

【助成 38 -29】

磁場中多角度光散乱計測システムの開発と痛風診断装置への確立

研究者 室蘭工業大学 助教 武内 裕香

〔研究の概要〕

痛風の原因となる尿酸ナトリウム結晶は最大 0.5 T の磁場中で配向する。結晶懸濁液は磁場をかけると光の透過率や反射率が変化する。この現象を診断に利用するには、結晶に励起光を照射した時の多角度からの散乱光の情報を収集する必要がある。本研究では自動ステージを用いた磁場中多角度光散乱計測システムを構築し、多角度からの散乱強度分布と結晶混濁液の濁度の関係に着目し実験を行った。観測のための光検出器を高感度のものに交換した結果、試料の濁度によって磁場の効果、およびその角度分布は大きく異なることが明らかになった。光強度変化を大きく検出したい場合、検出角度は前方側が適している。また、前方からの検出が難しい場合、後方側からの検出が望ましい。

〔研究経過および成果〕

現在、痛風の診断は患部から穿刺して顕微鏡で観察する方法が主流であるが、患者に負担をかけずに診断を行うためには、原因物質である尿酸ナトリウム(MSU)結晶の存在を非侵襲的に確認する方法が求められている。先行研究においてMSU結晶が、永久磁石程度の静磁場下で「磁場配向」することを明らかにし、結晶の懸濁液に光を透過すると、磁場のON-OFFで光強度が変化することを報告した。この現象を利用し、生体透過性の高い近赤外光を体外から照射し磁場で疾患が疑われる部分の光強度を変化させ、体内の結晶の有無を評価することを目指している。診断の際、近赤外光を対象の関節に照射するが、測定領域が厚いと検出された光は透過できないため散乱光を考慮する必要がある。MSU結晶のサイズはマイクロオーダーであり、入射光の波長と比較して大きい粒子のため、前強い散乱を起こすミー散乱によって説明される。さらに、MSU結晶は構造異方性が高いため、球形

粒子のそれとはまた異なり、配向状態においてはさらに複雑である。本研究では自動ステージを用いた磁場中での多角度光散乱計測システムの開発および異方性結晶がもたらす散乱強度分布を明らかにする。特に、散乱強度分布と結晶の濁度の関係に着目した。

まず、磁場中での多角度光散乱計測システムを構築した。図1(a)に示すように円筒形のセルホルダーに、光ファイバーを用いてセルに励起光を導入し、散乱光を検出器に導いた。セルホルダーは静的光散乱法の装置を参考にしており、光ファイバーを多角度(10方向)に配置した。レーザー光(785 nm)と光ファイバーをセルホルダーに接続し、懸濁液中の結晶に照射し、入射光を試料に平行に当てて散乱光を検出した。試料からの散乱光は、 $\theta = 10^\circ \sim 150^\circ$ の位置に入射方向から 15° 間隔で10本の光ファイバーを設置して検出した。セルホルダーを極間60 mmの電磁石中に設置し、磁場印加前後の散乱光を計測した(図1(b))。図1(c)に示すように

自動ステージでファイバーホルダーを等間隔に移動させることにより、全角度範囲からの散乱光を1個の光検出器に導き、短時間でほぼ同時に検出を行った。光電変換した信号は、アンプ、デジタルマルチメーター、およびパソコンを使用して計測した。試料の透過率が67%、24%、2.4%、0.3%に調製された4つの試料を用いて実験を行った。

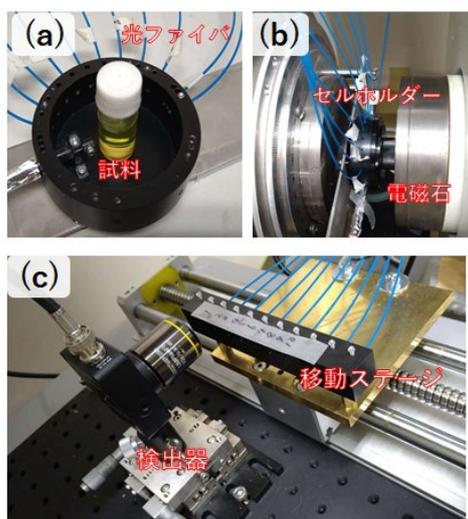


図1 磁場中多角度光散乱計測システム

図2は、磁場を印加しない状態で、入射光を照射したときの散乱強度分布である。入射光の波長に比べて大きい粒子では、回折による前方散乱が生じ、その強度は前方、側方、後方の各方向で一様ではなく、一般には粒径に対して波長が極めて小さい場合はほぼ前方にのみ光が散乱する。これは Mie 散乱と呼ばれるが、得られた散乱光強度の角度分布も Mie 散乱に分類されるものであった。ただし、濃厚溶液の場合、散乱強度は角度による依存性は小さくなった。これは多重散乱の影響で Mie 散乱の理論を適用できていないためと考えられる。

図3は、磁場(0.5 T)を印加した場合の散乱光強度を、無磁場の場合(図2)と比較してプロットしたものを示

す。磁場の効果は、試料の濁度によってその効果が異なった。透過率 4.6, 24, 67%の試料では前方で磁場印加により光強度は大きく減少し、角度依存性は比較的同じ傾向を示した。一方、透過率 0.3%の試料では、他の試料と比較すると、特に前方でその効果は大きく異なり光強度は増加した。以上より、光強度の変化を大きく検出したい場合、前方からの検出が適しているが、その際、試料により光強度の増減は異なる。また、側方からの検出は散乱強度も弱く、濁度によっては磁場効果も弱くなるため、前方からの検出が難しい場合は、後方からの検出についても検討する余地があることがわかった。

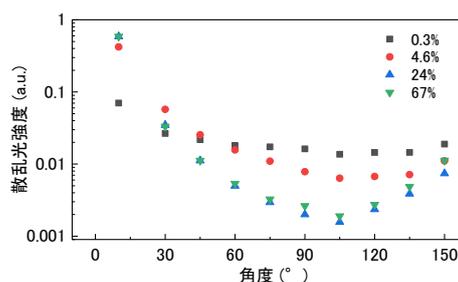


図2 無磁場下の散乱光強度の角度分布

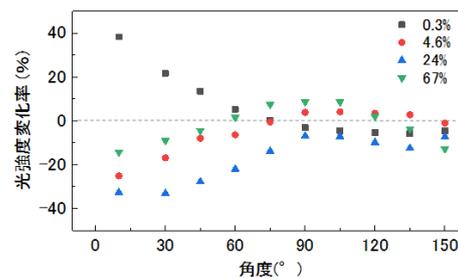


図3 磁場印加時の光強度変化の角度依存性

[発表論文]

1. 武内 裕香、浜崎 亜富、松田 瑞史

“弱磁場を利用した痛風診断の可能性”

第 82 回応用物理学会秋季学術講演会、講演論文集、12p-N324-8