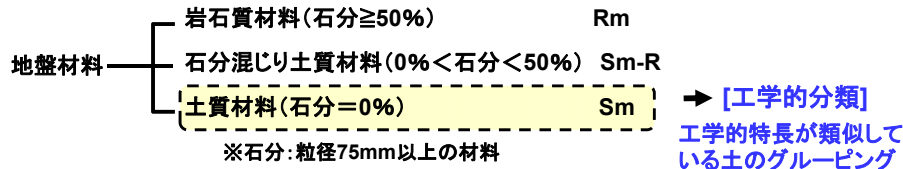


地盤材料の鉱物,その組成と分類法

実際の土、広範囲な粒径を持った土粒子の集合体: テキスト 8~32p



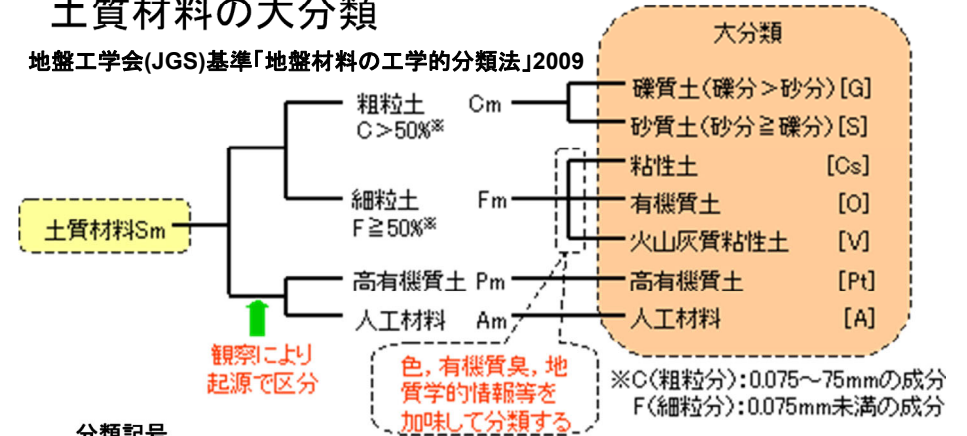
工学的分類に用いる試験:
 粒度試験
 液性・塑性限界試験

- 軟弱地盤の判定;
- 工法・調査法の選定;
- 強度や支持力といった設計定数の推定などに

0.005 0.075 0.25 0.85 2.0 4.75 19 75 300 (mm)									
粘土 (clay)	シルト (silt)	細	中	粗	細	中	粗	粗石 (コブル)	巨石 (ホルダー)
		砂 (sand)			礫 (gravel)			石 (stone)	
日本の土粒子粒径区分 (JGS) cobble boulder									

土質材料の大分類

地盤工学会(JGS)基準「地盤材料の工学的分類法」2009

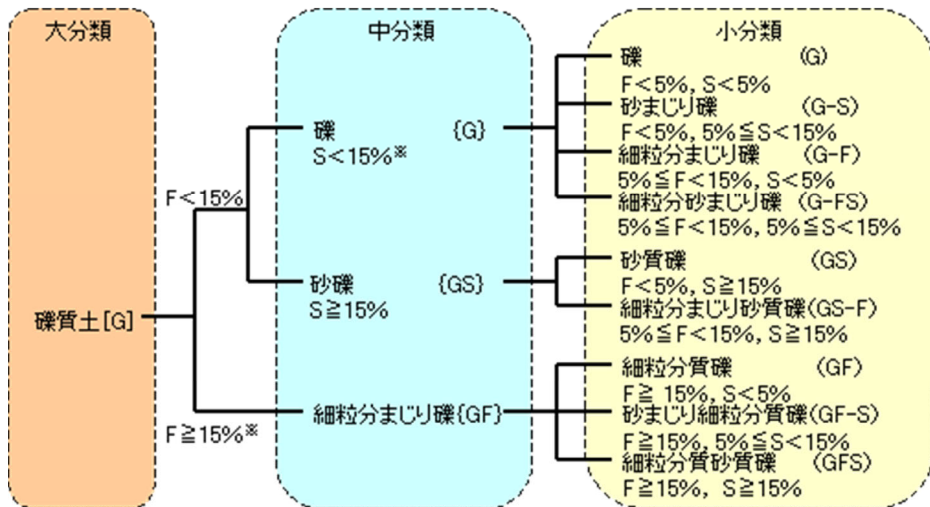


分類記号

R	石(Rock)	C	粘土(Clay)
R1	巨石(Boulder)	O	有機質土(Organic Soil)
R2	粗石(Cobble)	V	火山灰質粘性土(Volcanic Cohesive Soil)
G	礫粒土(G-Soil or Gravel)	Pt	高有機質土(Highly Organic Soil)または泥炭(Peat)
S	砂粒土(S-Soil or Sand)	MK	黒泥(Muck)
F	細粒土(Fine Soil)	Wa	廃棄物(Wastes)
Cs	粘性土(Cohesive Soil)	I	改良土(I-Soil or Improved Soil)
M	シルト(Mo:スウェーデン語)		

礫質土の中小分類

ASTM P15

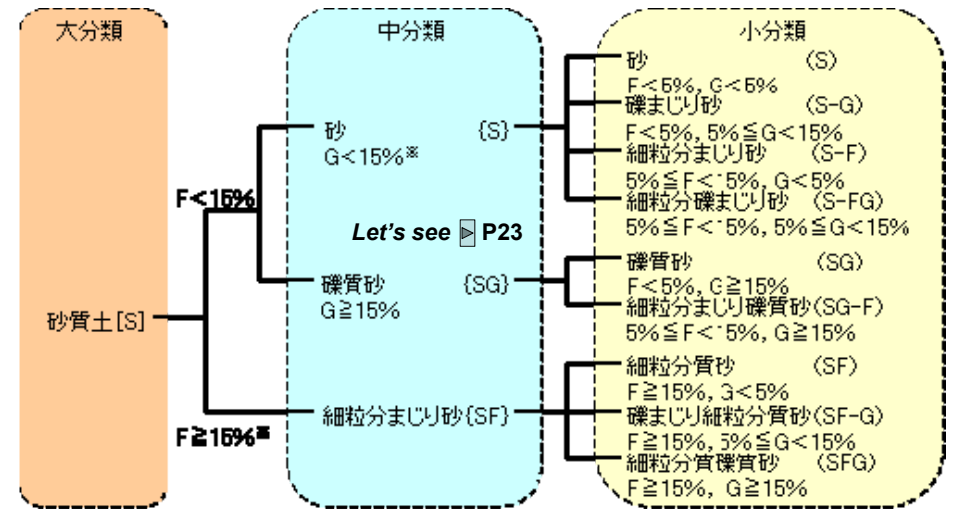


※ F(細粒分):0.075mm未満の成分
 S(砂分):0.075~2mmの成分

F,S:分類の基準:粒径サイズによって決まる土粒子分類

砂質土の中・小分類

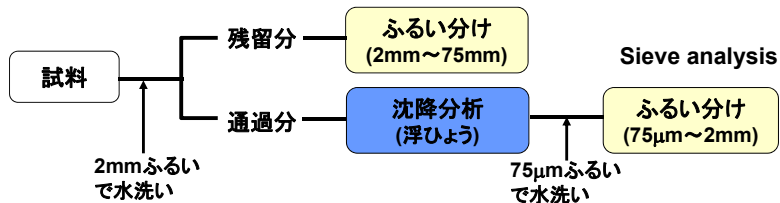
ASTM P15



※ F(細粒分):0.075mm未満の成分
 G(礫分):2~75mmの成分

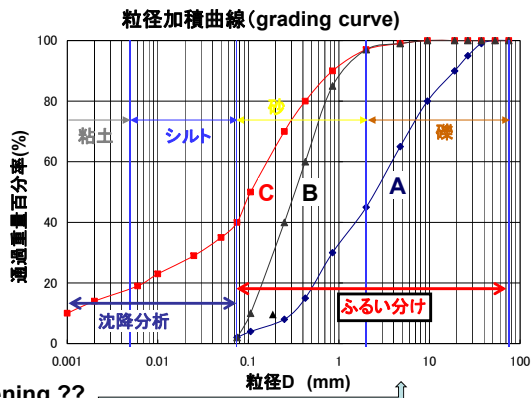
F,S:分類の基準:粒径サイズによって決まる土粒子分類

粒度試験 (grain size analysis)

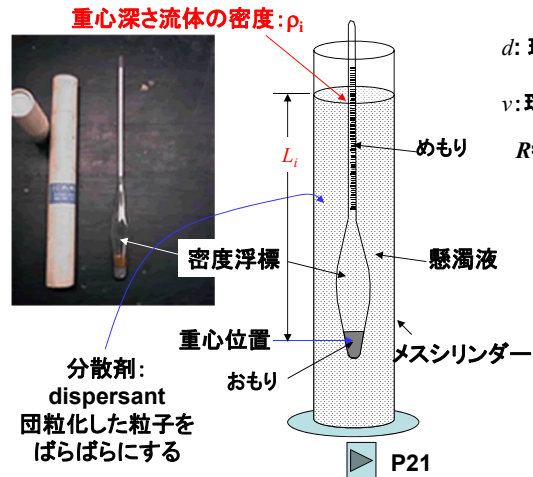


粒度試験用網ふるい 75mm ~75μm

ふるいの目開き: sieve opening ??



沈降分析 (Hydrometer analysis)



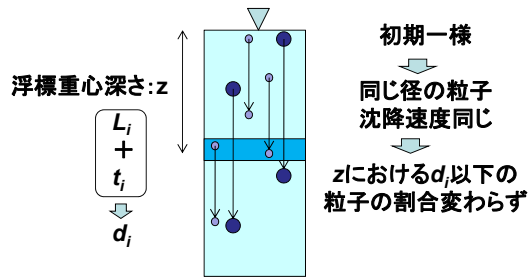
ストークスの法則: Stokes' law:
 球体が静水中沈降する時に受ける抵抗力R:
 $R = 3\pi d \eta v$
 d: 球体直径, η : (20°C)水の粘性係数 ($\eta \approx 1.0 \times 10^{-3} \text{kg}/(\text{sec} \cdot \text{m}), \text{N} \cdot \text{sec}/\text{m}^2$)
 v: 球体の沈降速度

R=球体の自重から浮力を引いた力:F
 $F = \frac{\pi d^3}{6} g(\rho_s - \rho_w)$ v:const.
 $v = \frac{1}{18} \frac{g(\rho_s - \rho_w)}{\eta} d^2$

試験開始(一様分布)から(t)時間後の沈降深さ(L=vt)
 $d = \sqrt{\frac{18\eta}{g(\rho_s - \rho_w)} \frac{L}{t}}$

L_i を液面から浮標の重心までの長さとする、 t_i 時間後には、 d_i 以上の粒径の土粒子は重心位置には存在せず、密度(ρ_i)はそれ以下の土粒子と水によるもの。これらの関係より d_i 以下の粒径の土粒子の重量を求める。

沈降分析



懸濁液体積: V
 全土粒子質量: M_s
 d_i 以下の土粒子の割合: p_i

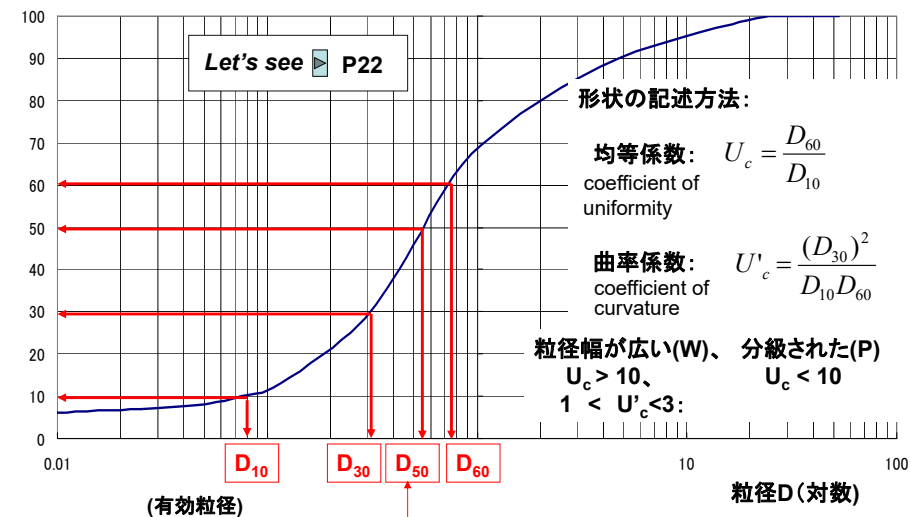
沈降開始t後の重心位置:
 単位体積懸濁液の d_i 以下の粒子の質量 $m_s = \frac{p_i M_s}{V}$

=>その体積: $v_s = \frac{p_i M_s}{V \rho_s}$ =>残りは水 $v_w = 1 - \frac{p_i M_s}{V \rho_s}$

懸濁液の密度: $\rho_i = \frac{p_i M_s}{V} + \left(1 - \frac{p_i M_s}{V \rho_s}\right) \rho_w = p_i \frac{M_s}{V} \left(1 - \frac{\rho_w}{\rho_s}\right) + \rho_w$

d_i 以下粒子の割合: $p_i = \frac{(\rho_i - \rho_w) \rho_s V}{(\rho_s - \rho_w) M_s}$
 注: 水の密度は温度依存これに加えて、浮標の補正等が必要。
 + 他性質の温度依存性

粒径加積曲線 (grain distribution curve)



形状の記述方法:
 均等係数: $U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ coefficient of uniformity
 曲率係数: $U'_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}}$ coefficient of curvature
 粒径幅が広い(W)、分級された(P)
 $U_c > 10$, $U_c < 10$
 $1 < U'_c < 3$

Why 粒度分布？

力学特性：(粒径、粒度分布に大きく依存) <= 物理的特性

- 詰まり具合(密度) : U_c
- 水の通しやすさ(透水性) D_{10}
- 締め固めさずさ(締め固め特性) : U_c, U'_c
- 土としての強度(強さ)、剛性(変形のし難さ) : D_{50} , 密度

液状化 ▶ P16

粗粒土ではかなり相関、but not enough for 細粒土 why??

- 粘土粒径: $5\mu\text{m}$ ~ 分子サイズ (10\AA)、沈降分析での計測限界: $1\mu\text{m}$ (not enough)
- 強度、圧縮性、膨張性、可塑性の含水比の範囲:

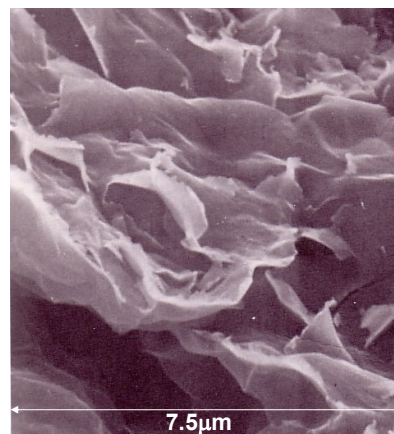
化学特性(粘土鉱物+吸着される陽イオン)に大きく依存

砂、シルト: 母岩を構成する一次鉱物 (e.g., 石英、長石、雲母、輝石)

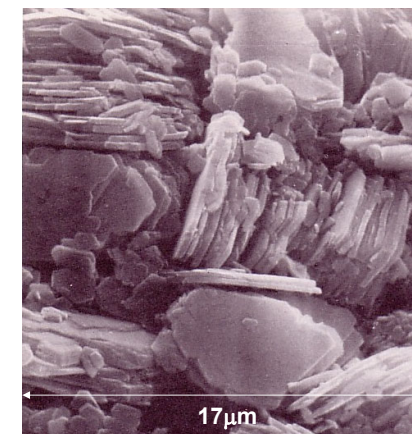
粘土: 化学的風化作用により生成された二次鉱物
(カオリナイト、イライト、モンモリロナイト)

粘土鉱物の電子顕微鏡写真

J.K. Mitchell "Fundamentals of Soil Behavior 1st ed" (1976)



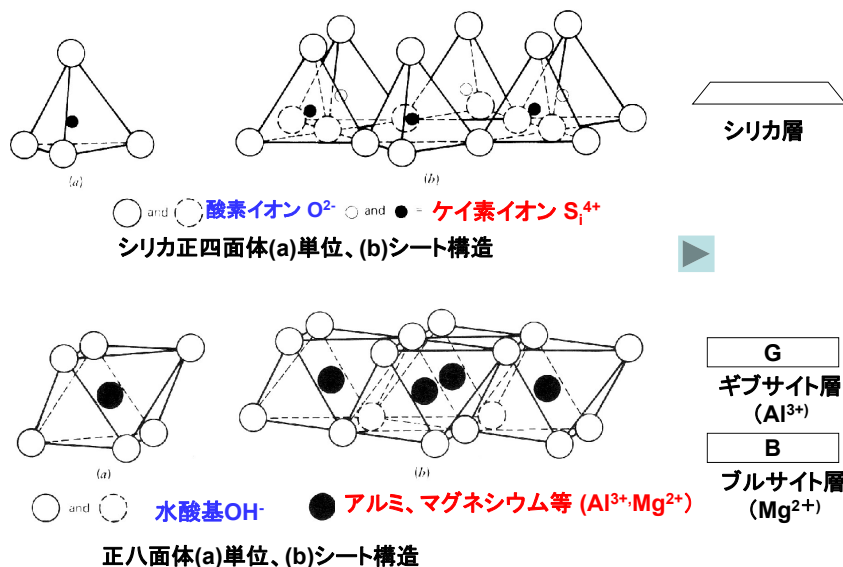
モンモリロナイト: Montmorillonite



カオリナイト: Kaolinite

他の粘土? ▶ P26

粘土鉱物と構造

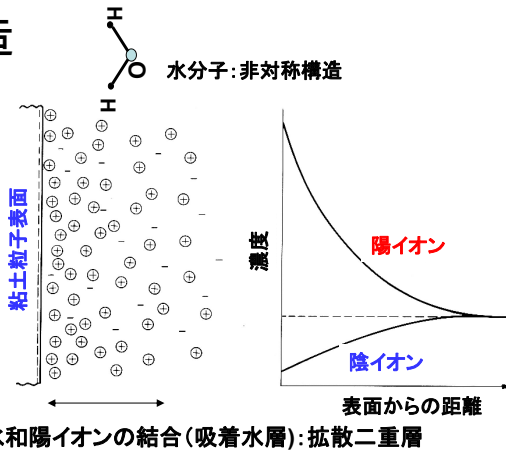


粘土鉱物と構造・特性

カオリナイト	イライト: illite	モンモリロナイト
層間距離: 7.2\AA	層間距離: 10\AA	層間距離: 9.6\AA
結合力: O 原子とOH基の水素結合	結合力: イオン結合的	結合力: Van der Waals力
粒子サイズ: $0.1 - 4\mu\text{m}$ (50~200層) ~ $3000 \times 4000\mu\text{m}$ (stacks)	粒子サイズ: $0.003 - 0.1\mu\text{m}$ × up to $10\mu\text{m}$ (10-50層)	粒子サイズ: $>10\text{\AA}$ × up to $10\mu\text{m}$ (1-5層)
比表面積 (Specific surface: m^2/g): 10 - 20	比表面積: 65 - 100	比表面積: 50 - 120 (700-840(interlayers))
陽イオン交換容量 (Cation Exchange Capacity(CEC): $\text{mEq}/100\text{gm}$): 3 - 15	陽イオン交換容量: 10 - 40	陽イオン交換容量: 80 - 150

(J.K. Mitchell: Fundamental of Soil Behavior 2nd, 1993)

粘土鉱物と構造



粘土粒子表面: 負に帯電

- 層構造の切れ目におけるO原子などの負の原子価
- Si原子がAl原子に、Al原子がMg原子に同形置換されることによる原子価不足
- アルカリ性水溶液内で粘土粒子は酸性物となりOH基が電離することによるH⁺イオンの解離。

結合力: イオン電荷量が大いほど、水和イオン半径が小さいほど大



吸着水層の厚さ: この逆

Interfacial effect

単位質量の粘土粒子が保持しうる水分(界面効果): f(比表面積、吸着水層の厚さ) 13

例えば、Naモンモリロナイト: $w_L = 700\%$



P24

本日のTechnical terms

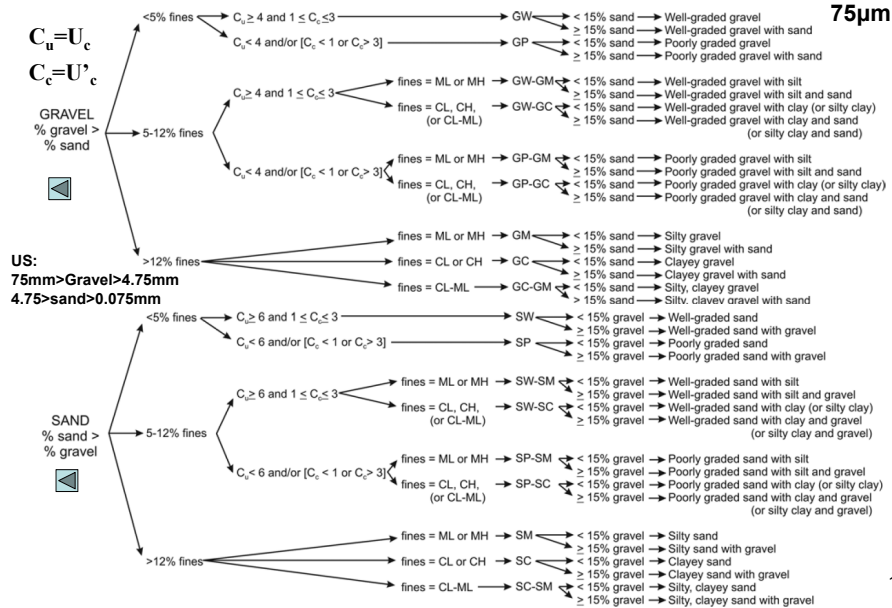
- 粗粒土: coarse soil; 細粒土: fine soil; 粘性土: cohesive soil;
 有機土: organic soil; 火山灰質粘性土: volcanic cohesive soil; 泥炭(PEAT): peat
 粒度試験: grain size analysis; ふり分け: sieve analysis;
 沈降分析: hydrometer analysis; 分散剤: dispersant;
 粒度分布、粒径過積曲線: grading curve, grain distribution curve;
 平均粒径: mean diameter; 均等係数: coefficient of uniformity;
 曲率係数: coefficient of curvature; 中間土: intermediate soils;
 カオリナイト: kaolinite; モンモリロナイト: montmorillonite; イライト: illite;
 比表面積: specific surface;

課題(6/24):

- p5の試料A,B,CのD₅₀、均等係数(U_c)はいくらか。
- 粗粒材試料A,B,Cの工学的分類(JGS基準)は何か?
(cf:各自ASTM分類について確認しておくこと)

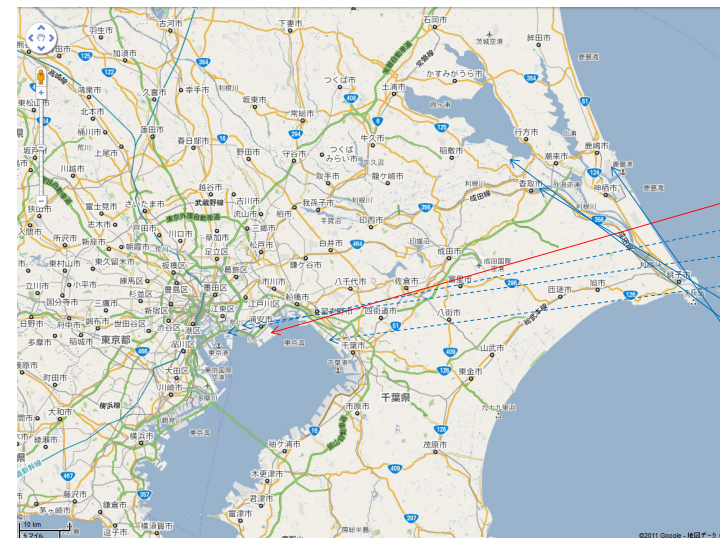
Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) ASTM

Flow Chart for Classifying Coarse-Grained Soils (More than 50 % Retained on No. 200 Sieve)



液状化地盤の噴砂の粒度分布

東北地方太平洋沖地震液状化調査:



液状化地盤の噴砂の粒度分布

浦安市(3/4が埋立地)



- 墓地公園
- セブンイレブン
- 明海第三区公園
- 高須中央公園

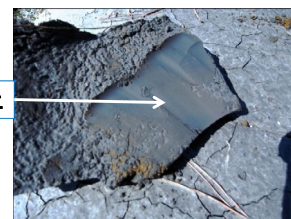
高須中央公園



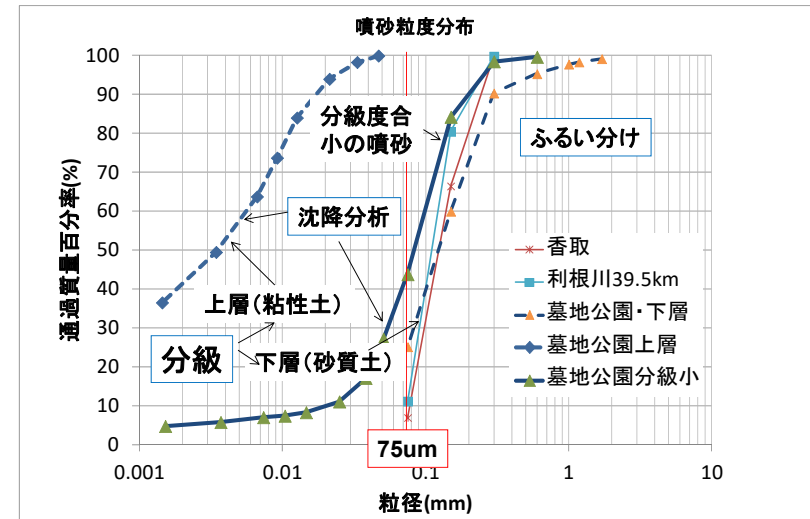
噴砂 (貝殻交じり)



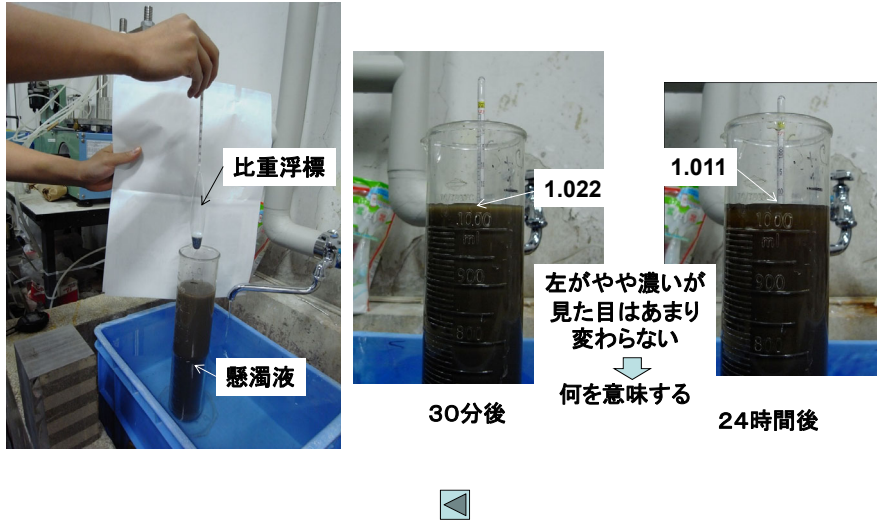
墓地公園



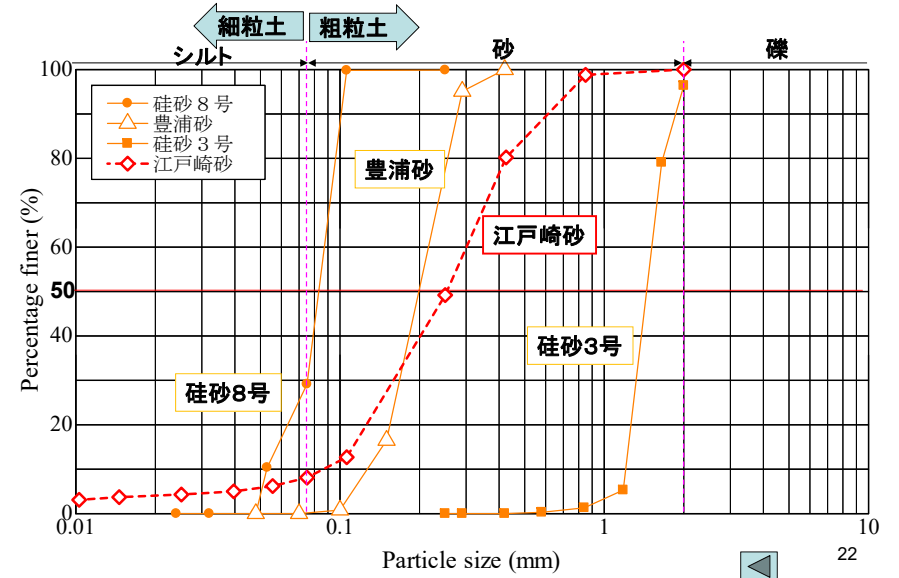
液状化地盤の噴砂の粒度分布



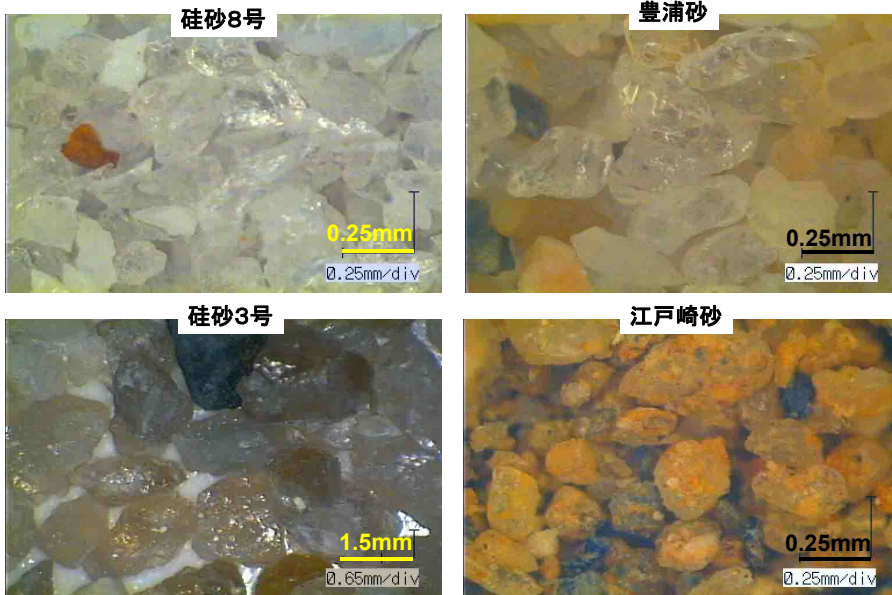
沈降分析



4つの砂の粒径過積曲線 工場製品3、自然堆積砂1



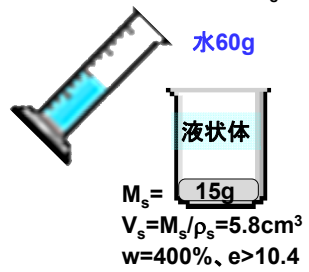
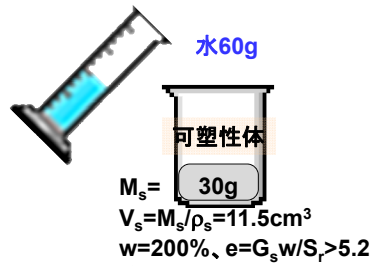
4つの砂



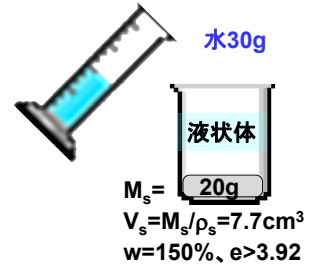
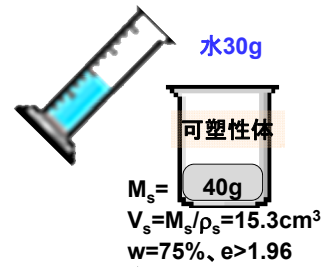
百聞は一見に如かず
三見は一体験に如かず

粘土鉱物 ◀

ベントナイト
(Na montmorillonite)
 $\rho_s = 2.6\text{g/cm}^3$



カオリナイト
 $\rho_s = 2.61\text{g/cm}^3$



粘土粒子

SEMイメージ

