

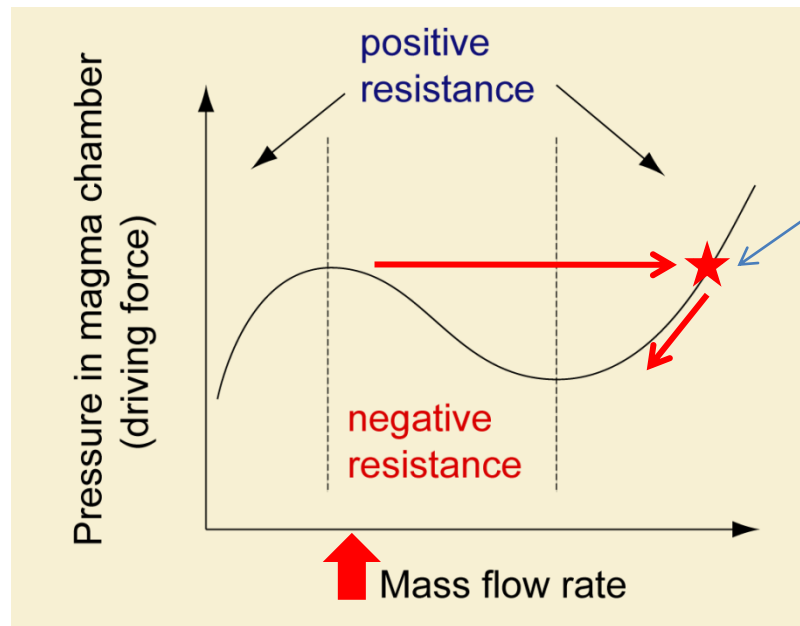
# 溶岩ドーム噴火のダイナミクスに対する 1次元火道流モデルの開発

## (その2) 気泡の形成と結晶化の影響

小屋口剛博(東大地震研)・小園誠史(防災科研)

# 火道流の力学系モデル

## P-q図による解析



ここで破碎条件  
を満たせば爆発  
に移行する



ドーム噴火から爆発的噴火への遷移



気泡の析出・結晶化の影響



# モデルと基礎方程式

質量保存(揮発成分以外)

$$\frac{\partial}{\partial t} \{(1-\phi)(1-\beta)(1-c)\rho_l + (1-\phi)\beta\rho_c\} + \frac{\partial}{\partial z} [\{(1-\phi)(1-\beta)(1-c)\rho_l + (1-\phi)\beta\rho_c\}u_l] = 0$$

質量保存(揮発成分)

$$\frac{\partial}{\partial t} \{(1-\phi)(1-\beta)c\rho_l + \phi\rho_g\} + \frac{\partial}{\partial z} \{(1-\phi)(1-\beta)c\rho_l u_l + \phi\rho_g u_g\} = -q_w$$

$$q_w = \frac{2\rho_g \phi k_w [p - \{\rho_l g(-z) + p_a\}] \exp(z/L)}{\eta_g r_c^2}$$

運動量保存(全体)

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -[(1-\phi)\{(1-\beta)\rho_l + \beta\rho_c\} + \phi\rho_g]g - \frac{8\eta(c, \beta, \phi)u_l}{r_c^2}$$

運動量保存(相対運動)

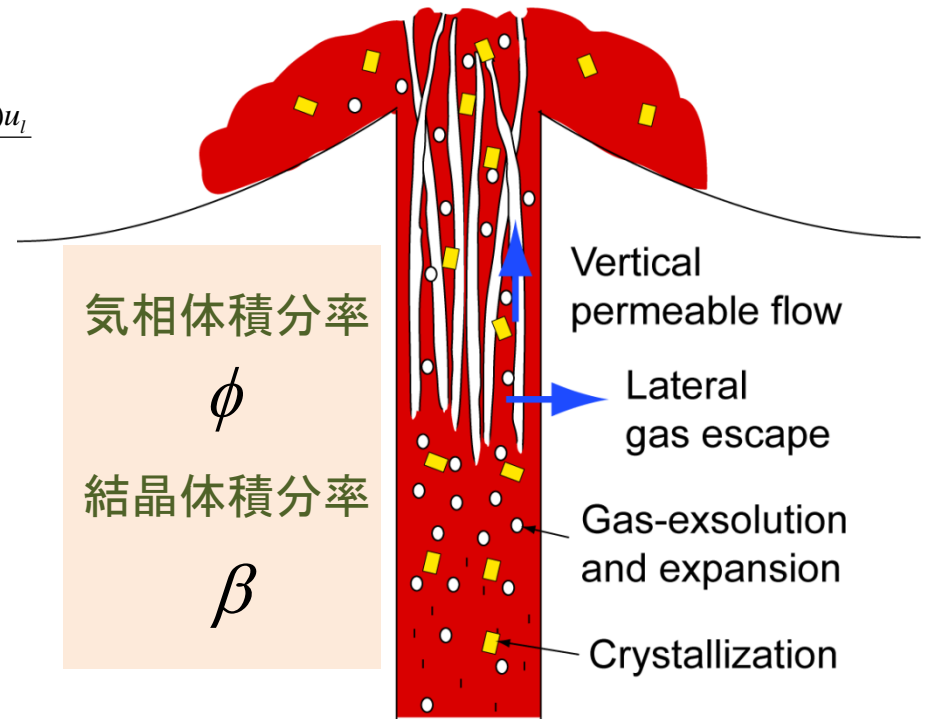
$$\frac{k}{\eta_g \phi} \left( \frac{\partial p}{\partial z} + \rho_g g \right) + u_g - u_l = 0$$

結晶成長則

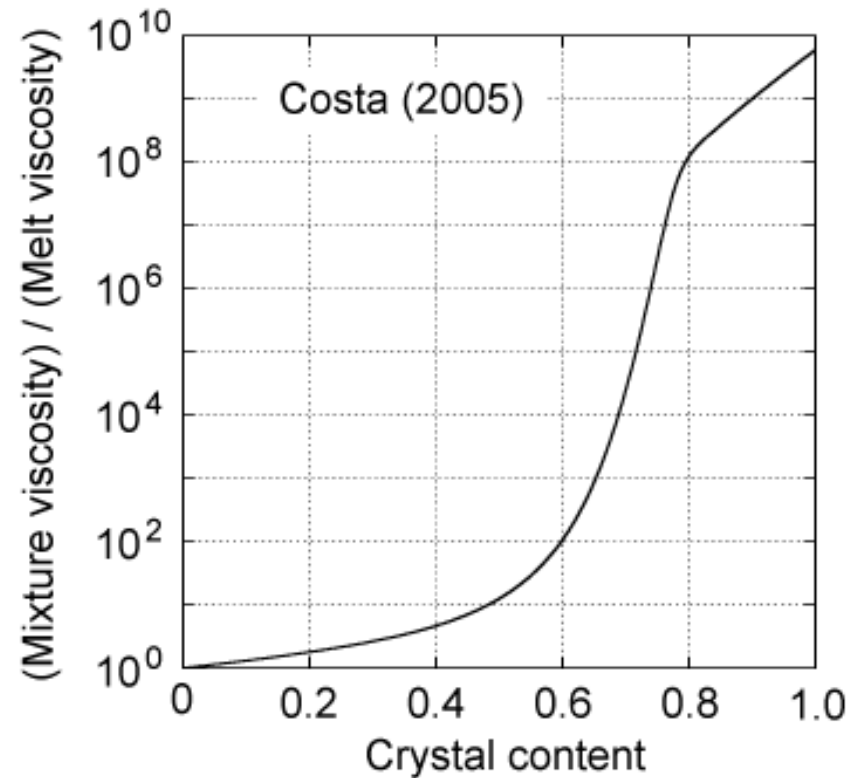
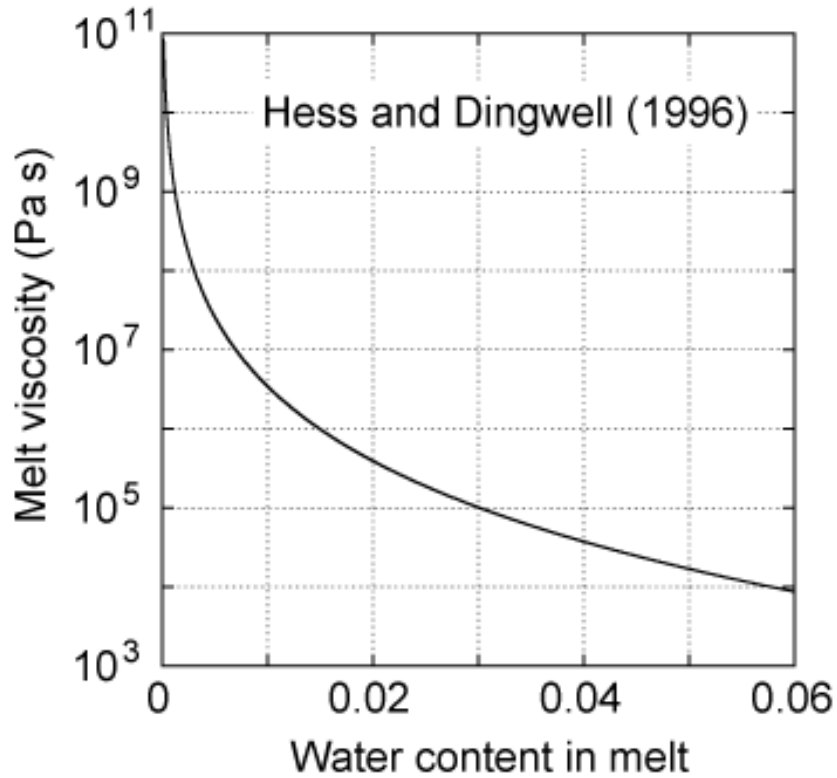
$$\frac{\partial}{\partial t} \beta + u_l \frac{\partial}{\partial z} \beta = -\Gamma \beta^{2/3} (\beta_{eq} - \beta)$$

状態方程式と揮発成分溶解度

$$\rho_g = \frac{p}{RT}, \quad \rho_l = \text{const.}, \quad \rho_c = \text{const.} \quad c = sp^{1/2}$$

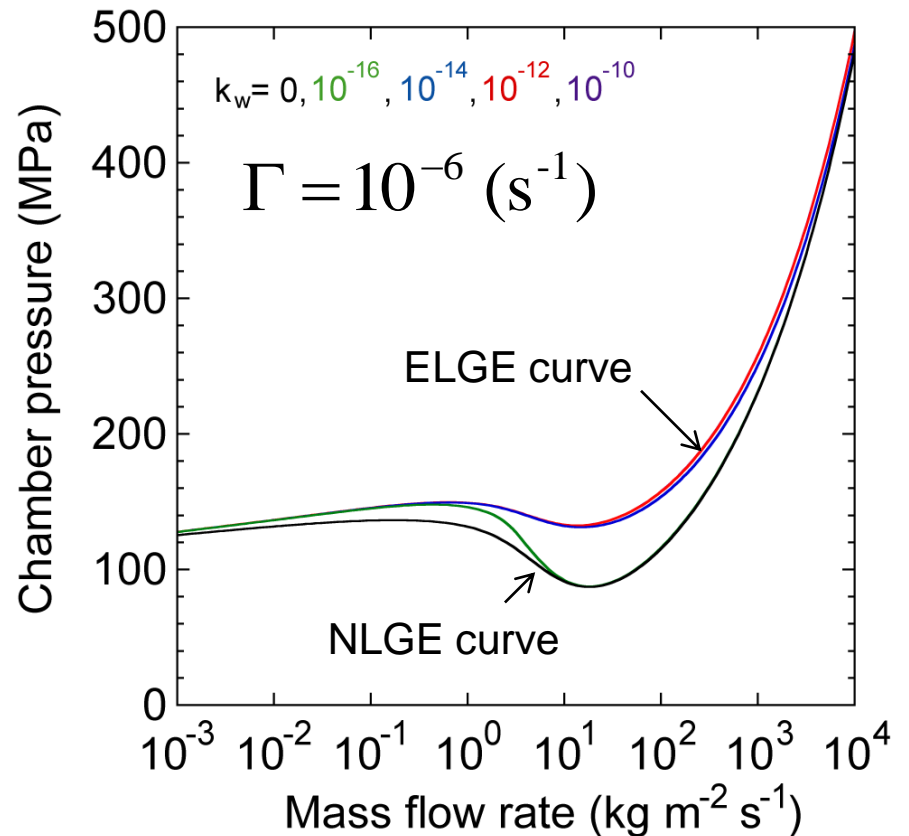
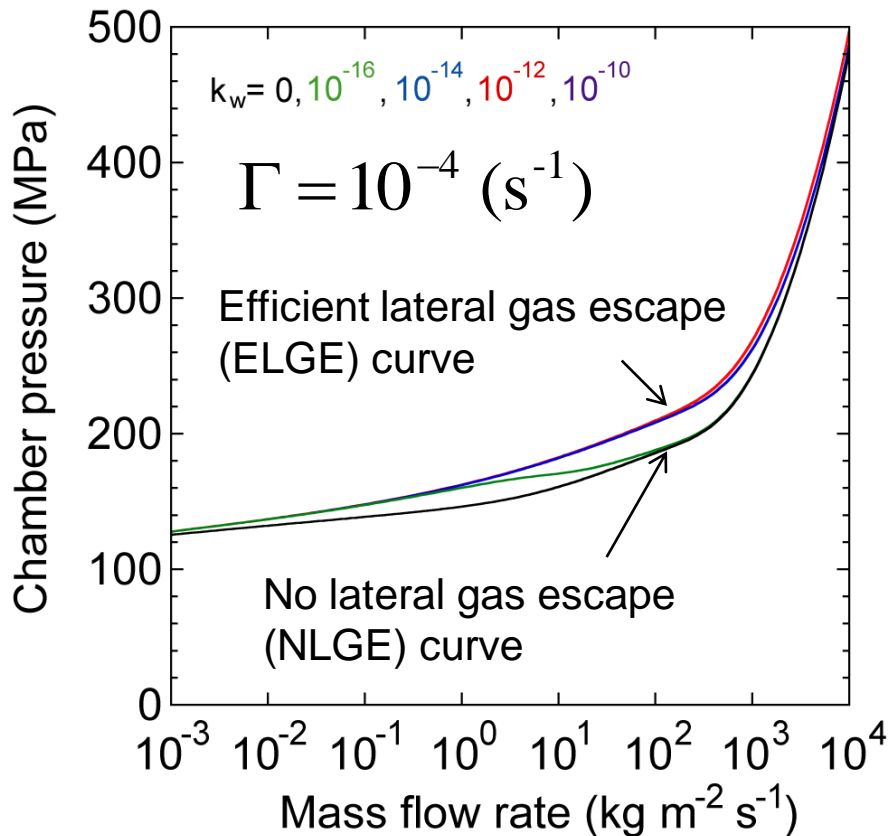


# 使用した粘性モデル



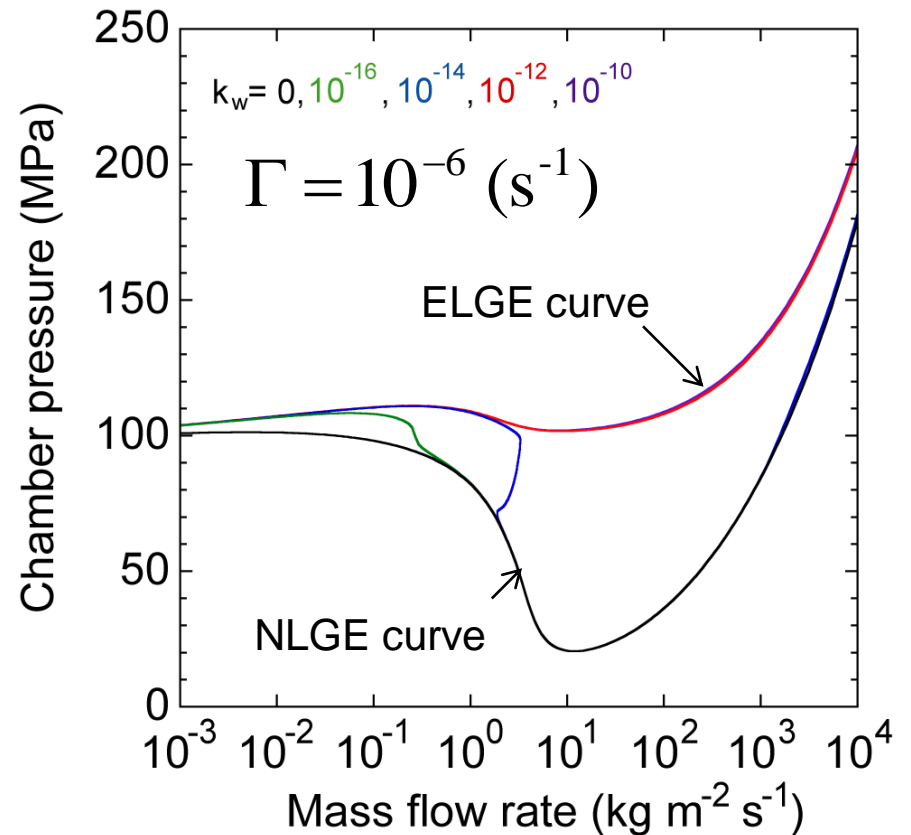
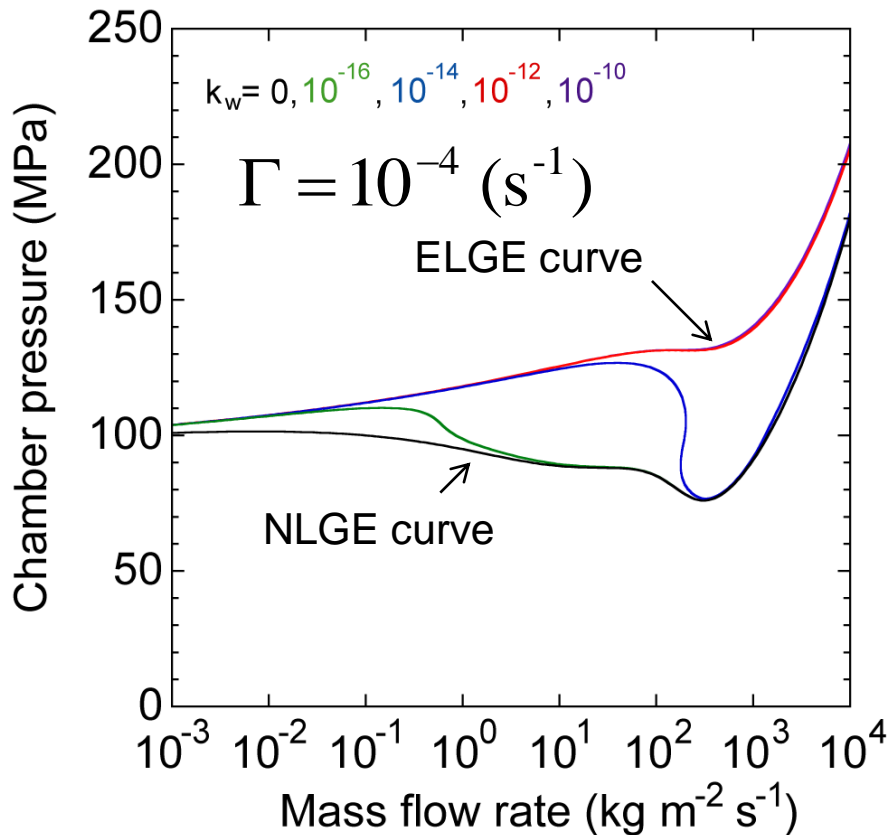
# 結果：P-q図 高斑晶量の場合

$$\beta_{ph} = 0.6$$



# 結果：P-q図 低斑晶量の場合

$$\beta_{ph} = 0.4$$



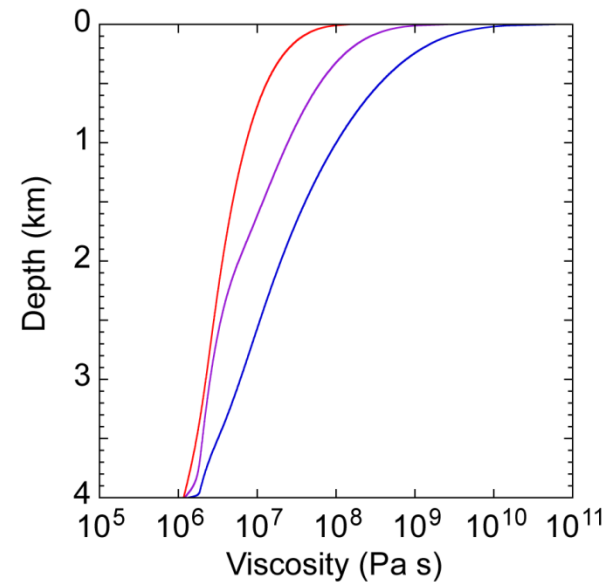
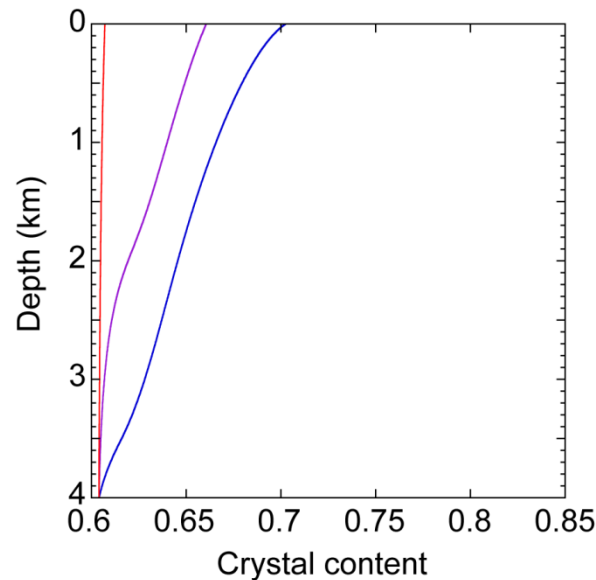
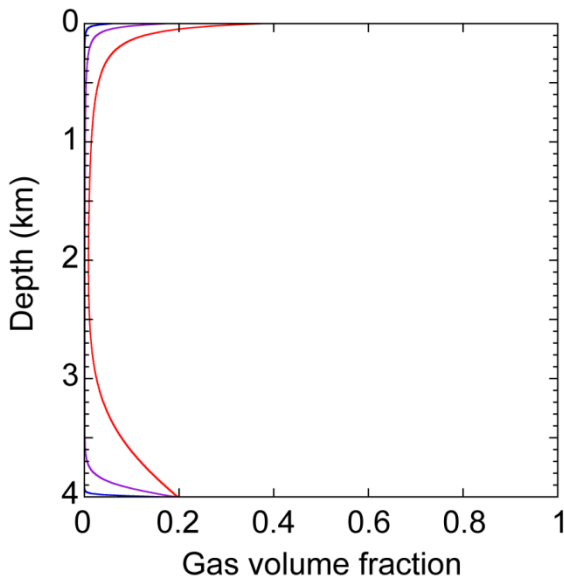
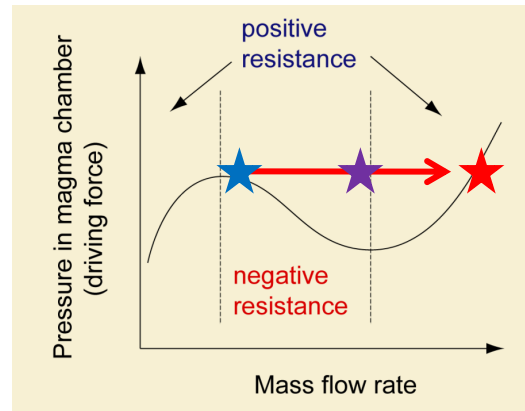
# 遷移状態におけるprofileの変化図(1/2)

## 高斑晶量の場合

$$\beta_{ph} = 0.6$$

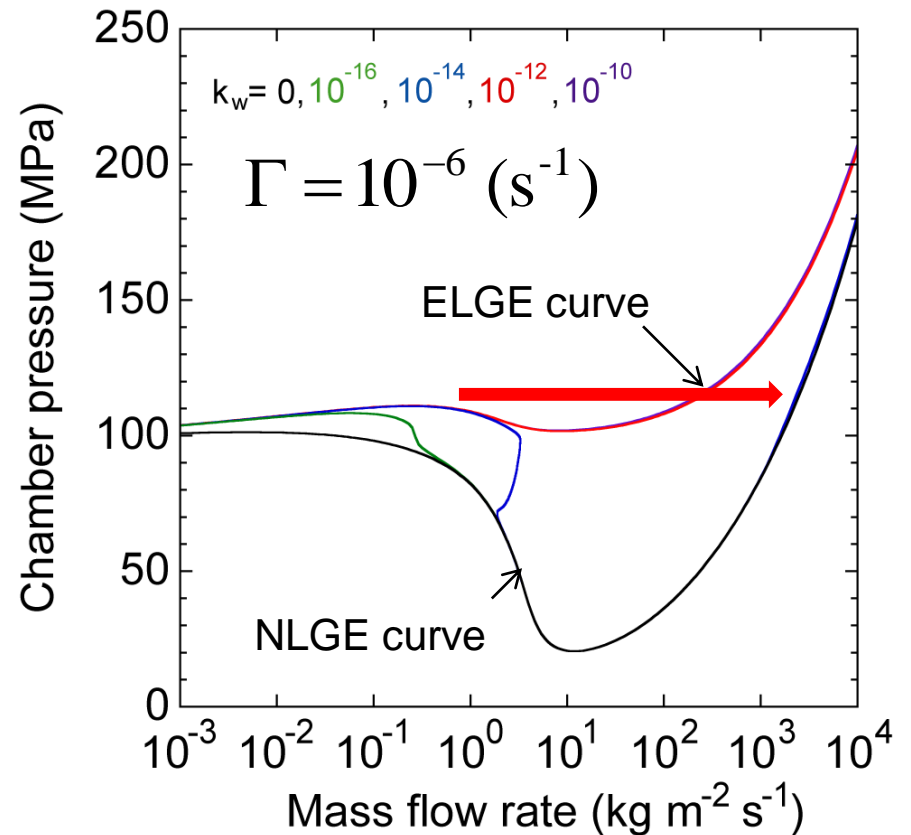
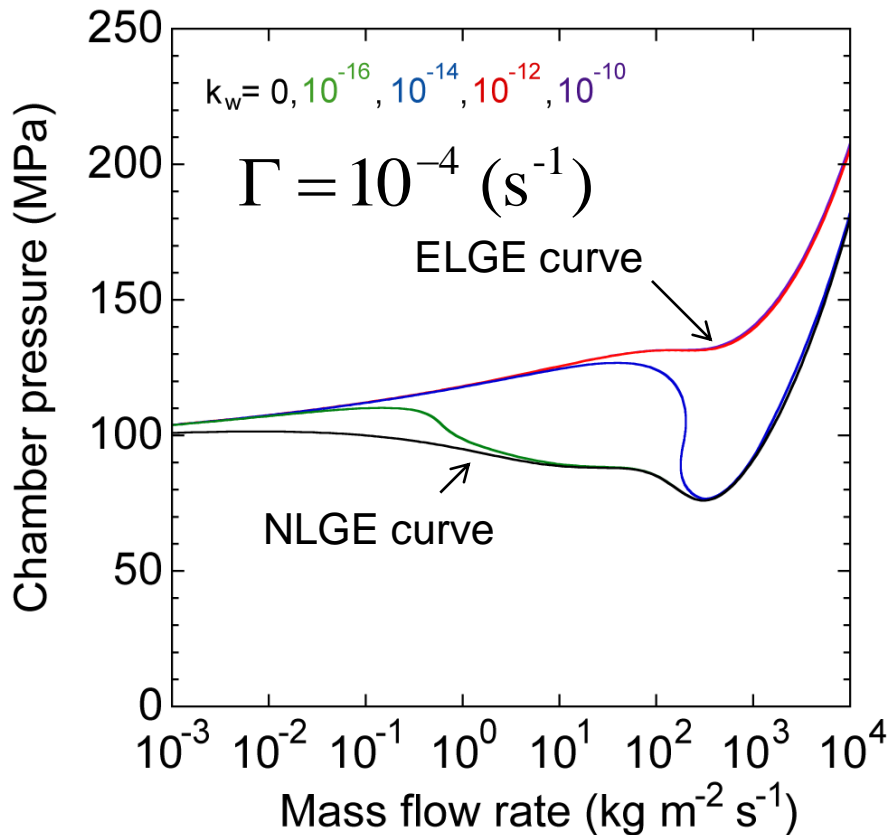
$$\Gamma = 10^{-6} \text{ (s}^{-1}\text{)}$$

$$k_w = 10^{-14} \text{ (m}^2\text{)}$$



# 結果：P-q図 低斑晶量の場合

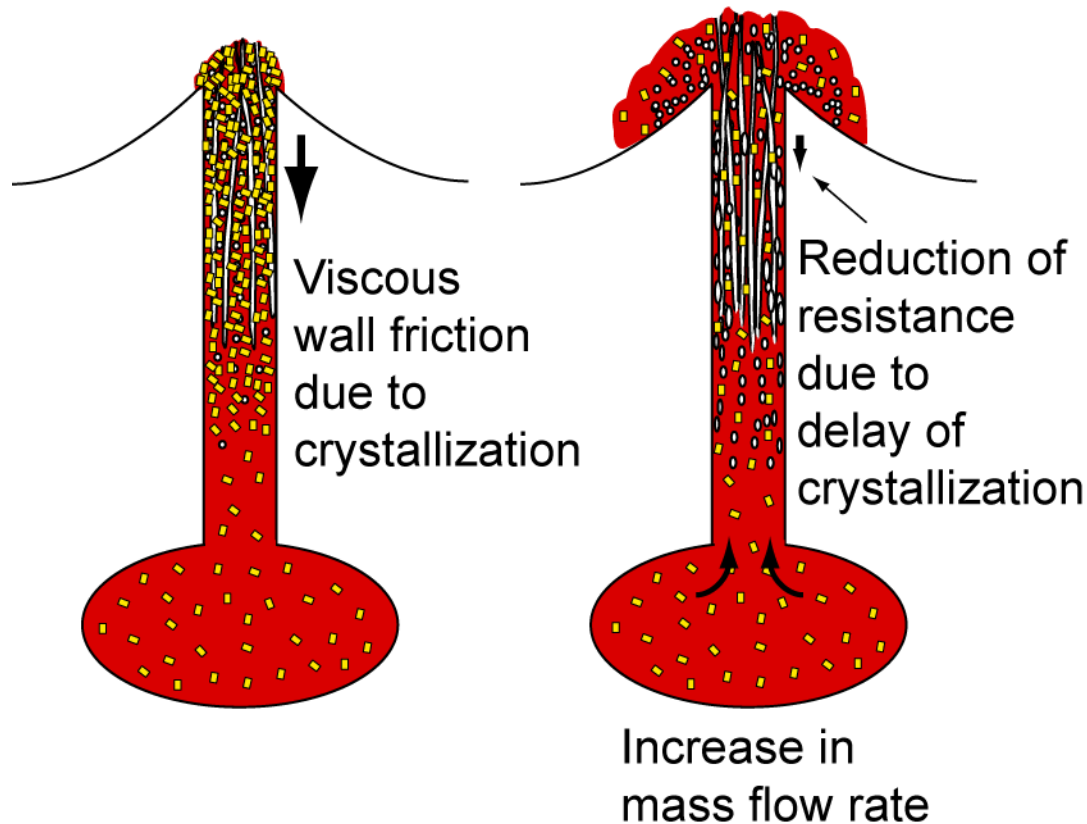
$$\beta_{ph} = 0.4$$



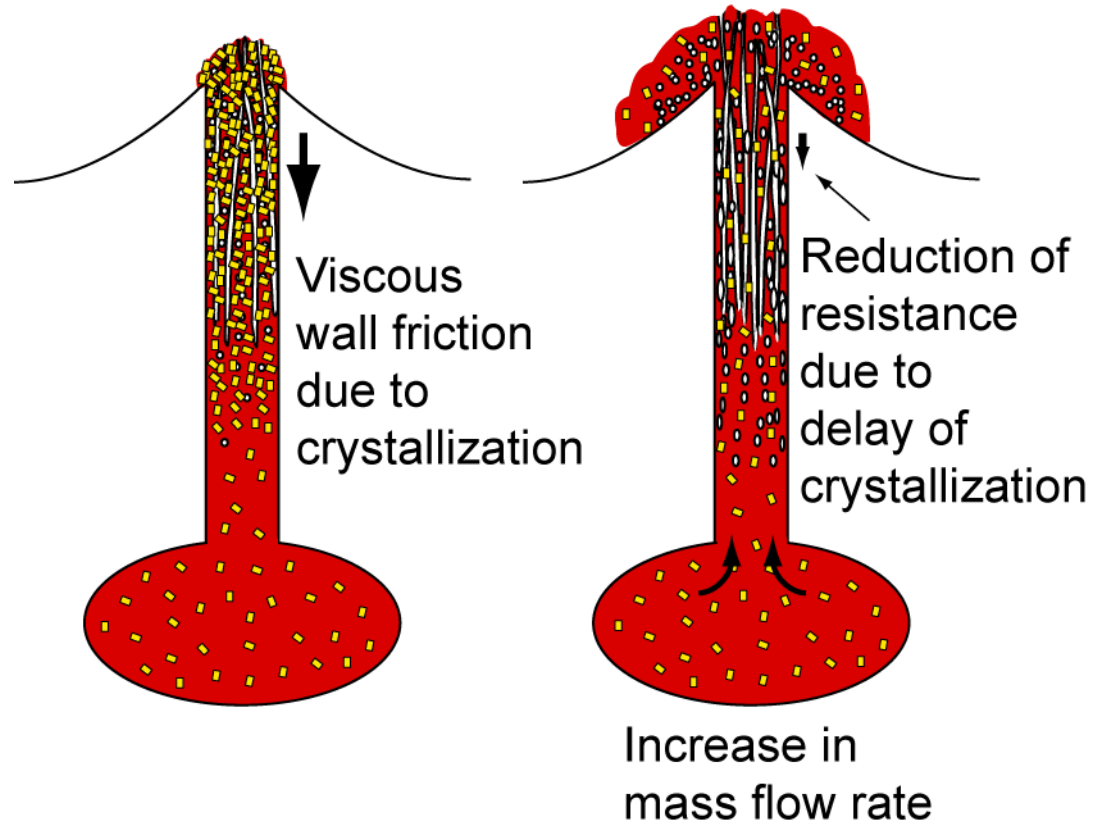
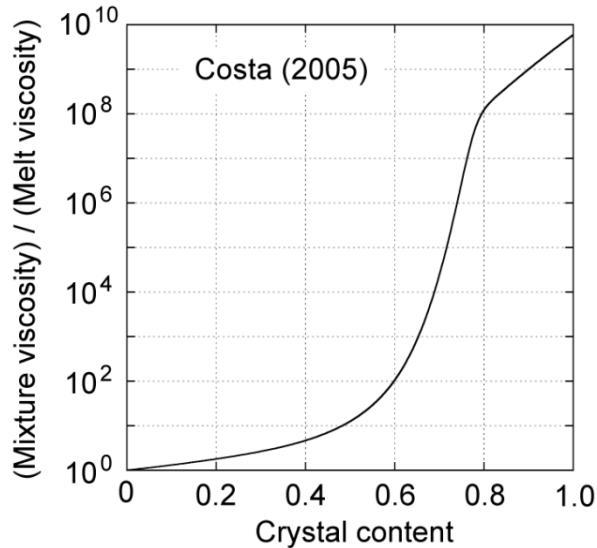
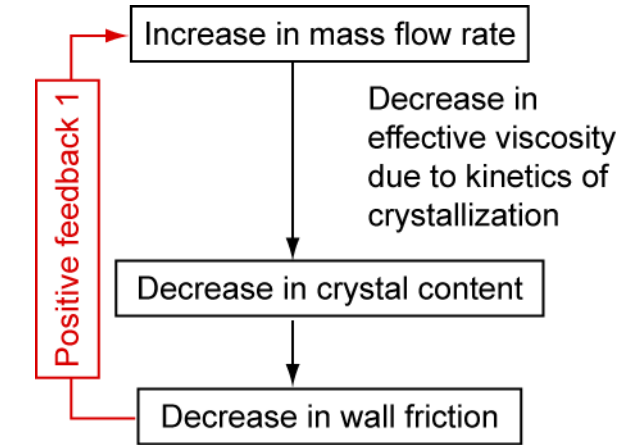


# 負性抵抗の生成メカニズム (その1)結晶成長の遅れ

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\left[(1-\phi)\{(1-\beta)\rho_l + \beta\rho_c\} + \phi\rho_g\right]g - \frac{8\eta(c, \beta, \phi)u_l}{r_c^2}$$

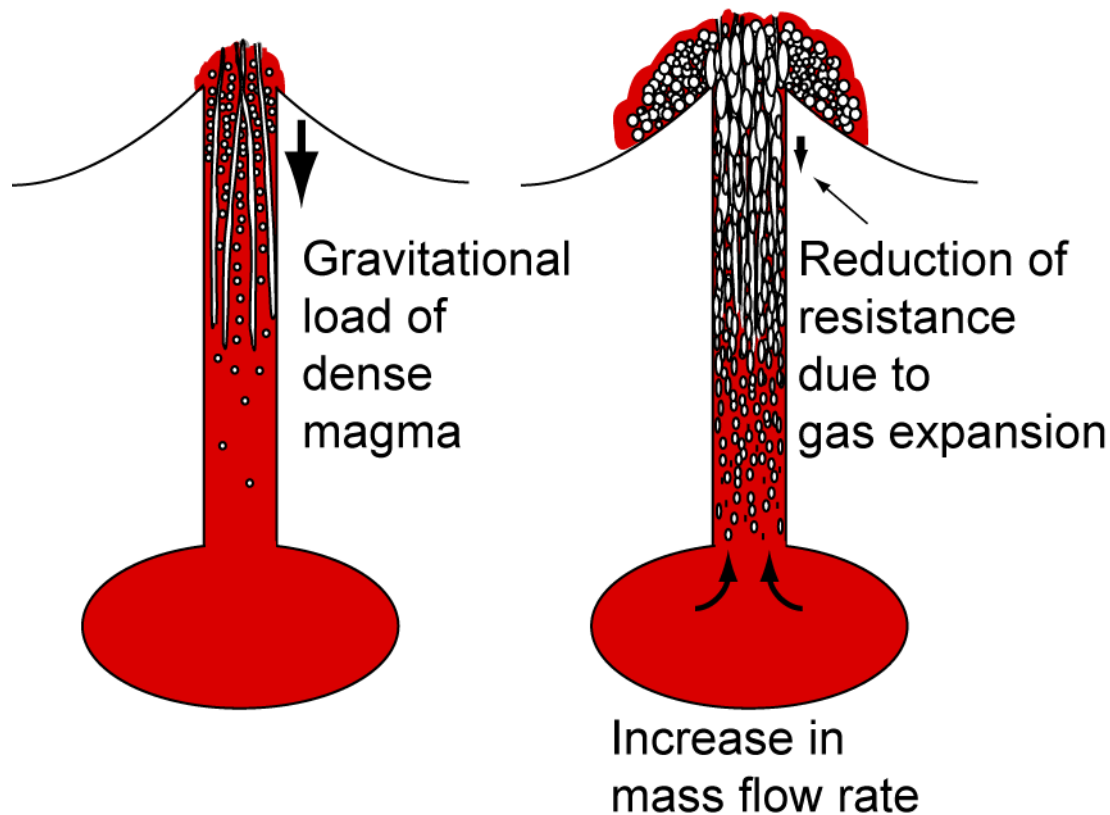


# 負性抵抗の生成メカニズム (その1)結晶成長の遅れ



# 負性抵抗の生成メカニズム (その2)気泡膨張による荷重の減少

$$\frac{\partial p}{\partial z} = - \left[ (1-\phi) \{ (1-\beta)\rho_l + \beta\rho_c \} + \phi\rho_g \right] g - \frac{8\eta(c, \beta, \phi)u_l}{r_c^2}$$



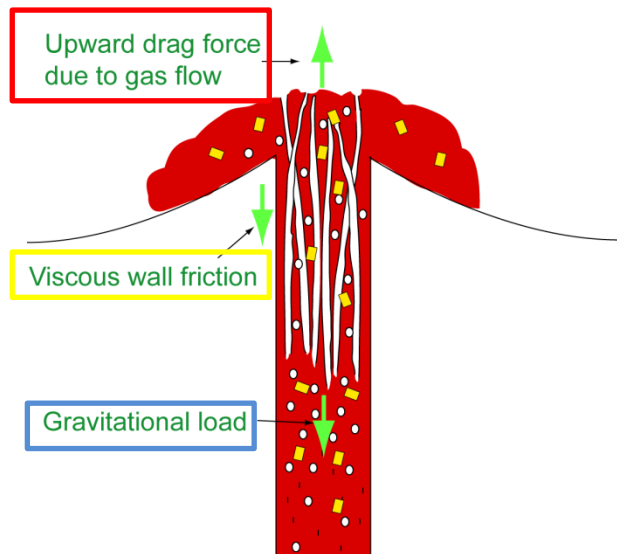
# 負性抵抗の生成メカニズム (その2)気泡膨張による荷重の減少

火道内の気相量の支配要因は何か (Kozono and Koyaguchi, 2010)

運動量保存式  $\frac{\partial p}{\partial z} = -[(1-\phi)\{(1-\beta)\rho_l + \beta\rho_c\} + \phi\rho_g]g - \frac{8\eta(c, \beta, \phi)u_l}{r_c^2}$  と  $\frac{k}{\eta_g\phi}\left(\frac{\partial p}{\partial z} + \rho_g g\right) + u_g - u_l = 0$  から

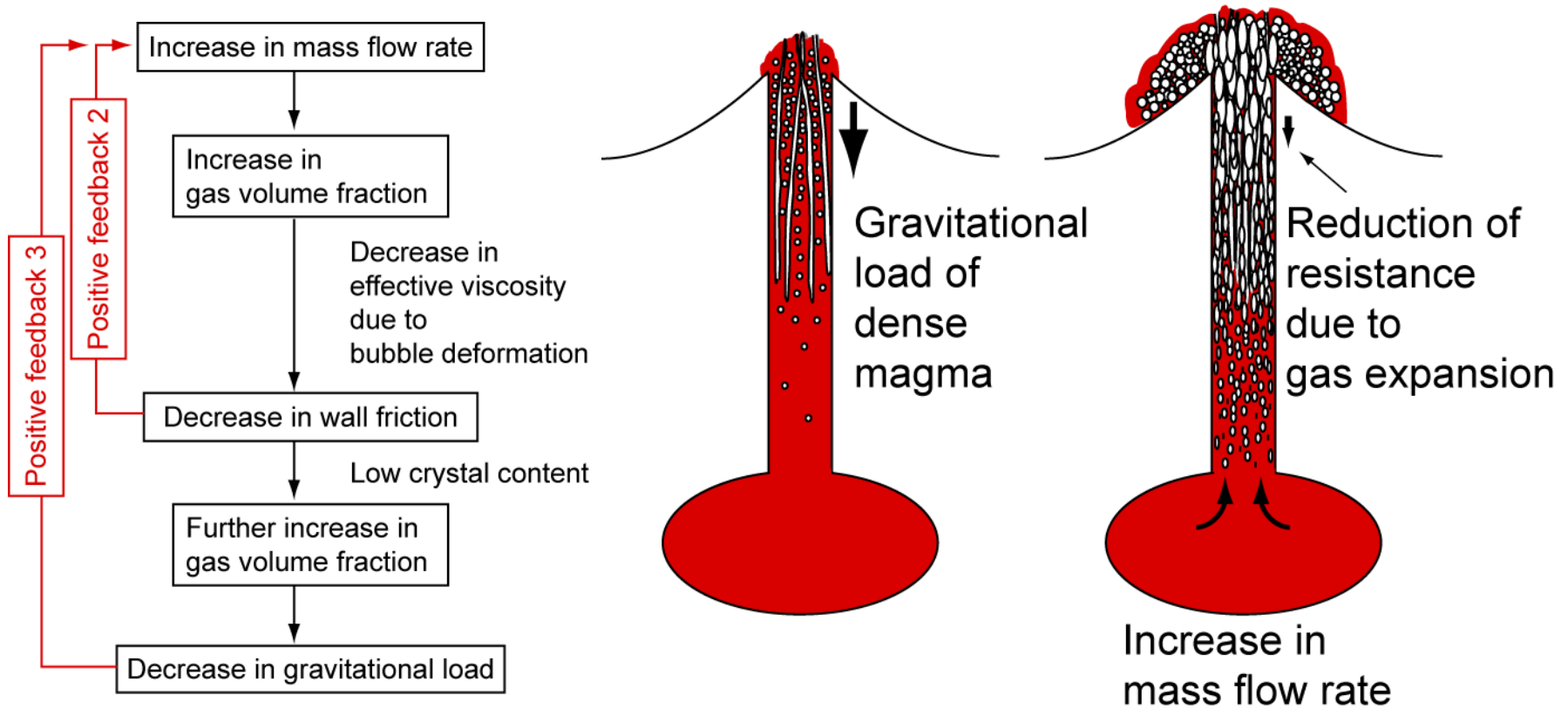
定常状態における釣り合いの式を得る.

$$\frac{\eta_g\phi}{k}\left(\frac{nq}{\phi\rho_g} - \frac{(1-n)q}{(1-\phi)\rho_l}\right) - (1-\phi)\left[\{(1-\beta)\rho_l + \beta\rho_c\} - \rho_g\right]g - \frac{8\eta(c, \beta, \phi)}{r_c^2} \frac{(1-n)q}{(1-\phi)\rho_l} = 0$$



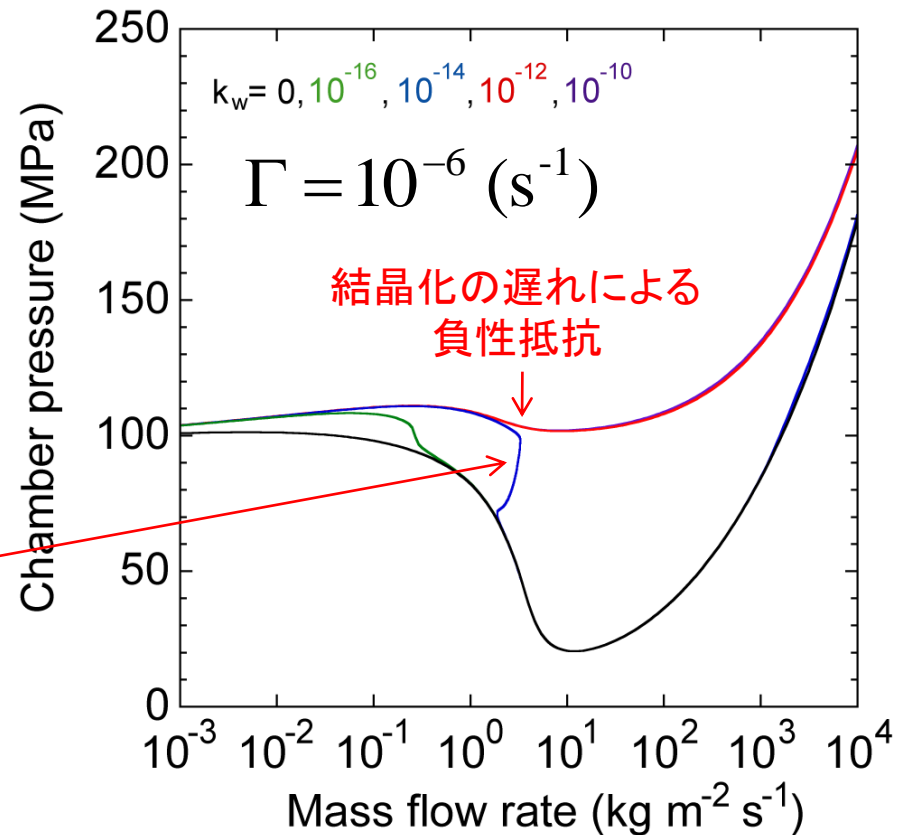
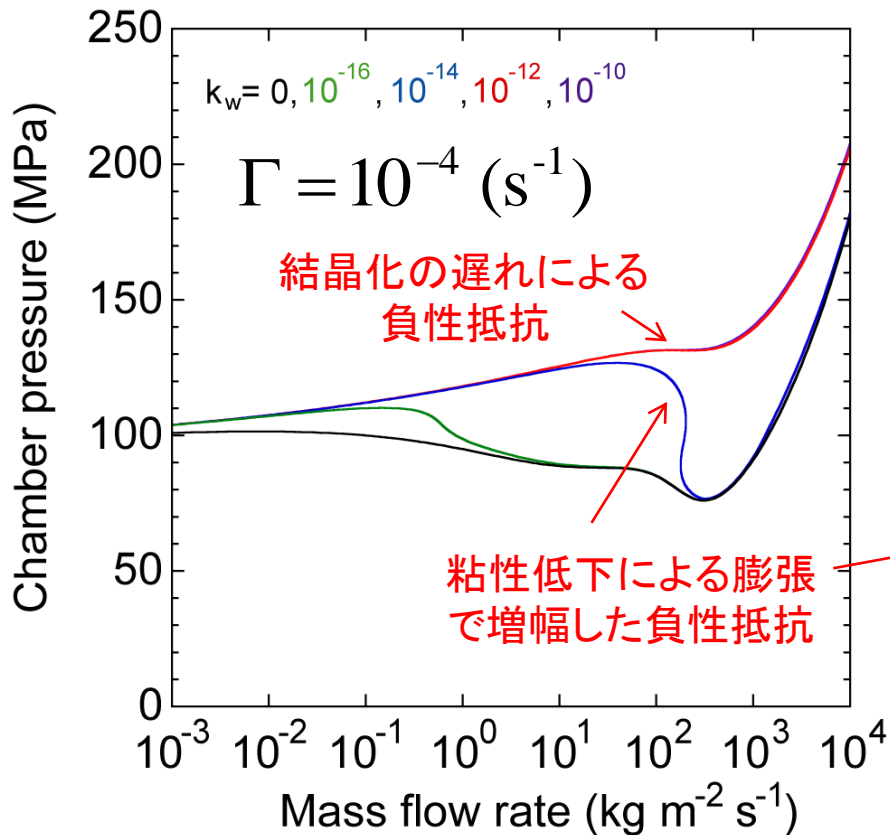
➔  $\phi = f(p, \beta; q)$

# 負性抵抗の生成メカニズム (その2)気泡膨張による荷重の減少

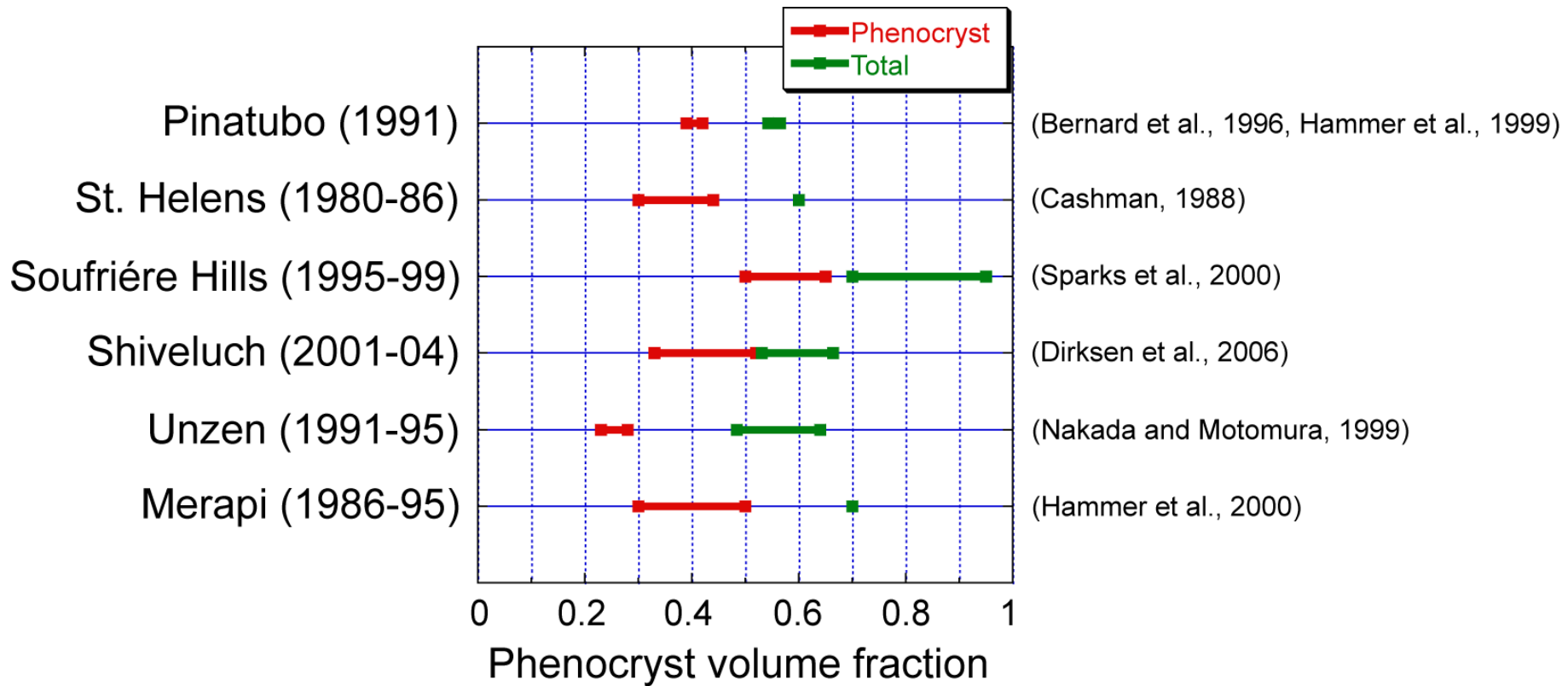


# 結果：P-q図 低斑晶量の場合

$$\beta_{ph} = 0.4$$

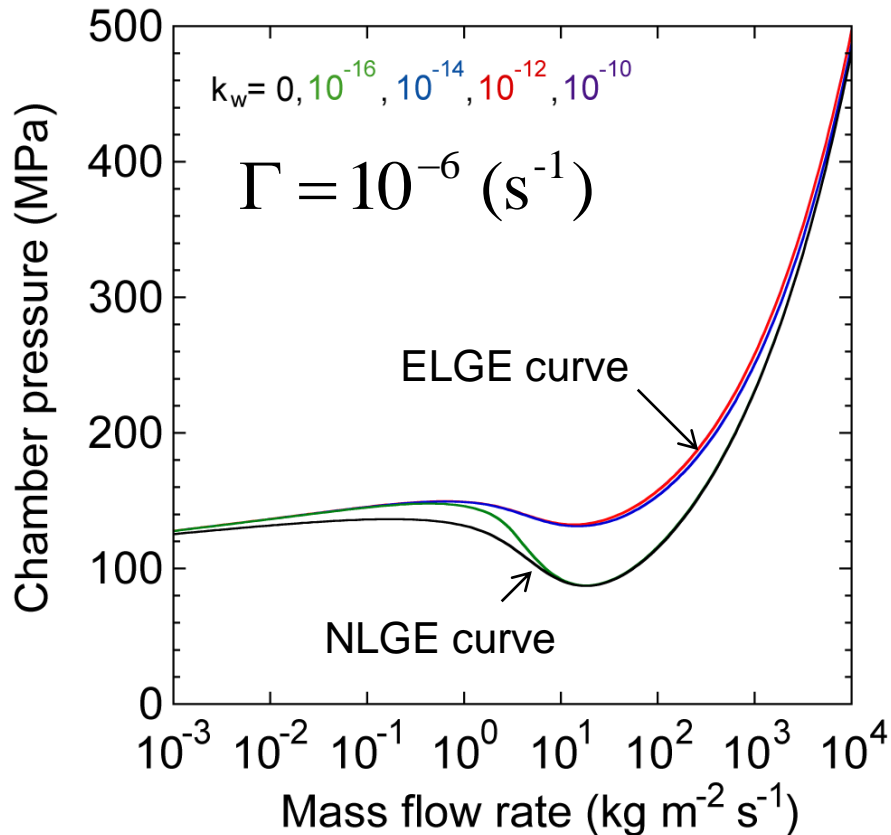


# 野外データとの比較

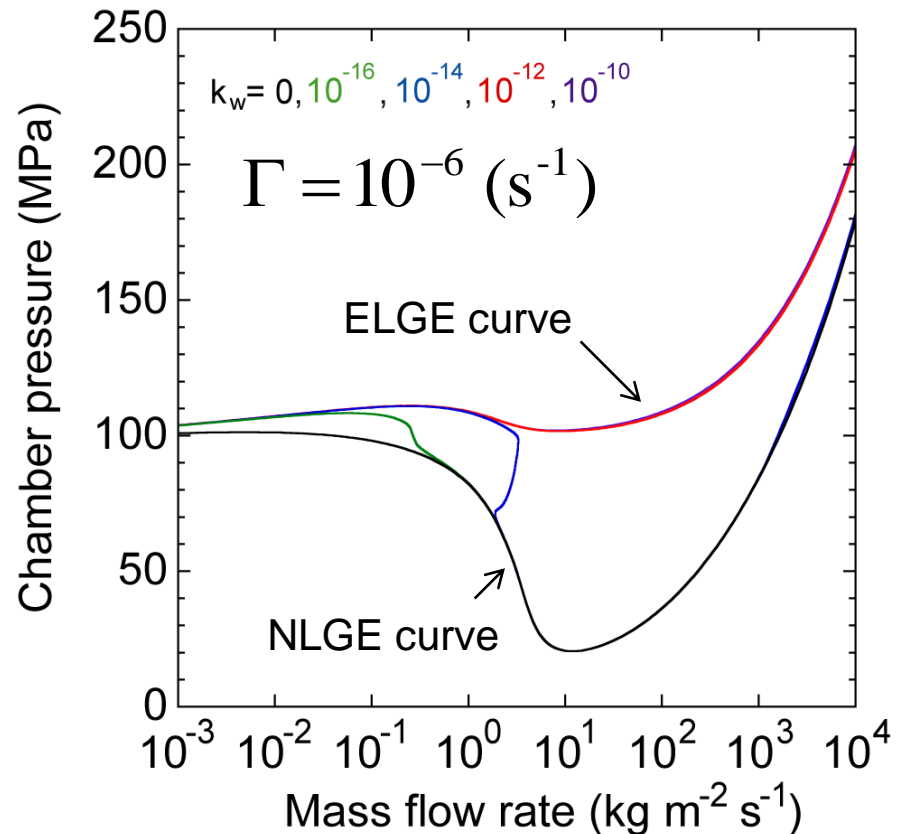


# 従来の研究(Melnik & Sparks 2005等)との比較

$$\beta_{ph} = 0.6$$



$$\beta_{ph} = 0.4$$





# 結論

- ドーム噴火の火道流においては、少なくとも以下の2種類の「負性抵抗の要因」がある。(要因1)結晶化の遅れ (要因2)マグマの密度減少
- ELGE CurveからNLGE Curveへの遷移を伴う条件では要因2が重要な役割を果たす。
- これまでに観測されているドーム噴火の多くは、斑晶の体積分率が0.5以下であり、このことは要因2による噴出率の増加が、火道内マグマの急激な膨張や火道上部でマグマの破碎を経て、爆発的噴火へ移行する可能性があることを示唆している。