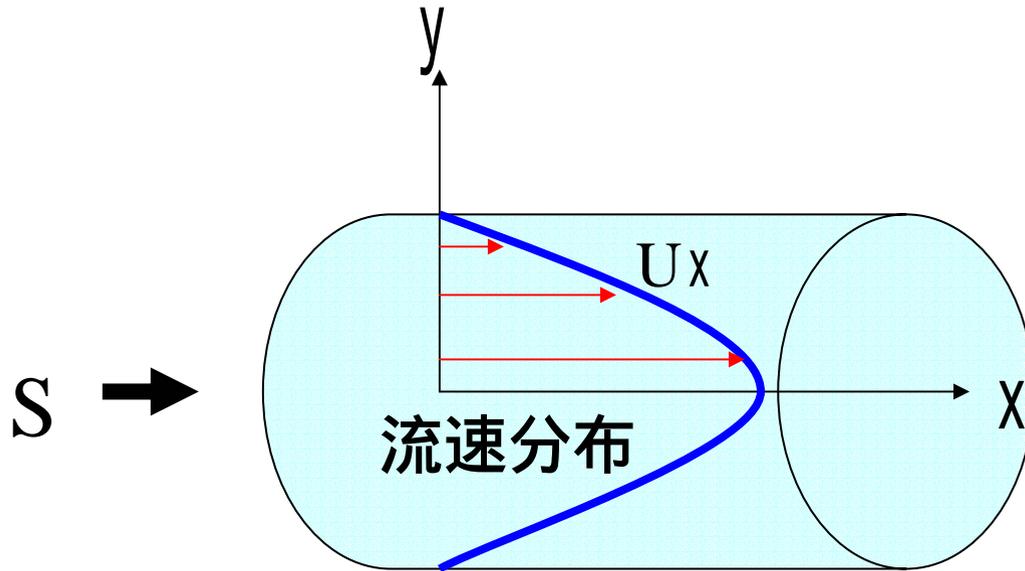


Newton 粘性 (Viscosity)



$$S = \eta_s D$$

比較 *Hook's Law*

$$F = kx$$

η_s : 粘性係数、せん断粘度、 D : 流速勾配

$$D = dU_x/dy = (dx/dt)/dy = (dx/dy)/dt$$

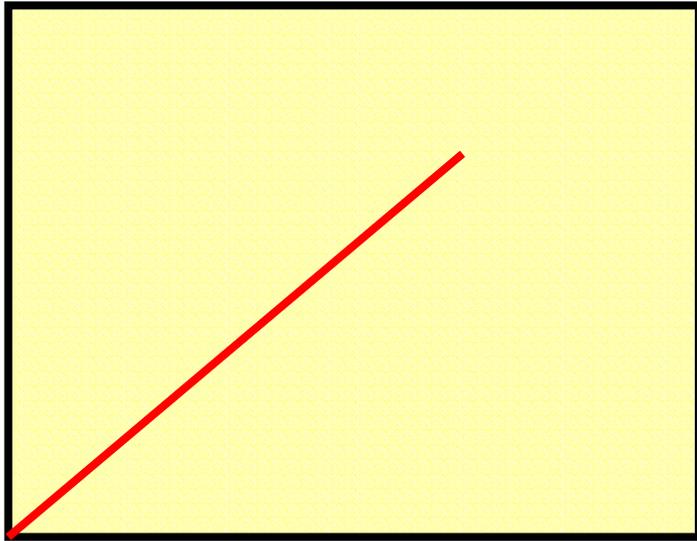
dx/dy : せん断変形 (shear deformation) =

$D = d \quad /dt$: せん断速度 (shear rate)

Newton 流体の性質

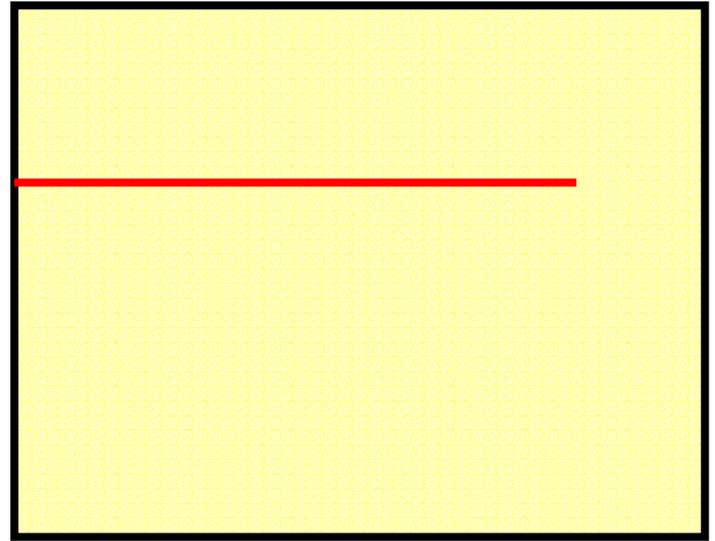
$$S = \eta_s D$$

速度勾配
D



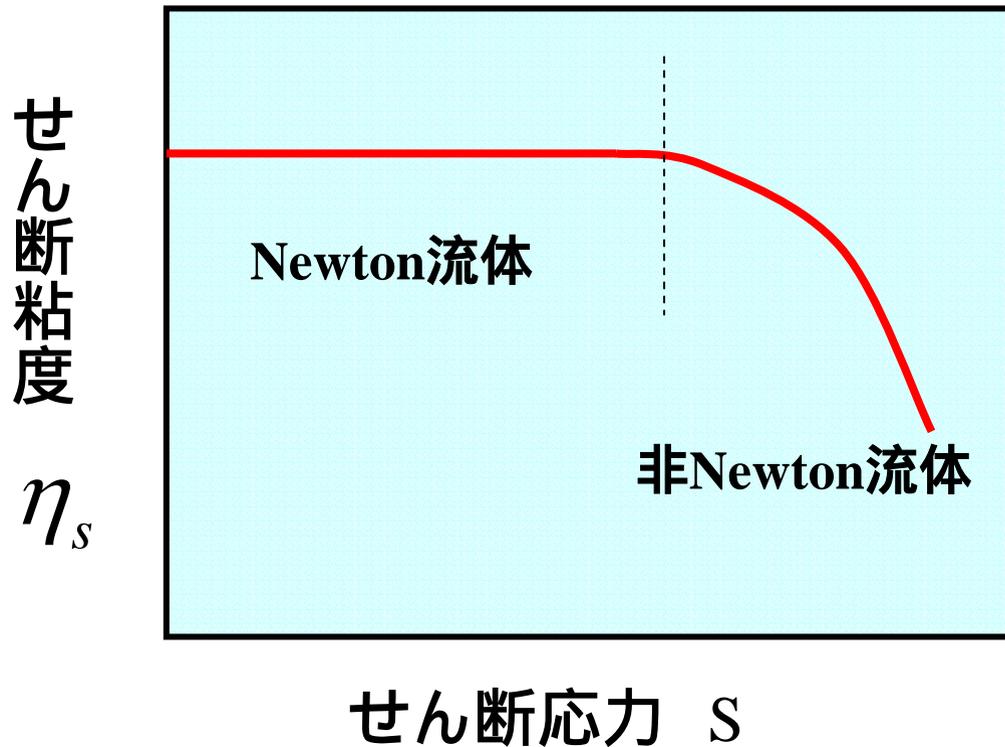
せん断応力 S

せん断粘度
 η_s



せん断応力 S

粘度のせん断応力依存性



せん断応力が小さい時: Newton流体

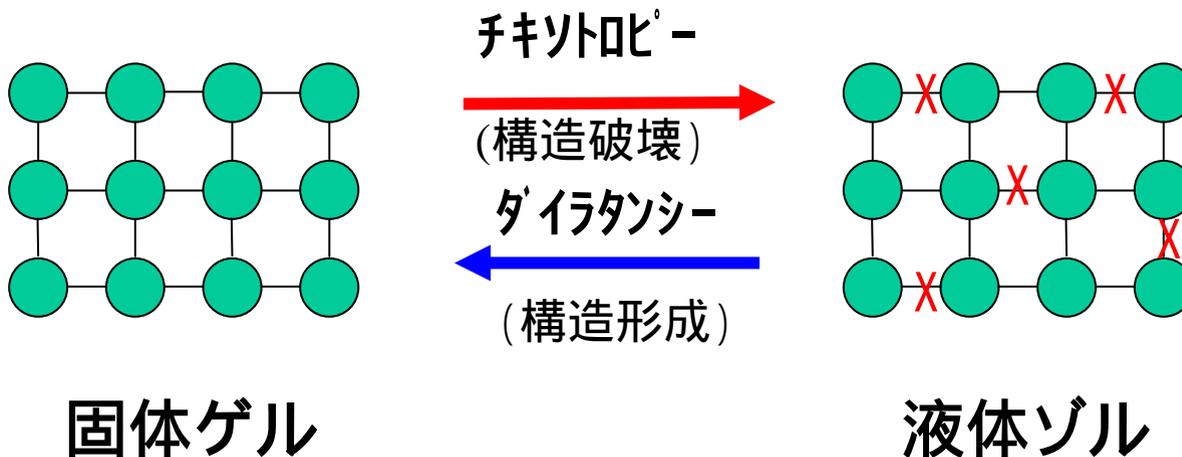
せん断速度大きい時: 非Newton流体 (べき法則流体)

各種の液体の性質

Newton液体 : 水、低分子液体

チキソトロピー : 塗料、あり地獄、鳴き砂 (粒子均一)

ダイラタンシー : 生クリーム、海辺の砂 (粒子不均一)



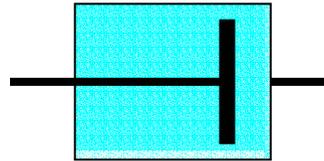
一般の材料の性質

弾性 → バネ



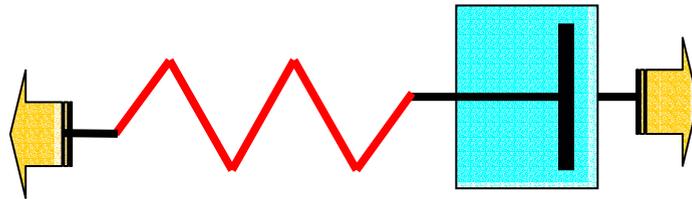
$$F = kx$$

粘性 → ダッシュポット



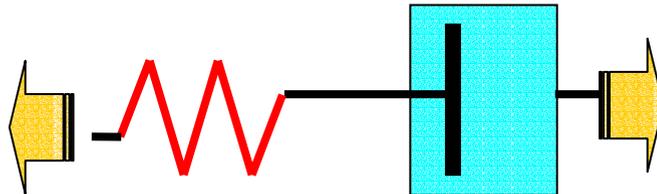
$$S = \eta D$$

早い変形



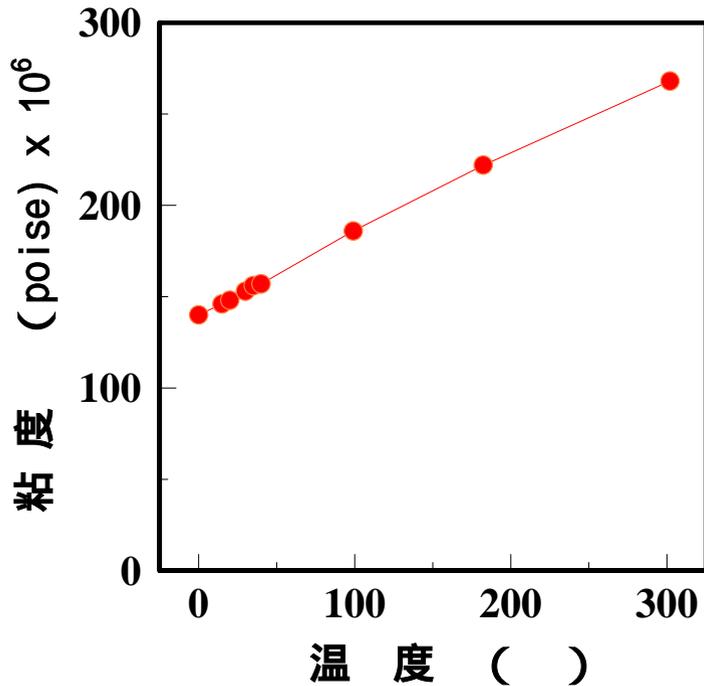
緩和時間、
応答時間:

遅い変形

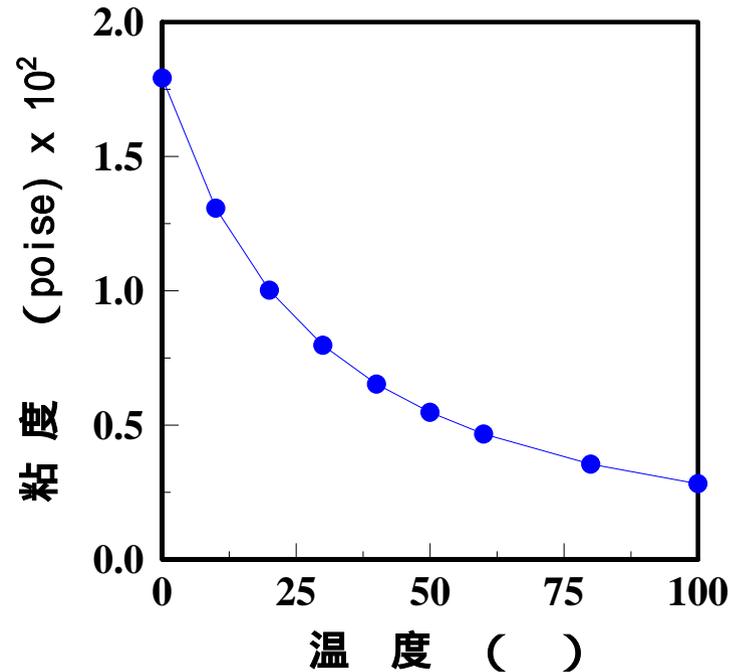


$$\tau = \eta/k$$

気体と液体の粘度の温度変化



炭酸ガス(気体)



水 (液体)

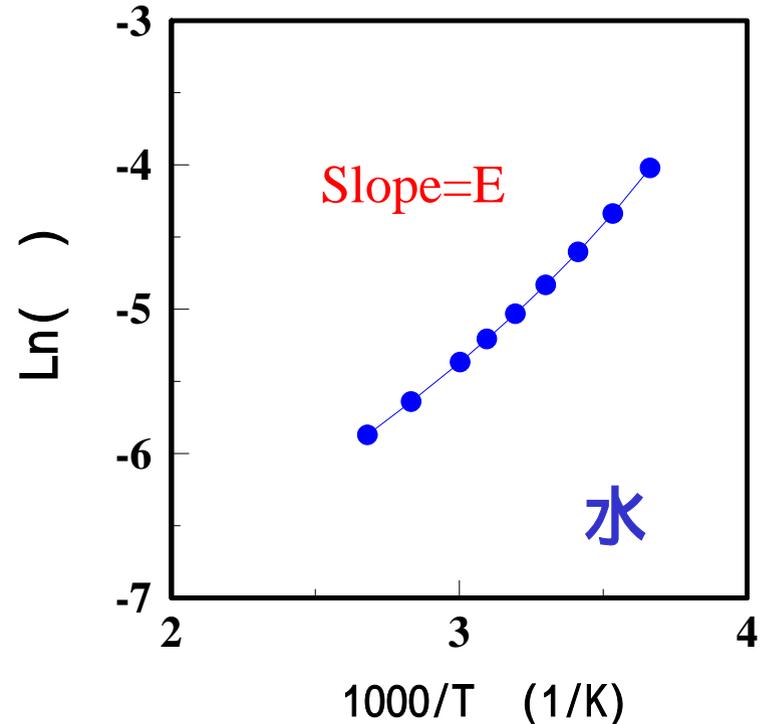
液体の粘度の温度変化

Andradeの粘度則

(1930年)

$$\eta = A \exp\left[\frac{E}{RT}\right]$$

$$\ln[\eta] = \ln[A] + \frac{E}{RT}$$



E : 流動の活性化エネルギー

気体の粘度の温度依存性

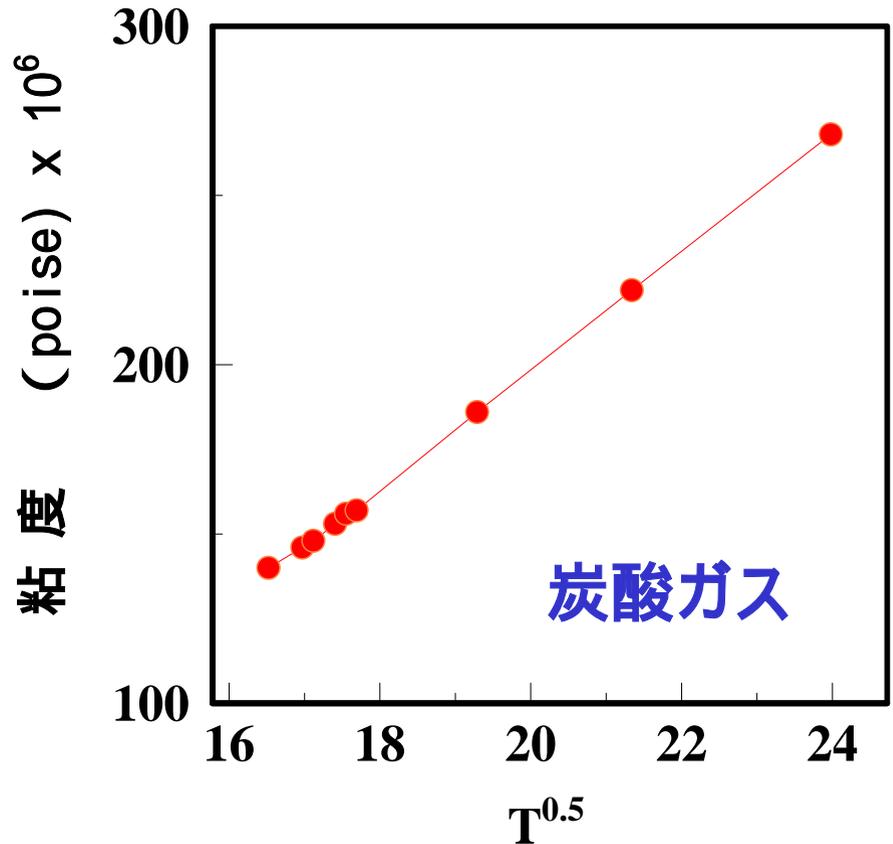
気体分子運動論

$$\eta = \frac{2}{3\pi r^2} \sqrt{\frac{mkT}{\pi}}$$

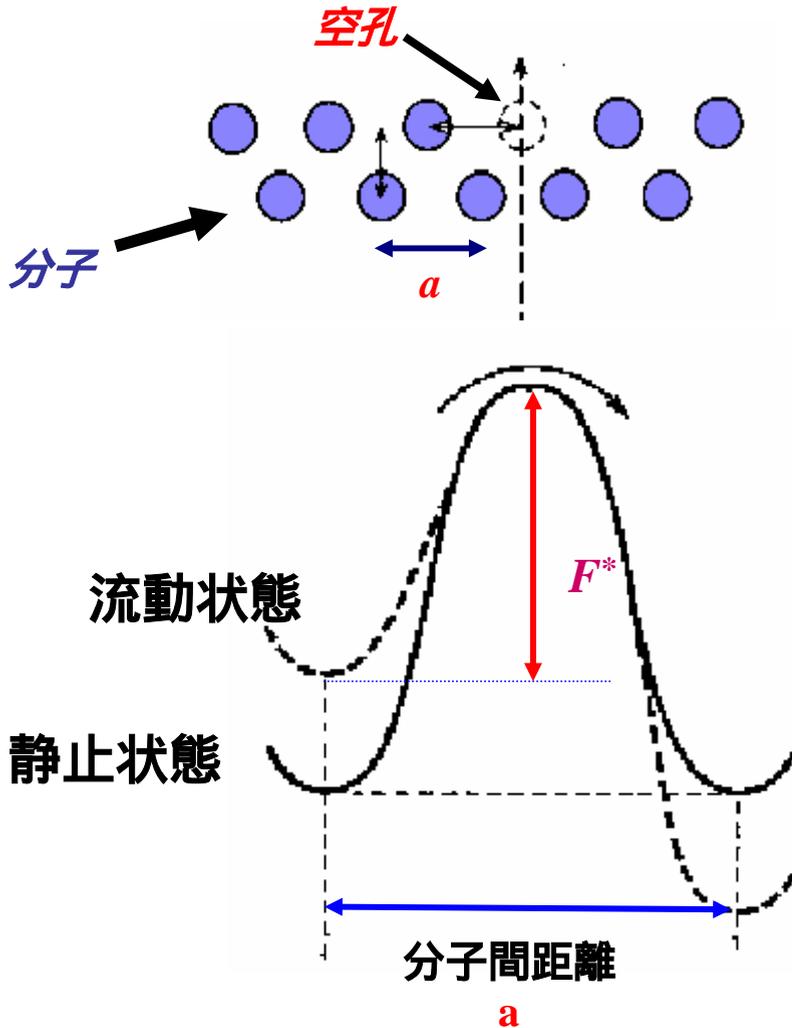
m : 分子の質量

r : 分子の直径

$$\eta \propto T^{0.5}$$



Eyringの粘度則



液体 = 分子 + 空孔

分子が空孔へ移動

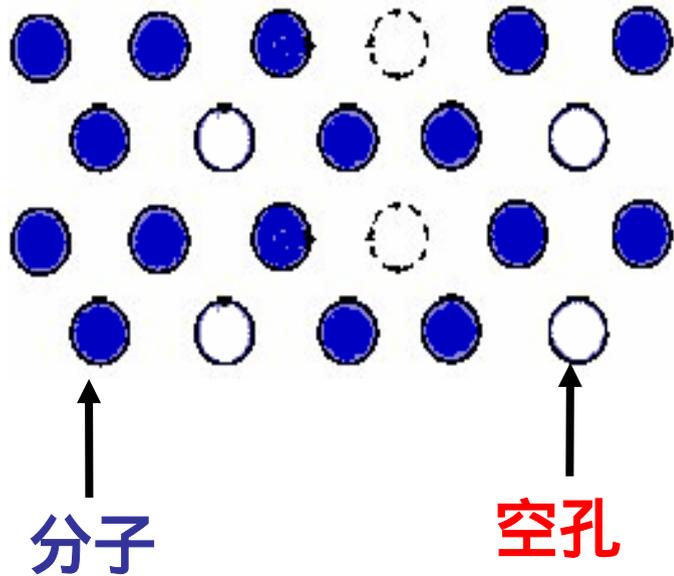
F^* : 活性化自由エネルギー

$$\eta = \frac{Nh}{V} \exp\left[\frac{\Delta F^*}{RT}\right]$$

N : アボガドロ数、 h : プランク定数

V : 分子容

Doolittle の粘度則



粘度 自由体積

$$\eta = A \exp\left[\frac{Bv_0}{v_f}\right]$$

$$v_f/v_0 \approx v_f/v = f$$

f : 自由体積分率

$$v = v_0 + v_f$$

$$v_f \ll v_0$$

v : 液体の比容

v_0 : 分子の比容

v_f : 空孔の比容

$$\eta = A \exp\left[\frac{B}{f}\right]$$