

# ポタージュの粘度解析

Study on Viscosity Analysis of Potage.

岸 和 廣

Kazuhiro KISHI

## 【はじめに】

食欲不振や低栄養状態からの脱却を目的として、医療の現場でスープやポタージュを提供することがある。市販の栄養剤では製品に粘度が表記されているが、スープやポタージュでは、市販・手製を問わず殆どの場合、不明である。本研究では、共軸二重円筒形回転粘度計を用いて、医療機関で実際に提供されている手製ポタージュと市販製品のポタージュを用いてこれらの粘度とずり速度を測定し、どのような物性を持つのかを明らかにする。（本研究は2017年度金城学院大学特別研究助成費の助成対象である）

## 【方法】

### (1) 粘度の測定

本研究では、前報の測定条件（岸2017）を一部改変して粘度を測定した。粘度計はブルックフィールドB型粘度計に共軸二重円筒形回転部を装着したシステム（以下、共軸二重円筒形回転粘度計：LVDV2T型、及び少量サンプルアダプター、SC4-21型スピンドル、いずれも英弘精機株式会社製）である。分析に用いたサンプル量は7.1mLである。

粘度はサンプル温度によって大きく変動するので、少量サンプルアダプターに循環型恒温槽（FUBER社製、MPC-K6型）を装着

し、サンプル温度を室温（ $25.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ）、体温（ $37.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ）、及び食事介助時の適温（ $50.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ）にて測定した。

SC1-21スピンドルの回転数は1.5rpm（本システムにおけるずり速度 $1.395 \text{ s}^{-1}$ に相当）から40rpm（本システムにおけるずり速度 $37.2 \text{ s}^{-1}$ に相当）までとし、粘度測定時のトルク値が10～100%の間で得られた粘度（ $\text{mPa} \cdot \text{s}$ ）を有効な数値とした。手製のポタージュは同一のレシピ（表1）によって作成した3品を、市販製品のポタージュは異なるロットの製品を3包用い、同一サンプルにて粘度を2回測定し、それらの平均値を解析に用いた。

### (2) 試料

本研究で用いた試料は、手製の枝豆ポタージュ（試料A）と市販製品（試料B）の2種である。試料Aは、愛知県内の急性期総合病院（約600床）の栄養管理部門で実際に使われているレシピを基に作成した（表1）。試料Bは市販品のポタージュ（コーンクリームポタージュ [裏ごし]、スジャータめいらく株式会社製）である。

表1 試料Aの作成方法

| 材料           |      |
|--------------|------|
| 冷凍枝豆（鞘、薄皮無し） | 125g |
| 玉ねぎ          | 25g  |
| 混合だし         | 375g |
| 食塩           | 0.3g |
| こしょう         | 少々   |

調理方法

- ① 混合だしを作り、枝豆、玉ねぎを加えて柔らかくなるまで煮る。
- ② ①の粗熱を取り、ミキサーにかける。
- ③ ②を再び加熱し、とろみをつける。
- ④ ③を食塩、こしょうで調味して完成とする。

## 【結果】

ポタージュ2種の粘度測定における、スピンドル回転数と粘度との関係を図1に、ずり速度と粘度との関係を図2（両軸対数グラフ）に示す。

試料Aでは、25℃にてスピンドル回転数1.5~15rpmの範囲で測定値を得ることができ、この範囲における粘度は回転数の上昇と共に840~280mPa・sへと次第に下がり、曲線状のグラフとなった。37℃ではスピンドル

回転数1.5~30rpmの範囲で測定値が得られ、この範囲における粘度は回転数の上昇と共に740~135mPa・sへと次第に下がり、曲線状のグラフとなった。50℃ではスピンドル回転数1.5~40rpmの範囲で測定値が得られ、この範囲における粘度は回転数の上昇と共に410~68mPa・sへと次第に下がり、曲線状のグラフとなった（図1左、表2）。試料Bでは、25℃にてスピンドル回転数1.5~40rpmの範囲で測定値を得ることができ、この範囲における粘度は回転数の上昇と共に380~90mPa・sへと次第に下がり、曲線状のグラフとなった。37℃ではスピンドル回転数1.5~40rpmの範囲で測定値が得られ、この範囲における粘度は回転数の上昇と共に320~73mPa・sへと次第に下がり、曲線状のグラフとなった。50℃ではスピンドル回転数1.5~40rpmの範囲で測定値が得られ、この範囲における粘度は回転数の上昇と共に310~63mPa・sへと次第に下がり、曲線状のグラフとなった（図1右、表2）。

また、試料A、B共に、室温から試料温度を上昇させると粘度は有意に低下した（表2）。

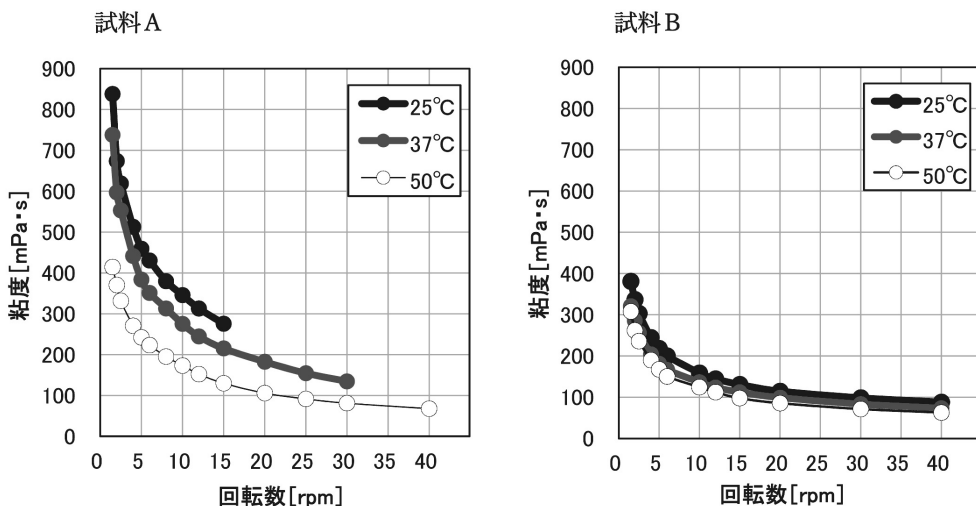


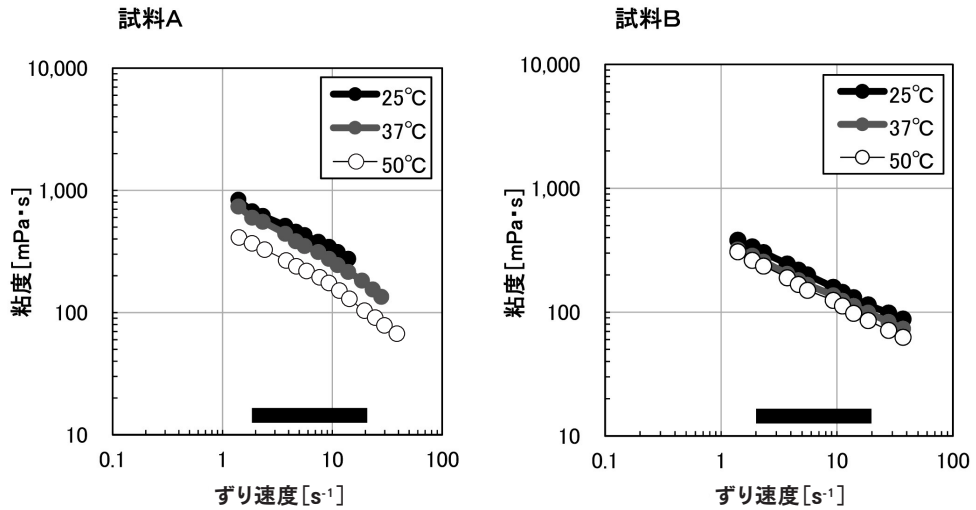
図1 半消化態栄養剤の粘度と試料温度との関連（左：試料A、右：試料B）

表1の数値を、両軸対数グラフに表した結果を図2に示す。度の範囲では、ずり速度と粘度の両軸対数グラフは右肩下がりの直線状を示した。

試料A, B共に、本研究で測定したずり速

表2 試料温度の上昇によるポターージュの粘度の有意な低下 (T-検定)

| 試料名                  | 回転数     | 粘度 (mPa・s)  |             |             | P値         |            |
|----------------------|---------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|
|                      |         | 25°C        | 37°C        | 50°C        | 25°Cvs37°C | 25°Cvs50°C |
| 試料A<br>(手製枝豆ポターージュ)  | 1.5 rpm | 838.0±41.64 | 738.0±27.44 | 414.6±31.40 | p = 0.026  | p = 0.001  |
|                      | 2.0 rpm | 673.8±21.31 | 579.3±31.57 | 370.3±34.56 | p = 0.025  | p = 0.004  |
|                      | 2.5 rpm | 618.8±36.33 | 553.0±17.13 | 331.6±23.74 | p = 0.047  | p < 0.001  |
|                      | 4 rpm   | 512.9±4.33  | 441.3±33.61 | 270.5±19.77 | p = 0.021  | p = 0.002  |
|                      | 5 rpm   | 459.1±10.97 | 383.9±9.05  | 242.5±14.54 | p < 0.001  | p = 0.001  |
|                      | 6 rpm   | 430.5±4.51  | 350.9±8.34  | 223.3±15.28 | p < 0.001  | p < 0.001  |
|                      | 8 rpm   | 379.8±8.30  | 313.0±3.37  | 195.1±17.02 | p < 0.001  | p < 0.001  |
|                      | 10 rpm  | 345.6±5.00  | 275.2±2.73  | 173.4±17.43 | p < 0.001  | p < 0.001  |
|                      | 12 rpm  | 313.1±5.00  | 244.6±4.53  | 152.4±15.08 | p < 0.001  | p < 0.001  |
|                      | 15 rpm  | 275.6±4.68  | 215.1±4.62  | 130.0±12.33 | p = 0.001  | p < 0.001  |
|                      | 20 rpm  | —           | 182.6±6.32  | 105.7±8.81  | —          | —          |
|                      | 25 rpm  | —           | 154.5±2.57  | 91.7±7.40   | —          | —          |
|                      | 30 rpm  | —           | 134.5±2.61  | 81.1±6.14   | —          | —          |
|                      | 40 rpm  | —           | —           | 67.9±5.50   | —          | —          |
| 試料B<br>(市販コーンポターージュ) | 1.5 rpm | 381.2±29.18 | 320.8±23.50 | 307.8±14.91 | p = 0.049  | p = 0.017  |
|                      | 2.0 rpm | 336.7±27.97 | 285.9±19.19 | 262.1±13.18 | p = 0.060  | p = 0.013  |
|                      | 2.5 rpm | 303.1±18.25 | 256.3±17.04 | 235.9±9.00  | p = 0.031  | p = 0.005  |
|                      | 4 rpm   | 244.7±13.56 | 204.3±13.85 | 189.8±10.00 | p = 0.023  | p = 0.005  |
|                      | 5 rpm   | 203.0±14.22 | 181.4±11.78 | 167.6±8.00  | p = 0.026  | p = 0.006  |
|                      | 6 rpm   | 200.1±10.94 | 166.4±10.90 | 150.4±5.18  | p = 0.019  | p = 0.002  |
|                      | 10 rpm  | 158.7±5.23  | 136.8±7.19  | 124.4±5.64  | p = 0.013  | p = 0.010  |
|                      | 12 rpm  | 144.5±4.54  | 123.8±6.97  | 112.4±5.05  | p = 0.013  | p = 0.001  |
|                      | 15 rpm  | 130.9±5.88  | 112.4±6.44  | 97.8±4.77   | p = 0.021  | p = 0.002  |
|                      | 20 rpm  | 114.6±8.21  | 99.2±6.12   | 85.5±4.06   | p = 0.060  | p = 0.005  |
|                      | 30 rpm  | 98.5±4.34   | 83.5±5.20   | 71.4±3.30   | p = 0.019  | p < 0.001  |
|                      | 40 rpm  | 88.1±2.75   | 73.6±4.44   | 62.7±2.94   | p = 0.008  | p < 0.001  |



※グラフ中のClosed barは、胃のずり速度（推定、2.0～20.0  $s^{-1}$ ）を示す（合田2009）

図2 ポタージュのずり速度と粘度の温度依存性  
（両軸対数グラフ，左：試料A，右：試料B）

### 【考察】

本研究で用いたポタージュ2種は、設定した試料温度（25℃、37℃及び50℃）において、ずり速度の上昇に伴う粘度の低下が見られ（図1）、ずり速度と粘度との関係を両軸対数グラフ上にプロットすると右下がりの直線状になった（図2）。この結果から、本研究で用いたポタージュは非ニュートン流体の物性を有していることが考えられる。赤羽（赤羽1989）は白ソース（ベシヤメルソース）の粘度とずり速度の関係を、佐谷（佐谷1972）はクリームスープの粘度とずり速度との関係を明らかにし、これらの食品を非ニュートン流体と結論づけたが、両報告は本研究の結果の妥当性を示唆している。

また、佐谷（佐谷1972）の報告では白ソースの粘度の温度依存性も検討している。即ち、測定温度20～60℃の白ソースのずり速度と粘度との関係を両軸対数グラフ上にプロットしたとき右肩下がりの直線を得ており、さらに白

ソースの粘度は測定温度の上昇に伴い低下することを明らかにした。これらの結果は、本研究におけるポタージュスープ2種の粘度と温度の関係（図2）と同様である。

手製の枝豆ポタージュの主材料は野菜（枝豆と玉ねぎ）であり、市販のコーンポタージュは原材料に野菜（スイートコーン、玉ねぎ、人参）、食用油脂、小麦粉、乳製品、チキンエキス、ポークエキス、でん粉分解物、増粘剤（キサンタン）等の粘性をもつ可能性のある食品が含まれている。特に手製の枝豆スープは仕上げの加熱時間によって粘度が大きく変わることが考えられるが、本研究で用いた2種のポタージュの粘度は市販の濃厚流動食の製品表示粘度（20 $mPa \cdot s$ 程度）よりも高く、市販の半固形化栄養剤の実測粘度（ずり速度2.0～20.0  $s^{-1}$ の範囲で1,000～13,000 $mPa \cdot s$ 程度、（岸2017, 山賀2011））よりも低かった。医療の現場でよく用いられる濃厚流動食や半固形化栄養剤と、ポタージュスープの粘

度の数値を、ずり速度を揃えて比較できることを可能にした本研究の結果には意義があると思われる。

本研究では、ポタージュの最高測定温度を50℃に設定した。温かい飲み物や汁物の適温は65℃（淵上2006）とされているが、Sun（Sun1995）は50℃、400mLの飲水試験を実施しており、脇坂（脇坂2011）の研究では65℃、250 mLもしくは150mLの飲水負荷時に被験者は火傷をしないように冷ましながら摂取していた。そこで本研究では、介助が必要な場合のポタージュスープの温度として50℃が妥当であると判断し、50℃におけるポタージュの粘度を測定した。本研究で用いた2種のポタージュでは、室温25℃に比べて体温37℃もしくは温製の汁物摂取に適した50℃において、いずれのずり速度であっても粘度は有意に低下していることから、誤嚥予防を考える際には室温での粘度ではなく、口腔内、消化管内の実温度の粘度を想定することが重要であると思われる。

#### 【結語】

本研究で用いた共軸二重円筒形回転粘度計において、流動性をもつ手製もしくは市販ポタージュの物性を解析できることが明らかとなった。医療の現場で用いられる食品と栄養剤の粘度特性を「ずり速度」を揃えて検討することによって、既存の栄養剤との粘度の比較も容易になり、誤嚥性肺炎や逆流性食道炎の防止対策をより具体的に立案できるようになるとと思われる。

#### 【文献】

- 岸和廣, 半固形化栄養剤の粘度特性に及ぼす温度の影響, 金城学院消費者生活科学研究所紀要, 22, 1-6 (2017)
- 脇坂しおり, 松本雄大, 永井元 他, 摂取する水の温度と量がヒトの胃運動に及ぼす影響, 日本栄養・食糧学会誌 64, 19-25 (2011)
- 山賀華奈子, 合田文則, 河本彩 他, 半固形化経腸栄養剤の物性測定方法についての検討, 静脈経腸栄養 26, 1247-1253 (2011)
- 合田文則, 飯島正平, 蟹江治郎 他, 栄養材の形状と用語の統一, 臨床栄養114, 645-650 (2009)
- 秦朝子, 園田奈央, 林友子 他, 甘味と旨味の味覚閾値における口腔内温度の影響, 自害か大学看護学ジャーナル 5, 53-57 (2007)
- 淵上倫子編著, テキスト食物と栄養科学シリーズ5, 調理学, p28, 朝倉書店 (2006)
- Sun WM, Penagini R, Hebbard G, Effect of drink temperature on antropyloroduodenal motility and gastric electrical activity in humans, Gut, 37, 329-334 (1995)
- 赤羽ひろ, 中濱信子, 調理におけるレオロジー測定 (その4), 調理科学 22, 247-259 (1989)
- 佐谷英二, 須藤信之, 深沢恒夫 他, クリームスープの粘性に関する研究, 調理科学 5, 55-60 (1972)