

異常粘性現象(ダイラタンシー)の強度測定とその応用

2609 可知朋之 2614 熊崎隆斗 2631 森悠太郎

要旨

私たちの目的は、より強いダイラタンシー現象が発生する流体を作成し、防弾ベストのようにあらゆる衝撃を防ぐ事が出来る物体を作る事である。まず私達は、どの粉末を用いればダイラタンシー現象が起こるのかを調べた。結果、使用した粉末の中では片栗粉と葛粉でダイラタンシー現象を確認する事が出来た。次に私達は粉と水の比率を変え、どの比が最も強い抵抗を示すか調べた。結果は水：粉＝1：1.5だった。よって、より強いダイラタンシーの流体は、水：片栗粉＝1：1.5 であると考ええる。

ダイラタンシー現象とは

粉末固体粒子と液体からなる混合物が示す、異常な粘性。急激な外力に対しては固体のようにふるまい、ゆっくりとした外力に対しては液体のようにふるまう性質を指す。この性質をもつ流体をダイラタンシー流体（ダイラタント流体）という。[コトバンク内、デジタル大辞泉より引用]

1. 目的

以前、ダイラタンシー現象によって液体の上を走るといふ企画のテレビ番組が放映していたのを偶然視聴した。

その番組の内容から私達はダイラタンシー現象について興味を持ち、ダイラタンシー現象の発生する混合物を衝撃の吸収や防弾等に活用できないかと考えた。そのため、まずどのような粉と水の混合物においてダイラタンシー現象が発生するかについて研究する。その後、より強いダイラタンシーの流体の作成を行い、最終的にはダイラタンシー現象を利用してあらゆる衝撃を防ぐ混合物の作成を目指すことにした。

2. 実験

〈実験 1〉

1-1. 使用器具・装置

・小麦粉・片栗粉・葛粉・水

・秤・ボウル・匙・ビーカー



図1 実験1に使用した器具

1-2. 実験目的

ダイラタンシー現象が実際に発生するかを確認する。

1-3. 研究・実験の手順

1 3種類のダイラタンシー現象が起こると予想した粉末（小麦粉、片栗粉、葛粉）を用意し、それぞれ75gずつを水50gと混ぜることで混合物を作成する。

2 上記1の手順で作成した混合物の表面を匙で叩き、ダイラタンシー現象が起こるか否かについて確認する。

このとき、ダイラタンシー現象の発生の有無を確認するだけのため、物体にかかる衝撃の強弱については考えないこととする。

1-4. 仮説

3 種類の粉末の混合物全てにおいて、ダイラタンシー現象の発生による抵抗を示す。

(匙が、衝撃を加えた瞬間、混合物内に埋まらない。)

1-5. 結果

小麦粉	ダイラタンシー現象の発生が確認できなかった。混合物はパン生地のように纏まって流体ではなかった。
片栗粉	ダイラタンシー現象の発生が確認できた。表面は匙で叩いた瞬間、抵抗を示した。
葛粉	ダイラタンシー現象の発生が確認できた。表面は匙で叩いた瞬間、抵抗を示した。

1-6. 考察

小麦粉以外の2種類の粉末(片栗粉、葛粉)において、混合物の表面を匙で叩いた際、通常の粘性を帯びた液体(流体)ではなく固体のように表面が固くなった。よって以上の2種類の粉末はダイラタンシー現象が発生したと考えることができる。小麦粉については上記の2種類の粉末のように流体を作成することができず、粉が纏まってしまった。ダイラタンシー現象は流体のみにおいて発生するため、小麦粉では発生しなかったと考えられる。

小麦粉のみ流体を作成できなかった原因としては、3種類の粉末のうち小麦粉内のみに含まれるたんぱく質(グリアジン、グルテニン)が原因であると考えられる。このたんぱく質が水と結合しグルテンへと変化し、結合して発生したグルテンによって混合物内に粘りが発生し、粉末が固まってしまったためであると考察した。



図2 ダイラタンシー現象を確認できた混合物



図3 混合物でダイラタンシー現象が匙の衝撃によって発生している様子

<実験2>

2-1. 実験使用器具、装置

- ・片栗粉・水・秤・ボウル・匙
- ・ビーカー・物差し・ビー玉
- ・ストップウォッチ



図4 実験2に使用した器具

2-2. 実験目的

ダイラタンシー現象の発生する混合物の粉末と水の比率を変化させ、粉末と水の最も

適当な割合を計測する。

粉末は前実験でダイラタンシー現象の発生を確認した2種類の粉末のうち、手に入りやすく安価な片栗粉を使用した。

2-3. 実験手順

1 ダイラタンシー現象を確認した粉末（片栗粉）を用意し、粉末と水の比率（質量比、以下同様）が1:1（粉末100gと水100g）になるように混ぜ合わせることで混合物を作成する。

2 上記1の手順で作成した混合物を水平な机上に置き、混合物の表面から30cm上からビー玉を自由落下させる。

同時にビー玉を落下させた時間から混合物の入る容器の底に着くまでの時間をストップウォッチによって計測する。上記手順を5回繰り返したのち、その計測時間の平均値を算出する。

3 算出後、混合物内の粉末と水の比率のうち、粉末の比を0.1上昇させるために片栗粉粉末10gを追加し、手順2を行う。

以降、ストップウォッチの計測時間の平均値の算出後、粉末と水の比率内の粉末の比だけ0.1ずつ上昇（片栗粉を10gずつ追加）させ、ダイラタンシー現象の発生が確認できなくなるまで計測を行う。ダイラタンシー現象の未発生については粉末の内部に100gすべての水が吸収され、流体としての形を保たなくなる点を基準とする。

2-4. 仮説

ダイラタンシー現象の発生する混合物の最も適当な割合は粉末と水の比が1:1.3である。

2-5. 結果

水と粉末との比率1:1から1:1.6まで行い、実験手順通りに5回ずつ底に着くまでの時間を測定した。以下がそれぞれの結果である。表内結果の単位はすべて秒である。

比率/回	1回	2回	3回	4回	5回
1:1.0	0.50	0.42	0.30	0.32	0.38
1:1.1	0.48	0.74	0.85	0.59	1.38
1:1.2	1.26	1.25	1.54	1.17	1.46
1:1.3	1.42	1.55	1.67	1.59	1.75
1:1.4	2.18	2.39	2.46	2.62	2.61
1:1.5	3.49	3.49	3.15	3.14	3.64
1:1.6	—	—	—	—	—

測定結果を比率ごとに平均化し表とグラフにした。

表1 ダイラタンシー現象の発生の有無、ビー玉が容器の底に着くまでの平均時間

水:片栗粉の比率	有無	平均時間(s)	備考
1:1	×	0.41	流体ではなく、片栗粉と水のコロイド溶液であった。
1:1.1	×	0.81	混合物の底でのみ、ダイラタンシー現象が発生していた。
1:1.2	○	1.34	表面が前実験と同じように抵抗を示した。
1:1.3	○	1.60	表面が1:1.2時よりも強い抵抗を示した。
1:1.4	○	2.45	表面が1:1.3時よりも強い抵抗を示した。
1:1.5	○	3.39	表面が1:1.4時よりも強い抵抗を示した。
1:1.6	×	—	片栗粉が1つの固形物に纏まって流体でなくなった。

有無はダイラタンシー現象の発生の有無を表す。

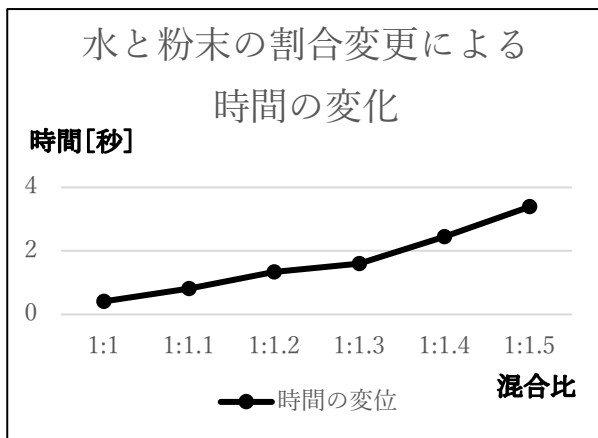


図5 底に着くまでの時間の平均値の変位



図6 比率 1:1.6 時に作成された片栗粉塊

2-6. 考察

結果より、ダイラタンシー現象の発生する混合物の最も適している比率は水 1 に対して粉末 1.5 から 1.6 の間であるのではないかと考察できる。しかし、1:1.1 の結果でも、混合物は底のみではあるがダイラタンシー現象が発生していた。そのため、上記考察と組み合わせダイラタンシー現象は特定の比率になったときに発生するのではないかと考察した。

また、結果時間の誤差に関しては、今回はすべて人の手によって計測したことによって完全に容器底にビー玉が着くと同時にストップウォッチを止めることができず、また落とす瞬間に意図せず力を加えてしまった可能性があるために発生してしまったのではないかと考察した。

3. 全体の考察

今回行った 2 つの実験よりダイラタンシー現象は葛粉、片栗粉粉末で発生し、水との粉末との比率では 1:1.5 が最適であると考察した。また、第一次実験よりグルテンのような粉末と水を合成してしまうような物質が発生しない限り、ダイラタンシー現象は粉末と水の混合物内で発生するのではないかと考える。

4. 今後の展望

今後、純粋な水以外での液体との混合物ではダイラタンシー現象は発生するのか、混合物の温度によってのダイラタンシー現象の発生の有無、強度変化等の実験を重ねることによって、最終目的である最も強度の高い混合物を作成することに尽力していきたい。

また、当初の目的であった防弾チョッキの作成のほかにも別のアプローチができないかについても模索していきたいと考える。

5. 参考文献、引用文献

Topic001 軟らかい？硬い？ダイラタンシー
https://www.ed.tus.ac.jp/~kaken/column/001_dilatancy.html

ダイラタンシー現象 コトバンク
<https://kotobank.jp/word/%E3%83%80%E3%82%A4%E3%83%A9%E3%82%BF%E3%83%B3%E3%82%B7%E3%83%BC-157544>

ダイラタンシーを作る実験
<https://www.rs.kagu.tus.ac.jp/~elegance/jikkensp10/dairatansi.html>