

第1章

レオロジーとは
何を測るのか？



1.1 レオロジーとは

レオロジーは日本語では流動学と訳され、“物質の変形と流動に関する科学”と定義されている。実際には流動学ではなく“レオロジー”という言葉で直接使われることが多い学問である。

学問領域では物理化学の分野であり、物理と化学の学際分野である。高分子の発展に大きく貢献し、高分子成型加工を行うにあたっての理論的な背景としてのレオロジーは大変重要である。

図表 1-1 にまとめたように、流体力学や固体力学は単純な液体や固体の複雑な流れや変形を扱う学問である。

レオロジーは対象物質が複雑な液体や固体を対象にして単純な流れや変形を扱う学問である。

流体力学は水や空気などの複雑な経路、川の流れやビル風などの解析をする学問領域で、固体力学は例えば自動車のような複雑な形の鉄の衝突変

学問領域	対象物質	対象現象
流体力学	単純な流体	複雑な流れ
固体力学	単純な固体	複雑な変形
レオロジー	複雑な液体or固体	単純な流れor変形

図表 1-1 レオロジーの対象物質と対象現象

形を解析する学問領域である。

これらに対して、レオロジーは化粧品や食品のようなコロイド分散系や高分子のような複雑系を単純剪断（せん断）変形や単純引っ張り変形、さらにそれらを正弦振動にした単純な変形下でどのように振る舞うかを計測し、物質を解析しようという学問領域である。

図表 1-2 に示すようにレオロジーの目的については、材料選択、品質管理などで使われる物の指標として利用される物性測定と言われる、現象論的レオロジーと物性測定の結果から物の内部のミクロなダイナミクスを議論する分子論的レオロジーがある。

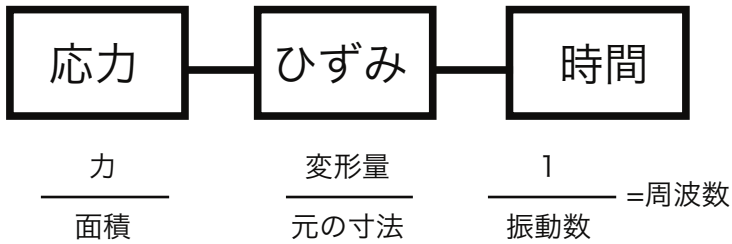
高分子ではレプテーションモデルや土井・エドワーズの土管モデルなどで高分子のミクロ内部構造を記述するモデルが完成域にあるために、レオロジー測定は高分子濃厚系でのスペクトロスコピーとして使われる。

高分子産業では物性測定結果から内部構造を論議することができ、学協会での発表や論文はこの立場のものが多く、高分子産業の技術者はこれらの内部構造を知った上で物性を設計するスキルを求められる。

これに対して、化粧品、食品、塗料、インキなどの分散系では分子論を

現象論的レオロジー	<p>物性 物の指標として使う 材料選択や品質管理に使う (コロイド、分散系)</p>
分子論的レオロジー	<p>スペクトロスコピー 物の内部のミクロなダイナミクス 論文や学会発表 (高分子)</p>

図表 1-2 レオロジーの目的



時間温度換算則が成立する場合

図表 1-3 現象論的レオロジーの目的

論議できるほどの理論も少なく、何よりもレオロジー以外の要因、界面張力などの影響が大きい。

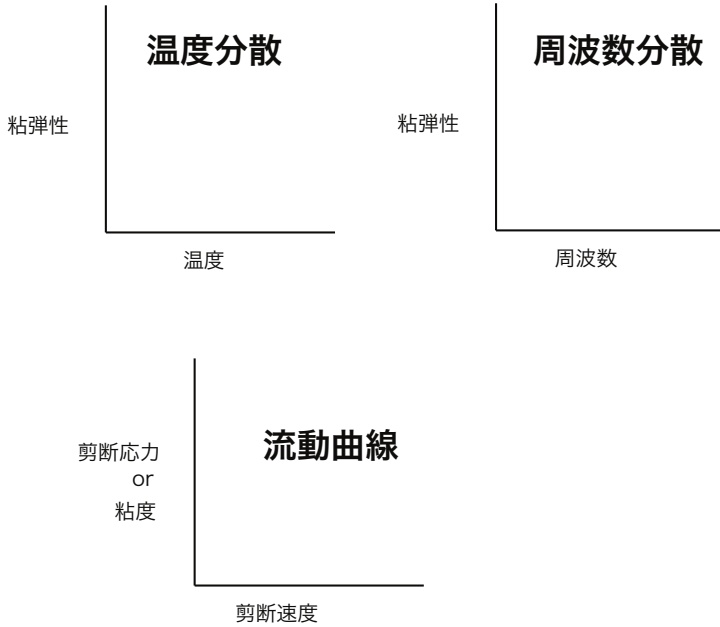
分散粒子の形、大きさ、分散媒との相互作用、粒子間相互作用などレオロジー特性に与える要因は多く、現象論的レオロジーを再現性良く測定し、利用することがまずは大事である。

図表 1-3 に示すように現象論的レオロジーにおける目的は力とひずみと時間との関係を調べることである。これは時間温度換算則と呼ばれる、高温は長時間に、低温は短時間に換算できることで、温度を変化させた結果を時間軸に変換できるからで、緩和時間などの物質の特性時間で物の内部のミクロなダイナミクスを捉えようとしている。

分散系では時間温度換算則は成り立つとは限らないため、力とひずみの関係を温度や時間を変数として測定を行うことが現象論的レオロジーの目的となる。

レオロジーはスペクトロスコピーのひとつと考えられるために、レオロジー測定の結果を表す場合に、温度依存性を測定した場合には温度分散、周波数依存性を測定した場合には周波数分散と呼び、“～依存性”は“～分散”と言う場合が多い。

定常流測定結果は剪断（せんだん）応力の剪断速度依存性であるが、こ



図表 1-4 レオロジー測定結果の呼び方

の場合は流動曲線と呼んでいる。粘度の剪断速度依存性もまた流動曲線と呼ぶことがある。

1.2 レオロジーの測定モード

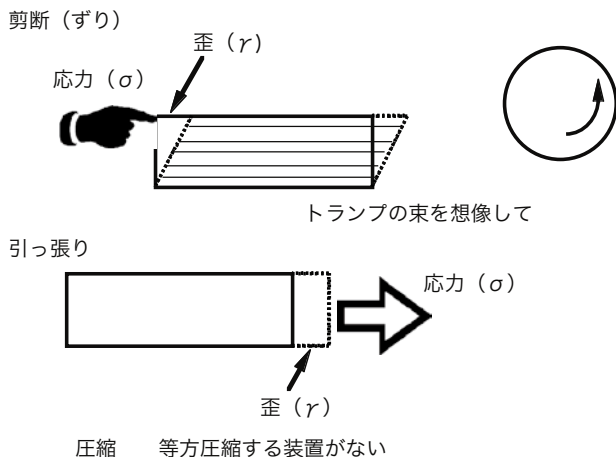
レオロジー測定は応力とひずみの関係を測定するが、物にひずみを加えて応力を測定してもいいし、物に応力を加えてひずみを測定してもいいが、話を簡単にするために以後特別な場合を除いては物にひずみを加えて応力を測定するものとする。

ひずみが引っ張り方向、回転方向など一方向への場合が静的粘弾性測定であり、ひずみが正弦振動的な場合が動的粘弾性測定である。

図表 1-5 に示すように物へのひずみの加え方には、剪断（せんだん）、引っ張り、圧縮の3つの方法がある。

圧縮は等方圧縮であるために、水の中に試料を入れて全体に圧力をかけるといような方法をとらなければならないが、測定装置は存在しないために、通常は剪断ひずみか引っ張りひずみでの測定である。

剪断（せんだん）は“ずり”とも言い、剪断応力はずり応力、剪断速度



図表 1-5 ひずみのかけ方