ナノ / マイクロレオロジー特集号に添えて Forward to Special Issue for Nano/Micro Rheology

酒井 啓司

Keiji Sakai, University of Tokyo

K. Sakai

ナノレオロジー研究会は、レオロジー学会の最も新しい、発足してまだ二年足らずの研究会です。したがってまだ研究会としての実績は何ほどもなく、そのためナノあるいはマイクロレオロジーと冠される分野が今後どのような研究を指向するか、といったことの手がかりとなるようないくつかの記事の紹介をもってこの特集号をお届けすることに致します。

もともとレオロジーそのものが、マクロな流動変形現象を支配する起源をナノレベルの分子やマイクロメートルオーダーの微細構造の運動に求める学問ですから、これまでも必然的にレオロジストはこのような極小の領域で起こる出来事に思いを馳せてきたわけですが、特に最近急速に発展しつつある極微細精度の加工・計測・制御技術を駆使し、できるだけ直接的なレオロジー的アプローチをもって小さな対象を研究しよう、というのがマイクロ/ナノレオロジーの趣旨になるのだと思います。

掲載の記事をご覧いただければおわかりのとおり、この特集号では微小なレオロジー研究に対するいくつかの具体的な指針が示されています。ひとつは測定のプローブそのものを微細化して μm の顕微領域を観察する試みが挙げられます。これには従来のレオロジー測定の原理を小型化して対応する手法、あるいは非接触で力学的な力を及ぼすプローブを用いて薄膜や液滴のままの状態で粘弾性を調べる方法があります。加えてフーリエ領域での測定帯域を高波数化することにより、高い空間分解能を目指すアプローチも注目を集めています。これに代表される手法は弾性波の伝搬に注目する方法です。もともと超音波を用いて分子物性を調べる超音波スペクトロスコピーは、その考えをレオロジーと同じくするものでしたが、時代とともにその流派が別れていった経緯があります。とはいえ伝搬する波が遠隔で誘起する様々な媒質の運動モードを利用することは、今後のレオロジー計測のひとつの有力な武器となることは間違いありませんから、これら今では異分野となった両者の融合も積極的に進めるべきだと思います。

さらに小さな流動には、低レイノルズ数現象であるという際立った特徴があります。このためさまざまな動的過程が計算によって予想可能になります。レオロジーで扱う粘性は並進運動量の拡散を記述する定数ですが、この過程は熱や物質濃度など別の自由度の輸送現象と深く結合しています。これらのカップリングを表現するすべての輸送係数を知ることは、将来的にマイクロ領域で流体を扱う工業プロセスには必須のものとなるはずです。

インクジェットに代表される微小なコーティング・パターンニングなどの工業プロセスでは、すでに日常的に微小な流体を扱っています。しかしその工学的な設計においてはきちんとした現象の理解が行われていると言い難いのが現実です。極めて高速の変形下における微小なレオロジー計測は、その方法論を「試行錯誤」から「計算による予測」へと転換させるために必須の技術となります。本特集ではこのようなアプローチについても取り上げました。

このように「小さなレオロジー」は、今後の柔らかな材料プロセスにとって重要な基幹技術となることは間違いありません。今後とも本分野への多くのレオロジストのご参加を希望いたします。