

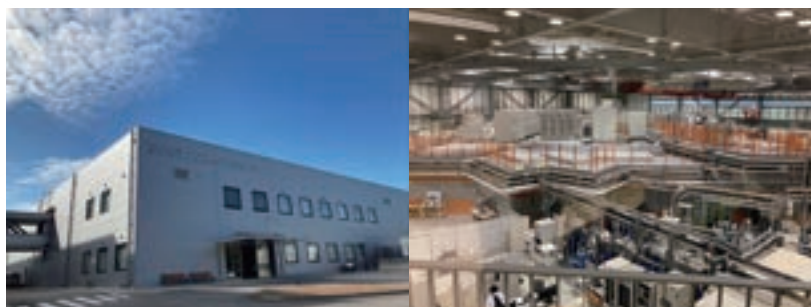
令和2年度 KC みやぎ産学共同研究会企画運営業務（テーマ指定型）

『放射光施設活用による食品・料理のブランド化に向けた科学的根拠（エビデンス）の構築に関する分析・評価』

# 「宮城大学における農業・食産業分野での放射光利用の取組」

現在、次世代放射光施設が宮城県内に建設中で、2024年度に運用が開始される予定です。次世代放射光施設は国内外から学術のみならず産業界での利用が期待されています。一方で、「放射光ってどんなことができるの?」という方も多く、特に農業・食産業分野では分析例が少なく、放射光利用の利点が十分に認知されていません。

そこで、農産物や食品の新たな品質評価手法として放射光に着目し宮城県の食材のブランド化を図ることを目的に、国内の放射光施設の一つである「あいちシンクロトロン光センター」にて放射光を利用し、農産物や食品を用いて測定しましたので、取組を紹介します。



外観

ビームライン全景

あいちシンクロトロン光センター



公立大学法人宮城大学

次世代放射光施設  
(2024年度運用予定)



一般財団法人光科学イノベーションセンター提供

令和3年2月  
発行 公立大学法人宮城大学

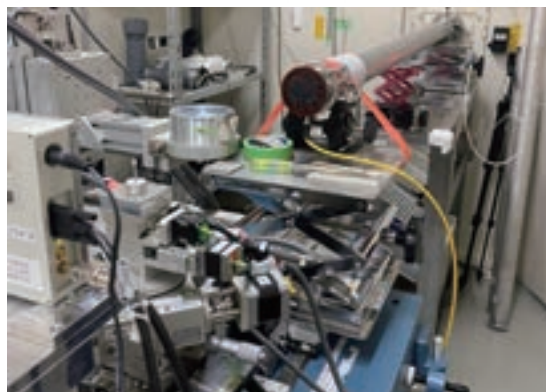
# 「'にこにこベリー' を用いた イチゴの肉質評価法の検討」

測定者 公立大学法人宮城大学食産業学群  
准教授 菊地 郁  
参画企業 株式会社燦燦園

## 測定に用いたビームライン

### “BL8S2 X線トポグラフィ・X線CT”

放射光から発生するX線により解像度の高いX線CT像が観察できます。BL8S2はあいち産業科学技術総合センターに申請することで利用できます。今回は、X線を透過させるためにイチゴをスライスして観察しました。

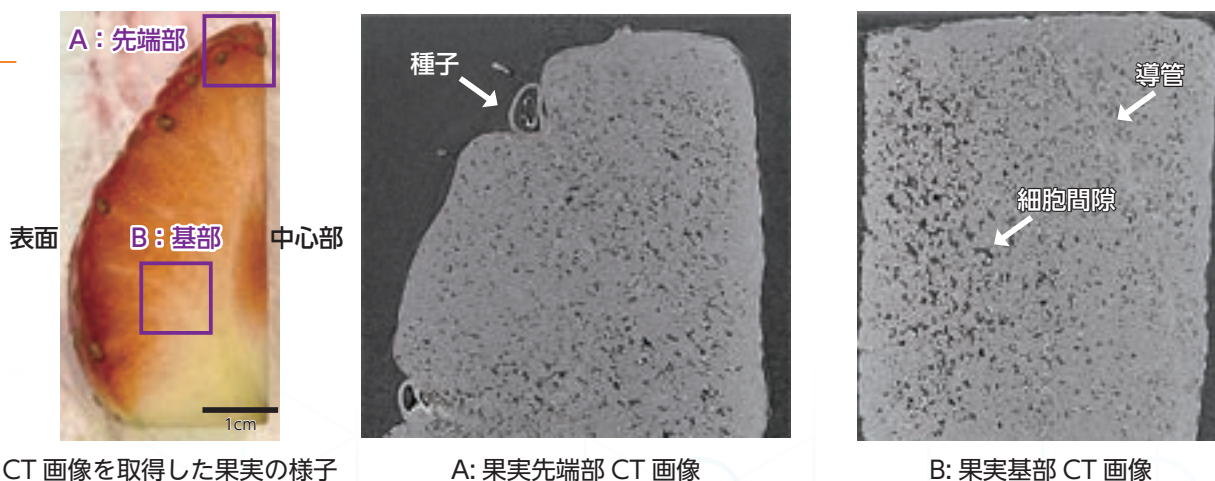


あいち産業科学技術総合センター “BL8S2”

## 試験のねらい

イチゴは宮城県を代表する主要園芸品目であり、「もういっこ」や「にこにこベリー」といった宮城県のオリジナル品種が育成されています。イチゴの美味しさには「甘味」と「肉質」が大きく影響しているとの知見があるものの、「肉質」については評価法が十分に確立していないため、食味による判断が未だ一般的です。そこで、高解像度のX線CTを用いて、「にこにこベリー」の果実内部を撮像し、細胞の大きさや形状、間隙率などを解析することにより「肉質」の定量的評価方法を構築することを目的としました。

## 測定結果



CT画像を取得した果実の様子

A: 果実先端部 CT 画像

B: 果実基部 CT 画像

観察倍率等倍、空間分解能  $10\mu\text{m}$  で果実内部を撮像することに成功し、果実内の細胞の形状、大きさ、細胞間隙の様子が明らかになりました。「にこにこベリー」の細胞は楕円形で、果実の表面や先端部には細胞間隙が多いのに対し、中心部では肥大した細胞が多く細胞密度も高いことがわかりました。現在はこれらの数値化を行うとともに官能試験の結果と比較することで、肉質の評価方法を検討しています。

## これから測定する方へのアドバイス

果実のような水分含有量の高いサンプルは、長時間X線を照射すると細胞が損傷する恐れがあります。照射時間をできるだけ短くできるよう、1回の測定で撮像した部位が視野内に収まるよう厳密にサンプルをセッティングしておくなどの工夫が必要です。

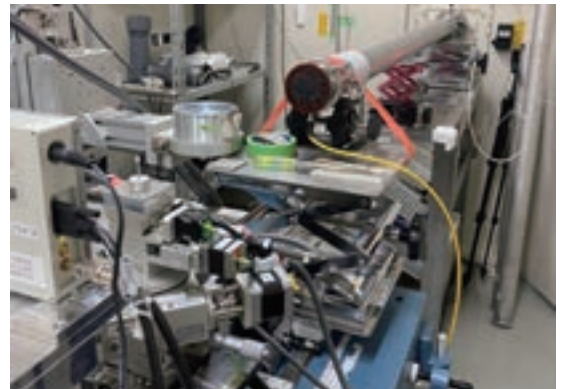
# 「米麴の内部構造」

測定者 公立大学法人宮城大学食産業学群  
教授 金内 誠  
想定企業 県内酒造企業

## 測定に用いたビームライン

### “BL8S2 X線トポグラフィ・X線CT”

放射光から発生するX線により解像度の高いX線CT像が観察できます。BL8S2はあいち産業科学技術総合センターに申請することで利用できます。今回は、試料観察倍率10倍、白色X線にてイメージ分解能 $2\mu\text{m}$ で観察しました。



あいち産業科学技術総合センター “BL8S2”

## 試験のねらい

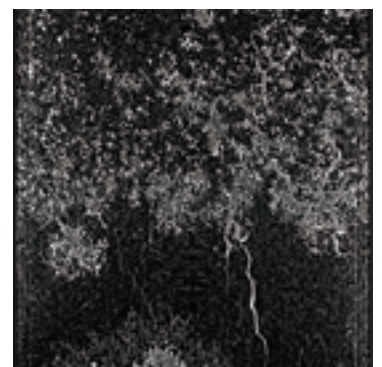
麴は、*Aspergillus oryzae* を穀物上で生育させたもので、発酵食品の酵素剤として使われます。特に日本では、蒸した米に生育させることが多く、菌糸を米粒内部に伸長させることで、アミラーゼやプロテアーゼといった酵素が蓄積します。酵素を多く蓄積させるためには、菌糸の内部への伸長が重要であることが報告されています。特に品質の良い清酒醸造のための米麴は、麴菌の菌糸を米内部に伸長させる「破精込み」が重要です。

そこで、麴菌の菌糸の伸長を促進させる要因を明らかにするために、品種の異なる米や性質の異なる麴菌で製麴し、その破精込みを観察することで、その要因について明らかにし、品質の良い清酒の醸造や麴を使う味噌などの製品の品質向上につなげることを目的としました。

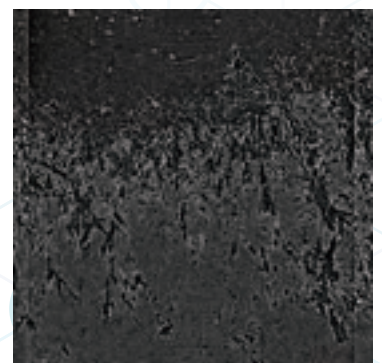
## 測定結果

菌糸は、米構造の細胞壁に沿って伸長（破精込み）することが明らかとなり、菌糸の先端では麴菌の酵素によって、分解され、空壁が生じていました。この空壁の生じ方は、酒造好適米の品種によって異なることが明らかとなりました。

これらのことにより、菌糸の伸長が、細胞壁と細胞壁をつなぐペクチンなどの多糖質の量や麴菌の分解能に深く関係することが示唆されました。破精込みが強い麴菌の育種のためには、細胞壁間物質の分解酵素の活性が強いことが重要であると考えられました。さらに、米の品種では、これらの細胞壁間物質の量と菌糸の破精込みとの関係を明らかにする必要があります。



「吟のいろは」のX線CT画像



「蔵の華」のX線CT画像

## これから測定する方へのアドバイス

観察する際は脱水が必要になります。しかし、米などの穀物では乾燥しすぎると、割れる可能性があり、見極めが重要です。また、観察しやすいサンプルの選択も必要です。

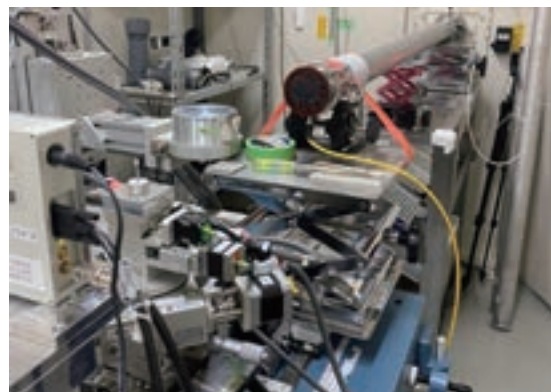
# 「炊飯米の品質評価」

測定者 公立大学法人宮城大学食産業学群  
教授 石川 伸一  
参画企業 アイリスオーヤマ株式会社

## 測定に用いたビームライン

### “BL8S2 X線トポグラフィ・X線CT”

放射光から発生するX線により解像度の高いX線CT像が観察できます。BL8S2はあいち産業科学技術総合センターに申請することで利用できます。今回は、炊飯米をUVレジンにて固定し、水分を蒸発させずに観察しました。



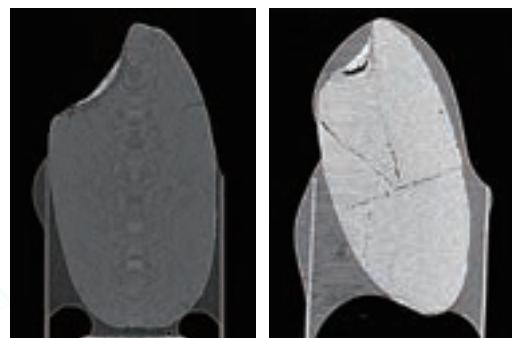
あいち産業科学技術総合センター “BL8S2”

## 試験のねらい

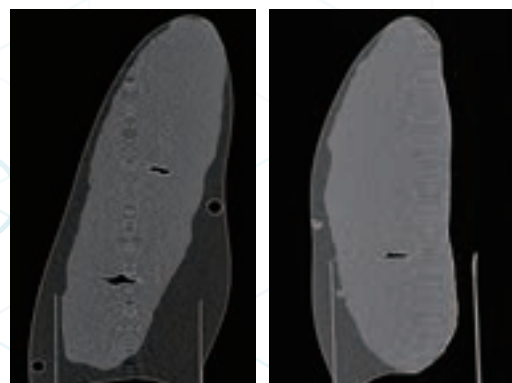
新しい米の品種、新しい炊飯器が頻繁に登場していますが、日本人の「より美味しいご飯を食べたい」という欲求は根強く存在します。一般的に炊飯米の美味しさには、そのツヤといった見た目、風味、食感などが関係しますが、これまでの米の食味試験結果から、粘りや硬さなどの物理的な特性が美味しさの7割を占め、残りの3割が光沢などの外観、香り、甘味やうま味などであることが報告されています。主食は、毎日食べるため、飽きないことがとても重要であり、その点でも、米の美味しさに粘りや弾力などのテクスチャーの役割が大きいと言えます。炊飯米の美味しさであるテクスチャーを考える上で、米粒内の分子構造を理解しておくことが重要ですが、これまで十分に調べられているとは言えません。そこで、炊飯米の内部構造を高解像度のX線CTで観察し、ごはんの美味しさと飽きない科学的理由について明らかにすることを目的としました。

## 測定結果

生米と炊飯米のX線CT画像を複数取得しました。その結果、生米には大きな亀裂、炊飯米には空洞などが観察されました。この亀裂や空洞の大きさ・数は、試料の調整条件によって異なり、米のこれまで見えなかった部分が今回の実験で可視化されたと言えます。現在、炊飯米中の空隙率などを計算しており、米の内部構造と美味しさとの関係について検討しています。



生米のX線CT画像



炊飯米のX線CT画像

## これから測定する方へのアドバイス

解像度の高いX線CTを使用するより、食品内の微細な構造を3次元で正確に捉えることができます。将来、美味しい食品の解明、新しい食の開発等につなげることができるかと期待されます。

# 「高アルファ化米粉の非晶性評価」

測定者 公立大学法人宮城大学地域連携センター兼食産業学群  
准教授 庄子 真樹  
参画企業 株式会社はつらつ

## 測定に用いたビームライン

### “BL8S3 広角・小角X線散乱”

X線散乱法により、分子薄膜や繊維など、主に有機・高分子材料の構造を解析します。高分子の結晶構造を把握できるため、食品では、デンプンの状態であるアルファ化（糊化）やベータ化（老化）を評価できます。



あいちシンクロトロン光センター “BL8S3”

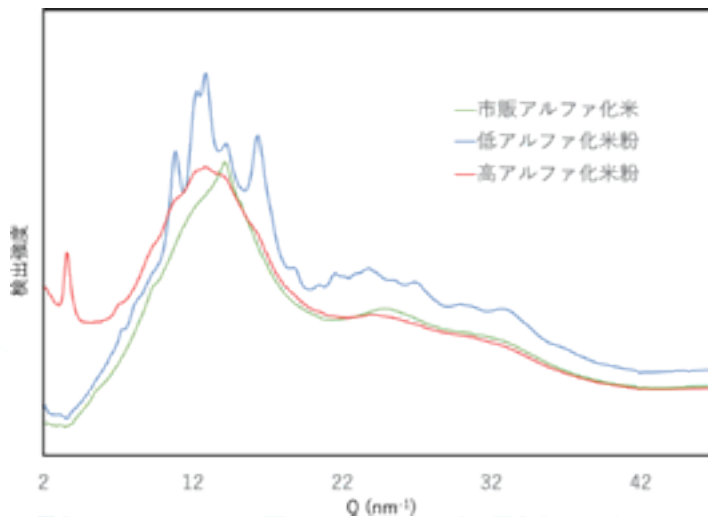
## 試験のねらい

嚥下困難な方に向けた食品には「とろみ食」があり、デンプンや増粘多糖類でとろみを付与します。株式会社はつらつでは、米を粉砕すると同時にアルファ化させる技術を有しており、アルファ化の優れた米粉を製造しています。高アルファ化領域では、一般的なX線回折では結晶ピークが検出されないことから、「どの程度アルファ化しているか？」を知ることが困難でした。

そこで、放射光を用いた広角X線測定により、高アルファ化米粉の製品による非晶性（アルファ化度）の違いを明らかにすることを目的としました。

## 測定結果

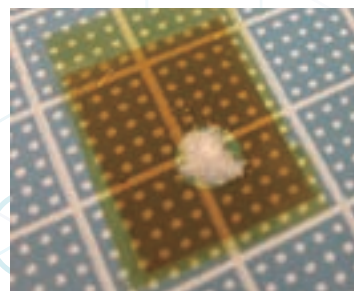
粉砕時の加熱条件の異なる2種のアルファ化米粉と市販のアルファ化米を粉にしたものを測定した結果、比較的アルファ化度が低い「低アルファ化米粉」と市販アルファ化米ではピークが観察され、高アルファ化条件で調製した「高アルファ化米粉」ではピークが観察されませんでした。放射光を用いることで、非晶領域におけるアルファ化の程度を高感度に把握できたことから、とろみ食品に用いるアルファ化米粉の開発に活用できることがわかりました。



米粉の広角X線散乱ピーク

## これから測定する方へのアドバイス

試料調製は、カプトン両面テープに穴を開けて適量の試料を置いた後に、カプトンフィルムにて両面を密閉します。事前に調製することが可能で、当日の測定が楽になります。



カプトン両面テープにより調製

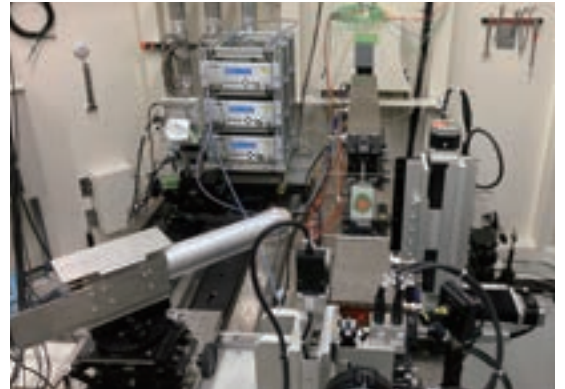
# 「イチゴ葉に局在するカルシウムの可視化」

測定者 公立大学法人宮城大学食産業学群  
准教授 菊地 郁  
参画企業 株式会社燦燦園

## 測定に用いたビームライン

### “BL11S2 硬 X 線 XAFS”

硬 X 線 XAFS は、軽元素を除く無機分析に適しています。今回は、放射光を試料に当てて生じる蛍光を検出して、元素のマッピングを行いました。



あいちシンクロトロン光センター “BL11S2”

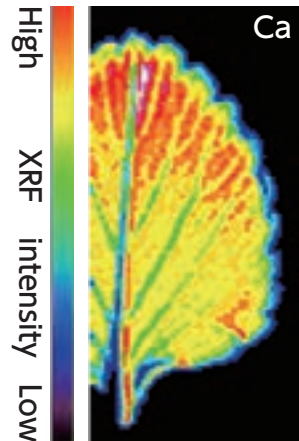
## 試験のねらい

イチゴでは、<sup>ようえん</sup>葉縁や<sup>がくへん</sup>萼片の先端が焼けたように褐変枯死する「チップバーン」という生理障害が知られています。チップバーンはカルシウム欠乏によって引き起こされることが明らかになっており、葉面積の減少や奇形果の増加につながることから問題となっています。そこで、葉におけるカルシウムの局在性を観察することで、チップバーンの抑制に寄与する知見を得ることを目的としました。

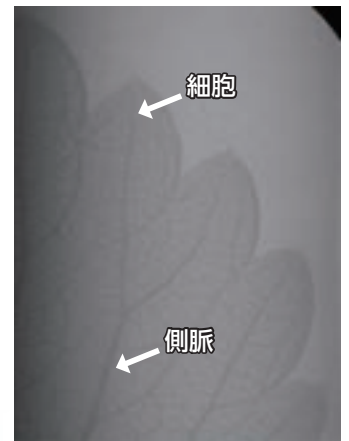
## 測定結果



測定した葉の様子



μ 蛍光 X 線画像



X 線 CT 画像

X 線蛍光分析 (XRF) によってカルシウムをマッピングしたところ、カルシウムは葉の先端部に多く局在し、<sup>ようへい</sup>葉柄基部側には少ないことが明らかとなりました。カルシウムは蒸散流によって導管を通じて運ばれるため、主脈や側脈の終点である葉の先端部に集積しやすいと考えられます。カルシウムは師管での再移動はほとんどしないことが報告されており、移動は一方通行であることから、カルシウムが先端部に移行できないような条件がチップバーンの発生につながると考えられます。

## これから測定する方へのアドバイス

試料に凹凸がある場合は、発生する蛍光 X 線を正確にマッピングできていない可能性があります。試料の向きや検出器の位置を変えるなどして、凹凸がマッピングに影響していないか、測定する前に確認が必要です。