

砂つぶの大きさとろうとの穴の大きさの関係について

北区立梅木小学校 第5学年

1. 研究の動機

台風対策でプランターの重りを、空のペットボトルに砂を入れフタをして作りました。その時に、「ろうと」の大きさによって、砂の入る時間に差があることがわかり、その理由は何なのか興味がわきました。また、砂の大きさによってサラサラしていたりざらざらしていたりして、砂がろうとから落下する時間と、関係しているのかも知りたくなりました。このため、ろうとの(出口の)大きさと、砂がなくなる時間との関係を調べ、なるべく早くろうとから砂を落下させるために必要な条件を実験して調べようと考えました。

2. 予想

砂の粒がサラサラのなるべく細かい砂の方が、ろうとの大きさに関係なく、スムーズに流れるため、落下しやすくと予想しました。また、砂が大きいと、砂同士がかみ合うため、落下しにくいと予想しました。

3. 研究の方法

- ホームセンターのキッチン用品コーナーで売っていた3種類のろうと(出口の穴の直径6mm(以下、ろうと小)、10mm(以下、ろうと中)、13mm(以下、ろうと大))、砂は、大きさの異なる3種類(ペット洗浄用砂:直径0.2mm(以下、砂小)、0.5mm(以下、砂中)、1.0mm(以下、砂大))を用意します。
- ろうとに砂が減る量がわかるように目盛りを書きます。ろうとの穴の一番下を防水テープでふさいでおき、計量カップと計量スプーンを使ってろうとに水を入れ、その量を目盛りとしてろうとに線を引きます。その時に、ろうと小では、細かい目盛りすぎると、となりの目盛りとのちがいが、わからなくなるため、上から見て読み取りしやすい間かくでの量の目盛りとします。出来上がったろうとと、目盛りは以下のとおりです。(ろうと大(500ml,400ml,300ml,200ml,100ml)、ろうと中(300ml,200ml,100ml,60ml,30ml)、ろうと小(100ml,75ml,30ml))。(写真1,2)



写真1



写真2

- ろうとの出口を指でふさぎながら一番上の目盛りまで砂を入れます。そのとき、砂の上の面が水平になるよう気をつけます。(写真3)
- 指をはなすと同時に、計測係がストップウォッチを押し、砂の上の面が下がり、砂の面のふちが目盛りを通過する時の秒数を計り、記ろくします。(途中砂の面はすりばちのような形になりますが、ふちが目盛りを通過する時間を記ろくすることとします。)(写真4,5,6)、(写真7,8,9,10)



写真3



写真4



写真5



写真6

- 同じ大きさのろうとで、砂1種類あたり5回ずつ、3種類の砂で計15回計測します。これを3種類のろうとで、同じことを計測します。結果は、ろうとの大きさごとに、ろうとに残っている砂の量と、目盛りを通過する時間(5回計測の結果の平均時間)をグラフにし、ろうとの大きさごとに、砂の大きさ3種類のグラフを比較します。

4. 研究の結果 (表1)、(表2)、(表3)、(図1)、(図2)、(図3)

- ろうとの大きさがことなる全てのろうとで、砂小では、明らかにゆっくりと流れ、砂中の1.4倍も時間がかかった。
- ろうと小において、砂大は、砂同士がかみあってスムーズではないように見えた。
- ろうと中の時も、砂大は、少しだけ、砂つぶ同士がひっかかっているように見えた。
- 砂の大きさが、砂小-砂大-砂中の順番に、落下する時間が多くかかった。ろうと中とろうと小の時。(図2,図3)
- 全てのろうとで、スタートから落下終了まで、遅い砂はずっと遅く、早い砂はずっと早く、途中の計測時に、砂の大きさでの、順位の入れかえはなかった。(図1,図2,図3)
- ろうと中、ろうと小で、砂中が一番短い時間で落下した。
- 落下開始後、しばらくはゆっくりと落下して、加速してからはスムーズに、ろうとの中を下がっていたように見えた。
- 砂小は、落下が始まると、空気のかたまりが、砂の表面から、火山のふん火のように、ポコポコといきおいよくふきだしていた。
- 砂の大きさが中や大では、空気がふきだすことはみられなかった。

砂の大きさとスタートからの時間の関係 (ろうとの大きさ 大) (表1)

ろうとに残っている砂の量(ml)	スタートからの時間(秒)		
	砂大	砂中	砂小
500	0.0	0.0	0.0
400	9.2	10.2	10.4
300	10.8	11.8	13.4
200	12.6	13.4	16.2
100	14.4	15.2	18.0
0	15.6	17.8	20.2

砂の大きさとスタートからの時間の関係 (ろうとの大きさ 中) (表2)

ろうとに残っている砂の量(ml)	スタートからの時間(秒)		
	砂大	砂中	砂小
300	0.0	0.0	0.0
200	5.0	5.0	7.4
100	6.4	6.0	8.6
60	7.4	7.0	11.0
30	8.4	8.0	12.0
0	9.4	9.2	13.4

砂の大きさとスタートからの時間の関係 (ろうとの大きさ 小) (表3)

ろうとに残っている砂の量(ml)	スタートからの時間(秒)		
	砂大	砂中	砂小
100	0.0	0.0	0.0
75	3.8	3.8	5.2
30	6.4	5.8	7.4
0	8.8	7.8	10.4

図1 ろうとに残っている砂の量とスタートからの時間の関係 (ろうと 大)

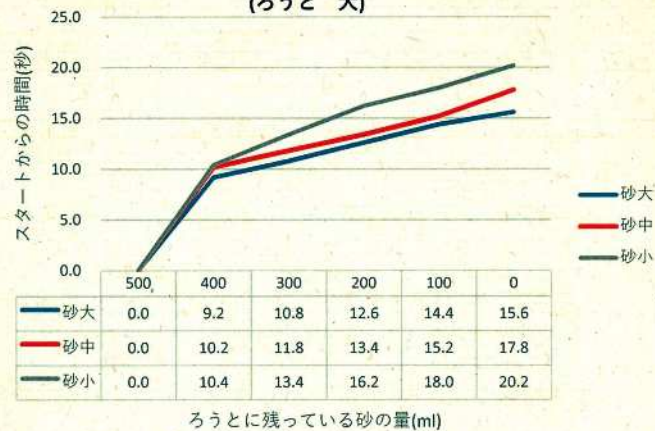


図2 ろうとに残っている砂の量とスタートからの時間の関係 (ろうと 中)

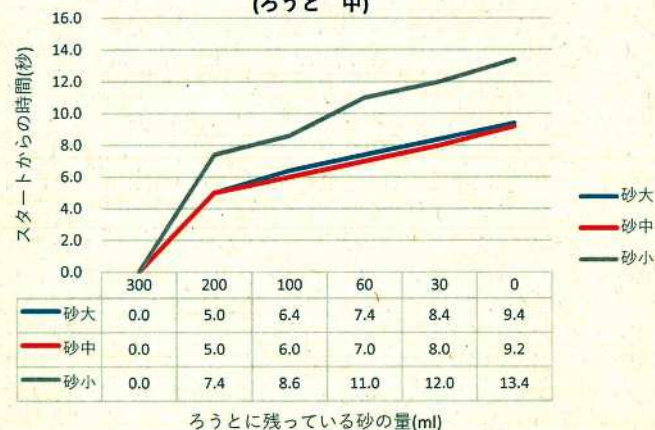
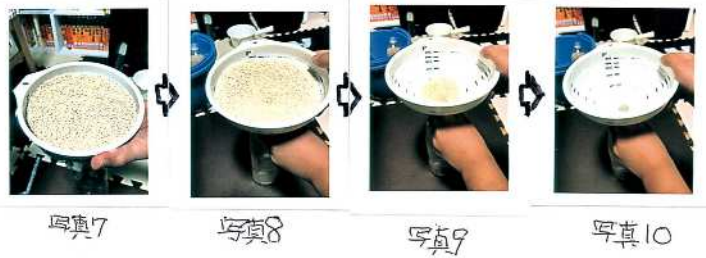
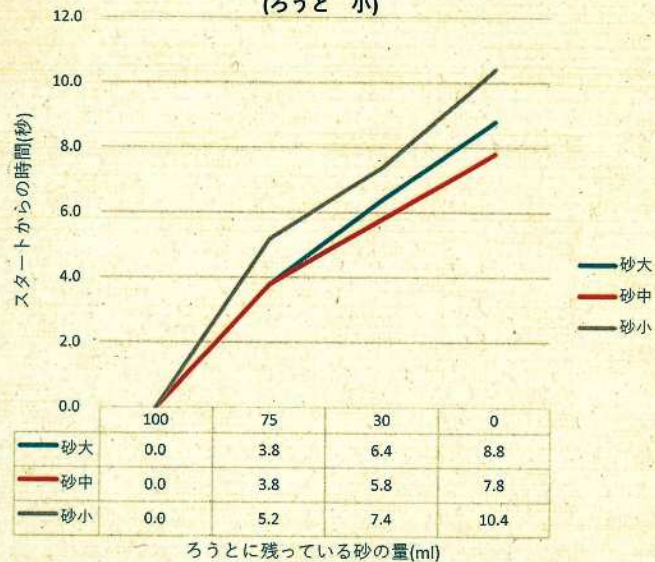


図3 ろうとに残っている砂の量とスタートからの時間の関係 (ろうと 小)



5. わかったこと

- (1) 砂の大きさが小さい方が、サラサラで流れよく落下すると予想していましたが、小さいと砂同士のすき間がなく、砂小は3種類の砂の中で一番ゆっくりと落下することがわかった。
- (2) 砂小が落下する時には、砂の中から空気がポコポコといきおいよくふきだしていたことから、砂の中は、すき間が少なくつまっていて、空気も通しにくいことがわかった。これは、水を流しこんだ時と、とてもにていた。
- (3) これから、ろうとで砂が落下しやすいのは、ろうとの出口で、空気が流れるすきまがあり、ろうとの外から中(出口の下から上に)、落ちた中で砂と同じ量の空気が入っていくことが大切な条件のひとつだとわかった。
- (4) ろうと小のように、出口が、砂の大きさに比べて比較的小さい場合は、砂大では、砂つぶ同士が引っかかり、砂中よりもゆっくりと落下することがわかった。
- (5) ろうと中の場合も、わずかに、砂中よりも、砂大の方がゆっくり落下することがわかった。
- (6) これらから、ろうとの出口の大きさと砂の大きさの組み合わせが良い場合に、早く落下できることがわかった。

6. 研究のまとめ

研究前には、砂がさらさらしている、つぶの小さいものが短い時間で落下すると予想していました。しかし、研究を通して、ろうとの出口から、砂の中に向かう、上向きに空気の流れがよいことが、早く砂が流れるために必要な条件だということがわかりました。

また、砂つぶの大きさに比べて、ろうとの出口が十分に広い場合は、砂つぶの間がスカスカしている砂大が、もっとも落下する時間が早いことがわかりました。

ろうと中やろうと小となると、砂大は砂同士がかみ合っただけでスムーズに流れず、スムーズに流れる砂中よりも、時間がかかることがわかりました。

これらから、ろうとの出口の直径と、砂の直径の関係により、ある比りつよりも大きくなると流れにくくなり、落下にかかる時間が多く、砂が減るスピードが遅くなることがわかりました。

この研究をしてみて、採石場のプラントで砂利を大型のろうとでタンクに入れる時に、プラントのろうとは、ある数字の直径以上にするといい、設計に役立つのではないかと思います。

次は、最も落下時間が短くなる、砂の直径とろうとの直径との関係を砂の材しつごとに測定してみたいと思います。

7. 参考文献

なし