

地中構造物が凍上に及ぼす影響

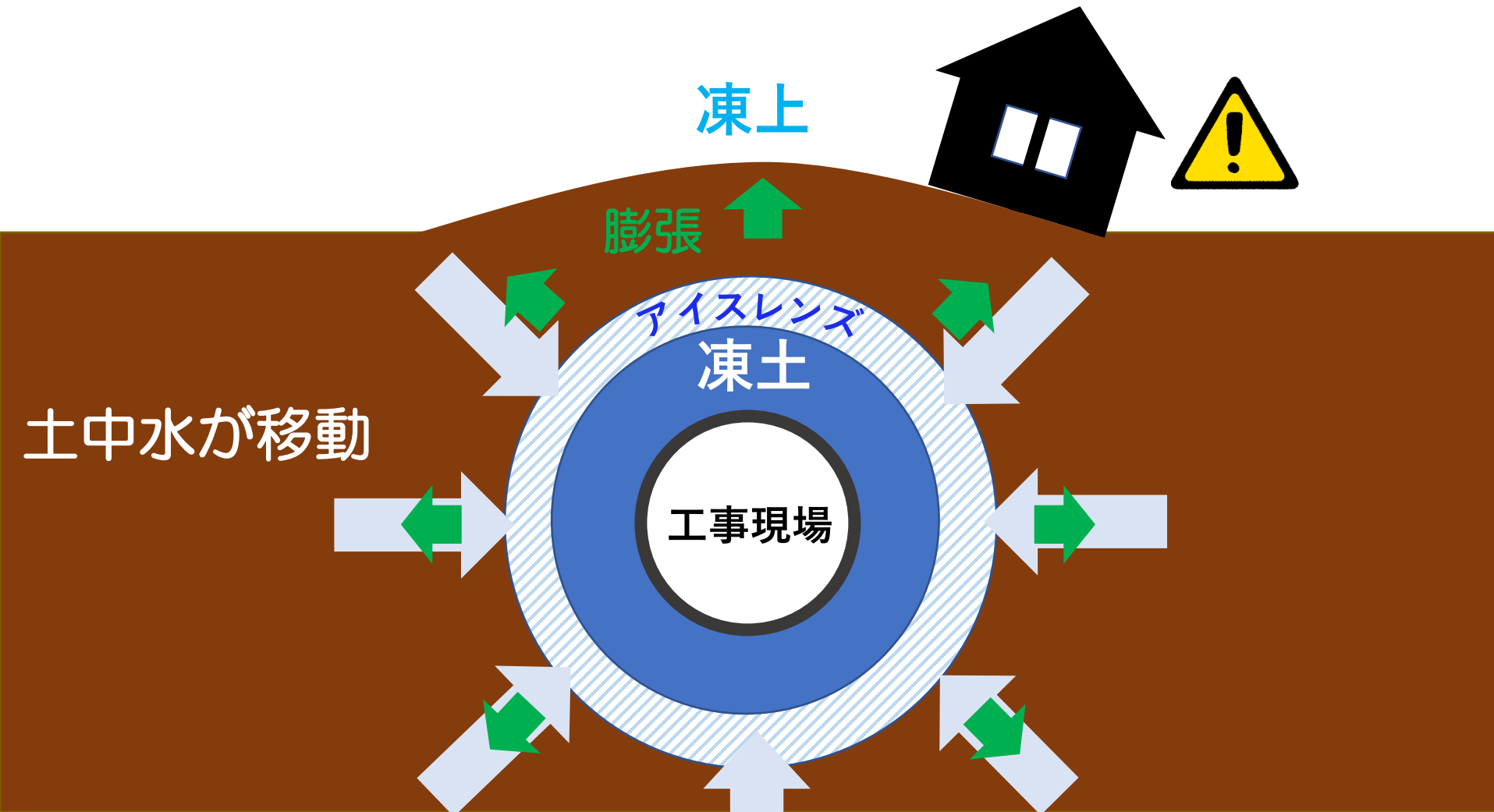
Effects of underground structures on frost heaving

令和3年度 農業土木教育コース 卒業研究発表諮問会
2022/2/16 (水)
土壌圏システム学研究室 4年
518342 鈴木健大

はじめに

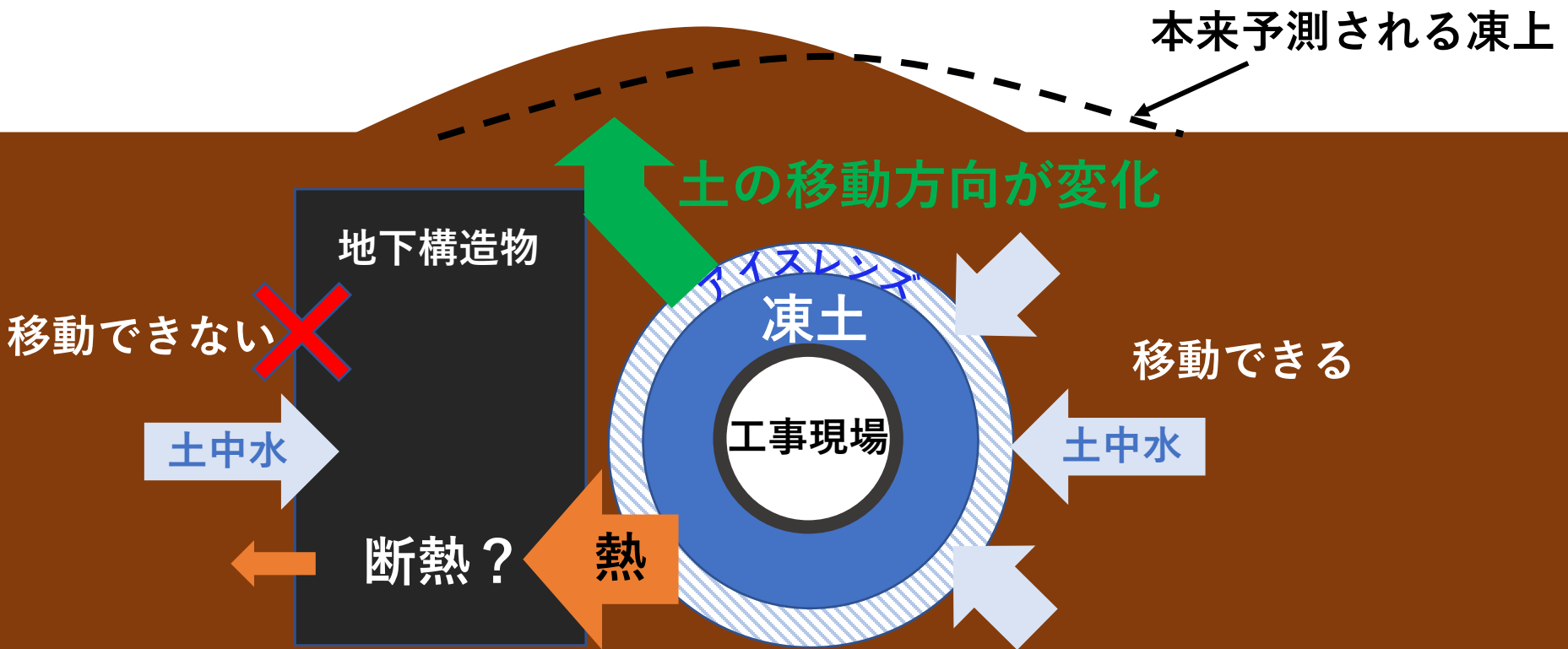
地盤強化・遮水のために地盤凍結工法が用いられる

凍上現象を正確に予測し、対応することが重要



研究の背景と目的

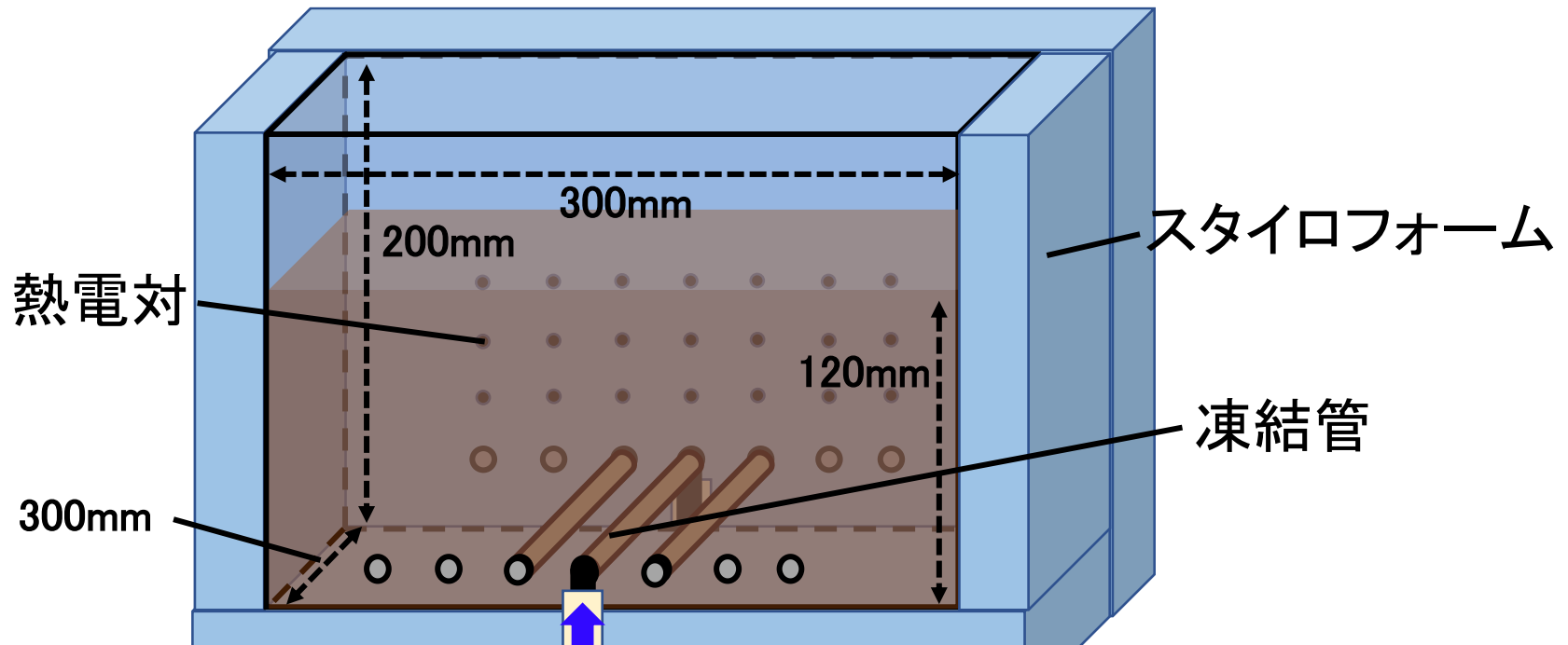
複雑な構造物付近で凍上予測が合わない



構造物によって熱、水分、土の移動に変化が生じる

近傍の構造物が凍上に与える影響について検証

試料・実験内容



<実験場所> 低温室 (2°C)

<温度> 初期温度 : 2°C (48時間)
冷媒温度 : -5°C (24時間)

<測定項目> 温度 : 熱電対 (5分間隔)
凍上変位 : タイムラプスカメラ (10分間隔)

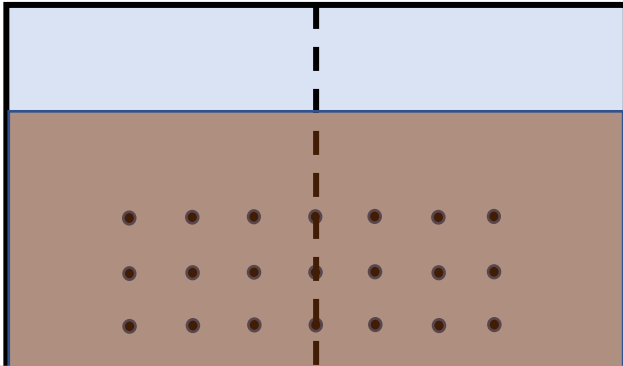
<試料> 青粘土 $\rho_b = 1.29 \text{ Mg/m}^3$ 、 $\theta = 0.53$ 、高さ120mm

<解析> 画像処理ソフトimagejを用いて、凍上変位、面積を測定

実験条件

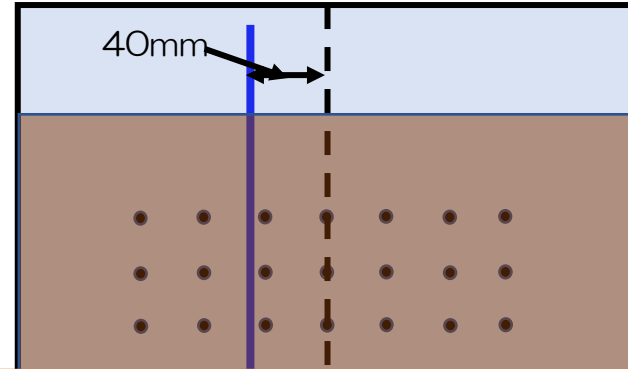
4種類の土層で凍上を比較

(1) 土層のみ



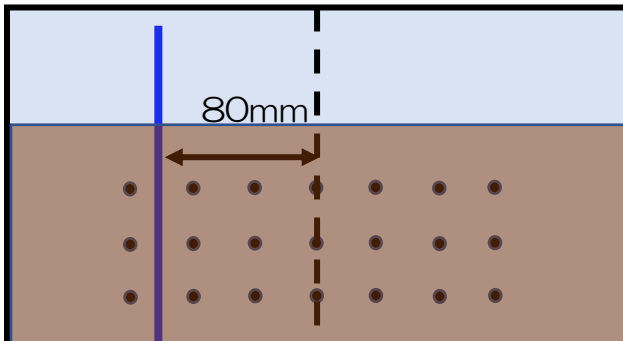
土、水が自由に動く

(2) 40mmの位置にアクリル板

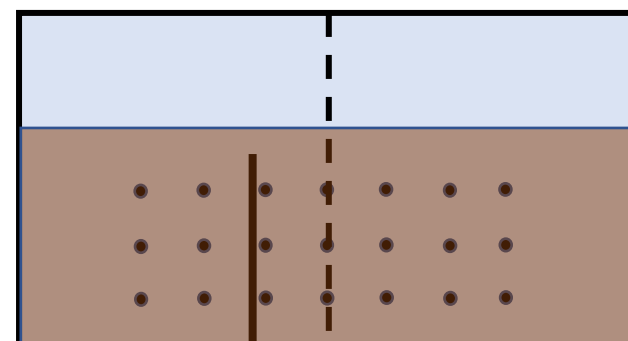


土、水の移動を妨げる

(3) 80mmの位置にアクリル板 (4) 40mmの位置にPETシート



土、水の移動を妨げる



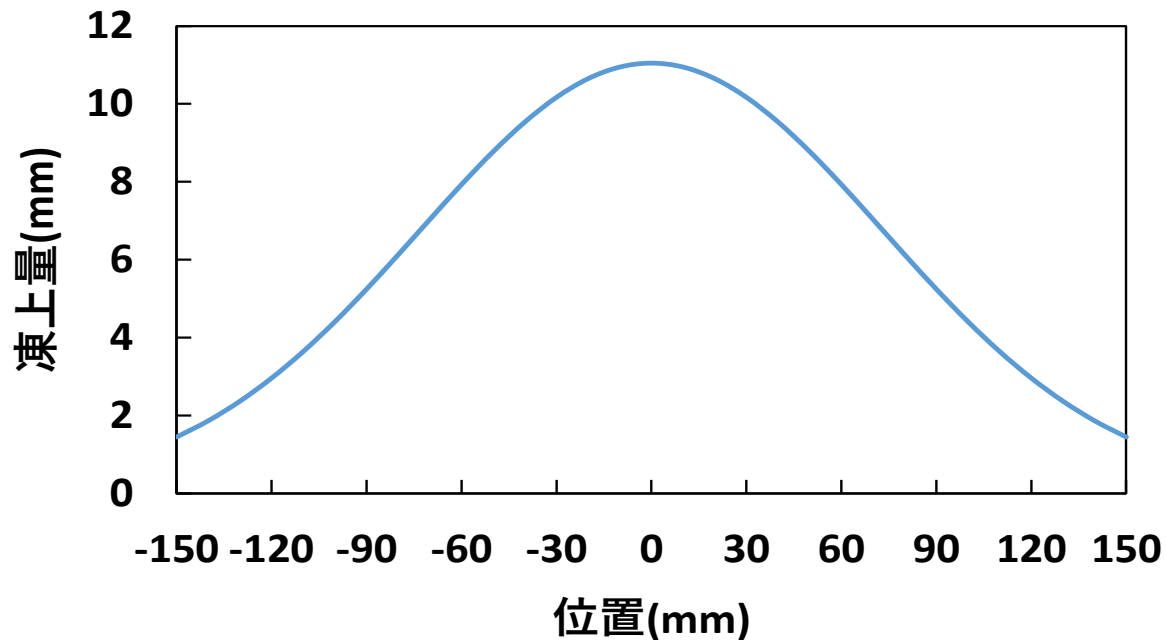
土、水がある程度自由に動く

凍上量の予測式（三次元凍上変位予測計算法）

凍上を正規分布状に近似

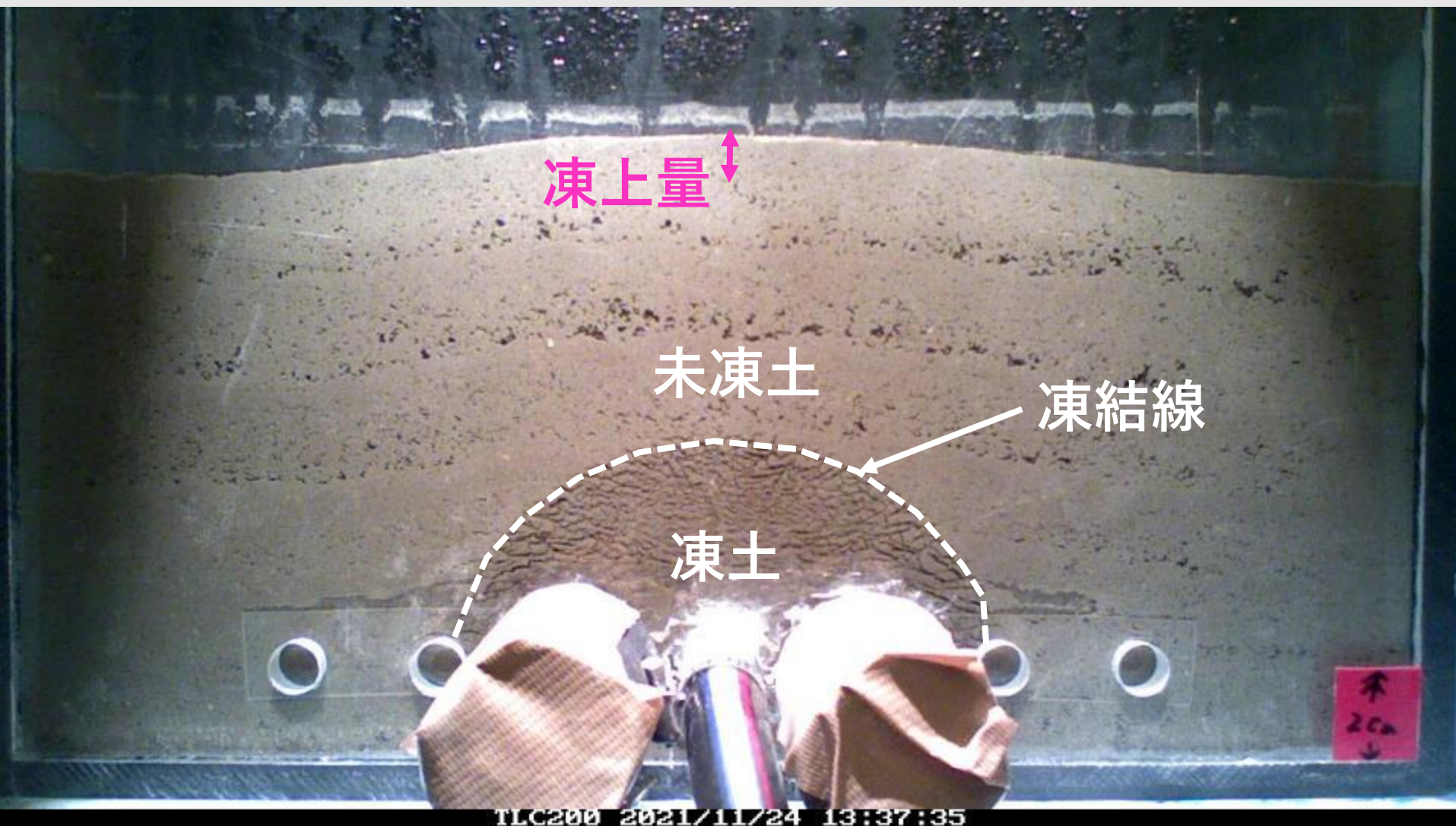
$$G(x, y) = \frac{\eta}{4} \int_{h_1}^{h_2} \left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{l+x}{ah} \right] + \operatorname{erf} \left[\frac{l-x}{ah} \right] \right\} \left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{w+y}{ah} \right] + \operatorname{erf} \left[\frac{w-y}{ah} \right] \right\} dh$$

凍上率 η (blue box)
凍土幅の半分 l (green box)
凍土の奥行き長さの半分 w (orange box)
凍土高さ h_1, h_2 (red box)
凍上量 $G(x, y)$ (blue box)



$$\begin{aligned} \eta &= 0.35 \\ h_2 - h_1 &= 50 \\ l &= 60 \\ w &= 150 \end{aligned}$$

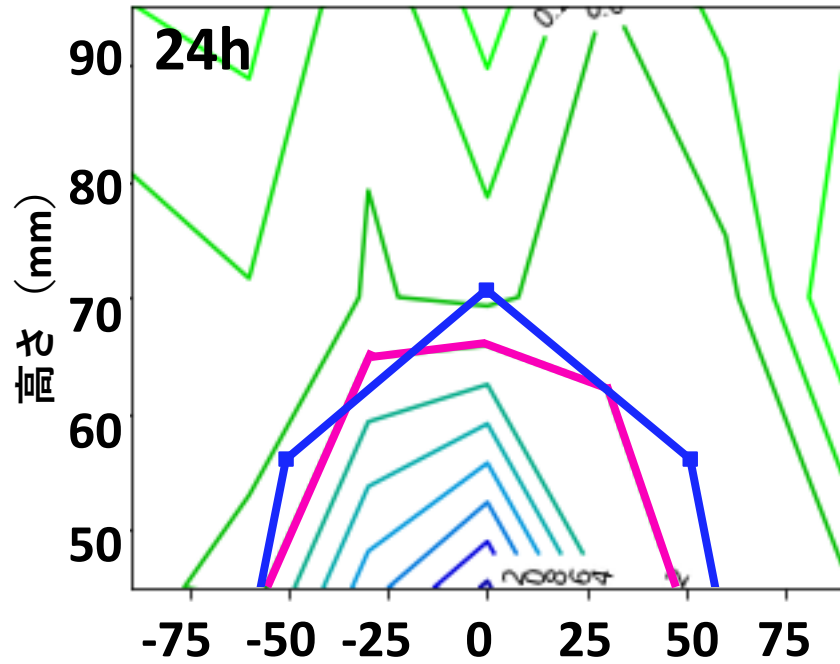
凍上の様子



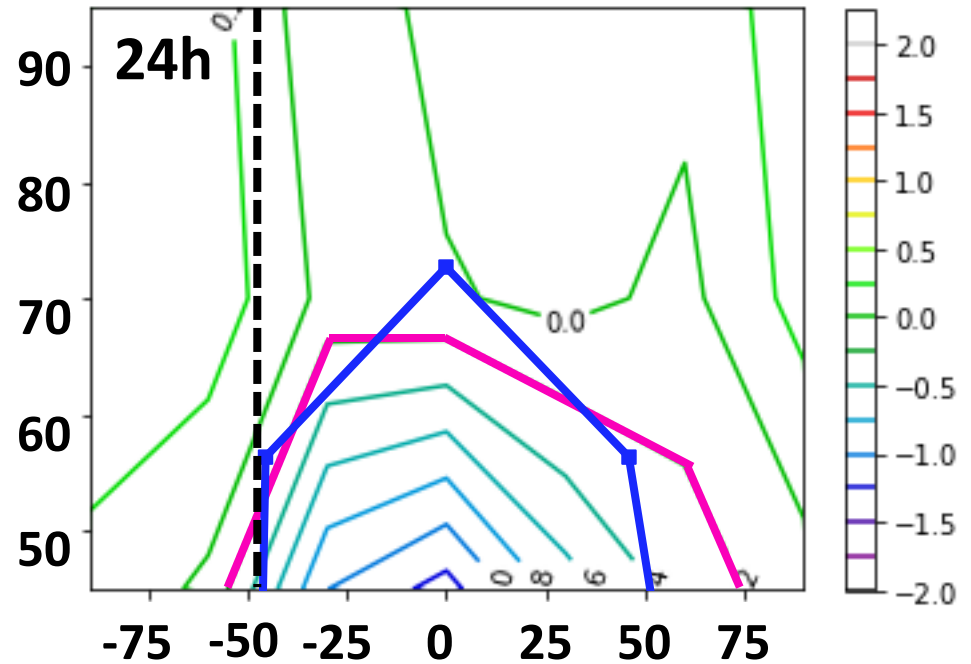
盛り上がった変位→凍上量
凍土と未凍土の境界→凍結線
凍土内の亀裂状の模様→アイスレンズ

温度分布

(1) 土層のみ



(2) アクリル板40mm



位置 (mm)

-0.2°C線と凍結線が概ね一致した

アクリル板より左側の温度低下が抑制

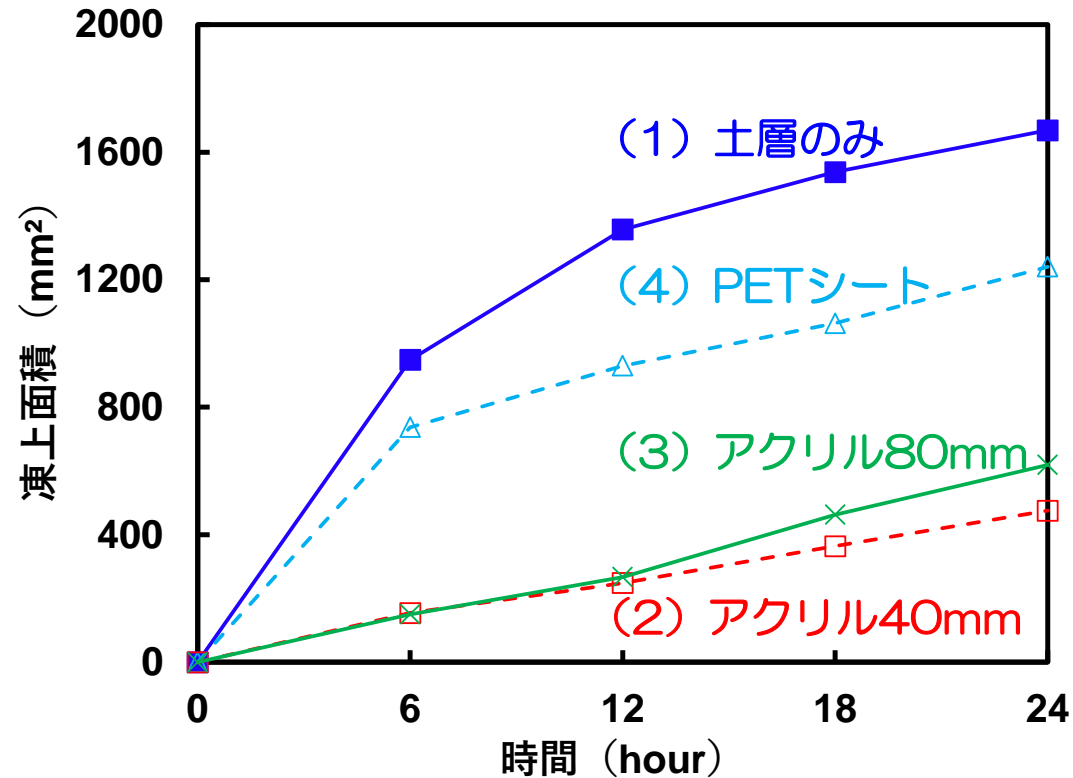
アクリル板より左側に凍結線なし

- -0.2°C線
- 凍結線 (画像より)
- アクリル板

→ 建造物の熱伝導率の違いにより凍結が抑制

凍上面積

(1) 土層のみ24h

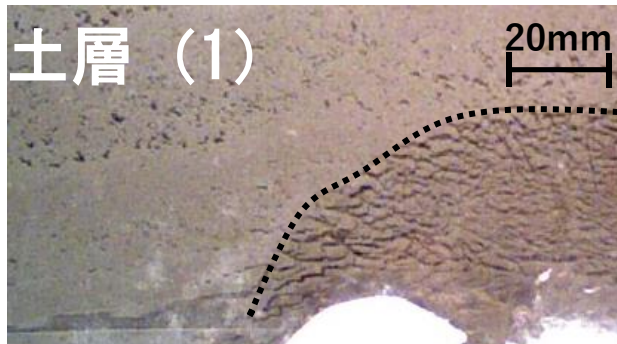


アクリル板設置で大幅に減少

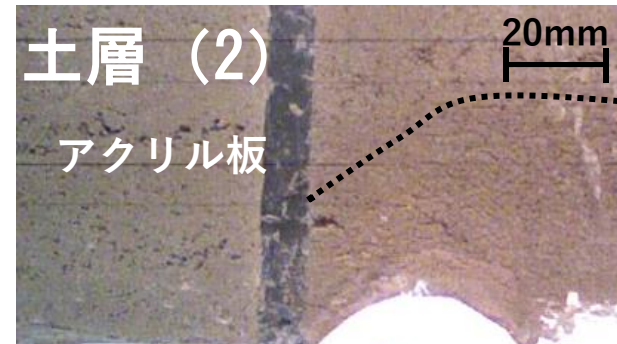
アクリル板の距離ではあまり変化なし

→ アクリル板を設置した場合で凍上量が減少

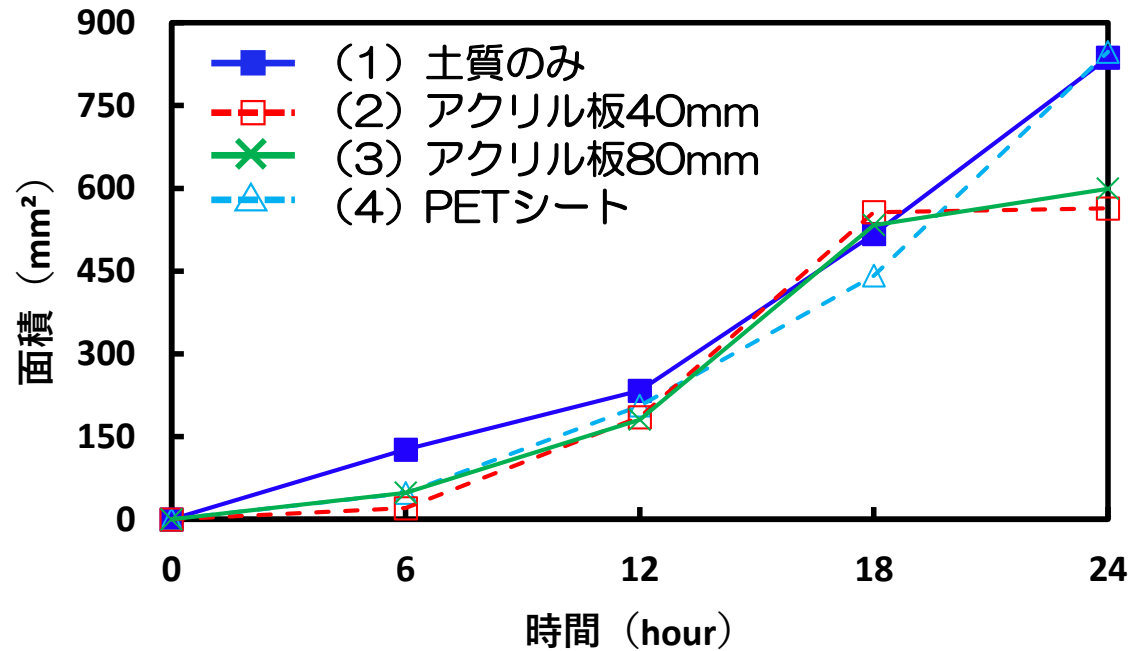
アイスレンズ面積（水分移動）



アイスレンズが厚い

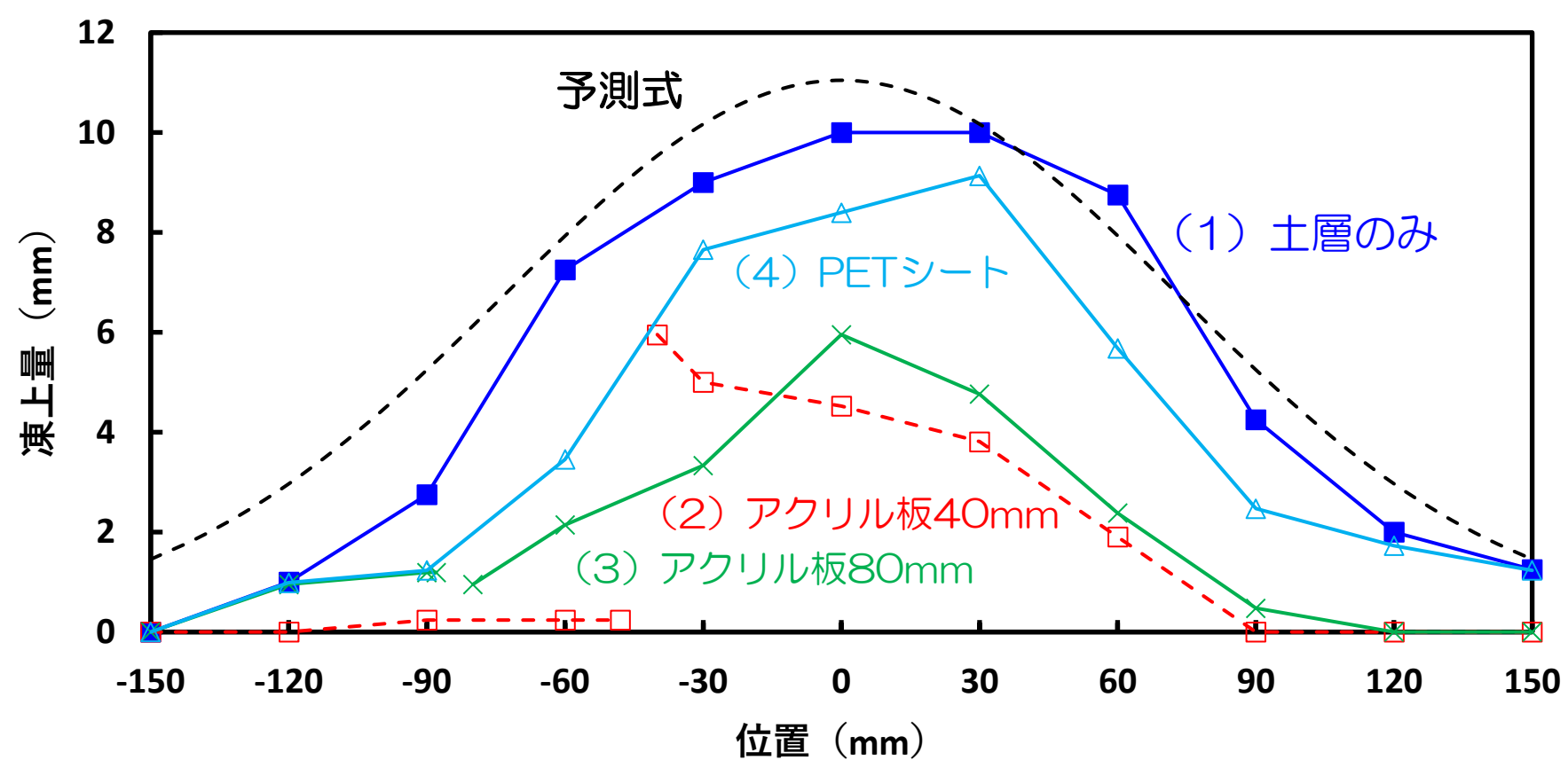


アイスレンズが薄い



構造物の遮水の効果でアイスレンズ面積が減少
→ 凍上量の減少

凍上量 (土の移動)



構造物なしの場合→予測法とよく一致

構造物が近い→ピーク位置のずれ

遠い→左右対称性が崩れる

構造物による土の移動の妨げにより変形

近傍の構造物が凍上に与える影響について検証

構造物の影響

熱伝導率に依存し、凍結を抑制

水分供給が抑制され、アイスレンズ面積が減少

土の移動が変化し、ピーク位置のずれなどの変形

これらの効果を予測式に反映させることが必要