

【自由研究指導法 3】
《課題 J 5：自由研究》

(研究表題) 「校庭が、なぜぬかるむのか？」

【研究の動機】

多摩市立南鶴牧小学校は多摩ニュータウン造成に伴って 1982 年に開校した、比較的若い学校である。近代的で計画的な都市造り、学校造りがされたにもかかわらず、雨が降ると校庭が大変ぬかるみ、立ち入れない状態となる。ただ水がたまるだけではなく、土が水を吸い水田のようにぬかるんでしまう。また、その後天候が回復しても、ぬかるんだ土の水分が抜けるまでには 2～3 日かかる。以前に、土曜日に降雨で中止された運動会が、日曜日以降は雨がやんだにもかかわらず、校庭の土の状態が理由で木曜日まで順延したという自慢にならない記録まで持っているほどである。そこで、校庭の水はけの悪さの原因がどこにあるのか、校庭の土の質や地下の様子について調べてみることにした。

【研究の目的】

1. 校庭の土の様子を観察する
2. 校庭の土の水の通り具合を調べる
3. ボーリング調査の記録を整理して、校庭の土の状態を調べる

【研究 1】校庭の土の様子を観察する

校庭の土は普段は、よく見ると赤っぽい色をしている。感覚ではグレーという印象が強いが、改めて見てみると赤土の色のようにも見える。(写真 1)

約 7000 m² ある大変広い校庭であり、一部の校庭の 3 倍程度の広さがあるのではなかろうか。しかし、これだけ広くても雨が降ると水を吸収せずに、土中に水を蓄え、また表層にも水がたまってプールのようにになってしまう。



(写真 1)

次の(写真 2)(写真 3)は、正に雨天によって運動会が中止となったある年の校庭の朝の様子である。湖面のように浸透しない水がたまっていることがよく分かる。



(写真 2)



(写真 3)

(実験 1) 校庭の土と他の土を顕微鏡で比べてみる

<方法>

砂浜の土(新潟にて採取)、鹿沼土(市販)、黒土(市販)、粘土(黒姫にて採取)、校庭の土、の 5 つについて、顕微鏡で観察して土の様子を比べた。観点は、粒の大きさ、色、水分、粘りけの 4 点とした。

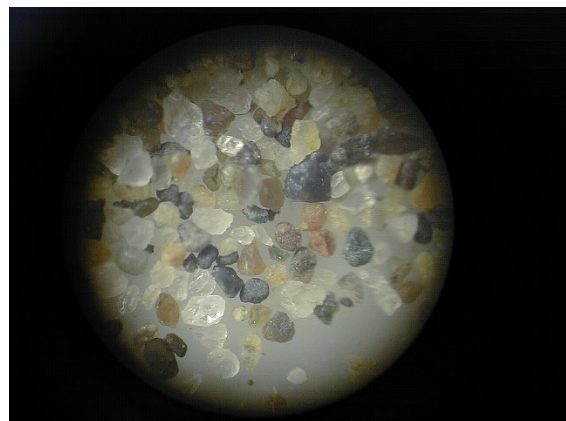
<結果と考察>

(顕微鏡の倍率は、全て 50 倍となっています)

(1) 砂浜の土(新潟にて採取)

新潟県の糸魚川の砂浜で採取した砂浜の土である。

顕微鏡で見ると、砂というより小石の集まりのように見える。色とりどりで美しく一見宝石のようでもある。水分も含んでおらず、一般的に“土”と言われるような物質は見当たらない。北アルプスが岩石質の山脈であるので、そこから川によって運ばれたためこのような小石の粒のように見えると考えられる。



(2) 鹿沼土(市販)

ホームセンターで市販されている鹿沼土である。鹿沼土とは、「農業や園芸に使われる栃木県鹿沼市産出の軽石の総称。形状は丸みを帯びている。土と呼ばれているが実際には軽石である。(Wikipedia)」とされている。

顕微鏡で見ると、黄色っぽくぼそぼそとしており、乾いている。いかにも水分を蓄えてくれそうな、保水性の高そうな土質に見える。また、土の質も均一に見える。鉢の底土や黒土と混ぜて使われることがあるが、ある程度の水はけと保水性が必要なためであろうと考えられる。



(3) 黒土(市販)

こちらもホームセンターで市販されている黒土である。黒土とは「通常肥沃な黒色の土壌で、農業に適している。

(Wikipedia)」とされており、特別にどこかのある特定の土質のものを指すわけではない。

名前の通り黒色で、一見水分を含んでいそうに見えるが、顕微鏡で見ると予想に反して乾いている。土質は均一であり、こちらも保水性の高そうな土である。

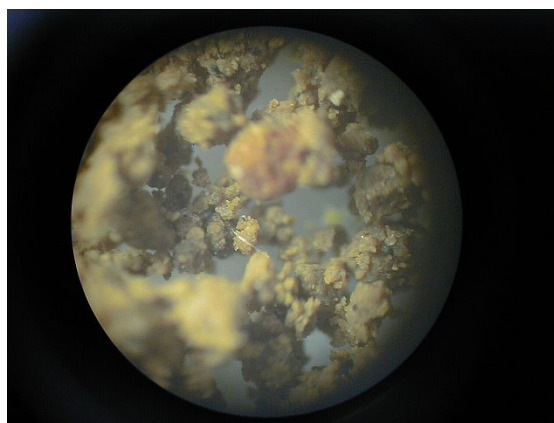


(4) 粘土(黒姫にて採取)

長野県の信濃町にある標高 2,053m の複式成層火山、黒姫山の麓にある黒姫高原で採取した土である。10cm ほど掘った部分の土を採取している。火山噴出物による堆積と考えられ、採取しているときも粘りけが感じられた。粘土とは、「地質学の分野においては粒径（粒の大きさ）が $3.9\mu\text{m}$ 未満の粒子とされ、鉱物学の分野においては $2\mu\text{m}$ 以下の粒子とされ、土質力学の統一分類法においては粒径が $5\mu\text{m}$ 以下の土とされる。(Wikipedia)」

とされており、細かな粒子の土と捉えることができるが、黒姫高原で採取したこの土は、土地柄ローム（粘性質の高い土壌であり、シルトおよび粘土の含有割合が 25~40%程度のもを指す）の一種であろうと考えられる。

顕微鏡で見ると、土質も不均一で大小様々な大きさからなり、色も赤茶がベースであるがマチマチである。また、大きな固まりの周りに、小さな粒が付着している様子が見



られる。もともと水分を含んでおり、粘りけや重量もある。よく粘土層は水を通さない
ので、その層から水がしみ出てくるといわれるが、正にそういった様子で、水分はこれ
以上含めずに逆にはじいてしまいそうな見かけである。

(5) 校庭の土

校庭の中央部の土を、10 cm ほど掘り、土を採取した。掘った日の天候は曇りであったが、それ以前の3日間は降雨していない状況である。

粒の大きさは大小様々な大きさがあり、大きな粒の周りに小さな粒がきな粉のように付着している。また、土質の色も茶色がベースであるが細かくは様々である。水分も初めからある程度含んでいて、掘った土も重く、そして粘りけがあった。



(4)で観察した粘土土に非常に似ている。また、俗に言われる関東ローム層の土にも似ている。

【研究2】校庭の土の水の通り具合を調べる

(実験2) 校庭の土と他の土を同体積とり、水の浸透実験により通りやすさを比べる

<方法>

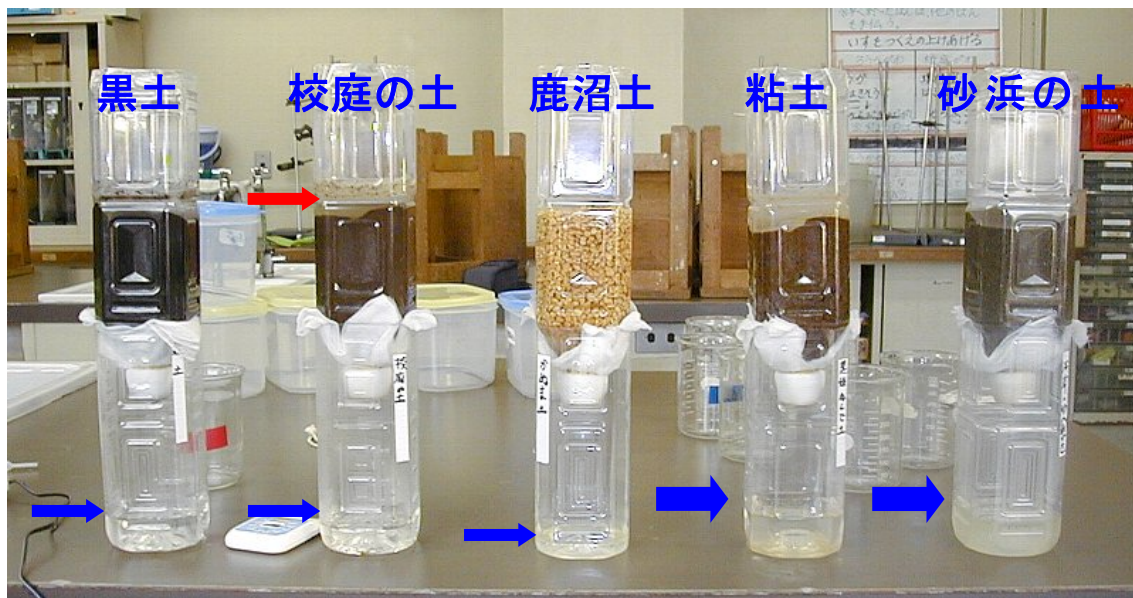
砂浜の土(新潟にて採取)、鹿沼土(市販)、黒土(市販)、粘土(黒姫にて採取)、校庭の土、の5つについて、ペットボトルを用いた実験装置によって水の浸透実験を行い、水の通りやすさを比べてみた。

実験装置は、(写真4)のようにペットボトルを2つ重ね、上部のペットボトルに土を入れ、口はガーゼで縛って土が出ないようにしてある。土の上から300 mlの水を入れ、10分後に水がどれだけ土を通っていたかを確認した。

水が下部のペットボトルに溜まれば、水を通しやすいといえる。また、通しにくい土は水が土の上部にたまり、水を含みやすい土は、土の上にも下部のペットボトルにも水が出てこないはずである。



<結果と考察>



実験結果は上記写真のようになった。左から、黒土、校庭の土、鹿沼土、粘土、砂浜の土の順となっている。溜まった水の位置を青矢印で示している。

一番水を通したのが粘土と砂浜の土、次が黒土と校庭の土、3番手が鹿沼土という結果となった。ただし、鹿沼土は多量に土中に水を含んでいたことが土の色の变化からもわかった。下部に水がたまらないからといって水を通しにくいとは言えない。同様に、校庭の土は、そこそこ下部に水がたまっていたので水を通す結果となったが、赤矢印で示すように唯一土の上部に浸透していない水がたまる結果にもなった。これはある程度は水は通すが、限度を超えてしまうと通さなくなるということを示している。一方、校庭の土と同じようにもともと水分を含んでいる粘土については、上部には水はたまっていなかった。校庭の土よりも浸透性も保水性もあると考えられる。

(実験3) 校庭の土と他の土を同質量とり、水の浸透実験により通りやすさを比べる

<方法>

(実験2) では、もともと土中に含まれている水分は考慮に入れていなかった。よって比較する土は同体積であるが質量はまちまちであった。そこで、2回目として比較する土を同質量にして、水の通りやすさを比べてみた。

実験装置は、(実験2)と同様であるが、鹿沼土のみ入りきらなかったもので、別形状のペットボトルを使用している。土の上から300mlの水を入れることも、10分後に水がどれだけ土を通っていたかを確認することも同様である。

<結果と考察>



同質量で比べてみた場合の実験前の土の体積の比較では、鹿沼土が一番大きく、順に、黒土、粘土、校庭の土、砂浜の土となっている。砂浜の土が小石であることを考えると一番密度が高いことは予想通りであり、また、校庭の土が黒土や鹿沼土よりも水分を含んでいることが証明された。意外であったのは、粘土と黒土の体積がほぼ同じであったことで、思ったほど粘土は水分を含んでいないことになる。



結果は（実験２）をより顕著にしたものとなった。一番水を通したものは砂浜の土。次が粘土、３番目に黒土、４番目に校庭の土、ほとんど吸収してしまい通さなかったものが鹿沼土であった。また、校庭の土は（実験２）と同じように、土の上部に浸透していない水がたまる結果となった。やはり校庭の土は水を通しにくく、しかも土中にも溜めにくいことがよくわかった。この校庭の土質が、降雨の時に、雨水を通さないし溜めもせず、表面にプールのようにためてしまう土質であることが言える。これは、校庭の用途としてのみならず、かなりやっかいな性質の土であるといえよう。

採取して調べた土の様子と水の浸透実験の結果を観点別に一覧表にしてみた。

採取した土	粒の大きさ	土の色	水分	粘りけ	水の浸透	保水性
砂浜の土	揃っている 小石のよう	色様々で宝石 のよう	全く含んでい ない	全くない	大変よく通す	全くない
鹿沼土	細かい	黄色っぽい	ほとんど含ま ずボソボソ	ない	全く通さない	大変よく吸収 する
黒土	細かい	黒色	ほとんど含ま ずボソボソ	ない	通す	少し吸収する
粘土	不均一で大きな 粒の周りに小さ な粒が付着	赤茶色をベー スに様々な色 も混じる	湿っていて重 量もある	粒同士がくっ ついていて粘 りけがある	よく通す	あまり吸収し ない
校庭の土	不均一で大きな 粒の周りに小さ な粒が付着	茶色をベース に様々な色も 混じる	湿っていて重 量もある	粒同士がくっ ついていて粘 りけがある	ほとんど通さ ない	吸収せず表層 に溜めてしま う

【研究３】ボーリング調査の記録を整理して、校庭の土の状態を調べる

（調査１）校庭の土質が明らかになってきたところで、実際に校庭の地下はどうなっているのかをボーリング調査の結果を基に整理してみた。

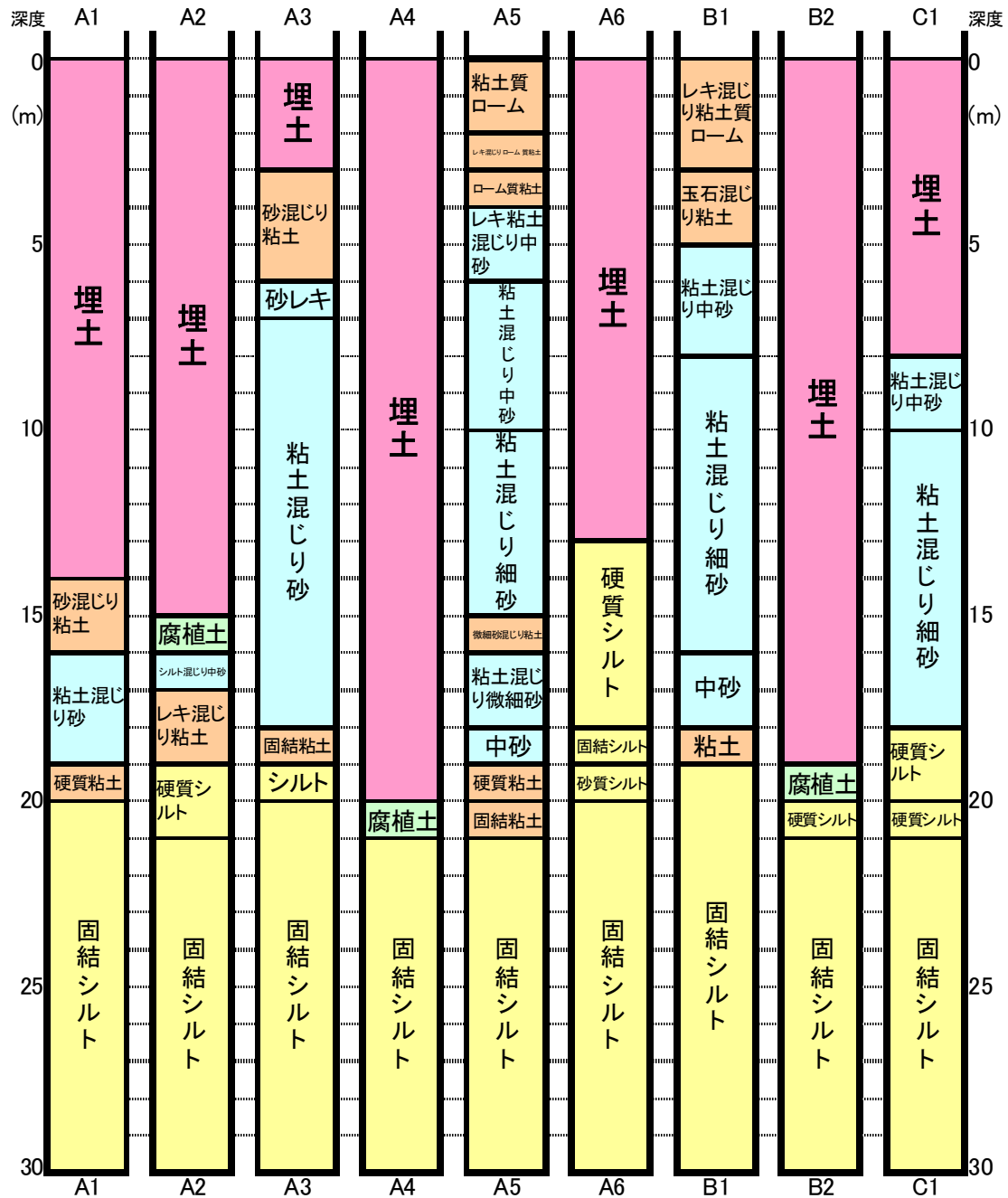
<結果と考察>

ボーリング調査のサンプルは、A 1, A 2, A 3, A 4, A 5, A 6, B 1, B 2, C 1 という 9 つの地点のものが存在した。各々が学校敷地内のどの場所のサンプルなのかは不明であったが、おおよその傾向はつかめると考えた。また、深度別にサンプルが分かれていたので、同じ地点のものは表層から地下 30 m までつなげた表を作成してみた。

南鶴牧小学校地層柱状図

※各々の地点がどこの場所であるかは不明

※敷地の地形から判断すると、埋め土の多い地点は敷地西側と考えられる



これを見ると、ほとんどの地点で土地が埋め土によって盛られていることがわかった。また、地下の土質も、ロームや粘土といった性質のものが多く含まれ、浸透がよいと考えられる砂もあるのだが、粘土混じりだったりしていた。これを総合的に見てみると、もともとが水はけのよい土地ではなかったと考えられる。そこに、(実験2)と(実験3)で明らかになったような土質の埋め土が盛られたとしたら、これは火に油を注ぐ結

果となりはしまいか。

では埋め土はどこから来たのであろうか。これは市役所にも聞いてみたが既にわからないとのことであった。ただ、多摩ニュータウンの大造成を考えると、本校のように埋めた土地とは逆に、削った土地もあったと考えられる。近隣の削られた場所から土を運び盛ったのではなかろうか。現実には、本校の下にあるメタセコイヤ通りの向かいにある大松台小学校は、もともとの土地の高さが本校より高かった写真が残っている。つまり、土地の高低を無くすために、高い土地から低い土地へと土を運んだ可能性がある。そうになると、粘土質の土地の上に、更に粘土質の土を盛ったことになり、水はけが極端に悪いことも容易に想像がつく。

【まとめ】

今回の実験や調査を通して、校庭の土質がもともと水はけのよくないものであることが明らかになった。いわゆる関東ローム層の上に立地していると考えてよいのではないか。1707年の富士山の宝永火口の大噴火の際には、隣の町田市で10cmの降灰があった記録が残っている。多摩市でも同程度であったと考えられる。有史以前の富士箱根火山帯の噴火を考えると、かなりの量の降灰があり、それが粘土層に変質しているのだろう。その水はけの悪い土地に、更にニュータウン造成の際に埋め土が盛られ、その埋め土は近隣の粘土質の土であったと考えるのが一番辻褄が合う。いわば二重に水はけの悪い土地をわざわざ造成したようなものである。また、校庭には必ず雨水の排水パイプが埋められているのだが、本校の校舎設計図を見ると、校庭にはV字型にたった2本しか配管されていないこともわかった。通常、すだれ状に配管するのが常であるが、予算の関係か何かでこのような貧相な設計になってしまったのだろうか。はたまた急ピッチの造成の関係からか、いずれにせよ今となっては取り返しはつかない。

改めてまとめてみると、

- ① 元々が水はけの悪い粘土質の土質の地層であった。
- ② その上に盛られた埋め土が粘土質であった可能性が非常に高い。
- ③ 排水管の本数が少なすぎた。

と、このような複合原因で水はけの悪い、水のたまってしまう校庭が出来上がってしまったと考えられる。