

# ダイラタンシーの活用

宮城県仙台第三高等学校

## 要旨

本研究では、ダイラタント流体の耐久性、耐腐性のある片栗粉に代わる溶質、振動の伝わり方という3点について研究していった。耐久性については、鉄球を自由落下させ、沈み切るまでの時間を計測した。この実験では、時間変化が誤差の範囲で収められ、耐久性の変化はないと考察した。次に、耐腐性のある片栗粉に代わる溶質については、耐腐性のあるシリカゲルc-200、300、カオリンの3つの溶質で実験を行った。この3つでは片栗粉で起こるダイラタンシーには遠く及ばなかった。振動の伝わり方では、振動装置とスピーカーによって振動を与える実験を行った。ここでは、振動はダイラタンシーの固くなる現象を引き起こし、不規則に動いたり、一定の模様を描いたり、跳ねたりといった現象が観察された。この3つの実験結果、考察からダイラタンシーへの理解を深め、活用方法を模索していった。

## 背景

粉末固体粒子と液体の濃厚な混合物は、急激な衝撃を加えると、固体のように働き、緩慢な衝撃を加えると、液体のように働く性質をダイラタンシーという。近年ではダイラタンシーは衝撃吸収機能を活かして、防弾チョッキに活用されている。衝撃吸収機能でしか用途を見いだせていないダイラタンシーを他のことで活用できないかということで、研究を進めた。身近なダイラタンシーとして水と片栗粉の混合物が挙げられ、最も適した水とダイラタンシーの比率が1:1.3という先行研究があり、それをもとに研究を進めた。

## 2.1 材料と実験装置

### [使用用品]

- ・水 500ml ・片栗粉 650g ・鉄球 287g
- ・バケツ ・ボウル ・重量測定器 ・鉄製スタンド

ダイラタンシーは図1に示した手順に沿って作成した。溶質には片栗粉、溶媒には水道水を用いた。また、溶質と溶媒の比率に関しては、先行研究より、強度を大きくするに当たって、1.3:1が最も理想的であるという結果が示されていたのでそれに従った。

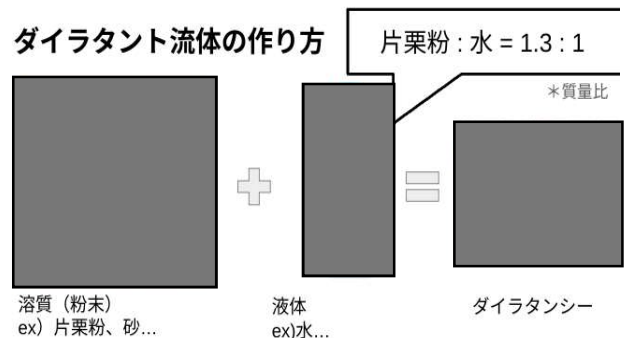


図1

## 2.2 実験1の手順

実験1では、ダイラタンシーを活用していくうえで、耐久性能を知っていく必要があると考え、「衝撃を受けるたびに耐久性能は劣化していく」という仮説のもと本実験を進めていった。

実験方法としては、図2に示されているように、用意したバケツの中にダイラタンシーを満たし、そこへ、バケツの底面から1mの高さから鉄球を落とし、そこから鉄球が沈み切るのに要する時間を計測するという操作を100回繰り返した。

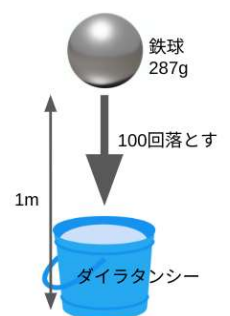


図2

## 2.3 実験1の結果

図3に示されているのが、本実験における試行回数とダイラタンシーの耐久性の変化の相関を、結果を基に表した散布図である。図3は10回毎の沈むまでの時間とその平均、標準偏差である。図3から読み取れるように2つの要素に相関はないと判断でき、図4より一貫した耐久性の減少は見られない。したがって100回の範囲では衝撃による耐久性の変化は特にないと考えられる。

また、この実験中にダイラタンシーを後日活用していくために保存をしていたのだが、その次の作業の際に腐ってしまっていた。そのため私達はダイラタンシーの活用を長期的なものにしていく為に腐らない溶質を用いてダイラタンシーを作ることができないかと考え、実験2を行った。

加えて、鉄球が振動しながら沈む現象が確認された。ダイラタンシー中では、特殊な振動の伝わり方をしていると私たちは考え、実験3を行った。

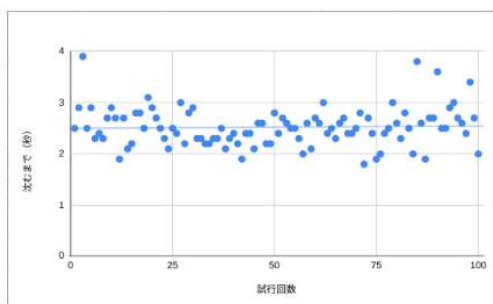


図3

1st	2.5s
10th	2.7s
20th	2.9s
30th	2.8s
40th	2.3s
50th	2.8s
60th	2.1s
70th	2.4s
80th	3.0s
90th	3.6s
100th	2.0s
平均	2.9s
標準偏差	0.278

図4

## 3.1 実験2-1の材料と手順

保存性の利くダイラタンシーの溶質を調べる目的でこの実験を行った。

[使用用品]

・カオリン ・シリカゲルc-200 ・シリカゲルc-300

実験1と同様の手順でダイラタンシーをそれぞれの溶質を用いて作成した。そして、そこで作ったダイラタンシーを以下の2つの観点から評価する。

1. ダイラタンシー現象が起こるか
2. 現象の強さはどうか

## 3.2 実験2-1の結果

図5に示されているのが実験2-1の結果である。他の3つの溶質はどれもダイラタンシー現象を起こしたが現象の強さはどれも片栗粉には及ばなかった。

また、この結果を受けて私達はなぜこのような結果に至ったのかを考察した結果、粒子の大きさや形状が関係しているのではないかと考え、実験2-2を行った。

	適性が高い		適性が低い	
	片栗粉	カオリン	シリカゲル(c-200)	シリカゲル(c-300)
ダイラタンシー現象を持つか？	○	○	○	○
現象は強いのか？	○	×	△	△

図5

### 3.3 実験2-2の材料と手順

[使用商品]

- ・ 実験2-1で使った溶質
- ・ 電子顕微鏡

実験2-1の結果を受けて私達は、ダイラタンシーの現象の強弱は、粒子の形状と大きさが関係していると考え、それぞれ実験で用いた溶質の詳細な形状や大きさを電子顕微鏡を用いて調べた。



### 3.4 実験2-2の結果

図5に示されているのが実験2-2の結果を示したものである。図をみて比較してみると分かるように、カオリンは片栗粉と比べ小さく、シリカゲルは逆に大きいことが読み取れる。また、形状に焦点を当てると、用意した3つの溶質は片栗粉と異なって、角ばった形状であることが分かる。よって我々は実験2より、腐りやすいという欠点を持ちながらも、安価で手に入り、強い反応を示す片栗粉が、実験において有用だと考えた。

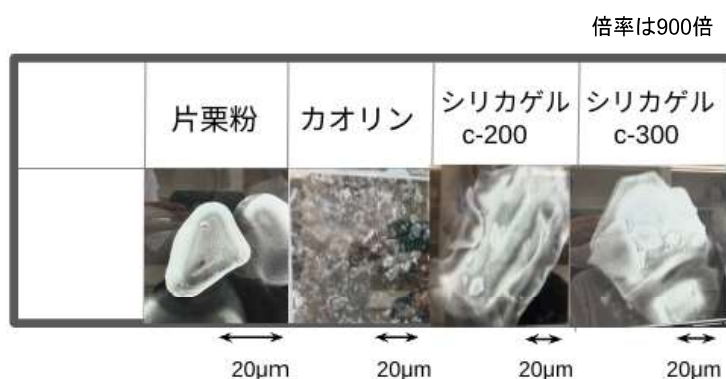


図6

### 4.1 実験3の材料と手順

[使用用品]

- ・ カップ
- ・ コネクター
- ・ スピーカー
- ・ 振動装置

実験3では、実験1において見られた「鉄球が容器中のダイラタンシーに沈んでいく過程で、振動しながら沈んでいく」という不思議な現象に焦点を当て、追求していった。

まず私達は、ダイラタンシーの振動に対する影響を調べる為に、図7のような装置を作り、振動数を変えていく中で、どのような現象が生じるかを調べた。

次に、振動を用いて、実験1のような特異性のある現象を生じさせるために、図8のような装置を用いて振動数を変化させながら調べていった。

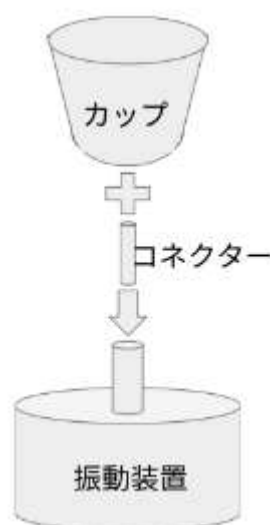


図7



図8



図9

図9に示されているのが実験3の結果である。左3つの写真が図7の装置を使って行った実験の結果である。この実験から振動数を大きくすればするほど、ダイラタント流体の粘度は大きくなった。また、2、3枚目の写真のようにカップが回転しつつ振動し、18～21Hzの振動数のとき、ダイラタント流体は不規則に動き、外力を加えれば形をある程度保てることが分かった。

また、4枚目の写真のようにスピーカーを用いて振動をさせても、上記の反応と同様のものが起きた。このことから私達は、スピーカーを用いてこのような特異な現象と組み合わせることによってインテリアとして活用していけるのではないかと考えた。

## 5. 結論

以上の実験より、ダイラタンシーの活用へのキッカケを見出すことができた。私達はその中でも、観賞用のスピーカーとして活用していくのが良いと考えた。しかし、まだ腐るという欠点や、現象の発生条件がまだ不完全であるという点が未解決であるため、実験を重ねて解決していこうと思った。そういったことを踏まえ、スピーカーとして活用していくことで、ダイラタンシーを活用できるのに加え、それを見た幅広い世代の人々が科学分野に興味を持ち、さらなる科学分野の発展も期待できるのではないかと考えた。

## 6. 参考文献

ダイラタンシーの強度測定とその応用 恵那高校  
<https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H31ssh/sc3/31905.pdf>

イオン液体を用いたダイラタンシー現象の衝撃緩和機構解明 防衛庁  
[https://www.mod.go.jp/atla/funding/hyouka/R3seika\\_13nims.pdf](https://www.mod.go.jp/atla/funding/hyouka/R3seika_13nims.pdf)