



サーモTDR法を用いた 土壌中の有機液体汚染検出

明治大学 農学部 農学科
教授 登尾 浩助

研究背景

地下貯蔵施設や配管等からの汚染物質の漏洩は
重大な環境問題である。

その結果、土壌汚染・地下水汚染が懸念される。



地下水に到達する前に除去するのが効果的である。



その為には、**漏洩初期に検知**する必要がある。

従来技術とその問題点

汚染物質の漏洩後の分析

土壌を採取して分析

有機溶剤ガスを採取してガスクロで分析

【問題点】手遅れになっている場合が多い。

常時設置監視

原位置で土壌電気伝導度を測定

**【問題点】雨水等による土壌水分量の変化が
汚染物質の漏洩か区別ができない。**

新技術開発の目的

土壌・地下水汚染を早期発見するためには、

- 雨水か汚染物質かを判定できる常時設置監視用のセンサーが必要である。
- 測定部が堅牢でしかも測定および設置が簡単であり、安価であることが望ましい。
- 観測の省力化と自動運転が可能なシステム。

手法

以下の2つの性質を使う

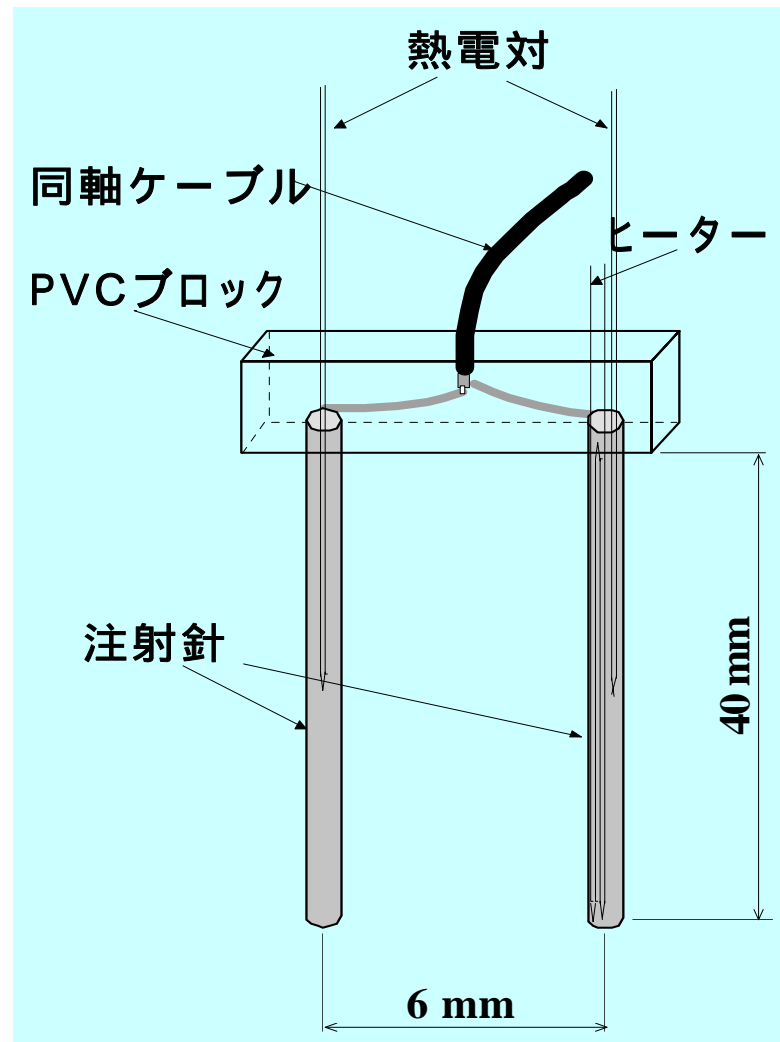
- 比誘電率
- 体積熱容量

汚染物質質量 (濃度) を決定し、
漏洩の有無を判定する。

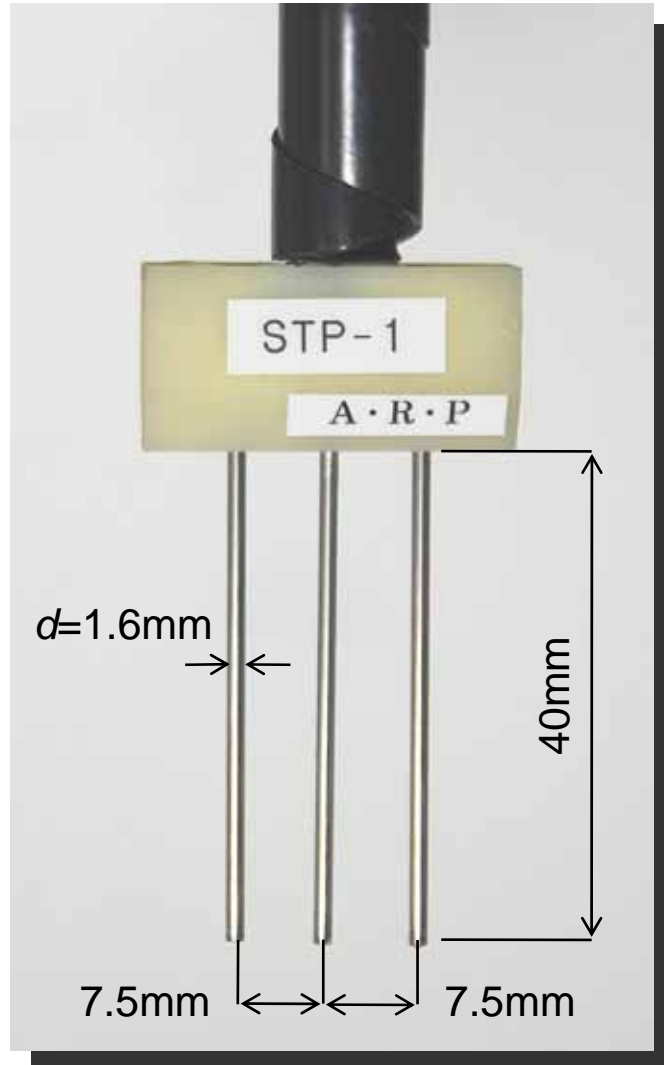
サーモTDRプローブ

特徴

- 比誘電率
- 電気伝導度
- 体積熱容量
の測定が
ほぼ同時に可能



サーモTDRプローブ



汚染土壌構成物質の物理特性

火山灰性土壌

	比誘電率	体積熱容量 (MJ m ⁻³ K ⁻¹)
土粒子	5	1.21
水	80	4.18
油(軽油)	2.6	1.64
空気	1	0.0013

見かけの体積熱容量, C_b

$$C_b = f(C_s, C_w, C_o, C_a, \theta_w, \theta_o, \theta_a)$$

de Vries (1963)

C_s : 土粒子の体積熱容量 (MJ m⁻³ K⁻¹)

C_w : 土壌水の体積熱容量 (MJ m⁻³ K⁻¹)

C_o : 油の体積熱容量 (MJ m⁻³ K⁻¹)

C_a : 土壌空気の体積熱容量 (MJ m⁻³ K⁻¹)

θ_w : 体積含水率 (m³ m⁻³)

θ_o : 体積含油率 (m³ m⁻³)

θ_a : 体積含気率 (m³ m⁻³)

見かけの比誘電率, ϵ_b

$$\epsilon_b = g(\epsilon_s, \epsilon_w, \epsilon_o, \epsilon_a, \theta_w, \theta_o, \theta_a, a, b)$$

de Loor (1968)

ϵ_s : 土粒子の比誘電率

ϵ_w : 土壌水の比誘電率

ϵ_o : 油の比誘電率

ϵ_a : 土壌空気の比誘電率

θ_w : 体積含水率 ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)

θ_o : 体積含油率 ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)

θ_a : 体積含気率 ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)

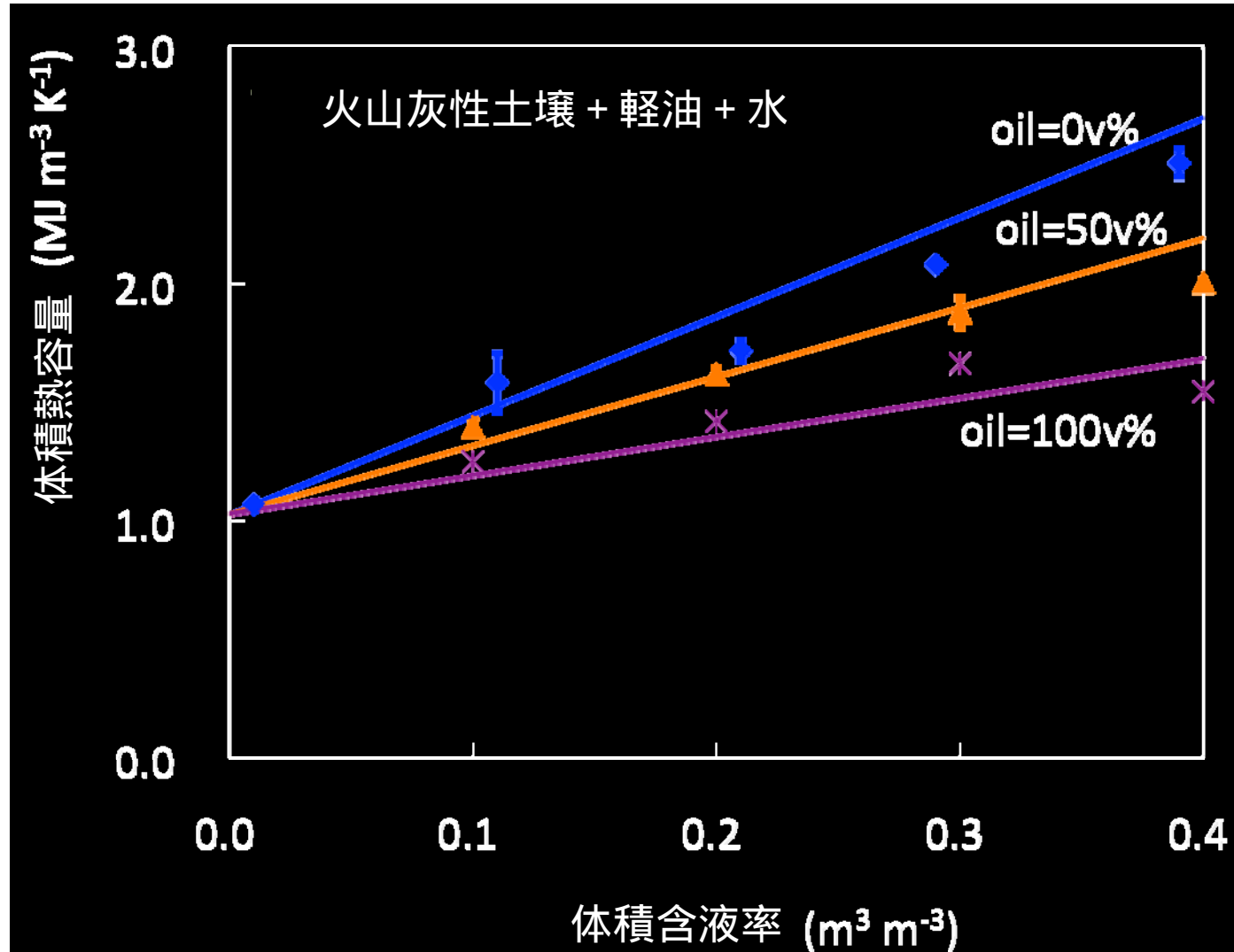
a, b : 実験定数

2つの関数と2つの未知数

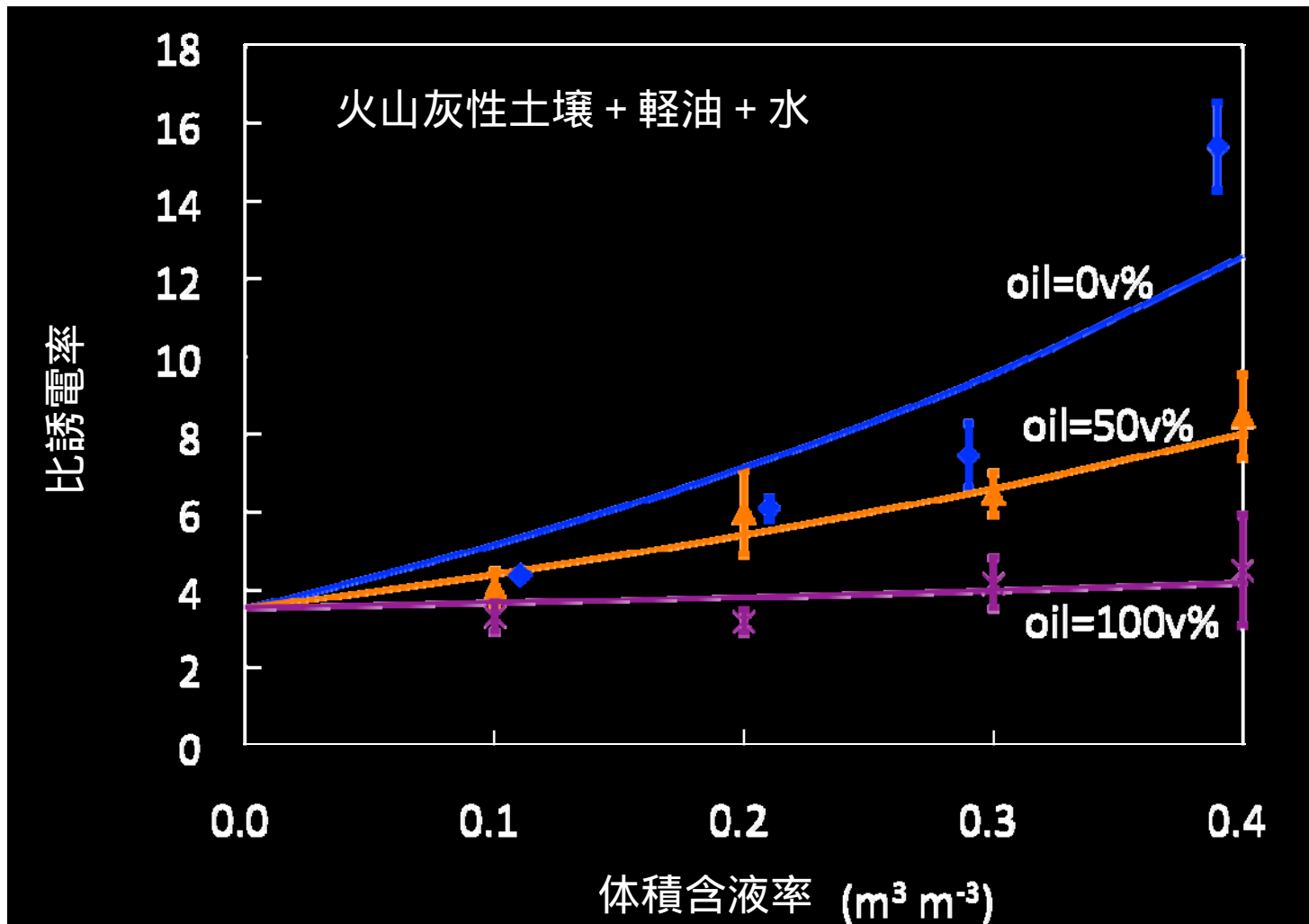
$$C_b = f(C_s, C_w, C_o, C_a, \theta_w, \theta_o, \theta_a)$$

$$\varepsilon_b = g(\varepsilon_s, \varepsilon_w, \varepsilon_o, \varepsilon_a, \theta_w, \theta_o, \theta_a, a, b)$$

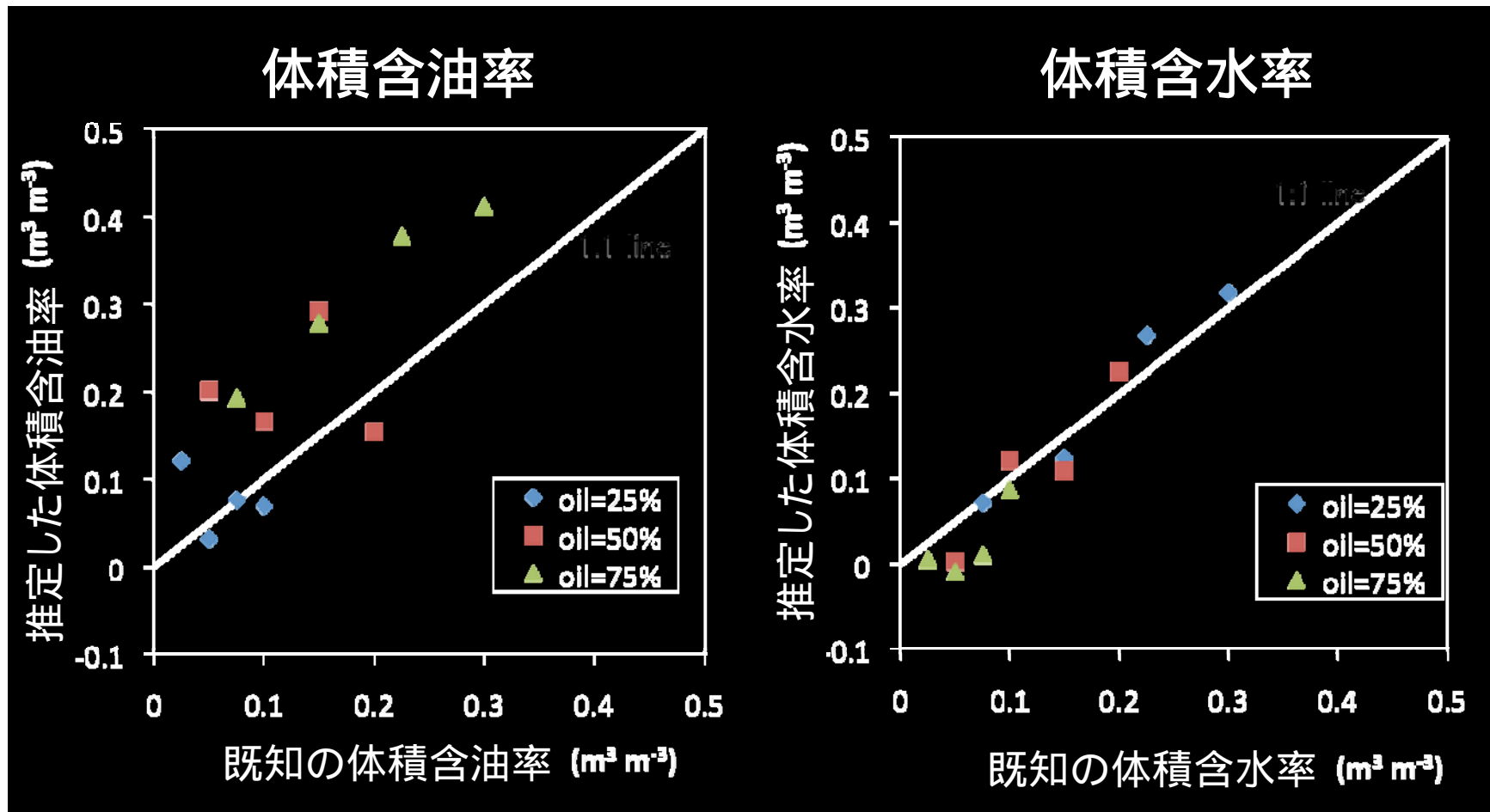
体積熱容量—含液率



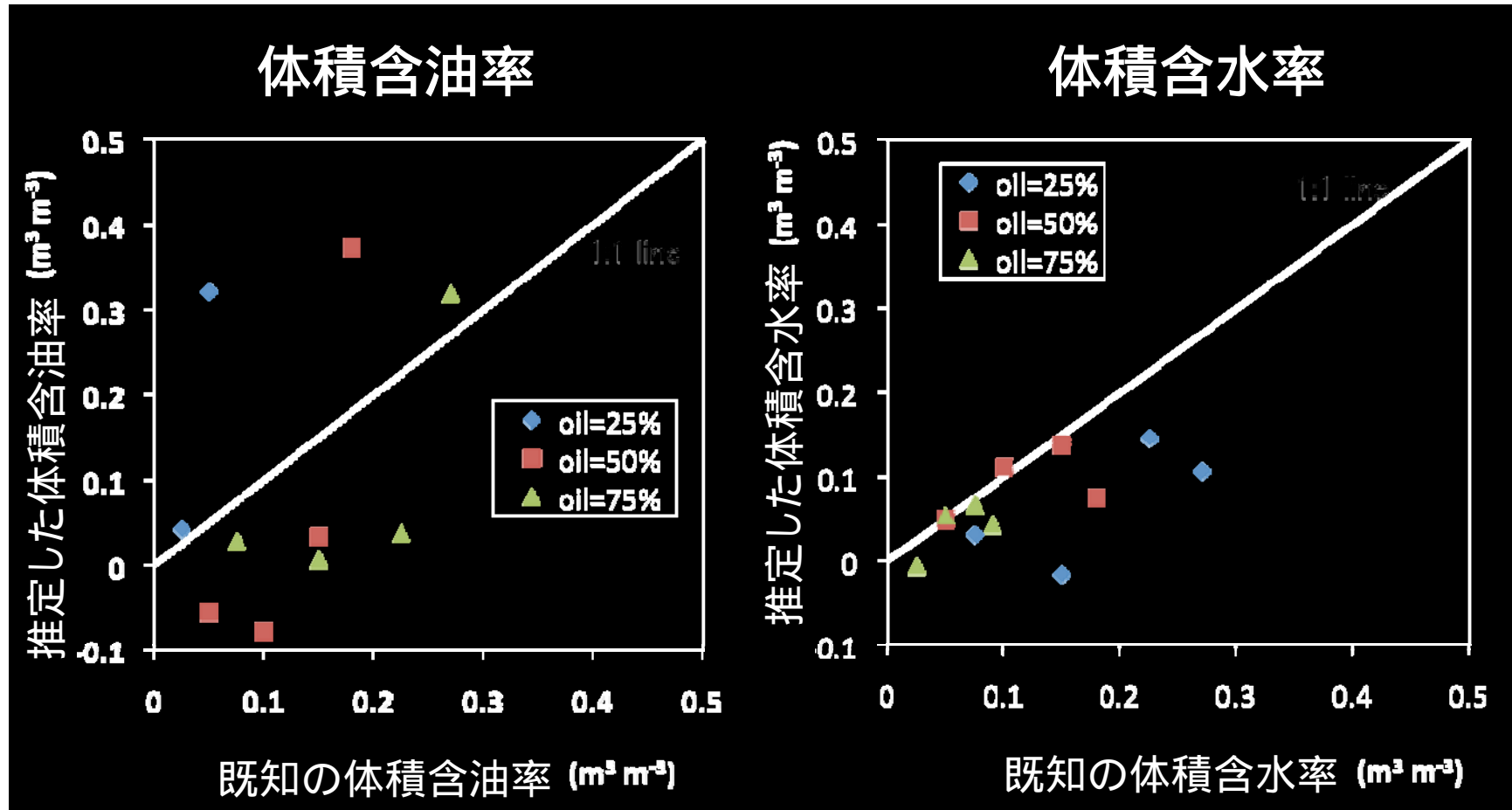
比誘電率－含液率



火山灰性土壤



砂



新技術の特徴

水分・空気と混在する土壤中において
汚染物質濃度の測定が可能！



想定される用途

石油類・有機溶媒等の地下貯蔵タンク・配管から
土壌中への漏洩の早期発見

ごみ最終処分場から
土壌中への汚染物質漏洩の早期発見

コンクリートや岩石中を移動する
汚染物質位置のモニター

想定される業界

測定機器メーカー
環境関連システム開発メーカー
石油プラントメーカー等

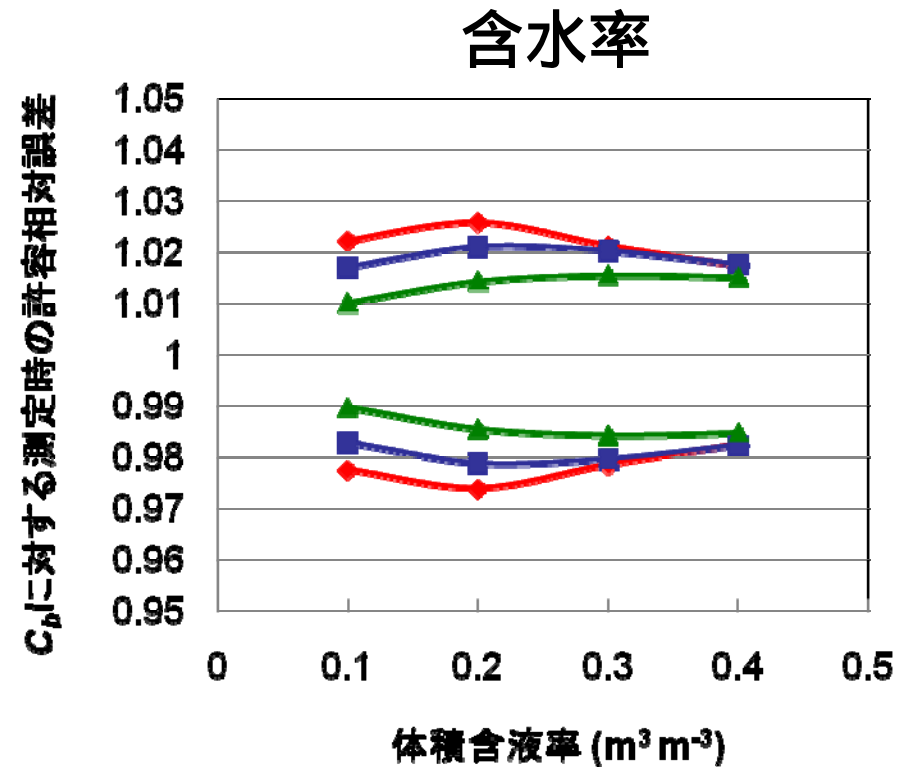
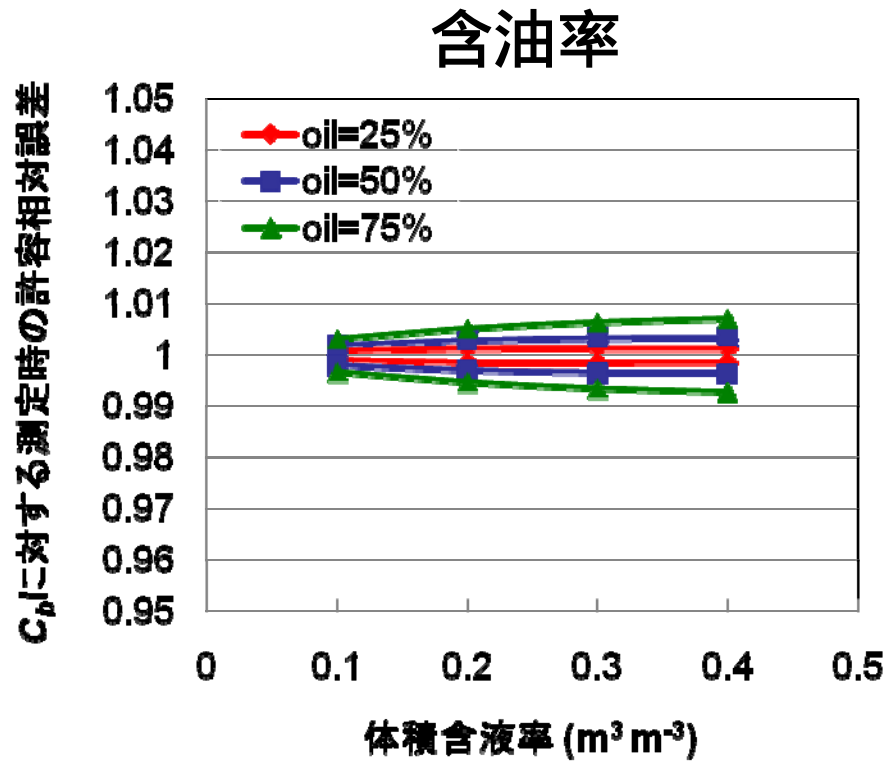


ユーザー

有機溶剤を使うハイテク、メッキ、ドライクリーニング業界
ごみ最終処理業
石油備蓄・小売業界

実用化に向けた課題

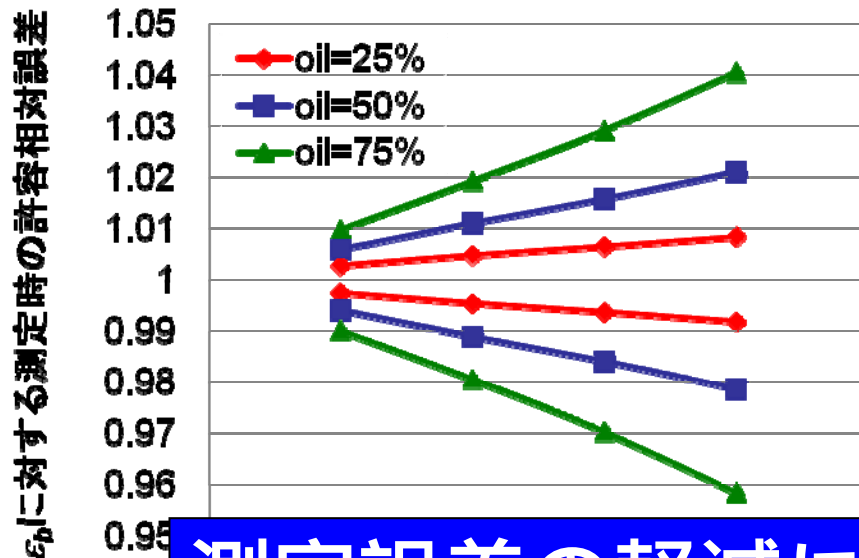
推定誤差5%許容時の C_b 許容測定誤差



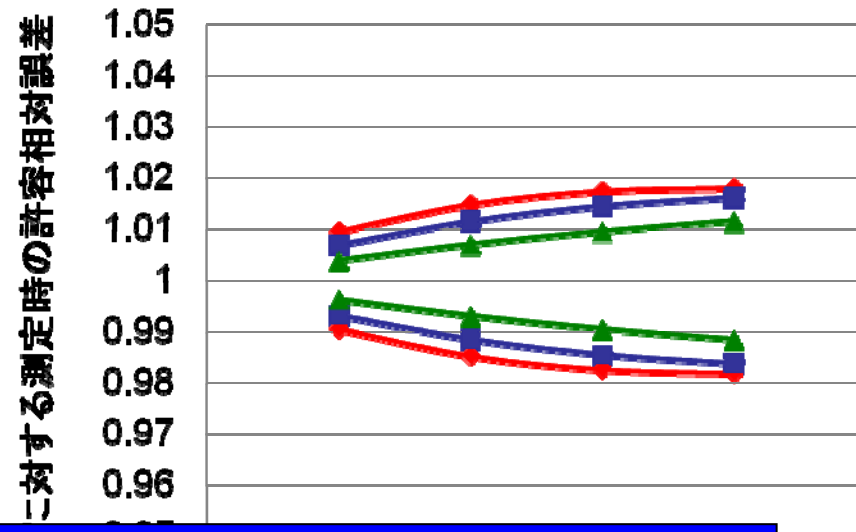
実用化に向けた課題

推定誤差5%許容時の ε_b 許容測定誤差

含油率



含水率



測定誤差の軽減については、校正関数の改良等により克服できると考えている！

0.5

求めるパートナー

物質の物理特性測定技術を持つ、
企業との共同研究を希望します！

* 土壌汚染物質測定機器を開発中の企業、
土壌環境分野への展開を考えている企業には、
本技術の導入が有効と思われる。



本技術に関する知的財産権

発明の名称	土壤に含まれる有機液体の含有率測定方法及び装置
出願番号	特願2010-28544
出願人	学校法人明治大学
発明者	登尾浩助、落合博之



お問い合わせ先

明治大学
知的資産センター

T E L 044 - 934 - 7637

F A X 044 - 934 - 7917

e - mail tlo-ikuta@mics.meiji.ac.jp