

【整番】FE-19-TM-007 【標題】 種々の断面形状における渦励振のストローハル数  
 分類：流れ(流体振動)／種別：設計メモ 作成年月：H19.9／改訂：Ver0.1 (H19.9) 作成者：N. Miyamoto

## 第一回訂正：引用誤記

全 17 枚

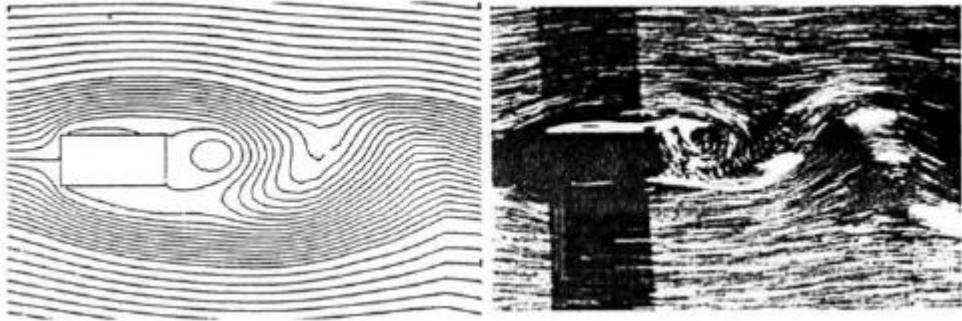


$$f = S_t \cup D \quad \text{-----} (1)$$

ここで  $U$  は流体の速度、 $D$  は振動流体に曝される構造物(物体)の代表長さである。通常、ストローハル数  $St$  には相似則が成立し、物体の幾何的条件(形状/迎角/角の丸みなど)及び物体周辺の粘性/乱れ(レイノルズ数など)が類似しておれば、実験データ等で得られたものと殆ど同じ値が再現

できる。即ち、実験/解析によることなく物体周辺でおきるカルマン渦等の振動数(あるいは周期)を予測することができる。

本 TS は、カルマン渦など渦励振を対象に実験などから得られたストローハル数の公開データを集めたものであり、流体振動問題で十分活用できると思う。



2. ストローハル数データの一覧を表1に示す。種類は円柱、角柱、型柱(例えば形鋼材を用いた梁)、チューブ配列(熱交の管束)、その他の断面の5つ。断面形状の相似性、例えば、  
 径は違っても同じ円柱、同じ辺長比の角柱、同じ寸法比の溝型鋼材など、  
 が成立し、かつレイノルズ数に余り隔たりがなければ、該当する添付の資料からストローハル数  $S_t$  を  
 読み取って、前述の(1)式を用いて渦振動数  $f$  を推定することができる。この場合、  
 流体の速度( $U$ ) → 物体への近寄り流速(平均値)あるいはチューブ間ギャップ流速  
 代表長さ( $D$ ) → 流れに直交する面における物体の最小投影幅  
 を用いる。詳しくは、資料の図表を参照のこと。

### 3. 添付データを読む上で以下の点に留意のこと。

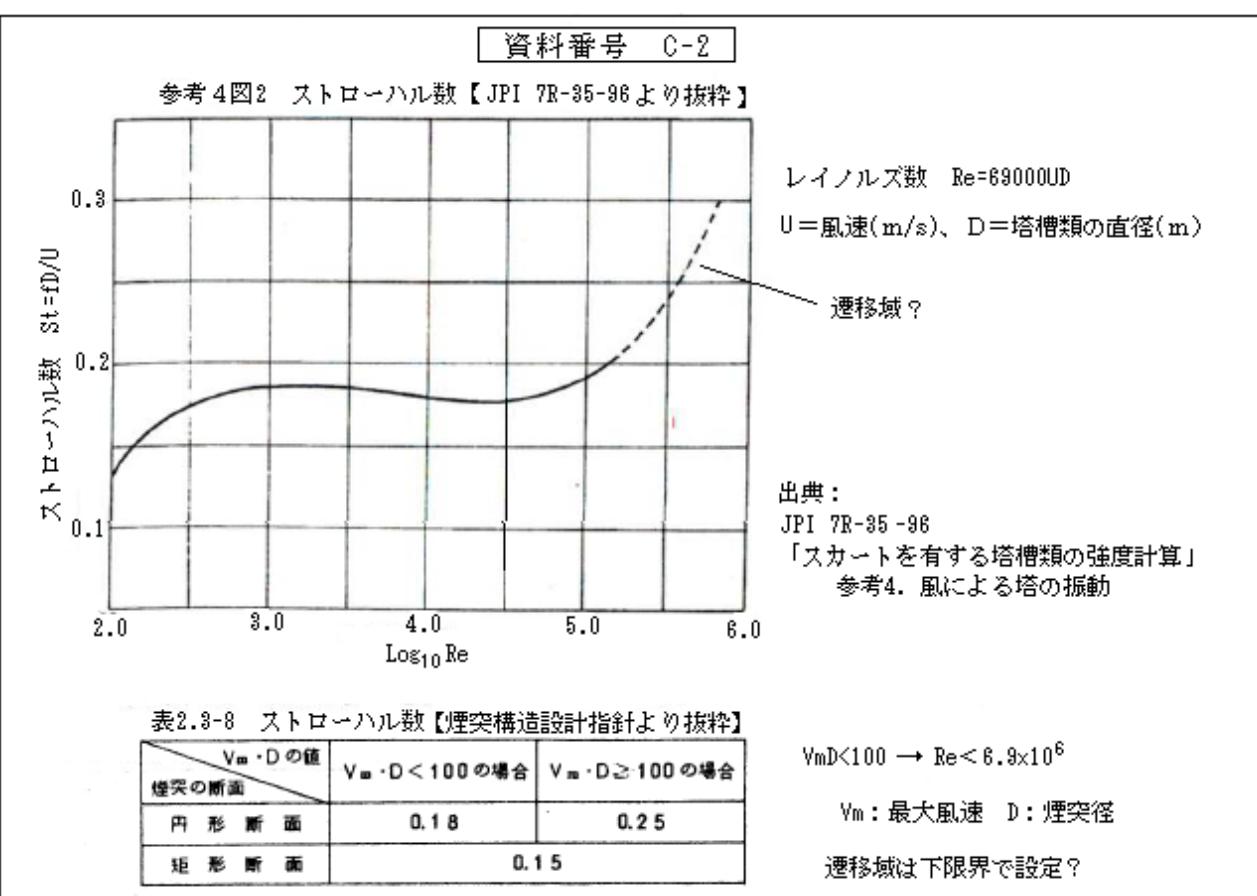
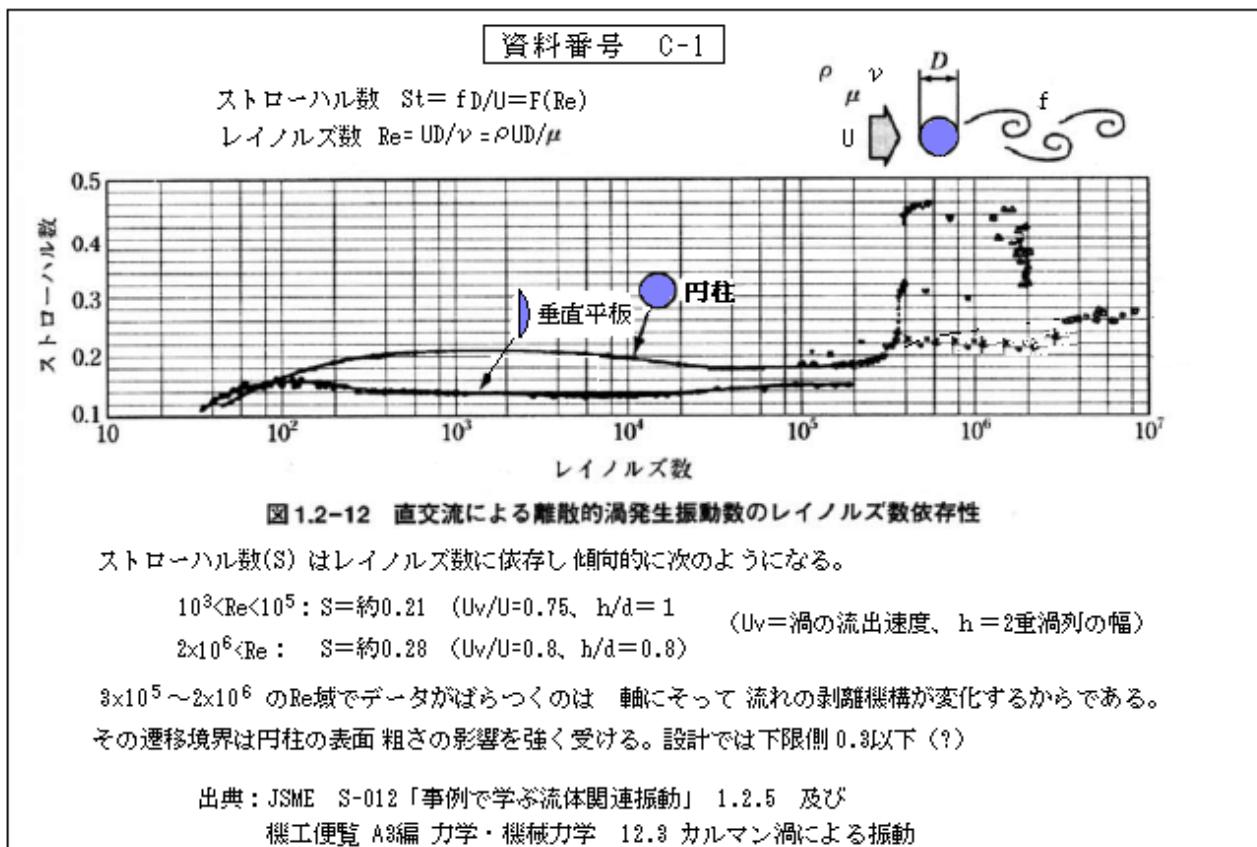
- (1) 資料は種々の文献資料を集めているので、記号は必ずしも U、D ではなく V、d、H とかになっていることもある。代表長さの定義については図表の中の St 式からも確認できる。

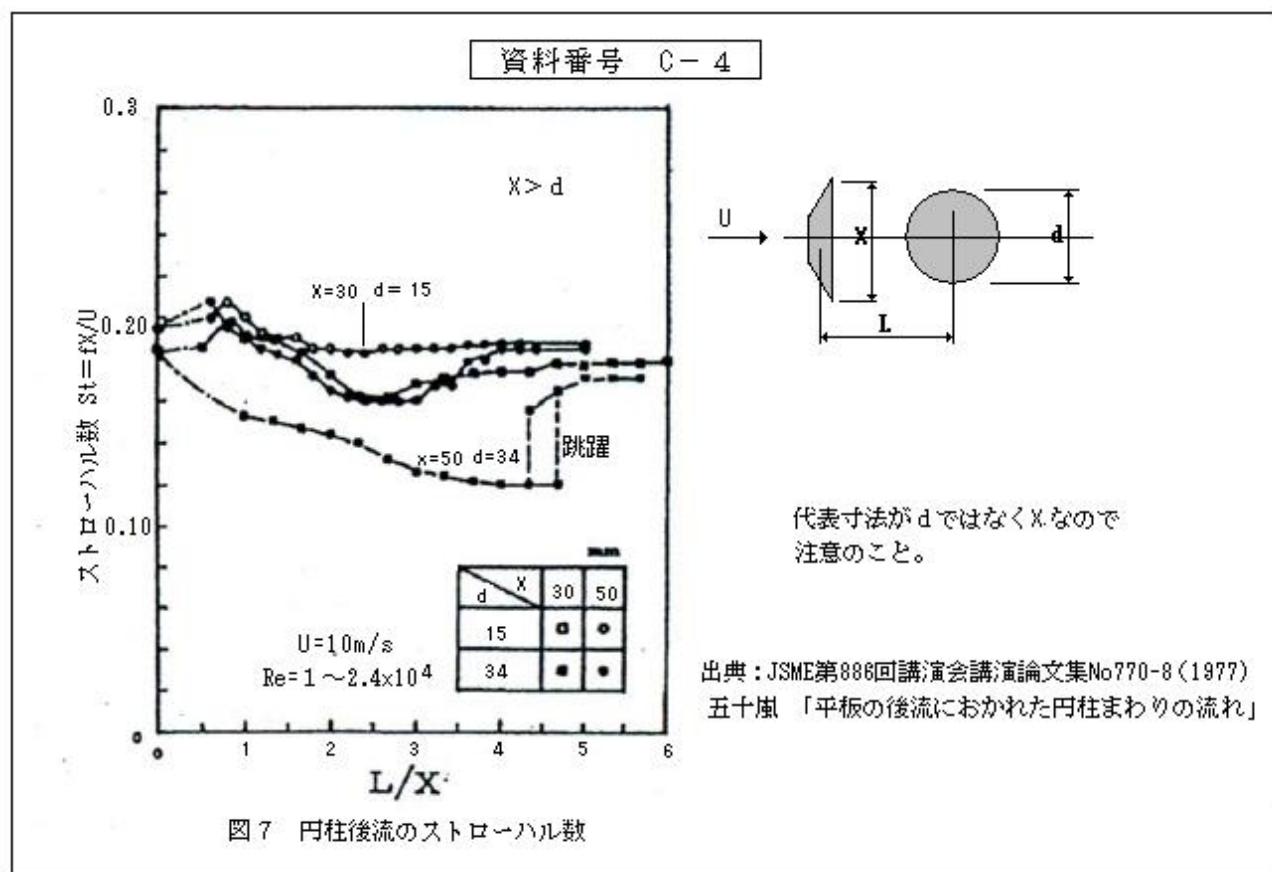
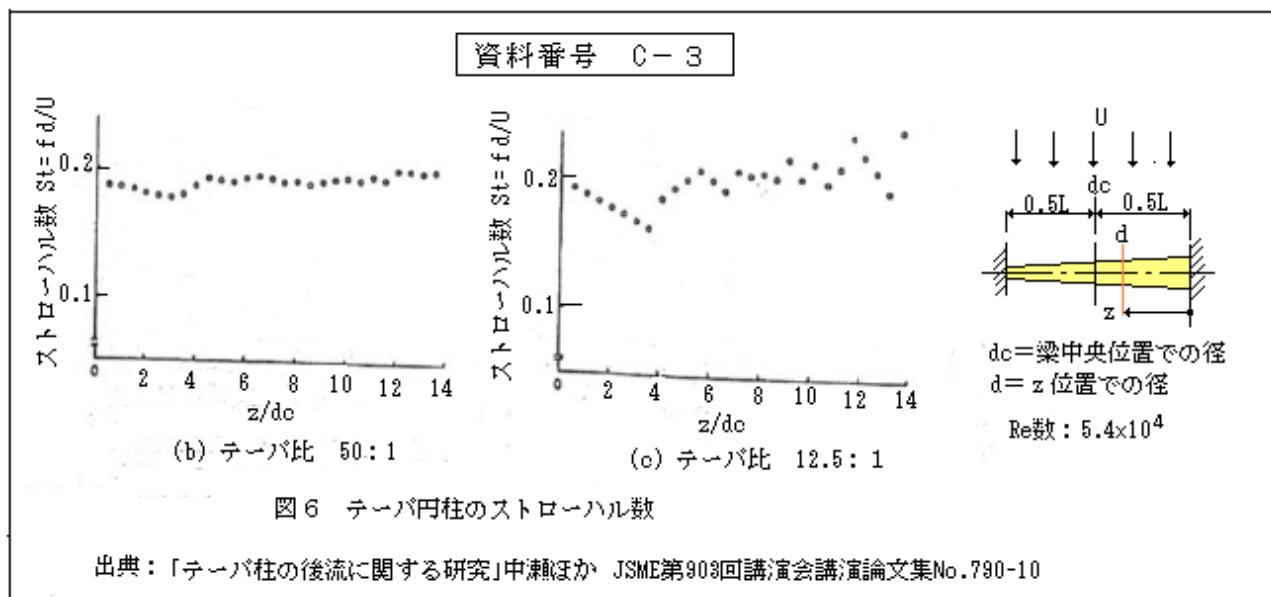
(2) 文献資料によってはレイノルズ数( $Re=UD/\nu$  = 流速 × 代表長さ / 動粘度)が不明確なものもある。この場合、得てしてその形状ではレイノルズ数が効かず無視されていることが多い。ただ流況は実験可能な乱流域( $10^3 \sim 10^5$ )になっている筈である。レイノルズ数が大きく異なる場合や偏流が予想される場合は、採用値に幅をもたせるようにするのがよい。

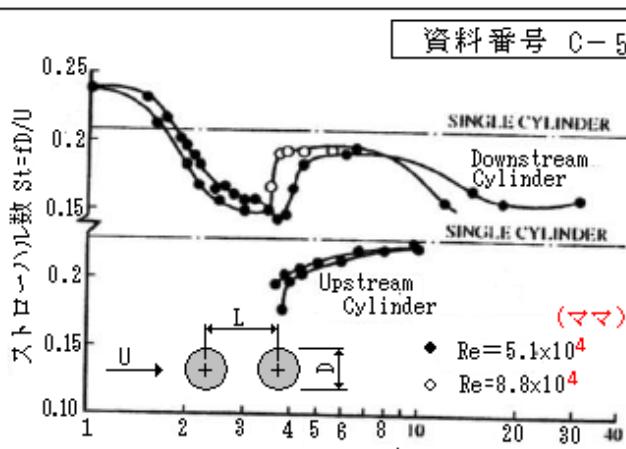
(3) 場合によって相似性について判断できないこともある。その時は出典に直接アプローチする。

表1. スローハル数データ一覧

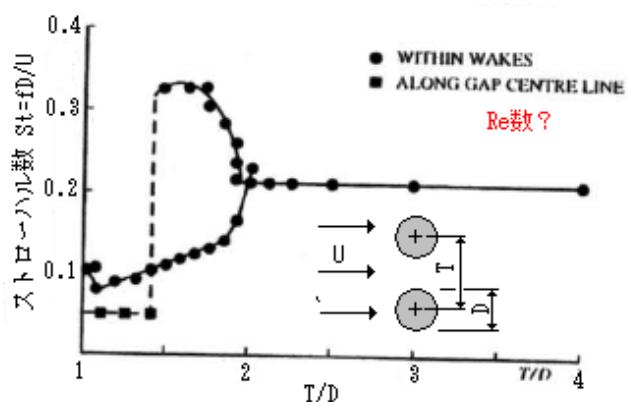
区分	資料番号	形 状	パラメータ
円 柱	C-1	单一円柱(含平板)	Re 数
	C-2	单一円柱	Re 数
	C-3	テーパ円柱	テーパ度、Re 数
	C-4	2つ円柱	ピッチ比
	C-5	後流円柱	寸法比
角 柱	R-1	正方形/長方形	辺長比、Re 数
	R-2	正方形	迎角
	R-3	正方形/長方形	辺長比、Re 数
	R-4	リエントラント形平板	角度/Re 数
	R-5	正方形/長方形	辺長比、角丸み、
	R-6	正方形/長方形	辺長比、迎角、角丸み
	R-7	正方形/長方形	迎角、角丸み、
型 柱	F-1	溝形/T形ほか	形状、迎角
	F-2	T形ほか	形状
	F-3	H型鋼	形状、Re 数
	F-4	プレートガータ	形状
チューブ配列	T-1	各種配列	配列、ピッチ
	T-2	各種配列	配列、ピッチ
	T-3	各種配列	配列、ピッチ
種々の 断面	V-1	各種形状	形状、Re 数
	V-2	各種形状	形状、Re 数
	V-3	半円/三角形	形状、Re 数



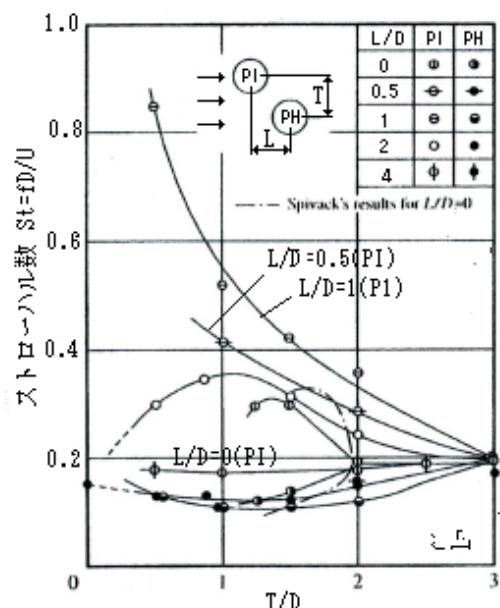




解説図 B5-3 流線上に配置された2円柱の後方円柱のストローハル数の変化<sup>(B5-2)</sup>



解説図 B5-4 流れに直角に配置された2円柱のストローハル数の変化<sup>(B5-3)</sup>

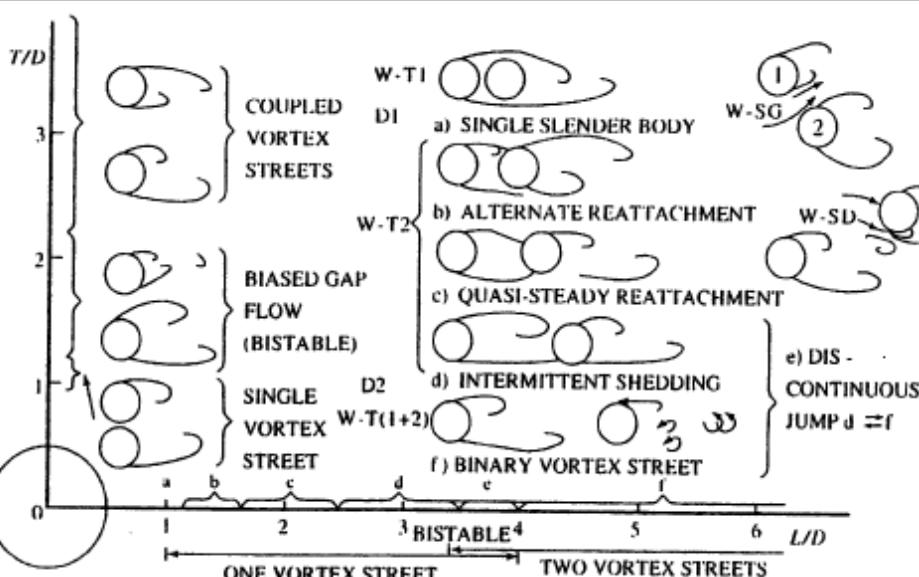


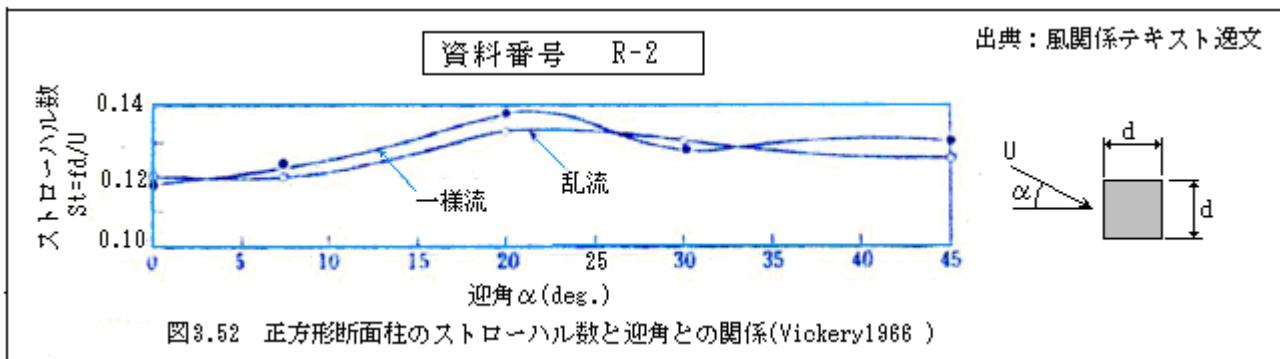
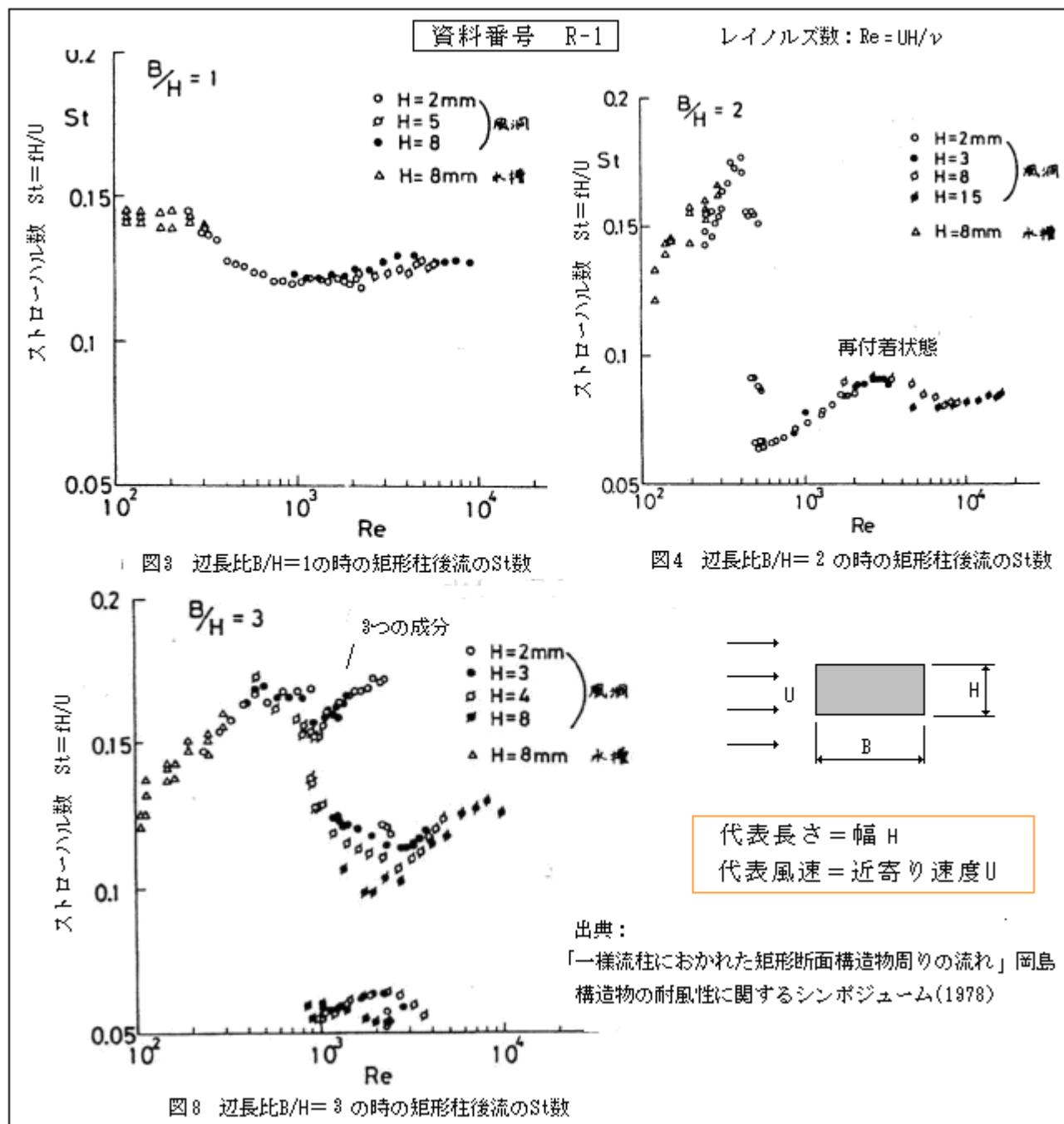
解説図 B5-6 2円柱の間隔とストローハル数の関係<sup>(B5-4)</sup>

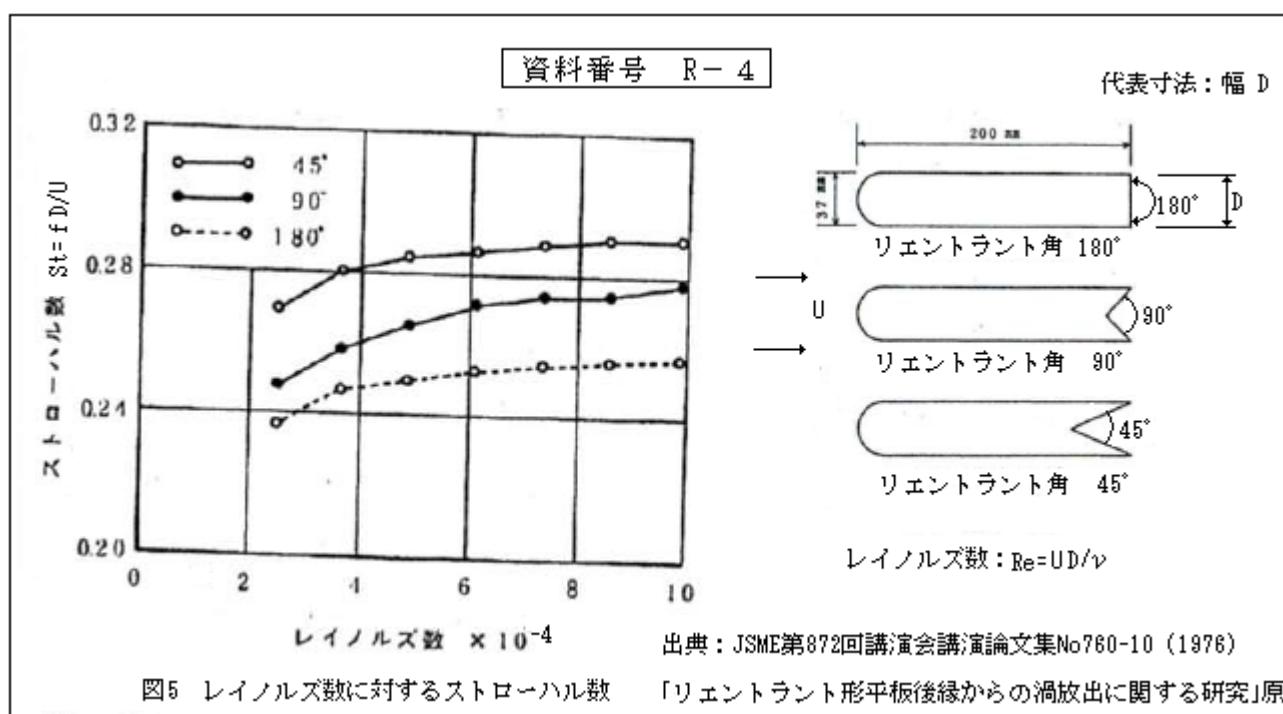
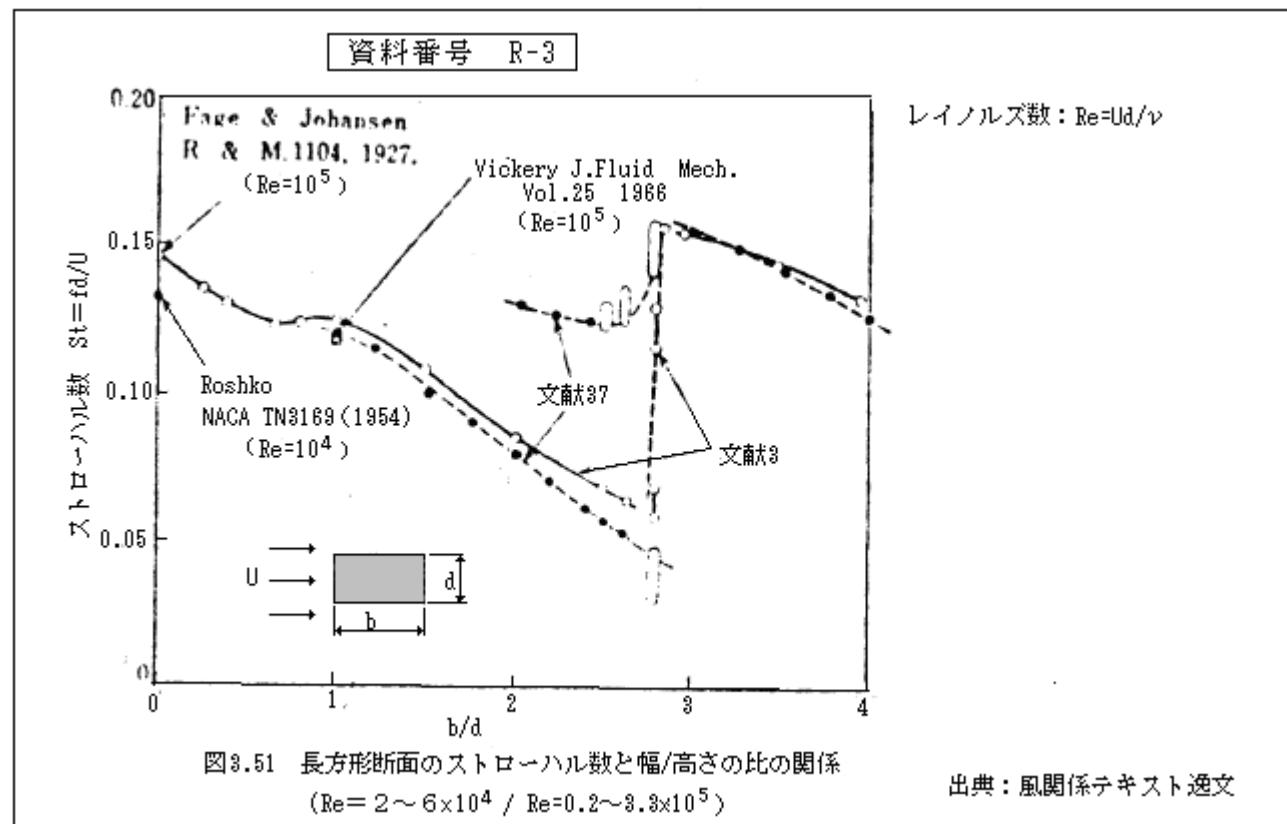
↑  
後の円柱はStが0.2以内と小さいのに比べ、前の円柱はStが大きい

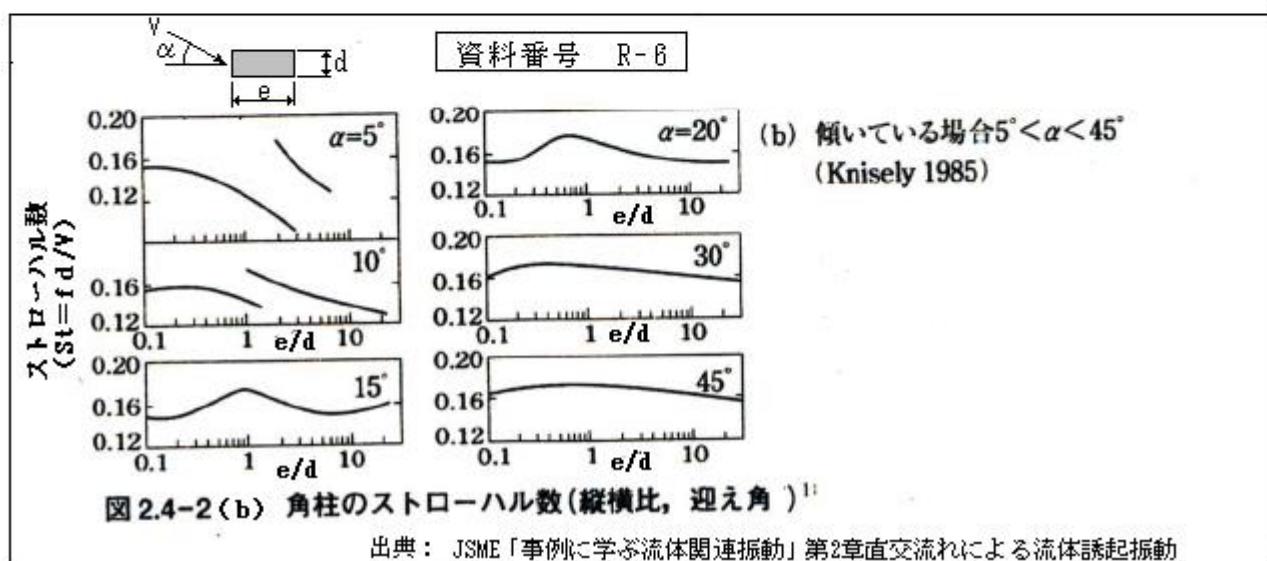
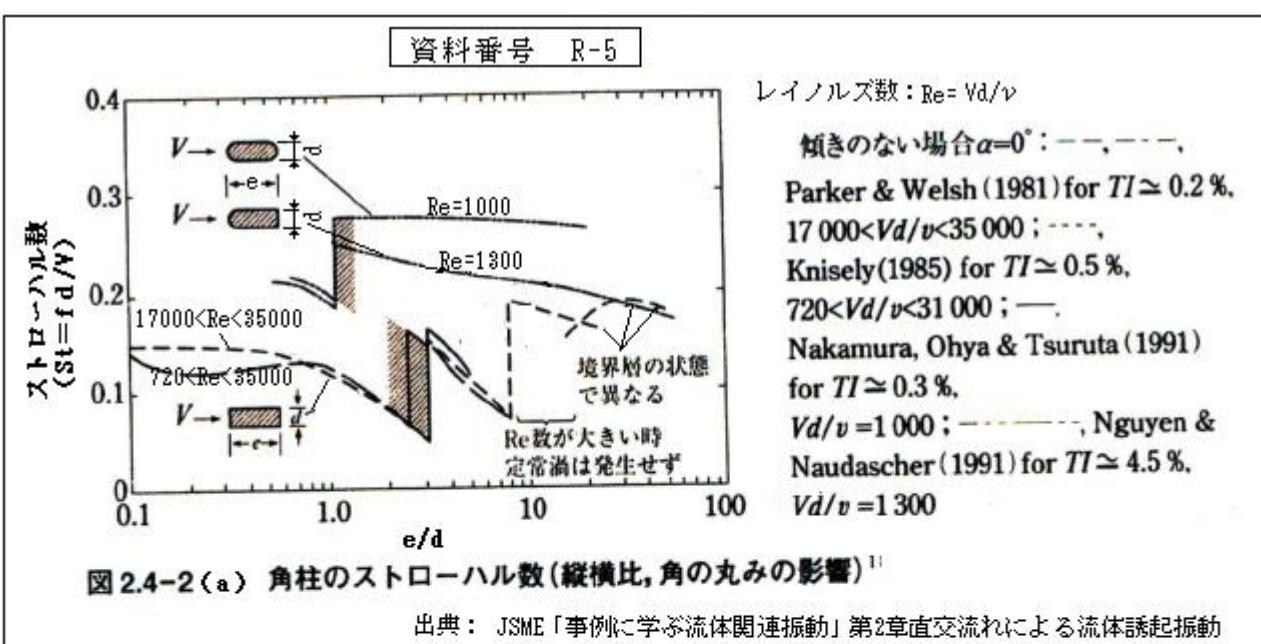
剥離渦の状況を参考として下図に示す。

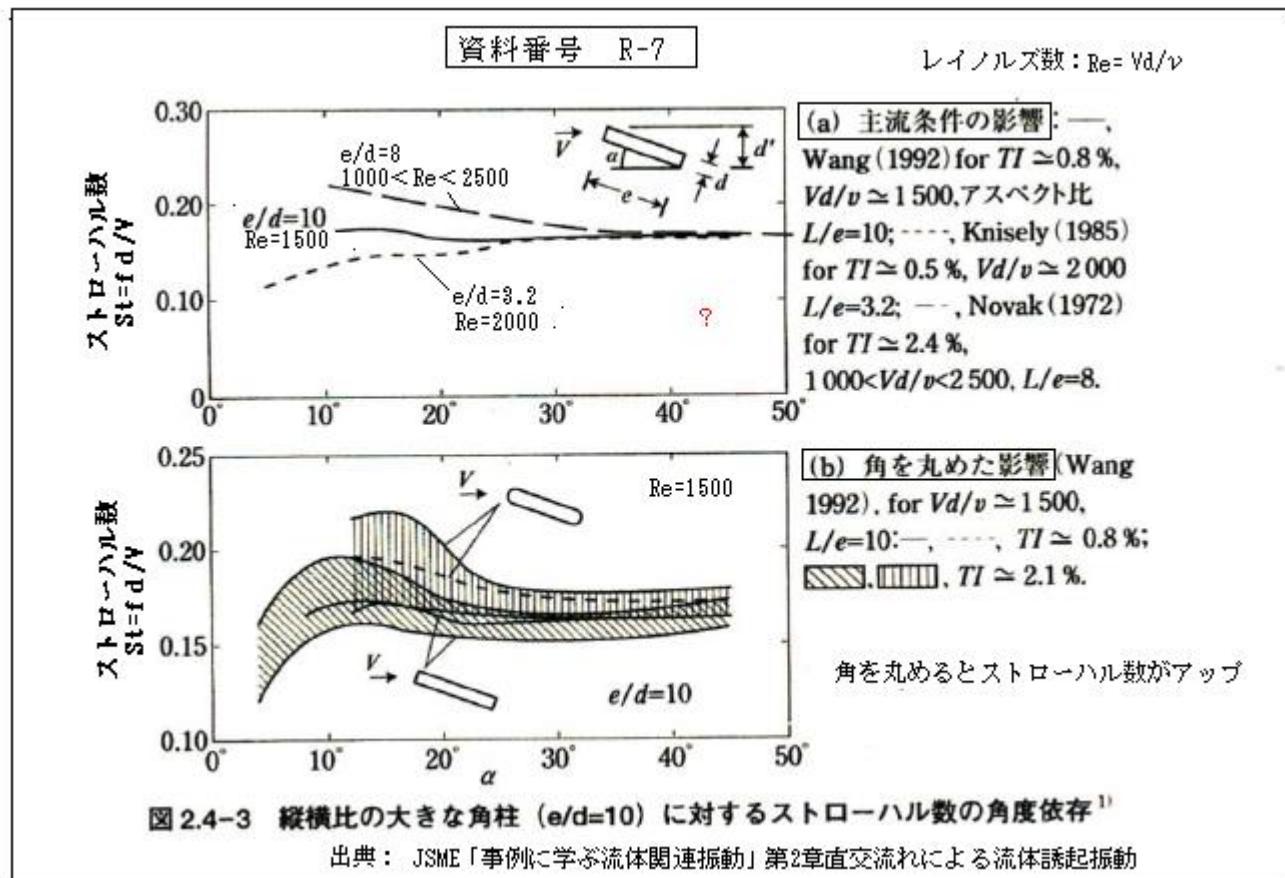
出典：JSME S-012-1998 配管内円柱状構造物の流力振動評価指針  
B編 流力振動の基礎 B5 複数円柱構造物の相互作用







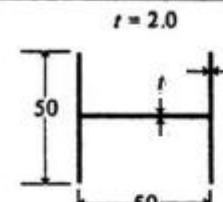
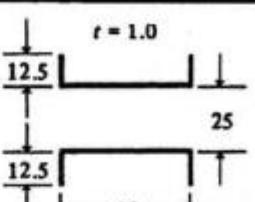
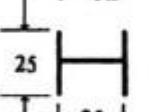
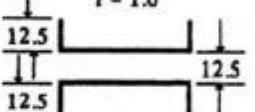
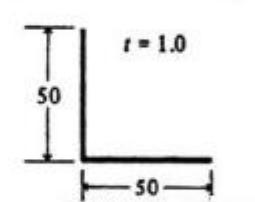
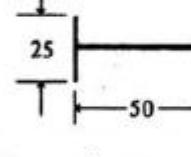
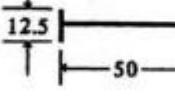
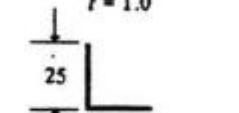
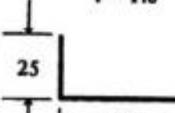
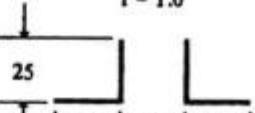




資料番号 F-1

(1/2)

TABLE 3-1. Strouhal Numbers for a Variety of Shapes (Ref. 3-23)

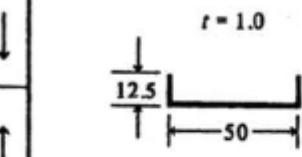
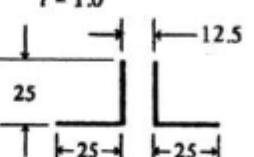
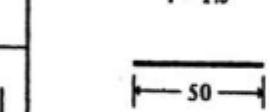
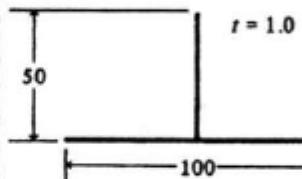
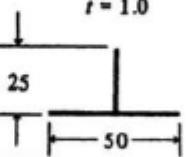
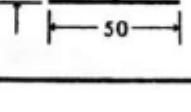
Wind	Profile Dimensions (mm)	Value of $S$	Wind	Profile Dimensions (mm)	Value of $S$
→		0.120 0.137	↓		0.147
↓					
←		0.120 0.144	↓		0.150
→					0.145
↓		0.144 0.145 0.140	↑		0.142
↑			↙		0.147
↓			←		0.131
↓			↓		0.134
↑			↙		0.137
↓		0.140	→		0.121
↑		0.153	↓		0.143

出典: R.D.Blevins "Flow-induced vibration" 3.3 Strouhal number

資料番号 F-1

2  
2

TABLE 3-1. Strouhal Numbers for a Variety of Shapes (Ref. 3-23)

Wind	Profile Dimensions (mm)	Value of <i>S</i>	Wind	Profile Dimensions (mm)	Value of <i>S</i>
↓		0.145	→		0.135
		0.168			
→		0.156	→		0.160
		0.145			
↑			→		0.114
本データは乱流のときのものと推定される。			↑		0.145

本テーブルの利用は下記による。

ステップ1：検討対象フレームと だいたい相似したフレームを選ぶ。

ステップ2：風方向をあわせ、ストローハル数(*S*)を読み取る。

ステップ3：風方向に直交した辺の長さのうち最大のものを【代表長さ】とする。

ステップ4：渦放出振動数 *f* を次式より求める。

$$f = [\text{ストローハル数}] \times [\text{近寄り速度}] / [\text{代表長さ}]$$

出典：R.D.Blevins "Flow-induced vibration" 3.3 Strouhal number

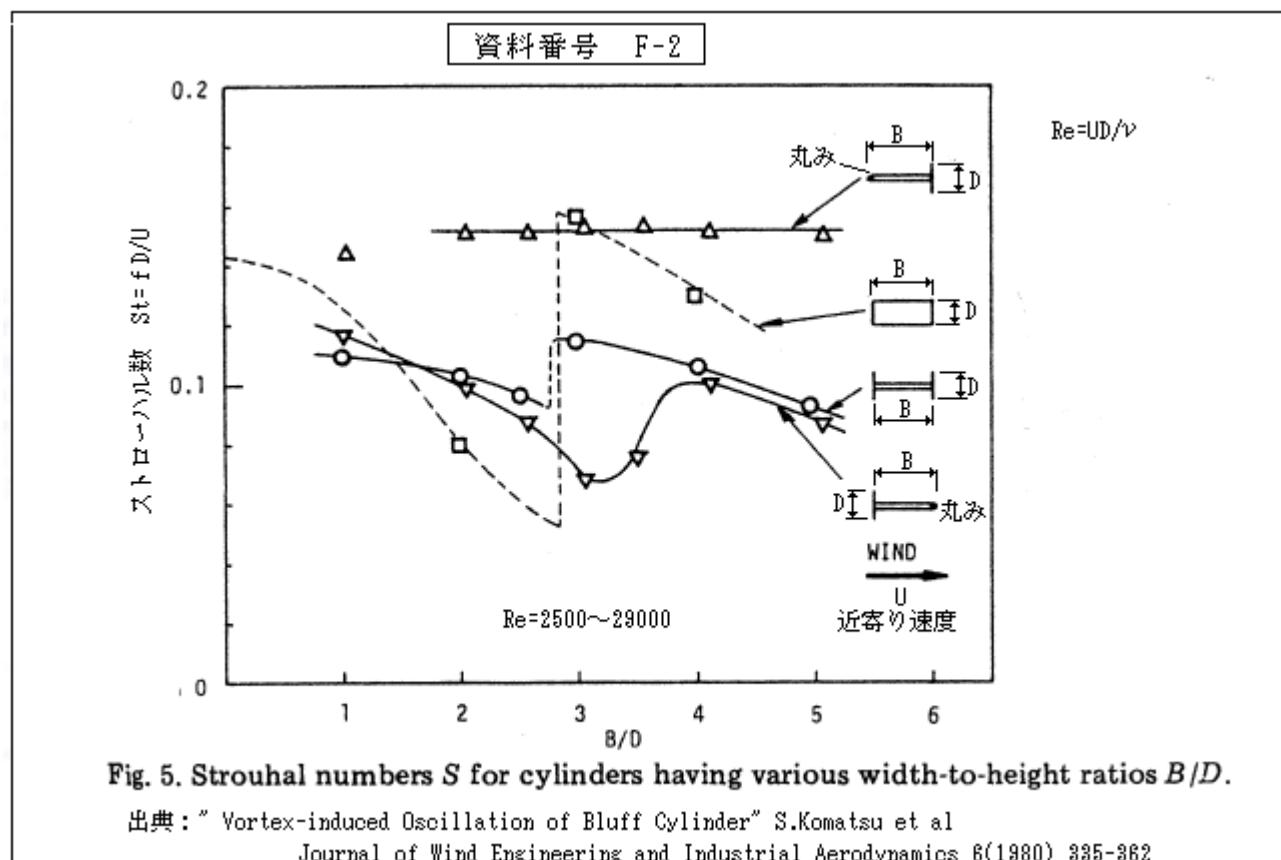
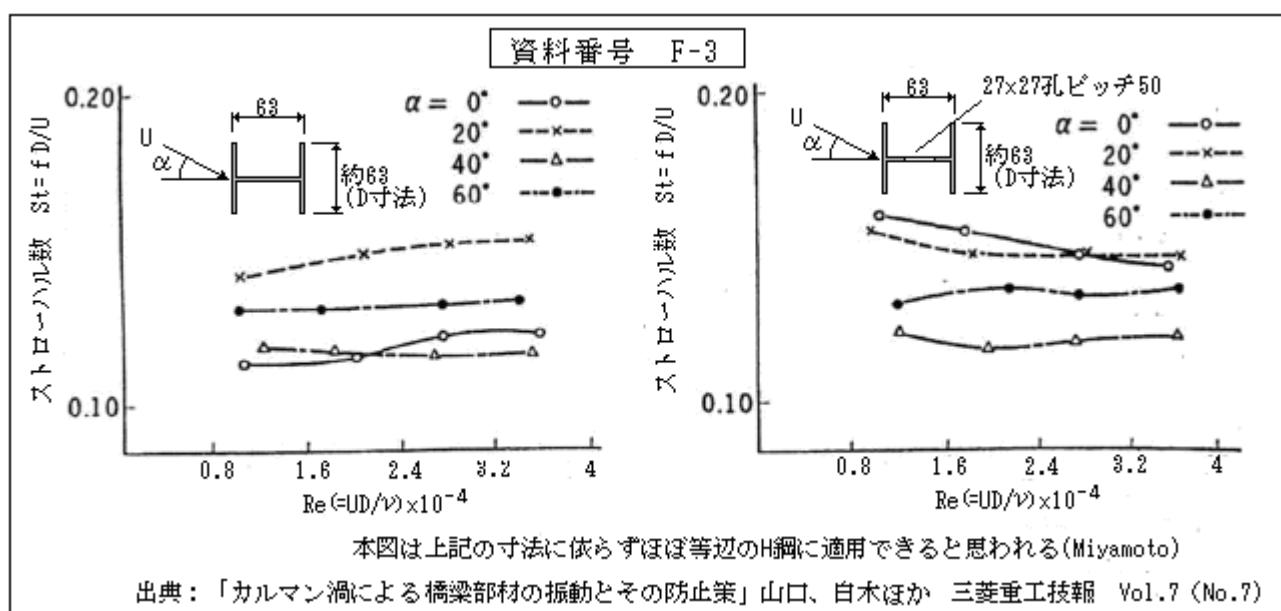
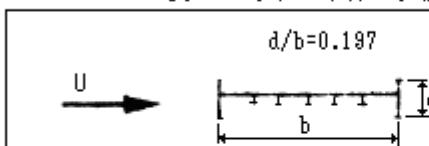
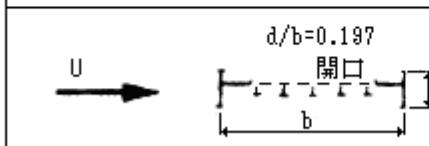


Fig. 5. Strouhal numbers  $S$  for cylinders having various width-to-height ratios  $B/D$ .

出典：“Vortex-induced Oscillation of Bluff Cylinder” S.Komatsu et al

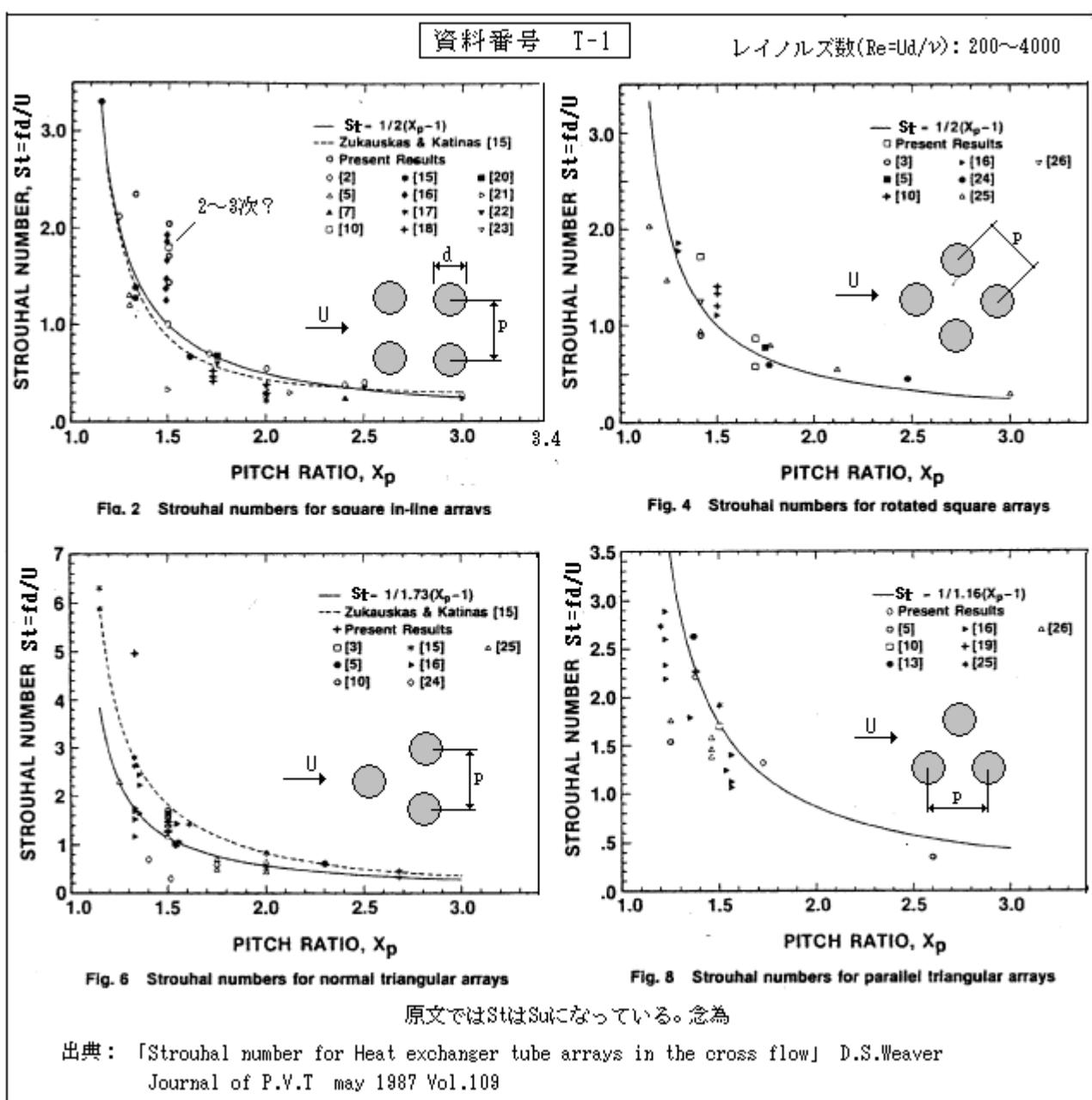
Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 6(1980) 335-362



資料番号 F-4	
表3.7 プレートガータ橋断面のストローハル数	
 $d/b = 0.197$	ストローハル数 $St = 0.091$
 $d/b = 0.197$ 開口 $b$	ストローハル数 $St = 0.111$

$f = StU/d$   
 $d$  : 代表長さ  
 $U$  : 近寄り速度

出典：風関係テキスト逸文



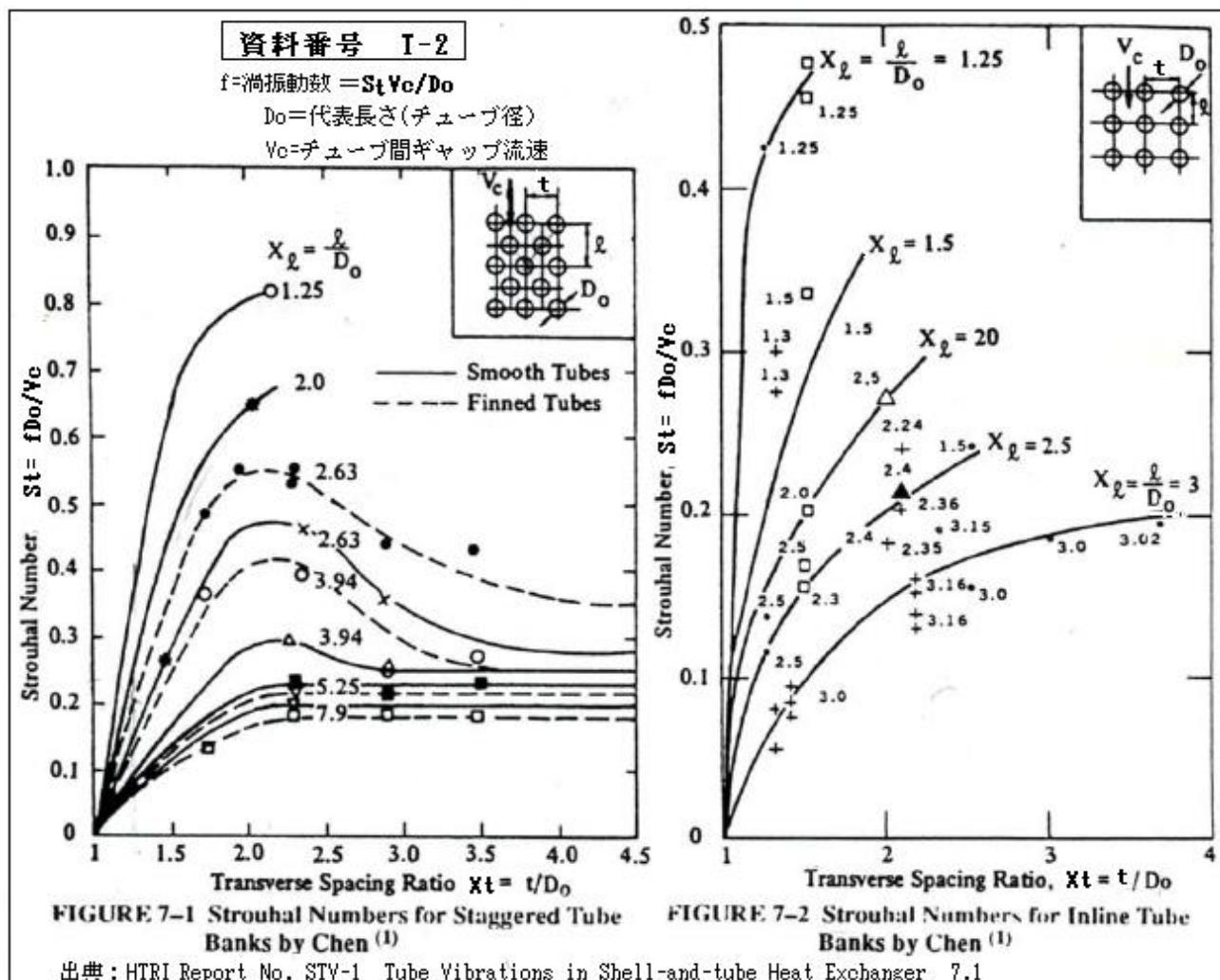


FIGURE 7-1 Strouhal Numbers for Staggered Tube Banks by Chen (1)

FIGURE 7-2 Strouhal Numbers for Inline Tube Banks by Chen (1)

出典：HTRI Report No. STV-1 Tube Vibrations in Shell-and-tube Heat Exchanger 7.1

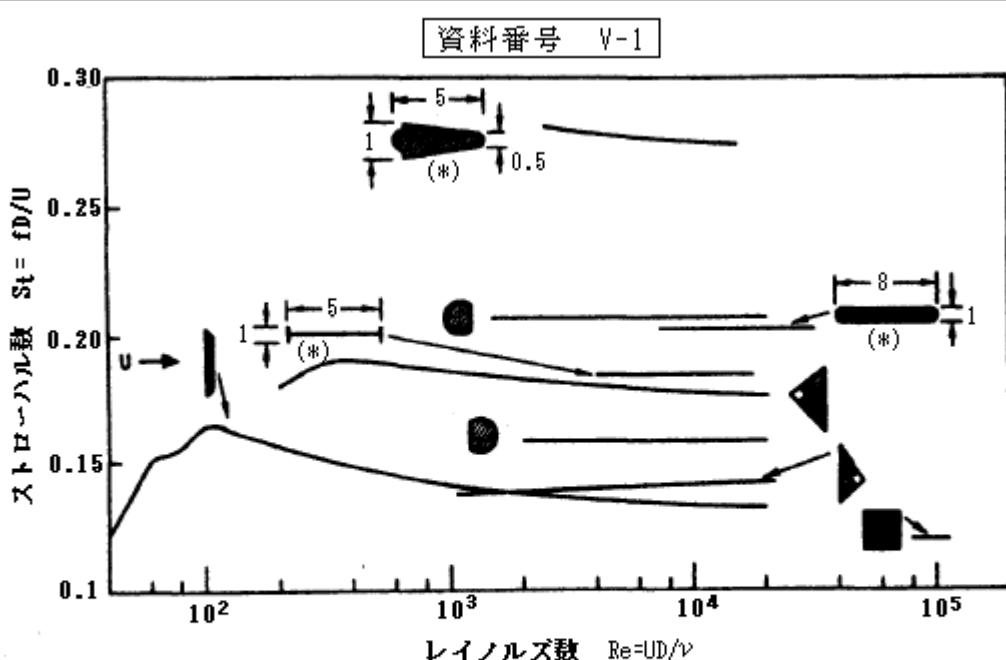
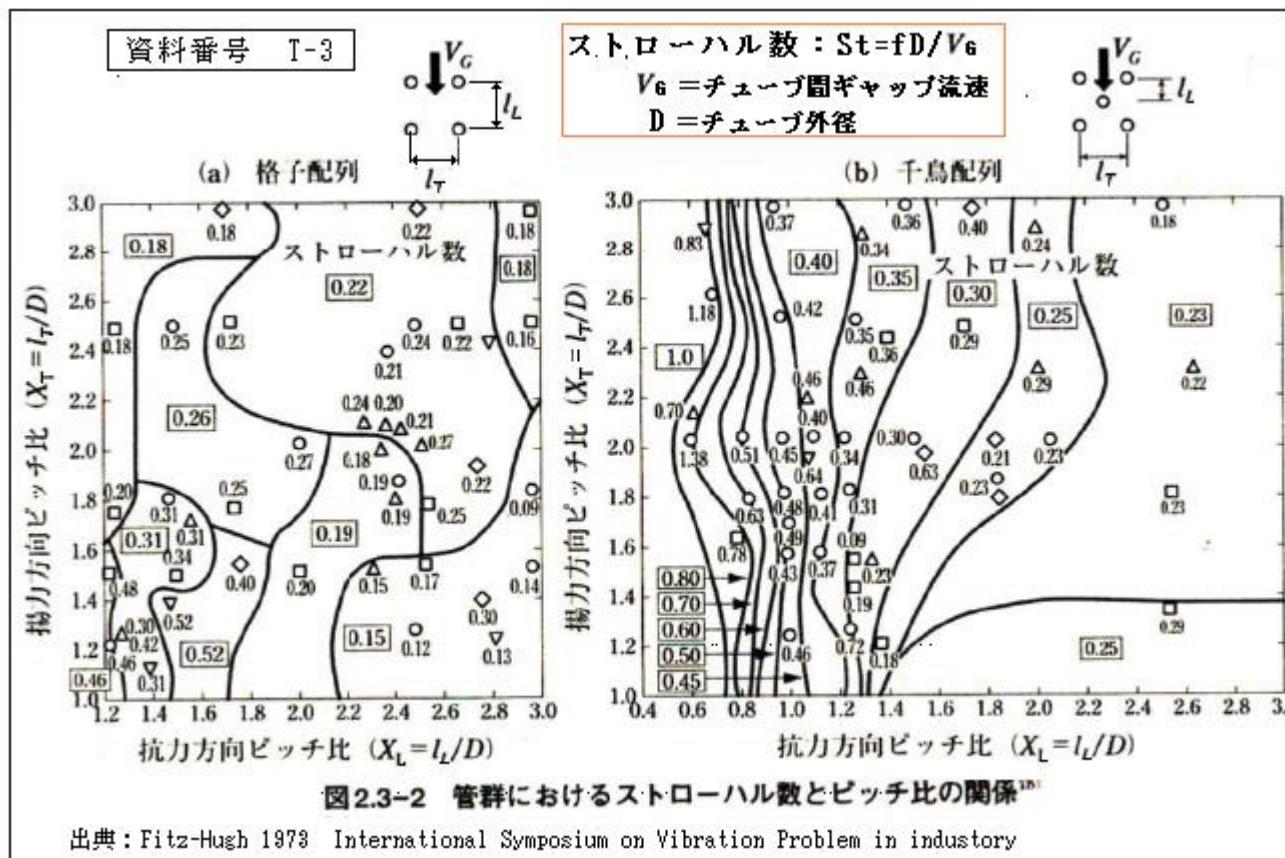


Fig. 3-4 Strouhal numbers for noncircular sections. (Refs. 3-15 through 3-22)

- 注記: ① 風方向は、全ての場合、左から右である
- ② 代表長さ  $D$  は、風方向に直交する幅の最大値
- ③ (\*)では数字は寸法比、形状的に相似する場合適用できる。

出典: Blevins [Flow-induced Vibration] (Van Nostrand Reinhold Company)

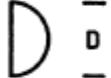
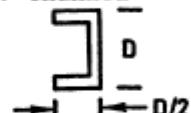
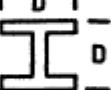
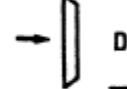
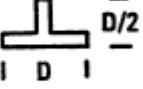
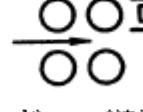
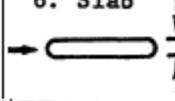
ストローハル数 $St = fD/U$		資料番号 V-2	レイノルズ数 ( $Re = UD/\nu$ ) : $10^4 \sim 10^5$																							
Section	Strouhal Number, St				Section	Strouhal Number, St																				
1. Circle 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Re</th><th>&lt;30</th><th>50</th><th>500</th><th><math>10^3</math></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>St</td><td>0</td><td>0.13</td><td>0.20</td><td>0.21</td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Re</th><th><math>10^4</math></th><th><math>10^5</math></th><th><math>10^6</math></th><th><math>10^7</math></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>St</td><td>0.20</td><td>0.19</td><td>0.21</td><td>0.23</td></tr> </tbody> </table>				Re	<30	50	500	$10^3$	St	0	0.13	0.20	0.21	Re	$10^4$	$10^5$	$10^6$	$10^7$	St	0.20	0.19	0.21	0.23	7. Right Angle 	$\rightarrow 0.13$ $\leftarrow 0.24$ $\nearrow 0.13$
Re	<30	50	500	$10^3$																						
St	0	0.13	0.20	0.21																						
Re	$10^4$	$10^5$	$10^6$	$10^7$																						
St	0.20	0.19	0.21	0.23																						
2. D Section 	$\rightarrow 0.16$ $\leftarrow 0.21$ $\uparrow 0.21$	矢印は風向き				8. Channel 	$\rightarrow 0.14$ $\leftarrow 0.13$																			
3. Square 	$\rightarrow 0.12$ $\nearrow 0.16$				9. I Beam 	$\rightarrow 0.14$ $\uparrow 0.12$																				
4. Thin Plate 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Re</th><th>40</th><th>200</th><th><math>10^3</math></th><th><math>10^4</math></th><th><math>10^5</math></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>St</td><td>0.13</td><td>0.17</td><td>0.15</td><td>0.14</td><td>0.13</td></tr> </tbody> </table>				Re	40	200	$10^3$	$10^4$	$10^5$	St	0.13	0.17	0.15	0.14	0.13	10. T Beam 	$\rightarrow 0.14$ $\uparrow 0.14$								
Re	40	200	$10^3$	$10^4$	$10^5$																					
St	0.13	0.17	0.15	0.14	0.13																					
5. Isosceles Triangle 	$\rightarrow 0.15$ $\leftarrow 0.19$				11. Tube Array 	$0.2 < St < 0.5$ for U equal to velocity in gap between tubes. See Ref. 10-140.																				
6. Slab 	$\rightarrow 0.20$ (trailing edge is bluff)				$U = \text{ギャップ流速}$																					

Table 10-16. Strouhal Numbers for Various Sections.

出典: R.D.Blevins 「Applied Fluid Dynamics Handbook」 (Van Nostrand Reinhold Company)

資料番号 V-3

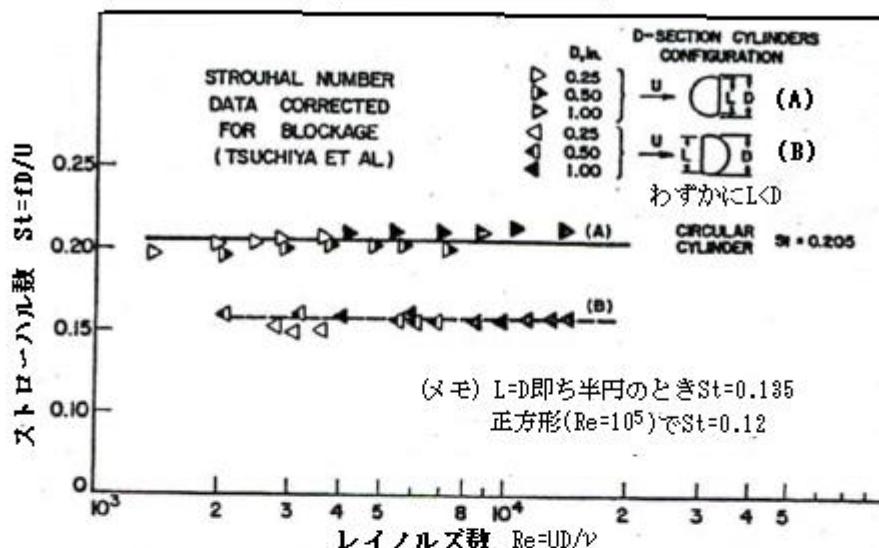


Fig. 2 Blockage-corrected Strouhal number versus Reynolds number characteristic for D-section cylinders

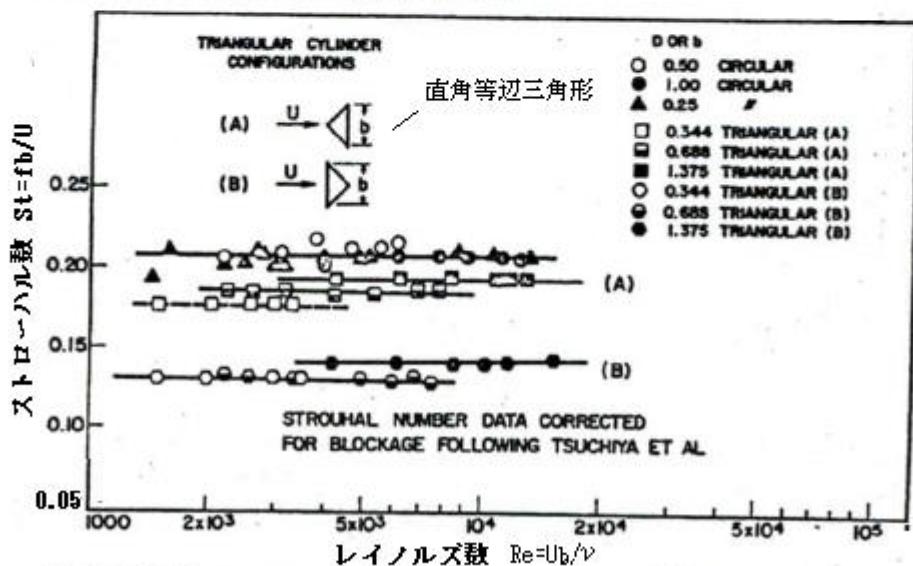


Fig. 3 Blockage-corrected Strouhal number versus Reynolds number plot for triangular cylinders

出典: Technical-brief [Vortex Sheding from Slender Cylinders of Various Cross Section]  
trans. ASME Journal of Fluid Engineering (Sept. 1978)