

# 土のコンシステンシー

テキスト 13~32p

単位質量の粘土粒子が保持する水分:f(比表面積、吸着水層の厚さ)

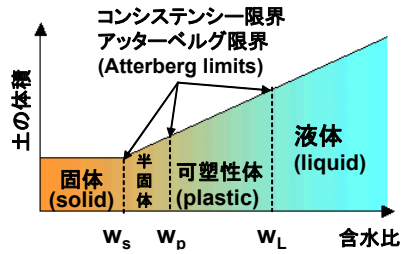
含水比が土の分類の指標となる

粘土に含まれている水:

- ①吸着水:粘性大、せん断抵抗あり
- ②自由水(吸着水の外側):強度無し

土のコンシステンシー:

水分量によって変化する土(細粒土)の変形や流動に対する抵抗の度合



- 液性限界:  $w_L$  (liquid limit)
- 塑性限界:  $w_p$  (plastic limit)
- 収縮限界:  $w_s$

液性限界試験  
・キャサグランデ法  
・フォールコーン法

塑性限界試験  
直径3mmのひもが  
ポロポロ

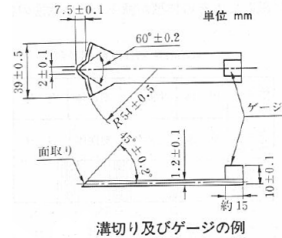
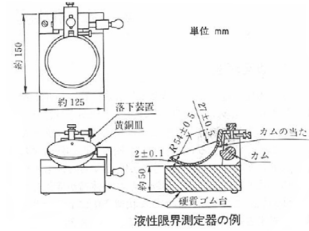
先週デモ P10

前回P10

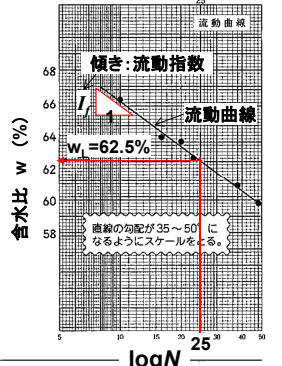
今週のデモ P18

## 液性限界試験 キャサグランデ(Casagrande)法

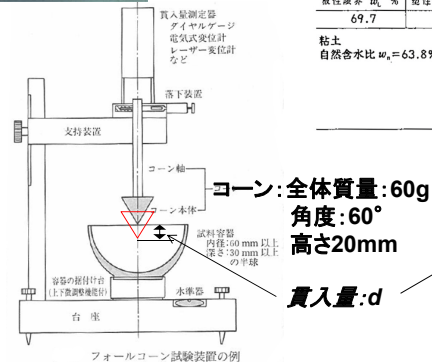
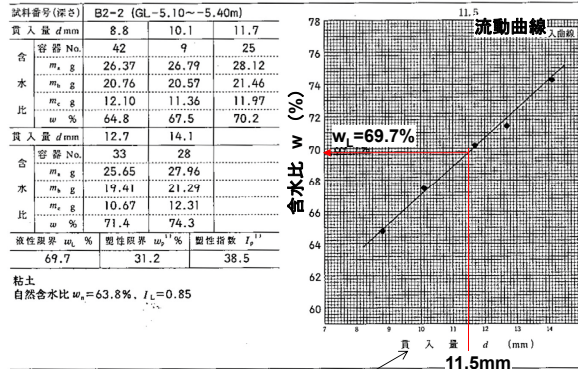
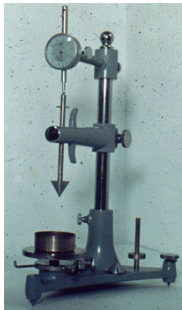
JGS基準



試料番号(深さ)	B-1 S1-1 (GL-3.00~3.85m)		
液性限界試験			
落下回数	48	38	23
含水比			
$m_w$ %	19.81	19.45	17.97
$m_p$ %	15.21	14.87	13.87
$w$ %	7.52	7.35	7.32
$w_p$ %	59.8	60.9	62.6
落下回数	20	16	10
容器No.	176	181	187
含水比			
$m_w$ %	19.15	18.37	18.03
$m_p$ %	14.56	14.12	13.80
$m_s$ %	7.34	7.47	7.41
$w$ %	63.6	63.9	66.2
液性限界 $w_L$ %			
塑性限界 $w_p$ %			
塑性指数 $I_p$			
	62.5	34.9	27.6



## 液性限界試験 フォールコーン法 JGS基準

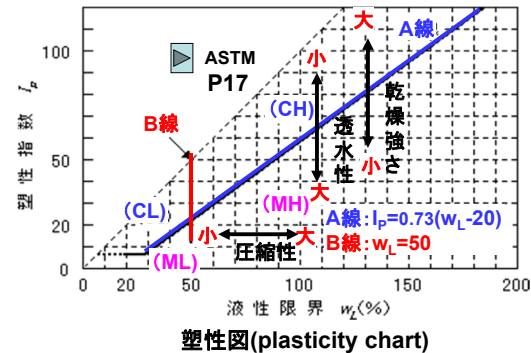
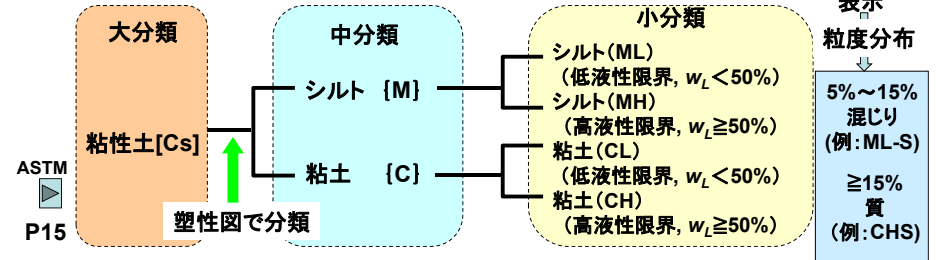


貫入量d=11.5mmの含水比

土質分類

## 粘性土の中・小分類 JGS基準

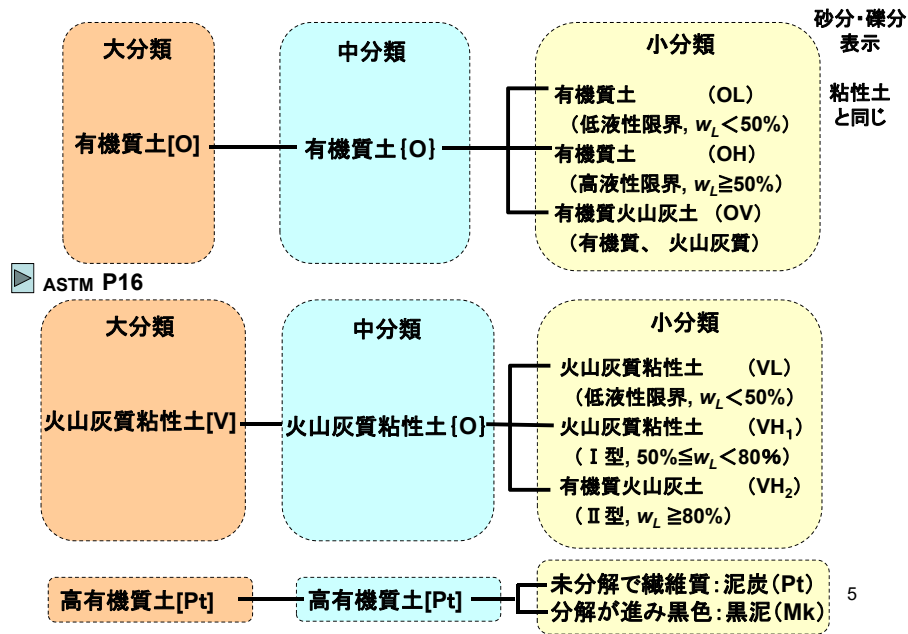
砂分・礫分表示  
粒度分布  
5%~15%  
混じり  
(例: ML-S)  
≥15%  
質  
(例: CHS)



塑性指数:  $I_p = w_L - w_p$  (plasticity Index)

$I_p$ 大: 可塑性の範囲大 (粘土分大)

# 有機質土と火山灰質粘性土の中・小分類 JGS基準



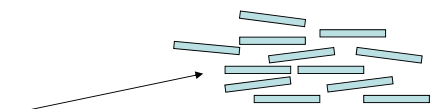
5

# 土の構造

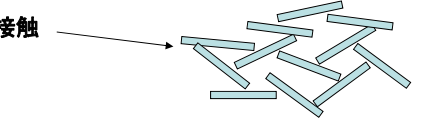
## 懸濁状の粘土粒子の配列構造

- 分散構造: 粘土粒子に働く反発力が均一 (dispersion) 平行に近い配列
- 棉毛構造: 電荷分布の不均一性: 端-板接触 (flocculation)
- 中間構造

淡水中(陽イオン濃度小) => 粒子間反発力大



海水中(陽イオン濃度大) => 反発力小



## 粗粒土配列構造

粒度分布(粒径広範囲: 密度大)  
粒子の形、粗さ

土によって密度(間隙比)の範囲異なる

間隙比(e)は土のつまり具合を表す指標:

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \times 100 (\%)$$

$e_{\max}$ : 最大間隙比  
 $e_{\min}$ : 最小間隙比

最大乾燥密度 ( $\rho_{d\max}$ ) 試験  
最小乾燥密度 ( $\rho_{d\min}$ ) 試験

特に、砂質土

相対密度 ( $D_r$ ) (relative density) 密度  $\rho_d$  の土  $\Rightarrow D_r = \frac{\rho_{d\max}(\rho_d - \rho_{d\min})}{\rho_d(\rho_{d\max} - \rho_{d\min})} \times 100 (\%)$

6

# コンシステンシー限界と土の力学特性

## 土固有の性質

- $w_L$  大: 含水比大(水を多く含む) => 圧縮正大, 乾燥収縮大, 膨潤大
- $w_L, I_p$  大: 粒径の細かな粘土分を多く含む => 透水性小

活性度 (A):  $A = \frac{I_p}{2\mu\text{m以下の粘土分含有率}(\%)}$  (activity)

個々の粘土粒子の界面効果

## 自然含水比( $w_n$ )の土の性質

液性指数 ( $I_L$ ):  $I_L = \frac{w_n - w_p}{I_p}$  (liquidity index)

大きいほど、柔らかい  
1を超える場合がある => 繰り返すと液体化

$w_n > w_L$

鋭敏な土

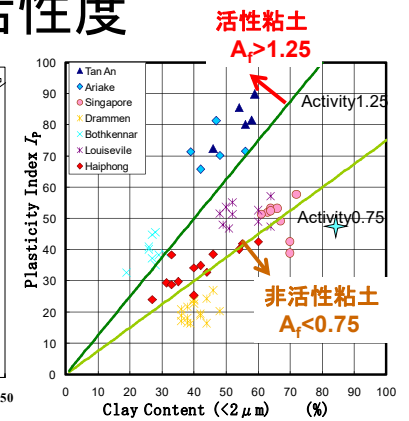
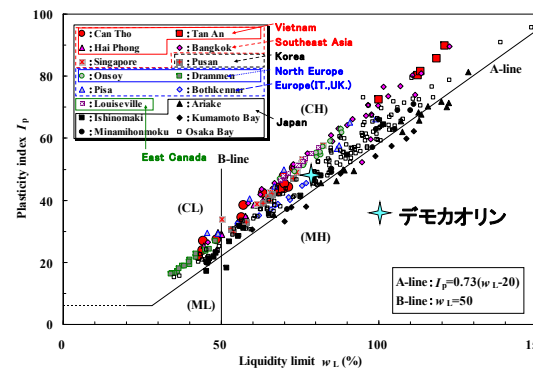
コンシステンシー指数 ( $I_c$ ):  $I_c = \frac{w_L - w_n}{I_p}$  (consistency index)

最も極端な粘土: quick clay

P18

7

# 塑性図と活性度



## 粘性土のコンシステンシーの目安

種々の粘性土:	液性限界( $w_L$ )	塑性限界( $w_p$ )
粘土(沖積層)	50~130%	30~60%
シルト(沖積層)	30~80%	20~50%
粘土(洪積層)	35~90%	20~50%
関東ローム	80~150%	40~80%

砂( $I_p=0$ )と粘性土( $I_p>20$ )の間

$0 < I_p < 20$  の土

中間土

(intermediate soils)

P14

8

# 本日のTechnical terms

**コンシステンシー限界(アッターベルク限界)**: consistency limits (Atterberg limits);  
**液性限界**: liquid limit; **塑性限界**: plastic limit; **収縮限界**: shrinkage limit;  
**塑性指数**: plasticity index; **塑性図**: plasticity chart;  
**液性指数**: liquidity index; **コンシステンシー指数**: consistency index; **活性度**: activity;  
**分散**: dispersion; **棉毛**: flocculation;  
**相対密度**: relative density; **中間土**: intermediate soils

課題(6/27):

- 液性限界  $w_L=100\%$ 、塑性限界  $w_p=30\%$  の粘性土の分類は何か?
- この粘土の自然含水比  $w_n$  が  $95\%$  であったとして、液性指数はいくつか?
- Lisaのクイッククレイのビデオをみて、理解したことを列挙せよ。



# 粘土鉱物



これから  
何が言えるか?

乾燥により大きな収縮



水を吸収すると膨張

特に、  
モンモリロナイトを多く含む土

膨張性土  
Expansive soil

収縮限界の体積

乾燥後

## 写真のkaoliniteの物性

Specific gravity (Gs)	2.61
Liquid limit ( $w_L$ ) (%)	81.0
Plastic limit ( $w_p$ ) (%)	32.7
Plasticity Index ( $I_p$ )	48

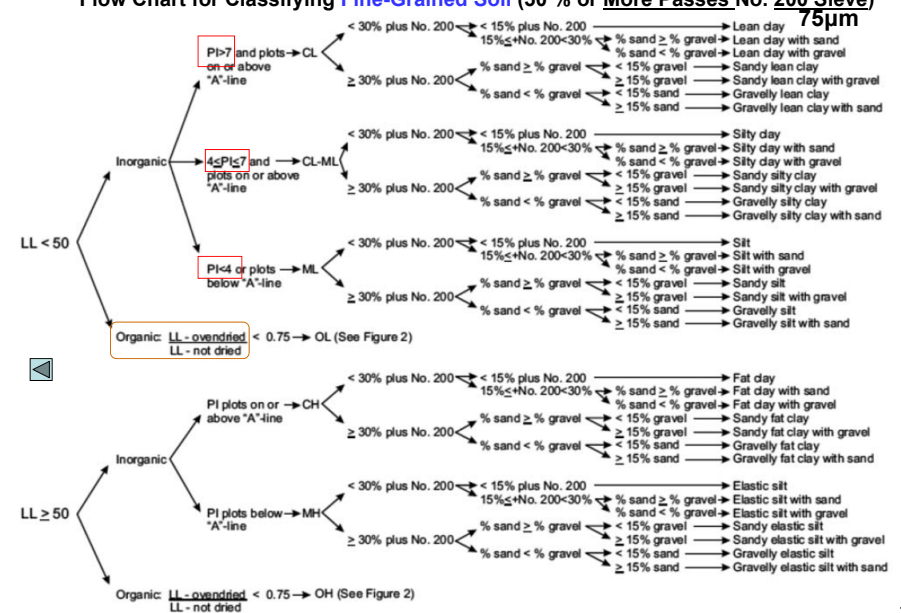
permeability at  $e=1.6$   $1.6 \times 10^{-9}$  m/sec  
透水係数

## 写真のNa bentoniteの物性 (montmorillonite)

Specific gravity (Gs)	2.60
Liquid limit ( $w_L$ ) (%)	393
Plastic limit ( $w_p$ ) (%)	68
Plasticity Index ( $I_p$ )	325

permeability at  $e=6.5$   $2.4 \times 10^{-11}$  m/sec

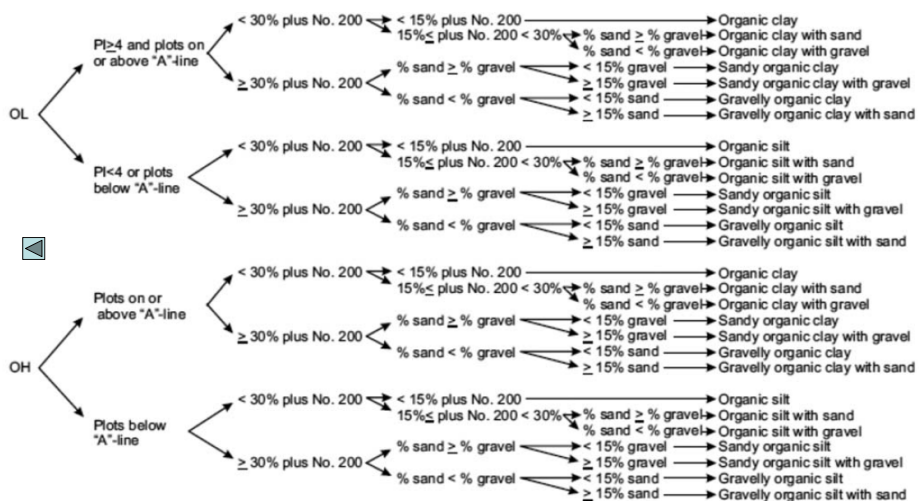
## Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) ASTM Flow Chart for Classifying Fine-Grained Soil (50% or More Passes No. 200 Sieve)





Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes  
(Unified Soil Classification System) ASTM

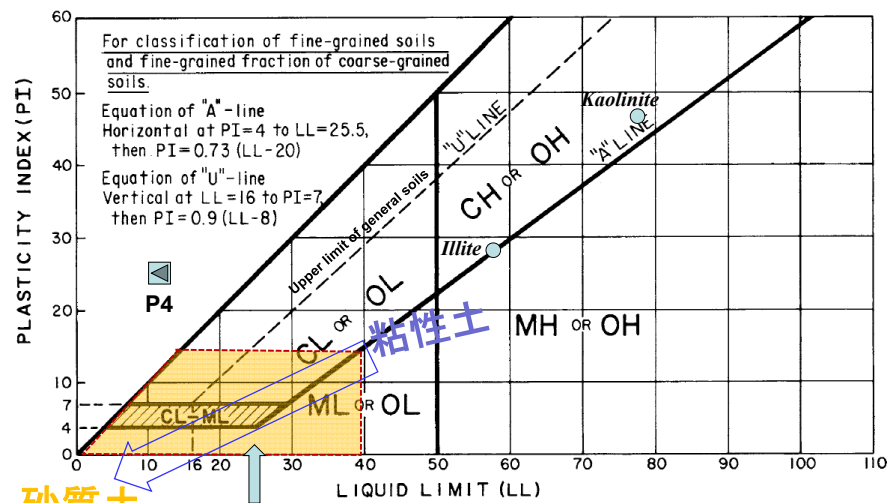
Flow Chart for Classifying Organic Fine-Grained Soil (50 % or More Passes No. 200 Sieve) 75µm



PT (primarily organic matter) *peat*—a soil composed of vegetable tissue in various stages of decomposition usually with an organic odor, a dark-brown to black color, a spongy consistency, and a texture ranging from fibrous to amorphous.

Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes  
(Unified Soil Classification System) ASTM  
- Plasticity Chart -

325 Bentonite  
393



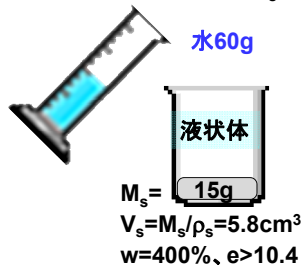
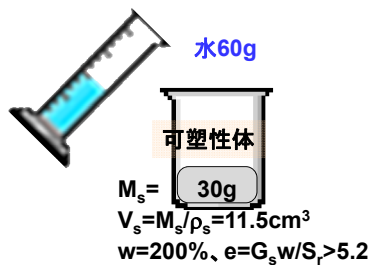
砂質土 非塑性土 (non-plastic)  
中間土 (intermediate soils) 砂と粘土の中間的な性質  
P8

粘土鉱物

前週の続き 2種類の粘土

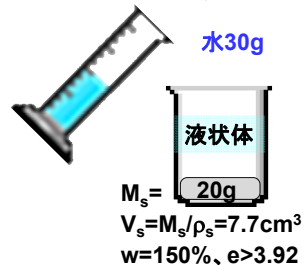
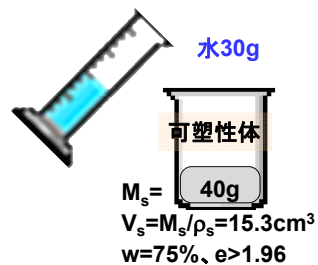
ベントナイト

(Na montmorillonite)  
 $\rho_s = 2.6g/cm^3$

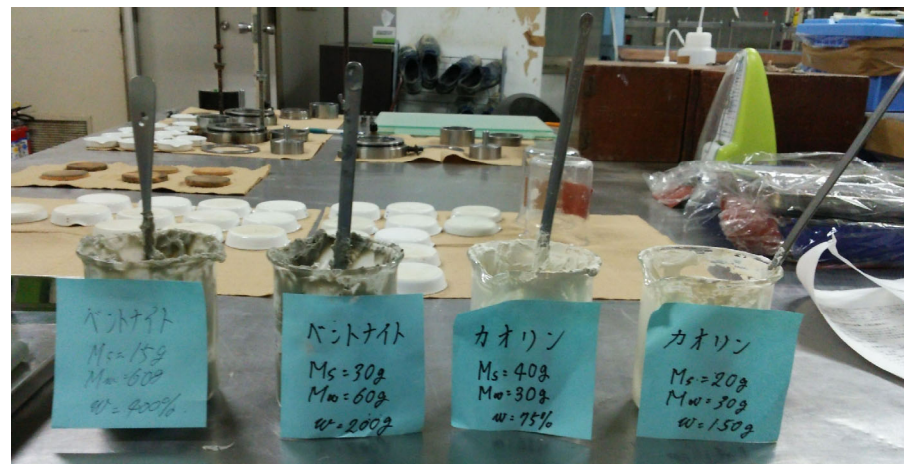


カオリナイト

$\rho_s = 2.61g/cm^3$



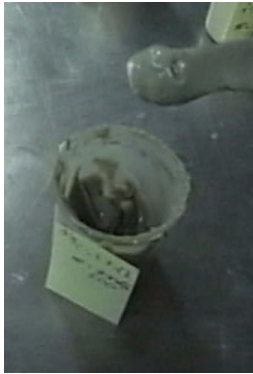
2種類の粘土、異なる含水比



これから何が言える  
その挙動を理解するための情報は?

# 粘土鉱物

bentonite  
(Na montmorillonite)  
w=400%



液状体  
or  
可塑性体

kaolinite  
w=150%



液体??

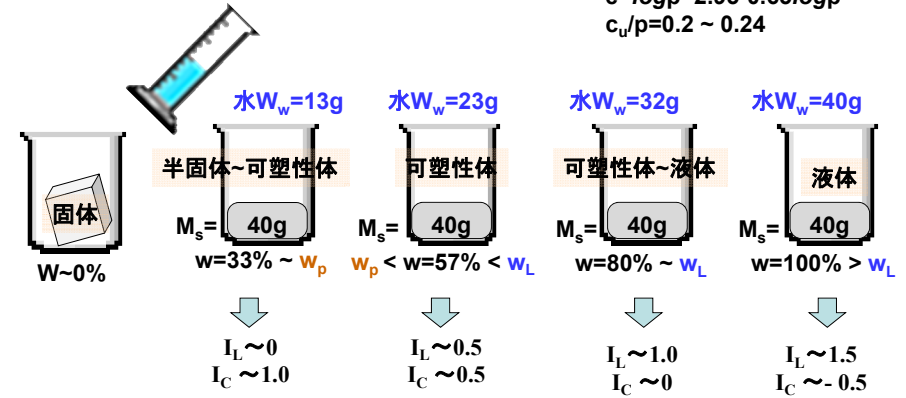
少なくとも2試料とも  $w > w_L$  → 工学的には完全な液体

百聞は一見にしかず。  
Seeing is believing.

Kaolinite ( $w_p=32.7\%$ ,  $w_L=81.0$ ,  $I_p=48$ )

$$e \sim \log p = 2.95 - 0.65 \log p$$

$$c_u/p = 0.2 \sim 0.24$$



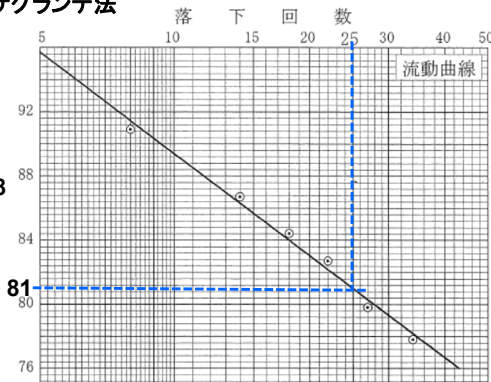
液性指数:  $I_L$   
コンシステンシー指数:  $I_C$

1P ◀ 試験法 ◀ 液性指数 ◀ 18

## カオリン粘土の液性限界試験

キャサグランデ法

液性限界試験		塑性限界試験		液性限界 $w_L$ %
落下回数	含水比 $w$ %	含水比 $w$ %	含水比 $w$ %	81.0
34	77.8	32.8	32.7	塑性限界 $w_p$ %
27	79.8	32.7	32.7	32.7
22	82.7	32.7		塑性指数 $I_p$
18	84.4			48.3 => 48
14	86.7			
8	90.9			

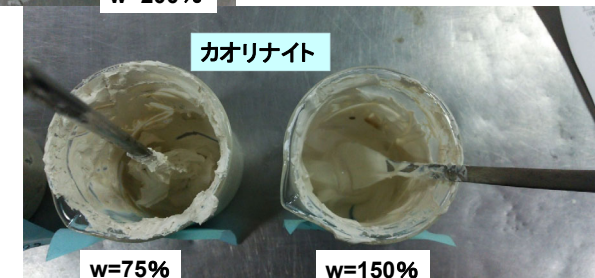
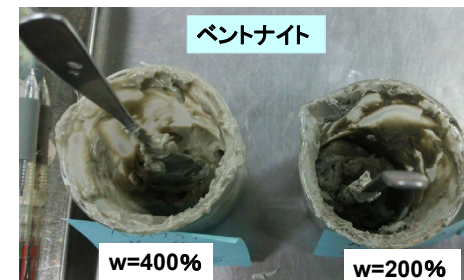


$$A = \frac{I_p}{2\mu\text{m以下の粘土分含有率(\%)}}$$

$$= \frac{48}{85} = 0.56$$

▶ p8

2種類の粘土、異なる含水比  
異なる写真



▶ P11