

## プランクトンネットと市販の生地を用いた 砂含量の簡易分析方法の検討

森 圭子 (川の博物館)

### はじめに

平成29年3月に新学習指導要領が告示され、平成20年の指導要領にはなかった項目として、小学校第4学年の理科に土に関する記述が加わった。新項目は、“B 生命・地球”の中の“(3) 雨水の行方と地面の様子”である。内容は以下の通りである。

雨水の行方と地面の様子について、流れ方やしみ込み方に着目して、それらと地面の傾きや土の粒の大きさとを関係付けて調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) 水は、高い場所から低い場所へと流れて集まること。

(イ) 水のしみ込み方は、土の粒の大きさによって違いがあること。

イ 雨水の行方と地面の様子について追究する中で、既習の内容や生活経験を基に、雨水の流れ方やしみ込み方と地面の傾きや土の粒の大きさととの関係について、根拠のある予想や仮説を発想し、表現すること。

この新項目に対し、一般社団法人日本土壤肥料学会は指導案をウェブサイト上で発表している (<http://jssspn.p/edu/>)。実験として、ペットボトルを使って土・砂・石にそれぞれ水をかけ、水のしみこみ方と流出の様子を比較するということを提案している。また、土の粒の大きさと水のしみこみ方を観察することから、土の粒の大きさを調べる方法として、ペットボトルの中に土と水を入れて振り混ぜる方法も、同じウェブサイトで紹介している (<http://jssspn.p/edu/activity/publication/movie/movie-04tsubu.tml>) およびワークシートとして (<http://jssspn.p/edu/activity/publication/worksheets2017.html>)。ペットボトルで土の粒を観察する方法は、土が様々な大きさの粒から成り立っていることを簡便な方法でよく観察することができる。土壌学ではその土がど

のような大きさの粒(砂・シルト・粘土)で構成されているかをその土の「粒径組成」あるいは「土性」と呼び、それを分析する手法がある。例えばピペット法や比重計法であり、これは科学的な分析方法として確立しているものである。土の粒の大きさに言及する場合、砂や粘土の量を調べることは、科学的にこの項目の課題に取り組む上で重要であると考えられるが、上記のような方法を取ることは小学校ではかなわない。一方、森塚(2017)は、簡易的な粒径組成の分析方法としてナイロンメッシュを用いた砂含量の測定方法を提案している。この方法は操作が簡単で、0.1g(あるいは0.01g)単位の天秤とナイロンメッシュがあれば測定可能である。問題点としては、後述するようにナイロンメッシュ(プランクトンネットとして決まった目開きとして市販されているもの)が高価であるという点である。

本報告では、小学校で土の粒を調べることを念頭に、砂含量の測定方法として、

- 1) ナイロンメッシュ(プランクトンネット)の妥当性
- 2) 安価なメッシュを用いた測定方法について検討した。

1) についてはプランクトンネットを用いた土壌試料中の砂含量の簡易測定と粒径組成分析で得られた砂含量を比較することで、簡易的な方法の妥当性を検討した。2) については安価な布地を探し、測定値の再現性などからその妥当性を検討した。

### 方法

土壌試料は、学校で場所の異なる土の粒を調べることを目標にするため、校庭2点(東京都)、畑3点、林2点、水田1点(いずれも埼玉県)、合計8点の表層土を用いた。

各試料の粒径組成はピペット法で、有機物含量の指標として全炭素量をNCアナライザーによる乾式燃焼法(住化分析センター、

SUMIGRAPH NC-TR22) で測定した。

簡易測定については、市販のプラントネットを用いた。試料10.0gを秤量し、約15cm四方に裁断したプラントネットですっぽうにして輪ゴムでしばり、全体を秤量した。次にネット内の粘土・シルト相当の粒

を洗浄後の水が透明になるまで洗い出し、室温で十分に乾燥させた後に秤量した(図1)。プラントネットは目開きが20 $\mu$ mと55 $\mu$ mのものを用いた。いずれも日本製で株式会社くればあの製品である(順に生地商品番号N-N0508SとNNO-270T)。20 $\mu$ mは国際法に従った砂とシルトの境界で、55 $\mu$ mは米国の基準(50 $\mu$ m)に準ずるものとして用いた。それぞれの試料・ネットの種類について、繰り返しは3とした。

プラントネット(ナイロンメッシュ)はおおよそ1m $\times$ 1mの価格が20 $\mu$ mで2.4万円、55 $\mu$ mで8,000円(購入当時)ほどである。これは学校で購入するには高価であるため、安価な代替品を検討し、市販の化学繊維で1m $\times$ 1mが1,000円以下のキュプラ(ベンベルグ)素材2種類を試した。日本製で商品名はニューベンヒットとベンクリルである。目開きを確認したところ、順に約11~20 $\mu$ m、23~99 $\mu$ mであった。これらについては、校庭2、畑3、林2の3点の試料について、繰り返し3で上記と同様に洗い出しを行った。

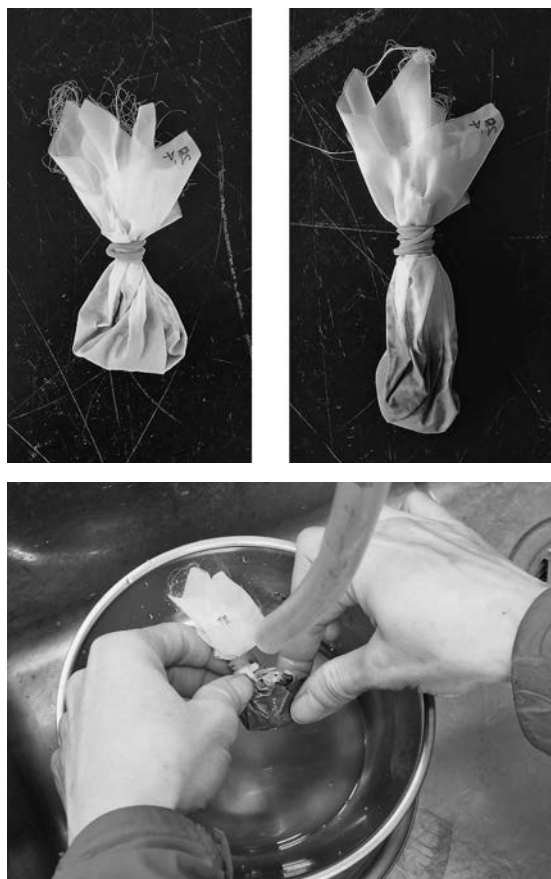


図1. 実験のようす  
上: 洗い出し前後のプラントネット  
下: 洗い出し作業

### 結果と考察

試料の全炭素、ピペット法による粒径組成、簡易法による砂含量を表1に示した。y軸に20 $\mu$ m目開きのプラントネットで測定した砂含量、x軸にピペット法による砂含量をプロットした(図2)、プラントネットの測定値はおおむね過小評価となっていた。また、数%の違いを反映することはでき

表1. 供試試料の全炭素量と粒径組成、および簡易法による砂含量  
※土壌名は日本土壌分類体系(2017)による

| 試料  | 土壌分類名* | 全炭素<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | ピペット法による粒径組成 |            |      | 簡易測定法(n=3の平均値) |            |          |       |
|-----|--------|------------------------------|--------------|------------|------|----------------|------------|----------|-------|
|     |        |                              | 砂            | シルト<br>(%) | 粘土   | 20 $\mu$ m     | 55 $\mu$ m | ニューベンヒット | ベンクリル |
| 校庭1 | 造成土    | 6.1                          | 82.1         | 11.5       | 6.5  | 75.7           | 71.3       |          |       |
| 校庭2 | 造成土    | 11.9                         | 81.9         | 13.2       | 4.8  | 70.0           | 70.7       | 67.0     | 64.7  |
| 畑1  | 黒ボク土   | 28.3                         | 50.4         | 20.4       | 29.2 | 38.7           | 32.7       |          |       |
| 畑2  | 沖積土    | 18.3                         | 35.7         | 40.4       | 23.9 | 38.7           | 25.7       |          |       |
| 畑3  | 沖積土    | 25.4                         | 52.4         | 28.4       | 19.1 | 47.0           | 36.0       | 37.0     | 27.3  |
| 林1  | 黒ボク土   | 117.0                        | 29.1         | 33.0       | 37.9 | 23.0           | 11.7       |          |       |
| 林2  | 沖積土    | 33.5                         | 49.4         | 25.8       | 24.8 | 39.0           | 16.7       | 23.7     | 9.3   |
| 水田1 | 沖積土    | 35.0                         | 52.1         | 34.9       | 13.0 | 40.7           | 29.0       |          |       |

ていない。しかし、近似曲線ととると、係数は0.89、R<sup>2</sup>が0.93であり、砂含量の高い校庭の土、中間程度の畑や田んぼの土、砂含量の低い林の土、と相対的な簡易測定方法としては利用できることが示された。

過小評価の原因について考えると、簡易方法は正規法と異なり有機物の除去をせずに実験しているため、粘土の分散が不十分で砂含量として過大評価されることも予想されたが、実験結果を見るとむしろ過小評価となっていた。この原因として、洗い出すために指先で揉む時に、強くもむと粒子が押し出されることが一因として考えられた。しかし過大評価となった1点(畑2)に関しては、粘土粒子の目詰まりや粗大な有機物の存在は特に認められず、原因は不明である。

また、20 $\mu$ m、55 $\mu$ mの目開きによる測定値と反復のばらつき(標準誤差)をみると、洗い出しの操作によるばらつきが低く、再現性がよいことから(図3)、プランクトンネットを用いた方法は砂含量の簡易的な定量方法として有効であると考えられた。

さらに、安価な代替方法として用いたキュブラ2種も反復によるばらつきは低く、プランクトンネットを用いた場合とばらつき程度が同じであった(図4)。従って、手法としては有効であると考えた。ニューベンヒットとベンクリルでは、砂含量はニューベンヒットの砂含量が多く、目開きがやや小さくピペット法の値により近いことがわかった。これら2種は、目開きが一定のプランクトンネットと比較すると、目開きが一定では

なかったが(図5 a-d)、実験後の状態を見ると、縦横の繊維がまとまりをもち、目開きがそろってくるのが観察できた。目開きはニューベンヒットが69~77 $\mu$ m、ベンクリルが71~93 $\mu$ mと計測された。これらを用いる際は、およその目開きを確認し、これより大きい粒径の砂含量として試料を比較することが可能である。

プランクトンネット、市販の生地のいずれも、水が透明になるまでの洗い出しの作業には20~30分を要した。今回の作業は一人で行い再現性はよかったが、洗い出し作業の個人差については今後の検討課題である。

まとめ

ピペット法の測定値を正確な粒径組成とすると、プランクトンネットで測定した値は正

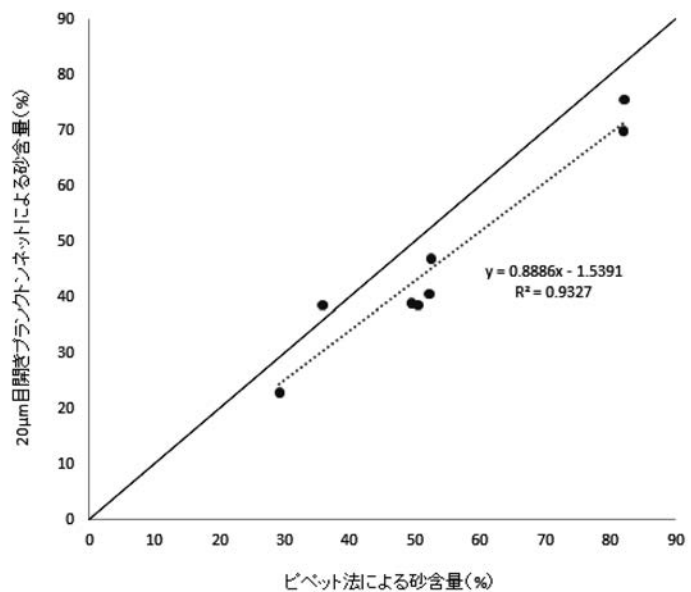


図2. ピペット法と簡易法による砂含量 (%)  
実線は等値線を、破線は簡易法の近似曲線を示す。

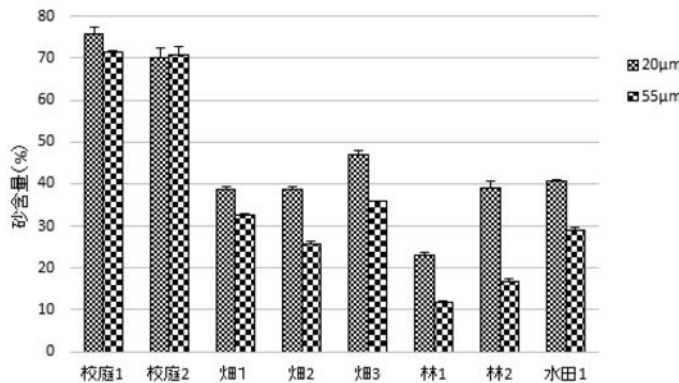


図3. 簡易測定方法のメッシュサイズの違いによる砂含量 (%)  
バーは標準誤差を示す。

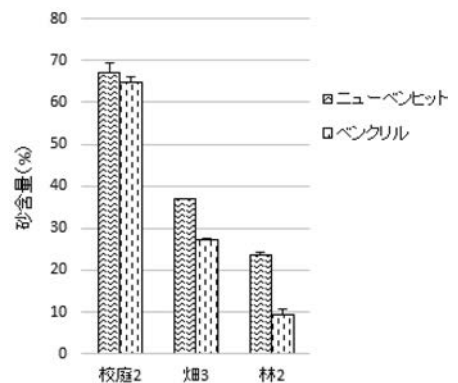


図4. キュブラ2種を用いて測定した砂含量  
バーは標準誤差を示す。



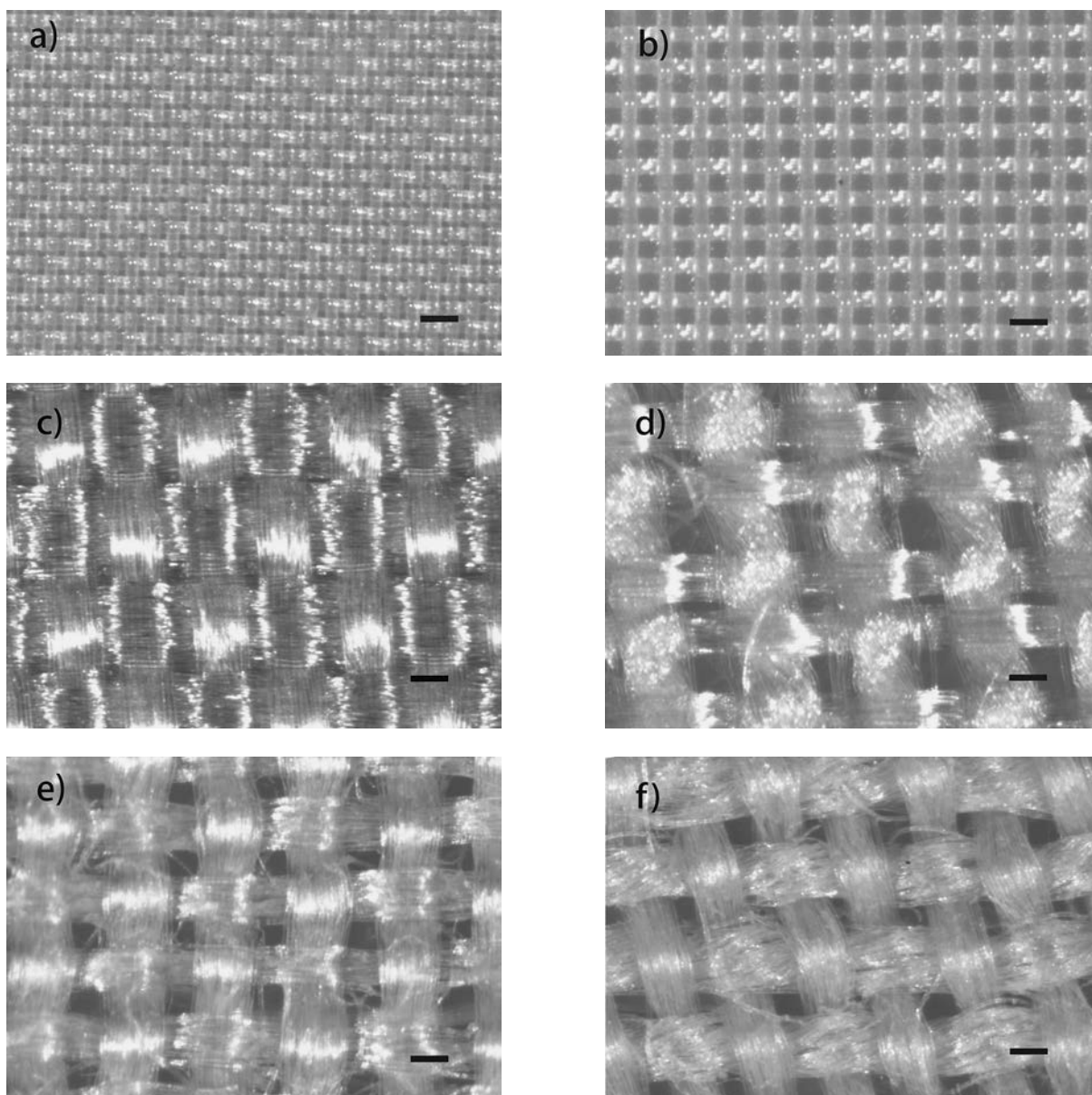


図5. 実験に用いたプランクトンネットとキュプラの実体顕微鏡写真 a) 20 $\mu$ m b) 55 $\mu$ m c) ニューベンヒット (実験前) d) ベンクリル (実験前) e) ニューベンヒット (実験後) f) ベンクリル (実験後) バーは100 $\mu$ mを示す。

確ではないものの、相対的な値としては十分に有効であることが確認できた。

安価な布地として検討した市販のキュプラは目開きが70 $\mu$ m前後になるが、目開きを確認し、その粒径以上の砂含量の測定と考えれば、簡易法として有効であることが確認できた。

砂含量の簡易測定には20 $\mu$ mの目開きのものを用いることが理想ではある。しかし小学校の授業で利用しやすいものとして、目開きを確認した上で安価な市販の布地を使うことが選択肢となり得ることが確認できた。

## 謝 辞

本実験にあたり、土壌試料の提供に関して東京都江戸川区立西一之江小学校の林田篤志校長、東京都多摩市立連光寺小学校の棚橋乾校長、吉田勇氏、松永由美氏にご協力いただいた。また、土壌分析は東京農工大学大学院の関真由子氏にご協力いただいた。ここに厚くお礼申しあげる。

## 参考文献

- 森塚直樹 (2017) 水田の土の色・粒径組成の調査とその意義. 農業技術体系 土肥編 追録28号; 基本174の8-19.  
日本ペドロロジー学会(2017) 日本土壌分類体系.