

円筒単軸圧縮試験による 粉体成形特性の評価方法

耐火物 Vol.53, **No.11**, 818-623(2001)掲載

東芝セラミックス（株）

辛平、安藤正博、近藤憲生、天野正実、
大塚博、榎本浩二、長谷部悦弘

報告内容

1. 背景・目的

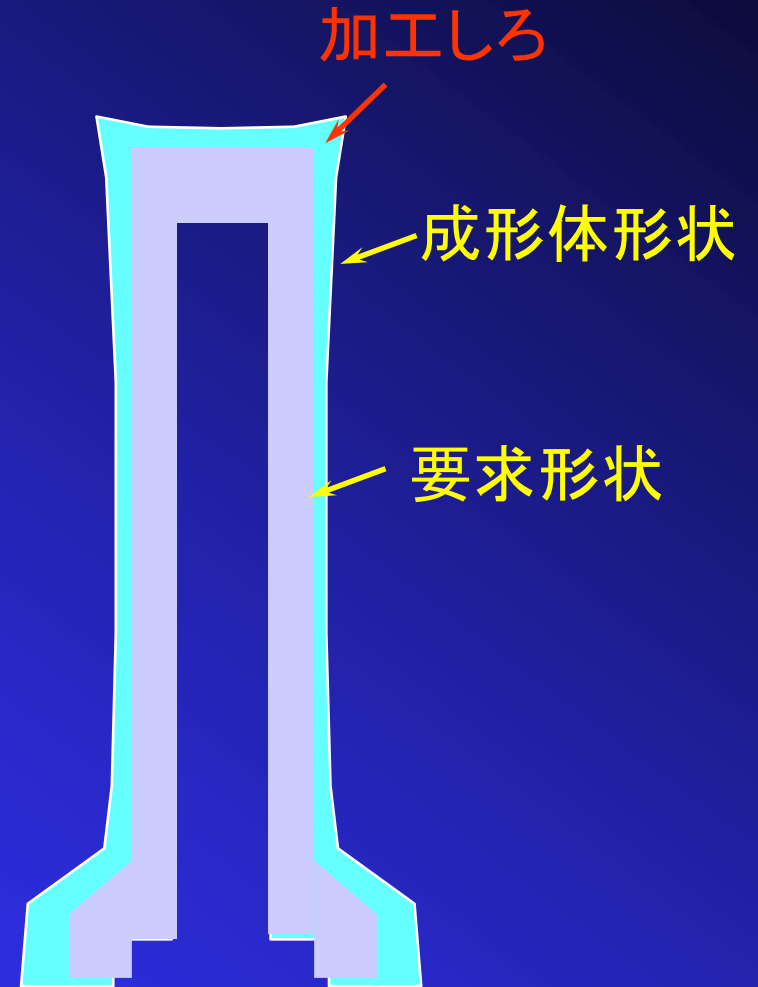
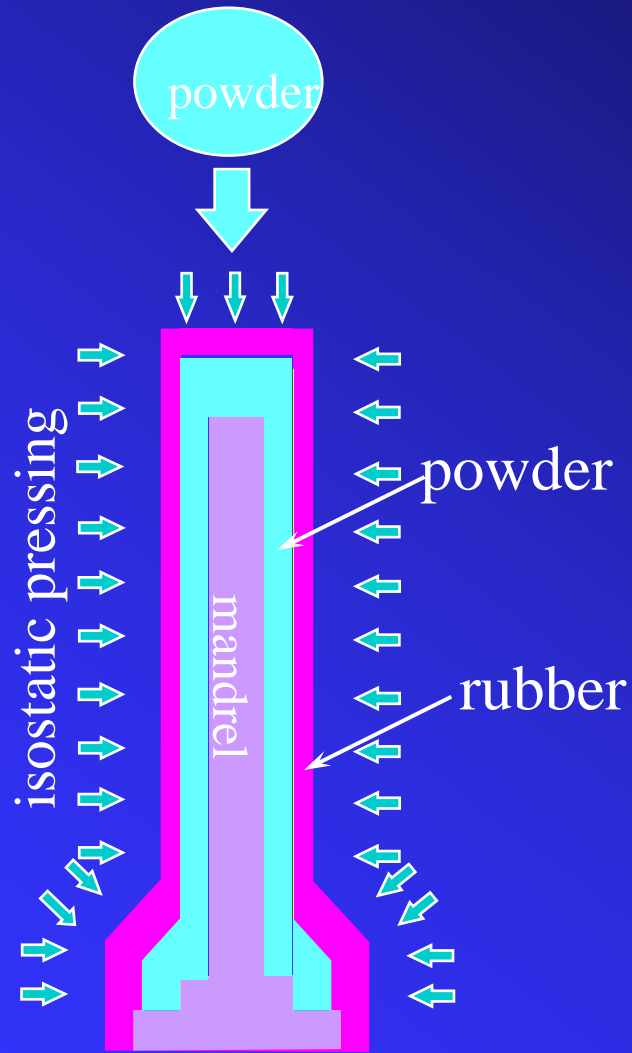
2. 粉体成形特性の理論

3. 粉体成形特性の測定

4. 実験結果

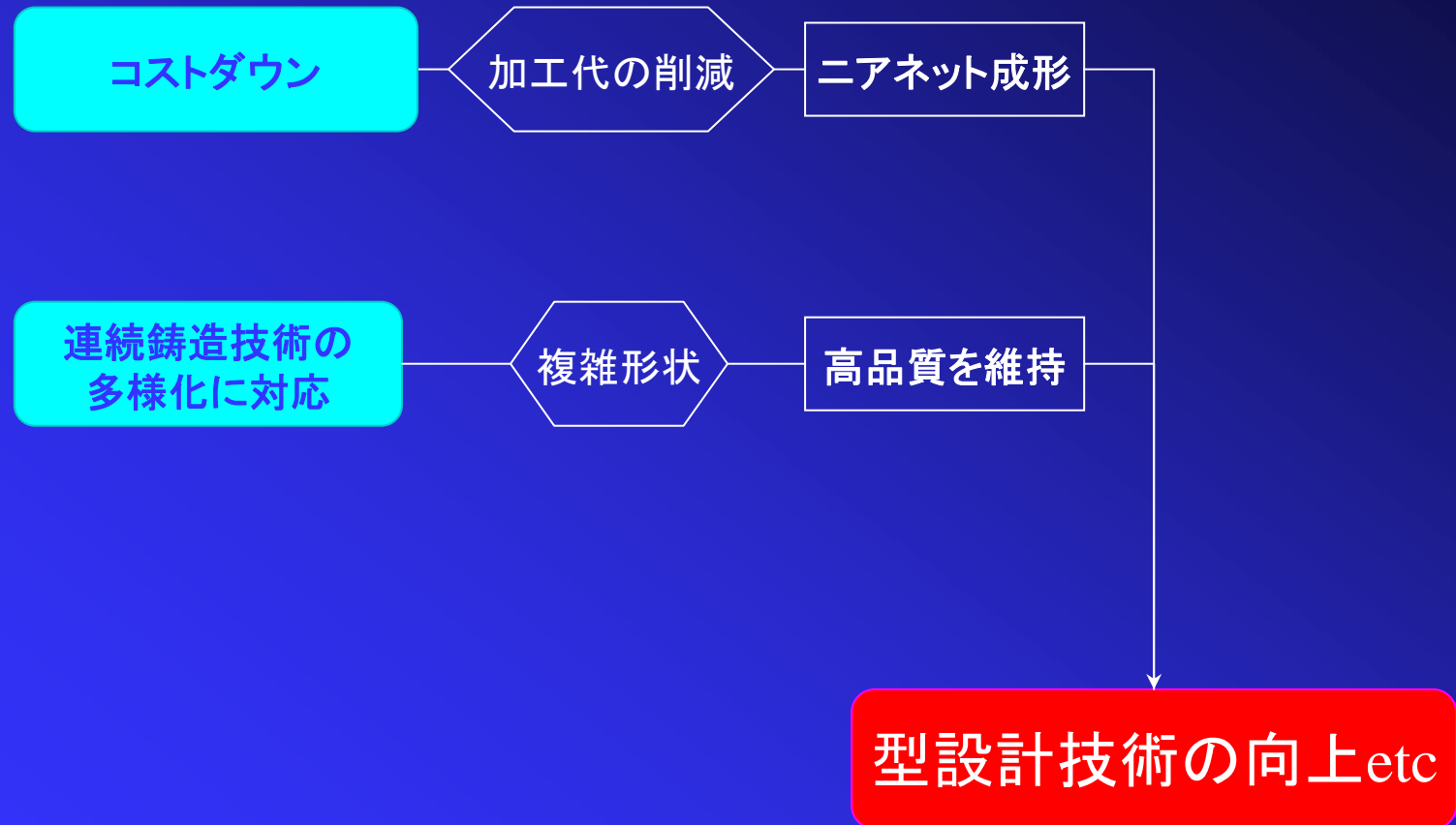
5. まとめ

粉体成形プロセス

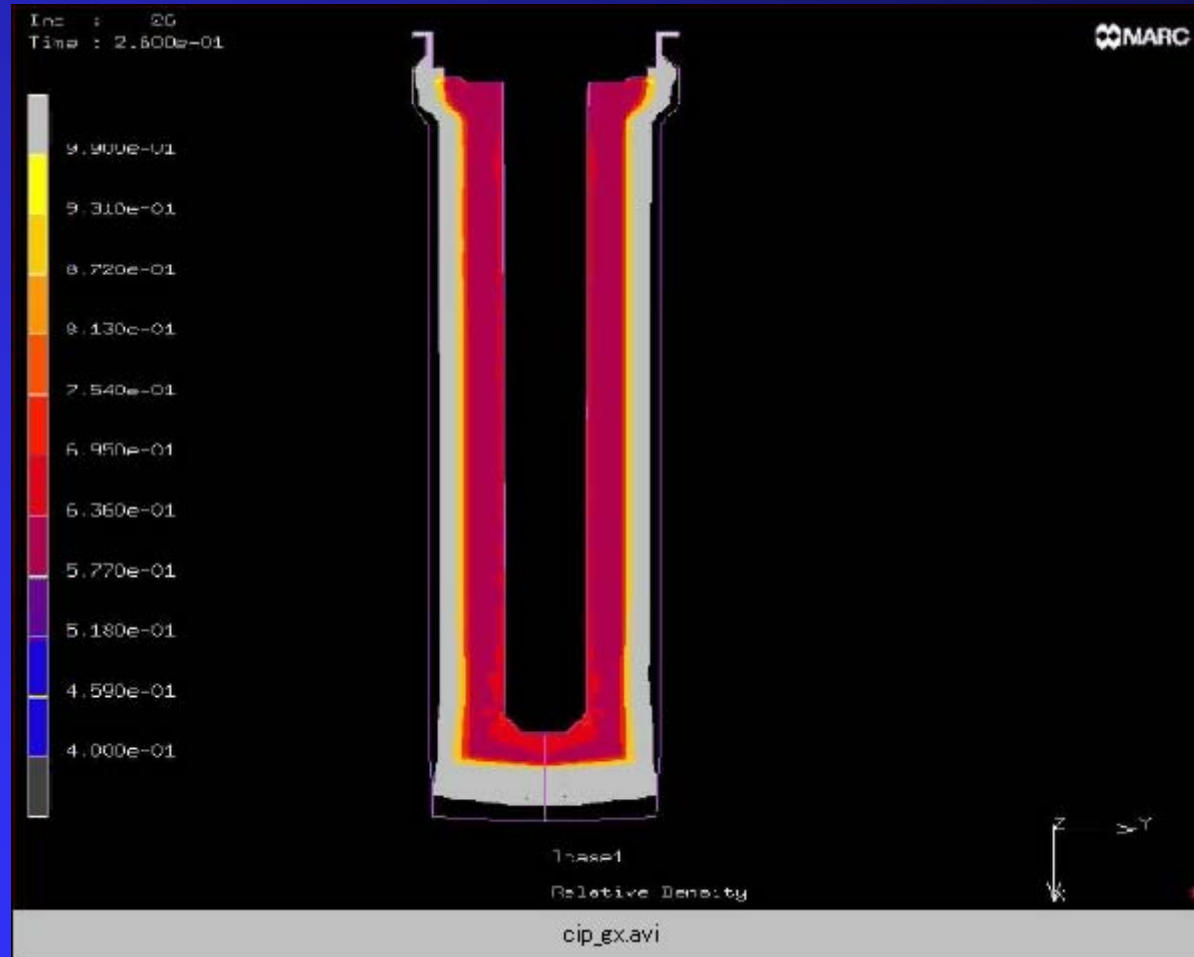


目的

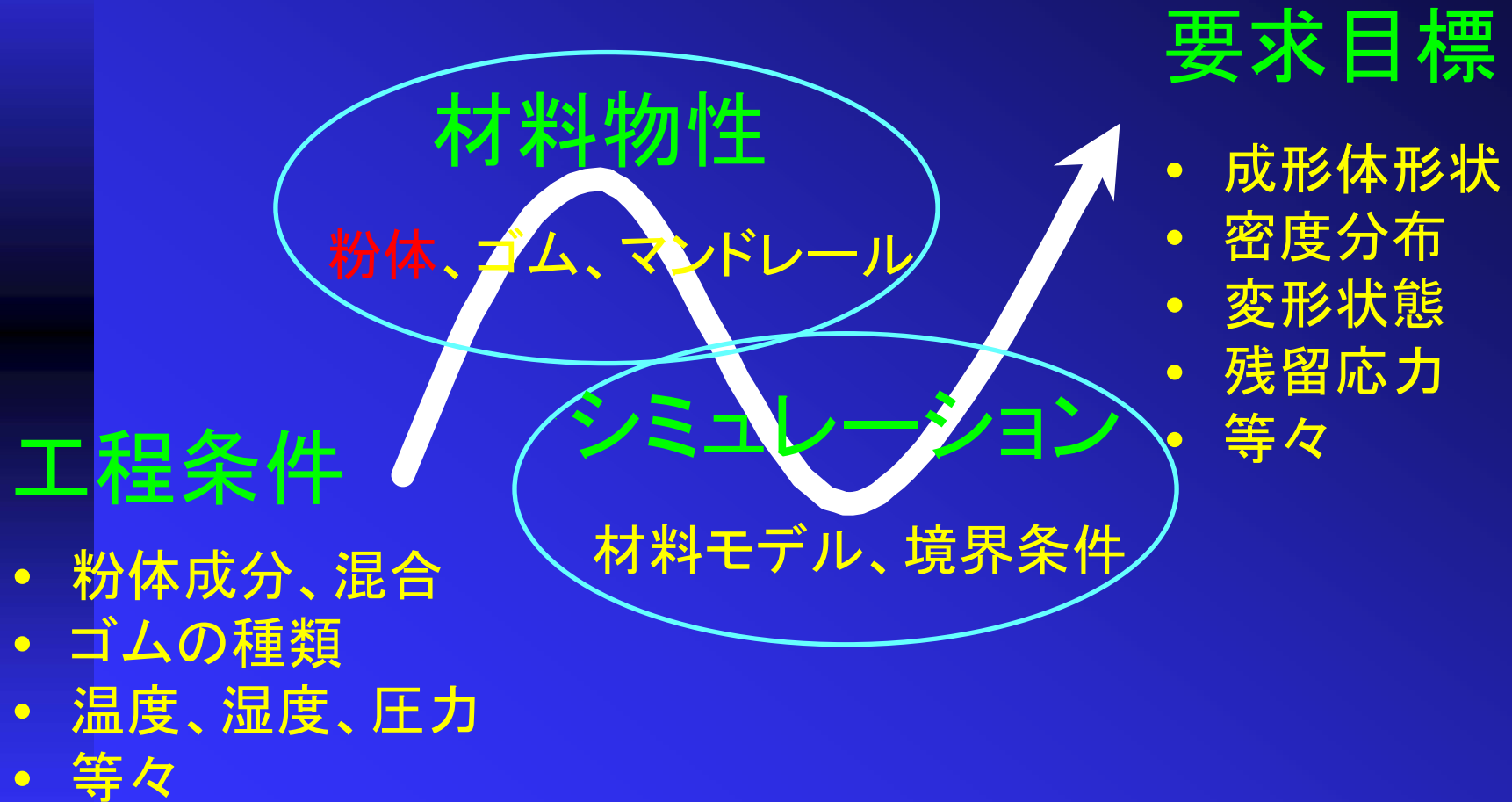
顧客要望



成形プロセスの数値解析



シミュレーションのアプローチ



報告内容

1. 開発の背景
2. 粉体成形特性の理論
3. 粉体成形特性の測定
4. 実験結果
5. まとめ

粉体の成形条件

弾塑性体仮定において

弾性特性

スプリングバック

塑性特性

圧密(セラミック材料では見かけ上のみ)

降伏条件
流動法則

粉体の降伏条件

圧密体の場合(e.g. von Mises降伏条件)

$$\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] = \sigma_y^2$$

圧縮性粉体(e.g. 大矢根・島の降伏条件)

$$\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] + \left(\frac{\sigma_m}{\beta}\right)^2 = \sigma_y^2$$

粉体降伏条件の測定方法

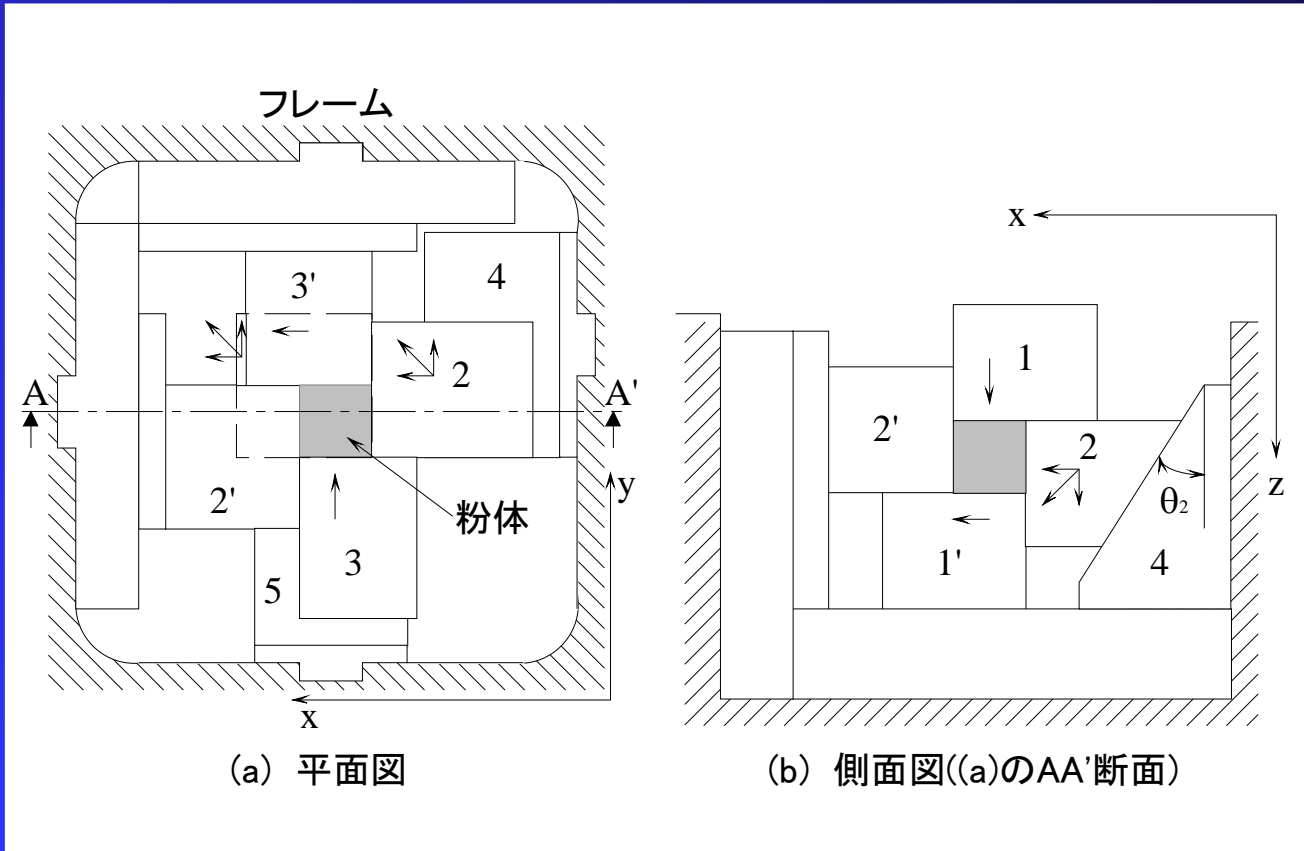
① 二つの独立な応力状態

三軸圧縮試験(島ら)

② 一つの応力状態と流動法則

円筒単軸圧縮試験(辛ら)

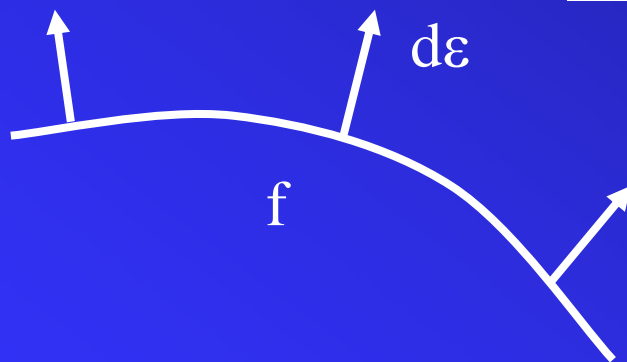
三軸圧縮試験(島ら)



流動法則(法線則)

$$d\varepsilon_{ij}^p = \frac{3d\bar{\varepsilon}^p}{2\sigma_y} \left[\sigma_{ij} - \delta_{ij} \left(1 - \frac{2}{9\beta^2}\right) \sigma_m \right]$$

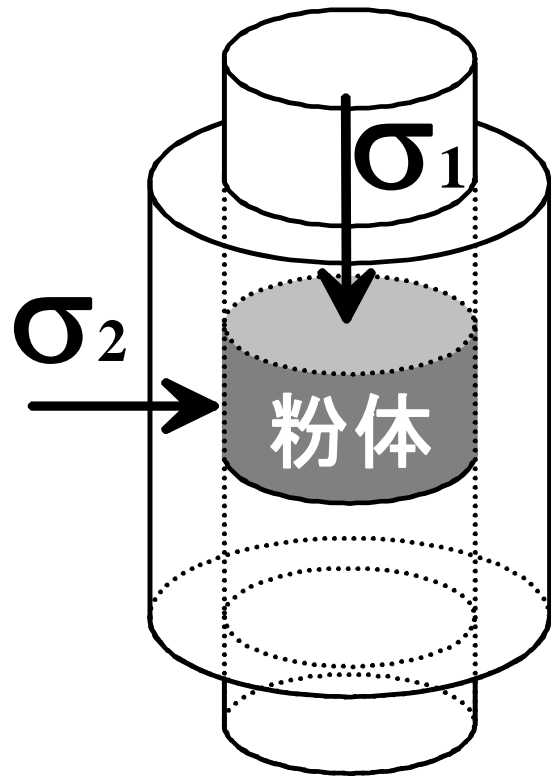
$$d\bar{\varepsilon}^p = \left[\frac{2}{3} d\varepsilon_{ij}^p d\varepsilon_{ij}^p + \left(\frac{d\varepsilon_{kk}^p}{\beta} \right)^2 \right]^{1/2}$$



報告内容

1. 開発の背景
2. 粉体成形特性の理論
3. 粉体成形特性の測定
4. 実験結果
5. まとめ

円筒単軸圧縮試験(辛ら)

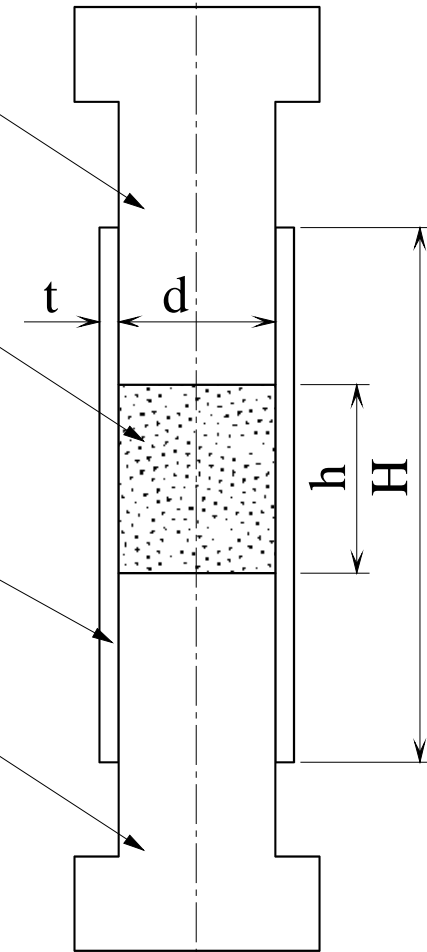


Upper Pressing Punch

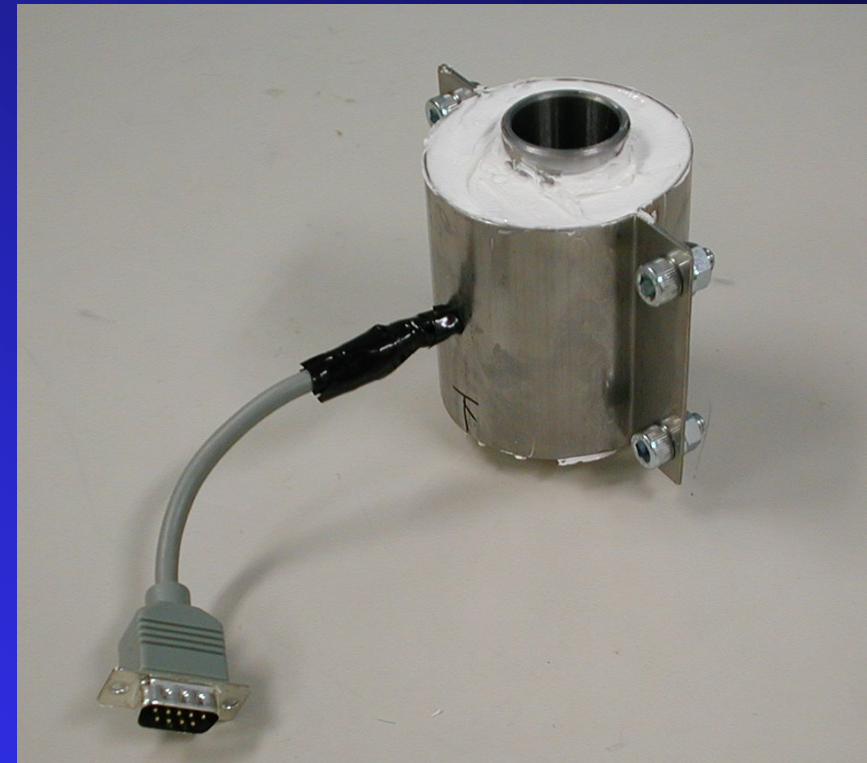
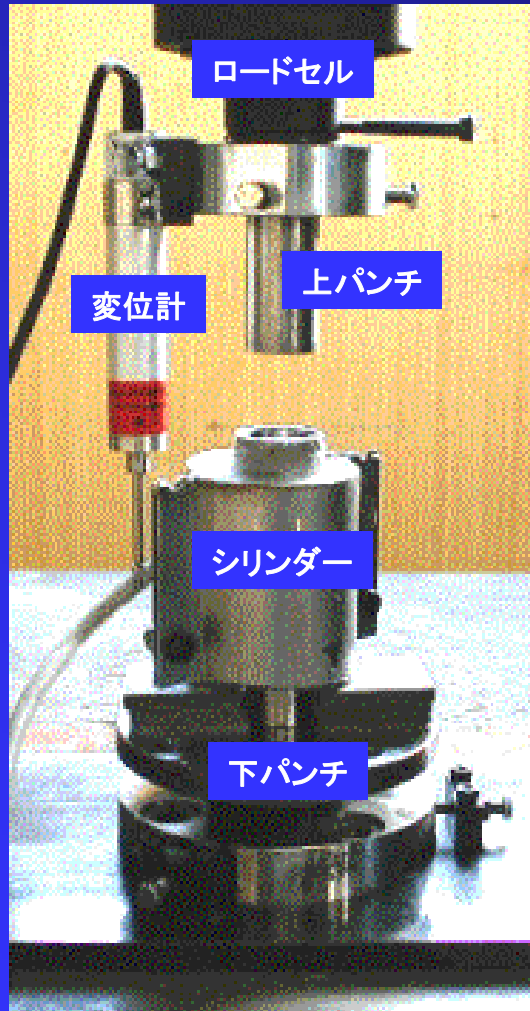
Granulated Powder

Cylindrical Die

Lower Pressing Punch



円筒単軸圧縮試験(辛ら)



円筒単軸圧縮における降伏条件と流動法則

$$\sigma_y^2 = \sigma_1^2 \left[(1 - \xi)^2 + \left(\frac{1 + 2\xi}{3\beta} \right)^2 \right]$$

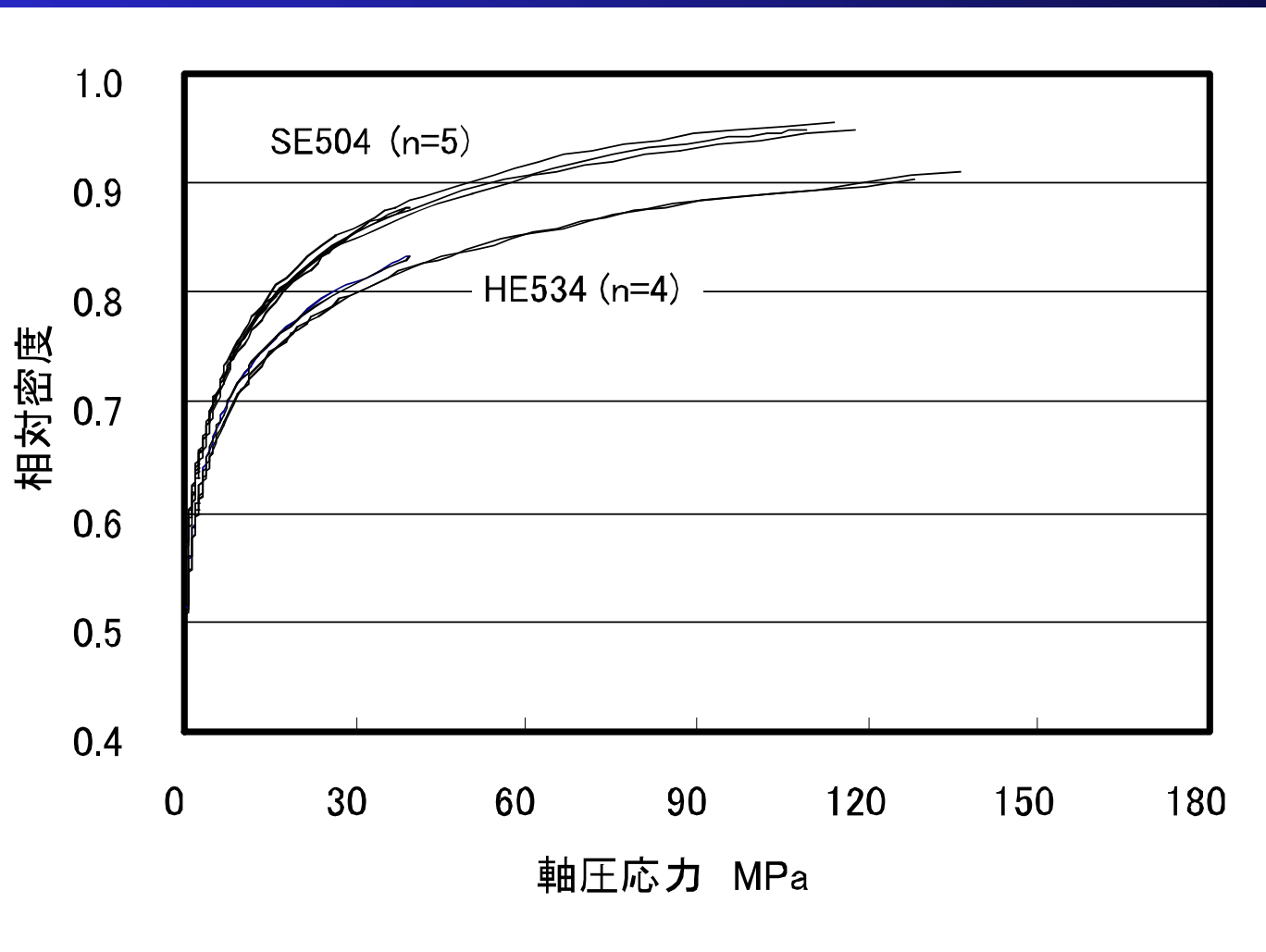
$$\beta^2 = \frac{2}{9} \left(\frac{1 + 2\xi}{1 - \xi} \right)$$

側圧比 $\xi (= \sigma_2 / \sigma_1)$

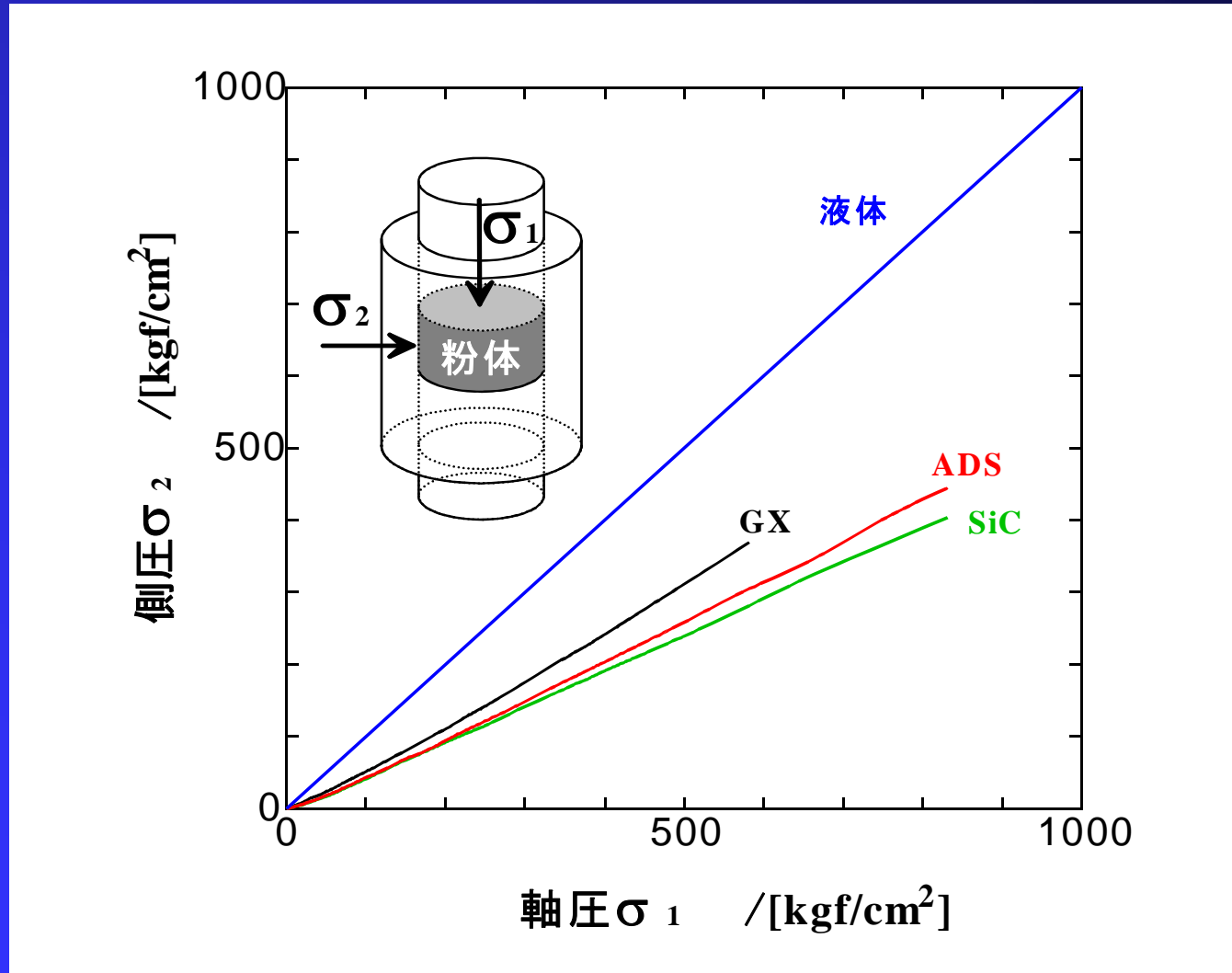
報告内容

1. 開発の背景
2. 粉体成形特性の理論
3. 粉体成形特性の測定
- 4. 実験結果**
5. まとめ

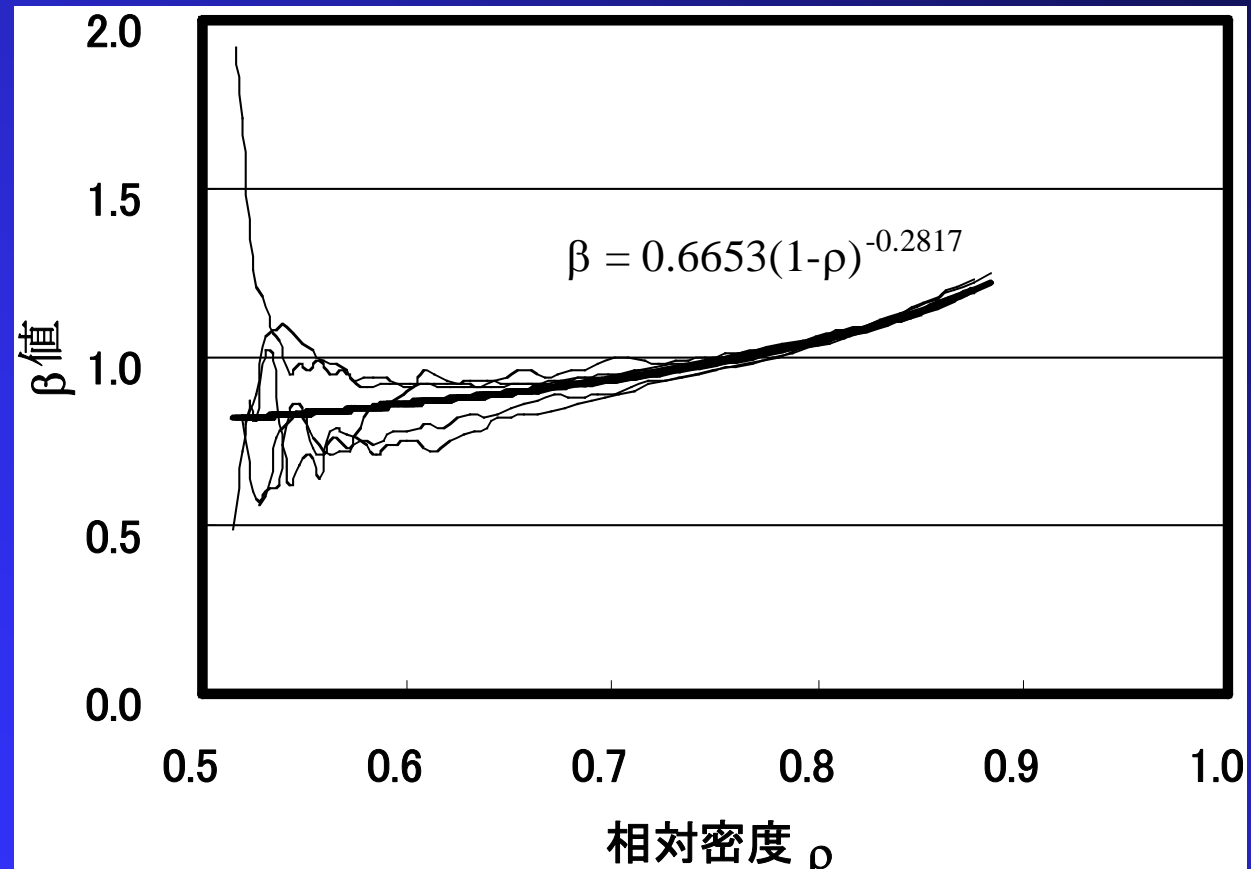
压密特性



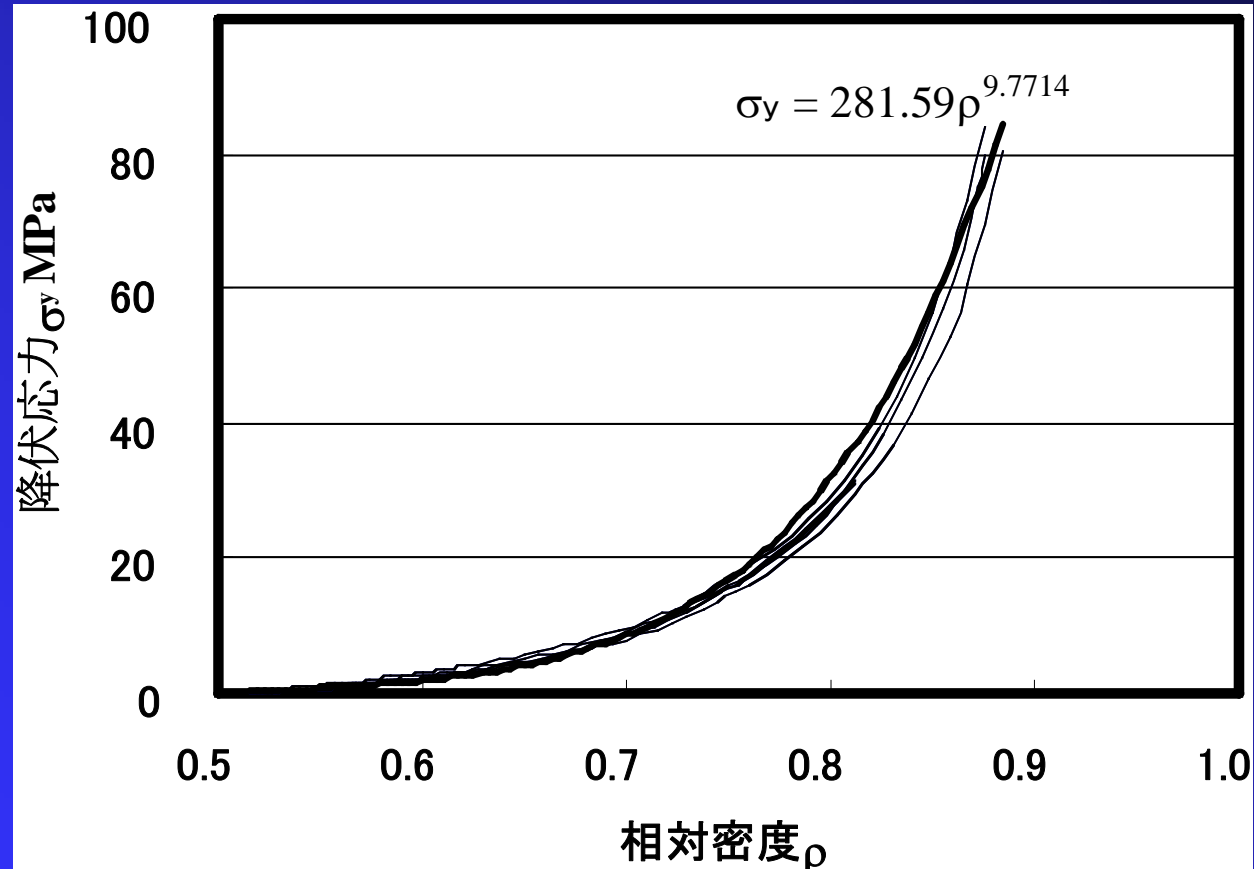
側圧比



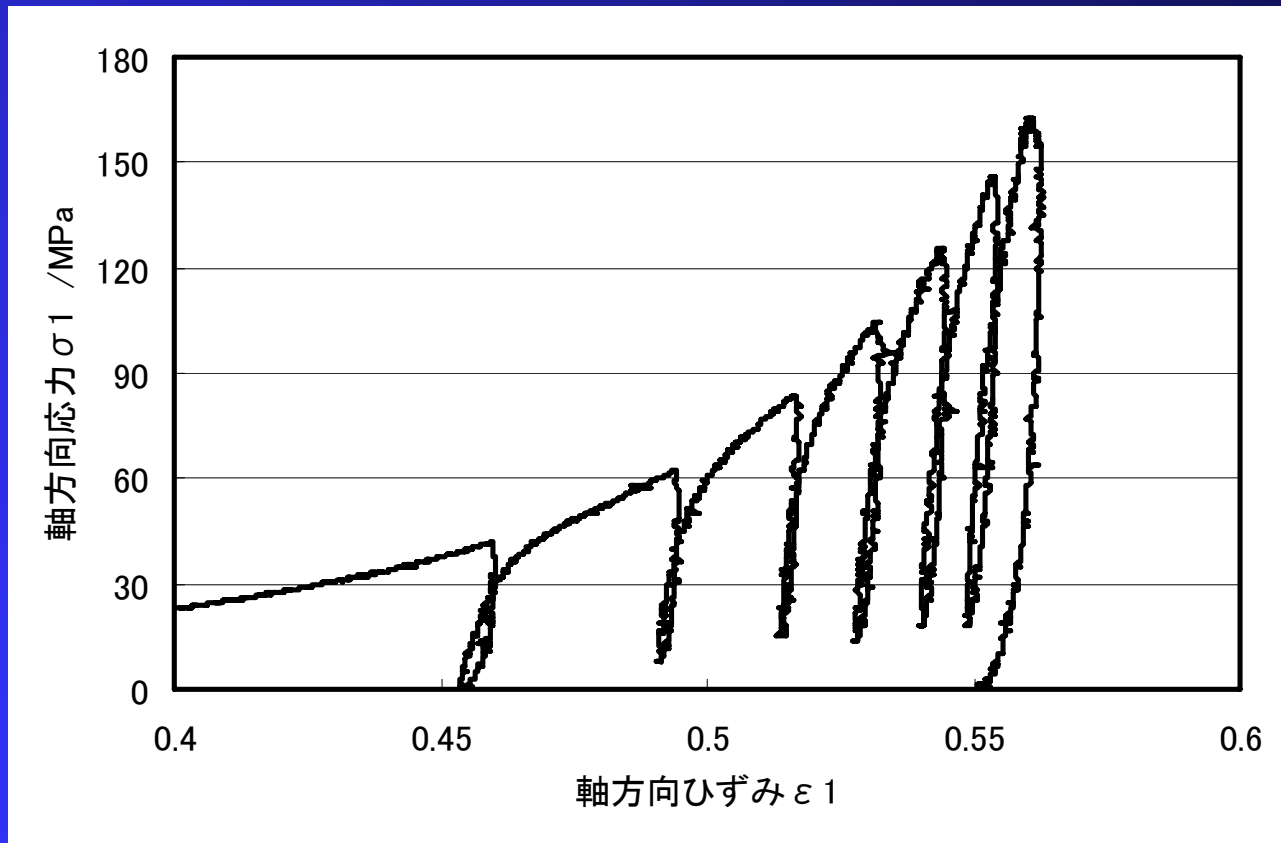
静水压力影响系数 β



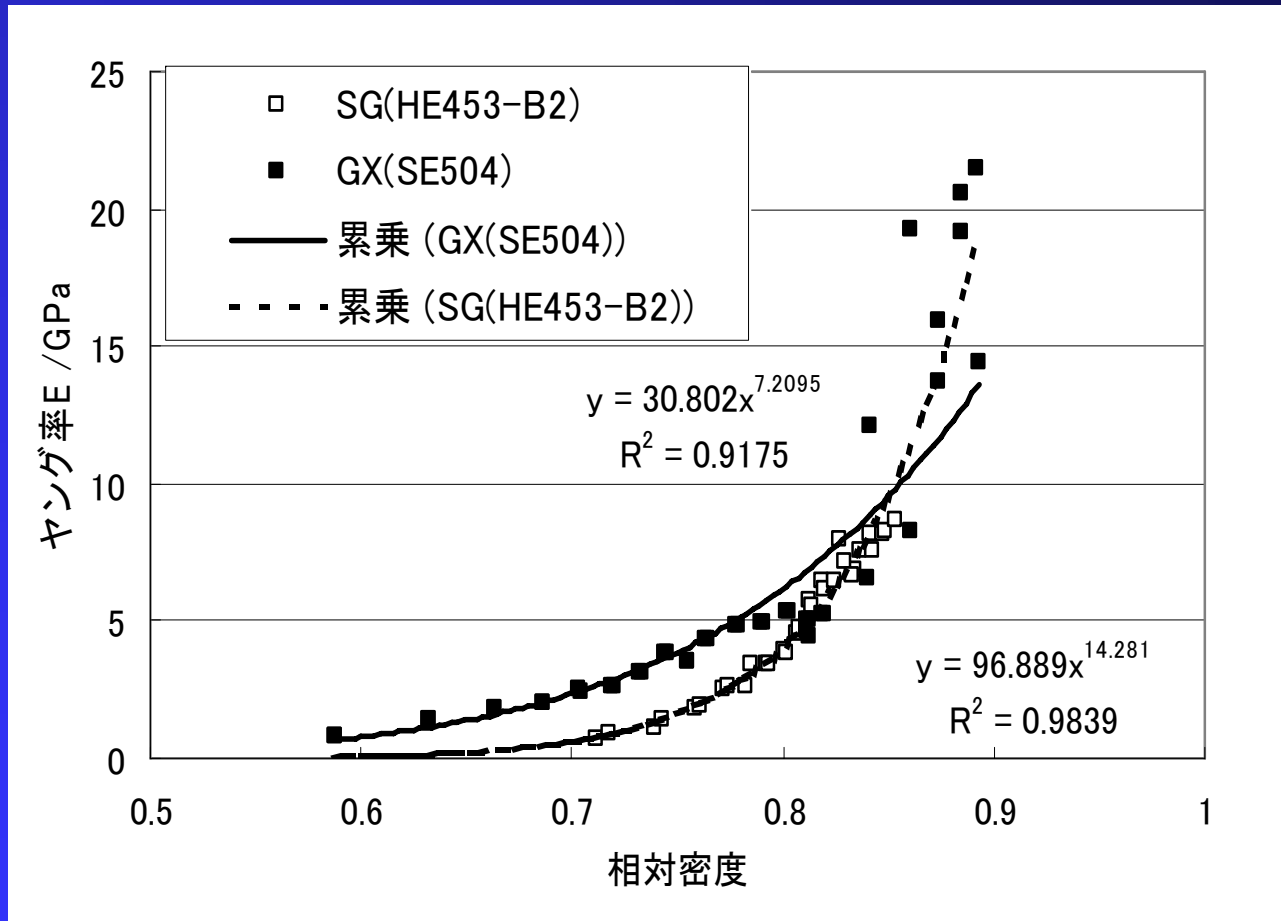
降伏応力 σ_y



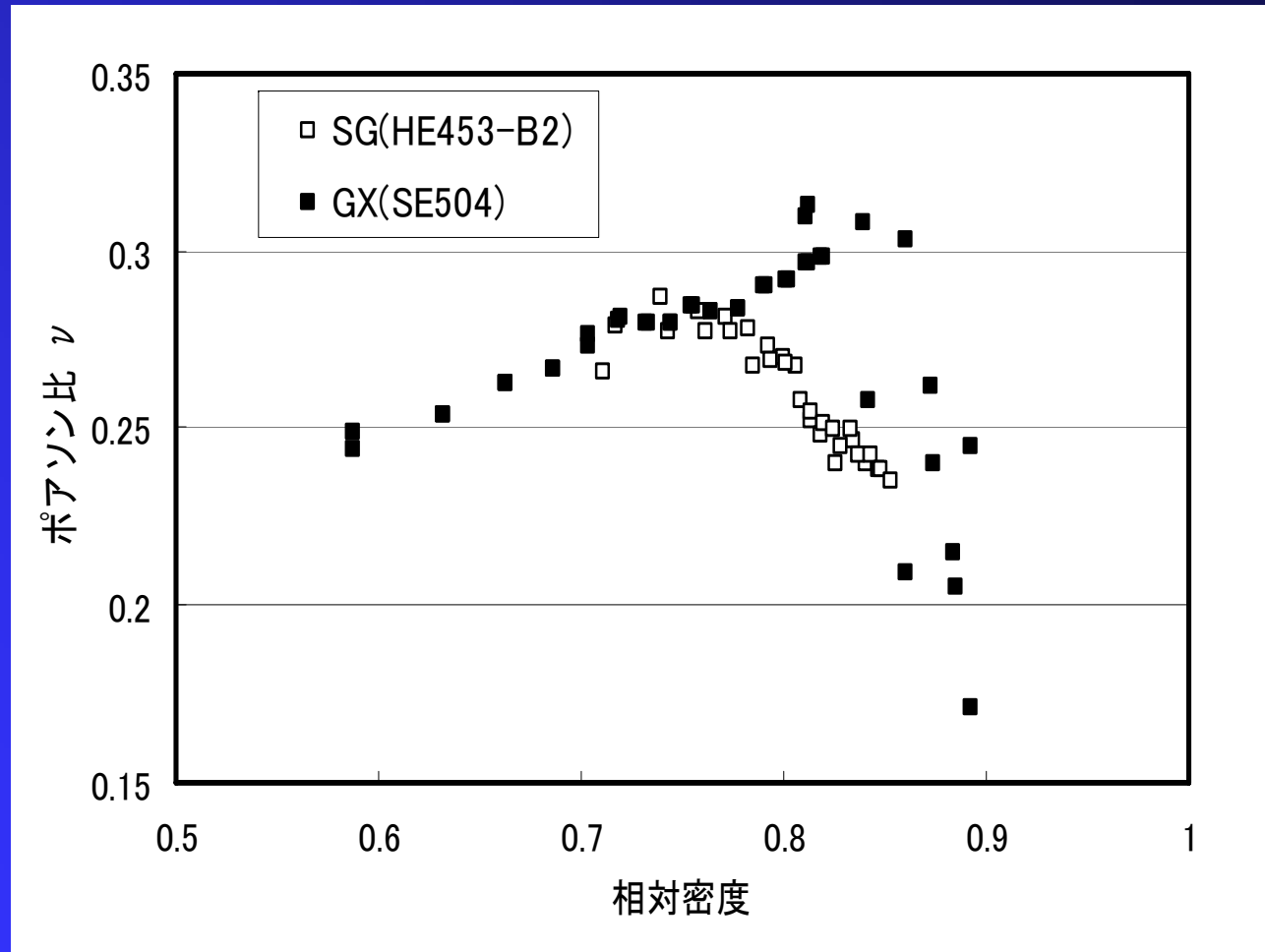
粉体弾性係数の測定方法



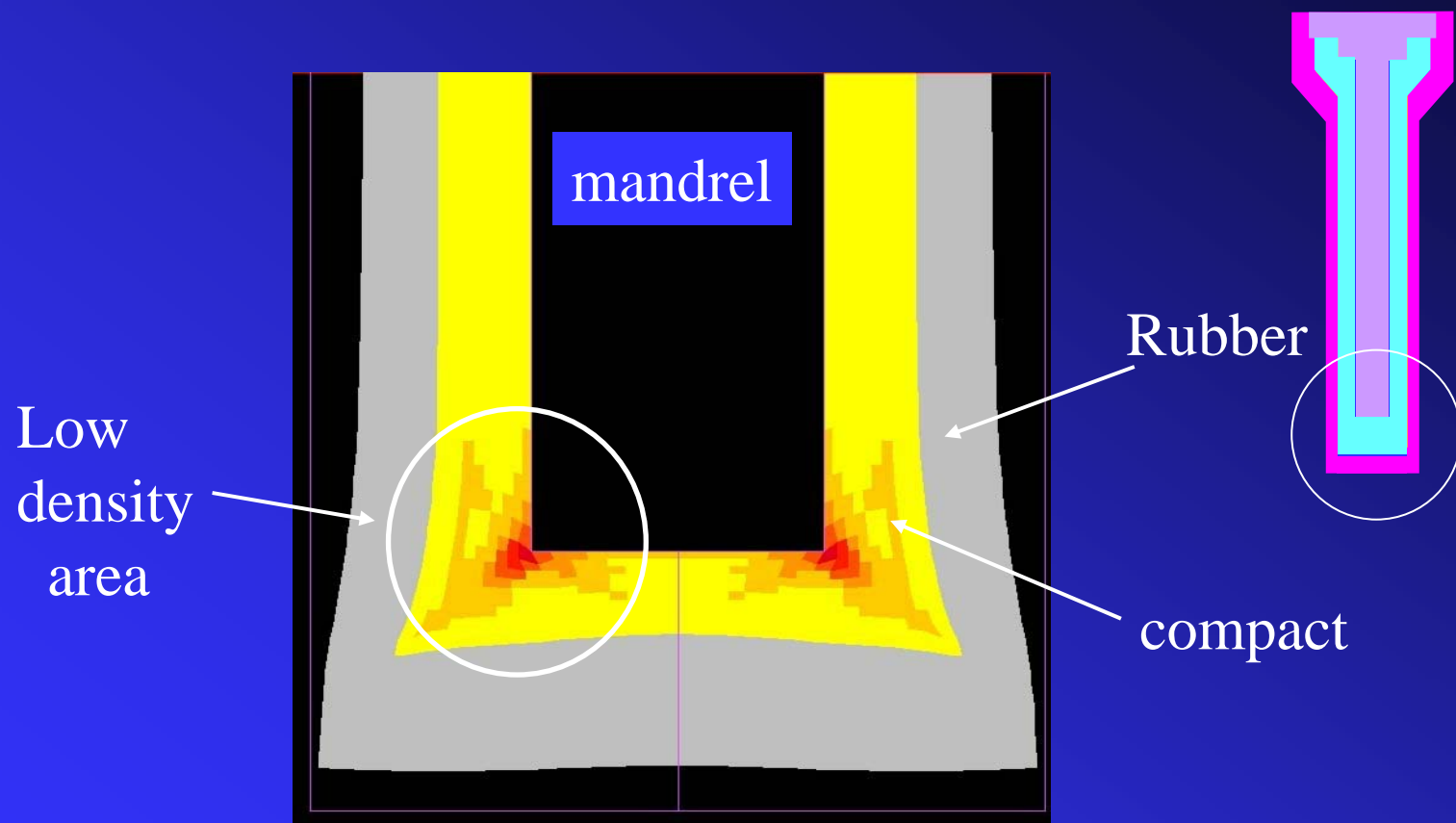
粉体のヤング率



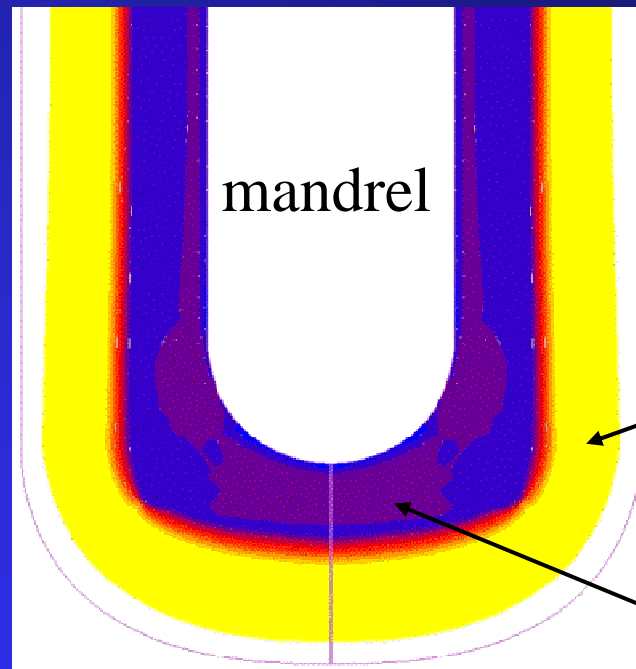
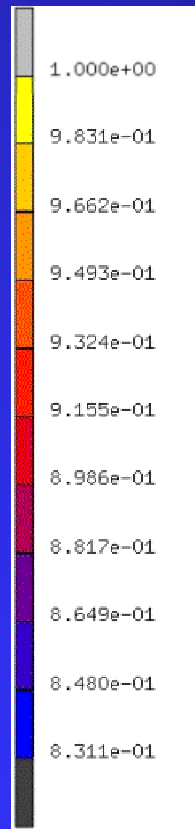
粉体のポアソン比



解析結果



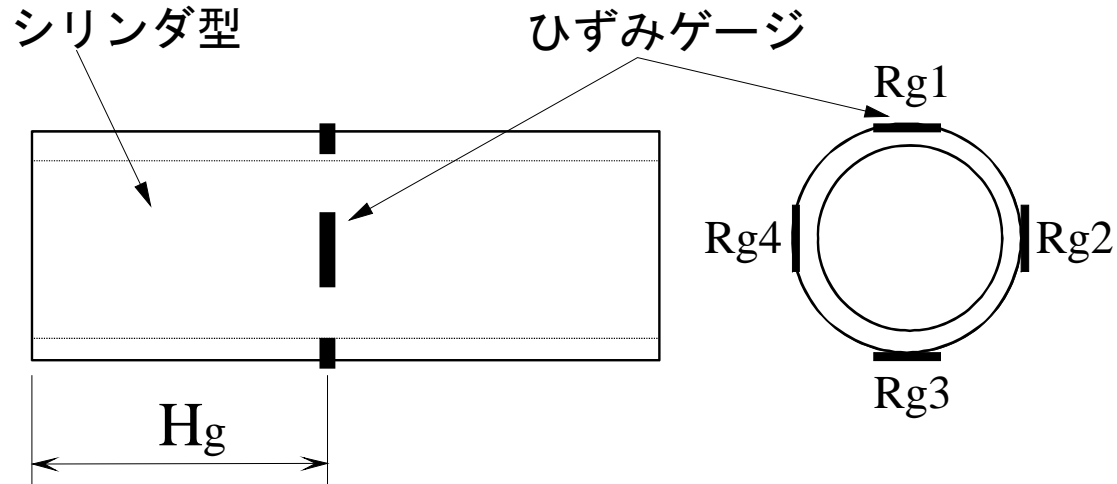
解析結果：密度ムラの改善



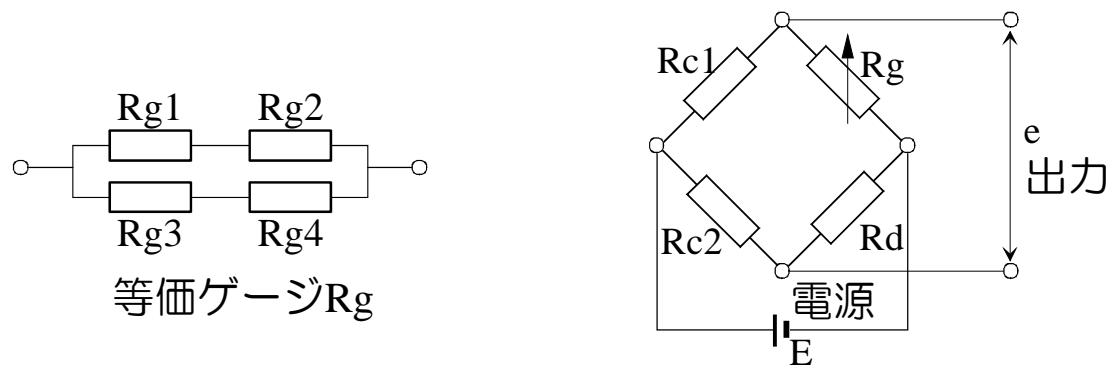
まとめ

1. 円筒単軸圧縮試験による粉体成形特性の評価は簡単で且つ実用的である。
2. 流動法則を導入することにより、前記試験条件での応力状態で粉体の成形特性を評価できる。
3. 数値解析(e.g. CIP成形プロセス)によって、ダイスや成形プロセスの設計が可能となる。

側圧測定——ひずみゲージ法



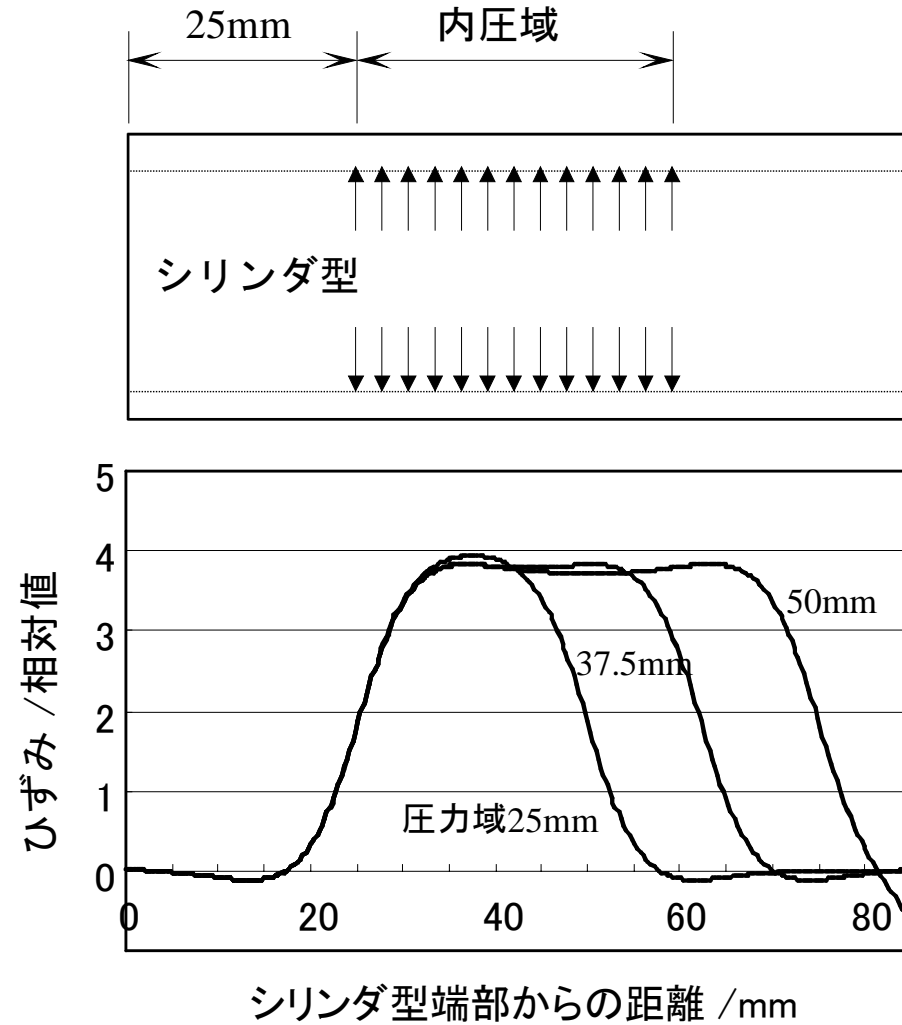
(a) ひずみゲージ貼り方



(b) ゲージの接続

(c) Wheatstone bridge回路

側圧測定——ひずみゲージ法



側圧測定——キャリブレーション方法

