

# 谷田貝ゼミ卒業論文

テーマ 『ダイラタンシー』

子どもも楽しめるサイエンスショー

2年Bクラス 10番

21-210

尾崎ひかる

1. はじめに……………P、2
2. <ダイラタンシーで楽しい実験①>  
～ダイラタンシーの上を走ろう～……P、2
3. <ダイラタンシーの楽しい実験②>  
～ダイラタンシーの強さ～……P、7
4. <ダイラタンシーの楽しい実験③>  
～ダイラタンシー作り～……P、11
5. 考察……………P、17

## 【はじめに】

私は、ゼミの卒業論文で科学実験を行った。

私の班では、ダイラタンシーという科学実験でテーマを進めてきた。ダイラタンシーとは、片栗粉と水を混ぜ合わせたもので、不思議な感触が味わえ、液状化現象にも関わる実験である。そんなダイラタンシーを使っていろいろな科学実験を行った。

## <ダイラタンシーで楽しい実験①>

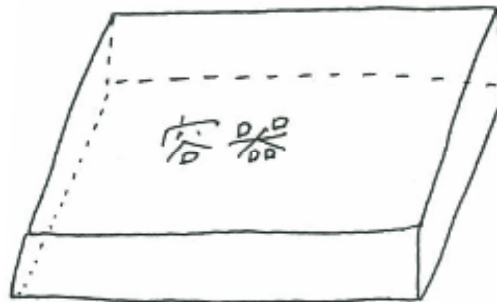
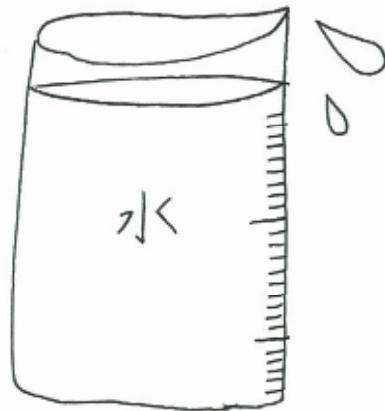
### ～ダイラタンシーの上を走ろう～

## 【目的】

- 就学前の子どもたちにもまだ触れたことの少ない科学の不思議さや素晴らしさを味わい、楽しんでもらえるようにするため。
- 身近なものを使って、子どもたちに液状化現象について理解してもらいたかったため。
- 液状化現象に関わる地震の恐ろしさにも関心を持ち、これから役立てていけるようにするため。
- 準備や片付けが簡単であり、万が一口に入ってしまったとしても害はないため、子どもたちも安心して実験ができるものにしたかったため。
- 子どもに不思議と思う好奇心を持ってほしいため。
- 様々な感触を知ってほしいため。

## 【用意するもの】

- ・片栗粉 1000g
- ・水 1000ml
- ・容器 5000ℓ以上のもの
- ・計量カップ



【手順】

- 容器の中で片栗粉と水を1 : 1で混ぜる。



## 【原理】

ダイラタンシーとは、細かい粒子と水分がある程度混ざっている状態で圧力を受けると、粒子間の隙間が狭くなり、液体のように流動的な状態から固体状になるという性質を持ったものである。

つまり、力が加わってないときはドロドロしており、力を加えたときだけ硬くなるということです。

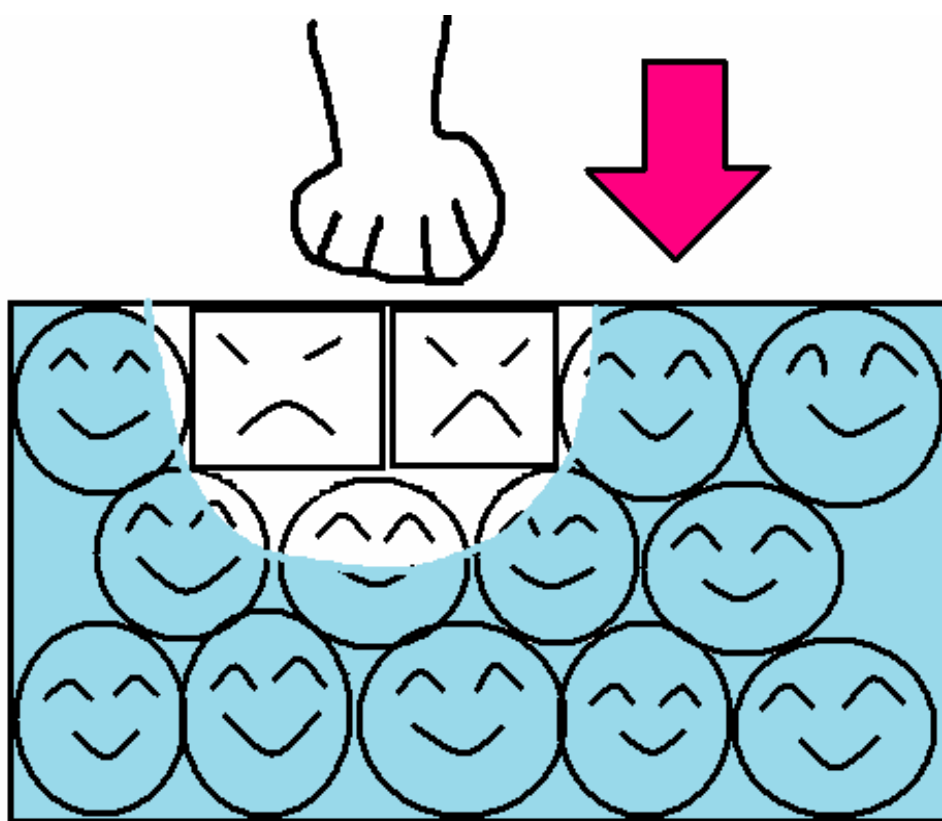
混合物において、この現象をダイラタンシー（dilatancy）現象、または膨化（ぼうか）という。

ダイラタンシーには、なぜ片栗粉が使用されるのかというと、片栗粉は粉の中でも粒が大きめで、粒と粒の間でも摩擦力が強いため、片栗粉が適している。小麦粉などで同じものを作ろうとすると、グルテンが生成されてしまい粘土のようになってしまうのだ。

ダイラタンシー現象を示すような液体には、下の図のように水の中のような粒がたくさん入っている。この状態は粒と粒との間に水があり、水が潤滑剤のような働きをすることで、粒は動きやすい状態にある。よってこの液体を傾けたりするとドロドロと流れるのである。

その代表的な例として、砂浜を足で踏みつけたり押え付けたりすると砂は硬くなり、海水を含むと更に硬くなる。普通の乾いた砂浜では自動車のタイヤは滑りこんでハンドルの操作ができなくなるのだが、この現象があるところでは砂が硬いため、自動車で行き交す砂浜に駐車することができるのである。その他にも、生クリームの泡立てや、ヤマイモやナガイモの磨り下ろしでこの現象が見られる。

下のように上から力を加えたとしましょう。すると力が粒のまわりかた水が押し出され、その部分の粒と粒の間には水がない状態になる。



粒と粒の間に水がない、つまり潤滑剤を失った粒は摩擦力が大きくなり、お互いに動きの邪魔をしあうようになる。すると力を加える前までドロドロとしていたが、このときはドロドロ状態ではなくなる。よって力を加えた手にはかたいという感触を受ける。手の中でおだんごがつかれる理由はこのようなことだったのだ。

そして力を加えるのをやめると水が抜けた部分にまた水が入り、かたくなった部分の粒と粒の間に潤滑剤が戻ってくるため、また最初のようなドロドロ状態に戻るというわけである。

<参考文献>

<http://tehiro.sakura.ne.jp/studyaid/diary.cgi?field=1>

身近な化学

## 【液状化現象】

上記のような原理を利用して、液状化現象という現象が説明できる。液状化現象とは、埋立地のような硬いと思っていた地面が地震の揺れによって、液体になってしまうことである。その理由は、揺れによって、地下の砂の粒がバラバラになるためであるからだ。

## 【考察】

ダイラタンシーの上で走ると足が沈むことなく自分が浮いているような感覚になった。また、とても弾力があり、走らなくても叩いて遊ぶだけでも楽しめると思った。汚しても水で洗い流すことができ、かつ、食品由来の材料なので親子で安心して実験することができる。

混ぜるときなどに摩擦が生じて混ざらなかつたり、粉同士が固まってしまっている部分があった。そのため、無理に力を入れて混ぜると固まってしまう混ぜにくくなるため、力を少し抜いて混ぜると力があまりかからないのでとても混ぜやすくなる。

上手にダイラタンシーを作るには、少しずつ水を加えて片栗粉と混ぜなければならないということがわかった。このことは、ダイラタンシーの原理を学んで、水と粒子がよく混ざってなければならないことから重要なことだと知ることができた。

この実験を始めて見た時は、とても楽しそうで、どのような感触なのかということだけしか興味がなかった。しかし、実験について詳しく調べてみると、地震の液状化現象を再現するために使用されている実験だったということを知り、体験することにより自然の災害の恐ろしさを実感することができた。

このように、子どもたちにも身近なもので楽しく実験をし、化学でさまざまな原理を知ることができるという体験を味わってほしいと思った。

この実験を通して、就学前の子どもたちにも化学の不思議さや魅力さを感じてもらい、これからは活かされる手助けができれば幸いである。

## <ダイラタンシーの楽しい実験②>

### ～ダイラタンシーの強さ～

私は次に、ダイラタンシーの強度を調べたいと思い、ボールを使った実験を行った。

#### 【目的】

○ダイラタンシーを手で勢いよく叩くと硬くなり、指が跳ね返ってくることから、ボールをダイラタンシーの上に落とすとどうなるかということ調べてみたかったから。

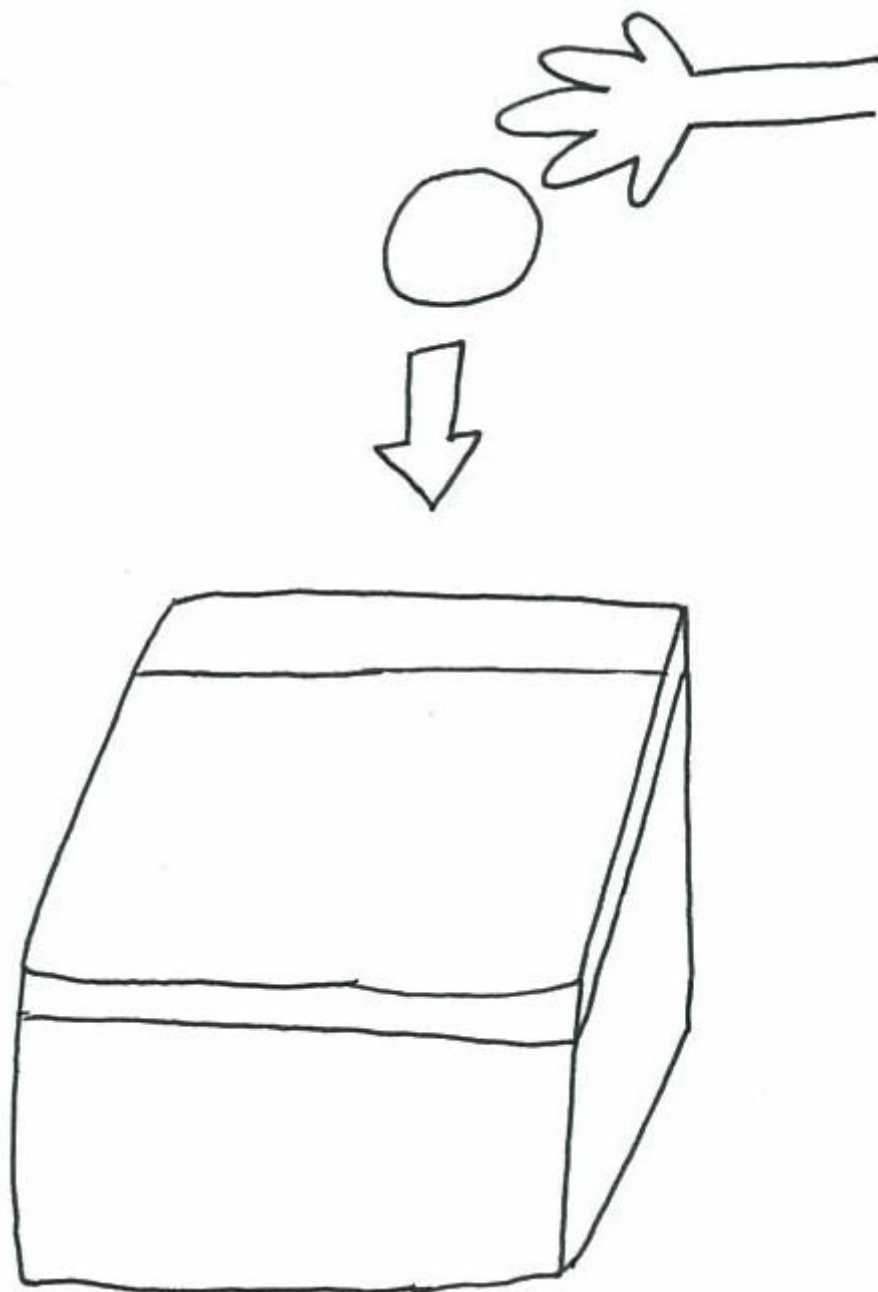
#### 【準備するもの】

- ・片栗粉
- ・水
- ・容器
- ・スーパーボール
- ・ビー玉
- ・野球の硬球ボール
- ・スポンジ製のボール



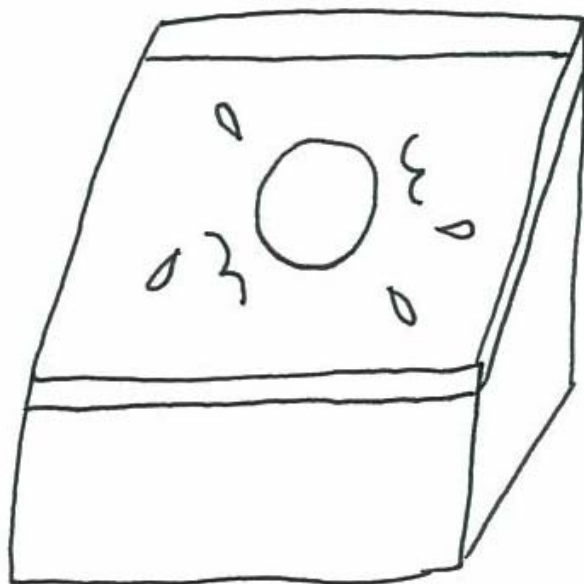
【手順】

- ・ 上記と同様にダイランシーを作り、その上からボールを落とす。



## 【結果】

スーパーボール、ビー玉、野球の硬球ボール、スポンジ製のボールの順に一つずつ落としてみたが、全てのボールは、ダイラタンシーに吸いつくようにして跳ね返らずに止まってしまった。



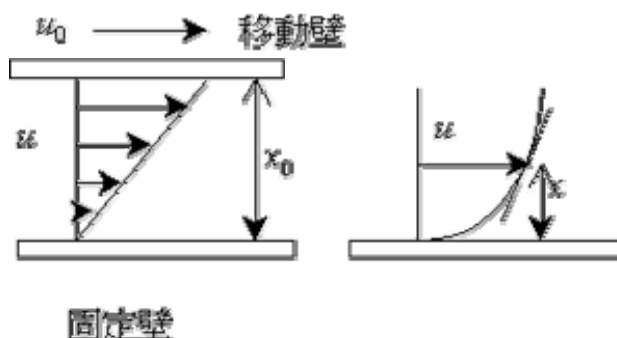
## 【考察】

私は、ボールは跳ね返ってくると予想していたが、実験をした結果、全て跳ね返らなかった。

このことから、ニュートンの粘性法則が関係すると思った。

## 流体の粘性

流体を各種外力をもって動かそうとした場合、流体内にこれに逆らう力を生じる。すなわち変形に対する抵抗である。このような性質を流体の粘性(viscosity)という。粘性は流動を支配する第一の性質である。



2枚の板間に流体を満たして下を固定し、上の板に面に平行方向の力

$F$ [N]を加えてこれを一定速度  $u_0$ [m/s]で動かす。このとき壁の単位面積についての力  $F/A$ [N/m<sup>2</sup>=Pa]は  $u_0$ に比例し、 $x_0$ に反比例する。このx軸に垂直な面のy方向の力をせん断力  $\tau_{xy}$ と書き、比例定数を  $\mu$ として、

$$\frac{F}{A} \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] = \tau_{xy} = \mu \frac{u_0}{x_0}$$

の形であらわす。 $\tau$ の単位は圧力と同じである。(面に垂直な力、垂直応力は静止流体では圧力のことである)この関係をニュートンの粘性法則(Newton's law of viscosity)といい、比例係数  $\mu$ を粘性係数または粘度(viscosity)という。SI単位系における粘度  $\mu$ の単位は [kg/(m·s)] すなわち [Pa·s](パスカル秒)である。粘度の単位は従来は「ポアズ(poise; [P])(1P=1g/(cm·s))およびその 1/100 の「センチポアズ[cP]」が広くもちいられてきた。(水の粘度が 1cP)

粘性率の測定はこの定義どうりの測定法でおこなわれる。



<参考>

<http://chemeng.on.coocan.jp/fl/fl1.html> (流れの性質より)

## <ダイラタンシーの楽しい実験③>

### ～ダイラタンシー作り～

次に、私はダイラタンシーを水以外の液体で作れるのかという実験を行った。

#### 【目的】

- ・ダイラタンシーは水でしか作れないのではないかと疑問に思い、試してみたかったため。

#### 【準備するもの】

- ・片栗粉
- ・容器
- ・牛乳
- ・コーヒー牛乳
- ・しょうゆ
- ・ソース

#### 【手順】

- ① 容器に片栗粉と牛乳を適量入れて混ぜる。
- ② 容器に片栗粉とコーヒー牛乳を適量入れて混ぜる。
- ③ 容器に片栗粉としょうゆを適量入れて混ぜる。
- ④ 容器に片栗粉とソースを適量入れて混ぜる。  
(＊適量はそれぞれ同じくらいの量)

## 【結果】

実験の結果、牛乳とコーヒー牛乳とソースはダイラタンシーを作ることができたが、しょうゆだけは、パサパサになってしまい、ダイラタンシーを作ることができなかった。

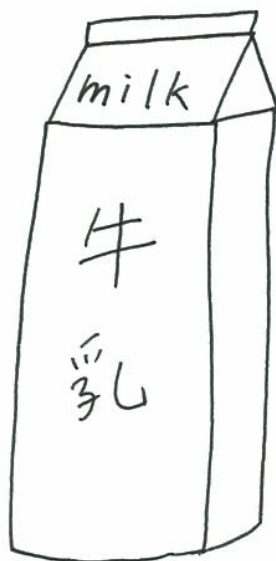
そこで、それぞれの成分が何か関係していると考え、どのような成分が含まれているか調べてみた。

## 【それぞれの成分】

### 〔牛乳〕

- ・生乳100%

参考：まきばの空



## [コーヒー牛乳]

- ・砂糖
- ・異性化液糖
- ・乳製品
- ・乳タンパク質
- ・コーヒー
- ・ココナッツオイル
- ・食塩
- ・香料
- ・カラメル色素

参考：雪印コーヒー



## [しょうゆ]

- ・脱脂加工大豆（遺伝子組み換えでない）
- ・食塩
- ・小麦
- ・ぶどう糖果糖液糖、大豆（遺伝子組み換えでない）
- ・アルコール
- ・調味料（アミノ酸等）

参考：サンビシ特級しょうゆ



## [ソース]

- ・野菜（トマト、たまねぎ、セルリー、にんにく）
- ・糖類（果糖ぶどう糖液糖、砂糖、異性化しょ糖液糖）
- ・醸造酢
- ・食塩
- ・たんぱく加水分解物
- ・香辛料
- ・カラメル色素
- ・調味料（アミノ酸）
- ・増粘剤（タマリンドシードガム）
- ・香辛料抽出物

参考：コーミソース こいくち





## 【結果】

自分なりに、この四つの成分を見比べた結果、しょうゆにあって他の物にないものが、たんぱく質ではないかと考えた。しかし、牛乳にもたんぱく質は入っていることから、成分は関係がないと考え、この実験を証明できるものを詳しく調べ、もう一度実験を行った。

調べた結果、牛乳、コーヒー牛乳、ソースになくてしょうゆにあるものとして、塩分が考えられるということが分かった。

片栗粉はでんぷん、しょうゆは塩分、と考えた時に、この二つの成分の関係を調べてみた。でんぷんと塩の関係は、主にうどんなどの麺類を茹でる時に塩を入れるという行為から考えられるということが分かった。麺を茹でる時に塩を入れる理由は、麺の弾力をつけるためであり、塩を入れないで茹でる麺はダラダラになってしまうということがわかっている。

塩を入れた麺は、茹でる時にグルテンの網目構造の展開にはやや時間がかかるものの、グルテン組織はより強力に、しっかりと形成されるのである。

このことから、しょうゆの量が少なかったためにダイラタンシーができなかったと考え、もう一度しょうゆの量を変えて実験を行ってみた。

## 【方法】

- ① 容器に片栗粉と牛乳を2：1入れて混ぜる。
- ② 容器に片栗粉とコーヒー牛乳を2：1入れて混ぜる。
- ③ 容器に片栗粉としょうゆを2：1入れて混ぜる。
- ④ 容器に片栗粉とソースを2：1入れて混ぜる。

## 【結果】

この分量で実験を行った結果、全ての液体がダイラタンシーを作ることができた。

## 【考察】

ダイラタンシーについてさまざまな実験を行って、液状化現象と関わりがあることを知り、科学の不思議さを味わうことができた。ダイラタンシーは感触が不思議で、私も楽しく実験をすることができた。自分なりに考案した実験に試行錯誤して結論を出すということに苦労したが、何もわからないことから自分で実験して知ること、発見や解決した時の達成感が味わえてよかった。感触からいろいろなことが伝わることもあるのだなと感じることができましたし、私自身が体験した楽しいことを、子どもたちにも伝えていきたいと思った。

ダイラタンシーは身近にあり、簡単に実験ができることから、保育の現場でも採り入れて子どもたちと科学に触れていきたい。そして、子どもたちのこれからの人生に何らかの影響があるように、主体的に科学に関わろうとする保育をしていきたいと思った。

そのためにも、私自身が科学の目を養い、さまざまな実験を体験して発見していくことが大切だと感じ、残りの学生生活で学んでいきたいと思った。