



研究室紹介

# 産業機械工学科高分子工学講座

中村 喜代次\*

## 1. はじめに

本講座は昭和27年4月に紡績業界の支援をうけ機械工学科第7講座(繊維工学)として設立された。そして、昭和28年4月には日本紡績協会から960万円の建物(本館4階680m<sup>2</sup>)、昭和30年4月には日本綿業技術研究所から800万円の建物(本館4階330m<sup>2</sup>)の寄付があった。これはその頃機械工学科が中心となって繊維工学科を設置する計画があり、内外より多大の援助を得た結果、同学科の中核となるべき講座の設置が文部省に認められたからである。その後繊維工学科の現実に向けて多大の努力がなされたにも拘わらず、種々の事情によりその実現を見ないまま現在に至っている。さらに、昭和61年には機械系の改組に伴い本講座は機械工学科から産業機械工学科に移籍され、講座名称を高分子工学講座と改めた。

講座創設初期の頃は繊維工学などの研究が中心であったが、時代の変遷や社会のニーズを反映して研究対象は時とともに変わってきている。一時期には、空気調和、環境工学などの研究も行われたが、これらの分野は環境工学科が設立されたときに、環境工学第3および第4講座に引き継がれた。その後、本講座の研究に力を入れる繊維工学の割合は小さくなり、現在では連続体力学の立場からのレオロジー、粘弾性流体に関する基礎研究、高分子と複合材料の成形に関する流動シミュレーション、更に非等方性流体の

流動として液晶の力学、またマイクロな観点から分子動力学法による研究などが中心となっている。

平成6年4月現在、研究室の職員は中村喜代次教授、森教安助教授、保田和則助手、山本剛宏助手、加藤由子事務官(他研究室と兼務)の5名で、大学院生は後期(博士)課程2名、前期(修士)課程7名、学部学生は9名である。更に、共同研究者として他国立大学の助教授2名、講師1名がそれぞれ毎週1~3日、当研究室の研究に参加している。

## 2. 研究の概要

本研究室の研究テーマは大きく3つの分野に分かれる。

第1は粘弾性流体力学に関係するもので、対象は主として高分子液体のレオロジーおよび高分子成形加工に関する流体の数値シミュレーションで、現在主として次のような研究を行っている。

断面積が急激に変化する流路での粘弾性流体の流れ：粘弾性流体は非ニュートン粘性に加えて弾性的に性質も持っており、空気や水のような単純な流体を対象とした力学では理解できない複雑な流動現象を示す。このような流体現象の例として流路断面積が急激に変化する流れ場を取り上げ、粘弾性流動特有の現象について理論および実験の両面から研究を進めている。これらの流れの特徴は小さなレイノルズ数においてニュートン流体では見られないワイングラス状の流れとなり、更に流速を増すと周期的な変動を示す流れに変わることである。これは高分子流体が有する伸長粘度特性がニュートン流体とは著しく異なるためである(ニュートン流体では伸長粘度が問題になることはない。これは



\*Kiyoji NAKAMURA

1940年1月27日生

昭和40年大阪大学大学院工学研究科修士課程修了

現在、大阪大学工学部産業機械工学科、教授、工博、非ニュートン流体力学

TEL 06-877-5111(内線4231)

伸長粘度がせん断粘度の3倍で互いに独立ではないからである)。

スピンドル レオメータによる見かけの伸長粘度の評価：このように伸長粘度は高分子流動に大きな影響を与えると考えられるので、高分子溶液を対象にスピンドル レオメータによる見かけの伸長粘度の評価など基礎的な研究を行っている。その他、粒子充填層内を粘弾性流体が流れるときの流れの様子や、過剰圧力損失などについても伸長特性との関連のもとに研究している。

粘弾性流体のスタートアップ流れ：粘弾性流動における弾性的な効果は定常流よりも非定常流において顕著に現れることにより、スタートアップ流れなどの非定常流れについても実験および数値解析の両面から研究を進めている。

Hele-Shaw セル内における非ニュートン流動のフラクタル現象：高分子の射出成形において粘度の差が著しい2種類の流体を用いて中空品を成形するとき、中空部に樹枝状の流れが見られるが、この流れが生じる原因、条件を明らかにする研究なども行っている。以上のような基本的な粘弾性流動を解明することは、実用的立場からの粘弾性流体の構成式の研究にとって重要であり、適切な構成式を選択はコンピュータシミュレーションを行うに当たりその出発点となる。

粘弾性流体の3次元数値解析：粘弾性流動を表す基礎方程式はニュートン流動に比べ非常に複雑であるため、今までの研究は2次元解析に限られていたが、3次元性による影響の解明が是非必要な流れも多く、このため定常あるいは非定常3次元流れ、不安定流れなどに対し数値流体力学の立場で研究を進めている。更に、高分子成形加工時に問題となる金型内流動などに対するコンピュータによる数値シミュレーションも行っている。

第2は複合材料とその成形に関係する研究で、現在は繊維懸濁液の流動、繊維配向に関する研究が中心である。ガラス繊維強化プラスチックあるいは炭素繊維強化プラスチックに代表

されるFRPは繊維の配向状態により強度、剛性などの力学特性が異なり、繊維の配向方向には極めて強くしかも硬いが、逆にそれに直角な方向には柔軟であるが弱いという異方性を持っている。このため、成形時には用途に応じた繊維配向を作り出す必要がある。したがって、高分子流体の流れの中で繊維の挙動を知ることは、繊維強化複合材料の流動成形装置の設計ならびに合理的な成形条件を決める上で重要である。そこで、繊維懸濁液の流れの数値シミュレーションおよび実験を行い、繊維の配向を明らかにするとともに、繊維の含有率ならびに繊維のアスペクト比が流れ場に及ぼす影響を解明している。

第3は非等方性流体の流動としての液晶の力学に関する研究およびミクロな観点から分子動力学法を用いた液晶の流動と分子配向に関する研究である。等方性流体に繊維を分散すると繊維の配列に影響されて、繊維懸濁液は非等方性を呈する。一方、機能性材料の一つとして注目されている液晶も非等方性流体であり、その流動は理論的には繊維懸濁液の流れと共通の部分を多く含んでいる。そこで、まず低分子からなる液晶を取り上げ、流動と分子配向ならびに電磁場の影響を解明するために数値解析法を用いて研究を進めている。更に、液晶ポリマーは成形時の流動により容易に分子が配向し、温度を下げて溶融状態の分子配向がそのまま固定されるので、種々の優れた力学的性質が現れる。この優れた力学的性質を引き出すため液晶ポリマーの成形時の流動シミュレーションの研究を行っている。また、このようなマクロな連続体力学の立場のみでなく、ミクロに液晶分子の挙動を知るために分子動力学法による分子配向の解明も行っている。

### 3. おわりに

本講座の研究内容の一部を簡単に述べたが、以上の説明からも従来の機械工学の範囲を越え、学際領域の課題が多いことをご理解頂けたことと思う。今後、多方面の分野の方々のご協力、ご支援をお願いいたします。