

卒業論文要旨

超音波駆動による CNF 凝集構造の生成

Generation of CNF aggregate structure by ultrasonic driving

システム工学群

先端機械・航空材料工学研究室 1250136 比嘉 青太郎

1. 緒言

セルロースナノファイバー (CNF) は、植物由来のセルロースをナノサイズに解繊した高機能素材であり、近年では再生可能なバイオマテリアルとして注目され、軽量かつ高強度の特性から幅広い応用が期待されている。CNF は ERP の強度向上だけでなく、機能紙等の強度材料以外への応用も多い。しかし、CNF は液中で凝集しやすく、超音波による分散性の向上などが試みられている。一方で、超音波の定在波を用いた場合、その節において CNF が集合することが考えられる。Syojiro YMAHIRA らの報告では、超音波定在波を用いてポリスチレン繊維の周期的な分散状態を実現することが可能であることが明らかとなっている。よって、超音波定在波を用いて CNF 濃度を部分的に制御できるのではないかと考えた。

よって本研究では、超音波を用いて液中の CNF 凝集構造を制御する為の条件を明らかにすることを目的として、実験を行った。

2. 実験方法

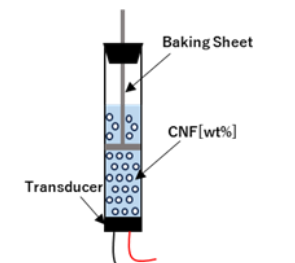


Fig. 1 Test tube structure used

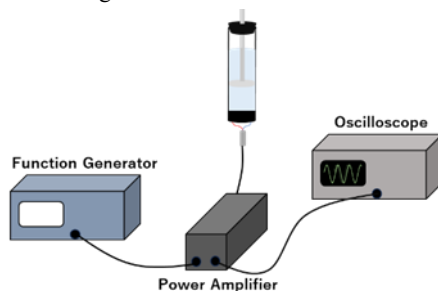


Fig. 2 Overall view of the experimental apparatus

本研究では、図 1 に示す様に、試験管の中に CNF 分散水を挿入し、容器の下部には超音波の発生源となるトランスデューサを取り付け、上部は定在波を作成する為に、位置が調整可能な天板で蓋をした。試験管には、内径 26mm、厚さ 3mm の円筒状の亚克力容器を使用した。

天板には、音響インピーダンスによる周波数の反射率の違いが異なる結果を与えると考え、亚克力板とアルミ板の 2

種類を用意して観察を行った。また、観察対象となる水溶液は、一律の水温で CNF を 0.1%, 1%, および 2% 溶解させたものを使用した。

図 2 には実験装置の全体図を示している。超音波を発生させる装置であるファンクションジェネレータ(NF WF1974)の周波数は、トランスデューサの稼働周波数である 1.63MHz で固定した。ここで発生した信号はパワーアンプ(NF HSA4101)を介して、50 倍まで増幅された出力電圧を試験管へと伝達している。また、パワーアンプとオシロスコープ(Tektronix TBS1102B)を接続し、増幅後の電圧をモニターで確認できるようにしている。更に、水溶液の温度上昇を測定する為に、サーモグラフィーを設置した。

各接続が完了したら試験管を固定用治具に取り付け、出力電圧、天板素材、天板高さ、CNF 濃度の 4 種のパラメータを操作し、CNF の挙動と温度を観察した。

3. 実験結果および考察

3.1 ガラス粒子の配列実験との比較

電圧 48V、天板素材亚克力板、天板高さ 5cm の条件下で、水にガラス粒子を混合させ、トランスデューサを稼働させたところ、ガラス粒子の周期的な配列が見られた。その結果を図 3(a)に示す。ガラス粒子は中央のみに集合しているものの、周期的な配列構造を定在波の節の位置に生成することが可能であることが分かった。同じ条件において CNF の 2% 分散水の配列も試みた。その結果を図 3(b)に示す。図からも分かるように、CNF は亚克力容器内で配列せず、流動し続ける様子が見られた。

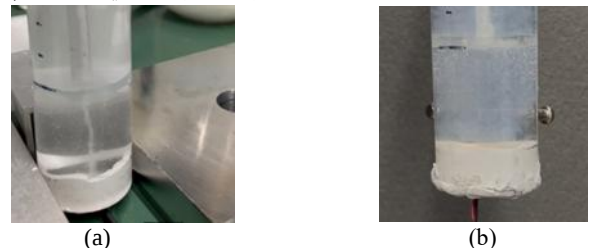


Fig. 3 Comparison of glass particle sequence (a) and CNF sequence (b) under the same conditions

3.2 各パラメータと温度上昇の関係

3.2.1 出力電圧と温度上昇

CNF の流動は温度上昇によるものだと考え、各パラメータを変化させた際の温度上昇の様子をサーモグラフィーで観察した。図 4(a)は出力電圧 32V、アルミ板、高さ 9cm、CNF 濃度 1% の条件下で 4 分経過時点での亚克力容器の様子であり、図 4(b)は出力電圧を 64V に変化した時の様子である。比較すると、同時間経過時点で、(a)の亚克力容器の

温度がおおよそ 25℃前後であるのに対し、(b)は 30℃を超えていた。このことから出力電圧が大きいと温度上昇にも影響を及ぼすことが分かる。

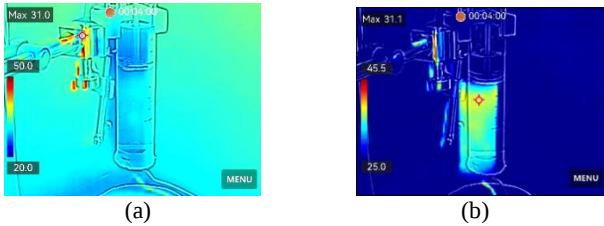


Fig. 4 Comparison of temperature rise for voltages 32V (a) and 64V (b) at the same elapsed time

3.2.2 天板素材と温度上昇

続いて、天板素材の違いが温度変化にどのような影響を与えるのかを確認した。図 5(a)は出力電圧 64V、アクリル板、高さ 5cm、CNF 濃度 1%の条件下で 4 分経過時点でのアクリル容器内の様子であり、図 5(b)は天板素材をアルミ板に置き換えた時の様子である。

これらを比較すると、同経過時点での(a)は約 40℃であったのに対し、(b)は温度が 45℃近くまで上昇していた。

また、(a)の温度分布を見ると、アクリル板よりも上側にも伝熱しているのが見受けられるが、アルミ板はそうではなかった。

これらの結果から、天板素材の音響インピーダンスの違いは、温度の上昇幅に加えて、液体全体の温度分布にも影響を及ぼすことが判明した。

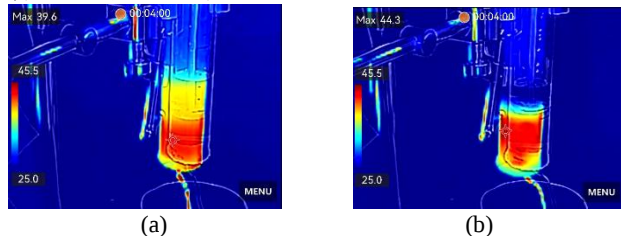


Fig. 5 Comparison of temperature rise of acrylic plate (a) and aluminum plate (b) at the same elapsed time

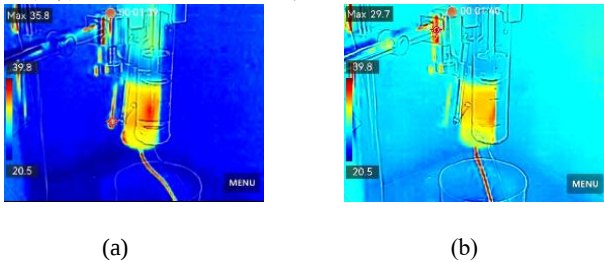
3.2.3 天板位置と温度上昇

図 4(b)の天板位置が 9cm、図 5(b)の天板位置が 5cm で他の条件は同じであるので、それらを比較する。その結果として、トランスデューサと天板位置に近い図 5(b)の方が温度が上昇しやすいことが分かった。

3.2.4 CNF 濃度と温度上昇

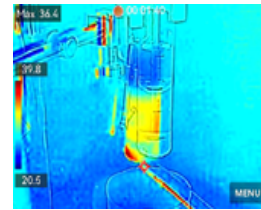
最後に、CNF 濃度と温度上昇の関係について調べる。図 6(a)～(c)の条件は出力電圧 64V、アルミ板、高さ 6cm、CNF 濃度はそれぞれ順に 0.1%、1%、2%である。

図を比較してみると、1 分 40 秒経過時点での温度は 3 つとも 35℃付近で大差なかったことから、CNF 濃度は温度上昇に影響を及ぼさないことが分かった。



(a)

(b)



(c)

Fig. 6 Comparison of temperature rise for CNF concentrations of 0.1% (a) to 2% (c) over the same elapsed time

3.3 CNF 分散水中の定在波生成

電圧 64V、天板素材アルミ板、高さ 6cm の条件下においては、どの濃度の CNF 分散水においても、実験中に気泡が発生し、その気泡が周期的な配列を成しているのが確認できた。これは、定在波が存在していることを示唆している。しかし、定在波が存在していたにも関わらず、CNF がその節に集まるような挙動は見られず、CNF が大きく動く様子が観察された。これは、水溶液の温度上昇によって、アクリル容器内で対流が発生してしまったのが原因だと考えられる。

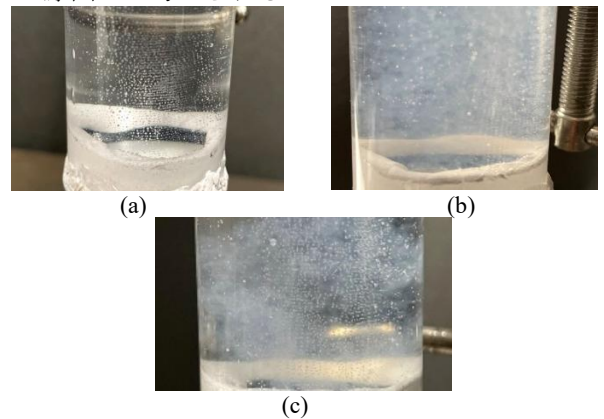


Fig. 7 Array of bubbles identified at each CNF concentration

4. 結言

今回の実験における最終的な目的であった CNF の配列条件を明らかにすることは出来なかったが、実験を数回繰り返すことにより、CNF 分散水中で超音波定在波を作成する為の条件を得ることができた。その上で、新たなる問題として見つかった、温度上昇による対流現象を防げるような実験装置を考案する必要があると考える。

5. 謝辞

本研究にて、実験にご協力いただいた大阪産業大学、和田明浩先生に深く感謝いたします。

6. 参考文献

Syojiro YAMAHIRA, Shin-ichi HATANAKA, Mamoru KUWAHARA and Shigeo ASAI, "Orientation of Fibers in Liquid by Ultrasonic Standing Waves", Jpn.J.Appl.Phys., Vol 39(2000), pp.3683-3687.