

我が国における 土壌水分センサーの現状と課題



溝口勝



東京大学
大学院農学生命科学研究科

はじめに

- 篤農家は複雑な土壌の状態を経験的に診断し、作物にとって最適な環境を作る技術を持っている。
- 農業の素人はこうした技術を一朝一夕に習得できるものではない。
- しかしながら、適当な土壌センサーがあれば素人であっても経験に裏打ちされた篤農家の技術に近づくことができるかも知れない。
- そうした期待感が最近のICT農業ブームの背景にある。
- 本発表では、土壌センサーの種類や特徴、それらを実際の圃場で利用するためのモニタリングシステムについて概説する。

農業情報創成・流通促進戦略に係る標準化ロードマップ(案)

平成27年〇月〇日

新戦略推進専門調査会農業分科会取りまとめ

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/nougyou/dai11/siryou1-1.pdf

高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部(IT総合戦略本部)

1. ロードマップ策定の背景と趣旨

我が国は超高齢化の進展やこれに伴う社会保障費の増大等の課題に直面している。情報通信技術(IT)は、その解決の手段として社会の様々な領域において産官学の取組が進められており、政府においても省庁横断的な課題への対応を進めているところである。農業分野においても、高齢化の進展及び後継者不足等の深刻な課題に直面している中で、**農業の現場における計測等で得られる多くのデータを蓄積・解析することで、高い生産技術を持つ篤農家の知恵の情報流通**、これを活用した後継者・人材育成の効率化、他産業から農業への新規参入の促進も期待されている。

また、大規模経営体を中心に生産管理の効率化等の有力な手段としてITの利活用が進みつつある中で、それに伴って、異なる農業ITシステム間でデータを共有・比較するなど、いわゆる、農業情報の相互運用性・可搬性の確保に対するニーズが高まっているところである。農業情報の相互運用性・可搬性が確保され、**農業ITシステムから得られた情報をビッグデータ解析することにより**、新サービスや新事業の創出につながることを期待される。

こうした状況を踏まえ、高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部(以下「IT総合戦略本部」という。)においては、産学官が一体となり農業情報の創成・流通の大幅な促進に関する先駆的な取組の推進・展開を図るため、「**農業情報創成・流通促進戦略**」(平成26年6月3日IT総合戦略本部決定)(以下「本戦略」という。)を策定した。

みぞろボ公式ページ x 27 Google カレンダー x フィールドモニタリング x Hootsuite x 高度情報通信ネッ x 新しいタブ x

www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/nougyou/dai10/gijisidai.html

みぞろボ公式ページ 宅ふあいる便 HootSuite Google jssr PAWEES FMS 飯舘村モニタリング jssr 土壤物理学会 Facebook ML 東京アメッシュ

首相官邸 Prime Minister of Japan and His Cabinet

政策会議

▲ トップページへ

[トップ](#) > [会議等一覧](#) > [高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部\(IT総合戦略本部\)](#) > [開催状況](#) > [農業分科会 第10回会合](#)

第10回 農業分科会 議事次第

表1 データ項目一覧 (試行版)

日本語	英語	単位
温度	Temperature	°C
気温	Air temperature	°C
土壌温度	Soil temperature	°C
葉面温度	Leaf temperature	°C
露点温度	Dew point	°C
積算温度	Cumulative Temperature	°C日
相対湿度	Relative Humidity	%
飽差 (HD)	Humidity Deficit	g/m ²
飽差 (VPD)	Vapor Pressure Deficit	hPa
降水量	Precipitation	Mm
降雨量	Rainfall	mm
土壌水分量	Soil moisture content	%VWC
風向	Wind direction	(16 方位)
風速	Wind speed	m/s

議事

- (1) 開会
- (2) 農業情報の標準化に関する
- (3) 地方創生IT利活用推進会議
- (4) その他
- (5) 意見交換
- (6) 閉会

<配付資料>

農業 IT システムで用いる環境情報のデータ項目

土壤水分量

- 含水比 w (water content)
 - 乾燥した土の質量(M_s)に対する水の質量(M_w)の比
 - M_s : 105°Cで24時間乾燥
 - $w = (M_t - M_s) / M_s$
- 体積含水率 θ (volumetric water content)
 - 土の全体積(V_t)に対する水の体積の比 [m³/m³]
- 乾燥密度 ρ_b (dry bulk density)
 - 土の単位体積(V_t)あたりの乾燥質量(M_s) [g/m³]

マトリックポテンシャル

- 土に吸収されようとする水の圧力 (Pa, cmH₂O)
- 植物にとって重要なのは土壤中の絶対的な水分量ではなく、土壤中の水分を利用できるかどうか
- 土壌は砂を多く含むか、粘土を多く含むかで、“水もち”が異なる
 - 砂質土壌では降雨や灌漑水がすぐにしみ込みすぐに抜ける
 - 粘土質土壌ではしみ込みが遅く排水が遅い
- 植物の根は土壌から水分を吸収
 - 吸水のしやすさは体積含水率では表せない
- 植物に対する土壌水の利用のしやすさ
 - マトリックポテンシャルという指標 (kPa) で表す
 - 吸引圧、水分張力、テンションと呼ばれることもある
 - イメージとしては注射器で土壌中から水分を吸い取るのに必要な吸引圧

土壌水分センサーの基礎

- 土壌水分や温度などの土壌情報を電気信号に変換する装置
- 通常、電気信号を記録するためのデータロガーと一緒に利用される。
- 土壌水分センサーは農業分野におけるキラーセンサーである。

毛管現象



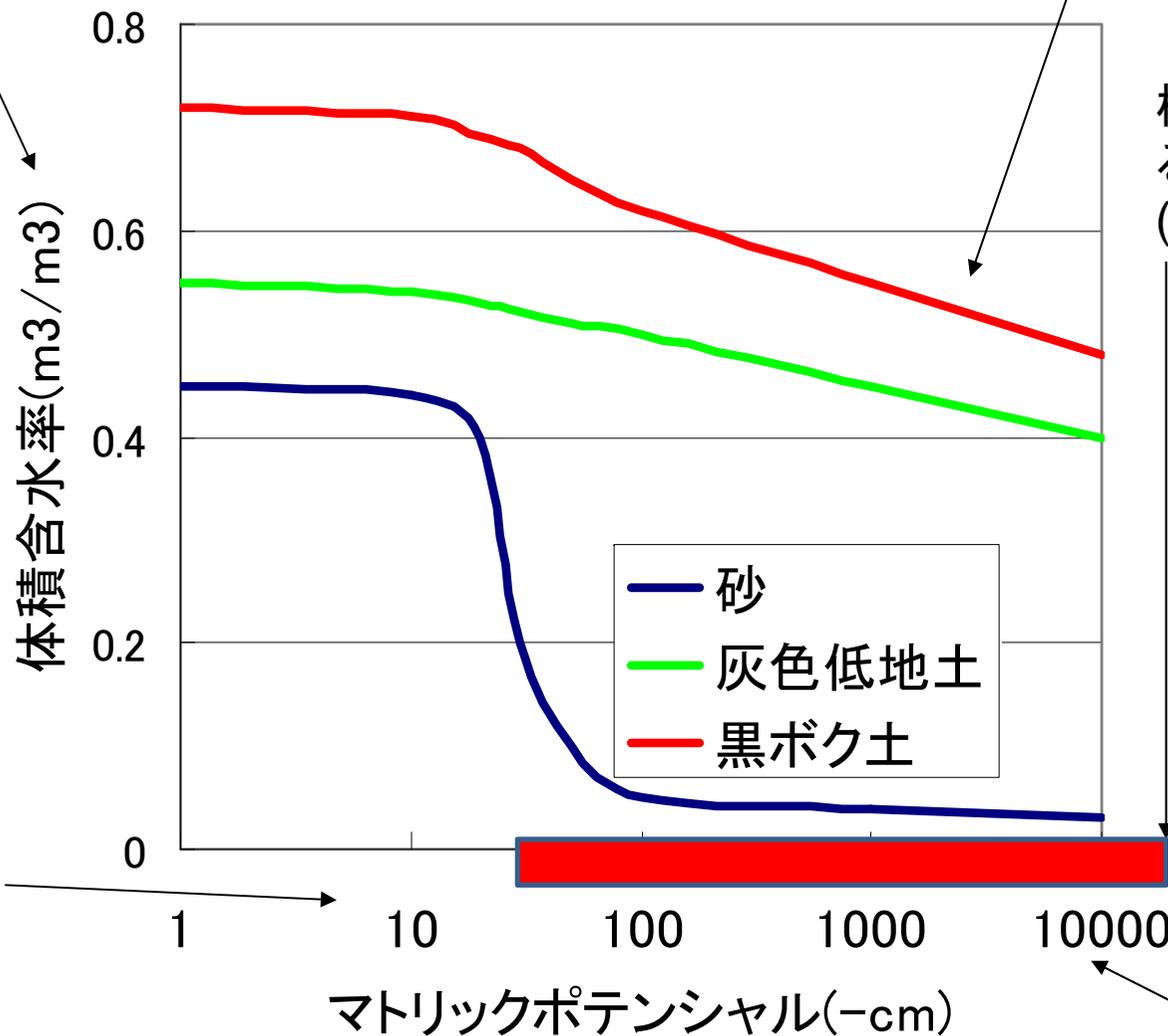
- 水は隙間を昇ってゆく
- 土はいろいろな大きさの隙間で構成される
- 土の中の水は繋がっている
- 水の上昇速度は土の種類で異なる

写真： 濾紙に浸み込んで上昇する水

土の保水性(水分特性曲線)

土の塊に含まれる水の体積

植物の成長に影響



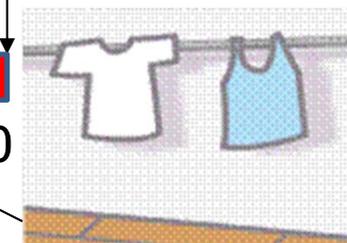
水面から高さ
10cmの水分量

$h = 0.15/r$ (cm)

植物が枯れる
水分量
(15000)

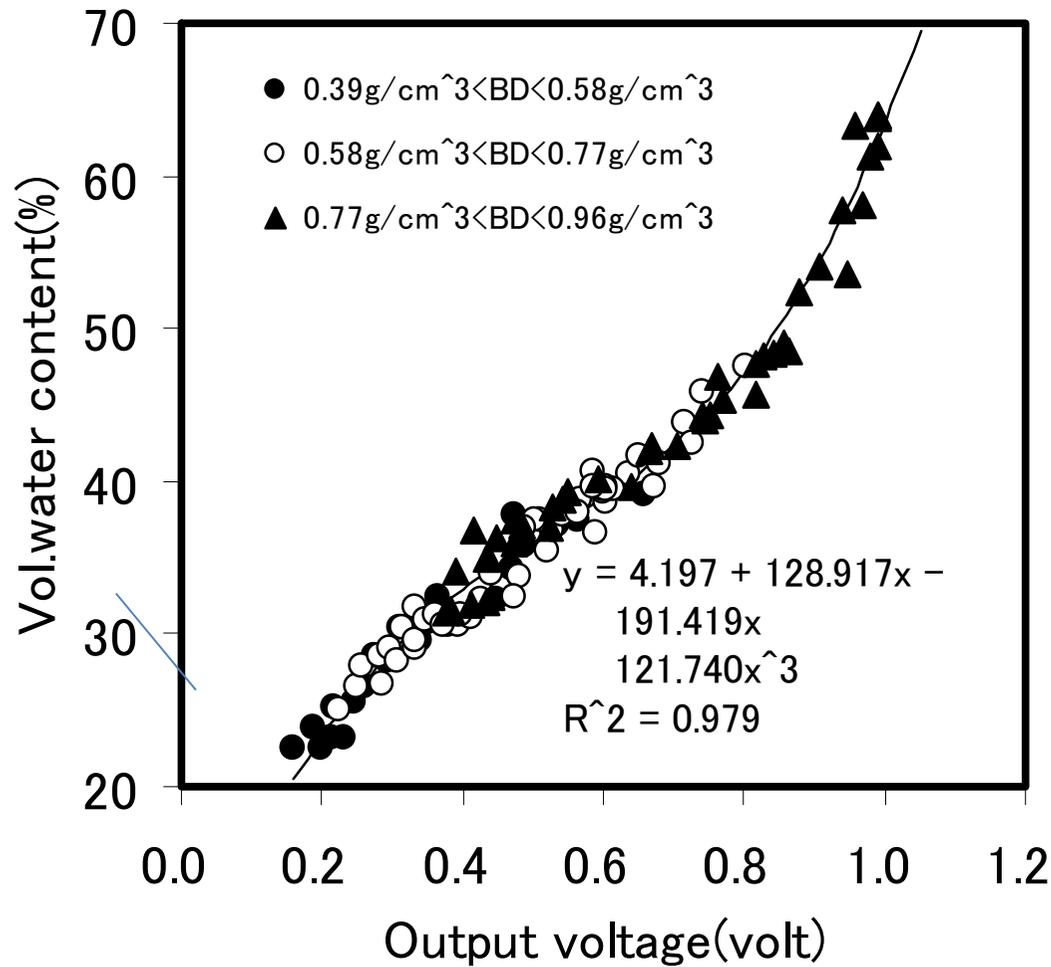


カビも発生
しやすい
湿度99.3%



土壌水分量の測定法

- 炉乾法
 - 105-110°Cの炉で24時間乾燥
- 電子レンジ法
 - 電子レンジで短時間で乾燥させる(亜流)
- テンシオメータ法
 - 土の水分特性から逆算
- ガンマ線法
- 中性子水分計法
- 誘電率測定法
 - TDR, FDR, ADR



TUAT Andisol



9Vの印可電圧、0-1Vの出力

府中市のクロボク土とADR水分計の出力

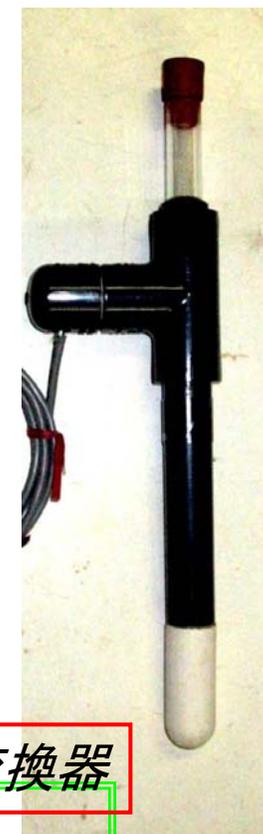
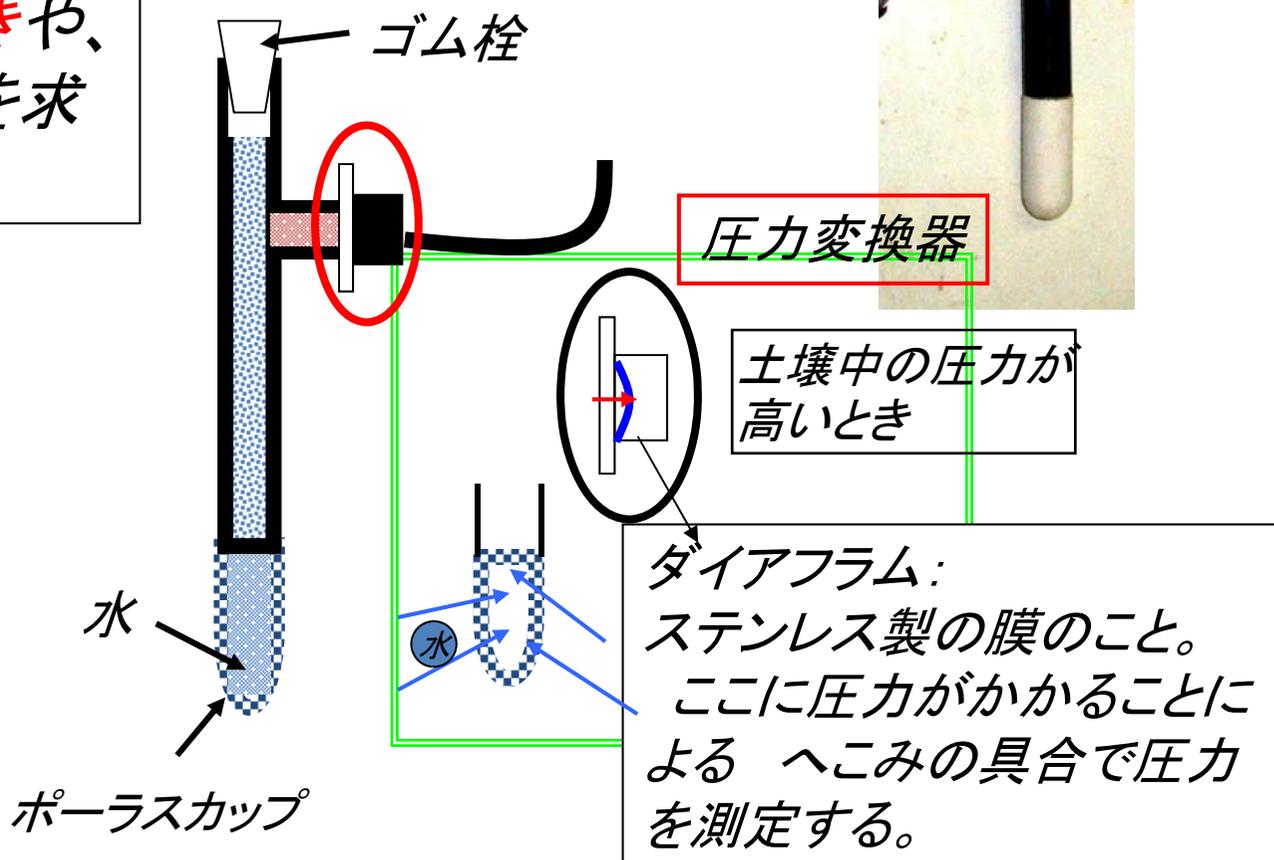
テンシオメータ

土壌水の移動の向きや、
土壌の体積含水率を求
めることができる

土壌水の負圧



テンシオメータ
内の水圧



体積含水率センサー

- 土壌水分は通常、体積含水率で表示される。
 - 土の体積当たりの水の体積パーセント
- 最近の土壌水分センサー
 - 土粒子と水の誘電率の違いを利用したTDR法やADR法の原理に基づく
 - 土壌にセンサーを挿入するだけで簡単に数値が得られる
- この数値の解釈には注意が必要
 - 土壌を構成する土粒子の種類(砂や有機物の含有量)
 - 土の詰まり方(乾燥密度)
 - 微生物によって有機物量が分解
 - 肥料によって土壌溶液中のイオンの種類や濃度が変化
- 農業の現場ではあくまでも一つの指標と考えるべき

マトリックポテンシヤル(MP)センサー

- 一般的に使われるMPセンサー
 - セラミック管に水を入れたテンションメータ
 - 封入された水の圧力をセンサーで測定することでMPを表示
- テンションメータ
 - 作物が必要とする、体積含水率では表示しきれない微妙な土壤水分の状態を検出できる(利点)
 - 土壤水分とセラミック管内の水の平衡状態を前提としているので、急激な土壤水分の変化には追従できないこと、土壤が乾燥しすぎるとセラミック管内に空気が侵入し、センサー機能が低下する(欠点)
- この欠点を補うものとして最近はさまざまな間隙をもつ既知のセラミックの体積含水率を誘電率法で求めMPに換算するセンサーも開発されている。



Soil sensor

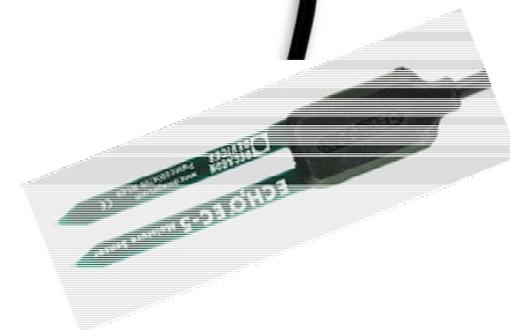
<http://www.decagon.com/>



We Measure the World



- Soil moisture sensors measure
 - volumetric water content accurately and economically
 - the dielectric permittivity of the soil
- Benefits include:
 - TDR-level performance at a fraction of the cost
 - Very low power requirement
 - Easy installation at any depth and orientation



フィールドモニタリングシステム Field Monitoring System (FMS)

- 農地におけるモニタリング
 - 気象(気温, 降水量, 日射量, 風速, など)
 - 土壌(水分, 温度, 養分)
 - 作物(成長量, 色)
 - 環境(放射線量?)
- 農地は都会にあるのではない!
 - 電源なし, WiFiなし
- 農地では有線を使わないのが望ましい
 - 草刈り鎌やトラクタによる切断
 - 動物による切断

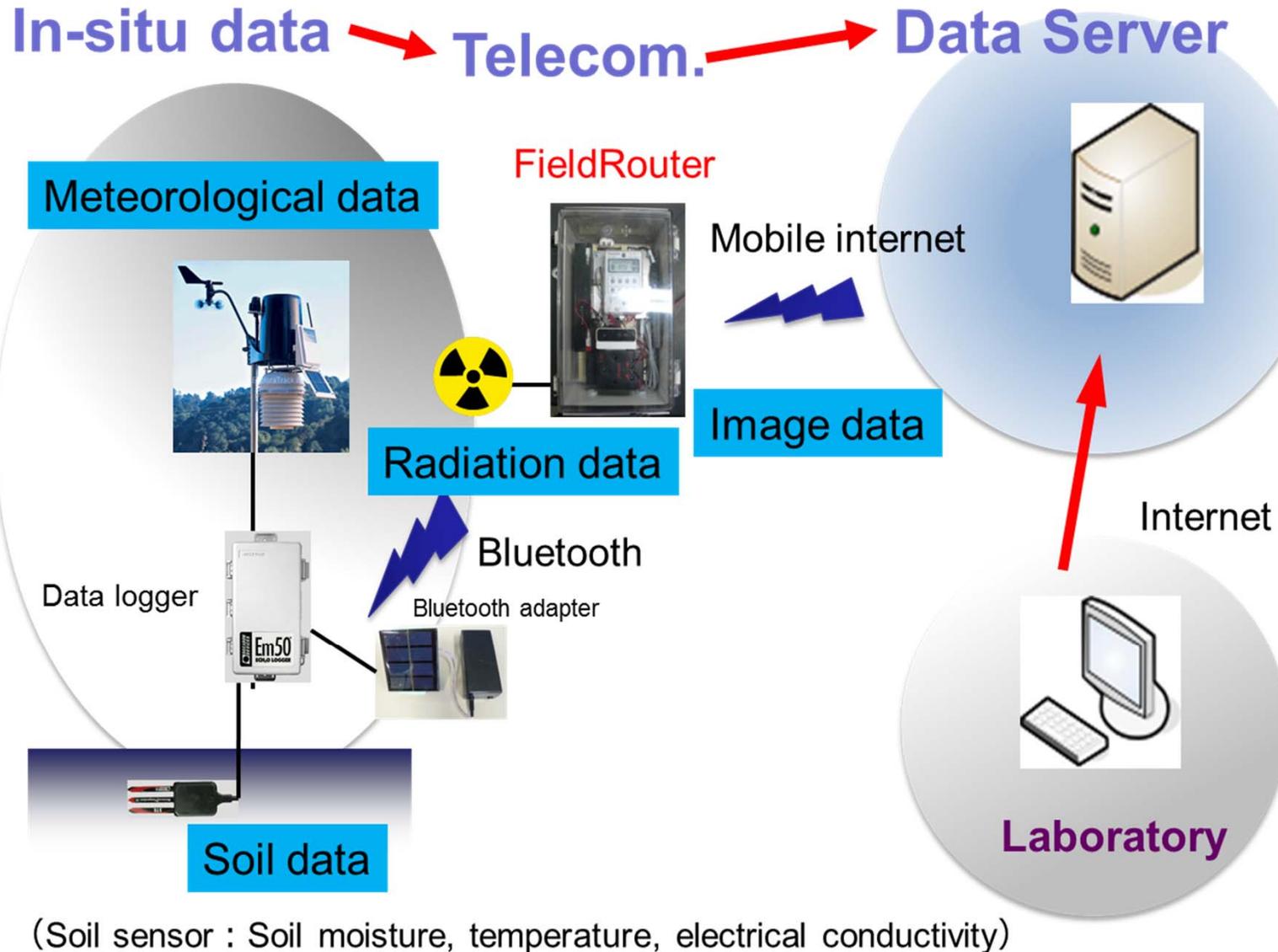


Setup images of FMS

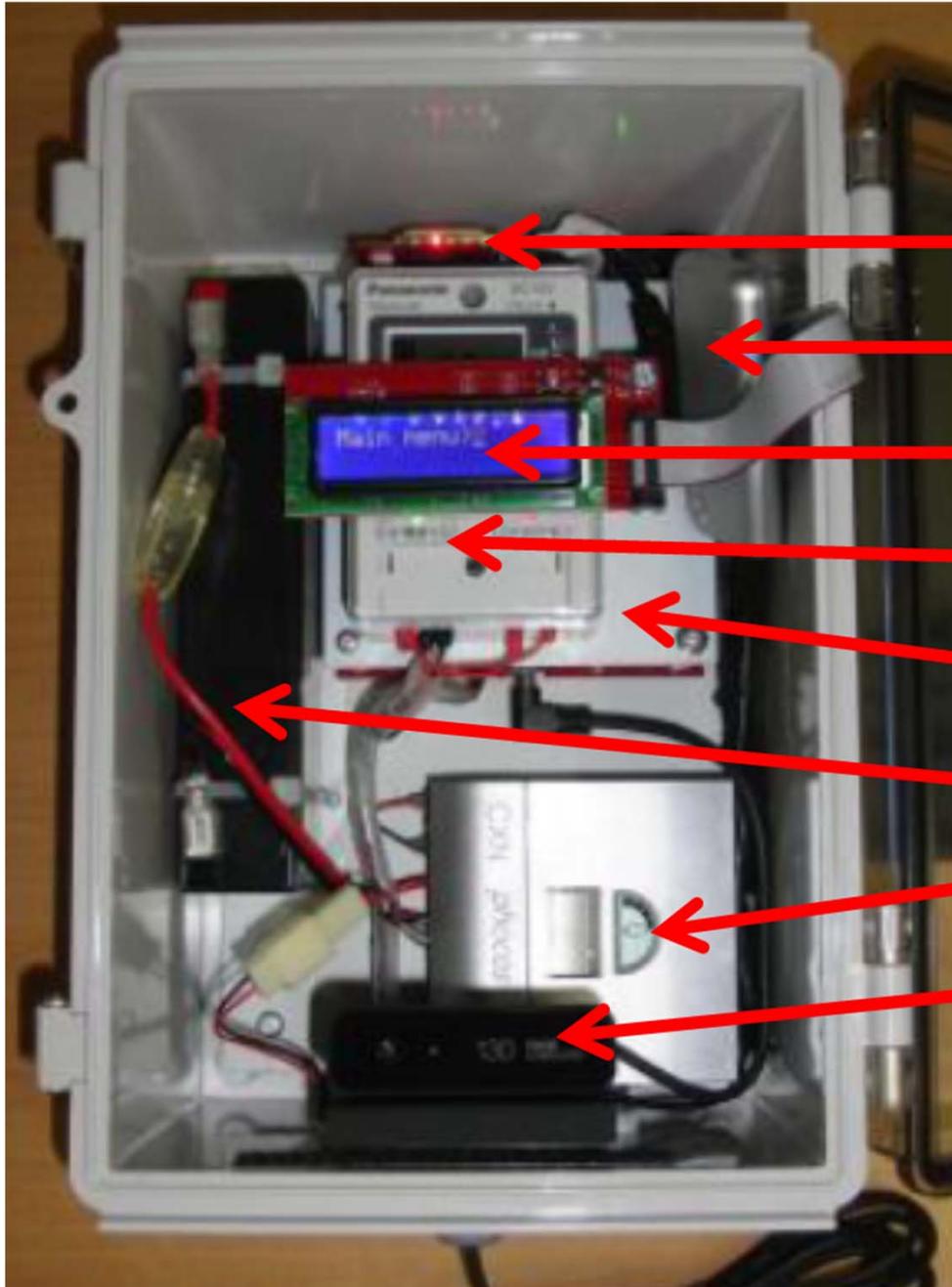


Ina, Nagano Prefecture in Japan

The FMS with a radiation sensor

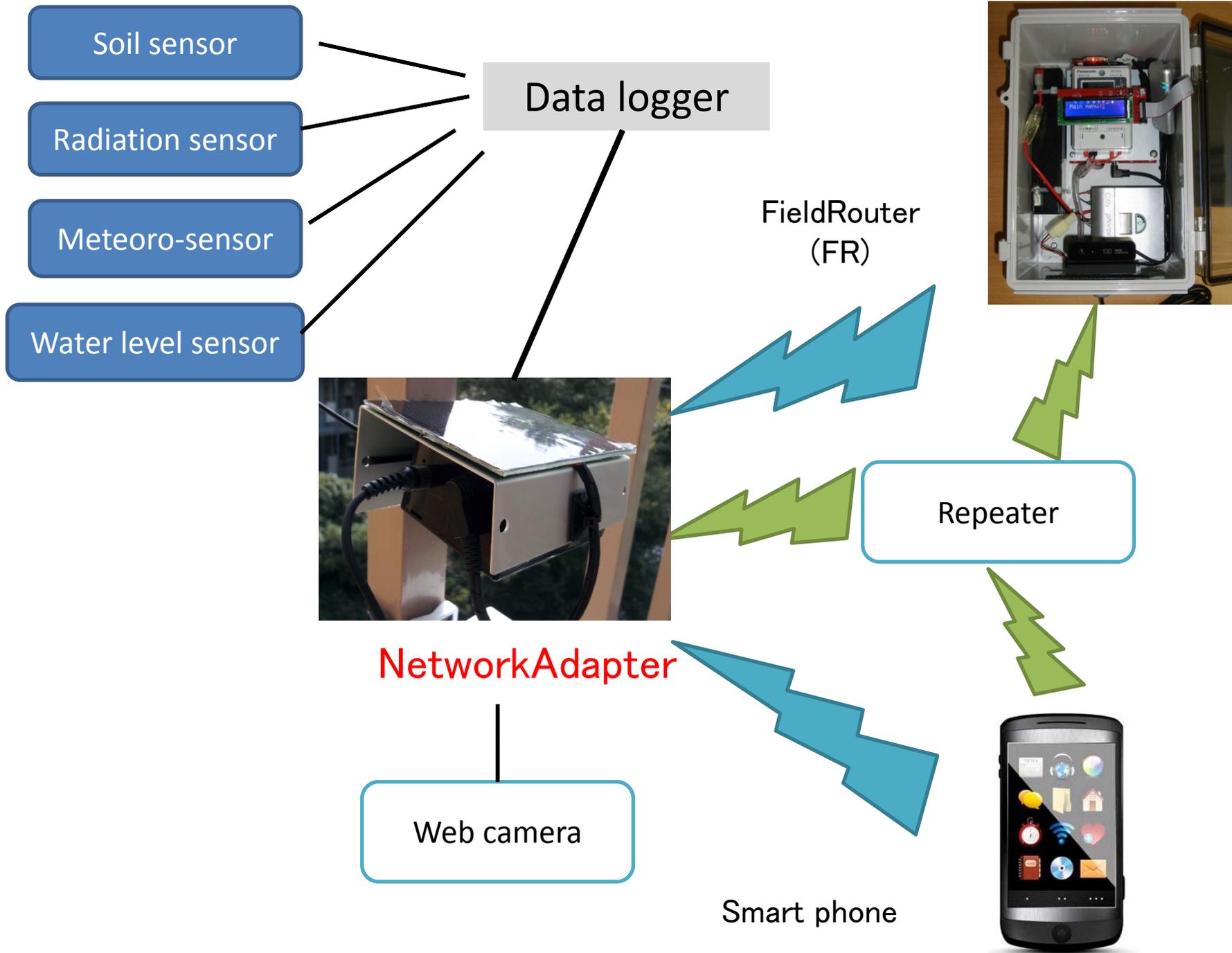


FieldRouter(FR)



- Status lamp
- USB modem
- Status display
- Timer
- Micro-PC
- Battery
- Charge controller
- Web camera

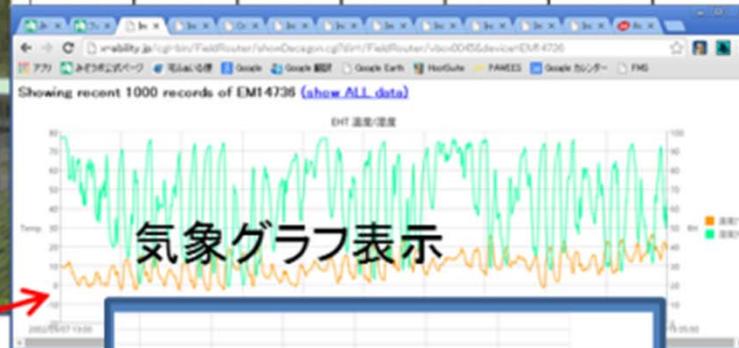
(38 cm x 25 cm x 10 cm)



飯舘村の環境モニタリング

[Images](#)

[image0]2014/05/19 12:24 (225.0K) [calendar](#) / [movie](#)

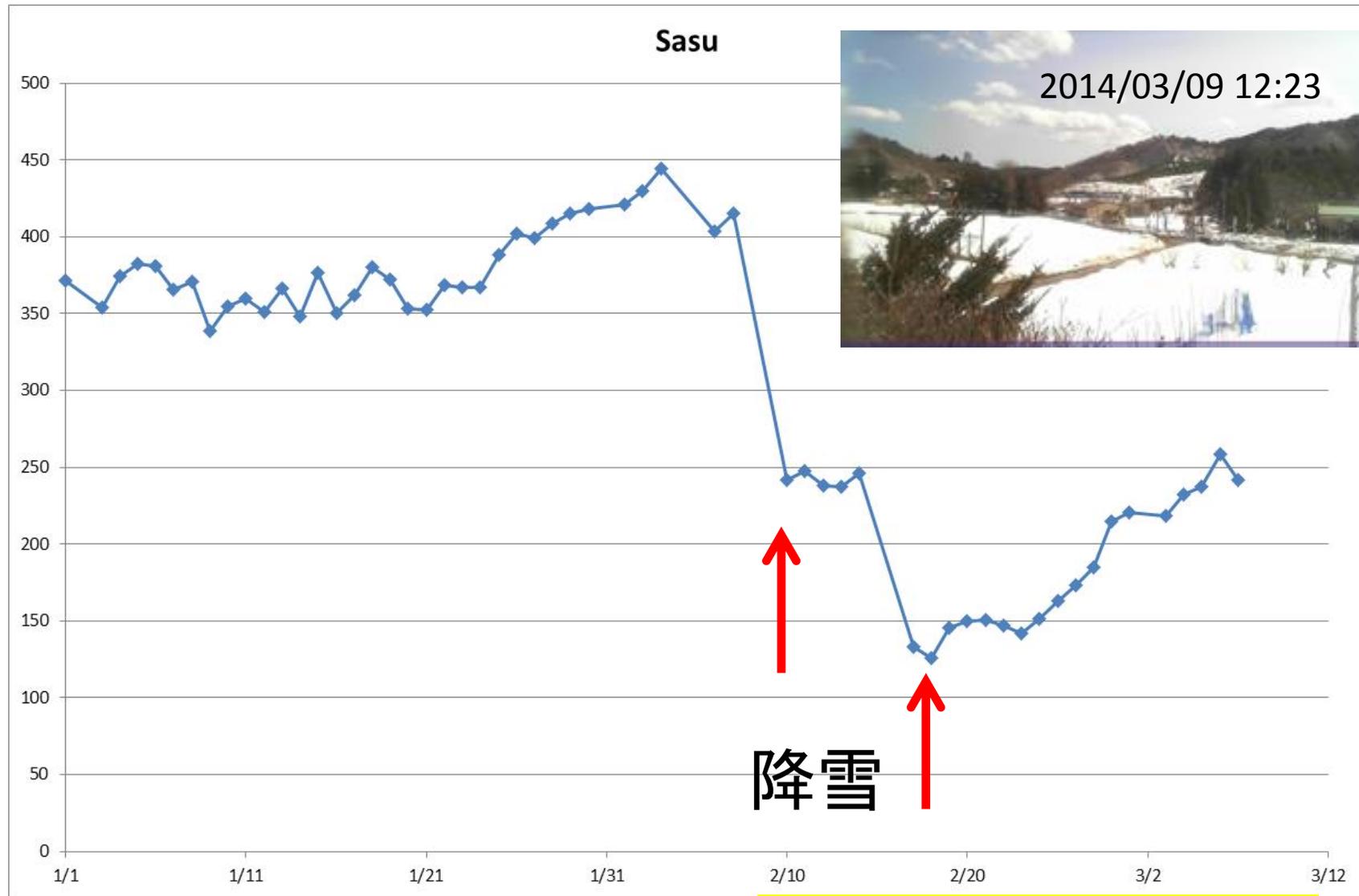


放射線量グラフ表示

[Data](#)

EM14736	2014/05/16 12:23 battery:82 logger time:2002-10-20 1:32:50 +36	CSV	2014	merge	543.9K
FriskCounter	2014/05/19 12:33 battery: logger time:2014-05-19 03:13	CSV			0.4K
SimpleCounter	2012/09/17 12:18 battery: logger time:2012-09-17 12:12	CSV			0.2K

雪による空間線量の低下



11. 現地環境モニタリング：溝口

土壌水分センサーの課題

- コストパフォーマンス
 - 本当にそんな高いセンサーが必要ですか？
 - オーバースペックになっていませんか？
- 現場ニーズ
 - ユーザは誰ですか？
 - 研究者？農家？企業？
 - 要するに何をしたいのですか？
 - 水をやるタイミング？水を切るタイミング？
- 使い捨てセンサー
 - Sensprout
- サービス科学



新たな取り組み その1

◎ ECH₂Oセンサーの耐久性を高めよう！

- ・フィールド測定中に起きる事故
ケーブルの断線, センサーの破損, 盗難, 火災.....



放牧中の牛に齧られたケーブル



FS内に作られた虫の巣

三石(民間共同研究員)のノートより

Broken soil sensor in field



タイのホウレンソウ畑での使用例

○ ECH₂Oセンサーは首のところが劣化しやすい



○ 基盤部分が小動物(?)に食われる (@タイ設置センサー)



→ 誤作動を引き起こしたり故障の原因, 計測が途中で止まるのは困る

三石(民間共同研究員)のノートより