

氏 名	中 村 良
	なか むら りょう
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 783 号
学位授与の日付	昭 和 50 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	粘弾性流体の構成方程式に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 吉 岡 直 哉 教 授 小 野 木 重 治 教 授 水 科 篤 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高分子濃厚溶液や溶融物の示す粘弾性的流動特性を現象論的に表現するための構成方程式に関する研究の結果をまとめたものであって、7章より成っている。

1章は序論で、本論文の目的と構成について述べている。

2章では、粘弾性流体の変形を記述するために必要な運動学、すなわち変形テンソルや変形テンソルの時間変化など連続体の変形を記述するための諸量とそれらの間の関係について述べ、後章の準備としている。

3章では、粘弾性流体の構成方程式についての既往の研究を主としてその基本的な考え方に重点をおいて述べ、提出された諸式の実験結果との対応や問題点につき検討し、著者の研究の目標と立脚点を明確にしている。

4章では Lodge の網目構造モデルの簡単な解釈に基づき、線形記憶関数にスカラー的非線形性を導入する方法として、からみ合い点の生成速度項（緩和強度項）に導入する方法と、その消滅速度項（緩和時間項）に導入する方法とのあることを指摘し、直観的にはからみ合い点の消滅速度がからみ合い点間鎖の変形に依存すると考える方が理解しやすいことから、緩和時間項が変形テンソルの不変量に依存するとして構成方程式を導出した。この式を定常単純ずり流れに適用した結果、従来の式に比べて非ニュートン粘度及び第一法線応力差をよく表現できることがわかった。しかしながら非定常実験、特に有限変形のもとでの応力緩和の実験結果から判断すると、変形テンソルの不変量の導入法にはなお若干の問題が残されているようである。

5章では、4章で求めた構成方程式をさらに修正し、過渡応答実験の結果にも適合させるため、緩和時間項に導入すべき量として変形テンソルの不変量と変形速度テンソルの不変量の中間的意味をもつ運動学的量を導入して非線形記憶関数を求めた。すなわち、この運動学的量として従来のように変形テンソルの不変量と変形速度テンソルの不変量のいずれかを選ぶことは、現象論的には考えうる両極端に相当するの

で、それらの中間として変形テンソルの不変量の時間微分を用いるのが妥当であろうと考えた。さらにか
らみ合い点の消滅のしやすさは、単にこのような運動学的量のみならず、からみ合い点が生成してからの
経過時間にも依存するとして構成方程式を導いた。この式は有限変形のもとでの応力緩和、定常単純ずり
流れ停止後の応力緩和、定常単純ずり流れ開始時の応力生長などの実験結果をよく説明できる可能性のあ
ることを示した。

6章では変形テンソルを変形加速度テンソルで展開近似し、前章で求めた積分形構成方程式の近似式と
して、ゆるやかに変化する流れなどに適用できる微分形構成方程式を求めた。さらにその適用例の一つと
して二次元せばまり流路内の流れを解析している。

7章は全体の結論をまとめたものである。

論文審査の結果の要旨

最近、高分子濃厚溶液や熔融物の示す非線形粘弾性現象が高分子加工と関連して注目をあびており、そ
の基礎として種々の定常、非定常変形及び流動時の粘弾性流体の挙動を説明できるような、適用範囲の広
い構成方程式を求める研究が広範に行なわれている。しかしながら非線形現象の現われ方は、変形様式に
よって異なるため非常に複雑であり、従来提出されている構成方程式で各種の実験結果を統一的に記述で
きるものはまだ見出されていない。本論文は、著者がこの問題に関して試みた一連の研究結果をまとめた
ものであって、得られた成果の主なものは次のとおりである。

1) 著者はまず従来提案された種々の粘弾性流体の構成方程式について実験結果との適合性を比較検討
し、分子網目構造モデルに基づく Lodge の積分形構成方程式を基礎とし、その記憶関数を非線形領域に
拡張する方法に工夫を加えることによって高分子流体が示す各種の非定常現象を説明できる可能性がある
ことに着目した。Lodge の線形記憶関数は緩和時間の分布を表わす部分（緩和強度項）と記憶の減衰を表
わす部分（緩和時間項）から成り立ち、網目理論によると前者が高分子のからみ合い点の生成速度に、後
者がからみ合い点の消滅速度に関連する。記憶関数に非線形性を導入する方法としては、このいずれの部
分がいかなる運動学的量（変形テンソル、変形速度テンソルなど）の関数であるとみなすかによって拡張
の仕方は多様である。著者はからみ合い点の消滅速度が主としてからみ合い点間鎖の変形に依存すると考
えるのが適当であるとし緩和時間項が変形テンソルの不変量に依存するとして構成方程式を導出した。こ
の式は従来の諸式に比べて定常単純ずり流れにおける非ニュートン粘度及び第一法線応力差をよく表わす
ことがわかった。しかしながら非定常実験、特に有限変形下の応力緩和の実験の結果から判断すると、変
形テンソルの不変量の導入の仕方になお検討の余地があることが認められた。

2) そこで著者は、従来のように記憶関数に導入する運動学的量として変形テンソルの不変量と変形速度
テンソルの不変量のいずれを選ぶかは、現象論的には考えられる両極端に相当するとし、新たに両者の中
間的な量として変形テンソルの不変量を時間微分したものが妥当であろうと考えた。さらにか
らみ合い点の消滅の容易さは単にこのような運動学的量のみならず、からみ合い点が生成してからの経過時間にも依
存すべきことを考え、上記の構成方程式を修正した。かくして得られた方程式は、有限変形下の応力緩
和、定常単純ずり流れ開始時の応力生長などの複雑な非定常現象をかなりよく表現しうることを示した。

3) さらに著者は、変形テンソルを変形加速度テンソルで展開近似することにより、上述の積分形構成式の近似式として、ゆっくりした流れに適用できる微分形構成方程式を求め、その適用例の一つとして二次元せばまり流路内の流れを解析した。

以上を要するに、本論文は粘弾性流体の各種形式の変形、流動を表現する可能性のある積分形構成方程式の一形式を提案し、実験結果との適合の可能性を検討したものであって、その妥当性を検証するに足る信頼すべき実験結果が少いことなどのために今後さらに検討すべき点が若干残されているとはいえ、粘弾性流体が示す複雑な流動現象を解明するための礎石を与えるものとして工学上、實際上貢献するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。