

# HYPROPを用いた砂と黒ボク土の 水分移動特性の測定

土壌圏循環学研究室 521346 西村 勇佑

はじめに

作物の生育 や 畑地の排水設計 には

土の **保水性** ・ **透水性** が重要 !

---

**保水性** — 水分特性曲線 (体積含水率 $\theta$  - 圧力水頭 $h$ )

吸引法, 加圧板法, 露点法など, 圧力水頭 $h$ に適した方法を組み合わせて測定

**透水性** — 不飽和透水係数 (不飽和透水係数 $K$  - 圧力水頭 $h$ )

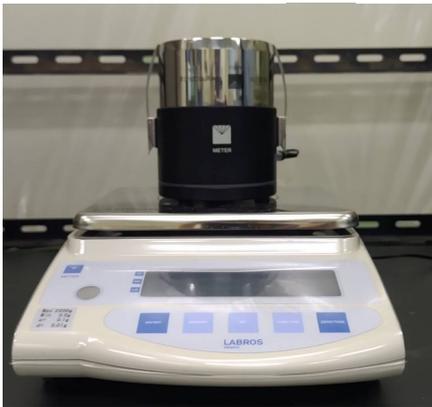
一般的に 測定は困難

はじめに

保水性

透水性

を植物が水利用する範囲で測定



**HYPROP** (METER社)

土の蒸発過程の **圧力水頭 $h$**  と **蒸発速度 $q$**  に基づき

**$-1000 \text{ cm} \leq h \leq -10 \text{ cm}$**  の範囲で **自動測定**

しかし、蒸発過程は **土性** により **大きく異なる**。

**土性ごとに適用性を検討する必要がある。**

**目的： HYPROPを用いて砂丘砂と黒ボク土の水分移動特性を測定**

# 実験方法

## 〔試料〕

熊本県黒ボク土 (2 mmふるい通過分)  
乾燥密度  $\rho_b = 0.51 \text{ g/cm}^3$

鳥取砂丘砂  
乾燥密度  $\rho_b = 1.58 \text{ g/cm}^3$

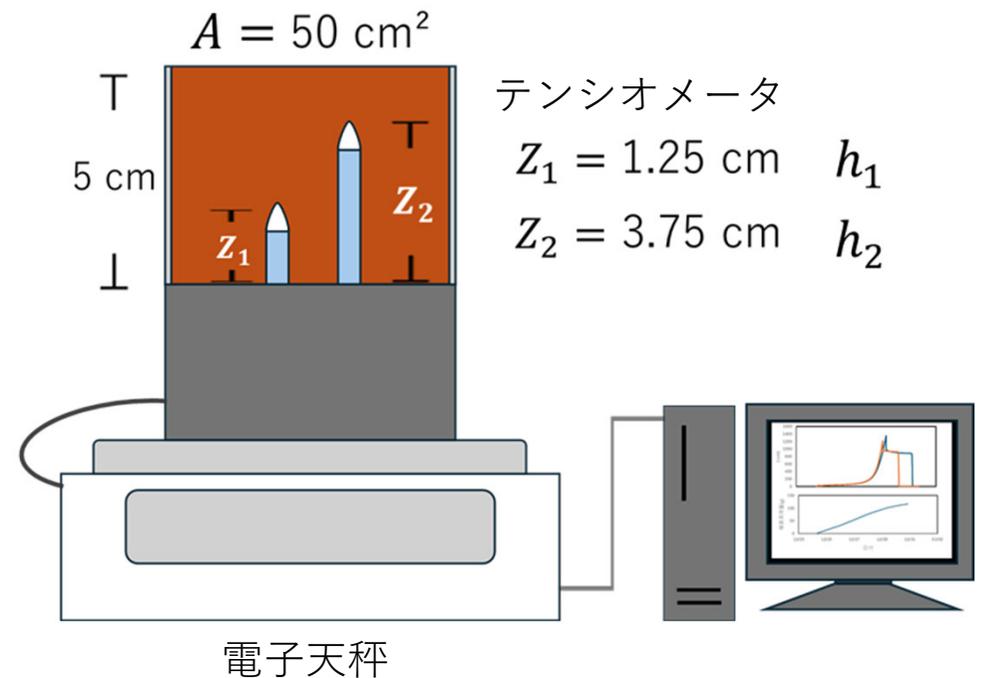
## 〔実験条件〕

テンシオメータ内に気泡発生  
or  
空気が侵入する ) まで測定

測定終了後、試料の乾燥重量の計測、

解析ソフト (SoilView Analysis) を用いて解析とフィッティングを行った。

## 〔実験装置〕



# 計算式

代表圧力水頭 $\bar{h}$  (cm)  $\bar{h} = \omega \cdot \bar{h}_{\text{Ari}} + (1 - \omega) \cdot \bar{h}_{\text{Geo}}$

[ 2点の測定値の平均 ]

$$\omega = \frac{1}{\left| \frac{\Delta h}{\Delta z} + 1 \right|}$$

$\omega$  : 重み付け係数

$\bar{h}_{\text{Ari}}$  :  $h_1, h_2$ の算術平均

$\bar{h}_{\text{Geo}}$  :  $h_1, h_2$ の幾何平均

$\Delta h$  :  $h_1, h_2$ の圧力差 (cm)

$\Delta z$  :  $z_1, z_2$ の距離 (cm)

平均体積含水率 $\bar{\theta}$  ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ )

[ 重量から求めた値 ]

$$\bar{\theta} = (m - m_s) / A \cdot L$$

$m$  : 試料重量 (g)

$m_s$  : 乾燥試料の重量 (g)

$A$  : 試料断面積 ( $\text{cm}^2$ )

$L$  : 試料の高さ (cm)

不飽和透水係数 $K$  (cm/d)

Darcy-Buckinghamの法則より

$$K = - \frac{q_c}{\frac{\Delta h}{\Delta z} + 1}$$

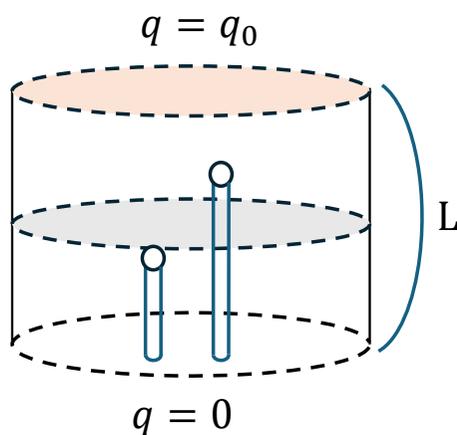
$$q_c = \frac{L}{2} \cdot \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$

$q_c$  : カラム中央の水フラックス ( $\text{cm/s}$ )

$\Delta \theta$  : 体積含水率 $\theta$ の変化量

$\Delta t$  : 時間 $t$ の変化量 (s)

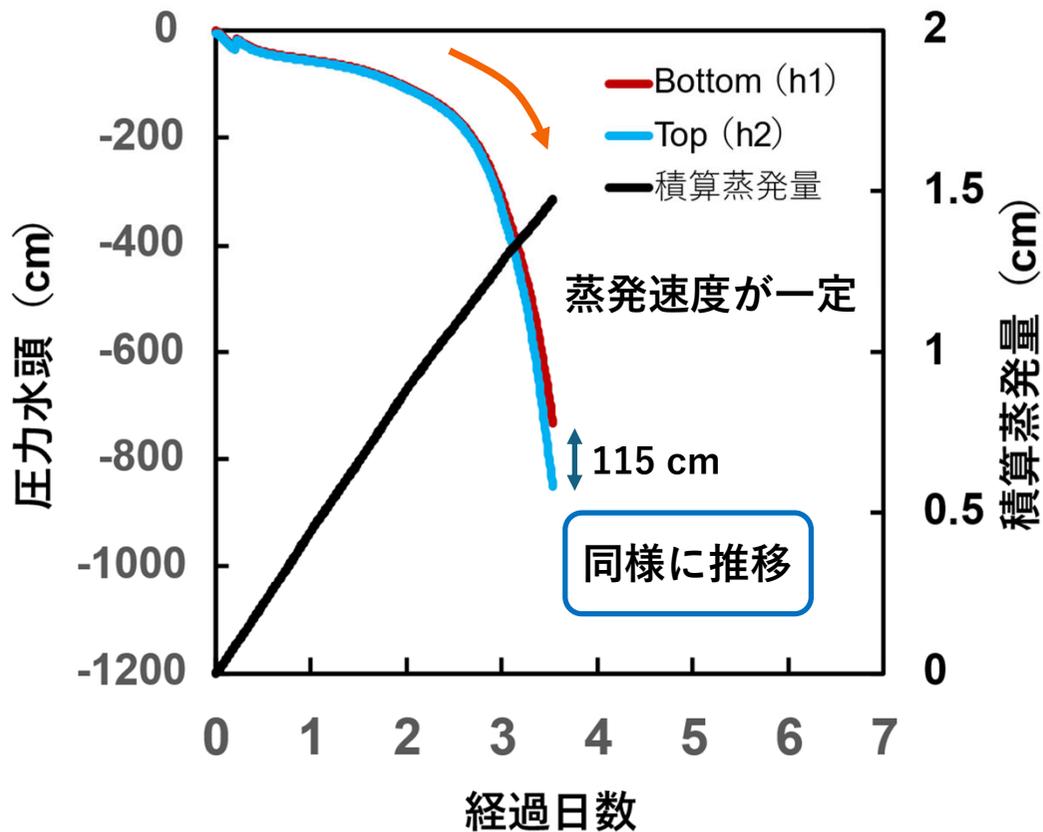
$$q_c = \frac{q_0}{2}$$



# 測定の結果

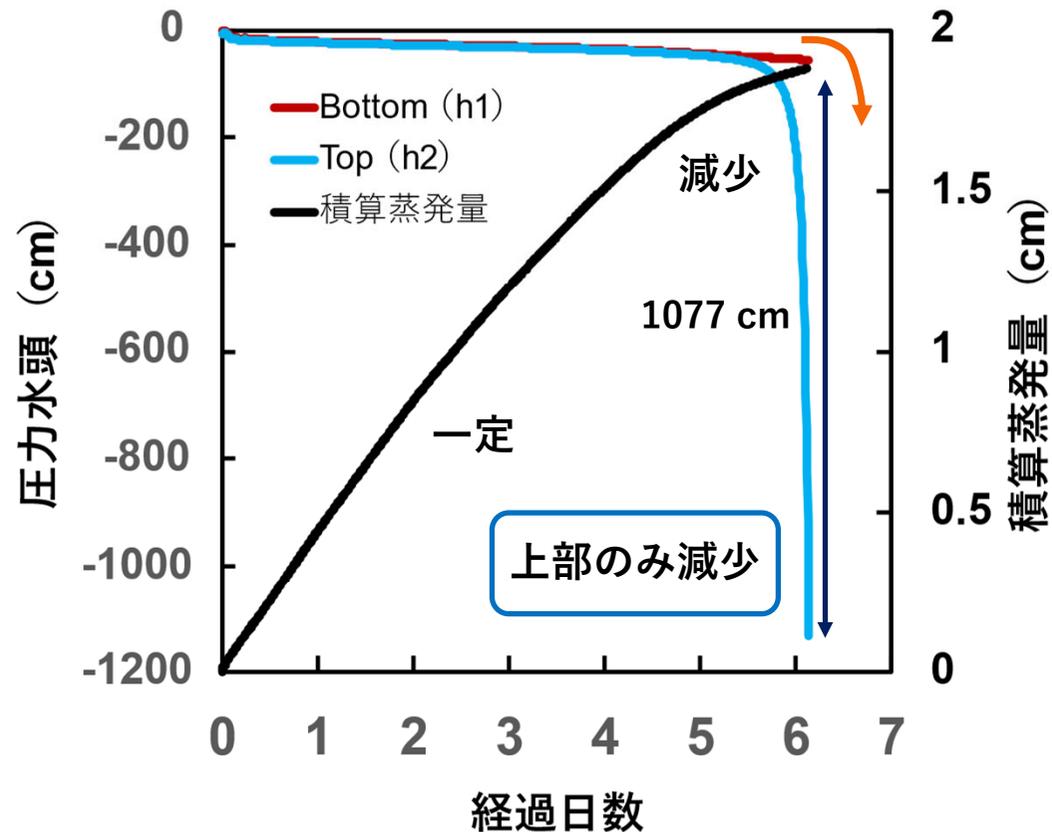
# テンシオメータの圧力水頭 $h$ , 積算蒸発量の時間推移

熊本県黒ボク土



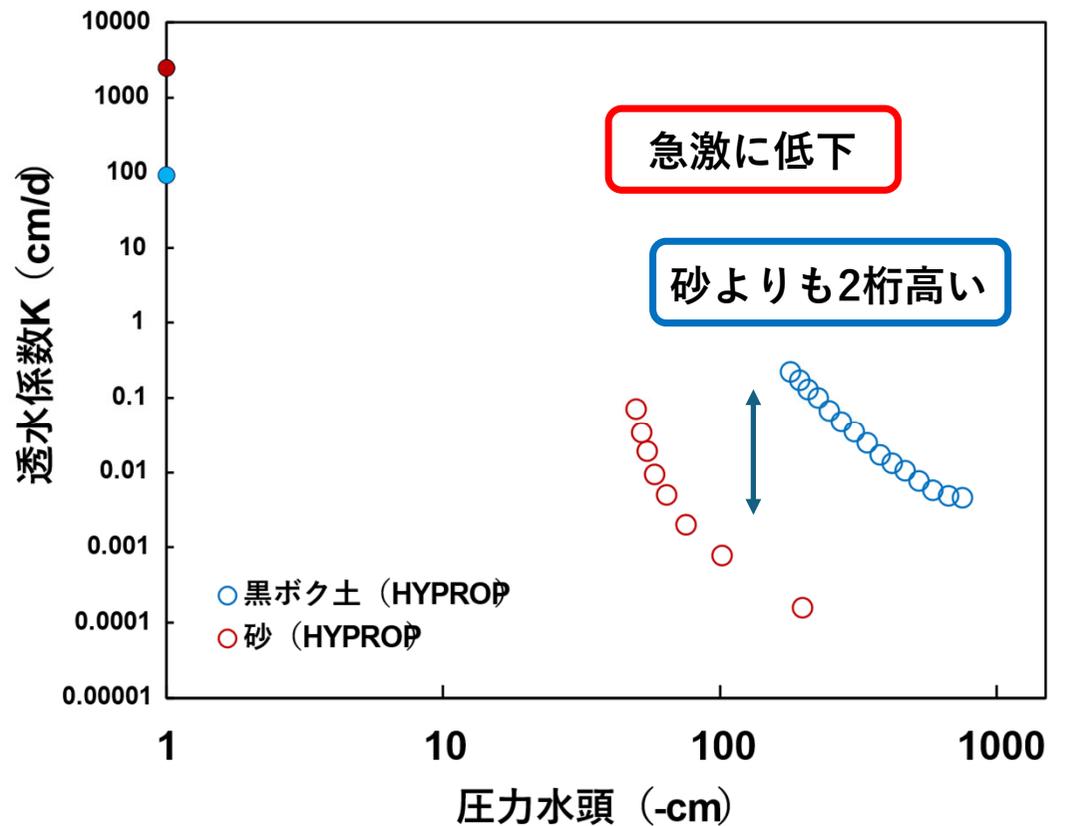
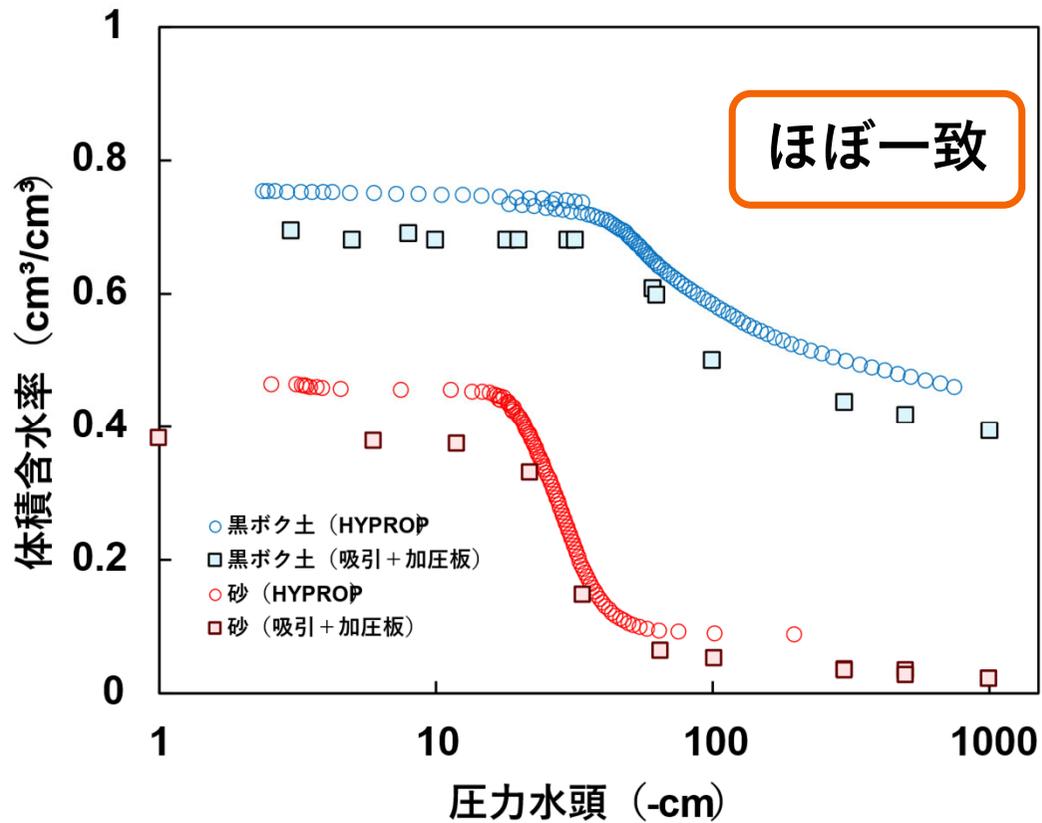
圧力勾配の変化が小さい

鳥取砂丘砂



圧力勾配が大きいの

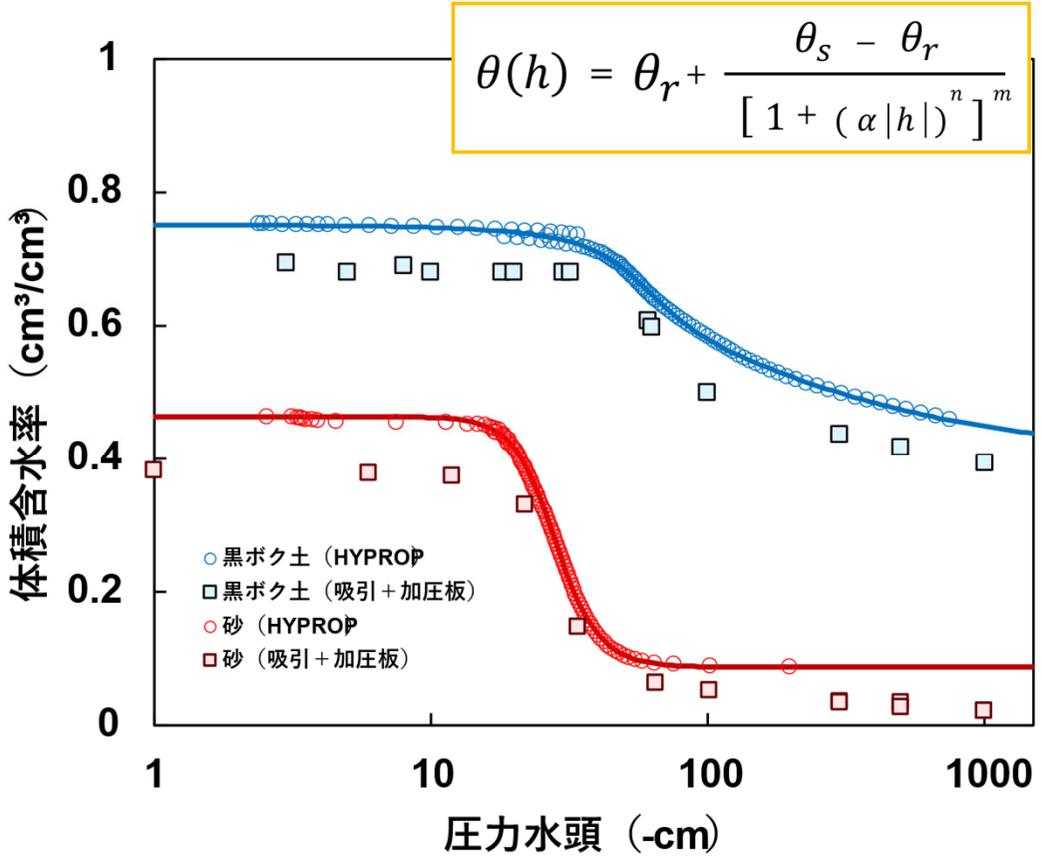
# 水分特性曲線と不飽和透水係数



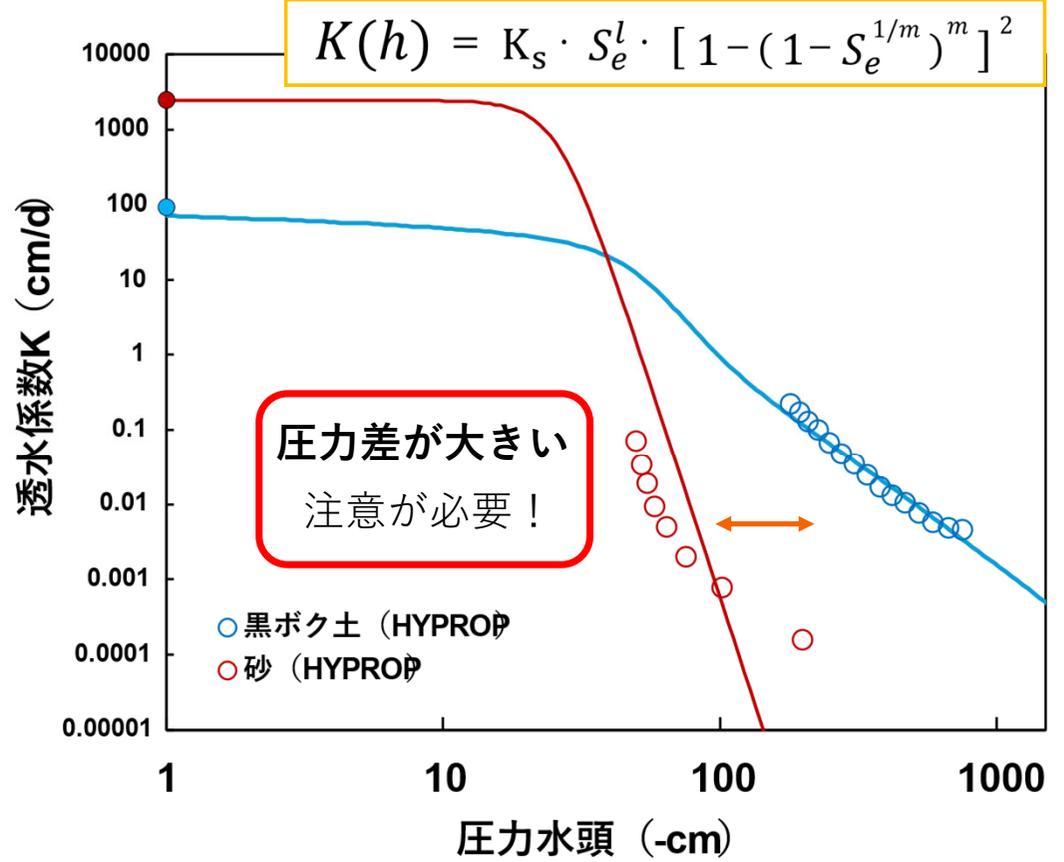
HYPROPによる測定：一般的な性質を示せている

# 水分特性曲線と不飽和透水係数 (Mualem-Van Genuchten式)

$$\theta(h) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha|h|)^n]^m}$$



$$K(h) = K_s \cdot S_e^l \cdot [1 - (1 - S_e^{1/m})^m]^2$$



**Fitting  
パラメータ**

種類 (単位)	$\theta_r$ (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	$\theta_s$ (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	$\alpha$ (1/cm)	$n$	$K_s$ (cm/d)	$l$
黒ボク土	0.400	0.751	0.0177	1.835	92.5	-0.156
砂丘砂	0.087	0.464	0.0372	5.818	2470.6	-0.067

## まとめ

目的： HYPROPを用いて砂丘砂と黒ボク土の水分移動特性を測定

### 蒸発過程

黒ボク土

圧力差が小さい

勾配変化も小さい

砂丘砂

圧力差が大きい

勾配変化も大きい

HYRPOPは各土性において十分に水分移動特性を示せていた

---

圧力勾配が大きい試料について、測定範囲を制限する必要性