

土壌センサと無線通信を組み合わせた 遠隔モニタリングシステム ーバイオ炭治郎ー

岩成 広樹, 山崎 巧実, 辻 蓮治, 澤和 楓音, 田中 煌珠,
池田 小夏, 鎌田 眞太郎, 村橋 究理基, 杉山 耕一郎

松江工業高等専門学校

2025/02/27 ICT 研究開発支援セミナー

背景(1)

- きっかけ～近隣自治体の嘆き～
 - 安来市では、**環境負荷軽減**を目的に**バイオ炭**の活用を試みている
 - 伐採した間伐材・下水汚泥から作った**バイオ炭**を**土壌改良剤**として利用したが、知名度や効果の周知が不足しており、なかなか進展していない
- バイオ炭の**環境負荷軽減**の効果
 - 間伐材を山中に放置することによる微生物分解・CO₂発生
→ 炭にして畑へ撒けば土中へのCO₂固定につながる
 - 下水汚泥をそのまま流すことによる河川・海洋の富栄養化
→ 栄養分を川や海に流さずに土中へ戻す
- バイオ炭の**土壌改善剤**としての効果～農林水産省のお墨付き～



3. バイオ炭の実証事業について

農林水産省 「バイオ炭について」 から引用

バイオ炭は、土壌への炭素貯留効果とともに土壌の透水性を改善する効果が認められている土壌改良資材です。また、一般的にバイオ炭はアルカリ性 (pH8~10程度) であり、その施用により、酸性土壌のpHを調節する効果があります。しかし、過剰に施用した場合、土壌のpHが上昇し、作物の生育に悪影響が生じる可能性があります。

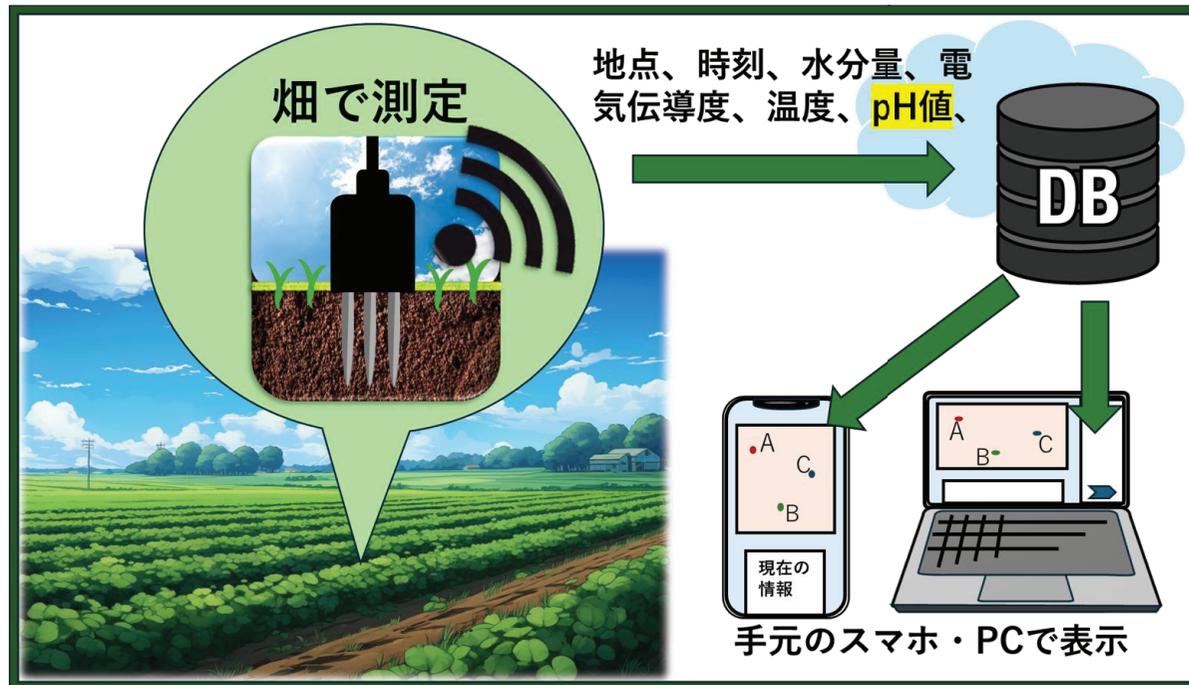
背景(2)

- 近隣自治体(安来市)の願い
 - 農家さんに安心して使ってもらう環境を整えたい
 - そのために、バイオ炭の効果を目に見える形にし、市内の農家さんにデータ提供したい
 - 過去に、木質由来のバイオ炭を売り出したが全く売れなかったという実績あり
 - 製造コストの低い下水汚泥由来のバイオ炭の生産は続けている



バイオ炭治郎とは

- 畑の土壌のpHといった情報を活用するためのIoTシステム
 - 定期的に畑の pH, 水分量, 電気伝導度, 温度を計測
 - 計測データおよび分析結果を Web サイトで可視化
 - スマホや PC などで情報を確認可能
 - pH が大きく変動した時には警告表示



バイオ炭治郎～センサー部～

• 構成

- ESP32マイコン演習ボード
 - 情報工学科の演習用基板を流用
 - マイコンに Wi-Fi モジュール内臓
 - 5V 電源対応
- 土壌センサ (DFROBOT-SEN0604, RS485規格)
- 電源部：単一電池 4 本 (約1ヶ月駆動見込み)

• 特徴

- 軽量 Ruby(mruby/c)でプログラミング
- 1 時間おきに Wi-Fi でデータ送信
- 時刻合わせはネットワーク経由 (NTP 利用)
- 省電力化の工夫あり→長期間運用を可能に.
 - ディープスリープ (Wi-Fi を ON/OFF)
 - 土壌センサへの電源供給の ON/OFF 回路



バイオ炭治郎～データ表示部の概要～

- トップページ

バイオ炭治郎

A

B

地点	スプリンクラー	炭	炭の撒き方	深さ	温度	水分	pH	
ysg7	あり	多い	ばらまき	0cm	22.9	21.6	7.4	削除

比較リスト **D**

- ysg1
- ysg7

比較する

pH変化 **C**

地点	一日のpHの変化	pHの変化の傾向
ysg1	下がっています	上がってきています
ysg2	下がっています	上がってきています
ysg3	下がっています	上がってきています
ysg4	下がっています	上がってきています
ysg5	下がっています	下がってきています
ysg6	下がっています	下がってきています
ysg7	上がっています	上がってきています

A : 地図上に測定地点を
マーカー表示
マウスで拡大縮小・
スクロール可能

B : 選択した地点の最新
情報の表示

C : 各測定地点のpHの
傾向を表示

D : 選択された測定地点
のデータより時系列
グラフ(次頁)を作成

バイオ炭治郎～データ表示部の概要～

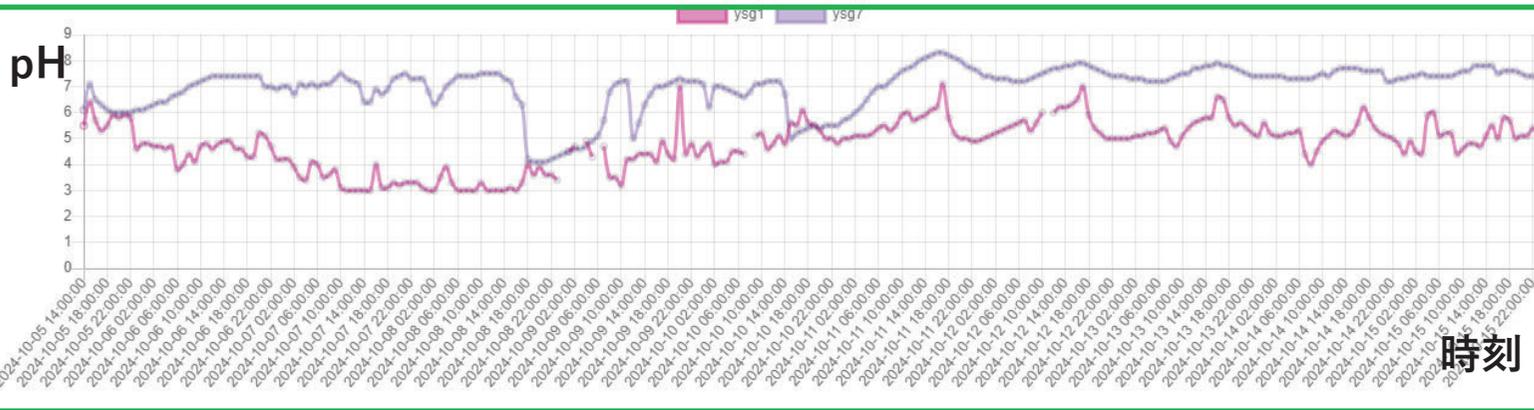
- グラフ表示ページ

バイオ炭治郎

グラフ表示

A

- 地点 : ysg1 • 観測項目 : pH
- 地点 : ysg7



地点: 観測内容: 表示開始時間: 表示終了時間:

[前頁へ戻る](#)

A : 対象となる測定地点と観測項目の表示

B : 時系列グラフ。複数の測定地点が選択された場合はグラフを重ね合わせ表示。

C : グラフ再描画用フォーム
測定地点・観測項目・描画時刻を変更可能

バイオ炭治郎～データ表示部の利用方法～

センサーの設置場所を示すピン(地表面)や丸印(深度20cm)をクリック

選択した地点のpHや水分量などの最新情報が表示

地点	スプリンクラー	炭	炭の撒き方	深さ	温度	水分	pH
ysg7	あり	多い	ばらまき	0cm	22.9	21.6	7.4

追加

バイオ炭治郎～データ表示部の利用方法～

比較したい地点を選択し追加ボタンをクリック

地点	スプリンクラー	炭	炭の撒き方	深さ	温度	水分	pH	
ysg7	あり	多い	ばらまき	0cm	22.9	21.6	7.4	追加

比較リスト

- ysg1
- ysg7

比較する

グラフ生成

選択された地点がリスト表示



バイオ炭治郎～データ表示部の利用方法～

pHの1日平均値が基準値を超えたかどうか

芝の適正pH → 6～6.5

- 6以下：下がっています
- 6～6.5：問題ありません
- 6.5以上：上がっています

pH変化

地点	一日のpHの変化	pHの変化の傾向
ysg1	下がっています	上がってきています
ysg2	下がっています	上がってきています
ysg3	下がっています	上がってきています
ysg4	下がっています	変化していません
ysg5	下がっています	下がってきています
ysg6	下がっています	下がってきています
ysg7	上がっています	上がってきています

移動平均の差分
全観測期間の前半と後半で
それぞれ平均を取り、それらを比較

バイオ炭治郎～利用技術～

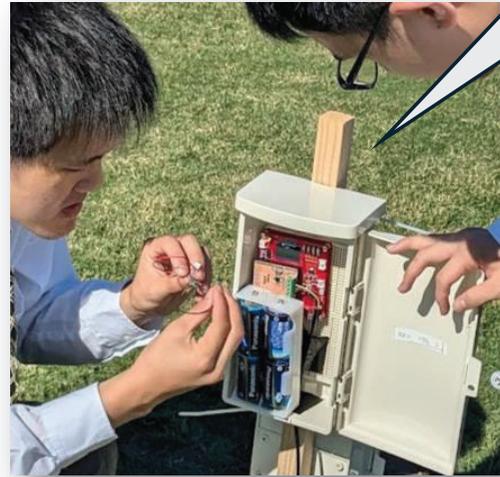
- OS: Linux (Debian 12 (bookworm))
- Web サーバ : Apache2
- データベース : MariaDB
- Web プログラミング : PHP + JavaScript (地図 : leaflet.js, グラフ : chart.js)



実証実験の様子



芝生のフィールド
(30m×50m) で実証実験



センサーBOXの
取り付け中



取得したデータの
確認中



表面と深さ20cmに
センサーを埋める

地元の反響

やすぎ どじょっこテレビの映像
(削除)

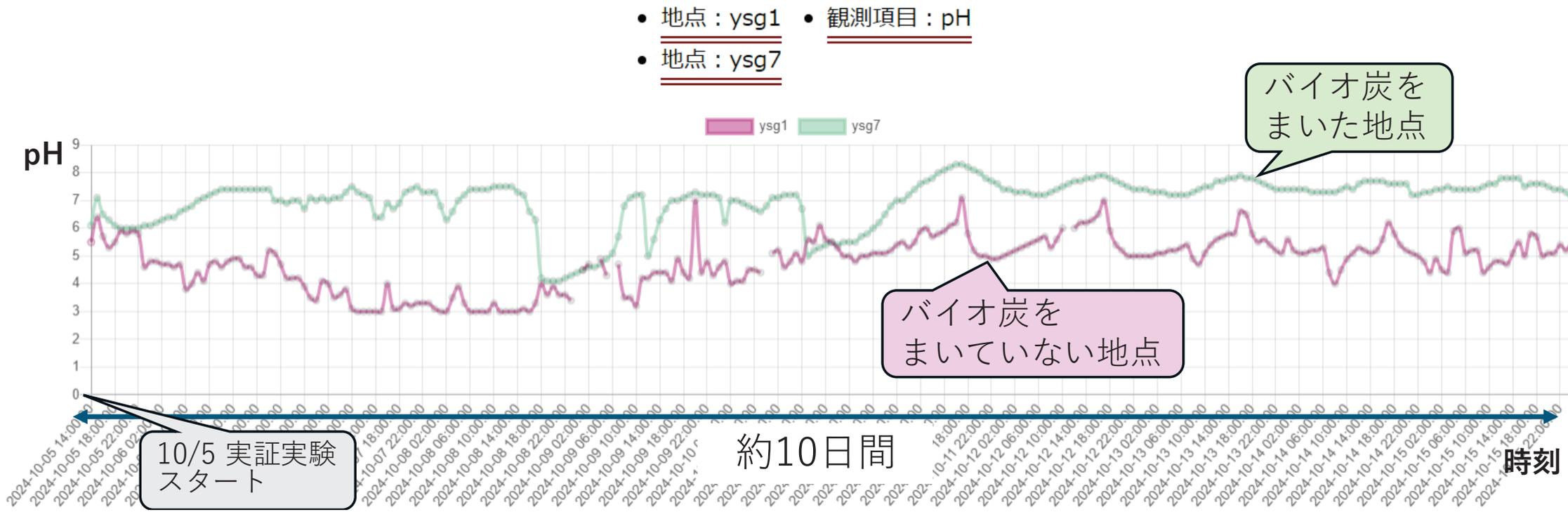
地域のケーブルテレビ
(やすぎ どじょっこテレビ)

山陰中央新報の
記事の画像
(削除)

地域の新聞
(山陰中央新報)

実証実験で見えてきたこと

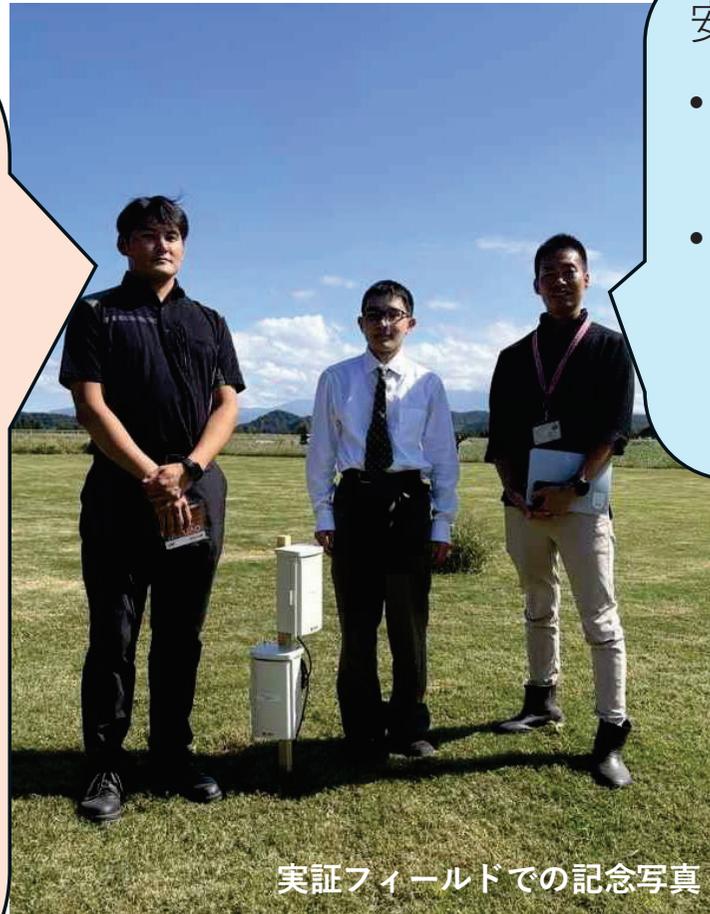
- 継続的な計測の実現を確認
- バイオ炭を撒くことで土壌の pH がアルカリ性に振れることは確認できた
 - 時間変動の理由については関係者(安来市, 農業法人)や専門家(島根県立大)と検討中.



利用者からの評価

農業法人の親会社(三光) 木田氏

- これまでpHを測るのは土壌を持ち帰り水溶液化して測定していた。手間と時間がかかり、測定頻度は低かった。
- バイオ炭治郎は手間いらずで、遠隔で常時監視できるので利便性が高い。
- リアルタイムにpHなどのグラフを確認できるのは大変面白い。活用できそうだ。
- 情報技術と生物化学技術のコラボレーションの例は稀有。バイオ炭治郎ほどの簡易かつ安価な例は業界的に知らない。



実証フィールドでの記念写真

安来市環境政策課 太田氏

- pHなどの数値の可視化が出来て大変嬉しい
- バイオ炭治郎を通じてバイオ炭の認知度が上がれば、安来市の環境政策的に大変助かる

まとめ

- 近隣自治体(安来市)の環境政策課の願いを受けてプロジェクトを始動
 - 願い：自地域の下水汚泥から作成したバイオ炭の効果を目に見える形にしたい & 農家さんにデータ提供したい
- バイオ炭治郎によって、土壌の情報のモニタリングを実現した
 - 定期的に畑の pH, 水分量, 電気伝導度, 温度を計測
 - 計測データおよび分析結果を Web サイトで可視化
 - pH が大きく変動した時には警告表示
- 実証実験を行い、利用者から高評価を頂いた。
 - pHは細かな時間変動しており、その原因については関係者や専門家と検討中.

**地域のバイオ炭活用による環境負荷軽減に向けた取り組みに貢献した
土壌改良剤として安心して使うための基礎データを提供可能にした**