



TDR法による凍土中の 不凍水量の測定

502169 和気 朋己（土壌圏循環学研究室）

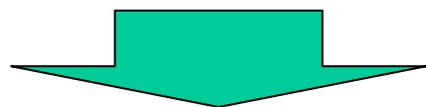
撮影協力 大河内 瞬

はじめに

地球の70%・・・凍結にさらされる

不凍水・・・0℃以下でも凍らない水

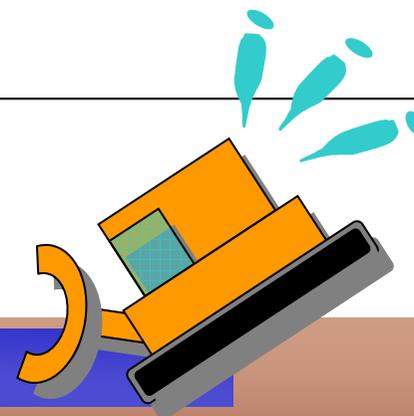
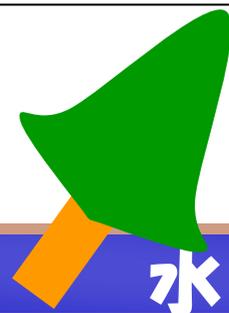
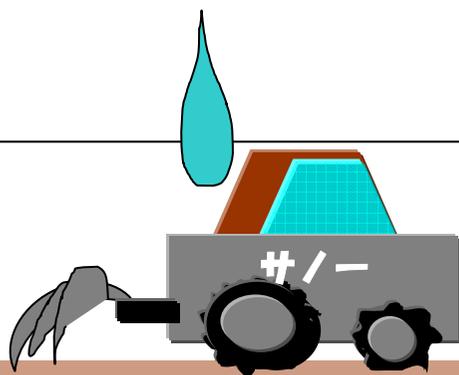
未凍土層から凍土層へ移動



凍土地帯の問題を引き起こす主要因

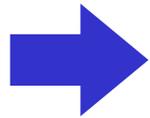
現場での不凍水量のモニタリング

必要不可欠

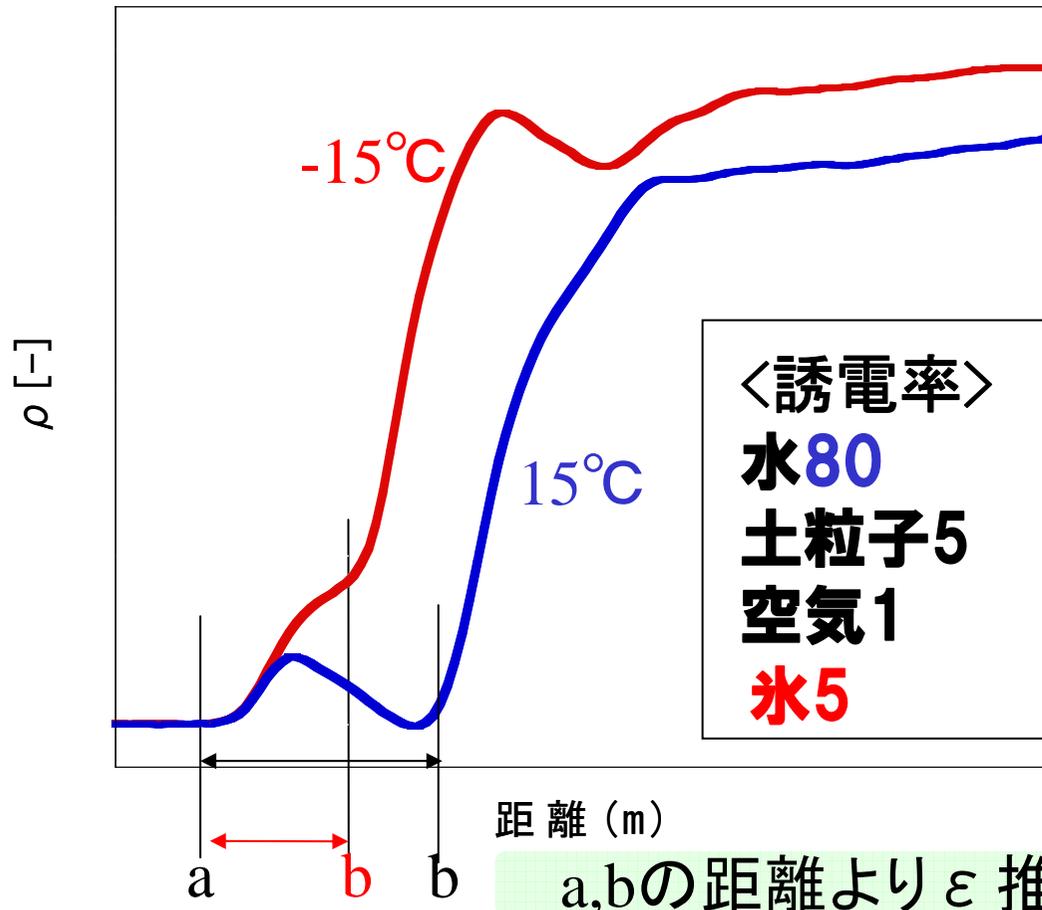


春先の地盤の軟弱化

TDR (Time Domain Reflectometry) 法の原理



誘電率 ϵ の違いから体積含水率 θ を推定



<Topp式>

$$\theta = -5.3 \times 10^{-2} + 2.9 \times 10^{-2} \epsilon$$

$$-5.5 \times 10^{-4} \epsilon^2 + 4.3 \times 10^{-6} \epsilon^3$$

利点: 校正無しに含水率が推定

欠点: 温度依存性

低水分域での測定



Topp式の凍土への適応は？精度は？さらに精度良くするには？

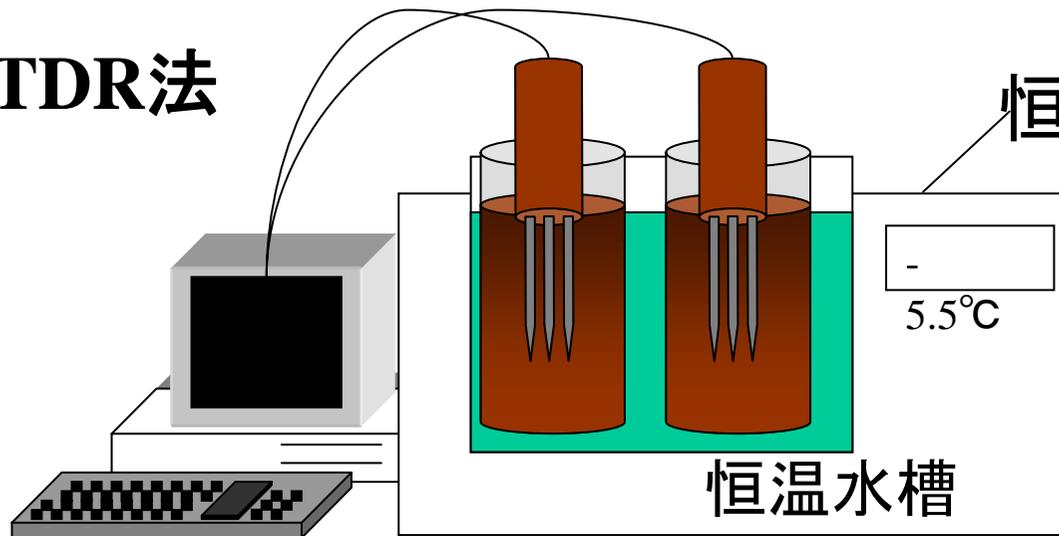
試料と方法

試料の含水率と固相率

	藤ノ森粘土	豊浦砂	鳥取砂丘砂	黒ボク土
θ	0.21, 0.25, 0.29, 0.37	0.17, 0.23, 0.24	0.16, 0.23, 0.26	0.27, 0.41, 0.49
V_s	0.45	0.55	0.55	0.4

測定温度(°C) : -15, -10, -5, -2.5, -1, -0.5, 0, 0.5, 1, 2.5, 5

TDR法

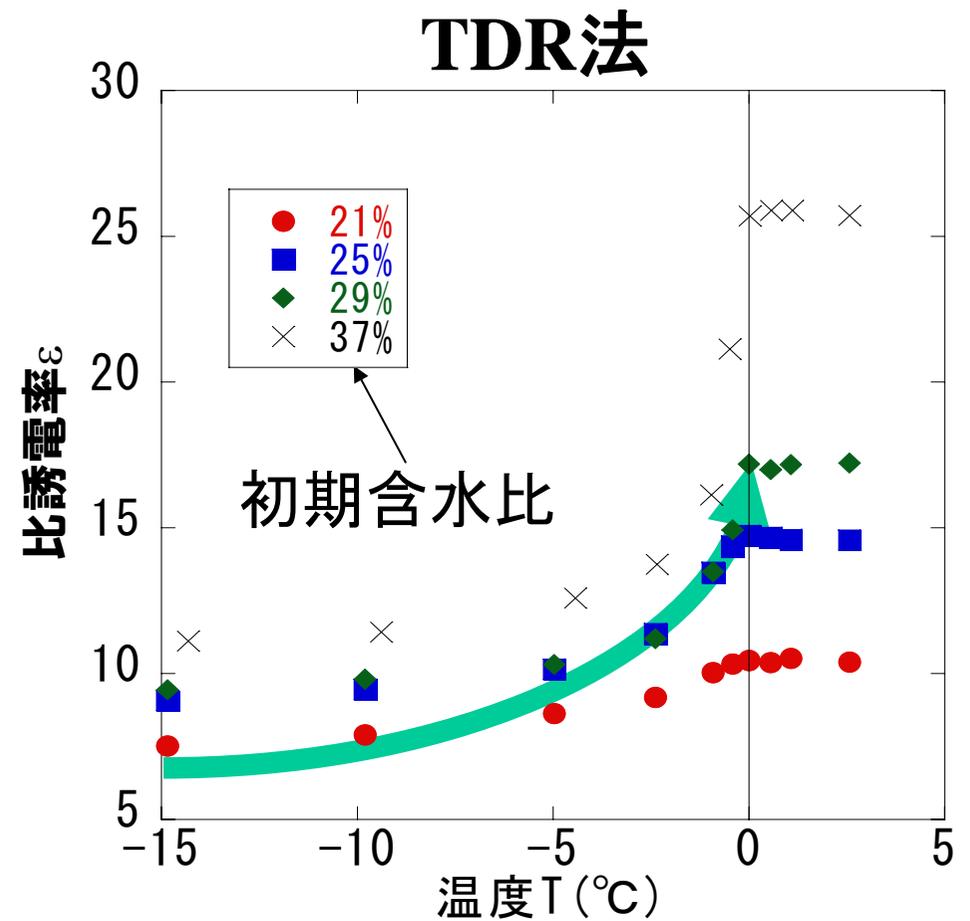
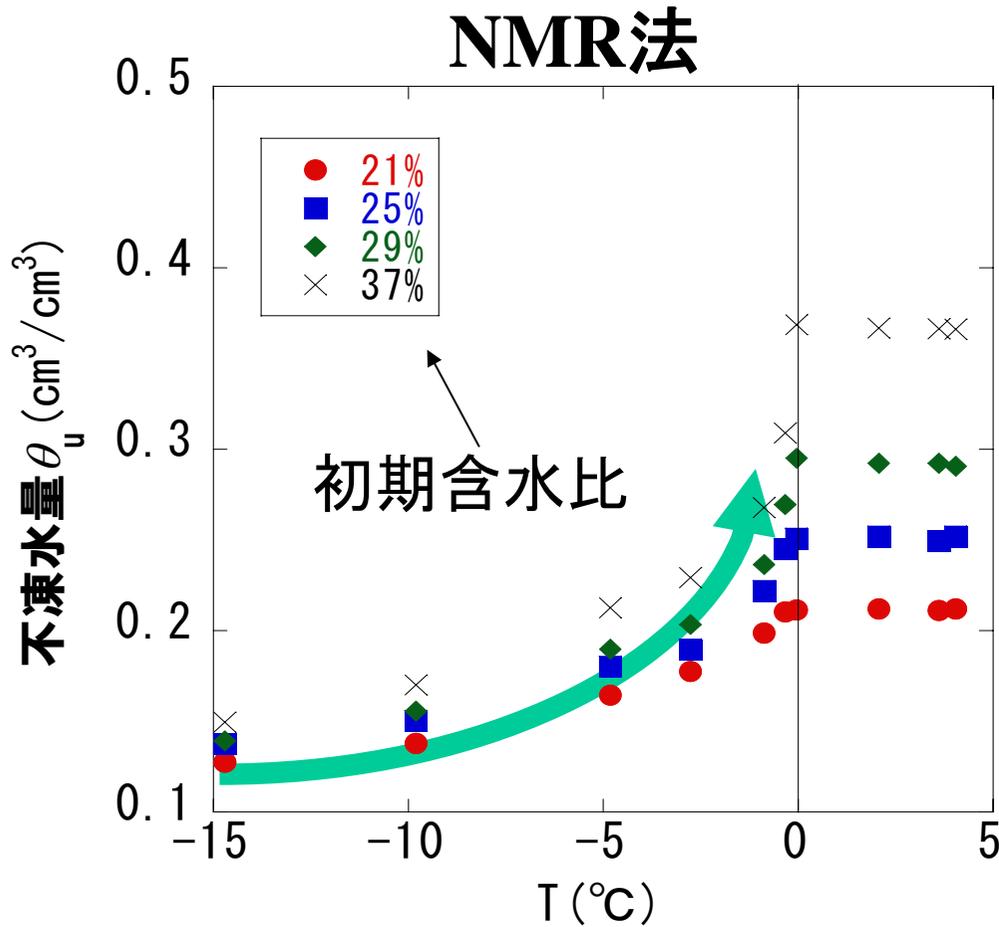


温度 T -比誘電率 ϵ

NMR法

温度 T -不凍水量 θ_u 関係

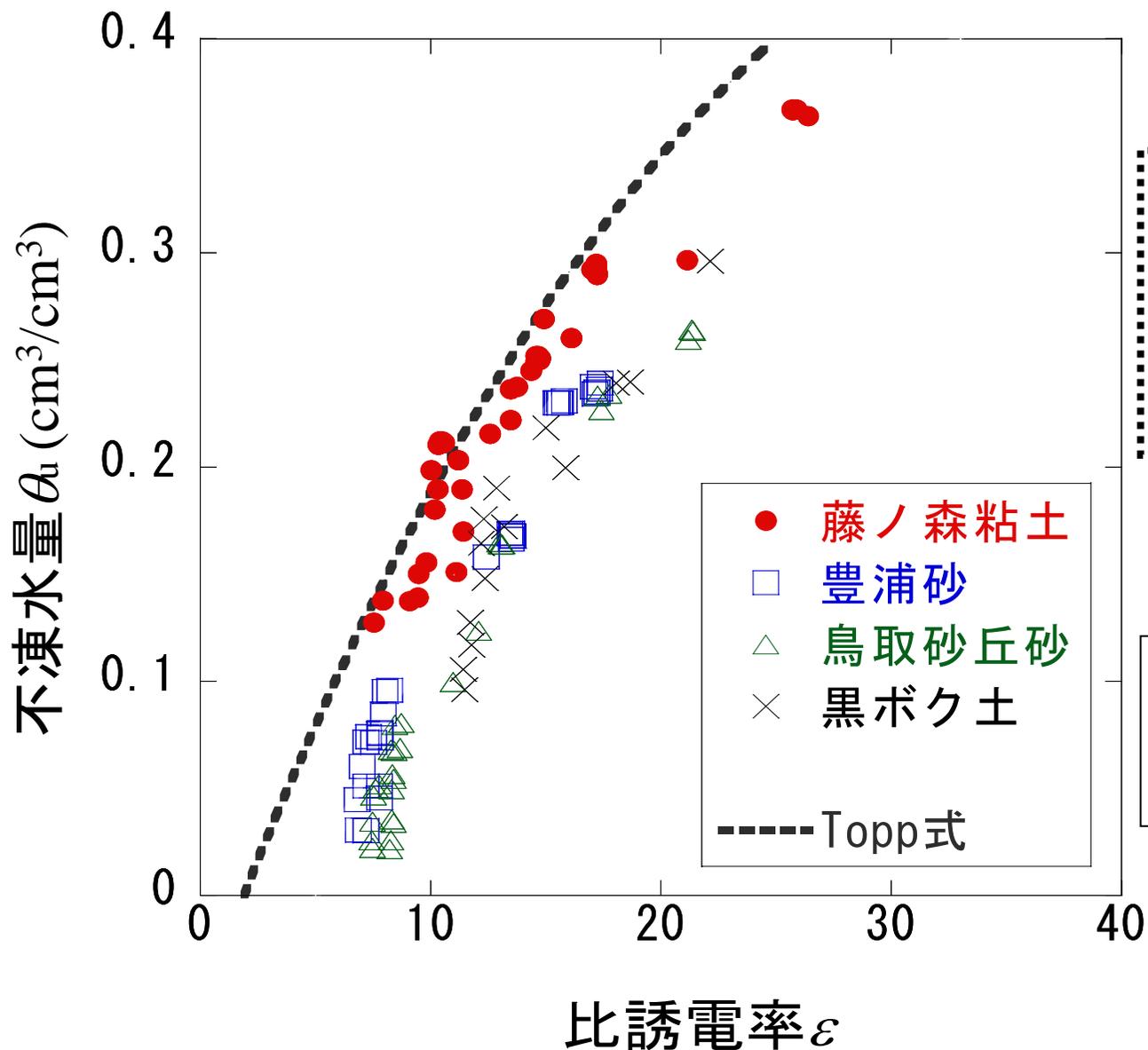
結果① (藤/森粘土の $T-\theta_u$ 関係と $T-\varepsilon$ 関係)



不凍水量と比誘電率に相関あり

➡ $T-\theta_u$ 関係と $T-\varepsilon$ 関係から $\varepsilon-\theta_u$ 関係を導く

結果② (ε - θ_u 関係)



Topp式
全体的に不凍水量を
過大評価

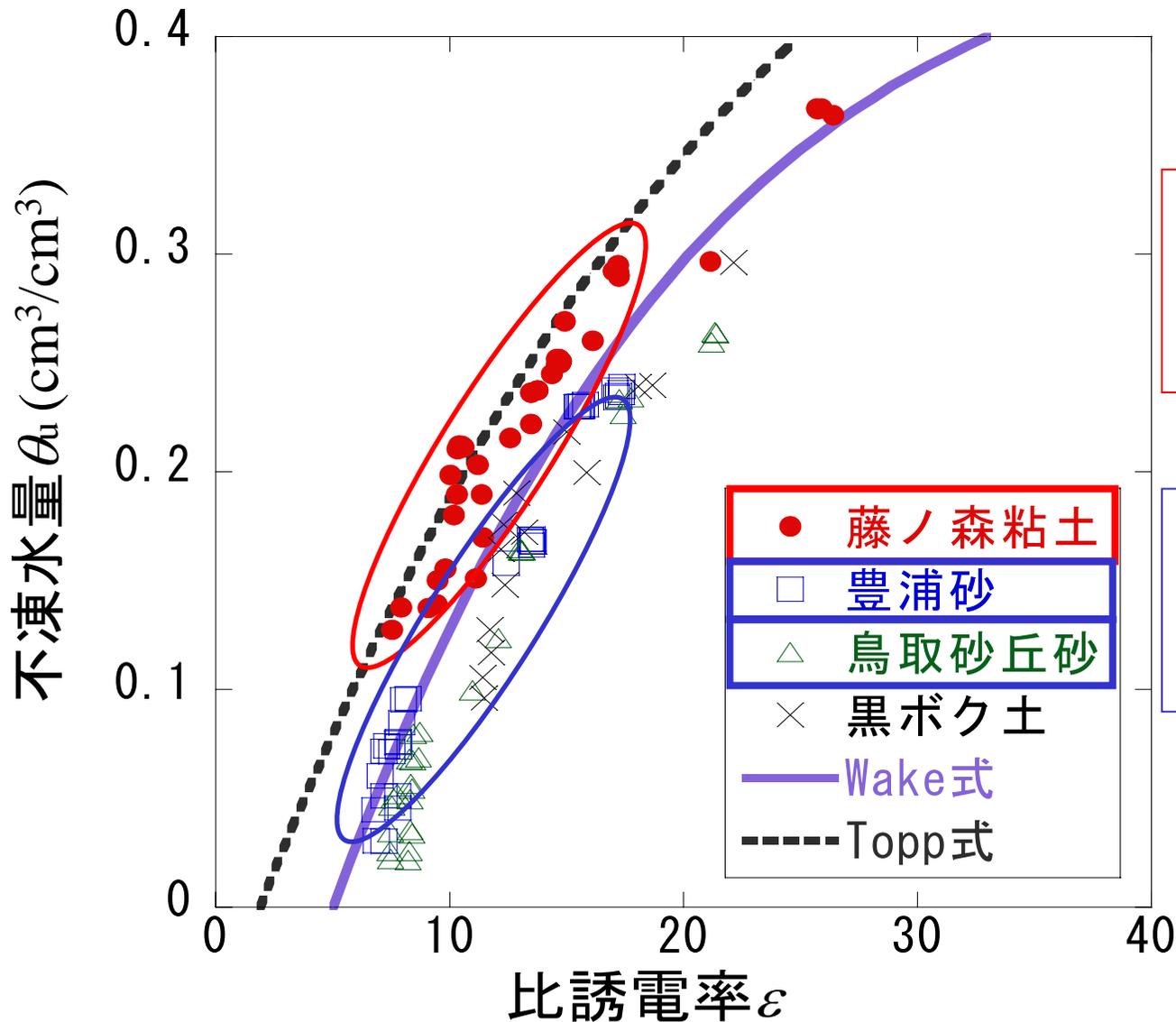


温度依存性の考慮無し
氷量の変化考慮なし

結果②(ε - θ_u 関係)

<Wake式>

$$\theta = -1.63 \times 10^{-1} + 3.66 \times 10^{-2} \varepsilon - 8.03 \times 10^{-4} \varepsilon^2 + 6.72 \times 10^{-6} \varepsilon^3$$



粘質土
不凍水量を過小評価

砂質土
不凍水量を過大評価

おわりに

- ・Topp式による不凍水量の推定 ($\theta_u \pm 0.09$)
- ・温度依存性の考慮により精度改善 ($\theta_u \pm 0.07$)
- ・土質を考慮することで、精度向上 ($\theta_u \pm 0.03$)

今後

作成した検量式を基に、不飽和土中の凍結過程

における水分移動のモニタリングを進めていく

