

## 中性子散乱を用いた食品中の水の物理化学に関する研究

農芸化学およびその関連分野



研究者所属・職名 : 原子力科学研究部門  
原子力科学研究所 物質科学研究センター・研究主幹

ふりがな なかがわ ひろし

氏名 : 中川 洋

主な採択課題 :

- [基盤研究\(B\)「食品の水和構造の可視化と分子運動性の解析による、水分活性が意味する水和状態の解明」\(2016-2019\)](#)
- [基盤研究\(B\)「食品の水分活性を決める水の物理化学とマイクロ構造」\(2020-2023\)](#)
- [国際共同研究加速基金\(国際共同研究強化\(A\)\)「中性子同時測定による食品のマイクロ構造とマクロ物性を繋ぐメゾスケールの構造物性解析」\(2022-2024\)](#)

分野 : 食品科学、食生活学

キーワード : 水分活性、食品中の水、食品のマイクロ構造、構造食品科学、分子運動、中性子散乱

## 課題

### ●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

水分は食品の保存中の腐敗に関係し、食品の品質を劣化させる原因となる。一方で、水分は食品にソフトで口当たりのよい食感を与える。しかし、食品中の水の物理化学的状态は不明な点が多く、これら水の役割は未解明であった。図1のような食品中の水の分子運動性やガラス転移の分子ダイナミクスを直接観測できる中性子散乱法を食品科学研究へ応用した。水が食品の水分活性やテクスチャーを決定付ける分子メカニズムを解明し、食品保存や食感などの食品の機能発現における水の役割を明らかにすることを目的とした。

### ●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

従来から食品科学で使われている分析手法と中性子散乱で得られた分子の動的挙動やマイクロ構造の情報の対応関係を調べるのが重要であったが、データの解釈や解析を詳細に行うために分子シミュレーションを援用した解析を行った。それにより、食品の水分活性が意味するマイクロ構造とマクロ物性との関係性の理解が格段に進んだ。

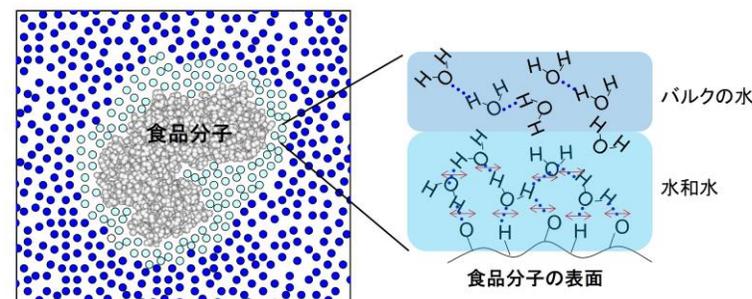


図1 食品中の水のイメージ図

## 中性子散乱を用いた食品中の水の物理化学に関する研究

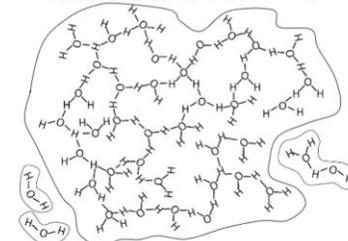
農芸化学およびその関連分野

### 研究成果

● **どんな成果がでたか？どんな発見があったか？**

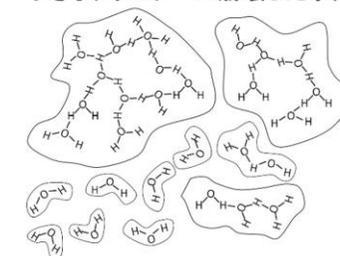
- ・同位体コントラストを用いた中性子準弾性散乱を活用した食品中の水の分子運動性の観測などにより、「水分活性は水の分子運動性や水和構造と相関がある」、「食品の食感は水和水ネットワークの形成度合いと相関がある」という結果を得た。
- ・中性子散乱による分子運動性の解析や水和構造の可視化により、食品中の水の物理化学状態や食品と水との相互作用をしらべ、水分活性が意味する水和状態を解析した(図2)。
- ・水和状態の変化が食品分子のガラス転移の有無と連動することを明らかにした。食品中の水の物理化学的状态・水和構造を可視化し、食品と水との相互作用を構造科学的に調べ、ナノスケールの動的挙動で特徴付けられる食品構造物性を解明した。
- ・多様な分子構造を持つ食品の水分状態を統一的に理解するためには、メソスコピック領域の空間スケールの分子構造との関連性を調べる必要があることが分かってきた。

水分子集団のネットワーク



自由水  
Aw=0.86

小さなクラスターに崩壊した水分子



結合水  
Aw=0.75

図2 食品の水和構造のモデル図

### 今後の展望

● **今後の展望・期待される効果**

異なる階層間の構造や物性情報を効果的につなぎ合わせるための構造物性解析が重要である。これまで開発した方法や知見を活用し、メソスケールで特徴付けられる食品構造物性の未開拓領域を埋めることで、食品のマイクロ構造とマクロ物性の関係性の理解が進むと考えられる。食品の加工プロセスをマイクロの視点から解明し、食感や保水性といった食品の機能物性を予測・制御するための分子論的基礎の確立が期待される。