

簡易粘度計の試作検討と ‘トロミ’評価への適用

明治乳業株式会社
大阪市立大学大学院
株式会社井元製作所

外山義雄、竹端
生活科学研究科
井元俊之

彩、高見正雄、村尾周久
金保叔、西成勝好

【目的】

病院・施設では、回転粘度計などのような装置で評価することが困難であり、物性調整は、トロミ調整食品の添加量と人の視覚や官能評価に委ねられている。しかしトロミ調整食品は、主原料、温度、添加する食品によって物性が異なり、単に添加量だけで物性を規定することはできない。また、個人差もあることから、常に適切なトロミの状態を調製するのは困難なのが現状である。そこで、簡易粘度計を試作検討し、これを用いてトロミを付与した液状食品の物性評価を実施し、若干の知見を得たの

【試料と測定方法】

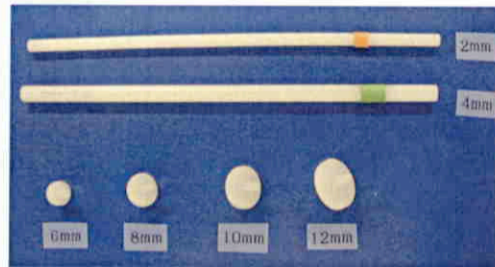
簡易粘度計は、コスト・衛生面・簡便性・実用性を考慮し、トルビーカー中の試料に、先端に治具を取り付けた樹脂製の棒を落下させる「針入式」とし、落下時間によってトロミの強さを計るものとした。これを用い、①ニュートン流体(粘度計校正用標準液)、②ほぼニュートン流体(液糖)、③非ニュートン流体(トロミ調整食品)、を測定した。また、既存レオロジー測定装置でも上記試料を評価し、その相関性も調べた。

【簡易粘度計】

簡易粘度計の使用法

- 1 ビーカーに試料100mlを入れる
- 2 適当な円錐治具を取り付けた棒をフタ中央の穴に通す
- 3 試料に円錐治具が触れないように棒を支えながらフタをする
- 4 円錐治具の先端が試料表面に触れる程度で支えておく
- 5 棒が真っ直ぐに落下するように注意しながら手を離し、棒上部の目印まで落下する時間を計測

【測定治具】



【測定の様子】

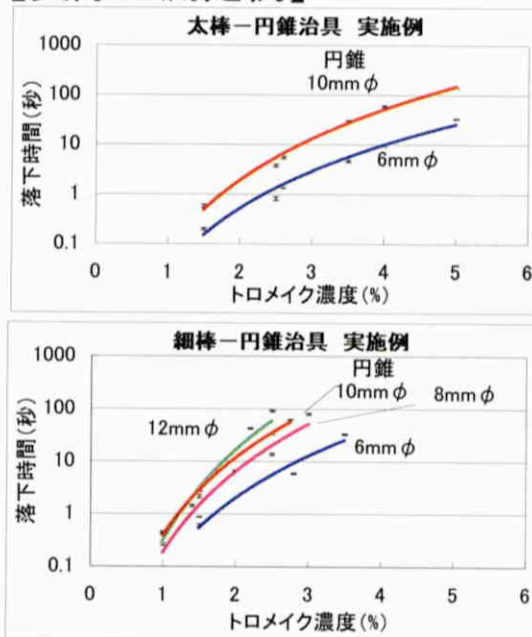


【ビーカー部】



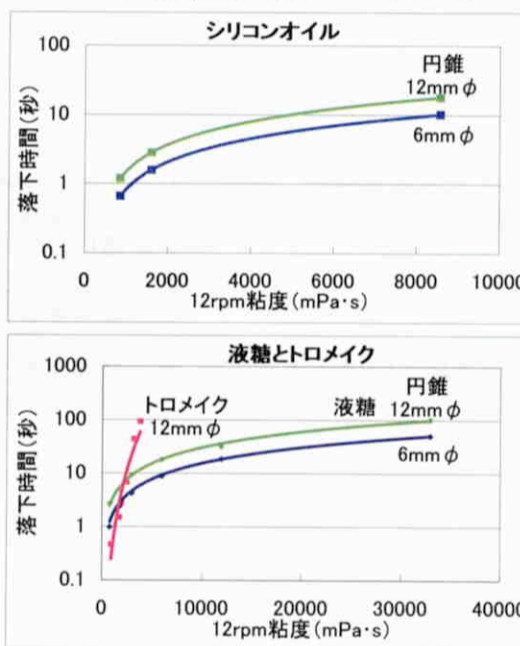
【結果】

【実際の測定例】



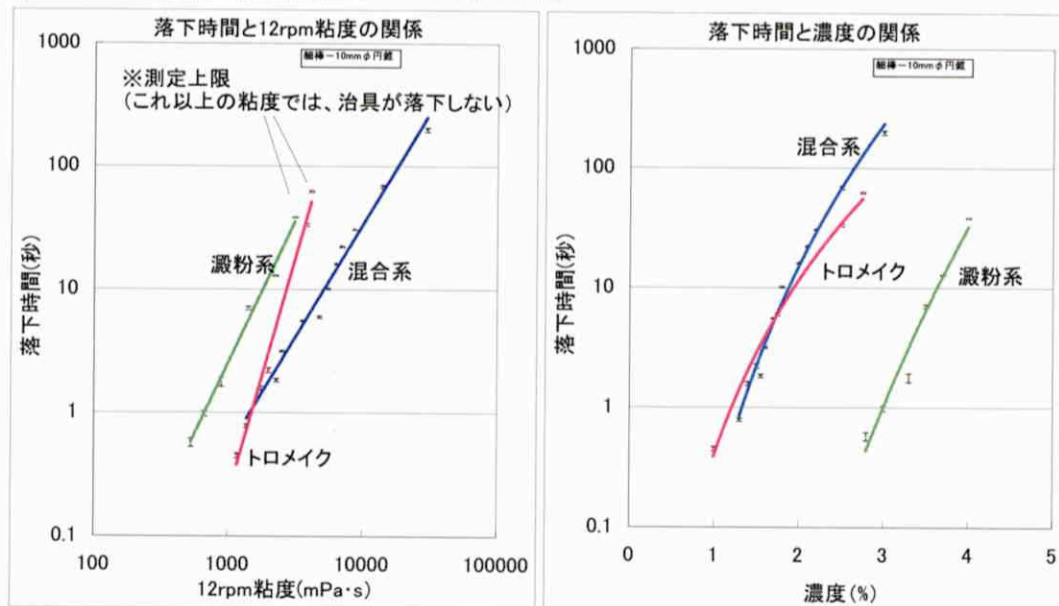
1. 治具使用例
太棒は、トロミ2%以上の高濃度域で広範囲に使用できた。細棒は、落下時間が長くなり、トロミ1%でも測定することができ、円錐治具は、直径が大きいほど落下時間が長くなった。これは、試料に接する面積が大きくなり、抵抗が大きくなったためである。こうした特性を利用し、例えば12mm円錐治具を用いると、非常に小さな濃度差でも落下時間の差として十分に確認できる。一方、6mm円錐治具を用いると、広範囲の濃度を測定できるメリットがある。

ニュートン流体測定例(細棒:2mm φ、1.0g)



2. ニュートン流体測定例
粘度の校正用シリコンオイル及び液糖を測定し、12rpm粘度と落下時間の関係を確認した。ニュートン流体の特徴は、低粘度から高粘度まで非常に広範囲を、1つの治具(棒-円錐)で測定できることである。これは、図4に示した「トロミ」との差からも明らかで、同じ細棒-12mm円錐治具を用いても、「トロミ」が約4000mPa・sで全く落下しなくなるのに対して、液糖は30000mPa・sでも100秒以内に落下している。この結果から、落下時間は、B型粘度計だけでは数値化しにくいトロミの状態を表したものと見える。

【トロミ調整食品での比較例】



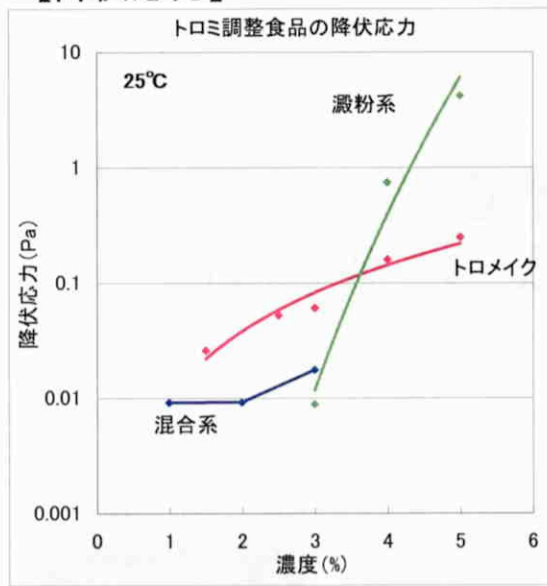
3種類のトロミ調整食品の比較例

■試料
①『澱粉系』
主原料：澱粉
②『混合系』
主原料：増粘多糖類、澱粉
③『トロミ』
主原料：増粘多糖類
■結果
1. 12rpm粘度と落下時間
両対数にプロットすると、いずれも直線関係となる。
『澱粉系』と『トロミ』が、3000~4000mPa・sでは、全く落下しなくなるのに対して、『混合系』は、30000mPa・sでも約3.5分を要するが、停止することなく落下する。

また、傾きがそれぞれ異なり、『トロミ』が最も大きく、『混合系』が最も緩やかである。
2. 濃度と落下時間の関係
『混合系』と『トロミ』は、傾きが異なるが、同様の濃度域にプロットされた。『澱粉系』は、3%以上の高濃度で測定できた。落下時間は、濃度に依存する数値である。

【考察】 【落下時間は何を表しているか？】

【降伏応力】

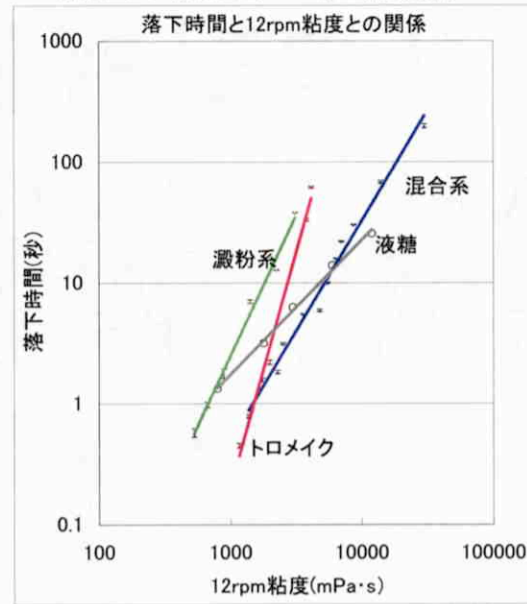


落下しなくなるのはなぜか？

「トロメイク」と「澱粉系」では、「混合系」に比べて低粘度であっても、ある粘度（濃度）に達すると全く落下しなくなる。その原因は、『降伏応力』であると考えられる。降伏応力とは、流体が流れ出すのに必要な最小の「ずり応力」のことで、降伏応力を持つ食品の典型がマヨネーズである。

治具が流体に及ぼす応力は、この降伏応力以下なので、落下しない。

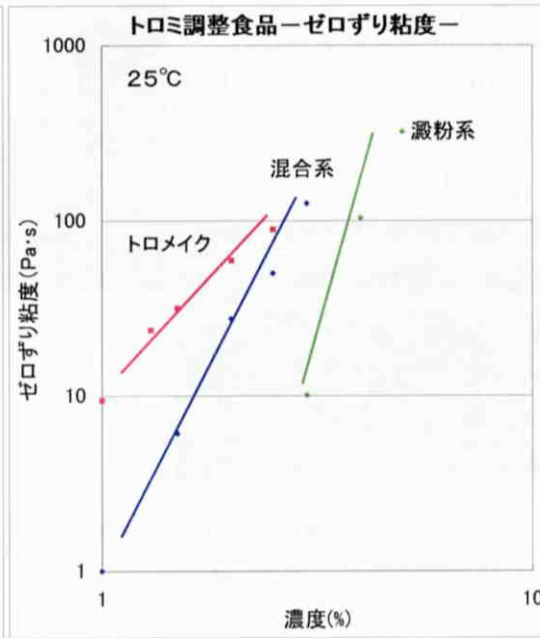
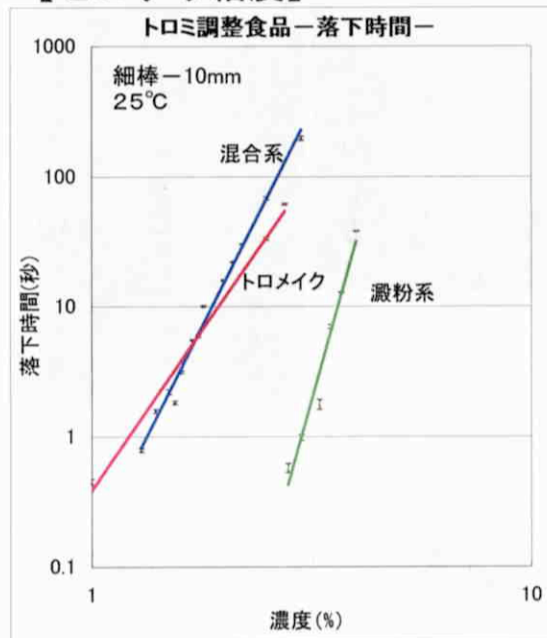
【落下時間と12rpm粘度】



3種類のトロミ調整食品と液糖の測定データを合わせて両対数のグラフにプロットした。

ニュートン流体に比べると、非ニュートン流体の場合には、粘度差が小さくても落下時間の差が大きくなっている。

【ゼロずり粘度】



落下時間は、粘度に依存する特性値であって、その傾きがトロミ調整食品の種類によって異なっていることは、前述した。

同様に、落下時間は濃度にも依存しているが、「傾き」が異なる。濃度と依存する様々な指標を検証した結果、この傾きは、ゼロずり粘度と濃度の関係を両対数のグラフにプロットした場合と同様となることがわかった。

「ゼロずり粘度」とは、粘度のずり速度依存性測定で、ずり速度をゼロに外挿した切片から算出したもので、その流体特有の固有の粘性を表した重要な指標である。

【簡易粘度計の有用性】

今回試作した簡易粘度計は、落下時間という一つの指標で、B型粘度計だけでは数値化できないトロミの状態を知ることができる点で非常に優れている。

その特徴をまとめると、

- ① 降伏応力の有無を知ることができる
- ② 棒一円錐治具の組み合わせで、広範囲の濃度を測定できる
- ③ 非常に簡便である

といえる。試作段階であり、実用化には多くの関門が存在するが、B型粘度計だけでは知ることのできない特性値を確認できる意義は、非常に大きい。

■問い合わせ先

明治乳業株式会社食品開発研究所 外山義雄
E-mail YOSHIO_TOYAMA@MEIJI-MILK.COM
大阪市立大学大学院 生活科学研究科教授 西成勝好
E-mail nisinari@life.osaka-cu.ac.jp