

千里浜なぎさドライブウェイは
砂浜なのに
どうして車で走れるのか



私立 茨城中学校 1年
佐藤 和

I 研究の動機

夏休みに旅行に出かけた時に、石川県の羽咋市にある千里浜なぎさドライブウェイを車で走りました。驚いたのは、そのドライブウェイが南北に約8kmも続く砂浜で、車が対面で余裕で通れる上、波打ち際に車を止めて海水浴を楽しむ人たちが沢山いたことでした。砂浜に降りていく時は、「家の車は4WDでもないのに大丈夫かな？」と心配しましたが、走っていくとほとんど揺れることもなく、車輪が砂に埋もれてしまうこともありませんでした。本当に砂なのか、車から降りて触ってみたら、湿っていて粒が細かい感じはしましたが、砂に間違いありませんでした。歩いてみても足が砂に埋もれることはありませんでした。どうして砂浜なのに、車で走れるのかと思ったことが、この研究を始める動機になりました。



II 研究の目的

この研究では、砂浜で車が走れるわけを明らかにします。

III 研究を始めるにあたって

砂を触った感触や砂浜を歩いてみた様子から、砂浜で車が走れるわけについて、次の2つの予測を立てました。

- ◎砂の粒の大きさが、車が走れる理由と関係があるのではないか。
- ◎砂の湿り具合が、車が走れる理由と関係があるのではないか。

この2つの予測に基づいて、実験をすることにしました。



IV 研究の内容

手順1 粒の大きさを比較する

【実験1】 海岸の砂は、場所により大きさが違うのか

(1) 実験の目的

千里浜海岸の砂が、他の海岸の砂と違うのかを調べる。

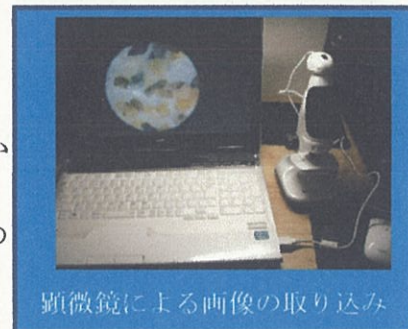
(2) 実験の方法

ア 千里浜海岸の砂の他に、比較対象として、茨城県ひたちなか市の阿字ヶ浦海岸と茨城県日立市の河原子海岸で砂を採取する。

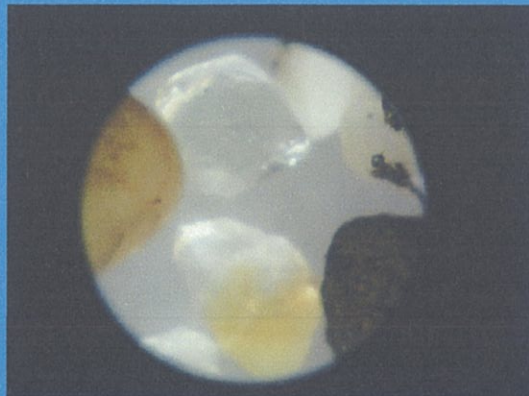
イ 3ヶ所の砂を顕微鏡により、50倍、100倍の倍率で粒の大きさの違いをみる。

(3) 実験の結果

下の写真のように、採取場所により粒の大きさに違いがありました。



阿字ヶ浦海岸の砂

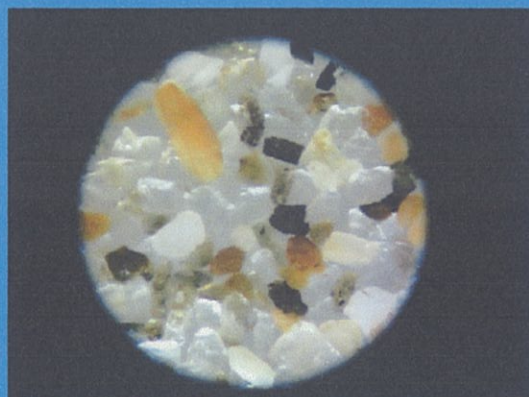


倍率50倍

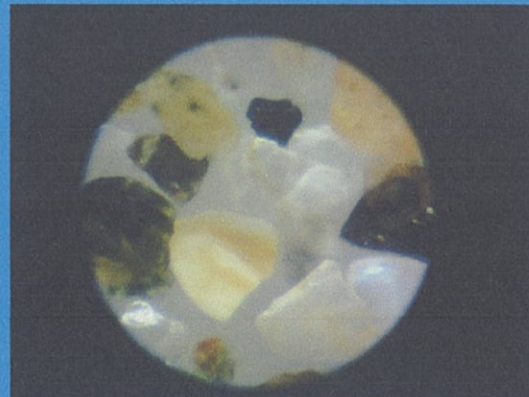


倍率100倍

河原子海岸の砂

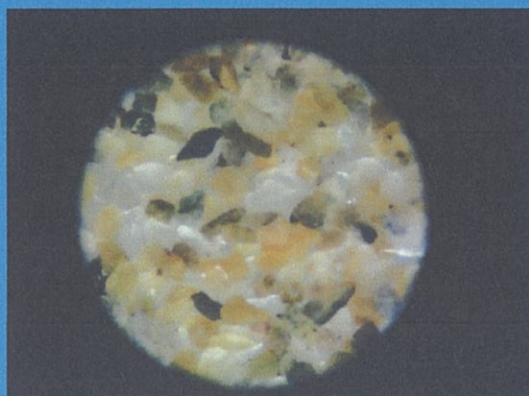


倍率50倍



倍率100倍

千里浜海岸の砂



倍率50倍



倍率100倍

(4) 実験の考察

この結果から、千里浜海岸の砂が特に細かいことが分かりました。また、河原子海岸の砂も比較的細かかったのですが、千里浜海岸に比べると粒が不揃いな感じがしました。そこで、「粒の均一性も車が走れるわけと関係があるのではないか？」と考え、次の実験を行いました。

【実験2】 同じ場所の砂の中でも粒の大きさはいろいろあるのか

(1) 実験の目的

千里浜海岸の砂の粒がそろっていることを調べる。

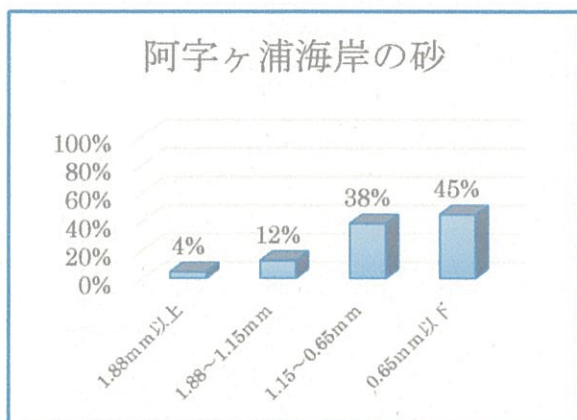
(2) 実験の方法

ア 3ヶ所の砂(50g)をふるいにかけて、粒の大きさを分け、採取した場所により違いがあるかをみる。

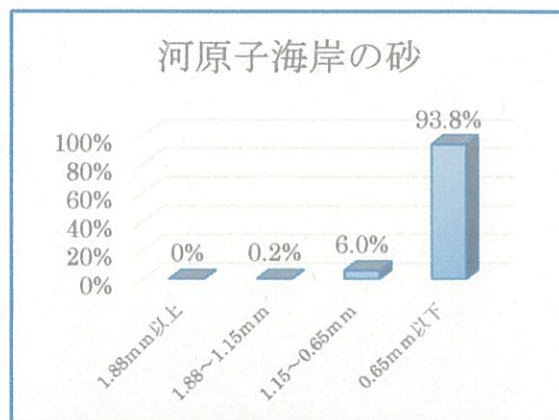
イ ふるいの孔径は1.88mm, 1.15mm, 0.65mmの3種類で行う。

(3) 実験の結果

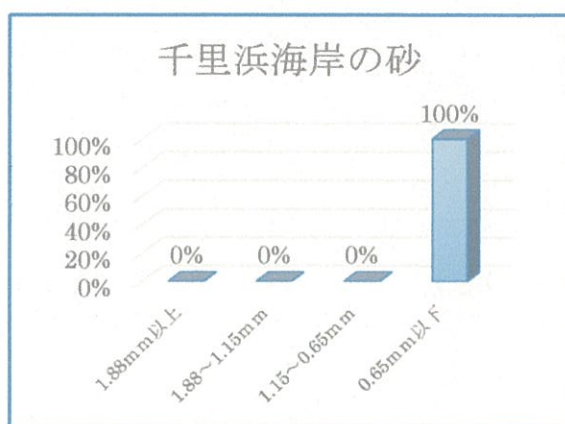
下のグラフ1～3の様な結果になりました。



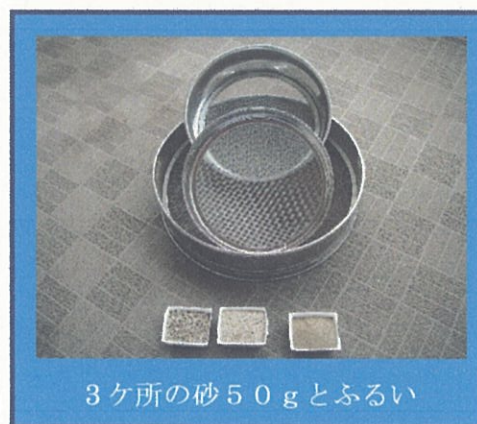
グラフ1



グラフ2



グラフ3



(4) 実験の考察

用意できたふるいが3種類と少なかったが、それでも他の2ヶ所と比べると千里浜海岸の砂の方が、粒が細かく均一であることがわかりました。

手順2 砂の固さと水分の関係を調べる

【実験3】 砂の固さは、砂の湿り具合によって違いがあるか。

(1) 実験の目的

砂の固さと砂に含まれる水分の関係を調べる。

(2) 実験の方法

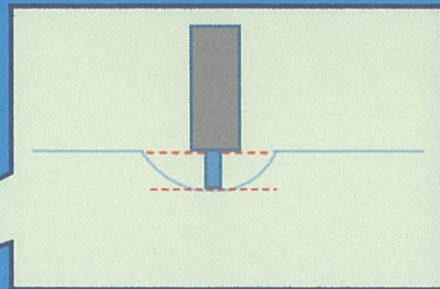
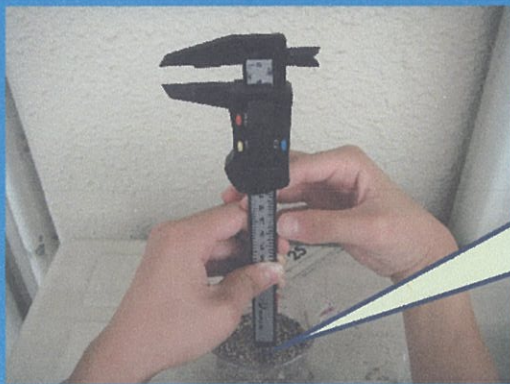
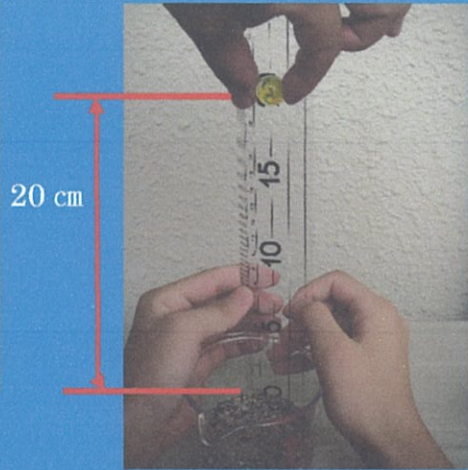
ア 3ヶ所の砂を、同じ容器に150ccずつ入れ、平らにならし砂の表面から20cmの高さからビー玉(6.1g)を落とし、沈んだ深さを調べる。

イ アの実験を、砂に含ませる水分量を変えて試してみる。

ウ 加える水は15ccずつとし、各回2回ずつ実施し、平均をとる。



阿字ヶ浦 河原子 千里浜

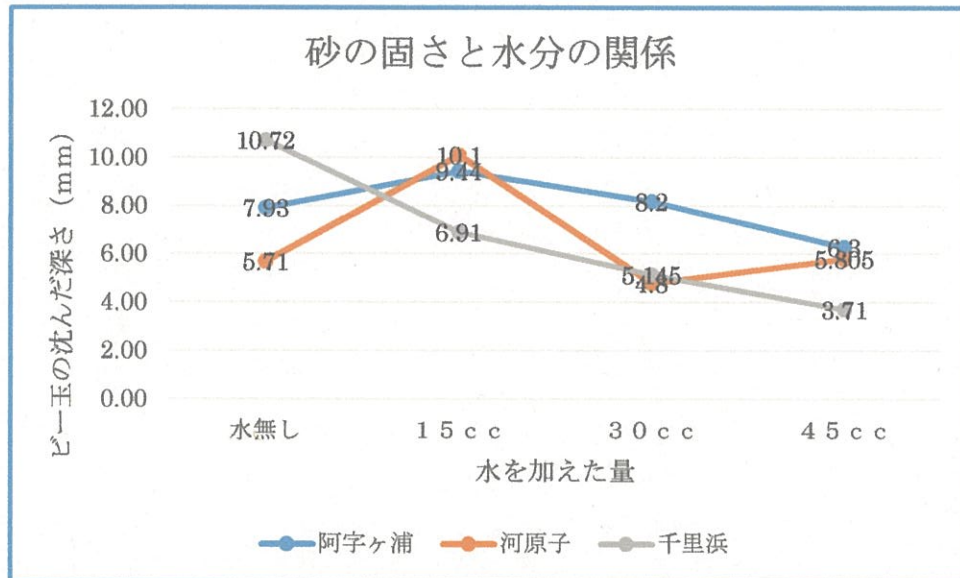


デジタルノギスで穴の深さを測定

(3) 実験の結果

下の表1やグラフ4の様な結果になりました。

単位mm	水無し			15cc			30cc			45cc		
	①	②	平均	①	②	平均	①	②	平均	①	②	平均
阿字ヶ浦	7.95	7.9	7.93	9.7	9.18	9.44	8.26	8.14	8.20	7.03	5.57	6.30
河原子	6.03	5.38	5.71	9.43	10.77	10.10	4.76	4.84	4.80	5.59	6.02	5.81
千里浜	9.83	11.61	10.72	6.83	6.99	6.91	5.13	5.16	5.15	3.72	3.70	3.71



グラフ4

(4) 実験の考察

水を含まない状態では、砂の粒が細かく軽い千里浜海岸の砂に、一番深くビー玉が沈みました。水を加えた時の変化は、粒が細かい千里浜海岸の砂が水を含むほど固くなっていきました。河原子海岸の砂は千里浜海岸より固くなる時もありましたが水をさらに加えると柔らかくなってしまいました。このことから水を加え続ければ常に固くなり続けるわけではないことが考えられました。水を15ccずつ加えたために、3ヶ所の砂の一番固くなる水分量はわかりませんでした。60ccの時に、3ヶ所の砂とも水に浸かってしまい、実験を終わりにしました。

【実験4】 砂に水を含ませ固くするとミニカーを走らせるか

(1) 実験の目的

砂に含ませる水の量を調整して砂の上でミニカーを走らせる。

(2) 実験の方法

ア 同じ容器に砂を300cc入れて平らにならし、ゼンマイ式のミニカー2種類を容器の端に置いて走らせてみる。

イ アの実験を、砂に含ませる水分量を変えて試してみる。

ウ ミニカーは下の大きさの2種類とする。

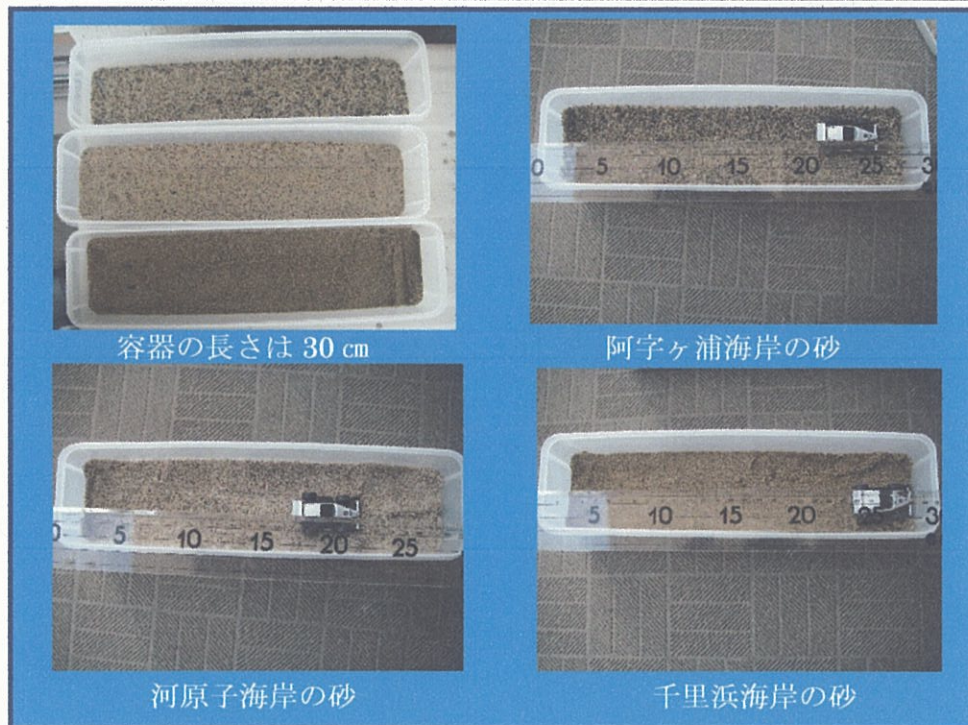


エ 加える水の量は5ccずつとし、ミニカーが砂の上を走れたら実験を終了する。

(3) 実験の結果

○ミニカー大の結果

砂の採取場所	走った時の水分量	走った距離
阿字ヶ浦海岸	25cc	23cm
河原子海岸	5cc	17cm
千里浜海岸	5cc	25cm



○ミニカー小の結果

砂の採取場所	走った時の水分量	走った距離
阿字ヶ浦海岸	95ccで砂が水に浸かる	0cm
河原子海岸	60cc	17cm
千里浜海岸	5cc	25cm



河原子海岸の砂

千里浜海岸の砂

車輪が空回りして
真っ直ぐ進みづらい

(4) 実験の考察

ミニカー大の結果から、どの砂も水を含めると固まることがわかりました。また、粒の細かい千里浜海岸、河原子海岸に比べ、粒の大きな阿字ヶ浦海岸の砂の方が、固まるのに水分量が必要であることがわかりました。ミニカー大とミニカー小の結果を比べると、ミニカー小は車体も軽くてタイヤが小さい分、車輪が空回りすることが多く、まっすぐ走りませんでした。タイヤの小さい車の方が、砂の上を走るのが難しいことがわかりました。ただし、千里浜海岸の砂は、大・小どちらも、5ccの水を加えただけで固まり、走ることができました。

手順3 砂の仕組みについて調べる。

実験でわかってきたことを確かめるため、砂の仕組みについてインターネットや本で調べてみると、次のようなことがわかりました。

- (1) 千里浜海岸は日本で唯一、車で走れる砂浜で、世界的にも3ヶ所と、とても珍しい海岸であること。(千里浜なぎさドライブウェイHP)
- (2) 水の表面張力とそれによっておこる毛管現象が、砂の粒子を見かけの粘着力でくっつけるために砂は固くしまるということ。
- (3) 見かけの粘着力は、乾燥した砂や水を含みすぎた砂(飽和した砂)には見られない。
- (4) 毛管現象は、粒が細かく隙間が密に詰まった砂ほどおこりやすいこと。

v まとめ

1 この研究で分かったこと

この研究では次のようなことがわかりました。

- ① 小さな固体の集まり（粒状体）である砂は、水分を加えることで、粒同士が水の表面張力により、互いに引きつけ合い、1つの固体のようにまとまることもある。
- ② 砂が最も固くなる水の量は、粒の大きさによって違う。粒が細かい方が、少量の水分で固くなる。砂に水分を加えすぎると乾燥した時のように、粒同士が引きつけ合う力（見かけの粘着力）は無くなる。
- ③ 千里浜海岸の砂は、粒が細かく、さらに均一であるため、水分を含ませ上から圧をかけることによって固くしまり、車の通行をも可能にしている。

2 今後の課題

水の力により、砂でも車が通れるくらい固まることがわかり、驚きました。水を砂に加える量を15ccずつではなく、5ccや1ccなど少量ずつにすれば、3ヶ所の砂がどこまで固くなるのか、もう少し正確なデータがとれたのではと思いました。

また、日立市の河原子海岸の砂が、千里浜海岸程ではないにしても、粒が細かく水でまとまりやすいことにも驚きました。ひたちサンドアートフェスティバルが河原子海岸で行なわれる理由も、この砂質にあるのかと思い、砂に対する興味がさらにわいてきました。例えば、今回調べた千里浜海岸の細かい砂を使って、砂時計ができないかなど、今後も調べていきたいと思います。

VI 参考文献

- | | |
|---------------|----------------------|
| ○絵とき土質力学 改訂3版 | 安川郁夫 今西清志 立石義孝 共著 |
| ○砂学序説 | 福本武明 著 |
| ○砂 SAND 文明と自然 | マイケル・ウェランド 著 林 裕美子 訳 |
| ○写真でわかる特徴と分類 | |
| 世界の砂図鑑 | 須藤定久 著 |
| ○粉の秘密・砂の謎 | 三輪茂雄 著 |
| ○砂の科学 | レイモンド・シーバー 著 立石雅昭 訳 |