則末 智久 教授

お問合せ先
corc@kit.ac.jp
産学公連携推進センター

■キーワード
超音波　密度　純度　弾性率　粘度　圧縮率　非接触　アルコール　音速　減衰率

超音波を用いた密度・弾性率・粘度の同時解析

溶液の純度、弾性率、粘度を非接触で分析

■研究の概要

超音波は空気中を340メートル毎秒で、水中ではやや速く1500メートル毎秒で伝わります。物質の音速は、その硬さ、粘性、密度に依存してそれぞれ異なるので、有効数字6桁の精密な音速測定により物質の純度や弾性、粘性等の情報を得ることができます。1メートル伝搬すると超音波がどの程度減少するかを減衰率と呼びます。これも音速に加えて豊富な情報を有する重要な音響物性です。超音波が障害物に直面したときに、ある程度透過し、ある程度反射します。この反射率から物質の密度が得られますが、我々は最近、音速、減衰率、密度を同時に計測する手法を考案し、これより弾性率や粘度を、化学反応・構造変化を伴うサンプルについても解析可能にしました。

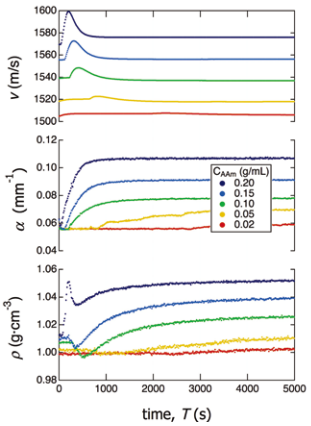

図1. 濃度C_{AAm}の異なるポリアクリルアミド溶液の重合過程における音速v、減衰率α、密度ρの時間変化。

■研究・技術のプロセス／研究事例

電気泳動実験やゲルの基礎研究に用いられるポリアクリルアミドの、重合過程における音速、減衰率、密度を**図1**に示します。これらの3変数は、これまでは反応過程で同時に得ることはできず、特に密度の精密測定が反応中に行えないため、重合系の音響物性の理解は容易ではありませんでした。この反応は高度な発熱過程にあり、これより重合が顕著に進行している事がオンラインでモニタリング可能です。また**図2**に示すように、重合が完了した時の音速は、反応開始時と比較して、小さい場合も大きい場合もありましたが、この原因が、密度と弾性率を同時に分離評価して解析可能になりました。ここで図に示す圧縮率κは弾性率の逆数で、物質の圧縮のしやすさを意味します。この測定は、水に非常に特性が近い、高分子溶液やゲルに加えて、特性の大幅に異なる（水と油などの）混合溶液の純度解析にも活用できます。例えば、アルコールの純度（**図3**）や、石油の成分解析、気泡の混入評価なども可能です。相分離すると圧縮率が異常に増大することが知られていますが、これも音波の測定から解析が可能です。

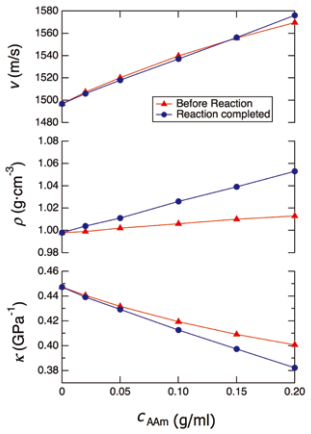

図2. 音速v、密度ρ、圧縮率κのポリアクリルアミド濃度C_{AAm}依存性。赤の三角印は重合前、青の丸印は重合後のデータ。

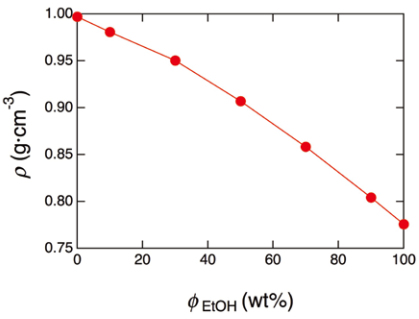

図3. エタノールと水の混合溶液の密度の組成依存性。

■セールスポイント

高度に乳濁した溶液でも、簡単に純度や密度の測定が行えます。超音波は、媒質中を弱い振動が伝搬する波ですから、力学測定が困難なもろい試料でも、弾性率や粘度を試料に触れることなく計測可能です。