

## PGF-NMR 法による食品ゲル中での水の拡散挙動解析

川口翼\*, 斉藤宏伸\*, 青山剛志\*\*, 里村ベロニカ\*\*\*, 喜多理王\*\*\*, 新屋敷直木\*\*\*,  
八木原晋\*\*\*, 福崎稔\*\*\*\*

\*東海大学大学院総合理工学研究科 [〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1]

\*\*東海大学大学院理学研究科

\*\*\*東海大学理学部物理学科

\*\*\*\*東海大学情報通信学部[〒108-0074 東京都港区高輪 2-3-23]

### 1. 緒言

食品ゲルの特徴付けやゲル化条件などに関する研究は産業分野でも必要とされていることもあり、数多くの報告がなされている。一般に食品ゲルを特徴づける手法としてクリープ法による粘弾性測定<sup>1)</sup>や光散乱測定などが知られており、食品のテクスチャーを特徴付けている。一方で、NMR (Nuclear Magnetic Resonance) のような分子を直接観測するような手法での食品評価に関する報告は少ない<sup>2)</sup>。本研究では、PGF (Pulsed Field Gradient) NMR 法<sup>3)</sup>を用いることで食品中の水の拡散現象を直接観測することにより、食品物性評価の新たな知見を得ることを目的とする。

### 2. 実験方法

食品ゲルのモデルとして豆腐を測定対象に用いた。市販の豆乳(大豆タンパク成分約 9%)に塩化マグネシウム二水和物をにがりとして加え、80±2℃に水浴させることで豆腐を調製した。一般に、にがりの濃度や加熱時間によって豆腐のテクスチャーが変化することが知られている。そのため、本研究ではにがりの濃度を 0.4wt%から 0.6wt%、また、加熱時間を 10 分から 60 分の間で変化させ、それぞれ調製を行なった。測定手法には Stimulated Echo 法<sup>4)</sup>を用い、水の拡散係数を決定した。

### 3. 実験結果および考察

図 1 に示す豆腐および豆乳の <sup>1</sup>H-NMR スペクトルから 4ppm 付近に大きな水由来のピークとその他の小さな大豆タンパク由来のピークが認められる。豆乳のゲル化に伴い、いずれのピークも減少することが認められた。一般に、NMR では固体のような強固な結合を有する分子のピークは得られないため、ゲル構造に直接寄与した水及び大豆タンパクの成分が消失し、ピークが減少したものと考えられる。PGF-NMR 法から得られた水の拡散係数を図 2 に示す。図から加熱時間、にがり濃度の増加にともなった拡散係数の減少が認められる。以上の結果から豆腐ゲルの構造変化に伴う水の拡散挙動の変化を捉えることができた。

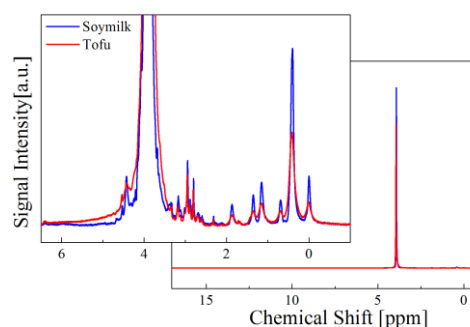


Fig.1 <sup>1</sup>H-NMR spectrum of soymilk and tofu.

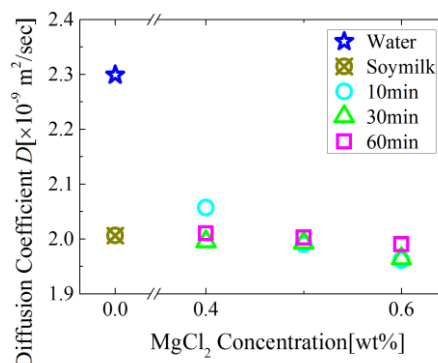


Fig.2 Diffusion coefficient of water, soymilk and tofus.

### 4. 結言

水分子の拡散現象をプローブとすることで、加熱時間やにがり濃度の変化に伴う豆腐のテクスチャー変化を捉えることができた。

### 文 献

- 1) 森 友彦：食品ゲルの構造形成とテクスチャー解析に関する研究，日本食品化学工学会誌，**47**(12)，873-881，2000.
- 2) T. Li, X. Rui, W. Li, X. Chen, M. Jiang, and M. Dong.: Water Distribution in Tofu and Application of T2 Relaxation Measurements in Determination of Tofu' s Water-Holding Capacity, *J. Agri. Food Chem.*, **62**, pp. 8594-8601, 2014.
- 3) E. O. Stejskal, and J. E. Tanner.: Spin Diffusion Measurement; Spin Echoes in the Presence of a Time-Dependent Field Gradient, *J. Chem. Phys.*, **42**(1), 288-292, 1965.
- 4) R. M. Cotts, M. J. R. Hoch, T. Sun, and J. T. Markert.: Pulsed field gradient stimulated echo methods for improved NMR diffusion measurements in heterogeneous systems, *J. Magn. Reson.*, **83**(2), pp. 252-266, 1989.