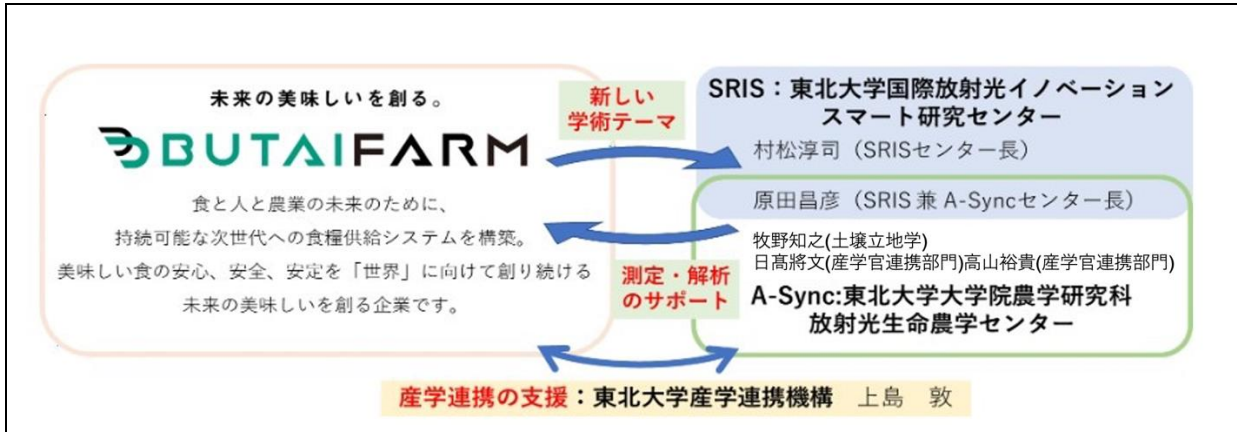


# 令和 4 年度仙台市既存放射光施設活用事例創出事業（トライアルユース） 事例報告書

## 1 課題名

ソイルブロックを用いた栽培方法の優位性を科学的に評価するための放射光測定法の検討

## 2 測定にあたっての体制（社外委託先を含め記載）



## 3 背景と測定目的

<背景>舞台ファームは仙台市若林区を本拠地とする農業会社であり、自ら米・野菜を生産するだけでなく、大手流通業者への販路を得て、地元農業者からの調達も含めて供給量を拡大し、カット野菜などの加工分野にも参入する等規模の拡大、多角化経営に取り組んできた。平成 29 年度には経済産業省の地域未来牽引企業にも選定いただいた。

昨今、国内農業をめぐる課題は山積しており、担い手不足・高齢化、食の安心・安全の確保、生産性向上といった問題に加え、最近深刻度を増しているのが気候変動問題である。生産環境の変化、想定を超える高温やゲリラ豪雨、年々強くなりつつある台風の被害等多方面から影響を受けており、生産者、消費者双方にとって今後安定した価格での供給量の確保は喫緊の課題である。この問題は世界的規模で発生しており、植物工場への投資が劇的に増えている状況にあるが、日本国内においてもその建設は増加傾向にある。当社でも令和 3 年 10 月、播種から収穫まで自動栽培を可能とする日本最大級のレタス植物工場を稼働している（宮城県美里町）。直近では記録的な円安基調やウクライナ戦争による世界的食料サプライチェーンの危機など、日本の食料安保が大きな節目を迎えている状況にある。

今回のトライアルユースでの取組では、当該工場に導入する培地に関する研究を検討したい。植物工場にて使用する培地として一般に水耕栽培やスポンジが広く普及しているが、SDGs の観点から、当社では土（ソイルブロック）の開発を行っており、今回、同ソイルブロックの優位性の科学的根拠を確認することで、この分野における新しい価値観を広げ、またその信頼性を担保する上でも非常に有用な研究であると考えている。

<目的>ソイルブロックの優位性について科学的な根拠を確認するためには、ソイルブロックの中の種子や根の様子を調べて、発根過程や根が大きく成長する要因を調べることができるとよい。そのためには、ソイルブロックの中にあるままの状態でも根と土の構造を可視化したいが、従来の X 線 CT の性能では不十分であった。そこで、放射光の X 線 CT で可視化できるかを検討し、新しい評価方法として採用することができるのかを検討したい。

4 測定方法（測定手法、測定セットアップ、使用ビームラインなど）

**ストローに実際のソイルブロックと同じ充填率でソイルブロックを詰めて  
レタスの種を植え、成長初期段階（発根）の様子の違いを見る**

1~3cm径のストロー  
またはチューブ

- ソイルブロック
- 水耕栽培液 を充填

レタスの種を蒔く

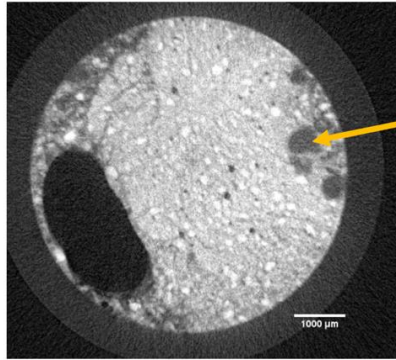
X日目の発根の様子を  
可視化し、各栽培条件  
と比較

**<SAGA-LS BL07>[1]**  
X線のエネルギー：15~20 keV  
露光時間：1秒/枚  
投影数：1000枚  
撮影角度：360度  
試料のサイズ：<1cm  
SAGA-LSのSAKASソフトウェアを用いて  
3次元再構成を行った。

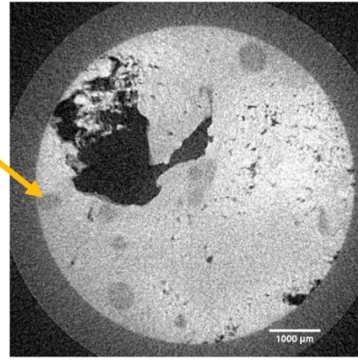
**<Spring-8 BL08B2>[2]**  
X線のエネルギー：17.8 keV  
露光時間：0.15秒/枚  
投影数：2400枚  
撮影角度：180度  
カメラ長：100mm  
試料のサイズ：1~3cm

5 結果及び考察（代表的なグラフや図を用いて分かりやすく説明すること）

## 予備測定



カオリナイト  
(主成分：アルミニウム、ケイ素)



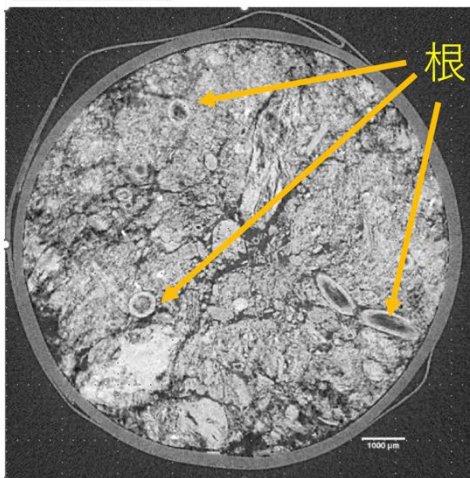
モンモリロナイト  
(主成分：マグネシウム、アルミニウム、ケイ素)

根

放射光X線では、  
一般的な土の中の根を可視化するのは難しそう

24

## 予備測定



根

ソイルブロックの中の根の構造  
は明瞭に可視化できた。

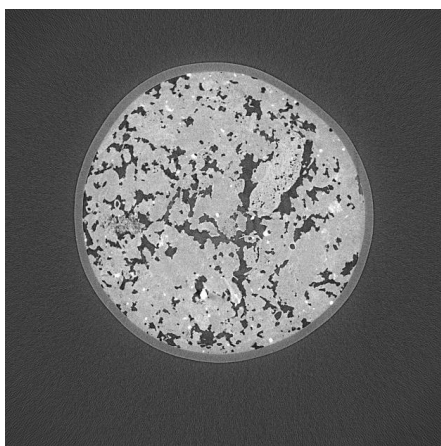
理由：  
ソイルブロックがほぼ有機物で構  
成されており、X線の透過や散乱に  
関して大きな問題とならなかった。



ソイルブロックであれば、  
土自体の構造やその中にある根の構造を  
比較的容易に可視化可能と判明

25

予備測定にて、一般的な無機の多い土では測定がそもそも難しいという懸念があったが、ソイルブロックの場合は有機物を多く含むため放射光を用いて可視化が可能と判明した。そこで、実際の植物工場の環境に近い条件での測定を行った。



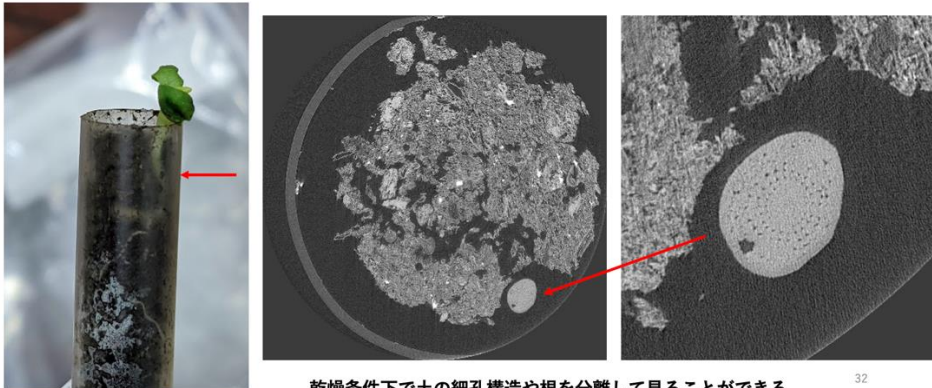
水を通常量含んだ状態の土のイメージング

しかし、実際のソイルブロック条件下(圧力・水分量)では根とソイルブロックのコントラストがほぼ同じ結果となり区別が難しかった。また位相差X線CT[3]を試したが、試料に含まれる空隙がアーティファクトを生じたため、サンプル側と放射光側の条件のさらなる検討が必要と判明

した。そこで、サンプル側の検討として水分量を減らした条件での測定と、放射光側の検討として、解像度やコントラストを変更した条件下にて SPring-8 にて再度測定を行った。

## SPring-8 測定結果

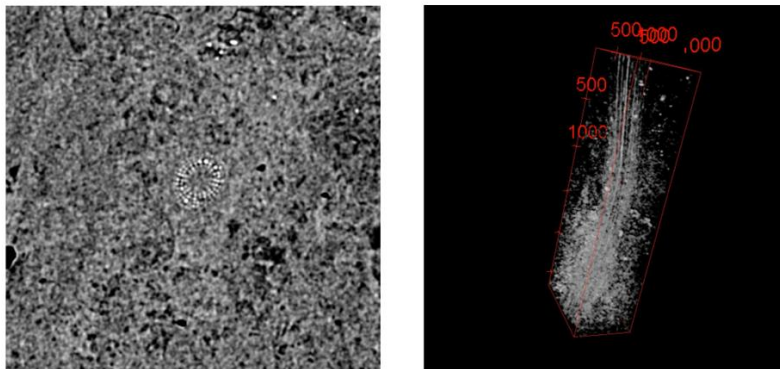
### 乾燥が進んだ状態の土のイメージング



乾燥条件下で土の細孔構造や根を分離して見ることができる。

ソイルブロックサンプルにて乾燥状態ものを測定した結果土の細孔構造や根を分離して見ることができた。

## SPring-8 測定結果



### 植物工場内条件サンプル(3cm 径)の測定結果

また前回佐賀での測定が難しかった実環境に近い条件でのソイルブロック測定を、試料・検出器間距離の調整により屈折コントラスト[3]を調整することで維管束まで観察することに成功した。

## 6 今後の課題

本事業によりソイルブロックの根張りを観察する条件を同定することができた。

ソイルブロックの根張りの良さの要因について、

- ・ソイルブロックの空隙率などの構造的なものに由来しているのか(充填率と根張りのよさの関係性を調べる)
- ・元素や栄養分によるのか(ソイルブロックにいろいろな成分を加えて根張りの違いを調べる)

といった学術的な要素も含めて、ソイルブロックのアドバンテージについて科学的根拠を追究したい。また放射光を用いることでレタスの成分だけではなく成分や密度の分布を計測することが可能であるため、「美味しい」という定性的な概念を放射光を通して定量的に可視化する試みにナノテラスを活用し挑戦したいと考えている。

7 参考文献

- [1] A. Yoneyama et al., Advanced X-ray imaging at beamline 07 of the SAGA Light Source. *J. Synchrotron Rad.* **28**, 1966-1977 (2021).
- [2] Y. Urushihara et al. X-ray micro-CT observation of the apical skeleton of Japanese white coral *Corallium konojoi*. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **475**, 124–128 (2016).
- [3] P. Cloetens et al. Phase objects in synchrotron radiation hard x-ray imaging. *J. Appl. Phys.* **29**, 133–146 (1996).