

# プログラム制御粘度計による 大豆たん白質ゲル挙動の解析

MEASUREMENT OF SOY-PROTEIN GELATION  
USING A PROGRAM CONTROLLED VISCOMETER

山内文男・梅屋潤一郎・柴崎一雄(東北大学農学部)

Fumio YAMAUCHI, Jun-ichiro UMEYA and Kazuo SHIBASAKI  
Department of Food Chemistry, Faculty of Agriculture,  
Tohoku University

## ABSTRACT

The apparent viscosities of commercial flour, glycinin (11S),  $\beta$ -conglycinin (7S) and acid-precipitated protein of soybean suspending systems and their heated gels were investigated using a modified coaxial cylinder viscometer. A hybrid program was established: (i) cyclic temperature test ( $20 \rightarrow 90 \rightarrow 20^\circ\text{C}$ ) under constant rate of shear and (ii) cyclic shearing test ( $48.7 \rightarrow 243.7 \rightarrow 48.7 \text{ sec}^{-1}$ ) under isothermal conditions and at actual temperature. The viscosities of the soy protein suspending system (12%, wt/vol) gradually decreased with increasing temperature to about  $70^\circ\text{C}$ .

Thereafter, characteristic behavior of commercial soy proteins depended upon the usage of them. The apparent viscosity of 7S globulin increased considerably, and reverse hysteresis loops were found 70 and  $80^\circ\text{C}$  in heating period. However, the viscosity of 11S globulin remained almost unchanged under the different temperatures.

大豆たん白質を加熱・冷却するとゲルが形成されるが、生成したゲルの挙動は、たん白質の種類、加熱・冷却の際の温度、せん断速度、温度勾配で著しく異なる<sup>1)</sup>。

系内の塩の存在<sup>2)</sup>によってもそのゲル形成能が大きく変わる。また、アセチル化によってたん白質の構造を変化させることにより、ゲル形成能に改良が加えられた<sup>3)</sup>。

本報告では、プログラム制御回転粘度計を用い、モデル加熱・冷却中の粘度変化を測定することにより、ゲル形成過程の構造変化に関する知見を得ることを目的とした。試料には各種用途向け大豆たん白質(市販品)を用い、これらのゲル形成挙動を見た。併せて分離精製した7Sたん白質、11Sたん白質、酸沈殿たん白質を試料として用い、市販たん白質のゲル挙動の位置付けを試みた。

## 実験方法

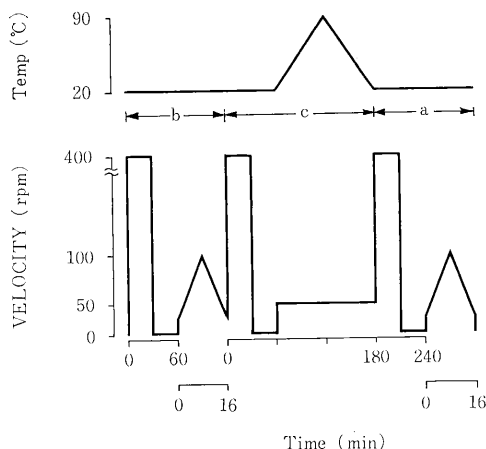
試料たん白質として、Thanh, Shibasaki ら<sup>4)</sup>の方法に従い分離した7Sたん白質、11Sたん白質および pH

4.5 で沈殿させた酸沈殿たん白質を用いた。併せて、各種用途向け市販粉末状大豆たん白質(A~E)を用いた。

各たん白質は標準緩衝液(イオン強度  $I = 0.1$ , 26mM  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 32.5mM  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 4mM  $\text{NaN}_3$ , pH 7.8)に懸濁して(12%, wt/vol)、測定試料とした。市販粉末状大豆たん白質は脱気中で緩衝液に懸濁して気泡の混入を防いだ。

測定には岩本製作所(株)製 Auto viscometer L 型を用い、マイクロコンピュータにより温度、せん断速度をプログラムした<sup>5)</sup>。同時に同コンピュータにより粘度、せん断速度、温度を出力として取り出し、計算処理、記録した。

加熱・冷却処理前の懸濁系の流動特性は、Fig. 1 (b)により測定した。すなわち 400rpm、30分の激しい攪拌で系内の構造を完全に破壊した後、30分の静置時間をもって初期条件を設定した。その後、せん断速度を30から150rpmに上昇させて再び下降させる、いわゆる cyclic



**Fig. 1** Measuring programs for testing mechanical and thermal hysteresis response. Cyclic shearing test under isothermal condition (a, b) and cyclic temperature test under constant rate of shear (c)

shearing test (交番せん断試験)を行った。生成した加熱ゲルに対しても同様の試験を行った [Fig. 1, (a.)]

加熱・冷却中の構造形成は定常せん断下 (50rpm) における粘度変化としてとらえる, cyclic temperature

test (交番温度試験)を行った。加熱・冷却はモデル曲線 (70°C/hr) にそって行った [Fig. 1, (c)].

7 Sたん白質, 11 Sたん白質, 酸沈殿たん白質については, 以上の測定に併せて, 想定したモデル曲線にそって 10°C ごとに cyclic shearing test を行い, 加熱・冷却中の温度における流動曲線を得た。

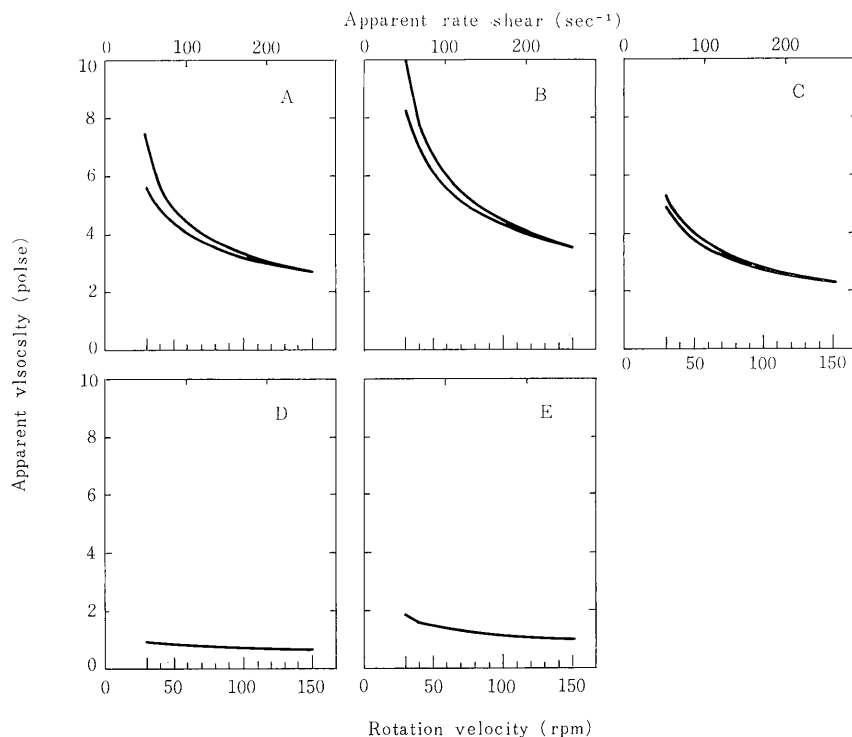
### 結果および考察

市販粉末大豆たん白質 A~E の加熱・冷却処理前の流動曲線はすべて履歴を示し, チキソトロピックな粘性挙動を示した (Fig. 2)。

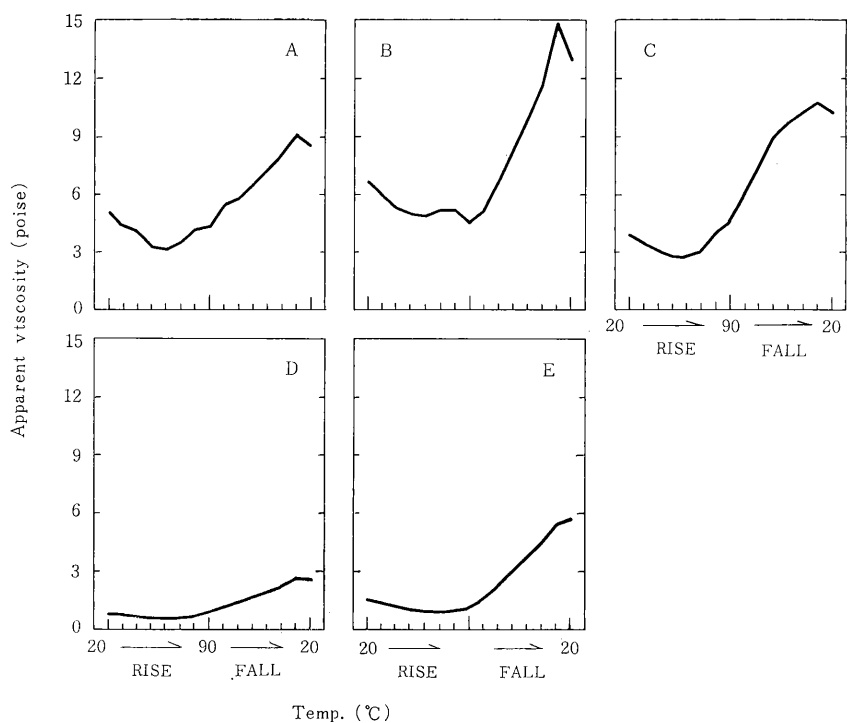
加熱に伴って, 系の粘度は低下し, 70°C 近傍より再び上昇した。この傾向はすべてのたん白質の系について見られ, 冷却過程の粘度上昇が著しかった。つまり, 加熱・冷却処理によってゲル化したことが知られた (Fig. 3)。

加熱・冷却処理により生成したゲルは, 懸濁系と同様に, チキソトロピーを示し, 5 種のたん白質すべてについて, 処理前より高い粘度と大きな履歴が見られた。このことは系が加熱・冷却によりゲル化を示し, 系内にゲル構造が作られたことを意味している (Fig. 4)。

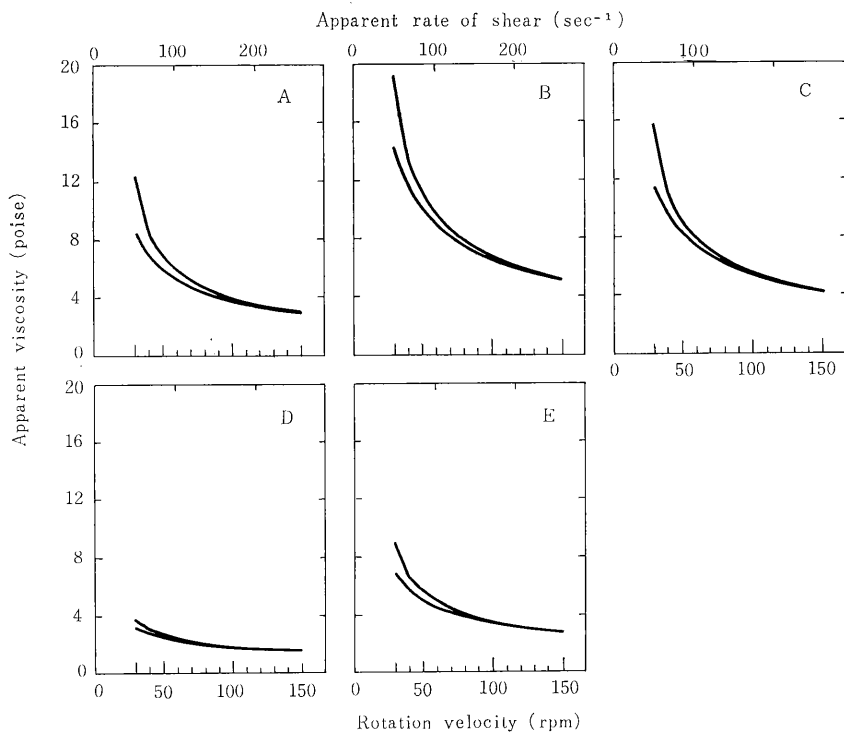
一般用途向けたん白質 (A, B), 水産加工用途向けたん白質 (C) は他に比べて高い粘性を示し, 高いゲル形成能を有する。一方, ハム漬込用たん白質 (D) および水産練製品用たん白質は A~C に比べて, 本報告のたん



**Fig. 2** Hysteresis relations between apparent viscosity and rate of shear of commercial soy flour suspending systems (12%, wt/vol)



**Fig. 3** Temperature effect on apparent viscosity of commercial soy flour suspending systems (12%, wt/vol)



**Fig. 4** Hysteresis relations between apparent viscosity and rate of shear of commercial soy flour heated gels (12%, wt/vol)

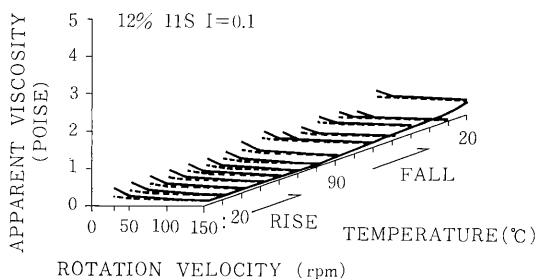


Fig. 5 Hysteresis relations between apparent viscosity and rate of shear, and temperature effect on apparent viscosity of 11S globulin suspending system

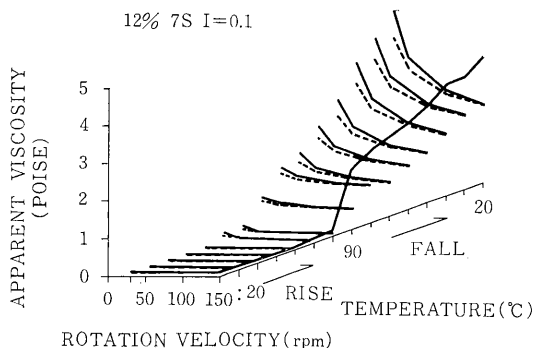


Fig. 6 Hysteresis relations between apparent viscosity and rate of shear, and temperature effect on apparent viscosity of 7S globulin suspending system

白質単独の加熱・冷却実験では低い粘性を示した。

分離精製した大豆たん白質、7S、11Sたん白質、酸沈殿たん白質について、同様の測定を行った。これらのたん白質については加熱・冷却処理中、10℃ごとに流動曲線を得て、処理中の構造形成をよりダイナミックな状態で解析した。すなわち、想定した加熱・冷却曲線にそって、最初のサンプルは30℃まで加熱してこの温度で流動曲線を得た。続く第2のサンプルは40℃まで加熱して同様の実験を行った。このようにして、10℃ごとに加熱・冷却後20℃まで流動曲線を得た。

11Sたん白質の結果を Fig. 5 に示した。斜軸（温度軸）にそった実線が cyclic temperature test の結果であり、Fig. 3 の実験に相当する斜軸にそった15の曲線が各温度における流動曲線であり、実線が回転上昇時、破線が回転下降時のものである。11Sたん白質は本測定条件（ $r=50\text{rpm}$ ）ではゲル化を示さず、曲線は90℃を境にほぼ温度対称な形状を示し、各温度で系内に構造が生成されなかった。

一方、7Sたん白質（Fig. 6）は、冷却に伴って著しい粘度上昇を示し、流動曲線の履歴も増大し、ゲル化し

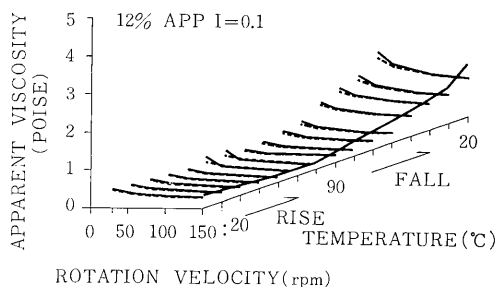


Fig. 7 Hysteresis relations between apparent viscosity and rate of shear, and temperature effect on apparent viscosity of acid precipitated protein suspending system

た。加熱過程70、80℃では逆の履歴が見られ、ゲル形成の前段階と考えられる活性な溶液挙動を示した。

酸沈殿たん白質（Fig. 7）については、7Sたん白質と同様の挙動を示し、ゲル化した。全体の粘度は7Sたん白質に比べて低い値を示した。

市販粉末大豆たん白質は使用用途によって種々の差が見られた。またDを除いていずれも7Sたん白質より高い粘度、履歴を示し、高いゲル形成能を持っていた。これは製造過程における処理によって、ゲル化の機能が高められたものと考えられる。

## 文 献

- 1) Umeya, J., Yamauchi, F. and Shibasaki, K. (1980): Hardening and softening properties of soybean protein-water suspending systems. *Agric. Biol. Chem.*, 44, 1321-1326.
- 2) Umeya, J., Yamauchi, F. and Shibasaki, K. (1980): Effect of alkaline salts on hardening and softening properties of soybean protein-water suspending systems. *Agric. Biol. Chem.*, 45, 233-237.
- 3) Umeya, J., Yamauchi, F. and Shibasaki, K. (1981): Effect of acetylation on hardening and softening properties of soybean-water suspending systems. *Agric. Biol. Chem.*, 45, 1577-1581.
- 4) Thanh Vu Huu, Okubo, K. and Shibasaki, K. (1975): Isolation and characterization of the multiple 7S globulins of soybean proteins. *Plant Physiol.*, 56, 19-22.
- 5) 梅屋潤一郎, 山内文男, 柴崎一雄(1979): 大豆蛋白質—水懸濁系硬軟化特性測定法, 日本食品工業学会誌, 27, 459-463.