

# 螺旋状毛細管型粘度計の開発と研究

第二学群 生物資源学類 辻本 陽子  
生命環境科学研究科 足立 泰久

## 1. はじめに

粘度とは流体の流れにくさを表す物性値であり、あらゆる流体の粘度を知るために世の中には数多くの粘度計が存在する。当研究室にも市販の回転粘度計やオストワルド粘度計があり、粘土懸濁液や高分子溶液の粘度を求めるために使われている。しかし、もっと特殊な（しかも粘度計といわれなければそうとはわからない）粘度計がある。それが螺旋状毛細管型粘度計（写真1）である。私が研究室に配属される以前から開発されてきたこの粘度計は、すでに数多くの研究成果を残している1）。

## 2. 螺旋状毛細管型粘度計の開発

当研究室では小さいコロイド粒子の形状や荷電によるミクロな相互作用が、どのようにマクロな懸濁液の流れの性質に影響するのかということ調べている。このテーマは、地滑りや土壌の侵食などマクロな環境中の物質移動、食品や塗料、インクなど様々な工業製品の品質、お化粧のりや血液のどろどろサラサラ感のようなヒューマンヘルスケアに至るまでたくさんの応用の問題と関わっている（らしい）。個々のコロイド粒子の相互作用力は非常に弱い（1 nNぐらい）ために、相互作用に基づく内部機構を調べるためには繊細な力学測定が望まれる。コロイド粒子は分子間力で凝集しフロックを形成するが、そのフロックに配慮した流動特性の解析が必要となるのである。市場には、様々なレオメーターが出回っているがたとえ何千万円支払っても我々研究の目的に必要な用途を満たす粘度計はない。こうした背景から、研究

基盤総合センター工作部門・ガラス工作室に尽力いただき、螺旋状毛細管型粘度計(以下螺旋型粘度計)が開発されている。この装置は2本のメスシリンダーを、螺旋状の毛細管で接続した、見た目が非常にシンプルな粘度計である。水位差による圧力勾配を駆動力として、中の流体が流動する仕組みになっている。管路長を長くすることで低圧力勾配(=低せん断応力)を実現し、フロック破壊の解析を可能にしている。

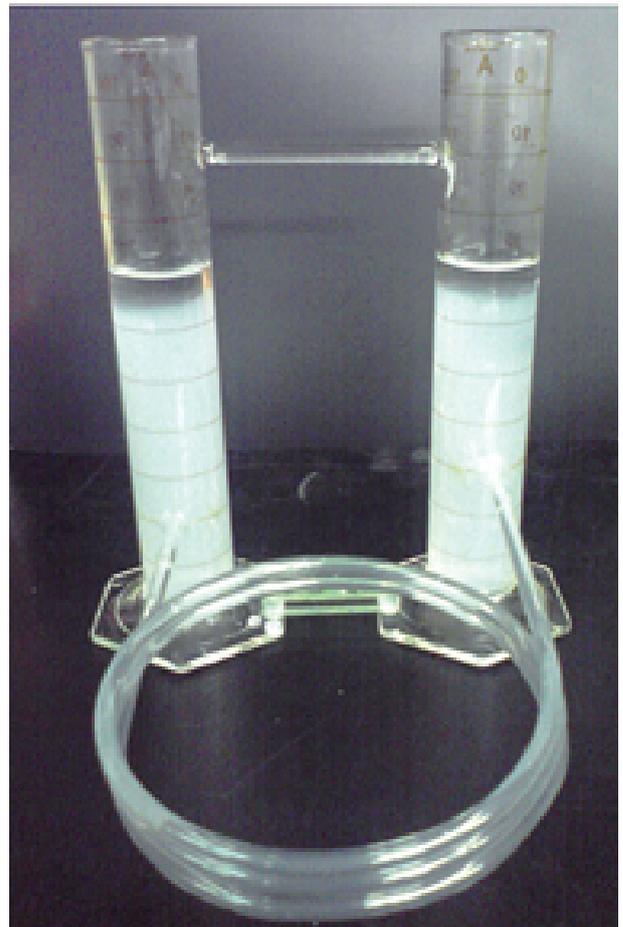


写真1. 螺旋状毛細管型粘度計

### 3. 螺旋状毛細管型粘度計を用いた実験とその成果

螺旋型粘度計の測定原理は、毛細管内の流動がポアズイユ流動であるとした場合の流量の式と、流量保存の式に基づいている。得られる理論式は

$$\frac{h(t)}{h_0} = \exp\left(-\frac{\pi g a^4 \rho}{4AL\mu} t\right)$$

( $h_0$ :初期水位差、 $a$ :管径、 $\rho$ :密度、 $t$ :流動時間、 $A$ :メスシリンダー断面積、 $L$ :管路長、 $\mu$ :粘度)となる。つまり、2本のメスシリンダーの水位差を時間の関数として測定して、片対数グラフにプロットし、傾きから粘度を算出する。

研究では、この粘度計を用いて、代表的な粘土鉱物のモンモリロナイト懸濁液を試料として、pHとイオン強度を変化させて流動特性の測定を行った。その結果から、分散状態から凝集状態へ移行することで流動特性が大きく異なることが示され、この点を強調する解析の必要性が明らかになった。特に、凝集懸濁液は低せん断応力下における管路内の目詰まりのような流動に着目することになり、毛細管径の異なる粘度計をガラス工作室においていくつも製作していただいた。気がつけば、粘度計であるにもかかわらず、最終的には降伏値や透水性といった、粘度以外のファクターについて多くの知見を得ることとなった。きわめて単純な原理で作動するが、数理モデルで実験結果を解析す

ることによって、懸濁液の物性論が縦横に展開する。螺旋型粘度計は興味深い装置であり、使い方次第でさらに発展性のある見込める粘度計であることを再認識したのだった。

### 4. おわりに

先日、日本レオロジー学会東日本支部が主催する修士論文発表会が行われた。学類生の参加も認められ、発表の機会を頂いた。そこで私が発表したデータに対し、単純な装置であるにもかかわらず、色々と興味深い結果が得られることに、参加者から関心が寄せられ、貴重なアドバイスやコメントを多く頂くことができた。これらを糧として大学院進学後も研究を続け、さらなる成果を挙げていきたい。今後は、毛細管内の流動を観察できるという螺旋型粘度計のメリットを生かし、流動中のフロックの可視化を目指したいとも思っている。最後になりますが、試行錯誤を繰り返しながら、手づくりで研究が進められる環境は本当に素晴らしいことだとおもいます。私たちのアイディアから生じる様々なお願いに柔軟にかつ大変親切に対応していただいたガラス工作室の皆様へ感謝申し上げます。

### 引用文献

- 1) 小林 俊也・足立 泰久(2005) :螺旋状毛細管型粘度計の開発とそれを用いたモンモリロナイト懸濁液の流動特性、農土論集、238、79-84