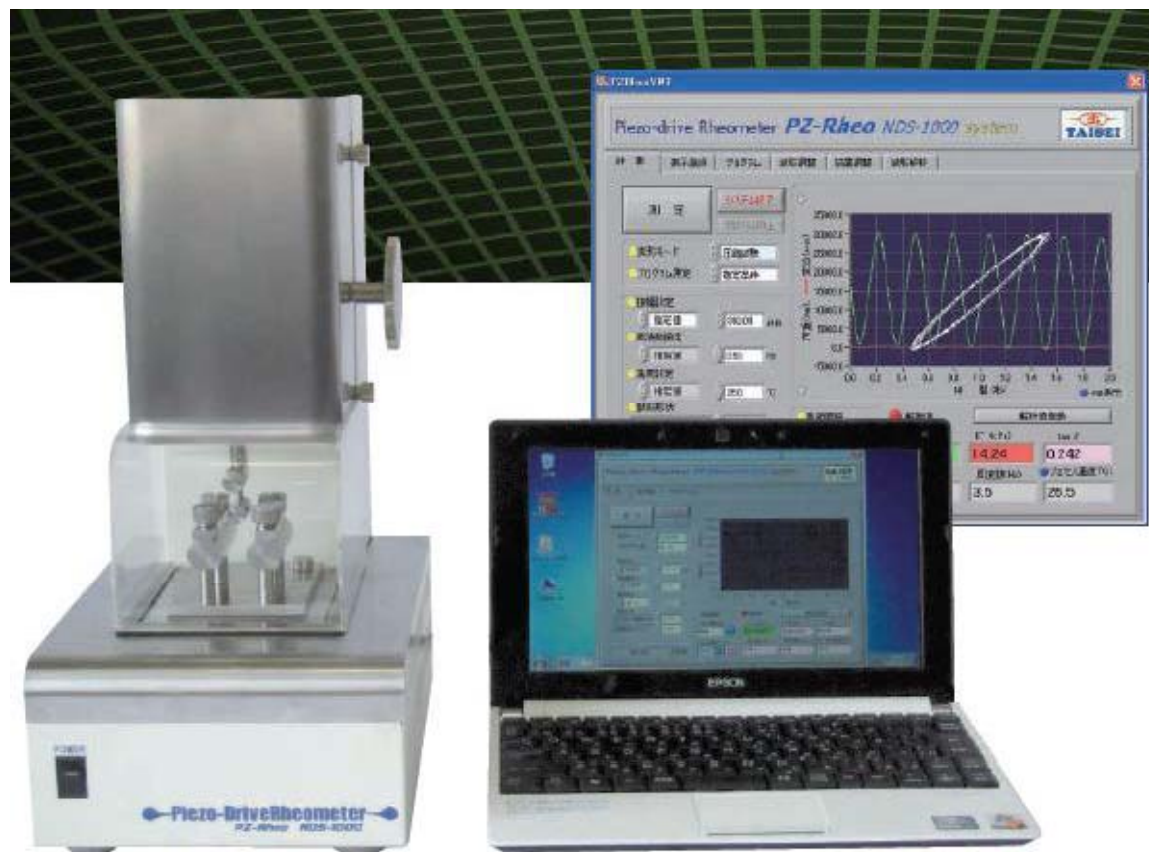


低価格・高機能・普及型
動的粘弾性測定装置（レオメーター）



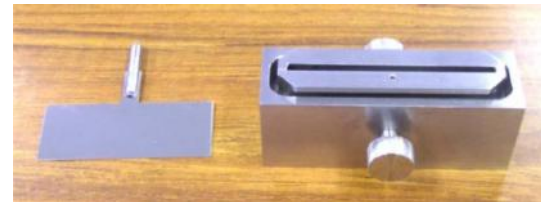
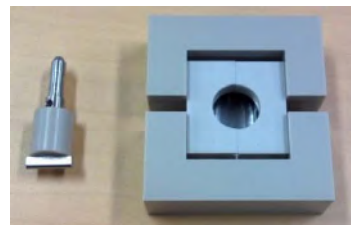
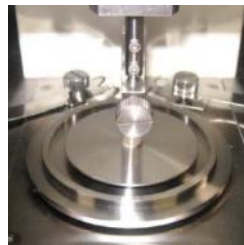
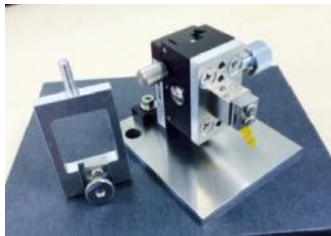
SysCom

PZ-Rheo NDS-1000

多様な試料に応じた測定ジグ例



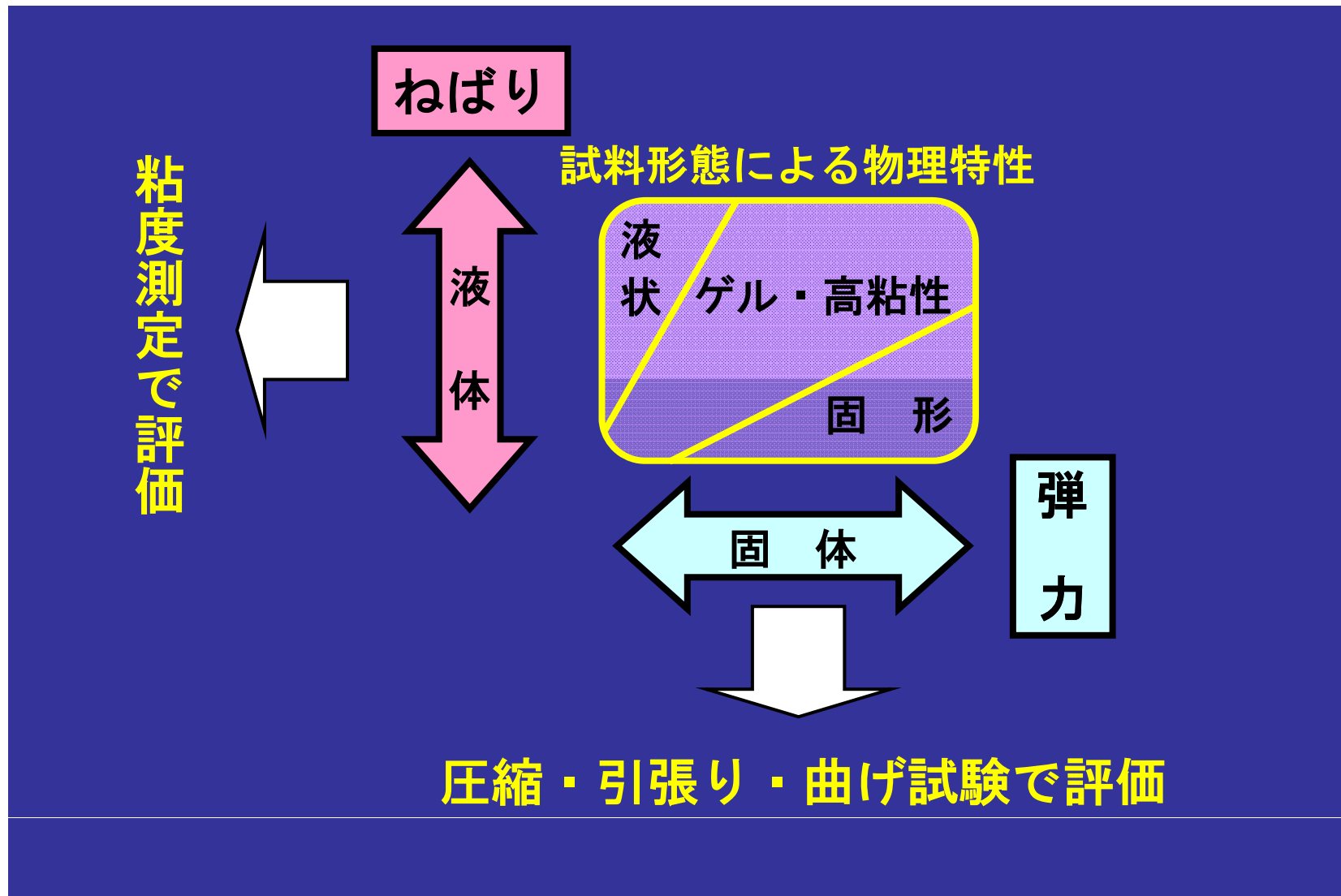
- 圧縮試験
- せん断（固体せん断）試験
- 曲げ試験
- 引張試験
- 温調機能（-20~100℃/250℃）
- 各種プログラム測定機能
（連続、ステップ・・・）



装置の主な特長

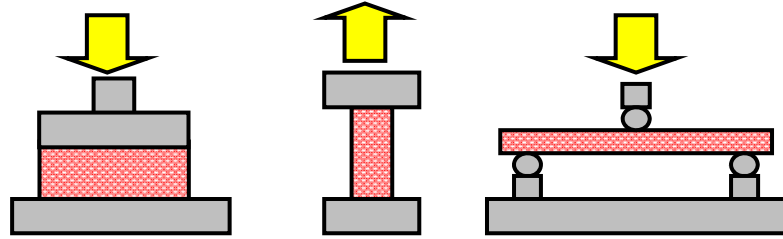
- ◆ 縦振動式のユニークな普及型の動的粘弾性測定装置・レオメータ
- ◆ 圧縮、せん断、引張、曲げの各試験も使い分けが簡単
- ◆ 液状から、ペースト、ゲル状、固形物まで高精度の粘りと弾力の測定
- ◆ 微小試料・薄膜・不定形試料にも対応 - 多様なカスタムジグに対応
- ◆ 低価格（基本システム約300万）で高い汎用性
- ◆ 小型・軽量でラボから現場まで持ち運びが容易

各種形態試料の力学測定



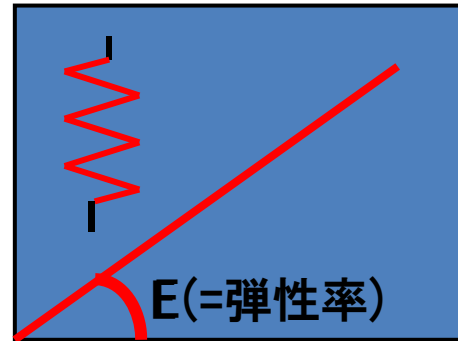
静的力学測定（弾性と粘性）

固形物の測定



圧縮試験 引張り試験 曲げ試験

荷重 Q



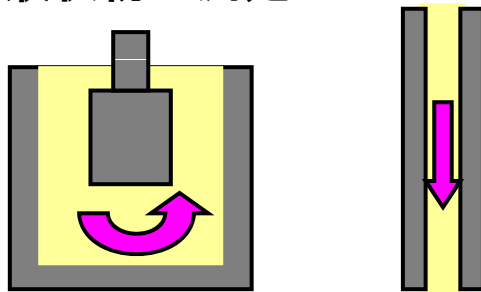
フックの法則

$$\sigma = E \cdot \gamma$$

変位 γ

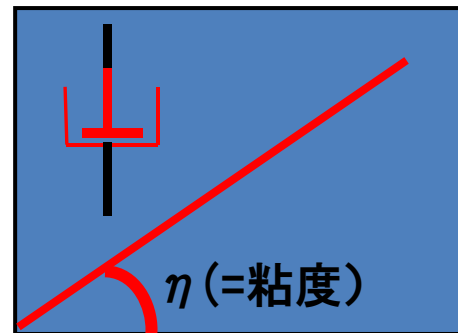
弾性率とは
変位量に対する荷重変化

液状物の測定



回転粘度計 細管式粘度計

荷重 Q



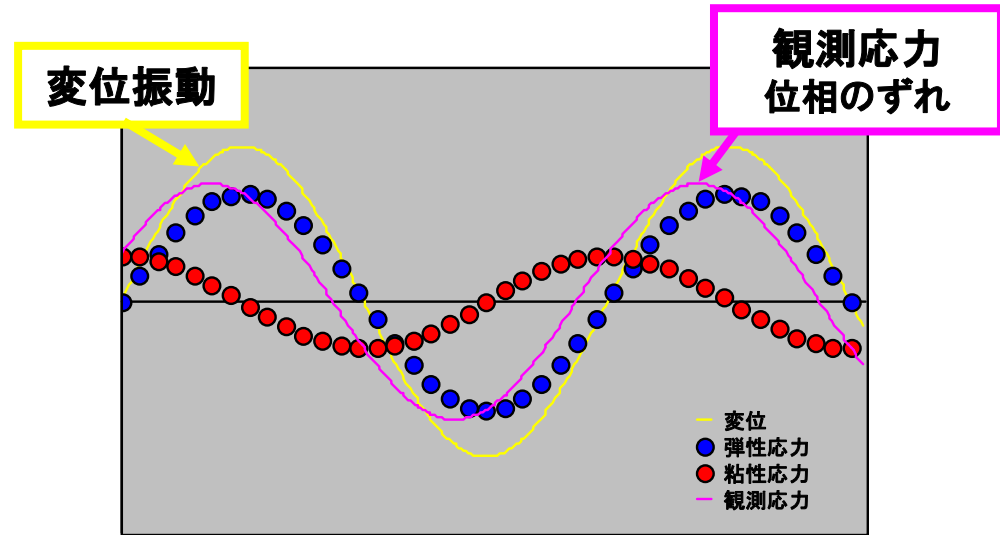
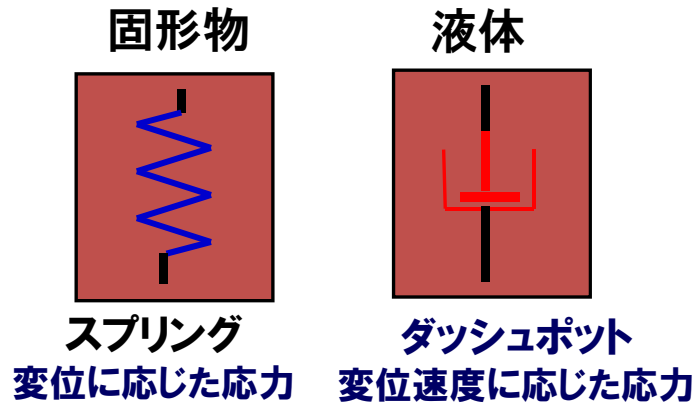
ニュートンの法則

$$\sigma = \eta \cdot d\gamma/dt$$

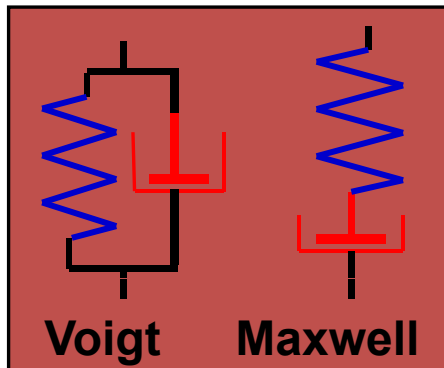
変位速度 $d\gamma/dt$

粘度とは
変位速度に対する荷重変化

動的粘弾性測定とは



両性質を示す粘弾性体



粘弾性体のモデル
 Maxwell 変位→応力
 Voigt 荷重→変位

粘弾性体に正弦波変位を加えたときの応答

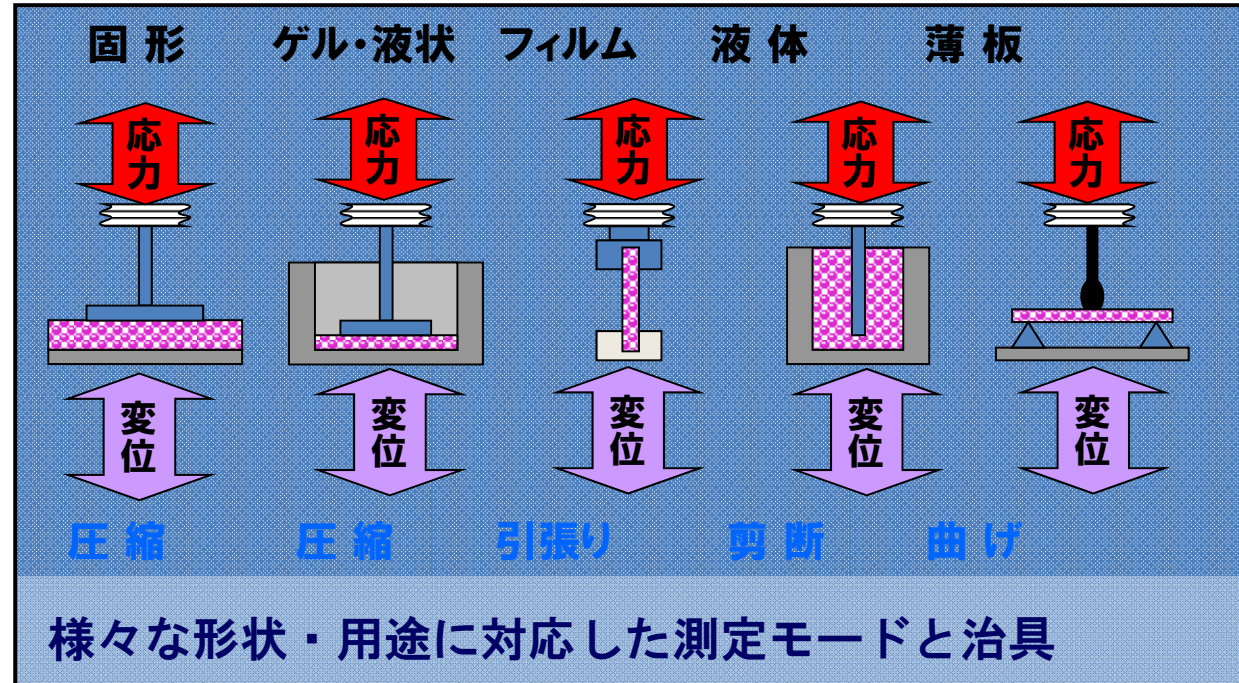
- γ_1 (弾性成分の応力応答) → 変位の量に対応 (同位相)
- γ_2 (粘性成分の応力応答) → 変位速度に対応 ($\pi/2$ 進)

弾性成分と粘性成分の加算により位相のずれた正弦波形

数学的に粘性係数と弾性係数を解析

変位を限定した微小振動による **非破壊測定**
 粘性と弾性を同時に取得
 液体から固形物まで同一指標により評価

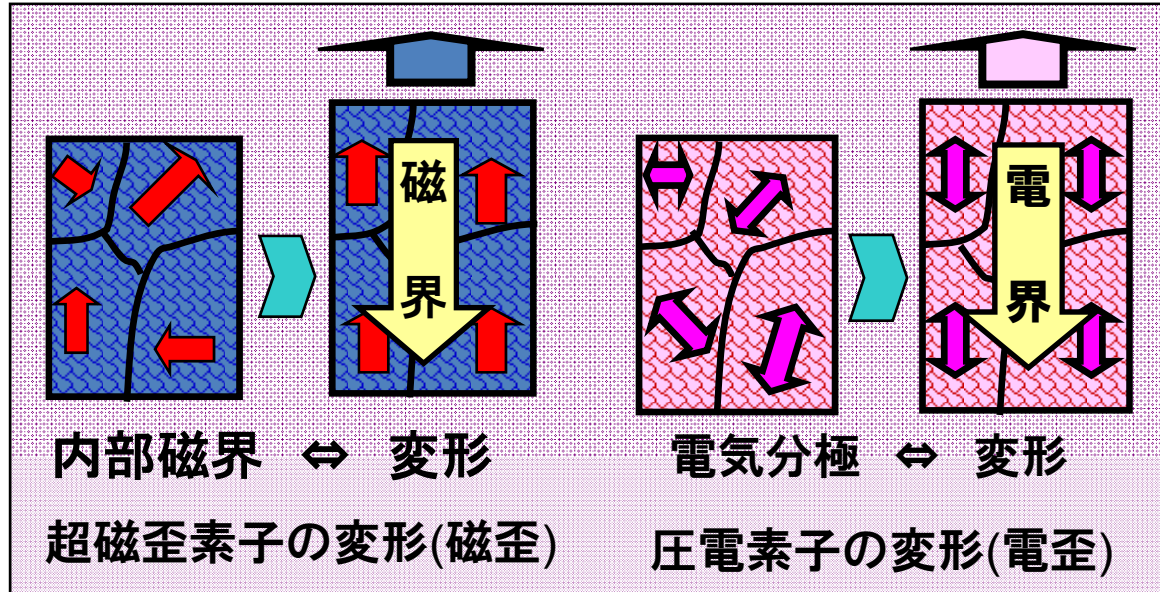
粘弾性解析(ロードセル補正及び測定モード)



様々な形態、形状の材料に対応可能
実用的な品質評価・判定基準

ピエゾアクチュエータを用いた振動生成

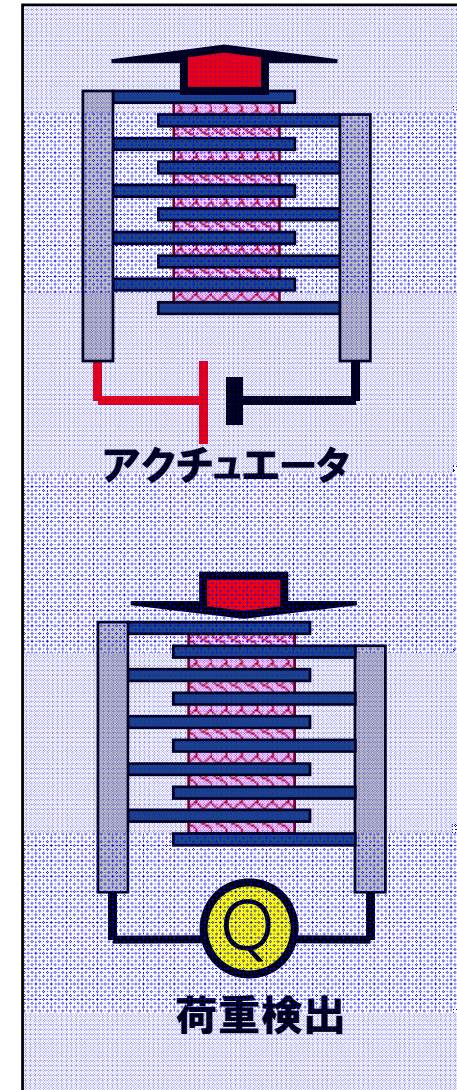
セラミック(鉛、ジルコニウム、チタニウム酸化物)



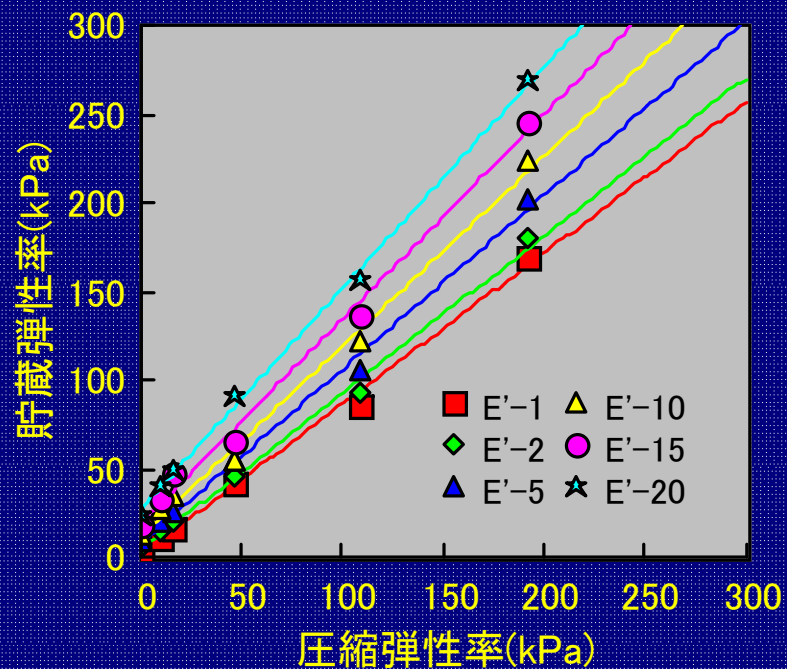
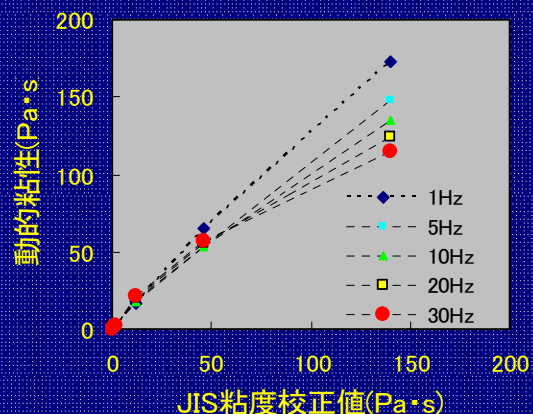
利点 - 軽量、安価、センサー機能
欠点 - セラミック、積層部の破損、薄板

機能複合化、用途限定による高機能装置

積層ピエゾ素子



動的粘弾性測定と従来法の関係



JIS粘度計校正用標準液の動的粘性
($\eta' = G'' / \omega$ 、 $60 \mu m$)

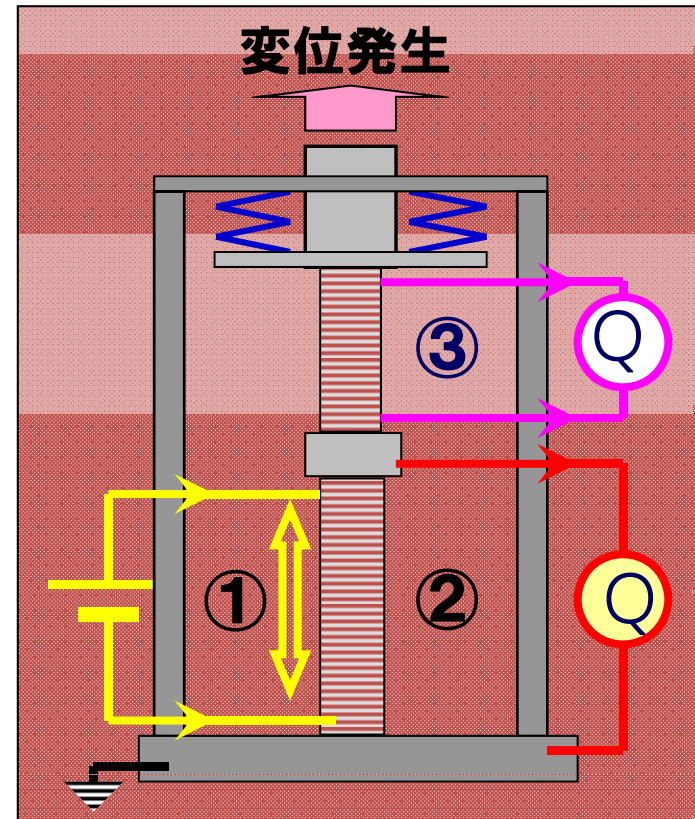
シリコンゲルの貯蔵弾性率E'

複合機能付き piezo アクチュエータ

piezo 素子を組み合わせて多機能化

- ① 電界印加による変位発生
充電(電荷) - 圧電逆効果 → 変位発生
- ② 素子の両端電極から変位検出
充電電荷 → 誘導電荷
- ③ 直列配置の圧電材で荷重検出
応力 - 圧電効果 → 分極(電荷)

- ④ 増幅機構により変位振幅を40倍拡大
荷重センサーの高感度化



変位・応力検出機構付きアクチュエータにより
粘弾性測定装置の簡素化

ピエゾ式粘弾性測定装置の外観と機能

振動条件(縦振動)

周波数 : 1.5~5Hz
歪振幅 : 10~1000 μ m
測定荷重 : 最大5N

温度制御

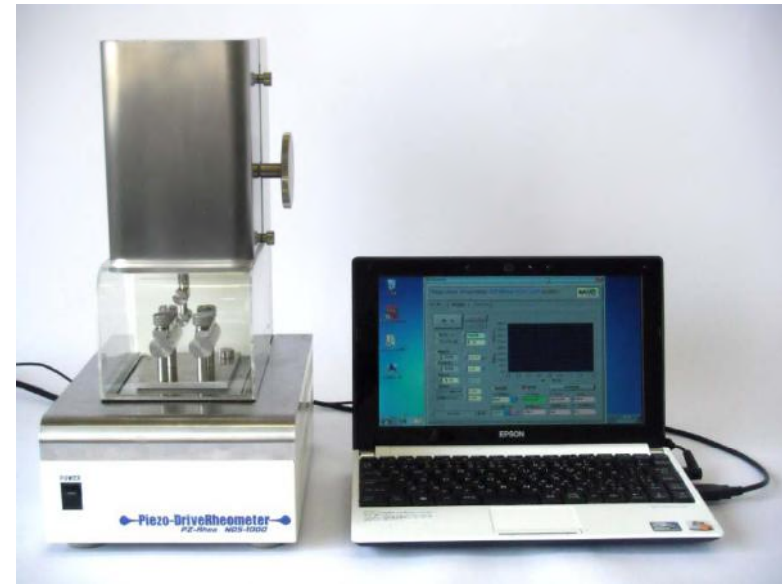
ペルチェ温調機能内蔵
(環境温度 -20°C ~ $+100^{\circ}\text{C}/250^{\circ}\text{C}$)

応用計測プログラム

連続測定 (プログラム温度設定)
ステップ温度、周波数、歪設定

大振幅のため柔軟材料や液体の測定可
小型で設置場所を選ばない
試料の取付けが容易

↓
日常の品質管理に有効



ピエゾ式動的粘弾性測定装置 PZ-Rheo

ユーザーの視点で開発した簡便機能的な計測画面

変形モード

- ・圧縮・引張り
- ・剪断・曲げ
- ・回転 (オプション)

測定モード

指定条件、プログラム (連続、ステップ)

測定開始ボタン

計測波形の表示結果の適否判断 測定値の線形性

測定条件の設定

振幅・周波数
プログラム設定
温度・周波数・振幅

試料形状の設定

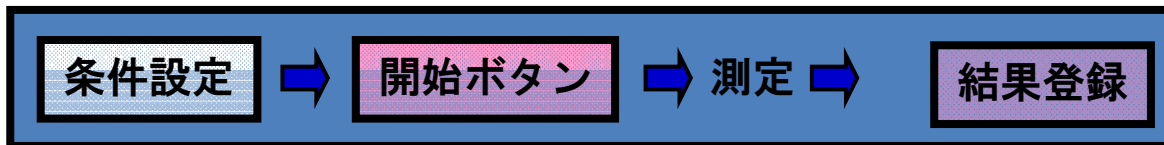
変形モードに対応

ユーザー設定読込保存

解析値表示

| 負荷調整 | | 解析値 | | 解析値登録 | |
|------------|-------------|----------|-----------|-------|-------------|
| センサー荷重 (g) | センサー位置 (mm) | E' (kPa) | E'' (kPa) | tan δ | プロセス温度 (°C) |
| 7.6 | 0.00 | 58.87 | 14.24 | 0.242 | 26.5 |
| 246.1 | | | | | |

基本測定操作

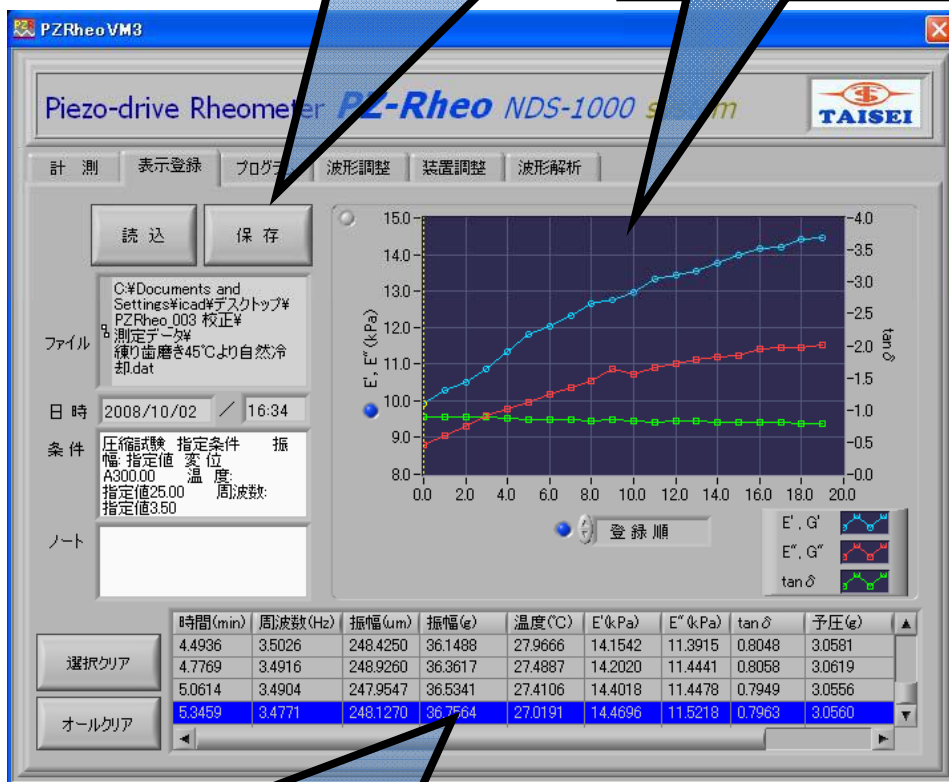


プログラム運転時は自動登録

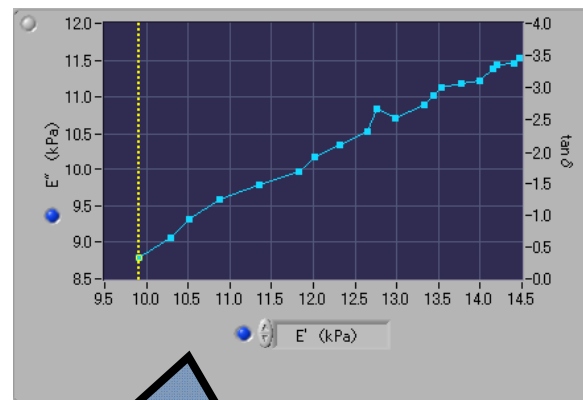
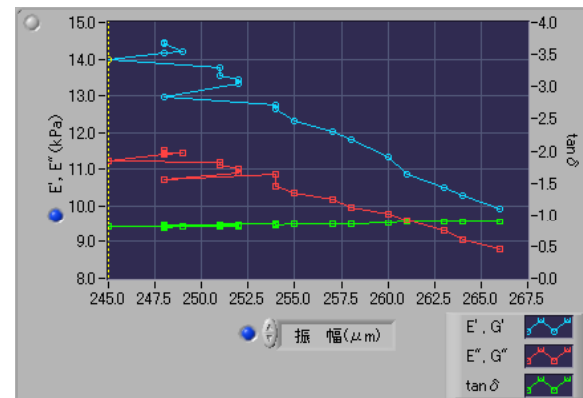
物性の解析を容易にする測定結果表示画面

データの保存・読込
表計算プログラムで読込可能
測定条件、ノートの追記

測定結果グラフ



粘弾性値及び測定データの登録表示
各ポイントの波形データを表示して確認

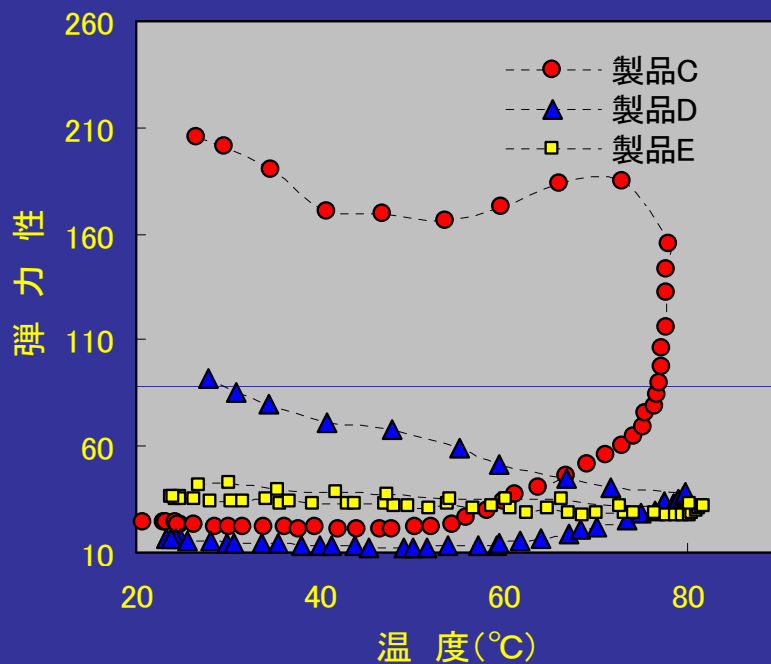


表示モード変更による解析
経時変化、温度変化
周波数依存、振幅依存

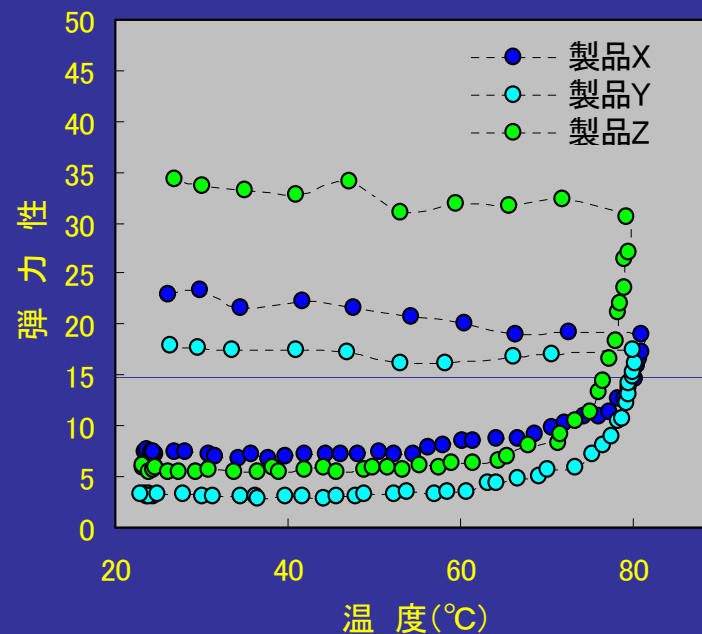
動的粘弾性測定の種類応用例

液体調味料

マヨネーズ

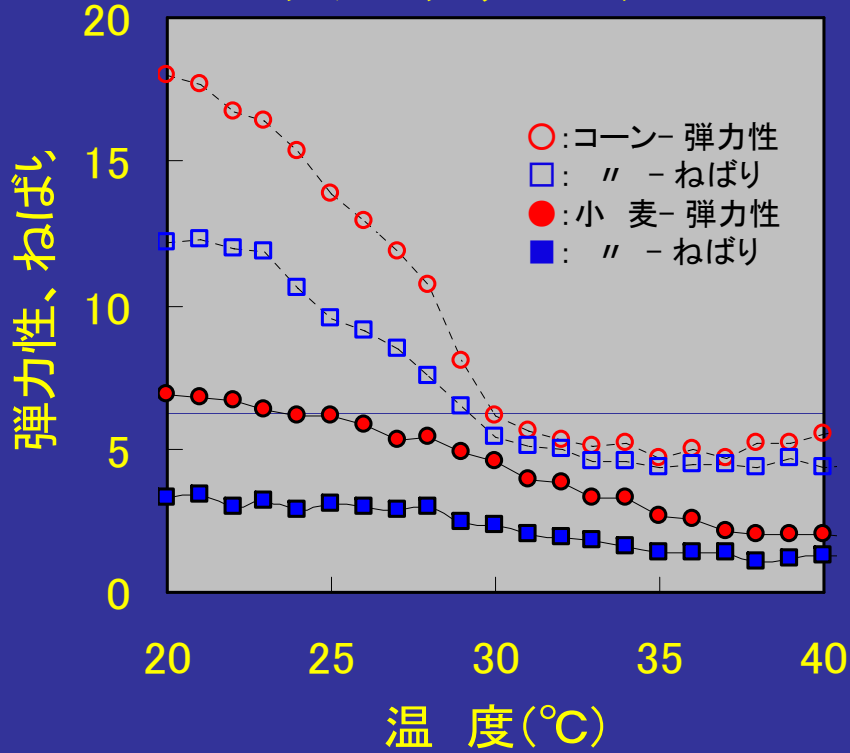


ケチャップ

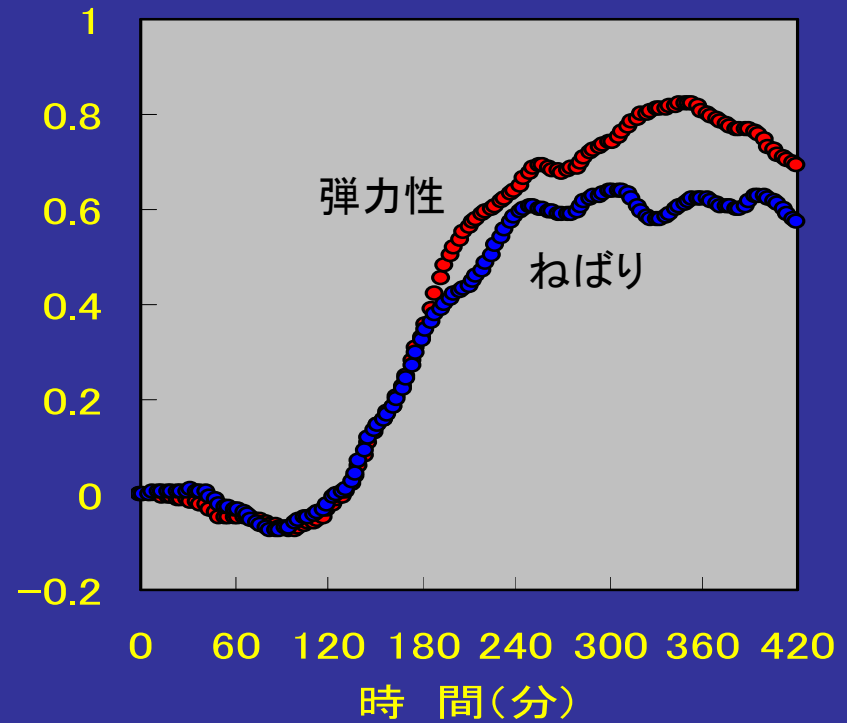


液状食品試料

コロッケのクリームソース

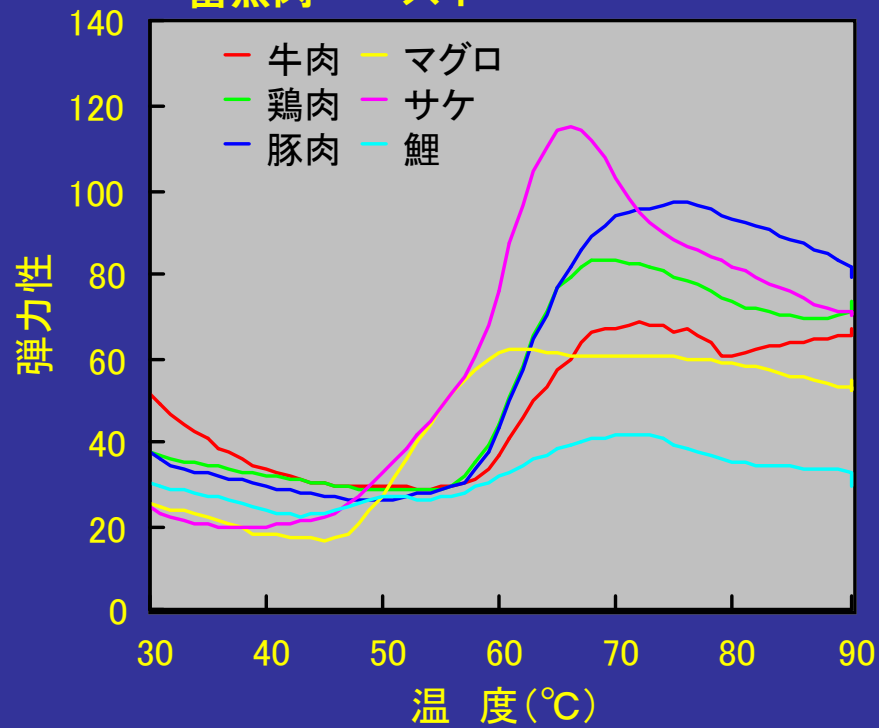


ヨーグルトの発酵過程

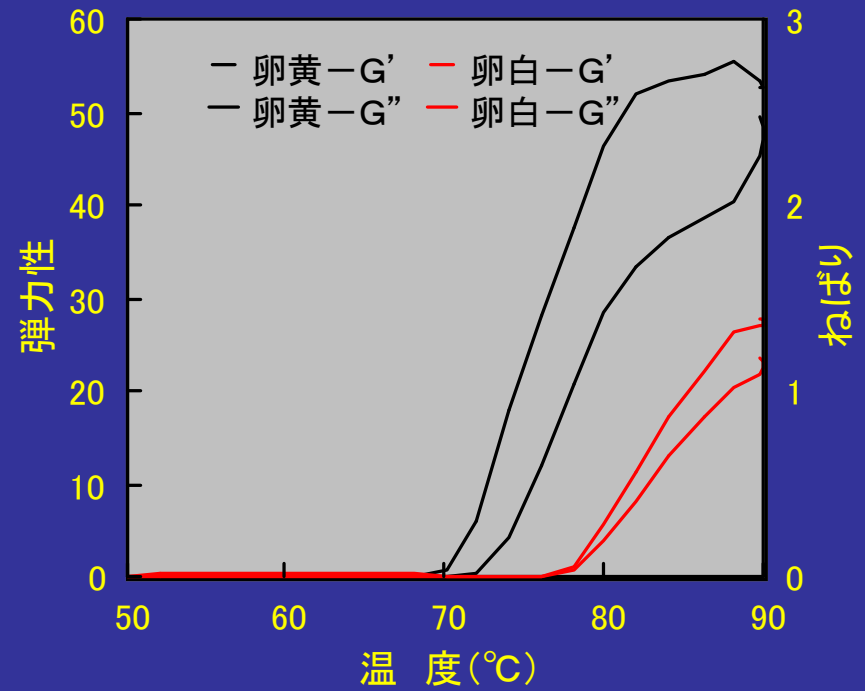


畜産水産原料

畜魚肉ペースト

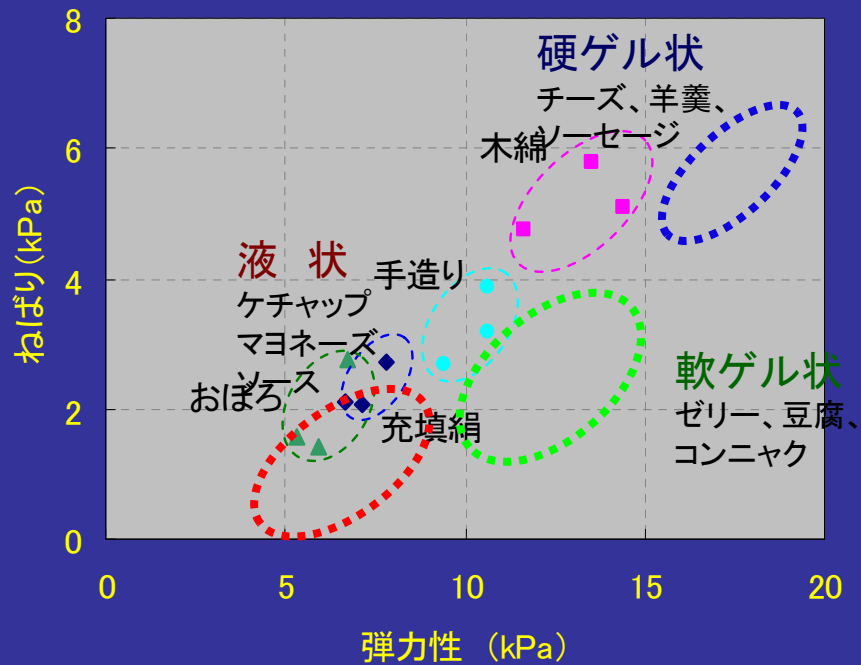


鶏卵

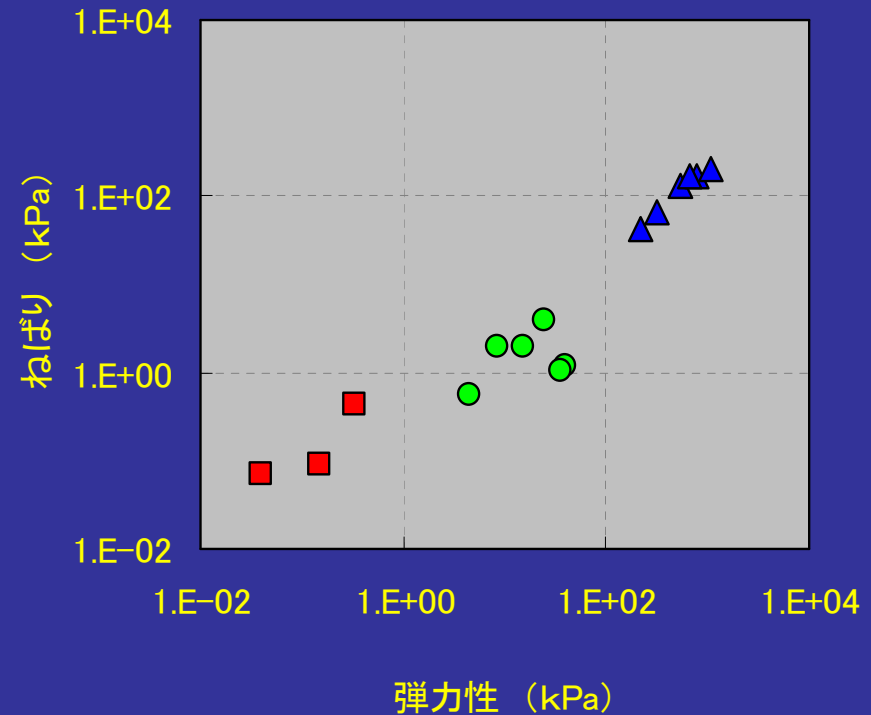


各種食品の動的粘弾性による特徴づけ

各種ゲル状食品の粘弾性

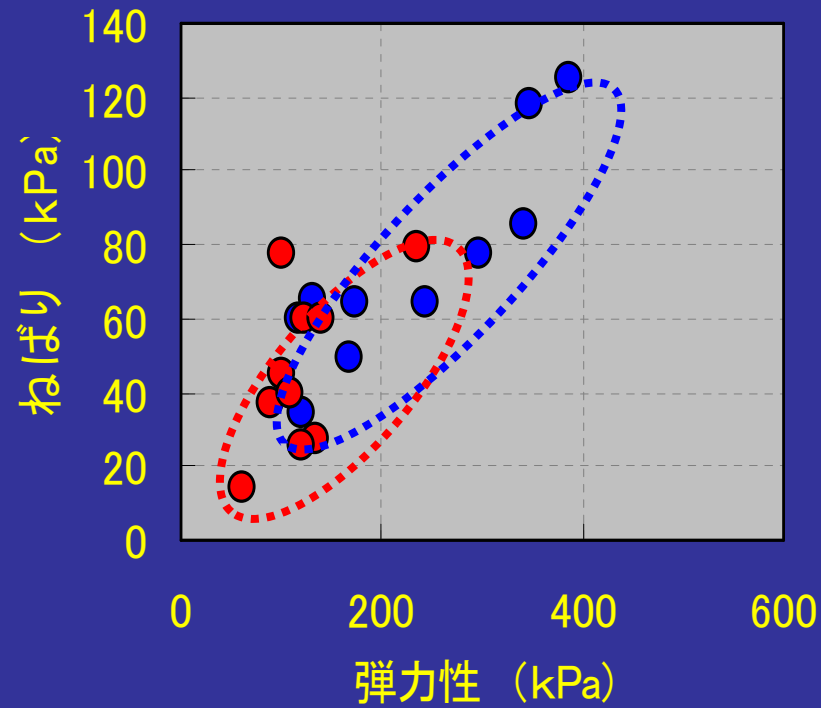


豆腐の粘弾性

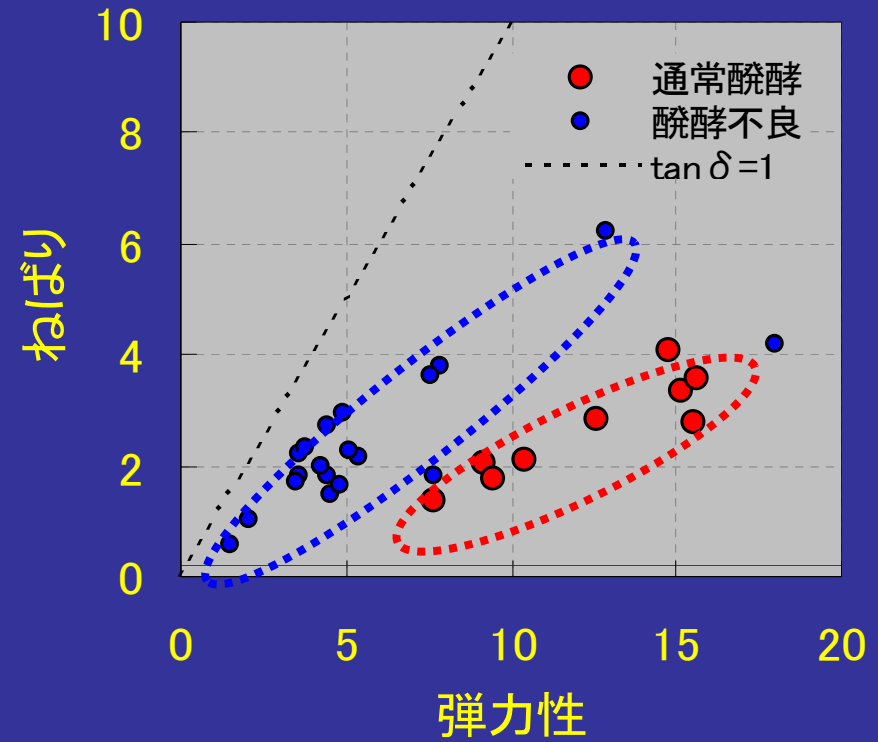


粘性と弾性によるマッピング

各種食品の動的粘弾性



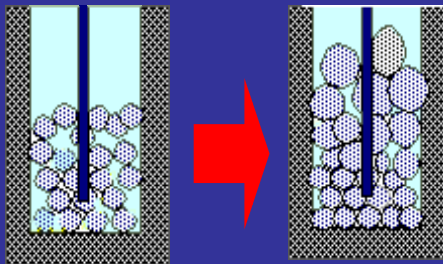
炊飯条件の異なるご飯粒粘弾性



発酵条件の異なる納豆粘質物

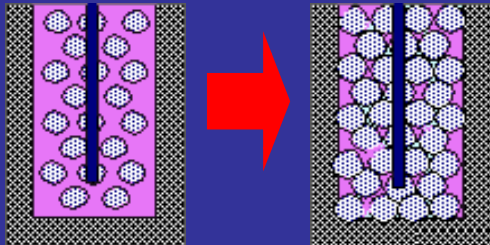
デンプン及びデンプン原料の粘弾性測定

水中での加熱



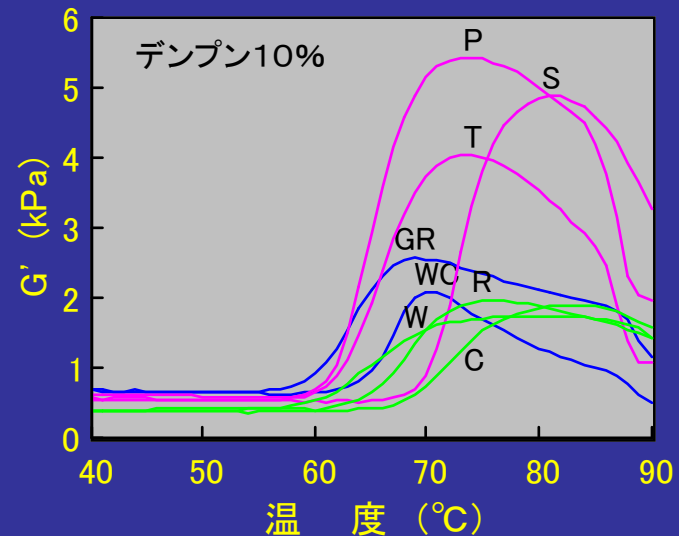
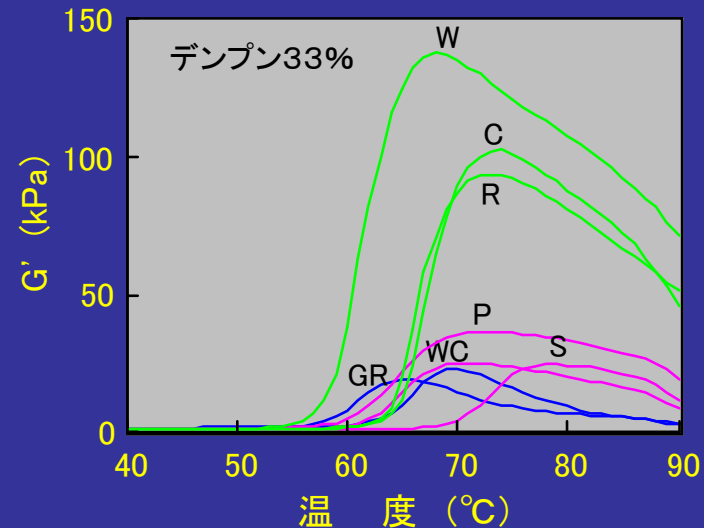
沈殿したデンプンは不均質に膨潤

ゲル中での加熱

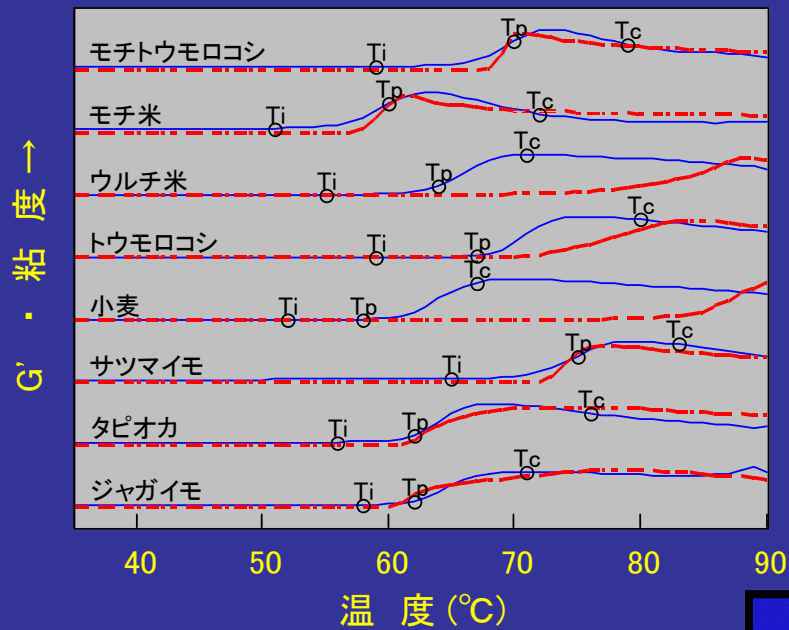


均一な状態で糊化、均質なゲル形成

糊化に影響せず、熱安定性の高いゲル
(キサンタンゲル)



ゲル分散動的粘弾性測定(GDVM)によるデンプン評価



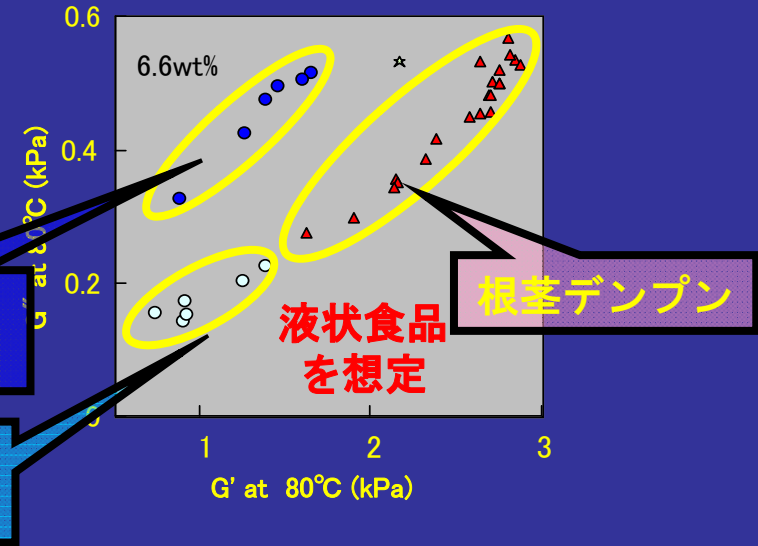
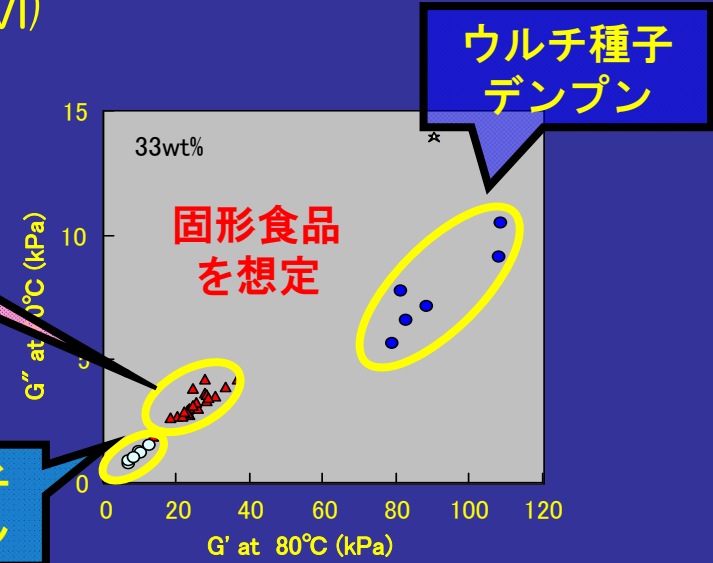
DSCと同等の糊化温度検出

根茎デンプン

モチ種子デンプン

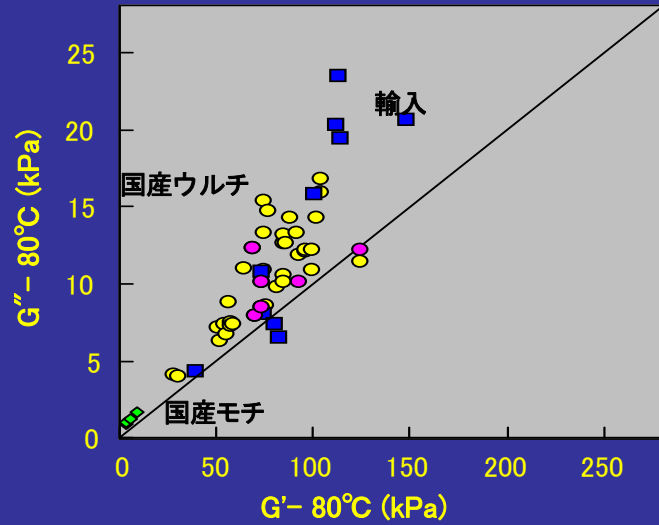
ウルチ種子デンプン

モチ種子デンプン

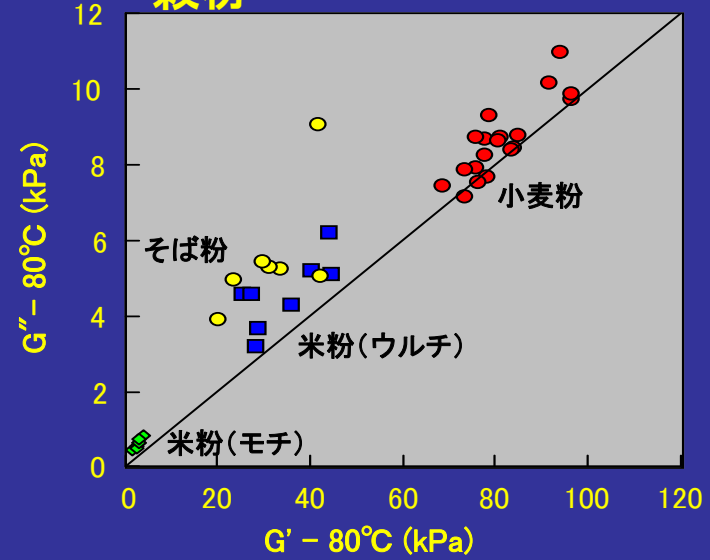


GDVMによる測定及び応用

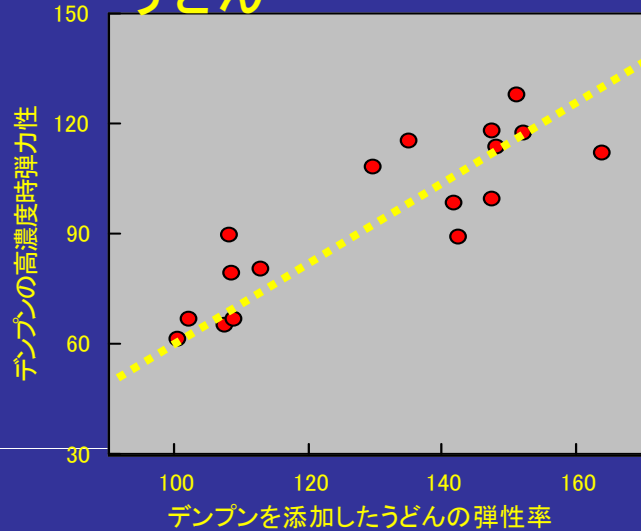
米粉



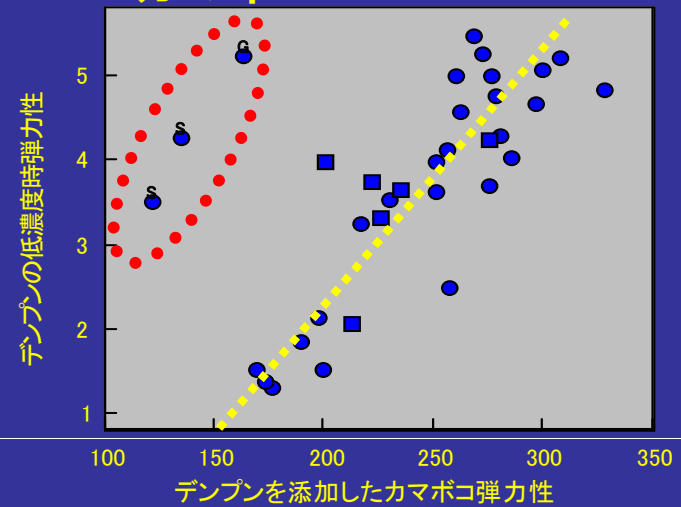
穀粉



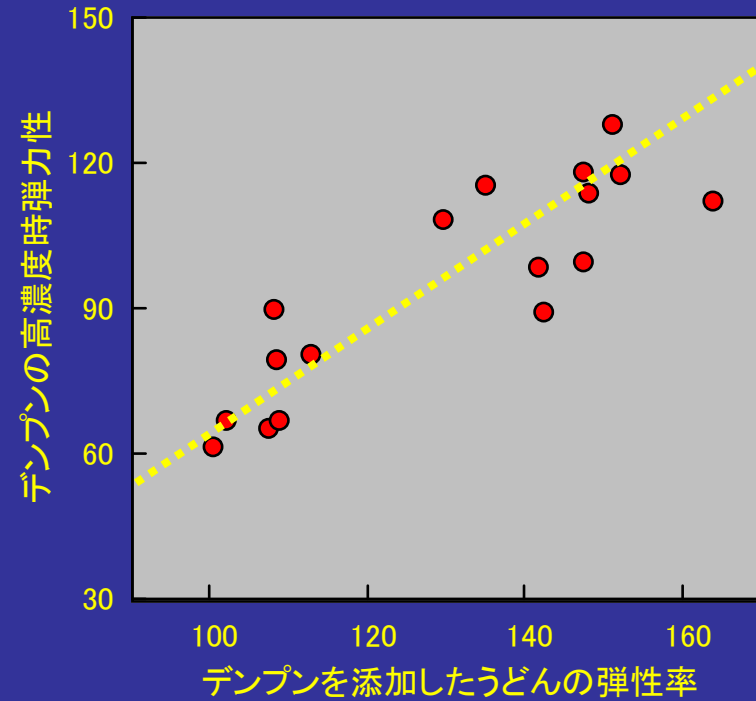
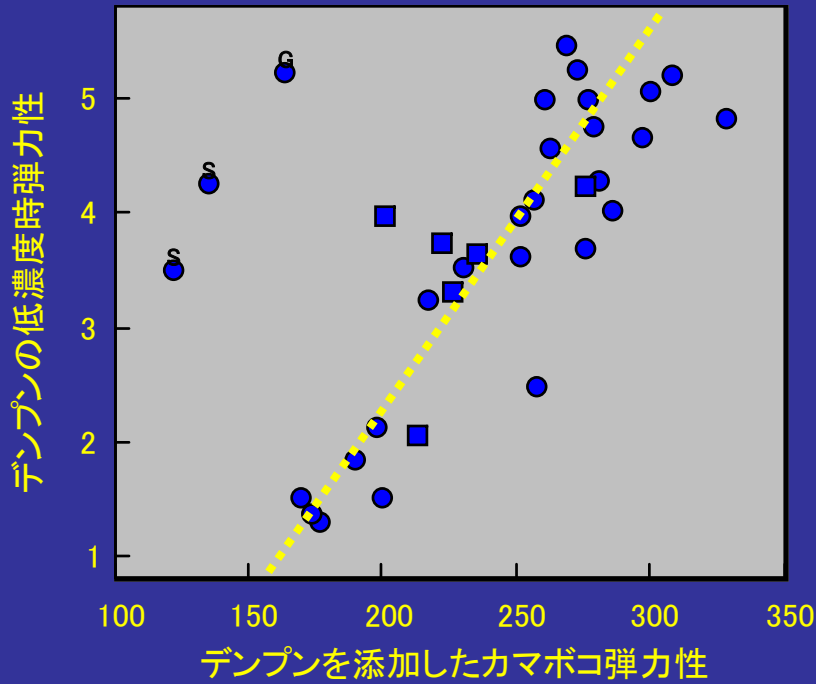
うどん



カマボコ

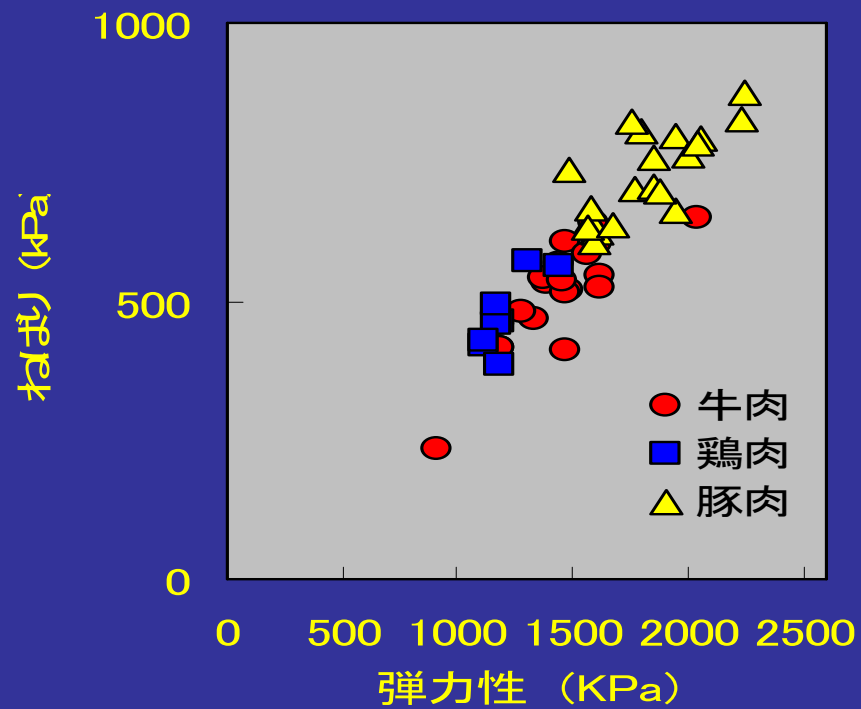


デンプンを添加した食品の粘弾性

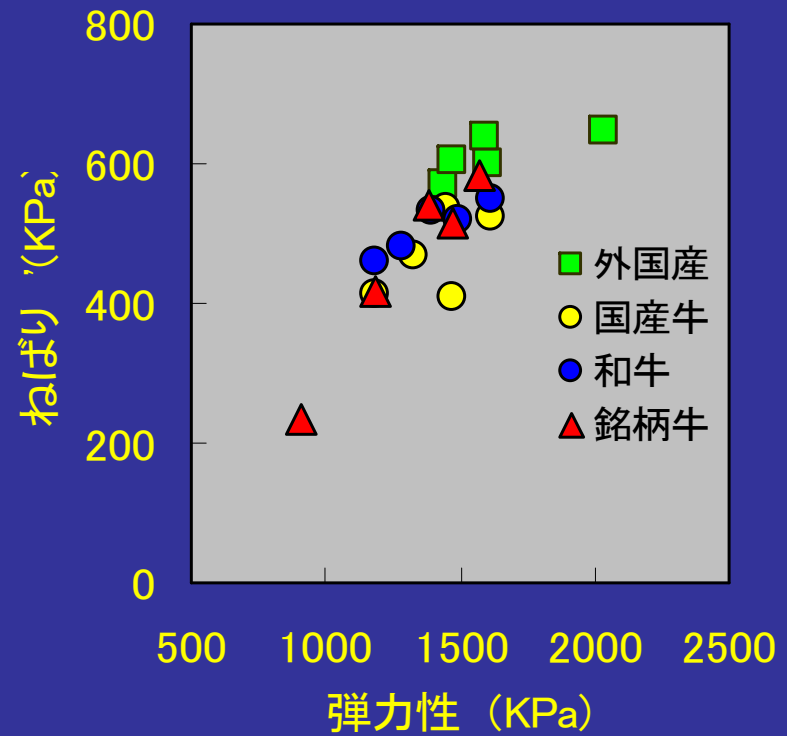


食肉の粘弾性

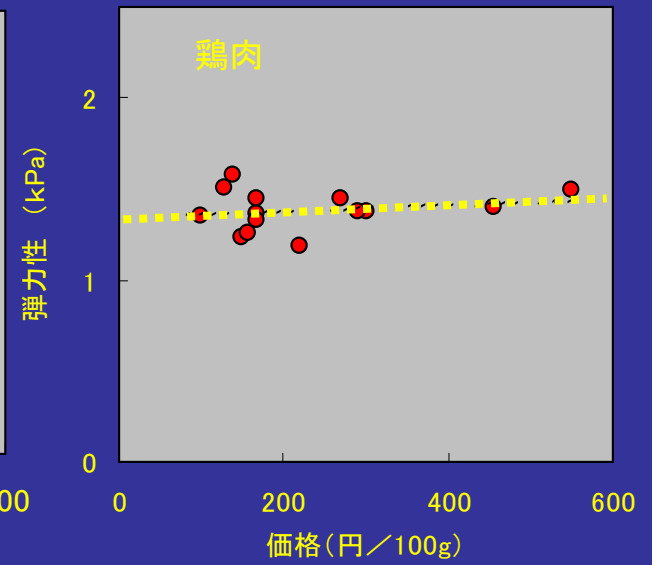
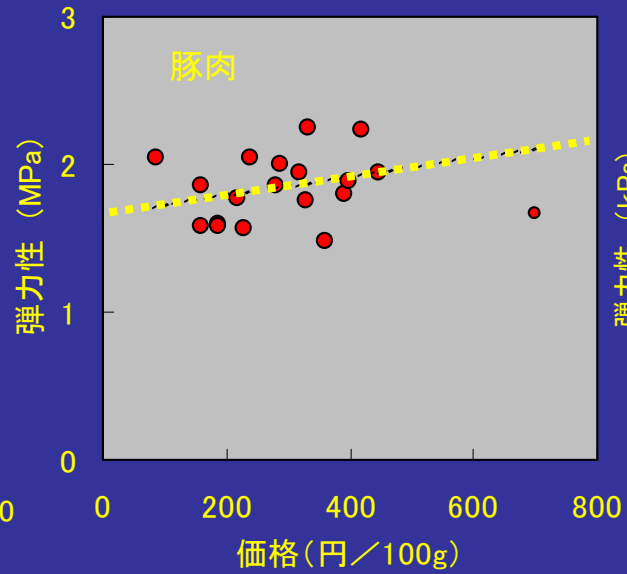
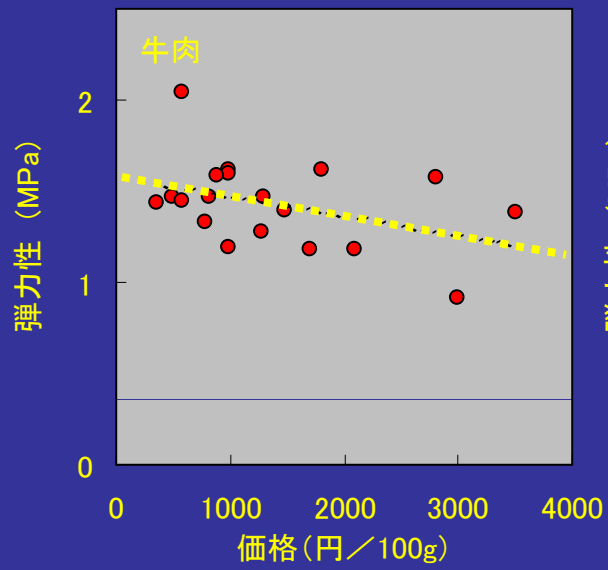
各種畜肉の比較



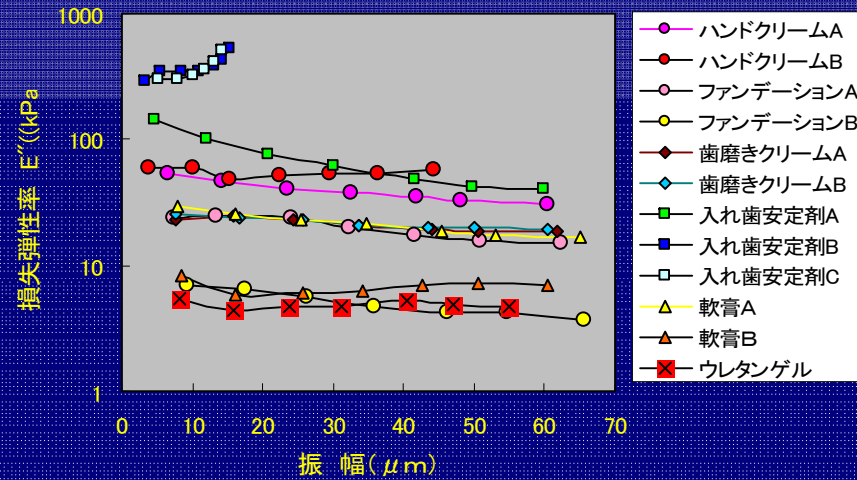
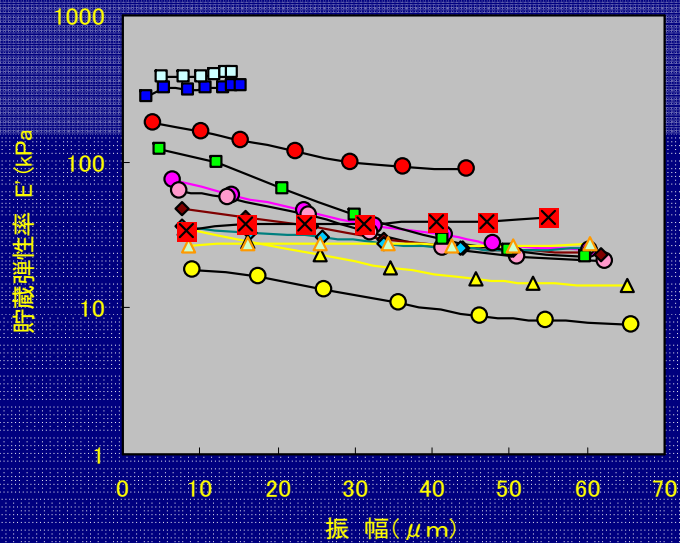
各種牛肉の比較



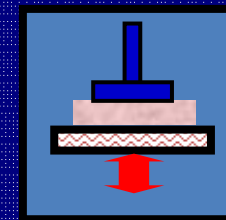
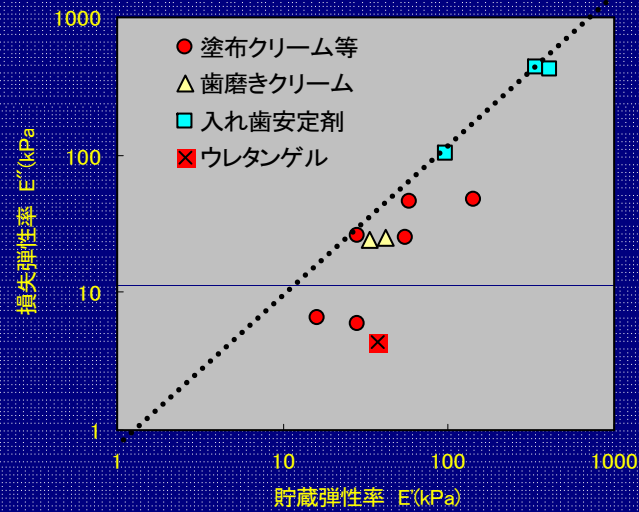
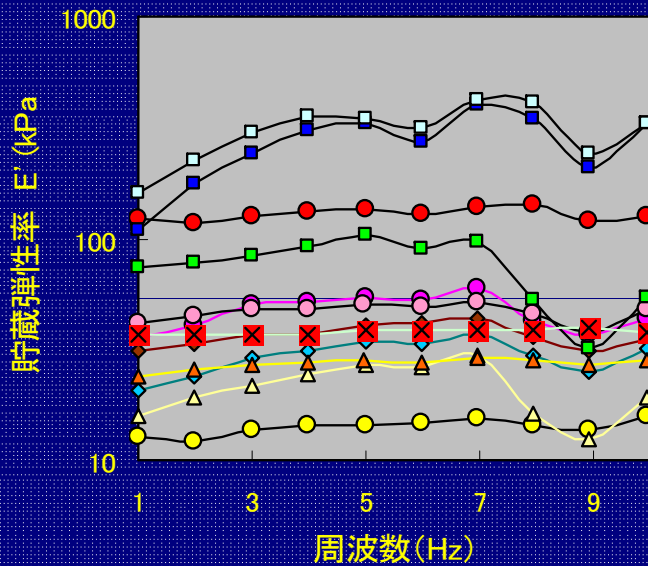
食肉の物性と価格



化粧品・日用品の粘弾性

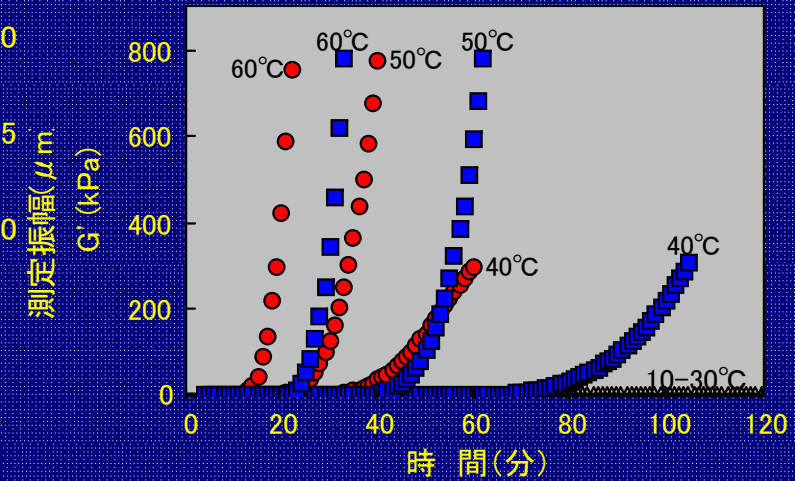
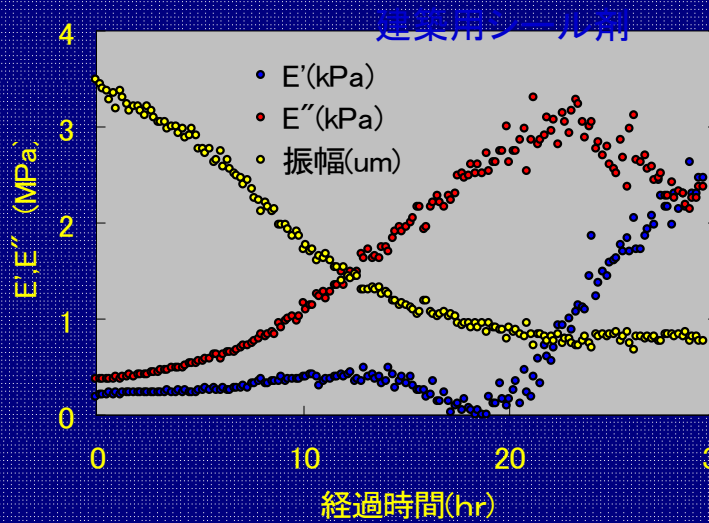
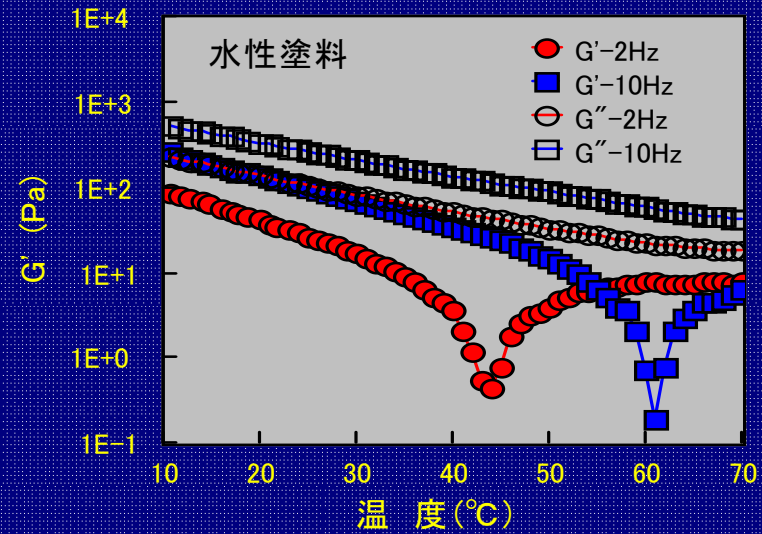
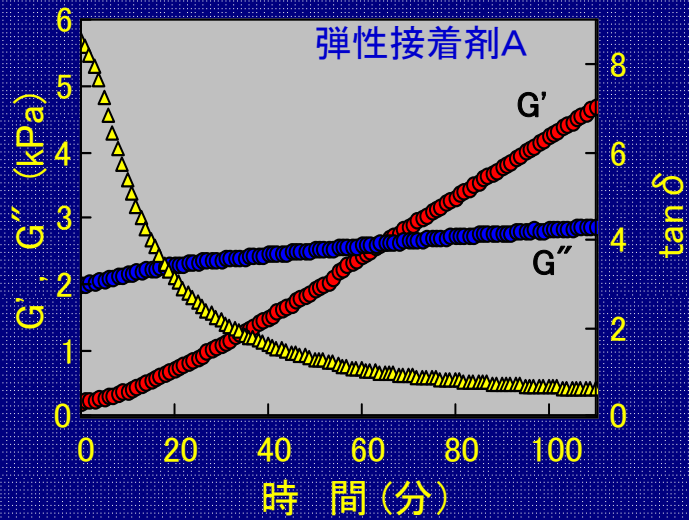


- ハンドクリームA
- ハンドクリームB
- ファンデーションA
- ファンデーションB
- ◇ 歯磨きクリームA
- ◇ 歯磨きクリームB
- 入れ歯安定剤A
- 入れ歯安定剤B
- 入れ歯安定剤C
- ▲ 軟膏A
- ▲ 軟膏B
- ✕ ウレタンゲル

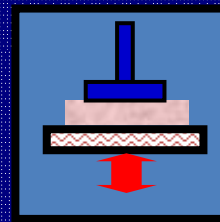
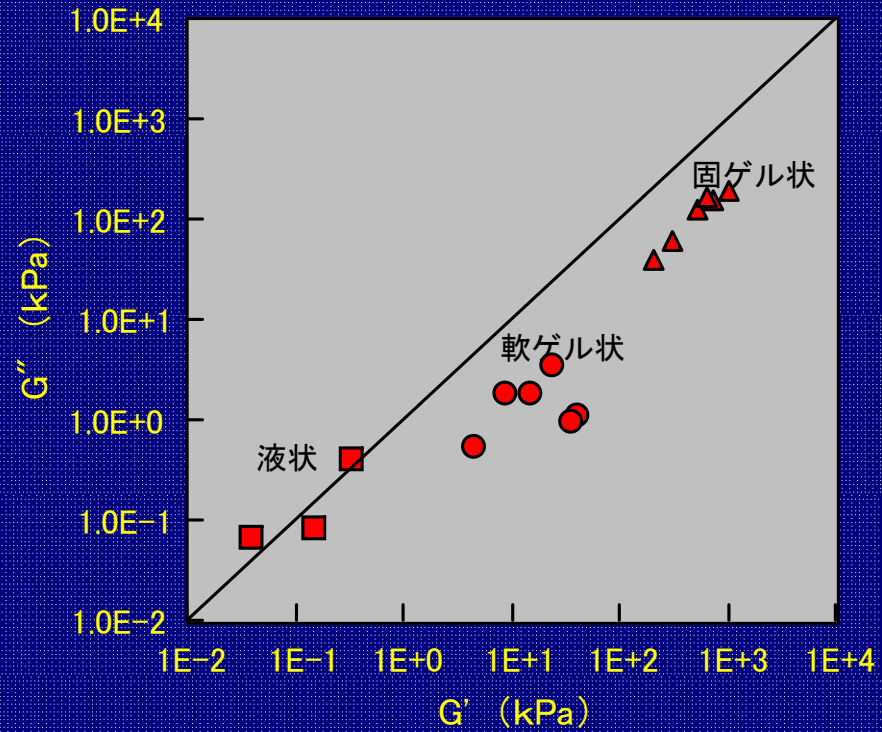
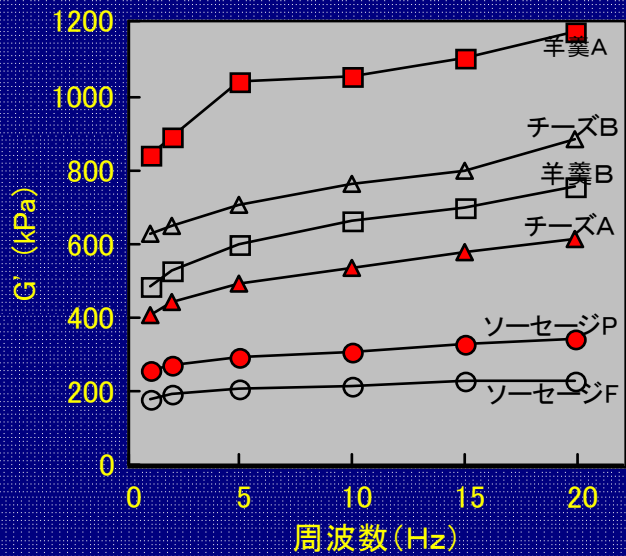
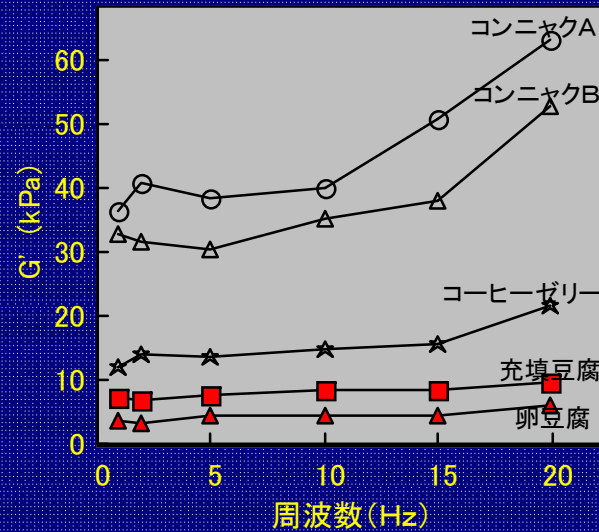


圧縮モード

工業材料の粘弾性

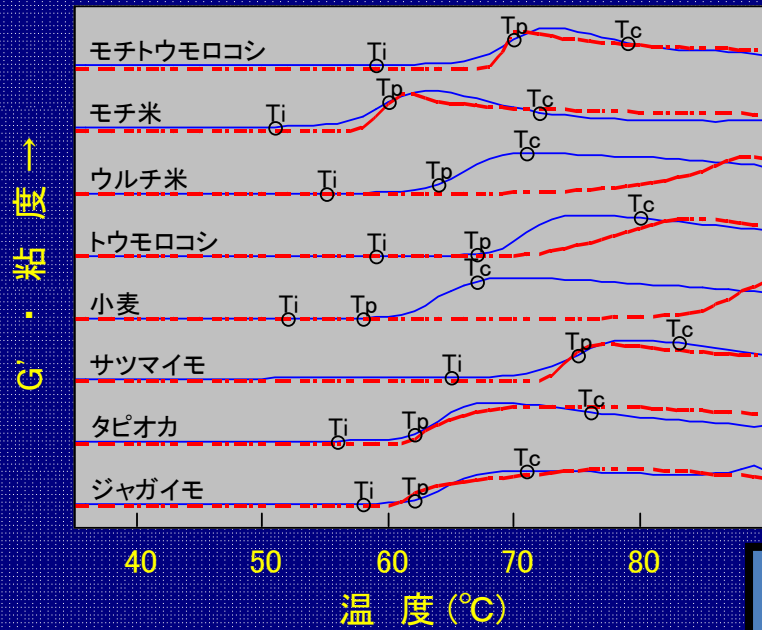


各種食品の動的粘弾性



圧縮モード

ゲル分散動的粘弾性測定 (GDVM) による デンプン、穀粉の評価



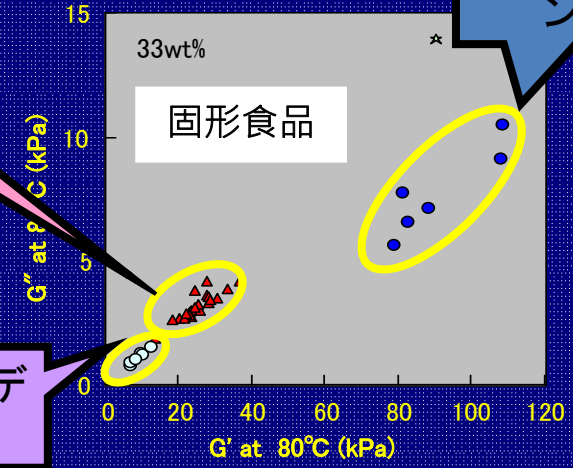
DSCと同等の糊化温度検出

根茎デンプン

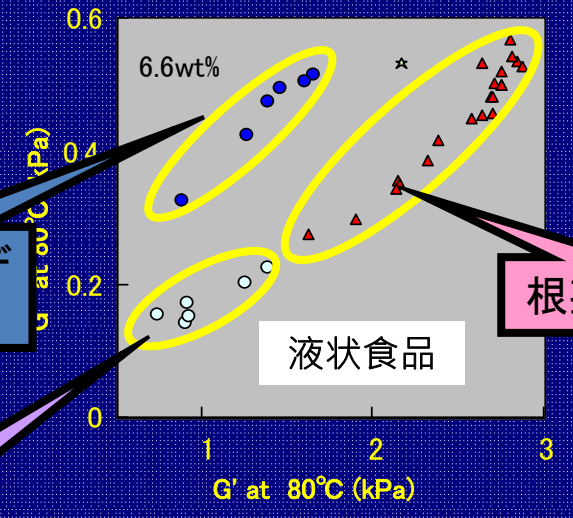
モチ種子デンプン

ウルチ種子デンプン

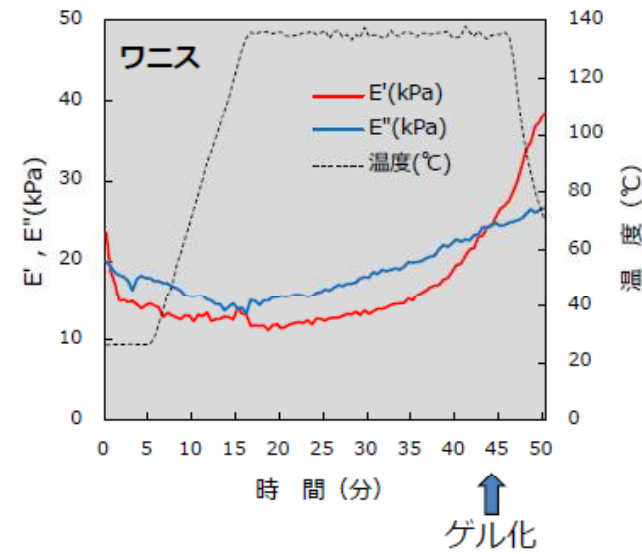
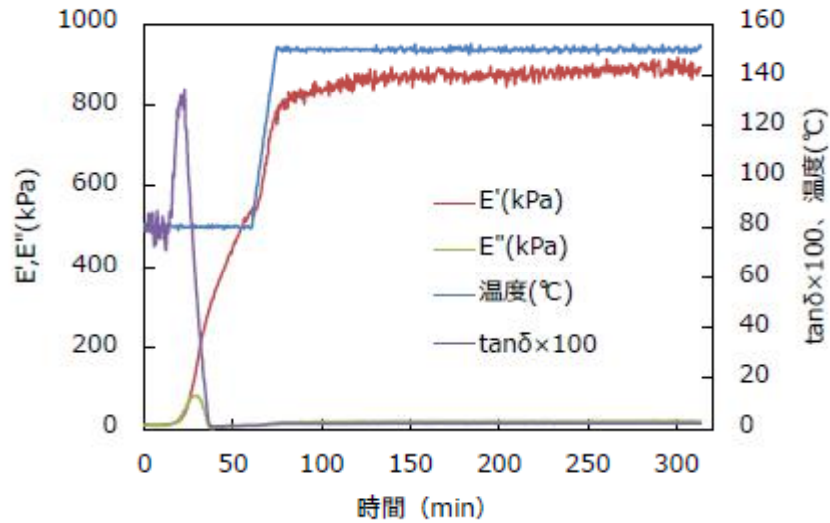
モチ種子デンプン



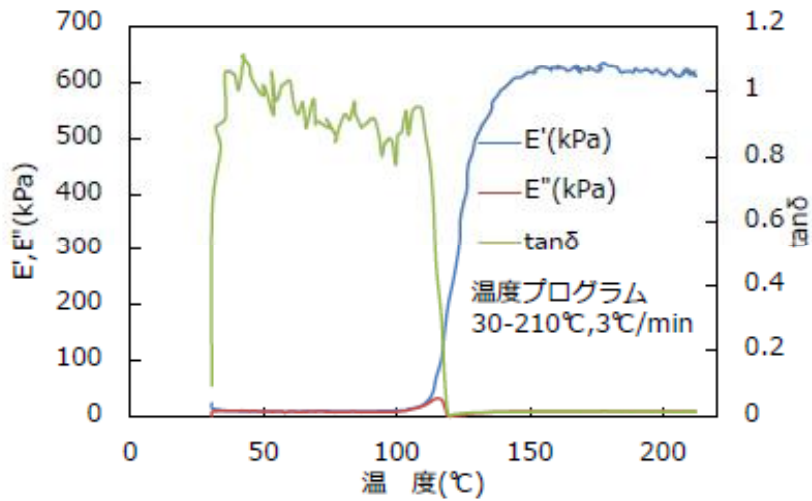
ウルチ種子デンプン



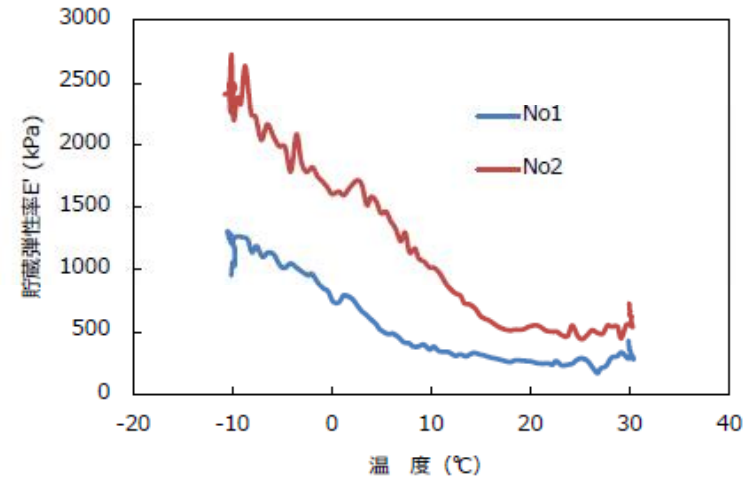
根茎デンプン



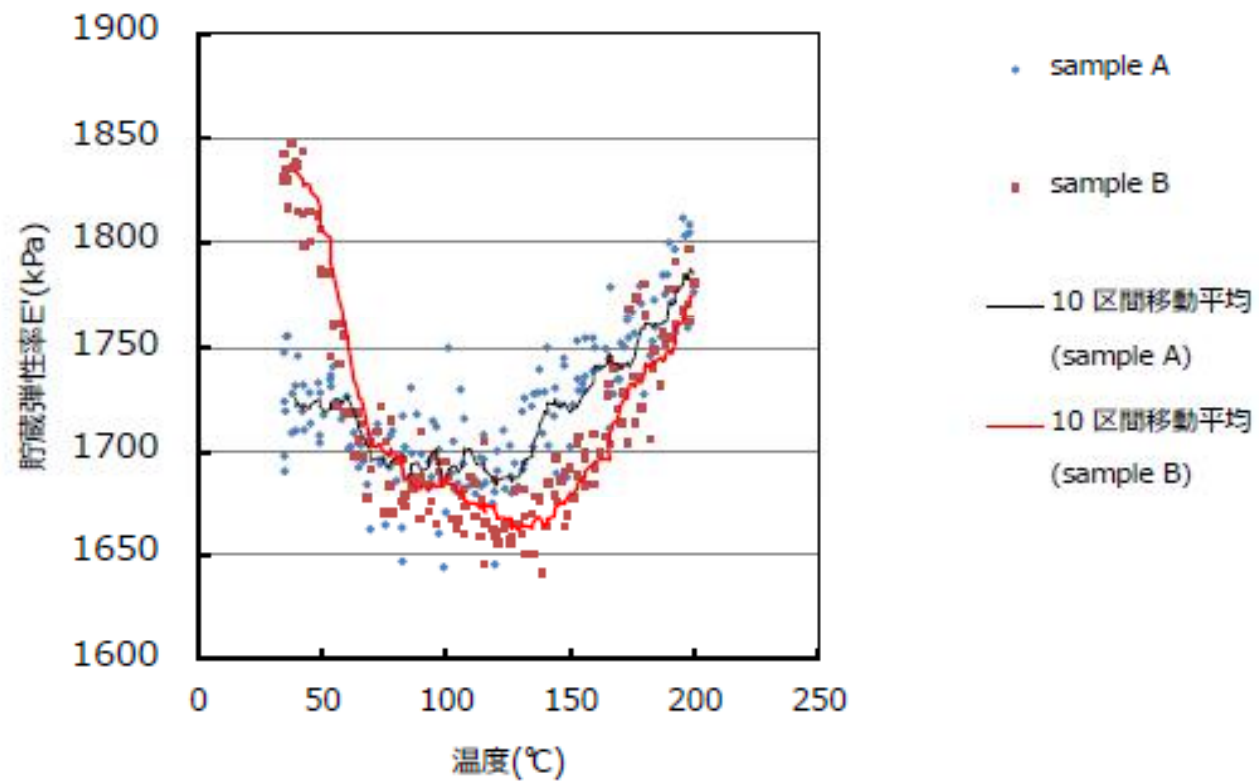
ワニスのゲル化測定例
30分加熱時に $E' > E''$



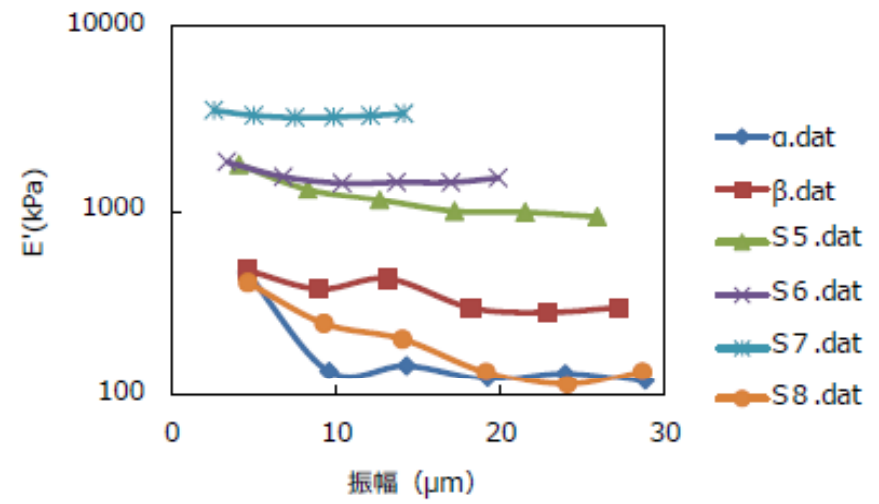
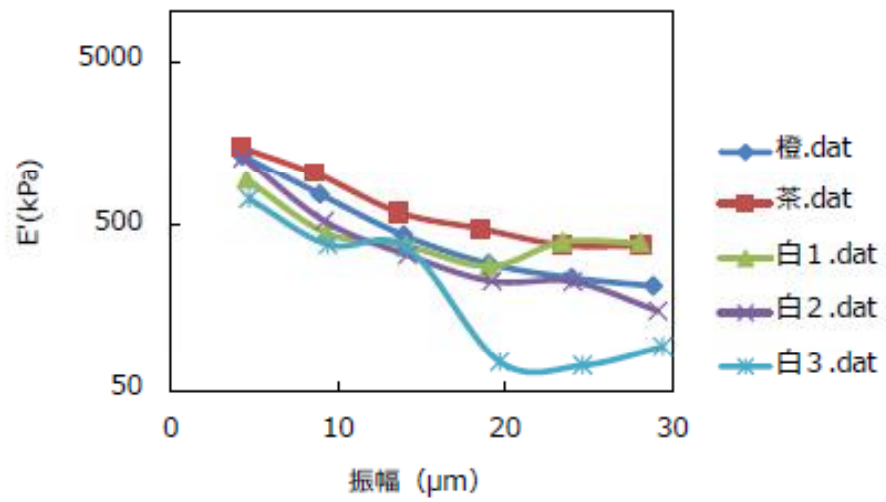
シリコン樹脂（2液）の硬化挙動の測定例
樹脂膜の厚み50um、振幅10um、3Hz



セルロースゲルの測定例



金属基板上の樹脂塗膜（厚み100um）の硬化挙動の測定例
 （測定条件 3Hz, 10um振幅）



シリコンゲルの動的粘弾性試験例（振幅依存性）