

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：15301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24658203

研究課題名(和文) 土壌中の自然電位を最大にするための条件の探索と土壌電池への展開

研究課題名(英文) The search of the condition to maximize self-potential in the soil and development to soil battery

研究代表者

諸泉 利嗣 (MOROIZUMI, Toshitsugu)

岡山大学・大学院環境生命科学研究科・教授

研究者番号：60230174

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、土壌中の水分フラックスや圧力水頭差、土性などの様々な条件下における土壌中の自然電位を測定することにより、最大電位を発生させる条件を明らかにした。その結果、砂土の場合は、流動電位の理論通り、発生電位は水分フラックスと比例関係にあったが、黒ボク土の場合はそうはならなかった。本研究で明らかになった課題をさらに検討することで、自然電位をエネルギー利用するための土壌電池の開発に繋がると考える。

研究成果の概要(英文)： This study clarified a condition to generate the greatest electric potential by measuring a self - potential in the soil under various conditions such as water fluxes, the difference of pressure heads, and soil properties. As a result, in the case of sandy soil, according to of the streaming potential theory, the generation of self - potential were proportion to the soil water fluxes, but, in the case of Kuroboku soils did not become so.

研究分野：地水環境制御学

キーワード：自然電位 流動電位 土壌電池 圧力水頭差 溶液 豊浦砂 黒ボク土

1. 研究開始当初の背景

物理探査法の一つである自然電位法は、地下の鉱床や地熱水、地下水の流れなどによって発生する流動電位を地表で測定する方法であり、地下資源開発のための調査などで昔から使われてきた手法である。また、水田土壌では、鉄酸化細菌によって酸化還元電位が発生することがわかっている。

このように、土壌中では自然電位が発生するが、この電位を自然エネルギーとして利用しようとする研究は、廃棄物処分場などの汚染物質中の微生物を利用した微生物電池に関する研究が僅かに進められているに過ぎない。水田や畑地における自然電位を電池として利用する研究は全く行われていない。

2. 研究の目的

本研究では、様々な条件下における土壌中の自然電位を測定することにより、最大電位を発生させる条件を明らかにし、農地における土壌電池の実用化を目指す。

3. 研究の方法

(1) 実験装置

実験にはユニット式カラムを連結させ、中に試料を水締めで充てんしたカラムを用いる。ユニット式カラムの幅は5cmで断面は円形である。ユニット式カラムはアクリル製で内径が4.3cmのもの、6.9cmのもの2種類を用意した。本研究では内径が4.3cmのものを小カラム、内径が6.9cmのものを大カラムと呼ぶことにする。なお、ユニット同士の連結方法はそれぞれ異なり、小カラムはグリスとパラフィルムで水漏れを防ぎ、その上から防水性のテープ(中興化成工業製、Z-181BE)で固定する。一方、大カラムはパッキンを噛ませることで水漏れ対策をし、ユニット同士をボルトで締めて連結させる。また、小カラムでは上流端と下流端に、大カラムは上流端に緩衝区間として2mmふるいを通過しなかった砂利を詰めたユニットを設置し、試料と砂利のユニットの間には試料流出を防ぐため、ガーゼを挟んだ。カラムの上流側にはマリオート管を、下流側には定水位水槽をシリコン管で接続し、実験中の上流と下流の水位差を常に一定に保った。ユニット式カラムには側面に直径1cmの穴があいているものがあり、ここに電極を取り付け、得られる電位差をデジタルマルチメータ(ADCMT製、7451A)で測定し、そのデータはUSB接続したノートパソコンに直接取り込んで記録した。定水位水槽から流出した水はボールで受け止め、その質量を電子天秤(島津製作所製、UX82005)で計測し、こちらもデータはUSB接続したノートパソコンで記録した(図1)。

実験で流す液体はすべて純水である。電極は基本的に銀・塩化銀の非分極性電極(東亜ディーケーケー製、4400型)を使用した。この電極は電位を測定する先端部分がセラミックになっており、カラムに取り付ける際は

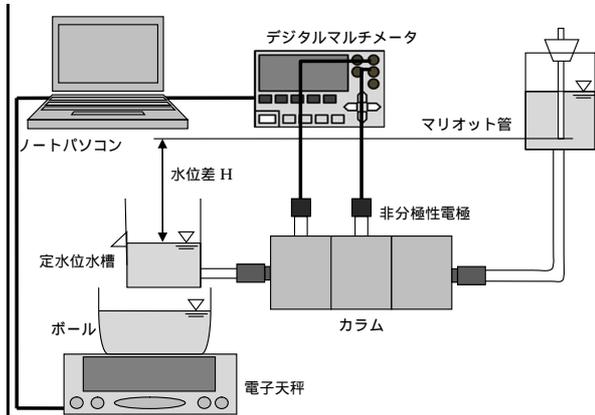


図1 実験システム概要

カラム断面の中心にこのセラミック部分がくるようにした。この時、電極の設置した穴の隙間から水漏れが起こらないよう、隙間はパテで埋めた。また、電極の違いによる電位差の変化を計測するために異なる電極を使用した実験も行った。この実験装置を用いて、それぞれ設定した動水勾配に対してどれだけ電位差が発生するかを測定する。実験は部屋の温度が25度に設定された恒温室(岡山大学環境理工学部棟521号室)で行った。これら以外の実験条件を、条件ごとにExp - と実験No.を付けることにする。

(2) 試料

今回実験に使用した試料は豊浦砂と、鳥取県の大山放牧場で採取した火山土依層土の2種類である。

豊浦砂とは山口県の豊浦町で産出される天然のシリカサンドで、その90%以上を二酸化ケイ素が占めている。粒度がそろっており、有機物をなどの不純物も少ないため科学的にも安定していることから、セメントやコンクリートの強度、密度の検査や地質、地層の調査、その他様々な実験などに用いられる。本研究では豊浦砂の物理特性を、平均粒径を0.2mm、密度を2.64g/cm³として扱う(中村ら、1995年)。

黒ボク土とは日本でよくみられる有機土壌の一つで、腐植層がよく発達し、腐植含有量が高い。また、腐植酸の割合が高いが、この腐植酸は黒色味が強いので、黒ボク土自体も黒色や暗褐色であることが多い。黒ボク土は主に火山灰が母材であるため比較的表面積は大きく、火山灰に含まれているアルミニウムに由来する活性アルミニウムの働きによってリン酸の固定や腐植の集積、仮比重が小さいといった特異性を有している。

本研究では採取してきた黒ボク土を十分に風乾させ、2mmふるいを通過したものを試料として用いた。分類は密度試験の結果、黒ボク土試料の密度は2.4506g/cm³とする。土壌分類は多腐植厚層非アロフェン質黒ボク土、土壌炭素含量13.8%である。また、2mmふるいを通過した試料の粒径加積曲線を求

めたところ、砂含量 40%、シルト含量 20%、粘土含量 40%の軽埴土であった。

(3)実験条件

実験条件を表 1 に示す。

表 1 実験条件一覧

実験名	実験No.	カラム径 (cm)	ユニット数 (個)	カラムの長さ (cm)	水柱高 (cm)	動水勾配	試料	電極	電位差単位	
砂試料による流動電位の発生実験	Exp1-1	15.4	3	大	7.1	0.5	豊浦砂	銀-塩化銀	x 1 2	
	Exp1-2	15.4	3	大	15.4	1.0	豊浦砂	銀-塩化銀	1 2	
	Exp1-3	15.4	3	大	23.1	1.5	7.5	豊浦砂	銀-塩化銀	1 2
	Exp1-4	15.4	3	大	30.8	2.0	10.0	豊浦砂	銀-塩化銀	1 2
	Exp1-5	15.4	3	大	48.1	2.8	14.0	豊浦砂	銀-塩化銀	1 2
	Exp1-6	15.4	3	大	61.6	4.0	20.0	豊浦砂	銀-塩化銀	1 2
電極までの測定区間の影響	Exp2-1	28.2	5	大	28.2	1.0	5.0	豊浦砂	銀-塩化銀	1 2
	Exp2-2	28.2	5	大	52.4	2.0	10.0	豊浦砂	銀-塩化銀	1 2
	Exp2-3	28.2	5	大	76.6	2.8	14.0	豊浦砂	銀-塩化銀	1 2
	Exp2-4	28.2	5	大	100.8	2.8	14.0	豊浦砂	銀-塩化銀	1 2
	Exp2-5	28.2	5	大	125.0	4.0	20.0	豊浦砂	銀-塩化銀	1 2
	Exp2-6	28.2	5	大	149.2	4.0	20.0	豊浦砂	銀-塩化銀	1 2
カラム全面による流動電位の発生量の違い	Exp3-1	31.5	6	大	31.5	1.0	5.0	豊浦砂	銀-塩化銀	4 5
	Exp3-2	31.5	6	大	63.0	2.0	10.0	豊浦砂	銀-塩化銀	4 5
	Exp3-3	31.5	6	大	94.5	3.0	15.0	豊浦砂	銀-塩化銀	4 5
	Exp3-4	31.5	6	大	126.0	4.0	20.0	豊浦砂	銀-塩化銀	3 4
	Exp3-5	31.5	6	大	157.5	5.0	25.0	豊浦砂	銀-塩化銀	3 4
	Exp3-6	31.5	6	大	189.0	6.0	30.0	豊浦砂	銀-塩化銀	2 3
小カラム実験	Exp4-1	30.0	6	小	30.0	1.0	5.0	豊浦砂	銀-塩化銀	2 3
	Exp4-2	30.0	6	小	60.0	2.0	10.0	豊浦砂	銀-塩化銀	2 3
	Exp4-3	30.0	6	小	90.0	3.0	15.0	豊浦砂	銀-塩化銀	2 3
圧力源の影響実験	Exp5-1	30.0	6	小	30.0	1.0	5.0	豊浦砂	銀-塩化銀	2 3
	Exp5-2	30.0	6	小	30.0	1.0	10.0	豊浦砂	銀-塩化銀	2 3
	Exp5-3	30.0	6	小	30.0	1.0	15.0	豊浦砂	銀-塩化銀	2 5
電極の位置による測定電位の違い	Exp6-1	30.1	6	小	30.1	1.0	5.0	豊浦砂	銀-塩化銀	2 3
	Exp6-2	30.1	6	小	30.1	1.0	10.0	豊浦砂	銀-塩化銀	2 3
	Exp6-3	30.1	6	小	30.1	1.0	5.0	黒ボク土	銀-塩化銀	2 3
	Exp6-4	30.1	6	小	30.1	1.0	5.0	黒ボク土	銀-塩化銀	2 3
黒ボク土を用いた実験	Exp7-1	15.3	3	小	15.3	1.0	5.0	黒ボク土	銀-塩化銀	1 2
	Exp7-2	15.3	3	小	30.6	2.0	10.0	黒ボク土	銀-塩化銀	1 2
	Exp7-3	15.3	3	小	45.9	3.0	15.0	黒ボク土	銀-塩化銀	1 2
	Exp7-4	15.3	3	小	61.2	4.0	20.0	黒ボク土	銀-塩化銀	1 2
リークが読み黒ボク土カラム実験	Exp8-1	15.3	3	小	15.3	1.0	5.0	黒ボク土(リーク)	銀-塩化銀	1 2
	Exp8-2	15.3	3	小	30.6	2.0	10.0	黒ボク土(リーク)	銀-塩化銀	1 2
	Exp8-3	15.3	3	小	45.9	3.0	15.0	黒ボク土(リーク)	銀-塩化銀	1 2
	Exp8-4	15.3	3	小	61.2	4.0	20.0	黒ボク土(リーク)	銀-塩化銀	1 2
豊浦砂と黒ボク土の混合試料を用いた実験	Exp9-1	15.4	3	小	15.4	1.0	5.0	豊浦:黒=1:1	銀-塩化銀	1 2
	Exp9-2	15.4	3	小	30.8	2.0	10.0	豊浦:黒=1:1	銀-塩化銀	1 2
	Exp9-3	15.4	3	小	46.2	3.0	15.0	豊浦:黒=1:1	銀-塩化銀	1 2
	Exp9-4	15.4	3	小	61.6	4.0	20.0	豊浦:黒=1:2	銀-塩化銀	1 2
	Exp9-5	15.4	3	小	77.0	5.0	25.0	豊浦:黒=1:2	銀-塩化銀	1 2
	Exp9-6	15.4	3	小	92.4	6.0	30.0	豊浦:黒=1:2	銀-塩化銀	1 2
Exp9-7	15.0	3	小	15.0	1.0	5.0	豊浦:黒=1:1	銀-塩化銀	1 2	
Exp9-8	15.0	3	小	30.0	2.0	10.0	豊浦:黒=1:1	銀-塩化銀	1 2	
Exp9-9	15.0	3	小	45.0	3.0	15.0	豊浦:黒=1:1	銀-塩化銀	1 2	

*1 カラムの両端にユニットから両側のユニットに電極を取り付けたものを表す。なお、ここは下流側、yは上流側の電極に相当する。

4. 研究成果

(1)実験結果

豊浦砂

実験結果の一例として、Exp1-7の結果を図2に示す。Exp1-8は動水勾配を8.0に設定しており、本研究で行ったすべての実験の中で最も大きい値である。そのため発生電位も非常に高い値を記録し、最大で164.3mVの電位が発生した。しかし実験開始から約5分が経過した時点で、Exp1-5,6と同じように電位が低下し始め、最終的には約150mVまで低下した。また、水分フラックスが高かったためか、実験中電位が安定しづらく、多くのノイズが発生した。

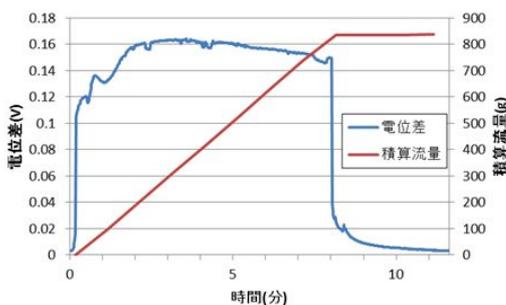


図2 Exp1-7 動水勾配 8.0

黒ボク土

実験結果の一例として、Exp7-1の結果を図3に示す。Exp7-1では、実験開始時の電位差は6.3mVであったが、カラムに水を流すと同時に電位差は低下し、実験開始から約2.5時間が経過した時点で0付近で安定した。このように水を流すことで電位差が低下するのは

豊浦砂試料の場合とは全く逆の反応であり、黒ボク土試料の実験ではすべてこのような傾向が見られた。その後、実験開始から約7.5時間が経過した時点で水の流れを止めると電位差は上昇をはじめ、実験開始時の初期値付近まで回復した。

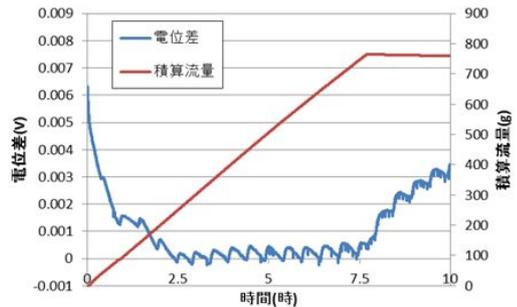


図3 Exp7-1 動水勾配 1.0

豊浦砂と黒ボク土の混合試料を用いた実験

豊浦砂はカラム内を水が流れると流動電位が発生して電位差が上昇した。しかし、一方で黒ボク土はカラム内の水が動いていない時に微弱な電位差が発生し、水が流れ始めると電位は低下した。そこで、このまったく異なる性質を有する2種類の試料を混合させた場合の実験を行った。

結果の一例として、豊浦砂試料と黒ボク土試料を体積比率で1:1の割合で混合させた場合の結果を図4に示す。この実験では初期値が-4mVまで低下しているが、カラムに水を流し始めると豊浦砂を用いた実験と同様に1度大きな反応を示した。しかしその後電位差は大きく低下し、初期値を下回る-8mV付近で安定した。また、実験開始から約11時間後にはカラムの水の流れを止めたが、このときにもさらに電位は下がり、測定終了時には約-12mVまで低下していた。

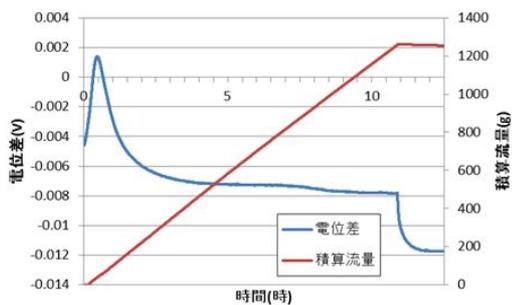


図4 Exp9-1 豊浦砂:黒ボク土=1:1 試料, 動水勾配 1.0

(2)考察

水分フラックスと電位差の関係

Exp1からExp4の動水勾配と電位差の関係を図5に示す。右肩上がりの傾向はみられるもののデータにはばらつきが多く、きれいな比例関係とは言えない。これに関しても前

述のとおりカラムごとの試料の詰まり方が原因であると考えられる。

図6はカラム内を流れる水分フラックスと電位差の関係を示したものである。この図は豊浦砂試料を使用したExp1からExp4までの実験結果をまとめたものであるが、水分フラックスと電位差には比例の関係がある。

回帰直線を見ると、水分フラックスが0のとき電位差が1.05mVであることから、カラム内を水が流れていない時には電位差がほ

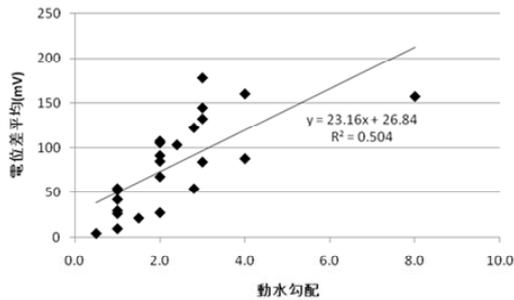


図5 動水勾配と電位差の関係

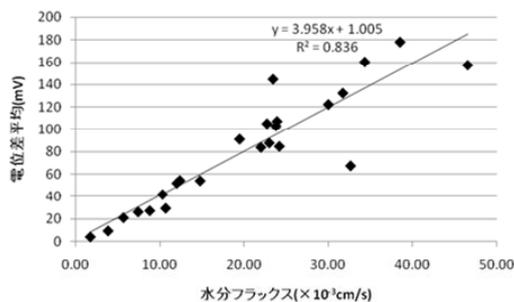


図6 豊浦砂カラムでの電位差平均と水分フラックスの関係

んど発生していないことがわかる。豊浦砂は性質的にも中性で、有機物や金属などの不純物を含まないため、流動電位以外の自然電位の発生原因である酸化還元や熱電対等の反応が起きず、このような傾向になっている。一方で、回帰直線とはかけ離れた結果を示す実験も見られた。

次に、黒ボク土試料を用いたExp7, Exp8の実験結果について、水分フラックスと電位差平均の関係を図7に示す。なお、図中に表示されている直線は図6に表示されている火回帰直線と同じで、豊浦砂試料を用いたExp1~Exp4の水分フラックスと電位差の関係の回帰直線の一部である。この図から、黒ボク土試料の場合は豊浦砂試料の時とは全く異なる傾向を示すことがわかる。

電極の種類と電位差の関係

本研究ではカラムを用いた室内実験を行ったが、ここでは実験で用いる電極の種類の違いによって、得られる電位差に違いがあるかを検討した。

図8はExp6の結果を一つのグラフにまとめたものである。この実験では用いる電極の

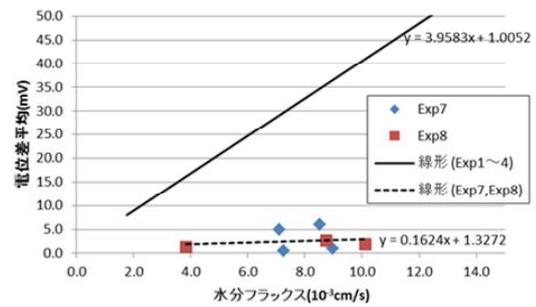


図7 黒ボク土試料カラムでの電位差平均と水分フラックスの関係

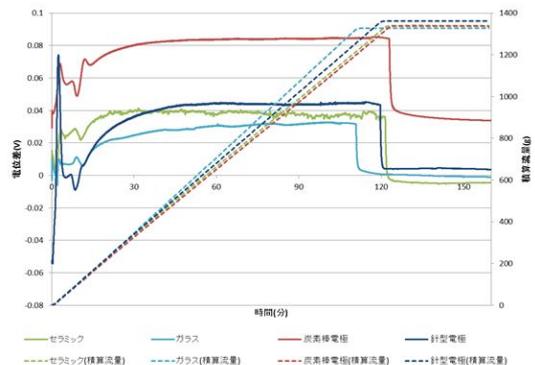


図8 Exp6 実験結果の比較

形も大きく異なるが、実験結果で積算流量の傾きに大きな差が見られないことから、今回用いた電極の形や大きさはカラム内の水の流れに影響を及ぼさないことがわかる。しかし、電位差について見てみると炭素棒電極のみほかの電極を用いた時の2倍ほどの電位差が発生した。これは、この実験で用いた電極のうちこの炭素棒電極のみが分極性電極であることが原因として挙げられる。分極性電極は使用し続けるとその表面に被膜を形成することがあるため、一部の環境下では正常に電位差が計測できないことがある。今回の実験でも炭素棒電極の表面で被膜が形成されるなどの電気的な反応が起こった結果、他の電極とは大きく異なる結果になったと考えている。

他の実験でも用いた銀・塩化銀非分極性電極についてだが、Exp6ではこの電極を用いた時に細かなノイズが生じたが、これは電極を何度も付け替えることで試料と電極の接触面に隙間が生じたことが挙げられる。Exp6はカラム作成した後、炭素棒電極、ガラス製銀・塩化銀非分極性電極、セラミック製銀・塩化銀非分極性電極、脳波用針型電極の順番で電極を付け替えながら実験を行った。そのため、一度カラムに明けた電極を設置するための穴に別の電極を装着することが何度もあったため、実験を重ねて電極を付け替える作業の回数が増えるほど電極と豊浦砂試料の接着面に乱れが生じ、このことが電位差のノイズにつながったと考えている。そのため、電極を付け替えることで行ったガラス製銀・塩化銀非分極性電極とセラミック製銀・塩化銀非分極性電極の場合にはノイズが発

生しているが、初めに行った炭素棒電極ではノイズが発生していない。また、脳波用針型電極ではノイズが発生しなかったが、これは脳波用針型電極が非常に小さかったため、セラミック製銀・塩化銀非分極性電極をカラムから取り外した後、一度開いた穴を試料を詰めることで塞いだ上で脳波用針型電極を取り付けたため、試料と電極の接触面にばらつきがなくなり、結果としてノイズもなくなったと考えられる。

黒ボク土試料と電位差の関係

豊浦砂試料では水分フラックスに比例する形で流動電位が発生し、加えて圧力水頭差によって電位差が変化するという理論的な面からもある程度予想通りの結果が得られた。しかし、試料を黒ボク土に変更すると予想とは全く異なる結果となった。当初は豊浦砂試料に比べ黒ボク土試料は表面積が大きく、腐植有機物やアルミニウムのような不純物が多いため電荷の偏りも大きくなり、流動電位の発生に必要な電気二重層が形成されやすい環境にあると予想していた。そのため、透水性は落ちるものの、同じ水分フラックスであれば豊浦砂試料よりも黒ボク土試料のほうが発生する流動電位は大きくなると思っていた。だが、実際には水が流れていない状態で微弱な電位差が発生している上、カラム内を水が流れると豊浦砂の時と異なり電位差が低下する傾向であった。

カラム内の水が流れていない時に微弱な電位差が発生している原因は、詳しいことは分かっていないが、現在のところ2つの可能性について考えている。まず、流動電位以外の自然電位が発生しているというもの。水が流れていない以上流動電位は発生しないが、流動電位以外にも熱電対等の自然電位の発生要因があり、そのひとつである酸化還元電位が関係しているのではないかと考えている。黒ボク土は腐植有機物を非常に多く含んでおり、同時にこの有機物を分解する微生物も多く含まれていることが予想できる。この微生物が有機物を酸化させるとき、エネルギーが放出されるのである。しかし、この酸化還元電位は微生物の量によって発生する電位差であるため、今回実験に用いたカラムのような小さな空間内で電位差が生じるほど微生物の偏りがあるかは疑問が生じる。また、酸化還元電位はとても微弱な電位差であるため、酸化還元電位が初期電位差の要因の一つであったとしても、他にも何かしらの原因が考えられるのである。この酸化還元電位については、黒ボク土内の有機成分の分析や、微生物の種類や量の測定が必要となってくる。次に、カラム内の試料の偏りを考えている。カラム作成の際、豊浦砂試料を使用したときには気泡が入らないように棒で突き固めたが、黒ボク土試料は突き固めを行うと透水性が非常に悪くなり、水が流れなくなった。そのため多少の気泡や試料の偏りのリスク

はあるものの、黒ボク土試料を用いる際には突き固めは行わなかった。カラムは縦方向に固定して試料を詰めていったが、黒ボク土試料は突き固めを行わなかった分、試料の重さのみで締め固められているため、下側に当たるユニット内の方が、試料が密に詰まっていると考えられる。つまり、カラム作成の際、下側にあるユニットは下流側のユニットであったため、黒ボク土試料のカラムでは下流側の方で密度が高いことが予想される。そのため、黒ボク土試料の持つイオンなどの電気的な偏りが発生し、結果として水が流れていない時にもカラムの上流と下流で電位差が生じたと考えている。しかしこれに関してもまだ分からないことが多い。今後、同様の手順で黒ボク土試料のカラムを作成し、密度を調べることで上流側と下流側の試料の詰まり方に偏りがあるか調べる必要がある。

次に電位差が低下する原因だが、カラム内を流れる水の電気伝導度 EC が関係していると考えている。黒ボク土試料を用いた実験では、カラム内を流れた水の電気伝導度は非常に高くなっており、見た目も黄色や赤褐色に変色していた。実験に用いた水は純水であったため、カラム通過前の水の電気伝導度が常に $0\ \mu\text{S}/\text{cm}$ であったとすると、黒ボク土試料の中を通過した水に黒ボク土内の物質が溶け込んだと考えられる。カラムを流れる水の電気伝導度は式(1)の中では $\frac{1}{\sigma}$ にあたるが、 σ は分母にあるため、その値が上昇すると発生する流動電位は低下することになる。つまり、たとえ水分フラックスや圧力水頭差が同じであったとしても、不純物を含まないため試料内を流れる水の電気伝導度がほとんど変化しない豊浦砂試料に比べ、黒ボク土試料を用いた方が発生する流動電位は低くなることが予想される。その他、Exp7 で見られた波形のノイズにも、カラム内の水の電気伝導度が関係している。カラム内に水を流すほどカラム内の不純物が流されるため、実験回数が重なるにつれてカラム内を流れた水の電気伝導度は低下した。そのため、純水を流し続けることでリーチング処理をした Exp8 では Exp7 のような波形のノイズは見られなかった。

しかし、流動電位の発生量が低下する原因は分かったが、Exp7 で水を流した際に実験開始時よりも電位差が下がる原因は分かっていない。実験初期値よりも実験中の方が電位が下であるということは、水を流すことで本来の流動電位とは逆方向の電場が発生しているということである。

まとめ

本研究で、豊浦砂試料と純水を用いたカラム実験では、電極間隔が同じであればカラム内を流れる液体の水分フラックスと発生する電位差に比例関係があることが分かった。このことを利用すれば、測定した電位差から土壤中を流れる液体の向きや流速、流量を推

定することが可能であると考え、この推定の精度が上がれば、地下水を短時間で広範囲を、低コストで測定することが可能になるだろう。

しかし、同時に多くの課題も見えてきた。まず、流動電位の理論式と実験値の差である。本研究で得られた実験結果は理論式から予想される値よりも非常に小さな値であった。この理論式は毛細管内での流動電位発生量について成り立っている式であるため、土壌中の流動電位については新たな理論式が必要となってくる。本研究で分かった水分フラックスと電位差の比例関係などから、理論式にアプローチすることが今後の課題である。

次に、豊浦砂試料以外の土壌を試料として使用した際の電位差の発生量についてである。本研究で豊浦砂試料を用いた結果、黒ボク土に含まれる有機物などの不純物の影響を受け、液体の EC が上昇した。その結果、流動電位は低下し、豊浦砂試料を用いた時とは異なる傾向を見せた。EC が流動電位に及ぼす影響について、豊浦砂試料に電解質溶液を流すなどの追加実験を行うことで明らかにしなければならない。また、黒ボク土の成分を調べることで流動電位以外に電位差に影響を与える要因がないか調査する必要がある。

最後に、将来、野外で流動電位測定による地下水推定を行うのであれば、野外で発生するノイズや、地表から地下深く流れる地下水が発生させる流動電位を測定する方法を検討しなければならない。本研究はカラムを用いた室内実験であったため、外部からのノイズは少なく、また、カラム全体に水が行き届いていたため流動電位の測定は簡単であった。しかし、野外での流動電位の測定となると、地下水が流れている地下深くまで電極を挿入できない場合が多い。このような時に水の流れていない地表面から地下の流動電位を測定する方法の確立、および生じるノイズの除去方法の確立が最大の課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

諸泉利嗣, 久保田周作, 時系列重回帰モデルによる土壌水分量の推定, 農業農村工学会論文集, 289, 47-52, 2014, 査読有り

〔学会発表〕(計 1 件)

嘉田一貴, 諸泉利嗣, 三浦健志, 流動電位の最大出力条件の探索, 平成 26 年度農業農村工学会中国四国支部講演会, 2014 年 11 月 5 日, 鳥取市, 査読無し

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

諸泉 利嗣 (MOROIZUMI TOSHITSUGU)

岡山大学・大学院環境生命科学研究科・教授

授

研究者番号: 60230174

(2) 研究協力者

嘉田 一貴 (KADA KAZUKI)

岡山大学・大学院環境生命科学研究科・博士前期課程

士前期課程