

## 層流と乱流

### Reynolds の実験

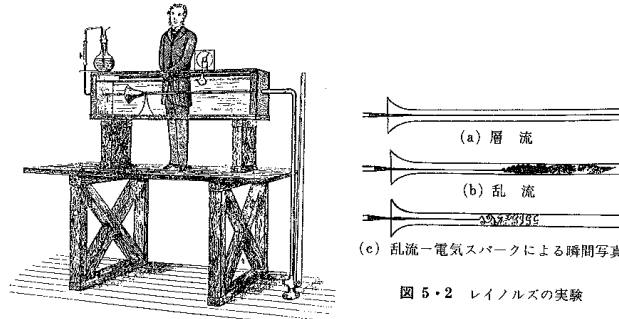


図 5・1 レイノルズの歴史的な実験

図 5・2 レイノルズの実験

- (1) 流れの状態
- (2) 損失水頭( $h_l$ )と流速( $U$ )の関係 「層流」(laminar)と「乱流」(turbulent)
  - 「層流」域で損失水頭は流速に比例
  - 「乱流域」では流速の2乗に比例
  - 層流-乱流の遷移にヒステレンシが存在

### 次元解析

場：重力加速度  $g$ ， 管：管径  $D$   
 流体：密度  $\rho$ ， 動粘性係数  $\nu$ ， 流れ：流速  $U$                       5 個  
 次元と単位＝質量  $[M]$ ， 長さ  $[L]$ ， 時間  $[T]$                               3 個

### 無次元支配要素

$$Re \equiv \frac{UD}{\nu} \quad \text{Reynolds 数}$$

$$\frac{U}{\sqrt{gD}}$$

Reynolds 数と損失水頭（単位管路長さあたり＝エネルギー勾配）の関係

層流→乱流  
 乱流→層流                       $Re_c=2000$ →臨界 Reynolds 数 (critical Reynolds number)

Reynolds 数と Darcy-Weisbach の摩擦損失係数の関係 ( $f \sim Re$ )

層流     $f \sim Re^{-1}$   
 乱流     $f = const$

ただし， 相対粗度によって変化

瞬間流速＝時間平均流速＋変動分      変動分←「乱れ」(turbulence) →乱流

$$\tilde{u} = \bar{u} + u'$$

乱れは「不規則」, 「3 次元的」 ( $u', v', w'$ ), 「回転流」 (rotational)

乱れ強度」を標準偏差で表現  $\rightarrow u_{rms}$

混合・拡散

運動量, 質量, エネルギー

層流  $\rightarrow$  分子運動・粘性による水の運動量の拡散

層流拡散係数  $\rightarrow$  動粘性係数 (kinematic viscosity) 流体に固有

乱流  $\rightarrow$  乱れによる運動量の拡散

乱流拡散係数  $\rightarrow$  渦動粘性係数 (kinematic eddy viscosity) 流れによって規定

Reynolds 数は乱流拡散係数と層流拡散係数の比

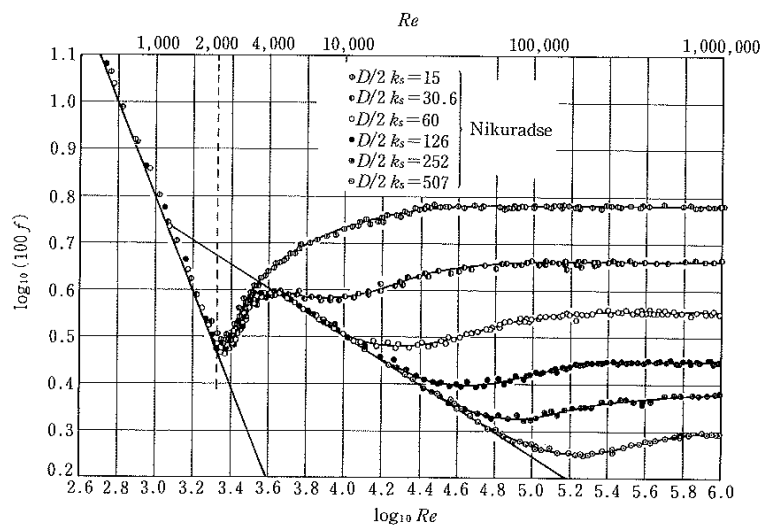


図 7-16 (J. Nikuradse, VDI Forschungsh. 361, 1933)