

〈第 67 回静岡県学生科学賞 県教育長賞〉

土砂災害から身を守れ partⅢ

～崩れやすさに関係していることって何だろう～

浜松市立亀玉小学校

5 年 平田楓奈

1 研究の動機

今年も大雨の影響で土砂災害や洪水が起き、たくさんの人たちが被害にあったり、救助活動や復旧作業で大変な思いをしたりしている。大雨の災害で苦しんでいるのは日本だけではない。土砂災害は世界中で起きていて、みんなで考えなければいけない問題だと思った。起こってしまってからでは、被害を少なくすることは難しいし、対策をすることも難しい。土砂災害が起きる前に対策をすることが大切だ。対策をするためには、まず土砂災害のことをよく知る必要がある。

一昨年と昨年の研究で、「土砂災害の起こり方」と「地面の崩れやすさ」に関係することを調べた。土砂災害は土が崩れやすいことと関係していることが分かった。また、どんな場所でどんな時に土が崩れやすいかを調べた結果、「斜面の角度」、「土と石の割合」、「土に含まれる水の量」、「植物の根の様子」の条件により、土の崩れやすさに違いがあることが分かった。「土と石の割合」の実験では、1 番崩れにくい割合は何だろうと疑問が湧いた。また、「地面の崩れやすさ」は 1 つの条件では比べられないことも分かった。

研究後にも線状降水帯や台風などの大雨で、いろいろな土砂災害が発生しているのを見て、胸が痛んだ。そこで、どんな場所で、どんな時に起こりやすいかをもっと深く知りたいと思い、今年は、「地面の崩れやすさ」に関係する条件は何か、さらに詳しく調べることにした。

2 予想

地面の崩れやすさには、「泥と砂と礫の割合」、「雨量」が関係しているのではないかな。

(1) 泥と砂と礫の割合 →実験①にて検証

昨年、土と石の割合実験の実験をした時は、1 番崩れにくい割合がはっきりと分からなかった。まとめで、粒の大きさがばらばらの方が崩れにくいと結論付けたけれど、崩れにくい割合は何だろうか。

→粒の大きさがばらばらで、「土 75% 石 25%」の割合に近い方が崩れにくいと予想した。

(2) 雨量 →実験②にて検証

ニュースで、「大雨が降っています。土砂災害や洪水に十分注意してください。」と言っていた。だから、大雨と小雨で崩れやすさに違いがあると思った。

→大雨が降ると土のしみこみが速くなって崩れやすくなると予想した。

3 実験方法

(1) 昨年より改善したところ

ア 「土」は粒の大きさで、大きい方から礫（2mm 以上）、砂（0.06 mm～2 mm）、泥（0.06 mm 以下）に分けられることが分かった。そこで、土に含まれる粒の大きさをそろえるために、「砂」と「礫」は、市販の「川砂」「寒水石」を使用した。泥は、畑の土をより細かい網目のふるいで分けて使用した。



イ 昨年、固めた土に竹串を刺す時や、生育ポットをカッターで切る時、土にひびが入ってしまった。そのため、今年は事前に竹串を刺した。またポットの側面にラミネートを入れておき、ポットを切る際はそのラミネート部分から切ることで、土にひびが入らないようにした。

ウ 昨年は、各条件での実験を1回ずつしか行わなかった。1回だけの実験だと正確な結果ではなさそうなところもあった。そこで、より正確な結果を出すために、各条件での実験を2回ずつ行い、平均を求めた。



(2) 実験用の土の準備

ア 畑の土を18メッシュ（網目のピッチが1.4mm間隔）のふるいでふるって泥を出す。

イ 実験①用の土は、泥と市販の川砂（以降、砂と記載）と市販の寒水石（直径約10mm 以降、礫と記載）をそれぞれの割合で混ぜて、生育ポット（直径15cm 深さ12.5cm）に入れる。



ウ 実験②用の土は、「泥1・砂1・礫1」の割合で生育ポットに入れる。

エ 1日1回水をやり、実験用の土が固まるようにする。

オ 実験①は実験4日前に、実験②は実験3日前に竹串の深さ3cmと5cmのところに印をつけ、ポットの真ん中に刺す。（実験が2日に分かれたので、実験2は3日空いた。）

カ ポットの側面に、2cm幅に切ったラミネートを刺す。

キ 実験2日前の朝に水をやり、そこから水やりをやめ、土をよく乾かす。



(3) 実験① 「泥と砂と礫の割合」による崩れやすさの違い（8月5日）

ア 実験手順

(ア) 降水量の測定

30秒（少なくとも測れなかった時は1分）あたりのシャワーの水量を測る。直方体の缶を置き、30秒あたり何mm水がたまるか調べる。それを3回繰り返し、平均を出す。そして1時間当たりの降水量を求める。



(イ) ポットの側面をラミネートに沿ってカッターで切り取り板の上に置く。

(ウ) 崩れる前の土の上にマス目入りの透明な板を置き、土の外周をマジックで線を描き、写真を撮る。

(エ) 1mの高さから固めた土に水をかける。そして竹串が倒れるまでの時間をストップウォッチで測り、崩れる様子を観察し、ビデオで撮影する。（最長3分間）

(オ) 崩れた後の土の上にマス目入りの透明な板を置き、崩れたところの外周をマジックでなぞり、写真を撮る。

(カ) (ウ) と (オ) の写真を印刷し、マス目を数えておよそその土に広がり調べる。



イ 予想

(ア) 崩れにくさの予想順位

割合（泥：砂：礫）	崩れにくさの予想順位
A（泥 1 ・ 砂 0 ・ 礫 0）	6 位
B（泥 0 ・ 砂 1 ・ 礫 0）	7 位
C（泥 0 ・ 砂 0 ・ 礫 1）	8 位（ポットに入れた時固まらなかったから）
D（泥 1 ・ 砂 1 ・ 礫 1）	1 位
E（泥 2 ・ 砂 0 ・ 礫 1）	2 位
F（泥 2 ・ 砂 1 ・ 礫 0）	5 位
G（泥 1 ・ 砂 0 ・ 礫 1）	4 位
H（泥 4 ・ 砂 0 ・ 礫 1）	3 位

(イ) 予想した理由

昨年の実験で、粒の大きさがばらばらの方が崩れにくかった。また、実験の中で、「土 75% 石 25%」の条件の土が崩れにくかったことから、粒の大きさがばらばらで「土 75% 石 25%」に割合に近い方 D・E・H が崩れにくいと予想した。

(4) 実験② 「雨量」による崩れやすさの違い（8月6日）

ア 実験手順

(ア) 実験①の（ア）～（ウ）のように準備する。

(イ) 山にある家と見立てておくために、固めた土の中央に家の模型を置く。

(ウ) 水の量を4段階（弱い・中くらい・強い・激しい）に調節して、固めた土に水をかける。そして、家の模型と竹串が倒れるまでの時間をストップウォッチで測り、崩れる様子を観察し、ビデオで撮影する。（模型が倒れたら終わり、最長5分間）

(エ) 崩れた後の土の上にマス目入りの透明な板を置き、崩れたところをマジックでなぞり、写真を撮る。

(オ) 水をかける前後の写真を印刷し、マス目を数え、およその面積を求める。



イ 予想

(ア) 崩れにくさの予想順位

かける水の強さ	崩れにくさの予想順位
I（弱い）	1 位
J（中くらい）	2 位
K（強い）	3 位
L（激しい）	4 位

(イ) 予想した理由

ニュースでよく「猛烈な雨が降っているので、土砂災害や洪水には十分注意してください。」と言っていた。だから、雨量が多いほど崩れやすいのではないかと予想した。

4 実験結果・分かったこと

(1) 実験①(「泥と砂と礫の割合」による崩れやすさの違い)

ア 降水量の測定

シャワーから 30 秒間に出てくる水量を、3 回繰り返し測って平均を出し、1 時間当たりの降水量を求めた。

(1 回目) 23 mm (2 回目) 22 mm (3 回目) 20 mm

平均を求める式 $(23+22+20) \div 3 \times 120 = 2600$

実験 1 の水量 毎時 2600 mm

イ 崩れにくさの順位決め

実験の動画を見直して、以下の 3 つの条件を表に整理した。

(ア) 1 本目の竹串が倒れるまでの時間

(イ) 実験を止めた時間

(ウ) 固めた土の変化の大きさ・崩れた割合

※ (ウ) を考える時に注目したこと

- ・固めた土の上に家があったらどうなるかを考える。
- ・上の面が残っているかを見る。
- ・上から周りへの広がりを見る。
- ・元の形からどれだけ変化しているかを見る。

※ 計画では、「竹串が倒れるまでの時間」「実験前後の面積」「変化の大きさ」で比べようと思っていた。しかし、外周の線をなぞったときに、「実験前後の面積」が、どの実験も実験土台からはみ出していて、あまり差が見られなかった。これは、昨年より細かい網目のふるいで分けたから、細かい粒の泥がより遠くまで流れ出たためと考えられる。だから、実験前後の面積で比較できなかった。ので、代わりに、「固めた土の崩れた割合」を調べた。

※ C の「礫 1」は、実験用の土を準備したとき、礫ばかりでは、固まらなかった。そのため、「礫 1」の実験はやめることにした。

ウ 結果 (1 回目の結果を基に作成)

			崩れにくさの 予想順位		崩れにくさの 実際の順位
A	泥 : 1	竹串	6 位	3分 ↑	1 位
	砂 : 0	止めた時間		3分	
	礫 : 0	変化		特小	
		何割		1.5割	
B	泥 : 0	竹串	7 位	0分11秒	7 位
	砂 : 1	止めた時間		30秒	
	礫 : 0	変化		特大	
		何割		8割	
C	泥 : 0	竹串	固まらなかった ので 8 位		固まらなかったの で 8 位
	砂 : 0	止めた時間			
	礫 : 1	変化			
		何割			
D	泥 : 1	竹串	1位	0分46秒	6 位
	砂 : 1	止めた時間		1分	
	礫 : 1	変化		大	
		何割		7割	

			崩れにくさの 予想順位		崩れにくさの 実際の順位
E	泥：2	竹串	2 位	3分↑	3 位
	砂：0	止めた時間		3分	
	礫：1	変化		小中	
		何割		4割	
F	泥：2	竹串	5 位	2分40秒	4 位
	砂：1	止めた時間		3分	
	礫：0	変化		小中	
		何割		3割	
G	泥：1	竹串	4 位	2分30秒	5 位
	砂：0	止めた時間		3分	
	礫：1	変化		中	
		何割		3割	
H	泥：4	竹串	3 位	3分↑	2 位
	砂：0	止めた時間		3分	
	礫：1	変化		特小	
		何割		2割	

エ 結果から分かったこと

土の粒の大きさがばらばらで昨年崩れにくかった「土 75%石 25%」に近い割合の方が崩れにくいと予想したけれど、泥だけのものが1番崩れにくかった。これは、昨年の結果と違った。今回は、昨年より「泥の粒の大きさを細かくし、ふるいを使って均一にしたので、土と土の間に隙間がなく、水がしみ込みにくかったからではないか」と感じた。また、実験のビデオを見直してみると土に生えていた草の根が土を抱きかかえているように見えた。

いろいろな粒の大きさが混ざっていると崩れにくいとは言えないけれど、「土 75%石 25%」の割合が崩れにくいと言える。

根が土を崩さないように抑えているように感じた。森林伐採をすると、災害が起きやすくなると改めて感じた。

Aの泥のみを除けば、昨年の「土 75%石 25%」に近いH・Eが崩れにくかったことから、ある割合になると崩れにくくなることが分かった。また、土の粒が大きく隙間がたくさんできるBやCは固まりにくく崩れやすいことも分かった。

Gの「泥1・礫1」は、特に礫が多くて、隙間の泥が水と一緒に流れてしまうと、すぐにバランスを崩して落ちてしまっていた。今回は、丸っこい礫だったから、バランスがとりにくく崩れやすかったのではないかな。一昨年の研究で、ハザードマップで崩れる危険があるところの土を収集した。竜ヶ岩洞の川岸の土には、ごつごつした石が入っていて、崩れやすさ実験では、一番崩れにくかった。竜ヶ岩洞の川岸のように、ごつごつした石が入っていたら崩れにくかったのではないかな。

(1) 実験②（「雨量」による崩れやすさの違い）

ア 水量の測定

ホースから1分間に出てくる水量を、3回繰り返し測って平均を出し、1時間当たりの水量を求めた。

(ア) I. 弱い

実験2－Iの水量 毎時 200 mm

(イ) J. 中くらい

実験2-Jの水量 毎時 400 mm

(ウ) K. 強い

実験2-Kの水量 毎時 850 mm

(エ) L. 激しい

実験2-Lの水量 毎時 2860 mm

イ 結果（1回目の結果を基に作成）

				崩れにくさの 予想順位		崩れにくさの 実際の順位
I	泥：1	198.0mm	竹串	4位	3分57秒	4 位
	砂：1		止めた時間		5分	
	礫：1		変化		中	
			何割		4.5割	
J	泥：1	396.0mm	竹串	3位	3分12秒	3 位
	砂：1		止めた時間		3分47秒	
	礫：1		変化		中大	
			何割		6割	
K	泥：1	846.0mm	竹串	2位	1分38秒	2 位
	砂：1		止めた時間		1分39秒	
	礫：1		変化		小中	
			何割		4割	
L	泥：1	2856.0mm	竹串	1 位	1：7秒	1 位
	砂：1		止めた時間		1分8秒	
	礫：1		変化		小中	
			何割		4割	

ウ 結果から分かったこと

降水量が多いと崩れやすくなると予想した。予想通りで、降水量が多いほど崩れやすかった。

水量が多いほど、土が、崩れるのが早い。細かい泥や砂が、水の勢いと一緒に流れて行って、礫のバランスが崩れたからだと考えた。水量が多いほど前後の変化が激しい。時間が短いのに、変化が大きかったら崩れやすいと考えた。変化の大きさは、時間当たりの変化や、形の変わり具合も関係していると分かった。

家の模型を置いたところは、最後の方まで残った。家の下側には雨が当たらないから、下の方にしみこむのが遅くなったからだと考えた。

降水量が少ないと、土に少しずつ水がしみ込んで、含み切れなくなると、一気にかけ崩れが起きる感じだった。ひびが入る位置によって崩れ方や、回数が変わった。



図1

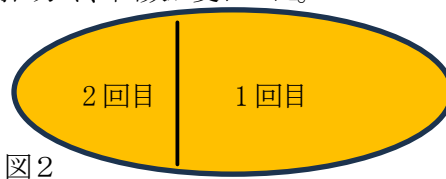


図2

図1のように、1回目に崩れた部分が、半分以下だと、土を支える地面の面積が多いから、残っ

た部分が、1回で崩れることはなかった。しかし、図2のように、1回目に崩れた部分が、半分以上だと、土を支える地面の面積が少ないため、残った部分が、1回で崩れた。

5 ハザードマップで土砂災害調査 ～6月の大雨災害の観察～

浜松市のハザードマップに、6月の大雨の時に土砂災害の発生した場所を入れて、自分なりの土砂災害マップを作った。

(1) 土砂災害の起きた場所を観察して思ったこと・気づいたこと

ア 土砂崩れや、路面決壊などが起こった場所は、どこも崖や川の近くだった。斜面の角度が急だと崩れやすいということが、自然の中でも崩れやすいことがよく分かった。

イ 川の近くにある方が崩れやすい原因の1つは、水の流れの影響だと考えられる。低いところに水が流れていくときに、上の方にある山から流れてきた水が、またその下の山に流れ込んで、1番川に近いところに水が流れて、その水を含んで耐え切れなくなった土が崩れるのだと思う。

ウ 土砂災害が起きてしまった後だからかもしれないけれど、崩れたところには植物が生えていなかった。だから崩れやすかったのではないかな。

エ 地層が関係していそうだった。

オ 地形が関係していて、山型だったり、凹凸があったり、平地だったりするのでも崩れやすさは変わるのではないかな。

カ 地質が関係していて、土の種類や、土自体の性質、粒の大きさが関係しているのではないかな。

6 まとめ

(1) 「泥と砂と礫の割合」は崩れやすさに関係ある。→すべてではないが、半分子想通り

ア 昨年実験した「土75%石25%」と割合に近い、H(泥4・礫1) E(泥2・礫1)は予想通り崩れにくい。それは、土の粒の大きさが細かく、均一な泥の場合、粒と粒の間に隙間がなく、しっかりついていて崩れにくいのではないかと考えた。

イ 草木の根があると崩れにくくなる。水が入ってきたり、ひびができて草木の根が土を抱きかかえて支えたりしたからだと考える。

ウ 砂のみは、崩れやすい。砂だけだと隙間ができ、水がしみ込みやすくて、固まりにくい。だから、しみこみすぎても崩れるし、固まりにくいから、水の勢いでも崩れる。

エ 礫のみは、ポットに入れても、固まらなかった。礫は、粒が大きく、どうしても隙間ができるため、隙間が埋められるものがないと、崩れやすくなる。でも、お城の石垣のように、できるだけ隙間を埋められれば、動くことがない限り、崩れにくくなる。さらに、礫と礫の間が少しあるので、そこから水が出て、水をためこまないのでも、崩れにくいと考える。

オ 細かい粒が入っていた方が崩れにくい。

カ E(泥2・礫1)とF(泥2・砂1)では、F(泥2・砂1)の方が崩れにくい。このことから、砂の間に泥は、崩れにくくなるかと考える。

(2) 雨量は崩れやすさに関係ある。→予想通り

ア 雨量が多くなるほど崩れやすい。

イ 雨量が少ないと、土が少しずつ水を含んで、膨らんで含み切れなくなった時、一気に崩れる感じだけれど、雨量が多いと、細かい泥や砂が、雨の勢いで流れていき、礫と礫の間の細かい泥がなくなって、少しずつ崩れる感じだった。

ウ がけ崩れは次のような順で起こる。

- (ア) 雨が降り、土が水を含む。
- (イ) 水をたくさん含んで、含み切れなくなる。
- (ウ) ひびが入る。
- (エ) 一気に崩れる。

これらのことから、地面の崩れやすさには、「泥と砂と礫の割合」、「雨量」の2つとも関係あることが分かった。がけ崩れの起こり方も分かった。でも、予想と違うところや、分からなかったところもあった。

エ どんな場所、どんな時に土砂災害が起こりやすいか。

- (ア) はっきりとした割合は言えないけれど、砂がたくさん含まれている場所
- (イ) しみこむのではなく、水の勢いで崩れてしまうほどの激しい雨が降った時
- (ウ) 小雨でも、雨が長時間続いた時→土に含まれる水の量とも関係

オ どんな場所、どんな時に土砂災害が起こりにくいのか。

- (ア) いろいろな粒の大きさが入っていて、粒と粒の隙間がないくらいに土が敷き詰められている場所
- (イ) 草木の根がしっかり張っている場所
- (ウ) 雨が弱く、長時間降り続かない時

7 この研究を通して

これまでの研究を通して、土砂災害の原因が分かってきた。大きな影響をもたらす順番をつけてみた。

(1) 「土に含まれる水の量が多い」「雨量が多い」

(気象庁の人たちも、この基準で警戒情報を出していたし、雨量が多い時、ずっと雨が続くときに土砂災害が起きていたから。)

(2) 「斜面の角度が急」

(昨年の角度の実験で、30度の実験をした時、水をかけなくても崩れそうだった。また、土砂崩れの起きた場所はとても角度が急だったから。)

(3) 「植物がない・枯れている」

(土砂災害が起きたところには植物が生えていなかったから。今年実験をやったときには、植物を生やすつもりなんてなかったのに、土に交じっていた種から勝手に生えてきた。一番たくさん草が生えていた土は、少ししか崩れなかったから。)

(4) 「泥と砂と礫の割合」

(割合によって、アイスが溶けるように崩れたり、倒れるように崩れたり、崩れ方が変わることが分かった。でも、どの割合が崩れにくいかは、はっきり分からなかった。)

ハザードマップをもとに、実際に土砂災害の起きた場所を見に行ってみて、やはり、自然を壊さずに守っていかないといけないと思った。森を切り拓いて高速道路を作ったり、木を使って何かを作るために、森に生えていた木を伐採したりしている所を見た。私たちが普段使っている、道路を作るためにも木を切ったり、山にトンネルを掘ったりするのも自然を破壊していることにつながっていると思った。

土砂災害が起きて困るのは、人間だけではなく、その山に住んでいた動物たちも巻き添えになってしまい、大変な思いをしてしまうのではないかな、と思う。大雨が降らなければ、土砂災害は起きにくい、それ以上に私たち人間が土砂災害の仕組みや原因について知ったり、災害を防いだりして、災害が起こるような行いをしないことが大切だと感じた。そして、人間も動物も幸せに暮らすためには、みんなで考えて、行動していかなければいけないと思った。