

消しゴムの環境要因による折れ方の変化

北海道札幌啓成高等学校 理数科 3 班
鳥井美里 水谷果鈴 木村優汰 山本達也

Have you thought why do erasers crack? The authors conducted an experiment that aimed to find the factor that affects the likelihood of cracking erasers (using MONO PE01 made by TOMBOW PENCIL CORPORATION). What may surprises you is that we are the first group in the world to have done such a study. To turn out the factor, we put erasers under the following conditions; high temperatures, ultraviolet rays, and acids considering the environment you use erasers. As the graph shows below, we got the result that high temperatures showed a slight change in erasers, yet the other conditions did not. Therefore we considered that the factor we had searched for was characteristic of a high molecular compound, which is, what we call, thermoplasticity. What is more, we found that ultraviolet rays changed the color of the erasers by the result.

1. はじめに

消しゴムが折れる現象について、人の力によるものと、周りの環境、例えば温度などによるものが要因と考えられる。

しかし、消しゴムの折れに関連する要因について調べた研究は存在しない。

そこで私たちは、周りの環境が与える消しゴムの折れの要因について調べることとした。

2. 実験準備

まず私たちは、同じ条件のもと実験するため、以下のものを用意した。

- ・モノ PE01 (幅 17mm×厚さ 11mm×全長 73mm、重さ 11g)
- ・消しゴムを折るための装置 (図 1)
- ・ピーカー
- ・消毒用紫外線 BOX (図 2)
- ・pH1、pH4 の塩酸、pH7 の純水
- ・お湯 (60-70 度)

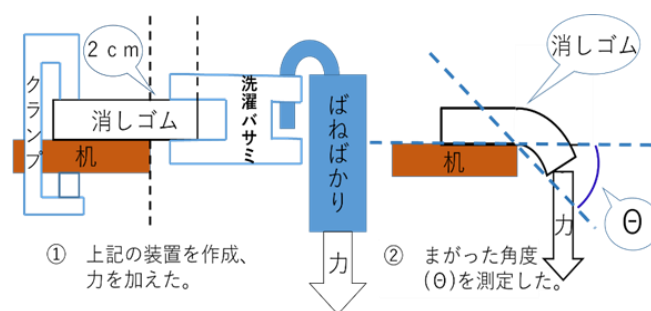


図 1 消しゴムを折るための装置



図 2 消毒用紫外線 BOX

また、全ての実験において上記のモノ PE01 (以下消しゴムと呼ぶ) を使用している。

3. 環境要因の変化実験

3.1 酸の添加

pH1, 4 の塩酸と pH7 の純水を用意し、それぞれ消しゴムを 3 個ずつ完全に沈めた。30

分後消しゴムを取り出し、変化を観察した。

3.2 紫外線の添加

消毒用の紫外線 BOX に消しゴムを 3 個ずつ入れた。1 時間後消しゴムを取り出し、変化を観察した。

3.3 熱の添加

60～70 度のお湯を用意し、消しゴムを 3 個完全に沈めた。20 分後取り出し、変化を観察した。

4. 環境要因の変化実験結果

4.1 酸を添加した消しゴム

酸を添加した消しゴム(以降酸消しゴム)は通常の消しゴムと比べて、表面や内部の色の変化は見られなかった。また、硬度も変化していなかった。

4.2 紫外線を添加した消しゴム

紫外線を照射した消しゴム(以降紫外線消しゴム)は、表面が茶色に変色し、硬度もあがっていた。内部には変色は見られなかった。また、当実験外で紫外線を当てる時間を 30 分、1 時間、3 時間、24 時間と変化させたところ、紫外線を照射する時間を増やすほど、表面がより濃く茶色に変色し、硬度が上がることを確認された。

4.3 熱を添加した消しゴム

熱を添加した消しゴム(以降熱消しゴム)は通常の消しゴムと比べ、表面や内部の色の変化は見られなかった。また、硬度は若干下がっていた。

5. 消しゴムの硬度測定実験

5.1 通常の消しゴムの硬度測定

通常の消しゴムを 5 個用意し、図 1 の消しゴムを折るための装置を使用する。消しゴムに加えた力とまがった角度の関係、消しゴムにひびが入った時の加えた力とまがった角度の関係を計測する。

5.2 酸消しゴムの硬度測定

上記の方法で作成した酸消しゴムを pH1, pH4, pH7 それぞれ 3 個ずつの計 9 個用意し、図 1 の消しゴムを折るための装置を使用する。消しゴムに加えた力とまがった角度の関係、消しゴムにひびが入った時の加えた力とまがった角度の関係を計測する。

5.3 紫外線消しゴムの硬度測定

上記の方法で作成した紫外線消しゴムを 1 時間のもののみ 3 個用意し(実際には 30 分、3 時間、24 時間のものも同数用意し実験を行ったところ、すべての結果にほとんど差が見られなかったため、1 時間のもののみ使用する。) 図 1 の消しゴムを折るための装置を使用する。消しゴムに加えた力とまがった角度の関係、消しゴムにひびが入った時の加えた力とまがった角度の関係を計測する。

5.4 熱消しゴムの硬度測定

上記の方法で作成した熱消しゴムを 3 個用意し、図 1 の消しゴムを折るための装置を使用する。消しゴムに加えた力とまがった角度の関係、消しゴムにひびが入った時の加えた力とまがった角度の関係を計測する。

6. 実験結果

6.1 通常の消しゴムの硬度測定結果

通常の消しゴムの結果は下の図 3 のようになった。グラフの縦軸は力を加えたときの θ 、横軸は力を加えたときの力を示している。約 300 g の力を加えたときに亀裂が見られた。この結果を基準として曲がりやすさと加えた力について比較する。

6.2 酸消しゴムの硬度測定結果

酸消しゴムの結果は下の図 4 のようになった。通常消しゴムは実線、pH 1 が実線、pH 4 が点線、pH 7 が長二点鎖線である。グラフから多少の誤差はあるが曲がりやすさは全く変化していないといえる。

6.3 紫外線消しゴムの硬度測定結果

紫外線消しゴムの結果は下の図 5 のようになった。通常の消しゴムは実線、紫外線消しゴムは破線である。グラフから、紫外線消しゴムのほうが曲がりにくくなっているように見えたが、検定による有意差は認められなかった。

6.4 熱消しゴムの

熱消しゴムの結果は下の図 6 のようになった。破線が 50℃、実線が 23℃、一点鎖線が 21.9℃である。グラフから消しゴム A は通常の消しゴムより小さい力で折れ、その時の力は約 100 g であった。折れた時の角度は 35–39° で、通常の消しゴムと同じだっ

た。消しゴム B は通常の消しゴムとほぼ同じだった。このことから、温度によって曲がりやすさは変わるのではないかと予想できる。

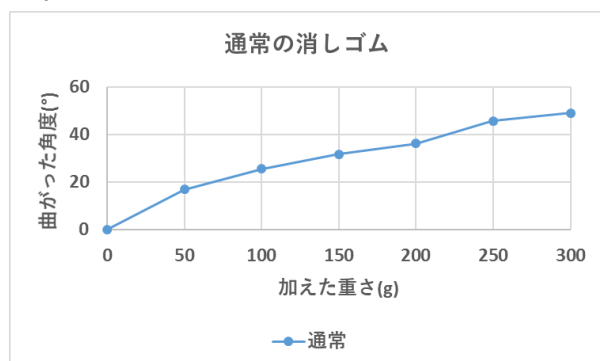


図3 通常の消しゴムのまがった角度

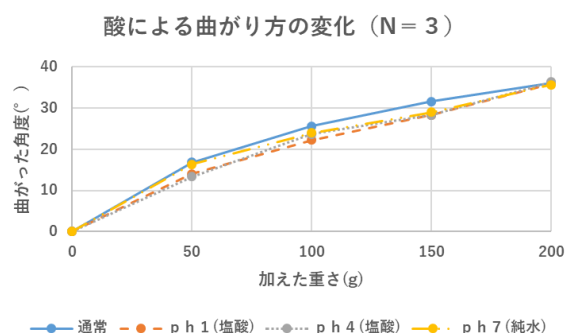


図4 酸消しゴムのまがった角度

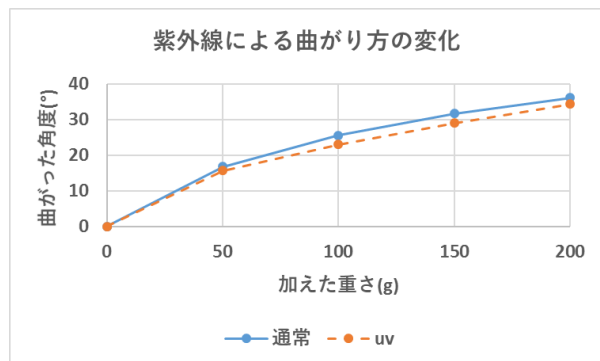


図5 紫外線消しゴムのまがった角度

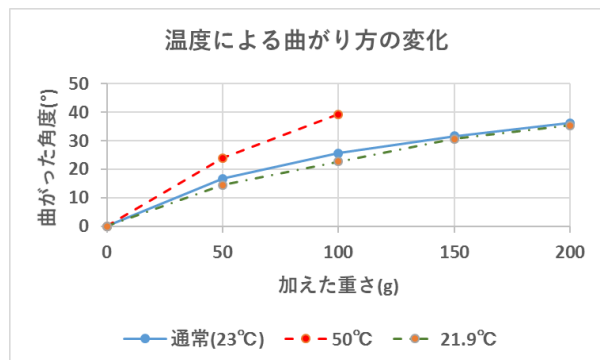


図6 熱消しゴムのまがった角度

これらのことから、すべての結果に対し Turkey-Kramer 法で検定すると、有意差が認められなかった。しかし先述の結果で述べた通り温度で曲がりやすさに変化がある傾向があった。このことから、高温によって消しゴムが柔らかくなることで折れやすくなる大きな原因なのではないかと考察できる。また、高温で柔らかくなるということは低温で硬くなり折れにくくなるのではないかと考察できる。

8. 今後について

時間と資金の面から、全ての消しゴムについて行った実験が 3 回（通常の消しゴムについては 5 回）で試行回数が少なかった。回数を増やすことで検定による有意差が認められる可能性もあると考える。また、折れた時の正確な数値を測定する方法を確立させたい。この 2 点に焦点を当てて、今後より多くのデータを収集したい。

7. 考察