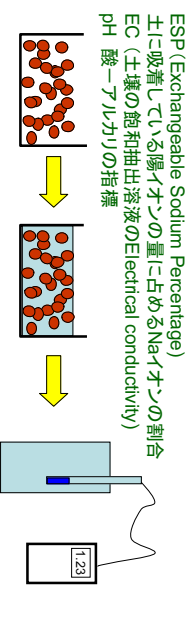


土壌劣化

- 粘土と土壌劣化
- 1) 塩類集積の改善における粘土分の影響
- 2) 粘土と化学物質移動

塩類化(salinization)とNa土壌化(sodification)
土の化学性から評価する

	EC	ESP	pH
Saline soil	> 4 dS _m ⁻¹	< 15 %	< 8.5
Sodic soil	< 4 dS _m ⁻¹	> 15 %	> 8.5
Saline-sodic soil	> 4 dS _m ⁻¹	> 15 %	< 8.5



岩手県のニュース
環境情報

塩害農地で除塩作業始まる

津波で農地の海水にさられた塩害を受けた岩手県宮古市の田んぼで、土壌に含まれる塩分を薄めるための作業が始まりました。この作業は、岩手県農業研究センターや宮古農業改良普及センターなどが共同で行ったものです。初日の25日は、津波で海水につかされた宮古市田老地区にある農地のうち、あらかじめ淡水やけ水を取り除いておいた、広さ207メートルの田んぼがラグラーで耕ましました。そして、土壌に含まれる塩分を薄めるため、職員が排水口を開いて、用水路から水を引き入れました。水を入れた後、2、3日後に田んぼの水を抜いて土壌の塩分濃度を測り、田植えができる状態かどうかを判断することになっています。岩手県で、津波の被害を受けたのは、昭和38年の沖ノ島地震、津波以来51年ぶりです。今回は、陸前高田市で農地の62.2%が、大船渡市で農地の49%が、それぞれ海水につかたことになっていると、県内の農地合わせて1800ヘクタール余りで塩害が感じられています。岩手県農業研究センターの小菅啓祐さんは、「塩分濃度が十分下がるまで排水を止めたばかりです。塩害を繰り返さないようにする必要があります。今後、沿岸各地で塩害が繰り返される可能性があります。04月25日 17時26分

塩類化(salinization)とNa土壌化(sodification)

土中の塩の組成でNaが多いと土壌に吸着するNaイオンの割合が高くなり、その結果
土壌構造が不安定
⇒透水性低下
⇒侵食の危険性
⇒灌漑の非効率化
⇒農地の荒廃化

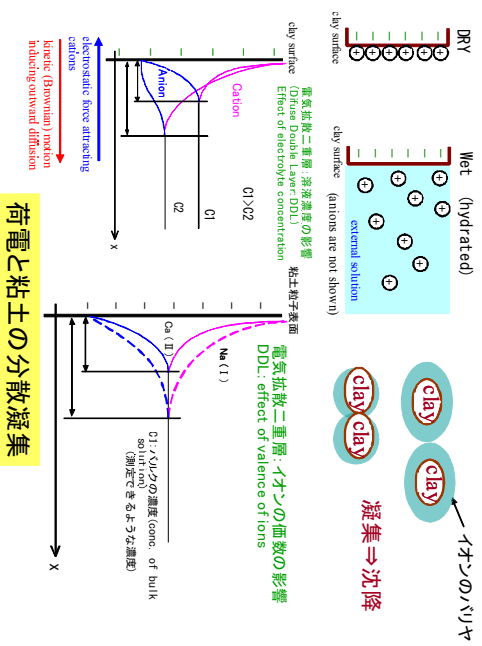
(SAR):水質の指標
Naと多価イオンの割合の指標

$$SAR = \frac{C_{Na}}{\sqrt{C_{Ca} + C_{Mg}}}$$

$$ESP = \frac{Na_{(ads)}}{Ca_{(ads)} + Mg_{(ads)}} \times 100$$

$$\approx \frac{0.158 \cdot SAR}{(1 + 0.00158 \cdot SAR)}$$

Sodium Adsorption Ratio
Na 吸着比 (mmol/L)^{0.5}
C: 水中の濃度 (mmol/L) ... 電荷当量濃度
下付添字: Na, Ca, Mgはイオン種
[ads]は土に吸着している」の意
ESP (Exchangeable Sodium Percentage)
土に吸着している陽イオンの量に占めるNaイオンの割合



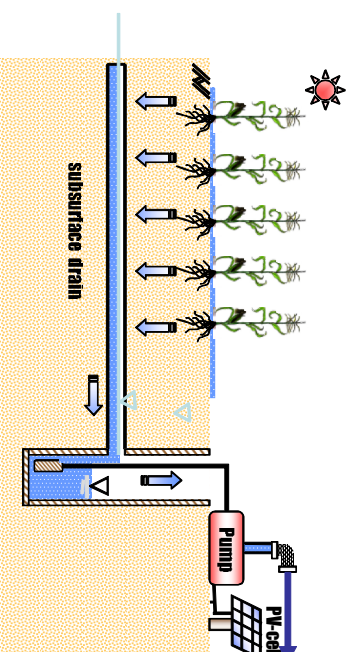
荷電と粘土の分散凝集

灌漑水の水質と塩類化, Na土壌化の危険性
(USDA Handbook No.60)

EC (ds/m)	0.25	0.75	2.25
塩類化の危険性	低	中	高
SAR (mmol ^{0.5} /L ^{0.5})	7	13	20
Na ⁺ の危険性	低	中	高

塩濃度が高いか低いかわ(電気伝導度:EC)
塩類化, 塩類集積, 塩の種類は問われない...浸透圧が高くなり植物が枯れる

SARが高い水を灌漑すると土のNa化が進む
その結果, 土壌が分散しやすくなり, 透水性低下, 排水不良, 灌漑, 塩害増大のリスクが増す



暗渠排水システム

1.2g/Lの地下水を500mm分1haに灌漑すると,
1.2 × 0.5m × 10000m² × 1000(m³/L) → 6t/haが農地に蓄積する。

NaClの溶解度を350g/Lとすると6t/haの塩を溶解するための最少水量は
17t/ha=2mmに過ぎない。

塩の濃度に依らず, 土の構造に依存する除塩:
6t/haの塩を表層30cmの根群層から排除することを考えると
間隙率=0.55(=55%)と仮定すると間隙量が1650m³/ha
ここから塩を排除するためには同量の水が必要になる。すなわち
→ 1650t/ha=165mm

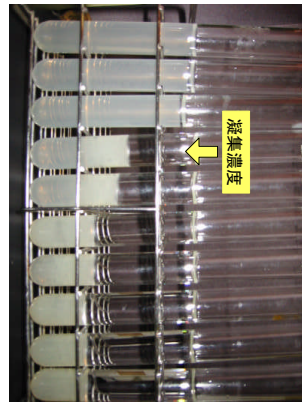


塩の量に加えてどの位の厚さの土層を浄化するかで水量が決まる。

低濃度 ← 電解質濃度 → 高濃度

↑ 凝集濃度

上澄みがきれいで澄む塩濃度を「懸浮塩濃度」と呼ぶ。

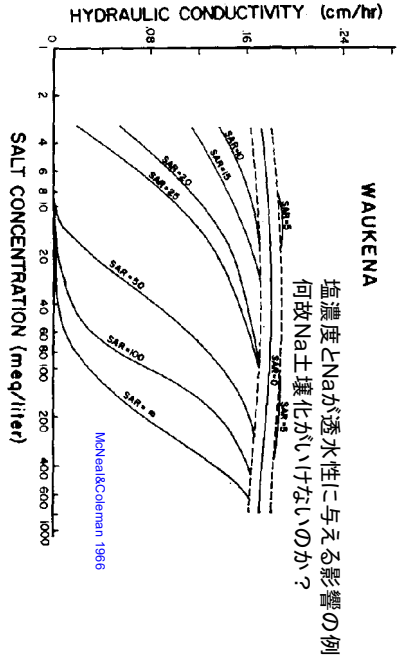
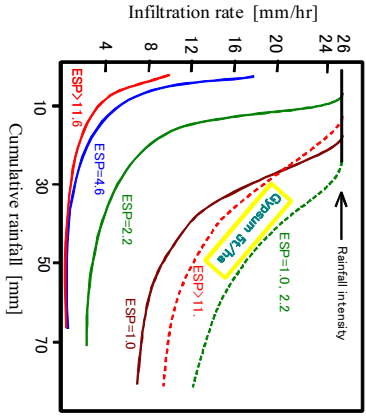


✓凝集濃度が小さい粘土ほど、分散しやすく、そのような粘土を含む土は土壌構造が不安定で、分散した粒子による目詰まりが原因の透水性の低下が頻発する。

✓SAR、ESPが大さいほど、高い電解質濃度で粘土の分散が生じる。

✓粘土の分散が生じると、土壌構造の変化、透水性の低下が見られることが多い。

石膏を用いた化学的土壌保全 (含む塩類土壌の改良)



何故Na土壌化がいけないのか？

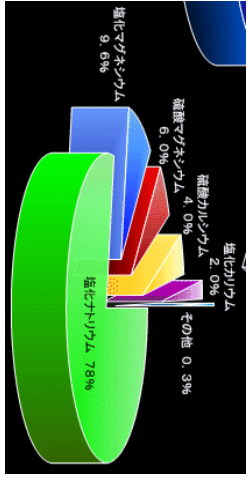
塩濃度とNaが透水性に与える影響の例

一般に塩濃度の低い水(たとえば雨水)を流すと土壌構造が変化し、透水性が低下する。OSARが低い土は、塩濃度が低い水でも透水性が変わりにくい。

OSARが高くなる水を灌漑すると、土のNa化が進み、透水性が低下する。その結果、塩類集積が生じた後、リーチングを試みても、水がうまく流れないためリーチングの効果が悪い。

元素	濃度 (g/l)	モル濃度	モル比	原子量
ナトリウム (Na ⁺)	10.76	0.468	0.864	23
マグネシウム (Mg ²⁺)	1.294	0.053	0.098	24.31
カルシウム (Ca ²⁺)	0.412	0.010	0.019	40.1
カリウム (K ⁺)	0.398	0.010	0.019	39.1
塩素イオン (Cl ⁻)	19.38	0.545	0.945	35.5
硫酸イオン (SO ₄ ²⁻)	2.712	0.028	0.049	96
炭酸イオン (HCO ₃ ⁻)	0.148	0.002	0.004	61
臭素イオン (Br ⁻)	0.067	0.001	0.001	79.9

SAR ≒ 59



Na (mmole/L)	10	20	50	500	1250	2500	5000
Ca (mmole/L)	1	2	5	50	125	250	500
SAR	10.0	14.1	22.4	70.7	111.8	158.1	223.6
ESP	1.6	2.2	3.4	10.0	15.0	20.0	26.1

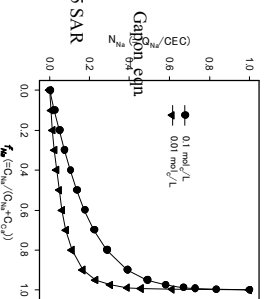
水が蒸発すると、濃度比は同じで濃度だけ上昇する。

ESP: 交換性Na率

$$SAR = \frac{C_{Na}}{\sqrt{C_{Ca} + C_{Mg}}} \quad \text{Na-吸着比}$$

$$\frac{O_{Na}}{Q_{Ca+Mg}} = K_G \frac{C_{Na}}{\sqrt{C_{Ca} + C_{Mg}}} \quad \text{Caion eqn}$$

$$ESP = \frac{K_G}{-100 \cdot E_p^{1/2}} \approx SAR \cdot 0.015 SAR$$



溶液のNa-Ca割合が一定であっても、濃度が変わると土に吸着するNaの割合が変わる。

添加	海水	海水10倍濃縮	SAR	ESP*
消石灰	1.85g/L	Ca(OH)2	58.7	0.881
生石灰	1.4g/L	CaO	185.6	2.785 > 1.0
炭酸Ca	0.015g/L	CaCO3	50.3	0.754
硫酸Ca	1.6g/L	CaSO4	49.7	0.746
			58.6	0.880
			54.6	0.818

塩濃度	消石灰添加の場合
3g/L	≒0.6mol/L 海水
15g/L	≒0.3mol/L 海水 *0.5
0.3g/L	≒0.06 海水*0.1
0.05g/L	≒0.01 海水/60

Ca²⁺かMg²⁺を加えて、淡水で溶脱を繰り返せばNa土壌化・除塩は改善できる。
→石灰、消石灰を撒いて塩害を改善(新聞記事)



(a) waterlogged field

(b) well drained field

Photo 1 Typical feature of waterlogged and well-drained soils in Fukaya, Japan (one night after the rainfall)

埼玉県深谷市: 近接するネギ畑で、一方は水たまりができて湿害、他方は乾いている。……「環境地水学」にあるように理由はよくわからないとされていた。

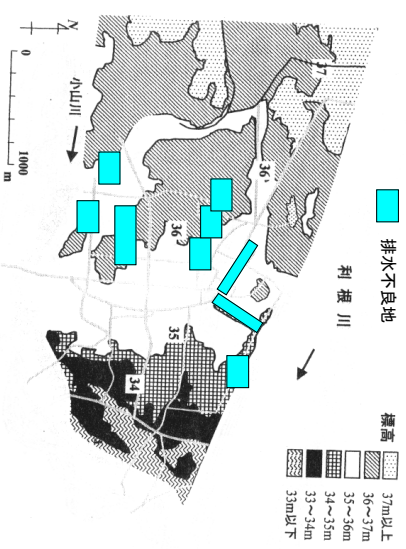
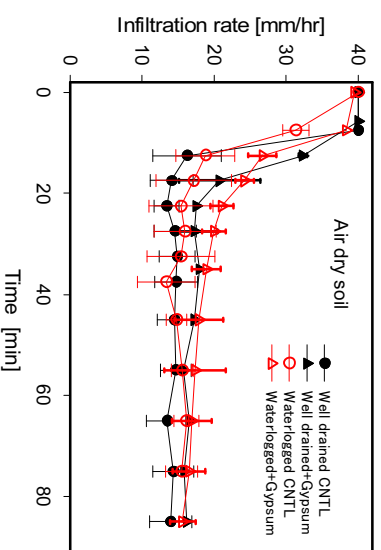


図-2 豊里東部地区の標高1m毎の等高線



実際に雨を降らして定量評価を試みた(40mm/hr)塩濃度を高くすると(石膏を散布する)差が無くなる。

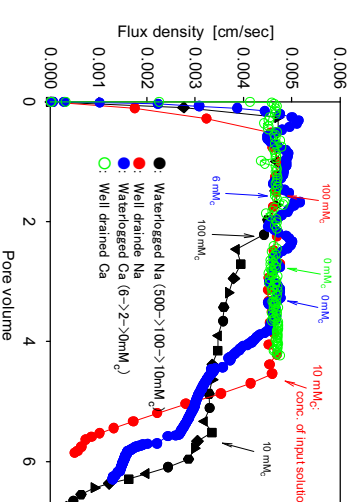
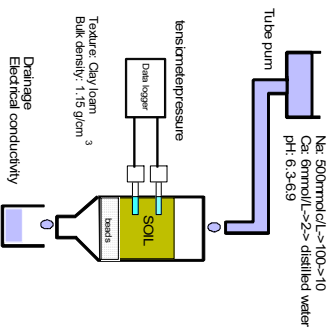
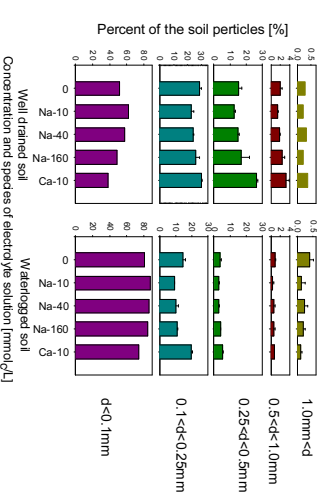


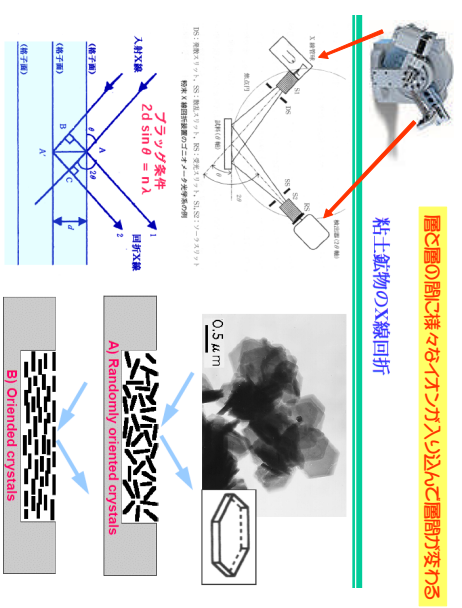
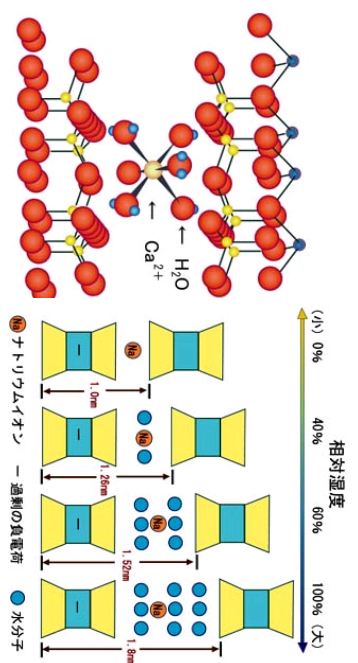
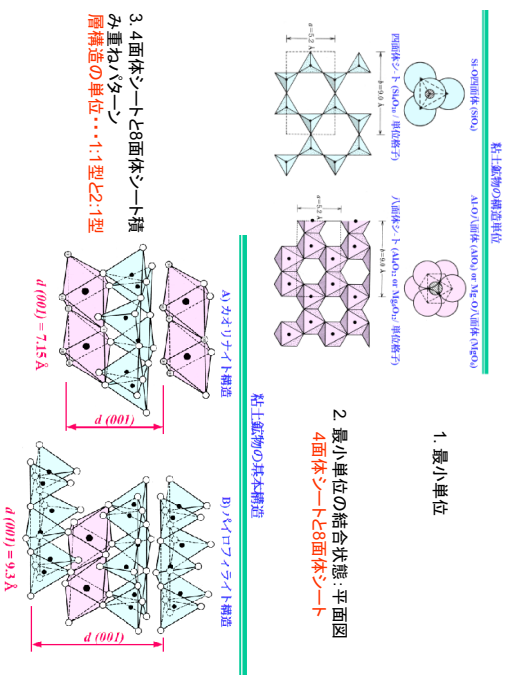
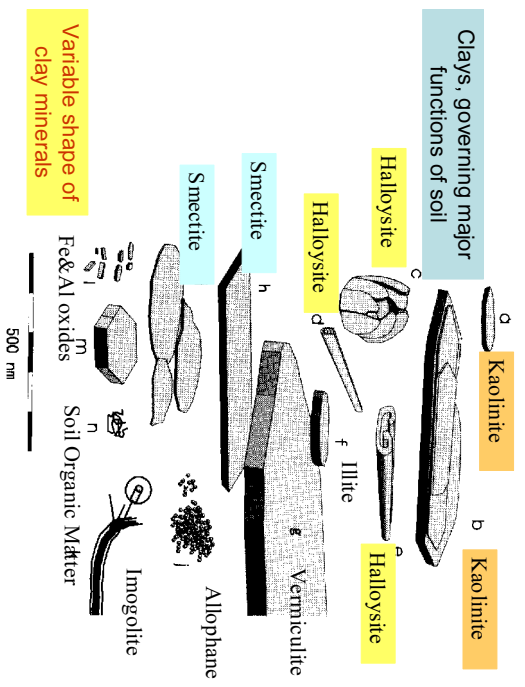
Fig. 6 Changes in water flux through the soil column due to electrolyte concentration



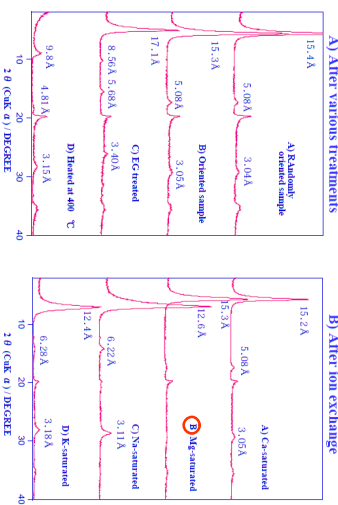
実際に色々な濃度の塩溶液を流してみても透水性を確認してみる。



団粒の粒径分布排水不良の方が中程度の団粒が壊れやすい...
 →たぶん、これが排水不良の一因
 ...どうして壊れやすいのか？



スメクタイトのX線回折



MgCl₂で洗った粘土のX線回折のピーク
 KClで洗った粘土のX線回折のピーク
 KClで洗った後に350℃、550℃で焼いた粘土のX線回折ピーク
 ……等々異なる前処理の試料のピークから粘土鉱物の種類を判定する

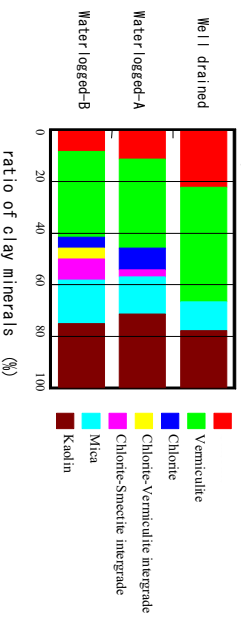
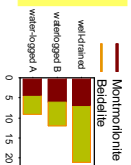
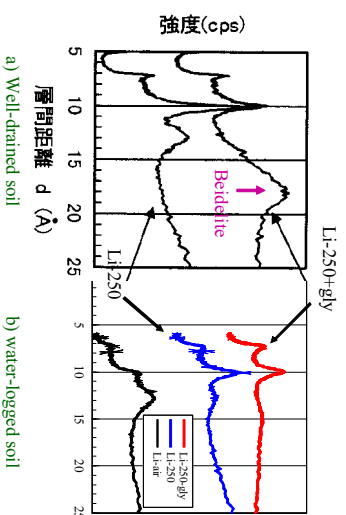
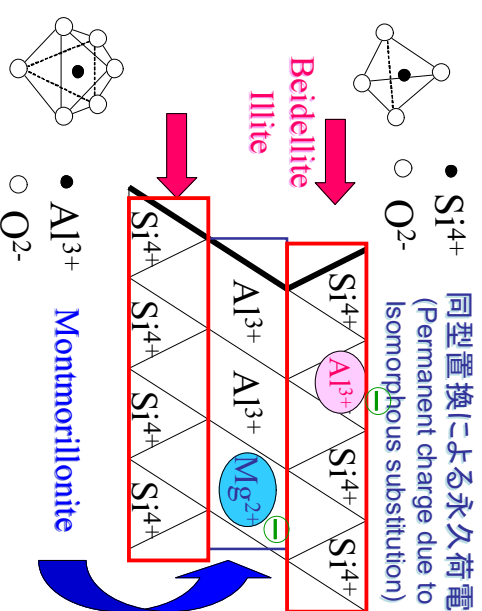


Fig. 2 Clay Mineralogy of the soils
 通常、スメクタイトが多いと、「分散しやすい、土壌構造が不安定」といった評価を下すことが多い



X-ray diffraction of Li saturated clay
 Green&Kelly法: smectiteをもっと詳しく調べる
 モンモリロナイトとベイドラナイトを識別できる。



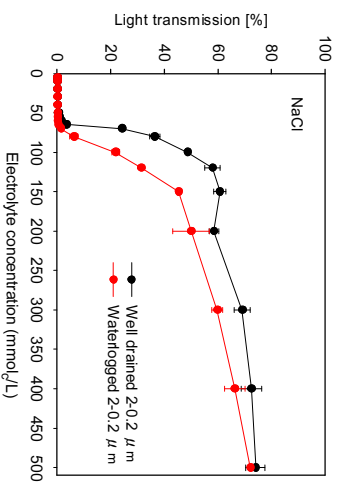
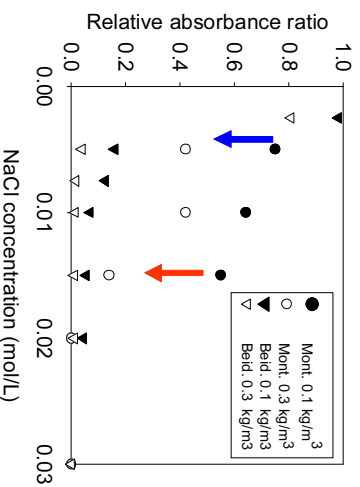
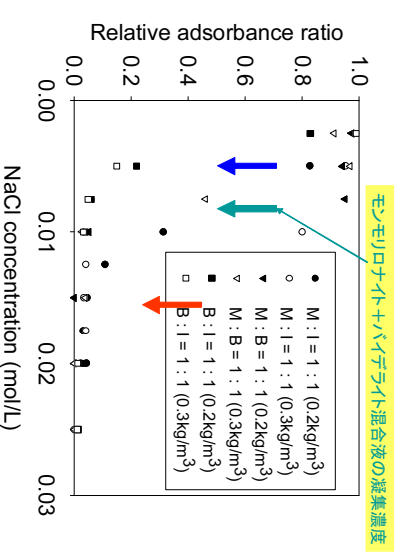


Fig. 3 Electrolyte concentration and light transmittance of Fukaya clay suspension.

排水不良地の粘土固分は、より高い濃度で水浸濃度が低くなる。
これは、バイテラノの影響の可能性が高い！！



純粋なバイテラノとモンテロロナの臨界凝集濃度同じスウェーデンでも凝集濃度が大きく異なることがわかった！



バイテラノとモンテロロナの混合懸濁液の臨界凝集濃度混ざっていても、モンテロロナの凝集濃度よりも小さい

まとめ

- 従来の風方で観てあった深谷地区の排水不良は
 - 土が含むスウェーデンについて、一部の圃場でバイテラノの含量に差があった
 - バイテラノの差は、凝集濃度の差を生み、降雨時の団粒や土壌構造の安定性に(圃場間の)違いを生じた
 - 塩濃度に対する応答から粘土の違いによって降雨時に排水不良と排水良好の差が生じていると考えられる。
 - 排水良好は説明できるが、排水不良の説明がまだ不十分
- 依然として疑問な点
 - どうして、近接する圃場で、モンテロロナ/バイテラノ組成が異なるようなことが生じたのか？
- 畑スケールの大きな現象も、微細な粘土の振る舞いに左右されることがある。