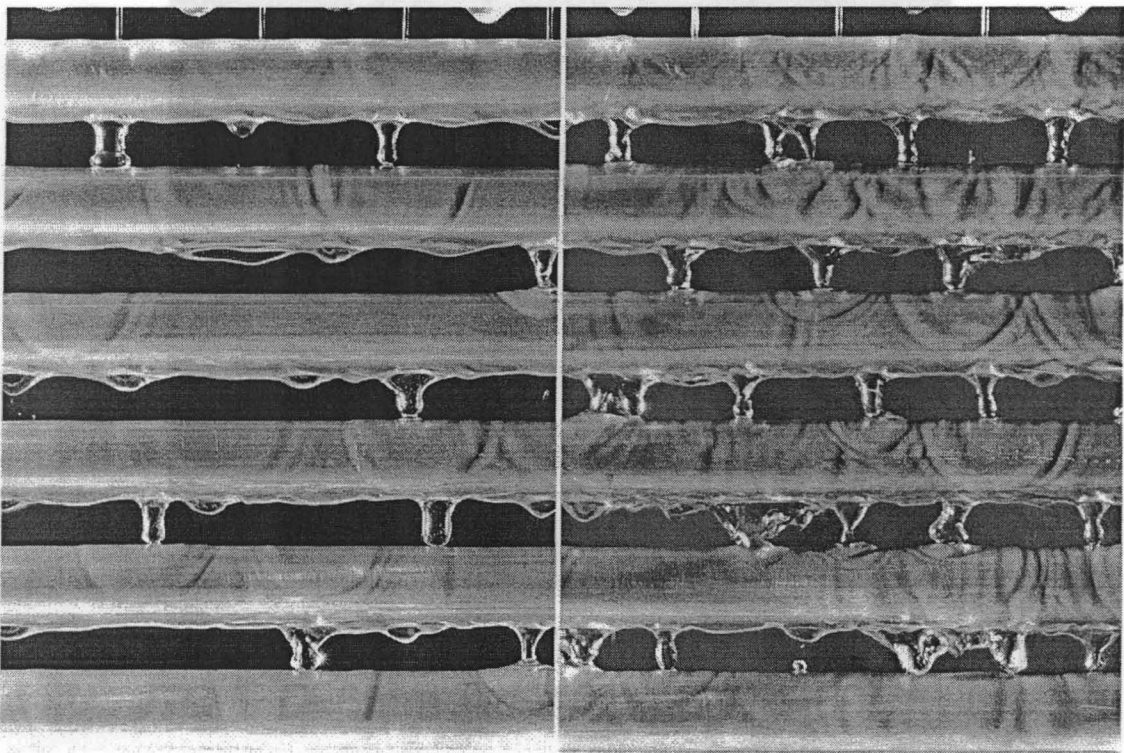
(f)  $D=16\text{mm}$ ,  $Re=60$

Fig 5.3 水平管群流下液膜の流動状況 (管間隔  $d=10\text{mm}$ )



(c)  $D=10\text{mm}$ 、 $Re=20$

(d)  $D=10\text{mm}$ 、 $Re=60$



(e)  $D=16\text{mm}$ 、 $Re=20$

(f)  $D=16\text{mm}$ 、 $Re=60$

Fig.5.3 水平管群流下液膜の流動状況 (管間隔  $d=10\text{mm}$ )

飛散流量比 %

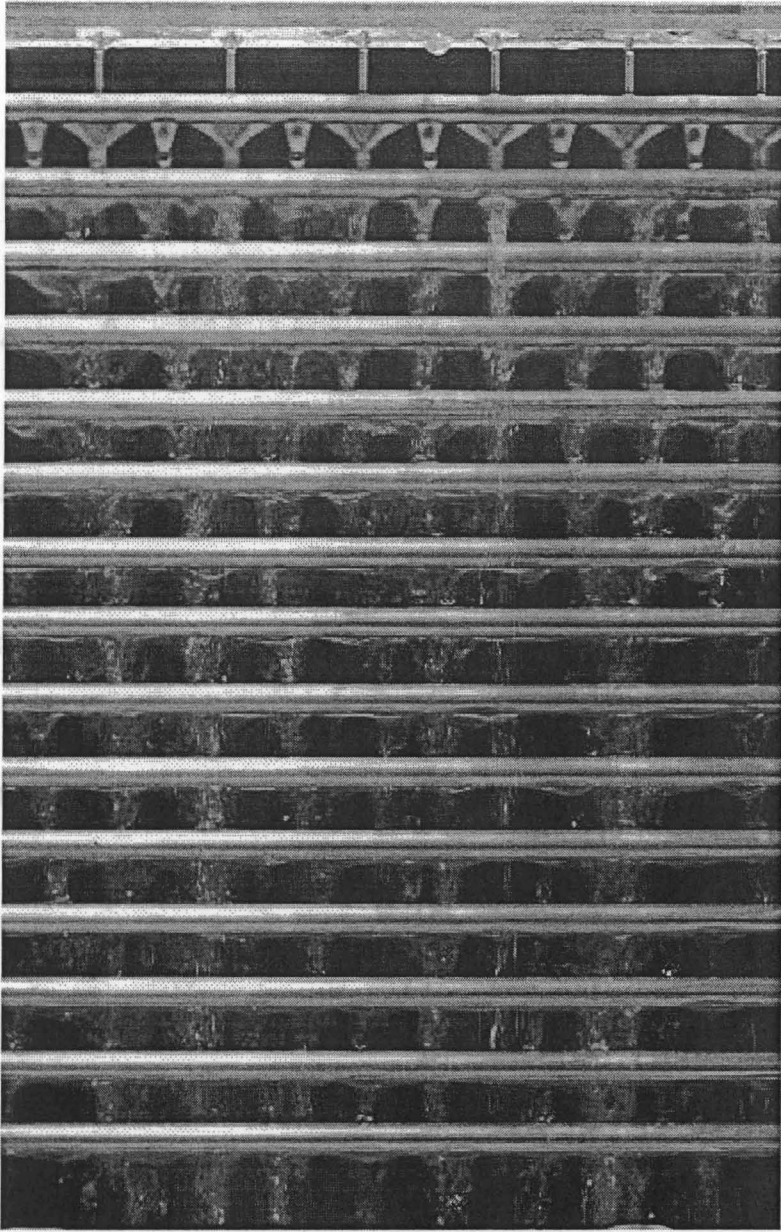


Fig.5.4 水平管群流下液膜の流動状況(長い露出時間)  
 $D=6\text{mm}$ 、 $d=10\text{mm}$ 、 $Re=60$



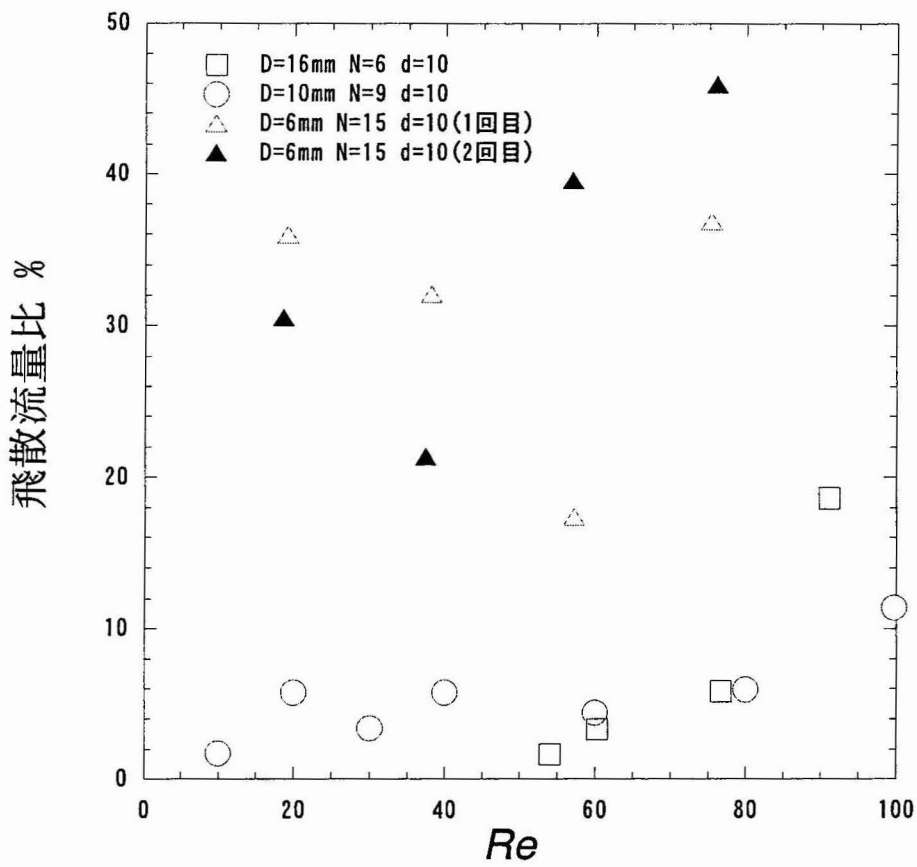


Fig.5.5 飛散流量比と  $Re$  の関係

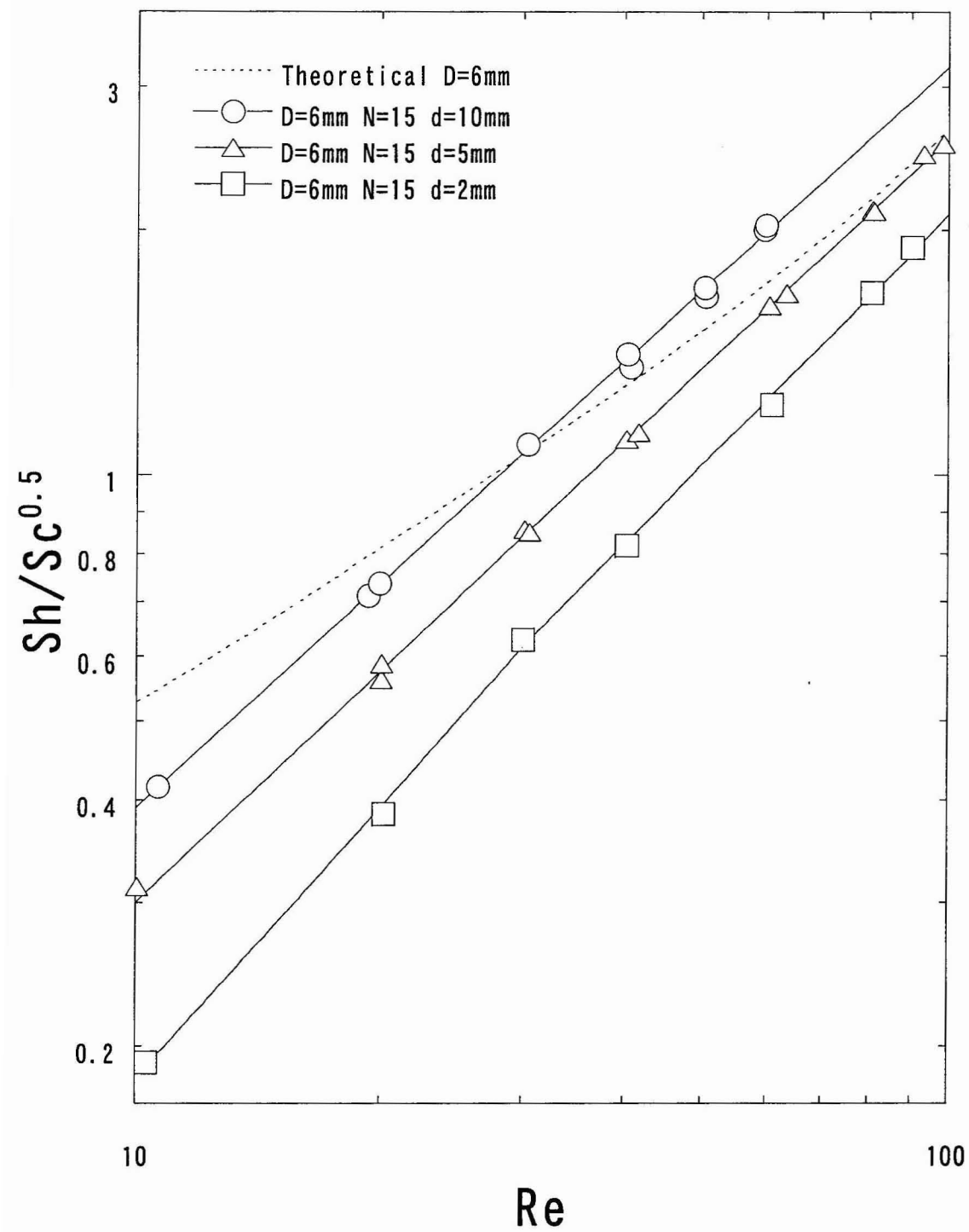


Fig.5.6 管と管の間隔  $d$  の影響 ( $D=6mm$ )

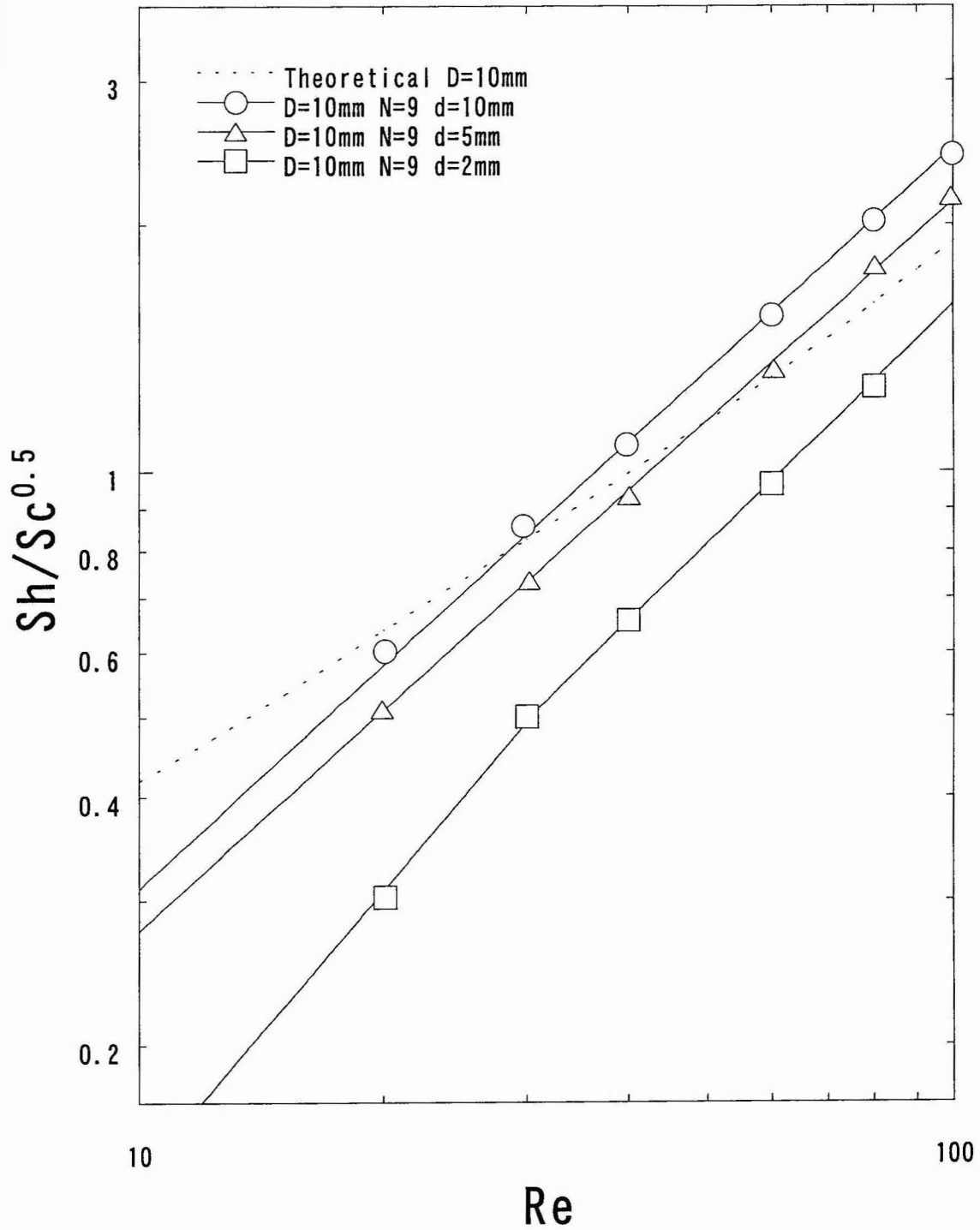


Fig.5.7 管と管の間隔  $d$  の影響 ( $D=10mm$ )

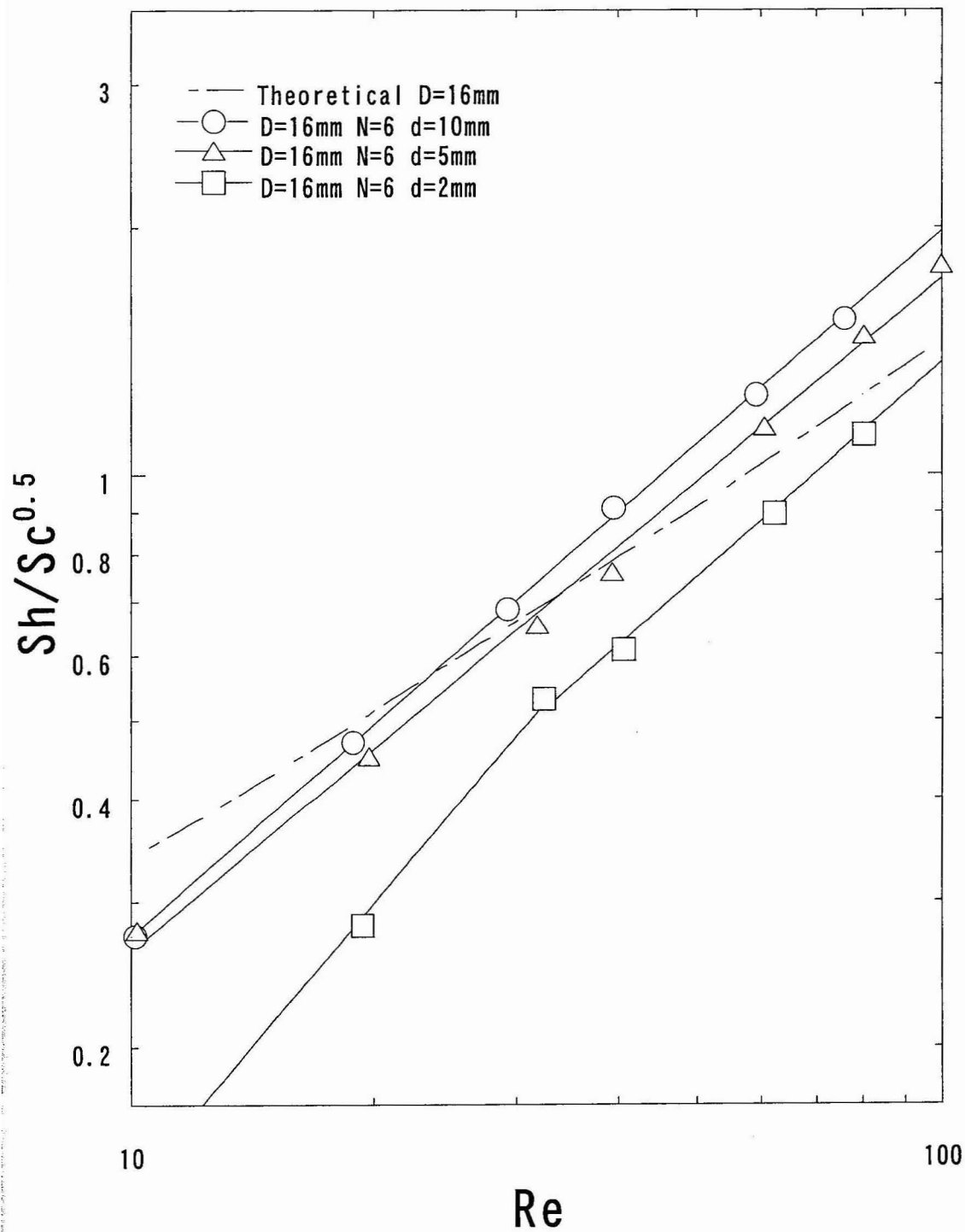


Fig.5.8 管と管の間隔  $d$  の影響 ( $D=16\text{mm}$ )

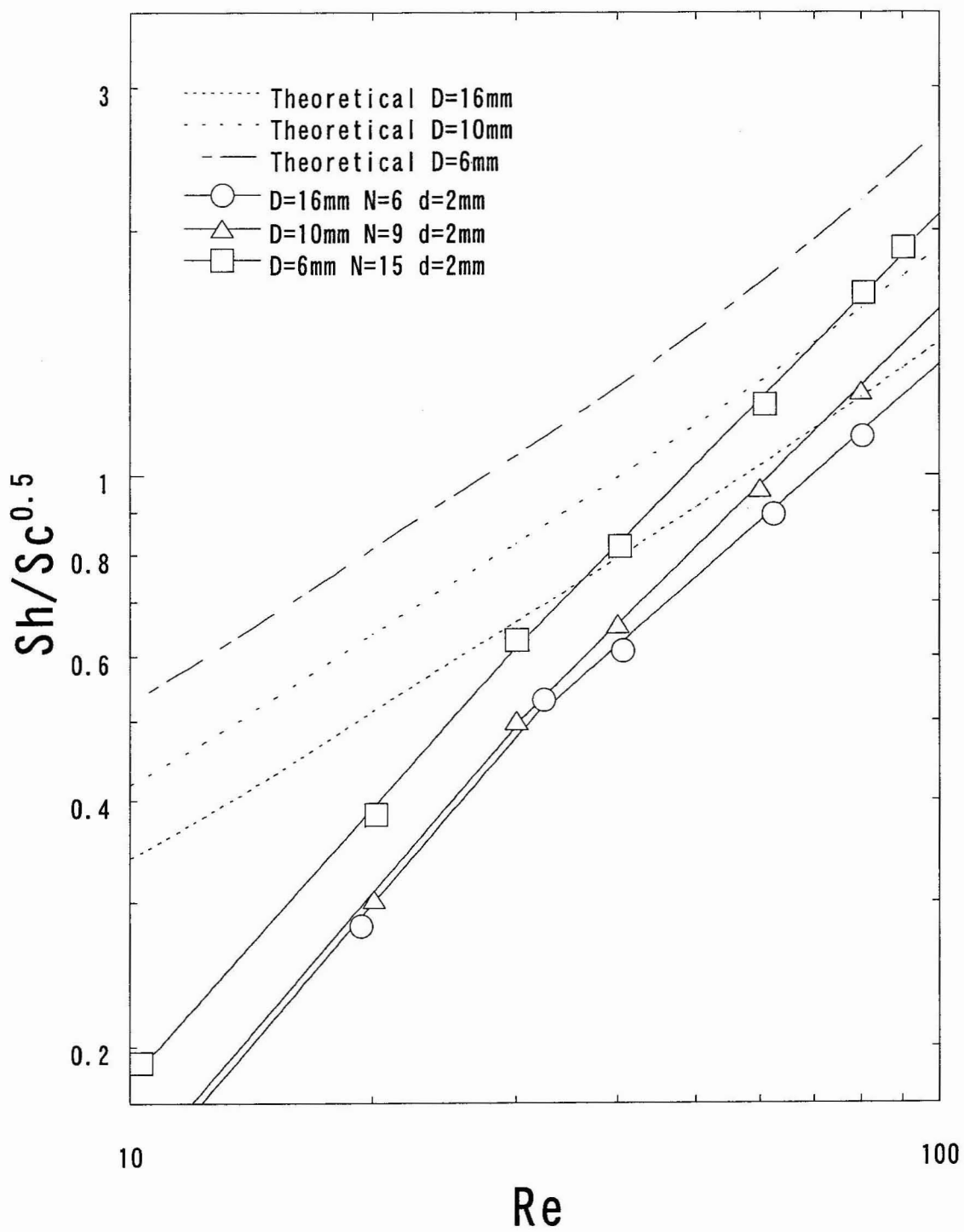


Fig.5.9 管径の影響 ( $d=2mm$ )

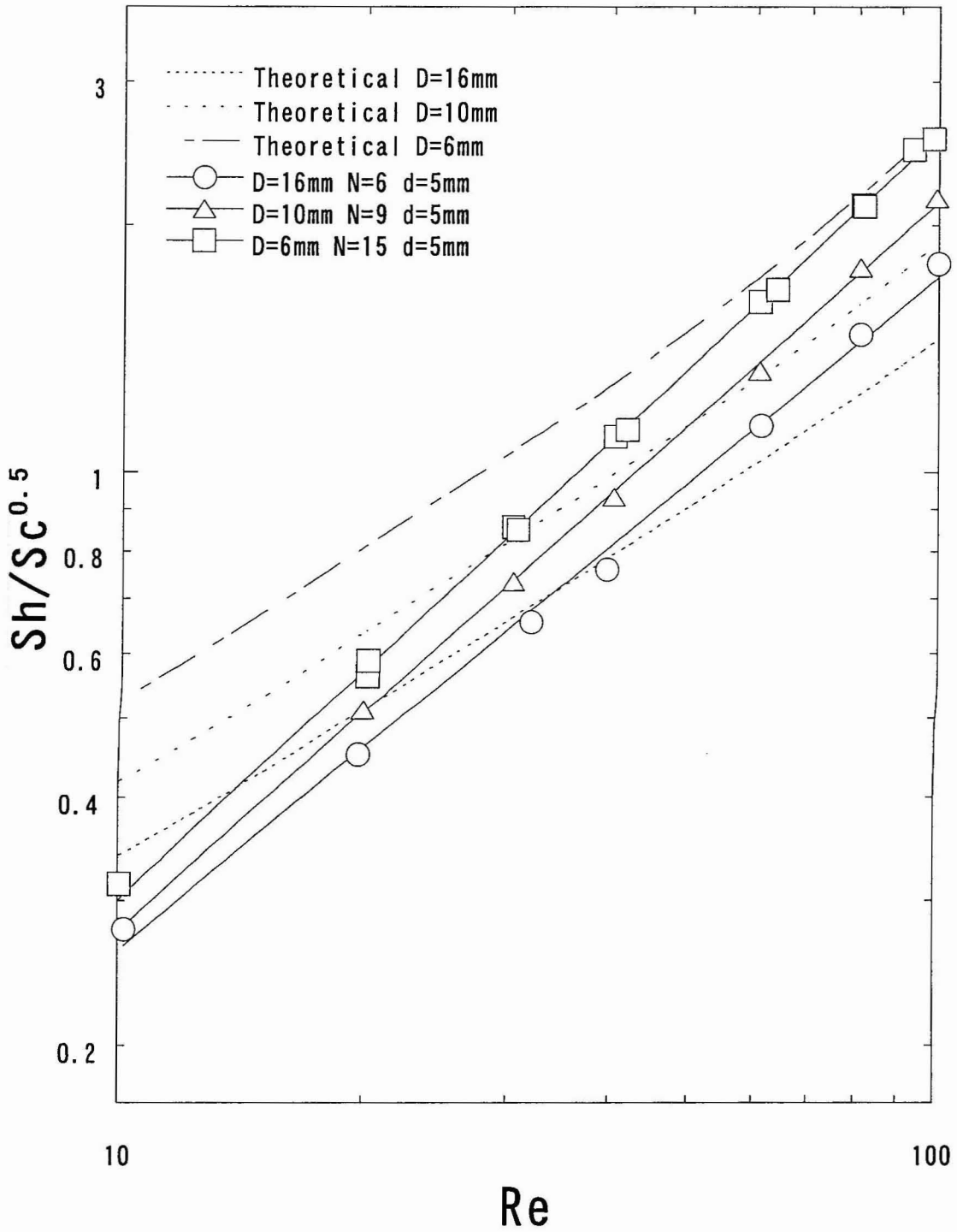


Fig.5.10 管径の影響 ( $d=5mm$ )

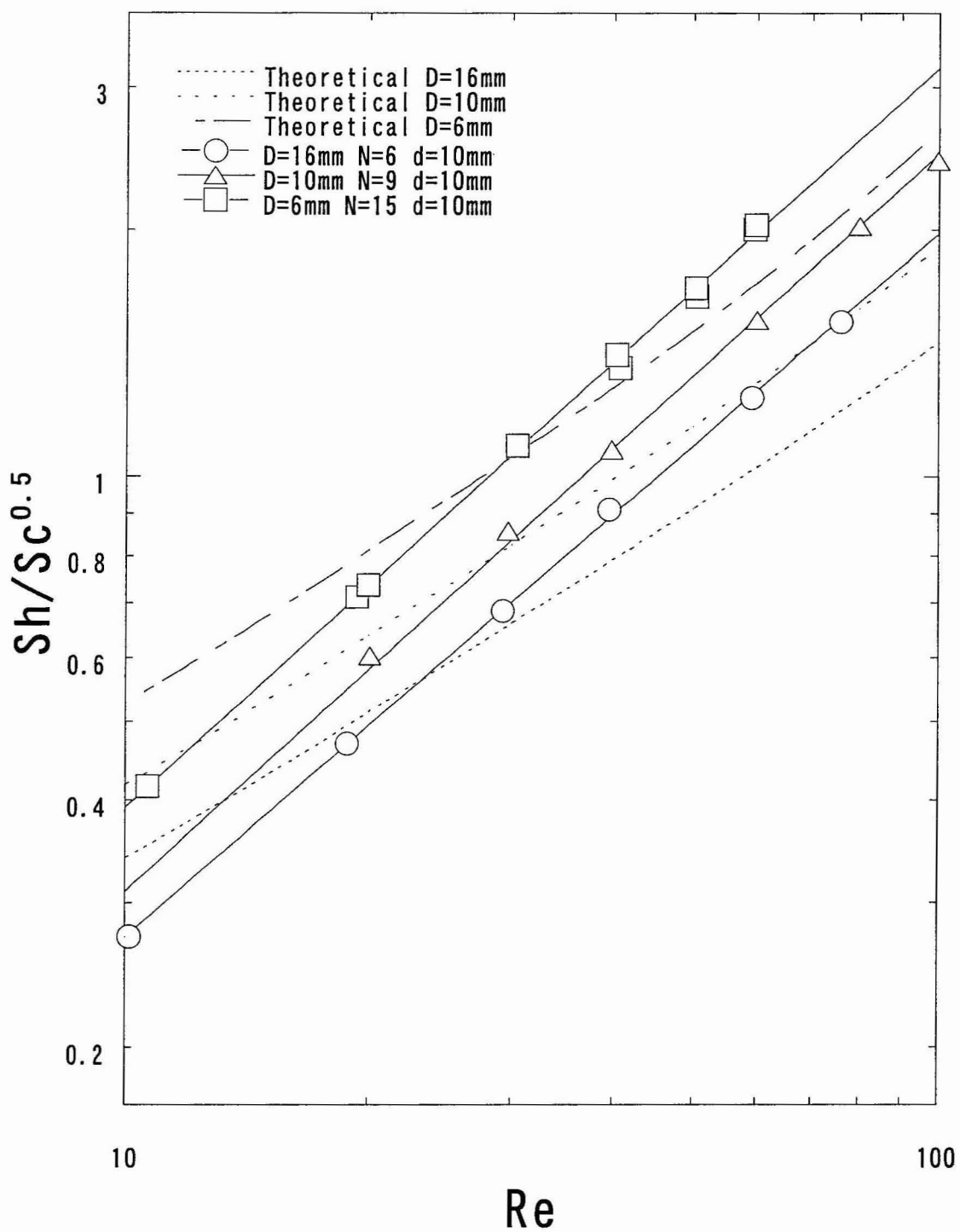


Fig.5.11 管径の影響 ( $d=10\text{mm}$ )

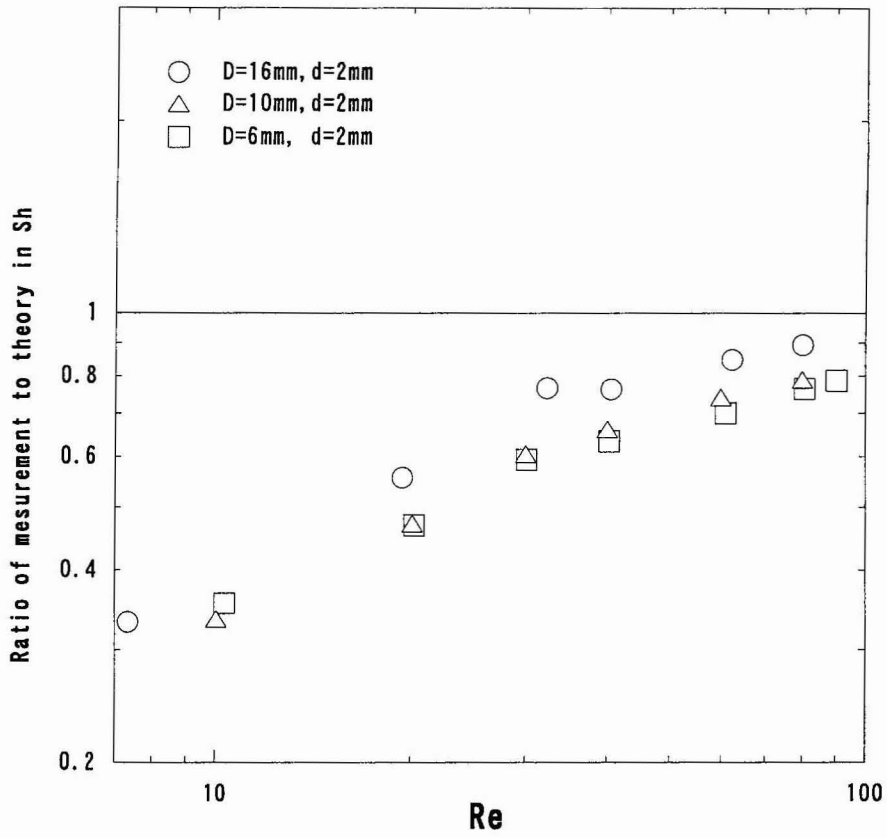


Fig.5.12 実験値と理論値の比と  $Re$  の関係 ( $d=2\text{mm}$ )



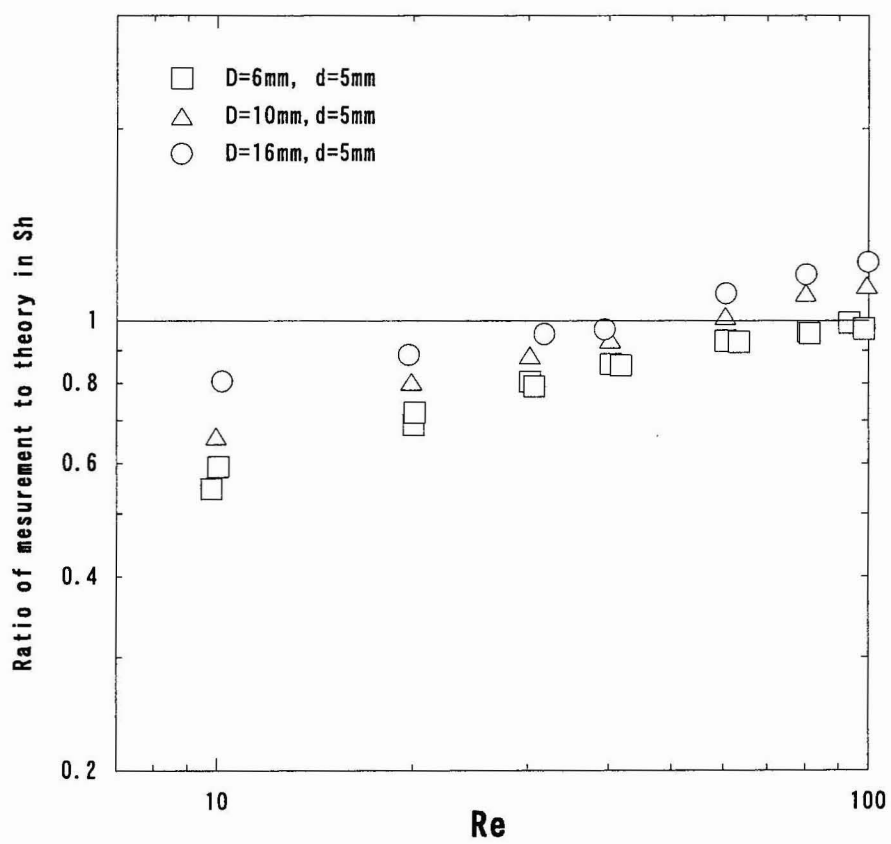


Fig.5.13 実験値と理論値の比と  $Re$  の関係 ( $d=5\text{mm}$ )

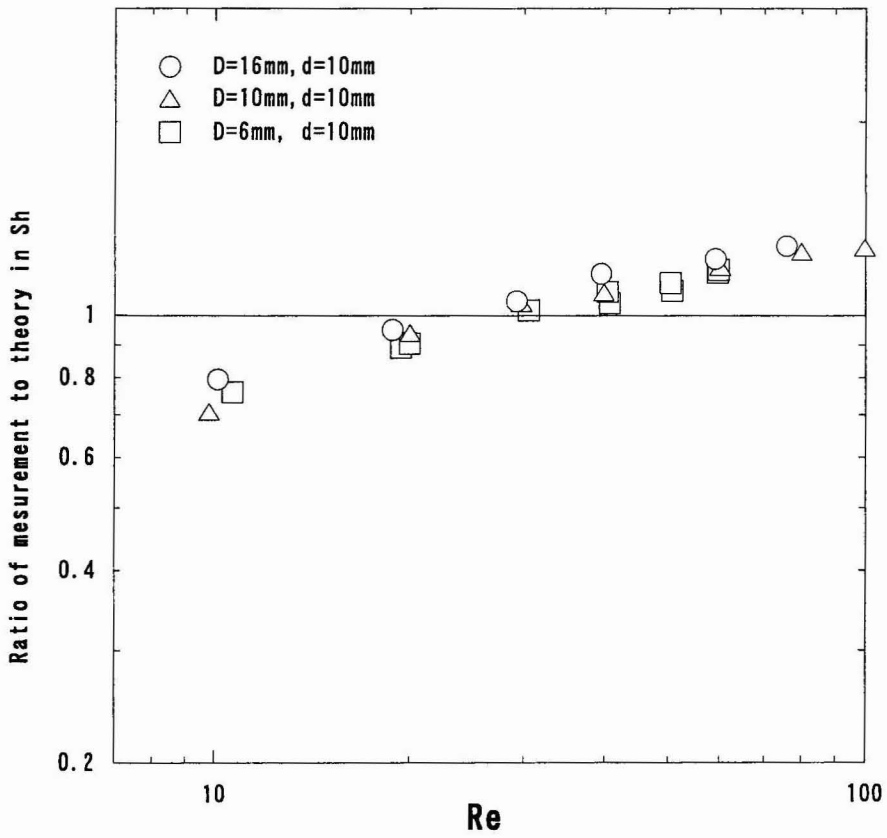


Fig.5.14 実験値と理論値の比と  $Re$  の関係 ( $d=10\text{mm}$ )

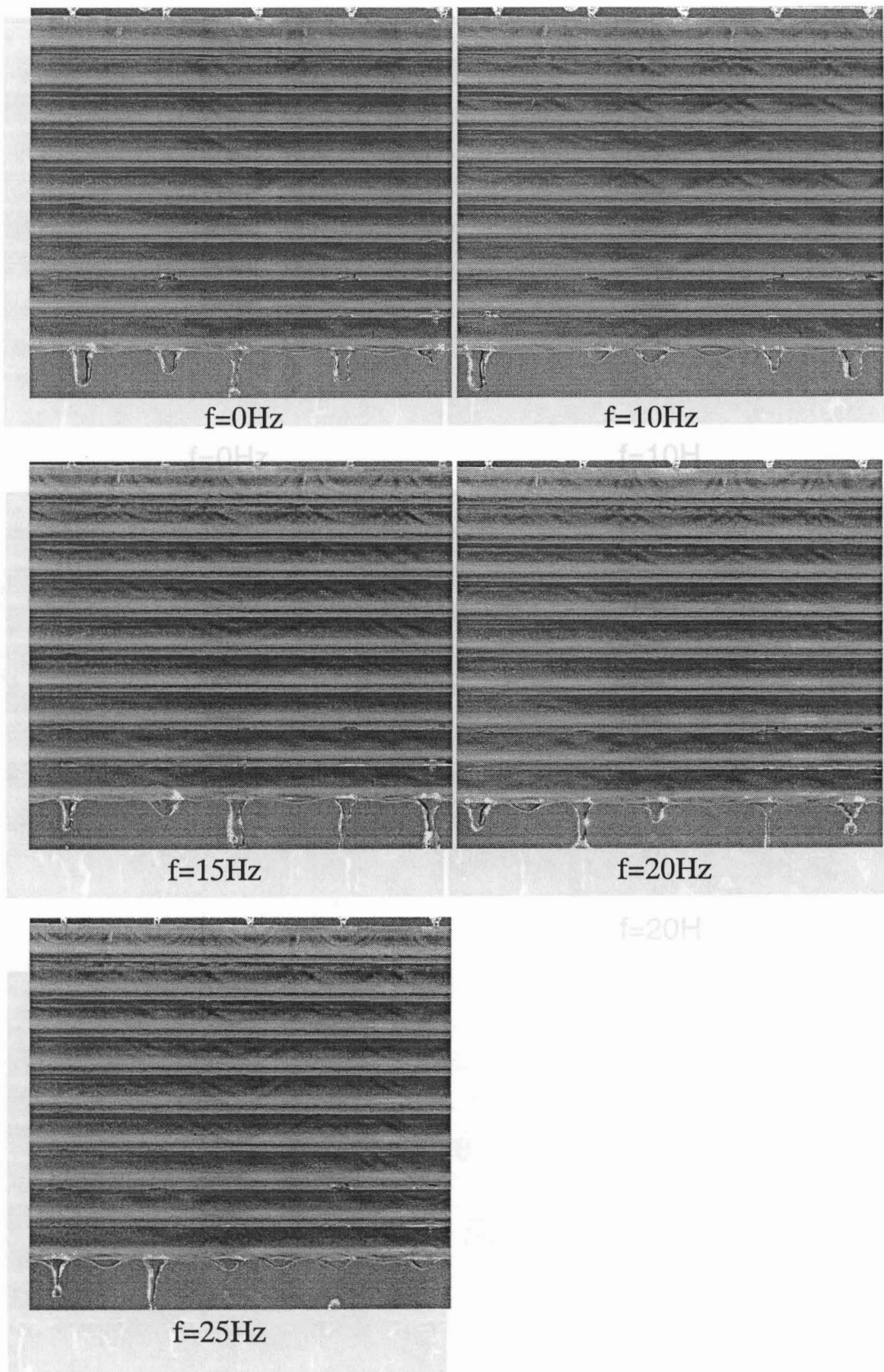


Fig.5.15  $Re=20$  での振動を与えた場合の流動状

Fig.5.16  $Re=60$  における振動を与えた場合の流動状況

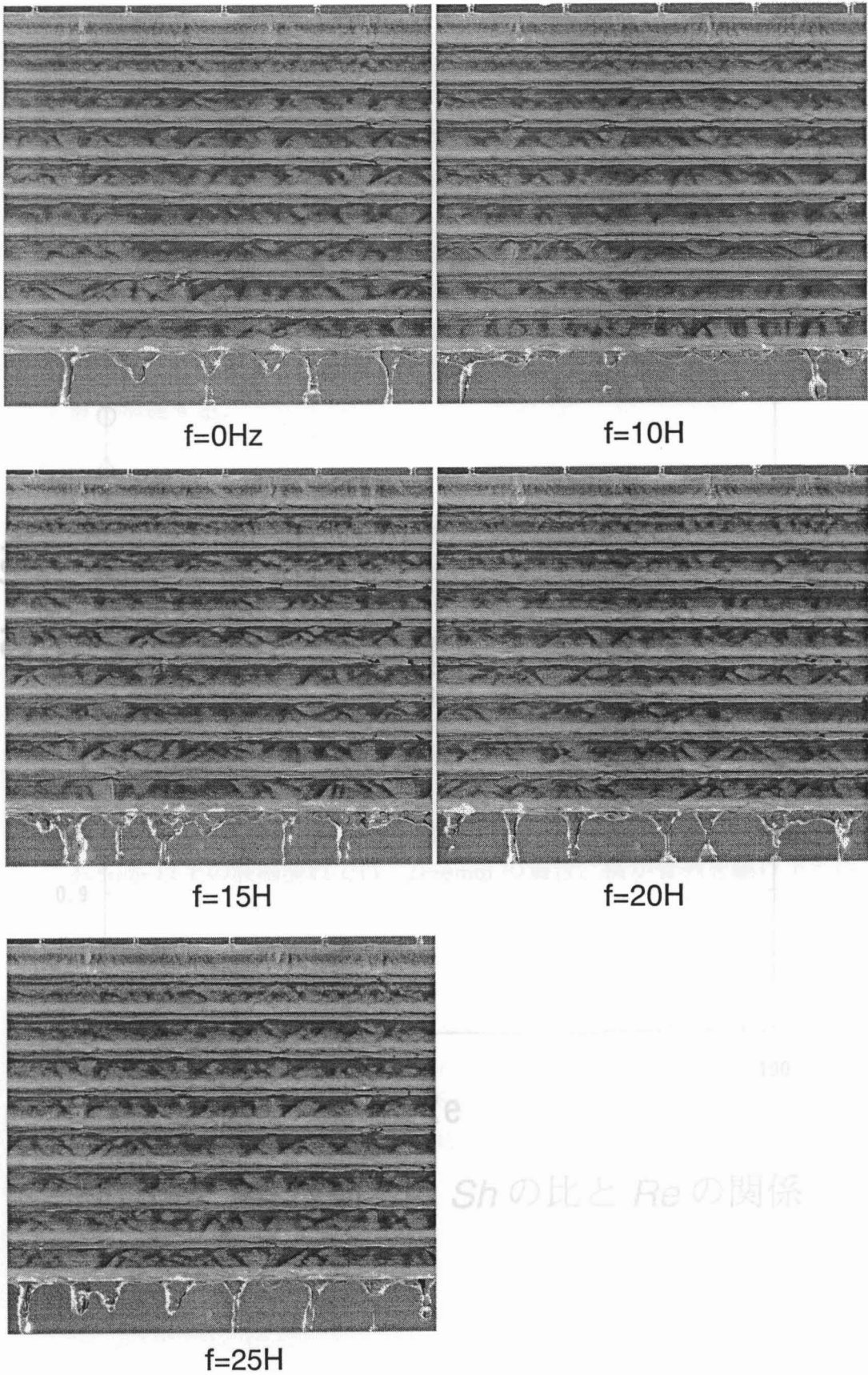


Fig.5.16  $Re=60$  における振動を与えた場合の流動状況

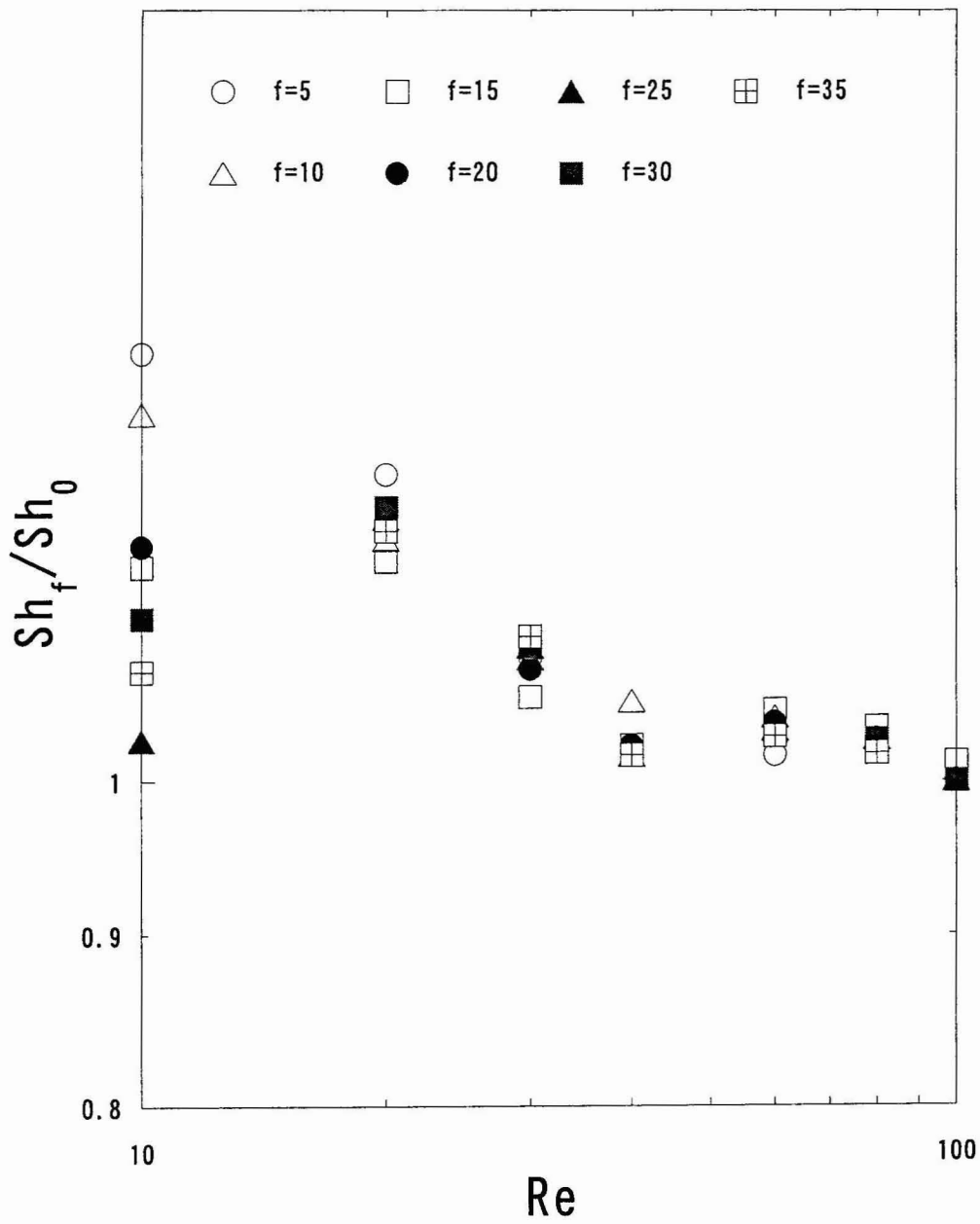


Fig.5.17 有振動との  $Sh$  の比と  $Re$  の関係

## 6 結言

管径  $D$  の影響を明らかにするために、管径を 3 通りに変化させ、また、管と管の隙間間隔を変化させて、流下する液膜表面の波の運動とガス吸収速度を測定した。得られた知見は以下の通りである。

1. 管と管の間隔  $d=2\text{mm}$  の場合、管と管間にシート状の液膜が形成され、液膜は管上及び管間を連続した流れとなる。
2.  $d=5\text{mm}$  および  $10\text{mm}$  では、管の底部に懸垂滴が形成され、それが不連続に次段の管の頂部と接触し、吸収されて管上の液膜に放射状の強い表面波を形成する。
3.  $d=2\text{mm}$  では、低い  $Re$  では滑らかな表面を持つシート流れで管列を流下するので、管と管の間での液膜の混合が小さく液膜に層流濃度境解層が発達し物質伝達率が小さい。 $Re$  の増加につれ表面波が多数発生しガス吸収を促進させる。
4. 管の間隔  $d$  が十分大きいと滴落下により強い混合が生じ、さらに、液膜上に放射状の強い表面波が発生し、物質伝達を促進する。そのため、 $d$  が大きいとガス吸収が大きい。
5. 管径  $D$  を小さくすると、管頂から管底までの流下距離が短くなり、濃度境解層が薄くなるため物質伝達率が大きくなる。
6.  $d=2\text{mm}$ 、管径  $D=6\text{mm}$  ではレイリー不安定の影響が大きく、それによる表面波が発生するので、大きな管径に比較して  $Sh$  の値は大きい。
7.  $d=5\text{mm}$  以上の液滴流れでは、 $D=6\text{mm}$  の場合、液が管列を駆け下る様な片寄りの大きい流れとなり、 $Sh$  は小さくなる。
8. 実験値と理論の  $Sh$  の比は、 $Re$  の増加と共に増大し、高  $Re$  で 1 を越える。また、 $d=5\text{mm}$  では、 $D$  が大きい順に  $Sh$  の比は大きく、 $d=2\text{mm}$  では、 $D=6\text{mm}$  と  $10\text{mm}$  はほぼ同じ  $Sh$  の比を取る。
9. 振動を与えて散布した場合、 $d=2\text{mm}$  でのシート流れでは、低  $Re$  ではガス吸収の促進が見られ、その効果は  $Re=20$  で約 19% の  $Sh$  の増加が望める。 $Re$  の増加に伴いその効果は減少し、 $Re>40$  では振動による促進は認められない。

## 参考文献

- [1] Sideman, et al. *Int. J. Heat Mass Transfer* **21**(1978) pp. 285-294
- [2] T. Nosoko, et al. *Int. J. Heat Mass Transfer* **45** (2002) pp. 2729-2738
- [3] A. Tamir, et al. *Chem. Eng. Sci.* **26** (1971) pp. 799-808
- [4] G.A. Truesdale, A.L. Downing and G.F. Lowden; *J. Appl. Chem.* Vol. 5, pp.54~62, 1955
- [5] 日本機械学会編、伝熱工学資料、1986、日本機械学会、p. 331.
- [6] R. B. Bird, W.E Stewart and E.N Lightfoot, *Transport Phenomena*, and End, Joh Wiley&Sons. Inc, New York, 2002, p.529