

模擬森林火災下における 水・熱・有機物の移動と変化に関する研究

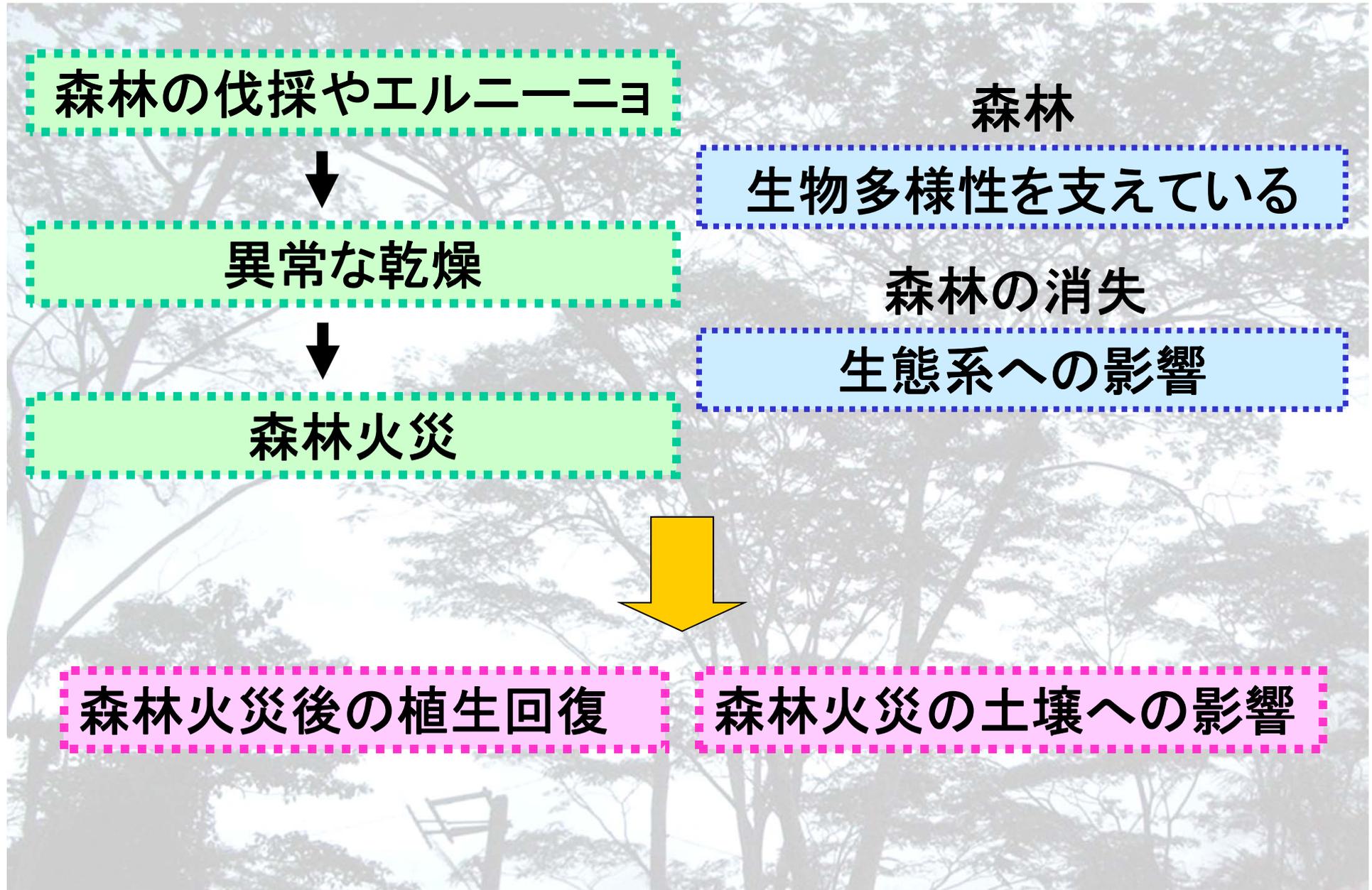
平成19年8月30日

東京大学大学院農学生命科学研究科

○小渕 敦子・井本 博美・西村 拓・溝口 勝・宮崎 毅



研究の背景



既往の研究

- ・ Fernandezら(1997): 森林火災によって、地表面付近で炭素含有量が約50%低下する
- ・ DeBanoら(2000): 火災による土壌温度と土壌の撥水性の発現に関係がある
- ・ Giovanniniら(1988): 火災時に土壌温度が200～250°Cを超えると有機物の消失が始まる

燃焼時の土壌温度が有機物含量などの土の性質に大きく影響するにも関わらず、熱や水の移動に関する報告はあまりない。

研究目的

森林火災の模擬実験により

① 土壌及び初期水分量の違いが、森林火災による土壌の温度・水分変化に与える影響

② 森林火災が有機物含量の変化に与える影響

③ 温度変化と撥水性の出現の関係

を明らかにする。

実験試料お

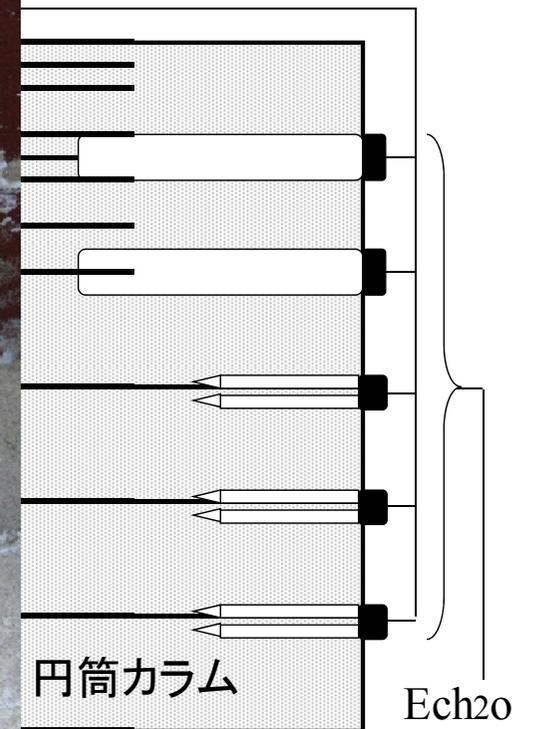
供試土

試料	体積含水率 ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)
豊浦砂	0
	0.15
	0.23
黒ぼく土	0.15
	0.32
	0.39
	0.45
泥炭混合砂	0.01
	0.1
	0.15
	0.2

泥炭混合砂: 豊浦砂とピ
(炭素含有率が黒ぼく土



管渠用素焼き土管
内径15 cm 高さ30 cm
(5×6)cm



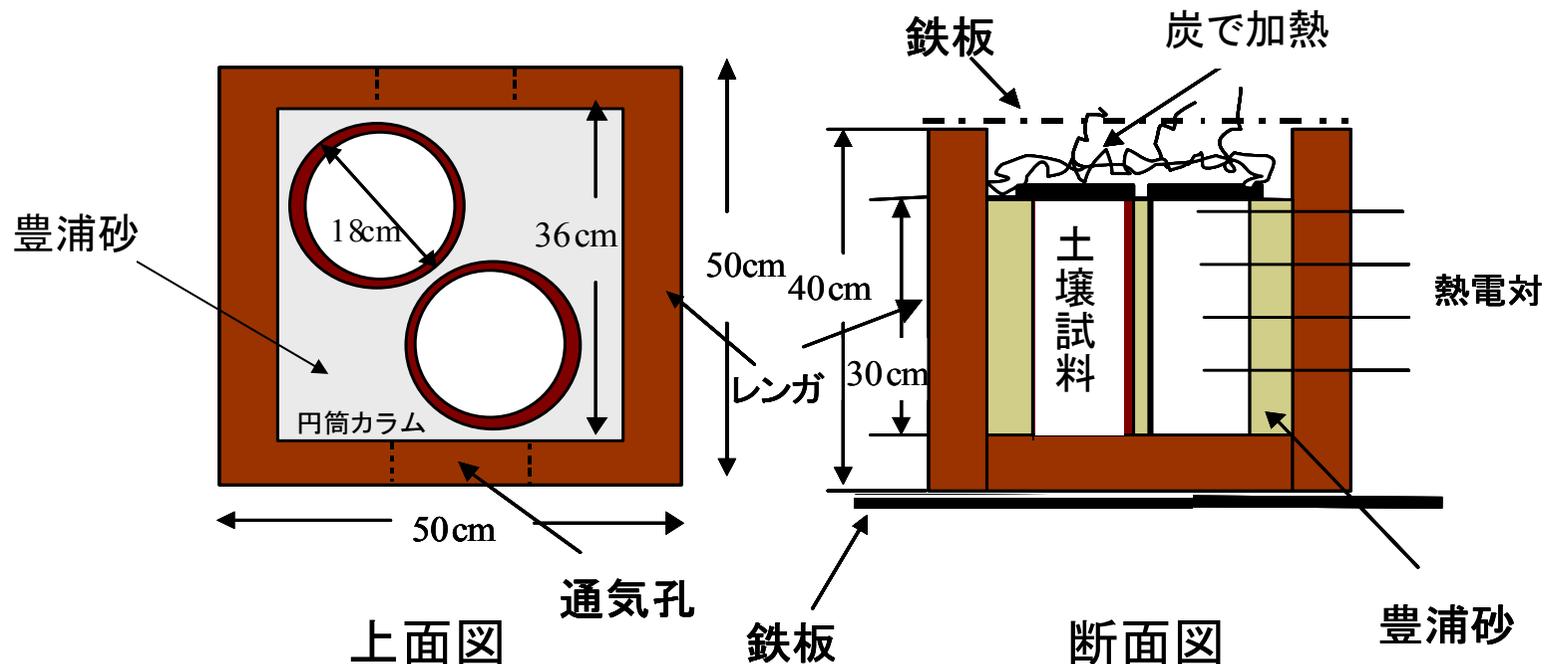
8, 10, 15, 20, 25, 30 cm)

実験方法

- ① 供試土を充填した円筒カラムをレンガに設置。
- ② 円筒カラムの周りを豊浦砂で充填。
- ③ 土壌表面を炭火により6時間加熱。
- ④ 加熱終了後、自然冷却させサンプリング。

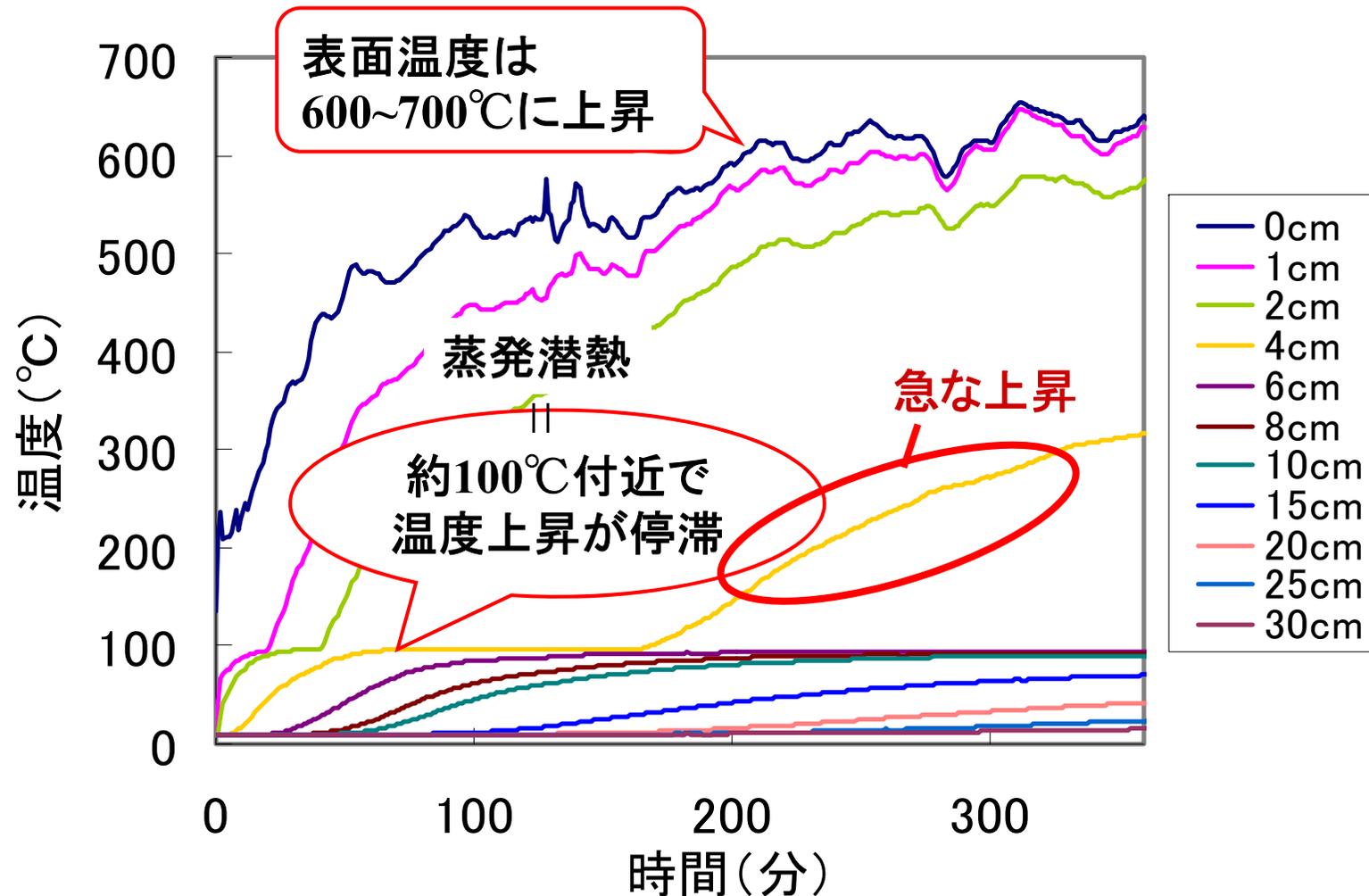
測定項目

燃焼中： 温度 → 鉛直一次元
燃焼後： 体積含水率, 炭素・窒素含有率, 撥水性



典型的な温度変化

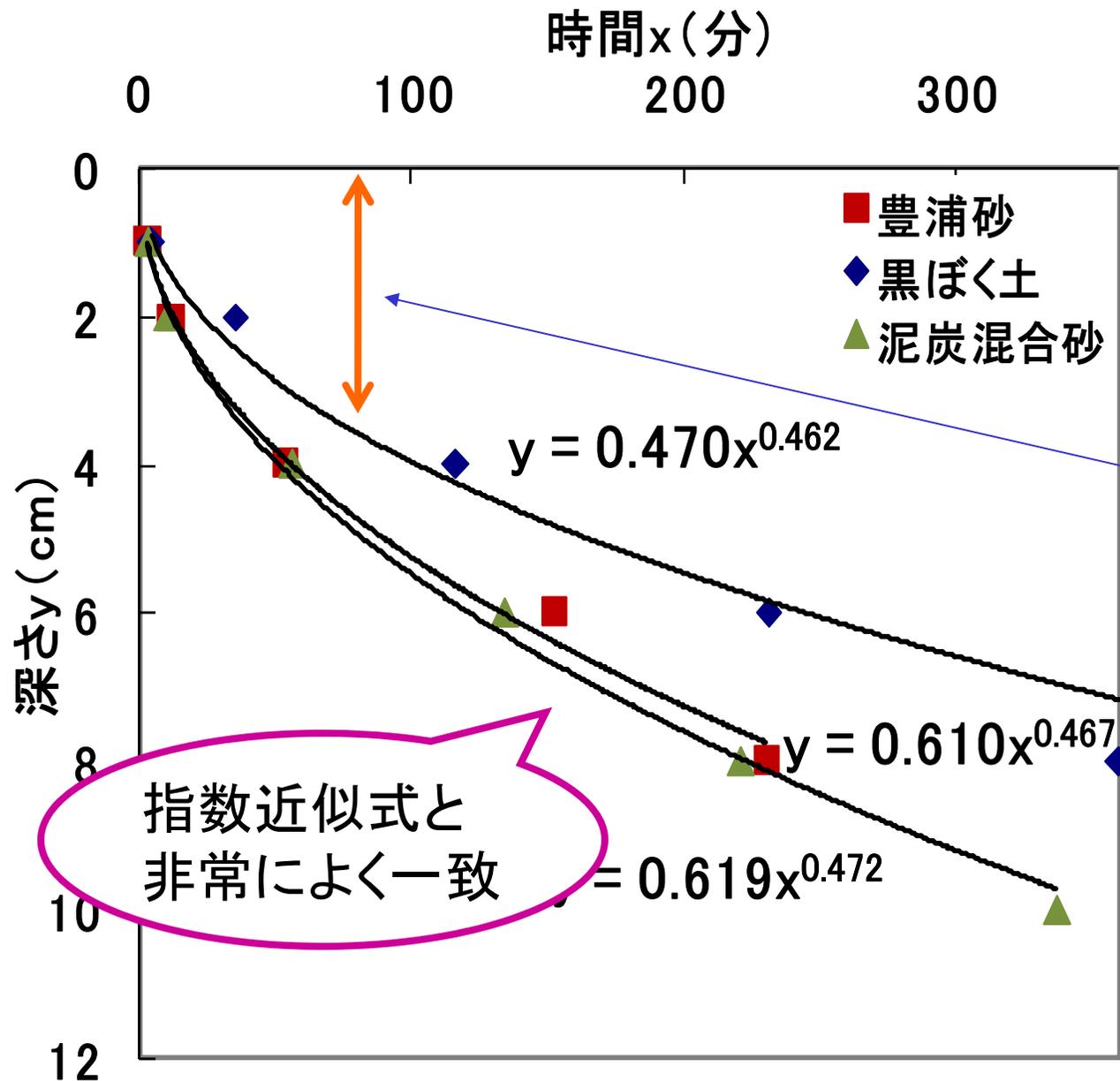
黒ぼく土 $\theta = 0.32$



土壤温度が175~280°Cを越えると、土壤に撥水性が発現する (DeBano, 2000)。……停滞後の温度上昇が重要

100°C前線の降下速度

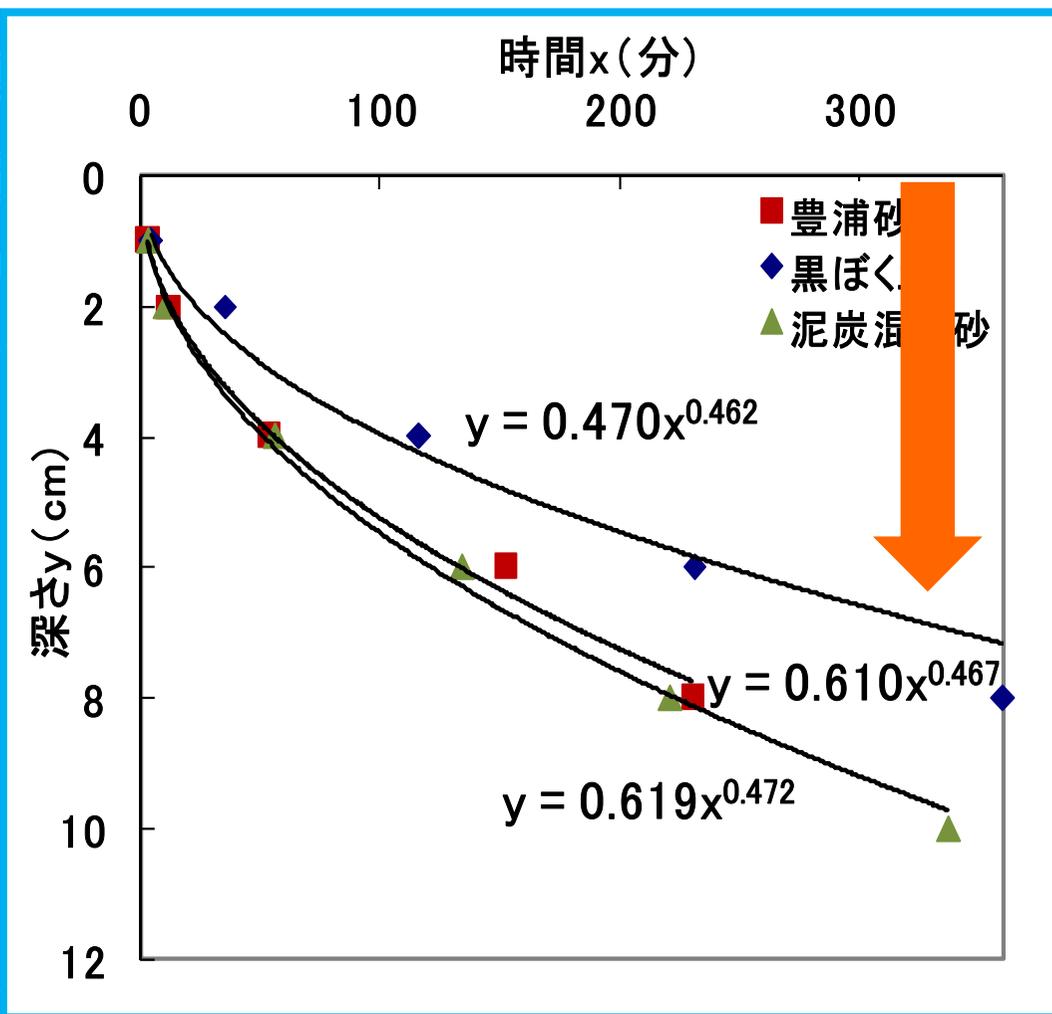
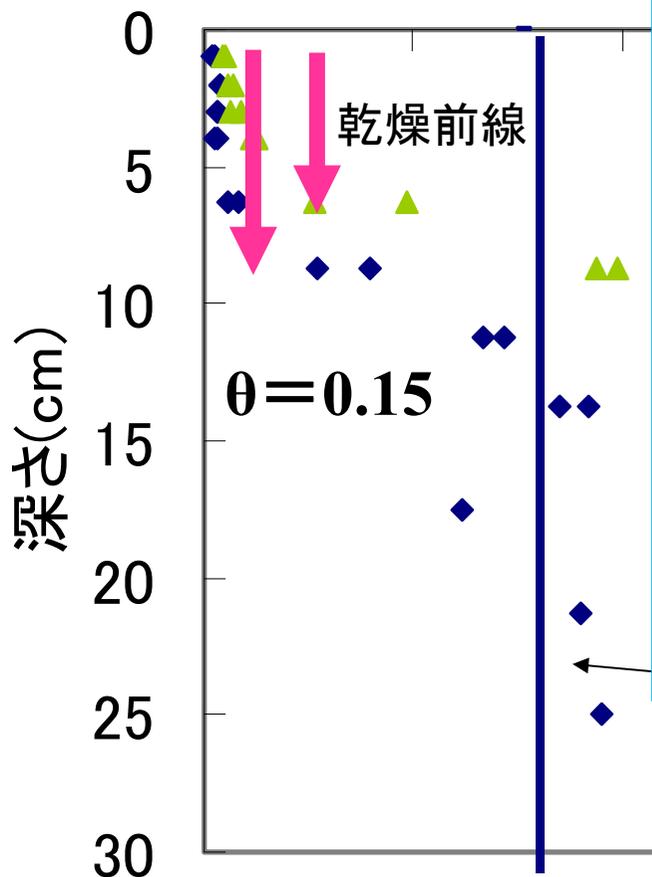
土壌による違い
($\theta=0.15$)



100°Cを超える深さは黒ぼく土・豊浦砂・泥炭混合砂の順に深くなる。

体積含水率分布

黒ぼく土

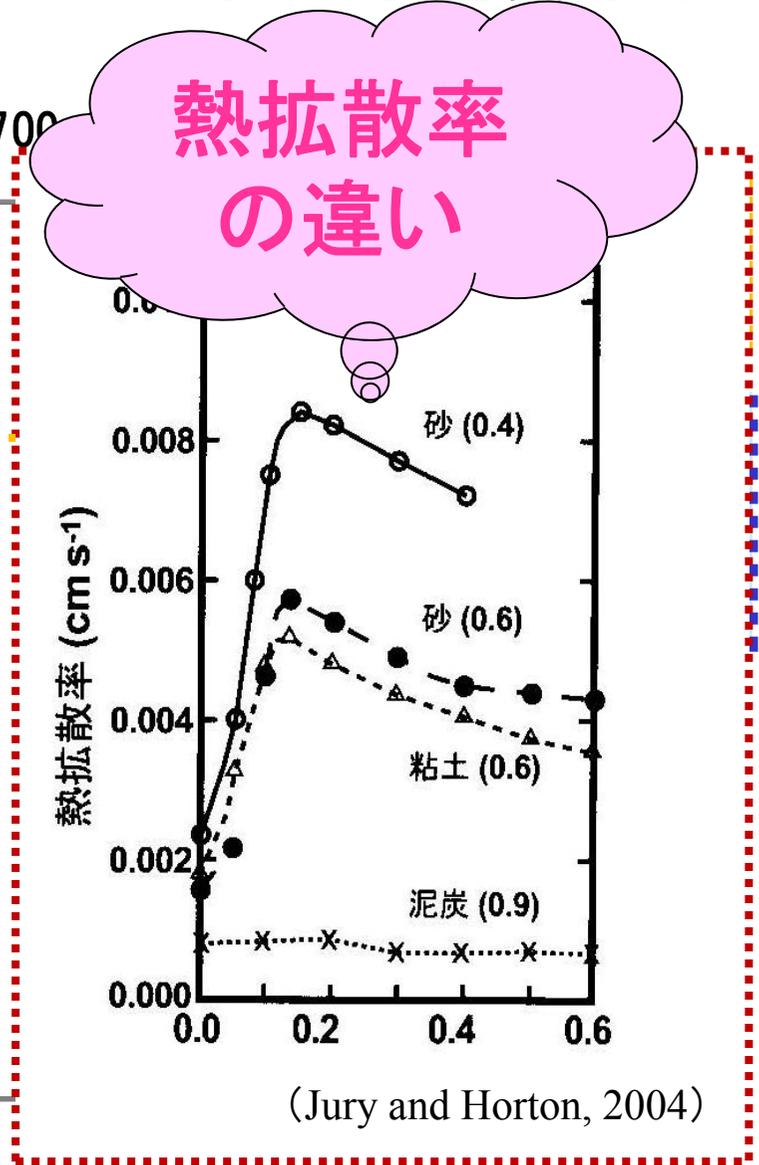
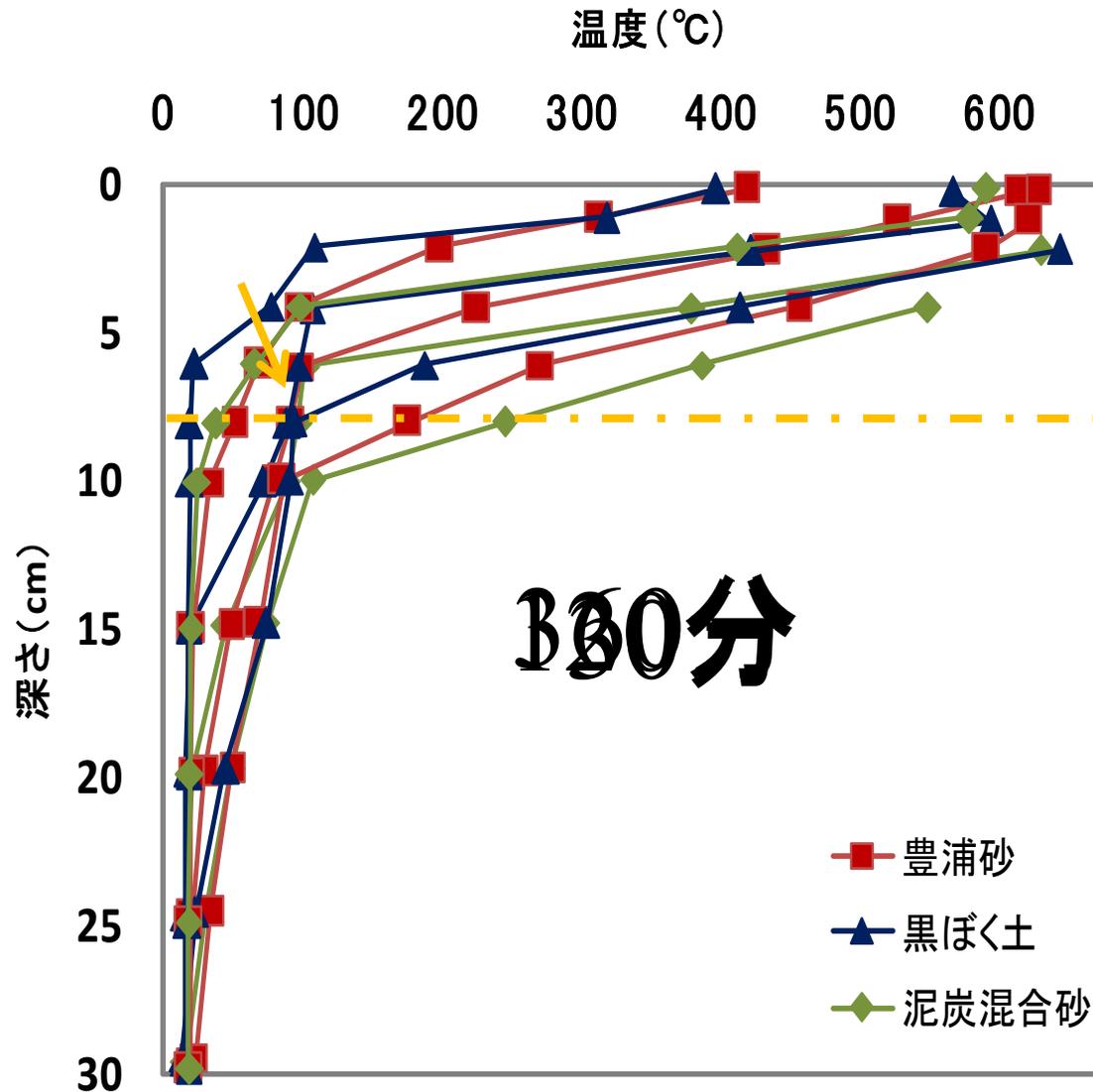


体積含水率分布

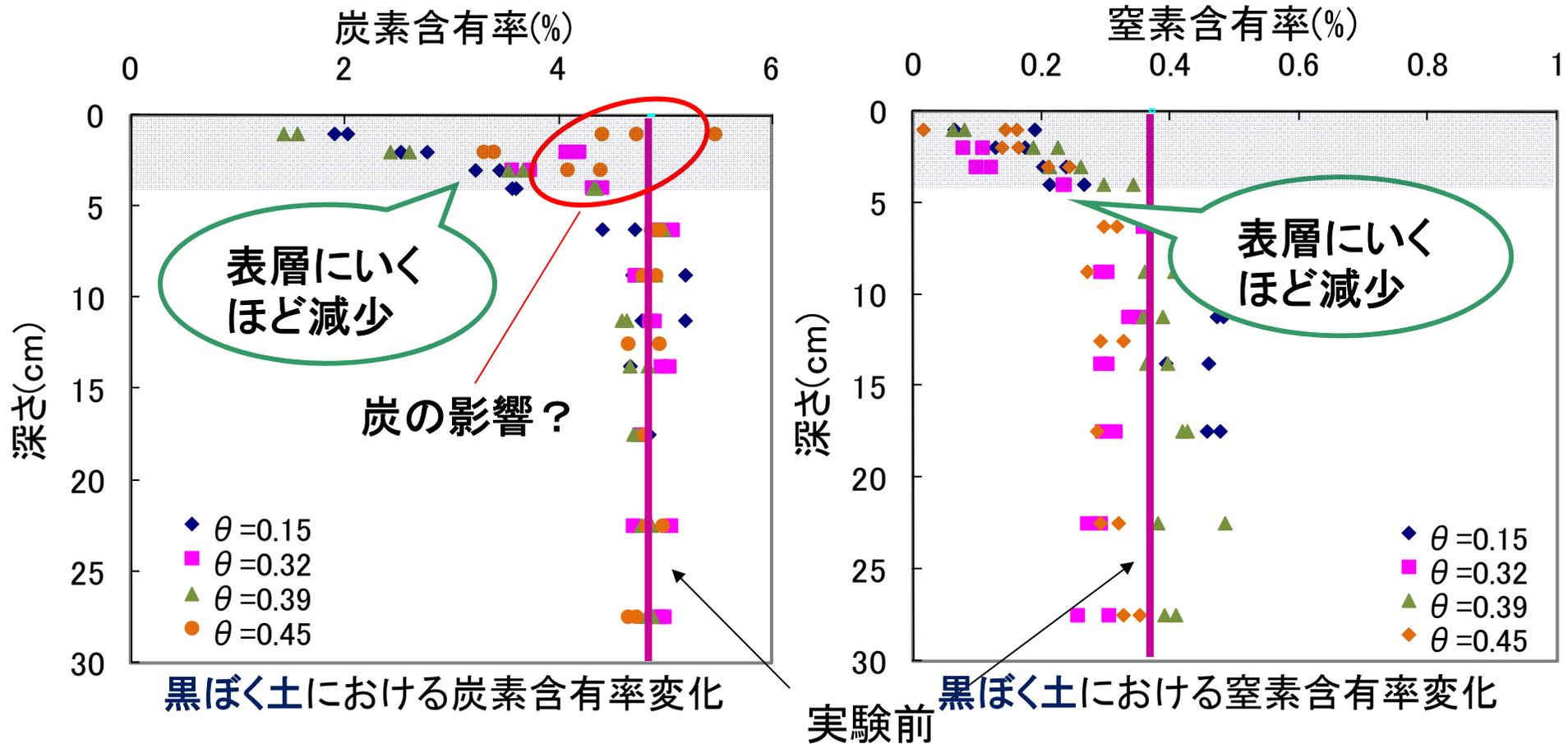
乾燥前線は6~10 cmにあり、初期 θ が小さい方が深くまで進んだ

各供試土における温度分布比較

豊浦砂・黒ぼく土・泥炭混合砂 ($\theta=0.15$) における温度分布



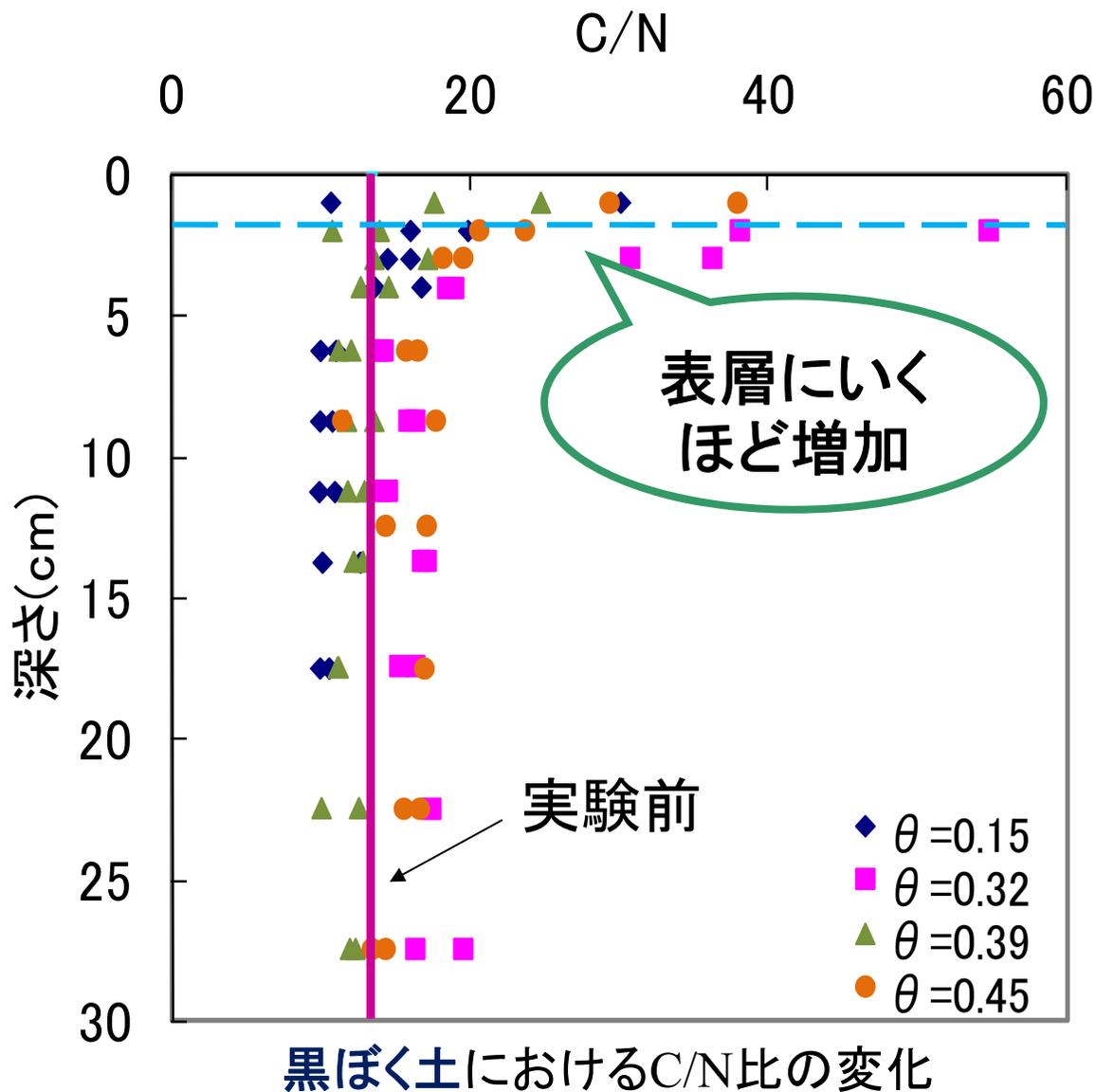
燃烧前後の炭素・窒素含有率の変化



表面下約1 cmで炭素含有量の60~70%、窒素含有量の70~80%が消失。
 森林火災により地表面付近で炭素含有量半減(Fernandez et al, 1997)。

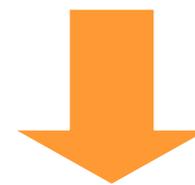
土壤温度が200~250°Cを超えると有機物の消失が始まる。
 (Giovannini et al, 1988)

燃烧前後のC/N比の変化



深さ4 cm以上で増加
2 cm以上で20を超えた

植物の生育に適する
C/N比は20以下



模擬火災直後
表層下約2 cmの土壤

→ 窒素飢餓状態

→ 植物生育に不利

燃烧後の泥炭混合砂の撥水性

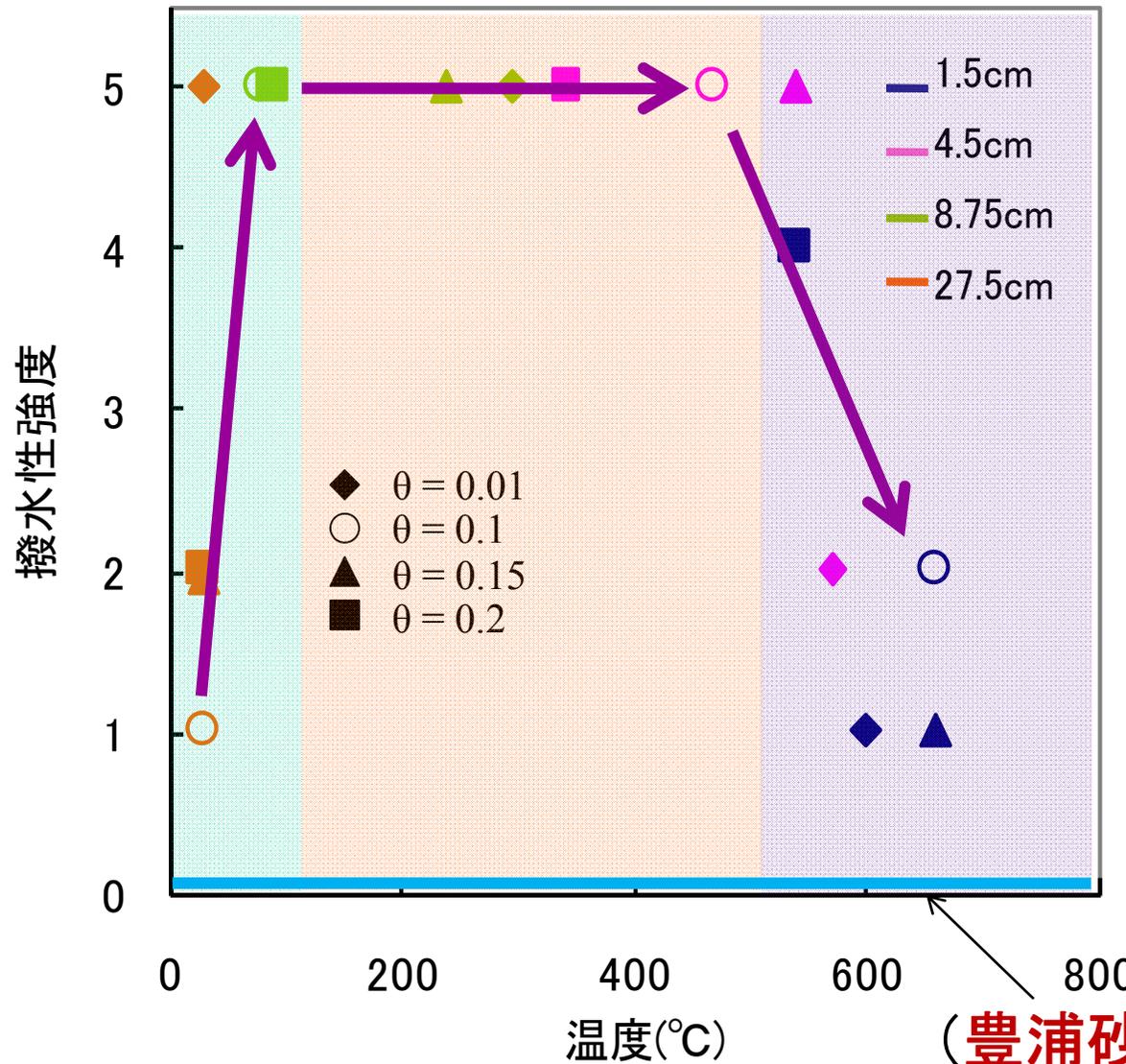


強
↑
弱



燃焼後の泥炭混合砂の撥水性

泥炭混合砂における燃焼終了時の温度と撥水性強度の関係



100°C以下

撥水性は弱い

100~500°C

初期 θ によらず高い撥水性

500°C以上

撥水性が弱まる

有機物量以外の要因?

(豊浦砂、黒ぼく土は撥水性なし)

◆..... まとめ◆

模擬森林火災下において、表面温度は600~700°Cまで上昇。

黒ぼく土、豊浦砂、泥炭混合砂の順に火災の影響が深くまで及んだ。

火災後の土壌表層は窒素飢餓状態で、植物の生育には不利だと考えられる。

泥炭混合砂では初期水分や深さにより、火災後の撥水性に違いが見られた。

ご清聴
ありがとうございました。



THE END

水分センサ

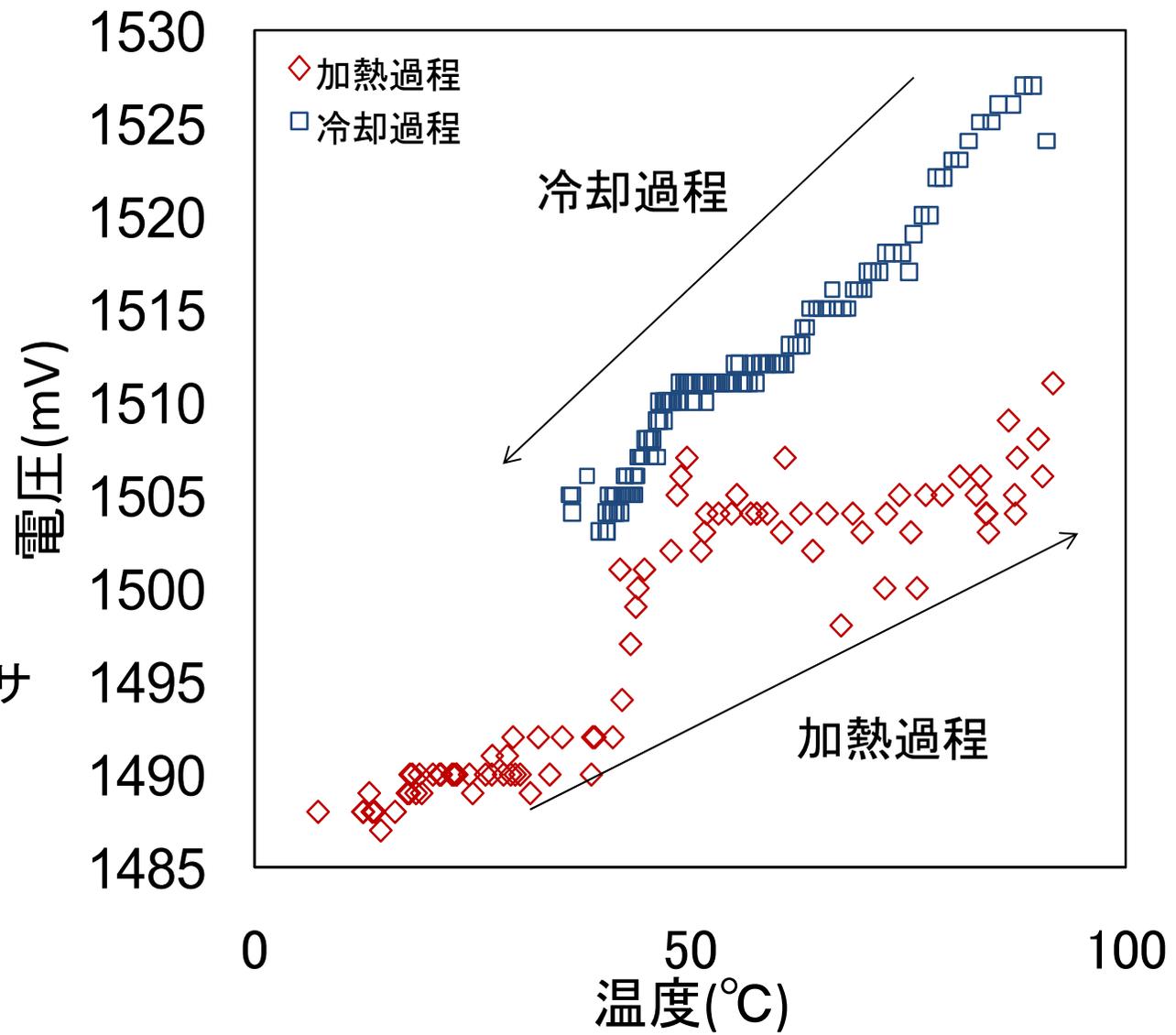
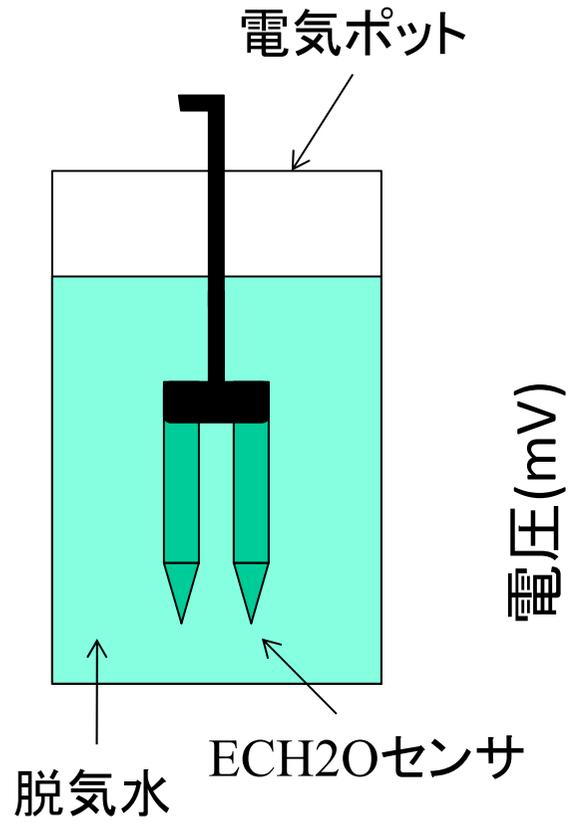


a ECH₂O-10



b TDR(左:実験前 右:実験後)

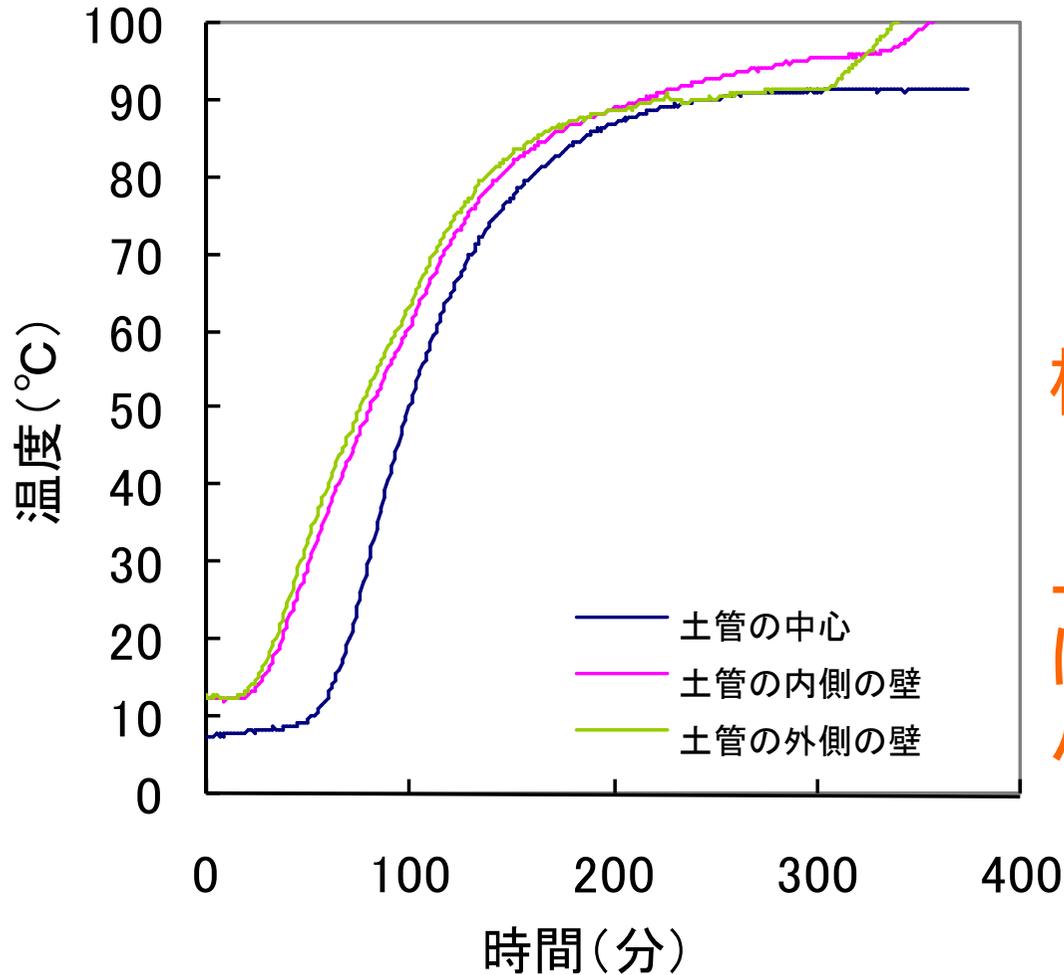
ECH₂Oセンサの温度依存性とヒステリシス



横方向の温度変化

黒ぼく土 $\theta=0.15$

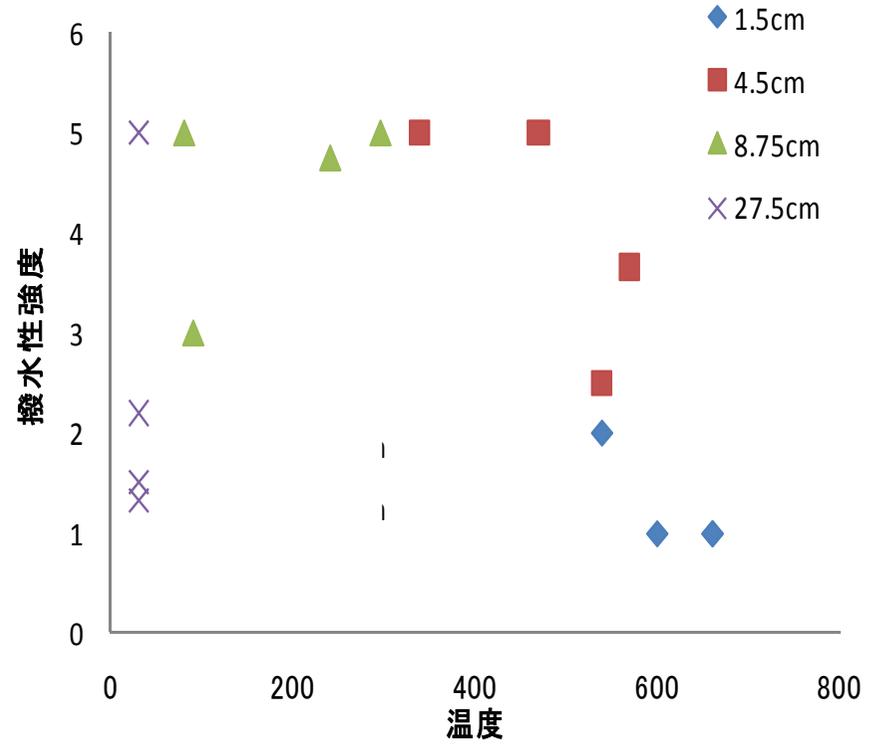
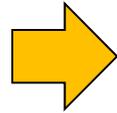
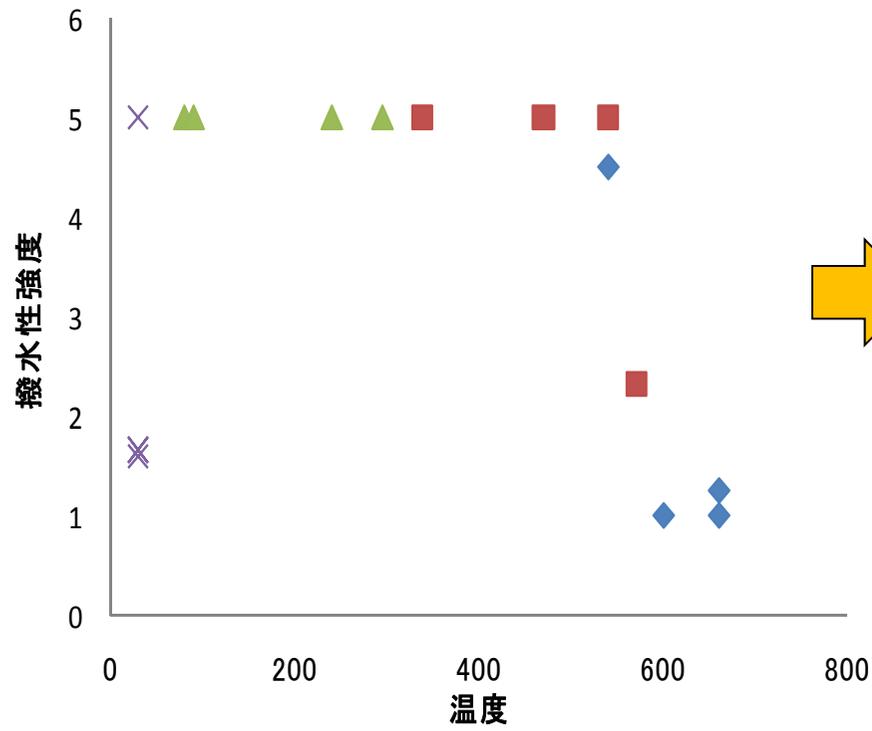
燃焼開始 64分後: 温度差最大
深さ8cm



$$q_{\text{横}} = 1.13 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$
$$q_{\text{下}} = 0.245 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

横方向からの熱フラックス
↓
上方向からの熱フラックス
に比べて無視できるほど
小さい

撥水性の変化



温度分布における実測値と解析解の比較

熱伝導方程式

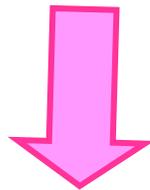
$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D_h \frac{\partial T}{\partial z} \right)$$

初期条件

$$\begin{cases} T(z,0) = T_0 & \text{for } 0 \leq z \leq \infty \\ T(0,t) = T_a & \text{for } t > 0 \end{cases}$$

境界条件

$$T(z,t) = T_0 \quad z \rightarrow \infty, t > 0$$

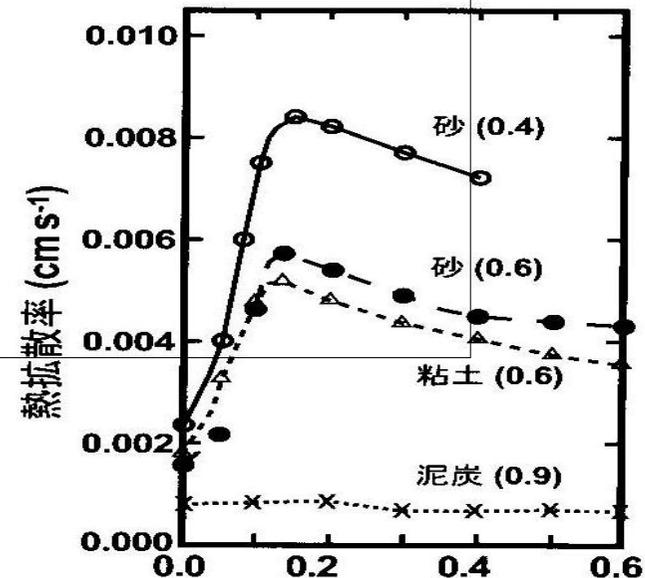


これを解くと...

$$T = T_0 + (T_a - T_0) \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{z}{2(D_h t)^{1/2}} \right) \right)$$

T_a : 表面温度 (K) T_0 : 初期温度 (K)

D_h : 熱拡散係数 (cm^2s^{-1}) t : 時間 z : 距離

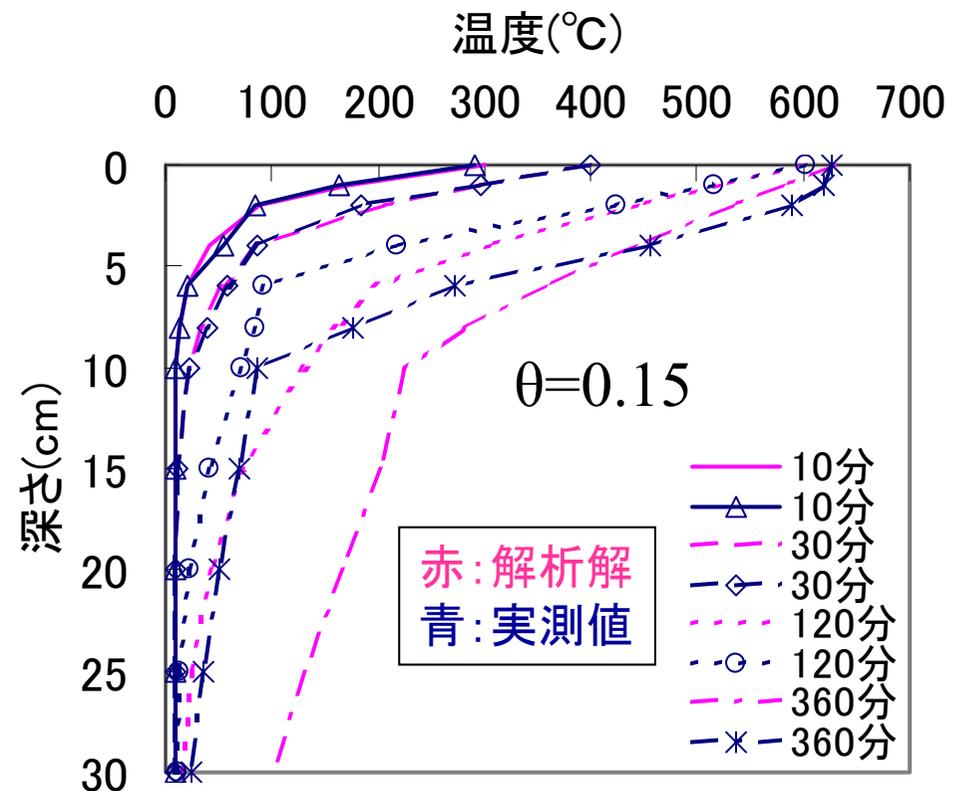
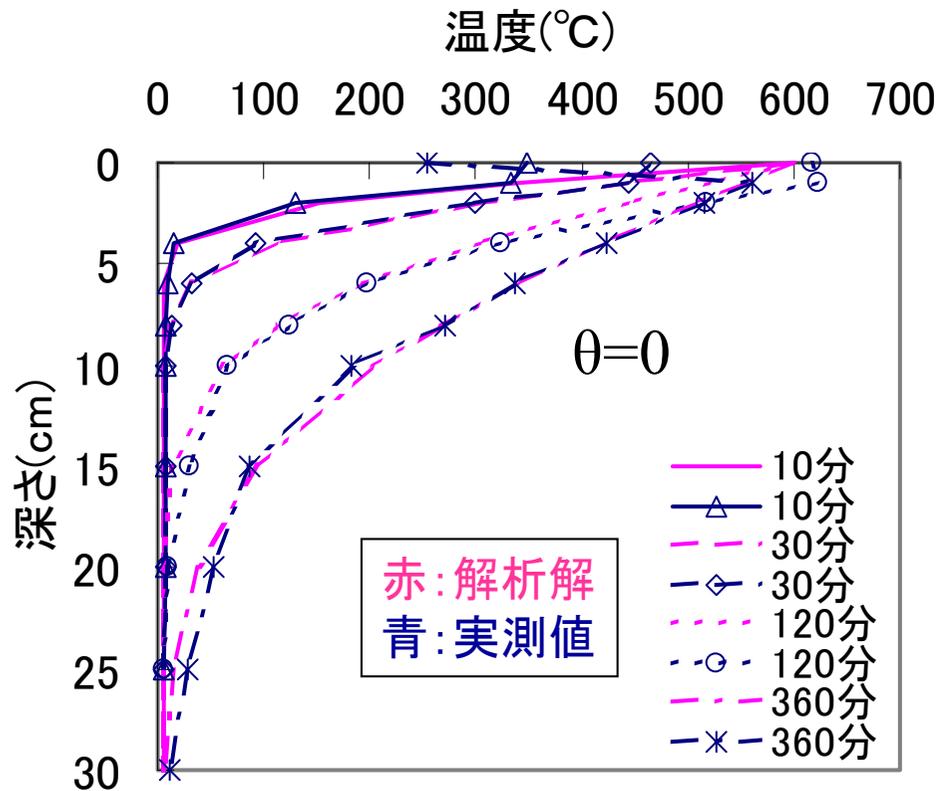


(Jury and Horton, 2004)

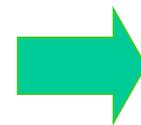
温度分布における実測値と解析解の比較

豊浦砂

$$\text{解析式 } T = T_0 + (T_a - T_0)(1 - \text{erf}(x))$$



$\theta=0$ のときは解析解と非常によく一致したが、 $\theta=0.15$ のときは解析解とのずれが生じた。



潜熱を考慮して解析する必要があると考えられる。

実験準備

カラム作成後、熱電対挿入



実験前の熱伝導率測定



実験前



実驗中



実験後土壌表面



サンプリング前



実験後サンプリング



実験後サンプリング



今後の課題

- 潜熱消費の終了時間と深さの関係の検討
- 潜熱を考慮した解析による温度分布のシミュレーション
- 温度と有機物変化量の間係を調べることにより、シミュレーションに基づいた土壌への影響評価