

土のひび割れに関する研究

白根市立臼井中学校 3年選択理科履修グループ

安田 光、福田拓哉、岡村 聡、小柳圭一
轡田明弘、近藤正和、斉藤将成、城丸一真
田村壮太、松澤耕平、渡邊謙晴



「7. 13水害でできたひび割れのようす」

動機と経過

私たちの選択理科履修グループの先輩方は、一昨年、「チリメンカワニナの研究」を行い、日本学生科学賞で環境大臣賞を受賞した。そして昨年、「オオカマキリの脚の再生に関する研究」を行い、日本学生科学賞で文部科学大臣賞を受賞した。「今年は自分たちの番だ。今まで以上の研究をするぞ。」と意気込んで4月の授業を迎えた。

まず、テーマさがしに学校の周りを観察しようということになり、学校裏の畑から水田をまわり、信濃川の土手に出た。私たちの学校は、白根市の東、信濃川の土手沿いにある。木造校舎を背に土手を降りて、信濃川の広い河川敷に出た。白根市水防センター前の河川敷をみんなで川下に向かって歩く。すると、城丸くんが「何だ、これは。」と叫んだ。そこに行くと、地面に直径30cm以上もある巨大なひび割れが5m四方に広がっていた。全員で周辺を探してみてもなぜか他の場所にはこれほど大きなものはみつからない。どうして大きく割れるだろう、なぜここだけがひび割れするのだろうか、など疑問がわいてきた。ひび割れが生じる原因と割れの大きさを決定する原因を解明することにし、研究を開始した。

次の週に私たちは信濃川のひび割れのようすを調べると学校周辺のようすを詳しく調べることにした。調べてみるといういろいろな場所で土のひび割れが見つかった。また、反っているひび割れも新たに見つかった。

私たちは観察したことをもちよりミーティングを開いた。そこでは、次のような観察結果が発表された。

土の反った場所（すべて日当たりの良い場所）

- ・信濃川近辺の土...コケがたくさん生えていて、土の両端が反っていた。
- ・土手近辺...白い土で、この土もやはり両端が反っていた。
- ・学校裏の畑の土...土手近辺の土に似ている。コケがついていて反っていた。

土にひびが入っていた場所（日当たりの良い場所）

- ・グラウンドの土...グラウンドのほとんどの場所で、浅いひびだけが入っていた。

この観察から、次の疑問点が生じ、さらに詳しく調べることにした。

疑問点

- ・なぜ土がひび割れするのか。
- ・ひび割れが生じ反りかえるのはなぜか。
- ・土には反るものと反らないものがあるのか。
- ・土が反るのに日当たりは関係あるのか。
- ・土の表面についているコケや草などに関係があるのではないか。

学校の中にある土から観察しようということになった。グラウンドの土と砂場の土を1cmほど丸型水槽に入れて日当たりの良い場所に置き1週間後に見ると、砂場の砂は乾いただけだが、グラウンドの土は細かく割れて反っていた。次に、実験的に割れを再現できないかと考え、粒が細かく均質な土として、美術で使った陶芸用の粘土を購入して取り組んだ。実験しながら、河川敷の観察は続けた。日当たりと土の厚さがポイントだと考え、置く場所を変えたり、フライパンで焼いたり、厚さを変えたりした。しかし、すべて失敗。粘土では割れを作ることも反りを作ることもできなかった。

河川敷ひび割れの中に生えていた草はどんどん成長し、背丈ほどになってしまっていてフィールドを覆い尽くした。反る原因だけでなくひび割れの原因さえも解明されず、研究が先に進まない。中にはテーマを変えた方がいいという人まで現れ、選択理科の時間が険悪な雰囲気ですくすく過ぎていった。

夏休みも間近になった7月13日火曜日、3年生は車椅子体験で新潟駅や万代シティに出かけた。その日は朝から白井橋に市役所の人が出て水を見ていた。新潟駅は水が出たと言うことで見学をとりやめたが、それでも夕方まで体験した。学校に帰ってくると川は大変なことになっていた。大郷橋、白井橋、小須戸橋の通行止め。テレビのニュースでは三条市や中之島町の被害が放映されていた。学校は避難所に指定され

た。次の日、信濃川を見ると私たちのフィールドはすべて川の底になり、もう研究は終わったとみんなが思った。

洪水が去り、理科室でテーマをどうするか話し合った。見に行くだけ行ってみようかと安田くんが言い、みんなはあきらめムードでその後についていった。ところがである。今までひび割れのあった場所だけでなく、あたり一面にひび割れが広がっている。それも30cm級の大きな割れが多い。なぜこんなにひび割れができたのか。話し合いの結果、洪水の水が関係するという結論になり、今までの実験に水を加えてやり直してみた。すると、どんどんひび割れができる。河川敷の土を採取し、同じ実験をした。ひび割れていた場所の土は割れるが、さらさらして洪水の後でもひび割れない場所の土は、実験でも割れない。次のような疑問がどんどんできた。やるべき実験がたくさんあり一気にみんなが忙しくなった。一度はあきらめたテーマであったが、7.13水害の大洪水が私たちに希望をもたらしてくれた。

- 1 土の種類を変えてみたらどうか。
- 2 土の粒の大きさにちがいがいか。
- 3 同じ土でも水の量を変えて厚みを変化させたらどうか。
- 4 コケと反りの関係がいか。
- 5 ひびの割れ方に規則性はあるか。

粒のようすを調べるのに学校の顕微鏡では不十分になり、県立自然科学館の島田先生にお願いして電子顕微鏡写真を撮影してもらった。また、裏の畑には何回も土をもらって実験した。さらに、前臼井中学校金安教頭先生に叱咤激励されたことで一時は落ち込んだが実験を進めるエネルギーになった。まだまだ、途中でやりつくせないことも多いが、私たちみんなでこれまでの実験でつきとめたことを報告する。

結果

先行実験1 ひび割れする土を作ることができるか。

担当者(安田・近藤・松澤)

実験1 グラウンドの土でもひび割れを作ることができるか。

《課題設定の理由》

人工的に野外で見たひび割れを発生させることができるかを課題にして取り組んでみることにした。どの土を選べばよいか全くわからないので、身近なグラウンドの土を使った。

- (1) 予想 土の種類が関係している。グラウンドの土でも場所によってできる。
- (2) 方法 直径30cmのプラスチック製丸型水槽の中にグラウンドの土と砂をそれぞれ入れて水を加えてかき回して混ぜる。水槽を日当たりのよいグラウンドに置く。
- (3) 結果 土のほうは、白く乾燥し細かな直径3cmくらいの割れがたくさん入り、端が少し反っていた。(成功)
砂のほうはただ乾燥しただけで変化がなかった。(失敗)



図1 土のひび割れ実験

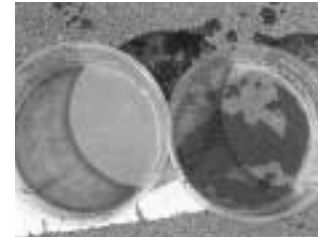


図2 グラウンドの土(左)と砂(右)

- (4) 考察 グラウンドの土は、砂より粒が細かい。細かい粒の土はひび割れて反るのではないか。ディスクッションの結果、均質な土でさらに細かい粘土であればもっとひび割れるだろうと考えた。そこで、美術で使ったことがある陶芸用粘土で実験することにした。

先行実験2 もっと反る土を作ることができるか。

実験2 粘土を使って、コンクリート上で試みる。

担当者(福田・岡村・田村)

《課題設定の理由》

アフリカの日照りの写真を図書館で見つけた。アフリカの灼熱の太陽のように、日光の熱がひびや反りを起こす原因であると考え、日なたのコンクリート上で実験した。

- (1) 予想 日なたに置くとよく反る。粒の細かい粘土の方はグラウンドの土より反り方が大きい。
- (2) 方法 粘土の厚さをグラウンドの土の時と同じ10mmにして、陶芸用の粘土を直径3cmの円状にしたものをコンクリートの上に置く。
- (3) 結果 変化なし(失敗)
- (4) 考察 コンクリートが悪かったのだろう。もっと粘土が熱くなるような工夫が必要である。



図3 コンクリート上においた粘土

実験3 粘土を使って、電球で上から熱して試みる。

担当者(轡田・田村・渡邊)

《課題設定の理由》

日光より温度を急激に上げて反らせるために、電球を使うことにした。

- (1) 予想 電球は日光よりも熱くなるのでよくひび割れて反る。
- (2) 方法 粘土を直径3cmの円状にしたものをプラスチック水槽に入れ上から100Wの電球を2時間照射する。
- (3) 結果 なかなか乾燥せず、電球が熱くなり危険になってきたので中止。(失敗)

(4) 考察 電球の熱では実験が困難なことがわかった。

実験4 粘土を使って、フライパンで直接熱して試みる。
担当者(轡田・城丸・小柳)

《課題設定の理由》

電球ではできないので、直接熱すればよいのではないかと考えた。粘土をフライパンに置いて熱して反らせる。

- (1) 予想 フライパンを加熱すれば、安全に高い温度にすることができるので、よく割れて反る。
- (2) 方法 フライパンに粘土を直径3cmの円状にしたものを入れてふたをして30分強熱する。
- (3) 結果 黒くこげただけで変化なし(失敗)
- (4) 考察 熱する方法は関係がないようだ。



図4 フライパンで熱する

実験5 粘土を日当たりのよい場所に金属板を置いて置く。
(担当者 福田・田村・齋藤)

《課題設定の理由》

ディスカッションの結果、熱する方法よりも、日光に關係すると考えた。日光の影響を最もよく受けるように、金属板を敷き、日なたに置いた。対照実験のためにコンクリートとプラスチック下敷きも使用する。

- (1) 予想 金属は熱を通しやすく、日光により上からも熱が当たるのでよく反る。
- (2) 方法 粘土を直径3cmの円状にしたものを金属板(銅板)、コンクリート、プラスチック下敷きの上に置く。
- (3) 結果 金属板・コンクリート・プラスチック...すべて変化なし(失敗)
- (4) 考察 日当たりも下に敷く物質にも関係がないようだ。

実験6 厚さの違いからひび割れのでき方を調べる。
(担当者 福田・田村・齋藤)

《課題設定の理由》

熱を使った実験ではすべて失敗した。ディスカッションの結果、グラウンドの土で割れた白い土はとても薄いことが問題とされた。はっきりとひびが割れる条件が分からなかったため、厚さの違いによってひび割れの仕方が変わるのではないかと考えた。粘土を使って厚さを変えて調べた。粘土をアルミホイルの上に広げてやったのだがアルミホイルに粘土がくっつき取れなくなって失敗。そこでかわりにトレイを使って次のような実験を行った。

- (1) 用意するもの
・粘土 ・トレイ(アルミホイル) ・定規
- (2) 方法
土をトレイの上に厚さを変えて置く。
(厚さは1、2、3、4、5、10、15、20mmの8種類)

この時、表面がなるべく平らになるようにする。

その後、日のあたるところに放置して観察をする。

(3) 結果

1週間日に当てていたが、ひび割れも反りも見当たらず失敗に終わった。

(4) 考察

厚さを変えただけでなく、サイズを変えるべきなのか、根本的に粘土だったのがいけなかったのかなど、今後どう調べるかみんなで話し合ったがよい案が浮かばなかった。



図5 アルミホイルの上での実験



図6 うすく粘土をのばす

3 信濃川を襲った洪水 7.13水害

7.13水害によって、三条や中之島や県内各地に多大な被害を受けたが、私たちの学校の近くを流れている信濃川の河川敷も完全に水につかり、私たちの研究していた土もその水と一緒に流されてしまった。そして、水がひいたある日、河川敷を見に行ったところ、今までであった場所とは違う場所にまた新たなひび割れと反っている土を発見した。

今までにひび割れがあった場所は、川のそばだったが7.13水害によって堤防のすぐそばまでできていた。このひび割れは、堤防に水が上がり、その際に土砂が堆積した結果できたものである。水でかき回されたどろどろの土がひび割れに關係があると考えた。ひび割れ実験には、土の粒だけでなく「水」が必要だった。



図7 水没して海のようになつた土手



図8 白井橋を越えそうなほどの信濃川

まず、洪水によってできたひび割れについて全員で観察し、ディスカッションした。そこでは、次のような観察結果が発表された。

観察結果

- (1) ひび割れた土が層状になっている。
- (2) ひび割れの大きさが場所によって異なっている。土手から護岸に近づくにしたがって割れが大きくなり、深く割れている。



図9 土砂がたい積してでき
たひび割れ



図10 層状になっているひび
割れ

疑問点

- (1) ひび割れした土はなぜ層状になっているのか。
- (2) なぜ土手から護岸に近づくにしたがって割れが大き
く、深くなるのか。

考察

土が層状にはっきりと分かれ、まるでパームケーキのよ
うにうすくはがれた。1年生で習った河口にたい積した地層
のようであった。このときの実験では小石、砂、粘土と重く
大きい粒から下に沈んだ。洪水の土砂がたい積するとき、軽
い小さな粒が上に、重く大きい土の粒が下になり層状になっ
たのだと考えた。

ひび割れの大きさのちがいの理由がわからなかったので詳
しく調べてみることにした。

4 信濃川土手のひび割れの数と地形との関係

観測地点

最初の観測地点をAとする。学校のグラウンドを通して、
道を隔てて土手を降りる階段がある。その下から最初にひび
割れが見つかった観測地点までの間で観察することにした。
斜面の角度についてはクリノメーターを使用して測定した。
これを観測地点Bとする。

観察方法

割れ方の数を調べる方法
を話し合った。昨年度、ク
ロベンケイガニの分布と生
態を研究した福田くんが、
方形枠法で巣穴調査したこ
とを応用できないかと提案
した。1 m 枠では数を数え
にくいので、50cm四方の木
枠を作って調べることにした。



図13 方形枠法による測定

5箇所データをとりため、信濃川のコンクリート護岸か
ら土手まで3 m間隔で調べた。

結果

信濃川護岸から土手までの15mにあるひび割れの数		
	50cm ² 枠の中の ひび割れの平均の数	1 m ² に換算した数
3 m地点まで	10個	40個
6 m地点まで	12個	48個
9 m地点まで	18個	72個
12m地点まで	22個	88個
15m地点まで	30個	120個

表 1 河川敷のひび割れの数と護岸からの距離の関係

- ・護岸から土手に近づくにつれてだんだんひび割れの数が多
くなっていることがわかった。

考察

たい積した大きなひび割れを実験室に持ち込みディスカッ
ションした。

洪水により川から運ばれた土砂は、いろいろな大きさの粒

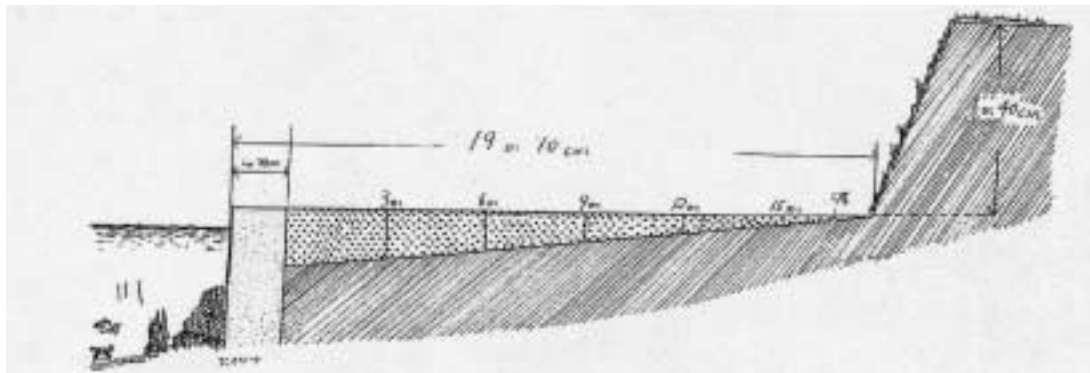


図11 観測地点の断面図

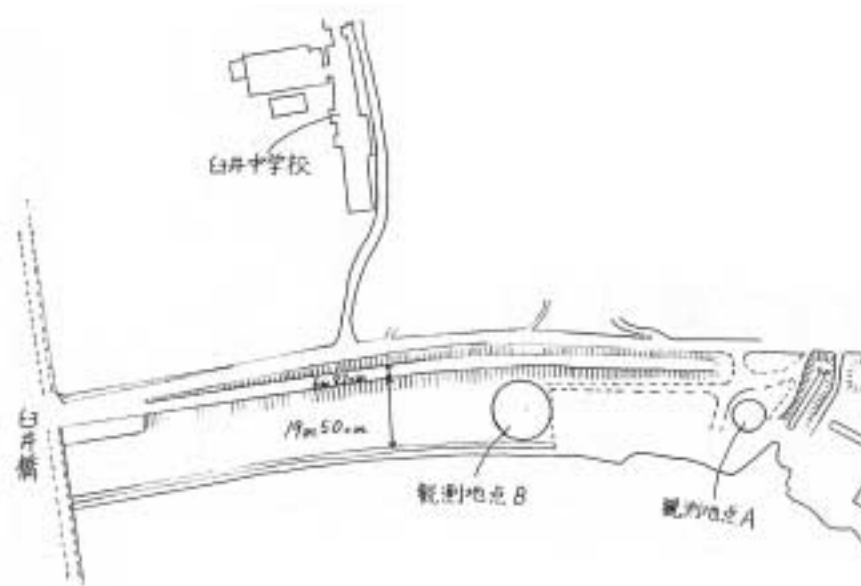


図12 観測地点の略図

がどろどろに交じって下流に流れて、河川敷を覆い尽くす。河川敷は風雨により削られ、水が流れやすいように少し傾斜がついている（約5度）。そこに土砂がたい積したため、護岸の方が厚くなり、土手に向かって薄くなった。

ひび割れの数はたい積した土砂が厚いほど大きく割れ、薄いほど細かく割れるのではないかと考えた。

それを実験的に確かめることにした。



図14 大きなひび割れを掘り出す

実験7 斜面にトレイを置いたときひび割れや反りの仕方が変わるか。

《課題設定の理由》

河川敷のモデルとしてトレイを斜面に置き、実験する。そのときの角度は河川敷と同じ5度とした。

(1) 方法

河川敷の土を、土と水を10：9の割合で溶かして、トレイに敷き、角度が5度になるようにして日光のあたるところに置き変化を見る。

(2) 結果

斜めにしておくと、トレイの上の方が土が薄くなり、下の方が厚くたい積する。

ひび割れは、トレイの斜面の上の方は小さめである。それに対して、下の方はひび割れが大きめである。



図15 ひび割れを前に話し合い

(3) 考察

水にとかした土はよくひび割れを生じた。やっとひび割れの土を作ることに成功した。

結果から、河川敷と同じように斜面に置いたトレイでも大きさの違うひび割れをつくることもできた。このことから、たい積する土が厚いほど大きなひび割れになり薄いほど小さなひび割れになることがわかった。ただ、大きな割れの違いにならなかったのは厚さの違いが少なかったからだと考えた。

河川敷の観察では規則性もはっきりさせることができなかったので、厚さを大きく変え実験することでひび割れの大きさを変え、規則性もわかるのではないかと考えた。

実験8 シャーレに入れる土の厚さを換え、厚さとひび割れの大きさの関係を調べる

《課題設定の理由》

土と水の割合は実験7と同じにして、土の厚さを規則的に変えることでひび割れの大きさにちがいがあるか調べる。土は、河川敷の土と畑の土を使う。

(1) 方法

各土を、土と水を10：9の割合で溶かして、半径4.5cmシャーレに5mm、10mm、15mm、半径7.5cmシャーレに20mm、25mmでしく。

それぞれを日光のあたるところに置きひび割れをさせる。

完全に乾き、ひび割れが止まったところをスケッチする。



図16 斜面のトレイのひび割れ

シャーレのひび割れの数を数え、シャーレの面積で割り、平均の大きさを出す。
 土の厚さと大きさの関係を表にまとめる。
 表にまとめたものを表計算ソフト(エクセル)を使ってグラフ化する。

(2) 結果

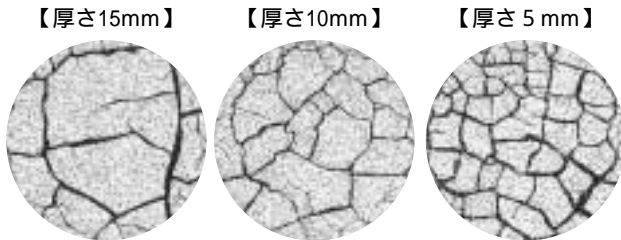


図17 厚さによって割れ方がどうちがうかスケッチしたもの(河川敷の土の例)

・斜面にしてシャーレを置いたときの実験結果のように、土の厚さが厚いほど、ひび割れの数が少なくなり、割れ方が大きくなることがわかった。

河川敷の土(0.01mm)

土の厚さ(mm)	5	10	15	20	25
ひび割れ一つの平均の大きさ(cm ²)	1.12	3.35	9.08	22.08	44.16

畑の土(0.01mmから0.02mm)

土の厚さ(mm)	5	10	15	20	25
ひび割れ一つの平均の大きさ(cm ²)	0.66	4.89	7.95	11.78	22.08

表2 土の厚さとひび割れの数の関係

(3) 考察

グラフのR²の値が1に近いほどグラフは2次曲線に近くなる。このことから、河川敷の土も、畑の土も、厚さと割れの大きさが、ほぼ2乗に比例すると考えた。厚くなるほど土を取り囲む表面積が大きくなり反らずに大きなひびになるのではないか。

7. 13水害で信濃川河川敷にたい積した土砂の厚さを計算する。

ひび割れの面積をY、土の厚さをXとしたときの計算式を次のように近似する。

$$Y = 0.0232 X^2 \dots$$

採取したひび割れの面積を方眼OHPシートに写しとって求めると

Y = 約705cm² これを式に代入して計算すると河川敷の土の厚さ X = 174mmとなった。

上で求めた厚さは、実際に採取した厚さの最大値175mmとほぼぴったり一致した。

我々の求めた式から、ひび割れの面積からたい積した土の厚さを計算できることになる。

次に、この結果を時間を追って調べたいと考えた。ひび割れがどう始まり、何日くらいでひび割れが完成するのか、写真とスケッチから2週間継続観察することにした。

実験9 ひび割れがどのように進むのか

《課題設定の理由》

一つの大きな割れができ、その後2つずつ割れていくだろうと考え、2週間にわたって観察することにした。

(1) 方法

下の写真のように各土を、土と水を10:9の割合で溶かして、半径4.5cmシャーレに5mm、10mm、15mm、半径7.5cmシャーレに20mm、25mmでしく。

それぞれを日光のあたるところに置きひび割れをさせる。

2週間、朝8時、昼1時半、夕方4時の三回にわけて全員が交代で、写真を撮る。

時間ごとに特に変化があったところをスケッチしてまとめる。

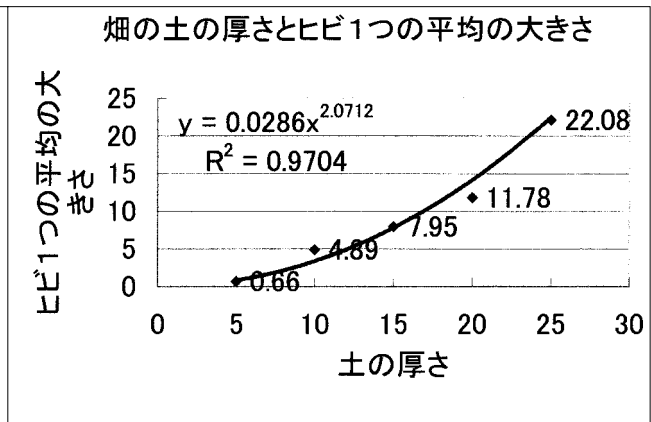
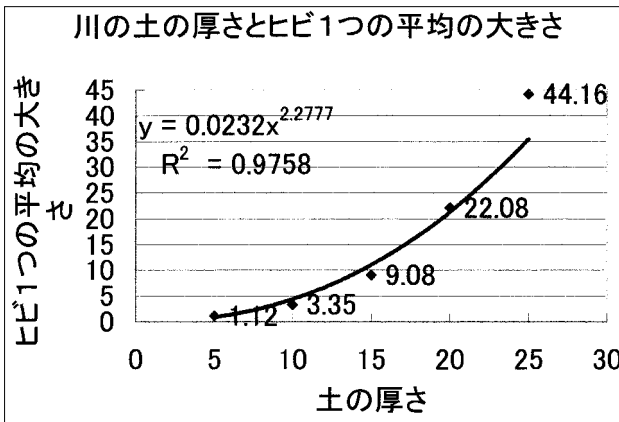


図18 土の厚さとひび割れの数のグラフ (R²: 決定係数)
 ・土の厚さとひび割れの平均・面積の関係は、ほぼ2乗に比例することがわかった。



図19 厚さ5・10・15mm
河川敷の土



図20 厚さ15・10・5mm
畑の土

(2) 結果

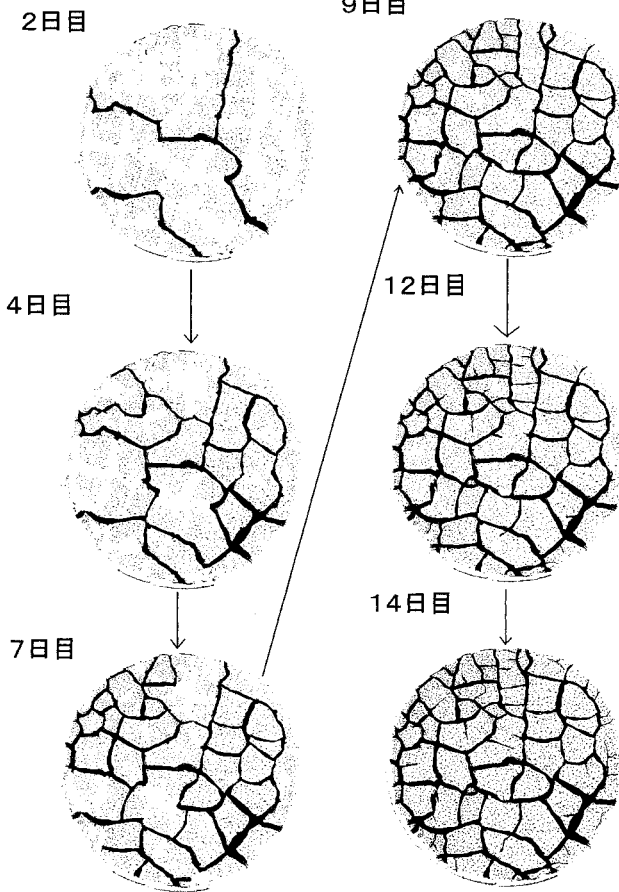


図21 ひび割れの進み方(河川敷の土で厚さ5mmの例)

- ・予想通り大きな割れが入り、そこから割れが進む。乾くにしたがって細かい割れが多くなっていく。厚い場合は、外側から割れ、そこから中の割れになることがわかった。

(3) 考察

土が厚い場合は、外側から割れていく。これはシャーレの外側が乾燥しやすいからだと考えた。乾燥すると粒がかたまり、大きなひび割れにならないのだろう。

ここまでで、ひび割れは作ることができたが、反りについては説明できていない。そこで改めて全員で河川敷や学校の周辺

を観察して反っている場所がないか探してみることにした。

5 再び河川敷のひび割れの観察

粘土を使っていくら実験しても全然割れができない。考えが煮詰まってきたので、もう一度河川敷を歩き何か解決の糸口はないか探した。すると、轡田君が、「変なものを見つけた。」といって走ってきた。みんなも行ってみると、黒色の土が異常なまでに反りかえっていた。まわりをさらに探すとさびたような赤っぽい土で反りかえっているものもみつけた。持ち帰り観察した結果、植物の藻ではないかと考えた。そこで、寒天培地で繁殖させようということになり、培養を試みたが増えずに失敗した。何か解決の糸口はないかと悩んだ。



図22 なぞの黒い土



図23 なぞの赤い土

6 土の電子顕微鏡写真を撮影する

ディスカッションの結果、黒い土や赤い土が反るのは、土の粒子に何か特徴があるにちがいないと考えた。そこで、学校にある顕微鏡を使って全員で観察した。しかし、何もわからなかった。もっと倍率を上げて観察できれば何か分かるにちがいないと考えた。

2年生のときのゲスト講座で、県立自然科学館のボランティアで元新潟大学教授の相川先生が、「科学館では、一般向けに電子顕微鏡教室を企画したり、学校の生徒対象に観察会を行っています。」とおっしゃっていたのを小柳君が思い出した。

さっそく科学館に連絡すると資料を見せて欲しいといわれたので小柳君、轡田君、近藤君が代表で行くことになった。自然天文課の主任展示専門員の島田先生が応対してくださった。撮影をお願いできることになり、反っていた白い土、なぞの黒い土、なぞの赤い土などの表面と裏面と断面などの写真を走査型電子顕微鏡で撮ってもらった。

(1) 写真の観察

反っている土×1000倍

全体に何かが折り重なっているように見える。

赤い土平面×200倍

何かの植物に土がついたものに見えた。

黒い土平面×1500倍

何かの菌みたいな物がたくさんついているようだった。

黒い土の反って丸くなっている所×350倍

溪谷の断崖絶壁を下から見上げたようだ。

学校のグラウンドの土平面×2000倍

とても小さいひびがあった。

学校のグラウンドの土表面×1000倍

平面と同じで小さいひびが入っていた。



図24 白い土 1000倍



図25 白い土 2000倍

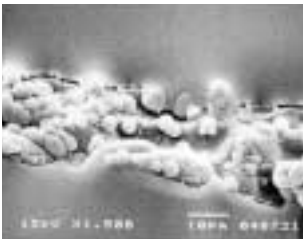


図26 黒い土 1500倍



図27 赤い土 200倍

(2) 島田先生の話

この反っている土を顕微鏡で見ると何かの繊維みたいだ。そして反っている土は、その繊維がからまっているようだ。土の割れた場所は、繊維が切られた後のようにも見える。前に紙おむつを撮った時の写真に非常によく似ている。また、このなぞの土は藍藻の一種ではないかと思う。現在科学館でも調査中の藍藻の写真によく似ている。確かめるには、ペーパークロマトグラフィーで調べるとよいでしょう。

(3) 考察

なぜ藍藻のある土は反るのだろうか。まず藍藻そのものについて詳しく調べることにした。また、藍藻があれば必ず反るのかも調べることにした。また、島田先生のお話をヒントに、繊維みたいだということから、水の粒と土の粒がくっつき合うのではないかと考えた。粒が小さければくっつきやすいだろうと考えた。そのため、もう一度粘土を使うことにした。人工物としてポリマーを入れるのもも実験しようということになった。

7 ひび割れが入り、さらに反った土を作る

実験10 藍藻について調べる

《課題設定の理由》 ペーパークロマトグラフィーで、黒い土と赤い土が藍藻かどうか確かめる。

(1) 準備

ペーパークロマトグラフィー、黒い土、赤い土、キクの葉、ビーカー50ml、スタンド

(2) 方法

ビーカーにキクの葉1枚(本葉)を細かくしたものと、黒い土、赤い土(質量同じ)を入れ、それぞれにアセトン20mlを入れてガラス棒で混ぜる。

10分おいて、それぞれ10mlとキシレン10mlを別のビーカーに入れガラス棒で混ぜる。

(このときキクの葉の液が、緑色の液と黄色っぽい液に分離したがかわらず続行した。)

スタンドを使ってペーパークロマトグラフィーをつるし、実験。事前の調査で、色素の層ができるとき植物なら2層でき、そうでないなら1層となることがわかっている。

(3) 結果

10分経ったところで撮影すると、下図のようになった。



図28 キク・黒い土・赤い土のペーパークロマトグラフィーの変化

・黒い土(中)は1層の緑色の線ができた。赤い土(右)も1層の緑色の線ができた。それに対して、キク(左)は2層の緑色の線ができた。

(4) 考察

最初1層はクロロフィルaである。キクには2層目のクロロフィルbの線ができるが、藍藻はクロロフィルaしか持たないため、2層目がでない。このことから黒い土も赤い土も緑色植物でないことがわかった。このことから、黒い土と赤い土は藍藻である可能性が高くなった。だがその種類までは同定できない。

実験11 サラサラ土と藍藻を混ぜたもので土を反らせる。

《課題設定の理由》

黒い土と赤い土をみつけたとき、ひび割れの近くで、割れない土を見つけた。その土は、手でさわるとさらさらしていたので、サラサラ土と名づけた。サラサラ土でも藍藻をまぜれば、藍藻が接着剤の役割をして反ってくると考え、実験してみることにした。

(1) 方法

サラサラ土の粒の大きさを他の土と同様に対物マイクロメーターで調べる。

サラサラ土に藍藻を削り取り混ぜる。

土と水の割合は実験7と同じにする。

ひなたに置き変化をみる。

(2) 結果

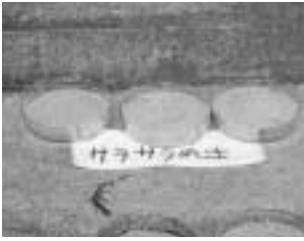


図29 サラサラ土

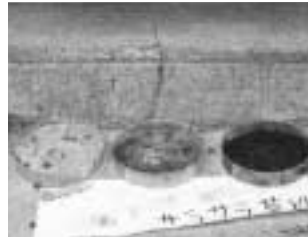


図30 サラサラ土に藍藻を入れたもの

- ・サラサラ土の大きさ...0.04mm ~ 0.05mm
- ・予想通り、サラサラ土を一部分ではあるが、反らせることができた。

(3) 考察

- ・サラサラ土は、シャーレに作ってもひび割れはできなかった。このことから、藍藻がサラサラ土を反らせたことがわかる。

実験12 吸水性ポリマーをサラサラ土に入れて土を反らせる。

《課題設定の理由》

島田先生の話から、吸水性ポリマーは、繊維をからめたような構造であるということから、サラサラ土を反らせるだけでなく、他の土もよく反らせるのではないかと考えた。

藍藻でもうまく反ったのだから、吸水性ポリマーは、もっと反られるのではないかと考え、確かめることにした。

(1) 方法

吸水性ポリマーをサラサラ土、河川敷の土、畑の土にそれぞれ2gずつ混ぜる。

土と水の割合は実験7と同じにする。

ひなたに置き変化を見る。



図31 サラサラ土



図32 河川敷の土



図33 畑の土

(2) 結果

- ・ポリマーを入れたものはなかなか乾燥しなかった。
- ・サラサラ土、河川敷の土、畑の土は割れることもあったが表面に小さな穴が多数見られた。

(3) 考察

吸水性ポリマーは、予想に反して、反るどころではなかった。ひび割れについては今までのものと形が全く異なった。土どうしが凝集されているように見えた。

実験13 粘土を使って土を反らせる。

《課題設定の理由》

河川敷の土を水に溶かして斜面に置くと、大きさのちがうひび割れができた。そこで、粒の細かな粘土ではひび割れるだけでなく、反るのではないかと調べた。

(1) 準備するもの ・粘土 ・トレイ

(2) 方法

粘土に水を混ぜて泥状にし、トレイに平らに敷き結める。

その後少し斜めにして日当たりのよいところに置いて様子を観察する。



図34 反っている粘土

(3) 結果

2日後、粘土の様子を見てみると水が乾いた面から乾いていない面に向かってひび割れ反っていた。

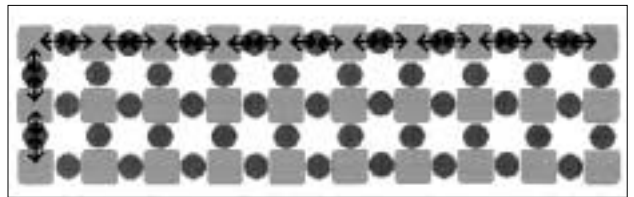
斜面の下のほうに水がたまっていた。反り方は今までの土とは比べ物にならないほどであった。

(4) 考察

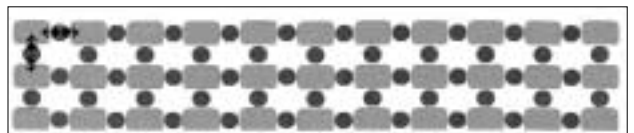
反る理由について、ディスカッションした。粘土は粒が小さい。粒の細かさが反り方に関係すると考えた。土の粒が小さいために、水の粒と引き合う力が強く、ひび割れせずに反ってしまうのではないかと。粘土の粒と水の粒の引き合う力から、粘土が反るようすをモデル化してみた。

8 土が反ったり、割れたりする粒子モデル

- (1) 水を入れてかき混ぜると土の粒の間に水の粒が入り、引き合う。



- (2) 乾燥してくると、水の粒が土の粒を引っ張りながらすき間を小さくする。



- (3) 薄い層のようにになっている場合、引く力が大きくなり、反ってくる。



- ・厚い土の場合、縦方向に引く力が、横方向の引く力より大きくなり、反る前にひび割れができる。
- ・厚さが大きくなるほど表面積が広い部分で横方向に力が働く。そのため、粒と粒との横の結びつきが強くなり、ひび割れが大きくなる。
- ・サラサラの土は実験でもほとんど割れなかった。土の粒の大きさが粘土くらいに小さくならないと横方向の力が小さくなり、ひび割れができない。
- ・藍藻は、藍藻細菌とも言い、核膜をもたない原始的な生物である。単細胞生物で、群体を作り、水を媒介して生きている。乾燥する際、薄い細胞の一つ一つが土の粒と同じように引き合い反る。
- ・ポリマーは水を保つ働きがあり、粒の構造は土とは全く異なっている。そのため、独特の模様になる。サラサラ土でも水の粒と結びつきができ、ひび割れが生じた。

研究の発展と今後の課題

大きなひび割れが信濃川の河川敷にできていることから始まった研究だった。ふだんにげなく見ていた地面のひび割れも原因をつきとめるのは簡単でなかった。あの洪水がなかったら途中であきらめていたかもしれない。白根市も水田がつかって被害も多かったが洪水は私たちの研究にとっては貴重なおおがかりな実験結果を与えてくれた。

粒の大きさや水との関係に行き着くまでが大変だったが、予想通りの結果ができた後は、人数も多い分だけどんどん実験も進む。14日間の継続観察は大変だったが、分担して毎日学校にきて観察し写真を撮り記録していくことを全員でしたことに意味があった。同じものを見ていても気付くことがちがうのが振り返ってみるとわかる。その場その場でみんなて話し合っ進めたことがよかったのだと思う。

あの最初に見つけたひび割れは、河川敷の整備のために運ばれた土のうち、粘土質の多かったことと、岸の取水溝と信濃川の角地にあたり、水をかぶることがありできたわれであると今は考えている。ひび割れの面積から計算した結果から判断すると厚さ50cmくらいの粘土層であるといえる。

洪水の後のひび割れから、流されてきた粘土性の土砂は、厚さ20cmくらいにもなることがわかり改めて水害のひどさもわかった。

また、裏の畑の土が河川敷の土と同じようにひび割れする理由は、昔、学校近辺を白蓮瀧といい、畑のところには川が流れていて河川敷だったからであるからであると結論付けた。このことは昨年の総合的な学習の時間に学んだことである。今回の洪水のように、粘土質の土砂が運ばれてきた土地が肥沃な土になり、今の畑の土ができたのであろう。

このように、ひび割れ一つから科学的な理由や土がたどってきた歴史がわかるところがとても面白かった。

今後は、次のことを疑問点として実験していきたい。

- 1 水と粘土との関係でどこから反りがはじまるか。これ

を数値で表しグラフ化することはできないのだろうか。

- 2 土が乾燥して割れができてくることを観察で確かめられたが、そのくわしいしくみまで研究できなかった。水が蒸発してどうやって土の粒子が結びついていくのか、電子顕微鏡を使うなどしてさらにはっきりさせたい。
- 3 藍藻をうまく繁殖させることはできなかった。藍藻を使った土の種類を広げ、藍藻を繁殖させて大きな反りができることを実験的に確かめたい。
- 4 藍藻の種類についてはわからなかったので、名前を同定したい。また、藍藻の種類により、割れ方や反り方に違いがあるか調べたい。
- 5 吸水性ポリマーでの実験結果は興味深かった。ポリマーそのものの構造などについても詳しく調べたい。

謝辞

- 1 電子顕微鏡写真をきれいに撮影していただき、写真の見方についての講義と激励をいただいた県立自然科学館 島田幸市先生に、心よりお礼申し上げます。
- 2 藍藻の観察について、重要な文献を提供して下さった元新潟大学教授相川豊夫先生に心よりお礼申し上げます。
- 3 研究の進め方の基本や激励をくださった栖吉中学校教頭金安健一先生に心よりお礼申し上げます。
- 4 土壌の性質について重要な文献を提供して下さった県農林水産部副参事真貝文行さん、副参事安田浩さんに心よりお礼申し上げます。
- 5 昨年度の研究を参考にして、研究のまとめ方について快く御指導くださった大熊千夏先輩に心よりお礼申し上げます。
- 6 論文を制作するにあたり多くの御助言をいただき、また、くじけそうになったときにもあきらめずに励まして下さった笠原徹先生に心よりお礼申し上げます。
- 7 本研究にあたり、直接、計算方法について御指導いただいたり、理科室をのぞいては温かい言葉をかけて見守って下さった臼井中学校の田中正二校長先生、厚さと面積の関係について御指導いただいた長谷川貞先生、方形枠法の枠作りを御指導いただいた遠山朗先生をはじめとした臼井中学校の諸先生方に心よりお礼申し上げます。
- 8 本研究を進めるにあたり、多大な御協力と応援して下さった家族に心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1 八杉龍一他編著 生物学辞典 岩波書店 1996年
- 2 藤原俊六郎他編著 上壤肥料用語辞典 農山漁村文化協会 1997年