

油糧用米ぬか内部の 非破壊ミクロ構造観察と 搾油効率評価への 応用可能性

三和油脂(株)

R&Dセンター課長 遠藤修二郎

<https://sanwa-yushi.co.jp/>



三和油脂株式会社(山形県天童市)

会社情報

About us

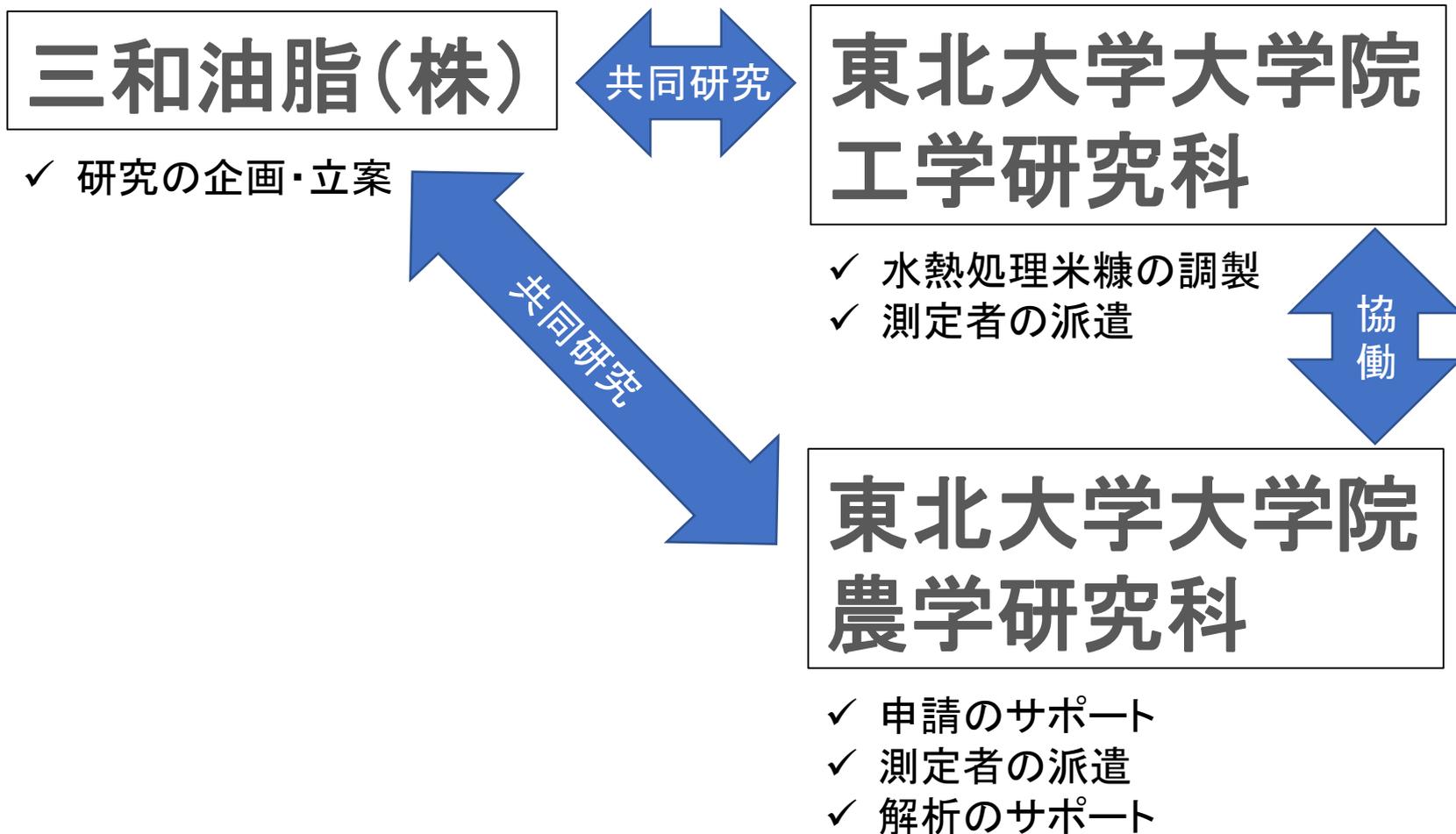
安全、安心、おいしいをこれからも

私たちは、毎日の健康の基本は足元の食材から築かれると信じております。また、みなさまが安全で安心なおいしい食物で健康に生活されることを願っております。

このような想いでこめ油をみなさまにお届けして70年になりました。そして、これからもみなさまのご要望にお応えして、安全・安心・おいしい健康の源を製造してまいります。

実施体制

本事業は、東北大学大学院農学研究科および工学研究科の共同研究として実施しました。



こめ油の優れた栄養素



心臓障害を防ぐ善玉コレステロールの値はそのままに、悪玉コレステロールの値を低下させる働きがあるとわれています。

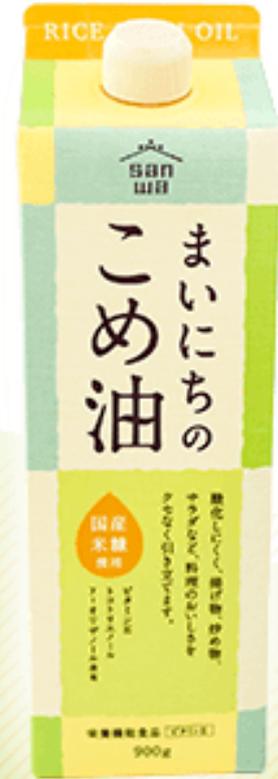


血中コレステロール値を低下させ血管の硬化を防止する働きがあるとされています。



抗酸化作用により体内の脂質を酸化から守り、細胞の健康維持を助ける栄養素です。

現代の日本人が摂取するビタミンEの約30%は植物油から。良質なビタミンEはこめ油から摂るのがおすすめです。



ビタミンEの一種で、圧倒的に抗酸化力が高いのが特徴。別名スーパービタミンEとも呼ばれています。



コレステロールの吸収を阻害する作用がある成分といわれています。こめ油には他の油に比べ多くの植物ステロールが入っています。



こめ油特有の栄養素で更年期障害、胃腸神経症などの改善に効果があるといわれます。複雑な現代社会人に欠かせない栄養素です。



食用油、栄養食品、機能性油として市場は大きく拡大中



一般的な米油抽出方法

	メリット	デメリット
ヘキサン抽出法	100%近くの収率で脂質を回収できる	<ul style="list-style-type: none">高温での抽出により様々な脂溶性成分が抽出される為特定の成分を集めることが難しい。溶媒残存の危険性

三和油脂の米油抽出方法

三和油脂は、残存溶媒の危険性のない機械圧搾法で製造しています。

	メリット	デメリット
機械圧搾法	<ul style="list-style-type: none">熱をかける時間が少なく脂質の劣化を抑制。溶媒の危険性がない。	<ul style="list-style-type: none">収率が30%程度と低い*

* 機械圧搾で製造されている米油は国内生産量の1%以下(年間数十トン未満)

安全性・高い収率を兼ね備えた 米油抽出技術の研究開発

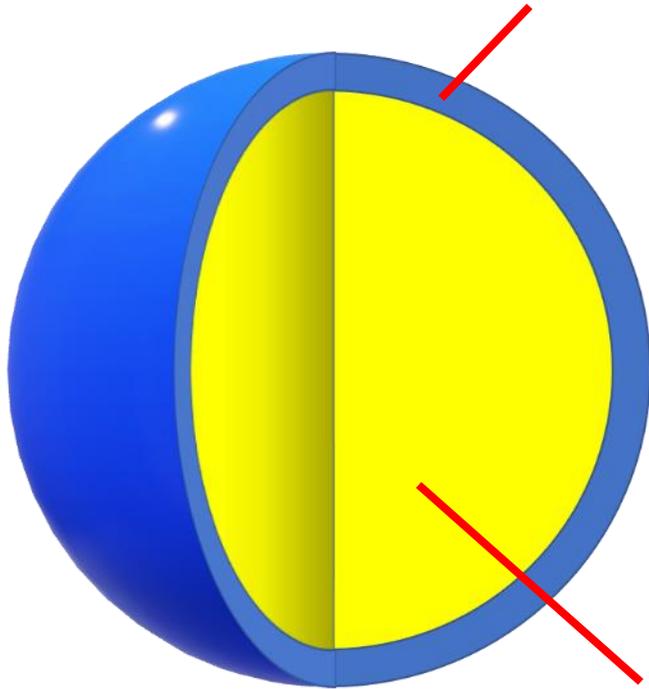
安全な機械圧搾法によって
米ぬかの全油分から抽出できる油分を
従来の30% → 75%以上
を目指しています。

東北大学大学院工学研究科・農学研究科との共同研究を実施

「自然溶媒米油抽出プロセス」の装置化・パッケージ化

[仮説]オイルボディのせいで収率が低い？

タンパク質(オレオシン)



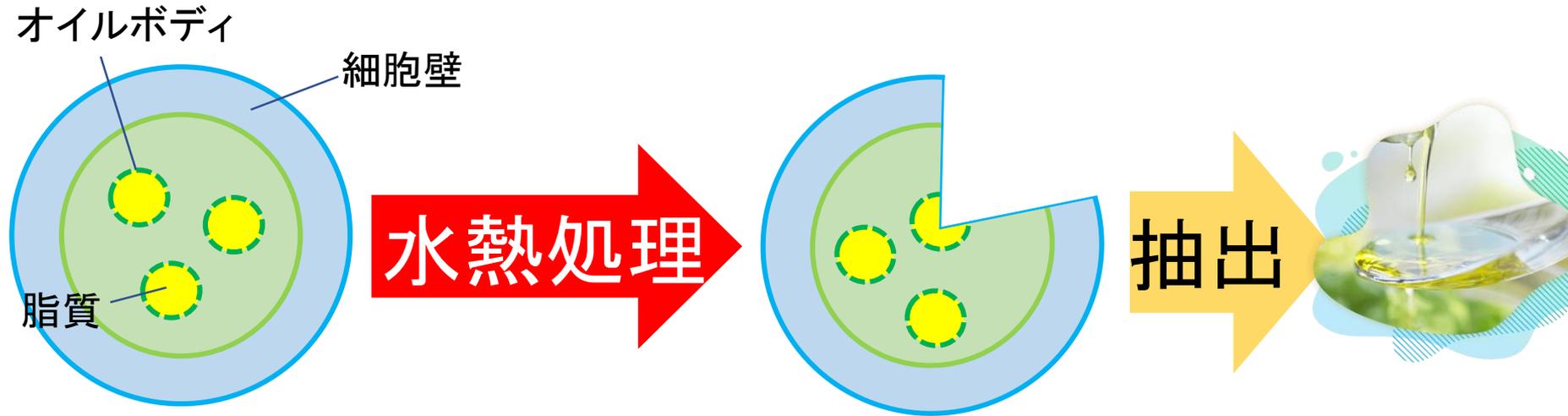
脂質(油分)

オイルボディの模式図

植物の種類によって大きさが異なるが
米ぬかのオイルボディの大きさは数ミクロン

オイルボディとは

- 植物の細胞の中に含まれる油分の存在形態。
- 脂質(油分)がタンパク質(オレオシン)に覆われている。
- **きわめて硬く、破壊が困難。**



水と米ぬかを一定の比率で混合し、
加熱(120~140度20分間)処理

- ✓ 水熱前処理をすることで圧搾率・抽出率は向上するのか？
- ✓ 水熱前処理でオイルボディは破壊されるのか？



未処理の米ぬか

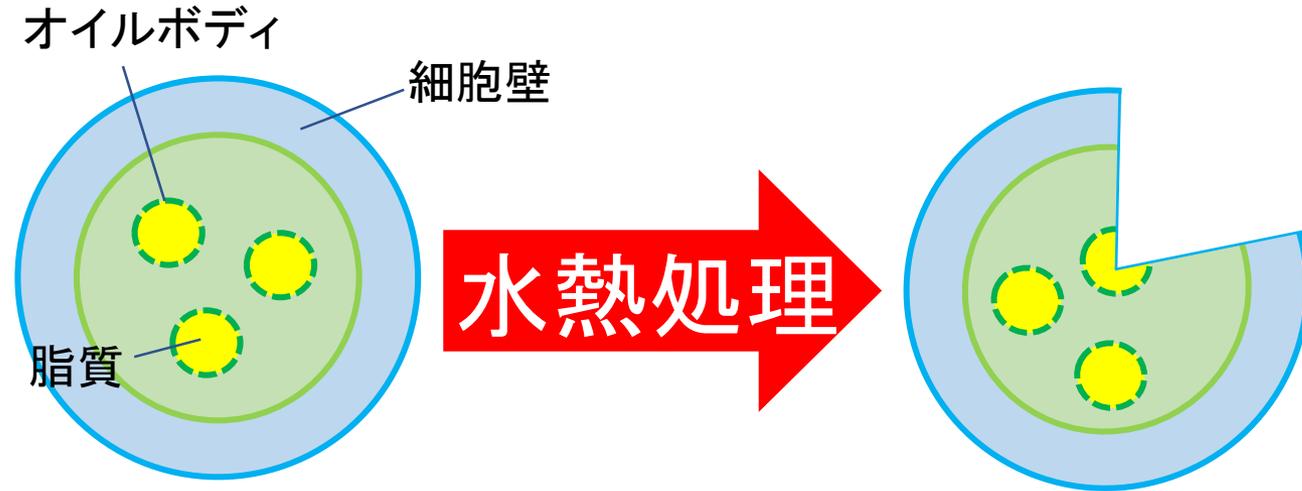


水熱前処理後の米ぬか

米ぬかと水の割合	収率
水熱前処理なし	30%
1:10	35%
2:5	45%

水熱前処理で収率が1.5倍に向上した。

[先行研究の課題] オイルボディは本当に壊れた？ 9



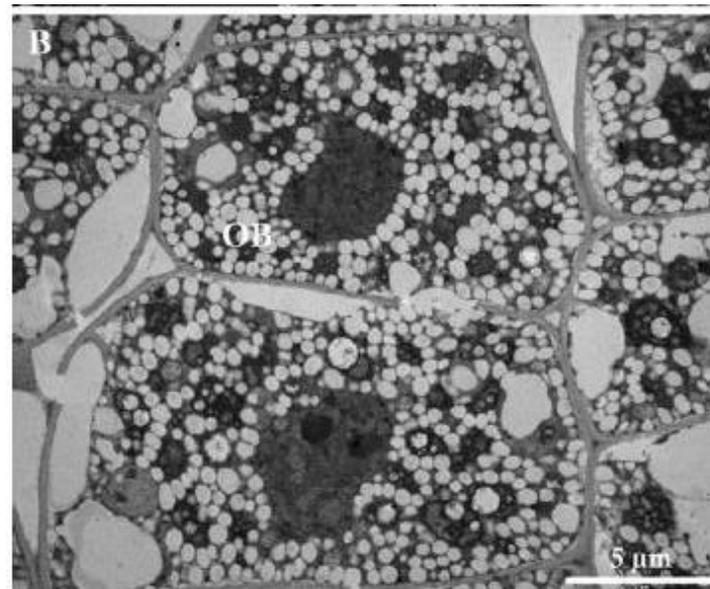
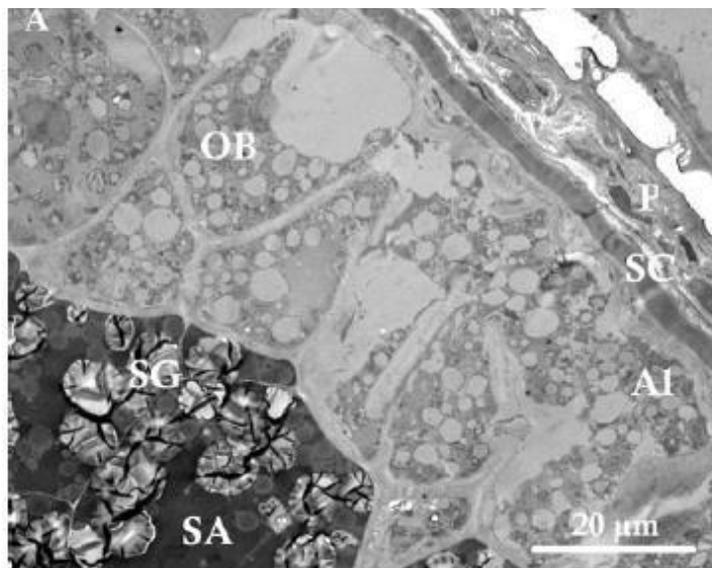
水熱前処理で収率は向上したけれど・・・

- 水熱前処理でオイルボディは本当に壊れたのか？
- 収率をさらに上げるためには、もっと強い水熱処理をかければよいのか？

検証するためには、オイルボディを直接観察したい！

J Am Oil Chem Soc (2012) 89:1867–1872

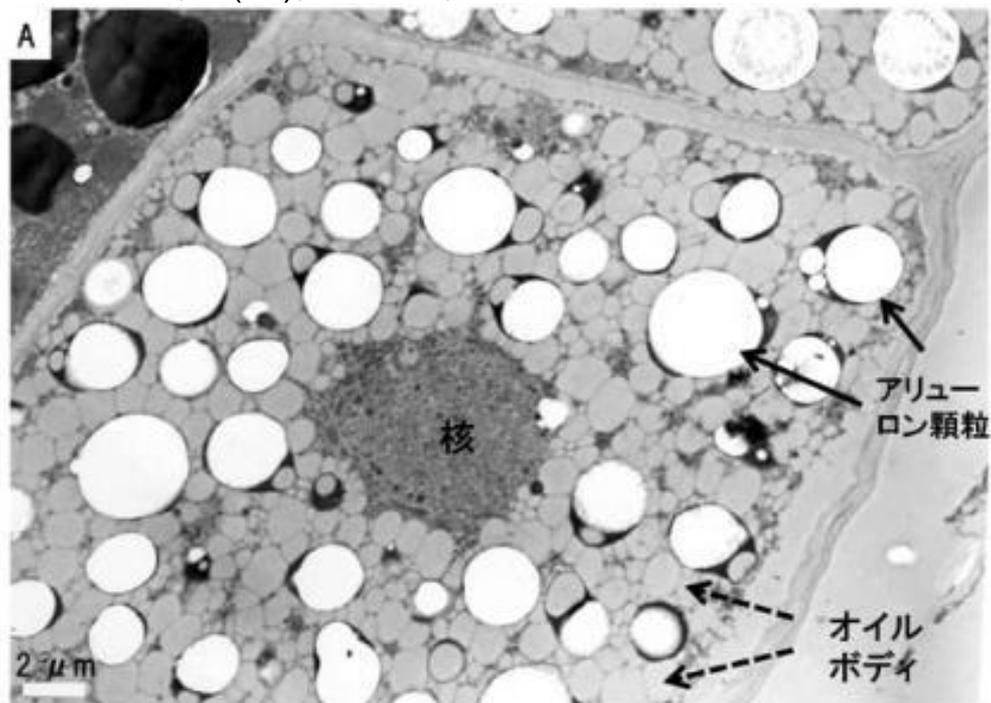
DOI 10.1007/s11746-012-2078-y



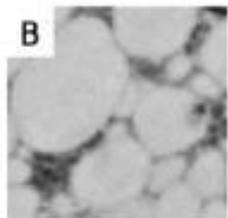
米ぬかの透過電子顕微鏡(TEM)写真。OBがオイルボディ。

- 米のオイルボディはTEMにより観察が可能
- 特殊な技術による超薄切片の作成が不可欠
- オイルボディの破壊が切片作成でのものか、水熱前処理で生じたものかを区別することができない

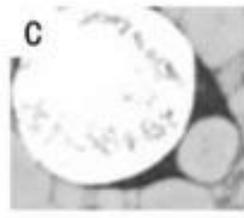
食品と容器,51(10),592-599,2010.10



✓ アリューロン顆粒とオイルボディが類似しているため、オイルボディを観察する際には区別する必要がある。



オイルボディ
(脂質)



アリューロン顆粒
(フィチン酸、
ミネラル)

米ぬかの透過電子顕微鏡(TEM)写真。

オイルボディを観察するために求めること

数ミクロンの大きさのオイルボディを評価するためには、ナノメートルオーダーの解像度が必要。

サンプル調製による影響を排除するため、非破壊で測定したい。

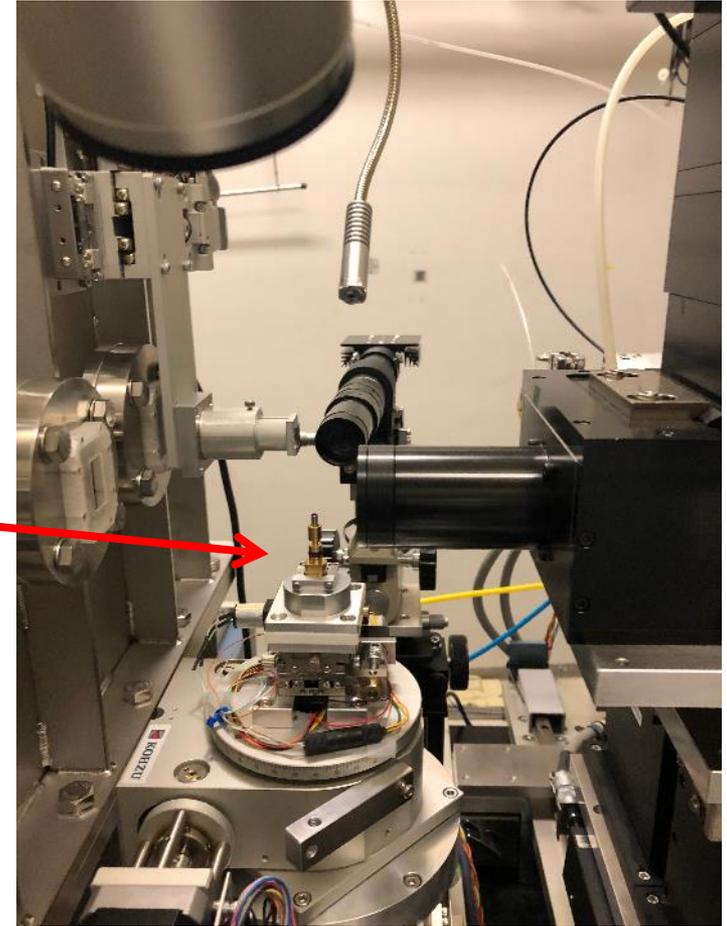
様々な処理条件を施したサンプルを測定して評価したい。

SPring-8のBL47XUの高解像度の放射光X線CTで、米ぬかの内部を非破壊で観察する。

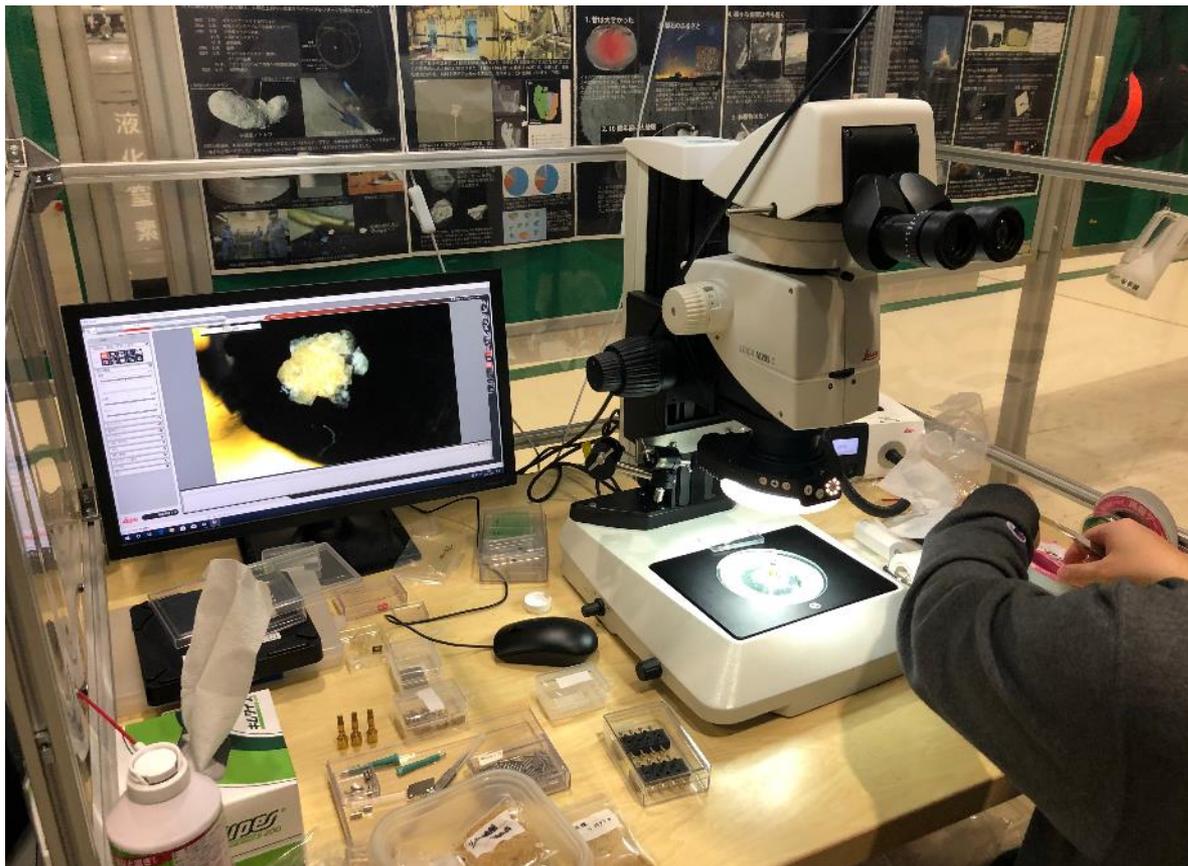


SPring-8のBL47XU

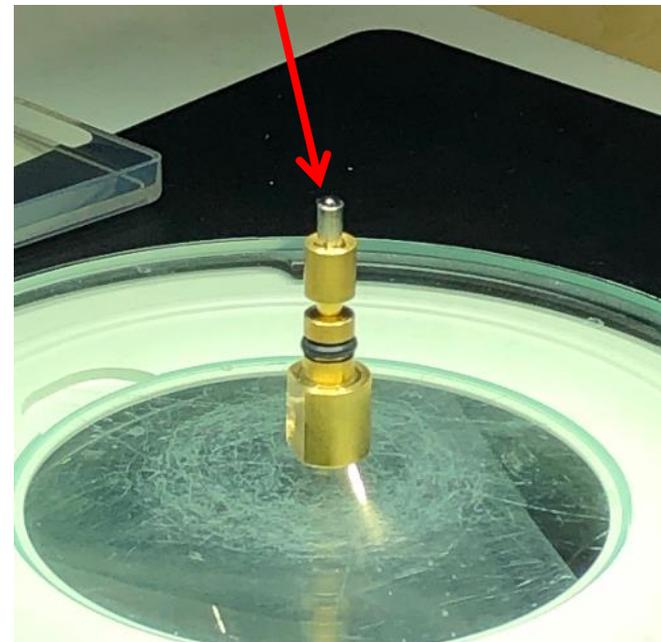
測定台



BL47XUの測定台



ここに米ぬかの粒
(0.1~1 mm)をのせた



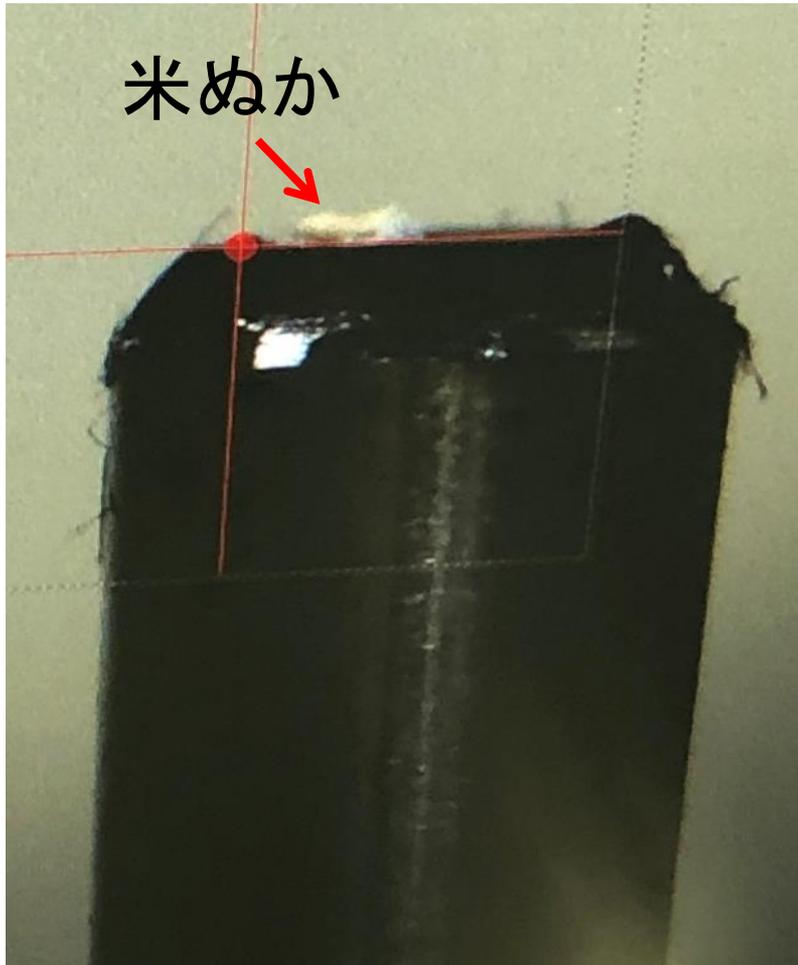
サンプルホルダー

- 未処理・処理サンプル合計6種類
- 光学顕微鏡で選別(粒径0.1~1 mmのサンプルを選別)
- サンプルホルダー先端のカーボンテープに装着
- 測定室の所定の場所にサンプルホルダーを設置

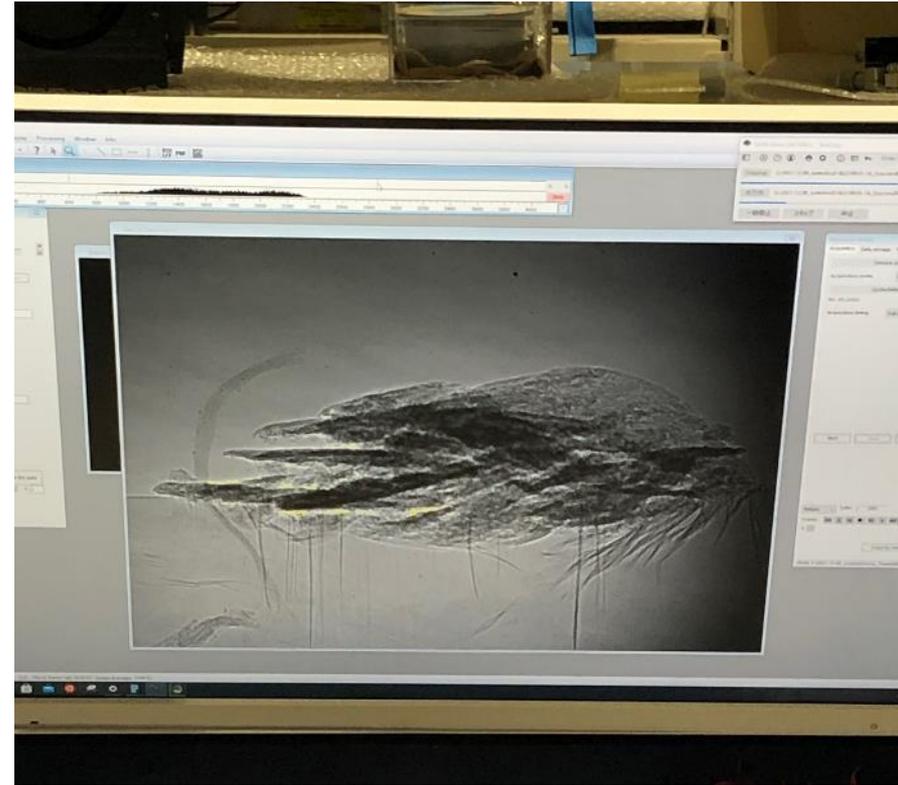


測定はハッチ外のコンピューターでコントロール

- 測定エネルギー: 15 keV
- 測定時間: 1サンプルあたり20~30分
- サンプルの大きさ: 0.1~1 mm
- 解像度: 384 nm/px
- 測定温度: 室温(20°C)
- 大気圧で測定



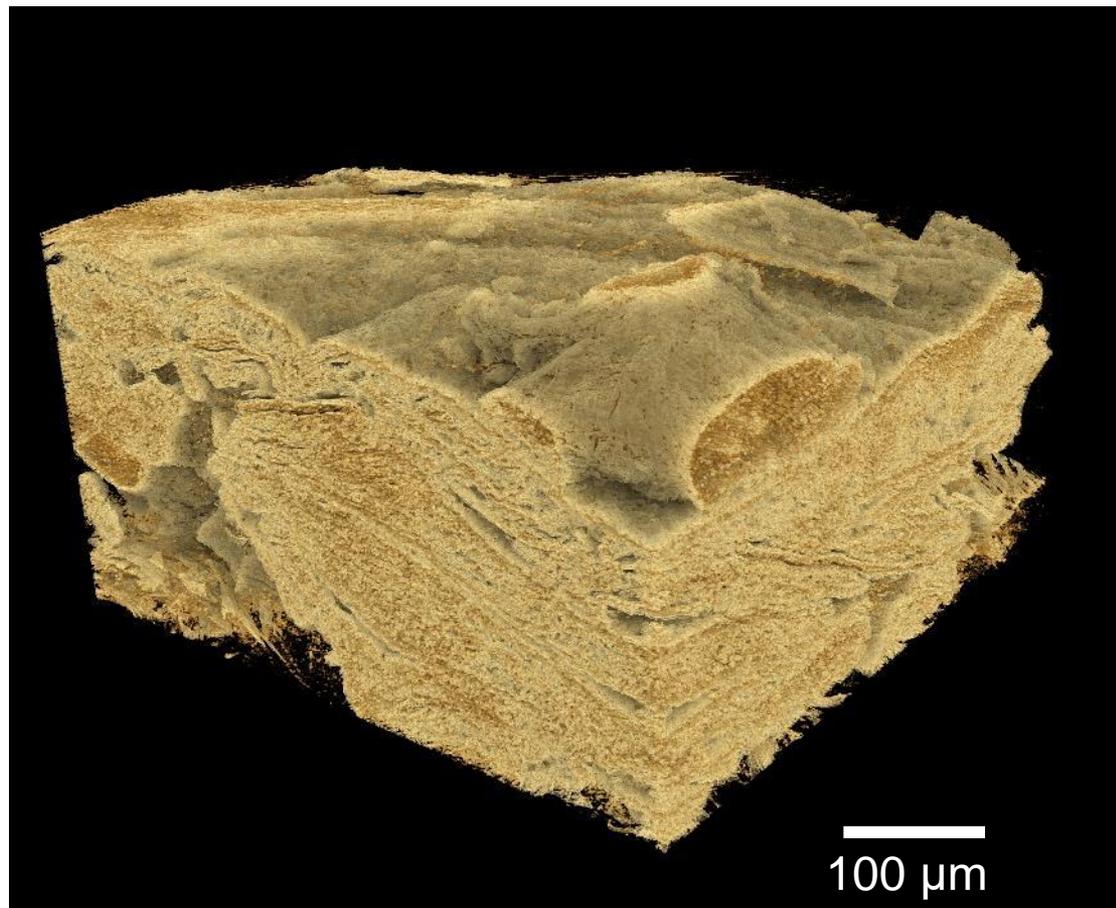
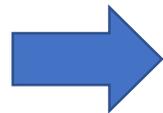
サンプルホルダー先端の試料を回転させながら測定するため、回転しても試料にX線が当たり続けるようにセンタリング。



X線の透過像。
サンプルを回転させて、あらゆる角度から透過像を収集し、3次元画像を再構成した。



0.1度ずつ回転して
1800枚の透過像を測定

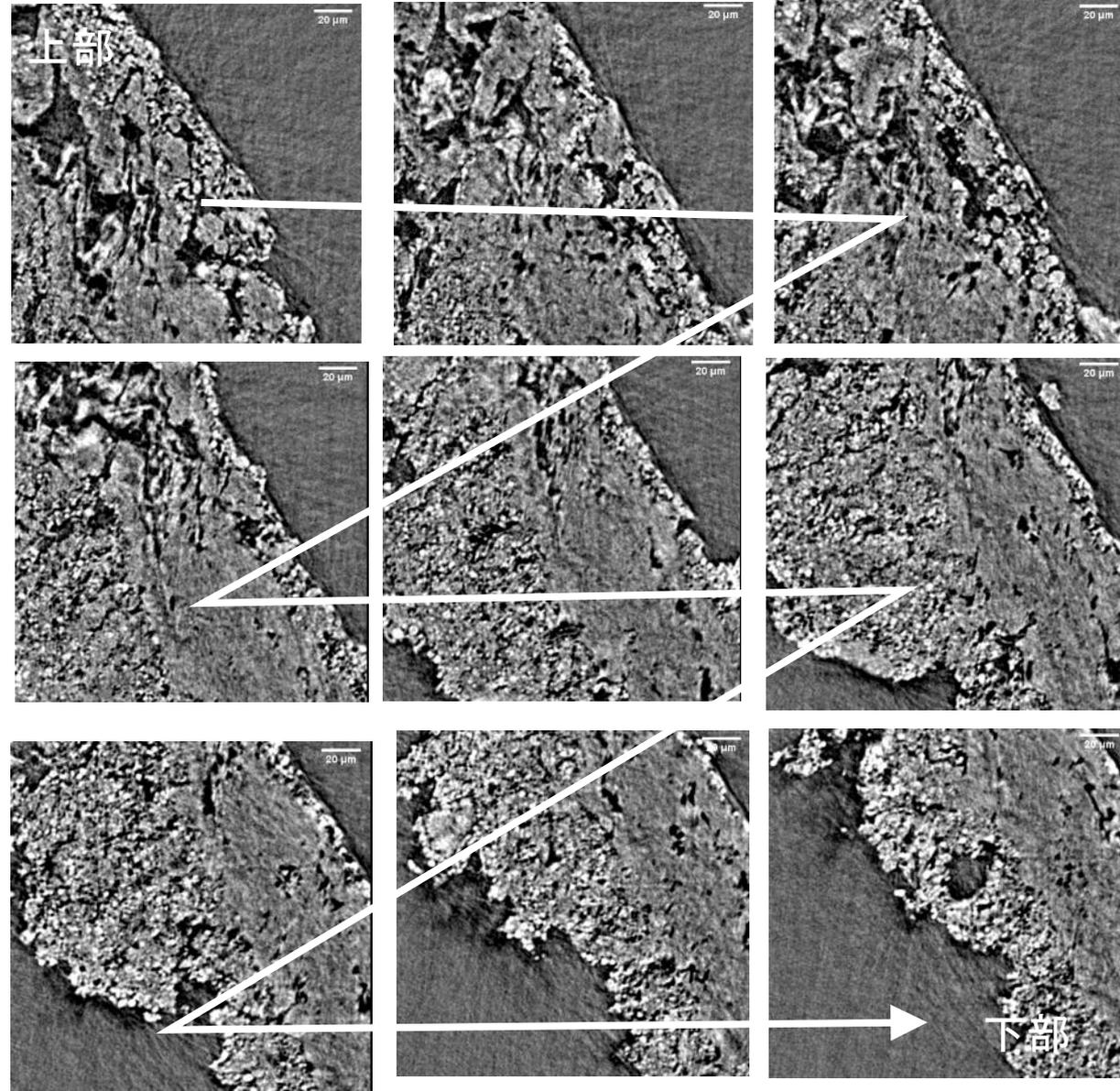


3次元画像を再構成

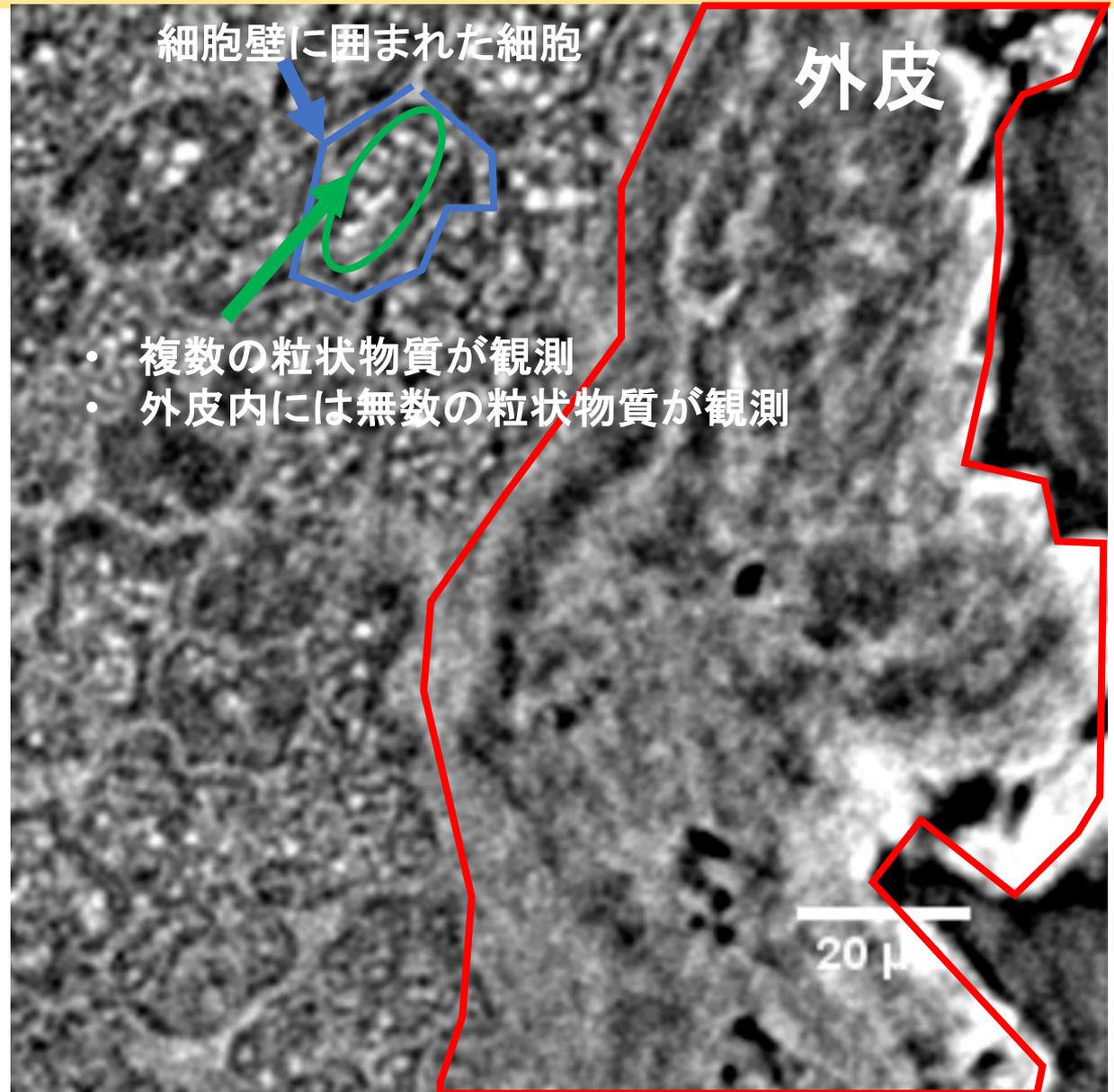


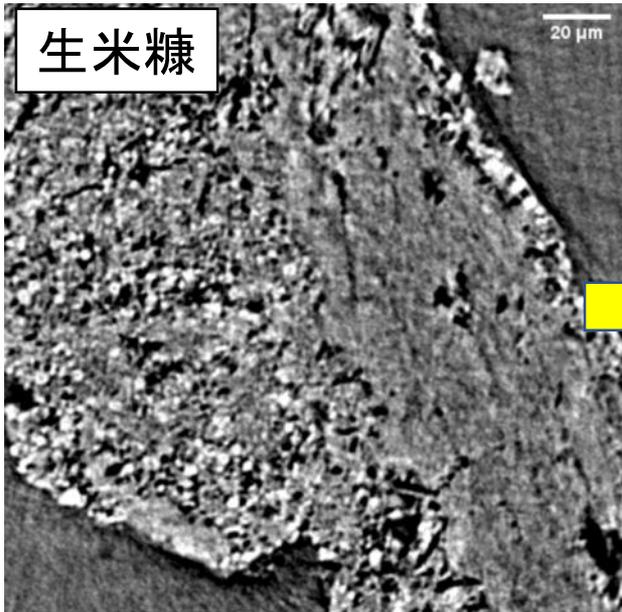
生米ぬか

- 既往の研究でのTEM像と類似の3次元画像を取得
- 外皮と分離して細胞内を観察
- 粒状物質の存在を確認

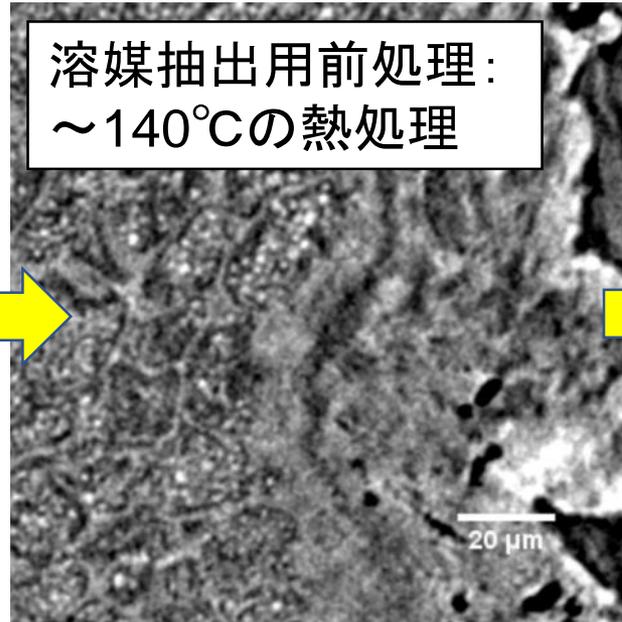


- ✓ 細胞壁に囲まれた細胞内に複数の粒状物質(数 μm)を確認。
- ✓ TEM画像との比較から、この粒状物はアリュースロン顆粒かオイルボディである可能性が高い。
- ✓ アリュースロン顆粒とオイルボディは、今回の解像度のX線CTでは、形状からの区別が付きにくい。
- ✓ 脂質をタンパク質が覆うオイルボディはカプセル状なので、さらに高解像度のナノスケールのX線CTの測定で判別できる可能性。

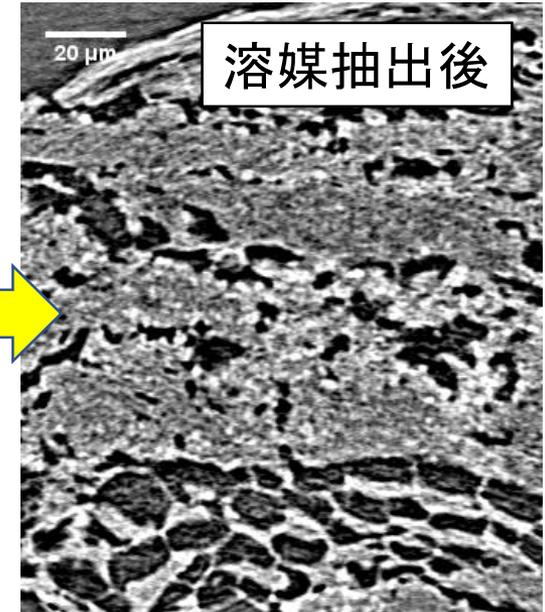




多数の白い粒状物質が全体に広がっている。



細胞壁が顕在化。粒状物質は細胞壁内部に存在。



ほぼ100%の油分が抽出され、残存している油分はゼロ。

細胞壁内部が空洞化。白い粒状物質は存在しない。

残存油分と粒状物質の量に相関アリ

生米ぬか

米ぬかと水の割合	収率
水熱前処理なし	30%
水熱前処理① 1:10	35%
水熱前処理② 2:5	45%

水熱前処理なし

水熱前処理①

水熱前処理②

白い粒状物質は破壊されていないため、機械抽出をかけても抽出率が低い。

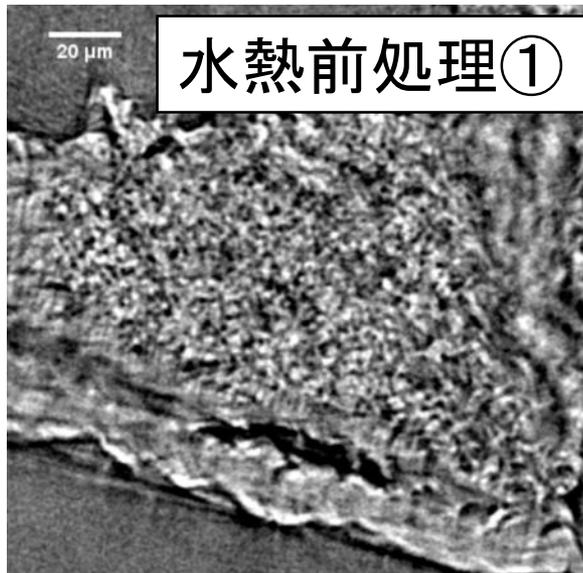
白い粒状物質は破壊され、構成成分は分散しており、機械抽出により容易に抽出される。

水熱前処理① 1:10

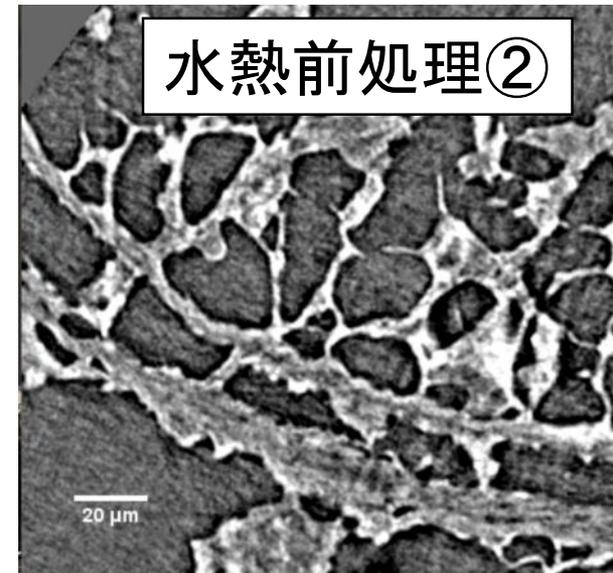
収率35%

水熱前処理② 2:5

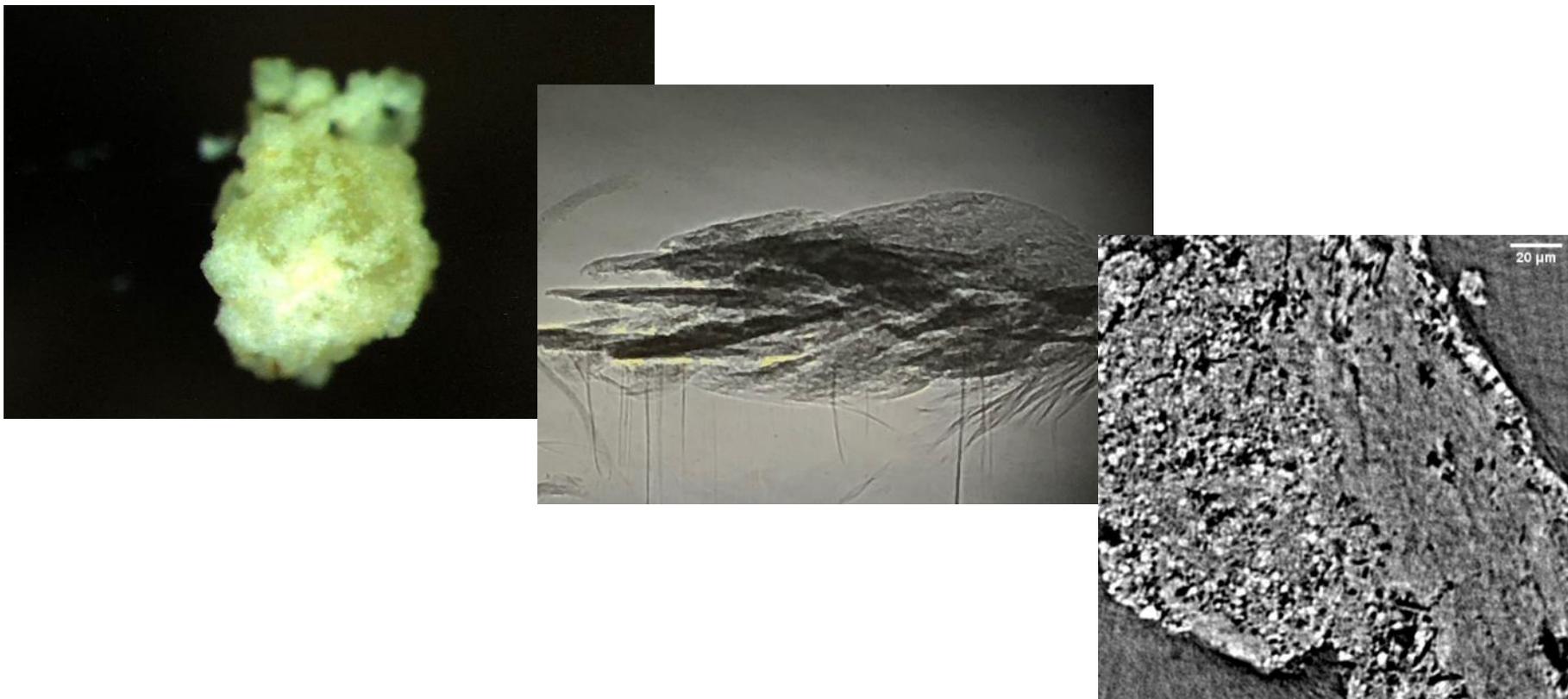
収率45%



粒状物質が多く残存
収率が35%までしか上がらないのは、粒状物質が壊れていないから。



粒状物質がほぼ存在しない。
収率が45%程度にどどまったのは、粒状物質が水熱前処理の段階で漏出しているから？
→水熱前処理中の油の流出について検証が必要。



- X線CT測定により超薄切片を作成することなく内部構造を可視化
- 数 μm の大きさの粒状物質を確認
- 収率の高い前処理では粒状物質が消失:粒を形成していた構造体が破壊
- 水熱前処理によっても、条件が異なると内部は違う状態になっており、内部構造を把握すると収率を上げるために必要な戦略が異なってくる、という気付きを与えてくれた。

東北大学大学院農学研究科

藤井智幸 教授

日高將文 助教

東北大学大学院工学研究科

渡邊賢 教授

SPring-8/JASRI

八木直人 先生

先生方には以下の観点で大変お世話になりました。ここに心からの謝意を表します。

- 藤井先生:放射光測定でのサンプル選定、X線CT3次元像の解析
- 日高先生:放射光測定・解析
- 渡邊先生:水熱前処理サンプル調製、放射光測定でのサンプル選定
- 八木先生:放射光測定指導・支援・解析、サンプル選定・装着