

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 8 日現在

機関番号：10103

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2015～2016

課題番号：15H06004

研究課題名（和文）痛風発作を誘発する尿酸ナトリウム結晶の生成過程に対する磁場効果の研究

研究課題名（英文）Effect of magnetic field on monosodium urate crystal growth inducing gout

研究代表者

武内 裕香（TAKEUCHI, YUKA）

室蘭工業大学・工学研究科・助教

研究者番号：90758765

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は痛風の原因物質となる尿酸ナトリウム結晶の磁場中観察システムの構築および結晶化の過程における磁場効果の検討を目的とした。実験システムの構築として電磁石内のサンプルを入れた容器に一定の温度の水を循環させ、光強度を測定できるシステムを開発した。構築したシステムを用いて、実際に磁場下で結晶を生成させ、電磁石による磁場中・外で結晶化する過程の透過光強度を測定した。その結果、磁場外で生成した結晶と比べ磁場中で生成した結晶は透過光強度の変化率が小さかった。特に、磁場外の結晶においては、測定開始2時間後辺りから急激に増加が見られたことから、磁場が結晶の析出速度に影響を与えることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：This study focused on the construction of a system to be crystallized in a magnetic field and its magnetic field effect. Because this crystal deposited on the low-temperature part, we constructed a water-cooling circulation system that can control the temperature in the sample cell of electromagnet. Furthermore, the growth process of the crystal was measured transmitted light with and without magnetic field. As a result, in the magnetic field, the rate of the transmitted light intensity was small compared to no magnetic field. This is suggested that crystal growth speed of monosodium urate crystal can be controlled using the magnetic field.

研究分野：磁気科学

キーワード：磁場 尿酸ナトリウム結晶 磁場配向

1 . 研究開始当初の背景

食生活の乱れやアルコールの多量摂取が原因で起こる疾患の一つとして痛風が知られている。痛風は、プリン体を多量に含む食品の過剰摂取により、体外に排泄しきれなかった尿酸と血液中のナトリウムが結合して針状の結晶が蓄積されることで生ずる。この痛風の原因物質である尿酸ナトリウム結晶は体温の低い母指関節等に好発し、関節の炎症や激痛を引き起こす。

一方、物質の磁氣的性質に関する研究は基礎・応用を問わず数多く行われている。反磁性体は常磁性体とともに、磁性をほとんど示さない非磁性体として扱われることが多いが、その性質については、まだ十分に研究が進んでいない面が多い。しかし、人体の構成要素のほとんどは反磁性物質であり、静磁場曝露による人体への健康影響は、これまでの報告では、「ほとんど無い」と言われている。しかし、強度 60 ミリテスラの永久磁石をマウスの松果体及びその近隣の臓器に作用した際に、免疫機能の増強作用が認められたという報告もある。さらに、ミクロな反磁性物質に磁場が及ぼす影響については 1990 年代頃から研究がなされており、特に生体内物質であるコラーゲン・アクチンなどの繊維分子や赤血球細胞に対して印加磁場が及ぼす影響については、10 テスラオーダーの磁場下においてこれらの分子・細胞が一定方向に向きを揃えて配向するなど、様々な磁気現象が存在することが明らかになってきたが、生体における磁場効果は依然として謎を含んでいる。

2 . 研究の目的

本申請者はこれまで、人工的に調製した尿酸ナトリウム結晶がミリテスラオーダー強度の静磁場下で磁場配向することを明らかにした。現在、100 ミリテスラでの磁場応答が確認されているこの現象は、反磁性異方性によるものだと考えられる。一般に、静磁場で物体に与えられた磁気エネルギーが分

子運動の熱エネルギー $k_B T$ を上回る大きさになることで、物体の配向が可能となる。磁気エネルギー E は以下の式で求めることができる。

$$E = \frac{\Delta \chi V B^2}{2 \mu_0}$$

ここで χ は磁化率異方性、 V は物体の体積、 B は磁場の強さ、 μ_0 は真空の透磁率である。この磁場配向現象は永久磁石程度の磁場強度下で起こることから、尿酸ナトリウム結晶自体は、磁場に対して比較的高感度に応答すると言える。一方、生体内における蓄積過程で存在するであろう、生成過程途上の尿酸ナトリウム結晶がどのように磁場応答するかについての知見は未だ無い。そこで、本申請課題では、痛風の原因物質となる尿酸ナトリウム結晶の結晶化の過程における磁場効果の観察および評価を目的とした。

3 . 研究の方法

Fig.1 に実験システム図を示す。磁場発生装置として極間 50 mm で最大印加磁場 500 ミリテスラの電磁石を使用した。尿酸ナトリウム結晶は温度の低い箇所では結晶化するため、 $-30 \square \sim 40 \square$ までの温度範囲で $\pm 0.1 \square$ の精度で温度をコントロール可能な低温恒温槽を用い、電磁石の下部に固定した光学定盤上に、Fig.1(b) に示すような恒温水を循環させられるセルホルダーを設置し、光軸が磁力線と垂直になるように光ファイバーを配置した。光源と検出器にはマルチチャンネル型の分光光度計 (日本分光: MV-3200) を用い、透過光強度による磁場中での結晶化過程の追跡を行った。

尿酸粉末 (純度 98 % , Wako 製) 30 mg を水酸化ナトリウム水溶液 10 ml を 10 分間加熱、攪拌して完全に溶解させ、石英セルに 3.8 ml 分取し、 $-3 \square$ にセットしたセルホルダーに静置して結晶化を進行させた。セルホルダーにおいた時間をゼロとし、4 時間透過光強度を測定した。

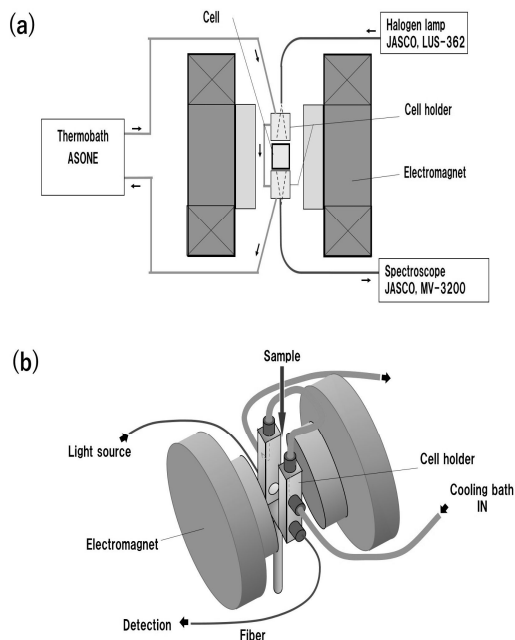


Fig. 1. Experimental system

4. 研究成果

磁場中および磁場外における透過光強度の時系列変化について、変化率が最も大きかった 400 nm の測定結果を Fig. 2 に示す。磁場外で生成した結晶と比べ、磁場中で生成した結晶の透過光強度は変化率が小さかった。特に磁場外の結晶において、測定開始 2 時間後を境に急激な透過光強度の変化が見られ、磁場中では抑制されていた。次に、サンプルの調整後 1 か月経過した結晶と、調整後 6 時間経過した結晶を用いて、磁場印可による結晶の透過光強度を測定した。結果をそれぞれ Fig. 3 に示す。析出後十分に時間が経過した結晶は、磁場印可により磁場配向を起こし (Fig. 3(a)), 透過光強度が変化した。一方、結晶析出直後の結晶は磁場印可による光強度の変化は見られなかった (Fig. 3(b))。

以上から、尿酸ナトリウム結晶を磁場中で生成することで結晶の成長速度の抑制が示唆されたが、その要因として、結晶の核形成速度が磁場で抑制された、または結晶が磁場配向したことによる結晶成長の変化が複合的に作用した可能性が考えられた。今回の実験は

装置の関係上、測定時間は 4 時間であったため、飽和する箇所まで測定できなかった。今後は永久磁石によるシステムを開発して長時間の測定を可能にし、サンプリング数を増やすことでより詳細に検討する。

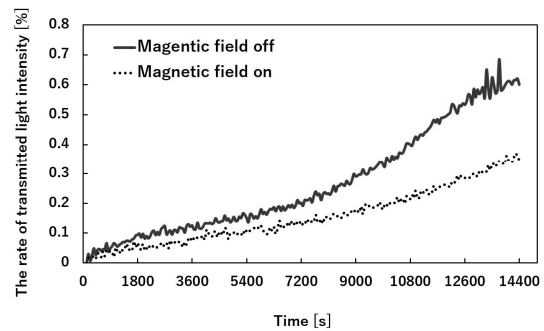


Fig. 2. Time course of the rate of transmitted light intensity at the range of 400 nm.

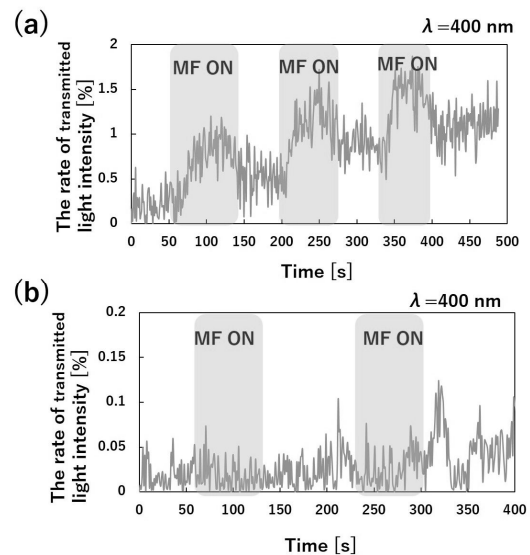


Fig. 3. Change of transmitted light intensity of enough grown and 6 h grown crystal by application of magnetic field of 0.5 T

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 1 件)

武内裕香, 松田瑞史, 「尿酸ナトリウム結晶成長の磁場中観察システムの構築と磁場効果」, 第 11 回日本磁気科学会年会, 2016 年 11 月, つくば

6 . 研究組織

(1)研究代表者

武内 裕香 (TAKEUCHI YUKA)
室蘭工業大学・工学研究科・助教
研究者番号：90758765