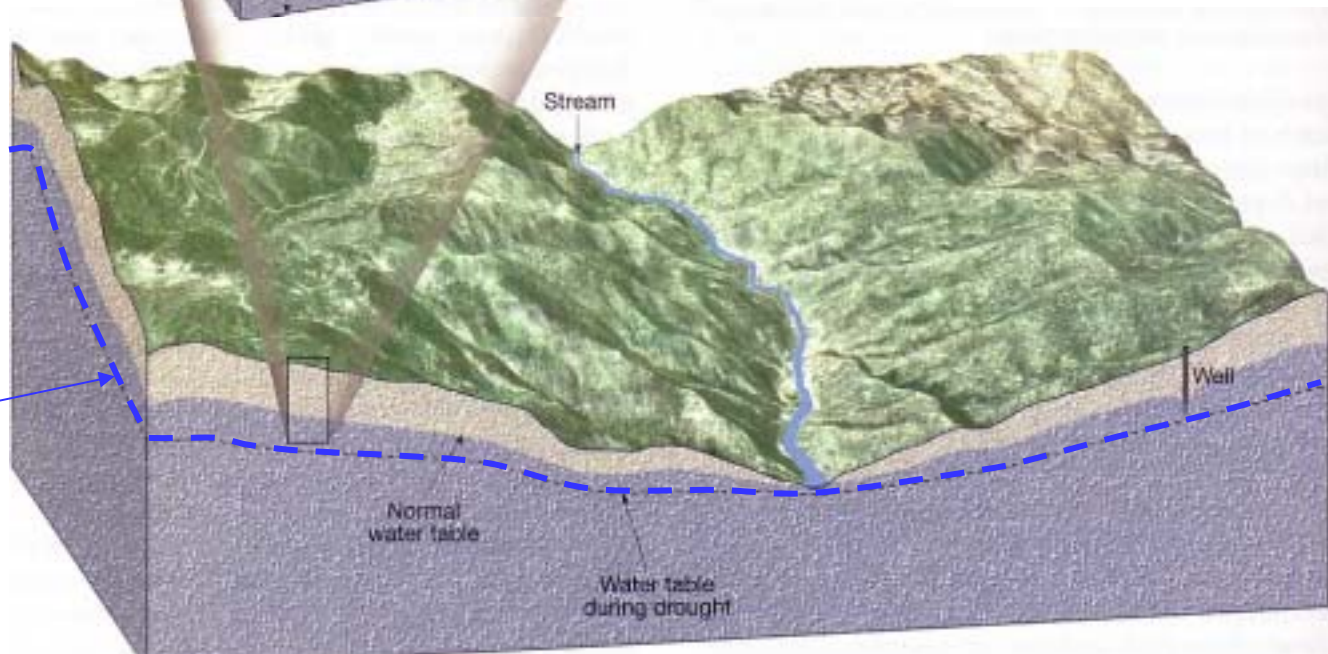
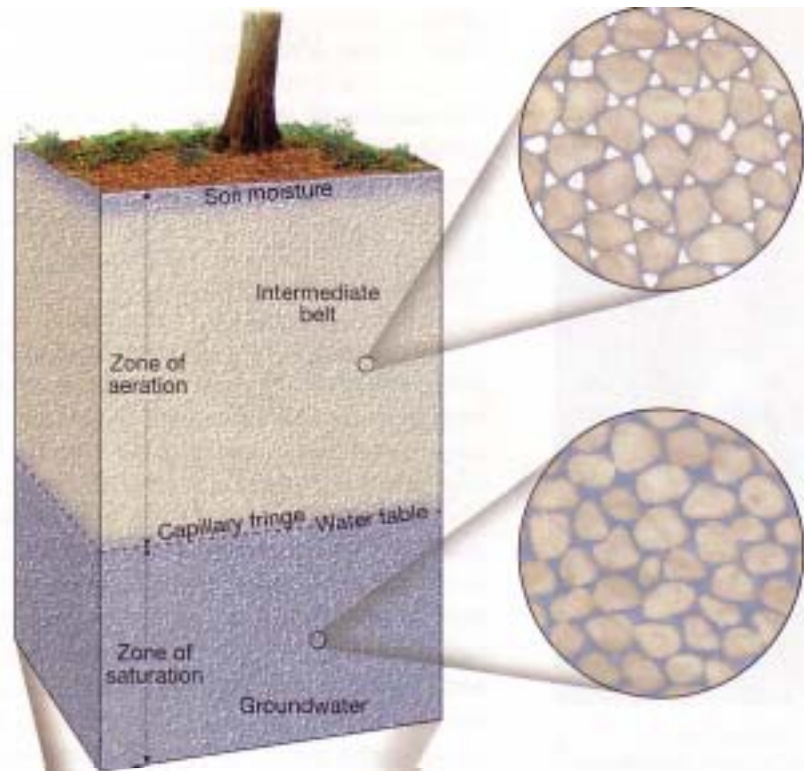
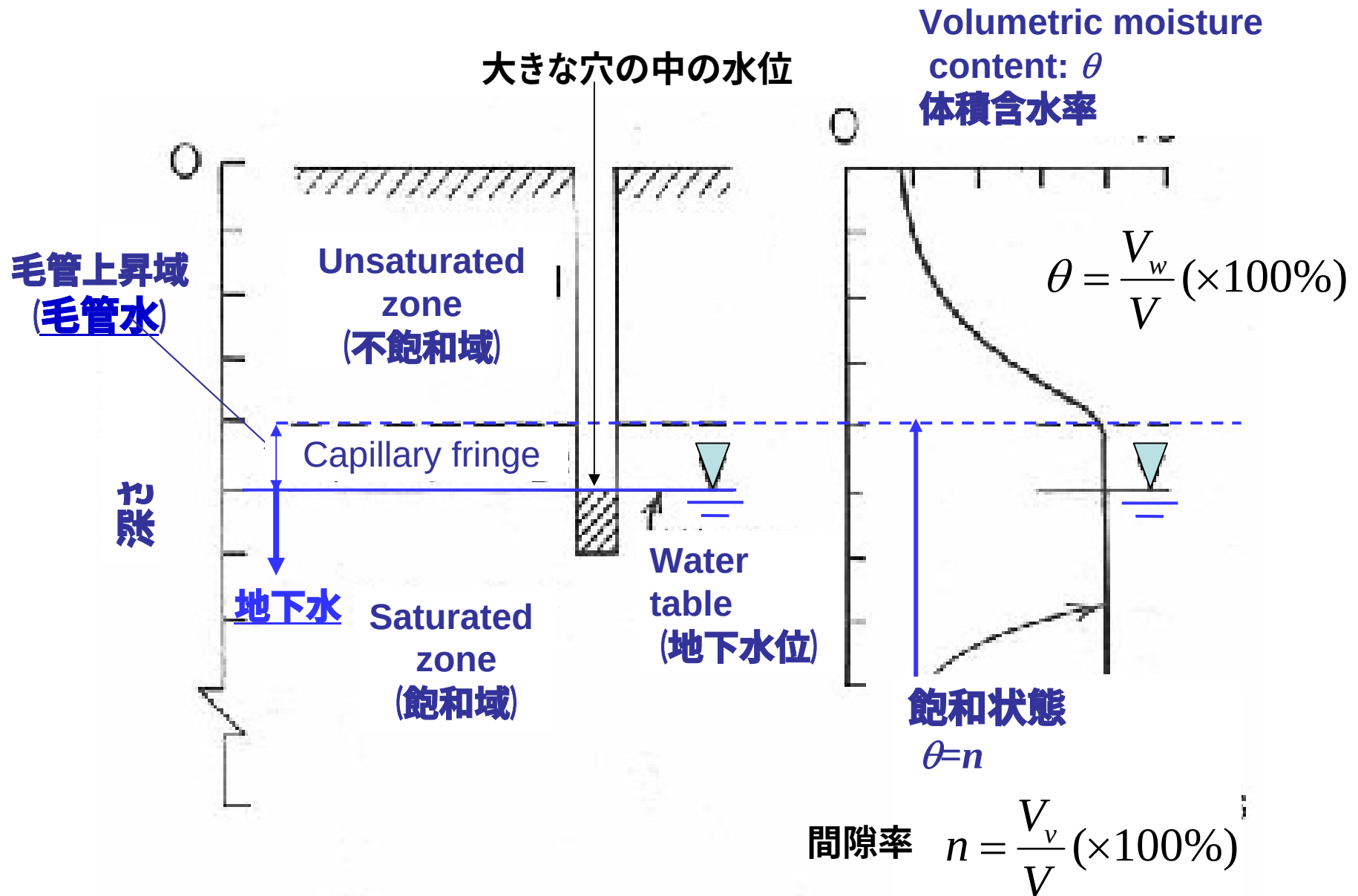


不飽和土 の性質

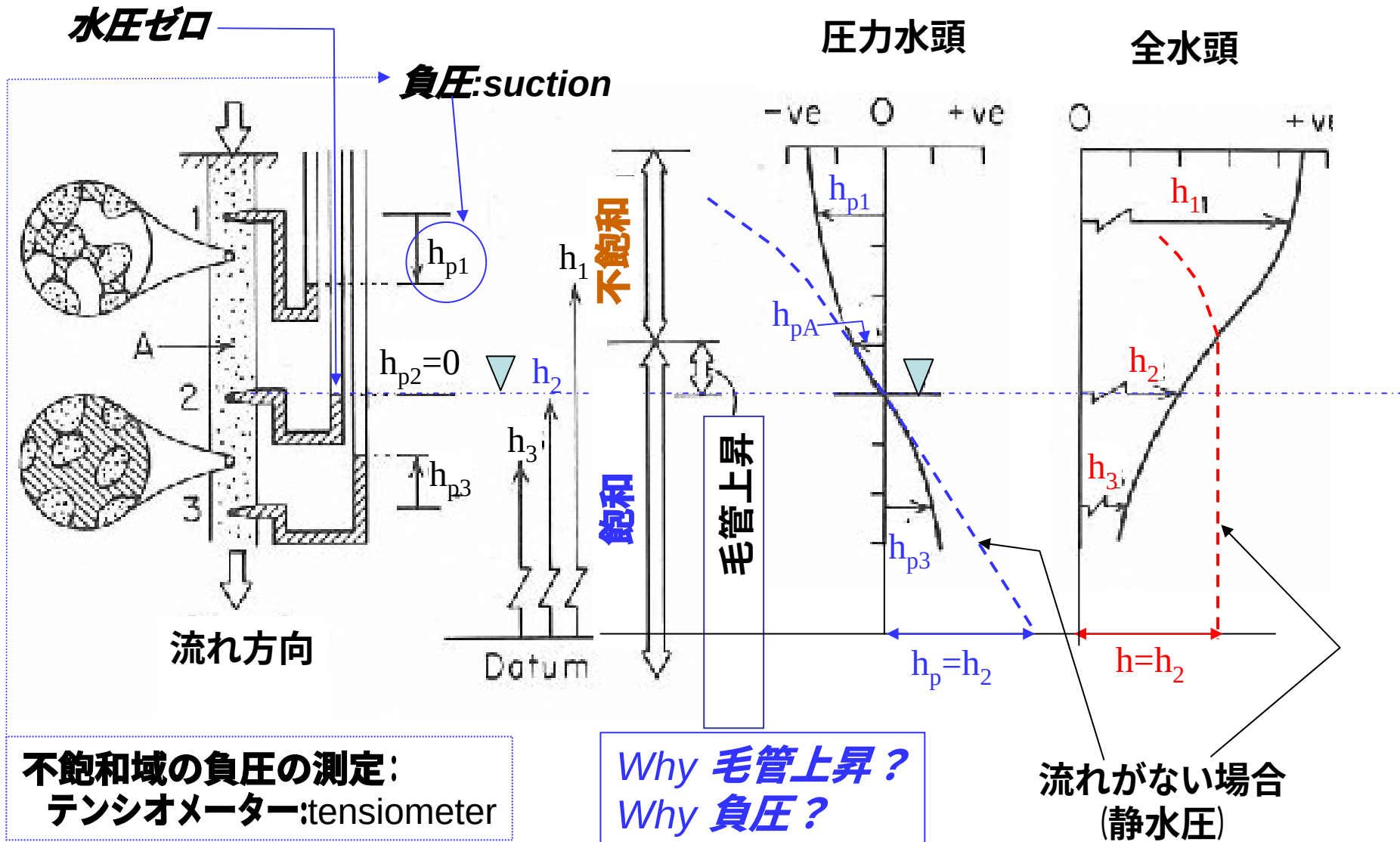


地下水面

地下水面より上の状態と含水率

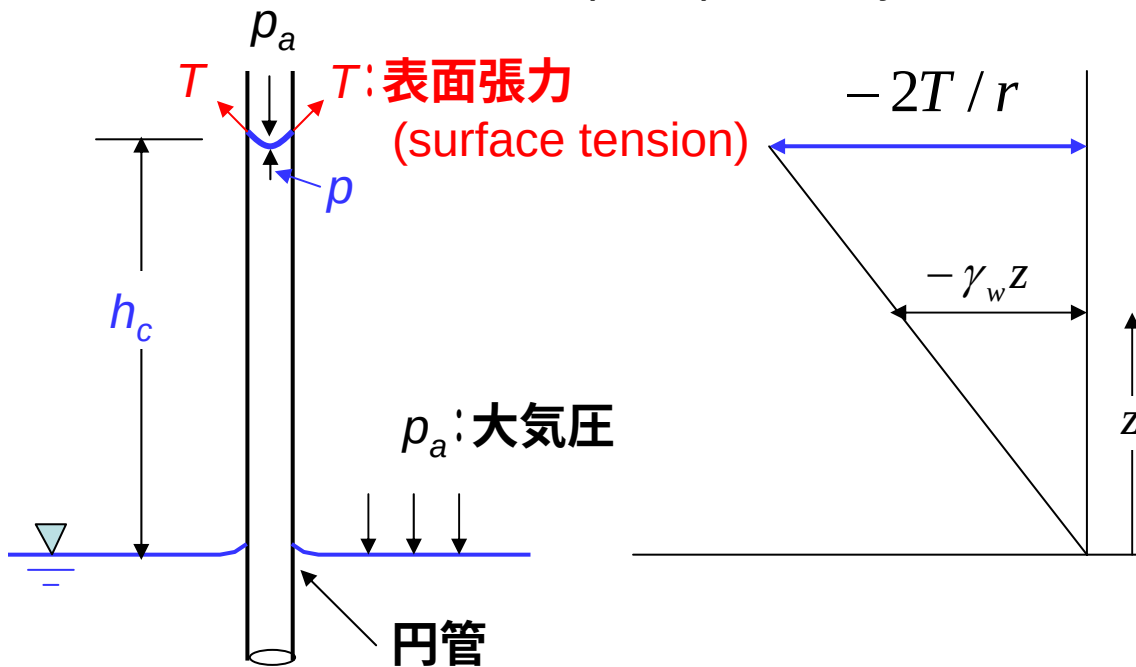


不飽和域、毛管上昇域の圧力水頭と全水頭



毛管上昇, 毛管負圧

水(15°C): $T=74\text{dyne/cm}$



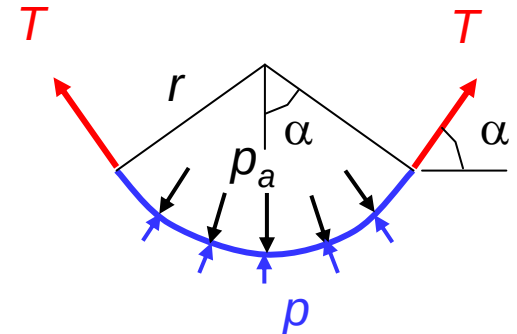
毛管上昇

capillary rise

毛管上昇高さ: $h_c = \frac{2T}{\gamma_w r}$ (2)

毛管負圧

(capillary) suction



メニスカスと圧力差

鉛直方向の釣り合い:

$$p\pi r^2 \sin^2 \alpha + 2T\pi r \sin^2 \alpha = p_a\pi r^2 \sin^2 \alpha$$

$\therefore$

$$p = p_a - \frac{2T}{r} < 0 \quad (1)$$

大気圧=0

負圧: suction

半径 (=> 粒径に対応) が小さいほど h_c 大

土質による毛管上昇高さ

Height of capillary rise in sediments

Sediment	Grain Diameter (mm)	Pore radius (mm)	Capillary rise (m)
Fine silt	0.008	0.002	7.5
Coarse silt	0.025	0.005	3
Very fine sand	0.075	0.015	1
Fine sand	0.15	0.03	0.5
Medium sand	0.3	0.06	0.25
Coarse sand	0.5	0.1	0.15
Very coarse sand	2	0.4	0.04
Fine gravel	5	1	0.015

“Geotechnical and Geoenvironmental Handbook”, Ed. R.K. Rowe, KAP,2001

種々の土質材料の現場容水量 Field capacity(*FC*) , 永久萎れ点 permanent wilting percentage (*PWP*)

FC: 土が重力下で保持できる水分量の体積含水率 (suction 1/10 –1/3 気圧)

PWP: 植物が水分を吸引できなくなる体積含水率 (suction 15 気圧)

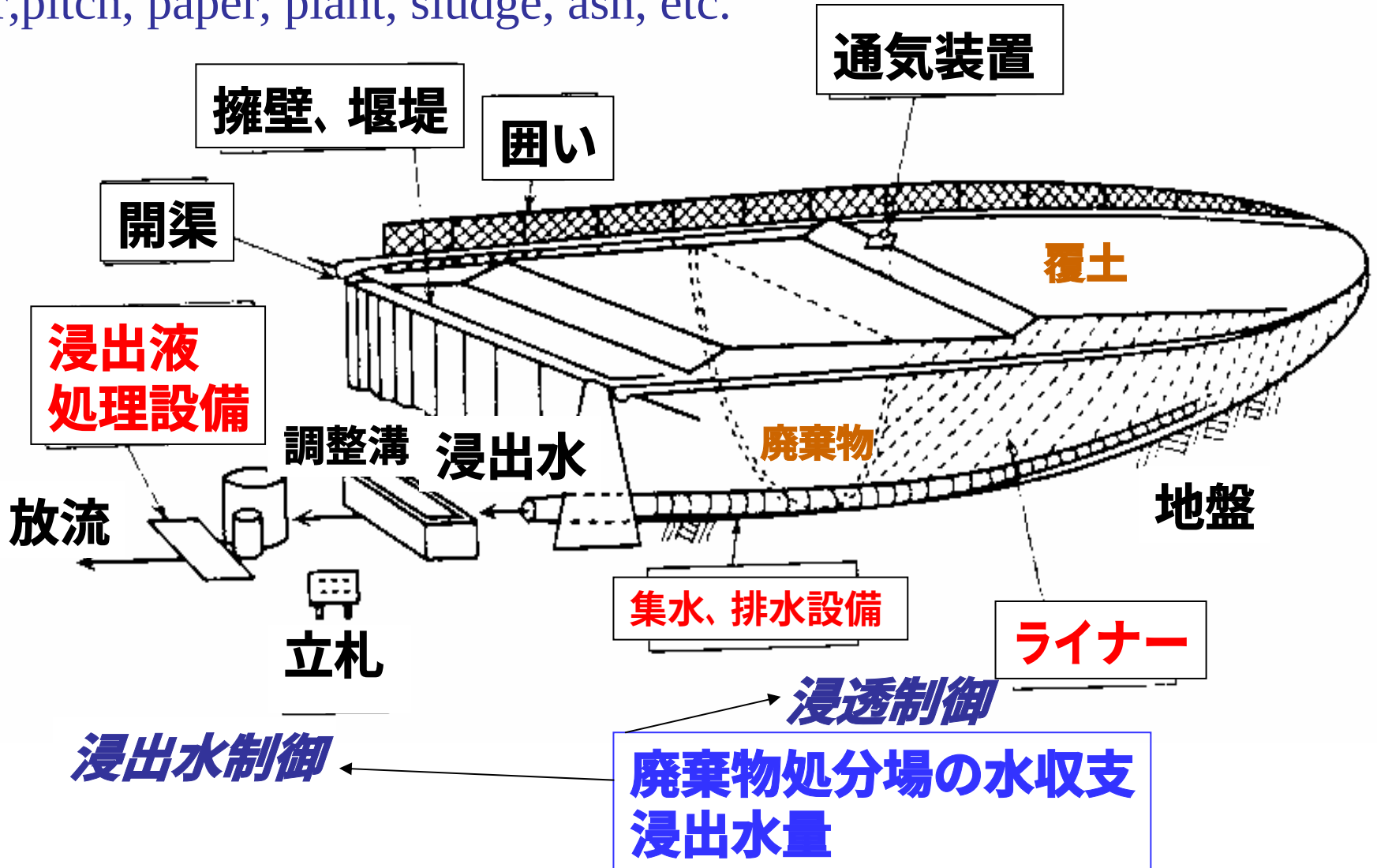
土質分類 Soil classification	体積含水率 (%)			
	<i>FC</i>		<i>PWP</i>	
	Range	Typical	Range	Typical
sand (砂)	6-12	6	2-4	4
fine sand (細砂)	8-16	8	3-6	5
sandy loam (砂質ローム)	10-18	14	4-8	6
fine sandy loam (細砂質ローム)	14-22	18	6-10	8
loam (ローム)	18-26	22	8-12	10
silty loam (シルトローム)	19-28	24	9-14	10
light clay loam (軽質粘土ローム)	20-30	26	10-15	11
clay loam (粘土ローム)	23-31	27	11-15	12
silty clay (シルト質粘土)	27-35	31	12-17	15
heavy clay loam (重質粘土ローム)	29-36	32	14-18	16
Clay (粘土)	31-39	35	15-19	17

管理型処分場 (Controlled landfill)

一般廢棄物：

(sanitary landfill)

tar, pitch, paper, plant, sludge, ash, etc.



覆土を通過する浸出水

$$PER_{SW} \text{ or } PER_{DL} = P - ET - R - \Delta S$$

PER_{SW} : 単位面積の覆土を通過して廃棄物への浸透する水分量

PER_{DL} : 単位面積の覆土 (廃棄物) を通過して排水層に浸透する水分量

P : 単位面積当りの降水量,

ET : 単位面積当りの 蒸発散による水分損失量

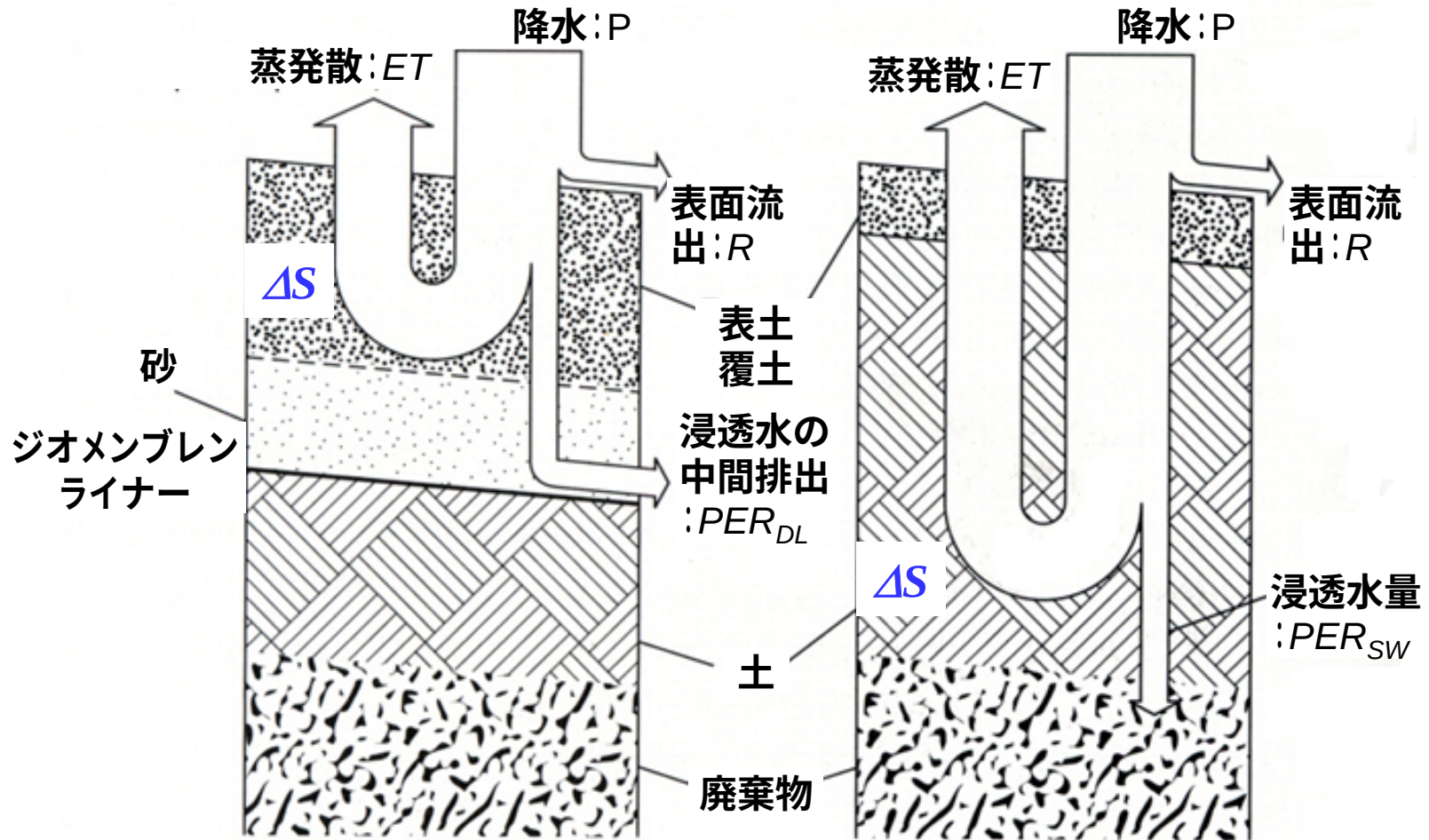
R : 単位面積当りの表面流出量

ΔS : 覆土内に蓄積される水分量の変化

FC と PWP に大きく依存

廃棄物埋立地の水収支の概念図

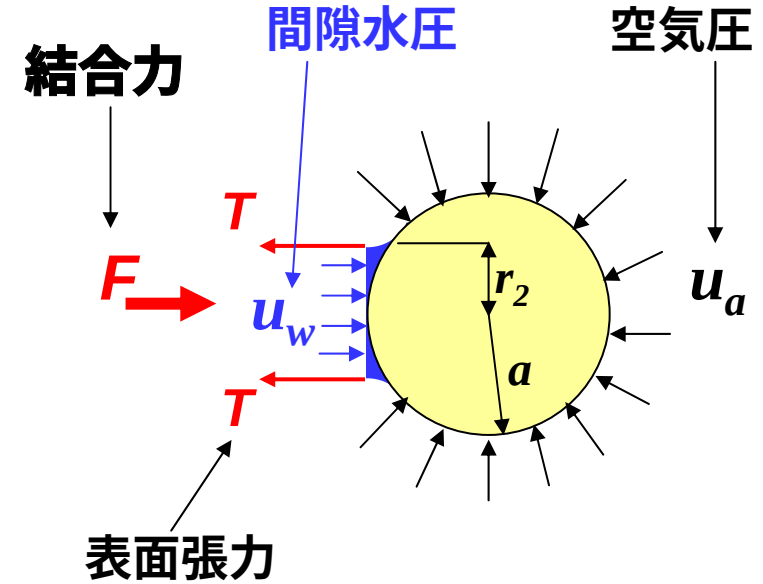
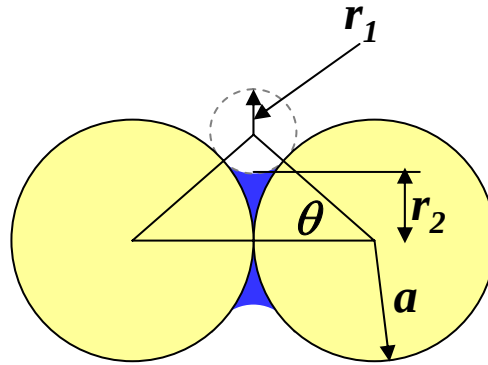
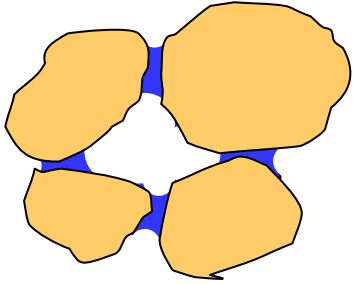
Tchobanoglous et al. (1993)



(a) 排水層とジオメンブレンライナーを有する埋立て覆土の場合

(b) 排水層とジオメンブレンライナーがない埋立て覆土の場合

不飽和土の毛管結合力



水平方向の力の釣り合い:

$$F = \pi r_2^2 (u_a - u_w) + 2\pi r_2 T \quad (3)$$

$$= \frac{2\pi a T}{1 + \tan(\theta/2)} \quad (4)$$

$$\theta \text{ が小さい} \rightarrow \approx 2\pi a T \quad (5)$$

結合力 $\Rightarrow$ サクション $\Rightarrow$ 粘着力

径 a が小さくなると

- 1点当りの結合力: 径に比例して減少
- 単位面積当りの接点数は $1/a^2$ に比例

単位面積当りの結合力(引張り強さ)

$\Rightarrow$ 径に逆比例

(径が小さいほど大きくなる)

結合力=>サクション=>粘着力

土のせん断強度 (クーロンの破壊基準) :

(土質力学第二)

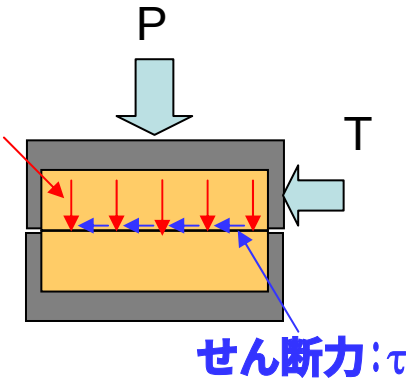
$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (6)$$

破壊時せん断力

有効直応力: σ'

直応力比例する摩擦成分

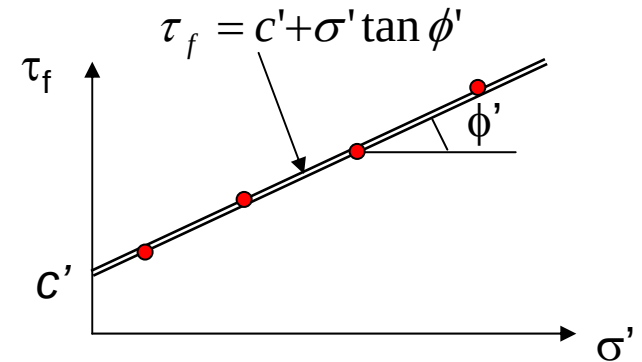
粘着力: 有効応力ゼロでも発揮される強度
(cohesion)



不飽和土($u_a \neq u_w$)の有効応力

$$\sigma' = \sigma - u = \sigma - \{u_a - \chi(u_a - u_w)\} \quad (7)$$

砂質土で上式を使えば、 c' はゼロ:
しかし間隙水圧ゼロとして、 $\sigma' = \sigma$ とすると、 c' が得られる。



単位体積当りの結合力⇔粘着力:

- 径が小さいほど
- メニスカスの径(θ)が小さいほど
(=含水比(w)が小さいほど)

大きくなる

見かけの粘着力を
最大にする w があるはず

But 小さすぎると、接点間に水がなくなる=>結合力(サクション)消失

本来土がもっている粘着力ではない: 見かけの粘着力 (apparent cohesion)

本日のTechnical terms

体積含水率: Volumetric moisture content: θ ;

毛管上昇域: Capillary fringe;

毛管不圧: suction;

表面張力: surface tension;

粘着力: cohesion;

見かけの粘着力: apparent cohesion;

小テスト (7/8)

間隔が狭い2枚の長い板を右図のように水面に挿入した。(2次元問題)

この時の毛管上昇水面最上部の水圧(p)
および上昇高さ(h_c)を求めよ。

