

“酪農 x (かける) 工学” による “シン・ナチュラルチーズ” 開発



x (かける)



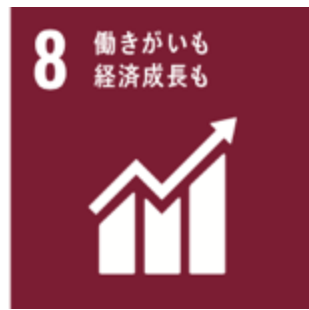
酪農学園大学 食と健康学類

金田 勇
栃原 孝志

北海道大学工学研究院

大沼 正人

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



北海道大学 ロバスト農林水産工学国際連携研究教育拠点

ロバスト拠点チャンネル(Youtube) → “北大 ロバスト 動画”で検索！

作り方(プロセス)・食感(性能・品質)・混ぜり方(ナノ構造)のリンク

2 飢餓をゼロに



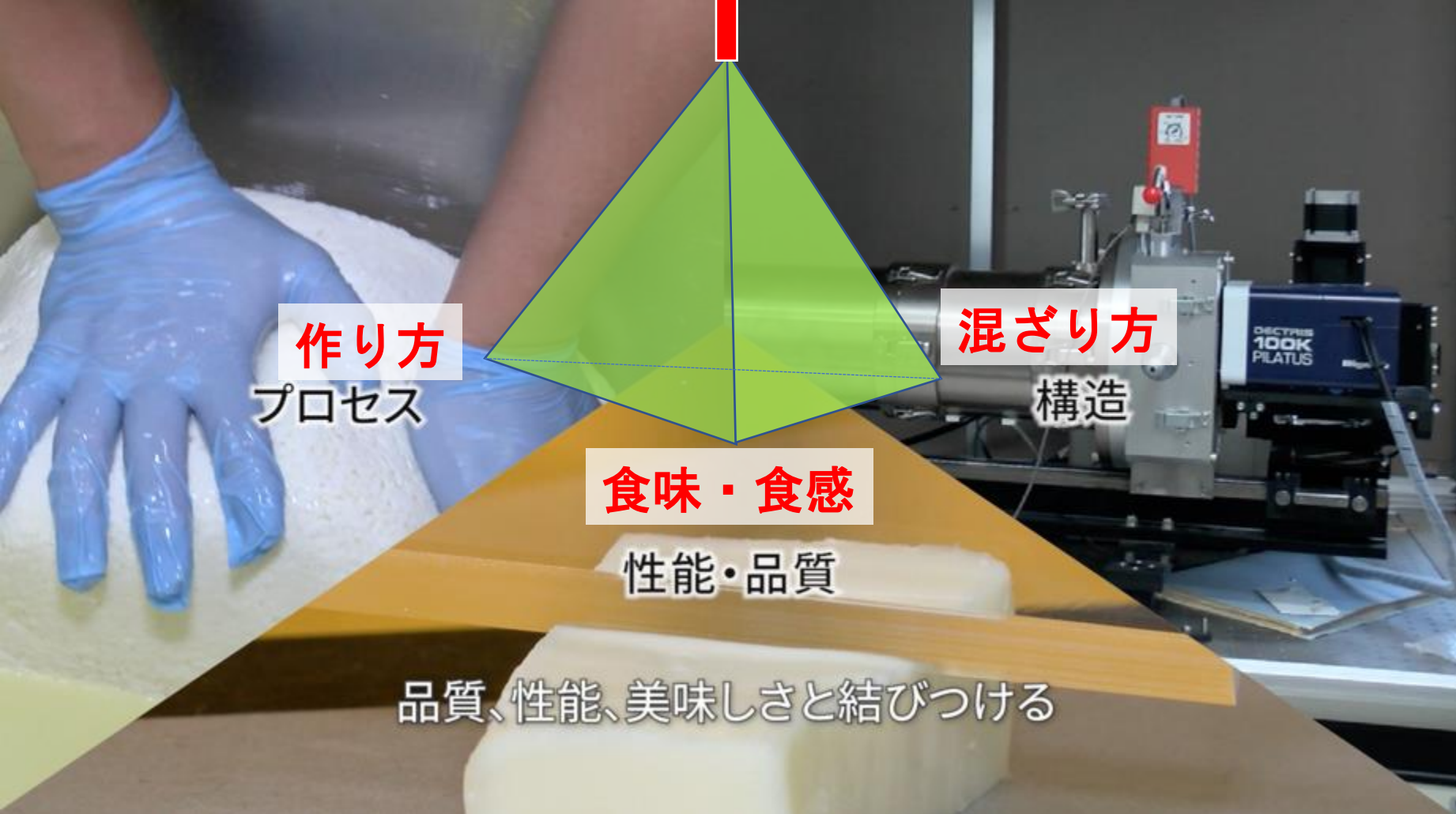
8 働きがいも経済成長も



9 産業と技術革新の基盤をつくろう



シン・北海道ナチュラルチーズ



作り方
プロセス

混ぜり方
構造

食味・食感

性能・品質

品質、性能、美味しさと結びつける

酪農 x (かける) 工学 チーム紹介

9 産業と技術革新の
基盤をつくろう



17 パートナーシップで
目標を達成しよう





ロバスト拠点による連携

17 パートナーシップで
目標を達成しよう



北大・大沼
混ぜり方

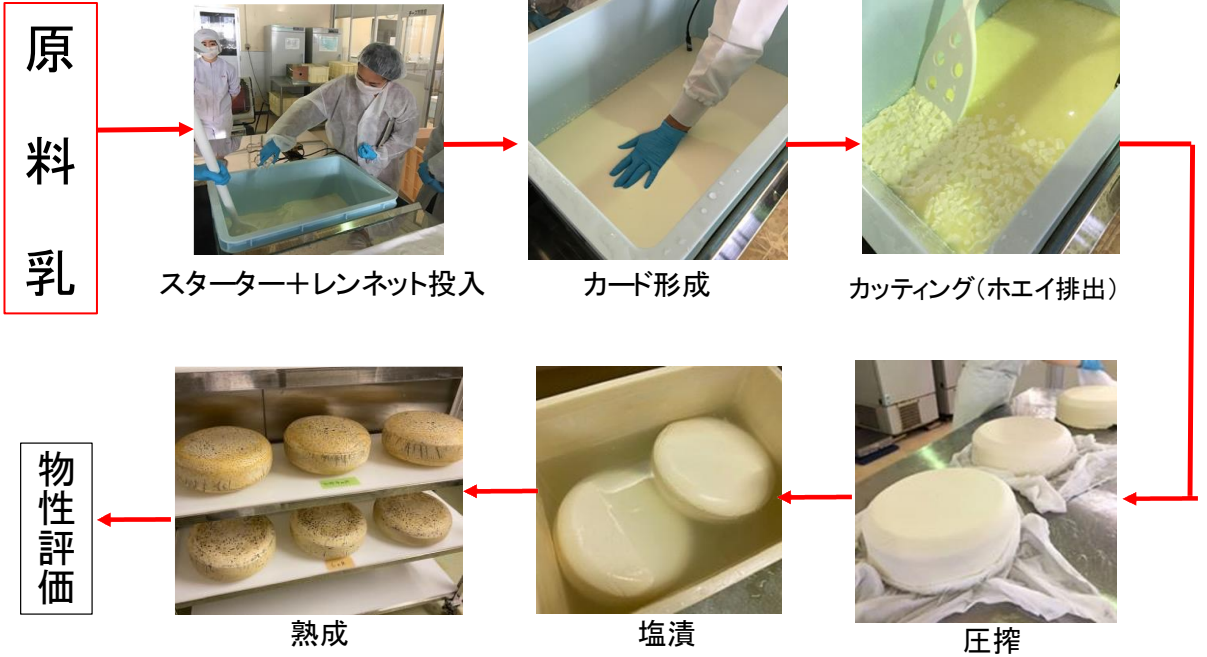
酪農大・栃原
作り方

酪農大・金田
食感・食味



科学の力でチーズを美味しく

酪農学園大学校内工場でのチーズ製造風景



酪農学園大学 乳製品製造学研究室

原料乳からチーズ製造まで全て学内で

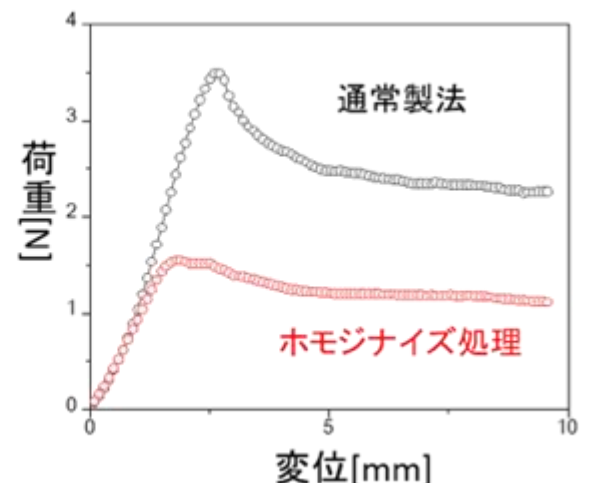


原料からプロセスまで安定かつ明確な製造条件を担保



食感・食味をパラメータ化する技術

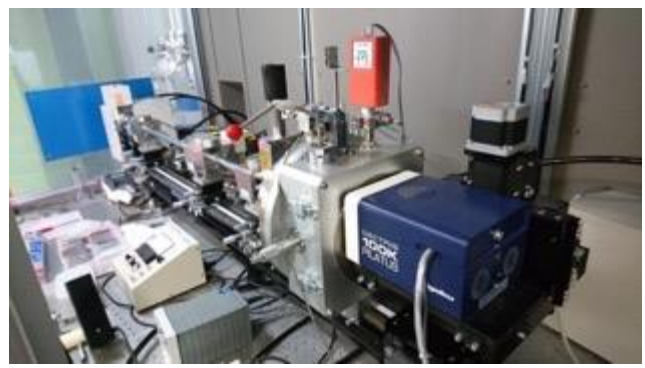
本物のチーズを使ってプロセス再現性を担保できる環境で、工学的検討が実行可能



「混ぜり方」を調べるための自前の占有装置で2種類の量子ビーム利用ができる唯一の工学部（世界でもここだけ！）

中性子による混ぜり方解析

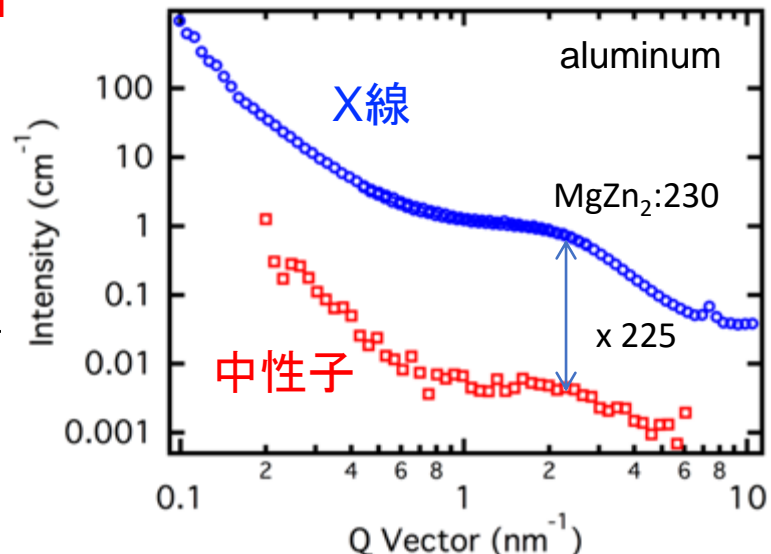
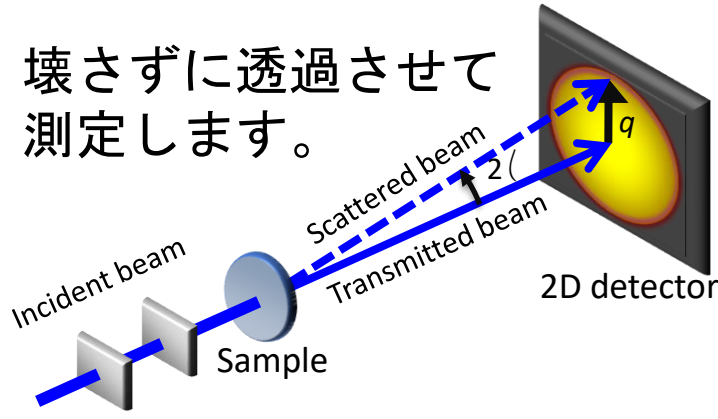
X線による混ぜり方解析



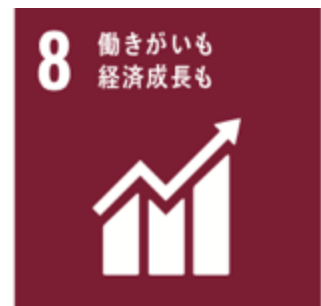
工学部キャンパス内



壊さずに透過させて測定します。



日本チーズの立ち位置と課題 ~その発展へ向けて~



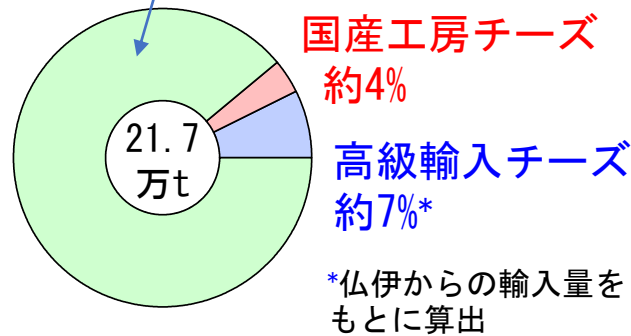
ナチュラルチーズは成長分野 + 工房（クラフト）チーズは先導役

ナチュラルチーズは成長分野

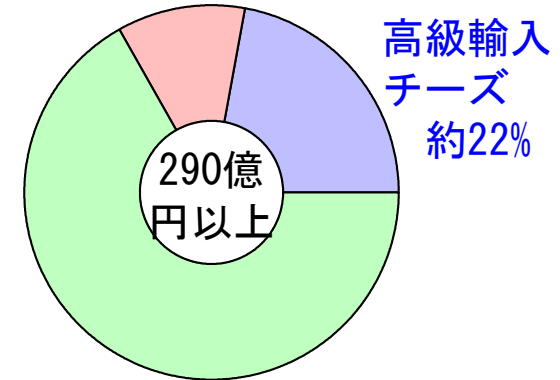
→課題：国産品のシェア拡大



ピザなどへの
加工用ナチュラルチーズ



国産工房チーズ
約11%



- 国内には300以上のチーズ工房（半分以上は道内）

→ 複数の工房が国際的な品評会でも高評価



工房チーズは日本チーズのブランド構築や競争力向上において**先導的な役割**

→ 世界各国を発祥地とする様々なスタイル

⇔ 欧州の伝統的な生産拠点とは対照的

各工房が自由な発想で新たな製品開発へ取り組める土壌がある

x (かける) 「工学」の視点 = 国際競争力

「原料」や「レシピ」は同じでも作り方が変われば食感・食味が変わりうる

・食品は多相系

だから重要

・分散状態 (混ぜり方)

→ プロセスにより制御可能

=ドレッシング

ex. レモン果汁+油



混ぜり方の定量的な理解
→ 食感・食味制御に必要

そして

・非平衡系

時間でも変化



できたてをそのまま測定

x (かける) 工学 (混ぜり方・微細構造の定量化)

ナノメートルの大きさまで壊さずに (食品状態のまま)

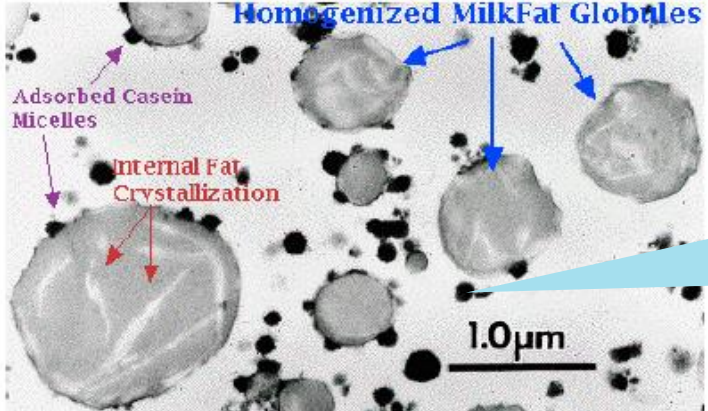
製造直後の状態を観測する必要

advantage : チーズ工房を持つ酪農大とラボ装置を持つ北大工学部の近さ



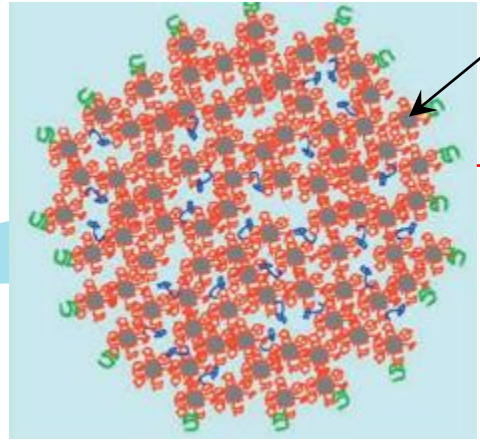
乳を構成する3要素（脂肪球，カゼインミセル，CCP）

1. 脂肪球



<https://www.uoguelph.ca/foodscience/book-page/milkfat-structure-fat-globules> より

2. カゼインミセル



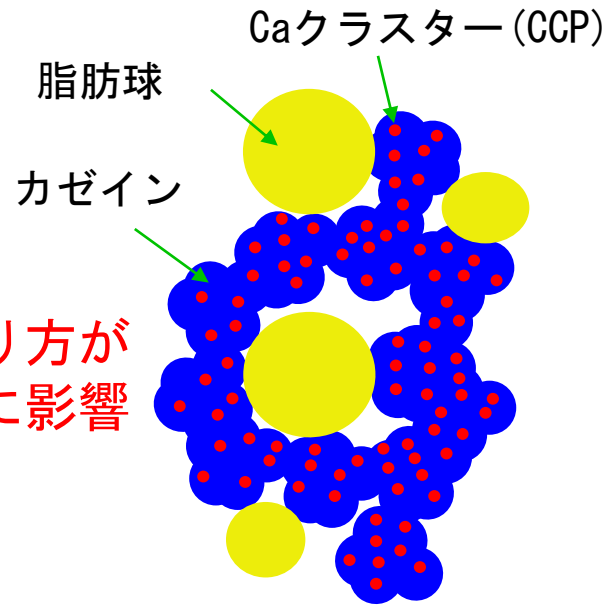
直径20 ~ 200 nm

Dalgleish et al, Soft Matter, 7(2011), 2265-2272

3. コロイド状リン酸カルシウム (CCP) 直径3~4 nm

乳ではミセルと脂肪球が水中に漂った状態

これらがネットワーク状につながったもの → **チーズ**



これらの混ざり方がチーズの食感に影響

ところが！
リアルなチーズの凝集（つながった状態）プロセスはわからないことだらけ

その理由は？

水を含むナノスケールの「混ざり方」
解析には**特別な装置**が必要だった

どのように微細構造を観測するか？ 放射光・中性子(大型施設)



これまでの考え方
食品を施設に持ち込む

食品製造の現場から離れる
ほど、プロセスとのリンク
が付きにくい。



目指すべき方向：解析ツールを食品製造現場に持ち込む・近づける

もう一つの難しさ:「時間」

チーズの熟成→(室温付近で)ゆっくり進むプロセス

← 長時間連続で測定したい

シン・ナチュラルチーズ開発

9 産業と技術革新の
基盤をつくろう



17 パートナーシップで
目標を達成しよう

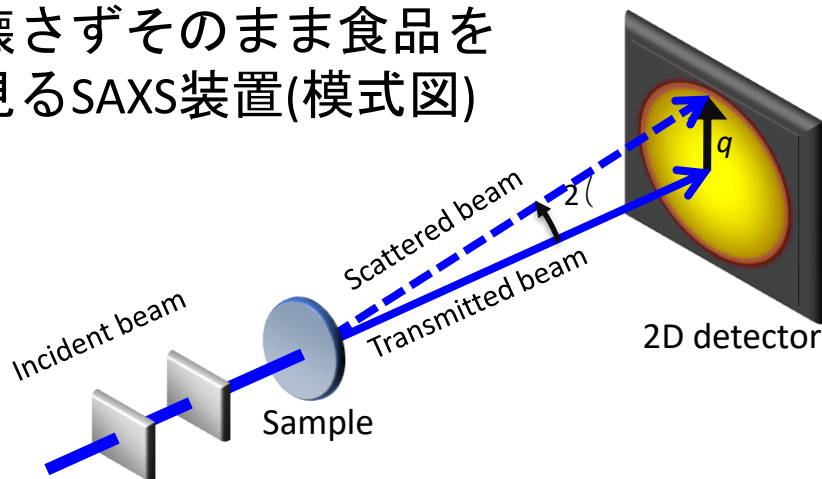


水を含んだままの混ざり方と食品熟成過程で進行するゆっくりした変化を
その場で連続的に定点観測

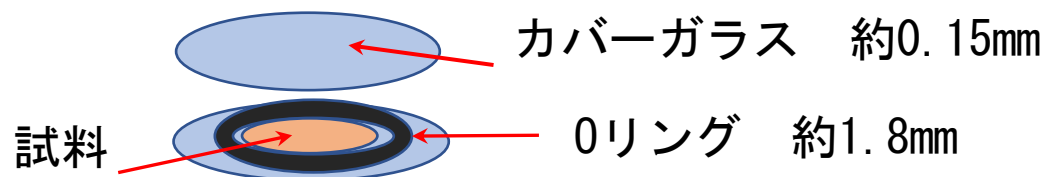
高エネルギーラボX線小角散乱(SAXS)装置

Mo-K α 線（波長0.7Å）を使ったラボSAXS装置を活用することで
「食品のまま」「液体から固体まで同一条件」で測定可能

壊さずそのまま食品を
見るSAXS装置(模式図)

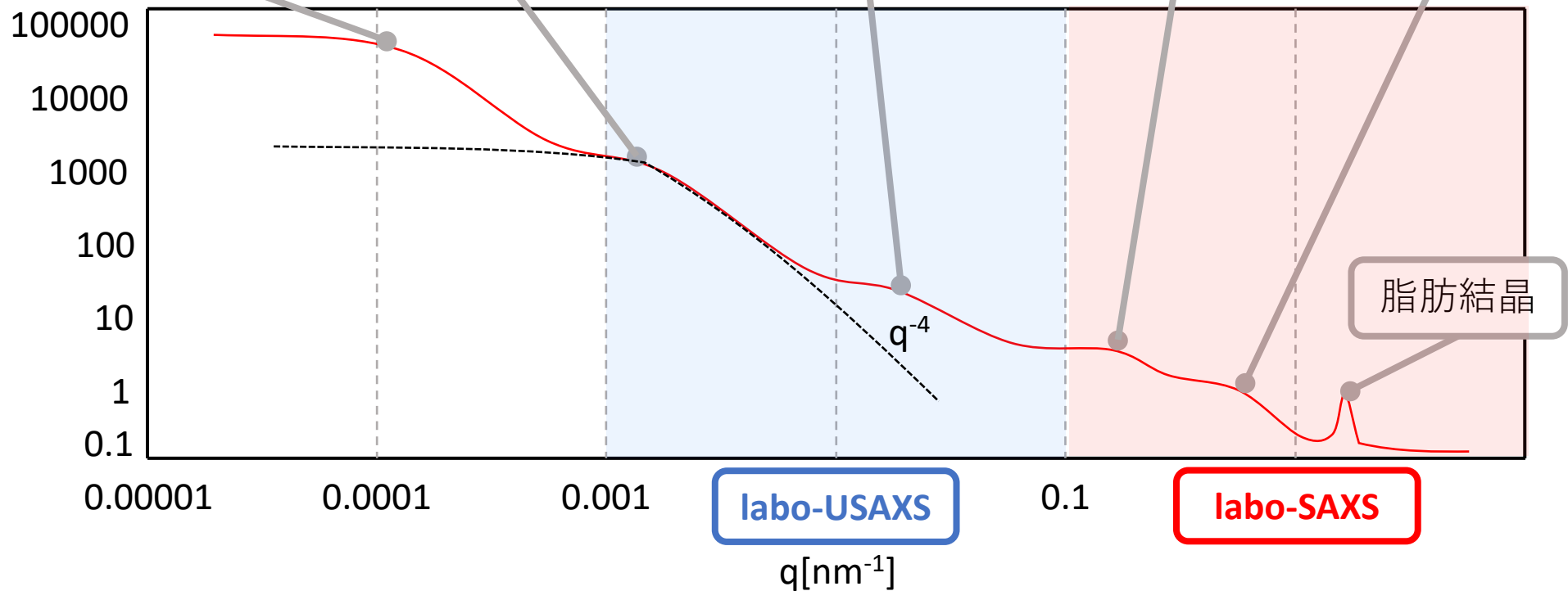
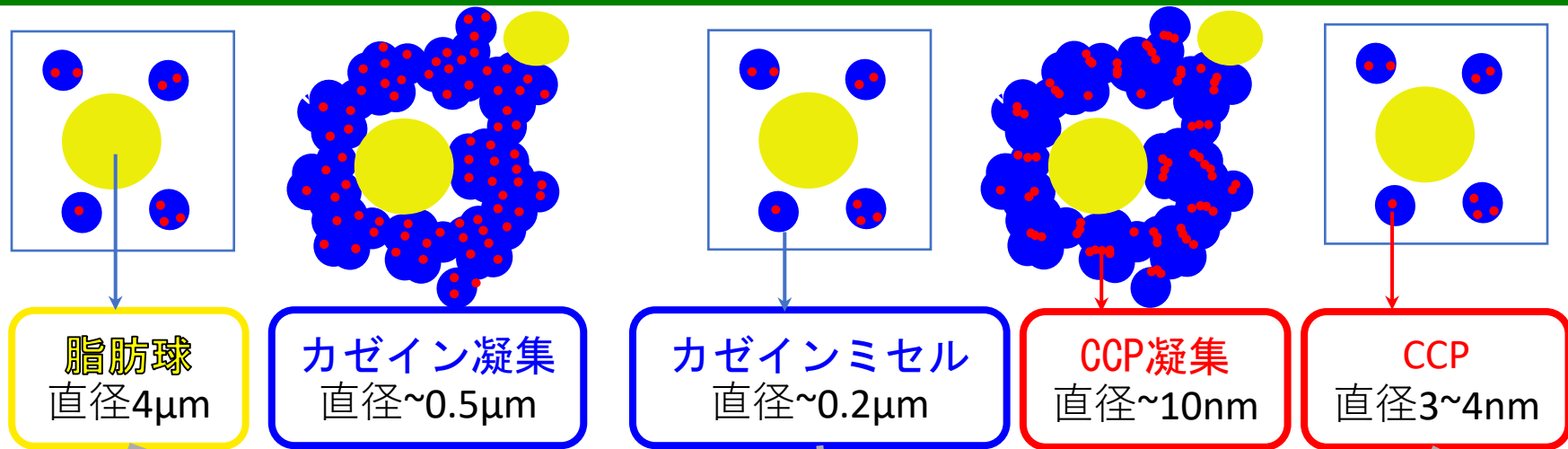


透過力が強いいためスライスチーズより厚い
チーズを乾燥させずに測定可能



これを右の容器に入れて封止





顕微鏡（直接見る）に比べるとわかりにくい？ → わずかな差でも比較が簡単

酪農学園大学学内工場でのチーズ製造風景

原料乳



スターター+レンネット投入



カード形成



カッティング(ホエイ排出)

物性評価



熟成



塩漬



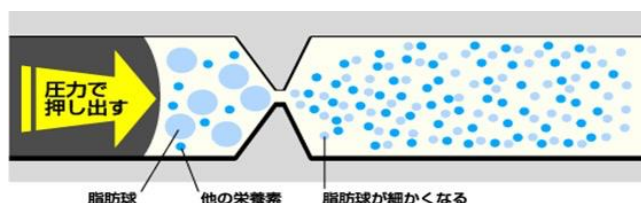
圧搾

酪農学園大学 乳製品製造学研究室

酪農がプロセスを一つだけ追加
(ホモジナイズ処理)

通常のレシピ(プロセス追加無
し)との食感および構造を比較

ホモジナイズ有り無しの原料乳を用いて実製造スケールでセミハードチーズ
(ゴーダタイプ)を製造し、その基礎的な物性、官能評価、および食感の定量
化研究をおこなった。



牛乳のホモジナイズ処理:牛乳中の脂肪球を微細化して浮上(クリーミング)を防止する処理

実感できる食感の差！



標準ゴーダ

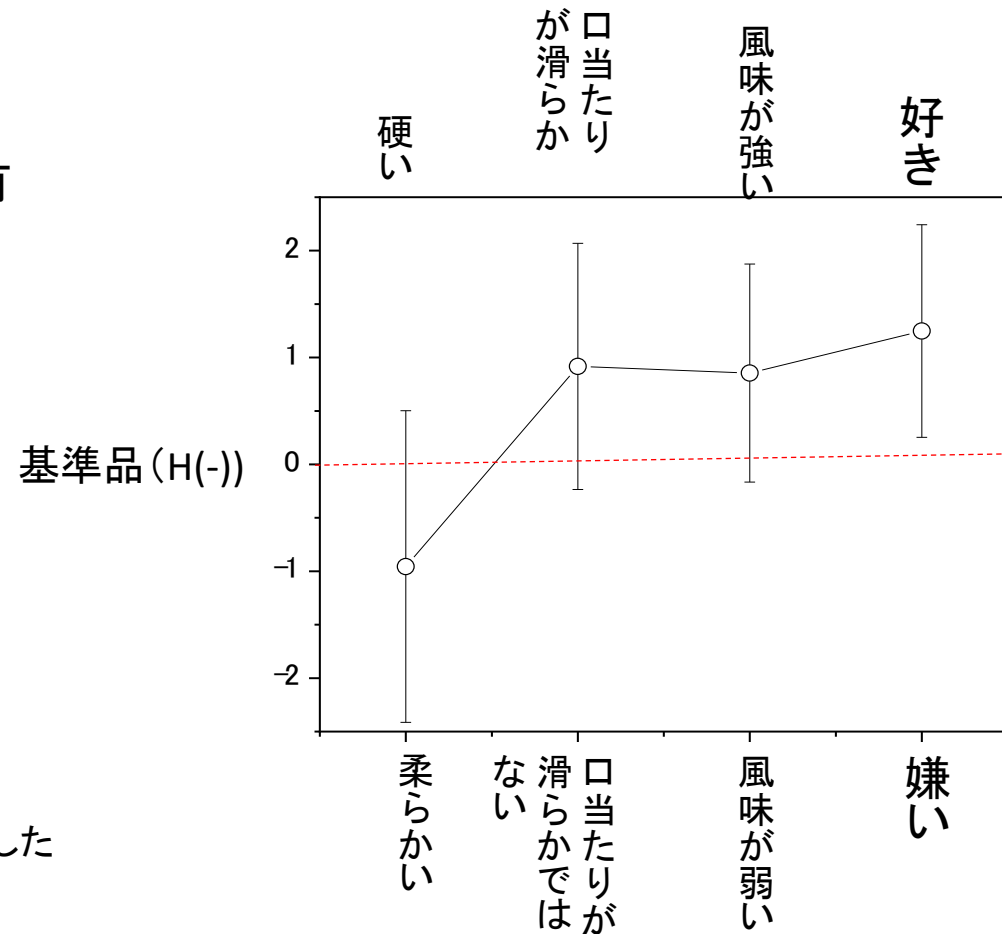
ホモジナイズ有
ゴーダ

@アグリビジネス創出フェア
(東京ビッグサイト2021.11.24~26)

中村農林水産副大臣にも御試食いただきました

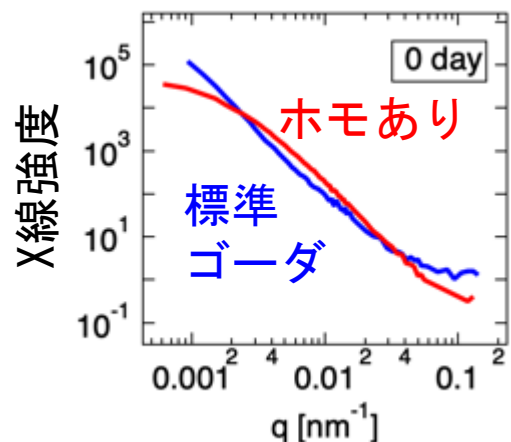
ホモ有／無のチーズを準備し、200人以上に
試食いただきました。

→ 9割以上の方が違いを実感できると回答

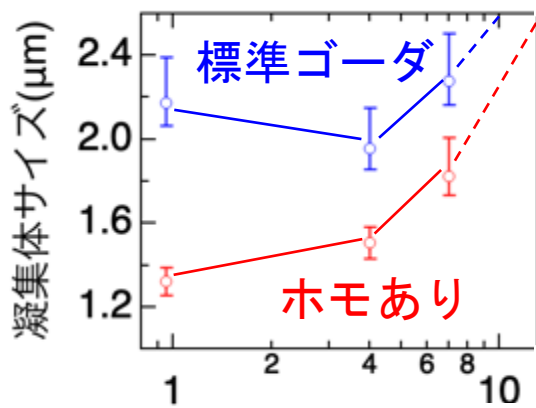


ホモジナイズ・チーズ→「柔らかい歯ごたえ」で「なめらかな食感」

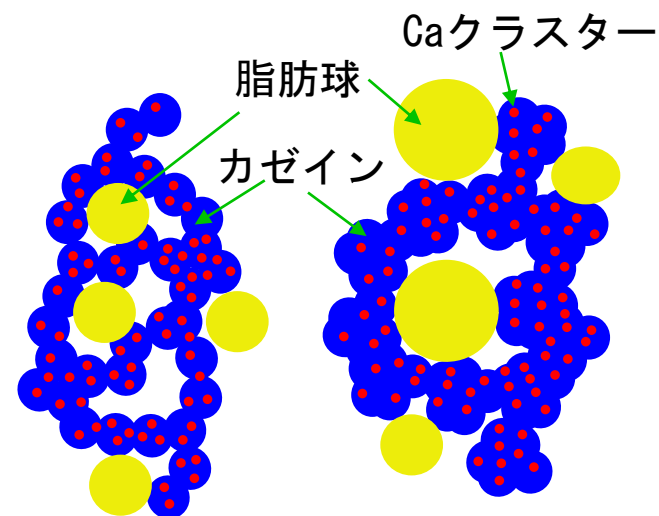
わずかな差でも「混ぜり方解析」では明確な差を発見！（北大）



散乱角度 (0.03度以下)



熟成日数

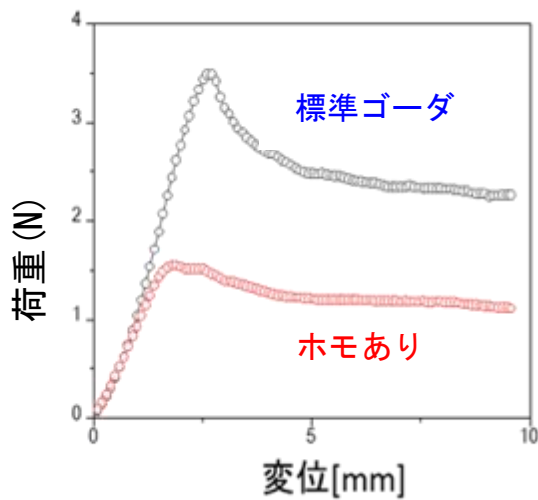


ホモあり

標準ゴータ

官能試験「やわらか」「なめらか」の評価
→ 物性評価でも確認 (酪農大金田)

ホモ有りは細かいカゼインネットワーク→「やわらかさ」



取り組む課題

プロセス最適化
(ホモ圧・簡易型手法開発)

シン・食感チーズを
3年以内に商品化へ

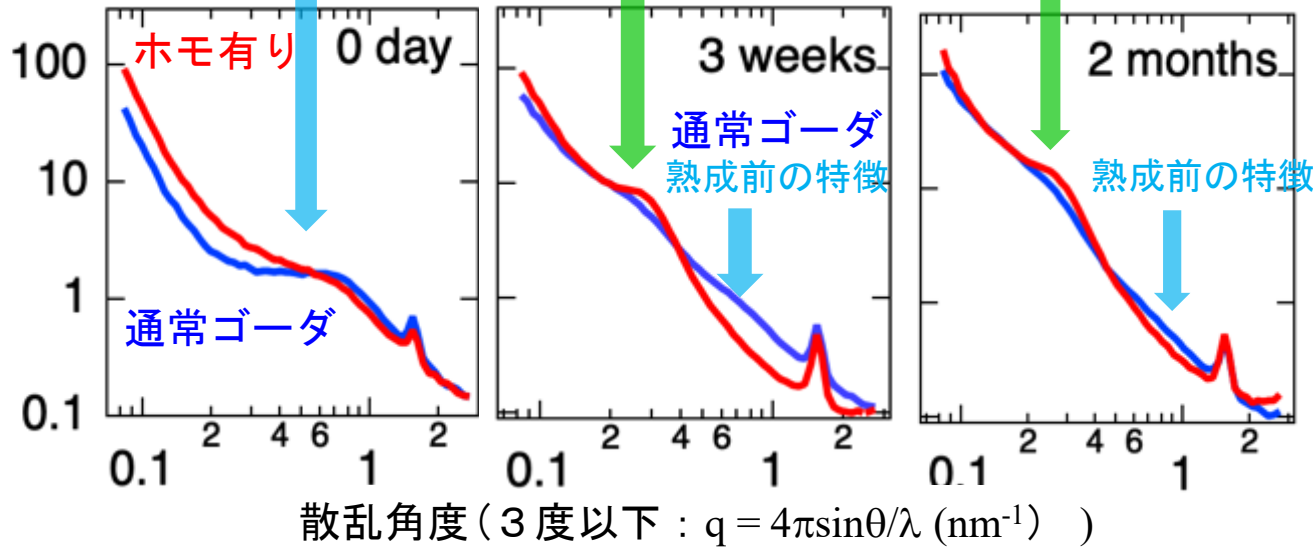
熟成前のCCP
(Caクラスター)の特徴

ホモ有り
熟成後に近い

熟成後の
CCPの特徴

顕微鏡では見えない小さな
構造変化を容易に比較

X線強度



↓
ホモありチーズで構造上
の熟成が促進している

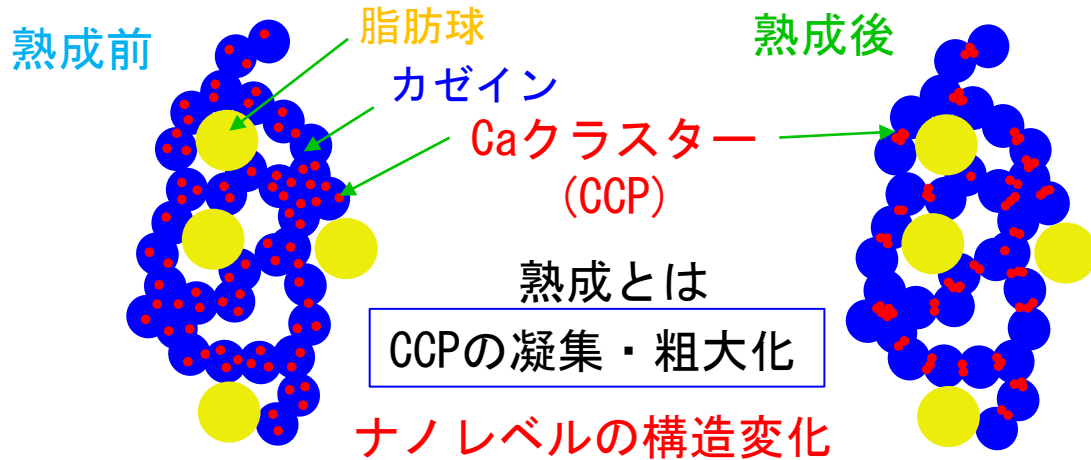
取り組む課題

熟成促進とその起源
うまみ形成との相関

output

熟成期間の短縮技術開発へ

- ・コスト低減
- ・生産増

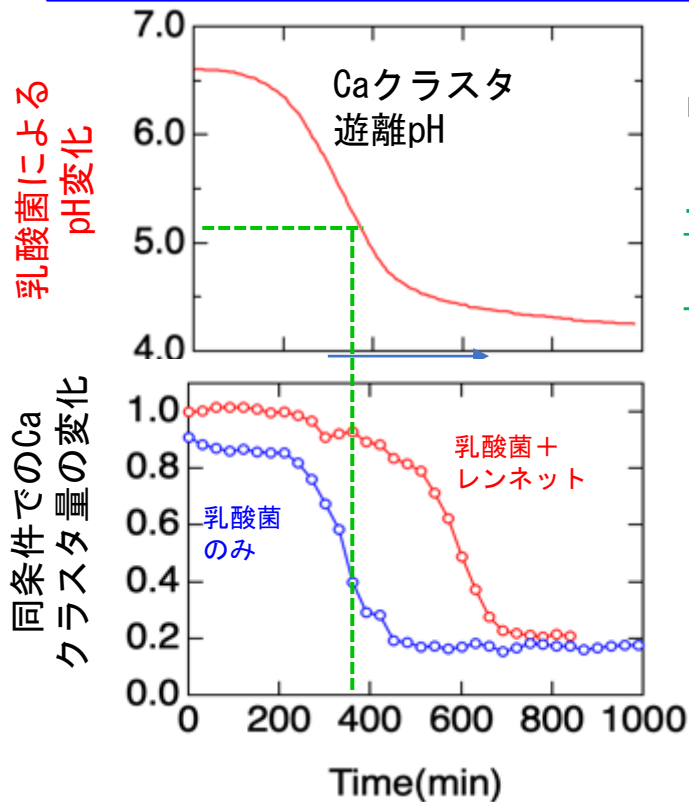


- ・ 季節により、食感が変わる？
- ・ 原料乳ごとに最適な技がある！

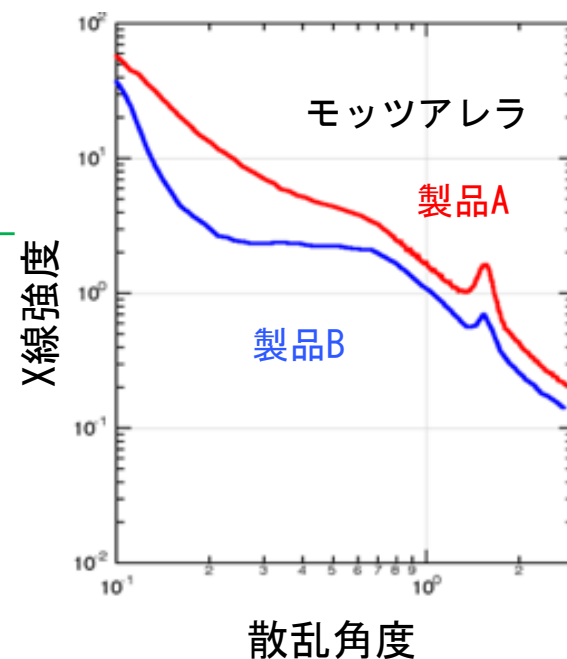
多くは経験値←記録できない

凝乳・Caクラスタ・pH変化の相関
→ 温度・乳質に対する凝乳の鋭敏性

プロセスによる構造差に対する鋭敏性
→ 作り手の**技の違い**を記録



品質（硬さ）を左右する
ミセル内のCaクラスタ量
→ pHだけではなく、初期の
ミセル凝集との綱引きがある！



マイスター達が五感で捉える差
を構造因子として記録・保存

まとめ：作り方・食感・混ぜり方のリンクで作る新しい楽しみ方

17 パートナーシップで
目標を達成しよう



9 産業と技術革新の
基盤をつくろう



シン・日本ナチュラルチーズとして世界へ

国内300のチーズ工房のうち、
半分が道内
→様々なスタイル
既に3工房と協力体制構築

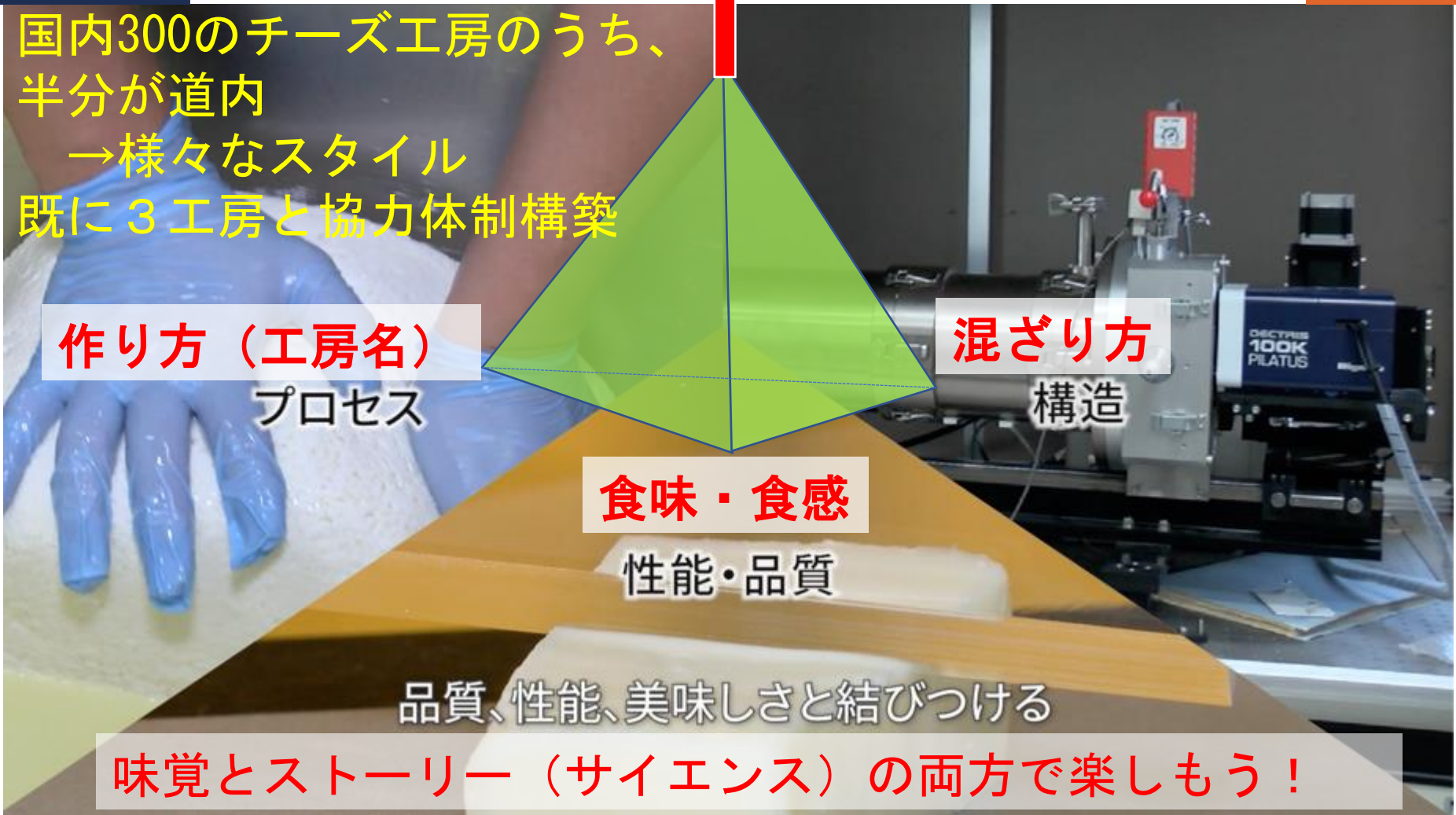
作り方（工房名）
プロセス

混ぜり方
構造

食味・食感
性能・品質

品質、性能、美味しさと結びつける

味覚とストーリー（サイエンス）の両方で楽しもう！



“酪農 x (かける) 工学” による “シン・ナチュラルチーズ” 開発

北海道大学ロバスト農林水産工学国際連携研究教育拠点
YouTubeチャンネルに動画があります。

<https://www.youtube.com/channel/UCztsRDdCMHj311ANVRt1MA>

お問い合わせ (北大)
〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目
北海道大学大学院工学研究院
教授：大沼正人
[TEL:011-706-6650](tel:011-706-6650)
E-mail: ohnuma.masato@eng.hokudai.ac.jp

お問い合わせ (酪農学園大)
〒069-8501 江別市文京台緑町582番地
酪農学園大学 食と健康学類
教授：金田 勇
[TEL:011-388-4701](tel:011-388-4701)
E-mail: kaneda-i@rakuno.ac.jp

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

2 飢餓をゼロに



8 働きがいも経済成長も



9 産業と技術革新の基盤をつくろう



17 パートナーシップで目標を達成しよう

