

冷凍・解凍プロセスにおける こんにやく物性の制御

分子科学部門、
食健康科学教育研究センター
武野宏之

事業成果報告会のアウトライン

1. 本研究の背景・目的
2. グルコマンナンゲルのゲル化機構
3. グルコマンナンゲルにおける冷凍・解凍プロセスの効果
4. 不凍剤の効果
5. まとめ

こんにやく

群馬県：全国のこんにやく芋の90%以上を生産

こんにやくの主成分はグルコマンナン
と呼ばれる多糖

こんにやくの利点

- ・低カロリー
- ・**独特の食感**
- ・大量の水(95%以上)を含んだ食品
(少量の原料で製造可能 ⇒ 安価)

本研究で注目する課題点

冷凍・解凍プロセスにおける
こんにやくの食感変化

通常のこんにやくは冷凍・解凍プロセス
により、**弾力性は減少し、スポンジ状**になる
と言われている



冷凍ー解凍プロセスに
より食感が大きく変化



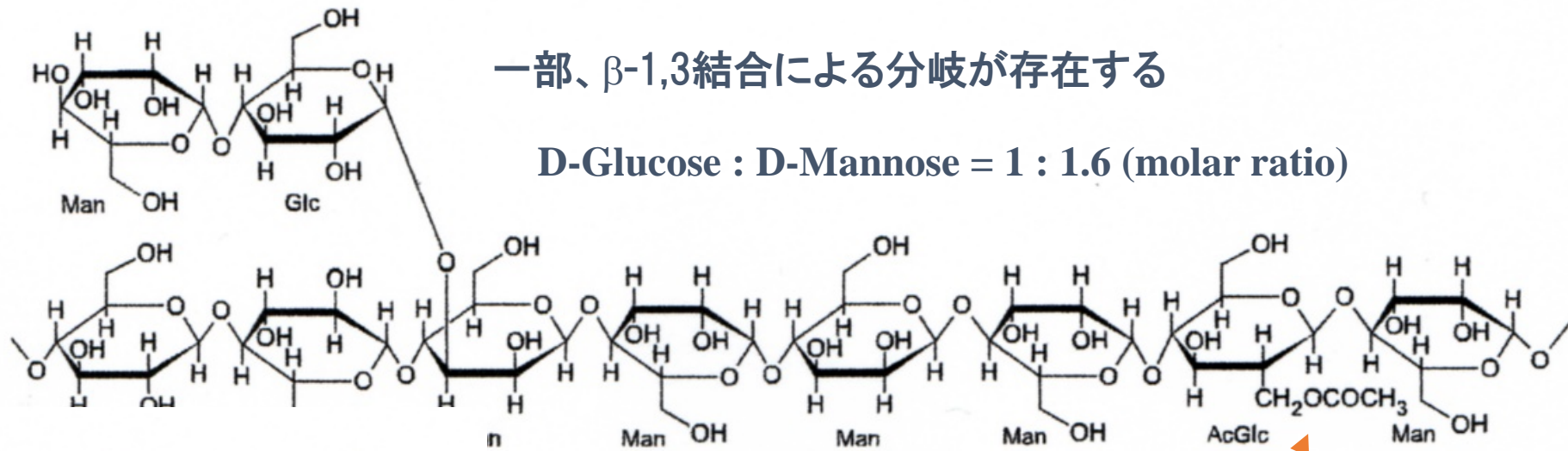
凍結・解凍後
のこんにやく写真

グルコマンナン(GM)

こんにゃくの主成分はグルコマンナンと呼ばれる多糖
(D-グルコースとD-マンノースが β -1,4-グリコシド結合した多糖)

一部、 β -1,3結合による分岐が存在する

D-Glucose : D-Mannose = 1 : 1.6 (molar ratio)



5 グルコマンナンの典型的な部分構造²⁾

19糖残基あたり一個程度のアセチル基がついている

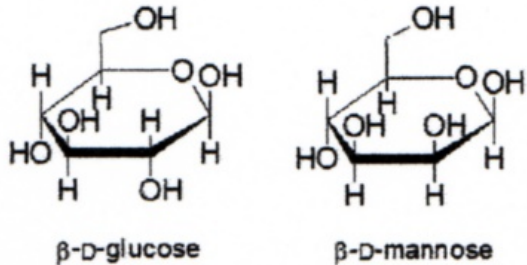


図4 グルコースとマンノース
の化学構造(ハース投影式*2)

宮越俊一、化学と教育(2016)

食品の冷凍・解凍

食品の冷蔵・冷凍保存⇒冷却によって保存性が向上

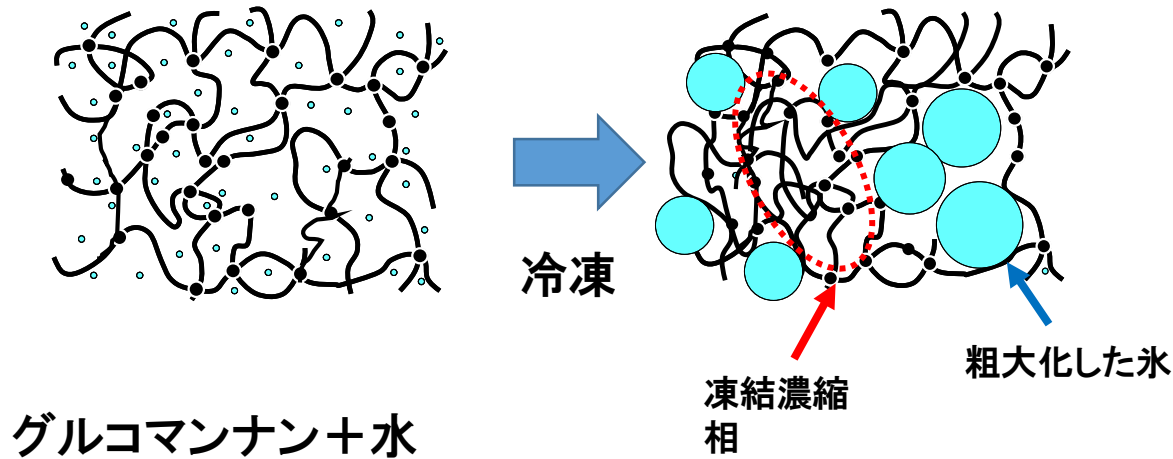


劣化要因となる化学反応、物理変化、微生物の生育速度が停滞



しかし、多くの食品では冷凍による品質の低下(食感の変化)が生じる。
よって、食品の冷凍・解凍技術を習得する必要性がある

冷凍・解凍プロセスにおける こんにやくの物理化学



粗大化した水の
結晶(氷)の形成

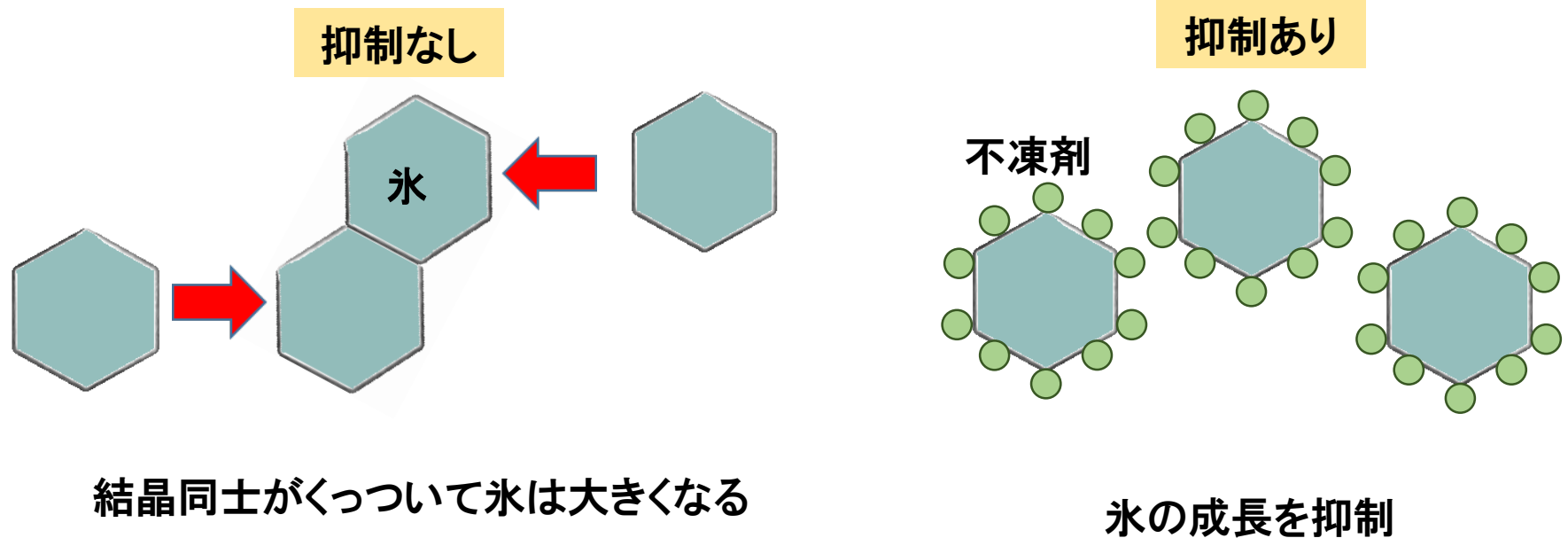
粗大化した氷がゲルネットワーク
にダメージを与える。

解凍後も元の状態に復元しない
解凍の際、水分が抜け出る？

Antifreeze proteins (不凍タンパク質)

氷の成長を抑制する効果を持つ物質…… **不凍剤**

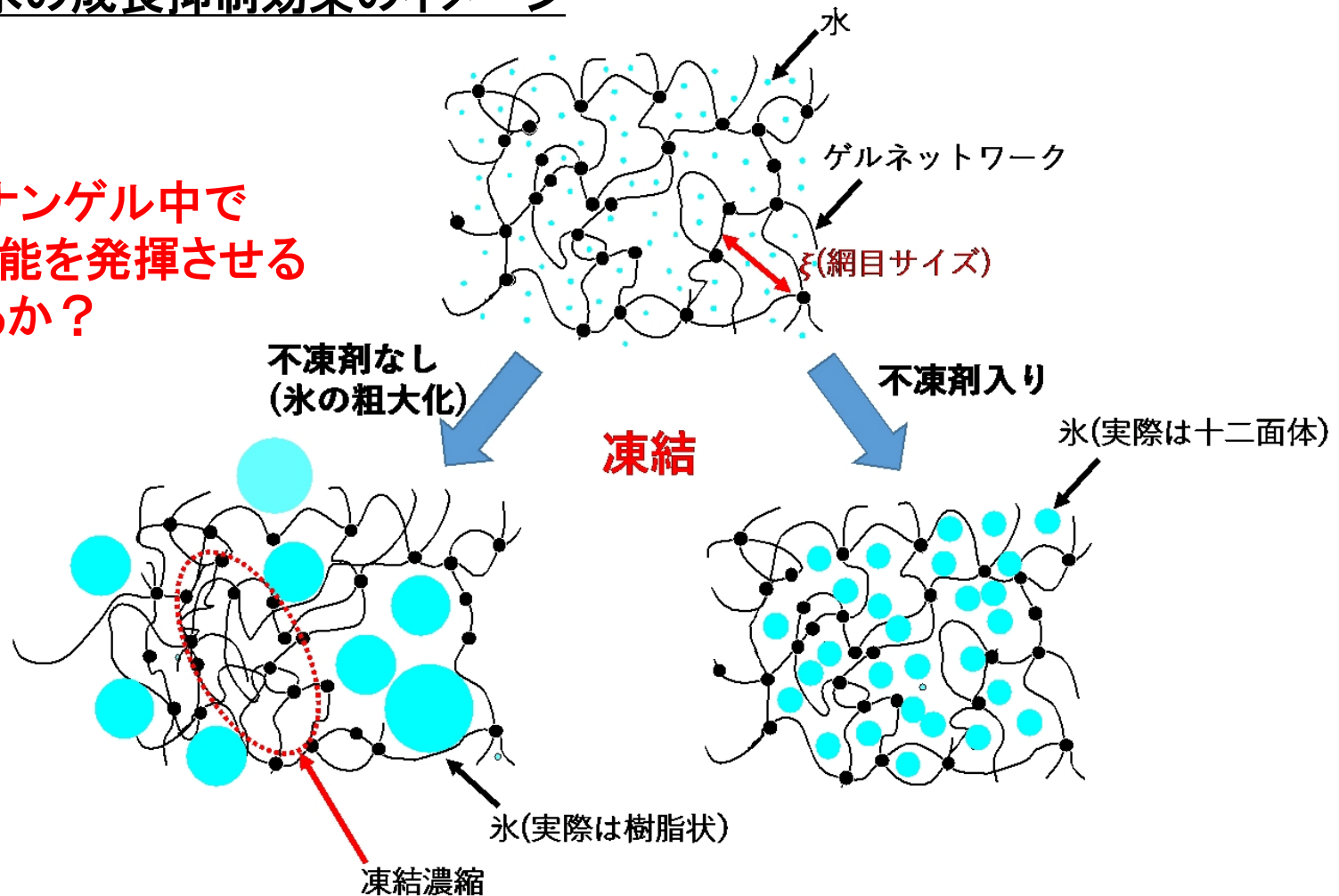
1. 不凍糖タンパク質(antifreeze glycoproteins, AFGP)
2. 不凍タンパク質(antifreeze proteins, AFP)



不凍剤による氷成長抑制

不凍剤による氷の成長抑制効果のイメージ

グルコマンナンゲル中で
不凍剤の機能を発揮させる
ことができるか？



地域連携研究

群馬の食産業構造の特徴

数多くの中小企業が存在

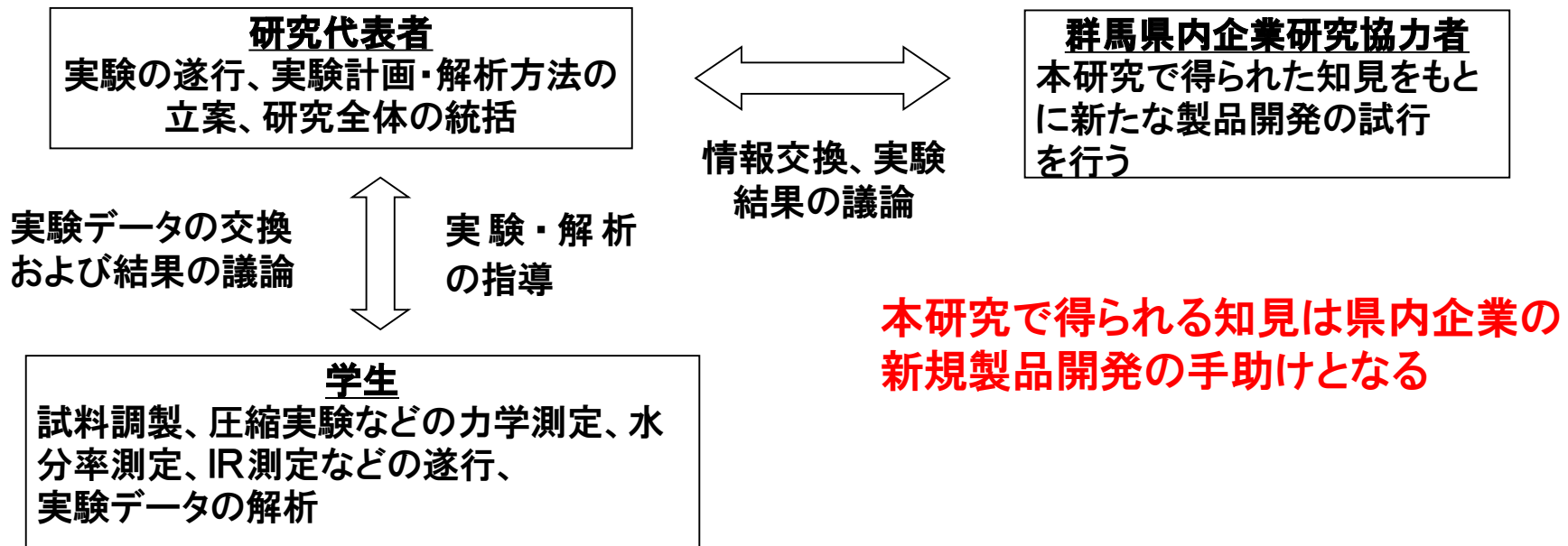


個々に様々な自社製品の開発を行っている

こんにやく製品のキーとなっているのは
こんにやくの力学物性(のど越しの良さなど)

本研究の実施体制

冷凍・解凍プロセスにおけるこんにやく製品
の変質は克服すべき重要課題の一つ



実験

試料

○グルコマンナン

不凍剤

○ポリビニルアルコール
(PVA)

○不凍糖タンパク質

測定

水分率測定
凍結乾燥 前後の
重量から測定

圧縮試験 10 mm/min



直径 : 14 mm
高さ : 8 mm

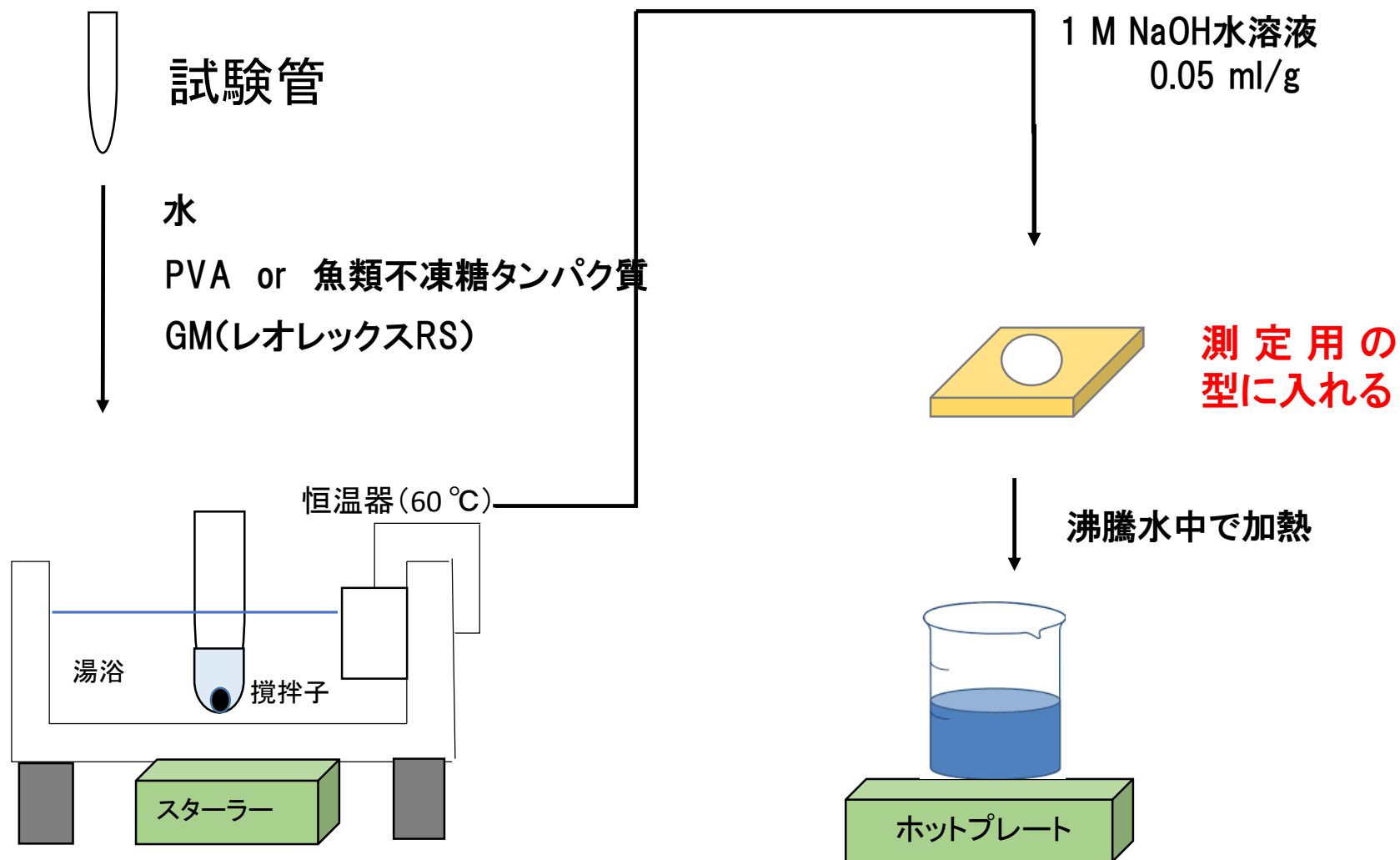
FT-IR測定
水分率測定後の
試料で測定

放射光SAXS/WAXS
高エネルギー加速器
研究機構 (BL-6A)

2. グルコマンナンゲルのゲル化機構

実験

試料作製



FT-IR測定

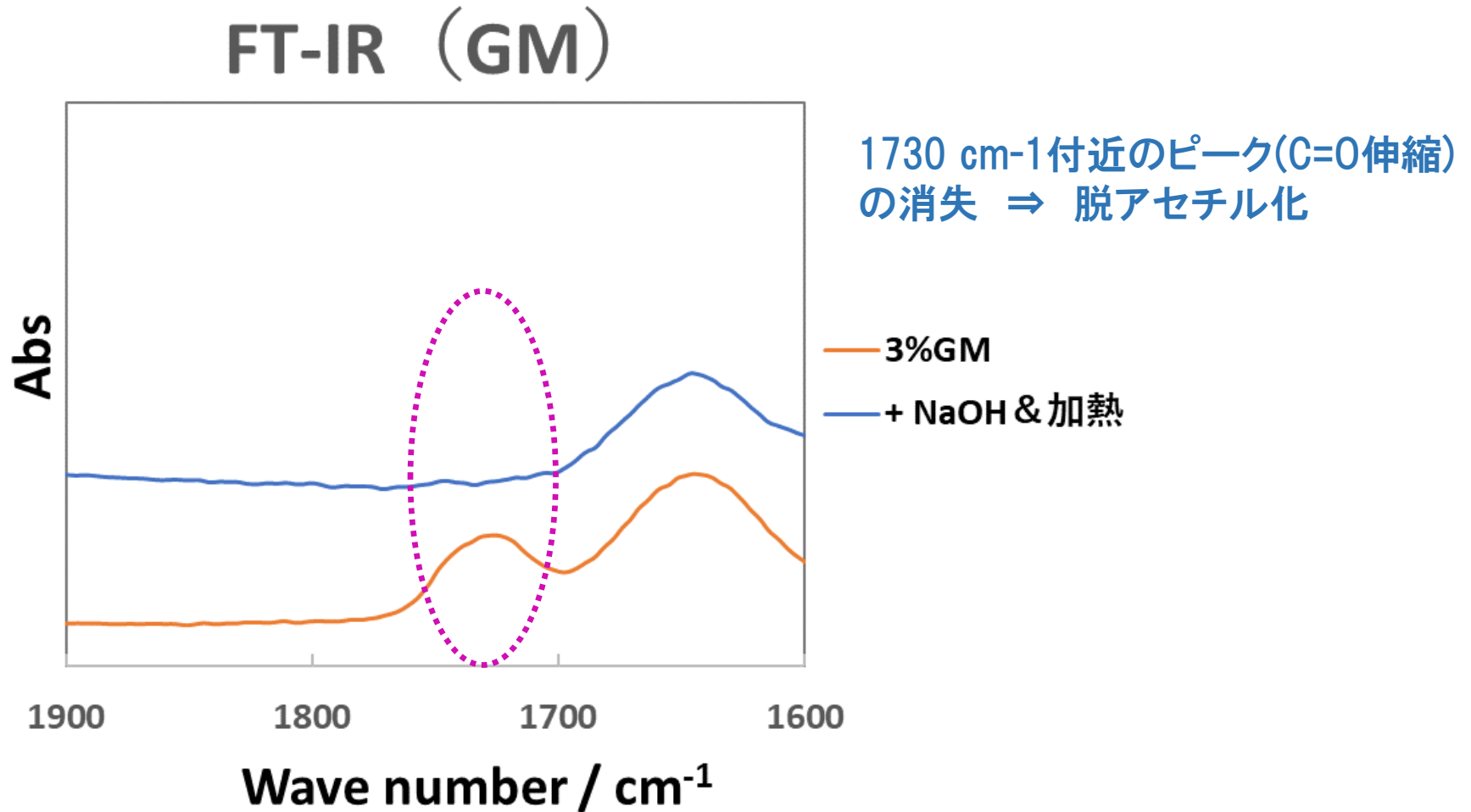
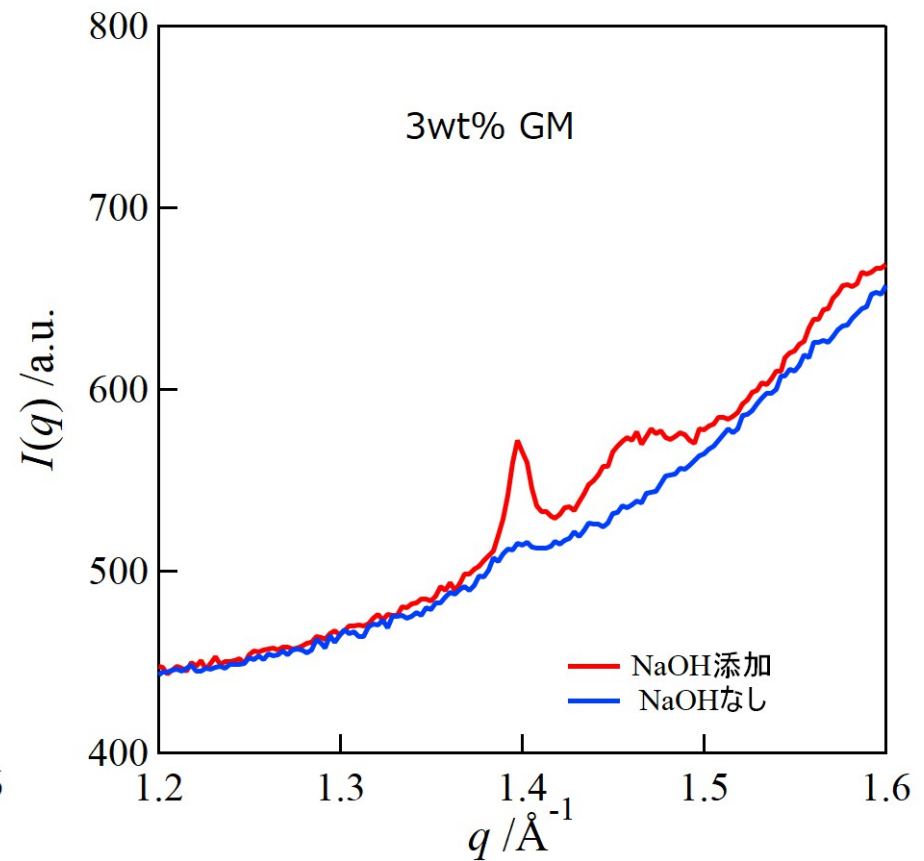
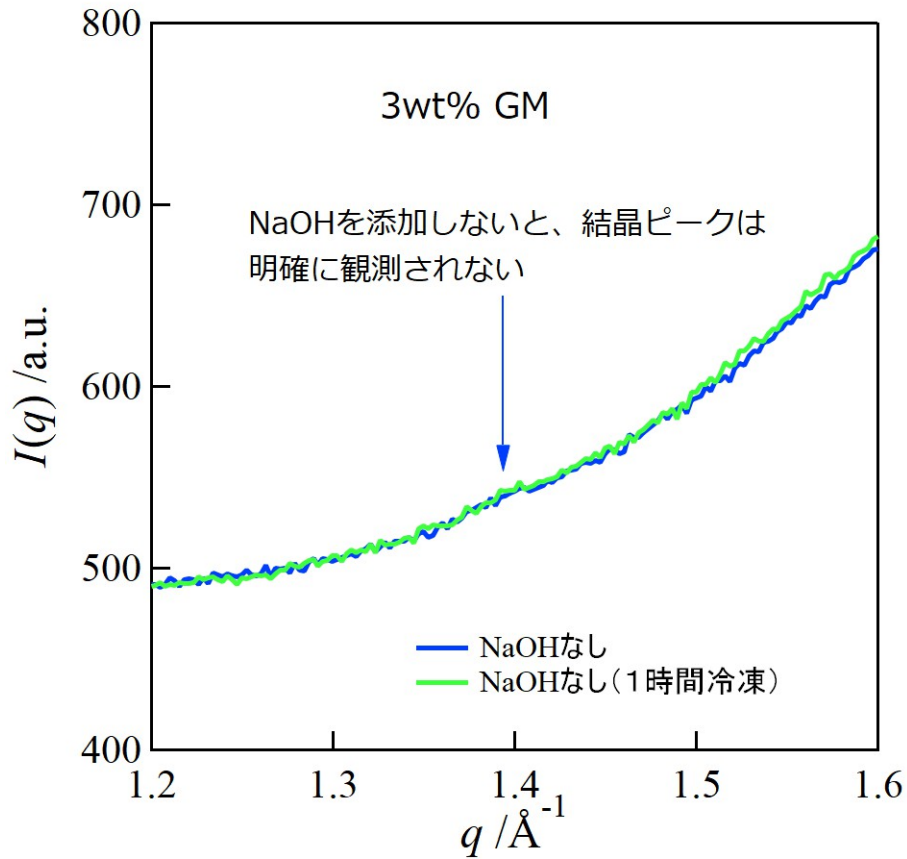


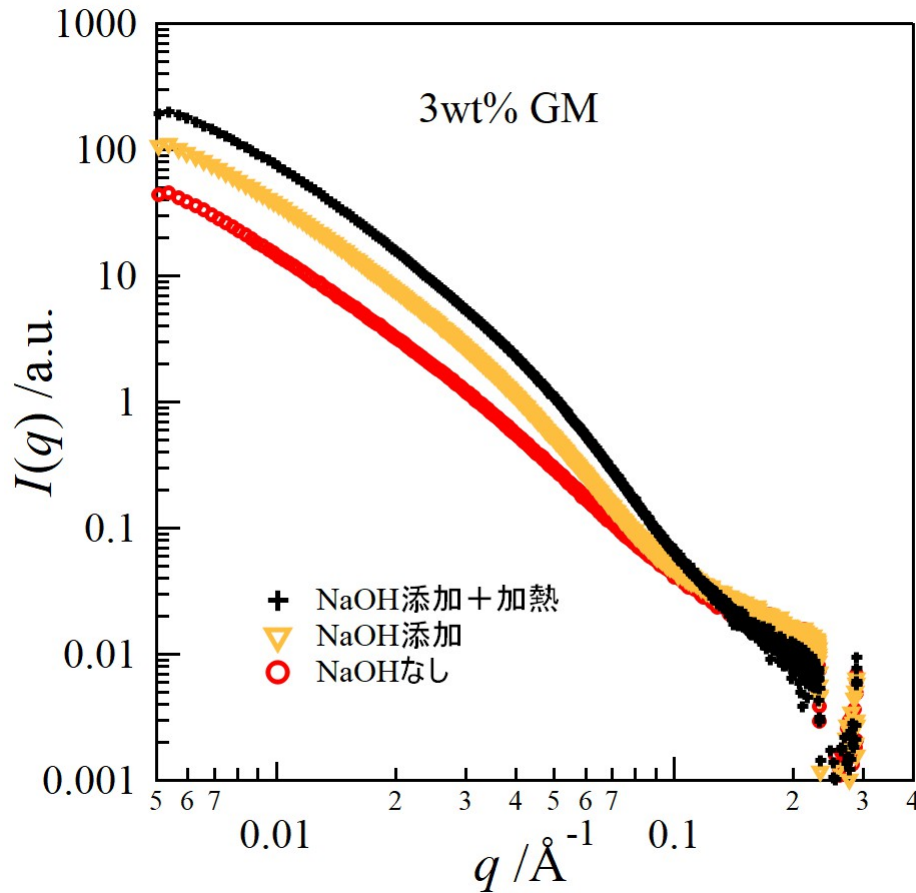
図. GM水溶液の「アルカリ・熱処理」前後のFT-IR

WAXS測定



NaOH添加により結晶化

SAXS測定



NaOH添加+加熱により
散乱強度の上昇



NaOH添加+加熱により、
GMの凝集が起こる

3. グルコマンナンゲルにおける 冷凍・解凍プロセスの効果

圧縮試験 (GM)

応力-歪み曲線 (GM)

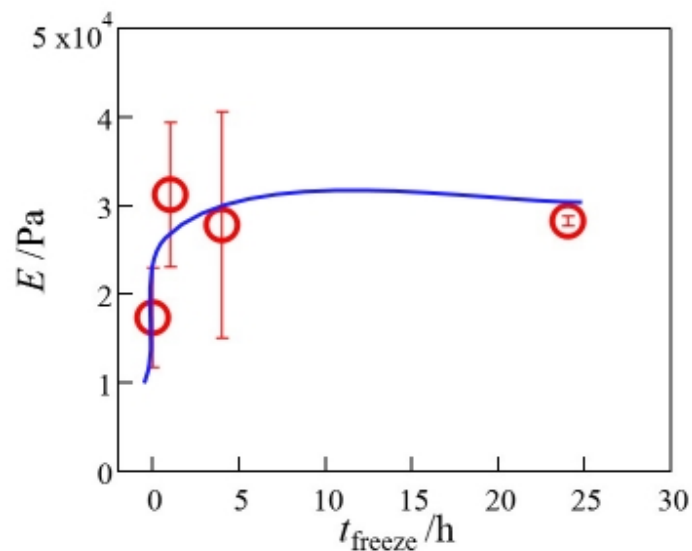
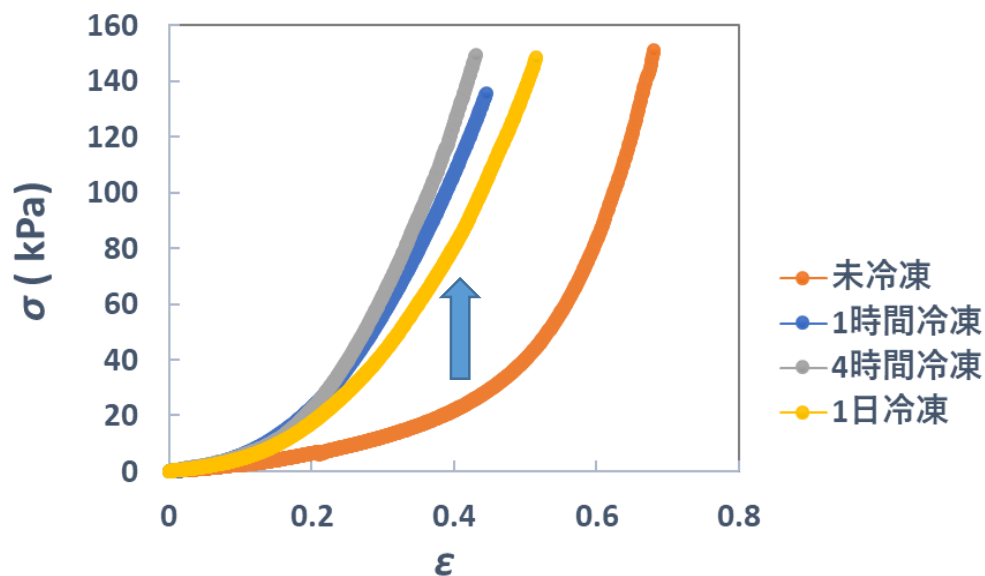


Fig. 1 A plot of Elastic modulus vs freezing time for 3wt% glucomannan gel.

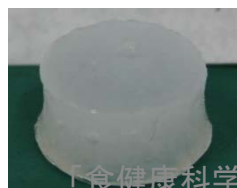
圧縮前

圧縮後

未冷凍



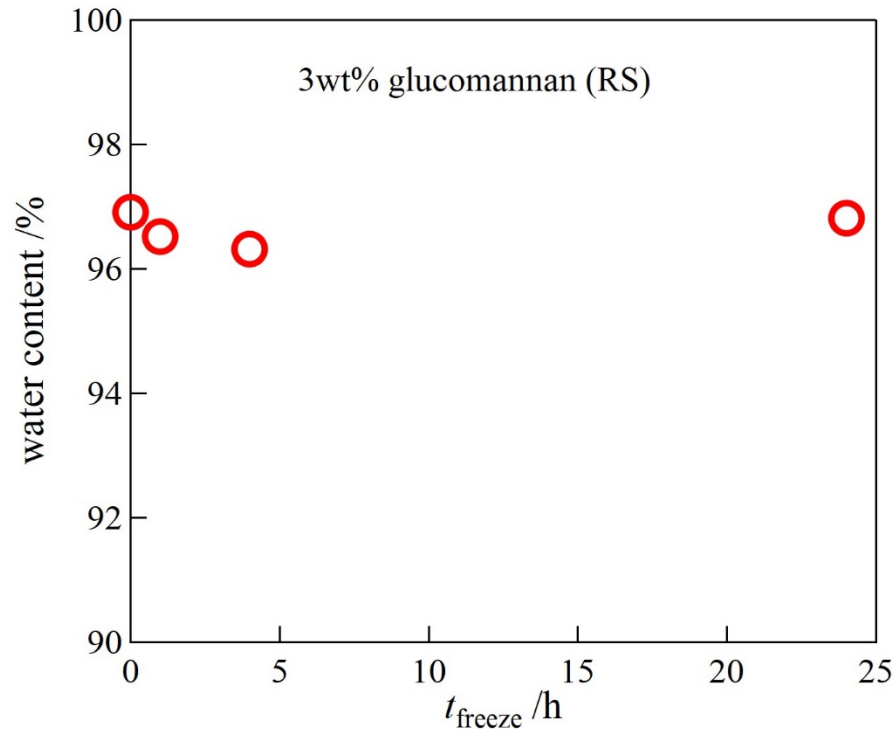
1時間冷凍



- ・凍結融解後は硬くなる
- ・弾性率は冷凍時間に依存しない

凍結融解で水分が抜け硬くなっているのか？

水分率測定



凍結融解の前後で
水分率の変化は
ほとんどなし

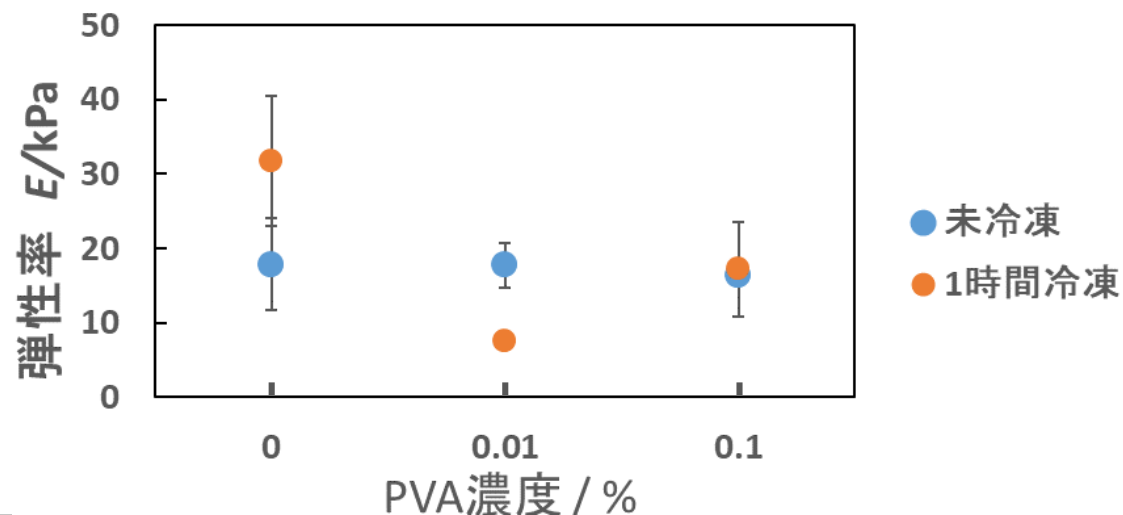


凍結によるGMの濃度
変化の影響は小さい

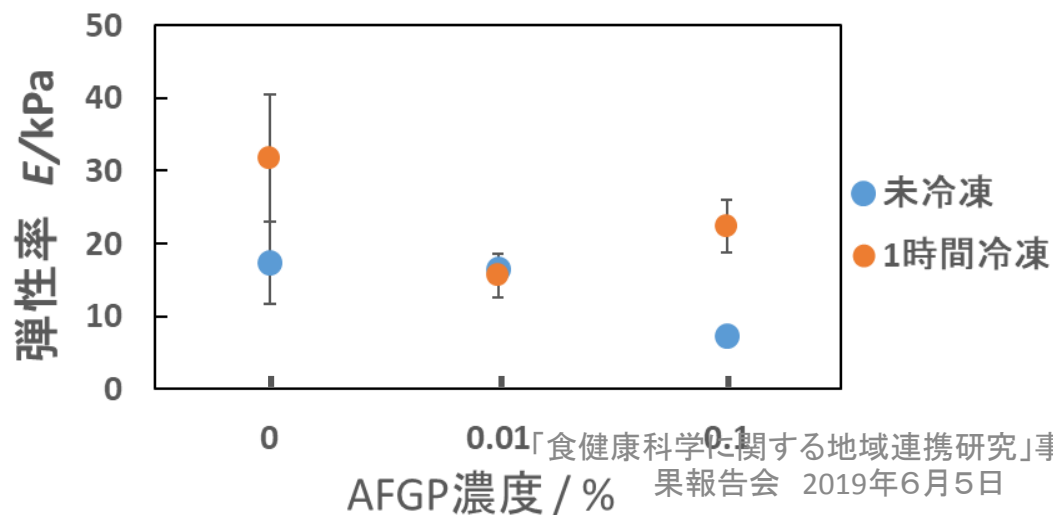
4. 不凍剤の効果

不凍剤の弾性率効果

PVAの添加による弾性率

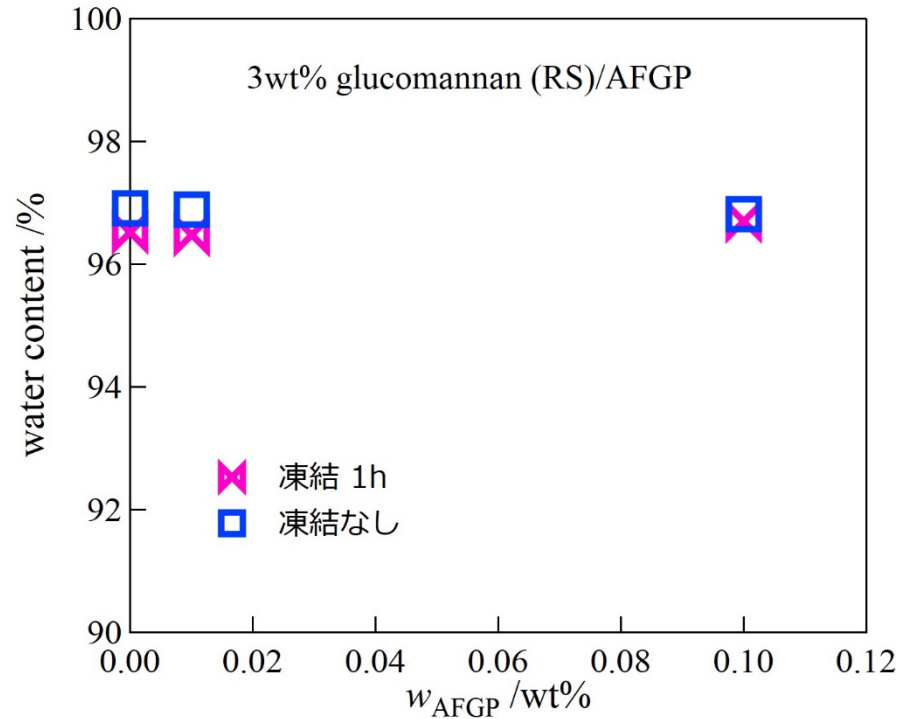


AFGPの添加による弾性率



・0.01%の濃度では
どちらも凍結融解後の
弾性率の増加を抑制

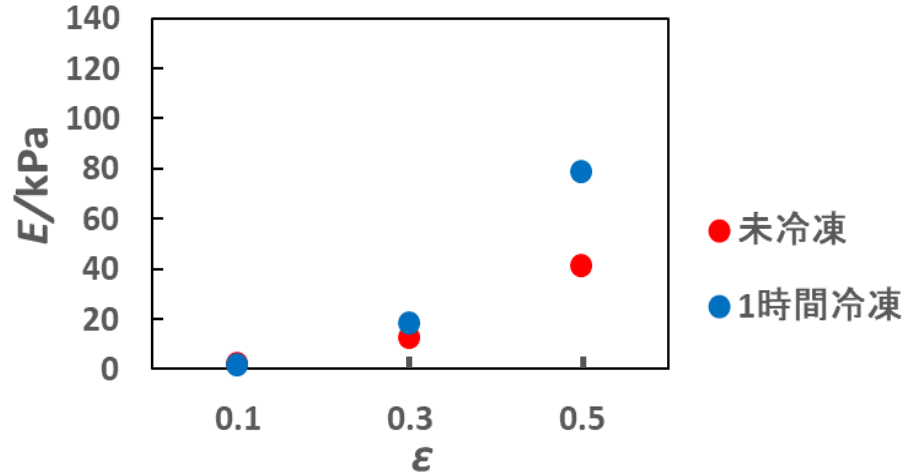
不凍剤入りGMゲルの水分率



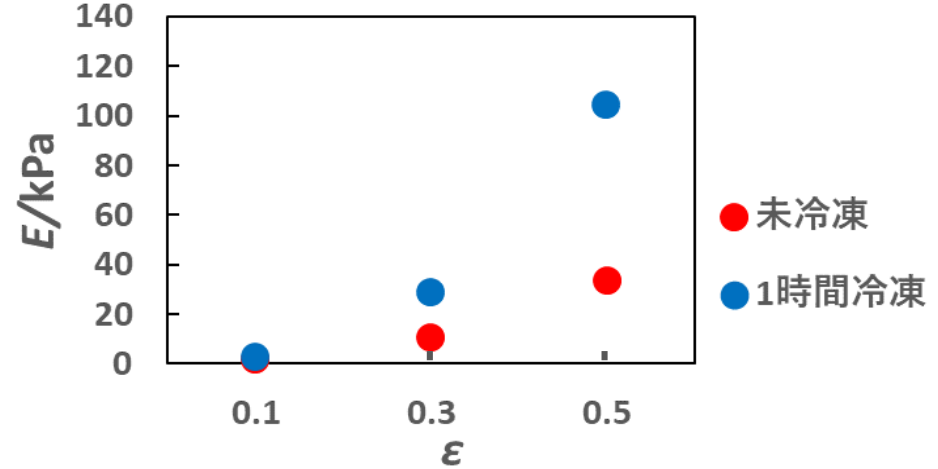
不凍剤入りでも、凍結によるGMの濃度変化の影響は小さい

各歪みに対する応力

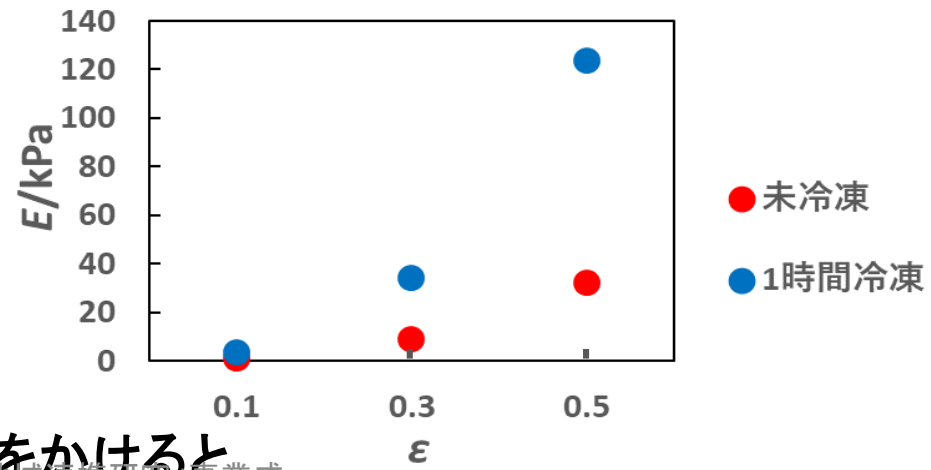
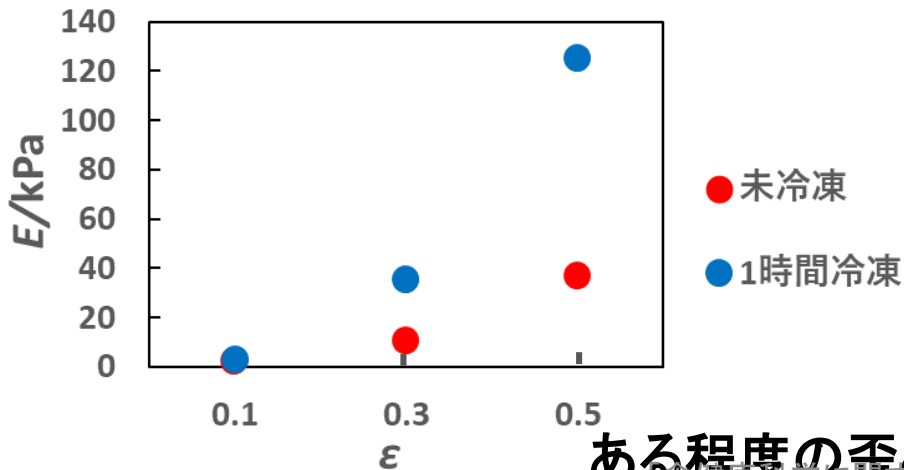
各歪みに対する応力 (0.01%PVA)



各歪みに対する応力 (0.1%PVA)



各歪みに対する応力 (0.01%AFGP) 各歪みに対する応力 (0.1%AFGP)



ある程度の歪みをかけると
凍結融解後の応力はいずれも増加

まとめ

グルコマンナンのゲル化

- ・NaOH添加により脱アセチル化が生じ、それに伴い以下の構造変化が起こる。

結晶化の促進 + グルコマンナンの凝集

グルコマンナンの冷凍-解凍プロセスによる影響

- ・凍結融解後、弾性率が増加するが、水分率の変化は小さい
- ・凍結時間による弾性率の大きな影響はない

不凍剤効果

- ・不凍剤添加により、弾性率の増加を抑制することが期待できるが、歪みが増加すると硬さの抑制効果は期待できない