

令和5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業)

弊社独自の施肥法が可能にした促成栽培
～アブラヤシ果実の放射光を用いた品質評価～



株式会社 千葉鳶



会社概要



会社名	株式会社千葉鳶
所在地	宮城県塩竈市
設立	昭和48年1月27日
代表取締役	千葉 美徳
事業内容	総合建設業 公共事業・民間事業 海外事業(インドネシア)



海外事業

インドネシア(カリマンタン島)

アブラヤシのリプランティング

農園の圃場整備及び維持管理業務



アブラヤシの初期植付けから約25年経過



収穫量の減少

リプランティング(再植)が求められる



 CHIBATOBI

幹の伐採、再植に伴う圃場整備



リプランティング(再植)



背景

アブラヤシの初期植付けから約25年経過



リプランティング(再植)が求められる



幹の伐採、再植に伴う圃場整備



リプランティング(再植)

現在、伐採したアブラヤシの幹は
処理方法が確立されていない。

溝を掘り埋設

厚さ10～20cmに刻み山積み放置



熱帯林破壊による環境問題

▶ 農園拡大をせず、生産性の向上はできないか

伐採後の幹の処理問題

▶ 有効な資源として利用できるのではないか



伐採した幹を細かくチップング(繊維状)することにより堆肥化へ成功。
堆肥を使用したトライアル栽培の実施。



これまでの取り組み



経過観察 現在観察中(2019.2～現在)。

従来の方法では、再植付けから花が咲くまで2年以上、実が生るまで3年以上かかるかとされているが、トライアル栽培箇所においては花が咲くまで7か月、実が生るまでに10か月程と是迄にない生育状況が確認された。



目的

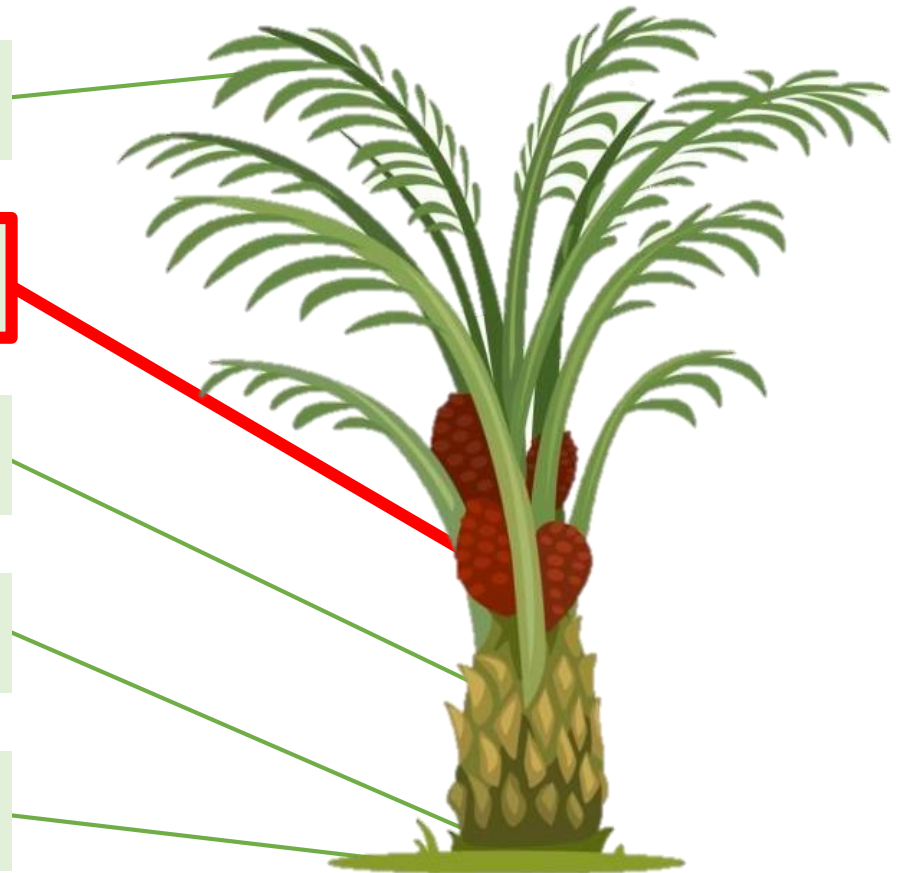
茎葉

果房(果実)

幹(堆肥化)

根

土壤



目的

何を知りたいのか？そのためには何が分かったら良いのか？

- ・弊社が取り組んでいる堆肥を利用して栽培しているアブラヤシの品質保証と搾油方法検討
- ・寿命（植付けから25年経過）は経験則ではなく、科学的根拠に基づいたリプランティングのためのエビデンスを得ることができるか。3種の果実構造の内部構造の違い（特に油分）の違いを見る。

何を見るのか？

アブラヤシ（果実）の中の油分を含む組織構造に違いはあるのだろうか？

なぜ放射光を使うのか？

アブラヤシは切ると油が漏れ出るくらい油分が多く切片化が難しく、また電子顕微鏡の測定は断られる。また切ってしまうと切断面の組織の状態が変わってしまい比較できなくなることを懸念。→非破壊観察（CT測定）を希望。

工業用（実験室用）CTでは、X線が軟組織を透過してしまうため、放射光の高輝度X線で位相差CTを測定したい。

（Am J Bot. 2021 Mar;108(3):472-494に実験室装置を使ったアブラヤシのCTの事例あり）

これまでのトライアルユースの測定事例との違い

トライアルユースでイメージングされた食品や農産物の例は少なくない。しかし、多くは視野1センチ以下の小さなものの分析であり、農・食の試料では、もっと大きなものを非破壊で分析したいニーズがあると考える。

本申請課題では、SPRING-8のBL20B2の高輝度X線の利用で、視野3センチ程度の大きさであるアブラヤシ（果実）を分析したい。

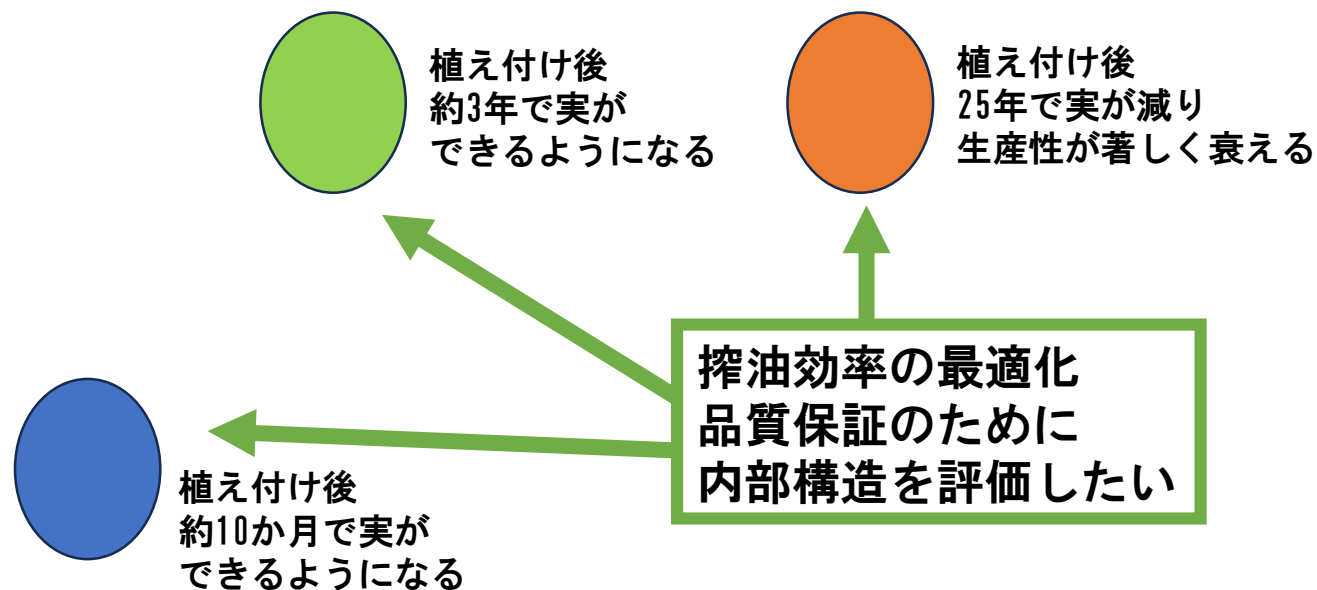
目的

アブラヤシ栽培のサイクル

従来栽培

弊社栽培

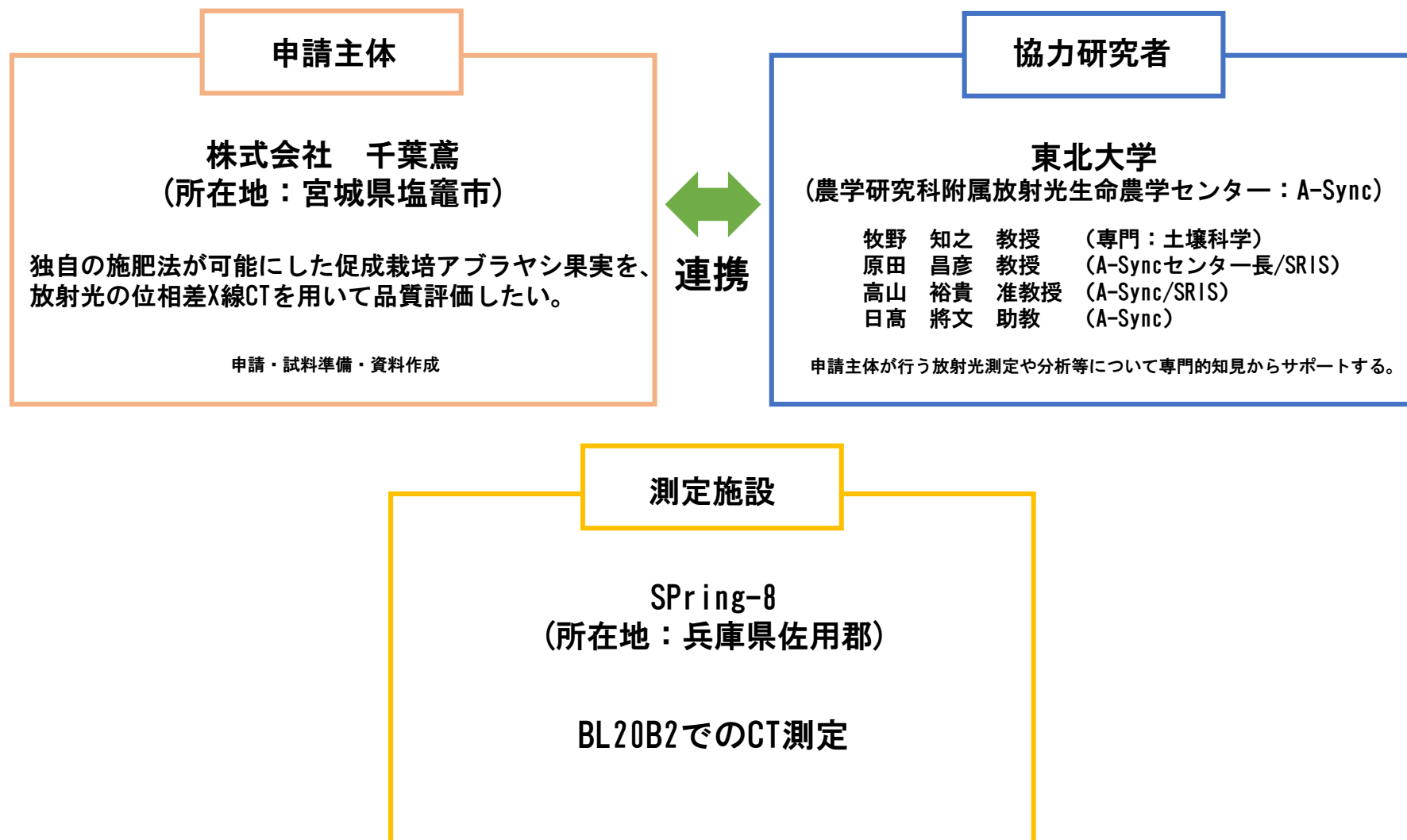
(アブラヤシ幹堆肥利用)



植え付け：0年 10か月 3年 約25年

リプランティング

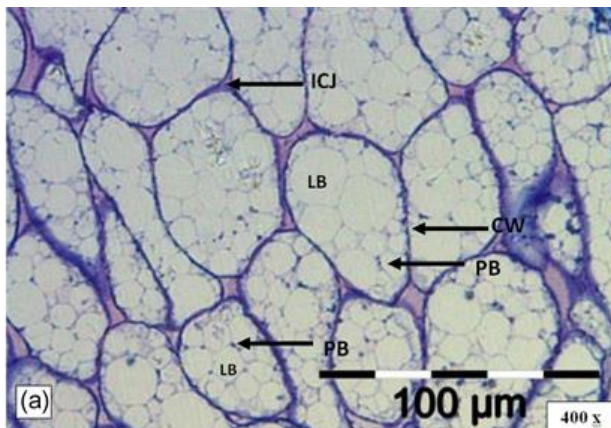
実施体制



サンプル



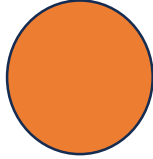
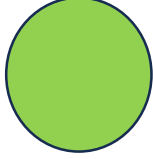
アブラヤシ(生実) 撮影：(株)千葉鳶



論文報告 (American Journal of Plant Sciences Vol. 5 No. 9 (2014)) によると、アブラヤシ中の脂肪組織 (図中のLB) は10～100ミクロン程度の大きさである。そのため、油分組織を評価するために必要な解像度は1～5ミクロン程度であると考えている。

サンプル

測定サンプル（3種）

	 ①従来栽培(寿命)	 ②従来栽培	 ③弊社栽培
植付け経過時期	25年	5年	5年
特徴	—	—	伐採した幹を堆肥化し、その堆肥を使用した施肥栽培
生育	実が生るまで3年	実が生るまで3年	実が生るまで10ヶ月
寿命	植付けから約25年が経過すると生産性が著しく衰える	—	—
トライアルユースの目的	寿命経過により実の量は減るが内部構造に違いはあるのか	異なる栽培法である②従来栽培と③弊社栽培で内部構造の違いはあるのか	異なる栽培法である②従来栽培と③弊社栽培で内部構造の違いはあるのか
知りたいこと (大目的)	・なぜ生産性が落ちているのか ・内部構造に違いはあるのか ・経験則(25年で寿命)ではなく、SDGsの観点からもエビデンスに基づいたリプランティングとしたい。	・内部構造に違いはあるのか ・これまでの搾油方法が本当によいのか	・なぜ10ヶ月で実が生るのか ・10ヶ月でも大丈夫なのか ・これまでと同じ搾油方法でもよいのか ・内部構造に違いはあるのか

サンプル

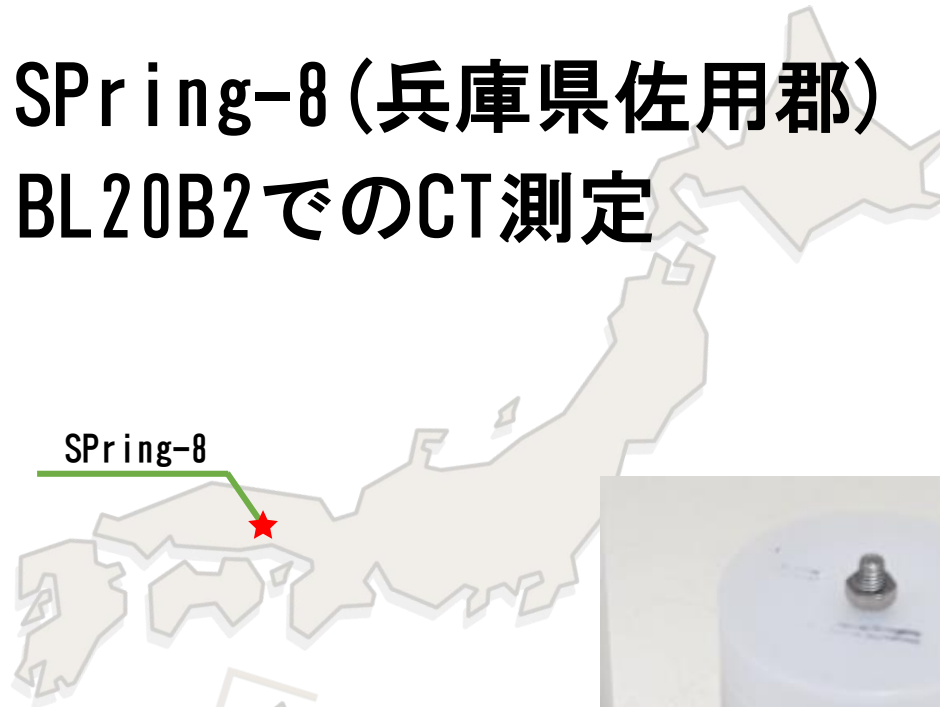
アブラヤシ試料の用意



当初、インドネシア国内において実の輸出に制限はなかったが、その後果実の中にある種子に輸出制限が出てしまった。そのため、インドネシア植物防疫機関へ確認し、アブラヤシ(果実)はインドネシア国内で割断、種子を半分にすることで輸出が可能となった。日本国内では真空状態で持ち込み、試料は測定まで冷凍保存した。

測定方法

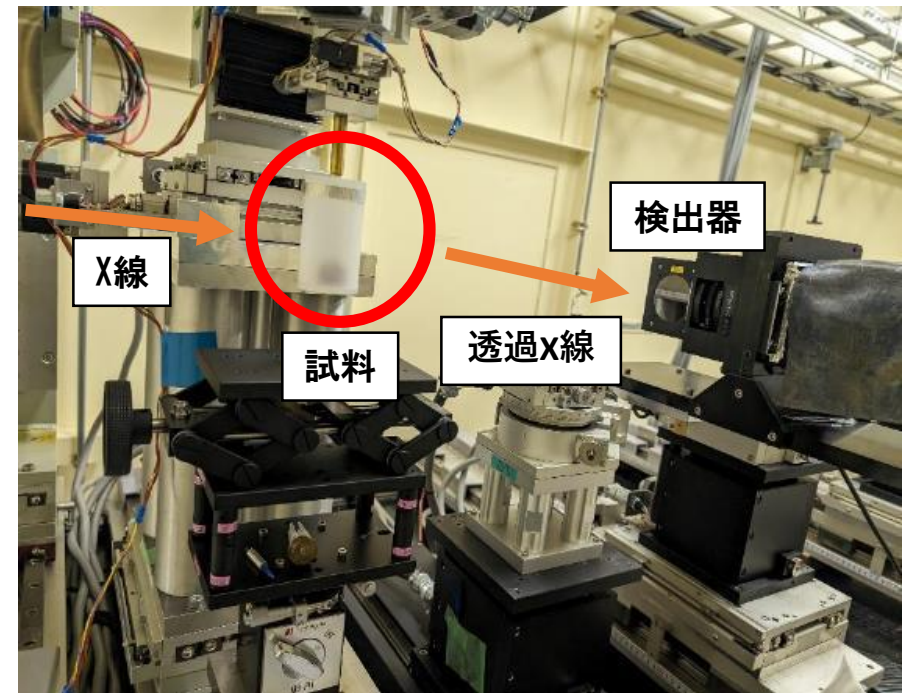
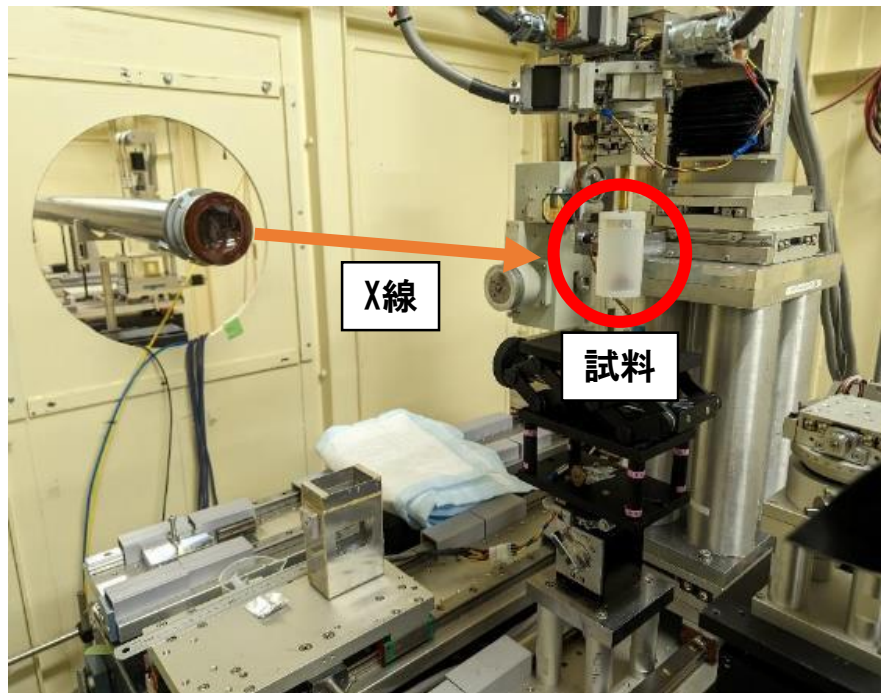
SPring-8 (兵庫県佐用郡) BL20B2でのCT測定



持ち込んだアブラヤシの実は、プラスチック製の筒状の容器に入れて測定した。試料は筒の中にただ置いただけで、特に特別な操作は必要としなかった。



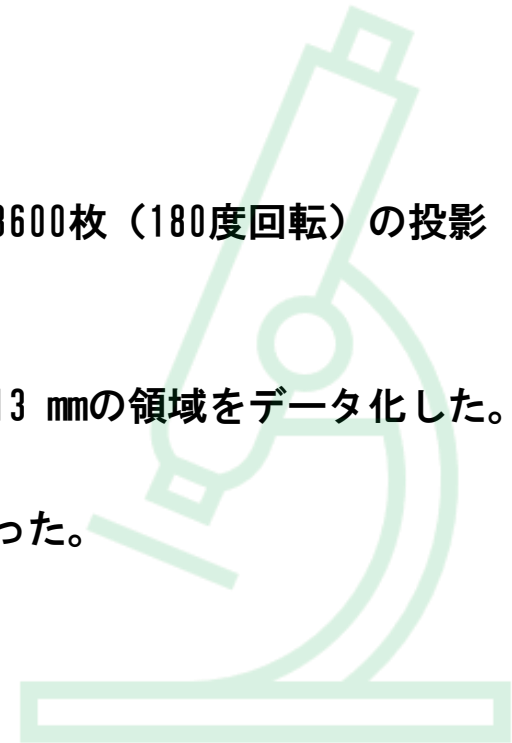
SPring-8 (兵庫県佐用郡) BL20B2でのCT測定



試料を入れた筒に対してX線を照射し、透過したX線を検出器で測定した。

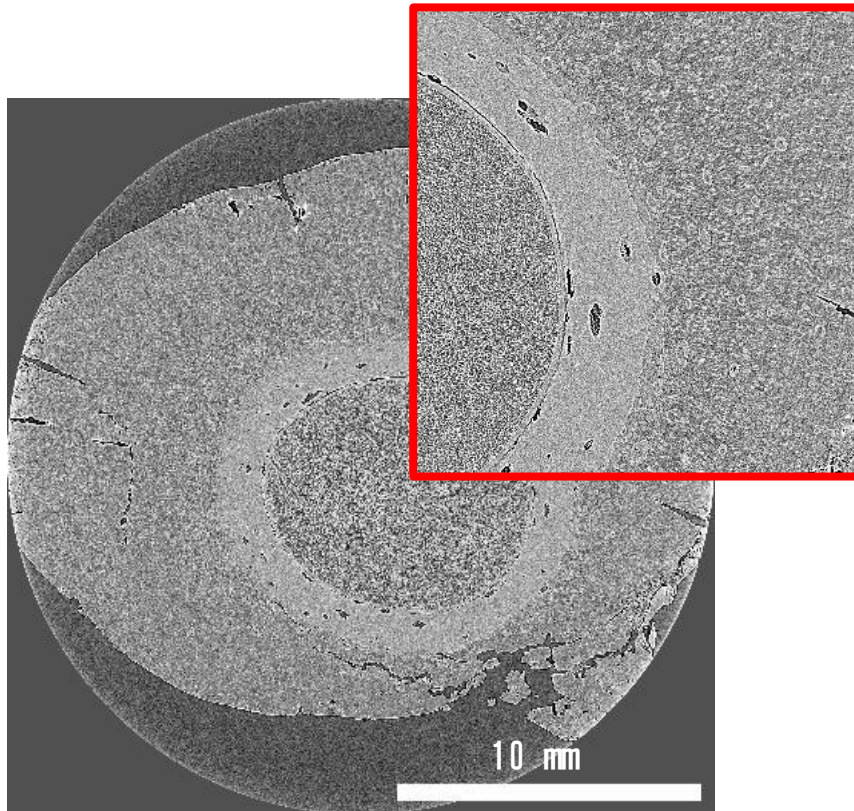
SPring-8 (兵庫県佐用郡) BL20B2でのCT測定

- 干渉計を用いた位相CTの測定を試みたが、アブラヤシの実内部が繊維質だったため測定がうまくいかなかった。そのため、試料と検出器の距離を離して測定し、輪郭を強調した測定法で試料内部の構造を解析することにした。
- 測定には**40 keV**のエネルギーのX線を用いた。
- 試料を0.05度ずつ回転して、1枚当たり2ミリ秒のX線を照射した。合計3600枚（180度回転）の投影像を測定し、その投影像から3次元CT像を再構成した。
- CT像の解像度は5.69 μm /ピクセルで、試料を含む縦23 x 横23 x 高さ13 mmの領域をデータ化した。
- 測定時間は1試料当たり約30分（試料交換、X線照射、3次元再構成）だった。

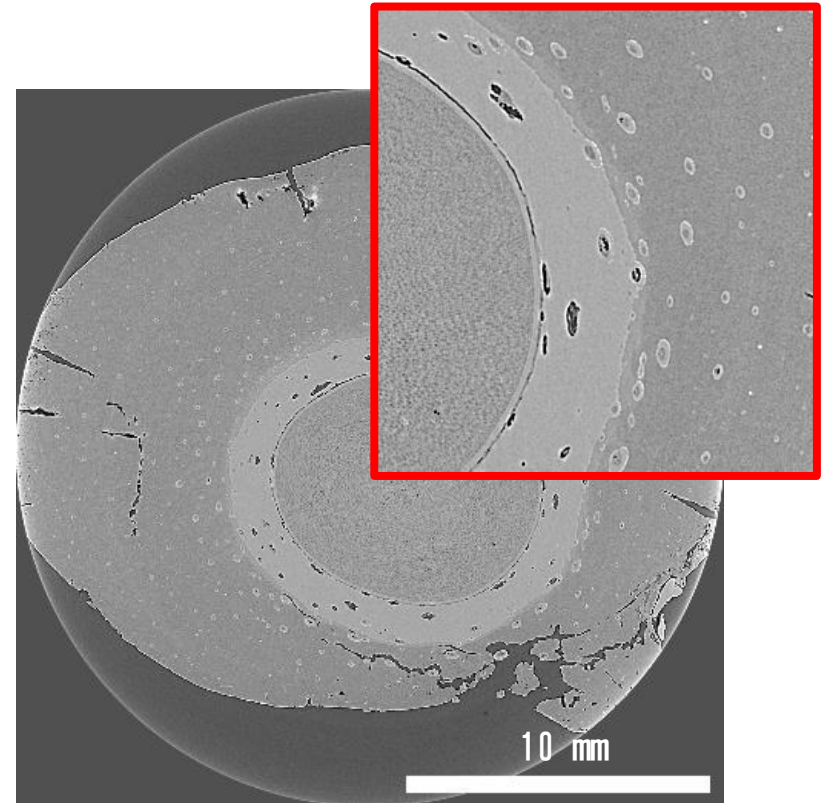


測定結果

アブラヤシの実の断層画像



ブラー処理なし



ブラー処理あり

ImageJでブラー処理（ぼかしを加える処理）を施すことで、アブラヤシの実の組織構造が明瞭になった。

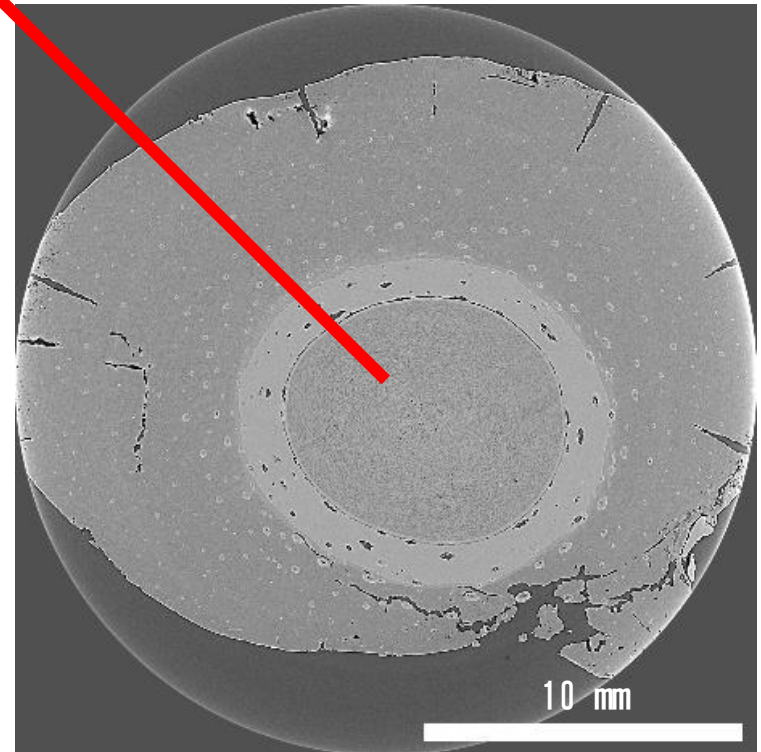
測定結果

アブラヤシの実の断層画像

種子

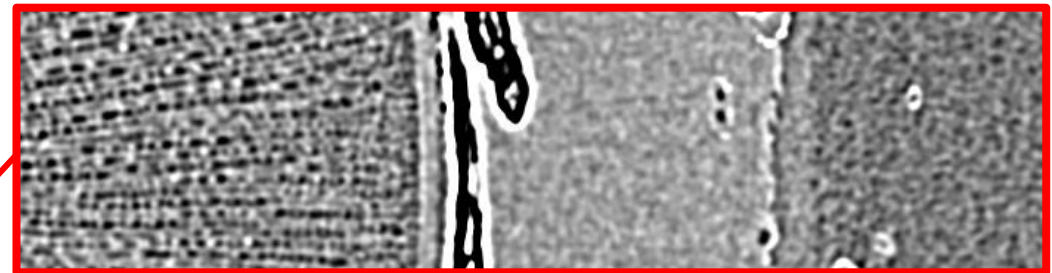
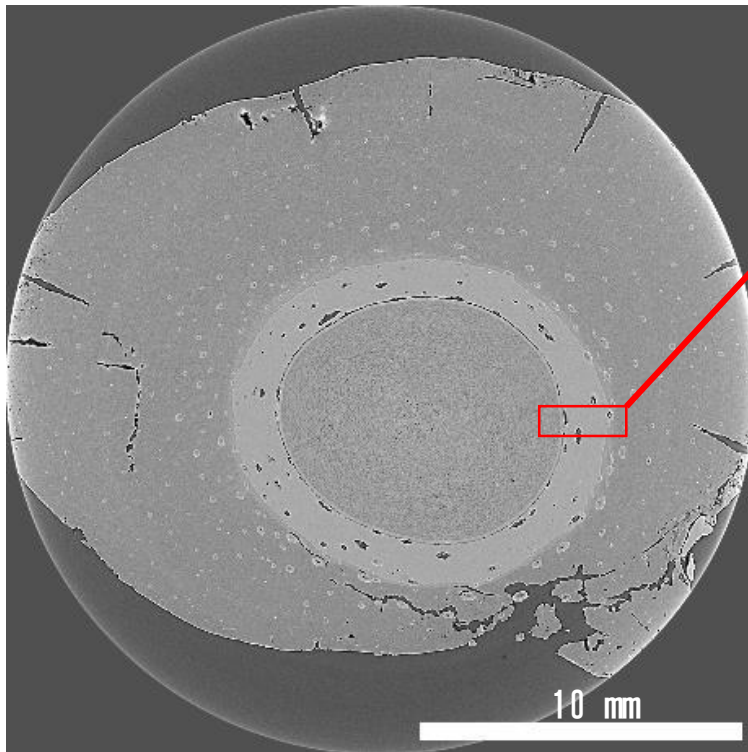


実際に測定した試料の外観



X線CTの断層画像

アブラヤシの実の構造（種子・内果皮）



種子

種皮

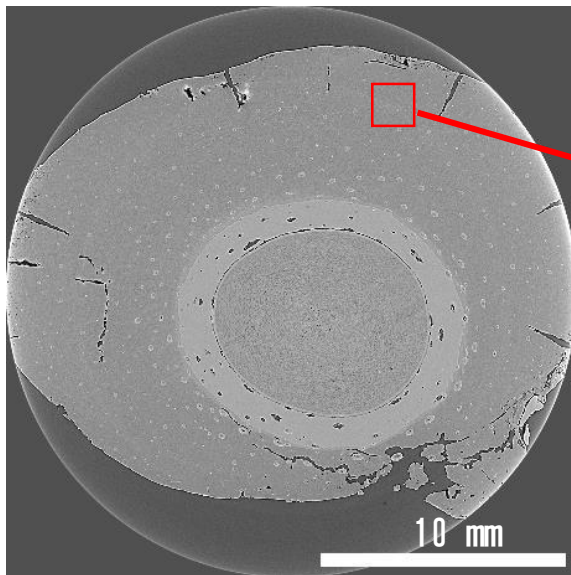
内果皮

中果皮

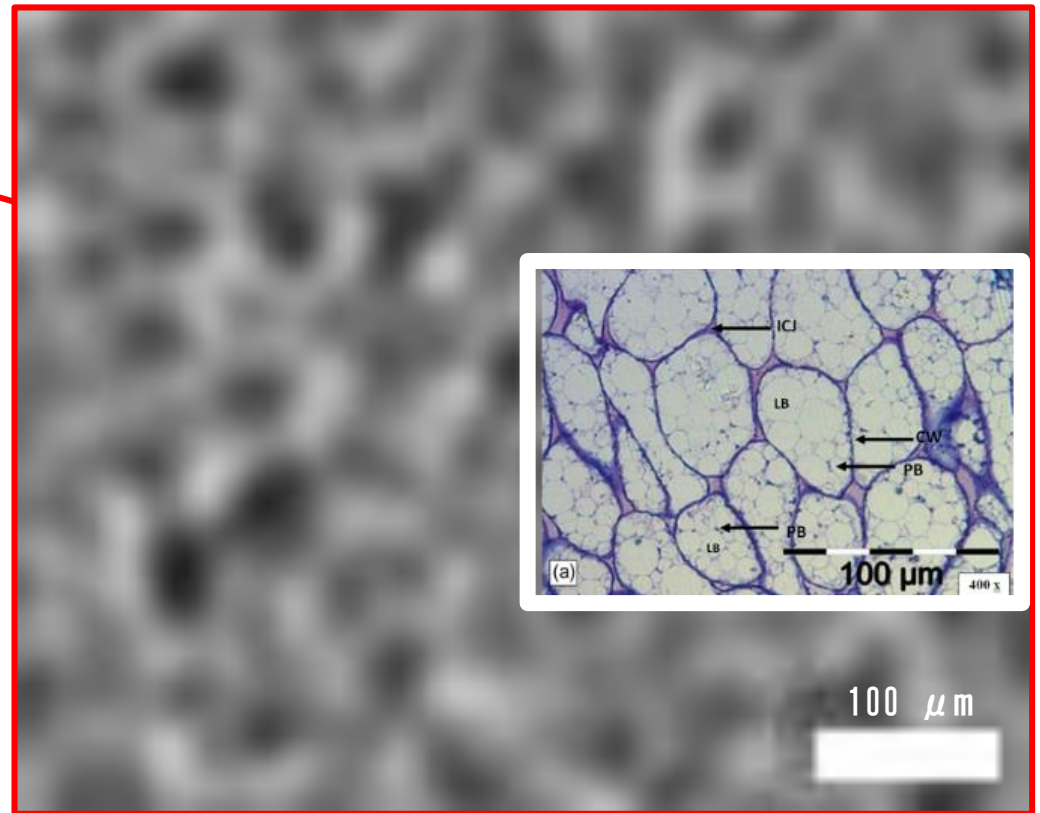
種子と、種子を取り囲む構造（内果皮）の構造が明確にとらえられた。

測定結果

アブラヤシの実の組織構造（中果皮）

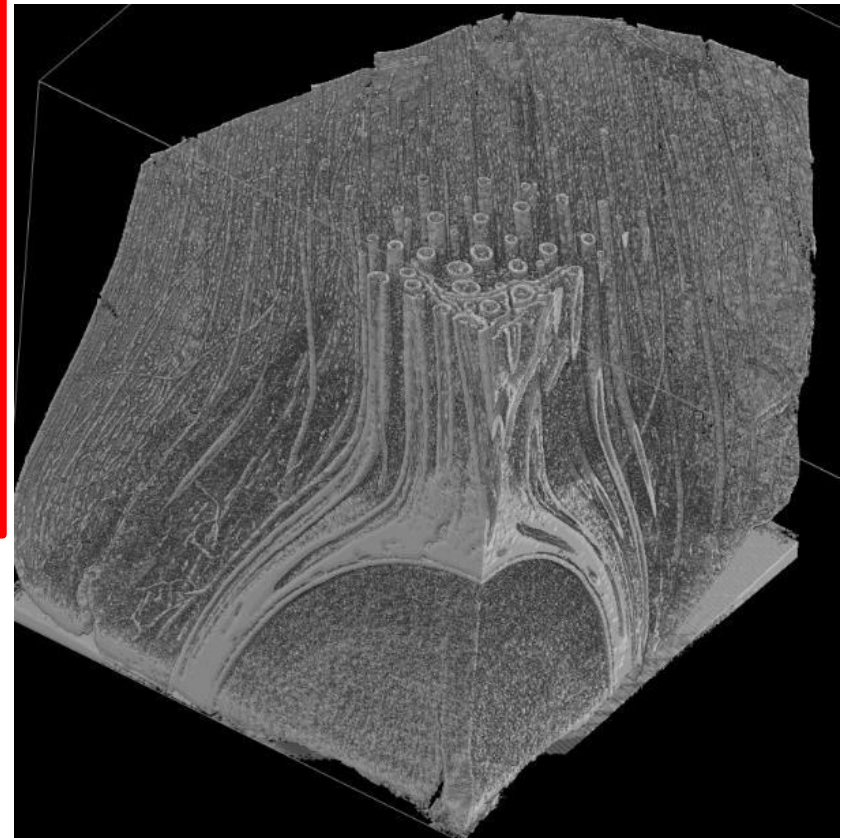
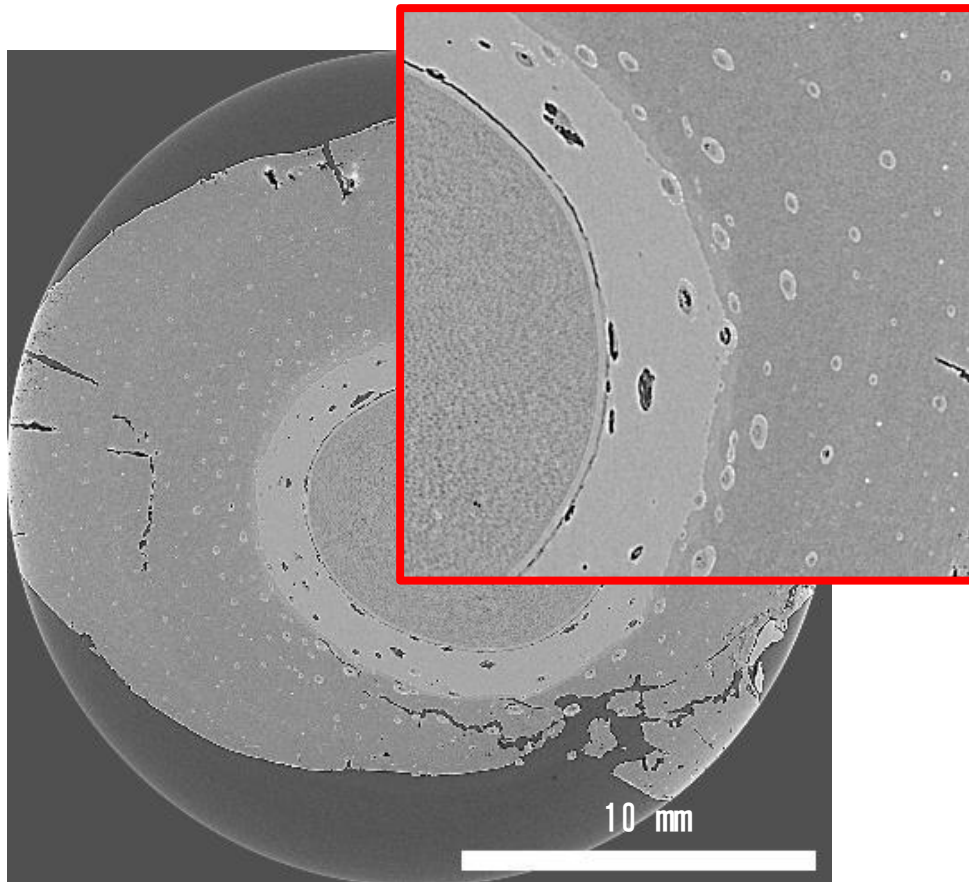


油分はX線が透過しやすいので、CTでは暗く見える。CTでは、内部が暗い構造が見られた。この構造物は顕微鏡で見られた油分を多く含む細胞の大きさと一致していることから、細胞であると考えられる。ただし、解像度が不足しているため、細胞の内部の構造は判別できなかった。



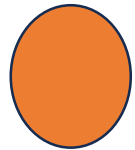
測定結果

アブラヤシの実の立体像



アブラヤシの実内部にある通道組織が可視化された。

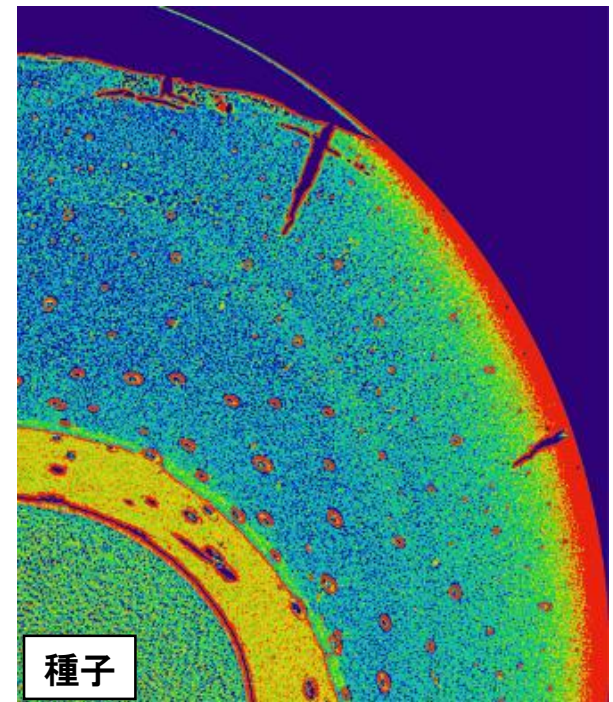
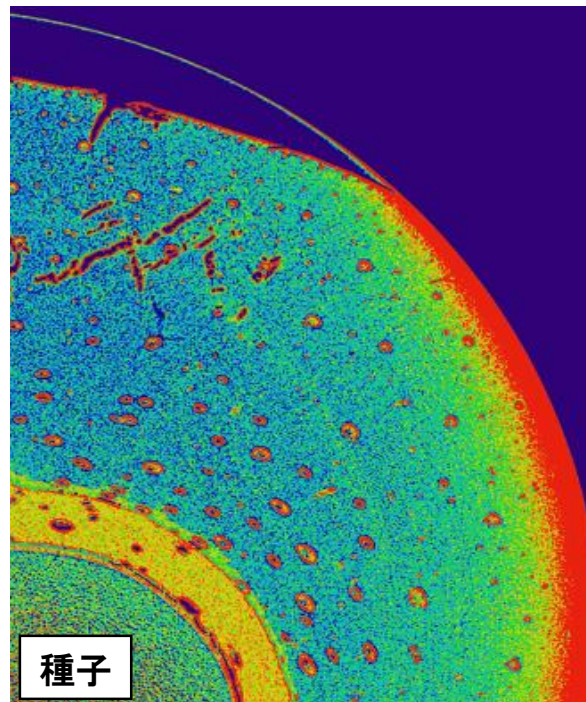
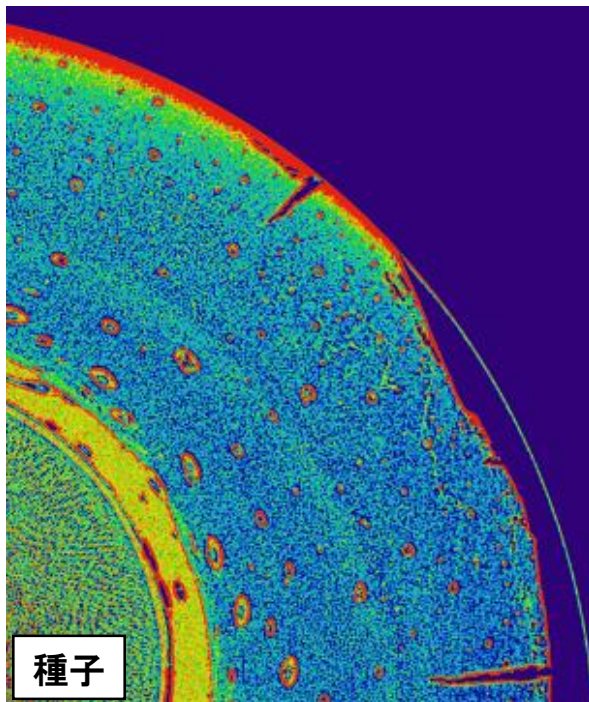
測定結果



実の比較 ①従来栽培(寿命)

X線の吸収量 小  多

* 疑似カラー化することで、組織構造や形状の違いを視覚的に比較



異なる3つの実についてX線CTを測定した。

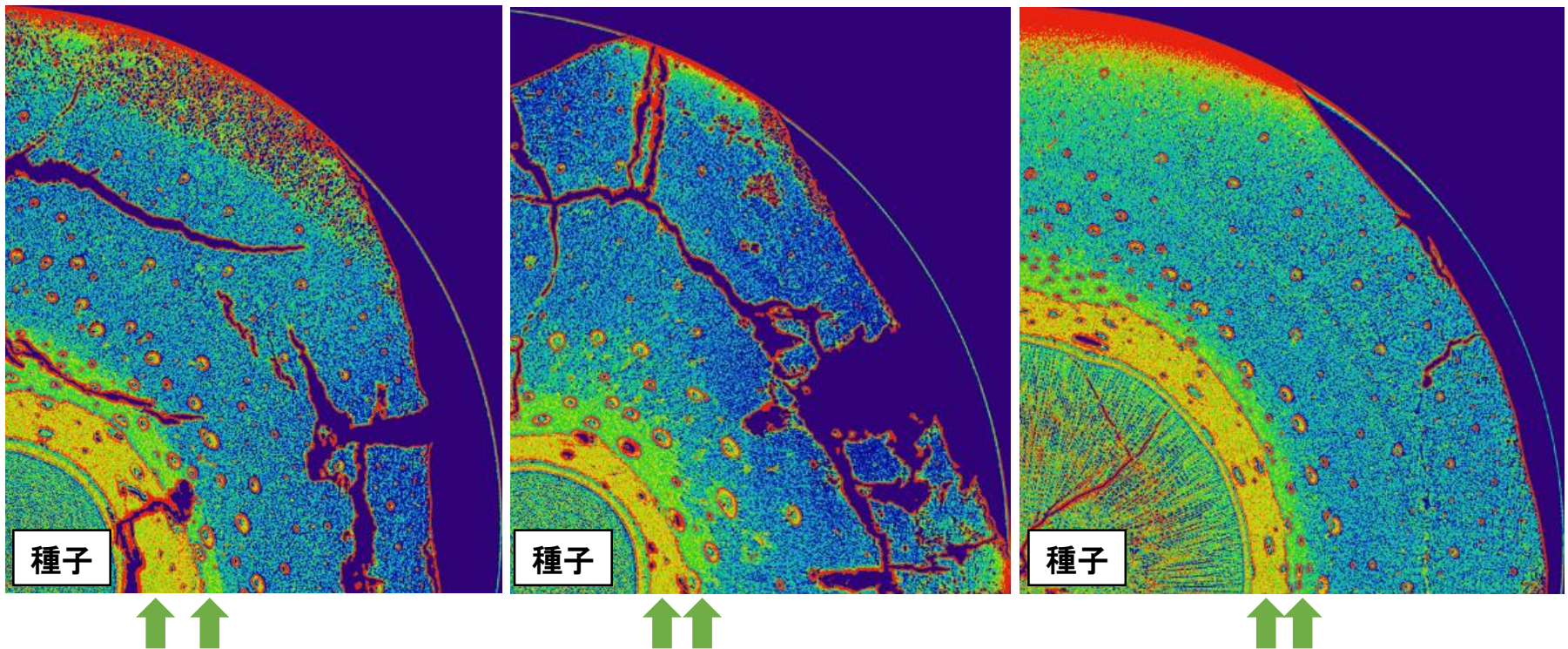
標準品では2層に分かれているように見えた種子を覆う内果皮は、外側の層が薄くなっており、単層に見える。

測定結果

実の比較 ②従来栽培

X線の吸収量 小 多

* 疑似カラー化することで、組織構造や形状の違いを視覚的に比較



異なる3つの実についてX線CTを測定した。

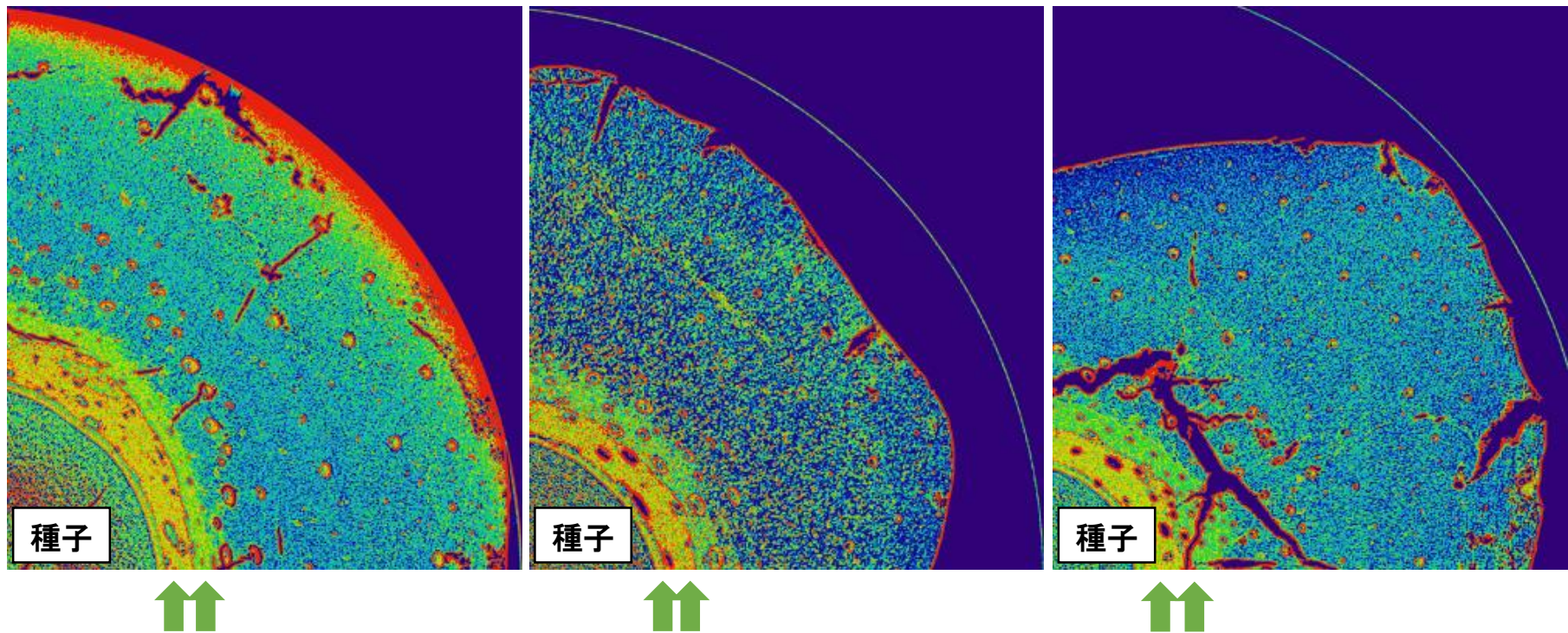
種子を覆う内果皮は、矢印で示した2層に分かれているように見える。

測定結果

実の比較 ③弊社栽培

X線の吸収量 小  多

* 疑似カラー化することで、組織構造や形状の違いを視覚的に比較



異なる3つの実についてX線CTを測定した。種子を覆う内果皮は、従来栽培と同様に2層に分かれているように見える。内果皮が2層になっていることと油の生産性の関係は不明だが、生産性の高い弊社栽培および従来栽培と、生産性が低い従来栽培(寿命)では内部構造に差が見られた。弊社栽培は生育が早いにも関わらず従来栽培のアブラヤシと遜色ない内部構造をしている可能性があり、今後も引き続き検証をしていきたい。

まとめ(今後の課題と期待)

今回の測定を通して、

アブラヤシの実の構造について細胞レベルの大きさを見ることができた。

実の比較をした結果、実の内部構造には何かしらの違いがあるという事が分かった。

弊社栽培、従来栽培、25年経過(寿命)の試料間の違いについては、内果皮の構造に差が見られたが、この構造の違いと油の生産性の関係については不明であり、今後の研究課題である。輸出入の規制等により今回は実の測定となったが、今後、土壌や茎葉、堆肥の測定にチャレンジする上で、本測定は今後の研究に期待が持てる結果となった。

NanoTerasuでは、蛍光X線を用いる際、特に原子番号の小さな軽元素に着目した測定を得意としていることから、NanoTerasuを用いた測定も有効ではないかと期待をしている。

- ・ 20 mmを超える農産物試料について、SPRING-8のBL20B2の装置を用いることでCT測定ができることが分かった。
- ・ より高解像度のCTで、細胞内部の構造を比較することが有効かもしれないが、その場合は測定できる試料の大きさに制限があるため、前処理について検討する必要がある。
- ・ より確度の高いデータとするためには試料の条件をより均一に揃える必要がある。

謝辞

SPring-8/JASRI

星野 真人 様

東北大学大学院農学研究科

牧野 知之 様 原田 昌彦 様

高山 裕貴 様 竹岡 芳成 様

日高 將文 様

申請、測定準備および測定と多岐にわたりご協力とご支援頂きました。

ありがとうございました。