

とろみの粘度の時間依存性に関する研究

Keywords：ロート法 とろみ 粘度の判別

出雲医療看護専門学校 看護学科 10期生
研究責任者 佐藤夏妃
共同研究者 井川叶美 田中瑚子 田和晃
安田祥子 和崎宗俊

I.はじめに

近年の高齢化に伴い、入院時・在宅医療に関わらず、形態や物性を調整した嚥下調整食への必要性は高まっている。こうした状況から、日本摂食・嚥下リハビリテーション学会による「嚥下調整食分類」は2021年度版¹⁾へと刷新された。(表1)学会分類では、嚥下障害者のためのとろみ付き液体を「段階1 薄いとろみ」「段階2 中間とろみ」「段階3 濃いとろみ」に大別している。「段階3 濃いとろみ」においては、前年度研究²⁾より水以外の計測が困難であることが明らかになっている。

本学における先行研究³⁾では、この学会分類を基に在宅における手軽で簡便な手法としてロート法を提案し、国際嚥下食標準化構想にて提示されているシリンジ法との滴下速度の相関関係を一致させることに成功した。この結果を踏まえ、前年度研究²⁾では、生活場面における水以外の食品で、粘度の低い飲料における薄いとろみの鑑別は可能であった。

しかし、測定基準がなく、とろみの付き方が不十分で、実験結果の信憑性が不確かであった。基準を明確にすることにより、介護者の技量・知識に関わらずとろみを付けることができ、安全な食事介助につなげることができると考える。

そこで本研究では、前年度研究²⁾において課題であった混ぜ方、溶媒温度を統一し、放置時間の基準を調査するとともに、生活場面における水以外の食品と相関がとれるかどうかを調査する。

II.研究目的

先行研究³⁾のロート法を用い水以外の飲料水及び食品を「段階1 薄いとろみ」「段階2 中間とろみ」に大別し、飲料別とろみ作成方法の基準について明確にするとともに、とろみの粘度と時間の関係について調査する。

III.用語の定義

- 1)時間依存性とは、とろみ溶液を作った後の放置時間ととろみ粘度の関連性をいう。
- 2)粘度校正とは、E型回転粘度計を用いて日本摂食・嚥下リハビリテーション学会基準¹⁾の粘度と校正することをいう。

IV.研究方法

1. 必要物品

ロート、メスシリンダー、紙コップ、さいばし、スプーン、撮影用カメラ、お茶、サイダー、牛乳、粉末状コンソメスープ、とろみ製剤（ソフティア S、つるりんこ）、デジタルはかり、計量カップ、記録用紙、ストップウォッチ、温度計

2.実験方法

1)溶液・とろみ製剤の量が同じ3つのとろみ溶液を作成する。とろみを付けてから滴下速度を測定するまでの放置時間ごとに、直後・5分後・10分後の3種類である。この際、すべての飲料（お茶・サイダー・牛乳・コンメスープ）100mlに対し、「薄いとろみ」の場合はとろみ製剤を1g、「中間とろみ」の場合はとろみ製剤を2g混ぜ合わせる。

混ぜ方については、「前後に2回、左右に2回」を繰り返す方法で統一した。溶媒温度については、温度計にて各溶媒温度を測定し、水は18°C、お茶は19°C、牛乳は17°C、サイダーは18°C、コンソメスープは20°Cで統一した。

2)作成したとろみ溶液をロートへ注入し、指でロート先端部を塞ぐ。水平に持ち、ロートの先端部から液面までの高さを計測する。これはハーゲン・ポアゼイユの公式（図1）でとろみ粘度を算出するためである。この時、ロート内に大きな気泡ができた場合は傾けるなどして抜いてから計測を行う。放置時間なしのものは混ぜ終わり直後にこの操作を行い、放置時間5分・10分のものは放置時間経過直後にこの操作を行う。

3)ロート先端部を塞いでいた指をはずし、メスシリンダーに滴下する。この滴下時間をストップウォッチで計測する。滴下時間については、とろみ溶液が落ち始める瞬間から、ロート内すべての液体が落ちるまでとする。そして、すべての溶液・放置時間・とろみ粘度の組み合わせにおいて各3回計測し、平均値を算定する。（図2）

3.実験日

2023年12月23日～12月26日

4.データの解析法

それぞれの滴下時間を算定した平均値から、流量を求める公式として「ハーゲン・ポアゼイユ」（図1）を用いた。これらのデータを使用し、とろみ粘度・溶液・放置時間ごとの平均を求め、グラフにまとめた。

また、水を溶媒とした場合、前年度研究²⁾より、水とソフティアのE型回転粘度計を用いた粘度校正のグラフ（図3）の結果を用いてとろみの粘度の時間依存性について検

討する。

V.結果

水の実験結果を図 4,5 に示す。ソフティアでは薄いとろみを作っているにもかかわらず放置時間によって中間のとろみに変化することがわかった。同様に、中間のとろみも時間経過で濃いとろみに変化していることがわかった。また、つるりんこでは放置時間経過に伴いとろみの粘度が高くなっていることがわかった。

お茶の実験結果を図 6,7 に示す。結果は水に類似しており、水と同様、放置時間経過に伴いとろみの粘度が高くなっていた。

サイダーの実験結果を図 8,9 に示す。ほかの溶媒と比較し時間経過に伴う粘度の増加率が大きかったことがわかった。とくにつるりんこでの中間のとろみにおいて、放置時間に伴う流下時間の増加が顕著に見られた。

コンソメスープの実験結果を図 10,11 に示す。ほかの溶媒と比較すると、変化があまり見られなかった。

とくにソフティア・つるりんこ両方のとろみ製剤において、薄いとろみの放置時間による流下時間の増加はほとんどみられなかった。

牛乳の実験結果を図 12,13 に示す。コンソメスープと同様、ほかの溶媒と比較すると、変化があまり見られなかった。

これらの実験結果から、時間の経過とともに流下時間は増大、すなわち粘度は増加するが、この傾向は薄いとろみよりも中間のとろみで顕著に見られることがわかった。

VI.考察

- 1)すべての実験結果より、放置時間に伴い粘度が高くなっており、とろみには時間依存性があると考えられる。
- 2)放置時間の経過とともに流下時間は増大、すなわち粘度は増加した。この傾向は薄いとろみよりも中間のとろみで顕著に見られたことから、とろみの濃度と時間依存性に関係があると考えられる。
- 3)サイダーは他の溶媒に比べ放置時間に対する流下時間の変化が大きく、コンソメスープや牛乳が溶媒の場合、他の溶媒と比べて放置時間に対する流下時間の変化が小さかったことから、溶媒の構成成分によってとろみの粘度の時間依存性が変化すると考えられる。

VII.結論

本研究により、とろみ粘度は時間依存性があることがわかったため、臨床現場では、嚥下調整食品や飲料のとろみは時間の経過とともに粘度が変化することを念頭に置きながら、患者の嚥下機能やニーズに沿うように適宜とろみの粘度を調整する必要がある。

実際の臨床現場を想定した様々な条件で実験を行うことによって、介護者の技量・知識にかかわらずとろみをつけることができ、安全な食事介助につなげることができるようになると思う。

VIII.課題

今後の課題としては、さらに放置時間を延長した場合の粘度変化の測定、溶液の温度による粘度変化の測定、混ぜる時間や混ぜる回数といった厳密な測定条件の統一、おかゆやみそ汁など食物が入った状態での測定が挙げられる。また、水以外のとろみ溶液を E 型回転粘度計を用いて学会基準の粘度¹⁾と校正・精査し、より正確な粘度の判別を行う必要がある。

謝辞

本研究をまとめるにあたり、ご指導くださいました島根大学の岡本寛名誉教授に心から感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 栢下淳, 藤島一郎, 藤谷順子, 弘中祥司, 小城明子, 水上美樹, 仙田直之, 森脇元希 (日本摂食嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食特別委員会): 日本摂食嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食分類 2021 について, 日摂食嚥下リハ会誌 25 (2): 135-149, 2021 (<https://www.jsdr.or.jp/wp-content/uploads/file/doc/classification2021-manual.pdf?0917>)
- 2) 卒業研究: 異なる液体におけるロート法の有効性について 出雲医療看護専門学校 看護学科 波田圭太、尾添由規、千代延源太、本田隆太郎 2023 年 12 月
- 3) 卒業研究: 嚥下調整食のとろみの簡易的な判別方法について 出雲医療看護専門学校 言語聴覚学科 原南都美、大石琳音、鎌田想大、河村光紀、重岡希紀 2022 年 12 月

表 1 学会分類 2021 (とろみ) 早見表

	段階 1 薄いとろみ【Ⅲ-3 項】	段階 2 中間のとろみ【Ⅲ-2 項】	段階 3 濃いとろみ【Ⅲ-4 項】
英語表記	Mildly thick	Moderately thick	Extremely thick
性状の説明 (飲んだとき)	「drink」するという表現が適切にとろみの程度口に入れると口腔内に広がる液体の種類・味や温度によっては、とろみが付いていることがあまり気にならない場合もある飲み込む際に大きな力を要しないストローで容易に吸うことができる	明らかにとろみがあることを感じ、かつ「drink」するという表現が適切にとろみの程度口腔内での動態はゆっくりですぐには広がらない舌の上でまとめやすいストローで吸うのは抵抗がある	明らかにとろみが付いていて、まとまりがよい送り込むのに力が必要スプーンで「eat」という表現が適切にとろみの程度ストローで吸うことは困難
性状の説明 (見たとき)	スプーンを傾けるとすっと流れ落ちるフォークの歯の間から素早く流れ落ちるカップを傾け、流れ出た後には、うっすらと跡が残る程度の付着	スプーンを傾けるととろとろと流れるフォークの歯の間からゆっくりと流れ落ちるカップを傾け、流れ出た後には、全体にコーティングしたように付着	スプーンを傾けても、形状がある程度保たれ、流れにくいフォークの歯の間から流れ出ないカップを傾けても流れ出ない(ゆっくりと塊となって落ちる)
粘度 (mPa·s) 【Ⅲ-5 項】	50-150	150-300	300-500
LST 値 (mm) 【Ⅲ-6 項】	36-43	32-36	30-32
シリンジ法による 残留量 (ml) 【Ⅲ-7 項】	2.2-7.0	7.0-9.5	9.5-10.0

円管内を流れる液体の流量を求める公式：
【ハーゲン・ポアゼイユの式】

$$Q = \frac{\pi R^4 \Delta p}{8 \mu c}$$

- $Q(m^3/s)$: 流量
- $R(m)$: ロートの足の半径 (内径の1/2)
- $c(m)$: ロートの足の長さ
- $\Delta p(Pa)$: 圧力差
- $\mu(Pa \cdot s)$: とろみの粘度より,
- $V(m^3)$: 基準の容量
- $t(s)$: 流れる時間
- $\Delta p = \rho g b$: 深さ圧力
- $\rho(kg/m^3)$: とろみ溶液の密度
- $b(m)$: 上流と下流の液面の高さの差
- $g(m/s^2)$: 重力加速度

計測する

$$\mu = \left(\frac{\pi \rho g b R^4}{8 c} \right) \cdot \left(\frac{t}{V} \right)$$

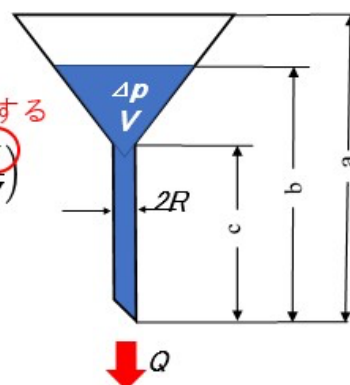
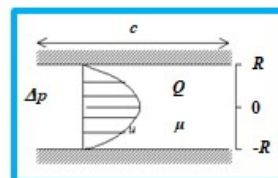
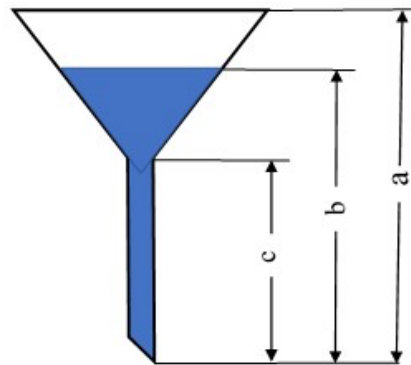


図 1 ロート法の計測原理

- ①とろみ溶液(100mℓ)の作成
薄い(1g)・中間(2g)・濃い(3g)
- ②溶液をロートへ一気に注入し、
流下時間を測定
- ③とろみの薄い・中間・濃い溶液を
各3回計測後、平均値の算出
- ④とろみ剤として、ソフティアS・つるりんこの2種類を使用



福下洋, 藤谷順子, 宇山理紗, 大越ひろ, 小嶋明子, 高橋浩二, 前田広土, 藤島一郎(日本摂食・嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食特別委員会):日本摂食・嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食分類2013について, JOURNAL OF THE JAPAN DIETETIC ASSOCIATION Vol. 56 No. 12, pp.31-37, 2013.
(<https://www.jsdr.or.jp/wpcontent/uploads/file/doc/classification2013-manual.pdf>)

図2 ロート法の実験方法

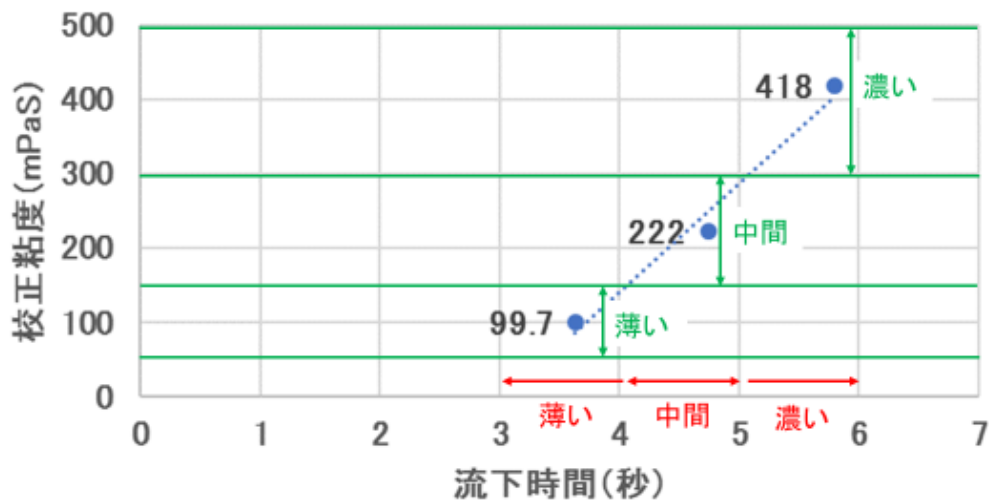


図3 流下時間—粘度校正 (水道水+ソフティア)

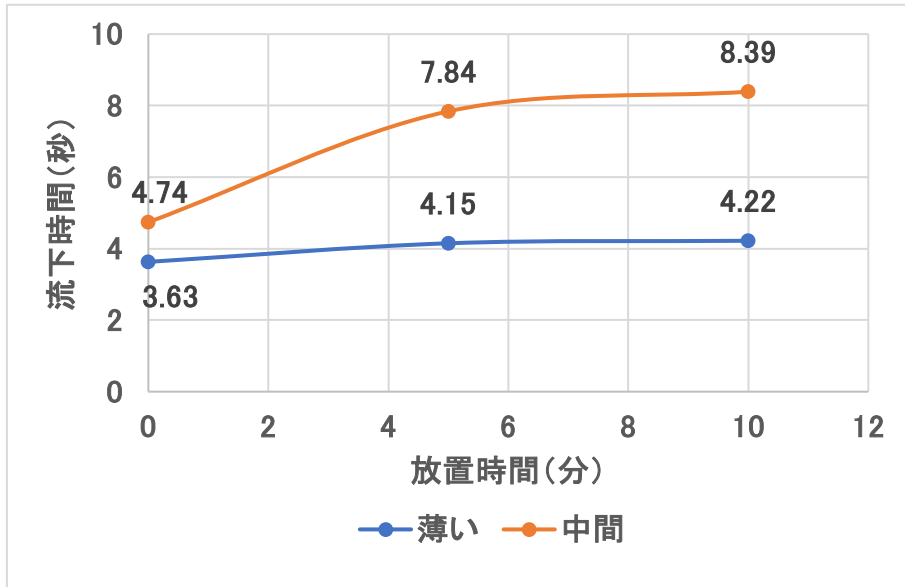


図4 水+ソフティア

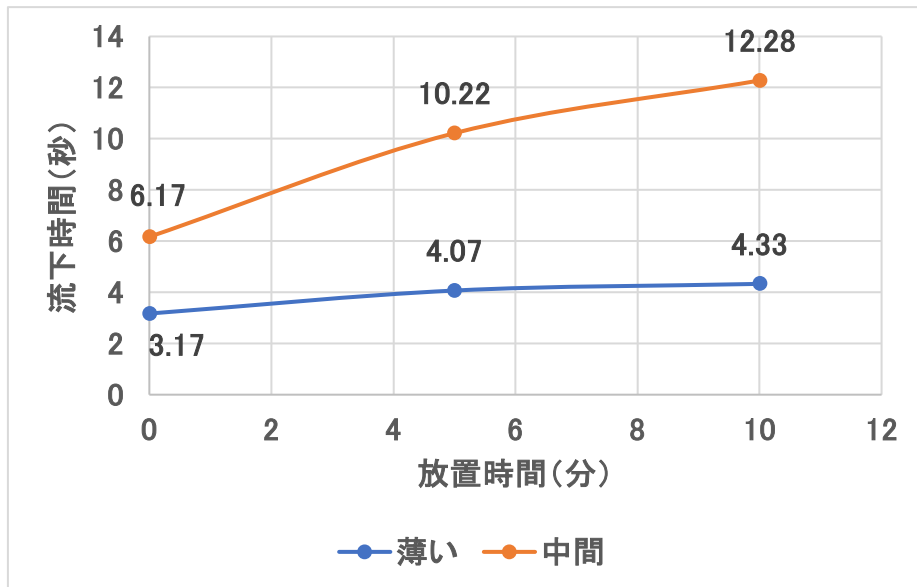


図5 水+つるりんこ

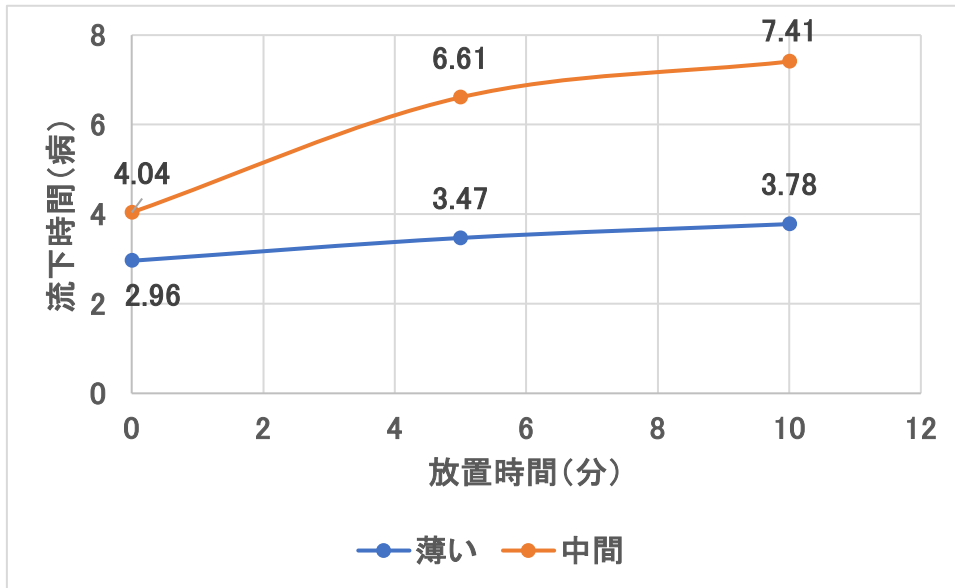


図6 お茶+ソフティア

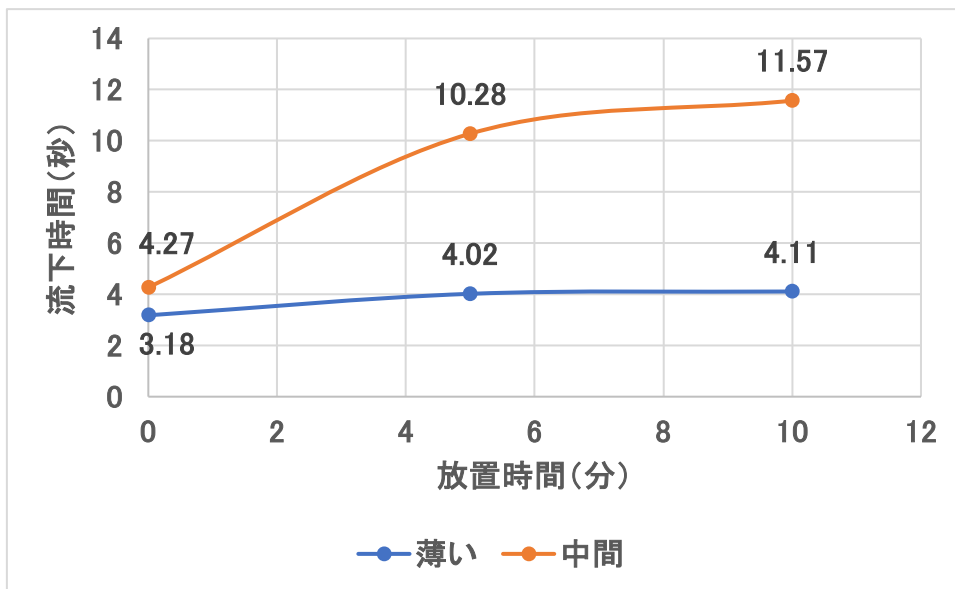


図7 お茶+つるりんこ

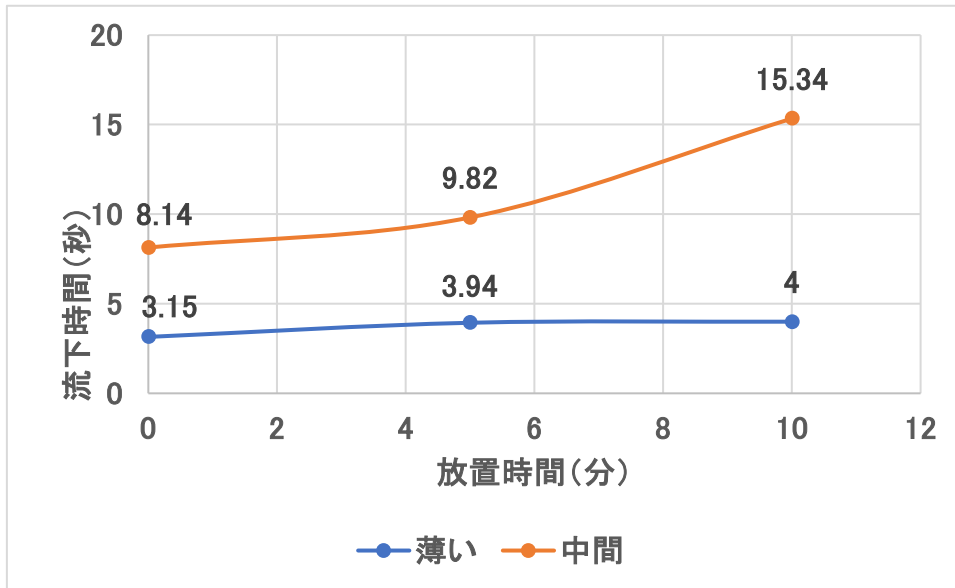


図8 サイダー+ソフティア

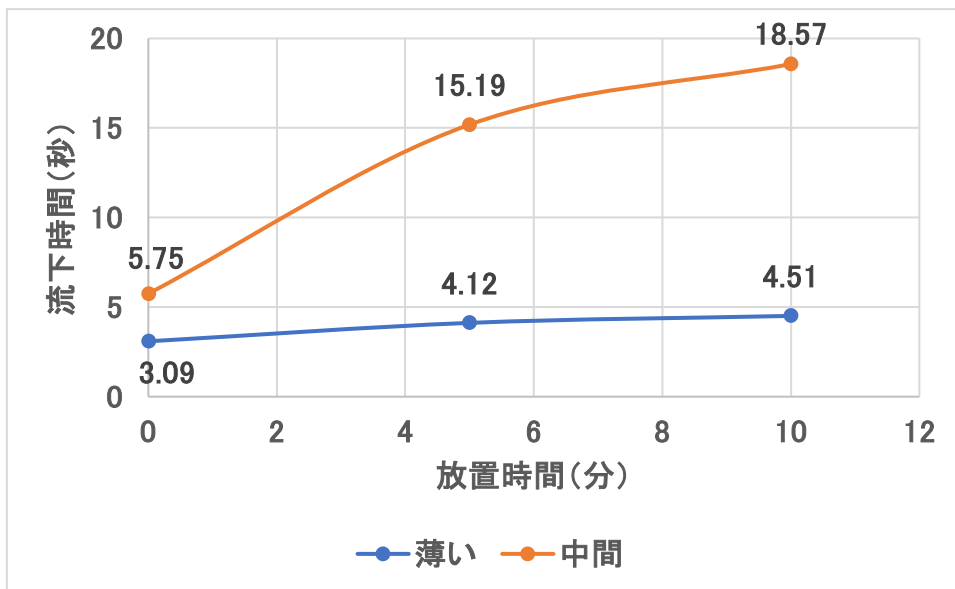


図9 サイダー+つるりんこ

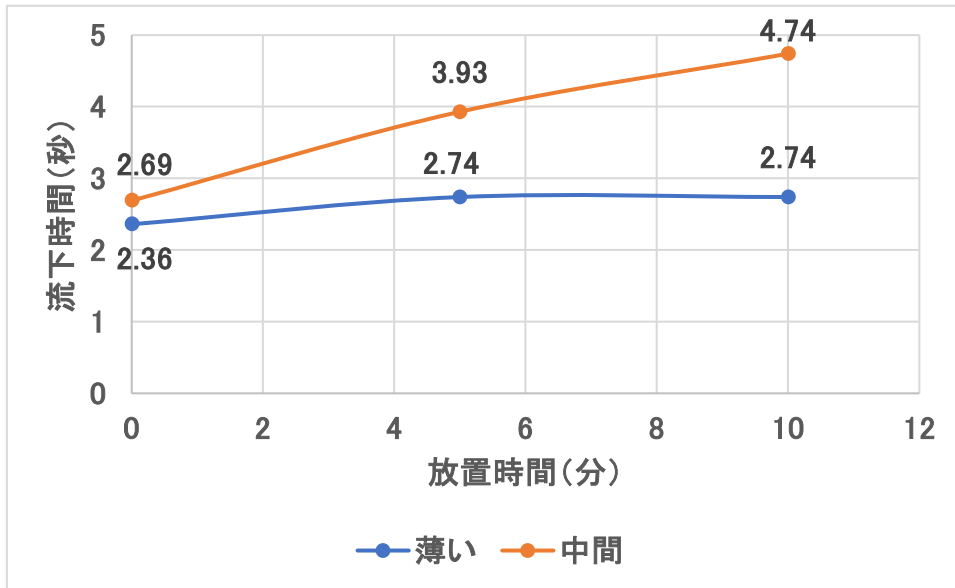


図 10 コンソメスープ+ソフティア

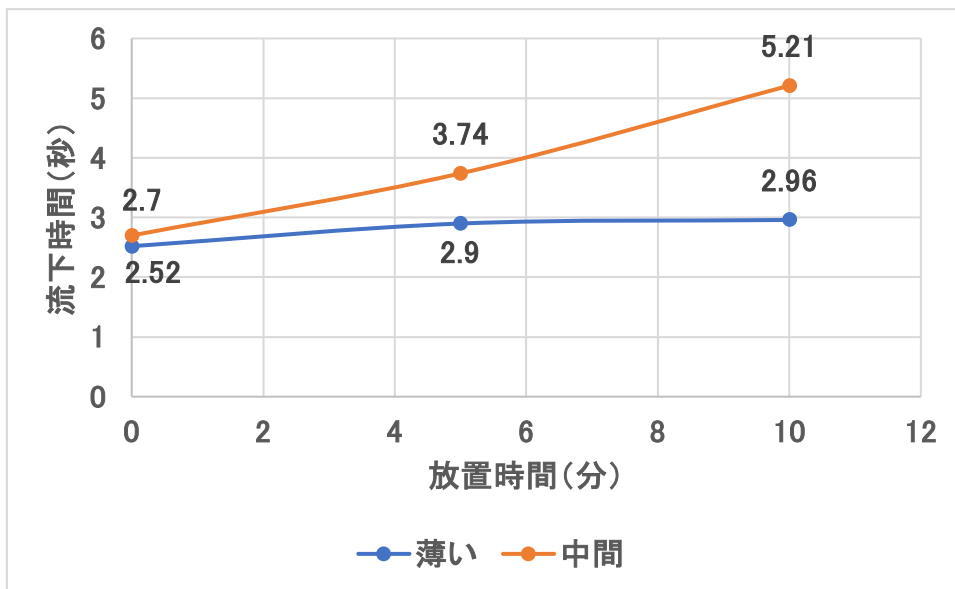


図 11 コンソメスープ+つるりんこ

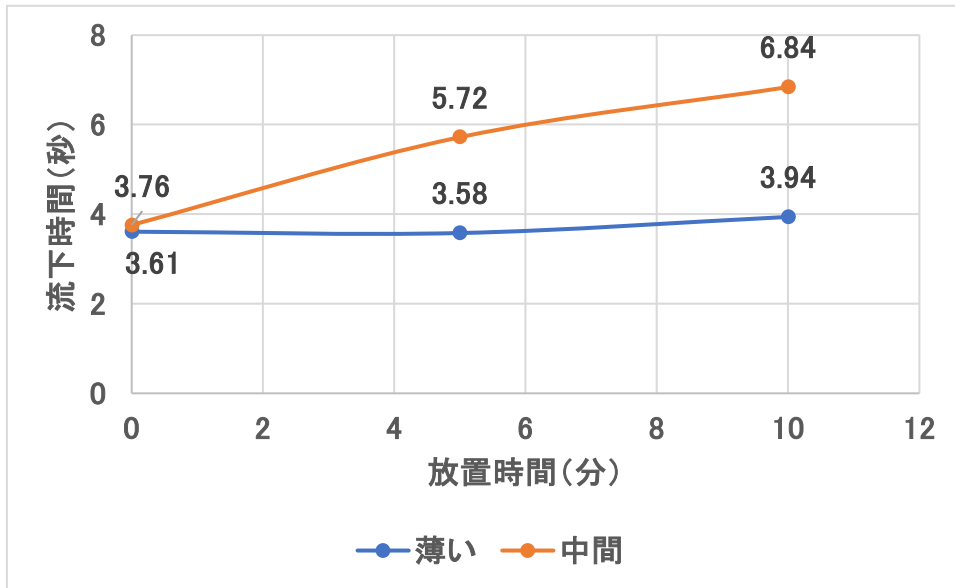


図 12 牛乳+ソフティア

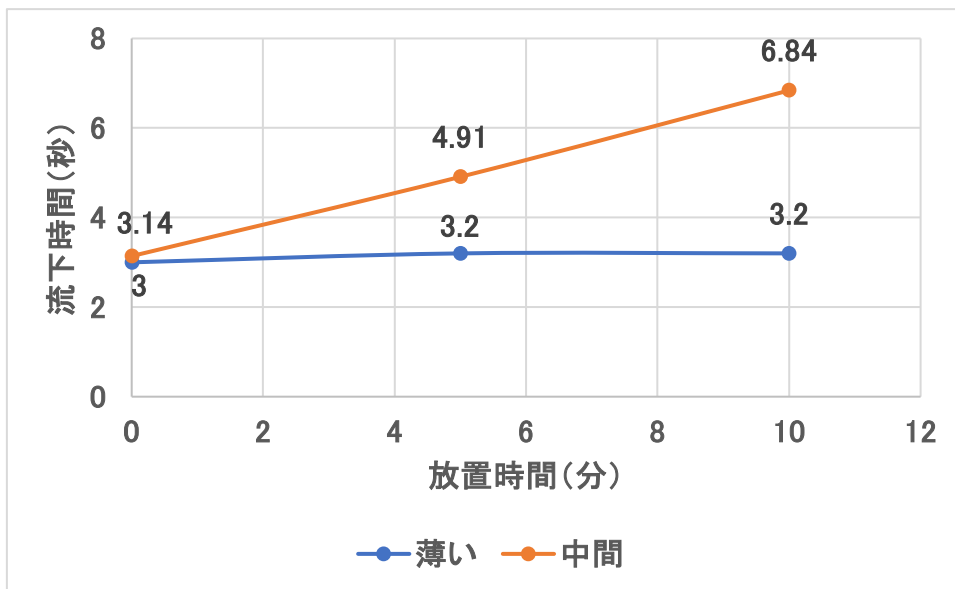


図 13 牛乳+つるりんこ